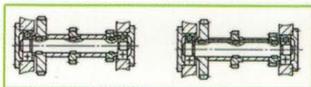


机械工人操作技术丛书

机械工人识图入门与提高

◎ 张继东 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



机械工人操作技术丛书

机械工人识图入门与提高

主编 张继东

参编 张婷婷 杨 彬 祝永旺 何智慧



机械工业出版社

本书主要介绍了识图的基础知识,正投影与三视图的知识,常见几何体的三视图,图样中的基本表示法,常见零、部件的画法,识读零件图的知识,识读装配图的知识,焊工、钣金工的识图知识,以及机构运动简图。

本书可用作企业机械工人培训,也可用于相关专业师生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械工人识图入门与提高/张继东主编. —北京:机械工业出版社, 2011.10 (2013.4 重印)

(机械工人操作技术丛书)

ISBN 978-7-111-36070-4

I. ①机… II. ①张… III. ①机械图—识别 IV. ①TH126.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第207698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:黄丽梅 责任编辑:黄丽梅 高依楠

版式设计:张世琴 责任校对:肖琳

封面设计:赵颖喆 责任印制:张楠

北京中兴印刷有限公司印刷

2013年4月第1版第2次印刷

169mm×239mm·13.75印张·263千字

标准书号:ISBN 978-7-111-36070-4

定价:29.00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 策划编辑:(010)88379782

社服务中心:(010)88361066 网络服务

销售一部:(010)68326294 门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 教材网:<http://www.cmpedu.com>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

21 世纪是高科技全面高速发展的时代，为了顺应国家对培养技术型人才的要求，满足社会对技能人才的需要，故结合与多家企业合作教学的经验，编写了本书。本书本着“实用、适用、先进”的原则和“通俗、精练、可操作”的编写风格，以机械识图专业知识和操作技能为着眼点，力求提高学习者机械识图的能力和水平，为社会提供更多的技能型人才。

在本书编写过程中我们力求体现以下基本原则：

(1) 以就业为导向，以企业需求为依据，培养学习者的实际运用能力，合理安排本书的知识和技能结构，以达到学以致用目的。

(2) 以科学性、实用性、通用性为原则，以提高学习者综合素质为基础，充分考虑对学习者的个人能力的提高。

(3) 以内容为核心，注重形式的灵活性，以便学习者接受。本书在学习内容、教学组织、学习评价等方面为学习者提供更大的空间，以满足不同的学习需要。

全书共 9 章，内容包括制图基础（制图基本知识、投影基础）、形体视图（平面立体、曲面立体、组合体）、图样画法（机械零件常用的表达方法、其他图样）、机械图样（标准件和常用件、零件图实践、装配图识读画法、焊接识图）、机构运动简图等。

由于作者水平所限，书中难免存在疏漏和不足之处，希望同行专家和读者能给予批评指正。

目 录

前言

绪论

第 1 章 识图的基础知识 4

1.1 制图的基本规定 4

1.1.1 国标 4

1.1.2 图纸幅面、图框与 标题栏 4

1.1.3 比例 6

1.1.4 字体 6

1.1.5 图线 7

1.1.6 尺寸 8

1.2 绘图的基本技能 11

1.2.1 尺规绘图的基本方法 11

1.2.2 绘制平面图形 17

第 2 章 正投影与三视图 22

2.1 投影法概述 22

2.1.1 投影法的概念 22

2.1.2 投影法的分类 23

2.1.3 正投影法的基本性质 23

2.2 三视图 24

2.2.1 三视图的形成 24

2.2.2 三视图的投影规律 26

2.2.3 三视图与六向方位的 关系 27

2.3 点、直线和平面的投影特性 27

2.3.1 点的投影 27

2.3.2 直线的投影 33

2.3.3 平面的投影 38

第 3 章 常见几何体的三视图 44

3.1 基本体的三视图 44

3.1.1 平面体 44

3.1.2 曲面体 46

3.2 切割体的三视图 51

3.2.1 概念（切割体、截平面、 截交线的性质） 51

3.2.2 平面体被切割 51

3.2.3 曲面体被切割 53

3.2.4 综合示例 58

3.3 相贯体的投影作图 59

3.3.1 概念（相贯体、 相贯线） 59

3.3.2 两个圆柱正交相贯 60

3.4 组合体的三视图 62

3.4.1 组合体的组合形式 62

3.4.2 组合体的表面连接关系 63

3.4.3 画组合体视图的方法 64

3.5 读组合体视图的方法和步骤 68

3.5.1 读图的基本要领 68

3.5.2 读图的基本方法 69

第 4 章 图样中的基本表示法 74

4.1 视图 74

4.1.1 基本视图 74

4.1.2 向视图 74

4.1.3 局部视图 75

4.1.4 斜视图 77

4.1.5 应用举例 77

4.2 剖视图 78

4.2.1 剖视图的形成、画法及 标注 78

4.2.2 剖视图的种类 81

4.2.3 剖切面的种类 84

4.3 断面图 87

4.3.1 断面图的概念及分类 87

4.3.2 移出断面图 88

4.3.3 重合断面图 88

4.4 局部放大图和简化画法	89	6.3 零件图上的尺寸	138
4.4.1 局部放大图	89	6.3.1 尺寸基准	138
4.4.2 简化画法	90	6.3.2 各种孔的简化注法 (光孔、沉孔、螺孔)	140
4.5 第三角画法简介	93	6.4 零件图上的技术要求	141
4.5.1 第三角画法与第一角 画法的区别	93	6.4.1 表面粗糙度	142
4.5.2 第三角画法的识别符号	95	6.4.2 极限与配合	144
第5章 常见零、部件的画法	97	6.4.3 形位公差简介	155
5.1 螺纹	98	6.5 零件图的识读	158
5.1.1 螺纹画法的规定	101	6.5.1 轴套类零件	158
5.1.2 螺纹在图样上的标注	103	6.5.2 轮盘类零件	160
5.2 螺纹紧固件	105	6.5.3 叉架类零件	161
5.2.1 常用螺纹紧固件的种类 和标记	105	6.5.4 箱体类零件	162
5.2.2 螺纹紧固件的联接画法	105	第7章 识读装配图	165
5.2.3 螺纹紧固件在装配图中 的简化画法	110	7.1 装配图概述	165
5.3 齿轮	111	7.2 装配图的表达方法和常见 的装配结构	165
5.3.1 圆柱齿轮的画法	111	7.2.1 装配图画法的基本规则	165
5.3.2 锥齿轮的画法	114	7.2.2 装配图的特殊画法	168
5.3.3 蜗杆、蜗轮的画法	115	7.2.3 常见的装配结构	169
5.4 键联结和销联接	117	7.3 装配图上的尺寸、零部件序号 和明细栏	172
5.4.1 键联结	117	7.3.1 装配图上的尺寸	172
5.4.2 销联接	122	7.3.2 装配图的零部件序号 和明细栏	174
5.5 弹簧	123	7.4 读装配图	176
5.6 滚动轴承	126	7.4.1 读装配图的要求	176
5.7 中心孔	129	7.4.2 读装配图的方法与步骤	176
5.7.1 中心孔的形式	129	第8章 焊工、钣金工的识图	181
5.7.2 中心孔的符号	130	8.1 电焊工的识图	181
5.7.3 中心孔的标记	131	8.1.1 焊缝的图示方法	181
5.7.4 中心孔的表示法	131	8.1.2 焊缝符号及其标注方法	181
第6章 识读零件图	132	8.1.3 焊缝的表达方法	187
6.1 零件图概述	132	8.1.4 焊接件图样	188
6.1.1 零件图与装配图的关系	132	8.1.5 识读焊接图	189
6.1.2 零件图的内容	134	8.2 钣金工的识图	191
6.2 零件上常见的工艺结构	134	8.2.1 平面立体表面的展开图	192
6.2.1 铸造工艺结构	134	8.2.2 曲面立体表面的展开图	194
6.2.2 机械加工工艺结构	136		

第 9 章 机构运动简图简介	202	9.3 机构运动简图的识读	207
9.1 构件和运动副	202	参考文献	211
9.2 机构运动简图的绘制	205		

绪 论

在建筑工程中使用的图样称为建筑图样，在机械工程中使用的图样称为机械图样。机械制图以机械图样作为研究对象，研究如何运用正投影基本原理，绘制和识读机械工程图样。

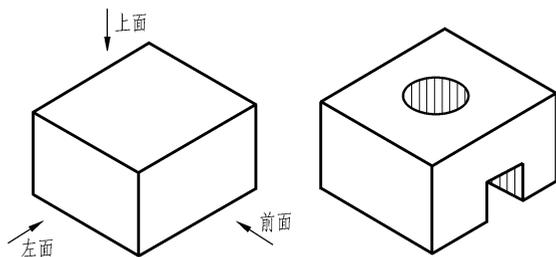
本书主要介绍识读机械工程图样，即机械识图。

1. 图样的作用

- 1) 图样是工厂组织生产、制造零件和装配机器的依据。
- 2) 图样是表达设计者设计意图的重要手段。
- 3) 图样是工程技术人员交流技术思想的重要工具，被誉为“工程界技术语言”。

2. 图样的形成

(1) 立体图 表示物体的大致形状可以用立体图。立体图是从一个方向、用一个图形来表达物体的形状。如图所示，只能看见长方体的前面、上面和左面，后面、下面和右面无法看清；而且长方体是由六个矩形面构成的，但矩形都变形为平行四边形。



如果对此长方体作进一步加工，则会发现：圆孔打得有多深以及方槽是否前后贯通在立体图中表达不清楚，而圆形也变形为椭圆形。

综上所述，立体图的缺点如下：

- 1) 发生变形。
- 2) 物体内部和后面等看不见部分的结构表达不清楚。
- 3) 没有尺寸和技术要求。

可见，立体图不能反映出物体的真实形状，所以不能直接应用在生产上。但是，立体图也有独特的优点：立体感强。因此可以作为生产图样的辅助性说明。

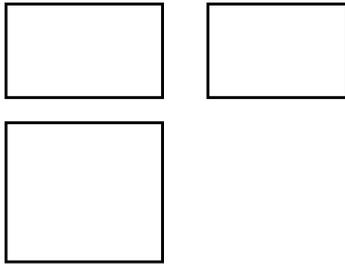
2 机械工人识图入门与提高

生产中广泛采用的图样是用正投影法绘制的。

(2) 正投影法

具体定义在后面章节介绍。简单地说，在物体后面放一张图纸，眼睛正对着图纸看物体，把看到的物体形状在图纸上反映出来。这里把平行的视线当作投影线，把图纸看作投影面，画在纸上的图形就是物体的投影，称为视图，这就是正投影法的形象说明。

一般是从三个方向对物体投影，因此得到三个图形，称为三视图。长方体的三视图如图所示。



立体图产生变形的地方，视图能正确地表达出来；立体图表达不清楚的地方，视图却能完全表达清楚，这样就能物体的真实形状完全地反映出来，如果再注上尺寸、技术要求，就构成一张完整的图样。

3. 机械识图的主要任务

- 1) 学习正确、熟练地使用绘图仪器、工具，掌握较强的绘图方法和技能。
- 2) 学习正投影法的基本原理，掌握运用正投影法表达空间物体的基本理论和方法，具有图解空间几何问题的初步能力。
- 3) 学习、贯彻在读图和画图的实践过程中，要注意逐步熟悉和掌握国家标准中的技术制图与机械制图及其他有关规定，并具有查阅有关标准及手册的能力。
- 4) 培养学生绘制（含零、部件测绘）和阅读中等复杂程度的零件图和装配图的能力。

5) 培养学生严肃认真的工作态度和严谨细致的工作作风。

4. 机械识图的学习方法

1) 在学习本课程时，除了通过听课和复习，掌握基本理论、基本知识和基本方法以外，还要结合生产实际完成一系列的制图作业，进行将空间物体表达成平面图形，再由平面图形想象空间物体的反复训练，掌握空间物体和平面图形的转化规律，并逐步培养空间想象力。

2) 正确处理读图和画图的关系。对于从事机械制造工作的人员，正确地读

懂图样是非常重要的，而绘制图样也是同样重要的，画图可以加深对制图规律和内容的理解，从而能够提高读图能力。同样，只有对图样理解得好，才能又快又好地将其画出。

3) 在读图和画图的实践过程中，要注意逐步熟悉和掌握国家标准中的技术制图与机械制图及其他有关规定，在学习中应注意养成认真负责、耐心细致、一丝不苟的优良作风。

第 1 章 识图的基础知识

1.1 制图的基本规定

1.1.1 国标

图样是现代工业生产中最基本的技术文件。为了正确地绘制和识读机械图样，必须熟悉和掌握有关标准规定。我国于 1959 年制定了“机械制图”系列国家标准，随着技术的发展，“技术制图”和“机械制图”系列国家标准也经过了多次修订。“技术制图”和“机械制图”系列国家标准是工程界重要的技术基础标准，是绘制和识读机械图样的准则和依据。

我国国家标准（简称国标）的代号是“GB”（“GB/T”为推荐性国标），它是由“国标”两字的汉语拼音的第一个子母“G”和“B”组成的，例如《GB/T 17451—1998 技术制图 图样画法 视图》即表示技术制图标准中图样画法的视图部分，发布顺序号为 17451，发布的年号是 1998 年。需要注意的是，“机械制图”标准适用于机械图样，“技术制图”标准则对工程界的各种专业技术图样普遍适用。

1.1.2 图纸幅面、图框与标题栏

为了便于图样的绘制、使用和保管，图样均应画在规定幅面和格式的图纸上。

1. 图纸幅面

图纸幅面是指图纸大小，规定有 A0、A1、A2、A3、A4 五种，其基本幅面与尺寸见表 1-1。A0 最大，按图纸长边对折裁开，就是两张小一号的图纸（如一张 A0 图纸裁开得两张 A1 图纸）。

表 1-1 基本幅面及尺寸 (单位: mm)

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
宽×长 ($B\times L$)	841×1189	594×841	420×594	210×420	210×297
a	25				
c	10			5	
e	20		10		

注： a 、 c 、 e 见图 1-1、图 1-2。

2. 图纸格式

如图 1-1、图 1-2 所示。

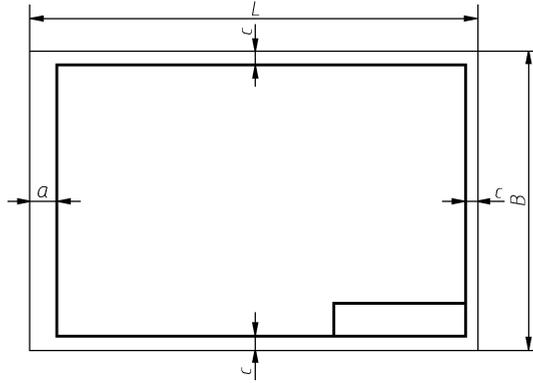


图 1-1 图纸格式

3. 标题栏的位置和格式

标题栏是由名称、代号区、签字区、更改区和其他区域组成的栏目。

标题栏的位置一般在图框的右下角，底边与下图框线重合，右边与右图框线重合。看图的方向应与标题栏的方向一致，如图 1-2 所示。学校的制图作业中建议采用如图 1-3 所示的格式。

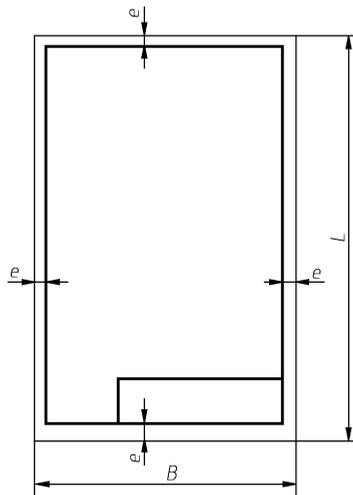


图 1-2 标题栏的位置

6 机械工人识图入门与提高

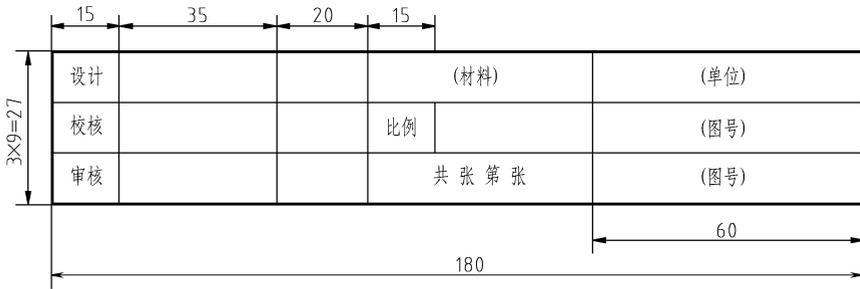


图 1-3 标题栏的格式

1.1.3 比例

比例是指图样中机件要素的线性尺寸与实际机件相应要素的线性尺寸之比，它强调：

- 1) 比例规范化，不可随意确定，应在表 1-2 规定的系列中选取。

表 1-2 绘图比例

原值比例	1 : 1				
放大比例	2 : 1	5 : 1	$1 \times 10^n : 1$	$2 : 10^n : 1$	$5 \times 10^n : 1$
	(2.5 : 1)	(4 : 1)	($2.5 \times 10^n : 1$)	($4 \times 10^n : 1$)	
缩小比例	2 : 1	1 : 5	$1 : 1 \times 10^n$	$1 : 2 \times 10^n$	$1 : 5 \times 10^n$
	(1 : 1.5)	(1 : 2.5)	(1 : 3)	(1 : 4)	(1 : 6)
	($1 : 1.5 \times 10^n$)	($1 : 2.5 \times 10^n$)	($1 : 3 \times 10^n$)	($1 : 4 \times 10^n$)	($1 : 6 \times 10^n$)

- 2) 画图时应尽量采用 1 : 1 的比例（即原值比例）画图，以便直接从图样中看出机件的真实大小。

- 3) 图样不论放大或缩小，图样上标注的尺寸均为机件的实际大小，而与采用的比例无关。

- 4) 绘制同一机件的各个视图应采用相同的比例，并在标题栏的比例栏中填写。

1.1.4 字体

机械制图中的字体有汉字、数字和字母。书写字体必须做到：字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐。

字体用字号 h 表示高度，其公称尺寸系列有 1.8、2.5、3.5、5、7、10、14、20（单位均为 mm）。

图样中的汉字应采用长仿宋体，要求汉字高度不小于 3.5 mm，长仿宋体汉字书写的特点：横平竖直、起落有锋、粗细一致、结构匀称。

示例:

横平竖直 起落有锋 结构匀称 填满方格

技术制图机械电子汽车航空船舶土木建筑矿山港口纺织服装

在图样中,字母和数字可写成斜体或直体,斜体字字头向右倾斜,与水平基准线 75° 。字母和数字分A型和B型:A型的笔画宽为字高的 $1/14$;B型的笔画宽为字高的 $1/10$ 。在同一图样上只允许选用一种形式,建议采用B型字体。

示例:

字母大写斜体

ABCDEFGH

数字斜体

0123456789

字母小写斜体

abcdefghijk

1.1.5 图线

图线按宽度分粗、细两种。粗线的宽度 b 应按照图的大小及复杂程度,在 $0.5\sim 2\text{mm}$ 之间选择,细线的宽度约为 $b/2$ 。

图线宽度的推荐系列为:0.18、0.25、0.35、0.5、0.7、1、1.4、2(单位均为mm)。制图作业中一般选择0.7mm为宜。同一图样中,同类图线的宽度应基本一致。

常用线型有8种,其画法参照表1-3。

表 1-3 线型名称及画法

线型名称	图线型式
实线	
细虚线	
点画线	
双点画线	
双折线	
波浪线	

8 机械工人识图入门与提高

几种主要线型一般应用如下：

- 1) 粗实线：可见轮廓线、相贯线、螺纹牙顶线、齿顶线等。
- 2) 细实线：尺寸线、尺寸界线、剖面线、指引线、辅助线等。
- 3) 虚线：不可见轮廓线。

注意：参照图 1-4。

① 虚线的每个线段长度和间隔应大致相等。

② 当虚线成为实线的延长线时，在虚、实线的连接处，虚线应留出空隙。

③ 虚线以及其他图线相交时，都应在线段处相交，不应在空隙处相交。

4) 细点画线：轴线、对称中心线、齿轮分度圆线等。

注意：参照图 1-5。

① 细点画线的每个线段长度和间隔应大致相等。

② 细点画线和双点画线中的“点”应画成约 1mm 的短画，细点画线的首尾两端应是线段而不是短画。

③ 细点画线，应超出轮廓线 2~5mm。

④ 细点画线与其他图线相交时，都应在线段处相交，不应在短画处相交。

⑤ 在绘制圆形时，必须作出两条互相垂直的细点画线，作为圆的对称中心线，线段的交点应为圆心。

⑥ 在较小的圆形上绘制细点画线有困难时，可用细实线代替。

5) 波浪线：断裂处边界线、剖视图和视图的分界线等。

6) 双折线：断裂处边界线、视图和剖视图的分界线。

7) 粗点画线：限定范围表示线等。

8) 细双点画线：相邻辅助零件轮廓线、极限轮廓线、剖切面前的结构轮廓线等。

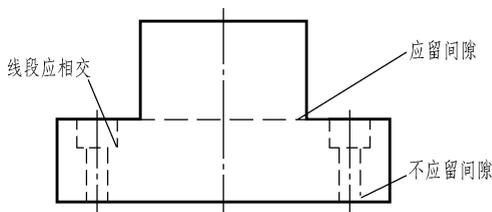


图 1-4 虚线的画法

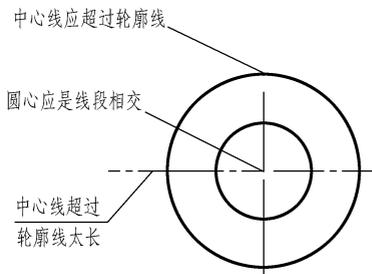


图 1-5 细点画线的画法

1.1.6 尺寸

1. 尺寸标注的基本规则

1) 机件的真实大小应以图样上所注的尺寸数值为依据，与图形的大小及绘

图的准确度无关。

2) 图样中(包括技术要求和其他说明)的尺寸,一般以毫米为单位。以毫米为单位时,不注计量单位的代号或名称,如采用其他单位,则必须注明相应的计量单位的代号或名称。

3) 图样中所标注的尺寸,为该图样所表示机件的最后完工尺寸,否则应另加说明。

4) 机件的每一尺寸,一般只标注一次,并应标注在反映该结构最清晰的图形上。为了便于图样的绘制、使用和保管,图样均应以规定格式画在规定的幅面上。

2. 标注尺寸的基本规定

完整的尺寸标注包含下列四个要素:尺寸界线、尺寸线、尺寸数字和终端(箭头),具体如图1-6所示。

(1) 尺寸界线 表示所注尺寸的起始和终止位置,用细实线绘制。

它由图形的轮廓线、轴线或对称中心线处引出。也可利用轮廓线、轴线或对称中心线本身作尺寸界线。

强调:尺寸界线一般应与尺寸线垂直,必要时允许与尺寸线成适当的角度;尺寸界线超出尺寸线2mm左右。

(2) 尺寸线 表示所注尺寸的范围,用细实线绘制。

尺寸线不能用其他图线代替,不得与其他图线重合或画在其延长线上,并应尽量避免尺寸线之间及尺寸线与尺寸界线相交。

标注线性尺寸时,尺寸线必须与所标注的线段平行,相互平行的尺寸线小尺寸在内,大尺寸在外,依次排列整齐。并且各尺寸线的间距要均匀,间隔应大于7mm,以便注写尺寸数字和有关符号。

(3) 尺寸线终端 尺寸线终端有两种形式:箭头和细斜线。机械图样一般用箭头形式,箭头尖端与尺寸界线接触,不得超出也不得离开,如图1-7所示。

当尺寸线太短,没有足够的位置画箭头时,允许将箭头画在尺寸线外边;标注连续的小尺寸时可用圆点代替箭头,如图

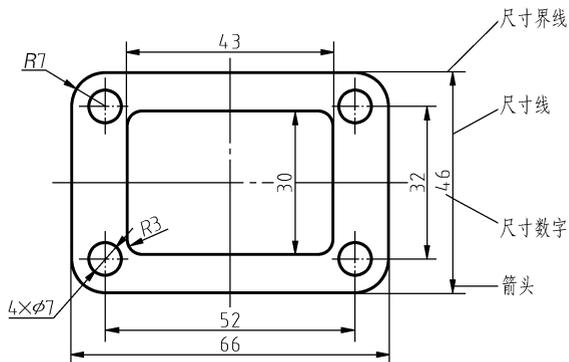


图1-6 尺寸的组

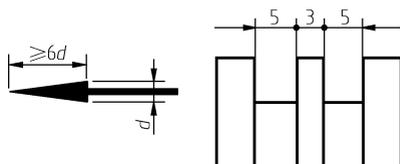


图1-7 尺寸线箭头

1-7 所示。

(4) 尺寸数字 尺寸数字表示所注尺寸的数值。

强调：

1) 线性尺寸的数字一般应写在尺寸线的上方、左方或尺寸线的中断处，位置不够时，也可以引出标注。

2) 尺寸数字不能被任何图线通过，否则必须将该图线断开。

3) 在同一张图上基本尺寸的字高要一致，一般采用 3.5 号字，不能根据数值的大小而改变。

3. 常用尺寸的标注方法

(1) 线性尺寸的标注 线性尺寸的数字应按图 1-8a 所示的方向填写，图示 30° 范围内，应按图 1-8b 形式标注。尺寸数字一般应写在尺寸线的上方，当尺寸线为垂直方向时，应注写在尺寸线的左方，也允许注写在尺寸线的中断处，如图 1-8c 所示。狭小部位的尺寸数字按图 1-8d 所示方式注写。

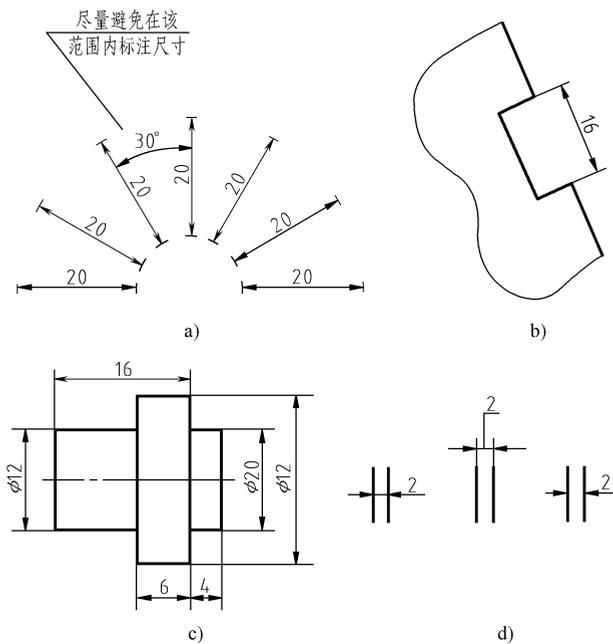


图 1-8 线性尺寸标注示例

(2) 角度尺寸的标注 角度的尺寸界线应沿径向引出，尺寸线是以角的顶点为圆心画出的圆弧线。角度的数字应水平书写，一般注写在尺寸线的中断处，必要时也可写在尺寸线的上方或外侧。角度较小时也可以用指引线引出标注。角度尺寸必须注出单位，如图 1-9 所示。

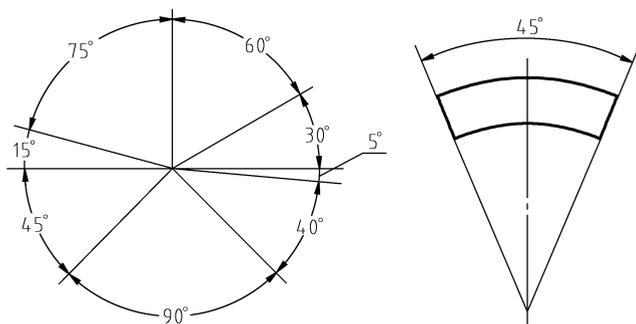


图 1-9 角度尺寸标注示例

(3) 圆和圆弧尺寸的标注 标注圆及圆弧的尺寸时，一般可将轮廓线作为尺寸界线，尺寸线或其延长线要通过圆心。大于半圆的圆弧标注直径，在尺寸数字前加注符号“ ϕ ”。小于和等于半圆的圆弧标注半径，在尺寸数字前加注符号“ R ”。没有足够的空位时，尺寸数字也可写在尺寸界线的外侧或引出标注。圆和圆弧的小尺寸的标注如图 1-10 所示。

(4) 球体尺寸的标注 圆球在尺寸数字前加注符号“ $S\phi$ ”，半球在尺寸数字前加注符号“ SR ”。标注如图 1-11 所示。

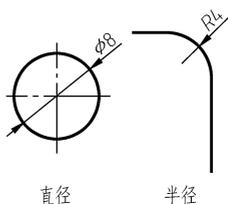


图 1-10 圆和圆弧尺寸的标注

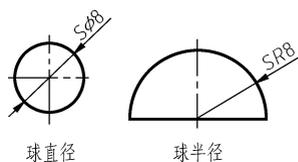


图 1-11 球体尺寸的标注

1.2 绘图的基本技能

1.2.1 尺规绘图的基本方法

1. 等分线段

1) 过已知线段的一个端点，画任意角度的直线，并用分规自线段的起点量取 n 个线段。

2) 将等分的最末点与已知线段的另一端点相连。

3) 过各等分点作该线的平行线与已知线段相交即得到等分点，即推画平行

线法。如图 1-12 所示。

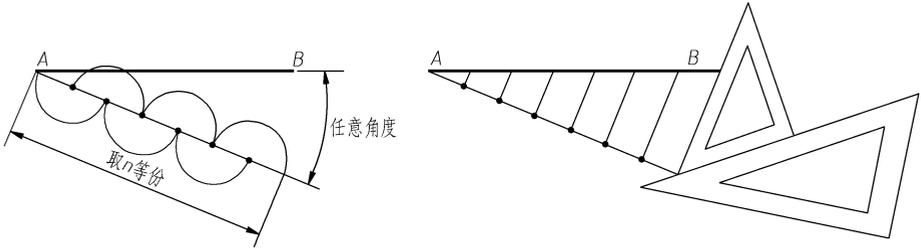


图 1-12 等分直线段

2. 等分圆作正多边形

(1) 正五边形 方法：

1) 作 OA 的中点 M ，如图 1-13a 所示。

2) 以 M 点为圆心， $M1$ 为半径作弧，交水平直径于 K 点。如图 1-13b 所示。

3) 以 $1K$ 为边长，将圆周五等分，即可作出圆内接正五边形，如图 1-13c 所示。

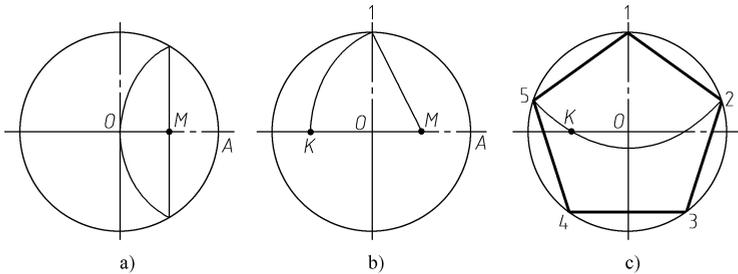


图 1-13 正五边形画法

(2) 正六边形 分为用圆规作图和用三角板作图两种方法。

方法一：用圆规作图

分别以已知圆在水平直径上的两处交点 A 、 B 为圆心，以 $R = D/2$ 作圆弧，与圆交于 C 、 D 、 E 、 F 点，依次连接 A 、 B 、 C 、 D 、 E 、 F 点即得圆内接正六边形，如图 1-14a 所示。

方法二：用三角板作图

以 60° 三角板配合丁字尺作平行线，画出四条斜边，再以丁字尺作上、下水平边，即得圆内接正六边形，如图 1-14b 所示。

(3) 正 n 边形 以正七边形为例进行说明。

(3) 画法 如图 1-16 所示。

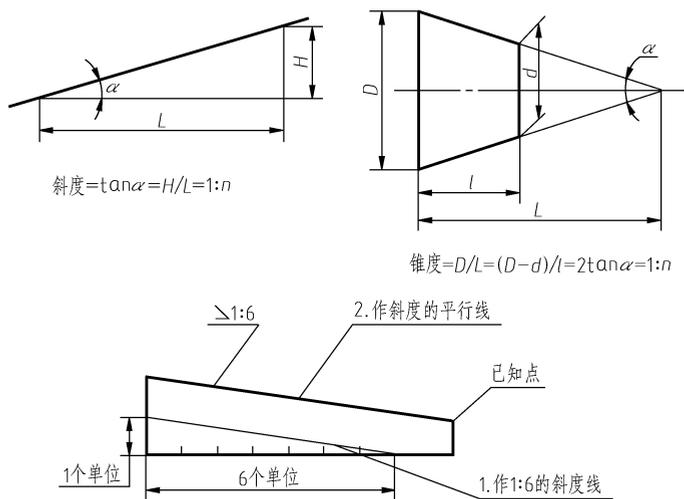


图 1-16 斜度、锥度的画法

4. 近似椭圆

椭圆常用画法有同心圆法和四心圆弧法两种：

(1) 同心圆法 如图 1-17a 所示，以 AB 和 CD 为直径画同心圆，然后过圆心作一系列直径与两圆相交。由各交点分别作与长轴、短轴平行的直线，即可相应找到椭圆上各点。最后，光滑连接各点即可。

(2) 椭圆的近似画法（四心圆弧法） 如图 1-17b 所示。

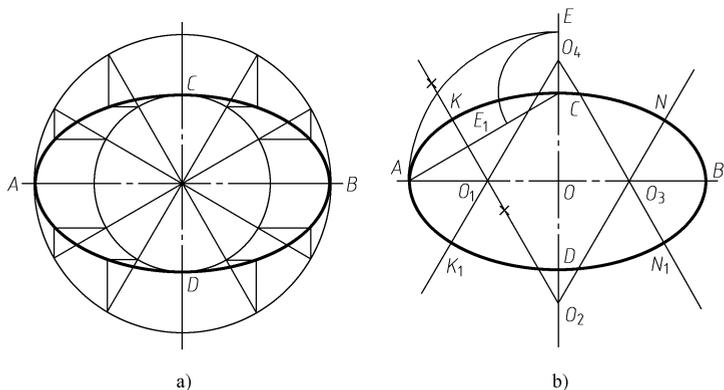


图 1-17 椭圆的画法

a) 同心圆法 b) 四心圆弧法

已知椭圆的长轴 AB 与短轴 CD ：

- 1) 连 AC ，以 O 为圆心， OA 为半径画圆弧，交 CD 延长线于 E 。
- 2) 以 C 为圆心， CE 为半径画圆弧，截 AC 于 E_1 。
- 3) 作 AE_1 的中垂线，交长轴于 O_1 ，交短轴于 O_2 ，并找出 O_1 和 O_2 的对称点 O_3 和 O_4 。
- 4) 把 O_1 与 O_2 、 O_2 与 O_3 、 O_3 与 O_4 、 O_4 与 O_1 分别连直线。
- 5) 以 O_1 、 O_3 为圆心， O_1A 为半径； O_2 、 O_4 为圆心， O_2C 为半径，分别画圆弧到连心线， K 、 K_1 、 N_1 、 N 为连接点即可。

5. 圆弧连接

(1) 圆弧连接作图的基本步骤 首先求作连接圆弧的圆心，它应满足到两被连接线段的距离均为连接圆弧的半径的条件；然后找出连接点，即连接圆弧与被连接线段的切点；最后在两连接点之间画连接圆弧。

已知条件：已知连接圆弧的半径。

实质：就是使连接圆弧和被连接的直线或被连接的圆弧相切。

关键：找出连接圆弧的圆心和连接点（即切点）。

(2) 直线间的圆弧连接 作图法归纳为三点：如图 1-18 所示。

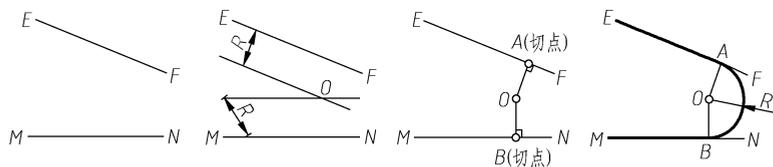


图 1-18 直线间的圆弧连接

1) 定距：作与两已知直线分别相距为 R （连接圆弧的半径）的平行线。两平行线的交点 O 即为圆心。

2) 定连接点（切点）：从圆心 O 向两已知直线作垂线，垂足即为连接点（切点）。

3) 以 O 为圆心，以 R 为半径，在两连接点（切点）之间画弧。

(3) 圆弧间的圆弧连接

1) 连接圆弧的圆心和连接点的求法。

作图法归纳为三点（如图 1-19 所示）：

① 用算术法求圆心：根据已知圆弧的半径 R 和连接圆弧的半径 r ，计算出连接圆弧的圆心轨迹线圆弧的半径 R_1 或 R_2 ：

外切时： $R_1 = R + r$ ；

内切时： $R_2 = R - r$ 。

② 用连心线法求连接点（切点）

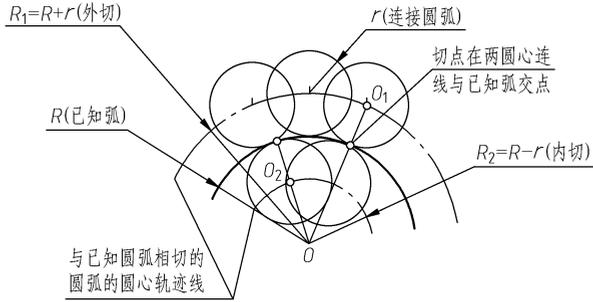


图 1-19 算术法求圆心

外切时：连接点在已知圆弧和圆心轨迹线圆弧的圆心连线上；

内切时：连接点在已知圆弧和圆心轨迹线圆弧的圆心连线的延长线上。

③ 以 O 为圆心，以 r 为半径，在两连接点（切点）之间画弧。

2) 圆弧间的圆弧连接的两种形式。

① 外连接：连接圆弧和已知圆弧的弧向相反（外切），如图 1-20a 所示。

② 内连接：连接圆弧和已知圆弧的弧向相同（内切），如图 1-20b 所示。

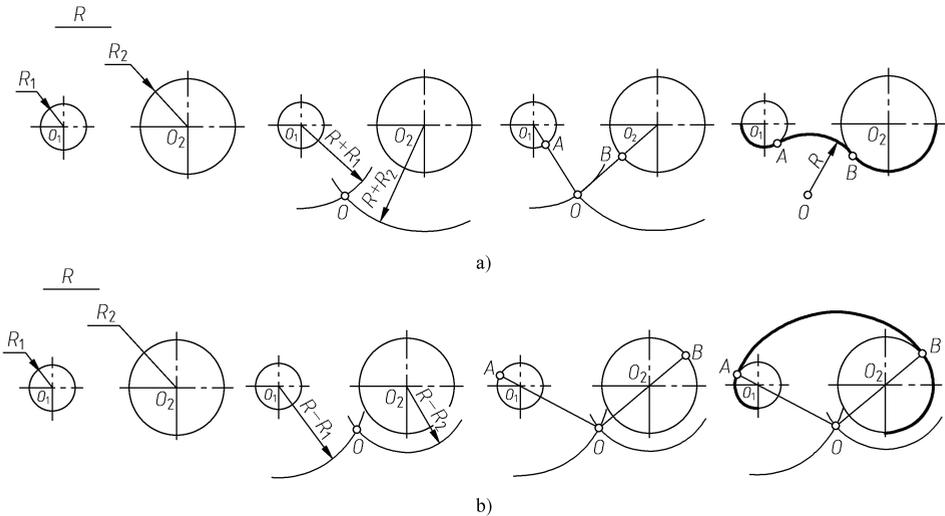


图 1-20

(4) 作与已知圆相切的直线 与圆相切的直线，垂直于该圆心与切点的连线。因此，利用三角板的两直角边，便可作圆的切线，如图 1-21a、b 所示；作两圆的公切线如图 1-21c 所示。

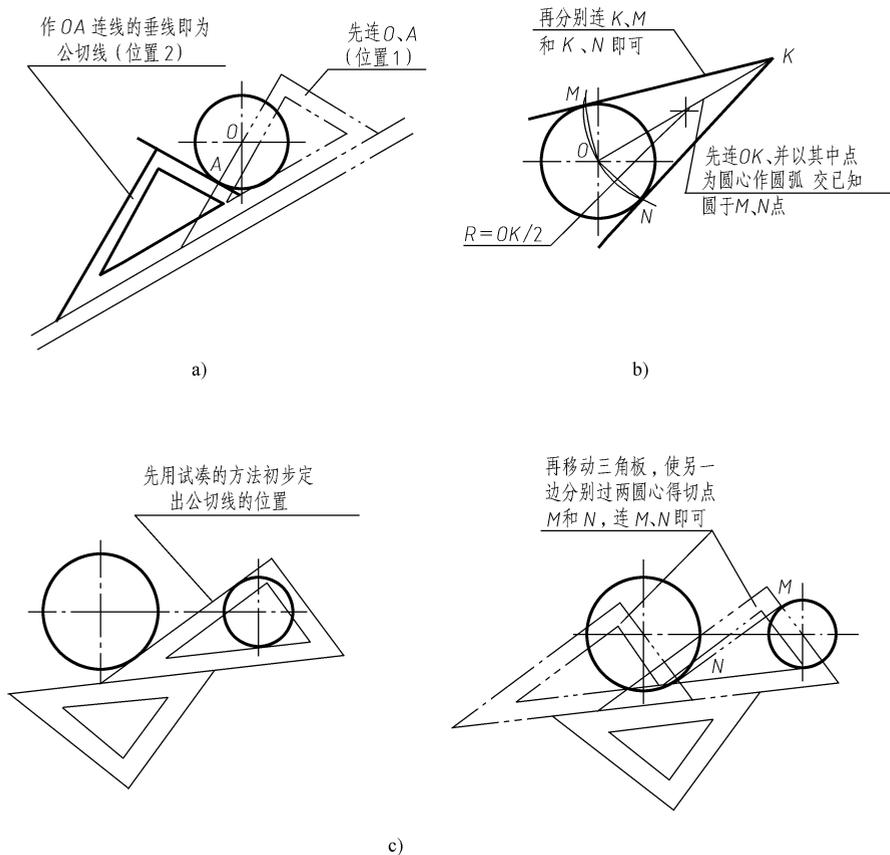


图 1-21 作圆的切线

1.2.2 绘制平面图形

1. 平面图形的尺寸分析

(1) 定形尺寸 定形尺寸是指确定平面图形上几何元素形状大小的尺寸, 如图 1-22 所示中的 $\phi 12$ 、 $R13$ 、 $R26$ 、 $R7$ 、 $R8$ 、 48 和 10 。一般情况下确定几何图形所需定形尺寸的个数是一定的, 如直线的定形尺寸是长度, 圆的定形尺寸是直径, 圆弧的定形尺寸是半径, 正多边形的定形尺寸是边长, 矩形

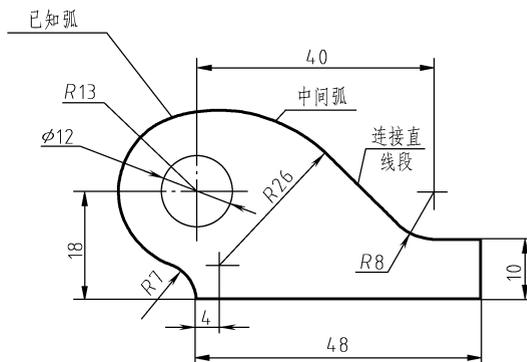


图 1-22 平面图形

的定形尺寸是长和宽两个尺寸等。

(2) 定位尺寸 定位尺寸是指确定各几何元素相对位置的尺寸,如图 1-22 中的 18、40。确定平面图形位置需要两个方向的定位尺寸,即水平方向和垂直方向,也可以以极坐标的形式定位,即半径加角度。

(3) 尺寸基准 任意两个平面图形之间必然存在着相对位置,就是说必有一个是参照的,由此引出基准这个概念,介绍基准时可联系直角坐标系的坐标轴来讲解。

标注尺寸的起点称为尺寸基准,简称基准。平面图形尺寸有水平和垂直两个方向(相当于坐标轴 x 方向和 y 方向),因此基准也必须从水平和垂直两个方向考虑。平面图形中尺寸基准是点或线。常用的点基准有圆心、球心、多边形中心点、角点等,线基准往往是图形的对称中心线或图形中的边线。

2. 线段分析

根据定形、定位尺寸是否齐全,可以将平面图形中的图线分为以下三大类:

(1) 已知线段 定形、定位尺寸齐全的线段。

作图时该类线段可以直接根据尺寸作图,如图 1-22 中的 $\phi 12$ 的圆、 $R13$ 的圆弧、48 和 10 的直线均属已知线段。

(2) 中间线段 只有定形尺寸和一个定位尺寸的线段。

作图时必须根据该线段与相邻已知线段的几何关系,通过几何作图的方法求出,如图 1-22 中的 $R26$ 和 $R8$ 两段圆弧。

(3) 连接线段 只有定形尺寸没有定位尺寸的线段。其定位尺寸需根据与线段相邻的两线段的几何关系,通过几何作图的方法求出,如图 1-22 中的 $R7$ 圆弧段、 $R26$ 和 $R8$ 间的连接直线段。

在两条已知线段之间,可以有多条中间线段,但必须而且只能有一条连接线段。否则,尺寸将出现缺少或多余。

3. 平面图形的画图步骤

以图 1-23 所示的平面图形为例,对平面图形的画图步骤作以下总结:

- 1) 根据图形大小选择比例及图纸幅面。
- 2) 分析平面图形中哪些是已知线段,哪些是连接线段,以及所给定的连接条件。
- 3) 根据各组成部分的尺寸关系确定作图基准、定位线。
- 4) 依次画已知线段、中间线段和连接线段。

5) 将图线加粗加深。

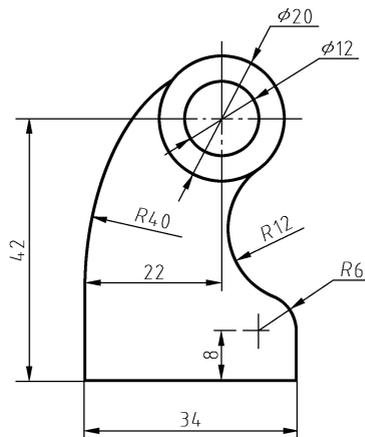


图 1-23 平面图形

6) 标注尺寸。

4. 平面图形的尺寸注法

平面图形中标注的尺寸，必须能唯一地确定图形的形状和大小，不遗漏、不多余地标注出确定各线段的相对位置及其大小的尺寸。

(1) 标注尺寸的方法和步骤

- 1) 先选择水平和垂直方向的基准线。
- 2) 确定图形中各线段的性质。
- 3) 按已知线段、中间线段、连接线段的次序逐个标注尺寸。

(2) 参照图 1-24 所示的平面图形进行分析

1) 分析图形。确定基准图形由外线框、内线框和两个小圆构成。整个图形左右是对称的，所以选择对称中心线为水平方向基准。垂直方向基准选两个小圆的中心线。

2) 标注定形尺寸。外线框需注出 $R12$ 和两个 $R20$ 以及 $R15$ ；内线框需注出 $R8$ ，两个小圆要注出 $2 \times \phi 12$ 。

3) 标注定位尺寸。左右两个圆心的定位尺寸 65 ，上下两个半圆的圆心定位尺寸 5 和 10 。

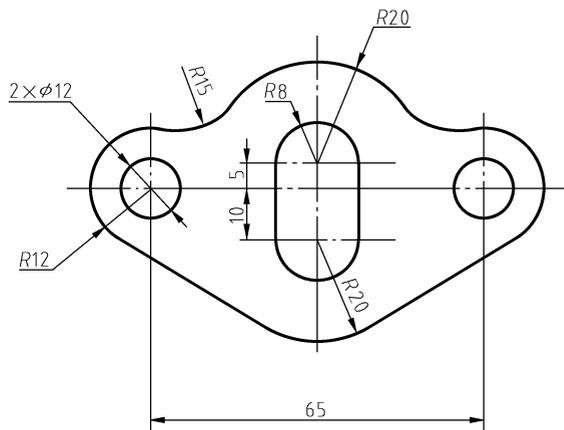


图 1-24 平面图形的尺寸标注

5. 绘图的基本方法

(1) 仪器绘图

1) 准备工作：

- ① 阅读必要的参考资料，对所画图形的内容与要求进行了解。
- ② 准备好必要的制图工具，将铅笔与圆规内的铅笔芯削好。用清洁软布将图板、丁字尺、三角板擦干净，把手洗干净，以免弄脏图纸。

2) 选定图幅：确定比例，布置图形，使图形在图纸上的位置和大小适中，各图形间应留有适当空隙及标注尺寸的位置。

3) 固定图纸：用胶带纸将图纸固定在图板上。

4) 画底稿：

- ① 画图框及标题栏。
- ② 先画图形的基准线、对称线、中心线及有关定位尺寸线，再根据定形尺寸画主要轮廓线，然后由大到小，由整体到局部，画出其他所有图线。

5) 检查并清理底稿, 加深图形和标注尺寸等。加深按照先细后粗, 先曲线后直线, 先图形后尺寸, 先图线后符号、文字的顺序, 从上到下, 从左到右进行。

6) 全面检查图样: 图线及连接处要整齐、准确光滑。图线画错或画坏时, 可用擦图片控制擦线范围, 然后用橡皮顺图线擦干净。

(2) 徒手绘图 依靠目测来估计物体各部分的尺寸比例、徒手绘制的图样称为草图。在设计、测绘、修配机器时, 都要绘制草图, 所以徒手绘图是和使用仪器绘图同样重要的绘图技能。

绘制草图时使用软一些的铅笔(如 HB、B 或者 2B), 铅笔削长一些, 铅芯呈圆形, 粗细各一支, 分别用于绘制粗、细线。画草图时, 可以用有方格的专用草图纸, 或者在白纸下面垫一张有格子的纸, 以便控制图线的平直和图形的大小。

1) 直线的画法。画直线时, 可先标出直线的两端点, 在两点之间先画一些短线, 再连成一条直线。运笔时手腕要灵活, 目光应注视线的端点, 不可只盯着笔尖。

画水平线应自左至右画出; 垂直线自上而下画出; 斜线斜度较大时可自左向右下或自右向左下画出, 如图 1-25 所示。

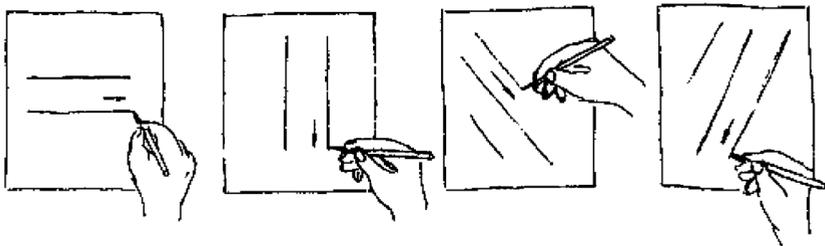


图 1-25 徒手绘图直线

2) 圆的画法。画圆时, 应先画中心线。较小的圆在中心线上定出半径的四个端点, 过这四个端点画圆。稍大的圆可以过圆心再作两条斜线, 再在各线上定半径长度, 然后过这八个点画圆。圆的直径很大时, 可以用手作圆规, 以小指支撑于圆心, 使铅笔与小指的距离等于圆的半径, 笔尖接触纸面不动, 转动图纸, 即可得到所需的大圆。也可在一纸条上作出半径长度的记号, 使其一端置于圆心, 另一端置于铅笔, 旋转纸条, 便可以画出所需圆, 如图 1-26 所示。

3) 徒手绘制平面图形。徒手绘制平面图形时, 也和使用尺、规作图时一样, 要进行图形的尺寸分析和线段分析, 先画已知线段, 再画中间线段, 最后画连接线段。在方格纸上画平面图形时, 主要轮廓线和定位中心线应尽可能利用方格纸上的线条, 图形各部分之间的比例可按方格纸上的格数来确定。图 1-27 为徒手

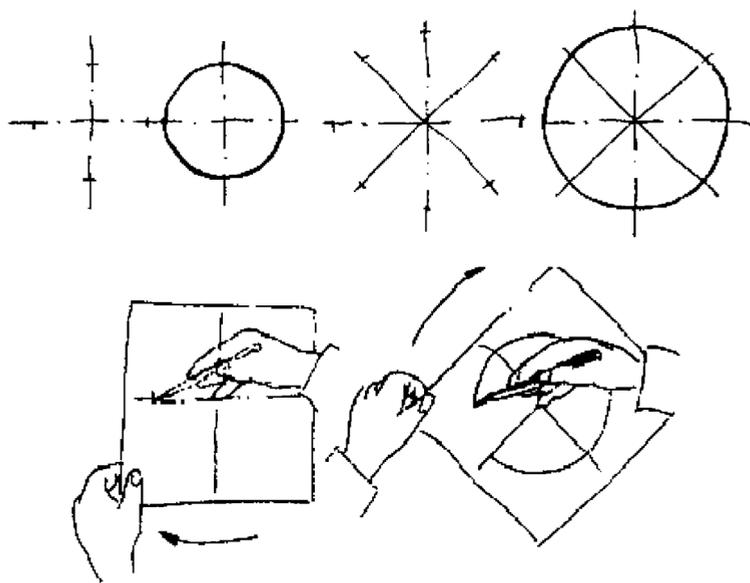


图 1-26 徒手绘制圆形

在方格纸上画平面图形的示例。

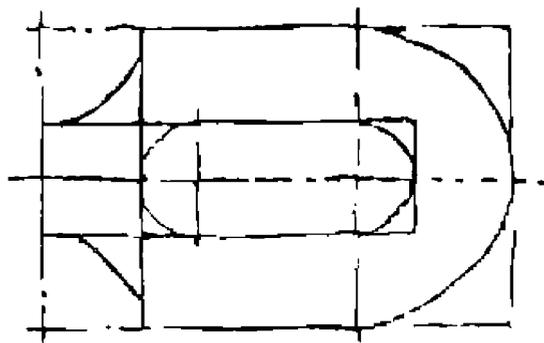


图 1-27 徒手绘制平面图形

第 2 章 正投影与三视图

2.1 投影法概述

2.1.1 投影法的概念

举例：在日常生活中，人们看到太阳光或灯光照射物体时，在地面或墙壁上出现物体的影子，这就是一种投影现象。我们把光线称为投影线（或叫投影线），地面或墙壁称为投影面，影子称为物体在投影面上的投影。

下面进一步从几何观点来分析投影的形成。设空间有一定点 S 和任一点 A ，以及不通过点 S 和点 A 的平面 P ，如图 2-1 所示，从点 S 经过点 A 作直线 SA ，直线 SA 必然与平面 P 相交于一点 a ，则称点 a 为空间任一点 A 在平面 P 上的投影，称点 S 为投影中心，称平面 P 为投影面，称直线 SA 为投影线。据此，要作出空间物体在投影面上的投影，其实质就是通过物体上的点、线、面作一系列的投影线与投影面的交点，并根据物体上的线、面关系，对交点进行恰当的连线。

如图 2-2 所示，作 $\triangle ABC$ 在投影面 P 上的投影。先自点 S 过点 A 、 B 、 C 分别作直线 SA 、 SB 、 SC 与投影面 P 的交点 a 、 b 、 c ，再过点 a 、 b 、 c 作直线，连成 $\triangle abc$ ， $\triangle abc$ 即为空间的 $\triangle ABC$ 在投影面 P 上的投影。

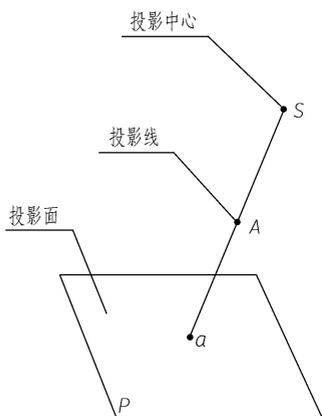


图 2-1 投影法的概念

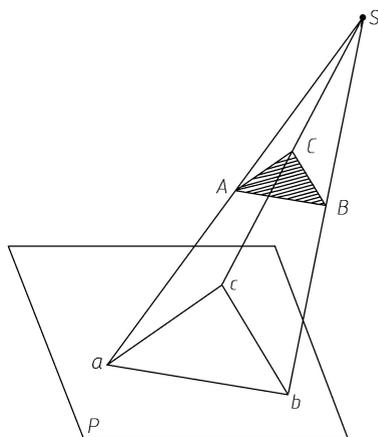


图 2-2 中心投影法

上述这种用投射射线（投影线）通过物体，向选定的面投影，并在该面上得到图形的方法称为投影法。

2.1.2 投影法的分类

1. 中心投影法

投影中心距离投影面在有限远的地方，投影时投影线汇交于投影中心的投影法称为中心投影法，见图 2-2。

缺点：中心投影不能真实地反映物体的形状和大小，不适用于绘制机械图样。

优点：有立体感，工程上常用这种方法绘制建筑物的透视图。

2. 平行投影法

投影中心距离投影面在无限远的地方，投影时投影线都相互平行的投影法称为平行投影法，如图 2-3 所示。

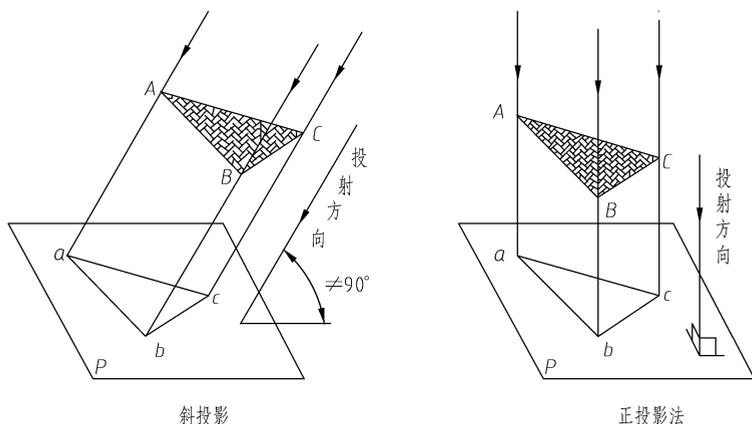


图 2-3 平行投影法

根据投影线与投影面是否垂直，平行投影法又可以分为两种：

- 1) 斜投影法——投影线与投影面相倾斜的平行投影法。
- 2) 正投影法——投影线与投影面相垂直的平行投影法。

正投影法优点：能够表达物体的真实形状和大小，作图方法也较简单，所以广泛用于绘制机械图样。

2.1.3 正投影法的基本性质

1. 真实性

当直线、曲线或平面平行于投影面时，直线或曲线的投影反映实长，平面的

投影反映真实形状（图 2-4a）。

2. 积聚性

当直线、曲线或平面平行于投影面时，直线的投影积聚成一点，平面或曲面的投影积聚成直线或曲线（图 2-4b）。

3. 类似性

当直线、曲线或平面倾斜于投影面时，直线或曲线的投影仍为直线或曲线，但小于实长。平面图形的投影小于真实图形的大小，且与后者类似。像这种原形与投影不相等也不相似，但两者边数、凹凸、曲直及平行关系不变的性质称为类似性（图 2-4c）。

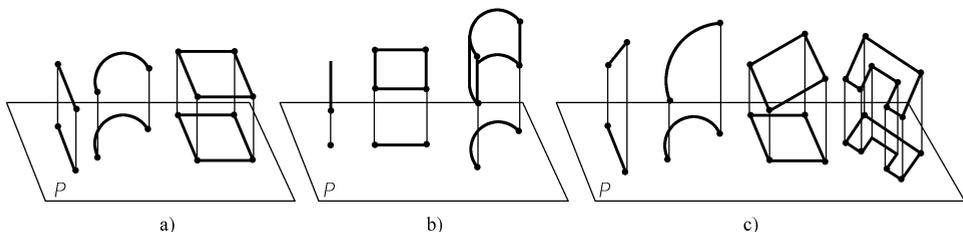


图 2-4 正投影法的基本特性

2.2 三视图

2.2.1 三视图的形成

在机械制图中，通常假设人的视线为一组平行且垂直于投影面的投影线，这样在投影面上所得到的正投影称为视图。

一般情况下，一个视图不能确定物体的形状，如图 2-5 所示，两个形状不同的物体，它们在投影面上的投影都相同。因此，要反映物体的完整形状，必须增加由不同投影方向所得到的几个视图，互相补充，才能将物体表达清楚。工程上常用的是三视图。

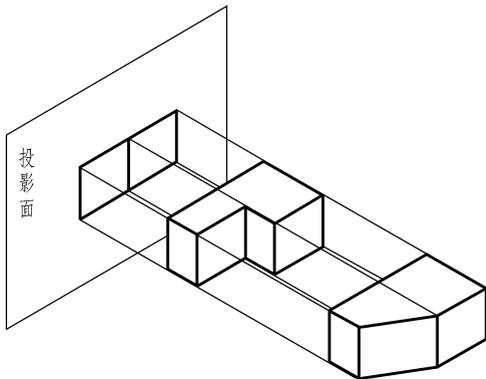


图 2-5 一个视图不能确定物体的形状

1. 三投影面体系的建立

三投影面体系由三个互相垂

直的投影面所组成，如图 2-6 所示。

在三投影面体系中，三个投影面如下：

正立投影面：简称为正面，用 V 表示；

水平投影面：简称为水平面，用 H 表示；

侧立投影面：简称为侧面，用 W 表示。

三个投影面的相互交线，称为投影轴：

OX 轴：是 V 面和 H 面的交线，它代表长度方向；

OY 轴：是 H 面和 W 面的交线，它代表宽度方向；

OZ 轴：是 V 面和 W 面的交线，它代表高度方向。

三个投影轴垂直相交的交点 O ，称为原点。

2. 三视图的形成

将物体放在三投影面体系中，物体的位置处在人与投影面之间，然后将物体对各个投影面进行投影，得到三个视图，这样才能把物体的长、宽、高三个方向，上下、左右、前后六个方位的形状表达出来，如图 2-7a 所示。三个视图分别如下：

主视图：从前往后进行投影，在正立投影面（ V 面）上所得到的视图。

俯视图：从上往下进行投影，在水平投影面（ H 面）上所得到的视图。

左视图：从左往右进行投影，在侧立投影面（ W 面）上所得到的视图。

3. 三投影面体系的展开

在实际作图中，为了画图方便，需要将三个投影面在一个平面（纸面）上表示出来，规定：使 V 面不动， H 面绕 OX 轴向下旋转 90° 与 V 面重合， W 面绕 OZ 轴向右旋转 90° 与 V 面重合，这样就得到了在同一平面上的三视图，如图 2-7b 所示。可以看出，俯视图在主视图的下方，左视图在主视图的右方。在这里应特别注意的是：同一条 OY 轴旋转后出现了两个位置，因为 OY 是 H 面和 W 面的交线，也就是两投影面的共有线，所以 OY 轴随着 H 面旋转到 OY_H 的位置，同时又随着 W 面旋转到 OY_W 的位置。为了作图简便，投影图中不必画出投影面的边框，如图 2-7c 所示。由于画三视图时主要依据投影规律，所以投影轴也可以进一步省略，如图 2-7d 所示。

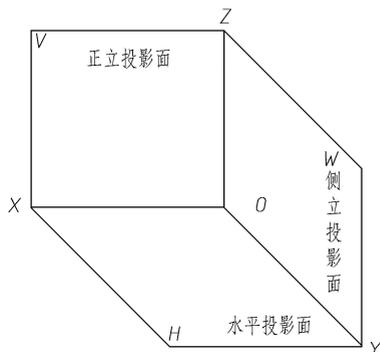


图 2-6 三投影面体系

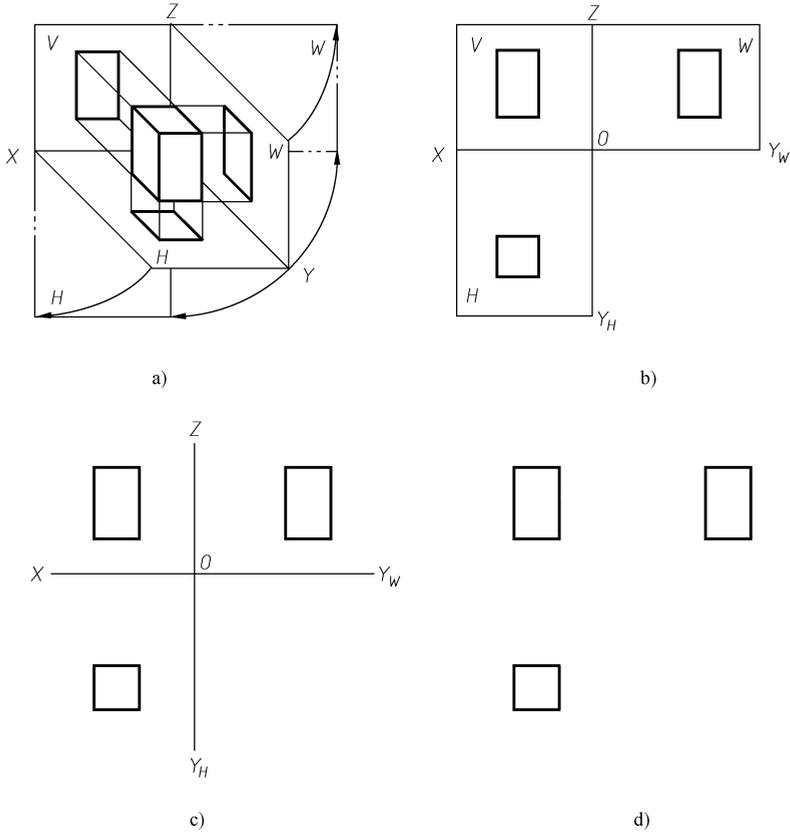


图 2-7 三视图的形成及展开

2.2.2 三视图的投影规律

从图 2-8 可以看出，一个视图只能反映两个方向的尺寸，主视图反映了物体的长度和高度，俯视图反映了物体的长度和宽度，左视图反映了物体的宽度和高度。由此可以归纳出三视图的投影规律：

- 主、俯视图“长对正”（即等长）；
- 主、左视图“高平齐”（即等高）；
- 俯、左视图“宽相等”（即等宽）。

三视图的投影规律反映了三视图的重要特性，也是画图和读图的依据。无

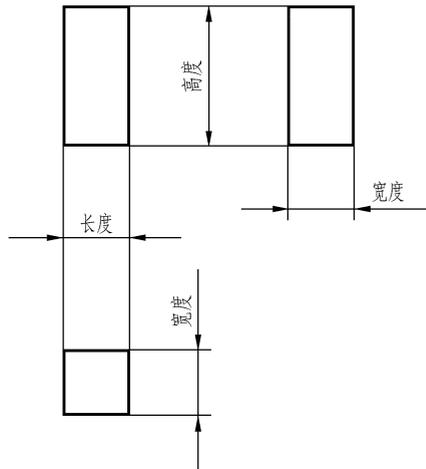


图 2-8 视图间的“三等”关系

论是整个物体还是物体的局部，其三面投影都必须符合这一规律。

2.2.3 三视图与六向方位的关系

物体有长、宽、高三个方向的尺寸，有上下、左右、前后六个方位关系，如图 2-9a 所示，六个方位在三视图中的对应关系如图 2-9b 所示。

主视图反映了物体的上下、左右四个方位关系；

俯视图反映了物体的前后、左右四个方位关系；

左视图反映了物体的上下、前后四个方位关系。

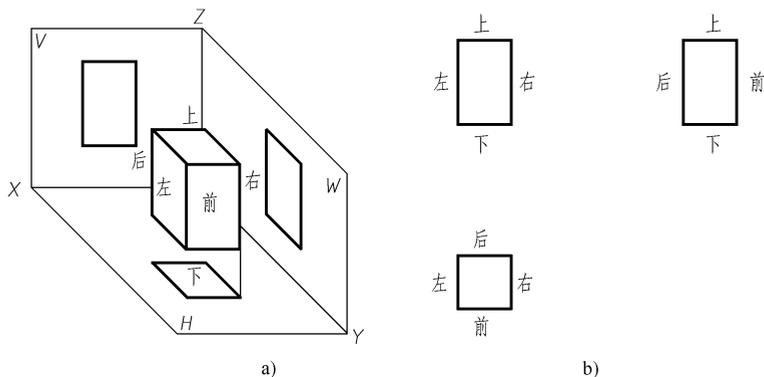


图 2-9 三视图的方位关系

a) 立体图 b) 投影图

注意：以主视图为中心，俯视图、左视图靠近主视图的一侧为物体的后面，远离主视图的一侧为物体的前面。

2.3 点、直线和平面的投影特性

2.3.1 点的投影

1. 点的投影及其标记

当投影面和投影方向确定时，空间一点只有唯一的一个投影。如图 2-10a 所示，假设空间有一点 A ，过点 A 分别向 H 面、 V 面和 W 面作垂线，得到三个垂足 a 、 a' 、 a'' ，便是点 A 在三个投影面上的投影。

规定用大写字母（如 A ）表示空间点，它的水平投影、正面投影和侧面投影，分别用相应的小写字母（如 a 、 a' 和 a'' ）表示。

根据三面投影图的形成规律将其展开，可以得到如图 2-10b 所示的带边框的三面投影图，即得到点 A 两面投影；省略投影面的边框线，就得到如图 2-10c

所示的 A 点的三面投影图（要与平面直角坐标系相区别）。

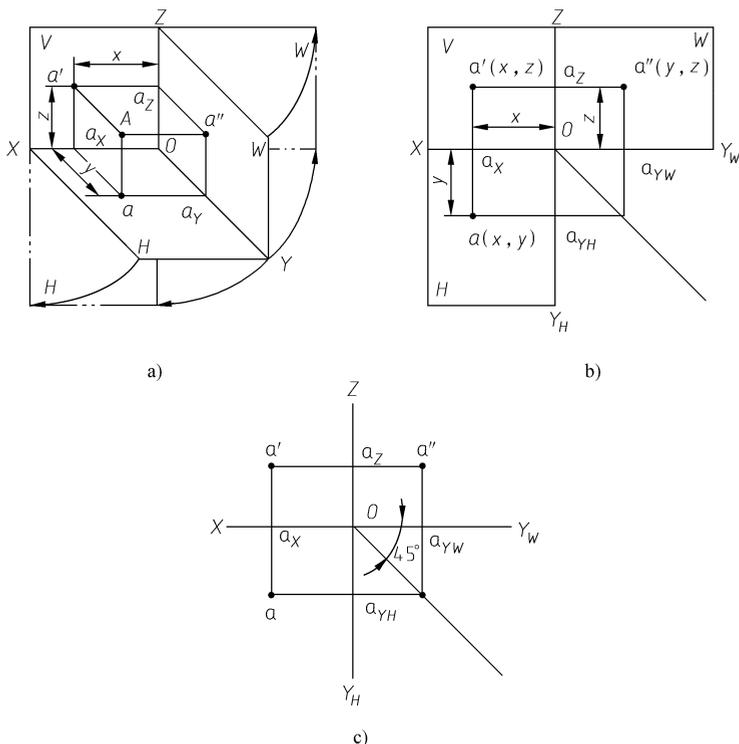


图 2-10 点的两面投影

2. 点的三面投影规律

(1) 点的投影与点的空间位置的关系 从图 2-10a、b 可以看出， Aa 、 Aa' 、 Aa'' 分别为点 A 到 H、V、W 面的距离，即：

$Aa = a'a_x = a''a_y$ （即 $a''a_{yW}$ ），反映空间点 A 到 H 面的距离；

$Aa' = aa_x = a''a_z$ ，反映空间点 A 到 V 面的距离；

$Aa'' = a'a_z = aa_y$ （即 a_{yH} ），反映空间点 A 到 W 面的距离。

上述即是点的投影与点的空间位置的关系，根据这个关系，若已知点的空间位置，就可以画出点的投影。反之，若已知点的投影，就可以完全确定点在空间的位置。

(2) 点的三面投影规律 由图 2-10 中还可以看出：

$aa_{yH} = a'a_z$ 即 $a'a \perp OX$

$a'a_x = a''a_{yW}$ 即 $a'a'' \perp OZ$

$aa_x = a''a_z$

这说明点的三个投影不是孤立的，而是彼此之间有一定的位置关系，而且这

个关系不因空间点的位置改变而改变，因此可以把它概括为普遍性的投影规律：

- 1) 点的正面投影和水平投影的连线垂直 OX 轴，即 $a'a \perp OX$ ；
- 2) 点的正面投影和侧面投影的连线垂直 OZ 轴，即 $a'a'' \perp OZ$ ；
- 3) 点的水平投影 a 和到 OX 轴的距离等于侧面投影 a'' 到 OZ 轴的距离，即 $aa_X = a''a_Z$ 。（可以用 45° 辅助线或以原点为圆心作弧线来反映这一投影关系）

根据上述投影规律，若已知点的任何两个投影，就可求出它的第三个投影。

(3) 例题（例 2-1） 已知点 A 的正面投影 a' 和侧面投影 a'' （图 2-11a），求作其水平投影 a 。

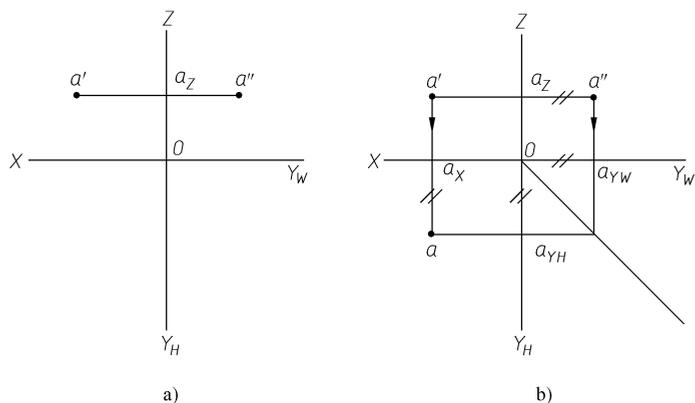


图 2-11 已知点的两个投影求第三个投影

a) 题目 b) 解答

作图步骤：（图 2-11b）

过 a' 作 $a'a_X \perp OX$ ；过 a'' 作 $a''a_{Yw} \perp OY_w$ ；以 O 为圆心， Oa_{Yw} 为半径作圆弧交 OY_H 于 a_{YH} ；过 a_{YH} 作平行 OX 轴的直线，与 $a'a_X$ 的延长线相交，交点即为所求的水平投影 a 。

强调：一般在作图过程中，应自点 O 作辅助线（与水平方向夹角为 45° ），以表明 $aa_X = a''a_Z$ 的关系。

3. 点的三面投影与直角坐标

(1) 点的三面投影与直角坐标的关系 三投影面体系可以看成是一个空间直角坐标系，因此可用直角坐标确定点的空间位置。投影面 H 、 V 、 W 作为坐标面，三条投影轴 OX 、 OY 、 OZ 作为坐标轴，三轴的交点 O 作为坐标原点。

由图 2-12 可以看出 A 点的直角坐标与其三个投影的关系：

点 A 到 W 面的距离 = $Oa_X = a'a_Z = aa_{YH} = x$ 坐标；

点 A 到 V 面的距离 = $Oa_{YH} = aa_X = a''a_Z = y$ 坐标；

点 A 到 H 面的距离 = $Oa_Z = a'a_Z = a''a_{Yw} = z$ 坐标。

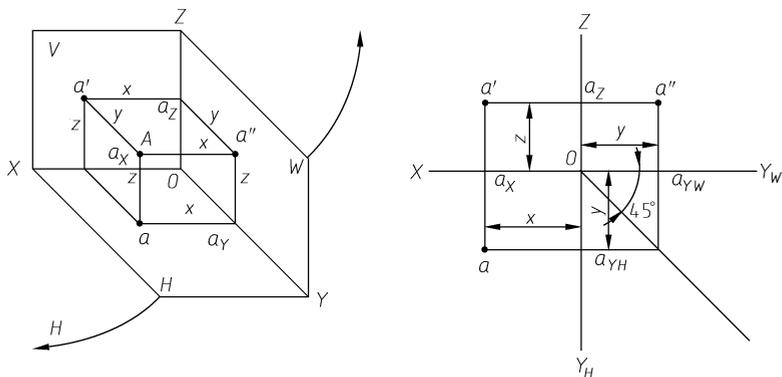


图 2-12 点的三面投影与直角坐标

用坐标来表示空间点位置比较简单，可以写成 $A(x, y, z)$ 的形式。

由图 2-12b 可知，坐标 x 和 z 决定点的正面投影 a' ，坐标 x 和 y 决定点的水平投影 a ，坐标 y 和 z 决定点的侧面投影 a'' ，若用坐标表示，则为 $a(x, y, O)$ ， $a'(x, O, z)$ ， $a''(O, y, z)$ 。

因此，已知一点的三面投影，就可以量出该点的三个坐标；相反地，已知一点的三个坐标，就可以量出该点的三面投影。

(2) 例题（例 2-2） 已知点 A 的坐标 $(20, 10, 18)$ ，作出点的三面投影，如图 2-13a、b 所示。

作图步骤：如图 2-13c 所示。

根据 A 点的 X 坐标 20， Y 坐标 10，确定其 H 面投影 a ；由于 $aa' \perp OX$ ，以及 Z 坐标 18，求其 V 面投影 a' ；再由已经求得的两投影关系求得 W 面投影 a'' 。

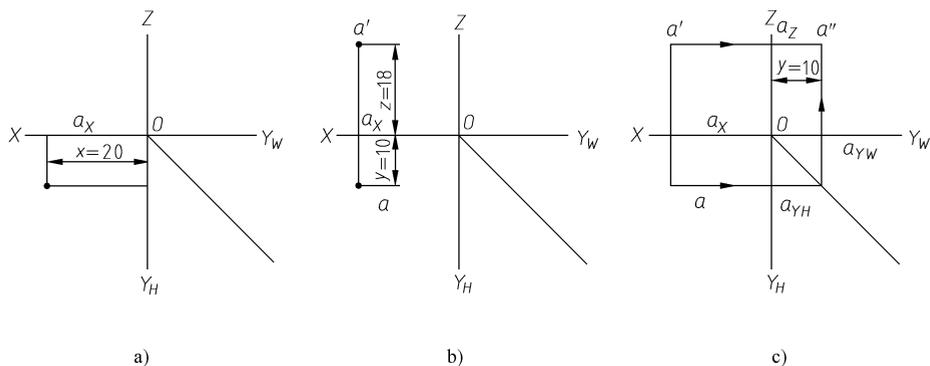


图 2-13 由点的坐标作点的三面投影

由点的坐标作立体图，如图 2-14 所示。

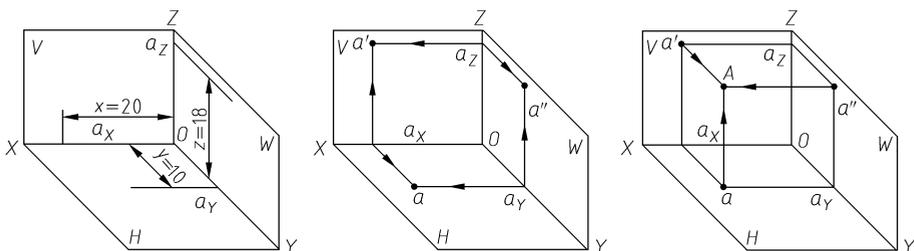


图 2-14 由点的坐标作立体图

4. 特殊位置点的投影

(1) 在投影面上的点（有一个坐标为 O ） 有两个投影在投影轴上，另一个投影和其空间点本身重合。例如在 V 面上的点 A ，如图 2-15a 所示；

(2) 在投影轴上的点（有两个坐标为 O ） 有一个投影在原点上，另两个投影和其空间点本身重合。例如在 OZ 轴上的点 B ，如图 2-15b 所示；

(3) 在原点上的空间点（有三个坐标都为 O ） 它的三个投影必定都在原点上，如图 2-15c 所示。

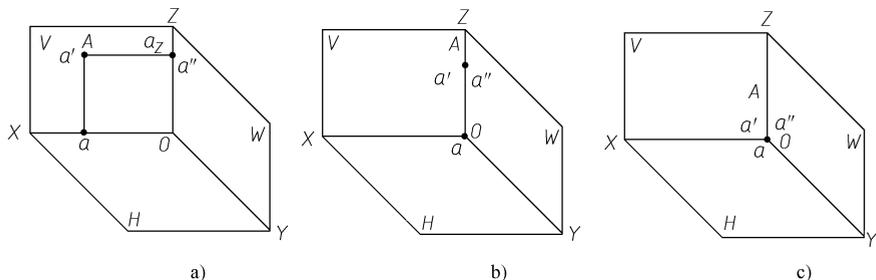


图 2-15 特殊位置点的投影

5. 两点的相对位置

(1) 两点的相对位置 设已知空间点 A 由原来的位置向上（或向下）移动，则 z 坐标随着改变，也就是 A 点对 H 面的距离改变。

如果点 A 由原来的位置向前（或向后）移动，则 y 坐标随着改变，也就是 A 点对 V 面的距离改变。

如果点 A 由原来的位置向左（或向右）移动，则 x 坐标随着改变，也就是 A 点对 W 面的距离改变。

综上所述，对于空间两点 A 、 B 的相对位置来说：

- 1) 距 W 面远者在左（ x 坐标大）；近者在右（ x 坐标小）。
- 2) 距 V 面远者在前（ y 坐标大）；近者在后（ y 坐标小）。

3) 距 H 面远者在上 (z 坐标大); 近者在下 (z 坐标小)。

(2) 举例 如图 2-16 所示, 若已知空间两点的投影, 即点 A 的三个投影 a 、 a' 、 a'' 和点 B 的三个投影 b 、 b' 、 b'' , 用 A 、 B 两点同面投影坐标差就可判别 A 、 B 两点的相对位置。由于 $x_A > x_B$, 表示 B 点在 A 点的右方; $z_B > z_A$, 表示 B 点在 A 点的上方; $y_A > y_B$, 表示 B 点在点的 A 后方。总起来说, 就是 B 点在 A 点的右、后、上方。

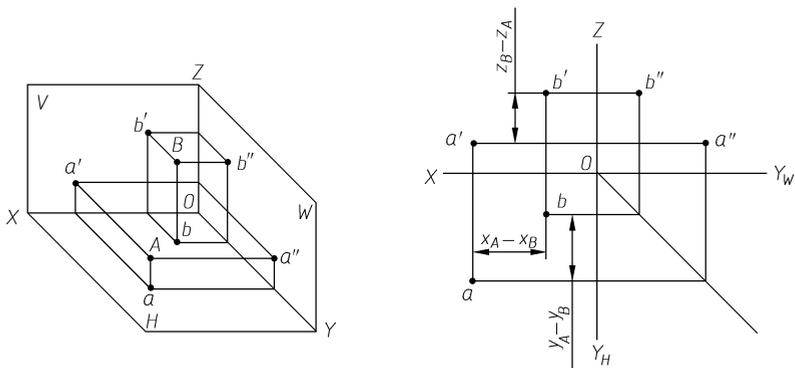


图 2-16 两点的相对位置

(3) 重影点 若空间两点在某一投影面上的投影重合, 则这两点是该投影面的重影点。这时, 空间两点的某两坐标相同, 并在同一投射线上。

当两点的投影重合时, 就需要判别其可见性, 应注意: 对 H 面的重影点, 从上向下观察, z 坐标值大者可见; 对 W 面的重影点, 从左向右观察, x 坐标值大者可见; 对 V 面的重影点, 从前向后观察, y 坐标值大者可见。在投影图上不可见的投影加括号表示, 如 (a') 。

(4) 举例 如图 2-17 中, C 、 D 位于垂直 H 面的投射线上, c 、 d 重影为一点, 则 C 、 D 为对 H 面的重影点, z 坐标值大者为可见, 图中 $z_C > z_D$, 故 c 为可见, d 为不可见, 用 $c(d)$ 表示。

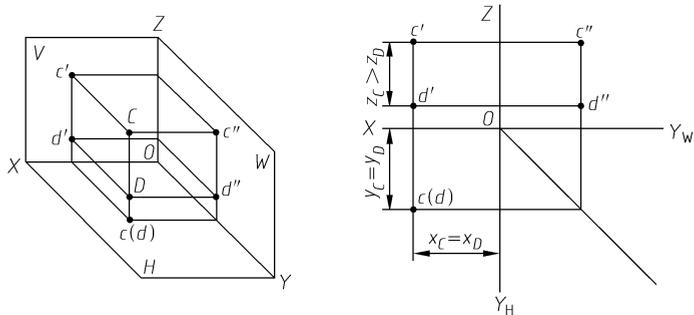


图 2-17 重影点

2.3.2 直线的投影

1. 直线的投影图

空间一直线的投影可由直线上的两点（通常取线段两个端点）的同面投影来确定。如图 2-18 所示的直线 AB ，求作它的三面投影图时，可分别作出 A 、 B 两端点的投影 (a, a', a'') 、 (b, b', b'') ，然后将其同面投影连接起来即得直线 AB 的三面投影图 $(ab, a'b', a''b'')$ 。

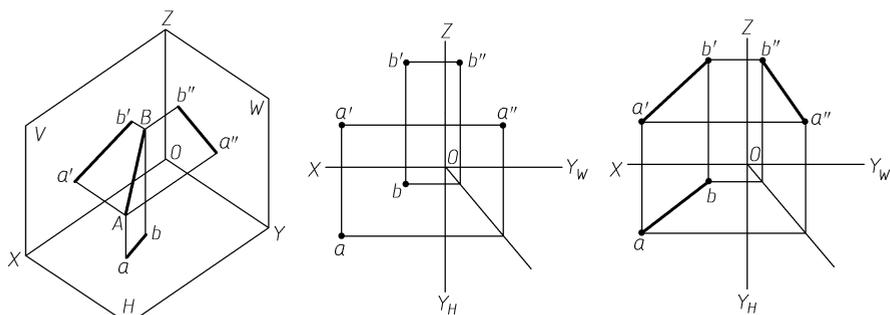


图 2-18 直线的投影

2. 直线对于一个投影面的投影特性

空间直线相对于一个投影面的位置有平行、垂直、倾斜三种，三种位置有不同的投影特性，如图 2-19 所示。

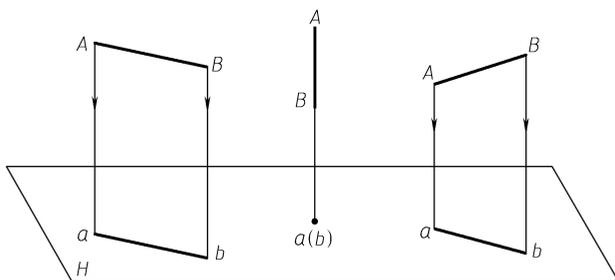


图 2-19 直线的投影

- 1) 真实性：当直线与投影面平行时，则直线的投影为实长。
- 2) 积聚性：当直线与投影面垂直时，则直线的投影积聚为一点。
- 3) 收缩性：当直线与投影面倾斜时，则直线的投影小于直线的实长。

根据直线在三投影面体系中的位置可分为投影面倾斜线、投影面平行线、投影面垂直线三类。前一类直线称为一般位置直线，后两类直线称为特殊位置直线。

- (1) 投影面平行线 平行于一个投影面且同时倾斜于另外两个投影面的直线

称为投影面平行线。平行于 V 面的称为正平线；平行于 H 面的称为水平线；平行于 W 面的称为侧平线。

直线与投影面所夹的角称为直线对投影面的倾角。

α 、 β 、 γ 分别表示直线对 H 面、 V 面、 W 面的倾角。

举例说明正平线的投影特性，如图 2-20 所示。

强调：①斜线反映实长。

②直线的倾角 α 、 γ 。

总结投影面平行线的投影特性：两平一斜。

对于投影面平行线的辨认：当直线的投影有两个平行于投影轴，第三投影与投影轴倾斜时，则该直线一定是投影面平行线，且一定平行于其投影为倾斜线的那个投影面。

投影面平行线的投影特性见表 2-1。

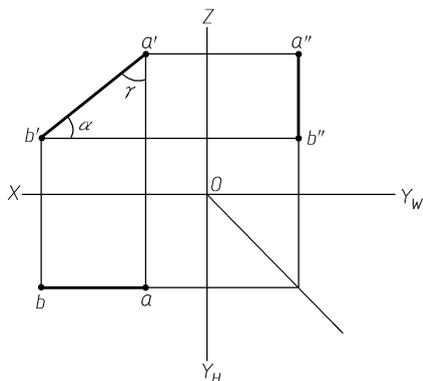


图 2-20 正平线

表 2-1 投影面平行线

名称	直观图	投影图	投影特性
水平线 ($\parallel H$)			<ol style="list-style-type: none"> 1) $a'b' \parallel OX$, $a''b'' \parallel OY_W$ 2) $ab = AB$ 3) 反映倾角 β、γ 大小
正平线 ($\parallel V$)			<ol style="list-style-type: none"> 1) $ab \parallel OX$, $a''b'' \parallel OZ$ 2) $a'b' = AB$ 3) 反映倾角 α、γ 大小
侧平线 ($\parallel W$)			<ol style="list-style-type: none"> 1) $ab \parallel OY_H$, $a'b' \parallel OZ$ 2) $a''b'' = AB$ 3) 反映倾角 α、β 大小

例题（例 2-3） 如图 2-21a 所示，已知空间点 A ，试作线段 AB ，长度为 15mm，并使其平行 V 面，与 H 面倾角 $\alpha=30^\circ$ 。

作图步骤：如图 2-21b 所示。

根据图 2-21b 为正平线， V 面反映实长， H 面内过 a' 点作与 H 面夹角为 30° 的射线，再以 a' 点量取实长 15mm 得点 b' ，另外两投影平行于相应的投影轴，利用点的投影规律作出 b 、 b'' 点。

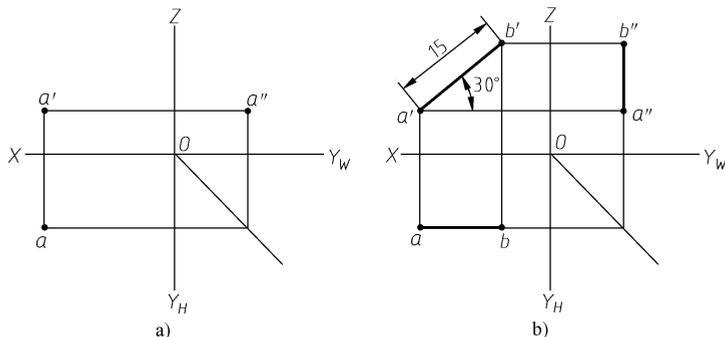


图 2-21 作正平线 AB

a) 题目 b) 解答

(2) 投影面垂直线 垂直于一个投影面且同时平行于另外两个投影面的直线称为投影面垂直线。垂直于 V 面的称为正垂线；垂直于 H 面的称为铅垂线；垂直于 W 面的称为侧垂线。

举例说明侧垂线的投影特性：

强调：① 两个投影反映实长。

② 一个投影积聚为一点。

总结投影面垂直线的投影特性：两线一点。

对于投影面垂直线的辨认：直线的投影中只要有一个投影积聚为一点，则该直线一定是投影面垂直线，且一定垂直于其投影积聚为一点的那个投影面。

投影面垂直线的投影特性见表 2-2。

表 2-2 投影面垂直线

名称	直观图	投影图	投影特性
铅垂线 ($\perp H$)			<ol style="list-style-type: none"> $a'b' \perp OX$, $a''b'' \perp OY_w$ $a'b' = a''b'' = AB$ H 投影积聚为一点

(续)

名称	直观图	投影图	投影特性
正平线 ($\perp V$)			<ol style="list-style-type: none"> 1) $ab \perp OX, a''b'' \perp OZ$ 2) $ab = a''b'' = AB$ 3) V 投影积聚为一点
侧平线 ($\perp W$)			<ol style="list-style-type: none"> 1) $ab \perp OY_H, a'b' \perp OZ$ 2) $ab = a'b' = AB$ 3) W 投影积聚为一点

例题 (例 2-4) 如图 2-22a 所示, 已知正垂线 AB 的点 A 的投影, 直线 AB 长度为 10mm, 试作直线 AB 的三面投影。

作图步骤: 如图 2-22b 所示。

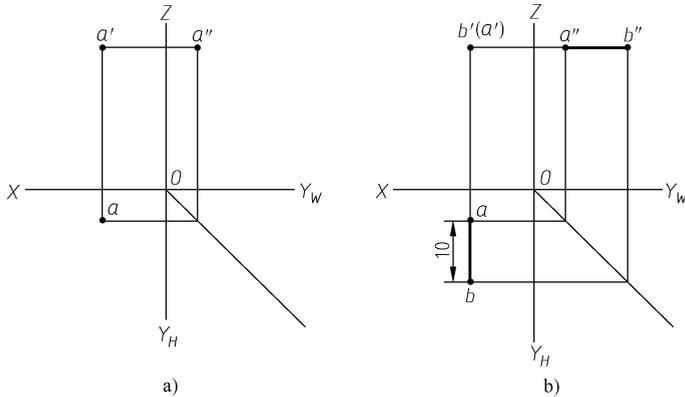


图 2-22 作正垂线 AB

a) 题目 b) 解答

根据图为正垂线, V 面积聚为一点 $b'(a')$, 另外两投影反映实长, 过 a, a'' 点作与投影轴平行的射线, 再以 a, a'' 点量取实长 10mm 得点 b, b'' 。

(3) 一般位置直线 与三个投影面都处于倾斜位置的直线称为一般位置直线。

举例: 如图 2-23a 所示, 直线 AB 与 H、V、W 面都处于倾斜位置, 倾角分别为 α, β, γ 。其投影如图 2-23b 所示。

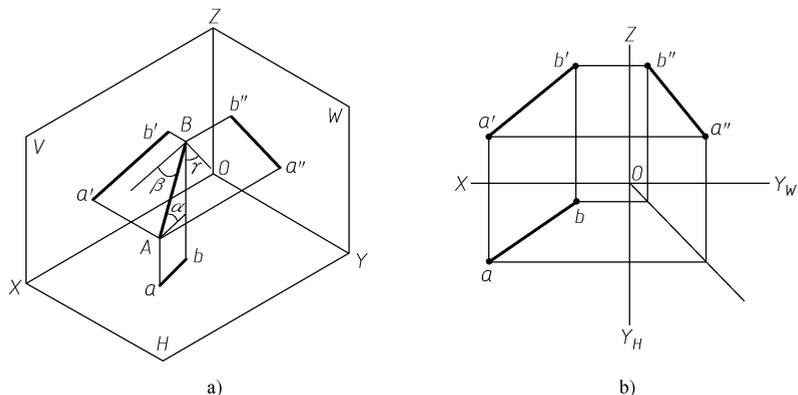


图 2-23 一般位置直线

一般位置直线的投影特征可归纳如下：

1) 直线的三个投影和投影轴都倾斜，各投影和投影轴所夹的角度不等于空间线段对相应投影面的倾角。

2) 任何投影都小于空间线段的实长，也不能积聚为一点。

对于一般位置直线的辨认：直线的投影如果与三个投影轴都倾斜，则可判定该直线为一般位置直线。

3. 一般位置直线的实长和对投影面的倾角

(1) 直角三角形法的作图原理 如图 2-24 所示， AB 为一般位置直线，过端点 A 作直线平行其水平投影 ab 并交 Bb 于 C ，得直角三角形 ABC 。在直角三角形 ABC 中，斜边 AB 就是线段本身，底边 AC 等于线段 AB 的水平投影 ab ，对边 BC 等于线段 AB 的两端点到 H 面的距离差 (Z 坐标差)，也等于 $a'b'$ 两端点到投影轴 OX 的距离差，而 AB 与底边 AC 的夹角即为线段 AB 对 H 面的倾角 α 。

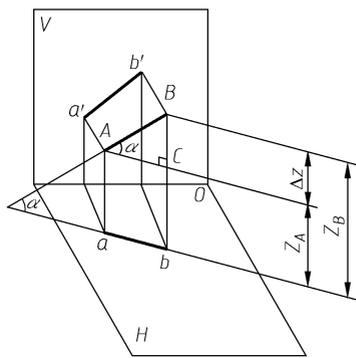


图 2-24 直角三角形法的原理

(2) 直角三角形法的作图方法和步骤 根据上述分析，只要用一般位置直线在某一投影面上的投影作为直角三角形的底边，用直线的两端点到该投影面的距离差为另一直角边，作一直角三角形。此直角三角形的斜边就是空间线段的真实长度，而斜边与底边的夹角就是空间线段对该投影面的倾角。这就是直角三角形法。

作图方法与步骤如图 2-25 所示，用线段的任一投影为底边，均可用直角三角形法求出空间线段的实长，其长度是相同的，但所得倾角不同。

在直角三角形法中，直角三角形包含四个因素：投影长、坐标差、实长、倾角。只要知道其中两个因素，就可以将其余两个求出来。

(3) 例题 (例 2-5) 如图 2-26a 所示，已知直线 AB 的实长 $L = 15\text{mm}$ ，及直线 AB 的水平投影 ab 和点 A 的正面投影 a' ，试用直角三角形法求出直线 AB 的正面投影 $a'b'$ 。

作图步骤：如图 2-26b 所示

如图所示的 AB 及 ab 。过 A 作 $AB_0 // ab$ ，交 Bb 于 B_0 。由正投影的特性及倾角的定义，可知 $\triangle AB_0B$ 为直角三角形， $\angle BAB_0 = \alpha$ ， α 角的邻边为水平线，因此 AB_0 平行且等于 ab ， α 角的对边为铅垂线，所以 $BB_0 = |Bb - Aa| = |z_B - z_A| = \Delta z_{AB}$ ，即 A 、 B 两端点垂直方向的高差。把该直角三角形重合在 H 面上，用直角三角形法求一般位置直线段实长和倾角 α 实形的步骤可概括为：①过端点 b (或 a) 作 ab 的垂线，简述为作垂线。②在另一投影图上量取高差，简述为量高差。③连斜边即为实长，斜边与投影 ab 的夹角即为倾角 α 的实形。

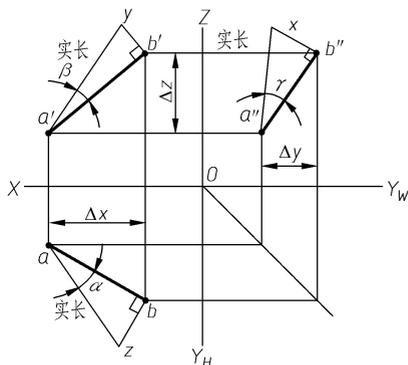


图 2-25 直角三角形法

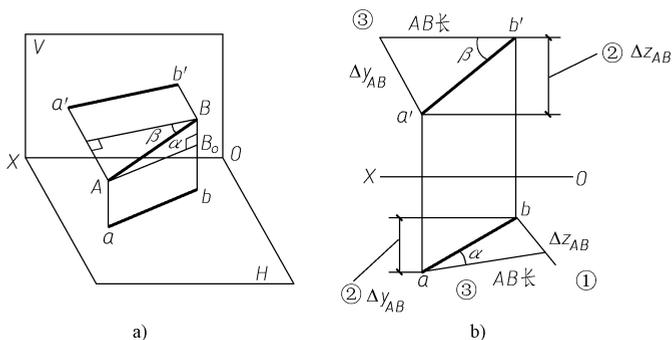


图 2-26 直角三角形法应用示例

a) 题目 b) 解答

2.3.3 平面的投影

1. 平面的表示法

在投影图上表示平面有以下两种方法。

(1) 一组几何元素的投影表示平面

1) 不在同一直线上的三点，如图 2-27a 所示。

- 2) 一直线和直线外一点, 如图 2-27b 所示。
- 3) 相交两直线, 如图 2-27c 所示。
- 4) 平行两直线, 如图 2-27d 所示。
- 5) 任意平面图形, 如三角形、四边形、圆形等, 如图 2-27e 所示。

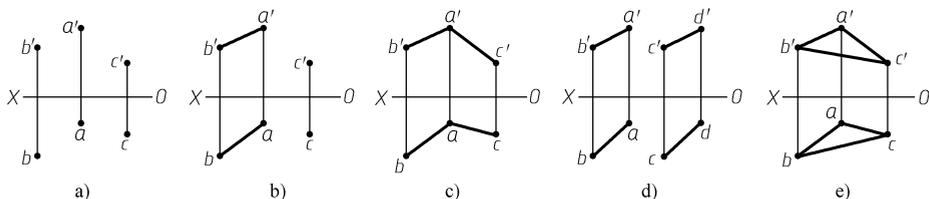


图 2-27 用几何元素表示平面

注意: 为了解题的方便, 常常用一个平面图形 (如三角形) 表示平面。

(2) 迹线表示法 迹线——空间平面与投影面的交线, 如图 2-28a 所示。

平面 P 与 H 面的交线称为水平迹线, 用 P_H 表示;

平面 P 与 V 面的交线称为正面迹线, 用 P_V 表示;

平面 P 与 W 面的交线称为侧面迹线, 用 P_W 表示。

P_H 、 P_V 、 P_W 两两相交的交点 P_X 、 P_Y 、 P_Z 称为迹线集合点, 它们分别位于 OX 、 OY 、 OZ 轴上。

由于迹线既是平面内的直线, 又是投影面内的直线, 所以迹线的一个投影与其本身重合, 另两个投影与相应的投影轴重合。在用迹线表示平面时, 为了简明起见, 只画出并标注与迹线本身重合的投影, 而省略与投影轴重合的迹线投影, 如图 2-28b 所示。

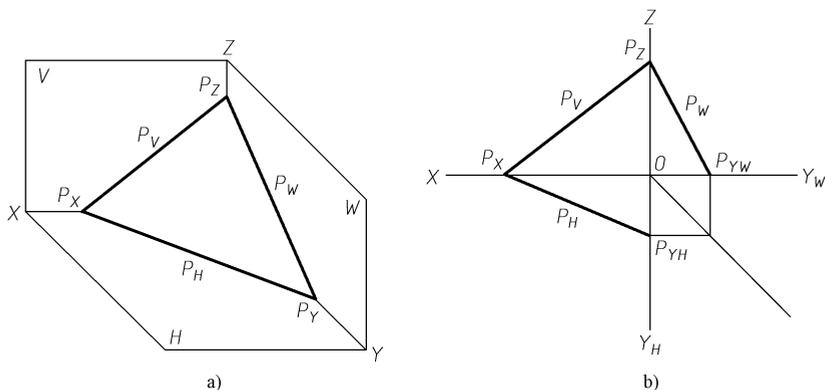


图 2-28 用迹线表示平面

2. 平面对于一个投影面的投影特性

空间平面相对于一个投影面的位置有平行、垂直、倾斜三种, 三种位置有不

同的投影特性，如图 2-29 所示。

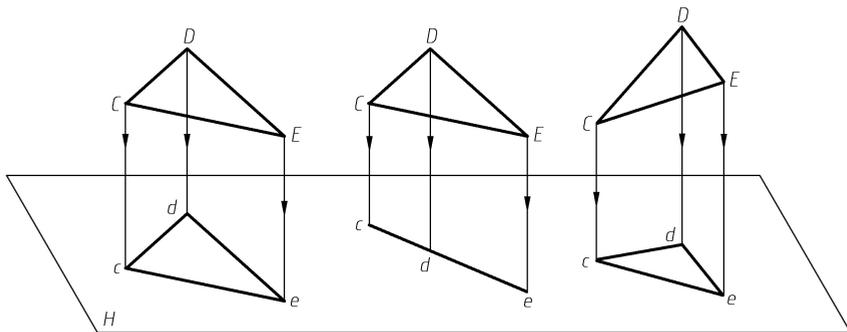


图 2-29 平面的投影特性

- 1) 真实性：当平面与投影面平行时，则平面的投影为实形。
- 2) 积聚性：当平面与投影面垂直时，则平面的投影积聚成一条直线。
- 3) 类似性：当直线或平面与投影面倾斜时，则平面的投影是小于平面实形的类似形。

3. 各种位置平面的投影特性

根据平面在三投影面体系中的位置可分为投影面倾斜面、投影面平行面、投影面垂直面三类。前一类平面称为一般位置平面，后两类平面称为特殊位置平面。

(1) 投影面平行面 平行于一个投影面且同时垂直于另外两个投影面的平面称为投影面平行面。平行于 V 面的称为正平面；平行于 H 面的称为水平面；平行于 W 面的称为侧平面。

举例说明正平面的投影特性，如图 2-30 所示。

强调：① 两个投影积聚为直线。

② 一个投影反映实形。

总结投影面平行面的投影特性：两线一面。

对于投影平行面的辨认：在平行的投影面上反映实形；在其他两投影面上的投影分别积聚成直线，且平行于相应的投影轴。

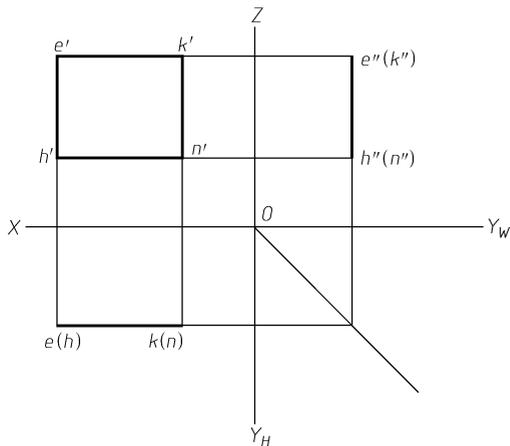


图 2-30 正平面的投影

投影面平行面的投影特性见表 2-3。

表 2-3 投影面平行面

名称	直观图	投影图	投影特性
水平面 (//H)			<ol style="list-style-type: none"> 1) H 投影反映实形 2) V、W 投影积聚为直线, 且平行于 OX、OY_W 投影轴
正平面 (//V)			<ol style="list-style-type: none"> 1) V 投影反映实形 2) H、W 投影积聚为直线, 且平行于 OX、OZ 投影轴
侧平面 (//W)			<ol style="list-style-type: none"> 1) W 投影反映实形 2) H、V 投影积聚为直线, 且平行于 OZ、OY_H 投影轴

(2) 投影面垂直面 垂直于一个投影面且同时倾斜于另外两个投影面的平面称为投影面垂直面。垂直于 V 面的称为正垂面；垂直于 H 面的称为铅垂面；垂直于 W 面的称为侧垂面。平面与投影面所夹的角度称为平面对投影面的倾角。 α 、 β 、 γ 分别表示平面对 H 面、V 面、W 面的倾角。

举例说明铅垂面的投影特性，如图 2-31 所示。

强调：① 两个投影均为类似形。

② 一个投影积聚为直线，并反映 β 、 γ 角。

总结投影面垂直面的投影特性：两面一线。

对于投影面垂直面的辨认：如果空间平面在某一投影面上的投影积聚为一条与投影轴倾斜的直线，则此平面垂直于该投影面。

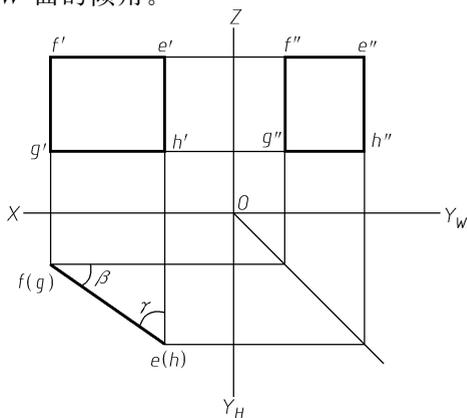


图 2-31 铅垂面的投影

投影面垂直面的投影特点和性质见表 2-4。

表 2-4 投影面垂直面

名称	直观图	投影图	投影特性
铅垂面 ($\perp H$)			<ol style="list-style-type: none"> 1) H 投影积聚为一直线, 且反映倾角 β、γ 大小 2) V、W 投影反映类似性
正平面 ($\perp V$)			<ol style="list-style-type: none"> 1) V 投影积聚为一直线, 且反映倾角 α、γ 大小 2) H、W 投影反映类似性
侧平面 ($\perp W$)			<ol style="list-style-type: none"> 1) W 投影积聚为一直线, 且反映倾角 α、β 大小 2) H、V 投影反映类似性

例题 (例 2-6) 如图 2-32a 所示, 四边形 $ABCD$ 垂直于 V 面, 已知其 H 面的投影 $abcd$ 及其 B 点的 V 面投影 b' , 且与 H 面的倾角 $\alpha = 45^\circ$, 求作该平面的 V 面和 W 面投影。

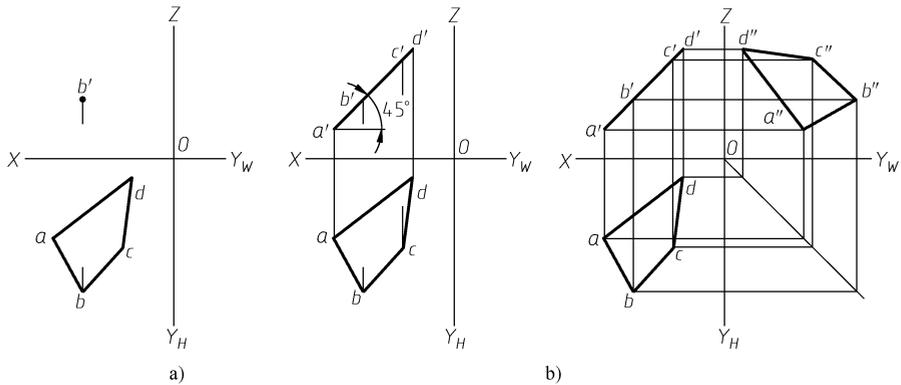


图 2-32 求作四边形平面 $ABCD$ 的投影

a) 题目 b) 解答

作图步骤如图 2-32b 所示。

根据题意得知为正垂面投影，其 H 面的平面投影为一条直线，过 b' 点作与 H 面夹角为 45° 的射线，利用点的投影规律作出 a' 、 c' 、 d' ，再利用两点投影规律作出点 a'' 、 b'' 、 c'' 、 d'' ，再连成四边形。

(3) 一般位置平面 与三个投影面都处于倾斜位置的平面称为一般位置平面。

例如平面 $\triangle ABC$ 与 H 、 V 、 W 面都处于倾斜位置，倾角分别为 α 、 β 、 γ ，其投影如图 2-33 所示。

一般位置平面的投影特征可归纳为：一般位置平面的三面投影，既不反映实形，也无积聚性，而都为类似形。

对于一般位置平面的辨认：如果平面的三面投影都是类似的几何图形的投影，则可判定该平面一定是一般位置平面。

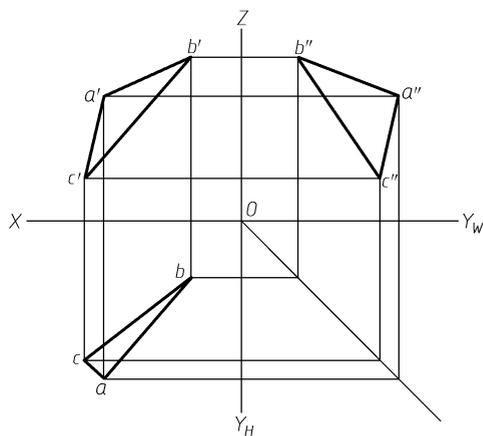


图 2-33 一般位置平面

第3章 常见几何体的三视图

3.1 基本体的三视图

机器上的零件，不论形状多么复杂，都可以看作是由基本几何体按照不同的方式组合而成的。

基本几何体——表面规则而单一的几何体。按其表面性质，可以分为平面立体和曲面立体两类：

1) 平面立体——立体表面全部由平面所围成的立体，如棱柱和棱锥等。

2) 曲面立体——立体表面全部由曲面或曲面和平面所围成的立体，如圆柱、圆锥、圆球等。曲面立体也称为回转体。

3.1.1 平面体

1. 棱柱

棱柱由两个底面和棱面组成，棱面与棱面的交线称为棱线，棱线互相平行。棱线与底面垂直的棱柱称为正棱柱。本节仅讨论正棱柱的投影。

(1) 棱柱的投影 以正六棱柱为例。图 3-1a 所示为一正六棱柱，由上、下两个底面（正六边形）和六个棱面（长方形）组成。将其放置成上、下底面与水平投影面平行，并有两个棱面平行于正投影面。

上、下两底面均为水平面，它们的水平投影重合并反映实形，正面及侧面投影积聚为两条相互平行的直线。六个棱面中的前、后两个为正平面，它们的正面投影反映实形，水平投影及侧面投影积聚为一直线。其他四个棱面均为铅垂面，其水平投影均积聚为直线，正面投影和侧面投影均为类似形。

总结正棱柱的投影特征：当棱柱的底面平行某一个投影面时，则棱柱在该投影面上投影的外轮廓为与其底面全等的正多边形，而另外两个投影则由若干个相邻的矩形线框所组成。

(2) 棱柱表面上点的投影

方法：利用点所在的面的积聚性法。（因为正棱柱的各个面均为特殊位置面，均具有积聚性。）

平面立体表面上取点实际就是在平面上取点。首先应确定点位于立体的哪个平面上，并分析该平面的投影特性，然后再根据点的投影规律求得。

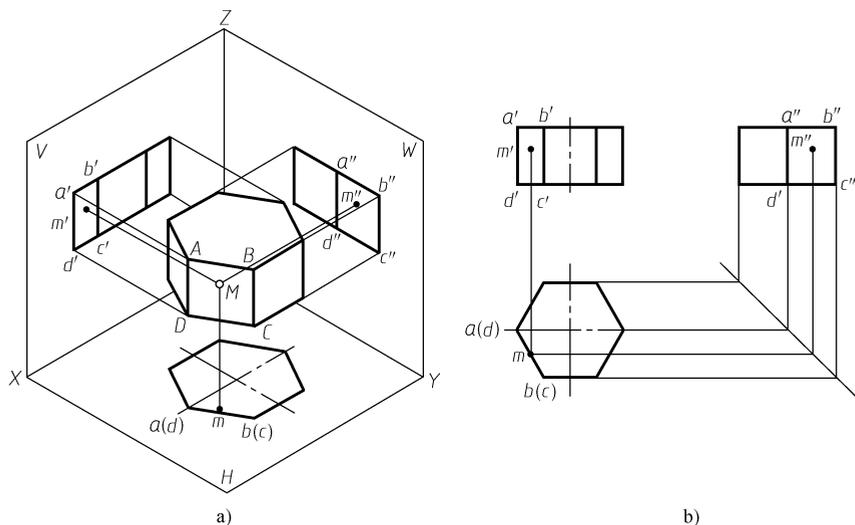


图 3-1 正六棱柱的投影及表面上的点

a) 立体图 b) 投影图

举例：如图 3-1b 所示，已知棱柱表面上点 M 的正面投影 m' ，求作它的其他两面投影 m 、 m'' 。因为 m' 可见，所以点 M 必在面 $ABCD$ 上。此棱面是铅垂面，其水平投影积聚成一条直线，故点 M 的水平投影 m 必在此直线上，再根据 m 、 m' 可求出 m'' 。由于 $ABCD$ 的侧面投影为可见，故 m'' 也为可见。

特别强调：点与积聚成直线的平面重影时，不加括号。

2. 棱锥

(1) 棱锥的投影 以正三棱锥为例。如图 3-2a 所示为一正三棱锥，它的表面由一个底面（正三角形）和三个侧棱面（等腰三角形）围成，将其放置成底面与水平投影面平行，并有一个棱面垂直于侧投影面。

由于锥底面 $\triangle ABC$ 为水平面，所以它的水平投影反映实形，正面投影和侧面投影分别积聚为直线段 $a'b'c'$ 和 $a''(c'')b''$ 。棱面 $\triangle SAC$ 为侧垂面，它的侧面投影积聚为一段斜线 $s''a''(c'')$ ，正面投影和水平投影为类似形 $\triangle s'a'c'$ 和 $\triangle sac$ ，前者为不可见，后者可见。棱面 $\triangle SAB$ 和 $\triangle SBC$ 均为一般位置平面，它们的三面投影均为类似形。

棱线 SB 为侧平线，棱线 SA 、 SC 为一般位置直线，棱线 AC 为侧垂线，棱线 AB 、 BC 为水平线。

总结正棱锥的投影特征：当棱锥的底面平行某一个投影面时，则棱锥在该投影面上投影的外轮廓为与其底面全等的正多边形，而另外两个投影则由若干个相邻的三角形线框所组成。

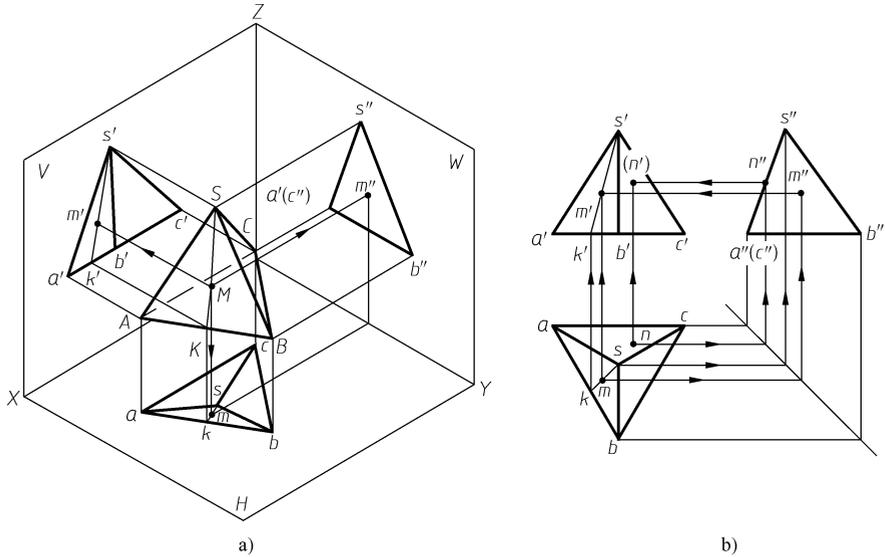


图 3-2 正三棱锥的投影及表面上的点
a) 立体图 b) 投影图

(2) 棱锥表面上点的投影

方法：① 利用点所在面的积聚性法。

② 辅助线法。

首先确定点位于棱锥的哪个平面上，再分析该平面的投影特性。若该平面为特殊位置平面，可利用投影的积聚性直接求得点的投影；若该平面为一般位置平面，可通过辅助线法求得。

举例：如图 3-2b 所示，已知正三棱锥表面上点 M 的正面投影 m' 和点 N 的水平面投影 n ，求作 M、N 两点的其余投影。

因为 m' 可见，因此点 M 必定在 $\triangle SAB$ 上。 $\triangle SAB$ 是一般位置平面，采用辅助线法，过点 M 及锥顶点 S 作一条直线 SK，与底边 AB 交于点 K。在图 3-2 中，过 m' 作 $s'k'$ ，再作出其水平投影 sk 。由于点 M 属于直线 SK，根据点在直线上的从属性质可知 m 必在 sk 上，求出水平投影 m ，再根据 m 、 m' 可求出 m'' 。

因为点 N 不可见，故点 N 必定在棱面 $\triangle SAC$ 上。棱面 $\triangle SAC$ 为侧垂面，它的侧面投影积聚为直线段 $s''a''(c'')$ ，因此 n'' 必在 $s''a''(c'')$ 上，由 n 、 n'' 即可求出 n' 。

3.1.2 曲面体

曲面立体的曲面是由一条母线（直线或曲线）绕定轴回转而形成的。在投影图上表示曲面立体就是把围成立体的回转面或平面与回转面表示出来。

1. 圆柱

圆柱表面由圆柱面和两底面所围成。圆柱面可看作一条直母线 AB 围绕与它平行的轴线 OO_1 回转而成。圆柱面上任意一条平行于轴线的直线称为圆柱面的素线。

(1) 圆柱的投影 画图时，一般常使它的轴线垂直于某个投影面。

举例：如图 3-3a 所示，圆柱的轴线垂直于侧面，圆柱面上所有素线都是侧垂线，因此圆柱面的侧面投影积聚成为一个圆。圆柱左、右两个底面的侧面投影反映实形并与该圆重合。两条相互垂直的点画线，表示确定圆心的对称中心线。圆柱面的正面投影是一个矩形，是圆柱面前半部与后半部的重合投影，其左右两边分别为左右两底面的积聚性投影，上、下两边 $a'a'_1$ 、 $b'b'_1$ 分别是圆柱最上、最下素线的投影。最上、最下两条素线 AA_1 、 BB_1 是圆柱面由前向后的转向线，是正面投影中可见的前半圆柱面和不可见的后半圆柱面的分界线，也称为正面投影的转向轮廓素线。同理，可对水平投影中的矩形进行类似的分析。

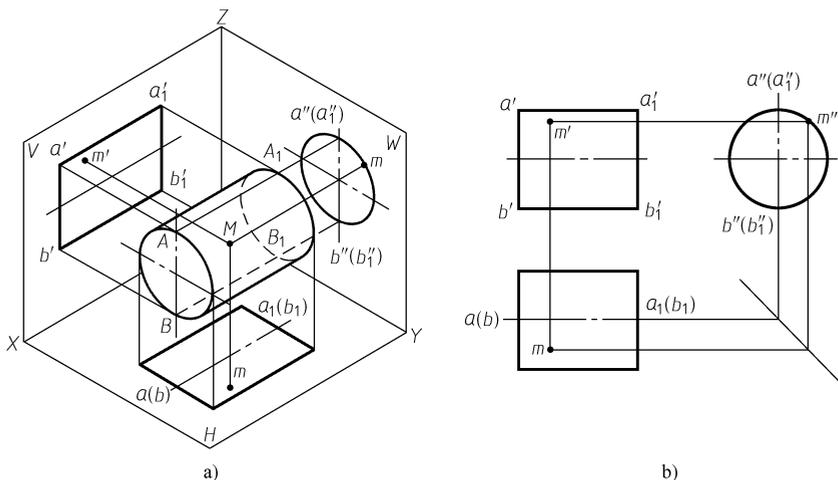


图 3-3 圆柱的投影及表面上的点

a) 立体图 b) 投影图

总结圆柱的投影特征：当圆柱的轴线垂直某一个投影面时，必有一个投影为圆形，另外两个投影为全等的矩形。

(2) 圆柱面上点的投影

方法：利用点所在的面的积聚性法（因为圆柱的圆柱面和两底面均至少有一个投影具有积聚性）。

举例：如图 3-3b 所示，已知圆柱面上点 M 的正面投影 m' ，求作点 M 的其余两个投影。

因为圆柱面的投影具有积聚性，圆柱面上点的侧面投影一定重影在圆周上。

又因为 m' 可见, 所以点 M 必在前半个圆柱面上, 由 m' 求得 m'' , 再由 m' 和 m'' 求得 m 。

2. 圆锥

圆锥是由圆锥面和底面所围成。圆锥面可看作是一条直母线围绕与它相交的轴线回转而成。在圆锥面上通过锥顶的任一直线称为圆锥面的素线。

(1) 圆锥的投影 画圆锥面的投影时, 也常使它的轴线垂直于某一投影面。

举例: 如图 3-4a 所示圆锥的轴线是铅垂线, 底面是水平面, 图 3-4b 是它的投影图。圆锥的水平投影为一个圆, 反映底面的实形, 同时也表示圆锥面的投影。圆锥的正面、侧面投影均为等腰三角形, 其底边均为圆锥底面的积聚投影。正面投影中三角形的两腰 $s'a'$ 、 $s'c'$ 分别表示圆锥面最左、最右轮廓素线 SA 、 SC 的投影, 它们是圆锥面正面投影可见与不可见部分的分界线。 SA 、 SC 的水平投影 sa 、 sc 和横向中心线重合, 侧面投影 $s''a''$ (c'') 与轴线重合。同理可对侧面投影中三角形的两腰进行类似的分析。

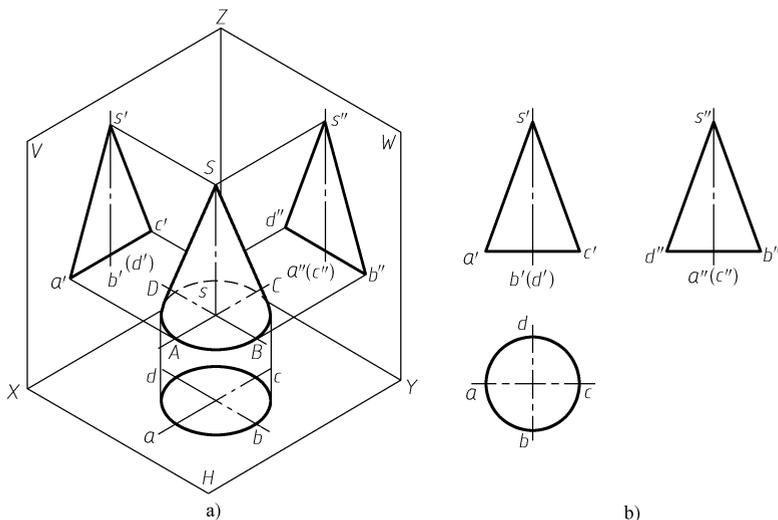


图 3-4 圆锥的投影

a) 立体图 b) 投影图

总结圆锥的投影特征: 当圆锥的轴线垂直某一个投影面时, 则圆锥在该投影面上投影为与其底面全等的圆形, 另外两个投影为全等的等腰三角形。

(2) 圆锥面上点的投影

方法: 1) 辅助线法。

2) 辅助圆法。

举例: 如图 3-5、图 3-6 所示, 已知圆锥表面上 M 的正面投影 m' , 求作点 M 的其余两个投影。因为 m' 可见, 所以 M 必在前半个圆锥面的左边, 故可判定

点 M 的另一面投影均为可见。两种作图方法如下：

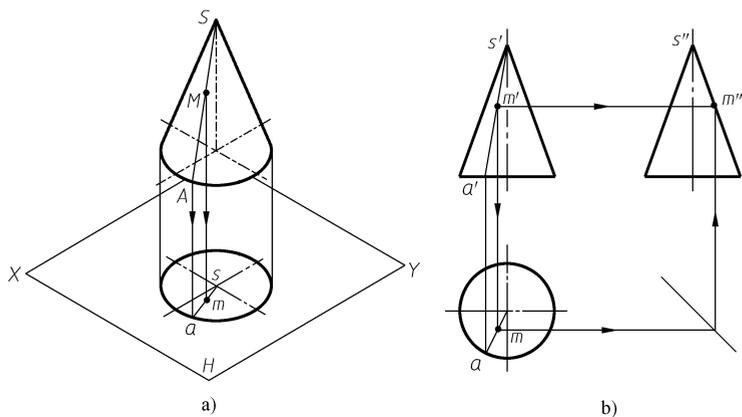


图 3-5 用辅助线法在圆锥面上取点

a) 立体图 b) 投影图

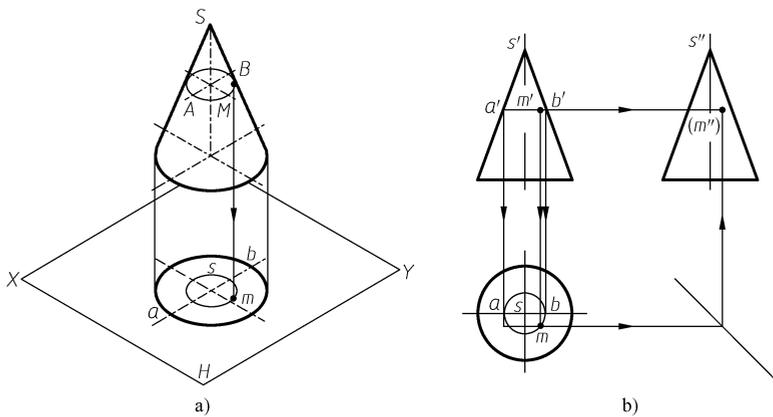


图 3-6 用辅助线法在圆锥面上取点

a) 立体图 b) 投影图

辅助线法：如图 3-5a 所示，过锥顶 S 和 M 作一直线 SA ，与底面交于点 A ，点 M 的各个投影必在此 SA 的相应投影上。在图 3-6b 中过 m' 作 $s'a'$ ，然后求出其水平投影 sa 。由于点 M 属于直线 SA ，根据点在直线上的从属性质可知 m 必在 sa 上，求出水平投影 m ，再根据 m 、 m' 可求出 m'' 。

辅助圆法：如图 3-6a 所示，过圆锥面上点 M 作一垂直于圆锥轴线的辅助圆，点 M 的各个投影必在此辅助圆的相应投影上。在图 3-6b 中过 m' 作水平线 $a'b'$ ，此为辅助圆的正面投影积聚线。辅助圆的水平投影为一直径等于 $a'b'$ 的

圆，圆心为 s ，由 m' 向下引垂线与此圆相交，且根据点 M 的可见性，即可求出 m 。然后再由 m' 和 m 可求出 m'' 。

3. 圆球

圆球的表面是球面，圆球面可看作是一条圆母线绕通过其圆心的轴线回转而成。

(1) 圆球的投影 如图 3-7a 所示为圆球的立体图、如图 3-7b 所示为圆球的投影。圆球在三个投影面上的投影都是直径相等的圆，但这三个圆分别表示三个不同方向的圆球面轮廓素线的投影。正面投影的圆是平行于 V 面的圆素线 A （它是前面可见半球与后面不可见半球的分界线）的投影。与此类似，侧面投影的圆是平行于 W 面的圆素线 C 的投影；水平投影的圆是平行于 H 面的圆素线 B 的投影。这三条圆素线的其他两面投影，都与相应圆的中心线重合，不应画出。

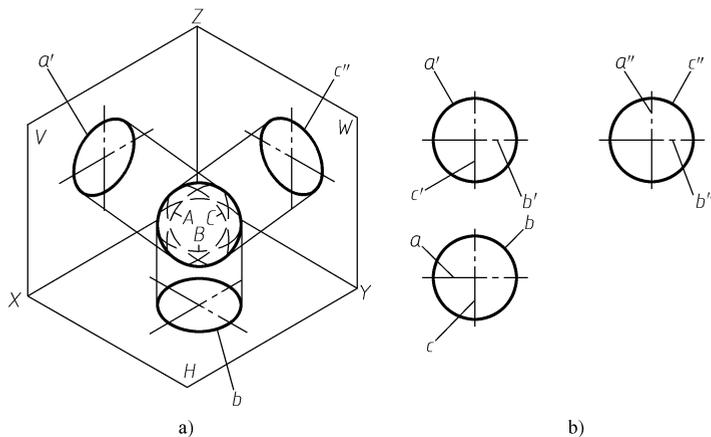


图 3-7 圆球的投影

a) 立体图 b) 投影图

(2) 圆球面上点的投影

方法：辅助圆法。

圆球面的投影没有积聚性，求作其表面上点的投影需采用辅助圆法，即过该点在球面上作一个平行于任一投影面的辅助圆。

举例：如图 3-8a 所示，已知球面上点 M 的水平投影，求作其余两个投影。过点 M 作一平行于正面的辅助圆，它的水平投影为过 m 的直线 ab ，正面投影为直径等于 ab 长度的圆。自 m 向上引垂线，在正面投影上与辅助圆相交于两点。又由于 m 可见，故点 M 必在上半个圆周上，据此可确定位置偏上的点即为 m' ，再由 m 、 m' 可求出 m'' ，如图 3-8b 所示。

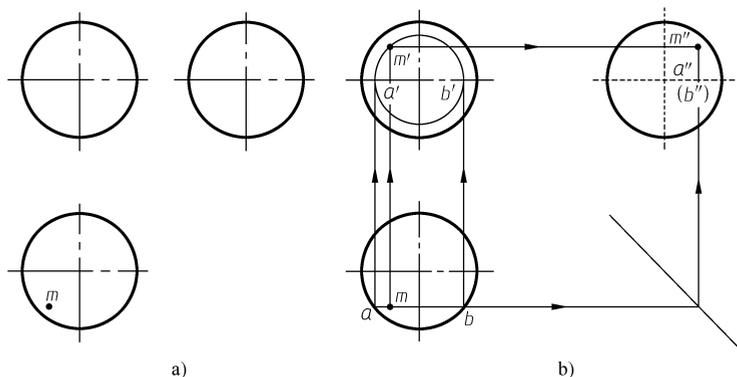


图 3-8 圆球面上点的投影

3.2 切割体的三视图

3.2.1 概念（切割体、截平面、截交线的性质）

用平面切割立体，立体被截切后的部分称为切割体；该平面称为截平面；截平面与立体表面的交线称为截交线。

截交线的形状虽有多种，但均具有以下两个基本性质：

1) 共有性：截交线是截平面与立体表面的共有线，既在截平面上，又在立体表面上，是截平面与立体表面共有点的集合。

2) 封闭性：由于立体表面是有范围的，所以截交线一般是封闭的平面图形（平面多边形或曲线）。

根据截交线的性质，求截交线，就是求出截平面与立体表面的一系列共有点，然后依次连接即可。求截交线，既可利用投影的积聚性直接作图，也可通过作辅助线的方法求出。

3.2.2 平面体被切割

1. 棱柱被切割

举例：六棱柱被切割。

分析：如图 3-9a 所示，六棱柱被正垂面切割，截平面 P 与六棱柱的六条棱线都相交，所以截交线是一个六边形，六边形的顶点为各棱线与 P 平面的交点。截交线的正面投影积聚在 p' 上， $1'$ 、 $2'$ 、 $3'$ 、 $4'$ 、 $5'$ 、 $6'$ 分别为各棱线与 p' 交点。由于六条棱线在俯视图上的投影具有积聚性，所以截交线的水平投影为已知。根据截交线的正面、水平面投影可作出侧面投影。

作图步骤：

1) 画出被切割前六棱柱的左视图（图 3-9b）。

2) 根据截交线六边形各顶点的正面、水平面投影作出截交线的侧面投影 $1''$ 、 $2''$ 、 $3''$ 、 $4''$ 、 $5''$ 、 $6''$ （图 3-9c）。

3) 连接 $1''$ 、 $2''$ 、 $3''$ 、 $4''$ 、 $5''$ 、 $6''$ ，补画遗漏的线，擦去多余作图线（注意：六棱柱上最右棱线的侧面投影为不可见，左视图上不要漏画这一段虚线），描深。作图结果如图 3-9d 所示。

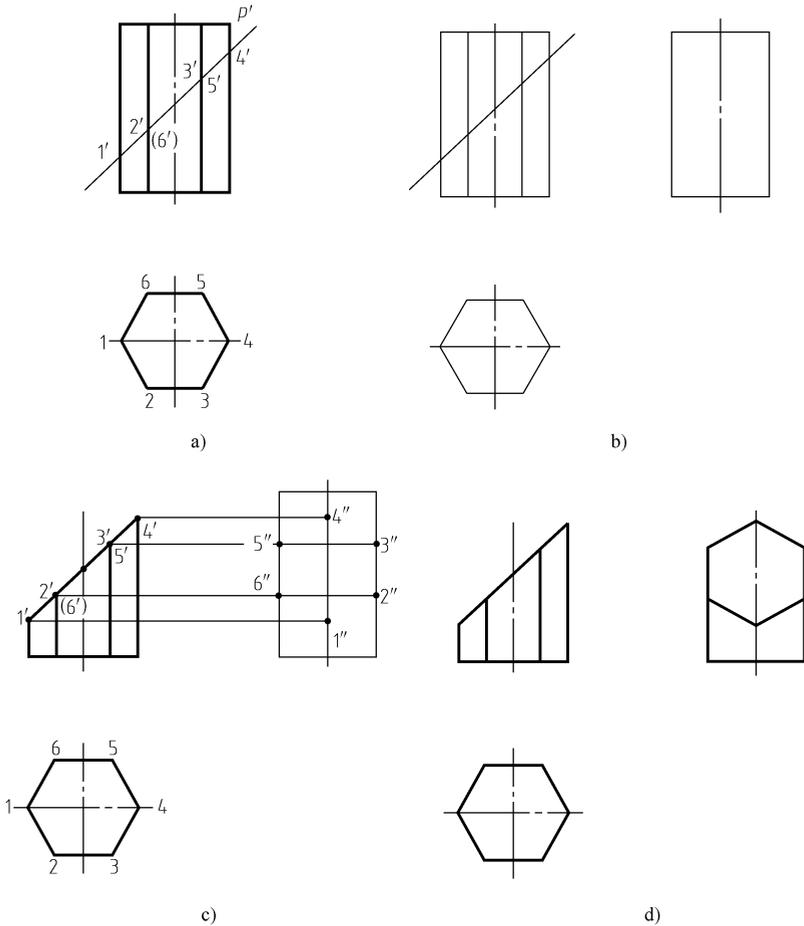


图 3-9 六棱柱被切割

2. 棱锥被切割

举例：正四棱锥被切割。

分析：

如图 3-10a 所示, 正四棱锥被垂面切割, 截交线是一个四边形, 四边形的顶点是四条棱线与截平面 P' 的交点。由于正垂面的正面投影具有积聚性, 所以截交线的正面投影积聚在 p' 上, $1'$ 、 $2'$ 、 $3'$ 、 $4'$ 分别为四条棱线与 p' 的交点。

作图步骤:

1) 画出被切割前正四棱锥的左视图和俯视图 (图 3-10b)。

2) 根据截交线的正面投影作侧面投影和水平投影 (图 3-10c)。截交线的侧面投影可直接由正面投影按高平齐的投影关系作出。水平投影 1、3 可由正面投影按长对正的投影关系直接作出; 水平投影 2、4 由侧面投影 $2''$ 、 $4''$ 按俯、左视图宽相等的投影关系作出。

3) 在俯视图及左视图上顺序连接各交点的投影, 擦去多余的图线并描深。注意不要漏画左视图上的虚线 (图 3-10d)。

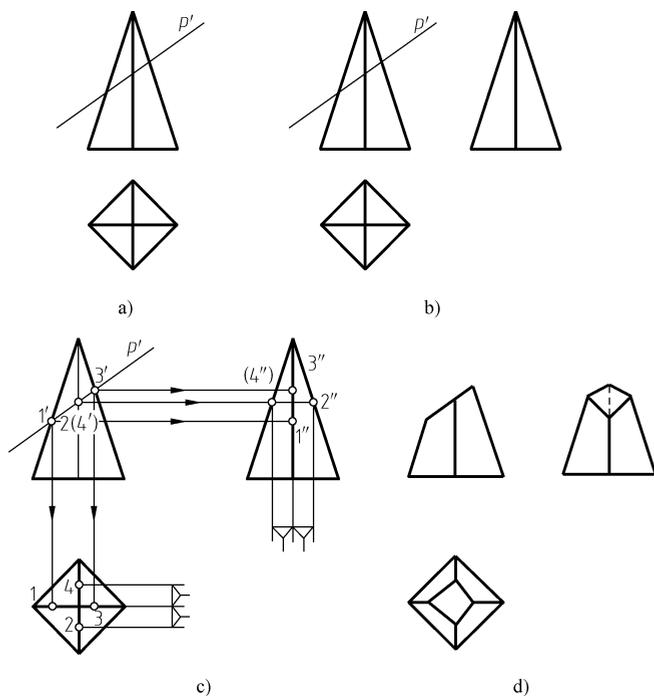


图 3-10 正四棱锥被切割

3.2.3 曲面体被切割

1. 圆柱被切割

(1) 基本类型 平面截切圆柱时, 根据截平面与圆柱轴线的相对位置不同, 其截交线有三种不同的形状, 见表 3-1。

表 3-1 圆柱截交线

	截平面平行于圆柱轴线	截平面垂直于圆柱轴线	截平面斜交于圆柱轴线
截平面位置与投影图			
截交线	两组平行直线组成矩形	圆	椭圆

(2) 例题 (例 3-1) 如图 3-11a 所示, 求圆柱被正垂面截切后的截交线。

分析: 截平面与圆柱的轴线倾斜, 故截交线为椭圆。此椭圆的正面投影积聚为一直线。由于圆柱面的水平投影积聚为圆, 而椭圆位于圆柱面上, 故椭圆的水

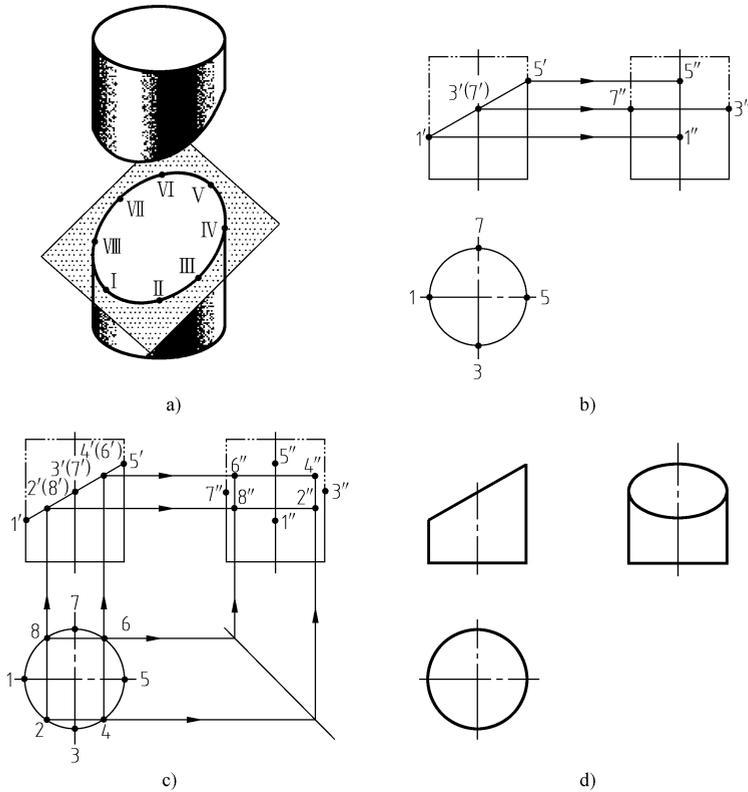


图 3-11 圆柱的截交线

平投影与圆柱面水平投影重合。椭圆的侧面投影是它的类似形，仍为椭圆。可根据投影规律由正面投影和水平投影求出侧面投影。

作图步骤：

1) 求特殊位置点。椭圆长轴的端点 1、5 分别是最低点和最高点，也是最左点和最右点，可先标于圆柱的 V 面转向轮廓素线上。短轴的端点 3、7 分别是最前点和最后点，线标于圆柱的 H 面投影上。已知 1、5、3、7 的正面投影和水平投影，即可求出 $1''$ 、 $5''$ 、 $3''$ 、 $7''$ 。由此可见，求出特殊点后便能确定截交线的大致范围，如图 3-11b 所示。

2) 求一般位置点。一般位置点的多少可根据作图准确程度而定。选点 I、II、III、IV 为一般位置点，利用圆柱表面素线投影的聚集性，由 $2'$ 、 $(8')$ 、 $4'$ 、 $(6')$ 求出 2、4、6、8，再根据三等关系求得 $2''$ 、 $4''$ 、 $6''$ 、 $8''$ ，如图 3-11c 所示。

3) 依次光滑连接 $1''$ 、 $2''$ 、 $3''$ 、 $4''$ 、 $5''$ 、 $6''$ 、 $7''$ 、 $8''$ 和 $1''$ 即得椭圆形的侧面投影，且可见，画为实线，如图 3-11d 所示。

如图 3-12a 所示，完成被截切圆柱的正面投影和水平投影。

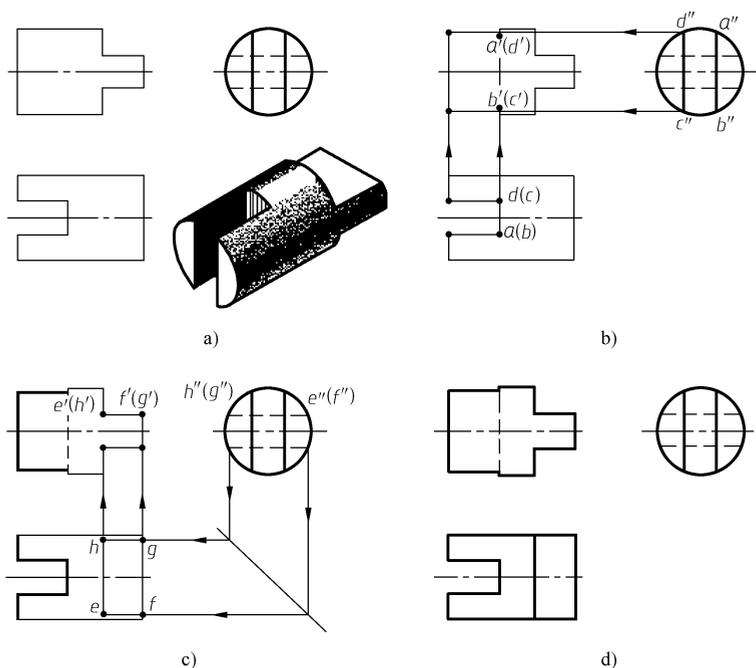


图 3-12 补全带切口圆柱的投影

分析：该圆柱左端的开槽是由两个平行于圆柱轴线的对称的正平面和一个垂直于轴线的侧平面切割而成。圆柱右端的切口是由两个平行于圆柱轴线的水平面和两个侧平面切割而成。

作图步骤：

1) 作出槽口的侧面投影（两条竖线），再按投影关系作出槽口的正面投影（图 3-12b）。

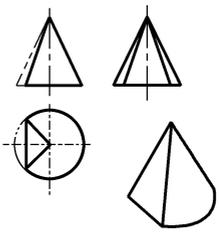
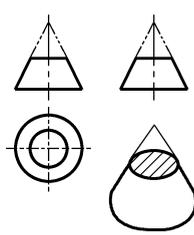
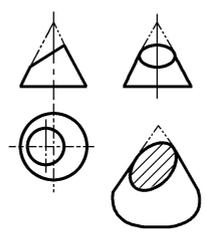
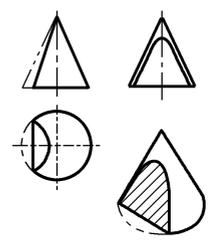
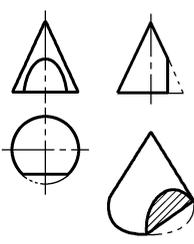
2) 作出切肩的侧面投影（两条虚线），再按投影关系作出切肩的水平投影（图 3-12c）。

3) 擦去多余的图线，描深。图 3-12d 为完整的接头三视图。

2. 圆锥被切割

(1) 基本类型 平面截切圆锥时，根据截平面与圆锥轴线的相对位置不同，其截交线有五种不同的情况，见表 3-2。

表 3-2 圆锥截交线

	截平面通过 圆锥锥顶	截平面垂直 圆锥轴线	截平面斜交圆 锥轴线 $\theta > \alpha$
截平面 位置与 投影图			
截交线	过锥顶两相交直 线组成三角形	圆	椭圆
	截平面斜交圆 锥轴线 $\theta < \alpha$	截平面平行 圆锥轴线	
截平面 位置与 投影图			
截交线	双曲线与直线		

(2) 例题（例 3-2） 如图 3-13a 所示，求作被正平面截切的圆锥的截交线。

分析：因截平面为正平面，与轴线平行，故截交线为双曲线。截交线的水平投影和侧面投影都积聚为直线，只需求出正面投影。

作图步骤（图 3-13b）：

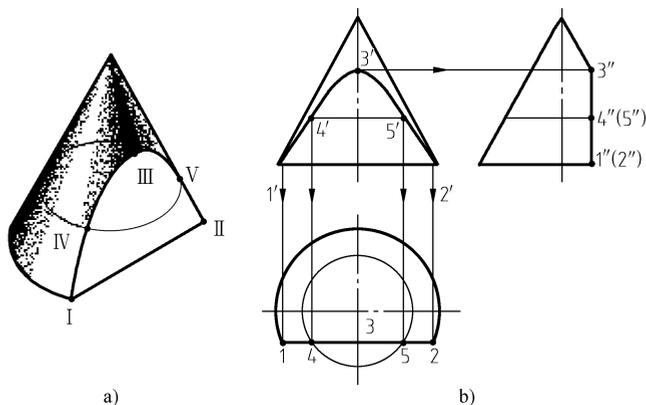


图 3-13 正平面截切圆锥的截交线

- 1) 补画圆锥的左视图，并按宽相等作出截平面 P 的侧面投影 p'' 。
- 2) 最高点 III 是圆锥最前素线与 P 面的交点，可利用积聚性直接定出侧面投影 $3''$ 和水平投影 3，再由 $3''$ 和 3 求出 $3'$ 。最低点 I、II 是圆锥底面与 P 面的交点，可直接定出 1、2 和 $1''$ 、 $2''$ ，再求出 $1'$ 、 $2'$ 。
- 3) 在左视图任取点 $4''$ ($5''$)，然后以同截面半径在俯视图中作出圆与截交线产生交点 4、5。利用点的投影作出 $4'$ 、 $5'$ 。

4) 光滑连接 $1'$ 、 $4'$ 、 $3'$ 、 $5'$ 、 $2'$ ，得双曲线的正面投影。擦去多余图线，描深。

3. 圆球被切割

(1) 基本性质 平面在任何位置截切圆球的截交线都是圆。当截平面平行于某一投影面时，截交线在该投影面上的投影为圆的实形，在其他两面上的投影都积聚为直线，如图 3-14 所示。

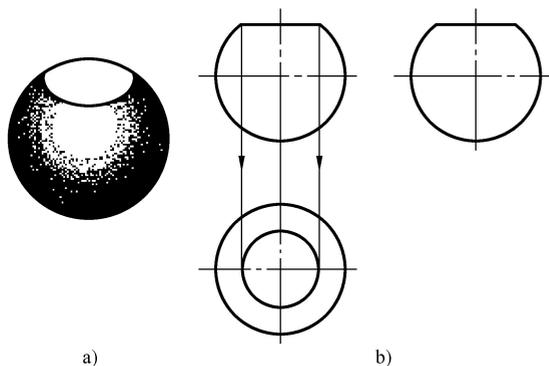


图 3-14 圆球的截交线

(2) 例题 (例 3-3) 如图 3-15a 所示，完成开槽半圆球的截交线。

分析：球表面的凹槽由两个侧平面和一个水平面切割而成，两个侧平面和球的交线为两段平行于侧面的圆弧，水平面与球的交线为前后两段水平圆弧，截平面之间得交线为正垂线。

作图步骤：

- 1) 根据开槽半球的已知条件，以主视图槽底面的直径画出俯视图上的前后

两段圆弧。

2) 从主视图凹槽两侧面的半径画出左视图上左右两段重合的圆弧, 并画出三个截平面的两条交线的投影(侧面投影为虚线, 见图 3-15c)。注意: 左视图上虚线两端的粗实线是槽底面上两段圆弧的投影。

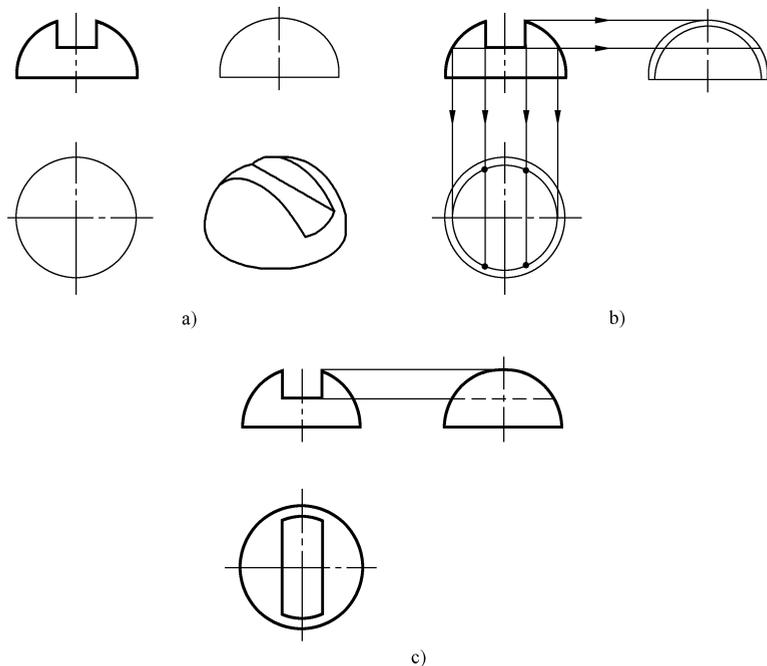


图 3-15 开槽圆球的截交线

3.2.4 综合示例

实际机件常由几个回转体组合而成。求组合回转体的截交线时, 首先要分析构成机件的各基本体与截平面的相对位置、截交线的形状、投影特性, 然后逐个画出各基本体的截交线, 再按它们之间的相互关系连接起来。

如图 3-16a 所示, 求作顶尖头的截交线。

分析: 顶尖头部是由同轴的圆锥与圆柱组合而成。它的上部被两个相互垂直的截平面 P 和 Q 切去一部分, 在它的表面上共出现三组截交线和一条 P 与 Q 的交线。截平面 P 平行于轴线, 所以它与圆锥面的交线为双曲线, 与圆柱面的交线为两条平行直线。截平面 Q 与圆柱斜交, 它截切圆柱的截交线是一段椭圆弧。三组截交线的侧面投影分别积聚在截平面 P 和圆柱面的投影上, 正面投影分别积聚在 P 、 Q 两面的投影(直线)上, 因此只需求作三组截交线的水平投影。

作图步骤:

1) 画出顶尖头的基本体视图, 画出截切平面的主、左视图。

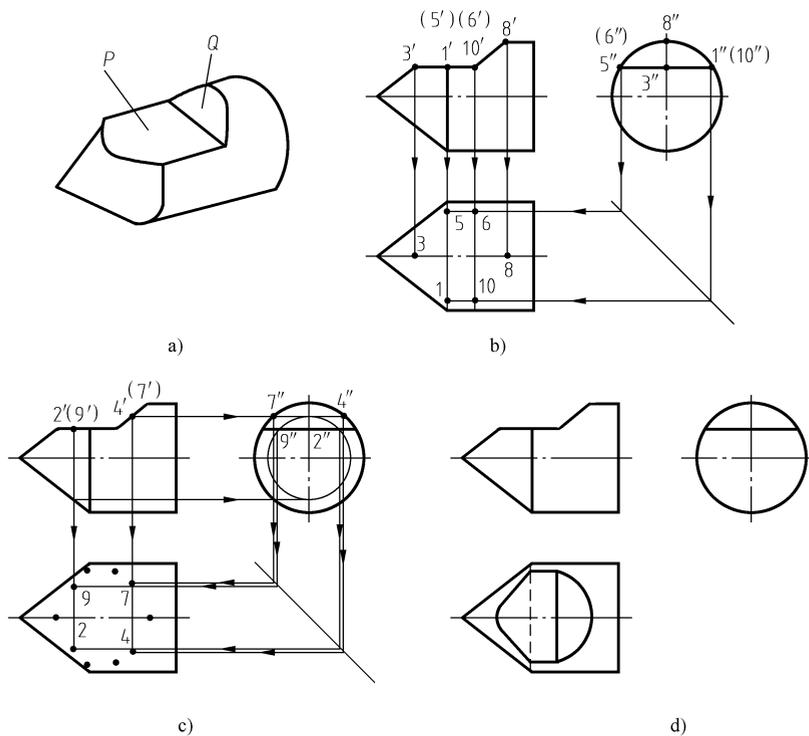


图 3-16 顶尖头的截交线

2) 主视图中三组截交线的特殊点 $1'$ 、 $3'$ 、 $(5')$ 、 $(6')$ 、 $8'$ 、 $10'$ ，可利用积聚性直接定出侧面投影 $1''$ 、 $3''$ 、 $5''$ 、 $(6'')$ 、 $8''$ 、 $(10'')$ ，再用两点规律求出 1 、 3 、 5 、 6 、 8 、 10 ，如图 3-16b 所示。

3) 在主视图任取点 $2'$ 、 $4'$ 、 $(7')$ 、 $(9')$ ，可得 $4''$ 、 $7''$ ，然后以同截面半径在左视图中作出圆与截交线产生交点 $2''$ 、 $9''$ 。利用点的投影作出 2 、 4 、 7 、 9 ，如图 3-16c 所示。

4) 光滑连接 1 、 10 、 4 、 8 、 7 、 6 、 5 、 9 、 3 、 2 、 1 ，画出可见与不可见轮廓线。擦去多余图线，描深，如图 3-16d 所示。

3.3 相贯体的投影作图

3.3.1 概念（相贯体、相贯线）

1. 相贯体的概念

两立体相交得到的立体，称为相贯体。

2. 相贯线的概念

两个基本体相交（或称相贯），表面产生的交线称为相贯线。

3. 相贯线的性质

1) 相贯线是两个曲面立体表面的共有线，也是两个曲面立体表面的分界线。相贯线上的点是两个曲面立体表面的共有点。

2) 两个曲面立体的相贯线一般为封闭的空间曲线，特殊情况下可能是平面曲线或直线，求两个曲面立体相贯线的实质就是求它们表面的共有点。作图时，依次求出特殊点和一般点，判别其可见性，然后将各点光滑连接起来，即得相贯线。

3.3.2 两个圆柱正交相贯

两圆柱正交有三种情况：两外圆柱面相交；外圆柱面与内圆柱面相交；两内圆柱面相交。这三种情况的相交形式虽然不同，但相贯线的性质和形状一样，求法也是一样的，如图 3-17 所示。

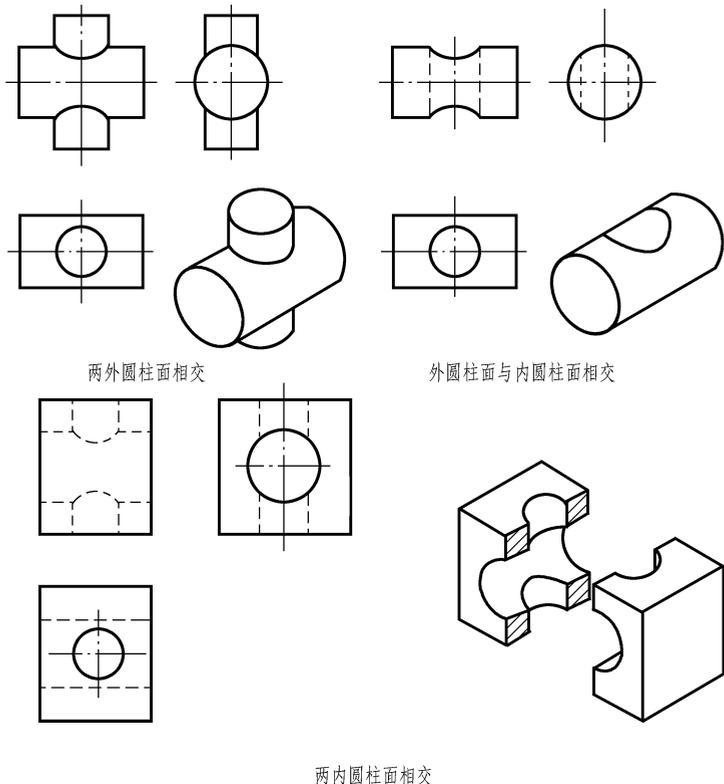


图 3-17 两正交圆柱相交的三种情况

1. 直径相等时

当正交的两圆柱直径相等时，相贯线为大小相等的两个椭圆（投影为通过两轴线交点的直线），如图 3-18 所示。

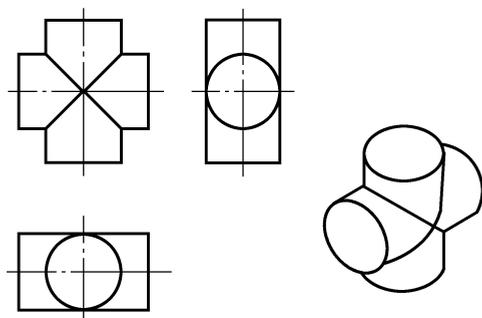


图 3-18 正交两圆柱直径相等时的相贯线

2. 直径不等时

设竖直圆柱直径为 D_1 ，水平圆柱直径为 D ，则：

当 $D_1 < D$ 时，相贯线正面投影为上下对称的曲线（图 3-19a）。

当 $D_1 > D$ 时，相贯线正面投影为左右对称的曲线（图 3-19b）。

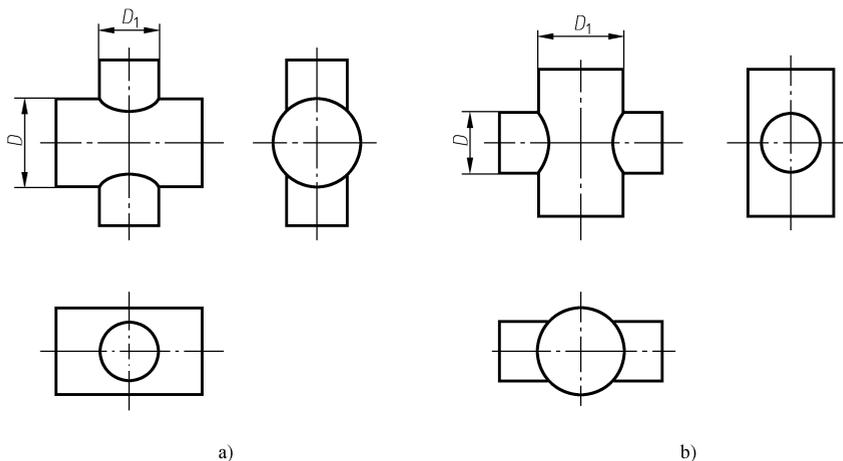


图 3-19 正交两圆柱直径不相等时的相贯线

当两圆柱正交且直径不相等时，相贯线的投影可采用简化画法。如图 3-20 所示，相贯线的正面投影以大圆柱的半径为半径画圆弧来代替，并向大圆柱内弯曲。

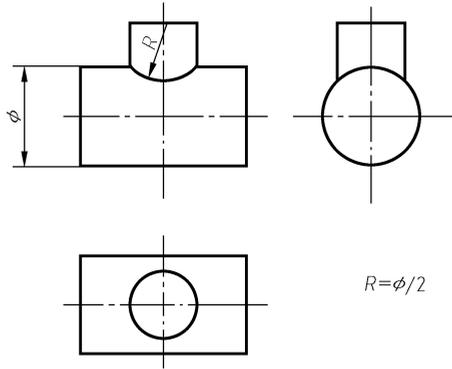


图 3-20 相贯线的简化画法

3. 带孔圆柱正交相贯

圆柱孔与外圆柱面相交时，在孔口会形成相贯线（图 3-17）；两圆柱孔相交时，在表面处也会形成相贯线（图 3-17）。这两种情况相贯线的形状和作图方法与图 3-20 所示两外圆柱面相交是相同的。

3.4 组合体的三视图

3.4.1 组合体的组合形式

1. 叠加

由两个或两个以上的几何体按不同方式叠加而成叫叠加式组合体，如图 3-21a 所示。

2. 切割

由基本体被一些平面或曲面切割和穿孔而成的（在切割处产生截交线、相贯线），如图 3-21b 所示。

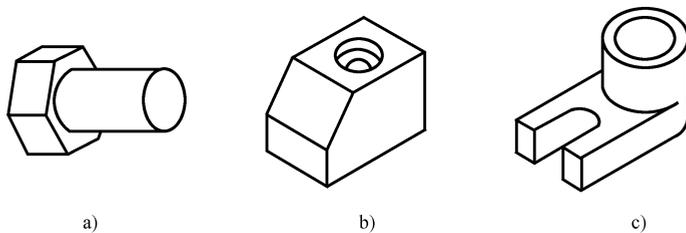


图 3-21 组合体的组合形式

a) 叠加型 b) 切割型 c) 综合型

3. 综合

是上面两种基本形式的综合，如图 3-21c 所示。

3.4.2 组合体的表面连接关系

1. 共面

当两基本体表面平齐时，结合处不画分界线。举例：如图 3-22a 所示组合体，上、下两表面平齐，在主视图上不应画分界线。

2. 不共面

当两基本体表面不平齐时，结合处应画出分界线。

如图 3-22b 所示组合体，上、下两表面不平齐，在主视图上应画出分界线。

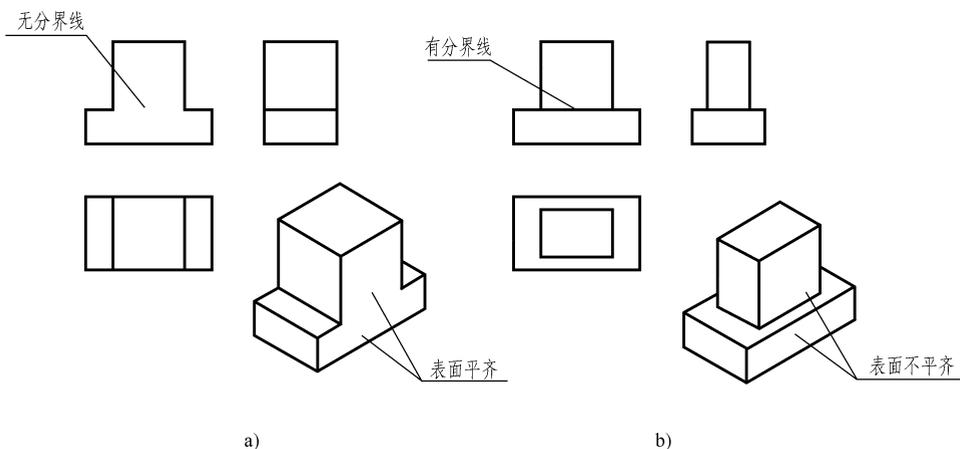


图 3-22 表面平齐和不平齐的画法

a) 表面平齐 b) 表面不平齐

3. 相切

当两基本体表面相切时，在相切处不画分界线。

举例：如图 3-23a 所示组合体，它是由底板和圆柱体组成，底板的侧面与圆柱面相切，在相切处形成光滑的过渡，因此主视图和左视图中相切处不应画线，此时应注意两个切点 A 、 B 的正面投影 a' 、 (b') 和侧面投影 a'' 、 (b'') 的位置。图 3-23b 是常见的错误画法。

4. 相交

当两基本体表面相交时，在相交处应画出分界线。

举例：如图 3-24a 所示组合体，它也是由底板和圆柱体组成，但本例中底板的侧面与圆柱面是相交关系，故在主、左视图中相交处应画出交线。图 3-24b 是常见的错误画法。

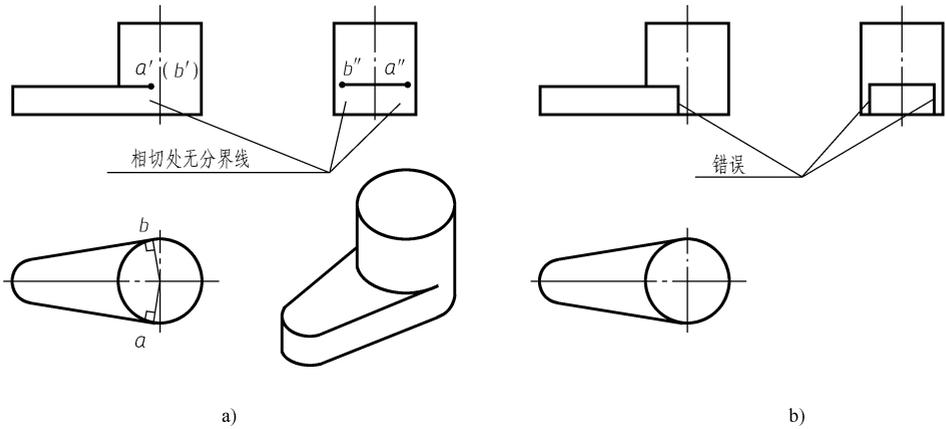


图 3-23 表面相切的画法

a) 正确画法 b) 错误画法

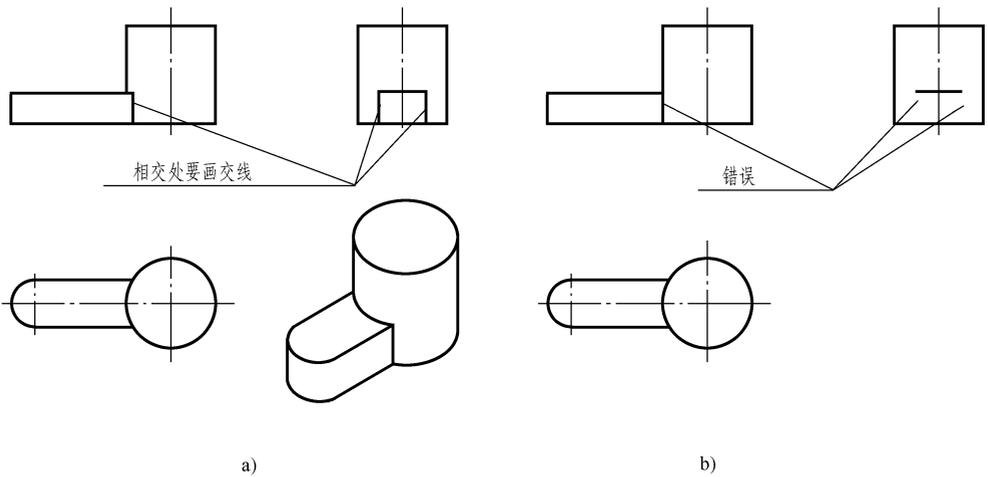


图 3-24 表面相交的画法

a) 正确画法 b) 错误画法

3.4.3 画组合体视图的方法

1. 叠加式组合体

形体分析法——假想将组合体分解为若干基本体，分析各基本体的形状、组合形式和相对位置，弄清组合体的形体特征，这种分析方法称为形体分析法。

例题（例 3-4）画出图 3-25a 所示支座的三视图。

如图 3-25a 所示的支座可分解成图 3-25b 所示的四个部分。

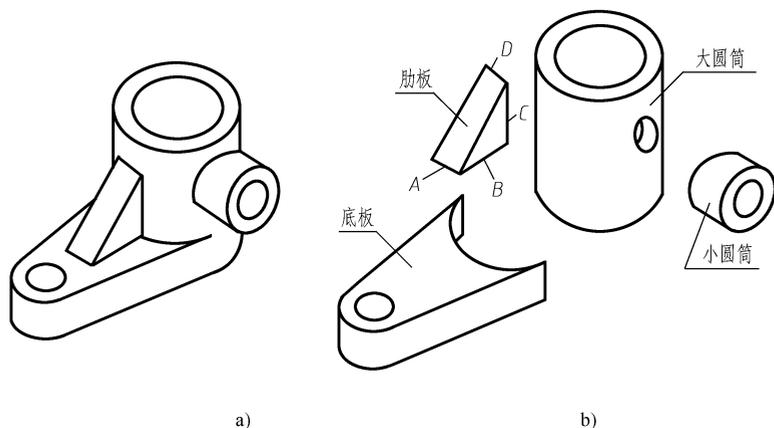


图 3-25 组合体的形体分析

a) 支座 b) 分解图

(1) 形体分析 画图前, 首先应对组合体进行形体分析, 分析该组合体是由哪些基本体所组成的, 了解它们之间的相对位置、组合形式以及表面间的连接关系及其分界线的特点。

图 3-25 中的支座由大圆筒、小圆筒、底板和肋板组成, 从图中可以看出大圆筒与底板接合, 底板的底面与大圆筒底面共面, 底板的侧面与大圆筒的外圆柱面相切; 肋板叠加在底板的表面上, 右侧与大圆筒相交, 其表面交线为 A、B、C、D, 其中 D 为肋板斜面与圆柱面相交而产生的椭圆弧; 大圆筒与小圆筒的轴线正交, 两圆筒相贯连成一体, 因此两者的内外圆柱面相交处都有相贯线。通过对支座进行这样的分析, 弄清它的形体特征, 对于画图有很大帮助。

在具体画图时, 可以按各个部分的相对位置, 逐个画出它们的投影以及它们之间的表面连接关系, 综合起来即得到整个组合体的视图。

(2) 选择主视图 表达组合体形状的一组视图中, 主视图是最主要的视图。在画三视图时, 主视图的投影方向确定以后, 其他视图的投影方向也就被确定了。因此, 主视图的选择是绘图中的一个重要环节。主视图的选择一般根据形体特征原则来考虑, 即以最能反映组合体形体特征的那个视图作为主视图, 同时兼顾其他两个视图表达的清晰性。选择时还应考虑物体的安放位置, 尽量使其主要平面和轴线与投影面平行或垂直, 以便使投影能得到实形。

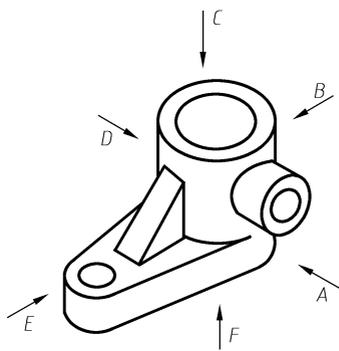


图 3-26 支座主视图的选择

如图 3-26 所示的支座, 比较箭头所指的

各个投影方向，选择 A 向投影为主视图较为合理。

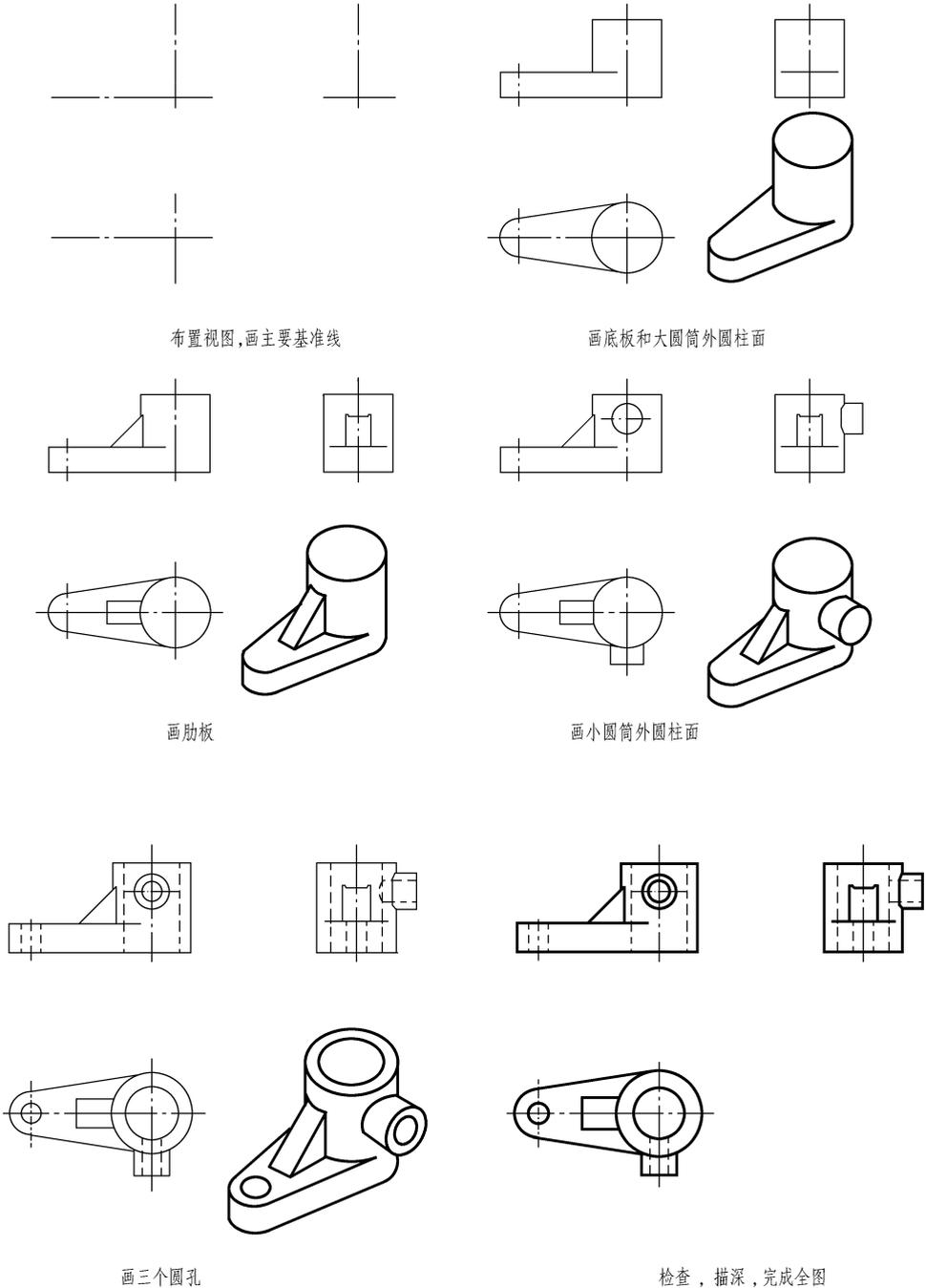


图 3-27 支座三视图的作图步骤

(3) 确定比例和图幅 视图确定后,要根据物体的复杂程度和尺寸大小,按照标准的规定选择适当的比例与图幅。选择的图幅要留有足够的空间以便于标注尺寸和画标题栏等。

(4) 布置视图位置 布置视图时,应根据已确定的各视图每个方向的最大尺寸,并考虑到尺寸标注和标题栏等所需的空,匀称地将各视图布置在图幅上。

(5) 绘制底稿 按形体分析法,从主要的形体(如圆柱体)着手,并按各基本形体的相对位置,逐个画出它们的三视图,具体作图步骤如图3-27所示。

(6) 检查、描深 检查并擦去多余作图线,按要求描深。

总结,绘图时应注意以下几点:

1) 为保证三视图之间相互对正,提高画图速度,减少差错,应尽可能把同一形体的三面投影联系起来作图,并依次完成各组成部分的三面投影。不要孤立地先完成一个视图,再画另一个视图。

2) 先画主要形体,后画次要形体;先画各形体的主要部分,后画次要部分;先画可见部分,后画不可见部分。

3) 应考虑到组合体是各个部分组合起来的一个整体,作图时要正确处理各形体之间的表面连接关系。

2. 切割式组合体

切割式组合体一般是由一基本体经过一系列切割后形成的。

其画法与叠加组合体有所不同。首先仍用形体分析法分析该组合体在没有切割前完整的形体,再用面形分析法作图。

所谓面形分析法,就是根据表面的投影特性来分析组合体表面的性质、形状和相对位置进行画图、读图和标注尺寸的方法。

例题(例3-5) 如图3-28a所示,该切割型组合体是由长方体经三次切割后形成的。

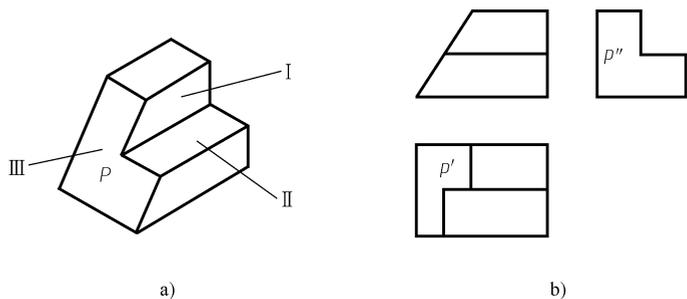


图3-28 切割式组合体

用面形分析法画图时应注意以下几点:

1) 作每个切口的投影时, 应先从反映形体特征轮廓, 且具有积聚投影的视图开始, 再按投影关系画出其他视图。作切口 I 时, 先画切口的主视图, 再画俯、左视图中的图线; 作切口 II 时, 先画方槽的俯视图, 再画主、左视图中的图线; 作切口 III 时, 先画切角的左视图, 再画主、俯视图中的图线。

2) 注意切口截面投影的类似性。例如图 3-28b 中, 方槽与斜面 P 相交而形成的截面形的水平投影 p' 与侧面投影 p'' 应为类似形。

3.5 读组合体视图的方法和步骤

3.5.1 读图的基本要领

1. 几个视图联系起来读

一般情况下, 一个视图不能完全确定物体的形状, 例如图 3-29 所示的三组视图, 它们的主视图都相同, 但实际上是三种不同形状的物体。

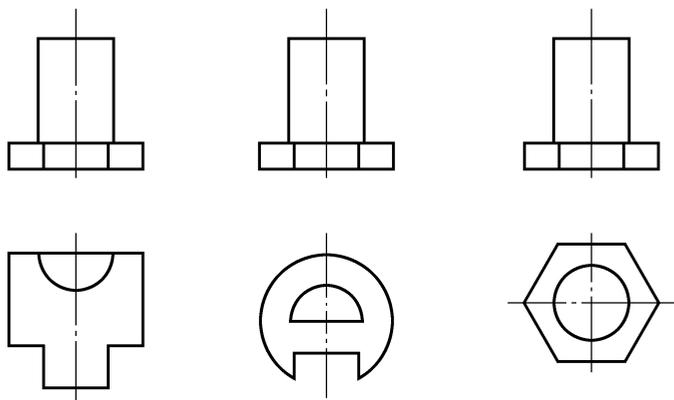


图 3-29 一个视图不能确定物体的形状

由此可见, 在读图时, 一般都要将各个视图联系起来阅读、分析, 才能想象出这组视图所表示的物体的形状。

2. 明确视图中线框和图线的含义

弄清视图中线框和图线的含义, 是看图的基础。下面以图 3-30 为例说明。

图 3-30 线框和图线的含义:

1) 视图中每个封闭线框, 通常都是形体上一个表面(平面或曲面)的投影。如图 3-30a 所示, 主视图中由四个封闭线框, 对照俯视图可知, 线框 a' 、 b' 和 c' 分别为六棱柱前面三个棱面的投影, 线框 d' 为圆柱前半柱面的投影。

2) 任何相邻的两个封闭线框或大线框中套小线框, 应是物体上相交的两个

面的投影，或是同向错位的两个面的投影。如图 3-30a 所示，俯视图中大线框六边形中的小线框圆，就是六棱柱顶面与圆柱面的投影。对照主视图分析，圆柱顶面在上，六棱柱顶面在下。主视图中的 a' 线框与左边的 b' 线框以及右边的 c' 线框是相交的两个表面； a' 线框与 d' 线框是同向错位的两个表面，对照俯视图，六棱柱前面的棱面 A 在柱面 D 之前。

3) 视图中的每一条图线可以是立体表面有积聚性的投影，也可以是两表面的交线的投影，还可以是曲面的转向轮廓线的投影。如图 3-30b 所示，主视图中的直线 $1'$ 是圆柱顶面有积聚性的投影， $2'$ 是 A 面与 B 面交线的投影， $3'$ 是圆柱面转向轮廓线的投影。

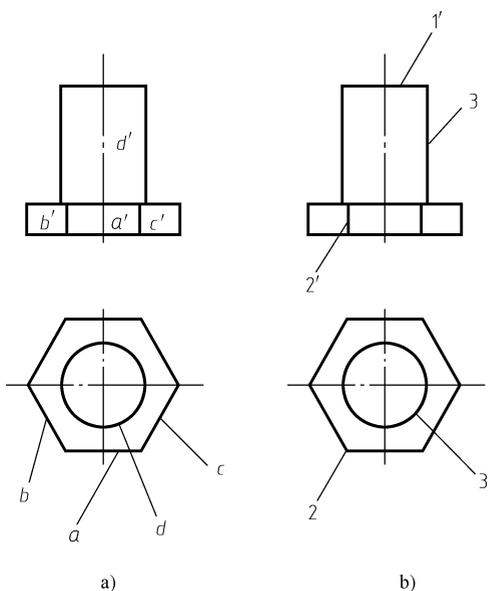


图 3-30 视图中线框和图线的含义

3. 善于构思物体的形状

如果已知某一物体三视图的外轮廓，要求通过构思想象出这个物体的形状。构思过程：

- 1) 主视图为正方形物体，可以想象出很多，如立方体、圆柱等。
- 2) 主视图为正方形，俯视图为圆的物体，必定是圆柱体。
- 3) 必须注意，视图上应添加重合投影、截面交线投影。

3.5.2 读图的基本方法

1. 划线框，分形体

从主视图入手，将该组合体按线框划分为几部分。

2. 对投影，想形状

从主视图开始，分别把每个线框所对应的其他投影找出来，确定每组投影所表示的形体的形状。

3. 合起来，想整体

在读懂每部分形状的基础上，根据物体的三视图，进一步研究它们的相对位置和连接关系，综合想象而形成一个整体。

例题（例 3-6） 已知支撑的主、左视图，补画俯视图（图 3-31a）。

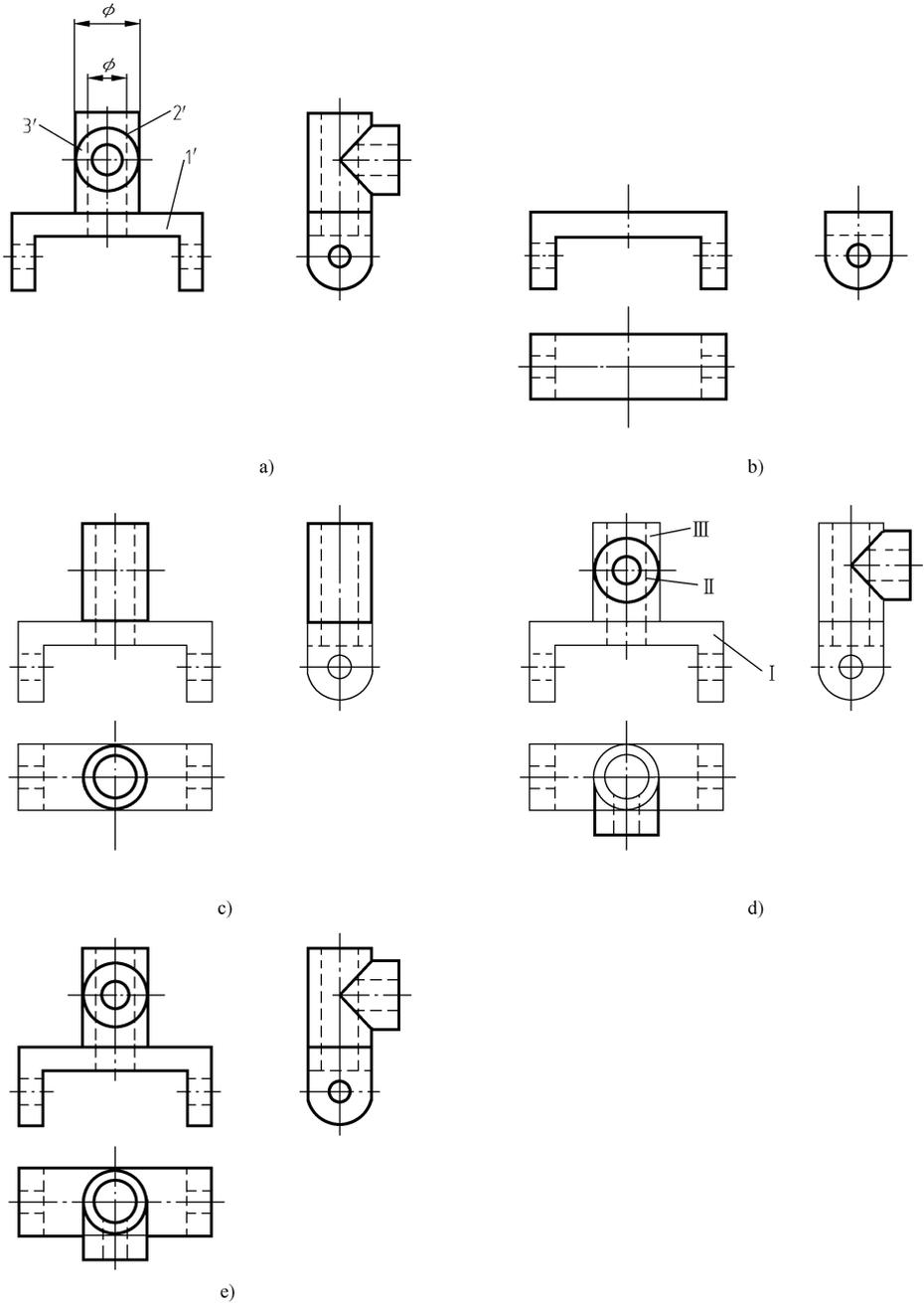


图 3-31 补画支撑的俯视图

分析：

对照左视图，把主视图中的图形划分为三个封闭线框，作为组成支撑的三个部分：1'是下部到凹字形线框；2'是上部矩形线框；3'是圆形线框。可以想象出，

该支撑是由两侧带耳板的底板及两个轴线正交的圆柱体叠加而成，这个部分均有圆柱孔。再分析它们的相对位置，就可对支撑的整体形状有初步认识。

作图步骤：

1) 在主视图上分离出底板的线框，由主、左视图可看出它是一块长方形平板，左右两侧是下部为半圆柱体、上部为长方体的耳板，耳板上有一个圆柱形通孔。画出底板的俯视图（图 3-31b）。

2) 在主视图上分离出上部的矩形线框，因为在图 3-31a 中注有直径 ϕ ，对照左视图可知，它是垂直于水平面的圆柱体，中间有贯通底板的圆柱孔，圆柱与底板的前、后端面相切。画出圆柱的俯视图（图 3-31c）。

3) 在主视图上分离出上部的圆形线框（框中还有一个小圆），对照左视图可知，它也是一个中间有圆柱孔的垂直于正面的圆柱体，直径与圆柱体 II 相等，而孔的直径比圆柱体 II 的孔小。两圆柱体的轴线垂直相交，且均平行于侧面。画出圆柱体 III 的俯视图（图 3-31d）。

4) 根据底板和两个圆柱体的形状，以及它们的相对位置，可以想出支撑的整体形状（图 3-31e），然后校核补画出的俯视图，描述。

例题（例 3-7） 已知压板的主俯视图，补画左视图（图 3-32）。

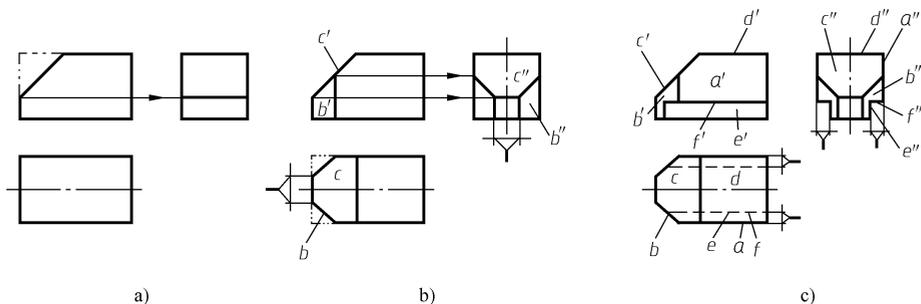


图 3-32 补画压板左视图

分析：

如图 3-32c 所示，主视图中三个封闭线框 a' 、 b' 、 e' ，对应俯视图中压板前半部的三个平面 A、B、E 积聚成直线的投影 a 、 b 、 e 。其中 A 和 E 是正平面，B 是铅垂面。俯视图中两个封闭线框 c 和 d ，对应主视图中两个平面 C 和 D 积聚成直线的投影 c' 和 d' 。其中，C 是正垂面，D 是水平面。俯视图中压板前半部在虚线与实线组成的封闭线框 f ，对应主视图中平面 F 积聚成直线的投影 f' 。

作图步骤：

1) 长方体被正垂面 C 切去左上角，由主视图补画左视图（图 3-32a）。

2) 长方体被两个铅垂面切去前、后对称的两个角，按长对正、高平齐、宽相等，且前后对应的投影关系补画左视图，如图 3-32b 所示。必须注意：正垂面

C 的水平投影 c 应与其侧面投影 c'' 类似；铅垂面 B 的正面投影 b' （与后半部铅垂面重影）应与其侧面投影 b'' 类似。

3) 下半部被前后对称的两组水平面 F 和正平面 E 切去前后对称的两块， F 和 E 在左视图上均有聚集性，由“高平齐、宽相等”作出它们的左视图，如图 3-32c 所示。

例题（例 3-8） 已知架体的主俯视图，补画左视图（图 3-33）。

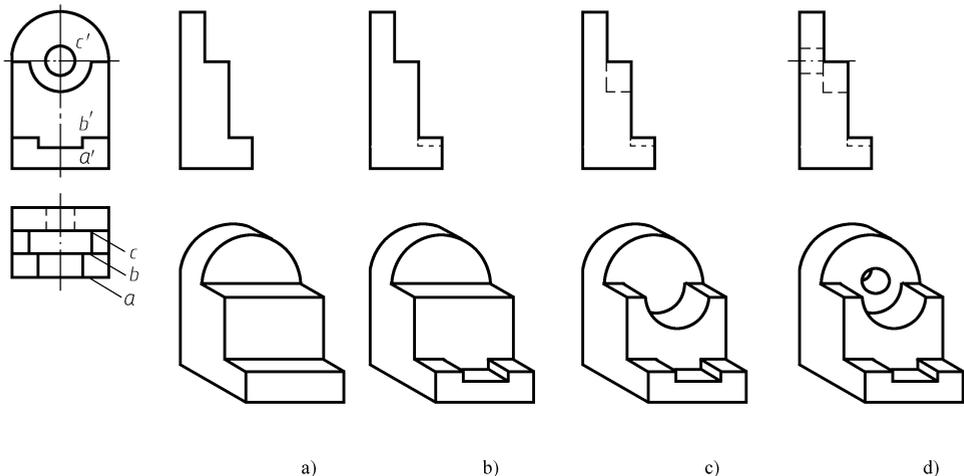


图 3-33 补画架体左视图

分析：

在主视图上有三个线框，经主、俯视图对照可知，三个线框分别表示架体上三个不同位置的表面： A 线框是个凹形块，处于架体的前面。 C 线框是半圆头竖板，其中还有一个小圆线框，与俯视图上两条虚线对应，可知是半圆头竖板上穿了一个圆孔。由俯视图可知，它处于 A 面之后。 B 线框的主视图上部有个半圆槽，在俯视图上可以找到对应的两条线，可知其处于架体的中部。

补画左视图时，可同时徒手画轴测草图逐个记录想象和构思的过程。因为架体的正面投影有较多的圆和圆弧，所以采用斜二测画轴测草图比较方便。

作图步骤：

1) 画出左视图的轮廓，并由主、俯视图分出架体上三个面的前后、高低层次（图 3-33a）。

2) 由前层切出凹形槽，补画左视图上的相应图线（图 3-33b）。

3) 由中层切出半圆槽，补画左视图上的相应图线（图 3-33c）。

4) 由后层挖去圆形孔，补画左视图上的相应图线（图 3-33d）。按画出的轴测草图对照补画的左视图，检查无误后描深。

例题（例 3-9） 补画三视图中的漏线（图 3-34）。

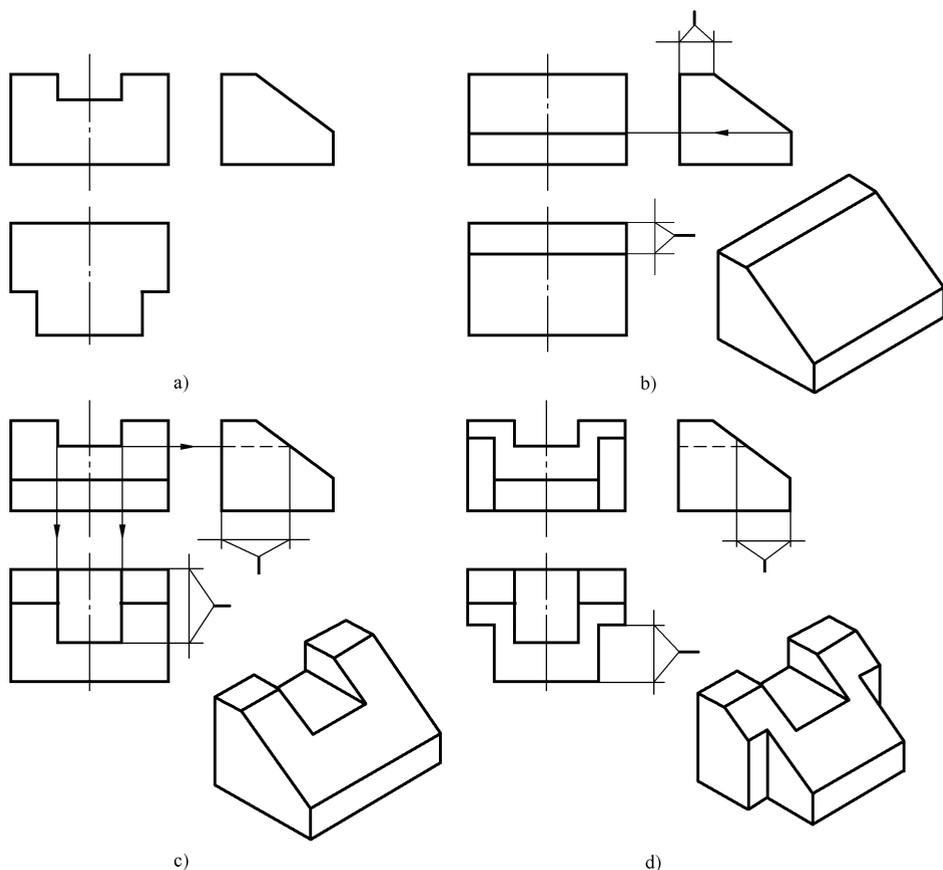


图 3-34 补画三视图中的漏线

分析:

如图 3-34a 所示, 从已知三个视图的分析, 该组合体是长方体被几个不同位置的平面切割而成。可采用边切割边补线的方法逐个补画出三个视图中的漏线。在补线过程中, 要应用“长对正、高平齐、宽相等”的投影规律, 特别要注意俯、左视图宽相等及前后对应的投影关系。

三个视图中均没有圆或圆弧, 可采用正等测徒手绘制轴测草图。

作图步骤:

1) 从左视图上的斜线可知, 长方体被侧垂面切去一角。在主、俯视图中补画相应的漏线 (图 3-34b)。

2) 从主视图上的凹槽可知, 长方形的上部别一个水平面和两个侧平面开了一个小槽。补画俯、左视图中相应的漏线 (图 3-34c)。

3) 从俯视图可知, 长方体前面被两组正平面和侧平面左、右对称切去一角。补全主、左视图中相应的漏线 (图 3-34d)。按徒手画出的轴测草图检查三视图。

第 4 章 图样中的基本表示法

4.1 视图

4.1.1 基本视图

当机件的外部结构形状在各个方向（上下、左右、前后）都不相同时，三视图往往不能清晰地把它表达出来。因此，必须加上更多的投影面，以得到更多的视图。

1. 概念

为了清晰地表达机件六个方向的形状，可在 H 、 V 、 W 三投影面的基础上，再增加三个基本投影面。这六个基本投影面组成了一个方箱，把机件围在当中，如图 4-1a 所示。机件在每个基本投影面上的投影，都称为基本视图。图 4-1b 表示机件投影到六个投影面上后，投影面展开的方法。展开后，六个基本视图的配置关系和视图名称见图 4-1c。按图 4-1b 所示位置在一张图纸内的基本视图，一律不注视图名称。

2. 投影规律

六个基本视图之间，仍然保持着与三视图相同的投影规律，即：

主、俯、仰、后：长对正。

主、左、右、后：高平齐。

俯、左、仰、右：宽相等。

此外，除后视图以外，各视图的里边（靠近主视图的一边），均表示机件的后面，各视图的外边（远离主视图的一边），均表示机件的前面，即“里后外前”。

强调：虽然机件可以用六个基本视图来表示，但实际上画哪几个视图，要看具体情况而定。

4.1.2 向视图

有时为了便于合理地布置基本视图，可以采用向视图。

向视图是可自由配置的视图，它的标注方法为：在向视图的上方注写“ \times ”（ \times 为大写的英文字母，如“A”、“B”、“C”等），并在相应视图的附近用箭头

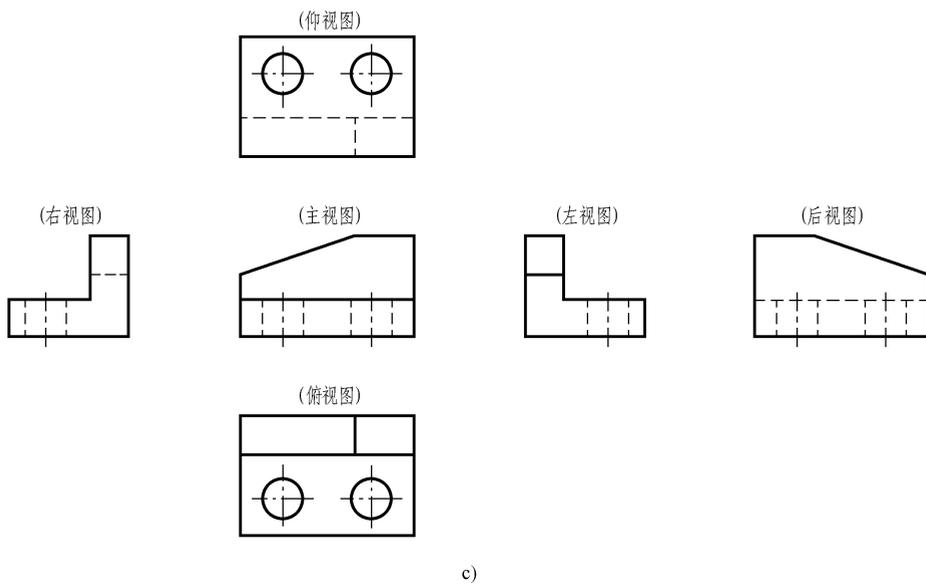
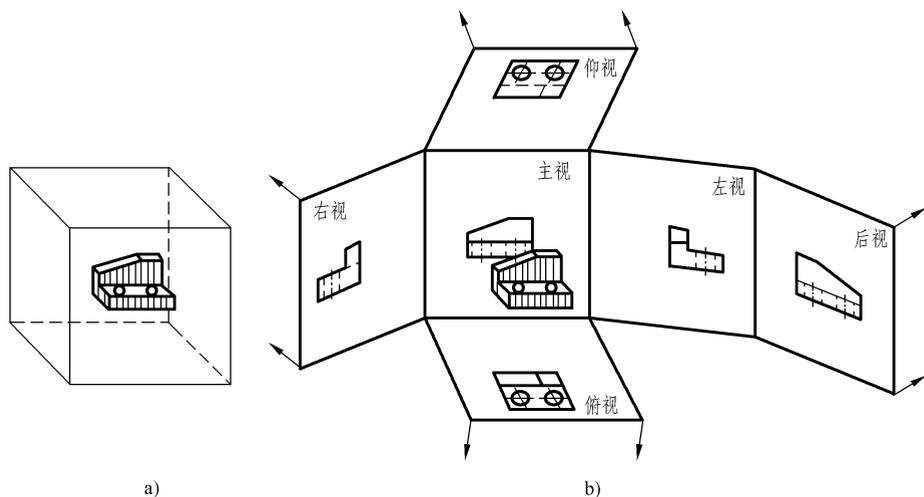


图 4-1 六个基本视图

指明投影方向，并注写相同的字母，如图 4-2 所示。

4.1.3 局部视图

当采用一定数量的基本视图后，机件上仍有部分结构形状尚未表达清楚，而又没有必要再画出完整的其他的基本视图时，可采用局部视图来表达。

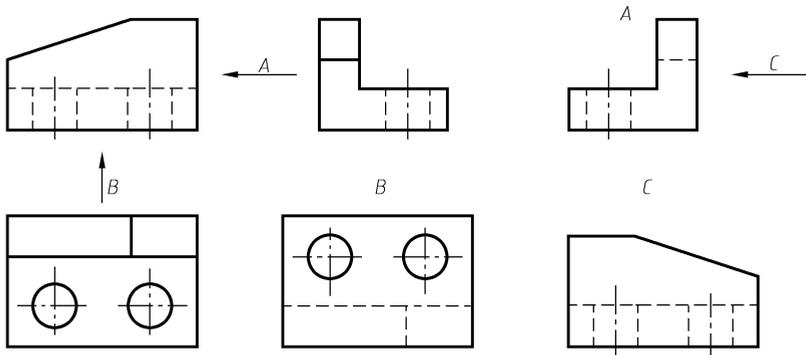


图 4-2 向视图

1. 概念

只将机件的某一部分向基本投影面投射所得到的图形，称为局部视图。局部视图是不完整的基本视图，利用局部视图可以减少基本视图的数量，使表达简洁，重点突出。例如图 4-3a 所示工件，画出了主视图和俯视图，已将工件基本部分的形状表达清楚，只有左、右两侧凸台和左侧肋板的厚度尚未表达清楚，此时便可像图中的 A 向和 B 向那样，只画出所需要表达的部分而成为局部视图，如图 4-3b 所示。这样重点突出、简单明了，有利于画图和看图。

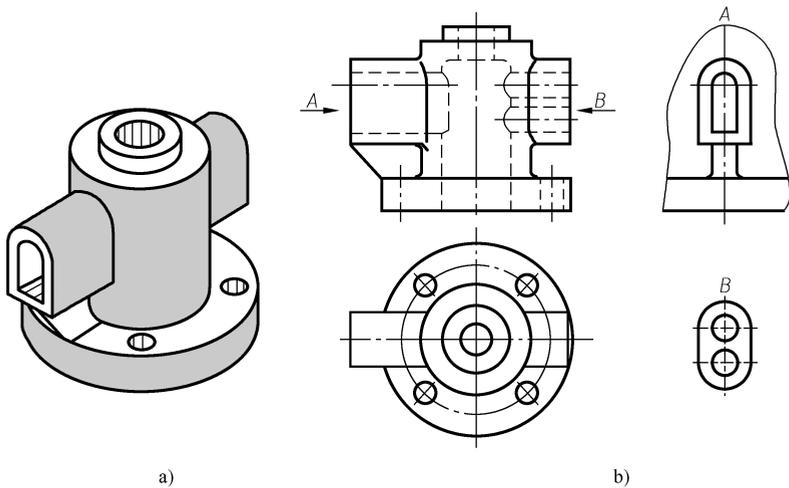


图 4-3 局部视图

2. 画局部视图时应注意

- 1) 在相应的视图上用带字母的箭头指明所表示的投影部位和投影方向，并在局部视图上方用相同的字母标明“×”。
- 2) 局部视图最好画在有关视图的附近，并直接保持投影联系。也可以画在

图纸内的其他地方,如图4-3b中右下角画出的“B”向。当表示投影方向的箭头标在不同的视图上时,同一部位的局部视图的图形方向可能不同。

3) 局部视图的范围用波浪线表示,如图4-3b中“A”。所表示的图形结构完整且外轮廓线又封闭时,则波浪线可省略,如图4-3b中“B”。

4.1.4 斜视图

1. 概念

将机件向不平行于任何基本投影面的投影面进行投影,所得到的视图称为斜视图。斜视图适合于表达机件上的斜表面的实形。例如图4-4是一个弯板形机件,它的倾斜部分在俯视图和左视图上的投影都不是实形。此时就可以另外加一个平行于该倾斜部分的投影面,在该投影面上则可以画出倾斜部分的实形投影,如图4-4中的“A”向所示。

2. 标注

斜视图的标注方法与局部视图相似,并且应尽可能配置在与基本视图直接保持投影联系的位置,也可以平移到图纸内的适当地方。为了画图方便,也可以旋转,但必须在斜视图上方注明旋转标记,如图4-4所示。

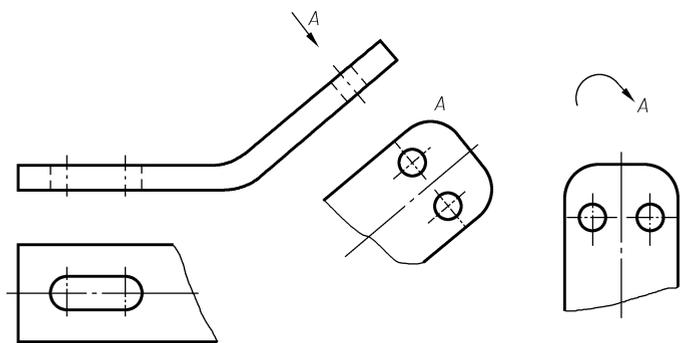


图4-4 弯板形机件的斜视图

3. 注意

画斜视图时增设的投影面只垂直于一个基本投影面,因此,机件上原来平行于基本投影面的一些结构在斜视图中最好以波浪线为界而省略不画,以避免出现失真的投影。在基本视图中也应注意处理好这类问题,如图4-4中不用俯视图而用“A”向视图,即是一例。

4.1.5 应用举例

视图主要用来表达机件的外部形状,之所以产生多种视图,一方面是由于要

适应机件结构形状的多样性，尽量避免在视图中出现失真的投影，例如斜视图即属这种情况；另一方面是为了让视图尽可能只表达机件可见部分的轮廓，避免使用虚线，减少重叠的层次，增加图形的清晰形，局部视图、右视图、仰视图等都有这样的作用。

4.2 剖视图

4.2.1 剖视图的形成、画法及标注

1. 剖视图的形成

(1) 概念 想用一剖切平面剖开机件，然后将处在观察者和剖切平面之间的部分移去，而将其余部分向投影面投影所得的图形，称为剖视图（简称剖视）。

(2) 举例 例如，图 4-5a 所示的机件，在主视图中，用虚线表达其内部结构，不够清晰。按照图 4-5b 所示的方法，假想沿机件前后对称平面把它剖开，拿走剖切平面前面的部分后，将后面部分再向正投影面投影，这样就得到了一个剖视的主视图。图 4-5c 表示机件剖视图的画法。

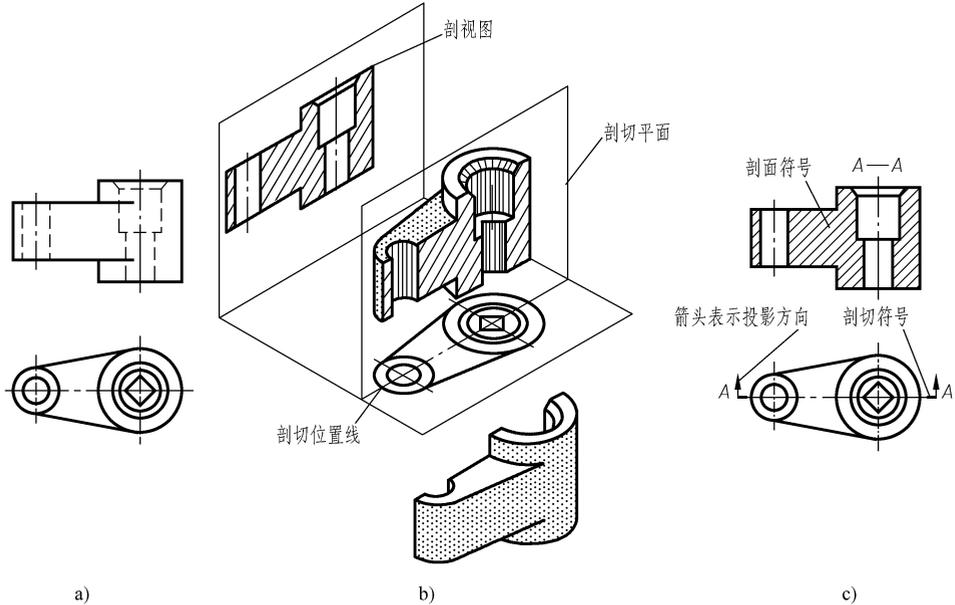


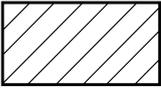
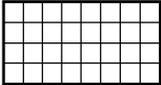
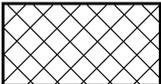
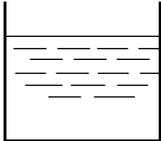
图 4-5 剖视图的形成

2. 剖面符号

剖视图中，剖切平面与机件的接触部分（即断面图形内）要画出与材料相应

的剖面符号，国家标准规定了各种材料的剖切符号，如表 4-1 所示。

表 4-1 剖面符号

金属材料（已有规定剖面符号者除外）		水质胶合板（不分层数）	
线圈绕组元件		基础周围的泥土	
转子、电枢、变压器和电抗器等的叠钢片		混凝土	
非金属材料（已有规定剖面符号者除外）		钢筋混凝土	
型砂、填砂、粉末冶金、砂轮、陶瓷刀片、硬质合金刀片等		砖	
玻璃及供观察用的其他透明材料		格网（筛网、过滤网等）	
木	纵剖面 	液体	
材	横剖面 		

3. 剖视图的画法注意点

画剖视图时，首先要选择适当的剖切位置，使剖切平面尽量通过较多的内部结构（孔、槽等）的轴线或对称平面，并平行于选定的投影面。例如在图 4-5

中，以机件的前后对称平面为剖切平面。

其次，内外轮廓要画齐。机件剖开后，处在剖切平面之后的所有可见轮廓线都应画齐，不得遗漏，最后要画上剖面符号。在剖视图中，凡是被剖切的部分应画上剖面符号。

金属材料的剖面符号，应画成与水平方向成 45° 的互相平行、间隔均匀的细实线。同一机件各个视图的剖面符号应相同。但是如果图形的主要轮廓线与水平方向成 45° 或接近 45° 时，该图剖面线应画成与水平方向成 30° 或 60° 角，其倾斜方向仍应与其他视图的剖面线一致，如图 4-6 所示。

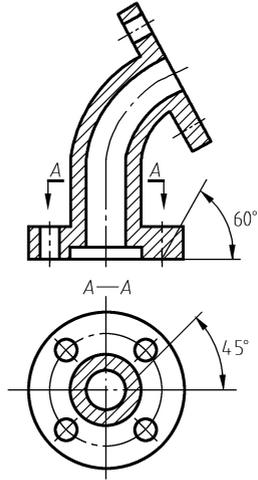


图 4-6 剖视图的画法

画剖视图应注意的问题：

1) 剖视只是一种表达机件内部结构的方法，并不是真正剖开和拿走一部分。因此，除剖视图以外，其他视图要按原来的形状画出。

2) 剖视图中一般不画虚线，但如果画少量虚线可以减少视图数量，而又不影响剖视图的清晰时，也可以画出这种虚线。

3) 机件剖开后，凡是看得见的轮廓线都应画出，不能遗漏。要仔细分析剖切平面后面的结构形状，分析有关视图的投影特点，以免画错。如图 4-7 所示是剖面形状相同，但剖切平面后面的结构不同的三块底板的剖视图的例子，要注意区别它们不同之点在什么地方。

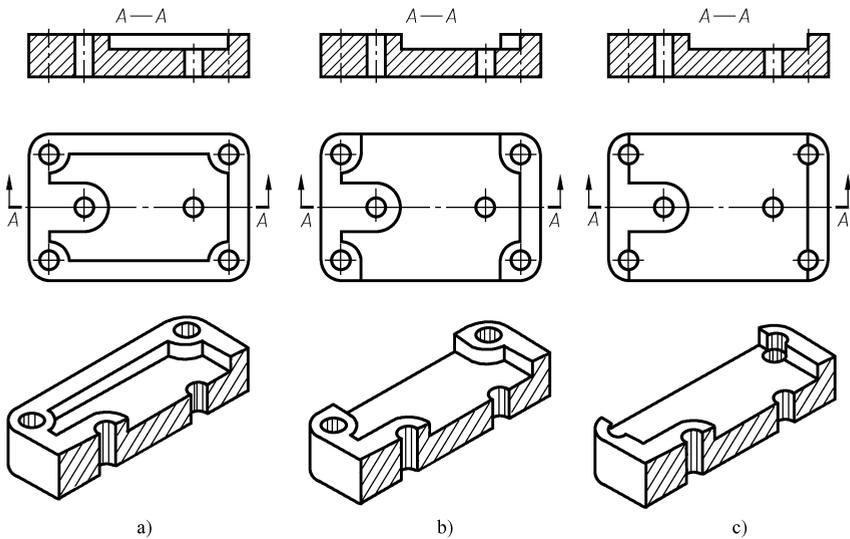


图 4-7 几种底板的剖视图

4. 剖视图的标注

剖视图一般应该包括三部分：剖切平面的位置、投影方向和剖视图的名称。标注方法如图 4-5 所示：在剖视图中用剖切符号（即粗短线）标明剖切平面的位置，并写上字母；用箭头指明投影方向；在剖视图上方用相同的字母标出剖视图的名称“×—×”。

4.2.2 剖视图的种类

1. 全剖视图

(1) 概念 用剖切平面，将机件全部剖开后进行投影所得到的剖视图，称为全剖视图（简称全剖视）。例如图 4-8 中的主视图和左视图均为全剖视图。

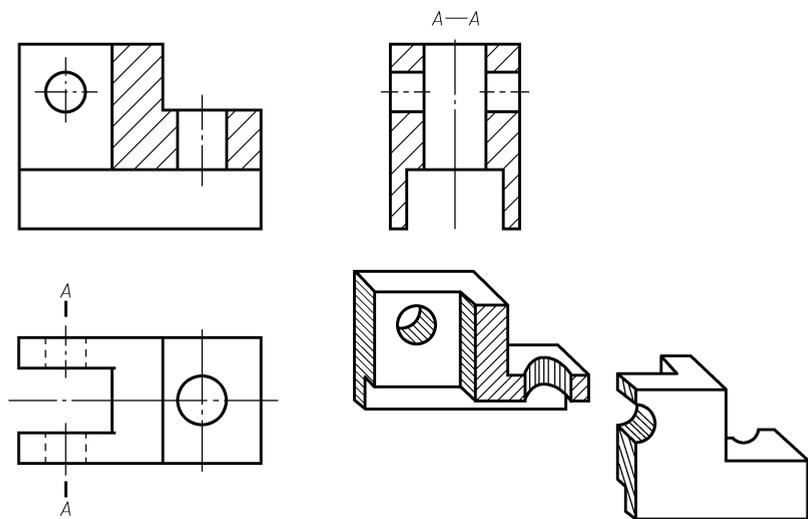


图 4-8 全剖视图及其标注

(2) 应用 全剖视图一般用于表达外部形状比较简单，内部结构比较复杂的机件。

(3) 标注 当剖切平面通过机件的对称（或基本对称）平面，且全剖视图按投影关系配置，中间又无其他视图隔开时，可以省略标注，否则必须按规定方法标注。如图 4-8 中的主视图的剖切平面通过对称平面，所以省略了标注；而左视图的剖切平面不是通过对称平面，必须标注，但它是按投影关系配置的，所以箭头可以省略。

2. 半剖视图

(1) 概念 当机件具有对称平面时，以对称中心线为界，在垂直于对称平面的投影面上投影得到的，由半个剖视图和半个视图合并组成的图形称为半剖视图。

(2) 应用 半剖视图充分地表达了机件的内部结构，又保留了机件的外部形状，因此它具有内外兼顾的特点，但半剖视图只适宜于表达对称的或基本对称的机件。

(3) 标注 半剖视图的标注方法与全剖视图相同。例如图 4-9a 所示的机件为前后对称，图 4-9b 中主视图所采用的剖切平面通过机件的前后对称平面，所

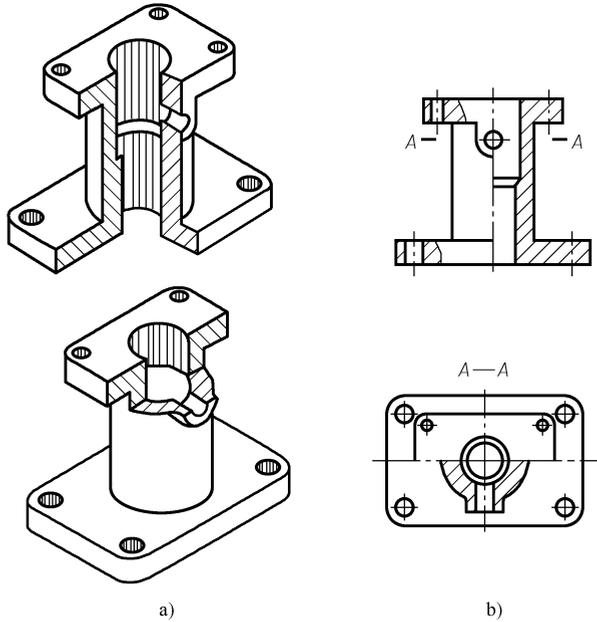


图 4-9 半剖视图及其标注

以不需要标注；而俯视图所采用的剖切平面并非通过机件的对称平面，所以必须标出剖切位置和名称，但箭头可以省略。

(4) 注意几点

1) 具有对称平面的机件，在垂直于对称平面的投影面上，才宜采用半剖视。如机件的形状接近于对称，而不对称部分已另有视图表达时，也可以采用半剖视。

2) 半个剖视和半个视图必须以细点画线为界。如果作为分界线的细点画线刚好和轮廓线重合，则应避免使用。如图 4-10 所示主视图，尽管图的内外形状都对称，似乎可

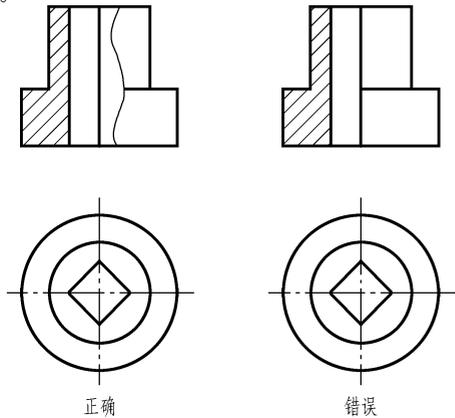


图 4-10 对称机件的局部剖视

以采用半剖视，但采用半剖视图后，其分界线恰好和内轮廓线相重合，不满足分界线是细点画线的要求，所以不应用半剖视表达，而宜采取局部剖视表达，并且用波浪线将内、外形状分开。

3) 半剖视图中的内部轮廓在半个视图中不必再用虚线表示。

3. 局部剖视图

(1) 概念 将机件局部剖开后进行投影得到的剖视图称为局部剖视图。局部剖视图也是在同一视图上同时表达内外形状的方法，并且用波浪线作为剖视图与视图的界线。图 4-9 的主视图和图 4-11 的主视图和左视图，均采用了局部剖视图。

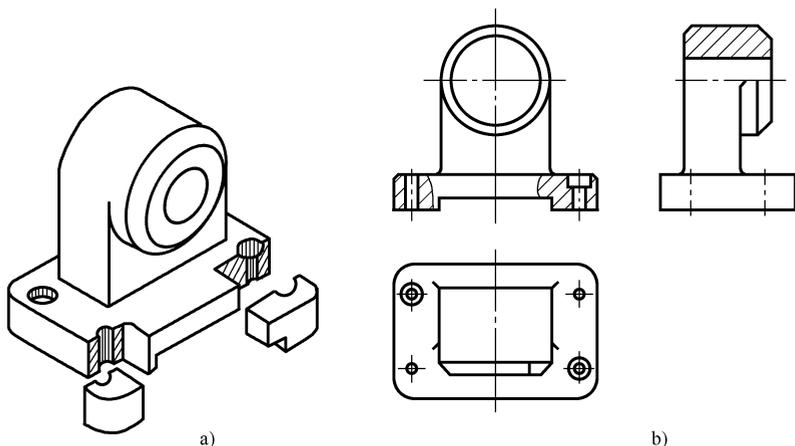


图 4-11 局部剖视图

(2) 应用 从以上几例可知，局部剖视是一种比较灵活的表达方法，剖切范围根据实际需要决定。但使用时要考虑到看图方便，剖切不要过于零碎。它常用于下列两种情况：

- 1) 机件只有局部内形要表达，而又不必或不宜采用全剖视图时。
- 2) 不对称机件需要同时表达其内、外形状时，宜采用局部剖视图。

(3) 波浪线的画法 表示视图与剖视范围的波浪线，可看作机件断裂痕迹的投影，波浪线的画法应注意以下几点：

- 1) 波浪线不能超出图形轮廓线，如图 4-12a 所示。
- 2) 波浪线不能穿孔而过，如遇到孔、槽等结构时，波浪线必须断开，如图 4-12a 所示。

3) 波浪线不能与图形中任何图线重合，也不能用其他线代替或画在其他线的延长线上，如图 4-12b、c 所示。

4) 当被剖切部位的局部结构为回转体时，允许将该结构的中心线作为局部剖视图与视图的分界线，例如图 4-13 所示的拉杆的局部剖视图。

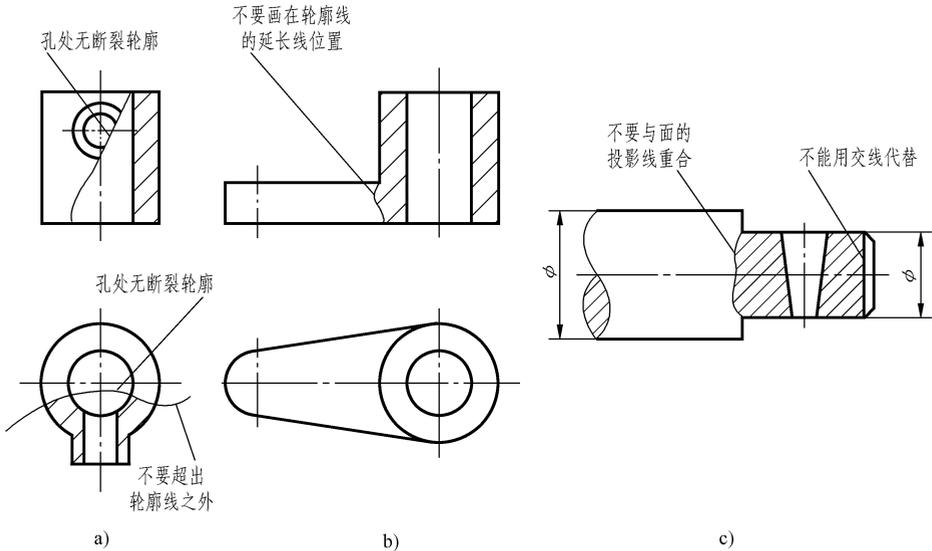


图 4-12 局部剖视图的波浪线的画法

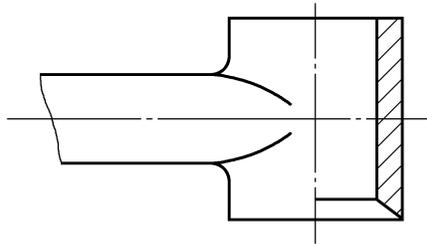


图 4-13 拉杆局部剖视图

(4) 标注 局部剖视图的标注方法和全剖视相同。但如局部剖视图的剖切位置非常明显，则可以不标注。

4.2.3 剖切面的种类

剖视图是假想将机件剖开而得到的视图，因为机件内部形状的多样性，剖开机件的方法也不尽相同。国家标准《机械制图》规定有：单一剖切平面、几个互相平行的剖切平面、两个相交的剖切平面、不平行于任何基本投影面的剖切平面、组合的剖切平面等。

1. 用单一面剖切

用一个剖切平面剖开机件的方法称为单一剖，所画出的剖视图，称为单一剖视图。单一剖切平面一般为平行于基本投影面的剖切平面。前面介绍的全剖视图、半剖视图、局部剖视图均为用单一剖切平面剖切而得到的，可见这种方法应用最多。

2. 用几个平行的平面剖切——阶梯剖

(1) 概念 用两个或多个互相平行的剖切平面把机件剖开的方法,称为阶梯剖,所画出的剖视图,称为阶梯剖视图。它适宜于表达机件内部结构的中心线排列在两个或多个互相平行的平面内的情况。

(2) 举例 例如图4-14a所示机件,内部结构(小孔和沉孔)的中心位于两个平行的平面内,不能用单一剖切平面剖开,而是采用两个互相平行的剖切平面将其剖开,主视图即为采用阶梯剖方法得到的全剖视图,如图4-14c所示。

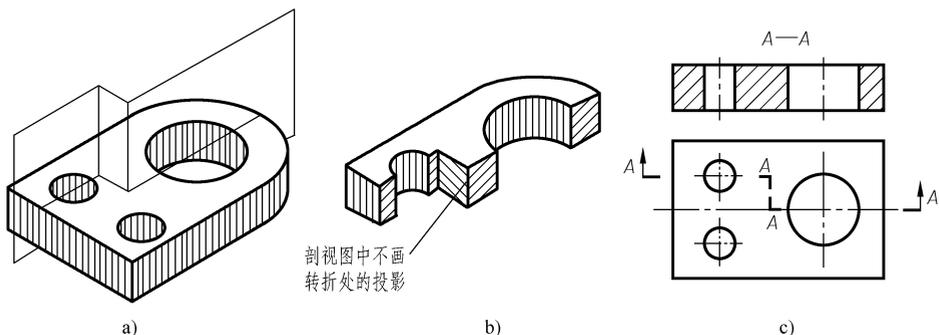


图4-14 阶梯剖视图

(3) 画阶梯剖视时,应注意下列几点:

1) 为了表达孔、槽等内部结构的实形,几个剖切平面应同时平行于同一个基本投影面。

2) 两个剖切平面的转折处不能画分界线,如图4-14b所示。因此,要选择一个恰当的位置,使之在剖视图上不致出现孔、槽等结构的不完整投影。当它们在剖视图上有共同的对称中心线和轴线时,也可以各画一半,这时细点画线就是分界线,如图4-15所示。

3) 阶梯剖视必须标注,标注方法如图4-14c所示。在剖切平面迹线的起始、转折和终止的地方,用剖切符号(即粗短线)表示它的位置,并写上相同的字母;在剖切符号两端用箭头表示投影方向(如果剖视图按投影关系配置,中间又无其他图形隔开时,可省略箭头);在剖视图上方用相同的字母标出名称“×—×”。

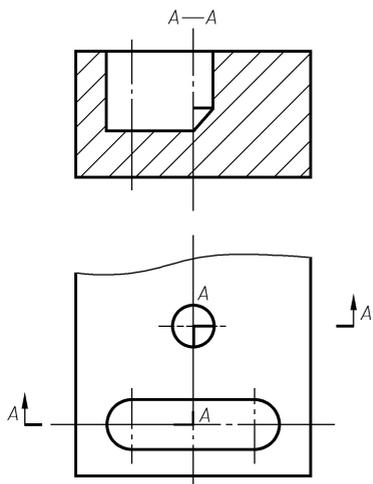


图4-15 阶梯剖视的特例

3. 用几个相交的平面剖切——旋转剖

(1) 概念 用两个相交的剖切平面(交线垂直于某一基本投影面)剖开机件

的方法称为旋转剖，所画出的剖视图，称为旋转剖视图。

(2) 举例 如图 4-16a 法兰盘，它中间的大圆孔和均匀分布在四周的小圆孔都需要剖开表示，如果用相交于法兰盘轴线的侧平面和正垂面去剖切，并将位于正垂面上的剖切面绕轴线旋转到和侧面平行的位置，这样画出的剖视图就是旋转剖视图。可见，旋转剖适用于有回转轴线的机件，而轴线恰好是两剖切平面的交线。并且两剖切平面一个为投影面平行面，一个为投影面垂直面，如图 4-16b 是法兰盘用旋转剖视表示的例子。

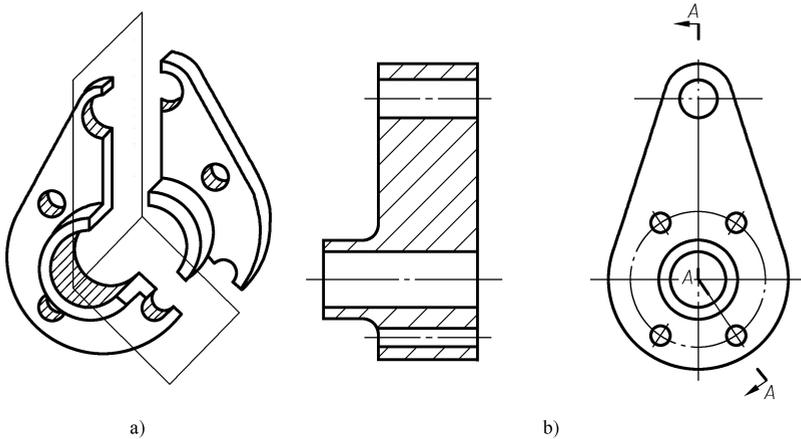


图 4-16 法兰盘的旋转剖视图

同理，如图 4-17a 所示的摇臂，也可以用旋转剖视表达。

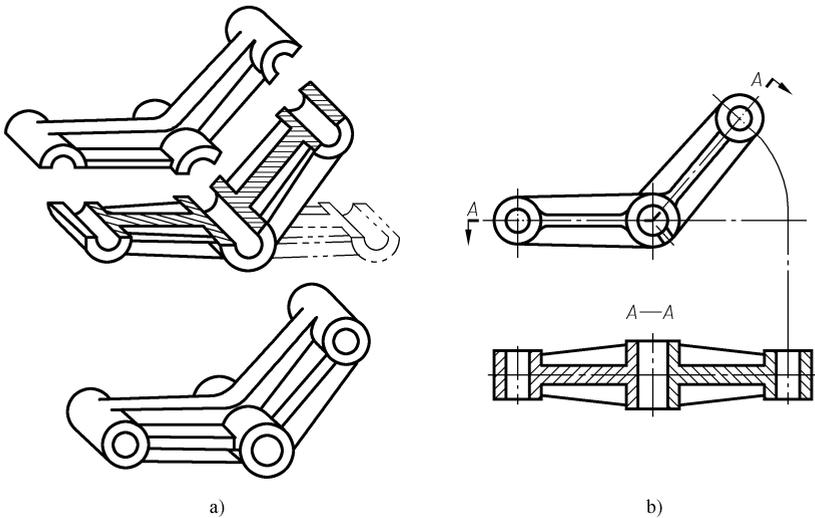


图 4-17 摇臂的旋转剖视图

(3) 画旋转剖视图时应注意以下两点：

1) 倾斜的平面必须旋转到与选定的基本投影面平行, 以使投影能够表达实形。但剖切平面后面的结构, 一般应按原来的位置画出它的投影, 如图 4-17b 所示。

2) 旋转剖视图必须标注, 标注方法与阶梯剖视相同, 如图 4-16b、图 4-17b 所示。

4.3 断面图

4.3.1 断面图的概念及分类

1. 概念 (概念、断面图与剖视图的区别)

(1) 概念 假想用剖切平面将机件在某处切断, 只画出切断面形状的投影并画上规定的剖面符号的图形, 称为断面图, 简称为断面。断面图的画法如图 4-18 所示。

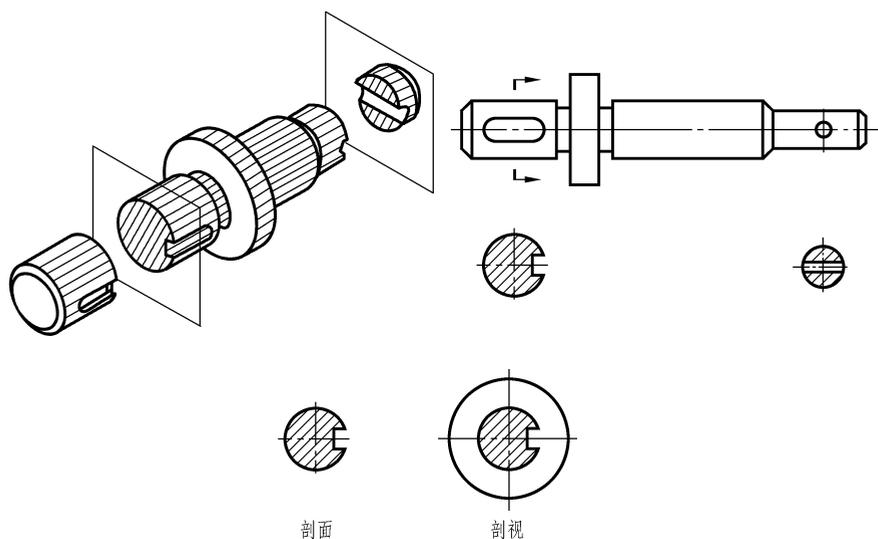


图 4-18 断面图的画法

(2) 断面图与剖视图的区别 断面图仅画出机件断面的图形, 而剖视图则要画出剖切平面以后的所有部分的投影, 见图 4-18。

2. 分类

断面图分为移出断面图和重合断面图两种。

1) 画在视图轮廓之外的断面图称为移出断面图, 移出断面图用于断面形状复杂的机件。

2) 画在视图轮廓之内的断面称为重合断面图。

4.3.2 移出断面图

1. 画法

1) 移出断面的轮廓线用粗实线画出。

2) 当剖切平面通过由回转面形成的孔或凹坑的轴线时，这些结构按剖视绘制。如图 4-19 所示轴的小孔及凹坑，它们的断面应画成封闭图形。当剖切平面通过非圆孔，导致出现完全分离的断面时，这些结构按剖视绘制。

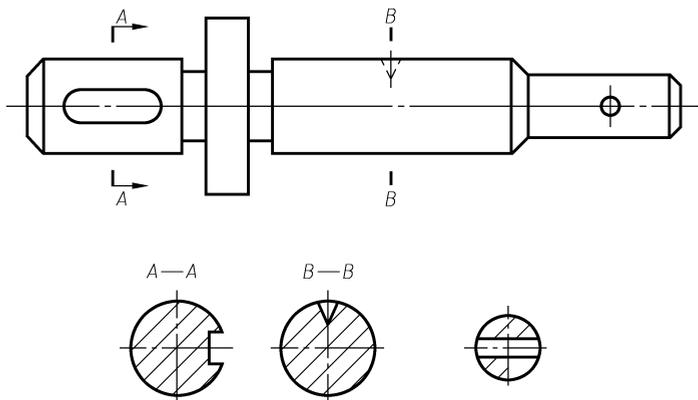


图 4-19 移出断面图

3) 断面图形状对称时，也可以画在视图的中断处。

4) 由两个或多个相交的剖切平面剖切得出的移出断面，中间一般应断开。

2. 配置与标注

1) 配置在剖切线的延长线上或其他适当的位置。移出断面图配置在其他位置时，要用大写字母标注，如“A—A”、“B—B”。

2) 未配置在剖切线延长线上的断面，当图形不对称时，要用字母和剖切符号标明剖切位置和投射方向，并在断面的上方注出名称“×—×”，如图 4-19 中的 A—A 断面。如果图形是对称的，可省略箭头，如图 4-19 中的 B—B 断面。

如果图形对称，又在剖切线延长线上，可不加任何标注，但应用细点画线画出剖切线，如图 4-19 右端小孔的断面图。

4.3.3 重合断面图

1. 画法

1) 重合断面的轮廓线用细实线画出，如图 4-20 所示。

2) 当视图中的轮廓线与重合断面的图形重叠时，视图中的轮廓线仍需完整

地画出，不能间断，如图4-21所示。

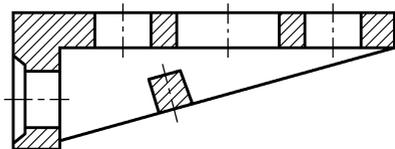


图 4-20 重合断面画法 1

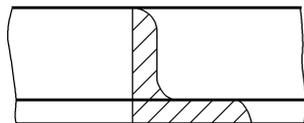


图 4-21 重合断面画法 2

2. 标注

重合断面图均不必标注。

4.4 局部放大图和简化画法

4.4.1 局部放大图

1. 概念

机件上某些细小结构在视图中表达得还不够清楚，或不便于标注尺寸时，可将这些部分用大于原图形所采用的比例画出，这种图称为局部放大图，如图4-22所示。

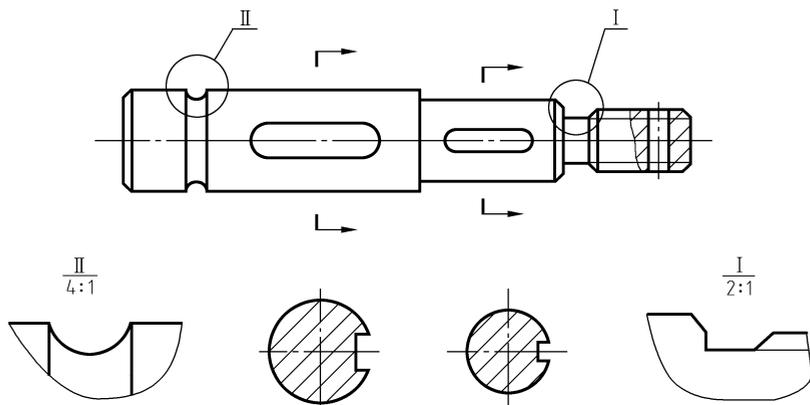


图 4-22 局部放大图

2. 标注

局部放大图必须标注，标注方法如下：在视图上画一细实线圆，标明放大部位，在放大图的上方注明所用的比例，即图形大小与实物大小之比（与原图上的比例无关），如果放大图不止一个时，还要用罗马数字编号以示区别。

注意：局部放大图可画成视图、剖视图、断面图，它与被放大部位的表达方

法无关。局部放大图应尽量配置在被放大部位的附近。

4.4.2 简化画法

1. 过渡线和相贯线的简化画法

在不致引起误解时，图形中的相贯线允许简化，例如用圆弧或直线代替非圆曲线，如图 4-23a 所示。

2. 机件上较小结构的简化画法

机件上较小的结构，如在一个图形中已表示清楚时，在其他图形中可以简化或省略，如图 4-23a 和图 4-23b 的主视图所示。

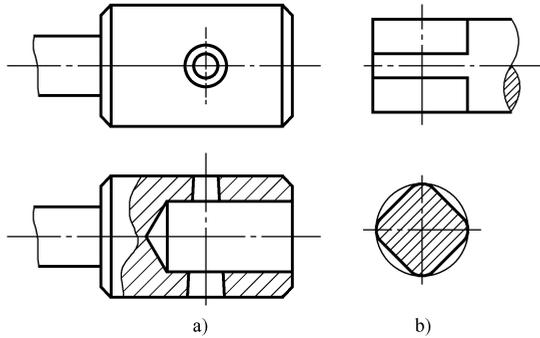


图 4-23 较小结构的简化画法

3. 与投影面倾斜角度小于等于 30° 的圆、圆弧的简化

与投影面倾斜角度小于等于 30° 的圆或圆弧，其投影可用圆或圆弧代替真实投影的椭圆，如图 4-24 所示。

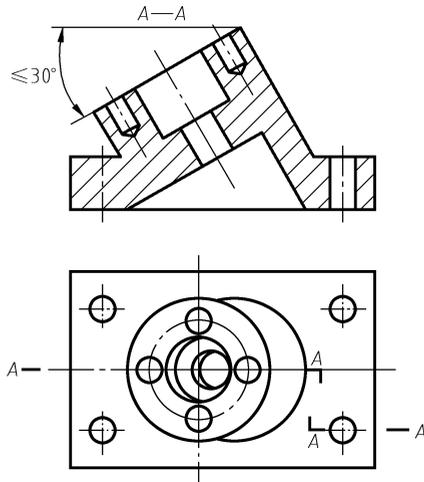


图 4-24 倾斜角投影的简化

4. 平面符号

当回转体物体上某些平面在图形中不能充分表达时，可用平面符号（两条相交的细线）表示这些平面，如图4-25所示。

5. 机件的肋板、轮辐、孔等结构的画法

1) 机件上的肋板、轮辐及薄壁等结构，如纵向剖切不要画剖面符号，而用粗实线将它们与其相邻结构分开，如图4-26所示。

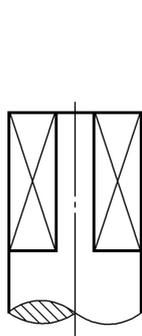


图4-25 用平面符号表示平面

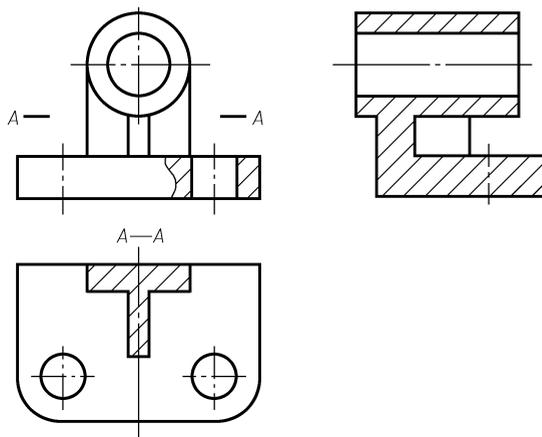


图4-26 肋板的剖视画法

2) 回转体上均匀分布的肋板、轮辐、孔等结构不处于剖切平面上时，可将这些结构假想旋转剖到剖切平面上画出。如图4-27所示。

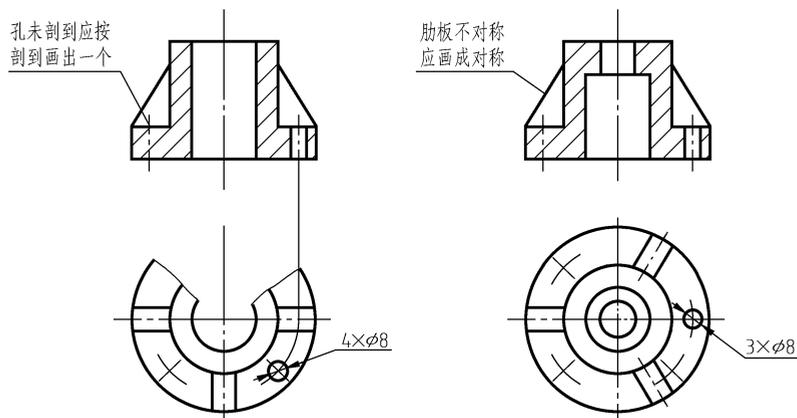


图4-27 均匀分布的肋板、孔的剖切画法

6. 按规律分布的多个等直径孔的简化画法

在机件中按规律分布的多个等直径的孔（圆孔、螺孔、沉孔等），可以仅画出一个或几个，其余只需要表示其中心位置，如图 4-28 所示。

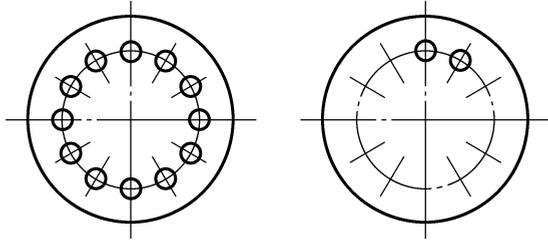


图 4-28 多个等直径孔的简化

7. 相同结构的简化画法

当机件上具有若干相同结构（齿、槽、孔等），并按一定规律分布时，只需画出几个完整结构，其余用细实线相连或标明中心位置，并注明总数，如图 4-29 所示。

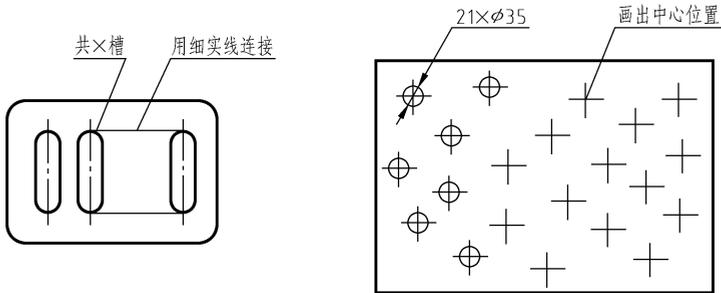


图 4-29 相同结构的简化画法

8. 较长机件的简化画法

较长的机件（轴、杆、型材等），沿长度方向的形状一致或按一定规律变化时，可断开缩短绘制，但必须按原来实长标注尺寸，如图 4-30 所示。

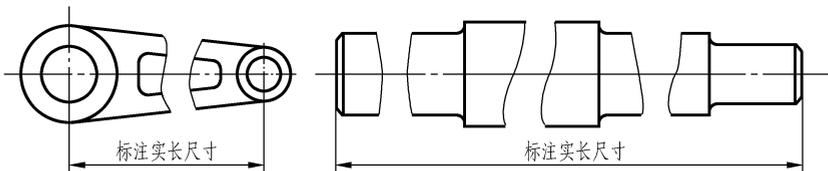


图 4-30 较长机件的折断画法

机件断裂边缘常用波浪线画出，圆柱断裂边缘常用花瓣形画出，如图 4-31 所示。

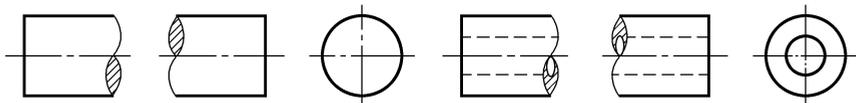


图 4-31 圆柱与圆筒的断裂处画法

4.5 第三角画法简介

我国的工程图样是按正投影法并采用第一角画法绘制的，而有些国家（如英、美等国）的图样是按正投影法并采用第三角画法绘制的。

4.5.1 第三角画法与第一角画法的区别

1. 空间的八个分角

如图 4-32 所示。

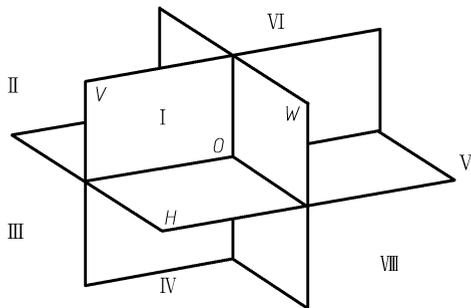


图 4-32 空间的八个分角

2. 第三角画法的形成

采用第三角画法时，从前面观察物体在 V 面上得到的视图称为前视图；从上面观察物体在 H 面上得到的视图称为顶视图；从右面观察物体在 W 面上得到的视图称为右视图。各投影面的展开方法是： V 面不动， H 面向上旋转 90° ， W 面向右旋转 90° ，使三投影面处于同一平面内，如图 4-33a 所示，展开后三视图的配置关系如图 4-35 所示。

采用第三角画法时也可以将物体放在正六面体中，分别从物体的六个方向向各投影面进行投影，得到六个基本视图，即在三视图的基础上增加了后视图（从后往前看）、左视图（从左往右看）、底视图（从下往上看）。展开后六视图的配置关系如图 4-33b 所示。

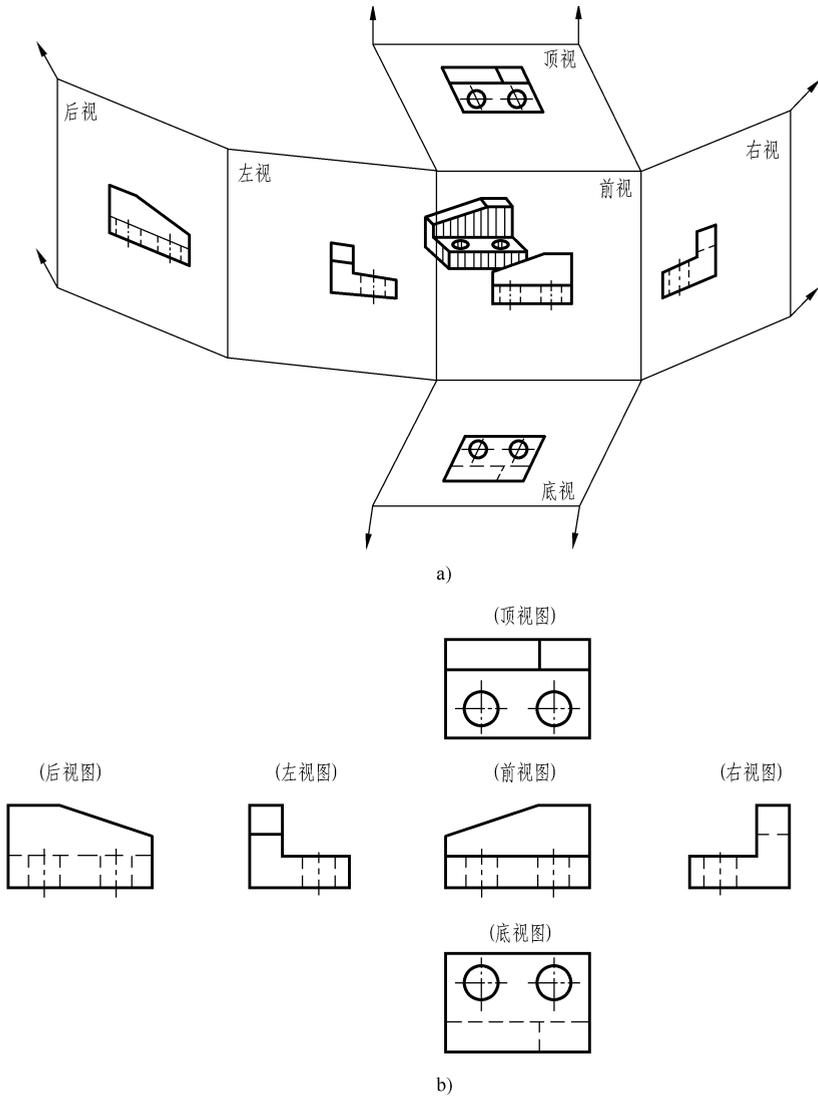


图 4-33 第三角画法投影面展开及视图的配置

3. 第三角画法与第一角画法的区别

在于人（观察者）、物（机件）、图（投影面）的位置关系不同。采用第一角画法时，是把投影面放在观察者与物体之间，从投影方向看是“人、图、物”的关系，如图 4-34 所示。

而采用第三角画法时，是把物体放在观察者与投影面之间，从投影方向看是“人、物、图”的关系，如图 4-35 所示。投影时就好像隔着“玻璃”看物体，将物体的轮廓形状印在“玻璃”（投影面）上。

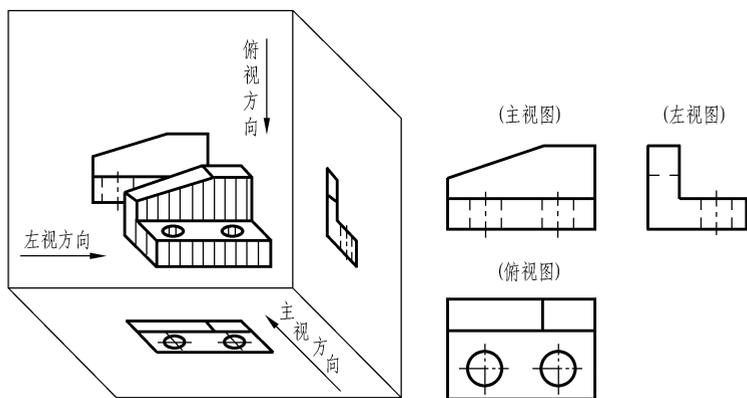


图 4-34 第一角画法原理

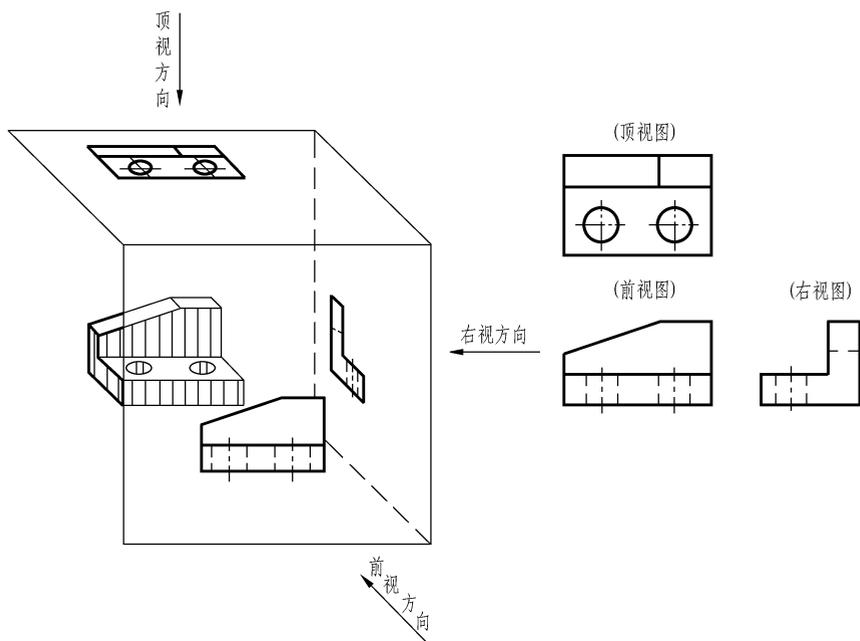


图 4-35 第三角画法原理

4.5.2 第三角画法的识别符号

在国际标准中规定，可以采用第一角画法，也可以采用第三角画法。为了区别这两种画法，规定在标题栏中专设的格内用规定的识别符号表示。GB/T 14692—2008 中规定的识别符号如图 4-36 所示。

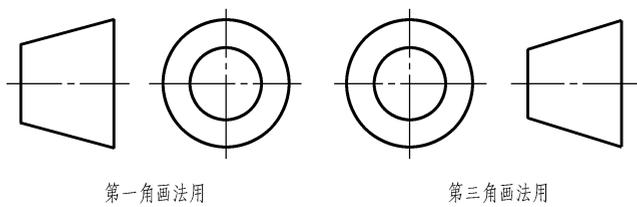


图 4-36 两种画法的识别符号

第 5 章 常见零、部件的画法

本章主要介绍标准件和常用件的基本知识、规定画法以及代号等的标注方法。这些内容与生产实际有着紧密联系。

标准件：生产实际中，国家对需用量大、使用广泛的零件制定了专门的标准，此类零件统称为标准件。常见的标准件有螺钉、螺栓、螺母、垫圈、键等，见图 5-1。

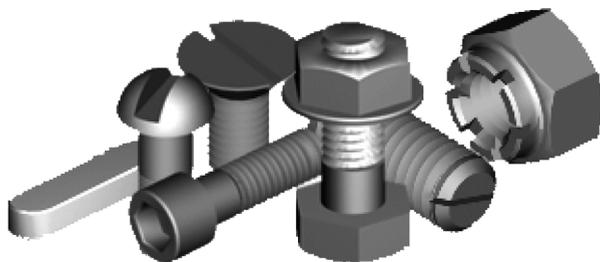


图 5-1 标准件

常用件：像齿轮、滚动轴承、弹簧等在机械设备中使用较多的零部件称为常用件。常用件的一些结构也是标准化的，见图 5-2。

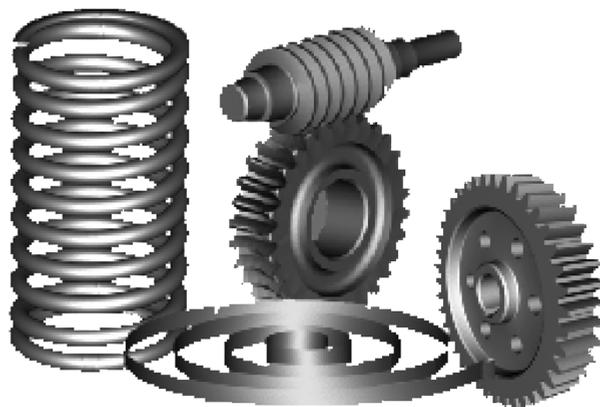


图 5-2 常用件

5.1 螺纹

螺纹是零件上常见的一种结构，不论是生产上还是日常生活中，螺纹的使用非常普遍。螺纹有内螺纹和外螺纹之分，如图 5-3 所示：在零件外表面上加工的螺纹称为外螺纹；在零件内表面上加工的螺纹称为内螺纹。使用时将内外螺纹旋合在一起。

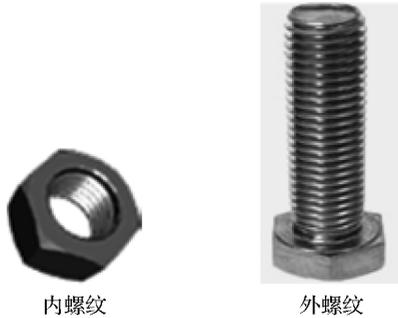


图 5-3 内螺纹与外螺纹

1. 螺纹的形成及加工方法

螺纹可以在车床上加工，如图 5-4 所示。

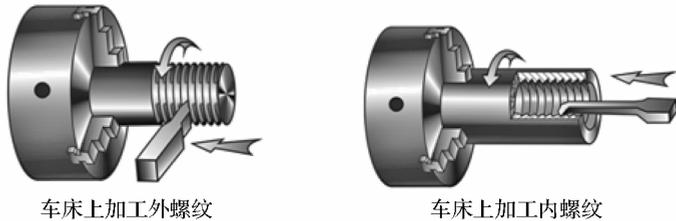


图 5-4 螺纹的加工方法 1

若加工直径较小的螺孔时，先用钻头钻孔，再用丝锥攻制加工内螺纹，如图 5-5 所示。因为钻头顶角约为 120° ，所以钻孔的底部应画成 120° 。

2. 螺纹的结构要素

(1) 牙型 通过螺纹轴线断面上的螺纹轮廓形状称为牙型。常见的有三角形螺纹（又称普通螺纹）、梯形螺纹、矩形螺纹和锯齿形螺纹，如图 5-6 所示。

(2) 直径（大径、中径、小径）如图 5-7 所示。

大径 d 、 D ：指与外螺纹的牙顶或内螺纹的牙底相切的假想圆柱或圆锥的直径。内螺纹的大径用大写字母 D 表示，外螺纹的大径用小写字母 d 表示。

小径 d_1 、 D_1 ：指与外螺纹的牙底或内螺纹的牙顶相切的假想圆柱或圆锥的

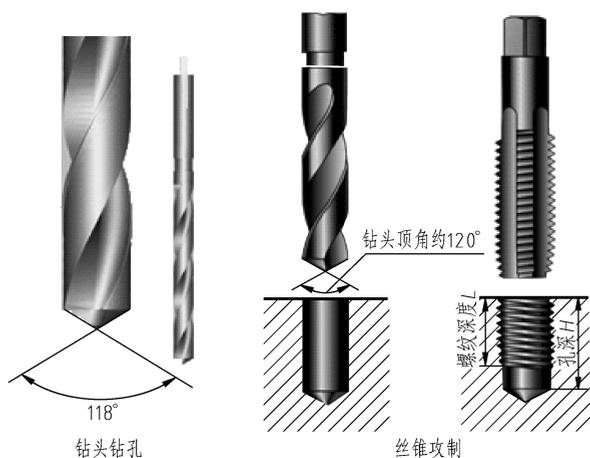


图 5-5 螺纹的加工方法 2

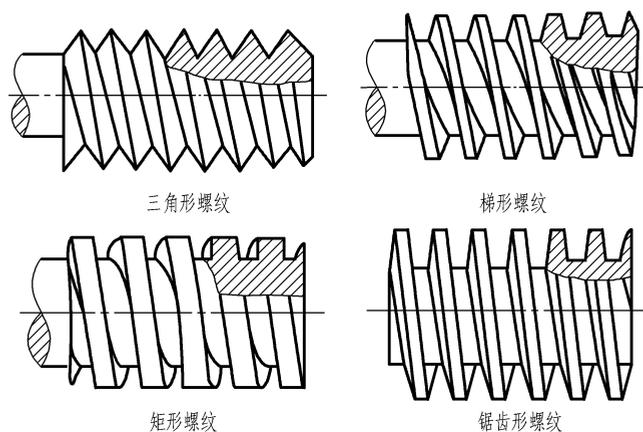


图 5-6 螺纹的牙型

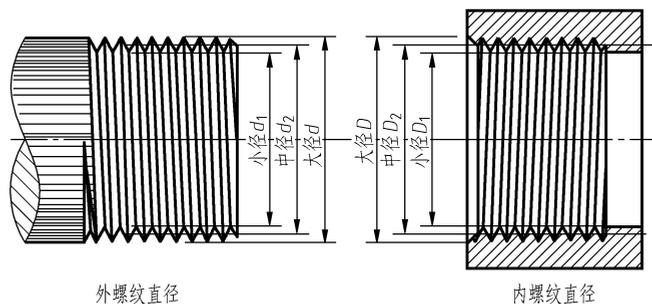


图 5-7 螺纹的直径

直径。内螺纹的小径用大写字母 D_1 表示，外螺纹的小径用小写字母 d_1 表示。

中径 d_2 、 D_2 ：指一个假想的圆柱或圆锥直径，该圆柱或圆锥的母线通过牙

型上沟槽和凸起宽度相等的地方。内螺纹的中径用大写字母 D_2 表示，外螺纹的中径用小写字母 d_2 表示。

公称直径：代表螺纹尺寸的直径，指螺纹大径的基本尺寸。

(3) 线数 如图 5-8 所示：螺纹有单线螺纹和多线螺纹之分。在零件表面上沿一条螺旋线形成的螺纹称为单线螺纹；沿两条或两条以上螺旋线形成的螺纹称为多线螺纹。

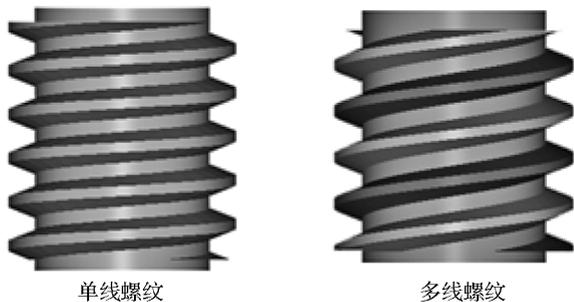


图 5-8 螺纹的线数

(4) 螺距和导程 定义如下：

螺距：相邻两牙在中径线上对应两点间的轴向距离称为螺距，螺距用字母 P 表示。

导程：同一螺旋线上的相邻两牙在中径线上对应两点间的轴向距离称为导程，导程用字母 P_h 表示，如图 5-9 所示。

线数 n 、螺距 P 和导程 P_h 之间的关系为： $P_h = P \times n$ 。

单线螺纹：导程 = 螺距。

多线螺纹：导程 = 螺距 \times 线数。

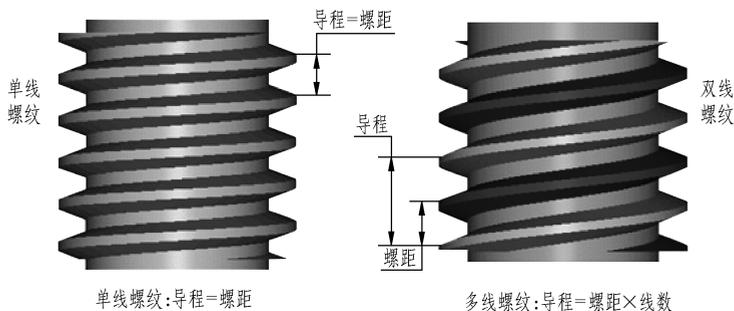


图 5-9 螺距和导程

(5) 旋向 螺纹分为左旋螺纹和右旋螺纹两种。顺时针旋转时旋入的螺纹是右旋螺纹；逆时针旋转时旋入的螺纹是左旋螺纹。工程上常用右旋螺纹。左、右旋螺纹的判断方法可用左右手法则，如图 5-10 所示。

国家标准对螺纹的牙型、大径和螺距做了统一规定。这三项要素均符合国家标准的螺纹称为标准螺纹；凡牙型不符合国家标准的螺纹称为非标准螺纹；只有牙型符合国家标准的螺纹称为特殊螺纹。

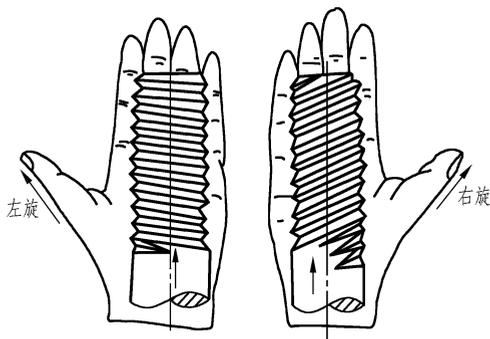


图 5-10 螺纹的旋向 (左右手法则)

5.1.1 螺纹画法的规定

国家标准规定了螺纹的画法,绘图时应按规定作出螺纹的图形。

1. 外螺纹的规定画法

如图 5-11 所示。

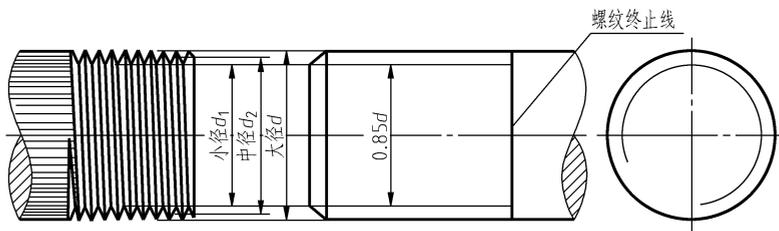


图 5-11 外螺纹的规定画法

1) 螺纹大径 (d) 为粗实线。
 2) 螺纹小径 (d_1) 为细实线。注意: $d_1 \approx 0.85d$ 且画入倒角; 在投影为圆的视图上只画 3/4 个圆。

3) 螺纹终止线为粗实线。

4) 在投影为圆的视图上不必画出倒角的投影。

2. 内螺纹的规定画法

(1) 通螺孔内螺纹的画法 如图 5-12 所示。

1) 螺纹大径 (D) 为细实线, 在投影为圆的视图上只画 3/4 个圆。

2) 螺纹小径 (D_1) 为粗实线。注意: $D_1 \approx 0.85D$ 。

3) 螺纹终止线为粗实线。

4) 剖面线画到粗实线处。

5) 在投影为圆的视图上不必画出倒角的投影。

(2) 不通螺孔内螺纹的画法 如图 5-13 所示。

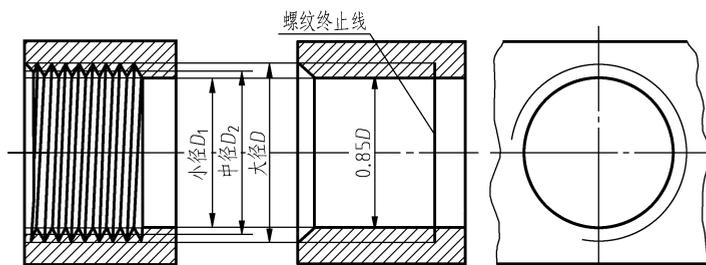


图 5-12 内螺纹的规定画法 1

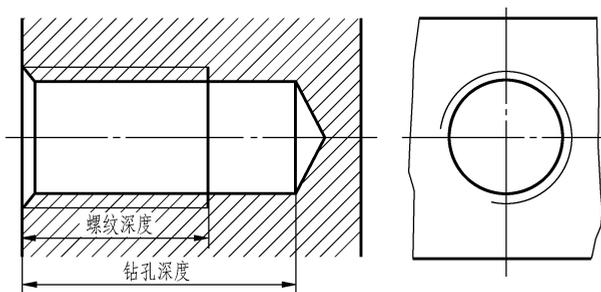


图 5-13 内螺纹的规定画法 2

- 1) 钻孔深度要大于螺纹深度。
- 2) 不通螺孔中的钻孔锥角应画成 120° (因为加工螺孔时先用钻头钻孔, 钻头顶角为 118° , 约为 120° , 所以钻孔的底部应画成 120° , 如图 5-5 所示)。

3. 内、外螺纹旋合的规定画法

如图 5-14 所示。

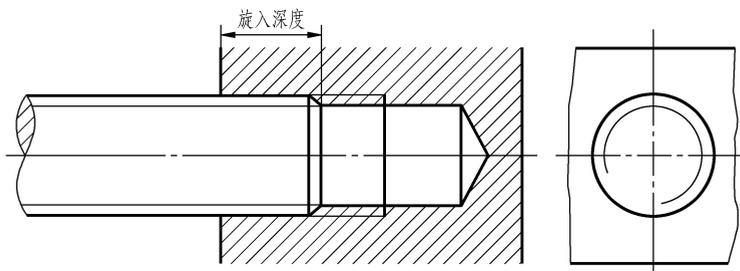


图 5-14 内、外螺纹旋合的规定画法

- 1) 在剖视图中, 内、外螺纹旋合部分 (旋入深度) 应按外螺纹的规定画法绘制。其余部分则按各自规定画法绘制。
- 2) 表示内、外螺纹大、小径的细实线和粗实线应分别对齐。
- 3) 不通螺孔中的钻孔锥角应画成 120° 。
- 4) 剖面线应画到粗实线上, 且螺杆按不剖绘制。

4. 牙型表示法

当需要表示螺纹牙型时，可按图 5-15 所示方法绘制出螺纹牙型。

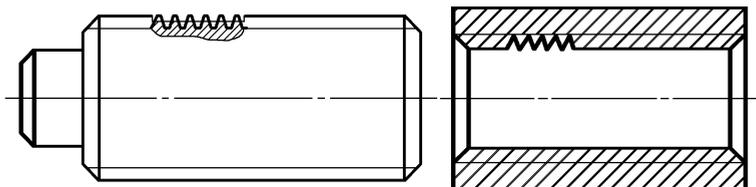
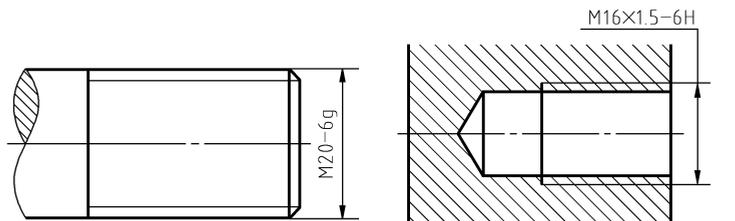


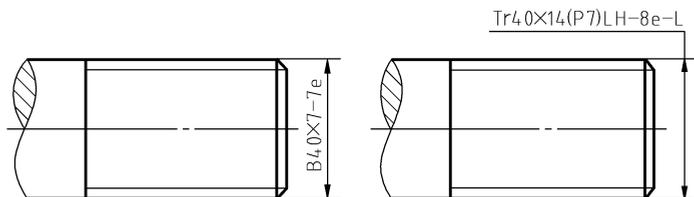
图 5-15 牙型表示

5.1.2 螺纹在图样上的标注

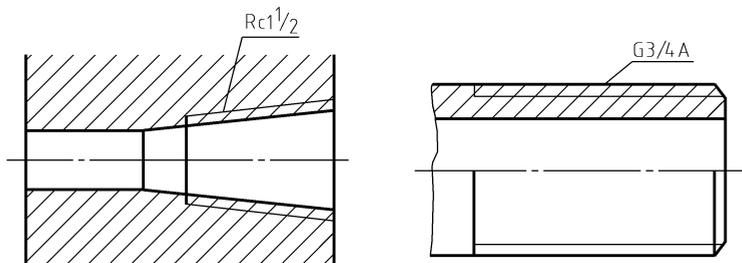
无论是三角形螺纹，还是梯形螺纹，按上述画法规定画出后，在图上不能反映它的牙型、螺距、线数和旋向等结构要素，因此，还必须按规定的标记在图样中进行标注，如图 5-16 所示。



普通螺纹的标注示例



锯齿形螺纹和梯形螺纹的标注



管螺纹的标注

图 5-16 螺纹的标注

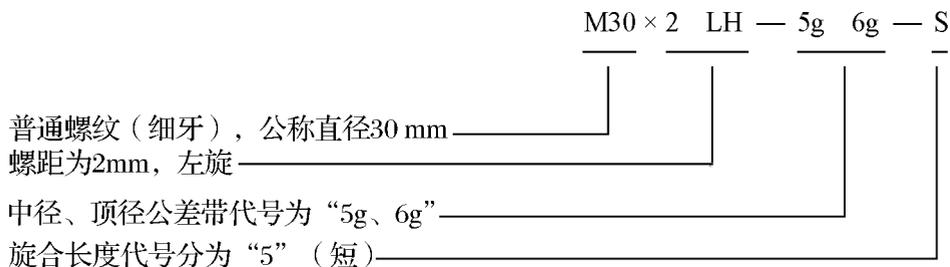
1. 普通螺纹的标注识读

特征代号 公称直径×螺距 旋向—中径、顶径 公差带代号—旋合长度代号

说明：

- ① 普通螺纹的特征代号为“M”。
- ② 粗牙普通螺纹不标螺距。
- ③ 右旋螺纹不标旋向，左旋螺纹的旋向标注 LH。
- ④ 旋合长度代号分为 S（短）、N（中长）和 L（长）三种，如果是 N（中长）则可省略。

例 1：M30×2 LH—5g 6g—S



例 2：M20—6g

普通螺纹（粗牙）公称直径 20mm，右旋，中径、顶径公差带代号为“6g”，中等旋合长度。

例 3：M16×1.5—6H

普通螺纹（细牙），公称直径 16mm，螺距为 1.5mm，右旋，中径、顶径公差带代号为“6H”，中等旋合长度。

2. 锯齿形螺纹和梯形螺纹的标注识读

说明：

- ① 梯形螺纹和锯齿形螺纹的标注形式相同。
- ② 梯形螺纹的特征代号为“Tr”；锯齿形螺纹的特征代号为“B”。
- ③ 单线螺纹：公称直径×螺距；多线螺纹：公称直径×导程（螺距）。

例 1：Tr40×14（P7）LH—8e—L

梯形螺纹，公称直径 40mm，多线螺纹，导程 14mm，螺距 7mm，左旋，中径、顶径公差带代号为“8e”，旋合长度代号为“L”（长）。

例 2：B40×7—7e

锯齿形螺纹，公称直径 40mm，单线螺纹，螺距 7mm，右旋，中径、顶径公差带代号为“7e”，旋合长度代号为“N”（中等旋合长度）。

3. 管螺纹的标注识读

管螺纹分为螺纹密封管螺纹 (R、Rc、Rp) 和非螺纹密封管螺纹 (G)。

密封管螺纹: 特征代号 尺寸代号—旋向

非密封管螺纹: 特征代号 尺寸代号 公差等级代号—旋向

说明:

1) 管螺纹的尺寸代号不是螺纹的大径, 而是管子的近似孔径, 单位为英寸。螺纹的大径可从标准中查得。

2) 标注管螺纹的尺寸指引线应指向螺纹大径。

例如: Rc1

圆锥密封管螺纹 (内螺纹), 尺寸代号为“1”, 右旋。

5.2 螺纹紧固件

5.2.1 常用螺纹紧固件的种类和标记

常用螺纹紧固件的种类和标记如图 5-17 所示。

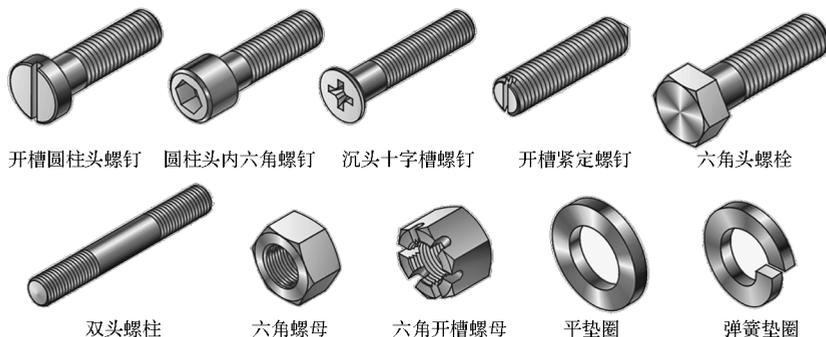


图 5-17 常用螺纹紧固件的种类和标记

5.2.2 螺纹紧固件的联接画法

在机械行业中, 零部件之间常用螺纹紧固件联接, 最常用的联接形式有螺栓联接、螺柱联接和螺钉联接。由于装配图主要表达零部件间的连接和装配关系, 所以这三种螺纹紧固件的联接画法在装配图中经常用到, 如图 5-18 所示。

基本规定:

- 1) 当剖切平面通过螺杆的轴线时, 螺杆、螺栓、螺母、垫圈等均按未剖切绘制。
- 2) 剖视图上, 相邻两零件的接触表面只画一条线。
- 3) 相接触两零件的剖面线方向应相反。

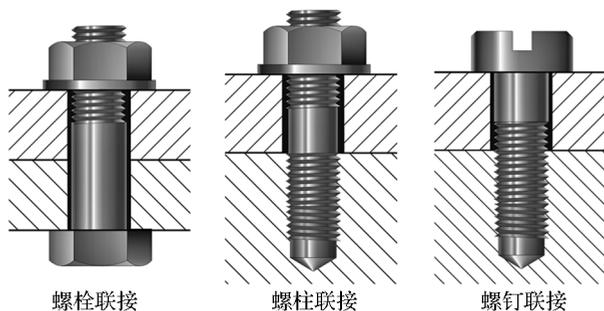


图 5-18 三种螺纹紧固件的联接

1. 螺栓联接画法

螺栓适用于联接两个不太厚并能钻成通孔的零件。如图 5-19 所示。

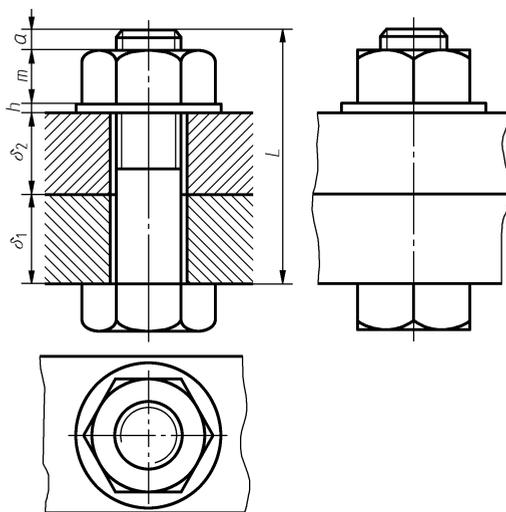


图 5-19 螺栓联接的画法

螺栓联接的画法除要符合基本规定的三点以外，还应注意：

- 1) 两被联接零件的孔径要略大于螺栓大径，否则螺栓装不进去，一般可按 $1.1d$ 画出。联接时将螺栓穿过两被连接零件的光孔，套上垫圈，然后用螺母紧固。
- 2) 螺栓的公称长度 $L \approx \delta_1 + \delta_2 + h + m + a$ ，再查标准取接近值。
- 3) 通常采用比例画法绘制各螺纹紧固件，即各部分尺寸均与螺纹大径成一定的比例关系而近似画出。如图 5-20 所示。

螺栓联接画法的作图步骤如图 5-21 所示。

2. 螺柱联接画法

当两个被联接件中有一个较厚，且不允许钻成通孔时，常用螺柱联接。螺柱两端均加工有螺纹，一端与被联接件旋合，称为旋入端；另一端与螺母旋合，称

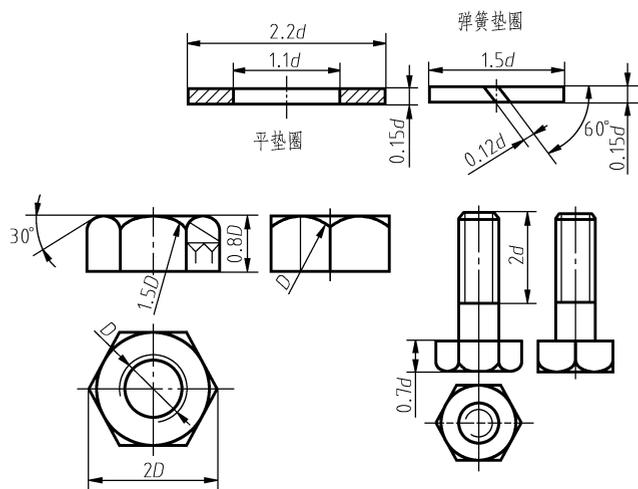


图 5-20 螺栓、螺母、垫片的比例画法

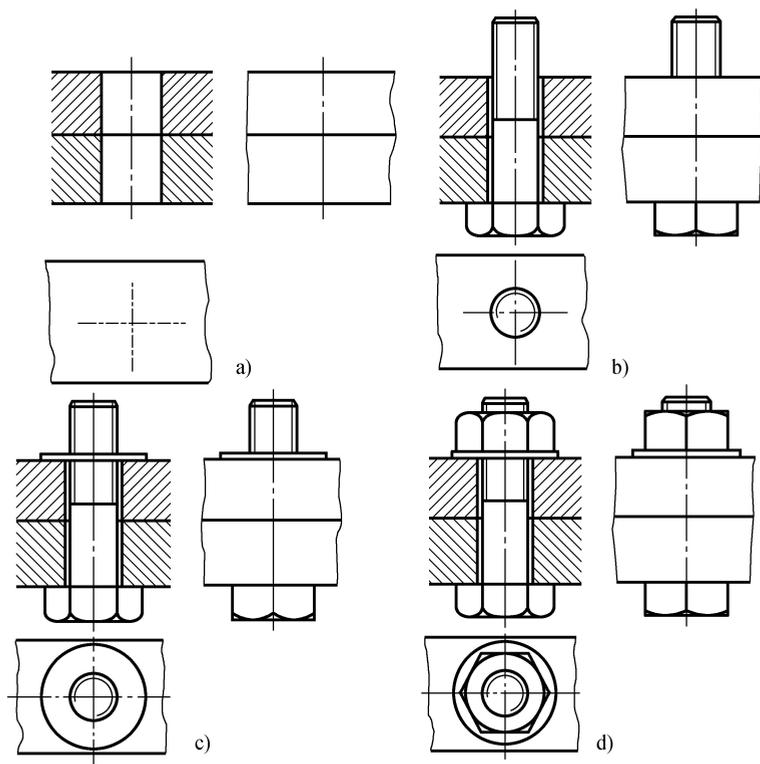


图 5-21 螺栓联接画法

为紧固端，如图 5-22 所示。联接前，先在较厚的被联接零件上制出螺孔，再在另一个零件上加工出通孔；联接时，将螺柱的旋入端全部旋入螺孔内，再在紧固

端套上制出通孔的零件，加上垫圈，拧紧螺母，完成联接。

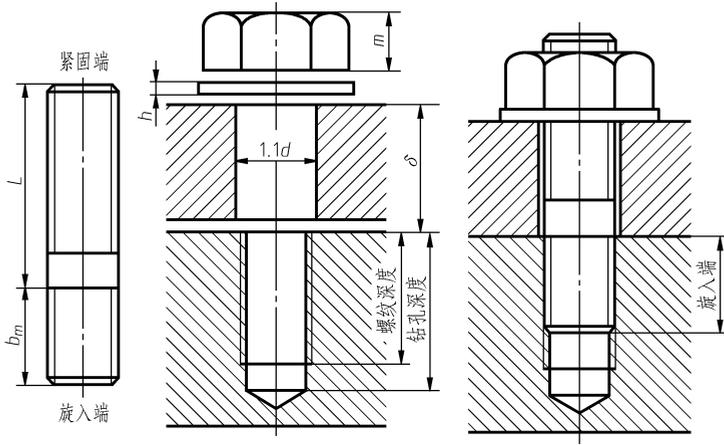


图 5-22 螺柱联接画法

用比例画法绘制双头螺柱的装配图时应注意以下几点：

- 1) 旋入端的螺纹终止线应与结合面平齐，表示旋入端已经拧紧。
- 2) 旋入端的长度 b_m 要根据被旋入件的材料而定，被旋入端的材料为钢或青铜、硬铝时， $b_m = 1d$ ；被旋入端的材料为铸铁时， $b_m = 1.25d$ 或 $1.5d$ ；被联接件为铝合金等轻金属时，取 $b_m = 2d$ 。
- 3) 旋入端的螺纹深度取 $b_m + 0.5d$ ，钻孔深度取 $b_m + d$ 。
- 4) 螺柱的公称长度 $L \geq \delta + \text{垫圈厚度} + \text{螺母厚度} + (0.2 \sim 0.3)d$ ，然后选取与估算值相近的标准长度值作为 L 值。

3. 螺钉联接画法

螺钉联接一般用于受力不大又不需要经常拆卸的场合。螺钉联接按用途可分为联接螺钉和紧固螺钉两种，前者用于联接零件，后者用于固定零件。

(1) 联接螺钉 联接螺钉由头部和螺钉杆组成。按螺钉头部形状的不同分为有盘头螺钉、半圆头螺钉、沉头螺钉、紧定螺钉等，如图 5-23 所示。

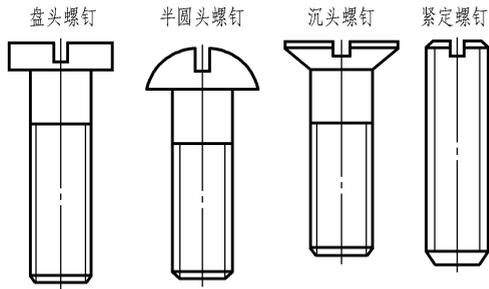


图 5-23 联接螺钉的分类

联接时将螺钉直接穿过被联接零件上的通孔，再拧入另一被联接零件上的螺孔中，靠螺钉头部压紧被联接零件。

用比例画法绘制螺钉联接如图 5-24 所示，其旋入端与螺柱相同，被联接件

的孔部画法与螺栓相同，通孔径取 $1.1d$ 。螺钉的公称长度 $L = \delta + b_m$ ，其中， b_m 与螺柱联接相同。

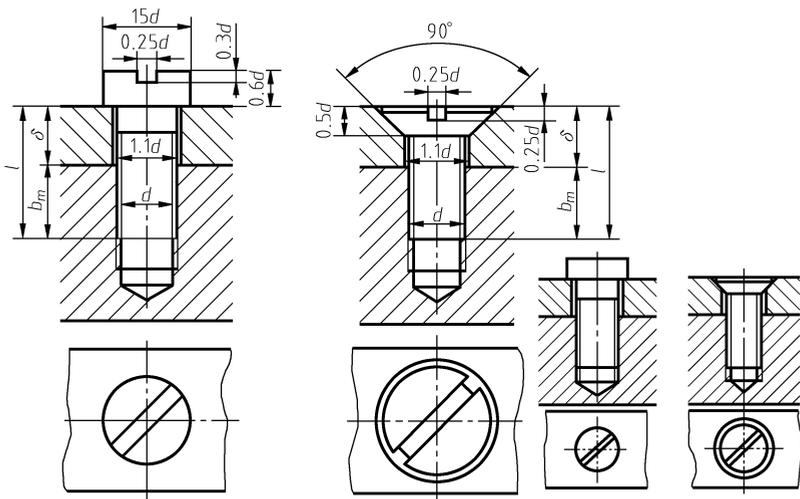


图 5-24 比例画法绘制螺钉联接

画图时注意以下两点：

1) 螺钉的螺纹终止线不能与结合面平齐，而应高于结合面，表示螺钉有拧紧的余地，保证联接紧固；或者在螺杆的全长上都有螺纹。

2) 螺钉头部的一字槽（或十字槽）的投影可以涂黑表示，在投影为圆的视图上，这些槽应画成与水平方向成 45° 倾斜位置，如果是涂黑表示，则线宽为粗实线线宽的 2 倍。

各种螺钉的联接画法如图 5-25 所示。

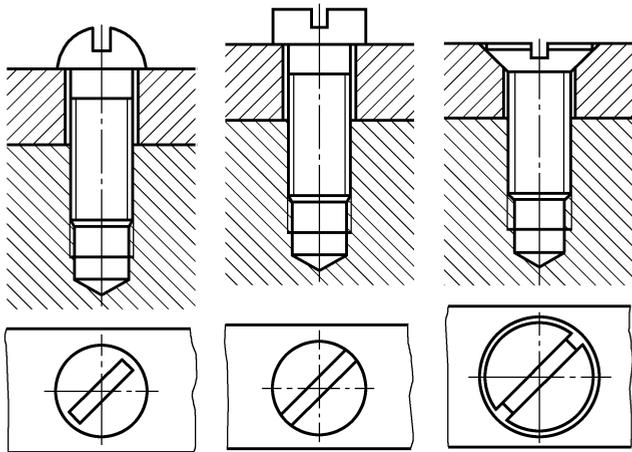


图 5-25 螺钉的联接画法

(2) 紧定螺钉 紧定螺钉用来固定两个零件的相对位置,使它们不产生相对运动。如图 5-26 所示的轴和齿轮(图中齿轮只画出轮毂部分),用一个开槽锥端紧定螺钉旋入轮毂的螺孔,使螺钉端部的 90° 锥顶与轴上的 90° 锥坑压紧,从而固定了轴和齿轮的相对位置。

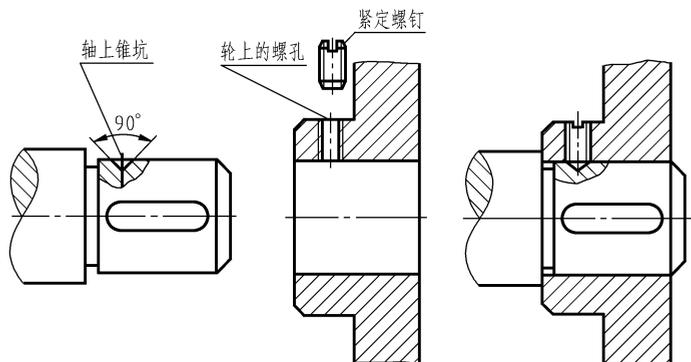
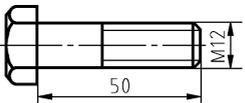
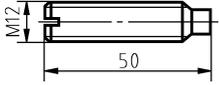
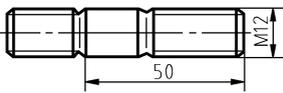
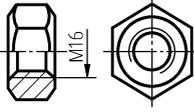
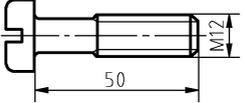
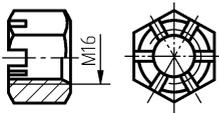


图 5-26 紧定螺钉

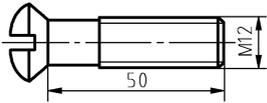
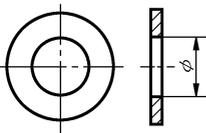
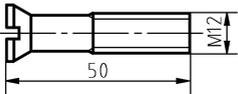
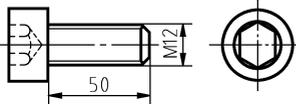
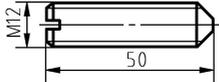
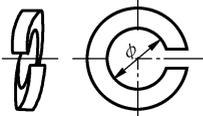
5.2.3 螺纹紧固件在装配图中的简化画法

各螺纹紧固件在装配图中的名称和画法见表 5-1。

表 5-1 各螺纹紧固件在装配图中的名称和画法

名称和画法	规定标记示例	名称和画法	规定标记示例
六角头螺栓 	螺栓 GB/T 5780— 2000 M12×50	开槽圆柱端紧定螺钉 	螺钉 GB/T 75— 1985 M12×50—14H
双头螺栓 A 型 	螺柱 GB/T 897— 1988 AM12×50	六角螺母—C 级 	螺母 GB/T 41— 2000 M16
开槽圆柱头螺钉 	螺钉 GB/T 65— 2000 M12×50	1 型六角开槽螺母 	螺母 GB/T 6178— 1986 M16

(续)

名称和画法	规定标记示例	名称和画法	规定标记示例
开槽半沉头螺钉 	螺钉 GB/T 69—2000 M12×50	垫圈 	垫圈 GB/T 97.1—2002
开槽沉头螺钉 	螺钉 GB/T 68—2000 M12×50	内六角圆柱头螺钉 	螺钉 GB/T 70.1—2000 M12×50
开槽锥端紧定螺钉 	螺钉 GB/T 71—1985 M12×50—14H	标准型弹簧垫圈 	垫圈 GB/T 93—1987

5.3 齿轮

5.3.1 圆柱齿轮的画法

齿轮是机器设备中应用十分广泛的传动零件，用来传递运动和动力，改变轴的旋向和转速。常见的传动齿轮有三种：圆柱齿轮传动——用于两平行轴间的传动；圆锥齿轮传动——用于两相交轴间的传动；蜗杆蜗轮传动——用于两交错轴间的传动。三种齿轮如图 5-27 所示。

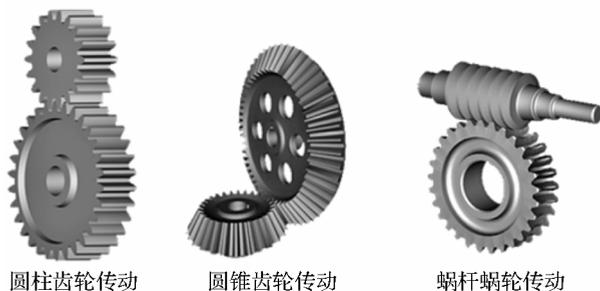


图 5-27 常见的传动齿轮

1. 直齿圆柱齿轮的基本知识

直齿圆柱齿轮各部分的名称及参数如图 5-28 所示。

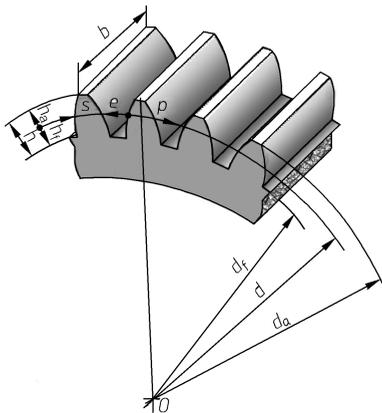


图 5-28 直齿圆柱齿轮各部分的名称及参数

齿数 z ——齿轮上轮齿的个数。

齿顶圆直径 d_a ——通过齿顶的圆柱面直径。

齿根圆直径 d_f ——通过齿根的圆柱面直径。

分度圆直径 d ——分度圆直径是齿轮设计和加工时的重要参数。分度圆是一个假想的圆，在该圆上齿厚 s 与槽宽 e 相等，它的直径称为分度圆直径。

齿高 h ——齿顶圆和齿根圆之间的径向距离。

齿顶高 h_a ——齿顶圆和分度圆之间的径向距离。

齿根高 h_f ——分度圆与齿根圆之间的径向距离。

齿距 p ——在分度圆上，相邻两齿对应齿廓之间的弧长。

齿厚 s ——在分度圆上，一个齿的两侧对应齿廓之间的弧长。

槽宽 e ——在分度圆上，一个齿槽的两侧相应齿廓之间的弧长。

模数 m ——由于分度圆的周长 $\pi d = p \cdot z$ ，所以 $d = \frac{p}{\pi} \cdot z$ ， $\frac{p}{\pi}$ 就称为齿轮

的模数。模数以 mm 为单位，它是齿轮设计和制造的重要参数。为便于齿轮的设计和制造，减少齿轮成形刀具的规格及数量，国家标准对模数规定了标准值。渐开线齿轮的模数见表。

压力角 α ——相互啮合的一对齿轮，其受力方向（齿廓曲线的公法线方向）与运动方向之间所夹的锐角，称为压力角。同一齿廓的不同点上的压力角是不同的，在分度圆上的压力角称为标准压力角。国标规定标准压力角为 20° 。

中心距 a ——两啮合齿轮轴线之间的距离。

直齿圆柱齿轮各几何要素的计算公式见表 5-2。

表 5-2 直齿圆柱齿轮各几何要素的计算公式

基本参数：模数 m 齿数 z			
序 号	名 称	符 号	计 算 公 式
1	齿 距	p	$p = m\pi$
2	齿 顶 高	h_a	$h_a = m$
3	齿 根 高	h_f	$h_f = 1.25m$
4	齿 高	h	$h = 2.25m$
5	分度圆直径	d	$d = mz$
6	齿顶圆直径	d_a	$d_a = m(z+2)$
7	齿根圆直径	d_f	$d_f = m(z-2.5)$
8	中 心 距	a	$a = \frac{1}{2}m(z_1 + z_2)$

2. 圆柱齿轮的画法

(1) 单个圆柱齿轮 如图 5-29 所示，轮齿部分用三个圆（齿顶圆、齿根圆、分度圆）表示。

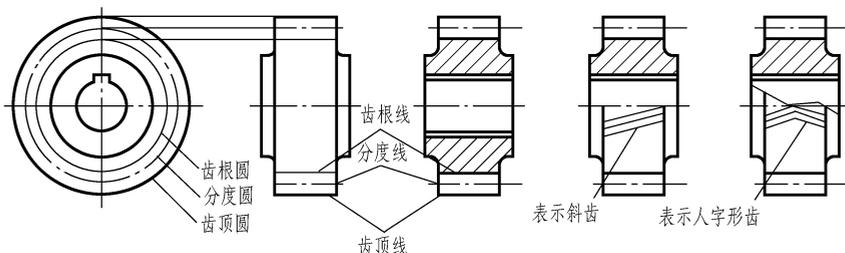


图 5-29 单个圆柱齿轮

注意：

1) 齿顶圆（齿顶线）画粗实线；分度圆（分度线）画细点画线；齿根圆（齿根线）画细实线（可省略）。

2) 在剖视图中，轮齿按不剖绘制，齿轮其余部分按其投影绘制。

3) 斜齿轮的画法和直齿轮相同，只是用三条与齿向相同的细实线表示螺旋线的方向。

(2) 啮合的圆柱齿轮 齿轮啮合画法同单个的画法类似，如图 5-30 所示，作图时只是注意以下几点：

1) 两啮合齿轮的分度圆应相切。

2) 采用剖视图表达时，在啮合区内将一个齿轮的齿顶线用粗实线绘制，另一个齿轮的轮齿被遮挡，其齿顶线用虚线绘制。

3) 在投影为圆的视图中，啮合区内齿顶圆画粗实线，或省略不画。

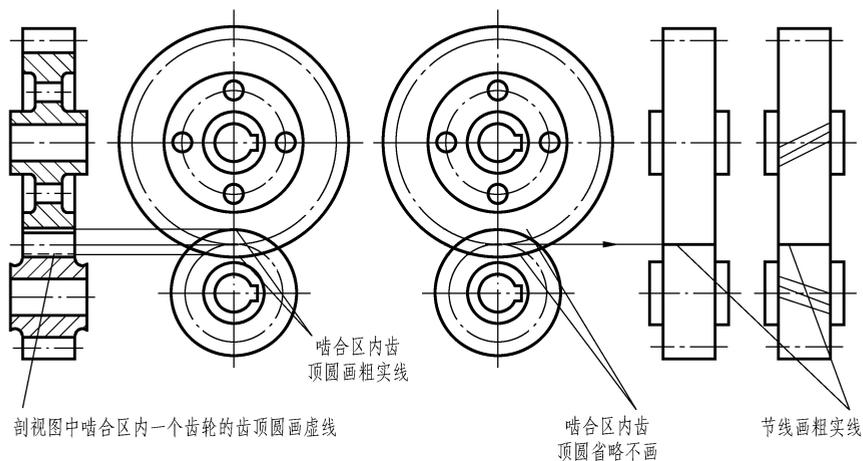


图 5-30 啮合的圆柱齿轮画法

5.3.2 锥齿轮的画法

1. 直齿圆锥齿轮各部分的名称

圆锥齿轮的形体结构由前锥、顶锥和背锥等组成。由于圆锥齿轮的轮齿在锥面上，所以齿形和模数沿轴向变化，如图 5-31 所示。

圆锥齿轮大端的法向模数为标准模数，法向齿形为标准渐开线。圆锥齿轮大端法线方向的参数计算与圆柱齿轮相同。

2. 单个锥齿轮画法

圆锥齿轮规定画法中的线型要求同圆柱齿轮。

圆锥齿轮的画法如图 5-32 所示，其作图步骤如图 5-33 所示。

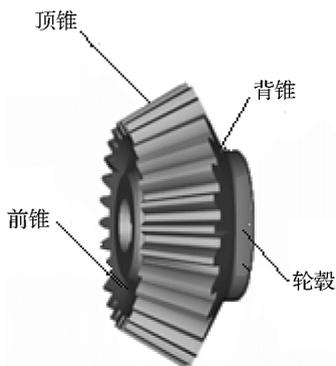


图 5-31 圆锥齿轮的形体结构

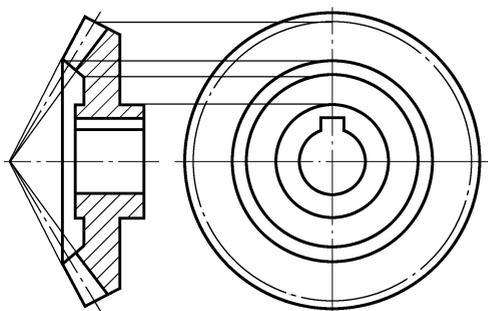


图 5-32 单个锥齿轮画法

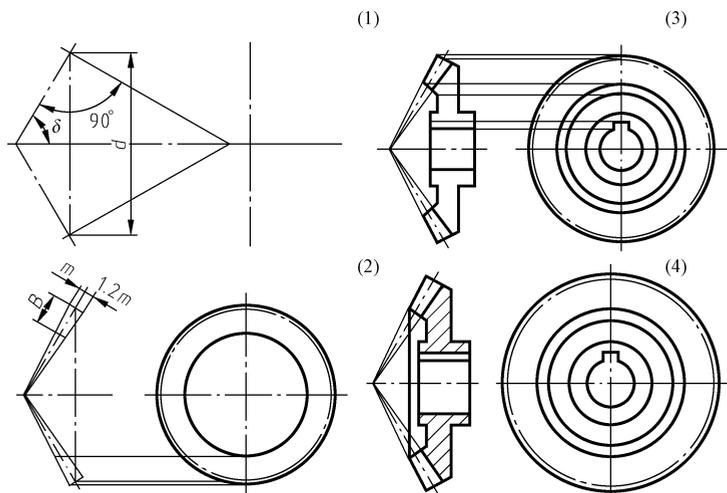


图 5-33 圆锥齿轮的作图步骤

3. 啮合的锥齿轮

两啮合圆锥齿轮的分度圆锥应相切，两分度圆锥角 δ_1 和 δ_2 互为余角，啮合区的画法同圆柱齿轮，如图 5-34 所示。

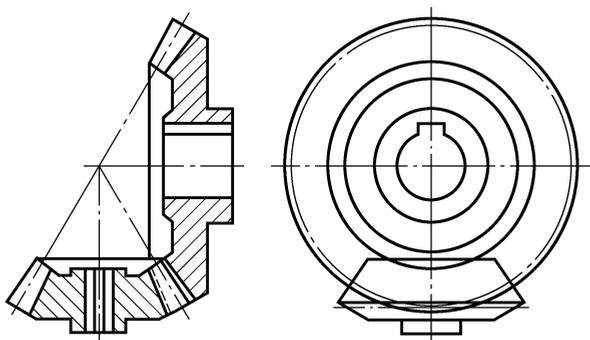


图 5-34 啮合的锥齿轮

5.3.3 蜗杆、蜗轮的画法

1. 单个蜗杆、蜗轮的画法

如图 5-35、图 5-36 所示。

2. 啮合的蜗杆蜗轮的画法

如图 5-37 所示。

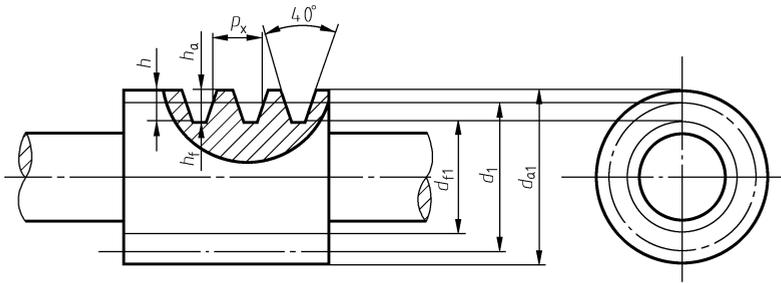


图 5-35 蜗杆的画法

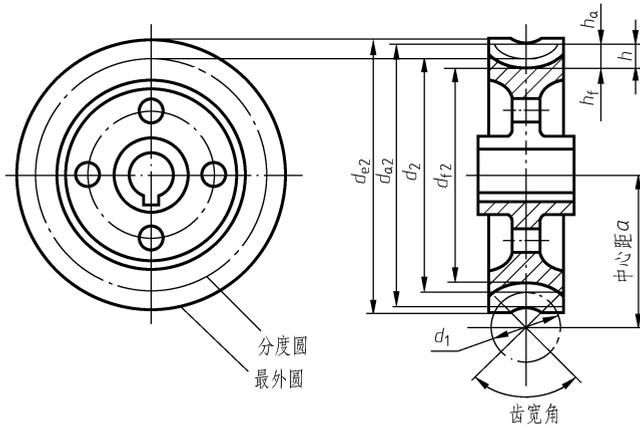


图 5-36 蜗轮的画法

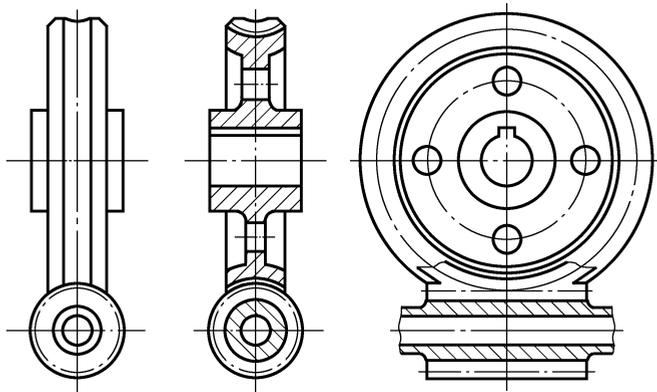


图 5-37 蜗杆蜗轮啮合的画法

5.4 键联结和销联接

5.4.1 键联结

1. 键的作用

键主要用于轴和轴上零件（如齿轮、带轮）之间的轴向联结，以传递扭矩和运动。如图 5-38 所示，将键嵌入轴上的键槽中，再将带有键槽的皮带轮装在轴上，当轴转动时，因为键的存在，皮带轮就与轴同步转动，达到传递动力的目的。

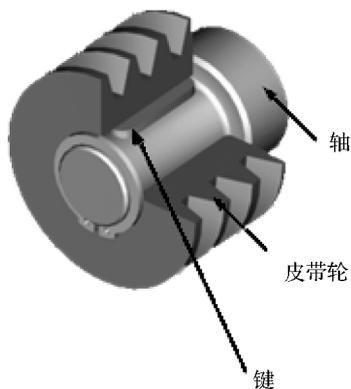


图 5-38 键的作用

常用键有普通平键、半圆键和钩头楔键，如图 5-39 所示。

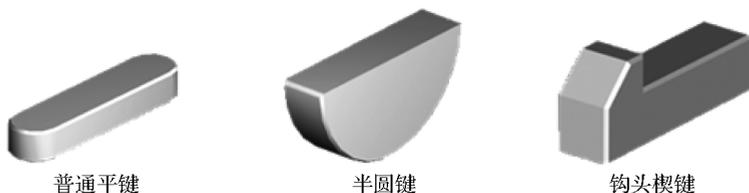


图 5-39 常用键

普通平键：应用最为广泛。

半圆键：常用于载荷不大的传动轴上。由于半圆键在槽中能绕其几何中心摆动，以适应轴上键槽的斜度，因而在锥形轴上应用较多。

钩头楔键：键的上顶面有 $1:100$ 的斜度，装配时将键沿轴向嵌入键槽内，钩头楔键靠上下面接触的摩擦力将轴和轮联结。

键是标准件，在图样中应按国家标准的规定作出标记。三种键的标记如下。

(1) 普通平键的标记 普通平键分为 A、B 和 C 型, 如图 5-40 所示, 三种普通平键的标记方法类似。

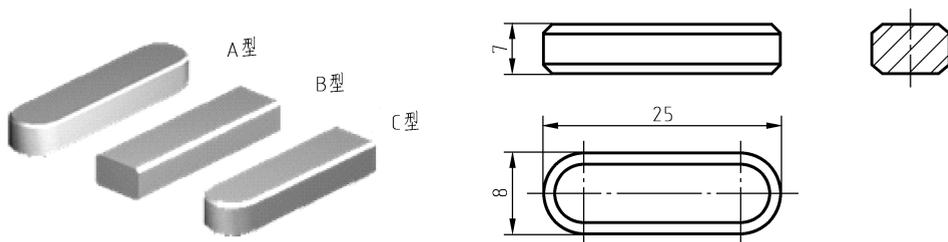


图 5-40 普通平键

普通平键的标记形式:

键 型式 $b \times L$ GB/T 1096—2003

A 型不标型式; b 为键宽; L 为键长。

(2) 半圆键的标记 半圆键的标记形式:

键 $b \times L$ GB/T 1099.1—2003

b 为键宽; L 为键长。

如图 5-41 所示。

键 6×24.5 GB/T 1099.1—2003

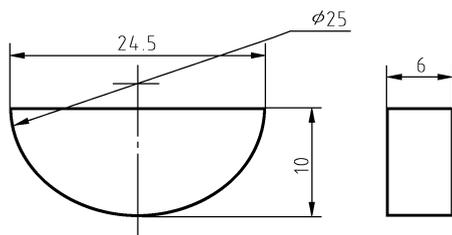


图 5-41 半圆键的标记

(3) 钩头楔键的标记 钩头楔键的标记形式:

键 $b \times L$ GB/T 1565—2003

如图 5-42 所示。

键 18×100 GB/T 1565—2003

2. 键的画法

键的结构简单, 作图时只是注意其在装配图中的表达方法。

键的基本尺寸如宽和高均为标准值, 其大小与轴的直径有关。键的长度取决于所传递的扭矩大小。

由于键的尺寸为标准值, 所以键槽的尺寸也是标准的。

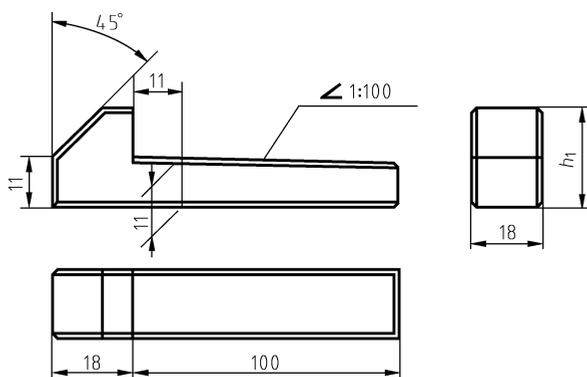


图 5-42 钩头楔键的标记

(1) 普通平键联结画法 如图 5-43 所示。

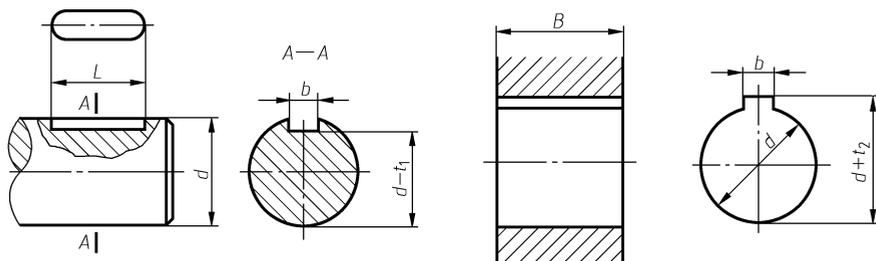


图 5-43 普通平键联结画法

在装配图中键联结画法如图 5-44 所示：

纵向剖切时键按不剖绘制，而横向将键切断则应画出剖面线。

普通平键的两侧面为键的工作表面，只应在接触面上画一条轮廓线。

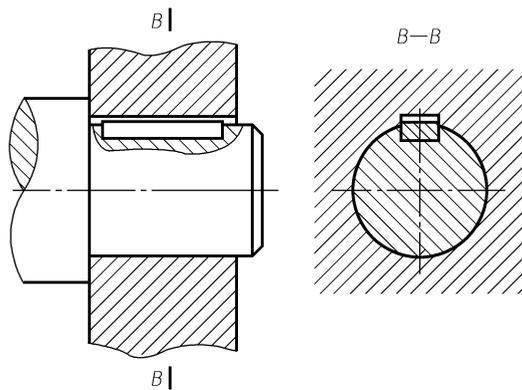


图 5-44 装配图中键联结画法

键的上表面与轮毂之间的间隙应画出来。

(2) 半圆键联结画法 半圆键的两侧面为键的工作表面，只应在接触面上画一条轮廓线。

键的上表面与轮毂之间的间隙应画出来，如图 5-45 所示。

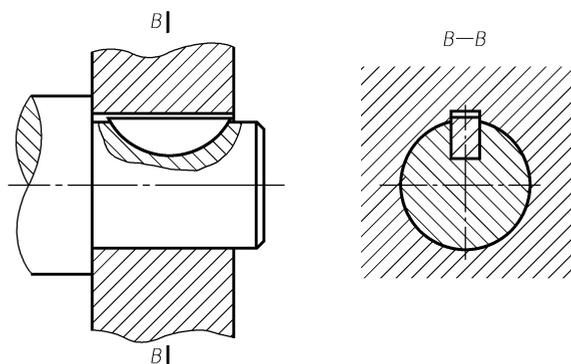


图 5-45 半圆键联结画法

(3) 钩头楔键联结画法 钩头楔键的上顶面有 $1:100$ 的斜度，装配时将键沿轴向打入键槽中。

钩头楔键是靠上下表面与轮毂键槽和轴键槽之间的摩擦力将两者联结。因而装配图中键的上下表面没有间隙，如图 5-46 所示。

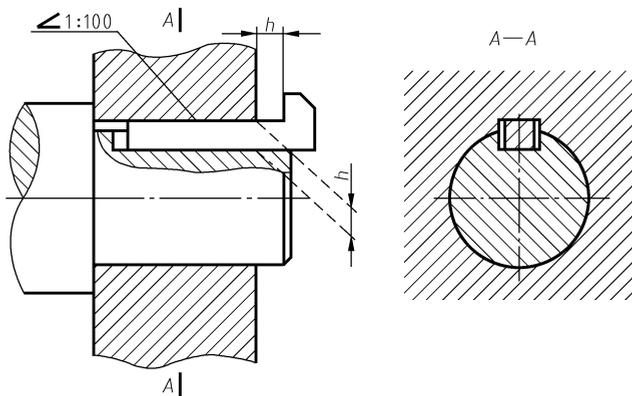


图 5-46 钩头楔键联结画法

3. 花键联结

由于花键传递的扭矩大且具有很好的导向性，因而在各种机械的变速箱中被广泛应用。

除了图 5-47 所示的矩形花键外，还有梯形、三角形和渐开线等形状的。

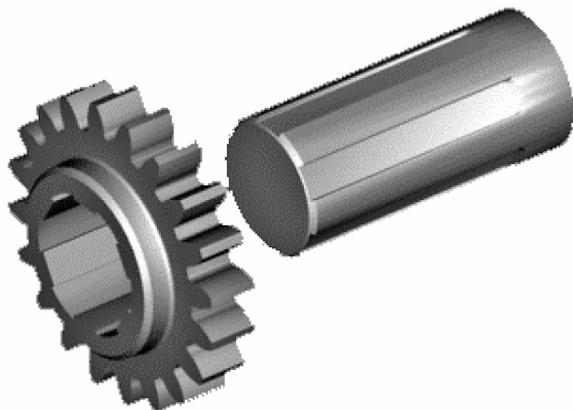


图 5-47 矩形花键

1) 外花键的画法和标记。

画法：大径用粗实线，小径用细实线；若为纵向剖切，键齿按不剖绘制。

标记：矩形花键的三个基本参数是大径 D 、小径 d 和键宽 b 。可在图中直接注出 D 、 d 和 b ，也可如图 5-48 所示，即用代号的形式标注。

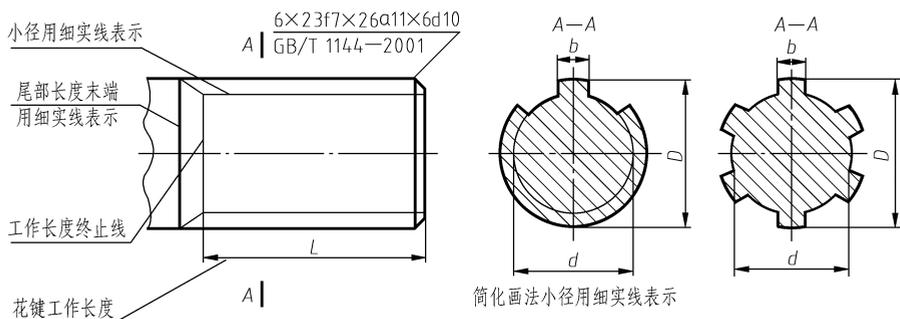


图 5-48 外花键的画法和标记

2) 内花键的画法和标记。

画法：键齿按不剖绘制且用粗实线表示花键的大、小径，内花键的标注方法同外花键，如图 5-49 所示。

3) 矩形花键的联结画法。

画法：花键联接的部分按外花键画，不重合部分则按各自的规定画法绘制，如图 5-50 所示。

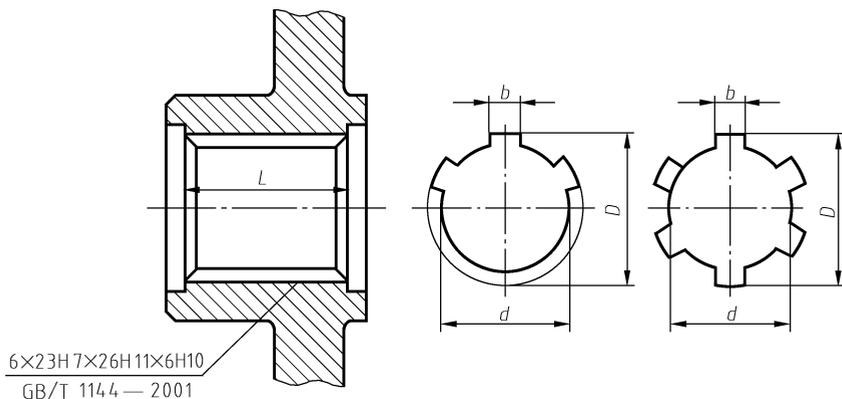


图 5-49 内花键的画法和标记

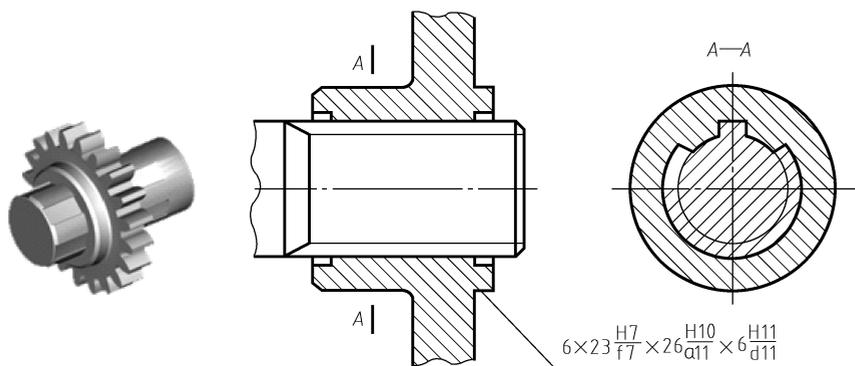


图 5-50 矩形花键的联结画法

5.4.2 销联接

销主要用来固定零件之间的相对位置，起定位作用，也可用于轴与轮毂的联接，传递不大的载荷，还可作为安全装置中的过载剪断元件。销的常用材料为 35 钢、45 钢。

销有圆柱销和圆锥销两种基本类型，这两类销均已标准化。圆柱销利用微量过盈固定在销孔中，经过多次装拆后，联接的紧固性及精度降低，故只宜用于不常拆卸处。圆锥销有 1:50 的锥度，装拆比圆柱销方便，多次装拆对联接的紧固性及定位精度影响较小，因此应用广泛。两种销如图 5-51 所示。

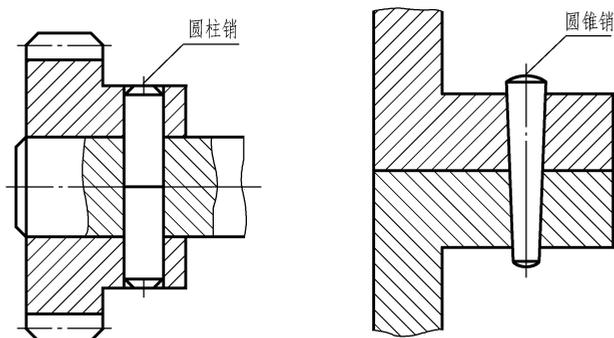


图 5-51 销的基本类型

5.5 弹簧

弹簧是机械、电器设备中常用的零件，即使在生活中我们也会接触到各种弹簧。弹簧的种类较多，作用各有不同。可用于缓冲、减振、夹紧、测力以及储存能量等。常见弹簧类型如图 5-52 所示。



图 5-52 常见弹簧类型

本节主要介绍圆柱螺旋压缩弹簧的尺寸计算和画法。

1. 圆柱螺旋压缩弹簧各部分的名称

弹簧的直径：

簧丝直径 d ——制造弹簧所用金属丝的直径；

弹簧外径 D ——弹簧的最大直径；

弹簧内径 D_1 ——弹簧的内孔最小直径；

弹簧中径 D_2 ——弹簧平均直径。

弹簧的圈数：

有效圈数 n ——保持相等节距参与工作的圈数；

支承圈数 n_0 ——弹簧两端并紧及磨平的圈数；

总圈数 n_1 ——有效圈数和支承圈数之和。

弹簧的其他参数如图 5-53 所示。

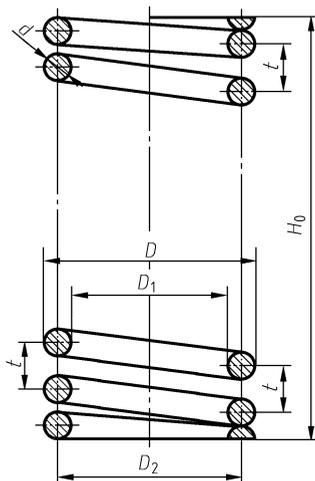


图 5-53 弹簧的参数

节距 t ——相邻两有效圈数上对应点间的轴向距离；

自由高度 H_0 ——未受载荷作用时弹簧的高度， $H_0 = nt + (n_0 - 0.5)d$ ；

展开长度 L ——弹簧的金属丝长度， $L \approx n_1 \sqrt{(\pi D)^2 + t^2}$

旋向——分为左旋和右旋两种。

2. 圆柱螺旋压缩弹簧的画法

国家标准对弹簧的画法规定如下：

- 1) 将各圈的轮廓线简化为直线（本是螺旋线）。
- 2) 有效圈数在 4 圈以上时可每端只画 1~2 圈（支承圈除外）其余省略不画。
- 3) 左旋弹簧可画成右旋，但应注写“左”字。
- 4) 支承圈数可按实际结构绘制，也可画成 2.5 圈。

例：已知圆柱螺旋压缩弹簧的中径 $D_2 = 38$ ，簧丝直径 $d = 6$ ，节距 $t = 11.8$ ，有效圈数 $n = 7.5$ ，支承圈数 $n_0 = 2.5$ ，右旋，试画出弹簧的轴向剖视图（见图 5-54）。

作图步骤：

(1) 计算弹簧各参数

弹簧外径： $D = D_2 + d = 38 + 6 = 44$

自由高度： $H_0 = nt + (n_0 - 0.5)d$

$$= 7.5 \times 11.8 + (2.5 - 0.5) \times 6 = 100.5$$

(2) 画出图形 弹簧的绘图步骤如图 5-54 所示。

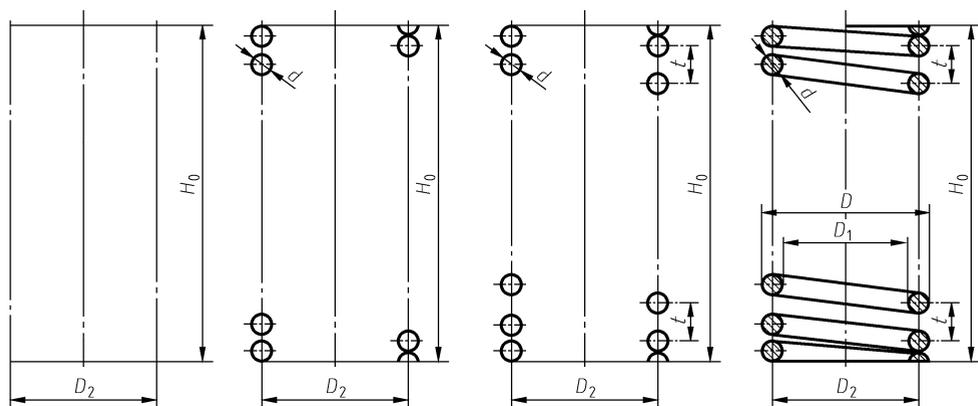


图 5-54 弹簧的画法

- 1) 在平行于螺旋弹簧轴线的投影面的视图中，其各圈的轮廓应画成直线。
- 2) 有效圈数在四圈以上时，可以每端只画出 1~2 圈（支承圈除外），其余省略不画。
- 3) 螺旋弹簧均可画成右旋，但左旋弹簧不论画成左旋或右旋，均需注写旋向“左”字。
- 4) 螺旋压缩弹簧如要求两端并紧且磨平时，不论支承圈多少均按支承圈 2.5 圈绘制，必要时也可按支承圈的实际结构绘制。

(3) 装配图中弹簧的简化画法 在绘制机件的装配图时可按下述简化画法作图：

- 1) 在装配图中弹簧被视为实心结构，因而被弹簧挡住的结构不必画出，如图 5-55 所示。

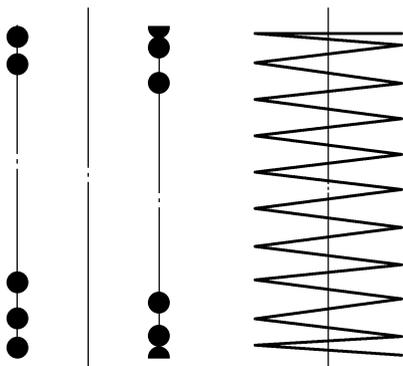


图 5-55 装配图中弹簧的简化画法 1

2) 当簧丝直径小于 2mm 时, 其剖面可以涂黑, 也可采用示意画法, 如图 5-56 所示。

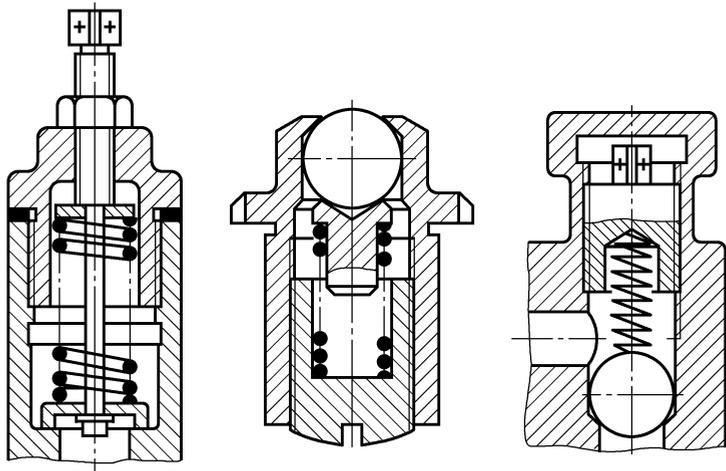


图 5-56 装配图中弹簧的简化画法 2

5.6 滚动轴承

滚动轴承是支承转轴的标准部件。我国各地的轴承厂按国家标准生产各种类型的滚动轴承。按滚动轴承承受载荷的方向不同, 分为三种类型, 如图 5-57 所示。

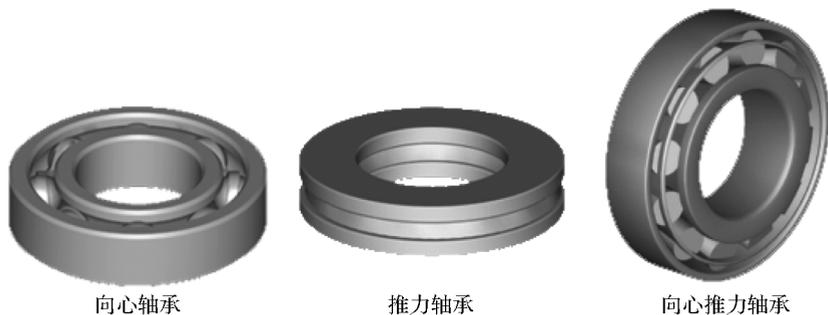


图 5-57 滚动轴承的类型

向心轴承——主要承受径向载荷；

推力轴承——只承受轴向载荷；

向心推力轴承——同时承受轴向和径向载荷，如圆锥、滚子轴承。

1. 基本结构

滚动轴承的结构可以分为四个部分，如图 5-58 所示。

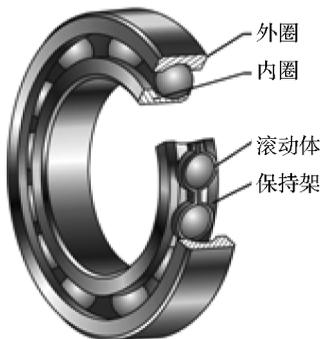


图 5-58 滚动轴承的结构

外圈——装在机体或轴承座内，一般是固定不动的；

内圈——装在转轴上，与轴一起转动；

滚动体——装在内、外圈之间的滚道中，有滚珠、滚柱和滚锥等类型；

保持架——用以均匀分隔滚动体。

2. 常用滚动轴承的画法

国家标准对滚动轴承的画法作了统一的规定，分为简化画法和规定画法，简化画法又分为通用画法和特征画法。通常将规定画法和通用画法相结合。

(1) 通用画法 在剖视图中，当不需要确切地表示滚动轴承的外形轮廓、结构特征时，可用矩形线框和位于线框中央正立的十字形符号表示。矩形线框和十字形符号均用粗实线绘制，尺寸比例如图 5-59 所示。

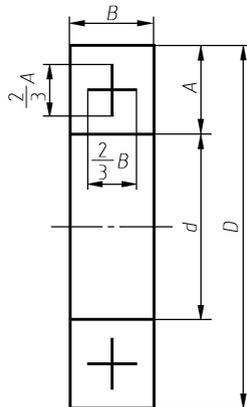


图 5-59 通用画法

(2) 规定画法 规定画法一般绘制在轴的一侧，另一侧按通用画法绘制。用规定画法绘制滚动轴承的剖视图时，轴承的滚动体不画剖面线，其各套圈等可画成方向和间隔相同的剖面线，如图 5-60 所示。

3. 滚动轴承的标记

滚动轴承是标准组件，在图样中应按国标要求标注其代号。

滚动轴承的代号由基本代号、前置代号和后置代号三部分组成。代号的排列顺序如下：

前置代号 基本代号 后置代号

(1) 基本代号 基本代号表示滚动轴承的类型、结构和尺寸。基本代号由轴

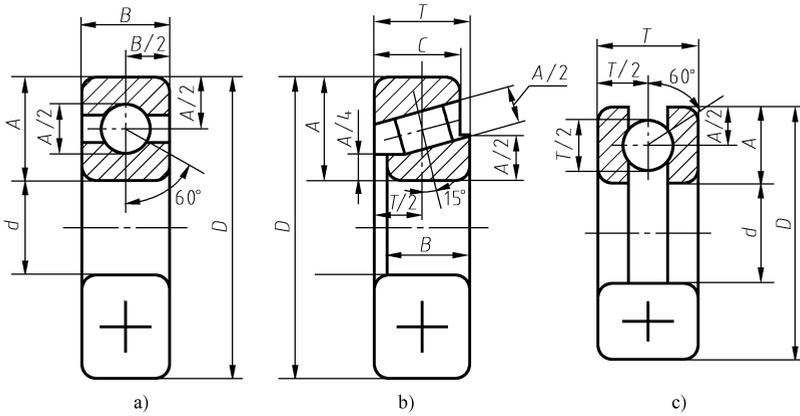
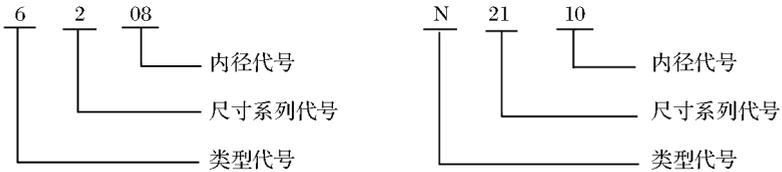


图 5-60 规定画法

a) 深沟球轴承 b) 单列圆锥滚子轴承 c) 平底推力球轴承

承的类型代号、尺寸系列代号和内径代号构成。其中类型代号用数字或大写拉丁字母表示，尺寸系列代号和内径代号用数字表示。



类型代号：类型代号用数字或字母表示，见表 5-3。

表 5-3 轴承类型与代号

代 号	轴承类型	代 号	轴承类型
0	双列角接触球轴承	6	深沟球轴承
1	调心球轴承	7	角接触球轴承
2	调心滚子轴承	8	推力圆锥滚子轴承
3	圆锥滚子轴承	N	圆柱滚子轴承
4	双列深沟球轴承	U	外球面球轴承
5	推力球轴承	QJ	四点接触球轴承

尺寸系列代号：由滚动轴承的宽（高）度系列代号和直径代号组合而成，见表 5-4。

表 5-4 轴承尺寸系列代号

直径 系列 代号	向心轴承								推力轴承			
	宽度系列代号								高度系列代号			
	8	0	1	2	3	4	5	6	7	9	1	2
	尺寸系列代号											
7	—	—	17	—	37	—	—	—	—	—	—	—
8	—	08	18	28	38	48	58	68	—	—	—	—
9	—	09	19	29	39	49	59	69	—	—	—	—
0	—	00	10	20	30	40	50	60	70	90	10	—
1	—	01	11	21	31	41	51	61	71	91	11	—
2	82	02	12	22	32	42	52	62	72	92	12	22
3	83	03	13	23	33	—	—	—	73	93	13	23
4	—	04	—	24	—	—	—	—	74	94	14	24
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	95	—	—

内径代号：表示轴承的公称内径，见表 5-5。

表 5-5 轴承的内径代号

轴承公称内径/mm		内 径 代 号	示 例
10—17	10	00	深沟球轴承 6200 $d=10\text{mm}$
	12	01	
	15	02	
	17	03	
代号数字为 04—96		代号数字乘 5 即为轴承内径	调心滚子轴承 23208 $d=40\text{mm}$

(2) 前置代号和后置代号 前置代号和后置代号是轴承在结构形状、尺寸、公差和技术要求等有改变时在其基本代号左右添加的代号。前置代号用字母表示，后置代号用字母（或数字）表示。

前置、后置代号的标注形式和内容可从有关标准中查得。

5.7 中心孔

5.7.1 中心孔的形式

如图 5-61 所示。

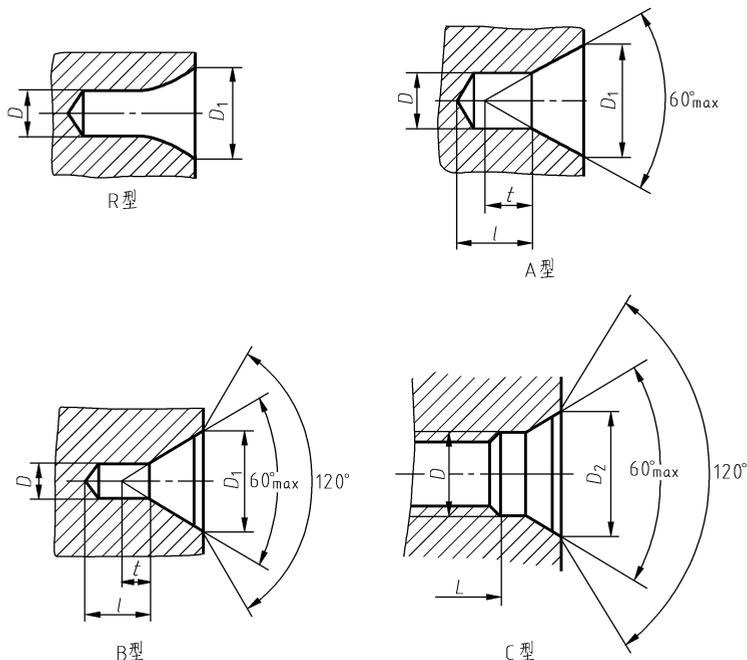


图 5-61 中心孔的形式

5.7.2 中心孔的符号

为了体现在完工的零件上是否保留中心孔的要求，需采用规定的符号。符号画成张开 60° 的两条线段，符号的图线宽度等于相应图样上所注尺寸数字字高的 $1/10$ ，见表 5-6。

表 5-6 中心孔的符号与表示法示例

要 求	符 号	表示法示例	说 明
在完工的零件上要求保留中心孔		GB/T 4459.5—B2.5/8	采用 B 型中心孔 $d=2.5\text{mm}$ $D_1=8\text{mm}$ 在完工的零件上要求保留
在完工的零件上可以保留中心孔		GB/T 4459.5—A4/8.5	采用 A 型中心孔 $d=4\text{mm}$ $D=8.5\text{mm}$ 在完工的零件上是否保留都可以
在完工的零件上不允许保留中心孔		GB/T 4459.5—A1.6/3.35	采用 A 型中心孔 $d=1.6\text{mm}$ $D=3.35\text{mm}$ 在完工的零件上不允许保留

5.7.3 中心孔的标记

1. R型、A型、B型

标准编号、形式、导向孔直径 (d) 和锥形孔直径 (D 、 D_2 或 D_3)。

示例：B型中心孔，导向孔直径 $d=2.5\text{mm}$ ，锥形孔端面直径 $D_2=8\text{mm}$ ，则标记为 GB/T 4459.5—B2.5/8。

2. C型

标准编号、形式、螺纹代号（用普通螺纹特征代号 M 和公称直径表示）、螺纹长度 (L) 和锥形孔端面直径 (D_3)。

示例：C型中心孔，螺纹代号为 M10，螺纹长度 $L=30\text{mm}$ ，锥形孔端面直径 $D_3=16.3\text{mm}$ ，则标记为 GB/T 4459.5—CM10L30/16.3。

5.7.4 中心孔的表示法

1. 规定表示法

中心孔的规定表示法如图 5-62 所示。

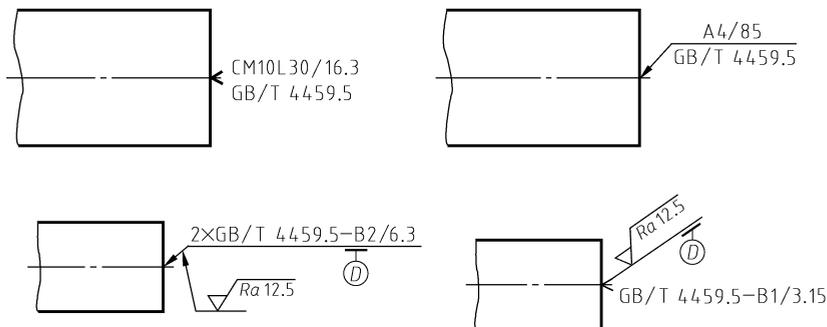


图 5-62 中心孔的规定表示法

2. 简化表示法

在不致引起误解时，可省略中心孔标记中的标准编号，如图 5-63 所示。

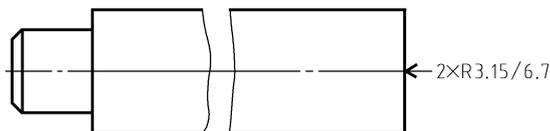


图 5-63 中心孔的简化表示法

同一轴的两端中心孔相同时，可只在其一端标出，但应注出其数量。

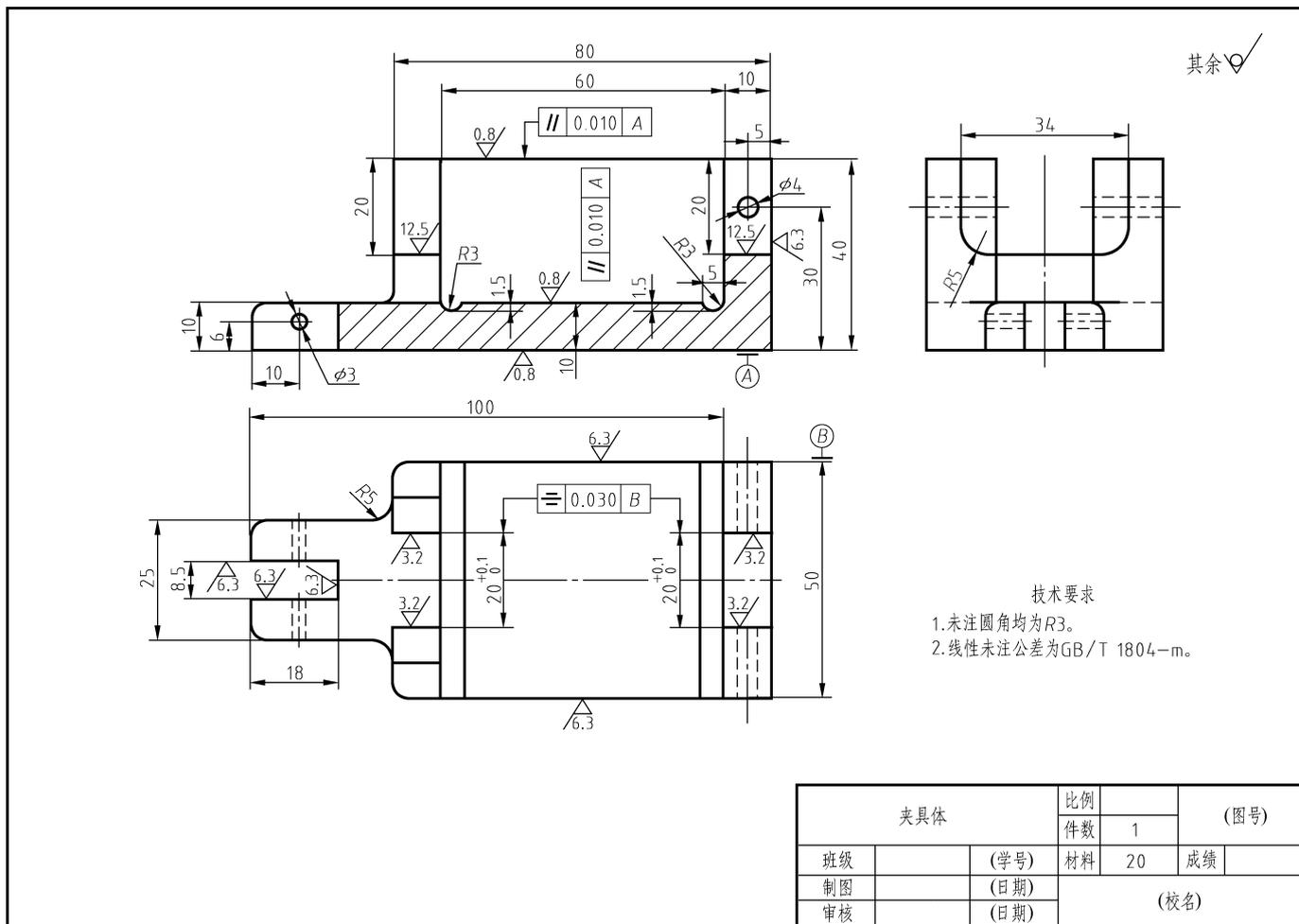


图 6-2 夹具体零件图

6.1.2 零件图的内容

零件图不仅把零件的内、外结构形状和大小表达清楚，还需要对零件的材料、加工、检验、测量提出必要的技术要求。零件图必须包含制造和检验零件的全部技术资料。因此，一张完整的零件图一般应包括以下几项内容：

(1) 一组图形 适当的用一组图形，可以是视图、剖视图、断面图、局部放大图等，正确、完整、清晰地表达出零件内、外形状。

(2) 完整的尺寸 正确、完整、清晰、合理地标注出制造和检验零件所需的全部尺寸。

(3) 技术要求 用规定的符号、代号、标记和文字注解说明制造和检验零件时在技术指标上应达到的要求。如表面粗糙度、尺寸公差、形位公差、材料和热处理、检验方法以及其他特殊要求等。技术要求的文字一般注写在标题栏上方图纸空白处。

(4) 标题栏 标题栏配置在图框的右下角。填写的内容主要有零件的名称、材料、数量、比例、图号，以及设计、审核、批准者的姓名、日期等。标题栏的尺寸和格式已经标准化，可参见有关标准，如图 6-2 所示。

6.2 零件上常见的工艺结构

6.2.1 铸造工艺结构

1. 拔模斜度

用铸造的方法制造零件的毛坯时，为了便于将木模从砂型中取出，在铸件的内、外壁沿木模拔模方向做成一定的斜度（ $1:20 \sim 1:10$ ），叫做拔模斜度，如图 6-3 所示。这种斜度在图上可以不标注，也可不画出，必要时，可在技术要求中注明。

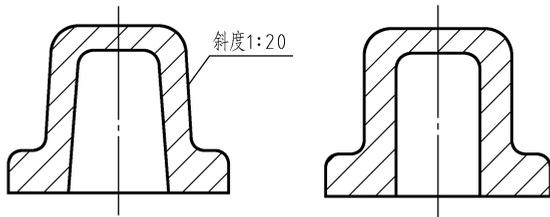


图 6-3 拔模斜度

2. 铸造圆角

在铸件毛坯各表面的相交处，都要有铸造圆角，如图 6-4 所示。这样既便于

起模，又能防止在浇铸时铁水将砂型转角处冲坏，还可避免铸件在冷却时产生裂纹或缩孔。铸造圆角半径在图上一般不注出，而写在技术要求中。铸件毛坯底面（作安装面）常需经切削加工，这时铸造圆角被削平，如图 6-4 所示。

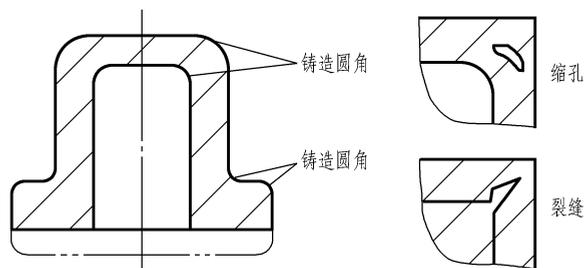


图 6-4 铸造圆角

铸件表面由于圆角的存在，使铸件表面的交线变得不很明显，为了区分不同形体的表面，仍画出两表面的交线，称为过渡线，如图 6-5 所示，画法上与相贯线相同，只是过渡线用细实线来画，在其端点处不与其他轮廓线相交。图 6-6 是常见的过渡线的画法。

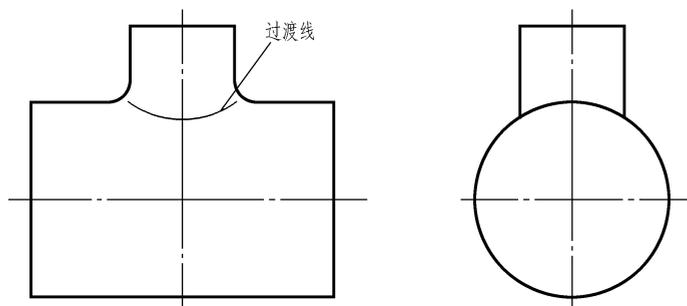


图 6-5 过渡线及其画法

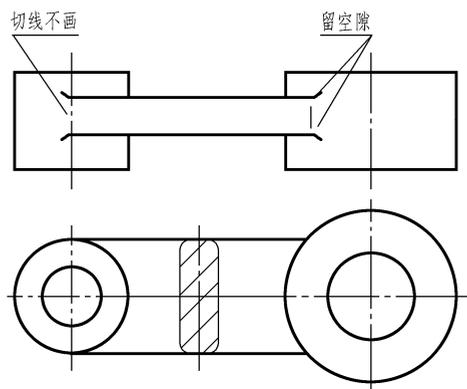


图 6-6 常见过渡线的画法

3. 铸件壁厚

在浇铸零件时, 为了避免各部分因冷却速度不同而产生缩孔或裂纹, 铸件的壁厚应保持大致均匀, 或采用渐变的方法, 并尽量保持壁厚均匀, 如图 6-7 所示。

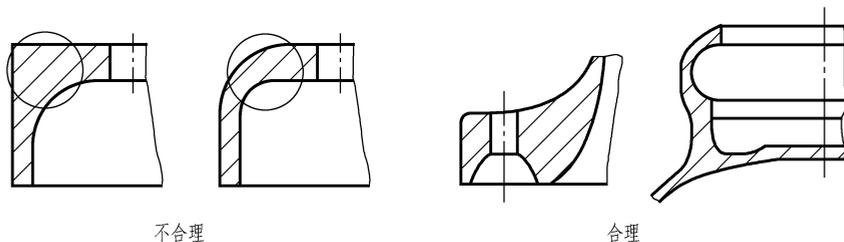


图 6-7 铸件壁厚的变化

6.2.2 机械加工工艺结构

机械加工工艺结构主要有倒角、倒圆、退刀槽、越程槽、凸台和凹坑、中心孔等。

1. 倒角与倒圆

为了便于装配和安全操作, 轴或孔的端部应加工成圆台面, 称为倒角; 为了避免应力集中产生裂纹, 轴肩处应圆角过渡, 称为倒圆。倒角和倒圆如图 6-8 所示, C 表示 45° 倒角。

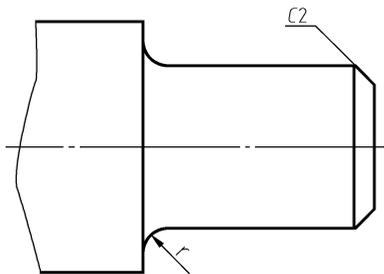


图 6-8 倒角和倒圆

2. 退刀槽和越程槽

切削加工时, 主要是车螺纹时, 为了便于进刀、退刀和测量, 经常先加工出退刀槽。

磨削不同直径的回转面, 为了便于进刀和退刀, 需留出砂轮越程槽。如图 6-9 所示。

3. 凸台和凹坑

为了减少加工面积以及使零件间表面接触良好, 常将两零件的接触表面做成

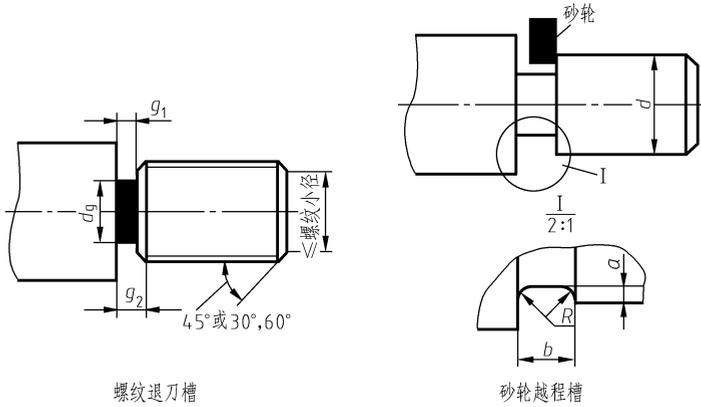


图 6-9 螺纹退刀槽和砂轮越程槽

凸台和凹坑或凹槽和凹腔的结构, 如图 6-10 所示。

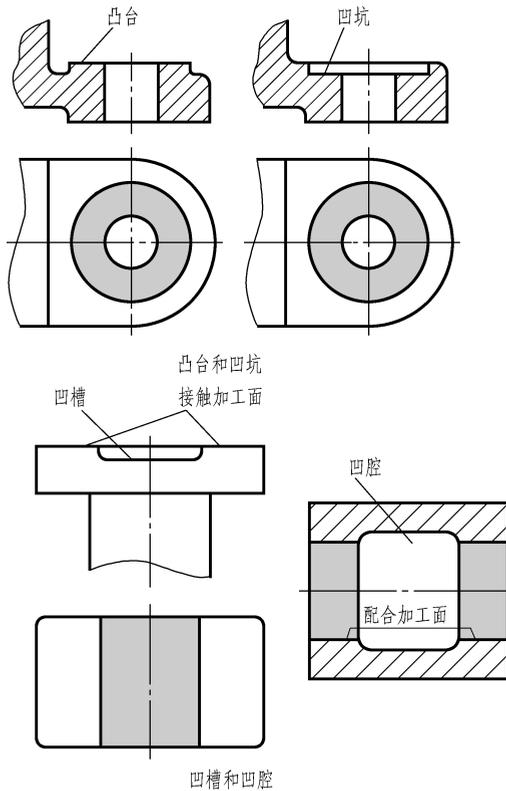


图 6-10 凸台和凹槽

4. 钻孔结构

为保证孔的精度, 避免钻孔时钻头弯曲或折断, 钻孔端面应尽可能与钻头轴

线垂直。图 6-11 为三种处理斜面上钻孔的正确结构。

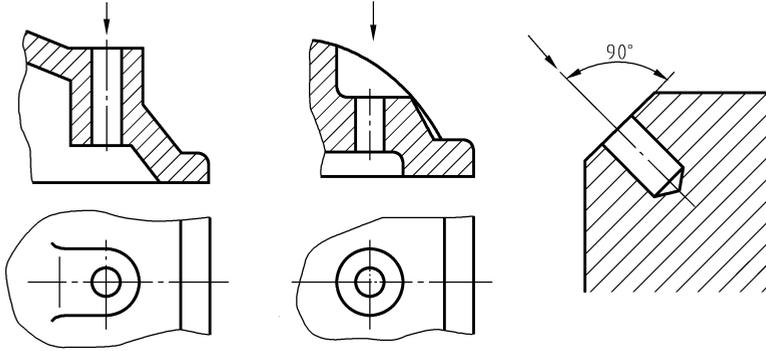


图 6-11 钻孔端面

6.3 零件图上的尺寸

6.3.1 尺寸基准

通常把标注尺寸的起点称为尺寸基准，以它为起点，确定零件上其他面、线或点的位置。尺寸基准可以是面（对称面、底面、端面等）、线（回转轴线、中心线等）或点。

1. 主要基准、辅助基准

每个零件都有长、宽、高三个方向的尺寸，因此，每个方向至少应该有一个尺寸基准。有时为了加工和测量上的方便，还可以附加一些基准。例如图 6-12 这个支座，如果高度方向只有底面一个基准，那么，上部螺孔深度的尺寸就只能注成尺寸 D ，不便测量。如果增加支座顶部凸台平面作基准，注成尺寸 H ，测量就方便多了。

主要基准：起主要作用的设计基准，即决定零件主要尺寸的基准。

辅助基准：起辅助作用的附加基准。

当一个方向上只有一个基准时，这个基准就是主要基准，若有几个基准时，

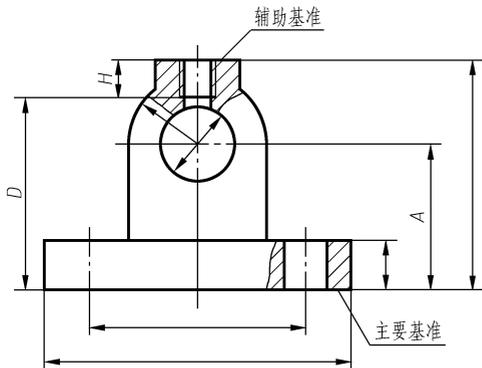


图 6-12 支座的基准

除了其中一个基准是主要基准外，其余基准都是辅助基准。

如图 6-12 支座高度方向的这两个基准，底面是主要基准，主要尺寸 A 等高度方向的尺寸都以它为基准。而顶部凸台面是为了方便测量螺孔深度尺寸而附加的，是辅助基准。

2. 设计基准、工艺基准

根据基准的作用不同，可分为两类，即设计基准和工艺基准。

设计基准：根据零件的结构特点及设计要求所选定的基准，如图 6-13a 中箭头所指的轴线即为该零件的径向设计基准。

工艺基准：根据零件在加工、测量和检验等方面的要求所选定的基准。它又可分为定位基准和测量基准。

1) 定位基准：在加工过程中，确定零件位置时所用的基准，如图 6-13b 所示。

2) 测量基准：在测量、检验零件的已加工表面时所用的基准，如图 6-13c 所示。

在设计和制造过程中，当机器的结构及装配要求决定后，设计基准是比较容

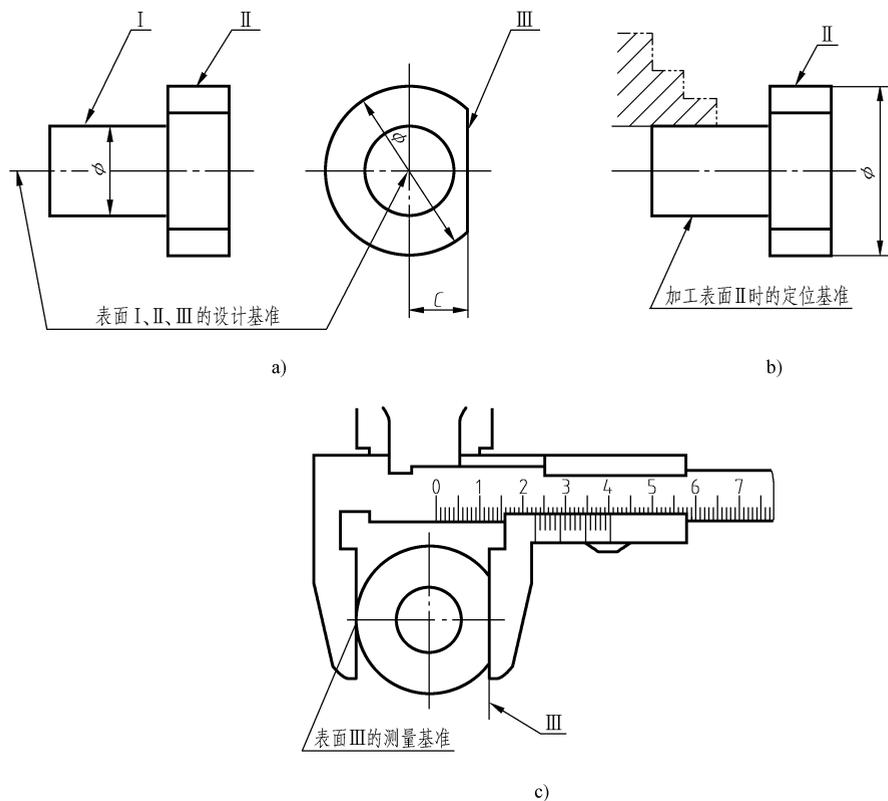


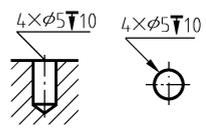
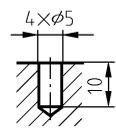
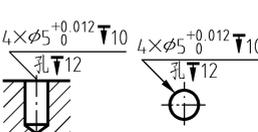
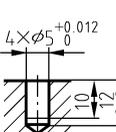
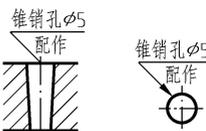
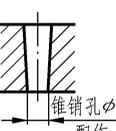
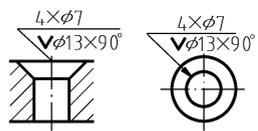
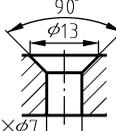
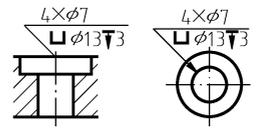
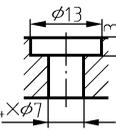
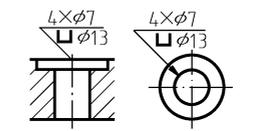
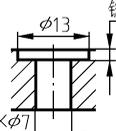
图 6-13 基准的分类

易确定的。而工艺基准则应根据工厂的设备条件和生产批量的大小因素来决定，而且在制造零件时，其工艺规程不同，工艺基准也可能不同。

6.3.2 各种孔的简化注法（光孔、沉孔、螺孔）

光孔、沉孔、螺孔的简化注法与一般注法见表 6-1。

表 6-1 光孔、沉孔、螺孔的简化注法与一般注法

零件结构类型	简化注法	一般注法	说明
一般孔			$4 \times \phi 5$ 表示直径为 5mm 的四个光孔，孔深可与孔径连注
光加工孔			光孔深为 12mm，钻孔后需精加工至 $\phi 5^{+0.012}_0$ mm，深度为 10mm
锥孔			$\phi 5$ mm 为与锥销孔相配的圆锥销小头直径（公称直径）。锥销孔通常是两零件装在一起后加工的，故应注明“配作”
锥形沉孔			$4 \times \phi 7$ 表示直径为 7mm 的四个孔。 90° 锥形沉孔的最大直径为 $\phi 13$ mm
柱形沉孔			四个柱形沉孔的直径为 $\phi 13$ mm，深度为 3mm
铤平沉孔			铤孔 $\phi 13$ mm 的深度不必标注，一般铤平到不出现毛面为止

(续)

零件结构类型	简化注法	一般注法	说明
螺孔			2×M8 表示公称直径为 8mm 的两螺孔，中径和顶径的公差带为 6H
不通孔			表示两个螺孔 M8 的螺纹长度为 10mm，钻孔深度为 12mm，中径和顶径的公差带代号为 6H

6.4 零件图上的技术要求

为了使零件达到预定的设计要求，保证零件的使用性能，在零件上还必须注明零件在制造过程中必须达到的技术要求，如表面粗糙度、尺寸公差、形位公差、材料热处理及表面处理等。

技术要求一般应尽量用技术标准规定的代号或符号标注在零件图中，没有规定的可用简明的文字逐项写在标题栏附近的适当位置。齿轮轴零件如图 6-14 所示。

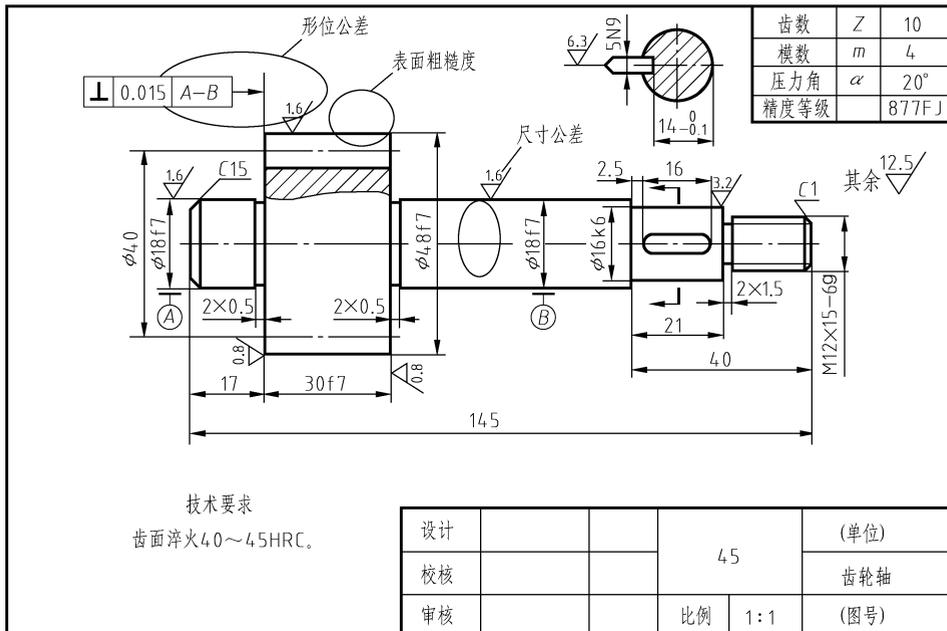


图 6-14 齿轮轴零件图

6.4.1 表面粗糙度

1. 表面粗糙度的概念

零件在加工过程中，受多种因素影响，如刀具的形状和刀具与工件之间的摩擦、机床的震动及零件金属表面的塑性变形等，零件的表面不可能绝对光滑。如图 6-15 所示，微观状态下零件表面上具有较小间距和微小峰谷所组成的微观几何不平度，这种微观几何不平度称为表面粗糙度。

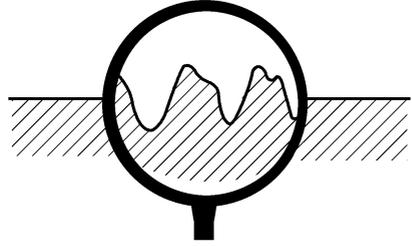


图 6-15 零件表面的微观不平度

2. 表面粗糙度的评定

表面粗糙度是以参数值的大小来评定的，目前在生产中评定零件表面质量的主要参数是轮廓算术平均偏差 R_a 和轮廓的最大高度 R_z 。

轮廓算术平均偏差 R_a ：它是在取样长度 l （用于判别和测量表面粗糙度时所规定的一段基准线长度）内，纵坐标 $Z(x)$ 绝对值的算术平均值，用 R_a 表示，见图 6-16。

轮廓的最大高度 R_z ：指在同一取样长度内，最大轮廓峰高与最大轮廓谷深之和的高度，用 R_z 表示，见图 6-16。

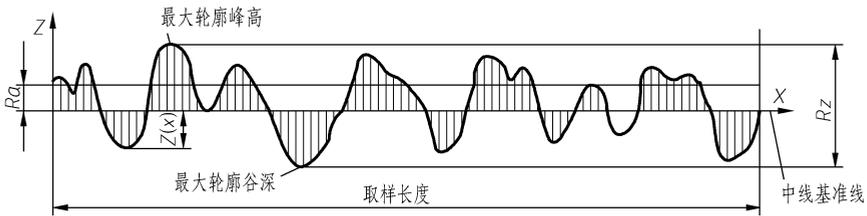
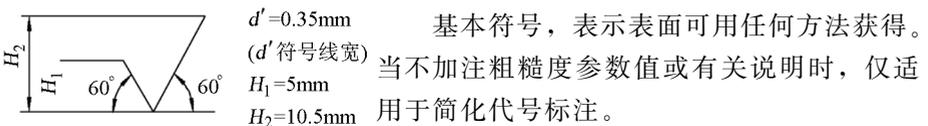


图 6-16 R_a 和 R_z 示意

3. 表面粗糙度的注法

零件表面粗糙度代号是由规定的符号和有关参数组成的。零件表面粗糙度符号的画法及意义如下，图样上所注的表面粗糙度代号应是该表面加工后的要求。



基本符号上加一短画，表示表面是用去除材料的方法获得。例如：车、铣、钻、磨、剪切、抛光、腐蚀、电火花加工、气割等。

 基本符号上加一小圆，表示表面是用不去除材料的方法获得。例如：铸、锻、冲压变形、热轧、冷轧、粉末冶金等，或是用于保持原供应状况的表面。

 在以上各种符号的长边上加一横线，用于注写对表面结构的各种要求。

当图样中某个视图上构成封闭轮廓的各表面有相同的表面结构时，在完整图形符号上加一小圆圈，标注在封闭轮廓线上，如图 6-17 所示。

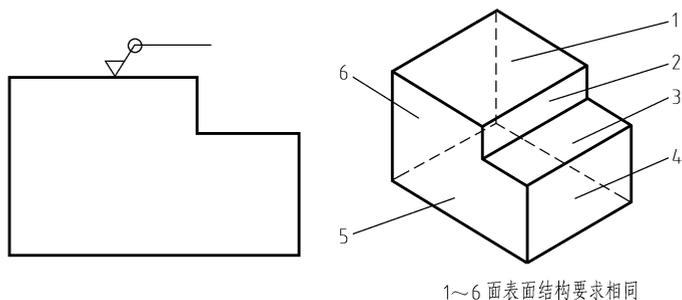
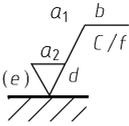


图 6-17 对周边各面有相同的表面结构要求的标注

为了明确表面结构要求，除了标注表面结构参数和数值外，必要时标注补充要求，包括传输带、取样长度、加工工艺、表面纹理及方向、加工余量等。这些要求在图形符号中的注写位置如图 6-18 所示。



a_1, a_2 — 粗糙度高度参数代号及其数值(单位为微米)

b — 加工要求, 镀覆、涂覆、表面处理或其他说明等

c — 取样长度(单位为毫米)或波纹度(单位为微米)

d — 加工纹理方向符号

e — 加工余量(单位为毫米)

f — 粗糙度间距参数值(单位为毫米)或轮廓支承长度率

图 6-18 补充要求的注写位置

标注表面结构参数代号、极限值和传输带或取样长度。为了避免误解，在参数代号和极限值间应插入空格。传输带或取样长度后应有一斜线“/”，之后是表面结构参数代号，最后是数值。

- 示例 1: 0.0025—0.8/Rz6.3 (传输带标注)
- 示例 2: -0.8/Rz6.3 (取样长度标注)

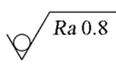
对图形法应标注传输带，后面应有一斜线“/”，之后是评定长度值，再后是一斜线“/”，最后是表面结构参数代号及其数值。

示例 3：0.008—0.5/16/R10

注：传输带是两个定义的滤波器之间的波长范围，见（GB/T 6062 和 GB/T 18777）；对于图形法，是在两个定义极限值之间的波长范围。

4. 表面粗糙度的识读

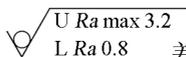
例 1：

 表示不允许用去除材料的方法获得，轮廓算术平均偏差的上限值为 $0.8\mu\text{m}$ 。补充说明：参数代号 Ra 与极限值 0.8 之间应留空格。

例 2：

 表示用去除材料的方法获得的表面粗糙度，轮廓最大高度的最大值为 $0.2\mu\text{m}$ 。

例 3：

 表示不允许去除材料，双向极限值。上限值：算术平均偏差为 $3.2\mu\text{m}$ ；下限值：算术平均偏差为 $0.8\mu\text{m}$ 。

补充说明：本例为双向极限要求，用“U”和“L”分别表示上限值和下限值，在不致引起歧义时，可不加注“U”“L”。例 1、例 2 均为单向极限要求，且均为单向上限值，则均可不加注“U”；若为单向下限值，则应加注“L”。

6.4.2 极限与配合

1. 互换性

现代化大规模生产需要零件具有互换性，所谓零件的互换性，就是从一批相同的零件中任取一件，不经修配就能装配使用，并能保证使用要求，零、部件的这种性质称为互换性。零、部件具有互换性，不但给装配、修理机器带来方便，还满足了各生产部门的协作化要求，为批量化大规模生产提供条件，缩短了生产周期，提高了劳动效率，降低了成本。为了满足互换性，我国制定了一系列统一的标准。下面简要介绍国家标准《极限与配合》（GB/T 1800.1~4）的基本内容。

2. 尺寸公差

在加工过程中，由于各种因素（如机床的精度、刀具的精度、量具的精度以及环境温度等）的影响，不可能把零件的尺寸做得绝对精准，也就是说加工后的零件必然会存在一定的误差。误差无法避免，也消灭不了，但为了满足互换性的要求，我们必须将零件的尺寸误差控制在允许变动的范围内，这个允许的尺寸变动量称为公差。下面以圆柱孔尺寸 $\phi(30 \pm 0.01)\text{mm}$ 为例作简要说明，如图

6-19所示。

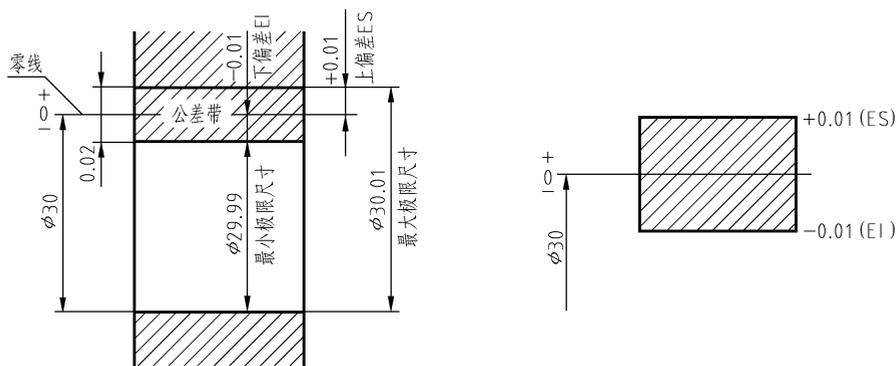


图 6-19 尺寸公差术语图解

(1) 基本尺寸 根据零件强度、结构和工艺性要求,设计时给定的尺寸: $\phi 30\text{mm}$ 。

(2) 实际尺寸 通过测量所得到的尺寸。

(3) 极限尺寸 允许尺寸变化的两个界限值, $\phi 30\text{mm} + 0.01\text{mm} = \phi 30.01\text{mm}$ 和 $\phi 30\text{mm} - 0.01\text{mm} = \phi 29.99\text{mm}$ 。两个界限值中较大的一个称为最大极限尺寸: $\phi 30.01\text{mm}$;较小的一个称为最小极限尺寸 $\phi 29.99\text{mm}$ 。

(4) 极限偏差 最大极限尺寸和最小极限尺寸减基本尺寸所得的代数差。尺寸偏差如下:

$$\text{上偏差} = \text{最大极限尺寸} - \text{基本尺寸}$$

$$\text{下偏差} = \text{最小极限尺寸} - \text{基本尺寸}$$

统称极限偏差,孔的上、下偏差分别用大写字母 ES 和 EI 表示,轴的上、下偏差分别用小写字母 es 和 ei 表示。上、下偏差可以是正值、负值或零。

孔 $\phi(30 \pm 0.01)\text{mm}$ 的上偏差 $ES = +0.01\text{mm}$,下偏差 $EI = -0.01\text{mm}$ 。

轴 $\phi(30 \pm 0.01)\text{mm}$ 的上偏差 $es = +0.01\text{mm}$,下偏差 $ei = -0.01\text{mm}$ 。

(5) 尺寸公差(简称公差) 允许实际尺寸的变动量。

$$\text{尺寸公差} = \text{最大极限尺寸} - \text{最小极限尺寸} = \text{上偏差} - \text{下偏差}$$

如孔 $\phi(30 \pm 0.01)\text{mm}$ 的公差 $= (30.01 - 29.99)\text{mm} = [+0.01 - (-0.01)]\text{mm} = 0.02\text{mm}$

尺寸公差是一个变动量,因此没有正负之分。

(6) 公差带和零线 由代表上、下偏差的两条直线所限定的一个区域称为公差带。为了便于分析,一般将尺寸公差与基本尺寸的关系按放大比例画成方框简图,称为公差带图。在公差带图中,表示基本尺寸的一条直线,称为零线,图 6-19 即圆柱孔尺寸 $\phi(30 \pm 0.01)\text{mm}$ 的公差带图。

3. 配合

基本尺寸相同的相互结合的孔和轴公差带之间的关系称为配合。由于孔和轴的实际尺寸不同，配合后会产生间隙或过盈。孔的实际尺寸减去相配合的轴的尺寸之差为正时为间隙，为负时为过盈。根据机器的设计要求和生产实际的需要，国家标准将配合分为三类：

(1) 间隙配合 孔的实际尺寸总比轴的实际尺寸大，装配在一起后，轴在孔中能自由转动或轴向移动。孔的公差带完全在轴的公差带之上，任取其中一对轴和孔相配都成为具有间隙，间隙配合包括最小间隙为零的配合，如图 6-20 所示。

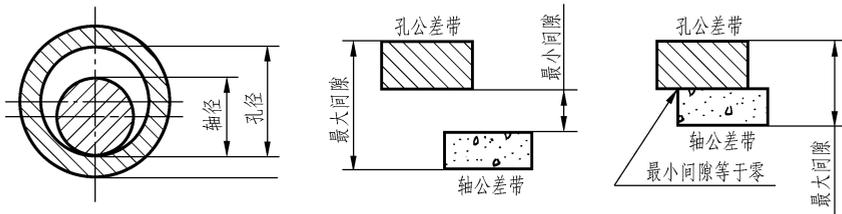


图 6-20 间隙配合

(2) 过盈配合 孔的实际尺寸总比轴的实际尺寸小，装配时需要借助外力，或将带孔零件加热膨胀后才能把轴装入孔中，轴与孔装配后不能做相对运动。孔的公差带完全在轴的公差带之下，任取其中一对轴和孔相配都成为具有过盈的配合，过盈配合包括最小过盈为零的配合，如图 6-21 所示。

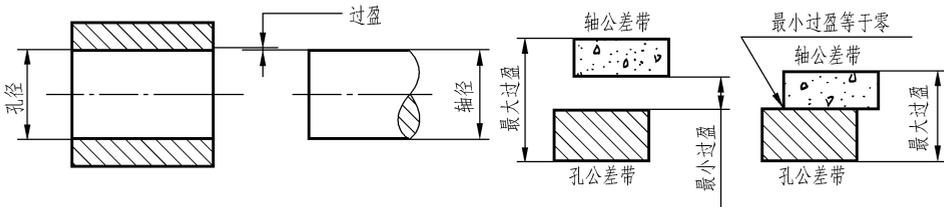


图 6-21 过盈配合

(3) 过渡配合 有时轴的实际尺寸比孔的实际尺寸大，有时则小。孔与轴装配后，轴比孔小时能活动，但比间隙配合稍紧；轴比孔大时不能活动，但比过盈配合稍松。这种介于间隙配合与过盈配合之间的配合，称为过渡配合。此时，孔和轴的公差带相互交叠，任取其中一对孔和轴相配合，可能具有间隙，也可能具有过盈，如图 6-22 所示。

4. 标准公差和基本偏差

为了满足不同的配合要求，国标规定，孔、轴的公差带由标准公差和基本偏差两个要素组成。标准公差确定公差带大小，基本偏差确定公差带位置，如图 6-23 所示。

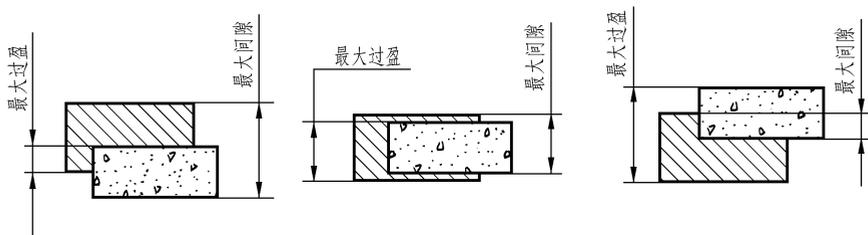


图 6-22

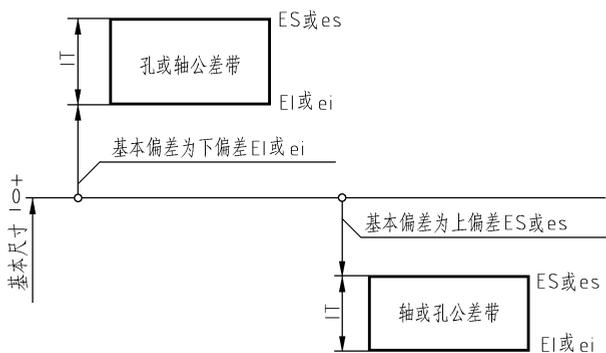


图 6-23 公差带大小及位置

(1) 基本公差 用以确定公差带大小的国标规定的任一公差。国家标准将标准公差等级分为 20 级：IT01、IT0、IT1~IT18。“IT”表示公差，后面的阿拉伯数字表示公差等级。IT01 公差值最小，精度最高，IT18 公差值最大，精度最低，IT01~IT18 精度等级依次降低。IT01~IT11 用于配合尺寸，IT12~IT18 用于非配合尺寸。标准公差的数值可查表 6-2。

表 6-2 标准公差数值 (GB/T 1800.4—1999)

基本尺寸 /mm	标准公差等级																			
	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
	μm												mm							
≤ 3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0.10	0.14	0.25	0.40	0.60	1.0	1.4
$>3\sim 6$	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	0.12	0.18	0.30	0.48	0.75	1.2	1.8
$>6\sim 10$	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	0.15	0.22	0.36	0.58	0.90	1.5	2.2
$>10\sim 18$	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0.18	0.27	0.43	0.70	1.10	1.8	2.7
$>18\sim 30$	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0.21	0.33	0.52	0.84	1.30	2.1	3.3
$>30\sim 50$	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0.25	0.39	0.62	1.00	1.60	2.5	3.9
$>50\sim 80$	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0.30	0.46	0.74	1.20	1.90	3.0	4.6

(续)

基本尺寸 /mm	标准公差等级																			
	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
	μm											mm								
>80~120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0.35	0.54	0.87	1.40	2.20	3.5	5.4
>120~180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0.40	0.63	1.00	1.60	2.50	4.0	6.3
>180~250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0.46	0.72	1.15	1.85	2.90	4.6	7.2
>250~315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0.52	0.81	1.30	2.10	3.20	5.2	8.1
>315~400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0.57	0.79	1.40	2.30	3.60	5.7	8.9
>400~500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0.63	0.97	1.55	2.50	4.00	6.3	9.7

注：基本尺寸小于 1mm 时，无 IT14~IT18。

(2) 基本偏差 用以确定公差带相对于零线位置的上偏差或下偏差，一般是指孔或轴的公差带中靠近零线的那个偏差。基本偏差用字母表示，大写字母代表孔，小写字母代表轴。当公差带位于零线之上时，基本偏差为下偏差；当公差带位于零线之下时，基本偏差为上偏差。

根据国标规定，分别对孔和轴各规定了 28 个不同的基本偏差，如图 6-24 基本偏差系列图所示。

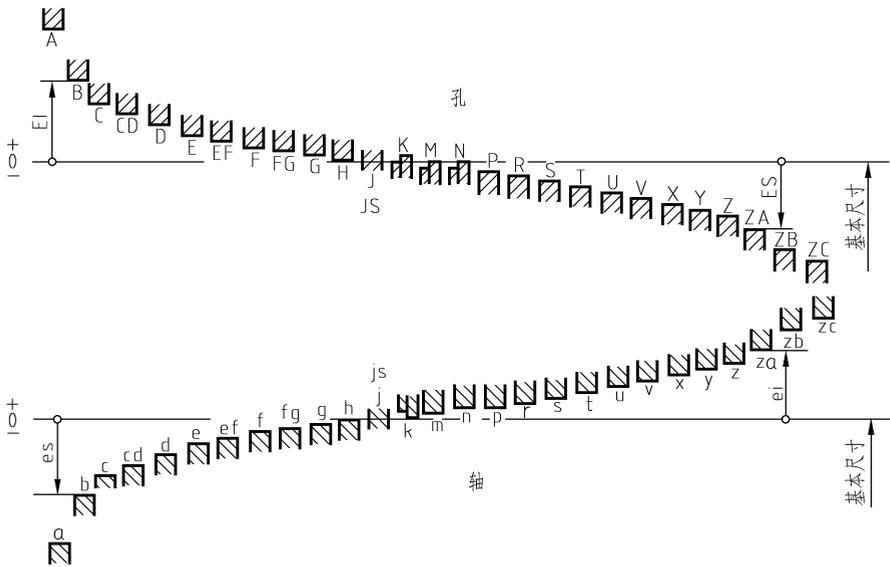


图 6-24 基本偏差系列图

在轴的基本偏差系列图中，a~h 基本偏差为上偏差 (es)，h 的基本偏差 es=0，j~zc 基本偏差为下偏差 (ei)，js 的公差带关于零线对称，其上、下偏差

分别是 $+IT/2$ 、 $-IT/2$ 。

在孔的基本偏差系列图中，A~H基本偏差为下偏差（EI），H的基本偏差 $EI=0$ ，J~ZC基本偏差为上偏差（ES），JS的公差带关于零线对称，其上、下偏差分别是 $+IT/2$ 、 $-IT/2$ 。

基本偏差系列图只表示公差带的位置，不表示公差带的大小，所以是半封闭的，一端开口，另一端未开口，由标准公差决定。

基本偏差和标准公差等级确定之后，孔、轴的公差带大小和位置就确定了，它们的配合性质也确定了。

(3) 孔、轴的公差带代号 由基本偏差代号与公差等级数字组成，并且用同一号字母和数字书写。例如 $\phi 50H8$ 的含义如下：



又如 $\phi 50f8$ 的含义如下：



5. 配合制

生产中，制造相互配合的孔、轴时，使其中一种（孔或轴）作为基准件，它的基本偏差固定，通过改变另一种的基本偏差来获得各种不同性质的配合制度称为配合制。国家标准规定了两种基本的配合制：

(1) 基孔制 基本偏差为一定的孔的公差带，与不同基本偏差的轴的公差带构成各种配合的一种制度称为基孔制。这种制度在同一基本尺寸的配合中，是将孔的公差带位置固定，通过变动轴的公差带位置，得到各种不同的配合，如图6-25所示。

基孔制的孔称为基准孔。国标规定基准孔的下偏差为零，“H”为基准孔的基本偏差。

(2) 基轴制 基本偏差为一定的轴的公差带与不同基本偏差的孔的公差带构成各种配合的一种制度称为基轴制。这种制度在同一基本尺寸的配合中，是将轴

的公差带位置固定，通过变动孔的公差带位置，得到各种不同的配合，如图6-25所示。

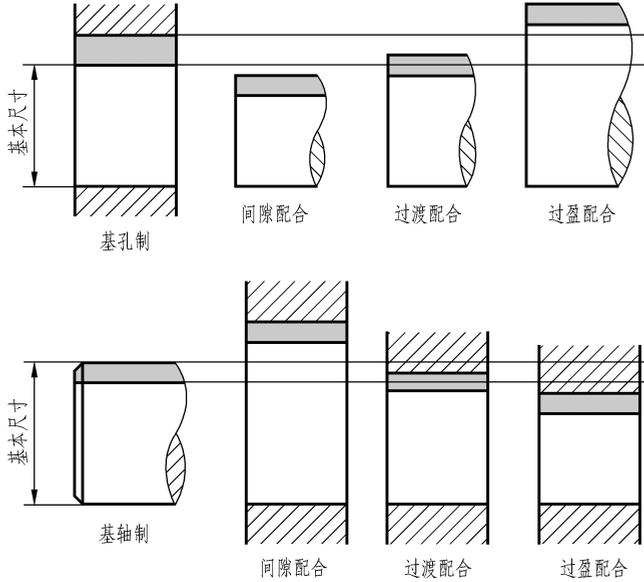


图 6-25 基孔制与基轴制

基轴制的轴称为基准轴。国家标准规定基准轴的上偏差为零，“h”为基轴制的基本偏差。

6. 极限与配合的标注

(1) 在装配图中的标注方法 配合的代号由两个相互结合的孔和轴的公差带的代号组成，用分数形式表示，分子为孔的公差带代号，分母为轴的公差带代号，通常分子中含H的为基孔制配合，分母中含h的为基轴制配合。标注的通用形式如图6-26所示。

(2) 在零件图中的标注方法 在零件图中的标注有三种形式，图6-27a以公差带的代号形式标注；图6-27b以极限偏差数值的形式标注；图6-27c以公差带代号和极限偏差数值一起标注。

7. 优先和常用配合

为了避免刀具和量具的规格品种过于繁多，国家标准 GB/T 1801—1999 对公差带和配合的选用做了规定，规定了 59 种基孔制常用配合，47 种基轴制常用配合，见表 6-3。

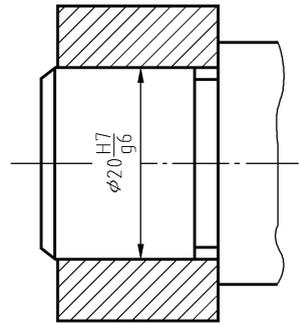


图 6-26 装配图中尺寸公差标注的通用形式

表 6-3 基孔制优先和常用配合 (GB/T 1801—1999)

基 准 孔	轴																				
	a	b	c	d	e	f	g	h	js	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z
	间隙配合								过渡配合				过盈配合								
H6						$\frac{H6}{f5}$	$\frac{H6}{g5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{H6}{js5}$	$\frac{H6}{k5}$	$\frac{H6}{m5}$	$\frac{H6}{n5}$	$\frac{H6}{p5}$	$\frac{H6}{r5}$	$\frac{H6}{s5}$	$\frac{H6}{t5}$					
H7						$\frac{H7}{f6}$	$\frac{H7}{g6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{H7}{js6}$	$\frac{H7}{k6}$	$\frac{H7}{m6}$	$\frac{H7}{n6}$	$\frac{H7}{p6}$	$\frac{H7}{r6}$	$\frac{H7}{s6}$	$\frac{H7}{t6}$	$\frac{H7}{u6}$	$\frac{H7}{v6}$	$\frac{H7}{x6}$	$\frac{H7}{y6}$	$\frac{H7}{z6}$
H8					$\frac{H8}{e7}$	$\frac{H8}{f7}$	$\frac{H8}{g7}$	$\frac{H8}{h7}$	$\frac{H8}{js7}$	$\frac{H8}{k7}$	$\frac{H8}{m7}$	$\frac{H8}{n7}$	$\frac{H8}{p7}$	$\frac{H8}{r7}$	$\frac{H8}{s7}$	$\frac{H8}{t7}$	$\frac{H8}{u7}$				
				$\frac{H8}{d8}$	$\frac{H8}{e8}$	$\frac{H8}{f8}$		$\frac{H8}{h8}$													
H9			$\frac{H9}{c9}$	$\frac{H9}{d9}$	$\frac{H9}{e9}$	$\frac{H9}{f9}$		$\frac{H9}{h9}$													
H10			$\frac{H10}{c10}$	$\frac{H10}{d10}$				$\frac{H10}{h10}$													
H11	$\frac{H11}{a11}$	$\frac{H11}{b11}$	$\frac{H11}{c11}$	$\frac{H11}{d11}$				$\frac{H11}{h11}$													
H12		$\frac{H12}{b12}$						$\frac{H12}{h12}$													

(续)

基准孔	孔																					
	A	B	C	D	E	F	G	H	JS	K	M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	
	间隙配合								过渡配合				过盈配合									
h5						$\frac{F6}{h5}$	$\frac{G6}{h5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{JS6}{h5}$	$\frac{K6}{h5}$	$\frac{M6}{h5}$	$\frac{N6}{h5}$	$\frac{P6}{h5}$	$\frac{R6}{h5}$	$\frac{S6}{h5}$	$\frac{T6}{h5}$						
h6						$\frac{F7}{h6}$	$\frac{G7}{h6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{JS7}{h6}$	$\frac{K7}{h6}$	$\frac{M7}{h6}$	$\frac{N7}{h6}$	$\frac{P7}{h6}$	$\frac{R7}{h6}$	$\frac{S7}{h6}$	$\frac{T7}{h6}$	$\frac{U7}{h6}$					
h7					$\frac{E8}{h7}$	$\frac{F8}{h7}$		$\frac{H8}{h7}$	$\frac{JS8}{h7}$	$\frac{K7}{h7}$	$\frac{M7}{h7}$	$\frac{N7}{k7}$										
h8				$\frac{D8}{h8}$	$\frac{E8}{h8}$	$\frac{F8}{h8}$		$\frac{H8}{h8}$														
h9				$\frac{D9}{h9}$	$\frac{E9}{h9}$	$\frac{F9}{h9}$		$\frac{H9}{h9}$														
h10				$\frac{D10}{h10}$				$\frac{H10}{h10}$														
h11	$\frac{A11}{h11}$	$\frac{B11}{h11}$	$\frac{C11}{h11}$	$\frac{D11}{h11}$				$\frac{H11}{h11}$														
h12		$\frac{B12}{h12}$						$\frac{H12}{h12}$														

1. $\frac{H6}{n5}$ 、 $\frac{H7}{p6}$ 的基本尺寸 $\leq 3\text{mm}$ 和 $\frac{H8}{r7}$ 的基本尺寸 $\leq 100\text{mm}$ 时,为过渡配合。

2. 标注 \blacktriangledown 符号者为优先配合。

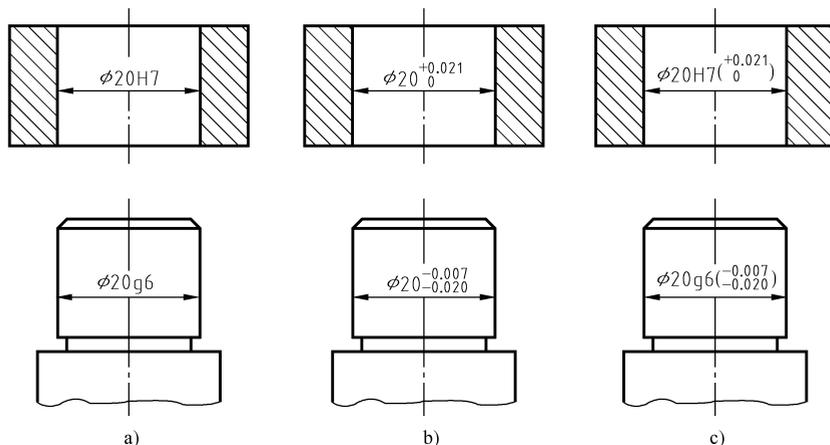


图 6-27 零件图中尺寸公差标注方法

8. 极限与配合的标注的查表

(1) 零件图上的标注 一般情况下，零件图上一些重要的尺寸应标注出极限偏差或公差带代号。用公差带代号标注含义如图 6-28 所示。

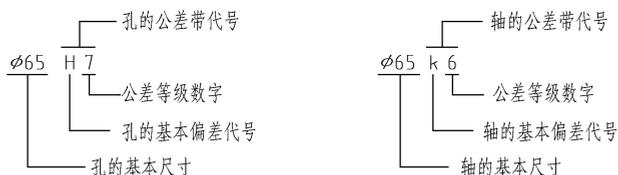


图 6-28 公差带代号标注含义

用于大批量生产的零件图，可只注公差带代号。公差带代号的注写形式如图 6-29a 所示；用于中小批量生产的零件图，一般可只注极限偏差，如图 6-29b 所示；如要求同时标注公差带代号及相应的极限偏差时，其极限偏差应加上圆括号，如图 6-29c 所示。

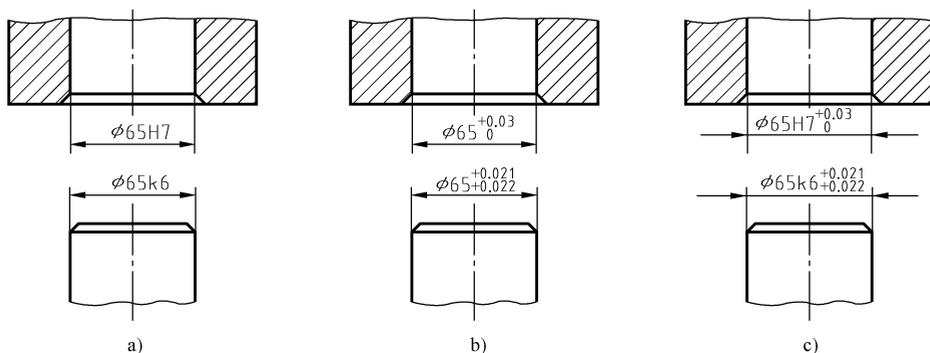


图 6-29 公差带代号的注写形式

标注时应注意，上下偏差绝对值不同时，偏差数字用比基本尺寸数字小一号的字体书写，下偏差应与基本尺寸注在同一底线上，如图 6-30a 所示；若某一偏差为零时，数字“0”不能省略，必须标出，并与另一偏差的整数个位对齐，如图 6-30b 所示；若上下偏差绝对值相同符号相反时，则偏差数字只写一个，并与基本尺寸数字字号相同，如图 6-30c 所示。

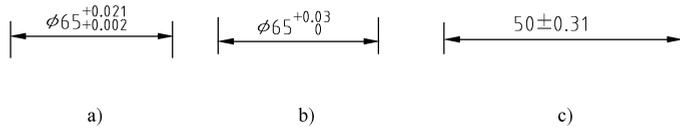


图 6-30 上下偏差标注

(2) 装配图上的标注 在装配图上，一般标注配合代号，也可标注极限偏差。在装配图上标注线性尺寸的配合代号时，配合代号必须注写在基本尺寸的右边，用分数形式注出，分子为孔的公差带代号，分母为轴的公差带代号，如图 6-31a 所示。也允许按图 6-31b 所示的形式标注。

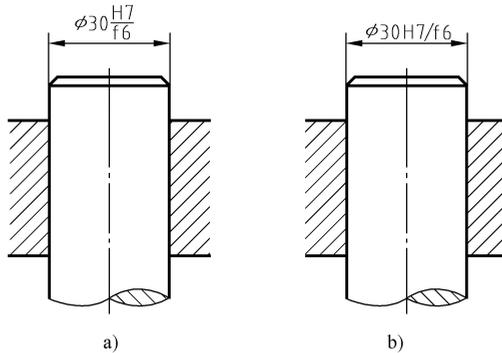


图 6-31 装配图上的标注形式

在装配图中标注相配零件的极限偏差时，孔的基本尺寸和极限偏差注写在尺寸线的上方，轴的基本尺寸和极限偏差注写在尺寸线的下方，如图 6-32a 所示。也允许按图 6-32b 所示形式标注。

零件（孔或轴）与标准件、外购件配合时，只标注零件的公差带代号，如图 6-33 所示。

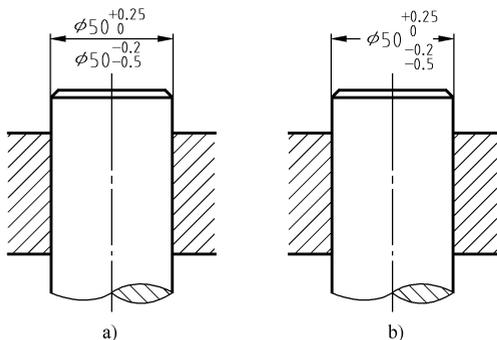


图 6-32 相配零件的极限偏差

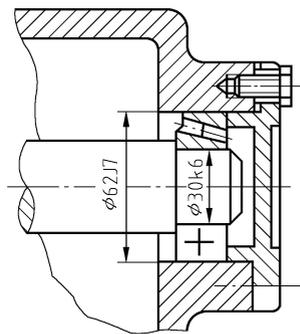


图 6-33 零件与标准件、外购件配合标注

6.4.3 形位公差简介

影响零件质量的因素是多方面的，不仅零件的尺寸误差影响零件的质量，零件的几何形状和位置误差也大大影响零件的质量。

1. 形状和位置公差的基本概念

图 6-34a 所示为一理想形状的销轴，而加工后的实际形状如图 6-34b，轴线变弯了，这就是零件的形状误差。又如，图 6-35a 所示为一要求严格的四棱柱，加工后的实际位置却是上表面倾斜了，如图 6-35b 所示，因而产生了上表面对下表面的位置误差。

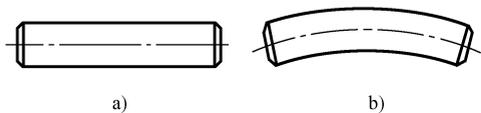


图 6-34 形状误差

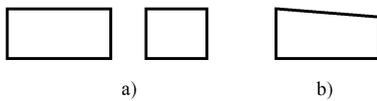


图 6-35 位置误差

由于机床—夹具—刀具组成的工艺系统本身的误差，以及加工中工艺系统受力变形、振动、磨损等因素，使加工后的零件不仅有尺寸误差，构成零件几何特征的点、线、面的实际形状或相互位置，与理想几何体规定的形状和相互位置还不可避免地存在差异，这种形状上的差异就是形状误差，而相互位置的差异就是位置误差，统称为形位误差。形位误差有以下不良影响：

(1) 影响零件的配合性质 例如，在有相对运动的间隙配合中，由于形状误差，会使间隙大小沿结合面分布不均，造成局部磨损加剧，从而降低运动的精度，缩短其使用寿命。

(2) 影响零件的功能要求 例如，机床导轨要求平直，否则会影响运动精度；变速箱中齿轮轴线应互相平行，否则接触不良会降低承载能力。

(3) 影响零件的互换性 例如,轴孔结合形位误差太大会影响装配。

为了满足零件的使用要求,保证零件的互换性和制造的经济性,设计时必须合理控制零件的形位误差,即对零件规定形状和位置公差(简称形位公差)。

形状公差和位置公差的有关术语如下:

要素——指组成零件的点、线、面。

形状公差——指实际要素的形状所允许的变动量。

位置公差——允许的变动量,它包括定向公差、定位公差和跳动公差。

被测要素——给出了形状或(和)位置公差的要素。

基准要素——用来确定理想被测要素方向或(和)位置的要素。

2. 形位公差代号

形位公差特征项目的分类和符号见表 6-4。

表 6-4 形位公差特征项目的分类和符号

分类	项目	符号	分类	项目	符号	
形状公差	直线度	—	位置公差	定向	平行度	//
	平面度				垂直度	
	圆 度				倾斜度	
	圆柱度			定位	同轴(同心)度	
形状或 位置公差	线轮廓度				对称度	
					位置度	
形状或 位置公差	面轮廓度		跳动	圆跳动		
				全跳动		

3. 形位公差带代号的标注示例

(1) 公差框格 公差框格用细实线画出,可画成水平的或垂直的,框格高度是图样中尺寸数字高度的两倍,它的长度视需要而定。框格中的数字、字母、符号与图样中的数字等高。图 6-36 给出了形状公差和位置公差的框格形式。用带箭头的指引线将被测要素与公差框格一端相连。

(2) 被测要素 用带箭头的指引线将被测要素与公差框格一端相连,指引线箭头指向公差带的宽度方向或直径方向。指引线箭头所指部位可有:

1) 当被测要素为轴线、球心或中心平面时,指引线箭头应与该要素的尺寸

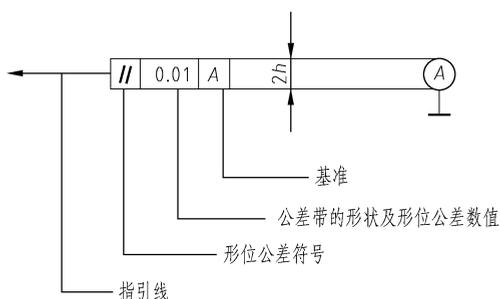


图 6-36 形位公差代号及基准符号

线对齐，如图 6-37a 所示。

2) 当被测要素为线或表面时，指引线箭头应指要该要素的轮廓线或其引出线上，并应明显地与尺寸线错开，如图 6-37b 所示。

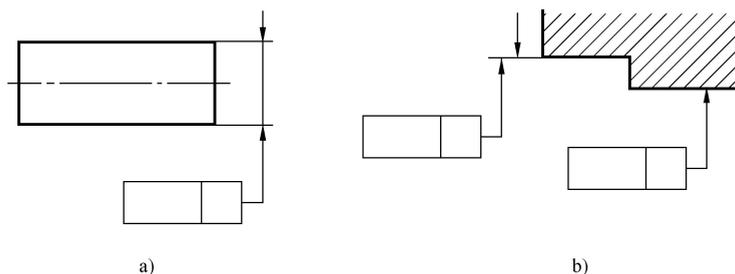


图 6-37 被测要素标注示例

(3) 基准要素 基准符号的画法如图 6-36 所示，无论基准符号在图中的方向如何，细实线圆内的字母一律水平书写。

1) 当基准要素为线或表面时，基准符号应靠近该要素的轮廓线或引出线标注，并应明显地与尺寸线箭头错开，如图 6-38a 所示。

2) 当基准要素为轴线、球心或中心平面时，基准符号应与该要素的尺寸线箭头对齐，如图 6-38b 所示。

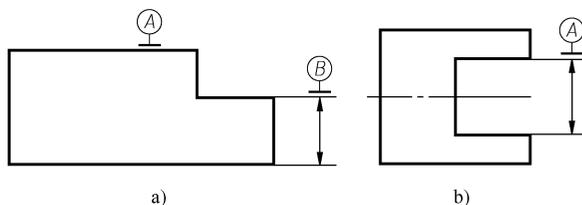


图 6-38 基准要素标注示例

(4) 零件图上标注形状公差和位置公差的实例 如图 6-39 所示。

和运动的，属于轴类零件。最大直径 60mm，总长 228mm，属于较小的零件。

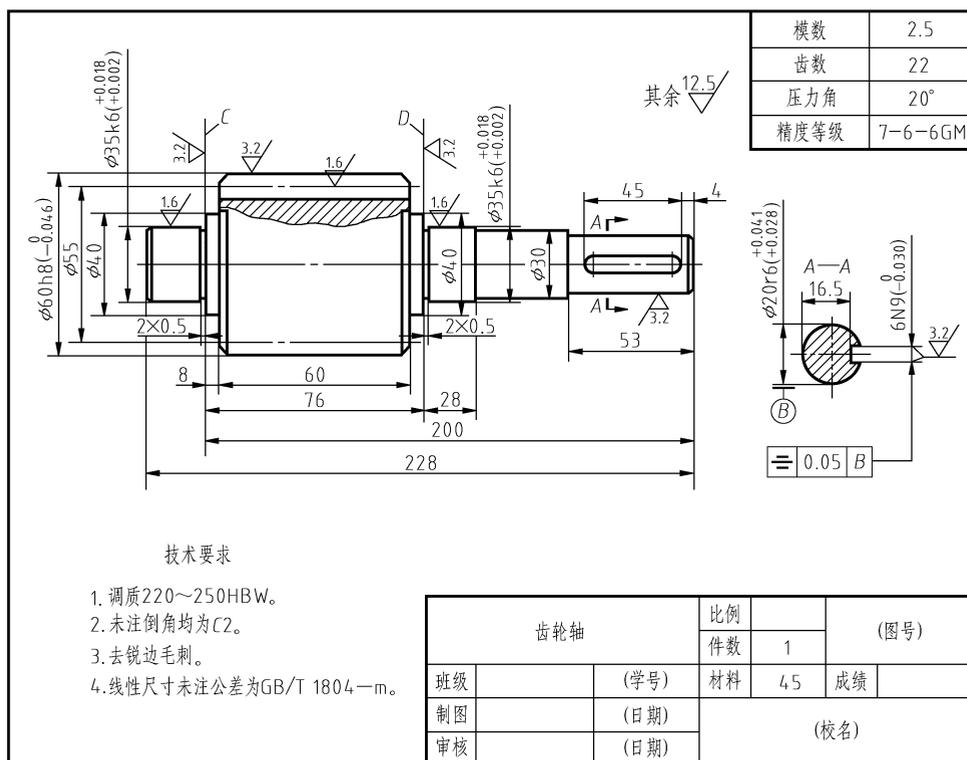


图 6-40 齿轮轴零件图

2. 分析视图

表达方案由主视图和 A—A 移出断面图组成，零件上齿轮轮齿部分作了局部剖。主视图已将齿轮轴的主要结构表达清楚了，由几段不同直径的回转体组成，最大圆柱 $\phi 60h8$ 上制有轮齿，最右端圆柱上有一键槽，零件两端及轮齿两端有倒角，C、D 两端面处有 $2\text{mm} \times 0.5\text{mm}$ 的砂轮越程槽。右端移出断面图主要用于表达键槽深度。

3. 分析尺寸

径向尺寸的基准为齿轮轴的轴线。端面 C 用于安装挡油环及轴向定位，所以端面 C 为长度方向的主要尺寸基准，由此注出了尺寸 2mm、8mm、76mm 等。端面 D 为长度方向的第一辅助尺寸基准，注出了尺寸 2mm、28mm。齿轮轴的右端面为长度方向尺寸的另一辅助基准，注出了尺寸 4mm、53mm 等。键槽长度 45mm，齿轮宽度 60mm 等为轴向的重要尺寸，已直接注出。

4. 分析技术要求

齿轮轴中两 $\phi 35k6$ 轴段用来安装滚动轴承， $\phi 20r6$ 轴段用来安装联轴器，两

个 $\phi 35\text{mm}$ 及 $\phi 20\text{mm}$ 的轴颈处有配合要求, 尺寸精度较高, 均为 6 级公差, 相应的表面粗糙度要求也较高, 分别为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 和 $3.2\mu\text{m}$ 。对键槽提出了对称度要求 (键槽的对称中心平面对 $\phi 20r6$ 轴段轴线的对称度公差为 0.05mm)。对热处理、倒角、未注尺寸公差等提出了 4 项文字说明要求。

通过上述看图分析, 对齿轮轴的作用、结构形状、尺寸大小、主要加工方法及加工中的主要技术、指标要求, 有了较清楚的认识。综合起来, 即可得出齿轮轴的总体印象, 如图 6-41 所示。

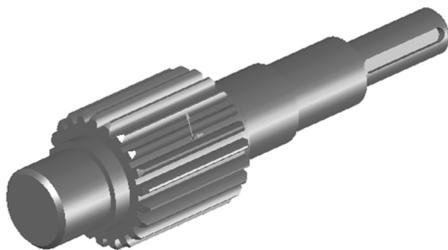


图 6-41 齿轮轴

6.5.2 轮盘类零件

这类零件主要有手轮、带轮、端盖等, 主要结构大体上是回转体, 通常还带有各种形状的凸缘、均布的圆孔和肋等局部结构。它们主要是在车床上进行加工的。

1. 视图选择

盘盖类零件较轴类零件复杂, 一般选择过对称面或回转轴线的剖视图作主视图, 轴线水平放置, 同时还需增加适当的其他视图 (如左视图、右视图或俯视图), 将零件的外形和其他结构表达出来。如图 6-42 所示, 零件的安放按加工位置原则选择轴线水平放置, 主视图采用剖视图。

2. 尺寸标注

盘盖类零件一般以轴线作为径向尺寸基准, 如图 6-43 所示标注出 $\phi 52\text{mm}$ 、 $\phi 23\text{mm}$ 、 $\phi 59\text{mm}$ 和 $\phi 90\text{mm}$ 等尺寸。长度方向的主要尺寸基准常选用重要的端面, 如端盖选用与其他零件接触的凸缘作为长度方向的主要

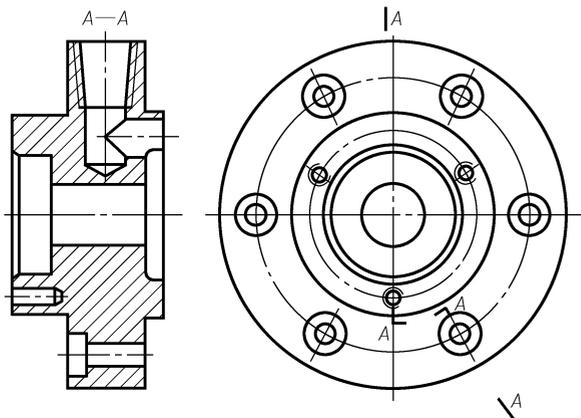


图 6-42 端盖视图选择

尺寸基准，标注出7mm、13mm和26mm等尺寸。

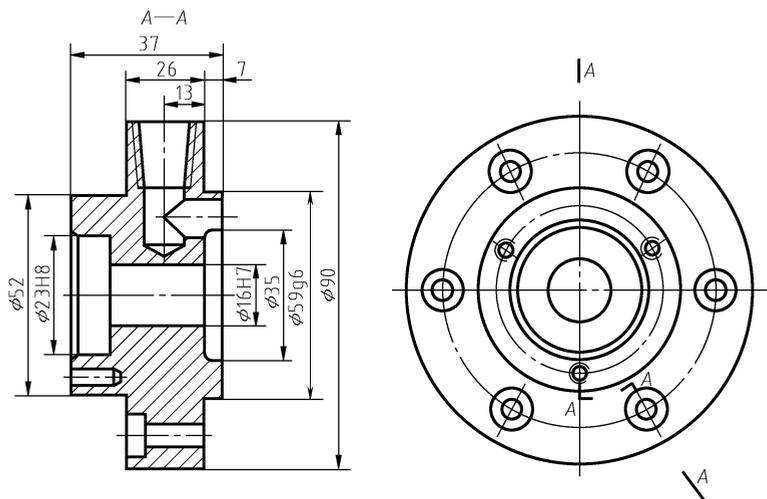


图 6-43 端盖尺寸标注

6.5.3 叉架类零件

这类零件结构形状较复杂，一般有倾斜、弯曲的结构。常用铸造和锻压的方法制成毛坯，然后进行切削加工。

1. 视图选择

叉架类零件各加工面往往在不同机床上加工，零件的安放位置按工作位置原则，主视图投射方向选择最能反映其形状特征的方向，如图 6-44 所示。

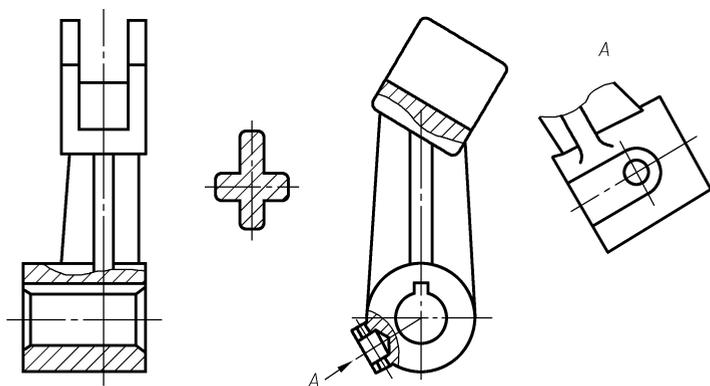


图 6-44 叉架类零件的视图选择

由于叉架类零件形状一般不规则，倾斜结构较多，除需要必要的基本视图以外，还需要采用斜视图、局部视图、断面图等表达方法表达零件的细部结构，除

采纳了主视图和左视图外，还采纳了斜视图、断面图、局部剖视图等表达方法。

2. 尺寸标注

叉架类零件标注尺寸时，常选用轴线、安装面或零件的对称面作为主要尺寸基准。如图 6-45 所示，长度方向的主要基准选择右端面，标注 45mm、15mm 等尺寸，高度方向的主要基准选择 $\phi 20\text{mm}$ 的轴线，标注了 80mm 等尺寸，宽度方向的主要基准选择中心线，标注了 6mm、16mm 等尺寸。

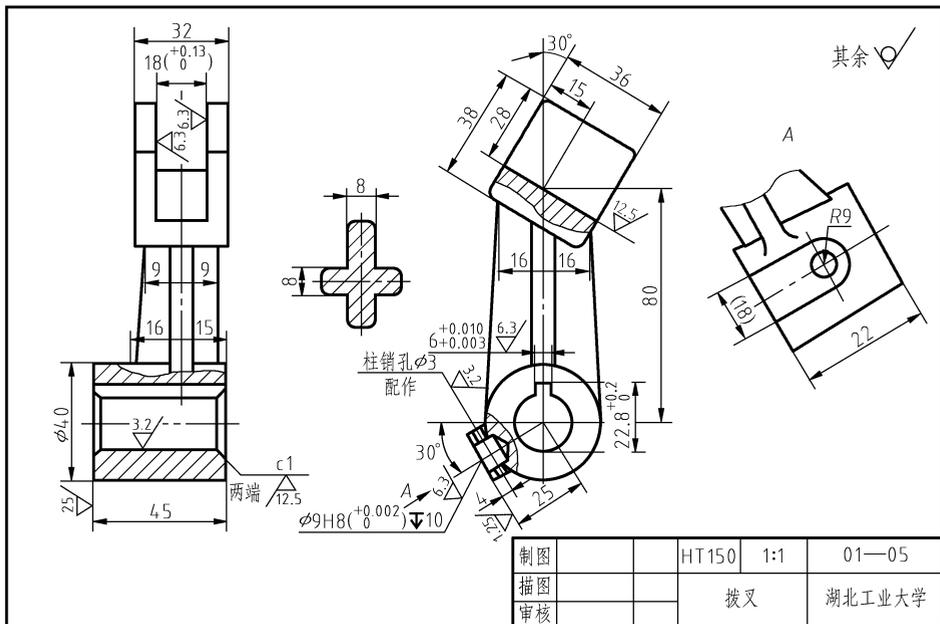


图 6-45 叉架类零件的尺寸标注

6.5.4 箱体类零件

减速器箱体、阀体、泵体等都属于箱体类零件，这类零件主要用来支承、包容、保护其他零件，结构形状最为复杂，而且加工位置变化也最多。如图 6-46 所示，这类零件有复杂的内腔和外形结构，并带有轴承孔、凸台、肋板，此外还有安装孔、螺孔等结构。

1. 主视图选择

由于箱体类零件加工工序较多，加工位置多变，所以在选择主视图时，主要根据工作位置原则和形状特征原则来考虑，并采用剖视，以重点反映其内部结构，如图 6-46 中的主视图所示。

2. 其他视图的选择

为了表达箱体类零件的内外结构，一般要用三个或三个以上的基本视图，并

根据结构特点在基本视图上取剖视，还可采用局部视图、斜视图及规定画法等表达外形。在图 6-46 中，选用了 A—A、B—B、C—C、D、E。

3. 箱体类零件的尺寸标注

在确定基准时，常选用设计轴线、对称面、重要端面和重要安装面作为尺寸基准。重要的尺寸一定要从主要尺寸基准标出或直接标出，以减少加工和测量误差，保证加工精度。对于箱体上需要加工的部分，应尽可能按便于加工和检验的要求标注尺寸。

第 7 章 识读装配图

7.1 装配图概述

装配图是表达机器（或部件）中各零件之间的装配关系、连接方式、工作原理等的图样。

装配图的内容：

如图 7-1 齿轮油泵装配图所示，一张完整的装配图由以下部分组成：

1) 一组图形：表达机器（或部件）的工作原理、装配关系，各零件间的相对位置、连接方式等。

2) 必要的尺寸：装配图上不需要标注出全部尺寸，仅需标注表示机器（或部件）的规格尺寸和装配、安装时所必需的尺寸。

3) 技术要求：用符号标注或文字说明，指明零件在装配、安装、调试和使用中的技术要求。

4) 零件序号和明细栏：在装配图中，每种不同的零件要编写序号，并在标题栏上方按序号编制成零件的明细栏。

7.2 装配图的表达方法和常见的装配结构

7.2.1 装配图画法的基本规则

1) 两相邻零件的接触表面和配合面只画一条线。如图 7-2 所示，图中①处为接触面和配合面只画一条线。反之，两相邻零件的非接触面和非配合面不论间隙多小均画两条线，如图 7-2 中③处为不接触的两表面画两条线。

2) 对于紧固件和轴、球、手柄、键等实心零件，若剖切平面通过其对称面或轴线时，均按不剖绘制，如图 7-2 中⑤处所示螺钉和轴按不剖来画。

3) 为了看图时便于查找对照，两个（或两个以上）零件邻接时，剖面线的倾斜方向应相反或间隔不同。三个或三个以上零件相邻接时，除其中两个零件的剖面线倾斜方向不同外，第三个零件应采用不同的剖面线间隔或者与同方向的剖面线位置错开。但同一零件在各视图上的剖面线方向和间隔必须一致，如图 7-2 中④所示。

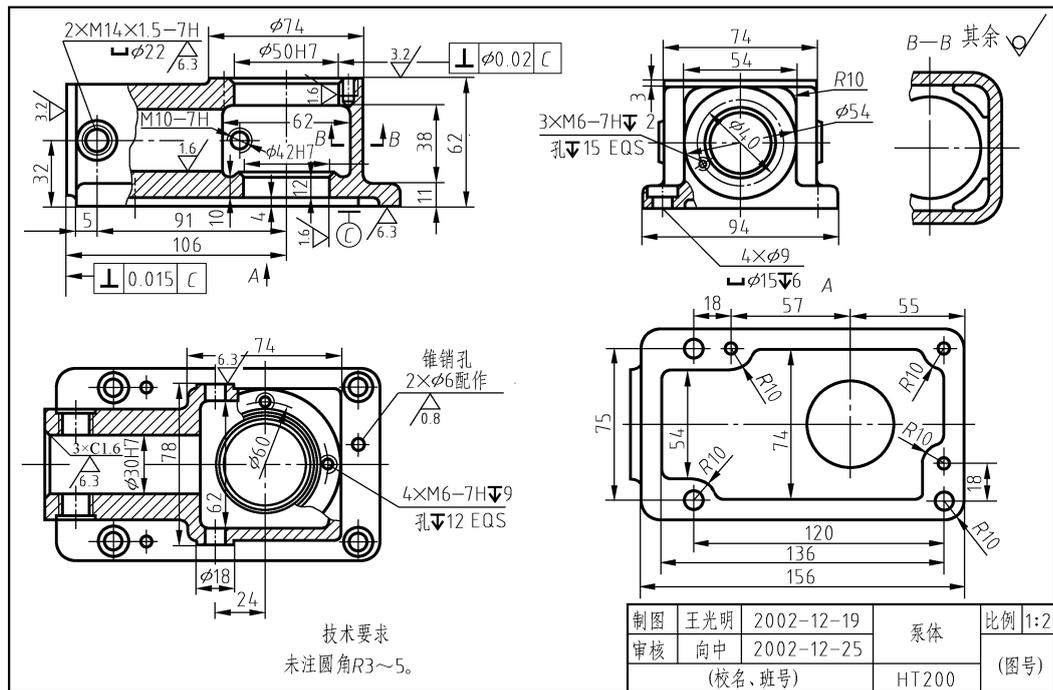


图 7-1 齿轮油泵装配图

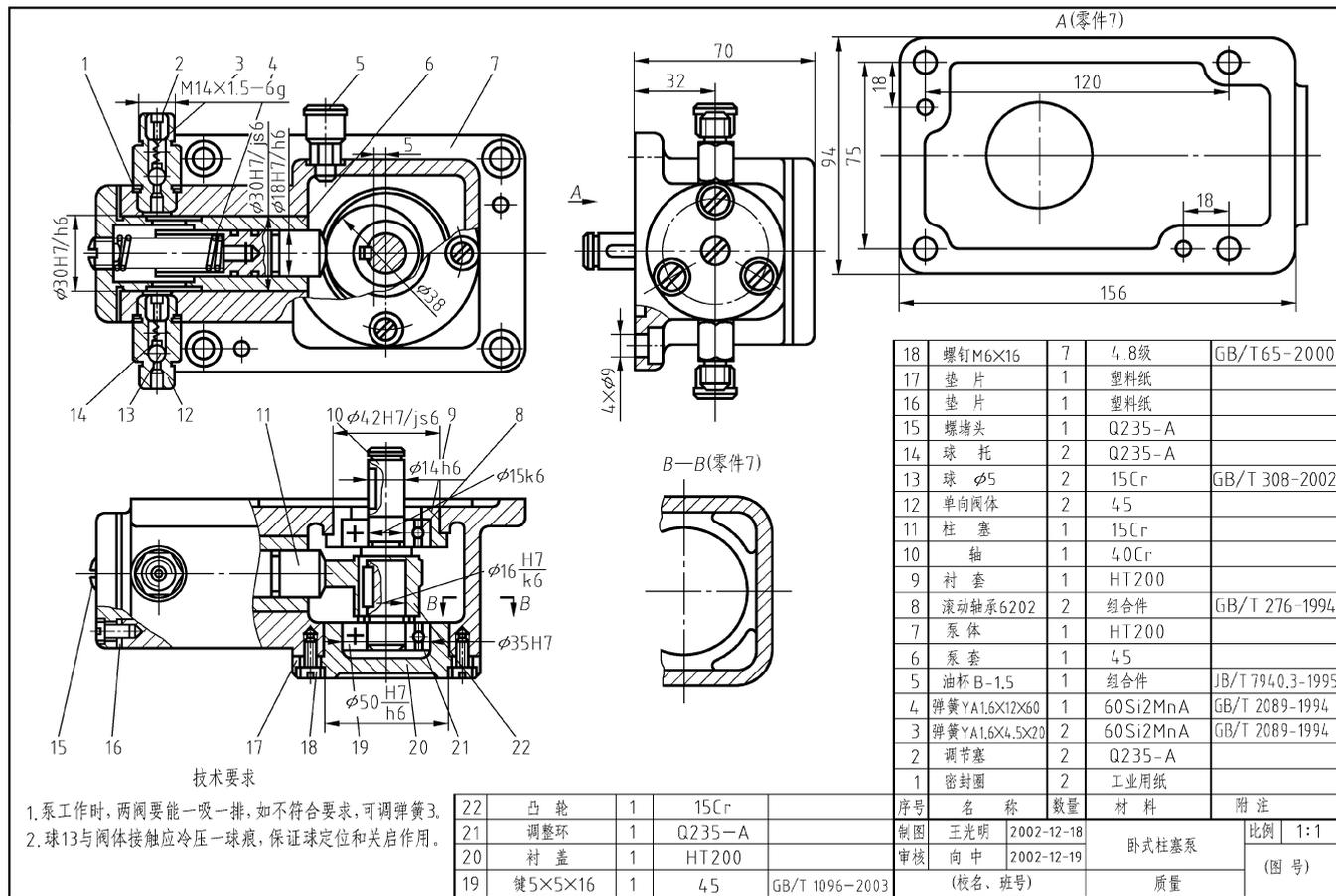


图 7-1 齿轮油泵装配图 (续)

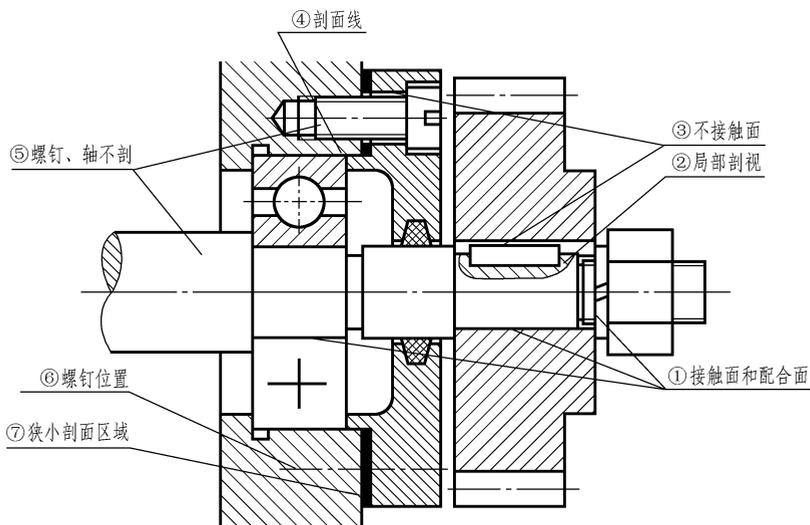


图 7-2 装配图的表达方法

7.2.2 装配图的特殊画法

1. 简化画法

1) 对于装配图中若干相同的零件组如螺纹紧固件等, 可详细地画出一组, 其余只用点画线表示出位置即可, 如图 7-2 中⑥所示。

2) 在装配图中, 对剖面厚度小于 2mm 的较小剖面区域可以涂黑来代替剖面线, 如图 7-2 中⑦所示。

3) 在装配图中可省略零件的较小工艺结构, 如倒角、退刀槽和小圆角等。

2. 特殊画法

(1) 假想画法 为表示装配体的作用、安装方法等, 或表示运动零件的极限位置可用双点画线画出相关零件的轮廓线。

如图 7-3 所示, 三星轮上的扳手有三个工作位置, I、II 和 III、II 和 III 为两个极限位置, 为了把这三个位置都表示出来, 可用粗实线画出扳手的一个工作位置 I, 另外两个极限位置 II 和 III 用细双点画线画出来。当三星轮扳手在位置 I 时, 齿轮 2 和 3 都不与齿轮 4 啮合, 所以齿轮 4 不转; 当处于位置 II 时, 齿轮 2 与 4 啮合, 传动路线为 1—2—4, 齿轮 4 正传; 当处于位置 III 时, 传动路线为 1—2—3—4, 齿轮 4 反转。

(2) 展开画法 如图 7-3 所示的三星轮机构 A—A 展开图, 为了表示装配体的传动路线或装配关系, 假想按传动顺序沿轴线剖切, 然后展开画出剖视图, 这种画法称为展开画法。

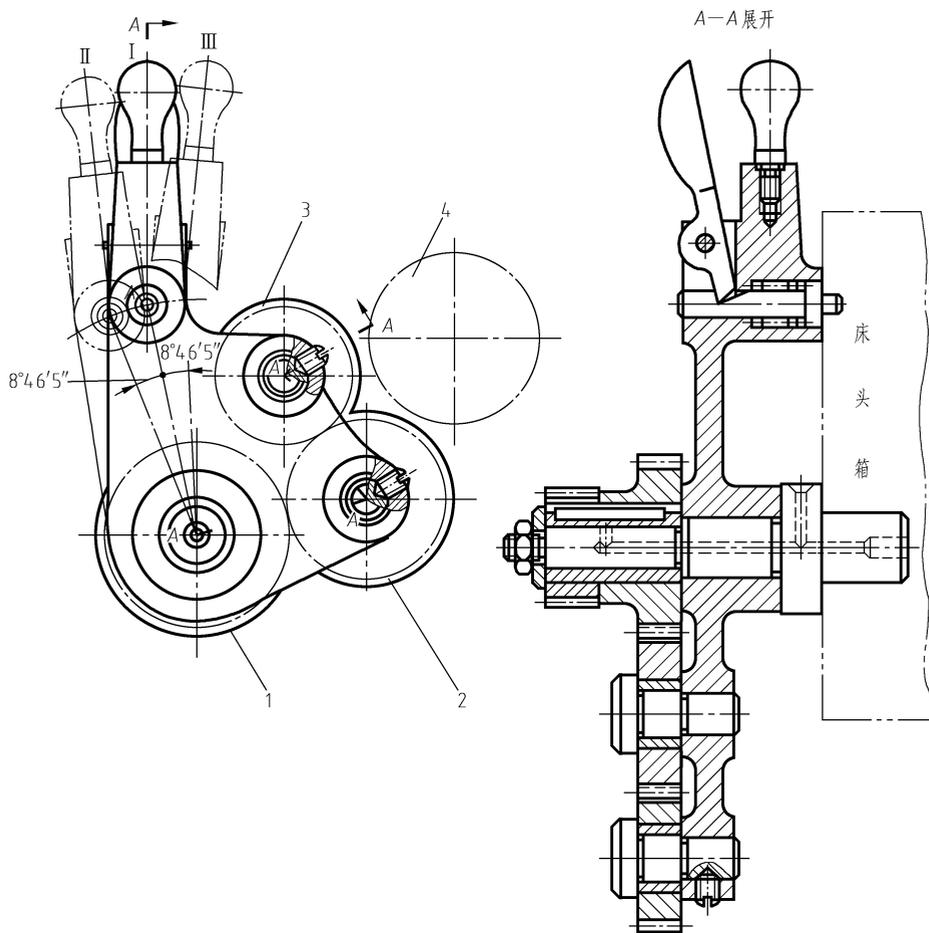


图 7-3 三星轮展开图

(3) 拆卸画法 在装配图中,当某些零件遮住了需要表达的内部装配结构,假想拆去某些零件或沿零件的结合面剖切,绘出其图形,这种画法称为拆卸画法。需要说明时,在相应的视图上方加注“拆去××等”。

7.2.3 常见的装配结构

1. 接触面与配合面结构

1) 两个零件在同一个方向上,只能有一个接触面或配合面。两零件的接触面,在同一方向上只能有一对平面接触,这样既保证了零件接触良好,又降低了加工要求。若要求两对平行平面同时接触,会造成加工困难,实际上达不到,在使用上也没有必要,如图 7-4 所示。

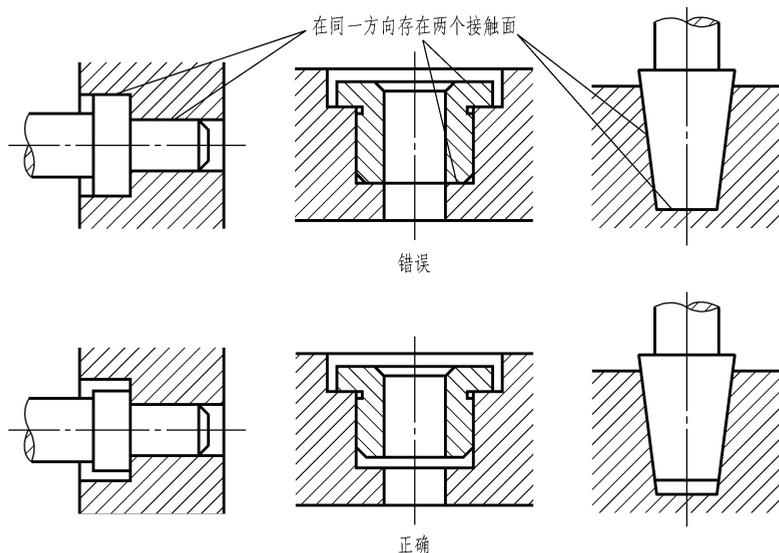


图 7-4 常见装配结构 1

2) 为保证轴肩端面与孔端面接触, 可在轴肩处加工出退刀槽, 或在孔的端面加工出倒角, 如图 7-5 所示。

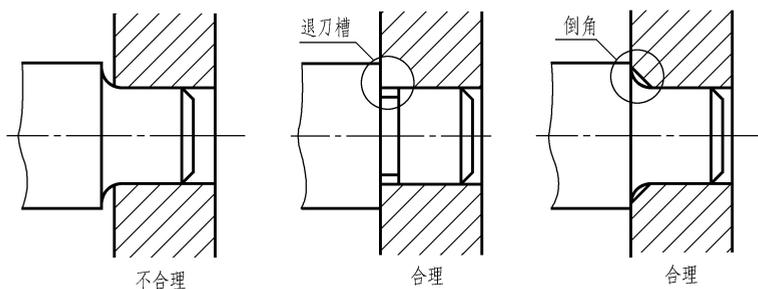


图 7-5 常见装配结构 2

2. 常见的密封装置

为防止外部灰尘和杂质侵入机器或部件内, 以及防止机器或部件内的油液或气体泄漏, 必须采用密封装置。图 7-6 为两种典型的密封装置, 通过压盖或螺母将填料压紧而起密封作用。

3. 常见的防松装置

机器或部件在工作时会受到冲击或振动, 一些紧固件会产生松动, 因此在某些装配体中需要采用防松装置, 如图 7-7 所示为几种常见的防松装置。

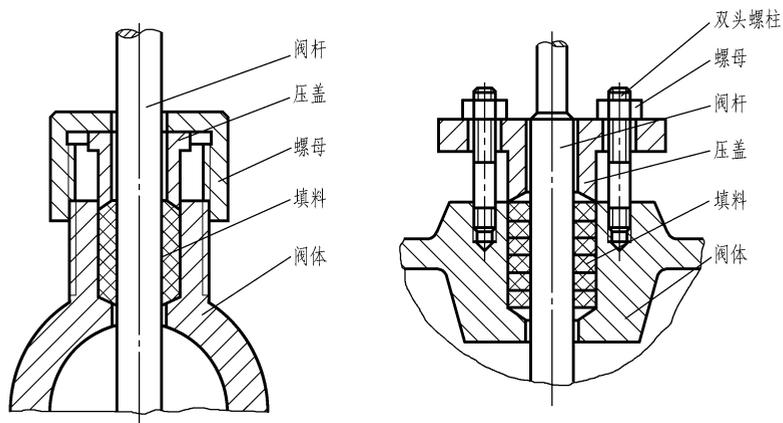


图 7-6 密封装置

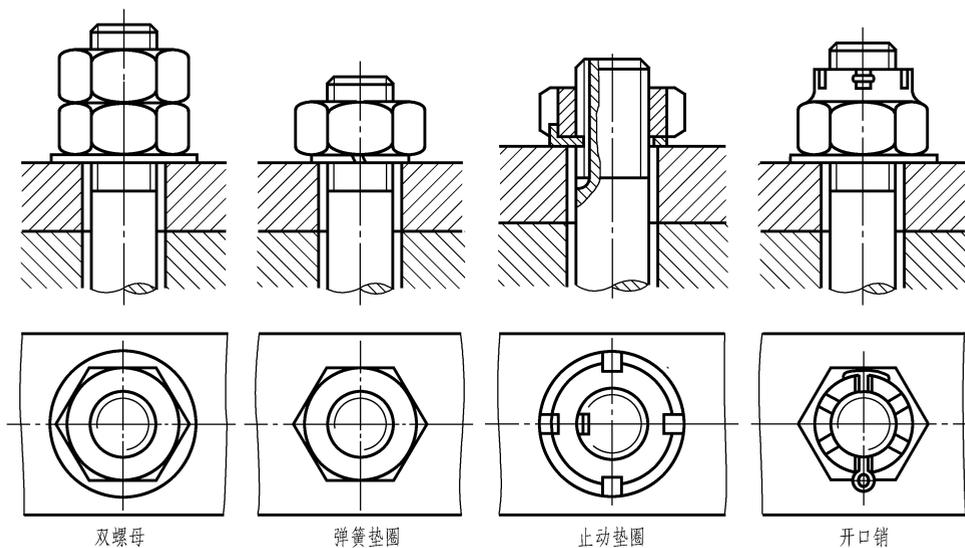


图 7-7 常见的防松装置

4. 零件的结构设计要考虑维修时拆卸方便

- 1) 如图 7-8 所示, 图中的孔是为了拆卸轴承或衬套而设置的。
- 2) 如图 7-9 所示, 要为扳手留出足够的活动空间。
- 3) 如图 7-10 所示, 用螺纹连接的地方要留足装拆的活动空间, 以便于装拆。

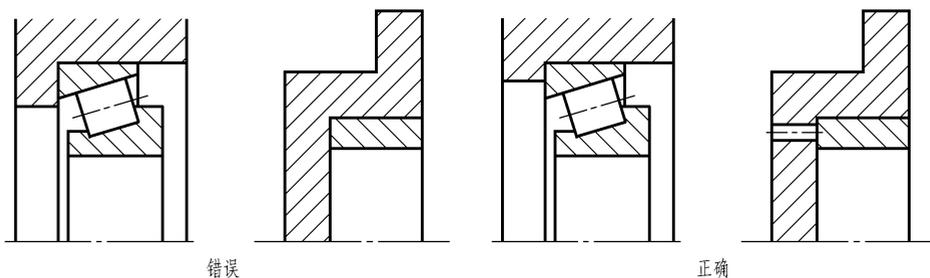


图 7-8 零件的结构设计要考虑维修时拆卸方便

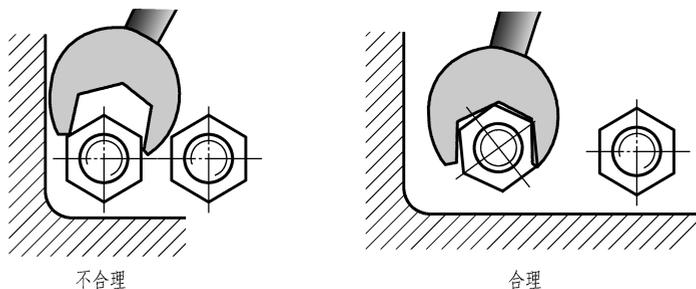


图 7-9 为扳手留出足够的活动空间

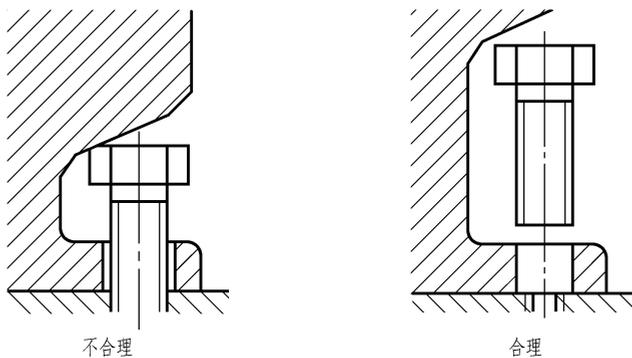


图 7-10 用螺栓连接的地方留有足够的空间

7.3 装配图上的尺寸、零部件序号和明细栏

7.3.1 装配图上的尺寸

装配图中的尺寸不需要像零件图上必须全部标出，装配图主要表达零件间的装配关系、工作原理和结构特点，并不是制造零件的直接依据。所以，装配图只需注出以下几种必要的尺寸，如图 7-11 所示。

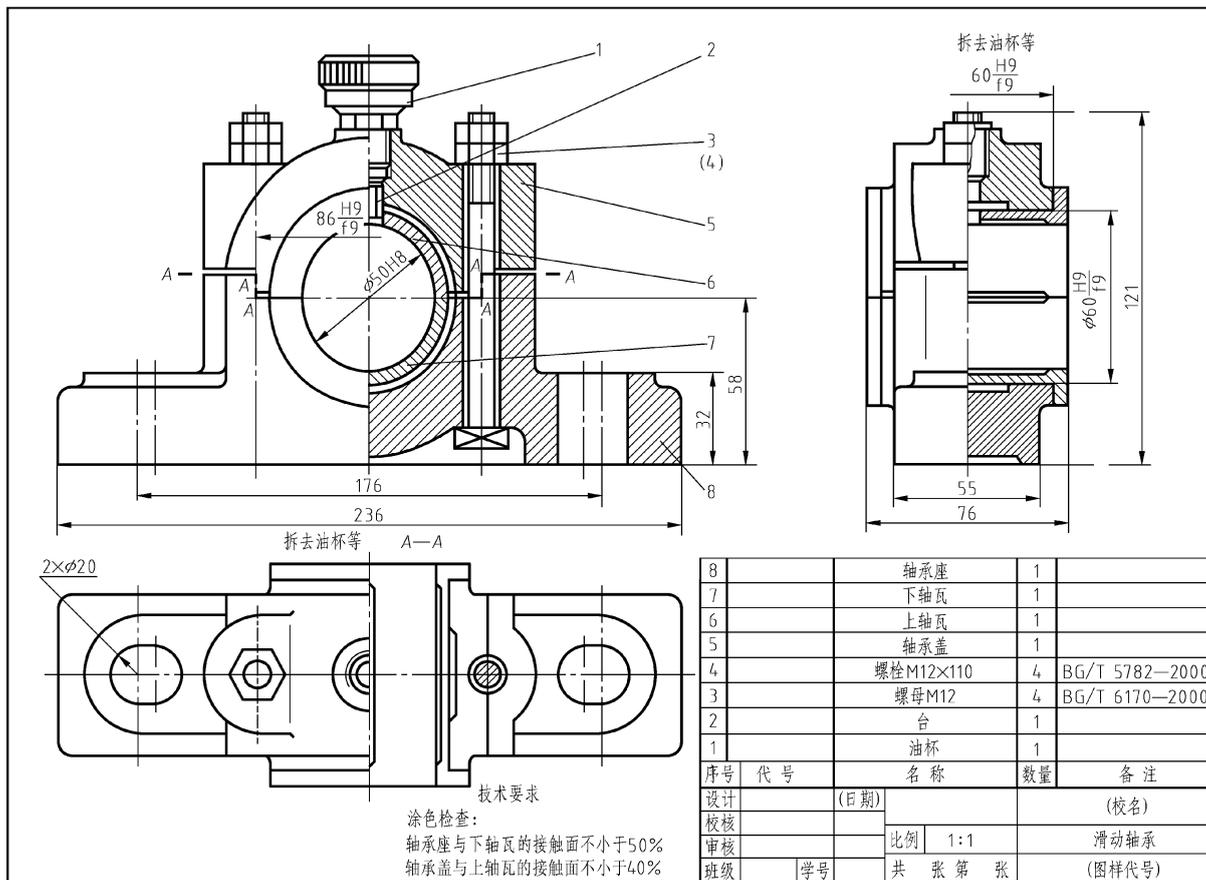


图 7-11 滑动轴承装配图

1. 性能（规格）尺寸

表示部件的性能和规格的尺寸，例如滑动轴承中的 $\phi 50H8$ 。

2. 装配尺寸

零件之间的配合尺寸及影响其性能的重要相对位置尺寸，例如滑动轴承中的 86 H9/f9，60 H9/f9 及连接螺栓中心距等。

3. 安装尺寸

将部件安装到机座上所需要的尺寸，例如滑动轴承中地脚螺栓孔的尺寸。

4. 外形尺寸

部件在长、宽、高三个方向上的最大尺寸，例如滑动轴承中的 236、121 和 76。

5. 其他重要尺寸

在装配或使用中必须说明的尺寸，例如运动零件的位移尺寸。

7.3.2 装配图的零部件序号和明细栏

装配图上对每个零件或部件都必须编注序号或代号，并填写明细栏，以便统计零件数量，进行生产的准备工作。同时，在看装配图时，也是根据序号查阅明细栏，以了解零件的名称、材料和数量等，有利于看图和图样管理。

1. 序号

序号应注在图形轮廓线的外面，并填写在指引线的横线上或圆内，横线或圆用细实线画出。指引线应从所指零件的可见轮廓内（若剖开时，尽量由剖面处引出，并在末端画一小圆点。序号字体要比尺寸数字大一号或两号。若在所指部分内不宜画圆点时（很薄的零件或涂黑的剖面），可在指引线末端画出指向该部分轮廓的箭头。指引线尽可能分布均匀且不能彼此相交，也不要过长。指引线通过有剖面线的区域时，要尽量不与剖面线平行，必要时可画成折线，但只允许弯折一次。序号及指引线的画法如图 7-12 所示。

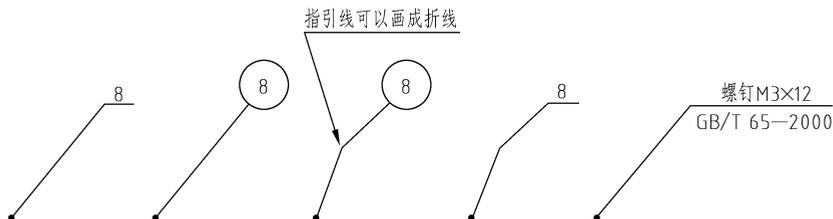


图 7-12 序号和指引线的画法 1

同一连接件组成装配关系清楚的零件组，允许采用公共指引线，常用于螺栓、螺母和垫圈零件组，如图 7-13 所示。

- 3) 标准件的国标代号可写入备注一栏。

7.4 读装配图

识读装配图是机械技术人员必备的一种能力，在设计、装配、安装、调试以及进行技术交流时，都要识读装配图。

7.4.1 读装配图的要求

- 1) 了解装配体的名称、用途、性能、结构和工作原理。
- 2) 读懂各主要零件的结构形状及其在装配体中的作用。
- 3) 了解各零件之间的装配关系、连接方式，了解装、拆的先后顺序。

7.4.2 读装配图的方法与步骤

1. 概括了解

看标题栏并参阅有关资料，了解装配体的名称、用途、使用性能和工作原理。

看零件序号和明细栏，了解组成装配体的各个零件的名称、数量和它在图中的位置、作用。

如图 7-15 齿轮油泵装配图所示，由装配图的标题栏可知，该部件名称为齿轮油泵，查阅资料了解到齿轮油泵是安装在油路中的一种供油装置。

由明细栏可知它由 13 种零件组成，由总体尺寸可知齿轮油泵总长 151mm，总宽 104mm，总高 142mm，形状不大而且结构不太复杂。

2. 分析视图

弄清各个视图的名称、所采用的表达方法和所表达的主要内容及视图间的投影关系。

齿轮油泵装配图由六个视图表达，主视图 $E-E$ 是用两个相交的剖切平面剖切得到的全剖视图（由左视图中的剖切符号可知），表达了齿轮油泵的主要装配关系。左视图沿端盖剖切，采用半剖视图，并采用局部剖视表达进油口结构，左视图表达了齿轮油泵的传动关系和工作原理。右视图和 $A-A$ 剖视图用对称符号这种特殊画法表达。 $C-C$ 采用了局部剖视，表达了齿轮油泵的端盖与泵体的连接情况。 D 向局部视图表达了进油口的形状。

3. 了解工作原理和装配关系

从表达传动关系的左视图入手，对照图 7-16 齿轮油泵工作原理图，分析部件的工作原理。

如图 7-16 所示，当主动齿轮逆时针转动时，从动齿轮顺时针转动，齿轮啮

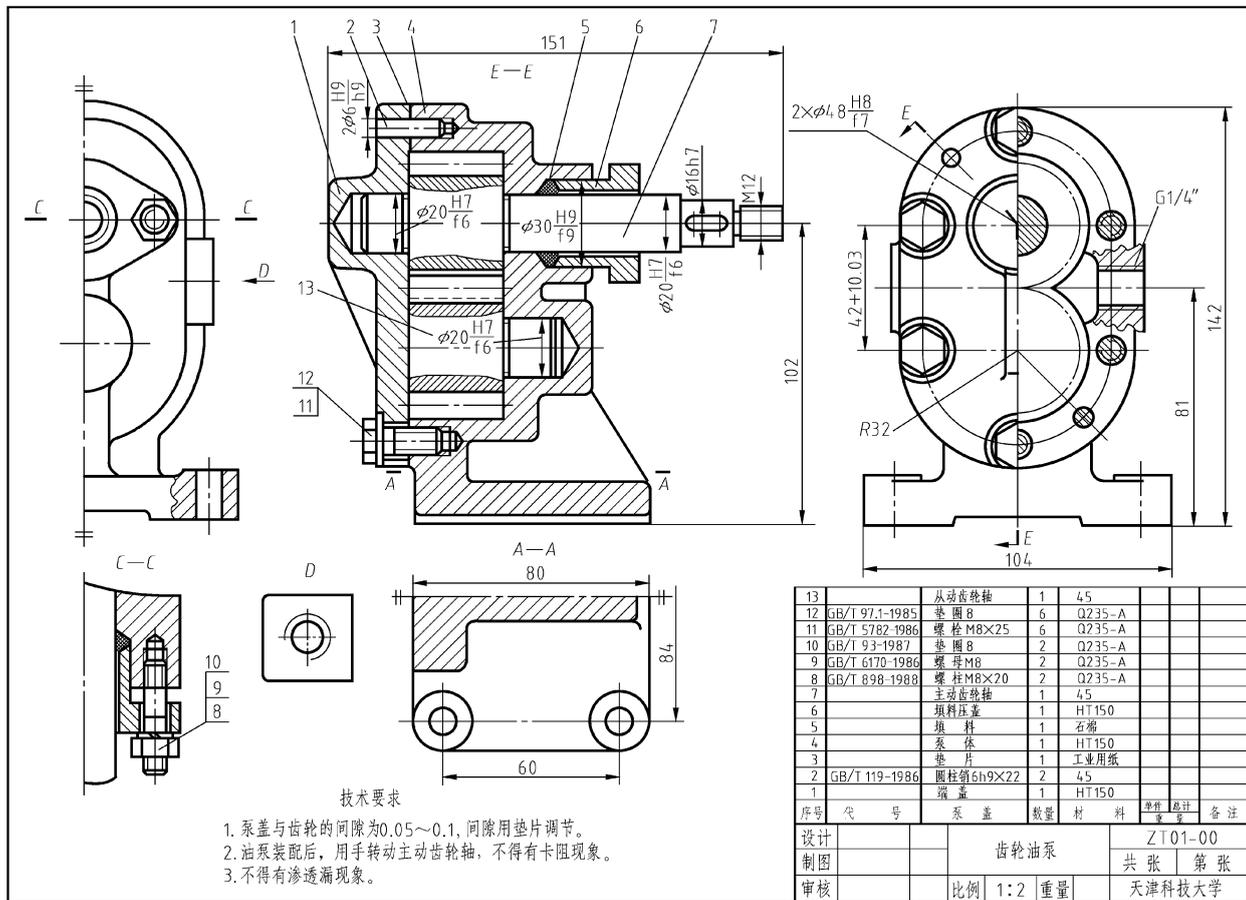


图 7-15 齿轮油泵装配图

合区右边的压力降低，油池中的油在大气压力作用下，从进油口进入泵腔内。随着齿轮的转动，齿槽中的油不断沿箭头方向被轮齿带到左边，高压油便从出油口送到输油系统。

分析部件的装配关系，要弄清零件之间的配合关系、连接和固定方式等。

(1) 配合关系 可根据图中配合尺寸的配合代号，判别零件配合的基准制、配合种类及轴、孔的公差等级等。

如图 7-15 所示，图中有六处标注了配合尺寸。

例如：两个 $\phi 20H7/f6$ 分别是端盖 1 与主动齿轮轴 7 以及填料压盖 6 与主动齿轮轴 7 的配合尺寸，均属基孔制间隙配合。说明主动齿轮轴 7 在端盖 1、泵体 4 和填料压盖 6 的轴孔内是可以转动的。

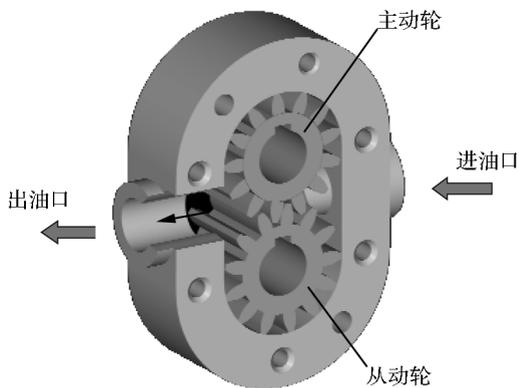


图 7-16 齿轮油泵工作原理图

(2) 连接和固定方式 弄清零件之间用什么方式连接，零件是如何固定、定位的。

- 1) 端盖和泵体用螺栓连接，用两个圆柱销准确定位。
- 2) 填料压盖与泵体用两螺柱连接。
- 3) 齿轮的轴向定位靠齿轮端面与泵体内腔底面及端盖内侧面接触而定位。

(3) 密封装置 为了防止漏油及灰尘、水分进入泵体内影响齿轮传动，在主动齿轮轴的右端设有填料 5 和填料压盖 6 来实现密封。

端盖与泵体之间有垫片 3 实现密封。垫片的另一个作用是调整齿轮的轴向间隙。

(4) 装拆顺序 部件的结构应利于零件的装拆。

齿轮油泵的装拆顺序：

拆螺栓 11、垫圈 12、圆柱销 2 → 端盖 1 → 齿轮轴 7 和 3 → 螺柱 8、螺母 9 和垫圈 10 → 填料压盖 6 及填料 5。

4. 分析零件，读懂主要零件的结构形状

分析顺序一般为：

- 1) 先看主要零件，再看次要零件。
- 2) 先看容易分离的零件，再看其他零件。
- 3) 先分离零件，再分析零件的结构形状。

怎样把零件从装配图中分离出来呢？

- 1) 根据剖面线的方向和间隔的不同,以及视图间的投影关系等区分形体。
- 2) 看尺寸,综合考虑零件的功用、加工、装配等情况,然后确定零件的形状。
- 3) 形状不能确定的部分,要根据零件的功用及结构常识确定。

例如,泵体主体部分的外形和内腔都是长圆形,腔内容纳一对齿轮,泵体上有轴孔。左右凸起有进、出油口与内腔相通,泵体左端面有与端盖连接固定用的螺钉孔和销孔。从A—A剖视图可知,泵体底板部分是长方形,有四个固定用的螺栓孔,上面的凸台和下面的方槽,都用于减少加工面积。

如此,逐个零件分析之后,可知齿轮油泵零件的形状和结构如图7-17所示。

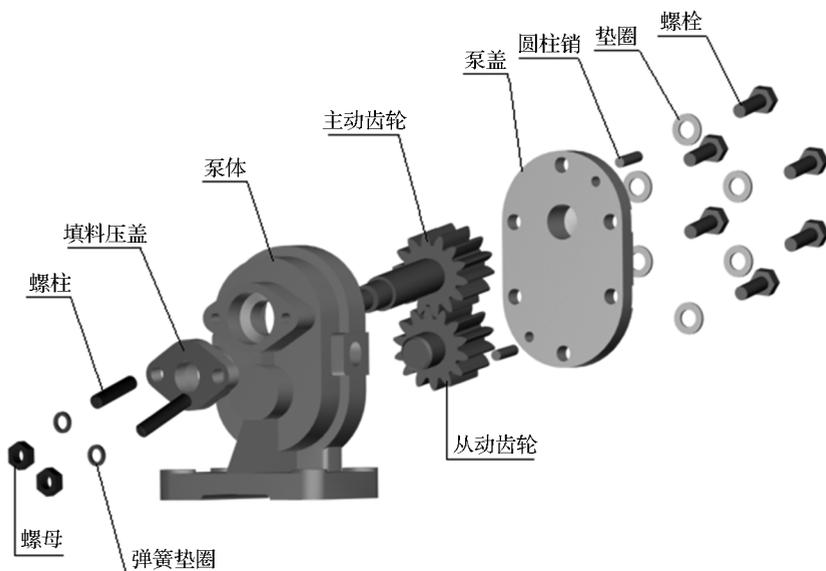


图 7-17 齿轮油泵零件的形状和结构

5. 分析尺寸,了解技术要求

读懂装配图中的必要尺寸,分析装配过程中或装配后达到的技术要求,以及对装配体的工作性能、调试与检验等要求。装配图中必要的尺寸包括性能(规格)尺寸、装配尺寸、安装尺寸和总体尺寸。其中,装配尺寸与技术要求有密切关系,应仔细分析。

(1) 性能(规格)尺寸 G1/4 为进油口和出油口的规格尺寸。“G”表示55°非密封管螺纹,“1/4”是尺寸代号。M12 是主动齿轮轴右端外螺纹的规格尺寸。

(2) 装配尺寸 主动齿轮轴上的两个 $\phi 20H7/f6$ 分别是端盖 1 与主动齿轮轴 7 以及填料压盖 6 与主动齿轮轴 7 的配合尺寸; $\phi 30H9/f9$ 是泵体 4 与填料压盖 6 的配合尺寸;从动齿轮轴上的 $\phi 20H7/f6$ 是泵体 4 与从动齿轮轴 13 的配合尺寸;

$2 \times \phi 6H9/h9$ 是圆柱销 2 与端盖 1 的配合尺寸； $2 \times \phi 48H8/f7$ 是齿轮与泵体内腔的配合尺寸。以上均属基孔制间隙配合。

(3) 安装尺寸 例如：

60mm 和 84mm 是泵体底座安装到基座上的尺寸。

(4) 总体尺寸 例如：

总长、总宽、总高分别为 151mm、104mm 和 142mm。

(5) 其他重要尺寸 例如：

$\phi 16h7$ 、80mm、 (42 ± 10.03) mm、 $R32$ 、81mm、102mm。

第 8 章 焊工、钣金工的识图

8.1 电焊工的识图

8.1.1 焊缝的图示方法

常见焊缝的图示方法见表 8-1。

表 8-1 常见焊缝的图示方法

名称	符号	示意图	图示法	名称	符号	示意图	图示法
V 形焊缝	∇			I 形焊缝			
角焊缝	△			点焊缝	○		

8.1.2 焊缝符号及其标注方法

1. 焊缝符号

为了使焊接结构图样清晰，并减轻绘图工作量，一般不按图示法画出焊缝，而是采用一些符号对焊缝进行标注。在图样上标注焊接方法、焊缝形式和焊缝尺寸的代号称为焊缝符号。根据 GB/T 324—2008《焊缝符号表示法》的规定，焊缝符号一般由基本符号与指引线组成。必要时还可以加上辅助符号、补充符号和

焊缝尺寸符号等。

(1) 基本符号 表示焊缝横截面形状的符号称为基本符号，常用的基本符号见表 8-2。

表 8-2 常用的基本符号

序号	名称	示意图	符号
1	I 形坡口焊缝		
2	带钝边 V 形坡口焊缝		Y
3	单边 V 形坡口焊缝		∇
4	带钝边单边 V 形坡口焊缝		∇
5	带钝边 U 形坡口焊缝		U
6	角焊缝		△
7	槽焊缝		┌
8	点焊缝		○
9	缝焊缝		⊕
10	封底焊缝		⌒

(2) 指引线 指引线一般由带有箭头的箭头线和两条基准线（一条为细实线，另一条为虚线）两部分组成，如图 8-1 所示。必要时可在基准线的实线末端加一箭尾，进行其他说明用（如焊接方法等）。

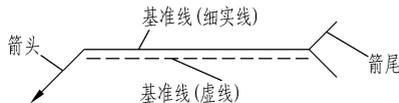


图 8-1 标注焊缝的指引线

指引线使用时应与基本符号相配合：

1) 如果焊缝在接头的箭头侧，则将基本符号标在基准线的实线侧，如图 8-2a 所示。

2) 如果焊缝在接头的非箭头侧，则将基本符号标在基准线的虚线侧，如图 8-2b 所示。

3) 标对称焊缝及双面焊缝时，可不加虚线，如图 8-2c 所示。

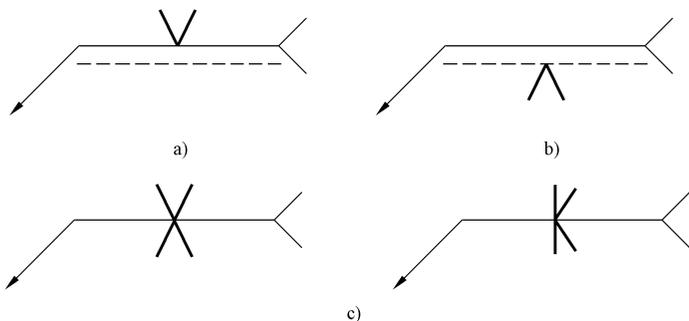


图 8-2 指引线使用时与基本符号的相配情况

a) 焊缝在接头的箭头侧 b) 焊缝在接头的非箭头侧 c) 对称焊缝

(3) 辅助符号 表示焊缝表面形状特征的符号称为辅助符号，见表 8-3。焊缝表面的形状不需要确切地说明时，可以不用辅助符号。

表 8-3 辅助符号示意

序号	名称	示意图	符号	说明
1	平面符号		—	焊缝表面平齐（一般通过加工）
2	凹面符号		⌒	焊缝表面凹陷
3	凸面符号		⌒	焊缝表面凸起

(4) 补充符号 补充符号是为了补充说明焊缝的某种特征而采用的符号，见表 8-4。

表 8-4 补充符号示意

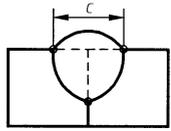
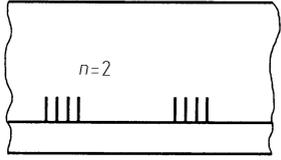
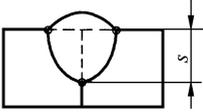
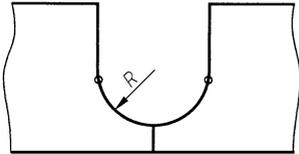
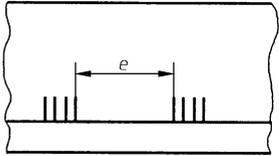
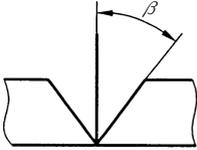
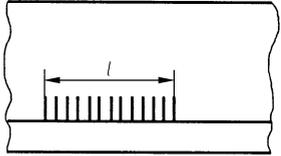
序号	名称	示意图	符号	说明
1	带垫板符号			表示焊缝底部有垫板
2	三面焊缝符号			表示三面带有焊缝
3	周围焊缝符号			表示环绕工件周围焊缝
4	现场焊接符号			表示在现场或工地上进行焊接

(5) 焊缝尺寸符号 表示焊缝特征尺寸和坡口的符号见表 8-5。

表 8-5 表示焊缝特征尺寸和坡口的符号

符号	名称	示意图	符号	名称	示意图
σ	工件厚度		ρ	钝边高度	
α	坡口角度		K	焊角尺寸	
b	根部间隙		h	余高	

(续)

符号	名称	示意图	符号	名称	示意图
c	焊缝宽度		n	焊缝段数	
s	焊缝有效厚度		R	根部半径	
e	焊缝间距		β	坡口面角度	
l	焊缝长度				

(6) 焊接方法代号 根据 GB/T 5185—2005 《焊接及相关工艺方法代号》中的规定，焊接方法用特定的数字表示。主要焊接方法代号见表 8-6。

表 8-6 焊接方法代号

1	电弧焊	131	MIG 焊；熔化极惰性气体保护焊
11	无气体保护的电弧焊	135	MAG 焊；熔化极非惰性气体保护焊
111	手弧焊（涂料焊条熔化极电弧焊）	136	非惰性气体保护药芯焊丝电弧焊
112	重力焊（涂料焊条重力电弧焊）	137	非惰性气体保护熔化极电弧焊
113	光焊丝电弧焊	14	非熔化极气体保护电弧焊
114	药芯焊丝电弧焊	141	TIG 焊；钨极惰性气体保护焊
115	涂层焊丝电弧焊	142	TIG 点焊
116	熔化极电弧点焊	149	原子氢焊
118	躺焊	15	等离子弧焊
12	埋弧焊	151	大电流等离子弧焊
121	丝极埋弧焊	152	微束等离子弧焊
122	带极埋弧焊	153	等离子粉末堆焊
13	熔化极气体保护电弧焊	154	等离子焊丝堆焊

(续)

155	等离子 MIG 焊	752	弧光光束焊
156	等离子弧点焊	753	红外线焊
18	其他电弧焊方法	76	电子束焊
181	碳弧焊	77	储能焊
182	旋弧焊	78	螺旋焊
2	电阻焊	781	螺旋电弧焊
21	点焊	782	螺旋电阻焊
22	缝焊	9	硬钎焊、软钎焊、钎接焊
211	搭接缝焊	91	硬钎焊
225	加带缝焊	911	红外线硬钎焊
23	凸焊	912	火焰硬钎焊
24	闪光焊	913	炉中硬钎焊
25	电阻对焊	914	浸沾硬钎焊
29	其他电阻焊方法	915	盐浴硬钎焊
291	高频电阻焊	916	感应硬钎焊
3	气焊	917	超声波硬钎焊
31	氧燃气焊	918	电阻硬钎焊
311	氧乙炔焊	919	扩散硬钎焊
312	氧丙烷焊	923	摩擦硬钎焊
313	氢氧焊	924	真空硬钎焊
32	空气-燃气焊	93	其他硬钎焊方法
321	空气-乙炔焊	94	软钎焊
322	空气-丙烷焊	941	红外线软钎焊
33	氧-乙炔喷焊	942	火焰软钎焊
4	压焊	943	炉中软钎焊
41	超声波焊	944	浸沾软钎焊
42	摩擦焊	945	盐浴软钎焊
43	锻焊	946	感应软钎焊
44	高机械能焊	947	超声波软钎焊
441	爆炸焊	948	电阻软钎焊
45	扩散焊	949	扩散软钎焊
47	气压焊	951	波峰浇注软钎焊
48	冷压焊	952	熔铁软钎焊
7	其他焊接方法	953	摩擦软钎焊
71	铝热焊	954	真空软钎焊
72	电渣焊	96	其他软钎焊方法
73	气压立焊	97	钎接焊
74	感应焊	971	气体钎接焊
75	光束焊	972	电弧钎接焊
751	激光焊		

2. 焊缝标注

- (1) 焊缝尺寸标注的位置 如图 8-3 所示。
- (2) 焊缝尺寸符号标注原则。

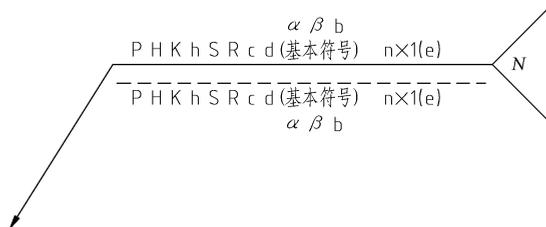


图 8-3 焊缝尺寸标注的位置

- 1) 焊缝横截面上的尺寸标在基本符号的左侧。
- 2) 焊缝长度方向上的尺寸标在基本符号的右侧。
- 3) 坡口角度、坡口面角度、根部间隙尺寸标在基本符号的上侧或下侧。
- 4) 相同焊缝的数量 (N) 标在尾部符号内 (必要时, 也可将焊接方法代号标注在尾部符号内)。

(3) 焊缝标注典型示例 见图 8-4。

图 8-4a 所示为单面焊缝, 周围焊, 焊角尺寸为 6mm, 焊缝表面凹陷, 手工电弧焊。

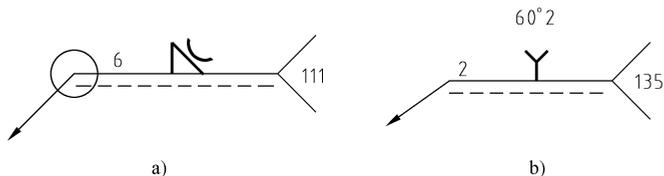


图 8-4 典型焊缝标注示例

a) 单面角焊缝 b) 单面 Y 形坡口

图 8-4b 所示为单面 Y 形坡口, 坡口角度为 60° , 装配间隙为 2mm, 钝边高度为 2mm, 活泼性气体保护焊。

8.1.3 焊缝的表达方法

焊缝的表达主要指焊接在机械图样中的具体画法及其标注。

在图样中简易地绘制焊缝时, 可用视图、剖视图和断面图表示, 也可用轴测图示意地表示, 通常还应同时标注焊缝符号。

(1) 在视图中焊缝的画法 在视图中, 焊缝可用一组细实线圆弧或直线段 (允许徒手画) 表示, 如图 8-5a、b、c 所示, 也可采用粗实线 (线宽为 $2b \sim 3b$)

表示,如图 8-5d、e、f 所示。

(2) 在剖视图或断面图中焊缝的画法 在剖视图或断面图中,焊缝的金属熔焊区通常应涂黑表示,若同时需要表示坡口等的形状时,可用粗实线绘制熔焊区的轮廓,用细实线画出焊接前的坡口形状,如图 8-5g、h 所示。

(3) 在轴测图中焊缝的画法 用轴测图示意地表示焊缝的画法如图 8-5i 所示。

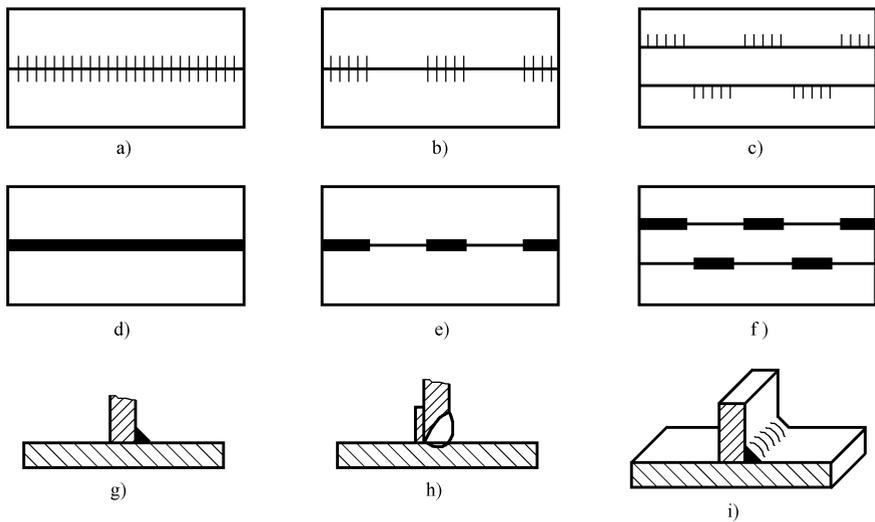


图 8-5 焊缝的表达方法

8.1.4 焊接件图样

焊接件图样是指能清晰地表示各焊件的相互位置、焊接要求,以及焊缝等的图样,当包括不同焊件时,还应表示出各焊件的形状、规格、大小及数量。焊接图一般包括以下内容:

- 1) 表达焊接件结构形状的一组视图。
- 2) 焊接件的规格尺寸、各焊接件的装配位置尺寸以及焊后加工尺寸。
- 3) 各焊件连接处的接头形式、焊缝符号及焊缝尺寸。
- 4) 焊件型号、规格、材料、重量的明细栏及焊件相应的编号。
- 5) 构件装配、焊件以及焊后处理、加工的技术要求。
- 6) 主标题栏。

焊接图有的是以整件形式表达的,其特点是只有一张图;有的是以分体形式表达的,其特点是除有一张主图,还有每一焊件的详图;有的是以列表形式表达的,其特点是相同规格各焊件的同一种焊缝形式及尺寸以列表形式集中表示。

8.1.5 识读焊接图

1. 识读装配图的方法和步骤

识读装配图的目的主要是了解机器或部件的名称、作用、工作原理、零件之间的装配关系、各零件的作用、结构特点、传动路线、装拆顺序和技术要求等。

1) 看标题栏和明细表,作概括了解装配体的名称、性能、功用和零件的种类名称、材料、数量及其在装配图上的大致位置。

2) 分析视图:分析整个装配图上有哪些视图,采用什么剖切方法,表达的重点是什么,反映了哪些装配关系,零件之间的连接方式如何,视图间的投影关系等。

3) 分析零件:主要是了解零件的主要作用和基本形状,以便弄清装配体的工作原理和运动情况(是移动还是转动)。

4) 分析配合关系:根据装配图上标注的尺寸,区别哪些零件有配合要求,属何种基准制,何种配合类别及配合精度等。

5) 定位与调整:分析零件之间的面,哪些是彼此接触的,是怎样定位的,有没有间隙需要调整,怎样调整。

6) 连接与固定:分清零件之间是用什么方式连接固定的,是可拆还是不可拆。

7) 密封与润滑:要弄清运动件的润滑及其储油装置、进出油孔和输油油路,采用什么方式密封。

8) 装拆顺序:应了解装拆顺序,以验证设计意图及结构是否合理。

9) 了解技术要求:包括组装后的检测技术指标、使用时对工作条件的要求等。

2. 焊接装配图的特点

通常所指的焊接装配图就是指实际生产中的产品零部件或组件的工作图。它与一般装配图的不同之处在于图中必须清楚表示与焊接有关的问题,如坡口与接头形式、焊接方法、焊接材料型号和焊接及验收技术要求等。

对焊工来说,要能正确地识读焊接装配图,除了掌握前述有关机械识图知识外,还必须懂得焊缝符号表示方法的有关国家标准,识读焊接装配图的方法和步骤也与上节基本相同,但对图样中有关焊接技术条件应详细分析,并严格执行。通常图中涉及的焊接工艺文件如下:

1) 典型工件制造的工艺守则。

2) 焊接方法的工艺守则。

3) 施焊的工艺评定编号。

3. 典型焊接结构图的识读——分气缸筒图

看图 8-6,分析步骤如下:

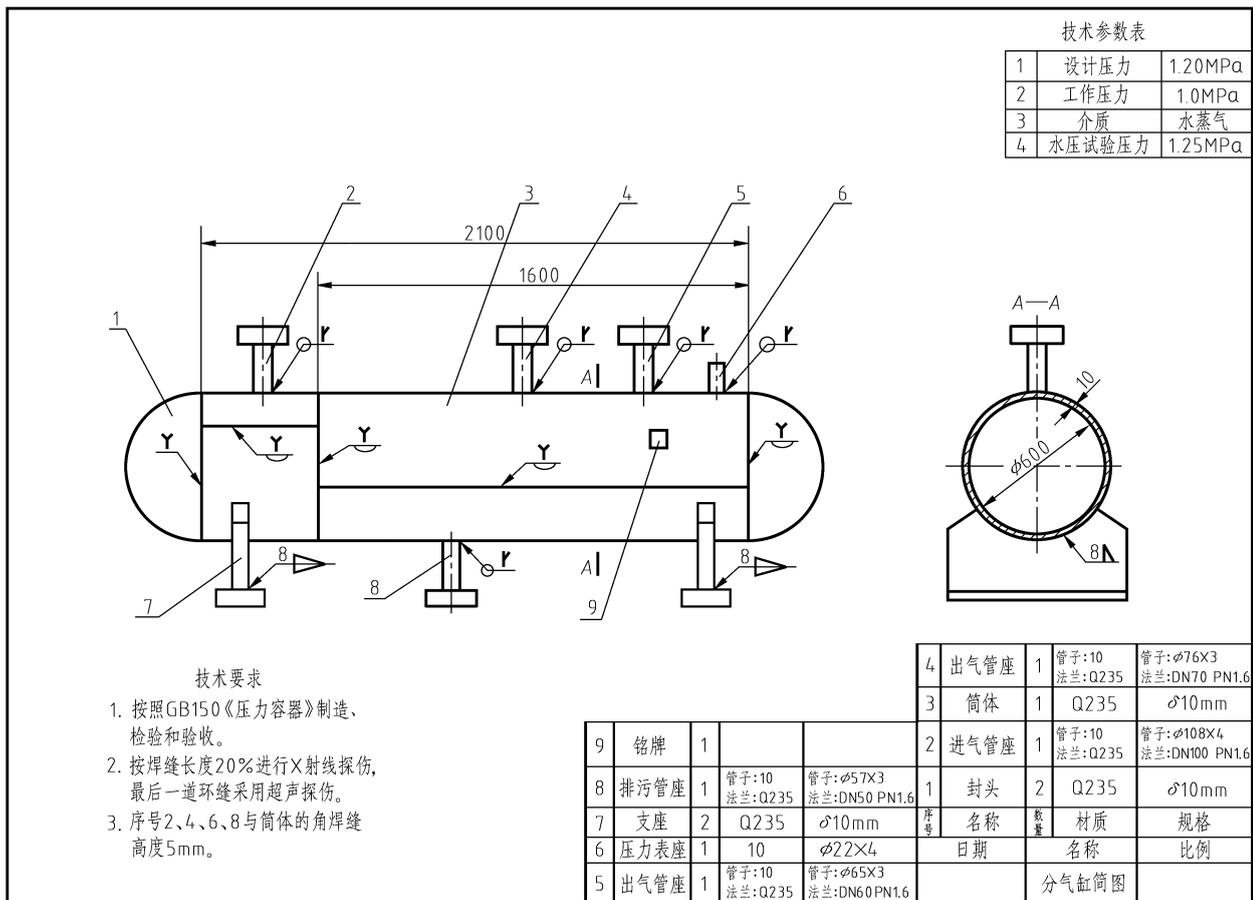


图 8-6 分气缸筒图

- 1) 看明细表,了解基本组成:筒体、封头、接管和法兰、支座。
- 2) 了解各部组成的形状、制造方法和要求。
 - ① 封头:半球形封头,选用冲压或旋压成型方法。
 - ② 接管:采用无缝钢管。
 - ③ 筒体:形状为圆筒状,当筒体直径超过 500mm 时采用钢板卷制后焊接而成,图 8-6 是采用两节拼接而成,两条纵缝错开 100mm。
 - ④ 支座:鞍形支座。
- 3) 熟悉图纸中的焊接符号,决定焊接方法和焊接顺序。
 - ① 筒体的筒节采用埋弧自动焊接。
 - ② 接管与筒体采用钨极氩弧焊打底,焊条电弧焊填充和盖面。
 - ③ 先组装焊接两个筒节,再焊右封头,最后焊左封头,随后焊接接管和支座。

8.2 钣金工的识图

在工业生产中,常会遇到管道、壳体和容器等薄壁板制件。如图 8-7 所示为饲料粉碎机上的集粉筒,它是用薄铁皮制成的。在加工制作这类机件时,通常要根据设计图样画出展开图(也称放样),再经下料、弯卷、焊接或铆接而成。

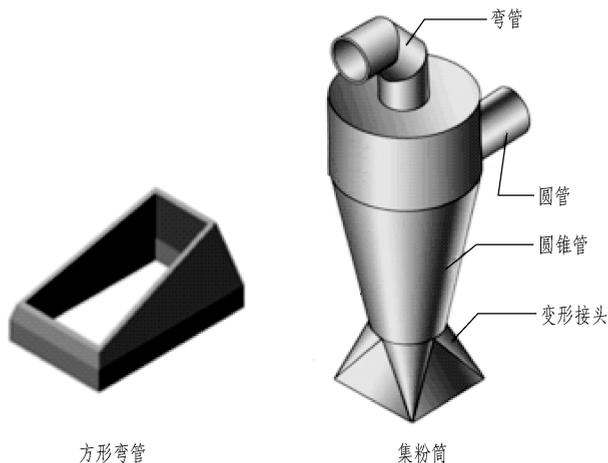


图 8-7 薄板制件实例

把立体表面按实际形状和大小依次连续摊平画在一个平面上的图样称为立体的表面展开图,简称展开图。

立体表面不外乎平面和曲面两种，当制件表面摊平在一个平面上时，没有褶皱和破裂，就称这种表面为可展表面，否则为不可展表面。平面立体的表面和以直线为母线且相邻两素线平行或相交的曲面，如圆柱面，圆锥面等均为可展表面，可展表面能够精确地画出其表面展开图。以曲线为母线的曲面（如环面和球面）以及虽然以直线为母线，但是相邻两素线交叉的直纹面（如螺旋面等），是不可展曲面。不可展曲面只能近似地画出其展开图。

绘制展开图有两种基本方法：计算法和图解法。计算法是用解析计算代替图解法中的展开作图过程，求出曲线的解析表达式及展开图中一系列点的坐标、线段长度，然后根据计算结果绘出图形，或由计算机绘出图形，再由数控切割机自动进行切割下料的方法。随着计算机技术的发展，这种方法更显示出准确、高效、便于修改、保存等优点。图解法的实质是求作立体表面的实形，而作实形的关键是求线段的实长或曲线的展开长度。虽然图解法的精确度低于计算法，但是作图简捷、直观，而且大都能满足生产要求，因而得到广泛的应用。限于篇幅，本章仅就图解法进行介绍。

8.2.1 平面立体表面的展开图

作平面立体的展开图，只要求出立体所有表面的实形，再顺次展平到图纸上即可。而求立体表面实形的关键是求立体各面棱线的实长。当线段处于特殊位置时，其投影可直接反映实长，当线段处于一般位置时，就要用到第2章中讲述的直角三角形法来求其实长。

1. 棱锥的表面展开

(1) 四棱锥的表面展开 图8-8是一个四棱锥，求其展开图，就要求得棱锥各面实形。棱锥底面是水平面，水平投影反映实形，其余各面都是投影面的垂直面，要求实形，必须先求棱线的实长。例如求SA的实长，可在正面构造直角三角形，利用水平投影长 sa 和点S、A的Z坐标差求得实长，如图8-8a所示。各边实长求出后，依次画出五个面的实形，即得其展开图，如图8-8b所示。

(2) 截头三棱锥的表面展开 图8-9是三棱锥被正垂面截切，求其展开图应首先画出完整的锥面展开图，然后在展开图上找到各棱线与截平面交点的位置，再连接起来即可。

三棱锥的底面是水平面，实形由俯视图可直接得到。各侧面棱线均为一般位置直线，要求实长。由于各棱线的Z坐标差均相等，为简化作图，可将三个求实长的直角三角形叠在一起画。正垂面与各棱线的交点E、F、G在求实长三角形中反映实长的边 s_0a_0 、 s_0b_0 、 s_0c_0 上的位置可以利用定比性求得，为 e_0 、 f_0 、 g_0 点。

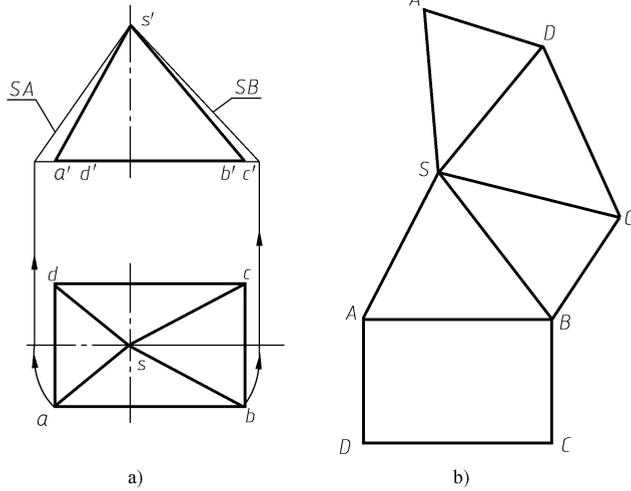


图 8-8 四棱锥的表面展开图画法

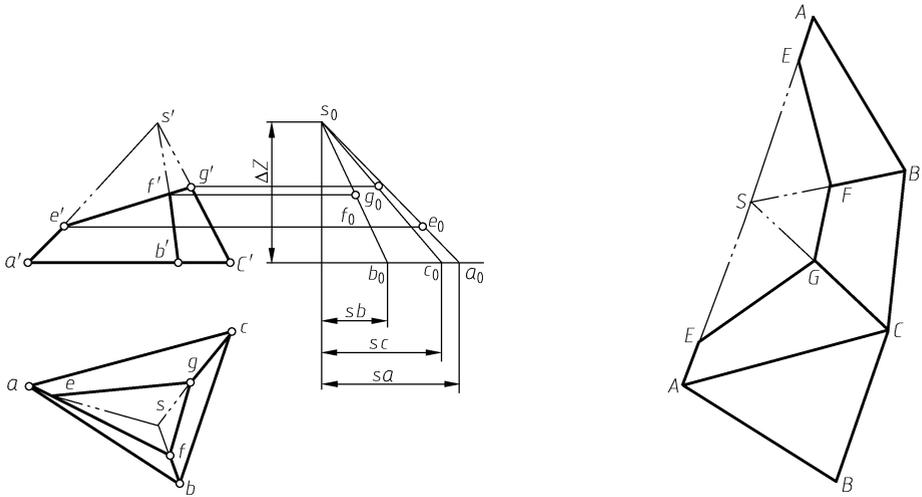


图 8-9 截头三棱锥的表面展开图画法

2. 棱柱的表面展开

(1) 截头四棱柱的展开 图 8-10 是四棱柱被正垂面截切，除去前后两个侧面外，各面均为矩形。它的底面是水平面，各侧面是投影面的平行面。因此棱柱各边的实长均为已知，可以直接画出它的展开图。画侧面展开图时，先将底面各边实长顺次展成一条直线，然后将各面实形画出即可。

(2) 斜三棱柱的展开 斜三棱柱各上下底面为相同的水平面内的三角形，侧面

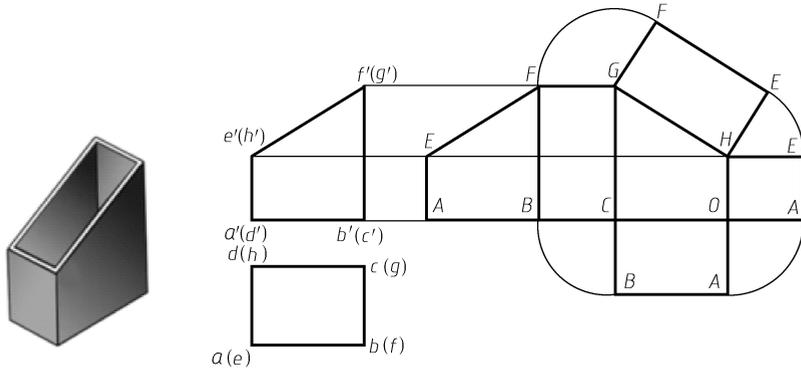


图 8-10 截头四棱柱的表面展开图画法

是平行四边形，如图 8-11a 所示。上下底面实形已知，各侧面棱线为正平线，正面投影反映实长。但是平行四边形仅知四边实长，其形状仍然是不可确定的，因此沿对角线将其分解为两个三角形，求出三角形的实形，再拼合成平行四边形。

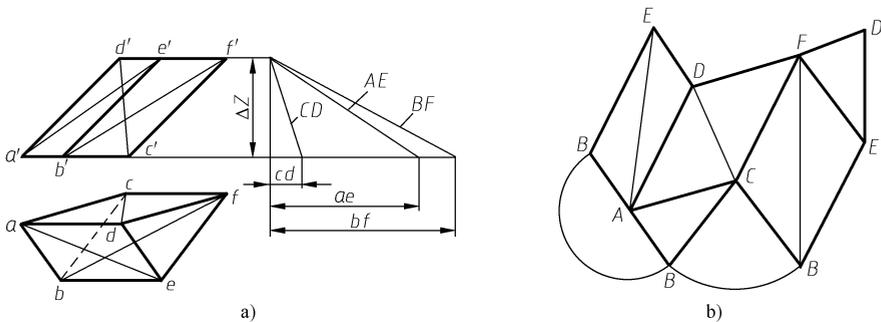


图 8-11 斜三棱柱的表面展开图画法

作图步骤：

- 1) 将三个侧面分解为三角形。分别作三个侧面的对角线 AE ($ae, a'e'$)、 BF ($bf, b'f'$)、 CD ($cd, c'd'$)。
- 2) 求出各对角线实长。利用水平投影长和 Z 坐标差构造直角三角形求解；
- 3) 依次画出各三角形实形，如图 8-11b 所示。画时充分利用平行直线展开仍为平行这一性质，可以提高作图速度和准确性。

8.2.2 曲面立体表面的展开图

曲面上连续两素线能构成一个平面时（两素线平行或相交），曲面才是可展的。因此可展曲面只能是直纹面，最常见的是圆柱面和圆锥面。

1. 圆柱面的展开

(1) 正圆柱面展开 图 8-12 是一个正圆柱面，其展开图是一个矩形，长为底圆周长 πD ，高为圆柱高 H 。

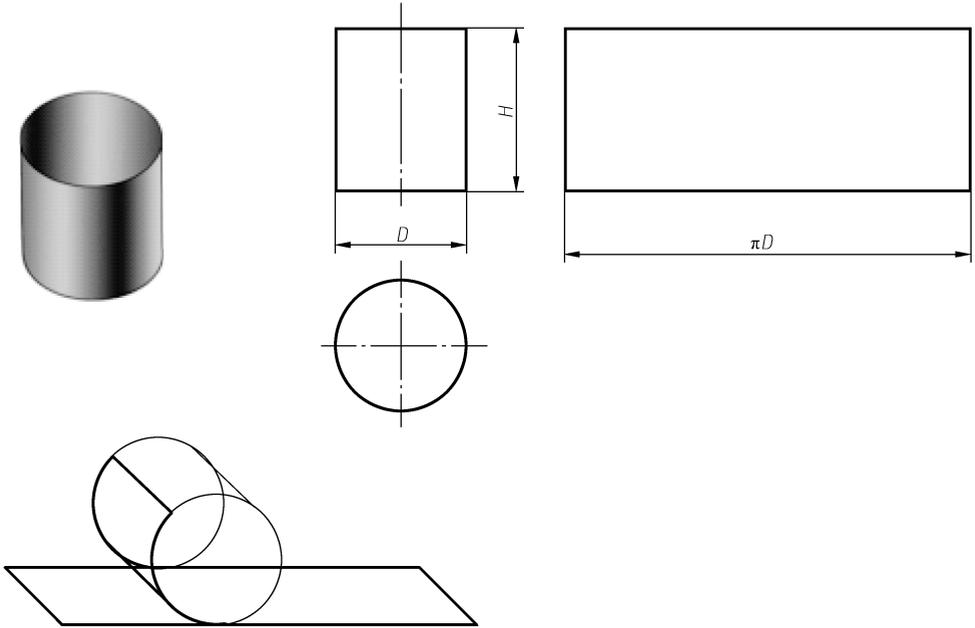


图 8-12 正圆柱面展开

(2) 截头圆柱面展开 在生产中，正圆柱面的展开图常用求正圆柱的内接多面棱柱的展开图来做近似。图 8-13 中求作截头圆柱面展开图就是用的这种方法（内接正多边形未画出）。

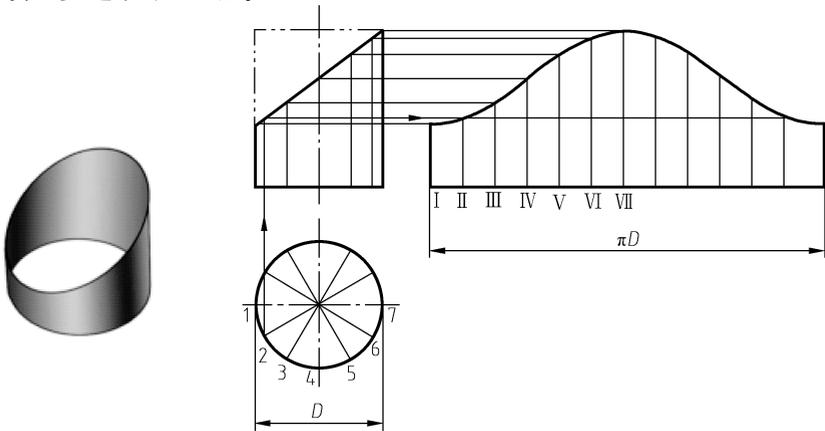


图 8-13 截头正圆柱面展开

作图步骤如下：

1) 将圆柱底圆 12 等分, 得等分点 1、2、3、…、12。在主视图作出过各分点的素线。

2) 将底圆展开成一条直线, 长度为 πD , 找出直线上的 12 个等分点。为作图简便, 可将该直线与圆柱主视图的底圆投影画成平齐。

3) 过直线上各等分点作垂线, 长度为圆周上该分点处素线长, 可直接从主视图中对齐。

4) 光滑连接各垂线端点, 即得截头圆柱面展开图。

5) 由于截头圆柱面前后对称, 实际作图时, 作一半即可, 另一半是它的对称图形。

(3) 直角弯头的展开 在通风管路连接中, 如果要垂直地改变管路的方

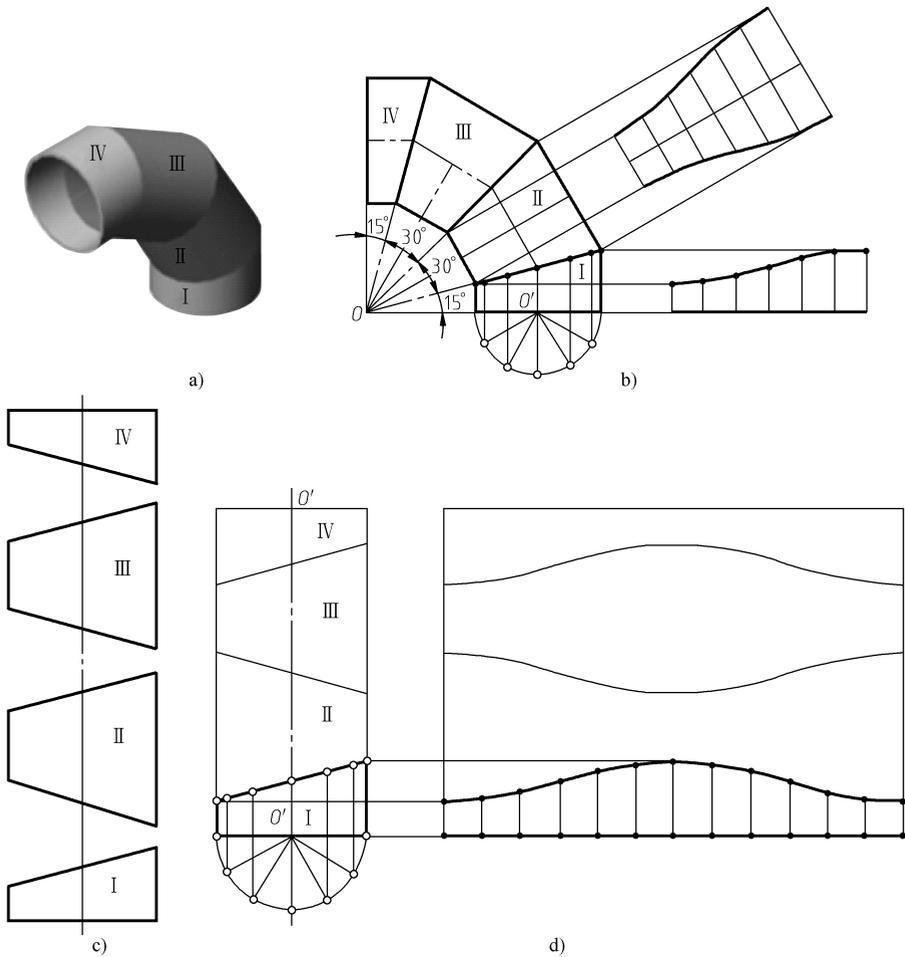


图 8-14 直角弯头的展开图

两端两个半节 I、IV，中间两个全节 II、III，如图 8-14a 所示。其中每一节都是斜截正圆柱面，半节所对的角度为 15° ，全节所对角度为 30° 。因此直角弯头的展开就可以按画截头正圆柱面展开图的方法来进行。如图 8-14b 所示，由于图形对称，图中仅作出 I、II 节展开图的一半。

实际生产中，当各节斜口角度相同时，为了下料方便，接口准确和节省材料，常采用图 8-14d 的方法，先画出一个端部半节的展开图，再以此为样板，画出其余各段的展开图。为了合理利用材料，可以先假定将各段沿接缝切开，如图 8-14c 所示，然后将双数节 II、IV 绕轴线旋转 180° ，如图 8-14d 所示，这样就能拼合成一张矩形。如果用现成的圆管切割然后焊接来制造的话，可以先将管子切割成图 8-14d 那样的段，然后也是双数节转 180° ，转成如图 8-14c 所示位置，再焊接即可。

2. 圆锥面的展开

(1) 圆锥面的展开 如图 8-15a 所示，正圆锥面的表面素线相等且相交于锥顶，其展开图是一个以素线长度 R 为半径，底圆周长 πD 为弧长的扇形。扇形的包角 $\alpha = \pi D/R$ 。如图 8-15b、c 所示。在生产中，画正圆锥面的展开图时，一般按正圆锥的内接多面正棱锥近似地展开，如图 8-15d、e 所示。作图时，先将圆

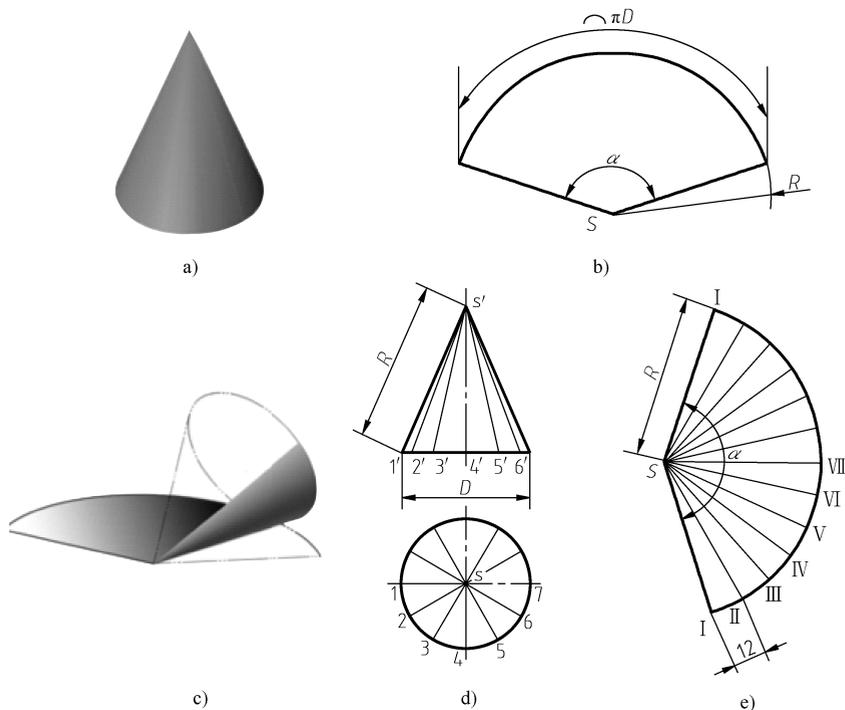


图 8-15 正圆锥面展开图

锥底圆 12 等分, 然后以每一等份所对应的弦长为底边, 依次连续地作出 12 个等腰三角形, 腰长为圆锥素线长 R , 即得正圆锥面的近似展开图。

(2) 斜圆锥面的展开 斜圆锥是指轴线倾斜于底面, 底面为圆的锥体, 如图 8-16 所示。斜圆锥面的展开图画法与正圆锥面类似, 也是用内接于锥面的多面斜棱锥的展开图来近似。但是斜圆锥面上的素线长度是不等的, 除特殊位置素线外, 其他大多数素线实长需要求取。图 8-17 所示的斜圆锥展开图是用斜八棱锥面来近似表示的, 除素线 $S I, S V$ (为正平线, 正面投影反映实长) 外, 其余素线实长均用直角三角形法求得, 如图 8-17a 所示。图 8-17b 为完成的斜圆锥面展开图。

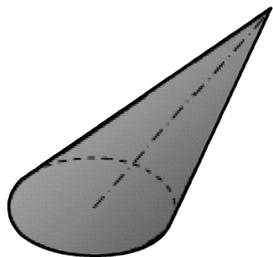


图 8-16 斜圆锥

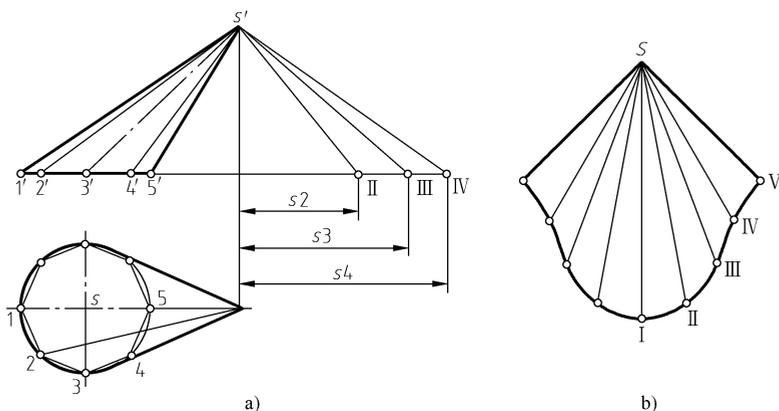


图 8-17 斜圆锥面展开图

(3) 截头正圆锥面的展开 如图 8-18 所示, 截头圆锥面的展开关键是要求出斜截面上各点到锥顶的素线的实长。由于 SA 和 SG 在正面轮廓素线上, 是正平线, 正面投影反映实长, 可直接从正面投影上截取。而 SB, SC, \dots, SF 为一般位置直线, 正面投影不反映实长, 必须另求。可以用旋转法来完成。例如可以将 SB 绕圆锥轴线旋转到 SA 或 SG 所在素线的位置, 此位置时投影反映实长, 在旋转过程中, 点 B 的轨迹是圆锥表面过 B 点的纬圆, 其正面投影是过 B 点的水平线, 由此便可确定 B 点旋转到最左或最右素线的位置, 也就得到了 SB 的实长。类似地, 可以得到其他一般位置线的实长。

作图过程如下:

1) 将圆锥底圆 12 等分, 得到过等分点素线的正面投影 $s'1', s'2', \dots, s'7'$, 它们分别与斜截面交于 a', b', \dots, g' 。

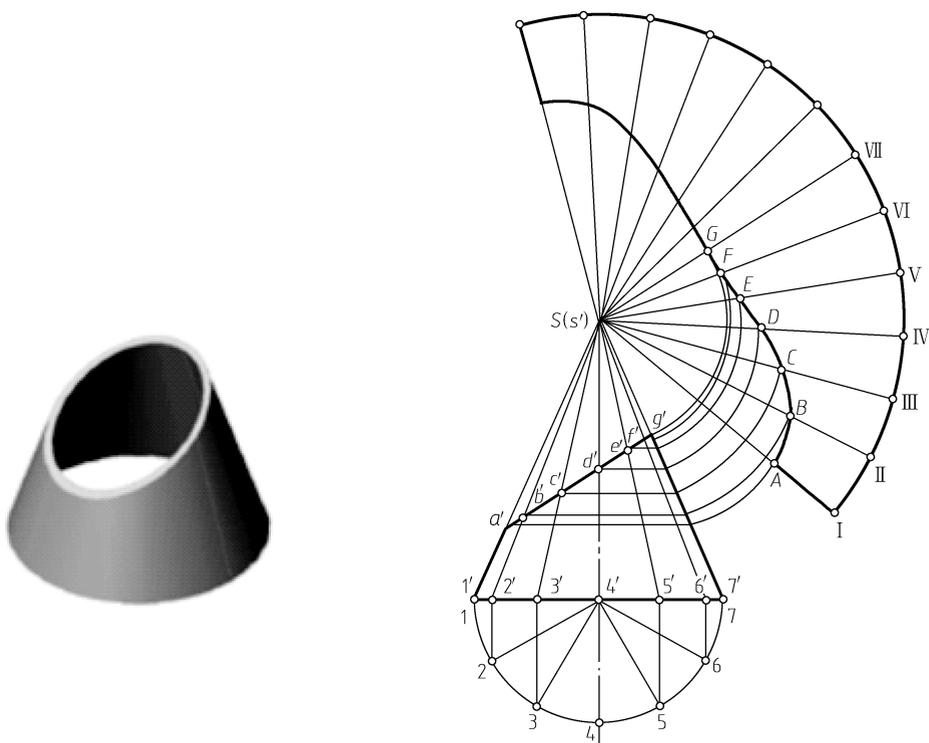


图 8-18 截头正圆锥面的展开图

2) 将截切前的完整圆锥面展开成扇形, 得到过各分点的放射状素线, 方法同图 8-15。

3) 求斜截面上点到锥顶的素线的实长, 先过点 a' 、 b' 、 \dots 、 g' 作水平线与 $s'7'$ 相交, 则锥顶 s' 到各交点的距离就是所求实长。

4) 将求得的实长依次截取到展开图上相应的素线上, 得交点 A 、 B 、 \dots 、 G ;

5) 光滑连接展开图上各交点, 得前半锥面展开图, 然后对称得全图。

变形接头用来连接两段截面形状不同的管道, 使通道形状逐渐变化, 减少过渡处的阻力。变形接头的表面应设计成可展表面, 以保证表面能准确展开。

例 1: 图 8-19a 所示的斜口方管接头是用来连接正方形 (底面) 和矩形 (顶面) 的变形接头, 求其展开图。

分析: 由图 8-19b 可以看出, 斜口方管接头是前后对称的, 其左右两侧面为等腰梯形, 都是正垂面。前后两个侧面不是平面, 从投影图中可知 EF 与 AB 的正面投影相交, 水平投影平行, 故直线 EF (GH) 与直线 AB (CD) 交叉, 不可能组成平面。为此连接 BE , 把 $ABFE$ 分成 $\triangle AEB$ 和 $\triangle EBF$ 两个平面, 也可

以连接 AF ，分 $ABFE$ 为 $\triangle AEF$ 和 $\triangle ABF$ 。只要依次求出各平面形的实形，即可作出方管的展开图。

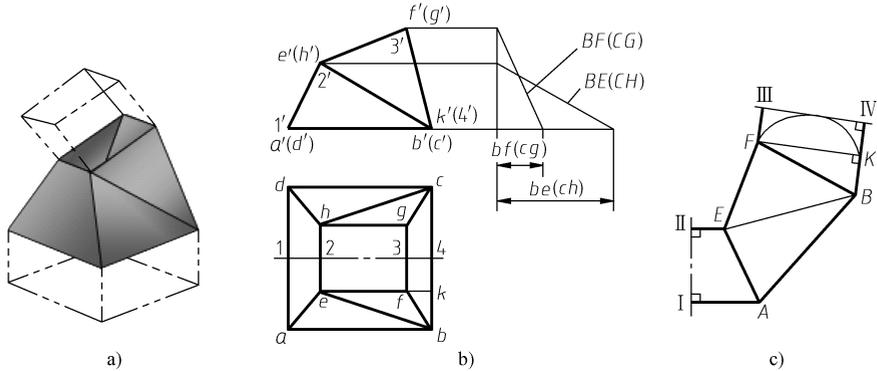


图 8-19 斜口方管接头展开图

解：作图步骤如下

- ① 求实长。用直角三角形法求直线 BE 、 BF 的实长，如图 8-19b 所示。
- ② 水平投影 $1a$ 、 $2e$ 、 $3f$ 、 $4b$ 为正垂线，正面投影 $1'2'$ 、 $3'4'$ 、 $e'f'$ 为正平线， $a'b' = ab$ 为侧垂线，这些投影均反映相应边的实长。
- ③ 作展开图。由于图形前后对称，可先作出前半部分，如图 8-19c 所示。作对称中心线，在其上取 $I II = 1'2'$ 。过 I 、 II 两点分别作 $I II$ 的垂线，并取 $II E = 2e$ ， $I A = 1a$ ，连接 AE ，即得四边形 $I II EA$ 的实形。
- ④ 以 AE 为一边， BE 和 AB 为另两边（实长已有），作出 $\triangle AEB$ 实形。
- ⑤ 以 BE 为一边， EF 和 BF 为另两边（实长已有），作出 $\triangle BEF$ 实形。
- ⑥ 对于四边形 $BF III IV$ ，可以把它分成直角三角形 BKF 和矩形 $KF III IV$ 。 $FK \perp KB$ ，故可以 BF 为直径作半圆，自 B 以 $BK (=bk)$ 为半径作圆弧，交点为 K 。连接 BK ，并延长至 IV ，使 $IV B = 4b$ 。作 $III F$ 平行于 $IV B$ 且 $III F = 3f$ ，即得四边形 $III IV BF$ 的实形。由此完成展开图的一半，另一半可对称相等求出。

例 2：图 8-20a 所示的方圆接头是用来连接圆管（顶面是圆）和方管（底面是正方形）的变形接头，求其展开图。

分析：图 8-20a 所示的方圆接头，可以把它设计成由四个相同的部分椭圆锥面和四个全等的等腰三角形所组成。由于方口平面与圆口平面平行，因而锥面与平面的分界线是方口顶点与圆口的中心线与圆周的交点的连线。这样，求方圆接头的展开图就是求等腰三角形和部分椭圆锥面实形的问题了。

解：作图步骤：

- ① 为求 $\triangle ABF$ 的实形，首先求 $BF (=AF)$ 的实长，如图 8-20b 所示，

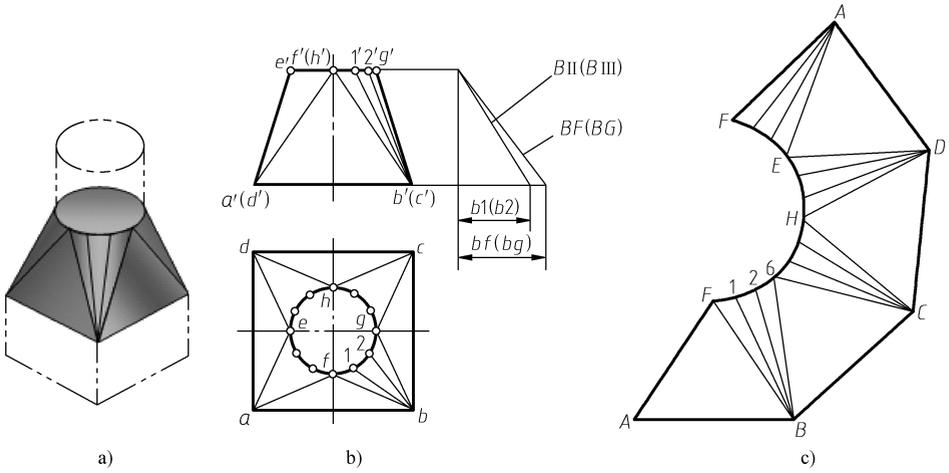


图 8-20 方圆接头的展开图

AB 为侧垂线，实长可直接得到。作 $\triangle ABF$ ，如图 8-20c 所示。

② 将部分椭圆锥面 BFG 三等分，转化为求多棱锥，具体过程可参看图 8-17，期间需要用到 $B I (=B II)$ 的实长。以 BF 为公共边作锥面 BFG 展开图。

③ 顺次再作其余等腰三角形和部分椭圆锥面，即得方圆接头的展开图。

第 9 章 机构运动简图简介

9.1 构件和运动副

1. 构件

机器及机构是由许多具有确定的相对运动的构件组合而成，因此，构件是机构中的运动单元体，也就是相互之间能做相对运动的物体。在机械中应用最多的是刚性构件，即作为刚体看待的构件。一个构件，可以是不能拆开的单一整体，如图 9-1 所示的曲轴 2；也可以是几个相互之间没有相对运动的物体组合而成的刚性体，如图 9-1 中构件连杆 3，便是由几个可以拆卸的物体组合而成的刚性体。图 9-2 是连杆构件的组成图，它由连杆体 1、连杆盖 3、螺栓 2、螺母 4 组成。

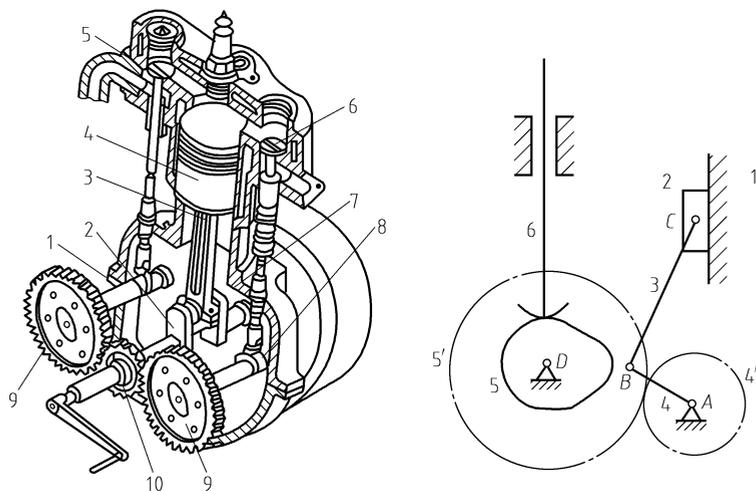


图 9-1 单缸内燃机

1—机架 2—曲轴 3—连杆 4—活塞 5—进气阀门 6—排气阀门
7—推杆 8—凸轮 9, 10—齿轮

2. 运动副

机构的重要特征是构件之间具有确定的相对运动，为此必须对各个构件的运动加以必要的限制。在机构中，每个构件都以一定的方式与其他构件相互接触，两者之间形成一种可动的连接，从而使两个相互接触的构件之间的相对运动受到

限制。两个构件之间的这种可动连接，称为运动副。

运动副是两构件直接接触组成的可动连接，它限制了两构件之间的某些相对运动，而又允许有另一些相对运动。两构件组成运动副时，构件上能参与接触的点、线、面称为运动副元素。

根据运动副中两构件的接触形式不同，运动副可分为低副和高副。

(1) 低副 低副是指两构件以面接触的运动副。按两构件的相对运动形式，低副可分为以下几种：

1) 转动副。组成运动副的两构件只能绕某一轴线作相对转动的运动副称为转动副。图 9-3 所示的铰链连接就是转动副的一种形式，即由圆柱销和销孔及其两端面组成的转动副。铰链连接的两构件只能绕 Z 轴自由转动，沿 X 轴和 Y 轴的自由移动则被限制（约束）掉了。

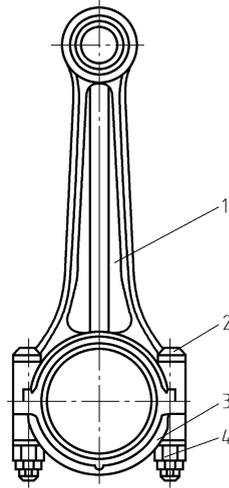


图 9-2 内燃机的连杆构件

- 1—连杆体 2—螺栓
- 3—连杆盖 4—螺母

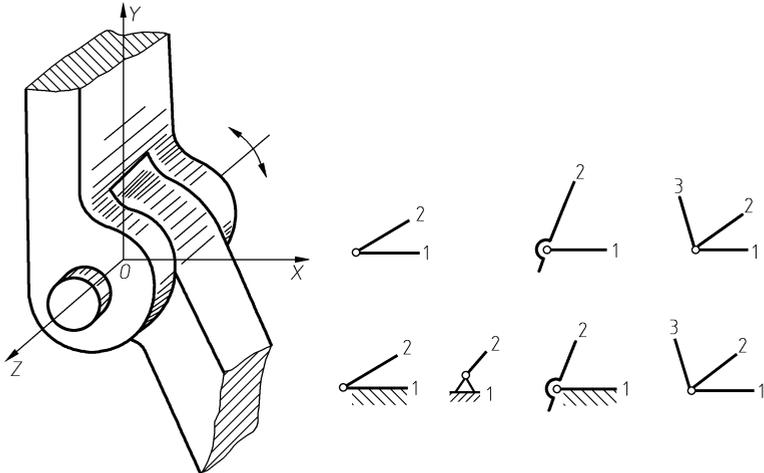


图 9-3 铰链连接

2) 移动副。组成运动副的两构件只能作相对直线移动的运动副称为移动副，见图 9-4。

3) 螺旋副。组成运动副的两构件只能沿轴线作相对螺旋运动的运动副称为

螺旋副，见图 9-5。

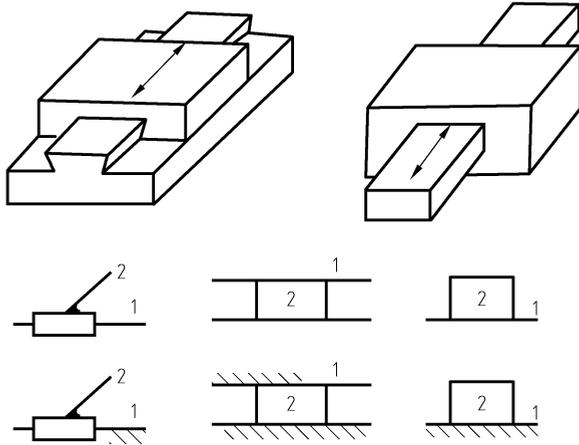


图 9-4 移动副

(2) 高副 高副是指两构件以点或线接触的运动副。图 9-6 所示为常见的几种高副接触形式：图 9-6a 是车轮与钢轨的接触，图 9-6b 是齿轮的啮合，都是属于线接触的高副；图 9-6c 是凸轮与从动杆的接触，是属于点接触的高副。

低副和高副由于两构件直接接触部分的几何特征不同，因此在使用上也具有不同的特点。低副和高副由于两构件直接接触部分的几何特征不同，因此在使用上也具有不同的特点。

低副是面接触的运动副，其接触表面一般为平面或圆柱面，容易制造和维修，承受载荷时单位面积压力较低（故称低副），因而低副比高副的承载能力大。低副属滑动摩擦，摩擦损失大，因而效率较低；此外，低副不能传递较复杂的运动。

高副是点或线接触的运动副，承受载荷时单位面积压力较高（故称高副），两构件接触处容易磨损，寿命短，制造和维修也较困难。高副的优点是能传递较复杂的运动。

(3) 低副机构和高副机构 机构中所有运动副均为低副的机构称为低副机构。

机构中至少有一个运动副是高副的机构称为高副机构。

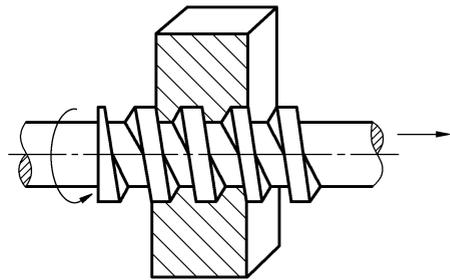


图 9-5 螺旋副

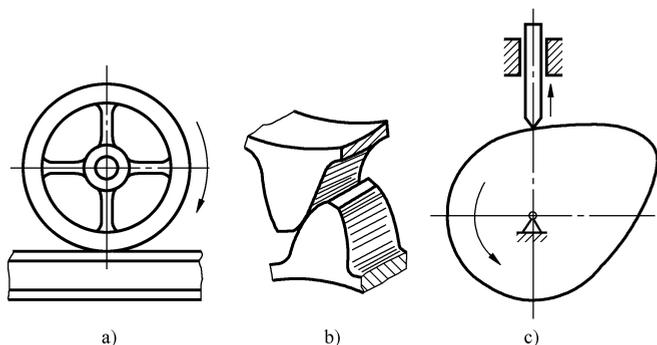


图 9-6 高副接触形式

9.2 机构运动简图的绘制

在研究机构运动特性时，为了使问题简化，只考虑与运动有关的运动副的数目、类型及相对位置，不考虑构件和运动副的实际结构和材料等与运动无关的因素。用简单线条和规定符号表示构件和运动副的类型，并按一定的比例确定运动副的相对位置及与运动有关的尺寸，这种表示机构组成和各构件间运动关系的简单图形，称为机构运动简图。

只是为了表示机构的结构组成及运动原理而不严格按比例绘制的机构运动简图，称为机构示意图。

绘制机构运动简图可按以下步骤进行

1) 观察机构的运动情况，分析机构的具体组成，确定机架、原动件和从动件。机架即固定件，任何一个机构中必定只有一个构件为机架；原动件也称主动件，即运动规律为已知的构件，通常是驱动力所作用的构件；从动件中还有工作构件和其他构件之分，工作构件是指直接执行生产任务或最后输出运动的构件。

2) 由原动件开始，根据相连两构件间的相对运动性质和运动副元素情况，确定运动副的类型和数目。

3) 根据机构实际尺寸和图纸大小确定适当的长度比例尺 μ_l ，按照各运动副间的距离和相对位置，以与机构运动平面平行的平面为投影面，用规定的线条和符号绘图。

$$\mu_l = \frac{\text{实际尺寸(m)}}{\text{图样尺寸(mm)}}$$

常用构件和运动副的简图符号在国家标准 GB/T 4460—1984 中已有规定，表 9-1 给出了最常用的构件和运动副的简图符号。下面通过两个实训例说明运动简图的绘制过程。

表 9-1 机构运动简明图符号

名称		简图符号	名称		简图符号
构件	轴、杆		机架	基本符号	
	三副元素构件			机架是转动副的一部分	
				机架是移动副的一部分	
	构件的永久连接		平面高副	齿轮副:	
平面	转动副			外啮合	
				内啮合	
	移动副			凸轮副	

例：图 9-7a 所示为牛头刨床执行机构的结构图，试绘制机构运动简图。

解：1) 机构分析。牛头刨床执行机构由大齿轮 2、机架 7、滑块 3、导杆 4、摇块 5 和滑枕 6 共 6 个构件组成，转动的大齿轮为原动件，移动的滑枕 6 为工作构件。

2) 确定运动副类型。原动件大齿轮 2 用轴通过轴承与机架 7 铰接成转动副 z_1 ；滑块 3 通过销子与大齿轮铰接成转动副 z_2 ；滑块 3 与导杆 4 用导轨联接为面接触成移动副 Y_1 ；摇块 5 与机架铰接成转动副 z_3 ；摇块 5 与导杆 4 用导轨联接，成移动副 Y_2 ；导杆 4 与滑枕 6 铰接成转动副 z_4 ；滑枕 6 与机架 7 用导轨联接以面接触成移动副 Y_3 。这里有 4 个转动副和 3 个移动副共 7 个运动副。

3) 测量主要尺寸，计算长度比例和图示长度。经测量得：滑枕 6 的导轨到摇块中心的高度 $l_h = 1000\text{mm}$ ，大齿轮 2 的中心高 $l_{h1} = 540\text{mm}$ ，滑块销 3 的回转半径 $r_x = 240\text{mm}$ 。设图样最大尺寸为 60mm，则长度比例如下：

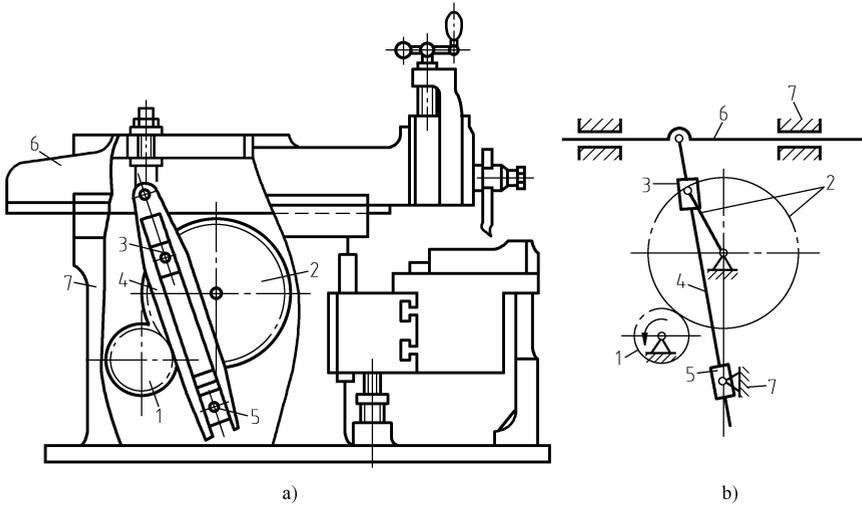


图 9-7 牛头刨床主体运动机构

1—小齿轮 2—大齿轮 3—滑块 4—导杆 5—摇块 6—滑枕 7—机架

$$\mu_l = l_h / 60 = 1000\text{mm} / 60\text{mm} = 16.7 \approx 20 = 0.02 \text{ m} / \text{mm}$$

$$h = l_h / \mu_l = (1 / 0.02) \text{ mm} = 50\text{mm}$$

$$h_1 = l_{h1} / \mu_l = (0.54 / 0.02) \text{ mm} = 27\text{mm}$$

$$r = l_r / \mu_l = (0.24 / 0.02) \text{ mm} = 12\text{mm}$$

4) 绘制机构运动简图。①按各运动副间的图示距离和相对位置,选择适当的瞬时位置,用规定的符号表示各运动副。②用直线将同一构件上的运动副连接起来,并标上件号、铰点名和原动件的运动方向,即得所求的机构运动简图。如图 9-7b 所示。

9.3 机构运动简图的识读

机构运动简图是撇开了实际机构中与运动无关的原因,简洁地表示机械运动特征的图形。但无论是根据实际机械所绘制出的机构运动简图,还是为设计新机械所绘制的机构运动简图,都会因运动副和构件的表达方式不同,使同一机构所绘出的机构运动简图有差别,所以会影响对机构运动的分析。为此,必须正确识读各种机构运动简图。

1. 回转副和构件的识读

由于转动副元素尺寸变化而出现的简图“差异”。

两个不同形状的构件组成转动副时，不管构件外形以及转动副元素尺寸是否改变，只要两构件组成的转动副中心保持不变，则两构件的相对运动性质是相同的。

图 9-8a 所示为一由四个构件组成的机构简图，图 9-8b 为其机构运动简图。图 9-8c、d 为对应于同一运动简图 9-8b 的另两个机构结构简图。在图 9-8c 所示的机构中构成运动副 B 的构件 2 和 3 的运动副元素已由图 9-8b 所示的销轴和销孔扩大为圆盘和圆环。当不需使构件 3 有运动输出时，图 9-8a 所示机构可直接改成图 9-8d 所示机构。由上述可知，当保持转动副中心位置不变而仅改变构件形状和运动副元素尺寸时，即可得到对应同一机构运动简图的不同机构结构简图；当原设计机械的空间尺寸受限而不允许在运动副中心（如图 9-8b 所示 B 处）有构件实体存在时，可采用图 9-8a、d 所示机构结构。

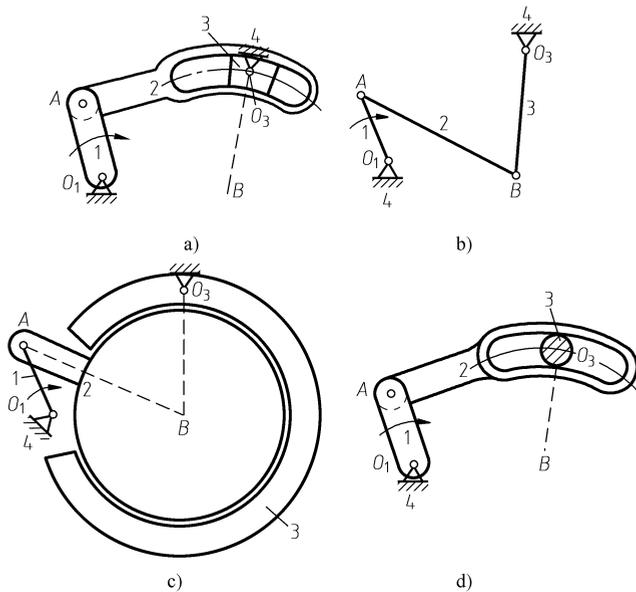


图 9-8 机构中转动副的构形变化

2. 移动副和构件的识读

由于移动副绘制和表达方法的不同而出现的简图“差异”。

组成移动副的两构件作相对移动时，相对移动的方向仅取决于移动副的方位，而与移动副的两元素（包容面和被包容面）的具体形状和位置无关。因而移动副两元素之一以长方框表示滑块，另一可以以直线表示导杆，它可以是固定导

杆而成为机架，也可以是具有其他运动形式的摆动导杆、转动导杆或移动导杆。由于对哪个构件上的移动副元素以长方框或直线表示未作统一规定，导路位置又未限定，所以存在这种移动副的机构可绘制成几种不同的图形，从直观上会感到有所差异。图 9-9b~e 所示四种具有移动副的机构运动简图实际上表示了同一种机构图（图 9-9a）。在这些机构中，相邻构件所组成的运动副类型保持不变；在由构件 2 和 3 组成的移动副中，可以用杆 2 作为导杆，杆 3 为滑块，见图 9-9b、c。也可用杆 2 为滑块，杆 3 为导杆，见图 9-9d、e；在任一机构中，杆 2 和杆 3 所组成的移动副导路方位或导路中心线方向应保持与实际方向相同，图示机构中为直线。

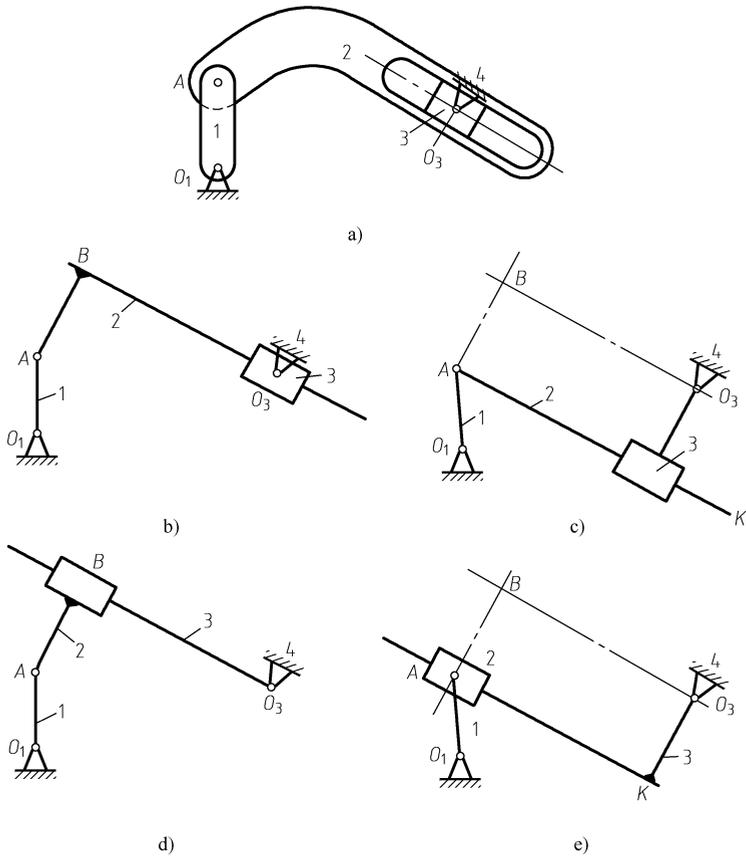


图 9-9 机构中移动副的不同绘制方法

图 9-10 所示为牛头刨床的主运动机构，两种机构的运动简图在画法上似有“差异”，但两种机构及其运动完全相同。在绘制简图时仅将构件 3 和 4 的包容面和被包容面作了更替。为了便于润滑和使机构结构更合理，在实体构造时，将图

9-10a 所示的由构件 3 和 4 组成的移动副移到了图 9-10b 所示机构的下部。

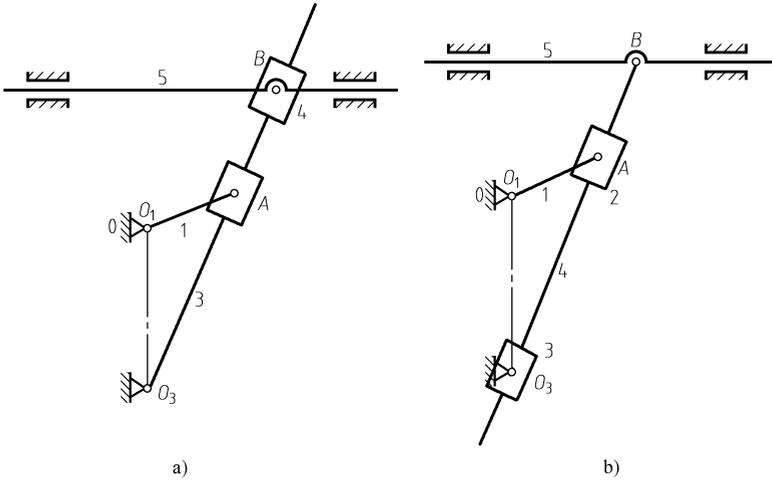
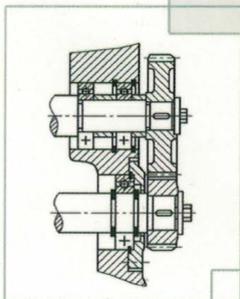
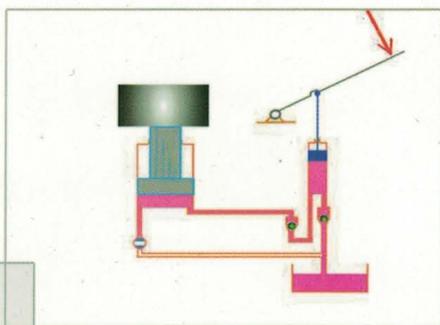
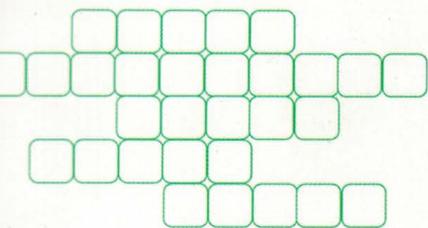


图 9-10 牛头刨床主体机构

参 考 文 献

- [1] 钱可强. 机械制图〔M〕. 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2001.
- [2] 徐跃增. 工程制图〔M〕. 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2004.
- [3] 冯秋官. 机械制图〔M〕. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [4] 许纪倩. 机械工人速成识图〔M〕. 北京: 机械工业出版社, 2002.



○ ISBN 978-7-111-36070-4

○ 策划编辑：黄丽梅

○ 封面设计：赵颖喆

地址：北京市百万庄大街22号 邮政编码：100037
电话服务 网络服务
社服务中心：(010)88361066 门户网：<http://www.cmpbook.com>
销售一部：(010)68326294 教材网：<http://www.cmpedu.com>
销售二部：(010)88379649
读者购书热线：(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

上架指导：工业技术 / 机械工程 / 机械基础

ISBN 978-7-111-36070-4



定价：29.00元

9 787111 360704 >