

高等学校教材

HUAFAJIHE · JIXIEZHITU

画法几何·机械制图

燕山大学工程图学教研室编

宋耀增 周万民 主编

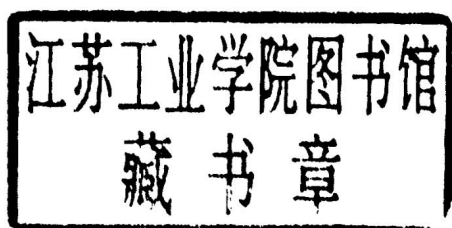


机械工业出版社
China Machine Press

高等学校教材

画法几何·机械制图

主 编 宋耀增 周万民
副主编 于敏之 贾春玉
主 审 张起生



机械工业出版社

为培养面向 21 世纪的人才的需求,我们编写了这套教材,参考学时 70~110 学时。本书包括制图的基本理论、制图基础、机械制图、计算机绘图及附录。

本教材既注重基本理论、基本知识、基本技能的培养,又注重学生综合素质的提高。

与本书配套的有《画法几何·机械制图习题集》。本书可作为高等工科院校机械类近机械类各专业的教材,也可供其他类型学校有关专业选用。

图书在版编目(CIP)数据

画法几何·机械制图/宋耀增,周万民主编. —北京:机械工业出版社, 2001.8

高等学校教材

ISBN 7-111-09229-5

I. 画... II. ①宋...②周... III. ①画法几何—高等学校—教材②机械制图—高等学校—教材 IV. TH126

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 051757 号

出 版 人:马九荣(北京市百万庄南街 1 号 邮政编码 100037)

责任编辑:冯宗青 版式设计:陈 伟 责任校对:王晓华

封面设计:东 方 责任印制:侯新民

霸州市长虹印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001 年 8 月第 1 版·2004 年 10 月第 2 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·21.25 印张·516 千字

0 001—4 000 册

定价:27.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

前 言

本教材是根据目前的教学改革发展趋势和总结多年的教学经验编写的。参考学时 70~110 学时。

本书在编写过程中本着“开发智力、培养能力、提高大学生的综合素质”的要求，编排教学内容、选例和编排插图；教学体系符合认识规律。本书具有以下特点：

1. 内容少而精，叙述通俗易懂，举例力求具有典型性。对“旋转法、展开图和曲面的切平面”等内容未编入本书。

2. 采用分离式——对制图的基本理论、制图基础、专业制图与计算机绘图，采用分离式的编写形式和教学模式。

3. 加强组合体部分内容的教学，使学生牢固地掌握投影的基本概念，加强能力的培养。

4. 编写了“组合体的构形设计”的内容，并在后续内容中不断地加强，从而提高学生空间想象能力和构形能力。

5. 为适应机械类专业的需要，焊接图独立成章，以适应专业不断拓宽的教学需要。

6. 本书既注重基础理论，又着重能力的培养。在强调画法几何和制图基础、基本概念、基本方法和机械图样的表达方法的同时，又能使学生具有计算机绘图的基本技能。

7. 三种绘图能力的综合培养——本教材将手工画图、用仪器绘图和计算机绘图三种能力的培养有机地结合起来，有利于培养学生多途径、多手段处理图样的能力。

8. 注重学生独立获取知识能力的培养。

和本书配套使用的有《画法几何·机械制图习题集》。这两本书均由燕山大学工程图学教研室编写，机械工业出版社出版。

在本书编写的过程中得到了中国工程图学学会常务理事、图学教育分会主任、北京理工大学董国耀教授的指导和帮助，并对有关内容亲自作了修改。在此表示诚挚的谢意。

本教材可作为高等学校工科机械类、近机械类各专业的教材，也可作为其他专业的教学参考书。

参加本书编写的有（按内容出现先后排序）：宋耀增（绪论、第一章、第六章、第七章、第十章、第十三章、第十四章、附录）、周万民（第二章、第三章、第四章、第十一章、第十二章）、于敏之（第五章、第十六章）、贾春玉（第八章、第九章、第十五章）。

本书由宋耀增、周万民主编，张起生教授主审。

本书在编写过程中参考了许多书籍和资料，在此对诸位作者表示感谢。

由于我们的水平有限，书中可能存在缺点或不足之处甚至于错误，敬请读者不吝赐教。

编者 于燕山大学
2001 年 5 月

目 录

前 言

绪 论

- 一、本课程的性质、目的和任务 1
- 二、本课程的学习方法 1
- 三、投影法 2

第一章 点、直线和平面的投影 5

第一节 点的投影 5

- 一、点的三面投影 5
- 二、根据点的两个投影求第三投影 6
- 三、特殊位置点的投影 7
- 四、两点的相对位置 7
- 五、重影点 7

第二节 直线 8

- 一、直线的投影 8
- 二、一般位置线段的实长及其与投影面的夹角 11
- 三、属于直线的点 13
- 四、直线的迹点 14
- 五、两直线的相对位置 15
- 六、直角投影定理 17

第三节 平面 19

- 一、平面的表示法 19
- 二、各种位置平面 20
- 三、属于平面的点和直线 23

第二章 直线与平面、平面与平面的 相对位置 28

第一节 平行问题 28

- 一、直线与平面平行 28
- 二、两平面平行 29

第二节 相交问题 30

- 一、直线与特殊位置平面相交 30
- 二、一般位置平面与特殊位置平面相交 31
- 三、直线与一般位置平面相交 31
- 四、两个一般位置平面相交 32

第三节 垂直问题 34

- 一、直线与平面垂直 34

- 二、平面与平面垂直 35

第四节 距离和角度的度量 36

- 一、距离的度量 36
- 二、角度的度量 39

第三章 投影变换 41

第一节 概述 41

第二节 换面法 41

- 一、基本概念 41
- 二、点的投影变换规律 42
- 三、四个基本问题 43

第四章 曲线和曲面 48

第一节 曲线 48

- 一、概述 48
- 二、曲线的分类 48
- 三、曲线的投影性质 48
- 四、圆的投影 48
- 五、圆柱螺旋线 50

第二节 曲面 51

- 一、概述 51
- 二、曲面的分类 52
- 三、曲面的表示法 52
- 四、圆柱正螺旋面 52
- 五、斜螺旋面 52
- 六、单叶双曲回转面 52

第五章 立体的投影 54

第一节 平面立体 54

- 一、平面立体的构成及其投影 54
- 二、在平面立体表面上取点 54

第二节 曲面立体 56

- 一、回转面与回转体的形成 56
- 二、回转体的投影 56
- 三、圆柱体 57
- 四、圆锥体 58
- 五、圆球体 60
- 六、圆环体 61

第六章 平面与立体相交 63

第一节 平面与平面立体相交	63	第九章 制图的基本知识	93
第二节 平面与曲面立体相交	64	第一节 国家标准《技术制图与机械制图》摘录	93
一、平面与圆柱体相交	64	一、图纸幅面及格式 (GB/T 14689—1993)	93
二、平面与圆锥体相交	65	二、比例 (GB/T 14690—1993)	94
三、平面与圆球相交	66	三、字体 (GB/T 14691—1993)	96
四、平面与任意回转体相交	67	四、图线 (GB/T 17450—1998)	97
第三节 切割体	68	五、剖面符号 (GB/T 17453—1998)	100
一、多个平面与立体相交	68	六、尺寸注法 (GB/T 4458.4—1984)	102
二、单个平面与组合立体相交	71	第二节 绘图工具及使用方法	102
第七章 立体与立体相交	72	一、图板	102
第一节 相贯线的概念和基本性质	72	二、丁字尺和三角板	103
一、相贯线的概念	72	三、圆规与分规	104
二、相贯线的基本性质	72	四、比例尺	104
三、求相贯线的基本方法	72	五、曲线板	104
第二节 平面体与曲面体相交	72	六、绘图铅笔	105
第三节 曲面体与曲面体相交	74	第三节 几何作图	105
一、利用积聚性法	74	一、正六边形的画法	105
二、辅助平面法	77	二、正五边形的画法	105
三、辅助球面法	79	三、斜度与锥度	106
四、相贯线的特殊情况	81	四、圆弧连接	106
五、相贯线的三点作图法	81	五、椭圆的近似画法	106
六、多体相贯	82	六、平面图形的分析及画法	107
第八章 轴测图	84	七、绘图的一般方法和步骤	109
第一节 轴测图的基本知识	84	第十章 组合体	112
一、轴测图的形成和投影特性	84	第一节 基本概念	112
二、轴测图的轴间角和轴向伸缩系数	84	一、视图的基本概念	112
第二节 正等轴测图的画法	84	二、三视图的投影规律	112
一、正等轴测图的轴间角和轴向伸缩系数	85	第二节 形体分析法和线面分析法	113
二、平面立体轴测图的画法	86	一、形体分析法	113
三、回转体正等轴测图的画法	86	二、线面分析法	113
四、综合举例	88	第三节 画组合体视图的方法和步骤	114
第三节 斜二等轴测图的画法	89	一、画组合体视图的方法	114
一、斜二等轴测图的轴间角和轴向伸缩系数	89	二、画组合体视图的步骤	114
二、斜二轴测图的画法	89	三、画图举例	116
第四节 轴测图上的交线及剖切画法	90	第四节 看组合体视图的方法和步骤	117
一、轴测图上交线的画法	90	一、看图的基本方法	117
二、轴测图上的剖切画法	90	二、看图的要点	117
三、轴测剖视图的画法举例	91	三、看图的步骤	118

四、由已知的两视图补画第三视图 (二补三)	119	一、铸造零件的工艺结构	155
第五节 组合体的尺寸标注	122	二、零件机械加工工艺结构	157
一、基本立体的尺寸标注	122	第四节 零件图的尺寸标注	158
二、组合体的尺寸标注	122	一、尺寸基准	158
三、标注尺寸应注意的问题	124	二、标注尺寸的形式	158
四、标注组合体尺寸的步骤及举例	126	三、合理标注尺寸应注意的问题	159
第六节 组合体的构形设计	127	四、零件上常见结构的尺寸标注	160
一、组合体构形设计的基本要求	127	第五节 零件图上的技术要求	163
二、组合体构形设计的类型	127	一、表面粗糙度	163
第十一章 物体常用的表达方法	130	二、极限与配合	169
第一节 视图	130	三、形状和位置公差	175
一、基本视图	130	四、零件的常用材料	178
二、向视图	130	五、热处理和表面处理	178
三、局部视图	131	第六节 读零件图	179
四、斜视图	131	一、读零件图的方法和步骤	179
五、旋转视图	132	二、读零件图举例	180
第二节 剖视图	132	第七节 零件的测绘	181
一、剖视图的基本概念	132	一、徒手绘图的一般步骤	181
二、剖切面的种类	134	二、根据草图绘制零件工作图	182
三、剖视图的种类及其画法	135	三、测量工具及其使用方法	183
第三节 断面图	139	第十三章 标准件、齿轮和弹簧	186
一、断面图的概念	139	第一节 螺纹及螺纹紧固件	186
二、断面图的种类及画法	139	一、螺纹	186
第四节 局部放大图、简化画法 和规定画法	141	二、螺纹紧固件	191
一、局部放大图	141	三、螺纹紧固件在装配图中的画法	191
二、简化画法	142	第二节 键、花键、销和滚动轴承	196
三、其他规定画法	146	一、键	196
第五节 物体的表达方法综合应 用举例	146	二、花键	198
第六节 第三角画法简介	147	三、销	199
一、什么是第三角画法(第三角投影)	147	四、滚动轴承	200
二、第三角画法中六个基本视图的形成	147	第三节 齿轮和弹簧	203
第十二章 零件图	149	一、齿轮	203
第一节 零件图的内容	149	二、弹簧	209
第二节 零件的视图选择	150	第十四章 焊接图	213
一、主视图的选择	150	一、焊缝的规定画法	213
二、其他视图的选择	151	二、焊缝的标注	214
三、典型零件的视图选择	151	三、焊缝的完整标注示例	217
第三节 零件的工艺结构	155	四、焊接结构图例	218
		第十五章 装配图	219
		第一节 装配图的作用和内容	219
		一、装配图的作用	219
		二、装配图的内容	219

第二节 机器（或部件）的表达	
方法	220
一、规定画法	220
二、特殊画法	221
第三节 装配图的视图选择	223
一、对所要表达的机器（或部件）	
进行形体分析	224
二、确定主视图	226
三、确定其他视图	226
四、对表达方案进行调整	227
第四节 装配图中的尺寸标注	227
一、性能尺寸（规格尺寸）	227
二、装配尺寸	227
三、安装尺寸	228
四、外形尺寸	228
五、其他重要尺寸	228
第五节 装配图的零、部件序号，	
明细栏及技术要求	228
一、零、部件序号	228
二、明细栏	229
三、技术要求	229
第六节 装配结构	230
一、接触面与配合面	230
二、螺纹联接的合理结构	231
三、考虑维修时拆卸方便	231
四、定位销的合理结构	232
五、滚动轴承的固定、间隙调整及密封	
装置的结构	232
六、防松的结构	234
七、防漏的结构	235
第七节 画装配图的方法和步骤	235
一、拟定表达方案	235
二、画图步骤	236
第八节 读装配图和拆画零件图	239
一、阅读装配图的方法	239
二、拆画零件图的方法	241
第十六章 计算机绘图	243

第一节 概述	243
第二节 CAXA 电子图板的用户	
界面	244
第三节 基本操作	245
一、常用键的含义	245
二、命令的输入和执行	246
三、点的输入	246
四、选择（拾取）实体	247
五、右键操作功能	247
六、计算功能	247
七、特殊符号的输入	247
第四节 下拉菜单及其功能简介	247
一、文件菜单	247
二、编辑菜单	248
三、显示菜单	249
四、幅面菜单	250
五、设置菜单	252
六、绘制菜单	254
七、管理菜单	274
八、查询	274
第五节 图形的绘制和编辑	276
一、组合体三视图的绘制	276
二、零件图的绘制	279
三、装配图的绘图	282
附录	284
附录 A 极限与配合、形状公差与位置	
公差	284
附录 B 螺纹	301
附录 C 常用的螺纹紧固件	307
附录 D 键与销	314
附录 E 常用的滚动轴承	317
附录 F 常用材料	323
附录 G 热处理和表面处理	325
附录 H 常用标准数据、标准结构和简化	
标注	326
参考文献	330

绪 论

一、本课程的性质、目的和任务

根据投影原理、标准或有关规定，表示工程对象，并有必要的技术说明的图，称为图样。图样是人类借以表达构思，分析问题和交流思想的工具；是制造机器和进行工程施工的依据；人们还通过图样进行科技交流，所以，图样是工程界的技术语言。

目前科学技术飞速发展，计算机技术日新月异；计算机辅助设计、计算机辅助制造技术日趋完善。图样的生成、输出、传输和管理技术已基本成熟。但是，对图样的生成管理和应用必须具备一定的专业知识，而这些知识是以制图的基本理论、基本知识、基本技能为基础的，并且还要有较强的专业绘图、看图能力。因此，所有这一切都是工程技术人员应当具备的。

本课程的性质和目的

本课程是一门重要的技术基础课。其主要目的是培养学生的空间思维能力；读图和画图能力；应用图样分析和解决工程问题的能力，为后续课程打下基础。

本课程的主要任务是：

(1) 学习投影法的基本理论，培养学生的空间想象能力和空间构思能力，以及分析问题和解决问题的能力。

(2) 培养绘制和阅读工程图样的能力。

(3) 学习和掌握有关的国家标准，并学会查阅有关资料的方法。

(4) 学习与图样有关的机械设计和制造等方面的知识。

(5) 培养徒手绘图、用仪器绘图和计算机绘图的能力。

(6) 培养耐心细致的工作作风和认真负责的工作态度。

二、本课程的学习方法

(1) 要把初等几何与画法几何内容有机地结合起来；牢固地掌握几何元素的投影规律和基本形体的图示方法和图解法。

(2) 特别注意物体的空间形态与投影图之间的对应关系。在解决问题时，或者画出物体的投影，或者根据投影图想象物体的空间形态，然后再回到投影图上，这样一个“由空间到平面，再由平面到空间”的反复研究和思考过程，是本课程最有效的学习方法。

(3) 在学习过程中，对书中的例题要边看边画、边思考，深刻理解。牢固地掌握画法几何中的基本作图问题及物体的图示方法和图解法。

(4) 认真听课、积极思考，及时复习，明确投影的基本理论与物体的表达方法之间的内在联系，掌握规律性。

(5) 注意画图与看图相结合，实物与图样相结合。要多看、多画；通过实践提高自己的综合素质。

(6) 主动自学，提高独立获取知识的能力和独立工作的能力。

三、投影法

(一) 投影法的基本概念

在生活当中，物体在光线的照射下，地面上就会有物体的影子。这就是投影的简单例子。人们经过抽象，总结出投影法的概念，即投射射线通过物体，向选定的面投射，并在该面上得到图形的方法，称为投影法。根据投影法得到的图形称为投影；投影法中得到图形的面，称为投影面；发自投射中心且通过被表示物体上各点的直线，称为投射射线。

(二) 常用的投影法

工程上常用的投影法有两类：中心投影法和平行投影法。

1. 中心投影法

如图 1 所示，不在投影面上的一点 S 为投射中心，由投射中心发出投射射线，投射射线通过物体 ($\triangle ABC$)，在投影面 (P) 上得到物体的投影 ($\triangle abc$)。该投影称为物体的中心投影。像这种投射射线汇交一点 (投射中心位于有限远处) 的投影法，称为中心投影法。

2. 平行投影法

投射射线相互平行的投影法 (投射中心位于无限远处)，称为平行投影法，如图 2 所示。按照投射射线与投影面是否垂直，平行投影法又被分为两种：

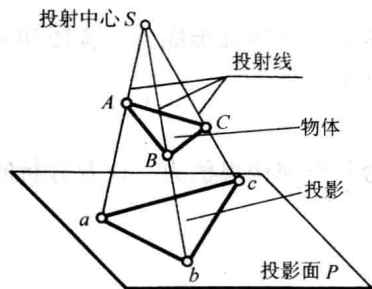


图 1 中心投影法

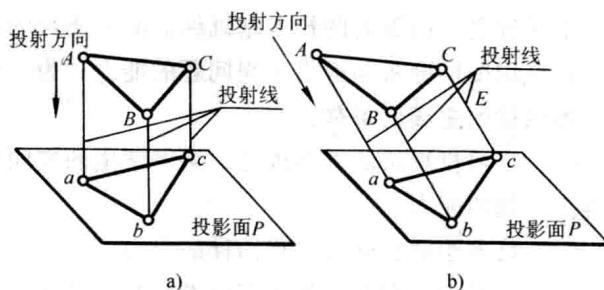


图 2 平行投影法

(1) 正投影法 投射射线与投影面相垂直的平行投影法，称为正投影法。根据正投影法所得到的图形，称为正投影，如图 2a 所示。

(2) 斜投影法 投射射线与投影面相倾斜的平行投影法，称为斜投影法。根据斜投影法所得到的图形，称为斜投影，如图 2b 所示。

(三) 平行投影特性

(1) 真实性 当线段或平面图形平行于投影面时，其投影反映线段的实长或平面图形的实形，见图 3a、e。这种投影性质称为真实性；反映线段实长或平面图形实形的投影，称为实形投影。

(2) 定比性 点分线段之比，投影后保持不变 (图 3b)，即 $AC/CB = ac/cb$ ；平行两线段的长度之比，等于其投影长度之比 (图 3d)， $AB/CD = ab/cd$ ；此为定比性。

(3) 平行性 平行两直线的投影仍平行 (图 3d)，即 $AB \parallel CD$ ，则 $ab \parallel cd$ 。这种投影性质称为平行性。

(4) 从属性 属于某线的点或属于某面的线的投影，属于该线或该面的投影；这种投影性质称为从属性 (图 3b)，即知 $C \in AB$ ，则 $c \in ab$ 。

(5) 类似性 当平面图形与其投影之间保持：定比性不变，平行性不变，边数不变，凹凸性不变，每条边的性质不变 (直边的投影为直边、曲边的投影为曲边)。这种关系称其投

影具有类似性；如图 3f 所示。

(6) 积聚性 当直线或平面（或曲面）平行于投射线时，其投影积聚成一个点或一条直线（或曲线），这种投影性质称为积聚性。如图 3c 及图 3g 所示，直线 AB 的投影为一个点， $\triangle ABC$ 所表示的平面投影后为一条直线。

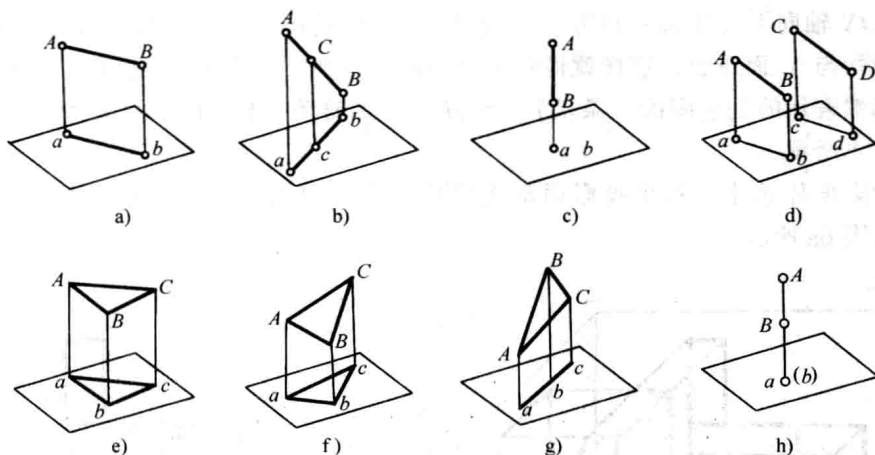


图 3 平行投影特性

(四) 物体的正投影

1. 分角

用水平和铅垂的两个平面将空间分成的四个区域，并按顺序编号，如图 4 所示。

2. 第一角投影（第一角画法）

将物体置于第一分角内，并使其处于观察者与投影面之间而得到的多面正投影。我国用第一角投影。

图 5 给出了两个物体的正投影；从图中可以看出：两个物体的正投影是完全相同的，由此可见，只凭一个投影一般不能确定物体的结构形状，也不能唯一地反映出空间几何关系。又如图 3h 所示，空间两点 A 、 B 的投影为一个点 $a(b)$ 。由此可见，只凭一个投影也不能确定几何元素的空间位置，故工程上常用多面正投影表达物体，如图 6b 所示。

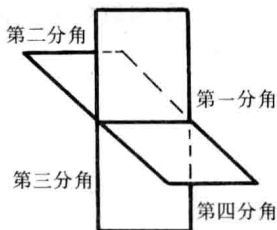


图 4

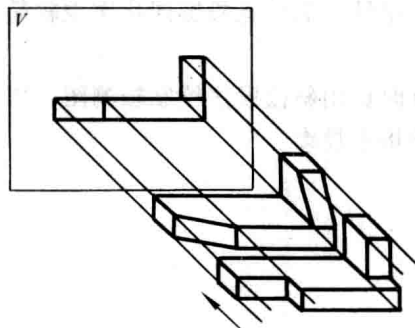


图 5 一个投影不能确定物体的形状和大小

3. 三投影面体系的建立

如图 6 所示，三个平面两两相互垂直，构成三投影面体系。三个投影面分别叫做水平投影面 H （简称 H 面），正立投影面 V （简称 V 面），侧立投影面 W （简称 W 面）。各投影

面之间的交线 OX 、 OY 、 OZ 叫做投影轴，各投影轴的交点 O 叫做原点。

将物体放入三投影面体系当中，在每个投影面上分别用正投影法获得物体的投影，由这些投影便能完全确定该物体的空间位置和形状。

为了便于得到投影图，需要把三个投影面旋转展开到一个平面上。展开时 V 面不动，将 H 面绕 OX 轴向下（箭头所指方向）旋转；将 W 面绕 OZ 轴向右（箭头所指方向）旋转，使它们均与 V 面重合，这样就得到了物体的三视图，见图 6b。展开后， OY 轴被一分为二（但仍然表示的是空间的一条轴），在 H 面上的称为 OY_H 轴，在 W 面上的称为 OY_W 轴，如图 1-1 所示。

在三投影面体系中，每个投影面都能反映两个方向的尺度，分别为左、右，前、后，上、下，如图 6a 所示。

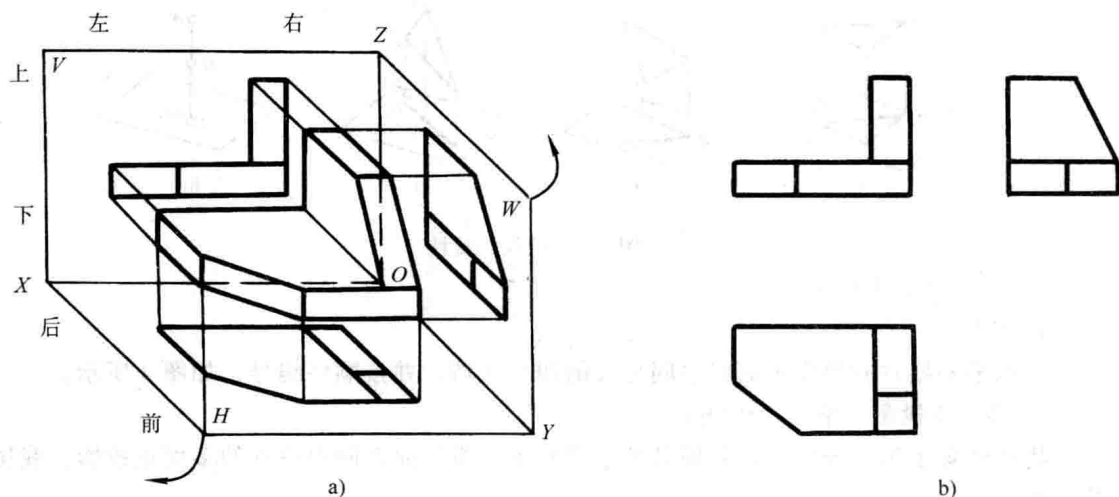


图 6 三投影面体系的建立及物体的正投影

a) 三投影面体系的建立 b) 物体的正投影图

利用正投影法时，常将物体的主要平面放成与相应的投影面平行。这样画出的投影图能反映这些平面的实形。因此，从图上可以直接量得空间几何体的许多尺寸，即正投影具有很好的度量性，而且正投影图作图也较简便。由于上述的突出特点，工程图样多采用正投影法绘制。

有时也用斜投影法绘制轴测图，用中心投影法绘制透视图等。在本教材中凡没有特别说明，均指正投影。

第一章 点、直线和平面的投影

第一节 点的投影

点是构成空间物体最基本的几何元素。点的投影是今后学习的基础，因此，有必要学习和掌握点的投影规律及其作投影图的方法。

一、点的三面投影

(一) 点的三面投影图的形成

点的一个投影不能确定点的空间位置（图 3c），在三投影面体系中，至少要两个投影才能唯一确定空间点。

如图 1-1a 所示，设有空间点 A ，过点 A 分别向 H 、 V 、 W 面作投射射线 Aa 、 Aa' 、 Aa'' ，与 H 、 V 、 W 面的交点分别为 a 、 a' 、 a'' ，它们就是点 A 的三面投影。画投影图要把三个投影面旋转展开到一个图面上，如图 1-1b、c 所示。

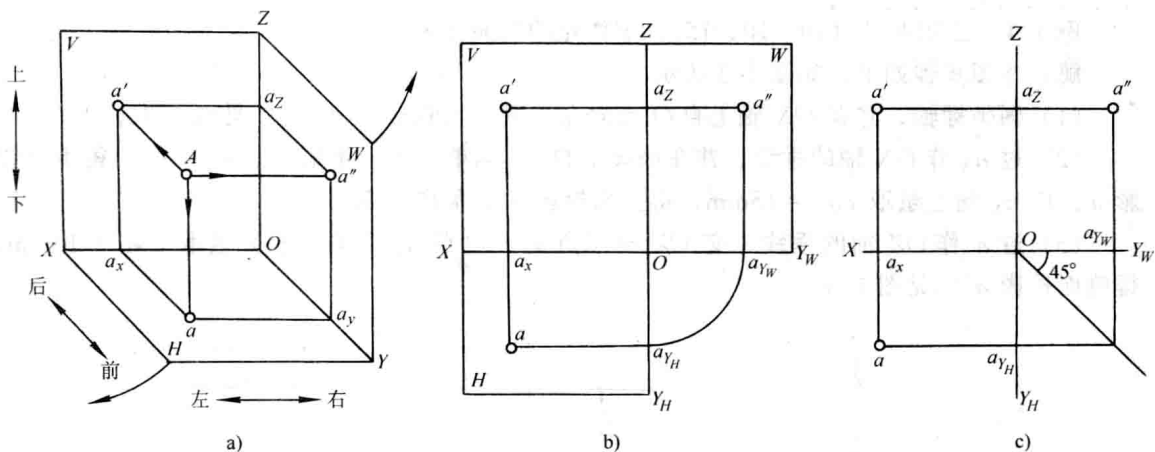


图 1-1 点的三面投影

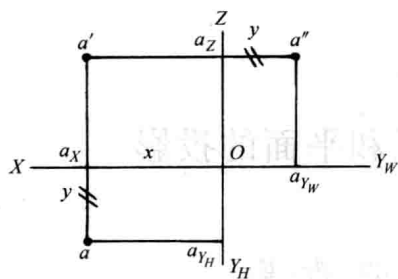
a) 点的三面投影的形成 b) 点的三面投影图 c) 点的三面投影图

(二) 点的三个投影能够确定唯一的空间点，笛卡儿坐标的建立。

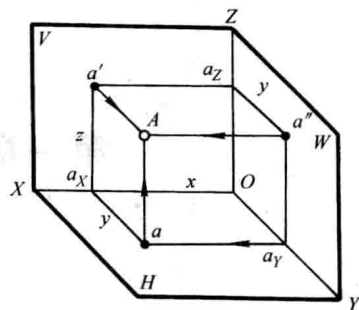
从图 1-2 可知，若移去空间点 A ，由点的三个投影就能确定该点的空间位置。另外，由于三个投影面是两两互相垂直的，可在其上建立笛卡儿直角坐标系，如图 1-2 所示。已知 a ，即知 x 、 y 两个坐标；已知 a' ，即知 x 、 z 两个坐标；已知 a'' ，即知 y 、 z 两个坐标。因此，在三投影面体系中，已知点的两个投影，即确定了空间点 x 、 y 、 z 三个坐标，也就唯一地确定该点的空间位置。如图 1-1 所示， X 轴自 O 点向左为正， Y 轴自 O 点向前为正， Z 轴自 O 点向上为正；反之为负。

(三) 点在三投影面体系中的投影规律

根据正投影法的基本概念及图 1-2a，可得到点的投影规律：



a)



b)

图 1-2 点的三面投影能唯一地确定点的空间位置

(1) 点的水平投影和正面投影的连线垂直于 OX 轴，即 $aa' \perp OX$ 。

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

(3) 点的水平投影到 OX 轴的距离等于该点的侧面投影到 OZ 轴的距离，它们都反映了空间点到 V 面的距离 (y 坐标)，即 $aa_X = a''a_Z = Aa' = y$ 。为了方便作图，可自原点作一条与水平线成 45° 的直线，或以原点为圆心画圆弧为辅助线来保证这一关系，如图 1-1b、c 所示。

同理： $a'a_X = a''a_{Y_W} = Aa = z$ ； $a'a_Z = aa_{Y_H} = Aa'' = x$ ，它们分别反映了空间点到 H 面和到面 W 的距离 (z 和 x 坐标)。

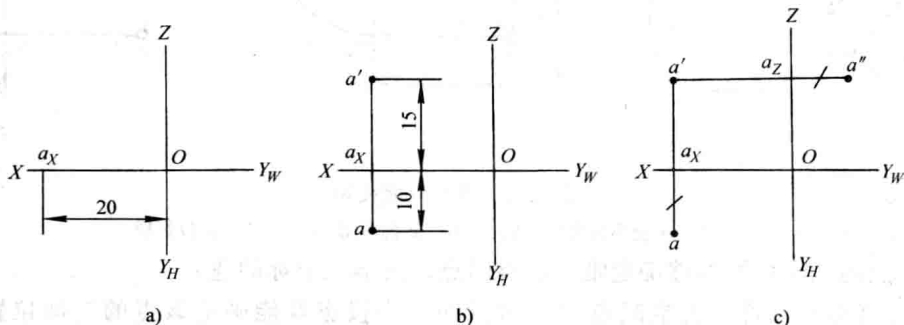
例 1-1 已知点 $A(20, 10, 15)$ ，求作点的三面投影。

解：作图步骤如下：如图 1-3 所示。

(1) 画坐标轴，并在 OX 轴上自 O 点向左量取 $x=20\text{mm}$ ，得 a_X ，见图 1-3a；

(2) 过 a_X 作 OX 轴的垂线，并在该线上自 a_X 向前 (下) 量取 $a_Xa = 10\text{mm}$ ，得水平投影 a ；自 a_X 向上量取 $a_Xa' = 15\text{mm}$ ，得正面投影 a' ，见图 1-3b；

(3) 过 a' 作 OZ 轴的垂线，交 OZ 轴于点 a_Z ，自点 a_Z 向前 (右) 量取 $a_Za'' = 10\text{mm}$ ，得侧面投影 a'' ，见图 1-3c。



a)

b)

c)

图 1-3 已知点的坐标求作点的投影图

二、根据点的两个投影求第三投影

根据点在三投影面体系中的投影规律，若已知点的两个投影，就可求出其第三投影 (第三投影是唯一确定的点)。

例 1-2 已知点 A 的正面和侧面投影 a' 、 a'' ，求作其水平投影 a ，见图 1-4a。

解：1. 分析：由点的投影规律，过 a' 作 OX 轴的垂线，则点 a 一定在此线上。由 $aa_X = a''a_Z$ 便可确定点 a 。

1. 作图：见图 1-4b。

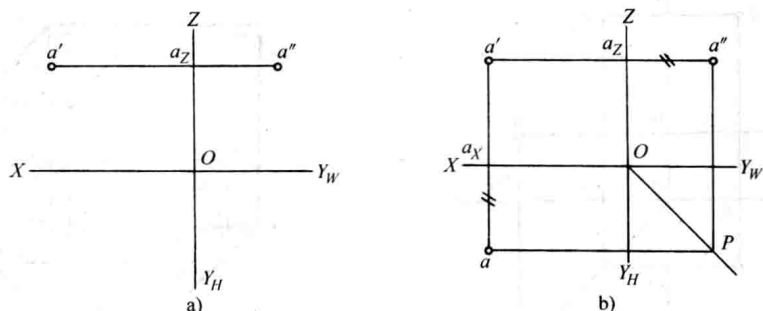


图 1-4 已知点的两个投影求第三投影

(1) 过 a' 作射线 $a'a_X \perp OX$;

(2) 在 $a'a_X$ 射线上量取 $a_Xa = a_Za''$, 则点 a 即为所求。

三、特殊位置点的投影

(1) 在投影面上的点 在投影面上的点，它的一个投影与空间点重合，另外两个投影在投影轴上，如图 1-5a 中的点 B 、 C 。

(2) 在投影轴上的点 在投影轴上的点，它的两个投影重合在轴上，并与空间点重合；另外一个投影在坐标原点 O 处，如图 1-5a 中的点 A 。以上两类点的投影图，见图 1-5b。

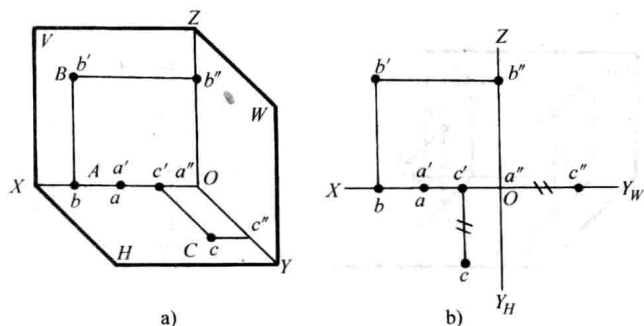


图 1-5 特殊位置点的投影

四、两点的相对位置

空间点的位置，可用点的三个坐标来确定，也可由相对于已知点的坐标差来确定。

例 1-3 已知点 A 和点 B 的投影图，画出它们的直观图，并判别它们的相对位置，见图 1-6b。

解：(1) 判别点 A 、 B 的相对位置 由水平或正面投影均可确定，点 A 在点 B 的左方 14mm；由正面或侧面投影确定，点 A 在点 B 的下方 15mm；由水平或侧面投影确定点 A 在点 B 前方 11mm，见图 1-6b。

(2) 画直观图 1) 画出三投影面体系；2) 根据两点的投影图，分别在三条坐标轴上量取两点的坐标值，得 a_X 、 a_Y 、 a_Z ， b_X 、 b_Y 、 b_Z 。根据点的投影规律求出它们的投影 (a 、 a' 、 a'') 和 (b 、 b' 、 b'')；由三个投影便可求得空间点 A 和 B 的直观图 (图 1-6a)。由图 1-6a 可直接看出，点 A 在点 B 的左、前、下方。

五、重影点

在同一条投射线上的两个点，它们在某一投影面上的投影重合，这样的两个点称为对该投影面的重影点。

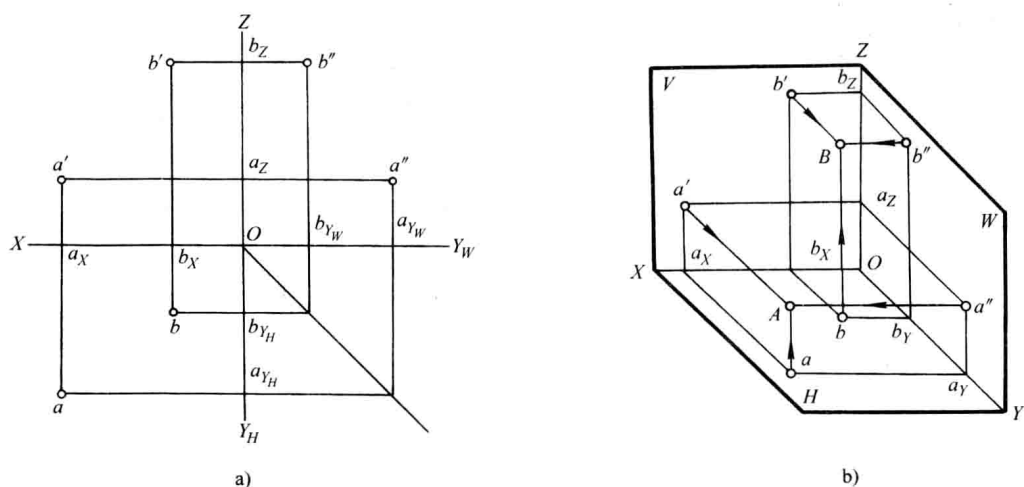


图 1-6 两点的相对位置

如图 1-7a 所示, 点 A 和点 B 位于指向 H 面的同一条投射线上, 故点 A 和点 B 是对 H 面的一对重影点, 它们的水平投影 a 和 b 重合。

两点的投影重合, 必产生可见性问题。显然, 距投影面远的一点更靠近观察者, 是可见的点。如图 1-7 所示, 对 H 面来说, 点 A 较点 B 高, 故点 B 被点 A 遮挡, 因此 B 不可见, 投影 b 加括号表示。

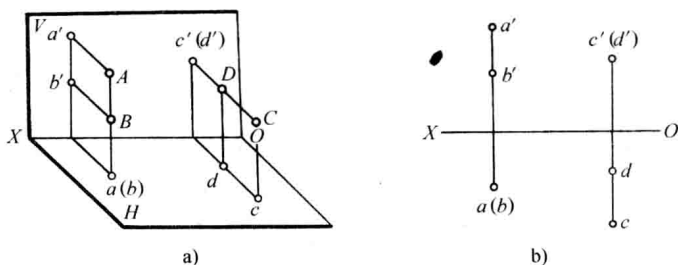


图 1-7 重影点

同理, 点 C 和点 D 是对 V 面的重影点, 点 D 被遮挡, 故点 D 的正面投影 d' 不可见。

第二节 直 线

一、直线的投影

(一) 直线投影的确定

因为直线的投影一般仍为直线, 所以直线的投影可由直线上任意两点的投影来确定。如已知直线的直观图 (图 1-8a), 求作其投影图, 可作出直线上的点 A 和 B 的三面投影 (图 1-8b), 再用直线连结两点的同面投影, 即连 ab , $a'b'$, $a''b''$, 就得到直线 AB 的三面投影 (图 1-8c)

另外, 知道直线上的一点的投影和该直线方向的投影, 也可画出该直线的投影。

(二) 直线与投影面的相对位置

在三投影面体系中, 直线与投影面的相对位置有三类: (1) 倾斜于三个投影面的直线; (2) 只平行于一个投影面的直线; (3) 垂直于一个投影面的直线。前一类称为一般位置直线,

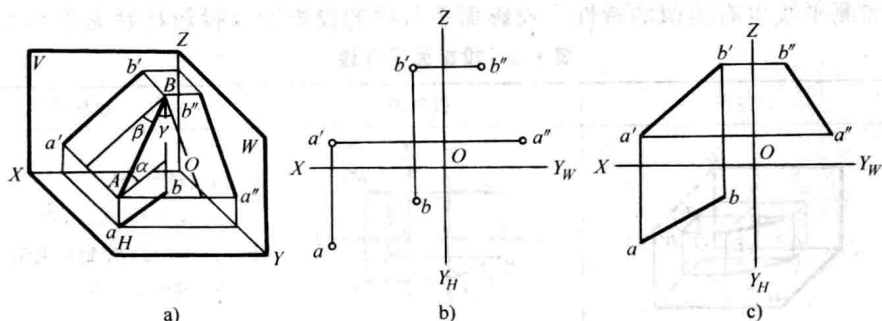


图 1-8 直线的投影

后两类称为特殊位置直线。

(三) 一般位置直线

如图 1-8a 所示, AB 为一般位置直线, 它的投影图具有下列性质:

(1) 三个投影都倾斜于投影轴;

(2) 三个投影都不反映直线与投影面的夹角。线段 AB 的实长、投影长及其与投影面的夹角 (直线与 H 、 V 、 W 面的夹角分别为 α 、 β 、 γ) 之间有下列关系。

$$ab = AB \cos \alpha; a'b' = AB \cos \beta; a''b'' = AB \cos \gamma.$$

因为 α 、 β 、 γ 都不等于 0° 和 90° , 所以三个投影都小于线段 AB 的实长, 各个投影与投影轴的夹角也不反映直线 AB 与各投影面的夹角, 见图 1-8a、c。

(四) 特殊位置直线

特殊位置直线按其于投影面的相对位置不同, 可分为两种, 即投影面平行线和投影面垂直线。

1. 投影面平行直线

只平行于一个投影面的直线, 称为投影面平行线。投影面平行线又被分为三种: 1) 水平线 ($\parallel H$ 面), 2) 正平线 ($\parallel V$ 面), 侧平线 ($\parallel W$ 面)。

现以正平线为例, 见图 1-9。由于正平线 AB 平行于 V 面, 线上任意一点到 V 面的距离都相等, 故正平线具有下列投影特性: (见图 1-9b)

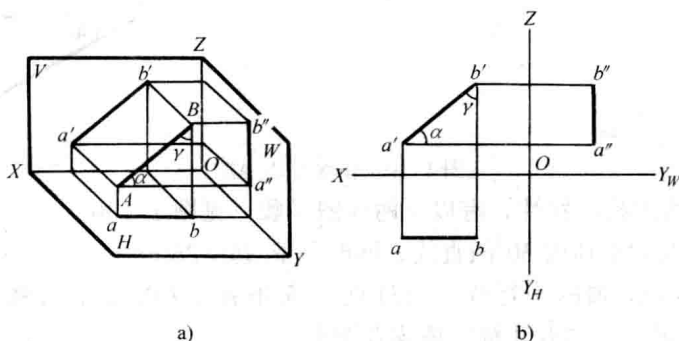


图 1-9 正平线

1) 正平线的正面投影反映线段的实长, 即 $a'b' = AB$ 。

2) 正平线的正面投影 ($a'b'$) 与 OX 轴和 OZ 的夹角分别反映该直线与 H 面和 W 面的夹角 α 和 γ 。

3) 正平线的水平投影平行于 OX 轴, 侧面投影平行于 OZ 轴, 即 $ab \parallel OX$, $a''b'' \parallel OZ$ 。