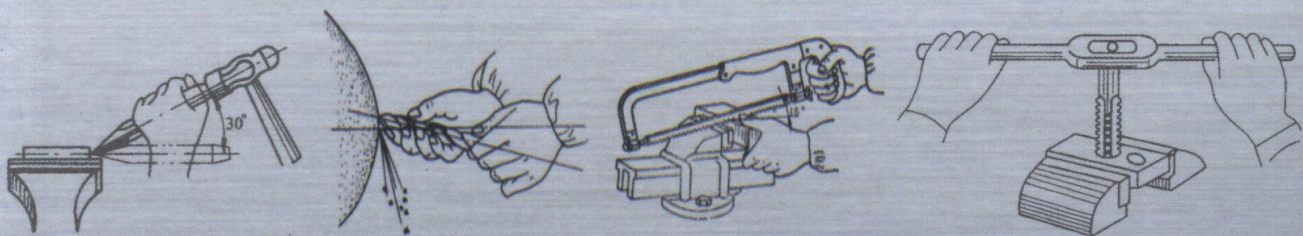


王金荣 孟迪 主编

钳工看图学操作



QIANGONG KANTU XUECAOZUO

语言简洁 图例丰富 通俗易懂
帮您轻松掌握钳工操作技术

钳工看图学操作

主 编 王金荣 孟 迪
参 编 张金凤 刘鸣放 陈 永 王安东
李 菁 刘 峰 张素红 高见峰
主 审 吴振远



机械工业出版社

本书主要以图示的方式系统地介绍了钳工各分工种的操作技术,是一本钳工学习操作技术的入门指导书。全书内容包括钳工基础知识,划线,錾削,锯削,锉削,刮削,钻孔、扩孔、铰孔和铰孔,攻螺纹和套螺纹,铆接,矫正和弯曲,装配与调试。本书用简洁、通俗易懂的语言和丰富的图例,详细讲解了钳工的操作要点,具有极强的实用性。读者通过本书的学习,可在较短的时间内轻松掌握钳工操作技术。

本书适合钳工参考使用,可作为初级钳工的培训和自学用书,也可作为相关专业技工学校、职业技术学校的生产实习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

钳工看图学操作/王金荣,孟迪主编. —北京:机械工业出版社,2011.10(2013.1重印)

ISBN 978-7-111-36059-9

I. ①钳… II. ①王…②孟… III. ①钳工—图解
IV. ①TG9—64

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第205562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:陈保华 责任编辑:陈保华

版式设计:张世琴 责任校对:张媛

封面设计:马精明 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2013年1月第1版第2次印刷

148mm×210mm·8.375印张·246千字

3 001—4 500册

标准书号:ISBN 978-7-111-36059-9

定价:28.00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)88379734

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

随着工业技术的发展和改革开放的不断深入,新一轮的产业调整使我国成为世界上的制造业大国,国民经济建设各领域急需大量技能型人才。钳工是机械制造厂中的主要工种,它的工作范围广,所涉及的专业面宽,并且主要取决于操作者的技术水平。钳工是企业技能人才群体中的重要组成部分,是企业生产第一线的主力军和骨干力量。钳工操作技能培训是增强劳动者就业能力的有效措施。

为了满足企业对具有熟练技能钳工的迫切需要,也为了提高广大技术工人的操作水平,我们从实际需求出发,总结多年的实践经验,突出操作性和实用性,精心编写了这本《钳工看图学操作》。

本书共 11 章,包括钳工基础知识,划线,鑿削,锯削,锉削,刮削,钻孔、扩孔、铰孔和铰孔,攻螺纹和套螺纹,铆接,矫正和弯曲,装配与调试。本书语言通俗易懂,叙述简明扼要,最大的特点是以图示指导操作。书中用丰富的图例详细讲解了钳工各分工的操作要点,读者通过看图即可学习钳工操作,具有极强的实用性。读者通过本书的学习,可在较短的时间内轻松掌握钳工操作技术。

本书可作为初级钳工的培训和自学用书,也可作为相关专业技工学校、职业技术学校的生产实习参考书,也非常适合没有任何专业基础的钳工爱好者和刚刚接触机械制造领域的人员阅读自学。

本书由王金荣、孟迪任主编,参加编写的有张金凤、刘鸣放、陈永、王安东、李菁、刘峰、张素红、高见峰。吴振远老师对全书进行了详细审阅。

在本书的编写过程中,参考了国内外同行的大量文献资料和相关标准,部分内容来自互联网(无法获知相关作者的信息,未在参考文献中注明),谨向相关人员表示衷心的感谢!

由于我们水平有限,书中错误之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第1章 钳工基础知识	1
1.1 公差	1
1.1.1 尺寸公差	1
1.1.2 一般公差	2
1.1.3 几何公差	3
1.2 配合	5
1.2.1 间隙配合	5
1.2.2 过盈配合	6
1.2.3 过渡配合	6
1.3 基孔制与基轴制	7
1.3.1 基孔制	7
1.3.2 基轴制	8
1.4 表面粗糙度	8
1.4.1 概述	8
1.4.2 表面粗糙度的形状特征及加工方法	10
1.4.3 表面粗糙度的符号及意义	11
1.4.4 不同加工方法能达到的表面粗糙度	14
1.4.5 表面光洁度与表面粗糙度数值换算	17
1.5 钳工概述	17
1.6 钳工常用量具及使用方法	18
1.6.1 概述	18
1.6.2 常用量具及使用方法	21
第2章 划线	37
2.1 划线概述	37
2.2 划线常用工具及使用方法	39
2.2.1 基准工具	39

2.2.2 装夹工具	39
2.2.3 直接划线工具	43
2.3 划线时的找正和借料	49
2.4 划线用涂料	52
2.5 划线基准	53
2.5.1 基准的概念	53
2.5.2 划线基准的确定	53
2.5.3 划线基准的选择实例	56
2.6 划线的基本方法	58
2.7 基本线条和几何图形的划法	61
2.7.1 垂直线和平行线的划法	61
2.7.2 等分直线的划法	62
2.7.3 二等分已知角的划法	62
2.7.4 角度的划法	63
2.7.5 等分圆周的划法	63
2.7.6 确定圆心的划法	64
2.7.7 圆弧相切的划法	64
2.7.8 常见几何图形的划法	65
2.8 立体划线	68
2.8.1 立体划线的步骤	68
2.8.2 立体划线支承要点	68
2.8.3 立体划线基准的确定	68
2.8.4 立体划线的方法	69
第3章 錾削	74
3.1 錾削概述	74
3.2 錾削常用工具及使用方法	74
3.2.1 錾子	74
3.2.2 锤子	76
3.3 錾削姿势	77
3.4 錾削方法	78
3.4.1 錾削板料的方法	78
3.4.2 錾削平面的方法	80
3.4.3 錾削油槽的方法	81

3.5 銼削注意事项	82
第4章 锯削	83
4.1 锯削概述	83
4.2 锯削常用工具及使用方法	83
4.3 锯削姿势	85
4.4 锯削方法	86
4.4.1 工件的装夹和起锯方法	86
4.4.2 常用锯削方法	87
4.5 锯削注意事项	90
4.6 锯削质量	91
第5章 锉削	92
5.1 锉削概述	92
5.2 锉削常用工具及使用方法	92
5.2.1 锉刀构造及拆装	92
5.2.2 锉刀齿纹	93
5.2.3 锉刀类型及规格	93
5.2.4 锉刀的选用	95
5.2.5 锉刀的使用注意事项	96
5.3 锉削操作	96
5.3.1 工件装夹	96
5.3.2 锉刀的握法	98
5.3.3 锉削姿势	99
5.3.4 锉削力及锉削速度	100
5.3.5 锉削方法	102
5.4 锉削质量	104
5.5 锉削注意事项	104
第6章 刮削	105
6.1 刮削常用工具及使用方法	105
6.1.1 校准工具	105
6.1.2 刮刀	106
6.2 刮削余量的确定	112
6.3 显点和刮削精度	113

6.4 刮削工艺方法	116
6.4.1 刮削前的准备	116
6.4.2 刮削方法	116
6.5 刮削检测及缺陷分析	121
6.5.1 刮削检测	121
6.5.2 刮削缺陷分析	122
第7章 钻孔、扩孔、铰孔和铰孔	124
7.1 钻孔	124
7.1.1 钻床	124
7.1.2 钻头及装夹工具	126
7.1.3 钻头的刃磨	129
7.1.4 钻孔操作要点	133
7.1.5 钻孔的冷却及润滑	137
7.1.6 钻孔注意事项	137
7.2 扩孔	138
7.2.1 用麻花钻扩孔	138
7.2.2 用扩孔钻扩孔	139
7.2.3 扩孔注意事项	139
7.3 铰孔	140
7.3.1 铰刀的种类及结构特点	140
7.3.2 铰孔的方法	143
7.3.3 铰孔操作要点	148
7.4 铰孔	148
7.4.1 铰钻	148
7.4.2 铰钻操作要点	151
第8章 攻螺纹和套螺纹	153
8.1 螺纹基本知识	153
8.1.1 螺纹种类及应用	153
8.1.2 螺纹的主要参数及标注方法	155
8.2 攻螺纹	156
8.2.1 攻螺纹常用工具及使用方法	156
8.2.2 底孔直径和深度的确定	161
8.2.3 切削液的选择	163

8.2.4	攻螺纹操作要点	163
8.2.5	攻螺纹注意事项	168
8.3	套螺纹	170
8.3.1	套螺纹常用工具及使用方法	170
8.3.2	螺杆直径的确定	173
8.3.3	套螺纹的方法	175
8.3.4	套螺纹的常见问题及防止方法	175
第9章	铆接	177
9.1	铆接概述	177
9.1.1	铆接过程	177
9.1.2	铆接种类	177
9.1.3	铆接形式	178
9.1.4	铆钉排列	179
9.2	铆接工具及铆钉	179
9.2.1	铆接常用工具及使用方法	179
9.2.2	铆钉	180
9.3	铆接方法及铆钉的拆卸	182
9.3.1	铆接方法	182
9.3.2	铆钉的拆卸	184
9.4	铆接注意事项	185
第10章	矫正和弯曲	187
10.1	矫正	187
10.1.1	矫正概述	187
10.1.2	矫正常用工具及使用方法	188
10.1.3	常用矫正方法	189
10.1.4	常用材料扭曲变形的矫正	191
10.2	弯曲	199
10.2.1	弯曲概述	199
10.2.2	弯曲常用工具及使用方法	201
10.2.3	常用弯曲方法	202
第11章	装配与调试	211
11.1	装配概述	211
11.1.1	装配的基本概念	211

11.1.2 装配精度	212
11.1.3 装配的组织形式	215
11.2 连接件装配	216
11.2.1 键连接装配	216
11.2.2 销连接装配	219
11.2.3 过盈连接装配	221
11.2.4 螺纹连接装配	223
11.3 轴承装配	230
11.3.1 滑动轴承装配	230
11.3.2 滚动轴承装配	234
11.4 传动件装配	242
11.4.1 带传动机构装配	242
11.4.2 链传动机构装配	245
11.4.3 齿轮传动机构装配	248
11.4.4 蜗杆传动机构装配	253
参考文献	257

第 1 章 钳工基础知识

1.1 公差

1.1.1 尺寸公差

由于设备精度、加工方法及其他因素的原因，机械工人无论如
何努力，也无法做到加工出的产品尺寸与图样完全一致，所以符合
加工标准的尺寸应有合理的变动范围，也就是加工时所允许的最大
误差量，称之为公差。

(1) 极限尺寸 与规定尺寸相比，将加工后尺寸中允许的最大
尺寸叫做上极限尺寸，最小尺寸叫做下极限尺寸。

(2) 极限偏差 上极限尺寸减去公称尺寸（图样上规定的尺寸）
叫做上极限偏差，下极限尺寸减去公称尺寸叫做下极限偏差，
上、下极限偏差用“+”或“-”表示。

如图 1-1 所示，公称
尺寸的右侧是用尺寸极限
偏差表示的公差，当尺寸
上极限偏差与下极限偏差
相等时，可以写成一个用
“±”表示的数值。

如图 1-1a 所示，当公
称尺寸是 $\phi 30\text{mm}$ 时，公差
就是 0.4mm （变化范围是

$-0.2 \sim +0.2\text{mm}$ ），上极限尺寸是 30.2mm ，下极限尺寸是 29.8mm 。
这个数值的含义是：无论加工多少个零件，所有零件的 $\phi 30\text{mm}$ 尺寸
都应保证在 $29.8 \sim 30.2\text{mm}$ 之间。当孔的公称尺寸是 $\phi 10\text{mm}$ 时，公
差就是 0.1mm （变化范围是 $+0.1 \sim +0.2\text{mm}$ ），上极限尺寸是

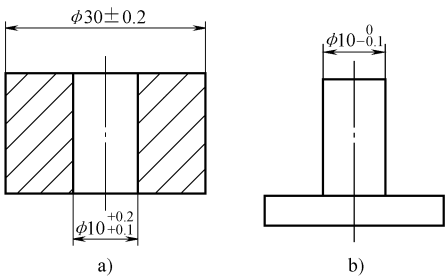


图 1-1 极限偏差

a) 孔 b) 轴

2 钳工看图学操作

10.2mm，下极限尺寸是 10.1mm。这个数值的含义是：无论加工多少个零件，所有零件的 $\phi 10\text{mm}$ 尺寸都应保证在 10.1 ~ 10.2mm 之间。

如图 1-1b 所示，当轴的公称尺寸是 $\phi 10\text{mm}$ 时，公差就是 0.1mm（变化范围是 $-0.1 \sim 0\text{mm}$ ），上极限尺寸是 10.0mm，下极限尺寸是 9.9mm。这个数值的含义是：无论加工多少个零件，所有零件的 $\phi 10\text{mm}$ 尺寸都应保证在 9.9 ~ 10.0mm 之间。

当两个零件组装在一起时，如果每个零件尺寸都在公差范围内，那么 $\phi 10\text{mm}$ 的轴就一定能装进 $\phi 10\text{mm}$ 的孔里去。无论生产多少个零件，每个都能保证顺利装夹，这叫做互换性。零件具有互换性有利于生产部门之间开展广泛的组织协作，有利于采用先进的设备和工艺进行高效率、大批量的专业化生产。这不仅可以缩短生产周期、降低成本、保证质量，还可以为产品提供备件，便于维修。世界上许多国家都将汽车的部分零件设计的与坦克、装甲车相同，也是为了发生战争时可将汽车的零件用来组装、维修坦克或装甲车。

产品设计时没有将孔的尺寸写成 $10.1^{+0.1}_0\text{mm}$ ，是为了制造及装配时容易看懂图样，一般情况下，都是选择孔的公称尺寸和轴的公称尺寸相等。

1.1.2 一般公差

按 GB/T 1804—2000《一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差》的规定，图样中所有没有标注公差的尺寸，一律按照一般公差进行加工。

1. 一般公差的定义

一般公差是指在车间通常加工条件可保证的公差。在正常维护和操作情况下，它代表经济加工精度。采用一般公差的尺寸，通常不注出极限偏差，所以一般公差又称未注公差，在正常车间精度保证的条件下，一般可不检验该尺寸。

2. 一般公差的作用

一般公差可简化制图，使图样清晰易读，并突出了标有公差要求的部位，以便在加工和检验时引起重视，还可简化零件上某些部

位的检验。

3. 一般公差的应用

一般公差主要用于较低精度的非配合尺寸和由工艺方法来保证的尺寸，如铸件和冲压件尺寸用模具保证。

4. 线性尺寸的一般公差标准

(1) 公差等级 线性尺寸的一般公差分为四级，即 f（精密级）、m（中等级）、c（粗糙级）、v（最粗级）。

(2) 极限偏差数值 线性尺寸一般公差的极限偏差数值如表 1-1 所示，倒圆半径与倒角高度尺寸的极限偏差数值如表 1-2 所示。

表 1-1 线性尺寸一般公差的极限偏差数值 (单位：mm)

公差等级	尺寸分段							
	0.5 ~3	>3 ~6	>6 ~30	>30 ~120	>120 ~400	>400 ~1000	>1000 ~2000	>2000 ~4000
f (精密级)	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	—
m (中等级)	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2
c (粗糙级)	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2	±3	±4
v (最粗级)	—	±0.5	±1	±1.5	±2.5	±4	±6	±8

表 1-2 倒圆半径与倒角高度尺寸的极限偏差数值

(单位：mm)

公差等级	尺寸分段			
	0.5 ~3	>3 ~6	>6 ~30	>30
f (精密级)	±0.2	±0.5	±1	±2
m (中等级)				
c (粗糙级)	±0.4	±1	±2	±4
v (最粗级)				

1.1.3 几何公差

1. 几何公差的定义

在零件加工过程中，由于设备精度、加工方法等多种因素，使

4 钳工看图学操作

零件表面、轴线、中心对称的平面等的实际形状、方向和位置相对于所要求的理想形状、方向和位置，存在着不可避免的误差，这种误差叫做几何公差（原名形状及位置公差）。

2. 几何公差项目的符号（表 1-3）

表 1-3 几何公差项目的符号

公差类型	几何特征	符 号	有无基准
形状公差	直线度		无
	平面度		无
	圆度		无
	圆柱度		无
	线轮廓度		无
	面轮廓度		无
方向公差	平行度		有
	垂直度		有
	倾斜度		有
	线轮廓度		有
	面轮廓度		有
位置公差	位置度		有或无
	同心度（用于中心点）		有
	同轴度（用于轴线）		有
	对称度		有
	线轮廓度		有
	面轮廓度		有
跳动公差	圆跳动		有
	全跳动		有

3. 几何公差的代号

几何公差的代号如图 1-2 所示，包括：几何公差特征项目的符

号、几何公差框格和指引线、几何公差值和有关符号、基准字母（形状公差无该项内容）。

4. 几何公差的基准符号

对有方向、位置、跳动公差要求的零件，在图样上必须标明基准，基准符号如图 1-3 所示。

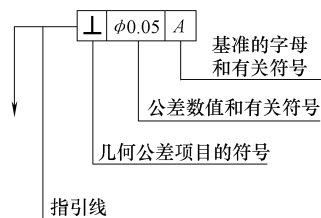


图 1-2 几何公差的代号

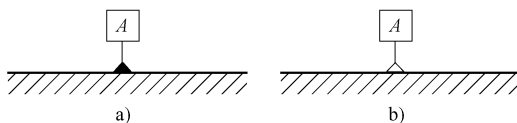


图 1-3 几何公差的基准符号

a) 三角形涂黑 b) 三角形不涂黑

1.2 配合

把轴装入孔时，根据使用目的不同，孔与轴之间需要有合适的尺寸差，这个尺寸差有时可以是正值，有时可以是负值，有时是零。这种孔与轴的相互关系叫做配合。

1.2.1 间隙配合

间隙配合是指具有间隙（包括最小间隙等于零）的配合。它的特点是：①孔的公差带在轴的公差带之上，如图 1-4 所示；②孔和轴配合时存在间隙，允许孔与轴之间有相对的转动。

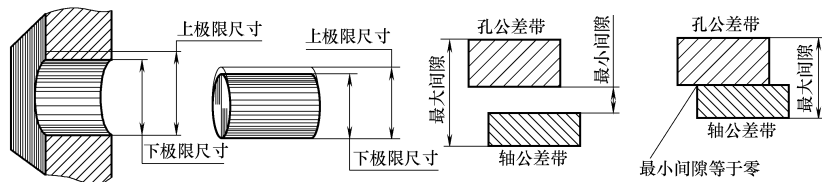


图 1-4 间隙配合

当孔为上极限尺寸而与其相配的轴为下极限尺寸时，配合处于最松状态，此时的间隙称为最大间隙。当孔为下极限尺寸而与其相配的轴为上极限尺寸时，配合处于最紧状态，此时的间隙称为最小间隙。

1.2.2 过盈配合

过盈配合是指具有过盈（包括最小过盈等于零）的配合。它的特点是：①孔的公差带在轴的公差带之下，如图 1-5 所示；②孔和轴配合时存在过盈，不允许孔和轴有相对的转动。

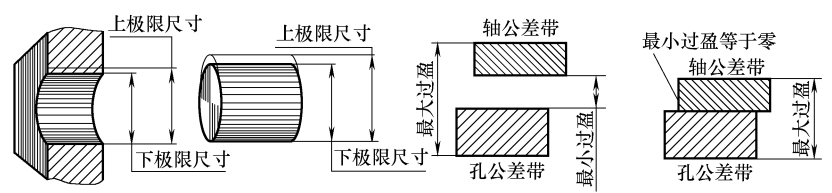


图 1-5 过盈配合

当孔为下极限尺寸而与其相配的轴为上极限尺寸时，配合处于最紧状态，此时的过盈称为最大过盈。当孔为上极限尺寸而与其相配的轴为下极限尺寸时，配合处于最松状态，此时的过盈称为最小过盈。

1.2.3 过渡配合

过渡配合是指可能具有间隙或过盈的配合，它的特点是：①孔的公差带与轴的公差带相互交叠，如图 1-6 所示；②孔和轴配合时，可能存在间隙，也可能存在过盈。

当孔为上极限尺寸而与其相配的轴为下极限尺寸时，配合处于最松状态，此时的间隙称为最大间隙。当孔为下极限尺寸而与其相配的轴为上极限尺寸时，配合处于最紧状态，此时的过盈称为最大过盈。

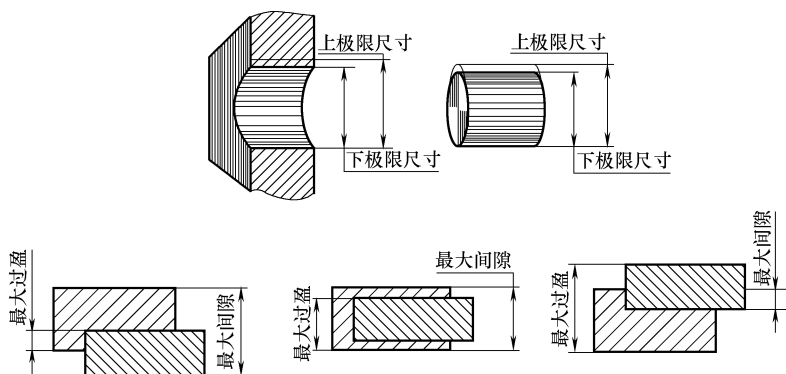


图 1-6 过渡配合

1.3 基孔制与基轴制

在进行孔与轴的配合加工时，要以孔或轴的其中一方为基准，而让另一方与其配合。把孔作为基准叫做基孔制，把轴作为基准叫做基轴制。由于采用基孔制所需的量规等工具的准备费用相对较低，所以一般情况下都采用基孔制。

1.3.1 基孔制

基孔制是先确定一个有一定公差的基础孔，然后再通过相应的轴径大小来确定产生间隙配合或过盈配合，如图 1-7 所示。因此，将难加工的孔作

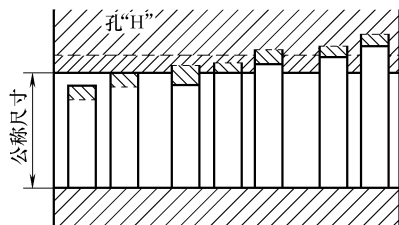


图 1-7 基孔制配合

为基准，让相对容易加工的轴与其相配合，这样就能让加工变得相对容易，这也是基孔制的优点。

基孔制中选作基准的孔称为基准孔，代号为“H”，基准孔以下极限偏差作为基本偏差，数值为零，上极限偏差为正值，因而其公差带位于零线上方。基准孔的下极限尺寸等于公称尺寸。

1.3.2 基轴制

基轴制与基孔制正好相反，先确定基准轴，然后再规定孔径的配合种类，如图 1-8 所示。像传动轴那样一根轴上连续有数种配合时，要采用基轴制。

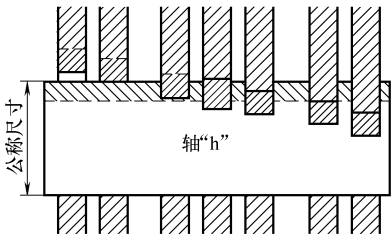


图 1-8 基轴制配合

基轴制中选作基准的轴称为基准轴，代号为“h”。基准轴以上极限偏差作为基本偏差，数值为零，下极限偏差为负值，因而其公差带位于零线下方。基准轴的上极限尺寸等于公称尺寸。

1.4 表面粗糙度

1.4.1 概述

不同的加工方法得到的加工表面的平整度不同，如图 1-9 所示。

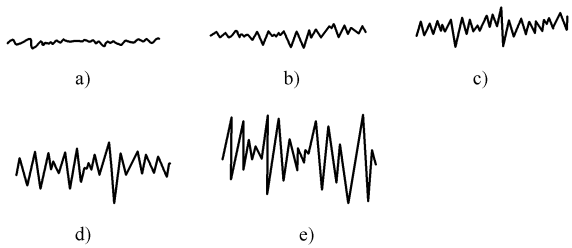


图 1-9 不同加工方法得到的加工表面

a) 研磨加工面 b) 磨削加工面 c) 锉刀加工面
d) 车削加工面 e) 钻孔加工面

无论是什么加工方法获得的零件表面，总会存在着由较小间距和峰谷组成的微量高低不平的痕迹，表述这些峰谷的高低程度和间距状况的微几何形状特性，称为表面粗糙度。它可以反映零件被加工后表面上的微观几何形状误差。

表面粗糙度与零件使用性能的关系如下:

1. 对配合性质的影响

对于有配合要求的零件表面,配合性质都会受到表面粗糙度的影响,如间隙配合时,表面粗糙度值过大则易磨损,使间隙很快增大,从而引起配合性质的改变,特别是在零件尺寸小和公差小的情况下,这种影响更为明显。又如过盈配合时,表面粗糙度值过大会减小实际有效过盈量,从而降低连接强度。因此,提高零件的表面质量,可以提高间隙配合的稳定性或过盈配合的连接强度,从而更好地满足零件的使用要求。

2. 对摩擦、磨损的影响

两个不平的表面接触时首先是表面的凸峰接触,这样两配合表面的实际有效接触面积减少,接触部分压力增大,凸峰被挤压变形甚至折断,若为间隙配合,凸峰之间的作用会形成摩擦阻力,使零件磨损。通常表面越粗糙,摩擦因数就越大,摩擦阻力越大,摩擦所消耗的能量也越大,零件磨损也就越快。

但是,在某些场合(如滑动轴承及液压导轨面的配合处),若表面过于光滑,则不利于润滑油的储存,形成半干摩擦甚至干摩擦,有时还会增加零件接触面的吸附力,反而使摩擦因数增大,加剧磨损。因此,选择合适的表面粗糙度,才能有效地减小零件的摩擦和磨损。

3. 对耐蚀性的影响

若零件的表面越粗糙,腐蚀性的物质则越容易在凹谷处积聚,并逐渐渗透到金属材料的表层,形成表面锈蚀。因此,降低零件表面粗糙度值可提高其耐蚀性。

4. 对零件疲劳强度的影响

零件承受交变载荷的作用时,在表面上凹痕容易形成应力集中现象,零件的负荷加重,其疲劳强度会降低,并有可能因应力集中产生疲劳断裂。因此,在加工中要特别注意提高零件沟槽和台阶圆角处的表面质量,以增加零件的疲劳强度。

5. 对接触刚度的影响

零件表面越粗糙,表面间的实际接触面积就越小,单位面积受

力就越大，峰顶处的塑性变形增大，接触刚度降低，从而影响机器的工作精度和抗振性能。

6. 对结合密封性的影响

表面凹凸不平会导致气体或液体通过表面接触的空隙渗漏。表面越粗糙，结合面的密封性就越差。因而降低表面粗糙度值，可提高零件的密封性能。

综上所述，表面粗糙度直接影响机械零件的使用性能和寿命，因此，应对零件的表面粗糙度数值进行合理的选择确定。

1.4.2 表面粗糙度的形状特征及加工方法（表 1-4）

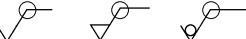
表 1-4 表面粗糙度的形状特征及加工方法

表面粗糙度 <i>Ra</i> /μm	表面形状特征	加工方法
50	明显可见刀痕	粗车、镗、钻、刨
25	微见刀痕	粗车、刨、立铣、平铣、钻
12.5	可见加工痕迹	车、镗、刨、钻、平铣、立铣、 铰、粗铰、磨、铣齿
6.3	微见加工痕迹	车、镗、刨、铣、刮 1 ~ 2 点/ cm ² 、拉、磨、铰、液压、铣齿
3.2	看不见的加工痕迹	车、镗、刨、铣、铰、拉、磨、 滚压、刮 1 ~ 2 点/cm ² 、铣齿
1.6	可辨加工痕迹的方向	车、镗、拉、磨、立、铣、铰、 刮 3 ~ 10 点/cm ² 、滚压
0.8	微辨加工痕迹的方向	铰、磨、刮 3 ~ 10 点/cm ² 、镗、 拉、滚压
0.4	不可辨加工痕迹的方向	布轮磨、磨、研磨、超级加工
0.2	暗光泽面	超级加工
0.1	亮光泽面	超级加工
0.05	镜状光泽面	
0.025	雾状镜面	
0.012	镜面	

1.4.3 表面粗糙度的符号及意义

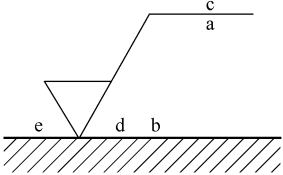
1) 表面粗糙度的图形符号及意义如表 1-5 所示。

表 1-5 表面粗糙度的图形符号及意义

符 号	意义及说明
	基本符号，表示指定表面可用任何工艺获得。当不加注表面粗糙度参数值或有关说明（如表面热处理、局部热处理状况）时，仅适用于简化代号标注，没有补充说明时不能单独使用
	去除材料的扩展符号，基本符号加一短横，表示指定表面是用去除材料的方法获得，如车、铣、钻、磨、剪切、抛光、腐蚀、电火花加工、气割等
	不去除材料的扩展符号，基本符号加一圆圈，表示指定表面是用不去除材料的方法获得，如铸、锻、冲压变形、热轧、冷轧、粉末冶金等；或者是用于保持原供应状况的表面（包括保持上道工序的状况）
	完整符号，当要求标注表面结构的补充信息时，应在上述 3 个图形符号的长边上加一横线
	工件轮廓各表面的图形符号，当在图样某个视图上构成封闭轮廓的各表面有相同的表面结构要求时，应在完整图形符号上加一圆圈，标注在图样中工件的封闭轮廓线上。如果标注会引起歧义时，各表面应分别标注

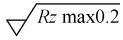
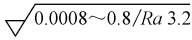
2) 表面结构完整图形符号的组成如表 1-6 所示。

表 1-6 表面结构完整图形符号的组成

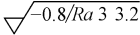
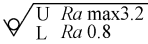
	a	注写表面结构的单一要求。标注表面结构参数代号、极限值和传输带或取样长度。为了避免误差，在参数代号和极限值间应插入空格。传输带或取样长度后应有一斜线“/”，之后是表面结构参数代号，最后是数值
	b	当需注写两个或多个表面结构要求时，在位置 a 注写第一个表面结构要求，在位置 b 注写第二个表面结构要求。如果要注写第三个或更多个表面结构要求，图形符号应在垂直方向扩大，以空出足够的空间。扩大图形符号时，a 和 b 的位置随之上移
	c	注写加工方法。注写加工方法、表面处理、涂层或其他加工工艺要求等，如车、磨、镀等表面加工方法
	d	注写表面纹理和方向，如“=”、“X”、“M”等
	e	注写加工余量。注写所要求的加工余量，以毫米为单位给出数值

3) 表面结构代号标注示例如表 1-7 所示。

表 1-7 表面结构代号标注示例

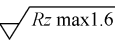
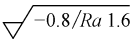
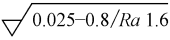
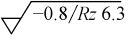
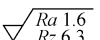
符 号	含 义 解 释
	表示不允许去除材料，单向上限值，默认传输带，R 轮廓，表面粗糙度的最大高度 0.4μm，评定长度为 5 个取样长度（默认），“16% 规则”（默认）
	表示去除材料，单向上限值，默认传输带，R 轮廓，表面粗糙度的最大高度的最大值 0.2μm，评定长度为 5 个取样长度（默认），“最大规则”
	表示去除材料，单向上限值，传输带 0.008 ~ 0.8mm，R 轮廓，算术平均偏差 3.2μm，评定长度为 5 个取样长度（默认），“16% 规则”（默认）

(续)

符 号	含 义 解 释
	表示去除材料，单向上限值，传输带；取样长度 0.8μm (λs 默认 0.0025mm)，R 轮廓，算术平均偏差 3.2μm，评定长度包括 3 个取样长度，“16% 规则”（默认）
	表示不允许去除材料，双向极限值，两极限值均使用默认传输带，R 轮廓。上限值：算术平均值差 3.2μm，评定长度为 5 个取样长度（默认），“最大规则”；下限值：算术平均偏差 0.8μm，评定长度为 5 个取样长度（默认），“16% 规则”（默认）

4) 新旧标准表面结构图形标注对照如表 1-8 所示。

表 1-8 新旧标准表面结构图形标注对照

序号	GB/T 131 的版本			
	1983（第 1 版） ^①	1993（第 2 版） ^②	2006（第 3 版） ^③	说明主要问题的示例
1		 		Ra 只采用“16% 规则”
2		 		除了 Ra “16% 规则”的参数
3	④			“最大规则”
4				Ra 加取样长度
5	④	④		传输带
6				除 Ra 外其他参数及取样长度
7				Ra 及其他参数

14 钳工看图学操作

(续)

序号	GB/T 131 的版本			
	1983 (第 1 版)①	1993 (第 2 版)②	2006 (第 3 版)③	说明主要问题的示例
8	④	$Ry \frac{3.2}{\sqrt{\quad}}$	$\sqrt{Rz \ 6.3}$	评定长度中的取样长度个数如果不是 5
9	④	④	$\sqrt{L \ Ra \ 1.6}$	下限值
10	$\frac{3.2}{\sqrt{1.6}}$	$\frac{3.2}{\sqrt{1.6}}$	$\sqrt{\frac{U \ Ra \ 3.2}{L \ Ra \ 1.6}}$	上、下限值

- ① 既没有定义默认值也没有其他的细节，尤其是：无默认评定长度；无默认取样长度；无“16%规则”或“最大规则”。
- ② 在GB/T 3505—1983和GB/T 10610—1989中定义的默认值和规则仅用于参数 R_a 、 R_y 和 R_z （10点高度）。此外，GB/T 131—1993中存在着参数代号书写不一致问题，标准正文要求参数代号第二个字母标注为下标，但在所有的图表中，第二个字母都是小写，而当时所有的其他表面结构标准都使用下标。
- ③ 新的 R_z 为原 R_y 的定义，原 R_y 的符号不再使用。
- ④ 表示没有该项。

1.4.4 不同加工方法能达到的表面粗糙度 (表 1-9)

表 1-9 不同加工方法能达到的表面粗糙度

[illegible]

(续)

加工方法		表面粗糙度 $Ra/\mu\text{m}$													
		0.012	0.025	0.05	0.10	0.20	0.40	0.80	1.60	3.20	6.30	12.5	25	50	100
热	轧														
模	锻														
冷	轧														
挤	压														
冷	挤														
刮	削														
刨削	粗														
	精														
插	削														
钻	孔														
扩孔	粗														
	精														
金刚镗孔															
镗孔	粗														
	半精														
	精														
铰孔	粗														
	半精														
	精														
拉削	半精														
	精														
滚铣	粗														
	半精														
	精														
端面铣	粗														
	半精														
	精														

16 钳工看图学操作

(续)

加工方法		表面粗糙度 $Ra/\mu\text{m}$													
		0.012	0.025	0.05	0.10	0.20	0.40	0.80	1.60	3.20	6.30	12.5	25	50	100
金刚车															
车外圆	粗														
	半精														
	精														
车端面	粗														
	半精														
	精														
磨外圆	粗														
	半精														
	精														
磨平面	粗														
	半精														
	精														
珩磨	平面														
	圆柱														
研磨	粗														
	半精														
	精														
抛光	一般														
	精														
滚压抛光															
超精加工															
化学磨															
电解磨															
电火花加工															

1.4.5 表面光洁度与表面粗糙度数值换算（表 1-10）

表 1-10 表面光洁度与表面粗糙度数值换算（单位：μm）

表面光洁度		▽1	▽2	▽3	▽4	▽5	▽6	▽7	▽8	▽9	▽10	▽11	▽12	▽13	▽14
表面粗糙度	<i>Ra</i>	50	25	12.5	6.3	3.2	1.60	0.80	0.40	0.20	0.100	0.050	0.025	0.012	—
	<i>Rz</i>	200	100	50	25	12.5	6.3	3.2	1.60	0.80	0.40	0.20	0.100	0.050	

1.5 钳工概述

钳工工作主要是以手工方法为主，利用各种工具和常用设备对金属进行加工，钳工工艺包括锯、锉、铰、刮、钻孔、攻螺纹、套螺纹等加工方法和铆接、粘接、螺纹连接等连接方法，以及划线、测量、按照各种配合方式将零件装配成整体的方法等。钳工加工灵活、方便，能够加工形状复杂、质量要求较高的零件，所用工具简单，制造刀具方便，材料来源充足，成本低；但是劳动强度大，生产率低，产品质量不稳定，对工人技术水平要求较高，主要适用于机械制造、装配、维修，以及不便进行机床加工的手工制作。

钳工分工较细，总体分为：普通钳工、装夹钳工、修理钳工、工具钳工，还有专业性较强的划线工、钻工、模具工等工种。

钳工常用设备有钳台和台虎钳。

（1）钳台 钳台是钳工的主要工作场所，用于放置钳工的各种工具、量具和需要加工的工件，台面上必须装夹台虎钳和防护网，如图 1-10 所示。

钳台装夹台虎钳后高度一般为 950 ~ 1000mm。为了提高锉削效率，减少体力消耗，可以根据操作者身高选择钳台。选择时右手握拳，头部到钳口高度等于下颚到胳膊肘的高度为合适高度，如图 1-11 所示。

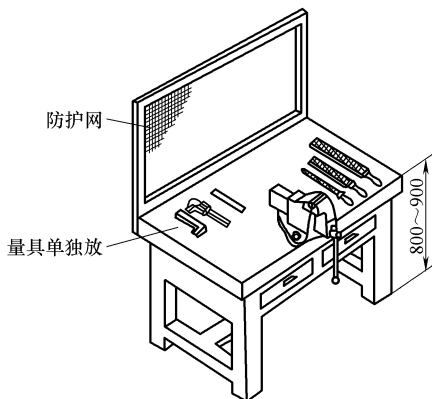


图 1-10 钳台



图 1-11 钳台合适高度

(2) 台虎钳 台虎钳是用来装夹工件的通用夹具,如图 1-12 所示。

装夹台虎钳时,必须使固定钳身的钳口工作面处于钳台边缘外,以防装夹长度较大的工件时受到阻碍。台虎钳一定要装夹牢固,不能有松动现象。



图 1-12 台虎钳

1.6 钳工常用量具及使用方法

1.6.1 概述

为保证产品的质量,必须对加工过程中及加工完成的工件进行严格的测量。量具是测量的基本要素,随着测量技术的发展,量具的种类越来越多,精度越来越高。

(1) 标准量具 用来校对和调整其他量具的量具,即作为检定或测量标准的量具,往往只能制成某一固定的尺寸。如量块、量规、千分尺校验棒、多面棱体、表面粗糙度比较样块等。

1) 量块是长度计量中最基本、最常使用的实物量具之一,如图 1-13 所示。我国常用量块最小和最大标称长度为 0.1mm 和 100mm。

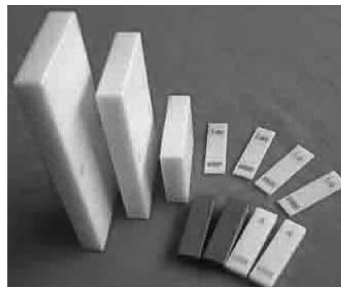


图 1-13 量块

2) 量规通常是具有准确尺寸和形状的实体,例如圆锥体、圆柱体、块状平板、尺子和螺纹件等,如图 1-14 所示。量规不能指示量值,只能根据与被测件的配合间隙、透光程度或者能否通过被测件等来判断被测件是否合格。

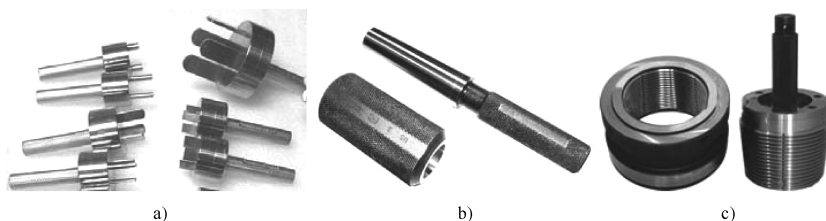


图 1-14 量规

a) 插座量规 b) 莫氏锥度量规 c) 管道螺纹量规

3) 千分尺校验棒是用于校验千分尺的校准试棒,一般有 25mm、75mm、100mm 等规格,如图 1-15 所示。

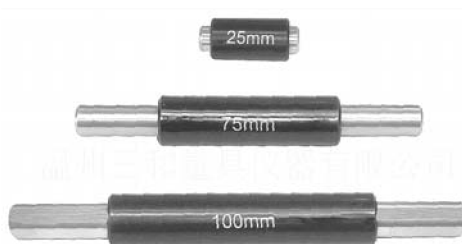


图 1-15 千分尺校验棒

4) 多面棱体如图 1-16 所示, 主要用于检定光学分度头、分度台、测角仪等分度仪器的分度误差, 在高精度的机械加工或测量中也可以作为角度的定位基准。它分为偶数面和奇数面两种。前者的工作角为整数度, 用于检定分度器具轴系的大周期误差, 还可以进行对径测量; 而后者的工作角为非整数度, 可综合检定分度器具轴系的大周期误差和测微器的小周期误差, 能较准确地确定分度器具的不确定度。

5) 表面粗糙度比较样块是用比较法检查零件表面粗糙度的一种量具, 如图 1-17 所示。表面粗糙度比较样块主要是通过视觉和触觉, 用比较的方法来检查工件表面粗糙度, 为设计人员对特定加工方法和表面粗糙度等级的直观感觉和外形特征提供指导, 在机械工业生产中得到广泛的应用。



图 1-16 多面棱体



图 1-17 表面粗糙度比较样块

(2) 万能量具 万能量具即通用量具或常用量具, 一般指由量具厂统一制造的通用性量具。其特点是大多有刻度, 能对多种工件、多种尺寸进行测量, 常用的如钢直尺、游标卡尺、千分尺、百分表、万能角度仪、正弦规、塞尺、水平仪等, 一般测量均可通过常用量具完成。

(3) 专用量具 专用量具也叫非标量具, 是专门为检测某一工件的形状、尺寸等技术参数而设计制造的量具, 一般不能测量零件的具体尺寸, 只能检验工件的形状、尺寸是否合格。常用的有内外沟槽卡尺、钢丝绳卡尺、步距规等量具。

1) 内外沟槽卡尺一般用于测量狭窄内外沟槽的尺寸, 常用的是

数显式，如图 1-18 所示。



图 1-18 内外沟槽高精度数显卡尺

2) 钢丝绳卡尺如图 1-19 所示，主要用于钢丝绳直径测量。钢丝绳实际直径的测量，要用合适的游标卡尺，要求卡尺钳口的宽度不得小于相邻两股的宽度。

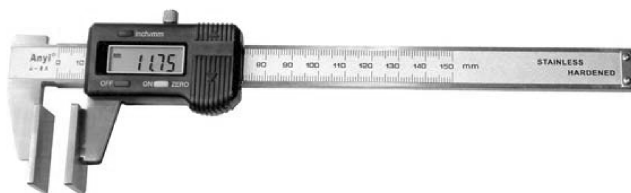


图 1-19 钢丝绳数显卡尺

1.6.2 常用量具及使用方法

1. 钢直尺

钢直尺是最常用的测量工具，其硬度高，不易拉伸，但是其测量精度一般较低，在与其他工具如卡钳的配合下，也可获得比较精确的测量结果。150mm 国产钢直尺如图 1-20 所示。

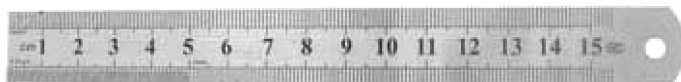


图 1-20 150mm 国产钢直尺

钢直尺在测量时，其端面零线要对准所测量的起点，尺的边缘要与所量的面平行或重合。为了使钢直尺放平，可以用拇指顶在工件上，同时视线与钢直尺的尺面相垂直，如图 1-21 所示。在钢直尺

零线破损时，也可以其他刻线为零线进行测量。

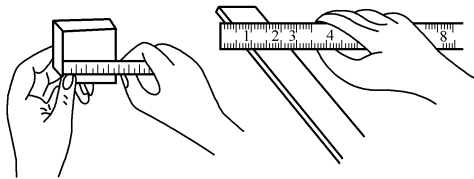


图 1-21 钢直尺测量工件

2. 游标卡尺

游标卡尺是一种带有测量卡爪并用游标读数的通用量尺，可用于测量长度、内外径、深度、孔距等。

(1) 游标卡尺的结构 游标卡尺常用的分为Ⅰ型和Ⅱ型两种，其结构分别如图 1-22 和图 1-23 所示。

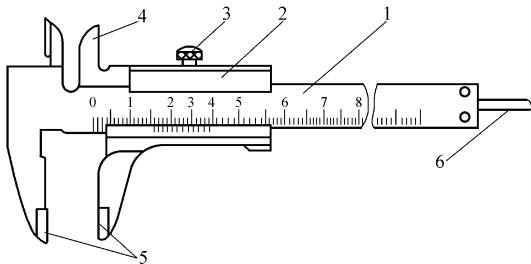


图 1-22 Ⅰ型游标卡尺

1—尺身 2—游标 3—螺钉 4—内径量爪 5—外径量爪 6—深度测量杆

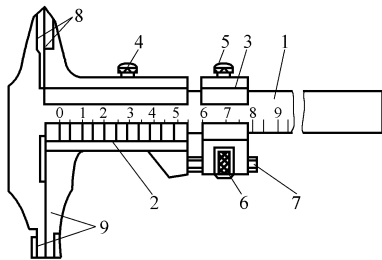


图 1-23 Ⅱ型游标卡尺

1—尺身 2—游标 3—辅助游标 4、5—螺钉 6—微动螺母
7—小螺杆 8—内径量爪 9—外径量爪

I 型游标卡尺应用较多,有 0 ~ 125mm、0 ~ 150mm 两种测量范围。II 型游标卡尺与 I 型游标卡尺相比,除不能用于测量深度外,其余功能与 I 型相同。其测量范围有 0 ~ 200mm、0 ~ 300mm 两种。

(2) 游标卡尺的读数原理和方法 游标卡尺的读数原理和方法主要体现在所用的游标上。

1) 常用游标卡尺按其精度可分为 3 种: 0.1mm、0.05mm 和 0.02mm。假如我们所使用的是

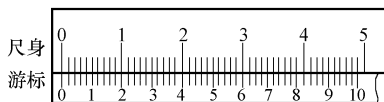


图 1-24 0.02mm 游标卡尺的刻线原理

是精度为 0.02mm 的游标卡尺, 则其游标尺身上每 1 小格代表

1mm, 每 1 大格代表 10mm; 游标即游标共分 50 格, 当卡尺上下测量爪合并时, 尺身上 49 格正好等于游标上 50 格, 所以游标上每 1 小格为 $49\text{mm}/50 = 0.98\text{mm}$, 即尺身每 1 小格与游标每 1 小格相差 $1\text{mm} - 0.98\text{mm} = 0.02\text{mm}$, 也就是说, 该游标卡尺的测量精度为 0.02mm, 如图 1-24 所示。

2) 游标卡尺的读数方法可按以下步骤进行: 先读出游标零线左边在尺身上的整毫米值, 接着在游标上找到与尺身刻线对齐的刻线, 在游标的刻度尺上读出小数毫米值, 最后将上述两项所读数加起来, 即为所测工件的实际尺寸。具体示例如图 1-25 和图 1-26 所示。

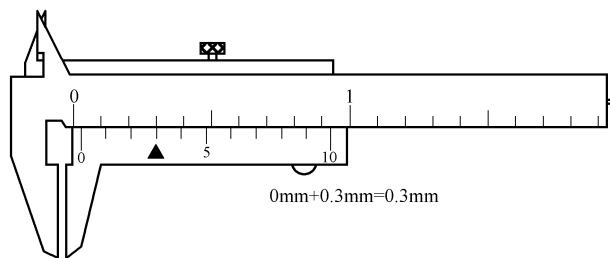


图 1-25 游标卡尺的读数示例一

(3) 游标卡尺的使用方法 游标卡尺的使用方法如下:

1) 使用前用软布将量爪擦干净, 使其并拢, 查看游标和尺身的

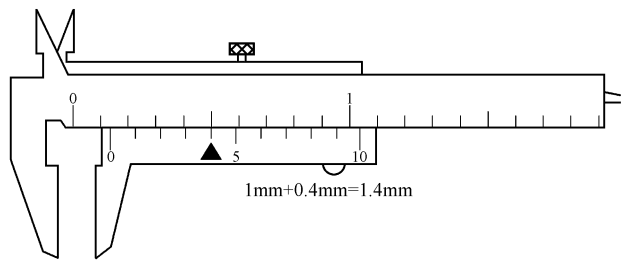


图 1-26 游标卡尺的读数示例二

零刻度线是否对齐。如果对齐就可以进行测量；如果没有对齐则要记取零误差：游标的零刻度线在尺身零刻度线右侧的叫正零误差，在尺身零刻度线左侧的叫负零误差（这种规定方法与数轴的规定一致，原点以右为正，原点以左为负）。

2) 测量时，右手拿住尺身，大拇指移动游标，左手拿待测外径（或内径）的物体，使待测物位于外测量爪之间，当与量爪紧紧相贴时，即可读数。

3) 读数时，视线应与尺面垂直。如需固定读数，可用紧固螺钉将游标固定在尺身上，防止滑动。另外，也可多次读数，再取平均值来减少偶然误差。

3. 千分尺

千分尺即螺旋测微计，其精度较高，比游标卡尺更精密，用它测长度可以准确到 0.01mm，测量范围为几厘米。

(1) 千分尺的结构

一般的刻度千分尺主要由测量螺杆、尺架等组成，如图 1-27 所示。



图 1-27 刻度千分尺

数显千分尺其结构大致相同，只是改为数字显示，如图 1-28 所示。

(2) 刻度千分尺的读数和使用方法 数显千分尺的读数可从显



图 1-28 数显千分尺

示器上直接读出，在此不作详细介绍，这里主要介绍刻度千分尺的读数方法。同游标卡尺一样，刻度千分尺的读数等于尺身刻度 + 游标刻度。

读数时，首先读出游标（即微分筒边缘）在尺身（即固定套筒）上的读数，再对照微分筒上哪一格与尺身上的基准线对齐，然后把两个数相加即是最终结果。刻度千分尺读数示例如图 1-29 所示。

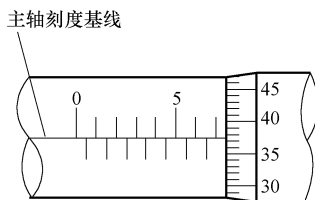


图 1-29 刻度千分尺读数示例

(3) 千分尺使用注意事项 在使用千分尺应注意以下几项：

- 1) 在原则上是必须双手握紧测量，但根据情况，为了测量方便，允许用一只手保持，进行测量。
- 2) 在测量时，对被测件施加的压力是由棘轮来控制的，旋转副轴加压和棘轮加压是相关的。
- 3) 在测量完成后，千分尺表面应擦拭干净。两测量面不需要完全旋紧，可稍留空隙。

4. 百分表

百分表是利用齿条齿轮或杠杆齿轮传动，将测杆的直线位移变为指针的角位移的计量器具。主要用于测量工件的尺寸和形状、位置误差等。分度值为 0.01mm，测量范围为 0 ~ 3mm、0 ~ 5mm、0 ~ 10mm 三种。

(1) 百分表的结构 一般百分表主要由 3 个部件组成：表体部分、传动系统和读数装置，如图 1-30 所示。

另外，还有一种内径百分表，主要用于测量和检测工件的内孔、

深孔直径及其形状精度，如图 1-31 所示。



图 1-30 百分表



图 1-31 内径百分表

(2) 百分表的刻线原理、读数及使用方法 百分表的结构较简单，传动机构是齿轮系，外廓尺寸小，重量轻，传动比较大，采用圆周刻度，并且有较大的测量范围。不仅能作比较测量，也能作绝对测量。使用时，百分表的测量杆移动 1mm，通过齿轮传动系统，大指针沿着刻度盘的圆周旋转 100 个刻度，当指针转过 1 格时，表示所测量的尺寸变化为 $1\text{mm}/100 = 0.01\text{mm}$ 。即百分表的分度值为 0.01mm。

百分表的读数方法是先读小指针转过的刻度线（即毫米整数），再读大指针转过的刻度线（即小数部分），并乘以 0.01，然后两者相加，即得到所测量的数值。

百分表使用时一般要装夹在专用的表座或磁性表座上，如图 1-32 所示。

(3) 百分表的使用注意事项 百分表是精密仪器，使用时应注意以下几点：

1) 使用前，应先检查百分表是否在受控范围，检查测量杆活动的灵活性。即轻轻推动测量杆时，测量杆在套筒内的移动要灵活，

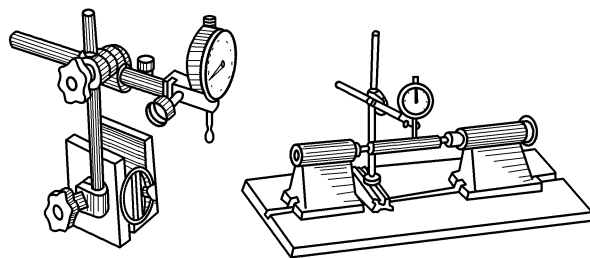


图 1-32 百分表的装夹

没有如何轧卡现象，每次手松开后，指针能回到原来的刻度位置。

2) 使用时，必须把百分表固定在可靠的装夹架上。不可随便夹在不稳固的地方，否则容易造成测量结果不准确，或摔坏百分表。

3) 测量时，不要使测量杆的行程超过它的测量范围，不要使表头突然撞到工件上，也不要使百分表测量表面粗糙或有显著凹凸不平的工件。

4) 用百分表矫正或测量零件时，该当使测量杆有一定的初始测力。

5. 万能角度尺

万能角度尺又被称为角度规、游标角度尺和万能量角器，它也是利用游标读数原理来直接测量的一种角度量具，主要用来测量工件内外角度或进行划线。

(1) 万能角度尺的结构 常用的万能角度尺有两种类型：Ⅰ型和Ⅱ型，如图 1-33 所示。

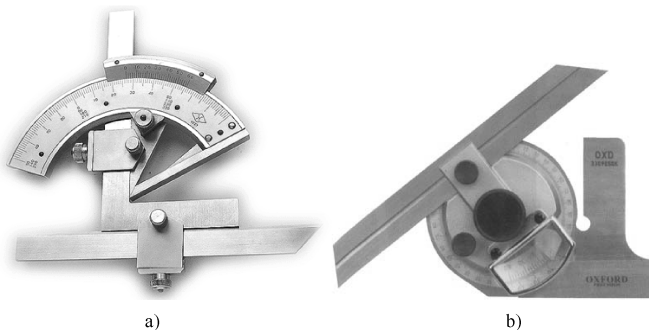


图 1-33 万能角度尺

a) Ⅰ型 b) Ⅱ型

(2) 万能角度尺的读数及使用方法 同游标卡尺一样, 万能角度尺采用游标上提高精度的设计, 如图 1-34 所示。其尺身刻度每 1 格为 1° , 游标上总角度为 29° , 并等分为 30 格, 每格所对应的角度为 $29^\circ/30 = 60' \times 29/30 = 58'$ 。因此, 尺身 1 格与游标 1 格相差: $1^\circ - 58' = 2'$, 也就是说万能角度尺的测量精度为 $2'$ 。

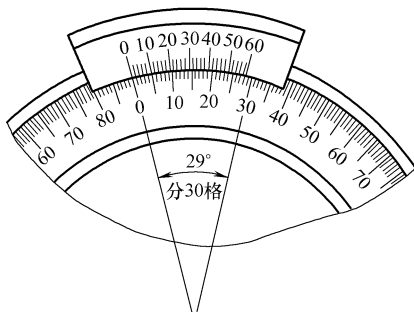
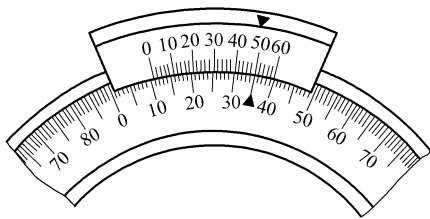


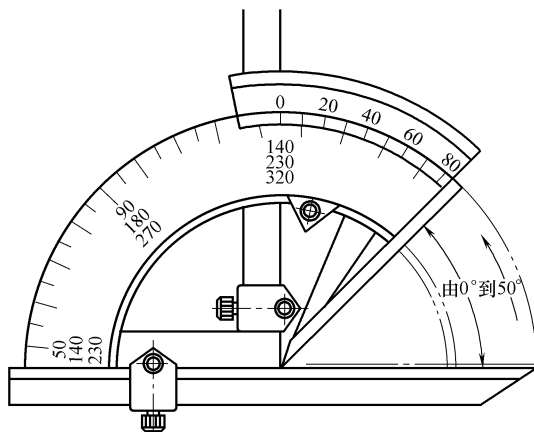
图 1-34 万能角度尺的精度设计

读数时, 先从尺身上读出游标零线前面的整读数, 再在游标找出是哪根刻线和尺身刻线对齐, 读出小数部分, 两者相加就是被测件的角度数值。示例如图 1-35 所示。

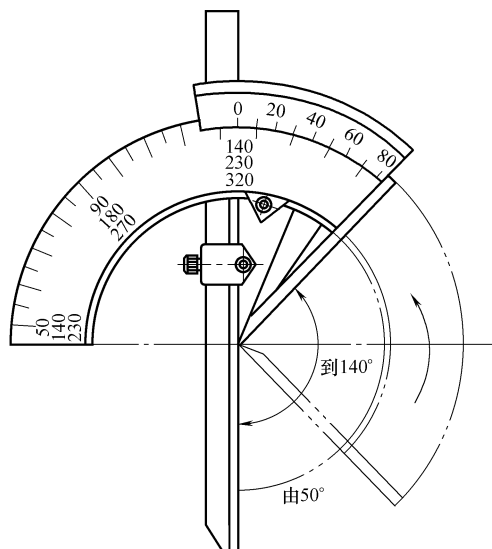
图 1-35 万能角度尺读数示例 ($35^\circ 50'$)

测量时, 要根据所测工件的具体情况, 调整角尺或直尺的位置, 用卡块上的螺钉固定好, 再来调整基尺测量面与其他有关测量面之间的夹角。这时, 要先松开制动头上的螺母, 移动尺身作粗调整, 然后再转动扇形板背面的微动装置作细调整, 直到两个测量面与被测表面密切贴合为止。然后拧紧制动头上的螺母, 把角度尺取下来进行读数。现以 I 型万能角度尺为例进行介绍。

1) 测量 $0^\circ \sim 50^\circ$ 之间的角度时, 角尺和直尺全部装上, 工件的被测部位放在基尺和直尺的测量面之间进行测量, 如图 1-36 所示。

图 1-36 测量 $0^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 之间的角度

2) 测量 $50^{\circ} \sim 140^{\circ}$ 之间的角度时, 可把角尺卸掉, 把直尺装上去, 使之与扇形板连在一起, 工件的被测部位放在基尺和直尺的测量面之间进行测量, 如图 1-37 所示。

图 1-37 使用直尺测量 $50^{\circ} \sim 140^{\circ}$ 之间的角度

也可以不拆下角尺,只把直尺和卡块卸掉,再把角尺拉到下边来,直到角尺短边与长边的交线和基尺的尖棱对齐为止。把工件的被测部位放在基尺和角尺的长边的测量面之间进行测量,如图 1-38 所示。

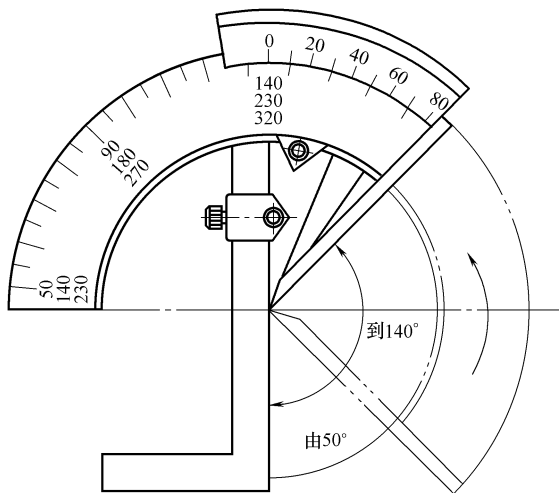


图 1-38 使用角尺测量 $50^{\circ} \sim 140^{\circ}$ 之间的角度

3) 测量 $140^{\circ} \sim 230^{\circ}$ 之间的角度时,可把直尺和卡块卸掉,只装角尺,但要把角尺推上去,直到角尺短边与长边的交线和基尺的尖棱对齐为止。把工件的被测部位放在基尺和角尺的短边的测量面之间进行测量,如图 1-39 所示。

4) 测量 $230^{\circ} \sim 320^{\circ}$ 之间的角度时,可把角尺、直尺和卡块全部卸掉,只留下扇形板和尺身(带基尺)。把工件的被测部位放在基尺和扇形板测量面之间进行测量,如图 1-40 所示。

6. 正弦规

正弦规是利用三角函数的正弦关系来准确检验零件及量规角度和锥度的量具,又称为正弦尺或正弦台。正弦规具有结构简单、使用方便、测量精度高的特点。

(1) 正弦规的结构 正弦规主要分为窄型和宽型两种,如图 1-41 和图 1-42 所示。

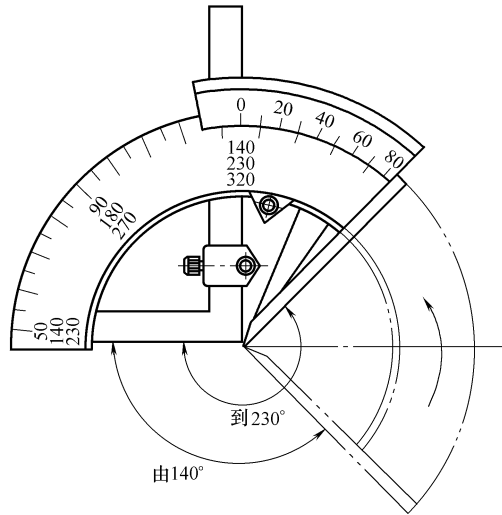


图 1-39 测量 140° ~ 230° 之间的角度

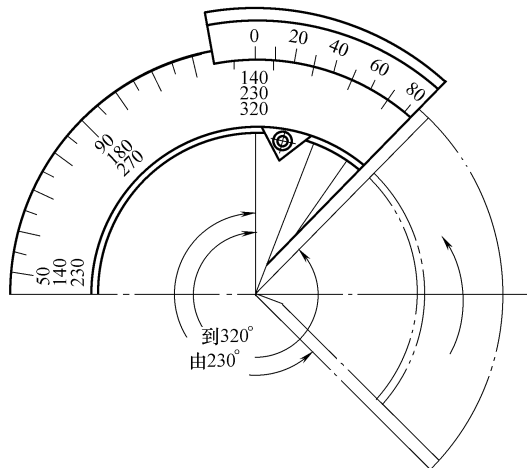


图 1-40 测量 230° ~ 320° 之间的角度

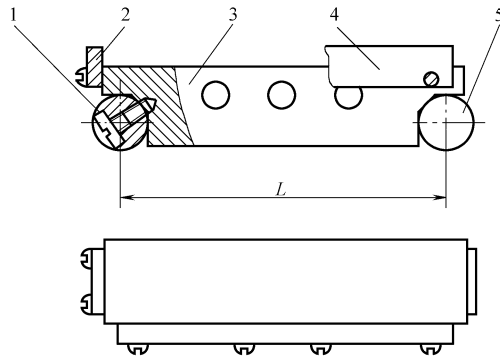


图 1-41 窄形正弦规

1—螺钉 2—前挡板 3—主体 4—侧挡板 5—圆柱

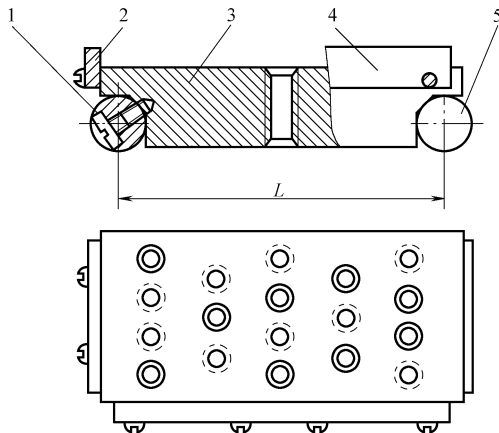


图 1-42 宽形正弦规

1—螺钉 2—前挡板 3—主体 4—侧挡板 5—圆柱

正弦规精度一般情况下有两种，分别为零级和一级，正弦规大多数情况下用于测量小于 45° 的角，在测量小于 30° 的角度时，精准度可达 $3'' \sim 5''$ 。正弦规的主要尺寸如表 1-11 所示。

表 1-11 正弦规的主要尺寸

形式	精度等级	主要尺寸/mm			
		L	B	D	H
窄形	0 级	100	25	20	30
	1 级	200	40	30	55
宽形	0 级	100	80	20	40
	1 级	200	80	30	55

注： L —正弦规两圆柱的中心距； B —正弦规主体工作平面的宽度； D —两圆柱的直径； H —工作平面的高度。

(2) 正弦规的测量原理 正弦规是利用正弦原理来测量的。如图 1-43 所示，正弦规的两个圆柱平行且直径相等，若在正弦规工作面上放置一圆锥工件，其圆锥角为 α ，并使圆锥轴线与正弦规两圆柱的轴线垂直。通过调整量块尺寸 h ，使圆锥上边线与平板平行。

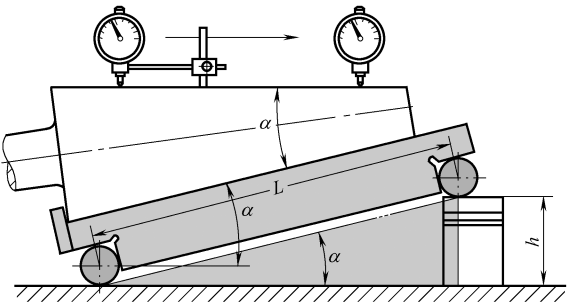


图 1-43 正弦规的测量原理

(3) 正弦规的使用方法
使用时，将正弦规放在平板上，圆柱的一端用量块垫高，被测工件放在正弦规的平面上，如图 1-44 所示。量块的高度可以根据被测工件圆锥半角进行精确计算获得。再用百分表检验工件圆锥面的两端高度，若读数相同，则说明圆锥半角正确。

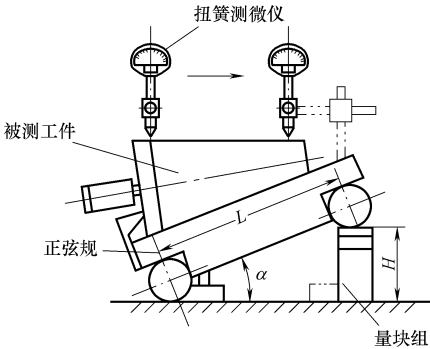


图 1-44 正弦规的使用方法

7. 塞尺

塞尺是用于检验间隙的测量量具之一，又称为测微片。

(1) 塞尺的结构 塞尺有单片和成组两种形式，分别如图 1-45 和图 1-46 所示，成组较为多见。

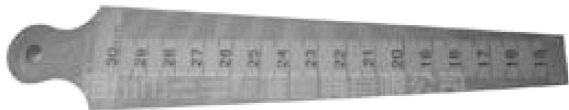


图 1-45 单片塞尺

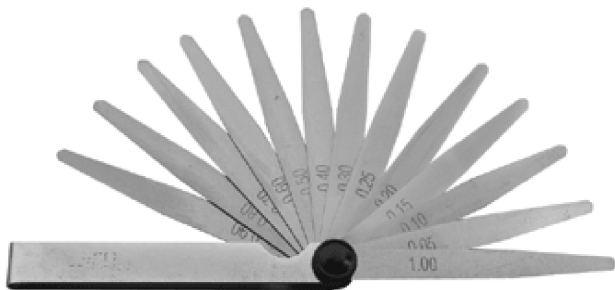


图 1-46 成组塞尺

(2) 塞尺的使用方法 塞尺使用较为简单，只要清除塞尺和工件表面污垢与灰尘，再将单片或几片重叠插入所要测量的间隙即可。注意不能过紧，以稍感拖滞为宜。测量时动作要轻，切忌用力插入，以防损坏塞尺和工件。另外，塞尺一般不允许测量温度较高的工件。

8. 水平仪

水平仪是一种测量小角度的常用量具。在机械行业和仪表制造中，用于测量相对于水平位置的倾斜角、机床类设备导轨的平面度和直线度、设备装夹的水平位置和垂直位置等。

(1) 水平仪的结构 根据水平仪的外形不同可分为框式水平仪和条式水平仪两种，如图 1-47 所示。

(2) 水平仪的读数方法 框式水平仪和条式水平仪的读数不同。条式水平仪由作为工作平面的 V 形底平面和与工作平面平行的



图 1-47 水平仪

a) 框式水平仪 b) 条式水平仪

水准器（俗称气泡）两部分组成。工作平面的平直度和水准器与工作平面的平行度都做得很精确。当水平仪的底平面放在准确的水平位置时，水准器内的气泡正好在中间位置，即水平位置。在水准器玻璃管内气泡两端刻线为零线的两边，刻有不少于 8 格的刻度，刻线间距为 2mm。当水平仪的底面与水平位置有微小的差别时，也就是水平仪底平面两端有高低时，水准器内的气泡由于地心引力的作用总是往水准器的最高一侧移动，气泡移动也较大，在水准器的刻度上就可读出两端高低的差值。

框式水平仪框架的测量面有平面和 V 形槽，V 形槽便于在圆柱面上测量。弧形玻璃管的表面上有刻线，内装乙醚或酒精，并留有一个水准泡，水准泡总是停留在玻璃管内的最高处。若水平仪倾斜一个角度，气泡就向左或向右移动，根据移动的距离，直接或通过计算即可知道被测工件的直线度、平面度或垂直度误差。

如图 1-48 所示，精度为 0.02mm/1000mm 的框式水平仪玻璃管，曲率半径 $R = 103132\text{mm}$ ，当平面在 1000mm 长度中倾斜 0.02mm，则倾斜角 θ 为

$$\tan\theta = 0.02/1000 = 0.00002$$

$$\theta = 4''$$

水准泡转过的角度应与平面转过的角度相等，测水准泡移动的距离（1 格）为

$$\begin{aligned} a &= 2\pi R\theta / (360 \times 60 \times 60) \\ &= 2\pi 103132\text{mm} \times 4 / (360 \times 60 \times 60) = 2\text{mm} \end{aligned}$$

第2章 划 线

2.1 划线概述

划线是生产中不可缺少的工序，也是钳工操作中的一项主要工作内容。

划线是指根据图样要求，在毛坯或工件上用划线工具划出待加工部位的轮廓线或作为基准的点、线的操作。通过划线可按图样上的视图尺寸，在毛坯上或经过粗加工后的工件上划出加工线，可以明确地表示工件待加工部位的轮廓线及反映毛坯的加工余量；由于划线工作是一项细致的工作，通过划线能及早发现毛坯件的缺陷，并通过找正和借料方法挽救有缺陷的毛坯件，减少不必要的损失。

按照划线在加工中的作用，划线分为加工线、找正线、证明线三种，如图 2-1 所示。

1. 划线的种类

根据划线的形式，划线分为平面划线和立体划线两种。

(1) 平面划线 只需在毛坯或工件的一个表面上划线后即能明确表示加工界限，与平面作图法类似，如图 2-2 所示。

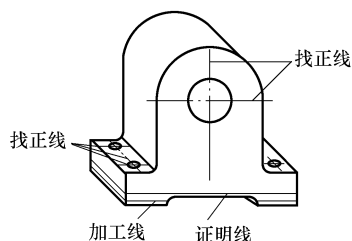


图 2-1 工件上的加工线、找正线和证明线

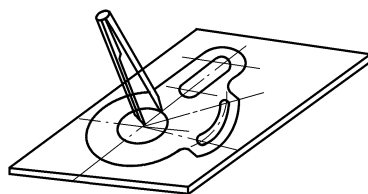


图 2-2 平面划线

(2) 立体划线 在毛坯或工件上几个互成不同角度（通常是

相互垂直)的表面上划线(即在长、宽、高三个方向上划线),才能明确表示加工界限,该种划线方式称为立体划线,如图 2-3 所示。

2. 划线的作用

划线工作不仅在毛坯表面上进行,也经常已在加工过的表面上进行,如在加工后的平面上划出钻孔及多孔之间相互关系的加工线,其作用如下:

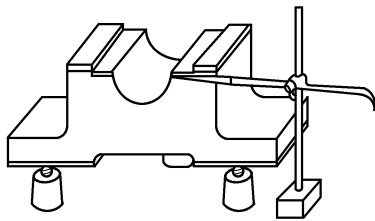


图 2-3 立体划线

1) 确定工件的加工余量,使机械加工时有明确的尺寸界限。在单件或小批量生产过程中,用划线来检查毛坯或半成品的形状和尺寸,合理地分配各加工表面的余量,及早发现不合格产品。

2) 便于复杂工件按划线来找正在机床上的正确位置。所划的轮廓线即为毛坯或半成品的加工界限和依据,所划的基准点或线是工件装夹时的标记或矫正线。

3) 采用借料划线可以使误差不大的毛坯得到补救,使加工后的零件仍能符合图样要求。

3. 划线的基本要求

划线是一项复杂、细致的重要工作,如果将划线划错,就会造成加工工件的报废,所以划线直接关系到产品的质量。

划线的基本要求是:尺寸准确、位置正确、线条清晰、冲眼均匀。具体要求如下:

- 1) 保证工件的尺寸准确。
- 2) 保证划线线条清晰均匀。
- 3) 确保工件长、宽、高三个方向线条的互相垂直。

4) 不能依靠划线直接确定加工零件的最后尺寸。由于划线的线条有一定的宽度,一般划线精度在 $0.25 \sim 0.5\text{mm}$,因此工件的加工精度(如尺寸、形状精度等)不能完全由划线来确定,加工的最后尺寸精度必须用测量工具来控制,以保证工件尺寸的精确。

2.2 划线常用工具及使用方法

2.2.1 基准工具

划线平板由铸铁制成，其平面是划线的基准平面（如图 2-4 所示），要求非常平直和光洁，且需对平台进行完全消除内应力及变形加工处理。高级的平台一般需进一步精加工后达到一定的精度要求。

平台的大小用长×宽×高表示。大型的平台应放置在低矮的木架上，也可以直接装夹在混凝土的基础上。平面的面在任何情况下都必须保持水平，小的平台是放在操作台上使用的。

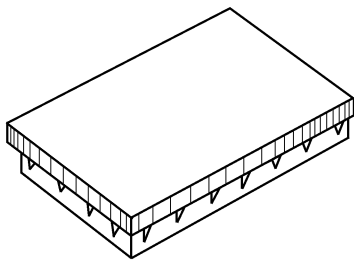


图 2-4 划线平板

划线平台应特别注意其表面的平整度，以及不能使其被划伤。使用时要注意：

- 1) 安放时要平稳牢固，上平面应保持水平。
- 2) 不准碰撞和用锤敲击平板，以免使其精度降低，特别要注意金属平台的表面不允许有敲打的痕迹。
- 3) 长期不用时，应涂油防锈，并加盖保护罩。

2.2.2 装夹工具

1. 方箱

方箱一般是由铸铁制成的空心立方体，如图 2-5 所示。其各表面均经刨削及精刮加工，六面成直角（各相邻的两个面均互相垂直）。工件夹到方箱的 V 形槽中，能迅速地划出三个方向的垂线。方箱用于装夹、支承尺寸较小而加工面较多的工件。通过翻转方箱，便可在工件的表面上划出互相垂直的线条。

2. 千斤顶

千斤顶是在平板上支承较大及不规则工件时使用的，其高度可

以调整，如图 2-6 所示。通常三个一组使用，螺杆的顶端淬硬，一般用来支承形状不规则、带有伸出部分的工件和毛坯件，以进行划线和找正工作。



图 2-5 方箱

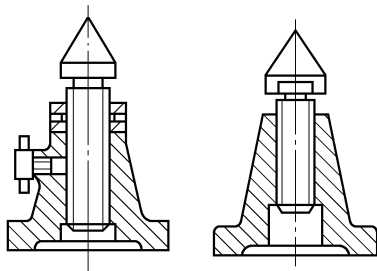


图 2-6 千斤顶

3. V 形块

V 形块用于支承圆柱形工件，使工件轴线与底板平行，如图 2-7 所示。一般由铸铁或碳钢精制而成，相邻各面互相垂直，主要用来支承轴、套筒、圆盘等圆形工件，以便于找中心和划中心线，保证划线的准确性，同时保证了稳定性。

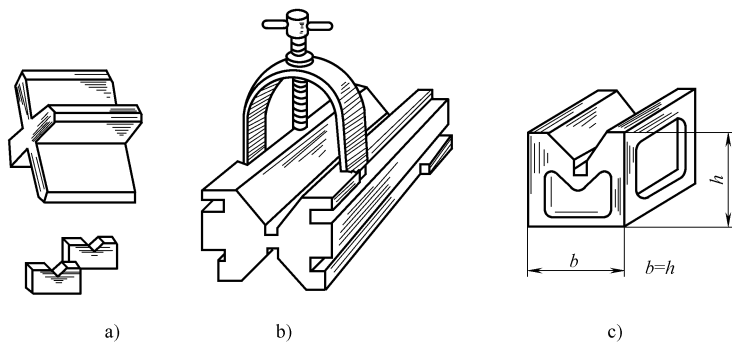


图 2-7 V 形块

a) 普通 V 形块 b) 带有装夹架的 V 形块 c) 精密 V 形块

4. 台座

(1) 平行台座 平行台座一般为两个一组，采用具有长方形断

面的铸铁或钢制成,如图2-8所示。其表面采用刨削或研磨的方法加工成垂直度和平行度较高的平面。

(2) V形台座 如图2-9所示,V形台座一般为两个一组,采用铸铁或钢制成。台座有1个或多个V形槽,V形槽的大小一般用长度表示,普遍V形槽的长度为50~200mm。

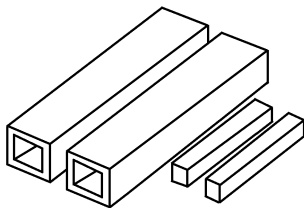


图2-8 平行台座

5. 斜铁

斜铁主要用于支持毛坯工件,并可以作少量的调节,如图2-10所示。

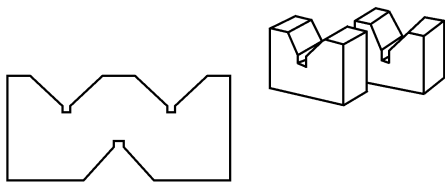


图2-9 V形台座



图2-10 斜铁

6. 分度头

分度头是一种较准确的等分角度工具,常用它在工件表面进行划分度线,如图2-11所示。

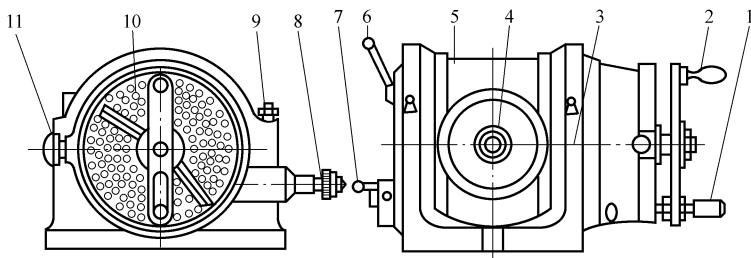


图2-11 分度头

- 1—定位销 2—手柄 3—底座 4—主轴 5—回转体 6—主轴刹紧手柄
7—脱落手柄 8—轮轴 9—螺母 10—分度盘 11—分度盘刹紧手柄

使用时,将分度头放在划线平板上,配以划针盘或高度游标尺,

即可对工件进行划线。具体用法如下：

- 1) 将工件装夹呈水平、垂直位置，可划平行线、垂直线。
- 2) 将工件装夹呈倾斜的位置，可在工件表面划出倾斜角度线或不等分线。

- 3) 可刻制标尺，并可对工件作纵向横向等相对位置的检测。

使用万能分度头应注意以下事项：

- 1) 在分度头上装夹和拆卸工件时，应先拧紧主轴锁紧手柄，将分度头主轴锁紧，在紧固工件时不能用力过大，也不能用力敲击工件。
- 2) 分度之前要先把分度头主轴锁紧手柄松开，分度后再锁紧主轴。
- 3) 在进行分度时，如果需两个方向摇动时，要注意消除分度头传动间隙。如果摇过预定转数，则应反向多摇半圈，再慢慢正向摇至所需预定孔位。
- 4) 调整分度头主轴时，要先松开其基座后部螺母，再稍微松开基座主轴前部螺钉，这时就可将主轴转到竖直或倾斜位置，如图 2-12 所示。调整后，先紧固前部螺钉，再紧固后部螺母。

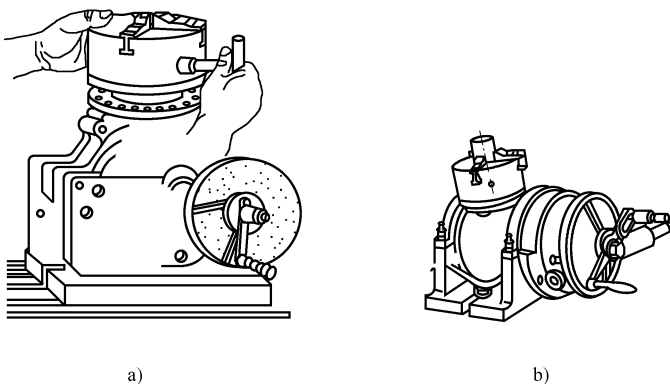


图 2-12 调整分度头的主轴位置

a) 主轴竖直位置 b) 主轴倾斜位置

- 5) 如图 2-13 所示，在加工较长工件时，应在中间部位用千斤顶支承工件，用以避免加工中的振动，增强铣削的稳定性。

7. 角铁

角铁常用于装夹需要划线的工件，其形状如图 2-14 所示。

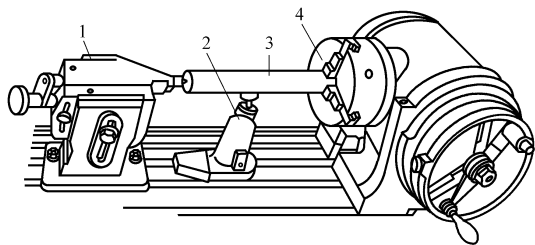


图 2-13 用千斤顶支承工件
1—尾架 2—千斤顶 3—工件 4—分度头

8. 中心架

中心架用于调整带尖头的可伸缩螺钉，可将中心架固定在工件的空心孔中，以便于划中心线，其形状如图 2-15 所示。

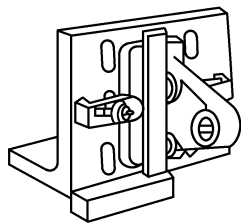


图 2-14 角铁

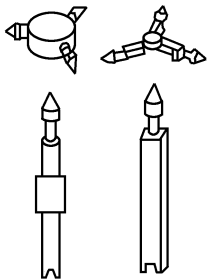


图 2-15 中心架

2.2.3 直接划线工具

1. 划针

划针是在工件表面划线用的工具，常用的划针用工具钢或弹簧钢制成（有的划针在其尖端部位焊有硬质合金），直径为 $\phi 3 \sim \phi 6\text{mm}$ ，如图 2-16 所示。

划线针使用时，应注意以下要领：

- 1) 先检查划线针的尖部，如已磨损应用油石将其磨尖。如图 2-17 所示，将划线针的尖部沿着油石的长度方向滚动，注意针尖应磨成圆锥形。
- 2) 竖线的划法为从下往上划。
- 3) 垂直线用直角尺作为辅助工具。

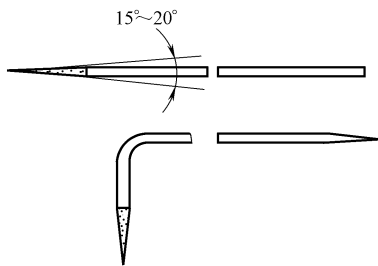


图 2-16 划针

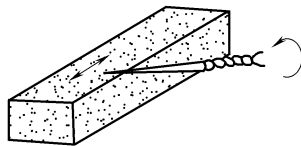


图 2-17 针尖的磨刃方向

- 4) 线应一次划成，不可反复划涂，以免影响其精度。
- 5) 划圆棒的轴线应使用三角尺作辅助工具。
- 6) 注意划线的力度：钢铁材料及硬质材料划的力度大一些，而加工其他金属划的力度要小一些。

2. 划针盘

(1) 划针盘 主要用于立体划线和矫正工件的位置。它由底座、立杆、划针和锁紧装置等组成。

普通划针盘的划针一端（尖端）一般都焊上硬质合金用于划线，另一端制成弯头，用于矫正工件，如图 2-18 所示。普通划针盘刚性好、不易产生抖动，应用很广。

微调划针盘的使用方法与普通划针盘相同，不同的是其具有微调装置，如图 2-19 所示。拧动调整螺钉，即可使划针尖端有微量的上下移动。使用时调整尺寸方便，但刚性较差。

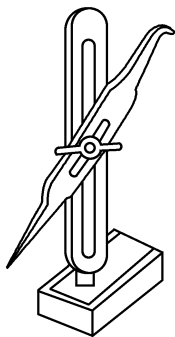


图 2-18 普通划针盘

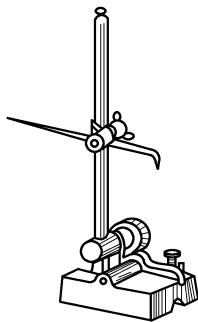


图 2-19 微调划针盘

(2) 使用划针盘的划线操作 先将划针盘的划线针装置调整到需要的刻度,然后将划线针对准工件需要划线的面,让划针盘底座在划线平台上滑动对工件进行划线。

1) 划针盘的刻度校对。划针盘的刻度校对按以下的顺序进行:
 ①将比例尺的端面与划线平台贴合在一起,固定好立式比例尺;②当针尖达到与比例尺的刻度保持大致水平位置后拧紧螺钉;③将划针对准比例尺的刻度,这时目测会发现两者间是否保持水平,校准尺寸时如需要微调,则可用木槌轻轻敲击划针的另一端(见图 2-20);④对准后将小螺钉完全拧紧,应确认拧紧至划线操作时针不会移动,也可用木槌轻轻击打以保证拧紧;⑤再次确认针尖的位置,划针盘与比例尺刻度的校合如图 2-21 所示,应紧紧压住划针盘的底座,划针应设定在水平或略微向下倾斜的位置上,但针尖的倾斜角度过大则不利于稳定地划线操作。

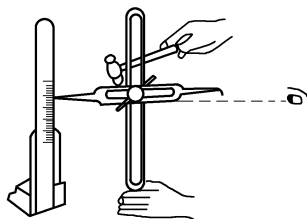


图 2-20 划针盘的刻度校合

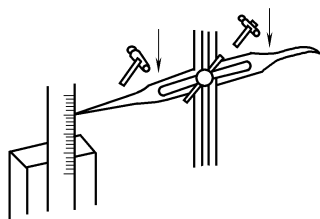


图 2-21 针尖的调整

2) 用划针盘进行划线,如图 2-22 所示。划线操作时,由于针尖与工件需要接触,所以用两只手将划针盘台座部分按在划线平台上,让划线平台移动是很重要的。这时工件的划线面与划线针的行进方向应成 60° 的状态。针尖如果与工件垂直相交,则容易产生振动,不能力度均衡地划线。

3) 用划针盘划线时的注意事项:①校核刻度操作时,针尖一定要离开比例尺方可进行微调,当针尖碰到比例尺刻度时不能进行微调;②不允许为了确认针尖的位置,用划针盘在比例尺上临时划线;③划线应有一定力度,达到划一次即可明显看出痕迹的程度;④当工件很小需要用一只手扶住工件使其不移动的情况下,可用右手将台座从上往下压让其在划线平台上移动进行划线操作;⑤划线操作

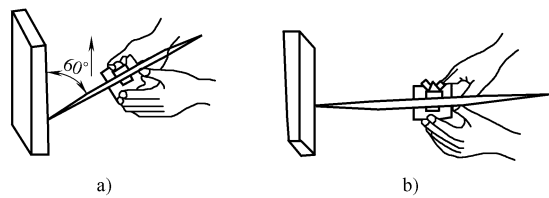


图 2-22 用划针盘划线

a) 正确方式举例 b) 错误方式举例

结束后，应将划针向下与柱子平行放置；⑥上述所说的划针盘划线操作是指工件直接固定在划线平台上的操作，当需要将工件设置在其他台座上或使用微型千斤顶找出圆心时，应注意划针盘的刻度校合条件的变化。

3. 划规

划规是划圆或弧线、等分线段及量取尺寸等用的工具，如图 2-23 所示。划规由工具钢或不锈钢制成，两脚尖端淬硬，或在两脚尖端焊上一段硬质合金，使之耐磨。可用来量取的尺寸、角度、划分线段、划圆、划圆弧线、测量两点间距离等。它的用法与制图的圆规相似。

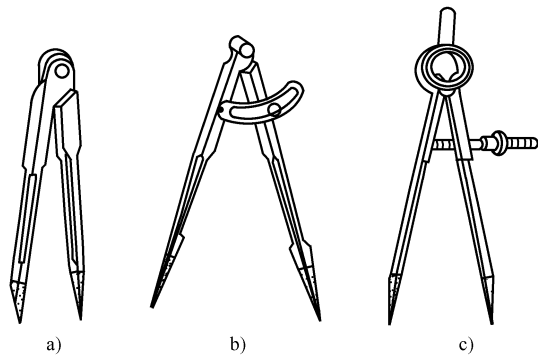


图 2-23 划规

a) 普通划规 b) 扇形划规 c) 弹簧划规

4. 划卡

划卡又称单脚划规，主要用于确定轴和孔的中心位置，如图 2-24 所示。

5. 样冲

样冲（见图 2-25）用于在工件划线点上打出样冲眼，以备所划线模糊后仍能找到原划线的位置；在划圆和钻孔前应在其中心打样冲眼，以便定心。样冲一般由工具钢制成，尖头部位淬硬，也可以由较小直径的报废铰刀、多刃铣刀改制而成。手握部位的形状有六角、八角、圆形等各种形状。样冲的大小用全长来表示。

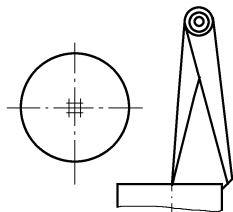


图 2-24 单脚划规

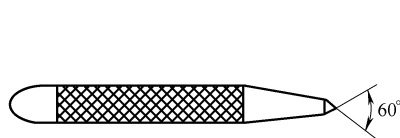


图 2-25 样冲

打样冲的具体步骤如下：

- 1) 先确认样冲的状态：尖部是否为圆锥形，锥度是否为 60° ，尖部是否已磨圆等。
- 2) 左手拿镊子将样冲的尖部对准、划线。
- 3) 让小手指抵住工件，使样冲与工件保持垂直状态，如图 2-26 所示。

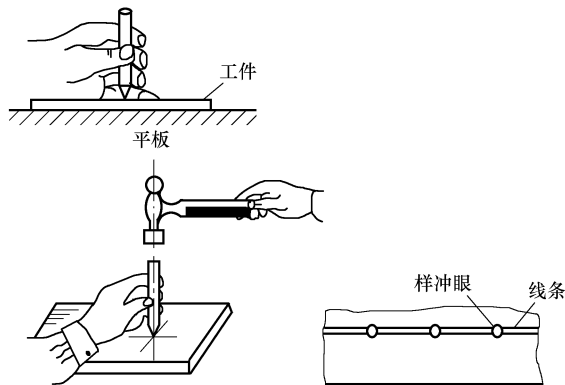


图 2-26 样冲的打法

- 4) 右手持锤子轻轻敲打样冲的头部。
- 5) 确认样冲的痕迹，如位置发生偏移可修正。冲点位置的修正可按图 2-27 进行。
- 6) 如冲点位置正确，则再一次稍加大力度打击样冲。
- 7) 应注意当样冲倾斜时，即使冲点的位置正确，打出的痕迹也会偏离划线，如图 2-28 所示。

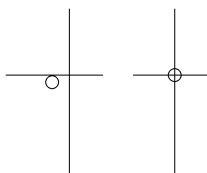


图 2-27 样冲位置的修正

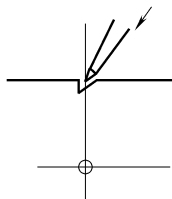


图 2-28 倾斜的冲点痕迹图

6. 曲线板

曲线板是用作划各种光滑曲线的导向工具，用钢板制成，如图 2-29 所示。使用曲线板时，应将其某一曲线弧段与相应的坐标点重合（重合点越多越好），要求至少有三个点重合，并光滑连接。

7. 三角板

三角板一般用钢板制成，用来作为画直线的导向工具，如图 2-30 所示。三角板上没有尺寸刻度，只有两条精确的直边和 30° 、 45° 、 60° 的斜边。

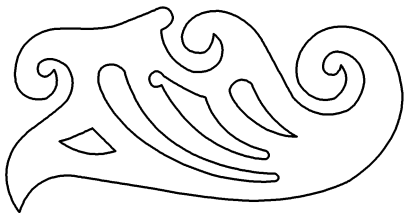


图 2-29 曲线板

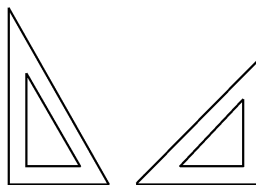


图 2-30 三角板

2.3 划线时的找正和借料

在立体划线时很多情况下是对铸、锻件毛坯划线，各种铸造、锻造毛坯由于种种原因，会形成歪斜、偏心、各部分壁厚不均匀等缺陷。当几何误差不大时，可经通过划线找正和借料的方法补救。

1. 找正

找正就是利用划线工具，通过调节支撑工具等措施使工件表面都处于合适位置的方法。

找正时应注意的问题如下：

1) 毛坯上有不加工的表面时，应按不加工表面找正后再划线，这样可以使加工表面和不加工表面之间保持尺寸均匀。

2) 工件上有两个以上不加工表面时，应选重要的或较大的不加工表面为找正依据，并兼顾其他不加工表面，这样可使划线后的加工表面与不加工表面的尺寸较为均匀，使误差集中到次要或不明显的位置。

3) 工件上没有不加工表面时，可在需要加工的表面自身位置找正后再划线。这样可以使各个加工表面的加工余量均匀，避免加工余量相差悬殊。

4) 对体积小的工件，不宜采用千斤顶支撑，应固定在方箱上进行划线。

5) 对找正中容易出现倾倒、位移等不安全现象的工件，应准备相应的辅助夹具，采取可靠的措施，如吊链、垫木等，以增加保护作用。

6) 选择第一划线位置时，应以工件加工部位的主要中心线和重要加工线都平行或垂直于划线平台的基准为依据，以便找正。

2. 借料

当毛坯尺寸、形状位置上的误差和缺陷难以用划线的方法补救时，就需要用借料的方法来解决。

借料就是通过试划线和调整，使各加工表面余量互相借用，合理分配，从而保证各加工表面都有足够的加工余量，而使误差和缺

陷在加工后排除。

借料的步骤如下：

- 1) 测量毛坯各部位的尺寸，并找出偏移部位及确定偏移量。
- 2) 根据毛坯偏移量来对照各加工表面的余量，并分析此毛坯的划线能否正常进行。如果不能划出，则为废品；如果可以划出，则确定借料的方向和大小，并划出基准线。
- 3) 按照图样要求，以基准线为依据，划出其余的线。
- 4) 最后检查各表面的加工余量是否合理。若不合理，应该继续进行借料并重新划线，直到各加工表面都有合适的加工余量为止。

借料划线时，应首先测量出毛坯的误差程度，确定借料的方向和大小，然后从基准开始逐一划线。若发现某一加工面的余量不足时，应再借料，重新划线，直至各加工表面都有允许的最小加工余量为止。但是，如果毛坯误差超出许可范围，就不能利用借料来补救了。

例如，轴类工件的借料，应借调中心孔或外圆夹紧定位部位，使两端外圆都有一定的余量。套类工件借料时，应借调内孔和外圆的加工余量，使缺陷或误差得到调配。箱体类工件借料，应以内孔的中心线调配中心距（两孔中心距或孔对平面中心距），保证加工余量和装配要求。

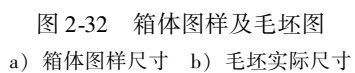
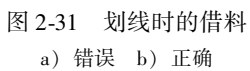
划线时的找正和借料这两项工作是密切结合的，只有互相兼顾，才能做好划线工作。

3. 划线借料实例

(1) 实例一 图 2-31 所示为一箱体的毛坯。

图 2-31 中 A、B 两中心距要求为 $150^{+0.3}_{+0.19}$ mm，由于铸造方面的缺陷，A 孔中心偏移了 6mm，使毛坯件的孔距只有 144mm，所以在划线时，若以凸台外圆划 A、B 孔的中心（见图 2-32a），A 孔就没有加工余量了。此时应把两个中心各向外借 3mm（见图 2-32b），这样划线后可使两孔都能分配到加工余量，从而使毛坯得以利用。

(2) 实例二 图 2-32a 所示为箱体的图样，图 2-32b 所示为箱体的铸坯图。



2.4 划线用涂料

为了使划的线能看清楚可在工件表面涂上涂料，主要使用白粉、竹青、速干墨水等。

1) 白粉主要用于钢铁材料划线，将白粉溶于水再添加一些有粘性的牛胶和树脂胶。涂白粉时应尽量涂得薄些（防止涂得过厚用划针划线时脱落）。白粉虽然有涂了之后需一定时间才能干燥的缺点，但是这是一种用于钢铁材料最为合适的涂料。生活中常有白墨代替白粉的做法，但是就附着力而言，还是白粉的效果最好。

2) 竹青是由蓝色染料用酒精溶解后再添加牛胶调制而成（与速干性墨水性质相同），可快速干燥，涂得薄，所以多用于机械加工方面。

常用划线涂料的使用状态、涂料成分以及特点见表 2-1。

表 2-1 常用划线涂料

工件状态		涂料名称	涂料的成分（体积分数）	特点
毛坯件	铸件、锻件	白灰浆	1) 白灰，3% 乳胶加水混合 2) 白灰，食盐加水混合	具有良好 的附着力
光滑面	钢、铝、铜等	品紫溶液	2% ~3% 的龙胆紫，3% ~4% 的漆片，53% ~ 95% 的酒精	干得快
		品绿溶液	3% ~4% 的孔雀绿，2% ~3% 的漆片，93% ~ 95% 的酒精	
		蓝矾溶液	1) 5% ~6% 的硫酸铜，94% ~95% 的稀酒精 2) 8% 的硫酸铜，92% 的水	干得快
		紫色	青莲或普鲁士蓝加漆片、酒精	附着力强，并能用酒精擦掉

在工作结束后，必须将涂料清洗干净。要注意避免使用那种一直附着在工件表面，或涂了其他涂料后，原来所涂的涂料颜色返回至表面涂层的涂料，以免影响工件外观及其表面质量。

2.5 划线基准

2.5.1 基准的概念

零件图样上和工件上的基准,是由点、线、面所组成,这些点、线、面组成零件的几何形状和尺寸位置,保证工件尺寸和形状的准确。

基准分为设计基准和工艺基准两类:①设计基准是指图样上用来确定其他点、线、面位置的基准,就是说在图样上,确定其他点、线、面位置及尺寸的点、线、面称为设计基准;②基准也是加工的依据,在工件加工时,被用来确定其他点、线、面位置及尺寸的点、线、面称为工艺基准。

工件的几何形状和各表面的位置尺寸也是由点、线、面构成的,因此基准是由关键的中心点、中心线和表面组成。

用来划出其他点、线、面位置及尺寸的点、线、面称为划线基准。

划线的基准应尽可能与图样上的基准保持一致,以避免由于基准不一致所造成的加工误差。

划线基准包括以下三个内容:

(1) 放置基准 划线尺寸基准选好后,就要考虑工件在划线平板或方箱、V形块上的放置位置,即找出工件最合理的放置位置。

(2) 尺寸基准 在选择划线尺寸基准时,应先分析图样,找正设计标准,使划线的尺寸基准与设计基准一致,从而能够直接量取划线尺寸,简化换算过程。

(3) 矫正基准 选择矫正基准时,主要是指毛坯工件放置在平台上后,矫正哪个面(或点和线)的问题。通过矫正基准,能使工件上有关的表面处于合适的位置。

2.5.2 划线基准的确定

平面划线时一般要划两个互相垂直方向的线条,立体划线时一般要划三个互相垂直方向的线条。平面划线时要确定两个基准,而立体划线时则要确定三个基准(因为每划一个方向的线条,就必须

确定一个基准)。

无论平面划线还是立体划线，其基准选择的原则是一致的，所不同的是把平面划线的基准线变为立体划线的基准平面。

1. 划线基准的选择原则

- 1) 划线基准应尽量与设计基准重合。
- 2) 对称形状的工件，应以对称中心线为基准。
- 3) 有孔或搭子的工件，应以主要孔的中心线为基准。
- 4) 在未加工的毛坯上划线，应以主要不加工面为基准。

2. 尺寸基准的选择确定

工件划线前，应首先熟悉图样的结构和尺寸分布情况，研究图样上各尺寸间和基准的关系。零件图样上各表面的形状和位置尺寸分布都是从基准开始起标注，有时为了标注方便，也会出现辅助基准，这在划线前应了解清楚才能进行划线。

由于零件的结构和形状都不相同，因此在选择划线基准时，经常使用比较重要的中心点、中心线和重要的表面为基准，通常选择以下三种情况：①以两个相互垂直的平面（或线）为基准；②以两个互相垂直的中间平面（或线）为基准；③以中间平面（或线）为基准。

(1) 以两个相互垂直的平面（或线）为基准 如图 2-33 所示，图样上的各个尺寸是由两个互相垂直的平面为依据，依此确定其他孔和表面位置尺寸。图样上所表示的基准同样也是工件的加工基准。

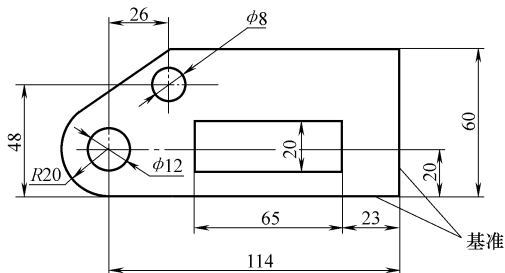


图 2-33 两条互相垂直的平面为基准

(2) 以两条中心线为基准 如图 2-34 所示，图样上三个孔的位置和外形廓线是由两条中心线所确定的，因此，这两条中心线也是工件的加工的依据。

(3) 以一个平面和一条中心线为基准 如图 2-35 所示, 图样中的尺寸布置在高度方向由底平面为基准展开; 而长度方向形状和孔的位置是对称布置, 因此基准是中心线和底平面。

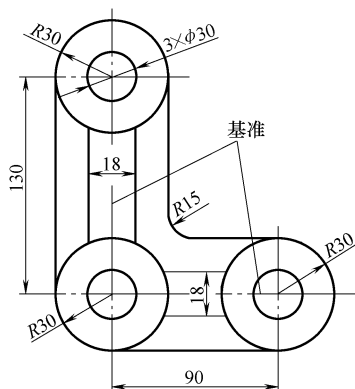


图 2-34 两条中心线为基准

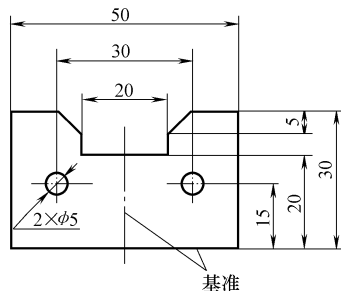


图 2-35 一个平面和一条中心线为基准

图样上的尺寸标注位置有时为了加工和测量方便, 还采用辅助基准。图 2-36 所示为一轴承座零件图, 零件上有长、宽、高三个度量方向, 每个方向都有尺寸的基准。

图 2-36 所示的零件尺寸是以对称的方式布置, 即一条中心线是长度和宽度方向的基准线; 零件高度方向和孔的高度位置是以底平面展开的, 则底平面为高度方向的基准, 由此可看出一条中心线和底平面为划线的主要基准。如果从底平面标注 M10-7H 螺孔深度 8mm, 则在钻孔时深度尺寸不好控制, 因此, 螺孔深度尺寸在设计时考虑从上平面标注, 为此 58mm 高度线即为 M10 螺孔深度方向的辅助基准线。正确选择好划线基准是划线的关键, 有了合理的基准才能使线划得准确、清晰、迅速。

3. 矫正基准的选择确定

矫正基准就是利用划针盘、角尺等划线工具使工件上有关的毛坯表面均处于合适的位置, 保证工件尺寸的精确。

(1) 矫正基准的选择 毛坯件每个表面的误差情况及表面形状不尽相同, 所以有必要合理地选择矫正基准, 通常可以按照以下原则进行选择:

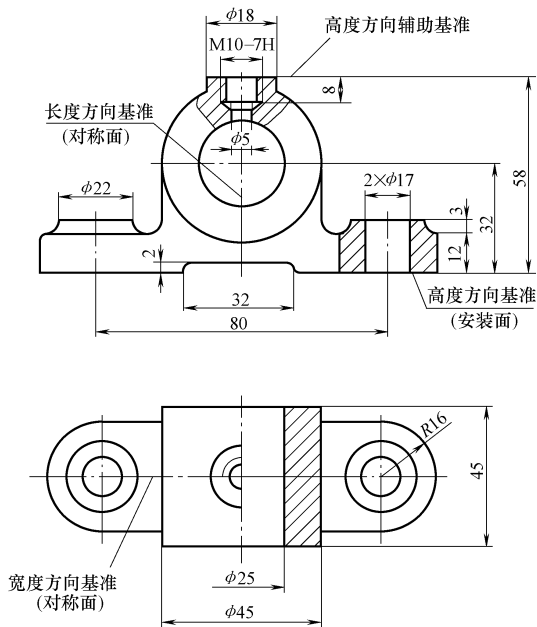


图 2-36 零件图上基准的选择

1) 当工件上有两个以上的不加工表面时, 应选择其中面积较大、较重要或外观质量要求较高的那个表面作为矫正基准。

2) 对有装配精度要求的非加工表面, 应优先作为矫正基准, 这样可以充分保证毛坯经过划线及加工后能顺利进行装配。

(2) 矫正基准的作用 通过矫正可以避免工件加工尺寸的不均匀等缺点, 具体内容如下:

1) 当工件上无不加工表面时, 矫正后划线能使各加工表面的余量分布均匀合理。

2) 如果工件上有不加工的表面时, 通过矫正后再划线, 能使加工面与不加工面之间的尺寸保持均匀。

2.5.3 划线基准的选择实例

1. 平面划线基准

(1) 实例图样 图 2-37 所示为一 Y 形压模。

(2) 情况分析 按 Y 形压模各部尺寸标注情况分析, 压模在两个方向上有尺寸要求。其高度方向尺寸如: $30^{+0.052}_0$ mm、 $65^{+0.052}_0$ mm, 均以 A 面 (线) 开始标注; 其宽度方向尺寸如: $15^{+0.052}_0$ mm、 $45^{+0.052}_0$ mm, $10^{+0.052}_0$ mm 以及 $90^\circ \pm 5'$ 的直角均对称于中心线 I—I。故 A 面 (线) 及中心线 I—I 是压模的设计基准, 按划线基准选择原则, 压模在划线时应选择工件的 A 面 (线) 以及中心线 I—I 作为划线基准。

2. 立体划线基准

(1) 实例图样 图 2-38 所示为一轴承座。

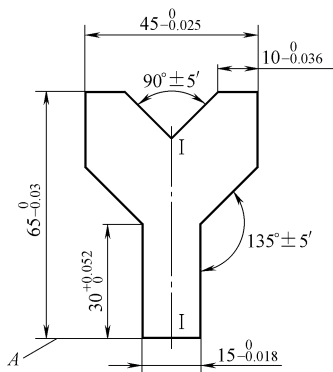


图 2-37 平面划线基准

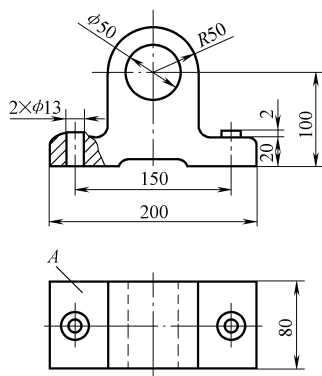


图 2-38 轴承座

(2) 情况分析 轴承加工的部位有底面、轴承座内孔、两个螺钉孔及其上平面。划线的尺寸共有三个方向, 划线需要三个划线基准, 属于立体划线。划线时, 工件在平板上要安放三次才能完成所有线条。

第一划线位置应该选择在待加工表面和非加工表面均比较重要且集中的位置, 同时支承面要平直, 所以第一划线位置应以底平面作安放支承面, 如图 2-39a 所示。调节千斤顶, 使两端孔的中心高度基本一致, 再划出基准线 I—I、底平面加工线和其他有关的线条。

第二划线位置安放轴承座, 使底平面加工线垂直于平板, 并调整千斤顶, 使两孔中心高度一致, 如图 2-39b 所示, 再划出基准线 II—II, 并划出两螺钉孔中心线。

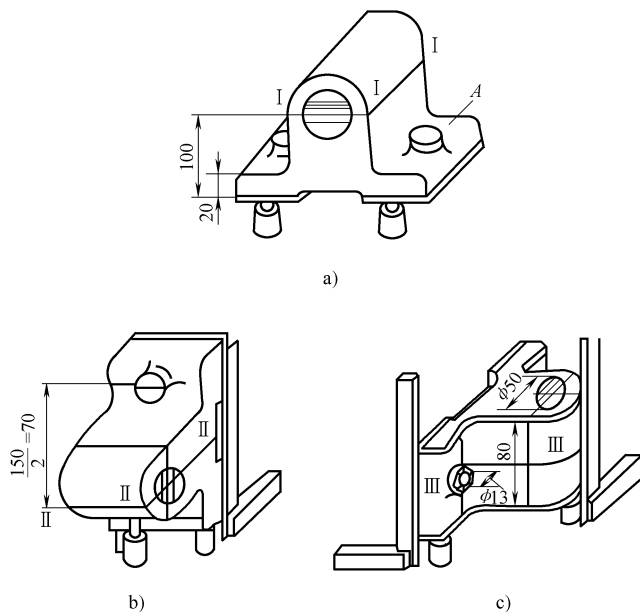


图 2-39 轴承座的划线位置

a) 第一划线位置 b) 第二划线位置 c) 第三划线位置

第三划线位置以轴承座某一端面为安放面，调节千斤顶，使轴承座底面加工线和基准 I—I 垂直于平台，如图 2-39c 所示。再以两螺钉孔的中心为依据，试划两大端面加工线。如一端面出现余量或不够时，可适当调整螺孔中心位置。当中心确定后即可划出 III—III 基准线和两大端面的加工线。

可见轴承座三个尺寸方向上的基准分别为图 2-39 中的 I—I、II—II、III—III。上述划线完成后且经复验正确后需打上样冲眼。

2.6 划线的基本方法

1. 清理毛坯

1) 锻件毛坯应将氧化皮除去，对于“半成品”已加工表面，若有锈蚀，应用钢丝刷将锈蚀刷去，修钝锐边，擦净油污。

2) 铸件毛坯应先对残余型砂、飞边、浇口及冒口进行清理，并

锉平划线部位的表面。

2. 确定划线基准

- 1) 以两个相互垂直的平面（或直线）为基准，如图 2-40 所示。

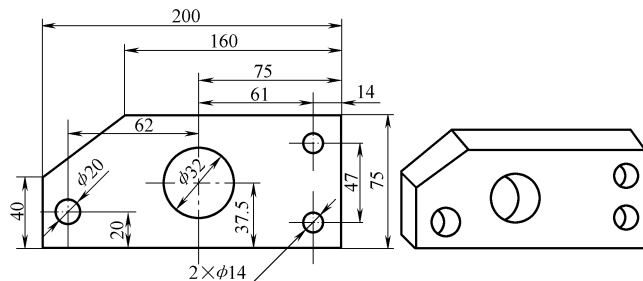


图 2-40 以垂直平面为基准

这个零件的高度方向的尺寸（40mm、20mm、75mm 等）是以底面为基准的，长度方向的尺寸（160mm、200mm 等）是以右端面为基准的，因此，应以底平面和右面两个相互垂直的平面为划线基准。

- 2) 以两条相互垂直的中心线为基准，如图 2-41 所示。

在图 2-41 所示零件中，零件的两个方向上的尺寸都是以其中心线为对称轴，因此，应选水平中心线和垂直中心线为该零件两个方向上的划线基准。

- 3) 以一个平面（或直线）和一条中心线为基准，如图 2-42 所示。

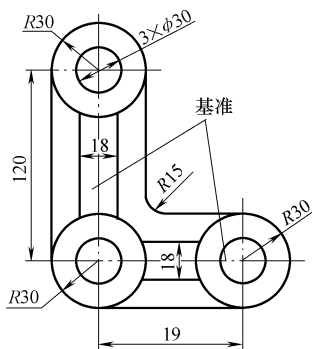


图 2-41 以垂直中心线为基准

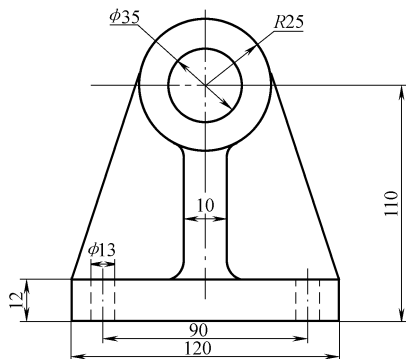


图 2-42 以底平面和中心线为基准

该零件宽度方向的尺寸（90mm、120mm 等）以中心线为对称轴，而高度方向的尺寸（12mm、110mm）是以底面为基准的，因此，应选底平面和中心线分别为零件两个方向上的划线基准。

3. 确定借料的方案

划线时的借料是一种用划线方法来拯救有误差或缺陷的毛坯或半成品的办法。

4. 加塞块

在孔中要装夹中心塞块，大孔用中心架，便于划出孔的中心。

5. 涂涂料

划线部位清理后应涂上涂料，涂料要涂得薄而均匀。

6. 刃磨划针

刃磨划针针尖，并清理划针表面，保持划针的干净。

划线前作准备工作时，操作的注意事项如下：

- 1) 看懂图样，了解零件的作用，分析零件的加工顺序和加工方法。
- 2) 工件装夹或支承要稳妥，以防滑倒或移动。
- 3) 在一次支承中应将要划出的平行线全部划全，以免再次支承补划，造成误差。

4) 正确使用划线工具，划出的线条要准确、清晰。

5) 划线完成后，要反复核对尺寸，才能进行机械加工。

7. 划线的步骤

划线步骤的具体内容如下：

- 1) 看清工件图样，详细了解工件上需要划线的部位，并明确工件及其划线有关部分在产品中的作用和要求，了解有关后续加工工艺。

2) 确定工件的划线基准。

3) 初步检查毛坯的误差情况，制定借料方案。

4) 正确安放工件和选用合适的工具。

5) 划线。

6) 仔细检查划线的准确性及是否有线条漏划。

7) 在线条上冲眼。

8. 打样冲眼

- 1) 对照图样和工艺要求，对工件依划线顺序从基准开始逐项检

查，对错划或漏划应及时改正，保证划线的准确。

2) 检查无误后在加工界线上打样冲眼。样冲眼必须打正，毛坯面要适当深些，已加工面或薄板件要浅些。精加工表面和软材料上可以不进行打样冲眼。

2.7 基本线条和几何图形的划法

2.7.1 垂直线和平行线的划法

1. 垂直线的划法

如图 2-43 所示，过已知线 AB 的端点 B 作垂线的具体步骤如下：

- 1) 以 B 为圆心，取 Ba 为半径作圆弧交线段 AB 于 a 。
- 2) 以 aB 为半径，在圆弧上截取 ab 和 bc 。
- 3) 以 b 、 c 为圆心， Ba 为半径作圆弧，得交点 d 。连接 dB ，即为所求垂线。

2. 平行线的划法

(1) 作与已知直线 AB 距离为 R 的平行线（见图 2-44）其具体步骤如下：

- 1) 在线段 AB 的中段任取两点 a 、 b 。

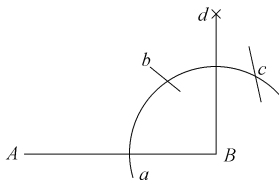


图 2-43 垂直线的划法

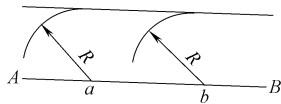


图 2-44 平行线的划法

- 2) 分别以 a 、 b 为圆心， R 为半径在同侧作圆弧。
- 3) 作两圆弧的公切线，即为所求平行线。

(2) 过线外一点 P 作线段 AB 的平行线（见图 2-45）其具体步骤如下：

- 1) 在线段 AB 的中段任取一点 O 。

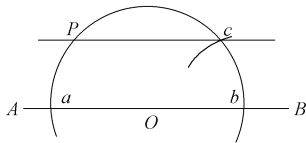


图 2-45 平行线的划法

- 2) 以 O 为圆心, 以 OP 为半径作圆弧, 交 AB 于 a 、 b 。
- 3) 以 b 为圆心, aP 为半径作圆弧, 交圆弧 ab 于 c 。
- 4) 连接 Pc , 即为所求平行线。

2.7.2 等分直线的划法

如图 2-46 所示, 等分直线 AB 的具体步骤如下 (以 5 等分直线为例):

1) 作线段 AC 与已知直线 AB 成 $20^\circ \sim 40^\circ$ 角度。

2) 由 A 点起在 AC 上任意截取五等分点 a 、 b 、 c 、 d 、 e 。

3) 连接 Be , 过 d 、 c 、 b 、 a 分别作 Be 的平行线, 各平行线在 AB 上的交点 d' 、 c' 、 b' 、 a' 即为五等分点。

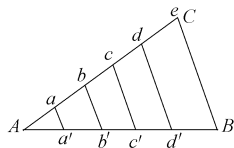


图 2-46 垂直线的划法

2.7.3 二等分已知角的划法

如图 2-47 所示, 二等分已知角 $\angle AOB$ 的具体步骤如下:

1) 用圆规以 $\angle AOB$ 的顶点 O 为圆心一定长 (任意) 为半径作弧, 分别交角的两边于 C 、 D 两点。

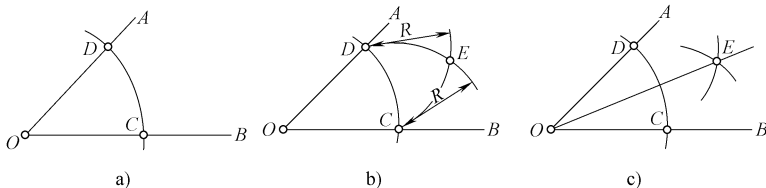


图 2-47 已知角二等分的方法

a) 第一步 b) 第二步 c) 第三步

2) 分别以 C 、 D 为圆心, 一定长为半径 (任意但这两个半径要相等, 并且要大于 CD 线段长的一半) 作弧, 交于一点 E 。

3) 连接顶点 O 和 E , 即为已知角的二等分平分线。

2.7.4 角度的划法

作 15° 、 30° 、 45° 、 60° 、 75° 、 120° 等常用角度的方法步骤如下 (以 30° 的划法为例):

1) 如图 2-48 所示, 以直角的顶点 O 为圆心, 任意长为半径作圆弧, 与直角边 OA 、 OB 交于 a 、 b 。

2) 以 Oa 为半径, 分别以 a 、 b 为圆心作圆弧, 交圆弧 ab 于 c 、 d 两点。

3) 连接 Oc 、 Od , 则 $\angle bOc$ 、 $\angle cOd$ 、 $\angle dOa$ 均为 30° 。

4) 用等分角度的方法, 亦可作出 15° 、 45° 、 60° 、 75° 及 120° 的角。

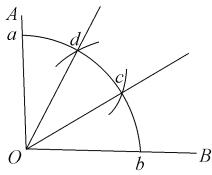


图 2-48 30° 角的划法

2.7.5 等分圆周的划法

圆周的等分线有两种划法:

(1) 几何作图法 这里有三等分、四等分、五等分、六等分、九等分及任意等分的划法, 如图 2-49 所示。

(2) 弦长等分法 先由表 2-2 查出各种等分数的弦长系数 k , 再根据弦长公式 $L = kr$ (r 为圆的半径) 求出弦长, 最后用划规将弦长划在圆周上, 即可得到所需的等分点。

表 2-2 等分圆周的线上系数 k

等分数	系数 k	等分数	系数 k	等分数	系数 k
3	1. 7321	13	0. 4786	23	0. 2723
4	1. 4142	14	0. 4450	24	0. 2611
5	1. 1756	15	0. 4158	25	0. 2507
6	1. 0000	16	0. 3902	26	0. 2411
7	0. 8678	17	0. 3676	27	0. 2322
8	0. 7654	18	0. 3473	28	0. 2240
9	0. 6840	19	0. 3292	29	0. 2162
10	0. 6180	20	0. 3129	30	0. 2091
11	0. 5635	21	0. 2980	31	0. 2023
12	0. 5176	22	0. 2846	32	0. 1960

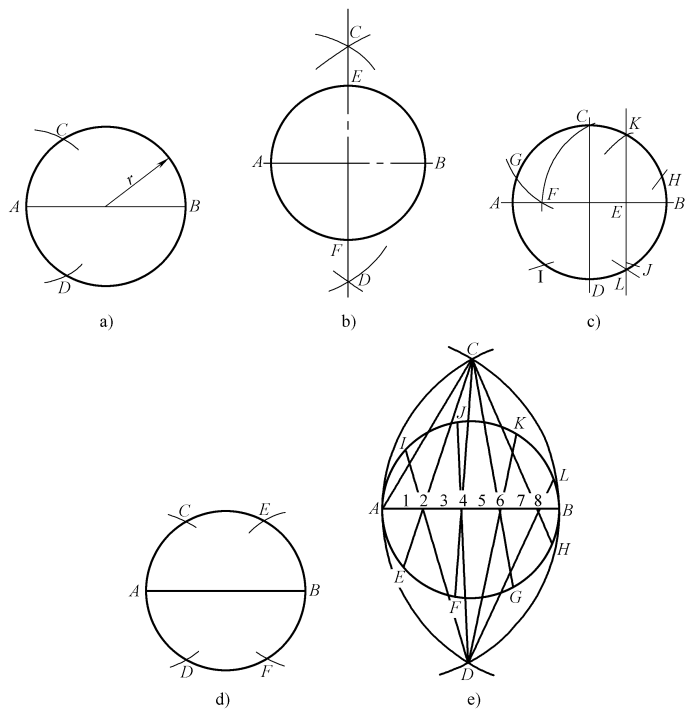


图 2-49 用几何作图法划圆周的等分线

a) 三等分 b) 四等分 c) 五等分 d) 六等分 e) 九等分

2.7.6 确定圆心的划法

确定已知圆弧的圆心的划法如下：

1) 在已知圆弧 AB （见图 2-50）上取点 N_1 、 N_2 、 M_1 、 M_2 ，并分别作线段 N_1N_2 、 M_1M_2 垂直平分线。

2) 两垂直平分线的交点 O ，即为圆弧 AB 的圆心。

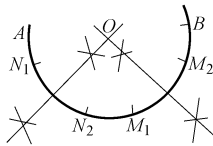


图 2-50 确定已知圆弧的圆心的划法

2.7.7 圆弧相切的划法

1. 内切的划法

作圆弧与两圆内切的划法如下（见图 2-51）：

- 1) 分别以 O_1 和 O_2 为圆心， $R-R_1$ 和 $R-R_2$ 为半径作弧交于 O 点。
- 2) 以 O 为圆心， R 为半径作圆弧即为所求圆弧。

2. 外切的划法

(1) 作圆弧与两相交直线相切 其划法如下：

- 1) 如图 2-52 所示，在两相交直线的锐角 $\angle BAC$ 内侧，作与两直线相距为 R 的两条平行线，得交点 O 。

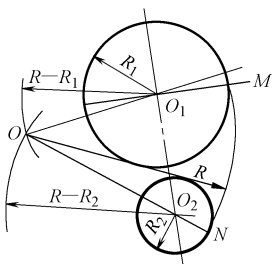


图 2-51 做圆弧与两圆内切的划法

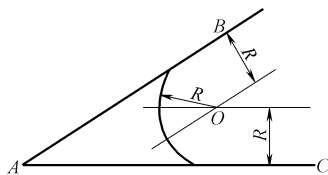


图 2-52 作圆弧与两相交直线相切的划法

- 2) 以 O 为圆心、 R 为半径作圆弧即成。

(2) 作圆弧与两圆外切 其划法如下：

- 1) 如图 2-53 所示，分别以 O_1 和 O_2 为圆心，以 $R_1 + R$ 及 $R_2 + R$ 为半径作圆弧交于点 O 。

- 2) 连接 O_1O 交已知圆于 M 点，连接 O_2O 交已知圆于 N 点。

- 3) 以 O 为圆心、 R 为半径作圆弧即成。

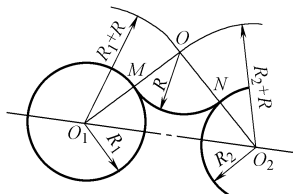


图 2-53 作圆弧与两相交直线相切的划法

2.7.8 常见几何图形的划法

1. 任意角度的近似划法

- 1) 作直线 AB ，如图 2-54 所示。
- 2) 以 A 为圆心， 57.4mm 为半径作圆弧 CD 。

- 3) 以 D 为圆心, 10mm 为半径在圆弧 CD 上截取, 得 E 点。
- 4) 连接 AE , 则 $\angle EAD$ 近似为 1° , 半径每 1mm 所截的弧长近似为 1° 。

2. 任意等分半圆

- 1) 将圆的直径 AB 分为任意等分, 得交点 $1、2、3、4\cdots$, 如图 2-55 所示。

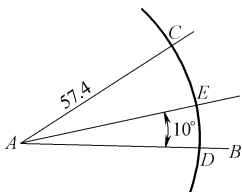


图 2-54 任意角度的近似划法

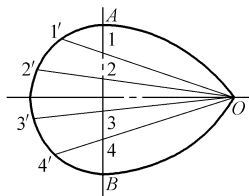


图 2-55 任意等分半圆的划法

- 2) 分别以 $A、B$ 为圆心、 AB 为半径作圆弧交于 O 点。
- 3) 接 $O_1、O_2、O_3、O_4\cdots$, 并分别延长交半圆于 $1'、2'、3'、4'\cdots$, $1'、2'、3'、4'\cdots$ 即为半圆的等分点。

3. 正八边形的划法

- 1) 作正方形 $ABCD$ 的对角线 AC 和 BD , 交于 O 点, 如图 2-56 所示。

- 2) 分别以 $A、B、C、D$ 为圆心, $AO、BO、CO、DO$ 为半径作圆弧, 交正方形于 $a、a、b、b、c、c、d、d$ 几个点。

- 3) 连接 $bd、ac、db、ca$ 即得正八边形。

4. 卵圆的划法

- 1) 作线段 CD 垂直 AB , 相交于 O 点, 如图 2-57 所示。

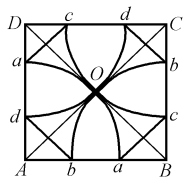


图 2-56 正八边形的划法

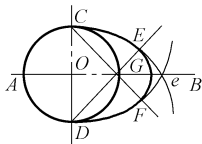


图 2-57 卵圆的划法

- 2) 以 O 为圆心 OC 为半径作圆, 交 AB 于 G 点。
- 3) 分别以 D 、 C 为圆心, DC 为半径作弧交于点 e 。
- 4) 连接 DG 、 CG 并延长, 分别交圆弧于点 E 、 F 。
- 5) 以 G 为圆心、 GE 为半径划弧, 即可得卵圆形。

5. 椭圆的划法

(1) 四心法 其划法如下:

- 1) 划 AB 和 CD 且相互垂直, 如图 2-58 所示。
- 2) 连接 AC , 并以 O 为圆心, OA 为半径划圆弧交 OC 的延长线于 E 点。
- 3) 以 C 为圆心, CE 为半径划圆弧, 交 AC 于 F 点。
- 4) 划 AF 的垂直平分线交 AB 于 O_1 , 交 CD 延长线于 O_2 , 并截取 O_1 和 O_2 对于 O 点的对称点 O_3 和 O_4 。
- 5) 分别以 O_1 、 O_2 和 O_3 、 O_4 为圆心, O_1A 、 O_2C 和 O_3B 、 O_4D 为半径划出四段圆弧, 圆滑连接后即可得椭圆。

(2) 同心圆法 其划法如下:

- 1) 以 O 为圆心, 分别用长轴、短轴 AB 和 CD 作直径划两个同心圆, 如图 2-59 所示。

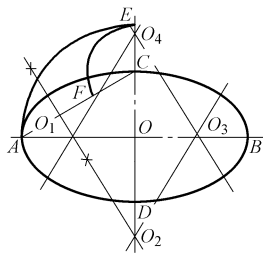


图 2-58 四心法划椭圆的划法

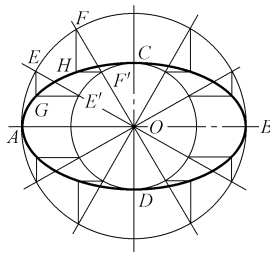


图 2-59 同心圆法划椭圆的划法

- 2) 通过点相隔一定角度划一系列射线与两圆相交得 E 、 E' 、 F 、 F' ...
- 3) 分别过 E 、 F ...和 E' 、 F' ...划 AB 和 CD 的平行线相交于 G 、 H ...

- 4) 圆滑连接 A 、 G 、 H 、 C …后, 即可得椭圆。

2.8 立体划线

2.8.1 立体划线的步骤

- 1) 认真分析图样, 详细了解工件上各加工部位的作用和要求, 了解加工工艺和工件划线的次数。
- 2) 检查毛坯的误差情况, 确定是否需要借料和借料方法。
- 3) 按工件特点选择划线工具。
- 4) 确定划线基准, 并划基准线。
- 5) 划其他水平线、垂直线、斜线, 最后划圆、圆弧和曲线等。
- 6) 对照图样和实物检查划线的准确性, 以及是否有漏划的线。
- 7) 检查无误后, 再在划好的线上打出样冲眼。

2.8.2 立体划线支承要点

- 1) 首先应考虑便于划线和以后的机械加工。
- 2) 应使工件上的主要加工线和主要加工面平行于平台平面。
- 3) 根据工件特点可用三点支承、两点支承或一点支承, 但应使工件平稳, 便于调节, 支承牢靠。
- 4) 工件的三点支承点应尽可能分散, 重心应基本上落在三点所构成的三角形重心部位。
- 5) 划大件时, 应先用枕木和垫铁支承, 然后用千斤顶调节。
- 6) 对偏重和形状特殊的大件, 应在必要部位增设夹具, 构成较大的三角形, 以作辅助支承。
- 7) 特大工件划线时, 应加高垫铁并保证安全, 以便进入工件下面划线。

2.8.3 立体划线基准的确定

常用立体划线基准的确定, 如表 2-3 所示。

表 2-3 立体划线基准的确定

工件类型	表面状况		基准的选定
毛坯件	待加工平面与不加工平面		选定不加工平面
	所有平面都要求加工		选定加工余量较小或精度要求较高的平面
	两个不加工的平行平面或对称的平面		选定对称中心平面
	两个以上不加工的平面		选定较大而平整的不加工平面
	大平面与小平面		选定大平面
	复杂面与简单面		选定复杂面
	坯件有孔、凸台或毂面		选定中心点
	坯件带有斜面	斜面大于其他面	应先划斜面
		斜面相当或小于其他面	最后划斜面
半成品件	在工件某一坐标方向上	有经加工好的面	以加工面为基准划其余各线
		不加工面与待加工面	以不加工面为基准划其余各线
	经加工过的几个面		选定设计基准或尺寸要求最严的面

2.8.4 立体划线的方法

立体划线的方法有很多种，常用工件的划线方法有：直角铁划线法、顶垫划线法、直接翻转法、配合划线法、仿形划线法、拉辅助线法及混合法划线等。大型工件划线的方法有：平台接长法、工件移位法、水平法划线法、平尺调整划线法等。

1. 直角铁划线法

(1) 方法内容 将划针盘放在直角铁上进行直接划线，如图 2-60 所示。

(2) 特点及其应用范围 该方法划线方便可靠,适用于中、小型工件的划线。

2. 顶垫划线法

(1) 方法内容 用千斤顶及其他垫铁、夹具等将工件支承起来,进行找正划线,如图 2-61 所示。

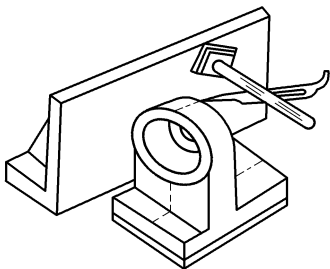


图 2-60 直角铁划线法

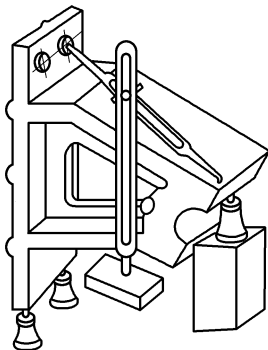


图 2-61 顶垫划线法

(2) 特点及其应用范围 调整方便,但矫正较慢,适用于中型毛坯件的划线。

3. 直接翻转法

(1) 方法内容 将工件安放在方箱或 V 形架上,划完一个平面后,再翻转到另一个平面进行划线,如图 2-62 所示。

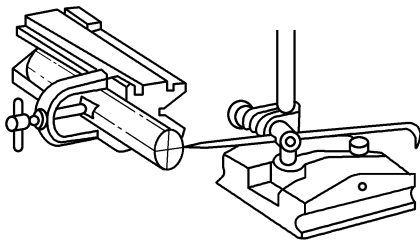


图 2-62 直接翻转法

(2) 特点及其应用范围 该方法装夹方便,划线准确,适用于小工件划线。

4. 配合划线法

(1) 方法内容 对主、副连接的配件(如端盖、盖板等)划线,如图 2-63 所示,有以下三种方法:①用工件直接配合划线;②用拓印法配合划线;③用印迹法配合划线。

(2) 特点及其应用范围 划线准确、可靠,常用于维修和装配

工作中的配装划线。

5. 仿形划线法

(1) 方法内容 将失效件与毛坯件同时放到平台上，一起进行支承、找正、调整、借料、涂色、划线，如图 2-64 所示。

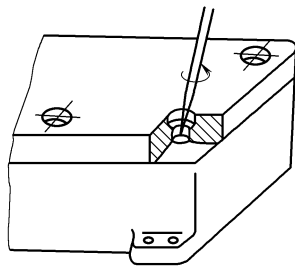


图 2-63 配合划线法

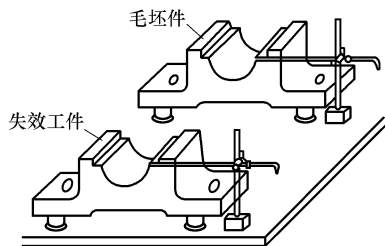


图 2-64 仿形划线法

(2) 特点及其应用范围 可直观地划出与失效件相应的尺寸和形状的工件。划线迅速、准确无误，适用于对中、小型件的维修划线。

6. 辅助线法

(1) 方法内容 如图 2-65 所示，在平台上设一直线 AA ，使 AA 与沿角尺（或线坠）在 H 高度上所拉的尼龙线 BB 构成了垂直于平台的平面，划线时可以以此平面量取需要的点和面。

(2) 特点及其应用范围 只需一次吊装矫正就可以完成划线，适用于特大工件划线。

7. 混合法划线

(1) 方法内容 工件形状特殊，单用辅助线法划线很困难，可将工件再翻转一次，与作辅助线（或其他划线方法）结合起来进行划线。

(2) 特点及其应用范围 适用于形状特殊的大件划线。

8. 平台接长法

(1) 方法内容 如图 2-66 所示，其主要步骤：①以原平台为基准，用较长的平台或平尺，接长原平台；②矫正各平面之间的平行度；③将工件支承在原基准平台面上并找正，但支承找正时不能让工件接触接长的平台或平尺，以免由于工件的压力，使接长的平台

平行度改变；④用划线工具在平台和接长的平板上移位划出工件所有的线。

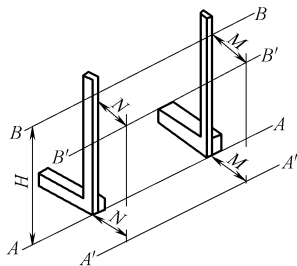


图 2-65 辅助线法

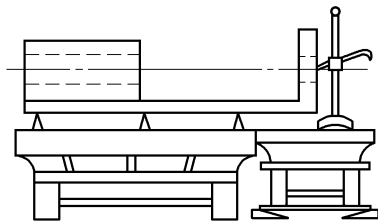


图 2-66 平台接长法

(2) 特点及其应用范围 由于划线的精度与接长平台的安放和找正的精度密切相关，因此该方法是大型工件的长度比划线平台略长，而另一端又偏重，用工件移位法无法划出工件的所有线时采用的应急划线法。

9. 工件移位法

(1) 方法内容 将工件放置在划线平台中间位置，找正后，划出所能划出的所有线，然后将工件分别向左右移位，经过找正使第一次划出的线与划线平台平行，然后划出工件左右所有的线，如图 2-67 所示。

(2) 特点及其应用范围 该方法划线找正较麻烦，划线不是太精确，用于工件的长度比划线平台长出 1/3 左右的大型工件的划线。

10. 水平法划线法

(1) 方法内容 如图 2-68 所示，首先将大型工件置于水泥地的调整垫铁上，在大件需要划线的部位，放置相应的平台，然后用水平法校平各平台之间的平行和等高状况。划线时将玻璃管上的某一刻度对准工件的相应位置点，然后将玻璃管移至工件的同一水平位置点，三点连线即可。

(2) 特点及其应用范围 该方法简单，但划线不是太精确，适用于对大型工件主要位置尺寸的划线，大型工件的机加工（如刨削）找正时也常采用此法。

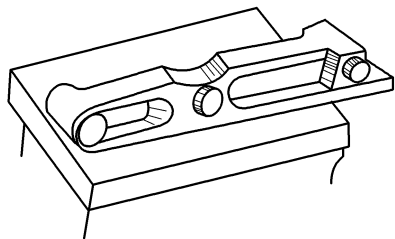


图 2-67 工件移位法

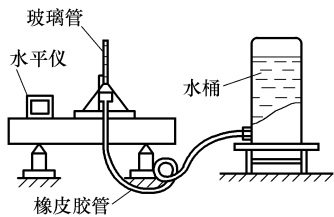


图 2-68 水平法划线法

11. 平尺调整划线法

(1) 方法内容 如图 2-69 所示,其主要步骤:①将工件放置于坚实的水泥地的调整垫铁上,用两根工字钢相互平行地放置于工件的两端;②在两根工字钢的端部靠近工件的两边分别放两根平尺,并将平尺面调整成同一水平位置;③工件的找正划线都以平尺为基准,划针盘在平尺上移动划出所有的线。

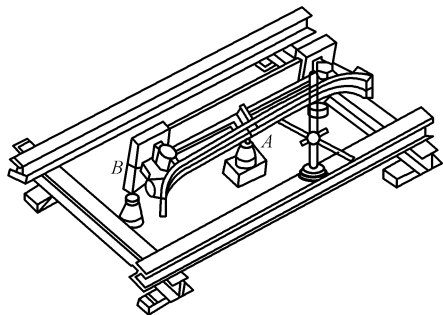


图 2-69 平尺调整划线法的示意图

(2) 特点及其应用范围 工字钢安放的准确,平尺找正水平好,其划线精度亦高,适用于大型和特大型工件的划线。

第3章 錾 削

3.1 錾削概述

錾削是利用锤子敲击錾子对工件进行切削加工的一种方法，如图 3-1 所示。

錾削主要用于不便于机械加工的场合，包括去除凸缘、飞边、分割材料，錾削油槽或用于薄板工件的落料、粗加工等。



图 3-1 錾削

3.2 錾削常用工具及使用方法

3.2.1 錾子

(1) 錾子的种类 錾子有扁錾、尖錾和油槽錾三种，如图 3-2 所示。

1) 扁錾切削部分扁平，切削刃略带圆弧，主要用于錾削平面，去飞边、凸缘和分割板材等。

2) 尖錾的切削刃较硬，切削部分两个侧面从切削刃起向柄部逐渐变窄，主要用于錾削沟槽或将板料分割成曲线。

3) 油槽錾的切削刃硬度较大，呈圆弧形或菱形，切削部分常做成弯曲形状，主要用于錾削平面或曲面上的油槽。

(2) 錾子的握法 握錾子时主要用左手中指、无名指握住，小指自然合拢，食指和大拇指自然接触，錾子头部自然伸出 20 ~ 25mm。不能握得太紧，以免敲击时掌心承受的振动过大，锤子打偏伤及操作者。錾削时握錾子的手要保持与小臂呈水平位置，肘部不能下垂或抬高。

錾子的握法有正握法、反握法和立握法，如图 3-3 所示。

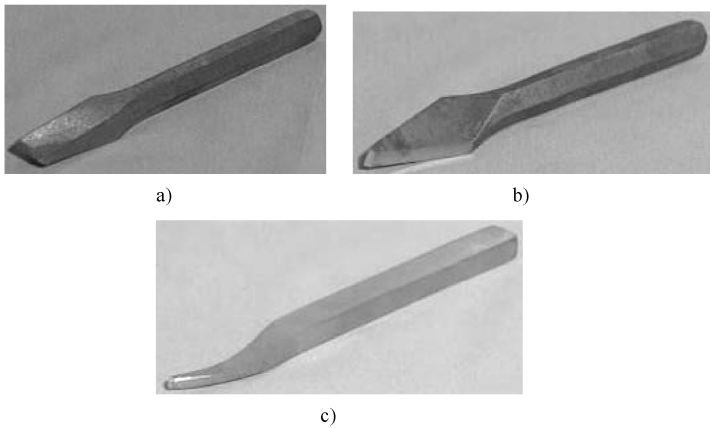


图 3-2 錾子的分类

a) 扁錾 b) 尖錾 c) 油槽錾

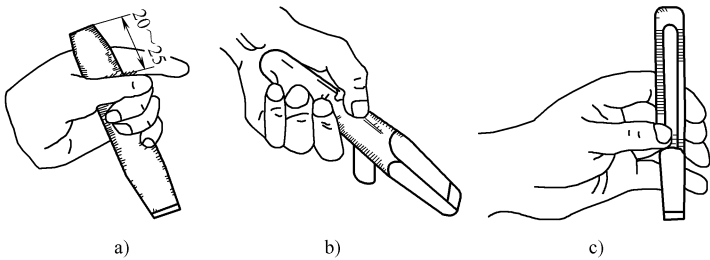


图 3-3 錾子的握法

a) 正握法 b) 反握法 c) 立握法

(3) 錾子的刃磨及热处理 为了保证錾子的正常使用，必须按要求的形状进行刃磨，且保持切削刃的锋利。刃磨时应在砂轮机或油石上进行，如图 3-4 所示。并注意：①錾子的楔面接触在高于砂轮中心处，以免不慎把切削刃扎入砂轮甚至挤碎砂轮造成事故；②刃磨平面沿砂轮轴线左右要平稳移动；③刃磨时施力要均匀；④及时对錾子浸水冷却；⑤磨出的楔面要平整，錾刃要平齐。

刃磨好的錾子要进行热处理后再使用，热处理时将已磨好的錾子切削刃部分（约 20mm）加热到 $760 \sim 780^{\circ}\text{C}$ ，然后在冷水中迅速冷却，浸入部分约 5 ~ 6mm，待錾子露出水面部分呈黑色时，由水中取出，利用錾子的余热进行回火。錾子出水后的颜色由白色变为黄

色，由黄色变为蓝色，再由蓝色变为黄色。根据镊子颜色的变化适时将镊子放入水中冷却，以获得不同硬度和韧性的镊子。黄色时将镊子插入水中，镊子的硬度较高，不易磨损，但韧性较差；蓝色时将镊子插入水中，镊子的韧性高，硬度低。因此，一般选择蓝色黄色过渡阶段，即暗樱红色，这样可获得高的硬度和良好的韧性。镊子的淬火操作如图 3-5 所示。



图 3-4 镊子的刃磨

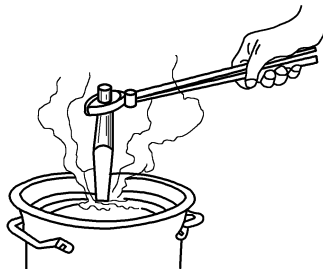


图 3-5 镊子的淬火

3.2.2 锤子

(1) 锤子的握法 锤子的握法有两种，紧握法和松握法。

1) 紧握法要求在抬起或进行锤击时都用五个手指紧紧握住锤子，如图 3-6a 所示。紧握法操作时锤子落点容易掌握，但长时间锤击会使手臂酸胀。

2) 松握法在抬起锤子时拇指和食指紧握木柄，小指、无名指和中指都适当放松，在进行锤击时随着锤子接近落点时，小指、无名指和中指突然握紧，使下垂的锤子增加锤击力度，如图 3-6b 所示。松握法锤击时手臂不易疲劳，锤击力度大，但易击偏，应在握锤熟练的基础上运用。

(2) 挥锤的方法 挥锤的方法有手挥法、肘挥法和臂挥法三种，如图 3-7 所示。

1) 手挥法是用手腕的力量挥动锤子，一般用于錾削的开始和结尾阶段。

2) 肘挥法是手腕和肘部一起挥动，在錾削和装拆作业时使用较广。

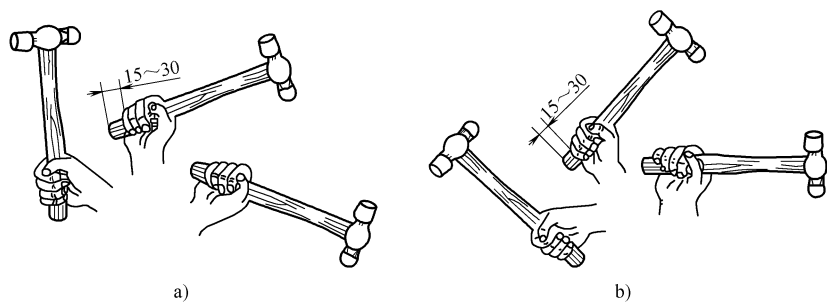


图 3-6 握锤方法
a) 紧握法 b) 松握法

3) 臂挥法是手腕、肘部和全臂挥动锤子，常用于需要大力錾削或拆除紧固机件作业。

手挥法、肘挥法和臂挥法的力度依次加大。錾削时的锤击要稳、准、狠，其动作要一下接一下有节奏地进行，一般每分钟约 40 次。

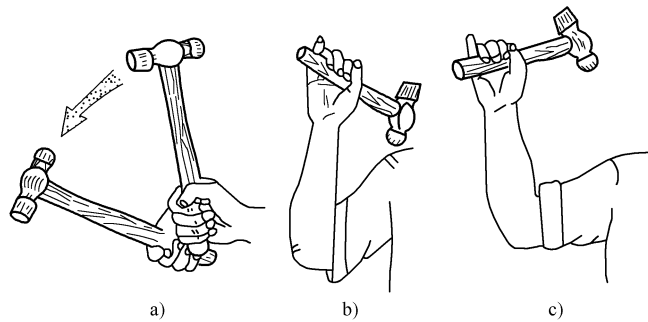


图 3-7 挥锤方法
a) 手挥法 b) 肘挥法 c) 臂挥法

3.3 錾削姿势

錾削时操作者站在钳台前，站位如图 3-8 所示，左脚与台虎钳中心线成 30° ，右脚与台虎钳中心线成 75° 。

要保证站立挥锤时落点对准錾子的端部，握錾子手的小臂应保持水平位置，肘部不能下垂，也不能抬高，以免影响錾子的切削角

度，如图 3-9 所示。

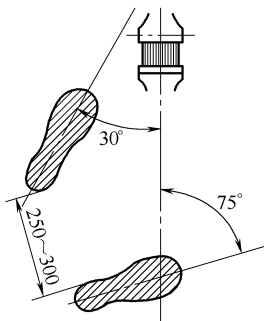


图 3-8 站位图



图 3-9 錾削姿势

3.4 錾削方法

3.4.1 錾削板料的方法

1) 对于厚度在 2mm 以下的小块板料，可将板料装夹在台虎钳上进行錾削，如图 3-10 所示。錾削时，将板料按划线装夹与钳口平齐，用錾子沿着钳口进行錾削。刃口要与板料成 45° ，如图 3-11 所示。一般是自右向左錾削。注意不可将錾子刃口平放在板料上。

2) 当錾削尺寸较大的板料或錾削的划线曲折而不能在台虎钳上錾削时，可在铁砧或旧平板上进行，并在板材料下面垫上软材料，以免损伤刃口，如图 3-12 所示。

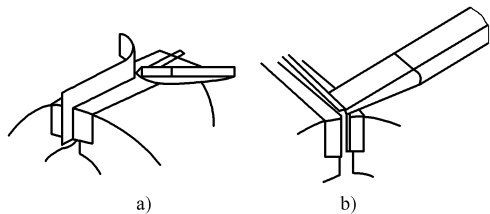


图 3-10 薄板錾削的方法
a) 正确 b) 错误

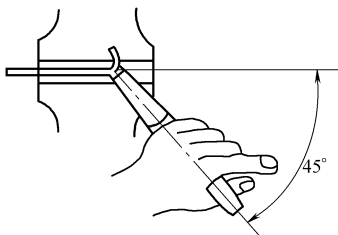


图 3-11 刃口与板料角度

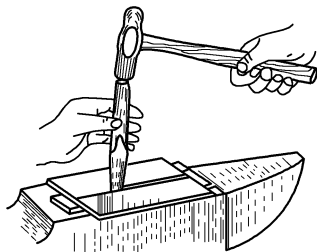


图 3-12 在砧板上錾削

3) 在砧板上錾削时 (见图 3-13), 应先将錾子的切削端刃磨成弧形, 这样可避免一次錾穿, 能使前后錾痕连接整齐。如果采用平刃则容易使錾痕错位, 影响工件切面平整性。刚开始錾削时, 錾子要稍微倾斜, 然后逐渐扶正, 依次进行錾削, 如图 3-14 所示。

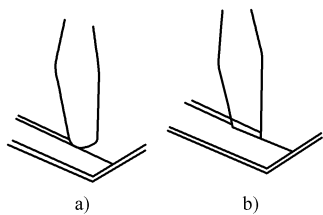


图 3-13 在砧板上錾削
a) 弧形刃 b) 平刃

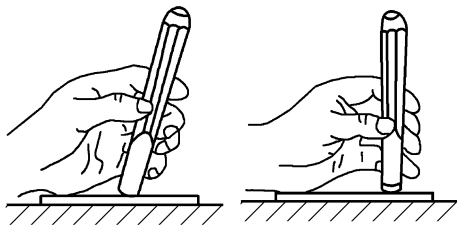


图 3-14 錾削步骤

4) 錾削较为复杂的板料时, 应先在需要分离的部位划线, 按轮廓线钻出密集的排孔, 再用狭錾和阔錾逐步錾削, 如图 3-15 所示。

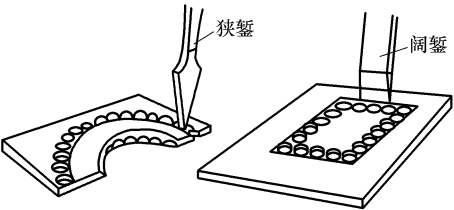


图 3-15 复杂板料的铲削

3.4.2 铲削平面的方法

铲削平面时一般用扁铲，每次铲削的余量应保持在 0.5 ~ 2mm。如果余量太小，铲子容易滑出；而余量太大时又会使铲削操作费力，且不易将工件表面铲平。

1. 起铲和终铲

1) 起铲时，铲子向右斜 45°左右，从工件边缘尖角处开始。这是因为尖角处与切削刃接触面小，阻力小，易切入，能较好地控制加工余量，而不致产生滑移及弹跳现象。若不允许从边缘尖角处起铲，如铲削键槽时，应将铲子的刃口贴住断面，铲子头部向下倾斜 30°左右，轻打铲子，铲出斜面后，慢慢把铲子移向中间，起铲后按正常角度铲削，如图 3-16 所示。

2) 当铲削到工件尽头时，要防止工件材料边缘崩裂。铲到尽头 10mm 左右时，必须调头后再铲去其余部分，如图 3-17a 所示。否则，会出现如图 3-17b 所示的边缘崩裂现象。

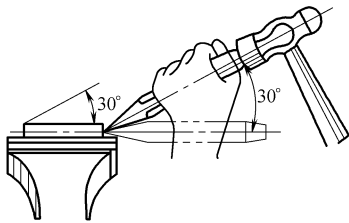


图 3-16 起铲的方法

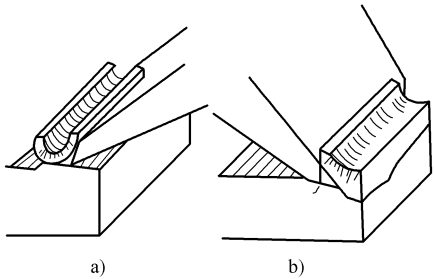


图 3-17 终铲的方法
a) 正确 b) 错误

2. 銑削較寬平面

銑削較寬平面時，應在平面上先用窄銑銑出若干條平行槽，再用扁銑將剩餘的部分除去，如圖 3-18 所示。這樣能避免銑子的切削部分兩側受工件的卡阻。

3. 銑削較窄平面

銑削較窄平面時，應選用扁銑，並將切削刃與銑削的方向傾斜一定角度，如圖 3-19 所示。這樣容易穩住銑子，防止銑子左右晃動而使銑出的表面不平整。

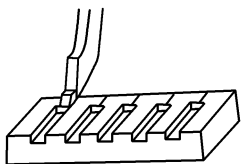


圖 3-18 銑削較寬平面

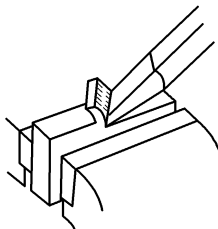


圖 3-19 銑削較窄平面

3.4.3 銑削油槽的方法

銑削油槽時，首先應按圖樣上油槽的斷面形狀、尺寸對銑子的切削部分進行刃磨，以保證銑子的寬度與油槽寬度相符。同時，在工件上劃出油槽線路，按線路進行銑削，如圖 3-20 所示。

起銑時銑子要慢慢加深尺寸，終銑時刃口必須慢慢翹起，以保證槽底圓滑過渡。若在曲面上銑油槽，銑削方向應沿着油槽的曲線，中間不要改變切削角度，否則難以保證油槽的寬度、深度和表面粗糙度的要求。

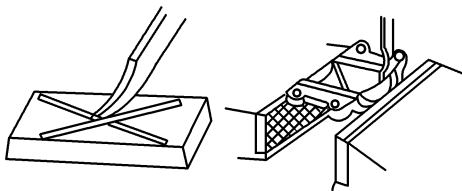


圖 3-20 銑削油槽

3.5 錾削注意事项

- 1) 操作者应戴上防护眼镜，工作场地周围应装有安全网。
- 2) 錾子要保持锋利，过钝的錾子不但工作费力，而且錾削出的表面不平整，还容易产生打滑现象。
- 3) 錾子头部有明显的飞边时要及时磨掉，避免铁屑崩裂飞出伤人。
- 4) 锤子木柄有松动或损坏时要及时更换，以防锤头飞出伤人。
- 5) 錾子的头部、锤子的头部和柄部都不能沾有油污，以防打滑。
- 6) 工件必须装夹稳定，其伸出钳口的高度为 10 ~ 15mm，且工件下要铺垫软木。

第4章 锯 削

4.1 锯削概述

锯削是用手锯锯断材料或在工件上锯出沟槽的操作。它具有方便、简单和灵活的特点，在单件小批生产、临时工地切割异形工件、开槽、修整等场合应用较广。锯削的类型如表 4-1 所示。

表 4-1 锯削的类型

锯削类型	示 例
锯断各种材料或半成品	
锯掉工件上多余部分	
在工件上锯沟槽	

4.2 锯削常用工具及使用方法

手锯是锯削的主要工具，手锯由锯弓和锯条组成，其构造如图 4-1 所示。

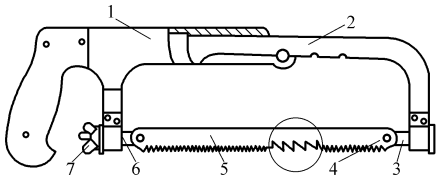


图 4-1 手锯的结构

1—固定部分 2—可调部分 3—固定拉杆 4—销 5—锯条 6—活动拉杆 7—蝶形螺母

1. 锯弓

锯弓起张紧锯条的作用，分为固定式和可调式两类，如图 4-2 所示。可调式锯弓通过调整，可以装夹几种不同长度的锯条，并且它的锯柄形状便于用力，目前应用广泛。

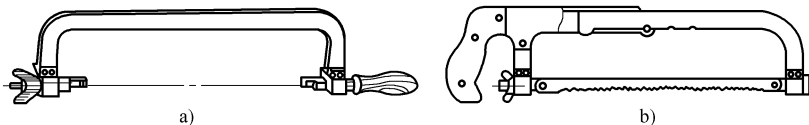


图 4-2 锯弓的构造

a) 固定式锯弓 b) 可调式锯弓

2. 锯条

锯条是用来直接锯削材料或工件的工具，其长度以两端装夹孔的中心距离来表示。手锯常用的锯条长 300mm、宽 12mm、厚 0.8mm。锯条的锯齿按一定的规律左右错开，并排成一定的形状，称为锯路。锯路有交叉形和波浪形两种，如图 4-3 所示。

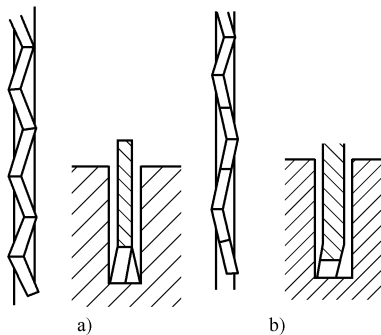


图 4-3 锯路

a) 交叉形 b) 波浪形

根据齿距大小，可将锯齿分为细齿（1.1mm）、中齿（1.4mm）、粗齿（1.8mm）三种。细齿锯条适合锯削硬度高或较薄的材料，如工具钢、合金钢、各种管子及薄板等。粗齿锯条适合硬度低或较厚的材料，如纯铜、青铜、铝合金、铸铁、低碳钢等。

由于手锯在前推时才能起到切削的作用，因此装夹锯条时应将齿尖向前装夹，如图 4-4 所示。

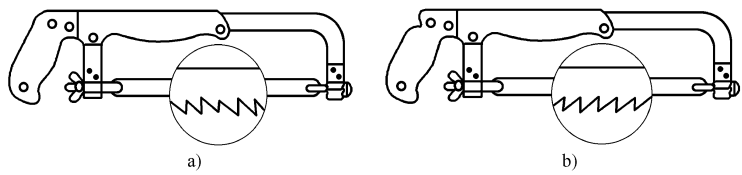


图 4-4 锯条的装夹
a) 正确 b) 错误

4.3 锯削姿势

1. 锯弓的握法

锯弓的握法正确与否对锯削质量有很大的影响，正确的握法应是左手轻扶锯弓前端，右手握住锯柄，如图 4-5 所示。

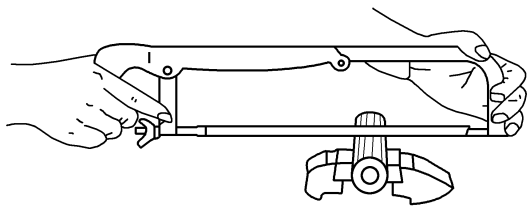


图 4-5 握锯弓的方法

2. 站立位置

操作者应面对台虎钳，站在台虎钳中心线一侧，左脚与台虎钳中心线成 30° ，右脚与台虎钳中心线成 75° ，如图 4-6 所示。这种站立方式可使站立者稳定，便于锯削。

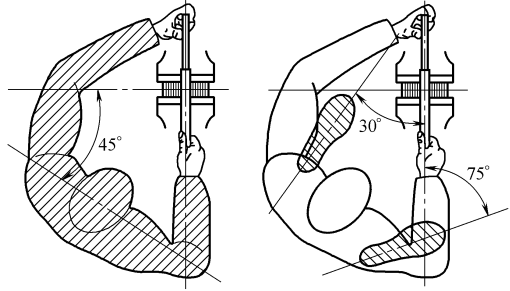


图 4-6 锯削站立位置

3. 锯削姿势

锯削时的站立位置和身体摆动姿势如图 4-7 所示。锯削时手锯稍作上下摆动，当手锯推进时，身体略向前倾，双手随着压向手锯的同时，左手稍为上翘，右手稍作下压。当手锯回程时，右手稍为上抬，左手自然回收以减少切削阻力，提高工作效率，并且操作自然，双手不易疲劳。但锯削对锯缝底面要求平直和薄壁工件时，则双手不要摆动，只能作直线运动。锯削时应尽量利用锯条的有效长度。锯削软材料和非铁金属材料时，推拉频率为每分钟往复 50 ~ 60 次；锯削普通钢材时，推拉频率为每分钟往复 30 ~ 40 次。

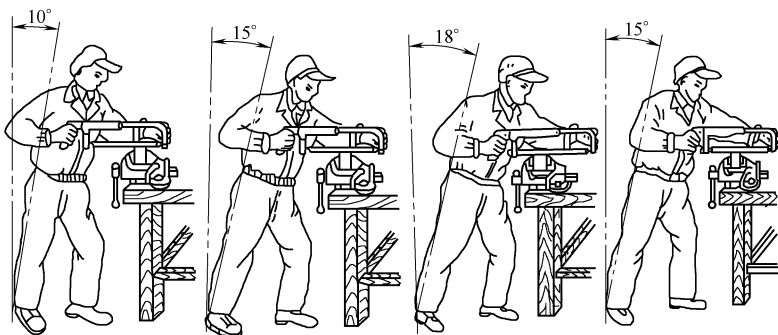


图 4-7 锯削姿势

4.4 锯削方法

4.4.1 工件的装夹和起锯方法

1. 工件的装夹

工件一般应夹在台虎钳的左面，以便操作；伸出钳口不应过长，应使锯缝离开钳口侧面 20mm 左右，防止工件在锯削时产生振动；锯缝线要与钳口侧面保持平行，便于控制锯缝不偏离划线线条；夹紧要牢靠，还要避免将工件装夹变形或夹坏已加工好的平面。

2. 起锯方法

起锯时利用锯条的前端（远起锯）或后端（近起锯），靠在一

个面的棱边上起锯，锯条与工件表面倾斜角约为 15° 左右，最少要有三个齿同时接触工件，如图 4-8 所示。为了起锯平稳准确，可用大拇指挡住锯条，使锯条保持在正确的位置，如图 4-9 所示。

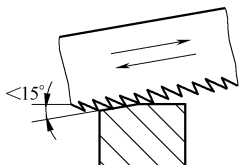


图 4-8 起锯角度

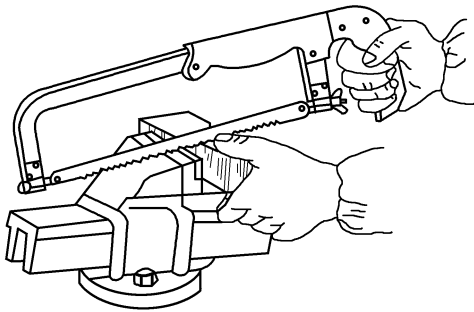


图 4-9 用大拇指挡住锯条后起锯

4.4.2 常用锯削方法

1. 锯削圆管

锯削前要先划出垂直于轴线的锯削线。装夹圆管时一定要夹正，否则锯出的断面呈椭圆形。对于薄壁圆管和精加工过的圆管，应夹在有 V 形槽的两个木衬垫之间，如图 4-10 所示，以防将圆管夹扁或夹坏表面。

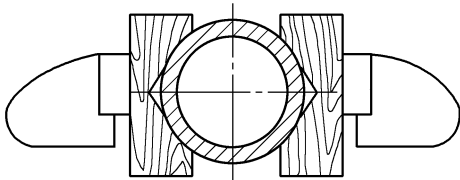


图 4-10 薄壁圆管的装夹

锯削薄壁圆管时不可在一个方向上从开始锯削一直到结束，否则锯齿会被管壁钩住而崩裂。正确的方法是先在一个方向锯削，当管壁锯透后，把圆管向推锯的方向转过一定角度，并连接原锯缝再锯到圆管的内壁处，如此逐渐改变方向不断转锯，直到锯断为止，如图 4-11 所示。

2. 锯削棒材

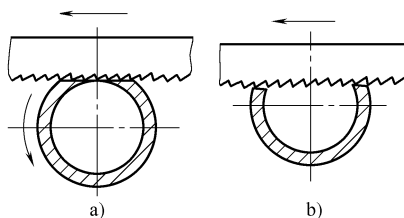


图 4-11 锯削圆管的方法

a) 正确 b) 错误

锯削棒材时如果断面要求平整,则应沿同一方向从开始连续锯到结束,如图 4-12a 所示。若断面要求不高,则可转过一定角度分几个方向锯削,如图 4-12b 所示,这样由于每次锯削的截面变小而容易入锯,锯削比较省力,工作效率高。

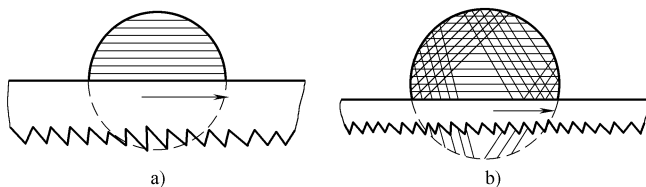


图 4-12 锯削棒材

a) 一次锯削 b) 分段锯削

3. 锯削薄板

锯削薄板时,尽可能从宽面锯下去。若必须从窄面锯下时,可用两块木板装夹,连木块一起锯下,如图 4-13a 所示。也可把薄板直接夹在台虎钳上,用手锯作横向斜推锯,使锯齿与薄板接触的齿数增加,避免锯齿崩裂,如图 4-13b 所示。

4. 锯削扁钢

锯削扁钢时应从扁钢宽度较大的一面进行,如图 4-14a 所示,这样锯缝较长,同时参加锯削的锯齿多,锯削往复的次数少,因此可减少锯齿被钩住和折断的危险,并且锯缝较浅,锯条不会被卡住,锯条的使用寿命长。如果从扁钢窄的一面起锯,如图 4-14b 所示,则锯缝短,参加锯削的锯齿少,锯缝深,会使锯齿迅速变钝甚至折断。

5. 锯削深缝

当锯缝的深度超过锯弓的高度时(见图 4-15a),为了避免锯弓

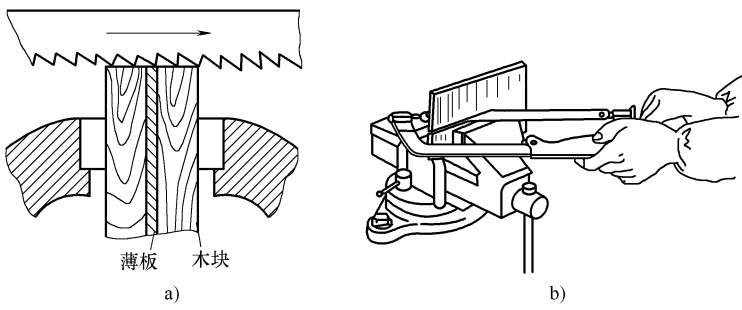


图 4-13 锯削薄板
a) 木板装夹钢板 b) 横向斜推锯

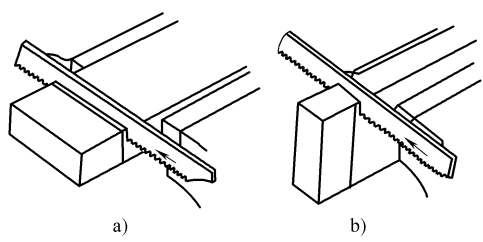


图 4-14 锯削扁钢
a) 正确 b) 错误

与工件相碰，可将锯弓旋转 90° ，使锯弓转到工件的侧面位置进行锯削，如图 4-15b 所示。也可把锯弓转过 180° ，使锯齿在锯弓内进行锯削，如图 4-15c 所示。同时还应将工件夹装到一定的高度，使锯削部位处于钳口附近。

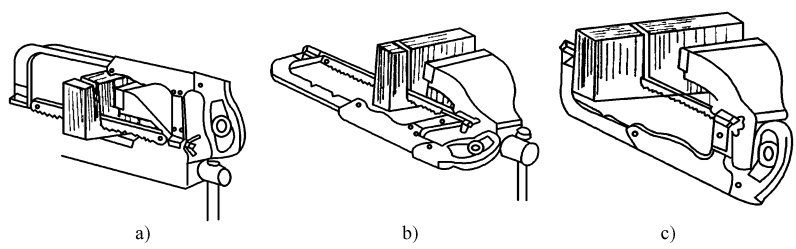


图 4-15 锯削深缝
a) 正常锯削 b) 锯弓转过 90° c) 锯弓转过 180°

6. 锯削槽钢

锯削槽钢时，应从三个面的方向分别锯削（见图 4-16a、b、c），这样才能得到较平整的断面，并能延长锯条的使用寿命。如果将槽钢装夹一次，从上面一直锯到底（见图 4-16d），这样锯削的效率低，锯缝深而不平整，锯齿也容易折断。

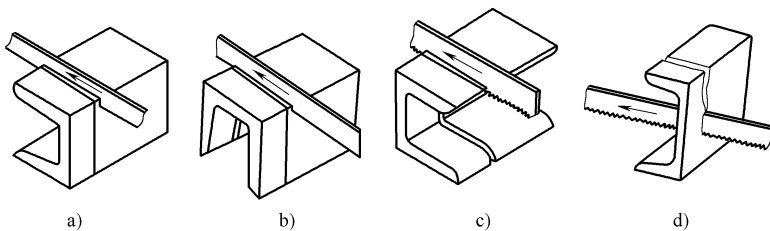


图 4-16 锯削槽钢

a)、b)、c) 正确 d) 错误

4.5 锯削注意事项

1) 锯削时，首先注意工件的装夹及锯条的装夹是否正确，并正确掌握起锯的方法和起锯角度。

2) 锯削不熟练时，对锯削速度不易掌握，往往推锯速度过快，这样容易使锯条很快磨钝。

3) 经常观察锯缝的平直情况，及时观察，及时纠正，以免歪斜过多再作纠正时影响锯削的质量。

4) 在锯削钢铁工件时，可添加些全损耗系统用油，以减少锯条与锯削面的摩擦，也起到冷却锯条的作用，可有效提高锯条的使用寿命。

5) 锯削时，要全部利用锯条的有效长度。若只集中于局部长度使用，则锯条寿命将缩短。一般往复长度不小于锯条全长的 $2/3$ 。

6) 锯削完毕，应将锯弓上蝶形螺母适当放松，但不要拆下锯条，防止锯弓上的零件失散，并将锯弓妥善放置好。

7) 锯条应装夹松紧适当，锯削时不可突然用力过猛，以防锯条折断后崩出伤人。

8) 工件将要锯断时,应减少压力,左手扶持工件断开部分,减慢锯削速度逐渐锯断,避免因工件突然断开时,手仍用力向前,发生事故。

4.6 锯削质量

1. 锯缝歪斜的原因

- 1) 工件装夹时产生歪斜,使锯削后锯缝与工件表面不垂直。
- 2) 锯条装夹太松或与锯弓平面产生扭曲。
- 3) 使用了两面锯齿磨损不均匀的锯条。
- 4) 锯削时压力过大,使锯条偏摆。
- 5) 锯弓不正或用力后产生歪斜,使锯条靠在锯削断面的一侧。

2. 锯条折断的原因

- 1) 锯条装夹得过松或过紧。
- 2) 压力太大或用力偏离锯缝方向。
- 3) 工件夹紧时不稳定,锯削受力后产生松动。
- 4) 锯缝产生歪斜后强行找正。
- 5) 新换锯条在旧的锯缝中被卡住而折断。
- 6) 工件锯断时手锯与台虎钳等相撞,从而折断锯条。

3. 锯齿崩裂、磨损的原因

- 1) 锯条选择不当,如锯薄板、管材时用粗齿锯条。
- 2) 起锯时角度太大,锯削时锯齿被卡住后仍用力推锯。
- 3) 锯削速度过快,锯齿受到过猛的撞击。

第5章 锉 削

5.1 锉削概述

锉削是指用锉刀对工件表面进行切削加工，从而改变其尺寸、形状和表面粗糙度的方法。锉削加工操作简单，适用范围广，多用于錾削、锯削之后，可对工件上的平面、曲面、内外圆弧、沟槽及其他复杂表面进行加工，钳工装配过程中也经常利用锉削对零件进行修整。它是钳工最基本的操作技能之一。

锉削是一种精加工方法，其最高加工精度可达 0.01mm ，表面粗糙度值 Ra 可达 $0.8\mu\text{m}$ 。

5.2 锉削常用工具及使用方法

5.2.1 锉刀构造及拆装

锉刀是锉削的主要工具，常用碳素工具钢 T12 和 T13 制成，并经热处理淬硬至 $62 \sim 67\text{HRC}$ 。它由锉刀面、锉刀边、锉刀舌、锉刀尾、木柄等部分组成，如图 5-1 所示。

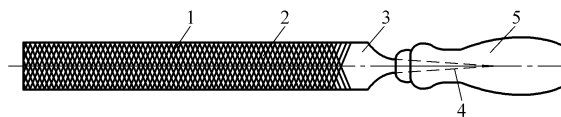


图 5-1 锉刀的结构

1—锉刀面 2—锉刀边 3—锉刀根 4—锉刀舌 5—木柄

锉刀装夹时应注意尾部和锉刀柄的回转中心重合。锉刀的装夹与拆卸如图 5-2 所示。

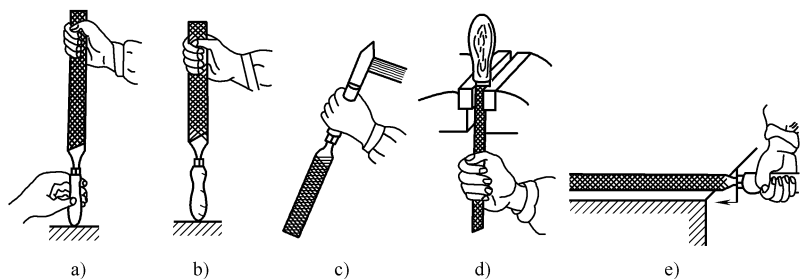


图 5-2 锉刀的装夹与拆卸

a) 插入手把 b) 垂直紧固 c) 锤子敲紧 d)、e) 锉刀柄的拆卸

5.2.2 锉刀齿纹

锉刀是靠锉刀齿纹实现切削作用的，锉刀齿纹（见图 5-3）分为单齿纹和双齿纹两种。

1) 单齿纹多由铣制齿制成，这种锉刀比较理想，但制造价格高，应用不广泛，主要用来锉削铝、锡等软金属。

2) 双齿纹由剃制齿制成，工作过程类似刮削，一般用来锉黄铜、青铜、灰铸铁和低碳钢。双齿纹的刀刃是间断的，长刃被分成许多小齿，这样能使切屑折断，不致被切屑塞住，锉削比较省力。

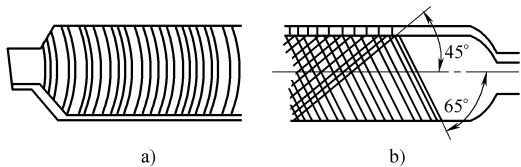


图 5-3 锉刀齿纹

a) 单齿纹 b) 双齿纹

5.2.3 锉刀类型及规格

1. 锉刀的类型

锉刀按用途可分为钳工锉、异形锉、整形锉三类，钳工常用的是钳工锉。

(1) 钳工锉 普通钳工锉按其截面形状可分为平锉、方锉、圆

锉、半圆锉及三角锉五种，如图 5-4 所示。

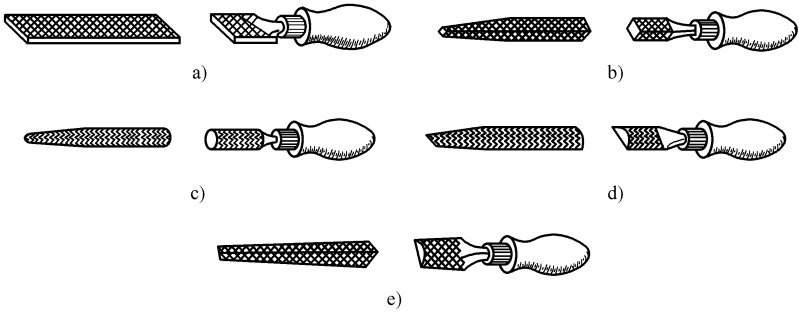


图 5-4 钳工锉

a) 平锉 b) 方锉 c) 圆锉 d) 半圆锉 e) 三角锉

(2) 异形锉 异形锉用于锉削零件上的特殊表面，有单面三角锉、刀形锉、双半圆锉、椭圆锉等，如图 5-5 所示。

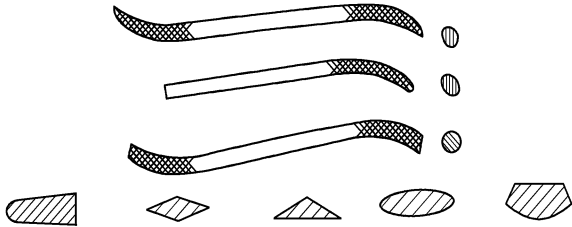


图 5-5 异形锉

(3) 整形锉 又称什锦锉，也叫组锉，主要用于修整工件上的细小部位，常以 5 把、6 把、8 把、10 把或 12 把为一组，如图 5-6 所示。

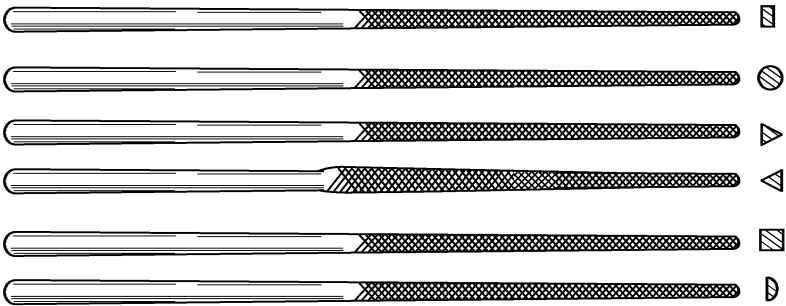


图 5-6 整形锉

2. 锉刀的规格

(1) 锉刀的尺寸规格 除圆锉刀以直径表示、方锉刀以方形尺寸表示外,其他锉刀都以锉身长度来表示其尺寸规格。常用锉刀长度规格有 100mm、125mm、150mm、200mm、250mm、300mm 等。异形锉和整形锉的尺寸规格是指锉刀全长。

(2) 锉刀的粗细规格 锉刀的粗细规格以锉齿的粗细表示,锉齿的粗细取决于锉齿纹的齿距。根据锉齿的粗细可将锉刀分为粗锉刀(1号纹)、中锉刀(2号纹)、细锉刀(3号纹)、精锉刀(4号纹)、油光锉刀(5号纹)五类。

5.2.4 锉刀的选用

合理选用锉刀,对保证加工质量,提高工作效率和延长锉刀寿命具有很大的影响。一般选取锉刀原则如下:

(1) 正确选择锉刀的断面形状 根据工件加工表面的形状,选择相应的锉刀断面形状,如图 5-7 所示。

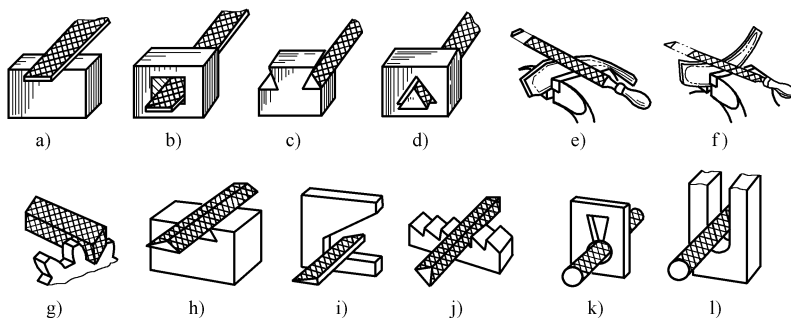


图 5-7 锉刀断面形状选择示例

a)、b) 锉平面 c)、d) 锉燕尾面和三角孔 e)、f) 锉曲面
g) 锉楔角 h) 锉内角 i) 锉交角 j) 锉三角形 k)、l) 锉圆孔

(2) 正确选择锉刀的规格 根据工件加工面的大小来选择锉刀的规格。一般情况下,工件加工面越大,所选锉刀规格也越大;工件加工面越小,所选锉刀规格就越小。

(3) 正确选择锉刀的锉纹号 主要考虑加工余量、尺寸精度、表面粗糙度三个要素,具体方法如表 5-1 所示。

表 5-1 按锉削余量及锉削精度选择锉纹号

锉纹号	适用场合		
	锉削余量/mm	尺寸精度/mm	表面粗糙度 $Ra/\mu\text{m}$
1, 2	>0.5	$>0.2 \sim 0.5$	$50 \sim 12.5$
3	$>0.2 \sim 0.5$	$>0.05 \sim 0.20$	$6.3 \sim 3.2$
4	$>0.05 \sim 0.2$	$0.02 \sim 0.05$	$>3.2 \sim 1.6$
5	≤ 0.05	0.01	$0.8 \sim 0.4$

5.2.5 锉刀的使用注意事项

- 1) 使用锉刀时必须装夹手柄。
- 2) 不准用锉刀锉削淬硬的材料。
- 3) 有硬皮或砂粒的铸件、锻件，要用砂轮打磨后，才可以用半锋利的锉刀或旧锉刀锉削。
- 4) 锉刀要先使用一面，只有在该面磨钝后，或必须用锐利的锉齿加工时才可以用另一面。
- 5) 不能用手触摸刚刚锉过的表面，以免再锉时打滑。
- 6) 锉刀不可重叠或者和其他工具堆放在一起。
- 7) 锉刀使用完毕后，要用锉刷把锉屑顺着纹路刷去，或用铁片将锉屑剔除，以免生锈腐蚀，如图 5-8 所示。

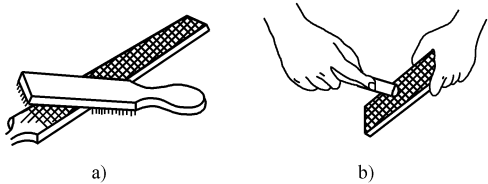


图 5-8 清理锉纹里的切屑
a) 用锉刷清理 b) 用铁片剔除

5.3 锉削操作

5.3.1 工件装夹

1. 工件装夹的特点

- 1) 工件要装夹在台虎钳的中间。
- 2) 对工件的装夹要牢固，同时要保证不使工件产生变形。
- 3) 工件装夹后伸出钳口部分不能太多，以免锉削时产生振动。
- 4) 装夹几何形状特殊的工件时，要考虑增加衬垫，如装夹圆柱形工件时，衬上 V 形架等，如图 5-9 所示。

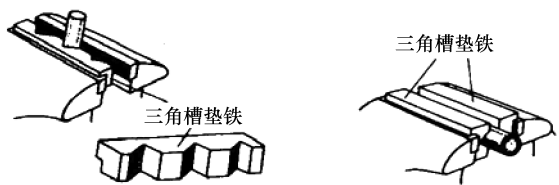


图 5-9 圆形工件在台虎钳上的装夹

- 5) 装夹工件的已加工面或装夹精密工件时，台虎钳的钳口应衬以护口或者其他软材料，以免夹伤工件表面，如图 5-10 所示。

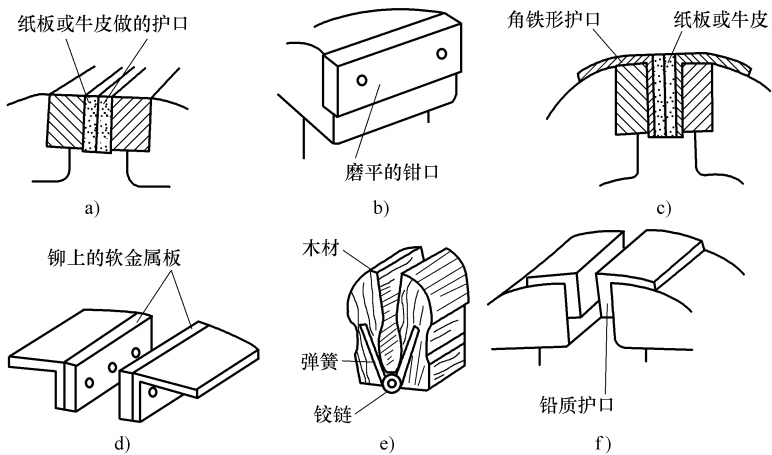


图 5-10 台虎钳护口的应用

- a) 纸板或牛皮做的护口直接粘在钳口上 b) 换装磨平的钳口
c) 纸板或牛皮粘在特制的角铁形护口上 d) 用软金属铆在角铁形护口上
e) 木夹 f) 铅质护口

2. 锉削时工件装夹的实例

1) 装夹毛坯件或一般工件时，采用图 5-11 所示的方法。

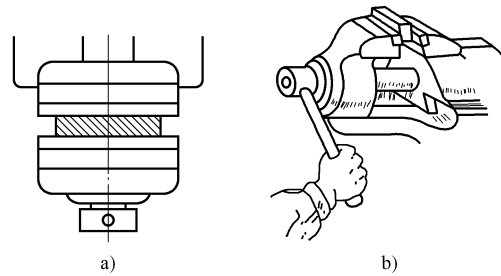


图 5-11 装夹毛坯件或一般工件

a) 装夹位置 b) 用扳手紧台虎钳

2) 在台虎钳上装夹槽钢的方法如图 5-12 所示。

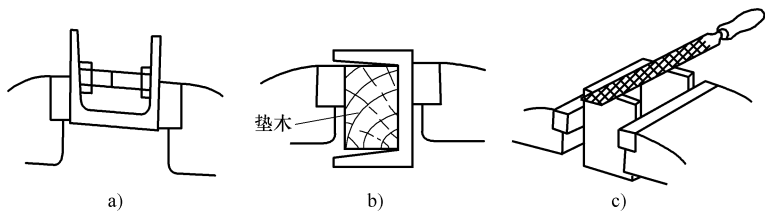


图 5-12 装夹槽钢

a) 用螺栓、螺母支撑 b) 用垫木支撑 c) 锉槽钢顶端时的合理装夹法

3) 在台虎钳上装夹板材的方法如图 5-13 所示。

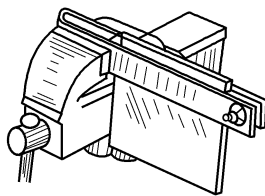


图 5-13 装夹板材

5.3.2 锉刀的握法

(1) 大锉刀的握法 右手心抵住锉刀木柄的端头，大拇指放在锉刀木柄的上面，其余四指弯在下面，配合大拇指捏住锉刀木柄。

左手则根据锉刀大小和用力的轻重，有多种姿势，如图 5-14 所示。

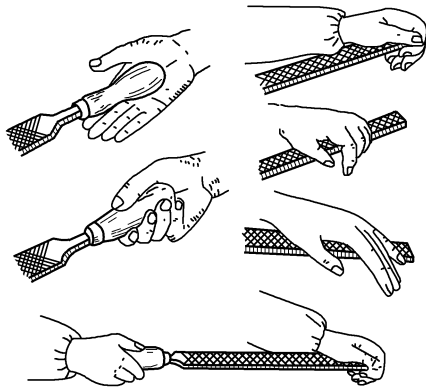


图 5-14 大锉刀的握法

(2) 中锉刀的握法 右手握法与大锉刀握法相同，左手用大拇指和食指捏住锉刀前端，如图 5-15 所示。

(3) 小锉刀的握法 右手食指伸直，拇指放在锉刀木柄上面，食指靠在锉刀的边缘，左手四个手指压在锉刀中部，如图 5-16 所示。

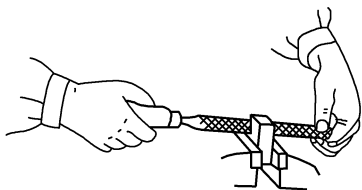


图 5-15 中锉刀的握法

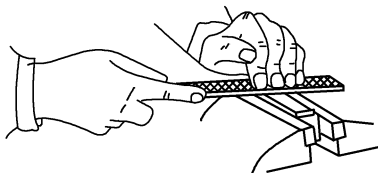


图 5-16 小锉刀的握法

(4) 微小锉刀（整形锉）的握法 一般只用右手拿着锉刀，食指放在锉刀上面，拇指放在锉刀的左侧，如图 5-17 所示。

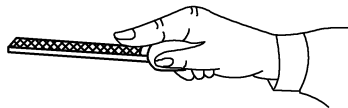


图 5-17 更小锉刀的握法

5.3.3 锉削姿势

1. 双脚位置

站立时面向台虎钳，站在台虎钳中心线左侧。与台虎钳的距离，

按小臂端平锉刀，锉刀尖部能搭在工件上来控制。然后迈出左脚，左脚与右脚距离大约为 250 ~ 300mm。左脚与虎钳中心线成 30°，右脚与虎钳中心线成 75°，如图 5-18 所示。

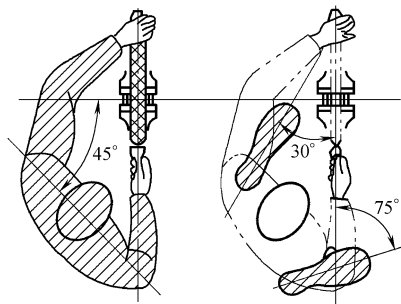


图 5-18 锉削时的双脚位置

2. 身体姿势

锉削时左腿弯曲，右腿伸直，身体重心落在左脚上，两脚始终站稳不动，靠左腿的伸屈作往复运动。手臂和身体的运动要互相配合，并充分利用锉刀的全长。

1) 开始锉削时身体要向前倾 10°左右，左肘弯曲，右肘向后但不可太大，如图 5-19a 所示。

2) 锉刀推出 1/3 行程时，身体向前倾斜 15°左右，这时左腿稍弯曲，左肘稍直，右臂向前推，如图 5-19b 所示。

3) 锉刀继续推到 2/3 行程时，身体逐渐倾斜到 18°左右，左腿继续弯曲，左肘渐直，右臂向前继续推进锉刀，直到尽头，如图 5-19c 所示。

4) 锉刀推到尽头后，身体随着锉刀的反作用退回到 15°位置，如图 5-19d 所示。

5) 行程结束，把锉刀略微抬起，使身体和手回复到开始时的姿势，如此反复。

5.3.4 锉削力及锉削速度

正确运用锉削力是锉削的关键，锉削的力量有水平推力和垂直压力两种。推力主要由右手控制，必须大于切削阻力时才能锉去切

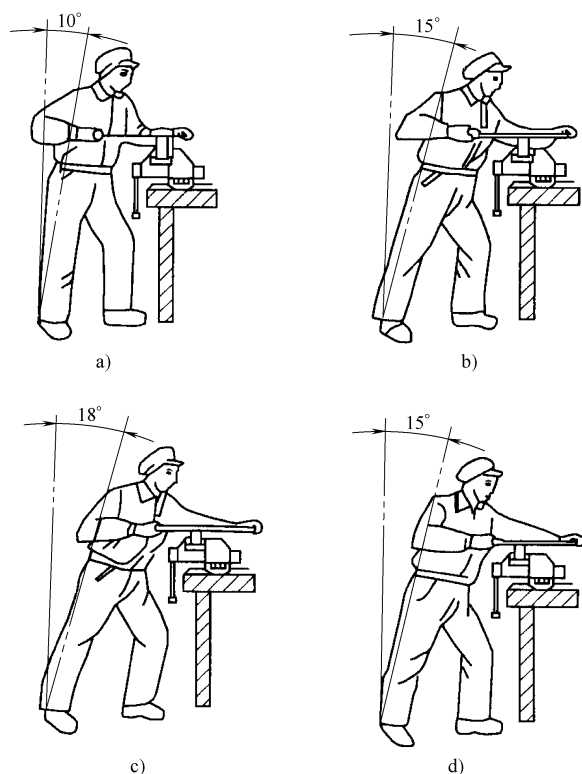


图 5-19 锉削时的身体姿势

a) 开始锉削 b) 锉刀推出 1/3 行程
c) 锉刀推出 2/3 行程 d) 锉刀行程推尽

屑。压力是由两手控制的，其作用是使锉齿深入金属表面。水平推力和垂直压力的大小必须随着锉刀前移而变化，两手压力对工件中心的力矩应该相等，这是保证锉刀平直运动的关键。

控制力矩平衡的方法是：随着锉刀的推进，左手压力由大逐渐减小，右手压力则由小逐渐增大，具体操作如图 5-20 所示。

锉削时，对锉刀的总压力不能太大，因为锉齿存屑空间有限，压力太大只能使锉刀磨损加快；但压力也不能过小，过小时锉刀打滑，达不到切削目的。一般是向前推进时手上有一种韧性感觉为适宜。

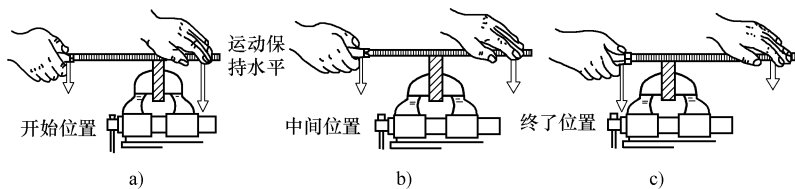


图 5-20 控制力矩平衡的方法

a) 开始位置 b) 中间位置 c) 终了位置

锉削速度一般为 30 ~ 60 次/min，速度太快时操作者容易疲劳，且锉齿易磨钝；如果速度过慢，则切削效率低。

5.3.5 锉削方法

1. 平面锉削方法

平面锉削方法是最基本的锉削，常用的方法有以下三种：

(1) 顺向锉法 锉刀沿着工件表面横向或纵向移动锉削平面，可得到正且直的锉痕，整齐美观，适用于锉削小平面和最后修光工件，如图 5-21a 所示。

(2) 交叉锉法 锉刀以交叉的两方向按先后顺序对工件进行锉削，由于锉痕是交叉的，操作者容易判断锉削表面的不平程度，交叉锉法去屑较快，适用于平面的粗锉，如图 5-21b 所示。

(3) 推锉法 两手对称地握住锉刀，用两大拇指推锉刀进行锉削，这种方法适用于锉削表面较窄且已经锉平、加工余量很小的工件，可用来修正工件尺寸和降低表面粗糙度值，如图 5-21c 所示。

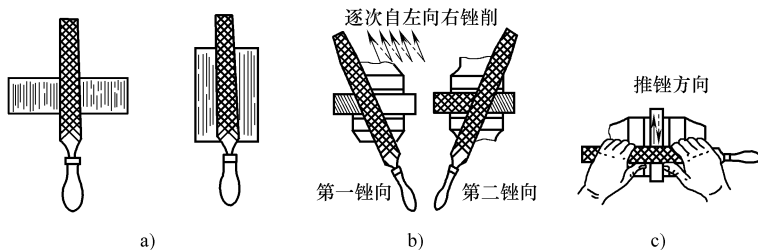


图 5-21 平面锉削方法

a) 顺向锉法 b) 交叉锉法 c) 推锉法

2. 圆弧面（曲面）的锉削

（1）外圆弧面锉削 锉刀要同时完成两个运动，即锉刀的前推运动和绕圆弧面中心的转动，前推是完成锉削，转动是保证锉出圆弧形状。常用的外圆弧面锉削方法有以下两种：

1）滚锉法：使锉刀顺着圆弧面锉削，此法用于精锉外圆弧面，如图 5-22a 所示。

2）横锉法：使锉刀横着圆弧面锉削，此法用于粗锉外圆弧面或不能用滚锉法的情况下，如图 5-22b 所示。

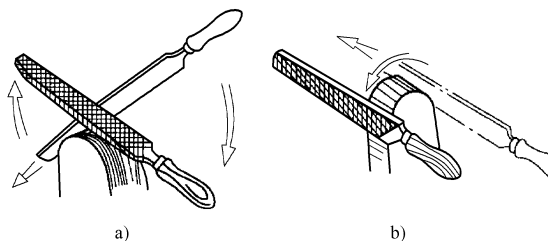


图 5-22 外圆弧面锉削

a) 滚锉法 b) 横锉法

（2）内圆弧面锉削 锉刀要同时完成三个运动，即锉刀的前推运动、锉刀的左右移动和锉刀自身的转动，如图 5-23 所示。

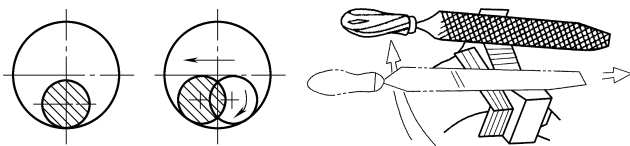


图 5-23 内圆弧面锉削

3. 通孔的锉削

根据通孔的形状、工件材料、加工余量、加工精度和表面粗糙度来选择所需的锉刀，即可顺利完成通孔的锉削，如图 5-24 所示。

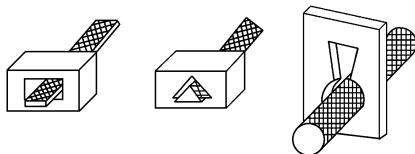


图 5-24 通孔的锉削

5.4 锉削质量

锉削常见缺陷及产生原因如下：

1) 若精加工过的表面被台虎钳夹出伤痕，原因多是因钳口没加护口或衬垫；若空心工件被夹扁，原因是夹紧力太大或产生了变形。

2) 锉削后工件的尺寸和形状不准确，此时若无加工余量，原因可能是划线不正确、锉削量过大且未及时检查所致。

3) 锉削后的表面粗糙，原因可能是精锉时采用了较粗的锉刀；粗锉时锉痕太深，致使精锉时无法锉去粗痕；嵌在锉纹中的切屑未及时清除使得表面拉毛；锉削直角面时，未采用带光面的锉刀等。

5.5 锉削注意事项

锉削加工时，为避免不必要的伤害，应注意以下事项：

- 1) 锉刀放置时不要伸出钳台边，以免跌落损坏锉刀。
- 2) 锉削时不要用手去触摸工件加工面，以免锉刀打滑。
- 3) 不要使用无柄锉刀，否则锉削时无法用力。
- 4) 不要用嘴吹锉削产生的切屑，以防切屑飞进眼睛；也不许用手清理，以防扎手。
- 5) 锉削直角面时，应选用带光面的锉刀。

第6章 刮 削

6.1 刮削常用工具及使用方法

6.1.1 校准工具

校准工具是用来显示刮削时的显点和检验刮削面准确性的工具，常用的有校准平板、平尺等。

(1) 校准平板 选用校准平板（见图 6-1）时，其面积一般应不大于刮削面的 $3/4$ 。

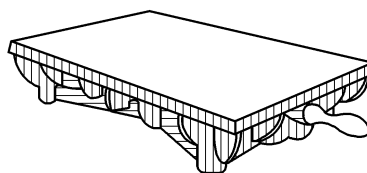


图 6-1 校准平板

(2) 平尺 平尺主要用来检验狭长的平面，常见的有桥形平尺、工字形平尺和角度平尺，如图 6-2 所示。

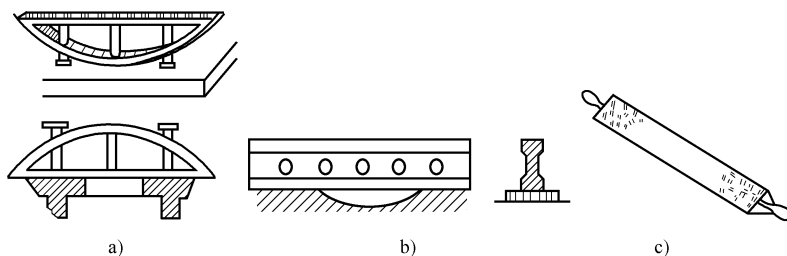


图 6-2 平尺

a) 桥形平尺 b) 工字形平尺 c) 角度平尺

1) 桥形平尺主要用来检验机床导轨面的直线度误差。

2) 工字形平尺分单面和双面两种：①单面工字形平尺的一面经过精刮，精度较高，常用来检验较短导轨的直线度；②双面工字形平尺的两面都经过精刮并且互相平行，它常用来检验狭长平面相对位置的准确性。

3) 角度平尺主要用来校验两个刮面成角度的组合平面, 两基准面经过精刮, 并成为所需的标准角度, 如 55° 、 60° 等。

6.1.2 刮刀

1. 刮刀的结构及分类

刮刀是刮削的主要工具, 刀头具有较高的硬度, 刃口锋利, 一般采用碳素工具钢 T10A ~ T12A 锻造而成, 并经刃磨和热处理淬硬, 如图 6-3 所示。

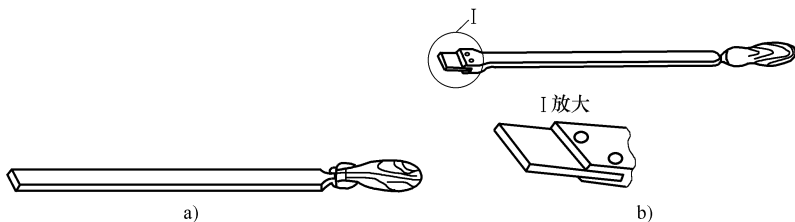


图 6-3 刮刀的外形结构

a) 普通刮刀 b) 活头刮刀

根据用途不同, 刮刀分为平面刮刀和曲面刮刀两大类。

1) 平面刮刀主要用来刮削平面, 如平板、工作台等, 也可用来刮削外曲面, 如图 6-4 所示。

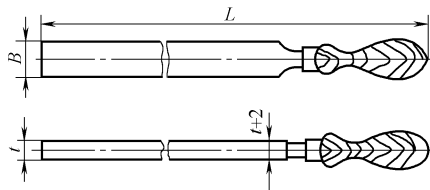


图 6-4 平面刮刀

平面刮刀按形状不同可分为: ①直头刮刀, 其切削部分硬度较高, 柄部硬度较低, 而且富有弹性, 如图 6-5a 所示; ②弯头刮刀, 其刀体是曲形, 如图 6-5b 所示, 能增加弹性, 刮出来的工件表面质量好。

平面刮刀按所刮表面的精度要求不同, 又可分为粗刮刀、细刮刀、精刮刀和韧性材料刮刀四种, 刮刀的楔角大小应根据粗、细、

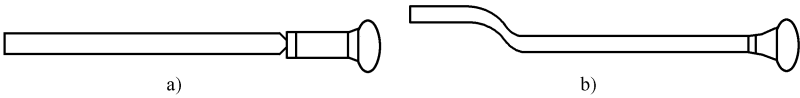


图 6-5 平面刮刀的形状

a) 直头刮刀 b) 弯头刮刀

精刮的要求而定（见图 6-6）：①粗刮刀 $\beta = 92.5^\circ$ ；②细刮刀 $\beta = 95^\circ$ ；③精刮刀 $\beta = 97.5^\circ$ ；④韧性材料刮刀 $\beta = 75^\circ \sim 85^\circ$ 。平面刮刀规格如表 6-1 所示。

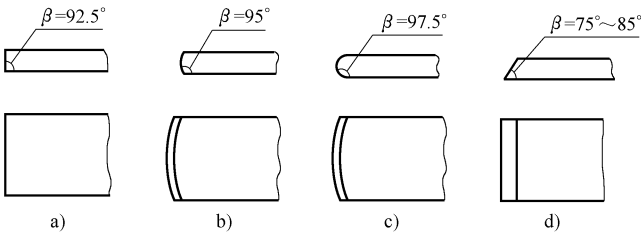


图 6-6 平面刮刀的楔角要求

a) 粗刮刀 b) 细刮刀 c) 精刮刀 d) 韧性材料刮刀

表 6-1 平面刮刀规格 (单位: mm)

种 类	全长 L	宽度 B	厚度 t
粗刮刀	450 ~ 600	25 ~ 30	3 ~ 4
细刮刀	400 ~ 500	15 ~ 20	2 ~ 3
精刮刀	400 ~ 500	10 ~ 12	1.5 ~ 2

2) 曲面刮刀主要用来刮削内曲面，如滑动轴承的内孔等。常用的曲面刮刀有两种：①三角刮刀，可以用旧三角锉刀磨去三角锉齿后改制而成，断面为三角形，三条尖棱就是切削刃，如图 6-7a 所示；②蛇头刮刀，一般是用碳素工具钢锻制而成，刀的头部具有四个带圆弧形的切削刃，使用时两圆弧切削刃可以交替使用，如图 6-7b 所示。

2. 刮刀的刃磨

为保持刮刀刮削过程中切削刃的锋利，需要经常对刮刀进行刃磨。

(1) 平面刮刀的刃磨 平面刮刀的刃磨分为粗磨和精磨两个阶段。

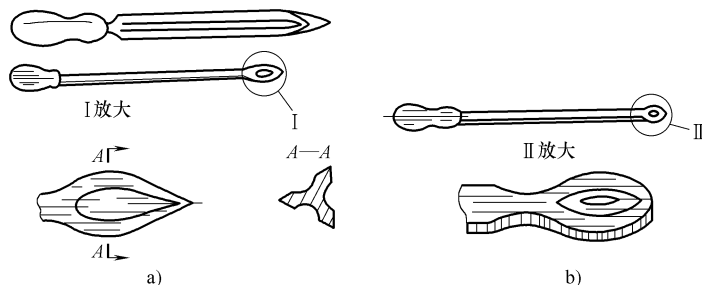


图 6-7 曲面刮刀

a) 三角刮刀 b) 蛇头刮刀

1) 粗磨时, 应先磨两个平面, 方法是左手紧握刀柄, 右手捏住距离刀口 70 ~ 80mm 的前端两侧, 操作者站在砂轮中心左侧, 刮刀贴着砂轮左侧面缓慢前后移动。磨好一面后, 翻转再磨另一面, 当两个平面都平整、厚薄均匀后, 再将侧面长度约 40mm 的毛坯面磨光、倒棱, 如图 6-8a 所示。粗磨刮刀端面时右手捏住刮刀前端 (距离刀口 40 ~ 50mm), 左手在右手后握住刀杆, 双手握紧刮刀后再慢慢接近砂轮边缘。当刮刀接近砂轮时, 刮刀应略高于砂轮的水平中心线, 并提高左手, 使刮刀与砂轮的水平中心线成 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$, 以防刮刀弹出或卡进砂轮与挡架之间。在刮刀的端面与砂轮轮缘接触后, 应缓缓地放平刮刀, 且使其与砂轮的水平中心线一致, 接着双手同步左右平移刮刀, 如图 6-8b 所示。

2) 精磨平面刮刀时, 其步骤与粗磨时基本相同, 也是先磨两个平面、再磨端面。平面刮刀的细磨如图 6-9 所示。首先利用砂轮进行磨削, 细磨完成后, 再在油石上对平面刮刀进行精磨。操作时左手要捏住刮刀前端 (离刀头 50 ~ 60mm), 拇指则贴住刮刀的侧面, 其余四指抓住刮刀, 同时注意用小拇指勾住刮刀的侧面, 以便于定位, 而右手要握住刀柄, 然后两手协调一致左右推移刮刀。推移时对刮刀不要施加太大的压力, 回程时通常不施压, 刃磨过程中要不断加入清洁全损耗系统用油。一面磨好后再磨另一面, 并反复刃磨到满足精磨的要求为止。另外, 当两平面磨削完毕后, 应将刀身略微提起, 并使切削刃与油石分开, 以免损坏刀刃。

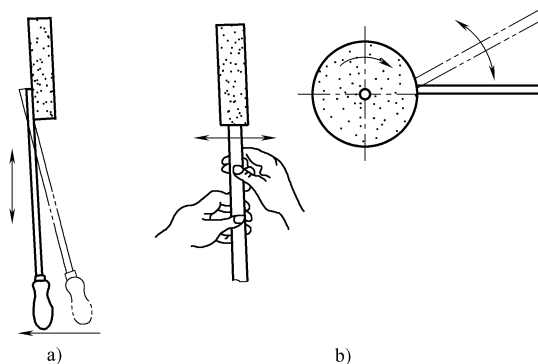


图 6-8 平面刮刀的粗磨方法

a) 粗磨刮刀平面 b) 粗磨刮刀顶端面

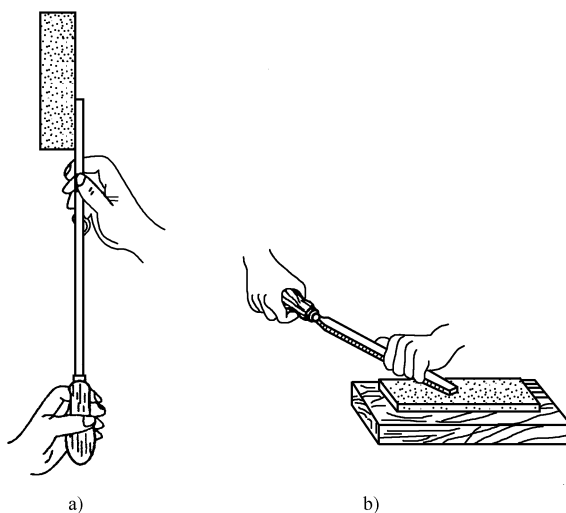


图 6-9 刮刀平面的精磨方法

a) 刮刀平面的细磨方法 b) 刮刀平面的精磨方法

3) 刮刀端面的精磨方法有手推法和靠肩法两种。

手推法精磨刮刀端面的方法如图 6-10 所示。操作时要紧握离刀头 70~80mm 处的部位，左手则握住刀柄或靠近刀柄的刀杆处，同时使刀身直立在油石上并稍带前倾（倾角大小依刮刀性质而定）。刮刀在油石上开始刃磨时，左手应扶着刀体并使刮刀与油石成一定角

度且不用力,但右手要紧握刮刀来回移动。在右手向前推时,刮刀应稍稍向前倾斜,以使刀端的前半面在油石上磨动,在向后拉回时,应该稍稍提起刀身,以免损坏刮刀刃口。当前半面磨好后,再把刮刀翻转 180° ,用同样的方法精磨刮刀的另外半面,反复进行直到达到精度要求为止。

靠肩法精磨刮刀的端面方法如图 6-11 所示。该法较适合初学者采用。操作时要将刮刀的上部靠在肩前部,两手一上一下握住刀身并成一定楔角,接下来两手施加压力,并将刮刀向后拉动,以刃磨刀端的面。在刮刀向前移动时,应将刮刀提起,以免损伤刮刀刃口。该半面磨好后,再将刮刀翻转 180° ,并用同样的方法刃磨刮刀的另外一面,反复进行到满足精度要求为止。

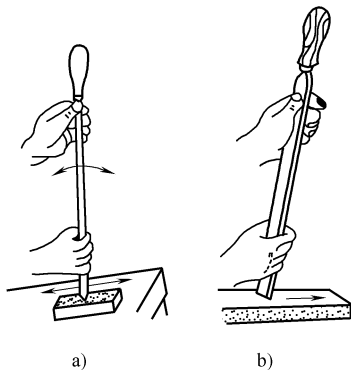


图 6-10 手推法精磨刮刀端面

a) 刮刀直立于油石面 b) 摆成角度推动刮刀



图 6-11 靠肩法精磨刮刀端面

(2) 曲面刮刀的刃磨 曲面刮刀的刃磨分为三角刮刀的刃磨与蛇头刮刀的刃磨两类。

1) 三角刮刀的刃磨也分粗磨和精磨两个阶段。

三角刮刀三个圆弧面粗磨的方法如图 6-12a 所示。操作时右手要紧握三角刮刀的毛坯刀柄,用左手将刮刀的刃口以水平位置轻压在砂轮的边缘上。刃磨开始时两手应按刀刃弧形来回摆动,待一面刃磨完毕再用同样的方法刃磨其他两个面,并确保使三个面的交线形成弧形切削刃。三角刮刀开槽的方法如图 6-12b 所示。操作时左手

需握住刀柄，而右手捏住刀棱并轻压在砂轮的角上开槽（槽要开在两刃的中间）。开槽时，刮刀应稍作上下、左右的移动，以使槽长达到一定的要求及在两刃边留出 2~3mm 的棱边。

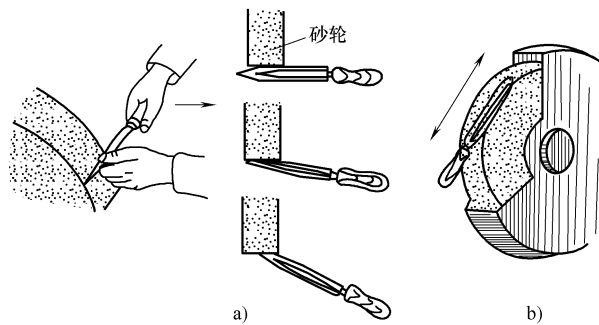


图 6-12 三角刮刀粗磨方法

a) 三个弧面的粗磨 b) 三角刮刀的开槽

三角刮刀的精磨如图 6-13 所示，是在油石上进行的。操作时右手应握住刮刀的柄部，左手则压在切削刃上，并使切削刃沿着油石长度方向来回移动，同时还要按切削刃的弧形作上下摆动，直到磨锋利为止。

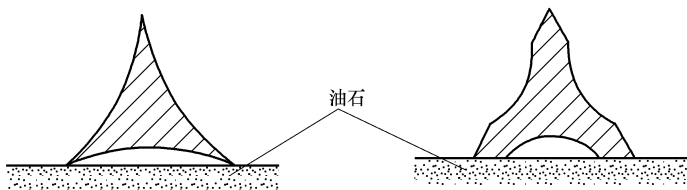


图 6-13 三角刮刀精磨方法

2) 蛇头刮刀两平面的粗磨和精磨方法与平面刮刀相似，而刀头两圆弧面的刃磨及开槽方法与三角刮刀相似。

3. 刮刀的热处理

刮刀的热处理是由淬火 + 回火组成。具体操作是将粗磨好的刮刀加热至 780~800℃（被加热部分呈现樱桃红色即可）后，立即取出放入淬火冷却介质中速冷。平面刮刀的加热长度是从刀头开始向上取 20~30mm，冷却长度一般为 5~8mm；三角刮刀要加热及冷却整个切削刃；蛇头刮刀则要加热及冷却圆弧部分。

当刮刀在淬火冷却介质中冷却时，应当将刮刀不停地平移（缓慢进行），同时还要有间隔地上下微动，以加快刮刀的冷却速度，并避免刮刀淬硬部分与未淬硬部分出现明显的分界线，如图 6-14 所示。在当刮刀露水部分呈黑色时，从淬火冷却介质中取出，直到刮刀浸入淬火冷却介质部分的颜色呈现白色后，再速将其加热部分全部浸入淬火冷却介质中，一直到完全冷却后再取出来。所用淬火冷却介质有水、盐溶液及油三种。

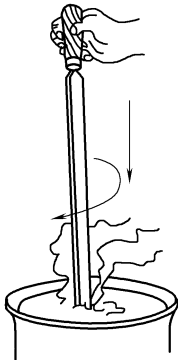


图 6-14 刮刀热处理示意图

6.2 刮削余量的确定

由于刮削每次只能刮去很薄的一层金属，所以要求工件在机加工后留下的刮削余量不宜太大，一般为 0.05 ~ 0.4mm，否则会增加不必要的劳动强度。但刮削余量也不能留得太少，否则不能刮出正确的形状、尺寸和获得良好的表面质量。在确定刮削余量时，还应考虑工件刮削面积大小、刮削前加工误差、工件结构刚性等情况，刮削余量的选取如表 6-2 所示。

表 6-2 刮削余量 (单位：mm)

平面的刮削余量					
平面宽度	平面长度				
	100 ~ 500	> 500 ~ 1000	> 1000 ~ 2000	> 2000 ~ 4000	> 4000 ~ 6000
≤100	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
> 100 ~ 500	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40
孔的刮削余量					
孔径	孔长				
	≤100	> 100 ~ 200	> 200 ~ 300		
≤80	0.05	0.08	0.12		
> 80 ~ 180	0.10	0.15	0.25		
> 180 ~ 360	0.15	0.20	0.35		

6.3 显点和刮削精度

1. 显点

显点是刮削工艺中判断误差和落刀部位的基本方法。为了显示工件表面的误差情况，要在校准工具表面与刮削表面之间放置有颜色的涂料；当校准工具与刮削表面合在一起对研后，凸起部分的颜色就被显示出来，如图 6-15 所示。

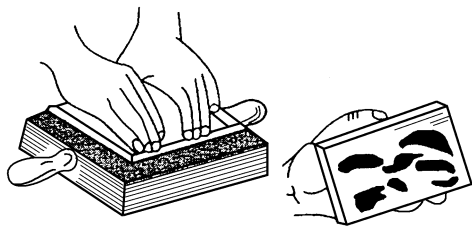


图 6-15 显点

刮削时所用的辅助涂料称为显示剂。常用的显示剂有两种：

1) 红丹粉，用氧化铁或氧化铅加全损耗系统用油调和而成，常用于铸铁和钢的刮削，如图 6-16a 所示。

2) 蓝油，用蓝粉加蓖麻油及全损耗系统用油调和而成，呈深蓝色，显点小而清楚，多用于精密工件和非铁金属及其合金的工件，如图 6-16b 所示。



a)



b)

图 6-16 显示剂

a) 红丹粉 b) 蓝油

显示剂的使用方法如下：

1) 将显示剂涂在工件上，显示的结果是红底黑点，没有闪光，容易看清楚，适于精刮时选用。

2) 将显示剂涂在标准研具上，显示结果是灰白底，黑红色点子，有闪光，不易看清楚，但刮削时铁屑不易粘在刀口上，刮削方便，适于粗刮时选用。

显点应根据工件的不同形状和被刮削面积的大小区别进行，常见的显点方法如下：

1) 中、小型工件的显点：一般是校准平板固定不动，工件被刮面在平板上推刮，推刮时压力要均衡。如果工件小于平板，推刮时最好不出头；如果被刮面等于或稍大于平板面时，推刮时工件超出平板的部分不得大于工件长度的 $1/3$ ，如图 6-17 所示。

2) 大型工件的显点：将工件固定，平板在工件的被刮面上推刮。

3) 薄板工件的显点：因为薄板工件厚度薄，刚性差，易变形，所以只能靠自身的质量在平板上推刮，推刮时平板超出工件被刮面的长度应小于平板长度的 $1/5$ 。

4) 质量不对称工件的显点：推刮时应在工件某个部位上托或下压，但用力的大小要适当、均匀，如图 6-18 所示。

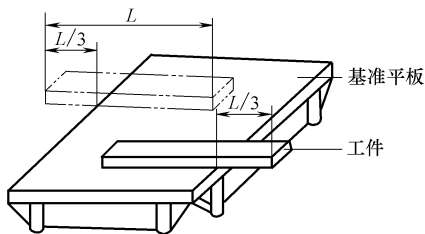


图 6-17 平板上的显点

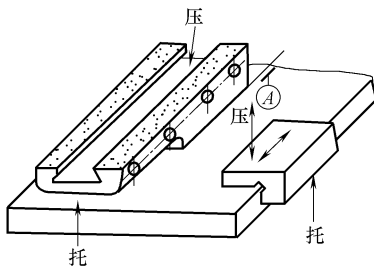


图 6-18 不对称工件的显点

2. 刮削精度检验

刮削精度包括尺寸精度、形状和位置精度及贴合程度、表面粗糙度等。

对刮削质量最常用的检查方法是将被刮削的面与校准工具对研后，用边长为 25mm 的正方形框罩在被检查的面上，根据方框内的显点数来决定，如图 6-19 所示。各种平面接触精度的显点数如表 6-3 所示。曲面刮削主要是对滑动轴承内孔的刮削，不同接触精度的显点数如表 6-4 所示。

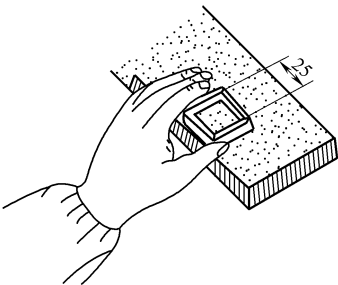


图 6-19 用方框检查显点

表 6-3 各种平面接触精度的显点数

平面种类	每边长为 25mm 正方形面积内的接触点数	应用举例
一般平面	2 ~ 5	较粗糙机件的结合面
	> 5 ~ 8	一般结合面
	> 8 ~ 12	机器台面、一般基准面、机床导轨面、密封结合面
	> 12 ~ 160	精密机床导向面、工具基准面、量具接触面
精密平面	16 ~ 20	精密机床导轨、平尺
	> 20 ~ 25	1 级平板、精密量具
超精密平面	> 25	0 级平板、高精度机床导轨、精密量具

表 6-4 滑动轴承的显点数 (单位: mm)

轴承 直径	机床或精密机械主轴轴承			锻压设备、通用机械的轴承		动力机械、冶金设备的轴承	
	高精密	精密	普通	重要	普通	重要	普通
	每边长为 25mm 的正方形面积内的接触点数						
≤120	25	2	16	12	8	8	5
> 120		16	10	8	6	6	2

大多数刮削平面还有平面度和直线度的要求，如工件平面大范围的平面度、机床导轨面的直线度等等，这些误差都可用框式水平仪来检查，如图 6-20 所示。

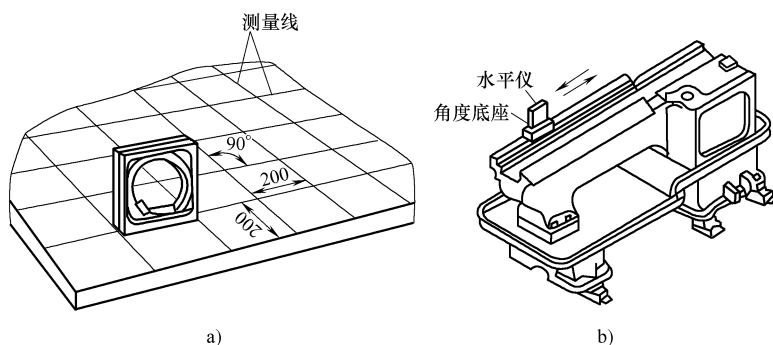


图 6-20 用水平仪检查刮削精度

a) 检查平面度 b) 检查直线度

6.4 刮削工艺方法

6.4.1 刮削前的准备

刮削前的准备工作包括工作场地的选择、工件的支承及工件的准备。

(1) 工作场地的选择 工作场地上的光线不能太强或太弱，以免影响视力，进而影响刮削质量。在刮削大型精密工件时，工作场地的温度不能变化太大，以免因工件热胀冷缩而影响刮削的精度及稳定性。

(2) 工件的支承 工件必须安放平稳，使刮削时不产生摇动。对于刚性好、质量大、面积大的工件（如机器底座、大型平板等），安放工件时应使其刮削面位置的高低方便操作。

(3) 工件的准备 应去除工件刮削面飞边，锐边要倒角，以防划伤手指，擦净刮削面上油污，以免影响显示剂的涂抹及显示效果。

6.4.2 刮削方法

1. 平面刮削方法

(1) 手刮法 操作时应右手握持手柄，而左手四指则向下卷曲

握住距离刀头 40 ~ 50mm 的刀杆处（使刮刀与工件的被刮表面呈 $25^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ），然后左脚跨前一步、上身前倾以增加左手的压力。刮削开始后右手应随上身摆动使刮刀前进，此时左手下压、落刀要轻，在推进到需要的位置时，左手再迅速提起并且完成一个手刮的动作。具体操作如图 6-21 所示。手刮法的要诀是“推、压、提”三个字。

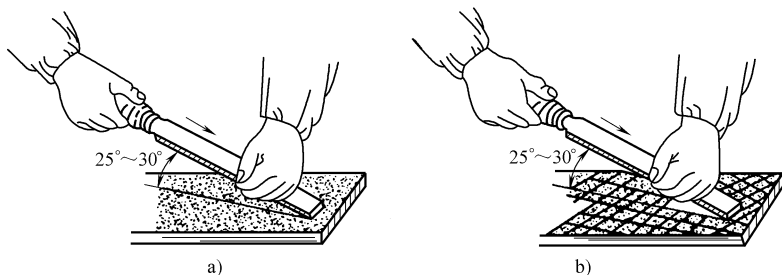


图 6-21 手刮法

a) 手刮削 b) 手刮铲削

(2) 挺刮法 首先将刮刀圆柄放在小腹的右下侧，两手握住距切削刃 70 ~ 80mm 处的刀杆，刮削开始时切削刃要对准显点，左手下压力杆，并利用腿和臀部的力量向前推挤刮刀，刚开始向前推时是双手加力，当刮刀被推到显点处的瞬时，两手应将刮刀提起来，这样就完成了一次刮点，如图 6-22 所示。

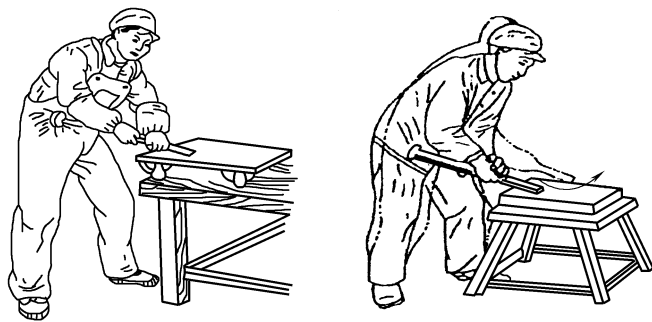


图 6-22 挺刮法

2. 平面刮削步骤

平面刮削可按粗刮、细刮、精刮和刮花四步骤进行。

(1) 粗刮 粗刮是用粗刮刀在刮削面上均匀地铲去一层较厚的金属,一般是采用连续推铲的方法,刀迹要连成长片。粗刮能很快地去除刀痕、锈斑或过多的余量。当粗刮到每 $25\text{mm} \times 25\text{mm}$ 的方框内有 2~3 个显点时,即可转入细刮。粗刮时的显点情况如图 6-23 所示。

(2) 细刮 细刮是用细刮刀在刮削面上刮去稀疏的大块显点,提高平整度。细刮时采用短刮法,刀痕宽而短,刀迹长度均为刀刃宽度,而且随着显点的增多,刀迹逐步缩短,每刮一遍时,须按同一方向刮削(一般要与平面的边成一定角度),刮第二遍时要交叉刮削,以消除原方向刀迹。当每 $25\text{mm} \times 25\text{mm}$ 的刮削面上达到 12~15 个显点时,细刮结束。细刮时的显点情况如图 6-24 所示。

(3) 精刮 精刮是用精刮刀更仔细地刮削显点,以改善表面质量,使刮削面符合精度要求。精刮时采用点刮法(刀迹长度约为 5mm),刮面越窄小,精度要求越高,刀迹越短。精刮时更要注意压力要轻,提刀要快,在每个显点上只刮一刀,不要重复刮削,并始终小交叉地进行刮削。当每 $25\text{mm} \times 25\text{mm}$ 刮削面的显点增加到 20 点以上时,精刮结束。精刮时的显点情况如图 6-25 所示。

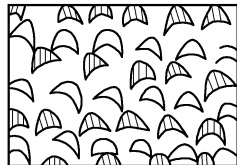


图 6-23 粗刮时的显点 图 6-24 细刮时的显点 图 6-25 精刮时的显点

(4) 刮花 刮花是在刮削面或机器外观表面上用刮刀刮出装饰性花纹,如图 6-26 所示。刮花目的有:①刮削表面美观;②给滑动表面之间造成良好的润滑条件。一般根据花纹的消失情况来判断滑动表面的磨损程度。

3. 原始平板刮削

校准平板是检验、划线及刮削中的基本工具,要求非常精密。如果没有校准平板,则可用三块平板互研互刮的方法,刮成原始的精密平板。刮削原始平板要经过正研和对角研两个步骤。

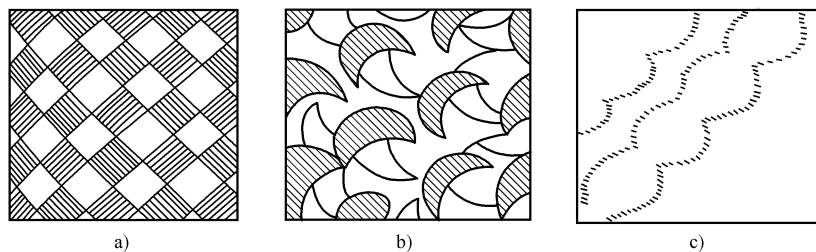


图 6-26 几种刮花花纹

a) 斜纹花 b) 月牙花 c) 半牙花

(1) 正研刮削方法 先将三块平板单独进行粗刮，去除机械加工的刀痕和锈斑等。然后将原始平板分别编号为 1、2、3，采用 1 与 2、1 与 3、3 与 2 合研的方法，如图 6-27 所示。

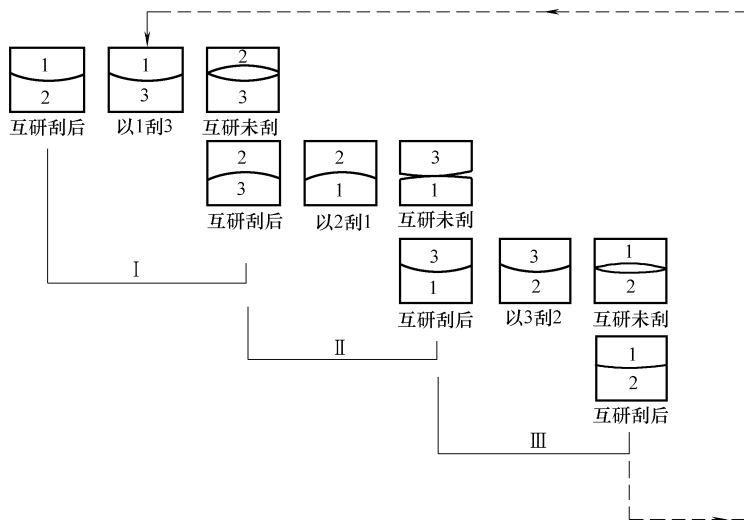


图 6-27 原始平板的正研刮削方法

(2) 对角研刮削方法 为进一步消除扭曲并提高精度，可采用对角研的方法进行刮削。研磨时，高角对高角，低角对低角。经合研后， AB 角重，中间轻， CD 无点，扭曲现象会明显地显示出来，如图 6-28 所示。根据显点修刮，直至显点分布均匀和消除扭曲，使三块平板相互之间，无论是直研、调头研、对角研（见图 6-29），它

们的显点情况完全相同，一直要到显点数符合要求为止。

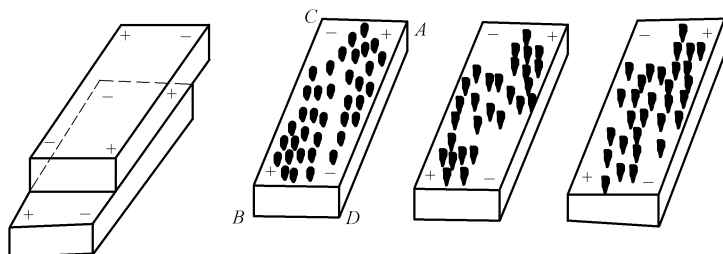


图 6-28 平板的扭曲现象

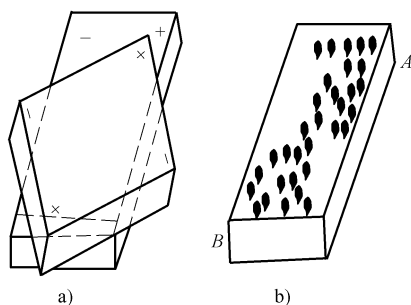


图 6-29 对角研

a) 对角研 b) 显点修刮

4. 曲面刮削方法

曲面刮削时，应根据不同形状和不同的刮削要求选择合适的刮刀和显点方法。刮削时常采用标准轴（又称工艺轴）或与其相配的轴，作为内曲面显点显示的校准工具。曲面刮削时，是用曲面刮刀在内曲面上作螺旋状运动，即前一遍刮削与后一遍刮削要交叉进行，以避免产生波纹缺陷，刮削刚开始时施加压力不宜太大，以免出现抖动现象。内曲面的刮削方法如图 6-30 所示。

曲面刮削分为粗刮、细刮、精刮三阶段，刮削中是采用同一把刮刀进行，只是通过改变刮刀与工件的相互位置来进行粗刮、细刮与精刮。

- 1) 粗刮如图 6-31a 所示，此时刮刀前角为正，刮出的切屑较厚。
- 2) 细刮如图 6-31b 所示，此时刮刀有较小的负前角，刮出的切

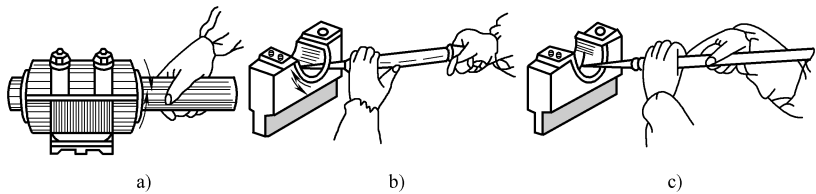


图 6-30 内曲面的刮削方法

a) 显点 b)、c) 内曲面的刮削的操作姿势

屑较薄（细刮后可以获得均匀分布的显点）。

3) 精刮如图 6-31c 所示，此时刮刀具有较大的负前角，刮出的切屑很薄（精刮后可获得很高的表面质量）。

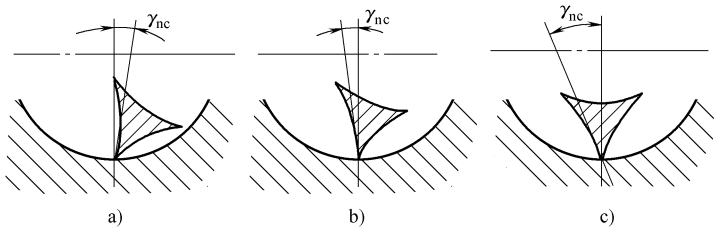


图 6-31 曲面刮削的三个阶段

a) 粗刮 b) 细刮 c) 精刮

γ_{nc} ——刮刀的刀刃切线与曲面法线的夹角

6.5 刮削检测及缺陷分析

6.5.1 刮削检测

(1) 平面刮削的检测 内容主要包括：

1) 用显点的数目来表示，即在标准方框面积内（25mm × 25mm），要求显点的数量达到一定数值，如图 6-32a 所示。通常是精度要求越高，显点的数量也越多。

2) 用平面的水平度来表示。用百分表对较小平面的平面度进行测量的情况如图 6-32b 所示；而对较大平面的平面度进行测量，一般是用框式水平仪作逐段测量，并把各段的误差进行绘图分析与计算。

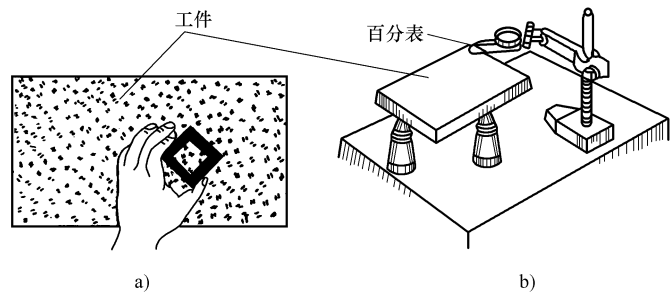


图 6-32 平面度误差的检测

a) 标准方框数点 b) 用百分表测量平面度误差

(2) 表面粗糙度的检测 对于精度要求较高的工件，通常是采用轮廓仪测量出表面粗糙度 Ra 与 Rz 的数值；而对一般工件，则用手掌触摸来判断表面粗糙度值的大小。

2. 垂直面刮削的检测

一般用圆柱角尺来检测刮削工件垂直面的误差。操作时先将被测工件的基准面和测量工具放在标准平板上，接着通过移动工件的刮削面跟测量工具接触，然后使用塞尺测出它们之间的误差值（即间隙），如图 6-33 所示。

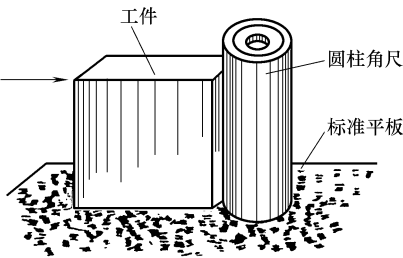


图 6-33 垂直面刮削的检测

6.5.2 刮削缺陷分析

对工件进行刮削时，正常情况下极少出现废品，但当刮削余量特别小及有其他因素的影响时，也有废品产生。常见的刮削面缺陷及原因分析如表 6-5 所示。

表 6-5 常见的刮削面缺陷及原因分析

缺陷形式	产生原因
深凹痕	1) 切削刃部圆弧半径太小
	2) 刮削时，压力过大
	3) 刮削时，刮刀倾斜
	4) 刀痕重叠

(续)

缺陷形式	产生原因
撕纹	1) 刃口不锋利或不光滑 2) 刃口损坏 (有缺口, 或裂纹)
刮削面不精确	1) 合研时, 压力不均匀或工件伸出研具边框过多, 使显点不真实, 出现假点 2) 研具本身有误差
振痕	1) 多次同向刮削, 刀迹没有交叉 2) 曲面刮削用力过大 3) 刀刃伸出工件太多
起刀或落刀痕	1) 起刀时, 双手配合不佳, 起刀不及时 2) 落刀时压力太大, 落刀过快

第7章 钻孔、扩孔、铰孔和镗孔

孔加工的方法主要有两类：一类是在实体上加工出孔，即用麻花钻、中心钻等钻孔；另一类是对已有孔进行再加工，即利用扩孔钻、铰刀和镗孔钻，对工件进行扩孔、铰孔和镗孔等。

7.1 钻孔

用钻头在实体材料上加工孔称为钻孔。在钻床上钻孔时，一般情况下钻头应同时完成两个运动：主运动和辅助运动。主运动即钻头绕轴线的旋转运动（切削运动），辅助运动即钻头沿着轴线方向垂直于工件工作面的直线运动（进给运动），如图 7-1 所示。

由于钻削是在半封闭的状态下进行切削的，其转速高，切削量大，排屑很困难。钻削时有以下特点：

- 1) 摩擦严重，需要较大的钻削力。
- 2) 产生热量多，散热困难，因而温度较高，钻头磨损快。
- 3) 由于钻削时的挤压和摩擦，容易使孔壁产生冷硬现象，增加加工困难。
- 4) 由于钻头长而细，钻削时易产生振动。
- 5) 加工精度不高。

7.1.1 钻床

常用的钻床有台式钻床、立式钻床和摇臂钻床三种。

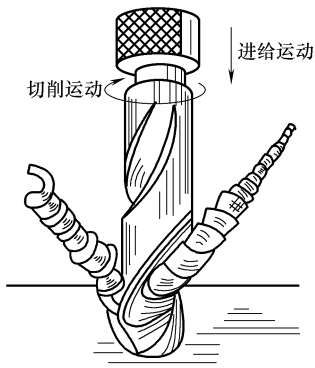


图 7-1 钻削运动分析

(1) 台式钻床 台式钻床简称台钻,如图 7-2 所示。这是一种在工作台上工作的小型钻床,其钻孔直径一般在 13mm 以下。由于加工的孔径较小,台钻的主轴转速一般较高,最高转速可高达每分钟近万转,最低为 400r/min。主轴的转速可通过改变三角带在带轮上的位置来调节。台钻的主轴进给由转动进给手柄实现。在进行钻孔前,需根据工件高低调整好工作台与主轴架间的距离,并锁紧固定。台钻小巧灵活,使用方便,结构简单,主要用于加工小型工件上的各种小孔。



图 7-2 台式钻床

(2) 立式钻床 立式钻床简称立钻,如图 7-3 所示。这类钻床的规格用最大钻孔直径表示。与台钻相比,立钻刚性较好、功率大,因而允许钻削直径较大的孔,生产率高,加工精度也较高。立钻适用于单件或小批量生产中加工中、小型零件。

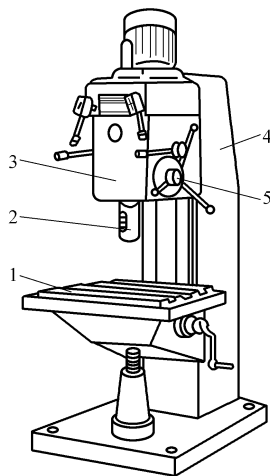


图 7-3 立式钻床

1—工作台 2—主轴 3—主轴箱
4—立轴 5—操纵机构

(3) 摇臂钻床 如图 7-4 所示,摇臂钻床有一个能绕立柱旋转的摇臂,摇臂带着主轴箱可沿立柱垂直移动,同时主轴箱还能在摇臂上作横向移动。因此,操作时能很方便地调整钻头的位置,以对准被加工孔的中心,而不需移动工件来进行加工。摇臂钻床适用于

一些笨重的大型工件以及多孔工件的加工。

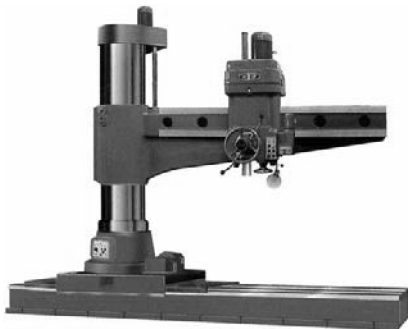


图 7-4 摇臂钻床

7.1.2 钻头及装夹工具

1. 钻头

钻头是钻孔用的切削工具，常用高速钢制造，工作部分经热处理淬硬到 62 ~ 65HRC。钻孔时所用的刀具有麻花钻、扁钻、深孔钻、中心钻等，但最常用的刀具就是麻花钻。麻花钻由柄部、颈部及工作部分组成，其结构如图 7-5 所示。

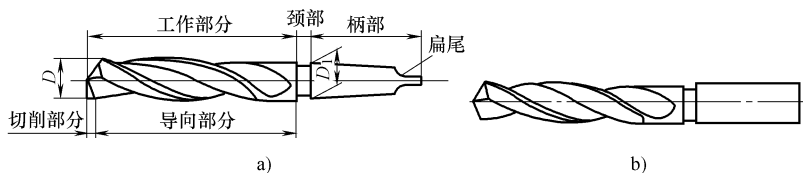


图 7-5 麻花钻的结构

a) 锥柄 b) 直柄

(1) 柄部 柄部是钻头的装夹部位，装夹时起定心作用，切削时起传递转矩的作用。它有锥柄和直柄两种。直柄传递转矩较小，一般用于直径小于 12mm 的钻头。直柄钻头装夹在钻头夹上，通过钻头夹钥匙进行装拆，如图 7-6 所示。锥柄可传递较大转矩（主要是靠柄的扁尾部分），用于直径大于 12mm 的钻头。锥柄钻头的装拆方法如图 7-7 所示。

(2) 颈部 颈部较大的钻头在颈部标注商标、钻头的直径和材

料牌号等。

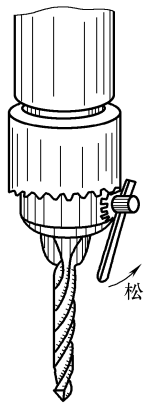


图 7-6 直柄钻头的装拆方法

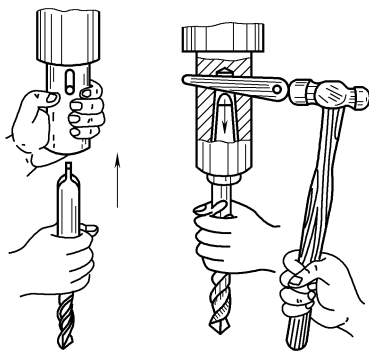


图 7-7 锥柄钻头的装拆方法

(3) 工作部分 它是钻头的主要部分，由切削部分和导向部分组成，起切削和导向作用。导向部分有两条狭长、螺旋形状的刃带（棱边即副切削刃）和螺旋槽。棱边的作用是引导钻头和修光孔壁，两条对称螺旋槽的作用是排除切屑和输送切削液。钻头的切削部分如图 7-8 所示。它由两条切削刃、一条横刃、两个前面和两个后面组成。钻头直径由切削部分向柄部逐渐减小，形成倒锥，可减少钻头与孔壁的摩擦。

2. 装夹工具

(1) 钻夹头 钻夹头用于装夹直径 13mm 以下的直柄钻头，如图 7-9 所示。夹头体上端锥孔与夹头柄装配，夹头柄做成莫氏锥体装入钻床主轴锥孔内。钻夹头中的三个夹爪用来夹紧钻头的柄部，当带有小锥齿轮的钥匙带动夹头套上的大锥齿轮转动时，与夹头套紧配的内螺纹圈也同时旋转。因螺纹圈与三个夹爪上的外螺纹相配，三个夹爪能伸出或缩进，使钻柄被夹紧或放松。

(2) 钻头套 用来装夹锥柄钻头，如图 7-10 所示。当用较小直径的钻头钻孔时，用一个钻头套有时不能直接与钻床主轴锥孔相配，这时可用几个钻头套配接起来使用。

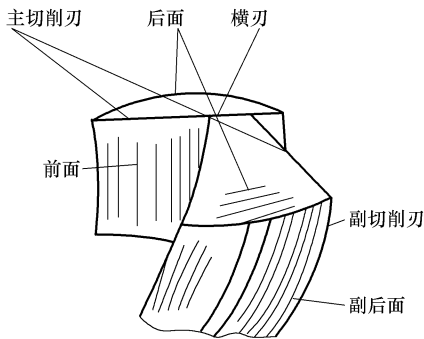


图 7-8 钻头的切削部分

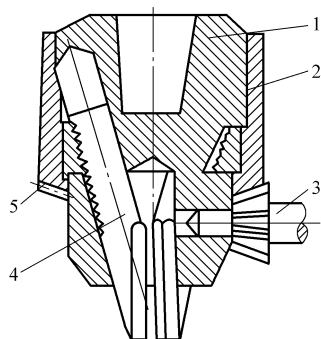


图 7-9 钻夹头

1—夹头体 2—夹头套 3—钥匙
4—夹爪 5—内螺纹

钻头套的保养工作非常重要，尤其是钻头套外锥面，如果安放和使用不当，外锥表面会有敲伤印痕，将影响钻头的配合精度，使钻出的孔径比实际钻头的直径大很多。由于钻头套接触精度不好，钻削时会使钻头脱落造成事故，因此拆除钻头套时，都应从腰形槽中用斜铁拆除，如图 7-11 所示。

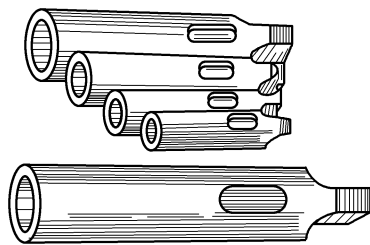


图 7-10 钻头套

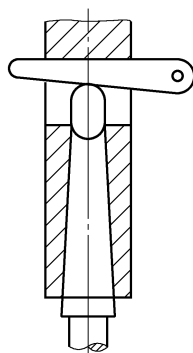


图 7-11 钻头套的拆卸

(3) 快换钻夹头 在钻床上加工同一工件时，往往需要调换直径不同的钻头。使用快换钻夹头可以不停机器换装刀具，大大提高了生产率，也减少了对钻床精度的影响。快换钻夹头的结构如图 7-12 所示。

更换刀具时，只要将滑套向上提起，钢珠受离心力的作用而贴于滑套端部的大孔表面，使可换套筒不再受钢珠的卡阻。此时另一手就可将装有刀具的可换套筒取出，然后再把另一个装有刀具的可换套筒装上。放下滑套，两粒钢珠重新卡入可换套筒凹坑内，于是更换上的刀具便跟着插入主轴锥孔内的夹头体一起转动。弹簧环可限制滑套的上下位置。快换钻夹头钻头拆卸方法如图 7-13 所示。

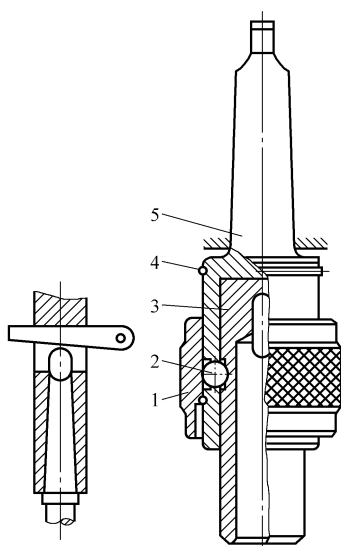


图 7-12 快换钻夹头
1—滑套 2—钢珠 3—可换套筒
4—弹簧环 5—夹头体

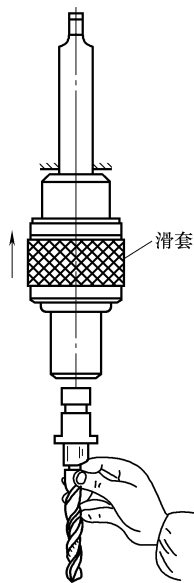


图 7-13 快换钻夹头钻头的拆卸方法

7.1.3 钻头的刃磨

钻头变钝后，或根据不同的钻削要求而需要改变钻头顶角或改变切削部分的形状时，经常需要刃磨。钻头刃磨正确与否，对钻削质量、生产率及钻头的寿命有显著的影响。

手工刃磨钻头是在砂轮机上进行，钳工用砂轮机如图 7-14 所示。砂轮的特性对刃磨质量和效率有影响，砂轮过细、过硬或过软，都

会影响刃磨效果。因此,钳工用的砂轮磨粒一般使用粒度 46 ~ 60 的较为适宜,过细不仅不能提高刃磨速度,反而会使钻头热量过高而退火,降低钻头的使用寿命。

钻头的刃磨主要包括以下四个方面:

(1) 主切削刃的刃磨 刃磨时操作者应站在砂轮左侧,用右手握住钻头的工作部分,食指要尽可能靠近切削部分以作为钻头摆动的支点。同时,要将主切削刃与砂轮中间平面放置在一个水平面内,并让钻头的轴线与砂轮圆柱面素线在水平面内的夹角为 φ ($50^\circ \sim 75^\circ$)。钻头刃磨角度控制方法如图 7-15 所示。

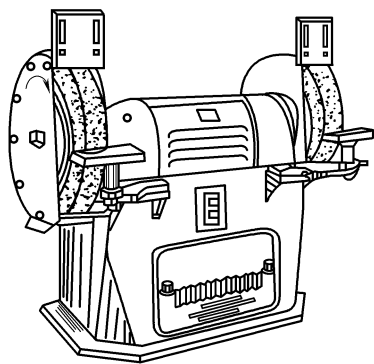


图 7-14 钳工用砂轮机

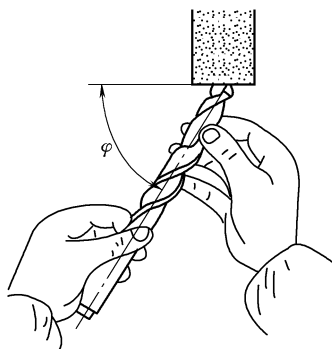


图 7-15 钻头刃磨角度控制方法

右手握住钻头的切削部分并绕自身轴线转动,以磨出整个后刀面;左手握钻柄作上下的摆动,以磨出不同大小的后角;当磨好一个主切削刃后,再翻转 180° 磨另一个主切削刃。刃磨时钻头绕轴线转动的目的是使整个后刀面都能刃磨到,上下摆动的目的是为了磨出一定的后角。两手的动作必须很好的配合。由于钻头直径不同,钻头的后角要求有所不同,所以摆动的角度大小要随后角的大小而变化。钻头后角刃磨方法如图 7-16 所示。

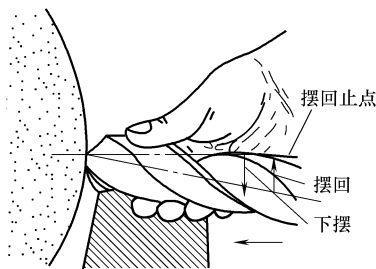


图 7-16 钻头后角刃磨方法

在钻头的整个刃磨过程中，钻头需要多次浸水冷却以免退火。刃磨后应保证两主切削刃与钻头轴线成相同的角度及横刃斜角为 $50^\circ \sim 55^\circ$ 。

(2) 修磨横刃的方法 横刃过长不仅使钻头钻削时定心不准，同时使钻削阻力增加，因此，需要将横刃适当地修短。修磨横刃的操作方法如图 7-17 所示；修磨横刃先使后刀面刃背接触砂轮，如图 7-17a 所示；然后缓缓将钻头向钻心转动，使轮缘接近钻心横刃，将横刃磨短，并同时控制所需的内刃角和内刃斜角等（修出横刃处前角），如图 7-17b 所示。

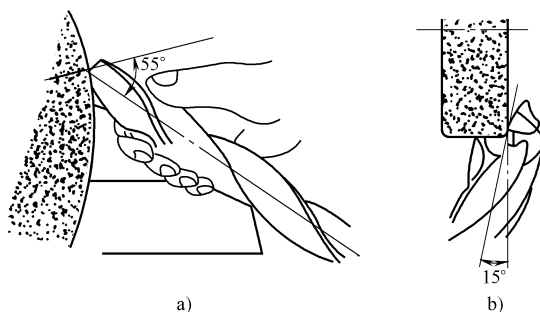


图 7-17 修磨横刃的方法

a) 后刀面刃背接触砂轮 b) 修磨

(3) 月牙槽的刃磨 刃磨时右手握住钻头的切削部分，左手握住柄部，并将主切削刃放置在砂轮的中间水平平面内，如图 7-18 所示。使钻头轴线与砂轮侧面的夹角为 $55^\circ \sim 60^\circ$ ，如图 7-18a 所示；并让钻头轴线在砂轮水平中间平面下方 $12^\circ \sim 15^\circ$ 范围内，接下来按此位置将钻头靠上砂轮圆角，如图 7-18b 所示；并作图 7-18c 中箭头所示的平移及转动，使其缓慢平稳地向前送进以形成圆弧刃。翻转 180° 后再磨另一月牙槽。

(4) 刃磨分屑槽的方法 刃磨分屑槽的方法如图 7-19 所示。将钻头按后刀面置于砂轮轮缘处如图 7-19a 所示，在后刀面横刃和刀尖中间，向切削刃方向缓缓转动，开出第一条槽；然后将钻头转过 180° ，在靠近横刃和刀尖处，磨出另一条槽如图 7-19b 所示。

刃磨时切削刃置于水平位置，并接触于砂轮的中间平面上，钻

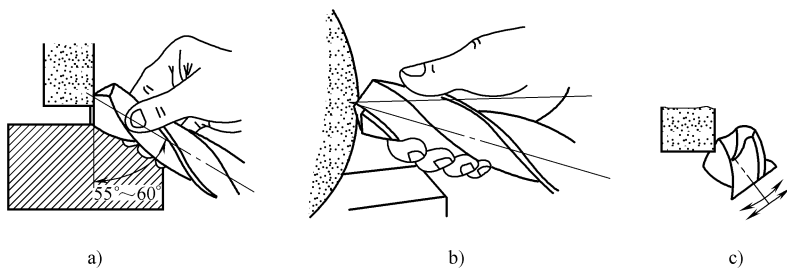


图 7-18 月牙槽的刃磨方法

a) 摆正夹角 b) 摆正位置 c) 刃磨

头轴线与砂轮中间平面的夹角 α_R ，就是分屑槽的后角，如图 7-19a 所示。用砂轮交角处开槽时钻头向后刀面作往复微量转动，如图 7-19b 所示。

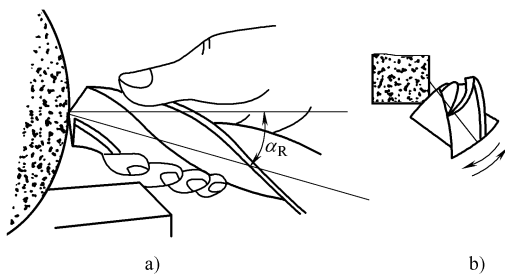


图 7-19 刃磨分屑槽的方法

a) 摆正夹角 b) 刃磨

刃磨钻头时，要经常检查钻头的刃磨角度。

1) 将钻头的切削部分向上竖起，与两眼保持平视，视线与钻头切削部位成一平面（最好有背景参照物），钻头不要上下左右晃动（钻柄端部最好有手指定位）。如图 7-20 所示，检查时凝视切削刃的一边，缓缓转动钻头，目测另一边的切削刃检查两边角度是否对称；同时注意检查两切削刃的长度是否一致（即从横刃至刀尖角处）、两刀尖角是否在同一平面。

2) 切削刃长度及角度要保持对称，钻削时两切削刃同时工作，钻削钢料时切屑同时出现螺旋卷屑，如图 7-21 所示。否则，只有一个切削刃工作，只在一处出现卷屑，钻出的孔径要比钻头直径大很多。

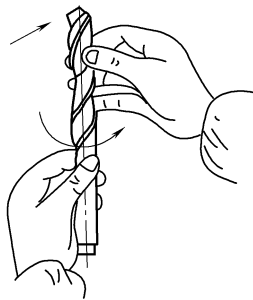


图 7-20 检查钻头刃磨角度的方法

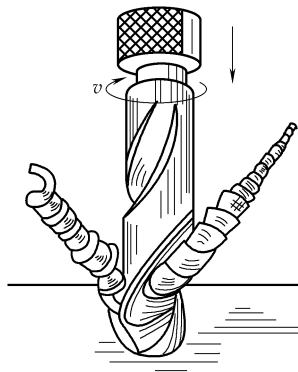


图 7-21 对称切削刃的切屑形状

7.1.4 钻孔操作要点

1. 工件的装夹方法

一般钻直径 8mm 以下的孔时，如果工件可以用手握住，就用手握住工件进行钻孔（工件上锋利的边角必须倒钝），这样较为方便。对于其他情况，钻孔前一般须将工件装夹牢固。工件装夹有以下几种方法：

1) 对于短小工件，用手不能握持时，必须用手虎钳或小型台虎钳来夹紧，如图 7-22 和图 7-23 所示。

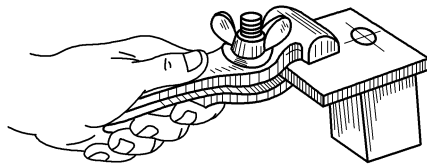


图 7-22 手虎钳装夹工件

对于较长工件，虽然可用手握住，但最好平放在钻床台面上再用螺钉顶住工件，如图 7-24 所示。

2) 用 V 形块装夹轴、套筒、钢管等圆柱形工件，要求钻头轴线与 V 形块两斜面的中间平面重合，并且所钻孔的中心线一定要通过工件的轴线，如图 7-25 所示。

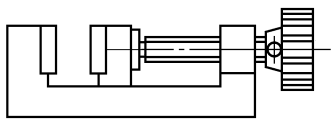


图 7-23 小型台虎钳装夹工件

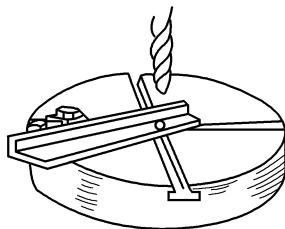
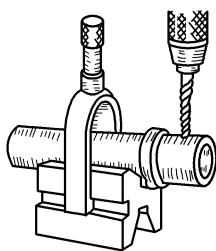
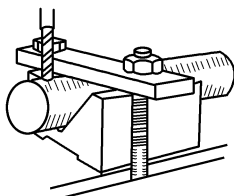


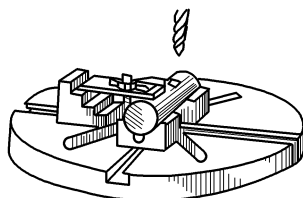
图 7-24 用螺钉顶住长工件



a)



b)



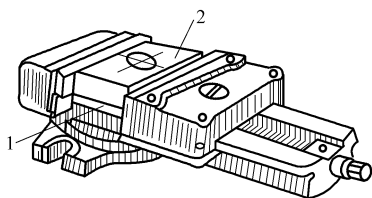
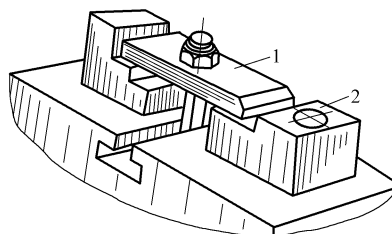
c)

图 7-25 用 V 形块装夹工件

a) 钢管 b) 套筒 c) 轴

3) 在平整的工件上钻较大孔时,一般采用机用平口虎钳装夹。装夹时在工件下面垫一铁块,当所需钻的孔较大时,机用平口虎钳应用螺钉固定在钻床工作台上,如图 7-26 所示。

4) 当工件形状不宜用平口虎钳装夹时,可采用压板、T 型螺栓、螺母、垫铁等把工件直接在工作台上进行装夹,如图 7-27 所示。

图 7-26 使用机用平口虎钳装夹工件
1—垫铁 2—工件图 7-27 使用压板、螺栓装夹工件
1—压板 2—工件

2. 一般钻孔的方法

(1) 钻孔前的准备 钻孔前的准备包括划线和冲眼，如图 7-28 所示。

1) 划线：按图样要求划线，如划中心线、尺寸界线、找正线等。在软材料或精度较高的已加工面上划线时，线要划得轻一点，或者用容易擦掉的笔（如铅笔）划线。

2) 冲眼：首先在中心线与圆孔线交点上准确地打四个样冲眼，以备钻孔时能直观地纠正孔的偏位。然后在孔的中心线交点上先用样冲打一小圆点，看一下是否打正（必要时也可用放大镜观察其偏位），打正以后，再适当冲大。

(2) 钻孔方法 钻孔包括以下步骤：

- 1) 根据图样技术要求，选用合适的钻头、钻速和切削液。
- 2) 开动钻床，将钻头逐渐对准工件中心线的样冲孔眼。
- 3) 先铤出小而浅的坑，观察是否偏斜，若偏斜应纠正，直至钻出的坑与孔边的圆界线相同时再进行钻削。
- 4) 孔将钻穿时，应减轻进给力，避免在钻穿前折断钻头。

3. 其他钻孔方法

(1) 在斜面上钻孔（见图 7-29） 普通钻头按常规的方法在斜面上钻孔时，由于切削刃负荷不均，会使钻头发生偏移，造成孔歪斜或位移，甚至会使钻头折断。为了在斜面上钻出合格的孔，可用立铣刀或铰子在斜面上加工出一个小平面，然后用中心钻或小直径钻头在小平面上钻出一个浅坑，最后用钻头钻出所需的孔。

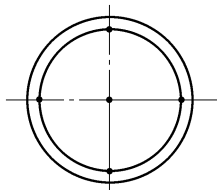


图 7-28 划线与冲眼

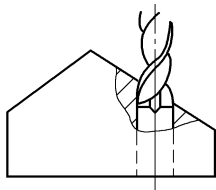


图 7-29 在斜面上钻孔

(2) 钻微孔 钻直径 1mm 以下的孔时，钻头的刚性较差，强度较弱，螺旋槽较窄，不易排屑，稍有不慎，钻头很容易折断。开始

钻进时,进给力要小,防止钻头弯曲和滑移。在钻削过程中,要注意及时进行排屑,添加切削液。进给力应小而平稳,在没有微动进给机构的钻床上钻微孔,可以设微调装置。钻微孔时应选择精度较高的钻床进行钻削,机床主轴的转速也应选高速。钻微孔方法如图 7-30 所示。

(3) 钻半圆孔 对所钻半圆孔的工件,若孔在工件的边缘,可把两工件合起来装夹在机用平口虎钳上钻孔,如图 7-31 所示。若只需一件,可用一块与工件相同的材料和工件拼合在一起,装夹在平口虎钳上钻孔。

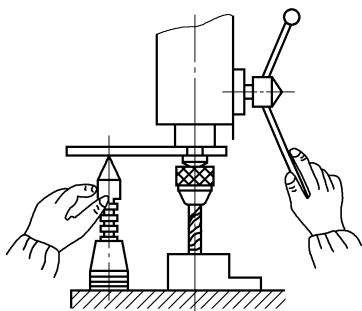


图 7-30 钻微孔方法

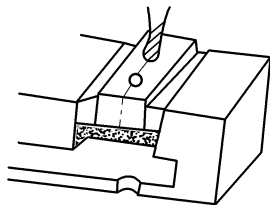


图 7-31 两工件合起来钻半圆孔

若在图 7-32 所示的工件上钻半圆孔,则可用同样材料嵌入工件内,与工件合钻一个圆孔,然后去掉嵌入材料,这样工件上就会只留下半圆孔。

(4) 在圆柱工件上钻孔 在轴类或套筒类等圆柱形工件上钻与轴心线垂直相交的孔,特别是当孔的中心线与工件的中心线对称度要求较高时,常采用定心工具,如图 7-33 所示。

在钻孔工件的端面划出所需的中心线,用 90° 角尺找正端面中心线使其保持垂直,如图 7-34 所示。换上钻头将钻尖对准工件中心后,再把工件压紧,然后钻孔。对称度要求不高时,不必用定心工具,而是用钻头的顶来找正 V 形架的中心位置,然后用 90° 角尺找正工件的断面中心线,并使钻尖对准孔中心,压紧工件,进行钻孔。

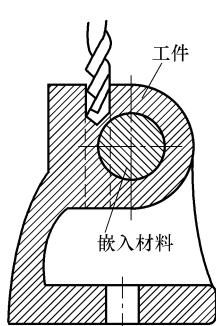


图 7-32 嵌入材料
钻半圆孔

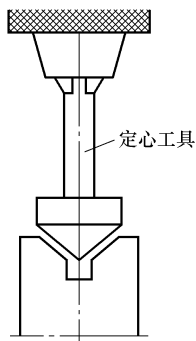


图 7-33 用定心
工具定心

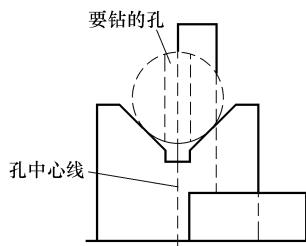


图 7-34 用直尺找正
孔中心线

7.1.5 钻孔的冷却及润滑

钻孔一般属于粗加工，又是半封闭状态加工，摩擦严重，散热困难，加注切削液的目的应以冷却为主。在塑性、韧性较大的材料上钻孔，要求添加具有强润滑作用的切削液，在切削液中加入适量的动物油和矿物油。在高强度材料上钻孔，因为钻头前刀面要承受较大的压力，要求润滑膜有足够的强度，以减少摩擦和钻削阻力，因此可在切削液中增加硫、二硫化钼等成分。钻孔用切削液如表 7-1 所示。

表 7-1 钻孔用切削液

工件材料	切 削 液
各类结构钢	3% ~ 5% 乳化液，7% 硫化乳化液
不锈钢、耐热钢	3% 肥皂加 2% 亚麻油水溶液，硫化切削油
纯铜、黄铜、青铜	5% ~ 8% 乳化液（也可不用）
铸铁	5% ~ 8% 乳化液，煤油（也可不用）
铝合金	5% ~ 8% 乳化液，煤油，煤油与茶油的混合油（也可不用）
有机玻璃	5% ~ 8% 乳化液，煤油

注：表中百分数均为体积分数，未注明其余成分的均为水。

7.1.6 钻孔注意事项

- 1) 工作前先检查钻床的润滑及调速是否良好。

- 2) 装卸紧松钻头应用钥匙手柄或斜铁, 不能用锤子敲击, 待取下钥匙手柄或斜铁后再起动。
- 3) 工件一定要夹紧牢固, 通常不用手握工件钻孔。
- 4) 钻孔时操作者的头部不要靠近旋转着的主轴, 并及时用刷子清除切屑。
- 5) 当切屑缠绕在钻头上时, 应用铁钩钩走或停机清除, 不能用手拉扯。
- 6) 钻削通孔时, 应预先在工件下面垫上木块或垫铁, 以防钻坏工作台面。
- 7) 当要变速或检测工件时, 应停车进行。
- 8) 钻孔任务完成后, 应马上切断电源并把机床清理好, 再加注润滑油。

7.2 扩孔

扩孔是用扩孔刀具对工件上已有的孔进行扩大加工, 如钻孔、铸孔、锻孔和冲孔的扩大加工。扩孔一般用在钻削较大直径的孔, 为了使切削省力, 可将孔分两次钻出。第一次用较小直径的钻头将孔钻出, 第二次用所需直径的钻头扩钻孔至最终要求。扩孔后, 孔的公差等级一般可达 IT9 ~ IT10, 表面粗糙度值 Ra 可达 $3.2 \sim 12.5 \mu\text{m}$ 。

7.2.1 用麻花钻扩孔

对一般工件扩孔, 可选用麻花钻, 如图 7-35 所示。在实心材料上钻孔, 如果孔径较大, 不能用麻花钻一次钻出, 常用直径较小的麻花钻预钻孔, 然后用大直径的麻花钻进行扩孔。

在预钻孔上扩孔的麻花钻, 几何参数与钻孔时基本相同。由于扩孔时避免了麻花钻横刃切削的不良影响, 可适当提高切削用量。同时由于吃刀量减小, 使切屑容易排出, 因此扩孔后, 孔的表面粗糙度值也有一定的降低。

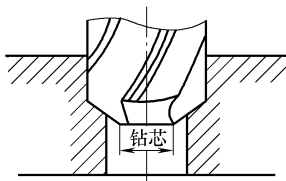


图 7-35 用麻花钻扩孔

用麻花钻扩孔时，扩孔前的钻孔直径为孔径的 0.5 ~ 0.7 倍，扩孔时的切削速度约为钻孔的 1/2，进给量约为钻孔的 1.5 ~ 2 倍。

7.2.2 用扩孔钻扩孔

对于属于半精加工的扩孔，一般使用扩孔钻，如图 7-36 所示。扩孔钻的切削条件要比麻花钻头好。由于它的切削刃较多，因此扩孔时切削刃比较平稳，导向作用好，不易产生偏移。

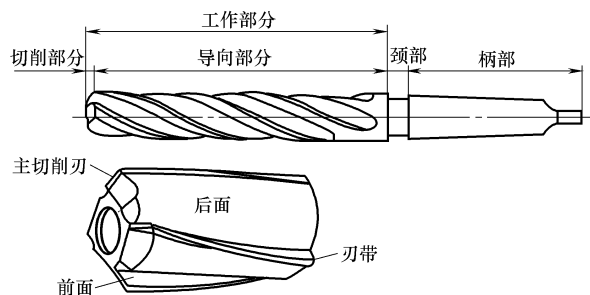


图 7-36 扩孔钻

7.2.3 扩孔注意事项

扩孔常见问题及解决方法如表 7-2 所示。

表 7-2 扩孔常见问题及解决方法

问题内容	产生原因	解决方法
孔径增大	1) 扩孔钻切削刃摆差大 2) 扩孔钻刃口崩刃 3) 扩孔钻刃带上有切屑瘤 4) 安装扩孔钻时，锥柄表面油污未擦干净，或锥面有磕、碰伤	1) 刃磨时保证摆差在允许范围内 2) 及时发现崩刃情况，更换刀具 3) 将刃带上的切屑瘤用油石修整到合格 4) 安装扩孔钻前必须将扩孔钻锥柄及机床主轴锥孔内部油污擦干净，锥面有磕、碰伤处用油石修光
孔表面粗糙	1) 切削用量过大 2) 切削液供给不足 3) 扩孔钻过度磨损	1) 适当降低切削用量 2) 切削液喷嘴对准加工孔口；加大切削液流量 3) 定期更换扩孔钻；刃磨时把磨损区全部磨去

(续)

问题内容	产生原因	解决方法
孔位置精度超差	1) 导向套配合间隙大 2) 主轴与导向套同轴度误差大 3) 主轴轴承松动	1) 位置公差要求较高时，导向套与刀具配合要精密些 2) 校正机床与导向套位置 3) 调整主轴轴承间隙

7.3 铰孔

用铰刀对已粗加工的孔进行精加工的方法叫做铰孔，一般可加工圆柱形孔，也可以加工锥形孔。经铰削加工的孔可达到 IT6 ~ IT8 级精度，表面粗糙度值 Ra 可达到 $0.8 \sim 3.2\mu\text{m}$ 。铰孔是孔的精密加工中质量较好的方法，尤其适合中等精度的孔加工。

7.3.1 铰刀的种类及结构特点

铰刀的种类较多，铰刀按结构不同可分为整体式铰刀、套式铰刀和调节式铰刀三种；按使用方式可以分为机用铰刀和手用铰刀两种；按用途可分为圆柱铰刀和锥度铰刀两种；按切削部分的材料又分为高速钢铰刀和硬质合金铰刀两种。

(1) 整体圆柱铰刀 整体圆柱铰刀分机用铰刀和手用铰刀两种，如图 7-37 所示。

整体圆柱铰刀主要用来铰削标准系列的孔，由工作部分、颈部和柄部三个部分组成。其主要结构参数有：直径 (D)，切削圆锥角 (2φ)，切削部分和校准部分的前角、后角，校准部分的刃带宽，齿数等。

它的工作部分包括引导部分、切削部分和校准部分。引导部分的作用是便于铰刀放入孔中，切削部分担负主要切削工作，校准部分是用来引导铰孔方向和校准孔的尺寸，其刃带宽是为了防止孔口扩大和减少与孔壁的摩擦。

一般手铰刀的齿距在圆周上是不均匀分布，如图 7-38a 所示。采

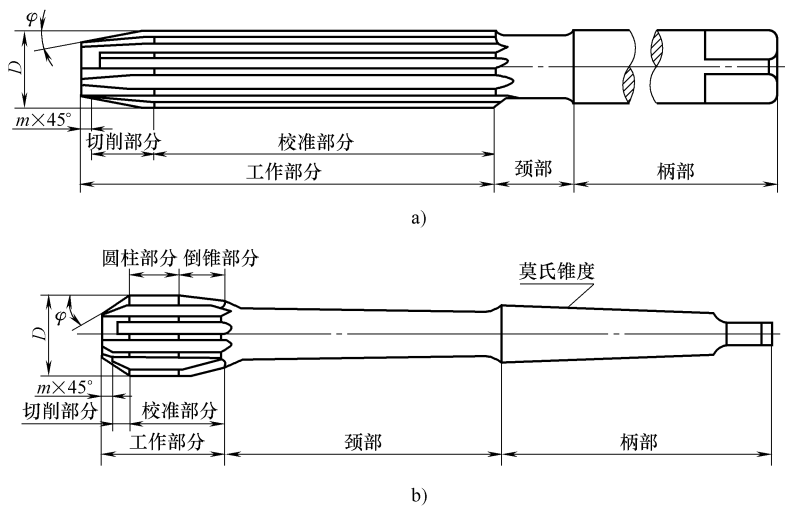


图 7-37 整体圆柱铰刀

a) 手动铰刀 b) 机用铰刀

用不等齿距的铰刀，铰孔时切削刃不会在同一地点停歇而使孔壁产生凹痕，从而能将硬点切除，提高了铰孔的质量。

机用铰刀工作时靠机床带动，为制造方便，都做成等距分布刀齿，如图 7-38b 所示。

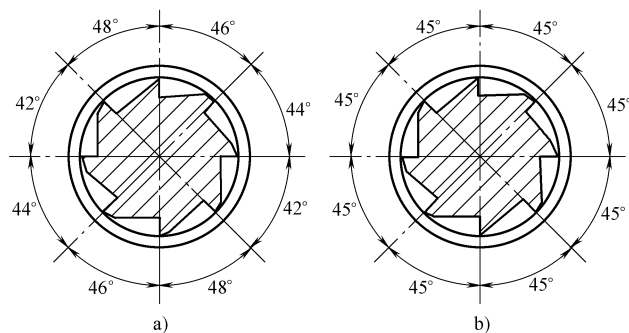


图 7-38 铰刀刀齿分布

a) 不均匀分布 b) 均匀分布

铰刀的颈部供磨制铰刀时退刀用，也用来刻印商标和规格。柄部用来装夹和传递转矩，它有直柄、锥柄和直柄带方榫三种形式。

(2) 可调节手铰刀 对于非标准系列直径的孔径铰削可选用调节式铰刀, 如图 7-39 所示。

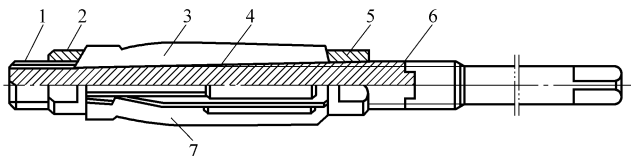


图 7-39 可调节手铰刀

1、6—螺纹 2、5—调节螺母 3、7—刀片 4—刀体

可调节手铰刀由刀体、刀齿条及调节螺母等组成。标准可调节手铰刀的直径范围为 $6 \sim 54\text{mm}$ 。其刀体用 45 钢制作, 直径不大于 12.75mm 的刀齿条用合金钢制作, 直径大于 12.75mm 的刀齿条用高速钢制作。

(3) 螺旋槽手铰刀 用普通铰刀铰键槽孔时, 刀刃会被键槽边卡住而使铰削无法进行, 这时就必须改用螺旋槽铰刀, 如图 7-40 所示。



图 7-40 螺旋槽铰刀

螺旋槽手铰刀的螺旋槽方向, 一般按左旋方向制造。因此, 铰刀正向旋转时不会产生自动旋进现象, 左旋的刀刃容易使切下的切屑被推出孔外, 不会像直槽铰刀那样切屑容易积聚在刀刃上, 影响孔壁的表面粗糙度。因此, 螺旋槽铰刀铰削孔壁的表面粗糙度较普通铰刀铰削的质量好。

(4) 锥铰刀 生产中各种圆锥孔的铰削应选用锥度铰刀进行铰削。常用的锥铰刀有以下几种:

1) 锥度为 $1:10$ 的铰刀: 用来铰削联轴器上与锥销配合的锥孔, 如图 7-41a 和图 7-41b 所示。

2) 锥度为 $1:30$ 的铰刀: 用来铰削套式刀具上的锥孔, 如图 7-41c 所示。

3) 锥度为 $1:50$ 的铰刀: 用来铰削定位销孔。

4) 莫氏锥铰刀：用来铰削 0 ~ 6 号莫氏锥孔。

5) 55°密封管螺纹底孔铰刀：属机用铰刀，用来铰削锥度为 1:16 的圆锥螺纹底孔。

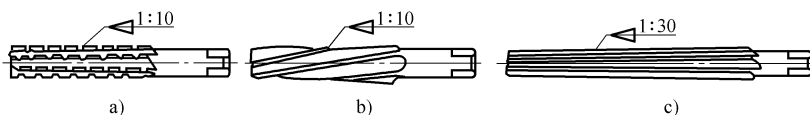


图 7-41 不同锥度的铰刀

a) 1:10 锥度粗铰刀 b) 1:10 锥度精铰刀 c) 1:30 锥度铰刀

7.3.2 铰孔的方法

1. 铰削用量

铰削用量包括铰削余量、切削速度和进给量。

1) 铰削余量是指上道工序（钻孔或扩孔）完成后留下的直径方向的加工余量。铰削余量不宜过大，因为铰削余量过大，会使刀齿切削负荷增大，变形增大，切削热增加，被加工表面呈撕裂状态，致使尺寸精度降低，表面粗糙度值增大，同时加剧铰刀磨损。铰削余量也不宜太小，否则上道工序的残留变形难以纠正，原有刀痕不能去除，铰削质量达不到要求。

选择铰削余量时，应考虑到孔径大小、材料软硬、尺寸精度、表面粗糙度要求及铰刀类型等诸因素的综合影响。铰孔前铰削余量如表 7-3 所示。

表 7-3 铰孔前铰削余量

孔径/mm	加工余量/mm		
	粗、精铰前总加工余量	粗铰	精铰
12 ~ 18	0.15	0.10 ~ 0.11	0.04 ~ 0.05
> 18 ~ 30	0.20	0.14	0.06
> 30 ~ 50	0.25	0.18	0.07
> 50 ~ 75	0.30	0.20 ~ 0.22	0.08 ~ 0.09

此外，铰削余量的确定与上道工序的加工质量有直接关系。铰削精度较高的孔必须经过扩孔或粗铰，才能保证最后的铰孔质量。

因此，确定铰削余量时还要考虑铰孔的工艺过程。

2) 为了获得较小的表面粗糙度，必须避免产生积屑瘤，减少切削热及变形，应取较小的切削速度。铰钢件时切削速度为 4 ~ 8m/min，铰铸件时切削速度为 6 ~ 8m/min。

3) 对铰钢件及铸铁件的进给量可取 0.5 ~ 1mm/r，铰铜件、铝件时可取 1 ~ 1.2mm/r。

2. 铰孔时的切削液

铰削的切屑细碎且易粘附在刀刃上，甚至挤在孔壁与铰刀之间而刮伤表面，扩大孔径。铰削时必须用适当的切削液冲掉切屑，减少摩擦，并降低工件和铰刀温度，防止产生刀瘤。切削液的选用如表 7-4 所示。

表 7-4 铰孔时切削液的选用

工件材料	切 削 液
钢	1) 体积分数为 10% ~ 20% 的乳化液 2) 铰孔要求高时，可采用体积分数为 30% 的菜油加 70% 的乳化液 3) 高精度铰削时，可用菜油、柴油、猪油
铸铁	1) 不用 2) 煤油，但要引起孔径缩小（最大缩小量是 0.02 ~ 0.04mm） 3) 低浓度乳化液
铝	煤油
铜	乳化液

3. 锥铰的方法

锥铰刀的刀刃是全部参加切削的，由于预钻孔的直径是以锥铰刀的小端名义尺寸钻出的孔，所以锥铰时切削余量较大，铰削费力。锥度较大的锥孔，铰孔前的底孔应钻成阶梯孔形，如图 7-42 所示。阶梯孔最小直径按锥铰刀的小端直径来确定，其余各段直径可根据锥度来计算。

钻阶梯孔时，应先钻削小直径的孔，然后分段扩孔。扩孔时注意选择合适的钻头直径，直径过大或钻削过深则会造成废品。扩钻

时要掌握好钻削的深度，以免造成废品。

阶梯孔在铰削时能减轻铰削的劳动强度，但由于阶梯孔钻削深度不容易掌握，钻削时要多次更换钻头，效率不高。为了提高铰削效率和减轻劳动强度，可使用机动铰削的方法。将锥铰刀装夹在钻夹头上（不宜装夹过紧），利用台钻或立钻主轴夹头传递动力，转速可采用 250r/min 左右，不宜太高，否则会使锥铰刀过早磨损。缓慢地手动进给进行粗铰，进给量为 $0.05 \sim 0.1\text{mm/r}$ ，控制好进给速度。粗铰如图 7-43 所示。

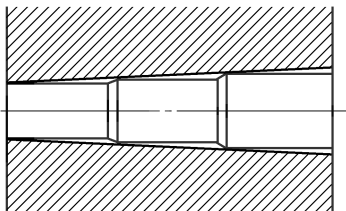


图 7-42 阶梯孔

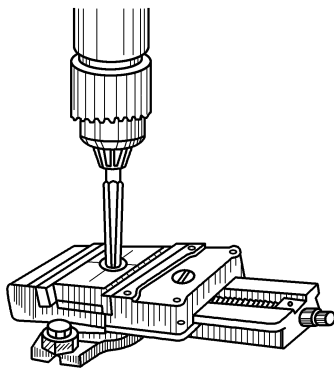


图 7-43 粗铰

当用机动锥铰粗铰孔时应注意以下几点：

- 1) 机动锥铰的主轴转速一般选择在 $200 \sim 300\text{r/min}$ ，转速过高或过低都将影响锥铰效果。转速过高会加速锥铰刀过早磨损，转速过低则容易使锥铰刀抱死而引起铰刀折断。
- 2) 手动铰削时随着进给行程增大，铰刀切削负荷也随着增加，因此铰刀的进给量不能太大，并要经常提钻排屑，逐步减少进给量。
- 3) 钻夹头装夹铰刀不宜过紧，允许锥铰刀进给过大时有打滑现象，以免铰刀切削量过大而抱住折断铰刀。
- 4) 粗铰后应留有足够的铰削余量，用手铰进行精铰至最终要求。

4. 手铰方法

(1) 铰杠 铰杠是手工铰削的工具，常用铰杠如图 7-44 所示。

1) 固定口铰杠：铰杠中方形槽是按某一规格的铰刀制造的，使用时无须调整。

2) 活铰杠：适应各种规格的铰刀使用，活铰杠由铰杠体和两个手柄组成。一个手柄与铰杠体固定，另一个手柄外径上车有螺纹（右旋）与杠体螺纹连接。

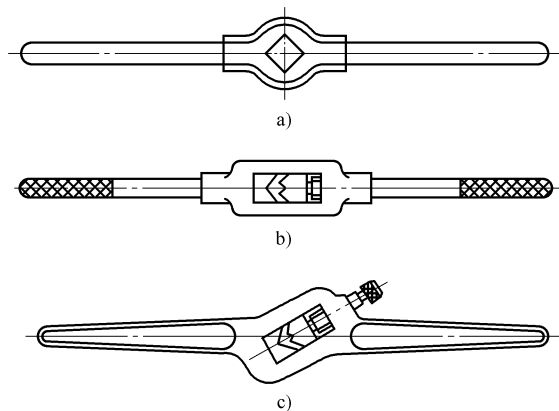


图 7-44 铰杠

a) 固定铰杠 b)、c) 活铰杠

铰杠体长方形槽中有一个固定 90° V 形架与一个可移动的 90° V 形架配合，可移动 V 形架上装有圆柱销，另一端上有左旋螺纹与活动手柄内左旋螺纹连接。调节时转动活手柄，由于手柄与铰杠体及手柄与活动 V 块同时有左右螺纹连接，因此当转动手柄时 V 形活块在螺纹的推动下，在铰杠体槽内作直线移动。

当所要铰孔的位置在工件内部或所要铰削孔的周围有障碍不能使用普通铰杠时，可采用丁字形铰杠，如图 7-45 所示。

可调节式丁字形铰杠的杠体制而成，前端车有锥体和圆柱孔，并在锥体圆周上开有四等分槽。锥体后部圆柱外径上车有螺纹、螺母，与内螺纹及内锥配合。杠体前端锥体内孔与所需的铰刀圆柱柄外径配合，转动螺母通过圆锥迫使杠体圆锥收缩紧固铰刀柄。可调节式铰杠定心好，铰削时转动铰杠不会出现晃动而影响铰削质量，缺点是螺母锁紧力不大。

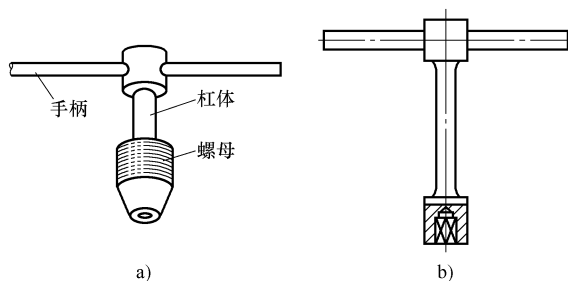


图 7-45 丁字形铰杠

a) 可调节式 b) 固定式

5. 手铰方法

(1) 起铰 铰削开始前,右手握住铰杠杠体中心,左手握住铰杠,使铰刀垂直于工件表面。起铰时右手施以向下垂直压力并同时向顺时针方向转动,左手协助右手保持铰杠平稳并一起转动,如图 7-46a 所示。

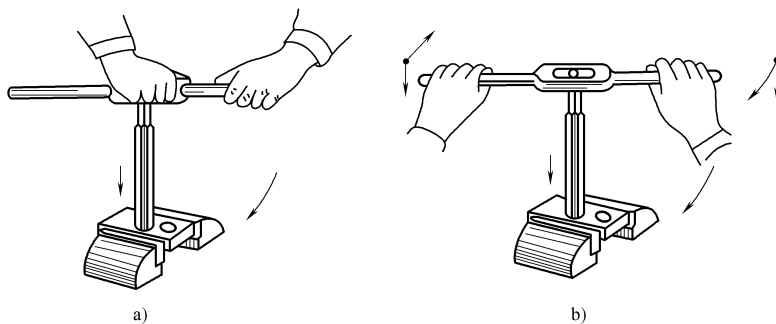


图 7-46 铰削方法

a) 开始铰孔 b) 铰孔过程

(2) 铰削 当锥铰切出一定长度圆锥导向部分后(20~30mm),可双手握住铰杠手柄转动并同时向下压力进行铰削,如图 7-46b 所示。双手转动铰杠时应保持两手平衡,不能晃动,始终保持向铰刀垂直方向施力,并多次退出去屑。

(3) 铰孔的质量检查 当锥孔铰削即将完成前应进行锥销与锥孔接触精度检查。检查时,在锥销表面涂上薄薄的一层红丹粉(或钛青蓝粉),将锥销插入锥孔中紧贴锥孔转动锥销,取出锥销检查锥销与销孔密合接触斑点,接触斑点应达到接触面积的 75% 以上。若

未能达到规定的要求，应注意修正手铰姿势或更换铰刀继续进行铰削。

(4) 铰削深度的检查 在铰削过程中一定要及时用精密配锥控制尺寸，如图 7-47 所示。根据经验数据，锥销在未敲入工件锥孔前，用拇指推入锥销应露出 10~15mm，然后用锤子轻轻敲入。紧固后的锥销倒角部分，应露出工件表面。

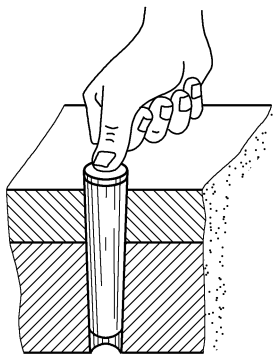


图 7-47 铰削深度的控制

7.3.3 铰孔操作要点

- 1) 手铰时两手用力要均匀、平稳，不得有侧向压力，同时适当加压，使铰刀均匀进给。
- 2) 铰刀铰孔或退出铰刀时，铰刀不能反转，防止刃口磨钝和将孔壁划伤。
- 3) 机铰时应使工件一次装夹进行钻、铰工作，铰削完工后，必须等到铰刀完全退出孔口后，方能停车，以防在孔壁上拉出痕迹。

7.4 铤孔

用铤孔钻（简称铤钻）铤出孔端平面或各种形状的孔口称为铤孔。铤孔多用于批量生产的孔口加工，经铤钻加工的孔口质量好。

7.4.1 铤钻

根据工件孔口的不同要求，铤钻的形状按通用性分为锥形铤钻、圆柱形铤钻和端面铤钻等多种结构。铤钻的应用如图 7-48 所示。

(1) 锥形铤钻 锥形铤钻主要用来铤圆柱形埋头孔，由端面切削刃和外圆切削刃与导柱组成，锥形铤钻的外齿刃齿数有 4~12 个。锥形铤钻的柄部有直柄和锥柄两种。直柄锥形铤钻的直径在 8~25mm 之间，锥柄锥形铤钻直径在 16~80mm 之间等多种规格。铤钻的圆锥角常用的有 60°、90°、120°等多种，如图 7-49 所示。90°铤钻常用于铤沉头螺钉及孔口倒角，使用 90°铤钻铤出的孔口圆锥角准

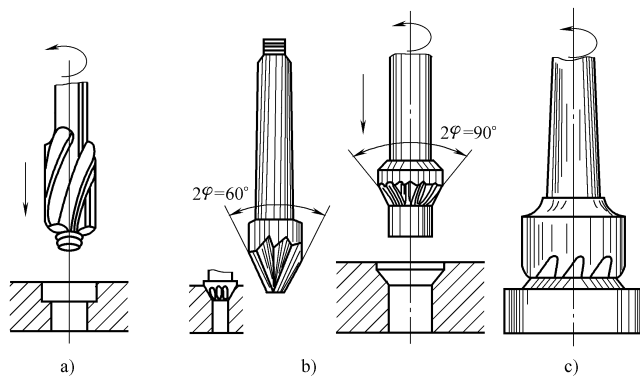


图 7-48 铤钻的应用

- a) 用柱形铤钻铤圆柱埋头孔 b) 用锥形铤钻铤锥形埋头孔
c) 用端面铤钻铤孔口和凸台平面

确，表面切削纹理较细，生产率较高，是钳工批量钻孔中使用较多的铤钻。60°铤钻可代替中心钻铤出孔口 60°倒角孔。60°铤钻和 120°铤钻工作情况如图 7-50 所示。

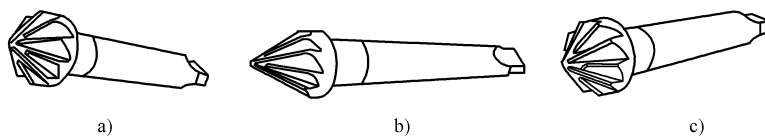


图 7-49 锥形铤钻

- a) 90°铤钻 b) 60°铤钻 c) 120°铤钻

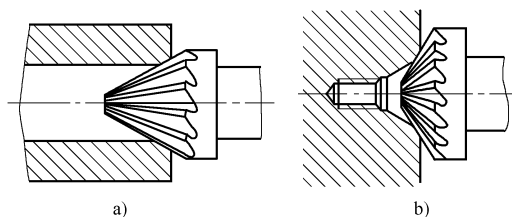


图 7-50 60°铤钻和 120°铤钻工作情况

- a) 60°铤钻工作情况 b) 120°铤钻工作情况

标准麻花钻也可改制成锥形铤钻，如图 7-51 所示。用标准麻花钻改制成锥形铤钻，其圆锥角 2φ 按沉头孔规定的角度确定。为了保

证铤出的锥形沉头孔的表面粗糙度较小，后角磨得小些，一般取 $6^\circ \sim 10^\circ$ ，并有 $1 \sim 2\text{mm}$ 倒棱，麻花钻外缘处的前角也磨得小一些，一般取 $10^\circ \sim 20^\circ$ ，两切削刃要磨得对称。

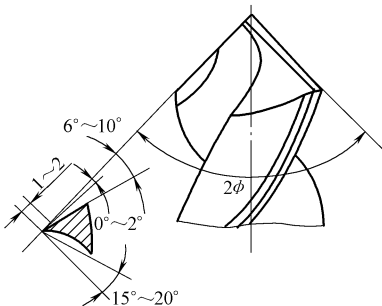


图 7-51 标准麻花钻改制成锥形铤钻

(2) 柱形铤钻 圆柱形埋头孔的铤孔钻称为柱形铤钻，如图 7-52 所示。柱形铤钻起主要切削作用的是端面切削刃，外圆切削刃为副切削刃起修光孔壁的作用。铤钻前端有导柱，导柱与工件原有的孔是间隙配合，以保证良好的定心和导向作用。一般导柱是可拆的，也可以把导柱和铤钻做成一个整体，柱形铤钻适用于不通孔或小型沉孔加工，铤出的孔与已钻出的孔同轴度较好，在批量生产中生产率高。

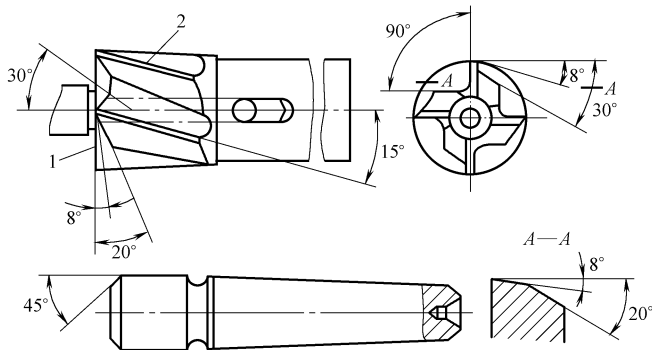


图 7-52 柱形铤钻

1—端面切削刃 2—外圆切削刃

(3) 端面铤钻 专门用来铤平口端面的铤钻称为端面铤钻，如图 7-53 所示。端面铤钻的端面刀齿为切削刃，前段导柱用来导向定心，以保证端面与孔中心线的垂直度。

端面铤钻采用套式结构，通过支紧螺钉与心轴连接，适用范围广，可铤出不同方向的孔端平面。端面铤钻铤孔方法如图 7-54 所示。

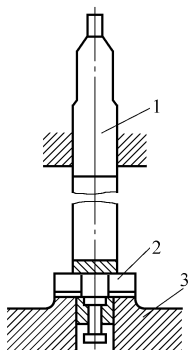


图 7-53 端面铰钻
1—刀杆 2—刀片
3—工件

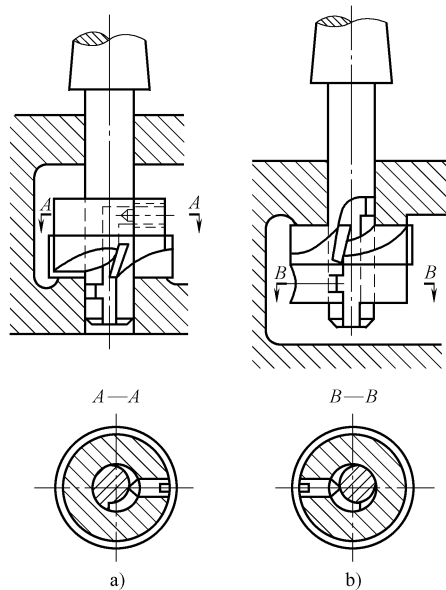


图 7-54 端面铰钻铰孔方法
a) 铰孔端上平面的方法
b) 铰孔端底平面的方法

7.4.2 铰钻操作要点

铰孔的方法与钻孔的方法基本相同，但铰孔时刀具容易振动，因此，铰孔时应注意以下几点：

1) 铰孔时的切削速度应比钻孔低，为钻孔时的 $1/3 \sim 1/2$ ，进给量为钻孔的 $2 \sim 3$ 倍，如表 7-5 所示。

表 7-5 铰削速度的选择

工件材料	铸铁	钢件	非铁金属
切削速度/ (m/min)	8 ~ 12	8 ~ 14	25

- 2) 铰孔钻的各切削刃应对称，以保持切削平稳。
- 3) 手动进给时压力不要过大，且要均匀。
- 4) 铰钻的后角和外缘处的前角应适当的减小，以防产生扎刀现

- 象。
- 5) 镗钻的刀杆和刀片装夹要牢固，工件装夹要稳定。
 - 6) 镗钢件时要在导柱和切削表面加切削液。
 - 7) 正确选择切削用量，高速钢及硬质合金镗钻加工的切削用量如表 7-6 所示。

表 7-6 高速钢及硬质合金镗钻加工的切削用量

加工材料	高速钢镗钻		硬质合金镗钻	
	进给量 $f/(\text{mm/r})$	切削速度 $v/(\text{m/min})$	进给量 $f/(\text{mm/r})$	切削速度 $v/(\text{m/min})$
铝	0.13 ~ 0.38	120 ~ 245	0.15 ~ 0.30	15 ~ 245
黄铜	0.13 ~ 0.25	45 ~ 90	0.15 ~ 0.30	120 ~ 210
硬度较低的铸铁	0.13 ~ 0.18	37 ~ 43	0.15 ~ 0.30	90 ~ 107
硬度较低的钢	0.08 ~ 0.13	23 ~ 26	0.10 ~ 0.20	75 ~ 90
合金钢及工具钢	0.08 ~ 0.13	12 ~ 24	0.10 ~ 0.20	55 ~ 60

第 8 章 攻螺纹和套螺纹

8.1 螺纹基本知识

在各种机械设备、日常用品和家用电器中，带有螺纹的零件应用十分广泛，如螺栓、螺母、螺钉和丝杠等。它们在实际生产应用中主要起着连接、紧固、测量、调节、传递、减速等作用。

8.1.1 螺纹种类及应用

螺纹的种类繁多，通常主要按螺旋线形状、牙型特征、螺旋线的旋向和线数及螺纹的用途分类。按螺旋线形状可分为圆柱螺纹和圆锥螺纹，如图 8-1 所示。按螺纹牙型特征可分为管螺纹、矩形螺纹、梯形螺纹、锯齿形螺纹及圆弧螺纹等。按螺旋线的旋向可分为右旋螺纹和左旋螺纹，如图 8-2 所示。按螺旋线的线数可分为单线螺纹和多线螺纹，如图 8-3 所示。按螺旋线的用途可分为连接螺纹和传递螺纹。常用螺纹的类型及用途如表 8-1 所示。

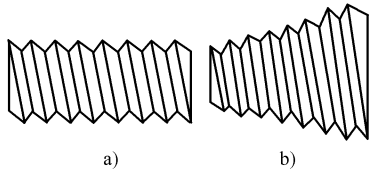


图 8-1 圆柱螺纹与圆锥螺纹
a) 圆柱螺纹 b) 圆锥螺纹

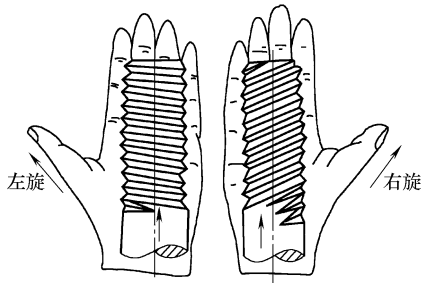


图 8-2 左旋螺纹与右旋螺纹

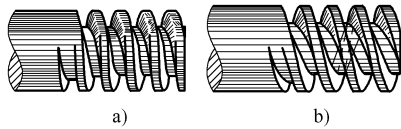


图 8-3 单线螺纹与双线螺纹
a) 单线螺纹 b) 双线螺纹

表 8-1 常见螺纹的类型及用途

种类	螺纹类型	牙型图	特点及用途
连接螺纹	普通螺纹		牙根较厚，牙根强度较高。同一公称直径，按螺距的大小分为粗牙和细牙。粗牙螺纹用于一般连接，细牙螺纹常用于细小零件、薄壁件、受动载荷的连接及微调机构。其连接强度高，自锁性好
	55°非密封管螺纹		牙型角 55°，牙顶有较大圆角，内外螺纹旋合后无顶隙，为英制细牙螺纹，公称直径近似为管子内径，紧密性好。用于压力在 1.5N/mm ² 以下的管路连接
	55°密封管螺纹		牙型角 55°，螺纹分布在 1:16 的 55°密封管螺纹上。适用于管子、管接头、旋塞、阀门和其他螺纹连接的附件或螺纹密封的管螺纹
传动螺纹	矩形螺纹		常用于力的传递，自锁性差，强度低，摩擦力小，传动效率高
	梯形螺纹		主要用于传递运动，传动效率稍低，但牙根强度高，应用广，螺纹磨损后轴向间隙可以补偿
	锯齿形螺纹		用于单向受力，其传动效率及强度均比其他螺纹高，常用于起重及螺旋压力机中
	圆弧螺纹		牙型为圆弧形，牙型角为 30°，牙粗，圆角大，不易磨损。积聚在螺纹凹处的尘垢和铁锈易于清除。用于经常与污物接触和易生锈的场合，如水管闸门的螺旋导轨等

8.1.2 螺纹的主要参数及标注方法

螺纹的主要参数有大径、小径、中径、螺距、导程、线数、牙型角和螺旋升角。

1) 螺纹大径是指与外螺纹牙顶或内螺纹牙底重合假想圆柱面的直径, 内螺纹用 D 表示, 外螺纹用 d 表示。螺纹的公称直径是指螺纹大径的基本尺寸。

2) 螺纹小径是指与外螺纹牙底或内螺纹牙顶重合的假想圆柱面的直径, 内螺纹用 D_1 表示, 外螺纹用 d_1 表示。

3) 螺纹中径是一个假想圆柱的直径, 该圆柱的素线通过牙型沟槽凸起宽度相等的地方, 内螺纹用 D_2 表示, 外螺纹用 d_2 表示。

4) 螺纹螺距是相邻两牙在中径线上对应两点间的轴向距离, 用 P 表示。

5) 螺纹导程是指同一条螺旋线上的相邻两牙在中径线上对应两

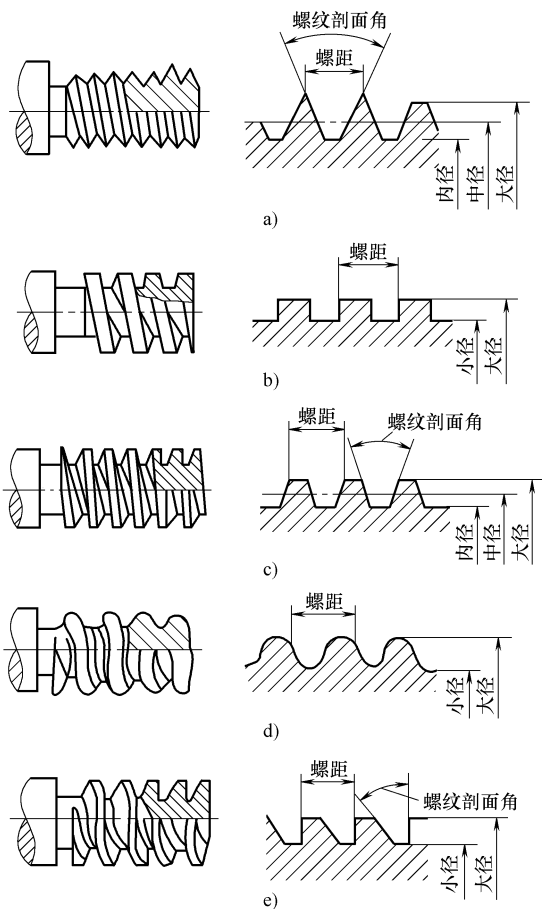


图 8-4 常见螺纹的剖面形状及相关参数

a) 管螺纹 b) 矩形螺纹 c) 梯形螺纹
d) 圆弧螺纹 e) 锯齿形螺纹

点间的轴向距离，用 P_h 表示。单线螺纹 $P_h = P$ ，多线螺纹 $P_h = nP$

6) 螺纹线数是一个螺纹零件的旋转线数目，用 n 表示。

7) 螺纹旋合长度是指两个相互配合的螺纹，沿螺纹轴向方向互相旋合部分的长度。一般分为三组，即短旋合长度 S 、中等旋合长度 N 和长旋合长度 L 。

常见螺纹的剖面形状及相关参数如图 8-4 所示。

标准螺纹的各个要素是用代号表示的，标准螺纹的标注代号和示例如表 8-2 所示。

表 8-2 螺纹的标注代号及示例

螺纹类型	牙型代号	代号示例	代号示例说明
粗牙普通螺纹	M	M10	粗牙普通螺纹，大径 10mm
细牙普通螺纹	M	M20 × 1	细牙普通螺纹，大径 20mm，螺距 1mm
梯形螺纹	T	T36 × 12/2-3 左	梯形螺纹、大径 36mm，导程 12mm，头数 2、3 级精度、左旋
锯齿形螺纹	S	S70 × 10	锯齿形螺纹、大径 70mm，螺距 10mm
圆柱管螺纹	G	G3/4	圆柱管螺纹、管子大径 3/4in ^①
55°圆锥管螺纹	ZG	ZG5/8	55°圆锥管螺纹，管子大径 5/8in ^①
60°圆锥管螺纹	Z	Z1	60°圆锥管螺纹，管子大径 1in ^①
螺纹结合件	—	M24 × 2-2/2a	普通螺纹，大径 24mm、螺距 2mm，内螺纹 2 级精度，外螺纹 2a 级精度

① 1in = 25.4mm。

8.2 攻螺纹

用丝锥在工件孔中切削出内螺纹的加工方法称为攻螺纹。

8.2.1 攻螺纹常用工具及使用方法

攻螺纹的常用工具主要有丝锥、铰杠和丝锥夹头等。

1. 丝锥

丝锥是攻制内螺纹的主要工具，也称为丝攻。它是一种成形多刃刀具，其外形与螺钉类似，并且在纵向开有沟槽，以形成切削刃

和容屑槽。丝锥结构简单,使用方便,在加工小尺寸螺纹孔上有着极为广泛的应用。丝锥的种类很多,按使用方法的不同可分为手用丝锥和机用丝锥;按所攻制螺纹的不同分为普通螺纹丝锥、55°非密封管螺纹丝锥、55°密封管螺纹丝锥;按切削方法的不同可分为控制丝锥和无槽挤压丝锥。虽然丝锥的种类很多,但实质上它们的工作原理和结构特点相似。

(1) 丝锥的组成及参数 丝锥通常由柄部和工作部分组成。其工作部分又包括切削部分和校准部分,并在切削部分制出主偏角,在校准部分加工出完整的齿形,以控制螺纹的尺寸参数并引导丝锥沿螺纹轴向运动。丝锥各部分的名称及代号如图 8-5 所示。

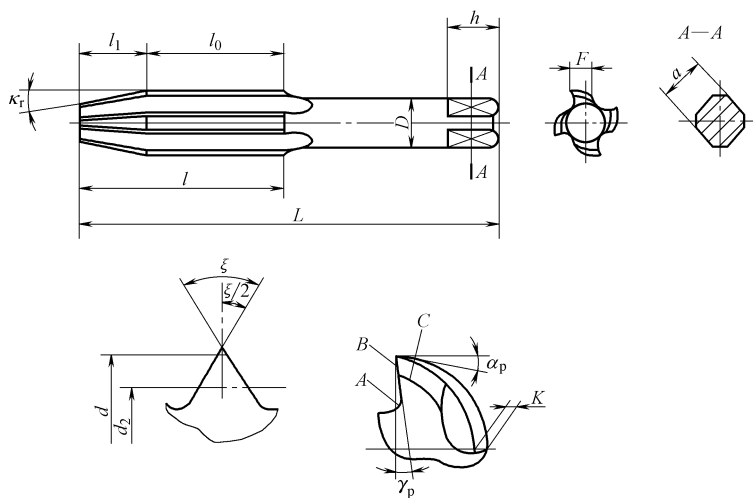


图 8-5 丝锥各部分名称和代号

L —丝锥总长 l —螺纹部分长度 l_1 —切削锥长度 l_0 —校准部分长度
 d —大径 d_2 —中径 h —方榫长度 a —方榫厚度 F —刃背宽度 κ_r —
 主偏角 γ_p —前角 α_p —后角 K —后面铲背量 ξ —牙形角
 A —沟槽 B —前面 C —后面 D —柄部直径

丝锥参数选择的主要内容是丝锥主偏角、前角、后角、容屑槽数目和倒锥量等参数。

1) 丝锥主偏角 (κ_r): 主偏角的选择应根据工件材料、切削方式及螺纹尺寸大小等因素综合选择。当槽数和螺距都不变时, κ_r 越

大，切削厚度和齿升量就越大，而切削部分的长度则越小，同时也使丝锥的导向性降低，攻螺纹后螺孔的表面粗糙度值增大。若 κ_r 过小，又会使切削部分的长度增加，攻螺纹效率降低。

2) 丝锥前角 (γ_p)：前角主要根据被加工材料进行选择。通常丝锥的前角为 $8^\circ \sim 10^\circ$ ，实际生产中可以根据被加工材料选择合适的丝锥前角，如表 8-3 所示。

表 8-3 丝锥前角的选择

被加工材料	前角 $\gamma_p / (^\circ)$	被加工材料	前角 $\gamma_p / (^\circ)$
青铜	0	中碳钢	10
铸铁	5	低碳钢	15
高碳钢	5	不锈钢	15 ~ 20
黄铜	10	铝、铝合金	20 ~ 30

3) 丝锥后角 (α_p)：丝锥的后角主要是通过铲磨获得的。手用丝锥的切削后角取值常为 $6^\circ \sim 8^\circ$ ，机用丝锥切削部分的后角取值常为 $8^\circ \sim 12^\circ$ ，低精度丝锥或小直径丝锥的后角可以为零。

4) 容屑槽：容屑槽的形式分为直槽和螺旋槽两种，直槽是普通丝锥采用的形式，螺旋槽是当丝锥螺纹升角较大时采用。通常在加工右螺纹通孔时采用左旋容屑槽，加工右旋螺纹不通孔时采用右旋容屑槽，如图 8-6 所示。

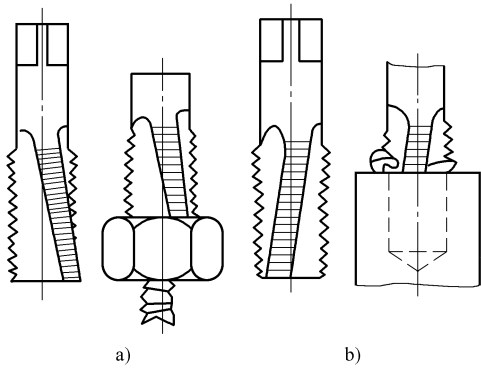


图 8-6 丝锥容屑槽

a) 丝锥左旋容屑槽 b) 丝锥右旋容屑槽

丝锥容屑槽数目的选择取决于丝锥的类型、直径及加工条件等。M8 以下的丝锥容屑槽数目为 3 条，M8 ~ M12 的丝锥容屑槽数目为 3 ~ 4 条，M12 以上的丝锥容屑槽数目为 4 条，较大的丝锥容屑槽数目可为 6 条。

5) 倒锥量：丝锥矫正部分的大径、中径和小径均磨有倒锥。一般铲磨的丝锥的倒锥量是每 100mm 为 0.05 ~ 0.1mm；不铲磨的丝锥的倒锥量是每 100mm 为 0.12 ~ 0.20mm。

(2) 丝锥的种类 根据加工各种不同螺纹的要求，常用的丝锥有手用丝锥、机用丝锥和管螺纹丝锥。此外，手用丝锥和机用丝锥还有粗牙与细牙、粗柄与细柄、单组与成组、等径与不等径之分。

1) 手用丝锥：它是手工切削内螺纹的工具。一般由两支组成一套，分为头锥和二锥。当丝锥直径为 24mm 以上时，还可由三支组成一套。通常直径小于 6mm 时，丝锥柄部直径应不小于工作部分的直径，为了便于制造，两端做成反顶尖形式。直径大于 6mm 时，柄部直径小于工作部分的直径。手用丝锥如图 8-7 所示。



图 8-7 手用丝锥

2) 机用丝锥：机用丝锥如图 8-8 所示。它的外形与手用丝锥较为相似，一般由一支组成一套，也有两支一套的。攻通孔螺纹时，一般都是用切削部分长的头锥一次攻出。只有在攻不通孔时才需用二锥再攻一次，以增加螺纹的有效部分的长度。机用丝锥的柄部较长，便于在机床上的装夹。



图 8-8 机用丝锥

3) 管螺纹丝锥：管螺纹丝锥如图 8-9 所示。55°非密封管螺纹丝锥工作部分较短，由两支一套组成。55°密封管螺纹丝锥的切削部分的直径是逐渐增大，并且螺纹牙形始终与丝锥轴线垂直，以保证内外螺纹接触良好，这种丝锥通常攻螺纹时切削量较大。

2. 铰杠

铰杠是手工攻螺纹时使用的一种辅助工具。使用时，铰杠装夹



图 8-9 管螺纹丝锥

a) 55°非密封管螺纹丝锥 b) 55°密封管螺纹丝锥

着丝锥柄部的方榫，并带动丝锥作旋转切削运动。铰杠有普通铰杠和丁字形铰杠两类。

(1) 普通铰杠 普通铰杠如图 8-10 所示。普通铰杠有固定式铰杠和可调式铰杠两种。一般攻制 M5 以下的螺纹采用固定式铰杠，而可调式铰杠的方孔尺寸可以调节，因而应用广泛。常用的可调式铰杠的柄长有 150 ~ 600mm 几种规格。

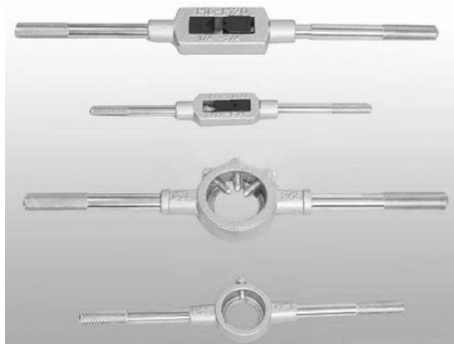


图 8-10 普通铰杠

(2) 丁字形铰杠 丁字形铰杠如图 8-11 所示。丁字形铰杠用于攻制工件台阶旁边的螺纹或攻制机体内部的螺纹，分为固定式铰杠和可调式铰杠两种。固定式铰杠适用于大尺寸的丝锥，通常按丝锥的尺寸定制。可调式铰杠一般用于装夹 M6 以下的丝锥。

3. 丝锥夹头

在钻床上使用机用丝锥攻制螺纹时，需要用丝锥夹头来装夹丝锥和传递攻螺纹的转矩。常用的丝锥夹头有快换夹头和丝锥夹头两种。

(1) 快换夹头 快换夹头如图 8-12 所示。快换夹头有两种规



图 8-11 丁字形铰杠

格，第一种规格钻孔范围为 $\phi 1 \sim \phi 31.5\text{mm}$ ，攻螺纹范围为 M3 ~ M24。第二种规格钻孔范围为 $\phi 14.5 \sim \phi 50\text{mm}$ ，攻螺纹范围为 M24 ~ M42。

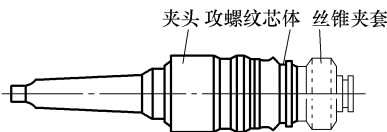


图 8-12 快换夹头

(2) 丝锥夹头 丝锥夹头如图 8-13 所示。丝锥夹头攻螺纹的范围有 M2 ~ M8、M3 ~ M12、M5 ~ M16、M12 ~ M24、M14 ~ M33、M24 ~ M42、M42 ~ M64、M64 ~ M80 共 8 种规格。

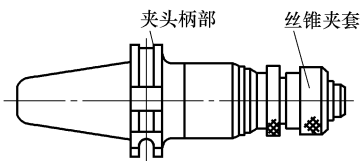


图 8-13 丝锥夹头

8.2.2 底孔直径和深度的确定

1. 底孔直径的确定

攻螺纹时，丝锥每个切削刃在切削金属的同时，伴随较强的挤压作用，如图 8-14 所示。金属产生塑性变形凸起并挤向牙尖，使攻

出的螺纹小径小于底孔直径。因此，攻螺纹前的底孔直径应稍大于螺纹小径，否则攻螺纹时因挤压作用，使螺纹牙顶与丝锥牙底之间没有足够的容屑空间，阻碍丝锥的切削运动，严重时将导致丝锥折断。

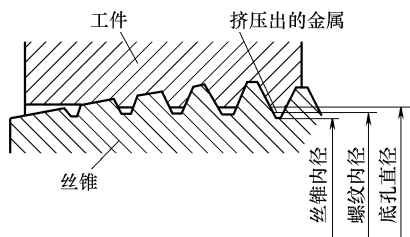


图 8-14 攻螺纹时的挤压现象

底孔直径的大小，应根据工件材料的塑性大小和钻孔的扩张量来考虑，使攻螺纹时有足够的容屑空间，保证攻出具有完整牙型的螺纹。

1) 加工钢或塑性较大的材料及扩张量中等的条件下，底孔直径的计算公式为

$$D_{\text{钻}} = D - P$$

式中 $D_{\text{钻}}$ ——攻螺纹钻螺纹底孔用钻头直径 (mm)；

D ——螺纹大径 (mm)；

P ——螺距 (mm)。

2) 加工铸铁或塑性较小的材料及扩张量较小的条件下，底孔直径的计算公式为

$$D_{\text{钻}} = D - (1.05 \sim 1.1)P$$

式中 $D_{\text{钻}}$ ——攻螺纹钻螺纹底孔用钻头直径 (mm)；

D ——螺纹大径 (mm)；

P ——螺距 (mm)。

2. 不通孔螺纹的钻孔深度的确定

攻不通孔时，由于丝锥切削部分有圆锥角，近端部处不能切出完整的螺纹，所以应在工件有效尺寸范围内，根据螺纹需要的长度钻出比较合理的深度。

钻削深度一般计算公式为

$$H_{\text{钻}} = h_{\text{有效}} + 0.7D$$

式中 $H_{\text{钻}}$ ——底孔深度 (mm);
 $h_{\text{有效}}$ ——螺纹有效深度 (mm);
 D ——螺纹大径 (mm)。

8.2.3 切削液的选择

攻螺纹和套螺纹时，切削液的选择如表 8-4 所示。

表 8-4 攻螺纹和套螺纹的常用切削液

工件材料	切 削 液
结构钢、合金钢	硫化油；乳化液
耐热钢	60% 硫化油 + 25% 煤油 + 15% 脂肪酸 30% 硫化油 + 13% 煤油 + 8% 脂肪酸 + 1% 氯化钡 + 45% 水 硫化油 + 15% ~ 20% 四氯化碳
灰铸铁	75% 煤油 + 25% 植物油；乳化液；煤油
铜合金	煤油 + 矿物油；全损耗系统用油；硫化油
铝及铝合金	85% 煤油 + 15% 亚麻油 50% 煤油 + 50% 全损耗系统用油 煤油；松节油；极压乳化液

注：表中百分数均为体积分数。

8.2.4 攻螺纹操作要点

攻螺纹前，需要做好在工件上划线、钻螺纹底孔、选择合适的丝锥与切削液等准备工作。攻螺纹的操作方法有手工攻螺纹和机动攻螺纹两种。

1. 手工攻螺纹

(1) 孔口铤倒角 先将螺纹孔的孔口用 90°的铤钻（或用大于底孔直径的钻头）倒角，通孔的螺纹两端都要倒角。孔口倒角不仅使攻螺纹容易切入，可防止螺纹牙崩裂，同时使攻螺纹后螺纹口端面平整，不会因攻螺纹使端面凸起。

(2) 工件装夹位置要正确 工件固定于台虎钳的平面应平行于

钳口平面，攻螺纹时容易掌握和判断丝锥是否与工件垂直，控制螺纹精度。

(3) 攻螺纹手势 攻螺纹时将头攻丝锥装夹在铰杠内，右手握住铰杠杠体并向下施压的同时顺时针转动铰杠，此时左手握住铰杠手柄配合转动。丝锥攻入孔内前的姿势如图 8-15 所示，开始攻螺纹时的姿势如图 8-16 所示。由于头攻丝锥有圆锥角，开始攻螺纹时有晃动现象，此时，应注意是否与工件平面垂直。

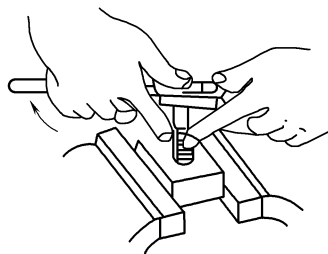


图 8-15 攻入孔内前的姿势

(4) 丝锥垂直情况检查 当螺牙攻出 1~2 螺牙后，需进行丝锥相对于工件端平面的垂直情况检查。检查方法可分为用眼观察和 90°角尺检查。

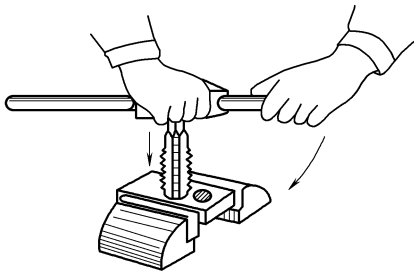


图 8-16 开始攻螺纹时的姿势

1) 用眼观察。当丝锥切出 1~2 螺牙后，放松铰杠使丝锥保持在工件螺孔中，从丝锥两个互相垂直的方向上观察其对工件端平面的垂直情况。丝锥有倾斜（见图 8-17）时，丝锥端部切入平面越来越多，丝锥将无法继续攻螺纹。

2) 用 90°角尺检查。利用 90°角尺检查丝锥的倾斜情况时，将 90°角尺的测量面置于丝锥容屑槽之间，并与丝锥锥柄圆柱表面接触，观察 90°角尺测量面与丝锥锥柄间缝隙大小。在多个方向上检查，并最终确定丝锥的倾斜情况。用 90°角尺检查丝锥垂直情况如图 8-18 所示。

3) 丝锥倾斜情况的矫正方法。重新用铰杠装夹丝锥，将丝锥退回 1/2~1 圈，右手握住铰杠杠体，左手握住铰杠手柄向翘起方向向下旋压并作小范围内往复转动，对已攻出的螺牙进行修正，如图 8-19 所示。

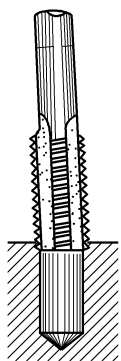


图 8-17 丝锥的倾斜

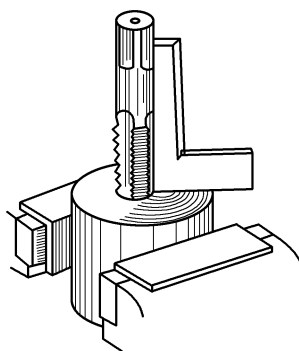


图 8-18 90°角尺检查丝锥垂直度

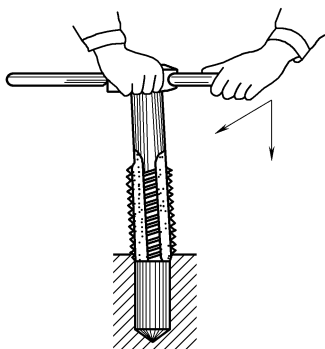


图 8-19 攻螺纹校准方法

当确认倾斜的螺牙校准好后，才能用双手握住铰杠的攻螺纹方法继续攻螺纹，如图 8-20 所示。

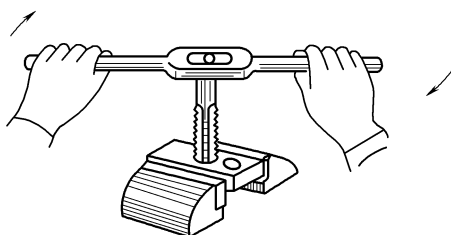


图 8-20 双手攻螺纹手势

(5) 攻螺纹过程 当丝锥攻螺纹切出 2~3 牙后, 改用双手握住铰杠转动攻螺纹, 如图 8-20 所示。攻螺纹时, 每转动铰杠 $1/2 \sim 1$ 圈时, 就应倒转约 $1/2$ 圈, 往复前进, 这样使丝锥更易排屑, 并且可减少丝锥切削刃因粘屑而使丝锥轧住, 或因锥转动切削阻力增大而使丝锥折断。

(6) 攻不通孔螺纹 攻不通孔螺纹时, 需经常将丝锥退出螺纹孔, 排除孔中的切屑。当丝锥将要攻到孔底时, 应更加严格地清除积屑, 避免丝锥攻入时被卡住。当切屑不易从孔中排除时, 可用弯的管子吹去切屑, 或用磁铁借助铁钉吸出。丝锥攻制通孔和不通孔螺纹时的排屑方式如图 8-21 所示。

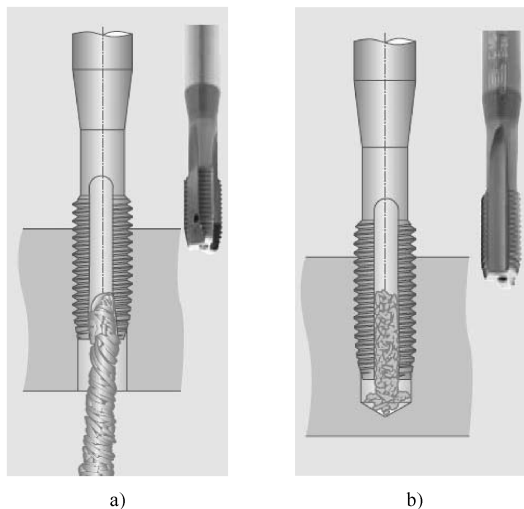


图 8-21 丝锥的排屑方式

a) 通孔的排屑方式 b) 不通孔的排屑方式

(7) 润滑切削液的添加 攻制塑性材料的螺孔时, 需添加润滑切削液, 以减小切削阻力, 降低螺孔表面粗糙度和延长丝锥寿命。攻制不同材料时, 润滑切削液应根据表 8-4 所示内容来选择。

(8) 攻螺纹中更换丝锥 攻螺纹过程中更换丝锥时, 需用手先将丝锥旋入已攻出的螺纹中至不能再旋进时, 然后用铰杠扳转。这样能避免开始时铰杠在转动时的晃动和压力, 丝锥的旋入可能会把

螺纹损坏。在丝锥攻完退出时，也要避免快速转动铰杠旋出丝锥，最好用手将丝锥旋出，以保证已攻好的螺纹质量不受影响。

(9) 丝锥的修磨 当丝锥的切削部分磨损时，可修磨其后面，如图 8-22 所示。修磨时要注意保持各刃瓣的半圆锥角及切削部分长度的准确性和一致性。当丝锥矫正部分有显著磨损时，可用棱角修圆的片状砂轮修磨其前面，如图 8-23 所示。

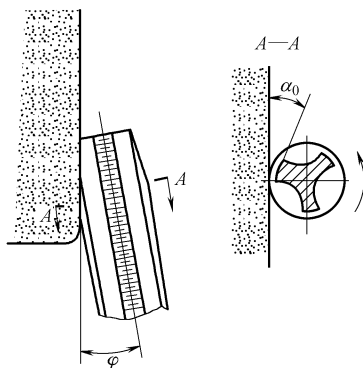


图 8-22 修磨丝锥后面

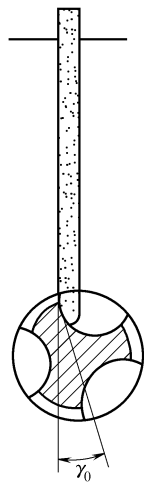


图 8-23 修磨丝锥前面

2. 机动攻螺纹

对于大批量零件的攻螺纹，可用机动攻螺纹的方法，如图 8-24 所示。工件和夹具固定在有正反转控制的钻床工作台上，攻螺纹夹头装夹在主轴锥孔中，并装夹丝锥。将工件调整好工作位置，并使丝锥顶住待攻孔，开始时按下手柄向下平稳施力，点动按钮使主轴慢速惯性转动，等切出 2~3 螺牙后即可不加力，由丝锥自行前进。

机动攻螺纹时，当丝锥阻力增大超过攻螺纹夹头的力矩时，攻螺纹夹头打滑，此时应立即倒转退屑。机动攻螺纹的主轴转速不宜太高，钢料的切削速度在 6~10m/min，铸铁为 8~10m/min。攻同样材料的丝锥，直径小的应取较高值，丝锥直径较大的取较低值。

使用机动攻螺纹时的注意事项如下：

- 1) 开始攻螺纹时应先向下施力，不能使丝锥在孔口空转，否则

会造成孔口处烂牙。当手握住手柄感觉到手柄有自动向下前进力时，即松手让其自行攻螺纹，此时，若继续施加压力会造成烂牙现象。

2) 机动攻螺纹的转速最好不要连续运转，应以点动的形式按倒转和顺转交替进行，若遇到攻不进时可退出切屑重新攻螺纹。

3) 倒转时应注意丝锥的校准部分不能全部露出孔端，也不能在孔口长时间的倒转。否则，在进行攻螺纹时会产生坏牙现象。

4) 攻螺纹夹头的传递力矩调整要适当，若力矩调整过大会使丝锥折断的概率增大，力矩调整过小攻螺纹时则易产生打滑。

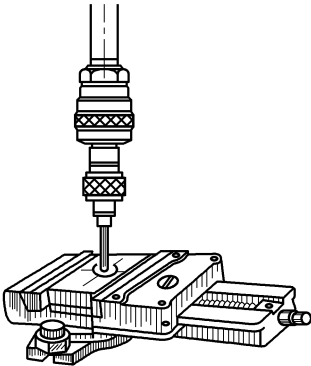


图 8-24 机动攻螺纹

8.2.5 攻螺纹注意事项

1. 攻螺纹的常见问题及防止方法（表 8-5）

表 8-5 攻螺纹的常见问题及防止方法

问题	产生原因	防止方法
烂牙 (乱扣)	1) 螺纹底孔直径太小，丝锥攻不进，孔口烂牙	1) 检查底孔直径，把底孔扩大后再攻螺纹
	2) 手攻时，绞杠掌握不正，丝锥左右摇摆，造成孔口烂牙	2) 两手握住绞杠用力要均匀，不得左右摇摆
	3) 机攻时，丝锥校准部分全部攻出头，退出时造成烂牙	3) 机攻时，丝锥校准部分不能全部攻出头
	4) 一锥攻螺纹位置不正，中锥、底锥强行纠正	4) 当初锥攻入 1~2 圈后，如有歪斜，应及时纠正
	5) 二锥、三锥与初锥不重合而强行攻削	5) 换用二锥、三锥时，应先用手将其旋入，再用绞杠攻制
	6) 丝锥没有经常倒转，切屑堵塞把螺纹啃伤	6) 丝锥每旋进 1~2 圈要倒转 0.5 圈，使切屑折断后排出

(续)

问题	产生原因	防止方法
烂牙 (乱扣)	7) 攻不通孔螺纹时，丝锥到底后仍继续扳旋丝锥 8) 用绞杠带着退出丝锥 9) 丝锥刀齿上粘有积屑瘤 10) 没有选用合适的切削液 11) 丝锥切削部分全部切入后仍施加轴向压力	7) 攻制不通孔螺纹时，要在丝锥上做出深度标记 8) 能用手直接旋动丝锥时应停止使用绞杠 9) 用油石进行修磨 10) 重新选用合适的切削液 11) 丝锥切削部分全部切入后应停止施加压力
螺纹歪斜	1) 手攻时，丝锥位置不正 2) 机攻时，丝锥与螺纹底孔不同轴	1) 目测或用角尺等工具检查 2) 钻底孔后不改变工件位置，直接攻制螺纹
螺纹牙深不够	1) 攻螺纹前底孔直径过大 2) 丝锥磨损	1) 正确计算底孔直径并正确钻孔 2) 修磨丝锥
螺纹表面粗糙度过高	1) 丝锥前、后面表面粗糙度高 2) 丝锥前、后角太小 3) 丝锥磨钝 4) 丝锥刀齿上粘有积屑瘤 5) 没有选用合适的切削液 6) 切屑拉伤螺纹表面	1) 重新修磨丝锥 2) 重新刃磨丝锥 3) 修磨丝锥 4) 用油石进行修磨 5) 重新选用合适的切削液 6) 经常倒转丝锥，折断切屑；采用左旋容屑槽

2. 丝锥损坏原因及防止方法（表 8-6）

表 8-6 丝锥损坏原因及防止方法

损坏形式	产生原因	防止方法
丝锥崩牙	1) 工件材料硬度过高，或有夹杂物 2) 切屑堵塞，使丝锥在孔中挤死 3) 丝锥在孔出口处单边受力过大	1) 攻螺纹前，检查底孔表面质量和清理砂眼、夹渣、铁豆等杂物；攻螺纹速度要慢 2) 攻螺纹时丝锥要经常倒转，保证断屑和退出清理切屑 3) 先应清理出口处，使其完整，攻到出口处前，机攻要改为手攻，速度要慢，用力较小

(续)

损坏形式	产生原因	防止方法
丝锥断 在孔中	1) 绞杠选择不当, 手柄太长或用力不匀, 用力过大	1) 正确选择绞杠, 用力均匀而平稳, 发现异常要检查原因, 不能蛮干
	2) 丝锥位置不正, 单边受力过大或强行纠正	2) 一定让丝锥和孔端面垂直; 不宜强行攻螺纹
	3) 材料过硬, 丝锥又钝	3) 修磨丝锥, 适应工件材料
	4) 切屑堵塞, 断屑和排屑刃不良, 使丝锥在孔中挤死	4) 经常倒转, 保证断屑; 修磨刃倾角, 以利排屑; 孔尽量深些
	5) 底孔直径太小	5) 正确选择底孔直径
	6) 攻不通孔时, 丝锥已攻到底了, 仍用力攻削	6) 应根据深度在丝锥上作标记, 或机攻时采用安全卡头
	7) 工件材料过硬而又粘	7) 对材料作适当处理, 以改善其切削性能; 采用锋利的丝锥

8.3 套螺纹

利用板牙在圆柱或圆锥表面上加工出外螺纹的操作方法称为套螺纹。

8.3.1 套螺纹常用工具及使用方法

常用的套螺纹工具主要有板牙和板牙架。

1. 板牙

板牙是加工外螺纹的标准刀具之一, 多在单件小批量生产中使用。其外形像螺母, 主要不同的区别是在其端面上钻入几个排屑孔以形成刀刃。板牙的类型有圆板牙、管螺纹板牙、四方板牙、六方板牙、管形板牙及钳工板牙等几类。常用板牙如图 8-25 所示, 其中圆板牙和管螺纹板牙应用最为广泛。

圆板牙是加工普通螺纹最常用的工具, 它的螺纹部分由切削锥和校准部分组成。切削锥部分为靠近两端面处磨出主偏角部分。校准部分为板牙中间一段具有完整齿形, 用于校准已切出螺纹部分。圆板牙的结构如图 8-26 所示。

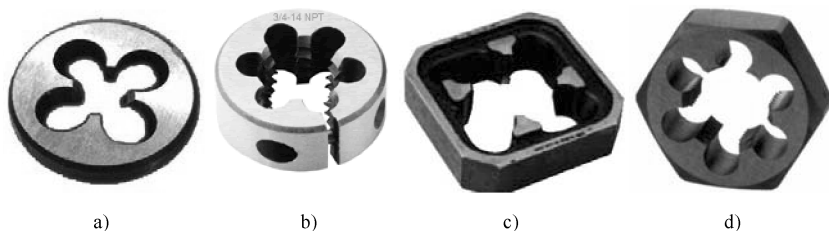


图 8-25 常用板牙

a) 圆板牙 b) 管螺纹板牙 c) 四方板牙 d) 六方板牙

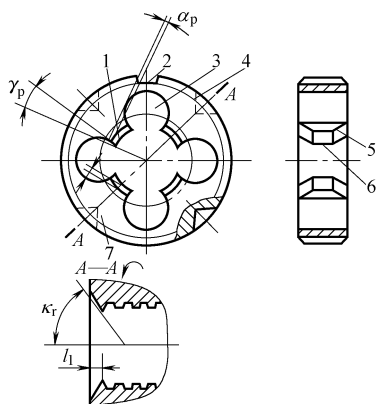


图 8-26 圆板牙

1—刃瓣 2—调节槽 3—排屑槽 4—调节孔
5—切削锥 6—校准部分 7—紧固孔

圆板牙参数选择的主要内容包括切削圆锥角、切削锥长度、后角和前角等参数。

(1) 切削圆锥角 ($2\kappa_r$) 切削圆锥角的常用选择为: M1 ~ M6 的板牙切削圆锥角为 50° ; M6 以上的板牙切削圆锥角为 40° ; 加工非金属的板牙切削圆锥角为 75° 。

(2) 切削锥长度 (l_1) 切削锥长度的常用选择为: M1 ~ M6 的板牙切削锥长度为 $(1.3 \sim 1.5)P$ (P 为螺距); M6 以上的板牙切削锥长度为 $(1.7 \sim 1.9)P$ (P 为螺距)。

(3) 后角 (α_p) 圆板牙切削锥部分经铲磨后形成后角, 在端截面上的后角常为 $5^\circ \sim 7^\circ$ 。

(4) 前角 (γ_p) 圆板牙的前面通常为圆弧形曲面, 因此前角的大小一般沿着切削刃变化, 如图 8-27 所示。在螺纹小径处前角 γ_{pl} 最大, 螺纹大径处前角 γ_p 最小。一般情况下, γ_p 取 $8^\circ \sim 12^\circ$; 粗牙板牙 γ_{pl} 取 $30^\circ \sim 35^\circ$; 细牙板牙 γ_{pl} 取 $25^\circ \sim 30^\circ$ 。

管螺纹板牙主要分为 55° 非密封管螺纹板牙和 55° 密封管螺纹板牙两种类型。 55° 非密封管螺纹板牙的结构与圆板牙相似。 55° 密封管螺纹板牙的结构如图 8-28 所示。圆锥螺纹板牙只在单面制成切削部分, 因此只能单面套螺纹, 并且所有切削刃都参与切削加工, 切削力较大。

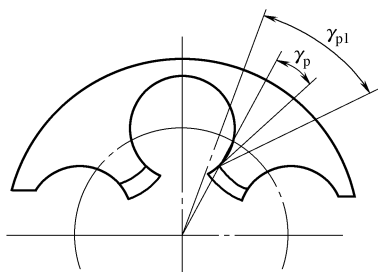
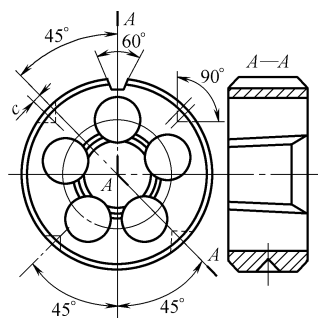


图 8-27 圆板牙前角的变化

图 8-28 55° 密封管螺纹板牙

2. 板牙架

板牙架也称为板牙铰杠, 它是用以装夹板牙, 并传递转矩带动板牙旋转进行套螺纹的工具。板牙架如图 8-29 所示。



图 8-29 板牙架

利用板牙架进行套螺纹时，需要将板牙放入板牙架中，并用紧定螺钉将板牙紧固在板牙架上进行操作。板牙架的选择通常需要根据板牙的尺寸来确定。

8.3.2 螺杆直径的确定

与攻螺纹一样，套螺纹的切削过程也存在挤压作用，为了延长板牙的使用寿命，提高所加工螺纹的精度，套螺纹前螺杆的直径一般应比螺纹大径小一点，其计算公式如下：

$$D = d - 0.13P$$

式中 D ——套螺纹前螺杆直径（mm）；

d ——螺纹公称直径（mm）；

P ——螺纹螺距（mm）。

套螺纹螺杆的直径尺寸也可以从表 8-7 中查出。

表 8-7 套螺纹前螺杆直径尺寸 （单位：mm）

粗牙普通螺纹				英制螺纹			圆柱管螺纹		
螺纹直径 d	螺距 P	圆杆直径 D		螺纹直径 /in ^①	圆杆直径 D		螺纹直径 /in ^①	管子外径 D	
		最小直径	最大直径		最小直径	最大直径		最小直径	最大直径
M6	1	5.8	5.9	1/4	5.9	6	1/8	9.4	9.5
M8	1.25	7.8	7.9	5/16	7.4	7.6	1/4	12.7	13
M10	1.5	9.75	9.85	3/8	9	9.2	3/8	16.2	16.5
M12	1.75	11.75	11.9	1/2	12	12.2	1/2	20.5	20.8
M14	2	13.7	13.85	—	—	—	5/8	22.5	22.8
M16	2	15.7	15.85	5/8	15.2	15.4	3/4	26	26.3
M18	2.5	17.7	17.85	—	—	—	7/8	29.8	30.1
M20	2.5	19.7	19.85	3/4	18.3	18.5	1	32.8	33.1
M22	2.5	21.7	21.85	7/8	21.4	21.6	1 $\frac{1}{8}$	37.4	37.7
M24	3	23.65	23.8	1	24.5	24.8	1 $\frac{1}{4}$	41.4	41.7
M27	3	26.65	26.8	1 $\frac{1}{4}$	30.7	31	1 $\frac{3}{8}$	43.8	44.1

(续)

粗牙普通螺纹				英制螺纹			圆柱管螺纹		
螺纹直径 d	螺距 P	圆杆直径 D		螺纹直径 /in ^①	圆杆直径 D		螺纹直径 /in ^①	管子外径 D	
		最小直径	最大直径		最小直径	最大直径		最小直径	最大直径
M30	3.5	29.6	29.8	—	—	—	$1\frac{1}{2}$	47.3	47.6
M36	4	35.6	35.8	$1\frac{1}{2}$	37	37.3	—	—	—
M42	4.5	41.55	41.75	—	—	—	—	—	—
M48	5	47.5	47.7	—	—	—	—	—	—
M52	5	51.5	51.7	—	—	—	—	—	—
M60	5.5	59.45	59.7	—	—	—	—	—	—
M64	6	63.4	63.7	—	—	—	—	—	—
M68	6	67.4	67.7	—	—	—	—	—	—

① 1 in = 25.4 mm。

为了使板牙起套时容易切入工件并作正确的引导，螺杆端部通常需要倒一个 15°~20°的角，如图 8-30 所示。

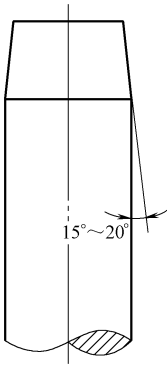


图 8-30 螺杆端部倒角

8.3.3 套螺纹的方法

1) 为避免螺杆装夹时产生偏斜或者夹出痕迹, 通常使用原铜衬作钳口垫, 或用 V 形钳口来装夹螺杆, 并且使螺杆上需要套螺纹部分尽量地靠近钳口。

2) 起套时, 先用一只手掌按住铰杠中部且沿螺杆轴线向下施加压力, 并转动板牙铰杠。而另一只手则配合顺向切进, 切记需缓慢转动。

3) 套螺纹时注意保持板牙的端面与螺杆轴线垂直, 并在板牙切入螺杆 2~3 圈后再检查其垂直度误差的大小, 若发现歪斜时应及时进行矫正。套螺纹时的操作姿势如图 8-31 所示。

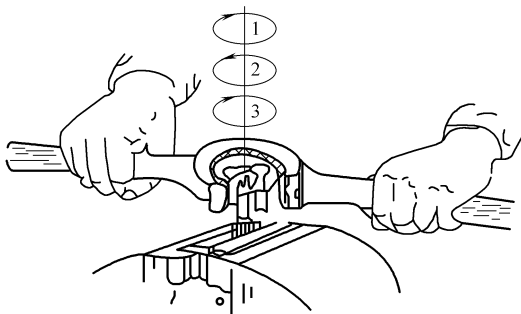


图 8-31 套螺纹时的操作姿势

4) 当板牙切入螺杆 3~4 圈后, 应停止施加轴向压力, 使板牙依靠螺纹自然引进, 以防止损坏板牙和螺纹。

5) 在套螺纹过程中, 应不时反向旋转板牙架, 以利于及时断丝和排屑。

6) 当在钢制工件上套螺纹时, 需添加润滑切削液, 以降低螺纹加工后的表面粗糙度, 并延长板牙的使用寿命。

8.3.4 套螺纹的常见问题及防止方法

套螺纹的常见问题及防止方法见表 8-8。

表 8-8 套螺纹的常见问题及防止方法

问题	产生原因	防止方法
烂牙 (乱扣)	1) 对低碳钢等塑性好的材料套螺纹时, 未加切削液, 板牙把工件上螺纹粘去一块 2) 套螺纹时, 板牙一直不倒转, 切屑堵塞而啃坏螺纹 3) 圆杆直径太大 4) 板牙歪斜太多, 在借正时造成烂牙	1) 对塑性材料套螺纹时, 一定要加合适的切削液 2) 板牙一定要倒转, 以断裂切屑 3) 圆杆直径要确定合适 4) 板牙端面要与圆杆轴线垂直, 并经常检查, 及时纠正
螺纹一边深一边浅	1) 圆杆端部倒角不好, 使板牙不能保持与圆杆轴线垂直 2) 绞杠用力不均匀, 左右晃动, 不能保持板牙端面与圆杆轴线垂直	1) 圆杆端部要按要求倒角, 不能歪斜 2) 套螺纹时, 两手用力要均匀和平稳, 并经常检查垂直情况, 及时纠正
螺纹中径太小	1) 绞杠经常摆动, 多次借正而造成螺纹中径变小 2) 板牙切入圆杆后, 还用力加压 3) 调节不宜, 尺寸变小	1) 绞杠要握稳, 不能晃动 2) 板牙切入后, 只要均匀使板牙旋转即可, 不能再加力下压 3) 应用标准螺杆调整尺寸, 不要盲目调节
牙深不够	1) 圆杆直径太小 2) 板牙调节不宜, 直径过大	1) 圆杆直径应按要求确定控制尺寸公差 2) 应用标准螺杆调整尺寸, 不要盲目调节
螺纹表面粗糙	1) 切削液未加注或选用不当 2) 刀刃上粘有积屑瘤	1) 应选用适当切削液, 并经常加注 2) 去除积屑瘤, 使刀刃锋利

第9章 铆 接

9.1 铆接概述

9.1.1 铆接过程

使用铆钉连接两件或两件以上的工件叫铆接。铆接是钢板件连接的一种方法，应用较为广泛。铆接过程是将铆钉插入被铆接工件孔内，并把铆钉头紧贴工件表面，然后将铆钉杆的一端墩粗而成为铆合头，如图9-1所示。

目前，在很多零件连接中，铆接已被焊接取代，但因铆接具有操作简单、连接可靠、抗振和耐冲击等特点，所以在机器和工具制造等方面仍使用较多。

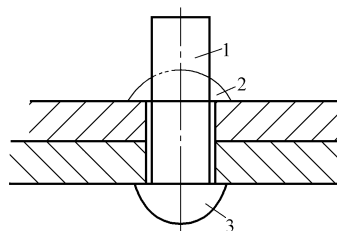


图9-1 铆接过程

1—铆钉杆 2—铆合头 3—铆钉原头

9.1.2 铆接种类

1. 按连接结构的使用要求分类

(1) 活动铆接 又称铰链铆接，它的结合部分可以相互转动，如钢丝钳、划规、剪刀等工具的铆接。

(2) 固定铆接 固定铆接所结合的部位是固定不动的，这种铆接按用途和要求不同，还可分为强固铆接、紧密铆接和强密铆接三类。

1) 强固铆接（坚固铆接）常应用于结构需要有足够的强度、承受强大作用力的地方，如桥梁、车辆和起重机等。

2) 紧密铆接常应用于低压容器装置。这种铆接只能承受很小的

均匀压力，但要求接缝处非常严密，以防止渗漏，如气筒、水箱、油罐等。

3) 强密铆接（坚固紧密铆接）不但能承受很大的压力，而且要求接缝非常紧密，即使在较大压力下，液体或气体也保持不渗漏。一般应用于锅炉、压缩空气罐及其他高压容器的铆接。

2. 按铆接方法分类

(1) 冷铆 冷铆是指铆钉不需加热，直接铆出铆合头的铆接方法。直径在 8mm 以下的钢制铆钉都可以用冷铆方法铆接，采用冷铆时铆钉的材料必须具有较高的塑性。

(2) 热铆 热铆是指把整个铆钉加热到一定温度，然后再铆接的方法。因铆钉受热后塑性好，容易成形，而且冷却后铆钉杆收缩，加大了结合强度。热铆时要把铆钉孔直径放大 0.5 ~ 1mm，使铆钉在热态时容易插入。直径大于 8mm 的钢铆钉多用热铆。

(3) 混合铆 混合铆是指在铆接时，把铆钉的铆合头端部加热的铆接方法。对于细长的铆钉一般采用这种方法，可以避免铆接时铆钉杆的弯曲。

9.1.3 铆接形式

1. 搭接

当要求两块板铆接后仍处在一个平面上时，需先把一块板折弯，然后再搭接，如图 9-2 所示。

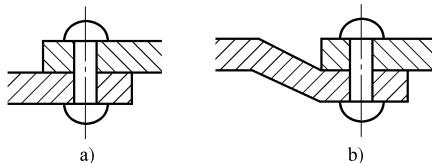


图 9-2 搭接

a) 两块平板 b) 一块板折边

2. 对接

对接分为单盖板对接和双盖板对接两种，如图 9-3 所示。

3. 角接

角接分为单角钢角接和双角钢角接两种，如图 9-4 所示。

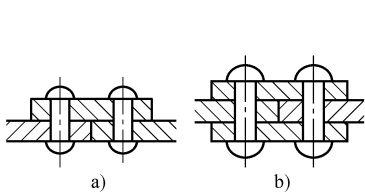


图 9-3 对接

a) 单盖板式 b) 双盖板式

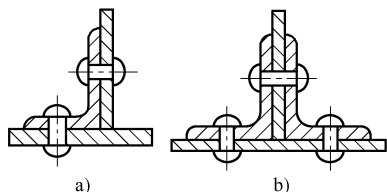


图 9-4 角接

a) 单角钢式 b) 双角钢式

9.1.4 铆钉排列

铆钉的排列方式有：单排排列、双排排列、双排棋盘式排列，如图 9-5 所示。

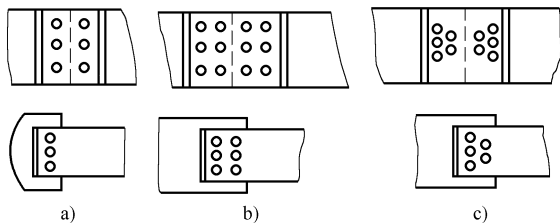


图 9-5 铆钉的排列方式

a) 单排 b) 双排 c) 双排棋盘式

铆钉之间的中心距及铆钉中心至棉线料边缘的距离规定如下：

1) 单排排列时，铆钉中心之间的距离应等于铆钉直径的 3 倍。如果铆钉孔为钻孔，铆钉中心至铆件边缘的距离应为铆钉直径的 1.5 倍；如果铆钉孔为冲孔，应为铆钉直径的 2.5 倍。

2) 双排排列时，铆钉距离应等于铆钉直径的 4 倍。铆钉中心至铆件边缘的距离为铆钉直径的 1.5 倍。铆钉排列之间的距离应铆钉直径的 2 倍。

9.2 铆接工具及铆钉

9.2.1 铆接常用工具及使用方法

(1) 锤子 铆接用锤子有圆头锤和方头锤之分，通常根据铆钉

直径的大小来选择锤子的大小。

(2) 压紧冲头 用于将铆合板料相互压紧并贴合, 如图 9-6 所示。使用时, 先将铆钉穿入板料的铆钉孔, 并将压紧冲头有孔的一端套在铆钉圆杆上, 再用锤子敲击冲头的另一端, 使板料相互压紧贴合。

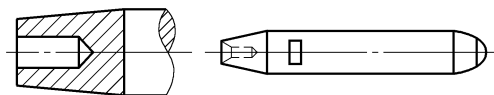


图 9-6 压紧冲头

(3) 罩模与顶模 用于铆接半圆头铆钉, 如图 9-7 所示。

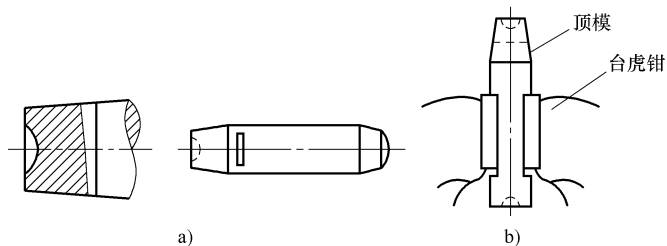


图 9-7 罩模与顶模

a) 罩模 b) 顶模

9.2.2 铆钉

1. 铆钉的分类

(1) 平头铆钉 平头铆钉的形状如图 9-8 所示。其铆接方便, 应用广泛, 常用于一般无特殊要求的铆接, 如铁皮箱、防护罩及其他结合件。

(2) 半圆头铆钉 半圆头铆钉的形状如图 9-9 所示。其在钢结构的屋架、桥梁和车辆、起重机等方面应用广泛。

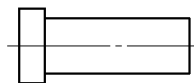


图 9-8 平头铆钉

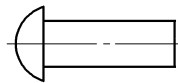


图 9-9 半圆头铆钉

(3) 沉头铆钉 沉头铆钉的形状如图 9-10 所示。其常应用于框架等制品表面要求平整的地方，如铁皮箱柜的门窗以及一些手工工具等。

(4) 半圆沉头铆钉 半圆沉头铆钉的形状如图 9-11 所示。其常用于有防滑要求的地方，如脚踏板和走路梯板等。

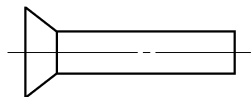


图 9-10 沉头铆钉

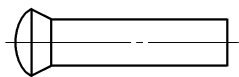


图 9-11 半圆沉头铆钉

(5) 管状空心铆钉 管状空心铆钉的形状如图 9-12 所示。其常用于在铆接处有空心要求的场合，如电器部件的铆接等。

(6) 带铆钉 带铆钉的形状如图 9-13 所示。其常用于铆接机床传动带，以及铆接毛毡、橡胶、皮革材料的制品。

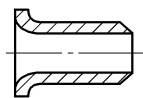


图 9-12 管状空心铆钉

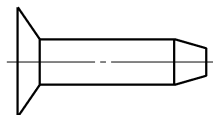


图 9-13 带铆钉

2. 铆钉直径、长度及通孔直径的确定

(1) 铆钉直径的确定 铆钉直径的大小与被连接板的厚度、连接形式以及被连接板的材料等多种因素有关。当被连接板材厚度相同时，铆钉直径等于板厚的 1.8 倍；当被连接板材厚度不同，搭接连接时，铆钉直径等于最小板厚的 1.8 倍。铆钉直径可在计算后按表 9-1 圆整。

表 9-1 标准铆钉直径及通孔直径

(单位：mm)

公称直径		2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0
通孔直径	精装配	2.1	2.6	3.1	4.1	5.2	6.2	8.2	10.3
	粗装配	2.2	2.7	3.4	4.5	5.6	6.6	8.6	11

(2) 铆钉长度的确定 铆接时，铆钉所需的长度除了被铆接件的总厚度外，还要为铆合头留出足够的长度。因此，半圆头铆钉铆

合头所需长度，应为圆整后铆钉直径的 1.25 ~ 1.5 倍。沉头铆钉铆合头所需的长度应为圆整后铆钉直径的 0.8 ~ 1.2 倍。

(3) 通孔直径的确定 铆接时，通孔直径的大小应随着连接要求不同而有所变化。如果孔径过小，使铆钉插入困难；如果孔径过大，铆合后的工件容易松动。合适的通孔直径应按表 9-1 选取。

9.3 铆接方法及铆钉的拆卸

9.3.1 铆接方法

1. 半圆头铆钉的铆接

(1) 装入铆钉 把铆合件彼此贴合，然后划线、铰孔、倒角、去飞边，最后装入选好的铆钉。

(2) 用压紧冲头压紧板料 如图 9-14 所示，将顶模置于垂直而稳定的位置，将铆钉半圆头与顶模凹圆相接触，用压紧冲头压紧板料。

(3) 镦粗铆钉 如图 9-15 所示，用锤子捶打铆钉的伸出部分，将其镦粗。

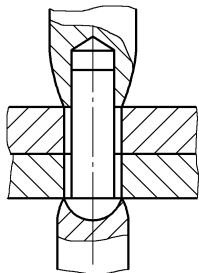


图 9-14 压紧板料

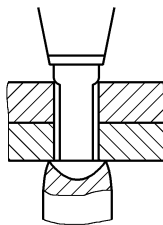


图 9-15 镦粗铆钉

(4) 初步成形 如图 9-16 所示，用锤子适当斜着均匀捶打周边，初步捶打成形。

(5) 成形 如图 9-17 所示，用适当的罩模铆打成形，不时地转动罩模，垂直捶打。

2. 沉头铆钉的铆接

沉头铆钉的铆接，一种是用现成的沉头铆钉铆接，另一种也可用圆钢截断后代用铆钉铆接。用圆钢截断后作铆钉的铆接过程的前4个步骤与半圆头铆钉的铆接过程相同，如图9-18所示，在正中镢粗铆钉端面1和2，铆面2，铆面1，修平高出平面部分。如用现成的沉头铆钉铆接，只要将铆合头一端的材料经铆打填平沉头座即可。

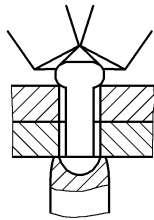


图 9-16 初步成形

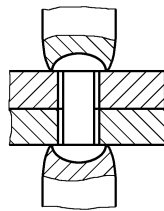


图 9-17 成形

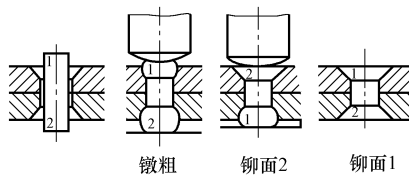


图 9-18 沉头铆钉的铆接

3. 空心铆钉的链接

如图9-19所示，将铆钉插入孔内，用样冲冲一下（见图9-19a），用专用的冲头使翻开铆钉的一头贴平于工件（见图9-19b）。

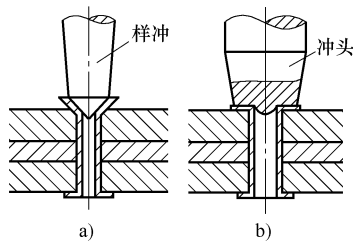


图 9-19 空心铆钉的铆接

a) 用样冲冲铆钉 b) 用冲头使铆钉贴平

9.3.2 铆钉的拆卸

(1) 半圆头铆钉的拆卸 半圆头铆钉的拆卸过程如图 9-20 所示。

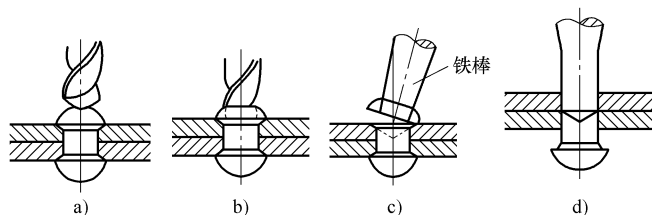


图 9-20 半圆头铆钉的拆卸

- a) 冲出中心眼 b) 钻深度与铆合高度相同的孔
c) 用铁棒将铆钉头折断 d) 用冲头将铆钉冲出

(2) 沉头铆钉的拆卸 沉头铆钉的拆卸过程如图 9-21 所示。先用样冲冲出中心眼，然后钻一个比铆钉直径小 1mm 的孔，深度要比铆钉头高度略深，再用冲头将铆钉冲出即可。

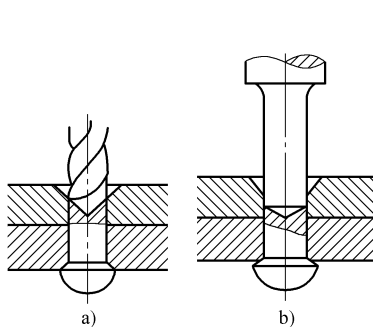


图 9-21 沉头铆钉的拆卸

- a) 冲眼、钻孔 b) 用冲头将铆钉冲出

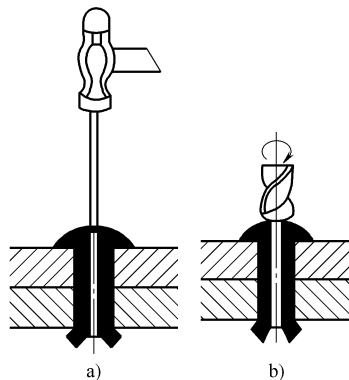


图 9-22 击芯铆钉的拆卸

- a) 用冲钉冲去钉芯 b) 钻掉铆钉基体

(3) 击芯铆钉的拆卸 击芯铆钉的拆卸过程如图 9-22 所示。先用冲钉冲去钉芯，再用与铆钉杆直径相同的钻头钻掉铆钉基体。

(4) 抽芯铆钉的拆卸 抽芯铆钉的拆卸过程如图 9-23 所示。用

与铆钉杆相同直径的钻头，对准钉芯孔扩孔，直至铆钉头落掉。

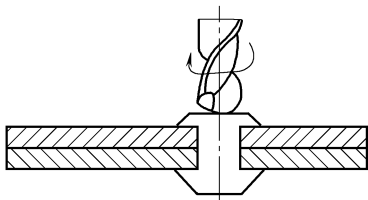


图 9-23 抽芯铆钉的拆卸

9.4 铆接注意事项

(1) 铆合头偏斜 铆合头偏斜的缺陷形状如图 9-24 所示。产生此缺陷原因是铆接时风枪未放垂直，风压过大使钉杆弯曲。预防措施是开始铆接时小开风门，风枪与钉杆中心线保持在同一直线上。

(2) 铆合头太扁 铆合头太扁的缺陷形状如图 9-25 所示。此缺陷产生原因是铆钉杆长度不够。正确计算及选定铆钉杆的长度是避免这种缺陷的有效措施。

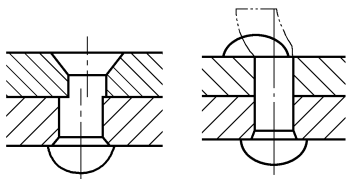


图 9-24 铆合头偏斜

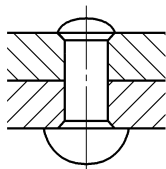


图 9-25 铆合头太扁

(3) 埋头孔没填满 埋头孔没填满的缺陷形状如图 9-26 所示。此缺陷产生原因是铆钉太短，镦粗时方向和板料不垂直。预防措施是正确选定铆钉杆长度，铆接方向与锤击要垂直于工件。

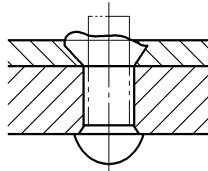


图 9-26 埋头孔没填满

(4) 原铆合头没贴紧工件 原铆合头没贴紧工件的缺陷形状如图 9-27 所示。此缺陷产生原因是铆钉孔直径太小，孔口没倒角，风力不够，顶钉力量不够或未顶严。预防措施是正确选择铆钉孔直径，

孔口进行倒角。

(5) 工件上有凹痕 工件上有凹痕的缺陷形状如图 9-28 所示。此缺陷产生原因是罩模放置偏斜,罩模太大。预防措施是罩模应摆正,罩模大小应与铆合头相等。

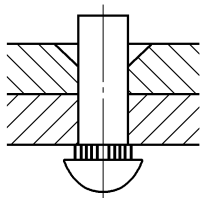


图 9-27 原铆合头没贴紧

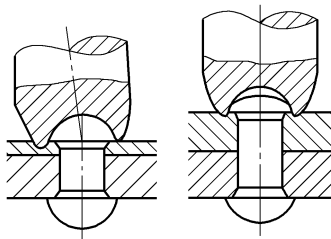


图 9-28 工件上有凹痕

(6) 铆钉杆在孔内弯曲 铆钉杆在孔内弯曲如图 9-29 所示。此缺陷产生原因是铆钉直径与铆钉孔直径比过小。预防措施是调整好铆钉直径与铆孔直径比。

(7) 工件之间有间隙 工件之间有隙如图 9-30 所示。此缺陷的产生原因是工件板材连接面不平整,或者压紧冲头未将板材压紧。预防措施是把工件板材连接面处理平整,用压紧冲头将板材压紧。

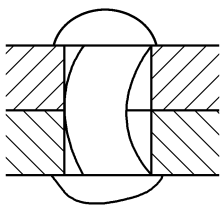


图 9-29 铆钉在孔内弯曲

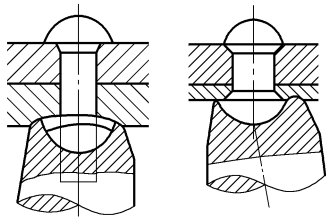


图 9-30 工件之间有间隙

第 10 章 矫正和弯曲

10.1 矫正

10.1.1 矫正概述

矫正是指在外力作用下消除金属材料或工件由于外力影响而产生的弯曲、不平直和翘曲等塑性变形缺陷的加工方法。工件材料的变形主要是在轧制或剪切等外力作用下，内部组织发生变化产生的。原材料在运输和存放过程中处理不当时，也会引起变形缺陷。矫正的目的就是使金属材料或工件发生塑性变形，使其回复到原来的平整度。

矫正又分为冷矫正和火焰矫正两种。钳工矫正多为冷矫正，包括扭转、弯曲、延展和伸张四种操作，是用锤子在平台、铁砧或台虎钳等工具上进行的。这四种方法既可以单独使用，也可几种方法并用，常视变形情况而定。

材料能否矫正取决于材料自身的塑性。只有塑性好的材料才能进行矫正，而塑性较差的材料（如铸铁、淬硬钢等）就不能进行矫正，否则工件就会断裂。材料对矫正的适应情况如表 10-1 所示。

表 10-1 材料对矫正的适应情况

工件材料	适应情况	特 性
塑性材料，如钢、铜等	可以矫正	有延展性
脆性材料，如铸铁、铸铜等	不宜矫正	几乎没有延展性
金属在 150 ~ 450℃ 之间	不允许矫正	金属在此范围内最硬，柔软性最差，脆性最大
金属材料温度低于 150℃，高于 500℃	可以矫正	矫正时，不允许低于 0℃，因为此时金属会产生冷硬性
淬火硬度不高的变形件	可以矫正	有微小的延展性。厚的用宽头锤打凸起面，薄的用窄头锤打凹陷面
淬火后硬度较高的变形件	可以矫正	延展性极其微小，可用回火、热压、烘热或在热态条件下，以反向锤击法矫正

矫正在改变工件形状的同时又产生了新的塑性变形,使工件材料的内部组织也发生变化,矫正后金属材料表面硬度增加,脆性增大。这种在冷加工塑性变形过程中产生的材料变硬现象叫做冷作硬化。冷作硬化后的材料给工件的进一步矫正或其他冷作业带来了一定的困难,这时可用退火处理使材料回复到原来的力学性能。

10.1.2 矫正常用工具及使用方法

(1) 支撑矫正的工具 常用的支撑矫正工具有铁砧、矫正用平板(见图 10-1)和 V 形架(见图 10-2)等。



图 10-1 矫正用平板

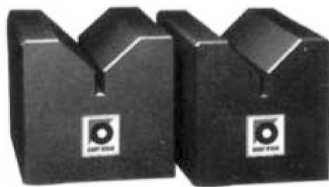


图 10-2 V 形架

(2) 加力用的工具 加力用的工具有锤子、铜锤、木锤、橡胶锤和压力机等。

(3) 检验用的工具 检验用的工具有平板、90°角尺(见图 10-3)、钢直尺和百分表(见图 10-4)等。



图 10-3 90°角尺



图 10-4 百分表

10.1.3 常用矫正方法

1. 手工矫正的方法

手工矫正是钳工用手工工具在平台或台虎钳上进行的矫正。根据材料的结构形状和变形状态的不同,通常采用延展法、扭转法、变形法或伸张法等进行矫正。手工矫正适用于小型零件的变形矫正。

(1) 扭转法 扭转法用于矫正条料的扭曲变形,如图 10-5 所示。一般是将条料装夹在台虎钳上,左手扶着扳手的上部,右手握住扳手的末端,施加扭力,把条料向变形的相反方向扭转回原来的形状。

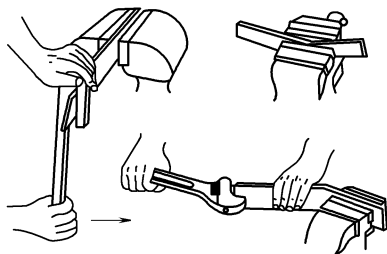


图 10-5 扭转法

(2) 伸张法 伸张法用于矫正各种细而长的线材,如图 10-6 所示。一般是将这种细长线材的一头固定起来,然后将线材绕在一圆木上,从固定端开始,再握紧圆木向后拉动,这样线材在拉力的作用下绕过圆木得到伸张就矫直了。

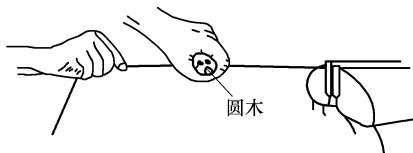


图 10-6 伸张法

(3) 弯曲法 弯曲法用于矫正各种弯曲的棒料和在厚度方向上弯曲的条料。直径小的棒料和薄料可用台虎钳装夹靠近弯曲的地方,再用扳手矫正,如图 10-7a 所

示。直径大的棒料和较厚的条料则要用压力机矫正,如图 10-7b 所示。矫正前先把棒料或条料架在两块 V 形架上, V 形架的支点和间距按需要放置。转动螺旋压力机的螺杆,使螺杆的端部准确压在棒料或条料变形的最高点上。为了消除弹性变形所引起的回翘现象,可适当压过一点,然后解除压力,再用百分表检查矫正的情况。如果未矫正好,则要一边矫正,一边检查,直至符合需要为止。

(4) 延展法 延展法就是用锤子敲击工件,使其延展伸长来达

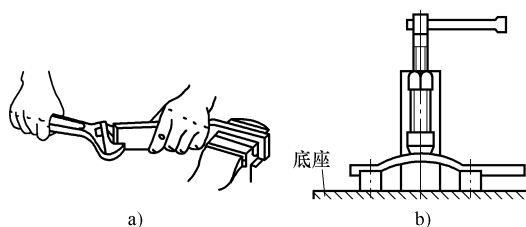


图 10-7 弯曲法

a) 手工弯曲法 b) 压力机弯曲法

到矫正的目的，如图 10-8 所示。这种方法可用来矫正各种型材和板料的翘曲等变形。在宽度方向上弯曲的条料，如果利用弯曲法来矫正，就会使其折断；如果用锤敲击材料弯曲的里侧，材料就会因延展而得到矫正。

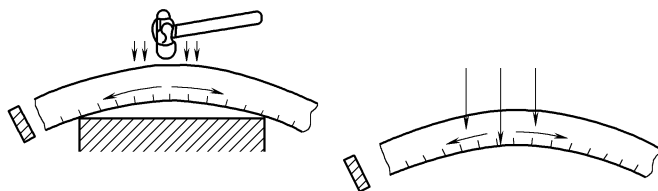


图 10-8 延展法

2. 机械矫正的方法

(1) 滚矫 滚矫是利用小于板厚的上下辊间隙，使板料受到多次弯曲变形而矫正的，如图 10-9 所示。适用于对板料、条料、线材的矫平和矫直。

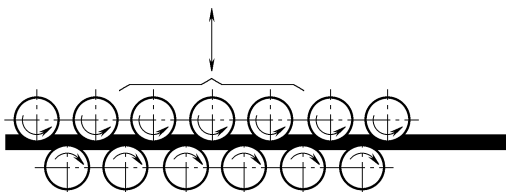


图 10-9 滚矫示意图

(2) 压矫 压矫是利用压力机、冲压机矫正工件的方法，如图

10-10 所示。压矫适用于对板料、条料、棒料的矫平、矫直。

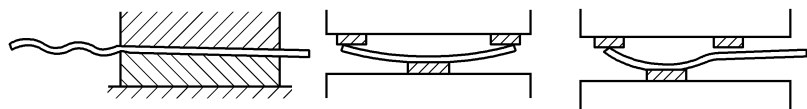


图 10-10 压矫

10.1.4 常用材料扭曲变形的矫正

1. 条料、狭长板料扭曲变形的矫正

狭长板料扭曲变形可用扭转法进行矫正，如图 10-11 所示。将待矫正的工件夹在台虎钳上，用特制的弯成槽形的扳手或活络扳手插入待矫正的工件弯曲部位，按图示方法左手按住扳手的上部，右手握住扳手末端，将工件反向扭动，使工件回复至原来的形状。扳动扳手时应过正些，并根据工件材料的弹性变形程度决定过正量的多少。

较小条料弯曲的矫正方法如图 10-12a 所示。将变形的工件弯曲部位装夹在台虎钳钳口侧面，用活扳手装夹工件前端，左手按住工件弯曲部位，右手握住扳手向矫正方向扳动。对于变形不大的工件，也可以将弯曲部位直接装夹在台虎钳上进行矫正，如图 10-12b 所示。最后可将工件放到平板上或铁砧上用锤子捶打，矫正到平直。

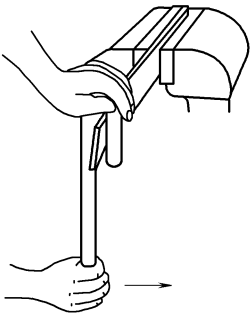


图 10-11 条料扭曲变形的矫正方法

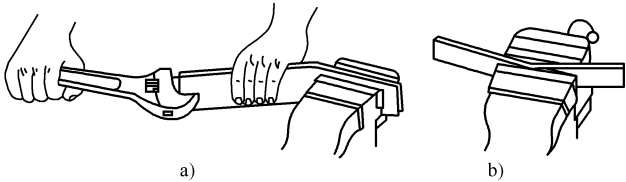


图 10-12 弯曲变形的矫正方法

a) 用扳手矫正方法 b) 用台虎钳钳口装夹矫正方法

2. 轴或棒料的矫正

轴或棒料在矫正时常使用螺旋压力机。矫正前先把轴或棒料架起并让其转动，用粉笔画出弯曲处，如图 10-13 所示。将螺旋压力机的压块压在轴或棒料弯曲处的凸起部位上，如图 10-14 所示。边矫正边用百分表检查轴或棒料的矫正情况，直到符合要求为止。

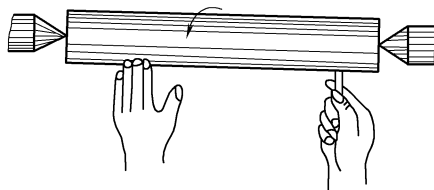


图 10-13 划线

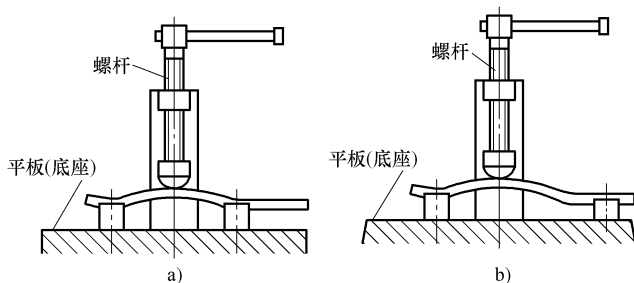


图 10-14 轴或棒料的矫正方法

a) 正确 b) 错误

3. 条料在宽度方向弯曲的矫正

条料在宽度方向弯曲是条料宽度方向的组织受压后两侧长度伸缩不一致所引起的。如图 10-15 所示条料，*A* 方向一侧材料受拉后拉长，而 *B* 方向一侧受压后材料挤压收缩；由于材料受压力超过材料的极限强度，材料产生永久性压缩变形，因此在 *B* 方向平面会有不规则的隆起部分。

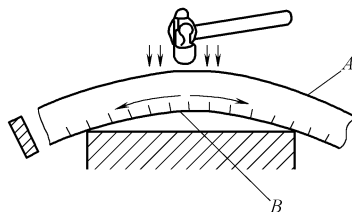


图 10-15 延展法矫正方法

条料在宽度方向弯曲的矫正可用延展法，如图 10-15 所示。将条

料凸面朝上放置在铁砧上, 矫正时用锤子锤击弯曲凸面 *A* 侧, 由于锤击的冲击力使凹形的一边拉长。待条料基本矫正后, 将条料平放在铁砧上, 用锤子锤击 *B* 侧材料, 如图 10-16 所示, 采用锤击条料凹形平面隆起部位, 使这部分材料延伸拉长从而达到矫正的目的。

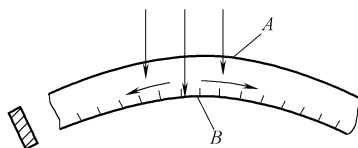


图 10-16 锤击凹面延展法

矫正时锤击条料的力度和锤击点要从弯曲的凹弧中心开始向两端展开, 锤击力度由中间向两端逐渐变轻。材料受锤击作用产生局部延伸, 使凹形的一边伸长而变直, 反复矫正使其逐步回复平直要求。

如果材料的断面宽而薄, 可直接用延展法来矫正条料的平面。

4. 板料翘曲变形矫正

矫平板料是一种比较复杂的操作。板料的翘曲可能是由以下原因引起的: ①因受外力使板料局部鼓凸不平; ②因板料本身的内应力引起的翘曲; ③经氧乙炔切割后, 部分翘曲。因此, 板料矫正方法应该根据其翘曲的情况而定。否则, 不管情况如何就直接锤击凸起部位, 不但达不到矫平的效果, 反而会增加板料的翘曲程度。

如图 10-17 所示, 若板料的凸起是由于凸起部位材料厚度受到外

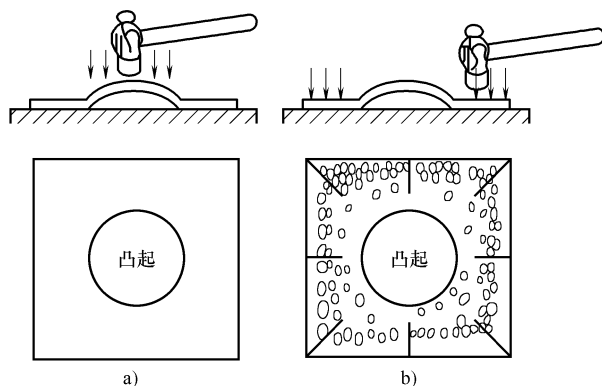


图 10-17 板料中间凸起变形的矫正

a) 错误 b) 正确

力后比原来变薄而引起,就不能直接锤击凸起部位。如果按图 10-17a 所示的方法锤击材料,则板料会更薄,凸起现象更严重。此时,必须适当地延展板料的边缘,由外到内,由重到轻,由密到稀,如图 10-17b 所示。边缘板料的厚度和凸起部位的厚度越趋近则越平整。

对表面上有几处凸起的板料,应先锤击凸起部位之间的位置,使所有分散的凸起部分聚集成一个总的凸起;然后再用矫正中间凸起板料的方法使总的凸起部分逐渐达到平直。

对于板料中间平整而四周呈波浪形的情况,如图 10-18 所示,由于板料四边变薄而伸长的,所以矫平时,应按图中箭头方向由四角向中间锤打,中间应重而密,近角处应轻而疏。这样经过反复多次锤打,可使板料平整。

如图 10-19 所示,矫正角翘曲的板料时,应当按图中箭头所示,反复锤击没有翘曲的对角线使之平齐。

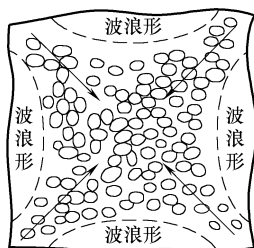


图 10-18 波浪形板料矫正

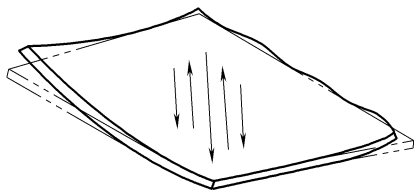


图 10-19 角翘曲的板料的矫正

用氧乙炔割下的板料,常因在气割过程中周围冷却较快而收缩厉害,使得割下的板料不平,如图 10-20 所示。矫正时应从边缘起重击周围气割处,第 2 圈和第 3 圈应该是轻而稀的锤击,反复多次锤击,使其达到平整。

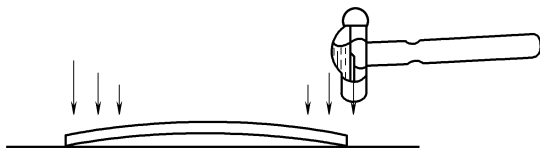


图 10-20 气割板料的矫正方法

矫正薄而软的非铁金属板料及箔类板时，可用平整的木块，在平板上推压板料平面，如图 10-21 所示；也可以采用木锤或橡胶锤进行锤击以达到平整的目的，如图 10-22 所示。

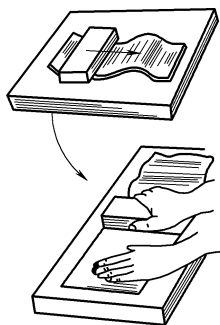


图 10-21 用木块矫平

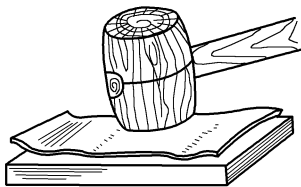


图 10-22 用木锤矫平

矫正仅有微小扭曲的薄板料时，可按从左向右或从右向左的顺序用抽条抽打平面，使其平整，如图 10-23 所示。

5. 角钢的矫正

如果角钢同时有几种变形，则应先矫正变形较大的部位，后矫正变形较小部位。如果角钢既有弯曲变形又有扭曲变形，应先矫正扭曲变形，然后矫正弯曲变形。

角钢扭曲时，应将平直部分放在铁砧上，锤击上翘的一面，如图 10-24 所示。锤击时应由边向里、由重到轻。

锤击一遍后，反过方向再锤击另一面，方法相同，锤击几遍可使角钢矫正。但操作时必须注意安全，手扶平直端的位置应远离锤击处，以防止锤击时振痛。

角钢的弯曲有向里翘（见图 10-25a）和向外翘（见图 10-25b）两种。

如图 10-26 所示，矫正向里翘的角钢时，将角钢翘曲的高起处向上平放在砧座上，由重到轻地锤击角钢的一条边的凸起处，使角钢

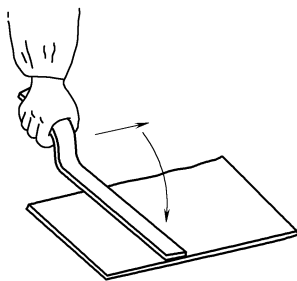


图 10-23 用抽条抽平薄板料

的外侧面逐渐趋于平直。此时必须保证角钢与砧座接触的一条边和砧面垂直，锤击时不致使角钢歪倒。

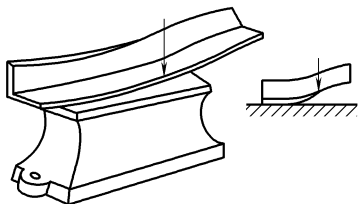


图 10-24 角钢扭曲矫正方法

如图 10-27 所示，矫正向外翘的角钢时，将角钢翘曲的高起处向上平放在砧座上，锤击角钢凸起的一条边，但不可锤击凸起面。锤击后，待翘曲现象基本消除后，可用锤子锤击微曲的面，作进一步修整。

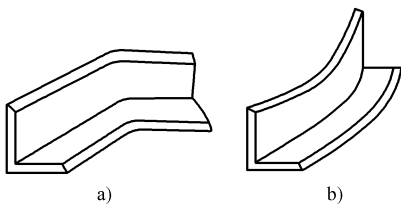


图 10-25 角钢的翘曲

a) 角钢里翘 b) 角钢外翘

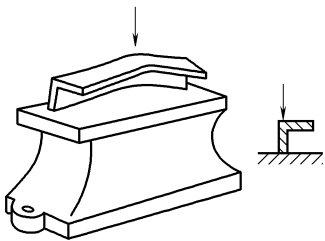


图 10-26 角钢里翘的矫正

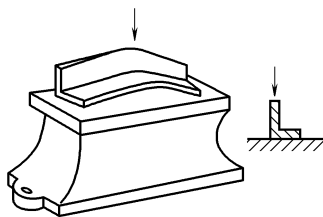


图 10-27 角钢外翘的矫正

此外，角钢也可采用扭转法矫正，如图 10-28 所示。将角钢一端用台虎钳夹住，另一端用叉形扳手或活扳手装夹角钢向扭曲的反方向扭转，在变形消失后用锤子将其矫平。

6. 角钢角变形的矫正

矫正角钢的角变形时，可以在 V 形块上或平台上锤击矫正。图 10-29a、图 10-29b 所示为角钢夹角大于 90° 时的矫正，图 10-29c 所示为角钢夹角小于 90° 时的矫正。

7. 槽钢的矫正

槽钢弯曲变形有立弯和旁弯两种，立弯即腹板方向的弯曲，旁弯即翼板上的弯曲。矫正方法是槽钢用两根圆钢垫起，然后用大锤锤击，如图 10-30 所示。

槽钢翼板有局部变形时，如图 10-31 所示，可用一个锤子垂直抵住或横向抵住翼板凸起部位，用另一个锤子锤击翼板凸起处。当翼板有局部凹陷时，也可将翼板平放锤击凸起处，直接矫平。

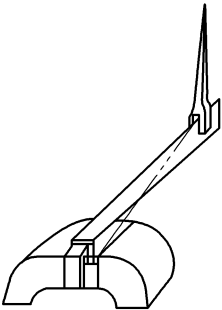


图 10-28 角钢扭转矫正法

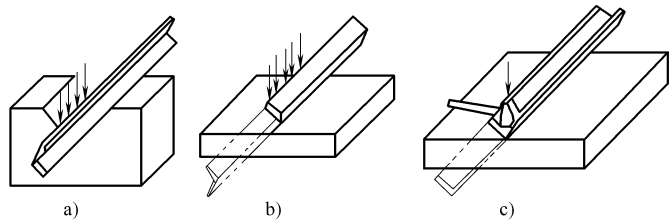


图 10-29 角钢角变形的矫正

- a) 夹角大于 90° 的 V 形块矫正 b) 夹角大于 90° 的平台矫正
c) 夹角小于 90° 的平台矫正

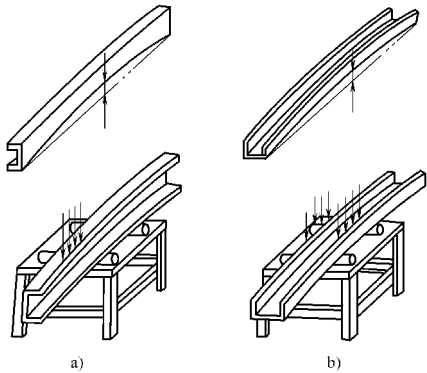


图 10-30 槽钢弯曲变形矫正

- a) 立弯的矫正 b) 旁弯的矫正

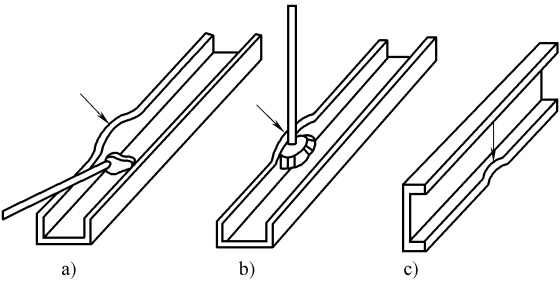


图 10-31 槽钢局部变形矫正

a) 用锤子垂直抵住翼板凸起部位 b) 用锤子横向抵住翼板凸起部位
c) 将翼板平放锤击

8. 用滚板机矫正板料

用滚板机矫正板料时，矫正厚板用辊少，矫正薄板用辊多，上辊数量为双数，下辊数量为单数，如图 10-32 所示。矫正厚度相同的小块板料，可放在一块大面积的厚板上同时滚压多次，并翻转工件，直至矫平，如图 10-33 所示。

9. 用滚圆机矫正板料

用三辊滚圆机矫正板料，是通过材料反复弯曲变形而使应力均匀，从而提高板料的平整度的，如图 10-34 所示。

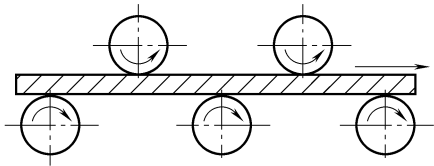


图 10-32 滚板机矫正板料

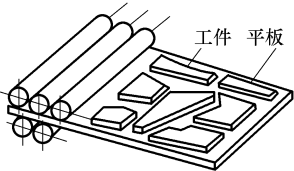


图 10-33 滚板机矫正小块板料

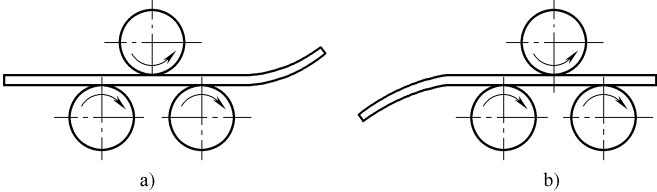


图 10-34 滚圆机矫正板料

a) 第一次滚正 b) 第二次反滚

10. 用压力机矫正厚板

厚板的矫正可用液压机进行，如图 10-35 所示，在工件凸起处施加压力，使材料内应力超过屈服强度，产生塑性变形，从而纠正原有变形。为避免矫正的材料在卸载后有些部分回复弹性，应适当采用矫枉过正的方法。

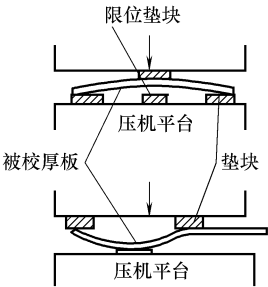


图 10-35 压力机矫正厚板

10.2 弯曲

10.2.1 弯曲概述

在外力作用下使平直的坯料产生塑性变形，弯成所需形状的加工方法称为弯曲。它是针对塑性材料而进行的，弯曲变形引起的内应力以及弯曲处的冷作硬化，可用退火的方法来消除。弯曲分为冷弯和热弯两种。冷弯是指在常温下进行的弯曲，适合厚度小于 5mm 的钢材。热弯是指对预热的材料进行弯曲。弯曲按加工方法又分手工弯曲和机械弯曲两种。

1. 弯曲中性层

弯曲后，外层材料被拉长，内层材料被压缩，只有中间一层材料长度不变，这中间一层称为中性层。虽然材料弯曲部分发生了伸长或压缩，产生了变形，但其横断面面积保持不变，如图 10-36 所示。

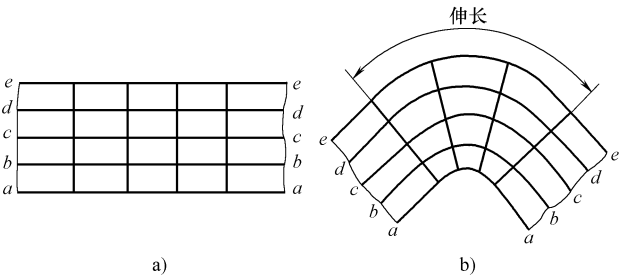


图 10-36 弯曲处横断面的变形

a) 弯曲前 b) 弯曲后

由于工件弯曲后中性层长度不变，故可用于计算弯曲工件的毛坯长度。一般工件弯曲后中性层不在材料的正中，而是偏向材料内层的一边。试验证明，中性层的位置与材料的弯曲半径 r 和材料厚度 t 有关。

在材料弯曲过程中，其变形大小与下列因素有关（见图 10-37）：

- 1) r/t 比值越小，变形越大；反之， r/t 比值越大，则变形越小。
- 2) 弯曲角 α 越小，变形越小；反之，弯曲角 α 越大，则变形越大。

由此可见，当材料厚度不变时，弯曲半径越大，变形越小，而中性层越接近材料厚度的中间。如弯曲半径不变，材料厚度越小，而中性层也越接近材料厚度的中间。

因此在不同的弯曲情况下，中性层的位置是不同的，如图 10-38 所示。

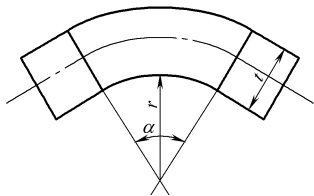


图 10-37 弯曲半径与弯曲角

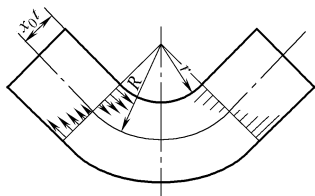


图 10-38 弯曲时中性层的位置

图 10-38 中中性层位置的系数 x_0 的数值如表 10-2 所示。

表 10-2 弯曲中性层位置系数 x_0

r/t	0.25	0.5	0.8	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	>16
x_0	0.2	0.25	0.3	0.35	0.37	0.4	0.41	0.43	0.44	0.45	0.46	0.47	0.48	0.49	0.5

由表 10-2 可知，当 $r/t > 16$ 时，弯曲后中性层在材料厚度的中间。通常情况下，为了计算简便，当 $r/t \geq 5$ 时即按 $x_0 = 0.5$ 计算。

2. 弯曲前毛坯长度计算

- 1) 将工件复杂的弯曲形状分解成几段简单的几何曲线和直线。
- 2) 计算 r/t 值，按表 10-2 查出中性层位置系数 x_0 值。
- 3) 按中性层分别计算各段几何曲线的展开长度。

$$l = \pi(r + x_0 t) \frac{\alpha}{180^\circ}$$

式中 l ——圆弧部分的长度 (mm);

r ——内弯曲半径 (mm), 对于内边弯成直角不带圆弧的制件, 按 $r=0$ 计算;

x_0 ——中性层位置系数;

t ——材料厚度 (mm);

α ——弯曲角 (整个圆弯曲时, $\alpha = 360^\circ$; 直角弯曲时, $\alpha = 90^\circ$)。

4) 将各段几何曲线的展开长度和直线部分相加 (即工件毛坯的总长度)。

10.2.2 弯曲常用工具及使用方法

小尺寸的管子可用简易的弯管工具弯曲, 如图 10-39 所示。

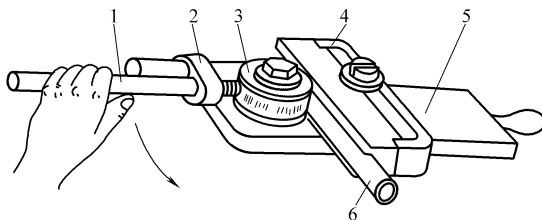


图 10-39 简易手工弯管工具

1—手柄 2—钩子 3—转盘 4—靠铁 5—底板 6—管子

弯管工具由底板、转盘、靠铁、钩子和手柄等组成。转盘圆周上和靠铁侧面上有圆弧槽, 以防管子弯曲过程中变瘪。圆弧槽视所弯的管子直径而定, 最大可制成半径 6mm 的管子。转盘和靠铁均可转动, 并且靠铁还可移动位置, 可以适应不同的管子弯曲。使用时, 固定转盘和靠铁位置, 将管子插入转盘和靠铁的圆弧槽中, 钩子钩住管子, 按所需的弯曲程度, 扳动手柄, 使管子跟随手柄弯曲。

管壁较厚或较大直径的管子, 可使用图 10-40 所示的弯管工具进行手工弯曲。这种弯管工具由手动液压泵和可调式弯管夹具组成。可调夹具是由两块 V 形钢板用圆柱销连接的, V 形钢板上钻有可调

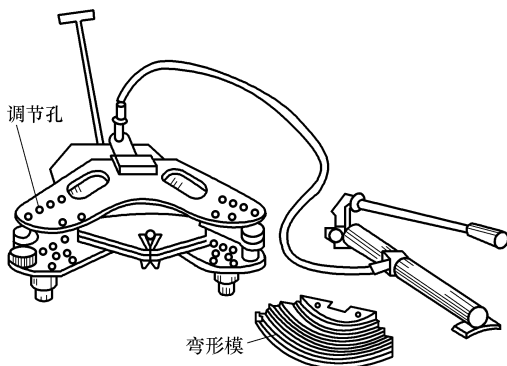


图 10-40 管壁较厚或较大直径管子的弯管工具

调节孔，可根据管子直径大小或弯曲角度来变换圆柱销装夹位置。夹具顶端与液压缸连接，液压缸活塞杆头部可装夹多种规格的弯曲模。使用时将管子插入夹具内，按动液压泵手柄，液压缸开始顶压管子，只要选择合适的弯曲模即能满足管子的弯曲要求。

这种夹具不但能弯曲管子，还能对弯曲的管子进行矫正，操作很方便。

10.2.3 常用弯曲方法

1. 板料工件 90° 角度弯曲方法

若尺寸不大的板料需弯成 90° 或有几个 90° 的工件，可在台虎钳上进行，如图 10-41 所示。将工件需要弯曲的部位划一直线，保持这条直线与钳口对齐，且工件两边与钳口垂直，装夹在台虎钳上。用木锤子敲击露出部分，且敲击部位尽量贴近划线处，使其与钳口上平面贴平成直角。

如果被装夹的板料弯曲线以上部分较长，可用左手压住材料上部以避免锤击时板料发生弹跳，然后用木锤在靠近弯曲部位的全长上轻轻敲打，如图 10-41a 所示，使弯曲线以上的平面部分，不受到锤击和回跳，保持原来的平整。若直接敲打板料上端，如图 10-41b 所示，由于板料的回跳会使平面不平，而且角度也不易弯好。如果弯曲线以上部分较短时，如图 10-41c 所示，可用硬木块垫在弯曲处

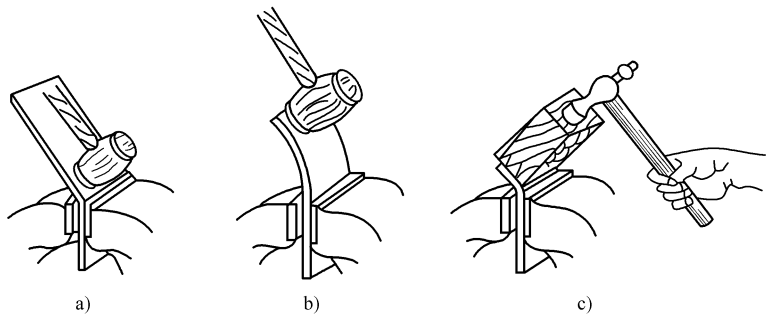


图 10-41 工件在台虎钳上的弯曲方法

- a) 弯曲线以上部分较长工件的弯曲方法
- b) 弯曲线以上部分较长工件的弯曲错误方法
- c) 弯曲线以上部分较短工件的弯曲方法

敲打成直角。

对于弯曲部位的长度大于钳口长度 2~3 倍且两端又较长的工件，无法在台虎钳上装夹，可按图 10-42 所示的方法，将工件一边用压板压紧在有 T 字槽的平板上，在弯曲处垫上木方条，用力敲打木方条，使其逐渐弯成需要的角度。也可用角铁制成的夹具（见图 10-43）装夹工具进行弯曲，还可以用简单的成形模进行弯曲（见图 10-44）。

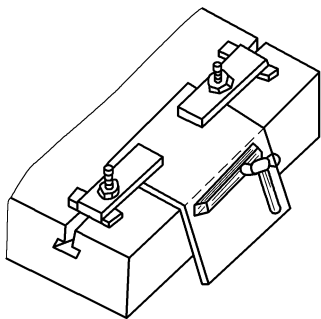


图 10-42 较大工件弯曲方法

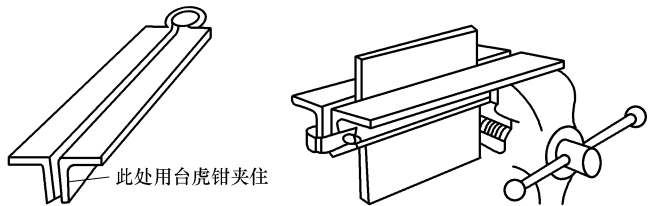


图 10-43 用角铁装夹进行弯曲

弯制各种具有多个直角的工件，可用木垫或金属垫作辅助工具。

图 10-45 所示的工件可按以下的顺序弯曲：先将板料需要弯曲处划线，按划线夹入角铁衬内弯成 A 角，如图 10-46a 所示；再用衬垫①弯成 B 角，如图 10-46b 所示；最后用衬垫②弯成 C 角，如图 10-46c 所示。

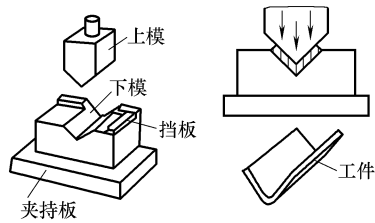


图 10-44 用成形模进行弯曲

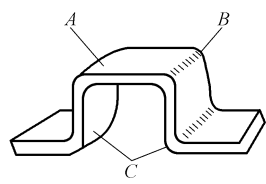


图10-45 多个直角的工件

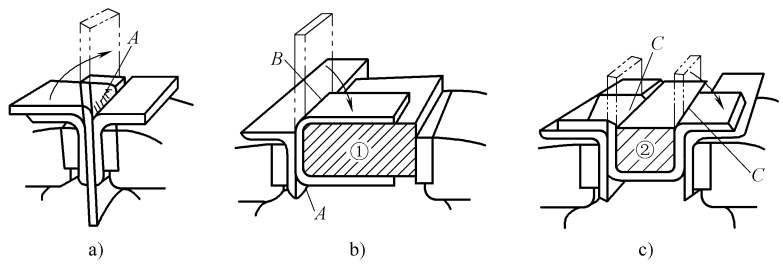


图 10-46 多个直角的工件弯曲顺序

a) 弯角 A b) 弯角 B c) 弯角 C

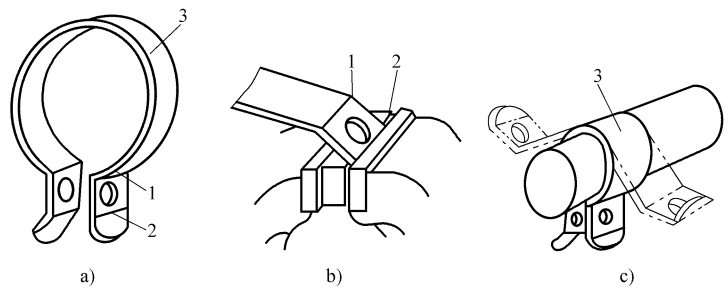


图 10-47 弯圆弧和角度结合的工作

a) 划线 b) 弯角度 c) 弯圆弧

2. 弯圆弧和角度结合的工件

弯曲前,将两端的圆弧和孔加工好。在材料上划好弯曲线,如图 10-47a 所示;然后按弯曲线夹在台虎钳的两块角铁衬垫里,如图 10-47b 所示,弯曲两端的 1、2 处;最后在圆钢上弯工件的圆弧 3 处,如图 10-47c 所示。

3. 弯圆弧形工件

若要将工件弯成如图 10-48 所示的形状,应先在材料上划好弯曲线,按弯曲线将工件夹在台虎钳的两块角铁衬垫里。用方头锤子的窄头锤击工件,经过图 10-49 所示前三步初步成形后,再在半圆模上修整圆弧使形状符合要求。

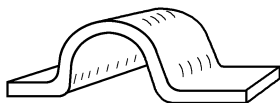


图 10-48 圆弧形工件

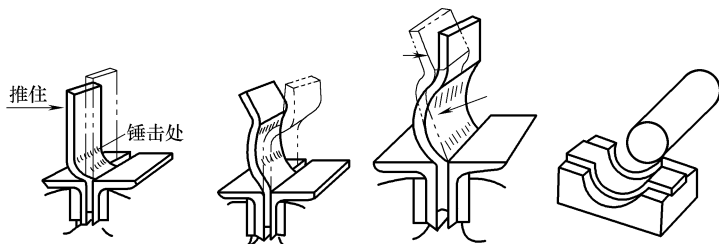


图 10-49 弯圆弧形工件

4. 管子的弯曲

直径在 12mm 以下的管子一般可用冷弯方法进行弯曲,而 12mm 以上的管子则用热弯。管子弯曲时,必须保证管子弯曲的最小弯曲半径大于管子直径的 4 倍。冷弯管子通常在弯管工具上进行,否则管子容易弯瘪。

当弯曲的管子直径在 10mm 以上时,为了防止管子弯瘪,须在管内灌满填充物,并在两端用木塞塞紧如图 10-50a 所示,管内填充材料的选择如表 10-3 所示。灌填充材料时用木棒敲击管子,使其灌实。有焊缝的管子在弯曲时,为防止焊缝裂开,焊缝必须位于中性层的位置,如图 10-50b 所示。

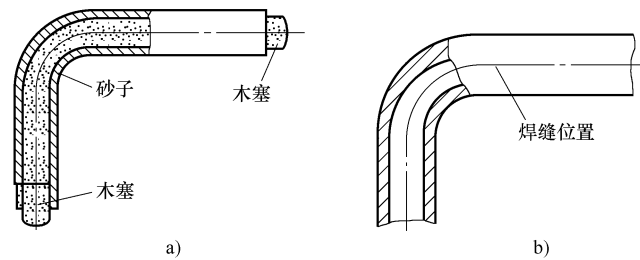


图 10-50 冷弯管子的方法

a) 灌砂 b) 有焊缝的管子弯曲

表 10-3 弯管时填充材料的选择

管子材料	管内填充材料	管子弯曲条件
钢管	普通黄砂	将黄砂充分地烘炒干燥后填充。可进行热弯或冷弯
一般纯铜管、黄铜管	铅或松香	将铜管退火后，再填充冷弯。应注意：铅在热熔时，要严防滴水，以免溅伤
薄壁纯铜管、黄铜管	水	将铜管退火后灌水冰冻冷弯
塑料管	不填或填充细黄砂	温热软化后迅速弯曲

5. 棒料的弯曲

如图 10-51 所示，将棒料夹在台虎钳上，手持直径为 d 的圆钢，并使圆钢紧靠棒料的端头部分，锤击棒料端部，使其弯曲度与圆钢相符合。

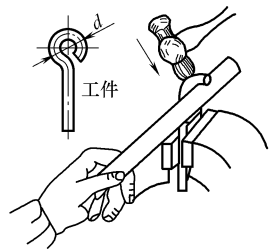


图 10-51 棒料的弯曲

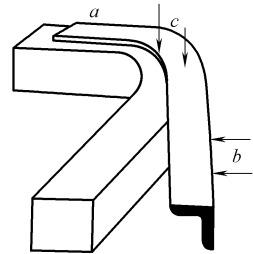


图 10-52 角钢向里弯圆

6. 角钢的弯圆

角钢的弯圆一般分为角钢向里弯圆和向外弯圆两种情况。弯曲

时需要采用与弯圆圆弧一致的工装，必要时应采用局部加热弯曲。

角钢向里弯圆时，如图 10-52 所示，先将角钢在 a 处与工装夹紧，接着敲打 b 处并使之贴靠工装，并将其与工装夹紧。此时 c 处出现的皱状凸起，需要经过均匀不断地敲打，才能使 c 处的多余材料均匀排列到角钢边缘。

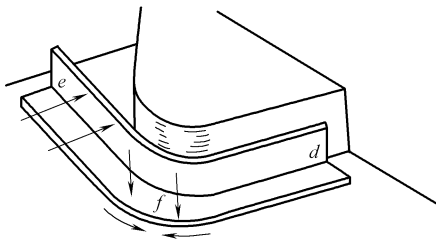


图 10-53 角钢向外弯圆

角钢向外弯圆时，如图 10-53 所示，先在 d 处与工装夹紧，并在 e 处敲击使其紧贴工装并夹紧，弯曲中还应不断在 f 处不断地敲打并使材料延伸，以防 f 处翘起或开裂。

7. 薄板边的卷边和弯圆

1) 卷边时，先在板料一端划出 $L = 2.5d$ 、 $L_1 = (1/4 \sim 1/3)L$ 两条卷边线，弯曲步骤如图 10-54 所示。

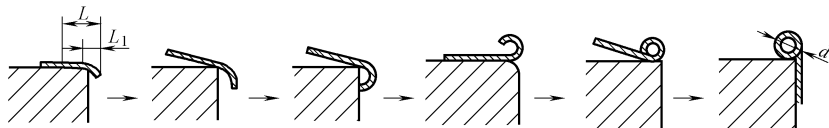


图 10-54 薄板料的卷边方法

2) 大圆孔的弯曲在台虎钳上进行，如图 10-55 所示。操作时，先把板料的一端和自制的中心轴一起夹在台虎钳上，并把板料沿中

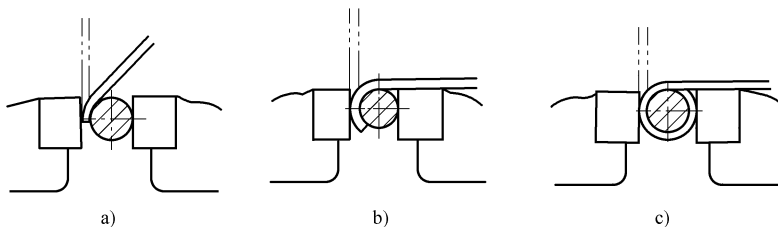


图 10-55 大圆孔的弯曲步骤

a) 沿中心轴弯转 b) 逐步转动和弯曲 c) 边缘与板料接触

心轴弯转,如图 10-55a 所示;接下来,把已弯的一端和中心轴转动一定角度,再一次用台虎钳夹住并逐步转动和弯曲,如图 10-55b 所示;然后弯转板料的边缘并与板料接触,如图 10-55c 所示。

3) 板料中部圆弧的弯曲如图 10-56 所示。先在板料上划出圆弧的中心线和两端的转角弯曲处 Q ,如图 10-56a 所示;将板料装夹在台虎钳上,弯圆弧中心线,如图 10-56b 所示;将板料弯曲线沿中心轴的轴线方向对正、放平,并在钳口上夹紧,使钳口作用点 P 与中心轴圆心 O 在一条直线上,且中心轴的上表面略高于钳口平面,接着把 a 角沿着中心轴进行弯曲,并使其紧贴在中心轴表面上,如图 10-56c 所示;再一次翻转板料并重复上述操作过程,把 b 角沿中心轴弯曲,最后使 a 、 b 角平行,如图 10-56d 所示。

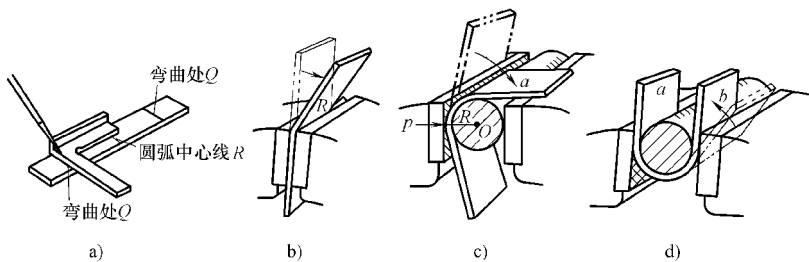


图 10-56 板料中部圆弧的弯曲

a) 划线 b) 弯圆弧中心线 c) 弯角 a d) 弯角 b

8. 圆筒形的弯曲

圆筒形的弯曲角较大,且要做成封闭的,制作较麻烦。如图 10-57 所示,首先在待弯的板料上划出与弯曲轴线平行的等分线,作锤击基准;在钢轨上预弯板料的两端(约 $1/4$ 板长),若板料较厚可将

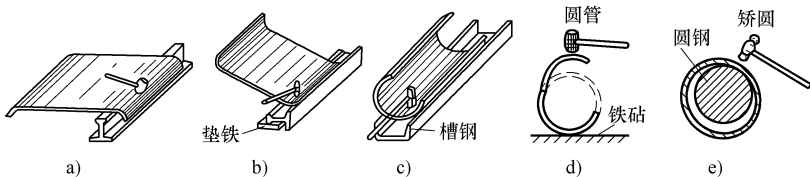


图 10-57 圆筒形的弯曲

a) 薄板的预弯 b) 厚板的预弯 c) 敲圆 d) 在圆管上敲圆 e) 矫圆

钢轨侧放进行预弯；将预弯好的板料搁在槽钢上进行中间部分敲圆；放在铁砧上继续敲圆；将敲圆的圆筒焊接后套在圆钢上矫圆。

9. 咬缝

咬缝有五种基本类型，如图 10-58 所示。

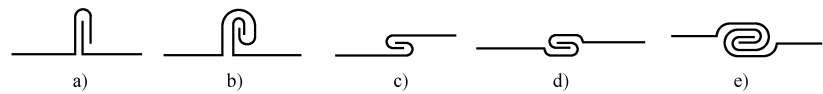


图 10-58 咬缝的基本类型

a) 站缝单扣 b) 站缝双扣 c) 卧缝挂扣 d) 卧缝单扣 e) 卧缝双扣

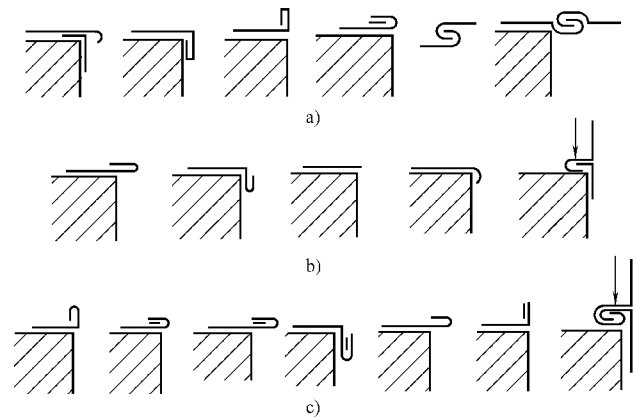


图 10-59 咬缝的操作过程

a) 卧缝单扣 b) 站缝单扣 c) 站缝双扣

下料时要根据咬缝种类预留出咬缝余量，即缝宽 × 扣数。操作时要做到一弯一翻，两板扣和之后再压紧，最后将边部敲凹以防松脱。咬缝的操作过程如图 10-59 所示。

10. 绕圆柱弹簧

绕簧前首先要计算并制作盘簧的心轴，如图 10-60 所示。

盘制弹簧前应先确定心轴的直径的尺寸。

1) 用经验公式计算：

$$D_0 = KD_1$$

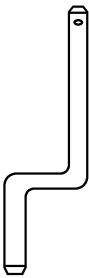


图 10-60 盘簧的心轴

式中 D_0 ——心轴直径 (mm);

D_1 ——弹簧内径 (mm);

K ——系数 ($K=0.75 \sim 0.8$)。

2) 按上式算出心轴尺寸, 并按要求做好盘簧的心轴, 经试绕 2~3 圈, 放松后测量弹簧尺寸是否符合要求, 然后对心轴的直径尺寸作适当的修整, 直至合乎要求。

第 11 章 装配与调试

11.1 装配概述

11.1.1 装配的基本概念

(1) 装配 按照规定的技术要求，将零件或部件进行配合和连接，使之成为半成品或成品的过程，称为装配。机器的装配是机器制造过程中最后一个环节，它包括装配、调整、检验和试验等工作。

(2) 零件 零件是组成机器的基本工件，如图 11-1 所示。零件直接装入机器的不多，一般都预先装成套件、组件或部件才进入总装。



图 11-1 零件

(3) 套件 在一个基准零件上，装上一个或若干零件就构成一个套件，如图 11-2 所示。它是最小装配单元，每个套件只有一个基准零件。为形成套件而进行的装配称为套装。



图 11-2 套件

(4) 组件 在一个基准零件上，装上一个或若干个套件和零件就构成一个组件，如图 11-3 所示。每个组件只有一个基准零件，它连接相关零件和套件，并确定其相对位置。为形成组件而进行的装配称为组装。



图 11-3 组件

(5) 部件 在一个基准零件上, 装上若干个组件、套件和零件就构成部件, 如图 11-4 所示。为形成部件进行的装配称为部装。

(6) 产品或机器 在一个基准零件上, 装上若干个部件、组件、套件和零件就成为机器或称产品, 如图 11-5 所示。一台机器只能有一个基准零件。为形成机器而进行的装配称为总装。



图 11-4 部件

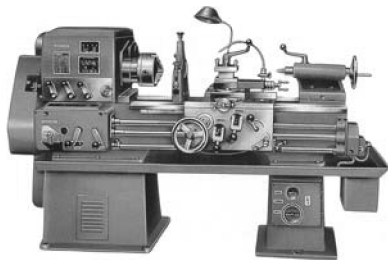


图 11-5 产品

11.1.2 装配精度

装配精度是装配工艺的质量指标。装配精度包括零件、部件间的距离精度、接触精度、配合精度、相互位置精度, 相对运动精度等。保证装配精度是机械装配工作的根本任务。

1. 装配精度概述

(1) 距离精度 距离精度是指保证一定的间隙、配合质量、尺寸要求等相关零件、部件的距离尺寸的准确程度。

(2) 接触精度 接触精度是指配合表面接触达到规定接触面积的大小与显点分布情况。接触精度主要影响接触刚度和配合质量的稳定性。

(3) 相互配合精度 相互配合精度包括配合表面间的配合质量和接触质量。配合质量是指零件配合表面之间达到规定的配合间隙或过盈的程度, 它影响配合的性质。接触质量是指两配合或连接表面间达到规定的接触面积的大小和显点分布的情况, 它影响接触精度, 也影响配合质量。

(4) 相互位置精度 相互位置精度包括平行度、垂直度、同轴

度、跳动等，如主轴箱中各轴中心距尺寸精度及平行度等。

(5) 相对运动精度 相对运动精度是指产品中有相对运动的零部件之间在运动方向或相对运动速度的精度。运动方向的精度常表现为部件间相对运动的平行度和垂直度，如机床溜板在导轨上的移动精度，即溜板移动轨迹对主轴中心线的平行度。相对运动速度的精度即传动精度，如滚齿机滚刀主轴与工作台的相对运动精度。

2. 保证精度装配工艺方法

(1) 完全互换装配法 只要零件各个尺寸分别按尺寸要求制造，就能做到完全互换装配，达到“拿起零件就装，装起来保证都合格”的要求。完全互换装配法的优点是装配质量稳定可靠，装配过程简单，装配效率高，易于实现自动装配，产品维修方便。缺点是当装配精度要求较高，尤其是在组成环数较多时，组成环的制造公差规定得严，零件制造困难，加工成本高。完全互换装配法适于在成批生产、大量生产中装配那些组成环数较少，或组成环数虽多但装配精度要求不高的机器结构。

(2) 不完全互换装配法 不完全互换装配法的实质是将组成环的制造公差适当放大，使零件容易加工，这会使极少数产品的装配精度超出规定要求，由于很少发生，从总的经济效果分析，仍然是可行的。与完全互换法装配相比，不完全互换装配法的优点是组成环的制造公差较大，零件制造成本低，装配过程简单，生产率高。缺点是装配后有极少数产品达不到规定的装配精度要求，须采取相应的返修措施。不完全互换装配法适于在大批量生产中装配那些装配精度要求不高且组成环数又多的机器结构。

(3) 直接选配法 在装配时，工人从许多待装配的零件中，直接选择合适的零件进行装配，以保证装配精度的要求。

(4) 分组装配法 当封闭环精度要求很高时，采用互换法解尺寸链，组成环公差非常小，使加工十分困难而又不经济。这时，在零件加工时，常将各组成环的公差相对完全互换法所求数值放大数倍，使其尺寸能按经济精度加工，再按实际测量尺寸将零件分为数组，按对应组进行装配，以达到装配精度的要求。由于同组内零件可以互换，故这种方法又称为分组互换法。分组装配法的优点是零

件的制造精度不很高，但可获得很高的装配精度，组内零件可以互换，装配效率高。缺点是额外增加了零件测量、分组和存储的工作量。分组装配法适于在大批量生产中装配那些组成环数少而装配精度又要求特别高的机器结构。

(5) 复合选配法 复合选配法是分组装配法与直接选配法的复合，即零件加工后先测量分组，装配时，在对应组内选配。

(6) 单件修配法 单件修配法是在多环装配尺寸链中，选定某一固定的零件作为修配件（补偿环），装配时用去除金属层的方法改变其尺寸，以满足装配精度的要求。这种修配方法生产中应用最广。

(7) 合并加工修配法 这种方法是将两个或更多的零件合并在一起再进行加工修配，合并后的尺寸可看作为一个组成环，这样就减少了装配尺寸链组成环的数目，并可以相应减少修配的劳动量。合并加工修配法由于零件合并后再加工和装配，给组织装配生产带来很多不便，因此这种方法多用于单件小批生产中。

(8) 自身加工修配法 在机床制造中，有些装配精度要求较高，又没有合适的修配件可选，则在总装时，可以利用机床本身来加工自己的某些部位，保证机床的装配精度，这种方法称为自身加工修配法。例如，在牛头刨床总装后，用自刨的方法加工工作台面，就比较容易保证滑枕运动方向与工作台面平行度的要求。自身加工修配法的优点是组成环均能以加工经济精度制造，并且可获得较高的装配精度；缺点是增加了修配工作量，生产率低，对装配工人技术水平要求高。该方法适用于单件小批生产中装配那些组成环数较多而装配精度又要求较高的机器结构。

(9) 可动调整装配法 可动调整装配法的优点是组成环的制造精度虽不高，但可获得比较高的装配精度；缺点是需增加一套调整机构，增加了结构复杂程度。可动调整装配法在生产中应用很广。在机器使用中可随时通过调节调整件的相对位置来补偿由于磨损、热变形等原因引起的误差，使之回复到原来的装配精度，操作简便，易于实现。可动调整法应用实例如图 11-6 所示，转动调节螺钉使调节楔块上移，使两侧螺母分别与丝杠的螺纹两侧紧贴以消除间隙。

(10) 固定调整法 在以装配精度要求为封闭环建立的装配尺寸

链中,组成环均按加工经济精度制造。由于扩大组成环制造公差带来的封闭环尺寸变动范围超差,可通过更换不同尺寸的固定调整环进行补偿,最终达到装配精度要求。这种装配方法称为固定调整装配方法。该方法适于在大批量生产中装配那些装配精度要求较高的机器结构。在产量大、装

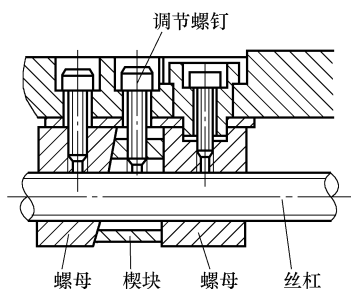


图 11-6 可动调整法

配精度要求较高的场合,调整件还可以采用多件拼合的方式组成。这种调整装配方法比较灵活,它在汽车、拖拉机生产中广泛应用。

(11) 误差抵消调整法 在机器装配中,通过调整被装零件的相对位置,使误差相互抵消,可以提高装配精度。这种装配方法称为误差抵消调整法。误差抵消调整法的优点是组成环均能以加工经济精度制造,但可获得较高的装配精度;装配效率比修配装配法高。误差抵消调整法应用实例如图 11-7 所示。从图 11-7 中可看出,将套筒 2 的中心孔的中心下移可进行误差抵消。

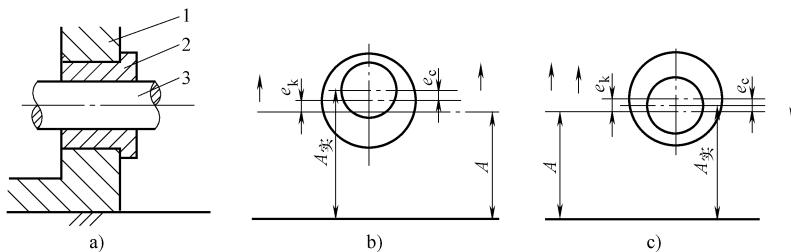


图 11-7 误差抵消调整法应用实例

a) 装配结构示意图 b) 误差叠加 c) 误差抵消

1—箱体 2—套筒 3—轴

11.1.3 装配的组织形式

装配工作的组织形式随着生产类型和产品复杂程度不同而不同,一般分为固定式装配和移动式装配两种。

1. 固定式装配

固定式装配是将产品或部件的全部装配工作，安排在固定的工作地点进行。在装配过程中产品的位置不变，装配所需要的零件和部件都汇集在工作地附近，主要应用于单件生产或小批量生产中。

2. 移动式装配

移动式装配是指工作对象（部件或组件）在装配过程中，有顺序地由一个工人转移到另一个工人。这种转移可以是装配对象的移动，也可以是工人自身的移动。通常把这种装配组织形式称为流水装配法。移动装配时，常利用传送带、滚道或轨道上行走的小车来运送装配对象。每个工作地点重复地完成固定的工作内容，并且广泛地使用专用设备和专用工具，因而装配质量好，生产率高，生产成本低。该方法适用于大批量生产，如汽车、拖拉机的装配。

11.2 连接件装配

11.2.1 键连接装配

键连接主要用于轴和轴上的回转零件之间的周向固定并传递转矩。例如，轴上装有的齿轮、带轮、联轴器或其他零件都是通过键来传递转矩的。键连接具有结构简单、工作可靠、装拆方便等优点，因此在机器传动机构中应用很广。键连接有松键连接、紧键连接和花键连接等形式。

1. 松键连接

松键连接所用的平键和半圆键均是标准件。普通平键及半圆键多用于静连接，如图 11-8 所示；而导向平键和滑键用于动连接，如图 11-9 所示。

松键连接的装配要点如下：

- 1) 清理键及键槽的飞边并检验键的精度。
- 2) 装配前要修配键与键槽并进行检验。不论是普通平键，还是半圆键，都应紧嵌在轴槽中；对圆头平键，还应锉削键的长度，并使键头与轴槽有 0.1mm 左右的间隙。

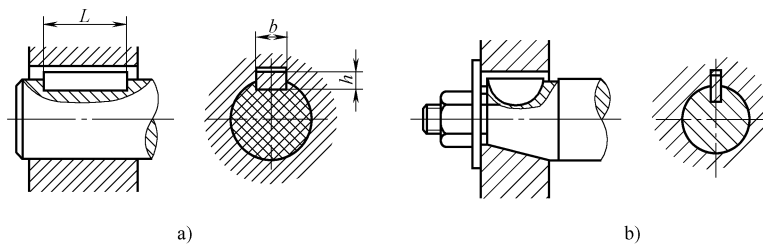


图 11-8 普通平键及半圆键

a) 普通平键 b) 半圆键

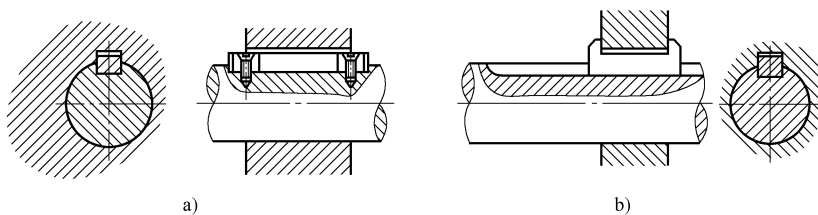


图 11-9 导向平键和滑键

a) 导向平键 b) 滑键

3) 装配时先清洗键与键槽，并在配合面上加油，再用铜棒或带软垫的台虎钳将键压入到键槽中；对于导向平键，还须用螺钉固定在轴槽中。

2. 紧键连接

紧键连接的常用形式有楔键连接和切向键连接两种，它们的工作面都是上、下两个，工作时依靠摩擦力和挤压力来传递转矩。

(1) 楔键 楔键分为普通楔键和钩头楔键两种，如图 11-10 所示。键的上下两面是工作面，键的上表面和轮毂槽的底面各有 1:100 的斜度，键侧与键槽有一定的微量间隙。装配时需打入，靠过盈作用传递转矩。紧键连接还能轴向固定零件和传递单方向轴向力，但易使轴上零件与轴的配合产生偏心和歪斜，多用于对中性要求不高，转速较低的场合。钩头楔键固定连接装配形式，楔键的楔角较小有很好的自锁条件，打入后有较好的自锁性，常用于不需要经常拆卸的场合。

(2) 切向键 切向键的上、下两面均为工作面,如图 11-11 所示。装配时要用涂色法检查切向键与键槽及键与键之间的接触情况,并用锉及刮刀修整键槽,且注意在锉(或刮)削修整时须保证一个工作面

处于包含轴心线的平面内;接下来可装上切向键,并使两楔键以其斜面互相贴合,以共同楔紧在轴毂之间,此外在键侧和键槽之间还应留有一定的间隙。

紧键连接的装配要点如下:

1) 键的斜度要与轮毂槽的斜度一致(装配时应用涂色检查斜面接触情况),否则套件会发生歪斜。

2) 键的上下工作表面与轴槽、轮槽的底部应贴紧,而两侧面要留有一定间隙。

3) 对于钩头楔键,不能使钩头紧贴套件的端面,必须留出一定的距离,以便拆卸。

3. 花键连接

若按工作方式分,花键连接有静连接和动连接两种类型;若按齿形分,花键有矩形、渐开线及三角形三种类型;若按定心方式分,有小径定心、大径定心、齿形定心三种类型,如表 11-1 所示,外径定心方式较为常用。

花键连接按工作方式不同,可分为静连接和动连接两种。其装配要点如下:

1) 静连接花键装配时,内花键与花键轴允许有少量过盈,装配

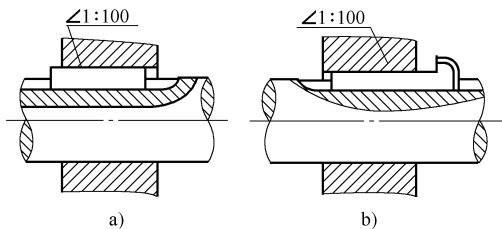


图 11-10 楔键

a) 普通楔键 b) 钩头楔键

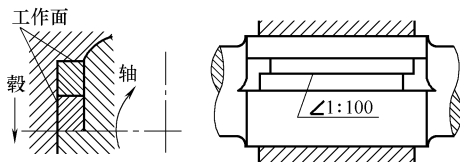
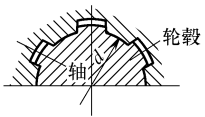
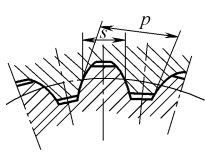


图 11-11 切向键

时可用铜棒轻轻敲入，但不得过紧，否则会拉伤配合表面。过盈较大的配合，可将套件加热至 80 ~ 120℃ 后进行装配。

表 11-1 花键的定心方式

定心方式	图 示	特点及用途
小径定心		小径定心是矩形花键连接最精密的方法，定心精度高。多用于机床行业
大径定心		大径定心的矩形花键连接加工方便，定心精度较高，可用于汽车、拖拉机和机床等行业
齿形定心		齿形定心方式用于渐开线花键。在受载情况下能自动定心，可使多数齿同时接触。有平齿根和圆齿根两种，圆齿根有利于降低齿根的应力集中。适用于载荷较大的汽车、拖拉机变速箱轴等

2) 动连接花键装配时，内花键在花键轴上应滑动自如，没有阻滞现象，但不能过松。应保证精确的间隙配合。

3) 花键修整时，拉削后热处理的内花键可用花键推刀修整，以消除因热处理产生的微量缩小变形；也可以用涂色法修整，以达技术要求。

4) 花键副的检验时，装配后的花键副应检查花键轴与被连接零件的同轴度或垂直度要求。

11.2.2 销连接装配

销连接就是用销钉把被连接件连接成一体，且使它们相互间不能移动和转动，常用销钉如图 11-12 所示。销连接按销钉的不同分为圆锥销连接和圆柱销连接两种。

1. 圆柱销连接

圆柱销用于固定零件、传递动力和定位等，如图 11-13 所示。图 11-13a 所示为用于防止零件轴向方向的移动定位；图 11-13b 所示为

两配合件骑缝定位连接，防止配合件径向方向转动的定位。

圆柱销连接装配要点如下：

1) 圆柱销与销孔的配合全靠少量的过盈，以保证连接或定位的紧固性和准确性。因此，一经拆卸失去过盈就必须调换。

2) 圆柱销装配时，为保证两销孔的中心重合，一般都将两销孔同时进行钻铰，其表面粗糙度值 Ra 要求为 $1.6\mu\text{m}$ 或更小。

3) 装配时在销钉上涂油，用铜棒垫在销钉端面上，把销钉打入孔中。也可用 C 形夹头把销钉压入孔内（见图 11-14），压入法销钉不会变形，工件间不会移动。

2. 圆锥销连接

圆锥销具有 1:50 的锥度，如图 11-15 所示，定位准确，装拆方便，在横向力作用下可保证自锁，一般多用作定位，常用于要求经常装拆的场合。

圆锥销连接装配要点如下：

1) 当使用圆锥销连接装配时，应注意圆锥销与锥孔的配合质量。锥孔铰好后必须用所配圆锥销进行涂色



图 11-12 常用销钉

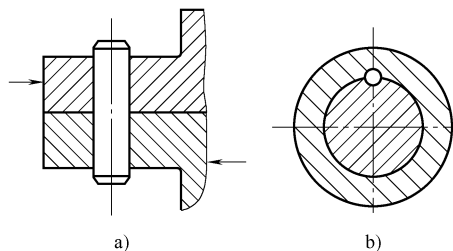


图 11-13 圆柱销

a) 移动定位 b) 转动定位

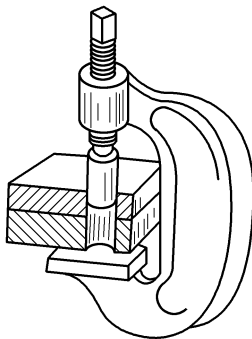


图 11-14 C 形夹头装配销钉

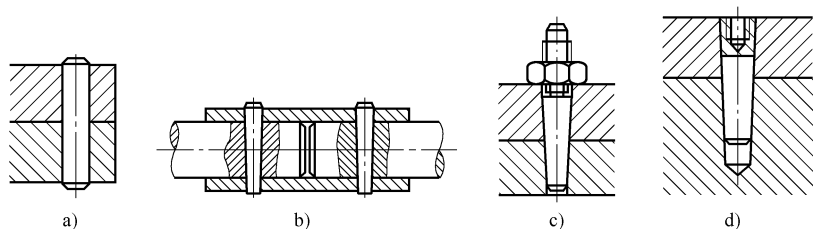


图 11-15 圆锥销

- a) 普通件圆锥销 b) 旋转轴圆锥销 c) 带螺纹头圆锥销
d) 带内螺纹圆锥销

检查，锥销与锥孔的接触斑点不得少于 85%。

2) 装配时，被连接或定位的两销孔也应同时钻铰，但必须控制好孔径大小。一般用试装法测定，即能用手将圆锥销塞入孔内 80% 左右（见图 11-16）为宜。

3) 销钉的装配时用铜锤打入（见图 11-17），圆锥销的大端可稍露出或平于被连接件表面。圆锥销的小端应平于或缩进被连接件表面。

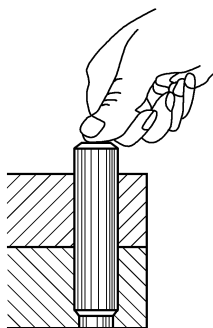


图 11-16 试装圆锥销方法

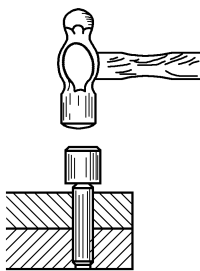


图 11-17 圆锥销的装配

11.2.3 过盈连接装配

过盈连接是通过两个被连接件本身的过盈配合来实现，具有结构简单、对中性好、承载力强等优点，但存在装配困难及对配合尺寸精度要求高等缺点。装配后的实际过盈量应保证两个零件的位置

正确及连接可靠且不使零件遭到损伤、甚至破坏。常用的配合方法有压入法、热胀法、冷缩法和液压法。

1. 压入法

压入法又分为锤击压入和压力机压入两种情况。前一种方法操作简单，但是导向性差，压入时易歪斜，适用于小批生产中配合精度要求较低及配合长度较短的连接；后一种方法常用于过盈量较小的过盈配合连接，且导向性较好。压入法常用工具及设备如图 11-18 所示。

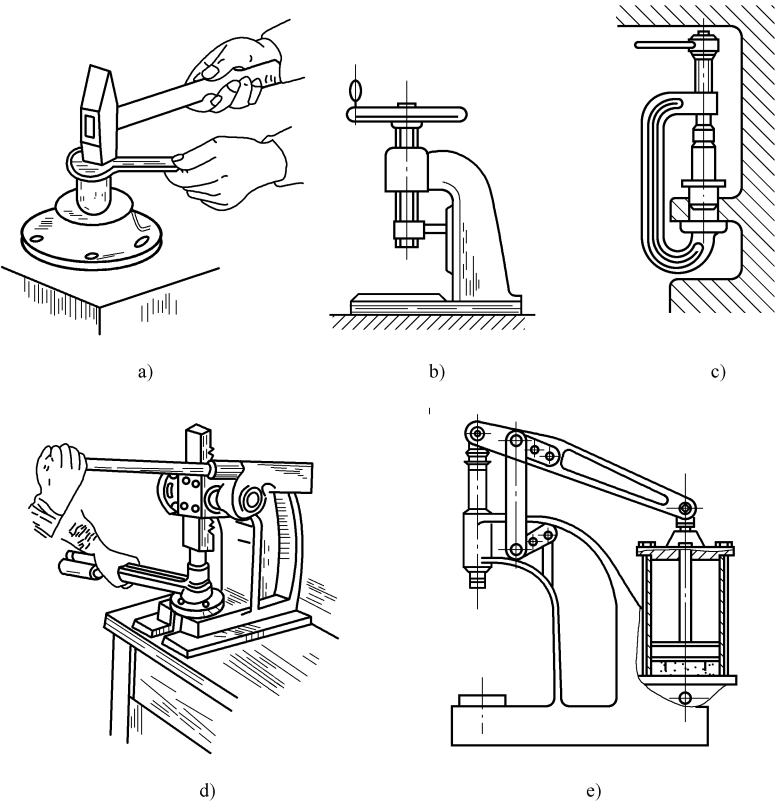


图 11-18 压入法

- a) 锤击压入法 b) 螺旋压力机 c) 专用螺旋 C 形夹头
d) 齿条压力机 e) 气动杠杆压力机

2. 热胀法

热胀法俗称红套，常用于有较大过盈量的过盈连接件的装配。进行装配前，要求先将孔类零件加热，并使其直径增大，然后将轴装入孔中，待其冷却后即成为一个牢固的结合件。

3. 冷缩法

冷缩法是指将轴等被包容零件进行低温冷却且使之缩小，然后装入孔等包容零件中进行装配的方法。对于过盈量较小的小型连接件和薄壁衬套等，可采用干冰冷缩；而对发动机连杆、衬套等过盈量较大的连接件，可采用液氮冷缩。

4. 液压法

液压法即把高压油压入相互连接的配合表面间，借以胀大包容件、同时压入被包容件，另外加以不大的轴向力把两连接件推到预定的位置；然后再放出高压油，两件即形成过盈连接（见图 11-19）。当需要拆卸时，把高压油压入，两连接件即可分离。

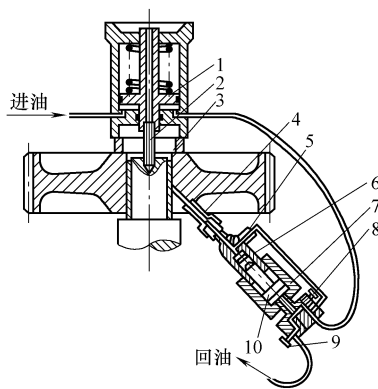


图 11-19 液压法所用液压套合装置

1—压力机活塞 2—拉紧螺钉 3—垫圈
4—接头 5—高压单向阀 6—高压腔
7—低压腔 8—进油截止阀 9—回油截止阀 10—活塞

11.2.4 螺纹连接装配

1. 螺纹连接的类型

螺纹连接是利用螺纹零件构成的可拆卸的连接。螺纹连接具有结构简单、连接可靠、夹紧力大、自锁性好、装拆方便等特点，在机械中应用非常普遍。其主要类型如表 11-2 所示，所用螺纹紧固件大部分为标准件。

2. 螺纹连接的预紧力

螺纹连接在拧紧螺纹副时要有一定的预紧力（预紧力矩），保证

螺纹配合具有一定的摩擦力矩，以达到紧固可靠目的。如果预紧力矩过大，会引起螺栓或螺杆拉长使螺纹变形，降低了紧固强度和紧固件的使用寿命；若预紧力矩过小，螺纹配合摩擦力矩小，易受机械振动和其他原因出现松动的现象，使机器无法正常工作。预紧力的控制方法有力矩控制法、力矩-转角控制法和控制螺栓伸长法。

表 11-2 螺纹连接的类型

序号	名 称	特 点
1	半圆头螺钉连接	多为小尺寸螺钉，螺钉头上有一字形或十字形槽，便于用旋具装卸。适用受力不大及一些轻小零件的连接。一般不用螺母，直接用螺钉拧入工件螺纹孔中，这类螺钉还有半沉头螺钉
2	圆柱头螺钉连接	
3	沉头螺钉连接	
4	小六角头铰制孔用螺栓连接	螺栓杆部与工件通孔配合良好，起紧固与定位作用，能承受侧向力，一般用于不必打销钉而又有定位要求的连接
5	双头螺栓连接	装配时一端拧入固定零件的螺纹孔中，再把被连接件用螺母夹紧。这种连接适用于被连接件的厚度较大或经常需要拆卸的地方
6	六角头螺栓连接	使用时不需螺母，通过零件的孔，拧入另一零件的螺纹孔中，使用于不经常拆卸的地方。螺钉头还有小六角、内六角和方形等

(1) 力矩控制法 力矩控制法常用的工具如下：

- 1) 利用专门的装配工具控制螺纹的预紧力。在生产线上使用的控制预紧力的工具有：定矩扳手和电动和气动扳手等，它根据产品的要求能在规定的力矩下快速紧固工件。单件或小批量生产中，用测力扳手来控制旋紧力矩的大小。测力扳手如图 11-20 所示。
- 2) 六角头螺栓（包括内六角螺栓）和六角形螺母使用的扳手如图 11-21 ~ 图 11-24 所示。
- 3) 锁紧扳手是专门用于锁紧各种圆螺母的扳手，如图 11-25 所示。

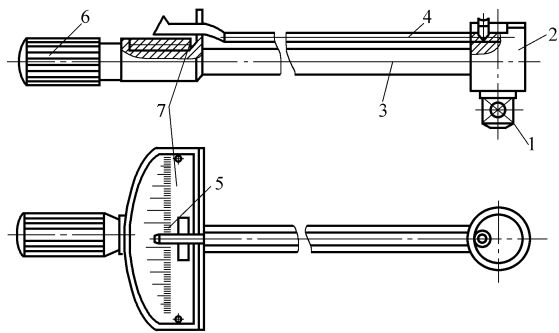


图 11-20 测力扳手

1—钢球 2—柱体 3—弹性杆 4—长指针
5—指针尖 6—手柄 7—刻度板

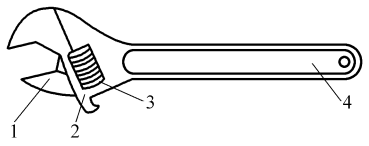


图 11-21 活扳手

1—活动钳口 2—固定钳口 3—螺杆 4—扳身体

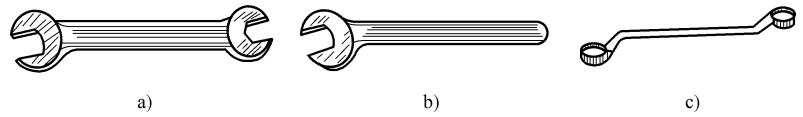


图 11-22 呆扳手

a) 双头呆扳手 b) 单头呆扳手 c) 梅花扳手

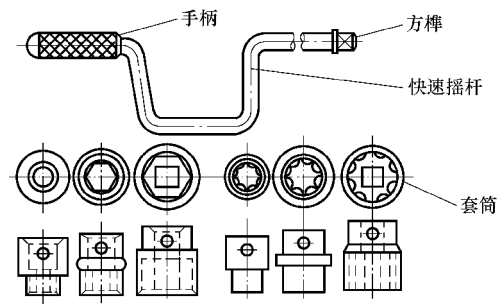


图 11-23 成套规筒扳手

4) 锁紧圆螺母端面扳手如图 11-26 所示。

(2) 力矩-转角控制法 先将螺母拧至一定起始力矩（消除结合面间隙），再将螺母转过一固定角度后，扳手停转。由于起始拧紧力矩值小，摩擦因数对其

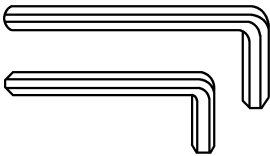


图 11-24 内六角扳手

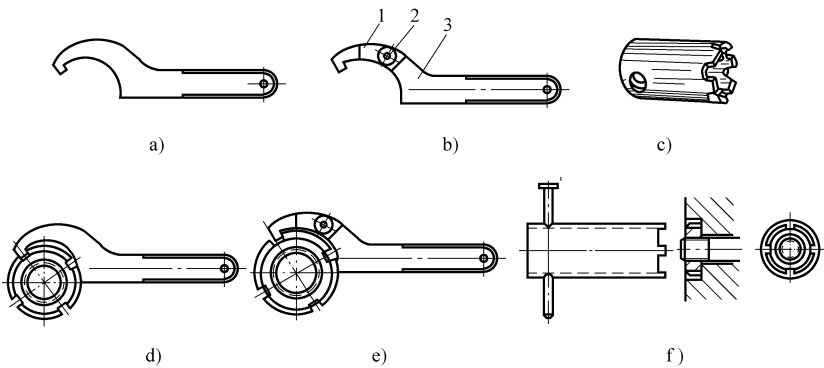


图 11-25 锁紧圆螺母用扳手

- a) 钩形扳手 b) 调节式钩形扳手 c) 套式圆螺母扳手
d) 钩形扳手使用方法 e) 调节式钩形扳手使用方法
f) 套式圆螺母扳手使用方法
1—钩头 2—小轴 3—手柄

影响也较小，因此，拧紧力矩值的精度较高。但在拧紧时必须计量力矩和转角两个参数，而且参数需事先进行试验和分析确定。

(3) 液压拉伸法 液压拉伸法示例如图 11-27 所示。螺母拧紧前，螺栓的原始长度为 L_1 ，按规定的拧紧力矩拧紧后，螺栓的长度为 L_2 ，测定 L_1 和 L_2 。根据螺栓的伸长量，可以确定拧紧力矩是否准确。

3. 螺纹连接的装配要求

- 1) 螺栓不应有歪斜或弯曲现象，螺母应与被连接件接触良好。
- 2) 被连接件平面要有一定的紧固力，受力均匀，连接牢固。
- 3) 拧紧力矩或预紧力的大小要根据装配要求确定。一般紧固螺纹连接无预紧力要求，可由装配者按经验控制。一般预紧力要求不

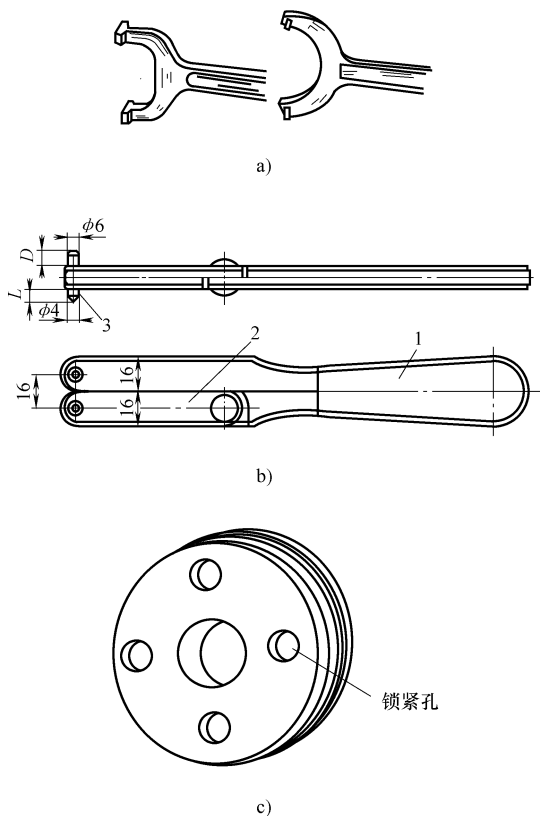


图 11-26 销紧圆螺母端面板手

a) 固定式叉形扳手 b) 双销叉形扳手 c) 圆螺母

严的紧固螺纹拧紧力矩值可参照表 11-3，也可按下式计算出拧紧力矩：

$$M_t = KF_0 d \times 10^3$$

式中 M_t ——拧紧力矩 (N·m)；

d ——螺纹公称直径 (mm)；

K ——拧紧力系数，有润滑时取 $K=0.13 \sim 0.15$ ，无润滑时取 $K=0.18 \sim 0.21$ ；

F_0 ——预紧力 (N)。

表 11-3 一般螺纹拧紧力矩

螺纹直径 <i>d</i> /mm	螺纹强度级别				螺纹直径 <i>d</i> /mm	螺纹强度级别			
	4. 6	5. 6	6. 8	10. 9		4. 6	5. 6	6. 8	10. 9
	许用拧紧力矩/N · m					许用拧紧力矩/N · m			
6	3. 5	4. 6	5. 2	11. 6	22	190	256	290	640
8	8. 4	11. 2	12. 6	28. 1	24	240	325	366	810
10	16. 7	22. 3	25	56	27	360	480	540	1190
12	29	39	44	97	30	480	650	730	1620
14	46	62	70	150	36	850	1130	1270	2820
16	72	96	109	240	42	1350	1810	2030	4520
18	110	133	149	330	48	2030	2710	3050	6770
20	140	188	212	470					

4) 在多点螺纹连接中, 应根据被连接件形状、螺栓的分布情况, 按一定顺序逐次 (一般 2~3 次) 拧紧螺母, 如图 11-28 所示。如有定位销, 拧紧要从定位销附近开始。

4. 螺纹连接的防松装置

螺纹连接一般都有自锁性, 在受静载荷和工作温度变化不大时, 不会自行松脱。但在受冲击、振动及可变载荷的作用下或工作温度变化很大时, 为了保证连接可靠, 防止松动, 在连接的机构中应采取有效的防松措施。按其工作原理的不同, 可分为利用附加摩擦力和用机械方法防松两大类。

(1) 附加摩擦力防松装置 附加摩擦力防松装置主要有双头螺栓紧固装置 (见图 11-29)、双螺母防松装置 (见图 11-30) 和弹簧垫圈装置 (见图 11-31)。

(2) 机械法防松装置 机械法防松装置主要有止动垫圈防松装置 (见图 11-32)、开口销防松装置 (见图 11-33) 和螺栓钢丝串联防松装置 (见图 11-34)。

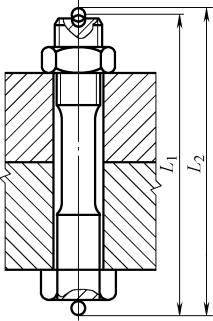


图 11-27 测量螺栓伸长量

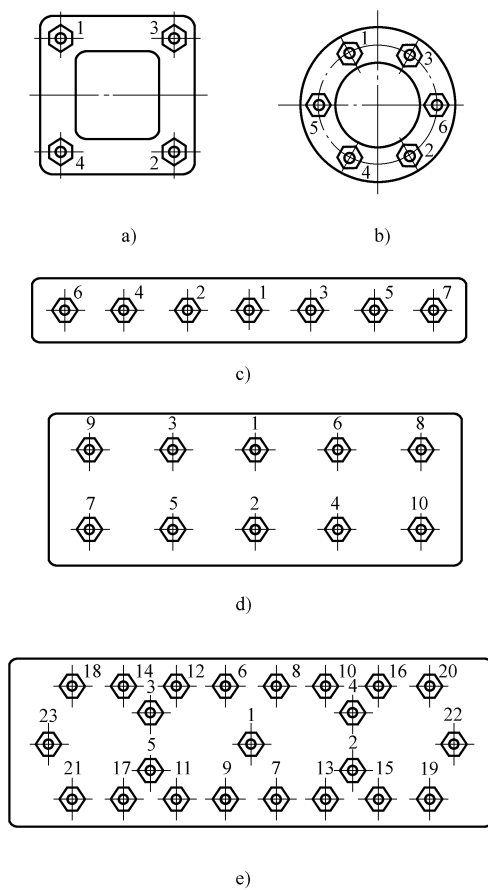


图 11-28 螺栓或螺母的紧固顺序

a) 方框型 b) 圆环型 c) 直线单排型 d) 平行双排型 e) 多孔型

注：图中数字为紧固顺序号。

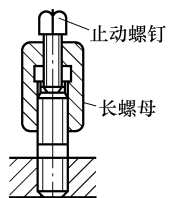


图 11-29 双头螺杆紧固装置

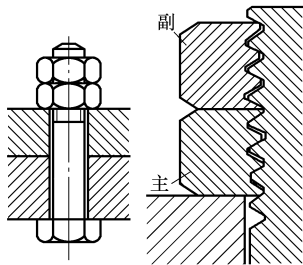


图 11-30 双螺母防松装置

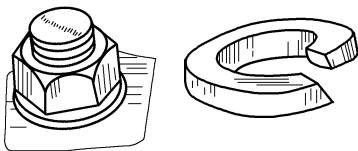


图 11-31 弹簧垫圈装置



图 11-32 止动垫圈防松装置

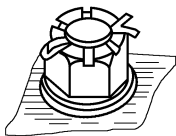


图 11-33 开口销防松装置

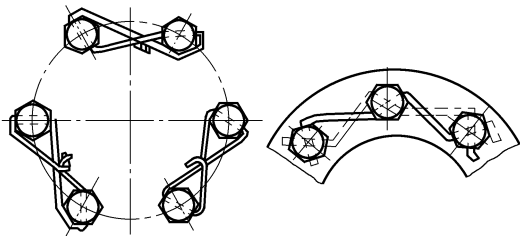


图 11-34 螺栓钢丝串联防松装置

11.3 轴承装配

11.3.1 滑动轴承装配

1. 滑动轴承的特点及类型

轴承是支承转轴的零件，滑动轴承是一种滑动摩擦的轴承。其主要特点是工作平稳、可靠、无噪声，滑动轴承的润滑油膜具有减振的能力，故能承受较大的冲击载荷。由于采用液体润滑大大减少

轴承的摩擦磨损，对于高速运转的机械，有着十分重要的意义。

1) 滑动轴承按润滑的形式分为动压滑动轴承和静压滑动轴承。动压滑动轴承如图 11-35 所示，利用润滑油的粘性和轴颈的高速旋转，把润滑油带进轴承的楔形空间建立起压力油膜，使轴颈与轴承被油膜隔开。静压滑动轴承如图 11-36 所示，利用外界的油压系统供给一定压力的润滑油，使轴颈与轴承处于完全液体摩擦状态。

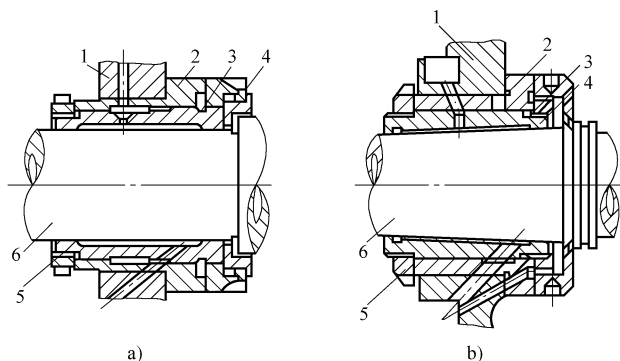


图 11-35 动压滑动轴承

a) 内柱外锥式 b) 外柱内锥式

1—箱体 2—主轴承外套 3—主轴承 4、5—螺母 6—主轴

2) 按滑动轴承的结构分为整体式滑动轴承、剖分式滑动轴承、锥形表面滑动轴承和多瓦自动调位轴承。整体式滑动轴承如图 11-37 所示，是在机架上或轴承座上，镶入整体轴瓦后，加工而成。它的结构简单，但工作面磨损后无法调整间隙，必须重新更换新的轴瓦。剖分式滑动轴承如图 11-38 所示，由轴承座、轴承盖、两个对开轴瓦、垫片及双头螺栓组成。多瓦自动调位轴承如图 11-39 所示，有三瓦式和五瓦式两种。

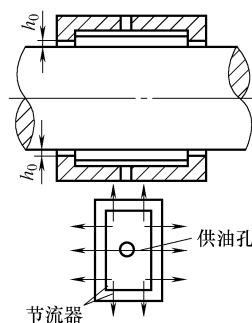


图 11-36 静压滑动轴承

2. 整体式滑动轴承（轴套）的装配

1) 将加工合格的轴套和轴承孔除去飞边，擦洗干净之后，在轴

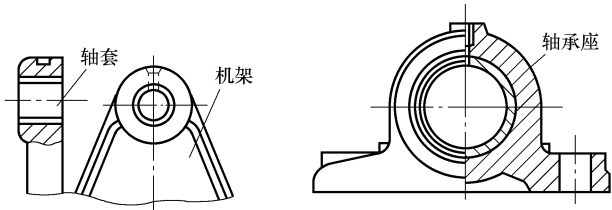


图 11-37 整体式滑动轴承

套外径或轴承座孔内涂抹润滑脂。

2) 根据轴套的尺寸和配合的过盈大小选择压入方法，将轴套压入机体中。若尺寸或过盈量较大，则宜用压力机压入或用拉紧夹具（见图 11-40）把轴套压入机体中。压入时，需注意轴套上的油孔应与机体上的油孔对准。

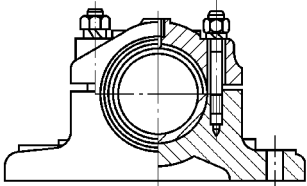


图 11-38 剖分式滑动轴承

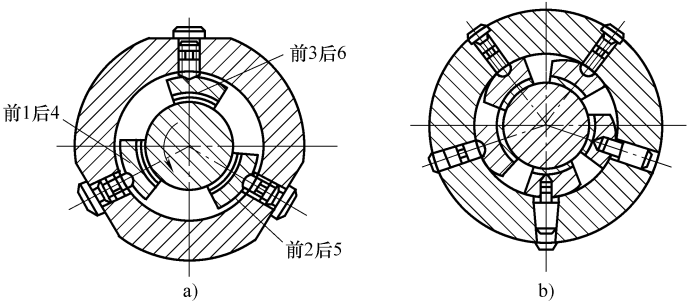


图 11-39 多瓦自动调位轴承

a) 三瓦式 b) 五瓦式

3) 在压入轴套之后，对要承受较大载荷的滑动轴承的轴套，还要用紧定螺钉或定位销固定，定位方式，如图 11-41 所示。

4) 压装后，要检查轴套内孔，若内孔缩小或变形，可用铰削或刮削等方法对轴套进行修整。

3. 剖分式滑动轴承的装配

剖分式滑动轴承未总装的零件图如图 11-42 所示。

(1) 轴瓦与轴承座、轴承盖的装配 上下轴瓦与轴承座、轴承

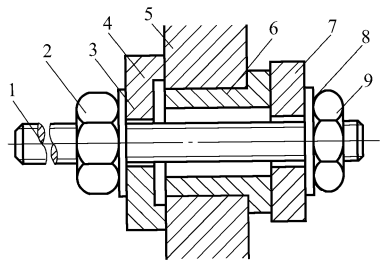


图 11-40 压轴套用拉紧工具

1—螺杆 2、9—螺母 3、8—垫圈 4、7—挡圈 5—机体 6—轴套

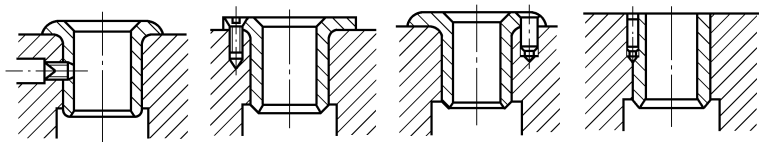


图 11-41 轴套的定位方式

盖装配时，应使轴瓦背与座孔接触良好，如不符合要求时，对厚壁轴瓦则以座孔为基准刮削轴瓦背部，对薄壁轴瓦则不修刮，需进行选配。为达到配合的要求，轴瓦的剖分面应比轴承体的剖分面高出一些，其值 $\Delta h = \delta\pi/4$ (δ 为轴瓦与机体孔配合过盈量，一般 Δh 取 $0.05 \sim 0.10\text{mm}$ ，如图 11-43 所示)。轴瓦装入时，在剖分面上应垫上木板，用锤子轻轻敲入。

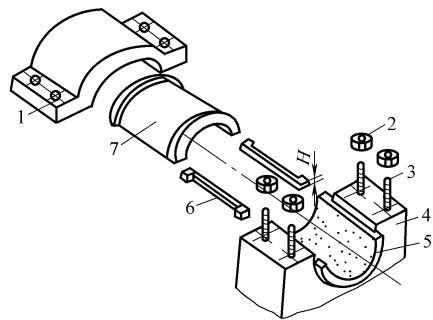


图 11-42 剖分式滑动轴承的零件组成

1—轴承盖 2—螺母 3—双头螺柱
4—轴承座 5—下轴瓦 6—垫片
7—上轴瓦

(2) 轴瓦的定位 轴瓦装夹在机体中，无论在圆周方向和轴向都不允许有位移。通常用定位销和轴瓦上的凸台来止动，如图 11-44

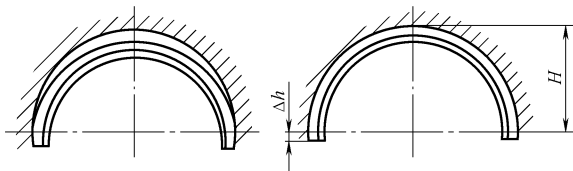


图 11-43 薄壁轴瓦的配合

所示。

(3) 轴瓦孔的配刮 用与轴瓦配合的轴来显点，通常先刮削下轴瓦再刮削上轴瓦。在刮削下轴瓦时可不装轴瓦盖，当下轴瓦显点基本符合要求时，再将上轴瓦盖压紧，并拧上螺母，在修刮上轴瓦的同时进一步修正下轴瓦的显点。配刮轴的松紧，可随着刮削次数，调整垫片尺寸。当螺母均匀紧固后，配刮轴能够轻松地转动，而且无明显间隙，显点也符合要求时即可。

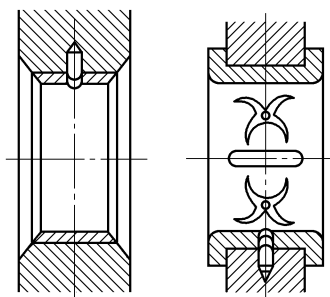


图 11-44 轴瓦的定位

(4) 装配间隙的调整 对配刮好的轴瓦进行清洗，并重新装入；再通过调整结合面处的垫片，来保证轴与轴瓦间的径向配合间隙达到设计要求。

11.3.2 滚动轴承装配

滚动轴承采用滚动摩擦，由外圈、内圈、滚动体和保持器四部分组成。它具有摩擦小、效率高、轴向尺寸小、装拆方便等优点，广泛用于各种机械的传动系统。

1. 滚动轴承的预紧及间隙调整

(1) 滚动轴承预紧 常用的滚动轴承预紧方法如下：

1) 利用内外套筒的厚度差、加金属垫环及磨窄套筒的方法对角接触球轴承进行预紧，如图 11-45 所示。

2) 利用弹簧变形所产生的弹力来实现轴承的预紧。方法有两种，一种是通过调节调整螺母的位置，以改变弹力大小进行弹簧预

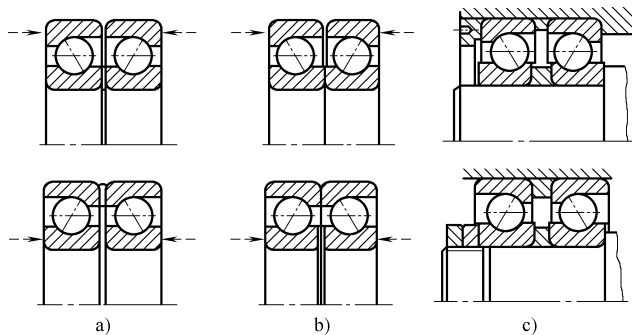


图 11-45 成对圆锥球轴承的预紧

a) 加金属垫片 b) 磨窄套圈 c) 内外套筒

紧,如图 11-46 所示;另外一种是利用两轴承的中间空间位置安置弹簧和定位套来进行弹簧预紧。

3) 调节轴承锥孔内圈的轴向位置实现预紧。通过拧紧螺母而使锥孔内圈向轴颈的大端移动,如此使内圈直径增大产生预载荷且实现预紧,如图 11-47 所示。

(2) 轴承预紧量的测定 通常放置在平板上进行,其测定方法按轴承装夹形式的不同分为以下几种:

1) 外圈为定值,调整内圈的移位量,如图 11-48 所示。测量时,把成对的轴承外圈分别装入带有间距 A 的外套上,再在轴承内圈上分别装入两只压盖,并在其上均匀施加规定的轴向力 F (即预紧力),且用有关量具(量块、塞尺等)测出两轴承内圈间的距离 B ,此值即为垫环的厚度。

2) 内圈为定值,调整外圈的移位量,如图 11-49 所示。测量时,把成对的轴承内圈分别装入带有间距 A 的内套上,再在轴承外圈分别装入两只压盖,在上压盖均匀

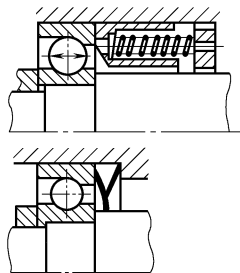


图 11-46 弹簧预紧

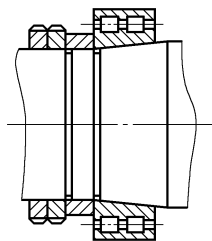


图 11-47 调节轴承锥孔的轴向位置进行预紧

施加预紧力 F ，然后测出三个不同位置的外圈间距 B 且取其平均值，即为垫环厚度。

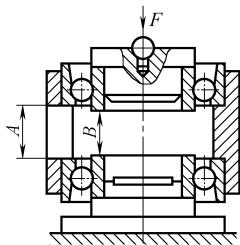


图 11-48 外圈为定值

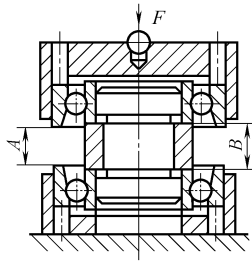


图 11-49 内圈为定值

3) 轴承的内、外圈同时移位，如图 11-50 所示。内圈定值的内、外圈同一面给定值为 H_1 和 H_2 ，此时移位量 $K_1 = H_2 - H_1$ ，施加预紧力为 F 。轴承另一面内、外圈的相对位移 $K_2 = H_3 - H_4$ ，在测出 H_3 、 H_4 的值后即可求得 K_2 ，如此便可得到两组内、外圈差值各自为 K_1 和 K_2 的垫环。

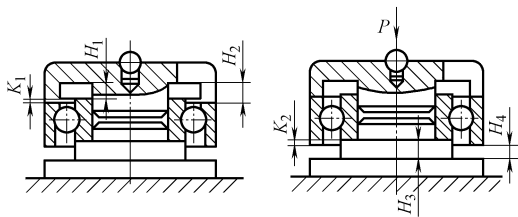


图 11-50 内、外圈同时位移

4) 装配精密轴承部件时，可使用弹簧测量装置进行轴承预紧的测量，如图 11-51 所示。此时，轴承的预紧量由弹簧尺寸 H 来确定，

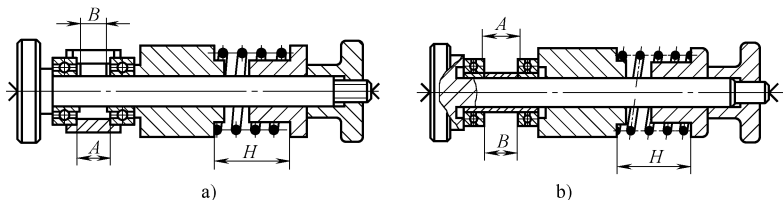


图 11-51 弹簧测量装置

a) 外圈定值 b) 内圈定值

并分别以轴承外圈及内圈为定值，来测量并确定轴承内圈及外圈的间距 B 。

5) 当预紧量较小或者是仅消除轴承内部原始游隙时，可以凭感觉测量，如图 11-52 所示。当两轴承间的内、外圈分别装夹规定隔套时，可在上面用手或重物直接压住轴承内圈或外圈，而另一只手去拨动外隔套或内隔套并随时修磨其厚度，直到感觉松紧一致并使隔套的厚度符合预紧要求为止。

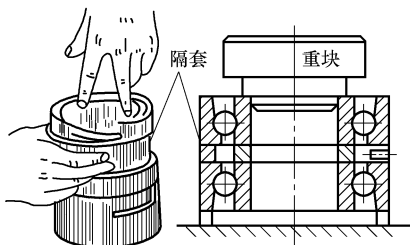


图 11-52 感觉测量法

(3) 滚动轴承间隙的调整 装配时，可通过使轴承的内、外圈作适量的轴向位移来调整轴承的间隙，常用方法有以下两种：

1) 使用垫片或铅丝调整轴承间隙。垫片法是通过改变轴承盖处的垫片厚度 δ ，来达到调整轴承轴向间隙 s 的目的，如图 11-53a 所示。压铅法如图 11-53b 所示，在测量过程中将铅丝分成 3、4 段，并用润滑脂平均粘放在轴承盖与外承外圈之间，且拧紧轴承盖上的螺栓以压扁铅丝（此时的轴承间隙为零）；然后再拆下轴承盖，并用千分尺测量出铅丝厚度 a 和 b 值，再用公式 $\delta = a + s - b$ 计算出应加垫片的厚度。

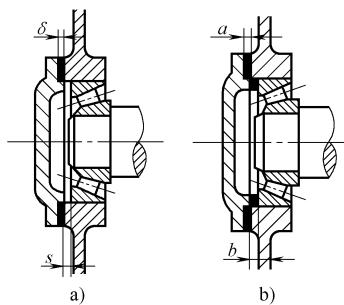


图 11-53 使用垫片调整轴承间隙

a) 垫片法 b) 压铅法

2) 使用调整螺钉调整轴承间隙，如图 11-54 所示。调整时，先把螺钉拧紧至轴承间隙为零，再把调整螺钉倒拧 α 角 ($15^\circ \sim 25^\circ$) 后将其锁紧，以防工作时螺钉出现松动。

2. 滚动轴承的润滑

滚动轴承的润滑非常重要，良好的润滑能减少轴承的摩擦磨损，

同时还能吸收和减少振动，降低噪声等，使轴承保持较好的工作状态。常用的润滑剂有润滑油、润滑脂和固体润滑剂三类。润滑方式应根据轴承的工作性质、转速、工作环境及精度要求来选择。

(1) 油润滑 油润滑有油浴润滑、滴油润滑、循环润滑和油雾润滑等方式，可根据工作轴的结构特点、转速高低和负载大小来选择。

1) 油浴润滑如图 11-55 所示，适用于于低速或中速（ $\leq 500\text{r/min}$ ）工作的轴承。

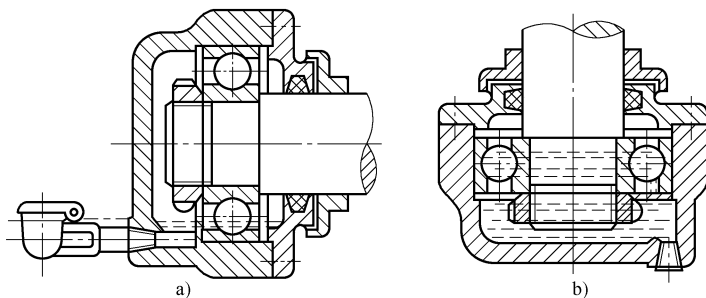


图 11-55 油浴润滑

a) 轴承水平装夹润滑 b) 轴承垂直装夹润滑

2) 滴油润滑如图 11-56 所示，适用于较高速度（ $> 1000\text{r/min}$ ）工作的轴承。

3) 循环润滑如图 11-57 所示，适用于有专门的供给油系统（如由油泵供油）的轴承。当油进入轴承润滑后油液返回油池冷却，过滤后重新输入轴承润滑。

4) 油雾润滑如图 11-58 所示，适用于高速（ 10000r/min 以上）或重载工作的轴承。润滑油与不含水分的压缩空气混合后，通过喷雾发生器，将润滑油雾化吹向轴承工作部位，能有效地降低轴承的温升并达到润滑的目的。

(2) 脂润滑 润滑脂具有不易渗漏，不需要经常添加，密封装

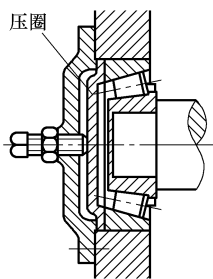


图 11-54 使用调整螺钉调整轴承的轴向间隙

置简单,能防潮,以及维护保养比较方便等优点,但是稀稠易受温度变化,轴承散热效果较差。润滑脂适用于转速和温度不很高的轴承润滑。常用润滑脂有钙基、钠基、锂基及各种混合剂。

3. 滚动轴承的装配

(1) 滚动轴承的装配方法 滚动轴承装配方法有锤击法、压入法及温差法等。装配时应根据生产条件、批量和轴承的精度,合理选择装配的方法。

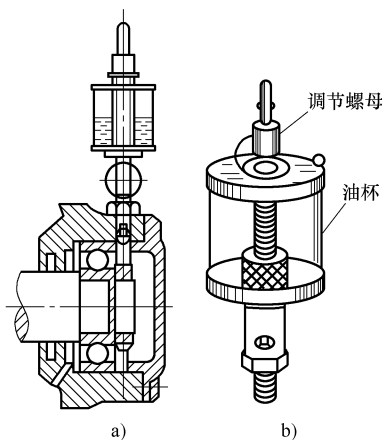


图 11-56 滴油润滑

a) 针阀式油杯滴油润滑 b) 针阀式玻璃油杯

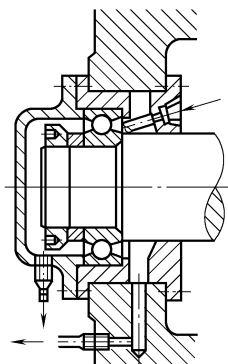


图 11-57 循环润滑

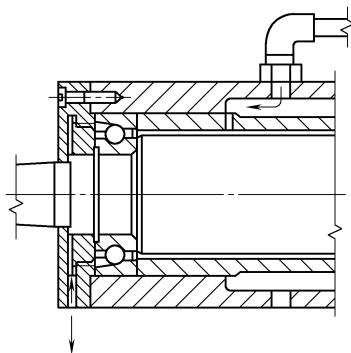


图 11-58 油雾润滑

1) 锤击法装配是利用锤子、垫棒将轴承装配到轴上或壳体孔中,如图 11-59 所示。所使用的垫棒是车制成不通孔的棒料,内孔直径应大于轴颈直径,不宜用实心的垫棒。锤击法装配使用工具简单、方便,装配效率较高,适用于一般精度的轴承装配。

2) 压入法装配是通过手动机械或液力传动工具将轴承压入轴或壳体孔中,如图 11-60 所示。压入法装配轴承受压时没有冲击力,压

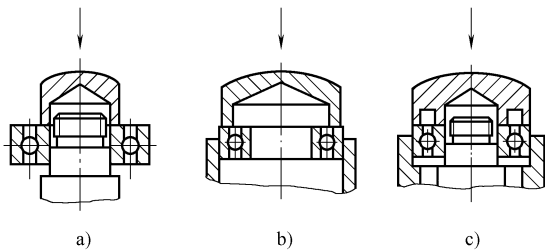


图 11-59 锤击法装配

- a) 将轴承装配在轴颈上 b) 将轴承装夹在壳体孔中
c) 轴承内外圈同时装入轴颈和壳体孔中

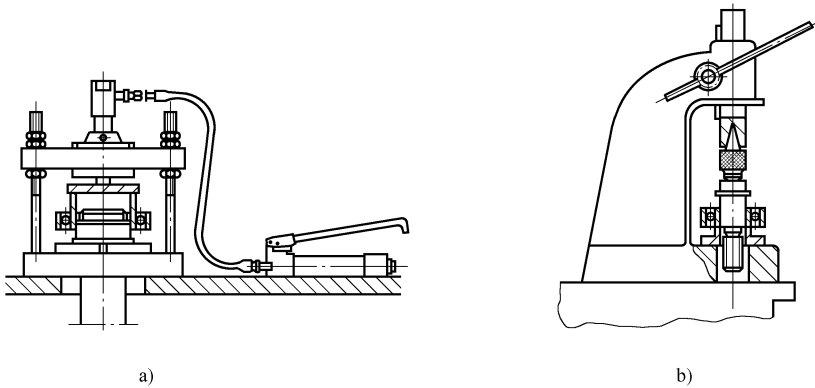


图 11-60 压入法装配

- a) 液压压力机压入法 b) 机械压力机压入法

入力均匀分布在轴承圈端面上，装配质量比敲击法好。

3) 温差法装配是通过将轴承加热（见图 11-61）或制冷，使内圈热胀或外圈冷缩的装配方法。温差法装配的轴承定位精确、质量高，对精密、高精度轴承的装配，是唯一行之有效的装配方法。

(2) 滚动轴承的装配要求 滚动轴承在装配过程中有下列要求：

1) 轴承装配前，应严格进行清洗保持清洁，轴承不宜用棉纱等织物擦除轴承污垢，以防止杂物进入轴承内。

2) 滚动轴承装配时，应将轴承标有代号的端面装在可见部位，以便以后更换轴承时能方便地看清轴承的型号。

3) 轴承装配在轴上和壳体孔中，应没有歪斜和卡住现象。轴颈

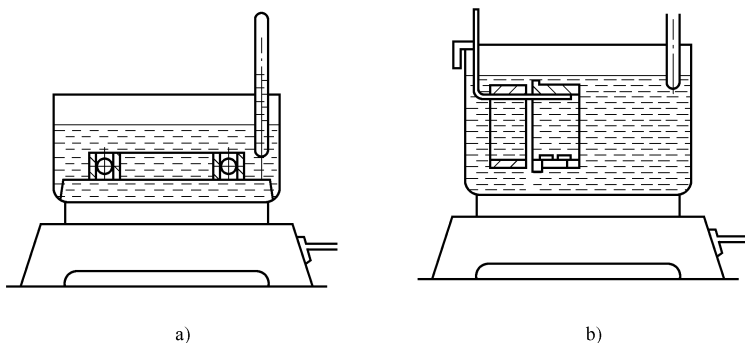


图 11-61 温差法装配

a) 平放式加热 b) 悬挂式加热

或壳体孔台肩处无退屑槽时，装配时应注意台肩处圆弧半径应小于轴承的圆弧半径。

4) 为了保证滚动轴承工作时有一定的热胀伸长余地，在同轴的两个轴承中，必须有一个轴承外环可以在热胀时产生轴向移动（非分离式轴承）。分离式轴承（如圆锥滚子轴承）应进行二次调整，即装配后进行粗调，间隙可适当大些，试车时达到工作温度后进行第二次调整，以免轴或轴承因温度升高而产生附加应力。

5) 推力轴承的两个圈分为松、紧两种配合。装配时，应注意松圈和紧圈的装配位置不能搞错，紧圈应装在轴肩端面处，松圈应装在壳体孔端面方向，否则轴运转后将会使轴和壳体端面损坏。

4. 滚动轴承的拆卸

常用的滚动轴承拆卸方法有锤击法、拉出法等。

(1) 锤击法拆卸 将轴承放在有孔的平台上垫实垫块，用木锤锤击轴端拆卸轴承，如图 11-62 所示。

(2) 拉出法拆卸 用轴承顶拔器拆卸滚动轴承时，应按轴承尺寸调整好顶拔器拉杆的距离，并让卡爪牢固卡住轴承圈的端面，轻旋螺杆使着力点均匀，然后旋紧螺杆逐渐加力把轴承圈拉出，如图 11-63 所示。

(3) 拆卸轴承时的注意事项

1) 拆卸作用力应直接加在拆卸体上，切勿加在滚动体或者其他

零件上。

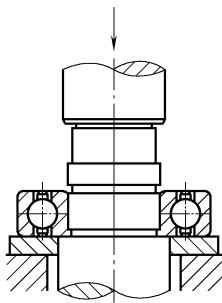


图 11-62 锤击法拆卸

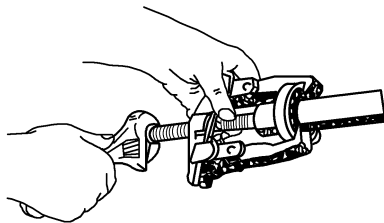


图 11-63 拉出法拆卸

2) 为便于拆卸, 应事先在轴承座孔及轴上涂抹润滑油。

3) 对已损坏的轴承进行拆卸时, 一定注意不要损坏轴、机体与其他零件。

4) 拆卸分离型轴承时, 需先将轴承的内、外圈进行分离后, 再去拆卸内、外圈。

11.4 传动件装配

11.4.1 带传动机构装配

1. 带传动的类型及特点

带传动是通过传动带与带轮之间的摩擦力来传递运动和动力的, 具有工作平稳、噪声小、结构简单、制造容易, 以及过载打滑起到安全保险作用的特点。带传动有多种类型, 按带的断面形状可分为 V 带传动、平带传动及齿形带 (同步带) 传动三种, 如图 11-64 所示。

2. 带轮的装配

带轮装夹方式有多种, 固定的方式也有所不同, 如图 11-65 所示。

(1) 带轮圆锥固定 带轮装夹在圆锥形轴头上, 如图 11-65a 所示, 带轮锥孔与锥轴配合传递力矩大, 有较好的定心作用。

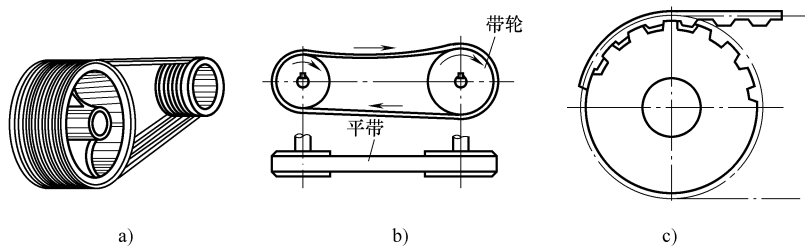


图 11-64 带传动的类型

a) V带 b) 平带 c) 齿形带

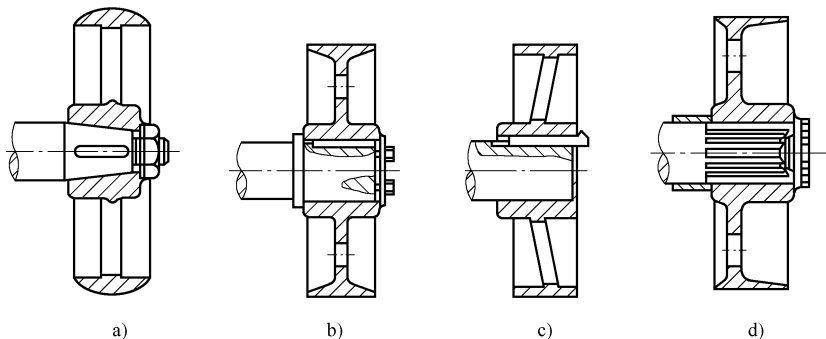


图 11-65 带轮固定方式

a) 带轮圆锥固定 b) 带轮端盖压紧固定 c) 带轮楔键固定 d) 带轮花键固定

(2) 带轮端盖压紧固定 带轮装夹在圆柱轴头上, 如图 11-65b 所示, 利用轴肩和垫圈固定。带轮圆柱孔与轴颈配合应有一定的过盈量, 装配时应注意带轮与轴颈配合不宜过松, 装配后轴头端面不应露出带轮端面, 否则传递力矩都作用在平键上, 将降低了带轮和传动轴的使用寿命。

(3) 带轮楔键固定 带轮用楔键固定在圆柱轴头上, 如图 11-65c 所示, 利用楔键斜面进行固定。装配要点是楔键与轮槽底面接触精度必须达到 75% 以上, 否则带轮传动时的振动容易使楔键滑出造成安全事故。

(4) 带轮花键固定 带轮装夹在花键轴头上, 如图 11-65d 所示。带轮与花键轴头配合的特点是定位精度好, 传递力矩大, 装拆方便。花键装配如遇到配合过盈量较大时, 可用无刃拉刀或用砂布

修正，不宜用手工修锉花键，以免损坏花键的定位精度。

3. 带的装配

(1) V 带的装配 V 带的装配有以下要点：

1) 带装配时先将中心距缩小，待带套入带轮后再逐步调整带的松紧。带的松紧程度调整如图 11-66 所示。调节时，用拇指压下带时手感应有一定的张力，压下 10 ~ 15mm 后手感明显有重感，手

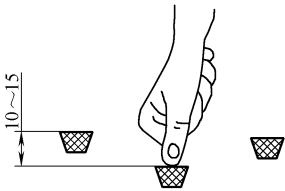


图 11-66 带装夹调整

松后能立即复原为宜。由于使用 V 带的型号和带轮直径不同，带的张紧程度也有所不同，V 带的初拉力如表 11-4 所示。

表 11-4 V 带的初拉力

型号	Z		A		B		C		D		E	
小带轮计算直径/mm	68 ~ 80	≥90	90 ~ 112	≥120	125 ~ 150	≥180	200 ~ 224	≥250	315	≥355	500	≥560
初拉力 f_0 /N	55	70	100	120	165	210	275	350	580	700	850	1050

V 带张紧力也可用衡器（俗称弹簧秤）测量，如图 11-67 所示。图中 y 为带的下垂度（mm）， Q 为作用力（N），它们之间的近似关系：

$$y = QL / (2f_0)$$

式中 L ——测定点的距离（mm）；

f_0 ——带的初拉力（N）。

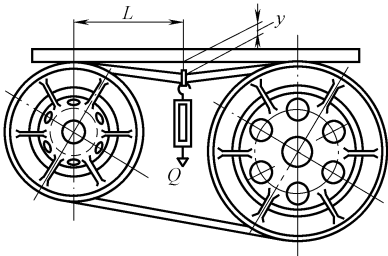


图 11-67 带张紧力衡器测量法

2) 对于带传动系统，常采用张紧轮机构调整机构带的张紧力。张紧轮装夹方法如图 11-68 所示。V 带的张紧轮的轮槽与 V 带的工作面接触，张紧轮装夹在带的非受力一侧方向，调整张力使带的摩擦力增加。

3) V 带传动用多根带时, 带的长度应基本一致, 以保证每根带传递动力一致, 以及减缓带传动中的振动影响。

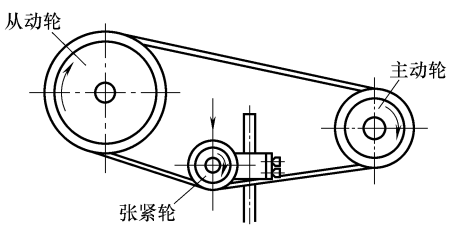


图 11-68 张紧轮装配

(2) 平带、齿形带的装配 平带轮装配应保证两带轮装配位置的正确。平带工作时, 带应在带轮宽度的中间位置, 如图 11-69 所示。齿形 (同步带) 传动如图 11-70 所示。

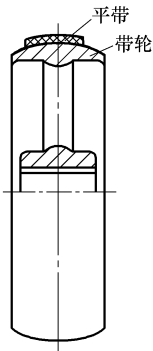


图 11-69 平带装夹要求

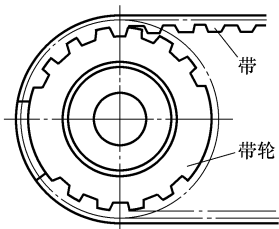


图 11-70 齿形带装夹

11.4.2 链传动机构装配

1. 链传动的类型

链传动机构通过链和链轮的啮合来传递动力, 如图 11-71 所示。链传动具有结构紧凑、对轴的径向压力较小、承载能力大、传动效率高的优点, 但链传动时的振动、冲击和噪声较大, 链节磨损后链条容易拉长, 引起脱链现象。常用的链传动有套筒滚子链 (见图 11-72) 和齿

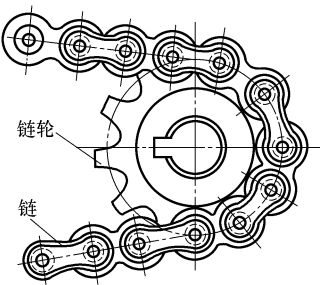


图 11-71 链传动

形链（见图 11-73）两种。

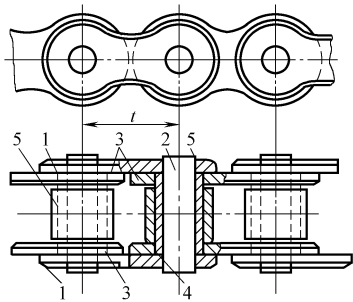


图 11-72 套筒滚子链

1—外链板 2—销轴 3—内链板
4—套筒 5—滚子

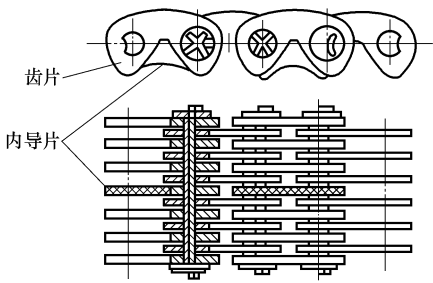


图 11-73 齿形链

2. 链传动的装配技术要求

- 1) 链传动机构中的两个链轮轴线应保持平行，否则会引起脱链或加剧链与链轮的磨损。
- 2) 两链轮的轴向偏移量应小于允许值：两链轮中心距小于 500mm 时，轴向偏移小于 1mm；两链轮中心距不小于 500mm 时，轴向偏移小于 2mm。
- 3) 链轮装配后应符合规定的要求，链轮跳动量如表 11-5 所示。链轮装配后的跳动量可用划针盘或百分表进行检查，如图 11-74 所示。

表 11-5 链轮跳动量 (单位：mm)

链轮的直径	套筒滚子链的链轮跳动量	
	径向 δ	端面 a
≤ 100	0.25	0.3
$> 100 \sim 200$	0.5	0.5
$> 200 \sim 300$	0.75	0.8
$> 300 \sim 400$	1.0	1.0
> 400	1.2	1.5

- 4) 链条装配的松紧程度：链条装配过紧，传动中会增加传动载荷和加剧磨损；链条装配过松，传动中会出现弹跳或脱落。

3. 链传动的装配

(1) 链轮的装配 链轮在轴上有紧定螺钉固定和圆锥销固定两种固定方法，如图 11-75 所示。

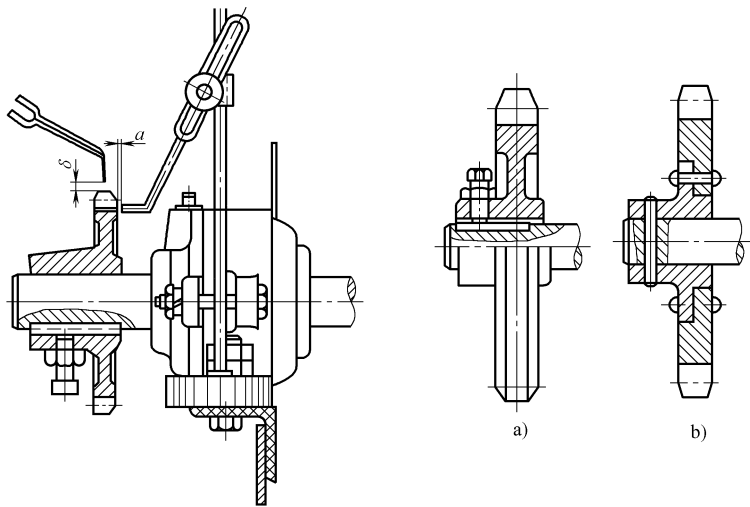


图 11-75 链轮的固定

图 11-74 链轮跳动检查方法

a) 紧定螺钉固定 b) 圆锥销固定

(2) 链条的装配 链条的装配分为链条两端的连接和链条与链轮的装配两方面。套筒滚子链的结构及接头形式如图 11-76 所示。链节固定有多种方式，大节距套筒滚子链用开口销连接，如图 11-76a 所示；小节距套筒滚子链用卡簧片将活动销固定，如图 11-76b 所示。

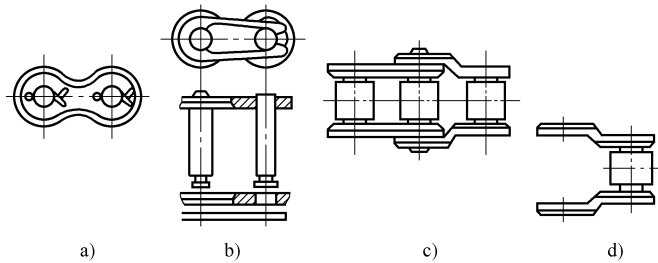


图 11-76 链接头

a) 开口销连接 b) 连接节 c) 半节链连接方法 d) 过渡节

若结构上允许在链条装好后再装链轮，这时链条的接头可预先进行连接；若结构上不允许链条预先将接头连接好，就必须将链条先套在已装好的链轮上，并采用拉紧工具将链条两端拉紧后再进行连接，如图 11-77 所示。

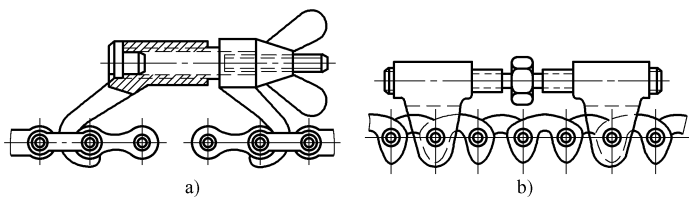


图 11-77 拉紧链条的工具

a) 套筒滚子链的拉紧工具 b) 齿形链的拉紧工具

11.4.3 齿轮传动机构装配

1. 齿轮传动机构的装配要求

对齿轮传动机构进行装配时，为保证工作平稳、传动均匀、无冲击振动和噪声的工作目标，应满足以下要求：

1) 齿轮孔与轴的配合要恰当。固定在轴颈的齿轮通常与轴有少量的过盈配合，装配时需要加一定外力压装在轴上，装配后齿轮不得有偏心或歪斜；滑移齿轮装配后不应有阻滞现象；空套在轴上的齿轮配合间隙和轴向窜动不能过大或有晃动现象。

2) 齿轮间的中心距和齿侧间隙要准确，因齿侧间隙用于储油并起润滑和散热作用，故侧隙不应过大或过小。

3) 传动齿轮中相互啮合的两齿应有正确的接触部位且形成一定的接触面积。

4) 高速大齿轮装配后，应进行平衡检查，以免工作时产生过大的振动。

2. 圆柱齿轮传动机构的装配

(1) 齿轮与轴的装配 齿轮在轴上的工作方式有空转、滑移、固定连接三种。齿轮与轴的常见结合方式如图 11-78 所示。

(2) 把齿轮与轴部件装入箱体 为保证装配质量，装配前应对箱体的有关部位作检验。

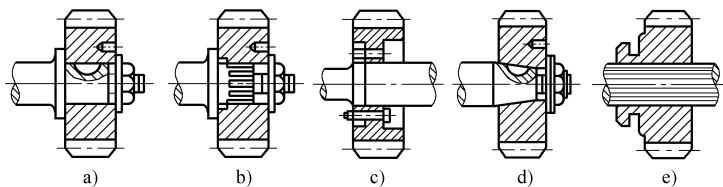


图 11-78 齿轮与轴的结合方式

a) 半圆键连接 b) 花键连接 c) 轴肩螺栓连接

d) 圆锥连接 e) 与花键滑动连接

1) 测量同轴线孔的同轴度时, 先在各孔中可装入专用定位套, 接着用通用心轴进行检验, 若心轴能顺利推入相关孔中, 则表明孔的同轴度符合要求。如需要测同轴度的偏差值, 拆除待测孔中的定位套, 并把百分表装在心轴 1 上, 转动心轴, 从百分表的指针摆动范围即可得出同轴度偏差值, 如图 11-79 所示。

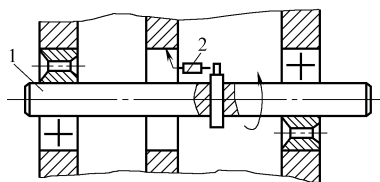


图 11-79 同轴线孔的同轴度测量

1—心轴 2—百分表

2) 孔距精度和孔系相互位置精度的检验, 可用游标卡尺、检验心轴、专用轴套测量, 如图 11-80 所示, 孔距 $A = (L_1 + L_2) / 2 - (d_1 + d_2) / 2$, 平行度误差为 $L_1 - L_2$ 。

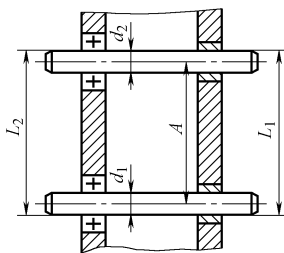


图 11-80 孔距精度和孔系相互位置精度的检验

3) 测量轴线与基面的尺寸精度及平行度的误差。箱体基面用等高垫块支承在平板上, 在孔内装入专用定位套并插入检验心轴, 然后使用高度游标卡尺

(量块及百分表也可) 去测量心轴两端的尺寸 h_1 、 h_2 , 如图 11-81 所示。这时轴线与基面的距离 $h = (h_1 + h_2) / 2 - d/2 - a$, 平行度误差为 $h_1 - h_2$ 。

4) 测量轴线与孔端面的垂直度时, 先把心轴插入装有专用定位套的孔中, 且一端用角铁抵住, 以不让轴窜动; 再转动心轴一圈,

则百分表指针摆动的范围，就是端面与轴线间的垂直度误差，如图 11-82 所示。

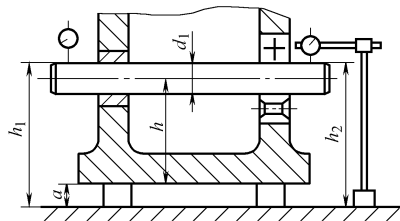


图 11-81 轴线与基面尺寸精度及平行度误差的测量

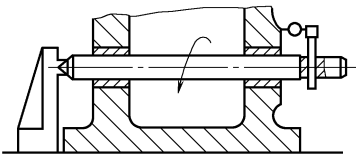


图 11-82 轴线与孔端面的垂直度测量

(3) 装配后的检验与调整 当齿轮和轴部件装入箱体后，必须对装配后的侧隙和接触面积进行检验，以保证各传动齿轮之间都有良好的啮合精度。

1) 检验侧隙时，先将百分表的测头与一齿轮的齿面接触，再把另一齿轮固定；然后把接触百分表测头的齿轮从一侧的啮合转到另一侧的啮合，此时百分表上读数的差值就是侧隙的大小，如图 11-83 所示。

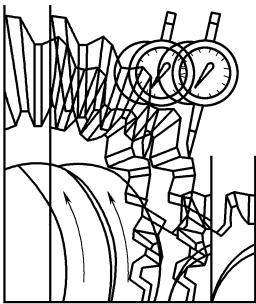
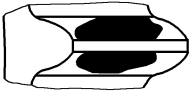


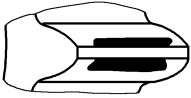
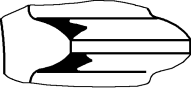
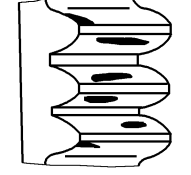
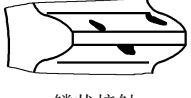
图 11-83 齿轮侧隙的检验方法

2) 对于正常啮合齿轮来说，其齿面的接触斑点由齿轮公差等级确定。对 6 ~ 9 级精度的齿轮，其接触斑点沿齿宽方向应不小于 40% ~ 70%，而在齿高方向应不小于 30% ~ 50%。生产中，直齿圆柱齿轮传动常见接触斑点及调整方法如表 11-6 所示。

表 11-6 常见接触斑点及调整方法

接触斑点	原 因	调整方法
 正常		

(续)

接触斑点	原 因	调整方法
 上齿面接触	中心距偏大	调整轴承支座或刮削轴瓦
 下齿面接触	中心距偏小	调整轴承支座或刮削轴瓦
 一端接触	齿轮副轴线平行度误差	微调可调环节或刮削轴瓦
 搭角接触	齿轮副轴线相对歪斜	调整可调环节或刮削轴瓦
 异侧齿面接触不同	两面齿向误差不一致	调换齿轮
 不规则接触，时好时差	齿圈径向圆跳动量较大	1) 运用定向装配法调整 2) 消除齿轮定位基面异物（包括毛刺、凸点等）
 鳞状接触	齿面波纹或带有毛刺等	1) 去除毛刺、硬点 2) 低精度可用磨合措施

3. 锥齿轮传动机构的装配

锥齿轮传动属于相交轴间的传动，故在装配前应对箱体孔的加

工精度进行测量。

(1) 锥齿轮传动机构的装配要求 对正常收缩齿的直齿锥齿轮来说，其分度圆锥、齿顶圆锥、齿根圆锥应具有同一个锥顶点 O ，且一对齿轮亦应具有共同的锥顶点 O 。在每个齿轮轴向位置确定的情况下进行装配时，将小锥齿轮以“装夹距离”为依据，去测量确定小齿轮的装夹位置并进行轴向定位的情况，如图 11-84a 所示。小齿轮轴位置有偏差时，其轴向定位同样也可以“装夹位置”为依据，并使用专用量规进行测量，如图 11-84b 所示。

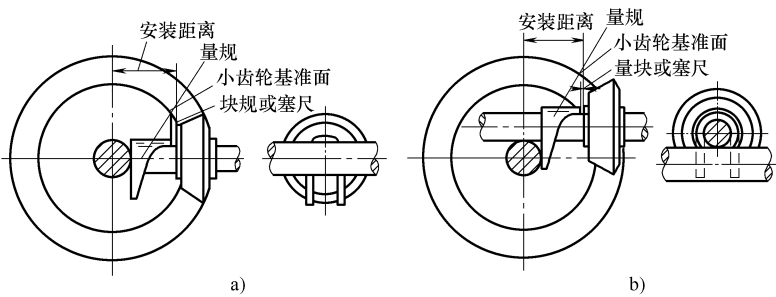


图 11-84 小齿轮的轴向定位

a) 小齿轮装夹距离的测量 b) 小齿轮偏置时装夹距离的测量

大齿轮的轴向位置由侧隙大小确定，其通常用工艺轴来代表尚未装好的大齿轮。大齿轮沿着自己的轴线移动且一直移动到侧隙符合要求的情形，如图 11-85 所示。

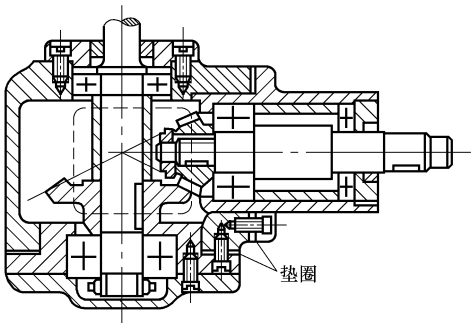


图 11-85 锥齿轮的轴向调整

(2) 锥齿轮传动机构装配后的检验 锥齿轮传动机构装配后的

检验有以下三个方面:

1) 锥齿轮侧隙的检验方法与检验圆柱齿轮副侧隙的方法相同。如果不合格,应移动锥齿轮的轴向位置进行调整。直齿锥齿轮副的法向侧隙 C_n 如图 11-86 所示,与齿轮的轴向调整量 x 的近似关系为

$$C_n = 2x \sin \alpha \sin \delta$$

式中 α ——压力角 ($^\circ$);

δ ——节圆锥角 ($^\circ$)。

2) 一般采用涂色法检验锥齿轮副啮合。当没有载荷时,齿轮的接触斑点,应该靠近轮齿的小端,以确保工作时轮齿面在全齿宽上都能够均匀啮合,且避免重载荷时大端正应力集中引起磨损过快。锥齿轮承受负荷后接触斑点的变化情况如图 11-87 所示。

3) 对锥齿轮传动副来说,通过装配后进行磨合,可以提高其接触精度。常用磨合方法有加载磨合和电火花磨合两种。加载磨合常用在工装制造中,方法是在齿轮副的输出轴上加一力矩,并在主动轴上进行驱动,使之根据运行速度作传动,以便在运行过程中,使齿轮接触面相互磨合,借以增大啮合区域及增加接触斑点,从而提高齿轮的承载能力。当齿轮磨合合格后,应对整台齿轮箱进行全面清洗,以防止落料与铁屑等杂质残留在里面的某些机件中。

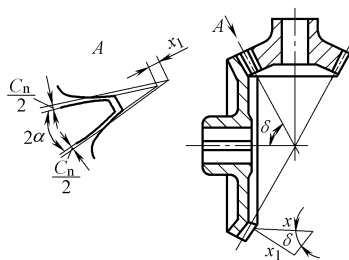


图 11-86 直齿锥齿轮的轴向调整量与侧隙的近似关系

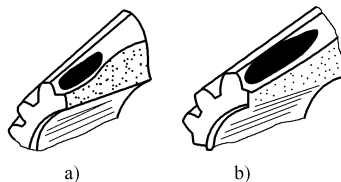


图 11-87 锥齿轮承受负荷后接触斑点的变化
a) 无载荷 b) 有载荷

11.4.4 蜗杆传动机构装配

蜗杆传动机构用以传递空间交错轴之间的动力,具有传动平稳、传动比大、结构紧凑、自锁性好等优点,广泛用于急剧降速的各种

场合，但也存在发热量大、效率低等不足。

1. 蜗杆传动机构的装配要求

在蜗杆传动机构中，蜗杆轴心线与蜗轮轴心线在空间交错轴间的交角一般为 90° ，且蜗杆为主动件，主要装配要求如下：

- 1) 蜗轮与蜗杆间中心距要准确，应有适当的啮合侧隙和正确的接触斑点。
- 2) 蜗杆轴心线与蜗轮轴心线要互相垂直。
- 3) 蜗杆的轴心线位于蜗轮轮齿的中间平面内。
- 4) 装配后，不管蜗轮在什么位置，转动蜗杆时，手感应相同且无卡住现象。

2. 蜗杆传动机构的装配

一般做法是先对蜗杆箱体中孔的中心距及轴心线间的垂直度进行测量，然后进行装配；通常先装蜗轮、后装蜗杆，装配完后再进行有关检验与调整。

(1) 蜗杆箱体中孔的中心距和轴心线间垂直度的测量 蜗杆箱体孔中心距的测量如图 11-88a 所示。测量时，先把箱体用三齿千斤顶支承在平板上，再把检验心轴 1 与 2 分别插入箱体上的轴孔中，接着调整千斤顶使任一心轴与平面平行，然后分别测量两心轴与平板的距离，即可算出中心距 a 。当一心轴与平面平行时，这时另一心轴不一定平行于平面，此时应测量心轴两端到平面的距离，并取其平均值作为该心轴到平面的距离。

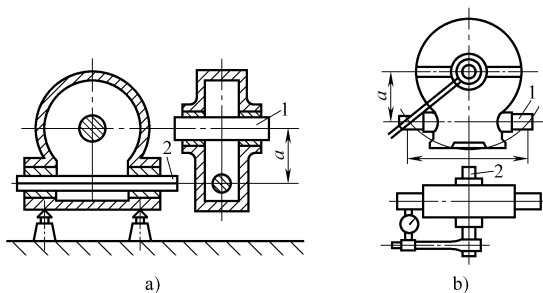


图 11-88 蜗杆箱体位置精度的测量

a) 检验中心距 b) 检验轴心线垂直度

箱体轴心线间垂直度的测量如图 11-88b 所示。测量时, 先在心轴 2 的一端套一百分表架并用螺钉固定; 然后旋转心轴 2, 按百分表测头在心轴 1 两端的读数差, 即可换算出轴线间的垂直度误差。如果检验结果表明, 另一心轴对平面的平行度和两轴线间的垂直度超差, 则可在保证中心距误差的范围内, 采用刮削轴瓦及底座平面的方法进行修整; 如超差太大无法修整时, 通常予以报废。

(2) 蜗杆传动机构的装配过程 按先装蜗轮、后装蜗杆的步骤进行。

1) 蜗轮的装配: 蜗轮有整体式和组合式之分, 而组合式蜗轮有铸造连接、过盈连接、受剪螺栓连接等。在进行装配时, 应先把蜗轮的齿冠部分与轮毂部分连接起来, 再把整个蜗轮套装到蜗轮轴上, 然后把蜗轮轴装入箱体内。

2) 蜗杆的装配: 在蜗轮轴装入箱体后, 再把蜗杆装入。因蜗杆轴心线的位置, 通常由箱体的装夹孔确定, 故蜗杆与蜗轮的最佳啮合, 是通过改变蜗轮的轴向位置来实现的, 而蜗轮的轴向位置可通过改变调整垫圈的厚度进行调整。

(3) 装配后的检验及调整 检验及调整内容包括啮合精度和侧隙两方面。

1) 完成蜗杆和蜗轮的装配后, 应先采用涂色法检验蜗杆与蜗轮的相互位置和接触斑点。操作时, 先把红丹粉涂在蜗杆的螺旋面上并转动蜗杆, 然后再左右旋

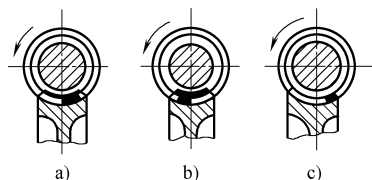


图 11-89 蜗轮齿面上接触斑点的差色情况

a) 正常接触 b) 偏左接触 c) 偏右接触

转, 以检查蜗轮的差色情况, 如图 11-89 所示。

2) 蜗杆、蜗轮装配后对侧隙的检验如图 11-90 所示。直接测量法 (见图 11-90a) 是在蜗杆轴上固定一带量角器的刻度盘 2, 再使百分表测头顶在蜗轮齿面上, 然后用手转动蜗杆, 在百分表指针不动的条件下, 固定指针 1 所对应的刻度盘读数的最大差值, 即为蜗杆的空程角。侧隙用下式来计算:

$$C_n = \frac{Z_1 m \alpha}{7.3}$$

式中 C_n ——蜗杆副的法向侧隙 (μm);
 Z_1 ——蜗杆头数;
 m ——模数 (mm);
 α ——空程角 ($'$)。

用测量杆测量侧隙的方法如图 11-90b 所示。

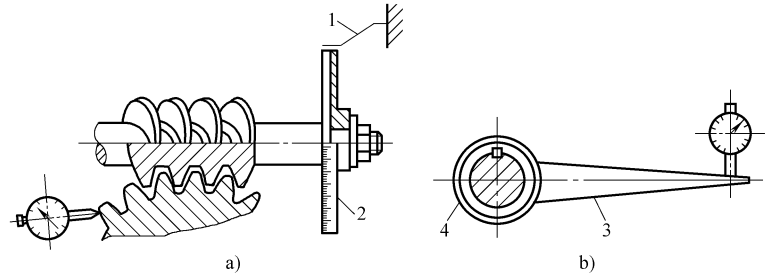


图 11-90 蜗杆传动机构侧隙的检量

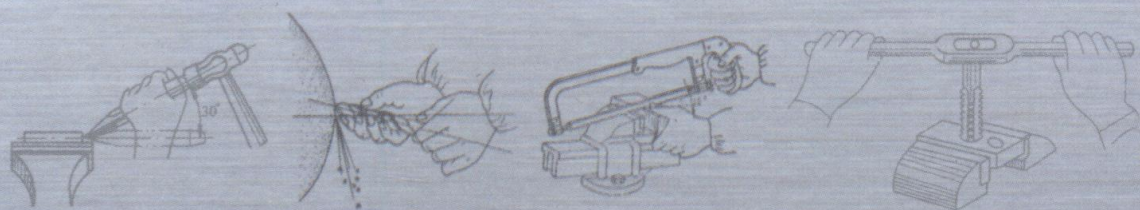
a) 直接测量法 b) 使用测量杆的测量法

1—指针 2—分度盘 3—测量杆 4—蜗轮轴

参 考 文 献

- [1] 陈宏钧, 马素敏. 钳工操作技能手册 [M]. 2 版. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [2] 王兵. 图解钳工技术快速入门 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2010.
- [3] 邱言龙, 王兵. 钳工实用技术手册 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2007.
- [4] 吴志远. 图解钳工入门 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2008.
- [5] 周佩锋. 工具钳工操作技术要领图解 [M]. 济南: 山东科学技术出版社, 2005.
- [6] 马鹏飞. 钳工与装配技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [7] 陈永. 金属材料常识普及读本 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [8] 《简明钳工手册》编写组. 简明钳工手册 [M]. 2 版. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [9] 陈永, 王金荣. 机械工人必备常识 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [10] 技能士の友編集部. 钳工能手 [M]. 戎圭明, 张立丽, 译. 北京: 机械工业出版社, 2009.
- [11] 陈永, 潘继民. 新编五金手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [12] 刘胜新. 五金工具手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [13] 周兆元. 钳工实训 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2010.
- [14] 李桐林, 李军. 装配钳工 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [15] 陈宏钧. 实用钳工手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2009.
- [16] 杜继清. 钳工 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2010.
- [17] 潘继民. 五金件手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.

QIANGONG KANTU XUECAOZUO



ISBN 978-7-111-36059-9

策划编辑：陈保华

封面设计：马精明

上架指导：工业技术/机械工程/机械加工

定价：28.00元

地址：北京市百万庄大街22号

电话服务

社服务中心：(010)88361066

销售一部：(010)68326294

销售二部：(010)88379649

读者购书热线：(010)88379203

邮政编码：100037

网络服务

门户网：<http://www.cmpbook.com>

教材网：<http://www.cmpedu.com>

封面无防伪标均为盗版

ISBN 978-7-111-36059-9



9 787111 360599 >