

全国机械类职业岗位
技能培训系列教材

磨削加工技术

李兆松 主编

与生产岗位对接
提升技能



全国机械类职业岗位技能培训系列教材

磨削

加工技术

主编 李兆松

参编 董春荣 张利梅 李又李



机械工业出版社

本书主要包括磨削加工的基础知识、磨床简介、磨削加工原理、磨床夹具及工具、磨削加工工艺、典型零件的磨削方法、成形面的磨削、刀具的刃磨、典型零件磨削加工实例、精度检验和误差分析共十个单元的内容。本书比较全面地介绍了磨工的基础理论知识和技能训练内容,以培养从事磨削加工的操作工、维修工为目标,以使学生能够通过“磨工国家职业标准”考级(主要是初级工、中级工和高级工)为目的组织编写而成。

本书主要供县级职业教育中心的磨工类专业或工种的教学使用,也可供中等专业学校、技工学校、技师学院、职业高中等中等职业学校的相关专业或工种使用或参考,还可作为其他相近专业的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

磨削加工技术/李兆松主编. —北京:机械工业出版社, 2012. 3
全国机械类职业岗位技能培训系列教材
ISBN 978-7-111-37262-2

I. ①磨… II. ①李… III. ①磨削—技术培训—教材 IV. ①TG58

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 013091 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:汪光灿 责任编辑:汪光灿 王海霞 版式设计:霍永明
责任校对:樊钟英 封面设计:赵颖喆 责任印制:张楠
北京富生印刷厂印刷
2012 年 6 月第 1 版第 1 次印刷
184mm×260mm·11 印张·267 千字
0001—3000 册
标准书号:ISBN 978-7-111-37262-2
定价:24.00 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

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前

言

按照教育部关于认真贯彻落实“国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定”的精神，结合劳动和社会保障部制定的“国家职业标准——磨工”，我们编写了《磨削加工技术》这本书。本书以简单、够用为主，力求做到图文并茂、通俗易懂，目的是适应农村富余劳动力群体的学习，特别是初中、高中毕业生，复员、转业军人的学习。希望本书能为推进我国走向新型工业化道路服务，为解决“三农”问题服务，为促进就业及再就业的工作服务。

本书主要供县级职业教育中心的磨工类专业或工种的教学使用，也可供中等专业学校、技工学校、技师学院、职业高中等中等职业学校的相关专业或工种使用及参考，还可作为其他相近专业的教学参考书。

本书共有十个单元，分别是磨削加工的基础知识、磨床简介、磨削加工原理、磨床夹具及工具、磨削加工工艺、典型零件的磨削方法、成形面的磨削、刀具的刃磨、典型零件磨削加工实例、精度检验和误差分析。本书比较全面地介绍了磨工的基础理论知识和技能训练内容，以培养从事磨削加工的操作工、维修工为目标，以使学生能够通过“磨工国家职业标准”考级（主要是初级工、中级工和高级工）为目的组织编写而成。

本书由李兆松主编，董春荣、张利梅和李又李参加了编写。李兆松、李又李编写了单元一、单元八和单元九，李兆松、董春荣编写了单元二、单元六和单元十，李兆松、张利梅编写了单元三、单元四、单元五和单元七。

本书在编写过程中借鉴了很多磨工方面的教学资料，在此一并表示感谢。因为编写时间仓促，编者的水平有限，书中难免会有错误和不妥之处，敬盼读者批评指正。

编者

前言			
单元一 磨削加工的基础知识	1		
第一节 机械制图的基础知识	1		
第二节 公差与配合的基础知识	11		
第三节 机械传动的基础知识	18		
第四节 金属材料及热处理基础知识	26		
第五节 常用量具	31		
单元二 磨床简介	41		
第一节 磨床概述	41		
第二节 外圆磨床	45		
第三节 内圆磨床	58		
第四节 平面磨床	62		
单元三 磨削加工原理	66		
第一节 金属切削的基础知识	66		
第二节 磨削加工的运动与特点	66		
第三节 砂轮的基础知识	68		
第四节 切削液的选择与使用	74		
单元四 磨床夹具及工具	76		
第一节 常用磨床夹具及工具	76		
第二节 典型专用磨床夹具	80		
单元五 磨削加工工艺	85		
第一节 零件图的识读	85		
第二节 零件加工工艺的制订	88		
第三节 工件的定位与装夹	93		
第四节 磨具的准备	94		
单元六 典型零件的磨削方法	96		
第一节 外圆磨削	96		
第二节 内圆磨削	100		
第三节 平面磨削	105		
第四节 螺纹磨削	116		
第五节 圆锥磨削	119		
单元七 成形面的磨削	127		
第一节 成形面的分类	127		
第二节 外圆磨床砂轮圆弧的修整	128		
第三节 平面磨床砂轮圆弧的修整	130		
第四节 简单成形面的磨削	132		
单元八 刀具的刃磨	134		
第一节 刀具刃磨的基础知识	134		
第二节 铰刀的刃磨	137		
第三节 铣刀的刃磨	140		
单元九 典型零件磨削加工实例	144		
第一节 轴类零件的磨削加工实例	144		
第二节 套类零件的磨削加工实例	150		
第三节 圆锥面的磨削加工实例	152		
第四节 平面的磨削加工实例	155		
第五节 螺纹的磨削加工实例	158		
单元十 精度检验和误差分析	162		
第一节 精度检验	162		
第二节 磨削加工产生废品的原因	164		
第三节 内径和外径的测量	166		
第四节 锥体的测量	166		
第五节 螺纹的检测	167		
参考文献	169		

1

单元一

磨削加工的基础知识

本单元的内容包括机械制图的基础知识、公差与配合的基础知识、机械传动的基础知识、金属材料及热处理的基础知识和常用量具。这些内容是磨工工种必备的基础理论知识。应重点掌握机械制图、公差与配合方面的基础知识；了解机械传动、金属材料及热处理的基础知识。对于常用量具方面的知识，应结合有关量具、量仪，通过实际测量来学习。本单元的难点较多，如机械制图、公差与配合的内容，以及常用量具的使用方法等。本单元是磨工必须学懂的部分。

第一节 机械制图的基础知识

一、图样及投影的基本原理

1. 图样

根据投影原理、标准或有关规定表示工程对象，并有必要技术说明的图称为图样。

物体的直观形状可以用立体图表示，图 1-1 所示为支承座立体图。从图 1-1 中只可以看到箭头所示三个方向的支承座形状。这种图形虽有立体感，却不能反映物体的真实形状。例如，图中圆孔成了椭圆孔，长方形的表面成了平行四边形。更主要的是圆孔及支承座下面的方槽是否前后、左右贯通，在图中未能表达清楚。所以立体图不能直接用在生产上，但由于其立体感强，因此可以作为生产图样的辅助图形。

图 1-2 所示为支承座在生产中广泛采用的零件图。

从图 1-1 和图 1-2 中可看出立体图和零件图的区别。

立体图只用一个图形表达支承座的形状，零件图则采用了三个图形；对于立体图发生变形的地方，零件图能正确地表达出来；对于立体图表达不完全的部分，零件图能完全表达清楚。并且零件图上标注了反映零件大小的尺寸，以及公差、表面粗糙度等技术要求（后面

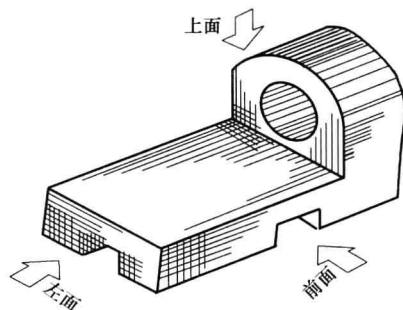


图 1-1 支承座立体图

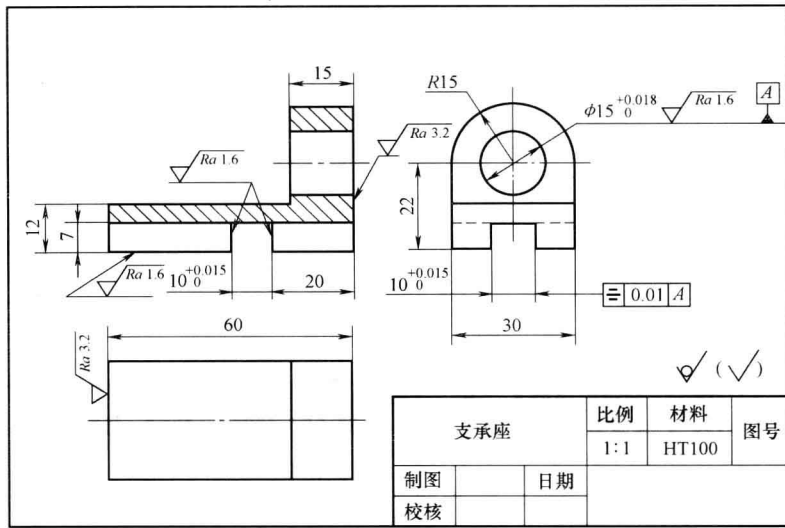


图 1-2 支承座零件图

将讲述)，所以零件图能满足生产制造要求。

(1) 图线的种类及应用 由图 1-2 可知，零件图由各种线型组成。线型的种类及应用见表 1-1。

表 1-1 线型的种类及应用

线型名称	线型	代码	图线宽度	一般应用
粗实线		A	$b(0.25 \sim 0.5\text{mm})$	可见轮廓线、相贯线、剖切符号用线等
细实线		B	约 $b/3$	尺寸线、尺寸界线、剖面线、指引线等
波浪线		C	约 $b/3$	假想断裂处界线等
双折线		D	约 $b/3$	假想断裂处界线等
细虚线		F	约 $b/3$	不可见轮廓线、不可见棱边线
细点画线		G	约 $b/3$	轴线、对称、中心线、剖切线等
粗点画线		J	b	限定范围表示轨迹线、中断线等
细双点画线		K	约 $b/3$	相邻辅助零件的轮廓线、可动零件的极限位置的轮廓线

图 1-3 所示为各种线型的应用实例。

(2) 图样上的其他规定 零件图样除了有线型使用的规定之外，《机械制图》国家标准中还有一些其他规定。

1) 图纸幅面。零件图样应采用表 1-2 所规定的幅面尺寸。

表 1-2 图纸幅面尺寸

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



零件图样应参照图 1-4 画出图框（有装订边）。

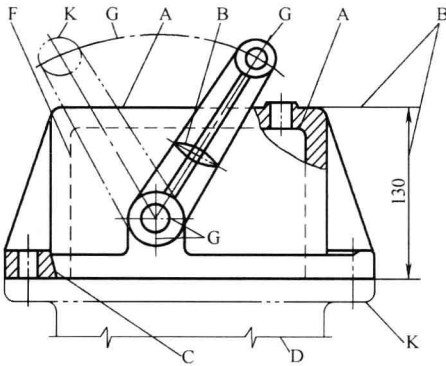


图 1-3 各种线型的应用实例

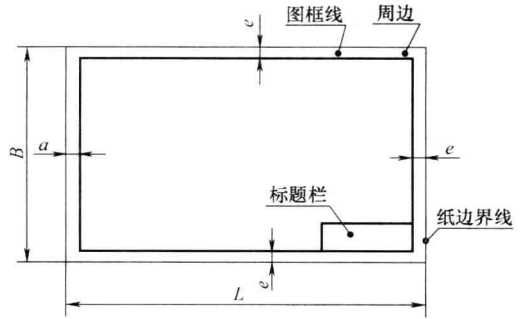


图 1-4 图框（有装订边）

图框右下角必须有标题栏。国家标准《机械制图》对标题栏已作统一规定。

2) 比例。实际生产中的零件有的很大（或很小），而幅面尺寸却是一定的，为了在零件图样中如实反映零件的形体要素，常常采用一定比例（放大或缩小比例）绘制图样。比例分为原值比例（比例为 1）、放大比例（比例大于 1）和缩小比例（比值小于 1），通常采用原值比例绘制图样。

3) 字体。在图样和技术文件上书写的汉字、数字和字母必须字体工整、笔画清楚、排列整齐、间隔均匀。汉字应写成长仿宋体，并采用国家正式公布的简化字。

2. 投影

在日常生活中，物体在阳光或灯光的照射下，就会在地面或墙壁上产生影子。影子在某些方面反映出了物体的形状特征。人们根据这种现象总结出了几何投影规律——投影法。投影法分为中心投影法和平行投影法。

(1) 中心投影法 投射射线汇交于一点的投影法称为中心投影法，如图 1-5 所示。

在图 1-5 中，投影四边形 $abcd$ 比空间四边形 $ABCD$ 的轮廓大，所以中心投影法所得投影不能反映物体的真实大小，故中心投影法不适用于绘制机械图样。

(2) 平行投影法 投射射线相互平行的投影法称为平行投影法，如图 1-6 所示。

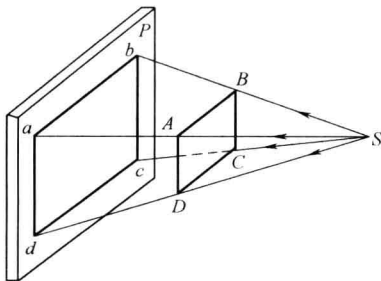


图 1-5 中心投影法

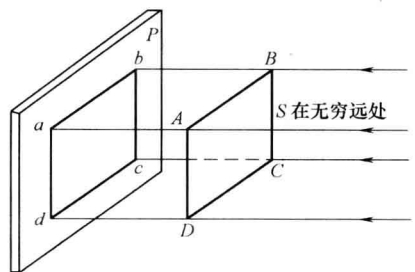


图 1-6 平行投影法

在图 1-6 中，无论空间四边形 $ABCD$ 离投影面多远，其投影四边形 $abcd$ 与空间四边形 $ABCD$ 都相同。因此，平行投影法可以用于绘制机械图样。图 1-6 中的平行投影又称为正投影。正投影得到的投影图能如实表达空间物体的形状和大小，作图比较方便，因此在机械制



图中得到了广泛应用。

3. 三视图的形成

(1) 三投影面体系 为了表达物体的形状，通常采用互相垂直的三个投影面建立一个三投影面体系。正立位置的投影面称为正投影面，用 V 表示；水平位置的投影面称为水平投影面，用 H 表示；侧立位置的投影面称为侧投影面，用 W 表示。两投影面的交线称为投影轴。正投影面 (V 面) 与水平投影面 (H 面) 的交线称为 X 轴；水平投影面 (H 面) 与侧投影面 (W 面) 的交线称为 Y 轴；正投影面 (V 面) 与侧投影面 (W 面) 的交线称为 Z 轴。 X 、 Y 、 Z 三轴的交点称为原点，用 O 表示，如图 1-7a 所示。投影面的展开与三视图的形成如图 1-7b 所示。正投影面所得投影为主视图，水平投影面所得投影为俯视图，侧投影面所得投影为左视图。

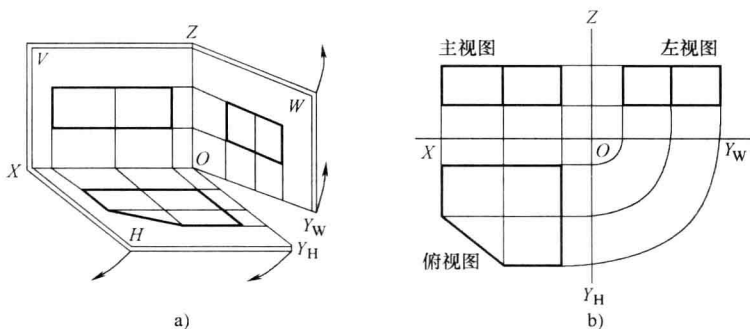


图 1-7 三视图

a) 三投影面 b) 三视图的形成

(2) 三视图的投影规律 图 1-7b 所示物体的三个视图不是孤立的，而是彼此关联的。主视图反映了物体的高度和长度，俯视图反映了物体的长度和宽度，左视图反映了物体的高度和宽度。换句话说，物体的长度由主视图和俯视图同时反映，高度由主视图和左视图同时反映，宽度由俯视图和左视图同时反映。由此可得出物体三视图的投影规律：

主视图与俯视图——长对正；

主视图与左视图——高平齐；

俯视图与左视图——宽相等。

简称“长对正、高平齐、宽相等”。

不仅整个物体的三视图应符合上述投影规律，物体上的每一组成部分的三个投影也应符合上述投影规律。读图时，也必须以这些规律为依据，找出三个视图中相对应的部分，从而想象出物体的结构形状。

(3) 基本几何形体的三视图 图样上的视图是用图线来表示每个面的界限的，一个视图上会有一个或多个线框。在基本几何形体的视图图中，其线框的构成有一定的规律，因此，掌握基本几何形体的三视图特征，对于看懂机器零件的图样有很大的帮助。图 1-8、图 1-9、图 1-10、图 1-11、图 1-12 所示为常见的基本几何形体的三视图。

4. 形体的截割与相贯

物体的表面经常会出现平面与平面、平面与曲面、曲面与曲面相交的情况。两面相交时所形成的表面交线分为截交线和相贯线。

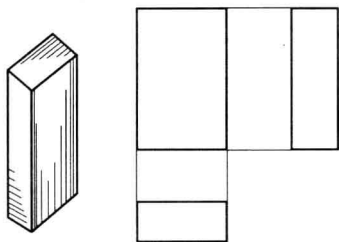


图 1-8 长方体

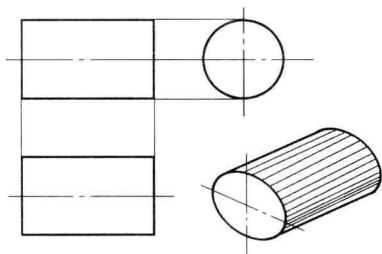


图 1-9 圆柱体

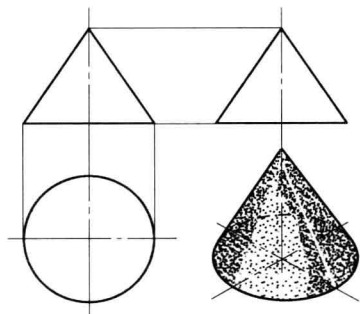


图 1-10 圆锥体

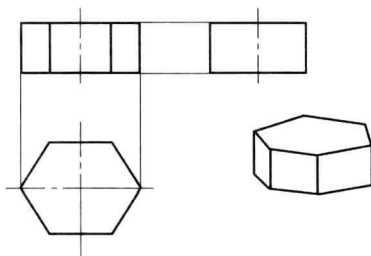


图 1-11 六棱柱体

(1) 截割 平面与其他形体相交称为截割，由此产生的交线称为截交线，相交平面称为截平面，如图 1-13 所示。

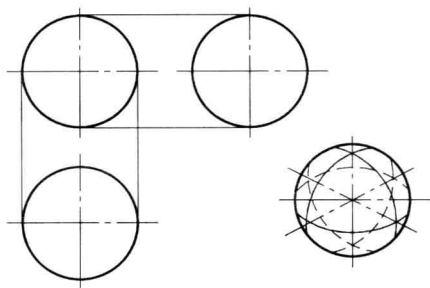


图 1-12 球体

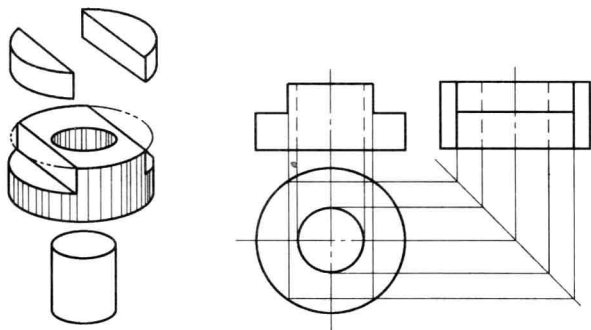


图 1-13 截割形体投影

(2) 相贯。圆柱与圆柱的相交称为相贯，由此形成的交线称为相贯线。两轴线垂直相交的两圆柱相贯是常见的相贯形式，如图 1-14 所示。

5. 组合体的尺寸标注

视图表达了物体的形状，而物体的真实大小则是由图样上所标注的尺寸确定的。任何物体都具有长、宽、高三个方向的尺寸，只有视图上形体的尺寸齐全，才能反映各基本几何形体的大小。图 1-15 所示为轴承支座的尺寸标注。

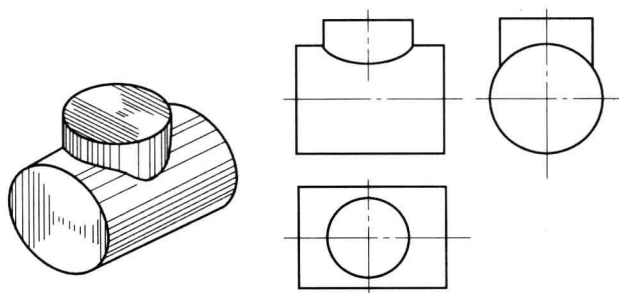


图 1-14 相贯形体投影

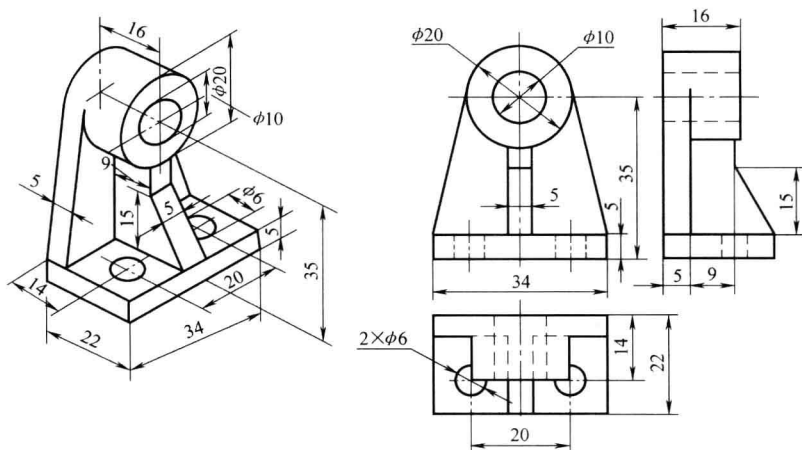


图 1-15 轴承支座的尺寸标注

二、零件的表达方法

为了将实际生产中零件结构形状正确、完整、清晰地表达出来，国家标准《机械制图》规定了零件基本视图、剖视图、断面图等各种表达方法。

1. 零件视图

零件视图为零件向投影面投影所得的图形。一般只画出零件的可见部分，必要时才画出其不可见部分。零件视图有基本视图、局部视图、斜视图和旋转视图四种。

(1) 基本视图 零件向基本投影面投影所得的图形称为基本视图。国家标准规定，采用正六面体的六个面作为基本投影面，如图 1-16 所示。

如图 1-16a 所示，将零件放在正六面体中，从前、后、左、右、上、下六个方向分别向六个基本投影面投影，然后按图 1-16a 规定的方法展开，正投影面不动，其余各面按箭头所指方向旋转展开，与正投影面成一个平面，从而得到六个基本视图，如图 1-16b 所示。

六个基本视图的名称和投影方向分别为：

主视图——由前向后投影所得到的视图；

俯视图——由上向下投影所得到的视图；

左视图——由左向右投影所得到的视图；

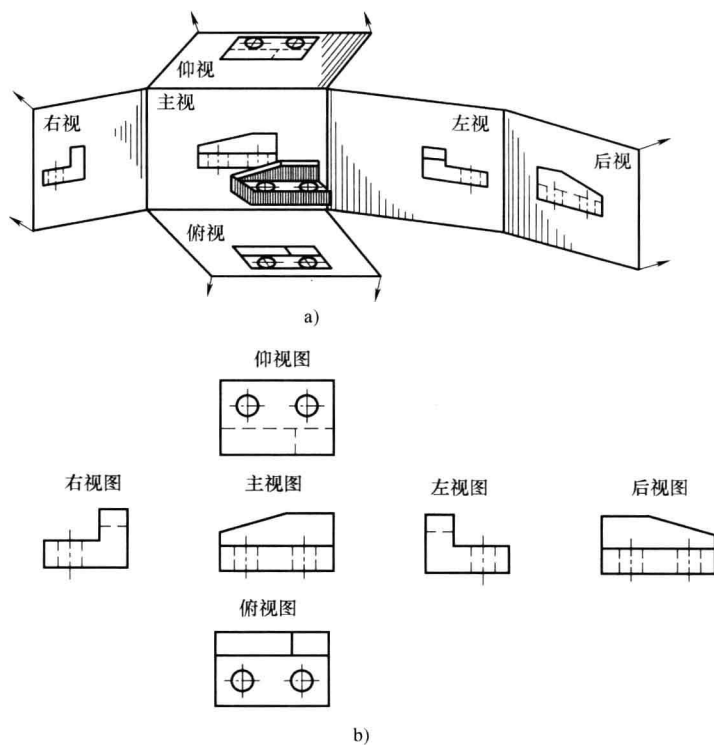


图 1-16 六个基本视图
a) 基本投影面 b) 基本视图

右视图——由右向左投影所得到的视图；

仰视图——由下向上投影所得到的视图；

后视图——由后向前投影所得到的视图。

(2) 局部视图 零件的某一部分向基本投影面投影而得到的视图称为局部视图。局部视图是不完整的基本视图，如图 1-17 所示。在图 1-17 中，A 向、B 向视图为零件的两个局部视图。

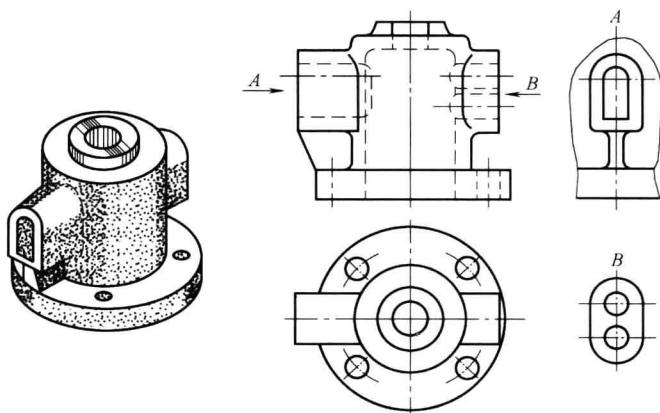


图 1-17 局部视图



(3) 斜视图 零件向不平行于任何基本投影面的平面投影所得到的视图称为斜视图, 如图 1-18 所示。

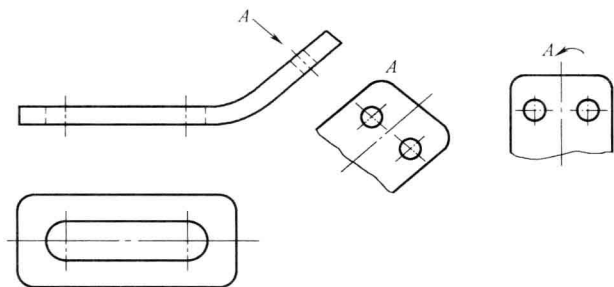


图 1-18 斜视图

在图 1-18 中, A 向视图为零件的斜视图。为了绘图方便, 可将 A 向斜视图放正。

(4) 旋转视图 假想将零件的倾斜部分旋转到与某一选定的基本投影面平行后, 再向该投影面投影所得到的视图称为旋转视图, 如图 1-19 所示。

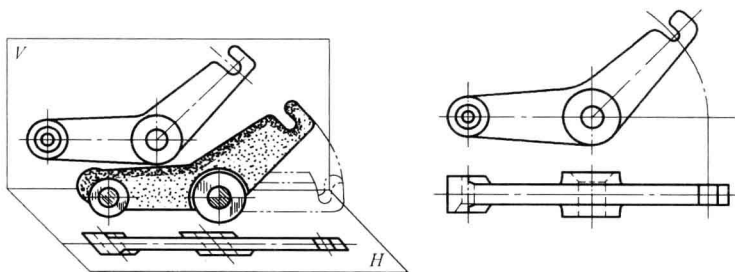


图 1-19 旋转视图

2. 剖视图

在基本视图中, 表达零件内部结构形状时都用虚线表示。如果视图中的虚线过多, 不仅会使视图不够清晰, 而且标注尺寸也不方便。为了清晰地表达零件内部结构形状, 常采用剖视图。

(1) 剖视图的形成 用假想的剖切平面剖开零件, 将处于观察者和剖切平面之间的部分移去, 而将其余部分向投影面投影所得到的图形即为剖视图。剖视图分为全剖视图, 如图 1-20 所示; 半剖视图, 如图 1-21 所示; 局部剖视图, 如图 1-22 所示; 阶梯剖视图, 如图 1-23 所示。

(2) 断面图 假想用剖切平面将零件的某部位切断, 仅画出断面的图形, 此图形称为断面图, 简称断面, 如图 1-24 所示。

3. 其他表达方法

为了完全反映各种零件的形状, 国家标准《机械制图》规定了反映零件形状的其他方法。

(1) 局部放大图 将零件的部分结构用大于原图形所采用的比例绘制出的图形, 称为局部放大图, 如图 1-25 所示。

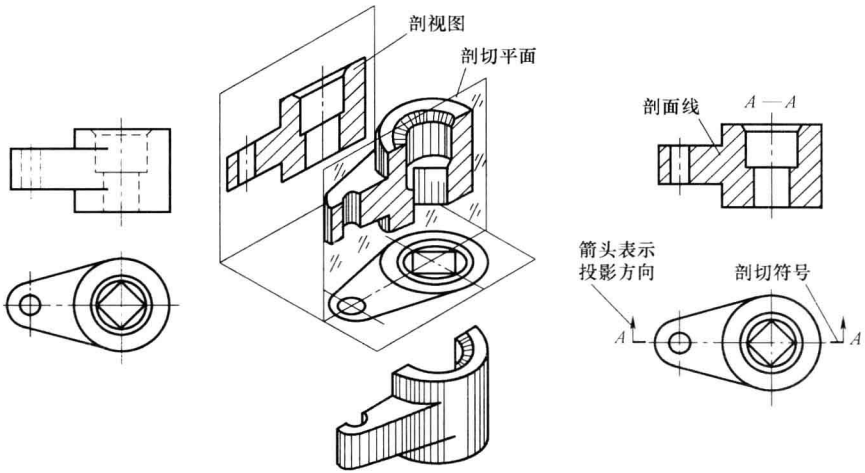


图 1-20 全剖视图

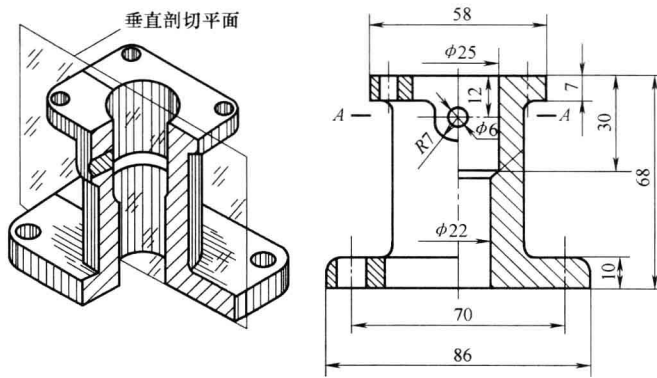


图 1-21 半剖视图

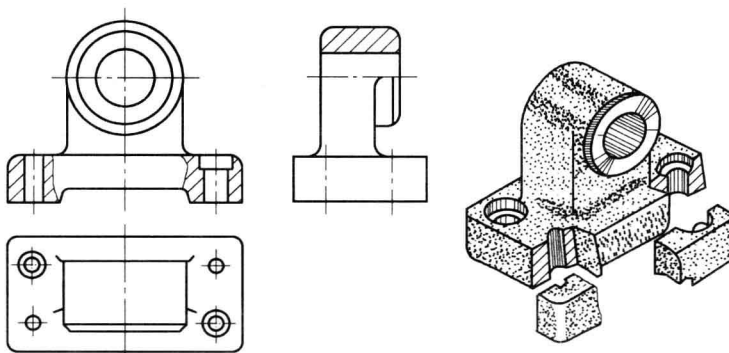


图 1-22 局部剖视图

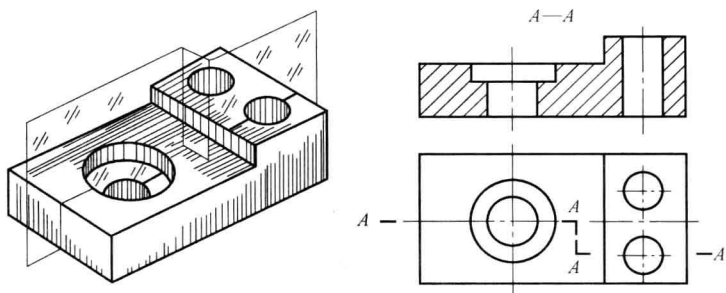


图 1-23 阶梯剖视图

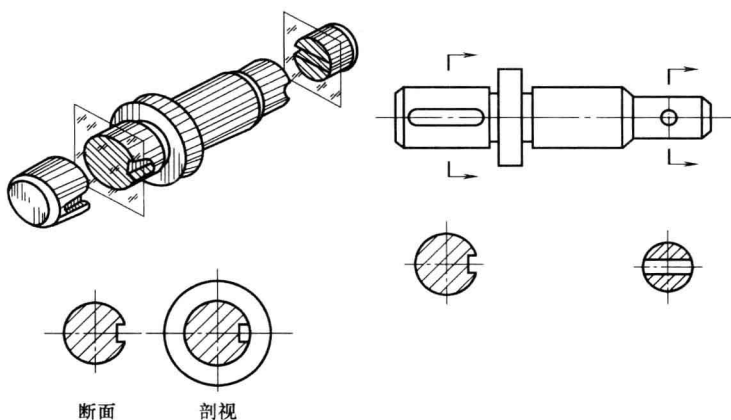


图 1-24 断面图

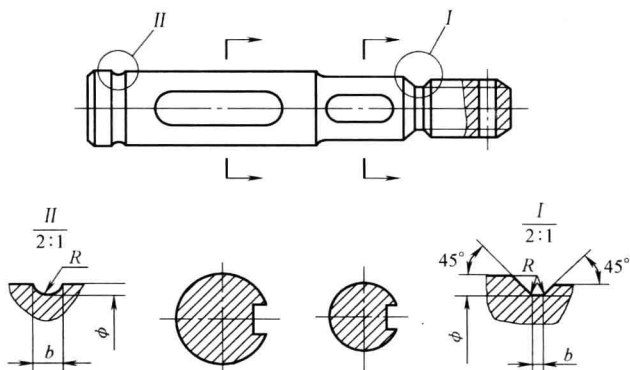


图 1-25 局部放大图

(2) 相同结构的简化 当零件上具有若干相同结构（齿、槽、孔等），并按一定规律分布时，只需画出几个完整结构，其余用细实线相连或标明中心位置，并注明总数即可，如图 1-26 所示。

(3) 折断画法 当较长的零件（轴、杆、型材等）沿长度方向的形状一致或按一定规律变化时，可断开缩短绘制，但必须按实际长度标注尺寸，如图 1-27 所示。

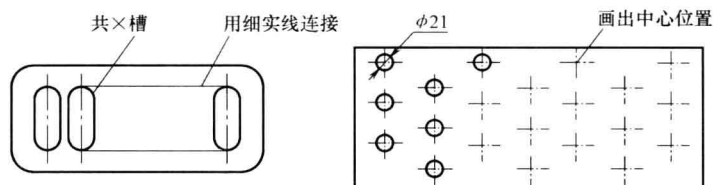


图 1-26 相同结构的简化

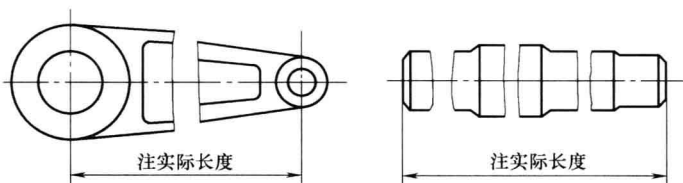


图 1-27 折断画法

(4) 斜度和锥度 斜度是指一直线对另一直线、一直线对一平面, 或者一平面对另一平面的倾斜程度, 如图 1-28 所示。

锥度是指正圆锥底圆直径与锥高(长)之比, 如图 1-29 所示。

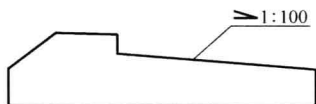


图 1-28 斜度

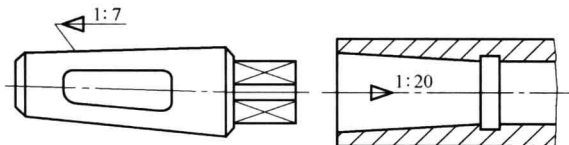


图 1-29 锥度

(5) 螺纹 许多零件上都有螺纹。加工在外表面的螺纹称为外螺纹, 加工在内表面的螺纹称为内螺纹。内、外螺纹旋合在一起, 可起到联接、紧固、传动等作用。常用的螺纹种类有普通螺纹、管螺纹、梯形螺纹。

第二节 公差与配合的基础知识

孔、轴零件的“公差与配合”是一项应用广泛、涉及面广的重要技术和基础标准。在机器制造业中,“公差”用于协调机器零件的使用要求与制造经济性之间的矛盾,“配合”用于反映机器零件之间有关性能要求的相互关系。公差与配合的标准化,有利于机器的设计、制造、使用和维修,是评定产品质量的重要指标。其应用正确与否,直接影响产品的精度、性能、使用寿命和制造成本。

一、基本术语及定义

1. 孔与轴的定义

孔主要是指工件圆柱形的内尺寸要素,也包括非圆柱形的内尺寸要素。

轴主要是指工件圆柱形的外尺寸要素,也包括非圆柱形的外尺寸要素。



由此定义可知，孔、轴并不一定是圆柱形的。

2. 尺寸

用特定单位表示线性尺寸值的数字称为尺寸。机器设计与制造过程中使用的长度基本单位是毫米（mm）。

- (1) 公称尺寸 由图样规范确定的理想形状要素的尺寸称为公称尺寸。
- (2) 实际尺寸 零件加工后，通过测量获得的尺寸。
- (3) 极限尺寸 允许尺寸变化的两个极限值称为极限尺寸，分为上极限尺寸和下极限尺寸。

3. 公差与偏差

(1) 尺寸偏差（简称偏差） 某一尺寸减去公称尺寸所得的代数差称为尺寸偏差。某一尺寸包含极限尺寸和实际尺寸，所以尺寸偏差有极限偏差和实际偏差之分。

(2) 上、下极限偏差 上极限尺寸减去公称尺寸所得的代数差称为上极限偏差；下极限尺寸减去公称尺寸所得的代数差称为下极限偏差。

因为极限尺寸和实际尺寸之差可能大于、小于或等于公称尺寸，所以偏差可以为正值、负值或零。

(3) 实际偏差 实际尺寸减去公称尺寸的代数差称为实际偏差。

4. 尺寸公差（简称公差）

在加工过程中允许尺寸的变动量称为尺寸公差。公差是尺寸的允许变动范围，因此公差没有正负的含义。从加工的角度看，公称尺寸相同的零件，公差值越大，加工就越容易；反之，加工就越困难。

5. 零线与尺寸公差带

图 1-30 所示为孔、轴的公差与配合示意图，它表明了两个相互结合的孔、轴的公称尺寸、极限尺寸、极限偏差与公差的相互关系。

在实际应用中，为简化起见，可以不必画出孔与轴的全形，只要按照标准的规定将有关的部分放大画出来就可以了。这种图示方法称为公差与配合图解，简称公差带图，如图 1-31 所示。

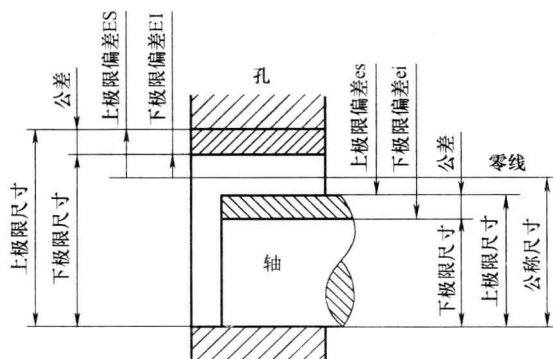


图 1-30 公差与配合示意图

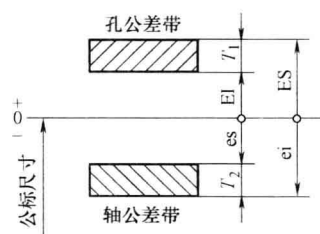


图 1-31 公差带图

(1) 零线 在公差带图中，确定偏差的一条基准直线（即零偏差线）称为零线。通常零线表示公称尺寸。零线画成水平线段，在其左端标上“0”和“+”、“-”号，在其左