

汽车检修 **一学通** 丛书

# 汽车传动系统 的 检测与维修

谭克诚 杨玲玲 ◎主编

QICHE CHUANDONG XITONG DE JIANCE YU WEIXIU



汽车检修一学通丛书

# 汽车传动系统的检测与维修

主 编 谭克诚 杨玲玲

副主编 郭育宁 付 云 林世明

参 编 王海文 赵子颉



机械工业出版社

本书以汽车传动系统的检测与维修实际工作任务为核心，以企业、行业最新技术标准为范本和实例，引入2010~2012年全国高职院校汽车检测与维修项目职业技能竞赛题库，将专业能力与关键能力培养、学习过程与工作过程融为一体，以此实现相关联部分的系统结构、原理、维修工艺、检验工艺、检测与维修工具使用、技术资料查阅以及安全生产等内容的“理实一体化”。本书紧紧围绕行业工作需求，以就业为导向，以技能训练为中心，以“更加实用、更加科学、更加新颖”为编写原则，使本书符合高等职业教育推行工学结合人才培养模式的发展需要，为汽车维修企业、行业内部培训提供有益的参考。

全书共分六章，主要内容包括：汽车传动系统概述、离合器的构造与检修、手动变速器的构造与检修、自动变速器的构造与检修、万向传动装置的构造与维修、驱动桥的构造与维修，较全面地阐述了汽车传动系统的结构、工作原理及故障检测与诊断。本书以大众车系、通用车系、丰田车系以及上汽通用五菱车系为主。

本书可作为汽车维修企业、行业内部培训教材，也可作为高等职业院校、高等专科学院、成人高校、民办高校及本科院校举办的汽车检测与维修技术及相关专业的教学用书，也可作为社会有关从业人员的业务参考书及培训用书，同时也是汽车维修管理的工程技术人员及汽车驾驶人学习参考的最佳选择。

### 图书在版编目（CIP）数据

汽车传动系统的检测与维修/谭克诚，杨玲玲主编. —北京：机械工业出版社，2013.6(2016.1重印)  
(汽车检修一学通丛书)

ISBN 978-7-111-42208-2

I. ①汽… II. ①谭…②杨… III. ①汽车-传动系统-检测②汽车-传动系-车辆修理 IV. ①U472.41

中国版本图书馆CIP数据核字（2013）第079476号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）

策划编辑：连景岩 责任编辑：连景岩 版式设计：霍永明

责任校对：刘怡丹 肖琳 封面设计：鞠杨 责任印制：李洋

高教社（天津）印务有限公司印刷

2016年1月第1版第3次印刷

184mm×260mm·16印张·393千字

3401—4900册

标准书号：ISBN 978-7-111-42208-2

定价：39.90元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心：(010) 88361066 教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售一部：(010) 68326294 机工官网：<http://www.cmpbook.com>

销售二部：(010) 88379649 机工官博：<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线：(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

# 前　　言

为适应汽车维修企业、行业（特别是汽车4S店）的迅猛发展，提高从业人员的技术维修水平和维修规范，按教职成〔2011〕11号文件《教育部、财政部关于支持高等职业学校提升专业服务产业发展能力的通知》，本书的编写以高等职业学校提升专业服务能力的基本原则为指导思想，坚持服务和发展相结合，坚持重点突破与整体带动相结合，坚持学校主体和社会多方参与相结合，坚持区域特色与行业统筹相结合。

本书的编写确定职业教育的课程目标首先要体现职业能力导向的要求，反映汽车维修企业、行业的典型工作实践，引入2010、2012年全国高职院校职业技能题库；其次要体现学生职业生涯发展和维修技术人员水平的提高，使学生具备综合职业能力，使维修技术人员具有综合故障诊断能力。现代汽车是机械技术与电子技术高度的一体化，汽车维修技术的不断更新，以及为适应市场要求汽车维修企业组织所进行的不断调整，都对汽车维修技术人员提出了更高的要求。随着我国成为全球汽车产销第一大国，我国由汽车生产大国向汽车强国转型迈进，这就要求培养一大批能够适应汽车工业发展需要的汽车装配、检测、维修、调试和综合诊断高端技能型专门人才。本书是针对目前“汽车高端技能型专门人才”应具备对现代汽车传动系统的检测与维修的知识、能力与素质而编写的。

编写本书的指导思想包括以下几个方面：综合职业能力的人才培养目标、设计导向的职业教育思想、学习和工作领域的课程模式、工作过程系统化的教学原则、行动导向的教学方法。

本书配套有实训指导手册，指导手册中导入国家人力资源和社会保障部的国家技能鉴定题库，引入行业标准和国家技能竞赛题库，并全部融入到相关的模块中去，对职业技能进行强化训练（包括中级、高级及技师项目）。两本书配合使用，对高职学生和汽车4S店的维修技师提高知识、能力与素质有很大的帮助，力求通过本书的学习，全面掌握现代汽车传动系统的诊断与修维。

本书借鉴国际当代职业教育发展的最新理论与方法，反映汽车维修技术领域的专业要求和发展水平；同时结合职业院校学生和汽车4S店维修技师的特点，全面落实“汽车高端技能型专门人才”的职业教育办学指导思想，着力提高学生和汽车4S店维修技师的综合职业能力。

参加本书编写的人员分工如下：谭克诚编写第三章（五、六、七节）、第四章、第六章；杨玲玲编写第二章；郭育宁、付云编写第五章；林世明编写第一章、第三章（一、二节）；王海文、赵子颉编写第三章（三、四节）。全书由谭克诚统稿和审核。

本书的编写得到了上汽通用五菱市场与网络部的悉心指导，同时也得到了东风柳汽售后服务部的大力支持，在此表示衷心的感谢。

本书的编写参考了大量的资料和文献，在此向原作者表示崇高的敬意。

由于时间仓促，加上编者水平所限，书中难免会有疏漏和不足之处，恳请读者批评指正。

编　　者

# 目 录

## 前言

<b>第一章 汽车传动系统概述</b>	1
第一节 汽车传动系统的组成与功用	1
第二节 汽车传动系统的布置方案	3
第三节 汽车传动系统的类型	6
思考题	6
<b>第二章 离合器的构造与检修</b>	7
第一节 离合器的构造与工作原理	7
第二节 膜片弹簧离合器	10
第三节 典型离合器的构造与维修	18
第四节 离合器压盘的传力方式、踏板自由行程和离合器的通风散热	28
第五节 扭转减振器	29
第六节 离合器操纵机构	30
第七节 离合器的维护检查项目	39
第八节 离合器的故障诊断	40
思考题	43
<b>第三章 手动变速器和分动器的构造与检修</b>	44
第一节 变速器的功用和类型	44
第二节 变速器的变速传动机构	45
第三节 同步器结构与工作原理	53
第四节 手动变速器操纵机构	57
第五节 分动器	62
第六节 手动变速器的检测与维修	64
第七节 手动变速器的故障诊断	78
思考题	81

<b>第四章 自动变速器的构造与检修</b>	82
第一节 概述	82
第二节 液力变矩器	87
第三节 液力机械变速器	95
第四节 自动变速器的操纵系统	118
第五节 自动变速器的检修与诊断	149
第六节 自动变速器的维护和故障诊断	171
第七节 金属带式无级自动变速器	177
第八节 金属带式无级自动变速器的检修与诊断	181
思考题	184
<b>第五章 万向传动装置的构造与维修</b>	185
第一节 概述	185
第二节 万向节的构造与维修	186
第三节 传动轴和中间支承	204
第四节 万向传动装置的故障诊断	205
思考题	207
<b>第六章 驱动桥构造与维修</b>	208
第一节 概述	208
第二节 主减速器	211
第三节 普通锥齿轮差速器	218
第四节 限滑差速器	223
第五节 变速驱动桥的构造与维修	241
第六节 驱动车轮的传动装置与桥壳	243
思考题	249
<b>参考文献</b>	250

# 第一章 汽车传动系统概述

## 第一节 汽车传动系统的基本组成与功用

汽车传动系统的基本功用是将发动机发出的动力按照需要传给驱动车轮。

### 一、传动系统的组成

现代汽车普遍采用的是活塞式内燃机，与之相配用的传动系统大多数是采用机械式或液力机械式的。普通双轴货车或部分轿车的发动机纵向布置在汽车的前部，并且以后轮为驱动轮，其传动系统的组成和布置如图 1-1 所示。发动机 1 发出的动力依次经过离合器 2、变速器 3 和由万向节 6 与传动轴 4 组成的万向传动装置，以及安装在驱动桥 5 中的主减速器、差速器和半轴，最后传到驱动车轮。

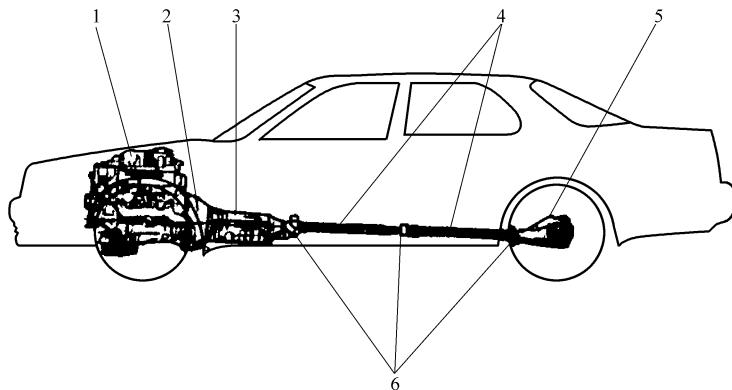


图 1-1 传动系统的一般组成及布置

1—发动机 2—离合器 3—变速器 4—传动轴 5—驱动桥 6—万向节

### 二、传动系统的功能

传动系统的首要任务是与发动机协同工作，以保证汽车能在不同使用条件下正常行驶，并具有良好的动力性和燃油经济性。为此，任何形式的传动系统都必须具有如下功能。

#### 1. 实现汽车减速增矩

只有当作用在驱动轮上的驱动力足以克服外界对汽车的阻力时，汽车才能起步和正常行驶。为此，必须使传动系统具有减速增矩作用，亦即使驱动轮的转速降低为发动机转速的若干分之一，相应地驱动轮所得到的转矩则增大到发动机转矩的若干倍。在机械式传动系统中，若不计摩擦，则驱动轮转矩与发动机转矩之比等于发动机转速与驱动轮转速之比。该比值称为传动系统的传动比，以符号  $i$  表示。这一功能一般由主减速器（传动比以  $i_0$  表示）来实现。

#### 2. 实现汽车变速

汽车的使用条件，诸如汽车的实际装载质量、道路坡度、路面状况，以及道路宽度和曲

率、交通情况所允许的车速等，都在很大范围内不断变化。这就要求汽车牵引力和速度也有相当大的变化范围。另一方面，活塞式内燃机，在其整个转速范围内，转矩的变化不大，而功率及燃油消耗率的变化却很大，因而保证发动机功率较大而燃油消耗率较低的曲轴转速范围，即有利转速范围是很窄的。为了使发动机能保持在有利转速范围内工作，而汽车牵引力和速度又能在足够大的范围内变化，应当使传动系统传动比能在最大值与最小值之间变化，即传动系统应具有变速功能。该功能由变速器（传动比以  $i_g$  表示）来实现。

因为在传动系统中变速器与主减速器是串联的（见图 1-1），则整个传动系统传动比便等于  $i_0$  与  $i_g$  的乘积 ( $i = i_0 i_g$ )。一般汽车变速器的直接档为变速器传动比的最小值 ( $i_g = 1$ )，则整个传动系统的最小传动  $i_{\min} = i_0$ ，即等于主减速器的传动比。

传动系统传动比的最小值  $i_{\min}$  应保证汽车能在平直良好的路面上克服滚动阻力和空气阻力，并以相应的最高速度行驶。轿车和轻型货车的  $i_{\min}$  一般为 3~6，中、重型货车的  $i_{\min}$  一般为 6~15。

当要求驱动力足以克服最大行驶阻力，或要求汽车具有某一最低稳定速度时，传动系统传动比就应取最大值  $i_{\max}$ 。 $i_{\max}$  在轿车上为 12~18，在轻、中型货车上为 35~50。

若传动比在一定范围内的变化是连续的和渐进的，则称为无级变速。无级变速可以保证发动机保持在最有利工况下工作，因而有利于提高汽车的动力性和燃油经济性。因此机械式传动系统多数是有级变速，即传动比档数是有限的。一般轿车和轻、中型货车的传动比有 3~5 档，越野汽车和重型货车的传动比可多达 8~10 档。

### 3. 实现汽车倒车

汽车在某些情况下，需要倒向行驶。然而内燃机是不能反向旋转的，故与内燃机共同工作的传动系统必须保证在发动机旋转方向不变的情况下，能使驱动轮反向旋转。一般结构措施是在变速器内加设倒档。

### 4. 必要时中断传动系统的动力传递

内燃机只能在无负荷情况下起动，而且起动后的转速必须保持在最低稳定转速以上，否则可能熄火。所以在汽车起步之前，必须将发动机与驱动轮之间的动力传动路线切断，以便起动发动机。发动机进入正常怠速运转后，再逐渐地恢复传动系统的传动能力，即从零开始逐渐对发动机曲轴加载，同时加大节气门开度，以保证发动机不致熄火，使汽车能平稳起步。此外，在变换传动系统变速器档位（换档）以及对汽车进行制动之前，也都有必要暂时中断动力传递。

在汽车长时间停驻时，以及在发动机不停止运转情况下，使汽车暂时停驻，或在汽车获得相当高的车速后，欲停止对汽车供给动力，使之靠自身惯性进行长距离滑行时，传动系统应能长时间保持在中断动力传递状态。为此变速器应设有空档，即所有各档齿轮都能保持在脱离传动位置的档位。

### 5. 应使车轮具有差速功能

当汽车转弯行驶时，左右车轮在同一时间内滚过的距离不同，如果两侧驱动轮仅用一根刚性轴驱动，则二者角速度必然相同，因而在汽车转弯时必然产生车轮相对于地面滑动的现象。这将使转向困难，汽车的动力消耗增加，加速传动系统内某些零件和轮胎磨损。所以驱动桥内装有差速器，使左右两驱动轮能以不同的角速度旋转，动力由主减速器先传到差速器，再由差速器分配给左右两半轴，最后传到两侧的驱动轮。

此外，由于发动机、离合器和变速器都固定在车架上，而驱动桥和驱动轮一般是通过弹性悬架与车架相联系的。因此在汽车行驶过程中，变速器与驱动轮二者经常有相对运动。在此情况下，二者之间不能用简单的整体传动轴传动，而应采用如图 1-1 所示的由万向节 6 和传动轴 4 组成的万向传动装置。

## 第二节 汽车传动系统的布置方案

汽车传动系统的布置方案与汽车总体布置方案是相适应的，同样可归纳为以下几种。

### 一、发动机前置后轮驱动（FR）方案

FR 方案是  $4 \times 2$  型汽车的传统布置方案，主要应用于轻、中型货车上，但是在部分轿车和客车上也有采用。该方案的优点是结构简单，工作可靠，前后轮的质量分配比较理想；其缺点是需要一根较长的传动轴，这不仅增加了车重，而且也影响了传动系统的效率。

### 二、发动机前置前轮驱动（FF）方案

发动机、离合器与主减速器、差速器等装配成十分紧凑的整体，布置在汽车的前面，前轮为驱动轮；这样在变速器和驱动桥之间就省去了万向节和传动轴。发动机可以纵置或横置，在发动机横置时，由于变速器轴线与驱动桥轴线平行，主减速器可以采用结构和加工都较简单的圆柱齿轮副（见图 1-2a）。发动机纵置时，则大多数需采用弧齿锥齿轮副（见图 1-2b）。FF 方案由于前轮是驱动轮，有助于提高汽车高速行驶时的操纵稳定性，而且整个传动系统集中在汽车前部，使其操纵机构简化。这种布置方案目前已广泛地应用于微型和中级轿车上，在中高级和高级轿车上的应用也日渐增多。

### 三、发动机后置后轮驱动（RR）方案

发动机后置后轮驱动（RR）方案如图 1-3 所示。发动机 1、离合器 2 和变速器 3 都横置于驱动桥之后，驱动桥采用非独立悬架。主减速器与变速器之间距离较大，其相对位置经常变化。由于这些原因，有必要设置万向传动装置 5 和角传动装置 4。大型客车采用这种布置方案更容易做到汽车总质量在前后车轴之间的合理分配，而且具有车厢内噪声低、空间利用率高等优点，因此它是大、中型客车盛行的方案。但是由于发动机在汽车后部，发动机冷却条件差，发动机、离合器和变速器的操纵机构都较复杂。少数轿车和微型汽车也有采用这种方案的。

### 四、发动机中置后轮驱动（MR）方案

发动机中置后轮驱动（MR）方案如图 1-4 所示。传动系统的这种布置方案有利于实现前后轮较为理想的质量分配，是赛车普遍采用的方案。部分大、中型客车也有采用此种布置方案装置的。它的优缺点介于 FF 和 RR 方案之间。

### 五、全轮驱动（nWD）方案

nWD 是 n Wheel Drive 的缩写（ $n$  代表驱动轮数），表示传动系统为全轮驱动方案。对于要求能在坏路或无路地区行驶的越野汽车，为了充分利用所有车轮与地面之间的附着条件，以获得尽可能大的驱动力，总是将全部车轮都作为驱动轮，故传动系统采用 nWD 方案。

图 1-5 所示为德国宝马 4WD 轿车的传动系统布置图。从图中不难看出，前后桥都是驱动桥。为了将变速器输出的动力分配给前后两驱动桥，在变速器与两驱动桥之间设置有分动器 5。前驱动桥可根据需要，用换档拨叉接通或断开。

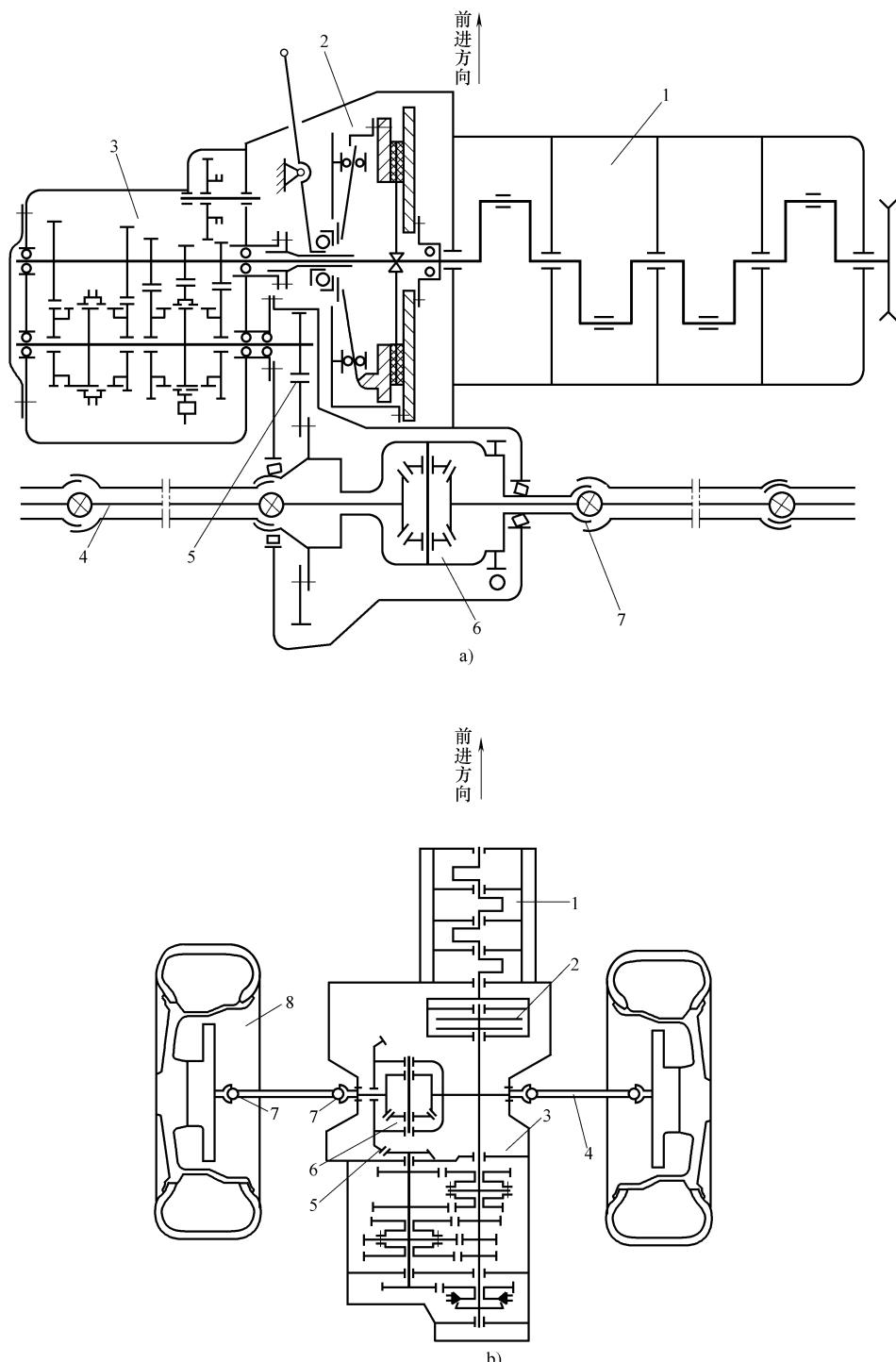


图 1-2 发动机前置、前轮驱动的轿车传动系统示意图

a) 发动机横置 b) 发动机纵置

1—发动机 2—离合器 3—变速器 4—传动轴 5—主减速器 6—差速器  
7—等速万向节 8—驱动轮（前轮）

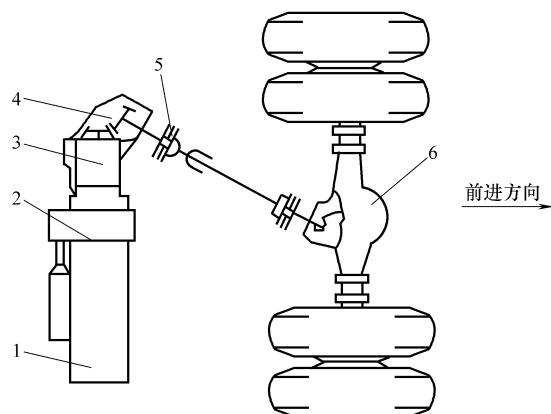


图 1-3 发动机后置后轮驱动的传动系统布置方案示意图

1—发动机 2—离合器 3—变速器 4—角传动装置 5—万向传动装置 6—驱动桥

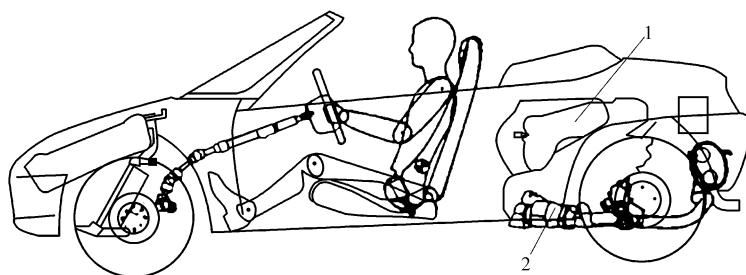


图 1-4 发动机中置后轮驱动的传动系统布置方案示意图

1—发动机 2—传动系统

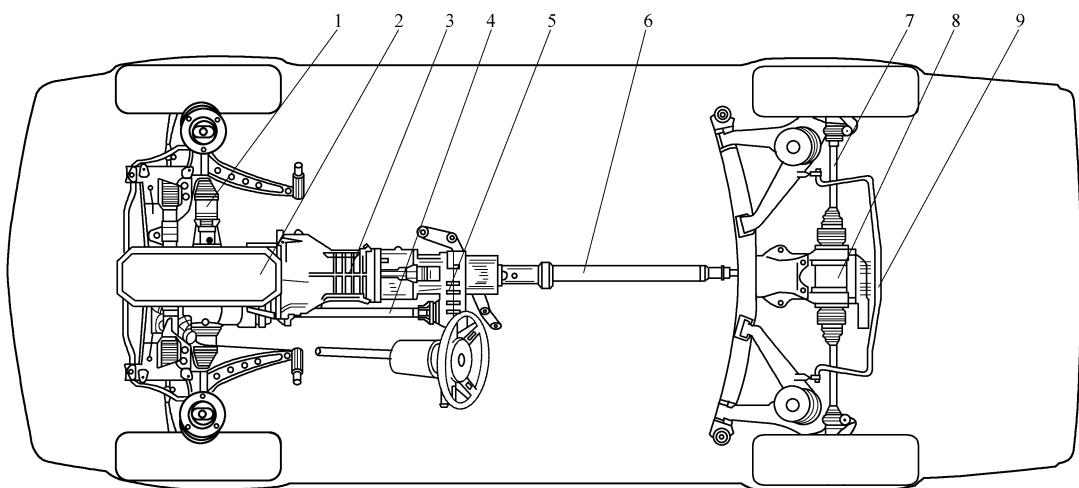


图 1-5 4WD 传动系统的布置图

1—前驱动桥 2—发动机 3—变速器 4—前传动轴 5—分动器 6—后传动轴  
7—后驱动桥的半轴 8—后驱动桥 9—横向稳定器

### 第三节 汽车传动系统的类型

按汽车传动系统中传动元件的特征，可分为机械式、液力式和电力式传动系统等。下面简单介绍液力式传动系统。

液力式传动系统又分为液力机械式和静液式。

液力机械式传动系统的特点是组合运用液力传动和机械传动。此处液力传动单指动液传动，即以液体为传动介质，利用液体在主动元件和从动元件之间循环流动过程中动能的变化来传递动力。动液传动装置有液力偶合器和液力变矩器两种。

液力机械式传动系统能根据道路阻力的变化，自动地在若干个车速范围内分别实现无级变速，而且其中的有级式机械变速器还可以实现自动或半自动操纵，因而可使驾驶人的操作大为简化。

#### 思 考 题

1. 汽车传动系统的功能是什么？
2. 试分析汽车传动系统的各种布置方案的优缺点？分别列举其代表车型。
3. 汽车传动系统有哪几种类型？
4. 汽车常见的驱动形式有哪些？其代表车型有哪些？

# 第二章 离合器的构造与检修

## 第一节 离合器的构造与工作原理

### 一、离合器的功用

离合器是汽车传动系统中直接与发动机相联系的部件，其功用如下。

#### 1. 保证汽车平稳起步

在汽车起步前，首先要起动发动机。这时应使变速器处于空档位置，即将发动机与驱动车轮之间的联系断开，以卸除发动机负荷。待发动机已起动并开始正常的怠速运转后，方可将变速器挂上一定档位，使汽车起步。汽车起步时，汽车是从完全静止的状态逐步加速的。如果变速器挂档，汽车将突然前冲，而使发动机熄火。这是因为汽车从静止到前冲时，产生很大的惯性力，对发动机造成很大的阻力矩。在这个惯性阻力矩的作用下，发动机在瞬间转速急剧下降到最低稳定转速（一般为  $300 \sim 500\text{r/min}$ ）以下，发动机即熄火而不能工作，当然汽车也就不能起步。在传动系统中装设了离合器后，在发动机起动后，汽车起步之前，驾驶人先踩下离合器踏板，将离合器分离，使发动机与传动系统脱开，再将变速器挂上档，然后逐渐松开离合器踏板，使离合器逐渐接合。在离合器逐渐接合的过程中，发动机所受阻力矩也逐渐增加，故应同时逐渐踩下加速踏板，即逐步增加对发动机的燃油供给量，使发动机的转速始终保持在最低稳定转速以上，不致熄火。由于离合器的接合紧密程度逐渐增大，发动机经传动系统传给驱动车轮的转矩便逐渐地增加，到驱动力足以克服起步阻力时，汽车即从静止开始运动并逐步加速，因此保证了汽车能平稳起步。

#### 2. 保证传动系统换挡时工作平顺

在汽车行驶过程中，为了适应不断变化的行驶条件，传动系统经常要换用不同档位工作。实现齿轮式变速器的换档，一般是拨动齿轮或其他挂档机构，使原用档位的某一齿轮副退出传动，再使另一档位的齿轮副进入工作。在换档前也必须踩下离合器踏板，中断动力传递，便于使原用档位的啮合副脱开，同时有可能使新档位啮合副的啮合部位的速度逐渐趋向相等（同步），这样，进入啮合时的冲击可以大为减轻，使换档时工作平顺。

#### 3. 防止传动系统过载

当汽车进行紧急制动时，若没有离合器，则发动机将因和传动系统刚性相连而急剧降低转速，因而其中所有运动件将产生很大的惯性力矩（数值可能大大超过发动机正常工作时所发出的最大转矩），对传动系统造成超过其承载能力的载荷，而使其机件损坏。有了离合器，便可依靠离合器主动部分和从动部分之间可能产生的相对运动消除这一危险。因此离合器的这一功用是限制传动系统所承受的最大转矩，防止传动系统过载。

由上述可知，欲使离合器起到以上几个作用，离合器应该是这样一个传动机构：其主动部分和从动部分可以暂时分离，又可以逐渐接合，并且在传动过程中还要有可能相对转动。所以离合器的主动件与从动件之间不可采用刚性连接，而是借二者接触面之间的摩擦作用来

传递转矩（摩擦离合器），或是利用液体作为传动的介质（液力偶合器），或是利用磁力传动（电磁离合器）。在摩擦离合器中，为产生摩擦所需的压紧力，可以是弹簧力、液压作用力或电磁吸力。但目前汽车上采用比较广泛的是用弹簧压紧的摩擦离合器。

## 二、摩擦离合器的工作原理

图 2-1 所示为摩擦离合器的工作原理和构造。

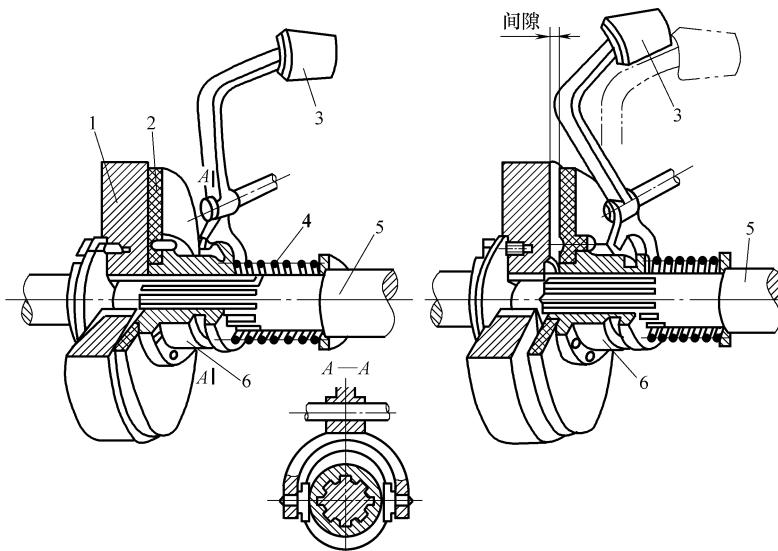


图 2-1 摩擦离合器的工作原理和构造示意图

1—飞轮 2—从动盘 3—踏板 4—压紧弹簧 5—从动轴 6—从动盘毂

发动机飞轮 1 是离合器的主动件。带有摩擦片的从动盘 2 和从动盘毂 6 通过滑动花键与从动轴 5（即变速器的主动轴）相连。压紧弹簧 4 将从动盘压紧在飞轮端面上。发动机转矩靠飞轮与从动盘接触面之间的摩擦作用而传到从动盘上，再由此经过从动轴和传动系统中一系列部件传给驱动车轮。弹簧 4 的压紧力愈大，则离合器所能传递的转矩也愈大。

由于汽车在行驶过程中，需经常保持动力传递，而中断传动只是暂时的需要，故汽车离合器的主动部分和从动部分经常处于接合状态。摩擦副采用弹簧压紧装置即是为了适应这一要求。欲使离合器分离时，只要踩下离合器操纵机构中的踏板 3，套在从动盘毂 6 的环槽中的拨叉便推动从动盘克服压紧弹簧的压力向右移动，与飞轮分离，摩擦力消失，从而中断了动力传递。

当需要重新恢复动力传递时，为使汽车速度和发动机转速变化比较平稳，应该适当控制离合器踏板回升的速度，使从动盘在压紧弹簧 4 压力作用下，向左移动与飞轮恢复接触。二者接触面间的压力逐渐增加，相应的摩擦力矩也逐渐增加。当飞轮和从动盘接合还不紧密，二者之间摩擦力矩比较小时，二者可以不同步旋转，即离合器处于打滑（滑磨）状态。随着飞轮和从动盘接合紧密程度的逐步增大，二者转速也渐趋相等。直到离合器完全接合而停止打滑时，汽车速度方能与发动机转速成正比。

摩擦离合器所能传递的最大转矩取决于摩擦面间最大静摩擦力矩，而后者又由摩擦面间最大压紧力和摩擦面尺寸及性质决定。故对于一定结构的离合器来说，静摩擦力矩是一个定值。当输入转矩稍大于此值，则离合器打滑，因而限制了传动系统所受转矩，防止超载。

由上述工作原理可以看出，摩擦离合器基本上由主动部分、从动部分、压紧机构和操纵机构四部分组成。主、从动部分和压紧机构是保证离合器处于接合状态并能传递动力的基本结构，而离合器的操纵机构主要是离合器的分离装置，图 2-2 所示为上汽通用五菱荣光离合器总成，包括 4 个部分：主动部分（飞轮、离合器盖、压盘）、从动部分（从动盘即离合器片）、压紧机构（压紧弹簧）、操纵机构（分离叉、分离轴承、离合器踏板、传动部分）。

### 三、对摩擦离合器的基本性能要求

在离合器的具体结构上，首先在保证传递发动机最大转矩的前提下，应满足两个基本性能要求：分离彻底，接合柔和；离合器从动部分的转动质量要尽可能小。离合器的作用之一是在变速器换档时，中断动力传递，以减轻轮齿间的冲击。如果与变速器主动轴相连的离合器从动部分的转动惯量大，当换档时，虽然由于分离了离合器，使发动机与变速器之间的联系脱开，但离合器从动部分较大的惯性力矩仍然输入给变速器，其效果相当于分离不彻底，就不能很好地起到减轻轮齿间冲击的作用。

此外还要求离合器散热良好。因为在汽车行驶过程中，驾驶人操纵离合器的次数是很多的，这就使离合器中由于摩擦面间频繁地相对滑磨而产生大量的热。离合器接合愈柔和，产生热量愈大。这些热量如不及时地散出，对离合器的工作将产生严重影响。

### 四、摩擦离合器的类型

摩擦离合器随着所用摩擦面的数目、压紧弹簧的形式及安装位置，以及操纵机构形式的不同，其总体构造也有差异。

摩擦离合器所能传递的最大转矩的数值取决于摩擦面间的压紧力和摩擦因数，以及摩擦面的数目和尺寸。

#### 1. 摩擦离合器按从动盘的数目分为单盘离合器和双盘离合器

(1) 单盘离合器 具有一个从动盘，其前后两面都装有摩擦衬片，因而它有两个摩擦面。对于轿车和轻型货车，发动机最大转矩数值一般不太大，可足以满足传递最大转矩的要求。

(2) 双盘离合器 对于中、重型汽车，要求离合器所传递的最大转矩更大。这样，势必要采取一些措施来提高所传递最大转矩的能力。

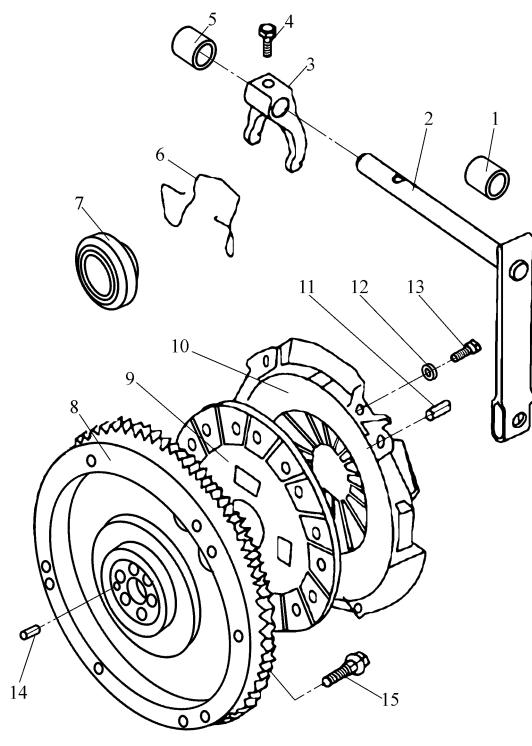


图 2-2 上汽通用五菱荣光离合器总成

1—分离轴衬套 2—分离摇臂 3—分离拨叉 4—分离拨叉螺栓  
 5—分离轴衬套 6—弹簧 7—分离轴承 8—飞轮齿圈  
 9—从动盘 10—压盘总成 11—压盘定位销  
 12—平垫圈 13—压盘螺栓 14—飞轮定位销  
 15—飞轮螺栓

## 2. 摩擦离合器按压紧弹簧的结构形式分为螺旋弹簧离合器和膜片弹簧离合器

(1) 螺旋弹簧离合器 螺旋弹簧离合器按弹簧在压盘上的布置又分为周布弹簧离合器和中央弹簧离合器。采用若干个螺旋弹簧作为压紧弹簧，并沿压盘心（或从动盘）圆周分布的离合器称为周布弹簧离合器；仅具有一个或两个较强力的螺旋弹簧（圆柱形螺旋弹簧或矩形断面的锥形螺旋弹簧），并与压盘（或从动盘）同心安置在离合器中央的，称为中央弹簧离合器。

(2) 膜片弹簧离合器 采用膜片弹簧作为压紧弹簧的称为膜片弹簧离合器。

## 第二节 膜片弹簧离合器

### 一、膜片弹簧离合器的构造和工作原理

#### 1. 膜片弹簧离合器的构造

膜片弹簧离合器所用的压紧弹簧是一个用薄弹簧钢板制成的带有一定锥度，中心部分开有许多均匀径向槽的圆锥形弹簧片，图 2-3 所示为东风柳汽 LZ6500 轻型客车离合器，为干式单摩擦盘、膜片弹簧式结构。

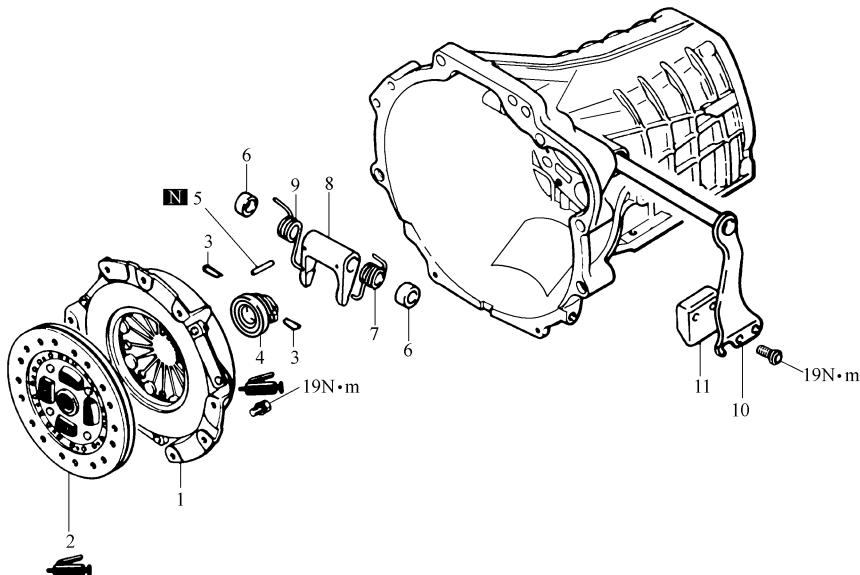


图 2-3 东风柳汽 LZ6500 轻型客车离合器（干式单摩擦盘、膜片弹簧式结构）

1—离合器盖 2—离合器片 3—回位夹 4—离合器分离轴承 5—弹簧销 6—垫 7—回位弹簧（左）  
8—分离拨叉 9—回位弹簧（右） 10—分离叉轴 11—重块

膜片弹簧式结构包括以下几个部分：

(1) 主动部分 主动部分包括飞轮、离合器盖、压盘。

1) 压盘总成：图 2-4 所示为上汽通用五菱荣光膜片弹簧离合器压盘总成结构。压盘总成用螺栓固定在飞轮上，它由压盘、离合器盖、压紧弹簧和分离杠杆组成。离合器接合时，压盘将离合器从动盘紧压到飞轮表面。

压盘是个平直、大重量的金属环，由铸铁制造而成。压盘的散热较为重要，当离合器打

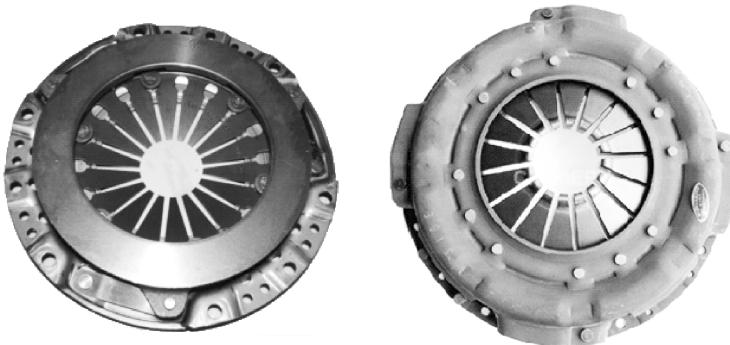


图 2-4 上汽通用五菱荣光膜片弹簧离合器压盘总成结构

滑时，摩擦面产生热量，致使摩擦片和压盘变形，破坏其平面度，使压盘和摩擦片之间接触不良。

## (2) 从动部分 从动部分包括从动盘（离合器片）。

离合器从动盘如图 2-5 所示。离合器从动盘内有花键，可在变速器输入轴上做轴向运动。每次离合器接合时，离合器从动盘向前移动，与飞轮接触，发动机转矩通过花键传递给变速器输入轴。当离合器分离时，离合器从动盘能向后移动，防止黏滑在飞轮上。

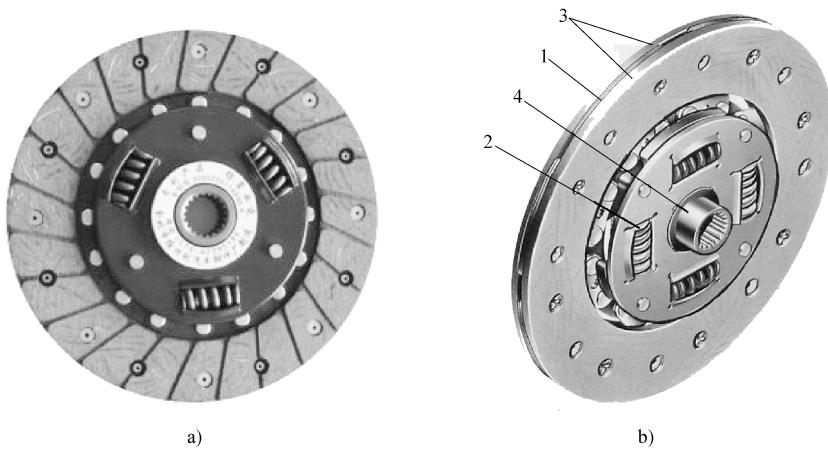


图 2-5 单摩擦盘离合器从动盘

a) 上汽通用五菱荣光从动盘 b) 桑塔纳 2000 型从动盘

1—波形片 2—减振弹簧 3—摩擦片 4—花键轴套

离合器从动盘上装有扭转减振器，与从动盘毂一起构成缓冲机构。发动机产生不均匀的动力脉冲会引起扭转振动，扭转减振器能减少或消除这种振动。当发动机在做功行程时，曲轴会加速，而在其他行程，则会减速，如果这些速度波动没有被减振器消除，则会引起振动或噪声，并增加离合器摩擦片的磨损。离合器摩擦片两面与飞轮和压盘接合处都有摩擦材料，它们为离合器的接合和切断提供了摩擦效果。

离合器摩擦片材料必须能够承受接合与分离时摩擦产生的热量。多数离合器摩擦片的表面有一系列的径向切槽，这些切槽擦掉飞轮和压盘表面上的灰尘和污染物，并有助于产生气

流来冷却摩擦表面，并消除在分离时使摩擦表面黏合的真空层。

### (3) 压紧机构 压紧机构主要元件是压紧弹簧。

离合器总成中的压紧弹簧有膜片弹簧和螺旋弹簧两种类型，它产生压紧力，使离合器能传递转矩。膜片弹簧是能够产生所需压紧力的碟形弹簧。圆锥形的膜片弹簧反抗变平的反抗力就是弹簧产生的弹力。轿车和重型车大多采用膜片弹簧。

### (4) 操纵机构 操纵机构主要包括分离叉、分离轴承、离合器踏板、传动部分。

1) 分离杠杆：分离杠杆起压紧压缩弹簧的作用，同时能将压盘从离合器从动盘上拉开。当踩下离合器踏板时，分离轴承被压到分离杠杆上，分离杠杆围绕中间支点摆动，压盘被拉开，作用在离合器从动盘上的压力释放，离合器分离。膜片弹簧式离合器中，膜片弹簧本身就是一个分离杠杆。

2) 分离轴承：图 2-6 所示为上汽通用五菱荣光微型车的分离轴承。分离轴承由分离拨叉驱动，它能将离合器操作机构的作用力传递到旋转着的压盘膜片弹簧或分离杠杆上，用于分离离合器。当驾驶人踩下离合器踏板时，分离轴承推动压盘膜片弹簧或分离杠杆向前移动，释放压盘的作用力，使离合器分离。

分离轴承是两端密封的球轴承，在制造时已经被润滑好，然后被密封。

分离轴承一般压在轴承毂上，轴承毂与离合器分离拨叉连接，轴承毂内有一中心孔，以便在变速器轴承支承轴套上滑动。

3) 分离拨叉：如图 2-2 和图 2-3 所示，分离拨叉的作用是推动分离轴承，使离合器分离。分离拨叉通过螺栓安装在分离摇臂上，当离合器踩下时，拉索拉动分离摇臂转动，固定在上面的拨叉向前移动并推动分离轴承，使其压缩膜片弹簧，离合器分离。当松开踏板时，分离拨叉在弹簧的作用下回位，分离轴承解除对膜片弹簧的压力，离合器接合。

4) 导向轴承：有些变速器的输入轴靠近发动机端需要被支承，以减少摩擦，这通过在飞轮或曲轴后端的中心安装导向轴承来完成。导向轴承的类型有石墨青铜轴承、滚针轴承或球轴承。

## 2. 膜片弹簧离合器工作原理

如图 2-7 所示，在膜片弹簧 5 上，靠中心部分开有若干个径向切口，形成分离指，起分离杠杆作用。膜片弹簧两侧有钢丝支承圈 3，借助铆钉将其安装在离合器盖 2 上。在离合器盖未固定到飞轮 1 上时，膜片弹簧不受力，处于自由状态，如图 2-7a 所示。此时离合器盖 2 与飞轮 1 安装面有一定距离。当将离合器盖用螺钉固定到飞轮上时（见图 2-7b），由于离合器盖靠向飞轮，钢丝支承圈 3 压膜片弹簧 5 使之发生弹性变形（锥角变小）。同时，在膜片弹簧外端对压盘 4 产生压紧力而使离合器处于接合状态。当离合器分离时，分离轴承 6 左移（见图 2-7c），推动分离指内端左移，则膜片弹簧以支承圈为支点转动（膜片弹簧呈反锥形），于是膜片弹簧外端右移，并通过分离弹簧钩 7 拉动压盘使离合器分离。



图 2-6 上汽通用五菱荣光的分离轴承

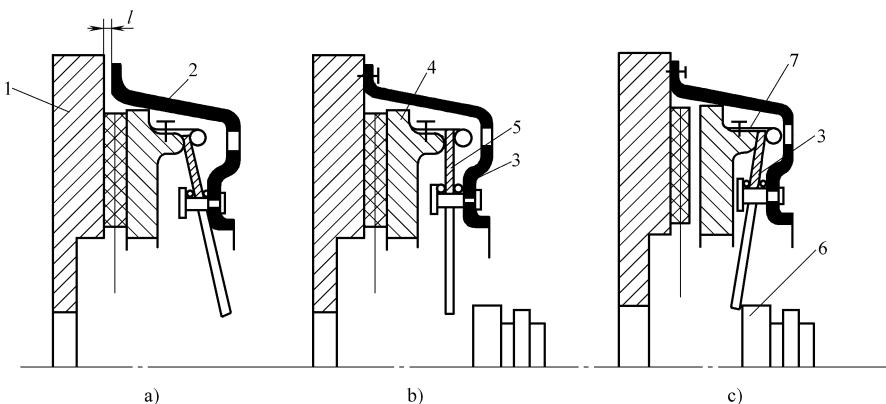


图 2-7 膜片弹簧离合器工作原理示意图

1—飞轮 2—离合器盖 3—钢丝支承圈 4—压盘 5—膜片弹簧 6—分离轴承 7—分离弹簧钩

## 二、膜片弹簧离合器的优缺点

目前世界各国生产的汽车，特别是轿车已全部采用了膜片弹簧离合器，因为它具有如下优点：

### 1. 膜片弹簧离合器转矩容量大且较稳定

图 2-8 所示为摩擦离合器中的两种压紧弹簧（膜片弹簧与螺旋弹簧）的弹性特性。装在离合器盖总成中的螺旋弹簧处于预压紧状态，其弹性特性曲线如图 2-8 中曲线 1 所示。而装在离合器盖中的膜片弹簧基本处于自由状态，其弹性特性曲线如图 2-8 中曲线 2 所示。假如所设计的两种离合器压紧弹簧的压紧力均相同，即压紧力均为  $p_b$ ，轴向压缩变形量为  $\lambda_b$ 。当摩擦片磨损量达到容许的极限值  $\Delta\lambda'$  时，弹簧压缩变形量减小到  $\lambda_a$ 。此时螺旋弹簧压紧力便降低到  $p'_a$ 。 $p'_a < p_b$ ，两值相差较大，将使离合器中压紧力不足而产生滑磨，而膜片弹簧压紧力则只降低到与  $p_b$  相差无几的  $p_a$ ，使离合器仍能可靠地工作，不至于产生滑磨。可见，膜片弹簧离合器比螺旋弹簧离合器转矩容量大，一般大 15% 左右。

### 2. 操纵轻便

当离合器分离时，分离轴承将压紧弹簧进一步压缩，由图 2-8 看出，如两种弹簧的压缩量均为  $\Delta\lambda''$  时，膜片弹簧所需的作用力为  $p_c$ ，比螺旋弹簧所需的作用力  $p'_c$  减少约 25% ~

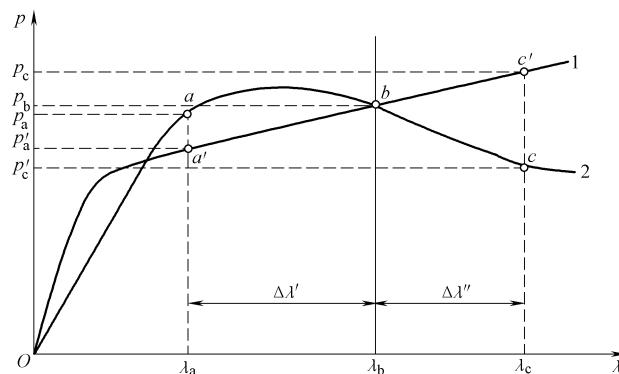


图 2-8 离合器两种压紧弹簧的弹性特性

30%；此外，在膜片弹簧离合器中由于采用了传动片或分离弹簧钩的装置，它们产生的弹性恢复力与离合器压盘的分离力方向一致；而且在膜片弹簧离合器中，还因无分离杠杆装置，减少了这部分杆件的摩擦损失。因此膜片弹簧离合器的操纵轻便。

### 3. 结构简单且较紧凑

膜片弹簧的碟簧部分起压紧弹簧作用，而分离指则起分离杠杆作用，这样，膜片弹簧不仅取代了周布螺旋弹簧离合器中的多个螺旋弹簧，而且也省去了多组分离杠杆装置，零件数目减少，质量也减轻。

在满足相同压紧力的情况下，膜片弹簧的轴向尺寸较螺旋弹簧小，在有限的空间内便于布置，使离合器的结构更为紧凑。

### 4. 高速时平衡性好

膜片弹簧是圆形旋转对称零件，平衡性好，在高速时，其压紧力降低很少，而周置的螺旋弹簧在高速下，因受离心力作用会产生横向挠曲，弹簧严重鼓出，从而降低了对压盘的压力。

### 5. 散热通风性能好

在离合器轴向尺寸相同的情况下，膜片弹簧离合器可以采用较厚的压盘，以保证有足够的热容量，同时也便于在压盘上设置散热筋。此外，在膜片离合器盖上可开有较大的通风口，而且零件数目少，更有利于实现良好的散热通风。

### 6. 摩擦片的使用寿命长

由于膜片弹簧以整个圆周与压盘接触，使摩擦片上的压力分布均匀，接触良好，磨损均匀，再加上膜片弹簧离合器的散热性能好，从而提高了摩擦片的使用寿命。

膜片弹簧离合器的缺点是，膜片弹簧在制造上有一定难度，因为它对弹簧钢片的尺寸精度、加工和热处理条件等要求都比较严格。在结构上分离指部分的刚度较低，使分离效率降低；而且分离指根部易形成应力集中，使碟簧部分的应力增大，容易产生疲劳裂纹而损坏；分离指舌尖部易磨损，而且难以修复。

由于膜片弹簧离合器具有上述独特的优点，因此它在汽车上得到了广泛应用。近年来不仅在轿车和微型汽车上采用，而且在轻型、中型货车，甚至在重型货车上也得到了应用。

## 三、膜片弹簧离合器的结构形式

膜片弹簧离合器根据分离时分离指内端的受力方向不同，可分为推式膜片弹簧离合器和拉式膜片弹簧离合器，如图 2-9 所示。当离合器分离时，分离指内端受力方向指向压盘时，称为推式膜片弹簧离合器，而分离指内端受力方向离开压盘时，则称为拉式膜片弹簧离合器。

上述两种膜片弹簧离合器的结构特点是，装配时，推式膜片弹簧离合器的膜片锥顶朝后（离开压盘方向），大端靠在压盘上，对压盘施加压力（见图 2-9a）。拉式膜片弹簧的安装与推式相反，膜片弹簧的锥顶朝前（指向压盘方向），其大端靠在离合器盖上，膜片弹簧的中部对压盘施加压力（见图 2-9b）。

分析这两种膜片弹簧离合器可知：在同样压盘尺寸下，拉式膜片弹簧离合器可采用直径较大的膜片弹簧，从而可提高压紧力和转矩容量；或者在传递相同转矩的情况下，尺寸较小的拉式膜片弹簧离合器可以代替尺寸较大的推式膜片弹簧离合器。因此，拉式膜片弹簧离合器的结构更紧凑、简单，质量更轻，从动盘转动惯量也小，可以减小换档时齿轮轮齿间的冲

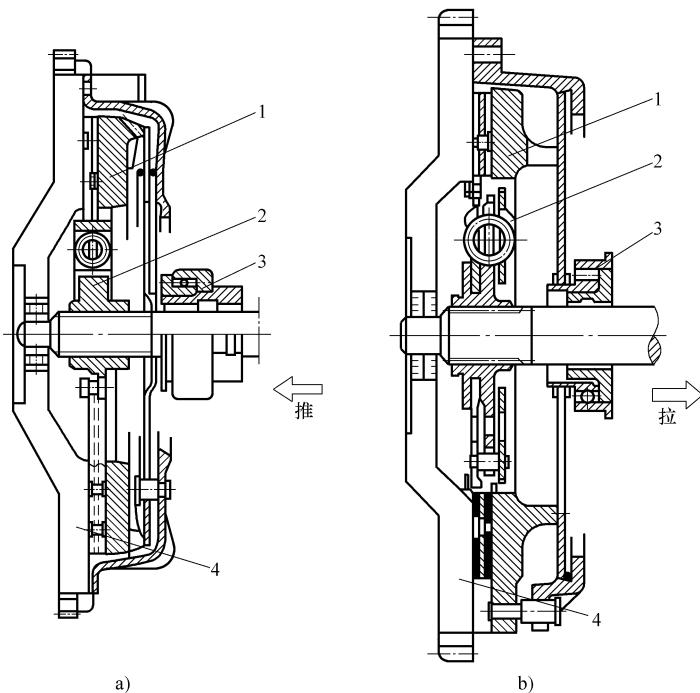


图 2-9 推式膜片弹簧离合器和拉式膜片弹簧离合器的结构

a) 推式膜片弹簧离合器 b) 拉式膜片弹簧离合器

1—离合器盖及压盘总成 2—从动盘总成 3—分离轴承 4—飞轮

击，更便于换档。

### 1. 推式膜片弹簧离合器

推式膜片弹簧离合器按安装膜片弹簧的支承环数目不同，又可分为双支承环、单支承环和无支承环三种结构形式，如图 2-10 所示。

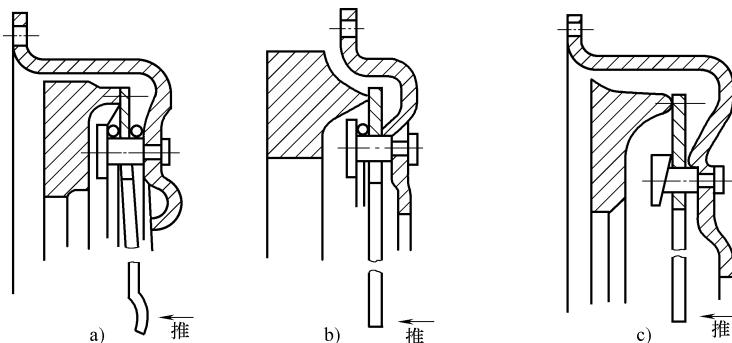


图 2-10 推式膜片弹簧离合器的结构形式示意图

a) 双支承环式 b) 单支承环式 c) 无支承环式

双支承环式膜片弹簧离合器是目前广泛采用的结构形式，其具体结构如图 2-11 所示。

### 2. 拉式膜片弹簧离合器

拉式膜片弹簧离合器按安装膜片弹簧的支承环数目不同，可分为无支承环式（见

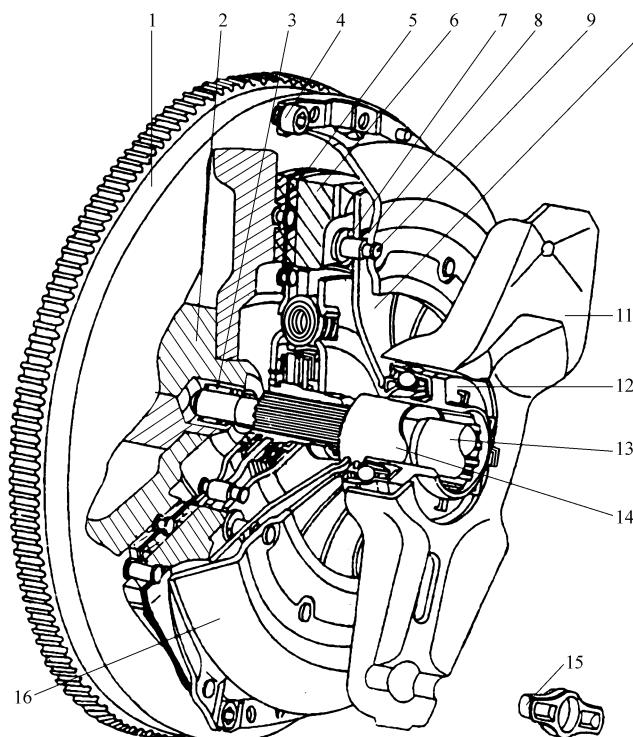


图 2-11 红旗、桑塔纳轿车双支承环 MF 型膜片弹簧离合器

1—飞轮 2—曲轴 3—前支承轴承 4—内六角螺栓 5—从动盘 6—压盘 7—前支承环  
8—后支承环 9—铆钉 10—膜片弹簧 11—分离叉 12—分离轴承 13—变速器输入轴  
14—轴承导套 15—分离叉座片 16—离合器盖

图 2-12a) 和单支承环式 (见图2-12b、c) 两种。

捷达轿车离合器是推式操纵无支承环的拉式膜片弹簧离合器, 如图 2-13 所示。离合器盖 12 通过螺栓 6 和中间板 10 固定在曲轴 7 上。分离盘 8 通过卡环 11 卡在膜片弹簧 13 的三个定位爪上。从动盘 9 的花键毂与传动器输入轴 4 配合, 输入轴 4 为空心轴, 分离推杆 5 从中穿过。分离推杆的左端与离合器分离轴承 1 接触, 右端则顶在分离盘 8 的中央凹坑内。飞轮 14 用 9 个螺栓 15 反装在离合器盖 12 上。

当踩下离合器踏板时, 通过一系列操纵机构, 使离合器分离臂 2 转动, 推压分离轴承 1 右移, 并使穿过输入轴 4 的分离推杆 5 向右轴向移动, 推动分离盘 8 右移, 则分离盘推压膜片弹簧分离指右移 (分离指内端受力方向为离开压盘), 迫使压盘与从动盘分开, 从而完成

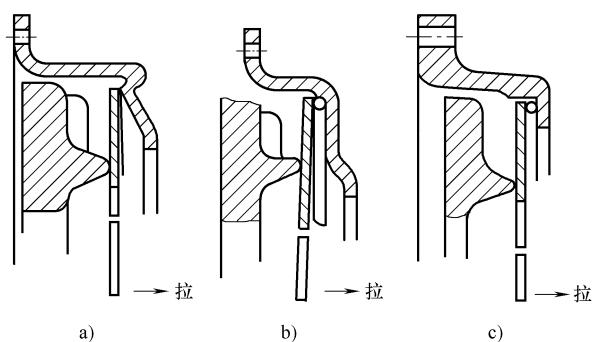


图 2-12 拉式膜片弹簧离合器的结构形式示意图

a) 无支承环式 b)、c) 单支承环式

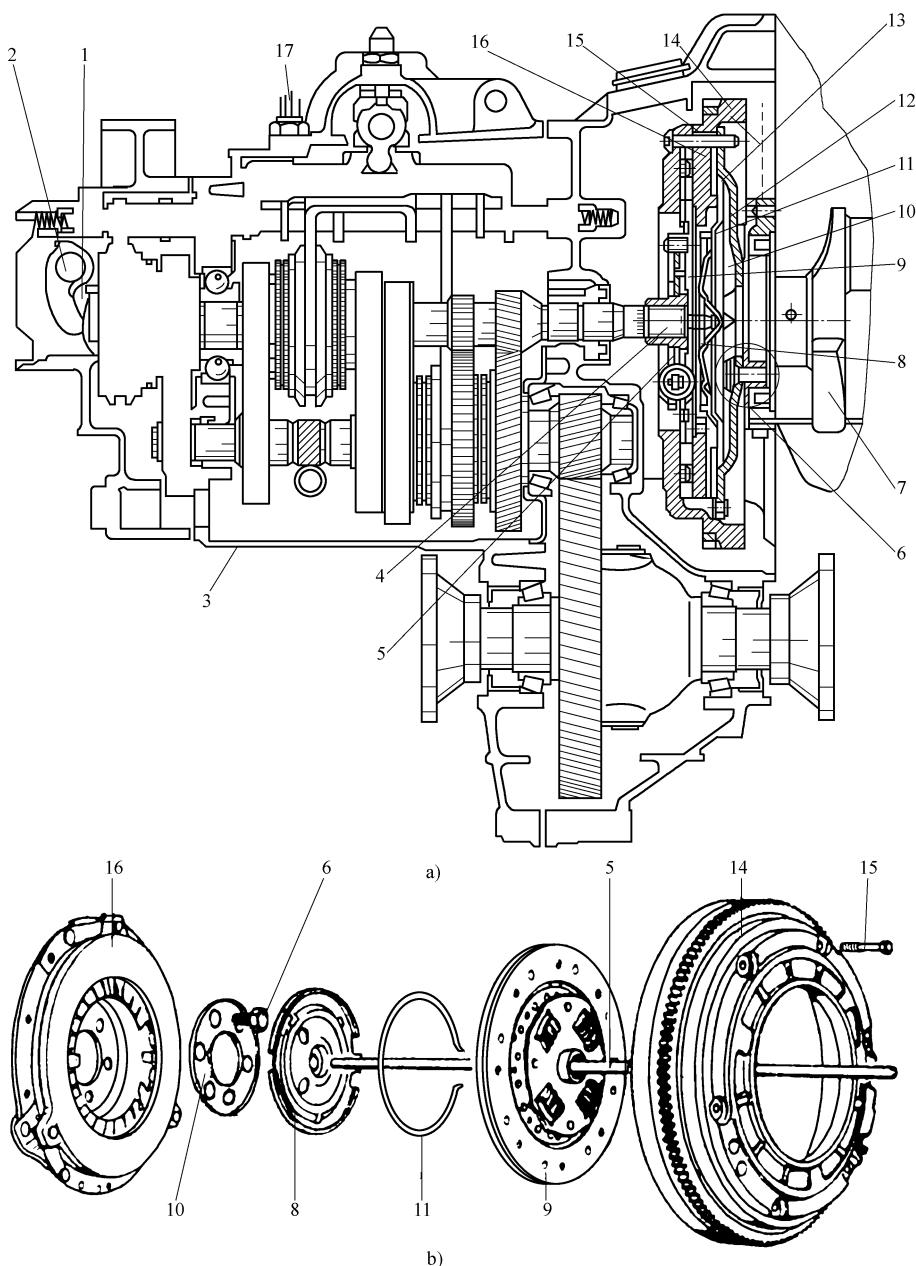


图 2-13 捷达轿车拉式膜片弹簧离合器

a) 传动器与离合器结构 b) 离合器零部件分解图

1—分离轴承 2—分离臂 3—传动器总成 4—传动器输入轴 5—分离推杆 6、15—螺栓  
 7—曲轴 8—分离盘 9—从动盘 10—中间板 11—卡环 12—离合器盖  
 13—膜片弹簧 14—飞轮 16—压盘 17—倒车灯开关

离合器的分离。

捷达轿车的推式操纵拉式膜片弹簧离合器是目前汽车离合器中比较流行的新结构。它克服了拉式膜片弹簧离合器分离轴承的结构复杂和拆装较困难的缺点。

### 第三节 典型离合器的构造与维修

#### 一、桑塔纳 2000 膜片弹簧离合器的构造与维修

##### 1. 桑塔纳 2000 离合器液压操纵系统的结构 (见图 2-14)

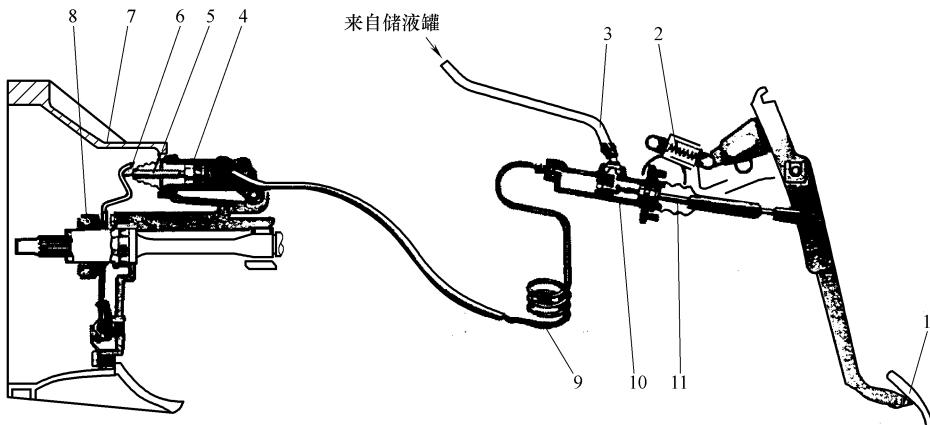


图 2-14 桑塔纳 2000 型轿车离合器液压操纵机构

1—离合器踏板 2—踏板助力复位弹簧 3—低压油管 4—工作缸 5—分离板推杆  
6—分离板 7—飞轮壳 8—分离轴承 9—高压油管 10—主缸 11—主缸推杆

##### 2. 桑塔纳 2000 离合器的结构 (见图 2-15)

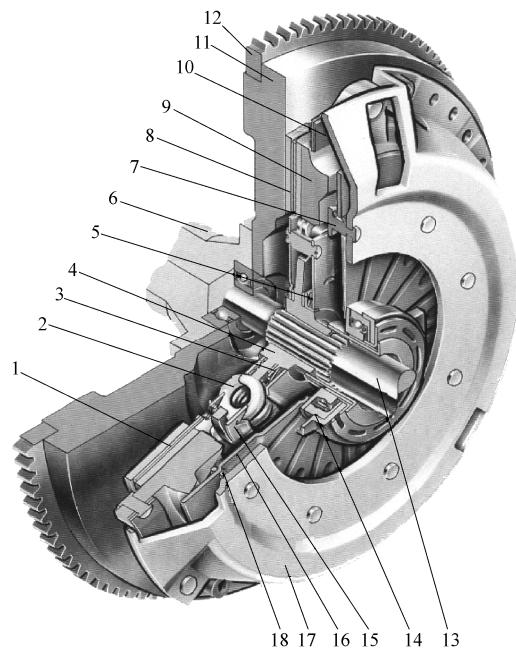


图 2-15 桑塔纳 2000 离合器的结构图

1—波形片 2—减振弹簧 3—阻尼片 4—花键轴套 5—蝶形弹簧 6—曲轴 7—限位铆钉 8—摩擦片 9—压盘  
10—传动钢带 11—飞轮 12—飞轮齿圈 13—变速器输入轴 14—分离轴承 15—从动盘盖板  
16—膜片弹簧 17—离合器盖 18—支承环

### 3. 离合器的拆卸和安装

(1) 离合器的拆卸 首先拆下变速器。用专用工具将飞轮固定，然后逐渐将压盘的固定螺栓对角拧松，取下离合器盖及压盘总成，并取下从动盘。然后分解离合器各部件。

(2) 离合器的安装 用专用工具将飞轮固定。用专用工具将离合器从动盘定位于飞轮和压盘中心，装上紧固螺栓，并用  $25N \cdot m$  的力矩对角逐渐旋紧。

### 4. 离合器的检修

(1) 从动盘的检查 先目视检查，看从动盘摩擦片是否有裂纹、铆钉外露、减振器弹簧断裂等情况，如果有则更换从动盘。

再检查从动盘的轴向圆跳动。在距从动盘外边缘  $2.5mm$  处测量，从动盘最大轴向圆跳动为  $0.4mm$ ，测量方法如图 2-16 所示。如果不符合要求，可进行校正或更换从动盘。

最后检查从动盘摩擦片的磨损程度。摩擦片的磨损程度可用游标卡尺进行测量，如图 2-17 所示。铆钉头埋入深度应不小于  $0.20mm$ 。如果检查结果超过要求，则应更换从动盘。

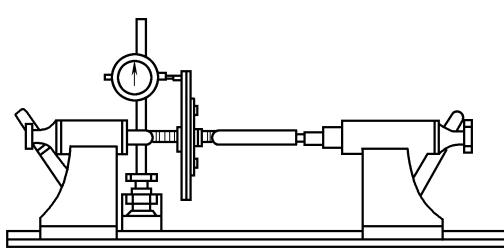


图 2-16 从动盘轴向圆跳动的检查

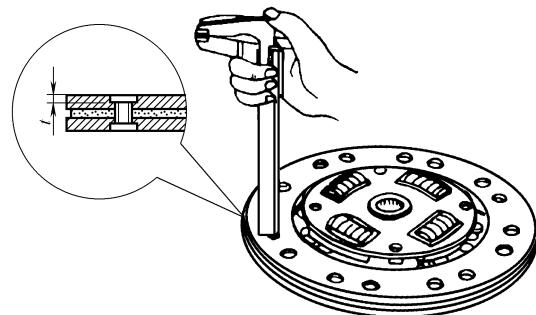


图 2-17 摩擦片磨损的检查

(2) 压盘和离合器盖 压盘损伤主要是翘曲、破裂或过度磨损等。

先检查压盘表面粗糙度。压盘表面不应有明显的沟槽，沟槽深度应小于  $0.30mm$ 。轻微的磨损可用磨石修平。再检查压盘平面度。检查方法如图 2-18 所示，用钢直尺压在压盘上，然后用塞尺测量。离合器压盘平面度不应超过  $0.2mm$ 。

压盘平面度或表面粗糙度超过要求可用平面磨床磨平或车床车平，但磨、车的厚度应小于  $2mm$ ，否则应更换压盘。

离合器盖与飞轮的接合面的平面度应小于  $0.5mm$ ，如有翘曲、裂纹、螺纹磨损等应更换离合器盖。

(3) 膜片弹簧 先检查膜片弹簧的磨损程度，如图 2-19 所示，用游标卡尺测量膜片弹

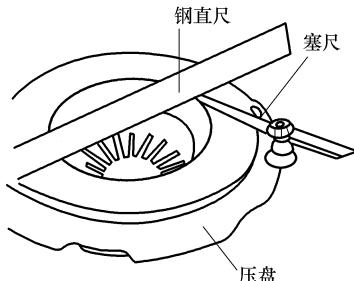


图 2-18 压盘平面度的检查

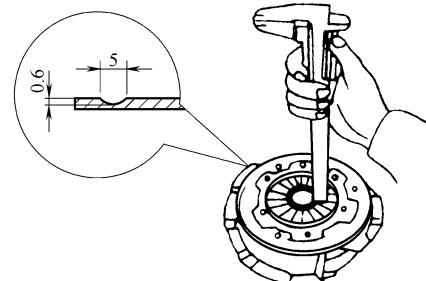


图 2-19 膜片弹簧磨损的检查

簧与分离轴承接触部位磨损的深度和宽度。深度应小于0.6mm，宽度应小于5mm，否则应更换。

(4) 分离轴承 如图2-20所示，用手固定分离轴承内圈，转动外圈，同时在轴向施加压力，如有阻滞或有明显间隙感时，应更换分离轴承。

分离轴承通常是一次性加注润滑脂。维护时切勿随意拆卸清洗。若有脏污，可用干净抹布擦净表面。

(5) 飞轮 首先进行目视检查，检查齿圈轮齿是否磨损或打齿，检查飞轮端面是否有烧蚀、沟槽、翘曲和裂纹等，如果有则应修理或更换飞轮。

再检查飞轮上轴承，如图2-21所示，用手转动轴承，在轴向加力，如果有阻滞或有明显间隙感，则应更换轴承。

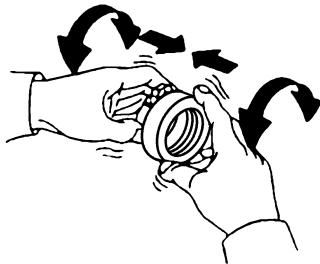


图2-20 分离轴承的检查

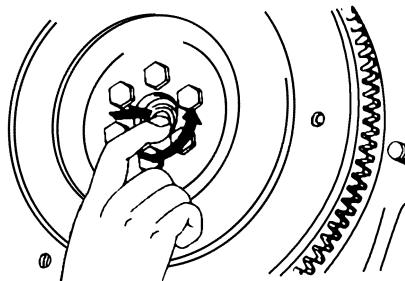


图2-21 飞轮上轴承的检查

最后检查飞轮轴向圆跳动，如图2-22所示，将百分表安装在发动机机体上，百分表表针抵在飞轮的最外圈，转动飞轮，测量飞轮的轴向圆跳动，应小于0.1mm。如果轴向圆跳动超过标准，应修磨或更换飞轮。

飞轮每次拆卸后，应更换连接螺栓。将飞轮安装到曲轴上时，应按对角线逐次以规定的力矩拧紧。

## 5. 离合器液压操纵系统的拆装、检修

### (1) 离合器主缸的拆卸与分解

1) 拆卸。取下离合器踏板与主缸推杆叉的连接销轴。从主缸上拧下进油管和出油管接头。拧下主缸固定螺栓，拉出主缸。在解体离合器主缸前，应排净主缸中的制动液。

2) 分解。取下防尘罩，用螺钉旋具或卡环钳拆下卡环，拉出主缸推杆、压盖和活塞。

### (2) 离合器工作缸的拆卸与分解

1) 拆卸。拧下工作缸进油管接头，再拆下工作缸固定螺栓，即可拉出工作缸。

2) 分解。拉出工作缸推杆，拆下防尘罩，然后用压缩空气将工作缸活塞从缸筒内压出来。

(3) 主缸、工作缸的检修 主缸和工作缸是离合器液压操纵系统的主要部件，其工作性能的好坏直接影响离合器的工作性能。当缸筒内壁磨损超过0.125mm，活塞与缸筒的间隙超过0.20mm，皮碗老化及回位弹簧失效等情况时，应更换相应零件。

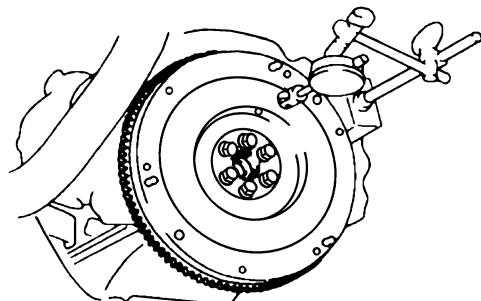


图2-22 飞轮轴向圆跳动的检查

(4) 离合器主缸、工作缸的装配 主缸和工作缸的装配，按拆卸与分解相反顺序进行，但装配时应注意以下事项：

1) 零件在装配前要用非腐蚀性液体清洗干净，并在活塞、皮碗、档圈、缸套等零件上涂一层制动液。装合后推杆在缸筒内运动应灵活。在放松（不工作）位置时，主缸皮碗和活塞头部应位于进油孔和补偿孔之间，两孔都开放。工作缸上带有塑料支承环，安装时外表面上要涂上一层薄薄的润滑油，工作缸推杆末端也要涂上润滑脂。

2) 安装离合器工作缸时，需要用一个适当的杠杆克服弹簧的弹力，将其压向变速器壳相应的孔中后，方能将固定螺栓旋入。

## 二、上汽通用凯越膜片弹簧离合器的构造与维修

### 1. 离合器部件

离合器部件如图 2-23、图 2-24 所示。

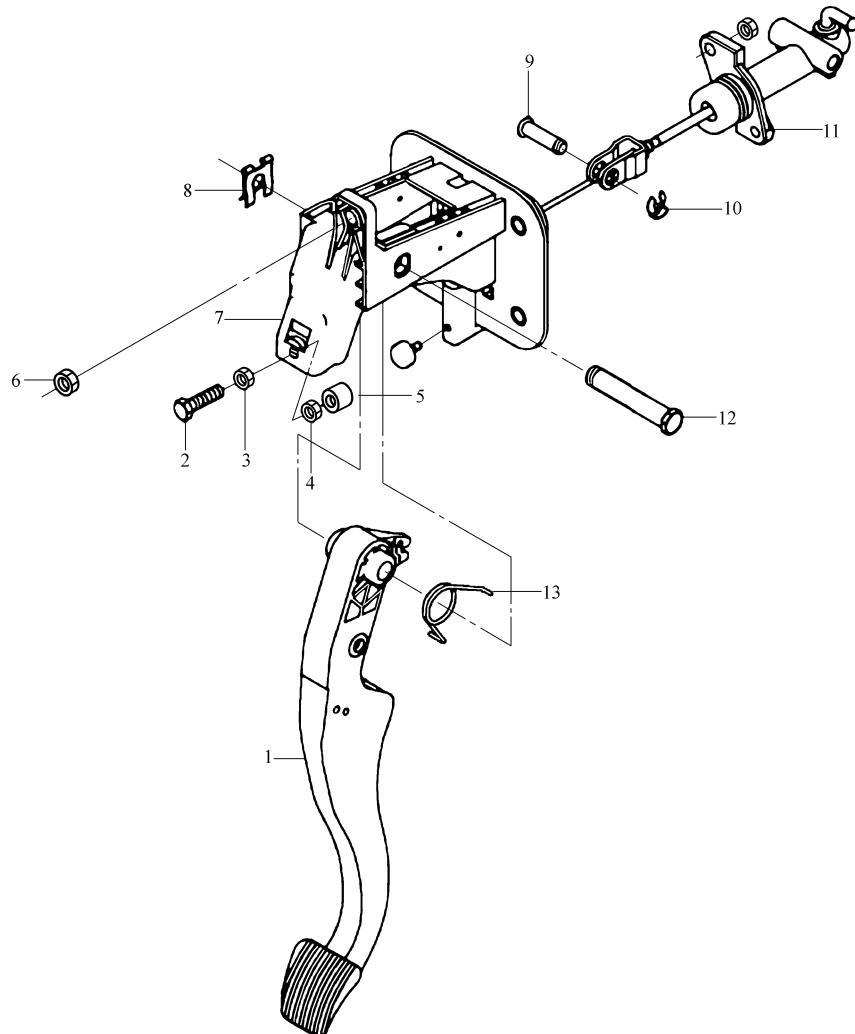


图 2-23 离合器部件（一）

1—离合器踏板 2—螺栓 3、6—螺母 4—锁止螺母 5—离合器踏板缓冲器 7—离合器踏板撑杆  
8、10—E 形圈 9—销 11—离合器总泵 12—离合器踏板轴 13—扭转弹簧

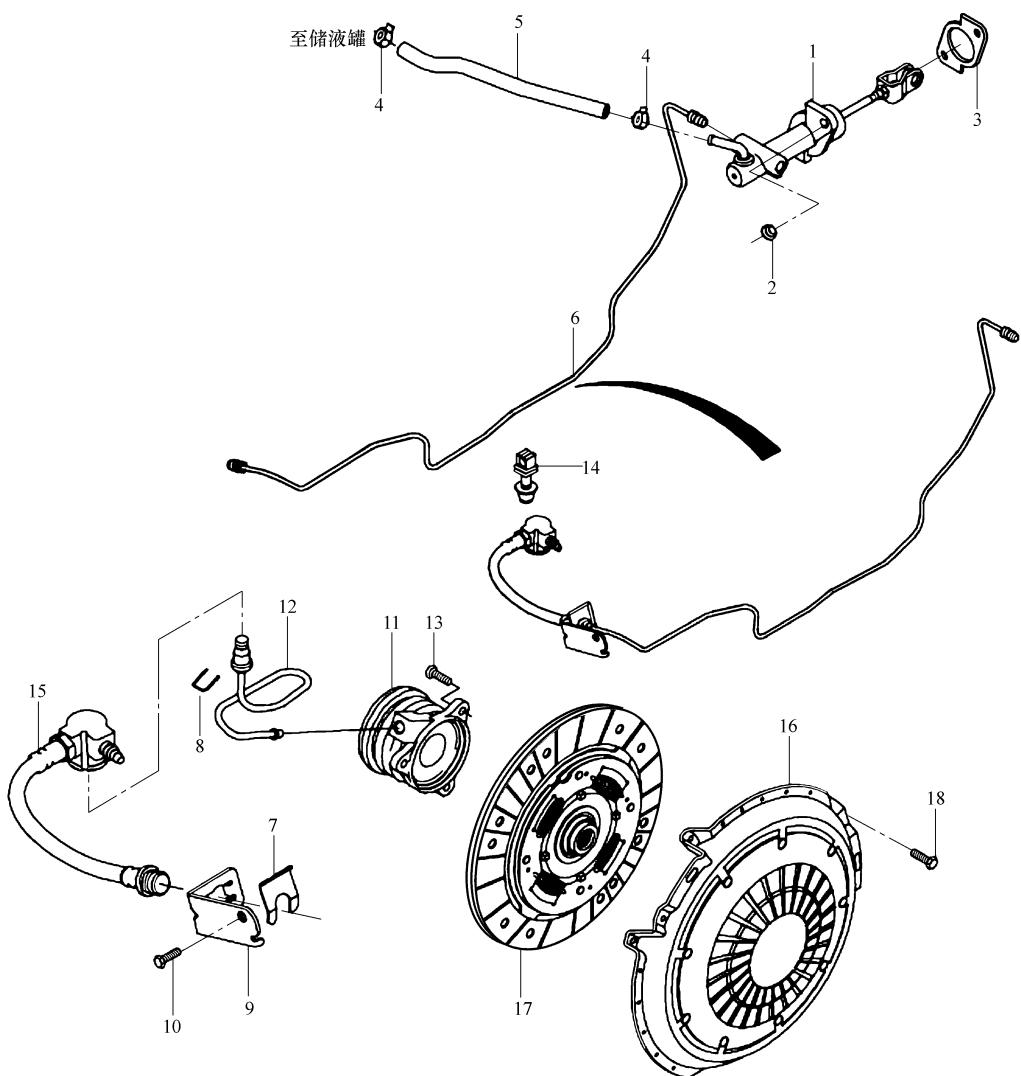


图 2-24 离合器部件（二）

1—离合器总泵 2—螺母 3—衬垫 4、7、8、14—夹子 5—储液罐软管 6—离合器总泵油管 9—支架  
10、13、18—螺栓 11—同心分泵 12—同心分泵油管 15—软管 16—压盘 17—离合器片

## 2. 离合器保养和修理

### (1) 离合器踏板保养和修理

1) 拆卸程序：①断开蓄电池负极电缆。②从离合器踏板上断开回位弹簧。③拆卸卡夹和踏板座轴，如图 2-25 所示。④拆卸锁夹和推杆固定销，如图 2-26 所示。⑤从离合器踏板上拆卸推杆。⑥拆卸离合器踏板。

2) 安装程序：①安装离合器踏板。②将推杆涂上通用润滑脂。③将推杆安装到离合器踏板上。④安装锁夹和推杆固定销，如图 2-26 所示。⑤将踏板座轴涂上通用润滑脂。⑥安装卡夹和踏板座轴，如图 2-25 所示。⑦将回位弹簧连接到离合器踏板上。⑧调整离合器踏板行程。⑨连接蓄电池负极电缆。

### (2) 离合器踏板调整

1) 调整程序: ①确定离合器踏板行程。用手轻压离合器踏板并在感到有阻力时测量踏板下降距离, 如图 2-27 所示。②调整离合器踏板行程。松开锁止螺母并转动推杆。离合器踏板行程应为 6~12mm。调整后紧固锁止螺母, 如图 2-28 所示。③测量离合器踏板行程。将离合器踏板踩到底。测量起止位置之间的距离。④调整离合器踏板行程。松开锁止螺母并转动螺栓。离合器踏板行程应为 130~140mm。调整后紧固锁止螺母, 如图 2-29 所示。

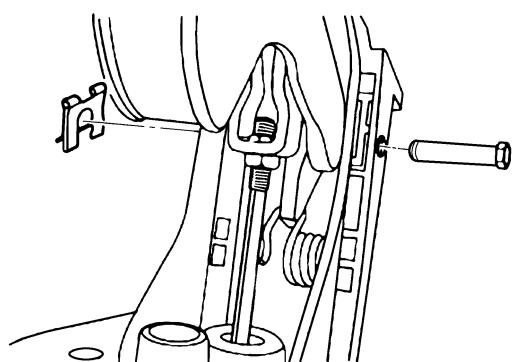


图 2-25 拆卸(安装)卡夹和踏板座轴

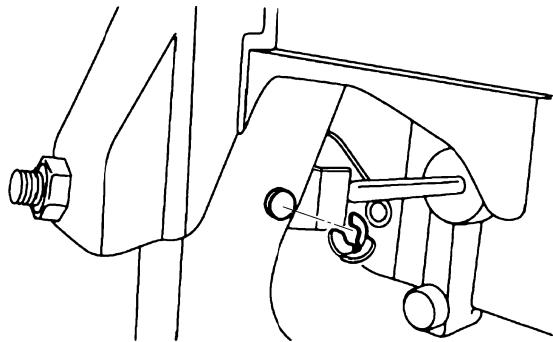


图 2-26 拆卸(安装)锁夹和推杆固定销

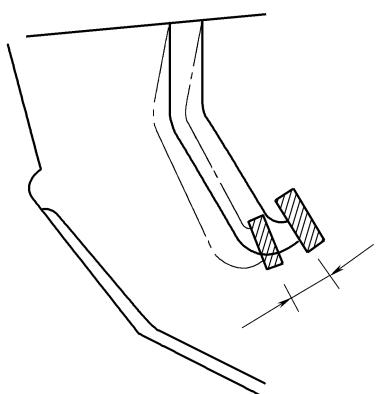


图 2-27 确定离合器踏板行程

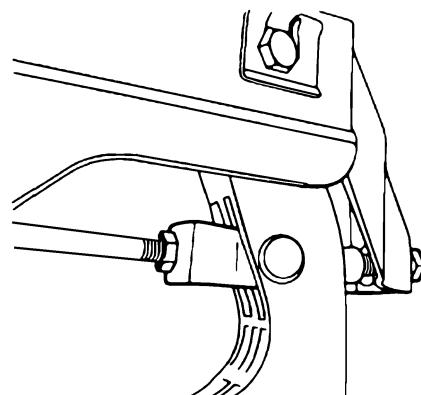


图 2-28 调整离合器踏板行程后紧固锁止螺母

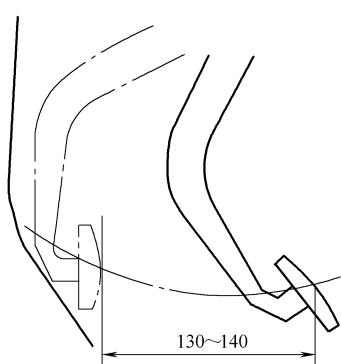


图 2-29 调整离合器踏板行程

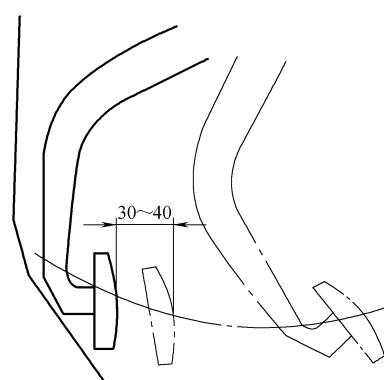


图 2-30 离合器分离点调整

### (3) 离合器分离点调整

1) 调整程序：①拉紧驻车制动器。②使发动机怠速运行。③在将变速杆移到倒档位置时，慢慢踩下离合器踏板并测量未听到齿轮噪声时的点和离合器踏板完全踩下时的点之间的距离。距离应为  $30 \sim 40\text{mm}$ ，如图 2-30 所示。④如果该距离不在规定范围内，检查：a. 离合器踏板高度；b. 离合器踏板行程；c. 系统中有无空气；d. 离合器盖板和压盘。

2) 放气：放出断开管路进行修理时进入液压系统的空气。在放气时，离合器储液罐中的制动液必须保持在 MIN (最低) 或以上。

①将乙烯系树脂管连接到放气塞上。将乙烯系树脂管的另一端插入装有一半制动液的玻璃容器，如图 2-31 所示。②缓慢来回踩动离合器踏板几次。③踩离合器踏板时，松开放气螺塞，直到开始有油液流出。关闭放气螺塞。④重复步骤③，直到油液不带气泡为止。⑤将制动液加注到储液罐中，直到液面合适。

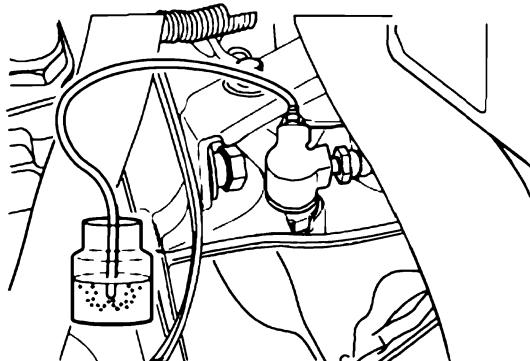


图 2-31 放出断开管路进行修理时进入液压系统的空气

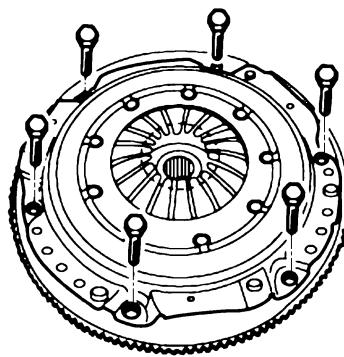


图 2-32 卸压盘螺栓

### (4) 压盘和离合器片

1) 拆卸程序：①断开蓄电池负极电缆。②从车上拆卸变速驱动桥。③拆卸压盘螺栓和压盘，如图 2-32、图 2-33 所示。注意：在拆卸最后一个螺栓时，支撑住压盘。④从飞轮上拆卸离合器片。

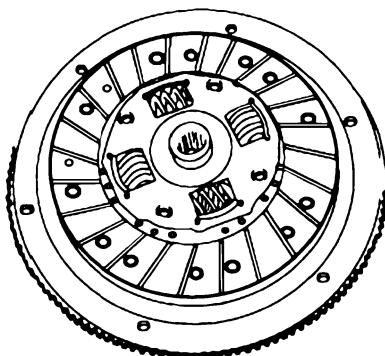


图 2-33 卸压压盘

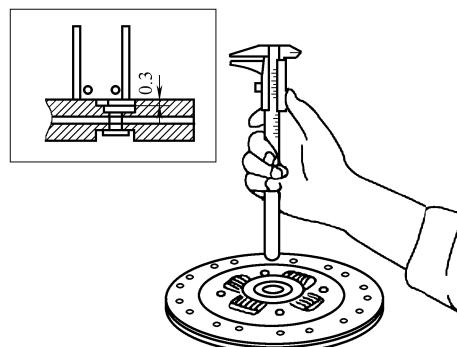


图 2-34 离合器片检查

2) 离合器片检查程序：①目视检查。a. 检查离合器表面是否磨损或受到油污染。b. 检查扭力弹簧是否损坏或太软。c. 检查离合器片是否翘曲或磨损。检查后，必要时更换。

新离合器片。②离合器片检查，如图 2-34 所示。a. 从离合器片表面测量铆钉头深度。b. 如果测量值低于极限值，应更换离合器片。c. 铆钉头深度（极限值）：0.3mm。

3) 压盘检查程序如图 2-35 所示。①检查膜片弹簧分离指是否磨损。②检查压盘表面是否磨损或开裂。③检查油污是否污染表面。检查后，必要时更换压盘。

4) 安装程序：①将离合器片花键涂上通用润滑脂。②用离合器心轴 J-42474 将压盘和离合器片对准并装到飞轮上。③安装压盘螺栓，如图 2-36 所示。紧固：紧固螺栓至 15N·m。④拆卸离合器心轴 J-42474。⑤将变速驱动桥装到车上。⑥连接蓄电池负极电缆。

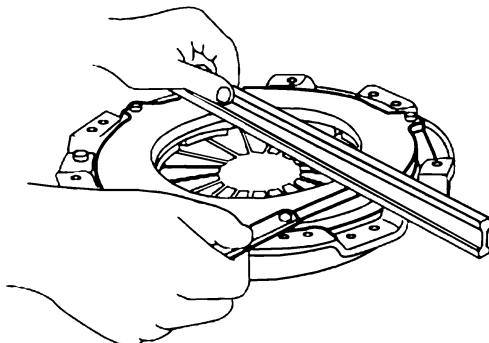


图 2-35 检查压盘

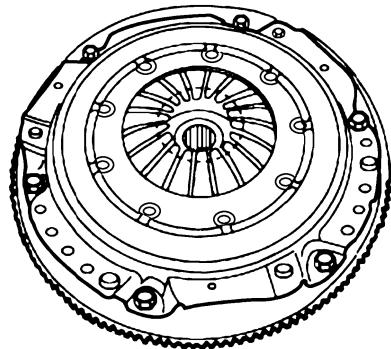


图 2-36 安装压盘螺栓

### (5) 离合器总泵总成

1) 拆卸程序：在从储液罐软管上断开前，放出储液罐中的制动液。

①拆卸锁夹，如图 2-37 所示。②拆卸推杆固定销和推杆。③从总泵上断开软管卡箍。④断开总泵软管，如图 2-38 所示。⑤拆卸总泵油管，如图 2-39 所示。⑥拆卸离合器总泵螺母。⑦拆卸离合器总泵，如图 2-40 所示。

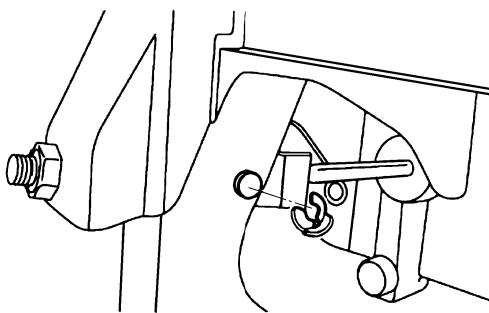


图 2-37 拆卸(安装)锁夹

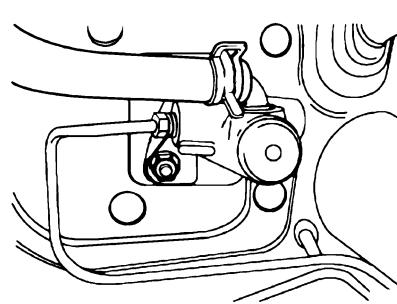


图 2-38 断开(安装)总泵软管,  
将软管卡箍连接到总泵上

2) 安装程序：①安装离合器总泵和离合器总泵螺母。紧固：紧固离合器总泵螺母至 22N·m，如图 2-40 所示。②安装总泵油管，如图 2-39 所示。③连接总泵软管，如图 2-39 所示。④将软管卡箍连接到总泵上，如图 2-38 所示。⑤安装推杆固定销和推杆。⑥安装锁夹，如图 2-37 所示。⑦放气。⑧调整离合器踏板。⑨将离合器/制动器液加注到储液罐中，

直到液面合适。

#### (6) 同心分泵

1) 拆卸程序: ①从车上拆卸变速驱动桥。②拆卸同心分泵固定螺栓, 如图 2-41 所示。③从同心分泵上断开同心分泵管。特别注意事项: 在拆卸衬套时, 不要用力过猛。④从变速驱动桥壳体中同心分泵管上拆卸衬套, 如图 2-42 所示。⑤拆卸同心分泵油管。特别注意事项: 在拆卸或安装时, 切忌从同心分泵后部拆下油封固定弹簧。⑥拆卸 O 形圈和同心分泵, 如图 2-43 所示。

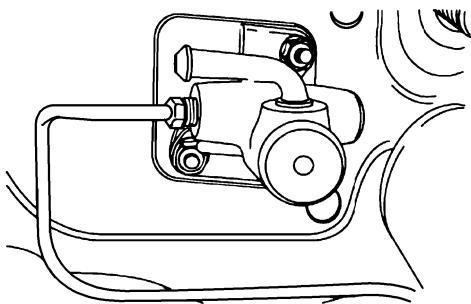


图 2-39 拆卸(安装)总泵油管

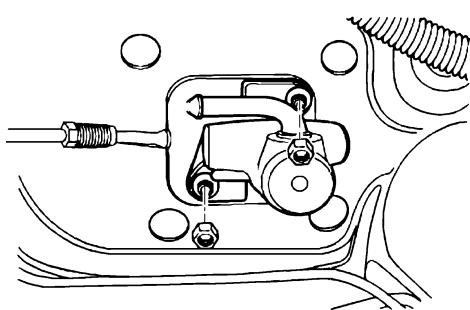


图 2-40 拆卸(安装)离合器总泵

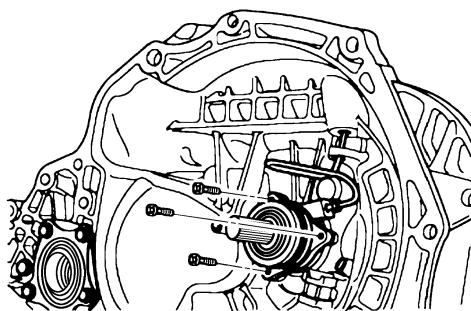


图 2-41 拆卸同心分泵固定螺栓

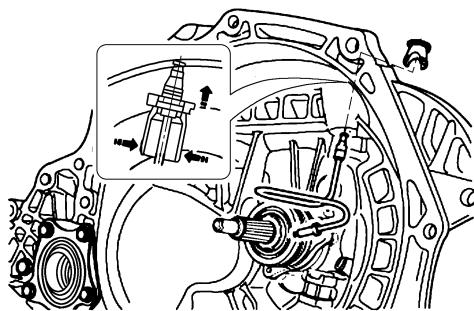


图 2-42 从变速驱动桥壳体中同心分泵管上拆卸衬套

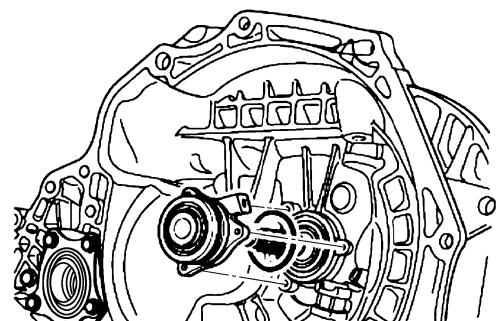


图 2-43 拆卸 O 形圈和同心分泵

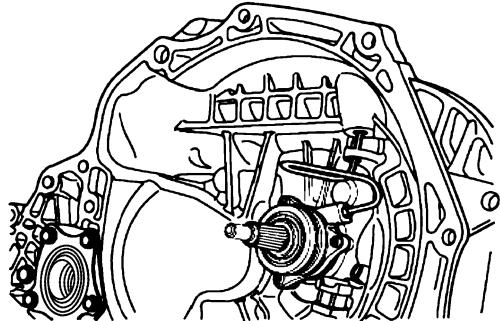


图 2-44 安装同心分泵和油管

2) 安装程序: ①安装同心分泵和油管, 如图 2-44 所示。②在临时安装油管螺钉后, 紧固同心分泵固定螺栓至  $7N \cdot m$ 。③紧固油管螺钉至  $15N \cdot m$ 。④将衬套安装到变速驱动桥壳体上。⑤用衬套连接油管, 如图 2-45 所示。⑥将变速驱动桥装到车上。

### 3. 离合器故障诊断

(1) 离合器间断操作 检查和操作步骤如表 2-1 所示。

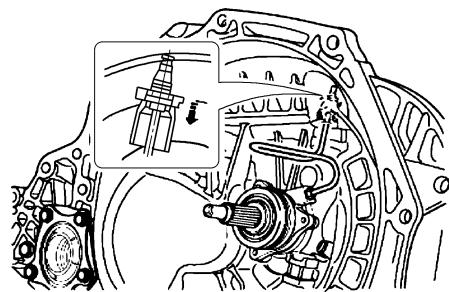


图 2-45 用衬套连接油管

表 2-1 离合器间断操作检查和操作步骤

检    查	操    作
检查驾驶人对车辆的操作是否不正确	必要时纠正驾驶人的操作
检查离合器踏板行程是否不正确	调整离合器踏板行程
检查机油是否不足或高压油管泄漏	修理泄漏并添加机油
检查离合器片是否翘曲或磨损	更换离合器片
检查输入轴花键是否磨损	修理或更换输入轴花键
检查膜片弹簧是否过软	更换压盘

(2) 离合器打滑 检查和操作步骤如表 2-2 所示。

表 2-2 离合器打滑检查和操作步骤

检    查	操    作
检查同心分泵是否卡滞	更换同心分泵
检查离合器油回油是否正常	执行排气程序
检查离合器片是否磨损或离合器油是否污染	更换离合器片
检查压盘是否翘曲	更换压盘

(3) 离合器振动 检查和操作步骤如表 2-3 所示。

表 2-3 离合器振动检查和操作步骤

检    查	操    作
检查飞轮是否污染或翘曲	修理或更换飞轮
检查膜片弹簧是否过软	更换压盘
检查离合器片是否被油污染	更换离合器片
检查输入轴花键是否磨损	更换输入轴花键
检查压盘或飞轮是否翘曲	更换压盘或飞轮

(4) 踏板过硬 检查和操作步骤如表 2-4 所示。

(5) 离合器踏板有噪音 检查和操作步骤如表 2-5 所示。

表 2-4 踏板过硬检查和操作步骤

检    查	操    作
检查离合器踏板轴是否润滑不良	上润滑脂或修理
检查油管是否堵塞	检查或更换堵塞的油管
检查同心分泵是否卡滞	更换同心分泵
检查压盘是否翘曲	更换压盘

表 2-5 离合器踏板有噪音，检查和操作步骤

检    查	操    作
检查离合器踏板衬套是否润滑不良	润滑离合器踏板衬套
检查离合器踏板回位弹簧是否有干扰	拆卸并重新安装离合器踏板回位弹簧

## 第四节 离合器压盘的传力方式、踏板自由行程和离合器的通风散热

### 一、离合器压盘的传力方式

压盘是离合器的主动部分，在传递发动机转矩时，它和飞轮一起带动从动盘转动，所以它必须和飞轮连接在一起，但这种连接应允许压盘在离合器分离过程中能自由地轴向移动，常用的连接方式如图 2-46 所示。

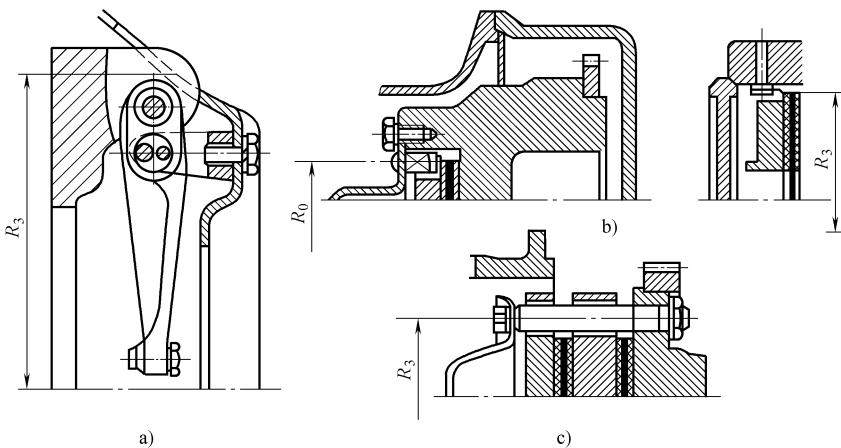


图 2-46 压盘的几种传力方式

a) 凸台连接 b) 键连接 c) 综合式连接

在单盘离合器中常采用图 2-46a 所示的连接方式，离合器盖固定在飞轮上，在盖上开有长方形的窗口，压盘上铸有相应的凸台，凸台伸进窗口以传递转矩。在设计时，应考虑到摩擦片磨损后，压盘将向前移，因此应使凸台高出窗口以上，以保证转矩的可靠传递。这种结构在 BJ2023 汽车上采用。单盘离合器也有采用如图 2-46b 中的键连接方式。

在双盘离合器中一般都采用综合式的连接方法，即中间压盘通过键，压盘则通过凸台。

双盘离合器也有用销子传力的，如图 2-46c 所示，通过传力销将飞轮与中间压盘、压盘连接在一起。

## 二、离合器踏板自由行程

从动盘摩擦片经使用磨损变薄后，在压紧弹簧作用下压盘和从动盘要向飞轮方向多移动一些距离，分离杠杆的内端相应的也要更向后一些，才能保持离合器完全接合。如果未磨损前分离杠杆内端和分离轴承之间没有预留一定间隙，则在摩擦片磨损后，离合器将因分离杠杆内端不能后移而难以完全接合，从而在传动时经常出现打滑现象。这不仅减小了其所能传递的转矩数值，并且将使摩擦片和分离轴承加速磨损。因此，当离合器处于正常接合状态，分离套筒被复位弹簧拉到后极限位置时，在分离轴承和分离杠杆内端之间应留有一定量的间隙  $\Delta$ ，以保证摩擦片在正常磨损范围内离合器仍能完全接合。

由于上述间隙  $\Delta$  的存在，驾驶人在踩下离合器踏板后，先要消除这一间隙，然后才能开始分离离合器。为消除这一间隙所需的离合器踏板行程，称为离合器踏板自由行程，如图 2-27 所示。如果离合器踏板自由行程不在标准值之内，转动调节螺母加以调整，如图 2-28 所示。

## 第五节 扭转减振器

由发动机传到汽车传动系统中的转矩是周期地不断变化着的，因此就使得传动系统产生扭转振动。如果这一振动的频率与传动系统的自振频率相重合，就将发生共振，从而对传动系统中零件的寿命有很大影响。此外，在不分离离合器的情况下进行紧急制动或进行猛烈接合离合器时，在瞬间内都将对传动系统中的零件造成极大的冲击载荷，缩短零件的使用寿命。为了避免共振，缓和传动系统所受的冲击载荷，在不少汽车传动系统中都装设了扭转减振器。有些汽车上将扭转减振器制成单独的部件，但更多的是将扭转减振器附装在离合器的从动盘中。因此，从动盘还有带扭转减振器和不带扭转减振器之分。

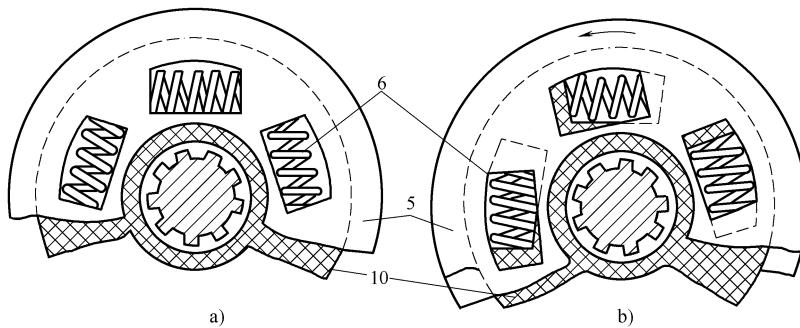


图 2-47 弹簧摩擦式扭转减振器工作示意图

a) 不工作时 b) 工作时

5—从动盘本体 6—减振器弹簧 10—减振器阻尼片

带扭转减振器与不带扭转减振器的从动盘本体的外缘部分（即装摩擦片的部分）的结构基本相同，带扭转减振器的从动盘只是在中心部分附装有扭转减振器。因而从动盘本体与从动盘毂之间是通过减振器来传递转矩的，如图 2-47 所示。从动盘不工作时如图 2-47a 所

示。从动盘工作时，两侧摩擦片所受摩擦力矩首先传到从动盘本体和减振器盘上，再经4个弹簧传给从动盘毂。这时弹簧被压缩（如图2-47b所示），借此吸收传动系统所受的冲击。传动系统中的扭转振动导致波形片及摩擦片之间的相对往复摆动，因此可依靠两阻尼片与上述二者之间的摩擦来消耗扭转振动的能量，使扭转振动迅速衰减。

近来在有些汽车离合器从动盘中采用两组或更多组刚度不同的减振器弹簧，并将装弹簧的窗口长度做成尺寸不一，利用弹簧先后起作用的办法获得变刚度特性（见图2-48）。这种变刚度特性可以避免不利的传动系统共振，降低传动系统噪声。

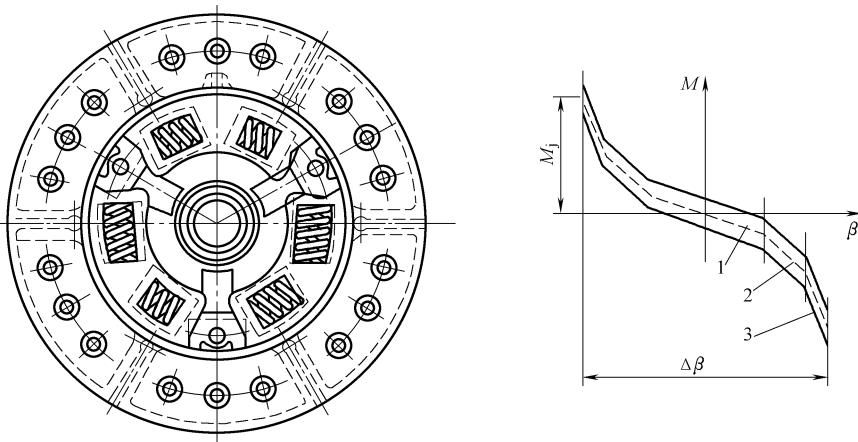


图2-48 变刚度扭转减振器及其特性

M—扭转减振器所受转矩  $\beta$ —减振器相对转角 1—第一级特性 2—第二级特性 3—第三级特性  
 $M_j$ —减振器极限力矩  $\Delta\beta$ —相对转角变化范围

## 第六节 离合器操纵机构

离合器操纵机构是驾驶人借以使离合器分离，而后又使之柔和接合的一套机构。它起始于离合器踏板，终止于飞轮壳内的分离轴承。本节中所要讨论的主要是位于飞轮壳外面的操纵部分。

按照分离离合器所需的操纵能源，离合器操纵机构有人力式和气压助力式两类。前者是以驾驶人的肌体作为唯一的操纵能源。后者则是以发动机驱动的空气压缩机作为主要操纵能源，而以人体作为辅助和后备的操纵能源。

人力式操纵机构按所用传动装置的形式分，有机械式和液压式两种。

### 1. 机械式操纵机构

机械式操纵机构广泛应用于中、轻型以下各类汽车上，某些轿车也采用。机械式操纵机构又分为杆系传动装置和绳索传动装置，如捷达轿车离合器，见图2-49。

捷达轿车离合器的绳索式传动装置具有自动调整功能。当离合器摩擦片磨损后，从理论上讲绳索必须变长，而该调整装置是通过缩短波形护套，使绳索弧度变得较平滑，以适应绳索伸长，从而达到了自动调整绳索长度目的。

机械式操纵机构结构较简单，制造成本低，故障少，但其机械效率低，而且拉伸变形会

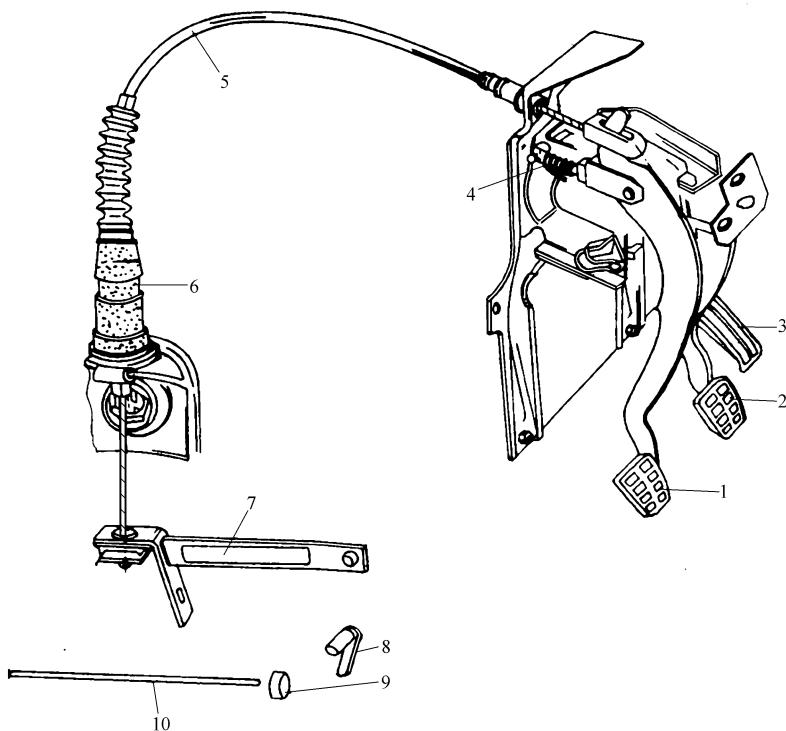


图 2-49 捷达轿车离合器的绳索式传动装置

1—离合器踏板 2—制动踏板 3—加速踏板 4—助力弹簧 5—绳索总成 6—绳索自动调整装置  
7—操纵臂 8—分离臂 9—分离轴承 10—离合器分离推杆

导致离合器踏板行程损失过大。

## 2. 液压式操纵机构

液压式操纵机构主要由主缸、工作缸及管路系统组成，如图 2-50 所示。液压操纵机构具有摩擦阻力小、质量小、布置方便、接合柔和等优点，并且不受车身车架变形的影响，因此应用较为广泛。北京 BJ2023、奥迪、红旗和桑塔纳 2000 等汽车的离合器均采用液压式操纵机构。

图 2-51 为北京 BJ2023 型汽车离合器主缸。主缸上部是储液室。主缸体有补偿孔 A、进油孔 B 与储液室相通。主缸体内装有活塞 3。活塞中部较细，使活塞右方的主缸内腔形成环形油室。活塞两端装有密封圈 2 与皮碗 5。活塞顶有沿圆周分布的 6 个小孔，复位活塞垫 6 将皮碗 5、活塞垫片 4 压向活塞，盖住小孔，形成单向阀，并把活塞推向最右位置，使皮碗位于补偿孔 A 与进油孔 B 之间，两孔都开放。

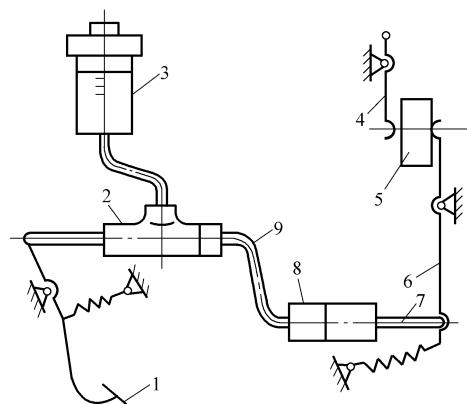


图 2-50 离合器液压式操纵机构

1—踏板 2—主缸 3—储液室 4—分离杠杆 5—分离叉  
6—分离轴 7—推杆 8—工作缸 9—油管

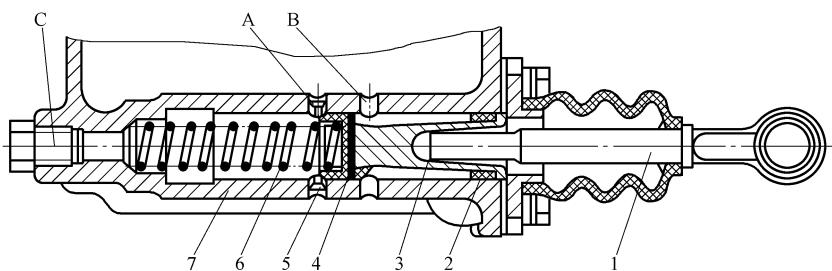


图 2-51 北京 BJ2023 型汽车离合器主缸

1—推杆 2—密封圈 3—活塞 4—活塞垫片 5—皮碗 6—复位弹簧 7—主缸体  
A—补偿孔 B—进油孔 C—出油口

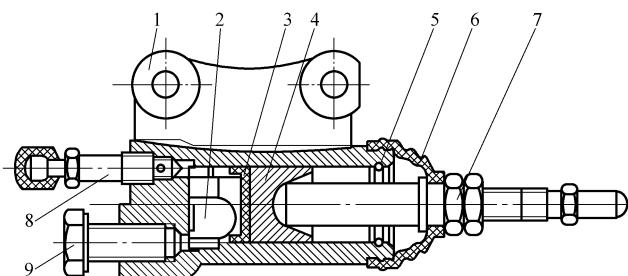


图 2-52 汽车离合器工作缸

1—工作缸体 2—限位块 3—皮碗 4—活塞 5—挡环 6—护罩  
7—分离叉推杆总成 8—放气螺钉 9—进油管接头

工作缸的构造如图 2-52 所示。工作缸内装有活塞 4、皮碗 3 和限位块 2。为防止活塞从工作缸体内脱出，在缸体右端装有挡环 5。在缸体左端装有进油管接头 9 与放气螺钉 8。当管路内有空气存在而影响离合器操纵时，则可拧出放气螺钉 8 进行放气。

当踩下离合器踏板时，通过主缸推杆 1（见图 2-51）使主缸活塞 3 向左移动，复位弹簧 6 被压缩。当皮碗 5 将补偿孔 A 关闭后，管路中油液受压，压力升高。在油压作用下，工作缸活塞 4（见图 2-52）被推向右侧，并推动分离叉推杆，使分离叉转动，从而推动分离套筒、分离杠杆等使离合器分离。

当迅速放松离合器踏板时，复位弹簧 6（见图 2-51）使主缸活塞较快右移，而由于油液在管路中流动有一定阻力，流动较慢，使活塞左面可能形成一定的真空度。在左右压力差作用下，活塞右腔的油液便推开活塞片 4 和皮碗 5 形成的单向阀，由皮碗间隙流到左腔弥补真空。当原先已由主缸压到工作缸去的油液又流回到主缸时，由于已有少量补偿油液经单向阀流入，故总油量过多。这多余的油液即从补偿孔 A 流回储液室。当液压系统中因漏油，或因温度变化引起油液的容积变化时，则借补偿孔 A 适时地使整个油路中油量得到适当的增减，以保证正常油压和液压系统工作的可靠性。

图 2-53、图 2-54 分别为东风柳汽 LZ6500 轻型客车离合器主缸（也称离合器总泵）和工作缸结构（也称离合器分泵）。

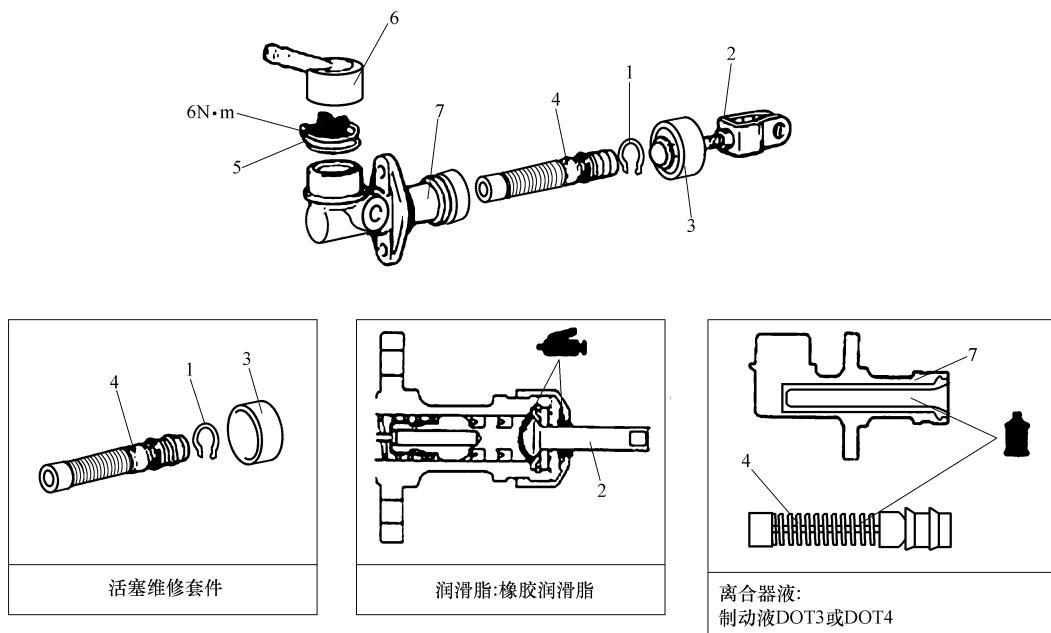


图 2-53 东风柳汽 LZ6500 轻型客车离合器主缸结构

1—活塞限位块 2—推杆总成 3—护罩 4—活塞总成 5—储液箱卡箍 6—管接头 7—主缸体

### 3. 踏板助力装置

为了既减小所需离合器踏板力，又不致因传动装置的传动比过大而加大踏板行程，在一些中、重型货车上和某些轿车上采用了离合器踏板的助力装置。

图 2-55 所示为捷达轿车（装有 EA113 型 5 气门发动机）离合器的绳索操纵机构中所采用的弹簧助力装置。该结构中的助力弹簧 1 是压缩弹簧，弹簧的一端支承在固定支架的销轴 A 上，另一端支承在活动销轴 B 上。销轴 B 通过连杆与离合器踏板轴 C 连接。

离合器处于接合状态时，销轴 B 的轴心 B 点位于 A、C 点连线的下方。当踩下离合器踏板 2 时，销轴 B 围绕离合器踏板轴 C 转动，当 B 点转到 A、B、C 三点位于同一条直线上时，助力装置处在死点位置，助力弹簧不起作用。继续踩下离合器踏板时，销轴 B 转到销轴 A 与离合器踏板轴 C 连线的上方，则处在压缩状态的助力弹簧推动离合器踏板绕踏板轴 C 顺时针转动，给离合器踏板一个附加作用力，该作用力对离合器踏板轴 C 的力矩方向与踏板力对离合器踏板轴 C 的力矩方向一致，从而减轻了驾驶人对离合器踏板的操纵力。当驾驶人松开离合器踏板时，随着离合器踏板的回位，销轴 B 又转回到 A、C 连线的下方时，处于压缩状态的助力弹簧又推动离合器踏板绕离合器踏板轴 C 逆时针转动，促使离合器踏板快速回位。图 2-56 所示为东风柳汽 LZ6500 轻型客车离

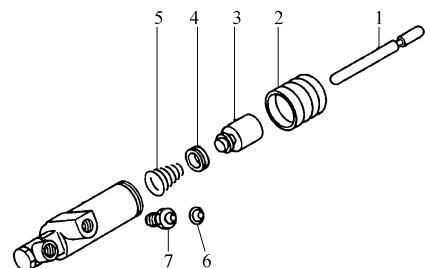


图 2-54 东风柳汽 LZ6500 轻型客车离合器工作缸结构

1—压杆 2—护套 3—活塞 4—油环  
5—锥形弹簧 6—弹簧盖 7—放油塞

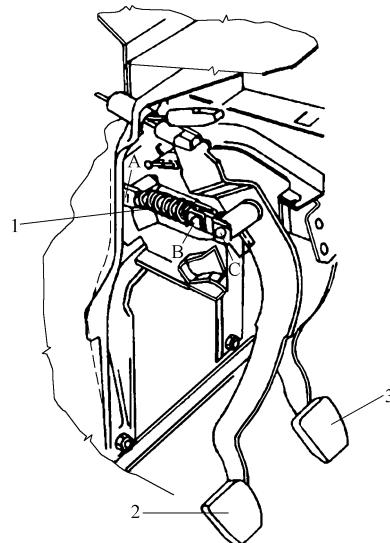


图 2-55 捷达轿车离合器踏板的弹簧助力装置

1—助力弹簧 2—离合器踏板 3—制动踏板 A—固定支架销轴 B—活动销轴 C—离合器踏板轴

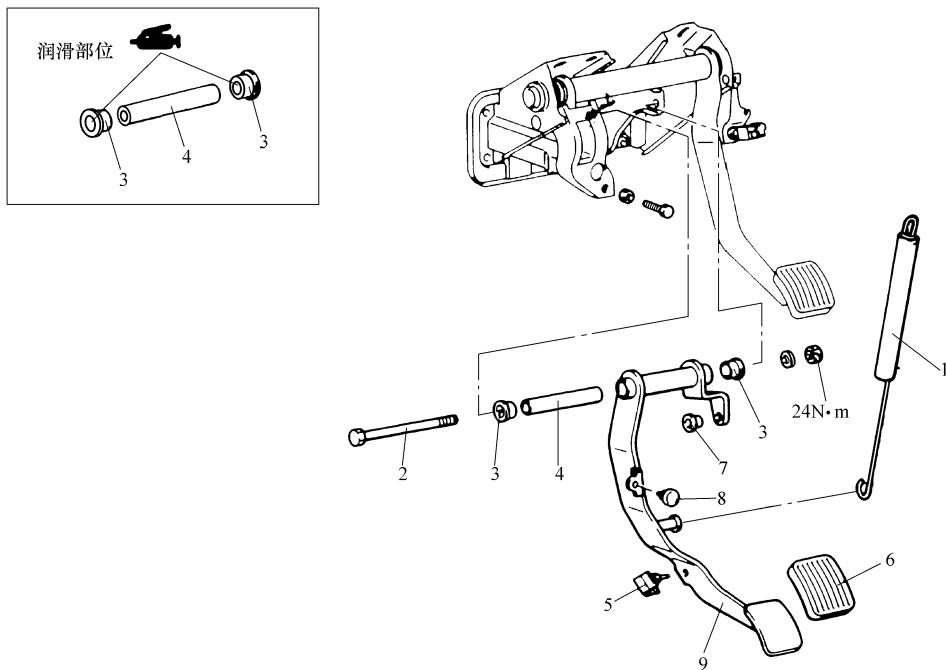


图 2-56 东风柳汽 LZ6500 轻型客车离合器踏板的弹簧助力装置

1—助力弹簧 2—螺栓 3、7—衬套 4—管子 5—紧固件 6—踏板衬垫  
8—限位螺钉 9—离合器踏板

合器的液压控制式机构中所采用的弹簧助力装置。

#### 4. 离合器控制拉索

图 2-57、图 2-58 所示为东风柳汽 LZ6500 轻型客车离合器的绳索操纵机构和液压控制式

控制拉索结构图。图 2-59、图 2-60 所示为速腾轿车离合器踏板装置和液压系统。

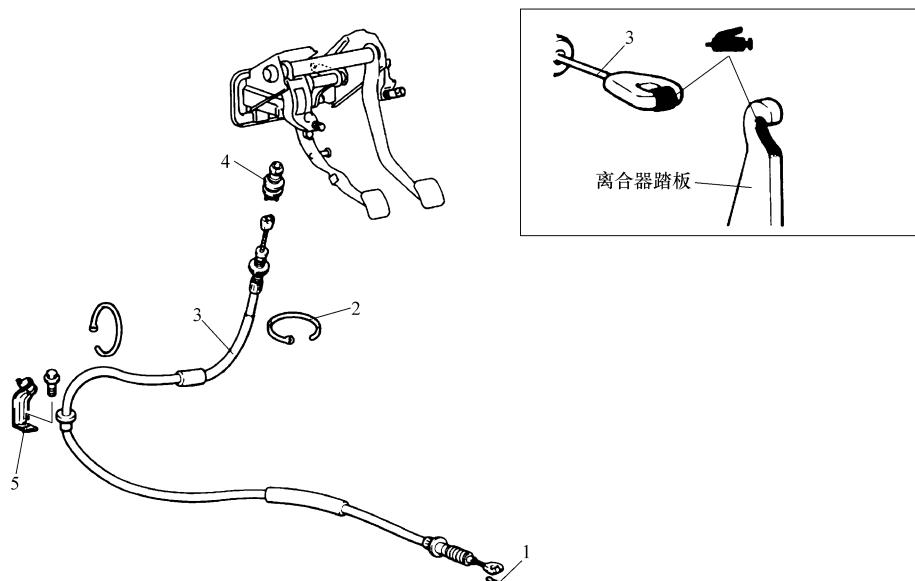


图 2-57 东风柳汽 LZ6500 轻型客车离合器的绳索操纵机构结构

1—开口销 2—拉索扎带 3—拉索总成 4—外拉索绝缘体 5—拉索卡夹

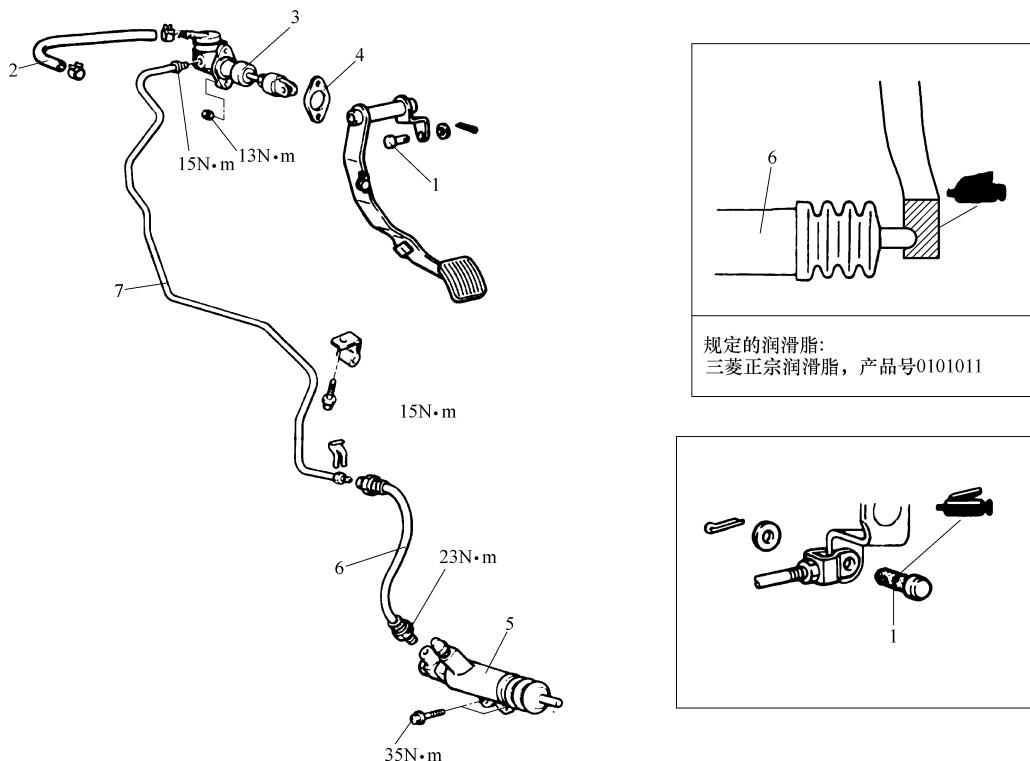


图 2-58 东风柳汽 LZ6500 轻型客车离合器的液压控制结构

1—平头销 2—储液箱软管 3—主缸 4—密封件 5—分离缸 6—软管 7—油管

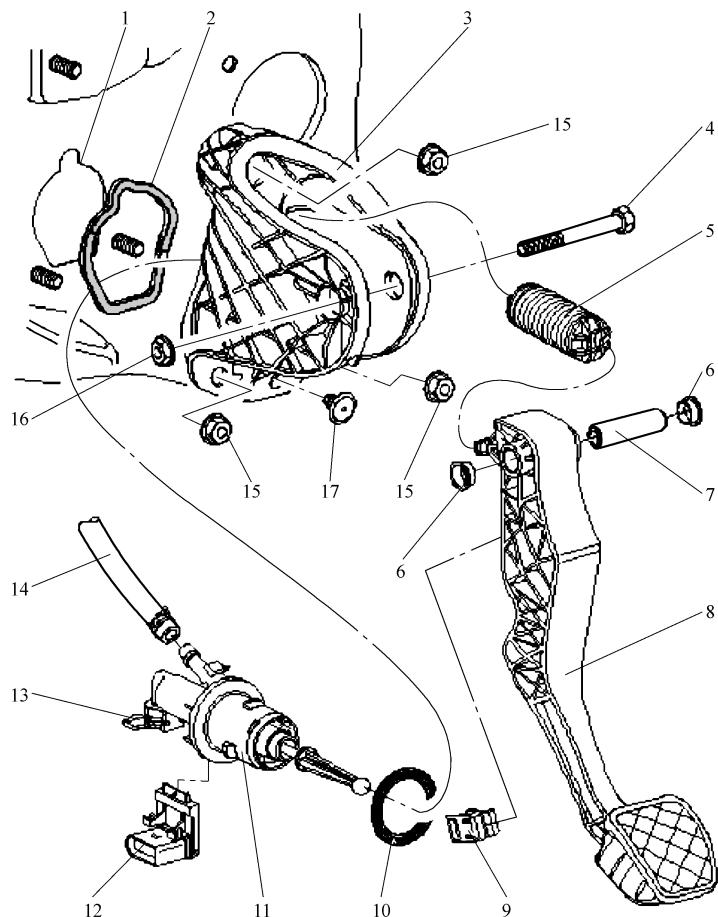


图 2-59 速腾踏板装置

- 1—横隔板 2—密封条 3—支撑座 4—螺栓 5—上止点弹簧 6—轴套  
7—支承销 8—离合器踏板 9—定位件 10—密封条 11—主动缸  
12—离合器位置传感器 13—夹子 14—补液软管 15—自锁六  
角螺母,  $25N \cdot m$  16—六角螺母,  $25N \cdot m$  17—限位螺钉

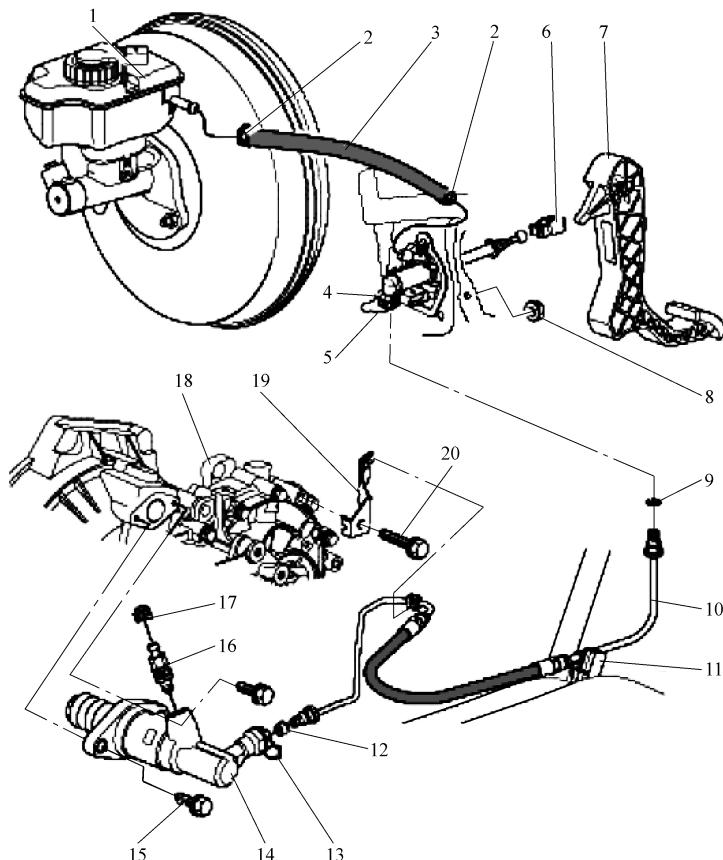


图 2-60 速腾液压系统

1—制动液储液罐 2—弹簧卡箍 3—补液软管 4—主动缸 5、13—夹子 6—定位件 7—离合器踏板 8—自锁六角螺母,  
 $25\text{ N}\cdot\text{m}$  9、12—密封环/O形圈 10—组合管 11—支架 14—从动缸 15、20—六角螺栓,  $20\text{ N}\cdot\text{m}$   
 16—排气阀 17—防尘罩 18—变速器 19—支架

## 5. 典型离合器结构图

(1) 2006 款速腾 5 档手动变速器 OAF 离合器结构 (见图 2-61)

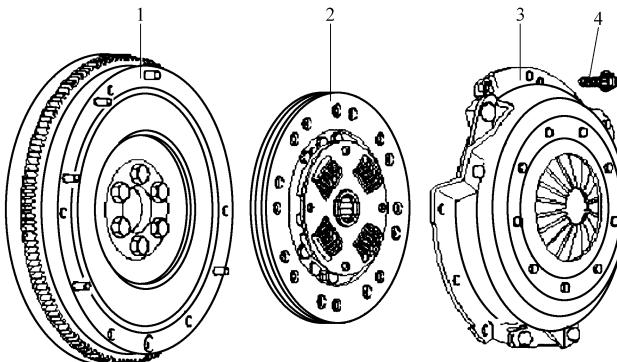


图 2-61 2006 款速腾 5 档手动变速器 OAF 离合器结构

1—飞轮 2—离合器片 3—压盘 4—螺栓,  $20\text{ N}\cdot\text{m}$

(2) 2006 款速腾 5 档手动变速器 OAF 离合器壳结构 (见图 2-62)

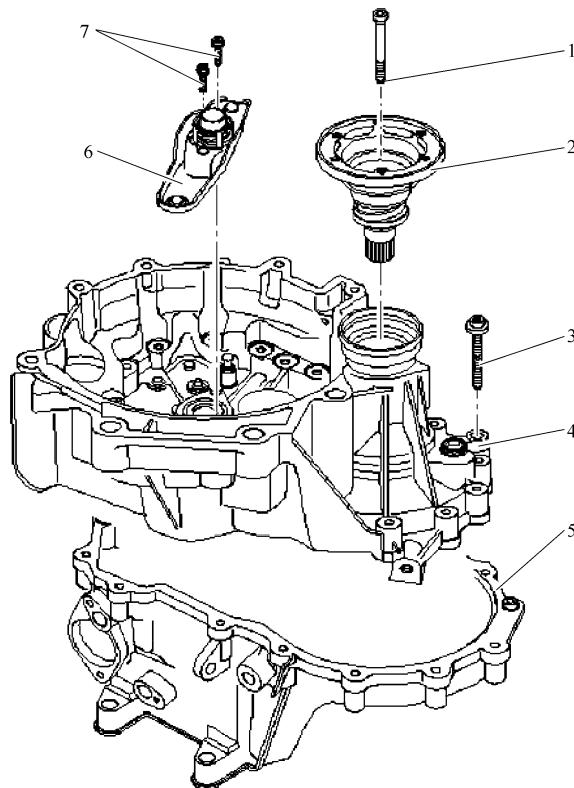


图 2-62 2006 款速腾 5 档手动变速器 OAF 离合器壳结构

1—锥形螺栓,  $25\text{N}\cdot\text{m}$  2—带压力弹簧的法兰轴 3、7—螺栓,  $5\text{N}\cdot\text{m}$  并继续转动  $90^\circ$   
4—离合器壳 5—变速器壳 6—离合器分离杆

(3) 2006 款速腾 5 档手动变速器 OAF 离合器分离工装结构图 (见图 2-63)

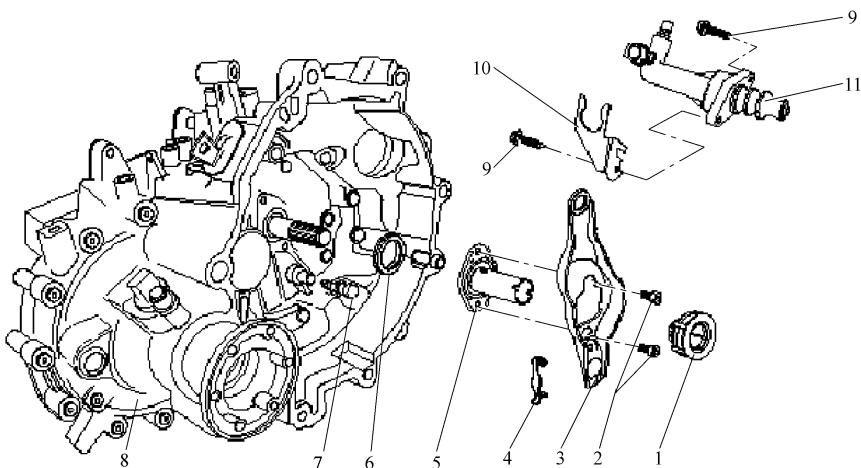


图 2-63 2006 款速腾 5 档手动变速器 OAF 离合器分离工装结构

1—分离轴承 2—螺栓,  $5\text{N}\cdot\text{m}$  并继续转动  $90^\circ$  3—离合器分离杆 4—止动弹簧 5—导向套  
6—驱动轴密封环 7—球销,  $20\text{N}\cdot\text{m}$  8—变速器 9—六角螺栓,  $20\text{N}\cdot\text{m}$  10—支架 11—从动缸

(4) 2006 款速腾 5 档手动变速器 OAF 变速器壳和离合器壳结构 (见图 2-64)。

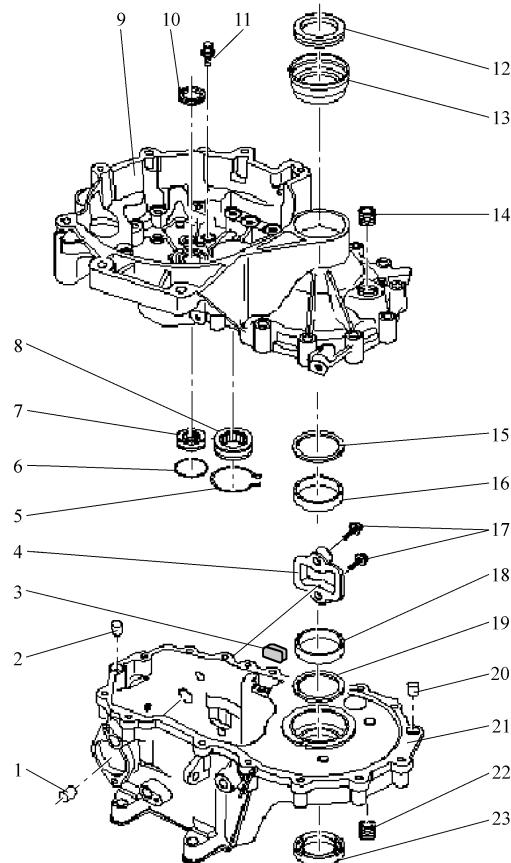


图 2-64 2006 款速腾 5 档手动变速器 OAF 变速器壳和离合器壳结构

- 1、13—轴套
- 2—配合套
- 3—磁铁
- 4—端盖
- 5、6—卡环
- 7、8—圆柱滚子轴承
- 9—离合器壳
- 10—驱动轴密封环
- 11—球销
- 12—右法兰轴的密封环
- 14—加油螺塞, 30N·m
- 15—调整垫片 S1
- 16、18—圆锥滚子轴承外环
- 17—螺栓, 5N·m 并继续转动 90°
- 19—调整垫片 S2
- 20—配合套
- 21—变速器壳
- 22—放油螺塞, 30N·m
- 23—左法兰轴的密封环

## 第七节 离合器的维护检查项目

离合器的维护检查主要包括主要是检查离合器踏板自由行程、检查离合器的工作情况、检查离合器储液罐液面高度等。

### 一、离合器储液罐液面高度检查

检查主缸储液罐内离合器液（制动液）面的高度，如果低于“MIN”的标记，则应补充，并要进一步检查离合器液压操纵机构是否有泄漏的部位。

### 二、离合器液压操纵机构泄漏检查

液压操纵机构泄漏检查主要是检查主缸与油管、工作缸与油管及油封等部位是否有漏合

器液的痕迹。

### 三、离合器踏板检查

1) 踩下离合器踏板，检查是否存在下述故障：踏板回弹无力、异响、踏板过度松动、踏板沉重。

2) 检查离合器踏板高度。离合器踏板高度的检查如图 2-65 所示，掀起地毯或地板革，用钢直尺测量地面到离合器踏板上表面的距离。如果超出标准，应调整踏板高度。

离合器踏板高度的调整可以通过踏板后的限位螺栓进行。

3) 检查离合器踏板自由行程。踏板自由行程的检查如图 2-65 所示，用一个钢直尺抵在驾驶室地板上，先测量踏板完全放松时的高度，再用手轻按踏板，当感到阻力增大时再测量踏板高度，两次测量的高度差即为踏板的自由行程。

液压式操纵机构一般是调整主缸推杆的长度，先将主缸推杆锁紧螺母旋松，然后转动主缸推杆，从而调整踏板自由行程，调整后应将锁紧螺母旋紧。有些车辆的操纵机构具有自调装置，如捷达轿车，可以免除离合器踏板自由行程的调整。

### 四、离合器工作情况检查

车辆可靠停驻，拉起驻车制动手柄。起动发动机，发动机怠速运转，踩下离合器踏板，换到 1 档或倒档，检查是否有噪声、是否换档平稳。如果有，则说明离合器分离不彻底。

### 五、离合器液压系统中空气的排出

离合器液压操纵系统在经过检修之后，管路内可能进入空气；在添加制动液时也可能使液压系统中进入空气。空气进入后，由于缩短了主缸推杆行程即踏板工作行程，从而使离合器分离不彻底。因此，液压系统检修后或怀疑液压系统进入空气时，就要排除液压系统中的空气。排除方法如下：

- 1) 将主缸储液罐中的制动液加至规定高度。举升起汽车。
- 2) 在工作缸的放气阀上安装一软管，接到一个盛有制动液的容器内。
- 3) 排空气需要两个人配合工作，一人慢慢地踏离合器踏板数次，感到有阻力时踏住不动，另一人拧松放气阀直至制动液开始流出，然后再拧紧放气阀。
- 4) 连续按上述方法操作几次，直到流出的制动液中看不见气泡为止。
- 5) 空气排除干净之后，需要再次检查及调整离合器踏板自由行程。
- 6) 再次检查主缸储液罐液面高度，必要时添加。

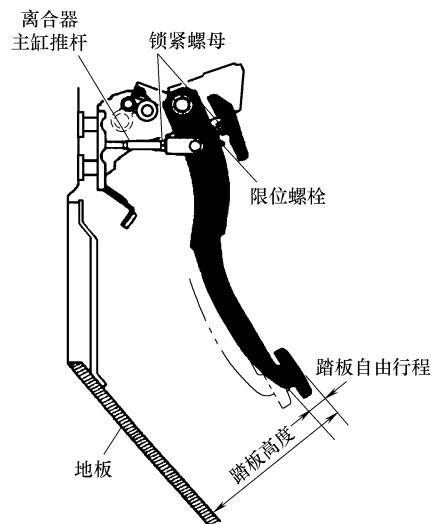


图 2-65 离合器踏板、踏板自由行程及其调整

## 第八节 离合器的故障诊断

### 一、离合器打滑

#### 1. 现象

汽车用低速档起步时，放松离合器踏板后，汽车不能起步或起步困难；汽车加速行驶

时，车速不能随发动机转速的提高而提高，感到行驶无力，严重时产生焦糊味或冒烟等现象。

## 2. 原因

- 1) 离合器踏板没有自由行程，使分离轴承压在分离杠杆上。
- 2) 从动盘摩擦片、压盘或飞轮工作面磨损严重，离合器盖与飞轮的连接松动，使压紧力减弱。
- 3) 从动盘摩擦片油污、烧蚀、表面硬化、铆钉外露、表面不平，使摩擦因数下降。
- 4) 压力弹簧疲劳或折断，膜片弹簧疲劳或开裂，使压紧力下降。
- 5) 离合器操纵杆系卡滞，分离轴承套筒与导管间油污、尘腻严重，甚至造成卡滞，使分离轴承不能回位。
- 6) 分离杠杆弯曲变形，出现运动干涉，不能回位。

## 3. 诊断与排除

- 1) 检查离合器踏板自由行程，如不符合规定应予以调整。
- 2) 如果自由行程正常，应拆下变速器壳，检查离合器与飞轮连接螺栓是否松动，如松动则予以拧紧。
- 3) 如果离合器仍然打滑，应拆下离合器检查从动盘摩擦片的状况。如果有油污，一般可用汽油清洗并烘干，然后找出油污来源并设法排除。如果摩擦片磨损严重或有铆钉外露，应更换从动盘。
- 4) 如果从动盘完好，则应分解离合器，检查压紧弹簧，如果弹力过软则应更换。

**总结：**离合器打滑主要可以从从动盘压不紧、从动盘摩擦因数下降等方面加以考虑。

## 二、离合器分离不彻底

### 1. 现象

发动机怠速运转时，踩下离合器踏板，挂档有齿轮撞击声，且难以挂入；如果勉强挂上档，则在离合器踏板尚未完全放松时，发动机熄火。

### 2. 原因

- 1) 离合器踏板自由行程过大。
- 2) 分离杠杆弯曲变形、支座松动、支座轴销脱出，使分离杠杆内端高度难以调整。
- 3) 分离杠杆调整不当，其内端不在同一平面内或内端高度太低。
- 4) 双片离合器中间压盘限位螺钉调整不当，个别分离弹簧疲劳、高度不足或折断，中间压盘在传动销上或在离合器驱动窗口内轴向移动不灵活。
- 5) 从动盘钢片翘曲、摩擦片破裂或铆钉松动。
- 6) 新换的摩擦片太厚或从动盘正反装错。
- 7) 从动盘花键孔与变速器第一轴花键轴卡滞。
- 8) 离合器液压操纵机构漏油、有空气或油量不足。
- 9) 膜片弹簧弹力减弱。
- 10) 发动机支承磨损或损坏，发动机与变速器不同心。

### 3. 诊断与排除

- 1) 检查离合器踏板自由行程，如果自由行程过大则进行调整，否则检查液压操纵机构是否储液罐油量不足或管路中有空气，并进行必要的排除。如果不是上述问题应继续以下

检查。

2) 检查分离杠杆内端高度，如果分离杠杆高度太低或不在同一平面，则进行调整，否则检查从动盘是否装反，如果都没问题则继续以下检查。

3) 检查从动盘是否翘曲变形、铆钉脱落，从动盘是否轴向运动卡滞等，如果是则进行更换或修理。

### 三、起步发抖

#### 1. 现象

汽车用低速档起步时，按操作规程逐渐放松离合器踏板并徐徐踩下加速踏板，离合器不能平稳接合且产生抖振，严重时甚至产生整车抖振现象。

#### 2. 原因

1) 分离杠杆内端高度不处在同一平面内。

2) 从动盘或压盘翘曲变形，飞轮工作端面的轴向圆跳动严重。

3) 从动盘摩擦片厚度不均匀、油污、烧焦、表面不平整、表面硬化、铆钉头露出、铆钉松动或切断、波形弹簧片损坏。

4) 压紧弹簧的弹力不均、疲劳或个别折断，膜片弹簧疲劳或开裂。

5) 从动盘上的缓冲片破裂或减振弹簧疲劳、折断。

6) 发动机支架、变速器、飞轮、飞轮壳等的固定螺栓松动。

7) 分离轴承套筒与导管油污、尘腻严重，使分离轴承不能回位。

#### 3. 诊断与排除

1) 检查离合器踏板、分离轴承等回位是否正常，如果正常则继续检查。

2) 检查发动机支架、变速器、飞轮、飞轮壳等的固定螺栓是否松动，如果是则紧固螺栓，否则继续检查。

3) 检查分离杠杆的内端是否在同一平面，如果是则继续检查。

4) 检查压盘、从动盘是否变形，铆钉是否松动、外露，压紧弹簧的弹力是否不在允许范围内，如果是则更换或修理。

总结：起步发抖主要可以从起步时离合器在接合过程中不平稳来考虑，即发动机在匀速转动，而由于离合器接合不平稳使离合器的从动部分转动不平稳，从而反映为离合器乃至整车的抖振。

### 四、离合器异响

#### 1. 现象

离合器分离或接合时发出不正常的响声。

#### 2. 原因

1) 分离轴承缺少润滑剂，造成干磨或轴承损坏。

2) 分离轴承与分离杠杆内端之间无间隙。

3) 分离轴承套筒与导管之间油污、尘腻严重或分离轴承回位弹簧与踏板回位弹簧疲劳、折断、脱落，使分离轴承回位不佳。

4) 从动盘花键孔与其花键轴配合松旷。

5) 从动盘减振弹簧退火、疲劳或折断。

6) 从动盘摩擦片铆钉松动或铆钉头外露。

7) 双片离合器传动销与中间压盘和压盘的销孔磨损松旷。

### 3. 诊断与排除

1) 稍稍踩下离合器踏板，使分离轴承与分离杠杆接触，如果有“沙沙”的响声则为分离轴承响；如果加油后仍响，说明轴承磨损过度、松旷或损坏，应更换。

2) 踩下、抬起离合器踏板，如果出现间断的碰撞声，说明分离轴承前后有窜动，应更换分离轴承回位弹簧。

3) 连踩离合器踏板，如果离合器刚接合或刚分开时有响声，说明从动盘铆钉松动或外露，应更换从动盘。

## 思 考 题

1. 汽车传动系统中为什么要装离合器？
2. 简述离合器的功用。
3. 简述汽车起步时驾驶人如何操纵。
4. 为何离合器从动部分的转动惯量要尽可能小？
5. 为了使离合器接合柔和，常采取什么措施？
6. 膜片弹簧离合器有何优缺点？
7. 对照实物或图片说明摩擦离合器的基本组成和工作原理。
8. 对照实物说明膜片弹簧离合器的基本结构，并实际操作进行拆装、检修。
9. 对照实物或图片说明离合器液压操纵系统的基本组成和工作过程。
10. 说明并实际操作如何拆装、检修离合器主缸和工作缸。
11. 离合器的操纵机构有哪几种？各有何特点？
12. 简述离合器的维修工艺？
13. 简述离合器故障诊断的诊断流程？
14. 离合器液压系统中空气的排出操作规程如何进行？
15. 离合器的由哪几部分组成？它们的结构组成和工作原理如何？

# 第三章 手动变速器和分动器的构造与检修

## 第一节 变速器的功用和类型

### 一、变速器的功用和组成

现代汽车上广泛采用活塞式内燃机作为动力源，其转矩和转速变化范围较小，而复杂的使用条件则要求汽车的驱动力和车速能在相当大的范围内变化。为解决这一矛盾，在传动系统中设置了变速器。

#### 1. 变速器的功用

- 1) 改变传动比，扩大驱动轮转矩和转速的变化范围，以适应经常变化的行驶条件（如起步、加速、上坡等），同时使发动机在有利（功率较高而耗油率较低）的工况下工作。
- 2) 在发动机曲轴旋转方向不变的前提下，使汽车能倒退行驶。
- 3) 利用空档中断动力传递，以使发动机能够起动、怠速，并便于变速器换档或进行动力输出。

#### 2. 变速器组成

变速器由变速传动机构和操纵机构组成，根据需要，还可加装动力输出器。

### 二、变速器的类型

现代汽车上所采用的变速器有多种结构形式，一般可以按照传动比和操纵方式进行分类。

#### 1. 按传动比的变化方式分

变速器按传动比的级数可分为有级式、无级式和综合式三种。

(1) 有级式变速器 有级式变速器采用齿轮传动，具有若干个定值传动比。轿车和轻、中型货车变速器多采用3~5个前进档和一个倒档，每个档位对应一个传动比。重型汽车行驶的路况复杂，变速器的档位较多，可有8~20个档位。

齿轮式变速器具有结构简单、易于制造、工作可靠、传动效率高等优点。这种齿轮式有级变速器按照结构不同又可以分为二轴式和三轴式变速器。二轴式变速器广泛用于发动机前置前轮驱动的轿车，而三轴式变速器可应用于其他各类型车辆。

(2) 无级式变速器 无级式变速器英文缩写为CVT，它的传动比的变化是连续的。目前的无级变速器一般都是采用金属带传递动力，通过主、从动带轮直径的变化实现无级变速。这种变速器在中、高级轿车的应用越来越多。

(3) 综合式变速器 综合式变速器是由液力变矩器和有级齿轮式变速器组成的，一般都是由电脑来自动实现换档，所以多把这种变速器称为自动变速器。这种变速器的传动比可在最大值与最小值之间的几个间断的范围内作无级变化，目前应用较多。

#### 2. 按变速器操纵方式分

按变速器操纵方式可分为手动变速器、自动变速器和手动自动一体变速器三种。

(1) 手动变速器 手动变速器的英文缩写为 MT, 即 Manual Transmission 的缩写。它是通过驾驶人用手操纵变速杆来选定档位，并直接操纵变速器的换档机构进行档位变换。齿轮式有级变速器大多数都采用这种换档方式。

(2) 自动变速器 自动变速器的英文缩写为 AT, 即 Automatic Transmission 的缩写。这种变速器的自动控制系统根据发动机负荷和车速的变化情况自动地选定档位，并进行档位变换，即自动地改变传动比。驾驶人只需要操纵加速踏板控制车速。

(3) 手自动一体变速器 这种变速器可以自动换档，也可以手动换档，比较典型的如奥迪 A6 的 Tiptronic，上海帕萨特 1.8T 也装有手自动一体变速器。

## 第二节 变速器的变速传动机构

手动变速器包括变速传动机构和操纵机构两大部分。变速传动机构的主要作用是改变转矩的大小和方向，操纵机构的作用是实现换档。

变速传动机构是变速器的主体，按工作轴的数量（不包括倒档轴）可分为二轴式变速器和三轴式变速器。

普通齿轮式变速器也称轴线固定式变速器（以下简称变速器），它按照变速器传动齿轮轴的数目，可分为两轴式变速器和三轴式变速器（也称中间轴式变速器）。

### 一、两轴式变速器

两轴式变速器的动力传递主要依靠两根相互平行的轴（输入轴和输出轴）完成。此外，还有一根比较短的倒档轴以帮助汽车实现倒退行驶。动力从输入轴（第一轴）输入，经一对齿轮传动后，直接由输出轴（第二轴）输出。

#### 1. 二轴式变速器的变速传动机构

图 3-1 为捷达轿车采用的 02KA 型五档变速器（具有 5 个前进档、1 个倒档）结构。它的壳体分为三段，在变速器壳体 5 的前面有离合器壳体 11，后面有后壳体 28。输入轴 13 的前后两端分别利用滚针轴承 12 和球轴承 2 支承在变速器壳体上，在轴上加工出二档、倒档和一档主动齿轮 8、9、10，轴前部加工出花键与离合器的从动盘毂连接。三、四、五档主动齿轮 7、3、1 上加工出接合齿圈，通过滚针轴承空套在输入轴上。滚针轴承（图中未示出）的保持架有切口且有弹性，便于装配。输出轴 24 由三个轴承支承，前端的两个圆锥滚子轴承 14、15 大端向内布置在主减速器主动小齿轮 16 的两侧，分别支承在变速器壳体的前部和离合器壳体上，承受着轴向力并提高了主动小齿轮的支承刚度，后端采用圆柱滚子轴承 27 支承在变速器壳体的后部。一、二档从动齿轮 18、20 空套在输出轴上，其上加工有接合齿圈，三、四、五档从动齿轮 21、23 和 25 通过花键和轴用挡圈与输出轴固定在一起，而输出轴上的倒档从动齿轮 19 与一、二档的接合套做成一体，节省了轴向空间。接合套 4、29 及 19 分别套在各自花键毂的外面。花键毂（图中未示出）以其内花键与轴上的外花键过盈配合，并且不能做轴向移动（用卡环限位），其外圆表面上均制有与其相邻齿轮的接合齿圈齿形完全相同的外花键，分别与相应的具有内花键的接合套接合。接合套可在花键毂上轴向滑动。

为实现汽车的倒退行驶，在输入轴的一侧还设置了一根较短的倒档轴（图中未示出）。倒档轴的两端支承在变速器壳体上，在支承位置处加工有一个径向小孔，从壳体底部拧入一

个螺钉使头部卡在小孔上，防止其转动和轴向移动。倒档中间齿轮空套在该轴上（不用滚针轴承），可轴向滑动，空档时与输入轴和输出轴的倒档齿轮不在同一平面上。

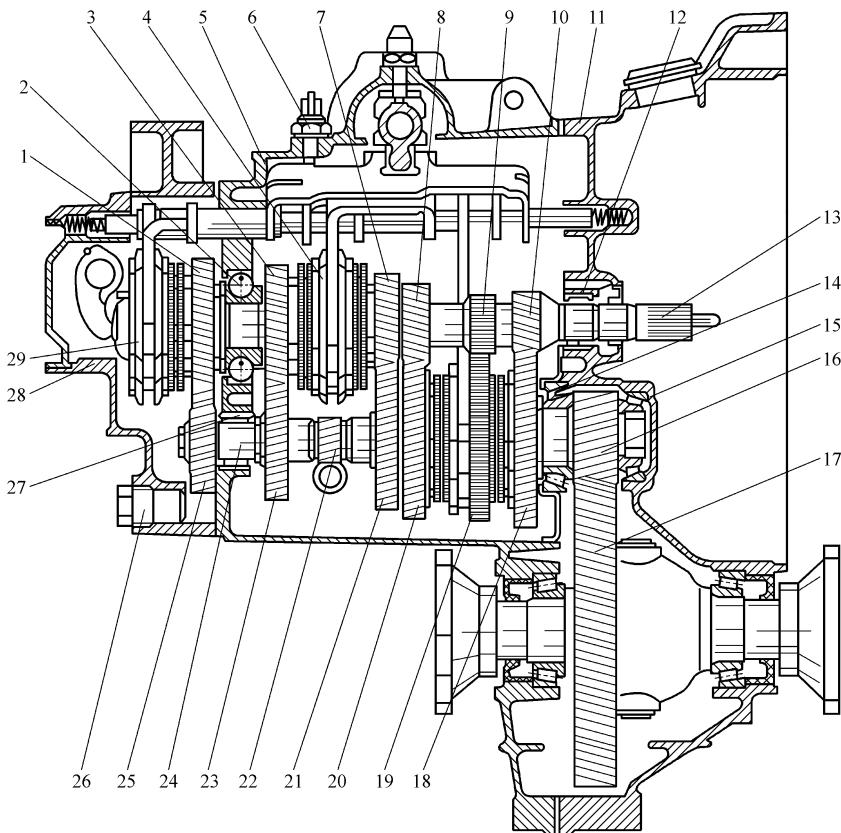


图 3-1 捷达轿车 02KA 型五档变速器结构

- 1—输入轴五档齿轮 2、12、14、15、27—轴承 3—输入轴四档齿轮 4、29—接合套 5—变速器壳体
- 6—通气塞 7—输入轴三档齿轮 8—输入轴二档齿轮 9—输入轴倒档齿轮 10—输入轴一档齿轮
- 11—离合器壳体 13—输入轴 16—主减速器主动齿轮 17—主减速器从动齿轮
- 18—输出轴一档齿轮 19—输出轴倒档齿轮 20—输出轴二档齿轮
- 21—输出轴三档齿轮 22—车速里程表传动齿轮 23—输出轴
- 24—四档齿轮 25—输出轴五档齿轮
- 26—放油塞 28—后壳体

为了减少摩擦引起的零件磨损及功率损耗，须在壳体内注入润滑油。该结构采用飞溅润滑方式润滑各齿轮副、轴与轴承等零件的工作表面，因此后壳体上开有加油口，壳体底部有放油塞 26。油面高度即由加油口位置控制，一般应超过输出轴的中心线。工作时齿轮转动将润滑油甩起来，使变速器内部充满油雾和油滴，实现对各工作表面的润滑。为防止润滑油从输入轴与轴承盖之间的间隙流入离合器而影响其摩擦性能，在轴承盖内安装了油封总成，轴承盖内孔中有回油槽，可以防止漏油。为防止变速器工作时由于油温升高，气压增大而造成润滑油渗漏现象，在变速器壳体上面装有通气塞 6。

## 2. 普通齿轮传动的基本原理

普通齿轮变速器是利用不同齿数的齿轮啮合传动来实现转矩和转速的改变。

齿轮传动的基本原理如图 3-2 所示，一对齿数不同的齿轮啮合传动时可以实现变速，而且两齿轮的转速比与其齿数成反比。设主动齿轮转速为  $n_1$ ，齿数为  $z_1$ ，从动齿轮转速为  $n_2$ ，齿数为  $z_2$ 。主动齿轮（即输入轴）转速与从动齿轮（即输出轴）转速之比值称为传动比，用字母  $i_{12}$  表示。即由 1 传到 2 的传动比为：

$$i_{12} = n_1/n_2 = z_2/z_1$$

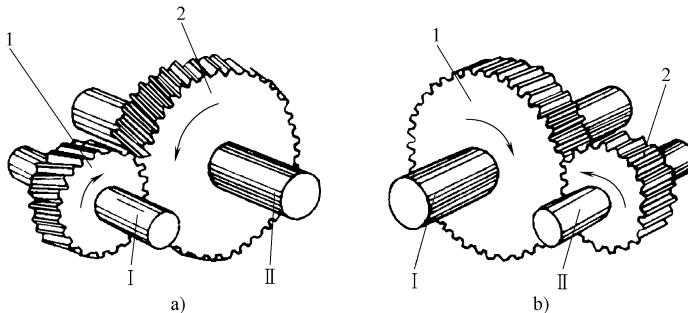


图 3-2 齿轮传动的基本原理

a) 减速传动 b) 增速传动

I—输入轴 II—输出轴 1—主动齿轮 2—从动齿轮

当小齿轮为主动齿轮，带动大齿轮转动时，输出转速降低，即  $n_2 < n_1$ ，称为减速传动，此时传动比  $i > 1$ ，如图 3-2a 所示，大齿轮驱动小齿轮时，输出转速升高，即  $n_2 > n_1$ ，称为增速传动，此时传动比  $i < 1$ ，如图 3-2b 所示。这就是齿轮传动的变速原理。汽车变速器就是根据这一原理利用若干大小不同的齿轮副传动而实现变速的。

图 3-3 所示为两级齿轮传动，齿轮 1 为主动齿轮，驱动齿轮 2 转动，齿轮 3 与齿轮 2 固连在一起，再驱动齿轮 4 转动并输出动力，此时由 1 传到 4 的传动比为：

$$i_{14} = n_1/n_4 = (z_2 z_4)/(z_1 z_3) = i_{12} i_{34}$$

因此，可以总结为多级齿轮传动的传动比为：

$$i = \text{所有从动齿轮齿数的乘积} / \text{所有主动齿轮齿数的乘积} = \text{各级齿轮传动比的乘积}$$

对于变速器，各档的传动比  $i$  就是变速器输入轴转速与输出轴转速之比。即

$$i = n_{\text{输入}}/n_{\text{输出}} = T_{\text{输出}}/T_{\text{输入}}$$

- 1) 当  $i > 1$  时， $n_{\text{输出}} < n_{\text{输入}}$ ， $T_{\text{输出}} > T_{\text{输入}}$ ，此时实现减速增矩，为变速器的低档位，且  $i$  越大，档位越低。
- 2) 当  $i = 1$  时， $n_{\text{输出}} = n_{\text{输入}}$ ， $T_{\text{输出}} = T_{\text{输入}}$ ，为变速器的直接档。
- 3) 当  $i < 1$  时， $n_{\text{输出}} > n_{\text{输入}}$ ， $T_{\text{输出}} < T_{\text{输入}}$ ，此时实现升速降矩，为变速器的超速档。

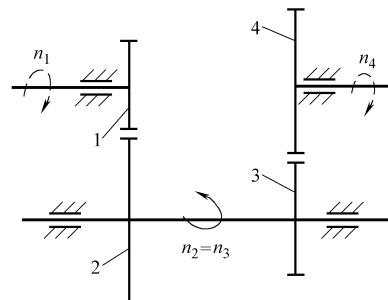


图 3-3 两级齿轮传动示意图

1、3—主动齿轮 2、4—从动齿轮

### 3. 二轴式变速器的传动路线（动力流）

二轴式变速器用于发动机前置前轮驱动的汽车，一般与驱动桥（前桥）合称为手动变速驱动桥。目前，我国常见的国产轿车均采用这种变速器，如桑塔纳、捷达、富康、奥迪等。

前置发动机有纵向布置和横向布置两种形式，与其配用的二轴式变速器也有两种不同的结构形式。发动机纵置时，主减速器为一对锥齿轮，如桑塔纳 2000 轿车（如图 3-4 所示）。

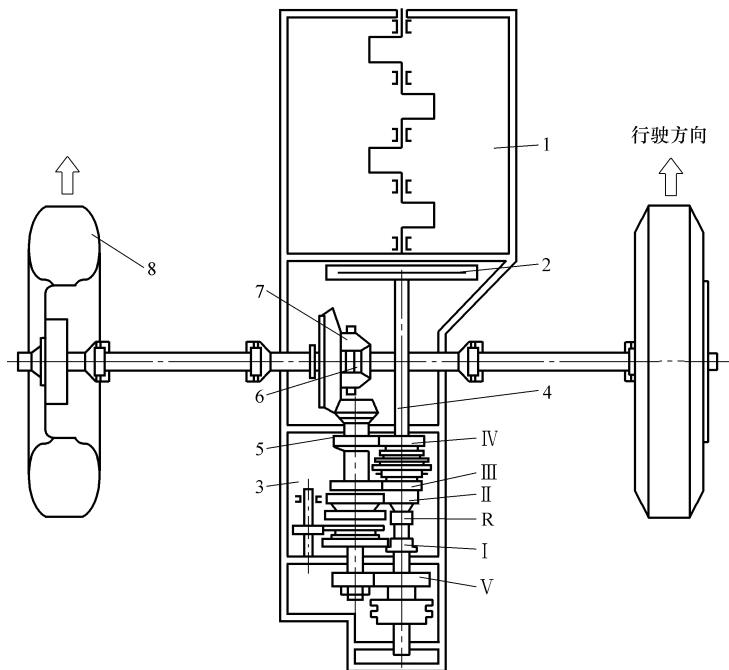


图 3-4 发动机纵置的二轴式变速器传动示意图（桑塔纳 2000）

1—纵置发动机 2—离合器 3—变速器 4—变速器输入轴 5—变速器输出轴（主减速器主动锥齿轮） 6—差速器 7—主减速器从动锥齿轮 8—前轮  
I、II、III、IV、V—一、二、三、四、五档齿轮 R—倒档齿轮

图 3-5、图 3-6 分别为桑塔纳 2000 轿车二轴式变速器传动机构的结构图和示意图。

1) 结构：桑塔纳 2000 轿车二轴式变速器的变速传动机构有输入轴和输出轴，二轴平行布置，输入轴也是离合器的从动轴，输出轴也是主减速器的主动锥齿轮轴。该变速器具有五个前进档和一个倒档，全部采用锁环式惯性同步器换档。输入轴上有一至五档主动齿轮，其中一、二档主动齿轮与轴制成一体，三、四、五档主动齿轮通过滚针轴承空套在轴上。输入轴上还有倒档主动齿轮，它与轴制成一体。三、四档同步器和五档同步器也装在输入轴上。输出轴上有一至五档从动齿轮，其中一、二档从动齿轮通过滚针轴承空套在轴上，三、四、五档齿轮通过花键套装在轴上。一、二档同步器也装在输出轴上。在变速器壳体的右端还装有倒档轴，上面通过滚针轴承套装有倒档中间齿轮。

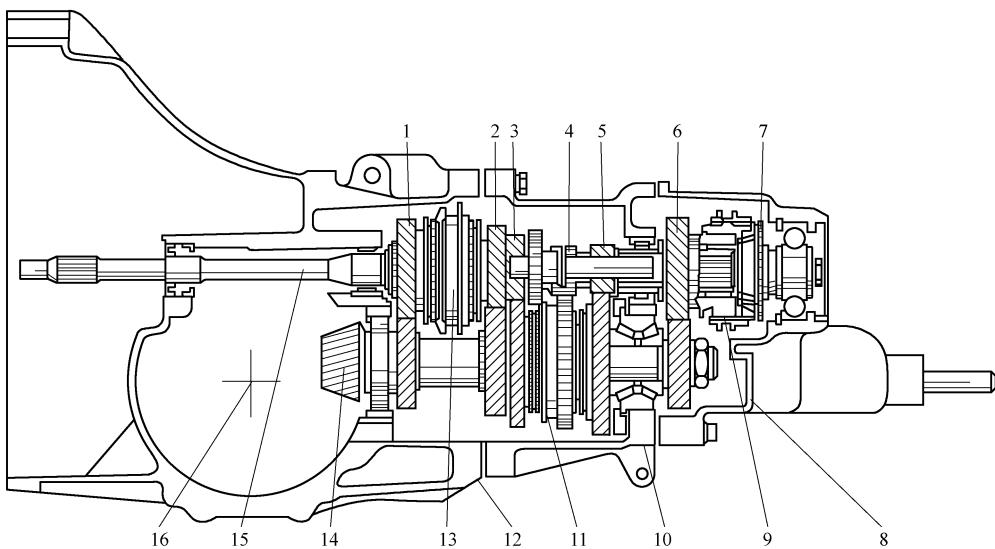


图 3-5 桑塔纳 2000 轿车二轴式变速器传动机构的结构

1—四档齿轮 2—三档齿轮 3—二档齿轮 4—倒档齿轮 5—一档齿轮 6—五档齿轮 7—五档运行齿环  
 8—换档机构壳体 9—五档同步器 10—齿轮箱体 11—一、二档同步器 12—变速器壳体  
 13—三、四档同步器 14—输出轴 15—输入轴 16—差速器

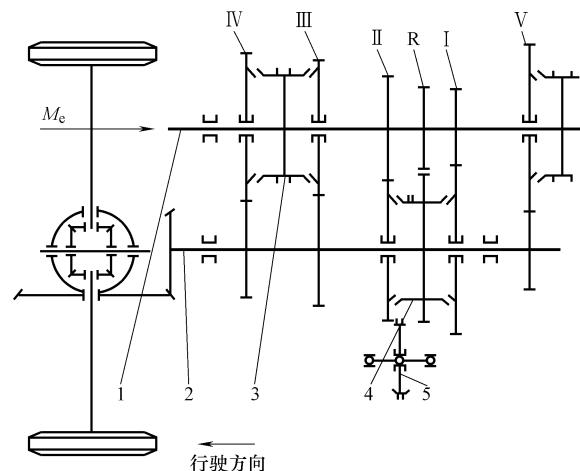


图 3-6 桑塔纳 2000 轿车二轴式变速器传动机构的示意图

1—输入轴 2—输出轴 3—三、四档同步器 4—一、二档同步器 5—倒档中间齿轮  
 I—一档齿轮 II—二档齿轮 III—三档齿轮 IV—四档齿轮  
 V—五档齿轮 R—倒档齿轮

## 2) 各档动力传动路线

- ① 空档：变速器操纵杆处于空档位置，无动力输出，如图 3-7 所示。
- ② 一档：变速器操纵杆从空档向左、向前移动，如图 3-8 所示。实现：动力→输入

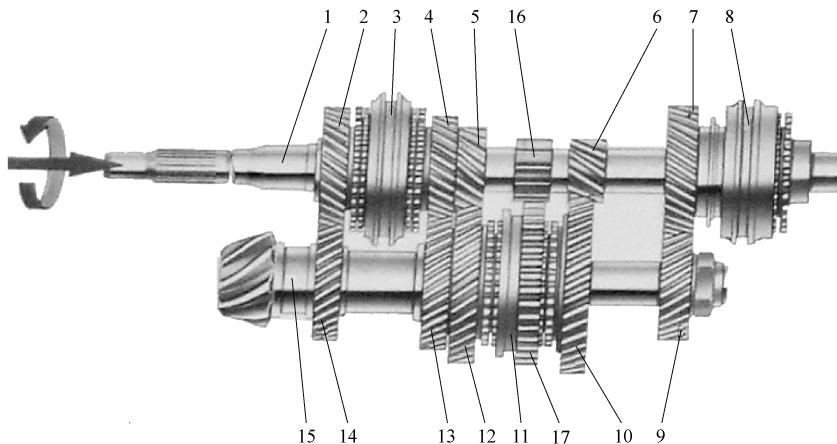


图 3-7 桑塔纳 2000 轿车二轴式变速器传动机构空档传动路线

1—主动轴 2—主动轴四档齿轮 3—三、四档同步器 4—主动轴三档齿轮 5—主动轴二档齿轮  
 6—主动轴一档齿轮 7—主动轴五档齿轮 8—五档同步器 9—从动轴五档齿轮  
 10—从动轴一档齿轮 11—一、二档同步器 12—从动轴二档齿轮 13—从  
 动轴三档齿轮 14—从动轴四档齿轮 15—从动轴 16—主动  
 轴倒档齿轮 17—从动轴倒档齿轮

轴一档齿轮→输出轴一档齿轮→输出轴上一、二档同步器→输出轴→动力输出，如图 3-9 所示。

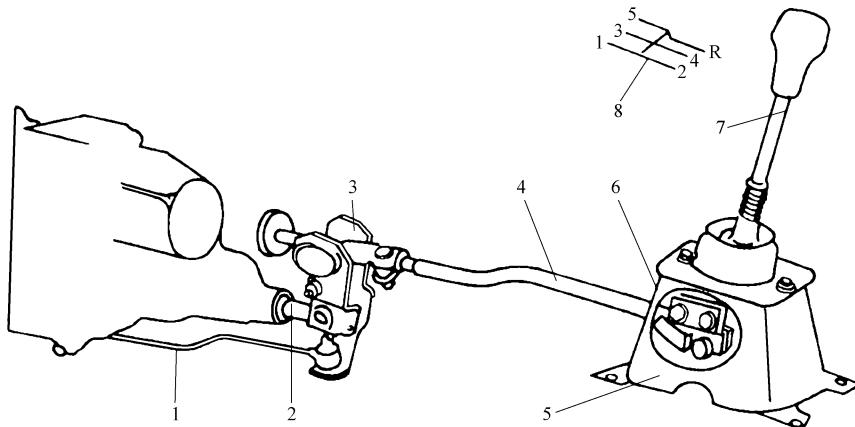


图 3-8 桑塔纳 2000 轿车五档手动变速器的换档操纵机构

1—支撑杆 2—内变速杆 3—变速杆接合器 4—外变速杆 5—倒档保险档块  
 6—换档手柄座 7—变速杆 8—换档标记

③ 二档：变速器操纵杆从空档向左、向后移动。实现：动力→输入轴二档齿轮→输出轴二档齿轮→输出轴上一、二档同步器→输出轴→动力输出，如图 3-10 所示。

④ 三档：变速器操纵杆从空档向前移动。实现：动力→输入轴三、四档同步器→输入轴三档齿轮→输出轴三档齿轮→输出轴→动力输出，如图 3-11 所示。

⑤ 四档：变速器操纵杆从空档向后移动。实现：动力→输入轴三、四档同步器→输入

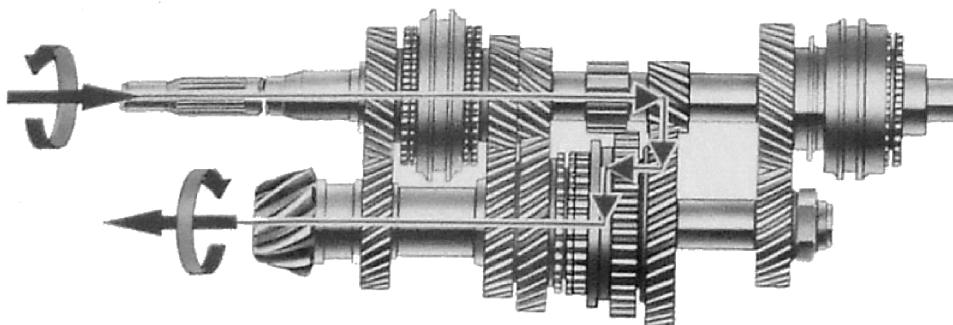


图 3-9 桑塔纳 2000 轿车二轴式变速器传动机构一档传动路线

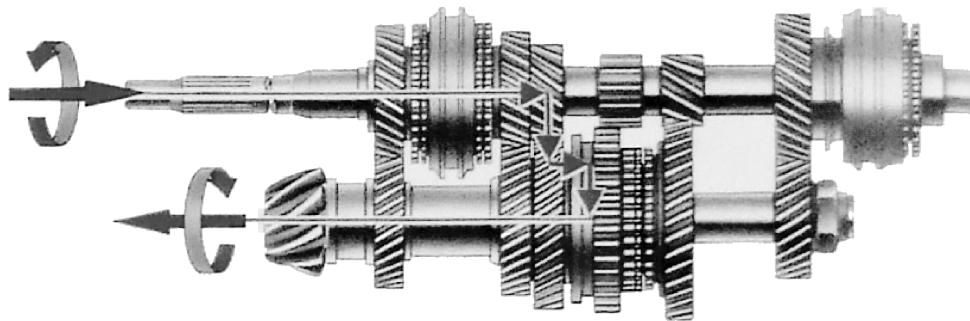


图 3-10 桑塔纳 2000 轿车二轴式变速器传动机构二档传动路线

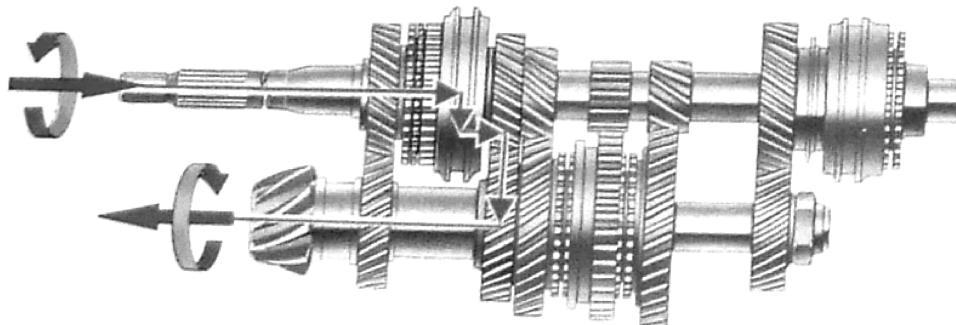


图 3-11 桑塔纳 2000 轿车二轴式变速器传动机构三档传动路线

轴四档齿轮→输出轴上四档齿轮→输出轴→动力输出，如图 3-12 所示。

⑥ 五档：变速器操纵杆从空档向右、向前移动。实现：动力→输入轴上五档同步器→输入轴上五档齿轮→输出轴五档齿轮→输出轴→动力输出，如图 3-13 所示。

⑦ 倒档：变速器换档操纵杆从空档向右、向后移动。实现：动力→输入轴倒档齿轮→倒档轴上倒档齿轮→输出轴倒档齿轮→输出轴→动力反向输出，如图 3-14 所示。

## 二、三轴式变速器

三轴式变速器主要有三根轴：第一轴（输入轴）、中间轴和第二轴（输出轴）。第一轴和第二轴在同一轴线上，并且与中间轴平行，所以称为三轴式变速器，另外还有倒档轴。

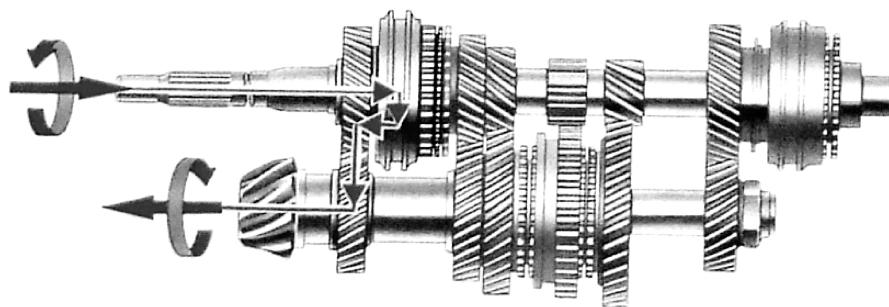


图 3-12 桑塔纳 2000 轿车二轴式变速器传动机构四档传动路线

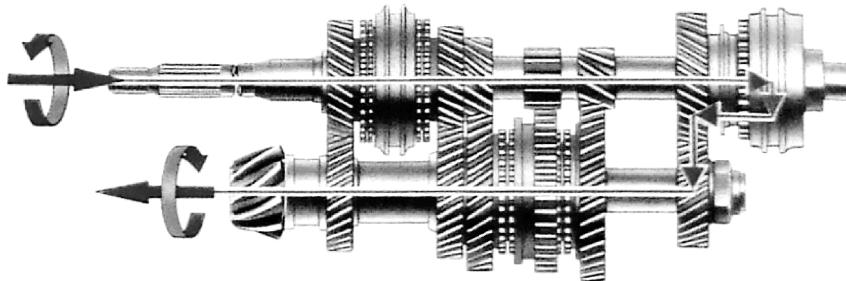


图 3-13 桑塔纳 2000 轿车二轴式变速器传动机构五档传动路线

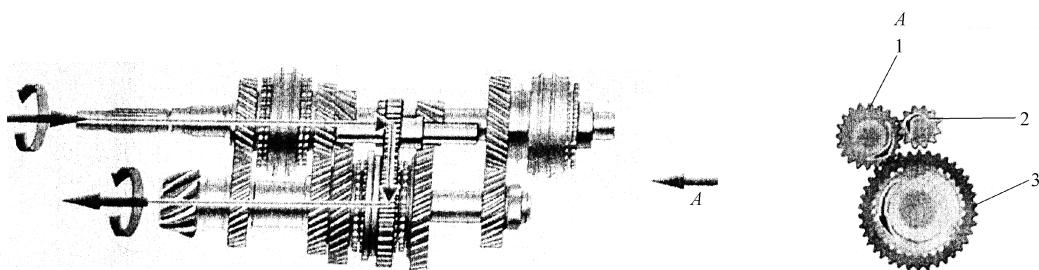


图 3-14 桑塔纳 2000 轿车二轴式变速器传动机构倒档传动路线

1—倒档惰轮 2—主动轴倒档齿轮 3—从动轴倒档齿轮

图 3-15 为典型的三轴五档变速器构造。输入轴与输出轴在一条直线上，中间轴与输入、输出轴平行。发动机动力经过输入轴上的中间轴常啮合齿轮传递到中间轴上。中间轴上装有一、二、三、五、倒档主动齿轮。这些齿轮与中间轴采用花键紧配合，与中间轴一起旋转。中间轴上的这些主动齿轮将动力传递给输出轴上与之相啮合的各档位的从动齿轮上，这些从动齿轮均与输出轴之间安装有滚针轴承，在输出轴上空转，选择某一档位时，通过同步器啮合套将同步器齿毂与该档齿轮啮合在一起，动力通过同步器齿毂花键传递到输出轴。

国产微型车如长安之星、五菱之光、五菱荣光和五菱宏光等变速器均采用这种结构。

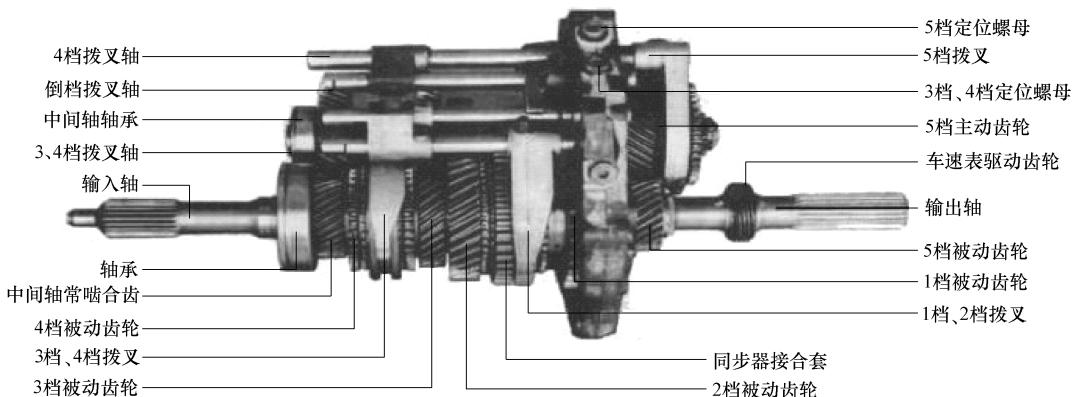


图 3-15 三轴式变速器

### 第三节 同步器结构与工作原理

#### 一、无同步器时变速器的换档过程

采用滑动齿轮或接合套换档时，待啮合的一对齿轮的轮齿（或接合套与接合齿圈上相应的内、外花键齿）的圆周速度必须相等（同步），才能平顺地进入啮合而挂上档。如两齿轮轮齿不同步时即强制挂档，将使两轮齿间发生冲击和噪声，影响轮齿的工作寿命，甚至使轮齿折断。

##### 1. 同步器功用

同步器的功用是使接合套与待啮合的齿圈迅速同步，缩短换档时间；且防止在同步前啮合而产生换档冲击。

##### 2. 无同步器的换档过程

以无同步器五档变速器的四、五档互换为例进行介绍。为使换档平顺，驾驶人应采取合理的换档操作步骤。现以图 3-16 所示无同步器的五档变速器中四、五档（四档为直接档，五档为超速档）互相转换的过程为例，说明其原理。

第一轴 1 及其齿轮 2 直接与离合器从动盘连接，五档齿轮 4 则通过齿轮 6、中间轴 7、齿轮 8 与齿轮 2 保持传动关系。接合套 3 借花键毂与第二轴 5 相连，而第二轴又依次通过万向传动装置、驱动桥和行驶系统与整个汽车保持传动关系。所以齿轮 2 和 4 的转速及其轮齿和花键齿的圆周速度都与离合器从动盘转速成正比；同理，接合套 3 的转速及其花键齿的圆周速度都与汽车速度成正比。

(1) 高速档换低速档（五档换四档） 变速器在

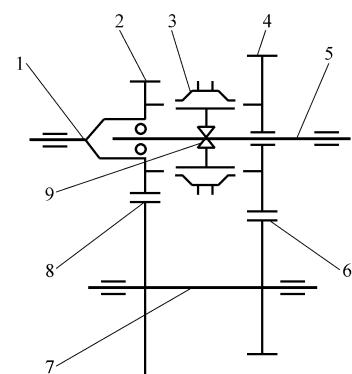


图 3-16 无同步器五档变速器的四、五档简图

1—一轴 2—轴常啮合齿轮 3—接合套  
4—二轴五档齿轮 5—二轴 6—中间  
轴五档齿轮 7、8—中间轴常  
啮合齿轮 9—花键毂

五档工作以及刚从五档推入空档时，接合套3与齿轮4的花键齿圆周速度相同，即 $V_3 = V_4$ ，同时， $V_4 > V_2$ （理由同前），故 $V_3 > V_2$ ，但是退入空档后，由于 $V_2$ 下降得比 $V_3$ 快，根本不可能出现 $V_3 = V_2$ 的情况；相反，停留在空档的时间越久，二者的差值将越大。所以驾驶人在分离离合器并使接合套3左移到空档以后，随即重新接合离合器，同时踩一下加速踏板，使发动机将离合器从动盘和第一轴的转速提高，也就是使齿轮2的转速高于接合套转速，即 $V_2 > V_3$ ，然后再分离离合器，并等待片刻，当 $V_3 = V_2$ 时，即可挂入四档（直接档），如图3-17a所示。

(2) 低速档换高速档（四档换五档） 变速器在四档工作时，接合套3与齿轮2上的接合齿圈啮合，两者接合齿圆周速度相等 $V_3 = V_2$ 。欲换入五档时，驾驶人先踩下离合器踏板，离合器分离，再通过变速操纵机构将接合套3右移，处于空档位置。

在接合套3刚与齿轮2脱离接合的瞬间，此时仍是 $V_3 = V_2$ ，由于从齿轮6到齿轮4的升速比大于齿轮2到齿轮7的减速比，五档齿轮4的转速永远高于齿轮2的转速，从而齿轮4的花键齿圆周速度 $V_4 > V_2$ ，所以在刚推入空档的瞬间 $V_4 > V_3$ 。为避免产生冲击，不应在此时立即将接合套3推向齿轮4而挂五档，而需在空档位置停留片刻。此时，由于离合器从动盘已与发动机脱离，动力传递中断，接合套3与齿轮4的转速及其花键齿的圆周速度 $V_3$ 和 $V_4$ 都在逐渐降低。但是变速器尚处于空档，接合套3和齿轮4间没有联系， $V_3$ 和 $V_4$ 下降的快慢有所不同，接合套3因与整个汽车联系在一起，惯性很大，故 $V_3$ 下降较慢；而齿轮4只与中间轴及其齿轮、第一轴和离合器从动盘相联系，惯性很小，故 $V_4$ 下降较快。这样，虽然 $V_4$ 原先大于 $V_3$ ，但由于下降得比 $V_3$ 快，故在变速器推入空档以后的某个时刻，必然会有 $V_3 = V_4$ （同步）的情况出现，而过此时刻，又将出现 $V_4 < V_3$ 的情况。所以最好是恰在 $V_3 = V_4$ 时刻使接合套右移而挂入五档。若与齿轮4相联系的一系列零件的惯性越小，则 $V_4$ 下降得起快，而同步情况出现得越早，并且在同样速度差的情况下，齿的冲击力也越小，如图3-17b所示。

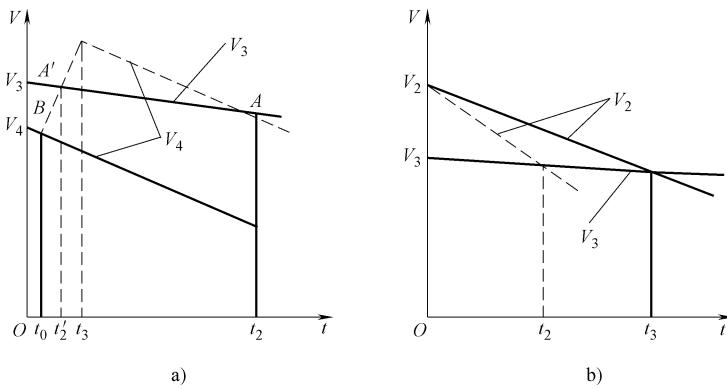


图3-17 无同步器的换档过程

a) 高档换低档 b) 低档换高档

上述相邻档位相互转换时所应采取的不同操纵步骤，虽然只举接合套换档为例，但同样适用于移动齿轮换档的情况，因为所依据的速度分析原理是一样的。

由此可见，欲使一般变速器换档时不产生轮齿或花键齿间的冲击，需要进行较复杂的操

作，并应在短时间内迅速而准确地完成。这对于即使是技术很熟练的驾驶人，也易造成疲劳。

因此，要求在变速器结构上采取措施，既保证挂档平顺，又使操作简化，减轻驾驶人劳动强度。同步器即是在这样的要求下产生的。

## 二、同步器的构造及工作原理

同步器都是利用摩擦原理实现同步的，可以分为常压式、惯性式、自行增力式等形式。常压式同步器工作不很可靠，目前已基本被淘汰。现代汽车上广泛采用的是惯性式同步器，它可以从结构上保证接合套与待接合的花键齿圈在达到同步之前不可能接触，以避免齿间冲击和噪声。

目前所采用的同步器几乎都是摩擦式惯性同步器，按锁止装置不同，可分为锁环式惯性同步器和锁销式惯性同步器。

### 1. 锁环式惯性同步器

(1) 构造 锁环式同步器的结构(BJ2020型汽车)如图3-18所示，花键毂7用内花键套装在二轴外花键上，用垫圈、卡环轴向定位。花键毂7两端与齿轮1和4之间各有一个青铜制成的锁环(即同步环)5和9。锁环上有短花键齿圈，其花键的尺寸和齿数与花键毂7、齿轮1和4的外花键齿相同。两个齿轮和锁环上的花键齿，靠近接合套8的一端都有倒角(锁止角)，与接合套齿端的倒角相同。锁环有内锥面，与齿轮1、4的外锥面锥角相同。在锁环内锥面上制有细密的螺纹(或直槽)，当锥面接触后，它能及时破坏油膜，增加锥面间的摩擦力。锁环内锥面摩擦副称为摩擦件，外沿带倒角的齿圈是锁止件，锁环上还有三个均布的缺口12。三个滑块2分别装在花键毂7上三个均布的轴向槽11内，沿槽可以轴向移动。滑块被两个弹簧圈6的径向力压向接合套，滑块中部的凸起部位压嵌在接合套中部的环槽10内。滑块和弹簧是推动件。滑块两端伸入锁环5的缺口12中，滑块窄缺口宽，两者之差等于锁环的花键齿宽。锁环相对滑块顺时针旋转和逆时针旋转都只能转动半个齿宽，且只有当滑块位于锁环缺口的中央时，接合套与锁环才能接合。

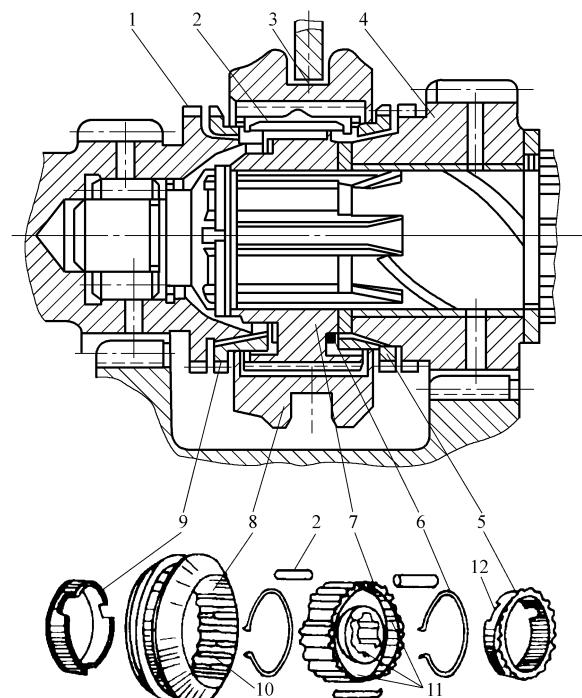


图3-18 锁环式惯性同步器

1—一轴常啮合齿轮的接合齿圈 2—滑块 3—拨叉 4—二轴齿轮  
5,9—锁环(同步环) 6—弹簧圈 7—花键毂 8—接合套  
10—环槽 11—三个轴向槽 12—缺口

(2) 工作原理 以二档换三档为例，说明同步器的工作原理，如图3-19所示。

1) 空档位置：接合套8刚从二档退入空档时，如图3-19a所示，三档齿轮1、接合套

8、锁环9以及与其有关联的运动件，因惯性作用而沿原方向继续旋转（图示箭头方向）。由于齿轮1是高档齿轮（相对于二档齿轮来说），所以接合套8、锁环9的转速低于齿轮1的转速。

2) 挂档：欲换入三档时，驾驶人通过变速杆使拨叉3推动接合套8连同滑块2一起向左移动，如图3-19b所示，滑块又推动锁环移向齿轮1，使锥面接触。驾驶人作用在接合套上的轴向推力，使两锥面有正压力N，又因两者有转速差，所以产生摩擦力矩。通过摩擦作用，齿轮1带动锁环相对于接合套向前转动一个角度，使锁环缺口靠在滑块的另一侧（上侧）为止，此时接合套的内齿与锁环上错开了约半个齿宽，接合套的齿端倒角面与锁环的齿端倒角面互相抵住。

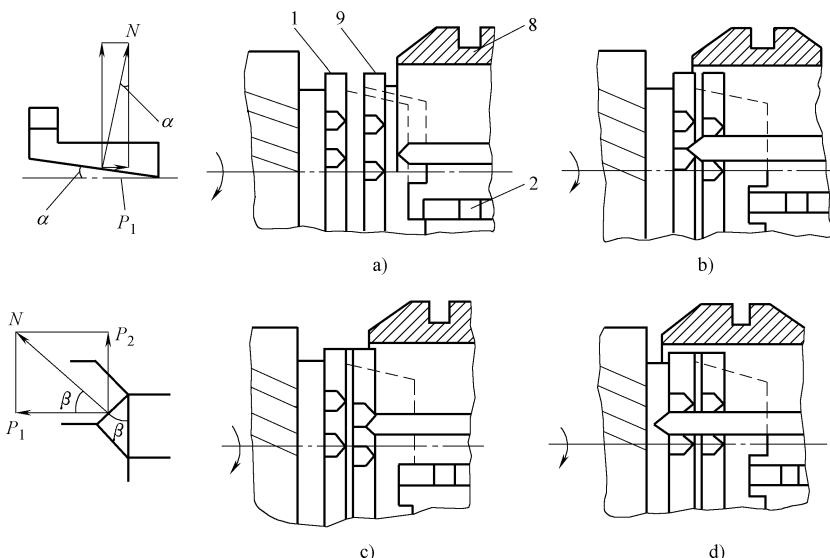


图3-19 锁环式惯性同步器工作原理

1—待啮合齿轮的接合齿圈 2—滑块 8—接合套 9—锁环（同步环）

3) 锁止：驾驶人的轴向推力使接合套的齿端倒角面与锁环的齿端倒角面之间产生正压力形成一个企图拨动锁环相对于接合套反转的力矩，称为拨环力矩。这样在锁环上同时作用着方向相反的摩擦力矩和拨环力矩，同步器的结构参数可以保证在同步前（存在摩擦力矩）拨环力矩始终小于摩擦力矩，所以在同步之前无论驾驶人施加多大的操纵力，都不会挂上档，即产生锁止作用，如图3-19c所示。

4) 同步啮合：随着驾驶人施加于接合套上的推力加大，摩擦力矩不断增加，使齿轮1的转速迅速降低。当齿轮1、接合套8和锁环9达到同步时，作用在锁环上的摩擦力矩消失。此时在拨环力矩的作用下，锁环9、齿轮1以及与之相连的各零件都对于接合套反转一角度，滑块2处于锁环缺口的中央如图3-19c所示，键齿不再抵触，锁环的锁止作用消除。接合套压下弹簧圈继续左移（滑块脱离接合套的内环槽而不能左移），与锁环的花键齿圈进入啮合。进而再与齿轮1进入啮合，如图3-19d所示，换入三档。

捷达轿车02KA型变速器采用的二、二档锁环式同步器如图3-20所示。在花键毂4的外圆面上开出3个均匀布置的轴向通槽b，槽里放入滑块2。滑块的中部向外凸起，以斜面

与接合套1中部开出的环形槽a相配合。滑块内侧（即下边）两端凸出，中间形成宽槽。花键毂的两侧各装有一个钢丝弹簧3、5，卡在滑块内侧宽槽的两端，将滑块向外推，使其中部凸起压紧在接合套环槽上，起空档定位作用。由于两钢丝弹簧之间的距离（滑块内侧槽的轴向宽度）大于花键毂中部的厚度，使接合套、滑块和钢丝弹簧可以相对于花键毂轴向移动一定距离。锁环6对着接合套的一侧有3个缺口c，缺口的宽度等于滑块宽度加上一个接合套花键齿的宽度，装配后3个滑块插入到缺口中。换挡时，滑块既可通过端部推动锁环轴向移动压紧接合齿圈锥面，又可带动（或挡住）锁环保持同步转动，并保证在接合套与锁环同步之前，二者的花键齿总是错开半个齿，不能实现挂档。该同步器的工作原理与前面所述基本相同，其结构更加简单。

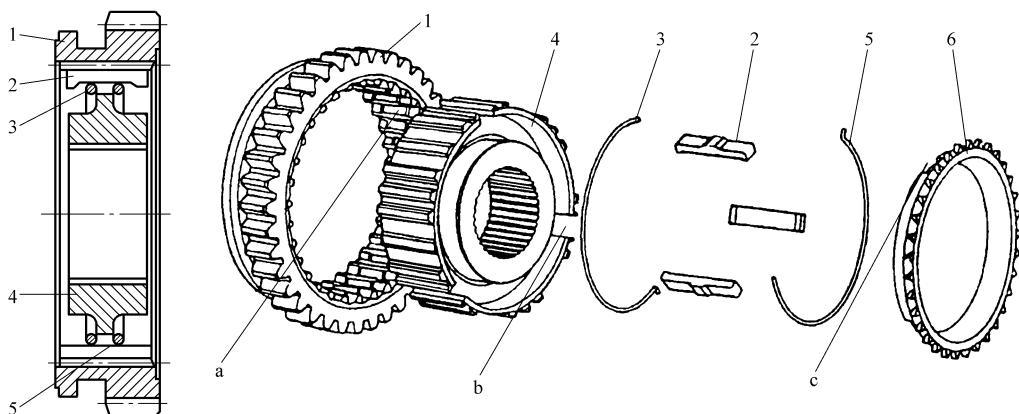


图 3-20 02KA 型变速器一、二档锁环式同步器  
1—接合套 2—滑块 3、5—钢丝弹簧 4—花键毂 6—锁环

锁环式同步器结构紧凑，但因径向尺寸小，锥面间产生的摩擦力矩较小，而且锁止面是锁环的接合齿端面，使用中会使齿端磨损而失效。故它适用于传递转矩不大的轿车和轻型货车的变速器。

## 2. 锁销式惯性同步器

锁销式惯性同步器在结构上允许采用直径较大的摩擦锥面，因此可产生较大的摩擦力矩，缩短了同步时间。当变速器第二轴上的常啮合齿轮及其接合齿圈直径较大时，装用锁销式同步器将使齿轮的结构形式更加合理。大、中型货车普遍采用锁销式惯性同步器。锁销式惯性同步器的工作原理与锁环式惯性同步器类似。

## 第四节 手动变速器操纵机构

变速器操纵机构的功用是使驾驶人能够根据道路情况准确可靠地挂上或摘下变速器某个档位，以保证汽车安全行驶。

变速器操纵机构按距离驾驶人座位的远近，可以分为直接操纵机构和远距离操纵机构。

### 一、直接操纵式

如果变速器布置在驾驶人座位附近，则变速杆可以从驾驶室底板伸出，由驾驶人直接操

纵。这种操纵机构称为直接操纵机构。它一般由变速杆、拨块、拨叉、拨叉轴以及安全装置等组成，多集装于变速器上盖或侧盖内，结构简单，操纵方便。

### 1. 换挡机构

直接操纵式的变速器布置在驾驶人座椅附近，变速杆由驾驶室底板伸出，驾驶人可以直接操纵，如图 3-21 所示，解放 CA1091 中型货车六档变速器操纵机构就采用这种形式。这种形式多用于发动机前置后轮驱动的车辆。

拨叉轴 7、8、9 和 10 的两端均支承于变速器盖的相应孔中，可以轴向滑动。所有的拨叉和拨块都以弹性销固定于相应的拨叉轴上。三、四档拨叉 2 的上端具有拨块。拨叉 2 和拨块 3、4、14 的顶部制有凹槽。变速器处于空档时，各凹槽在横向平面内对齐，叉形拨杆 13 下端的球头即伸入这些凹槽中。选档时可使变速杆绕其中部球形支点横向摆动，则其下端推动叉形拨杆 13 绕换档轴 11 的轴线摆动，从而使叉形拨杆下端球头对准与所选档位对应的拨块凹槽，然后使变速杆纵向摆动，带动拨叉轴及拨叉向前或向后移动，即可实现挂档。例如，横向摆动变速杆使叉形拨杆下端球头深入拨块 3 顶部凹槽中，拨块 3 连同拨叉轴 9 和拨叉 5 即沿纵向向前移动一定距离，便可挂入二档；若向后移动一段距离，则挂入一档。当使叉形拨杆下端球头深入拨块 14 的凹槽中，并使其向前移动一段距离时，便挂入倒档。

各种变速器由于档位数及档位排列位置不同，其拨叉和拨叉轴的数量及排列位置也不相同。

### 2. 操纵机构的安全装置

为了保证变速器在任何情况下都能准确、安全、可靠地工作，其操纵机构必须设置安全装置。它包括自锁、互锁和倒档锁装置。对于六档变速器，还应设置选档锁装置。

换档过程中，若操纵变速杆推动拨叉前、后移动的距离不足时，则滑动齿轮（或接合套）与相应的齿轮（或接合齿圈）将不能在全齿宽上啮合，因而影响齿轮的寿命。即使达到全齿宽啮合，也可能由于汽车振动或其他原因，使滑动齿轮（或接合套）自动产生轴向移动，因而减少了齿的啮合长度，甚至完全脱离啮合（即自动脱档）。为防止变速器自动脱档，并保证齿轮（或接合齿圈）以全齿宽啮合，应在其操纵机构中设置自锁装置。

若变速杆能同时推动两个拨叉，则可能同时挂入两个档位。由于两个档位的传动比不同，必将造成齿轮间的机械干涉，变速器将无法工作甚至损坏。为了防止变速器同时挂入两个档位，必须在操纵机构中设置互锁装置。

汽车行进中若误挂倒档，变速器轮齿间将发生极大冲击，导致零件损坏。汽车起步时若误挂倒档，则容易出现安全事故。为防止误挂倒档，在操纵机构中应设置倒档锁装置。

(1) 自锁装置 自锁装置用于防止变速器自动脱档或挂档，并保证轮齿以全齿宽啮合。大多数变速器的自锁装置都是采用自锁钢球对拨叉轴进行轴向定位锁止，如图 3-22 所示，在变速器盖中钻有三个深孔，孔中装入自锁钢球和自锁弹簧，其位置正处于拨叉轴的正上方，每根拨叉轴对着钢球的表面沿轴向设有三个凹槽，槽的深度小于钢球的半径。中间的凹槽对正钢球时为空档位置，前边或后边的凹槽对正钢球时则处于某一工作档位置，相邻凹槽之间的距离保证齿轮处于全齿长啮合或是完全退出啮合。凹槽对正钢球时，钢球便在自锁弹簧的压力作用下嵌入该凹槽内，拨叉轴的轴向位置便被固定，不能自行挂档或自行脱档。当需要换档时，驾驶人通过变速杆对拨叉轴施加一定的轴向力，克服自锁弹簧的压力而将自锁钢球从拨叉轴凹槽中挤出并推回孔中，拨叉轴便可滑过钢球进行轴向移动，并带动拨叉及相

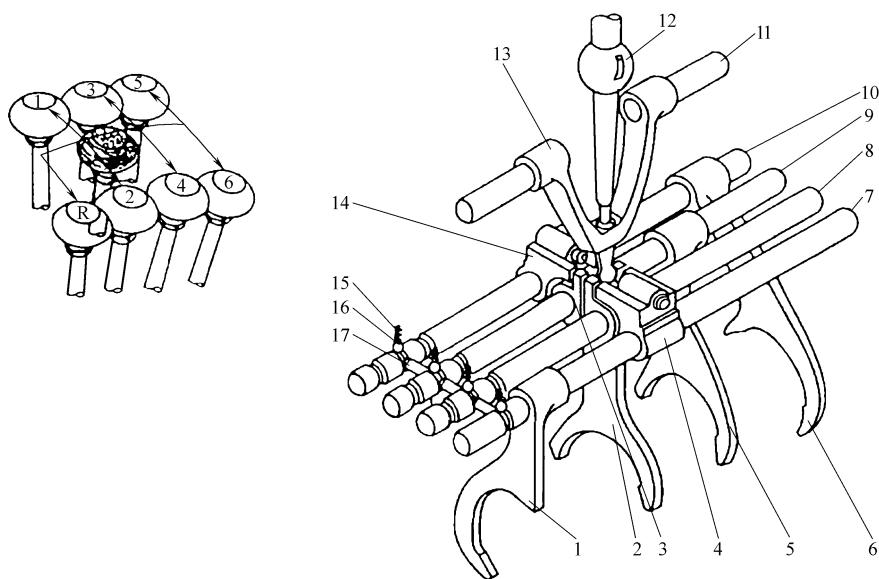


图 3-21 解放 CA1091 中型货车六档变速器直接操纵式操纵机构

1—五、六档拨叉 2—三、四档拨叉 3—一、二档拨块 4—五、六档拨块 5—一、二档拨叉 6—倒档拨叉  
7—五、六档拨叉轴 8—三、四档拨叉轴 9—一、二档拨叉轴 10—倒档拨叉轴 11—换档轴 12—变速杆  
13—叉形拨杆 14—倒档拨块 15—自锁弹簧 16—自锁钢球 17—互锁销

应的接合套或滑动齿轮轴向移动，当拨叉轴移至其另一凹槽与钢球相对正时，钢球又被压入凹槽，驾驶人具有很强的手感，此时拨叉所带动的接合套或滑动齿轮便被拨入空档或被拨入另一工作档位。

(2) 互锁装置 图 3-23 所示的互锁装置是由互锁钢球 4 和互锁销 5 组成的。每根拨叉轴朝向互锁钢球的侧表面上均制出一个深度相等的凹槽。任一拨叉轴处于空档位置时，其侧面凹槽都正好对准互锁钢球 4。两个互锁钢球直径之和正好等于相邻两轴表面之间的距离加上一个凹槽的深度。中间拨叉轴上两个侧面凹槽之间有孔相通，孔中有一根可以移动的互锁销 5，销的长度等于拨叉轴的直径减去一个凹槽的深度。

互锁装置用于防止同时挂上两个档位。互锁装置的工作情况如图 3-23 所示，互锁装置由互锁钢球和互锁销组成。

当变速器处于空档时，所有拨叉轴的侧面凹槽同互锁钢球、互锁销都在一条直线上。当移动中间拨叉轴 3 时，如图 3-23a 所示，轴 3 两侧的内钢球从其侧凹槽中被挤出，而两外钢球 2 和 4 则分别嵌入拨叉轴 1 和轴 5 的侧面凹槽中，因而将轴 1 和轴 5 刚性地锁止在其空档

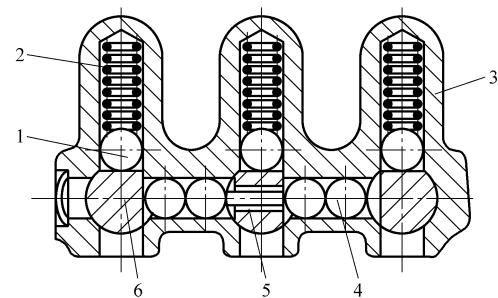


图 3-22 自锁和互锁装置

1—自锁钢球 2—自锁弹簧 3—变速器盖  
4—互锁钢球 5—互锁销 6—拨叉轴

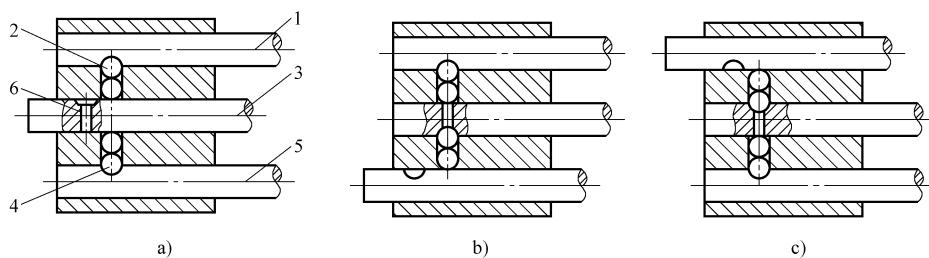


图 3-23 互锁装置工作示意图

1、3、5—拨叉轴 2、4—互锁钢球 6—互锁销

位置。若欲移动拨叉轴 5，则应先将拨叉轴 3 退回到空档位置。于是在移动拨叉轴 5 时，钢球 4 便从轴 5 的凹槽中被挤出，同时通过互锁销 6 和其他钢球将轴 3 和轴 1 均锁止在空档位置，如图 3-23b 所示。同理，当移动拨叉轴 1 时，则轴 3 和轴 5 被锁止在空档位置，如图 3-23c 所示。由此可知，互锁装置工作的机理是当驾驶人用变速杆推动某一拨叉轴时，自动锁止其余拨叉轴，从而防止同时挂上两个档位。

(3) 倒档锁装置 倒档锁装置用于防止误挂倒档，图 3-24 所示为桑塔纳 2000 轿车拨叉轴操作机构，该变速器的倒档锁机构是在变速杆的支承处设置限位块（即倒档锁块），当驾驶人想挂倒档时，应先压下变速杆，必须用较大的力使倒档拨叉定位销 2 离开限位位置，再向右摆动变速杆至极限位置，拨动倒档齿轮组进行换档。由此可见，此限位块可起到防止误挂倒档的作用，以防误挂倒档。

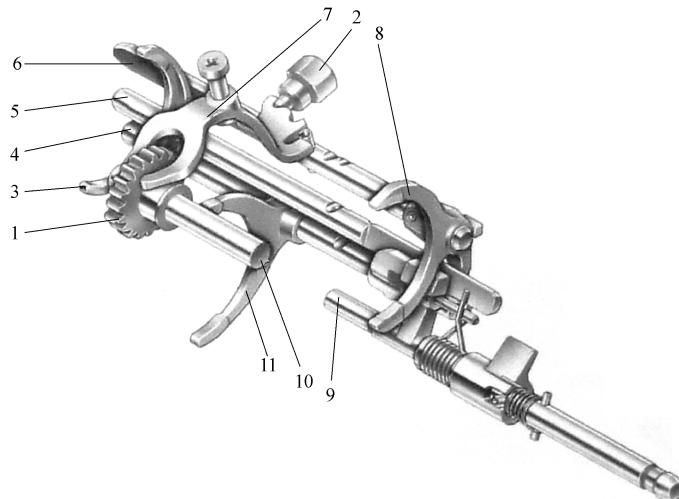


图 3-24 桑塔纳 2000 轿车拨叉轴操作机构

1—倒档齿轮组 2—倒档拨叉定位销 3—三、四档换档拨叉 4—一、二档拨叉轴 5—三、四档拨叉轴  
6—五、倒档拨叉轴 7—倒档换档拨叉 8—五档换档拨叉 9—选档轴 10—倒档轴 11—一、二档换档拨叉

## 二、远距离操纵式

当变速器在汽车上布置的位置离驾驶人座位较远时，则需要在变速杆与拨叉等内部操纵

机构之间加装一套传动机构或辅助杠杆（即外部操纵机构）进行操纵。这种操纵机构称为远距离操纵机构（或间接操纵机构）。为保证换档准确可靠，该操纵机构应有足够的刚度，而且各连接件间隙不能过大，否则换档时手感不明显。它多用于轿车和轻型平头汽车上。

图 3-25 所示为捷达轿车 02KA 型变速器的操纵机构。其外部操纵机构是由变速杆以及拉杆、摆臂、销轴等组成的。选档时，横向摆动变速杆 1，其下端带动拉杆 2 摆动，摆臂 7 摆动带动拉杆 22 移动，摆臂 21 绕支点转动，通过拉杆 20 使选档换档轴 10 作轴向移动进行选档；然后纵向推动变速杆上端，使其下端带动拉杆 2 作纵向运动，带动固定在销轴 5 上的摆臂 23 摆动，摆臂 6 的摆动拉动拉杆 8，通过摆臂 9 使选档换档轴转动进行换档。

02KA 型变速器的内部操纵机构由一根拨叉轴 13、一根选档换档轴 10 和拨叉 14、17、18、19 等组成。拨叉轴的两端支承在壳体的孔中，孔中装有压力弹簧 12。一、二档拨叉 19 和三、四档拨叉 17 的上部制有凹槽，五档拨叉 14 因距离较远，通过连接套 15 与五档拨板 16（制有凹槽）相连，它们均套在拨叉轴上。倒档拨叉 18 上端的凸起卡在倒档拨板的槽下端叉形结构松夹着倒档中间齿轮。空档时拨叉 17、19、拨板 16 以及倒档拨板的凹槽处于一平面上，选档时选档换档轴 10 带动变速杆（见图 3-25）作轴向移动选择拨叉，再转动选档换档轴，通过花键连接的变速杆拨动拨叉沿拨叉轴的轴线方向移动，从而实现挂档。换档拨叉轴在摩擦力的作用下随拨叉一起轴向移动，待挂上档后摩擦力消失，拨叉轴就在弹簧的作用下返回原始位置。在换档过程中拨叉与拨叉轴之间没有相对运动，因此减少了摩擦噪声。当变速杆选择五档拨板的凹槽时，转动选档换档轴通过五档拨板及其连接套推动拨 14 右移，挂入五档。欲挂倒档时，变速杆通过倒档拨板拨动倒档拨叉 18 使其绕自身轴线摆动，其下端叉形结构带动倒档中间齿轮向左移动，挂入倒档。

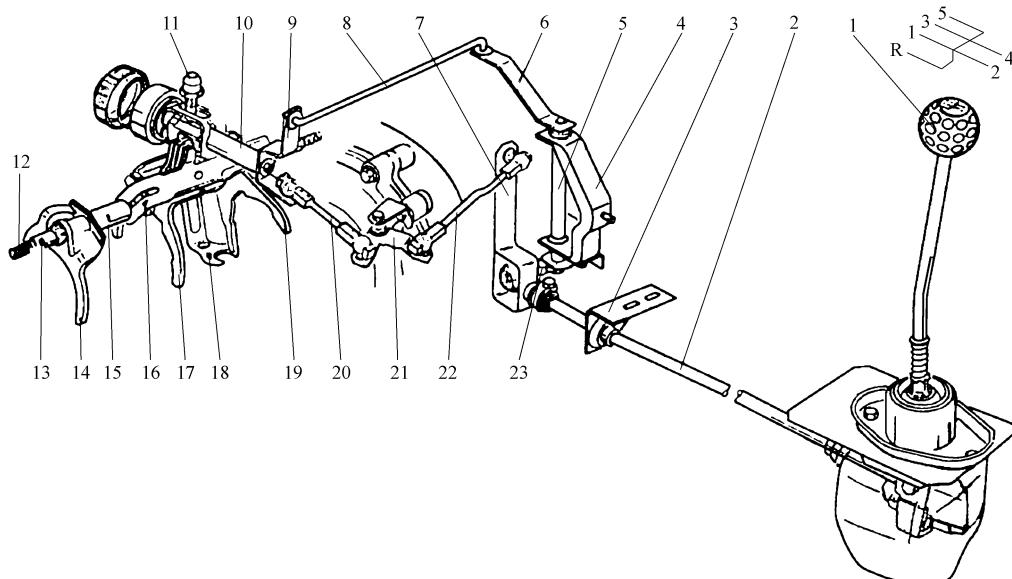


图 3-25 捷达 02KA 型变速器操纵机构示意图

1—变速杆 2、8、20、22—拉杆 3、4—支架 5—销轴 6、7、9、21、23—摆臂 10—选档换档轴  
11—自锁装置 12—压力弹簧 13—拨叉轴 14—五档拨叉 15—五档连接套 16—五档拨板  
17—三、四档拨叉 18—倒档拨叉 19—一、二档拨叉

02KA型变速器的安全装置如图3-26所示。自锁装置1安装在变速器壳体的孔中。变速杆(套)2的上表面加工出3个轴向槽。自锁销9在弹簧8的弹力作用下,下端球面卡在变速杆(套)的槽里阻碍其转动,防止跳档。换档时,选档换档轴7通过花键带动变速杆(套)一起转动,上表面的棱依靠斜面产生向上的推力,将自锁销和弹簧压入孔中,方能转动一个角度,实现换档。

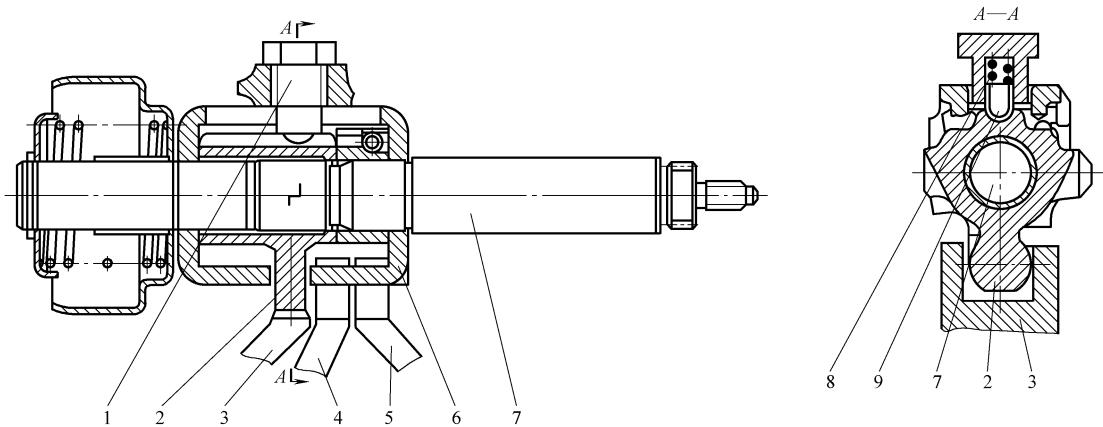


图3-26 02KA型变速器的安全装置

1—自锁装置 2—变速杆(套) 3—倒档拨叉 4—一、二档拨叉 5—三、四档拨叉 6—互锁板 7—选档换档轴  
8—自锁弹簧 9—自锁销

在选档换档轴7上套着互锁板6,它的下部卡在各拨块的凹槽里。空档时,变速杆2位于互锁板的槽里;选档时,选档换档轴推动互锁板和变速杆一起轴向移动选择拨块;换档时,选档换档轴转动带动拨叉移动进行换档,同时拨叉的尾部(拨叉凹槽的一侧)进入互锁板的槽中,填补变速杆转动留出的空间。若要换档,必须转动选档换档轴7使之回到空档位置,才能重新选档。由于互锁板的凹槽只能容纳一个拨叉尾部的厚度,因此不可能有两个拨叉尾部同时进入互锁板的凹槽,即不可能有两个拨叉同时移动,从而防止了同时挂入两个档位。

## 第五节 分 动 器

在多轴驱动的汽车上,为了将变速器输出的动力分配到各驱动桥,一般装有分动器。分动器的基本结构也是一个齿轮传动系统,其输入轴直接或通过万向传动装置与变速器第二轴相连,而其输出轴则有若干个,分别经万向传动装置与各驱动桥连接。为了增加传动系统的最大传动比及档数,目前多数越野汽车都装用两档分动器,使之兼起副变速器的作用。

### 一、四轮驱动系统概述

传统四轮驱动汽车的基本组成如图3-27所示,发动机的动力经过离合器传给变速器,然后利用分动器把动力分配给前后传动轴,再通过传动轴将动力传递给前后差速器以及四个半轴,使四轮车轮转动。

目前,四轮驱动分为三种形式:

### 1. 全时驱动 (Full-time)

全时驱动车辆永远保持四轮驱动模式，正常行驶时将发动机输出转矩按 50% : 50% 设定在前后轮上。当轮胎打滑时自动分配前后转矩以确保在不同路面上极佳的车辆性能和驾驶条件，分配比例在 30% : 70% 到 70% : 30% 之间（前后驱动转矩在 30% ~ 70% 之间连续无级可调），采用这种驱动模式的车辆具有极佳驾驶操控性和行驶循迹性。全时四驱科技含量高，车辆的行驶操控性能和舒适性也强，因此主要运用在奥迪 A4 Quattro、新奥迪 A6L、宝马 X5 等高档车型上。在中级车上采用全时四驱技术的，目前仅有三菱欧蓝德。

### 2. 兼时驱动 (Part-time)

兼时驱动模式一般用于越野车或四驱 SUV 上。驾驶人可根据路面情况，通过接通或断开分动器来变化两轮驱动或四轮驱动模式，其优点是可根据实际情况来选取驱动模式，比较经济，缺点是其机械结构比较复杂，需要驾驶人有很丰富的驾驶经验。北京切诺基就是采用这种驱动模式。

### 3. 实时驱动 (Real-time)

采用实时驱动的车辆，其选择何种驱动模式由电脑控制，正常路面一般采用两轮驱动，如果路面不良或驱动轮打滑，电脑会自动侦测出并立即将发动机输出转矩分配给其他两轮，切换到四轮驱动状态，免除了驾驶人的判断和手动操作，应用更加简单。选用这种驱动模式代表车型有东风本田 CR-V 和北京现代途胜等。

下面以传统的兼时驱动的北京切诺基为例介绍其主要部件的结构、原理和检修。

## 二、分动器的典型结构和工作原理

分动器的功用是把变速器传来的动力分配给前后驱动桥。在大多数的分动器上设有变速机构。在进行两轮或四轮驱动切换的同时，也改变整车的传动比。在普通路面上使用高速档，在恶劣路面上使用低速档。

### 1. 工作原理

切诺基 4WD 轻型越野汽车的 231 分动器结构如图 3-28 所示。它采用了行星齿轮减速机构，并且在前、后输出轴 13 和 8 之间传递动力时采用链条传动，接通前桥时使用了锁环式同步器。

在图示位置将接合套 6 左移，使其左端接合齿圈与输入轴 1 的太阳轮 2 的内齿圈接合，分动器挂入直接档（高速档，传动比为 1）。动力由输入轴经太阳轮、接合套 6 直接传给后输出轴 8，此时前输出轴 13 不输出动力，为高速档两轮驱动工况（档位符号用 2H 表示）。

在上述情况下，将同步器接合套 7 右移与链轮 9 接合，动力从后输出轴 8 经接合套 7、主动链轮 9、传动链 10，从动链轮 12，传到前输出轴，此时为高速档四轮驱动工况（用 4H 表示）。

当接合套 6 右移，其左端接合齿圈与行星架 5 的内齿圈接合时，动力由输入轴经太阳

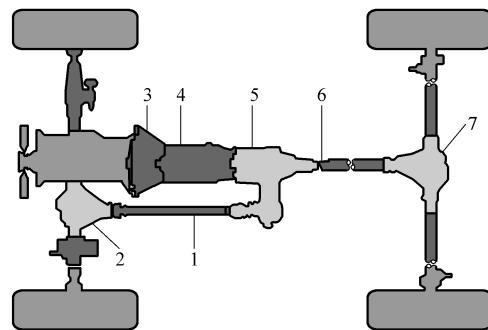


图 3-27 传统四轮驱动汽车的基本组成

1—前万向传动装置 2—前驱动桥 3—离合器 4—变速器 5—分动器 6—后万向传动装置 7—后驱动桥

轮、行星轮3、行星架、接合套6传到后输出轴；同时动力通过传动链传给前输出轴。此时为低速档（传动比为2.72）四轮驱动工况（用4L表示）。

为了改善润滑，在分动器后壳体的后输出轴孔处装设了转子式油泵。后输出轴驱动油泵将润滑油加压并通过后输出轴的中心油道连续不断地送到接合套、齿轮等润滑部位。

装有上述形式分动器的汽车，当用全部车轮驱动行驶于不平路面或弯道上时，或在前、后驱动车轮由于轮胎磨损而半径不等的情况下行驶时，将引起发动机功率的消耗和轮胎及传动系统零件的磨损。为克服这一缺点并将转矩大体根据轴载荷比例分配给各驱动桥，有些汽车的分动器内装设了带有差速锁的非对称式行星轮轴间差速器。

## 2. 转矩传递路线

分动器两轮或四轮驱动时转矩的传递路线如下：

- (1) 四轮低速时 输入轴→接合套→低速档  
齿轮→中间齿轮组→前输出轴→四轮驱动齿轮→惯性式同步器→后输出轴
- (2) 四轮高速时 输出轴→接合套→后输出轴→惯性式同步器→四轮驱动齿轮→中间轴  
齿轮→前输出轴
- (3) 两轮驱动（只有高速档） 输入轴→接合套→后输出轴

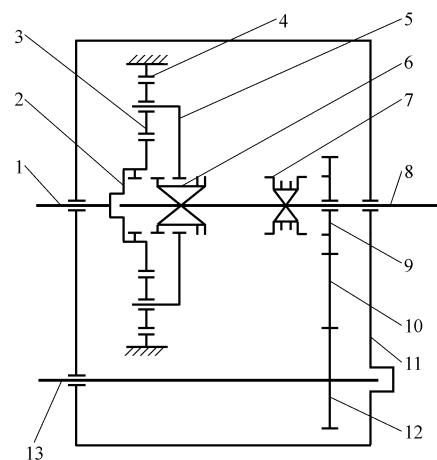


图 3-28 切诺基轻型越野汽车 231 分动器  
 1—输入轴 2—输入轴齿轮（太阳轮） 3—行星轮  
 4—齿圈 5—行星架 6—行星轮接合套  
 7—锁环式同步器接合套 8—通往后驱动桥的后输出轴  
 9—主动链轮 10—传动链 11—壳体  
 12—从动链轮 13—通往前驱动桥的前输出轴

## 第六节 手动变速器的检测与维修

### 一、手动变速器零部件的检测与维修

#### 1. 同步器检测

1) 过热检查：当车辆静止发动机运转，且离合器没有完全分离时，驾驶人的手对变速杆施加了作用力，使同步器一直处于工作状态，如果压力持续时间较长，热的作用会让同步环变色，发蓝或者发黑，此时同步器的性能就会下降甚至过热损坏。

过热一般发生在某个同步环，但是一旦发生过热，整套同步器必须更换。

2) 同步环间隙检测：同步环与接合齿锥面的间隙大小，反映了此两个摩擦面的磨损异常情况。检测时，将同步环靠近接合齿锥面，用塞尺测量同步锁环齿端与相配合结合齿端的间隙，如果此间隙过小，说明摩擦面磨损严重，必要时更换同步器总成。当间隙达到或超过使用限度时，应更换新锁环，如图3-29所示。

3) 同步环摩擦面检查：检查同步环的内表面是否变平滑，如果磨损或磨平，摩擦因数会降低而影响同步器的同步效果，必须予以更换，如图3-30所示。

4) 同步环啮合齿检查：检查同步环的啮合齿是否被磨圆。正常时同步环的啮合齿是锥

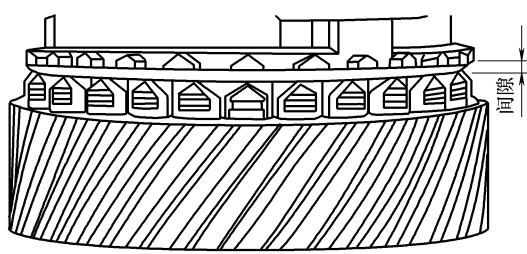


图 3-29 同步环间隙检测

角的，如果磨损变圆，则会造成接合套无法推动，挂档困难，如图 3-31 所示。

5) 接合套检查：检查接合套的内齿是否损坏，锥角是否被磨圆，以及被锥形背切口是否被磨平。有任何一项出现异常，必须予以更换，如图 3-32 所示。

6) 目视法及检查同步器滑块，同步器弹簧的磨损情况，如图 3-33 所示。

7) 检查各轴弹性挡圈及卡环是否损坏变形，当损坏或变形严重时应予以更换。

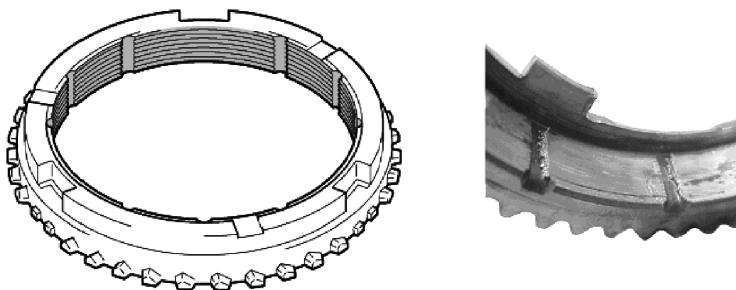


图 3-30 同步环摩擦面检

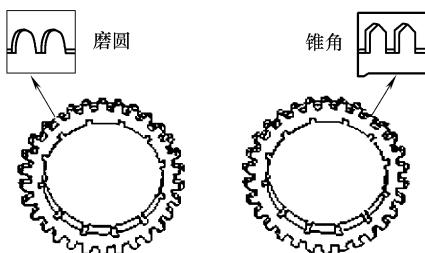


图 3-31 同步环啮合齿检查

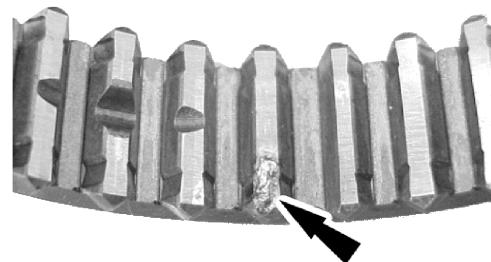


图 3-32 接合套检查

## 2. 输入轴组件的检测与维修

1) 检查输入轴齿轮有无轮齿折断、齿面点蚀、齿面严重磨损和齿面胶合现象，若有上述任一种情况，则必须更换输入轴。

2) 检查输入轴花键有无严重磨损和损坏，若有，则必须更换输入轴。

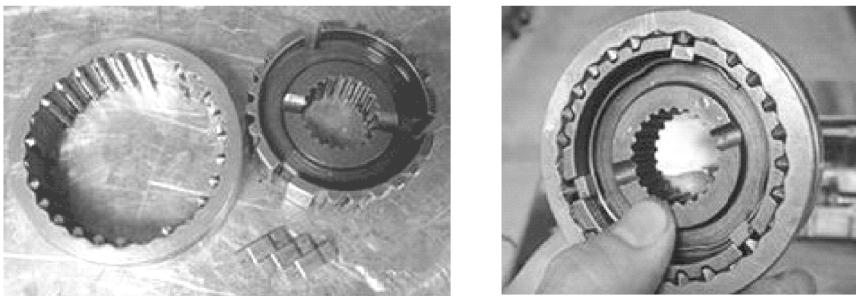


图 3-33 检查同步器

3) 用手“感觉”轴承转动是否灵活，是否有卡滞现象，若轴承转动不灵活或有卡滞现象，则必须更换轴承。

### 3. 中间轴组件的检测与维修

1) 检查中间轴齿轮有无轮齿折断、齿面点蚀、齿面严重磨损和齿面胶合现象，若有上述任一种情况，则必须更换中间轴。用手“感觉”轴承转动是否灵活，是否有卡滞现象，若轴承转动不灵活或有卡滞现象，则必须更换轴承。

2) 检查输出轴组件：检查输出轴花键有无严重磨损和损坏，若有，则必须更换输出轴。

### 4. 所有齿轮和轴承的检测与维修

齿面有轻微斑点，在不影响使用的情况下可以用油石修磨。当齿厚磨损超过 $0.2\text{mm}$ ，齿长磨损超过原齿长的15%，或斑点面积超过齿面15%以上，则应更换齿轮。装好滚针轴承和内座圈后，用百分表检查齿轮与内座圈之间的间隙，超过极限应更换轴承（注意：齿轮应成对更换），如图3-34所示。

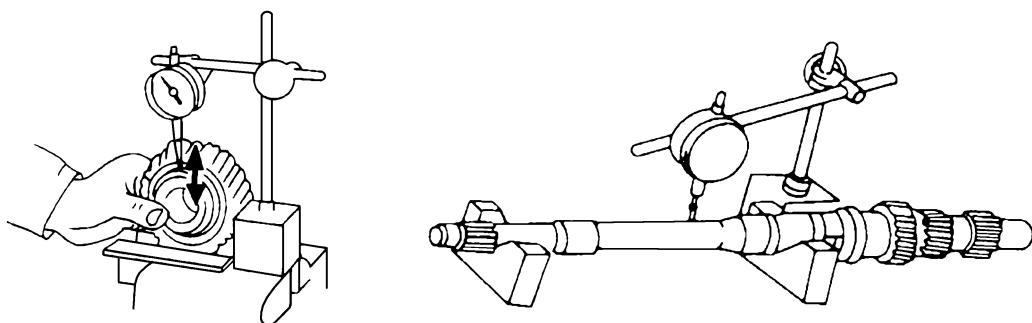


图 3-34 检查齿轮与内座圈之间的间隙

图 3-35 检查轴的径向圆跳动

### 5. 输入轴和输出轴

输入轴和输出轴不应有裂纹，轴径及花键不应有严重磨损，轴上的齿轮不应有断齿和严重磨损，否则应更换。检查轴的径向圆跳动，如图3-35所示，不应超过 $0.05\text{mm}$ ，否则应更换或校正。

### 6. 换档拨叉与接合套间隙检测

将换档拨叉套到接合套上，使用塞尺测量它们之间的间隙值。如果间隙过大，则会造成接合套的移动量不足，而导致换档困难，如图 3-36 所示。

### 7. 轴向间隙及径向间隙检测

与同步器配套的档位齿轮，当不挂档时在轴上是空转的，如果轴承磨损或装配错误会造成档位齿轮与同步器齿毂之间的轴向间隙及径向间隙异常，并导致变速器运转时产生轴向或径向窜动，出现噪声。所以装配前使用塞尺检测档位齿轮的止推间隙，如图 3-37 所示。

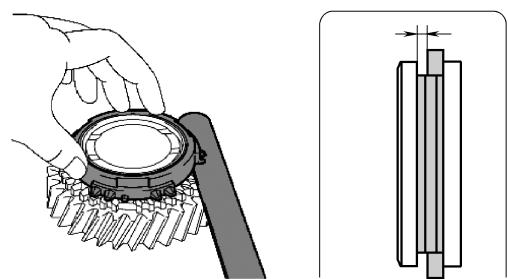


图 3-36 换档拨叉与接合套间隙检测

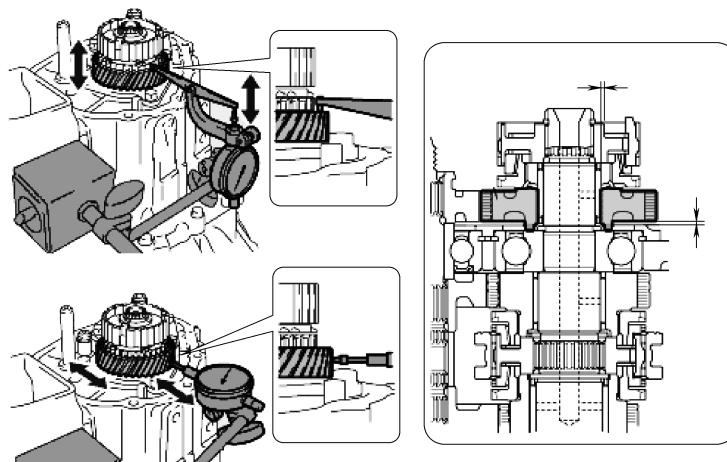


图 3-37 档位齿轮轴向间隙及径向间隙检测

### 8. 其他检查

- 1) 检查各轴弹性挡圈及卡环是否损坏变形，当损坏或变形严重时应予以更换。
- 2) 检查各锁球弹簧是否损坏，测量弹簧自由长度，如果弹簧损坏或自由长度小于使用限度时，应予以更换。
- 3) 检查各换档轴的磨损情况。锁球边缘磨损严重时应即时更换换档叉轴，否则易引起变速器跳档。
- 4) 检查各换档拨叉是否损坏或磨损，拨叉损坏或叉脚磨损严重时应予以更换。
- 5) 检查变速器壳体有无裂痕、损坏。

## 二、典型手动变速器零部件的构造与维修

### 1. 2006 款速腾 5 档手动变速器 0AF 的构造与维修

- (1) 2006 款速腾 5 档手动变速器 0AF 动力传递 如图 3-38 所示，黑色箭头为行驶方向。
- (2) 2006 款速腾 5 档手动变速器 0AF 换档操纵装置的安装位置 如图 3-39 所示。

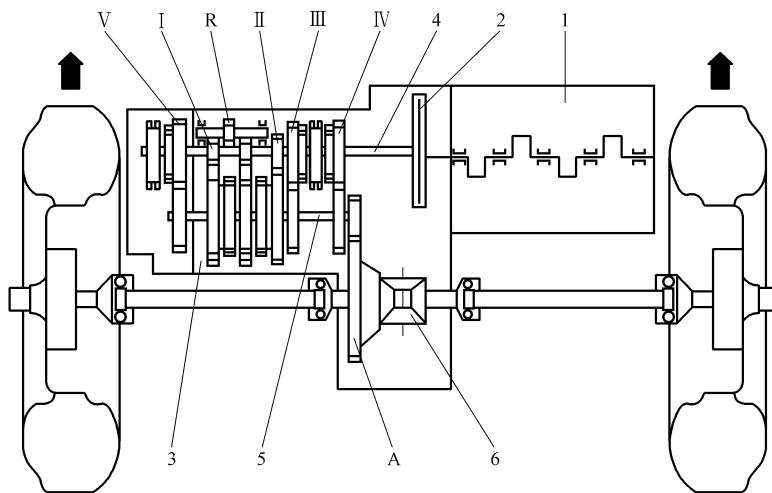


图 3-38 2006 款速腾 5 档手动变速器 0AF 动力传递

1—发动机 2—离合器 3—手动变速器 4—输入轴 5—输出轴/主动齿轮轴 6—差速器 I—第 1 档  
II—第 2 档 III—第 3 档 IV—第 4 档 V—第 5 档 R—倒车档 A—主减速器

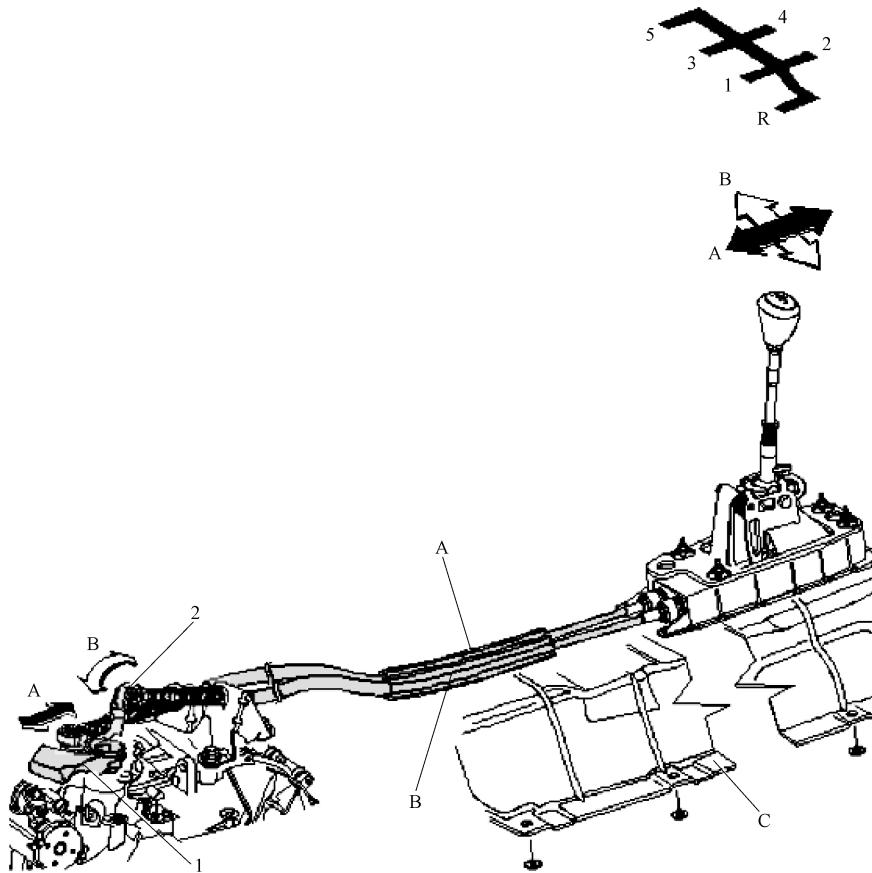


图 3-39 2006 款速腾 5 档手动变速器 0AF 动换档操纵装置的安装位置

箭头 A—换挡 箭头 B—选挡 A—用于换挡移动的换挡拉索 B—用于选挡移动的选挡拉索 C—隔热板  
1—变速器换挡连杆 2—换向杆

(3) 2006 款速腾 5 档手动变速器 0AF 变速杆和换档机构壳体 如图 3-40 所示。

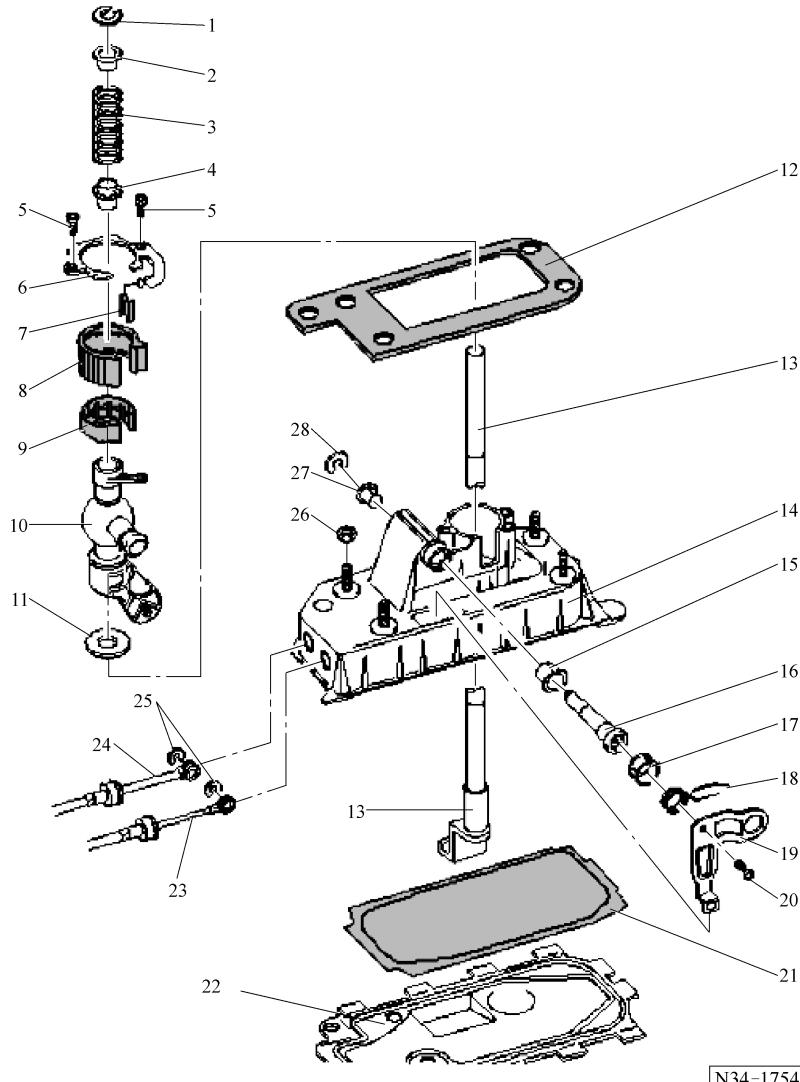


图 3-40 2006 款速腾 5 档手动变速器 0AF 变速杆和换档机构壳体图

- 、25、28—防松垫片 2、4、15、27—轴套 3、18—压簧 5、20—星形螺栓， $5\text{ N}\cdot\text{m}$  6—盖板
- 7、8—缓冲器 9—轴瓦 10—变速杆导套 11—减振片 12、21—密封条 13—换档连杆
- 14—换档机构外壳 16—支承销 17—导向套筒 19—选挡角形件
- 22—底板 23、24—换档拉索 26—六角螺母， $8\text{ N}\cdot\text{m}$

(4) 2006 款速腾 5 档手动变速器 OAF 控制拉索结构 如图 3-41 所示。

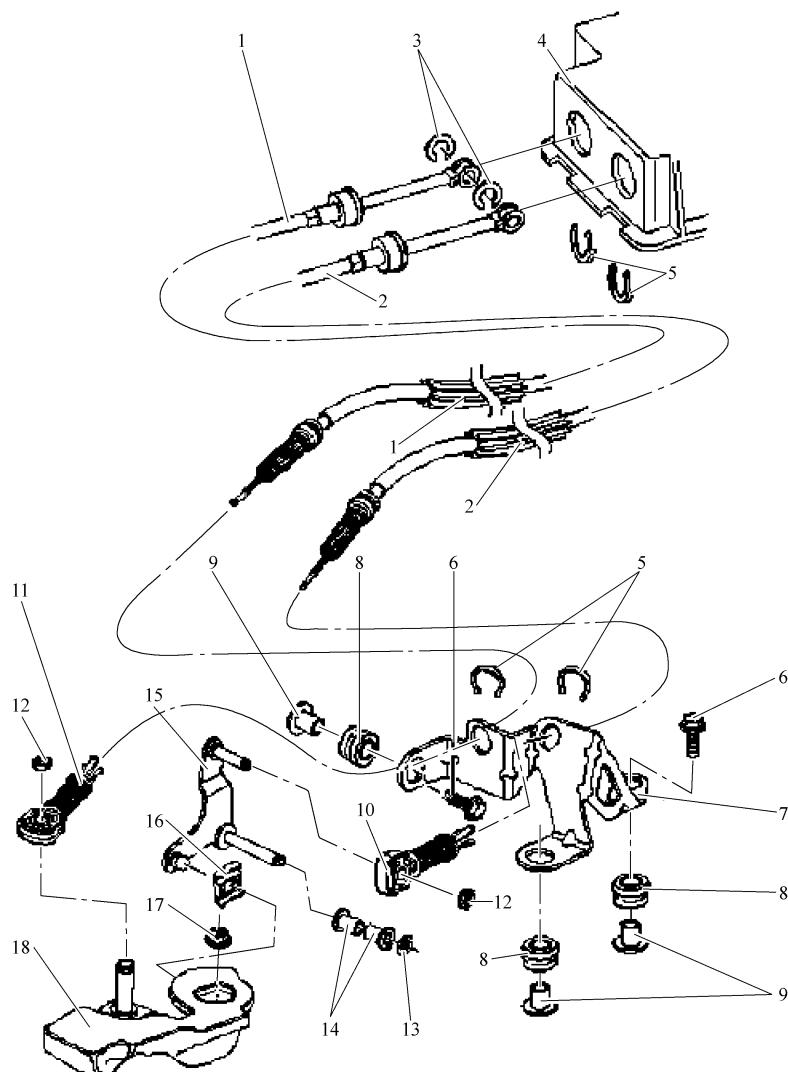


图 3-41 2006 款速腾 5 档手动变速器 OAF 控制拉索结构图

- 1—换档拉索 2—选档拉索 3、5、12、13—防松垫片 4—换档机构外壳 6—六角螺栓,  $20N \cdot m$   
7—底座 8—套管 9—间隔块 10、11—拉索止动机构 14—轴套  
15—换向杆 16—滑块 17—自锁六角螺母,  $23N \cdot m$  18—变速器换档连杆

(5) 2006 款速腾 5 档手动变速器 OAF 变速器壳体和第 5 档的盖板结构 如图 3-42 所示。

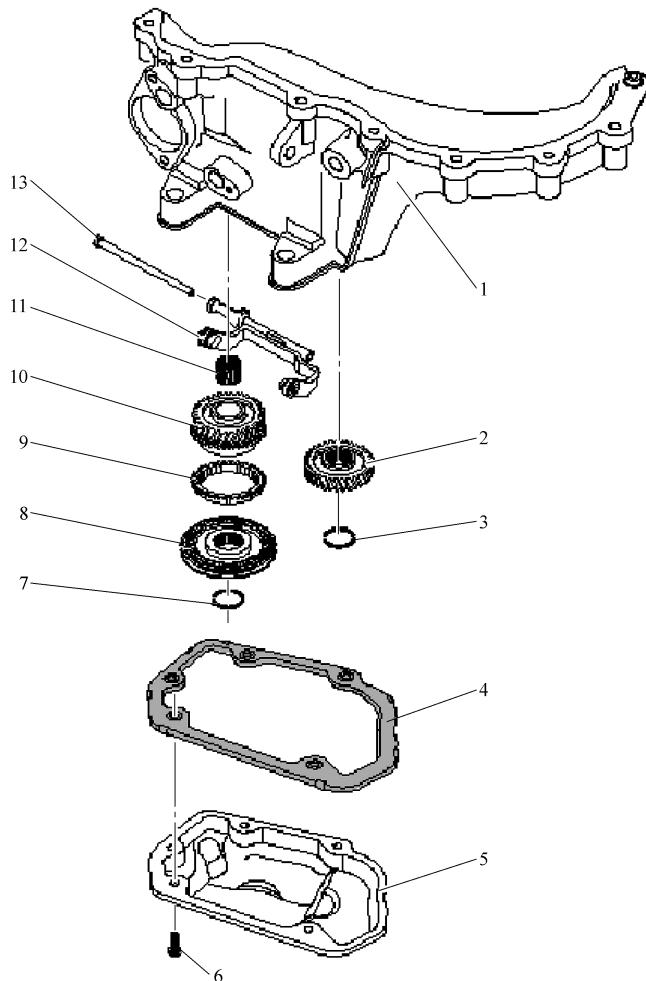


图 3-42 2006 款速腾 5 档手动变速器 OAF 变速器壳体和第 5 档的盖板结构

1—变速器壳 2—第 5 档齿轮 3、7—卡环 4—密封条 5—变速器壳体的盖板 6—螺栓,  $5N \cdot m$   
并继续转动  $90^\circ$  8—带滑动套筒和限位环的同步体, 用于第 5 档 9—同步环, 5 档 10—第 5 档  
换档齿轮 11—滚针轴承 12—第 5 档的换档拨叉 13—支承销

(6) 2006 款速腾 5 档手动变速器 0AF 驱动轴、输出轴（主动齿轮轴）、差速器、换档操纵机构和换档拨叉结构 如图 3-43 所示。

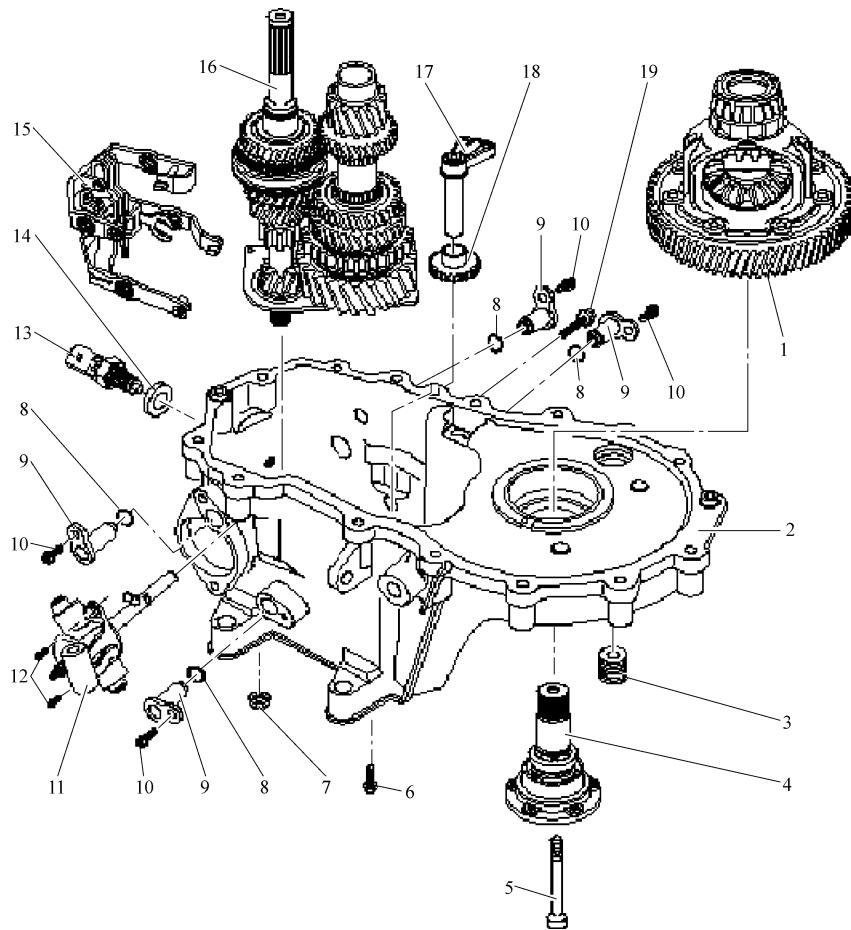


图 3-43 2006 款速腾 5 档手动变速器 0AF 驱动轴、输出轴（主动齿轮轴）、差速器、换档操纵机构和换档拨叉结构

- 1—差速器 2—变速器壳 3—放油螺塞 4—带压力弹簧的法兰轴 5—锥形螺栓， $25\text{N}\cdot\text{m}$
- 6、10—螺栓， $5\text{N}\cdot\text{m}$  并继续转动  $90^\circ$  7—六角带肩螺母， $23\text{N}\cdot\text{m}$  8—圆形密封圈 9—轴颈
- 11—换档轴，带盖板 12、19—螺栓， $5\text{N}\cdot\text{m}$  并继续转动  $90^\circ$  13—倒车灯开关， $20\text{N}\cdot\text{m}$
- 14—密封环 15—换档操纵机构 16—驱动轴和输出轴，带轴承托架和向心滚子轴承 17—倒车齿轮轴 18—倒档齿轮

(7) 2006 款速腾 5 档手动变速器 OAF 输入轴结构 如图 3-44 所示。

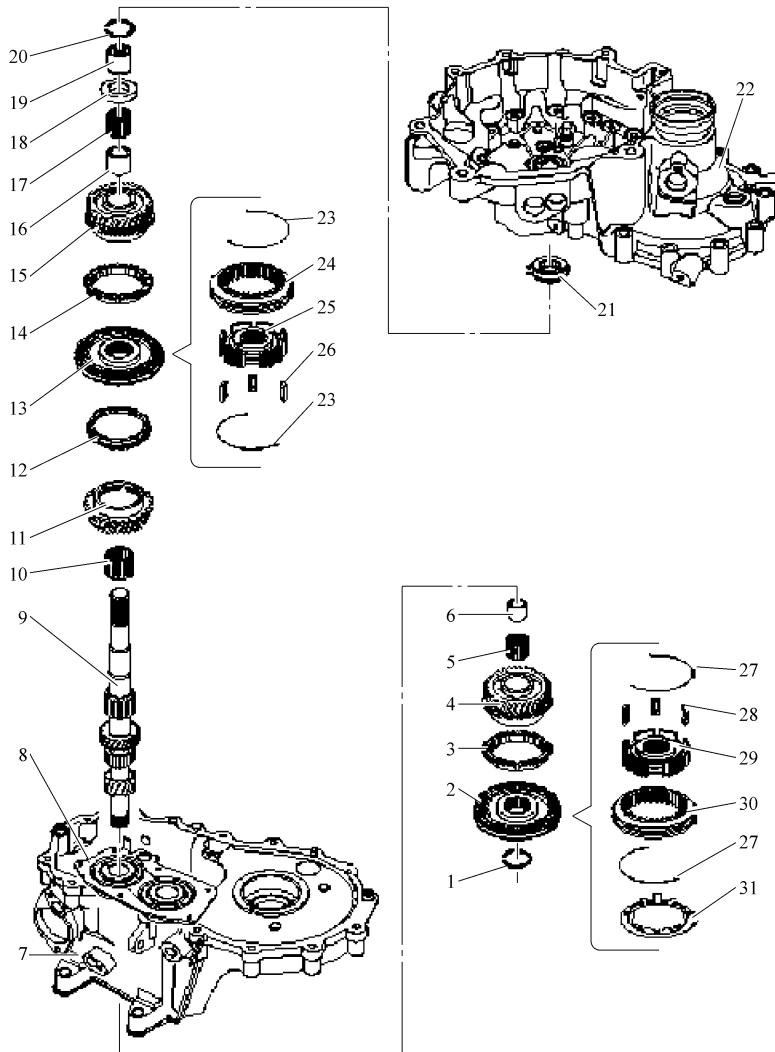


图 3-44 2006 款速腾 5 档手动变速器 OAF 输入轴结构

- 1、20—卡环 2—滑动套筒与第 5 档同步体 3—同步环，5 档 4—第 5 档换档齿轮 5、10、17—滚针轴承
- 6、16—内圈 7—变速器壳 8—轴承托架与向心球轴承 9—输入轴 11—第 3 档换档齿轮 12—同步环，3 档
- 13—滑动套筒和第 3 和第 4 档的同步体 14—同步环，4 档 15—第 4 档换档齿轮 18—止推垫片
- 19—圆柱滚子轴承的内圈 21—圆柱滚子轴承 22—离合器壳 23、27—弹簧 24—第 3 和第 4 档滑动套筒
- 25—第 3 和第 4 档同步体 26—锁块（3 件） 28—锁块（3 件） 29—第 5 档同步体
- 30—第 5 档滑动套筒 31—限位环

(8) 2006 款速腾 5 档手动变速器 OAF 输出轴结构 如图 3-45 所示。

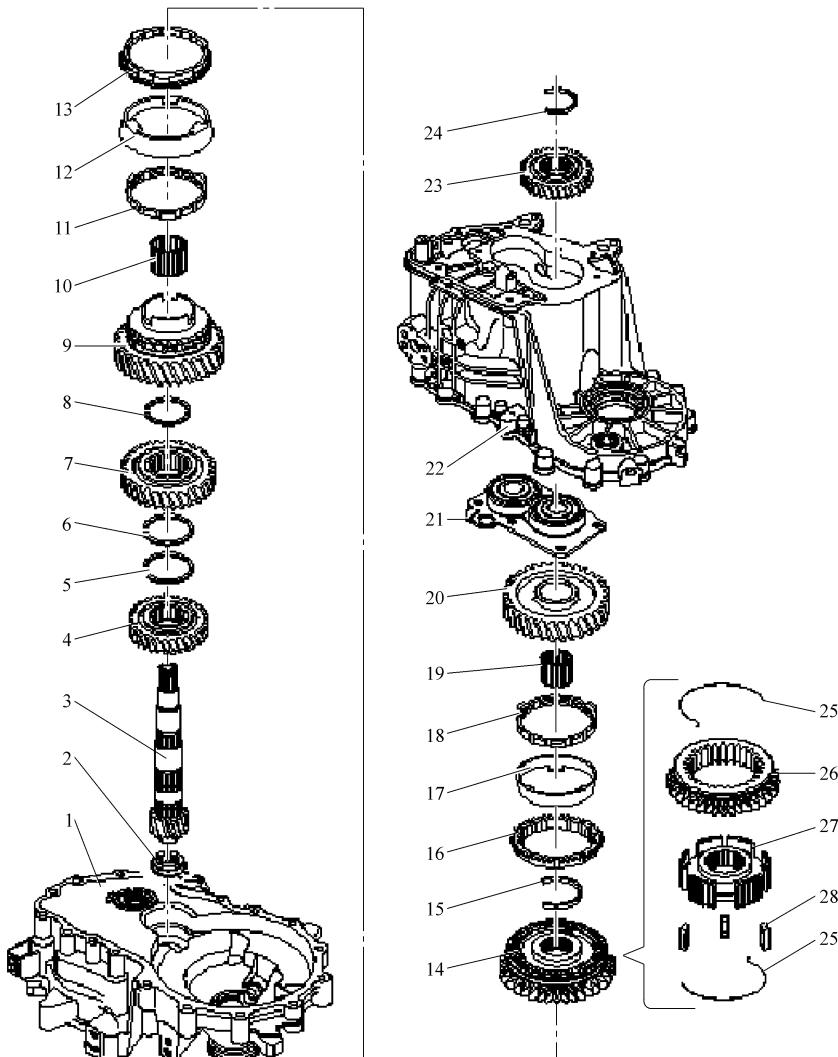


图 3-45 2006 款速腾 5 档手动变速器 OAF 输出轴结构

1—离合器壳 2—圆柱滚子轴承 3—输出轴 4—第 4 档齿轮 5、6、8、15、24—卡环 7—第 3 档  
齿轮 9—第 2 档换档齿轮 10—滚针轴承 11—第 2 档的内圈 12—第 2 档的外圈 13—同步环  
2 档 14—滑动套筒和第 1 和第 2 档的同步体 16—同步环, 1 档 17—第 1 档的外圈 18—第 1 档  
的内圈 19—滚针轴承 20—第 1 档换档齿轮 21—轴承托架与向心滚珠轴承 22—变速器壳  
23—第 5 档齿轮 25—弹簧 26—滑动套筒 27—同步体 28—锁块 (3 件)

## 2. 上汽通用凯越 5 档手动变速器

(1) 齿轮和齿轮箱部件图 如图 3-46 所示。

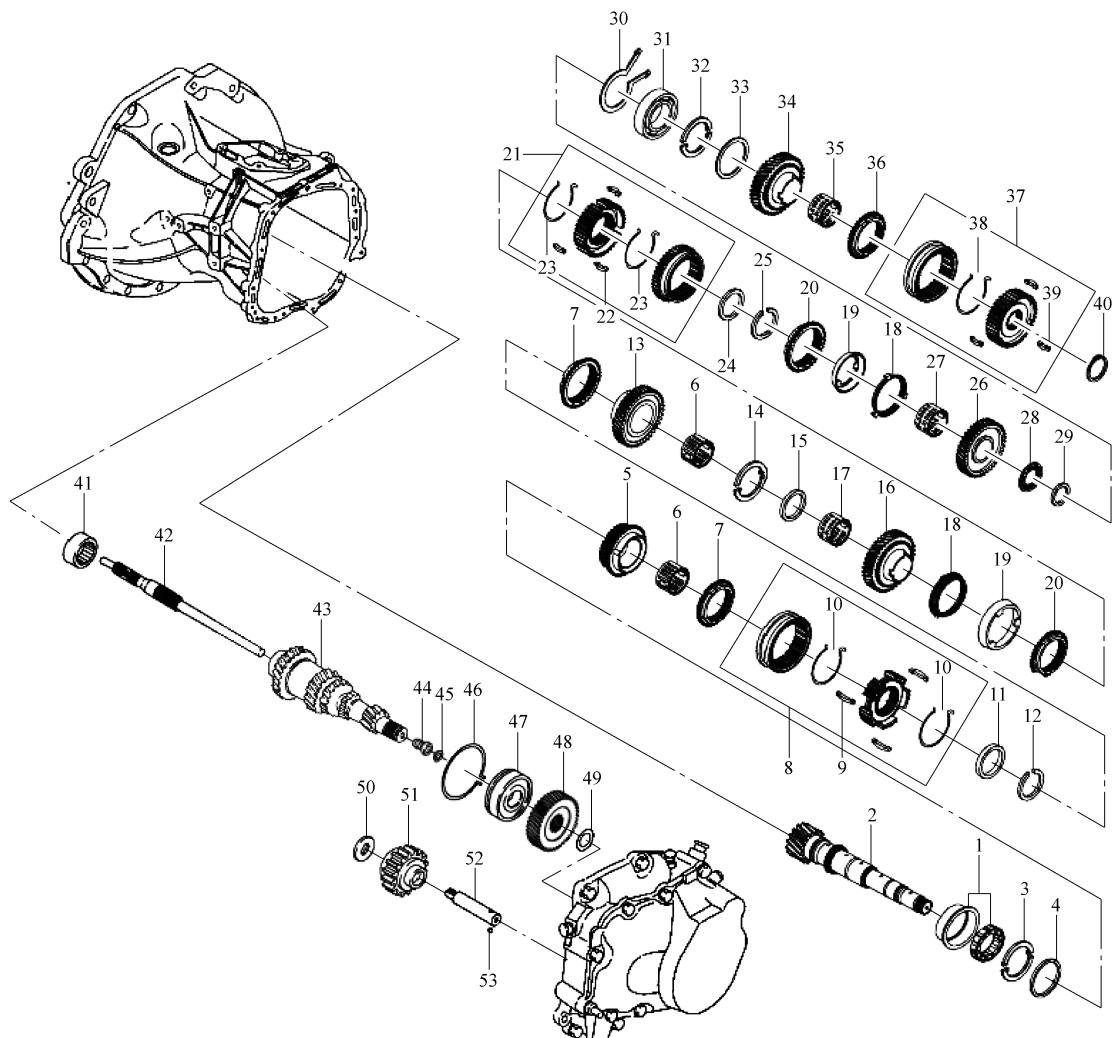


图 3-46 上汽通用凯越 5 档手动变速器齿轮和齿轮箱部件

- 1—圆柱滚子轴承 2—变速驱动桥主轴 3、11、14、24、32、50—垫圈 4、15—垫圈固定弹簧卡环 5—4 档齿轮
- 6、17、27、28、35—滚针保持架 7、36—同步器闭锁环 8—换档滑套 9—同步器键 10—3 档和 4 档同步器弹簧
- 12、25—卡夹 13—3 档齿轮 16—2 档齿轮 18—内同步器闭锁环 19—中间环 20—外同步器闭锁环 21—滑动齿轮
- 22—1 档和 2 档同步器键 23—1 档和 2 档同步器弹簧 26—1 档齿轮 29—主轴盘 30、33、40、45、49—固定环
- 31—深沟球轴承 34—5 档齿轮 37—5 档换档滑套 38—5 档同步器弹簧 39—5 档同步器键 41—滚针套
- 42—输入轴换档 43—输入轴齿轮组 44—螺栓 46—齿轮组轴承圈 47—深沟球轴承
- 48—5 档齿轮组 51—倒档中间齿轮 52—倒档中间齿轮轴 53—钢球

(2) 轴承板部件 如图 3-47 所示。

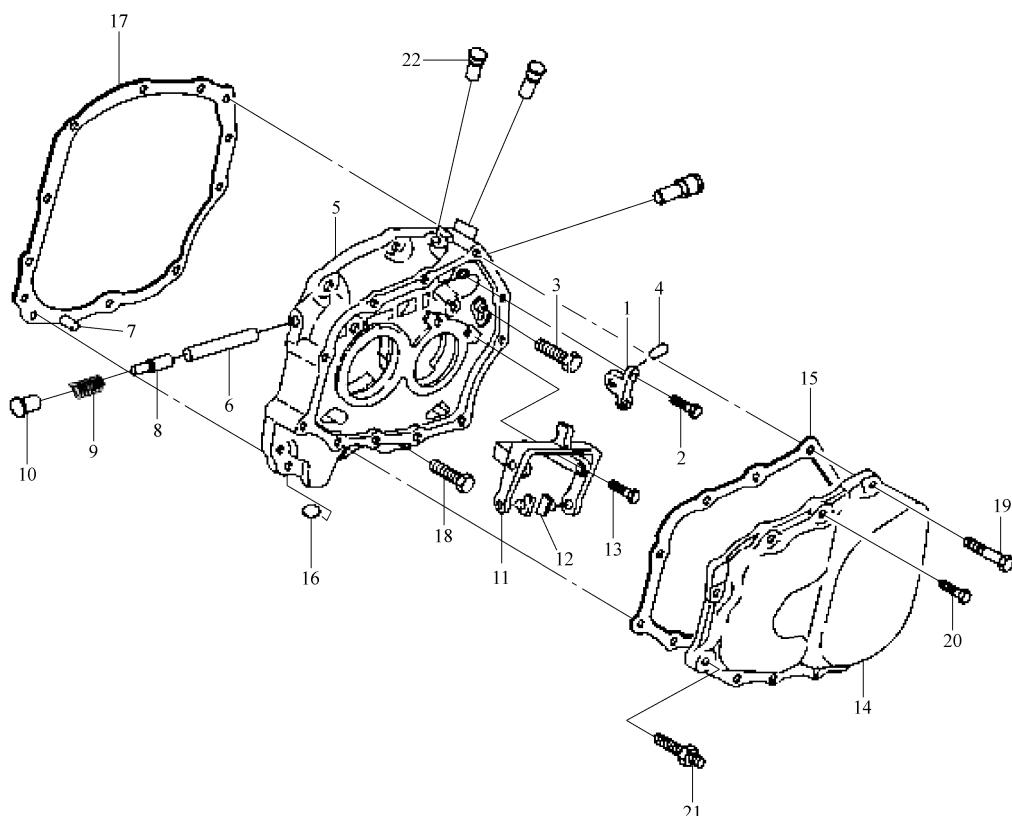


图 3-47 上汽通用凯越 5 档手动变速器轴承板部件

1—滤网螺栓连接桥 2、3、4、6、18、19、20—螺栓 5—轴承板 7、8—闭锁销 9—压簧 10—孔塞  
11—换档滑动叉 12—换档蹄片 13、21—螺钉 14—变速驱动桥盖板 15—变速驱动桥盖板衬垫 16—磁铁  
17—轴承板衬垫 22—止动器套

(3) 换档连杆部件 如图 3-48 所示。

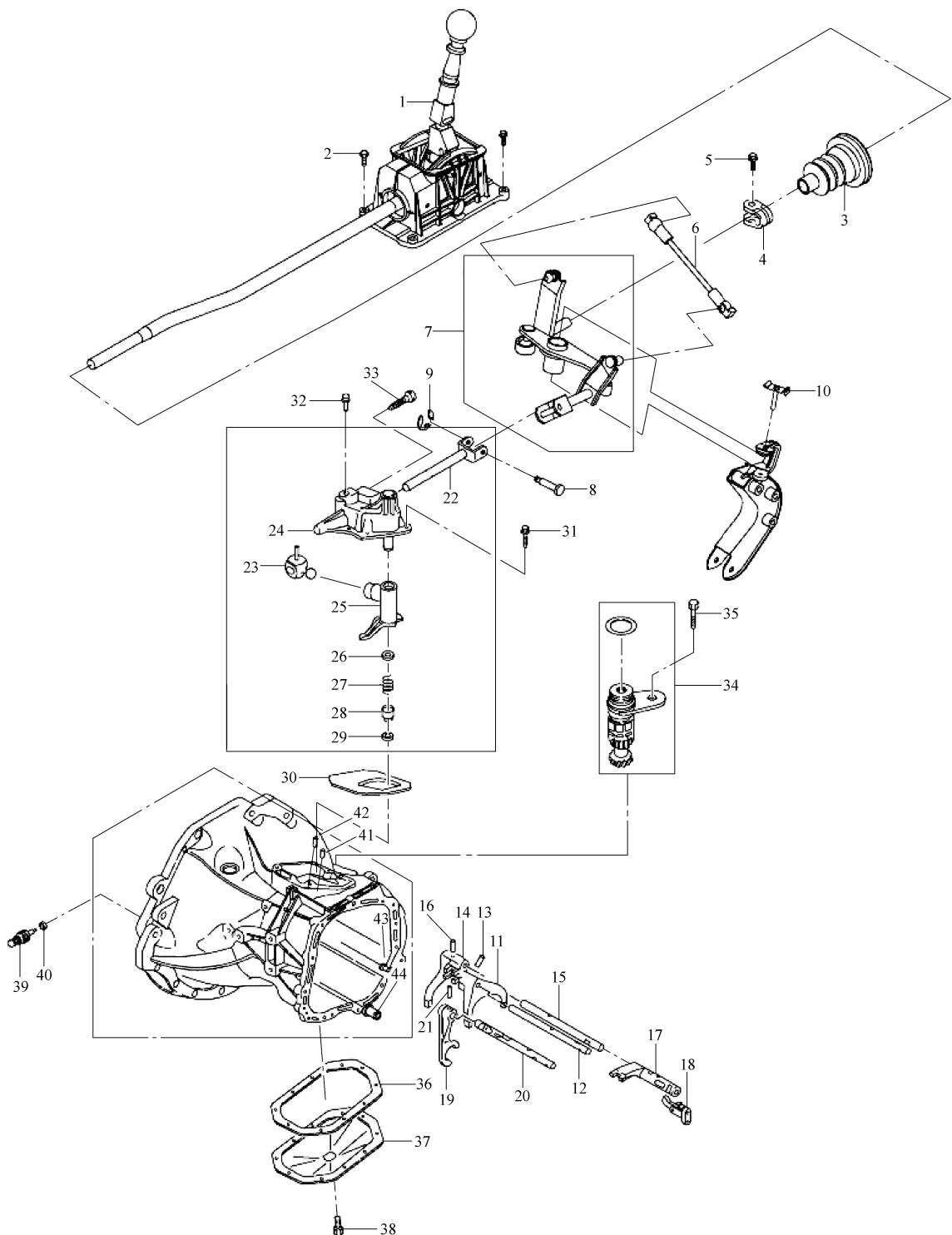


图 3-48 上汽通用凯越 5 档手动变速器换档连杆部件

1—换挡控制 2、5、10、31、35—螺栓 3—换挡弯管 4—卡箍 6—换挡控制模式 7—换挡导向控制 8、13、16、21、41、42—销  
9—夹子 11—1 档和 2 档换挡拨叉 12—1 档和 2 档换挡滑杆 14—3 档和 4 档换挡拨叉 15—3 档和 4 档换挡滑杆  
17—5 档啮合件 18—换挡滑杆棘爪 19—倒档换挡拨叉 20—倒档换挡滑杆 22—换挡滑杆 23—换挡销钉 24—变速杆罩  
25—换挡内杆 26—板 27—压簧 28、44—衬套 29—固定环 30—换挡盖衬垫 32、33—孔塞 34—转速表从动齿轮  
36—差速器齿轮盖板衬垫 37—差速器齿轮盖板 38—螺钉 39—倒车灯开关 40—O 形圈 43—套管

## 第七节 手动变速器的故障诊断

一、变速器总成常见故障诊断及处理方法（见表 3-1）

表 3-1 变速器总成常见故障诊断及处理方法

故障模式	原因	处理方法
脱档	变速杆严重磨损和变形	调整或更换
	换挡摆杆严重磨损和变形	更换
	自锁钢球与变速杆凹槽磨损严重	更换
	自锁弹簧弹性不足	更换
	齿轮轴向间隙过大	更换
	拨叉磨损及变形	调整或更换
	同步器齿壳、齿套、齿环磨损	更换
噪声过大或异响	油量不足或油质低劣	加油或换油
	齿轮轴向间隙过大	调整或更换
	齿轮磨损或折断	更换
	同步器齿环损坏	更换
	轴承损坏和磨损	更换
	齿轮档圈损坏和磨损	更换
挂档困难	离合器分离不彻底	检查调整
	换挡机构磨损或变形	更换
	同步器齿环卡在齿轮锥部	更换
	同步器弹簧损坏	更换
	齿套齿端磨损或齿环键槽磨损变宽	更换
渗、漏油	加油过多,油温过高	放油至规定位置
	需涂胶的螺栓未涂胶	涂胶
	密封件漏油	更换
	箱体结合面漏油	检查
	放油螺塞漏油	调整或更换
	螺栓松动或漏装	补装并按规定拧紧
轴承、齿轮烧结	油量不足或油质低劣	加油或换油
	润滑油太脏	更换
	不同油料混用或使用添加剂	更换
	使用不合格的轴承	更换
乱档	互锁销脱落或磨损严重	更换
同步器损坏	换挡用力过猛	更换
	同步器弹簧损坏	更换

## 二、手动变速器的常见故障及诊断流程

手动变速器的常见故障主要有跳档、乱档、挂档困难、异响等。

### 1. 跳档

(1) 现象 汽车在加速、减速、爬坡或汽车剧烈振动时，变速杆自动跳回空档位置。

#### (2) 原因

1) 自锁装置的钢球未进入凹槽内或挂档后齿轮未达到全齿长啮合。

2) 自锁装置的钢球或凹槽磨损严重，自锁弹簧疲劳过软或折断。

3) 齿轮沿齿长方向磨损成锥形。

4) 一、二轴轴承过于松旷，使一、二轴和曲轴三者轴线不同心或变速器壳与离合器壳接合平面相对曲轴轴线的垂直变动。

5) 二轴上的常啮合齿轮轴向或径向间隙过大。

6) 各轴轴向或径向间隙过大。

(3) 故障诊断与排除方法 先确认跳档档位：走热全车后，采用连续加、减速的方法逐档进行路试便可确定。将变速杆挂入跳档档位，发动机熄火，小心拆下变速器盖，观察跳档齿轮的啮合情况。

1) 未达到全长啮合，则故障由此引起。

2) 达到全长啮合，应继续检查。

3) 检查啮合部位磨损情况：磨损成锥形，则故障可能由此引起。

4) 检查二轴上该档齿轮和各轴的轴向和径向间隙，间隙过大，则故障可能由此引起。

5) 检查自锁装置，若自锁装置的止动阻力很小，甚至手感钢球未插入凹槽（把变速器盖夹在台虎钳上，用手摇动变速杆），则故障为自锁效能不良；否则，故障为离合器壳与变速器接合平面与曲轴轴线垂直变动等引起。

### 2. 乱档

(1) 现象 在离合器技术状况正常的情况下，变速器同时挂上两个档或挂需要档位时，结果挂入别的档位。

#### (2) 原因

1) 互锁装置失效：如拨叉轴、互锁销或互锁钢球磨损过甚等。

2) 变速杆下端弧形工作面磨损过大或拨叉轴上拨块的凹槽磨损过大。

3) 变速杆球头定位销折断或球孔、球头磨损过于松旷。总之乱档的主要原因是变速器操纵机构失效。

#### (3) 故障诊断与排除方法

1) 挂需要档位时，结果挂入了别的档位：摇动变速杆，检查其摆转角度，若超出正常范围，则故障由变速杆下端球头定位销与定位槽配合松旷或球头、球孔磨损过大引起。变速杆摆转 360°，则为定位销折断。

2) 如摆转角度正常，仍挂不上或摘不下档，则故障由变速杆下端从凹槽中脱出引起（脱出的原因是下端弧形工作面磨损或导槽磨损）。

3) 同时挂入两个档：则故障由互锁装置失效引起。

### 3. 挂档困难

(1) 现象 离合器技术状况良好，但挂档时不能顺利挂入档位，常发生齿轮撞击声。

## (2) 原因

- 1) 同步器故障。
- 2) 拨叉轴弯曲、锁紧弹簧过硬、钢球损伤等。
- 3) 一轴花键损伤或一轴弯曲。
- 4) 齿轮油不足或过量、齿轮油不符合规格。

## (3) 故障诊断与排除方法

1) 检查同步器是否散架、锥环内锥面螺旋槽是否磨损、滑块是否磨损、弹簧弹力是否过软等。

- 2) 如果同步器正常，检查一轴是否弯曲、花键是否磨损严重。
- 3) 检查拨叉轴是否移动正常。

## 4. 变速器异响

(1) 现象 变速器异响是指变速器工作时发出的不正常的响声。

### (2) 原因

1) 齿轮异响：齿轮磨损过甚变薄，间隙过大，运转中有冲击；齿面啮合不良，如修理时没有成对更换齿轮。新、旧齿轮搭配，齿轮不能正确啮合；齿面有金属疲劳剥落或个别齿损坏折断；齿轮与轴上的花键配合松旷，或齿轮的轴向间隙过大；轴弯曲或轴承松旷引起齿轮啮合间隙改变。

2) 轴承响：轴承磨损严重；轴承内（外）座圈与轴颈（孔）配合松动；轴承滚珠碎裂或有烧蚀麻点。

3) 其他原因发响：如变速器内缺油，润滑油过稀、过稠或质量变坏；变速器内掉入异物；某些紧固螺栓松动；里程表软轴或里程表齿轮发响等。

### (3) 故障诊断与排除

1) 变速器发出金属干摩擦声，即为缺油和油的质量不好，应加油和检查油的质量，必要时更换。

2) 行驶时换入某档若响声明显，即为该档齿轮轮齿磨损；若发生周期性的响声，则为个别齿损坏。

3) 空档时响，而踏下离合器踏板后响声消失，一般为一轴前、后轴承或常啮合齿轮响；如换入任何档都响，多为二轴后轴承响。

4) 变速器工作时发生突然撞击声，多为轮齿断裂，应及时拆下变速器盖检查，以防机件损坏。

5) 行驶时，变速器只有在换入某档时齿轮发响，在上述完好的前提下，应检查啮合齿轮是否搭配不当，必要时应重新装配一对新齿轮。此外，也可能是同步器齿轮磨损或损坏，应视情况修复或更换。

6) 换档时齿轮相撞击而发响，则可能是离合器不能分离或离合器踏板行程不正确、同步器损坏、怠速过大、变速杆调整不当或导向衬套紧等。遇到这种情况，先检查离合器能否分离，再分别调整怠速或变速杆位置，检查导向衬套与分离轴承配合的松紧度。

如经上述检查排除后，变速器仍发响，应检查各轴轴承与轴孔配合情况、轴承本身的技术状态等；如完好，再查看里程表软轴及齿轮是否发响，必要时予以修理或更换。

## 5. 变速器漏油

(1) 现象 变速器周围出现齿轮润滑油，变速器齿轮箱的油量减少，则可判断为润滑油泄漏。

### (2) 原因及排除方法

1) 润滑油选用不当，产生过多泡沫，或润滑油量太多，此时需更换润滑油或调节润滑油。

2) 侧盖太松，密封垫损坏，油封损坏，密封和油封损坏应更换新件。

3) 放油塞和变速器箱体及盖的固定螺栓松动，应按规定力矩拧紧。

4) 变速器壳体破裂或延伸壳油封磨损而引起的漏油，必须更换。

5) 里程表齿轮限位器松脱破损，必须锁紧或更换；变速杆油封漏油应更换油封。

## 思 考 题

1. 说明变速器的功用。
2. 试以一对齿轮为例说明如何实现降速档、直接档和超速档。
3. 参照实物或图片说明轿车二轴、五档手动变速器和上汽通用五菱微型汽车三轴、五档手动变速器的各档动力传动情况（包括如何换档及动力传动路线）。
4. 如何检查变速器各轴和齿轮？
5. 参照实物或图片说出锁环式惯性同步器各元件的名称、装配关系。
6. 简述锁环式惯性同步器的工作原理。
7. 说明自锁、互锁装置的工作原理。
8. 说明手动变速器挂档困难的原因及排除方法。
9. 在普通变速器中，第二轴的前端为什么采用滚针轴承支承？为了润滑滚针轴承，在结构上都采取了哪些措施？
10. 在变速器的同步器中，常把接合齿圈与常啮合齿轮制成两体（二者通过花键齿连接），这是为什么？接合齿圈把由常啮合齿轮传来的转矩传给接合套，但接合齿圈的齿宽较小而常啮合齿轮的齿宽却较大，这是什么道理？
11. 在变速器中采取防止自动跳档的结构措施有哪些？既然有了这些措施，为什么在变速器的操纵机构中还要设置自锁装置？
12. 简述手动变速器总成常见故障诊断及处理方法。
13. 三轴式手动变速器由哪几部分组成，它们的工作原理如何？如何对它们进行维护、修理和故障诊断？
14. 请写出三轴式手动变速器的动力传递路线，并画出传递路线简图。根据齿轮数算出各档位的传动比。

# 第四章 自动变速器的构造与检修

## 第一节 概 述

汽车自动变速器即自动操纵式变速器。它可根据发动机负荷和车速等工况的变化自动变换传动系统的传动比，以使汽车获得良好的动力性和燃油经济性；并且有效地减少发动机排放污染以及显著地提高车辆行驶的安全性、乘坐舒适性和操纵轻便性。

### 一、自动变速器的类型

(1) 按传动比变化方式分类 汽车自动变速器可分为有级式、无级式和综合式三种。

1) 有级式自动变速器：它是指在机械式齿轮变速器的基础上实现自动控制的变速器，也称为电控机械自动变速器（简称 AMT）。

电控机械式自动变速器（Automated Mechanical Transmission，简称 AMT）得到迅速发展。其基本原理如图 4-1 所示。驾驶人通过加速踏板和变速杆选择换挡范围、换挡规律、巡航控制等，向电子控制单元（ECU）表达意图。车辆的运行状况信息由各种传感器接收并传递给 ECU，ECU 按存储在其中的程序（如最佳换挡规律、离合器接合规律、节气门的自适应性调节规律等）对变速器、离合器和发动机节气门进行控制，令三者在时序上实现最佳匹配，使换挡迅速、平稳，并提高了汽车的加速性能和发动机的功率利用率，使动力性和经济性得到改善。此外，也使远距离操纵更加容易。

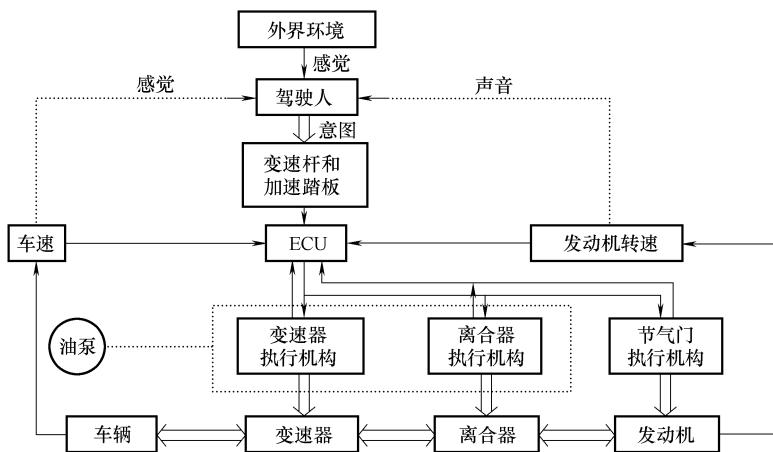


图 4-1 AMT 控制基本原理

- 2) 无级式自动变速器：在汽车上获得成功应用的是金属带式无级自动变速器（CVT）。
- 3) 综合式自动变速器：它是指实现自动控制的液力机械式自动变速器，即液力机械式自动变速器。

(2) 按齿轮变速系统的控制方式分类 汽车自动变速器可分为液控液压式和电控液压式两种。

### 1) 液控液压(简称为液控式)

自动变速器(见图4-2):它是通过机械的手段,在手控制阀选定位置后,由反映节气门开度的节气门阀和反映车速的调速器阀把节气门开度和车速等参数转变为液压控制信号,按照设定的换档规律,这些液压控制信号在换档点,直接控制换档阀进行换档。

### 2) 电控液压(简称为电控式)

自动变速器(见图4-3):它是在手控制阀选定位置后,通过节气门位置传感器和车速传感器把节气门开度和车速等参数转变为电信号,并输入电子控制单元(ECU)。电子控制单元(ECU)根据这些电信号,按照设定的换档规律控制液压阀和液压执行机构进行换档。由于电子技术的发展,目前越来越多的汽车采用这种电控式自动变速器,例如捷达王都市先锋、宝来及东风雪铁龙爱丽舍轿车等。

(3) 按汽车驱动方式分类 可分为自动变速器(Automatic Transmission)和自动变速驱动桥(Automatic Transaxle),如图4-4所示。这两种自动变速器在结构和布置上有很大的不同。

后轮驱动自动变速器的变矩器和齿轮变速器的输入轴及输出轴在同一轴线上,发动机的动力经变矩器、自动变速器、传动轴、后驱动桥的主减速器、差速器和半轴传给左右两个后轮。

前轮驱动自动变速器除了具有与后驱动自动变速器相同的组成部分外,在自动变速器的壳体内还装有差速器。前轮驱动汽车的发动机有纵置和横置两种。

(4) 按自动变速器前进档的档位数不同分类 可分为四档、五档、六档等,目前比较常见的是四档和五档自动变速器,在某些高级轿车如丰田皇冠、宝马7系、奥迪A8等轿车采用六档或七档自动变速器。

## 二、自动变速器的基本组成

自动变速器的厂牌型号很多,外部形状和内部结构也有所不同,但它们的组成基本相同,都是由液力变矩器和齿轮式自动变速器组合起来的。常见的组成部分有液力变矩器、行星轮机构、离合器、制动器、油泵、滤清器、管道、控制阀体、速度调压器等,按照这些部件的功能,可将它们分成液力变矩器、变速齿轮机构、供油系统、自动换档控制系统和换档

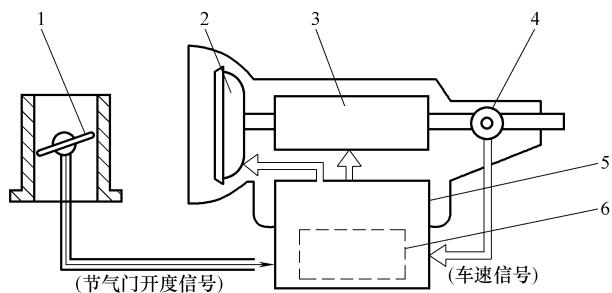


图4-2 液控式自动变速器工作过程

1—节气门 2—液力变矩器 3—行星轮变速器 4—速控液  
压阀 5—液压控制系统 6—节气门阀和调速器阀

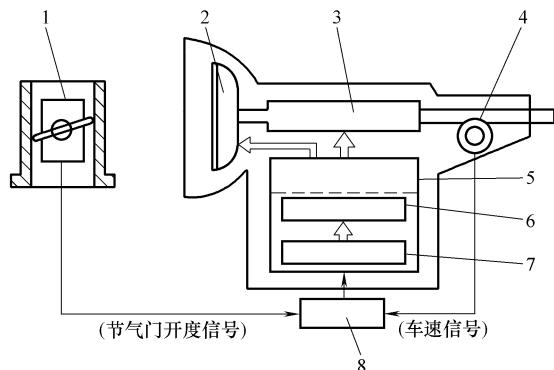


图4-3 电控式自动变速器工作过程

1—节气门位置传感器 2—液力变矩器 3—行星轮变速器  
4—车速传感器 5—液压控制装置 6—换档阀  
7—电磁阀 8—电子控制单元

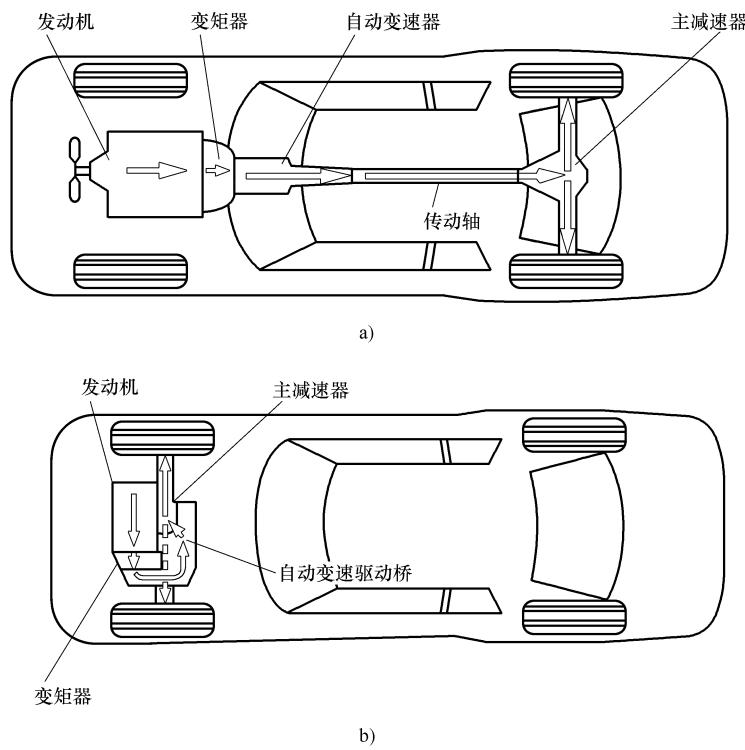


图 4-4 自动变速器和自动变速驱动桥

a) 自动变速器 b) 自动变速驱动桥

操纵机构等五大部分。

### 1. 液力变矩器

液力变矩器位于自动变速器的最前端，安装在发动机的飞轮上，其作用与采用手动变速器的汽车中的离合器相似。它利用油液循环流动过程中动能的变化将发动机的动力传递给自动变速器的输入轴，并能根据汽车行驶阻力的变化，在一定范围内自动地、无级地改变传动比和转矩比，具有一定的减速增矩功能。

### 2. 变速齿轮机构

自动变速器中的变速齿轮机构所采用的形式有普通齿轮式和行星轮式两种。采用普通齿轮式的变速器，由于尺寸较大，最大传动比较小，只有少数车型采用。目前绝大多数轿车自动变速器中的齿轮变速器采用的是行星轮式。

变速齿轮机构主要包括行星轮机构和换档执行机构两部分。

(1) 行星轮机构 行星轮机构是自动变速器的重要组成部分之一，主要由太阳轮（也称中心轮）、内齿圈、行星架和行星轮等元件组成。行星轮机构是实现变速的机构，传动比的改变是通过以不同的元件作主动件和限制不同元件的运动而实现的。在传动比改变的过程中，整个行星轮组还存在运动，动力传递没有中断，因而实现了动力换档。

(2) 换档执行机构 换档执行机构主要是用来改变行星轮中的主动元件或限制某个元件的运动，改变动力传递的方向和传动比，主要由多片式离合器、制动器和单向离合器等组

成。离合器的作用是把动力传给行星轮机构的某个元件使之成为主动件。制动器的作用是将行星轮机构中的某个元件抱住，使之不动。单向离合器也是行星轮变速器的换档元件之一，其作用和多片式离合器及制动器基本相同，也是用于固定或连接几个行星排中的某些太阳轮、行星架、齿圈等基本元件，让行星轮变速器组成不同传动比的档位。

### 3. 供油系统

自动变速器的供油系统主要由油泵、油箱、滤清器、调压阀及管道所组成。油泵是自动变速器最重要的总成之一，它通常安装在变矩器的后方，由变矩器壳后端的轴套驱动。在发动机运转时，不论汽车是否行驶，油泵都在运转，为自动变速器中的变矩器、换档执行机构、自动换档控制系统部分提供一定油压的液压油。油压的调节由调压阀来实现。

### 4. 自动换档控制系统

自动换档控制系统能根据发动机的负荷（节气门开度）和汽车的行驶速度，按照设定的换档规律，自动地接通或切断某些换档离合器和制动器的供油油路，使离合器结合或分开、制动器制动或释放，以改变齿轮变速器的传动化，从而实现自动换档。

自动变速器的自动换档控制系统有液压控制和电液压（电子）控制两种。

液压控制系统是由阀体和各种控制阀及油路所组成的，阀门和油路设置在一个板块内，称为阀体总成。不同型号的自动变速器阀体总成的安装位置有所不同，有的安装于上部，有的安装于侧面，纵置的自动变速器一般安装于下部。

在液压控制系统中，增设控制某些液压油路的电磁阀，就成了电器控制的换档控制系统，若这些电磁阀是由电子计算机控制的，则成为电子控制的换档系统。

### 5. 换档操纵机构

自动变速器的换档操纵机构包括手动选择阀的操纵机构和节气门阀的操纵机构等。驾驶人通过变速杆改变阀板内的手动阀位置，控制系统根据手动阀的位置及节气门开度、车速、控制开关的状态等因素，利用液压自动控制原理或电子自动控制原理，按照一定的规律控制齿轮变速器中的换档执行机构的工作，实现自动换档。

典型的电控式四档自动变速器如图 4-5 所示。它也是由上述五部分组成，其中液压控制系统由电子控制系统代替。电子控制单元（ECU）根据各传感器传来的电信号，按设定的换档规律，向换档电磁阀和油压电磁阀等发出电子控制信号；换档电磁阀和油压电磁阀再将电控单元（ECU）的电子控制信号转变为液压控制信号，各个控制阀再根据这些液压控制信号，控制换档执行机构的动作，以实现自动换档。

装备 1GR-FE 发动机的霸道 4000（普拉多 4000）汽车采用 A340F 自动变速器。A340F 自动变速器参数见表 4-1。

表 4-1 A340F 自动变速器参数

变速器型号	发动机型号	变速器油容积/L	变速器油型号	净重/kg
A340F	1GR-FE	12.3	T-IV	85.0
齿轮传动比	1 档	2.804		
	2 档	1.531		
	3 档	1		
	4 档	0.705		
	倒档	2.393		

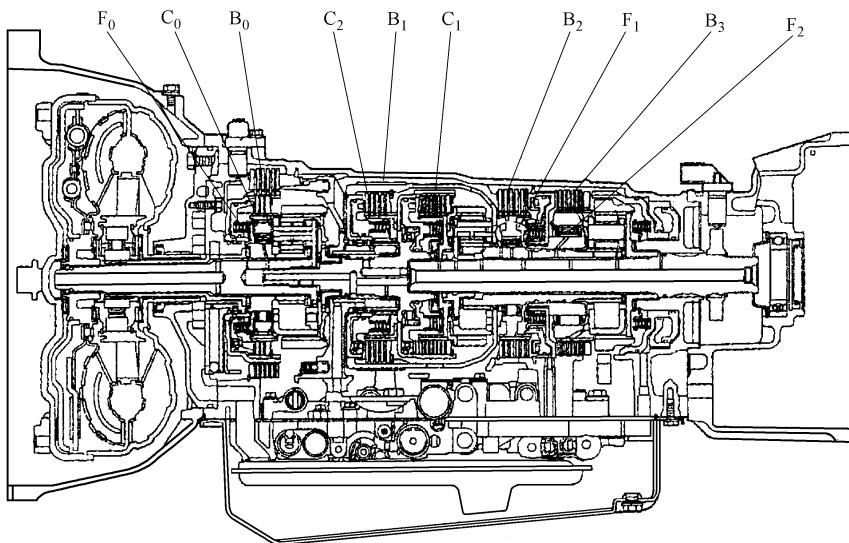


图 4-5 丰田 A340F 自动变速电控式四档自动变速器

$C_0$ —O/D 直接档离合器  $C_1$ —前进档离合器  $C_2$ —直接档离合器  $B_0$ —O/D 档制动器  $B_1$ —2 档滑行制动器  
 $B_2$ —2 档制动器  $B_3$ —一档和倒档制动器  $F_0$ —O/D 档单向离合器  $F_1$ —1 号单向离合器  $F_2$ —2 号单向离合器

### 三、自动变速器的工作过程

自动变速器之所以能够实现自动换档是因为工作中驾驶人踏下加速踏板的位置或发动机进气歧管的真空度和汽车的行驶速度能指挥自动换档系统工作，自动换档系统中各控制阀不同的工作状态将控制变速齿轮机构中离合器的分离与接合和制动器的制动与释放，并改变变速齿轮机构的动力传递路线，实现变速器档位的变换，如图 4-3 所示。

传统的液力自动变速器根据汽车的行驶速度和节气门开度的变化，自动变换档位。其换档控制方式是通过机械方式将车速和节气门开度信号转换成控制油压，并将该油压加到换档阀的两端，以控制换档阀的位置，从而改变换档执行元件（离合器和制动器）的油路。这样，工作液压油进入相应的执行元件，使离合器接合或分离，制动器制动或松开，控制行星轮变速器的升档或降档，从而实现自动变速。

电控液力自动变速器是在液力自动变速器基础上增设电子控制系统而形成的。它通过传感器和开关监测汽车和发动机的运行状态，接受驾驶人的指令，并将所获得的信息转换成电信号输入到电控单元。电控单元根据这些信号，通过电磁阀控制液压控制装置的换档阀，使其打开或关闭通往换档离合器和制动器的油路，从而控制换档时刻和档位的变换，以实现自动变速。

### 四、自动变速器的优缺点

#### 1. 大大提高发动机和传动系统的使用寿命

采取液力自动变速器的汽车与采用机械变速器的汽车对比试验表明：前者发动机的寿命可提高 85%，变速器的寿命提高 12 倍，传动轴和驱动半轴的寿命可提高 75% ~ 100%。

液力传动汽车的发动机与传动系统，由液体工作介质“软”性连接。液力传动起一定的吸收、衰减振动和缓冲的作用，大大减少冲击和动载荷。例如，当负荷突然增大时，可防

止发动机过载和突然熄火。汽车在起步、换档或制动时，能减少发动机和传动系统所承受的冲击及动载荷，因而提高了有关零部件的使用寿命。

### 2. 提高汽车通过性

采用液力自动变速器的汽车，在起步时，驱动轮上的驱动转矩是逐渐增加的，防止很大的振动，减少车轮的打滑，使起步容易，且更加平稳。它的稳定车速可以降低。

### 3. 具有良好的自适应性

目前，液力传动的汽车都采用液力变矩器，它能自动适应汽车驱动轮负荷的变化。当行驶阻力增大时，汽车自动降低速度，使驱动轮的力矩增加；当行驶阻力减小时，减小驱动力矩，增加车速。这说明，变矩器能在一定范围内实现无级变速器，大大减少行驶过程中的换挡次数，有利于提高汽车的动力性和平均车速。

### 4. 操纵轻便

装备液力自动变速器的汽车，采用液压操纵或电子控制，使换档实现自动化。在变换变速杆位置时，只需操纵液压控制的滑阀，这比普通机械变速器用拨叉拨动滑动齿轮实现换档要简单轻松得多。而且，它的换档齿轮组一般都采用行星齿轮组，是常啮合齿轮组，这就降低或消除了换档时的齿轮冲击，大大减轻了驾驶人的劳动强度。

综上所述，液力自动变速器不仅能与汽车行驶要求相适应，而且具有单纯机械变速器所不具备的一些显著优点，这是液力自动变速器的主要方面，也是汽车采用液力自动变速器的理由。不过，与单纯机械变速器相比，它也存在某些缺点，如结构复杂，制造成本较高，传动效率较低等。由于自动变速器的结构复杂，相应的维修技术也较复杂，要求有专门的维修人员，具有较高的修理水平和故障检查分析的能力。但这些缺点是相对的，由于大大延长了发动机和传动系统的使用寿命，提高了出车率和生产率，减少了维修费用，自动的无级变速提高了发动机功率的平均利用率，提高平均车速，虽然燃油经济性有所降低，却提高了汽车整体使用经济性。此外，目前还采用一种带锁止离合器的液力变矩器，在一定行驶条件下，通过采用与发动机的最佳匹配，遵循最佳换档规律，采用变矩器的锁止，可使用传动效率大为提高。当锁止离合器分离时，仍与一般液力变矩器相同；当锁止离合器结合时，使液力变矩器失去作用，输入轴与输出轴是直接传动的，传动效率接近百分之百。

## 第二节 液力变矩器

液力传动分为动液传动和静液传动两大类。动液传动是靠液体在循环流动过程中动能的变化而传递动力。静液传动是利用液体在密闭工作容积内压能的变化而传递动力（例如液压马达）。

液力变矩器均属动液传动装置。

### 一、液力变矩器的功用和组成

#### 1. 液力变矩器的功用

液力变矩器位于发动机和机械变速器之间，以自动变速器油（ATF）为工作介质，主要完成以下功用：

(1) 传递转矩 发动机的转矩通过液力变矩器的主动元件，再通过 ATF 传给液力变矩器的从动元件，最后传给变速器。

(2) 无级变速 根据工况的不同, 液力变矩器可以在一定范围内实现转速和转矩的无级变化。

(3) 自动离合 液力变矩器由于采用 ATF 传递动力, 当踩下制动踏板时, 发动机也不会熄火, 此时相当于离合器分离; 当抬起制动踏板时, 汽车可以起步, 此时相当于离合器接合。

(4) 驱动油泵 ATF 在工作的时候需要油泵提供一定的压力, 而油泵一般是由液力变矩器壳体驱动的。同时由于采用 ATF 传递动力, 液力变矩器的动力传递柔和, 且能防止传动系统过载。

## 2. 液力变矩器的组成

如图 4-6 所示, 液力变矩器通常由泵轮、涡轮和导轮三个元件组成, 称为三元件液力变矩器。也有的采用两个导轮, 则称为四元件液力变矩器。

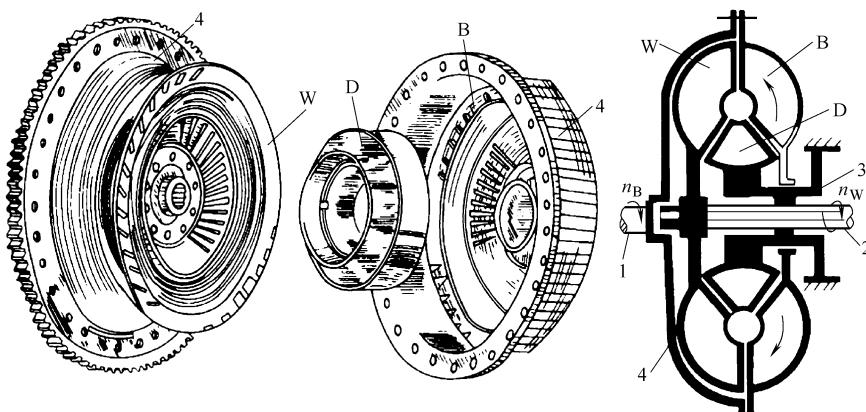


图 4-6 液力变矩器的组成

B—泵轮 W—涡轮 D—导轮 1—输入轴 2—输出轴 3—导轮轴 4—变矩器壳

液力变矩器总成封在一个钢制壳体(变矩器壳体)中, 各工作轮用铝合金精密铸造, 或用钢板冲压焊接而成, 内部充满 ATF。液力变矩器壳体通过螺栓与发动机曲轴后端的飞轮连接, 与发动机曲轴一起旋转。泵轮位于液力变矩器的后部, 与变矩器壳体连在一起。涡轮位于泵轮前, 通过带花键的从动轴向后面的机械变速器输出动力。导轮位于泵轮与涡轮之间, 通过单向离合器支承在固定套管上, 使得导轮只能单向旋转(顺时针旋转)。泵轮、涡轮和导轮上都带有叶片, 液力变矩器装配好后形成环形内腔, 其间充满 ATF。

## 二、液力变矩器的工作原理和特性

### 1. 液力变矩器工作原理

(1) 动力的传递 液力变矩器工作时, 壳体内充满 ATF, 发动机带动壳体旋转, 壳体带动泵轮旋转, 泵轮的叶片将 ATF 带动起来, 并冲击到涡轮的叶片; 如果作用在涡轮叶片上冲击力大于作用在涡轮上阻力, 涡轮将开始转动, 并使机械变速器的输入轴一起转动。由涡轮叶片流出的 ATF 经过导轮后再流回到泵轮, 形成如图 4-7 所示的循环流动。

具体来说, 上述 ATF 的循环流动是两种运动的合运动。当液力变矩器工作, 泵轮旋转时, 泵轮叶片带动 ATF 旋转起来, ATF 绕着泵轮轴线作圆周运动; 同样随着涡轮的旋转, ATF 也绕着涡轮轴线作圆周运动。旋转起来的 ATF 在离心力的作用下, 沿着泵轮和涡轮的

叶片从内缘流向外缘。当泵轮转速大于涡轮转速时，泵轮叶片外缘的液压大于涡轮外缘的液压。因此，ATF 在作圆周运动的同时，在上述压差的作用下由泵轮流向涡轮，再流向导轮，最后返回泵轮，形成在液力变矩器环形腔内的循环运动。

(2) 工作原理 下面用变矩器工作轮的展开图来说明变矩器的工作原理。展开图的制取方法见图 4-8。即将循环圆上的中间流线(此流线将液流通道断面分割成面积相等的内外两部分)展开成一直线，各循环圆中间流线均在同一平面上展开，于是在展开图上，泵轮 B、涡轮 W 和导轮 D 便成为三个环形平面，且工作轮的叶片角度也清楚地显示出来。

为便于说明，设发动机转速及负荷不变，即变矩器泵轮的转速  $n_b$  及转矩  $M_b$  为常数。先讨论汽车起步工况。开始时涡轮转速  $n_w$  为零，如图 4-9a 所示。工作液在泵轮叶片带动下，以一定的绝对速度沿图中箭头 1 的方向冲向涡轮叶片。因涡轮静止不动，液流将沿着叶片流出涡轮并冲向导轮，液流方向如图中箭头 2 所示。然后液流再从固定不动的导轮叶片沿箭头 3 方向流入泵轮中。当液体流过叶片时，受到叶片的作用力，其方向发生变化。设泵轮、涡轮和导轮对液流的作用转矩分别为  $M_b$ 、 $M'_w$  和  $M_d$ 。根据液流受力平衡条件，则  $M'_w = M_b + M_d$ 。

由于液流对涡轮的作用转矩  $M_w$  (即变矩器输出转矩) 与  $M'_w$  方向相反大小相等，因而在数值上，涡轮转矩  $M_w$  等于泵轮转矩  $M_b$  与导轮转矩  $M_d$  之和。显然，此时涡轮转矩  $M_w$  大于泵轮转矩  $M_b$ ，即液力变矩器起了增大转矩的作用。

当变矩器输出的转矩，经传动系统传到驱动轮上所产生的驱动力足以克服汽车起步阻力时，汽车即起步并开始加速，与之相联系的涡轮转速  $n_w$  也从零逐渐增加。这时液流在涡轮出口处不仅具有沿叶片方向的相对速度  $\omega$ ，而且具有沿圆周方向的牵连速度  $u$ ，故冲向导轮叶片的液流的绝对速度  $v$  应是二者的合成速度，如图 4-9b 所示。因原设泵轮转速不变，起变化的只是涡轮转速，故涡轮出口处相对速度  $\omega$  不变，只是牵连速度  $u$  起变化。由图可见，冲向导轮叶片的液流的绝对速度  $v$  将随着牵连速度  $u$  的增加 (即涡轮转速  $n_w$  的增加) 而逐渐向左倾斜，使导轮上所受转矩值逐渐减小。当涡轮转速增大到某一数值，由涡轮流出的液流 (见图 4-9b 中所示方向) 正好沿导轮出口方向冲向导轮时，由于液体流经导轮时方向不

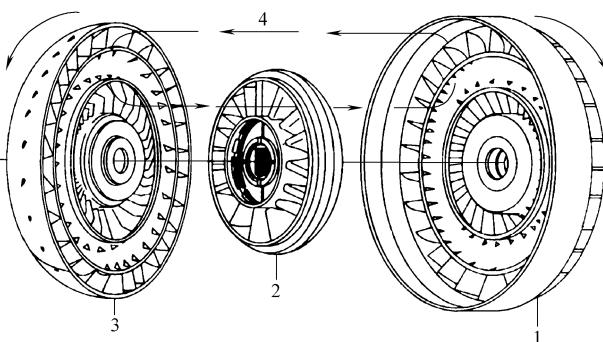


图 4-7 ATF 在液力变矩器中的循环流动

1—涡轮 2—导轮 3—泵轮 4—油流

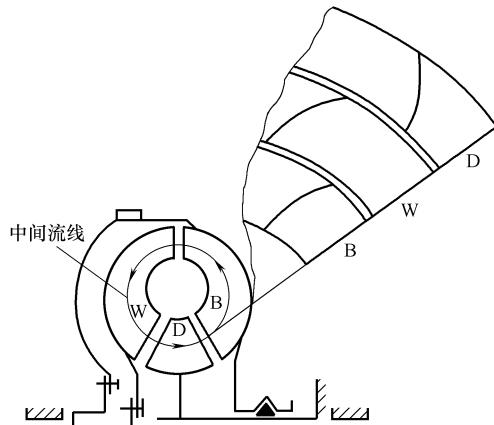


图 4-8 液力变矩器工作轮展开示意图

B—泵轮 W—涡轮 D—导轮

改变，故导轮转矩  $M_d$  为零，于是涡轮转矩与泵轮转矩相等，即  $M_w = M_b$ 。

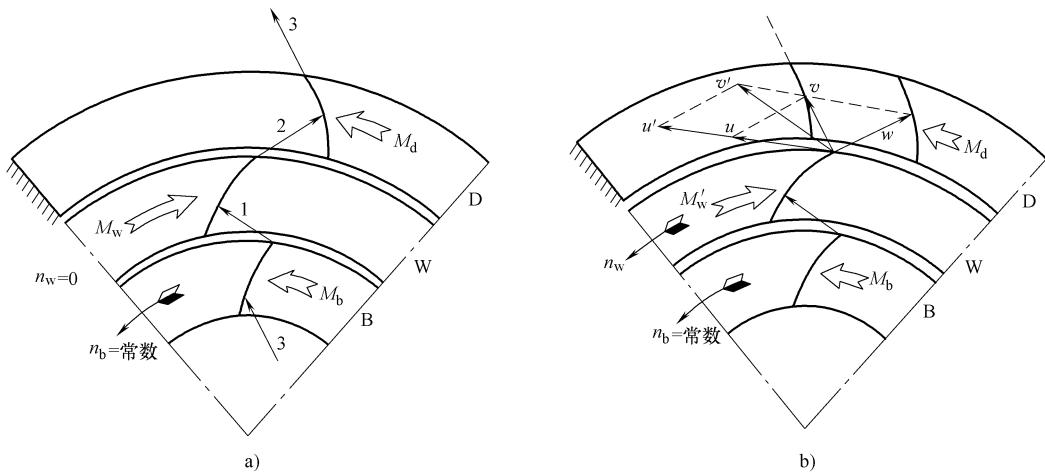


图 4-9 液力变矩器工作原理

a) 当  $n_b = \text{常数}$ ,  $n_w = 0$  时 b) 当  $n_b = \text{常数}$ ,  $n_w$  逐渐增加时

若涡轮转速  $n_w$  继续增大，液流绝对速度  $v$  方向继续向左倾，如图 4-9b 中所示  $v'$  方向，导轮转矩方向与泵轮转矩方向相反，则涡轮转矩为前二者转矩之差 ( $M_w = M_b - M_d$ )，即变矩器输出转矩反而比输入转矩小。当涡轮转速  $n_w$  增大到与泵轮转速  $n_b$  相等时，工作液在循环圆中的循环流动停止，将不能传递动力。

(3) 液力变矩器特性 在变矩器的泵轮转速  $n_b$  和转矩  $M_b$  不变的条件下，涡轮转矩  $M_w$  随其转速  $n_w$  变化的规律，即为液力变矩器的特性，如图 4-10 所示。

液力变矩器的传动比  $i$  的定义与前述齿轮变速器不同，为输出转速（即涡轮转速  $n_w$ ）与输入转速（即泵轮转速  $n_b$ ）之比，即  $i = n_w/n_b \leq 1$ 。

液力变矩器输出转矩  $M_w$  与输入转矩（即泵轮转矩  $M_b$ ）之比称为变矩系数，用  $K$  表示，即  $K = M_w/M_b$ 。因此在图 4-10 中的  $M_w-n_w$  曲线也反映了变矩系数  $K$  与涡轮转速  $n_w$ （或传动比  $i$ ）之间的变化关系。

从变矩器特性中可以看出，变矩系数  $K$  是随涡轮转速的改变而连续变化的。当汽车起步、上坡或遇到较大阻力时，如果发动机的转速和负荷不变，这时车速将降低，即涡轮转速降低。于是变矩系数相应增大，因而使驱动轮获得较大的转矩，保证汽车能克服增大的阻力而继续行驶。所以液力变矩器是一种能随汽车行驶阻力的不同而自动改变变矩系数的无级变

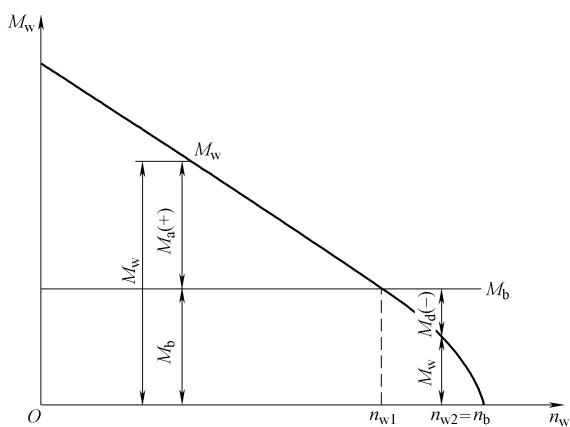


图 4-10 液力变矩器特性 ( $n_b = \text{常数}$ )

矩器。

## 2. 几种典型液力变矩器

(1) 综合式液力变矩器(三元件)的结构与工作原理 目前在装用自动变速器的汽车上使用的变矩器大多是综合式液力变矩器(见图4-11)，它和一般型式液力变矩器的不同之处在于它的导轮不是完全固定不动的，而是通过单向离合器支承在固定于变速器壳体的导轮固定套上。单向离合器使导轮可以朝顺时针方向旋转(从发动机前面看)，但不能朝逆时针方向旋转。

当涡轮转速较低时，从涡轮流出的液压油从正面冲击导轮叶片，如图4-12a所示，对导轮施加一个朝逆时针方向旋转的力矩，但由于单向离合器在逆时针方向具有锁止作用，将导轮锁止在导轮固定套上固定不动，因此这时该变矩器的工作特性和液力变矩器相同，涡轮上的输出转矩大于泵轮上的输入转矩，即具有一定的增矩作用。当涡轮转速增大到某一数值时，液压油对导轮的冲击方向与导轮叶片之间的夹角为0，此是涡轮上的输出转矩等于泵轮上的输入转矩。若涡轮转速继续增大，液压油将从反面冲击导轮，如图4-12b所示，对导轮产生一个顺时针方向的转矩。由于单向离合器在顺时针方向没有锁止作用，可以像轴承一样滑转，所以导轮在液压油的冲击作用下开始朝顺时针方向旋转。由于自由转动的导轮对液压油没有反作用力矩，液压油只受到泵轮和涡轮的反作用力矩的作用。因此这时该变矩器的不能起增矩作用，其工作特性和液力耦合器相同。这时涡轮转速较高，该变矩器亦处于高效率的工作范围。导轮开

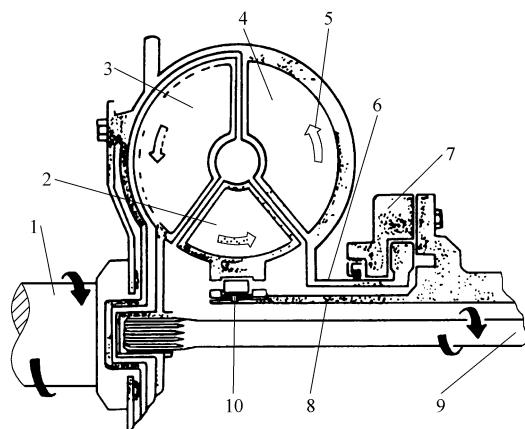


图4-11 综合式液力变矩器

1—曲轴 2—导轮 3—涡轮 4—泵轮 5—液流  
6—变矩器轴套 7—油泵 8—导轮固定套  
9—变矩器输出轴 10—单向离合器

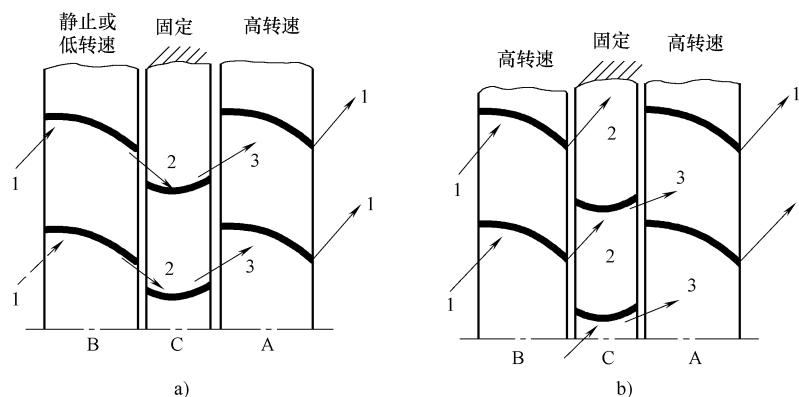


图4-12 液力变矩器工作原理图

A—泵轮 B—涡轮 C—导轮

1—由泵轮冲向涡轮的液压油方向 2—由涡轮冲向导轮的液压油方向 3—由导轮流回泵轮的液压油方向

始空转的工作点称为耦合点。由上述分析可知，综合式液力变矩器在涡轮转速由0至耦合点的工作范围内按液力变矩器的特性工作，在涡轮转速超过耦合点转速之后按液力耦合器的特性工作。因此，这种变矩器既利用了液力变矩器在涡轮转速较低时所具有的增矩特性，又利用了液力耦合器涡轮转速较高时所具有的高传动效率的特性。

(2) 单向离合器的结构与工作原理 变矩器的单向离合器(也称自由轮机构)的结构形式有滚柱式和楔块式两种。

单向离合器又称单向啮合器或自由轮离合器，与其他离合器的区别是，单向离合器无需控制机构，它是依靠其单向锁止原理来发挥固定或连接作用的，力矩的传递是单方向的，其连接和固定完全由与之相连接元件的受力方向决定，当与之相连接元件的受力方向与锁止方向相同时，该元件即被固定或连接；当受力方向与锁止方向相反时，该元件即被释放或脱离连接；即在驱动轴与从动轴之间，只能使从动轴作一个方向回转，反方向具有空转机能。

1) 滚柱斜槽式单向离合器：滚柱斜槽式单向离合器由外环、内环、滚柱、滚柱回位弹簧等组成，如图4-13所示(此图为从变速器向发动机方向看)。

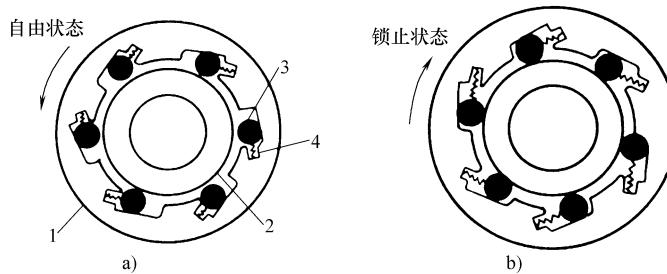


图4-13 滚柱斜槽式单向离合器

a) 自由状态 b) 锁止状态  
1—外环 2—内环 3—滚柱 4—弹簧

内环通常用内花键和行星轮排的某个基本元件或与变速器壳体连接，外环则通过外花键和行星排的另一侧基本元件连接或与变速器外壳连接。在外环的内表面制有与滚柱相同数目的楔形槽。内外环之间的楔形槽内装有滚柱和弹簧。弹簧的弹力将各滚柱推向楔形槽较窄的一端。当外环相对于内环朝顺时针方向转动时，在刚开始转动的瞬间，滚柱便在摩擦力和弹簧弹力的作用下被卡死在楔形槽较窄的一端，于是内外环互相连接成一个整体，不能相对转动，此时单向离合器处于锁止状态，与外环连接的基本元件被固定住或者和与内环相连接的元件连成一整体。当外环相对于内环朝逆时针方向转动时，滚柱在摩擦力的作用下，克服弹簧的弹力，滚向楔形槽较宽的一端，出现打滑现象，外环相对于内环可以作自由滑转，此时单向离合器脱离锁止而处于自由状态。

单向离合器的锁止方向取决于外环上楔形槽的方向。在装配时不得装反，否则会改变其锁止方向，使行星轮变速器不能正常工作。

有些单向离合器的楔形槽开在内环上，其工作原理和楔形槽开在外环上的相同。

2) 楔块式单向离合器：楔块式单向离合器的构造及工作原理如图4-14所示(此图为从发动机向变速器方向看)。保持架借助于片状弹簧把楔块均匀布置在内外座圈之间。导轮固定在外座圈1上，内座圈4通过花键与固定在变速器壳体上的导轮固定套管连接。

当外座圈相对于内座圈顺时针转动时(见图4-14a)，楔块在摩擦力作用下也顺时针转

动，使楔块短对角线的棱边对着内外座圈的表面，此时因楔块短对角线棱边的距离小于内外座圈的间距，所以外座圈可以自由转动，即导轮可以自由转动，此时变矩器转入耦合器工作状态。反之，当外座圈相对于内座圈逆时针转动时（见图 4-14b），楔块在摩擦力作用下也逆时针转动，因楔块长对角线棱边距离大于内外座圈的间距，致使外座圈被楔块卡死不能转动，即导轮被固定，此时为变矩器工作状态，如图 4-15 所示。

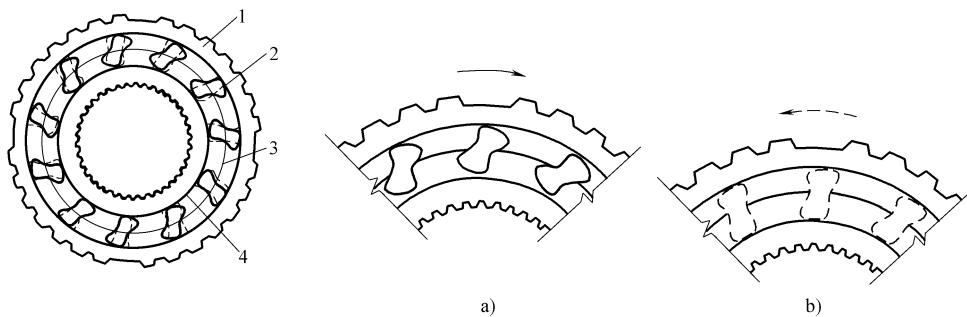


图 4-14 楔块式单向离合器

a) 自由状态 b) 锁止状态

1—外座圈 2—楔块 3—保持架 4—内座圈

(3) 综合式液力变矩器的特性 采用综合式液力变矩器的目的，在于利用耦合器在高传动比时相对变矩器有较高效率的特点。效率指液力传动装置输出功率与输入功率之比。变矩器效率  $\eta_b$  与耦合器效率  $\eta_a$  随传动比  $i$  变化的规律，如图 4-16 所示，图中还作出变矩系数  $K$  随传动比变化的曲线。由图中可知，在传动比  $i < i_K = 1$ （变矩系数  $K = 1$  时的传动比）范围内，变矩器的效率高于耦合器，当  $i > i_K = 1$ ，变矩器效率  $\eta_b$  迅速下降，而耦合器的效率  $\eta_a$  却继续增高。综合式液力变矩器即在低速时按变矩器特性工作，而当传动比  $i_K = 1$  时，转为按耦合器特性工作，从而扩大了高效率的范围，如图 4-16 中实线所示。图中 A 点为耦合器工况转换点。

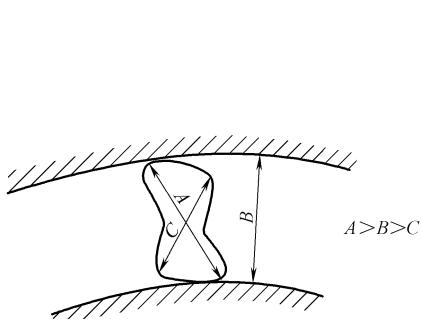


图 4-15 楔块式单向离合器楔块尺寸

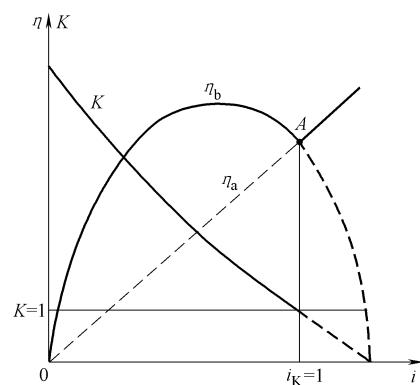


图 4-16 综合式液力变矩器特性曲线

变矩器的各工作轮在一个密闭腔内工作，腔内充满液力传动油，它既是工作介质，又是液力元件的润滑剂和冷却剂。为防止气蚀现象，腔内应保持一定的补偿压力，其值视变矩器

而异，通常在  $0.25 \sim 0.7 \text{ MPa}$  范围内。所谓气蚀是指液体流动过程中，某处压力下降到低于该温度下工作液的饱和蒸气压时，液体形成气泡的现象。当液体中的气泡随液流运动到压力较高的区域时，气在周围液力油的冲击下迅速破裂，又凝结成液态，使体积骤然缩小，出现真空。于是周围的液体质点即以极高的速度填补这些空间。在此瞬间，液体质点相互强烈撞击，产生明显的噪声。同时造成很高的局部压力，致使叶片表面的金属颗粒被击破。由此可见，气蚀现象将影响变矩器正常工作，使其效率降低，并伴有噪声。故工作腔内必须保持足够的补偿压力。

上述三元件综合式液力变矩器的结构简单，工作可靠，性能稳定，最高效率达 92%，高传动比区的效率可达 96%。因此，它在轿车上得到广泛应用，在大型客车、自卸车及工程车辆上的应用也逐渐增多。

(4) 四元件综合式液力变矩器 某些起动变矩系数大的变矩器，若采用上述件综合式变矩器，则在最高效率工况到耦合器工况始点之间的区段上效率显著降低。为避免这个缺点，可将导轮分割成两个，分别装在各自的单向离合器上，而形成四元件综合式液力变矩器。

图 4-17 所示为四元件综合式液力变矩器。当涡轮 5 转速较低时，涡轮出口处液流冲击在两导轮叶片的凹面上，方向如图 4-17b  $v_1$  所示。此时，两导轮的单向离合器均被锁住，导轮固定，按变矩器工况工作。当涡轮转速增加到一定程度液流速度为  $v_2$  时，液流对第一导轮的冲击力反向，第一导轮便因单向离合器松脱而与涡轮同向旋转，此时只有第二导轮仍起变矩作用。当涡轮转速继续升高到接近泵轮转速即液流速度为  $v_3$  时，第二导轮也受到液流的反向冲击力而与涡轮及第一导轮同向转动，于是变矩器全部转入耦合器工况。

四元件综合式液力变矩器的特性是两个变矩器特性和一个耦合器特性的综合（见图 4-18）。在传动比  $0 \sim i_1$  区段，两个导轮固定不动，二者的叶片组成一个弯曲程度更大的叶片，以保证在低传动比工况下获得大的变矩系数。在传动比  $i_1 \sim i_K = 1$  区段，第一导轮脱开，变矩器带有一个叶片弯曲程度较小的导轮工作，因而此时可得到

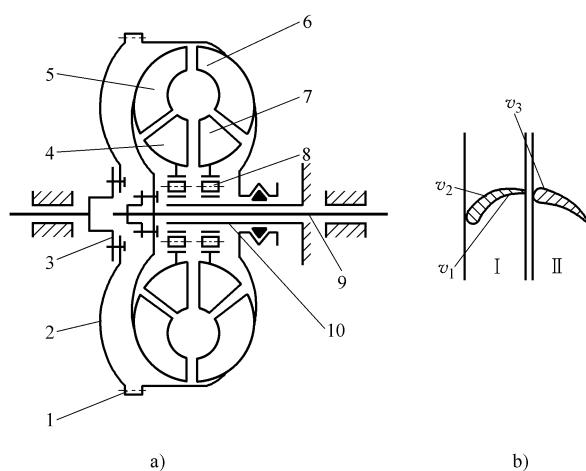


图 4-17 四元件综合式液力变矩器  
1—一起动齿圈 2—变矩器壳 3—曲轴凸缘 4—第一导轮 (I)  
5—涡轮 6—泵轮 7—第二导轮 (II) 8—单向离合器 9—输出轴 10—导轮固定套管

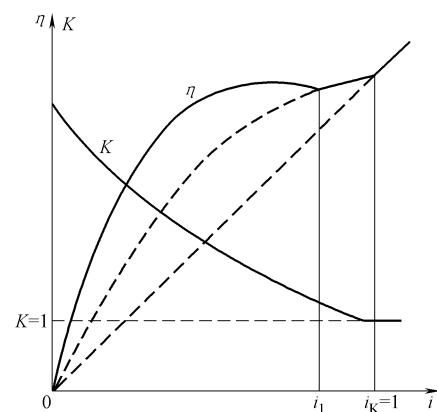


图 4-18 四元件综合式液力变矩器特性

较高的效率。当传动比为  $i_K = 1$  时，变矩器转入耦合器工况，效率按线性规律增长。

因此，上述四元件综合式液力变矩器的全称应为单级三相四元件综合式液力变矩器。

(5) 带锁止离合器的液力变矩器 因为液力变矩器的涡轮与泵轮之间存在转速差和液力损失，变矩器的效率不如机械变速器高，故采用液力变矩器的汽车在正常行驶时的燃油经济性较差。为提高变矩器在高传动比工况下的效率，可采用带锁止离合器的液力变矩器。

当汽车起步或在坏路面上行驶时，可将锁止离合器分离，使变矩器起作用，以充分发挥液力传动自动适应行驶阻力剧烈变化的优点。当汽车在良好道路上行驶时，应接合锁止离合器，使变矩器的输入轴和输出轴成为刚性连接，即转为直接机械传动。此时，变矩系数  $K = 1$ ，变矩器效率  $\eta = 1$ ，这就提高了汽车的行驶速度和燃油经济性。

当锁止离合器接合时，单向离合器即脱开，导轮在液流中自由旋转。若取消单向离合器，则当泵轮与涡轮锁成一体旋转时，导轮将仍处于固定状态，导致液力损失加大，效率降低。

### 第三节 液力机械变速器

液力变矩器虽能在一定范围内自动地、无级地改变转矩比和传动比，但变矩系数不大，变速范围不宽，难以满足汽车使用要求，故在汽车上广泛采用的是液力变矩器与齿轮式变速器组成的液力机械式变速器。与变矩器配合使用的齿轮式变速器多数是行星齿轮变速器，也可以是固定轴线式齿轮变速器。

#### 一、行星轮变速器的工作原理

行星轮变速器是由行星轮机构和换档执行元件（如换档离合器、制动器及单向离合器等）组成。

##### 1. 单排行星轮机构的特性方程式

如图 4-19 所示，通过对不同的元件进行约束和限制，可以得到不同的动力传动方式。

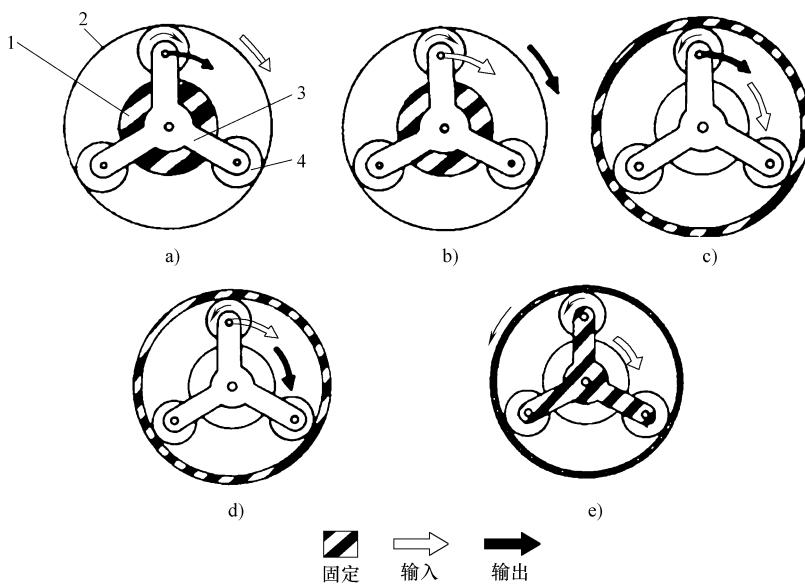


图 4-19 单排行星轮机构的动力传动方式

1—太阳轮 2—齿圈 3—行星架 4—行星轮

为了了解行星轮变速器的工作原理，下面先分析单排行星轮机构的运动规律。图 4-20 为单排行星轮机构，图上标出了行星轮所受到的作用力。

作用于太阳轮 1 上的力矩： $M_1 = F_1 r_1$ ；作用于齿圈 2 上的力矩： $M_2 = F_2 r_2$ ；作用于行星架 3 上的力矩： $M_3 = F_3 r_3$ 。令齿圈与太阳轮的齿数比为  $\alpha$ ，则： $\alpha = Z_2/Z_1 = r_2/r_1$ 。因而：

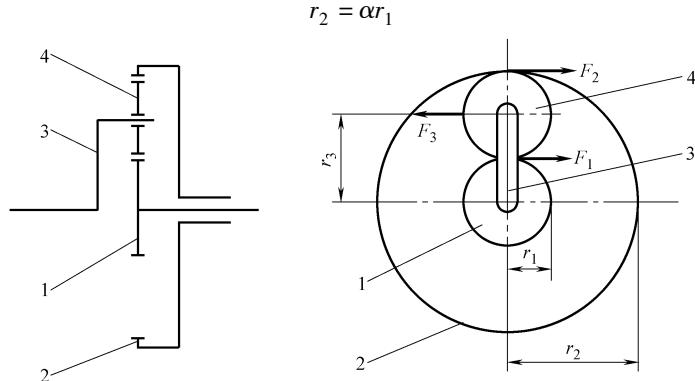


图 4-20 单排行星轮机构及作用力

1—太阳轮 2—齿圈 3—行星架 4—行星轮

式中， $r_2$ 、 $r_1$ ——太阳轮和齿圈的节圆半径；

$r_3$ ——为行星轮与太阳轮的中心距。

由行星轮 4 的力平衡条件可得： $F_1 = F_2$  和  $F_3 = -2F_1$ 。

因此，太阳轮、齿圈和行星架上的力矩分别为：

$$M_1 = F_1 r_1 \quad (4-1)$$

$$M_2 = \alpha F_1 r_1 \quad (4-2)$$

$$M_3 = -(\alpha + 1) F_1 r_1 \quad (4-3)$$

根据能量守恒定律，三个元件上输入和输出的功率的代数和应等于零，即

$$M_1 \omega_1 + M_2 \omega_2 + M_3 \omega_3 = 0 \quad (4-4)$$

式中， $\omega_1$ 、 $\omega_2$ 、 $\omega_3$  分别为太阳轮、齿圈和行星架的角速度。

将式 (4-1)、式 (4-2)、式 (4-3) 代入式 (4-4) 中，即可得到表示单排行星轮机构一般运动规律的特性方程式：

$$\omega_1 + \alpha \omega_2 - (\alpha + 1) \omega_3 = 0 \quad (4-5)$$

若以转速代替角速度，则上式可写成

$$n_1 + \alpha n_2 - (\alpha + 1) n_3 = 0 \quad (4-6)$$

## 2. 单排行星轮机构的工作原理

由式 (4-6) 可以看出，在太阳轮、齿圈和行星架这三个元件中，可任选两个分别作为主动件和从动件，而使另一元件固定不动（即用执行元件使该元件转速为零，或使其运动受一定的约束，即该元件的转速为某定值），则整个轮系即以一定的传动比传递动力，下面分别讨论各种情况：

1) 太阳轮 1 为主动件，行星架 3 为从动件，齿圈 2 固定。此时式 (4-6) 中  $n_2 = 0$ ，故传动比：

$$i_{13} = n_1/n_3 = 1 + \alpha = 1 + Z_2/Z_1$$

2) 齿圈 2 为主动件，行星架 3 为从动件，太阳轮 1 固定。此时式 (4-6) 中  $n_1 = 0$ ，故传动比：

$$i_{23} = n_2/n_3 = (1 + \alpha)/\alpha = 1 + Z_1/Z_2$$

3) 太阳轮 1 为主动件, 齿圈 2 为从动件, 行星架 3 固定。此时式 (4-6) 中  $n_3 = 0$ , 故传动比:

$$i_{12} = n_1/n_2 = -\alpha = -Z_2/Z_1$$

在此情况下,  $n_1$  与  $n_2$  符号相反, 即表示主动轴与从动轴的旋转方向相反, 故为倒档传动情况。

4) 若  $n_1 = n_2$ , 则:

$$n_3 = (n_1 + \alpha n_1)/(1 + \alpha) = n_1 = n_2$$

在  $n_1 = n_3$  或  $n_2 = n_3$  时, 同样可得  $n_1 = n_2 = n_3$ 。故知若使三元件中的任何两个元件连成一体转动, 则第三元件的转速必然与前两者转速相等, 即行星轮系中所有元件 (包括行星轮) 之间都没有相对运动, 从而形成直接档传动, 传动比  $i = 1$ 。如果所有元件都不受约束, 即都可以自由转动, 则行星轮机构完全失去传动作用。

由多排行星轮机构组成的行星轮变速器, 其传动比可根据上述单排行星轮机构特性方程式推导出来。

### 3. 复合式行星轮机构的工作原理

单排行星轮机构所提供的适用传动比数目是有限的, 为了获得较多的档数, 可采用两排或多排行星轮机构。一般具有三、四个前进档的自动变速器至少需要两排行星轮机构。在现代汽车的自动变速器中, 目前广泛采用两种典型的复合式行星轮机构: 辛普森 (Simpson) 式和拉维娜 (Ravigneaux) 式。

辛普森 (Simpson) 式行星轮机构 由两排行星轮机构共用一个太阳轮组成的复合式行星轮机构, 如图 4-21 所示。前后排行星轮机构的尺寸或齿轮齿数不必一定相同。

其尺寸和齿轮的齿数决定了复合行星轮机构所实现的实际传动比。

辛普森式行星轮传动机构有 4 个换档执行元件: 两个离合器  $C_1$ 、 $C_2$  和两个制动器  $B_1$ 、 $B_2$ 。每接一个档位需要操纵两个执行元件。辛普森行星轮机构具有 3 个自由度, 因为构件数为 7 个 (1、2、 $B_1$ 、 $B_2$ 、 $C_1$ 、 $C_2$ 、S), 而计算方程式有 4 个, 因此每挂一个档需要同时使用两个执行元件 (如离合器、制动器等)。

辛普森式行星轮机构与一个单排行星轮机构 (超速档行星轮机构) 串联可组合成 4 个前进档和 1 个倒档的行星齿轮变速器。例如, 通用汽车公司的 4T60E 型、丰田汽车公司的 A140E 型和 A340 E 型、宝马汽车公司的 ZF4HP22 型以及克莱斯勒汽车公司的 AW-4 型四档行星轮变速器均采用了这种组合方式的结构, 如图 4-22 所示为丰田霸道 4000 普拉多汽车 A340F 自动变速器分解图。

下面以丰田霸道 4000 汽车 A340F 自动变速器来说明辛普森行星轮变速器的动力传动路线。图 4-23 所示为四档辛普森行星轮变速器的结构简图和元件位置图。

四档辛普森行星轮变速器由四档辛普森行星轮机构和换档执行元件两大部分组成。其中四档辛普森行星轮机构由三排行星轮机构组成, 前面一排为超速行星排, 中间一排为前行星排, 后面一排为后行星排, 之所以这样命名是由于四档辛普森行星轮机构是在三

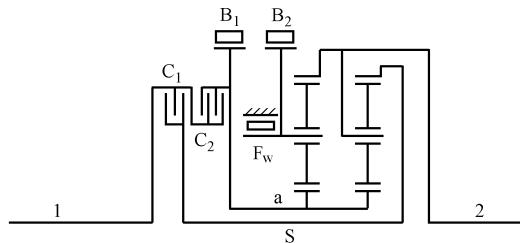
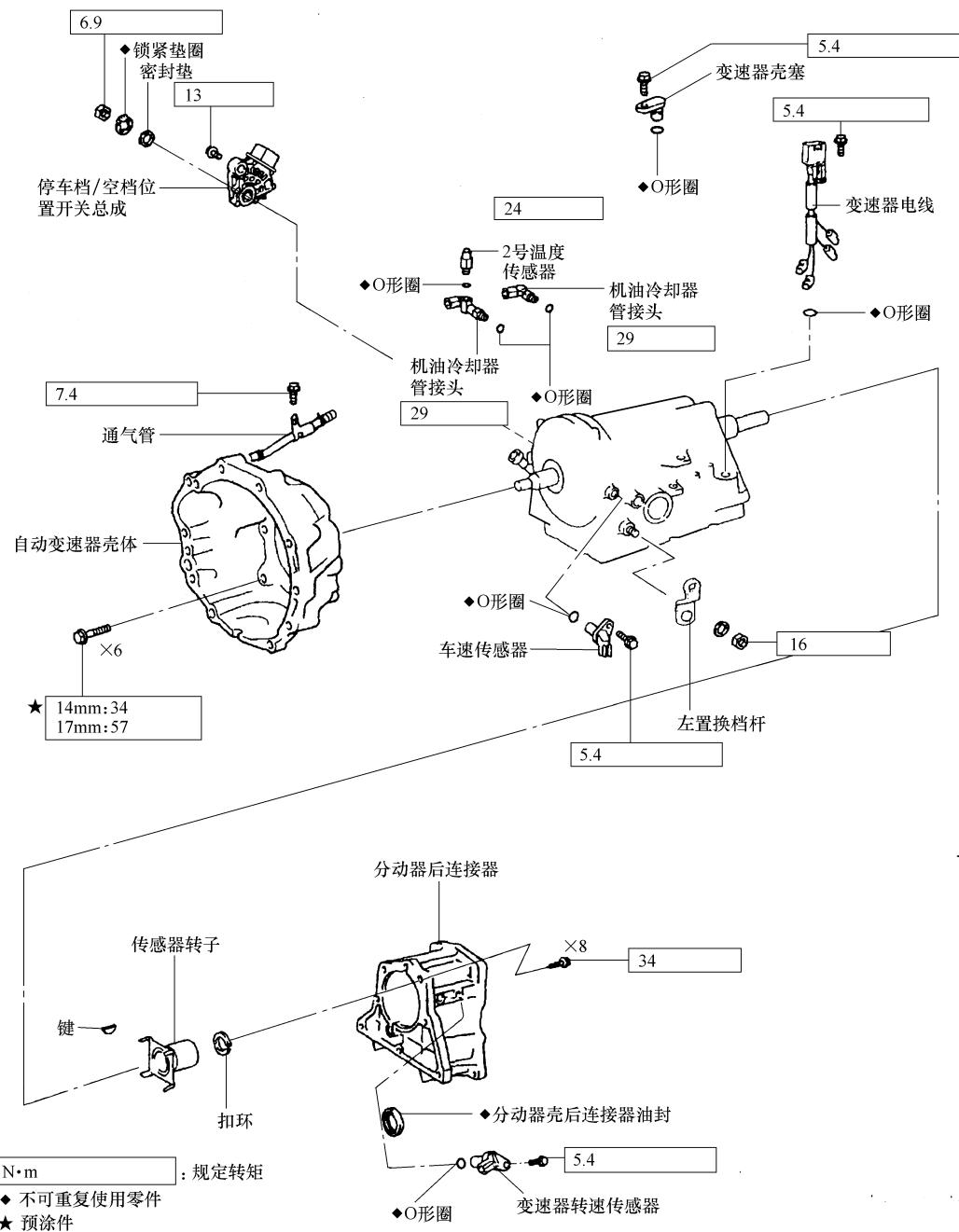


图 4-21 辛普森式行星轮机构及各档传动路线示意图

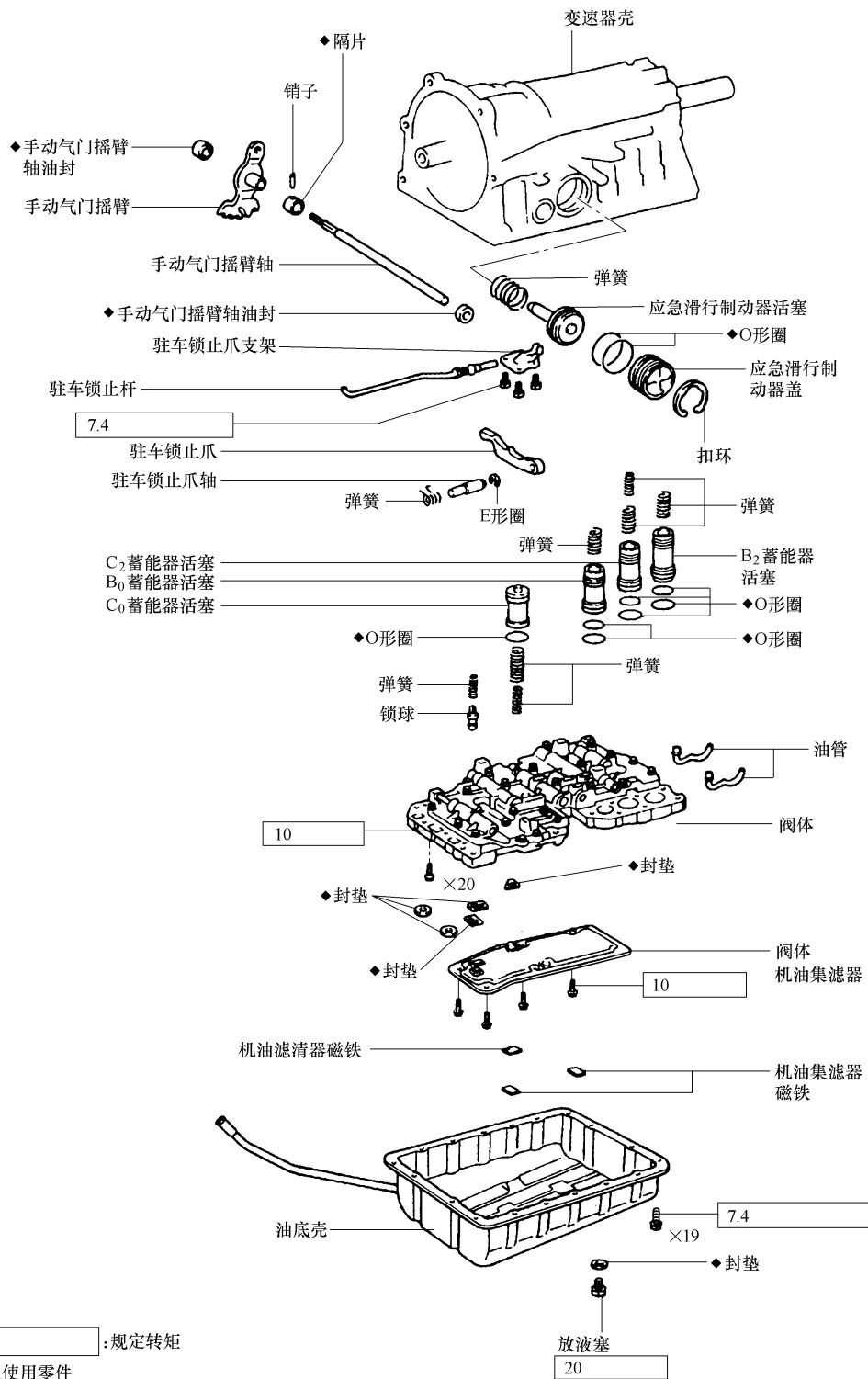
1—输入轴 2—输出轴  $C_1$ 、 $C_2$ —离合器

$B_1$ 、 $B_2$ —制动器  $F_W$ —单向离合器 S—构件



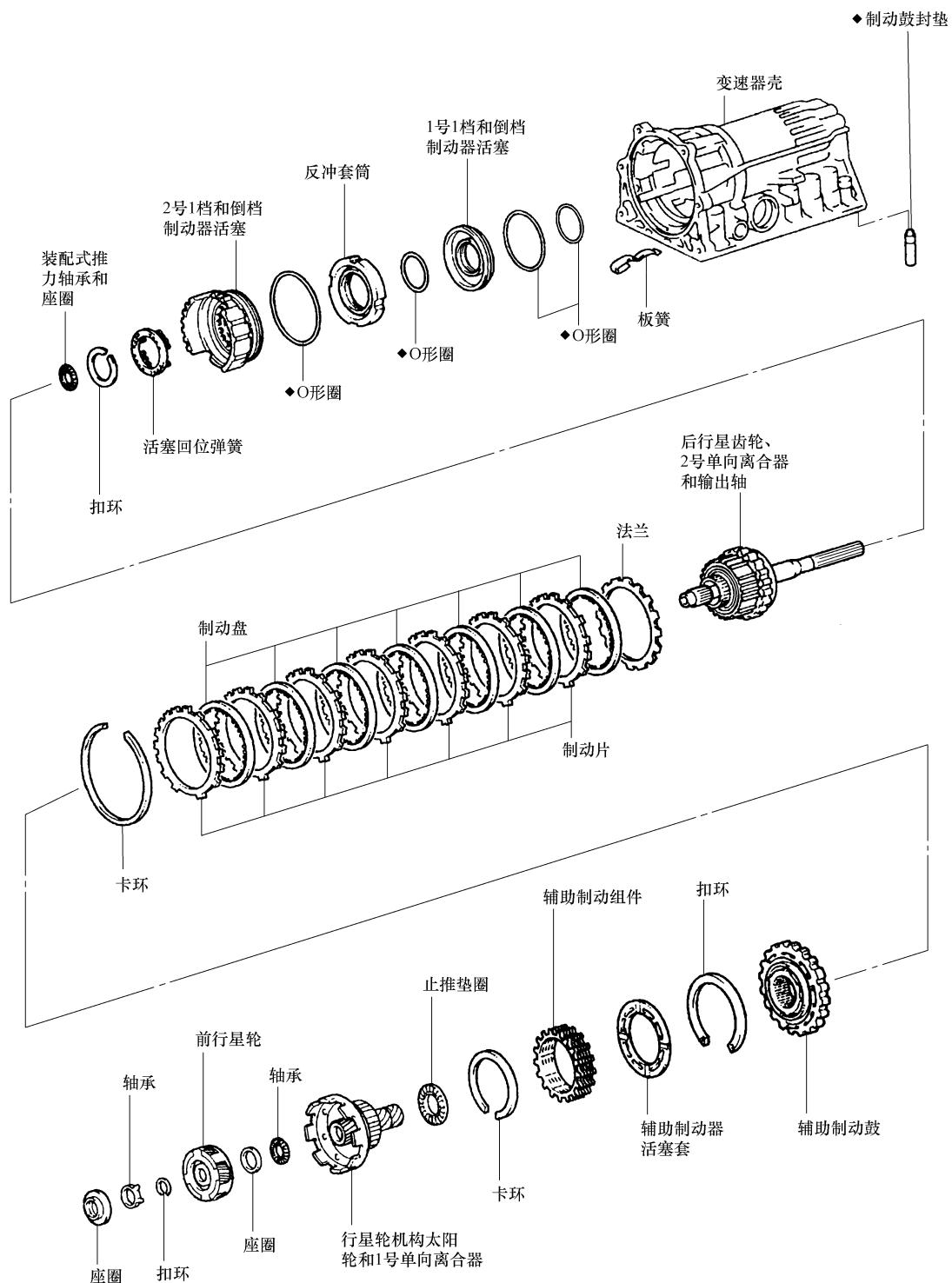
a) 丰田霸道4000汽车A340F自动变速器分解图1

图 4-22 丰田霸道 4000 汽车 A340F 自动变速器分解图



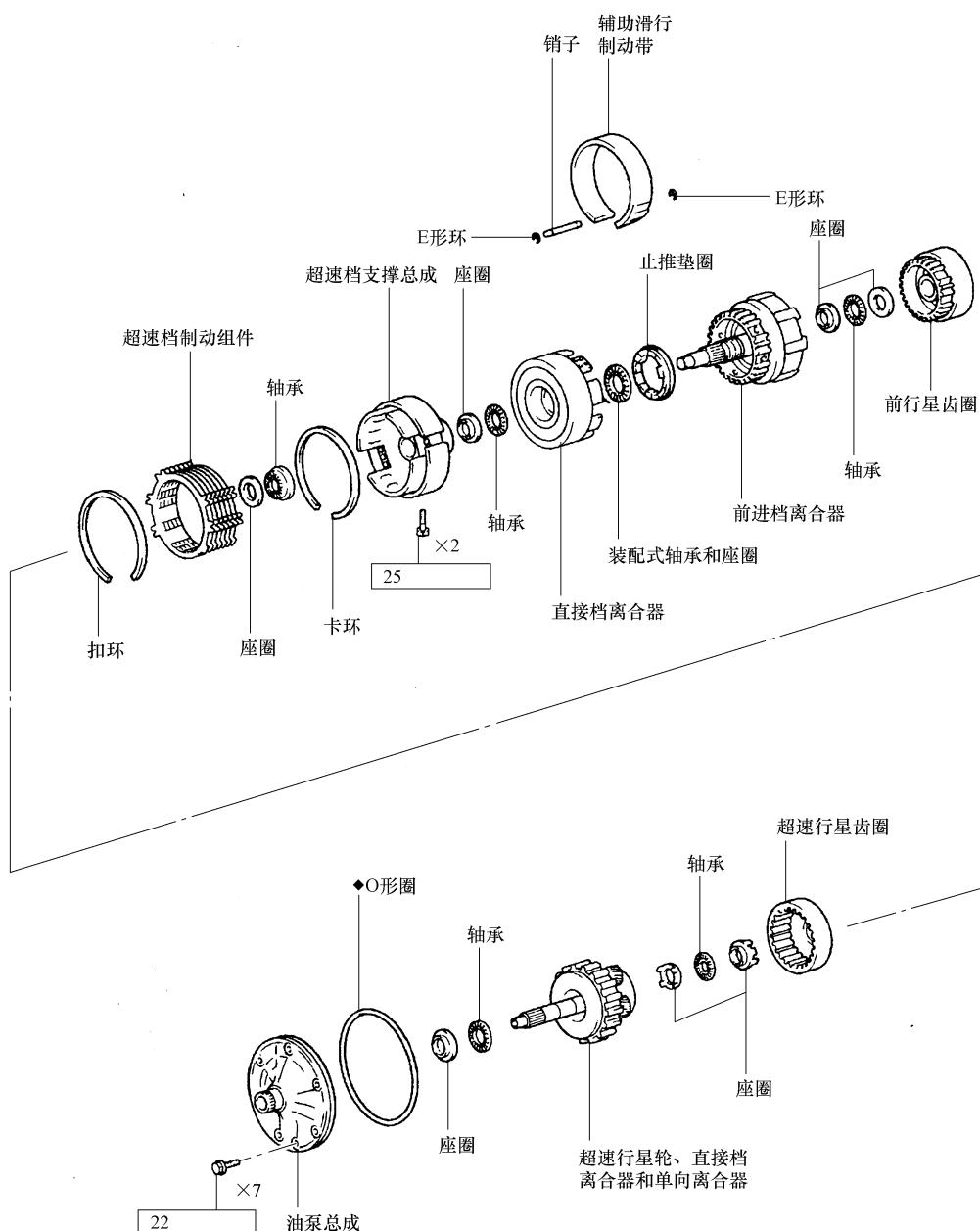
b) 丰田霸道4000汽车A340F自动变速器分解图2

图 4-22 丰田霸道 4000 汽车 A340F 自动变速器分解图 (续)



c) 丰田霸道 4000 汽车 A340F 自动变速器分解图 3

图 4-22 丰田霸道 4000 汽车 A340F 自动变速器分解图 (续)



N·m : 规定转矩

◆ 不可重复使用零件

d) 丰田霸道 4000 汽车 A340F 自动变速器分解图 4

图 4-22 丰田霸道 4000 汽车 A340F 自动变速器分解图 (续)

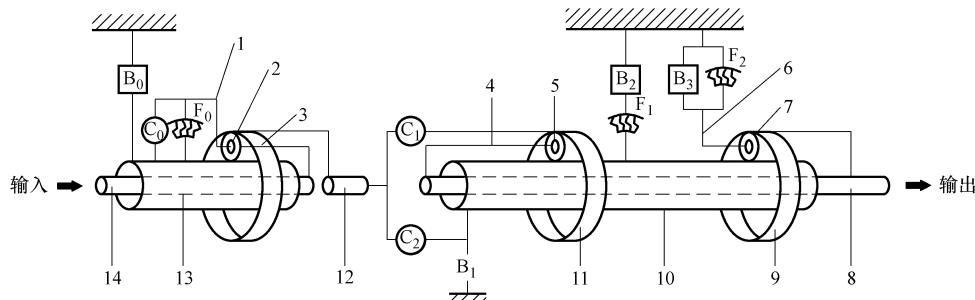


图 4-23 四档辛普森行星轮变速器的结构简图

1—超速 (O/D) 行星排行星架 2—超速 (O/D) 行星排行星轮 3—超速 (O/D) 行星排齿圈 4—前行星排行星架  
 5—前行星排行星轮 6—后行星排行星架 7—后行星排行星轮 8—输出轴 9—后行星排齿圈  
 10—前后行星排太阳轮 11—前行星排齿圈 12—中间轴 13—超速 (O/D) 行星排太阳轮 14—输入轴  
 C<sub>0</sub>—超速档 (O/D) 离合器 C<sub>1</sub>—前进档离合器 C<sub>2</sub>—直接档、倒档离合器 B<sub>0</sub>—超速档 (O/D) 制动器  
 B<sub>1</sub>—二档滑行制动器 B<sub>2</sub>—二档制动器 B<sub>3</sub>—低、倒档离合器 F<sub>0</sub>—超速档 (O/D) 单向离合器  
 F<sub>1</sub>—二档 (1号) 单向离合器 F<sub>2</sub>—低档 (2号) 单向离合器

档辛普森行星轮机构的基础上发展起来的，沿用了三档辛普森行星轮机构的命名。输入轴与超速行星排的行星架相连，超速行星排的齿圈与中间轴相连，中间轴通过前进档离合器或直接档、倒档离合器与前、后行星排相连。前、后行星排的结构特点是，共用一个太阳轮，前行星排的行星架与后行星排的齿圈相连并与输出轴相连。

换档执行机构包括三个离合器、四个制动器和三个单向离合器共十个元件。具体的功能和参数见表 4-2。

表 4-2 A340F 自动变速器行星轮部件换档执行元件的功能和参数

换档执行元件	功 能	数据名称	数 量
C <sub>0</sub> 超速档 (O/D) 离合器	连接超速行星排太阳轮与超速行星排行星架	盘片数量	2
C <sub>1</sub> 前进档离合器	连接中间轴与前行星排齿圈		6
C <sub>2</sub> 直接档、倒档离合器	连接中间轴与前后行星排太阳轮		4
B <sub>0</sub> 超速档 (O/D) 制动器	制动超速行星排太阳轮		5
B <sub>1</sub> 二档滑行制动器	制动前后行星排太阳轮	带宽/mm	40
B <sub>2</sub> 二档制动器	制动 F <sub>1</sub> 外座圈, 当 F <sub>1</sub> 也起作用时, 可以防止前后行星排太阳轮逆时针转动	盘片数量	5
B <sub>3</sub> 低、倒档离合器	制动后行星排行星架		7
F <sub>0</sub> 超速档 (O/D) 单向离合器	连接超速行星排太阳轮与超速行星排行星架		24
F <sub>1</sub> 二档 (1号) 单向离合器	当 B <sub>2</sub> 工作时, 防止前后行星排太阳轮逆时针转动		22
F <sub>2</sub> 低档 (2号) 单向离合器	防止后行星排行星架逆时针转动		28
前行星轮		太阳轮数	42
		行星小齿轮数	19
		齿圈数	79
后行星轮		太阳轮数	33
		行星小齿轮数	23
		齿圈数	79
O/D 行星轮		太阳轮数	33
		行星小齿轮数	23
		齿圈数	79

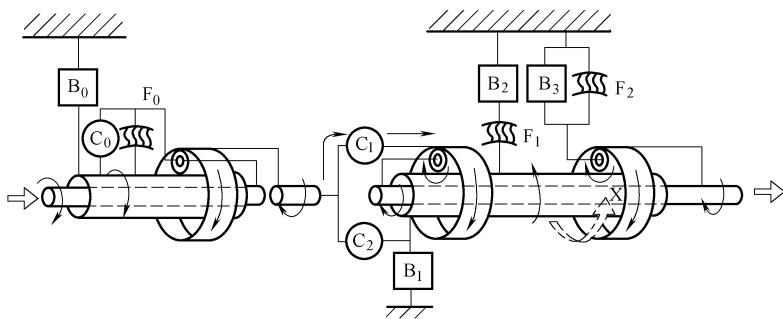
1) 四档辛普森行星轮变速器各档传动路线。在变速器各档位时，换档执行元件的动作情况见表 4-3。

表 4-3 各档位时换档执行元件的动作情况

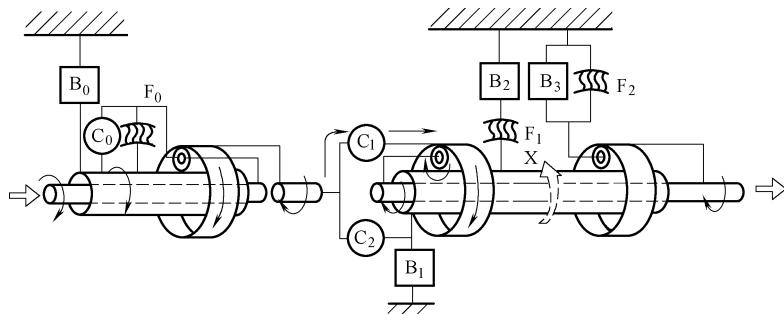
变速杆位置	档位	换档执行元件										发动机机制动
		C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	F <sub>0</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	
P	驻车档	○										
R	倒挡	○		○				○	○			
N	空挡	○										
D	一档	○	○						○		○	
	二档	○	○				○		○	○		
	三档	○	○	○			○		○			
	四档(O/D 档)		○	○	○		○					
2	一档	○	○						○		○	
	二档	○	○			○	○		○	○		○
	三档 *	○	○	○			○		○			○
L	一档	○	○					○	○		○	○
	二档 *	○	○			○	○		○	○		○

注：\*：只能降档不能升档；○：换档元件工作或有发动机机制动。

① D<sub>1</sub> 档：如图 4-24 所示，D<sub>1</sub> 档时，C<sub>0</sub>、C<sub>1</sub>、F<sub>0</sub>、F<sub>2</sub> 工作。C<sub>0</sub> 和 F<sub>0</sub> 工作将超速行星排的太阳轮和行星架相连，此时超速行星排成为一个刚性整体，输入轴的动力顺时针传到中间轴。C<sub>1</sub> 工作将中间轴与前行星排齿圈相连，前行星排齿圈顺时针转动驱动前行星排行星轮，前行星排行星轮即顺时针自转又顺时针公转，前行星排行星轮顺时针公转则输出轴也顺时针转动，这是一条动力传动路线。由于前行星排行星轮顺时针自转，则前后行星排太阳轮逆时针转动，再驱动后行星排行星轮顺时针自转，此时后行星排行星轮在前后行星排太阳轮的作用下有逆时针公转的趋势，但由于 F<sub>2</sub> 的作用，使后行星排行星架不动。这样顺时针转动的后行星排行星轮驱动齿圈顺时针转动，从输出轴也输出动力，这是第二条动力传动路线。

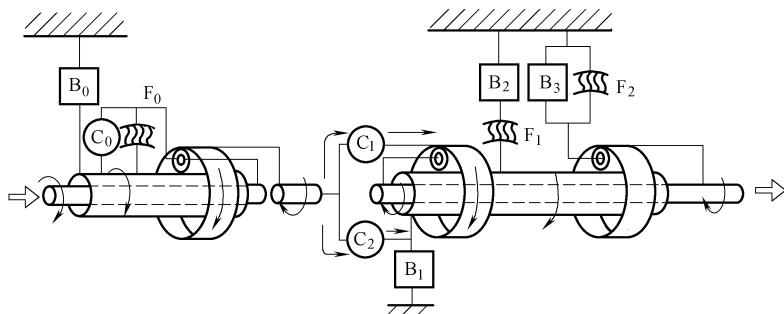
图 4-24 D<sub>1</sub> 档动力传动路线

② D<sub>2</sub> 档：如图 4-25 所示，D<sub>2</sub> 档时，C<sub>0</sub>、C<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、F<sub>0</sub>、F<sub>1</sub> 工作。C<sub>0</sub> 和 F<sub>0</sub> 工作如前所述直接将动力传给中间轴。C<sub>1</sub> 工作，动力顺时针传到前行星排齿圈，驱动前行星排行星轮

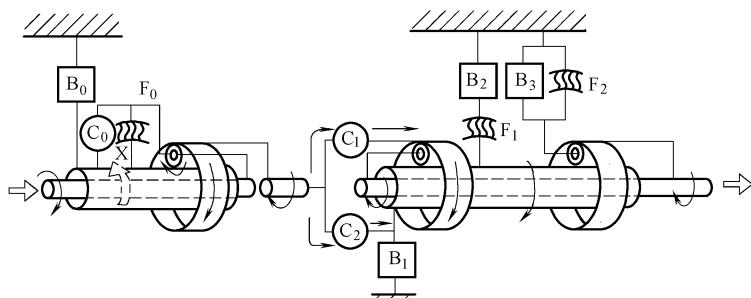
图 4-25 D<sub>2</sub> 档动力传动路线

顺时针转动，并使前后太阳轮有逆时针转动的趋势，由于 B<sub>2</sub> 的作用，F<sub>1</sub> 将防止前后太阳轮逆时针转动，即前后太阳轮不动。此时前行星排行星轮将带动行星架也顺时针转动，从输出轴输出动力。后行星排不参与动力的传动。

③ D<sub>3</sub> 档：如图 4-26 所示，D<sub>3</sub> 档时，C<sub>0</sub>、C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>、B<sub>2</sub>、F<sub>0</sub> 工作。C<sub>0</sub> 和 F<sub>0</sub> 工作如前所述直接将动力传给中间轴。C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub> 工作将中间轴与前行星排的齿圈和太阳轮同时连接起来，前行星排成为刚性整体，动力直接传给前行星排行星架，从输出轴输出动力。此档为直接档。

图 4-26 D<sub>3</sub> 档动力传动路线

④ D<sub>4</sub> 档：如图 4-27 所示，D<sub>4</sub> 档时，C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>、B<sub>0</sub>、B<sub>2</sub> 工作。B<sub>0</sub> 工作，将超速行星排太阳轮固定。动力由输入轴输入，带动超速行星排行星架顺时针转动，并驱动行星轮及齿圈都顺时针转动，此时的传动比小于 1。C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub> 工作使得前后行星排的工作同 D<sub>3</sub> 档，即处于

图 4-27 D<sub>4</sub> 档动力传动路线

直接档。所以整个机构以超速档传递动力。 $B_2$  的作用同前所述。

⑤  $2_1$  档:  $2_1$  档的工作与  $D_1$  档相同。

⑥  $2_2$  档: 如图 4-28 所示,  $2_2$  档时,  $C_0$ 、 $C_1$ 、 $B_1$ 、 $B_2$ 、 $F_0$ 、 $F_1$  工作。动力传动路线与  $D_2$  档时相同。区别只是由于  $B_1$  的工作, 使得  $2_2$  档有发动机制动, 而  $D_2$  档没有。此档为高速发动机制动档。

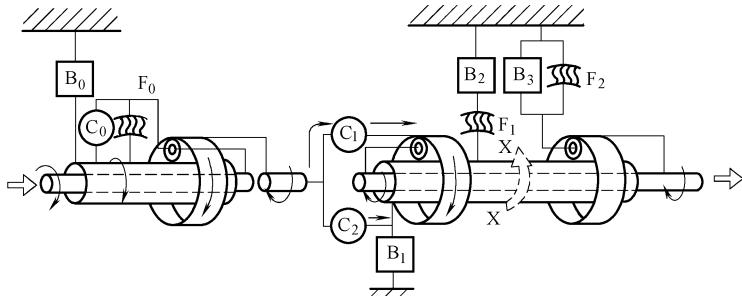


图 4-28  $2_2$  档动力传动路线

发动机制动是指利用发动机怠速时的较低转速以及变速器的较低档位来使速度较快的车辆减速。 $D_2$  档时, 如果驾驶人抬起加速踏板, 发动机进入怠速工况, 而汽车在原有的惯性作用下仍以较高的车速行驶。此时, 驱动车轮将通过变速器的输出轴反向带动行星轮机构运转, 各元件都将以相反的方向转动, 即前后太阳轮将有顺时针转动的趋势,  $F_1$  不起作用, 使得反传的动力不能到达发动机, 无法利用发动机进行制动。而在  $2_2$  档时,  $B_1$  工作使前后太阳轮固定, 既不能逆时针转动也不能顺时针转动, 这样反传的动力就可以传到发动机, 所以有发动机制动。

⑦  $2_3$  档:  $2_3$  档的工作与  $D_3$  档相同。

⑧  $L_1$  档: 如图 4-29 所示,  $L_1$  档时,  $C_0$ 、 $C_1$ 、 $B_3$ 、 $F_0$ 、 $F_2$  工作。动力传动路线与  $D_1$  档时相同。区别只是由于  $B_3$  的工作, 使后行星排行星架固定, 有发动机制动, 原因同前所述。此档为低速发动机制动档。

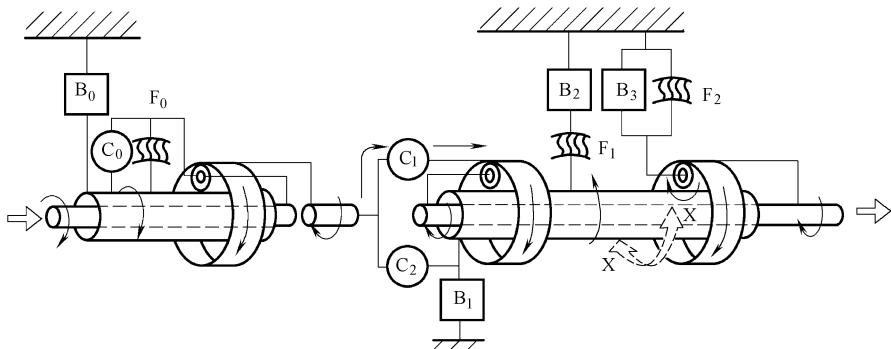


图 4-29  $L_1$  档动力传动路线

⑨  $L_2$  档:  $L_2$  档的工作与  $2_2$  档相同。

⑩ R 位: 如图 4-30 所示, 倒档时,  $C_0$ 、 $C_2$ 、 $B_3$ 、 $F_0$  工作。 $C_0$  和  $F_0$  工作如前所述直接

将动力传给中间轴。 $C_2$  工作将动力传给前后行星排太阳轮。由于  $B_3$  工作，将后行星排行星架固定，使得行星轮仅相当于一个惰轮。前后行星排太阳轮顺时针转动驱动后行星排行星架逆时针转动，进而驱动后行星排齿圈也逆时针转动，从输出轴逆时针输出动力。

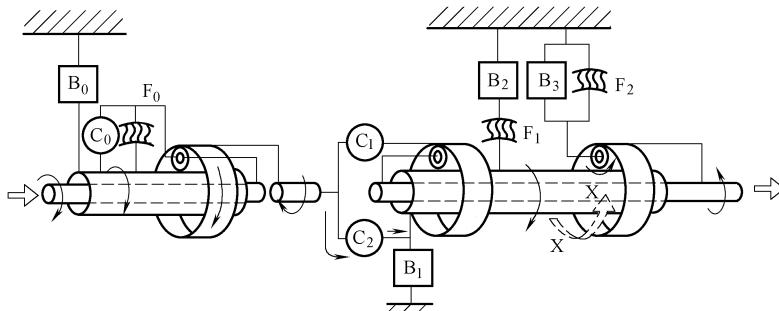


图 4-30 R 位动力传动路线

⑪ P 位 (驻车档): 变速杆置于 P 位时, 一般自动变速器都是通过驻车锁止机构将变速器输出轴锁止实现驻车, 如图 4-31 所示, 驻车锁止机构由输出轴外齿圈、锁止棘爪、锁止凸轮等组成。锁止棘爪与固定在变速器壳体上的枢轴相连。当变速杆处于 P 位时, 与变速杆相连的手动阀通过锁止凸轮将锁止棘爪推向输出轴外齿圈, 并嵌入齿中, 使变速器输出轴与壳体相连而无法转动, 如图 4-31a 所示。当变速杆处于其他位置时, 锁止凸轮退回, 锁止棘爪在回位弹簧的作用离开输出轴外齿圈, 锁止撤消, 如图 4-31b 所示。

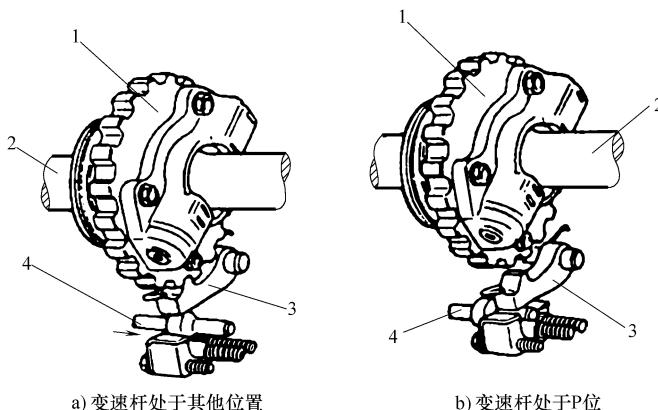


图 4-31 驻车锁止机构

1—输出轴外齿圈 2—输出轴 3—锁止棘爪 4—锁止凸轮

2) 几点说明: 通过分析各档位换档执行元件的工作情况及各档位的动力传动路线, 可以得出以下结论。

- a. 如果  $C_1$  故障，则自动变速器没有前进档，即将变速杆置于 D 位、2 位或 L 位时车辆都无法起步行驶。但对于倒档没有影响。
  - b. 如果  $C_2$  故障，则自动变速器没有三档，倒档也将没有。
  - c. 如果  $B_2$  或  $F_1$  故障，则自动变速器没有  $D_2$  档，但对于  $2_2$  档没有影响。
  - d. 如果  $B_3$  故障，则自动变速器没有倒档。

e. 如果  $F_0$  故障，则自动变速器三档升四档时会产生换档冲击。这是由于三档升四档时，相当于由  $C_0$  切换到  $B_0$ ，但  $C_0$ 、 $B_0$  有可能同时不工作。此时负载的作用将使超速行星排的齿圈不动，如果没有  $F_0$ ，在行星架的驱动下太阳轮将顺时针超速转动，当  $B_0$  工作时产生换档冲击。

f. 如果  $F_2$  故障，则自动变速器没有  $D_1$  档和  $2_1$  档，但对于  $L_1$  档没有影响。

g. 换档时，单向离合器是自动参与工作的，所以只考虑离合器和制动器的工作即可。

$D_1$  档升  $D_2$  档时  $B_2$  工作， $D_2$  升  $D_3$  档时  $C_2$  工作， $D_3$  和  $D_4$  互换，相当于  $C_0$  和  $B_0$  互换。

h. 如果某档位的动力传动路线上有单向离合器工作，则该档位没有发动机制动。

装备 2UZ-FE 发动机的陆地巡洋舰汽车采用 A750F 自动变速器，车辆的燃油经济性和驾驶性能得到进一步改善，制动器、离合器和各齿轮剖视图如图 4-32 所示。行星轮组各组件连接简图如图 4-33 所示，A750F 自动变速器参数见表 4-4，制动器、离合器和齿数见表 4-5。各组件功能见表 4-6。动力传输见表 4-7。各档位动力传输原理：1 档齿轮（ $D$ 、4、3 或 2 档）动力传输原理如图 4-34；2 档齿轮（ $D$ 、4 或 3 档）动力传输原理如图 4-35；3 档齿

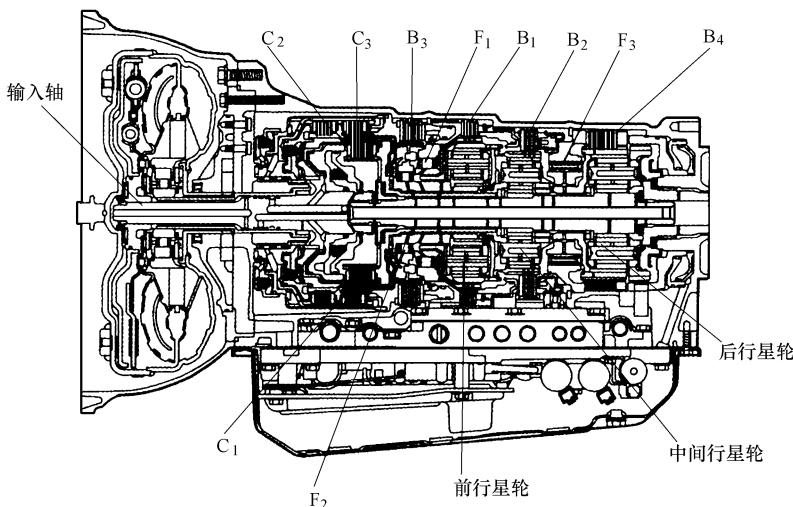


图 4-32 制动器、离合器和各齿轮剖视图

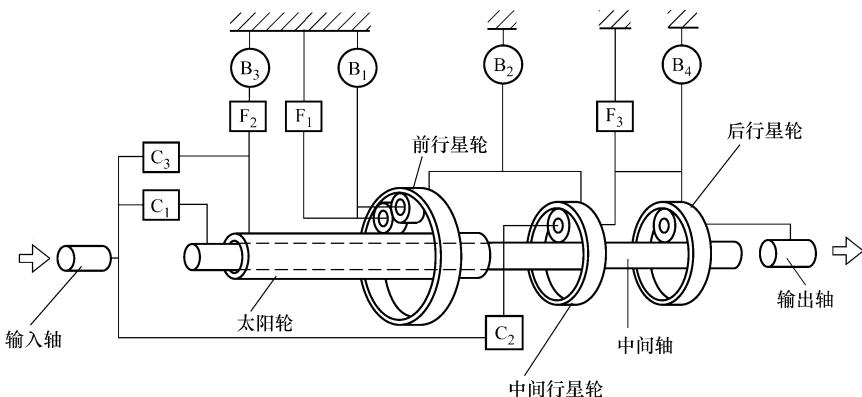


图 4-33 行星轮组各组件连接简图

轮 (D 或 4 档) 动力传输原理如图 4-36; 4 档齿轮 (D 或 4 档) 动力传输原理如图 4-37; 5 档齿轮 (D 档) 动力传输原理见图 4-38; 1 档齿轮 (L 档) 动力传输原理如图 4-39; 2 档齿轮 (2 档) 动力传输原理见图 4-40; 3 档齿轮 (3 档) 动力传输原理见图 4-41; R 位齿轮 (R 位) 动力传输原理见图 4-42。

表 4-4 A750F 自动变速器参数

变速器型号		发动机型号	变速器油容积/L	变速器油型号	净重/kg
A750F		2UZ-FE	10.8	T-IW	79.9
齿轮传动比	1 档	3.520			
	2 档	2.042			
	3 档	1.400			
	4 档	1.000			
	5 档	0.716			
	倒档	3.224			

表 4-5 制动器、离合器和齿数

型 号		A750F 型 A/T
		2UZ-FE 型发动机
C <sub>1</sub>	1 号离合器	6
C <sub>2</sub>	2 号离合器	5
C <sub>3</sub>	3 号离合器	5
B <sub>1</sub>	1 号制动器	3
B <sub>2</sub>	2 号制动器	3
B <sub>3</sub>	3 号制动器	4
B <sub>4</sub>	4 号制动器	8
F <sub>1</sub>	1 号单向离合器	24
F <sub>2</sub>	2 号单向离合器	25
F <sub>3</sub>	3 号单向离合器	26
前行星轮		太阳轮齿数
		40
		行星小齿轮数
		21
		22
中间行星轮		齿圈齿数
		91
		太阳轮齿数
		31
后行星轮		行星小齿轮齿数
		23
		齿圈齿数
后行星轮		77
		太阳轮齿数
		25
后行星轮		行星小齿轮齿数
		19
后行星轮		齿圈齿数
		63

表 4-6 各组件功能

组 件			功 能														
C <sub>1</sub>	1号离合器		连接输入轴和中间轴														
C <sub>2</sub>	2号离合器		连接输入轴和中间行星轮架														
C <sub>3</sub>	3号离合器		连接输入轴和前太阳轮														
B <sub>1</sub>	1号制动器		阻止前行星轮架顺时针或逆时针转动														
B <sub>2</sub>	2号制动器		阻止前/中齿圈顺时针或逆时针转动														
B <sub>3</sub>	3号制动器		阻止 F <sub>2</sub> 外齿圈顺时针或逆时针空转														
B <sub>4</sub>	4号制动器		阻止后齿圈顺时针或逆时针转动														
F <sub>1</sub>	1号单向离合器		阻止前行星轮架逆时针转动														
F <sub>2</sub>	2号单向离合器		B <sub>3</sub> 工作时, 阻止行星太阳轮逆时针转动														
F <sub>3</sub>	3号单向离合器		阻止中间行星轮架和后齿圈逆时针转动														
行星轮			行星轮根据各离合器和制动器的工作情况, 改变驱动力的传递路线, 达到提高或降低输入和输出速度的目的														

表 4-7 动力传输

变速杆位置	档位	电磁阀						离合器			制动器				单向离合器		
		S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	SR	SL <sub>1</sub>	SL <sub>2</sub>	SLU	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>
P	停车档	ON					ON										
R	倒档	ON					ON				○	○			○	○	
N	空档	ON					ON										
D	1 档	ON					ON		○								○
	2 档	ON	ON				ON		○						○	○	
	3 档		ON				ON		○		○		●		○		
	4 档						ON	ON	○	○	●		●				
	5 档			ON	ON		ON		○	○	○	●					
4	1 档	ON					ON		○								○
	2 档	ON	ON				ON		○				○		○	○	
	3 档		ON				ON		○				●		○		
	4 档						ON	ON	○	○	●		●				
3	1 档	ON					ON		○								○
	2 档	ON	ON				ON		○				○		○	○	
	3 档※		ON						○		○	○	●				
2	1 档	ON					ON		○								○
	2 档※	ON	ON	ON					○				○	○			
L	1 档※	ON							○					○			

○：表示工作；●：表示工作但不传递动力；※：表示发动机制动。

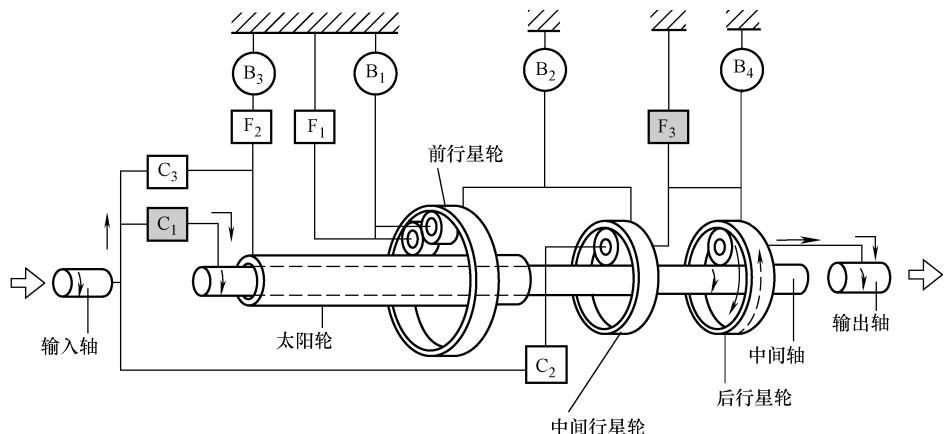


图 4-34 1 档齿轮 (D、4、3 或 2 档) 动力传输原理 ( $C_1$  和  $F_3$  工作)

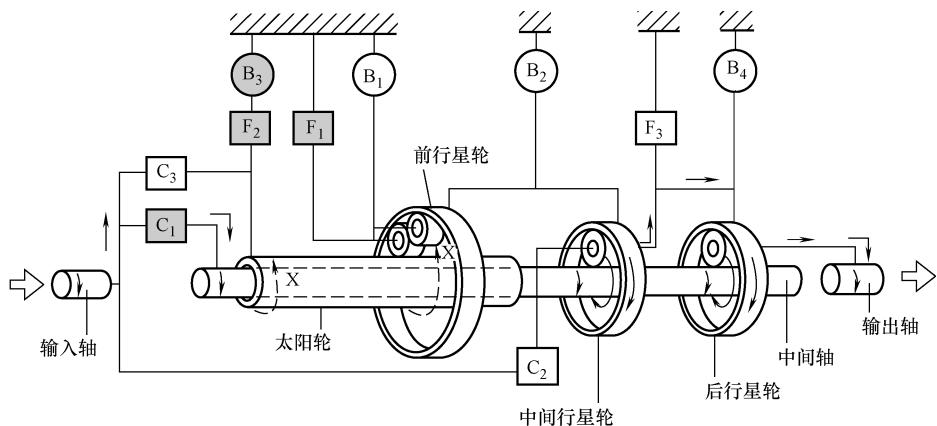


图 4-35 2 档齿轮 (D、4 或 3 档) 动力传输原理 ( $C_1$ 、 $F_1$ 、 $F_2$  和  $B_3$  工作)

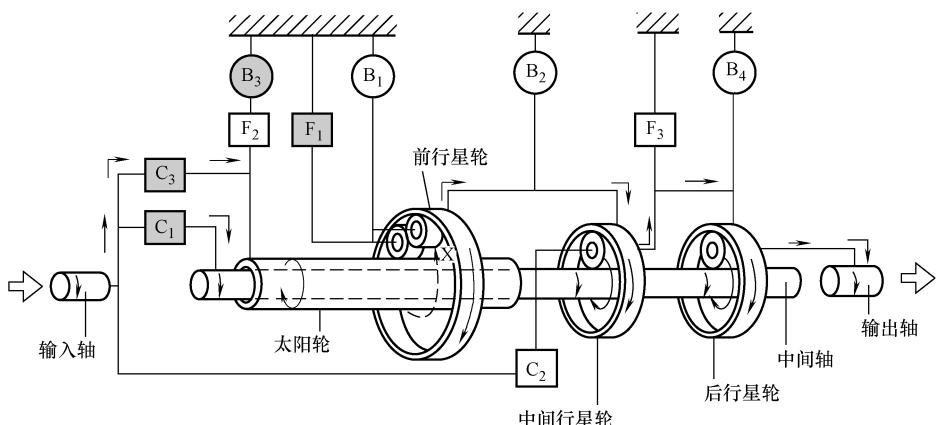
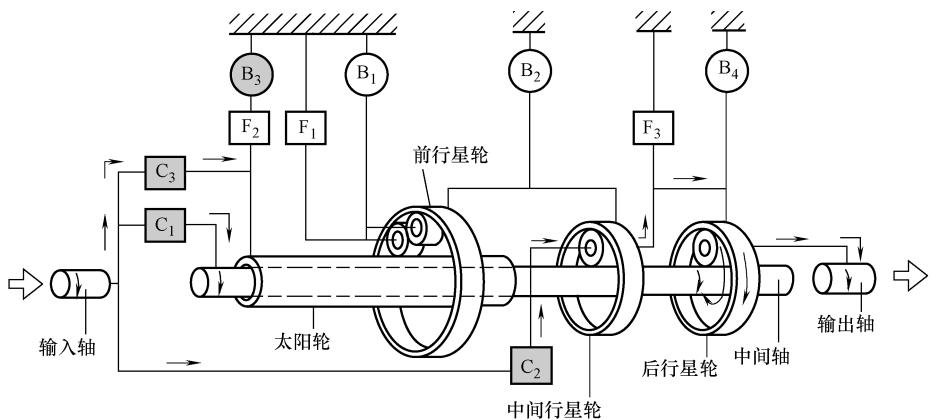
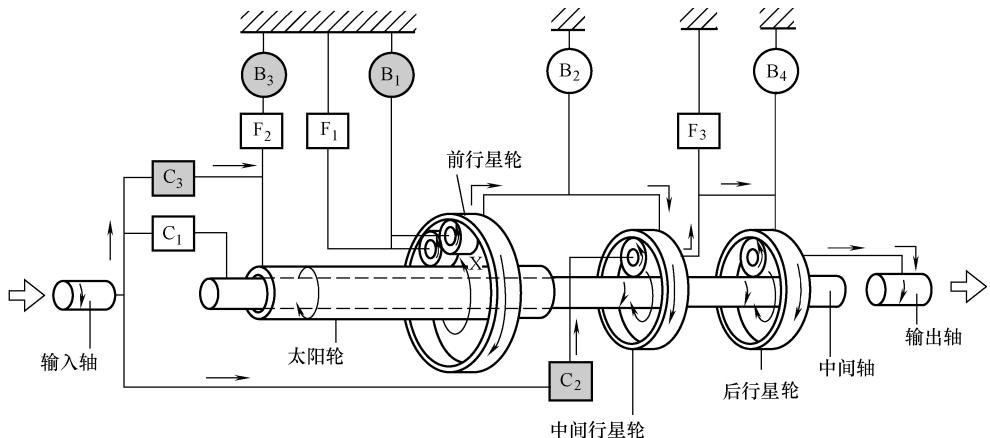
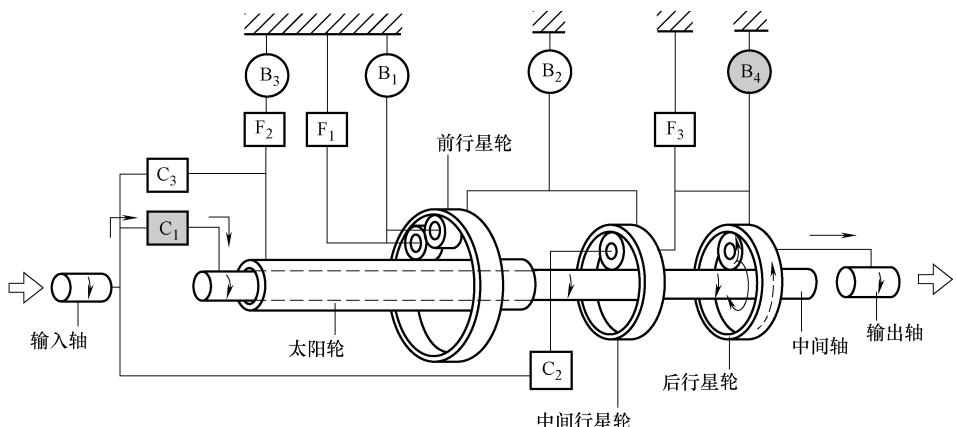
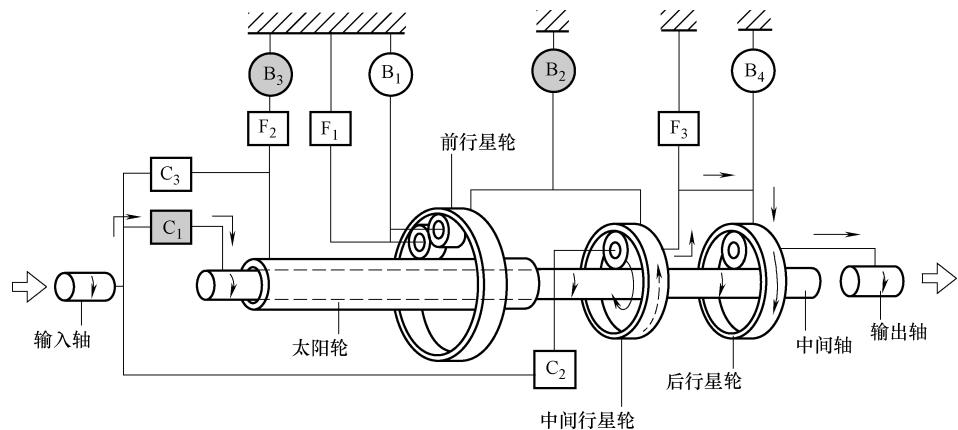
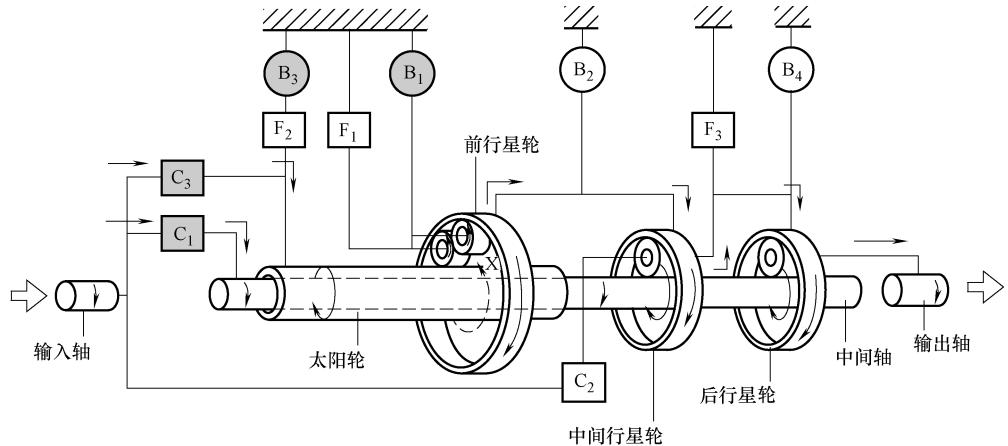
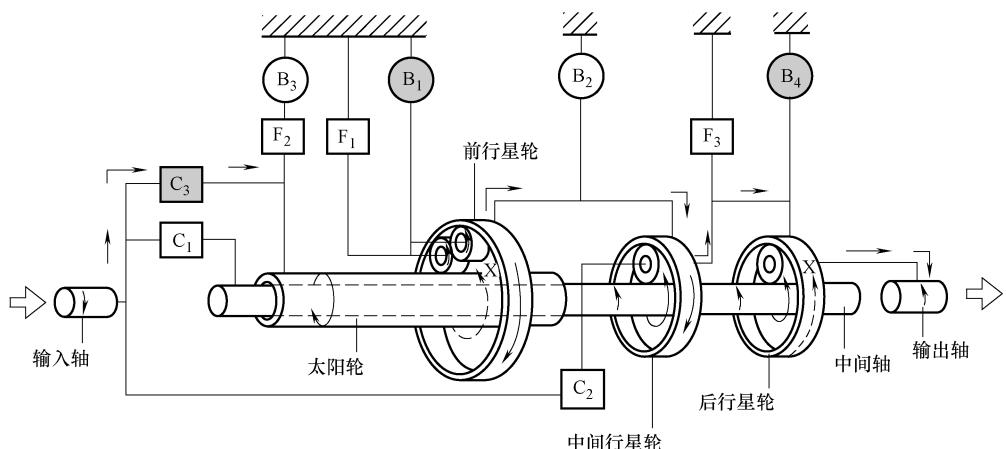


图 4-36 3 档齿轮 (D 或 4 档) 动力传输原理 ( $C_1$ 、 $C_3$ 、 $F_1$  和  $B_3$  工作)

图 4-37 4 档齿轮 (D 位或 4 档) 动力传输原理 ( $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$  和  $B_3$  工作)图 4-38 5 档齿轮 (D 位) 动力传输原理 ( $C_2$ 、 $C_3$ 、 $B_1$  和  $B_3$  工作)图 4-39 1 档齿轮 (L 位) 动力传输原理 ( $C_1$  和  $B_4$  工作)

图 4-40 2 档齿轮 (2 档) 动力传输原理 ( $C_1$ 、 $B_2$ 、 $B_3$  工作)图 4-41 3 档齿轮 (3 档) 动力传输原理 ( $C_1$ 、 $C_2$ 、 $B_1$ 、 $B_3$  工作)图 4-42 R 位齿轮 (R 位) 动力传输原理 ( $C_3$ 、 $F_1$ 、 $B_1$  和  $B_4$  工作)

### 3) 拉维娜 (Ravigneaux) 式行星轮机构

机构：图 4-43 所示为拉维娜式行星轮机构的结构。它的特点是两排行星轮机构共用一个齿圈 3 和一个行星架 4。行星架上的长行星轮 2 与前排行星轮机构的大太阳轮 8 喷合，同时还与后排行星轮机构的短行星轮 5 相啮合。短行星轮还与小太阳轮 7 喷合。它可从组成 3 个前进档和 1 个倒档的行星轮变速器。

拉维娜式行星轮机构的结构紧凑，所用构件少，且由于相互喷合的齿较多，故可传递较大的转矩。但与辛普森式相比较，其结构较复杂，传动效率略低。正因

为其结构有特点，所以在许多轿车的自动变速器中，也有不少采用这种结构形式的，例如，帕萨特、捷达王都市先锋及宝来轿车等。

## 二、液力机械自动变速器的几种结构形式

### 1. 液力变矩器与行星轮变速器组成的液力机械自动变速器

下面以宝来 (BORA) 轿车的 01M 自动变速器为例予以介绍。捷达王都市先锋轿车采用的自动变速器与此完全相同。

01M 型自动变速器是采用一个带锁止离合器的单级双相三元件的液力变矩器与可自动换档的拉维娜式行星轮机构组成的液力机械变速器，如图 4-44 所示。行星轮变速器的第一

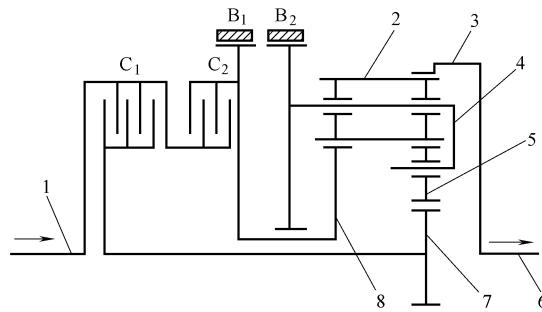


图 4-43 拉维娜式行星轮机构

1—输入轴 2—长行星轮 3—齿圈 4—行星架 5—短行星轮 6—输出轴 7—小太阳轮 8—大太阳轮  
C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>—离合器 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>—制动器

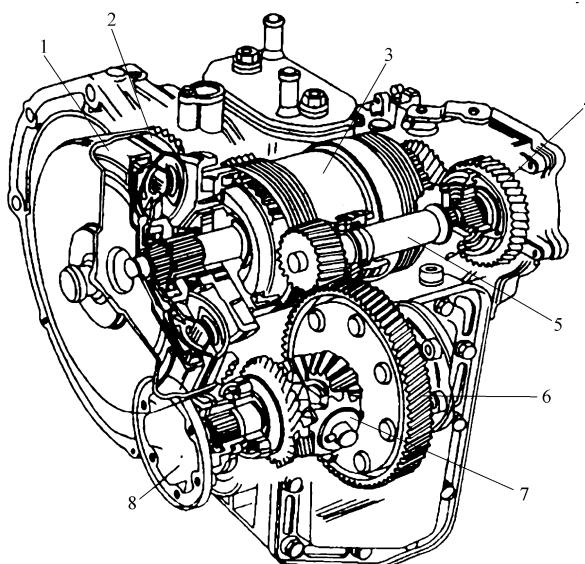


图 4-44 宝来轿车的 01M 型自动变速器的构造

1—锁止离合器 2—液力变矩器 3—行星轮变速器 4—惰轮 5—惰轮轴  
6—主减速器 7—差速器 8—凸缘盘

轴（涡轮轴）通过花键与变矩器的涡轮相连接。与行星轮变速器齿圈相连接的齿轮与惰轮4相啮合。行星轮变速器输出的动力经惰轮和惰轮轴5传给主减速器6和差速器7。最后通过凸缘盘8将动力传给两半轴和前轮。

当锁止离合器1处于锁止状态时，液力变矩器不起作用，整个液力传动系统成为一个机械整体，则曲轴直接将动力传给行星轮变速器。其变速传动部分工作原理如图4-45所示。

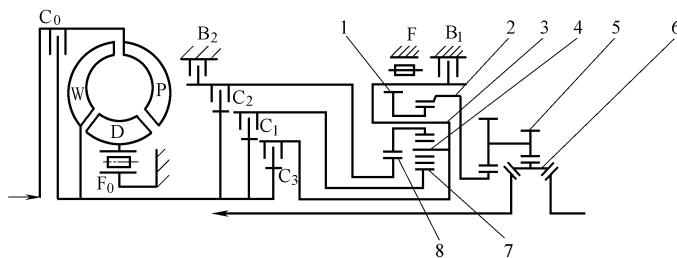


图4-45 01M型自动变速器传动部分

1—长行星轮 2—齿圈 3—行星架 4—短行星轮 5—主减速器 6—差速器 7—小太阳轮 8—大太阳轮  
P—泵轮 W—涡轮 D—导轮 C<sub>1</sub>—前进档离合器 C<sub>2</sub>—倒档离合器 C<sub>3</sub>—直接档离合器 C<sub>0</sub>—锁止离合器  
F<sub>0</sub>—导轮单向离合器 F—行星架单向离合器 B<sub>1</sub>—倒档制动器 B<sub>2</sub>—2、4档制动器

该变速器共有7个档位，如图4-46所示，4个前进档D（D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub>、D<sub>3</sub>、D<sub>4</sub>），1个倒档（R）、1个空档（N）、1个驻车档（P）。各档动力传递路线如图4-47所示。



图4-46 01M自动变速器7个档位

一档如图4-47a所示，离合器C<sub>1</sub>接合，单向离合器F工作，阻止行星架逆时针转动。其动力传递路线为：泵轮→涡轮→涡轮轴→离合器C<sub>1</sub>→小太阳轮7→短行星轮4→长行星轮1→驱动齿圈2输出。行星轮变速器该档的传动比*i*约为2.71。

二档如图4-47b所示，离合器C<sub>1</sub>接合，制动器B<sub>2</sub>制动大太阳轮8。其动力传递路线为：泵轮→涡轮→涡轮轴→离合器C<sub>1</sub>→小太阳轮7→短行星轮4→长行星轮1围绕不动的大太阳轮8公转并驱动齿圈2输出。行星轮变速器该档的传动比*i*约为1.44。

三档（直接档）如图4-47c所示，锁止离合器C<sub>0</sub>接合，液力变矩器锁死，离合器C<sub>1</sub>和C<sub>3</sub>接合，使行星轮副被锁止，则该系统成为一个整体转动。其动力传递路线为：泵轮→锁

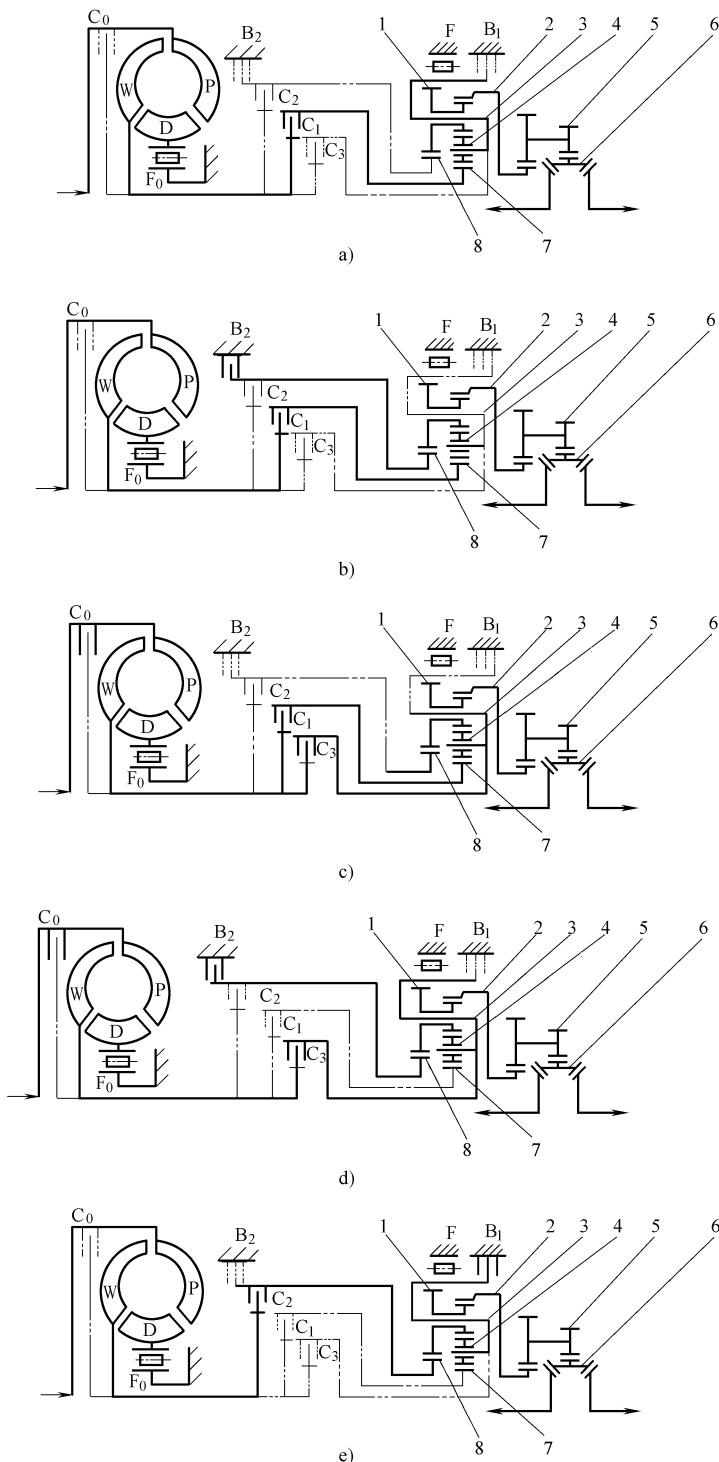


图 4-47 01M 型自动变速器各档传动路线

1—长行星轮 2—齿圈 3—行星架 4—短行星轮 5—主减速器 6—差速器 7—小太阳轮 8—大太阳轮

W—涡轮 D—导轮 C<sub>1</sub>—前进档离合器 C<sub>2</sub>—倒档离合器 C<sub>3</sub>—直接档离合器 C<sub>0</sub>—锁止离合器F<sub>0</sub>—导轮单向离合器 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>—换档制动器

止离合器  $C_0$ →离合器  $C_1$  和  $C_3$ →整个行星轮副转动。其传动比  $i$  为 1。

四档（超速档）如图 4-47d 所示，锁止离合器  $C_0$  锁止，离合器  $C_0$  接合，制动器  $B_2$  工作。其动力传递路线为：泵轮→锁止离合器  $C_0$ →离合器  $C_3$ →行星架 3→长行星轮绕大太阳轮旋转，并驱动齿圈，形成超速档。其传动比  $i$  约为 0.74。

倒档（R 位）如图 4-47e 所示，变速器置于“R”档位置，倒档离合器  $C_2$  接合，驱动大太阳轮转动。制动器  $B_1$  工作，使行星架制动。其动力传递路线为：泵轮→涡轮→涡轮轴→离合器  $C_2$ →大太阳轮→长行星轮反向驱动齿圈，形成倒档。其传动比  $i$  约为 2.88。

空档（N 位）各换档离合器、制动器均处于不工作状态，此时行星轮机构各元件也不受约束而可以自由转动，故行星轮机构不传递动力，即处于空档（N 位）位置。在点火开关打开状态下，车辆静止或车速低于 5km/h 时，挂入该档后，变速杆会被锁止电磁铁锁止。若想退出该档，须踩下制动踏板，同时按下手柄按钮方可退出，在车速高于 5km/h 时，只需按下手柄按钮即可将变速杆挂入或退出空档（N 位）。

驻车档（P 位），只有在车辆安全停稳时，才可挂入该档。挂入该档后，驱动车轮被机械装置锁止。若想将变速杆退出此档位，须踏下制动踏板并按下变速杆手柄上的按钮。

上述行星轮变速器各档的传动比  $i$  是按行星轮机构一般运动规律的特性方程式而算出的。

液力机械变速器的总传动比（指行星轮变速器第二轴输出转矩与泵轮转矩之比）为液力变矩器的变矩系数  $K$  与齿轮变速器传动比  $i$  的乘积。其中变矩系数  $K$  的变化是无级的，而齿轮变速器传动比  $i$  的变化则是有级的。二者配合工作，则使液力机械变速器在几个区段范围内无级变速，故称为部分无级变速器。

液力机械自动变速器中变矩器的工作油液、液压操纵系统的工作油液以及行星轮变速器的润滑油液都是专用的液力传动油，由同一油泵供给。油泵由变矩器泵轮轮毂驱动。

为了使变矩器内油液在最有利的温度范围内（80℃）工作，变矩器内一部分高温油流到置于发动机散热器下储水箱内的专用管式冷却器中进行冷却，冷却后的油液又经过细滤器并由后盖流入变速器作为润滑油，然后回到变速器的油底壳冷却器位于发动机散热器下储水箱之中，所以油液不仅得到必要的冷却，而且在发动机起动后的预热过程中也能得到预热，使其粘度减小，以提高变矩器的效率。

轿车自动变速器的变速杆通常有 6 个位置，如图 4-48 所示。其功能如下：

P 位：驻车档，变速杆置于此位置时，驻车锁止机构将自动变速器输出轴锁止；

R 位：倒档，变速杆置于此位置时，液压系统倒档油路被接通，驱动轮反转，实现倒向行驶；

N 位：空档，变速杆置于此位置时，所有机械变速器的齿轮机构空转，不能输出动力；

D 位：前进档，变速杆置于此位置时，液压系统控制装置根据节气门开度信号和车速信号自动接通相应的前进档油路，行星轮变速器在换档执行元件的控制下得到相应的传动比，随着行驶条件的变化，在前进档

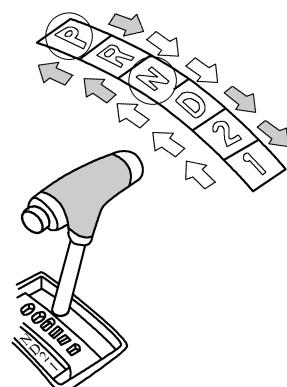


图 4-48 自动变速器变速杆位置

中自动升降档，实现自动变速功能；

2位：高速发动机机制动档，变速杆置于此位置时，液压控制系统只能接通前进档中的一、二档油路，自动变速器只能在这两个档位间自动换档，无法升入更高的档位，从而使汽车获得发动机机制动效果；

L位（也称1位）：低速发动机机制动档，变速杆置于此位置时，汽车被锁定在前进档的一档，只能在该档位行驶而无法升入高档，发动机机制动效果更强。

发动机只有在变速杆置于N或P位时，汽车才能起动，此功能靠空档起动开关来实现。

常见的变速杆的位置可布置在转向柱上或驾驶室地板上，如图4-49所示。

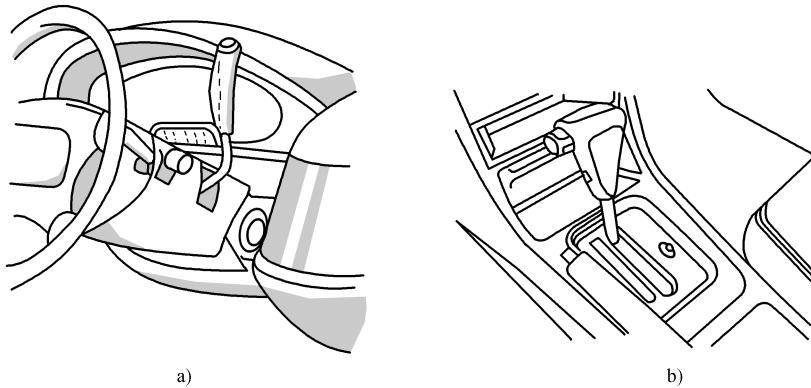


图4-49 变速杆的位置

a) 布置在转向柱上 b) 布置在驾驶室地板上

## 2. 液力变矩器与固定轴线式齿轮变速器组成的液力机械自动变速器

图4-50所示为广州本田轿车采用的MAXA型自动变速器。该变速器是由带锁止离合器的液力变矩器和固定轴线式的常啮斜齿轮机械变速器以及液压控制系统和电子控制系统四部分组成。液力变矩器是带锁止离合器的单级双相三元件综合式液力变矩器。变矩器壳与泵轮P连成一体，且与发动机曲轴相连。环绕壳体外部的是一个供起动发动机用的齿圈，整个变矩器起着飞轮的作用。齿轮变速器有三根平行轴：第一轴、第二轴和中间轴。第一轴前端用花键与液力变矩器的涡轮W相连，其上面安装着三档、四档、倒档齿轮和三档、四档离合器。第二轴上安装着一档固定离合器和一、二、三、四档及倒档齿轮。第二轴上与第一轴上的对应齿轮常啮合。中间轴上安装有一、二档齿轮和一、二档离合器。中间轴上的齿轮与第二轴上的对应齿轮常啮合。三根轴上各安装有惰轮9、12、17。

该自动变速器共有5个换档离合器和1个单向离合器。各档位的变换是利用液压驱动离合器中的活塞压紧主、从动摩擦片以传递动力的。

广州本田轿车的MAXA型自动变速器也是有4个前进档、1个倒车档，1个驻车档和1个空档。各档动力传递路线如下：

一档：液力变矩器30→第一轴10→第一轴惰轮9→第二轴惰轮12→中间轴惰轮17→中间轴16→一档固定离合器27→中间轴一档齿轮25→第二轴一档齿轮1→单向离合器26→第二轴14→主减速器齿轮副28。

二档：液力变矩器30→第一轴10→第一轴惰轮9→第二轴惰轮12→中间轴惰轮17→中间轴16→二档离合器23→中间轴二档齿轮18→第二轴二档齿轮→主减速器齿轮副28。

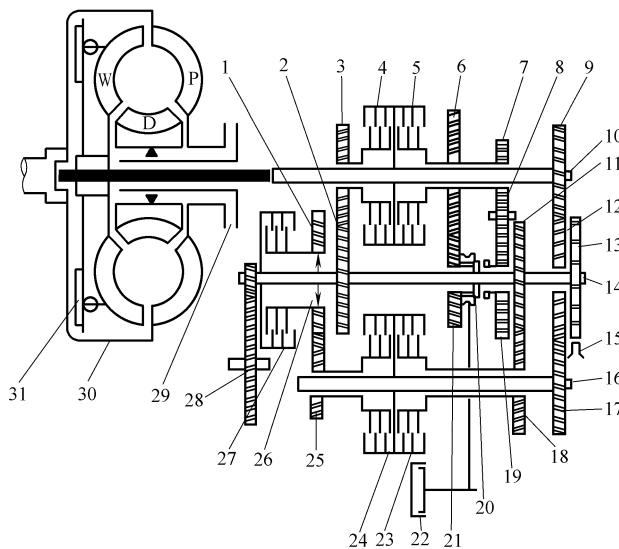


图 4-50 本田轿车的 MAXA 型自动变速器

1—第二轴一档齿轮 2—第二轴三档齿轮 3—第一轴三档齿轮 4—三档离合器 5—四档离合器 6—第一轴四档齿轮 7—第一轴倒档齿轮 8—倒档惰轮 9—第一轴惰轮 10—第一轴 11—第二轴二档齿轮 12—第二轴惰轮 13—驻车档齿轮 14—第二轴 15—驻车锁销 16—中间轴 17—中间轴惰轮 18—中间轴二档齿轮 19—第二轴倒档齿轮 20—倒档啮合套 21—第二轴四档齿轮 22—伺服阀 23—二档离合器 24—一档离合器 25—中间轴一档齿轮 26—单向离合器 27—一档固定离合器 28—主减速齿轮副 29—油泵 30—液力变矩器 31—锁止离合器 P—泵轮 W—涡轮 D—导轮

**三档：**液力变矩器 30→第一轴 10→三档离合器 4→第一轴三档齿轮 3→第二轴三档齿轮 2→第二轴 14→主减速器齿轮副 28。

**四档：**液力变矩器 30→第一轴 10→四档离合器 5→第一轴四档齿轮 6→第二轴四档齿轮 21→第二轴 14→主减速器齿轮副 28。

**倒车档：**液力变矩器 30→第一轴 10→四档离合器 5→第一轴倒档齿轮 7→倒档惰轮 8→第二轴倒档齿轮 19→倒档啮合套 20→第二轴 14→主减速器齿轮副 28。

**空档：**液力变矩器→第一轴。此时，液压油不作用在离合器上，动力不能传递到第二轴上。

**驻车档：**各离合器不接合，动力不能传递到第二轴。第二轴上的驻车档齿轮 13 被驻车锁销 15 锁止。

单向离合器的作用是：当动力由中间轴 16 上的一档齿轮 25 传递给第二轴上的齿轮 1 时，单向离合器处于锁止状态，可传递动力。反之，单向离合器处于自由状态，不传递动力。

液力机械自动变速器因使用操纵离合器换档，故不存在齿轮冲击问题，所以齿轮变速器在同液力变矩器配合工作情况下，不需要保留摩擦式主离合器。

## 第四节 自动变速器的操纵系统

自动变速器的操纵是自动操纵系统。所谓自动操纵是指汽车前进行驶过程中，驾驶人按

行驶需要控制加速踏板，变速器即可根据发动机负荷和汽车速度的变化，自动地换入不同挡位工作。自动操纵可使驾驶操作大为简化轻便，有利于安全行驶，并使换档过程中速度变化平顺，从而提高了汽车的加速性和舒适性。因此，虽然自动操纵系统结构复杂，工艺要求高，但目前在国外的轿车上已得到比较普遍地应用。

自动变速器的操纵系统可分为液控式（全液压）操纵系统和电控式操纵系统两种。

### 一、自动变速器的液控式（全液压）操纵系统

自动变速器的液控式操纵系统是由动力源（供油系统）、执行装置、控制装置和换档品质控制装置以及滤清冷却系统等组成。

#### 1. 动力源（供油系统）

(1) 自动变速器油（简称 ATF） 自动变速器油（ATF）是含有多种特殊添加剂的混合油液。自动变速器油应具有很好的流动性和改善系统内部摩擦所需要的润滑性能，并保证油液具有耐久性和其他一些综合性能。

自动变速器油分为通用型和专用型两大类。通用型油可适用于大部分车型，例如，GM 制定的标准的 DEXRON-II 油。而专用型油是汽车生产厂商指定使用的某一品牌规定型号的专用油，例如宝马（BMW）、奔驰（BENZ）、奥迪（AUDI）等车型的五速电控自动变速器均要求使用专用油。

(2) 液压泵 液压泵可以采用内啮合的齿轮泵或转子泵，其结构和工作原理同发动机润滑系统中的机油泵。液压泵除了向控制装置、执行装置供应压力油以实现换档外，还向液力变矩器供应工作油液，向行星轮变速器供应润滑油。液压泵的排量取决于变矩器尺寸及执行机构工作缸尺寸和数目以及油路的繁简，轿车的液压泵常用排量范围为  $10 \sim 20\text{L}/(1000\text{r}/\text{min})$ 。

1) 功用：油泵是液压控制系统的动力源，其功用是产生一定压力和流量的 ATF，供给液力变矩器、液压控制系统和行星轮机构。

2) 结构和工作原理：常见的油泵为内啮合齿轮泵，其结构原理如图 4-51 所示。主要由主动齿轮、从动齿轮、月牙板、壳体等组成。主动齿轮为外齿轮，从动齿轮为内齿轮，在壳体上有一个月牙板，把主、从动齿轮不啮合的部分隔开，并形成两个工作腔，分别为进油腔和出油腔。进油腔与泵体上的进油口相通，出油腔与泵体上的出油口相通。主动齿轮内径

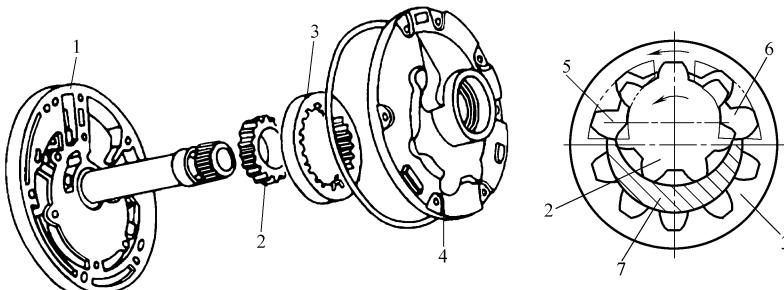


图 4-51 内啮合齿轮泵的结构原理

1—泵盖 2—主动齿轮 3—从动齿轮 4—壳体 5—进油腔 6—出油腔 7—月牙板

上有两个对称的凸键，与液力变矩器后端油泵驱动毂的键槽或平面相配合。因此，只要发动机转动，油泵便转动并开始供油。

油泵在工作过程中，主动齿轮带动从动齿轮转动，在齿轮脱离啮合的一端（进油腔），容积不断变大，产生真空吸力，把 ATF 从油底壳经滤网吸入油泵。在齿轮进入啮合的一端（出油腔），容积不断减小，油压升高，把 ATF 从出油腔挤压出去。这样，油泵不断地运转，就形成了具有一定压力的油液，供给自动变速器工作。

这种油泵要求具有严格的加工制造精度。因为齿轮之间、齿轮与泵体之间，过大的磨损和间隙会导致油泵的性能下降，油压过低。而油压对于自动变速器的正常工作是非常重要的。

## 2. 执行装置

执行装置包括换档离合器、换档制动器和单向离合器等。控制装置根据汽车不同行驶条件，分别在执行装置中建立或卸除油压，从而得到自动变速器的不同档位。

(1) 换档离合器 图 4-52 所示为湿式多片换档离合器，宝来、捷达王轿车均采用此种结构形式的离合器作为换档执行装置。这种换档离合器因其位于变速器内部，径向尺寸受到严格限制，而传递的转矩又很大，故做成多片式的。主动片 10 和从动片 9 各有 6 片钢片。在主动片 10 的两面烧结有铜基粉末冶金的摩擦材料，与从动钢片组成钢—粉末冶金摩擦副。近年来，国外有以纸质浸树脂的材料取代铜基粉末冶金材料的趋势，因为前者的动摩擦因数大于静摩擦因数。为保证其柔和接合和散热，离合器的摩擦片都浸在油液中工作，因而称为湿式离合器。

离合器以花键毂 3 的内花键与变速器第一轴（涡轮轴）连接。环形主动片 10 以内花键与花键毂 3 的外花键连接，并可轴向移动。从动片 9 的外边缘有 8 个渐开线形键齿与离合器鼓 1 内相应的键槽配合，也可做轴向移动。松套在第一轴（涡轮轴）上的凸缘盘 2 与离合器鼓也用同样方法连接。因而离合器主动片 10 与第一轴（涡轮轴）相连，从动片 9 则与凸缘盘 2 相连。凸缘盘通过与行星轮机构的不同元件相连接，可得到不同档位。例如，在宝来轿车的自动变速器中有 3 个换档离合器 C<sub>1</sub>，C<sub>2</sub>，C<sub>3</sub>。离合器 C<sub>1</sub> 通过凸缘盘驱动小太阳轮，离合器 C<sub>2</sub> 用于驱动大太阳轮，离合器 C<sub>3</sub> 用于驱动行星架。

下面以宝来轿车自动变速器倒档的湿式多片换档离合器为例说明其工作原理（见图 4-52）。弹簧的一端抵住环形活塞 8 的内端面，另一端通过支承盘 5 和卡环 4 支承在离合鼓 1 上。当压力油经进油孔 A 进入活塞左面时，液压作用力便克服弹簧力使活塞右移，将所有主动片和从动片压紧，即离合器接合。

此时与凸缘盘制成一体的大太阳轮与第一轴成一体一同旋转。由于换档制动器 B<sub>1</sub> 也参

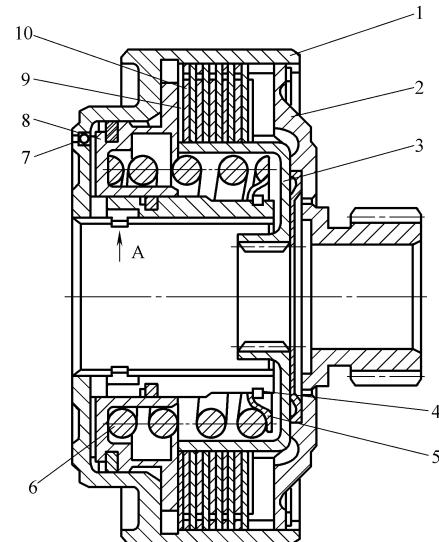


图 4-52 湿式多片换档离合器

1—离合器鼓 2—与行星轮机构相连接的凸缘盘

3—花键毂 4—卡环 5—弹簧支承盘 6—弹簧

7—安全阀 8—环形活塞 9—从动片

10—主动片 A—进油孔

加了工作，故该系统即挂上了倒档（见图 4-47e）。在油压撤除后，活塞 8 在弹簧 6 作用下回复原位，离合器分离。该倒档离合器  $C_2$  只有在挂倒档时才接合，其他情况下均处于分离状态。

离合器鼓 1 左端面上设有安全阀（也称甩油阀）7，在离合器接合过程中，在油液压力作用下关闭。而离合器分离时，环形活塞 8 与离合器鼓左端内端面之间，不可避免地存在着一定的间隙。于是在转动过程中，此间隙中的油液在离心力的作用下，力图使离合器接合。设计中应保证安全阀钢球的离心力大于油压作用力而使安全阀处于开启位置，让间隙中的油液流出，以避免摩擦片间出现不正常滑磨。

(2) 换档制动器 换档制动器最常见的结构形式有带式和片式两种。片式换档制动器的工作原理与上述的多片湿式换档离合器基本相同。由于片式比带式制动器工作平顺，故目前在轿车自动变速器中采用片式制动器得越来越多。

图 4-53 所示为片式换档制动器零件分解图。它由制动鼓 1、制动活塞 7、复位弹簧 6、钢片和摩擦片等组成。钢片通过外花键齿安装在变速器壳体的内花键齿圈上。摩擦片则通过内花键齿和制动鼓上的外花键齿槽相配合。当压力油进入制动器的液压缸后，通过活塞将钢片和摩擦片紧压在一起，则制动鼓及与其相连的行星轮机构的某一元件被固定而不能旋转。

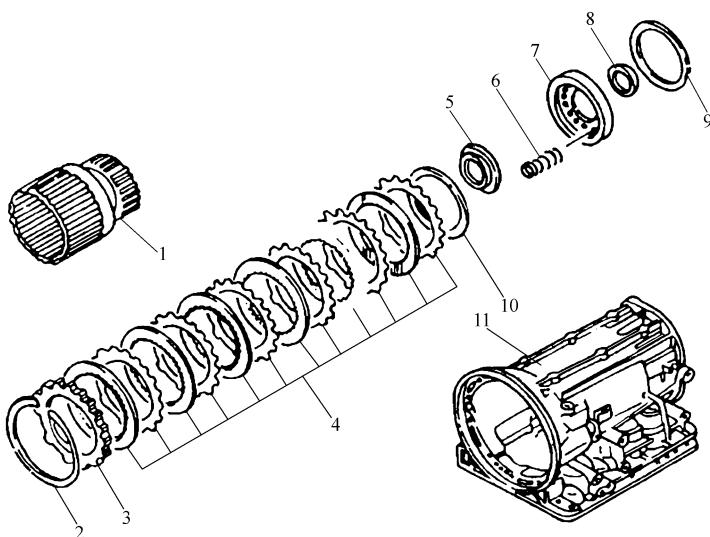


图 4-53 片式换档制动器零件分解图

1—制动鼓 2—卡环 3—档圈 4—钢片和摩擦片 5—弹簧座 6—复位弹簧  
7—活塞 8、9—密封圈 10—碟形环 11—变速器壳体

宝来、捷达王都市先锋轿车的自动变速器皆采用这种片式换档制动器。

带式换档制动器是将内侧粘有摩擦材料的钢带卷绕在制动鼓外表面上，故又称外束带式制动器。它由制动鼓 3、制动带 2、控制油缸及活塞等组成，如图 4-54 所示。

制动带的一端固定在自动变速器的壳体上，另一端与控制油缸的推杆 7 相连接。不制动时制动带与制动鼓之间有一定间隙，此间隙可用调整螺钉 8 调整。

当液压油进入控制油缸后，推动活塞 4 及活塞推杆左移，消除制动带与鼓的间隙，并使

制动带箍紧制动鼓，因而与制动鼓相连的行星轮机构中的某一元件被制动，使之挂上某一档位。

当液压油卸除后，活塞在复位弹簧6的作用下复位，即摘掉某一档位。

(3) 单向离合器 在换档执行装置中的单向离合器与液力变矩器内的单向离合器一样，无需控制机构，它们都是依靠单向锁止原理来起固定或连接作用的。当与之相连接元件的受力方向与锁止方向相同时，该元件即被固定或连接；当受力方向与锁止方向相反时，该元件即脱离连接，不传递转矩。故它们是单向传力装置。

### 3. 控制装置

控制装置由主油路系统、换档信号系统和换档阀系统等组成。

(1) 主油路系统 主调压阀是主油路压力调节阀的简称，也称为第一调压阀，其功用是根据车速、节气门开度和变速杆位置自动控制主油压（管道压力），保证液压系统油压稳定。

油泵是由发动机驱动的，随着发动机转速的增加，油泵输出油量和油压就会增加，反之亦然。但自动变速器的正常工作需要相对稳定的油压。如果油压过高，会导致离合器、制动器接合过快而出现换档冲击。如果油压过低，又会导致离合器、制动器接合不紧而打滑、烧毁。所以必须要有油压调节装置。

主油路系统包括主油路调压阀及高压油管路部分。为得到不同档位，主油路应具有不同油压。对于空档和前进档，当发动机转速为800r/min时，主油路压力应为0.6~0.65MPa；倒档所需主油路压力，当发动机转速为1600r/min时，应在1.6~1.9MPa范围内。

1) 主油路主调压阀（亦称一次调压阀）：主油路主调压阀的作用是将来自液压泵的油液压力精确地调节到规定值，再输入主油路，以保证主油路系统各装置的正常工作。当主油路油压过低时，会引起换档离合器、换档制动器打滑，影响自动变速器的动力传递。当油压过高时不仅会导致换档冲击，而且由于液压泵供油量的增加，而使发动机功率消耗增大。

主油路主调压阀一般是由调压阀阀体、反馈柱塞和调压弹簧等组成，如图4-55所示。

来自液压泵的油液经油道10进入主油路2，同时通过节流孔12和油道11流向次调压阀。与此同时调压阀阀体1的上部的油压与下部的调压弹簧压力相平衡。当主油路油压较高时，阀体1压缩调压弹簧3下移，接通回油路9使主油路泄油，油压下降。反之，当主油路油压较低时，则调压阀阀体在调压弹簧的作用下上移使泄油量减少，主油路油压回升。故而保持了主油路油压的稳定。

当来自油道5的节气门油压和来自油道7的倒档油路油压共同对反馈柱塞4作用而产生的向上推力大于弹簧3向下的压力时，则调压阀阀体上移，泄油通道减小，而使主油路油压升高。

节气门油压由节气门阀控制，节气门开度越大，节气门油压越高，主油路油压也随之升

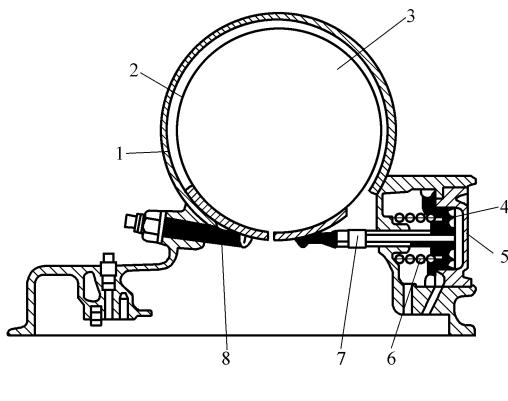


图 4-54 带式换档制动器  
1—变速器壳体 2—制动带 3—制动鼓 4—活塞  
5—控制油缸端盖 6—复位弹簧 7—推杆  
8—调整螺钉

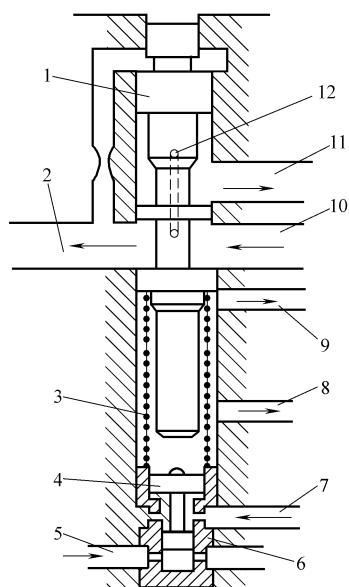


图 4-55 主油路主调压阀

1—调压阀阀体 2—主油路 3—调压弹簧 4—反馈柱塞  
 5—油道（来自节气门阀） 6—反馈柱塞套筒  
 7—通手控阀 R 位油道 8、9—回油油道 10—通液压  
 泵油道 11—通次调压阀油道 12—节流孔

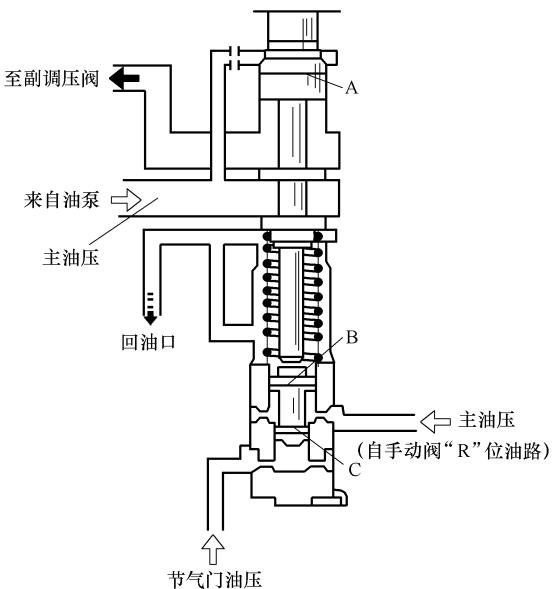


图 4-56 主调压阀的结构

高，反之亦然。由此可见，主油路系统各部油压变化时，主调压阀给予及时调节，以保证系统压力的稳定和自动换档的要求。

主调压阀的结构如图 4-56 所示。当变速杆置于“R”时，来自手动阀的主油压作用在阀体的 B 和 C 处，由于 B 处的面积大于 C 处的面积，使得阀体受到向上力的作用，阀体向上移动，主油压升高，满足倒档较大传动比的要求。

2) 主油路次调压阀(亦称第二调压阀): 次调压阀由阀体3和调压弹簧6组成,如图4-57所示。它的作用是根据车速和节气门开度的变化自动调节液力变矩器油压和各摩擦副的润滑油压以及冷却装置的冷却油压(图中未示出)。

来自主油路的压力油进入次调压阀阀体3的上部，并经节流孔9进入油道8后流向各润滑表面。当主油道油压升高时，作用在阀体3上部的油压增大，推动阀体下移，使油道2和8连通，则使各润滑表面油压增大，从而保证了大负荷下各表面润滑的需要。当主油路油压过高时，阀体下移量增大，将油道2、8与油道7连通，则泄油量增大，油路油压下降，因而保证了液力变矩器的工作安全。当主油路油压过低或发动机停机时，二次调压阀用一个单向控制阀把通液力变矩器的油路关闭，使液压油不能回流，以免影响转矩输出。

当来自油道4的节气门油压增大时，推动阀体3上移，油道7泄油量减少，油压上升，反之，油压降低。可见，经次调压阀调节后的油压与节气门开度成正比。

(2) 换档信号系统 换档信号系统由节气门阀和离心调速器阀组成。节气门阀的位置取决于节气门的开度，即取决于发动机负荷，因此驾驶人操纵加速踏板即可改变节气门阀输出

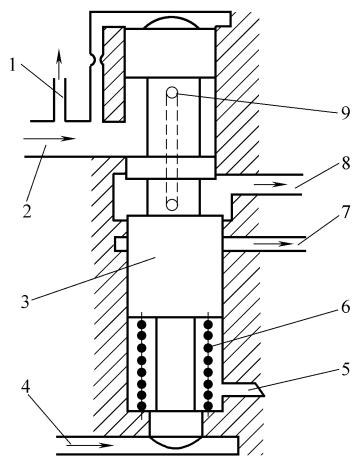


图 4-57 主油路次调压阀

1—通液力变矩器的油道 2—通主油路油道 3—一次  
调压阀阀体 4—通节气门阀油道 5—泄油油道  
6—调压弹簧 7—回油油道  
8—去各润滑表面的油道 9—节流孔

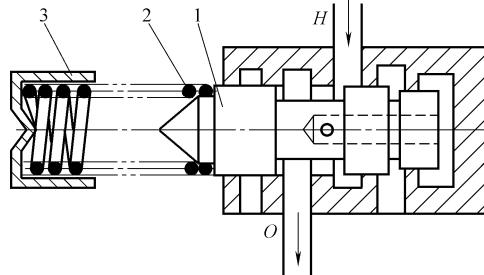


图 4-58 节气门阀

1—滑阀 2—弹簧 3—弹簧座

入换档阀的油压。离心调速器阀装在变速器第二轴上，它可根据车速的变化改变输出给换档阀的油压。这两个分别反映发动机负荷和汽车行驶速度的压力信号各自引至换档阀的两端。在二者综合作用下，换档阀使变速器自动地由低速档换入直接档，或由直接档自动地换入低速档。

1) 节气门阀：节气门阀如图 4-58 所示。当手控制阀位于空档与倒档位置时，节气门阀不受主油路油压作用。其滑阀 1 在弹簧 2 作用下处于最右面位置。当手控制阀位于前进档和手低档位置时，主油路压力油经通道 H 和滑阀中心油道进入节气门阀右腔，推动滑阀压缩弹簧而向左移到图示位置。滑阀右端面受油压作用，左面受弹簧力作用。左端弹簧座 3 的位置由与加速踏板联动的凸轮摇杆机构控制。

由节气门阀输出口 O 输出油压的大小取决于主油路压力油进入节气门阀的通道面积。此通道面积由滑阀位置决定。节气门开度变化，弹簧压缩量和弹簧力随之变化，从而使滑阀位置改变。因此节气门阀输出的油压是随发动机节气门开度变化的。节气门开度愈大，则主油路入口面积愈大，相应的节气门阀输出油压愈高。

## 2) 速控阀

① 功用：速控阀又叫调速器或速度调压阀，它的功用是产生与车速成正比的控制油压（速控油压），传给换档阀，以便控制换档。速控阀是液控自动变速器反应车速的装置，仅用于液控自动变速器，电控自动变速器采用车速传感器来反映车速。

正确的速控油压对于自动变速器的正常工作非常重要，如果速控油压过高，会导致换档的车速提前；而速控油压过低，会导致换档的车速滞后。

② 结构、原理：速控阀的结构如图 4-59 所示。速控阀安装在变速器输出轴上，与输出轴一起旋转。作用在滑阀上的力包括向外的离心力和向内的速控油压力。当汽车低速行驶时，阀轴和滑阀构成一体，在重锤和滑阀的离心力作用下使滑阀向外移动，此时速控油压随

着车速的增加而增加。当车速增加到一定程度时，阀轴被壳体内部台阶限位而不再向外移动，此时滑阀向外移动仅能靠自身的离心力，因此，速控油压随着车速的增加而缓慢增加。所以，速控油压与车速的关系分成两个阶段，一般把这种形式的速控阀称为二阶段速控阀，与此类似的还有三阶段速控阀。

(3) 换档阀系统 换档阀系统包括换档阀、手控制阀和强制降档阀等。

1) 换档阀：换档阀的功用是根据换档控制信号或油压，切换档位油路，以实现两个档位的转换。换档阀直接与换档控制元件（离合器、制动器）相通，当换档阀动作后，会切换相应的油道以便给相应档位的离合器和制动器供油，得到所需要的档位。换档阀的数量与自动变速器前进档的个数有关。一般四档自动变速器需要三个换档阀，即1-2档换档阀、2-3档换档阀和3-4档换档阀。

换档阀是根据节气门开度或车速的变化，自动地进行换档的部件。其工作过程见图4-60。主油路压力油经入口 $P_2$ 只进入换档阀。节气门阀油压经入口 $P_3$ 作用于滑阀1的右端。调速器油压经入口 $P_1$ 作用于滑阀的左端。滑阀的右端还作用有弹簧2的压力。左端调速器油压与右端节气门阀油压加上弹簧力的平衡条件决定滑阀位置。因而换档阀在节气门阀和离心调速器两个信号油压的综合作用下，可使变速器自动地由低速档换至直接档，或由直接档换入低速档。当车速很低时，左端调速器油压很低，滑阀切断了通往直接档离合器的出口 $O_1$ ，这时是低速档工作。

当车速提高到一定程度，调速器油压大到足以克服右端作用力时，则滑阀右移，使通往直接档离合器及低档制动器油缸下腔的油路与主油路沟通，即挂上直接档。同理，如果汽车在低速档行驶过程中，驾驶人松抬加速踏板，使节气门阀油压降低。则虽在相同车速下（即调速器油压相同情况下），滑阀由于右端压力降低而右移，变速器也可换上直接档。

在从低速档换入直接档过程中，只要滑阀稍向右移，滑阀右端压力油便由滑阀中心油道经径向小孔、通道Q从手控制阀的泄油道泄出，以加速滑阀右移，使直接档离合器较迅速接合，防止过度磨损。当车速降低到一定程度，离心调速器压力低于弹簧力时，滑阀开始左移。滑阀稍一左移，即打开通道 $P_2$ ，使节气门阀压力油输入滑阀的右端，加速滑阀左移，而切断主油路与出油口 $O_1$ 之间通道，并使 $O_1$ 与回油口 $O_2$ 沟通，因而通往直接档离合器和低档制动器油缸下腔的油道中的压力油泄出、加速了直接档离合器的分离和低档制动带的拉紧，即从直接档换入低速档。

如果汽车在直接档行驶过程中，驾驶人将手控制阀拉到前进低档位置，主油路压力油经

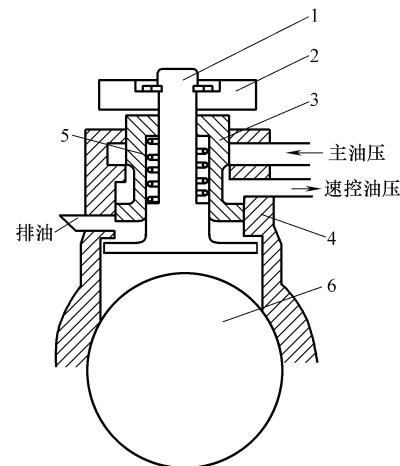


图 4-59 速控阀的结构

1—阀轴 2—重锤 3—滑阀 4—壳体  
5—弹簧 6—变速器输出轴

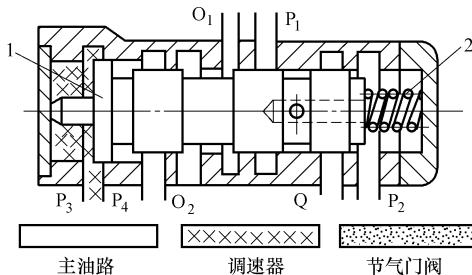
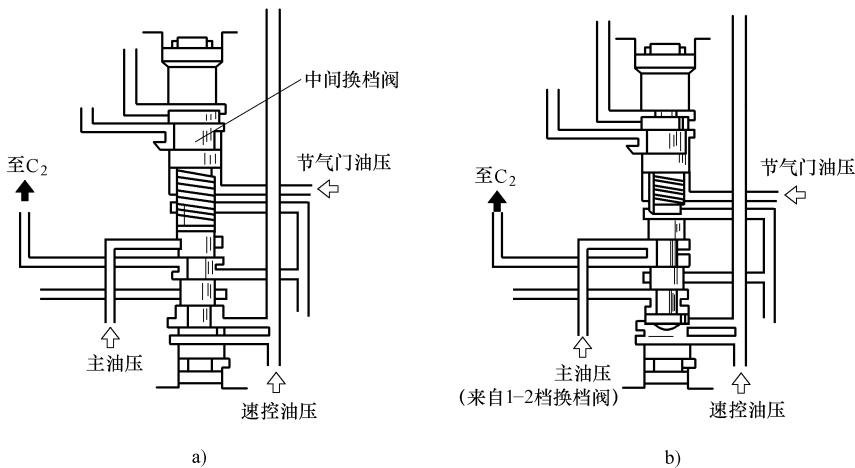


图 4-60 换档阀

1—滑阀 2—弹簧



缓冲阀由入口  $P_4$  进入换档阀并作用在大截面阀的右端面；同时由通道口进入的压力油作用在滑阀的右端，如图 4-60 所示。二者共同把滑阀推向左移。当打开通道  $P_2$  后，又有主油路压力油经单向阀由  $P_2$  进入。这样不仅使滑阀左移到低档位置，并且由于左边的调速器油压总低于右边的主油路油压，致使滑阀不可能右移，故总保持在低速档工作状态。

以 2-3 档换档阀为例进行介绍。如图 4-61a 所示为二档时的情况，此时在节气门油压、速控油压及弹簧作用下，2-3 档换档阀处于下方位置，主油压不能到达离合器  $C_2$ ，所以自动变速器处于  $D_2$  档；当车速增加到一定程度，速控油压大于节气门油压和弹簧伸张力之和时，2-3 档换档阀上移处于上方位置，如图 4-61b 所示，此时主油压经过 2-3 档换档阀到达离合器  $C_2$ ，自动变速器换至  $D_3$  档。

2) 手控阀：手控阀又称为手动阀或手动换档阀（选档阀），与驾驶室内的变速杆相连，其功用是控制各档位油路的转换，是一种手控制的多路换向阀。它根据自动变速器变速杆的不同位置，如停车档（P）、空档（N）、倒档（R）、前进档（D）、前进低档（S，L）等，将主油路压力油送至换档阀进行换档。

如图 4-62 所示，当驾驶人操纵变速杆时，手动阀会移动，使主油压通往不同的油道。

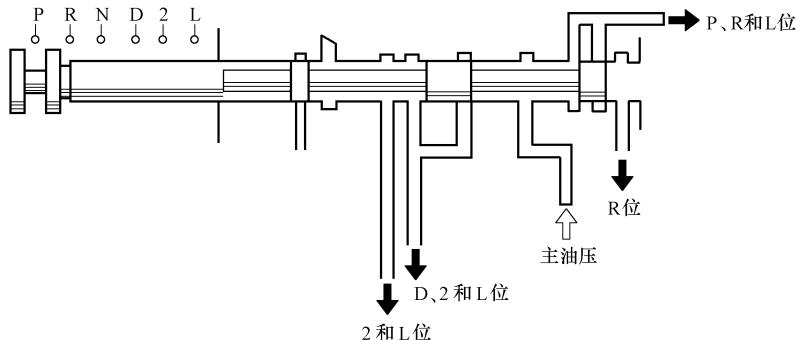


图 4-62 手动阀的结构

如当变速杆置于 P 位时，主油压会通往 P、R 和 L 位油道；当变速杆置于 R 位时，主油压会同时通往 P、R 和 L 位油道与 R 位油道；当变速杆置于 N 位时，手动阀会将主油压进油道切断，便不会有主油压通往各换档阀；当变速杆置于 D 位时，主油压会通往 D、2 和 L 位油道；当变速杆置于 2 位时，主油压会同时通往 D、2 和 L 位油道与 2 和 L 位油道；当变速杆置于 L 位时，主油压会同时通往 D、2 和 L 位油道与 2 和 L 位油道及 P、R 和 L 位油道。

3) 强制降档阀：在某些自动变速器中还装有强制降档阀，其作用是在节气门全开或接近全开时，将自动变速器强制降低一个档位，以保证高速行驶的汽车超车时获得良好的加速性能。

图 4-63a 所示为由节气门拉索和节气门阀凸轮控制的强制降档阀。当节气门接近全开时，节气门拉索使节气门凸轮 2 转过一个角度，迫使强制降档阀阀体 3 右移，打开通往换档阀的油路 B，使主油路压力油进入换档阀，使自动变速器降低一个档位。

图 4-63b 所示为由电磁阀控制的强制降档阀。当将加速踏板踩到底时，强制降档开关 5 闭合，使电磁阀 9 通电，电磁阀作用在阀杆 6 上的推力消失，阀芯 8 在弹簧 7 弹力的作用下右移，打开通往换档阀的油路 B，使主油路压力油进入换档阀，迫使自动变速器降低一个档位。

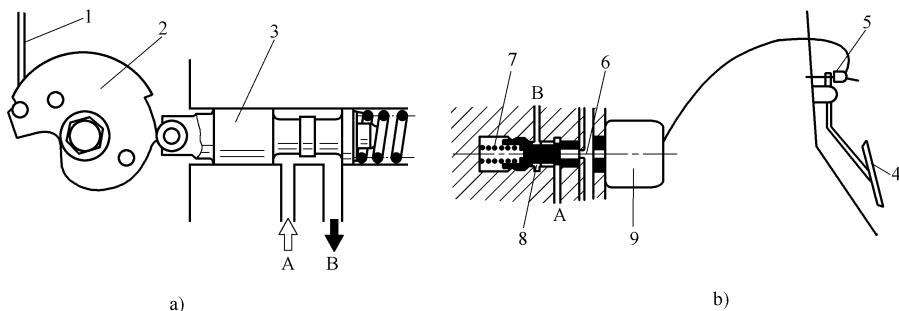


图 4-63 强制降档阀

a) 由节气门拉索控制 b) 由电磁阀控制

1—节气门拉索 2—节气门阀凸轮 3—降档阀阀体 4—加速踏板 5—强制降档开关  
6—阀杆 7—弹簧 8—阀芯 9—强制降档电磁阀 A—通主油道；B—通换档阀

#### 4. 换档品质控制装置

换档品质控制装置的作用是保证换档过程平顺柔和、无冲击。它包括油路中的缓冲阀、限流阀、断流解锁阀、单向节流阀和节流孔等。

(1) 缓冲阀 缓冲阀（见图 4-64）是控制换档品质的部件之一。它由滑阀 1 和阀座 3 及其间的弹簧 2 等组成。调速器油压经通道作用在滑阀左端面上，力图使滑阀向右移。节气门油压经通道作用于阀座的右端面上，力图使阀座向左移。当手控制阀在前进档位置、汽车以直接档行驶过程中，要强制挂上低速档，为防止车速突然变化，希望低档制动器起作用的速度与车速成反比，即车速愈高，低档制动器起作用的速度要慢些，反之较快些。这由缓冲阀保证。强制挂低速档时，通往低档制动器油缸中腔的油液，包括两部分：一部分流经低

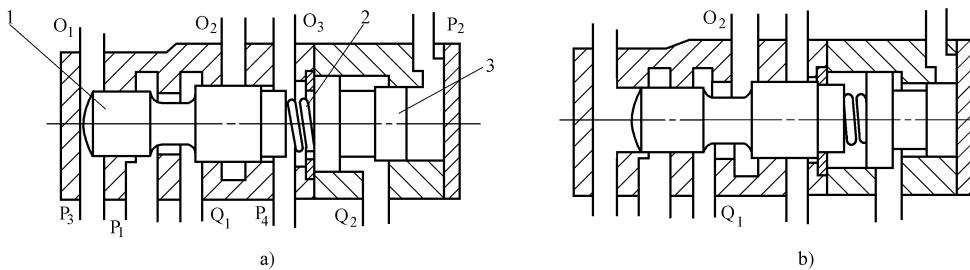


图 4-64 缓冲阀

a) 手控制阀在前进档位置时 b) 抬起加速踏板换直接档时

1—滑阀 2—弹簧 3—阀座

档阀片的量孔；一部分通过缓冲阀进出口  $P_1$  与  $Q$  之间的通道，如图 4-64a 所示，此通道面积决定于滑阀 1 的位置。当车速高，调速器油压高时，通道面积小，油液流速低；反之流速较高。故可调节进入低档制动器油缸的压力油的流速，从而控制制动器起作用的速度，改善换档平稳性。

当驾驶人用松抬加速踏板的方法由低速档换直接档时，为了保证换档平稳；希望迅速松开低档制动器并使直接档离合器接合。此要求也由缓冲阀满足。驾驶人突然松抬加速踏板时，阀座右端节气门阀压力突然降低，阀座即迅速右移，使  $O_1$  与  $O_2$  两通道沟通，如图 4-64b 所示，当即中止了对低档制动器油缸中腔的压力油的供给，而主油路压力油则通过缓冲阀很快地流向直接档离合器与低档制动器油缸的下腔，在离合器接合过程中，由于制动器油缸中腔的压力油反向流回主油路，制动器作用很快消失。

(2) 限流阀：图 4-65 所示为低档限流阀结构。弹簧钢片 1 一端用铆钉 2 铆在阀体 3 上，而挡住锁止离合器的进油道主油路通往低档制动器油缸中腔的油道。弹簧钢片的另一端上面有顶杆 4。节气门阀油压通过顶杆可压下弹簧钢片的一端，而使主油路和通往低档制动器油缸中腔的通道口  $P_1$  和  $Q$  相通。节气门阀油压的大小可控制通过低档限流阀通道油液流量，从而调节低档制动器起作用的速度。当节气门阀油压很小时，阀门关闭。

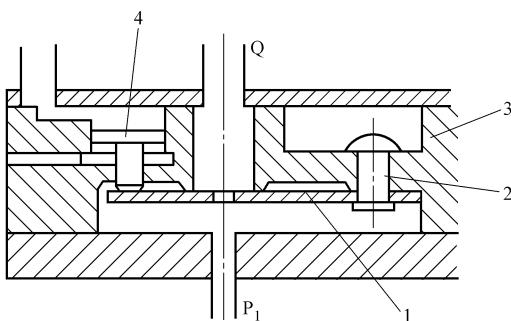


图 4-65 低档限流阀

1—弹簧钢片 2—铆钉 3—阀体 4—顶杆

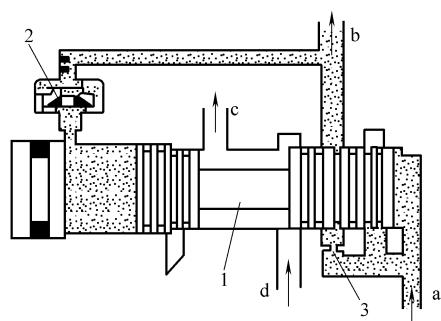


图 4-66 断流解锁阀

1—滑阀 2—带节流孔的单向节流阀 3—节流孔

a—主油路压力油进油道 b—换档离合器供油道

c—锁止离合器供油道 d—来自控制

(3) 断流解锁阀：断流解锁阀的作用是在换档瞬间切断向锁止离合器的供油，锁止离合器解锁，使自动变速器在有液力变矩器参与的工况下工作，以便利用液力元件的减振和缓冲作用，改善换档品质。

图 4-66 所示为断流解锁阀结构。它是由滑阀 1、带节流孔的单向节流阀 2 和节流孔 3 组成。主油路压力油经油道 a 进入滑阀右端的油腔，并经节流孔 3 和油道 b 输往换档离合器。油道 b 又经单向节流阀 2 与滑阀左端的油腔连通。控制锁止离合器的液压油经油道 d、滑阀的腰部和油道 c 进入锁止离合器，使变矩器锁止。

当自动变速器换档时，油道 b 中的液压瞬时下降，单向节流阀 2 打开，滑阀左腔的液压也随之降低。此时滑阀右腔的液压大于滑阀左腔的液压，故滑阀左移。滑阀在左移过程中一方面切断油路 d，即停止向锁止离合器供油，锁止离合器解锁，同时还使节流孔 3 被短路，油道 a 和 b 直接连通，从而保证了换档离合器的快速充油和迅速接合。

随着换档离合器充油过程的完成，油道 b 中的液压逐渐上升，油液自油道 b 经单向节流阀上的节流孔向滑阀左端的油腔充油。因滑阀左端的直径大于右端的直径，则当左腔液压升至一定值时，就推动滑阀右移。由于单向节流阀节流孔的节流作用，滑阀左腔充油较缓慢，故滑阀复位需要一定的时间。滑阀复位后才恢复向锁止离合器的供油，使其重新锁止。

## 5. 滤清冷却系统

滤清冷却系统包括冷却器和滤清器。变矩器工作时，相当大一部分能量转化成热量，致使工作液温度升高。而变矩器的油路与液压操纵系统和机械变速器的润滑油路是相通的。为保证变矩器的效率和变速器的操纵系统及润滑系统正常工作，应控制工作液温度在一定范围内（一般变矩器出口处最高油温不超过  $115 \sim 120^{\circ}\text{C}$ ）。因此，在发动机散热器下储水箱内设有冷却器。变矩器内的部分工作液从导轮与涡轮之间的间隙流出，经导轮固定套管与变速器第一轴之间的环形油道流过冷却器，得到冷却或加温（指起动过程中的预热）后，再经过滤清器流入机械变速器的润滑油道。

为限制变矩器入口的补偿油压，使之不超过  $0.42\text{ MPa}$ ，还设有变矩器阀和单向阀用以控制流经冷却器、滤清器的润滑油压力在  $0.07 \sim 0.14\text{ MPa}$  范围内。

## 二、自动变速器的电控式操纵系统

自动变速器的电子控制系统包括传感器、电子控制单元（ECU）和执行器三部分，图 4-67 所示为丰田陆地巡洋舰 A750F 自动变速器电控系统原理。

传感器部分主要包括节气门位置传感器、车速传感器、发动机转速传感器、输入轴转速传感器、冷却液温度传感器、ATF 油温传感器、空档起动开关、强制降档开关、制动灯开关、模式选择开关、O/D 开关等。

执行器部分主要包括各种电磁阀和故障警告灯等。

ECU 主要完成换档控制、锁止离合器控制、油压控制、故障诊断和失效保护等功能。

自动变速器的电控式操纵系统包括液压操纵系统和电子控制系统。液压操纵系统与前述的液控操纵系统中的各类液压阀基本相同。电子控制系统包括传感器、电控单元（ECU）、执行器（主要包括电磁阀，但也包括换档离合器、换档制动器和单向离合器等）以及各种控制开关等。电子控制系统的组成如图 4-68 所示。

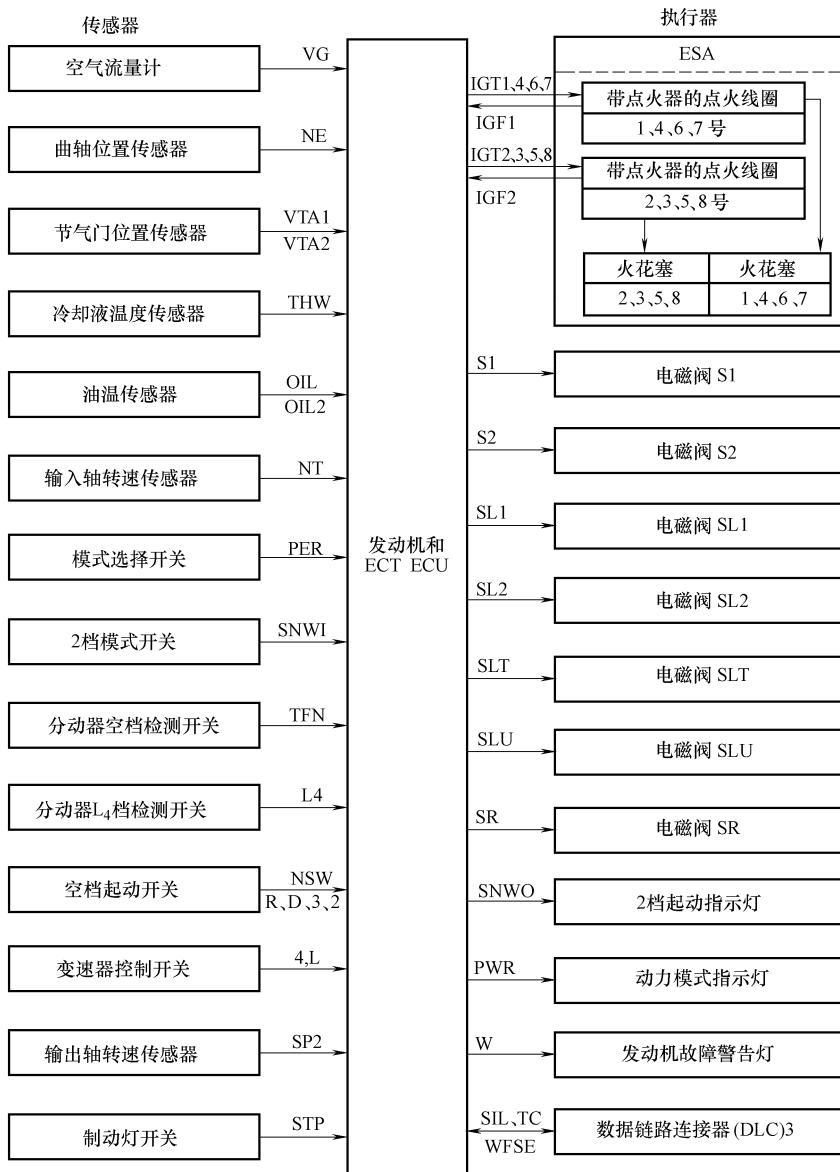


图 4-67 A750F 自动变速器电控系统原理图

## 1. 电子控制单元 (ECU)

电子控制单元 (ECU) 根据传感器传来的电信号 (车速和发动机负荷等参数转变的电信号)，按照设定的换档程序对这些信号进行比较计算，作出是否需要换档的判断。当需要换档时通过电磁阀操纵液压的换档阀去控制执行装置 (换档离合器和换档制动器等) 的油路，实现换档。

## 2. 传感器

(1) 节气门位置传感器 它是将测得的节气门开启角度转换成电信号输入给 ECU，以作为控制自动变速器换档的依据。

节气门位置传感器的类型较多，现以奇瑞 A3 电子节流阀体 (节气门位置传感器) 来说

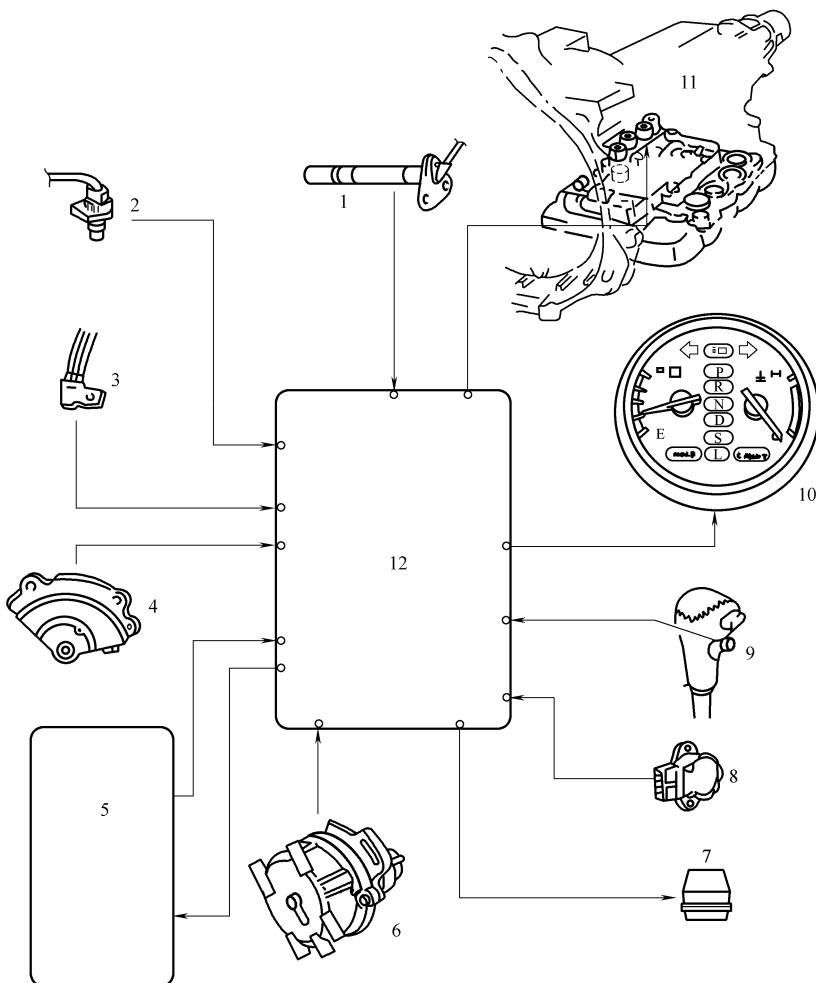


图 4-68 电子控制系统的组成

1—输入轴转速传感器 2—车速传感器 3—液压油温度传感器 4—档位开关 5—发动机电控单元  
6—发动机转速传感器 7—故障检测插座 8—节气门位置传感器  
9—模式开关 10—档位指示灯 11—电磁阀 12—电子控制单元 (ECU)

明其工作原理，如图 4-69 所示。本系统用于驱动节气门转动及监测节气门的开度、执行电动机的转动位置，两个节气门位置传感器用于监测节气门位置及执行电动机的位置，该传感器输出两个节气门位置信号，两个传感器的信号相反，绝对值相同即可，否则 ECU 即认为该系统有故障，发动机进入故障模式运行。

电子节气门通过电子踏板的信号来调整发动机的负荷，它通过一个直流电动机来控制节气门开度使发动机从怠速位置到全负荷。节气门开度的反馈信号与直流电动机的位置由两个集成在节流阀体内的电位计提供。节气门的开与关都由这两个电位计控制，它们的供电电源与地都是公用的。两个电位计的滑动片都直接与节流阀门轴杆连接在一起。其中一个电位计为一个正的信号而另一个为与此相反的信号（绝对值相同即表征相同的信息）。因此，节气门开度的变化被转换成电阻或电压信号输给 ECU。ECU 根据不同行驶条件，按照设定的换档程序对这些信号进行处理，判断是否发出进行换档的指令。

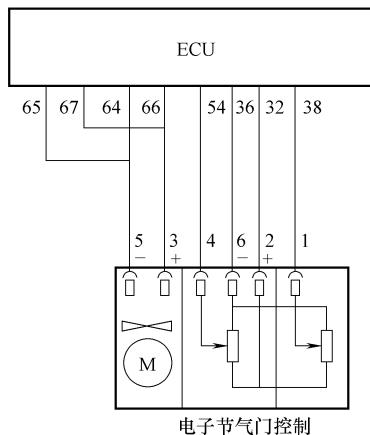


图 4-69 奇瑞 A3 电子节气门位置传感器控制

- 1—节气门位置传感器 1 (对应 ECU38#) 2—节气门位置传感器电源 (对应 ECU32#)
- 3—节气门控制执行电动机 (对应 ECU64/67#) 4—节气门位置传感器 2 (对应 ECU54#)
- 5—节气门控制执行电动机 (对应 ECU64/65#) 6—节气门位置传感器接地 (对应 ECU36#)

(2) 车速传感器 它是安装在自动变速器输出轴附近的测量输出轴转速的电磁感应式的转速传感器，其结构和工作原理如图 4-70 所示。

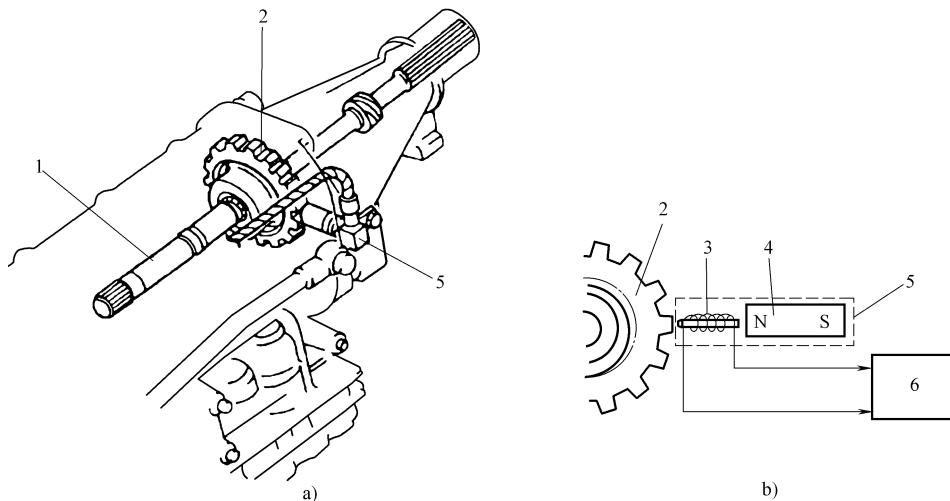


图 4-70 车速传感器

- a) 车速传感器的安装位置 b) 工作原理

1—输出轴 2—停车锁止齿轮 3—感应线圈 4—永久磁铁 5—车速传感器 6—电子控制单元 (ECU)

车速传感器永久磁铁 4 和感应线圈 3 组成。它安装在变速器的壳体上，且与安装在变速器输出轴又上的停车锁止齿轮 2 (或感应转子) 相对。当输出轴转动时，停车锁止齿轮 2 切割感应线圈的磁力线，使磁通量发生变化，从而产生交流感应电压。ECU 根据感应电压脉冲频率的大小计算出车速。

### 3. 控制开关

(1) 空档起动开关 用以保证只有变速杆位于 P 或 N 档位置时发动机才能起动，防止发动

机在驱动档位时起动。实际上它还是一个与变速杆连接的电气开关，当变速杆置于不同档位时，空档起动开关便接通相关电路，则 ECU 便根据接通电路的信号，控制变速器进行自动换挡。

(2) 自动跳合(又称降档)开关 它是用来检测加速踏板踩下是否超过节气门全开位置。当加速踏板超过节气门全开位置时，自动跳合开关便接通，并将电信号输送给电控单元(ECU)，ECU 按设定的换档程序控制换档，并使变速器自动降低一档，以提高汽车的加速性能。

(3) 制动灯开关 它是用来判断汽车是否实施制动。一旦踩下制动踏板，制动灯电路接通，同时将信号输给 ECU，以解除锁止离合器的接合，防止突然制动时发动机熄火。

(4) 超速档开关 当超速档开关打开后，超速档控制电路被接通，此时若变速杆位于 D 档位时，自动变速器可随着车速的升高而升档，直到升入最高档(即超速档)。若关闭此开关后，超速档控制电路被切断，仪表盘上的“O/D OFF”指示灯发亮，此时随着车速的升高而升档时，自动变速器最高只能升入超速档的前一档位，而不能升入超速档。

(5) 模式开关 模式开关可以用来选择自动变速器的控制模式，以满足汽车在各种行驶条件下的使用要求。控制模式主要是指自动变速器的换档规律。它一般有经济模式、动力(功率)模式和正常(标准)模式。当以汽车获得最佳燃油经济性为目标来设计自动变速器换档规律的，称为经济模式。当以汽车获得最高动力性为目标来设计自动变速器换档规律的，称为动力模式。当设计的换档规律介于经济模式和动力模式之间的控制模式，称为正常模式。

一般汽车的自动变速器常采用动力模式和正常模式。在设计时常将汽车的某些档位(如 3-4 档)的换档点的车速设计成动力模式大于正常模式。这样，可以充分发挥汽车的动力性能，有利于超车。

#### 4. 执行器

执行器是指电子控制系统中的各种电磁阀。常用的电磁阀有开关式电磁阀和线性脉冲式电磁阀两种。

(1) 开关式电磁阀(见图 4-71) 当电磁线圈不通电时，由主油道 6 来的压力油将球阀 4 和阀芯 3 推向上，使球阀关闭通向泄油孔 5 的油路，与此同时球阀打开通向控制油道 7 的油路，使主油道的压力油进入控制油道，如图 4-71b 所示。

当电磁线圈通电时，电磁力使阀芯下移推动球阀向下，关闭主油道的进油孔，与此同时，球阀打开通往泄油孔的油路，使控制油道与泄油孔相通，则控制油道中的油液经泄油孔泄出，如图 4-71c 所示。

(2) 线性脉冲式电磁阀(见图 4-72) 线性脉冲式电磁阀一般是用来控制油路中的油压。它也是由电磁线圈、衔铁、阀芯或滑阀等组成。其工作原理是：当电磁线圈通电时，电磁力使阀芯或滑阀移动，打开泄油孔，液压油从泄油孔泄出，油路压力随之下降。当电磁线圈断电时，阀芯或滑阀在弹簧力的作用下关闭泄油孔，使油路中的压力上升。脉冲线性式电磁阀和开关式电磁阀的区别在于控制它的电信号不是恒定不变的电压信号，而是一个固定频率的脉冲电信号。它在脉冲电信号的作用下不断反复地开启和关闭泄油孔。ECU 就是通过改变每个脉冲周期内电流接通和断开的时间比率(称为占空比)，而改变电磁阀开启和关闭时间的比率，来控制油路中的压力。占空比越大，经电磁阀泄出的液压油越多，油路压力就越低；反之，占空比越小，油路压力就越大。

电控式操纵系统具有如下优点：

- 1) 因电控单元(ECU)能存储与处理多种换档规律，所以可按车辆行驶需要选择合适

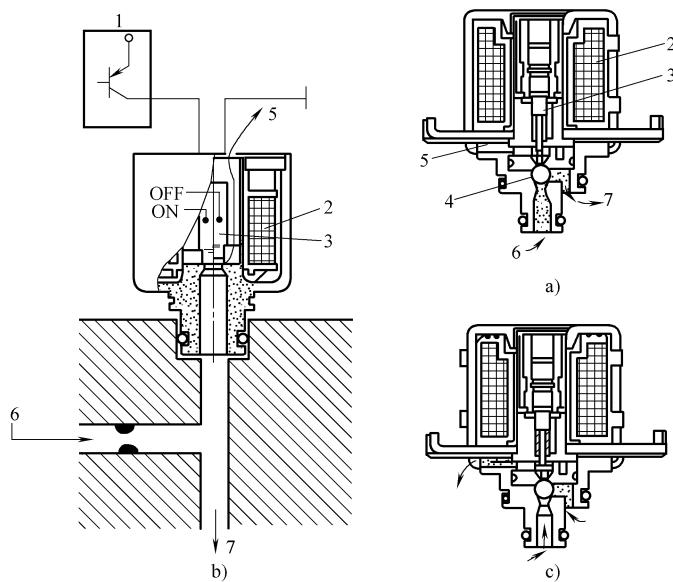


图 4-71 开关式电磁阀

1—电控单元（ECU） 2—电磁线圈 3—衔铁和阀芯 4—球阀 5—泄油孔 6—主油道 7—控制油道

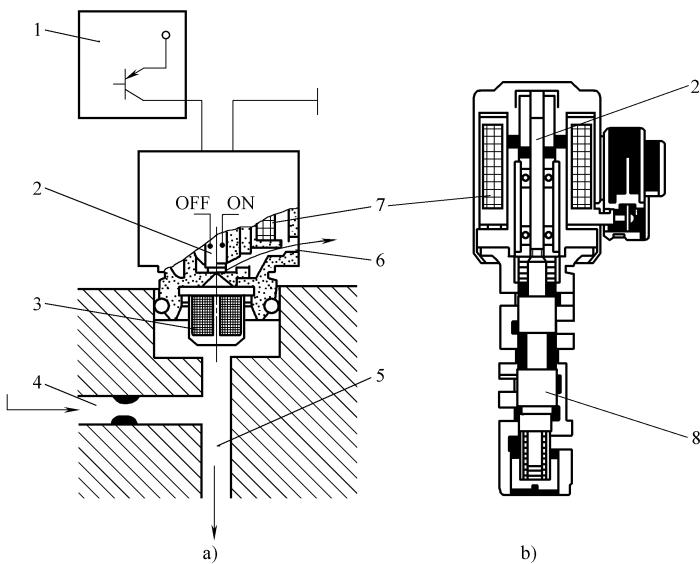


图 4-72 线性脉冲式电磁阀

a) 普通型 b) 带滑阀型

1—电控单元（ECU） 2—衔铁和阀芯 3—滤网 4—主油道 5—控制油道 6—泄油孔 7—电磁线圈 8—滑阀

的换档规律，故可实现更合理、更复杂的控制，以获得更理想的燃油经济性。

2) 由于简化了液压系统，从而使结构紧凑、质量轻。

3) 控制精度高、反应快且动作准确。

4) 如需要变更换档规律或参数时，只要改变控制程序和某些电子元件的型号规格就可满足要求，而无须更换系统中的零件，故适应性强，开发周期短。

5) 便于整车的控制系统(如发动机控制、巡航控制、牵引控制、制动系统控制等)集成,控制系统兼容性好。鉴于电控式操纵系统具有上述诸多优点,近年来国内外生产的自动变速器都采用了这种电控式操纵系统。

### 三、典型自动变速器的电控式操纵系统的应用列举(丰田陆地巡洋舰A340F自动变速器电控系统)

#### 1. 丰田陆地巡洋舰 A340F 自动变速器电控系统电控元件位置(见图 4-73)

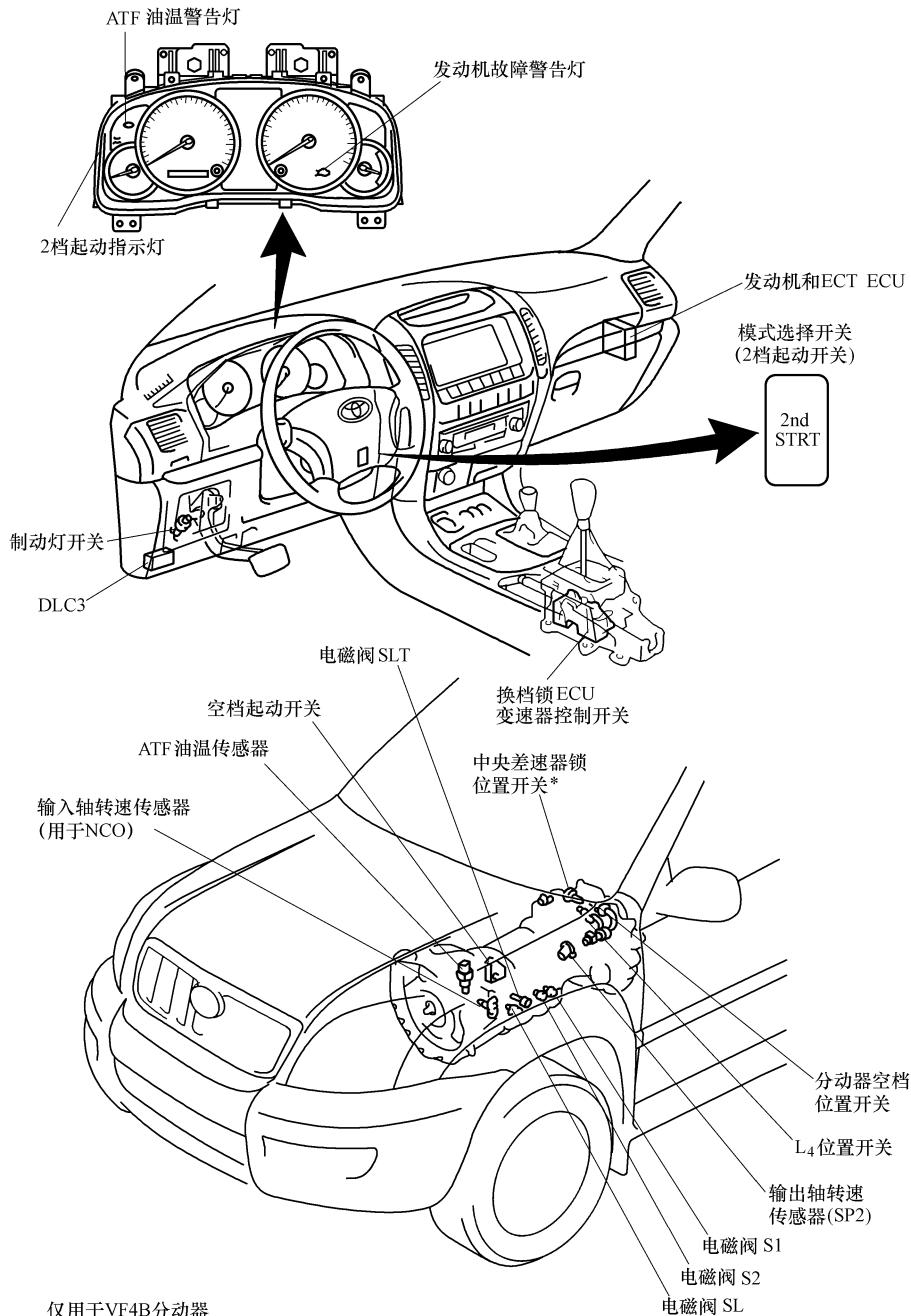


图 4-73 丰田陆地巡洋舰 A340F 自动变速器电控系统电控元件位置

## 2. 丰田陆地巡洋舰 A340F 自动变速器电控系统

丰田陆地巡洋舰 A340F 自动变速器电控系统见表 4-8。

表 4-8 A340F 自动变速器电控系统

系统	功    能
换档正时控制	发动机和 ECT ECU 根据各传感器的信号,将电流输送到换档电磁阀 S1(或) S2 脚,控制齿轮换档
锁止正时控制	发动机和 ECT ECU 根据各传感器的信号,将电流输送到换档电磁阀 SL,锁止离合器啮合或分离
线性压力控制	根据变速器工作条件及发动机和 ECT ECU 发出的信息,操作换档电磁阀 SLT 来控制管路压力
发动机转矩控制	升/降档过程中,暂时推迟发动机点火正时,改善换档感觉
N 位或 D 位后坐控制	变速杆由 N 位换至 D 位时,齿轮会临时换至 O/D 档,然后换到 1 档,减少车辆起步时后坐
2 档起动	车辆强制挂入 2 档,在雪地、沙地或泥泞路面上起步更容易
故障诊断	发动机和 ECT ECU 检测到故障时,会进行诊断并记录故障部件
失效保护	电路出现故障时,发动机和 ECT-ECU 控制其他正常的部件,使车辆继续运行

## 3. 丰田陆地巡洋舰 A340F 自动变速器主要部件

(1) 换档电磁阀 SLT 为提供与流过电磁线圈的电流成比例的液压,换档电磁阀 SLT 根据发动机和 ECT ECU 的信号,线性控制管路压力。换档电磁阀 SLT 剖视图如图 4-74 所示。

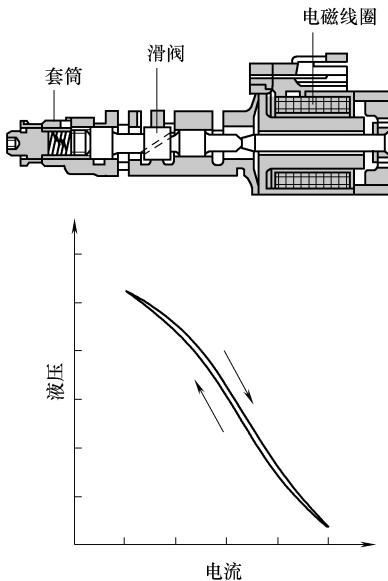


图 4-74 换档电磁阀 SLT 剖视图

(2) 变速器控制开关和空档起动开关 发动机和 ECT ECU 用这些开关检测档位。电路简图如图 4-75 所示。

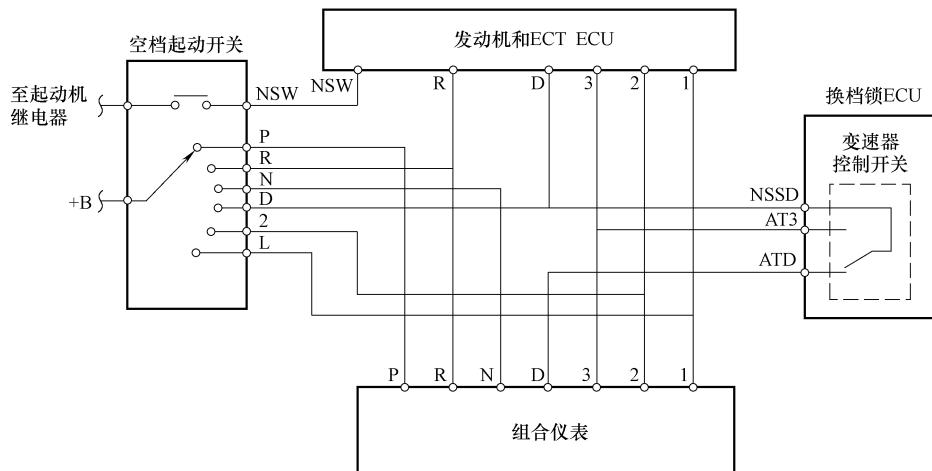


图 4-75 电路简图

- 1) 空档起动开关将 P、R、2、L 和 N 位置信号传给发动机和 ECT ECU，也传给组合仪表上的档位指示灯 (P、R、N、2 和 L)。
- 2) 变速器控制开关位于换档锁 ECU 上。该开关将 3 档信号传至发动机和 ECT ECU，也传给组合仪表上的档位指示灯 (D、3)。
- (3) 输出轴转速传感器和输入轴转速传感器 A340F 自动变速器装备输入轴转速传感器（用于 NCO 信号）和输出轴转速传感器（用于 SP2 信号）。发动机和 ECT ECU 检测换档齿轮的正时，控制发动机转矩和液压，使之与各种工况相匹配。输出轴转速传感器和输入轴转速传感器是拾波线圈型，其位置如图 4-76 所示。

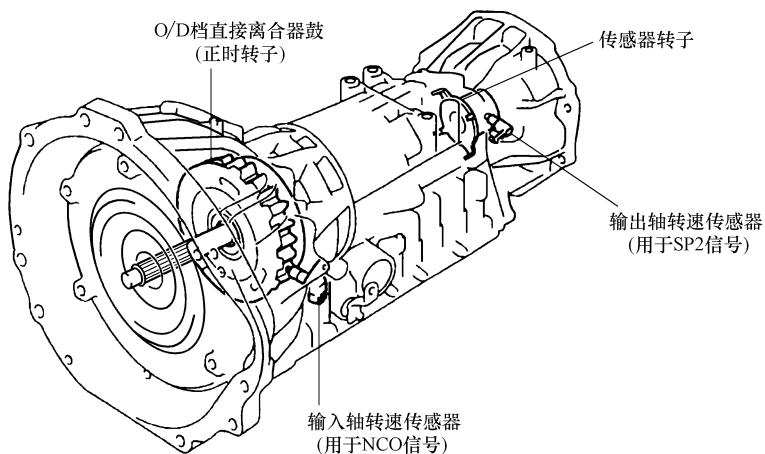


图 4-76 转速传感器和位置图

- 1) 输入轴转速传感器检测变速器输入轴转速，O/D 档直接离合器鼓为该传感器的正时转子。
- 2) 输出轴转速传感器检测输出轴的转速。

#### 4. 线性压力控制

为获得预定的线性压力，发动机和 ECT ECU 根据各传感器信号控制换档电磁阀 SLT，并调节节气门压力。电路简图如图 4-77 所示。

#### 5. 发动机转矩控制

自动变速器的齿轮升档或降档时，离合器啮合和行星轮组的制动是通过瞬时发动机点火正时的延时进行平滑控制的。发动机和 ECT ECU 根据信号判断换档正时，并启动电磁阀进行换档。开始换档时，发动机和 ECT ECU 延迟发动机点火正时，降低发动机转矩，离合器的啮合力和行星轮组的制动变弱，平滑地进行变档。发动机转矩控制原理如图 4-78 所示。

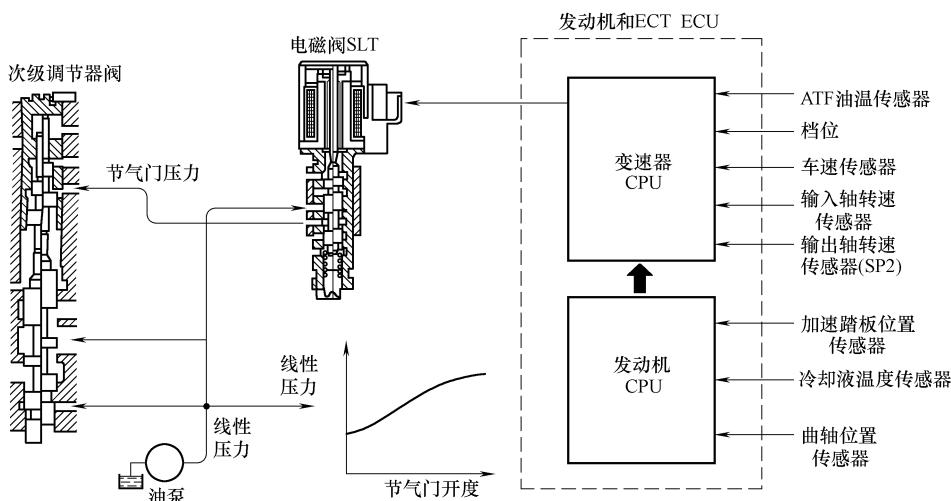


图 4-77 线性压力控制电路简图

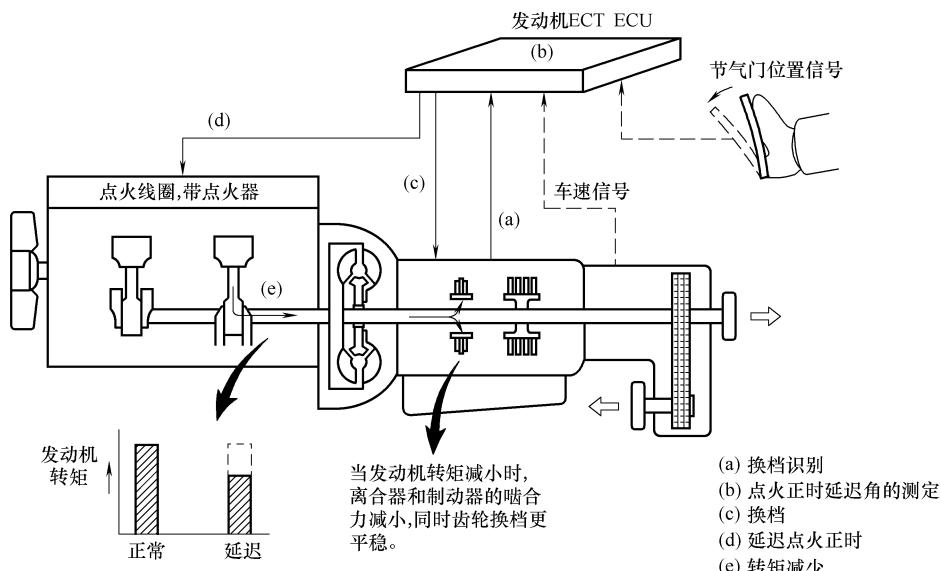


图 4-78 发动机转矩控制原理

## 6. 2 档起动控制

1) 2 档起动控制是指允许驾驶人用 2 档起动开关选择 2 档起动模式，允许车辆在 2 档起动，使车辆在沙地或泥地上更容易起动。

2) 变速杆在 D、3 或 2 位置时，选择 2 档起动模式，车辆可以在 2 档起动。起动后，若变速杆在 D 或 3 位置，则变速器将自动升至 3 档或 O/D 档。若变速杆在 2 位置，则变速器将继续在 2 档。若变速杆在 L 位，已选择 2 档起动模式，则变速器将继续在 1 档。换档表见表 4-9。

表 4-9 换档表

模式		正常	2 档起动
变速杆位置	D 或 3	1 档 ← → 2 档 ← → 3 档 ← → O/D 档	2 档 ← → 3 档 ← → O/D 档
	2	1 档 ← → 2 档 ← → 3 档	2 档 ← → 3 档
	1	1 档 ← 2 档 ← 3 档	1 档 ← 2 档 ← 3 档

注：← 表示降档，→ 表示升档。

## 7. 故障诊断

1) 发动机和 ECT ECU 检测到故障时，会自诊断并存储故障，组合仪表上的发动机故障警告灯会闪亮，提醒驾驶人故障码存储在发动机和 ECT ECU 内。

2) 用 SST (专用工具) 连接 DLC3 端子 TC 和 CG，根据发动机故障警告灯的闪亮次数读取故障码，或用手持式测试仪读取故障码。故障码见表 4-10。

表 4-10 故障码表

故障码		故 障 说 明	故障码		故 障 说 明
2 位	5 位		2 位	5 位	
38	P0710	自动变速器油温度传感器 A 电路	62	P0974	换档电磁阀 S1 控制电路断路
	P0712	自动变速器油温度传感器 A 低电压输入信号	63	P0976	换档电磁阀 S2 控制电路短路
	P0713	自动变速器油温度传感器 A 高电压输入信号		P0973	换档电磁阀 SZ 控制电路断路
42	P0500	车速传感器 A	64	P0743	液力变矩器离合器电路故障
61	P0722	输出轴转速传感器	67	P0717	输入轴转速传感器电路无信号
62	P0973	换档电磁阀 A 控制电路短路	77	P2716	换档电磁阀 SLT 故障

## 四、典型自动变速器的电控式操纵系统的应用列举（丰田陆地巡洋舰 A750F 自动变速器电控系统）

### 1. 电控系统

(1) A750F 自动变速器电控系统 (见表 4-11)

表 4-11 A750F 自动变速器电控系统

系 统	功 能
离合器压力控制	1. 根据发动机和 ECT ECU 发出的信号，起动线性电磁阀 SL1 和 SL2，并控制直接作用于 B <sub>1</sub> 制动器和 C <sub>1</sub> 离合器上的压力 2. 电磁阀 SLT 和 SL1 根据发动机输出和行驶条件，持续控制离合器压力

(续)

系    统	功    能
管路压力优化控制	根据变速器工作条件及发动机和 ECT ECU 发出的信息操作电磁阀 SLT, 并控制管路压力
发动机转矩控制	在升/降档过程中, 暂时推迟发动机点火正时, 改善换档性能
换档正时控制	发动机和 ECT ECU 根据各传感器信号将电流输送到电磁阀 S1, S2 和(或) SR, 控制齿轮换档
挠性锁止离合器控制	控制电磁阀 SLU, 在锁止离合器开关状态间提供一个中间状态, 增大锁止离合器的工作范围, 改善燃油经济性
锁止正时控制	发动机和 ECT ECU 根据各传感器信号将电流输送到电磁阀 SLU, 锁止离合器接合或分离
N 位到 D 位后坐控制	变速杆由 N 位换至 D 位时, 齿轮会临时换至 2 档, 然后再换到 1 档, 减少车辆起步时后坐
2 档起动	车辆强制挂入 2 档, 在雪地、沙地或泥泞路面上起步更容易
智能换档	发动机和 ECT ECU 根据不同传感器的信号判断路面条件和驾驶人意图, 然后自动将换档模式调整到最佳模式, 改善操纵性能
故障诊断	发动机和 ECT ECU 检测到故障时, 发动机和 ECT ECU 将进行自诊断并存储故障 为加快数据处理速度, 发动机和 ECT ECU 采用 32 位 CPU
失效保护	当传感器或电磁阀出现故障时, 发动机和 ECT ECU 将采取失效保护控制, 防止车辆操纵性能受到影响

## (2) A750F 自动变速器电控系统原理 (见图 4-67)

### (3) 主要部件结构和工作情况

1) 1号和2号油温传感器。1号油温传感器用于液压控制, 并对离合器和制动器压力进行修正, 保持换档的平顺性。当油温高时, 2号油温传感器解除自动变速器的换档正时控制, 并控制自动变速器油温警告灯。1号和2号油温传感器位置见图 4-79。

2) 变速器控制开关。变速器控制开关装在变速杆内侧, 用于检测变速杆位置 (4 或 D 位及 2 或 L 位), 并通过发动机和 ECT ECU 控制组合仪表上的档位指示灯。变速器控制开关位置见图 4-80。

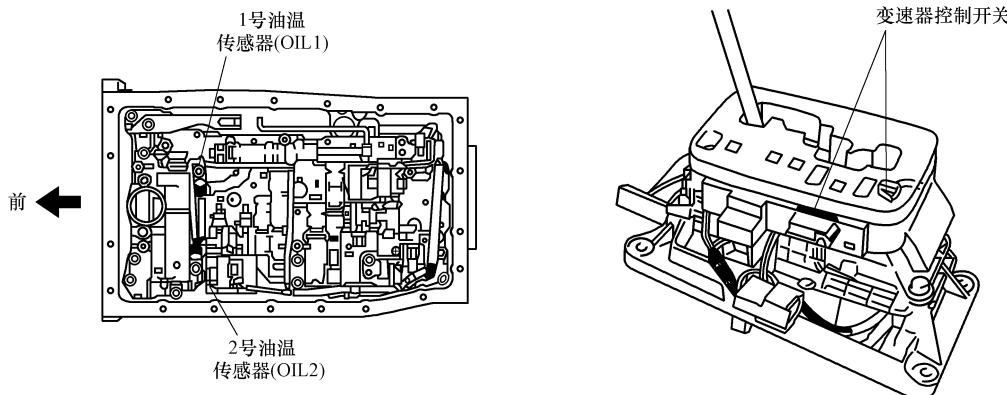


图 4-79 1号和2号油温传感器位置

图 4-80 变速器控制开关位置

3) 输出转速传感器和输入轴转速传感器。变速器输出轴上有一转子, 输出轴转速传感器位于变速器壳体右侧, 检测输出轴转速并将检测值送至发动机和 ECT ECU。输入轴转速

传感器检测变速器输入轴转速，输入轴转速传感器将直接档离合器鼓作为正时转子。

#### (4) 离合器压力控制器

1) 离合器至离合器压力控制。4 档换至 5 档及 5 档换至 4 档时用此控制。根据发动机和 ECT ECU 发出的信号，操作电磁阀 SL1 和 SL2，并将压力传送到  $B_1$  和  $C_1$  控制阀，调节作用于  $B_1$  制动器和  $C_1$  离合器上的管路压力，实现良好的可靠性和优异的换档特性。离合器至离合器压力控制工作原理见图 4-81。

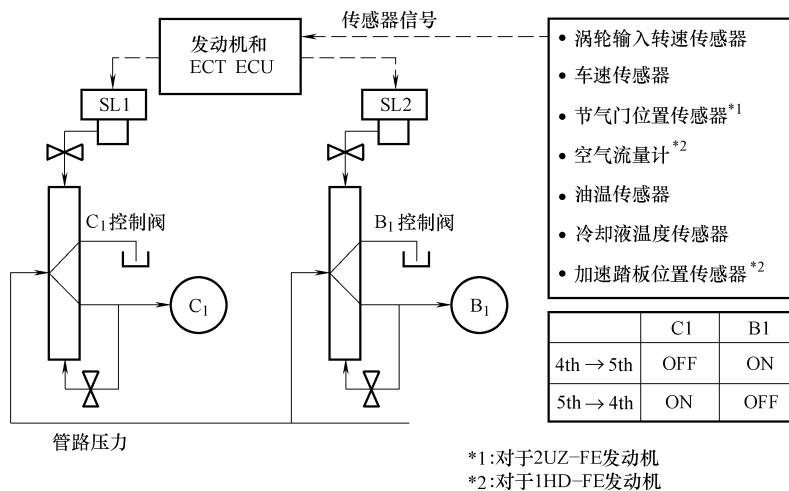


图 4-81 离合器至离合器压力控制工作原理图

2) 离合器压力优化控制。发动机和 ECT ECU 监测涡轮输入转速传感器等传感器的信号，电磁阀 SLT 和 SL1 根据发动机输出和驾驶条件精确地控制离合器压力，实现换档的平顺性。离合器压力优化控制工作原理见图 4-82。

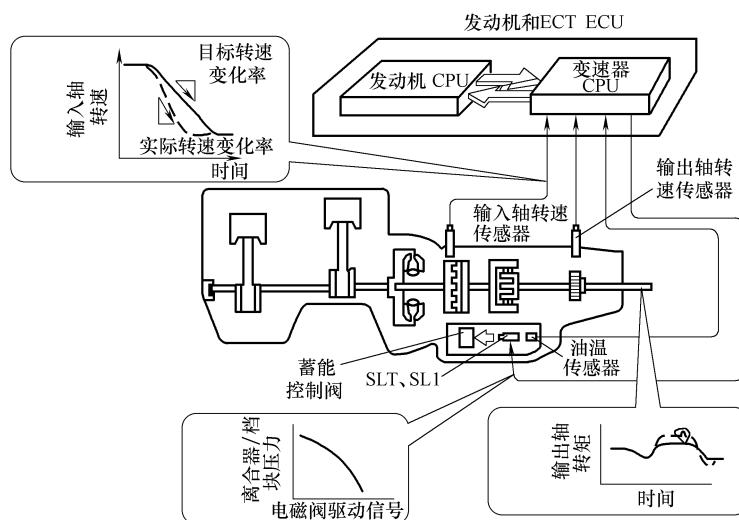
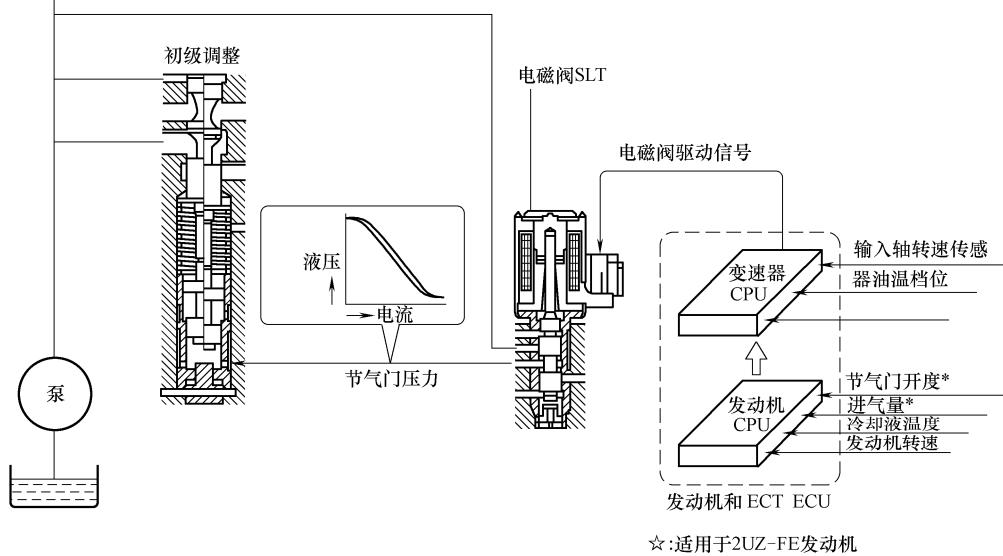


图 4-82 离合器压力优化控制工作原理

管路压力



☆:适用于2UZ-FE发动机

图 4-83 管路压力优化控制工作原理

(5) 管路压力优化控制 根据发动机转矩信息及变矩器和变速器内部工作条件，电磁阀 SLT 控制管路压力可持续控制，与发动机输出、行驶条件和自动变速器油温相匹配，实现换档的平顺性和油泵工作量的优化。管路压力优化控制工作原理见图 4-83。

(6) 挠性锁止离合器控制 在中低速，挠性锁止离合器控制电磁阀 SLU，使它提供一个介于锁止离合器开关状态间的中间状态，改善车辆在中低速的动力传递效果。锁止离合器的工作范围增大，燃油经济性得到改善。挠性锁止离合器控制 D 位 4 档、5 档和 4 位 4 档。挠性锁止离合器控制工作原理见图 4-84。

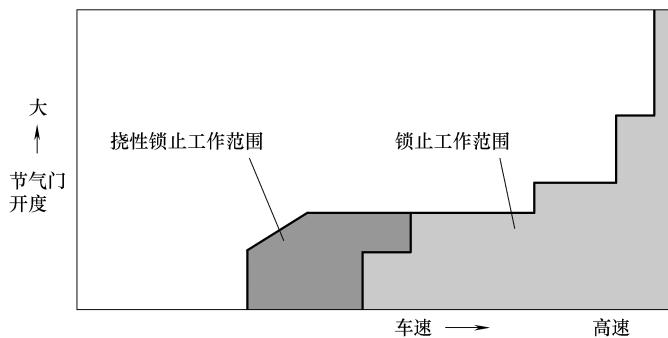


图 4-84 挠性锁止离合器控制工作原理

(7) AI (人工智能) 换档控制

1) 概述。除用换档模式选择开关外，采用智能换档控制也能使发动机和 ECT ECU 自行评估道路条件及驾驶人意图，并自动切换到最佳换档模式，实现更好的驾驶舒适性。

2) 道路条件支持控制。在道路条件支持控制下,发动机和ECT ECU根据节气门开度及车辆行驶速度判断车辆在何种道路条件下行驶。

3) 驾驶人意图支持控制。无须操作换档模式选择开关,依据加速踏板动作和车辆行驶条件,评估驾驶人意图,切换到最佳换档模式。

#### (8) 故障诊断

1) 发动机和ECT ECU检测到故障时,会进行自诊断并存储故障。同时,组合仪表上的发动机故障警告灯将点亮,以提醒驾驶人。

2) 用专用工具连接DLC3端子TC和CG,根据发动机故障警告灯的闪亮次数读取故障码,或用测试仪读取故障码。

(9) 失效保护 传感器或电磁阀工作不正常时,利用失效保护功能可将失效造成的影响降至最小。失效保护功能见表4-12。

表4-12 失效保护功能表

故障部位	功 能
输出轴转速传感器(SP2)	输出轴转速传感器有故障时,根据输入轴转速传感器信号进行换档控制
1号油温传感器	该传感器有故障时,将禁止升入5档和进行挠性锁止离合控制
电磁阀S1、S2和SR	流向失效电磁阀的电流将被切断,相应控制功能将由其他正常工作的电磁阀实现,电磁阀有故障后,换档控制生效
电磁阀SL1和SL2	电磁阀SL1或SL2有故障时,将禁止升入5档
电磁阀SLU	电磁阀SLU有故障时,流向该电磁阀的电流将被切断,禁用锁止控制和挠性锁止控制,燃油经济性下降
电磁阀SLT	电磁阀SLT有故障时,流向该电磁阀的电流将被切断,禁用管路压力优化控制,换档冲击将增大,但仍可通过正常的离合压力进行控制

## 2. 换档控制机构

### (1) 概述

1) 5档自动变速器采用门型变速杆作为连接装置。采用该变速杆后,取消变速杆按钮和直线型变速杆上的超速开关,相应功能由单一换档操作(前后及侧向)完成。

2) 换档锁系统由钥匙互锁装置和换档锁机构组成。

### (2) 换档锁系统

1) 概述:采用换档锁系统可防止进行无意识的换档操作,换档锁系统采用的是电子钥匙互锁装置和电子换档锁机构。

2) 钥匙互锁装置。在转向柱体上的钥匙互锁电磁阀工作后,锁销会移动,限制锁芯转动。若变速杆换至P位以外任何目标位置,点火开关将不能从ACC位置移至LOCK位置。

2) 换档锁机构。换档锁机构可防止变速杆移至P位以外的其他档位,除非点火开关转至ON位置,并踩下制动踏板。换档锁机构有换档锁操控按钮,可手动取消换档锁机构控制。

## 3. 油压离心力补偿机构

基于以下两个因素,应该对普通离合器进行改进:一是为防止离合器分离时,离心力产生的油压作用在活塞油压腔室(以下简称A腔)上,采用一单向阀来排出液体。在对离合器施加压力前,需要一段时间使A腔充满液体。二是在换档过程中,除阀体控制离合器压

力外，施加在 A 腔液体上的离心力会增大这个压力，压力大小由发动机转速决定。为消除这两个因素的影响，在与 A 腔相对的活塞另一面设计了油压补偿腔室（以下简称 B 腔），利用润滑产生的同样大小的离心力，抵消作用在活塞上的离心力，不用单向阀排出油液，提高可靠性，改善换档平顺性。A 腔和 B 腔见图 4-85，工作原理见图 4-86。

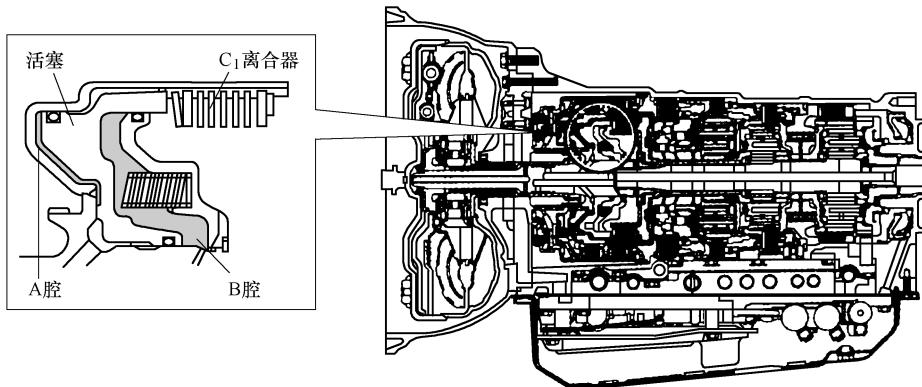
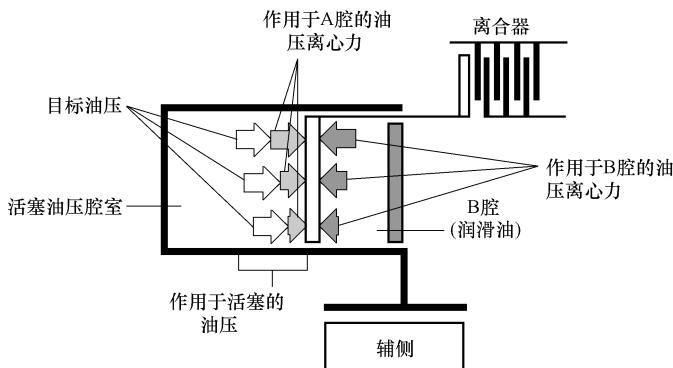


图 4-85 丰田陆地巡洋舰 A750F 自动变速器油压离心力补偿机构 A 腔和 B 腔



$$\text{目标油压 (离合器压力)} = \text{作用于活塞的油压} - \text{作用于 B 腔的油压离心力}$$

图 4-86 丰田陆地巡洋舰 A750F 自动变速器油压离心力补偿机构 A 腔和 B 腔工作原理

#### 4. 阀体

阀体由上、下阀和 7 个电磁阀组成，阀体部件位置见图 4-87。

#### 5. 电磁阀

##### (1) 电磁阀 S1、S2、SR

1) 电磁阀 S1 和 SR 是三通电磁阀，电磁阀 S2 是双通电磁阀。电磁阀头部有滤清器，进一步提高工作的可靠性。

2) 电磁阀 S1、S2、SR 功能见表 4-13，工作原理如图 4-88 所示。

表 4-13 电磁阀 S1、S2、SR 功能

电磁阀	类型	功    能
S1	3 通	切换 2-3 档换档阀
S2	2 通	1. 切换 1-2 档换档阀 2. 切换 3-4 档换档阀
SR	3 通	

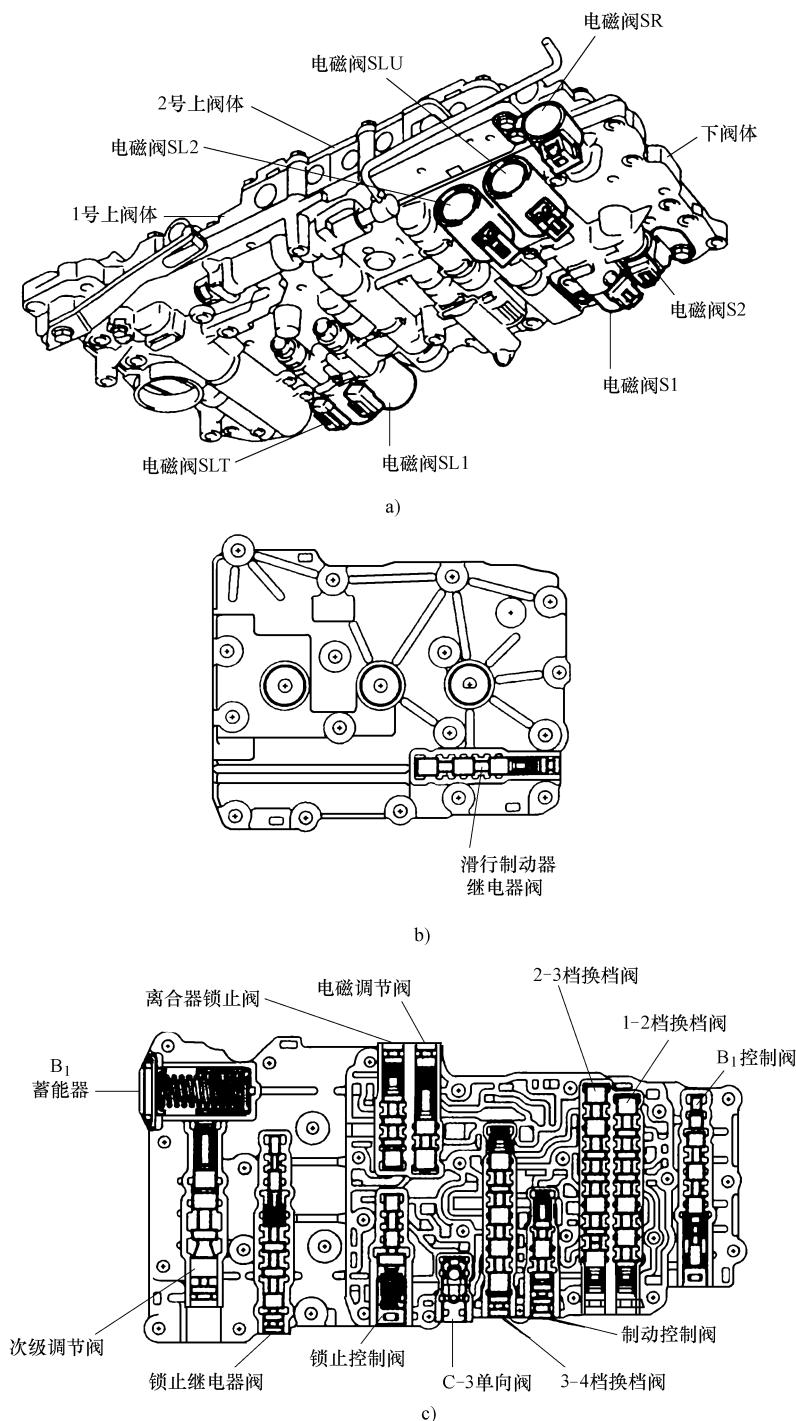


图 4-87 丰田陆地巡洋舰 A750F 自动变速器阀体部件位置

a) 电磁阀 b) 2号上阀体 c) 1号上阀体

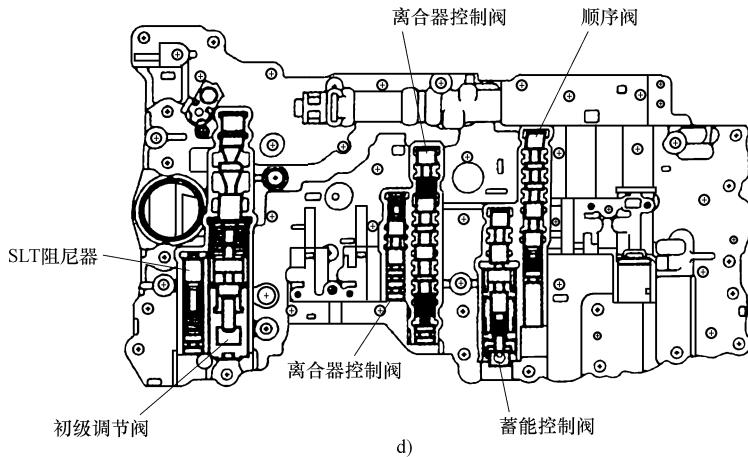


图 4-87 丰田陆地巡洋舰 A750F 自动变速器阀体部件位置 (续)

d) 下阀体

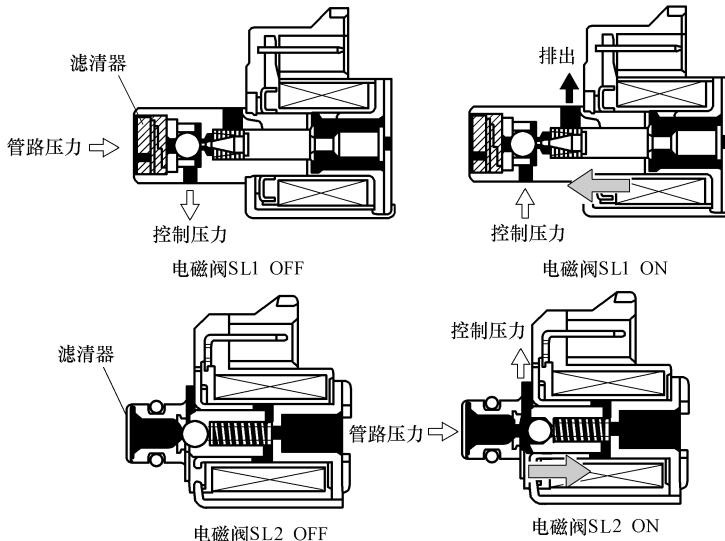


图 4-88 丰田陆地巡洋舰 A750F 自动变速器电磁阀 SL1、SL2 工作原理

## (2) 电磁阀 SL1、SL2、SLT 和 SLU

- 1) 为提供与流过电磁线圈的电流成比例的液压，电磁阀 SL1、SL2、SLT 和 SLU 根据发动机和 ECT 信号，线性控制管路压力和离合器、制动器接合压力。
- 2) 电磁阀 SL1、SL2、SLT 和 SLU 的基本结构相同。
- 3) 电磁阀 SL1、SL2、SLT 和 SLU 功能见表 4-14。

表 4-14 电磁阀 SL1、SL2、SLT 和 SLU 功能

电磁阀	功    能	电磁阀	功    能
SL1	1. C <sub>1</sub> 离合器压力控制 2. 蓄能减振器背压控制	SLT	1. 管路压力控制 2. 蓄能减振器背压控制
SL2	B <sub>1</sub> 、B <sub>2</sub> 和 B <sub>4</sub> 离合器压力控制	SLU	1. 锁止离合器压力控制 2. 蓄能减振器背压控制

## 五、电子控制单元

电子控制单元英文缩写为 ECU，俗称电脑。自动变速器 ECU 具有换档控制、锁止离合器控制锁、换档平顺性控制、故障诊断、失效保护等功能。

### 1. 换档控制

自动变速器换档时刻的控制是 ECU 最重要的控制内容之一。汽车在某个特定工况下都有一个与之对应的最佳换档时刻，使汽车发挥出最好的动力性和经济性。汽车行驶过程中，自动变速器 ECU 根据模式选择开关信号、节气门开度信号、车速信号等参数来打开或关闭换档电磁阀，从而打开或关闭通往离合器、制动器的油路，使变速器升档或降档。

图 4-89 为常见四档自动变速器的自动换档图，具有如下特点：

1) 随着节气门开度增加，升档或降档车速增加。以 2 档升 3 档为例，当节气门开度为  $2/8$  时，升档车速为  $35\text{km/h}$ ，降档车速为  $12\text{km/h}$ ；当节气门开度为  $4/8$  时，升档车速为  $50\text{km/h}$ ，降档车速为  $25\text{km/h}$ 。所以在实际的换档操作过程中，一般可以采用“收油门”的方法来快速升档。

2) 升档车速高于降档车速，以免自动变速器在某一车速附近频繁升档、降档而加速自动变速器的磨损。

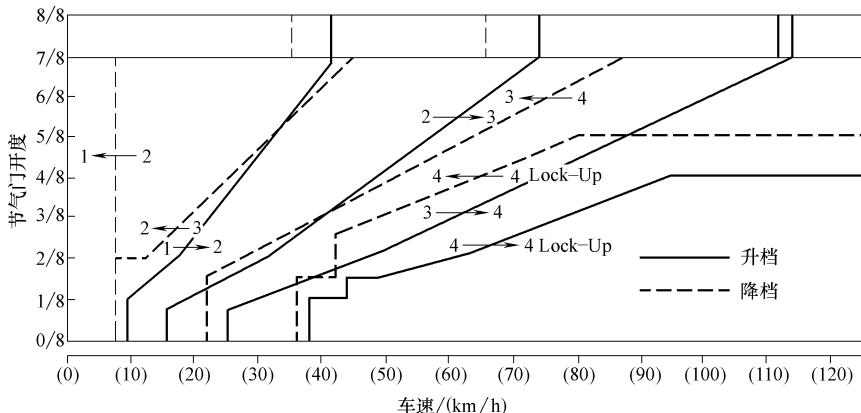


图 4-89 常见四档自动变速器的自动换档图

### 2. 锁止离合器控制

自动变速器 ECU 将各种行驶模式下锁止离合器的工作方式编程存入存储器，然后根据各种输入信号，控制锁止离合器电磁阀的通、断电，从而控制锁止离合器的工作。

(1) 锁止离合器工作的条件 如果满足以下 5 个条件，自动变速器 ECU 会接通锁止离合器电磁阀，使锁止离合器处于接合状态。

- 1) 变速杆置于 D 位，且档位在  $D_2$ 、 $D_3$  或  $D_4$  档。
- 2) 车速高于规定值。
- 3) 节气门开启（节气门位置传感器 IDL 触点未闭合）。
- 4) 冷却液温度高于规定值。
- 5) 未踩下制动踏板（制动灯开关未接通）。

(2) 锁止的强制取消 如果符合下面以下条件中的任何一项，ECU 就会给锁止离合器电磁阀断电，使锁止离合器分离。

- 1) 踩下制动踏板（制动灯开关接通）。
- 2) 发动机怠速（节气门位置传感器 IDL 触点未闭合）。
- 3) 冷却液温度低于规定值（如 60℃）。
- 4) 当巡航系统工作时，如果车速降至设定车速以下至少 10km/h。

早期的电控自动变速器中，控制锁止离合器的电磁阀是采用开关式电磁阀，即通电时锁止离合器接合，断电时锁止离合器分离。目前许多新型电控自动变速器采用占空比式电磁阀作为锁止离合器电磁阀，电脑在控制锁止离合器接合时，通过改变脉冲电信号的占空比，让锁止离合器电磁阀的开度缓慢增大，以减小锁止离合器接合时所产生的冲击，使锁止离合器的接合过程变得更加柔和。

### 3. 换档平顺性控制

自动变速器改善换档平顺性的方法有换档油压控制、减少转矩控制和 N-D 换档控制。

(1) 换档油压控制 自动变速器在升档和降档的瞬间，ECU 会通过油压电磁阀适当降低主油压，以减少换档冲击，改善换档平顺性。也有的自动变速器是在换档时通过电磁阀来减小蓄能器背压，以减缓离合器或制动器油压的增长率，来减少换档冲击。

(2) 减少转矩控制 在自动变速器换档的瞬间，通过推迟发动机点火时刻或减少喷油量，减少发动机输出转矩，以减少换档冲击和输出轴的转矩波动。

(3) N-D 换档控制 当变速杆由 P 位或 N 位于 D 位或 R 位时，或由 D 位或 R 位于 P 位或 N 位时，通过调整喷油量，把发动机转速的变化减少到最小限度，以改善换档平顺性。

### 4. 故障自诊断

电控自动变速器 ECU 具有内置的自我诊断系统，它不断监控各传感器、信号开关、电磁阀及其线路，当有故障时，ECU 使 O/D OFF 警告灯闪烁，以提醒驾驶人或维修人员；并将故障内容以故障码的形式存储在存储器中，以便维修人员采用人工或仪器的方式读取故障码。

当故障排除后，O/D OFF 警告灯将停止闪烁，不过故障码仍然会保留在 ECU 存储器中。

当 O/D 开关 ON 时（O/D 开关断开），如果有故障，O/D OFF 警告灯将点亮而不是闪烁。

**注意：**不同的自动变速器，故障警告灯不同。如丰田车系采用 O/D OFF 警告，通用车系采用 Service Engine Soon 警告灯，本田车系采用 D<sub>4</sub> 警告灯。

### 5. 失效保护

当自动变速器出现故障时，为了尽可能使自动变速器保持最基本的工作能力，以维持汽车行驶，便于汽车进厂维修，电控自动变速器 ECU 都具有失效保护功能。

(1) 当传感器出现故障时，ECU 所采取的失效保护措施

1) 节气门位置传感器出现故障时，电脑根据怠速开关的状态进行控制。当怠速开关断开时（加速踏板被踩下），按节气门开度为 1/2 进行控制，同时节气门油压为最大值；当怠速开关接通时（加速踏板完全放松），按节气门处于全闭状态进行控制，同时节气门油压为最小值。

2) 车速传感器出现故障时，电脑不能进行自动换档控制，此时自动变速器的档位由变速杆的位置决定。在 D 位和 2 位时固定为超速档或 3 档，在 L 位时固定为 2 档或 1 档；或不

论变速杆在任何前进档位，都固定为1档，以保持汽车最基本的行驶能力。

- 3) 冷却液或ATF油温度传感器出现故障时，ECU按温度为80℃的设定进行控制。
- (2) 电磁阀出现故障时，ECU所采取的失效保护措施
  - 1) 换档电磁阀出现故障时，ECU一般会将自动变速器锁档，档位与变速杆的位置有关。
  - 2) 锁止离合器电磁阀出现故障时，ECU会停止锁止离合器的控制，使锁止离合器始终处于分离状态。
  - 3) 油压电磁阀出现故障时，ECU会停止油压的控制，使油路压力保持为最大。

## 第五节 自动变速器的检修与诊断

### 一、液力变矩器的检修

#### 1. 单向离合器的检修

单向离合器损坏失效后，液力变矩器就没有转矩放大的功用，将出现如下故障现象：车辆加速起步无力，不踩加速踏板车辆不走，但车辆行驶起来之后换档正常，发动机功率正常，如果作失速试验会发现失速转速比正常值低400~800r/min。

单向离合器的检查如图4-90所示，用专用工具插入油泵驱动毂和单向离合器外座圈的槽口中。然后用手指压住单向离合器的内座圈并转动它，检查是否顺时针转动平稳而逆时针方向锁止。如果单向离合器损坏则需要更换液力变矩器总成。

#### 2. 锁止离合器的故障与检修

锁止离合器的常见故障有不锁止和常锁止。不锁止的现象是车辆的油耗高、发动机高速运转而车速不够快。具体检查时要相应检查电路部分、阀体部分以及锁止离合器本身。

常锁止的现象是发动机怠速正常，但变速杆置于动力档(R、D、2、L)后发动机熄火。

锁止离合器的检查需要将液力变矩器切开后才能进行，但这只能由专业的自动变速器维修站来完成。

#### 3. 其他检修项目

(1) 检查液力变矩器的外部 目视检查液力变矩器的外部有无损坏和裂纹，油泵驱动毂外径有无磨损、缺口有无损伤。如有异常应更换液力变矩器。

(2) 液力变矩器的清洗 当自动变速器曾有过热现象或ATF被污染后，应该清洗液力变矩器。清洗液力变矩器可以采用专用的冲洗机进行，也可以手工清洗，方法是加入干净的ATF，用力摇晃、振荡液力变矩器，然后排净油液，反复进行这样的操作，直到排出的油液干净为止。

(3) 液力变矩器内部干涉的检查 液力变矩器内部干涉主要指导轮和涡轮、导轮和泵轮之间的干涉。如果有干涉，液力变矩器运转时会有噪声。

导轮和涡轮之间的干涉检查如图4-91所示。将液力变矩器与飞轮连接侧朝下放在台架上，然后装入油泵总成，确保液力变矩器油泵驱动毂与油泵主动部分接合好。把变速器输入轴(涡轮轴)插入涡轮毂中，使油泵和液力变矩器保持不动，然后顺时针、逆时针反复转动涡轮轴，如果转动不顺畅或有噪声，则更换液力变矩器。

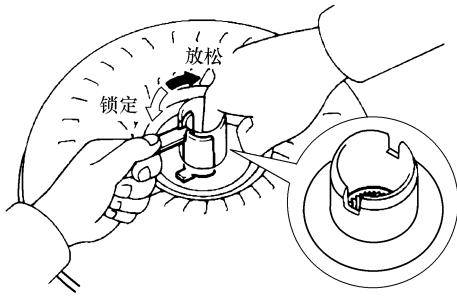


图 4-90 检查单向离合器

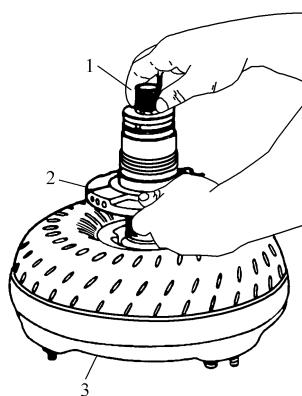


图 4-91 导轮和涡轮之间的干涉检查

1—涡轮轴 2—油泵总成 3—液力变矩器总成

导轮和泵轮之间的干涉检查如图 4-92 所示，将油泵放在台架上，并把液力变矩器安装在油泵上，旋转液力变矩器使液力变矩器的油泵驱动毂与油泵主动部分接合好，然后固定住油泵并逆时针转动液力变矩器，如果转动不顺畅或有噪声，则更换液力变矩器。

#### 4. 安装液力变矩器

把液力变矩器安装到变速器上时，要使两个传动销座落在油泵的切口内，并使距离 A 至少为 20mm，如图 4-93 所示。

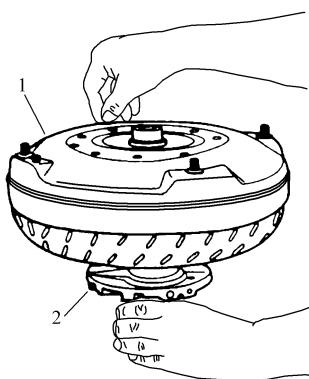


图 4-92 导轮和泵轮之间的干涉检查

1—液力变矩器总成 2—油泵总成

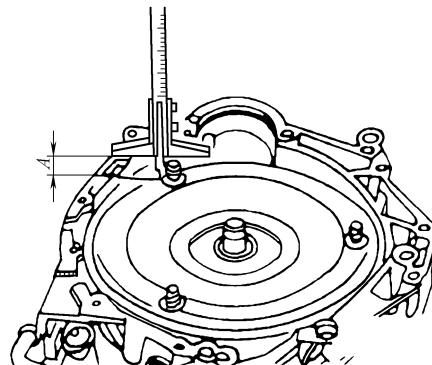


图 4-93 安装液力变矩器

## 二、液压控制系统主要元件的检修

### 1. 从动轮与泵体之间的间隙检查

如图 4-94 所示，用塞尺测量从动轮与泵体之间的间隙。

### 2. 从动轮齿顶与月牙板之间的间隙

如图 4-95 所示，用塞尺测量从动轮齿顶与月牙板之间的间隙。

### 3. 主动轮与从动轮的侧隙

如图 4-96 所示，用钢直尺和塞尺测量主动齿轮与从动齿轮的侧隙。

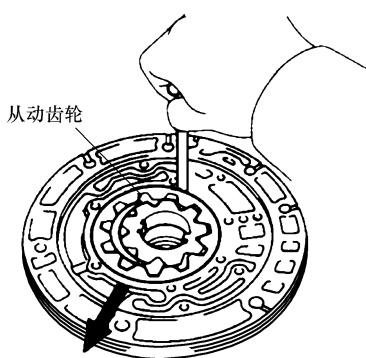


图 4-94 用塞尺测量从动齿轮与泵体之间的间隙

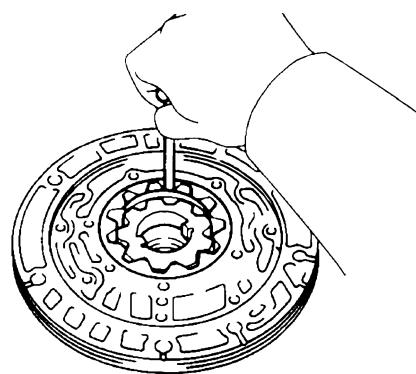


图 4-95 用塞尺测量从动齿轮齿顶与月牙板之间的间隙

如果工作间隙超过规定值，应更换油泵。

#### 4. 油泵使用注意事项

1) 发动机不工作，油泵不转，自动变速器无油压，即使在 D 位和 R 位，也不能靠推车起动发动机。

2) 长距离拖车时，由于发动机不转，油泵也不转，齿轮系统没有润滑油，磨损会加剧，因此要求车速慢、距离短。如丰田车系要求拖车车速不高于 30km/h，距离不超过 80km；奔驰车系要求拖车车速不高于 50km/h，距离不超过 50km。如果长距离拖车应将驱动轮提起，或断开传动轴。

### 三、四档辛普森自动变速器的检修

#### 1. 换挡执行元件离合器的检修

离合器总成分解后要对每个零件进行清洗和检查，如离合器鼓、花键毂、离合器片、压盘等是否磨损严重、变形，回位弹簧是否断裂、弹性不足，单向球阀是否密封良好等，必要时更换零部件和总成。

离合器重新装配后要检查离合器的间隙。间隙过大会使换挡滞后、离合器打滑；间隙过小会使离合器分离不彻底。检查离合器间隙一般是用塞尺进行检测，如图 4-97 所示。

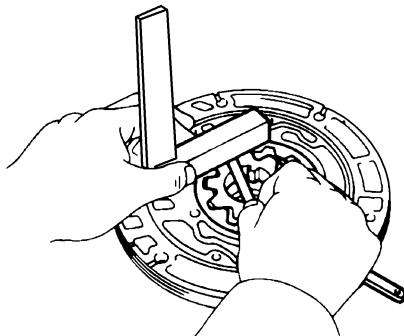


图 4-96 用钢直尺和塞尺测量主动轮与从动轮的侧隙

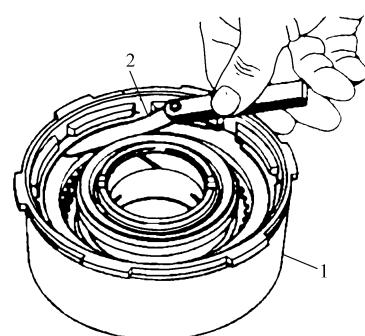


图 4-97 检查离合器间隙  
1—离合器总成 2—塞尺

## 2. 换档执行元件制动器的检修

检查制动带是否破裂、过热、不均匀磨损、表面剥落等情况，如果有任何一种，制动带都应更换。

检查制动鼓表面是否有污点、划伤、磨光、变形等缺陷。

制动器装配后要调整工作间隙，原因与离合器间隙的调整是一样的（方法是：将调整螺钉上的锁紧螺母拧松并退回大约 5 圈，然后用扭力扳手按规定力矩将调整螺钉拧紧，再按维修手册的要求将调整螺钉退回一定圈数，最后用锁紧螺母紧固。）。

## 四、丰田陆地巡洋舰 A340F 自动变速器电控系统的检修

### 1. A340F 自动变速器电控元件布置（见图 4-73）

#### 2. 故障码

##### (1) 故障码读取

1) 用故障测试仪读取。将故障测试仪与 3 号故障诊断插接器 (DLC3) 相连，打开点火开关和故障测试仪，按故障测试仪上的提示进行操作，即可读取故障码。

2) 通过 MIL 读取。将点火开关转到 ON 位置，不要起动发动机，用跨接线连接 DLC3 端子 13 (TC) 和 4 (CG)，通过 MIL 的闪亮情况读取故障码。

##### (2) 故障码清除

1) 用故障测试仪清除。将故障测试仪与 DLC3 相连，按故障测试仪上的提示进行操作，即可清除故障码。

2) 不用故障测试仪清除。从发动机室中继线盒中拆下 EFI 保险丝 60s 以上，可以清除故障码。

##### (3) 故障码（见表 4-15）

表 4-15 A340F 自动变速器故障码

OBD-II	MIL 故障码	故障部件	故障诊断
P0500	42	车速传感器 A 故障	1. 车速传感器电路断路或短路 2. 车速传感器有故障 3. 组合仪表有故障 4. ECM 有故障
P0705	—	变速器档位传感器电路故障 (PRNDL 输入)	1. 停车档/空档位置开关电路短路 2. 停车档/空档位置开关有故障 3. ECM 有故障
P0710	38	自动变速器油 (ATF) 温度传感器 A 电路故障	1. ATF 温度传感器电路断路或短路 2. ATF 温度传感器有故障 3. ECM 有故障
P0712	38	ATF 温度传感器 A 电路低输入电压信号	
P0713	38	ATF 温度传感器 A 电路高输入电压信号	
P0717	67	输入轴转速传感器电路故障	1. 输入轴转速传感器 (NCO) 电路断路或短路 2. 输入轴转速传感器 (NCO) 有故障 3. ECM 有故障
P0722	61	输出轴转速传感器故障	1. 输出轴转速传感器 (SP2) 电路断路或短路 2. 输出轴转速传感器 (SP2) 有故障 3. ECM 有故障

(续)

OBD-II	MIL 故障码	故障部件	故障诊断
P0724	—	制动灯开关 B 电路高输入电压信号	1. 制动灯开关电路短路 2. 制动灯开关有故障 3. ECM 有故障
P0741	—	变矩器离合器电磁阀故障(换档电磁阀 SL)	1. 换档电磁阀 SL 卡在开启或关闭位置 2. 换档电磁阀 SL 有故障 3. ECM 有故障
P0743	64	变矩器离合器电磁阀电路故障(换档电磁阀 SL)	1. 换档电磁阀 SL 电路断路或短路 2. 换档电磁阀 SL 有故障 3. ECM 有故障
OBD-II	故障码	故障部件	故障诊断
P0751	—		1. 换档电磁阀 S1 卡在开启或关闭位置 2. 阀体阻塞或卡住 3. 换档电磁阀 S1 有故障 4. 自动变速器总成有故障 5. ECM 有故障
P0756	—	换档电磁阀 B 故障(换档电磁阀 S2)	1. 换档电磁阀 S2 卡在开启或关闭位置 2. 阀体阻塞或卡住 3. 换档电磁阀 S2 有故障 4. 自动变速器总成有故障 5. ECM 有故障
P0850	—	停车档 1 空档位置开关输入电路故障	1. 停车档/空档位置开关电路短路 2. 停车档 1 空档位置开关有故障 3. ECM 有故障
P0973	62	换档电磁阀 A 控制电路低输入电压信号(换档电磁阀 S1)	1. 换档电磁阀 S1 电路断路或短路 2. 换档电磁阀 S1 有故障 3. ECM 有故障
P0974	62	换档电磁阀 A 控制电路高输入电压信号(换档电磁阀 S1)	1. 换档电磁阀 S1 电路断路或短路 2. 换档电磁阀 S1 有故障 3. ECM 有故障
P0976	63	换档电磁阀 B 控制电路低输入电压信号(换档电磁阀 S2)	1. 换档电磁阀 S2 电路断路或短路 2. 换档电磁阀 S2 有故障 3. ECM 有故障
P0977	63	换档电磁阀 B 控制电路高输入电压信号(换档电磁阀 S2)	1. 换档电磁阀 S2 电路断路或短路 2. 换档电磁阀 S2 有故障 3. ECM 有故障
P1782	—	T/F L <sub>4</sub> 档位开关性能故障	1. 分动器 L <sub>4</sub> 位置开关电路短路 2. 四轮驱动控制 ECU 有故障 3. ECM 有故障
P2716	77	压力控制电磁阀 D 电路故障(换档电磁阀 SLT)	1. 换档电磁阀 SLT 电路断路或短路 2. 换档电磁阀 SLT 有故障 3. ECM 有故障

### 3. 故障码检查

(1) 故障码 P0705、P0850 检修 故障码 P0705、P0850 检修电路见图 4-98，检修步骤见表 4-16。

表 4-16 故障码 P0500, P0850 检修步骤

检查换档锁止控制 ECU	
脱开换档锁止控制 ECU 插接器, 如图 4-99 所示, 检测变速杆在不同位置时换档锁止控制 ECU 各端子间的导通性。变速杆在 D 位置时端子 9 与 2 间导通, 变速杆在 3 位置时端子 9 与 2 间不导通, 变速杆在 D 位置时端子 9 与 3 间不导通, 变速杆在 3 位置时端子 9 与 3 间导通	
若正常, 则进行下一步检查	若不正常, 则更换换档锁止控制 ECU
检查停车档/空档位置开关	
连接好换档锁止控制 ECU 插接器, 升起车辆, 脱开停车档/空档位置开关插接器, 检测变速杆在不同位置时停车档/空档位置端子间的导通性。变速杆在 P 位时端子 1 与 3 间及端子 6 与 9 间导通, 变速杆在 R 位时端子 2 与 3 间导通, 变速杆在 N 位时端子 5 与 3 端子 6 与 9 间导通, 变速杆在 D、3 位置时端子 3 与 7 间导通, 变速杆在 2 位置时端子 3 与 4 间导通, 变速杆在 L 位时端子 3 与 8 间导通	
若正常, 则进行下一步检查	若不正常, 则更换检查停车档/空档位置开关
接回停车档/空档位置开关插接器, 将点火开关转到 ON 位置, 如图 4-100 所示, 检测变速杆在不同位置时 ECM 端子间的电压。变速杆在 P 和 N 位置时 ECM 端子 NSW 与 E1 间的电压小于 1V, 变速杆不在 P 和 N 位置时 ECM 端子 NSW 与 E1 间的电压为蓄电池电压, 变速杆在 R 位时 ECM 端子 R 与 E1 间的电压为蓄电池电压, 变速杆在 D 位和 3 档时 ECM 端子 D 与 E1 间的电压为蓄电池电压, 变速杆在 3 位置时 ECM 端子 3 与 E1 间的电压为蓄电池电压, 变速杆在 2 档时 ECM 端子 2 与 E1 间的电压为蓄电池电压, 变速杆在 L 位时 ECM 端子 L 与 E1 间的电压为蓄电池电压	
若正常, 则检查和更换 ECM	若不正常则检修或更换配线和插接器

(2) 故障码 P0710、P0712、P0713 检修 故障码 P0710、P0712、P0713 检修电路见图 4-101, 检修步骤见表 4-17。

表 4-17 故障码 P0710、P0712、P0713 检修步骤

1. 检查 ATF 温度传感器	
脱开 ATF 温度传感器插接器, 如图 4-102 所示, 检测 ATF 温度传感器端子间的电阻, 应为 $79 \sim 156\text{k}\Omega$	
若正常, 则进行下一步检查	若不正常, 则更换 ATF 温度传感器
2. 检查 ATF 温度传感器与 ECM 间的配线和插接器	
接回温度传感器插接器, 脱开 ECM 插接器, 如图 4-103 所示, 检测 ECM 插接器端子 THOC 与 E2 间的电阻, 应为 $79 \sim 156\text{k}\Omega$ 。检测 ECM 配线侧连接端子 THOC、E2 与车身接地间的导通性, 应不导通	
若正常, 则检查和更换 ECM	若不正常, 则检修或更换配线和插接器

(3) 故障码 P0717 检修 故障码 P0717 检修电路见图 4-104, 检修步骤见表 4-18。

表 4-18 故障码 P0717 检修步骤

1. 检查车速传感器(NCO)	
从变速器上拆下车速传感器(NCO), 如图 4-105 所示, 检测车速传感器端子间的电阻, $20^\circ\text{C}$ 时为 $560 \sim 680\Omega$ 。使磁铁靠近车速传感器前端, 然后快速离开, 检测传感器端子间的电压, 应有脉冲电压	
若正常, 则进行下一步检查	若不正常, 则更换车速传感器(NCO)
2. 检查车速传感器与 ECM 间的配线和插接器	
装好车速传感器(NCO), 脱开 ECM 插接器, 如图 4-106 所示, 检测 ECM 插接器端子 NCO + 与 NCO - 间的电阻, $20^\circ\text{C}$ 时为 $560 \sim 680\Omega$ 。检测 ECM 连 NCO + 与 NCO - 插接器端子与车身接地间的导通性, 应不导通	
若不正常, 则检修或更换配线和插接器	若不正常, 则检查和更换 ECM

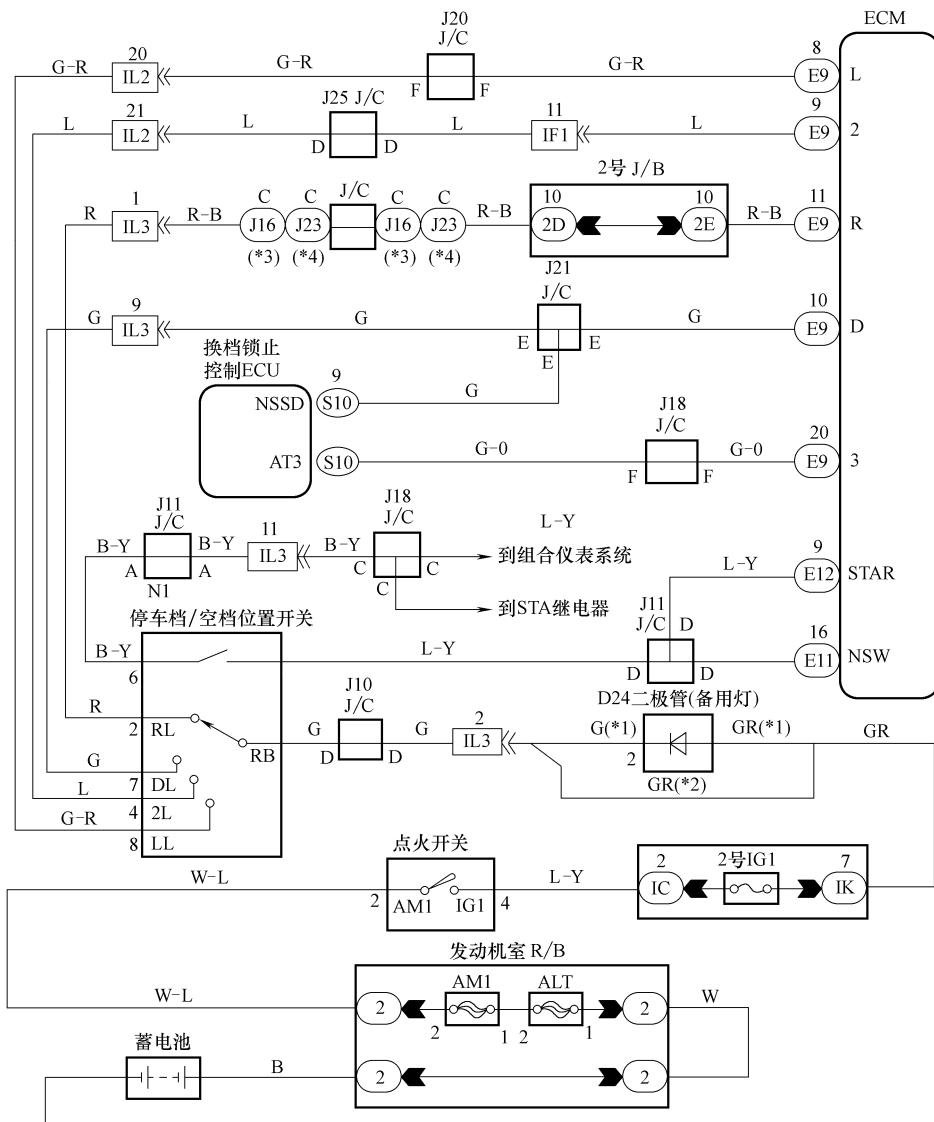


图 4-98 故障码 P0705、P0850 检修电路（一）

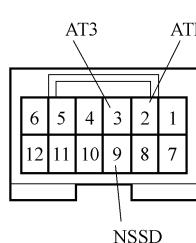


图 4-99 故障码 P0705、P0850 检修电路（二）

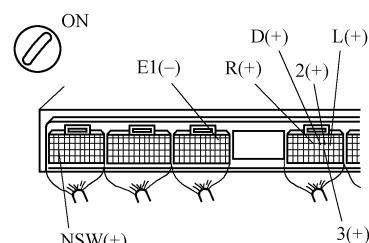


图 4-100 故障码 P0705、P0850 检修电路（三）

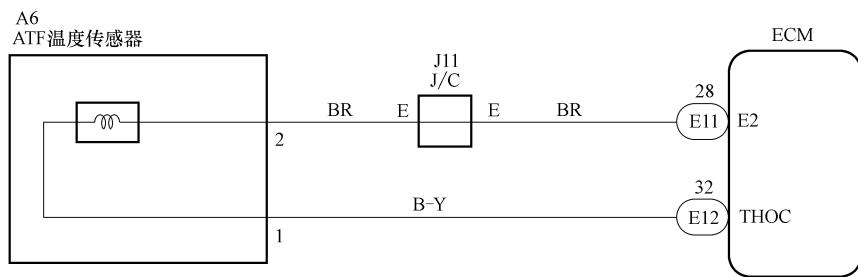


图 4-101 故障码 P0710、P0712、P0713 检修电路

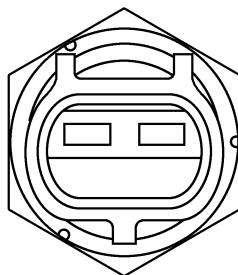


图 4-102 ATF 温度传感器连接器

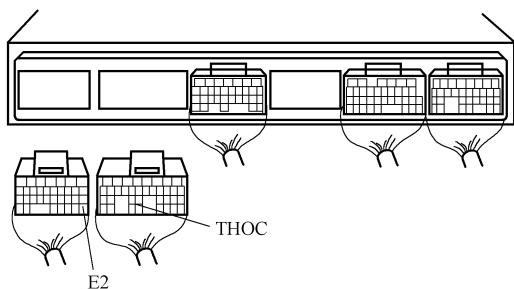


图 4-103 检测 THOC 与 E2 间的电阻

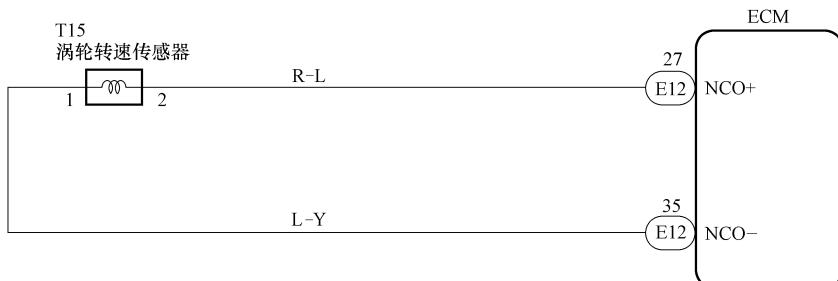


图 4-104 故障码 P0717 检修电路

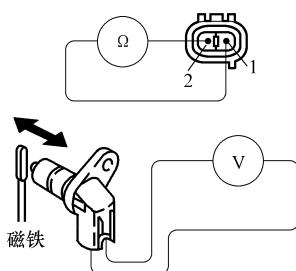


图 4-105 检测车速传感器端子间的电阻

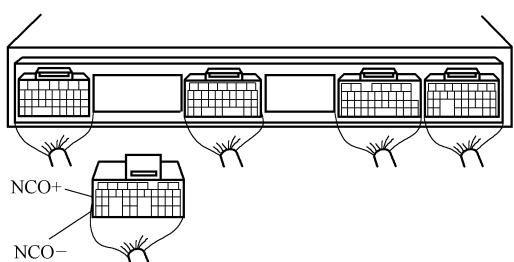


图 4-106 检测 NCO + 与 NCO - 间的电阻

(4) 故障码 P0722 检修 故障码 P0722 检修电路见图 4-107，检修步骤见表 4-19。

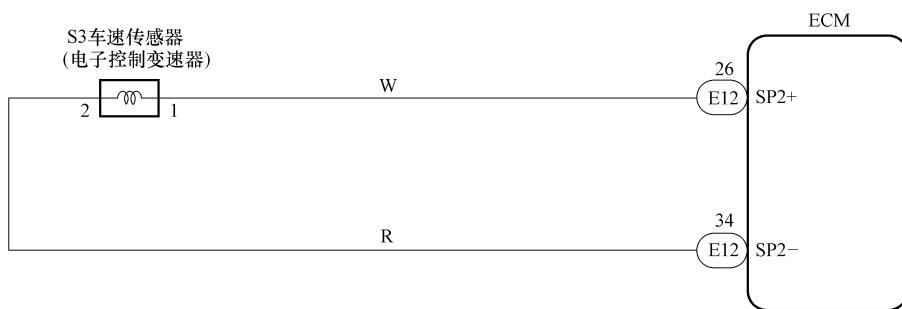


图 4-107 故障码 P0722 检修电路

表 4-19 故障码 P0722 检修步骤

**1. 检查输出轴转速传感器(SP2)**

从变速器上拆下输出轴转速传感器(SP2)，参见图 4-105，检测输出轴转速传感器端子间的电阻，20℃时为 560~680Ω。使磁铁靠近输出轴转速传感器前端，然后快速离开，检测输出轴转速传感器端子间的电压，应有脉冲电压。

若正常，则进行下一步检查	若不正常，则更换输出轴转速传感器
--------------	------------------

**2. 检查车速传感器与 ECM 间的配线和插接器**

装好输出轴转速传感器(SP2)，脱开 ECM 插接器，如图 4-108 所示，检测 ECM 插接器端子 SP2+ 与 SP2- 间的电阻，20℃时为 560~680Ω。检测 ECM 插接器端子 SP2+ 与 SP2- 与车身接地间的导通性，应不导通。

若正常，则检查和更换 ECM	若不正常，则检修或更换配线和插接器
----------------	-------------------

(5) 故障码 P0724 检修 故障码 P0724 检修步骤见表 4-20。

表 4-20 故障码 P0724 检修步骤

**1. 检查制动灯开关**

若正常，则进行下一步检查	若不正常，则更换制动灯开关
--------------	---------------

**2. 检查制动灯开关与 ECM 间的配线和插接器**

若正常，则检查和更换 ECM	若不正常，则检修或更换配线和插接器
----------------	-------------------

(6) 故障码 P0741 检修 故障码 P0741 检修步骤见表 4-21。

表 4-21 故障码 P0741 检修步骤

**1. 检查换档电磁阀(SL)**

拆下换档电磁阀(SL)，如图 4-109 所示，检测换档电磁阀端子与阀体间的电阻，20℃时为 11~15Ω。将蓄电池正极与换档电磁阀端子相连，负极与阀体相连，应听见换档电磁阀发出的工作噪声。

若正常，则进行下一步检查	若不正常，则更换换档电磁阀
--------------	---------------

**2. 检查变速器阀体**

若正常，则检修或更换自动变速器	若不正常，则检修或更换变速器阀体总成
-----------------	--------------------

(7) 故障码 P0743 检修 故障码 P0743 检修电路见图 4-110，检修步骤见表 4-22。

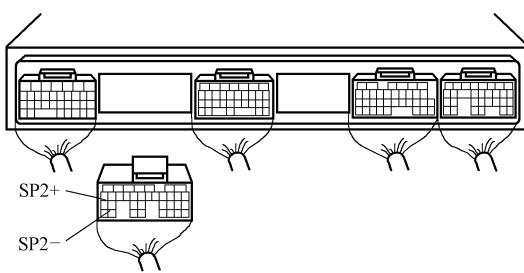


图 4-108 检测 SP2+ 与 SP2- 间的电阻

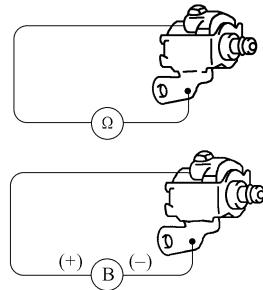


图 4-109 检测换档电磁阀端子与阀体间的电阻

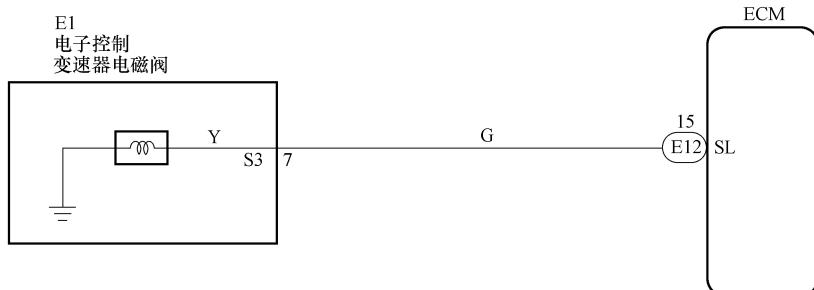


图 4-110 故障码 P0743 检修电路

表 4-22 故障码 P0743 检修步骤

**1. 检查变速器配线**

将变速器配线与变速器分开，如图 4-111 所示，检测变速器配线插接器端子 SL 与车身接地间的电阻，20℃时为 11~15Ω。

若正常，则进行下一步检查

若不正常，则进行第 3 步检查

**2. 检查变速器线束与 ECM 间的配线和插接器**

接回变速器线插接器，脱开 ECM 插接器，如图 4-112 所示，检测 ECM 插接器端子 SL 与 E1 间的电阻，20℃时为 11~15Ω。

若正常，则检查和更换 ECM

若不正常，则检修或更换配线和插接器

**3. 检查换档电磁阀 (SL)**

拆下换档电磁阀 (SL)，如图 4-109 所示，检测换档电磁阀端子与阀体间的电阻，20℃时为 11~15Ω。将蓄电池正极与换档电磁阀端子相连，负极与阀体相连，应听见换档电磁阀发出的工作噪声。

若正常，则检查和更换 ECM

若不正常，则更换换档电磁阀 (SL)

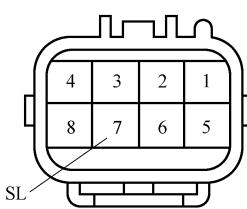


图 4-111 检测 SL 与车身接地间电阻

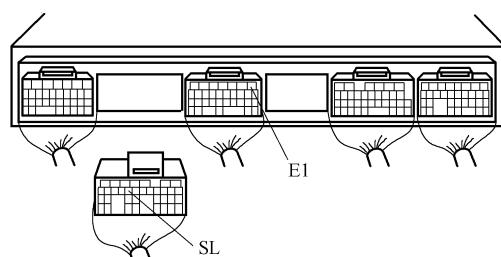


图 4-112 检测 SL 与 E1 间电阻

(8) 故障码 P0751、P0756 检修 故障码 P0751、P0756 检修步骤见表 4-23。

表 4-23 故障码 P0751、P0756 检修步骤

**1. 检查换档电磁阀(S1/S2)**

拆下换档电磁阀(S1/S2),如图 4-112 所示,检测换档电磁阀端子与阀体间的电阻,20℃时为  $11 \sim 15\Omega$ 。将蓄电池正极与换档电磁阀端子相连,负极与阀体相连,应听见换档电磁阀发出的工作噪声

若正常,则进行下一步检查

若不正常,则更换换档电磁阀(S1/S2)

**2. 检查变速器阀体**

若正常,则检修或更换自动变速器

若不正常,则检修或更换变速器阀体总成

(9) 故障码 P0973、P0974、P0976、P0977 检修 故障码 P0973、P0974、P0976、P0977 检修电路见图 4-113, 检修步骤见表 4-24。

表 4-24 故障码 P0973、P0974、P0976、P0977 检修步骤

**1. 检查变速器配线**

将变速器配线与变速器分开,如图 4-114 所示。检测变速器配线插接器端子 S1 或 S2 与车身接地间的电阻,20℃时为  $11 \sim 15\Omega$

若正常,则进行下一步检查

若不正常,则进行第 3 步检查

**2. 检查变速器线束与 ECM 间的配线和插接器**

接回变速器线插接器,脱开 ECM 插接器,如图 4-115 所示,检测 ECM 插接器端子 S1、S2 与 E1 间的电阻,20℃时为  $11 \sim 15\Omega$

若正常,则检查和更换 ECM

若不正常,则检修或更换配线和插接器

**3. 检查换档电磁阀(S1/S2)**

拆下换档电磁阀(S1/S2),如图 4-109 所示,检测换档电磁阀端子与阀体间的电阻,20℃时为  $11 \sim 15\Omega$ 。将蓄电池正极与换档电磁阀端子相连,负极与阀体相连,应听见换档电磁阀发出的工作噪声

若正常,则检查和更换 ECM

若不正常,则更换换档电磁阀(S1/S2)

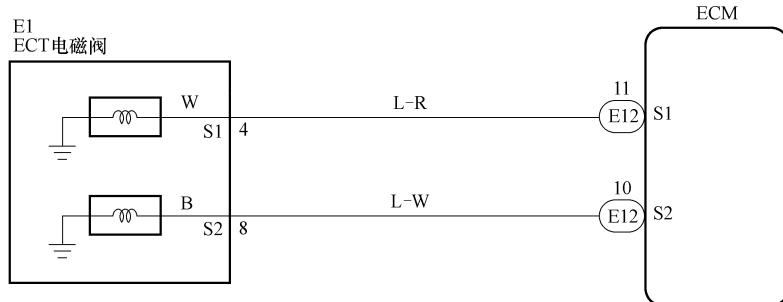


图 4-113 故障码 P0973、P0974、P0976、P0977 检修电路

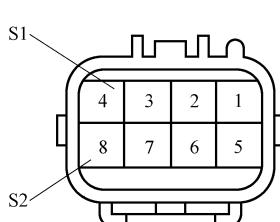


图 4-114 检测 S1 或 S2 与车身接地间的电阻

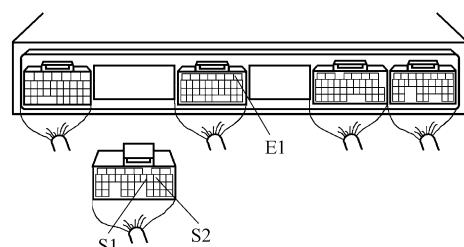


图 4-115 检测 S1、S2 与 E1 间的电阻

(10) 故障码 P1782 检修 故障码 P1782 检修电路如图 4-116 所示, 检修步骤见表 4-25。

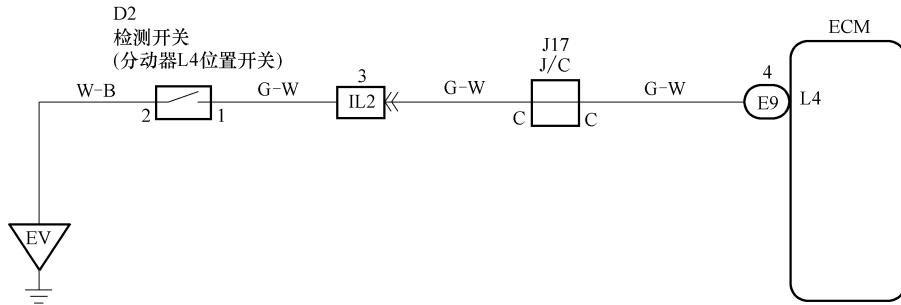


图 4-116 故障码 P1782 检修电路

表 4-25 故障码 P1782 检修步骤

#### 1. 检查 1 号分动器指示器开关 (L4 位置开关)

拆下 1 号分动器指示器开关, 如图 4-117 所示, 检测 1 号分动器指示器开关端子的导通性。按住 1 号分动器指示器开关顶部的球体时端子之间导通, 松开 1 号分动器指示器开关顶部的球体时端子间不导通

若正常, 则进行下一步检查

若不正常, 则更换 1 号分动器指示器开关 (L4 位置开关)

#### 2. 检查 1 号分动器指示器开关与 ECM 间的配线和插接器

若正常, 则检查和更换 ECM

若不正常, 则检修或更换配线和插接器

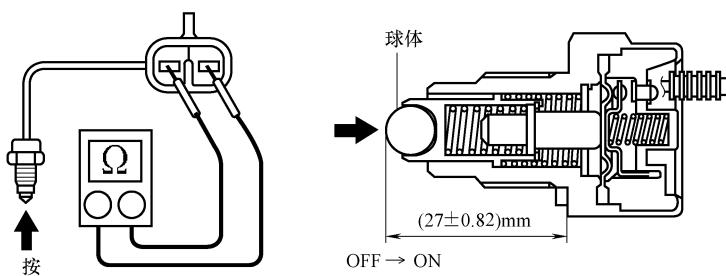


图 4-117 检测 1 号分动器指示器开关端子的导通性

(11) 故障码 P2716 检修 故障码 P2716 检修电路见图 4-118, 检修步骤见表 4-26。

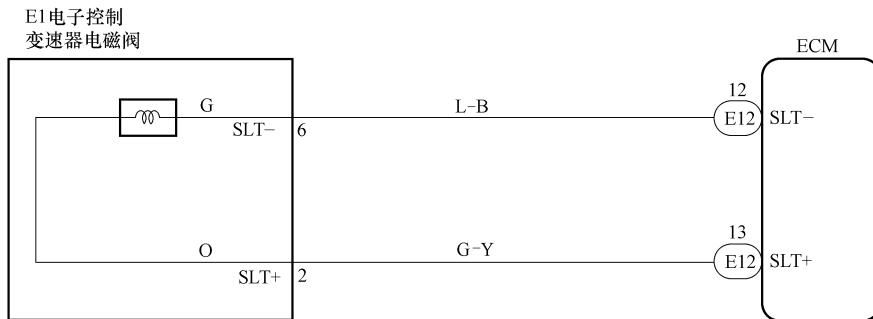


图 4-118 故障码 P2716 检修电路

表 4-26 故障码 P2716 检修步骤

**1. 检查变速器配线**

将变速器配线与变速器分开,如图 4-119 所示。检测变速器配线插接器端子 SLT+ 与 SLT- 间的电阻,20℃时为 5~5.6Ω。检测变速器配线插接器端子 SLT+、SLT- 间与车身接地间的导通性,应不导通

若正常,则进行下一步检查

若不正常,则进行第 3 步检查

**2. 检查变速器线束与 ECM 间的配线和插接器**

接回变速器线插接器,脱开 ECM 插接器,如图 4-120 所示,检测 ECM 插接器端子 SLT+ 与 SLT- 间的电阻,20℃时为 5~5.6Ω。检测 ECM 插接器端子 SLT+、SLT- 与车身接地间的导通性,应不导通

若正常,则检查和更换 ECM

若不正常,则检修或更换配线和插接器

**3. 检查换档电磁阀(SLT)**

拆下换档电磁阀(SLT),如图 4-121 所示,检测换档电磁阀端子 1 与 2 之间的电阻,20℃时为 5~5.6Ω。将蓄电池正极通过一只 8~10W 的灯泡与换档端子 1 相连,负极与端子 2 相连,当将蓄电池电压施加到换档电磁阀上时,电磁阀应按图 4-121 所示的实线箭头方向移动。当断开施加到换档电磁阀上时,电磁阀应按图 4-121 所示的虚线箭头方向移动

若正常,则检查和更换 ECM

若不正常,则更换换档电磁阀(SLT)

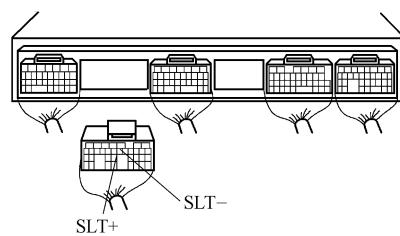
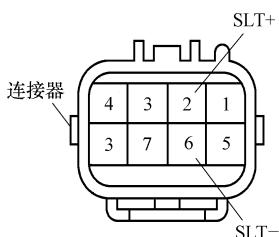


图 4-119 检测变速器配线连接器

SLT+ 与 SLT- 间的电阻

图 4-120 检测 ECM 连接器

SLT+ 与 SLT- 间的电阻

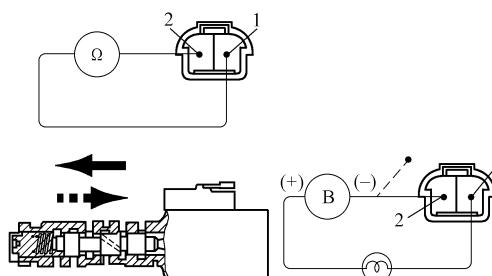


图 4-121 检测换档电磁阀端子 1 与 2 间的电阻

(12) 停车档/空档位置开关电路检修 停车档/空档位置开关电路检修参见“故障码 P0705、P0850 检修”。

(13) 制动灯开关信号电路检修 制动灯开关信号电路检修参见“故障码 P0724 检修”。

(14) 模式选择开关电路检修 模式选择开关电路见图 4-122, 检修步骤见表 4-27。模式选择开关(2 档起动开关):按下 2 档起动开关时,开关将接通并且选择 2 档起动模式。要取消 2 档起动模式,请再次按 2 档起动开关。2 档起动模式在将点火开关拧至 OFF 时自动取消。

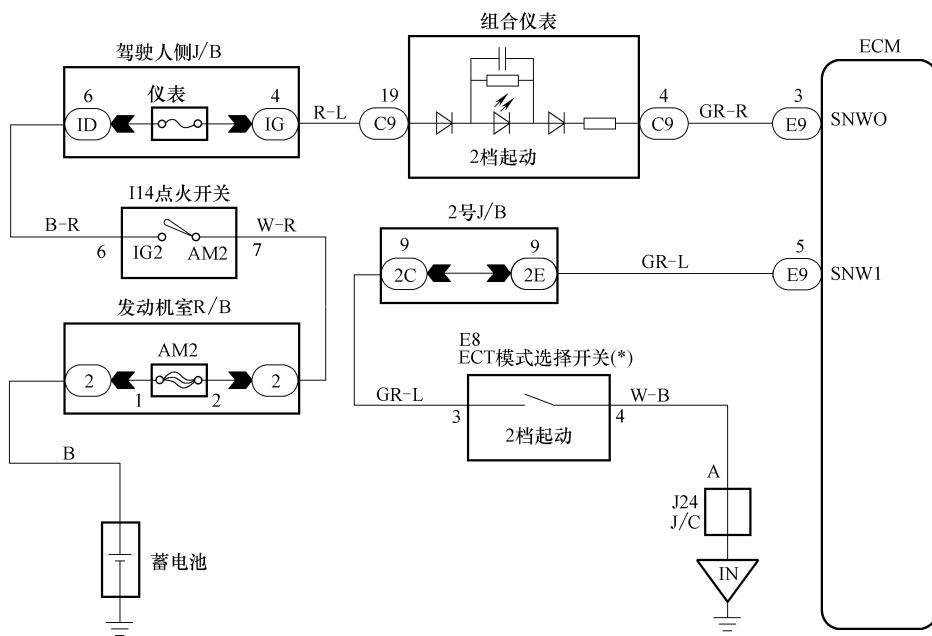


图 4-122 模式选择开关电路

表 4-27 模式选择开关电路检修步骤

**1. 检查模式选择开关**

脱开模式选择开关插接器,如图 4-123 所示,检测模式选择开关端子 3 与 4 间的导通性,按住模式选择开关时端子间导通,松开模式选择开关时端子间不导通

若正常,则进行下一步检查	若不正常,则更换模式选择开关
--------------	----------------

**2. 检查模式选择开关与 ECM 间的配线和插接器**

接回模式选择开关插接器,脱开 ECM 插接器,如图 4-124 所示,检测 ECM 插接器端子 SNWI 与 E1 间的导通性。按住模式选择开关时端子间导通,松开模式选择开关时端子间不导通

若正常,则按故障码表进行检查	若不正常,则检修或更换配线和插接器
----------------	-------------------

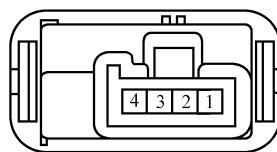


图 4-123 检测模式选择开关

端子 3 与 4 间的导通性

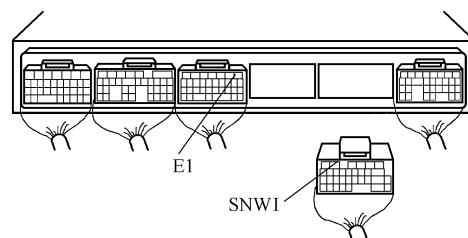


图 4-124 检测 ECM 插接器

端子 SNWI 与 E1 间的电阻

(15) A/TP 指示器电路 A/TP 指示器电路见图 4-125, 检修步骤见表 4-28。

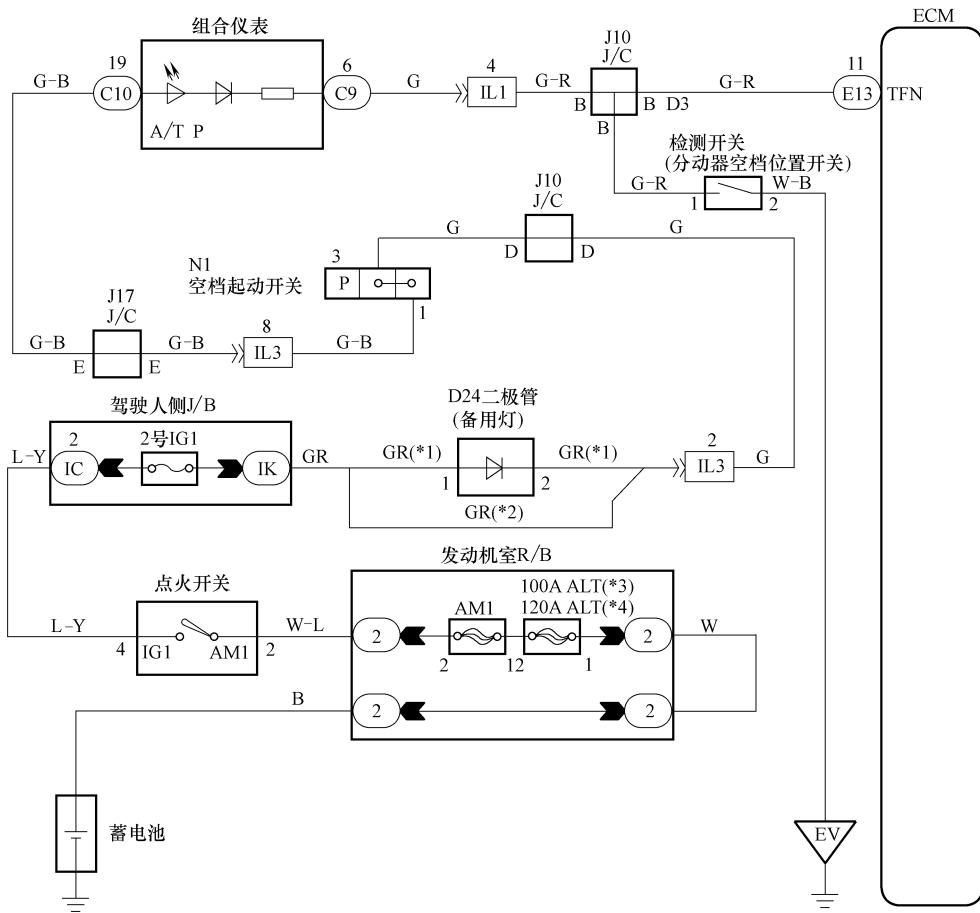


图 4-125 A/TP 指示器电路

\* 1：澳大利亚 A/T   \* 2：除澳大利亚 A/T 外   \* 3：带 PTC   \* 4：不带 PTC

表 4-28 A/T P 指示器电路检修步骤

### 1. 检查停车档/空档位置开关

若正常，则进行下一步检查

若不正常，则更换停车档/空档位置开关

### 2. 检查 2 号分动器指示器开关（分动器空档位置开关）

拆下 2 号分动器指示器开关，如图 4-126 所示，检查 2 号分动器指示器开关端子间的导通性。按住 2 号分动器指示器开关时端子间导通，松开 2 号分动器指示器开关时端子间不导通

若正常，则按故障码表进行检查

若不正常，则更换 2 号分动器指示器开关（分动器空档位置开关）

### 3. 检查组合仪表

若正常，则检修或更换配线和插接器

若不正常，则更换组合仪表

(16) L<sub>4</sub> 档开关电路检修 L<sub>4</sub> 档开关电路检修参见“故障码 P1782 检修”。

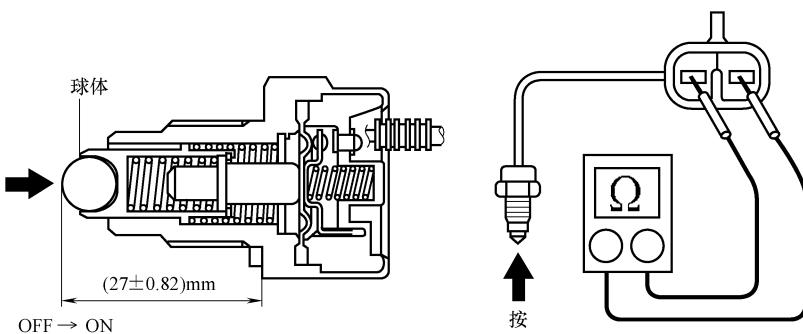


图 4-126 A/TP 指示器电路

## 五、A/T 试验

### 1. 路试（注意：ATF 温度为 50 ~ 80℃时进行下述试验。）

(1) D 档试验 变速杆在 D 位置，并将加速踏板踩到底，进行以下检查：

1) 检查升档工作情况。检查 1 档→2 档、2 档→3 档和 3 档→O/D 档升档车速，应符合维修手册要求。

① O/D 档升档禁止控制：冷却液温度为 47℃ 或更低；车速为 70km/h 或更低。

② 3 档升档禁止控制：冷却液温度为 40℃ 或更低；车速为 55km/h 或更低。

③ O/D 档锁止禁止控制：踩下制动踏板；加速踏板已松开。

④ 当 2 档起动开关开启时，不能进行 1 档→2 档升档和 2 档→1 档降档。

2) 检查 1 档→2 档、2 档→3 档和 3 档→O/D 档升档时是否有振动和打滑现象。

3) 车辆在 D 位锁止或 O/D 位行驶时，检查是否有异常声音和振动现象。

4) 检查降档工作情况。当车辆在 D 位的 2 档、3 档和 O/D 位行驶时，检查 2 档→1 档、3 档→2 档和 O/D 位→3 档降档车速，应符合技术要求。

5) 检查降档时是否有异常振动和打滑现象。

6) 检查锁止机构。车辆在 D 位的 O/D 位以约 80km/h 的稳定车速行驶时，轻踩加速踏板，检查发动机转速是否会突然变化。若发动机转速升高很快，则锁止机构没有锁止。

(2) 2 档试验 将变速杆移至 2 位置，并将加速踏板踩到底，进行以下检查：

1) 检查升档工作情况。检查 1 档→2 档升档车速，应符合技术要求。

2) 检查发动机制动效果。车辆在 2 位和 2 档行驶时，松开加速踏板，检查发动机制动效果。

3) 检查加速、减速时是否有异常声音，检查升档和降档时的振动情况。

(3) L 位试验 将变速杆移至 L 位，并将加速踏板踩到底，进行以下检查：

1) 检查升档情况。车辆行驶时将变速杆移至 L 位，检查是否存在升至 2 档的现象。

2) 检查发动机制动效果。在车辆行驶时将变速杆移至 L 位时，松开加速踏板，检查发动机制动效果。

3) 检查加速、减速时是否有异常声音。

(4) R 位试验 将变速杆移至 R 位，并将加速踏板踩到底，检查是否打滑。

(5) P 位试验 将车辆停在斜坡上（大于 5°），将变速杆移至 P 位，松开停车制动器，

检查停车锁止棘轮掣子是否使车辆保持在原地。

## 2. 机械系统试验

(1) 失速试验 该试验的目的是通过测量变速杆在 D 位和 R 位时的失速转速来检查 A/T 和发动机的总体性能, 如图 4-127 所示。

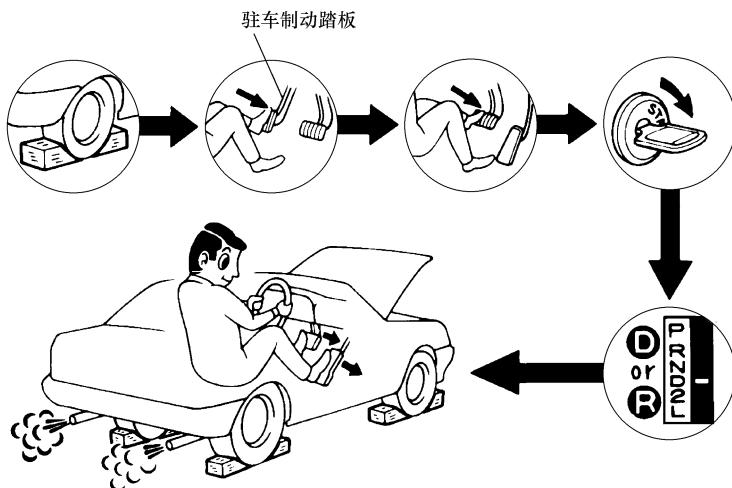


图 4-127 失速试验

- 1) 阻塞 4 个车轮。将故障测试仪与 DLC3 相连, 或用 SST 将转速表与 DLC3 端子 TAC 相连。
- 2) 拉紧驻车制动器, 左脚踩紧制动踏板, 起动发动机。
- 3) 将变速杆移至 D 位, 右脚踩下加速踏板, 与此同时, 快速读取失速转速。失速转速标准值  $(2350 \pm 150)$  r/min。
- 4) 将变速杆移至 R 位, 做同样的试验。失速转速标准值为  $(2350 \pm 150)$  r/min。故障分析见表 4-29。

表 4-29 失速试验故障分析表

故障现象	可能原因	故障现象	可能原因
变速杆在 D 位和 R 位失速转速低	1. 发动机输出功率不正常 2. 变矩器离合器总成有故障 提示: 若失速转速小于 600r/min, 则变矩器可能有故障	变速杆在 D 位失速转速高	1. 管道压力太低 2. 前进档离合器打滑 3. 2 号单向离合器工作不正常 4. O/D 档单向离合器不正常
变速杆在 R 位失速转速高	1. 管道压力太低 2. 直接档离合器打滑 3. 1 档和倒档制动器打滑 4. O/D 档单向离合器不正常	变速杆在 D 位和 R 位失速转速高	1. 管道压力太低 2. ATF 油位不正常 3. O/D 档单向离合器不正常

(2) 时滞试验 发动机怠速运转时移动变速杆, 在感觉到振动前存在一段滞后时间, 这个时间称为时滞时间, 常用于检查直接档离合器、前进档离合器以及 1 档和倒档制动器。

注意：当 ATF 温度为 50 ~ 80℃时进行试验，要确保 1min 时间间隔，测试 3 次，取平均值，如图 4-128 所示。

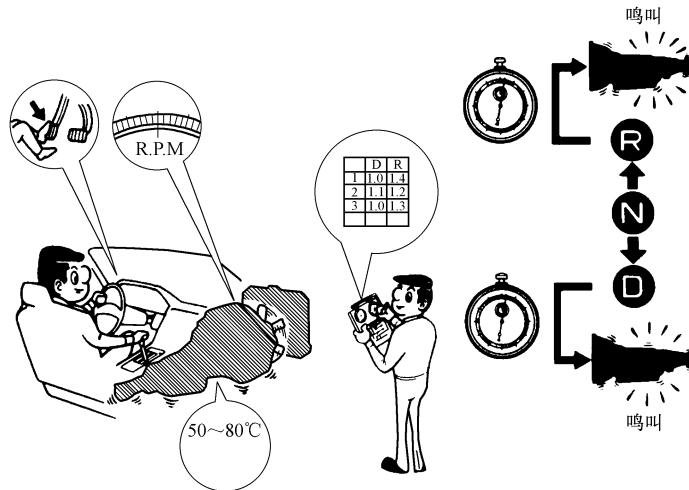


图 4-128 换档迟滞试验

- 1) 阻塞 4 个车轮。将故障测试仪与 DLC3 相连，或用 SST 将转速表与 DLC3 端子 TAC 相连。
- 2) 起动发动机，检查怠速转速，变速杆在 N 位且空调关闭时怠速转速为  $(700 \pm 50)$  r/min。
- 3) 将变速杆由 N 位移至 D 位，用秒表测量时滞时间，时滞时间应小于 1.2s。
- 4) 用同样的方法，测量变速杆由 N 位移至 R 位的时滞时间，时滞时间应小于 1.5s，故障分析见表 4-30。

表 4-30 时滞试验故障分析表

故障现象	可能原因	故障现象	可能原因
变速杆由 N 位置移至 D 位时滞时间长	1. 管道压力太低 2. 前进档离合器磨损 3. O/D 档单向离合器不正常	变速杆由 N 位移至 R 位时滞时间长	1. 管道压力太低 2. 直接档离合器磨损 3. 1 档和倒档制动器磨损 4. O/D 档单向离合器不正常

### 3. 液压试验

注意：当 ATF 温度为 50 ~ 80℃时进行试验，液压试验（管道压力试验），一个人在车外观察车轮阻塞物的情况，另一个人进行试验，如图 4-129 所示。

- 1) 预热 ATF。拆下 A/T 右侧的测试螺塞并连上 SST。
- 2) 将停车制动器拉到底，阻塞 4 个车轮。
- 3) 起动发动机，检查怠速转速。
- 4) 左脚紧踩制动踏板，将变速杆移至 D 位。
- 5) 在发动机怠速运转时测量管道压力。
- 6) 将加速踏板踩到底，当发动机转速达到失速转速时，快速读取最高管道压力。

7) 采用同样方法，在变速杆处于 R 位时做试验。管道压力值见表 4-31，故障分析见表 4-32。

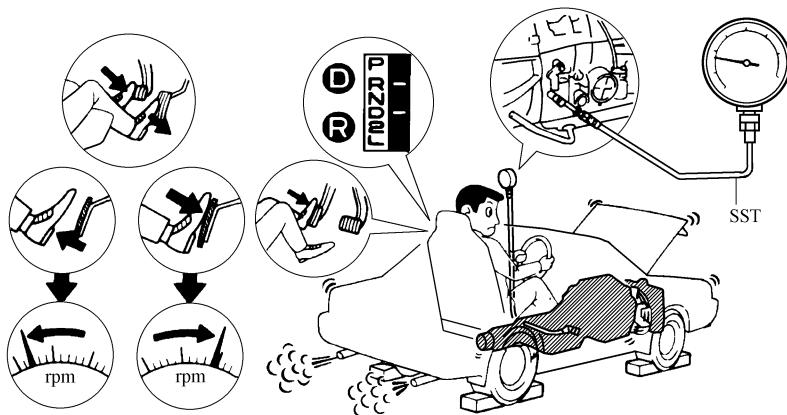


图 4-129 油压试验

表 4-31 液压试验管道压力值

条件	变速杆在 D 位时的管道压力	变速杆在 R 位时的管道压力
怠速	385 ~ 445	596 ~ 696
失速	1197 ~ 1337	1600 ~ 1940

表 4-32 液压试验故障分析表

故障现象	可能原因	故障现象	可能原因
各档位管道压力都较高	1. SLT 电磁阀有故障 2. 调节器阀有故障	各档位管道压力都较低	1. SLT 电磁阀有故障 2. 调节器阀有故障 3. 油泵有故障 4. O/D 档直接离合器有故障
仅当变速杆在 D 位时管管道压力	1. D 位管路泄漏 2. 前进档离合器有故障	仅当变速杆在 R 位时管管道压力	1. R 位管路泄漏 2. 直接档离合器泄漏 3. 1 档和倒档制动器有故障

#### 4. 手动换档试验

通过这个试验，可以判断故障是出在 A/T 电控系统还是 A/T 机械系统。

1) 拆下电磁阀配线，检测手动操作情况。检查变速杆位置和档位是否符合表 4-33 中要求。车辆行驶时，变速杆在 L、2 和 D 位变换，档位实际变化情况应符合要求。档位变化见表 4-33。

表 4-33 档位变化

变速杆位置	档 位	变速杆位置	档 位
D	O/D 档	2	3 档
L	1 档	R	倒档
P	棘轮锁止	—	—

**提示:** 如果在 L、2 和 D 位中各档位难以区别, 则可进行上述试验。在试验时, 如有异常现象, 则在 A/T 本身。

2) 连接电磁阀配线, 清除故障码。

## 六、故障症状表

如果在进行故障码检查时显示正常码, 但故障仍出现, 则可按表 4-34 ~ 表 4-36 的顺序检查每一个故障电路和部件。

表 4-34 故障症状表 (电路)

故障现象	可能原因	故障现象	可能原因
不能升档(1 档→2 档)	ECM 有故障	不能升档(2 档→3 档)	ECM 有故障
不能降档(3 档→O/D 档)	1. 变速器控制开关有故障 2. ECM 有故障	不能降档(O/D 档→3 档)	1. A/C 控制开关有故障 2. ECM 有故障
不能降档(3 档→2 档)	ECM 有故障	不能降档(2 档→1 档)	ECM 有故障
不能锁止	ECM 有故障	不能解除锁止	ECM 有故障
换档点太高或太低	ECM 有故障	从 L 位升至 2 档	1. 停车档/空档位置开关电路有故障 2. ECM 有故障
从 2 档升至 3 档	1. 停车档/空档位置开关电路有故障 2. ECM 有故障	在变速杆处于 3 档位置时, 从 3 档升至 O/D 档	1. 变速器控制开关有故障 2. ECM 有故障
发动机处于冷机时, 从 3 档升至 O/D 档	ECM 有故障	加速性能不良	ECM 有故障
不能降档	ECM 有故障	车辆起动和停车时发动机失速	ECM 有故障
在 2 档不能起动	1. 模式选择开关电路有故障 2. 停车档/空档位置开关电路有故障 3. ECM 有故障	A/TP 指示灯不亮	1. A/TP 指示灯 2. 组合仪表电路有故障

表 4-35 故障症状表 (随车检修)

故障现象	可能原因	故障现象	可能原因
在任何前进档或倒档时车辆都不能行驶	见表 4-36	不能升档(1 档→2 档)	1. 1—2 换档阀有故障 2. 见表 4-36
车辆在部分档位时不能行驶(除 R 位外)	1. 2—3 换档阀有故障 2. 见表 4-36	不能升档(3 档→O/D 档)	1. 3—4 换档阀有故障 2. 见表 4-36
不能升档(2 档→3 档)	1. 3—4 换档阀有故障 2. 见表 4-36	不能降档(3 档→2 档)	1. 2—3 换档阀有故障 2. 见表 4-36
不能降档(O/D 档→3 档)	1. 1—2 换档阀有故障 2. 见表 4-36	不能锁止或不能解除锁止	1. 锁止控制阀有故障 2. 锁止继电器阀有故障 3. 见表 4-36
不能降档(2 档→1 档)	1. 蓄能器控制阀有故障 2. 见表 4-36	换档时有冲击(N 位→L 位)	低速滑行调节器阀

(续)

故障现象	可能原因	故障现象	可能原因
换档时有冲击(N位→D位)	1. 锁止控制阀有故障 2. 锁止继电器阀有故障 3. 见表4-36	换档时有冲击(N位→R位)	1. 蓄能器控制阀有故障 2. C <sub>2</sub> 蓄能器有故障 3. 见表4-36
换档时有冲击(锁止)	1. 蓄能器控制阀有故障 2. B <sub>2</sub> 蓄能器有故障	换档时有冲击(2 <sub>1</sub> 档→2档)	1. 蓄能器控制阀有故障 2. B <sub>2</sub> 蓄能器有故障
换档时有冲击(D <sub>1</sub> 档→2档)	1. 蓄能器控制阀有故障 2. 节流阀有故障	换档时有冲击(2档→3档)	1. 蓄能器控制阀有故障 2. C <sub>2</sub> 蓄能器有故障
换档时有冲击(1档→2档→3档→O/D档)	1. 蓄能器控制阀有故障 2. 电磁调节阀有故障 3. 见表4-36	换档时有冲击(O/D档→3档)	1. 蓄能器控制阀有故障 2. C <sub>0</sub> 蓄能器有故障 3. 见表4-36
换档时有冲击(3档→O/D档)	1. 换档电磁阀SLT有故障 2. 变速器操纵拉索有故障 3. 滤油网有故障 4. 泄油阀有故障 5. 见表4-36	打滑或振颤(部分档位)	1. 换档电磁阀SLT有故障 2. 变速器操纵拉索有故障 3. 见表4-36
打滑或振颤(前进档和倒档)	1. 低速滑行调节器阀有故障 2. 见表4-36	发动机无制动作用(2 <sub>2</sub> 档)	1. 2档滑行调节阀 2. 见表4-36
发动机无制动作用(L <sub>1</sub> 档)	1. 1-2换档阀有故障 2. 2-3换档阀有故障	不能升档(1档→2档)	1. 1-2换档阀有故障 2. 见表4-36
没有降档	见表4-36		1. 3-4换档阀有故障 2. 见表4-36

表4-36 故障症状表(停车检修)

故障现象	可能原因	故障现象	可能原因
在任何前进档或倒档车辆都不能行驶	1. O/D单向离合器(F <sub>0</sub> )有故障 2. O/D档直接离合器(C <sub>0</sub> )有故障 3. O/D档单向离合器(B <sub>0</sub> )有故障 4. O/D档行星轮组有故障 5. 变速器离合器有故障	变速杆在R位时车辆不能行驶	1. O/D档直接离合器(C <sub>0</sub> )有故障 2. 直接档离合器(C <sub>2</sub> )有故障 3. 1档和倒档制动器(B <sub>3</sub> )有故障 4. 2档滑动制动(B <sub>1</sub> )有故障 5. 前后行星轮组有故障
变速杆在D、2、L位时车辆不能行驶	前进档离合器(C <sub>1</sub> )有故障	变速杆在D、2位时车辆不能行驶	2号单向离合器(F <sub>2</sub> )有故障
变速杆在2档时车辆不能行驶	1档和倒档制动器(B <sub>3</sub> )有故障	变速杆在L位时车辆不能行驶	1档和倒档制动器(B <sub>3</sub> )有故障
不能升档(1档→2档)	1. 1号单向离合器(F <sub>1</sub> )有故障 2. 2档制动器(B <sub>2</sub> )有故障	不能升档(2档→3档)	直接档离合器(C <sub>2</sub> )有故障

(续)

故障现象	可能原因	故障现象	可能原因
不能升档(3 档→O/D 档)	O/D 档制动器( $B_0$ )有故障	不能降档(2 档→1 档)	1. 2 档制动器( $B_2$ )有故障 2. 2 档滑行制动器( $B_1$ )有故障
不能锁止或不能解除锁止	变矩器有故障	换档时有冲击(N 位→D 位)	前进档离合器( $C_1$ )有故障
换档时有冲击(N 位→R 位)	1. 直接档离合器( $C_2$ )有故障 2. 1 档和倒档制动器( $B_3$ )有故障	换档时有冲击(2 档→3 档)	2 档滑行制动器( $B_1$ )有故障
换档时有冲击(3 档→O/D 档)	1. O/D 档制动器( $B_0$ )有故障 2. O/D 档直接离合器( $C_0$ )有故障 3. O/D 档行星轮组有故障	换档时有冲击(O/D 档→2 档)	O/D 档制动器( $B_0$ )有故障
换档时有冲击(锁止)	变矩器有故障	打滑或振颤(前进档和倒档,暖机后)	1. 变矩器有故障 2. O/D 档单向离合器( $F_0$ )有故障 3. O/D 档直接离合器( $C_0$ )有故障
打滑或振颤(前进档和倒档,发动机刚起动后)	变矩器有故障	打滑或振颤(R 位)	1. 1 档和倒档制动器( $B_3$ )有故障 2. 直接档离合器( $C_2$ )有故障
打滑或振颤(1 档)	1. 前进档离合器( $C_1$ )有故障 2. 2 号单向离合器( $F_2$ )有故障	打滑或振颤(2 档)	1. 2 档滑行制动器( $B_1$ )有故障 2. 2 档制动器( $B_2$ )有故障 3. 1 号单向离合器( $F_1$ )有故障
打滑或振颤(3 档)	直接档离合器( $C_2$ )有故障	打滑或振颤(O/D 档)	O/D 档制动器( $B_0$ )有故障
发动机无制动作用(D <sub>1</sub> 档→3 档)	O/D 档直接离合器( $C_0$ )有故障	发动机无制动作用(L <sub>1</sub> 档)	1 档和倒档制动器( $B_3$ )有故障
发动机无制动作用(2 <sub>2</sub> 档)	2 档滑行制动器( $B_1$ )有故障	加速不良(所有档位)	变矩器有故障
加速不良(O/D 档)	1. O/D 档直接离合器( $C_0$ )有故障 2. O/D 档行星轮组有故障	加速不良(除 O/D 档外)	O/D 档制动器( $B_0$ )有故障
加速不良(除 2 档外)	1. 2 档制动器( $B_2$ )有故障 2. 2 档滑行制动器( $B_1$ )有故障	加速不良(1 档和 2 档)	直接档离合器( $C_2$ )有故障

(续)

故障现象	可能原因	故障现象	可能原因
加速不良(L位和R位)	1档和倒档制动器(B <sub>3</sub> )有故障	加速不良(R位)	前进档离合器(C <sub>1</sub> )有故障
起动或停车时发动机失速	变矩器有故障		

## 第六节 自动变速器的维护和故障诊断

### 一、概述

#### 1. 故障诊断与检修注意事项

诊断、检修时要遵循由简入繁、由表及里的原则。要根据厂家推荐的程序进行。拆卸自动变速器时应先清洗外部。分解时应将零部件按原顺序放好。液压件及油路应用同型号的ATF清洗，油路用压缩空气吹通，不能用抹布擦拭。零部件装配时应涂抹ATF。更换新的离合器片或制动器片等应在装配前放入ATF油中浸泡15min以上。

#### 2. 故障诊断与排除的基本程序

常见的电控自动变速器一般采用的故障诊断与排除程序为：初步检查、读取故障码、手动换档试验、失速试验、油压试验、换档迟滞试验、道路试验、电控系统检查、车上和车下修理。

当自动变速器故障车辆进厂后，维修人员询问、分析车主的陈述，然后通过道路试验等方法确认故障。故障确认后，先进行初步检查，包括ATF检查和更换、变速器漏油检查、节气门拉索检查和调整、变速杆位置检查和调整、空档起动开关检查和调整和发动机怠速检查。自动变速器的很多故障可以通过初步检查而排除，然后再进行故障码的读取及数据分析，如果有故障码，可以按故障码的提示去检修。如果没有故障码，要进一步判断故障是发生在机械、液压部分还是电控系统，方法是进行手动换档试验。如果是电控系统故障，要逐步检查、修理或更换；如果是机械和液压系统的故障，要进行失速试验、油压试验、换档迟滞试验、道路试验，以判断故障部位并进行修理，最后进行试车检验。

### 二、自动变速器的初步检查（维护）

自动变速器的很多常见故障是由于发动机怠速不正常、ATF液面高度不正确、油质不良、变速杆位置不准确等原因造成的，对这些方面的检查就是自动变速器的初步检查。初步检查是自动变速器检修中要首先进行的，具体来说包括：ATF检查和更换、变速器漏油检查、节气门拉索检查和调整、变速杆位置检查和调整、空档起动开关检查和调整和发动机怠速检查。这些项目也是自动变速器维护所需进行的项目。

#### 1. ATF检查和更换

(1) ATF液面高度的检查 ATF液面高度过高会导致主油压过高，从而出现换档冲击振动、换档提前等故障；ATF液面高度过高还会导致空气进入ATF。如果ATF液面高度过低则又会导致主油压过低，从而出现换档滞后、离合器和制动器打滑等故障。

ATF油液面高度检查的具体方法、步骤是：

- 1) 行驶车辆，使发动机冷却液温度和自动变速器ATF油温度达到正常工作温度。

- 2) 将车辆停在水平地面，并可靠驻车。
- 3) 发动机怠速运转，将变速杆由 P 位换至 L 位，再退回 P 位。
- 4) 拉出变速器油尺，并将其擦拭干净。
- 5) 将油尺全部插回套管。
- 6) 再将油尺拉出，检查油面是否在 HOT 范围，如图 4-130 所示；如果不在，应加油。

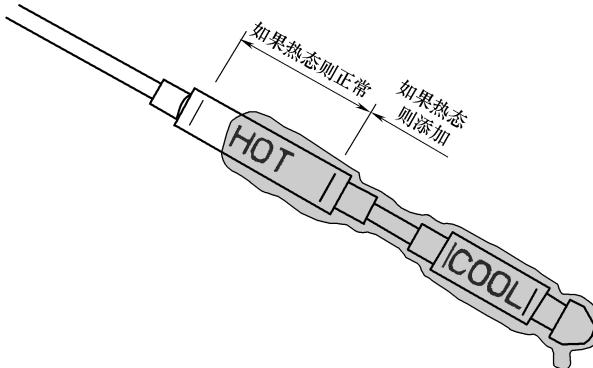


图 4-130 ATF 液面高度的检查

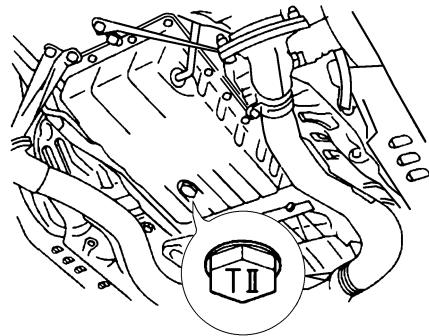


图 4-131 更换 ATF

一般车辆经过 1 万 km 的行驶里程就要检查 ATF 液面高度。

(2) ATF 油质的检查 从油质中可以了解自动变速器具体的损坏情况。油质的好坏主要以下几个方面去判断：

- 1) ATF 的颜色：正常颜色为鲜亮、透明的红色，如果发黑则说明已经变质或有杂质，如果呈粉红色或白色则说明油冷却器进水。
- 2) ATF 的气味：正常的 ATF 没有气味，如果有焦糊味，说明 ATF 过热，有摩擦材料烧蚀。
- 3) ATF 的杂质：如果 ATF 中有金属切屑，说明有元件严重磨损或损伤；如果 ATF 中有胶质状油，说明 ATF 因油温过高或使用时间过长而变质。

检查 ATF 油质时，从油尺上闻一闻油液的气味，在手指上点少许油液，用手指互相摩擦看是否有颗粒，或将油尺上的油液滴在干净的白纸上，检查油液的颜色及气味。

(3) ATF 的更换 ATF 油的更换间隔一般为 2~4 万 km 或 24 个月，也有的自动变速器 10 万 km 里程更换即可。具体方法、步骤如下：

- 1) 拆下放油塞，将 ATF 排放到容器中，如图 4-131 所示。
- 2) 再将放油塞紧固上。
- 3) 发动机熄火，通过加油管加入新油。
- 4) 起动发动机，将变速杆由 P 位换至 L 位，再退回 P 位。
- 5) 检查油位，应在“COOL”范围内。
- 6) 在正常温度 (70~80℃) 时检查油位，必要时加油。

需要说明的是，有些自动变速器如丰田新皇冠的 A761E，不采用上述的方式。加注或更换 ATF 油时，先拆下注液塞和溢流塞，从注液孔处注入 ATF 油直到油液从溢流孔流出即可。

ATF 油的选择要按照厂家的推荐，如图 4-131 所示，在放油塞上标明所使用的 ATF 为 T

II型。

## 2. 变速器漏油检查

一般情况下，ATF 不会消耗，如果 ATF 液面高度变低，就要检查自动变速器是否漏油。

漏油会导致油压下降、液面高度下降，使换档打滑和延迟。目视检查油封、管接头等部位。常见自动变速器漏油的检查部位如图 4-132 所示。

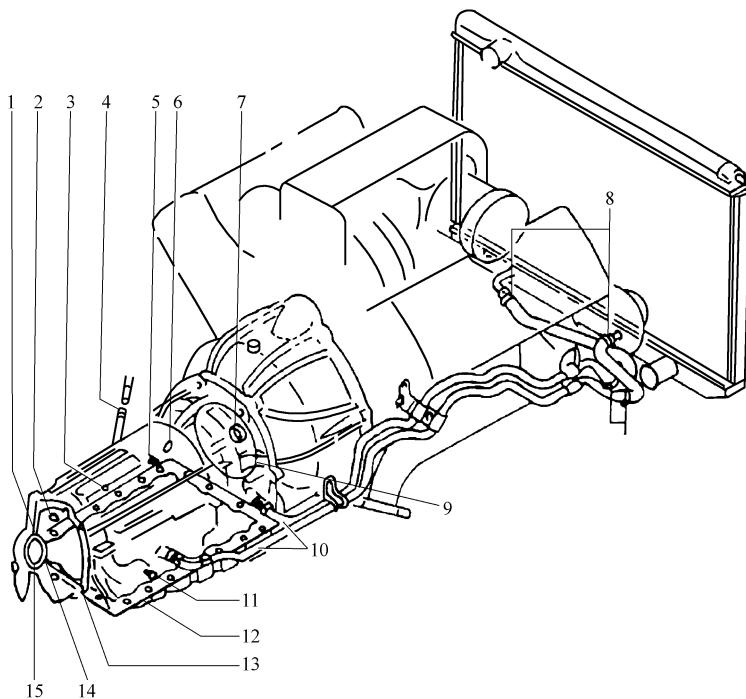


图 4-132 自动变速器漏油的检查

- 1—2号车速传感器 O形圈 2—转速传感器 O形圈 3—电磁线圈配线 O形圈 4—油尺导管 O形圈
- 5—油压测试口螺塞和 O形圈 6—输入轴转速传感器油封 7—油泵油封 8—油冷却器管箍
- 9—油泵 O形圈 10—油冷却器管接头和 O形圈 11—蓄能器背压测试口螺塞和 O形圈 12—油底壳和变速器之间的垫片
- 13—加长壳体与变速器之间的垫片 14—1号车速传感器油封 15—加长壳体后油封

## 3. 节气门拉索检查和调整

节气门拉索调整不当会导致自动变速器工作不正常。如果节气门拉索过松，节气门油压会过低，主油压偏低，使换档滞后、换档打滑；如果节气门拉索过紧，节气门油压会过高，主油压偏高，使换档提前、换档冲击。

常见的节气门拉索检查和调整如图 4-133 所示。即检查轧头和索套之间的距离，标准距离为 0~1mm。如果距离不合适可以通过旋转调整螺母进行调整。由于目前大多数采用电子节气门，此项目基本上不用调整。

## 4. 变速杆位置检查和调整

将变速杆自 N 位换到其他档位，检查变速杆是否能平稳而又精确地换到其他档位。同时检查档位指示器是否正确地指示档位。

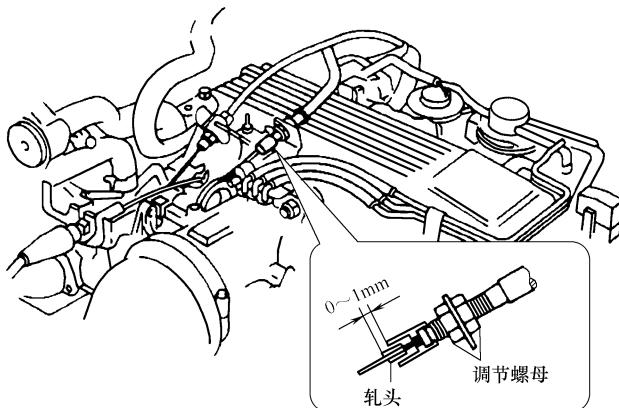


图 4-133 节气门拉索检查和调整

如果档位指示器与正确档位不一致，进行下述调整：

1) 松开变速杆上的螺母，如图 4-134 所示。

2) 将控制轴杆向后推足，然后将控制轴杆退回两个槽口到 N 位，如图 4-135 所示。

3) 将变速杆定位在 N 位。

4) 稍稍朝 R 位定位变速杆，拧紧变速杆螺母。

5) 起动发动机，确认变速杆自 N 位换到 D 位时，车辆向前移动而换到 R 位时，车辆后退。

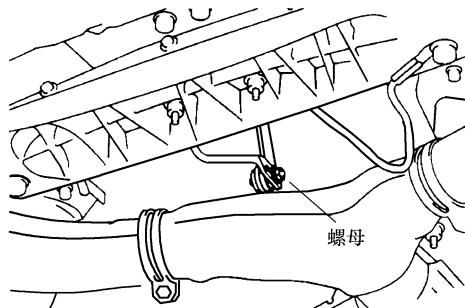


图 4-134 松开变速杆上的螺母

## 5. 空挡起动开关检查和调整

检查发动机是否仅能在变速杆位于 N 位或 P 位时起动，在其他档位不能起动。

如果不符要求，则应进行如下的调整，如图 4-136 所示：

1) 松开空挡起动开关螺栓，将变速杆置于 N 位。

2) 将槽口对准空挡基准线。

3) 定位位置并按规定力矩拧紧螺栓。

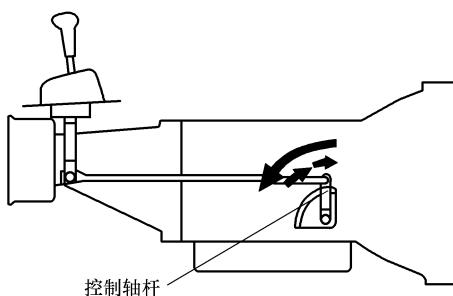


图 4-135 将控制轴杆移到 N 位

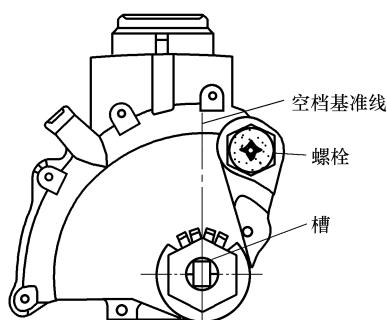


图 4-136 空挡起动开关的调整

## 6. 发动机怠速检查

将变速杆置于 N 位，关闭空调，检查发动机怠速转速。具体数值应查看具体车型的维修手册，一般为  $650 \sim 750\text{r}/\text{min}$ 。

自动变速器很多故障是由于发动机的问题引起的。如发动机怠速转速过低，当变速杆由 P 位或 N 位换至 D 位或 R 位时，会导致车身的振动，严重时导致发动机熄火。

## 三、故障码的读取和清除

如果自动变速器电控系统出现故障，黄色的故障警告灯（MIL）会点亮，但不同车系点亮的方式不同，具体情况见表 4-37。

表 4-37 自动变速器故障警告灯的点亮

车系	故障警告灯点亮方式
丰田(TOYOTA)	O/D OFF 指示灯点亮
本田(HONDA)	D <sub>4</sub> 指示灯点亮
日产(NISSAN)	POWER 指示灯点亮
通用(GM)	SERVICE ENGINE SOON 指示灯点亮
宝马(BMW)	在信息区出现 TRANS PROGRAM 且档位指示灯不亮
奥迪(AUDI)	P、R、N、D、3、2、1 指示灯全亮

自动变速器的自诊断系统指示有故障之后，一般维修人员采取读取故障码、按故障码的提示进行检查及修理、清除故障码的步骤进行维修。

故障码读取之前一定要保证蓄电池电压正常、故障警告灯工作正常，否则会由于电压异常而导致误诊断。故障码的读取是电控自动变速器维修最基础的一步，可以使很多故障的诊断简单化，但要注意故障码对于自动变速器的修理并不是万能的。

### 1. 人工读取和清除故障码

人工读取故障码就是维修人员利用跨接线短接故障诊断座的相应端子，从而激发仪表盘上的故障警告灯闪烁，再根据故障警告灯闪烁时间的长短和次数来读取故障码。不同的车型读码的方法不同。这里不再进行讲述。

### 2. 仪器读取和清除故障码

目前很少采用人工方法读取故障码，各车系都有自己的专用电脑检测仪来读取和清除故障码，如大众/奥迪车系采用 VAG1551/1552、VAS5051/5052，丰田车系采用 INTELLIGENT 高智能检测仪，日产车系采用 CONSULT II 检测仪，通用车系采用 TECH II 检测仪，宝马车系采用 GT1 等。

采用仪器读取和清除故障码只需按照仪器屏幕的提示操作即可。

## 四、道路试验

道路试验是诊断、分析自动变速器故障最有效的手段之一。此外，自动变速器在修复之后，也应进行道路试验，以检查其工作性能，检验修理质量。自动变速器的道路试验内容主要有：检查换挡车速、换挡质量以及检查换挡执行元件有无打滑等。在道路试验之前，应先让汽车以中低速行驶  $5 \sim 10\text{min}$ ，让发动机和自动变速器都达到正常工作温度。在试验中，通常应将 O/D 开关置于 ON 的位置（即 O/D OFF 熄灭），并将模式选择开关置于常规模式或经济模式。道路试验的方法如下：

### 1. 升档检查

将变速杆置于 D 位，踩下加速踏板，使节气门保持在 50% 开度左右，让汽车起步加速，检查自动变速器的升档情况。自动变速器在升档时发动机会有瞬时的转速下降，同时车身有轻微的闯动感。正常情况下，汽车起步后随着车速的升高，试车者应能感觉到自动变速器顺利地由 1 档升入 2 档，随后再由 2 档升入 3 档，最后升入超速档。若自动变速器不能升入高档（3 档或超速档），说明控制系统或换档执行元件有故障。

### 2. 升档车速的检查

在上述升档检查的过程中，当察觉到自动变速器升档时，记下升档车速。一般 4 档自动变速器在节气门开度 50% 时由 1 档升至 2 档的车速为 25~35km/h，由 2 档升至 3 档的车速为 55~70km/h，由 3 档升至 4 档（超速档）的车速为 90~120km/h。由于升档车速和节气门开度有很大的关系，即节气门开度不同时，升档车速也不同，而且不同车型的自动变速器各档位传动比的大小都不相同，其升档车速也不完全一样。因此，只要升档车速基本保持在上述范围内，而且汽车行驶中加速良好，无明显的换档冲击，都可认为其升档车速基本正常。若汽车行驶中加速无力，升档车速明显低于上述范围，说明升档车速过低（即升档提前）；若汽车行驶中有明显的换档冲击，升档车速明显高于上述范围，说明升档车速过高（即升档滞后）。

升档车速太低一般是控制系统的故障所致；升档车速太高则可能是控制系统的故障所致，也可能是换档执行元件的故障所致。

### 3. 换档质量的检查

换档质量的检查内容主要是检查有无换档冲击。正常的自动变速器只能有不太明显的换档冲击，特别是电控自动变速器的换档冲击应十分微弱。若换档冲击太大，说明自动变速器的控制系统或换档执行元件有故障，其原因可能是主油压高或换档执行元件打滑，应做进一步检查。

### 4. 锁止离合器工作状况的检查

自动变速器液力变矩器中锁止离合器的工作是否正常也可以采用道路试验的方法进行检查。试验中，让汽车加速至超速档，以高于 80km/h 的车速行驶，并让节气门开度保持在低于 50% 的位置，使变矩器进入锁止状态。此时，快速将加速踏板踩下使节气门开度超过 85%，同时检查发动机转速的变化情况。若发动机转速没有太大的变化，说明锁止离合器处于接合状态；反之，若发动机转速升高很多，则表明锁止离合器没有接合，其原因通常是锁止控制系统有故障。

### 5. 发动机制动作用的检查

检查自动变速器有无发动机制动作用时，应将变速杆置于 2 或 L 位。在汽车以 2 档或 1 档行驶时，突然松开加速踏板，检查是否有发动机制动作用。若松开加速踏板后车速立即部分下降，说明有发动机制动作用；否则说明控制系统或换档执行元件有故障。

### 6. 强制降档功能的检查

检查自动变速器强制降档功能时，应将变速杆置于 D 位，保持节气门开度为 30% 左右，在以 2 档、3 档或超速档行驶时突然将加速踏板完全踩到底，检查自动变速器是否被强制降低一个档位。在强制降档时，发动机转速会突然升至 4000r/min 左右，并随着加速升档，转速逐渐下降。若踩下加速踏板后没有出现强制降档，说明强制降档功能失效。若在强制降档

时发动机转速升高反常，达 5000r/min，并在升档时出现换档冲击，则说明换档执行元件打滑，应拆修自动变速器。

## 五、手动换档试验

### 1. 目的

手动换档试验用于判断故障是来自电控系统还是机械系统。

### 2. 方法、步骤

1) 脱开换档电磁阀插接器。

2) 将变速杆置于各个位置，检查档位是否与表 4-38 所列情况相同；如果出现异常，说明故障在机械系统。

3) 插上换档电磁阀插接器，清除故障码。

表 4-38 手动换档试验

变速杆位置	D	2	L	R	P
档位	4 档	3 档	1 档	倒档	锁定棘轮

4) 如果 L、2 和 D 位换档位置难以区别，则进行下列道路试验：车辆行驶时，经过从 L 位至 2 位、2 位至 D 位的换档，检查相应档位的换档变化。如果在上述试验中发现异常，则是变速器机械系统的故障。

## 第七节 金属带式无级自动变速器

众所周知，装有活塞式内燃机的汽车，其理想的传动系统是无级的自动变速系统。本章前面阐述的采用液力变矩器和行星轮变速器组成的液力机械式无级变速器，虽然得到了广泛的应用。但是，由于其结构复杂，质量较大，成本高，在微型和普通级轿车上的应用受到一定限制。因此一种能连续换档的机械式无级传动（Continuously Variable Transmission），简称 CVT，得到了发展。在 20 世纪 70 年代中后期，荷兰的 VDT（Van Doorne's Transmission b. V）公司，成功地研制了一种新型机械式无级变速传动系统—金属带式无级传动系统，简称 VDT-CVT。于 1987 年日本斯巴鲁（Subaru）汽车厂首先将电子控制的 VDT-CVT 装备在 Justy 汽车（排量为 1~1.2L）上，而后，在欧洲的福特（Ford）和菲亚特（Fiat）公司也将 VDT-CVT 装备于排量为 1.1~1.6L 的轿车上，并投放市场。到 2005 年 VDT 公司计划累计产量达 1000 万套。

VDT-CVT 经各国多个厂家（如德国 ZF 公司、欧洲 Ford，美国 Chrysler，日本富士重工等）在同类轿车上进行 VDT-CVT 与液力机械自动变速器（AT）的对比试验，结果表明 VDT-CVT 在燃油经济性、汽车动力性、排放和传动效率以及成本等方面均优于液力机械自动变速器（AT）。可见，VDT-CVT 有着广阔的发展前景。

目前我国广州生产的本田-飞度（1.3L）和安徽奇瑞汽车有限公司生产的旗云轿车（1.6L）等都装备了这种金属带式无级传动系统（VDT-CVT）。

### 一、金属带式无级变速器（VDT-CVT）组成和工作原理

图 4-137 所示为金属带式无级变速器（VDT-CVT）的组成和工作原理示意图。VDT-CVT 是由金属带、主从动工作轮、液压泵、起步离合器和控制系统等组成。其动力传递路

线是：发动机发出的动力经飞轮1、离合器2、主动工作轮、金属带10、从动工作轮后，传给中间减速器8，再经主减速器与差速器9，最后传给驱动车轮。该变速传动系统中的主、从动工作轮是由固定部分4a、7a和可动部分4、7组成。工作轮的固定部分和可动部分之间形成V形槽。金属带在槽内与工作轮相啮合。当工作轮的可动部分做轴向移动时，即可改变金属带与主、从动工作轮的工作半径，从而改变金属带传动的传动比。主、从动工作轮的可动部分的轴向移动是根据汽车的行驶工况，通过液压控制系统进行连续地调节而实现无级变速传动的。

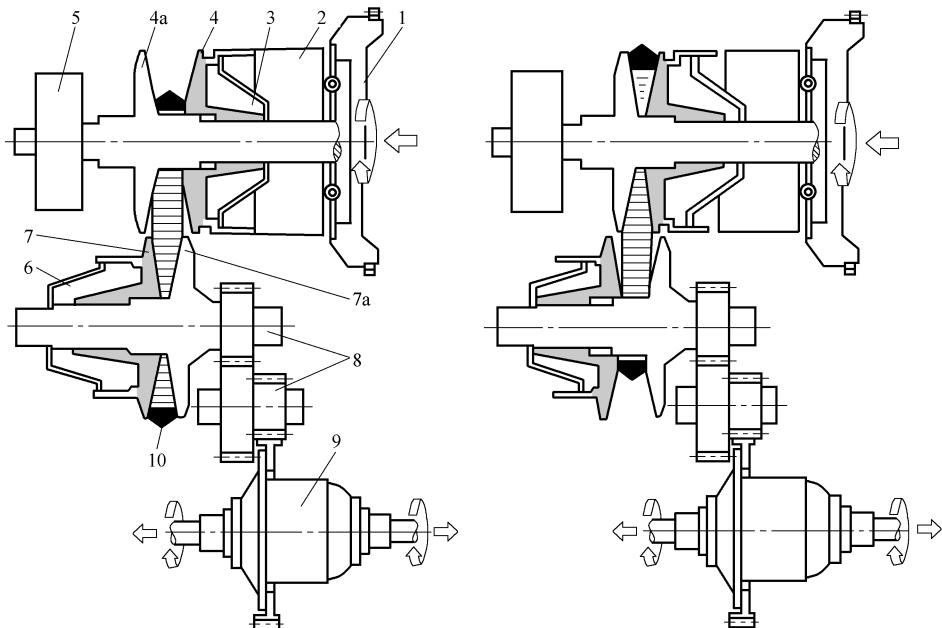


图 4-137 金属带式无级变速器 (VDT-CVT) 的组成和工作原理

1—发动机飞轮 2—离合器 3—主动工作轮液压控制缸 4—主动工作轮可动部分 4a—主动工作轮固定部分  
5—液压泵 6—从动工作轮液压控制缸 7—从动工作轮可动部分 7a—从动工作轮固定部分  
8—中间减速器 9—主减速器与差速器 10—金属带

## 二、金属带式无级变速器 (VDT-CVT) 的主要部件

### 1. 金属带 (见图 4-138)

金属传动带是由多个 (280 ~ 400 片) 金属片和两组金属环组成。金属片是用厚为 1.5 ~ 1.7mm 的工具钢片制成。每组金属环是由数片 (10 ~ 12 片) 厚度约为 0.18mm 的钢带环叠合而成。它对金属片起导向作用。金属带是在两侧工作轮挤压力的作用下而实现动力传递的。

### 2. 工作轮

工作轮的构造和工作原理，如图 4-139 所示。工作轮的工作表面一般为直母线锥面体。工作轮两锥面间形成的 V 形槽的夹角，一般为 22°。工作轮的可动部分是在液压控制系统的作用下，依靠钢球—滑道结构做轴向移动，使主、从动工作轮，可连续地改变传动带 (金属带) 的工作半径，以实现无级变速传动。

### 3. 液压泵（油泵）

液压泵是液压控制系统的液压源，它和一般液压系统一样，其常用的结构形式有齿轮泵和叶片泵，但近年来流量可控、效率较高的径向柱塞泵应用最多。

### 三、金属带式无级变速器（VDT-CVT 的控制系统）

VDT-CVT 的控制系统一般是采用机械液压控制和电子液压控制两种。

#### 1. 机械液压控制系统

图 4-140 所示为机械液压控制系统工作原理。当驾驶人踩下加速踏板，通过柔性钢索 1 带动换档凸轮 2 转动，控制速比控制阀 3。由发动机驱动的液压泵 8 将压力油输送给主压力控制阀 9。控制阀根据工作轮位置传感器 4 的液压信号，控制速比控制阀 3 中油液的压力，从而控制主、从动工作轮可动部分的液压缸中油液的压力，以调节金属带与工作轮间的工作半径，实现无级自动变速。

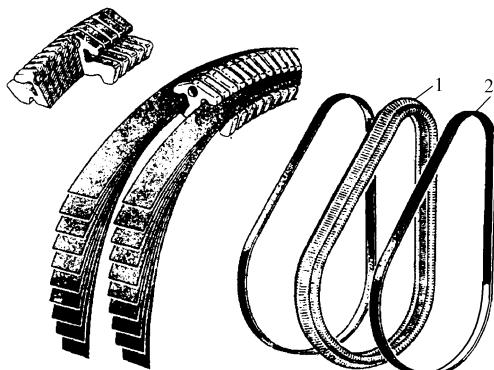


图 4-138 金属带的组成

1—金属片 2—金属环

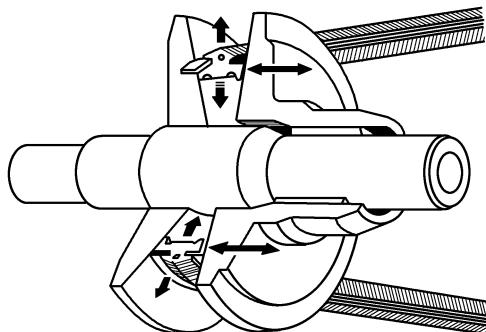


图 4-139 工作轮的工作原理

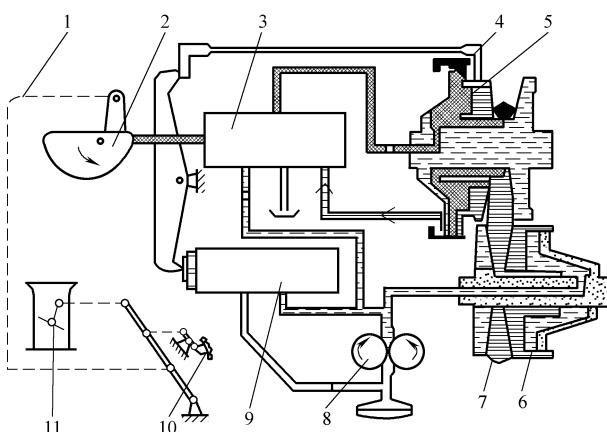


图 4-140 机械液压控制系统工作原理

1—柔性钢索 2—换档凸轮 3—速比控制阀 4—工作轮位置传感器 5—主动工作轮液压缸  
6—从动工作轮液压缸 7—金属带 8—液压泵 9—主压力控制阀 10—加速踏板 11—节气门

## 2. 电子液压控制系统

图 4-141 所示为 VDT-CVT 的电子液压控制系统的工作原理。

电子控制单元 (ECU) 根据发动机的转速、车速、节气门开度和换档控制信号等，向液压控制单元发出指令，控制主、从动工作轮液压油缸中的油液压力，使主、从动工作轮的可动部分轴向移动，而改变金属带与工作轮间的工作半径，以实现无级自动变速传动。

### 四、金属带式无级变速器 (VDT-CVT) 的结构实例

#### 1. VDT-CVT 的基本结构实例

本部分内容以奥迪 Multitronic CVT 为例进行介绍，该无级变速器的内部编号为 01J。

(1) 奥迪 01J CVT 的基本组成 奥迪 01J CVT 主要由飞轮减振装置、前进档离合器/倒档制动器及行星轮装置、速比变换器、液压控制单元和电控单元组成，如图 4-142 所示。

发动机输出转矩通过飞轮减振装置或双质量飞轮传递给变速器，前进档离合器和倒档制动器都是湿式摩擦元件，两者均为起动装置。倒档的旋转方向是通过行星轮机构改变的。发动机的转矩通过辅助减速齿轮传到速比变换器，并由此传到主减速器、差速器。液压控制系统和电子控制系统集成一体，位于变速器内部。

#### 2. CVT 与液力耦合器组成的无级变速传动系统

图 4-143 所示为 CVT 与液力耦合器组成的无级变速传动系统。其系统的动力传递路线

是，动力由发动机经液力耦合器的泵轮、涡轮传给金属带无级变速器 (CVT)，再经行星轮变速机构和主减速器、差速器，最后经半轴传给驱动车轮。它采用的是电子液压控制系统，电子控制单元 (ECU) 根据车速传感器和节气门开度传感器的信号，控制工作轮液压缸中的液压，而使 CVT 实现无级自动变速。

由于系统中采用了液力耦合器，改善了汽车的起步性能，但是其他性能改善不大，且结

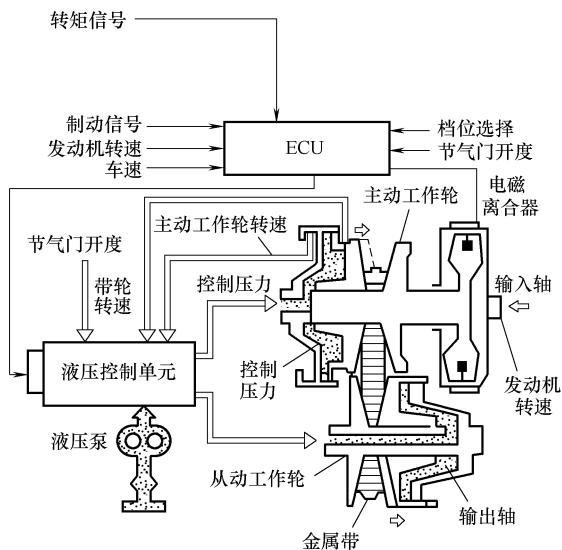


图 4-141 电子液压控制系统工作原理

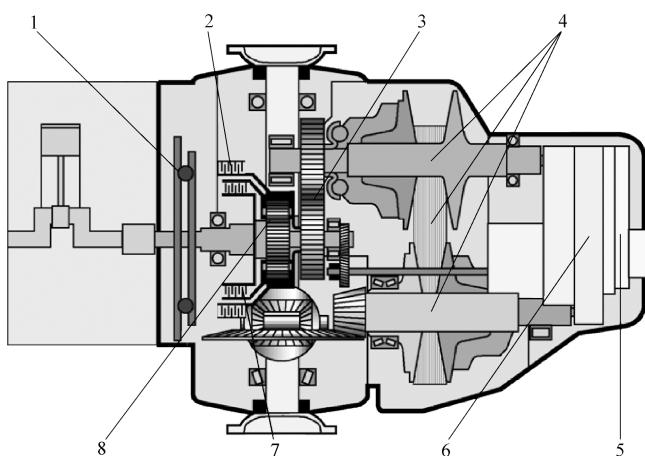


图 4-142 奥迪 01J CVT 的基本组成

- 1—飞轮减振装置
- 2—倒档制动器
- 3—辅助减速齿轮
- 4—速比变换器
- 5—电子控制系统
- 6—液压控制系统
- 7—前进档离合器
- 8—行星轮机构

构较复杂，故应用较少。

### 3. CVT 与液力变矩器组成的无级变速传动系统

液力耦合器、电磁离合器等仅能解决汽车起步平稳问题，因其均不能改变传动转矩的大小，故并未扩大 CVT 的总传动比范围。CVT 本身的最大传动比约为 2.6，最小传动比约为 0.44，则速比变化范围大约在 5.9 左右。该变速比范围虽然能满足汽车变速传动的要求，但由于其高速档的传动比太小（约 0.44），如果为了保证汽车在良好道路上能获得正常行驶的驱动力，应将主减速器的传动比提高近一倍（与采用普通变速器的同类汽车相比较）。这样不仅增大了主减速器的尺寸，而且在汽车起步、爬坡和克服较大的行驶阻力时，会使发动机处于不利的工作况下工作。因此，欲获得最佳的汽车动力性和燃油经济性，在汽车的传动系统中很少单独采用金属带无级变速传动装置，而是常采用 CVT 与液力机械式无级变速器相配合使用的综合式无级变速传动的结构形式。

图 4-144 所示为德国 ZF 公司于 1991 年开发的适用于轿车的无级变速传动装置。它是由 CVT 与综合式液力变矩器（即带锁止离合器的液力变矩器）组成的组合式无级变速传动系统。

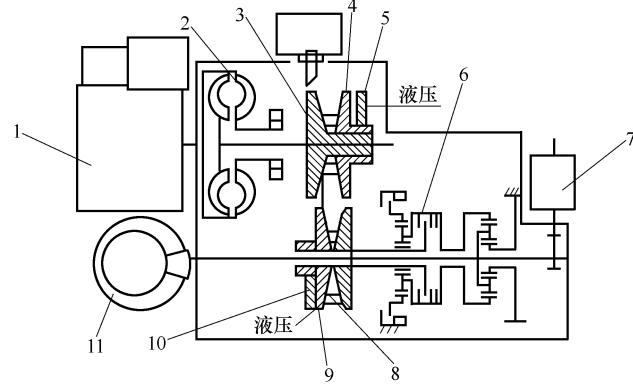


图 4-143 CVT 与液力耦合器组成的无级变速传动系统

1—发动机 2—液力耦合器 3—固定工作轮

4、9—可动工作轮 5、10—伺服缸

6—行星轮变速机构 7—速度传感器

8—传动带 11—主减速器

## 第八节 金属带式无级自动变速器的检修与诊断

### 一、维修工作注意事项

1) 发动机运转时，对车辆进行维修工作前务必把变速杆挂入 P 位，并拉紧驻车制动器，谨防发生事故。

2) 车辆静止，挂入 D 位后切勿因一时疏忽打开节气门（例如在发动机室内作业时不慎用手碰开节气门），若发生此种情况，轿车将立即起步行驶，即使拉紧驻车制动器也无法阻止轿车移动。

3) 不允许用超声波清洗装置来清洁液压控制单元和电子控制单元。

4) 当挡盖已取下或未加 ATF 时，决不可起动发动机或拖动车辆。

### 二、维修基本步骤

1) 问诊：这一点非常重要，它主要是询问故障信息的来源、确认故障发生时间、故障症状等。

2) 基本检查：主要是一些外围的检查，包括发动机怠速检查、ATF 液面高度检查、油质检查以及利用专用检测仪器的诊断（无级变速器系统、发动机控制系统和 ABS 系统等）。

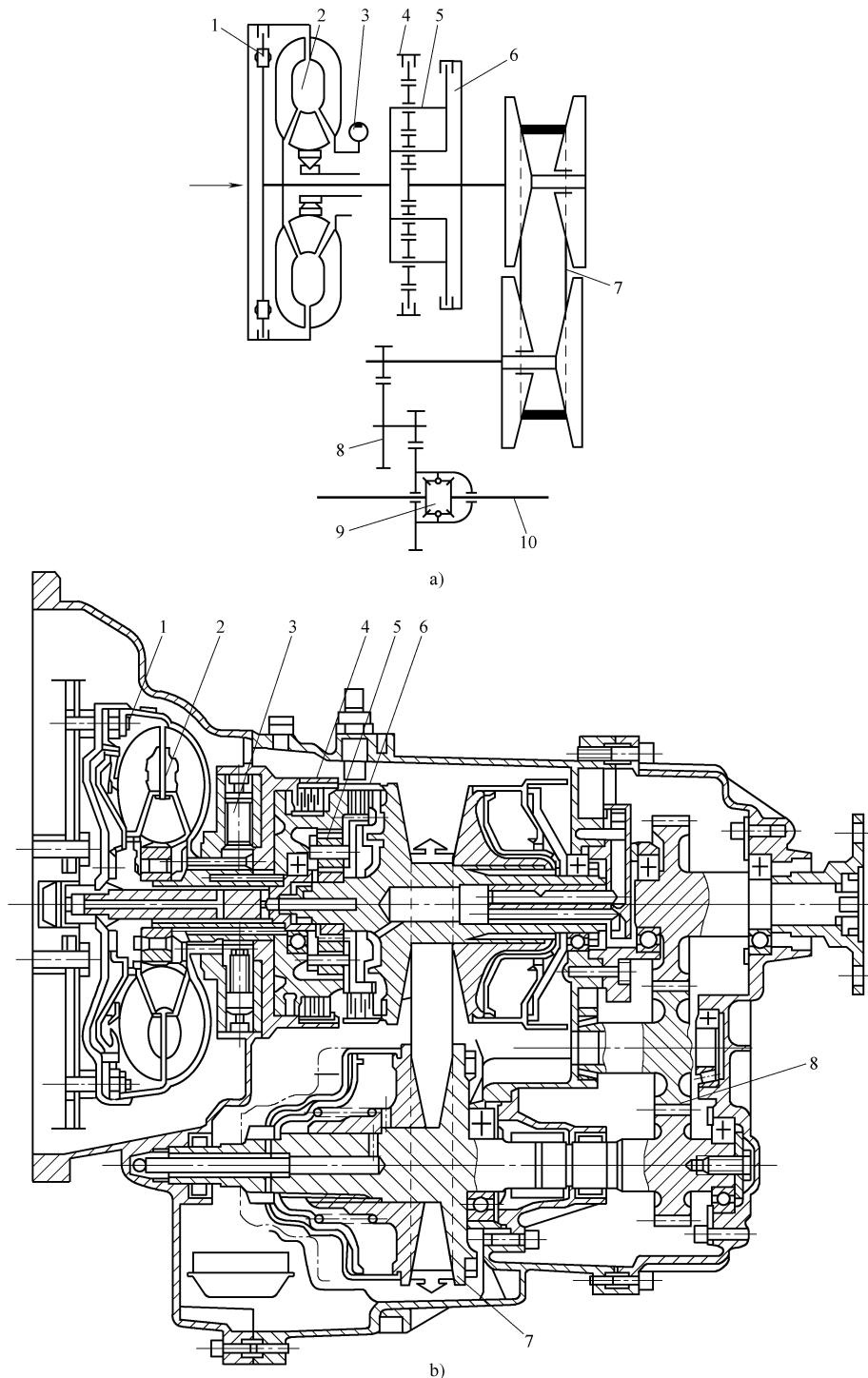


图 4-144 CVT 与液力变矩器组成的无级变速传动系统

a) CFT20 型传动系统

1—锁止离合器 2—液力变矩器 3—液压泵 4—前进档离合器 5—行星轮机构 6—倒档离合器  
 7—金属带无级变速器（VDT-CVT） 8—减速齿轮 9—差速器 10—半轴

3) 维修前的路试：这一点是非常有必要的，它是进一步确认故障信息最有效的途径，同时可验证是否与客户所描述的故障信息完全吻合。当然有必要采取随车诊断功能（通过专用检测仪器读取汽车行驶时的动态数据）为下一步维修提供有效的帮助。

4) 电子液压控制系统的检修：某些少数 CVT 的液压控制系统是可以直接通过油压试验来检查故障原因的。大多数 CVT 的液压系统是通过油压传感器来反映变速器内部工作油压的，因此必须使用专用检测仪器通过读取汽车运行状态下的动态数据来进一步确认故障信息。对于液压控制元件（阀体）和液压执行元件（离合器或制动器）可进行液压测试和解体检查。

对于 CVT 电子控制系统的故障检修与当今电子控制自动变速器的故障检修几乎是一样的，可通过专用检测仪器作故障码的分析、动态数据流的分析、波形分析、电脑电路以及对网络数据通信的分析。同时可对电子元件（传感器、开关、电磁阀）进行元件测试和对比试验等来进行故障排除。

5) 机械元件的检修：对于 CVT 机械元件的检修，只能作解体检查或故障部位的修理和更换。

### 三、维护工作

#### 1. 维护说明

- 1) 日常维护时需目测检查 CVT 有无渗漏。
- 2) 轿车每行驶 60000km 需要检查 CVT 及主减速器润滑油油位，必要时添加润滑油。
- 3) 轿车每行驶 60000km 或 4 年需更换 CVT 的 ATF。

#### 2. AFT 的检查、更换

##### (1) 检测的前提条件

- 1) 变速器不允许处于紧急运转状态。
- 2) 车辆必须处于水平位置。
- 3) 连接车辆诊断、测量和信息系统 VAS5051，然后选择车辆自诊断和车辆系统“02-变速器电气设备”。
- 4) 发动机必须处于怠速运转。
- 5) 必须关掉空调和暖风。
- 6) 开始检查前，ATF 的温度不允许超过 30℃，必要时先冷却变速器。

(2) ATF 加注条件 在车辆诊断、测量和信息系统 VAS5051 上读取 ATF 温度，变速器温度在 30~35℃ 时进行操作。

##### 1) 发动机处于怠速运转。

##### 2) 车辆必须处于水平位置。

3) 踩下制动踏板，在所有档位（P、R、N、D）上停留一遍，并且在每一个位置上发动机怠速运转约 2s。

##### 4) 最后将变速杆置于 P 位，当 ATF 从加注孔（油面高度检查孔）溢出即可。

##### (3) 更换 ATF

##### 1) 打开变速器底部放油螺栓将旧的 ATF 排除。

2) 将变速器底部的 ATF 加注螺栓打开，利用专用 ATF 加注器将新的 ATF 加入变速器内部。

3) 油面高度的检查方法如上。

## 思 考 题

1. 对照自动变速器的实物、模型或图片说明自动变速器的基本组成。
2. 自动变速器变速杆有哪些位置，各自完成哪些功能。
3. 对照剖开的液力变矩器实物或模型、图片，说明液力变矩器的结构和原理。
4. 实际操作并说明单向离合器如何检查。
5. 实际操作并说明液力变矩器内部干涉如何检查。
6. 对于单排行星轮机构，试说明如何才能得到变速器所需的各种档位。
7. 对照分解的辛普森行星轮变速器能够找到各换档执行元件及各档动力传动路线。
8. 实际操作并说明如何检修、调整离合器和制动器。
9. 试分析 F<sub>1</sub> 损坏会带来哪些自动变速器的故障现象。
10. 对照分解的实物、模型或图片说明四档拉维娜行星轮变速器各档的传动路线。
11. 实际操作拆装四档拉维娜行星机构。
12. 简述主调压阀的工作原理。
13. 简述节气门阀的工作原理。
14. 实际操作并说明如何检测车速传感器；读取、清除 01N 自动变速器的故障码。
15. 实际操作并说明如何检测开关式电磁阀和占空比式电磁阀。
16. 实际操作进行 ATF 的检查和更换。
17. 实际操作并说明如何进行失速试验，并根据试验结果说明故障原因。
18. 实际操作并说明如何进行道路试验，并根据试验结果说明故障原因。
19. 简述自动变速器的类型和组成。
20. 液力耦合器的结构和工作原理，汽车上安装液力耦合器有无必要？它可否取代摩擦离合器，为什么？
21. 试述液力变矩器的工作原理和液力变矩器特性。
22. 简述液力变矩器维修工艺。
23. 在液力变矩器导轮的轴上为什么要装单向离合器？
24. 某些液力变矩器装有锁止离合器的目的是什么？
25. 行星轮变速器的工作原理。辛普森式和拉维娜式行星轮机构各具什么特点？
26. 液力机械式变速器有哪些结构形式，各具什么特点？
27. 液力机械式变速器由哪几个部分组成？简述它们的维修工艺和故障诊断流程。
28. 自动变速器操纵系统的类型及各类型的组成。
29. 自动变速器档位实验包括哪些内容，请写出它们进行的实验流程。
30. 金属带式无级变速器（VDT-CVT）的组成和工作原理以及控制系统的类型？
31. 以结构实例说明采用 CVT 与液力变矩器组成的无级变速传动系统的优、缺点。
32. 以结构实例说明自动变速器档位传动路线，并画出传动示意图。
33. 以结构实例说明自动变速器故障诊断工艺和维修流程。

# 第五章 万向传动装置的构造与维修

## 第一节 概 述

### 一、万向传动装置的组成和功用

#### 1. 功用

万向传动装置一般由万向节和传动轴组成，有时还需加装中间支承。其功用是实现汽车上任何一对轴线相交且相对位置经常变化的转轴之间的动力传递。

图 5-1 所示为在汽车中最常见的应用，位于变速器与驱动桥之间的万向传动装置。由于汽车布置、设计等原因，变速器输出轴和驱动桥输入轴不可能在同一轴线上，并且变速器虽然是安装在车架（车身）上，可以认为位置是不动的，但驱动桥会由于悬架的变形而引起其位置经常发生变化，所以在变速器和驱动桥之间装有万向传动装置正好可以满足这些使用、设计的要求。

#### 2. 组成

万向传动装置主要包括万向节和传动轴，对于传动距离较远的分段式传动轴，为了提高传动轴的刚度，还设置有中间支承，如图 5-2 所示。

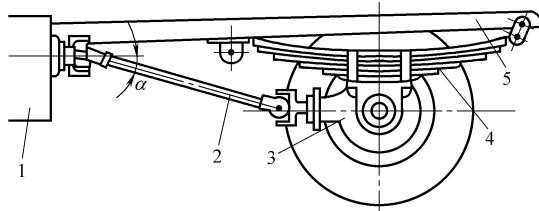


图 5-1 变速器与驱动桥之间的万向传动装置

1—变速器 2—万向传动装置 3—驱动桥  
4—后悬架 5—车架

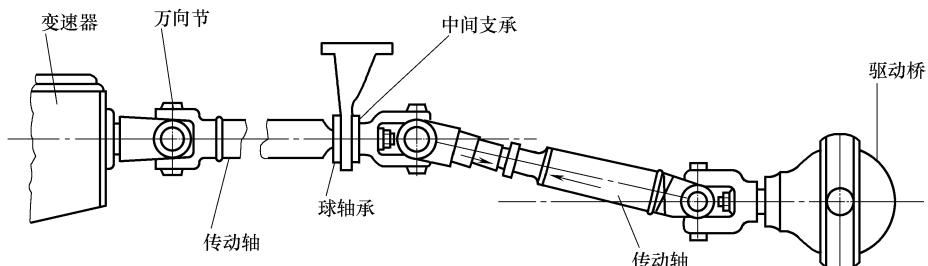


图 5-2 万向传动装置的组成

### 二、万向传动装置在汽车上的应用场合

1) 变速器与驱动桥之间 ( $4 \times 2$  汽车)，如图 5-3 所示：一般汽车的变速器、离合器与发动机三者装合为一体装在车架上，驱动桥通过悬架与车架相连。在负荷变化及汽车在不平路面行驶时引起的跳动，会使驱动桥输入轴与变速器输出轴之间的夹角和距离发生变化。

2) 变速器与分动器、分动器与驱动桥之间 (越野汽车)，如图 5-4 所示：为消除车架变形及制造、装配误差等引起的其轴线同轴度误差对动力传递的影响，须装有万向传动装置。

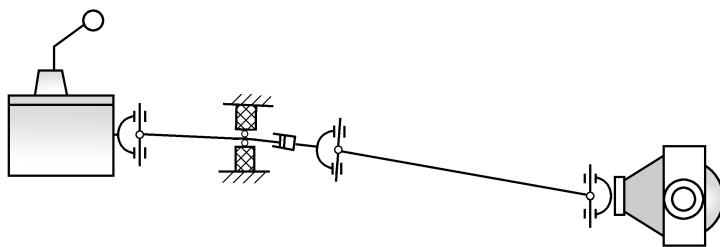


图 5-3 变速器与驱动桥之间的万向传动装置

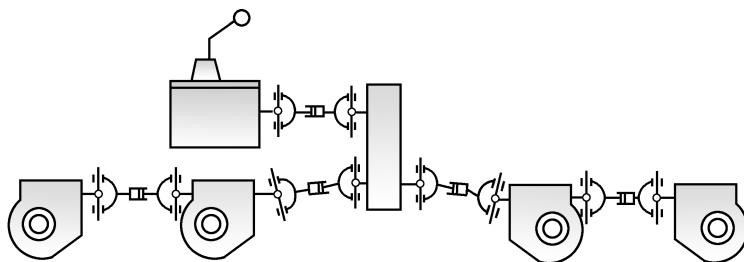


图 5-4 变速器与分动器、分动器与驱动桥之间的万向传动装置

3) 转向驱动桥的内、外半轴之间，如图 5-5 所示：转向时两段半轴轴线相交且交角变化，因此要用万向节。

4) 断开式驱动桥的半轴之间，如图 5-6 所示：主减速器壳在车架上是固定的，桥壳上下摆动，半轴是分段的，须用万向节。

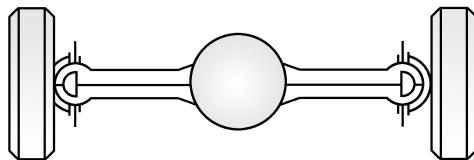


图 5-5 转向驱动桥内、外半轴之间的万向传动装置

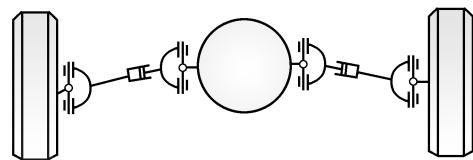


图 5-6 断开式驱动桥半轴之间的万向传动装置

万向传动装置除用于汽车的传动系统外，还可用于动力输出装置和转向操纵机构。

## 第二节 万向节的构造与维修

万向节是实现转轴之间变角度传递动力的部件，按其在扭转方向上是否有明显的弹性可分为刚性万向节和挠性万向节。在前者中，动力是靠两轴间的铰链式连接传递的，而在后者中则靠弹性零件传递，且有缓冲减振作用。刚性万向节又可分为不等速万向节（常用的为十字轴式）、准等速万向节（双联式、三销轴式等）和等速万向节（球叉式、球笼式等）。

### 一、十字轴式刚性万向节

十字轴式刚性万向节因其结构简单，工作可靠，传动效率高，且允许相邻两传动轴之间有较大的交角（一般为  $15^\circ \sim 20^\circ$ ），故普遍应用于各类汽车的传动系统中。

### 1. 十字轴式刚性万向节的构造及润滑

图 5-7 所示为十字轴式刚性万向节的构造。两万向节叉 2 和 6 上的孔分别活套在十字轴 4 的两对轴颈上。这样当主动轴转动时，从动轴既可随之转动，又可绕十字轴中心在任意方向摆动。为了减少摩擦损失，提高传动效率，在十字轴轴颈和万向节叉孔间装有由滚针 8 和套筒 9 组成的滚针轴承。然后用螺钉和轴承盖 1 将套筒 9 固定在万向节叉上，并用锁片将螺钉锁紧，以防止轴承在离心力作用下从万向节叉内脱出。为了润滑轴承，十字轴做成中空的，并有油路通向轴颈。润滑油从滑脂嘴 3 注入十字轴内腔。为避免润滑油流出及尘垢进入轴承，在十字轴的轴颈上套装着装在金属座圈内的毛毡油封 7。在十字轴的中部还装有带弹簧的安全阀 5，如果十字轴内腔的润滑油压力大于允许值，安全阀即被顶开而润滑油外溢使油封不致因油压过高而损坏。

十字轴式万向节的损坏是以十字轴轴颈和滚针轴承的磨损为标志的，因此润滑与密封直接影响万向节的使用寿命。为了提高密封性能，近年来在十字轴式万向节中多采用图 5-8 所示的橡胶油封。实践证明，使用橡胶油封其密封性能远优于老式的毛毡或软木垫油封。当用滑脂枪向十字轴内腔注入润滑油而使内腔油压大于允许值时，多余的润滑油便从橡胶油封内圆面与十字轴轴颈接触处溢出，故在十字轴上无须安装安全阀。

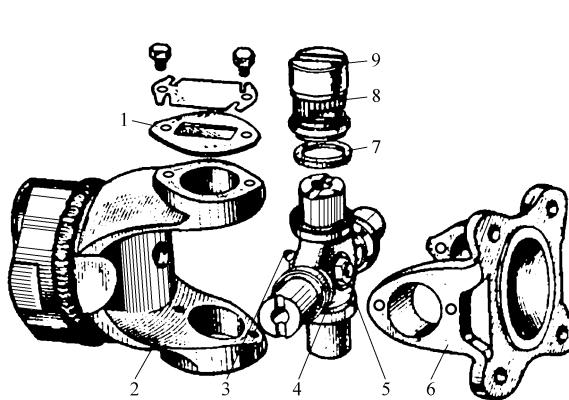


图 5-7 十字轴式刚性万向节  
1—轴承盖 2、6—万向节叉 3—滑脂嘴  
4—十字轴 5—安全阀 7—油封  
8—滚针 9—套筒

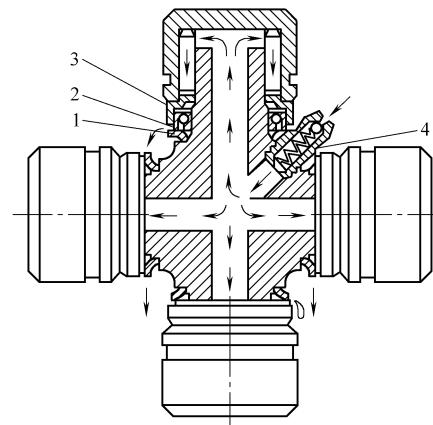


图 5-8 十字轴润滑油道及密封装置  
1—油封挡盘 2—油封 3—油封座 4—滑脂嘴

万向节中常见的滚针轴承轴向定位方式，除上述盖板式外，还应用内、外挡圈固定式（见图 5-9 和图 5-10）。其特点是工作可靠、零件少、结构简单。

### 2. 十字轴式刚性万向节传动的不等速性

单个十字轴式刚性万向节在输入轴和输出轴有夹角的情况下，其两轴的角速度是不相等的。下面就单个万向节传动过程中的两个特殊位置进行运动分析，说明它传动的不等速性。

1) 主动叉在垂直位置，且十字轴平面与主动轴垂直的情况下（见图 5-11a）。主动叉与十字轴连接点  $a$  的线速度  $v_a$  在十字轴平面内；从动叉与十字轴连接点  $b$  的线速度  $v_b$  在与主动叉平行的平面内，并且垂直于从动轴。点  $b$  的线速度  $v_b$  可分解为在十字轴平面内的速度  $v'_b$

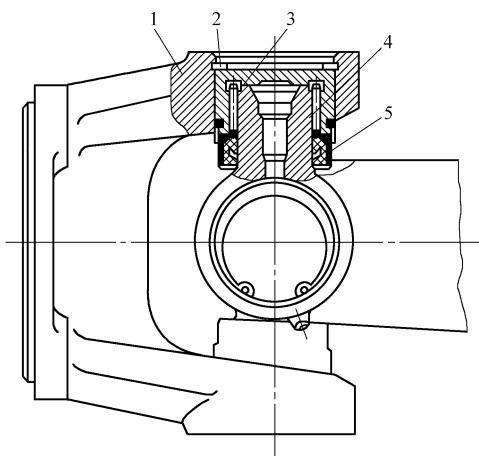


图 5-9 滚针轴承的内挡圈定位

1—万向节叉 2—内挡圈 3—滚针轴承  
4—十字轴 5—橡胶油封

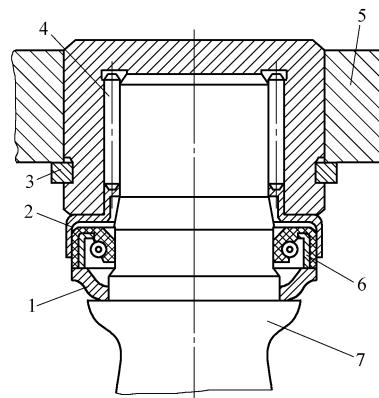


图 5-10 滚针轴承的外挡圈定位

1—油封挡盘 2—油封座 3—外挡圈 4—滚针  
5—万向节叉 6—橡胶油封 7—十字轴

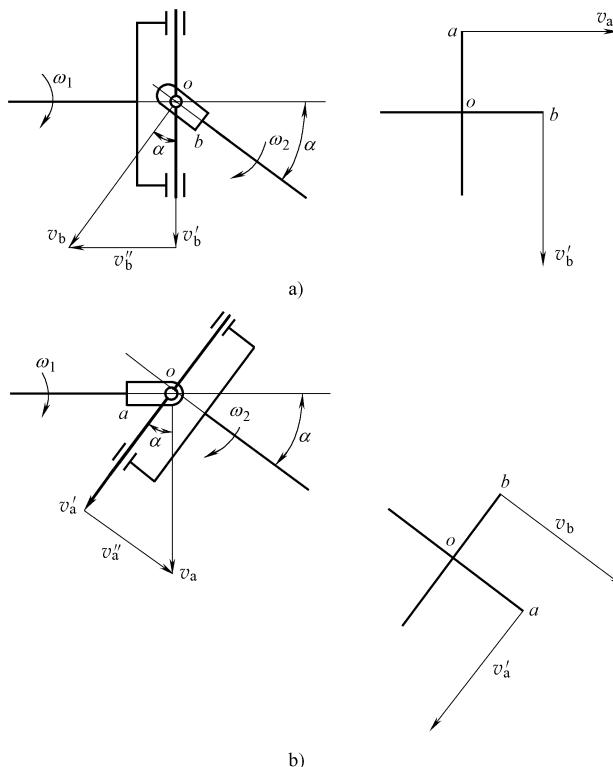


图 5-11 十字轴式刚性万向节传动的不等速性

和垂直于十字轴平面的速度  $v_b''$ 。由速度直角三角形可以看出，在数值上  $v_b > v_b'$ 。因十字轴旋转半径相等，即  $oa = ob$ 。当万向节传动时，十字轴是绕  $o$  点转动的，其上  $a$ 、 $b$  两点于十字

轴平面内的线速度在数值上应相等，即  $v'_b = v_a$ 。因此  $v_b > v_a$ 。由此可知，当主、从动叉转到所述位置时，从动轴的转速大于主动轴的转速。

2) 主动叉在水平位置，并且十字轴平面与从动轴垂直时的情况（见图 5-11b）。此时主动叉与十字轴连接点 a 的线速度  $v_a$ 。在平行于从动叉的平面内，并且垂直于主动轴。线速度  $v_a$  可分解为在十字轴平面内的速度  $v'_a$  和垂直于十字轴平面的速度  $v''_a$ ，根据上述同样道理，在数值上， $v_a > v'_a$ ，而  $v'_a = v_b$ ，因此， $v_a > v_b$ ，即当主、从动叉转到所述位置时，从动轴转速小于主动轴转速。

由上述两个特殊情况的分析，可以看出，十字轴式万向节在传动过程中，主、从动轴的转速是不相等的。

图 5-11c 表示两轴转角差 ( $\varphi_1 - \varphi_2$ ) 随主动轴转角  $\varphi_1$  的变化关系。由图可见，主动轴转  $\varphi_1$  在 0° 到 90° 的范围内，从动轴转角相对主动轴是超前的，即  $\varphi_2 > \varphi_1$ ，并且两角差在  $\varphi_1$  为 45° 时达最大值，随后差值减小，即在此区间从动轴旋转速度相对主动轴旋转速度是先加速后减速。当主动轴转到 90° 时，从动轴也同时转到 90°。 $\varphi_1$  从 90° 到 180°，从动轴转角相对主动轴是滞后的，即  $\varphi_2 < \varphi_1$ ，并且两角差值在  $\varphi_1$  为 135° 时达最大值，随后差值减小，即在此区间从动轴旋转速度相对主动轴旋转速度是先减速后加速。当主动轴转到 180° 时，从动轴也同时转到 180°。后半转情况与前半转相同。因此，如果主动轴以等角速转动，而从动轴则是时快时慢，此即单个十字轴万向节在有夹角时传动的不等速性。必须注意的是，所谓“传动的不等速性”，是指从动轴在一周期中角速度不均匀，而主、从动轴的平均转速是相等的，即主动轴转过一周从动轴也转过一周。

由图 5-11c 还可看出，两轴交角  $\alpha$  愈大，转角差 ( $\varphi_2 - \varphi_1$ ) 愈大，即万向节传动的不等速性愈严重。此现象由上述两个特殊情况下的速度分析也可得到说明。从图 5-11a 和图 5-11b 中可看出， $v_a$  与  $v_b$  之差值，实际上就是  $v_a$  与  $v'_a$  或  $v_b$  与  $v'_b$  之差值。在速度直角三角形内，若夹角  $\alpha$ （即主、从动轴的交角）增大，则  $v_a$  与  $v'_a$  或  $v_b$  与  $v'_b$  的差值就愈大。

单万向节传动的不等速性，将使从动轴及与其相连的传动部件产生扭转振动，从而产生附加的交变载荷，影响部件寿命。

### 3. 十字轴式双万向节传动的等速条件

从以上分析可以想到，在两轴（例如变速器的输出轴和驱动桥的输入轴）之间，若采用图 5-12 所示的双（十字轴式）万向节传动，则第一万向节的不等速效应就有可能被第二万向节的不等速效应所抵消，从而实现两轴间的等角速传动。根据运动学分析得知，要达到这一目的，必须满足以下两个条件：①第一万向节两轴间夹角  $\alpha_1$  与第二万向节两轴间夹角  $\alpha_2$  相等；②第一万向节的从动叉与第二万向节的主动叉处于同一平面内。后一条件完全可以由传动轴和万向节叉的正确装配来保证。但是，前一条件 ( $\alpha_1 =$

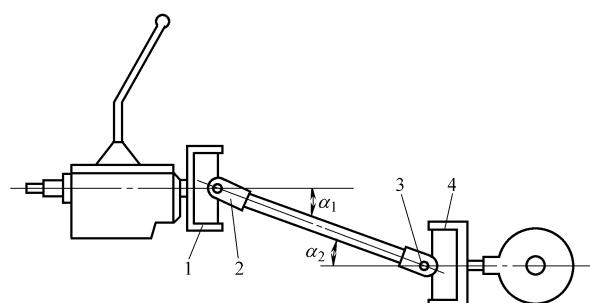


图 5-12 双万向节等速传动布置  
1、3—主动叉 2、4—从动叉

$\alpha_2$ ) 只有在驱动轮采用独立悬架时，才有可能通过整车的总布置设计和总装配工艺的保证而实现，因为在此情况下主减速器和变速器的相对位置是固定的。而在驱动轮采用非独立悬架时，由于弹性悬架的振动，驱动桥输入轴与变速器输出轴的相对位置不断变化，不可能在任何时候都保证  $\alpha_1 = \alpha_2$ ，因而此时这两部件之间的万向传动只能做到使传动的不等速性尽可能小。

就每一个万向节而言，只要存在着交角  $\alpha_1$  或  $\alpha_2$ ，万向节在工作过程中内部各零件之间就有相对运动，因而导致摩擦损失，降低传动效率。交角愈大，则效率愈低。故在汽车总体布置时，应将变速器输出轴后端稍向下倾斜，主减速器输入轴前端略向上翘，以尽量减小  $\alpha_1$  或  $\alpha_2$ 。上述双万向节传动虽能近似地解决等速传动问题，但在某些情况下，例如转向驱动桥的分段半轴间，在布置上受轴向尺寸限制，而且转向轮要求偏转角度大 ( $30^\circ \sim 40^\circ$ )，因而上述双万向节传动已难以适应。在长期实践过程中，人们创造了各种形式的等速和准等速万向节。只要用一个这样的万向节即能实现或基本实现等角速传动。在转向驱动桥及独立悬架的后驱动桥中广泛采用等角速万向节。

## 二、十字轴式刚性万向节的检修

(1) 拆卸 打开锁片的锁爪，拆下轴承盖固定螺栓，取下锁片和轴承盖。用手推出轴承套筒及滚针。对于较紧的轴承，可用手握住传动轴或伸缩套，用锤子敲击万向节叉，使十字轴撞击轴承套筒，振出滚针。

(2) 装配 按与拆卸相反的顺序进行。

(3) 检修 万向节分解完成后，需要用汽油清洗各零件，以便暴露出零件的损伤、磨损情况，而且应按以下要求检查和修复。

1) 检查滚针轴承，如果滚针断裂、油封失效，应更换新件。

2) 检查十字轴轴颈磨损、压痕剥落等情况。十字轴轴颈轻微磨损、轻微压痕或剥落，仍可继续使用，如果轴颈磨损过甚、严重压痕（深度超过  $0.1\text{mm}$ ）或严重剥落时，应予以更换。

3) 检查万向节叉不得有裂纹或其他严重损伤，否则更换新件。

4) 万向节装配完毕后，可用手扳动十字轴进行检验，以转动自如没有松旷感觉为合适。若装配过紧或过松，应查明原因，必要时应拆检及重新装配。

## 三、准等速万向节和等速万向节

### 1. 准等速万向节

准等速万向节是根据上述双万向节实现等速传动的原理而设计成的。常见的有双联式和三销轴式万向节。

双联式万向节实际上是一套传动轴长度缩减至最小的双万向节等速传动装置。图 5-13 中的双联叉 3 相当于两个在同一平面上的万向节叉。欲使轴 1 和轴 2 的角速度相等，应保证  $\alpha_1 = \alpha_2$ ，为此在双联式万向节的结构中，装有分度机构，以尽量保证双联叉的对称线平分所连两轴的夹角。

图 5-14 为双联式万向节的结构实例。在万向节叉 6 的内端有球头，与球碗 9 的内圆面配合，球碗座 2 则镶嵌在万向节叉 1 内端。球头与球碗的中心与两十字轴中心的连线中点重合。当万向节叉 6 相对万向节叉 1 在一定角度范围内摆动时，双联叉 5 也被带动偏转相应角度，使两十字轴中心连线与两万向节叉 1 和 6 的轴线的交角（即图 5-13 中的  $\alpha_1$  和  $\alpha_2$ ）差

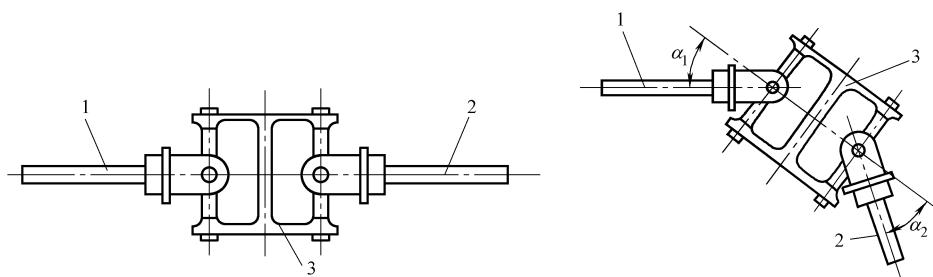


图 5-13 双联式万向节示意图

1、2—轴 3—双联叉

值很小，从而保证两轴角速度接近相等，其差值在容许范围内，故双联式万向节具有准等速性。

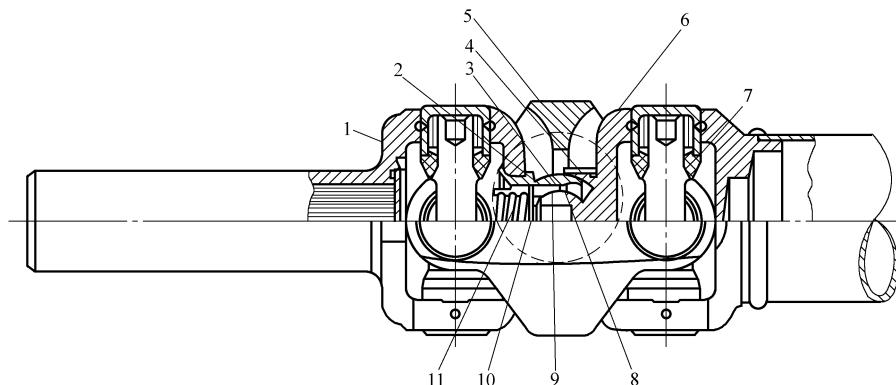


图 5-14 双联式万向节

1、6—万向节叉 2—球碗座 3—衬套 4—防护圈  
5—双联叉 7—油封 8、10—垫圈 9—球碗 11—弹簧

## 2. 等速万向节

等速万向节的基本原理是从结构上保证万向节在工作过程中，其传力点永远位于两轴交角的平分面上。图 5-15 为一对大小相同的锥齿轮传动示意图。两齿轮的接触点  $P$  位于两齿轮轴线交角  $\alpha$  的平分面上，由  $P$  点到两轴的垂直距离都等于  $r$ 。在  $P$  点处两齿轮的圆周速度是相等的，因而两个齿轮旋转的角速度也相等。与此相似，若万向节的传力点在其交角变化时，始终位于角平分面内，则可使两万向节叉保持等角速的关系。

目前采用较广泛的球叉式万向节和球笼式万向节均根据这一原理制成。

球叉式万向节的构造如图 5-16 所示。主动叉 5 与从动叉 1 分别与内、外半轴制成一体。

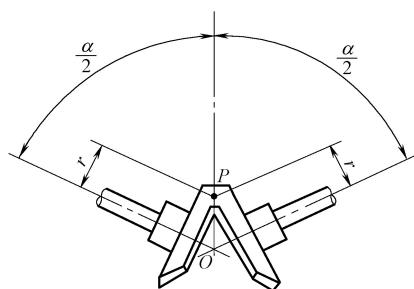


图 5-15 等速万向节的工作原理

在主、从动叉上，各有4个曲面凹槽，装合后，形成两个相交的环形槽，作为钢球滚道。4个传动钢球4放在槽中，钢球6放在两叉中心的凹槽内，以定中心。

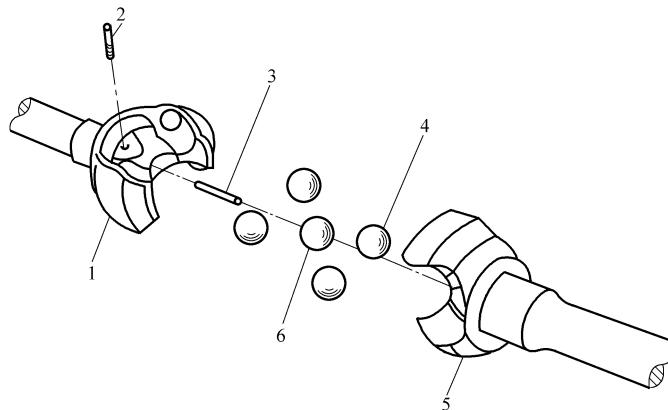


图 5-16 球叉式万向节

1—从动叉 2—锁止销 3—定位销 4—传动钢球 5—主动叉 6—定心钢球

为顺利地将钢球装入槽内，在定心钢球6上铣出一个凹面，凹面中央有一深孔。装合时，先将定位销3装入从动叉内，放入定心钢球，然后在两球叉槽中陆续装入三个传动钢球，再将定心钢球的凹面对向未放钢球一侧，以便装入第四个传动钢球，而后再将定心钢球6的孔对准从动叉孔，提起从动叉轴使定位销3插入球孔中，最后将锁止销2插入从动叉上与定位销垂直的孔中，以限制定位销轴向移动，保证定心钢球的正确位置。

球叉式万向节的等角速传动原理可按图5-17来说明：主动叉和从动叉凹槽的中心线是以 $O_1$ 、 $O_2$ 为圆心的两个半径相等的圆，而圆心 $O_1$ 、 $O_2$ 与万向节中心O的距离相等。因此，在主动轴和从动轴以任何角度相交的情况下，传动钢球中心始终位于两圆的交点上，亦即所有传动钢球都位于角平分面上，因而保证了等角速传动。

球叉式万向节结构简单，两轴间允许最大交角为 $32^\circ \sim 33^\circ$ 。一般应用于转向驱动桥的转向节处。

球叉式万向节工作时，只有两个钢球传力，反转时，则由另两个钢球传力。因此钢球与曲面凹槽之间的单位压力较大，容易磨损，影响使用寿命。

近些年，有些球叉式万向节中省去了定位销和锁止销，定心钢球上也没有凹面，靠压力装配。这样，结构更为简单，但拆装较困难。

上述球叉式万向节的滚道为圆弧槽形滚道。还有一种球叉式万向节的滚道是直槽形的，如图5-18所示。两球叉上的直槽与轴的中心线倾斜的角度相同，而且彼此对称。在两球叉的滚道中装有4个传力钢球。由于两球叉上的滚道处于对称位置，从而保证了4个钢球的中心处于两轴夹角的平分面上。这种万向节的特点是加工比较容易，其两轴间的允许夹角不超过 $20^\circ$ ，且轴向允许有一定的滑动量，故可用在断开式驱动桥靠近主减速器处（内侧），用它可补偿半轴摆动时长度的变化，从而省去了滑动花键。

## 2. 球笼式万向节

球笼式万向节按主、从动叉在传递转矩过程中轴向是否产生位移分为：固定型球笼式万向节（RF节）和伸缩型球笼式万向节（VL节）。

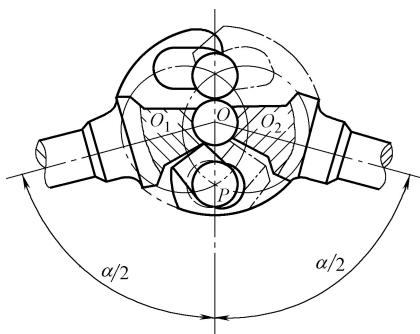


图 5-17 球叉式万向节等角速传动原理

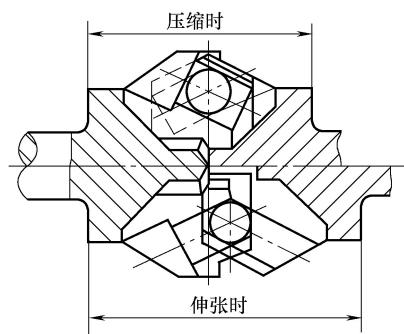


图 5-18 滚道为直槽形的球叉式万向节

(1) 固定型球笼式万向节 (RF 节) 固定型球笼式万向节 (RF 节) 的结构见图 5-19。星形套 7 以内花键与主动轴 1 相连，其外表面有 6 条凹槽，形成内滚道。球形壳 8 的内表面有相应的 6 条凹槽，形成外滚道，6 个钢球 6 分别装在各条凹槽中，并由保持架 4 使之保持在一个平面内。动力由主动轴 1 经钢球 6，球形壳 8 输出。

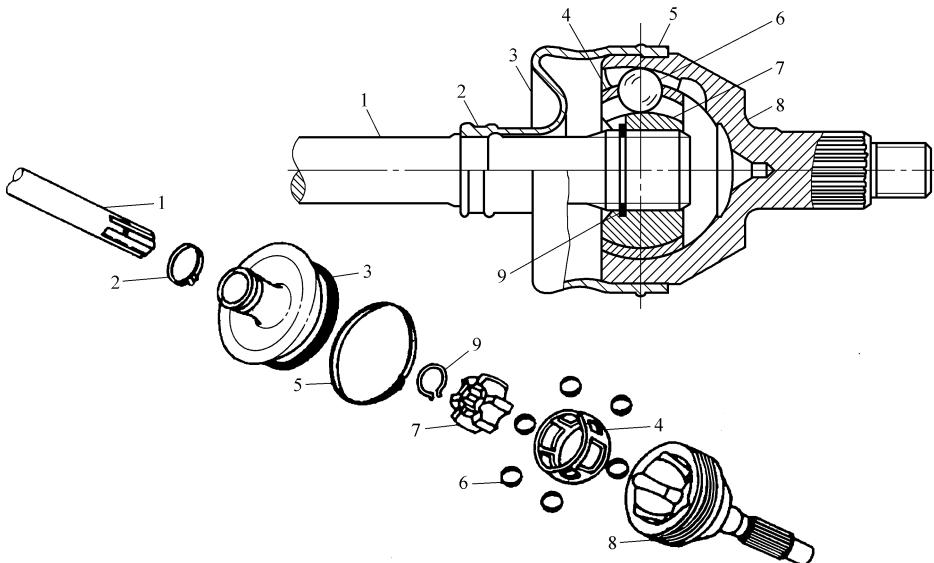


图 5-19 固定型球笼式等速万向节 (RF 节)

1—主动轴 2、5—钢带箍 3—外罩 4—保持架 (球笼) 6—钢球 7—星形套 (内滚道)  
8—球形壳 (外滚道) 9—卡环

固定型球笼式万向节 (RF 节) 的等角速传动原理，见图 5-20。外滚道的中心 A 与内滚道的中心 B 分别位于万向节中心 O 的两边，且与 O 等距离。钢球中心 C 到 A、B 两点的距离也相等。保持架的内外球面、星形套的外球面和球形壳的内球面均以万向节中心 O 为球心。故当两轴交角变化时，保持架可沿内外球面滑动、以保持钢球在一定位置。

由图 5-20 可见，由于  $OA = OB$ ,  $CA = CB$ ,  $CO$  是共边，则两个三角形  $\triangle COA$  与  $\triangle COB$  全等。故  $\angle COA = \angle COB$ ，即两轴相交任意交角  $\alpha$  时，传力的钢球 C 都位于交角平分面上。此时钢球中心到主、从动轴轴线的距离  $a$  和  $b$  相等，从而保证了从动轴与主动轴以相等的角度。

速度旋转。

固定型球笼式等速万向节（RF 节）两轴允许交角范围较大（ $45^\circ \sim 50^\circ$ ），例如奥迪、捷达、红旗 CA7220 型等轿车采用的 RF 节的两轴交角最大可达  $47^\circ$ ，且在工作时，无论传动方向如何，6 个钢球全部传力。与球叉式万向节相比，其承载能力强、结构紧凑、拆装方便，因此应用越来越广泛。目前国内外大多数轿车的前转向驱动桥在转向节处均采用这种固定型球笼式等速万向节（RF 节）。

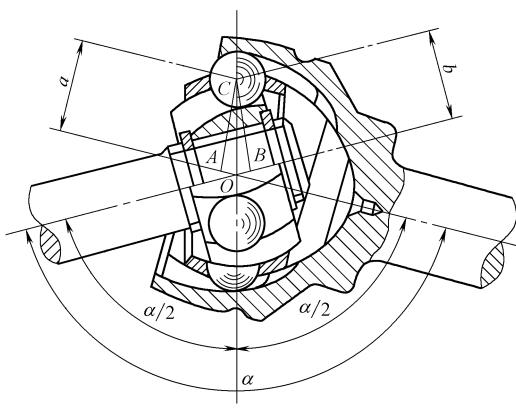


图 5-20 固定型球笼式万向节等角速传动原理

（图注同图 5-19）O—万向节中心 A—外滚道中心  
B—内滚道中心 C—钢球中心  $\alpha$ —两轴交角（指钝角）

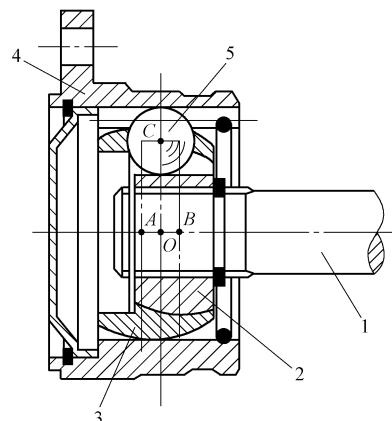


图 5-21 伸缩型球笼式万向节（VL 节）

1—主动轴 2—星形套（内滚道） 3—保持架（球笼）  
4—筒形壳（外滚道） 5—钢球

(2) 伸缩型球笼式万向节（VL 节） 伸缩型球笼式万向节（VL 节）的结构，如图 5-21 所示。伸缩型球笼式万向节（VL 节）的内外滚道是圆筒形的，在传递转矩过程中，星形套 2 与筒形壳 4 可以沿轴向相对移动，故可省去其他万向传动装置中必须有的滑动花键。这不仅使结构简化，而且由于星形套 2 与筒形壳 4 之间的轴向相对移动是通过钢球 5 沿内外滚道滚动来实现的，与滑动花键相比，其阻力小，最适用于断开式驱动桥。VL 节两轴交角范围约  $20^\circ \sim 25^\circ$ ，较十字轴刚性万向节相邻两轴的交角范围大，但小于球叉式和 RF 节。捷达王都市先锋轿车的 VL 节两轴交角为  $21^\circ$ ，轴向滑动量为  $\pm 19\text{mm}$ 。

这种万向节的保持架的内球面中心 B 与外球面中心 A 位于万向节中心 O 的两边，且与 O 等距离。钢球中心 C 到 A、B 距离相等，以保证万向节作等角速传动。

VL 节在前置前驱动且采用独立悬架的轿车的转向驱动桥中均布置在靠主减速器侧（内侧），而轴向不能伸缩的固定型球笼式万向节（RF 节），则布置在靠近车轮处（外侧），如图 5-22 所示。上海桑塔纳、天津夏利、一汽大众捷达、宝来、奥迪及红旗 CA7220 型等轿车皆为这种布置形式，如图 5-23 所示为速腾带等速万向节 VL90 和 VL100 的万向传动轴。图 5-24 所示为迈腾带等速万向节 VL107（VL3700LP）的万向传动轴（拧入式）。

### 3. 三枢轴—球面滚轮式等速万向节

三枢轴—球面滚轮式等速万向节的结构如图 5-25 所示。与输入轴 9 制成一体的三个枢轴 10 上松套着外表面为球面的球面滚轮 7。三个枢轴位于同一平面内，且互成  $120^\circ$  角，它们的轴线相交于输入轴上的一点，并且垂直于输入轴。与输出轴制成一体的外表面为圆柱形

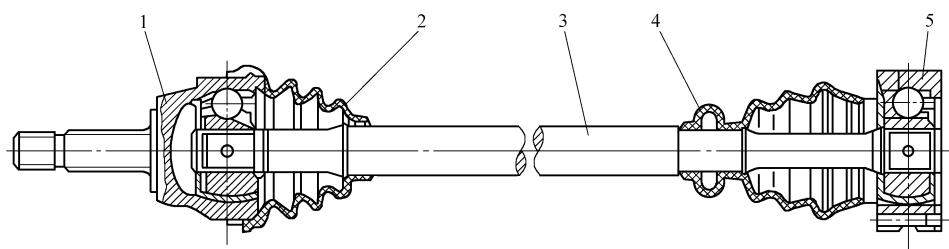


图 5-22 RF 节与 VL 节在转向驱动桥中的布置

1—固定型球笼式万向节（RF 节） 2、4—防尘罩 3—传动轴（半轴） 5—伸缩型球笼式万向节（VL 节）

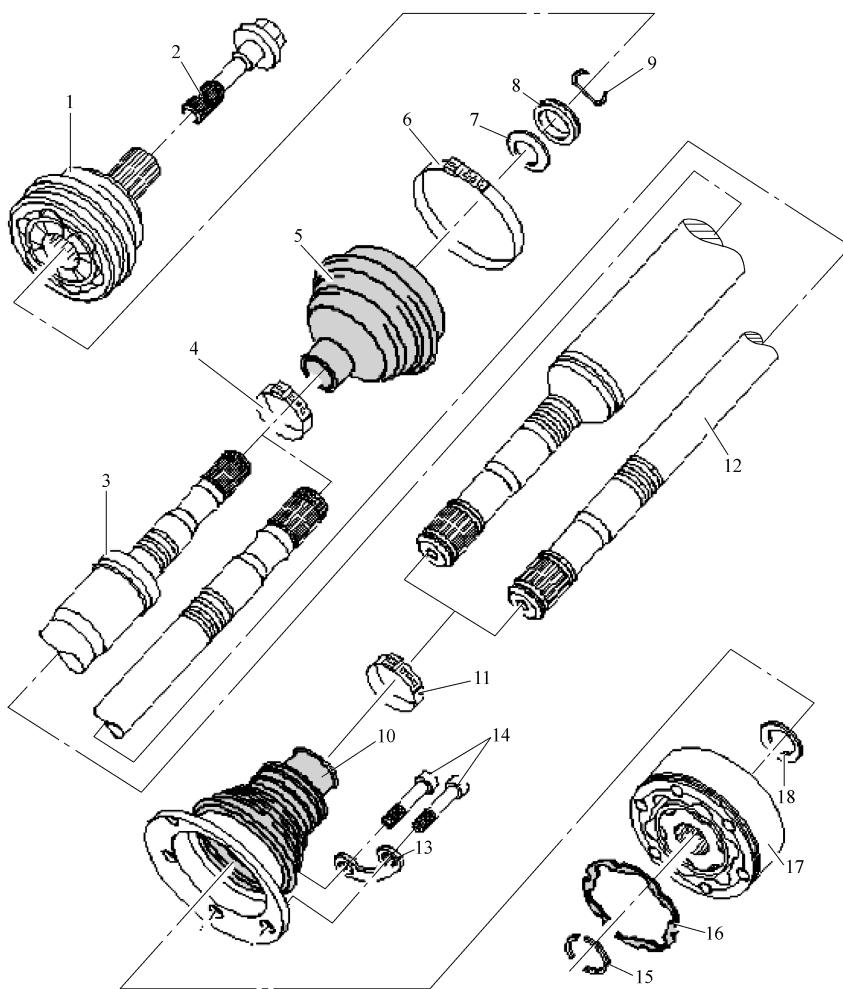


图 5-23 速腾带等速万向节 VL90 和 VL100 的万向传动轴

1—外侧等速万向节 2—六角螺栓 3—右万向传动轴 4、6、11—卡箍 5—万向节保护套 7—碟形弹簧

8—止推环 9、15—卡环 10—等速万向节的万向节保护套 12—左万向传动轴 13—垫板

14—圆头内梅花螺栓 16—密封条 17—内侧等速万向节 18—碟形弹簧

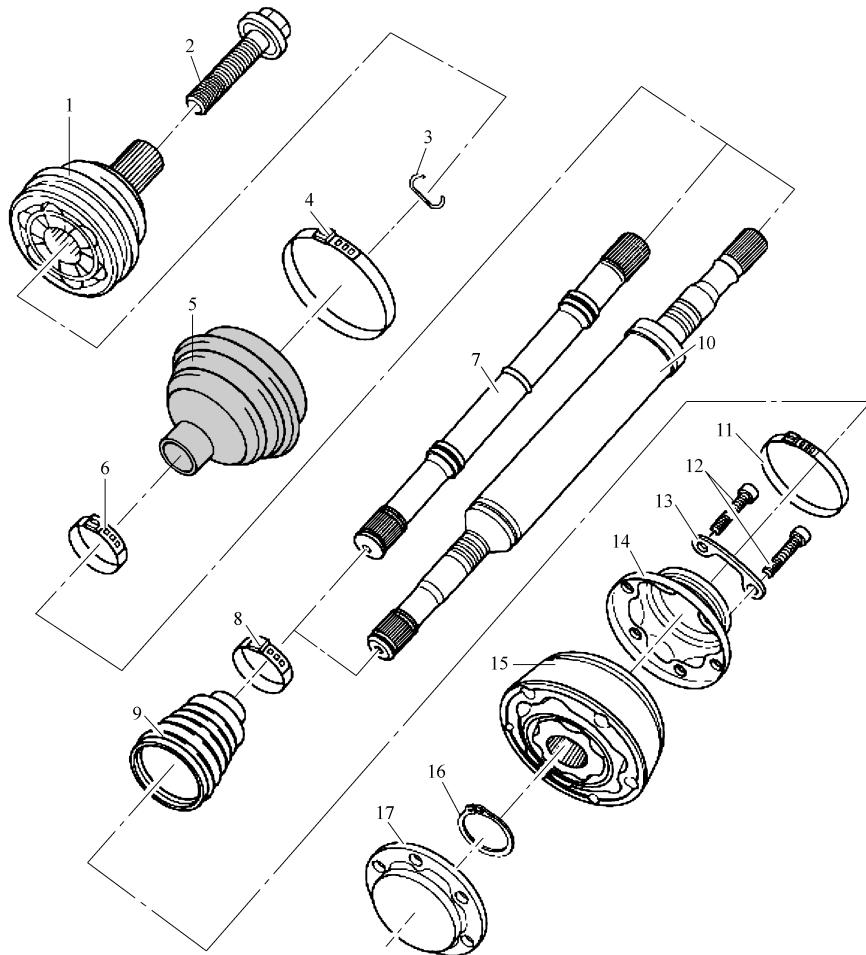


图 5-24 迈腾带等速万向节 VL107 (VL3700LP) 的万向传动轴 (拧入式)

1—外侧等速万向节 2—螺栓 3、16—卡环 4、6、8、11—卡箍  
5—外等速万向节保护套 7—左侧传动轴 9—内等速万向节保护套  
10—右侧传动轴 12—圆头内梅花螺栓  
13—垫板 14、17—盖板 15—内侧等速万向节

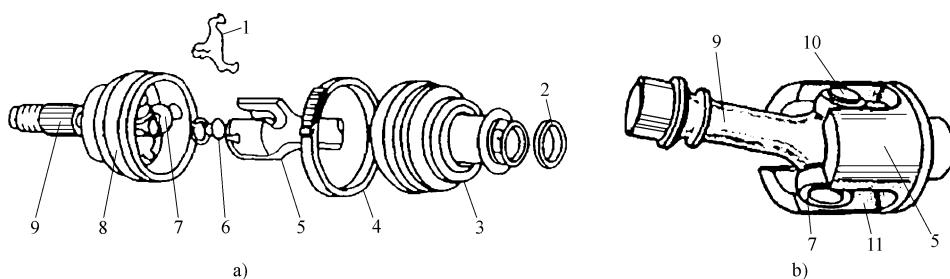


图 5-25 三枢轴—球面滚轮式等速万向节

a) 零件的分解图 b) 主、从动轴的装配图

1—锁定三角架 2—橡胶紧固件 3—保护罩 4—保护罩卡箍 5—叉形元件  
6—止推块 7—球面滚轮 8—外座圈 9—输入轴 10—枢轴 11—轴向槽形轨道

的叉形元件 5 上加工出 3 条等距离的轴向槽形轨道 11。槽形轨道平行于输出轴，3 个球面滚轮分别装入 3 个槽形轨道中。3 个球面滚轮可沿槽形轨道滑动。

当输出轴与输入轴交角为 0° 时，因三枢轴的自动定心作用，能使两轴轴线重合；当输出轴与输入轴有交角时，由于球面滚轮既可沿枢轴轴线移动，又可沿槽形轨道滑动。这样就可以保证球面滚轮的传力点始终位于两轴交角的平分面上。因此，该万向节是等速传动。

三枢轴—球面滚轮式万向节有两种结构形式：固定型万向节（Glaenzer Exterior，简称 GE）和伸缩型万向节（Glaenzer Intertor，简称 GI）。这两种万向节仅在结构细节上有所区别。例如在 GE 型万向节中有止动夹和旋钮来限止伸缩量，而在 GI 型万向节中的球面滚轮中有滚子轴承。

GI 型三枢轴—球面滚轮式等速万向节的夹角一般为 25°，伸缩量为约 40~60mm，图 5-26

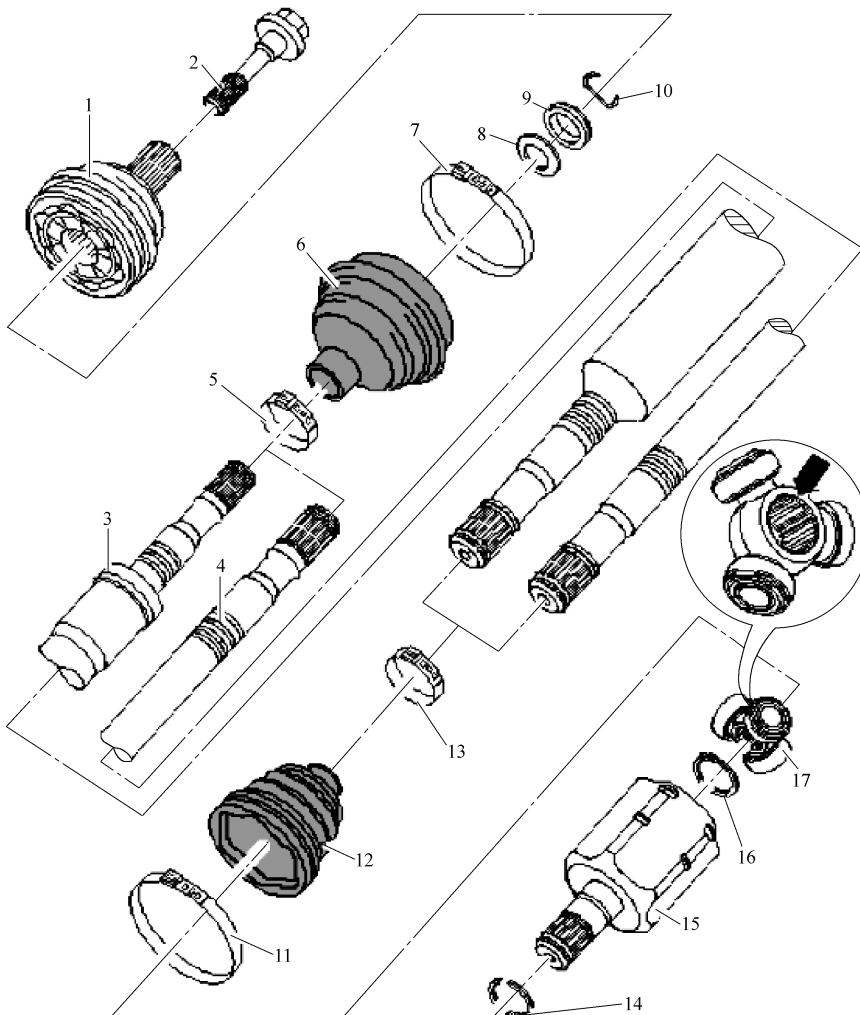


图 5-26 速腾三销式万向 AAR2600i 的万向传动轴

- 1—外侧等速万向节 2—六角螺栓 3—右万向传动轴 4—左万向传动轴 5、7、11、13—卡箍
- 6—等速万向节的万向节保护套 8—碟形弹簧 9—止推环 10、14、16—卡环
- 12—三销式万向节的万向节保护套 15—外滚道 17—带三个滚轮的万向节

所示为速腾三销式万向 AAR2600i 的万向传动轴。

#### 四、典型万向传动轴的检修（以上汽通用凯越手动变速驱动桥驱动轴为例）

##### 1. 专用工具的认识与使用，如图 5-27 所示

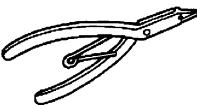
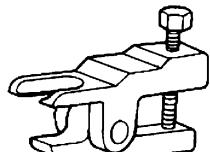
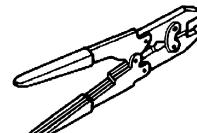
图示	工具编号/说明	图示	工具编号/说明
	J-8059 弹簧卡环钳子		KM-460-A 半轴拆卸工具
	KM-507-B 球节拆卸工具		I35566 密封夹紧钳子

图 5-27 上汽通用凯越手动变速驱动桥驱动轴专用工具的认识与使用

##### 2. 部件位置，如图 5-28、图 5-29 和图 5-30 所示

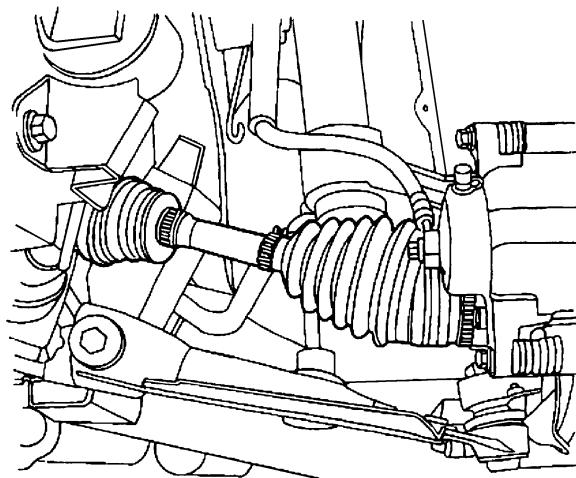


图 5-28 上汽通用凯越手动变速驱动桥驱动轴部件位置 1

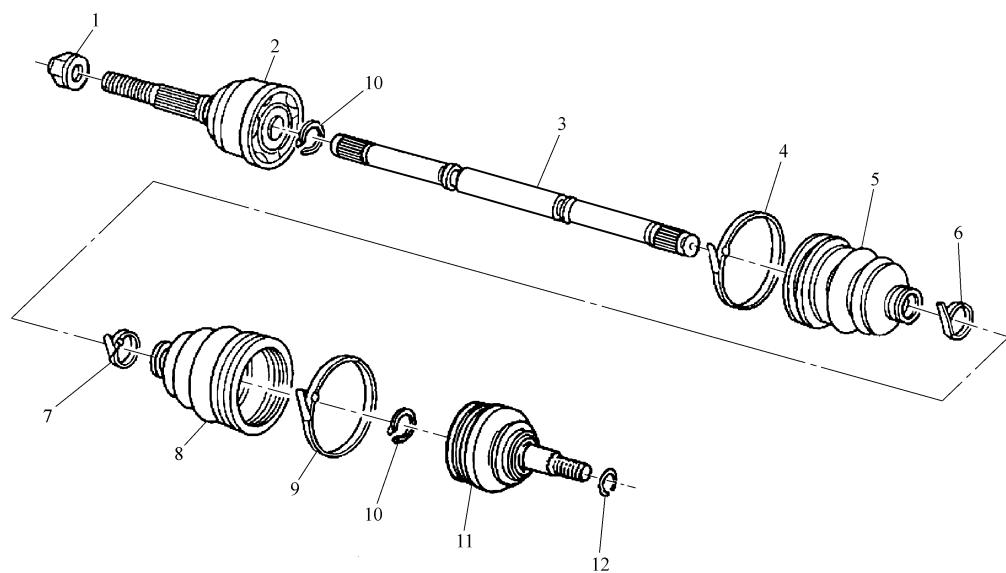


图 5-29 上汽通用凯越手动变速驱动桥驱动轴部件位置 2

1—轮毂螺母 2—等速万向节 3—半轴 4、7、9—密封固定卡箍 5—驱动轴外密封  
6—密封固定卡箍 8—驱动轴内密封 10—座圈滚道固定环 11—十字槽接头 12—固定环

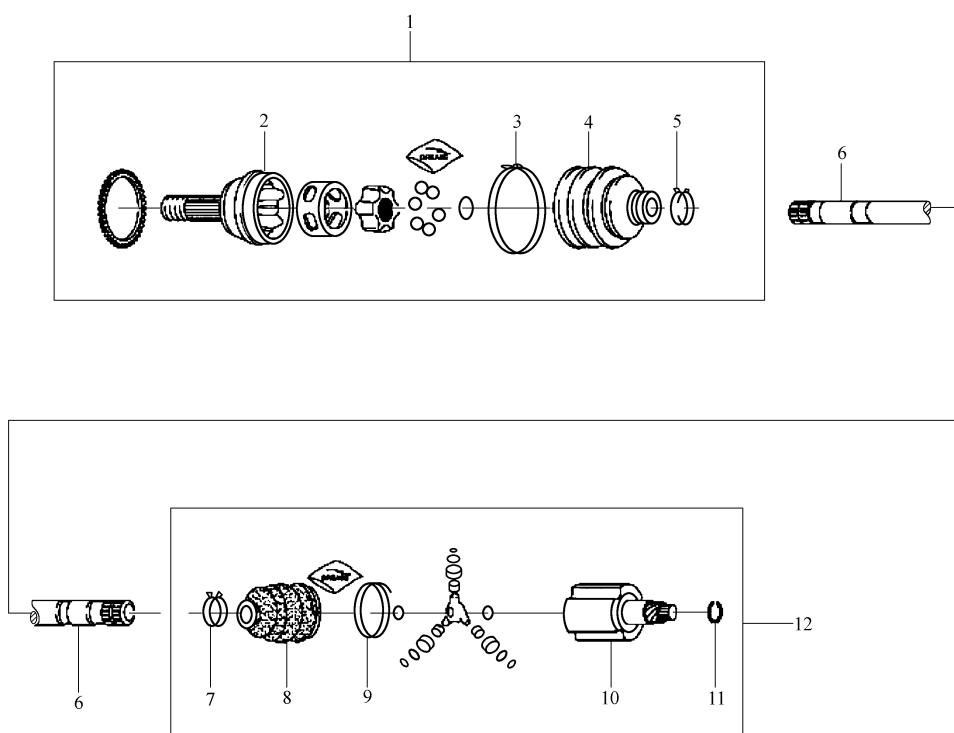


图 5-30 上汽通用凯越手动变速驱动桥驱动轴部件位置 3

1—等速万向节总成 2—等速万向节 3、5、7、9—密封固定卡箍 4—驱动轴外密封 6—半轴  
8—驱动轴内密封 10—三销壳体 11—弹簧卡环 12—三销轴式万向节总成

### 3. 保养和修理

(1) 车上维修驱动轴总成 (所需工具: KM-507-B 球节拆卸工具; KM-460-A 半轴拆卸工具)

1) 拆卸程序。

① 举升并妥善支承车辆。

② 拆卸车轮。

③ 拆卸半轴轮毂螺母, 将螺母报废。特别注意事项: 仅用推荐的工具拆卸下球节, 否则会损坏球节和密封, 如图 5-31 所示。

④ 拆卸下球节夹紧螺栓和螺母。

⑤ 用球节拆卸工具 KM-507-B 从下球节上拆卸转向节。

⑥ 拆卸转向横拉杆螺母。特别注意事项: 仅用推荐的工具从转向节/支柱总成上拆卸转向横拉杆, 否则会损坏转向节/支柱总成。

⑦ 用球节拆卸工具 KM-507-B 拆卸转向横拉杆, 如图 5-32 所示。

⑧ 从轮毂推动半轴。注意事项: 支撑未紧固的驱动轴端。驱动轴从轮毂上拆卸后不要让其长时间从变速驱动桥自由下垂。注意事项: 用接油盘放在变速驱动桥下, 接收溢出的油液。拆卸驱动轴后, 堵塞变速驱动桥上的驱动轴开孔, 防止油液流出和污染物进入。

⑨ 用半轴拆卸工具 KM-460-A, 从变速驱动桥上拆卸驱动轴, 如图 5-33 所示。

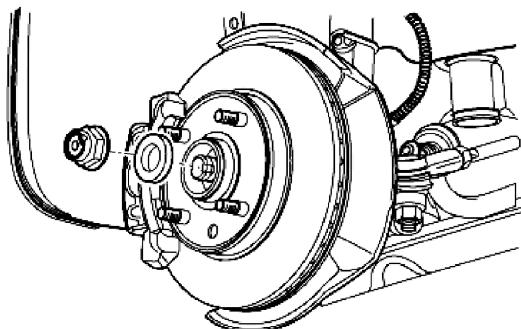


图 5-31 拆卸半轴轮毂螺母

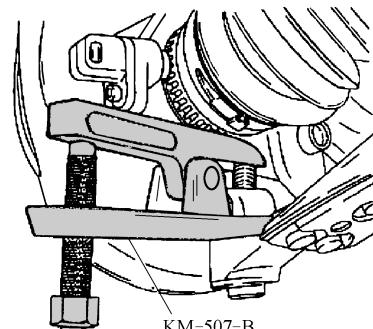


图 5-32 用球节拆卸工具 KM-507-B 拆卸转向横拉杆

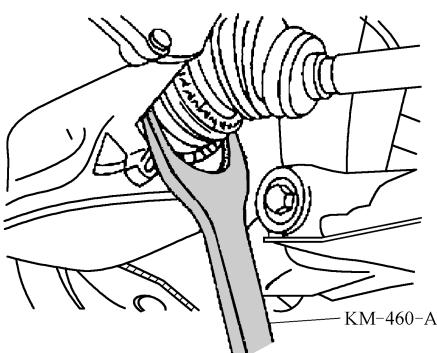


图 5-33 用半轴拆卸工具 KM-460-A  
从变速驱动桥上拆卸驱动轴

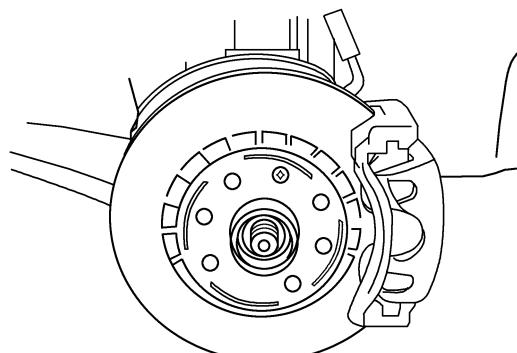


图 5-34 将轮毂安装到半轴上

2) 安装程序。特别注意事项：勿损坏密封。

- ① 清洗轮毂密封和变速驱动桥密封。
- ② 将驱动轴装入变速驱动桥。
- ③ 将轮毂安装到半轴上，如图 5-34 所示。
- ④ 将转向横拉杆安装到转向节/支柱上，再安装转向横拉杆螺母，紧固转向横拉杆螺母至  $55\text{N}\cdot\text{m}$ ，如图 5-35 所示。
- ⑤ 安装下球节夹紧螺栓和螺母，紧固下球节夹紧螺栓、螺母至  $60\text{N}\cdot\text{m}$ ，如图 5-36 所示。

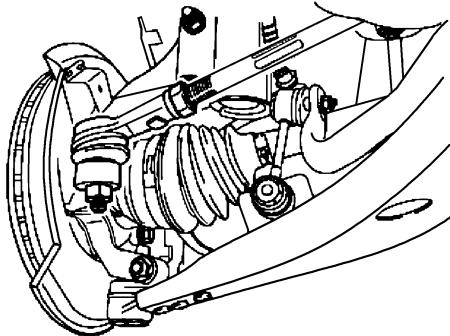


图 5-35 将转向横拉杆安装到转向节/支柱上

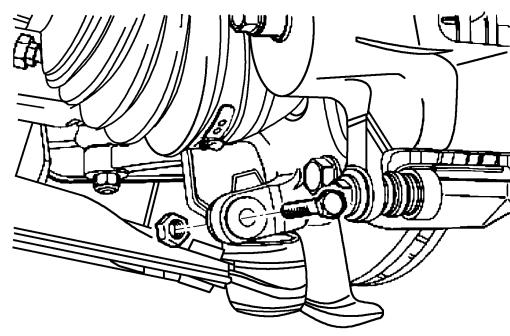


图 5-36 安装下球节夹紧螺栓和螺母

- ⑥ 松弛装上新半轴轮毂螺母，务必使用新螺母。
- ⑦ 安装车轮。松弛装上螺母。
- ⑧ 将车辆降到地面。紧固车轮螺母至  $100\text{N}\cdot\text{m}$ 。
- ⑨ 紧固半轴轮毂螺母至  $300\text{N}\cdot\text{m}$ 。
- ⑩ 用螺钉旋具和手锤敲击轮毂螺母，直到螺母在半轴轮毂上锁定到位。
- ⑪ 重新加注变速驱动桥油液至正确液面。

(2) 部件维修——外球节密封圈（所需工具：J-8059 弹簧卡环钳子；J-35566 密封夹紧钳子）

1) 拆卸程序。

- ① 从车上拆卸驱动轴。
- ② 拆卸大密封圈固定卡箍，报废卡箍，如图 5-37 所示。
- ③ 拆卸小密封圈固定卡箍，将卡箍报废。

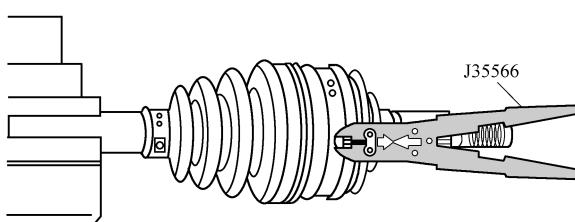


图 5-37 拆卸大密封圈固定卡箍

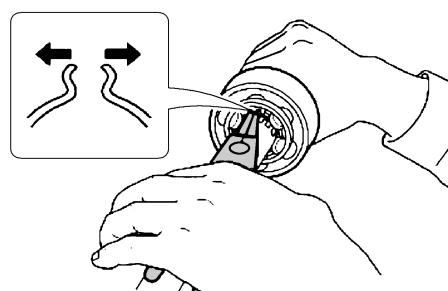


图 5-38 用弹簧卡环钳子 J-8059 展开弹簧卡环并拆卸半轴外球节

④ 擦除球节上的润滑脂。

⑤ 用弹簧卡环钳子 J-8059 展开弹簧卡环并拆卸半轴外球节，如图 5-38 所示。告诫：禁止从外球节总成上拆卸半轴或拆卸外球节总成。其中的零件采用配对装配，不能单独维修。重新装配不当会对性能和安全性产生不良影响。

⑥ 从球节总成上拆卸密封圈。

## 2) 安装程序。

① 将密封圈安装到半轴上。

② 用弹簧卡环钳子 J-8059 展开弹簧卡环并拆卸半轴外球节，如图 5-38 所示。

③ 将球节密封填入 110 ~ 130g 推荐的润滑脂。在球节中重新填入 110 ~ 130g 推荐的润滑脂（1.8L 双顶置凸轮轴：120 ~ 140g）。

④ 安装新大密封圈固定卡箍和新小密封圈固定卡箍。

⑤ 用密封夹紧钳子 J-35566 卷曲新小密封圈固定卡箍和新大密封圈固定卡箍，如图 5-37 所示。

⑥ 将半轴安装到车上。

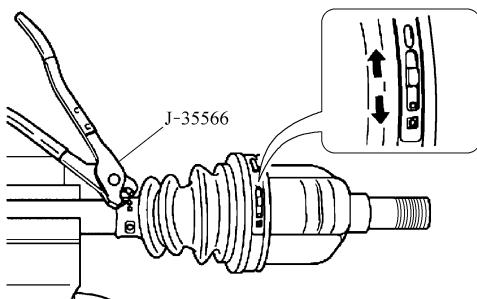


图 5-39 安装大密封圈固定卡箍

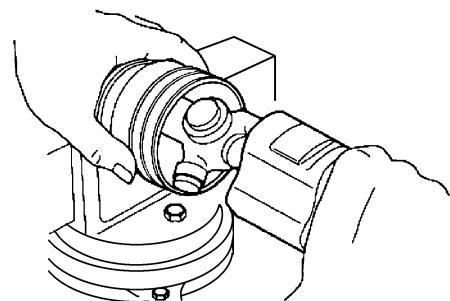


图 5-40 从护套上拆开万向节壳体

(3) 内三销密封圈（所需工具：J-35566 弹簧卡环钳子；J-8059 弹簧卡环钳子）

## 1) 拆卸程序。

① 从车上拆卸驱动轴。

② 拆卸大密封圈固定卡箍，将卡箍报废，如图 5-39 所示。

③ 拆卸小密封圈固定卡箍，将卡箍报废。

④ 从护套上拆开万向节壳体，如图 5-40 所示。

⑤ 清除三销总成。

⑥ 用弹簧卡环钳子 J-8059 拆卸轴固定环，如图 5-41 所示。

⑦ 从半轴上拆卸三销和三销轴式万向节固定环，如图 5-42 所示。

⑧ 从半轴上拆卸三销万向节密封圈。

2) 安装程序（所需工具：J-8059 弹簧卡环钳子；J-35566 密封夹紧钳子）按相反的顺序进行。

① 将新小密封圈固定卡箍安装到密封位置上。

② 将密封安装到半轴上。

③ 用弹簧卡环钳子 J-8059 将轴固定环安装到半轴上。

④ 给三销壳体填入 195 ~ 215g 推荐的润滑脂。给三销重新填入 195 ~ 215g 推荐的润

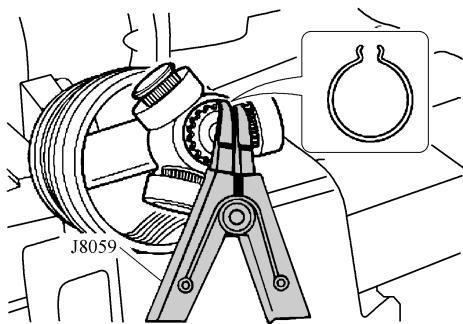


图 5-41 拆卸大密封圈固定卡箍

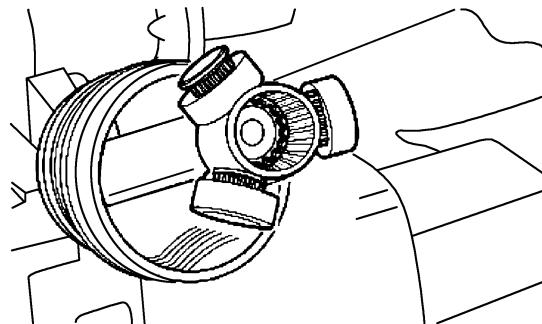


图 5-42 从护套上拆开万向节壳体

滑脂。

- ⑤ 将护套安装到万向节壳体上。
- ⑥ 安装大密封圈固定卡箍。用密封夹紧钳子 J-35566 卷曲大密封圈固定卡箍。
- ⑦ 用密封夹紧钳子 J-35566 卷曲新小密封圈固定卡箍。
- ⑧ 将半轴安装到车上。

(4) 十字槽接头密封圈 (所需工具: J-35566 密封夹紧钳子; J-8059 弹簧卡环钳子)

#### 1) 拆卸程序。

- ① 拆卸大密封圈固定卡箍, 如图 5-43 所示。
- ② 拆卸小密封圈固定卡箍。将卡箍报废。
- ③ 擦除球节上的润滑脂。

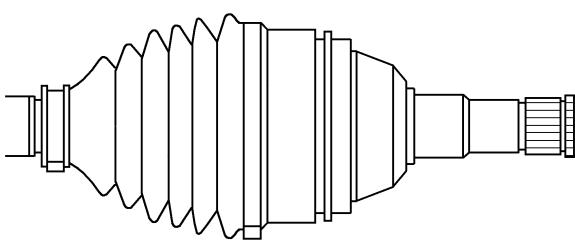
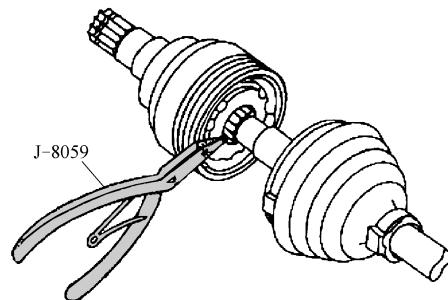


图 5-43 拆卸大密封圈固定卡箍

图 5-44 用弹簧卡环钳子  
J-8059 拆卸轴固定环

- ④ 用弹簧卡环钳子 J-8059 拆卸轴固定环, 如图 5-44 所示。
  - ⑤ 从球节总成上拆卸半轴, 如图 5-45 所示。告诫: 钢球保持架锁定就位, 而且不能拆卸。十字槽接头的内部零件采用配装, 不能单独维修。重新装配不当会对性能和安全性产生不良影响。
  - ⑥ 从球节总成上拆卸密封圈。
- #### 2) 安装程序。
- ① 将新小密封圈固定卡箍安装到密封位置上, 勿卷曲。
  - ② 将密封圈安装到半轴上。
  - ③ 将球节总成安装到半轴上。

- ④ 用弹簧卡环钳子 J-8059 安装轴固定环。
- ⑤ 给球节总成填入 120 ~ 140g 推荐的润滑脂。给三销重新填入 120 ~ 140g 推荐的润滑脂。
- ⑥ 安装新大密封圈固定卡箍。
- ⑦ 用密封夹紧钳子 J-35566 卷曲新大密封圈固定卡箍，如图 5-46 所示。
- ⑧ 用密封夹紧钳子 J-35566 卷曲新小密封圈固定卡箍。

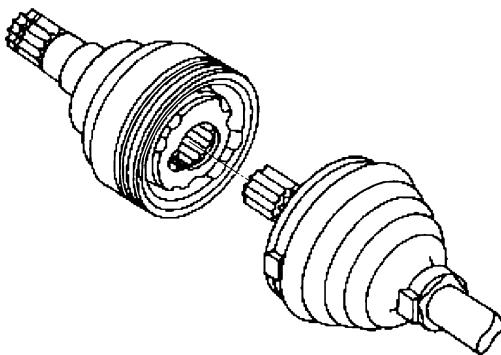


图 5-45 从球节总成上拆卸半轴

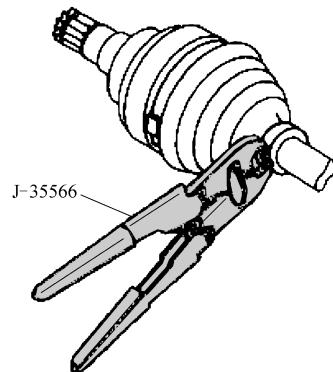


图 5-46 从球节总成上拆卸半轴

### 第三节 传动轴和中间支承

#### 一、传动轴的组成及结构

常见的轻、中型货车中，连接变速器与驱动桥的传动轴部件由传动轴及其两端焊接的花键轴和万向节叉组成。

汽车行驶过程中，变速器与驱动桥的相对位置经常变化，为避免运动干涉，传动轴用由滑动叉和花键轴组成的滑动花键连接，以适应传动轴长度的变化。为减少磨损，还装有用以加注滑脂的滑脂嘴、油封、堵盖和防尘套；图 5-47 所示为上汽通用五菱荣光传动轴总成部件。

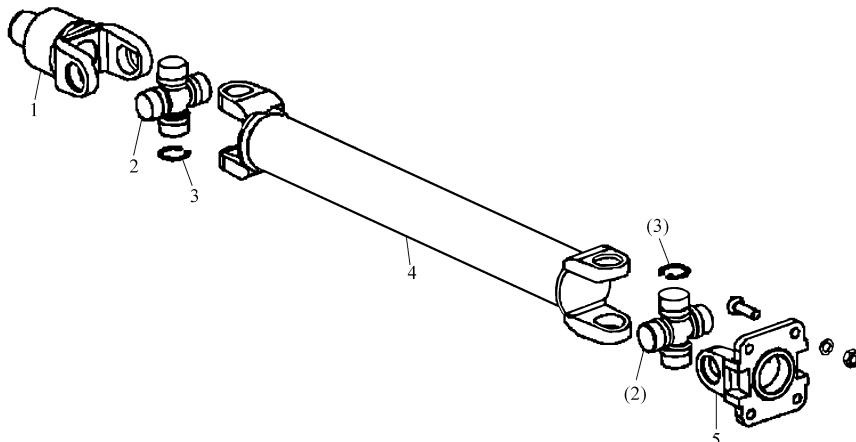


图 5-47 上汽通用五菱荣光传动轴总成部件

1—滑动叉总成 2—十字轴总成 3—弹性挡圈 4—轴管及轴叉总成 5—凸缘叉

传动轴在高速旋转时，由于质量不均衡引起的离心力将使传动轴发生剧烈振动。因此，当传动轴与万向节装配后必须进行动平衡。平衡后，在滑动叉与传动轴上刻上箭头记号，以便拆卸后重装时保持二者的相对角位置不变。传动轴过长时，自振频率降低，易产生共振。故常将其分为两段并加中间支承。为了得到较高的强度和刚度，传动轴多做成空心的，一般用厚度为1.5~3.0mm的薄钢板卷焊而成。超重型货车的传动轴则直接采用无缝钢管。

在转向驱动桥、断开式驱动桥或微型汽车的万向传动装置中，通常将传动轴制成实心轴。为减小传动轴中花键连接的轴向滑动阻力和磨损，可对花键进行磷化处理或喷涂尼龙层。有的则在花键槽内设置滚动元件，如国外有的汽车传动轴采用圆柱滚子轴承。

## 二、传动轴的中间支承

传动轴分段时须加中间支承。通常中间支承安装在车架横梁上，应能补偿传动轴轴向和角度方向的安装误差以及车辆行驶过程中由于发动机窜动或车架等变形所引起的位移。

## 三、传动轴检修

1) 目视检查传动轴轴管，不得有裂纹及严重的凹瘪。

2) 检查传动轴轴管全长上的径向圆跳动，如图5-48所示，应符合表5-1的规定。

表 5-1 传动轴轴管的径向圆跳动公差

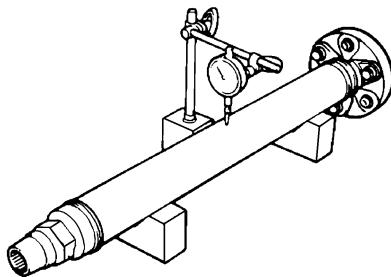


图 5-48 检查传动轴径向圆跳动

轴 长	小 于 600mm	600 ~ 1000mm	大 于 1000mm
径向圆跳动	0.06mm	0.08mm	0.1mm

## 第四节 万向传动装置的故障诊断

万向传动装置由于经常受汽车在复杂道路上行驶的影响，使传动轴在其角度和长度不断变化情况下传递转矩，因此常出现传动轴动不平衡、万向节与中间支承松旷、发响等故障。

### 一、传动轴动不平衡

#### 1. 现象

在万向节和伸缩叉技术状况良好时，汽车行驶中发出周期性的响声；速度越高响声越大，甚至伴随有车身振动，握转向盘的手感觉麻木。

#### 2. 原因

- 1) 传动轴上的平衡块脱落。
- 2) 传动轴弯曲或传动轴管凹陷。
- 3) 传动轴管与万向节叉焊接不正或传动轴未进行过动平衡试验和校准。
- 4) 伸缩叉安装错位，造成传动轴两端的万向节叉不在同一平面内，不满足等速传动条件。

#### 3. 故障诊断与排除方法

- 1) 检查传动轴管是否凹陷。有凹陷，则故障由此引起；无凹陷，则继续检查。

- 2) 检查传动轴管上的平衡片是否脱落。如脱落，则故障由此引起；否则继续检查。
- 3) 检查伸缩叉安装是否正确。不正确，则故障由此引起；否则继续检查。
- 4) 拆下传动轴进行动平衡试验，动不平衡，则应校准以消除故障。弯曲应校直。

## 二、万向节松旷

### 1. 现象

在汽车起步或突然改变车速时，传动轴发出“抗”的响声；在汽车缓行时，发出“咣当、咣当”的响声。

### 2. 原因

- 1) 凸缘盘连接螺栓松动。
- 2) 万向节主、从动部分游动角度太大。
- 3) 万向节十字轴磨损严重。

### 3. 故障诊断与排除方法

- 1) 用胶头轻轻敲击各万向节凸缘盘连接处，检查其松紧度。太松旷则故障由连接螺栓松动引起，否则继续检查。
- 2) 用双手分别握住万向节主、从动部分转动，检查游动角度。游动角度太大，则故障由此引起。

## 三、中间支承松旷

### 1. 现象

汽车运行中出现一种连续的“呜呜”响声，车速越高响声越大。

### 2. 原因

- 1) 滚动轴承缺油烧蚀或磨损严重。
- 2) 中间支承安装方法不当，造成附加载荷而产生异常磨损。
- 3) 橡胶圆环损坏。
- 4) 车架变形，造成前后连接部分的轴线在水平面内的投影不同线而产生异常磨损。

### 3. 故障诊断与排除方法

- 1) 给中间支承轴承加注润滑脂，响声消失，则故障由缺油引起；否则继续检查。
- 2) 松开夹紧橡胶圆环的所有螺钉，待传动轴转动数圈后再拧紧，若响声消失，则故障由中间支承安装方法不当引起。否则故障可能是：橡胶圆环损坏，或滚动轴承技术状况不佳，或车架变形等引起。

## 四、传动轴异响

### 1. 现象

汽车行驶中传动装置发出周期性的响声；车速越高响声越大，严重时伴随有车身振抖。

### 2. 原因

主要原因是传动轴动不平衡；由于传动轴变形或平衡块脱落等，其次是中间支承吊架固定螺栓松动或万向节凸缘盘连接螺栓松动，使传动轴偏斜。

### 3. 故障诊断与排除

除“传动轴动不平衡”诊断方法外，再检查中间支承吊架固定螺栓和万向节凸缘盘连接螺栓是否松动，若有松动，则异响由此引起。

## 五、上汽通用五菱宏光（包括荣光）传动轴的故障诊断

### 1. 车辆出现故障时，应首先进行目视/常规检查

- 1) 系统可见或易于接触到部件是否有明显损坏。
- 2) 是否有可能引起系统故障的售后加装装置。
- 3) 部件是否有不正常的松动。
- 4) 传动轴弯曲检查。

### 2. 车辆出现故障时会表现出相应的症状

- 1) 传动轴异响，检查和诊断操作步骤如表 5-2 所示。

表 5-2 传动轴异响检查和诊断操作步骤

检    查	操    作
十字轴是否磨损或损坏	更换十字轴
十字轴润滑是否充分	润滑十字轴必要时更换十字轴
滑动叉内花键齿是否损坏	更换传动轴总成
传动轴支承托架焊合件是否松动	紧固传动轴支承托架焊合件
传动轴与后桥连接是否松动	紧固传动轴与后桥连接
支承座支架焊合件与支承托架焊合件连接是否松动	紧固支承座支架焊合件与支承托架焊合件连接

- 2) 传动轴摆振，检查和诊断操作步骤如表 5-3 所示。

表 5-3 传动轴异响检查和诊断操作步骤

检    查	操    作
传动轴是否失去平衡	更换传动轴
传动轴是否弯曲	更换传动轴
十字轴是否磨损或损坏	更换十字轴
传动轴支承托架焊合件是否松动	紧固传动轴支承托架焊合件
传动轴与后桥连接是否松动	紧固传动轴与后桥连接
支承座支架焊合件与支承托架焊合件连接是否松动	紧固支承座支架焊合件与支承托架焊合件连接
传动轴是否出现共振	更换传动轴

## 思    考    题

1. 传动轴中间支承的作用是什么？
2. 传动轴的检修项目包括哪些？
3. 中间支承的检修项目包括哪些？
4. 对照实物或图片说明十字轴式刚性万向节和球笼式等速万向节的结构。
5. 如何对十字轴式刚性万向节和球笼式等速万向节进行拆装、检修？
6. 试用一种与书中所述不同的方法来证明单十字轴式刚性万向节传动的不等速性。
7. 十字轴式刚性万向节的滚针轴承在工作中其滚针进行何种运动？
8. 汽车行驶时传动轴处有异响，试分析并排除故障。
9. 汽车起步或变速时万向传动装置有撞击声，试分析并排除故障。
10. 球叉式与球笼式等速万向节在应用上有何差别？为什么？
11. 试分析三轴驱动越野汽车的中、后桥两种驱动形式对万向传动装置的结构有何要求？
12. 在前桥为独立悬架的转向驱动桥中，主减速器处不布置 VL 节，而只在靠近转向轮处布置 RF 节，可否？另外，将 RF 节与 VL 节的布置位置对换，可否？为什么？

# 第六章 驱动桥构造与维修

## 第一节 概 述

### 一、驱动桥的构造

汽车动力通常经由发动机、离合器、变速器、传动轴、主减速器和差速器、半轴等传到驱动车轮。有些轿车动力从变速器直接传到主减速器和差速器、等速万向节、传动轴到驱动车轮，驱动车轮旋转，汽车得以行驶。主减速器、差速器、半轴、万向节、驱动车轮和桥壳等组成了汽车驱动桥。可见，驱动桥为汽车传动系统中最末端总成。某轿车传动系统见图 6-1。

### 二、驱动桥的功用

- 1) 将传动装置传来的发动机转矩通过主减速器、差速器、半轴等传到驱动车轮，实现降速增大转矩。
- 2) 通过主减速器锥齿轮副或双曲面齿轮副改变转矩的传递方向。
- 3) 通过差速器实现两侧车轮差速作用，保证内、外侧车轮以不同转速转向。
- 4) 通过桥壳体和车轮实现承载及传力作用。

驱动桥的结构形式与驱动车轮的悬架结构密切相关。当车轮采用非独立悬架时（例如在绝大多数货车和少量轿车上），采用的为非断开式驱动桥。整个驱动桥通过弹性悬架与车架连接，由于半轴套管与主减速器壳是刚性连成一体的，两侧半轴和驱动车轮不可能在横向平面内做相对运动，故非断开式驱动桥亦称为整体式驱动桥，如图 6-2、图 6-3 所示。图 6-2 为某高级轿车的非断开式后驱动桥。图 6-3 为非断开式驱动桥结构传动示意图。

从图 6-2 和图 6-3 看出，非断开式驱动桥由驱动桥壳 1、主减速器 2、差速器 3、半轴 4 和轮毂 5 组成。从变速器或分动器经万向传动装置输入驱动桥的转矩首先传到主减速器 2，在此增大转矩并相应降低转速后，经差速器 3 分给左右两半轴 4，最后通过半轴外端凸缘盘传至驱动轮的轮毂 5。驱动桥壳 1 由主减速器壳和半轴套管组成。轮毂 5 借助轴承支承在半轴套管上。

为了提高汽车行驶平顺性和通过性，大部分轿车和越野车全部或部分驱动轮采用独立悬架，即将两侧的驱动轮分别用弹性悬架与车架相联系，两轮可彼此独立地相对于车架上下跳动。与此相应，主减速器壳固定在车架上。驱动桥壳应制成分段，并通过铰链连接，这种驱

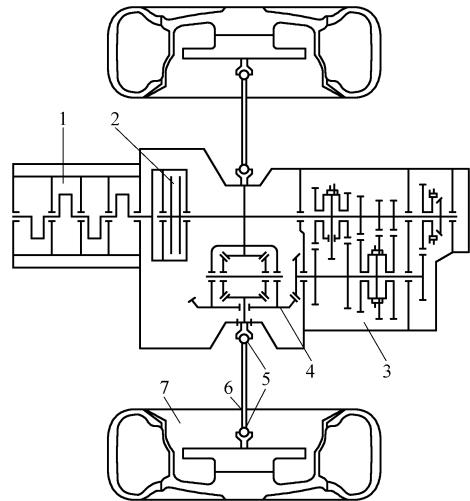


图 6-1 轿车传动系统

1—发动机 2—离合器 3—变速器 4—主减速器  
与差速器 5—等速万向节 6—传动轴 7—驱动车轮

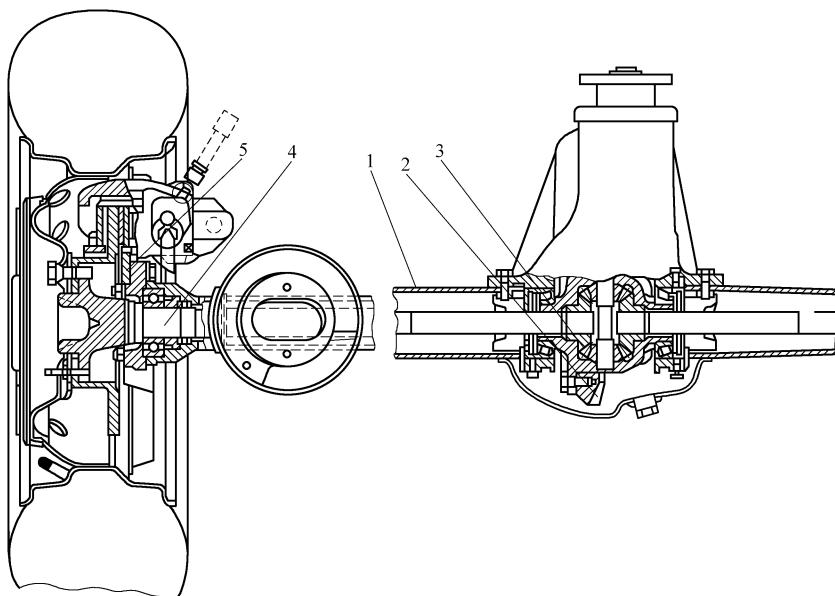


图 6-2 某高级轿车的非断开式后驱动桥  
1—驱动桥壳 2—主减速器 3—差速器 4—半轴 5—轮毂

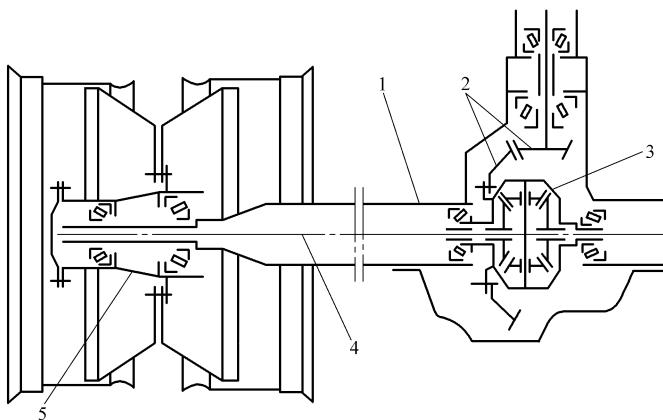


图 6-3 非断开式驱动桥结构传动示意图  
1—驱动桥壳 2—主减速器 3—差速器 4—半轴 5—轮毂

动桥称为断开式驱动桥，如图 6-4 所示。

从图 6-4 可看出，该断开式驱动桥为采用双横臂式独立悬架的后驱动桥。由于采用双横臂独立悬架和螺旋弹簧，左右两个车轮相对于主减速器可以有相对独立运动。驱动桥带有焊接式的管形副车架，双横臂固定在副车架上起着车轮导向作用，差速器也固定在副车架上，通过采用金属橡胶支架来实现与车身连接的降噪。

断开式驱动桥的工作特点如图 6-5 所示。主减速器 1 固定在车架或车上，两侧车轮 5 分别通过各自的弹性元件 3、减振器 4 和摆臂 6 组成的弹性悬架与车架相连。为适应车轮绕摆臂轴 7 上下跳动的需要，差速器与轮毂之间的半轴 2 两端用万向节连接。

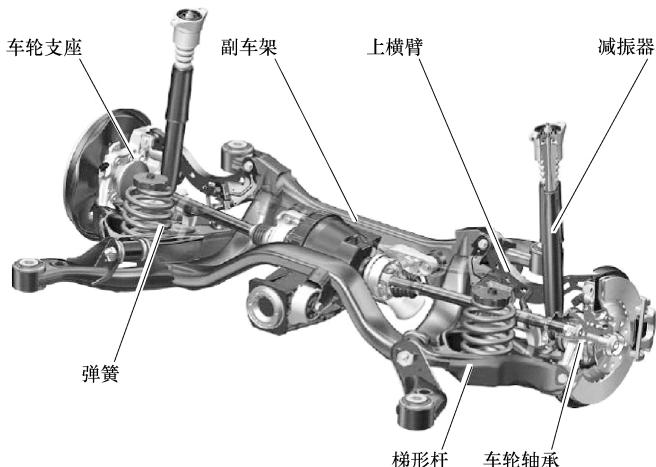


图 6-4 Audi A6 轿车的断开式驱动桥

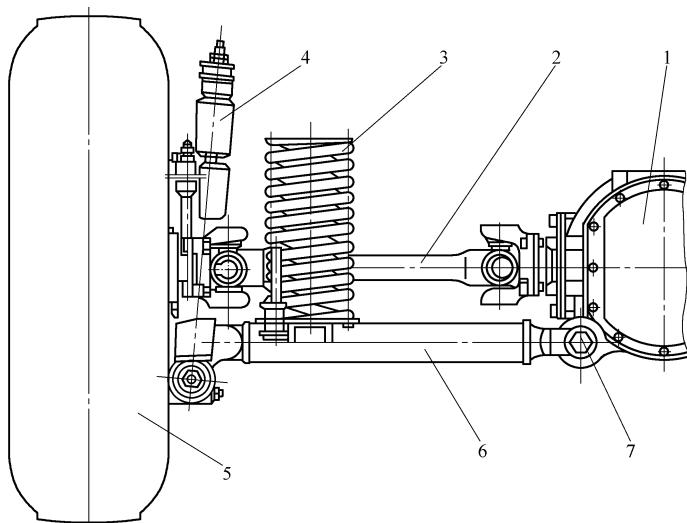


图 6-5 断开式驱动桥

1—主减速器 2—半轴 3—弹性元件 4—减振器 5—车轮 6—摆臂 7—摆臂轴

驱动桥可以布置在汽车前轴，也可以布置于汽车后轴，或者前后轴同时为驱动桥。当驱动桥与发动机在汽车前后布置形式相互关联时，分别形成了发动机前置前轴驱动、发动机前置后轴驱动或发动机后置后轴驱动等几种布置形式。发动机前置前轴驱动形式，传动路线短，无万向传动轴，可使车身地板降低，布置方便，广泛应用于近代轿车车型上。发动机前置后轴驱动形式，有效提高承载能力和车辆驱动爬坡能力，广泛应用于各种类型货车上。发动机后置后轴驱动形式，广泛应用于大型客车上，有效降低车内振动和噪声，扩大了乘员乘坐空间。

图 6-6 所示为桑塔纳 2000GSI 轿车的驱动桥，为发动机前置前轮驱动形式。它由变速驱动桥壳、主传动器和差速器 4、等速万向节 5、半轴（传动轴）6 和驱动轮 7 等组成。从变速器 3 经传动装置输入驱动桥的转矩首先传至主减速器，在此增大转矩并相应降低转速，并改变了输入转矩的传递方向（呈 90°），经差速器分配给左右内半轴，再通过等速万向节、

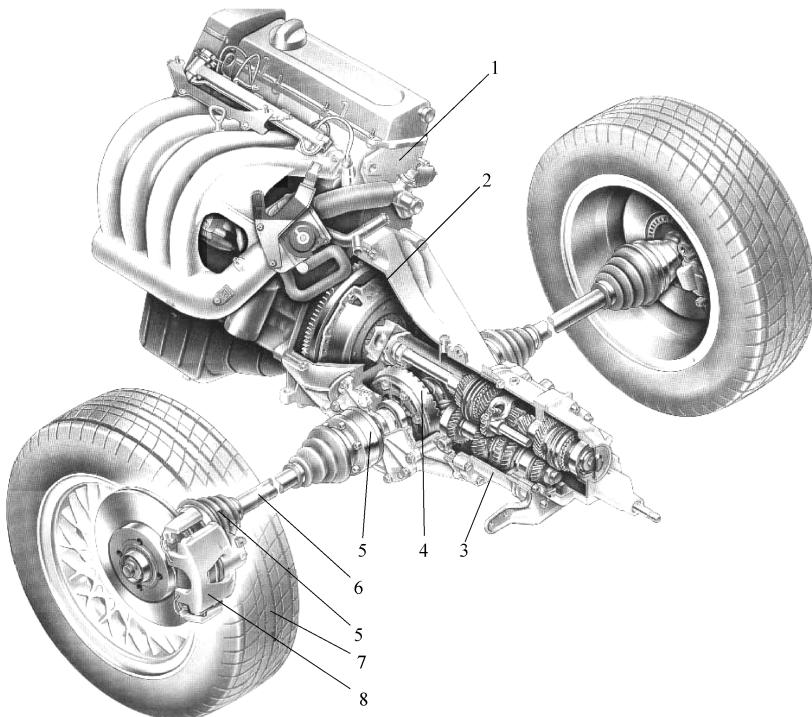


图 6-6 桑塔纳 2000GSI 轿车驱动桥

1—发动机 2—离合器 3—变速器 4—主减速器与差速器 5—等速万向节  
6—半轴 7—前驱动轮 8—盘式制动器（前轮）

传动轴至外半轴，经车轮轮毂，驱动左右车轮行驶。

## 第二节 主减速器

主减速器的功用是将输入的转矩增大并相应降低转速，以及当发动机纵置时还具有改变转矩旋转方向的作用。

为满足不同的使用要求，主减速器的结构形式也是不同的。

按参加减速传动的齿轮副数目分，有单级式主减速器和双级式主减速器。在双级式主减速器中，若第二级减速器齿轮有两副，并分置于两侧车轮附近，实际上成为独立部件，则称为轮边减速器。

按主减速器传动比档数分，有单速式和双速式。前者的传动比是固定的，后者有两个传动比供驾驶人选择，以适应不同行驶条件的需要。

按齿轮副结构形式分，有圆柱齿轮式（又可分为轴线固定式和轴线旋转式即行星轮式）、锥齿轮式和准双曲面齿轮式。

### 一、单级主减速器

目前，轿车和一般轻、中型货车采用单级主减速器，即可满足汽车动力性要求。它具有结构简单、体积小、质量轻和传动效率高等优点。图 6-7 所示为桑塔纳 2000GSI 轿车的主减速器和差速器结构图及其零件分解图。

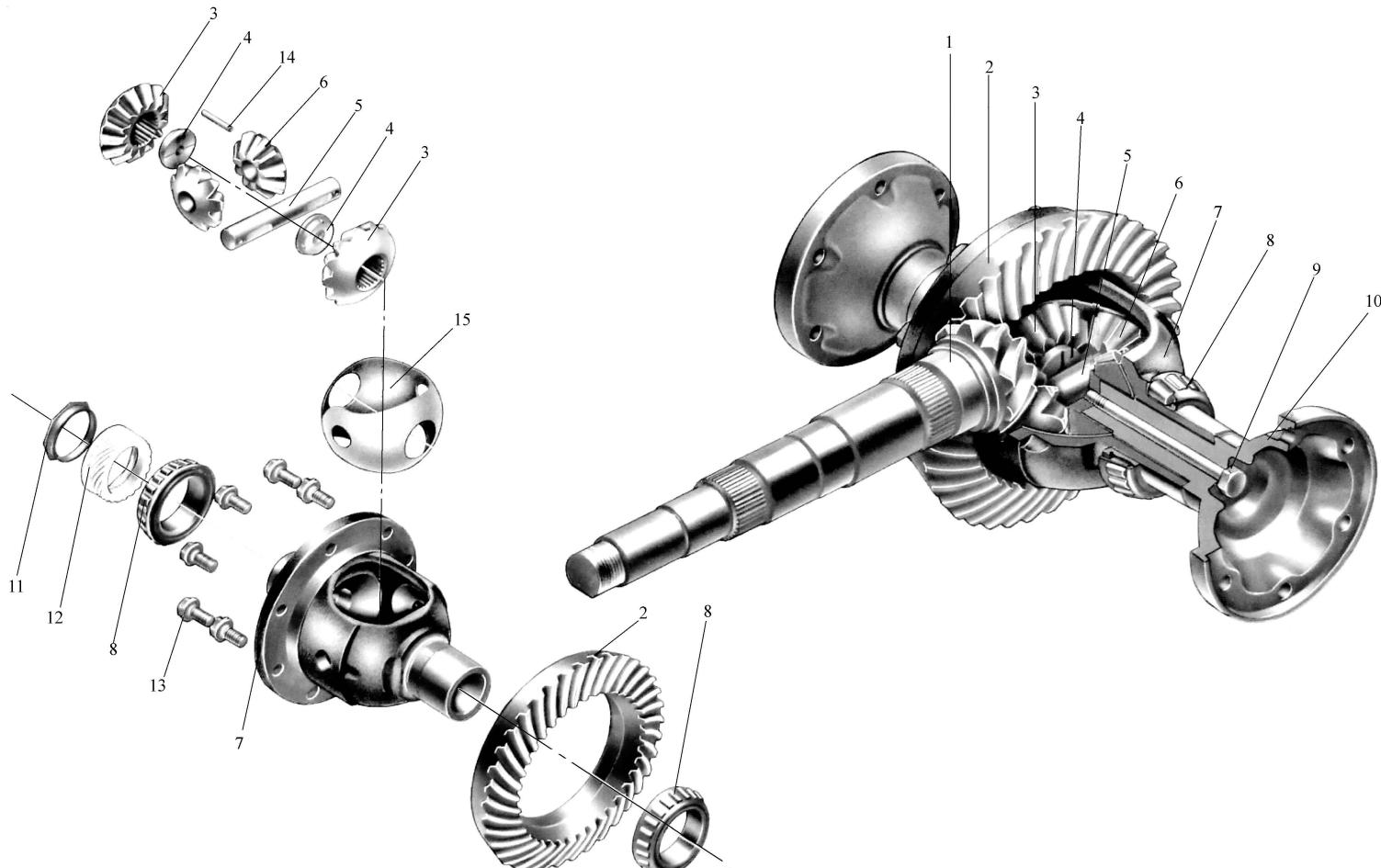


图 6-7 桑塔纳 2000GSI 轿车主减速器及差速器

1—主减速器主动锥齿轮及轴 2—从动锥齿轮 3—差速器侧齿轮（半轴齿轮） 4—防转螺母 5—行星轮轴 6—行星轮 7—差速器壳 8—差速器圆锥滚子轴承  
9—凸缘轴螺栓 10—凸缘轴 11—里程表主动齿轮衬套 12—里程表主动齿轮 13—螺栓 14—弹性锁销 15—球形垫圈

驱动桥中主减速器主要由一对主减速器主从动锥齿轮副和主减速器壳体组成。主动锥齿轮1为主减速器输入轴，它同时又是变速器的从动轴，与其相啮合的为从动锥齿轮2，其主减速器的传动比即为  $Z_2/Z_1$ ，以  $i_0$  表示。其中  $Z_1$ 、 $Z_2$  分别代表主从动锥齿轮的齿数，该车主传动比  $i_0$  为  $37/9 = 4.111$ 。通过该对主减速器齿轮副实现输入转矩的增大，转速的降低，并改变了输入转矩的传递旋转方向。

主动和从动齿轮之间必须有正确的相对位置，方能使两齿轮啮合传动时冲击噪声较小，而且轮齿沿其长度方向磨损较均匀。为此，在结构上一方面要使主动和从动锥齿轮具有足够的支承刚度，使其在传动过程中不至于发生较大变形而影响正常啮合；另一方面应有必要的啮合调整装置。

锥齿轮啮合的调整是指齿面啮合印迹和齿侧间隙的调整。先在主动锥齿轮轮齿面上涂以红色颜料（红丹粉与机油的混合物），然后使主动锥齿轮往复转动，于是从动锥齿轮轮齿的两工作面上便出现红色印迹。若从动齿轮轮齿正转和逆转工作面上的印迹位于齿高的中间偏于小端，并占齿面宽度的 60% 以上，则为正确啮合（见图 6-8）。正确啮合的印迹位置可通过主减速器壳与主动锥齿轮轴承座之间的调整垫片的总厚度（即移动主动锥齿轮的位置）而获得，可参阅图 6-8a。

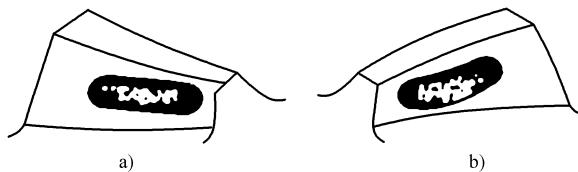


图 6-8 从动锥齿轮正确的啮合印位置

a) 正转工作时 b) 逆转工作时

近年来，准双曲面齿轮在广泛应用于轿车的基础上，越来越多地在中型、重型货车上得到采用。这是因为与曲线齿锥齿轮相比，不仅齿轮的工作平稳性更好，轮齿弯曲强度和接触强度更高，还具有主动齿轮的轴线可相对从动齿轮轴线偏移的特点。当主动锥齿轮轴线向下偏移时（见图 6-9），在保证一定离地间隙情况下，可降低主动锥齿轮和传动轴的位置，因而使车身和整车质心降低，这有利于提高汽车行驶稳定性。

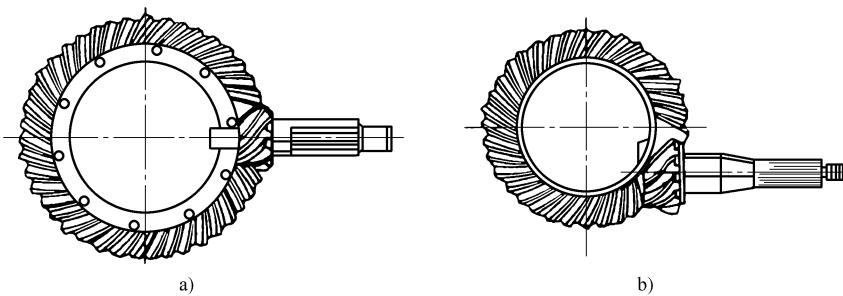


图 6-9 主动和从动锥齿轮轴线位置

a) 曲线齿锥齿轮传动，轴线相交 b) 准双曲面齿轮传动，轴线偏移

按准双曲面锥齿轮副的布置，分上偏移和下偏移，见图 6-10。上下偏移是这样判定的：从大齿轮锥顶看，并把小齿轮置于右侧，如果小齿轮轴线位于大齿轮中心线之下为下偏移

(见图 6-10a、图 6-10b); 如果小齿轮轴线位于大齿轮中心线之上为上偏移 (见图 6-10c 和图 6-10d)。

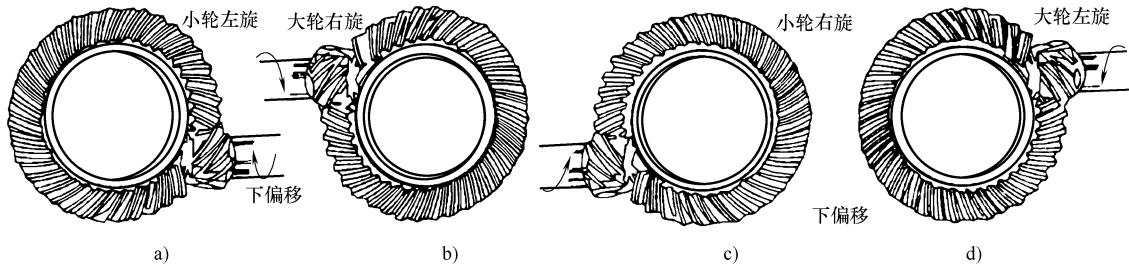


图 6-10 准双曲面锥齿轮的偏移与螺旋方向

但准双曲面齿轮工作时, 齿面间有较大的相对滑动, 且齿面间压力很大, 齿面油膜易被破坏。为减少摩擦, 提高效率, 必须用含防刮伤添加剂的准双曲面齿轮油, 绝不允许用普通齿轮油代替, 否则将使齿面迅速擦伤和磨损, 大大降低其使用寿命。

主减速器采用准双曲面锥齿轮, 结构更为紧凑, 喷合平稳, 噪声小。

主减速器主、从动齿轮的调整, 对其使用寿命和运转平稳有着决定性作用。为保证主、从动齿轮啮合区正确并处于最佳工作位置, 无噪声运转, 在生产中主、从动齿轮除用专用机床加工, 并配对安装外, 在驱动桥总成装配时, 或在使用中维修时, 都应进行齿轮啮合位置和轴承预紧度的调整。主减速器调整垫片的布置, 如图 6-11 所示, 主动锥齿轮 1 和从动锥齿轮 5 的啮合位置和轴承预紧度的调整是靠增加或减少装在两对轴承外侧的调整垫片  $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ 、 $S_4$  来实现的。

目前主减速器和差速器轴承预紧度的调整和主、从动锥齿轮啮合区的调整, 除采用这种垫片调整之外, 更多车型还采用了调整螺母, 该调整方式更方便快捷。

## 二、双级主减速器

根据发动机特性和汽车使用条件, 要求主减速器具有较大的主传动比时, 由一对锥齿轮构成的单级主减速器会因齿轮过大导致尺寸过大, 不能保证足够的最小离地间隙, 这时则需要采用两对齿轮实现降速的双级主减速器。

## 三、主减速器的维修

以通用凯迪拉克轿车单级主减速器为例介绍主减速器的维修。

### (1) 后桥的使用

图标解释: 通用凯迪拉克轿车后桥图标解释如图 6-12 所示。

### (2) 后桥分解视图

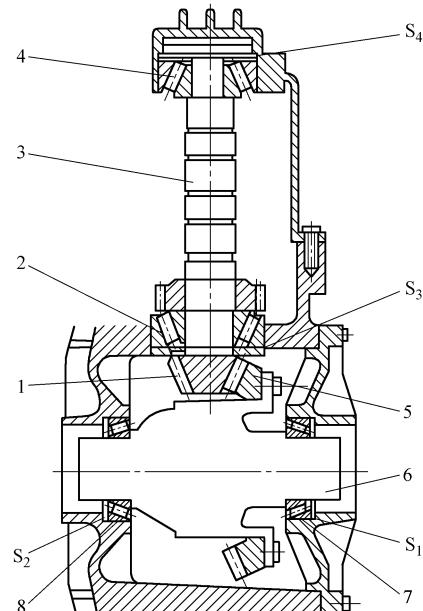


图 6-11 奥迪 100 型轿车主减  
速器调整垫片的位置

1—主动锥齿轮 2、4—主动锥齿轮轴承 3—主  
减速器主动轴 5—从动锥齿轮 6—差速器壳  
7、8—差速器壳锥轴承  $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ 、 $S_4$ —调整垫片

1) 后桥如图 6-13 所示。

2) 差速器如图 6-14 所示。

(3) 驱动桥诊断信息和程序

1) 诊断起点：进行系统诊断应首先查阅“后桥分解视图”、“后桥说明与操作”以及“车轮驱动轴”中的“车轮驱动轴的说明与操作”。出现故障时，查阅说明与操作信息有助于确定正确的症状诊断程序。查阅说明与操作信息还有助于确定客户描述的情况是否属于正常操作，以确定正确的系统诊断程序和该程序的位置。

2) 诊断策略：查阅系统的工作原理，以熟悉系统功能。对车辆进行任何诊断均应遵循逻辑顺序。对所有系统进行修理时，“诊断策略”是一种通用的方法。为了解决一个系统故障，任何时候均可使用诊断流程。需要维修时，诊断流程是操作的起点。

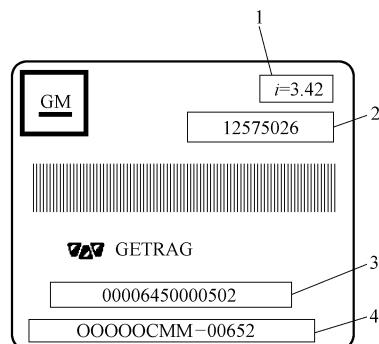


图 6-12 通用凯迪拉克轿车

后桥图标的解释

1—减速比 2—GM 零件号

3—GETRAG 零件号 4—系列号

需要维修时，诊断流程是操作的

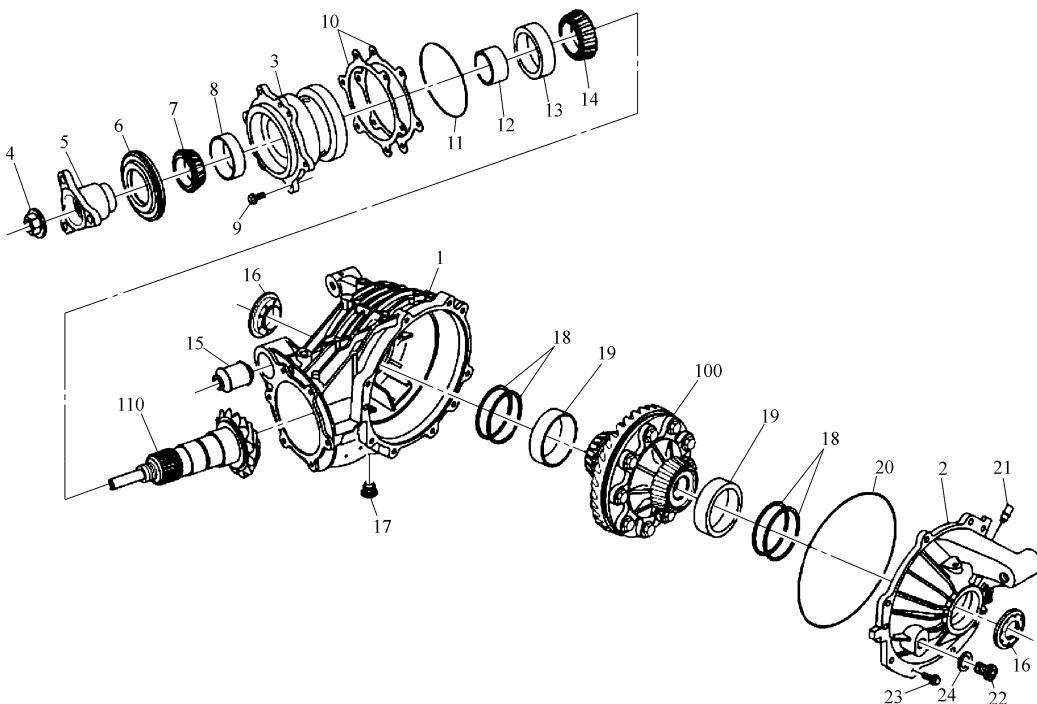


图 6-13 后桥分解视图

1—差速器托架 2—托架盖 3—主动锥齿轮轴承架 4—螺母 5—法兰 6—主动锥齿轮油封 7、14—轴承

8、13、19—座圈 9、23—螺栓 10、18—垫片 11、20—O 形圈 12—主动锥齿轮轴承隔套 15—支座衬套

16—车桥油封 17—放油螺塞 21—通风阀 22—注油螺塞 24—注油螺塞垫圈 100—差速器总成 110—主动锥齿轮

3) 目视/外观检查：①检查车辆是否具有会影响车辆正常运行的售后加装装置。②检查易于接触或可见的系统部件是否有明显损坏或存在可能导致故障症状的条件。③检查润滑

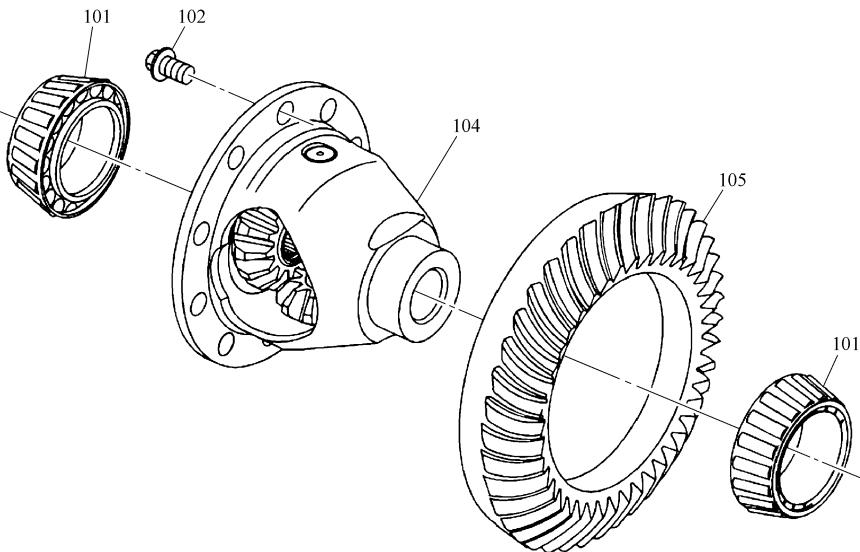


图 6-14 差速器分解视图

101—轴承 102—螺栓 104—差速器壳 105—齿圈

油液面是否正确、粘度是否合适。④确认故障出现时的实际行驶条件。记录诸如车速、路况、环境温度和其他细节等因素。⑤将行驶特性或声音（视具体情况而定）与一个车况良好的车辆作比较，确定车辆状况的确异常。

4) 间歇性故障：在与客户报告相同的条件下检测车辆，以确定系统是否正常运行。

5) 症状列表：参见表 6-1 ~ 表 6-6 中的症状诊断程序，以便对故障进行诊断。①“振动诊断和校正”中的“诊断起点—振动诊断和校正”。②“计算机/集成系统”中的“诊断起点—计算机/集成系统”。③传动系统有噪声。④滑行时有噪声。⑤间歇性噪声。⑥持续性噪声。⑦转向时有噪声。⑧后桥润滑油泄漏诊断。⑨传动系统有噪声。

6) 传动系统有噪声的故障原因和校正措施如表 6-1 所示。

表 6-1 传动系统有噪声故障原因和校正措施

故障原因	校正措施
<b>重要注意事项：</b> 在系统诊断开始前，检查齿轮油液面是否正常	
变速器	噪声按需要修理或更换
半轴等速万向节磨损	按需要更换等速万向节
车桥支座和/或支架磨损、松动或损坏	按需要修理或更换车桥支座和/或支架
差速器总成中的轴承噪声	打磨声或轰鸣声随车速增大或减弱。 1. 检查液面是否正常。根据情况加注。 2. 如果仍有噪声，按需要修理或更换部件
差速器总成中齿轮组的呜呜声	当车速约为 80 ~ 96km/h 时呜呜声随车速增大或减小。造成这种噪声的典型原因可能有：齿隙不正确和/或主动锥齿轮深度调整不当、齿轮组中轮齿磨损或擦伤 1. 检查液面是否正常，并根据情况加注。 2. 按需要修理或更换部件

7) 滑行时有噪声的故障原因和校正措施如表 6-2 所示。

表 6-2 滑行时有噪声故障原因和校正措施

故 障 原 因	校 正 措 施
<b>重要注意事项:</b> 在系统诊断开始前,检查齿轮油液面是否正常	
半轴等速万向节磨损	按需要更换等速万向节
车桥支座和/或支架磨损、松动或损坏	按需要修理或更换车桥支座和/或支架
差速器总成中的轴承噪声	打磨声或轰鸣声随车速增大或减弱。 1. 检查液面是否正常。根据情况加注。 2. 如果仍有噪声,按需要修理或更换部件
差速器总成中的轴承噪声	打磨声或轰鸣声随车速增大或减弱。 1. 检查液面是否正常。根据情况加注。 2. 如果仍有噪声,按需要修理或更换部件
差速器总成中齿轮组的呜鸣声	当车速约为 31~37km/h 时呜鸣声,随车速增大或减小。造成这种噪声的典型原因可能有:齿隙不正确和/或主动锥齿轮深度调整不当、齿轮组中轮齿磨损或擦伤。 1. 检查液面是否正常。根据情况加注。 2. 按需要修理或更换部件

8) 间歇性噪声的故障原因和校正措施如表 6-3 所示。

表 6-3 间歇性噪声故障原因和校正措施

故 障 原 因	校 正 措 施
<b>重要注意事项:</b> 在系统诊断开始前,检查齿轮油液面是否正常	
车桥支座和/或支架磨损、松动或损坏	按需要修理或更换车桥支座和/或支架
齿轮油不正确换上正确的齿轮油和摩擦调节剂	齿轮油不正确换上正确的齿轮油和摩擦调节剂

9) 持续性噪声的故障原因和校正措施如表 6-4 所示。

表 6-4 持续性噪声故障原因和校正措施

故 障 原 因	校 正 措 施
<b>重要注意事项:</b> 在系统诊断开始前,检查齿轮油液面是否正常	
半轴等速万向节磨损	按需要更换等速万向节
车桥支座和/或支架磨损、松动或损坏	按需要修理或更换车桥支座和/或支架
差速器总成中的轴承噪声	打磨声或轰鸣声随车速增大或减弱。 1. 检查液面是否正常。根据情况加注。 2. 如果仍有噪声,按需要修理或更换部件
差速器总成中齿轮组的呜鸣声	当车速约为 31~37km/h 时呜鸣声,随车速增大或减小。造成这种噪声的典型原因可能有:齿隙不正确和/或主动锥齿轮深度调整不当、齿轮组中轮齿磨损或擦伤 1. 检查液面是否正常。根据情况加注。 2. 按需要修理或更换部件

10) 转向时有噪声,故障原因和校正措施如表 6-5 所示。

11) 后桥润滑油泄漏诊断,故障原因和校正措施如表 6-6 所示。

表 6-5 转向时有噪声故障原因和校正措施

故 障 原 因	校 正 措 施
<b>重要注意事项:</b> 所有维修完成后,应给车桥重新加注正确的润滑油和摩擦调节剂	
后桥支座和/或支架磨损或松动	按需要修理或更换
半轴等速万向节磨损	按需要更换等速万向节
车轮轴承磨损	按需要更换车轮轴承
齿轮油不正确	加注正确的齿轮油和摩擦调节剂至合适高度

表 6-6 后桥润滑油泄漏诊断故障原因和校正措施

故 障 原 因	校 正 措 施
<b>重要注意事项:</b> 在系统诊断开始前,检查齿轮油液面是否正常	
左侧盖的 O 形圈	按需要更换侧盖 O 形圈
半轴油封磨损或损坏	需要更换半轴油封
差速器托架或侧盖有气孔	按需要更换差速器托架和/或侧盖
放油螺塞或注油螺塞松动通	按扭矩规格紧固
主动锥齿轮架总成 O 形圈	拉出主动锥齿轮架总成;更换 O 形圈

### 第三节 普通锥齿轮差速器

#### 一、差速器的功用和类型

##### 1. 差速器的功用

差速器是能使同一驱动桥的左右车轮或两驱动桥之间以不同角速度旋转，并传递转矩的机构。

##### 2. 差速器的类型

起轮间差速作用的称为轮间差速器，起桥间差速作用的称为桥间（轴间）差速器。轮间差速器的功用是当汽车转弯行驶或在不平路面上行驶时，使左右驱动车轮以不同的转速滚动，即保证两侧驱动车轮作纯滚动运动（见图 6-15）。

##### 3. 汽车在行驶过程中，车轮相对路面的运动状态

纯滚动和滑动是汽车在行驶过程中，车轮相对路面的两种运动状态。滑动又分为滑转和滑移。

1) 如果车轮中心相对路面的移动速度为  $v$ ，车轮旋转角速度为  $\omega$ ，车轮滚动半径为  $r$ 。 $v = \omega r$  时，车轮对路面的运动为纯滚动。

2) 如果  $\omega \neq 0$ ， $v = 0$ ，此时，车轮在旋转，汽车并未向前（或向后）移动，则车轮的运动称为滑转。

3) 如果  $v \neq 0$ ，但  $\omega = 0$ ，此时，车轮未转动，汽车在向前（或向后）移动，那么车轮的运动为滑移。

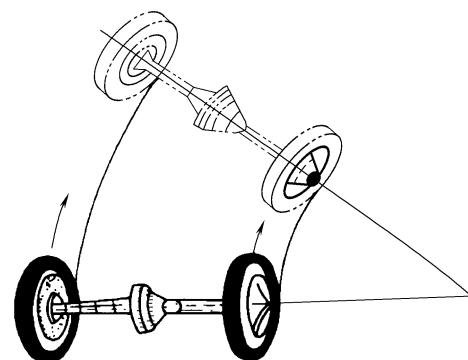


图 6-15 汽车转向时驱动轮运动示意图

#### 4. 汽车在行驶状态，车轮运动的实际情况

当汽车转弯行驶时，内外两侧车轮中心在同一时间内移过的曲线距离显然不同，即外侧车轮移过的距离大于内侧车轮。若两侧车轮都固定在同一刚性转轴上，两轮角速度相等，则此时外轮必然是边滚动边滑移，内轮必然是边滚动边滑转。

同样，汽车在不平路面上直线行驶时，两侧车轮实际移过曲线距离也不相等。即使路面非常平直，但由于轮胎制造尺寸误差，磨损程度不同，承受的载荷不同或充气压力不等，各个轮胎的滚动半径实际上不可能相等。因此，只要各车轮角速度相等，车轮对路面的滑动就必然存在。

车轮对路面的滑动不仅会加速轮胎磨损，增加汽车的动力消耗，而且可能导致转向和制动性能的恶化。所以，在正常行驶条件下，应使车轮尽可能不发生滑动。为此，在汽车结构上，必须保证各个车轮有可能以不同角速度旋转。若主减速器从动齿轮通过一根整轴同时带动两侧驱动轮，则两轮角速度只能是相等的。因此，为了使两侧驱动轮可用不同角速度旋转，以保证其纯滚动状态，就必须将两侧车轮的驱动轴断开（称为半轴），而由主减速器从动齿轮通过一个差速齿轮系统——差速器分别驱动两侧半轴和驱动轮。这种装在同一驱动桥两侧驱动轮之间的差速器即为前面定义的轮间差速器。

多轴驱动的汽车，各驱动桥间由传动轴相连。若各桥的驱动轮均以相同的角速度旋转，同样也会发生上述轮间无差速器的类似现象。为使各驱动桥有可能具有不同的输入角速度，以消除各桥驱动轮的滑动现象，可以在各驱动桥之间装设轴间差速器。

当遇到左、右或前、后驱动轮与路面之间的附着条件相差较大的情况时，简单的普通锥齿轮式差速器将不能保证汽车得到足够的驱动力。此时，只是附着较差的驱动轮高速滑转而汽车却不能前进。故经常遇到此种情况的汽车应当采用限（防）滑差速器。

#### 5. 差速器的类型

增设的差速器可使两侧驱动轮以不同的角速度旋转，由主减速器从动齿轮通过差速器分别驱动两侧半轴和驱动轮。这种装在同一驱动桥两侧驱动轮之间的差速器称为轮间差速器。多轴驱动的汽车驱动桥之间也装有差速器，称为轴间差速器。为保证汽车在遇到左、右或前、后驱动轮与路面之间的附着条件相差较大时，得到足够的牵引力，设计采用限滑差速器。它可以将输入转矩更多地、甚至全部分配到附着条件较好、滑转程度较小的驱动轮，使汽车得以正常行驶。

差速器（无论是轮间差速器还是轴间差速器），按其工作特性可分为普通齿轮式差速器和限滑差速器。限滑差速器有强制锁止式齿轮差速器、高摩擦自锁差速器及自由轮式差速器等。

#### 二、齿轮式差速器

齿轮式差速器有锥齿轮式和圆柱齿轮式两种。

按两侧的输出转矩是否相等，齿轮差速器有对称式（等转矩式）和不对称式（不等转矩式）。目前，汽车上广泛应用的是对称式锥齿轮差速器，其结构见图 6-16。

对称式锥齿轮轮间差速器由圆锥行星轮、行星轮轴（十字轴）、圆锥半轴齿轮和差速器壳等组成。在图 6-16 中，差速器壳由用螺栓固紧的左壳 1 和右壳 5 组成。主减速器的从动齿轮用铆钉或螺栓固定在差速器左壳 1 的凸缘上。装配时，十字形的行星轮轴 8 的四个轴颈嵌在差速器壳两半端面上相应的凹槽所形成的孔内，差速器壳的剖分面通过行星轮轴各轴颈

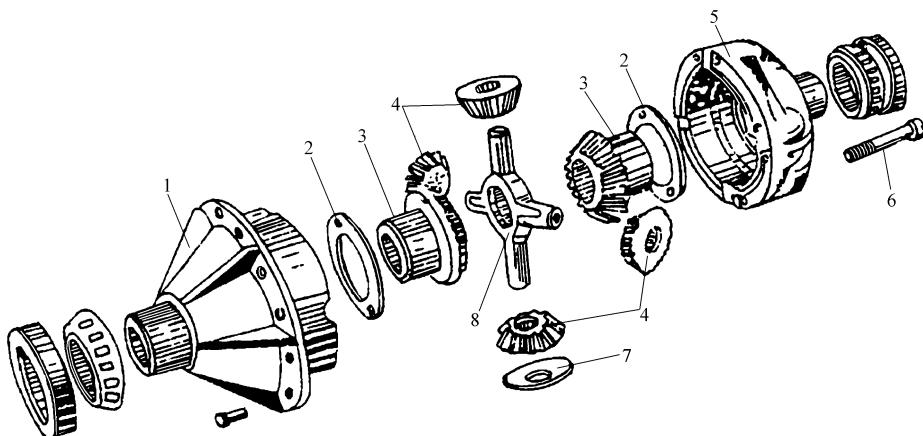


图 6-16 对称式锥齿轮差速器零件分解图

1—差速器左壳 2—半轴齿轮推力垫片 3—半轴齿轮 4—行星轮 5—差速器右壳  
6—螺栓 7—行星轮球面垫片 8—行星轮轴（十字轴）

的中心线。每个轴颈上浮套着一个直齿圆锥行星轮 4，它们均与两个直齿圆锥半轴齿轮 3 喷合。而半轴齿轮的轴颈分别支承在差速器壳相应的左右座孔中，并借花键与半轴相连。动力自主减速器从动齿轮依次经差速器壳、十字轴、行星轮、半轴齿轮及半轴输出给驱动车轮。当两侧车轮以相同的转速转动时，行星轮绕半轴轴线转动——公转。若两侧车轮阻力不同，则行星轮在作上述公转运动的同时，还绕自身轴线转动——自转。这样，两半轴齿轮带动两侧车轮能够以不同转速转动。

行星轮的背面和差速器壳相应位置的内表面，均做成球面，保证行星轮对正中心，以利于和两个半轴齿轮正确地啮合。

由于行星轮和半轴齿轮是锥齿轮传动，在传递转矩时，沿行星轮和半轴齿轮的轴线作用着很大的轴向力，而齿轮和差速器壳间又有相对运动。为减少齿轮和壳的磨损，在半轴齿轮和差速器壳之间，装着软钢的平垫片 2；而在行星轮与差速器壳之间，装着软钢的球面垫片 7。当汽车行驶一定里程垫片磨损后可换上新垫片，以提高差速器寿命。垫片通常用铜或聚甲醛塑料制成。

差速器靠主减速器壳体中的润滑油润滑。在差速器壳体上开有窗口，供润滑油进出。为保证行星轮和十字轴轴颈之间有良好的润滑，在十字轴轴颈上铣出一段平面存油，并有时在行星轮的齿间钻有油孔。

大部分轿车和微型车及部分轻型货车的车桥，因主减速器输出的转矩不大，故可用两个行星轮。因而行星轮轴为一根直销轴，差速器壳也不必分成左右两半，而制成整体式的，其前后两侧都开有大窗孔，以便于拆装行星轮和半轴齿轮。桑塔纳型轿车差速器即为此种结构，见图 6-7。差速器壳 7 为一整体式壳体，从动锥齿轮 2 通过螺栓 9 和差速器壳体 7 连接，在行星轮轴 5 上装有两个行星轮 6，通过弹性锁销 10 固定齿轮轴于差速器壳体中。

两个半轴齿轮 3 的背面也是球面，因此，两半轴齿轮和两个行星轮背面的垫片制成一整体球形耐磨垫片 1，装配于差速器壳体中。左右轴承 8 通过调整垫片来调整轴承预紧力和齿

轮的正确啮合。

### 1. 锥齿轮差速器的差速原理

差速器中各元件的运动关系——差速原理，可用图 6-17 来说明。

对称式锥齿轮差速器为行星轮传动机构。差速器壳 3 与行星轮轴 5 形成行星架，为一整体，它又与主减速器的从动齿轮 6 紧固在一起，一同为主动件。设角速度为  $\omega_0$ ，半轴齿轮 1 和 2 为从动件，各相应的角速度为  $\omega_1$  和  $\omega_2$ 。A、B 两点分别为行星轮 4 与两半轴齿轮啮合点。行星轮的中心点为 C（轴心），A、B、C 点到差速器旋转轴线的距离均为  $r$ 。

若行星轮只随行星架绕差速器旋转轴线（即两半轴中心线）公转，则处在同一半径  $r$  上的 A、B、C 三点的圆周速度相等（见图 6-17b），其值等于  $\omega_0 r$ 。即  $\omega_1 = \omega_2 = \omega_0$  均相等，差速器不起差速作用，两半轴角速度等于差速器壳 3（即从动锥齿轮）的角速度。

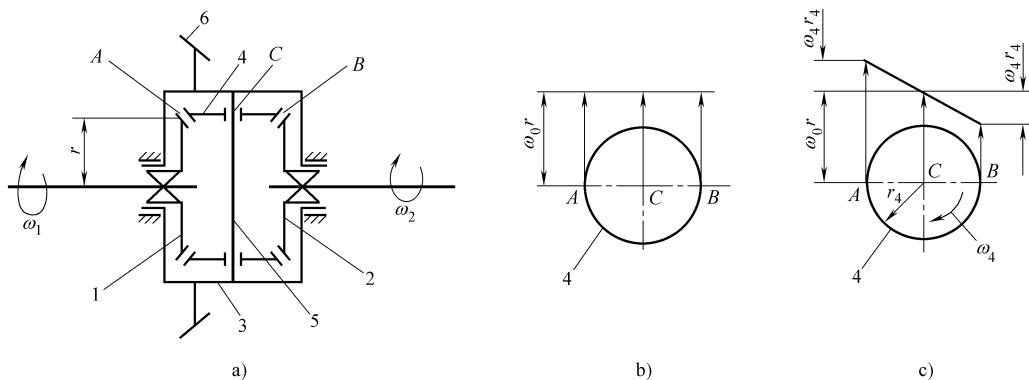


图 6-17 差速器差速原理

1、2—半轴齿轮 3—差速器壳 4—行星轮 5—行星轮轴 6—主减速器从动齿轮

当行星轮 4 除公转外，还绕本身的轴 5 以角速度  $\omega_4$  自转（见图 6-17c）时，啮合点 A 的圆周速度为  $\omega_1 r = \omega_0 r + \omega_0 r_4$ ，啮合点 B 的圆周速度为  $\omega_2 r = \omega_0 r - \omega_0 r_4$ 。其中  $r_4$  为行星轮半径，于是

$$\omega_1 r + \omega_2 r = (\omega_0 r + \omega_0 r_4) + (\omega_0 r - \omega_0 r_4)$$

即

$$\omega_1 + \omega_2 = 2\omega_0$$

如果角速度以每分钟转数  $n$  表示，则：

$$n_1 + n_2 = 2n_0$$

式 6-1 为两半轴齿轮直径相等的对称式锥齿轮差速器的运动特性方程式。它表明左右两侧半轴齿轮的转速之和等于差速器壳转速的两倍，而与行星轮转速无关。因此在汽车转弯行驶或其他行驶情况下，都可以借行星轮以相应转速自转，使两侧驱动车轮以不同转速在地面上滚动而无滑动。

由式 6-1 还可得知：①当任何一侧半轴齿轮的转速为零时，另一侧半轴齿轮的转速为差速器壳转速两倍；②当差速器壳转速为零（例如用中央制动器制动传动轴时），若一侧半轴齿轮受其他外来力矩而转动，则另一侧半轴齿轮即以相同转速反向转动。

### 2. 对称式锥齿轮差速器中的转矩分配

由主减速器传来的转矩  $M_0$ ，经差速器壳、行星轮轴和行星轮传给半轴齿轮。行星轮相当于一个等臂杠杆，而两个半轴齿轮半径也是相等的。因此，当行星轮没有自转时，总是将

转矩  $M_0$  平均分配给左、右两半轴齿轮，即

$$M_1 = M_2 = \frac{M_0}{2}$$

当两半轴齿轮以不同转速朝相同方向转动时，设左半轴转速  $n_1$  大于右半轴转速  $n_2$ ，则行星轮将按图 6-18 上实线箭头  $n_4$  的方向绕行星轮轴 5 的轴线自转，此时行星轮孔与行星轮轴颈间以及齿轮背部与差速器壳之间都产生摩擦。行星轮所受的摩擦力矩  $M_r$  方向与其转速  $n_4$  方向相反，如图 6-18 上虚线箭头所示。此摩擦力矩使行星轮分别对左右半轴齿轮附加作用了大小相等而方向相反的两个圆周力  $F_1$  和  $F_2$ ，使传到转得快的左半轴上的转矩  $M_1$  减小，而  $F_2$  却使传到转得慢的右半轴上的转矩  $M_2$  增加。因此，当左右驱动车轮存在转速差时， $M_1 = (M_0 - M_r)/2$ ， $M_2 = (M_0 + M_r)/2$ 。其差值等于差速器的内摩擦力矩。左右车轮上的转矩之差等于差速器的内摩擦力矩  $M_r$ 。

为了衡量差速器内摩擦力矩的大小及转矩分配特性，常以锁紧系数  $K$  和转矩比  $S$  来表征。

**转矩比  $S$** ：较高转矩侧半轴传递转矩  $M_b$  与较低转矩侧半轴传递转矩  $M_s$  之比称为转矩比  $S$ ，即：

$$S = M_b / M_s$$

转矩比  $S$  是表征限滑能力的参数，表明两侧驱动车轮的转矩可能相差的最大倍数，其数值选择跟应用车型有关，轿车和微型、轻型货车多取  $1.8 \sim 3.0$ 。

**锁紧系数  $K$** ：内摩擦转矩  $M_r$  与差速器传递转矩  $M_0$ （等于左右半轴传递转矩之和）之比称为锁紧系数  $K$ ，即

$$S = M_r / M_0 = (M_b - M_s) / (M_b + M_s)$$

锁紧系数是表征限滑差速器限滑能力的参数，表明内摩擦转矩占差速器传递转矩的比例，其数值一般在  $0 \sim 1$  之间，具体数值选择跟应用车型有关，轿车和微型、轻型货车多取  $0.3 \sim 0.5$ ，大型货车和越野汽车多取  $0.4 \sim 0.6$ 。

目前广泛使用的对称式锥齿轮差速器的内摩擦力矩很小，其锁紧系数  $K = 0.05 \sim 0.15$ ，转矩比  $S = 1.1 \sim 1.4$ 。可以认为无论左右驱动轮转速是否相等，而转矩基本上总是平均分配的。这样的分配比例对于汽车在好路面上直线或转弯行驶时，都是满意的。

当汽车在环路面上行驶时，这种差速器却严重影响了通过能力。例如，当汽车的一个驱动车轮接触到泥泞或冰雪路面时，此时在泥泞路面上的车轮原地滑转，而在好路面上的车轮静止不动。这是因为在泥泞路面上车轮与路面之间附着力很小，路面只能对半轴作用很小的反作用转矩，虽然另一车轮与好路面间的附着力较大，但因对称式锥齿轮差速器具有转矩平均分配的特性，使这一个车轮分配到的转矩只能与传到滑转的驱动轮上的很小的转矩相等，致使总的驱动力不足以克服行驶阻力，汽车便不能前进。

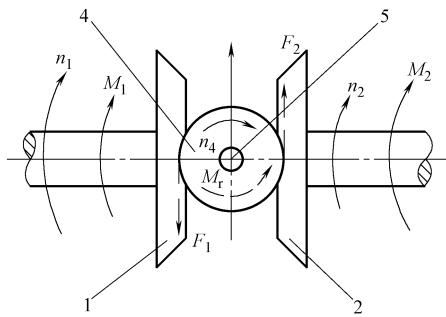


图 6-18 差速器转矩分配

1、2—半轴齿轮 3—差速器壳（图中未画出）  
4—行星轮 5—行星轮轴

## 第四节 限滑差速器

### 一、限滑差速器的分类

普通圆锥行星轮式差速器的结构特点，决定了其只能在驱动轮间平均分配驱动转矩，而无法实现按需分配，这在很大程度上影响了汽车的通过性，特别是在附着系数较低或者附着条件不均匀路面上行驶时，将严重影响汽车行驶安全性、稳定性和动力性。为解决这一问题，限滑差速器（英文名称 Limited slip differential，简称 LSD）被开发和应用，最早在赛车上使用，随后在轿车、越野汽车、货车上也逐渐开始得到广泛应用。

根据其工作原理，目前主要使用的限滑差速器可以分为三大类：转矩敏感式、转速敏感式和主动控制式。

#### 1. 转矩敏感式限滑差速器

转矩敏感式限滑差速器，简称转矩式限滑差速器，是指差速器的限滑转矩主要与差速器壳的输入转矩密切相关联的限滑差速器。一般此类差速器的限滑转矩与差速器壳输入转矩成递增函数关系，即随着差速器壳输入转矩的增加，其限滑转矩也将增大。

#### 2. 转速敏感式限滑差速器

转速敏感式限滑差速器，简称转速式限滑差速器，是指差速器的限滑转矩主要与差速器左右半轴的转速差密切相关联的限滑差速器。一般此类差速器的限滑转矩与差速器左右半轴的转速差成递增函数关系，即随着差速器左右半轴的转速差的增加，其限滑转矩也将增大。

#### 3. 主动控制式

主动控制式是指通过电子装置或电液控制装置来实现限滑的限滑差速器，能使两侧驱动轮实时获得更好的驱动附着效果。

转速式限滑差速器一般是借助于液体的黏摩擦特性（如黏性式、Gerodise 式）或是特殊齿形（如 NO-SPIN 式）来实现对差动速度的感知。转矩式限滑差速器具有性能优越、价格适中等优点而获得市场的青睐，成为商用车限滑差速器的主导产品。但随着科技发展和电子技术的突破，主动控制式限滑差速器将有良好的发展空间。

### 二、转矩式限滑差速器

转矩式限滑差速器的种类有多种，按其结构主要可以分为锥盘式、轮齿式、摩擦片式三种，下面对目前几种主流转矩式限滑差速器的结构性能与工作原理进行介绍和分析。

#### 1. 锥盘式

Auburn Gear 公司生产的锥盘限滑差速器广泛应用于通用、福特、克莱斯勒等各大汽车公司的多款车型中，如图 6-19 所示。

当左右半轴无转速差时，转矩是经过两条传递路线传给半轴的，一条路线是由差速器壳通过行星轮轴、行星轮、半轴齿轮等传给半轴及驱动车轮，这与普通锥齿轮差速器的转矩传动路径相同；另一条路线由差速器壳传给在驱动转矩作用下被弹簧压紧的锥盘与半轴齿轮总成，然后经左右半轴传给驱动车轮。由此可见，此时传递转矩能力要比普通差速器的要大。

当左右半轴产生转速差时，差速器壳的转速与左右半轴齿轮的转速将不相等，由于此时锥盘和半轴齿轮总成被压向差速器壳，故在左右两侧的锥盘与差速器之间必将分别产生一个转动摩擦力矩，其大小与摩擦系数及压紧力有关，其方向则与差速器壳与左右两侧半轴的相

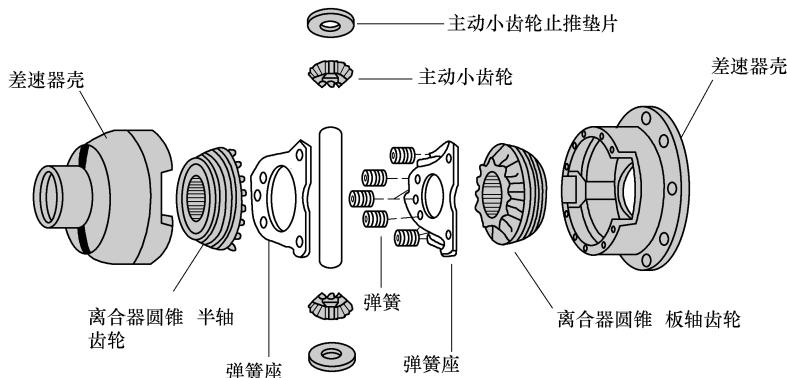


图 6-19 用圆锥离合器连接的限滑差速器

对转速有关。容易知道，快转侧的摩擦力矩与旋转方向相反，而慢转侧的摩擦力矩与旋转方向相同，这就实现了对快转车轮的限滑作用。

## 2. 轮齿式

利用不同轮齿的特性来实现限滑，也是转矩式限滑差速器广泛采用的一种结构，较常见的轮齿形式有蜗轮式、螺旋齿式、直齿式等。最为人们熟悉的是 True Trac 限滑差速器和托森式限滑差速器。

目前，用得较多的轮齿式限滑差速器是 TracTech 公司生产的 TrueTrac 限滑差速器，其结构如图 6-20 所示。当左右半轴无转速差时，左、右半轴转速与差速器壳转速均相等，此时左右行星轮和相应的半轴齿轮之间无相对转动，差速器、左右半轴如同整体在一起转动，此时从差速器壳上分配到左右半轴上的转矩是等分的。

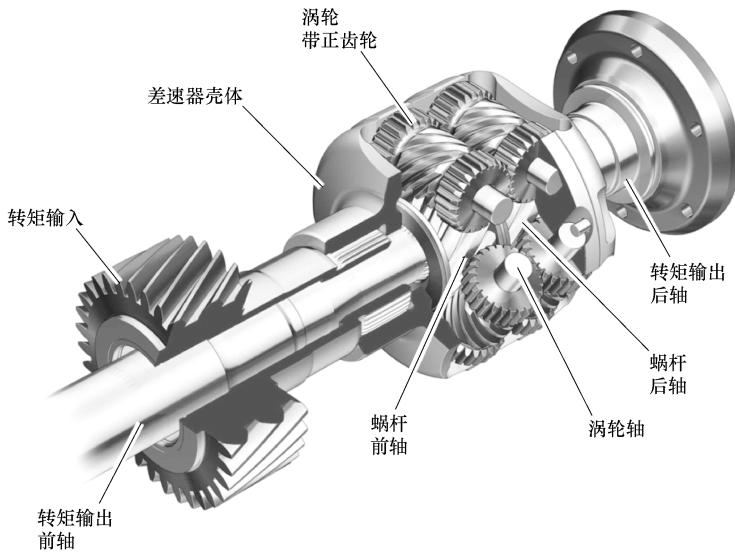


图 6-20 轮齿式限滑差速器

当左右半轴产生转速差时，左右行星轮产生相对转动，且快转侧的旋转方向与相应侧半轴齿轮加快旋转相符合，而慢转侧的旋转方向与相应侧半轴齿轮减慢旋转相符合。即左右半轴齿轮的转速差是通过左右行星轮之间的相对转动来实现的。

由上述分析可知，快转侧半轴齿轮使快转侧的行星轮转动，从而迫使慢转侧行星轮带动慢转侧半轴齿轮转动，由于螺旋齿传动的特点，此时会在齿面间产生很大的摩擦力，限制了慢转侧行星轮转速的增加，也就阻止了快转侧行星轮及快转侧半轴齿轮转速的增加，这就实现了对快转侧驱动车轮的限滑作用。

### 3. 摩擦片式

摩擦片式限滑差速器是转矩式限滑差速器中所占比例最高的一种，它不仅最早被开发为产品，而且也是应用最为广泛的。

(1) SureTrac 式 TracTech 公司生产的 SureTrac 式限滑差速器是最为典型的摩擦片式差速器。SureTrac 式限滑差速器按其内部结构的不同又分为 GA 型和 GS 型两种。

(2) 摩擦片自锁差速器 摩擦片自锁限滑差速器是在对称式锥齿轮差速器的基础上发展而成的（见图 6-21）。为增加差速器内摩擦力矩，在半轴齿轮与差速器壳 1 之间装有摩擦片组 2。十字轴由两根互相垂直的行星轮轴组成，其端部均切出凸 V 形斜面 6，相应地差速器壳孔上也有凹 V 形斜面，两根行星轮轴的 V 形面是反向安装的。每个半轴齿轮的背面有推力压盘 3 和主、从动摩擦片组 2a 主从动摩擦片组 2 由弹簧钢片 7 和若干间隔排列的主动摩擦片 8 及从动摩擦片 9 组成，见图 6-21。主、从动摩擦片上均加工出许多油槽（两面均有），但主、从动摩擦片上油槽（线）形状是不一样的，以利于增大摩擦、减小噪声和有利润滑。推力压盘以内花键与半轴相连，而且轴颈处用外花键与从动摩擦片连接。主动摩擦片则用花键与差速器壳 1 内键槽相配。推力压盘和主、从动摩擦片均可做微小的轴向移动。

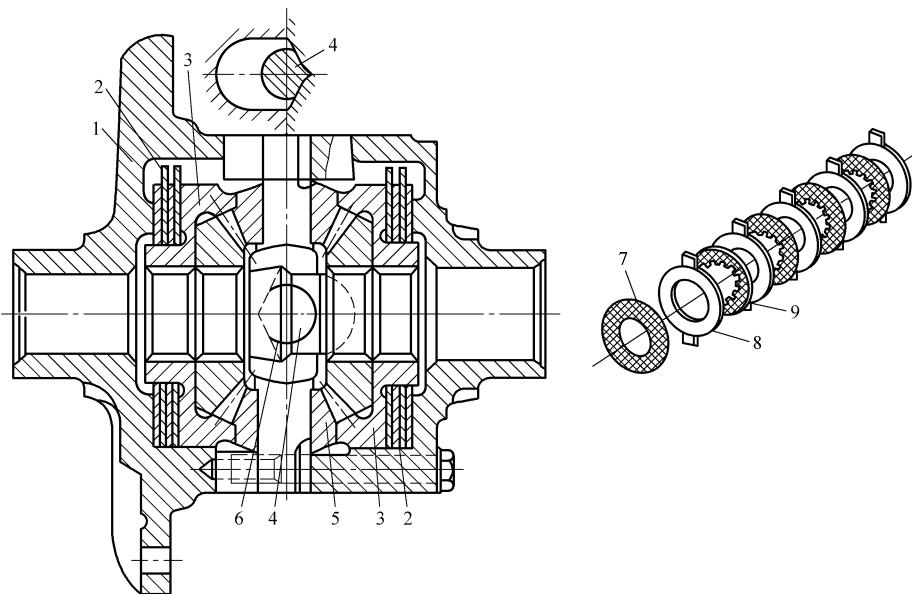


图 6-21 摩擦片式限滑差速器

1—差速器壳 2—主、从动摩擦片组 3—推力压盘 4—十字轴 5—行星轮  
6—V 形斜面 7—弹簧钢片 8—主动摩擦片 9—从动摩擦片

当汽车直线行驶，两半轴无转速差时，转矩平均分配给两半轴，由于差速器壳通过斜面对行星轮轴两端压紧，斜面上产生的轴向力迫使两行星轮轴分别向左、右方向（向外）轻微移动，通过行星轮使推力压盘压紧摩擦片。此时转矩经两条路线传给半轴：一路由差速器

壳经行星轮轴、行星轮和半轴齿轮将大部分转矩传给半轴；另一路则由差速器壳经主、从动摩擦片、推力压盘传给半轴。

当汽车转弯或一侧车轮在路面上滑转时，行星轮自转，起差速作用，左、右半轴齿轮的转速不等。由于转速差的存在和轴向力的作用，主、从动摩擦片间在滑转的同时产生摩擦力矩。其数值大小与差速器传递的转矩和摩擦片数量成正比。而摩擦力矩的方向与快转半轴的旋转方向相反，与慢转半轴的旋转方向相同。较大数值内摩擦力矩作用的结果，使慢转半轴传递的转矩明显增加。

摩擦片式差速器结构简单，工作平稳，锁紧系数  $K$  可达  $0.6 \sim 0.7$  或更高。常用于轿车和轻型汽车上。图 6-22 为凯迪拉克汽车 3.6 摩擦片式限滑差速式。

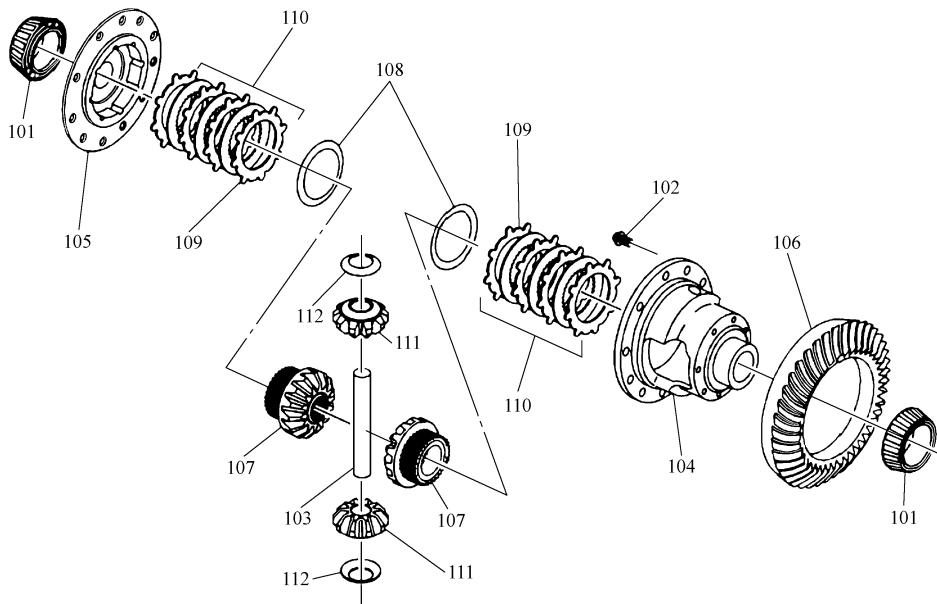


图 6-22 凯迪拉克汽车 3.6 摩擦片式限滑差速式

101—轴承 102—螺栓 103—行星轮轴 104—左半壳 105—右半壳 106—齿圈 107—半轴齿轮  
108—锥形垫圈 109—离合器摩擦片/隔片 110—离合器盘片组 111—小齿轮 112—垫圈

### 三、转速敏感式限滑差速器

转速敏感式限滑差速作用取决于两轮转速之差，往往利用液体的黏性摩擦特性，即硅油的黏性摩擦特性感知速度差，实现差速器的限滑作用。黏性式限滑差速器即为典型的转速敏感式限滑差速器。该限滑差速器在四轮驱动轿车上得到了广泛应用。

目前，有些四轮驱动的轿车上还采用了黏性联轴器（简称 VC）作为轴间差速器。高尔夫-辛克罗（Golf Syncro）型轿车的前后驱动轴间，即采用了这种黏性联轴器。

#### 1. 黏性联轴器的结构及工作原理

黏性联轴器的结构如图 6-23 所示。它是由壳体 4、传动轴 1、5 和交替排列的内叶片（花键轴传力片）3、外叶片（壳体传力片）6 及隔环构成。内叶片通过内花键与后传动轴 5 上的外花键连接，外叶片通过外花键与壳体 4 上的内花键连接，外叶片之间置有隔环，以限制外叶片的轴向移动。隔环厚度决定内、外叶片间的间隙。内、外叶片上还加工有孔和槽，

以利硅油的流动。黏性联轴器的密封空间内，注满高黏度的硅油。前传动轴1通过螺栓与壳体4连接，并与外叶片一起组成主动部分。内叶片3与后传动轴5组成从动部分，主、从动部分靠硅油的黏性来传递转矩，从而实现前、后轴间差速作用和转矩重新分配。

端盖压配合在外壳上，并用O形圈密封。内叶片的两端由滚子轴承支撑，轴端用两个橡胶密封件密封。

黏性联轴器传递转矩的工作介质硅油具有黏度稳定性好、抗剪切性强以及抗氧化、低挥发和闪点高的特性。当内

外叶片有转速差并传递转矩时，硅油温度上升，产生热膨胀，黏性联轴器内部压力升高。其最高温度可达200℃，内压可达100kPa。为了解决由于热膨胀引起的内压力增高，在壳体内封入了10%~20%的空气。硅油本身还具有高爬行性能，即使黏性联轴器内无压力时，硅油也会从油封处极小间隙渗出壳体，造成漏损。为此，常将油封在轴上保持较大的压力。

黏性联轴（差速）器，很像一个密封在壳体中的多片离合器，而外叶片间隙一定时，它是利用油膜剪切传递动力的传动装置。也有一种不具有隔环的黏性联轴器，依靠壳体内温度升高，内压增大迫使叶片轴向移动，以减小内外叶片之间的间隙，也就是用改变油膜的厚度来调节转矩。当主、从动轴（内外叶片）间转速差大时，即会出现上述现象，故它有自适应作用。

黏性联轴器传递的转矩与硅油密度、黏度、主从动轴转速差、内外叶片数和半径等成正比，与内外叶片间的间隙成反比。当输入轴与输出轴的转速差越大，由输入轴传递到转速低的输出轴的转矩就越大。

## 2. 黏性联轴器的驼峰现象

黏性联轴器在正常工作时，因黏性联轴器外叶片固定在壳体上，内叶片可沿内轴上的花键滑动，由于两叶片间置有隔环，使内叶片和两侧外叶片之间都保留一定间隙。当一侧车轮空转打滑时，黏性联轴器在限制车轮空转过程中，吸收了发动机一部分能量使温度升高。如果限制空转时间过长，会使温度上升很高。黏性联轴器里占总体积80%~90%的硅油会随着温度快速上升，其体积不断膨胀，迫使黏性联轴器内的空气所占体积趋于零，壳体内压力急剧上升，推动内叶片沿花键滑动，使内叶片紧紧地压在外叶片上，利用内外叶片之间的金属摩擦，把黏性联轴器两端驱动轮直接连接成一体，即黏性联轴器锁死。此即为驼峰现象。驼峰现象发生后，因黏性联轴器传递的转矩一下子骤增，可使车辆很容易脱离抛锚地。即驼峰现象在车轮打滑时刻，可使差速器自动锁死。

此外，驼峰现象也是黏性联轴器的自我保护现象。在温度急剧上升的过程中，黏性联轴器继续工作下去是很危险的，而就在此刻，自动地把黏性联轴器两端驱动轮连接到一起，同黏性联轴器成一体转动，停止了搅动硅油输出转矩的工作过程。因而它不再吸收能量，温度逐渐下降，直到充分冷却之后，驼峰现象才会消失。重新恢复依靠黏性阻力传递转矩的工作

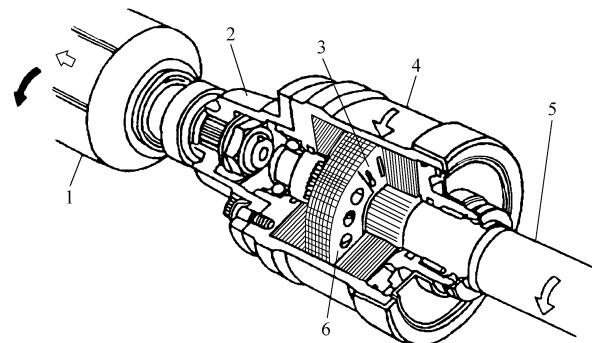


图 6-23 黏性联轴器结构

1—前传动轴 2—传力毂 3—内叶片（花键轴传力片）  
4—壳体 5—后传动轴 6—外叶片（壳体传力片）

状态。

黏性联轴器实质就是黏性联轴差速器，过去主要应用于前后桥之间做轴间差速器。由于其转矩传递柔和平稳，差速响应特性好，目前日本一些轿车厂家还把它推广应用到驱动桥的轮间差速机构中，作为轮间的限（防）滑差速器（LSD），使全轮驱动的轿车的性能有大幅度地提高。黏性联轴差速器在4WD越野汽车上的布置情况，如图6-24所示。

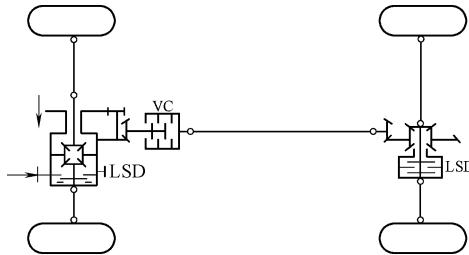


图6-24 黏性联轴差速器在4WD越野汽车传动系中的布置  
VC—黏性联轴器 LSD—限（防）滑差速器

### 3. 两种黏性限滑差速器

图6-25和图6-26分别为两种不同结构形式的黏性转速敏感式限滑差速器。

图6-25中VCU布置在轴与轴之间，实现左、右两侧车轮的限滑作用。

图6-26中VCU发生在轴和壳体之间黏性摩擦特性，实现左、右两侧车轮限滑作用。

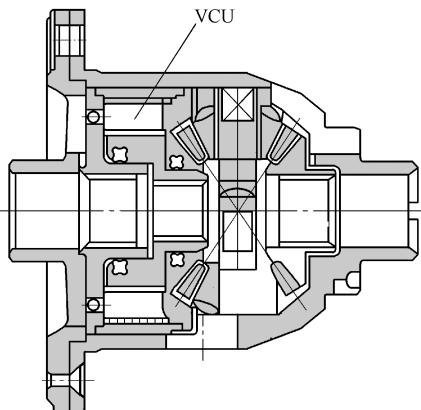


图6-25 转速敏感式限滑差速器

(轴至轴传递)

VCU—黏性力控制单元（装置）

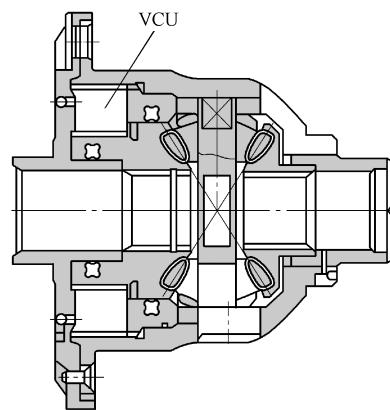


图6-26 转速敏感式限滑差速器

(轴至壳传递)

VCU—黏性力控制单元（装置）

### 四、主动控制式限滑差速器

上述转矩式限滑差速器和转速式限滑差速器工作主要分别根据对转矩和转速差的感知实现限滑作用的，具有自动适应和自行调节作用。驾驶人无法进行主动控制。为此，有些车辆特别在轿车和全轮驱动轿车和越野车上，采用了主动控制式限滑差速器。它主要有两种结构形式，一是电磁主动控制式，二为电液主动控制式，分别见图6-27和图6-28。

电磁式LSD其限滑装置为常规多片摩擦式离合器，但压紧力是由电磁铁实现控制的。它可以依据工况需要，由驾驶人实现电路闭合，控制电磁力大小，改变限滑差速器内摩擦阻

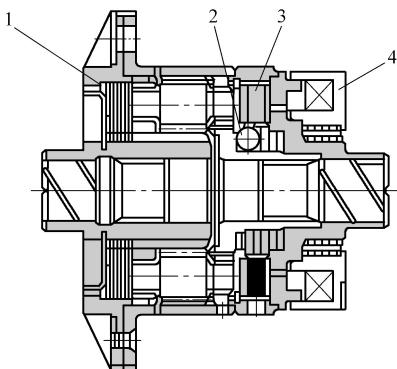


图 6-27 电磁主动控制限滑差速器

1—主离合器 2—凸轮 3—副离合器 4—电磁铁

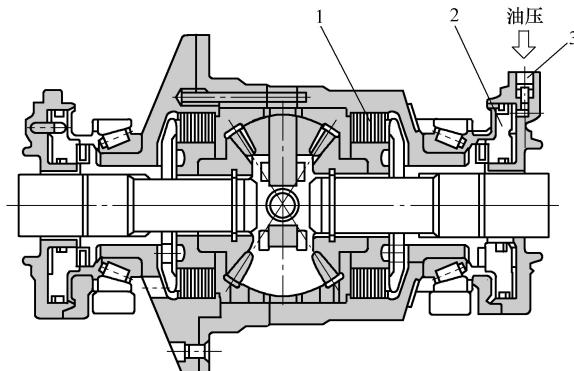


图 6-28 电液主动控制限滑差速器

1—多片式主、从动摩擦片组 2—活塞 3—液压油路

力矩，从而改变 LSD 的锁紧系数，实现实时主动控制。

电液式 LSD 结构也为常规的多片摩擦式离合器结构。当主、从动片分开时，限滑差速器不起作用。当行驶工况需要限滑时，驾驶人控制电磁阀，使其电控液压阀打开，油压力通过活塞，使主、从动摩擦片相互接合，实现产生内摩擦力矩，且该摩擦力矩随油压增大而增加。其限滑力矩的变化是由驾驶人主动控制油路实现的，从而实现实时主动控制，其锁紧系数也可以改变。

### 五、其他几种常用限滑差速器

汽车上也常采用一些高摩擦自锁式差速器，常用的有滑块凸轮式和涡轮蜗杆式（又称托森式）限滑差速器及牙嵌自由轮式差速器。托森差速器和滑块凸轮式差速器属于转矩敏感式限滑差速器范围；而牙嵌自由轮式差速器属于转速敏感式限滑差速器之列。其中涡轮蜗杆式托森差速器主要用于轿车，而滑块凸轮式和牙嵌自由轮式限滑差速器主要分别应用中、重型货车上。

(1) 托森差速器的结构及工作原理 托森 (Torsen) 差速器作为一种新型差速机构在四轮驱动轿车上得到日益广泛的使用。它利用蜗轮蜗杆传动的不可逆性原理和齿面高摩擦条件，使差速器根据其内部差动转矩（差速器的内摩擦力矩）大小而自动锁死或松开，即在差速器内差动转矩较小时起差速作用，而过大时自动将差速器锁死，有效地提高了汽车的通过性。

奥迪 A4 和奥迪 A8 (Audi Quattro) 全轮驱动轿车的前、后轴间的差速器采用了这种新型的托森差速器。它在整车传动系统中的安装位置及转矩传递路线如图 6-29 所示。发动机输出的转矩经输入轴 1 输入变速器，经相应档位变速后，由输出轴（空心轴 6）输入到托森差速器 3 的外壳，经托森差速器的差速作用，一部分转矩通过差速器齿轮轴 8 传至前桥，另一部分转矩通过驱动轴凸缘盘 4 传至后桥，实现前、后轴同时驱动和前、后轴转矩的自动调节。轴间托森差速器的结构如图 6-30 所示。

托森差速器由空心轴 2、差速器外壳 3、后轴蜗杆 5、前轴蜗杆 9、蜗轮轴 7（6 个）和直齿圆柱齿轮 6（12 个）、蜗轮 8（6 个）等组成。空心轴 2 和差速器外壳 3 通过花键相连而一同转动。每个蜗轮轴 7 上的中间有一个蜗轮 8 和两端装有两个尺寸相同的直齿圆柱齿轮 6。蜗轮 8 和直齿圆柱齿轮 6 通过蜗轮轴 7 安装在差速器外壳 3 上。其中三个蜗轮与前轴蜗

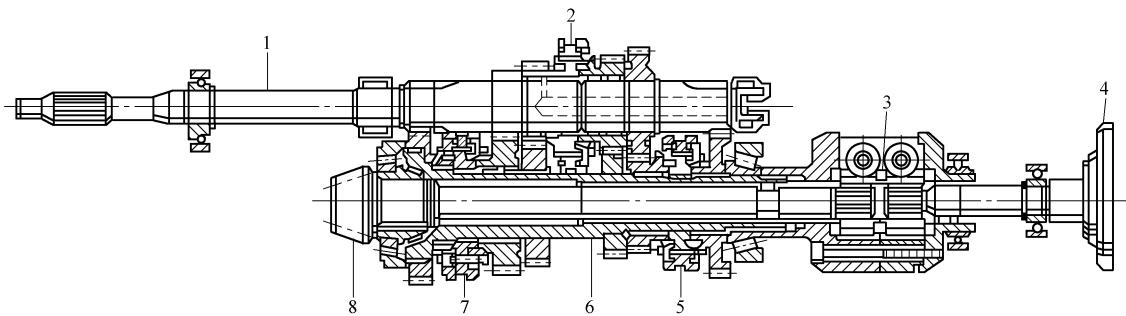


图 6-29 奥迪全轮驱动轿车变速器和托森差速器传动装置

1—输入轴 2—三、四档传动齿轮副 3—托森差速器 4—驱动轴凸缘盘 5—五档和倒档传动齿轮副 6—空心轴 7—一、二档传动齿轮副 8—差速器齿轮轴

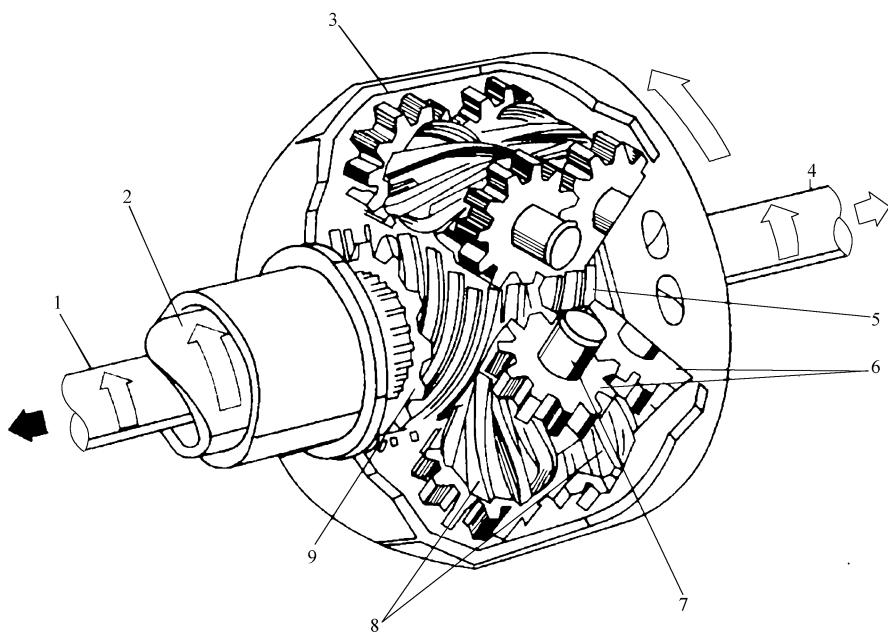


图 6-30 轴间托森差速器的结构

1—差速器前齿轮轴 2—空心轴 3—差速器外壳 4—差速器后齿轮轴  
5—后轴蜗杆 6—直齿圆柱齿轮 7—蜗轮轴 8—蜗轮 9—前轴蜗杆

杆 9 喷合，另外三个蜗轮与后轴蜗杆 5 相喷合。分别与前、后轴蜗杆相喷合的蜗轮 8 彼此通过直齿圆柱齿轮相喷合，前轴蜗杆 9 和驱动前桥的差速器前齿轮轴 1 为一体，后轴蜗杆 5 和驱动后桥的差速器后齿轮轴 4 为一体。当汽车直线行驶时，来自发动机的动力通过空心轴 2 传至差速器外壳 3，差速器外壳 3 通过蜗轮轴 7 传到蜗轮 8，再传到蜗杆。前轴蜗杆 9 通过差速器前齿轮轴 1 将动力传至前桥，后轴蜗杆 5 通过差速器后齿轮轴 4 传至后桥，从而实现前、后驱动桥的驱动牵引作用。当汽车转弯时，前、后驱动轴出现转速差，通过喷合的直齿圆柱齿轮相对转动，使一轴转速加快，另一轴转速下降，实现差速作用。托森差速器的工作过程可分为下述几种情况。如图 6-31 所示为托森差速器的差速作用。

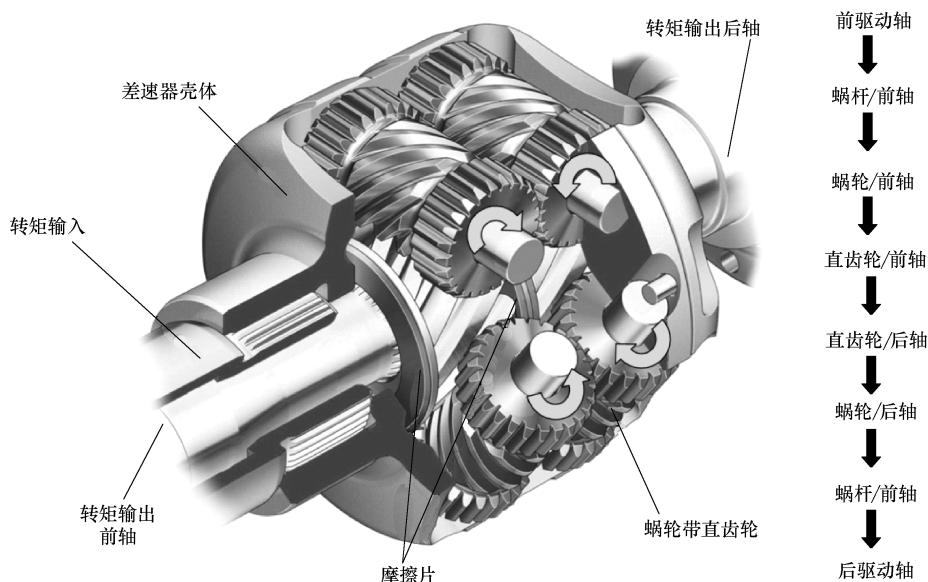


图 6-31 托森差速器的差速作用

1) 当  $n_1 = n_2$  时, 为汽车直线行驶状况 (见图 6-32a)。设差速器壳转速为  $n_0$  前、后轴蜗杆转速分别为  $n_1$ 、 $n_2$ 。当汽车驱动时, 来自发动机的动力通过空心轴 2 传至差速器外壳 3, 再通过蜗轮轴 7 传到蜗轮 8 (见图 6-30) 最后传到蜗杆。前、后蜗杆轴将动力分别传至前、后桥。由于两蜗杆轴转速相等, 故蜗轮与蜗杆之间无相对运动, 两相啮合的直齿圆柱齿轮之间亦无相对转动, 差速器壳与两蜗杆轴均绕蜗杆轴线同步转动, 即  $n_1 = n_2 = n_0$ 。其转矩平均分配。设差速器壳接受转矩为  $M_0$ , 前、后蜗杆轴上相应驱动转矩分别为  $M_1$ ,  $M_2$ , 则有  $M_1 + M_2 = M_0$ 。

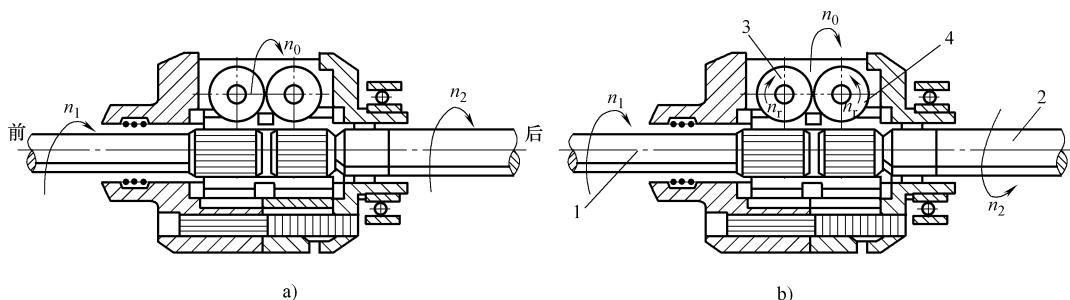


图 6-32 轴间托森差速器工作原理

a)  $n_1 = n_2$  b)  $n_1 \neq n_2$

1—前轴蜗杆 2—后轴蜗杆 3—前蜗轮轴上的圆柱齿轮 4—后蜗轮轴上的圆柱齿轮

2) 当  $n_1 \neq n_2$  时, 汽车转弯或某侧车轮陷于泥泞路面时, 如图 6-32b 所示。为便于分析, 假设差速器壳不动, 即  $n_0 = 0$ , 又  $n_1 > n_2$ , 在  $n_1$  作用下, 前轴蜗杆带动与其啮合的蜗轮转动, 蜗轮两端的直齿圆柱齿轮 3 亦随之以转速  $n_r$  转动, 同时带动与其啮合的直齿圆柱齿轮 4 以转速  $n_r$  反向转动, 因齿轮 4 与后轴蜗杆为一体, 则后轴蜗轮应带动后轴蜗杆朝相反方向转动。显然, 这是不可能的, 因蜗轮蜗杆传动副的传动逆效率极低。实际上, 差速器

壳一直在旋转,  $n_o \neq 0$ , 前、后轴蜗杆亦随之同向旋转。此时两轴之间的转速差是通过一对相啮合的圆柱齿轮的相对转动而实现的。由上述分析知, 前蜗杆轴 1 使齿轮 3 转动, 齿轮 4 随之被迫转动, 并迫使后齿轮 3 及前轴蜗杆转速的增加。显然, 只有当两轴转速差不大时才能差速。图 6-33、图 6-34 所示为托森差速器的差速示意图。蜗轮带动轴后蜗杆转动, 因其齿面之间存在很大的摩擦力, 限制了齿轮 4 转速的增加, 阻止了快转侧行星轮及快转侧半轴齿轮转速的增加。

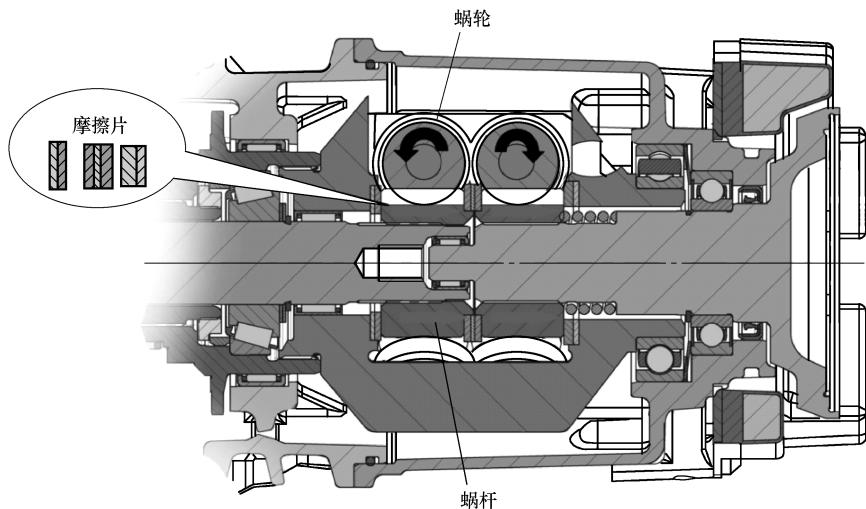


图 6-33 托森差速器的差速示意图 1

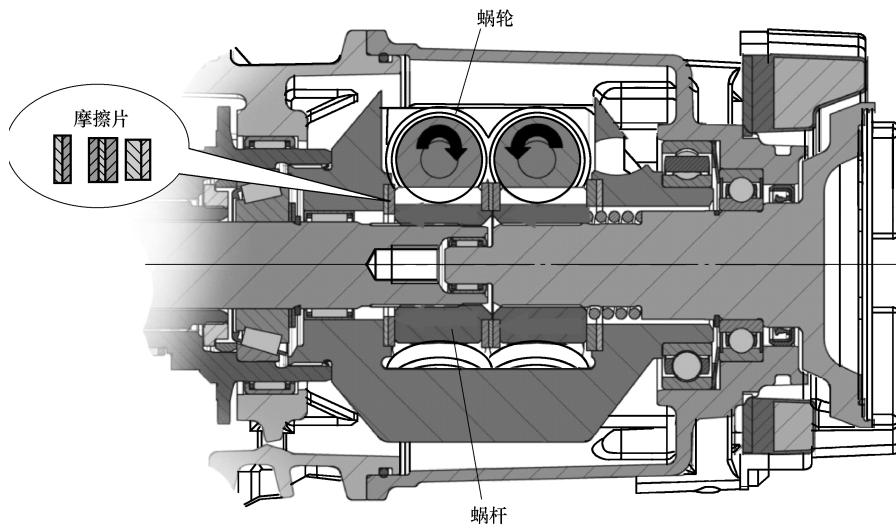


图 6-34 托森差速器的差速示意图 2

(2) 托森差速器的转矩分配原理 托森差速器是利用蜗轮蜗杆传动副的高内摩擦力矩  $M_r$  进行转矩分配的。其原理简述如下: 设前轴蜗杆 1 的转速大于后轴蜗杆 2 (见图 6-32b) 的转速, 即  $n_1 > n_2$ , 前轴蜗杆 1 将使前端蜗轮转动, 蜗轮轴上的直齿圆柱齿轮 3 也将转动, 带动与之啮合的后端直齿圆柱齿轮 4 同步转动, 而与后端直齿圆柱齿轮同轴的蜗轮也将转

动，则后端蜗轮带动后轴蜗杆 2 转动。蜗轮带动蜗杆的逆传动效率取决于蜗杆的导程角及传动副的摩擦条件。对于一定的差速器结构其导程角是一定的，故此时传动主要由摩擦状况来决定。即取决于差速器的内摩擦力矩  $M_r$ ，而  $M_r$  又取决于两端输出轴的相对转速。当  $n_1$ 、 $n_2$  转速差比较小时，后端蜗轮带动蜗杆摩擦力亦较小，通过差速器直齿圆柱齿轮吸收两侧输出轴的转速差。当前轴蜗杆  $n_1$  较高时，蜗轮驱动蜗杆的摩擦力矩也较大，差速器将抑制该车轮的空转，将输入转矩  $M_0$  多分配到后端输出轴上，转矩分配为  $M_1 = (M_0 - M_r)/2$ ， $M_2 = (M_0 + M_r)/2$ 。当  $n_2 = 0$ ，前轴蜗杆空转时，由于后端蜗轮与蜗杆之间的内摩擦力矩  $M_r$  过高，使  $M_0$  全部分配到后轴蜗杆上，此时，相当于差速器锁死不起差速作用。

蜗轮式差速器转矩比  $S = \frac{\tan(\beta + \rho)}{\tan(\beta - \rho)}$ ，其中  $\beta$  为蜗杆导程角， $\rho$  为摩擦角。当  $\beta = \rho$  时，

转矩比  $S \rightarrow \infty$ ，差速器自锁。一般  $S$  可达  $5.5 \sim 9$ ，锁紧系数  $K$  可达  $0.7 \sim 0.8$ 。图 6-35 所示为托森差速器的导程角和摩擦角。选取不同的导程角可得到不同的锁紧系数，使驱动力既可来自蜗杆，也可以来自蜗轮。为减少磨损，提高使用寿命， $S$  一般降低到  $3 \sim 3.5$  较好，这样即使在一端车轮附着条件很差的情况下，仍可以利用附着力大的另一端车轮产生足以克服行驶阻力的驱动力。

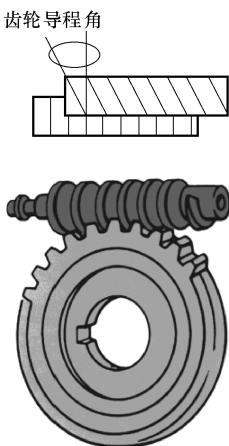


图 6-35 托森差速器的导程角和摩擦角

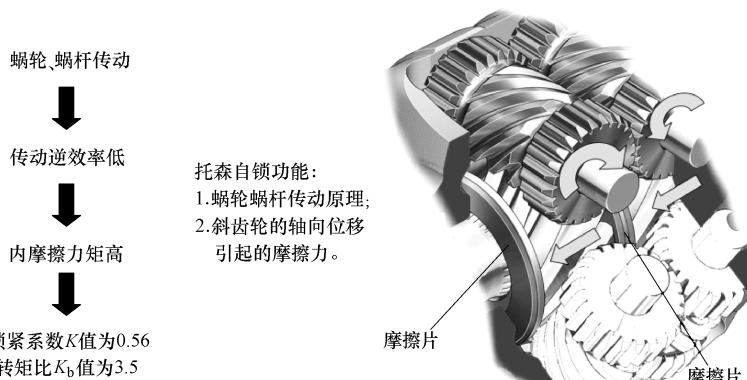


图 6-36 托森差速器自锁功能

由于在转速转矩差较大时的自动锁止作用，如图 6-36 所示。通常不用作转向驱动桥的轮间差速器。托森差速器由于其结构及性能上的诸多优点，被广泛用于全轮驱动轿车的中央轴间差速器及后驱动桥的轮间差速器，如图 6-37 所示。

## 六、驱动桥锁止/防滑差速器的维修

### (1) 诊断信息和程序

1) 诊断起点—锁止/防滑式后桥 系统诊断首先从查阅“防滑差速器的说明与操作”开始。出现故障时，查阅说明与操作信息有助于确定正确的症状诊断程序。查阅说明与操作信息还有助于确定客户描述的情况是否属于正常操作。参见“症状—锁止/防滑式后桥”，以确定正确的系统诊断程序和该程序的位置。

### 2) 症状—锁止/防滑式后桥

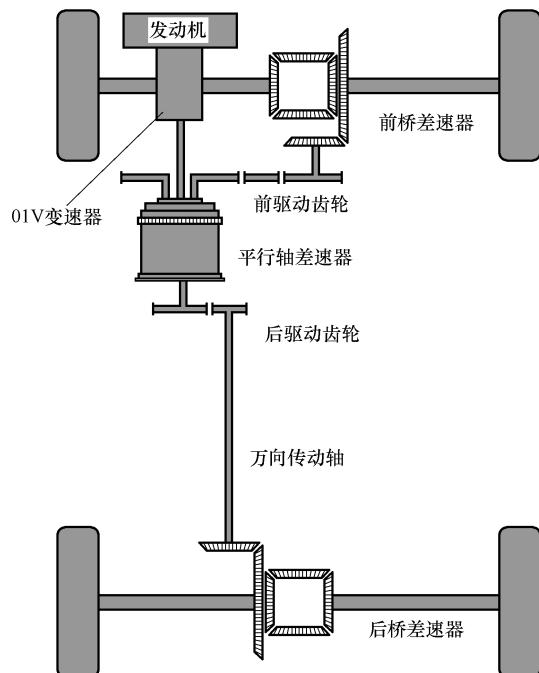


图 6-37 奥迪 A4Quattro 全时四轮驱动系统

- ① 查阅系统的工作原理，以熟悉系统功能。
- ② 目视/外观检查。检查系统是否有以下情况：①紧固件松动或缺失。②可能导致故障症状的明显损坏或状况。
- ③ 检查系统操作是否正常。参见“防滑差速器的诊断”。
- ④ 症状列表。参见表 6-7、表 6-8 中的症状诊断程序，以便对故障进行诊断：转向时防滑差速器颤振防滑。

#### (2) 防滑差速器的诊断、操作步骤（见表 6-7）

表 6-7 防滑差速器的诊断操作步骤

步骤	操作	值	是	否
1	是否查阅了一般说明并进行了必要的检查？	—	至步骤 2	至“诊断起点—锁止/防滑式后桥”
2	按照以下步骤测量车桥的转动力： 1) 挡住前轮。 2) 举升并支撑车辆。 3) 拆卸轮胎和车轮。 4) 用 J 28733-B 前/后花键拆卸工具测量车桥的转动力。 5) 对另一车桥，重复本程序。测得的转动力是否在规定范围内？	22 ~ 271 N · m	至步骤 3	系统正常
3	修理后桥。是否完成修理？	—	至步骤 4	—
4	运行系统，确认修理效果。故障是否已排除？	—	至步骤 2	系统正常

## (3) 转向时防滑差速器颤振的检查和操作(见表 6-8)

表 6-8 转向时防滑差速器颤振检查和操作

检    查	操    作
润滑油被污染	排空润滑油并彻底冲洗桥壳。重新加注正确的润滑油
离合器片失效	更换离合器片

## (4) 防滑差速器的维修指南

防滑差速器的拆解：所需工具（J22912-01 分离式轴承拔出器；J42162 Getrag 半轴齿轮压缩器）

1) 用螺钉旋具和锤子通过螺栓孔从差速器壳上拆下 10 个齿圈螺栓和齿圈，报废齿圈螺栓，如图 6-38 所示。

2) 用 J22912-01 和压力机拆卸左侧轴承，可能需要切开轴承保持架并拆下滚柱，才能使工具卡住轴承座圈，如图 6-39 所示。

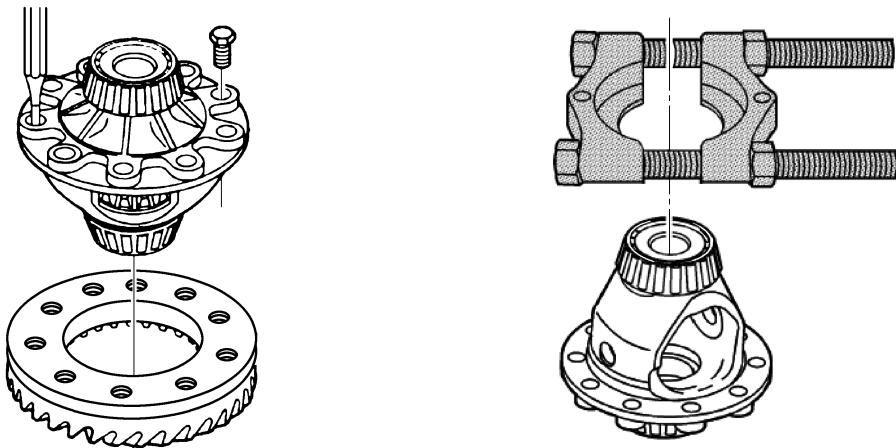


图 6-38 用冲子和锤子通过螺栓孔从差速器壳上拆下 10 个齿圈螺栓和齿圈

图 6-39 拆卸左侧轴承

3) 用 J 22912-01 和压力机拆卸右侧轴承。可能需要切开轴承保持架并拆下滚柱，才能使工具卡住轴承座圈。

4) 利用撬点撬开两个半壳，如图 6-40 所示。重要注意事项：摩擦盘和隔片会形成特别的磨损模式。在摩擦盘和隔片的拆卸过程中，按拆卸时的顺序存放各部件。

5) 从右半壳拆卸半轴齿轮和离合器盘片组，如图 6-41 所示。

6) 从右半壳拆下离合器盘片组和半轴齿轮，注意离合器压盘有摩擦材料的一侧背对轮齿，如图 6-42 所示。

7) 从半轴齿轮上拆下锥形垫圈。注意锥形垫圈的方向朝外，如图 6-43 所示。

8) 在离合器盘片组上贴标签以标明部件的位置，如图 6-44 所示。

9) 参照图 6-45 所示，用 J42162 和压力机稍微施加压力，以拆卸行星轮轴。

10) 拆卸行星轮轴，释放压力机的压力，如图 6-46 所示。

11) 拆下小齿轮和垫圈，如图 6-47 所示。

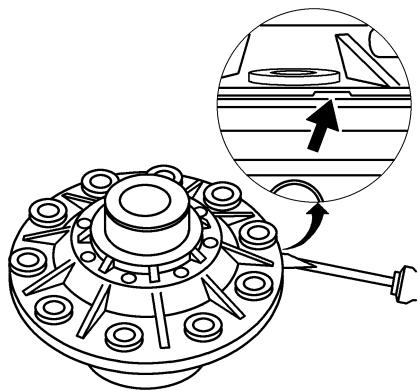


图 6-40 利用撬点撬开两个半壳

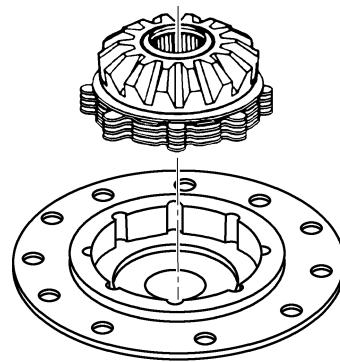


图 6-41 从右半壳拆卸半轴齿轮和离合器盘片组

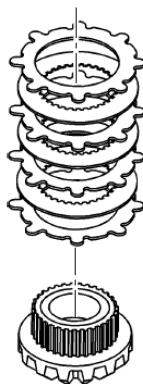


图 6-42 从右半壳拆下离合器盘片组和半轴齿轮

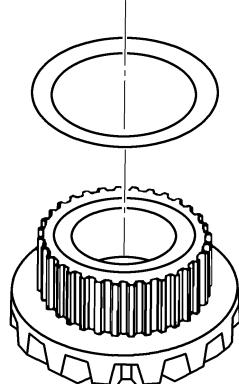


图 6-43 从半轴齿轮上拆下锥形垫圈

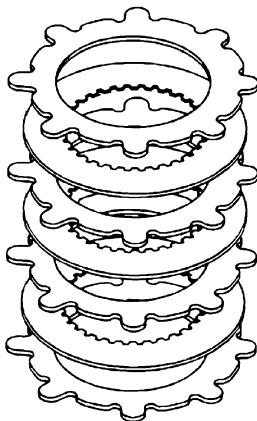


图 6-44 离合器盘片组上贴标签以标明部件的位置

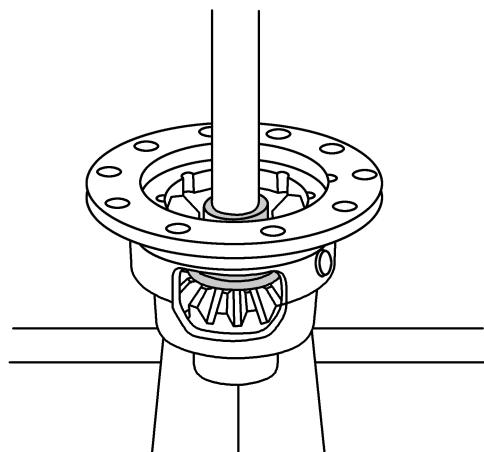


图 6-45 拆卸行星轮轴

12) 从左半壳拆下离合器盘片组和半轴齿轮。注意离合器压盘有摩擦材料的一侧背对轮齿。

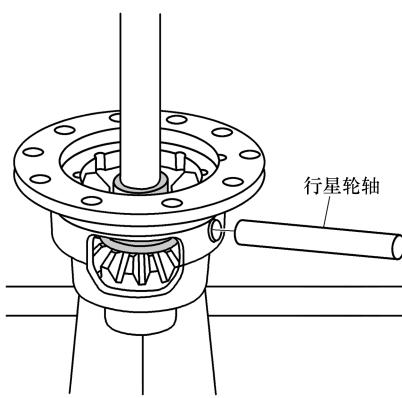


图 6-46 拆卸行星轮轴，释放压力机的压力

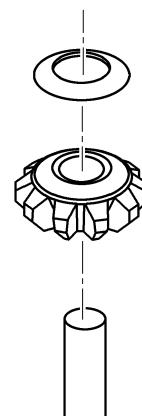


图 6-47 拆下小齿轮和垫圈

13) 从半轴齿轮上拆下锥形垫圈。注意锥形垫圈的方向朝外。

14) 在离合器盘片组上贴标签以标明部件的位置。

(5) 防滑差速器的清洁和检查

1) 采用经认可的溶剂清洗所有零件。

2) 目视检查所有零件是否存在过度磨损或损坏，必要时更换这些零件，如图 6-48 所示。

3) 检查小齿轮和半轴齿轮齿是否有如下情况：磨损、裂纹、擦伤、剥落。

4) 检查止推垫圈是否磨损。

5) 检查半轴齿轮和半轴的配合情况。

6) 检查差速器壳是否有擦伤和裂纹。

7) 检查半轴齿轮孔是否有擦伤，如果存在擦伤，更换整个差速器，并将装配好的半轴齿轮安装到左半壳内，如图 6-49 所示。

8) 如果差速器壳有损坏，应更换差速器。

(6) 专用工具和设备（见图 6-50、图 6-51、图 6-52）

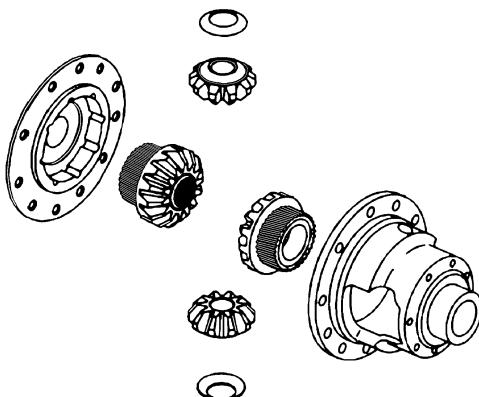


图 6-48 目视检查所有零件是否  
存在过度磨损或损坏

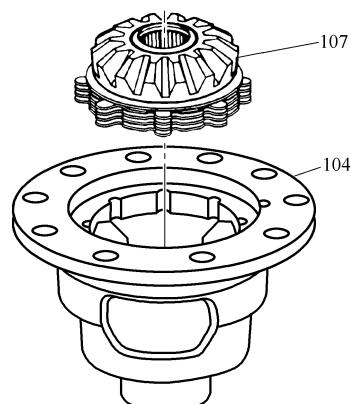


图 6-49 将装配好的半轴齿轮  
安装到左半壳内

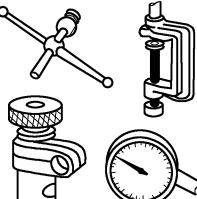
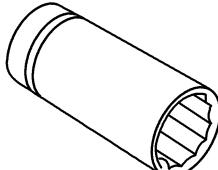
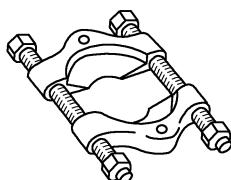
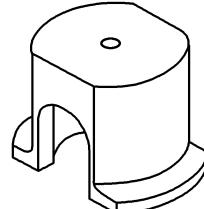
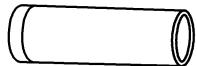
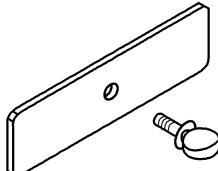
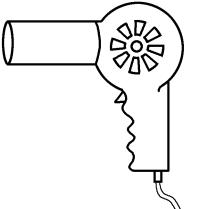
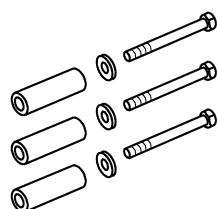
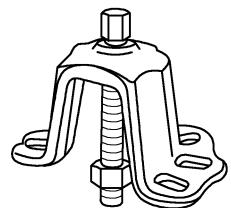
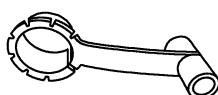
图示	工具编号/说明	图示	工具编号/说明
	J 8001 千分表组件 2014		J 34826 轮毂螺套筒-36毫米 165958
	J 22912-01 分离式轴承拔出器 162970		J 42162 Getrag 半轴齿轮压缩器 29287
	J 24433 锥形齿轮和侧轴承安装工具 156980		J 42168-9 夹板 1334879
	J 25070 加热枪 78337		J 42168-16 隔套 1334876
	J 28733-B 前/后花键拆卸工具 177139		J 44394 密封件保护工具 813914

图 6-50 通用凯迪拉克轿车防滑差速器专用工具和设备 1

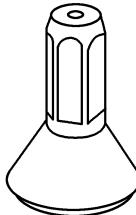
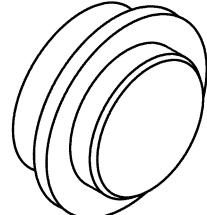
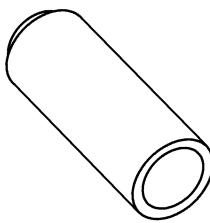
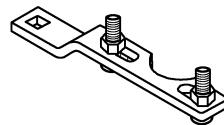
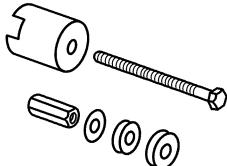
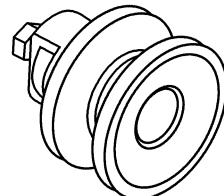
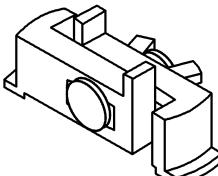
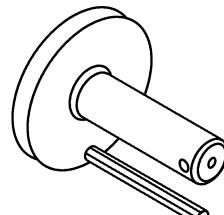
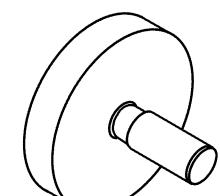
图示	工具编号/说明	图示	工具编号/说明
	J 45005 密封圈安装工具 815541		J 45010 Getrag 车桥轴承座圈安装 工具 1237994
	J 45006 主动锥齿轮下压导管 821712		J 45012 主动锥齿轮法兰固定工具 800976
	J 45007 补套拆卸工具/安装工具 837019		J 45013-1 盖垫片量规 1334880
	J 45008 Getrag 车桥轴承座圈拆卸 工具 1237992		J 45013-2 量规总成 1334884
			J 45013-3 量规柱 1334887

图 6-51 通用凯迪拉克轿车防滑差速器专用工具和设备 2

图示	工具编号/说明	图示	工具编号/说明
	J 45013-4 量规板 1334890		J 45019 法兰和主动锥齿轮架 拆卸工具 819777
	J 45013-5 量规定心总成 1334882		
	J 45013-6 深度规 1334888		
	J 45013-7 接头螺钉 1334891		
	J 45017 输出轴密封件安装工具 804739		

图 6-52 通用凯迪拉克轿车防滑差速器专用工具和设备 3

## 第五节 变速驱动桥的构造与维修

驱动桥从结构特点上可分为整体式（非断开）驱动桥和断开式驱动桥两种。从其功能特点上又可分为独立式驱动桥和变速驱动桥。

驱动桥的主减速器、差速器和桥壳、半轴等都安装在一个独立的驱动桥壳中，与其他动力总成相互独立存在，称为独立式驱动桥。如货车驱动桥基本都为独立式驱动桥。而轿车上，绝大部分车型为发动机前置前桥驱动形式，此时，把变速器和驱动桥两个动力总成合为一体，布置在一个壳体内，变速器输出轴也就是主减速器的输入轴，称此种桥为变速驱动桥。此种结构在轿车上得到了十分广泛的应用。

图 6-53 为带变速驱动桥的典型汽车动力传动系统，其动力从发动机 1 经变速器连体齿轮输入轴 7、变速器第二轴 6、主减速器主动齿轮 3、从动齿轮 5、差速器 4 传至左右驱动轴 2。

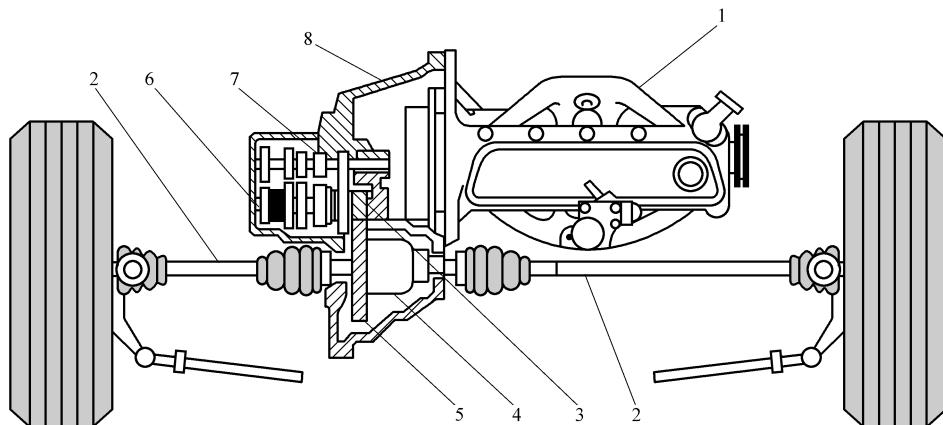


图 6-53 带变速驱动桥的典型动力传动系统

1—发动机 2—驱动轴 3—主减速器主动齿轮 4—差速器 5—从动齿轮  
6—变速器第二轴 7—连体齿轮输入轴 8—变速驱动桥壳

目前在轿车中广泛地采用了发动机前置前轮驱动形式的传动系统。在此系统中，发动机、变速器、主传动器和差速器成为一体式传动，省去了传动轴，缩短了传动路线，提高了传动系统中的机械效率。在这种一体式传动系统中，它同时完成变速、差速和驱动车轮等功能。变速驱动桥不仅使结构紧凑，也大大减轻了传动系统的质量，有利于汽车底盘的轻量化。图 6-54 所示为发动机横置式轿车的变速驱动桥结构图。变速器、主减速器、差速器等均安置在同一壳体中。变速器一般为两轴式。变速器的第二轴（输出轴）上安装有主减速器的主动齿轮。其动力传动路线是：动力从发动机曲轴 4、飞轮 2 输入给第一轴，通过一定档位的齿轮变速后，把动力传给第二轴，再经第二轴上的主减速器的主动齿轮传给主减速器的从动齿轮和差速器 7、差速器中的行星轮轴、行星轮、半轴齿轮及等角速万向节 6，最后经左右输出轴 8 和 5 传给左右驱动车轮。

为了结构紧凑，有些变速驱动桥在传递大动力时，还有第三根轴，用来分流第二轴的动

力，通过斜齿轮将动力从第二轴传至第三轴。

桑塔纳 2000 和奥迪 100 型轿车的变速驱动桥的结构和工作原理与上述相似，其不同之处是由于发动机纵置，飞轮旋转方向和车轮旋转方向呈  $90^{\circ}$ ，主减速器需采用一对锥齿轮传动副，在减速、增大转矩的同时，改变动力传动方向。

变速驱动桥在汽车前后轴上有多种安装布置形式，见图 6-55。

This technical cutaway diagram illustrates the internal components of a transmission drive bridge for a car with a transverse engine. Key parts labeled include:  
 1. Gearshift lever  
 2. Flywheel  
 3. Clutch assembly  
 4. Engine crankshaft  
 5. Right output shaft  
 6. Universal joints (constant velocity joints)  
 7. Differential assembly  
 8. Left output shaft  
 9. Clutch disengagement mechanism  
 10. Transmission assembly.

图 6-54 轿车变速驱动桥（发动机横置式）

1—齿轮变速杆 2—飞轮 3—离合器 4—发动机曲轴 5—右输出轴 6—等角速万向节  
 7—差速器 8—左输出轴 9—离合器分离联动装置 10—变速器

Figure 6-55 displays five diagrams (a) through (e) illustrating various installation configurations of the transmission drive bridge (2) relative to the engine (1). The configurations are:  
 a) Front-engine, front-wheel drive (FF): Engine at front, wheels at front.  
 b) Rear-engine, rear-wheel drive (RR): Engine at rear, wheels at rear.  
 c) Mid-engine, front-wheel drive (MF): Engine in center, wheels at front.  
 d) Mid-engine, all-wheel drive (MA): Engine in center, wheels at front and rear.  
 e) Rear-engine, all-wheel drive (RA): Engine at rear, wheels at front and rear.

图 6-55 变速驱动桥各种安装布置形式

1—发动机 2—变速驱动桥

## 第六节 驱动车轮的传动装置与桥壳

### 一、驱动车轮的传动装置

驱动车轮的传动装置位于汽车传动系的末端，其功用是将转矩由差速器的半轴齿轮传给驱动车轮。驱动车轮传动装置的结构形式与驱动桥的结构形式密切相关，在断开式驱动桥和转向驱动桥中，驱动车轮的传动装置包括半轴和万向节传动装置，且多采用等速万向节；在一般的非断开式驱动桥上，驱动车轮的传动装置就是半轴，半轴将差速器的半轴齿轮和车轮的轮毂连接起来。在装有轮边减速器的驱动桥上，驱动车轮的传动装置还应包括轮边减速器，这时半轴将半轴齿轮与轮边减速器的主动齿轮连接起来。

半轴的功用、构造、支承形式如下：

(1) 功用 半轴的功用是将差速器传来的动力传给驱动轮。因其传递的转矩较大，常制成实心轴，如图 6-56 所示。

(2) 构造 半轴的结构因驱动桥结构形式的不同而异。整体式驱动桥中的半轴为一刚性整轴。而转向驱动桥和断开式驱动桥中的半轴则分段并用万向节连接。半轴内端一般制有外花键与半轴齿轮连接。半轴外端有的直接在轴端锻造出凸缘盘，也有的制成花键与单独制成的凸缘盘滑动配合，还有的制成锥形并通过键和螺母与轮毂固定连接。

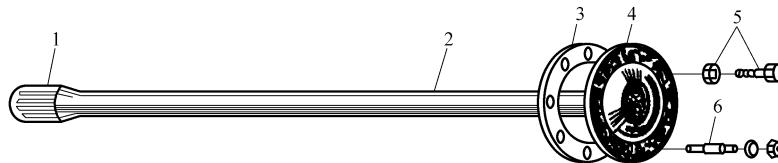


图 6-56 半轴

1—花键 2—杆部 3—垫圈 4—凸缘 5—半轴起拔螺栓 6—半轴紧固螺栓

(3) 支承形式 现代汽车常采用全浮式和半浮式两种半轴支承形式。

1) 全浮式半轴支承。这种半轴支承形式，半轴只在两端承受转矩，不承受其他任何反力和弯矩，所以称为全浮式半轴支承。所谓“浮”是对卸除半轴的弯曲载荷而言。

全浮式半轴支承便于拆装，只须拧下半轴凸缘上的轮毂螺栓，即可将半轴抽出，而车轮和桥壳照样能支持住汽车。

全浮式半轴及支承形式如图 6-57a 所示。全浮式半轴外端和轮毂相连接。该轮毂通常用两个圆锥滚子轴承支承于桥壳的半轴套管上。由于车轮所承受的垂直力  $Z_2$ 、纵向力（驱动力或制动力） $X_2$  及侧向力  $Y_2$ 、所引起的弯矩  $(Z_2 - g_w) b$ 、 $X_2 b$ 、 $Y_2 r_r$  ( $g_w$  为车轮对地面的垂直载荷) 都经过轮毂、轮毂轴承传给桥壳。

2) 半浮式半轴支承。如图 6-57b 所示，半浮式半轴以其靠近外端的轴颈直接支承在置于桥壳外端内孔中的轴承上，而端部则以具有圆锥面的轴颈及键与车轮轮毂相固定，或以凸缘直接与车轮轮盘及制动鼓相连接。因此，半浮式半轴除传递转矩外，还要承受车轮传来的垂向力  $Z_2$ 、纵向力（驱动力或制动力） $X_2$  及侧向力  $Y_2$ 、所引起的弯矩  $(Z_2 - g_w) b$ 、 $X_2 b$ 、 $Y_2 r_r$  ( $g_w$  为车轮对地面的垂直载荷)。由此可见，半浮式半轴所承受的载荷较复杂，但它具有结构简单、质量小、尺寸紧凑、造价低廉等优点，故被质量较小、使用条件较好、承载

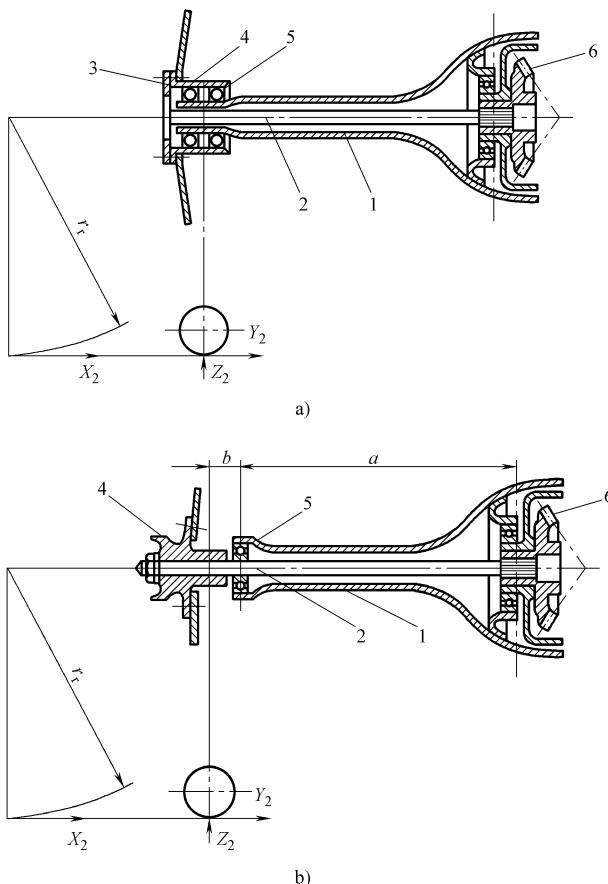


图 6-57 半轴支承形式及受力情况

a) 全浮式 b) 半浮式

1—桥壳 2—半轴 3—半轴凸缘 4—轮毂 5—轴承 6—主减速器从动锥齿轮

负荷也不大的轿车和微型客、货车所采用。

## 二、桥壳

### 1. 驱动桥壳的功用

驱动桥壳的功用是支承并保护主减速器、差速器和半轴等，使左右驱动车轮的轴向相对位置固定；同从动桥一起支承车架及其上的各总成质量；汽车行驶时，承受由车轮传来的路面反作用力和力矩，并经悬架传给车架。

驱动桥壳应有足够的强度和刚度，且质量要小，并便于主减速器的拆装和调整。由于桥壳的尺寸和质量一般都比较大，制造较困难，故其结构形式在满足使用要求的前提下，要尽可能便于制造。

### 2. 桥壳的分类

驱动桥壳从结构上可分为整体式桥壳和分段式桥壳两类。

(1) 整体式桥壳 整体式桥壳具有较大的强度和刚度，且便于主减速器的装配、调整和维修。因此普遍应用于各类汽车上。

整体式桥壳因制造方法不同又有多种形式。常见的有整体铸造、钢板冲压焊接、中段铸造两端压入钢管、钢管扩张成形等形式。整体铸造桥壳桥壳上有通气塞，保证高温下的通气，保持润滑油品质和使用周期。这种整体铸造桥壳刚度大、强度高、易铸成等强度梁形状，但因质量大，铸造品质不易保证，适用于中、重型汽车，更多的用于重型汽车上。

中段铸造两端压入钢管的桥壳，质量较小，工艺简单且便于变形，但刚度较差，适用于批量生产。北京 BJ2020 型汽车驱动桥壳属于此种类型整体式桥壳。

钢板冲压焊接式桥壳具有质量小、制造工艺简单，材料利用率高、抗冲击性能好、成本低等优点并适于大量生产。目前，在轻型货车和轿车上得到广泛采用。为了防止桥壳内润滑油外溢，有的汽车在桥壳轴管处焊有挡油环或加装油封。

用钢管扩张成形方法加工的桥壳，称为钢管扩张成形桥壳。它广泛应用于轿车和微、轻型货车。其优点是材料利用率好、质量小、强度和刚度高、制造成本低，适于大量生产。

(2) 分段式桥壳 分段式桥壳比整体式桥壳易于铸造，加工简便，但维修不便。当拆检主减速器时，必须把整个驱动桥从汽车上拆卸下来，目前已很少采用。

### 三、上汽通用五菱宏光微型汽车后驱动桥的构造与维修

#### 1. 紧固件力矩，如表 6-9 所示

表 6-9 后驱动桥紧固件力矩

应 用	规 格/N·m	应 用	规 格/N·m
螺塞—加油螺塞安装	40~60	油管接头—制动硬管连接到后制动油缸	14~18
螺塞—放油螺塞安装	50~70	螺母—主减速器壳连接到后桥壳总成	24~29
螺栓—传动轴连接到后桥	45~60	螺栓—被动锥齿轮安装	60~70
螺栓—上臂总成连接到后桥	60~85	螺栓—差速器轴承盖连接到主减速器壳	35~40
螺栓—下臂总成连接到后桥	78~110	螺栓—止动块安装	20~35
螺母—后减振器连接到后桥	40~50	螺母—主动锥齿轮锁紧	170~220
螺栓—后制动器底板安装	16		

#### 2. 部件定位图

- 1) 后桥分解图如图 6-58 所示。
- 2) 差速器分解图如图 6-59 所示。

#### 3. 诊断信息和程序

- (1) 目视/常规检查 车辆出现故障时，应首先进行目视/常规检查。检查项目如下：
  - 1) 系统可见或易于接触到部件是否有明显损坏。
  - 2) 是否有可能引起系统故障的售后加装装置。
  - 3) 部件是否有不正常的松动。
  - 4) 后桥齿轮油检查。
  - 5) 主动锥齿轮和被动锥齿轮齿面啮合检查。
  - 6) 减速器齿轮副齿侧间隙检查。
  - 7) 差速器齿轮副齿侧间隙检查
- (2) 常见症状 车辆出现故障时会表现出相应的症状。常见的症状如下：

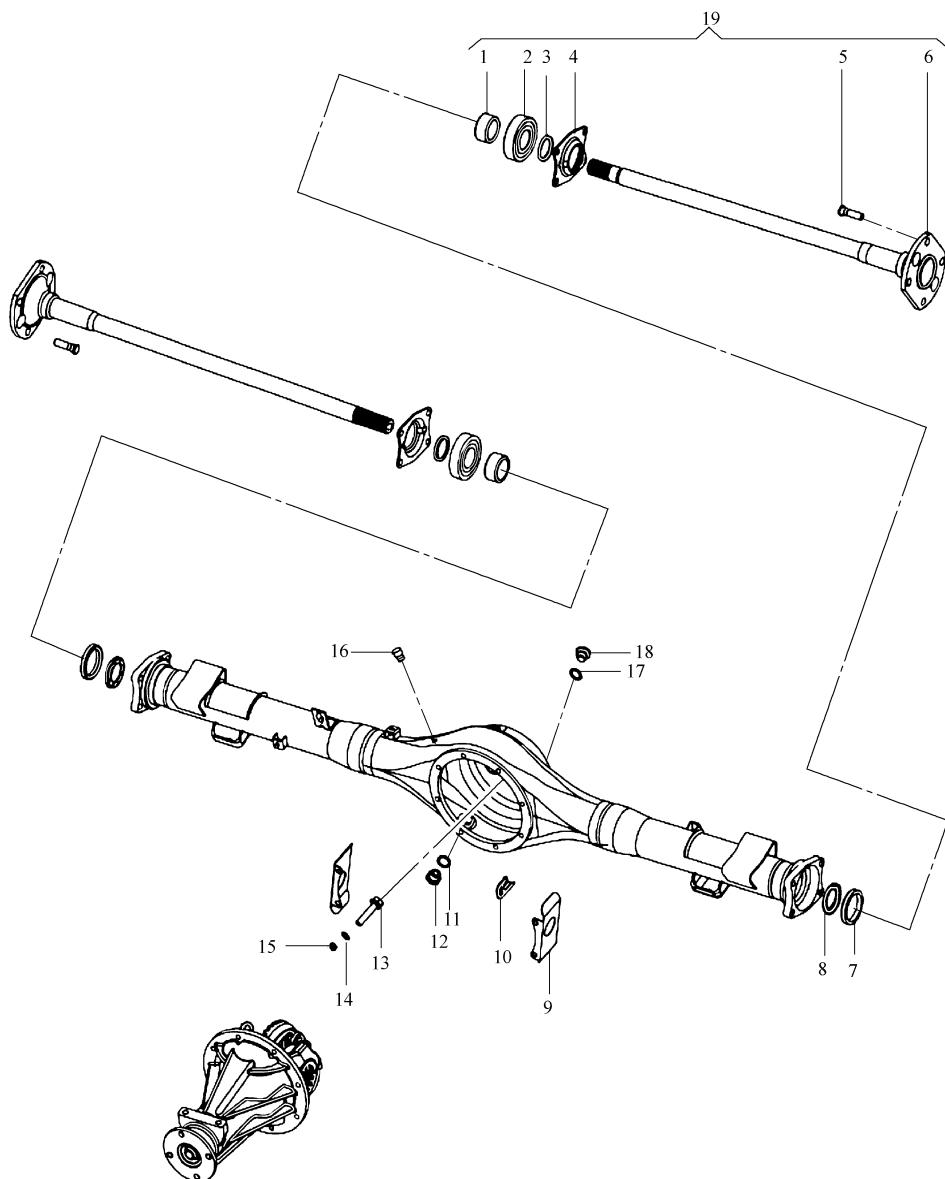


图 6-58 上汽通用五菱宏光后桥分解图

1—半轴轴承紧固套 2—轴承 3—半轴垫圈 4—轴承盖 5—后轮胎螺栓 6—半轴 7—半轴油封总成  
 8—支撑环 9—隔板 10、13—特种螺栓 11、17—铜垫圈 12—放油螺塞总成 14—螺母铜垫圈（I）  
 15—螺母铜垫圈（II） 16—通气塞 18—加油口螺塞 19—半轴总成

- 1) 后桥异响（速度越快响声越大）。
- 2) 后桥异响（急剧改变车速或上坡）。
- 3) 后桥异响（转弯）。
- 4) 后桥及减速器外壳发热。
- 5) 后桥齿轮油泄漏。

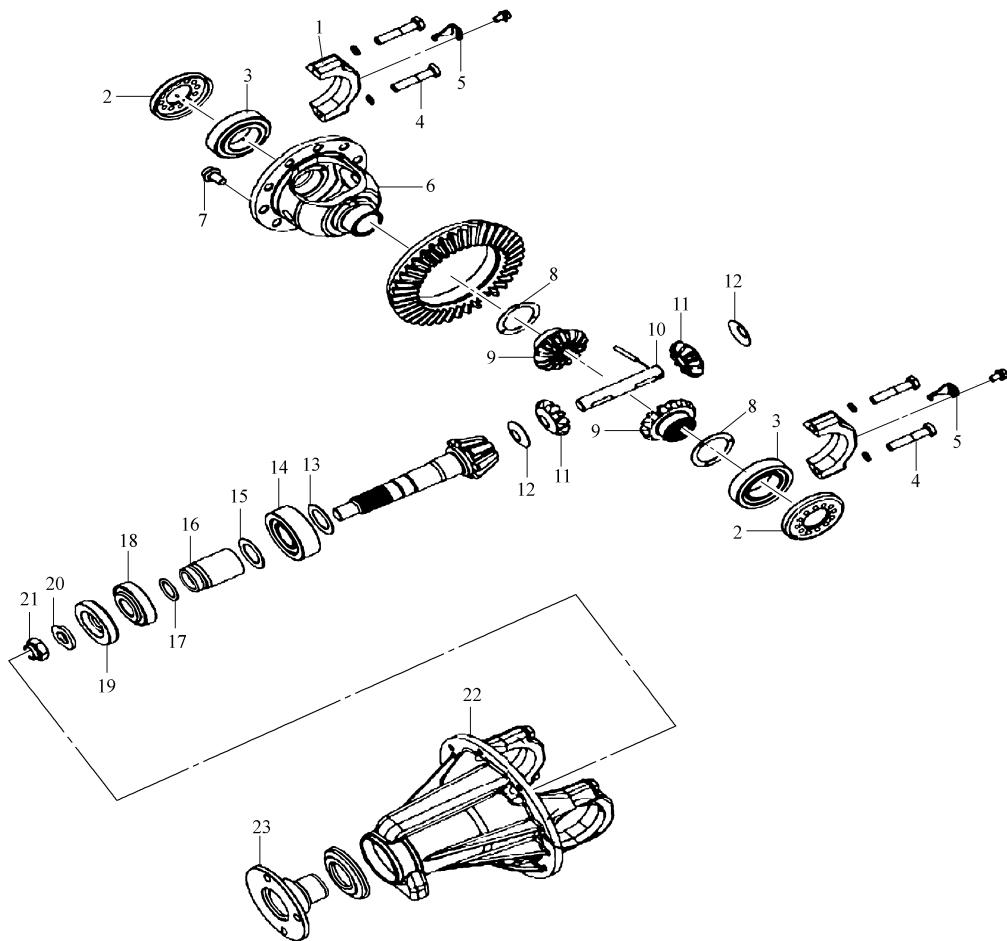


图 6-59 上汽通用五菱宏光差速器分解图

1—轴承盖 2—调整螺母 3、14、18—轴承 4—螺栓 M10×50 5—止动块 6—差速器壳 7—螺栓  
8、13、15、17—调整垫片 9—半轴齿轮 10—圆柱销 11—行星轮 12—球面垫片 16—隔套  
19—油封 20—垫圈 21—主动锥齿轮锁紧螺母 22—轴承座 23—连接法兰总成

(3) 后桥异响（速度越快响声越大）的检查与操作步骤如表 6-10 所示

表 6-10 后桥异响（速度越快响声越大）的检查与操作步骤

检    查	操    作
后桥内轴承是否松动	修理,必要时更换后桥内轴承
减速器齿轮副齿侧间隙是否过大	调整减速器齿轮副齿侧间隙

(4) 后桥异响（急剧改变车速或上坡）的检查与操作步骤如表 6-11 所示

表 6-11 后桥异响（急剧改变车速或上坡）的检查与操作步骤

检    查	操    作
减速器齿轮副齿侧间隙是否过大	调整减速器齿轮副齿侧间隙

(5) 后桥异响（转弯）的检查与操作步骤如表 6-12 所示

表 6-12 后桥异响（转弯）的检查与操作步骤

检    查	操作
差速器齿轮副齿侧间隙是否过大	调整差速器齿轮副齿侧间隙
半轴齿轮及键槽是否损坏	更换差速器总成
车轮轴承是否松动或磨损	更换车轮轴承

(6) 后桥及减速器外壳发热的检查与操作步骤如表 6-13 所示

表 6-13 后桥及减速器外壳发热的检查与操作步骤

检    查	操作
轴承预紧度是否过大	调整轴承预紧度
齿轮副齿侧间隙是否过小	调整齿轮副齿侧间隙
后桥齿轮油是否不足	加注后桥齿轮油
后桥齿轮油型号是否正确	更换后桥齿轮油
后桥通气塞是否堵塞	修理,必要时更换后桥通气塞

(7) 后桥齿轮油泄漏的检查与操作步骤如表 6-14 所示

表 6-14 后桥齿轮油泄漏的检查与操作步骤

检    查	操作
半轴油封是否损坏	更换半轴油封
主动锥齿轮油封是否损坏	更换主动锥齿轮油封
后桥齿轮油加注是否过多	调整后桥齿轮油加注量

#### 四、上汽通用凯越轿车驱动桥的构造与维修

上汽通用凯越轿车差速器齿轮分解，如图 6-60 所示。

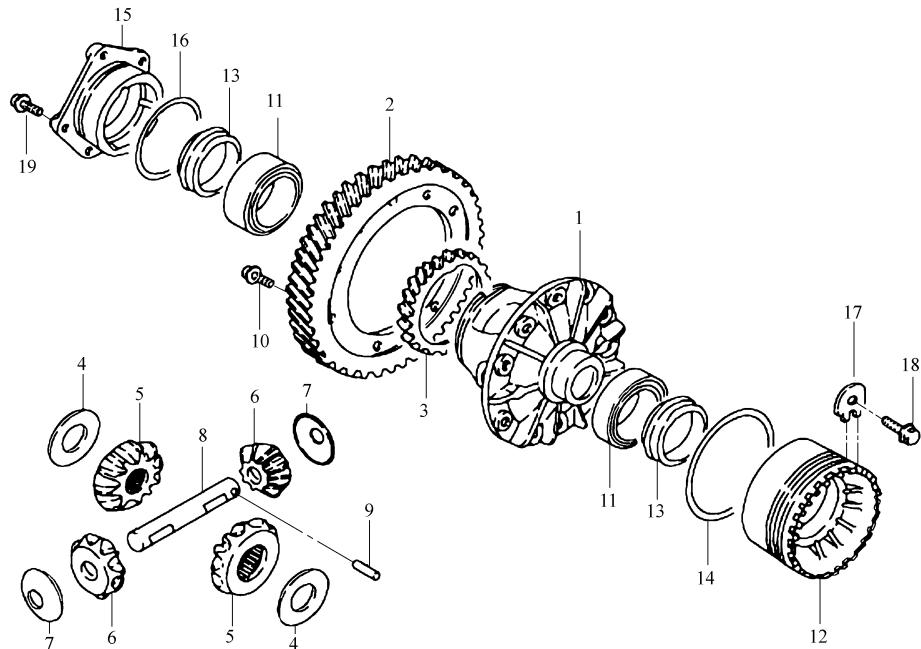


图 6-60 上汽通用凯越轿车差速器齿轮分解图

1—差速器齿轮壳体 2—差速器齿轮 3—转速表驱动齿轮 4—垫圈 5—半轴齿轮 6—差速器锥齿轮

7—锥齿轮盘 8—差速器齿轮轴 9—差速器弹簧销 10、18、19—螺栓 11—圆锥滚子轴承

12—差速器齿圈 13—轴封圈 14、16—O 形圈 15—差速器齿轮轴承凸缘 17—锁片

## 思 考 题

1. 对照实物或图片说明驱动桥的基本组成及功用。
2. 对照实物或图片说出驱动桥有哪些类型？
3. 汽车驱动桥的功用是什么？每个功用主要由驱动桥的哪部分来实现和承担？
4. 说明桑塔纳 2000GSI 轿车驱动桥的结构和工作原理。
5. 试分析为什么主减速器主动齿轮支承轴承相向布置，而从动齿轮和差速器的支承轴承却相背布置。
6. 奥迪 100 型轿车主减速器和差速器主要由哪些零件组成？试述其工作原理。结构上有什么特点？
7. 试说明行星轮式双速主减速器的工作原理。
8. 驱动桥中为什么设置差速器？对称式锥齿轮差速器中为什么左右两侧半轴齿轮的转速之和等于差速器壳转速的两倍？差速器工作时，运动和力是如何具体传递的？
9. 汽车限滑差速器大致分哪三类？具体分析转矩敏感式、转速敏感式和主动控制式各有什么特点和应用车型？
10. 摩擦片式防滑差速器和牙嵌式自由轮防滑差速器在结构上各有什么特点？其防滑的道理何在？
11. 为什么在全轮驱动的汽车上常设置轴间差速器？分析奥迪全轮驱动桥车上的托森式轴间差速器如何起差速防滑作用？锁紧系数  $K$  如何定义和确定？解释转矩比  $S$  含义？滑块凸轮式差速器是如何起到差速防滑作用的？
12. 黏性联轴（差速）器是如何起到差速作用的？它有什么特点？为什么在轿车上得到采用？具体说明差速器中硅油产生驼峰现象的原理和作用。
13. 汽车限滑差速器性能如何评价？其评价指标和方法是什么？
14. 在发动机前置前驱动桥上采用变速驱动桥传动有什么好处？发动机的纵置和横置布置对变速驱动桥传动齿轮有什么不同要求？
15. 驱动桥中各主要运动件是如何润滑的？结构上有哪些措施？
16. 驱动车轮传动装置包括哪些主要零部件？半轴和万向节各起什么作用？全浮式半轴和半浮式半轴结构上各有什么特点？半浮式半轴通常为一个轴承，那么侧向力是如何来承受和平衡的？
17. 说明主减速器的调整内容和方法。
18. 针对某常见汽车主减速器的实物或图片，实际操作或说明主减速器如何调整。
19. 对照实物和图片说明普通锥齿轮差速器在直线行驶和转向行驶时的工作原理。
20. 说明防滑差速器的基本原理。
21. 分析驱动桥过热的现象、原因及排除方法。
22. 分析驱动桥漏油的原因。

## 参 考 文 献

- [1] 陈家瑞. 汽车构造 (下册) [M]. 北京: 人民交通出版社, 2009.
- [2] 鲁明巧. 汽车构造 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2008.
- [3] 贺大松. 汽车底盘构造与维修 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2009.
- [4] 沈锦. 汽车底盘技术与检修 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [5] 于京诺. 汽车底盘及车身电控系统维修 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.

# 汽车检修 **一学通** 丛书

- 《汽车发动机机械系统的检测与维修》
- 《汽车发动机电控系统的诊断与维修》
- 《汽车发动机检修实训指导》
- 《汽车电气系统的检测与维修》
- 《汽车电气系统检修实训指导》
- 《汽车传动系统的检测与维修》
- 《汽车传动系统检修实训指导》
- 《汽车转向、行驶与制动系统的检测与维修》
- 《汽车转向、行驶与制动系统检修实训指导》
- 《汽车安全与舒适系统的诊断与维修》
- 《汽车安全与舒适系统检修实训指导》
- 《汽车拆装、调整与综合故障诊断》
- 《汽车拆装、调整与综合故障诊断实训指导》
- 《汽车车载网络的检测与维修》
- 《汽车车载网络检修实训指导》
- 《图解汽车维修英语》
- 《汽车机械基础》

地址：北京市百万庄大街**22号**  
邮政编码：**100037**

电话服务

社服务中心：010-88361066

销售一部：010-68326294

销售二部：010-88379649

读者购书热线：010-88379203

网络服务

教材网：<http://www.cmpedu.com>

机工官网：<http://www.cmpbook.com>

机工官博：<http://weibo.com/cmp1952>

封面无防伪标均为盗版

上架指导 交通运输 / 汽车维修 / 底盘维修

ISBN 978-7-111-42208-2

策划编辑◎连景岩 / 封面设计◎鞠杨

ISBN 978-7-111-42208-2



9 787111 422082 >

定价：39.90元