

上篇

知识讲解篇

- 项目 1 建筑制图的基础知识
- 项目 2 建筑投影知识
- 项目 3 基本体的投影
- 项目 4 立体表面的交线
- 项目 5 轴测投影
- 项目 6 组合体的投影
- 项目 7 建筑形体的表达方法
- 项目 8 建筑施工图
- 项目 9 结构施工图

1

项目

建筑制图的基础知识



学习目标

- 掌握常用绘图工具和仪器的使用方法。
- 了解基本制图标准的相关规定。
- 掌握平面图形的绘制方法和步骤。



素质目标

- 养成善于分析、注重规范标准的严谨制图习惯。
- 培养互相帮助、共同学习、共同完成目标任务的团队协作能力。

建筑施工图纸是表达工程设计和指导施工必不可少的依据。图纸对于不同图样的表达、各种材料符号以及文字的标注,都有明确的规定和严格的要求,熟悉和掌握有关工程图样的标准及规定是每一个工程技术人员必须具备的基本素质。

本部分的内容是在《房屋建筑制图统一标准》(GB/T 50001—2017)、《总图制图标准》(GB/T 50103—2010)、《建筑制图标准》(GB/T 50104—2010)等标准的基础上编写的。

1.1

常用的绘图工具和仪器

手工绘制工程图样常用的工具主要有图板、丁字尺、三角板、曲线板、比例尺、铅笔等。绘图仪器主要有圆规和分规等。掌握绘图工具和仪器的正确使用方法是提高工程图样质量、加快绘图速度的前提。

1.1.1 图板、丁字尺和三角板

图板是固定图纸用的工具。图板有大小不同的规格,左侧短边为工作边。在图板上要使用胶带纸来固定图纸,位置要适中以方便画图。丁字尺主要用来画水平方向的直线,它与三角板配合还可以画铅垂线和斜线。丁字尺由互相垂直的尺头和尺身两部分组成。丁字尺有各种规格,一般与图板配套使用,如图 1-1 所示。

如图 1-2 所示,用丁字尺画水平线时,左手握住尺头,使它紧靠图板左侧,右手扶住尺身,然后左手按要求方向(上或下)移动丁字尺。在移动的过程中,尺头应一直紧靠图板左

侧,当移动到要画线的位置时停下,开始自左向右画线。

三角板主要用于画铅垂线和倾斜线。一副三角板有两块:一块角度为 30° 、 60° 、 90° ,另一块角度为 45° 、 45° 、 90° 。三角板可与丁字尺配合使用画出一些常用的斜线(如 30° 、 60° 、 45° 、 15° 、 75° 等方向的斜线)和铅垂线,如图 1-3 所示。

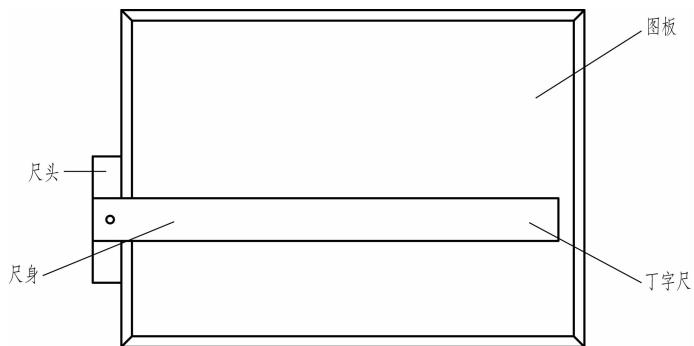
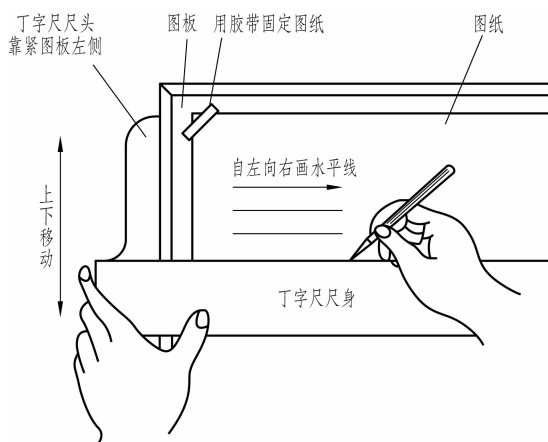


图 1-1 图板和丁字尺



动画
丁字尺的使用

图 1-2 用丁字尺画水平线

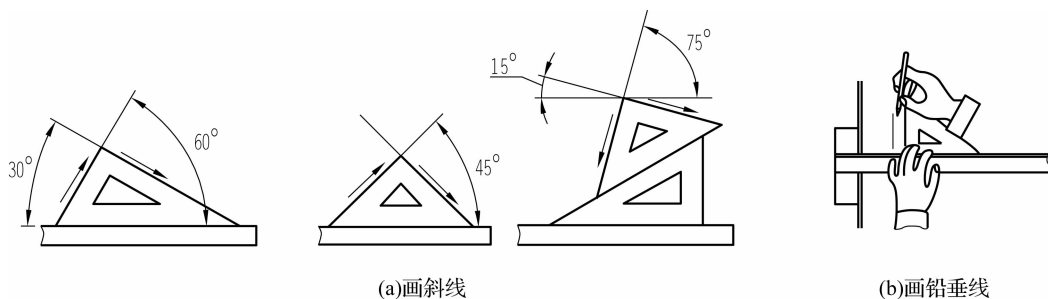


图 1-3 三角板与丁字尺配合画斜线和铅垂线





1.1.2 曲线板、比例尺和铅笔

1. 曲线板

曲线板是用来画非圆曲线的工具。有些曲线需要用曲线板分段连接起来,具体做法是先将非圆曲线上的一系列点用铅笔轻轻地勾画出均匀圆滑的稿线,然后选取曲线板上能与稿线重合的一段描绘下来,依此类推顺序描画。新画的一段曲线要与先画的曲线相搭接,匀滑过渡,最后完成整条非圆曲线。使用曲线板时,首先要定出足够数量的点,一般每描一段最少应有四个点与曲线板的曲线重合。为使描画出的曲线光滑,每描一段曲线时,应有一小段与前一段所描的曲线重合,如图 1-4 所示。

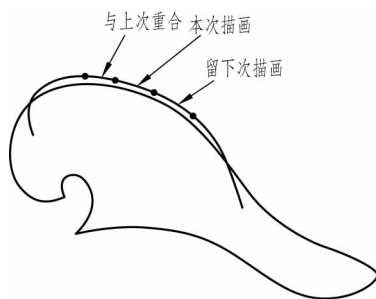


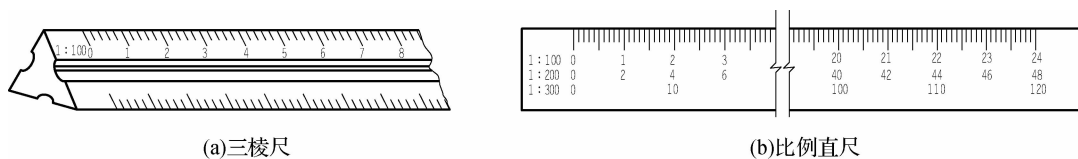
图 1-4 用曲线板画非圆曲线



动画
曲线板的使用
方法

2. 比例尺

比例尺是用于按一定比例量取长度的专用量尺。常用的比例尺有两种:一种是三棱尺,外形呈三棱柱,三个面上有六种不同比例的刻度;另一种是比例直尺,外形像普通的直尺,上面刻有三种不同的比例,如图 1-5 所示。比例尺上的数字以 m 为单位,画图时可按所需比例,用尺上标注的刻度直接量取而不需要换算。例如,按 1:100 比例画长度为 10 m 的图线,可在比例尺上找到 1:100 的刻度一边,直接量取 10 即可。利用 1:100 的比例尺还可以读出 1:1、1:10、1:1 000 等放大或缩小的比例。例如,按 1:1 000 比例画长度为 200 m 的图线,在 1:100 的刻度一边量取 20 即可。同理,在比例尺为 1:200 的刻度上也可以读出 1:2、1:20、1:2 000 等比例的尺寸。



(a)三棱尺

(b)比例直尺

图 1-5 三棱尺和比例直尺

3. 铅笔

铅笔用于画图和写字。铅笔的铅芯有软硬之分,在铅笔上用字母 B 和 H 表示。B 前面的数字越大(如 B、2B 等),表示铅芯越软,颜色越黑;H 前面的数字越大(如 H、2H 等),表示铅芯越硬,颜色越浅;HB 介于软硬之间。绘图时,常用 H 或 2H 的铅笔画底稿,用 HB 或 B 的铅笔加深,用 H 的铅笔写字。因此,削铅笔时应保留标号,以便识别铅笔的软硬度。写字或画底稿时,铅芯一般削成圆锥形;加深图线时,铅芯应磨成扁平形,如图 1-6 所示。画图

时,应使铅笔垂直纸面,向运动方向倾斜 30° ,用力得当,匀速前进,如图 1-7 所示。

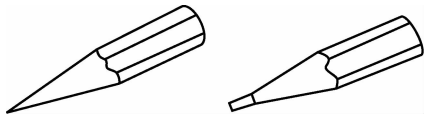


图 1-6 铅笔的削法

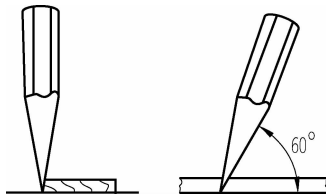
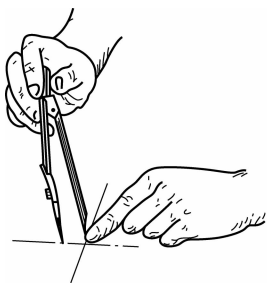


图 1-7 铅笔的使用

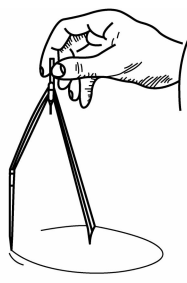
1.1.3 圆规和分规

1. 圆规

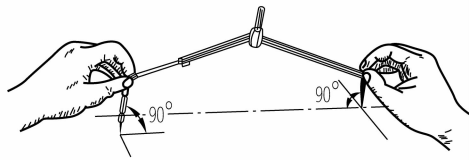
圆规是用来画圆和圆弧的仪器。在使用前应调整带针插脚,使针尖略长于铅芯。先将两脚分开至所需的半径尺寸,使针尖对正圆心位置[见图 1-8(a)],将针尖轻轻插入圆心处,使带铅芯的插脚接触图纸,然后转动圆规手柄,沿顺时针方向画圆,转动时用力 and 速度都要均匀,并使圆规向转动方向稍微倾斜,如图 1-8(b)所示。圆或圆弧应一次画完,画大圆时,要在圆规插脚上接大延长杆,要使针尖与铅芯都垂直于纸面,左手按住针尖,右手转动带铅芯的插脚画图,如图 1-8(c)所示。



(a)使针尖对正圆心位置



(b)画一般大小的圆



(c)画大圆

图 1-8 圆规及其用法

2. 分规

分规是用来等分线段或量取长度的仪器。分规的外形像圆规,但两腿都为钢针,量取长度时先从直尺或比例尺上量取需要的长度,然后移到图纸上的相应位置,如图 1-9 所示。分规通常用来等分直线段或圆弧,为了准确地度量尺寸,分规的两针尖应平齐。

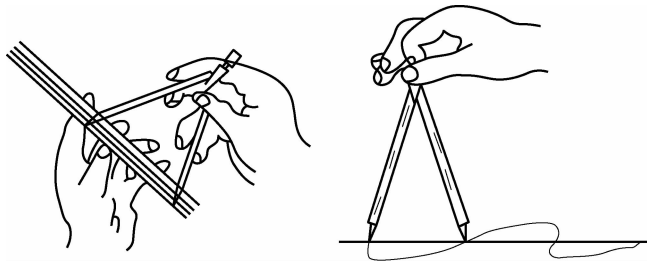


图 1-9 分规及其使用示例



1.2 建筑制图国家标准

图样是工程界的共同语言,是施工的依据。为了使工程图样表达统一、清晰,满足设计、施工等的需要,又便于技术交流,国家对图幅大小、图样的画法、线型、线宽、字体、尺寸标注、图例等都进行了规定,这个统一的规定就是制图标准。制图标准有国家颁布实施的适用于全国的国家制图标准,简称“国标”;也有使用范围较小的“部颁标准”及地方性的地区标准。国家制图标准是所有工程人员必须严格遵守并执行的,标准规定的内容很多,以下仅介绍一些常用制图标准的内容和规定。

1.2.1 图纸幅面、图框、标题栏

图纸幅面是指由图纸宽度和长度组成的图面。幅面线用细实线画,在图幅线的内侧有图框线,图框线用粗实线画出,图框线内部的区域才是绘图的有效区域。

图纸幅面及图框尺寸应符合表 1-1 的规定。由表中可以看出,沿上一号幅面图纸的长边对折,即为下一号幅面图纸的大小。因此,初学者只需记住其中一两种幅面尺寸即可。在一个工程设计中,每个专业所使用的图纸不宜多于两种幅面。



动画
几种幅面

表 1-1 图纸幅面及图框尺寸

单位:mm

尺寸代号	幅面代号				
	A0	A1	A2	A3	A4
$b \times l$	841×1 189	594×841	420×594	297×420	210×297
c	10			5	
a	25				

注:表中 b 为幅面短边尺寸, l 为幅面长边尺寸, c 为图框线与幅面线间的宽度, a 为图框线与装订边间的宽度。

图纸以短边作为垂直边称为横式,以短边作为水平边称为立式。A0~A3 图纸宜横式使用;必要时,也可立式使用。图纸的短边尺寸不应加长,A0~A3 幅面的长边尺寸可加长,但应符合相关规定。

图纸的标题栏及装订边的位置应符合标准规定,如图 1-10 和图 1-11 所示。

为了便于管理及查阅绘制出的图样,每张图都必须添加标题栏。通常标题栏应位于图框的右下角,并且看图方向应与标题栏的方向一致。标题栏的外框线为粗实线,标题栏的格线为细实线。做制图作业时建议采用如图 1-12 所示的标题栏。

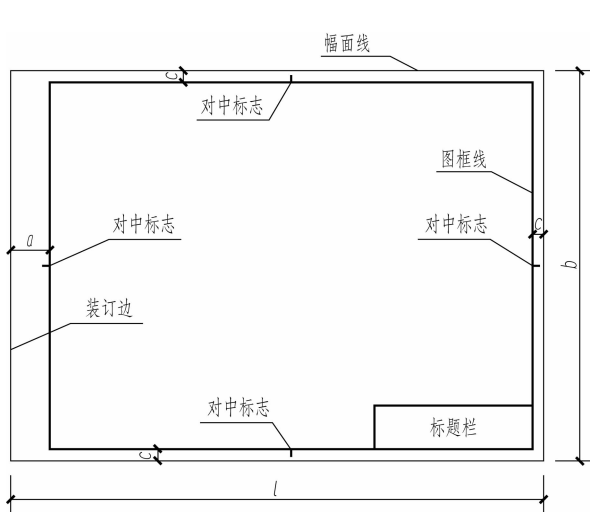


图 1-10 A0~A3 横式幅面

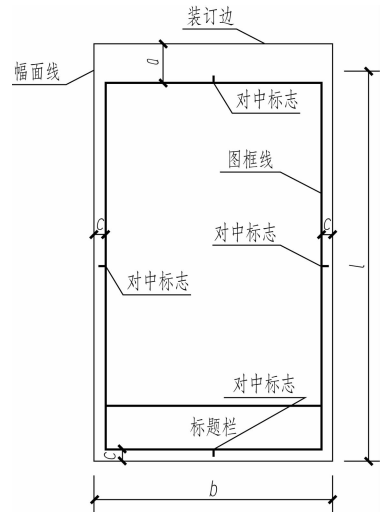


图 1-11 A0~A4 立式幅面

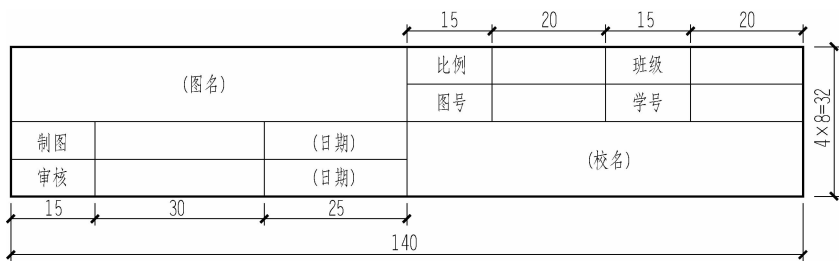


图 1-12 制图作业中采用的标题栏

1.2.2 图线

图纸上的线条统称为图线。制图标准规定应采用不同线型和不同粗细的线来表示不同的意义和用途。表 1-2 列出了工程建设制图中常用的图线。

表 1-2 工程建设制图中常用的图线

名称		线型	线宽	用途
实线	粗		b	主要可见轮廓线
	中粗		$0.7b$	可见轮廓线、变更云线
	中		$0.5b$	可见轮廓线、尺寸线
	细		$0.25b$	图例填充线、家具线
虚线	粗		b	见各有关专业制图标准
	中粗		$0.7b$	不可见轮廓线
	中		$0.5b$	不可见轮廓线、图例线
	细		$0.25b$	图例填充线、家具线



续表

名称		线型	线宽	用途
单点长画线	粗		b	见各有关专业制图标准
	中		$0.5b$	见各有关专业制图标准
	细		$0.25b$	中心线、对称线、轴线等
双点长画线	粗		b	见各有关专业制图标准
	中		$0.5b$	见各有关专业制图标准
	细		$0.25b$	假想轮廓线、成型前原始轮廓线
折断线	细		$0.25b$	断开界线
波浪线	细		$0.25b$	断开界线

图线的基本线宽 b 宜按照图纸比例及图纸性质从 1.4 mm、1.0 mm、0.7 mm、0.5 mm 线宽系列中选取。每个图样应根据其复杂程度与比例大小,先选定基本线宽 b ,再选用表 1-3 中相应的线宽组。

表 1-3 线宽组

单位: mm

线宽比	线宽组			
b	1.4	1.0	0.7	0.5
$0.7b$	1.0	0.7	0.5	0.35
$0.5b$	0.7	0.5	0.35	0.25
$0.25b$	0.35	0.25	0.18	0.13

注 1: 需要微缩的图纸,不宜采用 0.18 mm 及更细的线宽。

2: 同一张图纸内,各不同线宽中的细线可统一采用较细的线宽组中的细线。

在画图线时,应注意下列几点。

- (1) 同一张图纸内,相同比例的各图样应选用相同的线宽组。
- (2) 相互平行的图例线,其净间隙或线中间隙不宜小于 0.2 mm。
- (3) 虚线、单点长画线或双点长画线的线段长度和间隔宜各自相等。
- (4) 单点长画线或双点长画线的两端不应采用点。点画线与点画线交接或点画线与其他图线交接时,应采用线段交接。虚线与虚线交接或虚线与其他图线交接时,应采用线段交接。虚线为实线的延长线时,不得与实线相接。具体规定见表 1-4。

表 1-4 图线相交的画法

名称	举例	
	正确	错误
两点画线相交		

续表

名 称	举 例	
	正 确	错 误
实线与虚线相交, 两虚线相交		
虚线为粗实线的延长线		

(5)图线不得与文字、数字或符号重叠、混淆,不可避免时,应首先保证文字的清晰。

(6)绘制圆或圆弧的对称中心线时,圆心应为线段的交点,且中心线两端应超出圆弧2~3 mm。当圆较小,画点画线有困难时,可用细实线代替。

1.2.3 字体

字体是指文字的风格样式。在图样中除了要绘制图线外,还要用汉字填写标题栏与说明事项,用数字标注尺寸,用字母注写各种代号或符号。制图标准规定,图纸上所需书写的文字、数字或符号等均应笔画清晰、字体端正、排列整齐;标点符号应清楚、正确。

字体的大小以号数表示,字体的号数就是字体的高度(单位为mm)。图样中文字的字高应依据图幅、比例等情况按制图标准的规定选用,即3.5 mm、5 mm、7 mm、10 mm、14 mm、20 mm。

1. 汉字

图样及说明中的汉字宜优先采用 True type 字体中的宋体字型,采用矢量字体时应为长仿宋体字型。同一图纸字体种类不应超过两种。矢量字体的宽高比宜为0.7,且应符合表1-5的规定。

表 1-5 长仿宋字的高宽关系

单位:mm

字 高	3.5	5	7	10	14	20
字 宽	2.5	3.5	5	7	10	14

长仿宋字的特点是笔画粗细一致,挺拔秀丽,易于硬笔书写,便于阅读;书写要领是横平竖直、注意起落、结构均匀、填满方格。长仿宋字的示例如图1-13所示。





建 筑 施 工 图 平 立 剖 面 房 屋

字 体 工 整 笔 画 清 楚 间 隔 均 匀 排 列 整 齐

横 平 竖 直 注 意 起 落 结 构 均 匀 填 满 方 格

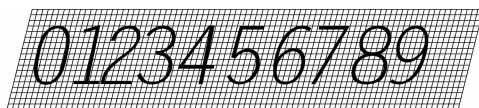
技 术 制 图 机 械 电 子 汽 车 船 舶 土 木 建 筑 矿 山 井 坑 港 口

图 1-13 长仿宋字的示例

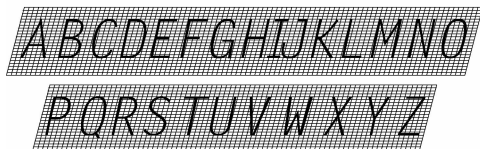
2. 数字和字母

数字和字母分为 A 型和 B 型。A 型字体的笔画宽度(d)为字高(h)的 $1/14$, B 型字体的笔画宽度(d)为字高(h)的 $1/10$ 。数字和字母可写成斜体和直体。斜体字的字头向右倾斜,斜度应是从字的底线逆时针向上倾斜 75° 。绘图时一般用 B 型斜体字。在同一图样上,只允许选用一种类型的字体。

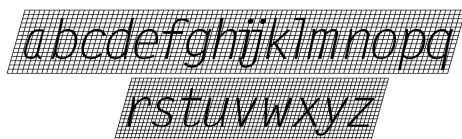
数字和字母的斜体示例如图 1-14 所示。



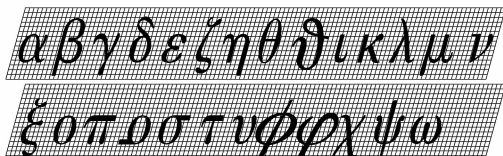
(a)阿拉伯数字



(b)大写拉丁字母



(c)小写拉丁字母



(d)小写希腊字母



(e)罗马数字

图 1-14 数字和字母斜体的示例

1.2.4 比例

图样的比例应为图形与实物相对应的线性尺寸之比。图样的比例分为原值比例、放大

比例、缩小比例三种,如图 1-15 所示。按实物的大小与结构的不同,绘图时可根据情况放大或缩小。比例的大小是指比值的大小,如 $1:50$ 大于 $1:100$ 。比例宜注写在图名的右侧,字的基准线应取平。比例的字高宜比图名的字高小一号或二号,如图 1-16 所示。

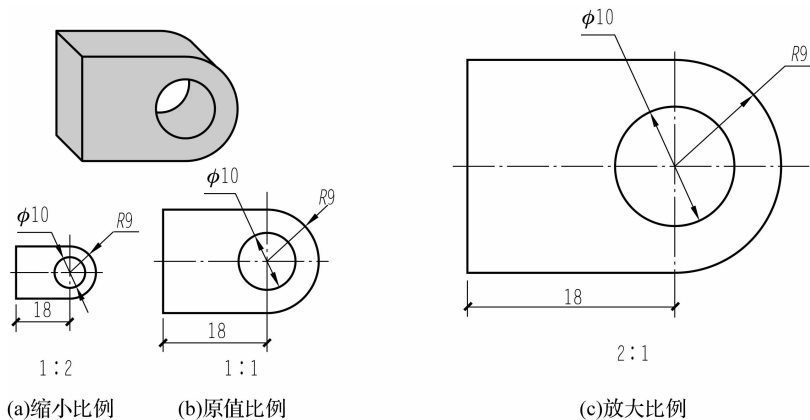


图 1-15 图样比例的种类



图 1-16 比例的注写

绘图所用的比例应根据图样的用途与被绘对象的复杂程度,从表 1-6 中选用,并应优先采用表中常用比例。

表 1-6 绘图所用的比例

常用比例	$1:1, 1:2, 1:5, 1:10, 1:20, 1:30, 1:50, 1:100, 1:150, 1:200, 1:500, 1:1\ 000, 1:2\ 000$
可用比例	$1:3, 1:4, 1:6, 1:15, 1:25, 1:40, 1:60, 1:80, 1:250, 1:300, 1:400, 1:600, 1:5\ 000, 1:10\ 000, 1:20\ 000, 1:50\ 000, 1:100\ 000, 1:200\ 000$

1.2.5 尺寸标注

在工程图样上除了画出建筑物及其各部分的形状外,还必须正确、完整和清晰地标注出建筑物的实际尺寸,作为施工时的依据。

1. 尺寸的组成

图样上的尺寸由尺寸界线、尺寸线、尺寸起止符号和尺寸数字四部分组成,如图 1-17 所示。

1) 尺寸界线

尺寸界线用于表示所注尺寸的范围,用细实线绘制,应与被注长度垂直,其一端应离开图样轮廓线不小于 2 mm ,另一端宜超出尺寸线 $2\sim 3\text{ mm}$ 。图样轮廓线可用作尺寸界线。

2) 尺寸线

尺寸线用于表示尺寸的方向,用细实线绘制,应与被注长度平行,且不宜超出尺寸界线。



图样本身的任何图线均不得用作尺寸线。互相平行的尺寸线,应从被注写的图样轮廓线由近及远整齐地排列,较小的尺寸应离轮廓线较近,较大的尺寸应离轮廓线较远,如图 1-17 所示。平行排列的尺寸线的间距宜为 7~10 mm,并应保持一致。

3) 尺寸起止符号

尺寸起止符号用于表示尺寸的起止点,用中粗斜短线绘制,其倾斜方向应与尺寸界线成顺时针 45°角,长度宜为 2~3 mm。轴测图中用小圆点表示尺寸起止符号,小圆点直径为 1 mm。半径、直径、角度和弧长的尺寸起止符号宜用箭头表示,如图 1-18 所示。

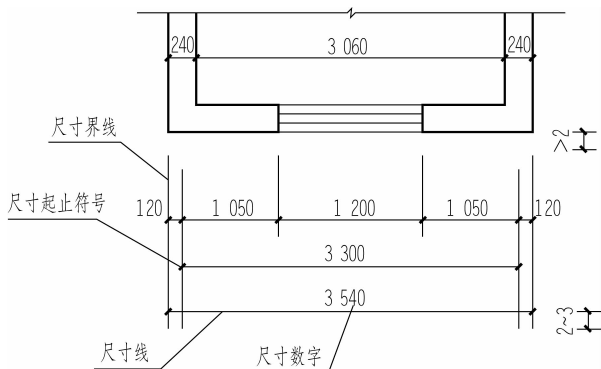


图 1-17 尺寸的组成

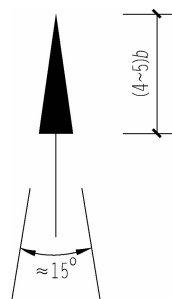


图 1-18 箭头

4) 尺寸数字

工程图样上标注的尺寸数字是物体的实际尺寸,它与绘图所用的比例无关。因此,抄绘工程图时,不得从图上直接量取,应以所注尺寸数字为准。尺寸数字应依据其方向注写在靠近尺寸线的上方中部。水平方向的尺寸,尺寸数字要注写在尺寸线的上方,字头朝上;竖直方向的尺寸,尺寸数字要注写在尺寸线的左侧,字头朝左;倾斜方向的尺寸,尺寸数字的注写方法如图 1-19(a)所示。若尺寸数字在 30°斜线区内,也可按图 1-19(b)的形式标注。

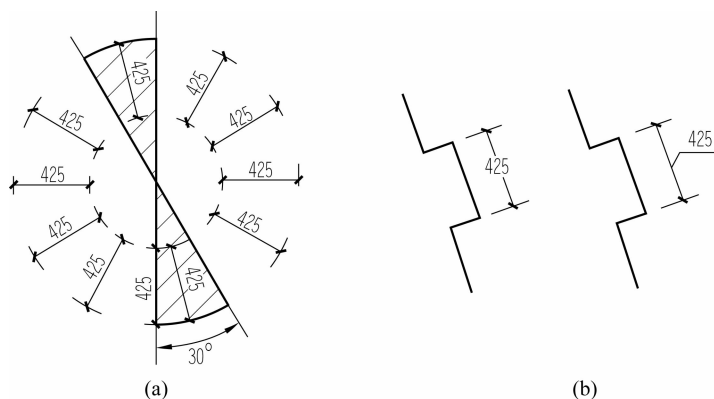


图 1-19 尺寸数字的注写方向



动画
尺寸数字

尺寸数字如果没有足够的注写位置,最外边的尺寸数字可注写在尺寸界线的外侧,中间相邻的尺寸数字可上下错开注写,也可用引出线表示标注尺寸的位置,如图 1-20 所示。

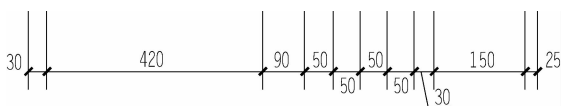


图 1-20 尺寸数字的注写位置

尺寸宜标注在图样轮廓以外,不宜与图线、文字及符号等相交,如图 1-21 所示。图样上的尺寸单位,除标高及总平面图以米为单位外,其他均以毫米为单位。

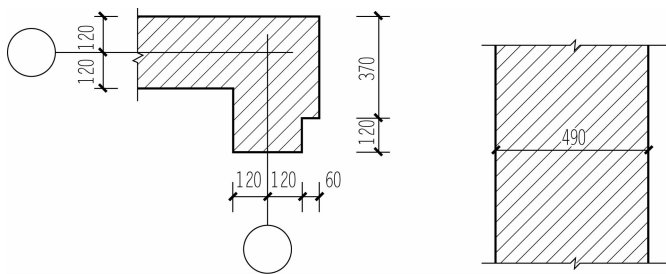


图 1-21 尺寸数字的注写

2. 尺寸标注的相关规定

(1) 半径的尺寸标注。半径的尺寸线应一端从圆心开始,另一端画箭头指向圆弧。半径数字前应加注半径符号“ R ”。较小圆弧的半径可按图 1-22 的形式标注。

(2) 直径的尺寸标注。标注圆的直径尺寸时,直径数字前应加直径符号“ ϕ ”。在圆内标注的尺寸线应通过圆心,两端画箭头指至圆弧。较小圆的直径尺寸可标注在圆外,如图 1-23 所示。

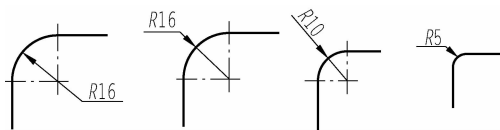


图 1-22 小圆弧半径的标注方法

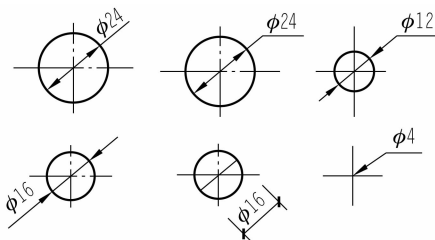


图 1-23 小圆直径的标注方法

(3) 角度的尺寸标注。角度的尺寸线应以圆弧表示。该圆弧的圆心应是该角的顶点,角的两条边为尺寸界线。起止符号应以箭头表示,如果没有足够位置画箭头,可用圆点代替,角度数字应按水平方向注写,如图 1-24 所示。

(4) 弧长的尺寸标注。标注圆弧的弧长时,尺寸线应以与该圆弧同心的圆弧线表示,尺寸界线应指向圆心,起止符号用箭头表示,弧长数字上方或前方应加注圆弧符号“ \frown ”,如图 1-25 所示。

(5) 弦长的尺寸标注。标注圆弧的弦长时,尺寸线应以平行于该弦的直线表示,尺寸界线应垂直于该弦,起止符号用中粗斜短线表示,如图 1-26 所示。

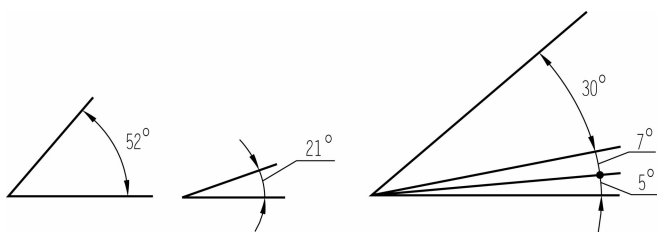


图 1-24 角度的标注方法

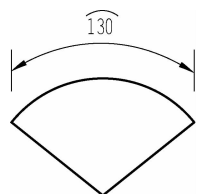


图 1-25 弧长的标注方法

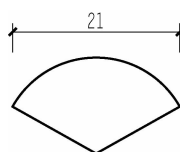


图 1-26 弦长的标注方法

(6) 杆件或管线的长度,在单线图(桁架简图、钢筋简图、管线简图)上可直接将尺寸数字沿杆件或管线的一侧注写,如图 1-27 所示。

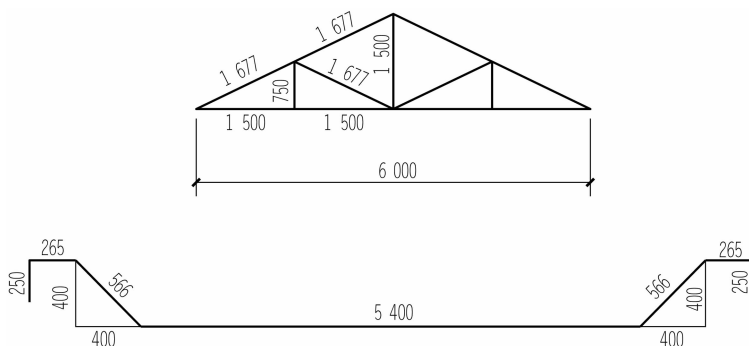


图 1-27 单线图尺寸标注方法

(7) 标注坡度时,应加注坡度符号“ \leftarrow ”[见图 1-28(a)],箭头应指向下坡方向[见图 1-28(b)].坡度也可用直角三角形的形式标注,如图 1-28(c)所示。

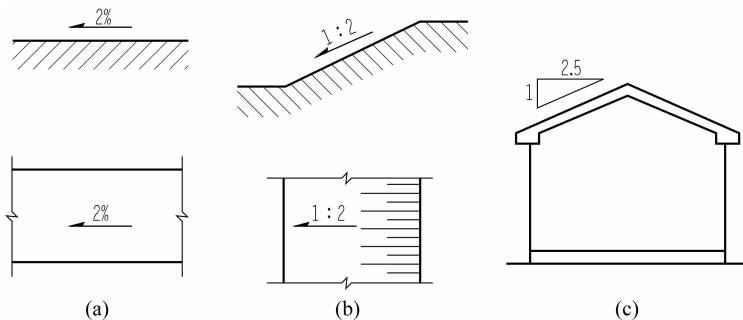
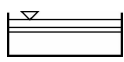
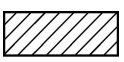


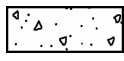
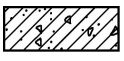


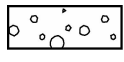
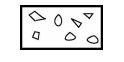

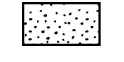




图 1-28 坡度的标注方法

1.2.6 建筑材料图例

当建筑物或建筑物构件被剖切时,通常应在图样的断面轮廓线内画出建筑材料图例。常用建筑材料应按表 1-7 所示图例画法绘制。

表 1-7 常用建筑材料图例

名称	图例	说明	名称	图例	说明
液体		应注明具体液体名称	实心砖、多孔砖		包括普通砖、多孔砖、混凝土砖等砌体
自然土壤		徒手绘制	夯实土壤		斜线为45°细实线,用尺画
混凝土		包括各种强度等级、骨料、添加剂的混凝土	钢筋混凝土		在剖面图上绘制表达钢筋时,则不需绘制图例线
毛石		石缝要错开,空隙不涂黑	玻璃		包括平板玻璃、磨砂玻璃、夹丝玻璃、钢化玻璃、中空玻璃、夹层玻璃、镀膜玻璃等
加气混凝土		包括加气混凝土砌块砌体、加气混凝土墙板及加气混凝土材料制品等	砂砾石、碎砖三合土		石子有棱角
木材		上图为横断面,左上图为垫木、木砖或木龙骨。 下图为纵断面	砂、灰土		点为不均匀的小圆点
金属		包括各种金属,图形较小时,可涂黑	塑料		包括各种软、硬塑料及有机玻璃等

1.3 几何作图

几何作图是根据已知条件按几何定理用仪器和工具作图。在建筑工程图样中,虽然有不同的轮廓形状,但基本上都是由直线、圆弧和其他一些曲线组成的几何图形。因此,掌握几何作图的方法与技巧可以提高绘图的准确性和速度,保证绘图质量。

1.3.1 等分线段

在工程图样中经常会将直线段等分成若干份。如图 1-29 所示,将直线段 AB 分成五等份的作图方法和步骤如下。

(1)已知直线段 AB ,过 A 点作任意直线 AC ,用直尺在 AC 上从 A 点起截取任意长度



的五等份,得 $1'$ 、 $2'$ 、 $3'$ 、 $4'$ 、 $5'$ 点,如图 1-29(a)所示。

(2)连接 B 点和 $5'$ 点,然后过其他点分别作平行于 $B5'$ 的直线,交 AB 于四个等分点,即为所求,如图 1-29(b)所示。

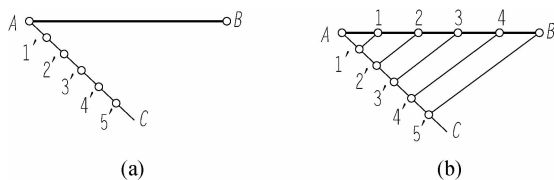


图 1-29 五等分线段

1.3.2 作已知圆的内接正多边形

(1)作已知圆的内接正五边形,如图 1-30 所示。作图的方法和步骤如下。

①已知圆 O ,作出半径 OF 的二等分点 G ,以 G 为圆心, GA 为半径作圆弧,交直径于 H 点,如图 1-30(a)所示。

②以 AH 为半径,分圆周为五等份,顺序将 A 、 B 、 C 、 D 、 E 五个等分点连接起来,即为所求,如图 1-30(b)所示。

(2)作已知圆的内接正六边形,如图 1-31 所示。作图的方法和步骤如下。

①已知半径为 R 的圆 O ,用 R 划分圆周为六等份,得 A 、 B 、 C 、 D 、 E 、 F 六个点,如图 1-31(a)所示。

②顺序将六个等分点连接起来,即为所求,如图 1-31(b)所示。

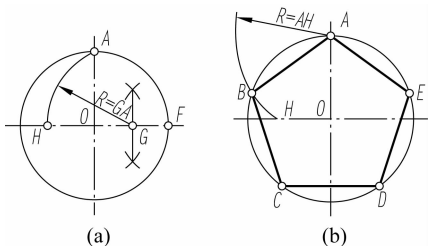


图 1-30 作已知圆的内接正五边形

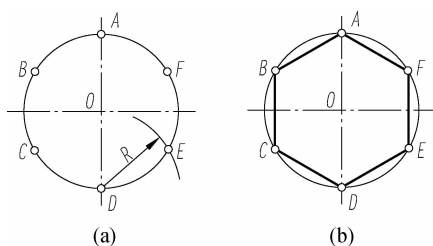


图 1-31 作已知圆的内接正六边形

1.3.3 圆弧连接

绘制图样时,经常需要用圆弧光滑地连接圆弧或直线,这种用圆弧光滑地连接相邻两条线段的方法,称为圆弧连接。圆弧连接实质上就是使连接圆弧与相邻线段(直线或圆弧)相切。因此,在作图时要解决两个问题:一是求出连接圆弧的圆心位置;二是找出连接线段的切点(连接点的位置)。圆弧连接的基本形式有以下四种。

1. 圆弧连接两直线

圆弧连接两直线的作图方法和步骤如图 1-32 所示。

(1)已知两直线 AB 和 CD ,以 R 为半径作两者之间的连接圆弧,如图 1-32(a)所示。

(2)分别作距离 AB 和 CD 均为 R 的平行线,并交于 O 点,如图 1-32(b)所示。

(3)以 O 点为圆心, R 为半径画圆弧(交 AB 和 CD 于切点 K_1 、 K_2),即为所求的连接圆

弧,如图 1-32(c)所示。

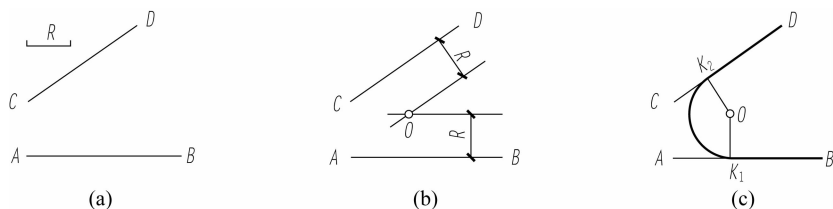


图 1-32 圆弧连接两直线

2. 圆弧连接直线和外接圆弧

圆弧连接直线和外接圆弧的作图方法和步骤如图 1-33 所示。

(1) 已知直线 AB 和圆 O_1 上的一段弧,以 R 为半径作两者之间的连接圆弧,如图 1-33(a) 所示。

(2) 作距离 AB 为 R 的平行线,以 O_1 点为圆心, $R_1 + R$ 为半径画圆弧交 AB 的平行线于 O 点,如图 1-33(b) 所示。

(3) 以 O 点为圆心、 R 为半径画圆弧(交已知圆弧和 AB 于切点 K_1 、 K_2),即为所求的连接圆弧,如图 1-33(c) 所示。

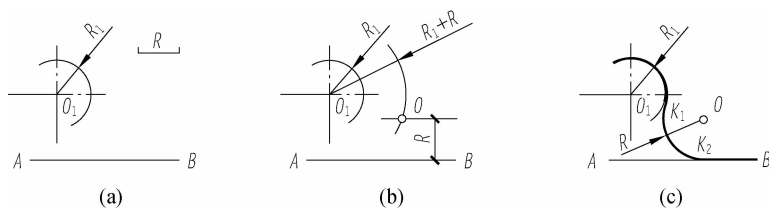


图 1-33 圆弧连接直线和外接圆弧

3. 圆弧连接两已知圆弧(外连接)

圆弧连接两已知圆弧(外连接)的作图方法和步骤如图 1-34 所示。

(1) 已知圆 O_1 和圆 O_2 上两圆弧,以 R 为半径作两者之间的外连接圆弧,如图 1-34(a) 所示。

(2) 分别以 O_1 、 O_2 点为圆心, $R_1 + R$ 、 $R_2 + R$ 为半径画圆弧,交于 O 点,如图 1-34(b) 所示。

(3) 以 O 点为圆心, R 为半径画圆弧(交两已知圆弧于切点 K_1 、 K_2),即为所求的连接圆弧,如图 1-34(c) 所示。

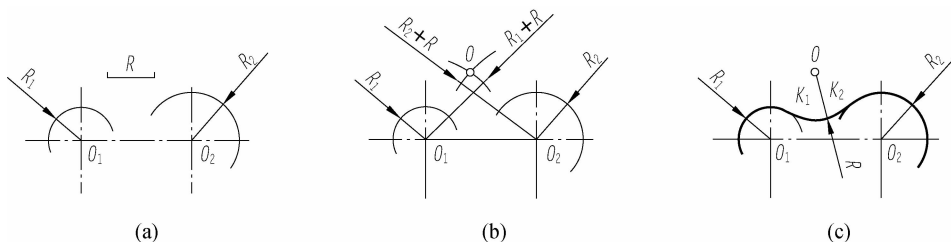


图 1-34 圆弧连接两已知圆弧(外连接)





4. 圆弧连接两已知圆弧(内外连接)

圆弧连接两已知圆弧(内外连接)的作图方法和步骤如图 1-35 所示。

(1) 已知圆 O_1 和圆 O_2 上两圆弧, 以 R 为半径作两者之间的内外接圆弧, 如图 1-35(a) 所示。

(2) 分别以 O_1 、 O_2 点为圆心, $R_1 + R$ 、 $R - R_2$ 为半径画圆弧, 交于 O 点, 如图 1-35(b) 所示。

(3) 以 O 点为圆心, R 为半径画圆弧(交两已知圆弧于切点 K_1 、 K_2), 即为所求的连接圆弧, 如图 1-35(c) 所示。

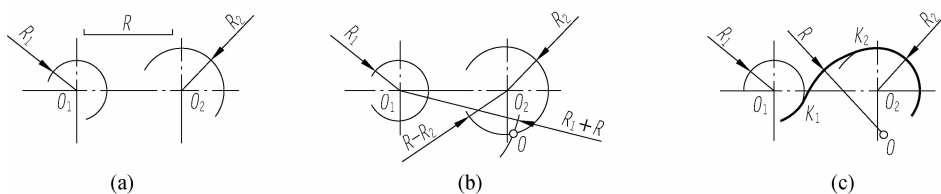


图 1-35 圆弧连接两已知圆弧(内外连接)

1.3.4 椭圆的画法

椭圆是工程图样中常见的一种非圆曲线, 常采用同心圆法或四心圆法进行绘制。

1. 同心圆法作椭圆

采用同心圆法作椭圆的方法和步骤如下。

(1) 已知椭圆的长轴 AB 和短轴 CD , 以 O 点为圆心, 分别以 OA 、 OC 为半径画两个同心圆, 如图 1-36(a) 所示。

(2) 将两同心圆等分(图中为 12 等份), 得各等分点 I、II、III、IV、... 和 1、2、3、4、...。过大圆等分点作短轴的平行线, 过小圆等分点作长轴的平行线, 分别交于点 E 、 F 、 G 、... 如图 1-36(b) 所示。

(3) 用曲线板顺序将点 E 、 F 、 G 、... 光滑地连接起来, 即为所求椭圆, 如图 1-36(c) 所示。

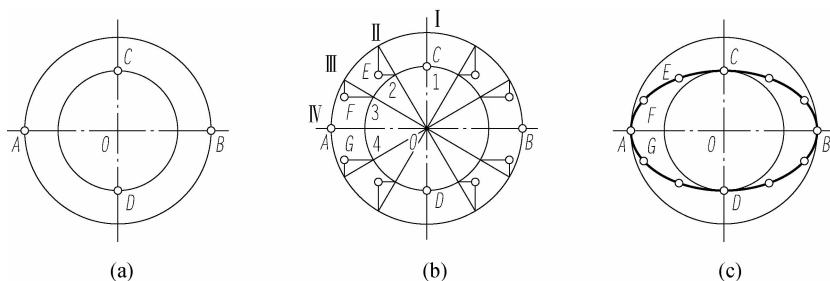


图 1-36 同心圆法作椭圆

2. 四心圆法作椭圆

采用四心圆法作椭圆的方法和步骤如下。

(1) 已知椭圆的长轴 AB 和短轴 CD , 以 O 点为圆心, OA 为半径画圆弧交短



动画
四心圆法

轴 OC 的延长线于 E 点,再以 C 点为圆心, CE 为半径画圆弧交 AC 于 F 点,如图 1-37(a)所示。

(2)作线段 AF 的垂直平分线,与长轴和短轴分别交于点 1、2,再取点 1、2 的对称点 3、4。作连心线 21、23、41、43,并延长,如图 1-37(b)所示。

(3)分别以点 1、3 为圆心, $1A$ (或 $3B$)为半径画圆弧至连心线的延长线上,再分别以点 2、4 为圆心, $2C$ (或 $4D$)为半径画圆弧至连心线的延长线上,即为所求椭圆,如图 1-37(c)所示。

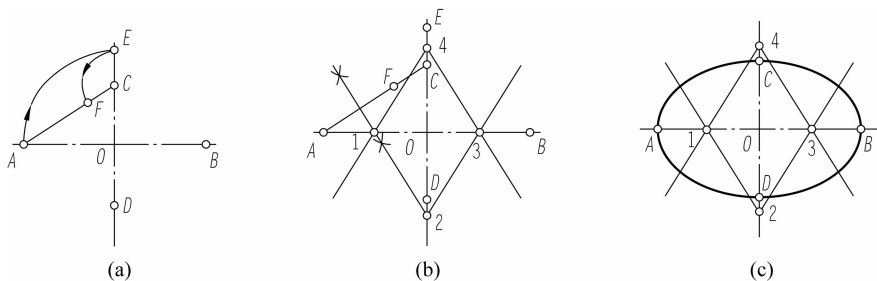


图 1-37 四心圆法作椭圆

1.4 平面图形的分析和绘制

平面图形由若干线段组成,而线段的形状和大小是根据给定的尺寸确定的。在构成平面图形的各种线段中,有些线段因为其尺寸是已知的,所以可以直接画出;而有些线段需要根据已知条件用几何作图的方法作出。因此,在画图之前须对平面图形的尺寸和线段进行分析。

1.4.1 平面图形的尺寸分析

尺寸基准是标注尺寸的起点。平面图形的长度方向和宽度方向都要确定一个尺寸基准,画图时通常以平面图形的对称线、底边、侧边、图中圆周或圆弧的中心线等作为尺寸基准。平面图形中所标注的尺寸,按其作用可分为定形尺寸和定位尺寸。

1. 定形尺寸

用来确定平面图形各组成部分形状和大小的尺寸称为定形尺寸,如长度、直径、半径和角度等。例如,图 1-38 中的 15 、 $\phi 5$ 、 $R10$ 、 $R15$ 等都是定形尺寸。

2. 定位尺寸

用来确定平面图形各组成部分相对位置的尺寸称为定位尺寸。例如,图 1-38 中的 8 和 65 分别是确定 $\phi 5$ 、 $R10$ 圆心位置的定位尺寸。

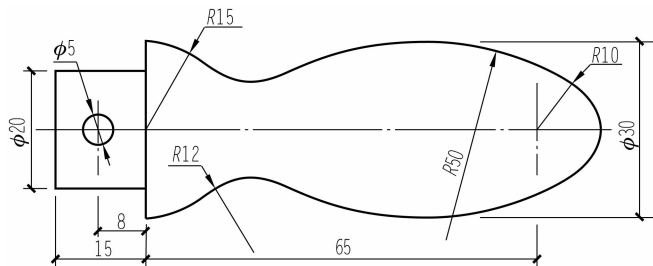


图 1-38 手柄平面图



1.4.2 平面图形的线段分析

平面图形中的线段,根据其尺寸的完整性可分为以下三种。

1. 已知线段

根据给出的尺寸可以直接画出的线段称为已知线段。例如,图 1-38 中根据尺寸 $\phi 20$ 、15、 $R10$ 、 $R15$ 画出的直线和圆弧。

2. 中间线段

有定形尺寸,无定位尺寸,作图时需要依靠另一端相切或相接的条件才能画出的线段称为中间线段。例如,图 1-38 中 $R50$ 的圆弧。

3. 连接线段

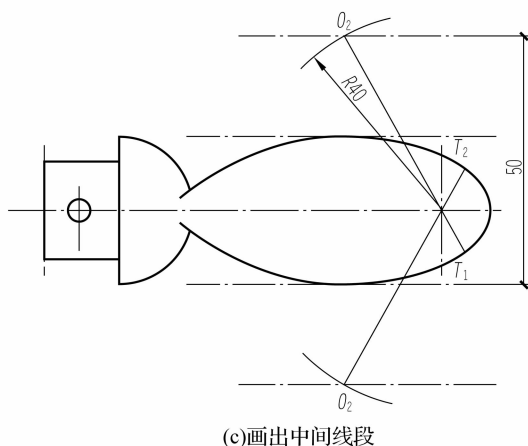
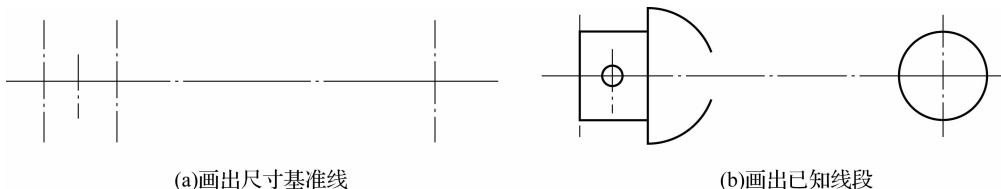
有定形尺寸,缺少两个定位尺寸,作图时需要依靠两端相切或相接的条件才能画出的线段称为连接线段。例如,图 1-38 中 $R12$ 的圆弧。

绘图时,一般先画已知线段,再画中间线段,最后画连接线段。

1.4.3 平面图形的绘制步骤

下面以绘制手柄平面图为例,对平面图形的绘制步骤进行说明。

- (1)对平面图形进行尺寸分析和线段分析。
- (2)选定比例,确定图幅。
- (3)画出尺寸基准线,如图 1-39(a)所示。
- (4)顺次画出已知线段、中间线段和连接线段,如图 1-39(b)、(c)、(d)所示。



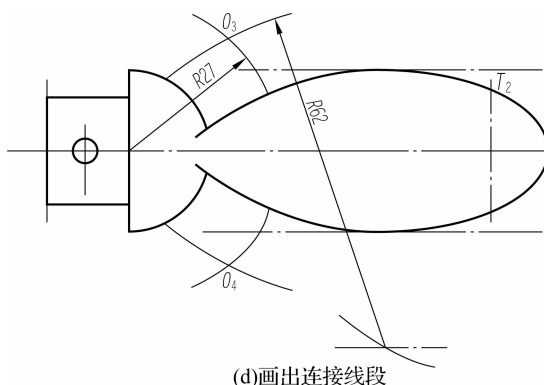


图 1-39 手柄平面图的绘制步骤

(5) 参照图 1-38 对连接线段进行圆弧处理, 并标注定形尺寸和定位尺寸。

(6) 加深, 整理, 完成全图。

思考与练习

一、选择题

- 《房屋建筑制图统一标准》(GB/T 50001—2017) 中规定 A3 图幅(宽×长)的尺寸是()。
 - 210×297
 - 420×594
 - 841×1 189
 - 297×420
- A1 图幅是 A4 图幅的()。
 - 8 倍
 - 16 倍
 - 4 倍
 - 32 倍
- 图上的尺寸数字代表的是()。
 - 图上线段的长度
 - 物体的实际大小
 - 随比例变化的尺寸
 - 图线乘比例的长度
- 标注直线段尺寸时, 铅直尺寸线上尺寸数字的字头方向应()。
 - 朝上
 - 朝左
 - 朝右
 - 任意
- 制图标准规定尺寸线()。
 - 可以用轮廓线代替
 - 可以用轴线代替
 - 可以用中心线代替
 - 不能用任何图线代替
- 绘制连接圆弧时, 应确定()。
 - 切点的位置
 - 连接圆弧的圆心
 - 先定圆心再定切点
 - 连接圆弧的大小
- 绘制平面图形时, 应首先绘制()。
 - 曲线
 - 已知线段
 - 中间线段
 - 连接线段

二、简答题

- 建筑制图中常用的绘图工具有哪些? 使用时应注意哪些问题?
- 《房屋建筑制图统一标准》(GB/T 50001—2017) 规定了几种图纸幅面? 各幅面之间存在何种尺寸关系?
- 建筑工程制图中常使用的图线有哪些?
- 简述平面图形的绘制步骤。

2

项目

建筑投影知识



学习目标

- 掌握投影法的分类和正投影的基本特性。
- 掌握三视图的形成、投影规律和作图步骤。
- 熟悉点、直线和平面的投影特性和图示方法。



素质目标

- 培养制图中一丝不苟、精益求精的精神。
- 培养坚定的责任意识,分清对错、诚信制图。

2.1

投影的概念及特性

2.1.1 投影的概念

在日常生活中经常会看到这样的现象:物体在太阳光或灯光的照射下会在地面或墙面上映出物体的影子。这是一种投影现象,同时还发现随着光线照射角度或距离的改变,影子的位置和大小也会随之改变。人们针对影子的形状与物体间存在的这种对应关系,经过科学的抽象,总结其几何规律,提出了形成物体图形的方法,即投影法。

所谓投影法,就是投射线通过物体向选定的投影面投射,并在该面上得到图形的方法。用投影法得到的图形称为投影图或投影,如图 2-1 所示。

产生投影必须具备的三个基本条件是投影线、被投影的物体和投影面。

需要指明的是,生活中的影子和投影是有区别的,投影必须将物体的各个组成部分的轮廓全部表达出来,而影子只能表达物体的整体轮廓,而内部则看不到,如图 2-2 所示。



动画
投影的产生

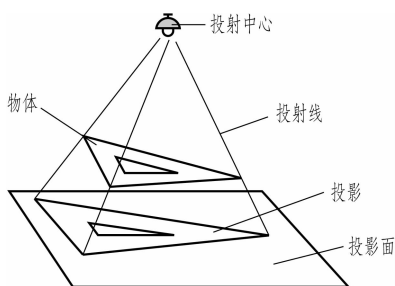


图 2-1 投影的产生

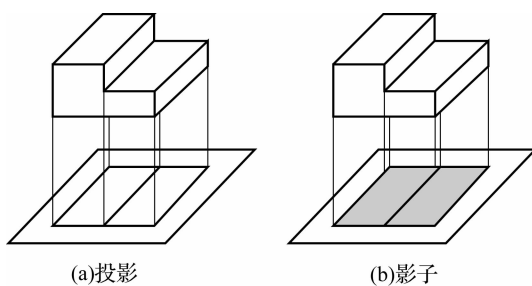


图 2-2 投影与影子的区别

2.1.2 投影法的分类

根据投射中心与投影面距离远近的不同,投影法分为中心投影法和平行投影法。

1. 中心投影法

投射中心 S 在有限的距离内,所有的投射线都汇交于一点的投影法称为中心投影法。用这种方法得到的投影称为中心投影,如图 2-3 所示。

2. 平行投影法

当投射中心距离投影面为无限远时,投射射线将依一定的投射方向平行地投射,用平行投射线作出的投影称为平行投影。这种投影方法称为平行投影法。

平行投影法根据投射射线与投影面的角度不同,又可分为以下两种。

(1) 正投影法。投射射线垂直于投影面的平行投影法称为正投影法。根据正投影法得到的图形称为正投影(正投影图),如图 2-4(a)所示。

(2) 斜投影法。投射射线倾斜于投影面的平行投影法称为斜投影法。根据斜投影法得到的图形称为斜投影(斜投影图),如图 2-4(b)所示。

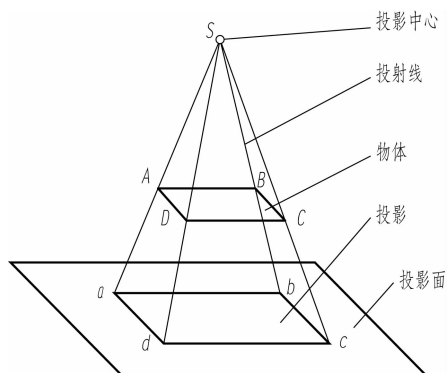


图 2-3 中心投影

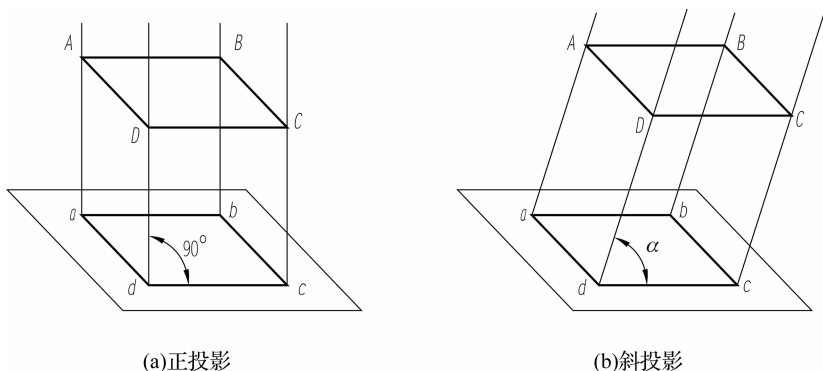


图 2-4 平行投影

正投影法是工程中应用较广的一种图示法,是本课程学习的主要内容。





2.1.3 正投影的基本特性

1. 真实性

当直线或平面与投影面平行时,投影反映实长或实形,这种投影特性称为真实性,如图 2-5 所示。

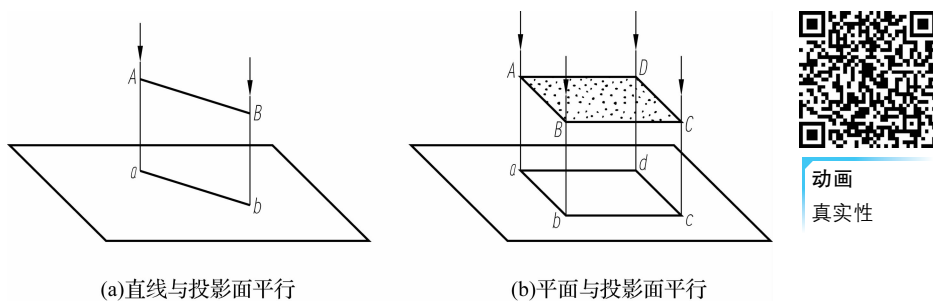


图 2-5 投影的真实性



动画
真实性

2. 积聚性

当直线或平面垂直于投影面时,投影积聚成点或直线,这种投影特性称为积聚性,如图 2-6 所示。

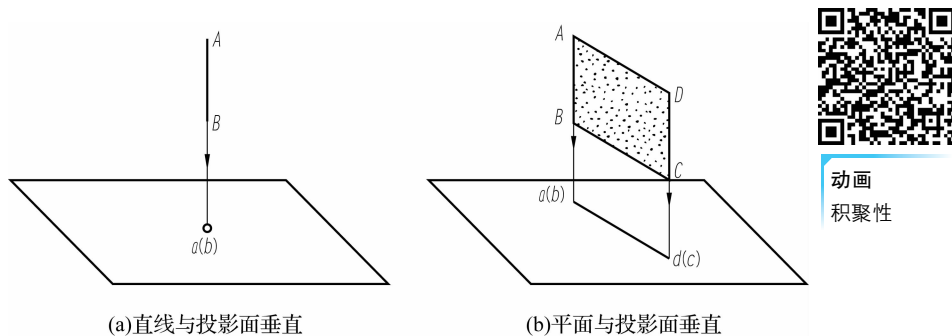


图 2-6 投影的积聚性



动画
积聚性

3. 类似收缩性

当直线或平面倾斜于投影面时,投影仍是直线或平面(且边数不变),但小于实际大小,这种投影特性称为类似收缩性,如图 2-7 所示。

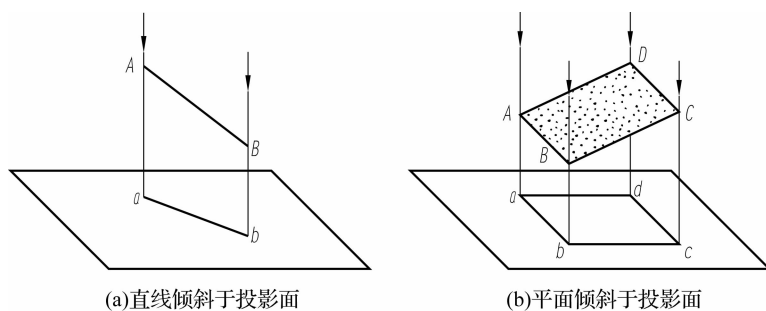


图 2-7 投影的类似收缩性

2.1.4 工程中常用的投影图

在实际工作中,由于所要表达的目的和对象不同,常用不同的投影法来表达不同的投影图。工程中常用的投影图如图 2-8 所示。

1. 透视投影图

利用中心投影法绘制的单面投影图,称为透视投影图,也可称效果图,如图 2-8(a)所示。透视图存在消逝点,符合肉眼观察物体“近大远小”的规律。因此,这种图具有较强的立体感和真实感,常在建筑初步设计阶段使用,用于方案的比较和选取。但这种图绘制较烦琐,无法准确地反映物体的实际尺寸。

2. 轴测投影图

利用平行投影法绘制的单面投影图,称为轴测投影图(简称“轴测图”),如图 2-8(b)所示。轴测图也具有较强的立体感,但无透视图的消逝点,因此,无近大远小的视觉感受。轴测图同样不具备较好的尺寸度量性,只能作为辅助图样。给水排水、暖通等管道图常使用轴测图来表示。

3. 正投影图

利用正投影法绘制的多面投影图,称为正投影图,如图 2-8(c)所示。正投影图通常采用物体多个面的正投影面来表示,即在空间建立一个投影体系(如由三个两两垂直的投影面组成),将物体分别向各个投影面做投影,即得正投影图。正投影图度量性好,在工程上应用最广,作图简便,但缺乏立体感。

4. 标高投影图

利用正投影法绘制的标有高度的单面投影图,称为标高投影图,如图 2-8(d)所示。这种图主要用于表示地形、道路和土工建筑物。作图时,假想用一组高差相等的水平面切割地形面,将所得的一系列交线(称为等高线)垂直投射在一个水平的投影面上,并用数字标出各等高线的高程,即为标高投影图。

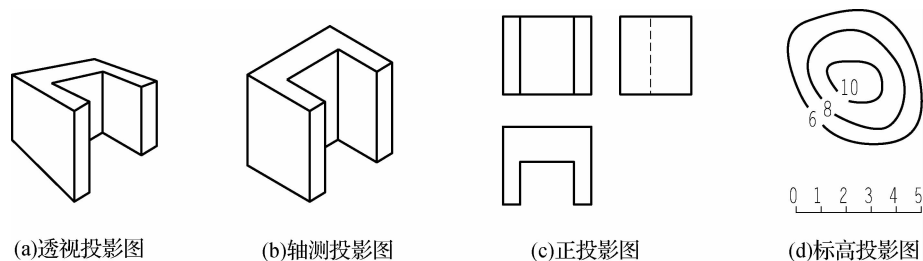


图 2-8 工程中常用的投影图

2.2 物体的视图

如图 2-9 所示,两个不同的物体,即使它们在同一投影面上的投影完全相同,也不能据此确定两个物体的空间形状和大小。因此,在工程上常用多个投影图来表达物体的形状和大小,基本的表达方法是采用三面正投影图,在制图中称为三视图。

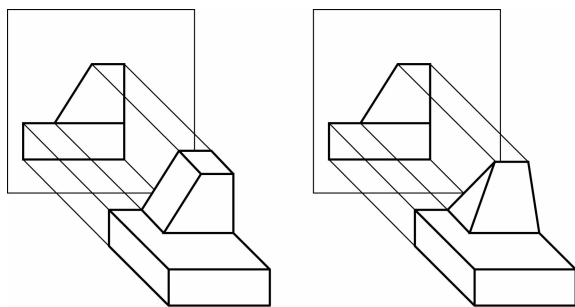


图 2-9 一个投影不能确定物体的形状和大小

2.2.1 三面投影体系的建立

在绘制工程图样时,首先要建立一个三面投影体系,即三个相互垂直的投影面(H 面、 V 面、 W 面),如图 2-10 所示。其中, H 面为水平投影面, V 面为正立投影面, W 面为侧立投影面。 H 、 V 、 W 三个面的交线 OX 、 OY 、 OZ 都称为投影轴,分别简称为 X 轴、 Y 轴、 Z 轴。三轴互相垂直并相交于一点 O , O 称为原点。

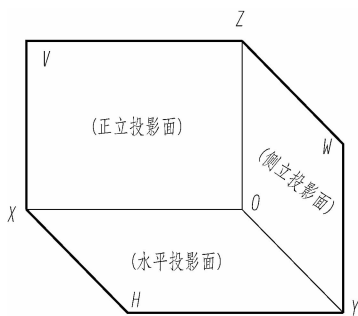


图 2-10 三面投影体系



动画
三面投影体系

为了作图方便,对物体长、宽、高三个方向的尺寸及上、下、左、右、前、后六个方位统一按下述方法确定。

- (1) X 轴方向为物体的长度方向,确定左、右的方位。
- (2) Y 轴方向为物体的宽度方向,确定前、后的方位。
- (3) Z 轴方向为物体的高度方向,确定上、下的方位。

2.2.2 三视图的形成和展开

1. 三视图的形成

如图 2-11 所示,作物体的投影时,把物体放在三面投影体系中,并尽可能使物体的表面平行于相应的投影面,以便使它们的投影反映表面的实形。物体的位置一经放定,其长、宽、高及上下、左右、前后的方位即确定,然后将物体向三个投影面进行投射,即得到物体的三视图。

- (1)主视图。从物体的前面向后投影,在 V 面上得到的正面投影图,叫作主视图。
- (2)俯视图。从物体的上面向下投影,在 H 面上得到的水平投影图,叫作俯视图。

(3)左视图。从物体的左面向右投影,在 W 面上得到的侧面投影图,叫作左视图。

2. 三视图的展开

三视图分别位于三个投影面上(见图 2-11),画图时非常不方便。在实际绘图时,这三个投影图要画在一张图纸上(同一个平面上)。为此,要将投影面展开,如图 2-12 所示。展开时保持 V 面不动,将 H 面绕 X 轴向下旋转 90° ,将 W 面绕 Z 轴向右旋转 90° ,这样,三个投影面便位于同一绘图平面上了,如图 2-13(a)所示。这时, Y 轴分为两条,随 H 面旋转的记为 Y_H ,随 W 面旋转的记为 Y_W 。通常绘制物体的三面正投影图时,因物体与投影面的距离并不影响物体在这个投影面上的形状,故不需要画出投影面的边框,也可不画出投影轴,如图 2-13(b)所示。

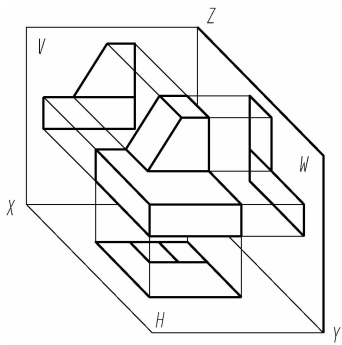


图 2-11 三视图的形成

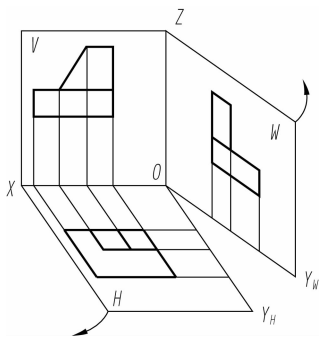


图 2-12 三投影面的展开

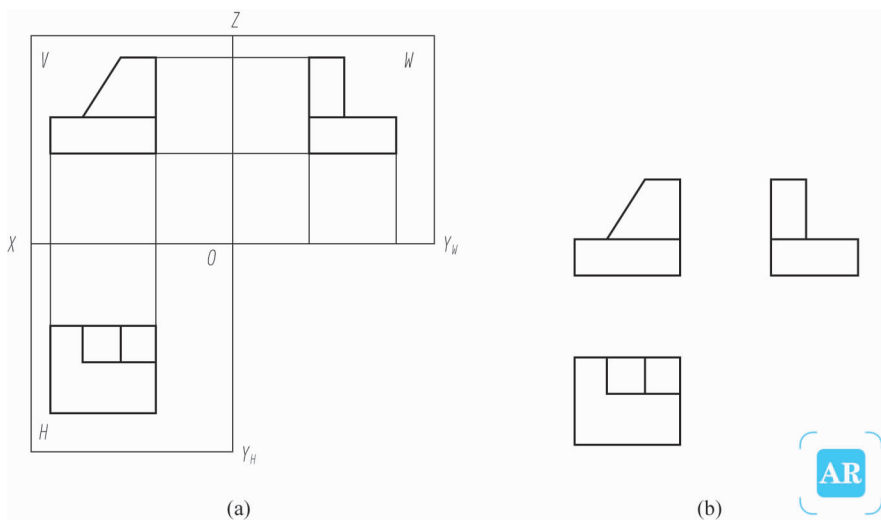


图 2-13 展开后的三视图

2.2.3 三视图与空间物体的关系及投影规律

1. 三视图与空间物体的关系

由三视图的形成可知,每个视图都表示物体两个方向的尺寸和四个方位,如图 2-14



所示。

- (1) 主视图反映物体长和高方向的尺寸和上、下、左、右的方位。
- (2) 俯视图反映物体长和宽方向的尺寸和左、右、前、后的方位。
- (3) 左视图反映物体高和宽方向的尺寸和上、下、前、后的方位。

应当注意的是,俯视图和左视图中远离主视图的一边是物体的前边,靠近主视图的一边是物体的后边。

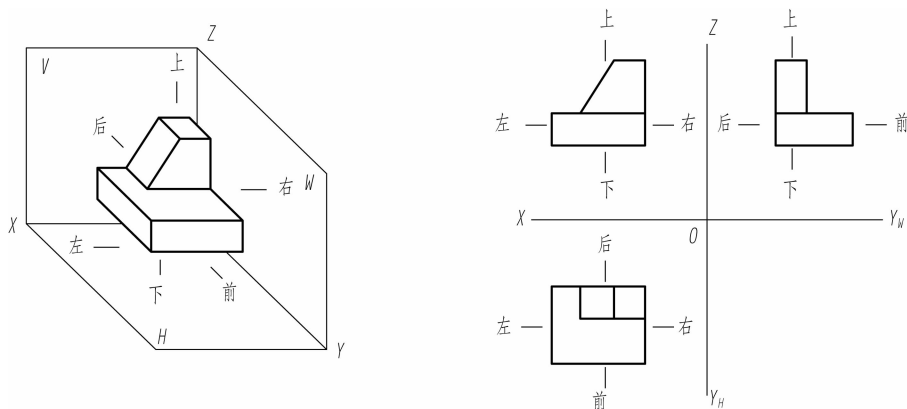


图 2-14 三视图与空间物体的关系

2. 三视图的投影规律

三视图表达的是同一物体,而且是物体在同一位置分别向三个投影面所作的投影,所以三视图间每对相邻视图同一方向的尺寸相等。因此,必然具有以下所述的投影规律:主视图和俯视图长对正,主视图和左视图高平齐,俯视图和左视图宽相等。

三视图之间的投影规律,通常概括为“长对正、高平齐、宽相等”。这个规律是画图和读图时的根本规律,无论是对整个物体还是物体的局部,其三视图都必须符合这个规律。

2.2.4 三视图的画法

【例 2-1】 画出图 2-15 所示物体的三视图。



【例 2-1】
答案

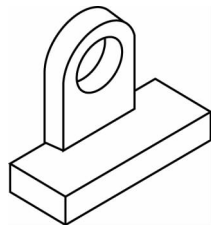


图 2-15 【例 2-1】图

2.3 点的投影

2.3.1 点的单面投影

图 2-16(a)为一单面投影体系,过空间点 A 向 H 面作垂直投射,该投射线与 H 面的交点 a 即为 A 点在 H 面上的正投影,这个正投影是唯一确定的。但是,点的正投影 a 却不唯一对应空间中 A 点的位置,因为位于投射线上所有点在 H 面上的正投影均与 a 点重合,如图 2-16(b)所示的 A_1 、 A_2 点。所以,由点的一个正投影不能确定该点在空间的位置。

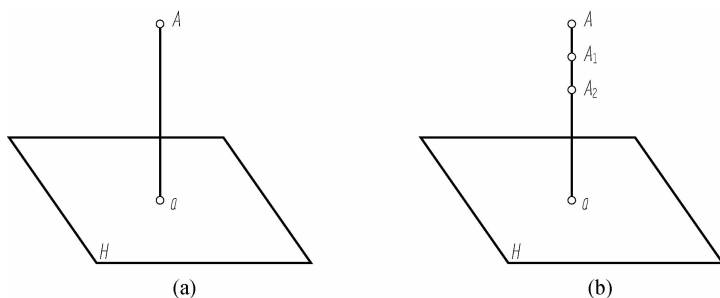


图 2-16 点的单面投影

2.3.2 点的两面投影

如图 2-17(a)所示,建立包含 V 面和 H 面的投影体系, V 面和 H 面相交于轴线 OX 。过空间中的 A 点,分别向 V 面和 H 面作单面正投影,可得到投影 a' 和 a 。其中, a' 即为 A 点的正面投影, a 即为 A 点的水平投影。

同三面正投影的展开一样,将 H 面、 V 面投影体系沿 X 轴展开(H 面旋转 90°)即得到展开后的点的两面投影图,如图 2-17(b)、(c)所示。

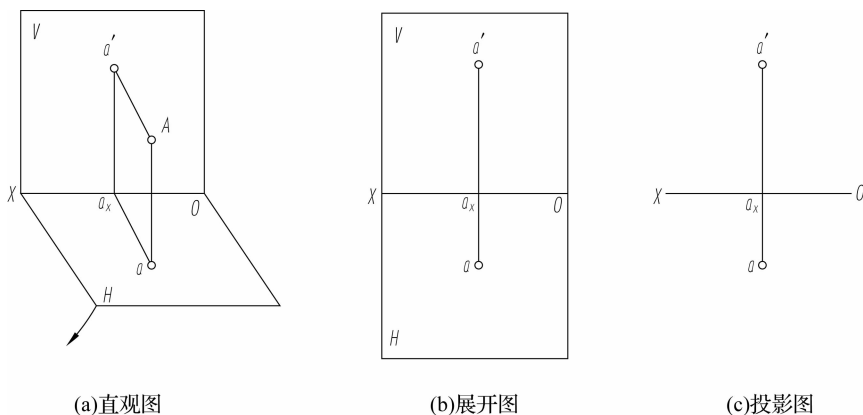


图 2-17 点在两面投影体系中的投影图



点的两面投影的规律如下。

(1) 两面投影的连线垂直于 X 轴, 如图 2-17(c) 所示的 $a'a \perp OX$ 。

(2) 空间一点到 V 面的距离等于该点的水平投影到 X 轴的距离, 如图 2-17(a) 所示的 $Aa' = aa_x$ 。

(3) 空间一点到 H 面的距离等于该点的正面投影到 X 轴的距离, 如图 2-17(a) 所示的 $Aa = a'a_x$ 。

2.3.3 点的三面投影

如图 2-18(a) 所示, A 点位于三面投影体系的空间内, 过 A 点分别向三个投影面作垂直投射射线, 可得到三个投影 a, a', a'' 。其中, a'' 称为 A 点的侧面投影, 也称为 W 面投影。将三个投影面展开在一个平面上, 如图 2-18(b) 所示。过 a 点的水平线与过 a'' 的竖直线刚好交于通过原点 O 的一条 45° 斜线上, H 面投影与 W 面投影总满足此关系, 如图 2-18(c) 所示。

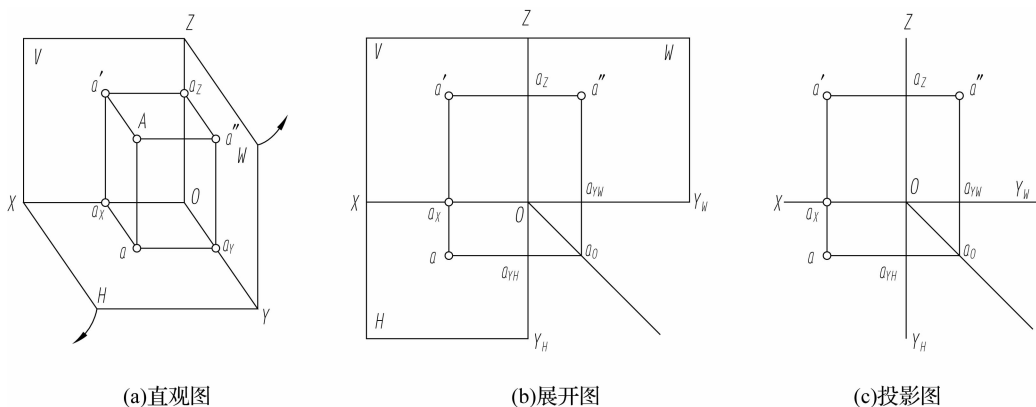


图 2-18 点在三面投影体系中的投影图

由此, 可以总结出点的三面投影规律。

(1) 点的正面投影和水平投影的连线垂直于 X 轴(长对正), 如图 2-18(c) 所示的 $a'a \perp OX$ 。

(2) 点的正面投影和侧面投影的连线垂直于 Z 轴(高平齐), 如图 2-18(c) 所示的 $a'a'' \perp OZ$ 。

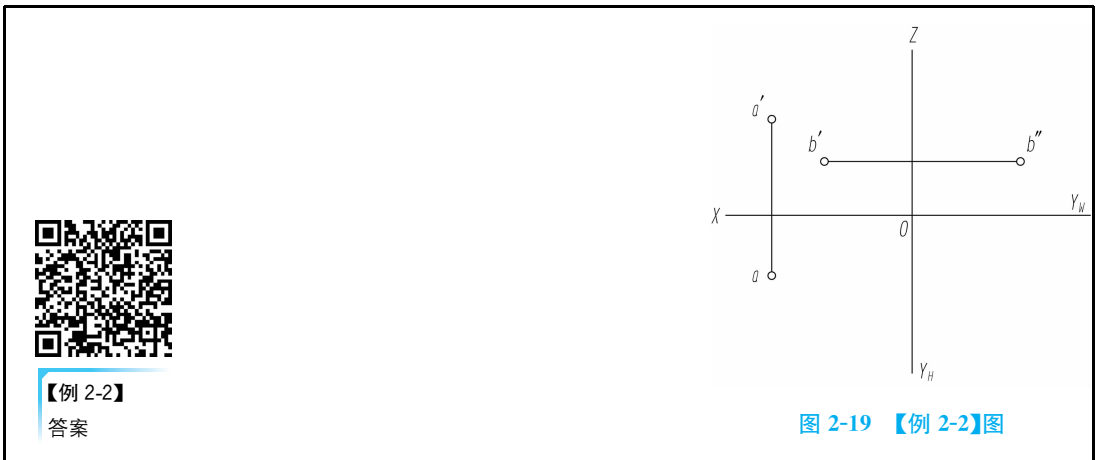
(3) 点的水平投影到 X 轴的距离等于点的侧面投影到 Z 轴的距离(宽相等), 如图 2-18(c) 所示的 $aa_x = a''a_z$ 。

根据上述投影规律, 在三面投影体系中, 由一点的任意两个投影均可确定该点在空间的位置, 同时由一点的任意两个投影可以求出该点的第三个投影。

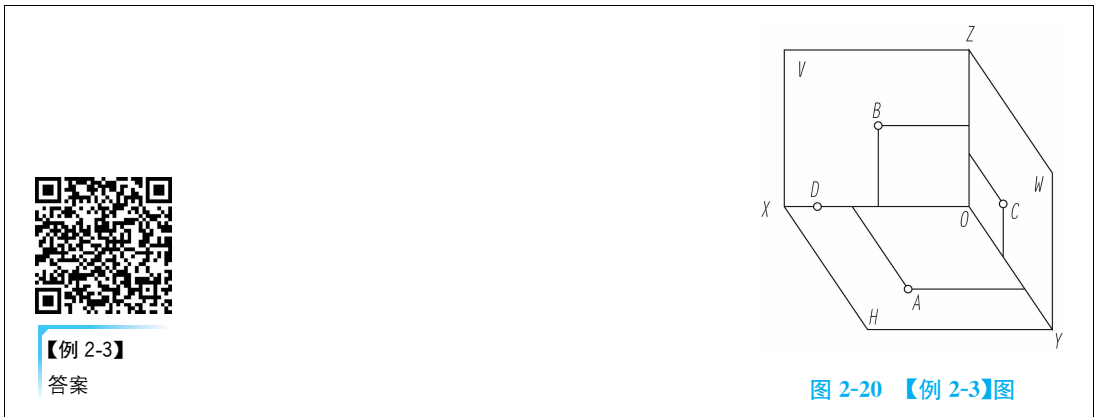
【例 2-2】 已知点的两面投影(见图 2-19), 求第三个投影。



动画
点的三面投影



【例 2-3】 已知点 A、B、C、D 分别位于投影面和投影轴上(见图 2-20),求作各点的三面投影图。



2.3.4 空间两点的相对位置

由点的三面投影可知,点在空间中的位置可用坐标值来确定。例如,A 点的坐标可表示为 $A(x,y,z)$,其中, x 表示 A 点到 W 面的距离, y 表示 A 点到 V 面的距离, z 表示 A 点到 H 面的距离,如图 2-21 所示。

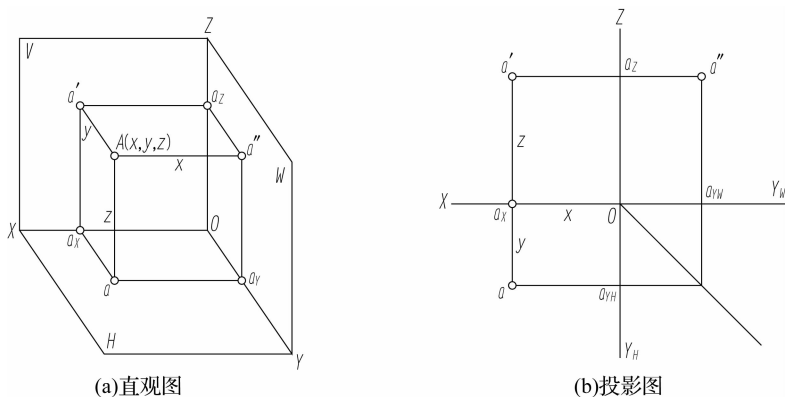


图 2-21 点的空间位置与投影



1. 两点相对位置的判断

空间中的每个点都具有前、后、左、右、上、下六个方位,由点的三个坐标可知空间点到三个投影面的距离。因此,分析空间两点的相对位置,只需分析它们的坐标值即可。

我们可以利用两点坐标值的相对大小来判断它们之间的位置关系,即 X 坐标值大的点在左,小的点在右; Y 坐标值大的点在前,小的点在后; Z 坐标值大的点在上,小的点在下。

如图 2-22 所示,由 H 面投影可判断出 A 点在 B 点的左前方,由 V 面投影可判断出 A 点在 B 点的左下方,由 W 面投影可判断出 A 点在 B 点的前下方,即可得出 A 点在 B 点的左、前、下方。

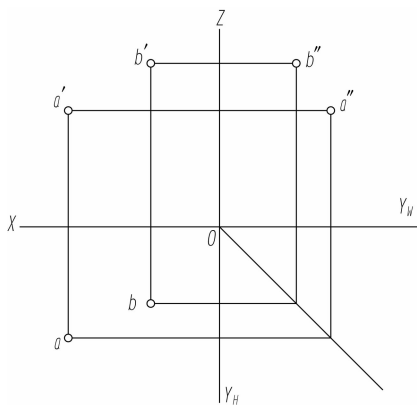


图 2-22 两点的相对位置投影图

2. 重影点

当空间中某两点在一个投影面上的投影重合时,即把这两点称为这个投影面的重影点。重影点的三个坐标值中必有两个相同,另一个不同。

通常要判断重影点的可见性。一个投影中某重影点的可见性必须依靠另外的投影来确定。重影点中可见点的投影写在前面,不可见点的投影写在后面,并加上圆括号。

如图 2-23 所示, A 、 B 两点的水平投影重合为一点, A 、 B 两点称为 H 面的重影点,因为 A 点在上, B 点在下,故 A 点可见, B 点不可见,水平投影应标注为 $a(b)$ 。

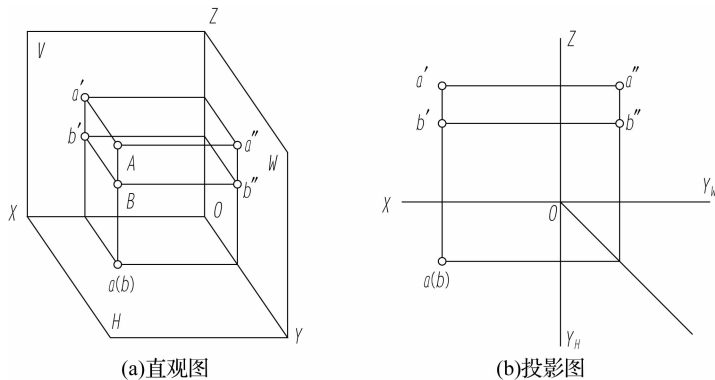


图 2-23 H 面的重影点

2.4 直线的投影

因为一条直线可由直线上的任意两点来决定,所以画出直线上任意两点的投影,连接其同面投影(同一个投影面上的投影)即得到直线的投影。直线与 H 面、 V 面、 W 面的倾角分别为 α 、 β 、 γ 。

2.4.1 各种位置直线的投影特性

空间直线按它与投影面相对位置的不同,可分为一般位置直线、投影面平行线、投影面垂直线三种。后两种统称为特殊位置直线。

1. 一般位置直线

相对于三个投影面都倾斜的直线称为一般位置直线。一般位置直线的投影特性:三面投影都倾斜且小于实长,并且与各投影轴的夹角均不反映空间直线与投影面的倾角,如图 2-24 所示。

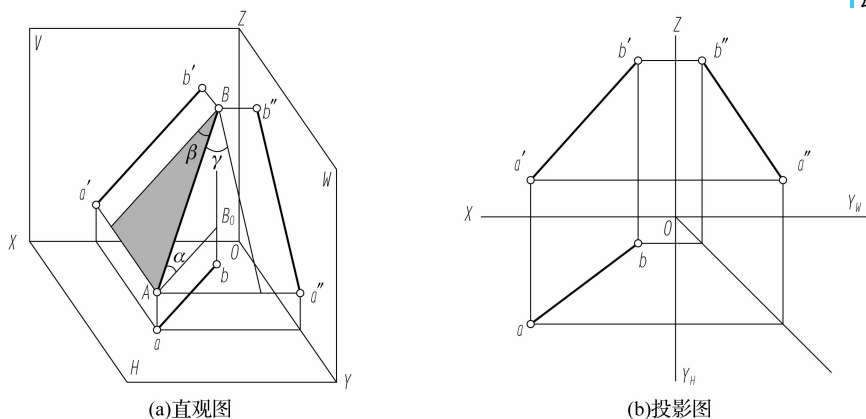


图 2-24 一般位置直线



动画

一般位置直线

2. 投影面平行线

平行于一个投影面,而与另外两个投影面倾斜的直线称为投影面平行线。投影面平行线分为以下三种。

- (1) 正平线:与 V 面平行,同时与 H 面、 W 面倾斜。
- (2) 水平线:与 H 面平行,同时与 V 面、 W 面倾斜。
- (3) 侧平线:与 W 面平行,同时与 H 面、 V 面倾斜。

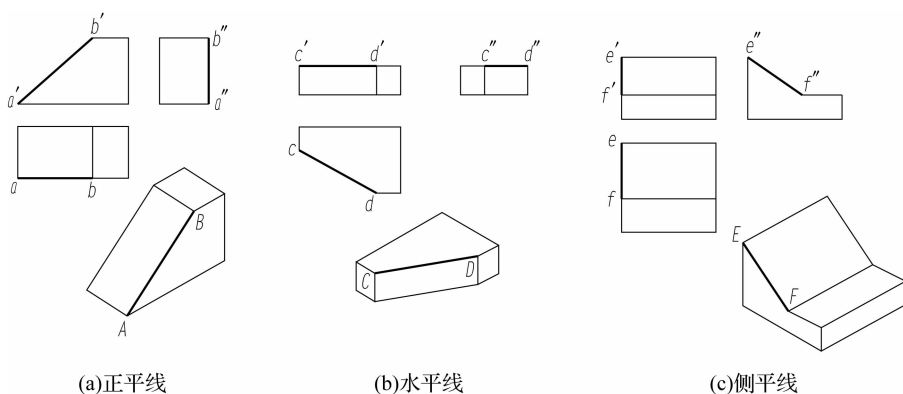
投影面平行线的投影特性:在它所平行的投影面上的投影反映该直线实长,该投影与相应投影轴的夹角反映直线与另外两个投影面的倾角;其余两投影小于实长,且平行于相应的两个投影轴。投影面平行线的投影图和投影特性见表 2-1。



表 2-1 投影面平行线的投影图和投影特性

名称	直观图	投影图	投影特性
正平线			<ul style="list-style-type: none"> (1) 正面投影反映实长, 与 X 轴夹角为 α, 与 Z 轴夹角为 γ。 (2) 水平投影平行于 X 轴。 (3) 侧面投影平行于 Z 轴
水平线			<ul style="list-style-type: none"> (1) 水平投影反映实长, 与 X 轴夹角为 β, 与 Y 轴夹角为 γ。 (2) 正面投影平行于 X 轴。 (3) 侧面投影平行于 Y 轴
侧平线			<ul style="list-style-type: none"> (1) 侧面投影反映实长, 与 Y 轴夹角为 α, 与 Z 轴夹角为 β。 (2) 正面投影平行于 Z 轴。 (3) 水平投影平行于 Y 轴

投影面平行线在投影图和物体上的位置关系如图 2-25 所示。



动画
水平线投影

图 2-25 投影面平行线在投影图和物体上的位置关系

3. 投影面垂直线

垂直于一个投影面,而与另外两个投影面平行的直线称为投影面垂直线。投影面垂直线分为以下三种。

(1)正垂线:与 V 面垂直,同时与 H 面、 W 面平行。

(2)铅垂线:与 H 面垂直,同时与 V 面、 W 面平行。

(3)侧垂线:与 W 面垂直,同时与 H 面、 V 面平行。

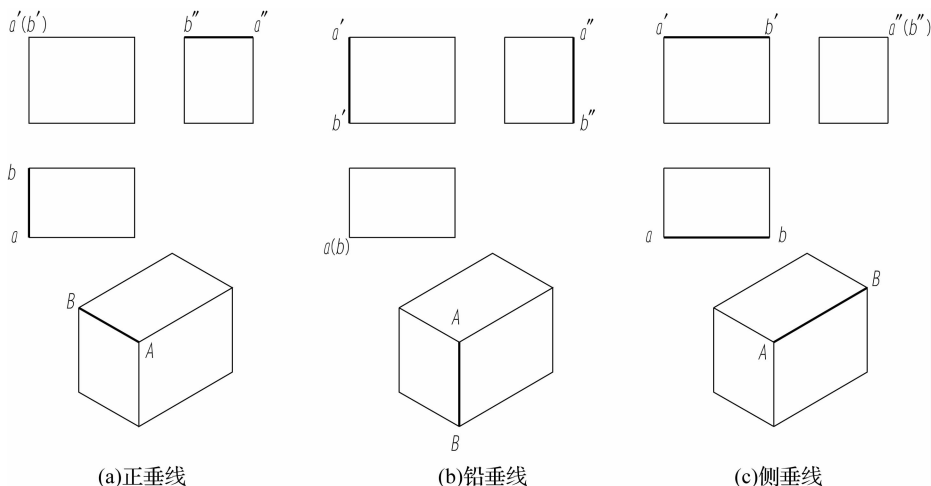
投影面垂直线的投影特性:在它所垂直的投影面上的投影积聚为一点,另外两个投影反映实长,且垂直于相应的两个投影轴。投影面垂直线的投影图和投影特性见表 2-2。

表 2-2 投影面垂直线的投影图和投影特性

名 称	直观图	投影图	投影特性
正垂线			<p>(1)正面投影积聚为一点。</p> <p>(2)水平投影和侧面投影分别垂直于X轴和Z轴,并反映实长</p>
铅垂线			<p>(1)水平投影积聚为一点。</p> <p>(2)正面投影和侧面投影分别垂直于X轴和Y轴,并反映实长</p>
侧垂线			<p>(1)侧面投影积聚为一点。</p> <p>(2)正面投影和水平投影分别垂直于Z轴和Y轴,并反映实长</p>



投影面垂直线在投影图和物体上的位置关系如图 2-26 所示。



动画
铅垂线

图 2-26 投影面垂直线在投影图和物体上的位置关系

比较三类直线的投影特性可以看出,如果直线的两个投影都倾斜于投影轴,则该直线一定为一般位置直线。如果直线的两个投影中有一个投影为斜线或者直线的两个投影分别平行于第三个投影面的两个投影轴,则该直线一定为投影面的平行线。如果直线的两个投影积聚为一点或者直线的两个投影分别垂直于第三个投影面的两个投影轴,则该直线一定为投影面的垂直线。

2.4.2 直线上点的投影特性

1. 从属性

若点在直线上,则点的投影必在直线的同名投影上且符合点的投影规律。如图 2-27 所示,C点在直线AB上,则c在ab上,c'在a'b'上,c''在a''b''上。反之,如果C点的各投影在直线的各同名投影上,且符合点的投影规律,则C点必在直线上。

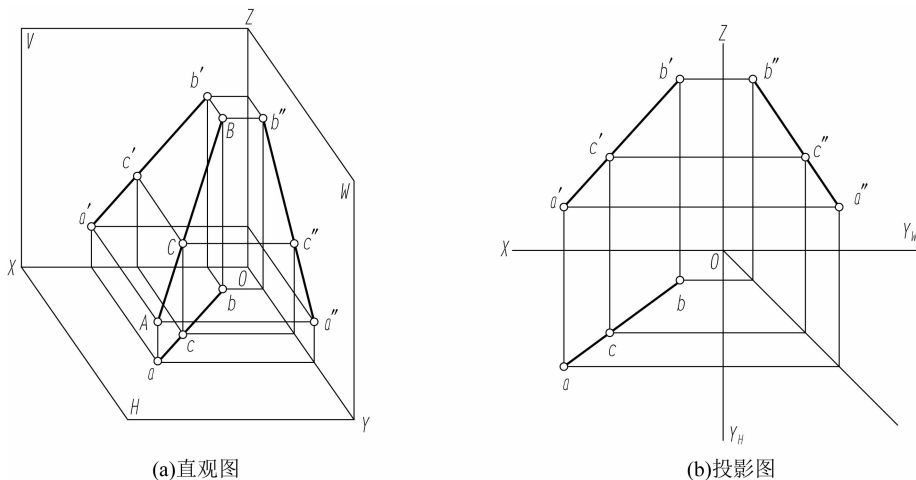


图 2-27 直线上点的从属性

2. 定比性

直线上两线段长度之比等于它们的同名投影长度之比。若 C 点在直线 AB 上, 则 $AC : CB = ac : cb = a'c' : c'b' = a''c'' : c''b''$ 。

直线上点的投影特性可作为求直线上点的投影, 或判断点是否在直线上的依据。

【例 2-4】 已知直线 AB 的投影 ab 和 $a'b'$ (见图 2-28), C 点在直线 AB 上, 且 $AC : CB = 2 : 3$, 求 C 点的投影 c, c' 。



动画
定比性



【例 2-4】
答案

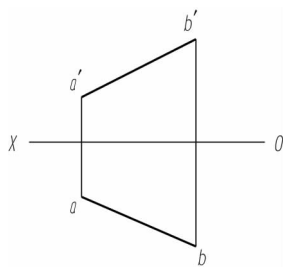


图 2-28 【例 2-4】图

【例 2-5】 判断 K 点是否在侧平线 AB 上, 如图 2-29 所示。



【例 2-5】
答案

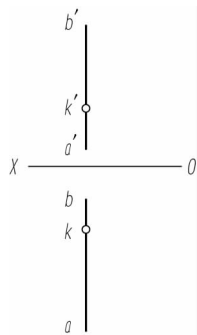


图 2-29 【例 2-5】图

2.4.3 两直线的相对位置

两直线在空间的相对位置有平行、相交和交叉三种情况。其中, 两平行直线和两相交直线都在同一平面上, 称为共面直线; 两交叉直线不在同一平面上, 称为异面直线。

1. 两直线平行

两平行直线的投影特征如下。

- (1) 两直线平行, 它们的同面投影必相互平行。
- (2) 各组同面投影都互相平行, 则两直线在空间必定互相平行。

如图 2-30 所示, $AB \parallel CD$, 则 $ab \parallel cd, a'b' \parallel c'd'$ 。



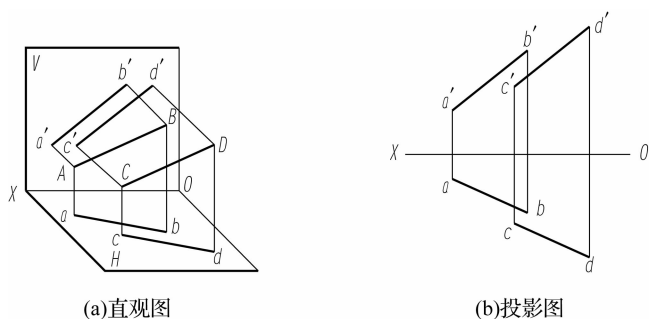


图 2-30 两直线平行

2. 两直线相交

两直线相交必有一交点,交点为两直线的共有点。

两相交直线的投影特征如下。

(1)两直线相交,它们的同面投影也必定相交,且各投影的交点符合点的投影规律。

(2)两直线的各组同面投影都相交,且交点符合空间点的投影规律,则这两直线在空间一定相交。

如图 2-31 所示, AB 与 CD 交于 K 点,则 ab 与 cd 交于 k 点, $a'b'$ 与 $c'd'$ 交于 k' 点,同理 $a''b''$ 与 $c''d''$ 也应交于 k'' 点,并且 k 与 k' 位于同一竖直线上, k' 与 k'' 位于同一水平线上。

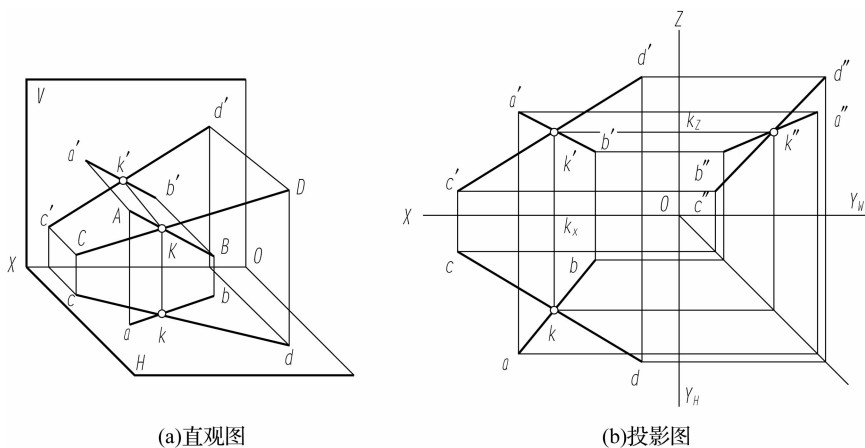


图 2-31 两直线相交

3. 两直线交叉

两直线既不平行又不相交称为两直线交叉。其投影特征:各面投影既不符合两直线平行的投影特征,也不符合两直线相交的投影特征。

两交叉直线的投影可能有一组、两组甚至三组是相交的,但它们的交点不符合点的投影规律,是重影点的投影。

判断两交叉直线重影点可见性的步骤:从重影点画一根垂直于投影轴的直线到另一个投影中去,将重影点分开成两个点,所得两点中坐标值大的点为可见,坐标值小的点为不可见,不可见的投影要加括号。

如图 2-32 所示,过 V 面重影点 $g'(h')$ 向下作联系线交 ab 于 h 点,交 cd 于 g 点, g 点在前, h 点在后,说明当从前向后看时, CD 遮挡住 AB ;过 H 面重影点 $e(f)$ 向上作联系线交 $a'b'$ 于 e' 点,交 $c'd'$ 于 f' 点, e' 点在上, f' 点在下,说明当从上向下看时, AB 遮挡住 CD 。

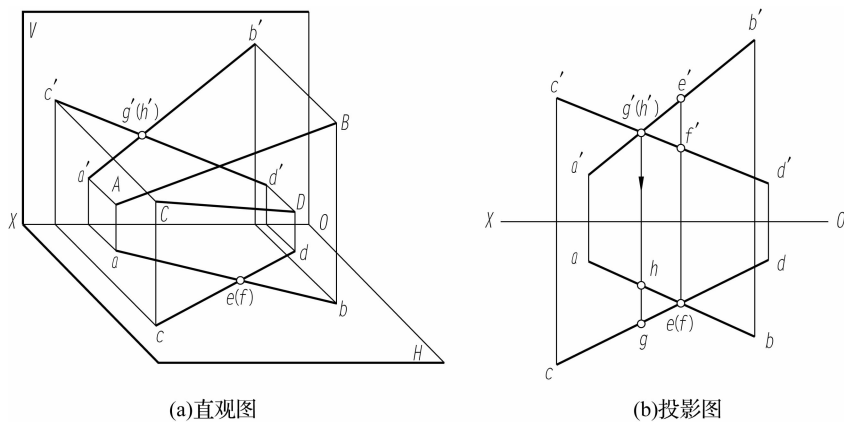


图 2-32 两直线交叉

例如,判断两侧平线 AB 与 CD 是否平行,如图 2-33 所示。

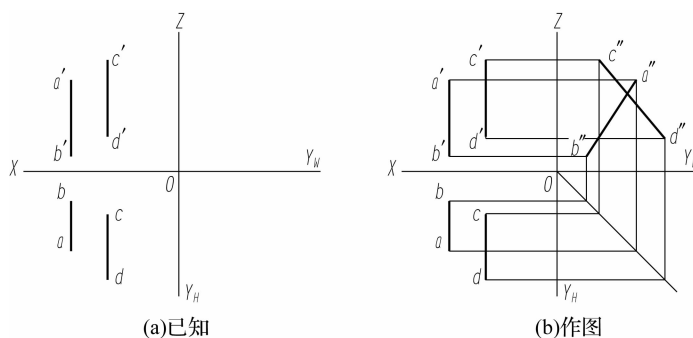


图 2-33 判断两直线位置

2.5 平面的投影

2.5.1 平面的表示方法

由初等几何可知,平面是广阔无边的,而平面图形的范围是有限的。平面的表示方法有以下几种。

- (1)不在同一直线上的三个点,如图 2-34(a)所示。
- (2)一条直线和直线外一点,如图 2-34(b)所示。
- (3)两条相交直线,如图 2-34(c)所示。
- (4)两条平行直线,如图 2-34(d)所示。
- (5)平面图形,如图 2-34(e)所示。



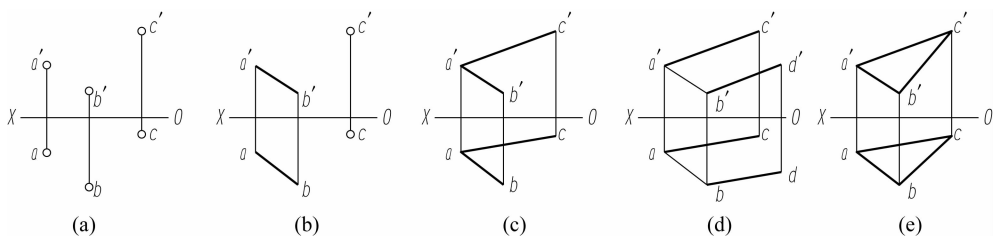


图 2-34 平面的表示方法

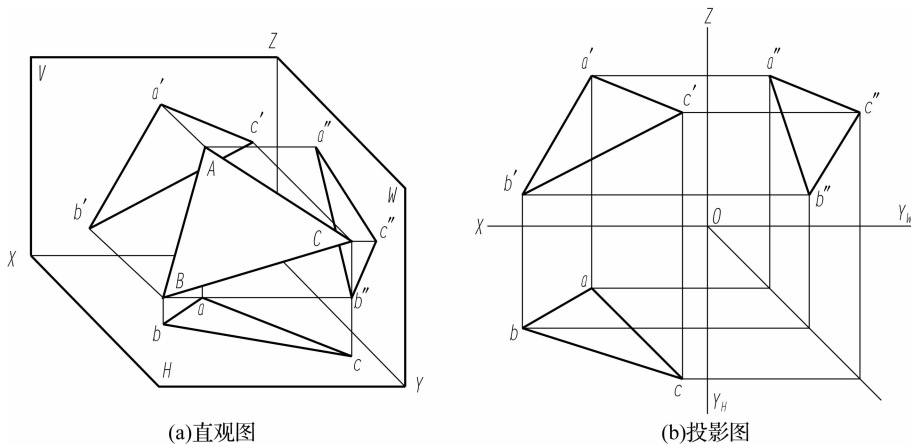
2.5.2 各种位置平面的投影特性

空间平面按它与投影面相对位置的不同,可分为一般位置平面、投影面平行面和投影面垂直面三种。后两种称为特殊位置平面。

平面与 H 面、 V 面、 W 面的倾角分别为 α 、 β 、 γ 。

1. 一般位置平面

相对于三个投影面都倾斜的平面称为一般位置平面,如图 2-35 所示。一般位置平面的投影特性为三面投影均为类似形,且不反映该平面与投影面的倾角。



动画
一般位置平面

图 2-35 一般位置平面

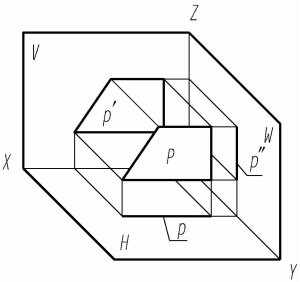
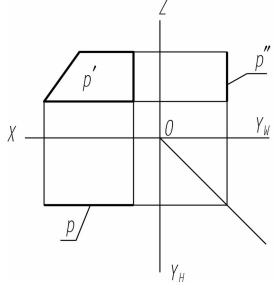
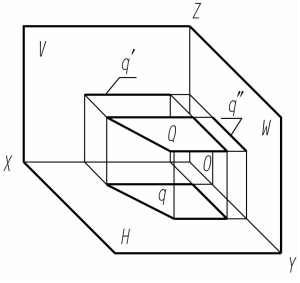
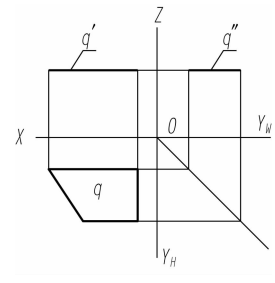
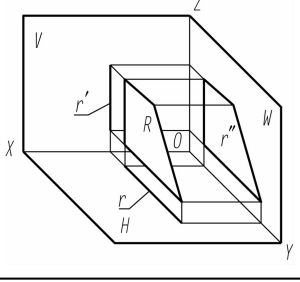
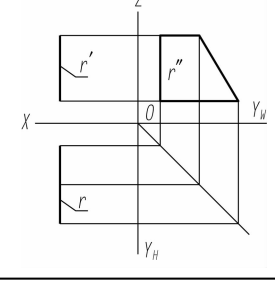
2. 投影面平行面

平行于一个投影面,而与另外两个投影面垂直的平面称为投影面平行面。投影面平行面分为以下三种。

- (1) 正平面:与 V 面平行,同时与 H 面、 W 面垂直。
- (2) 水平面:与 H 面平行,同时与 V 面、 W 面垂直。
- (3) 侧平面:与 W 面平行,同时与 H 面、 V 面垂直。

投影面平行面的投影特性:在它所平行的投影面上的投影反映其实形,另外两个投影积聚成直线并平行于相应的投影轴。投影面平行面的投影图和投影特性见表 2-3。

表 2-3 投影面平行面的投影图和投影特性

名称	直观图	投影图	投影特性
正平面			(1) 正面投影反映平面实形。 (2) 水平投影平行于 X 轴，侧面投影平行于 Z 轴，并分别积聚成一条直线
水平面			(1) 水平投影反映平面实形。 (2) 正面投影平行于 X 轴，侧面投影平行于 Y 轴，并分别积聚成一条直线
侧平面			(1) 侧面投影反映平面实形。 (2) 正面投影平行于 Z 轴，水平投影平行于 Y 轴，并分别积聚成一条直线

投影面平行面在投影图和物体上的位置关系如图 2-36 所示。

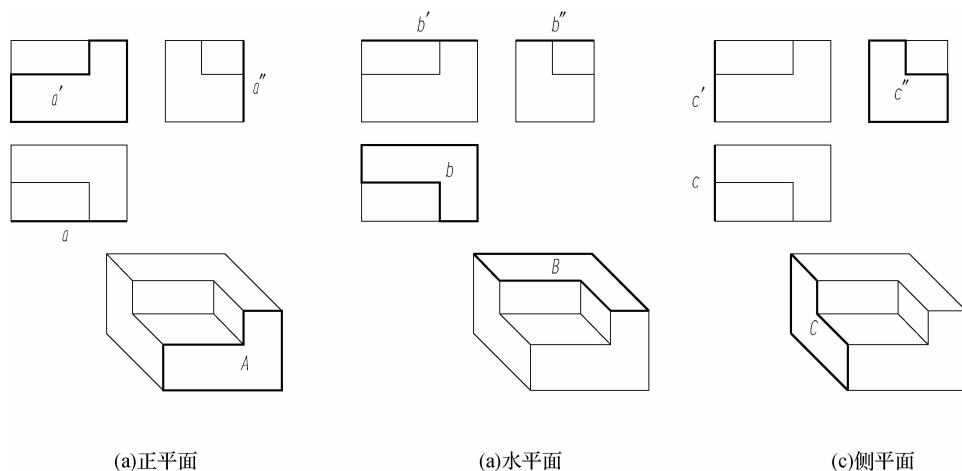


图 2-36 投影面平行面在投影图和物体上的位置关系





3. 投影面垂直面

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。投影面垂直面分为以下三种。

- (1) 正垂面: 与 V 面垂直, 同时与 H 面、 W 面倾斜。
- (2) 铅垂面: 与 H 面垂直, 同时与 V 面、 W 面倾斜。
- (3) 侧垂面: 与 W 面垂直, 同时与 H 面、 V 面倾斜。

投影面垂直面的投影特性: 在它所垂直的投影面上的投影积聚为直线, 且反映平面与另外两个投影面的倾角; 平面的其他两个投影都是面积小于原平面图形的类似形。投影面垂直面的投影图和投影特性见表 2-4。

表 2-4 投影面垂直面的投影图和投影特性

名称	直观图	投影图	投影特性
正垂面			<p>(1) 正面投影积聚为一条斜线, 与 X 轴夹角为 α, 与 Z 轴夹角为 γ。</p> <p>(2) 水平投影和侧面投影为该平面的类似形</p>
铅垂面			<p>(1) 水平投影积聚为一条斜线, 与 X 轴夹角为 β, 与 Y 轴夹角为 γ。</p> <p>(2) 正面投影和侧面投影为该平面的类似形</p>
侧垂面			<p>(1) 侧面投影积聚为一条斜线, 与 Y 轴夹角为 α, 与 Z 轴夹角为 β。</p> <p>(2) 正面投影和水平投影为该平面的类似形</p>

投影面垂直面在投影图和物体上的位置关系如图 2-37 所示。

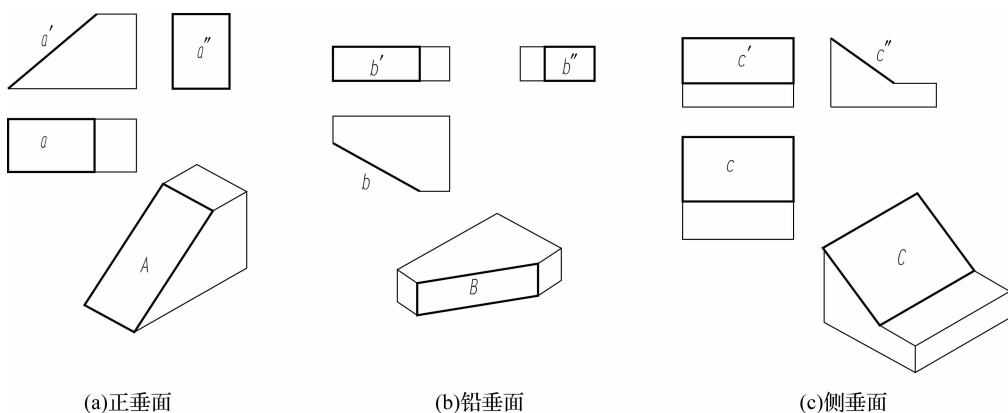


图 2-37 投影面垂直面在投影图和物体上的位置关系

4. 平面的投影规律

比较三类平面的投影特性,可以得出如下规律。

- (1) 如果平面的投影中有一个投影积聚为一条斜线,则平面为该投影面的垂直面。
- (2) 如果一个投影积聚为一条平行于投影轴的直线,则平面为投影面的平行面。
- (3) 如果平面的三个投影均为类似形,则平面为一般位置平面。
- (4) 如果平面的两个投影为类似形,则要看该平面内有无第三投影面的垂直线,如果有则为垂直面,如果没有则为一般位置平面。

2.5.3 平面上的点和直线

1. 平面上的点

一个点如果在一个平面上,则它一定在这个平面的一条直线上。如图 2-38 所示的 E 点,由于它在平面 SBC 的一条直线 DC 上,所以它必然在平面 SBC 上。

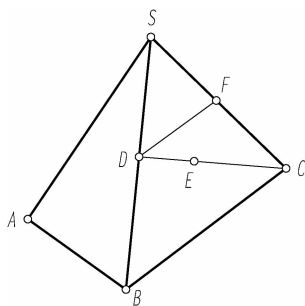


图 2-38 平面上的点和直线

2. 平面上的直线

一条直线如果通过平面上的两个点或者通过平面上的一个点且平行于平面上的一条直线,则该条直线必在该平面上。如图 2-38 所示,直线 DC 通过平面 SBC 上的 D 点和 C 点,则 DC 必在平面 SBC 上;直线 DF 通过平面 SBC 上的 D 点且平行于平面 SBC 上的一条直线 BC ,则 DF 必在平面 SBC 上。



【例 2-6】 已知平面 ABC 上的 K 点在 H 面的投影为 k (见图 2-39), 试求 K 点在 V 面的投影 k' 。



【例 2-6】
答案

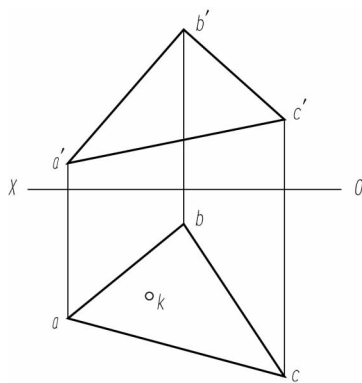


图 2-39 【例 2-6】图

【例 2-7】 判断 K 点是否在平面 ABC 上, 如图 2-40 所示。



【例 2-7】
答案

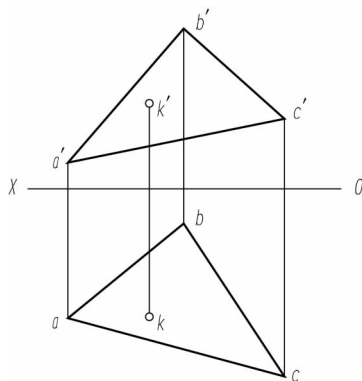


图 2-40 【例 2-7】图

3. 平面内的投影面平行线

平面内的投影面平行线既符合直线在平面上的几何条件, 又具有投影面平行线的投影特性。平面内的投影面平行线有以下三种。

- (1) 平面上的水平线: 平面内平行于 H 面的直线。
- (2) 平面上的正平线: 平面内平行于 V 面的直线。
- (3) 平面上的侧平线: 平面内平行于 W 面的直线。

如图 2-41 所示, 要在平面内作水平线, 须先作水平线的 V 面投影, 然后作水平线的 H 面投影; 要在平面内作正平线, 须先作正平线的 H 面投影, 然后作正平线的 V 面投影。

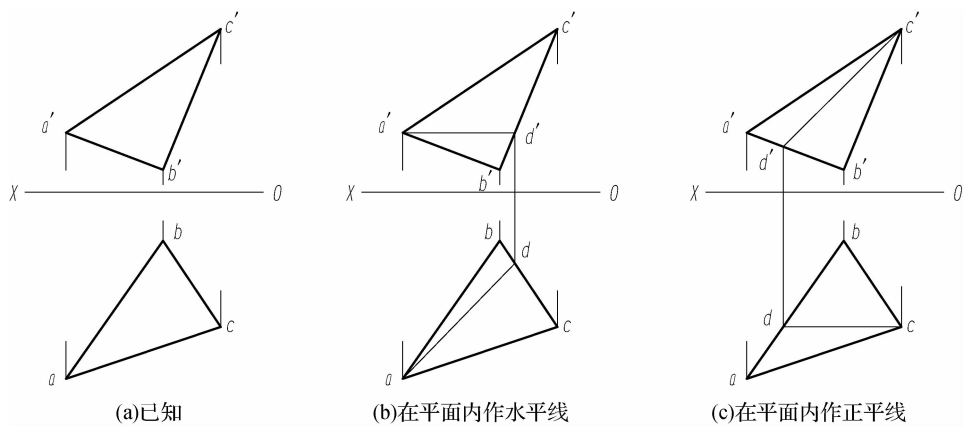



图 2-41 平面内的投影面平行线

【例 2-8】 如图 2-42 所示,在 $\triangle ABC$ 所在的平面内作一条距离 H 面 20 mm 的水平线。



【例 2-8】
答案

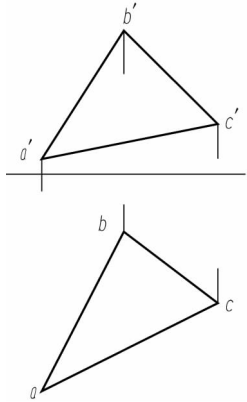


图 2-42 【例 2-8】图

思考与练习

一、选择题

1. ()、()、()是产生投影的必要条件。
 A. 物体 B. 投影 C. 投影线 D. 投影面
2. 投影线互相平行,且垂直于投影面的是()。
 A. 斜投影 B. 中心投影 C. 正投影 D. 平行投影
3. 三视图采用的投影方法是()。
 A. 斜投影法 B. 中心投影法 C. 正投影法 D. 单面投影法

3

项目

基本体的投影



学习目标

- 掌握在平面体表面上求点的投影的方法。
- 掌握在曲面体表面上求点的投影的方法。
- 掌握简单体三视图的识读方法。



素质目标

- 树立诚实守信、严谨负责的职业道德观。
- 养成能够从不同角度全面看待事物的习惯。

工程建筑物的形状虽然多种多样,但一般都可以看作由一些简单的几何体组合而成。这些简单的几何体称为基本体。基本体根据其表面性质的不同,可分为平面体和曲面体,如图 3-1 所示。

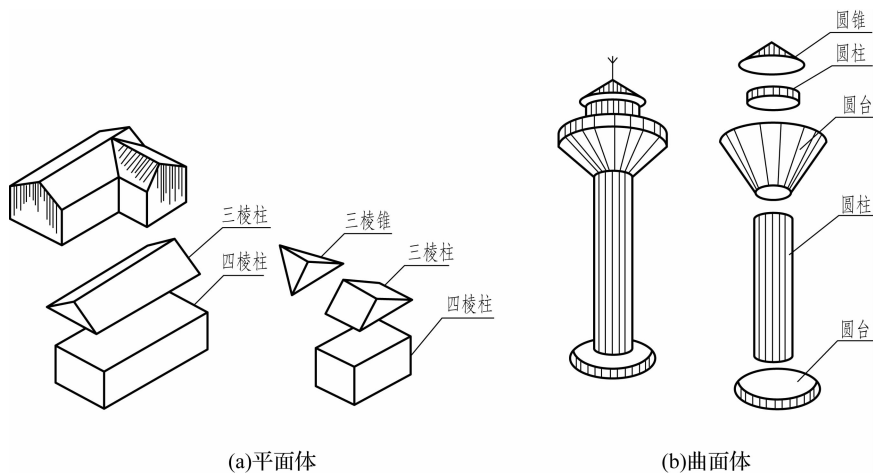


图 3-1 基本体





3.1 平面体及其表面上点的投影

平面体的表面是由若干平面围成的,其侧面称为棱面,端面称为底面;棱面间的交线称为棱线,棱面与底面的交线称为底边。常见的平面体有棱柱体、棱锥体、棱台体等。

3.1.1 棱柱体及其表面上点的投影

棱柱体由两个底面和棱面组成,棱线互相平行。棱线与底面垂直的棱柱体称为正棱柱体。下面仅讨论正棱柱体及其表面上点的投影。

1. 正棱柱体的投影

下面以正六棱柱为例,讲解正棱柱体三面投影的画法。

1) 物体分析

图 3-2(a)所示的正六棱柱,它的上、下底面为全等且相互平行的正六边形;六个棱面为全等的矩形且与底面垂直;六条棱线平行且相等,是六棱柱的高。

2) 物体位置

将正六棱柱放置成上、下底面与 H 面平行,前、后棱面与 V 面平行。

3) 投影分析

(1)俯视图为正六边形,反映上、下底面的实形。正六边形的六条边是垂直于 H 面的六个棱面的积聚投影,六个顶点是六条棱线的积聚投影。

(2)主视图为三个并列的矩形线框,中间的矩形线框是平行于 V 面的前、后棱面的实形投影;左、右两个矩形线框为其余倾斜于 V 面的四个棱面的投影;上、下两条水平线是上、下底面的积聚投影。

(3)左视图为两个并列的矩形线框,是六棱柱左、右四个棱面投影的重合;前、后两条铅垂线分别是前、后两个棱面的积聚投影;上、下两条水平线分别是上、下底面的积聚投影。

4) 作图步骤

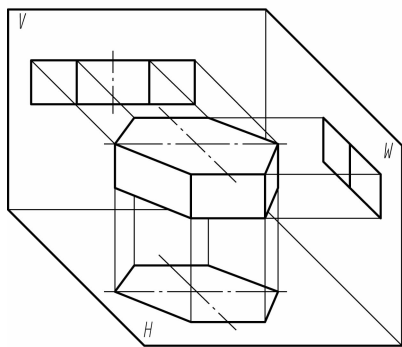
(1)画投影轴。

(2)画反映底面实形的俯视图——正六边形。

(3)根据“长对正”和正六棱柱的高度画主视图。

(4)根据“宽相等、高平齐”画左视图。

(5)检查后加深,如图 3-2(b)所示。



(a)直观图

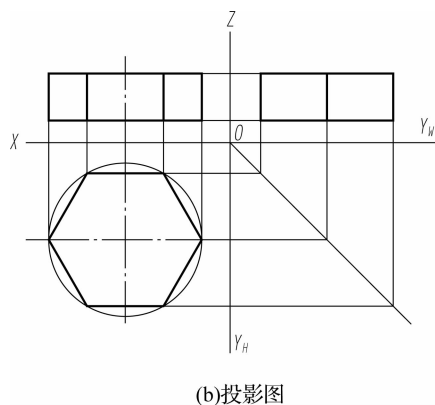


图 3-2 正六棱柱的投影

同理分析,可画出图 3-3 所示的各棱柱体的三视图。从这些图可以得出棱柱体三视图的投影特征:两个视图为矩形线框(最外轮廓),第三视图为反映底面形状的多边形线框。

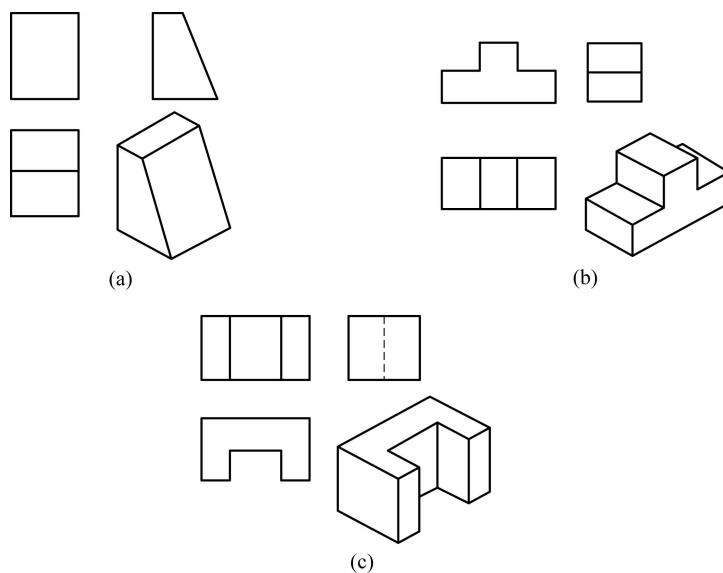


图 3-3 棱柱体的投影特征

2. 正棱柱体表面上点的投影

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

因为正棱柱体的各个面均为特殊位置面,均具有积聚性,所以正棱柱体表面上点的投影可利用点所在面具有的积聚性特性求得。

【例 3-1】 如图 3-4 所示,已知正棱柱体表面上 M 点的正面投影 m' ,求作它的其他两面投影 m 、 m'' 。



【例 3-1】

答案

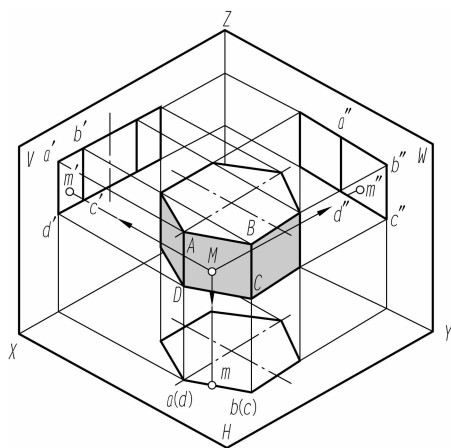


图 3-4 【例 3-1】图

注意: 当点的投影与积聚成直线的平面重影时,不加括号。

3.1.2 棱锥体及其表面上点的投影

棱锥体由底面和棱面组成,棱线汇聚于锥顶点。轴线(通过底面重心并与底面垂直)垂直于底面,且底面为正多边形的棱锥体称为正棱锥体。

1. 正棱锥体的投影

下面以正三棱锥为例,讲解正棱锥体的三面投影画法。

1) 物体分析

图 3-5(a)所示的正三棱锥的底面为正三角形,三个棱面为全等的等腰三角形,轴线通过底面重心并与底面垂直,三条棱线交汇于锥顶点。轴线的高是正三棱锥的高。

2) 物体位置

将正三棱锥放置成底面与水平面平行,后棱面为侧垂面,其底面边线为侧垂线。

3) 投影分析

(1)俯视图为正三角形,是底面的投影,反映实形。锥顶点 S 的投影落在正三角形 abc 的重心 s 上, s 点与正三角形 abc 三个角点的连线即为三条棱线的投影。

(2)主视图为等腰三角形。其中,底边为底面的投影,两条斜边和中间的铅垂线是三条侧棱的投影。

(3)左视图为一斜三角形。其中,底边为底面的投影;斜边 $s''a''(c'')$ 为正三棱锥后棱面的积聚投影; $s''b''$ 为前面棱线 SB 的投影,且反映实长。

4) 作图步骤

(1)画投影轴。

(2)画反映底面实形的俯视图,先画等边三角形 abc ,由重心 s 连 sa 、 sb 、 sc 。

(3)根据“长对正”和正三棱锥的高度画主视图。



动画

正三棱锥的
投影