

高等职业教育机电类专业教学改革规划教材

机械制图

主编 李典灿 张 坤 刘小艳
参编 申 俊 陶东波 卢香利



机械工业出版社

机械工业出版社版权所有

本书根据高职高专机械类专业对应的课程知识要求,结合当前机械制造业对高职高专机械类专业学生的要求,在前期课程改革的基础上,将传统的“机械制图”课程知识体系进行重新编排,以模块的形式设计内容,配置相应的学习任务与知识点,将教、学、做有机地结合在一起,遵循“必需、够用为度”的教学原则,共设置了机械制图基本技能、几何体三视图识读与绘制、组合体三视图的识读与绘制、轴测图的绘制、机件外形的表达方法、第三角画法及减速器的绘制七个模块。前六个模块的目标是机械制图基本知识和技能的夯实,第七个模块的目标是绘图技能的提升。

本书采用现行的技术制图、机械制图国家标准,可作为高职高专院校“机械制图”课程的教学用书,也可作为职工大学、函授院校、中职学校“机械制图”课程的教材。

本书有配套出版的习题集,并提供相关电子教学课件。

图书在版编目(CIP)数据

机械制图/李典灿,张坤,刘小艳主编. —北京:机械工业出版社, 2019.2

高等职业教育机电类专业教学改革规划教材

ISBN 978-7-111-60921-6

I. ①机… II. ①李… ②张… ③刘… III. ①机械制图-高等教育-教材 IV. ①TH126

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第047348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:赵志鹏 责任编辑:赵志鹏 徐梦然

责任校对:陈越 封面设计:马精明

责任印制:郜敏

北京玥实印刷有限公司印刷

2019年6月第1版第1次印刷

184mm×260mm·11.5印张·267千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-60921-6

定价:30.00元

电话服务

客服电话:010-88361066

010-88379833

010-68326294

封底无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

金书网:www.golden-book.com

机工教育服务网:www.cmpedu.com

机械工业出版社版权所有

前言



本书是湖南机电职业技术学院重点课程建设的成果之一。本书以“简明实用”的编写宗旨、“以做为主”的编写思路、“任务引领”的编写体系、“以例代理”的编写风格，对于基本理论，贯彻实用为主、够用为度的原则，广而不深、点到为止。

本书的特点是：

一、参编教师结合自己多年的企业工作经历及教学工作经验，对教学改革进行深层次的思索，打破传统的知识体系，按工作任务中的知识要求和技能要求，设置与工作任务相对应的学习内容，将理论教学与工程实践有机地结合在一起，将各知识点遵循“必需、够用为度”的教学原则，分学期融入各模块中。

二、遵循“教、学、做”合一的教学模式，对老师、学生都提出要求，强调“教、学、做”合一，重点培养学生的动手能力。如减速器的绘制部分，要求结合企业使用的图样进行学习，能绘制技术要求合理的、基本能用于生产的机械图样。

三、进行了合理的教学设计，强调测量、读图、绘图三位一体训练，模型测量与绘图训练同步进行，以达到“在做中学，在学中做”的目的。

本书共分为七个模块，分别为模块1：机械制图基本技能；模块2：几何体三视图识读与绘制；模块3：组合体三视图的识读与绘制；模块4：轴测图的绘制；模块5：零件外形的表达方法；模块6：第三角画法；模块7：减速器的绘制。建议前六个模块放到第一学期学习，完成机械制图基本知识和技能的夯实，第7个模块放到第二学期学习，完成绘图技能的提升。

参加本书编写的有湖南机电职业技术学院的李典灿、张坤、刘小艳、申俊、陶东波、卢香利。其中全书的主体内容由李典灿提供，刘小艳对内容进行录入和编辑，申俊、陶东波、卢香利进行协助，张坤对校核后的电子稿进行了审读修改，同时李典灿负责教材内容模版的安排、定稿、校核。

时代在前进，改革的脚步不停止，我们一直处于积累经验和不断求索改进的过程中，编者水平有限，书中难免存在疏漏和不足，希望同行专家和读者能给予批评指正，不胜感谢！

编者

目 录



前 言

模块 1 机械制图基本技能	1
任务 1.1 了解机械制图国家标准	1
任务 1.2 绘制平面几何图形	11
模块 2 几何体三视图的识读与绘制	19
任务 2.1 投影法与三视图	19
任务 2.2 基本体三视图的绘制	34
任务 2.3 截切几何体三视图的绘制	43
任务 2.4 相贯体三视图的绘制	47
模块 3 组合体三视图的识读与绘制	51
任务 3.1 组合体三视图的识读与初步绘制	51
任务 3.2 组合体三视图的尺寸标注	57
任务 3.3 组合体三视图的绘制	60
模块 4 轴测图的绘制	66
任务 正等轴测图的绘制	66
模块 5 零件外形的表达方法	73
任务 辅助视图表达方法	73
模块 6 第三角画法	78
任务 了解第三角画法	78
模块 7 减速器的绘制	82
任务 7.1 减速器装配示意图的绘制	82
任务 7.2 输出轴零件图的绘制	85
任务 7.3 齿轮轴（输入轴）零件图的绘制	108
任务 7.4 齿轮零件图的绘制	112
任务 7.5 端盖零件图的绘制	116
任务 7.6 箱体零件图的绘制	122
任务 7.7 减速器装配图的绘制	127
附录	151
附录 A 螺纹	151
附录 B 螺纹紧固件	154

附录 C 键与销	164
附录 D 滚动轴承	170
附录 E 轴和孔的极限偏差	172
参考文献	177

机械工业出版社版权所有

模块1



机械制图基本技能

任务 1.1 了解机械制图国家标准



学习目标

掌握《机械制图》有关图线、字体、比例、尺寸标注的相关国家标准，能正确使用绘图工具与仪器，按《机械制图》相关国家标准完成线型综合练习，养成细致、耐心、严谨、不畏困难的学习态度与习惯。



任务载体

线型综合练习。



任务展示与要求

按 1:1 的比例在 A4 的图纸上按《机械制图》国家标准抄画图 1-1。



任务实施

一、任务分析

要完成线型综合练习，需了解 A4 的图纸大小、比例有哪些、图中有关数字、图线的粗细、连续与非连续的

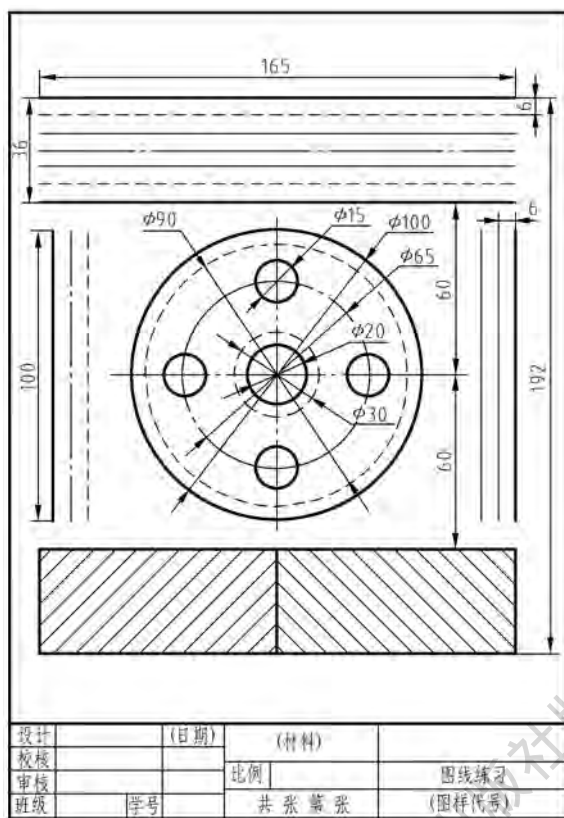


图 1-1 线型综合练习



要求、用什么绘制完成、相关工具与仪器使用方法有何规定。

二、知识链接

为便于企业生产管理的技术交流，国家质量技术监督局制订并颁布了一系列国家标准，其中《技术制图》与《机械制图》是有关制图方面的两个重要标准。我国国家标准（简称国标）的代号为“GB”，例如，GB/T 14689—2008《技术制图 图纸幅面和格式》，即表示制图标准中对图纸幅面和格式的规定。其中 T 为推荐性标准（若无 T，则为强制执行的标准），14689 为发布顺序号，2008 是年号。要注意的是，《机械制图》标准适用于机械图样，而《技术制图》标准，则适用于工程界各种专业的技术图样。

接下来介绍制图标准中的图纸幅面、比例、字体、尺寸标注和图线等基本规定。

（一）图幅图框

1. 图纸幅面

为了使图纸幅面统一，便于装订与管理，并符合缩微复制的要求，必须按下列要求选用图纸幅面。

1) 优先采用表 1-1 中规定的基本幅面尺寸。

表 1-1 基本幅面尺寸

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

基本幅面有 5 种，其尺寸关系如图 1-2 所示。

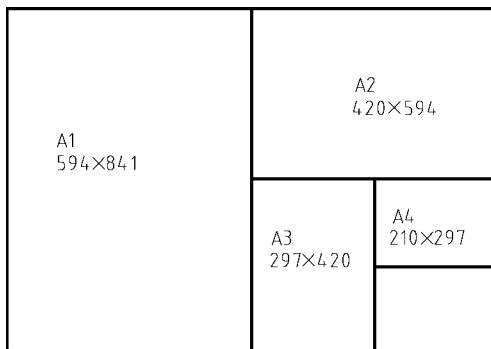


图 1-2 基本幅面尺寸关系

表中边框 a 、 c 、 e 尺寸如图 1-3 所示。

2) 必要时允许使用加长幅面，其尺寸必须是由基本幅面的短边成整数倍增加得到。

2. 图框格式

在图纸上必须用粗实线画出图框。图框格式有两种：不留装订边式样和留装订边式样。图 1-3a 为留装订边式样，图 1-3b 为不留装订边式样，同一种产品图样只能采用一种格式。

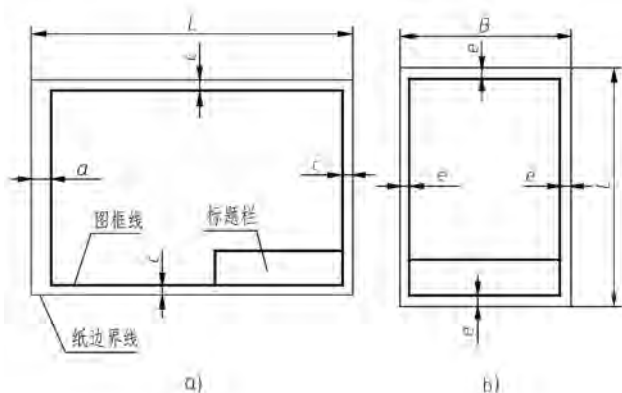


图 1-3 图框格式

另外，图纸有横式（见图 1-3a）和竖式（见图 1-3b）。

3. 标题栏与看图方向

在图框线的右下角，必须画出标题栏，一般情况下，标题栏中文字方向即为看图方向。

国家标准（GB/T 10609.1—2008）对标题栏作了规定，如图 1-4 所示，建议生产中采用。在制图教学练习中，可采用如图 1-5 所示简化格式。

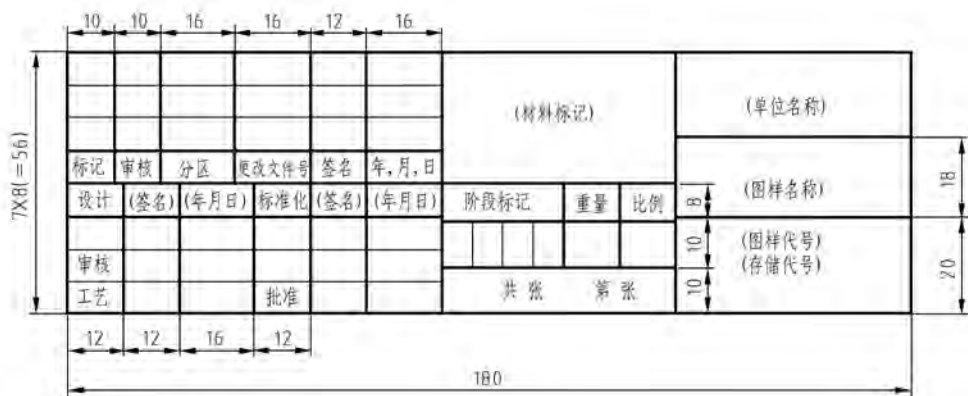


图 1-4 标题栏格式（一）

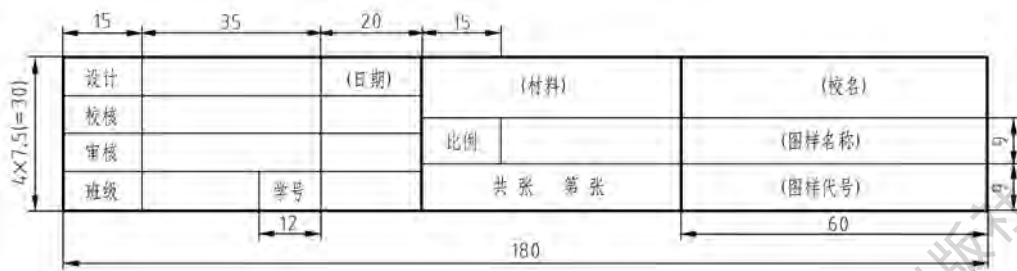


图 1-5 标题栏格式（二）

机械工业出版社版权所有



为绘制或复制图样方便，在各边长处分别画出对中符号，如图 1-6a 所示。

在某些特殊情况下，看图方向与标题栏文字的方向不一致，此时为了明确绘图与看图的方向，应在对应中线处画上等边三角形，即表示看图方向，如图 1-6b 所示。

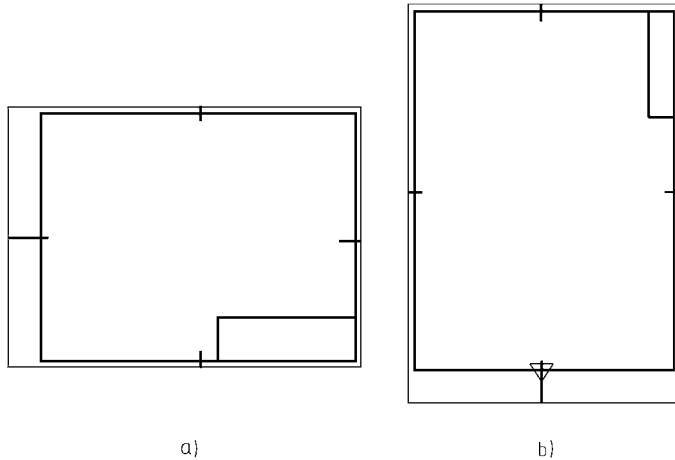


图 1-6 对中符号的应用

(二) 比例 (GB/T 14690—1993)

图样中的比例是图中图形与实物相应要素的线性尺寸之比。比值为 1 的比例，即 1 : 1，叫作原值比例，为绘图、看图方便，应尽可能地采用原值比例 1 : 1 画图。根据零件大小和复杂程度可放大或缩小，比值大于 1 的比例叫作放大比例，比值小于 1 的比例叫作缩小比例。表 1-2 所示为常用的比例。

不论采用何种比例，图样中标注的尺寸数值必须是零件的实际尺寸，与图样的准确程度、比例大小无关，如图 1-7a、b、c 所示。

表 1-2 常用比例

原值比例	1 : 1					
放大比例	10 : 1	5 : 1	4 : 1	2.5 : 1	2 : 1	
缩小比例	1 : 5	1 : 4	1 : 3	1 : 2.5	1 : 2	1 : 1.5

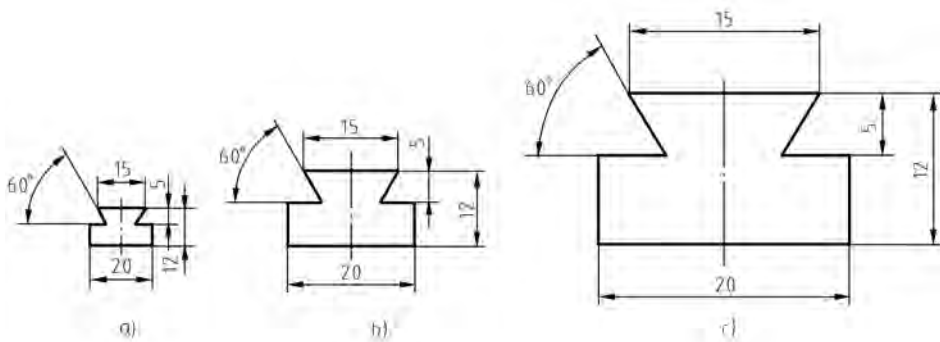


图 1-7 不同比例的图形

a) 1 : 2 绘图 b) 1 : 1 绘图 c) 2 : 1 绘图



(三) 字体 (GB/T 14691—1993)

图样中书写的字体必须做到：字体工整，笔画清楚，间隔均匀，排列整齐。汉字应写成长仿宋体，并应采用国家正式公布推行的简化字。

字体示例如下所示。

1. 汉字

10号字

字体工整 笔画清楚 间隔均匀 排列整齐

7号字

汉字应写成长仿宋体，并应采用国家正式公布推行的简化字

5号字

图样中标注的尺寸数值必须是零件的实际尺寸

2. 阿拉伯数字

0123456789

3. 大写拉丁字母

A B C D E F G H I J K L M N O P

4. 小写拉丁字母

a b c d e f g h i j k l m n o p q

5. 罗马数字

I II III IV V VI VII VIII IX X

数字、字母有斜体和直体两种形式。

字体的号数，即字体的高度（用 h 表示，单位为 mm），分为 20、14、10、7、5、3.5、2.5、1.8（汉字字高不应小于 3.5mm）八种。字体的宽度 $h/\sqrt{2}$ 。

用作指数、分数、极限偏差、注脚等的数字及字母，一般采用小一号字体。

(四) 图线 (GB/T 4457.4—2002)

图线是图样中重要内容之一，图线的正确与否，不但影响图样的准确性，而且还影响图样的美观。








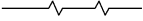
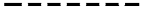
1. 基本线型

国家标准《技术制图 图线》(GB/T 17450—1998) 规定了各种技术绘图用的 15 种



线型。在机械制图中，建议采用 9 种基本线型，其用途见表 1-3。

表 1-3 基本线型与应用

图线名称	图线形式	图线宽度	一般应用举例
粗实线		d	可见轮廓线
细实线		$d/2$	尺寸线及尺寸界线 剖面线 重合断面的轮廓线 过渡线
细虚线		$d/2$	不可见轮廓线
细点画线		$d/2$	轴线 对称中心线
粗点画线		d	限定范围表示线
细双点画线		$d/2$	相邻辅助零件的轮廓线 可动零件的极限位置的轮廓线轨迹线
波浪线		$d/2$	断裂处的边界线 视图与剖视图的分界线
双折线		$d/2$	同波浪线
粗虚线		d	允许表面处理的表示线

2. 图线宽度

工程图样中，图线宽度 d 值（mm）必须在下列数值中选取：0.13、0.18、0.25、0.35、0.5、0.7、1.0、1.4、2。数值的大小应根据图幅的大小而定，制图作业中，粗实线的宽度取 $d=0.5\text{mm}$ 或 0.7mm ，细实线的宽度则取粗实线的 $1/2$ 。

3. 图线的应用

1) 在同一张图样中，同类图线的宽度应一致。虚线、点画线等，其线段长度、间隔应大致相同。

2) 绘制圆的对称中心线时，其圆心相交处是线段，超出轮廓线的长度为 $2\sim 5\text{mm}$ ，当圆的直径较小时，中心线可用细实线代替，如图 1-8、图 1-9 所示。

3) 当虚线、点画线相交或与其他图线相交时，应是线段相交；当虚线处于粗实线的延长线上时，虚线与粗实线之间应留有空隙，如图 1-9 所示。

（五）尺寸标注（GB/T 4458.4—2003）

尺寸是图样中的重要内容，是生产过程中的直接依据。标注尺寸时，必须严格遵守国家标准的规定，做到正确、完整、清晰、合理。

1. 基本规定

1) 零件的真实大小应以图样上所注尺寸数值为依据，与图形大小及准确性无关。

2) 图样中的尺寸以 mm 为单位时，不需标注计量单位符号或名称。如采用其他单位，则必须注明相应的单位符号。

3) 图样中所注尺寸，为该图样所示零件的最后完工尺寸，否则应另加说明。

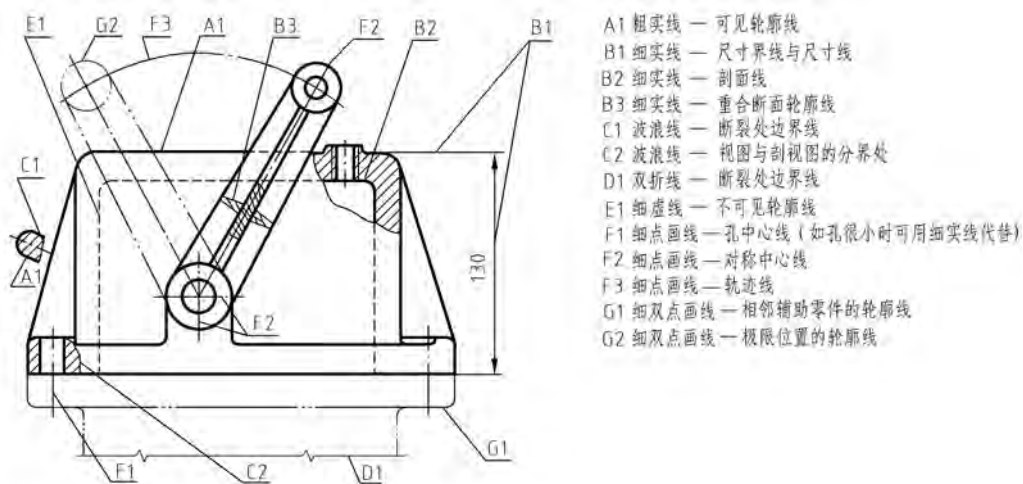


图 1-8 图线的应用 (一)

4) 零件的每个尺寸, 一般只标注一次, 并应在该结构最清晰的图上。

2. 尺寸的组成要素

一个完整的尺寸, 应包括尺寸界线、尺寸线和尺寸数字, 如图 1-10 所示。尺寸线两端需标有尺寸线终端, 尺寸线终端一般为箭头, 箭头的宽度为 d , 长度为 $3.5 \sim 5\text{mm}$; 尺寸数字一般写在尺寸线的上方, 与尺寸线垂直, 水平方向保持字头朝上, 倾斜方向保持向上的趋向, 垂直方向在尺寸线的左边, 且字头朝左, 数字的字高为 h 。

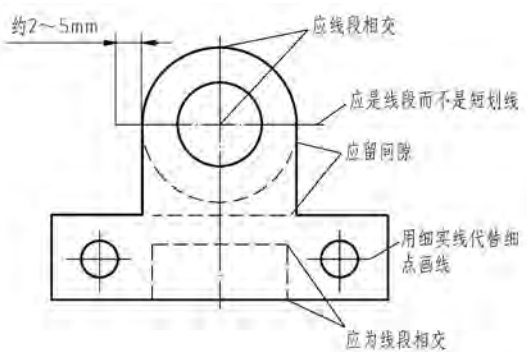


图 1-9 图线的应用 (二)

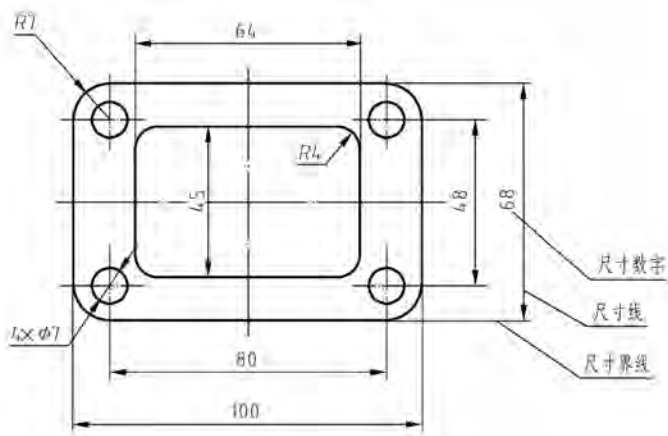


图 1-10 尺寸要素



尺寸线终端的箭头，在土木建筑图中用 45° 斜线代替，斜线高度为 h ，如图 1-11 所示。

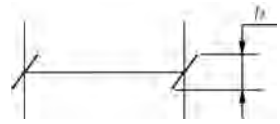


图 1-11 斜线代替箭头

3. 尺寸标注注意事项

(1) 尺寸界线

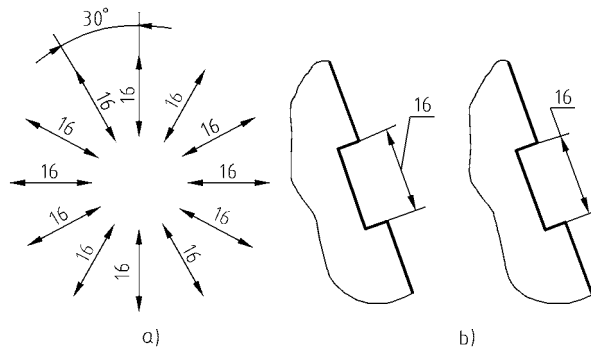
图形的轮廓线、轴线或对称中心线及其引出线可作尺寸界线；尺寸界线与尺寸线垂直，超出尺寸线 $2\sim 5\text{mm}$ 。

(2) 尺寸线

尺寸线不能用图线代替，也不能与图线重合或画在其延长线上；尺寸线应与所标注的图线平行，尺寸线之间的距离一般不小于 7mm ；尺寸线之间或与尺寸界线之间应避免交叉。

(3) 尺寸数字

尺寸数字可写在尺寸线的上方或中断处，不能有任何图线通过，必要时将图线断开；尽量不要在如图 1-12a 所示的 30° 范围内标注尺寸，当无法避免时应引出标注，如图 1-12b 所示。

图 1-12 避免在 30° 范围内标注尺寸

4. 标注示例

直径、圆弧半径和角度的标注示例见表 1-4。

表 1-4 标注示例

项目	图 例	说 明
直径和半径		<p>标注直径时，在尺寸数字前加符号“ϕ”，标注半径时加符号“R”，其尺寸线应通过圆心，尺寸线的终端应画成箭头，如图 a 所示；当圆弧半径过大或在图纸范围内无法标注圆心位置时可按图 b 标注</p>



(续)

项目	图 例	说 明
角 度		<p>标注角度尺寸的尺寸界线应沿着径向引出,尺寸线是以角度顶点为圆心的圆弧线,角度的数字应水平注写,角度较小时也可用指引线引出标注</p>
小 尺 寸		<p>没有足够地方画箭头或注写尺寸数字的小尺寸,可按图示形式进行标注</p>

(六) 绘图工具与仪器

随着科技的发展,绘图仪器在不断地改进,绘图的速度和质量得以迅速提高,但常用的绘图工具和仪器的使用,仍是绘图工作的基础,必须了解并熟练掌握它们的使用方法。

1. 图板

图板用来铺放图纸,要求图板表面平整、光洁、软硬适中,左右硬边要平直,左边为丁字尺的导向边。要注意保护图板,防止产生变形和损坏。

2. 丁字尺和三角板

丁字尺由尺头和尺身组成,一般由塑料制造。绘图时,丁字尺的尺头要紧贴图板左边,上下移动,便可画出一系列的水平线,如图 1-13a 所示。不用时,要悬挂放置,以防止变形。

三角板由 45°和 30°(60°) 两块组成。绘图时,单块三角板与丁字尺配合使用,可以画出 30°、45°、60°的斜线和垂直线,如图 1-13b、图 1-13c 所示;两块三角板与丁字尺配合使用,可以画出 15°、75°的斜线,如图 1-13d 所示。

画线时注意铅笔的走向,如图 1-13 中箭头所示。

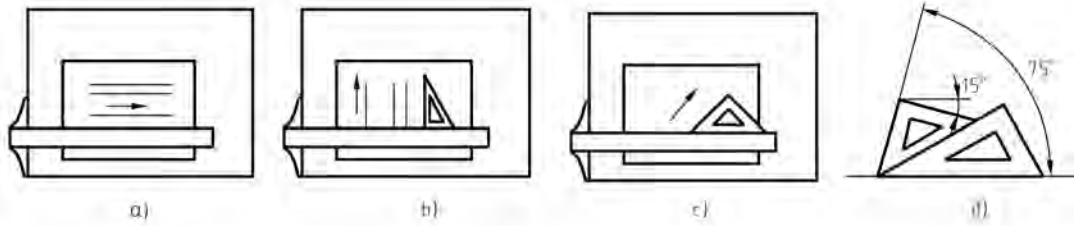


图 1-13 尺规绘图

3. 铅笔

绘图用铅笔，其笔芯的软硬程度要合适，“H”表示硬性铅笔，“B”表示软性铅笔。一般可用 H 型铅笔画底稿，用 HB 型铅笔写字和加深图线，用圆规加深图线时使用 B 型铅笔。

铅笔应削成如图 1-14 所示形状，图 1-14a 锥形铅笔用来画细实线和写字，图 1-14b 矩形铅笔用来加深图线，其宽度即为图线的宽度。

绘图时要保持铅笔适当的斜度，并养成良好的习惯，铅笔不要来回重复画线，要及时削制铅笔，以保证图线的宽度一致。要注意铅笔的用力，以保证图线的宽度一致、图线的深浅一致，清晰、透亮。

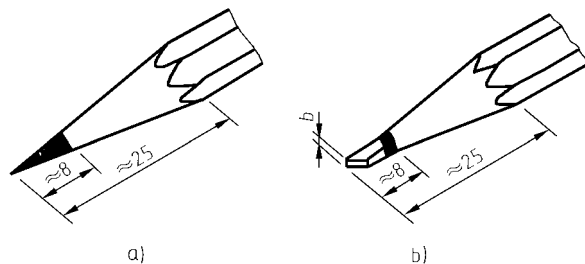


图 1-14 铅笔的削制

4. 圆规与分规

圆规用来画圆弧线。画线时，定心针脚用有台阶的一端，以避免图纸上针孔的不断扩大。画大圆时，注意针脚与图面保持垂直状，如图 1-15a 所示。

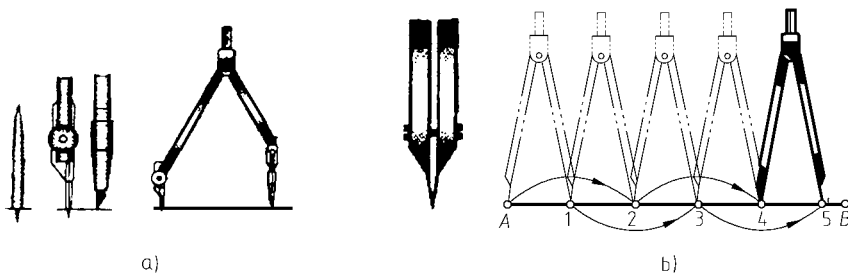


图 1-15 圆规与分规



分规用来截取线段，等分直线或圆周，如图 1-15b 所示。

三、小试身手

利用绘图工具与仪器进行图线、字体、尺寸标注练习，要求采用不留装订边格式的图纸幅面（任务如图 1-1 线型综合练习）。

四、作品展示与评价

要求布图合理、图线、尺寸标注、文字书写规范。

五、课外拓展

完成配套习题集上有关字体、比例、图线、尺寸标注的相关习题。

六、任务小结

本任务通过学习机械制图国家标准及尺规的正确使用方法，完成线型综合练习的任务，通过任务的完成掌握机械制图国家标准相关知识，能正确使用尺规规范绘图。

任务 1.2 绘制平面几何图形



学习目标

掌握正确绘制平面几何图形的方法与步骤，以及圆弧连接的相关知识点，能熟练使用绘图工具与仪器正确抄画平面几何图形，包括尺寸标注。要求线型规范、布图合理，养成细致、耐心、严谨、不畏困难的学习态度与习惯。



任务载体

平面几何图形综合练习。



任务展示与要求

按 1 : 1 的比例在 A3 的图纸上按《机械制图》国家标准抄画图 1-16。

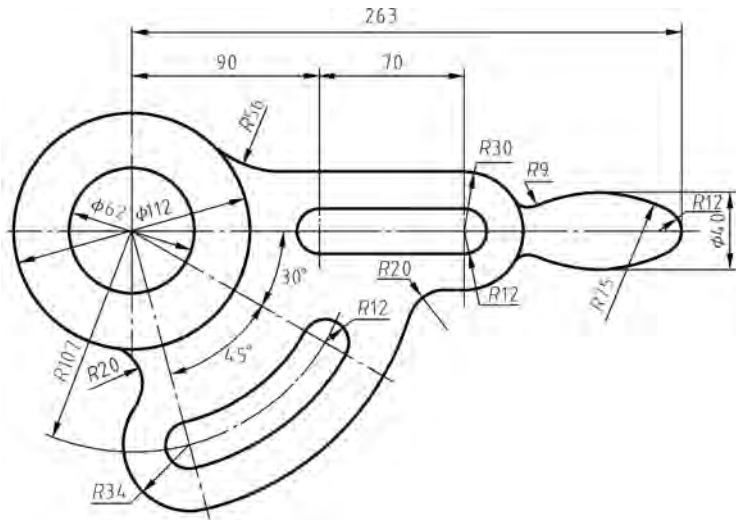


图 1-16 平面几何图形综合练习



任务实施

一、任务分析

要完成平面几何图形综合练习,需了解圆弧连接两已知直线、圆弧连接已知直线和圆弧、圆弧连接两已知圆弧(外切和内切)等相关知识点,并学会正确分析已知线段、中间线段和连接线段,理清绘图步骤。

二、知识链接

(一) 圆弧连接

用一段圆弧光滑连接相邻两已知线段(直线或圆弧)的作图方法称为圆弧连接。例如在图 1-17 中,用圆弧 $R16$ 连接两直线,用圆弧 $R12$ 连接一直线和一圆弧,用圆弧 $R35$ 连接两圆弧等。要保证圆弧连接光滑,作图时必须先求作连接圆弧的圆心以及连接圆弧与已知圆弧的切点,以保证连接圆弧与线段在连接处相切。

1. 用圆弧连接两已知直线

如图 1-18 所示,已知直线 AB 、 BC ,用半径为 R 的圆弧将其连接。

作法:

- 1) 作 AB 的平行线,距离为 R 。
- 2) 作 BC 的平行线,距离为 R ,得两直线的交点 O 。
- 3) 过交点 O 分别作已知直线的垂线,垂足为切点。
- 4) 以 O 为圆心,以 R 为半径画弧,即可将直线 AB 、 BC 连接。

2. 用圆弧连接已知直线和圆弧

如图 1-19 所示,已知直线 MN 和弧线 R_1 ,用半径为 R 的弧线将其连接。

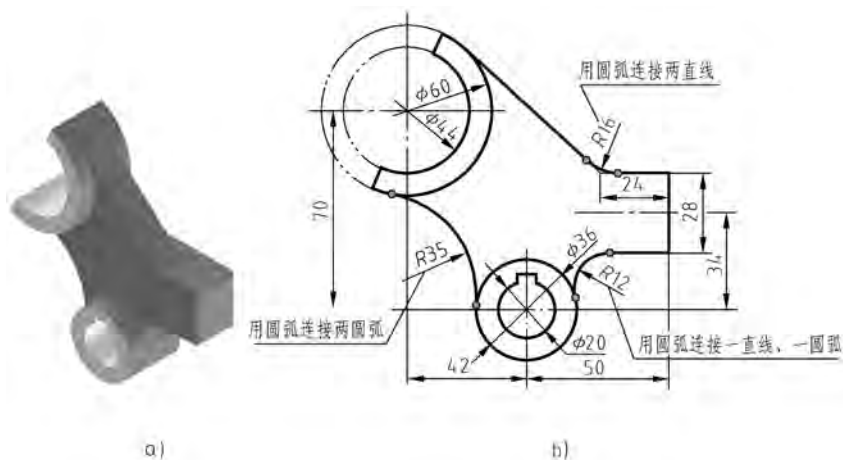


图 1-17 圆弧连接的三种情况

a) 拨叉 b) 三种情况示例

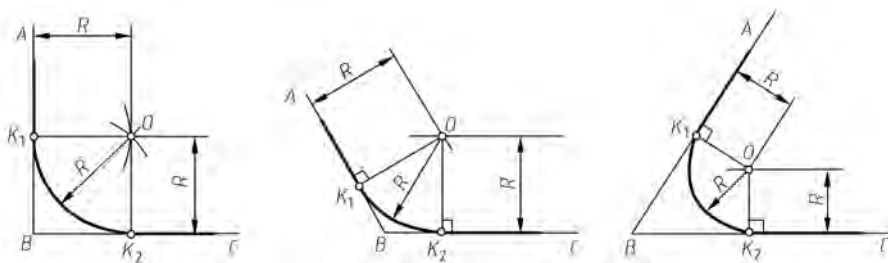


图 1-18 用圆弧连接两直线

作法：

- 1) 作 MN 的平行线，距离为 R 。
- 2) 以 R_1 与 R 之差为新的半径，以 O_1 为圆心画弧与 MN 的平行线相交，得交点 O 。
- 3) 过 O 点作 MN 的垂线；连 O_1O 延长与 R_1 弧线相交，即为垂足。
- 4) 以 O 为圆心，以 R 为半径画弧，即可将直线 MN 与弧线 R_1 光滑连接。

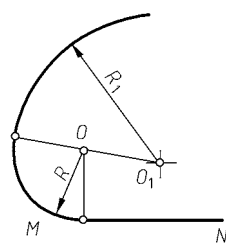


图 1-19 用圆弧连接
直线与圆弧

3. 圆弧与圆弧的外切连接

如图 1-20a 所示，已知两圆弧的圆心为 O_1 、 O_2 ，用半径为 R 的圆弧将其外切连接。

作法：

- 1) 以 R 与圆弧 O_1 的半径之和为新的半径，以 O_1 为圆心画弧；以 R 与圆弧 O_2 的半径之和为新的半径，以 O_2 为圆心画弧。两弧相交于 O 点。
- 2) 将交点 O 分别与 O_1 、 O_2 连接，与已知弧的交点为切点。



3) 以圆弧的交点 O 为圆心, 以 R 为半径画圆弧, 即可将其光滑连接。

4. 圆弧与圆弧的内切连接

如图 1-20b 所示, 已知两圆弧 O_1 、 O_2 , 用半径为 R 的圆弧将其内切连接。

1) 以 R 与圆弧 O_1 半径之差为新的半径, 以 O_1 为圆心画弧; 以 R 与圆弧 O_2 半径之差为新的半径, 以 O_2 为圆心画弧。两弧相交于 O 点。

2) 将交点 O 分别与 O_1 、 O_2 连接延长, 与已知弧的交点为切点。

3) 以圆弧的交点 O 为圆心, 以 R 为半径画弧, 即可将其光滑连接。

5. 圆弧与圆弧的内外切连接

如图 1-20c 所示, 为其作图过程, 请学生自行完成。

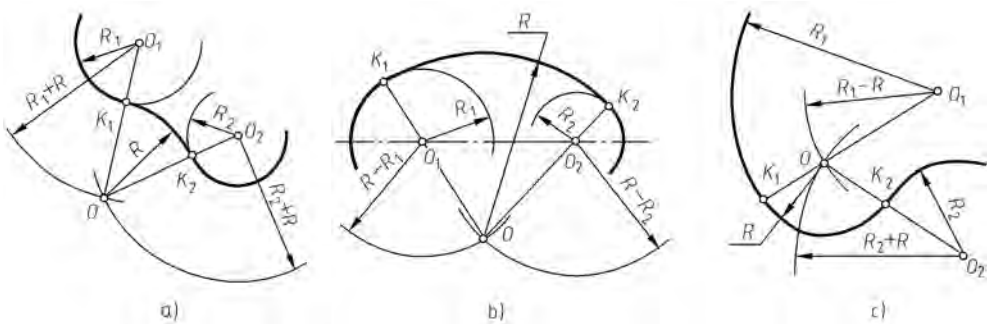


图 1-20 圆弧与圆弧连接

a) 外切 b) 内切 c) 内、外切

(二) 绘制平面几何图形的方法

平面几何图形由许多线段连接而成, 这些线段之间的相对位置和连接关系, 靠给定的尺寸来确定。画图时, 只有通过分析尺寸和线段之间的关系, 才能明确画该平面几何图形应从何处着手, 以及按什么顺序作图。

1. 尺寸分析

平面几何图形中的尺寸, 按其作用可分为两类:

(1) 定形尺寸

用于确定线段的长度、圆弧的半径 (或圆的直径) 和角度大小等的尺寸, 称为定形尺寸。如图 1-21 中的 $\phi 5$ 、 $\phi 20$ 、 $R10$ 、 $R15$ 、 $R12$ 、 15 等。

(2) 定位尺寸

用于确定线段在平面几何图形中所处位置的尺寸, 称为定位尺寸。如图 1-21 中的尺寸 8, 确定了 $\phi 5$ 的圆心位置; 75 间接地确定了 $R10$ 的圆心位置; 45 确定了 $R50$ 圆心的一个坐标值。

定位尺寸通常以图形的对称线、中心线或某一轮廓作为标注尺寸的起点, 这个起点叫作尺寸基准。如图 1-21 中的 A

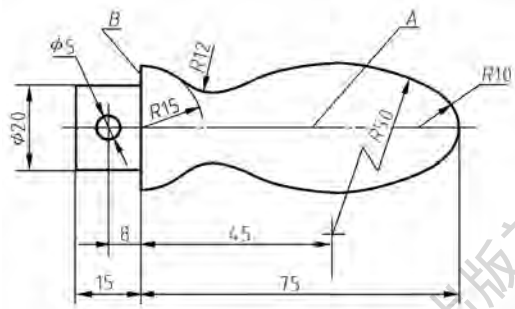


图 1-21 手柄平面图



和 B 。

2. 线段分析

平面几何图形中的线段（直线或圆弧），根据其定位尺寸的完整与否，可分为三类（因为直线连接的作图比较简单，所以这里只讲圆弧连接的作图问题）。

（1）已知圆弧

具有两个定位尺寸的圆弧，如图 1-21 中的 $R10$ 。

（2）中间圆弧

具有一个定位尺寸的圆弧，如图 1-21 中的 $R50$ 。

（3）连接圆弧

没有定位尺寸的圆弧，如图 1-21 中的 $R12$ 。

在作图时，由于已知圆弧有两个定位尺寸，故可直接画出；而中间圆弧虽然缺少一个定位尺寸，但它总是和一个已知线段相连接，利用相切的条件便可画出；连接圆弧则由于缺少两个定位尺寸，因此，唯有借助于它和已经画出的两条线段的相切条件才能画出。

画图时，应先画已知圆弧，再画中间圆弧，最后画连接圆弧。

3. 绘制平面几何图形的步骤

（1）准备工作

- 1) 准备好图板、丁字尺、三角板、绘图工具与仪器，按要求削好铅笔，备好图纸。
- 2) 分析图形的尺寸及其线段。
- 3) 根据图形大小及比例，确定图幅，将图纸平铺在图板上，并用丁字尺找平，图纸左边和下边距图板边框各约 7cm，具体尺寸可根据图板与纸幅大小而定。
- 4) 拟定具体的作图顺序。

（2）绘制底稿

- 1) 画底稿的步骤如图 1-22 所示。
- 2) 画底稿时，应注意以下几点：
 - ① 画底稿用 2H 铅笔，铅芯应常修磨以保持尖锐。
 - ② 底稿上，各种线型均不分粗细，并要画得很轻很细。
 - ③ 作图力求准确。
 - ④ 画错的地方，在不影响画图的情况下，可先做记号，待底稿完成后一齐擦掉。

（3）铅笔描深底稿

1) 描深底稿的步骤

① 先粗后细：一般应先描深全部粗实线，再描深全部虚线、点画线及细实线等，这样既可提高绘图效率，又可保证同一线型在全图中粗细一致，不同线型之间的粗细也符合比例关系。

② 先曲后直：在描深同一种线型（特别是粗实线）时，应先描深圆弧和圆，然后描深直线，以保证图样连接圆滑。

③ 先水平、后垂斜：先用丁字尺自上而下画出全部相同线型的水平线，再用三角板自左向右画出全部相同线型的垂直线，最后画出倾斜的直线。

④ 画箭头、填写尺寸数字、标题栏等，此步骤可将图纸从图板上取下来进行。

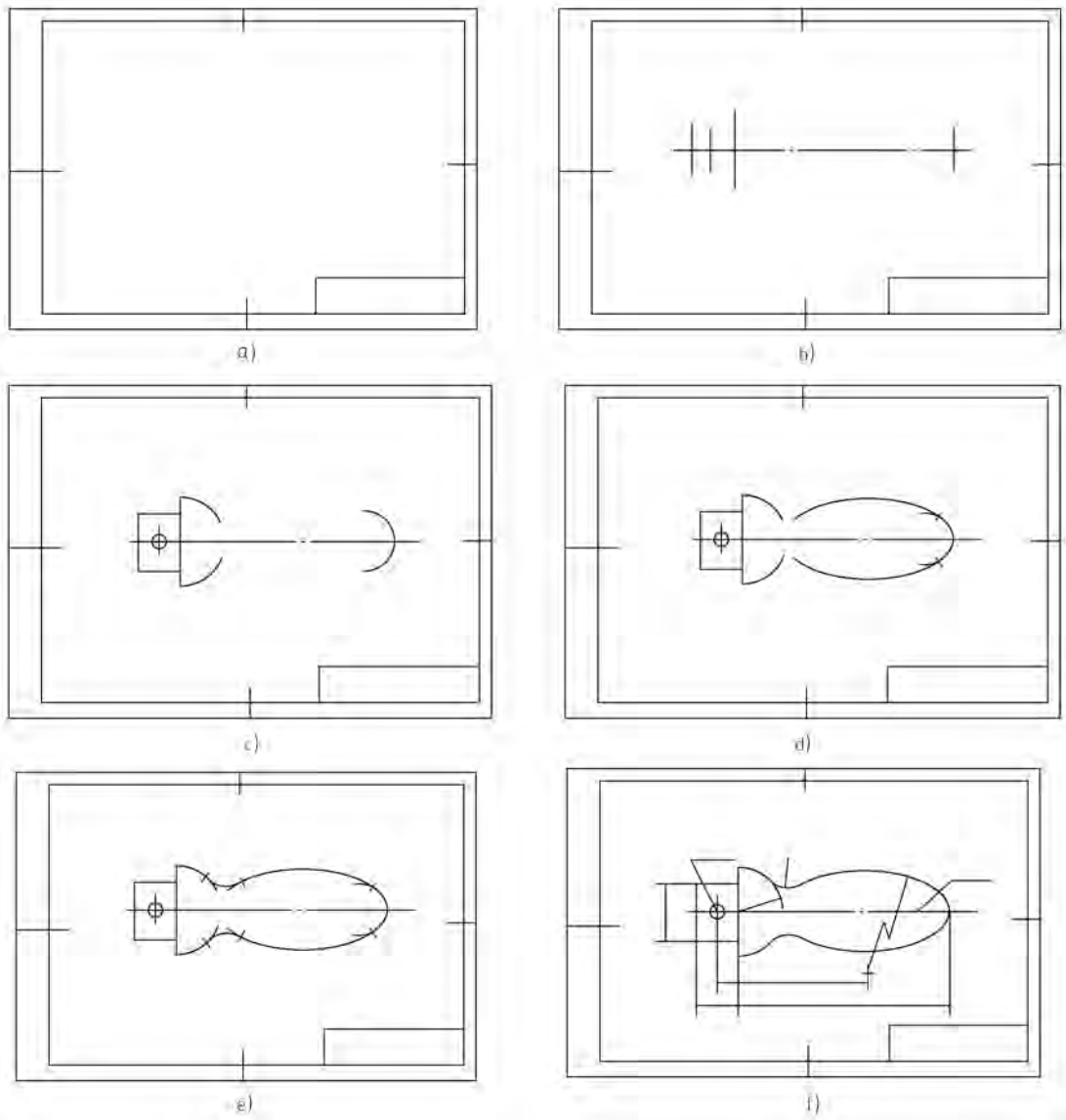


图 1-22 画底稿的步骤

- a) 画图框和标题栏 b) 合理、匀称地布图, 画出基准线 c) 画已知线段 d) 画出中间圆弧
e) 画出连接圆弧 f) 校对修改图形, 画尺寸界线、尺寸线

2) 描深底稿的注意事项

① 在铅笔描深以前, 必须全面检查底稿, 修正错误, 把画错的线条及作图辅助线用软橡皮轻轻擦净。

② 用 HB、2B 铅笔描深各种图线, 用力要均匀一致, 以免线条浓淡不匀。

③ 为避免弄脏图面, 要保持双手和三角板及丁字尺的清洁。描深过程中应经常用毛刷将图纸上的铅芯浮末扫净, 并应尽量减少三角板在已描深的图线上反复涂抹。

④ 描深后的图线很难擦净, 故要尽量避免画错。需要擦掉时, 可用软橡皮顺着图线



的方向擦拭。描深后的图如图 1-21 所示。

三、小试身手

按要求分组分析平面几何图形，按正确的步骤绘制平面几何图形（任务如图 1-16 平面几何图形综合练习）。

四、作品展示与评价

采用学生互评结合教师点评。评价参与活动是否积极，绘制平面几何图形的步骤是否正确，图形是否合理，线条是否规范，布图是否合理正确，尺寸标注是否齐全。

五、课外拓展

自学正六边形、斜度、锥度的绘制方法，完成配套习题集中对应的作业。

零件轮廓图形是由直线、圆弧和其他曲线组成的几何图形，因此，熟练掌握几何图形的正确作图方法，是提高绘图速度，保证绘图质量的基本技能之一。常见的几何图形有正六边形、斜度、锥度等，作图方法见表 1-5。

表 1-5 常见几何图形的作图方法

种类	作图步骤	说明
正六边形		<p>(1) 作法一：利用外接圆半径作图；</p> <p>(2) 作法二：利用外接圆以及三角板、丁字尺配合作图。</p>
斜度		<p>(1) 给出图形；</p> <p>(2) 作斜度 1 : 5 的辅助线；</p> <p>(3) 完成作图并标注尺寸。</p> <p>注：标注斜度符号时，其符号的斜边的斜向应与斜度的方向一致。</p>
锥度		<p>(1) 给出图形；</p> <p>(2) 作锥度 1 : 5 的辅助线；</p> <p>(3) 完成作图并标注尺寸。</p> <p>注：标注锥度符号时，其符号的尖端应与圆锥的锥顶方向一致。</p>



六、任务小结

本任务通过学习圆弧连接的相关知识及平面几何图形的画法，完成平面几何图形综合练习的任务，通过任务的完成使学生掌握平面几何图形的绘制方法和分析平面几何图形的方法，能正确使用尺规规范绘制常见的平面几何图形。

模块2



几何体三视图的识读与绘制

任务 2.1 投影法与三视图



学习目标

掌握正投影法的基本原理与投影特性，掌握三视图的基本知识；能根据点、线、面的已知两面投影求其第三面投影，建立一定的空间想象力；养成积极思考的学习习惯。



任务载体

点、线、面投影练习。



任务展示与要求

运用正投影法的基本原理与投影特性，能根据点、线、面的已知两面投影求第三面投影。



任务实施

一、任务分析

要完成点、线、面投影练习，需了解投影、正投影、三面投影相关知识。

二、知识链接

(一) 投影的概念

1. 投影法与投影

日常生活中常见物体被光线照射后，在墙壁上、地面上出现影子，这是一种自然的投



影现象。

人们经过科学抽象,把光线称为投射线,墙壁或地面称为投影面,如图 2-1 所示,过三角板各顶点引投射射线 DA 、 DB 、 DC 并延长,与投影面的交点 a 、 b 、 c ,连成三角形 abc ,即为三角板在投影面上的投影。这种投射射线通过物体,向选定的面投射,并在该面上得到图形的方法,称为投影法。根据投影法所得到的图形,称为投影(投影图)。

2. 投影法的种类

投影法的种类是根据投射线的类型(平行或汇交)、投射线与投影面的相对位置(垂直或倾斜)确定的,主要分为两类。

(1) 中心投影法

如图 2-1 所示,投射射线汇交于一点(投射中心)的投影法称为中心投影法。

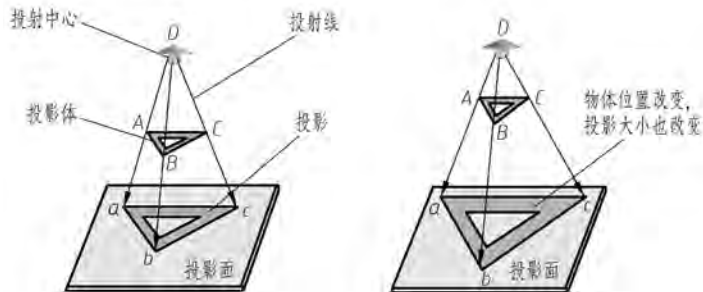


图 2-1 中心投影法

中心投影法所得图形大小随着投影面、物体和投射中心三者之间不同位置而变化。工程上常用这种方法绘制建筑透视图(见图 2-2),它具有较强的立体感,但作图复杂,度量性差,因此机械图样较少采用。

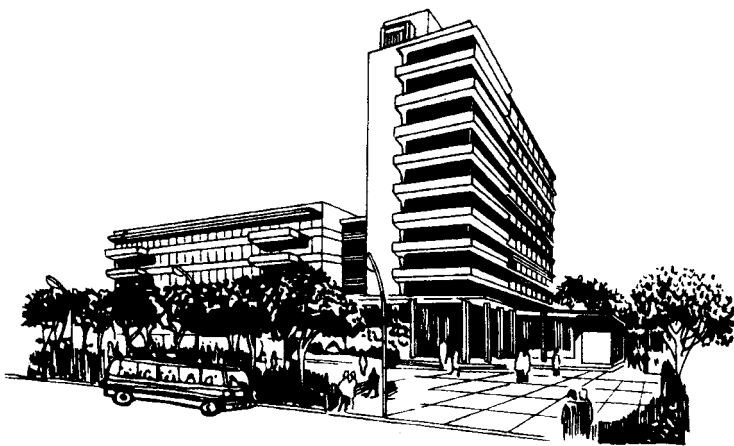


图 2-2 建筑物的透视图

(2) 平行投影法

如图 2-3 所示,设想投影中心(即视点)移到无穷远处,这时投射线可视为互相平



行, 这种投射射线互相平行的投影法, 称为平行投影法。平行投影法又分为:

- 1) 斜投影法: 投射射线与投影面倾斜的平行投影法, 如图 2-3a 所示。
- 2) 正投影法: 投射射线与投影面垂直的平行投影法, 如图 2-3b 所示。

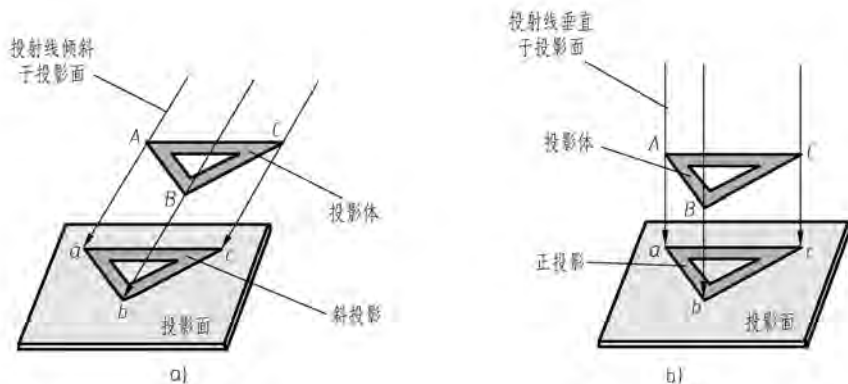


图 2-3 平行投影法

在正投影中, 当物体的几何要素与投影面平行时, 投影可以反映几何要素的实形。可见其度量性好。利用正投影绘制机械图样, 虽然不像透视图和轴测图那么形象, 但图形简单易画, 又可以准确反映零件形状尺寸。所以绘制机械图样主要采用正投影法。

3. 正投影的基本性质

(1) 真实性

平面形 (或直线段) 平行于投影面时, 其正投影反映实形 (或实长), 这种投影性质称为真实性或全等性, 如图 2-4a 所示。

(2) 积聚性

平面形 (或直线段) 垂直于投影面时, 其正投影积聚成线段 (或一点), 这种投影性质称为积聚性, 如图 2-4b 所示。

(3) 类似性

平面形 (或直线段) 倾斜于投影面时, 其正投影变小 (或变短), 但投影形状与原来形状相类似, 这种投影性质称为类似性, 如图 2-4c 所示。

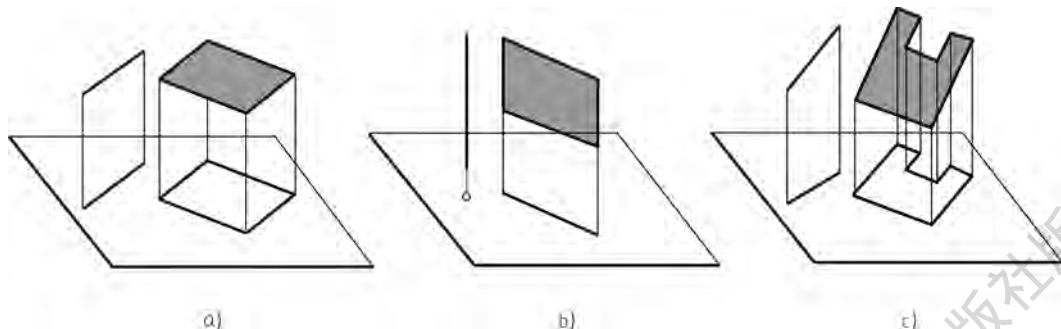


图 2-4 正投影的特性



(二) 三视图的形成

用正投影法所绘制出的物体图形称为视图。一个视图一般不能唯一确定物体的空间形状，如图 2-5 所示。所以，常采用将物体向几个不同方向的投影面分别投射，综合起来才能完整的表达物体的形状。

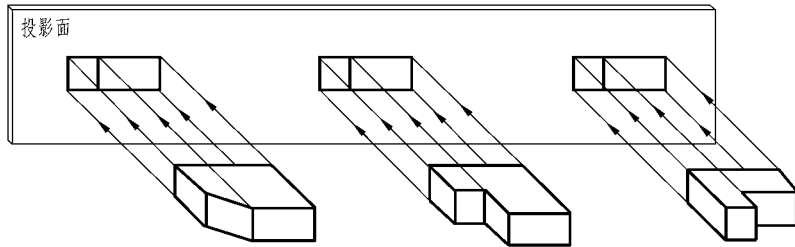


图 2-5 一个视图不能唯一确定物体的空间形状

1. 三面投影体系

如图 2-6 所示，设置了三个互为垂直（正交）的投影面，称为三面投影体系。它把空间分为八个分角，把物体放在第一个分角中进行投射，这种投影方法称为第一角投影法，此时物体的位置在观察者和相应投影面之间。按国家标准规定，在图纸上除需要说明外，均采用第一角投影法，目前我国的技术制图都采用此法。

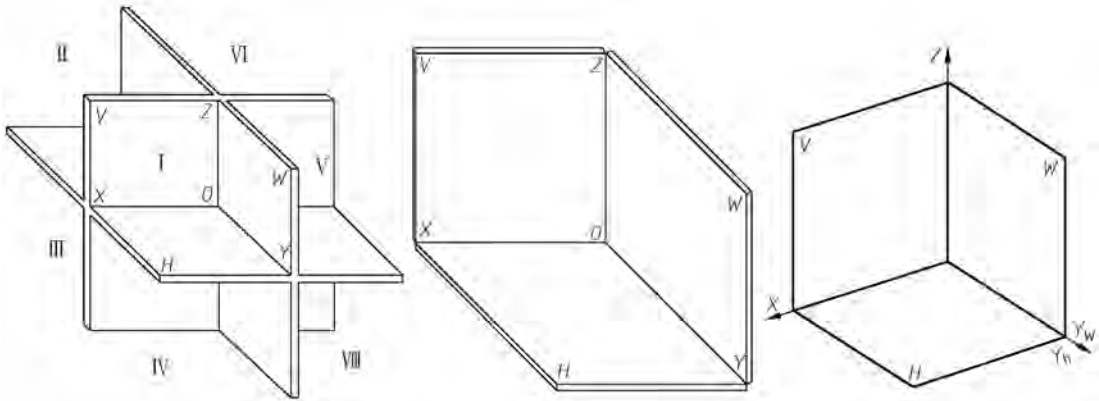


图 2-6 投影面与投影轴

三个投影面分别是：正立投影面（简称正面），用 V 表示；水平投影面（简称水平面），用 H 表示；侧立投影面（简称左侧面），用 W 表示。三个投影面的交线称为投影轴，分别用 OX 、 OY 、 OZ 表示，简称为 X 轴、 Y 轴、 Z 轴。沿 X 轴度量长度尺寸和确定左右方位，沿 Y 轴度量宽度尺寸和确定前后方位，沿 Z 轴度量高度尺寸和确定上下方位。三根投影轴的交点称为原点，用字母 O 表示。

2. 三视图的形成

(1) 三视图的形成

将物体置于第一分角内，并使其处于观察者与投影面之间，分别向 V 、 H 、 W 正投射，



即得第一角画法的三个视图，分别称为主视图、俯视图和左视图。

主视图：由前向后投射，在 V 面上所得的视图。主视图应尽量反映物体的主要特征。

俯视图：由上向下投射，在 H 面上所得的视图。

左视图：由左向右投射，在 W 面上所得的视图。

(2) 三视图的配置

按展开的规定： V 面不动， H 面绕 OX 轴向下旋转 90° ， W 面绕 OZ 轴向右旋转 90° ，使其与 V 面在同一平面上，即得到三视图的配置。以主视图为准，俯视图配置在它的正下方，左视图配置在它的正右方，如图 2-7 所示。

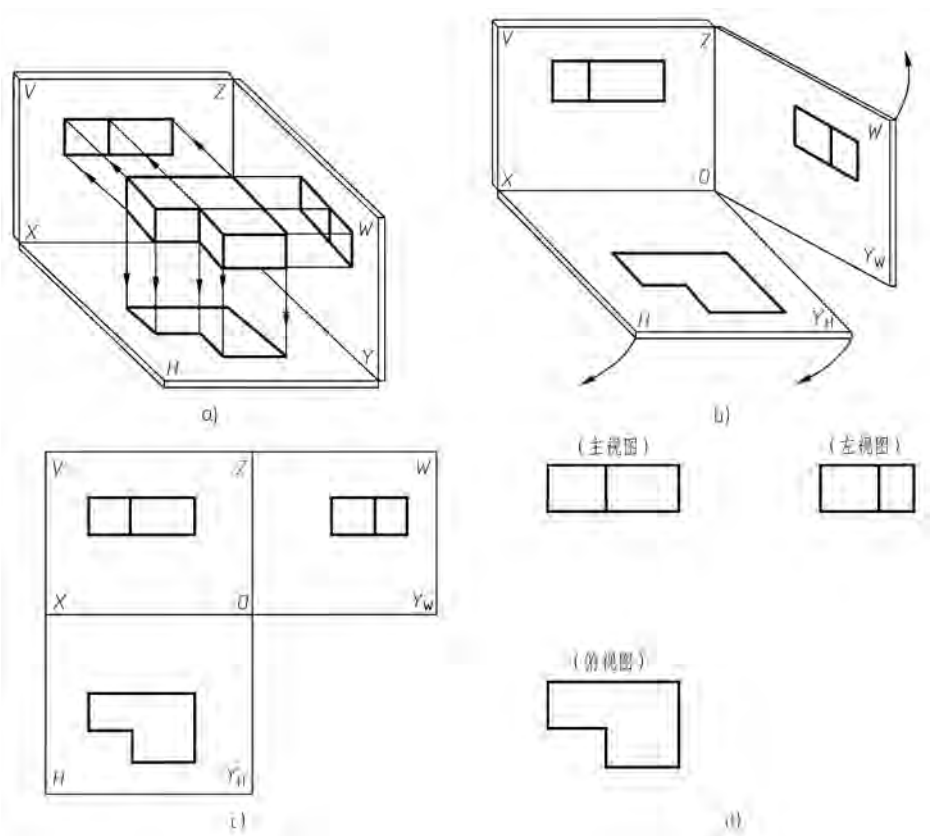


图 2-7 物体的三视图

a) 直观图 b) 展开投影面 c) 展开后的三视图 d) 三视图的位置关系

3. 三视图的对应关系

将投影面旋转展开到同一平面上后，物体的三视图存在着下列的对应关系。

(1) 尺寸对应关系

物体有长、宽、高三个方向的尺寸，每个视图都反映物体的两个方向尺寸。主视图反映物体的长度和高度，俯视图反映物体的长度和宽度，左视图反映物体的宽度和高度。这样，相邻两视图同一方向的尺寸必定相等，即：

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。



三视图之间存在的“长对正、高平齐、宽相等”的“三等”尺寸关系，不仅适用于物体的整体，也适用于物体的局部，画图、读图时都应遵循和应用它，如图 2-8 所示。

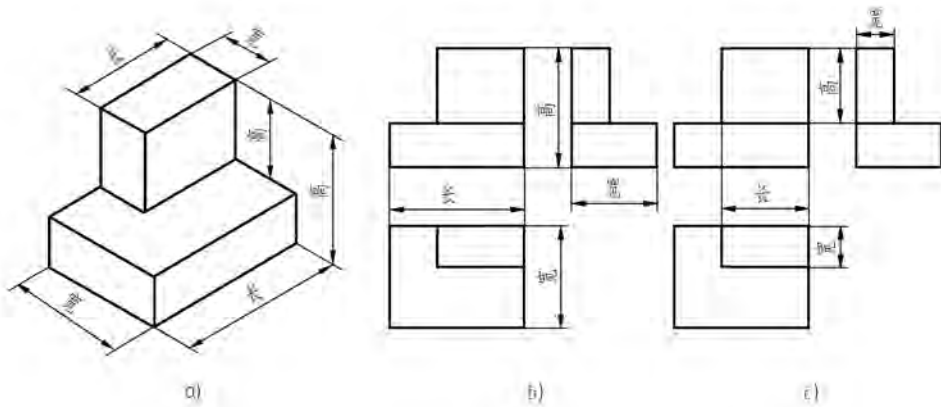


图 2-8 物体与三视图的尺寸对应关系

a) 直观图 b) 总体三等 c) 局部三等

(2) 方位对应关系

物体有上、下、左、右、前、后六个方位。主视图反映物体的上、下和左、右，俯视图反映物体的左、右和前、后，左视图反映物体的前、后和上、下。这样，俯、左视图中，靠近主视图的一侧，表示物体的后面，远离主视图的一侧，表示物体的前面，如图 2-9 所示。

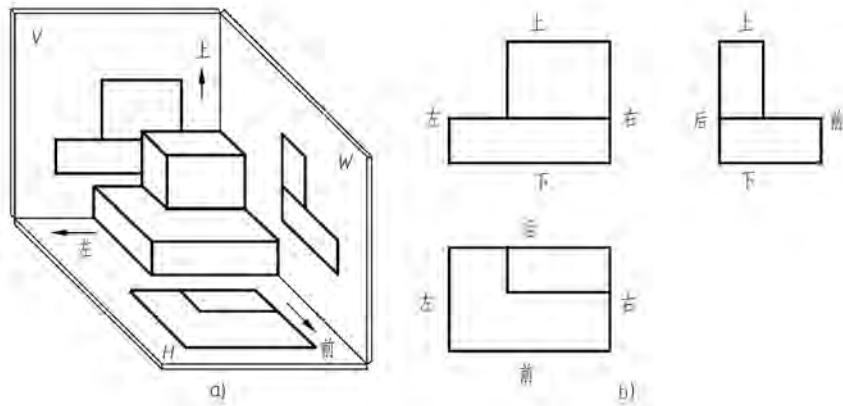


图 2-9 物体与三视图的方位对应关系

a) 直观图 b) 三视图的方位关系

(三) 点、线、面的投影规律

1. 点的投影

点是最基本的几何要素，一切几何形状都是点的集合。因此，首先讨论点的投影。

(1) 点的投影特点

点的投影仍为点。如图 2-10a 所示，在三面投影体系中有一空间点 A，过点 A 分别向



三个投影面作垂线，得垂足 a 、 a' 和 a'' ，即得点 A 在三个投影面的投影。按三投影面展开方式进行展开，得点 A 的三个投影图，见图 2-10b。图中 a_x 、 a_y 、 a_z 分别为点的投影 a 、 a' 和 a'' 连线与投影轴 OX 、 OY 、 OZ 的交点。

(2) 点的标记

空间点用大写字母标记，如 A 、 B 、 C ，它们在 V 面上的投影，用相应的小写字母加一撇标记，如 a' 、 b' 、 c' ；在 H 面上的投影，用相应的小写字母标记，如 a 、 b 、 c ；在 W 面上的投影，用相应的小写字母加两撇标记如 a'' 、 b'' 、 c'' 。

(3) 点的投影规律

从图 2-10 点 A 的三面投影的形成，可得出点的三面投影规律：

点的正面投影和水平投影的连线垂直于 OX 轴 ($aa' \perp OX$)。

点的正面投影和侧面投影的连线垂直于 OZ 轴 ($a'a'' \perp OZ$)。

点的水平投影到 OX 轴距离，等于点的侧面投影到 OZ 轴的距离 ($aa_x = a_z a''$)。

此外，从图 2-10 还可看出点的三面投影到投影轴的距离，分别等于空间点到相应投影面的距离，即 $a_z a' = aa_y$ ，反映点 A 到 W 面的距离； $a_x a' = a_y a''$ ，反映点 A 到 H 面的距离； $aa_x = a_z a''$ ，反映点 A 到 V 面的距离。

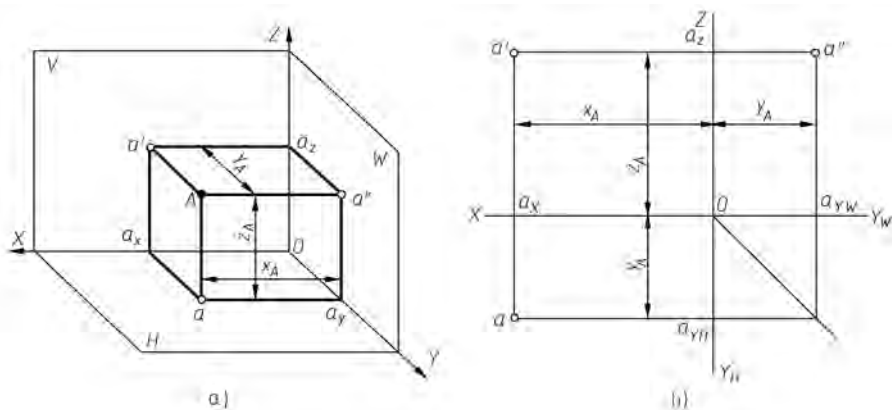


图 2-10 点的三面投影

根据上述点的投影规律，若已知点的两个投影，就可作出其第三个投影。

[例 2-1] 已知点的两面投影，求作第三面投影。如图 2-11 所示。

(4) 点的直角坐标

在图 2-10a 中，如果把三面投影体系当作直角坐标系，则投影面 H 、 V 、 W 即为坐标面，投影轴 X 、 Y 、 Z 即为坐标轴， O 即为坐标原点。空间点 A 到三个投影面的距离便可分别用直角坐标值 x 、 y 、 z 表示。

点的 X 坐标 (Oa_x) = $Aa'' = x$ ，为点 A 到 W 面的距离。

点的 Y 坐标 (Oa_y) = $Aa' = y$ ，为点 A 到 V 面的距离。

点的 Z 坐标 (Oa_z) = $Aa = z$ ，为点 A 到 H 面的距离。

点的坐标的规定书写形式为：

$A(x, y, z)$ 如 $A(20, 15, 30)$ 。

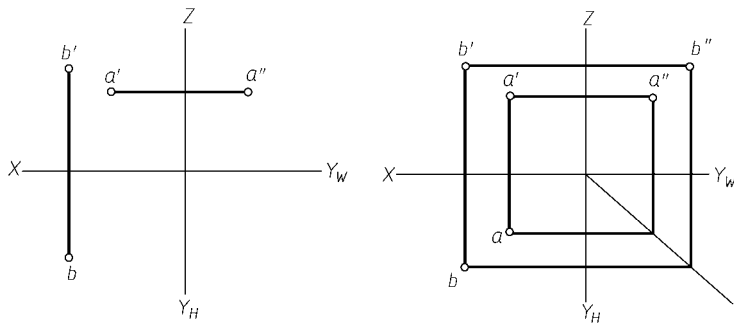


图 2-11 求点的第三面投影

[例 2-2] 已知点 $A(12, 10, 15)$ ，试作其三面投影。

作图方法与步骤（见图 2-12）。

第一步：作投影轴 OX 、 OY 、 OZ ，在 OX 轴上量取 $Oa_x = 12$ ，得点 a_x 。

第二步：过 a_x 作 OX 的垂线，自沿 OY 轴方向量取 $Oa_y = 10$ ，沿 OZ 方向量取 $Oa_z = 15$ ，得点 a' 和点 a 。

第三步：由点 a' 和 a 画出投影连线，求得点 a'' 。

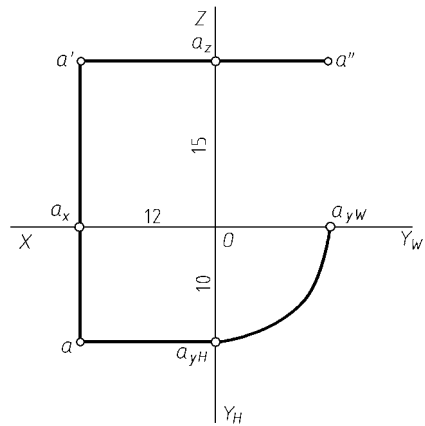


图 2-12 已知空间点的坐标求点的投影

由图 2-10 可知，点 A 的水平投影 a 由 X 、 Y 两坐标确定，点 A 的正面投影 a' 由 X 、 Z 两坐标确定，点 A 的侧面投影 a'' 由 Y 、 Z 两坐标确定。

所以点的任两投影已经反映点的三个坐标，已完全确定点的空间位置，也就可画出该点的三面投影，反之，根据点的三面投影，就可量出该点的三个坐标。

在投影面上点，其坐标值必有一个为零（图 2-13）。在投影轴上的点，其坐标值必有两个为零。在原点上的点，三个坐标值均为零。

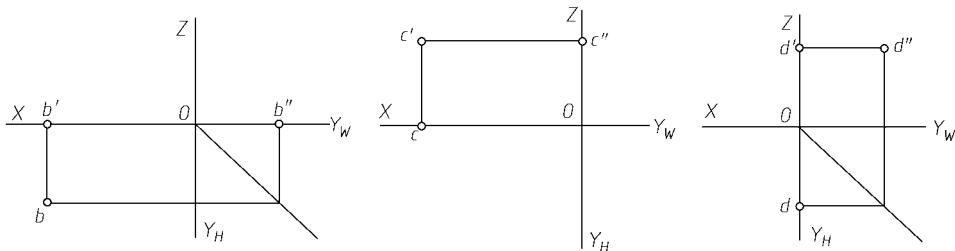


图 2-13 投影面上点的投影

(5) 两点相对位置

由两点的坐标大小来确定。

1) 两点的相对位置。如图 2-14 所示，两点左右相对位置，由 X 坐标确定， $x_A < x_B$ ，



点 A 在点 B 的右方；两点前后相对位置，由 Y 坐标确定， $y_A < y_B$ ，点 A 在点 B 的后方；两点上下相对位置，由 Z 坐标确定， $z_A > z_B$ ，点 A 在点 B 的上方。

归纳：

x 坐标值大的在左

y 坐标值大的在前

z 坐标值大的在上

2) 重影点及其可见性判别。当空间两点的某一个坐标相等，即两点处在某一投影面的同一条垂线上，它们在该投影面上的投影必然重合为一点，简称重影点。沿其投射方向观察，则一点可见，另一点不可见（用圆括号表示）。其可见性需根据两点不重影的投影的坐标大小来判断，即当两点的 V 面投影重合时， y 坐标值大的点为可见；当两点的 H 面投影重合时， z 坐标值大的点为可见；当两点的 W 面投影重合时， x 坐标值大的点为可见，如图 2-15 所示。

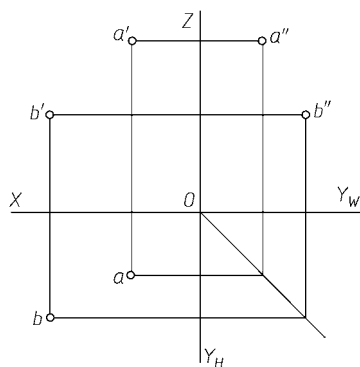


图 2-14 点的相对位置

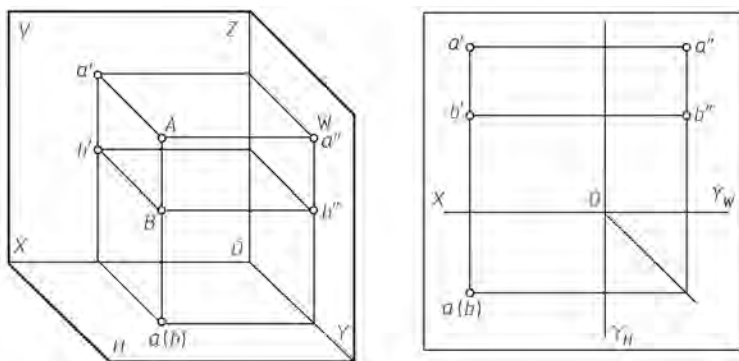


图 2-15 重影点的判别

2. 直线的投影

直线的投影一般仍为直线（当一直线垂直于某一投影面时，其在该投影面上的投影积聚为一点）。要作出直线的投影，只要作出空间直线上任意两点的投影，然后连接两点的同面投影，即可得到直线的三面投影，如图 2-16 所示。

直线在三面投影体系中有三种位置：投影面垂直线、投影面平行线、一般位置直线。前两种直线又称为特殊位置直线。

(1) 投影面垂直线的投影规律

垂直于一个投影面、平行于另外两个投影面的直线，称为投影面垂直线。

投影面垂直线有三种，垂直于 H 面的直线称为铅垂线，垂直于 V 面的直线称为正垂线，垂直于 W 面的直线称为侧垂线。

表 2-1 为投影面垂直线的立体图、投影图及投影特性。

机械工业出版社版权所有

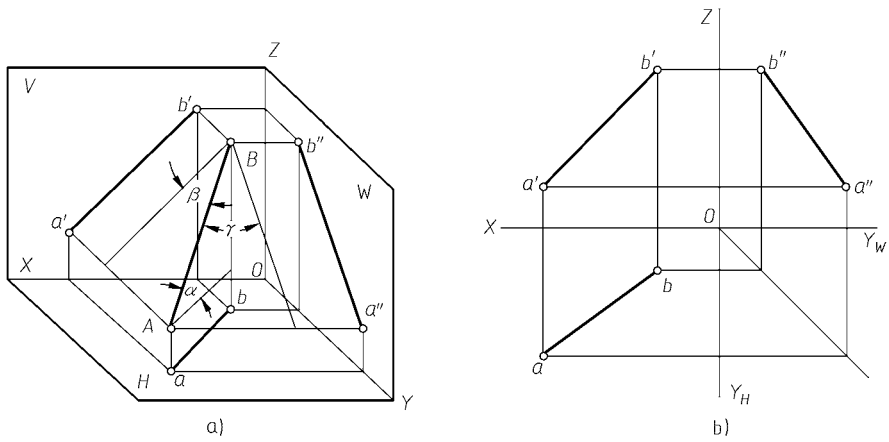


图 2-16 直线的三面投影

表 2-1 投影面垂直线的投影特性

名称	立体图	投影图	投影特性
铅垂线			<p>(1) 水平投影积聚成一点 $a(b)$</p> <p>(2) $a'b' = a''b'' = AB$, 且 $a'b' \perp OX, a''b'' \perp OY$</p>
正垂线			<p>(1) 正面投影积聚成一点 $b'(c')$</p> <p>(2) $bc = b''c'' = BC$, $bc \perp OX, b''c'' \perp OZ$</p>
侧垂线			<p>(1) 侧面投影积聚成一点 $c''(d'')$</p> <p>(2) $cd = c'd' = CD$, 且 $c'd' \perp OZ, cd \perp OY$</p>

小结

- 1) 直线在所垂直的投影面上的投影积聚成点。
- 2) 直线在另两个投影面上的投影反映空间线段的实长, 且垂直所垂直的投影面上的两根投影轴。



(2) 投影面平行线的投影规律

平行于一个投影面、倾斜于另外两个投影面的直线，称为投影面平行线。

投影面平行线有三种，平行于 H 面的直线称为水平线，平行于 V 面的直线称为正平线，平行于 W 面的直线称为侧平线。

直线与投影面所夹的角叫直线对投影面的倾角。 α 、 β 、 γ 分别为直线对 H 面、 V 面、 W 面的倾角。

表 2-2 为投影面平行线的立体图、投影图及投影特性。

表 2-2 投影面平行线的投影特性

名称	立体图	投影图	投影特性
水平线			<p>(1) $ab = AB$, 反映空间直线 AB 实长</p> <p>(2) $a'b' \parallel OX, a''b'' \parallel OY$, 均比空间直线短</p> <p>(3) ab 与 OX 和 OY 的夹角等于 AB 对 V, W 面的倾角 β, γ</p>
正平线			<p>(1) $b'c' = BC$, 反映空间直线 BC 实长</p> <p>(2) $bc \parallel OX, b''c'' \parallel OZ$, 均比空间直线短</p> <p>(3) $b'c'$ 与 OX 和 OZ 的夹角等于 BC 对 H, W 面的倾角 α, γ</p>
侧平线			<p>(1) $c'd'' = CD$, 反映空间直线 CD 实长</p> <p>(2) $cd \parallel OY, c'd' \parallel OZ$, 均比空间直线短</p> <p>(3) $c'd''$ 与 OY 和 OZ 的夹角等于 CD 对 H, V 面的倾角 α, β</p>

小结

- 1) 直线在所平行的投影面上的投影反映实长。
- 2) 直线在另两个投影面上的投影为类似性(缩短)且平行于所平行的投影面上的两根投影轴。
- 3) 反映实长的投影与投影轴的夹角等于空间直线对投影面的倾角。



(3) 一般位置线的投影规律

与三个投影面都倾斜的直线，称为一般位置线。如图2-16a所示，直线 AB 对三个投影面 H 、 V 、 W 的倾角分别为 α 、 β 、 γ （均不等于零），其在三个投影面上的投影均小于实长。

由此得出一般位置直线的投影特征是：

直线的三个投影都倾斜于投影轴，且投影长度小于实长。

直线的投影与投影轴的夹角，不反映空间直线对投影面的倾角。

3. 平面的投影

平面的投影一般仍为平面。

平面在三面投影体系中有三种位置：投影面平行面、投影面垂直面、一般位置平面，前两种平面又称为特殊位置平面。

(1) 平面的表示法

在投影上表示平面有两种方法。

方法一：平面可以用下列几何元素来表示，如图 2-17 所示。

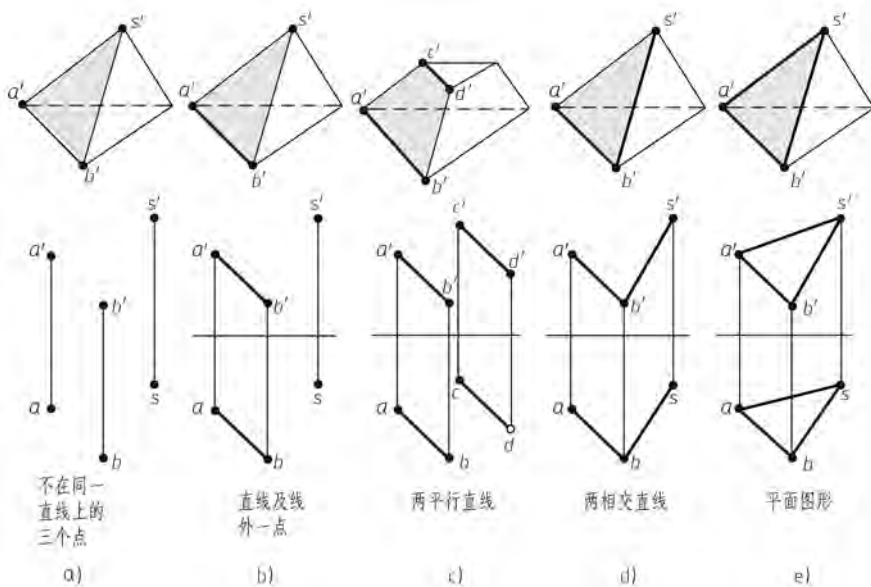


图 2-17 用几何元素表示平面

- 1) 不在同一直线上的三点。
- 2) 直线及直线外的一点。
- 3) 相交两直线。
- 4) 平行两直线。
- 5) 任意平面图形。

方法二：平面还可以用迹线来表示，如图 2-18 所示。

平面与投影面的交线，称为平面迹线。图 2-18a 中的 P_H 、 P_V 、 P_W 分别表示 P 平面在



H 、 V 、 W 面的迹线。

在作图中经常用迹线表示特殊位置平面，特殊位置平面常用积聚性迹线表示，如图 2-18b 所示，用 P_H 表示铅垂面 P ，图 2-18c 中用 P_H 和 P_W 表示正平面 P 。

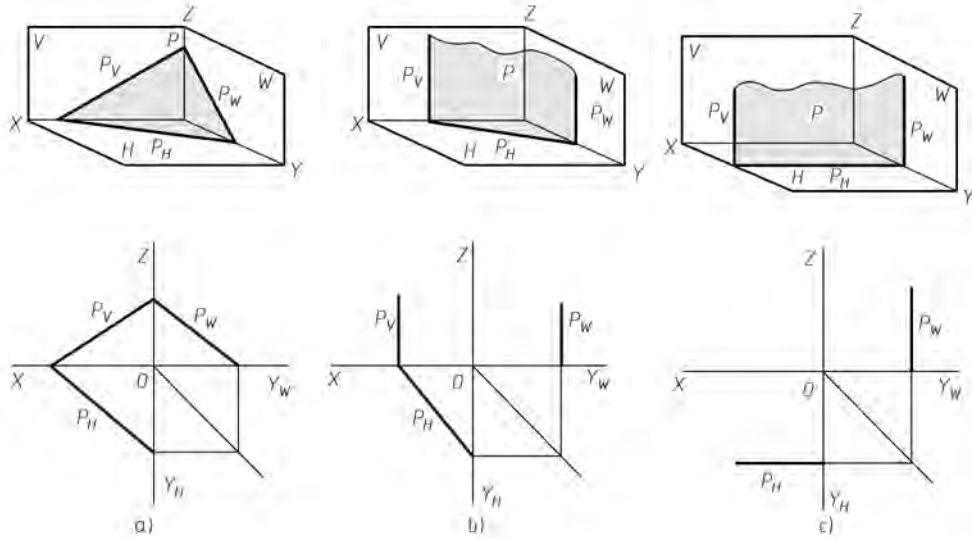


图 2-18 用迹线法表示平面

(2) 投影面平行面的投影规律

平行于一个投影面、垂直于另外两个投影面的平面，称为投影面平行面。

根据平行的投影面不同，投影面平行面有三种：

水平面：平行于 H 面，并垂直于 V 、 W 面的平面。

正平面：平行于 V 面，并垂直于 H 、 W 面的平面。

侧平面：平行于 W 面，并垂直于 H 、 V 面的平面。

投影面平行面的投影特征见表 2-3。

表 2-3 投影面平行面的投影特征

名称	立体图	投影图	投影特性
水平面			(1) 水平投影反映实形 (2) 正面投影和侧面投影积聚为直线，且分别平行于 X 轴和 Y 轴

机械工业出版社版权所有



(续)

名称	立体图	投影图	投影特性
正平面			<p>(1) 正面投影反映实形 (2) 水平投影和侧面投影积聚为直线,且分别平行于 X 轴和 Z 轴</p>
侧平面			<p>(1) 侧面投影反映实形 (2) 正面投影和水平投影积聚为直线,且分别平行于 Z 轴和 Y 轴</p>

小结

- 1) 平面在所平行的投影面上的投影反映实形。
- 2) 平面在另两个投影面上的投影积聚为直线,并分别平行于所平行的投影面上的两根投影轴。

(3) 投影面的垂直面投影规律

垂直于一个投影面而与另外两个投影面倾斜的平面称为投影面垂直面。

根据垂直的投影面不同,投影面垂直面有三种:

铅垂面:垂直于 H 面,并与 V 、 W 面倾斜的平面。

正垂面:垂直于 V 面,并与 H 、 W 面倾斜的平面。

侧垂面:垂直于 W 面,并与 H 、 V 面倾斜的平面。

投影面垂直面的投影特征见表 2-4。

表 2-4 投影面垂直面的投影特征

名称	立体图	投影图	投影特性
铅垂面			<p>(1) 水平投影积聚成直线并反映与 V、W 面的倾角 β、γ (2) 正面投影和侧面投影为比原平面小的类似形</p>



(续)

名称	立体图	投影图	投影特性
正垂面			<p>(1) 正面投影积聚成直线并反映与 H、W 面的倾角 α、γ</p> <p>(2) 水平投影和侧面投影为比原平面小的类似形</p>
侧垂面			<p>(1) 侧面投影积聚成直线并反映与 H、V 面的倾角 α、β</p> <p>(2) 水平投影和正面投影为比原平面小的类似形</p>

小结

- 1) 平面在所垂直的投影面上的投影积聚为一直线段, 该线段与两投影轴的夹角反映平面对另两投影面的倾角。
- 2) 平面在其余两投影面上的投影均为比原平面小的类似形。

(4) 一般位置平面的投影规律

与三个投影面都倾斜的平面, 称为一般位置平面, 如图 2-19 所示。

一般位置平面的投影特征如下所述:

- 1) 三个投影都是比原形小的类似形。
- 2) 不反映该平面对投影面的倾角。

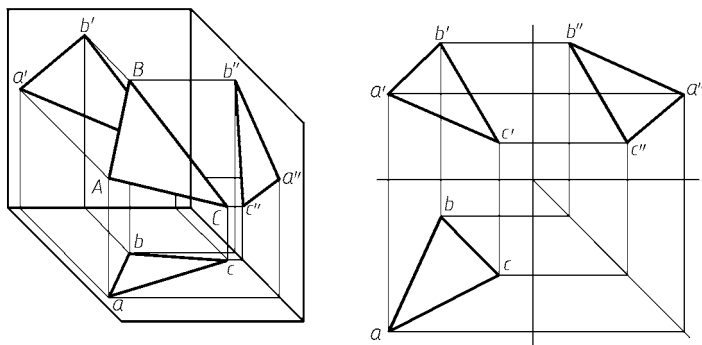


图 2-19 一般位置平面的投影特性



三、小试身手

按要求进行已知点、线、面两面投影求第三面投影，由特殊位置线、面的两面投影判断其另一面的投影特性。

四、作品展示与评价

要求作图正确，标记规范，判断准确。

五、课外拓展

完成配套习题集中对应相关作业。

六、任务小结

通过此次任务的学习，掌握投影基本规律与三视图的形成；掌握三视图的对应关系及点、线、面的投影，能够根据点、线、面的投影规律对点、线、面的空间位置关系进行分析。

任务 2.2 基本体三视图的绘制



学习目标

掌握用投影原理绘制基本体三视图的方法，能够根据基本体的两视图补画第三视图、能进行基本体表面点的找取。要求线型规范、布图合理，养成细致、耐心、严谨、不畏困难的学习态度与习惯。



任务载体

基本体三视图的绘制。



任务展示与要求

按合适的比例在图纸上按《机械制图》国家标准绘制基本体的三视图并进行基本体表面取点及尺寸标注。常见的的基本几何体模型如图 2-20 所示。



图 2-20 基本几何体模型



任务实施

一、任务分析

要完成基本几何体三视图的绘制，需了解不同基本几何体的画法，包括六棱柱三视图的画法、三棱锥三视图的画法、圆柱体三视图的画法、圆锥体三视图的画法、球三视图的画法等，并学会正确分析基本体表面上点的位置。

二、知识链接

基本几何体分为平面基本几何体与基本回转体。

(一) 平面基本几何体的投影特性

1. 基本概念

平面体：表面由平面构成的形体。

棱线：平面上相邻表面的交线。

画平面体视图的实质。画出所有棱线（或表面）的投影，并根据它们的可见与否，分别采用粗实线或细虚线表示。

2. 棱柱、棱锥的实物投影图

棱柱有直棱柱和斜棱柱。顶面和底面为正多边形的直棱柱，称为正棱柱。

测绘正六棱柱的高与边长，见图 2-21a 所示位置放置正六棱柱，其两底面为水平面， H 面投影具有全等性；前后两面为正平面，其余四个侧面是铅垂面，它们的水平投影都积聚成直线，与六边形的边重合。

图 2-21b 所示为正棱锥实物与投影图，由学生自行分析。

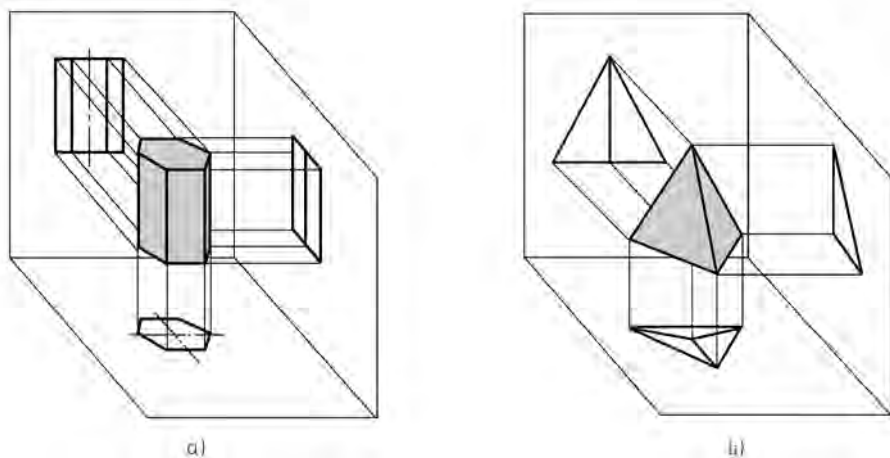


图 2-21 正棱柱与正棱锥实物投影图

3. 棱柱、棱锥的三面视图画图步骤

绘图步骤：画正六棱柱的投影时，一般先画出对称中心线、对称线，再画出棱柱水平



投影（如正六边形）；然后根据投影关系画出它的正面投影和侧面投影。应注意当棱线投影与对称线重合时应画粗线（棱锥绘图步骤参考图 2-22）。

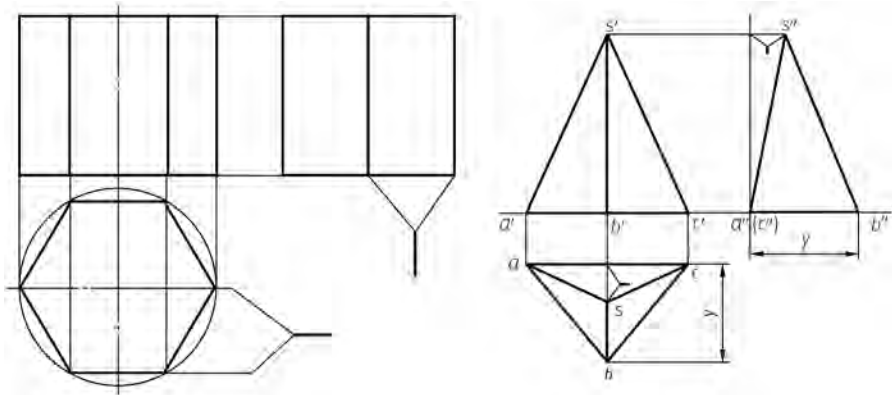


图 2-22 六棱柱、正棱锥绘图步骤

4. 棱柱、棱锥表面取点

在立体表面取点和在平面上取点的原理、方法相同。

由于正棱柱的各个表面都处于特殊位置，因此，在其表面上取点均可利用平面投影积聚性作图，并表明可见性。

点的可见性规定：若点所在的平面的投影可见，则点的投影也可见；若平面的投影积聚成直线，则点的投影也可见。已知 a' 、 b' 、 (c') 投影点，求另两个投影面上点的投影，如图 2-23 所示。

由正六棱柱的投影特性分析知： a' 可见，且在正六棱柱正面投影的左边线框内，则 A 点是在该棱柱的左前侧平面上，该平面在俯视图上积聚成一条线，即正六边形左前边长，根据“长对正”

可马上求出该点在俯视图上的投影 a ，量取 a 到正六边形水平中心线的距离 y_2 ，根据“高平齐”由 a' 向左视图作辅助线，并由“宽相等”求出 a'' 。

b' 可见，则 B 点在正六棱柱水平面投影俯视图的正六边形内，即在该棱柱的上平面，此平面在主视图上积聚成最上面的一条直线，根据“长对正”可马上求出 b' ，再由“高平齐”“宽相等”求出 b'' 。

(c') 不可见，则 C 点在正六棱柱后面的平面上，此平面在俯视图上积聚成一条线，即正六边形靠近主视图的那条水平线上，根据“长对正”可马上求出 c ，同样由“高平齐”“宽相等”求出 c'' 。

棱锥表面取点：在图 2-24 中，已知 1' 和 2' 的点投影，试求出这两点在其他面上的投

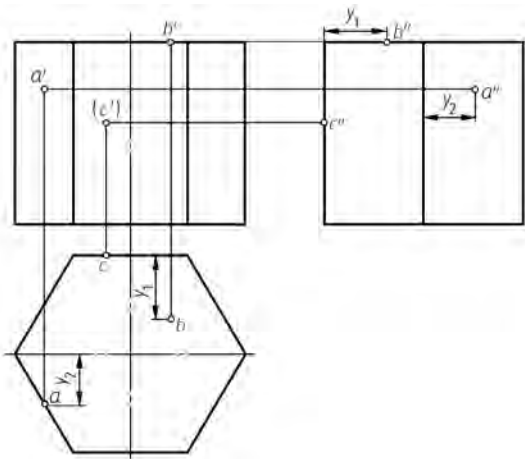


图 2-23 在六棱柱表面取点

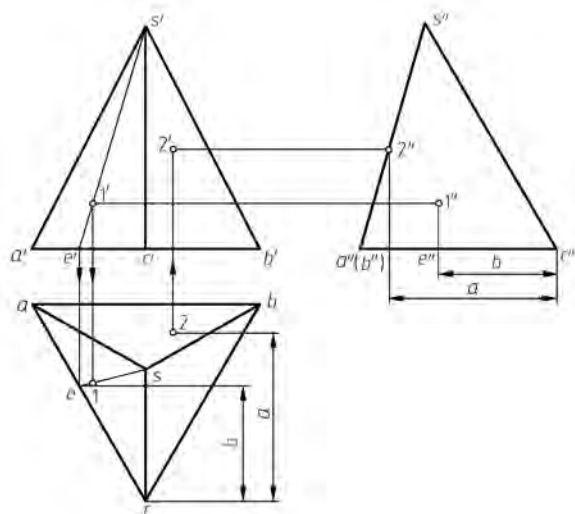


图 2-24 在棱锥表面取点

影。辅助线法：已知 $1'$ 点的投影，可连接 s' 和 $1'$ 点并延长交于棱线于 e' 点，根据“长对正”可找出 e 点，连接 s 、 e 点，则 1 点即在 se 连线上。侧面投影根据“宽相等”“高平齐”即可求出。 2 点自己分析求出。

(二) 基本回转体的投影特性

1. 基本概念

回转体是由回转面与平面或回转面所围成，典型的重转体有圆柱、圆锥、球、圆环，也称之为基本回转体。

图示回转体实质就是图示围成回转体的平面与回转面。在回转体表面上取点、线与在平面上取点、线的作图原理相同。欲取回转面上的点，必先过此点取该曲面上简单易画的圆或直线。欲取回转面上的线（直线、曲线），必先取该曲面上能确定此线的两个或两个以上的已知点，然后将其相连并判别可见性即可。

2. 圆柱、圆锥、球的实物投影图

利用钢直尺、游标卡尺结合内、外卡钳、高度尺测绘圆柱、圆锥的高与直径，测绘球的直径，如图 2-25 所示位置放置各回转体。

对于圆柱（见图 2-25a），圆柱体的轴线垂直于 H 面，俯视图为圆；主视图为矩形，矩形的上下两边为圆柱体的上下两底面的投影，左右两边为圆柱面最左最右的两条素线的投影，这两条素线将柱面分为前半个柱面和后半个柱面，前半个柱面可见，后半个柱面不可见，我们把这两条素线叫作柱面对 V 面的转向轮廓线；同理，左视图也为矩形，但其左右两条边的含义和主视图不同，这两条线表示柱面上最前最后两条素线的投影，即柱面对 W 面的转向轮廓线。

对于圆锥（见图 2-25b），圆锥体的轴线垂直于 H 面，俯视图为圆，锥尖的投影为圆心，这个圆表示圆锥体底面的投影，圆锥体表面上的点均在该圆内。主视图和左视图为等腰三角形，主视图的两腰为锥面对 V 面的转向轮廓线的投影，左视图的两腰，为锥面对 W 面的转向轮廓线的投影。

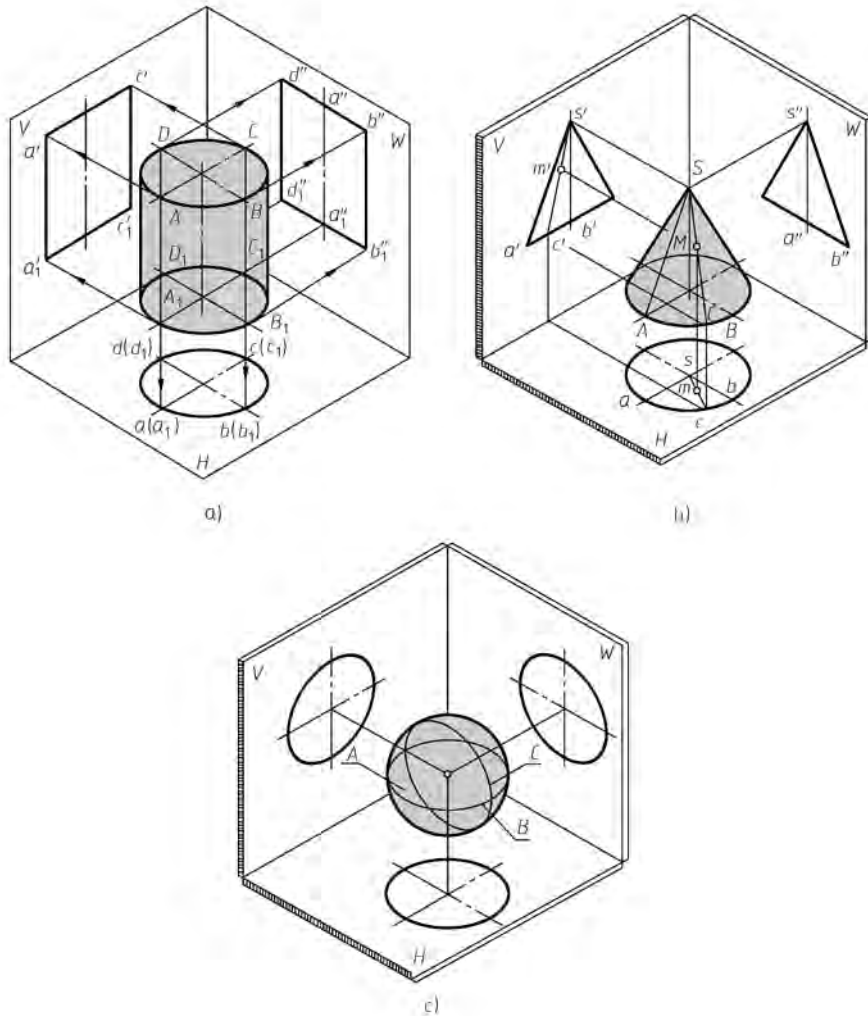


图 2-25 圆柱、圆锥、球的实物投影图

对于球（见图 2-25c），球体的三个视图均为圆，但这三个圆代表球体上三个不同方向的纬圆，这三个纬圆分别平行于三个投影面。

3. 圆柱、圆锥、球的三面视图画图步骤

画回转体的投影，不仅要画出构成回转体的平面和回转面的投影，还要画出回转体轴线的投影。

(1) 画圆柱三面视图步骤（见图 2-26）

1) 画出圆柱轴线的三面投影。

2) 画出圆柱上表面和下表面的投影。圆柱上表面和下表面是水平面，故其水平投影反映实形，正面投影和侧面投影分别积聚为直线。

3) 画出圆柱面的三面投影。圆柱面的水平面投影积聚为圆；正面投影和侧面投影应分别画出其转向轮廓线的投影与上下端面的积聚性投影构成矩形线框。

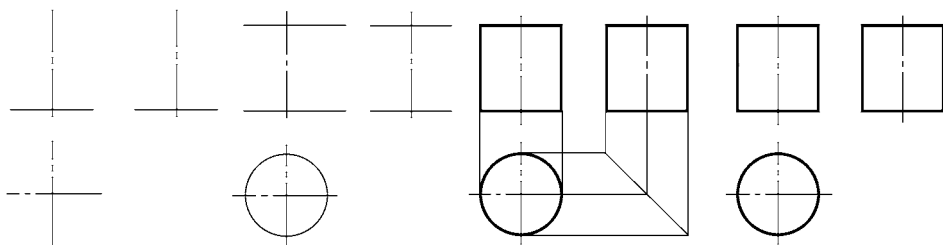


图 2-26 圆柱的绘图步骤

(2) 画圆锥三面视图步骤 (见图 2-27)

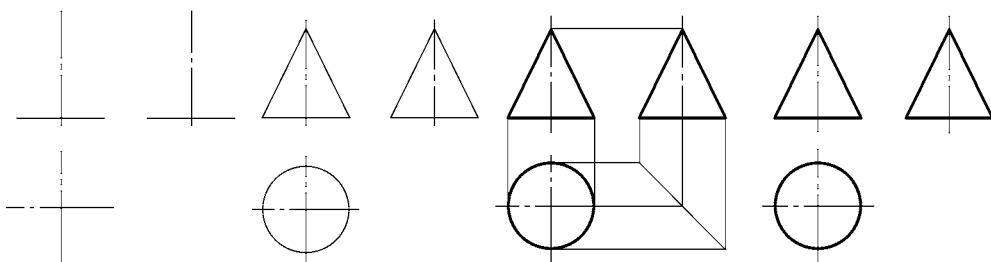


图 2-27 圆锥的绘图步骤

- 1) 画出圆锥轴线的三面投影。
- 2) 画出底面的三面投影。底面是水平面，其在 H 面上的投影是圆，在 V 面和 W 面的投影分别积聚为直线。
- 3) 圆锥面的 H 投影是圆面，其在 V 面和 W 面上的投影都是三角形。
在水平投影上，圆锥面可见，在 V 投影上前半圆锥面可见，后半圆锥面不可见；在 W 面投影上，圆锥左半部分可见，右半部分不可见。

(3) 画球三面视图步骤 (见图 2-28, 也可由学生说出步骤)

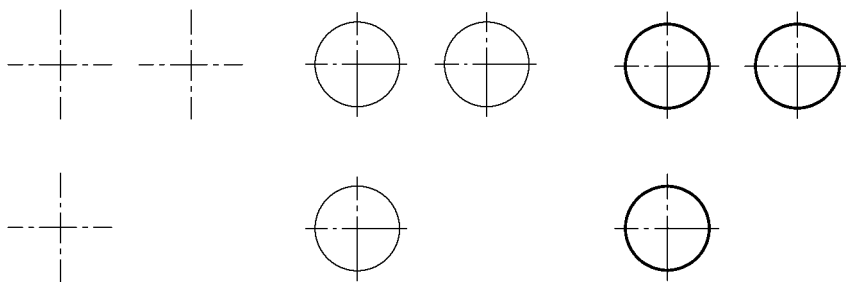


图 2-28 球的绘图步骤

4. 回转体表面上的点、线的投影特性

求回转体表面上点和线的投影，首先要确定点和线在回转体的哪个面上，然后再根据投影关系确定其位置，最后判断可见性并予以正确标注。



[例 2-3] 点 E 、 F 是圆柱表面上的点, 已知它们在 V 面的投影为 e' 、 $\{f'\}$, 如图 2-29 所示, 求点 E 、 F 在其他两投影面上的投影。

分析: 用 a 、 a' 和 a'' 分别表示空间点 A 在 H 、 V 和 W 面上的可见投影, 用 (a) 、 (a') 和 (a'') 分别表示空间点 A 在 H 、 V 和 W 面上的不可见投影。所以, 从投影的标记形式, 可以判断该投影所属的投影面和可见性。

1) 从 E 点的 V 面投影 e' 可以判断 E 在圆柱的圆柱前表面上, 圆柱表面的 H 面积聚成一个圆。故依据长对正求出水平投影 e ; 依据宽相等, 以圆柱轴线投影为基准, 确定 e 点的 W 面投影 e'' 。(E 在轴线前方 y_1)。

2) F 点在圆柱后表面上, 因圆柱面的 H 面投影为圆线, 故 F 点的 H 面投影在圆周上。因 $\{f'\}$ 不可见, 故其 H 面投影应在后半圆柱上 f 点确定。同样, 依据宽相等求出 f'' 。

[例 2-4] EH 是圆柱表面上的一条曲线, 已知它的 V 面投影 $e'h'$, 如图 2-30 所示, 求 EH 在其他两投影面上的投影。

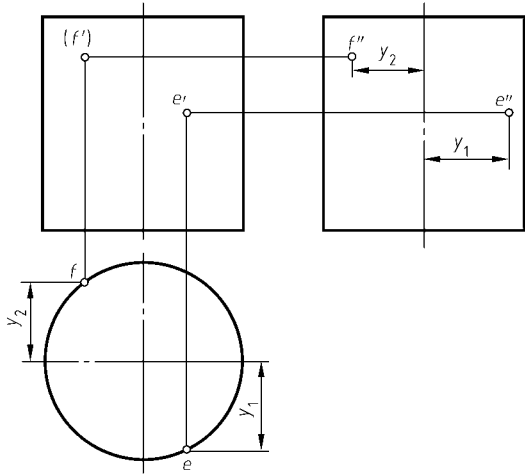


图 2-29 圆柱表面取点

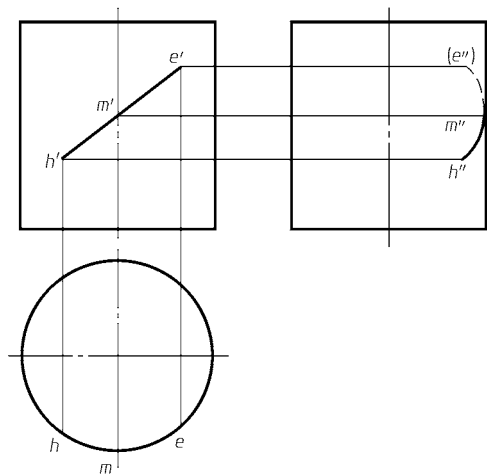


图 2-30 圆柱表面取线

分析: 求曲线的投影可先求曲线上一系列点的投影, 然后光滑连接。

1) 从点 E 、 H 、 M (曲线的最前点) 的 V 面投影 e' 、 m' 、 h' 可以判断 E 在圆柱的圆柱前表面上, 圆柱表面的 H 面积聚成一个圆。故依据长对正可作出水平投影 e 、 m 、 h ; 依据宽相等, 以圆柱轴线投影为基准, 可确定 W 面上的投影 (e'') 、 m'' 、 h'' 。

2) 将 e 、 m 、 h 和 (e'') 、 m'' 、 h'' 用光滑的曲线连接起来即为所求。

[例 2-5] 已知圆锥表面上点 A 、 B 在 V 面上的投影 (a') 和 b' , 求 A 、 B 在其他两投影面上的投影 (见图 2-31)。

分析: 曲线是由点组成的, 反过来, 点又是某一线上的点, 所以, 可以利用线的投影规律来求点的投影。

依已知条件, A 在圆锥面的后表面上; B 在圆锥面的前表面上, 圆锥面的水平投影是圆, 圆锥面侧面投影是三角形。在圆锥面上作一条辅助线, 使辅助线过 A 、 B 点, 辅助线



应选择简单易画的。

1) 采用素线法求的投影：因圆锥表面上素线是一条直线——最简单、易画，故选择过 B 点的一条素线 $s'b'$ 交底圆 c' ，然后求出 SC 的水平投影 sc 。根据从属性不变的原则， B 点的 H 面投影在 sc 上。依据宽相等，以圆锥轴线投影为基准，确定 B 点的 W 面投影 b'' 。

2) 采用辅助平面求 A 的投影：在圆锥表面上还可以选择圆作为辅助线。过 a' 作平面 S 切圆锥，其切线的水平投影为一个圆。点 A 在圆上。根据长对正，可以确定 A 的水平投影 a ，继而求出侧面投影 a'' 。

[例 2-6] 已知球面上点 A 在 V 面上的投影 a' ，求点 A 在另外两投影面上的投影（见图 2-32）。

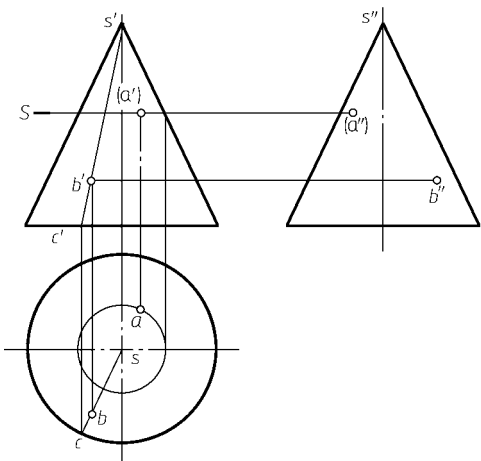


图 2-31 圆锥表面取点

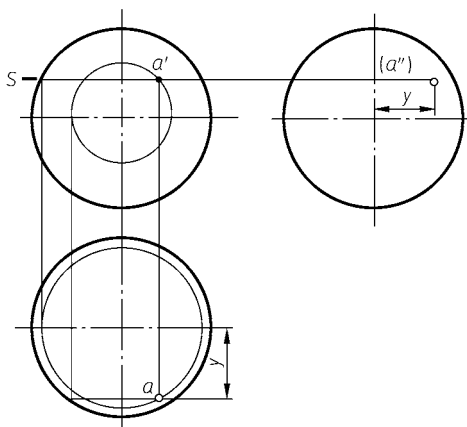


图 2-32 球表面取点

分析：利用辅助平面求 A 点的其他两面投影，因点 A 在右半球上，故 W 面投影不可见。

方法（1）过点 A 作一平行于 V 面的圆，则该圆的水平投影集聚成一平行于 X 轴的直线，根据长对正可求出 a ；同样，辅助圆在 W 面上的投影也是直线，根据高平齐和可见性可求出 (a'') 。

方法（2）过点 A 作一平行于水平面的辅助平面 S 与球体相截，则截面在 H 面上的投影是圆，在 W 面上的投影是直线。在根据长对正、宽相等及可见性求出 a 和 (a'') 。

（三）钢直尺、游标卡尺、内（外）卡钳、高度游标卡尺的正确使用方法

如图 2-33 所示，利用课件补充各测量工具测绘直径与内径等的特殊方法。

（四）基本几何体的尺寸标注

常见基本形体形状和大小尺寸标注方法及应标注的尺寸数如图 2-34 所示。即平面体一般要标注出它的长、宽、高三个方向的尺寸，而回转体通常只要注出径向尺寸和轴向尺寸。圆柱和圆锥应标注出底圆直径和高度尺寸，圆锥台还应标注出顶圆直径。在标注直径尺寸时应在数字前加注“ ϕ ”且一般标注在非圆视图上，用这种标注形式只要用一个视图就能确定其形状和大小，其他视图就可省略不画。圆球只用一个视图加注尺寸即可，在直径数字前应加注“ $S\phi$ ”。

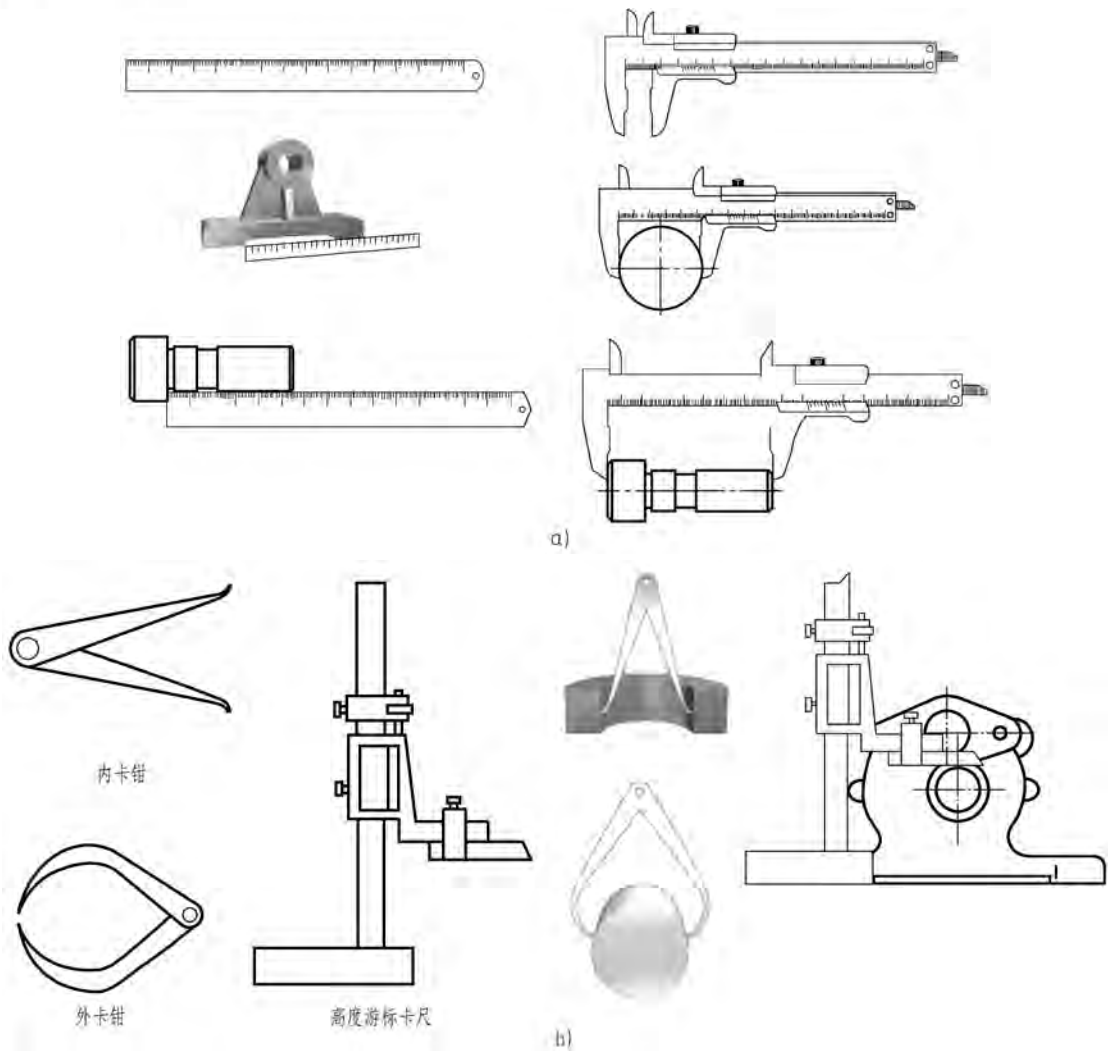


图 2-33 各测量工具测绘直径与内径的使用方法

a) 钢直尺、游标卡尺的正确使用方法 b) 内、外卡钳、高度游标卡尺的正确使用方法

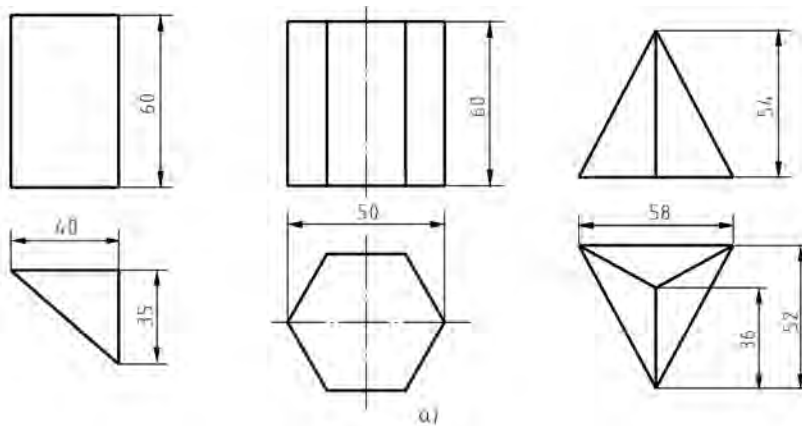


图 2-34 基本形体的尺寸注法

a) 平面体的尺寸标注

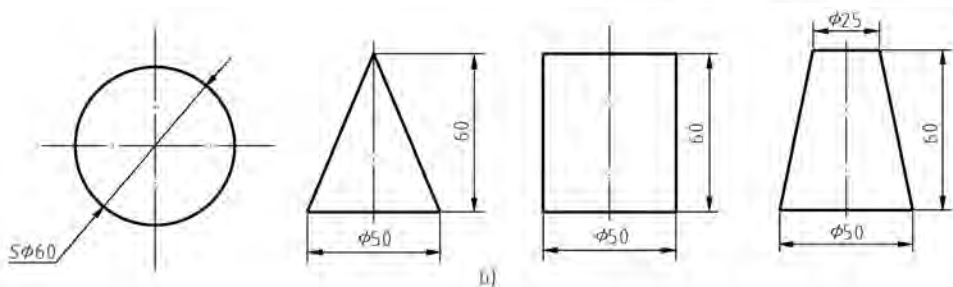


图 2-34 基本形体的尺寸注法 (续)

b) 回转体的尺寸标注

三、小试身手

按任务要求分组测绘模型，绘制基本体三视图并进行表面点的求取和尺寸标注。

四、作品展示与评价

采用学生互评结合教师点评。评价参与活动是否积极，是否能正确熟练地使用测量仪器与绘图工具，测绘方法、步骤是否正确，绘制基本体三视图时步骤是否正确，图形是否正确，线条是否规范，布图是否合理，表面点的求取是否正确，尺寸标注是否合理。

五、课外拓展

完成配套习题集中对应作业。

六、任务小结

通过此次任务的学习，掌握用投影原理绘制基本体三视图的方法，能够根据基本体的两视图补画第三视图、能进行基本体表面点的找取与尺寸标注。

任务 2.3 截切几何体三视图的绘制



学习目标

掌握截交线的性质、求截交线的方法与步骤；能正确分析截平面与被截几何体的相对位置，确定截交线的形状，能正确分析截平面与投影面的关系，确定截交线的投影特性，从而完成截切几何体三视图绘制，任务完成采用小组讨论进行，培养团队合作与精益求精的精神。



任务载体

完成下面两模型的测绘，如图 2-35 所示。

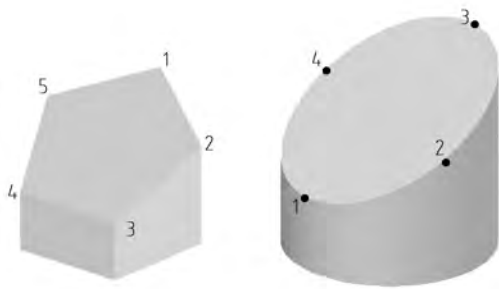


图 2-35 截切几何体模型



任务展示与要求

正确测绘上图两截切几何体模型。



任务实施

一、任务分析

要完成截切几何体模型测绘，需要在基本几何体三视图的基础上，进一步了解截交线的基本知识，求截交线的方法与步骤等知识点。

二、知识链接

用平面截切立体，平面与立体表面的交线称为**截交线**，该平面为**截平面**，由截交线围成的平面图形称为**截断面**，如图 2-36 所示。

(一) 平面基本几何体的截交

平面体截交线的性质：平面立体的截交线一定是一个封闭的平面多边形，多边形的各顶点是截平面与被截棱线的交点，即立体被截断几条棱，那么截交线就是几边形。截交线是截平面与立体表面的共有线。

求平面体截交线的实质：求截平面与立体上被截各棱的交点或截平面与立体表面的交线，然后依次连接而得。

求截交线的步骤如下。

1. 空间及投影分析

分析截平面与几何体的相对位置——确定截交线的形状。

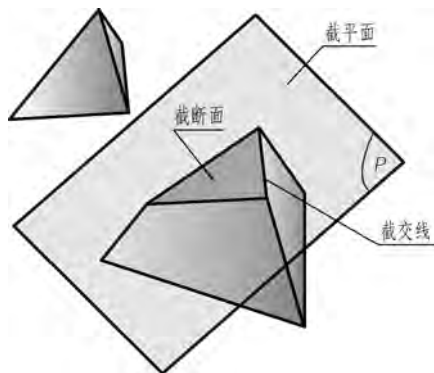


图 2-36 平面截切立体示意图



分析截平面与投影面的相对位置——确定截交线的投影特性。

2. 画出截交线的投影

求出截平面与被截棱线的交点，并判断可见性。

依次连接各顶点成多边形，注意可见性。

3. 完善轮廓

[例 2-7] 测绘如图 2-37 所示的模型，求正五棱柱被截切后的俯视图和左视图。

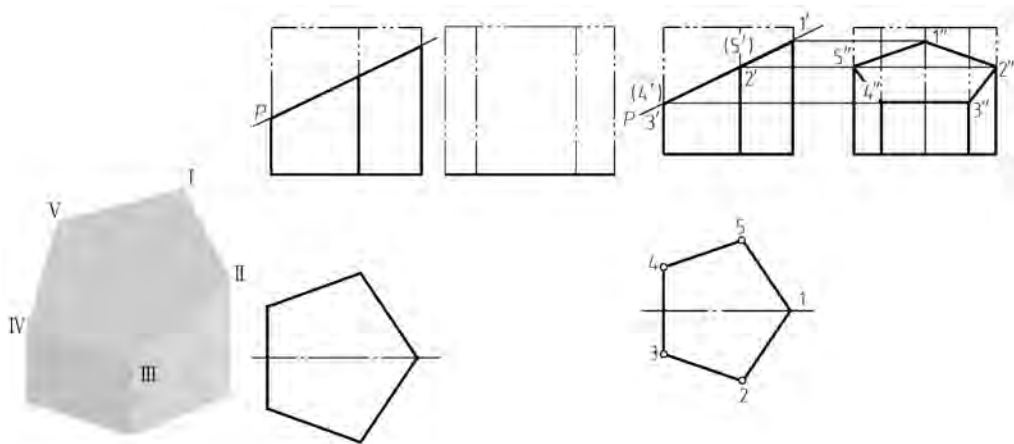


图 2-37 求被截切的正五棱柱的三视图

由正棱柱的投影特性可以分析出 P 平面是正垂面，截切正五棱柱后，截平面即为由 I、II、III、IV、V 五个点所组成的正垂面，且五点均被截各棱的交点。正五棱柱被截切后的俯视图与截切前重合，根据正棱柱的投影特性与三等规律，完成左视图。

(二) 回转体的截交

回转体截交线的性质：截交线是截平面与回转体表面的共有线。截交线的形状取决于回转体表面的形状及截平面与回转体轴线的相对位置。截交线都是封闭的平面图形（封闭曲线或由直线和曲线围成）。

回转体截交线的实质：求截平面与曲面上被截各素线的交点，然后依次光滑连接。

求截交线的步骤如下。

1. 空间及投影分析

分析回转体的形状以及截平面与回转体轴线的相对位置——确定截交线的形状。

分析截平面与投影面的相对位置，如积聚性、类似性等。找出截交线的已知投影，预见未知投影——确定截交线的投影特性。

2. 画出截交线的投影

截交线的投影为非圆曲线时，作图步骤为：先找特殊点（外形素线上的点和极限位置点），再补充一般点，然后光滑连接各点，并判断截交线的可见性。

3. 完善轮廓

[例 2-8] 测绘如图 2-38 所示的模型，求被正垂面截断后圆柱的左视图。

截切面为正垂面，与圆柱的轴线倾斜，截交线为椭圆，模型立体图上的 I、II、III、

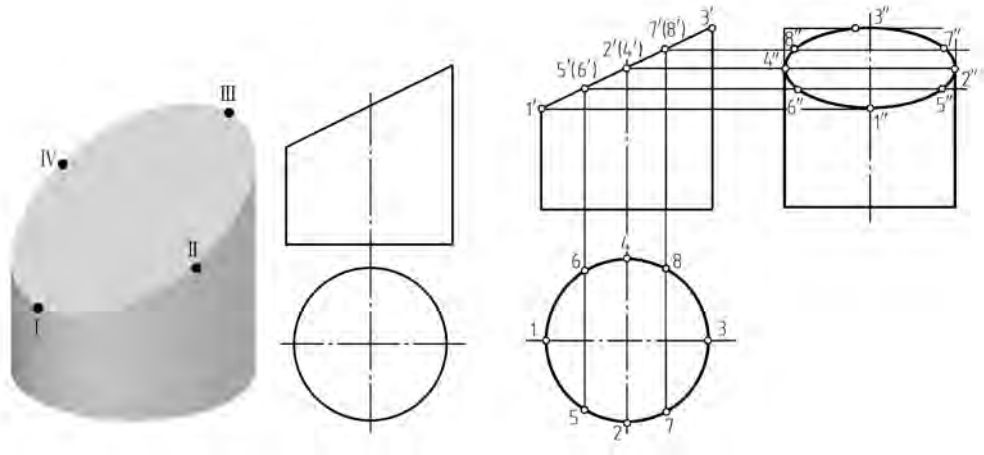


图 2-38 补画被截切的圆柱的三视图

IV为特殊位置上点。由圆柱的投影特性与三等规律，找出左视图上对应的点的位置，再补充几个一般位置的点，然后光滑连接各点，并判断截交线的可见性。

回转体截交线的形状取决于回转体表面的形状及截平面与回转体轴线的相对位置。

截平面与圆柱轴线的相对位置不同，截交线有三种不同的形状（见图 2-39）。

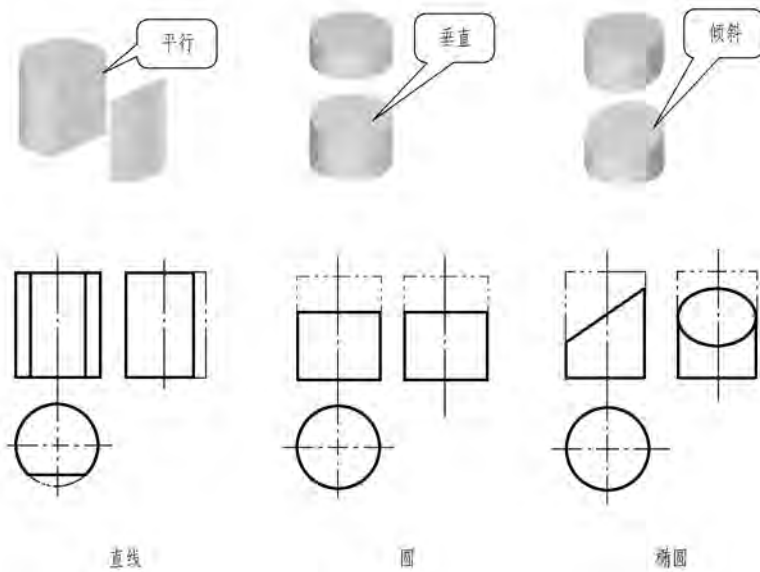


图 2-39 圆柱的三种截交线形状

根据截平面与圆锥轴线的相对位置不同，截交线有五种形状（见图 2-40）。

用任何位置的截平面截割圆球，截交线的形状都是圆。

当截平面平行于某一投影面时，截交线在该投影面上的投影为圆的实形，其他两面投影积聚为直线（图略）。

机械工业出版社版权所有

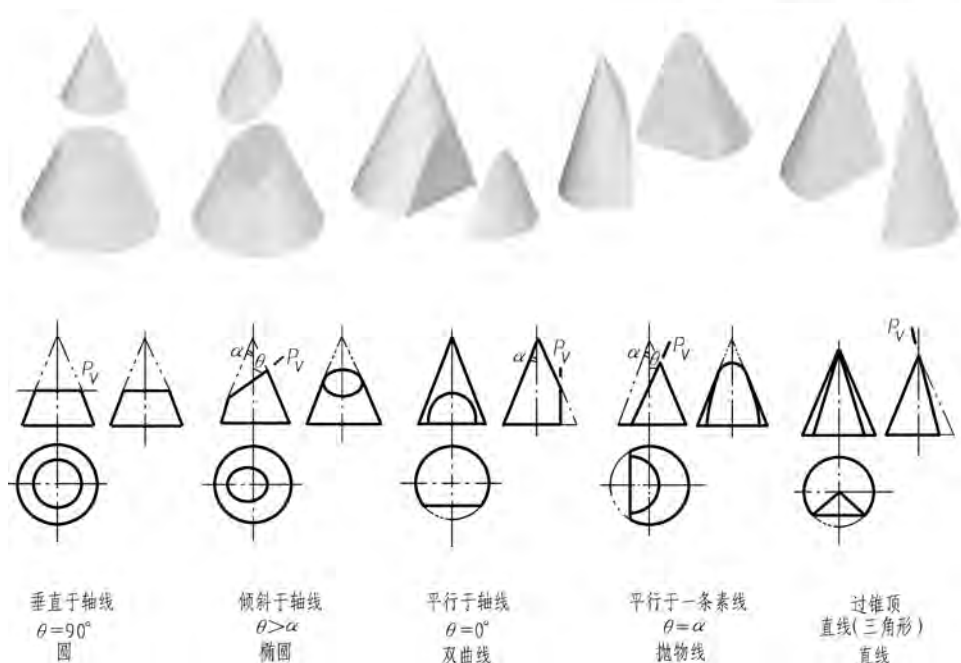


图 2-40 圆锥的五种截交线形状

三、小试身手

按要求完成规定截切模型的三视图。

四、作品展示与评价

要求作图正确，标记规范，判断准确。

五、课外拓展

完成配套习题集中对应相关作业。

六、任务小结

通过此次任务的学习，掌握截交线的性质、求截交线的方法与步骤；能正确分析截平面与被截几何体的相对位置，确定截交线的形状，能正确分析截平面与投影面的关系，确定截交线的投影特性，从而完成截切几何体三视图绘制。

任务 2.4 相贯体三视图的绘制



学习目标

掌握用描点法及简易圆弧法绘制相贯体三视图的方法，能用简易圆弧法绘制外圆与外

圆、外圆与内圆、内圆与内圆相贯的相贯线。要求线型规范、布图合理，养成细致、耐心、严谨、不畏困难的学习态度与习惯。



任务载体

相贯体三视图的绘制。



任务展示与要求

按合适的比例在 A4 的图纸上按《机械制图》国家标准绘制相贯体的三视图，如图 2-41 所示。



图 2-41 相贯体模型



任务实施

一、任务分析

要完成相贯体三视图的绘制，需学习相贯线的绘制方法，包括表面取点法与近似简易圆弧法，主要掌握正交相贯体相贯线的画法。

二、知识链接

两回转体相交，其表面的交线称为相贯线，相贯线的形状取决于两回转体各自的形状、大小和相对位置。相贯线一般情况下为封闭的空间曲线。两回转体的相贯线，实际上是两回转体表面上一系列共有点的连线，求作相贯线的方法通常采用表面取点法与近似简易圆弧法。

(一) 表面取点法

[例 2-9] 两个直径不等的圆柱正交，求作相贯线的投影，如图 2-42 所示。

分析：

两圆柱轴线垂直相交称为正交，当直立圆柱轴线为铅垂线，水平圆柱轴线为侧垂线时，直立圆柱面的水平投影和水平圆柱面的侧面投影都具有积聚性，所以相贯线的水平投影和侧面投影分别积聚在它们的圆周上，如图 2-42a 所示。因此，只要根据已知的水平侧面投影求作相贯线的正面投影即可。两不等径圆柱正交形成的相贯线为空间曲线。因为相



贯线前后相称，在其正面投影中，可见的前半部分与不可见的后半部分重合，且左右也对称。因此，求作相贯线的正面投影，只需作出前面的一半。

作图：

1) 求特殊点：水平圆柱的最高素线与直立圆柱最左、最右素线的交点 A 、 B 是相贯线上的最高点，也是最左、最右点。 a' 、 b' 、 a 、 b 和 a'' 、 b'' 均可直接作出。点 C 是相贯线上最低点，也是最前点， c'' 和 c 可直接作出，再求 c' ，如图 2-42b 所示。

2) 求中间点：取 E 、 F 点，在侧面投影和水平投影上作出 e'' 、 f'' 和 e 、 f ，再求出 e' 、 f' ，如图 2-42c 所示。

3) 光滑连接 $a'e'c'f'b'$ 即为相贯线的正面投影，结果如图 2-42d 所示。

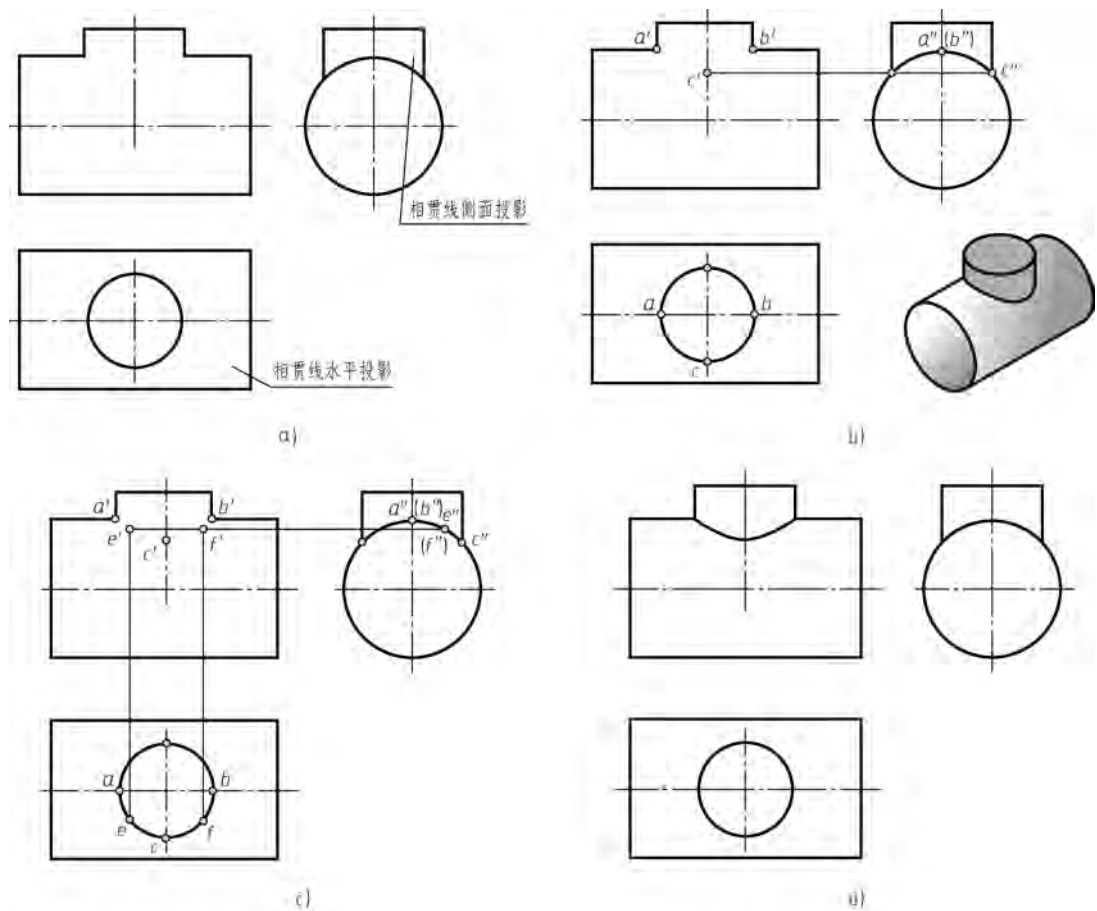


图 2-42 不等径两圆柱正交

(二) 近似简易圆弧法

[例 2-10] 已知两圆柱正交相贯（轴线垂直相交），求作其近似相贯线。

近似作图方法：

1) 利用两圆柱中大圆柱的半径作为半径，以两圆柱矩形轮廓的交点为圆心，在小圆柱的轴线上画弧找一点作为圆心，方向为背朝大圆轴线。

2) 过两圆柱矩形轮廓的交点绘制一段圆弧，用这段圆弧近似替代相贯线的投影如图



2-43 所示。

[例 2-11] 已知大小相等的两圆柱孔正交相贯，求作其相贯线。

定理：两圆柱孔直径相等时，其相贯线的投影是直线。

作图方法：将两孔矩形线框的交点对应连接起来，即可得相贯线的投影。如图 2-44a 所示。

圆柱实体与圆柱孔正交相贯与前面类似，图 2-44b 给出了圆柱实体与圆柱孔正交相贯的立体图和相贯线在三个视图上的投影。

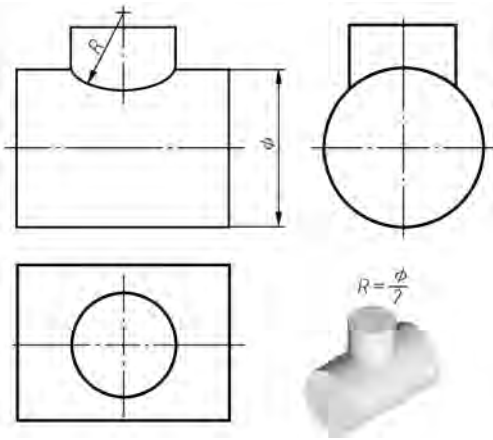


图 2-43 两圆柱正交相贯

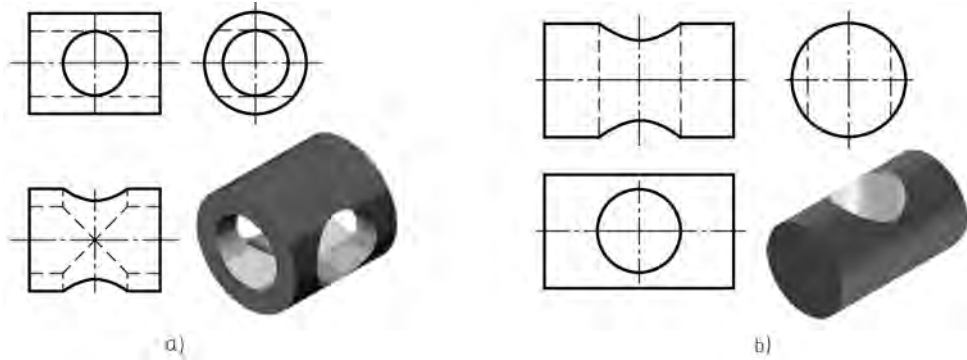


图 2-44 两圆柱孔正交相贯

三、小试身手

按要求分组测绘模型，绘制相贯体三视图。

四、作品展示与评价

评价学生对立体模型中的相贯线分析是否准确、补画的三视图是否正确，同时评价学生读图能力的强弱。

五、课外拓展

完成配套习题集中对应作业。

六、任务小结

通过此次任务学习，掌握用描点法及简易圆弧法绘制相贯体三视图的方法，能用简易圆弧法绘制外圆与外圆、外圆与内圆、内圆与内圆相贯的相贯线。

模块3



组合体三视图的识读与绘制

任务 3.1 组合体三视图的识读与初步绘制



学习目标

掌握组合体的概念与分类、组合体相邻表面的连接画法，能运用形体分析法与线面分析法对组合体进行分析，从而完成组合体三视图的绘制。任务完成采用小组讨论进行，培养团队合作与精益求精的精神。



任务载体

完成轴承座三视图，轴承座立体模型如图 3-1 所示。

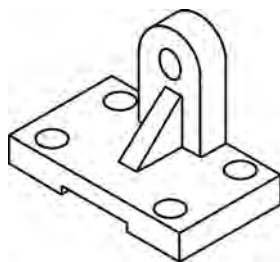


图 3-1 轴承座立体模型



任务展示与要求

正确绘制轴承座模型三视图。



任务实施

一、任务分析

要完成组合体模型测绘，需要掌握组合体的概念与分类，掌握组合体分析方法、绘制组合体三视图的方法与步骤。

二、知识链接

(一) 组合体的概念与分类

在机械制图中通常把由几个基本几何体组合而成的物体，称为组合体。组合体的形成



方式通常有叠加型、切割型和综合型。

叠加型组合体是由若干个简单的基本体叠加而成，如图 3-2a 所示。

切割型组合体是将一个完整的基本体切割或穿孔后形成的，如图 3-2b 所示。

综合型组合体实际上是切割型组合体的叠加，在实际中较常见，如图 3-2c 所示。

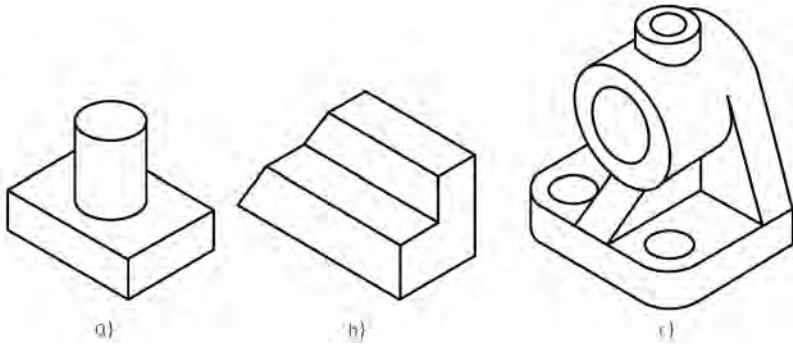


图 3-2 组合体的形成方式

(二) 组合体相邻表面的连接画法

组合体上相邻表面的连接关系可分为：两表面平齐或不平齐、两表面相交、两表面相切三种。

1. 两表面平齐或不平齐

当两个基本体的表面平齐，连成一个面时，结合处不应该画线，如图 3-3a 所示。

当两个基本体的表面不平齐，结合处应画线，如图 3-3b 所示。

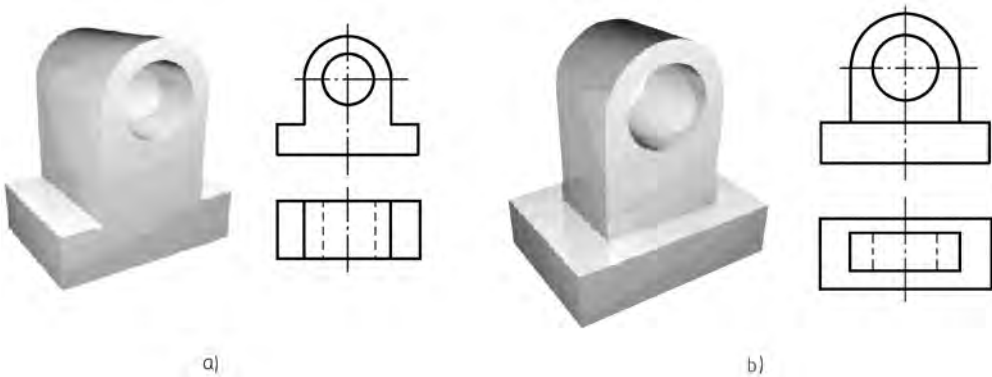


图 3-3 两表面平齐或不平齐的画法

a) 平齐 b) 不平齐

2. 两表面相交

两基本体表面相交会产生交线，作图时应画出交线的投影，如图 3-4 所示。

3. 两表面相切

相切是指两基本体表面光滑过渡，在相切处不存在轮廓线，作图时在相切处不应画线，如图 3-5 所示。



(三) 形体分析法与线面分析法

1. 形体分析法

大多数机器零件都可以看作是一些基本形体经过叠加、切割、穿孔等方式组合而成的组合体。这些基本形体可以是一个完整的基本几何体（如棱柱、棱锥、圆柱、圆锥等），也可以是一个不完整的基本几何体或是它们的简单组合。形体分析法就是把物体分解成一些简单的基本形体以及确定它们之间组合形式的一种思维方法。

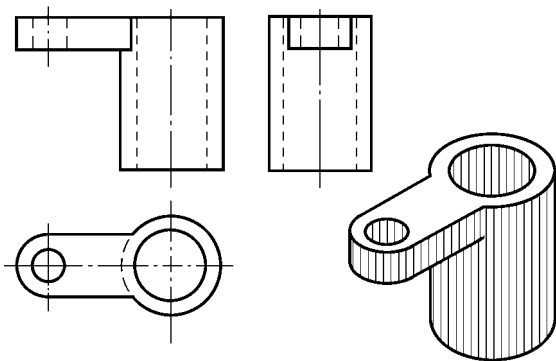


图 3-4 两表面相交的画法

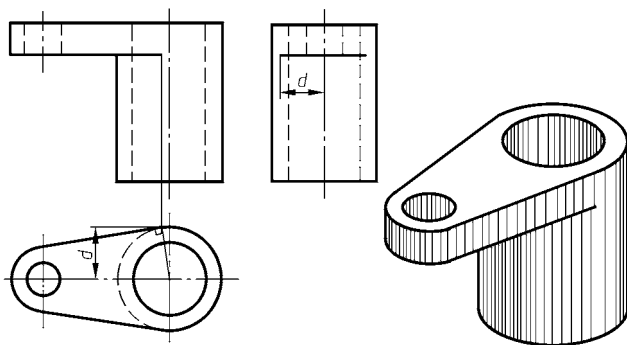


图 3-5 两表面相切的画法

如图 3-6 所示，用形体分析法可把轴承座分解成四部分。

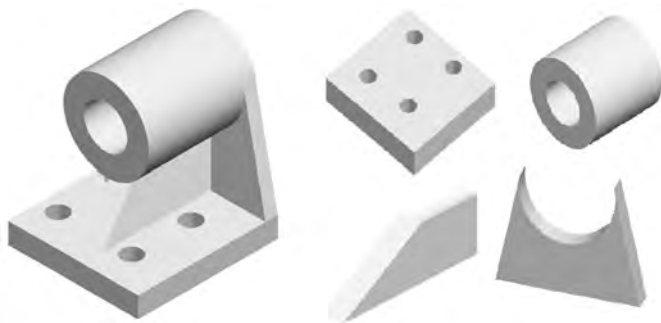


图 3-6 对轴承座形体分析

2. 线面分析法

线面分析法主要用来分析组合体各表面及棱线、外形素线等与投影面的相对位置，以明确其投影特征；分析表面之间的连接关系及表面交线的形成和画法，以便于画图 and 读图的方法。可运用投影特征，分析线、线框含义；运用投影特征，分析线、线框空间位置。

如图 3-7 所示，用线面分析法可知。压块 A 面为正垂面，而 B 面为铅垂面。



(四) 举例绘制组合体三视图

[例 3-1] 测绘轴承座，如图 3-8 所示。

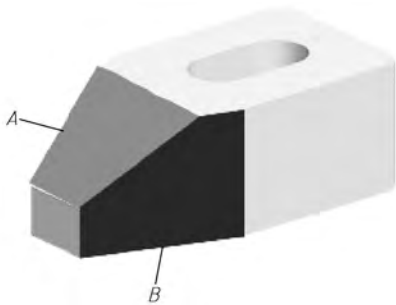


图 3-7 对压块进行线面分析

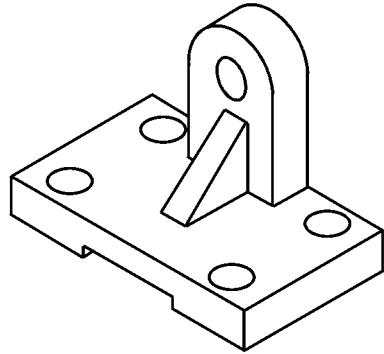


图 3-8 轴承座

1. 形体分析

首先对轴承座进行形体分析，明确组合形式，了解各基本体之间的表面连接关系。由图可将轴承座看成由底板、肋板和一个半圆头的立板经过切割再叠加组合而成。轴承座的下方是底板，底板与立板后面平齐叠加，肋板与底板、立板相交而产生交线。

(1) 底板

如图 3-9a 所示，其外形是一个四棱柱，下部中间挖一贯通的长方槽，在四个角上挖四个圆柱孔，测绘时先测量底板的长、宽、高，板上的四孔直径，相对位置，长方槽的长与高。

绘其三视图如图 3-9b 所示。

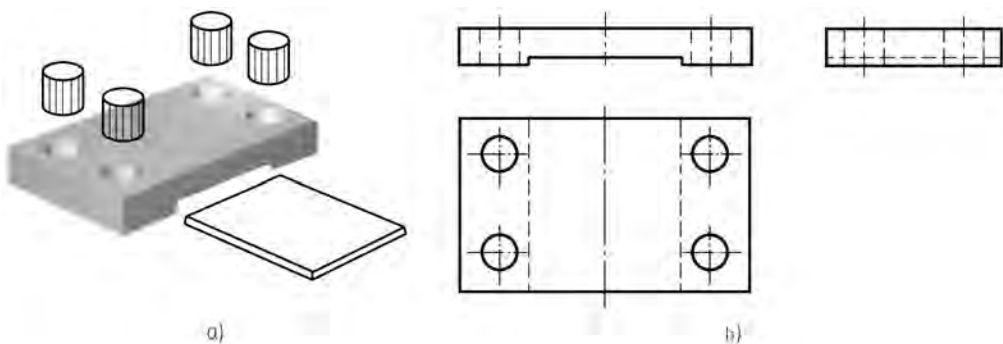


图 3-9 底板

a) 底板的形体分析 b) 底板的三视图

(2) 半圆头立板

如图 3-10a 所示，其下部是一个四棱柱，上部与半个圆柱叠加，中间挖一圆柱孔。测绘时测量圆柱孔的直径与立板的长和宽，立板的高度测量是先测量立板顶部到底板的下平面高度（即总高），再减去底板的高度。其三视图如图 3-10b 所示。



(3) 肋板

如图 3-11a 所示, 肋板为一个三棱柱, 测量时可直接测量其长、宽、高三个尺寸, 其三视图如图 3-11b 所示。

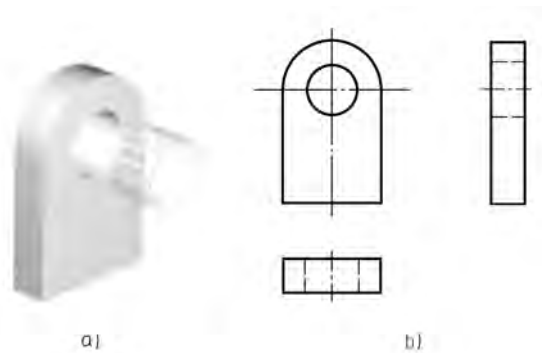


图 3-10 立板

a) 立板的形体分析 b) 立板的三视图

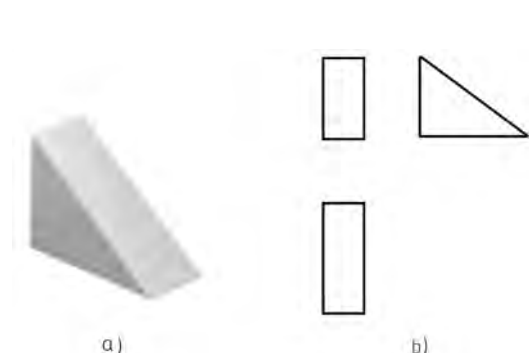


图 3-11 肋板

a) 肋板的形体分析 b) 肋板的三视图

2. 选视图

在三视图中, 主视图是最主要的视图, 因此, 首先要确定主视图。这需要解决两个问题: 一是组合体的安放位置, 通常选组合体的自然安放位置。二是组合体的投影方向, 通常要求主视图能够较多地表达物体的结构特征和形状特征, 即尽可能地把各组成部分的形状及相对位置关系在主视图上显示出来, 并使物体的主要表面、轴线等平行或垂直投影面, 还要使物体的其他两个视图的虚线越少越好。

主视图确定后, 俯视图和左视图也随之确定。

3. 确定比例和图幅

视图确定后, 便可根据组合体的大小和复杂程度, 按国家标准规定选择作图比例和图幅。

4. 布图、画底稿

布置视图的位置, 确定各视图主要中心线或基准线的位置, 如组合体的底面、端面、对称中心线等, 注意将视图匀称地布置在幅面上。

轴承座的画图步骤如图 3-12 所示。

(五) 叠加型组合体的绘图步骤及有关注意事项

1) 选定比例后画出各视图的对称线、回转体的轴线、圆的中心线及主要形体的端面线, 并把它们作为基准线来布置图幅。

2) 运用形体分析法, 从主要的形体着手, 按各基本形体之间的相对位置, 逐个画出各组成部分的视图。

3) 一般先画较大的、主要的组成部分 (如轴承架的长方形底板), 后画次要部分; 先画主要轮廓, 再画细节。

4) 画每一基本几何体时, 先从反映实形或有特征的视图 (椭圆、三角形、六角形) 开始, 再按投影关系画出其他视图。对于回转体, 先画圆或圆弧, 后画直线。

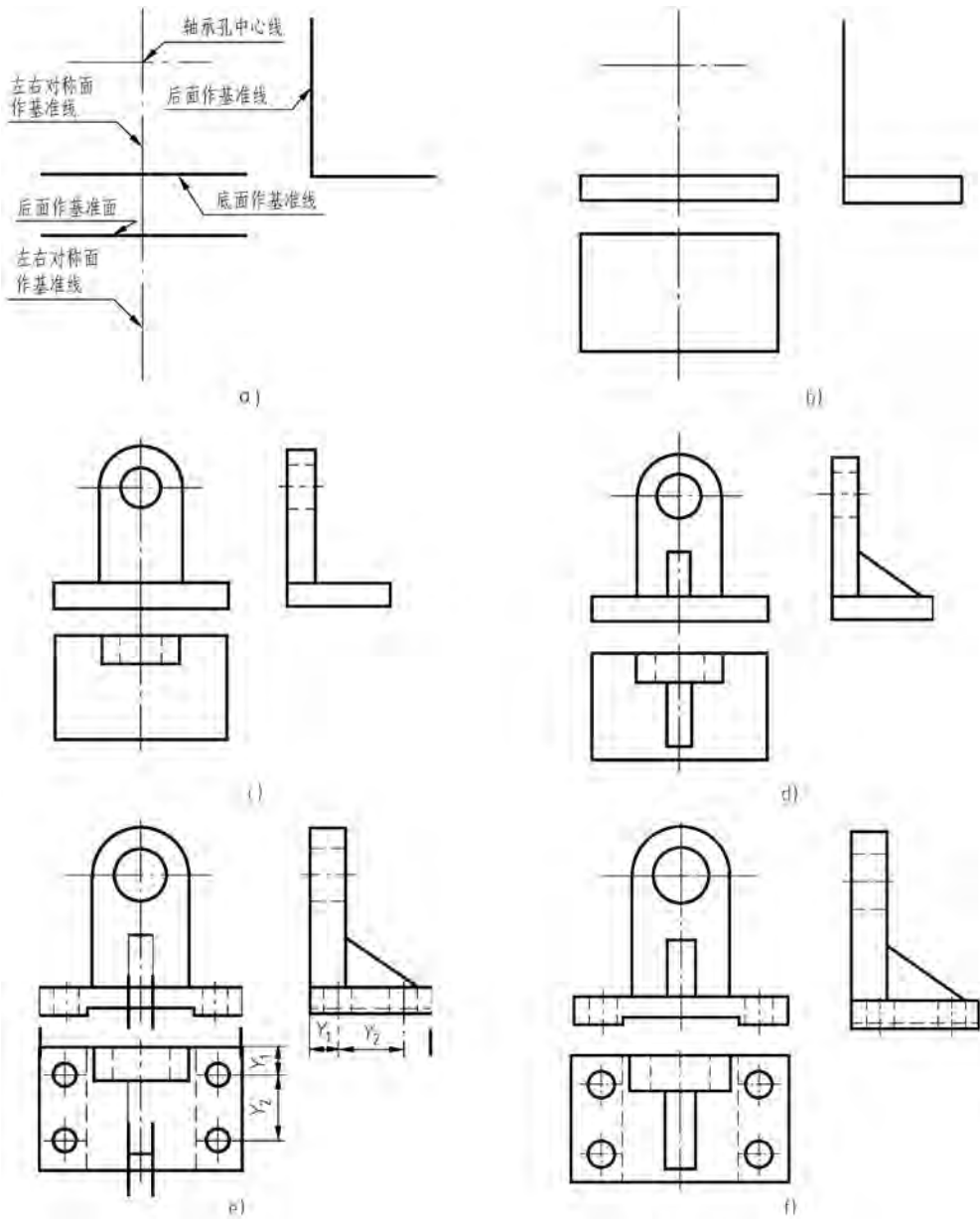


图 3-12 轴承座的画图步骤

- a) 布置视图，画作图基准线 b) 画底板 c) 画半圆端立板 d) 画肋板
e) 画底板上的凹槽及圆孔 f) 校对、擦去作图线、加深

5) 画图过程中，应按“长对正、高平齐、宽相等”的投影规律，几个视图对应着画，以保持正确的投影关系。

三、小试身手

按要求绘制组合体模型三视图。



四、作品展示与评价

要求分析正确，标记规范，绘图准确，图线规范，布图合理。

五、课外拓展

完成配套习题集中对应相关作业。

六、任务小结

通过学习组合体的形成方式、相邻表面的连接画法、组合体的分析方法等，掌握绘制组合体三视图的方法，能绘制较复杂的组合体三视图。

任务 3.2 组合体三视图的尺寸标注



学习目标

掌握组合体尺寸标注的方法，能根据组合体尺寸标注的基本要求完成组合体的尺寸标注，要求尺寸标注完整、清晰，合理。培养学生分析问题和解决问题的能力，并养成细心、认真的学习态度。



任务载体

完成下列轴承座的尺寸标注，轴承座立体模型如图 3-13 所示。



任务展示与要求

在前面完成的轴承座三视图的基础上，完整、清晰、合理地完成三视图的尺寸标注。

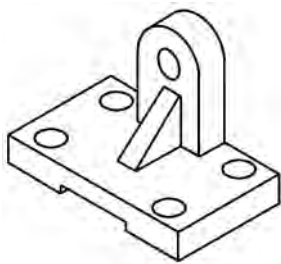


图 3-13 轴承座立体模型



任务实施

一、任务分析

要完成组合体视图的尺寸标注，需要掌握组合体尺寸的类型、组合体尺寸标注的基本要求、组合体尺寸标注的方法和步骤。

二、知识链接

(一) 组合体尺寸标注的类型

在组合体视图上，应标注下列几类尺寸。



(1) 定形尺寸

定形尺寸是确定组合体各组成部分的形状大小的尺寸。

如图 3-14 所示, 组合体由底板和后立板组成, 底板的定形尺寸有 35、18、5, 立板的定形尺寸有 6、 $\phi 8$ 。

(2) 定位尺寸

定位尺寸是确定形成组合体的各基本形体间相对位置的尺寸。

标注组合体定位尺寸时, 首先必须在长、宽、高三个方向分别选定尺寸基准。所谓尺寸基准, 就是标注尺寸时所确定的起点。通常选择组合体(或基本形体)的对称面、回转体轴线和较大的底面、端面作为尺寸基准。如图 3-14 所示的支架, 长度方向的尺寸基准为左右对称面, 宽度方向尺寸基准为后端面, 高度方向尺寸基准为底面。

如图 3-14 所示, 尺寸 27、14 是确定底板上直径为 $\phi 5$ 的两圆孔中心位置的定位尺寸; 26 是确定后立板 $\phi 8$ 圆孔的轴线到底板底面距离的定位尺寸。

(3) 总体尺寸

总体尺寸是确定组合体总长、总宽、总高的尺寸。当组合体的一端为回转面时, 该方向的总体尺寸不能直接标注, 而由确定回转面轴线的定位尺寸加上回转面的半径来间接确定。如图 3-14 所示的支架的总高可由 26 和 $R8$ 确定; 长方形底板的长度 35 和宽度 18, 即为该支架的总长和总宽。

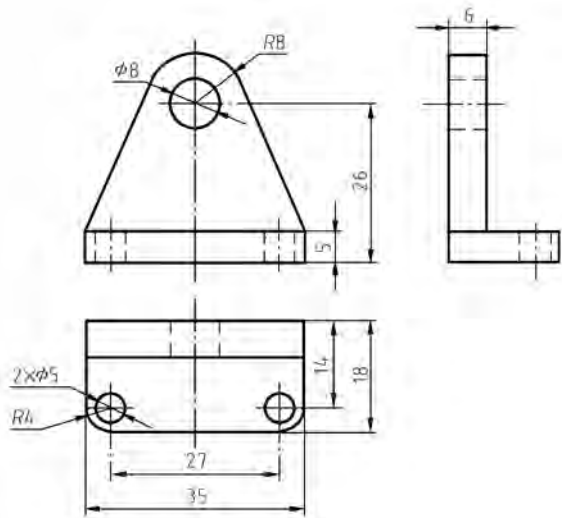


图 3-14 支架

(二) 组合体尺寸标注的基本要求

(1) 尺寸标注要完整

尺寸标注要完整, 既无遗漏, 又不重复或多余。因此首先应对组合体进行形体分析, 然后, 根据各基本体及其相对位置分别标注定形尺寸、定位尺寸及总体尺寸。

(2) 尺寸标注要清晰

标注尺寸不仅要完整, 还要注意清晰明了。为此, 除了严格遵守制图标准中标注尺寸的基本规则外, 还必须注意以下几点:

① 尺寸应尽可能标注在形状特征最明显的视图上, 半径尺寸应标注在反映圆弧的视图上, 如图 3-14 中的 $R4$ 。要尽量避免从虚线引出尺寸。

② 同一个基本形体的尺寸, 应尽量集中标注, 如图 3-15 主视图中的 34 和 2。

③ 尺寸尽可能标注在视图外部, 但为了避免尺寸界线过长或与其他图线相交, 必要时也可注在视图内部, 如图 3-15 中肋板的定形尺寸 8、16。

④ 尺寸布置要齐整, 避免过分分散和杂乱。在标明同一方向的尺寸时, 应该小尺寸在内, 大尺寸在外, 以免尺寸线与尺寸界线相交。



(三) 组合体尺寸标注的方法和步骤

以图 3-15 所示轴承座为例说明组合体尺寸标注的方法和步骤。

- 1) 形体分析。轴承座由底板、立板、肋板组合而成。
- 2) 选择基准。标注尺寸时, 应先选定尺寸基准。这里选定轴承座的左、右对称平面及后端面、底面作为长、宽、高三个方向的尺寸基准。
- 3) 标注各基本形体的定形尺寸。图 3-15 中的 70、38、10 是长方形底板的定形尺寸; 底板下部中央切割出的长方板的定形尺寸为 34 和 2; 其他各形体的定形尺寸请读者自行分析。

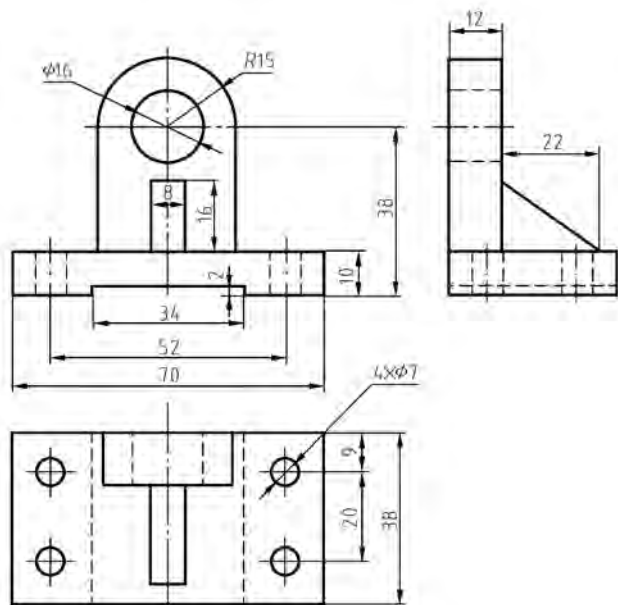


图 3-15 轴承座的尺寸标注

4) 标注定位尺寸。底板、切割的长方板、三角块肋板、半圆头立板都处在此选定的基准上, 不需要标注定位尺寸; 立板上切割去的 $\phi 16$ 的圆柱, 长度方向的定位尺寸为零, 不必标注, 轴线方向 (宽) 同半圆头立板, 高度方向应注出定位尺寸 38; 底板上切割形成四圆孔, 和底板同高, 故高度方向不必标注定位尺寸, 长和宽方向应分别注出定位尺寸 52、9 和 20。

5) 标注总体尺寸。尺寸 38 和 $R15$ 确定轴承架的总高, 底板的长和宽决定它的总长和总宽, 故不必另行标注总体尺寸。应当指出, 由于组合体的定形尺寸和定位尺寸已标注完整, 如再加注总体尺寸会出现多余尺寸。为保持尺寸数量的恒定, 在加注一个总体尺寸的同时, 就应减少一个同方向的定形尺寸, 以避免尺寸注成封闭的尺寸链。

三、小试身手

按要求完成轴承座组合体三视图的尺寸标注。

四、作品展示与评价

要求分析正确, 尺寸标注完整、清晰、合理。



五、课外拓展

完成配套习题集中对应相关作业。

六、任务小结

通过学习组合体视图尺寸标注的基本要求和步骤，掌握组合体视图尺寸标注的方法，能完成较复杂组合体视图的尺寸标注。

任务 3.3 组合体三视图的绘制



学习目标

掌握组合体读图的基本知识，能运用形体分析法与线面分析法读懂较复杂的组合体，从而完成习题集中组合体三视图中补漏线及已知两视图补画第三视图的相关作业。任务完成采用小组讨论进行，培养团队合作与精益求精的精神。



任务载体

完成习题集中补漏线及补视图的相关作业。



任务展示与要求

正确完成习题集中补漏线及补视图的相关作业。



任务实施

一、任务分析

要完成组合体视图中补漏线和补视图的任务，需要读懂组合体结构及视图。应掌握组合体读图的基本知识，掌握用形体分析法与线面分析法读组合体的方法。

二、知识链接

（一）读图的基本知识

读图是画图的逆过程，画图是把空间物体用正投影法表达在平面上，而读图则是根据物体的视图想象出被表达物体的空间形状。读图时，除必须熟练掌握各种位置直线、平面以及基本体的投影特性外，还应注意以下几点。



1. 要把几个视图联系起来识读

在机械图样中，零件的形状一般是通过几个视图来表达的，每个视图只能反映零件某一方面的形状。因此，仅由一个或两个视图往往不能唯一的确定零件的形状。如图 3-16 所示物体的主、俯视图均相同，但左视图不同，他们表达了三种空间不同形状的物体。

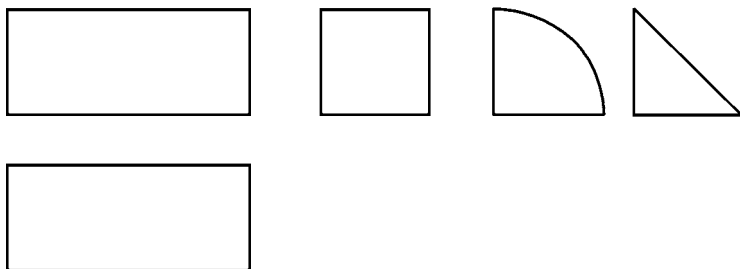


图 3-16 几个视图配合看图示例

2. 要从最能反映物体形状特征的视图看起

3. 要善于理解视图中的线和线框的含义

视图中的—条粗实线或虚线可表示：面与面交线的投影、物体表面的积聚性投影、轮廓线的投影等；视图中的一个封闭线框，一般表示物体上一个平面或曲面的投影；视图中的两相邻线框表示不在同一平面的两个面，如图 3-17 所示。

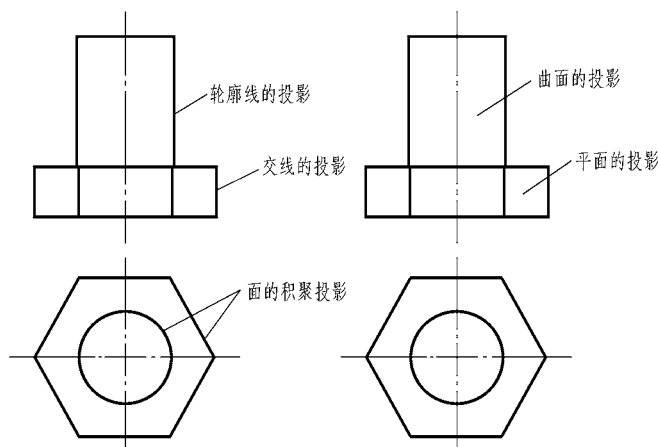


图 3-17 视图中线与线框的含义

(二) 形体分析法读图

形体分析法是读组合体视图的最基本方法。通常从最能反映物体形状特征的主视图看起，分析该物体由哪些基本体组成及组成形式；然后用投影规律，逐个找出每个形体在其他视图上的投影，从而想象出各个基本体的形状及各形体之间的相对位置关系，最后想象出物体整体结构形状。读图的步骤如下。



1. 看视图抓特征

看视图：以主视图为主，配合其他视图，进行初步的投影分析和空间分析。

抓特征：找出反映物体特征较多的视图，在较短时间里，对物体有个大概的了解。

2. 分解形体对投影

分解形体：参照特征视图，分解形体。

对投影：利用“三等”关系，找出每一部分的三个投影，想象出它们的形状。

3. 综合起来想整体

在看懂每部分形体的基础上，进一步分析它们之间的组合方式和相对位置关系，从而想象出整体的形状。以图 3-18 所示物体的三视图为例加以说明。

(1) 联系有关视图，看清投影关系

先从主视图看起，借助于丁字尺、三角板、分规等工具，根据“长对正、高平齐、宽相等”的规律，把几个视图联系起来看投影关系。

(2) 把一个视图分成几个独立部分加以考虑

一般把主视图中的封闭线框（实线框、虚线框或实线与虚线框）作为独立部分，例如图 3-18b 的主视图分成 5 个独立部分：I、II、III、IV、V。

(3) 识别形体，定位置

根据各部分三视图（或两视图）的投影特点想象出形体，并确定它们之间的相对位置。在图 3-18b 中，I 为四棱柱与倒 U 形柱的组合；II 为倒 U 形柱（槽），前后各切割出一个 U 形柱；III、IV 都是横 U 形柱（缺口）；V 为圆柱（切割形成圆孔）。它们之间的位置关系，请读者自行分析。

(4) 综合起来想整体

综合考虑各个基本形体及其相对位置关系，整个组合体的形状就清楚了。

(三) 线面分析法读图

对一些复杂的组合体，有时仅用形体分析法还不能完全读懂，这时可从线和面的角度去分析物体的形状。根据线、面的投影特性，分析投影图中每条线段、每一个封闭线框的含义，判断其形状和位置，这种方法称为线面分析法。读图步骤如下。

1. 抓住特征分清线、面

抓特征：看懂物体上各被切线、面的空间位置和几何形状。

2. 综合起来想整体

在看懂物体各表面的空间位置和形状后，还必须根据视图弄清面与面的相对位置，进而想象出物体的整体形状。

下面以图 3-19 所示物体的三视图为例，说明线面分析法读图的具体步骤和方法。

第一步：分析整体形状，由于压块的三个视图的轮廓基本上都是长方形（只缺掉了几个角），所以它的基本形体是一个长方体。

第二步：分析细节形状，从主、俯视图可以看出，压块右方从上到下有一阶梯孔。主视图的长方形缺个角，说明在长方体的左上方切掉一角。俯视图的长方形缺两个角，说明长方体左端切掉前、后两角。左视图也缺两个角，说明前后两边各切去一块。

通过形体分析法，压块的基本形状就大致有数了。但是，究竟是被什么样的平面切

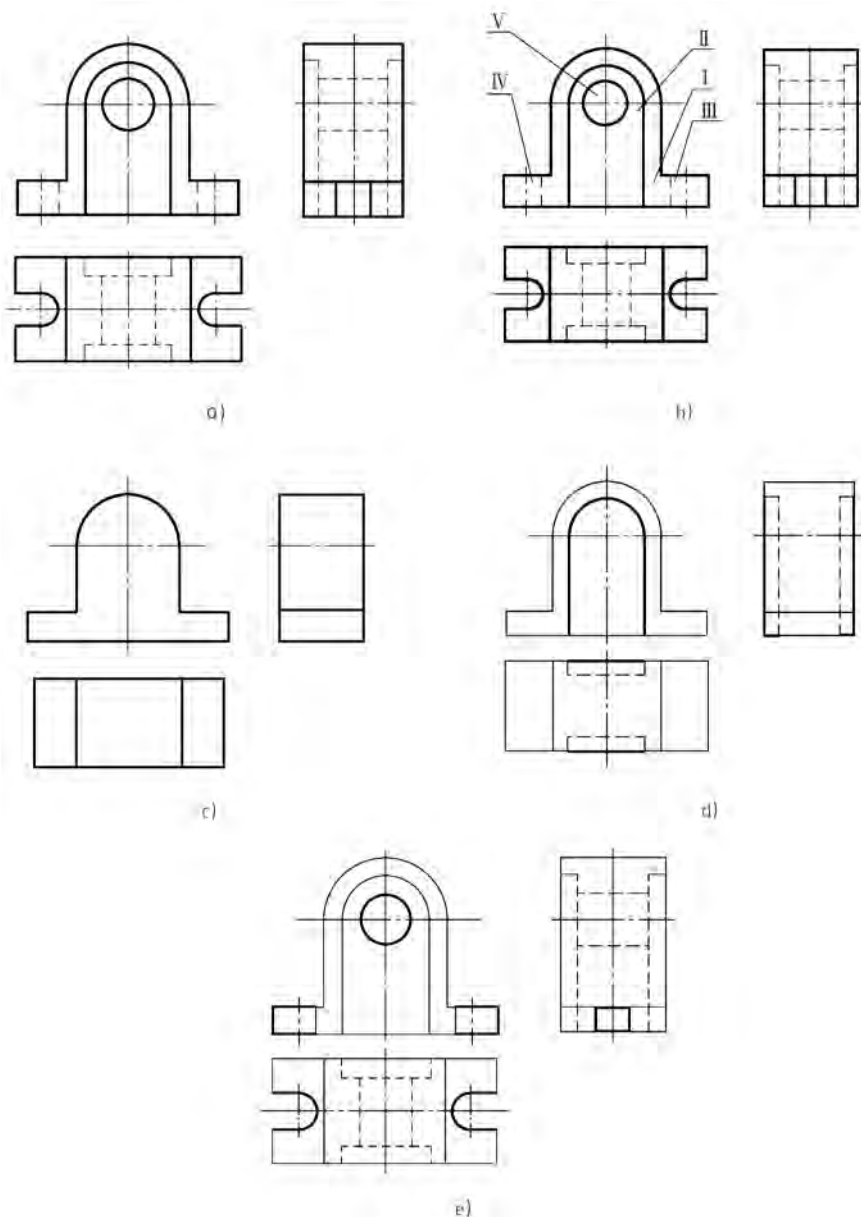


图 3-18 用形体分析法读图

的？截切以后的投影为什么会是这个样子？还需要用线、面分析法进行分析。

下面我们应用三视图的投影规律，找出每个表面的三个投影。

1) 先看图 3-19a，从俯视图中的梯形线框出发，在主视图找出与它对应的斜线 p' ，可知 P 面是垂直于正面的梯形平面，长方块的左上角就是由这个平面切割而成的。平面 P 对侧面和水平面都处于倾斜位置，所以它的侧面投影 p'' 和水平投影 p 是类似图形，不反映 P 面的真实形状。



2) 再看图 3-19b。由主视图的七边形 q' 出发, 在俯视图上找出与它对应的斜线 q , 可知 Q 面是垂直于水平面的。长方块的左端, 就是由这样的两个平面切割而成的。平面 Q 对正面和侧面都处于倾斜位置, 因而侧面投影 q'' 也是一个类似的七边形。

3) 然后, 从主视图上的长方形 r' 入手, 找出面的三个投影, 如图 3-19c 所示; 从俯视图的四边形 S 出发, 找到 S 面的三个投影, 如图 3-19d 所示。不难看出, R 面平行于正面, S 面平行于水平面。长方块的前后两边, 就是这两个平面切割而成的。在图 3-19d 中, $a'b'$ 线不是平面的投影, 而是 R 面与 Q 面的交线。 $c'd'$ 线是哪两个平面的交线? 请读者自行分析。

其余的表面比较简单易看, 不需一一分析。这样, 我们既从形体上, 又从线、面的投影上, 彻底弄清了整个压块的三面视图, 就可以想象出如图 3-20 所示物体的空间形状了, 它是一个常见的压块。

看图时一般是以形体分析法为主, 线、面分析法为辅。线、面分析法主要用来分析视图中的局部复杂投影, 对于切割式组合体用得较多。

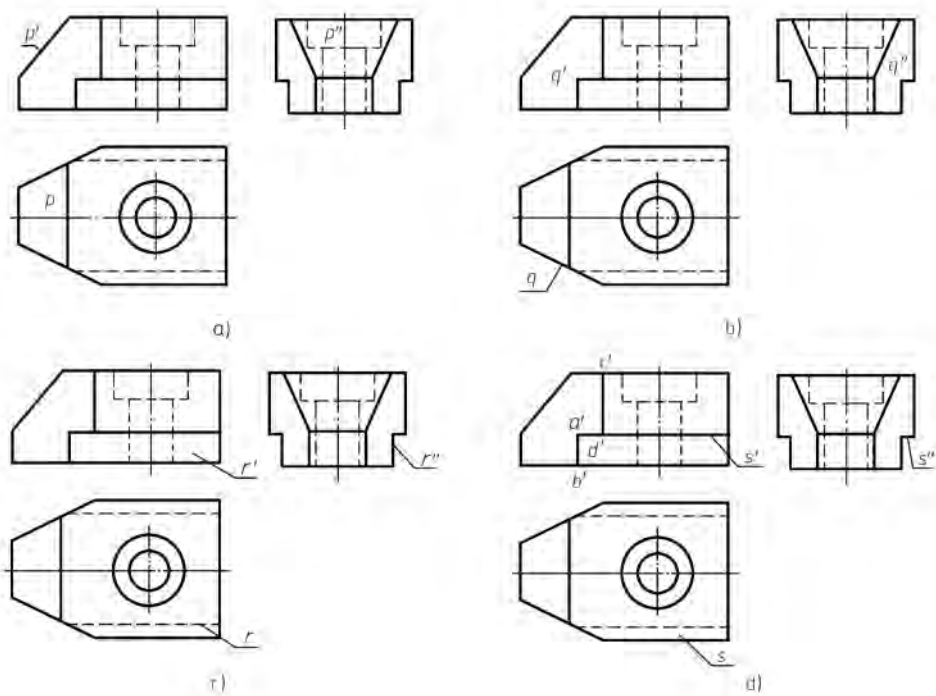


图 3-19 压块的看图方法

三、小试身手

按要求完成习题集中补漏线及补视图相关的题目。

四、作品展示与评价

要求分析正确, 绘图准确, 图线规范, 无遗漏。



五、课外拓展

完成配套习题集中对应的其他相关作业。

六、任务小结

通过学习组合体读图的基本知识，掌握用形体分析法与线面分析法读组合体的方法，能完成补漏线及补视图等相关的作业。



图 3-20 压块