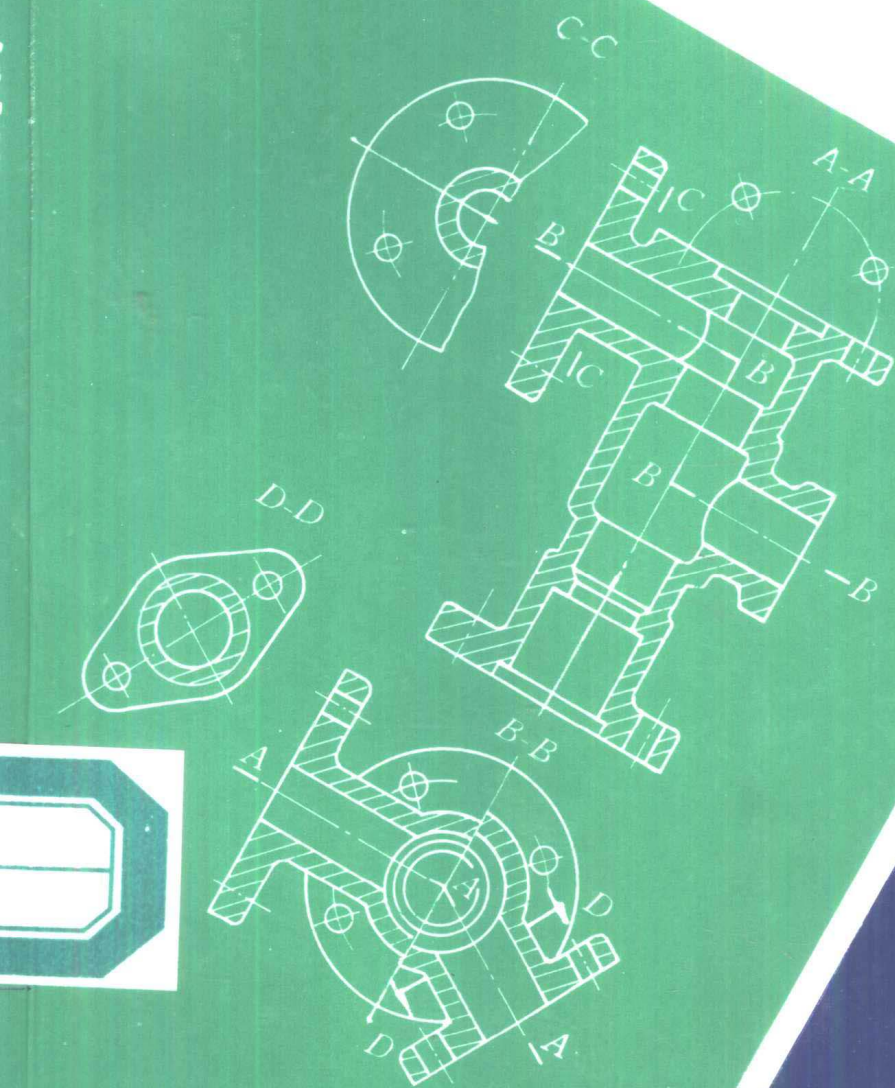


画法几何及机械制图

(机械类)

祖业发 丁一 杨学元 吴宗一 编



重庆大学出版社

画法几何及机械制图

(机械类)

第2版 下册 机械工业出版社

机械工业出版社



机械工业出版社



画法几何及机械制图

(机械类)

祖业发 丁 一 编
杨学元 吴宗一

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书根据国家教育委员会 1995 年批准印发的高等工业学校《画法几何及机械制图课程教学基本要求》(机械类专业适用)编写,全部采用最新的《机械制图》国家标准和有关标准。全书分为:画法几何、制图基础、机械图三篇。主要内容包括绪论,点、直线和平面的投影,直线与平面、平面与平面的相互位置,投影变换,曲线与曲面,基本立体,截交线和相贯线,轴测投影,立体的表面展开,机械制图基本知识,组合体,机件的表达方法,公差与配合、形状和位置公差的标注,螺纹、销、键及其连接,零件图,齿轮、弹簧和滚动轴承,装配图,焊接图等十八章及附录。并有《画法几何及机械制图习题集》(机械类)与之配套。

本书可作为高等工业学校机械类专业画法几何及机械制图课程的教材,也可以供职工大学、函授大学、自修大学师生和有关工程技术人员参考。

画法几何及机械制图

(机械类)

祖业发 丁 一 编

杨学元 吴宗一

责任编辑 梁 涛

*

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

重庆建筑大学印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:29.75 字数:743 千

1997年8月第1版 1997年8月第1次印刷

印数:1—3000

ISBN 7-5624-1503-X/TH·65 定价:30.00元

前 言

本书根据国家教育委员会 1995 年批准印发的高等工业学校《画法几何及机械制图课程教学基本要求》(机械类专业适用)编写,全部采用最新的《机械制图》国家标准和有关标准。为了配合面向 21 世纪教学内容和课程体系的改革,以便灵活安排教学,全书分为相对独立的画法几何、制图基础、机械图三篇,含十八章和附录,并有配套习题集一起出版。计算机绘图将单独成书。在内容安排上除考虑课程知识本身的逻辑顺序外,还注意了重点和难点适当分散等教学上的需要。

本书可作为高等工业学校机械类各专业的教材,也可以供各类学校有关专业师生和工程技术人员参考。

本书第一、二、三、四、五、六、八章由祖业发编写,第七、十一、十二、十三章由丁一编写,第九、十四、十六、十八章及附录由杨学元编写,第十、十五、十七章由吴宗一编写。全书由祖业发担任主编。

潘银松担任了本书的部分描图工作,李麟对部分内容的初稿进行了审阅,陈福星、吴宗一、周忠伦、丁一、杨学元编写的《画法几何及机械制图》(机械类)讲义,为本书的编写出版创造了不少有利条件。在此对以上各位表示感谢。

由于时间仓促和我们水平有限,缺点和错误在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

1997 年 3 月

目 录

第一章 绪论	1
§ 1-1 本课程的研究对象、学习目的和方法	1
§ 1-2 投影法的基本知识	2
§ 1-3 机械工程中常用的两种图示法	5

第一篇 画法几何

第二章 点、直线和平面的投影	9
§ 2-1 点的投影	9
§ 2-2 直线的投影	16
§ 2-3 平面的投影	27
第三章 直线与平面、平面与平面的相互位置	38
§ 3-1 相交问题	38
§ 3-2 平行问题	43
§ 3-3 垂直问题	48
§ 3-4 综合应用问题解答举例	53
第四章 投影变换	58
§ 4-1 投影变换及其方法	58
§ 4-2 变换投影面法	58
§ 4-3 绕垂直轴旋转法	68
第五章 曲线与曲面	74
§ 5-1 曲线与曲面的基本知识	74
§ 5-2 圆的投影	77
§ 5-3 回转曲面	79
§ 5-4 螺旋线和螺旋面	80
§ 5-5 工程上常用的其它曲面及其应用、表达示例	84
第六章 基本立体	87
§ 6-1 平面立体	87
§ 6-2 曲面立体	91
第七章 截交线和相贯线	98
§ 7-1 平面立体截交线	98
§ 7-2 回转体的截交线	101
§ 7-3 两回转体的相贯线	113
第八章 轴测投影	123
§ 8-1 轴测图的基本知识	123
§ 8-2 正等测	125
§ 8-3 斜二测	132

§ 8-4 轴测图中立体表面交线的画法	134
§ 8-5 轴测剖视图	135
第九章 立体的表面展开	137
§ 9-1 平面立体的表面展开	137
§ 9-2 可展曲面的展开	139
§ 9-3 不可展曲面的近似展开	143
§ 9-4 绘制板金件展开图时应注意的问题	147

第二篇 制图基础

第十章 机械制图基本知识	150
§ 10-1 《机械制图》国家标准中的部分规定	150
§ 10-2 绘图工具及仪器的使用方法	182
§ 10-3 几何作图	191
§ 10-4 平面图形的尺寸分析、画法及尺寸标注	202
§ 10-5 绘图的方法和步骤	206
第十一章 组合体	210
§ 11-1 三视图的形成及投影规律	210
§ 11-2 组合体的组成分析	211
§ 11-3 组合体视图的画法	213
§ 11-4 读组合体视图的方法	218
§ 11-5 组合体视图的尺寸标注	224
第十二章 机件的表达方法	230
§ 12-1 视图	230
§ 12-2 剖视	233
§ 12-3 剖面	243
§ 12-4 机件的其它表达方法	246
§ 12-5 表达方法综合应用举例	250
§ 12-6 第三角投影法简介	253

第三篇 机械图

第十三章 公差与配合、形状和位置公差的标注	256
§ 13-1 公差与配合的基本概念及标注	256
§ 13-2 形状公差和位置公差的标注	262
第十四章 螺纹、销、键及其连接	268
§ 14-1 螺纹及螺纹连接	268
§ 14-2 销连接	286
§ 14-3 键联结	287
第十五章 零件图	292
§ 15-1 零件图的基本内容	292
§ 15-2 零件图的视图选择	294
§ 15-3 零件图的尺寸标注	301
§ 15-4 零件结构的工艺性	311

§ 15-5 过渡线的画法	315
§ 15-6 零件图的技术要求	317
§ 15-7 零件测绘	328
§ 15-8 阅读零件图	337
第十六章 齿轮、弹簧和滚动轴承	343
§ 16-1 齿轮	343
§ 16-2 弹簧	357
§ 16-3 滚动轴承	361
第十七章 装配图	365
§ 17-1 装配图的作用与内容	365
§ 17-2 部件或机器的表达方法	368
§ 17-3 装配图的视图选择及画法	371
§ 17-4 常见装配结构	375
§ 17-5 装配图的尺寸标注	381
§ 17-6 装配图中的零件序号和明细栏	382
§ 17-7 装配图的阅读方法	384
第十八章 焊接图	398
§ 18-1 焊缝的图示法和符号标注	398
§ 18-2 焊接图举例	403
附录	407
一、螺纹	407
二、常用标准尺寸和标准结构尺寸	415
三、常用标准件	417
四、常用材料及热处理名词解释	447
五、公差与配合	452
六、表面光洁度与表面粗糙度对照	464
主要参考文献	465

第一章 绪 论

§ 1-1 本课程的研究对象、学习目的和方法

一、本课程的研究对象

图样与语言文字一样,都是人类用以表达、构思、分析和交流思想的基本工具。在工程技术上的应用尤为广泛。

在工程技术中,为了正确地表示出机器设备及建筑物的形状、大小、规格和材料等内容,通常将物体按一定的投影方法和技术规定表达在图纸上,这称之为工程图样。它是工程技术界不可缺少的技术资料。在现代工业生产中,无论是机器设备的制造,还是房屋的建筑施工,都离不开图样。例如,在机械工程中,在设计和改进机器时,设计者通过图样来表达设计思想;制造者按照图样来进行加工、检验和装配;使用者也通过图样来了解机器的原理、结构与性能,以便正确地使用、保养和维护机器。所以工程图样被认为是工程界的共同语言。

此外,人们还常在构思、设计、图解空间几何问题的过程中,以及分析研究事物的客观规律时,广泛地应用其它各种图样。

本课程是一门重要的技术基础课。它研究绘制和阅读机械图样和图解空间几何问题的理论和方法。它包括画法几何及机械制图两部分。画法几何是本课程的理论基础,它研究用投影方法在平面上表达空间几何元素或立体的图示法和在平面上图解空间几何问题(定位、度量问题)的图解法;同时还培养分析和解决工程技术问题所必须的空间逻辑思维能力和空间构思能力,即空间想象能力。机械制图部分则是研究用正投影方法,按照“机械制图国家标准”绘制和阅读机械工程图样,直接培养学生绘制和阅读机械图样的能力。

二、本课程的教学目的和主要任务

本课程的教学目的是培养学生绘图、读图能力和空间想象能力,为后续课程的学习和将来工作的需要打下必要的基础。主要任务是:

- 1)学习投影法(主要是正投影法)的基本理论及其应用,为绘图、读图打好基础。
- 2)培养绘制和阅读机械图样的基本能力。
- 3)培养图解空间几何问题的能力。
- 4)培养空间想象能力。
- 5)培养耐心细致的工作作风和严肃认真的工作态度。

三、本课程的学习方法

1)本课程要解决的基本问题是空间几何元素或立体与平面图形的对应关系,而这种对应关系是以投影规律为指导。因此,掌握投影原理,透彻理解基本概念,熟练地掌握投影规律及

点、直线、平面和基本立体的投影特征,将其融汇贯通,灵活应用,是提高解决实际问题能力的关键,必须给予高度重视。

2)要解决好空间几何元素或立体与平面图形之间的对应关系,还必须在投影理论指导下反复地进行从空间到平面和从平面到空间的分析研究。而这种分析研究在思想方法上要特别注意空间逻辑思维和形象思维相结合。

3)在投影规律指导下解决各种具体问题都有一定的基本作图方法,这些基本作图方法必须牢固掌握,否则将失去投影作图的手段,既不可能在平面上表达空间立体的形状,也不可能从平面上图解空间几何问题。

4)学习投影规律和基本作图方法,必须将初等几何(特别是立体几何)的知识与投影原理密切联系起来,才能获得良好效果。

5)课后复习要着重研究书上的各个图例,作业要按时完成,以便即时复习巩固所学的知识,发现存在的问题,加以解决。

6)要随时注意有意识地积累一些典型结构的图示特点和尺寸标注特点,并且做到举一反三。这对缺乏实践经验,又没有设计和制造知识的大学低年级同学来说是很实用的。

7)只有符合《机械制图国家标准》和其它有关标准规定的机械图样才具有实用性和通用性,因此在学习机械制图的过程中,应自觉地养成遵守国家标准的习惯。

8)应重视绘图技能的提高,保证图面质量。这就要重视绘图仪器和工具的正确使用方法,掌握正确的绘图方法和步骤。

§ 1-2 投影法的基本知识

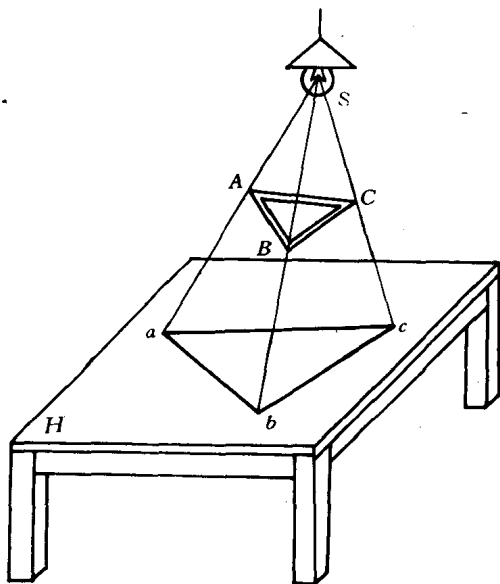


图 1-1 投影法的建立

一、投影法的建立

在日常生活中,经常会看到:当物体在灯光或阳光的照射下,就会在预设的平面,如地面、桌面或墙壁上出现它的影子,这就是投影的自然现象。把投影的自然现象,用几何的方法加以抽象概括,就产生了投影法。

如图 1-1 所示,一个三角形的铁丝框架,在电灯光的照射下,在桌面上就产生了它的影子。灯泡可以视为点光源,用一点 S 来表示,叫做投影中心。光线是直线传播的,我们用直线来表示,叫做投影线*。桌面用平面 H 来表示,叫做投影面。物体上的一点 A ,在经从 S 发出的光线的照射下,在桌面上产生它的影子 a ,可以视为是从投影中心 S 经 A 的投影线与投影

* 为了区分不同用途的线,投影线、投影轴线用细实线表示,可见轮廓线用粗实线表示,不可见轮廓线用虚线表示,对称线、中心线、轴线用点划线表示。粗实线宽一般取 0.7 或 1mm,细实线、点划线和虚线宽是它的三分之一,关于图线的详细规定见第十章。

面 H 的交点,叫做 A 点在 H 面上的投影。所以要作物体上的点在投影面上的投影,只要作出经过该点的投射线与投影面的交点即可。同理,图 1-2 中 m 也是 M 点在 H 面上的投影,因为它是过 M 的投射線 SM 与 H 面的交点。

这种在投影面上作出物体投影的方法,称为投影法。

二、投影法的分类

根据各投射線之间的相对位置关系,投影法可以分为两大类:

1. 中心投影法

用通过固定投影中心的投射線对物体进行投影的方法,称为中心投影法,如图 1-2 所示。用中心投影法作出的投影称为中心投影。

2. 平行投影法

如果将图 1-2 中的投影中心移至无穷远处,这时所有的投射線都互相平行,如图 1-3 所示。这种用互相平行的投射線对物体进行投影的方法,称为平行投影法。用平行投影法作出的投影称为平行投影。

平行投影法又根据投射線与投影面是否垂直分为斜投影法与正投影法。

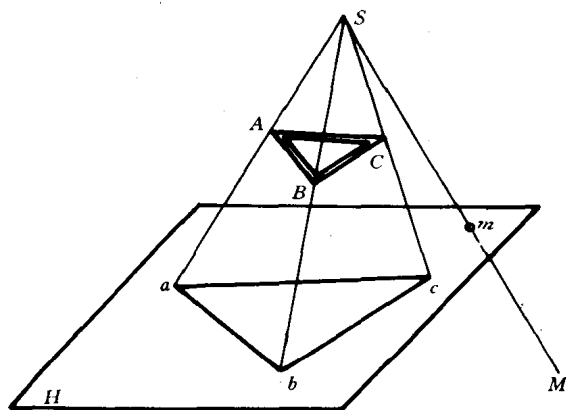


图 1-2 中心投影法

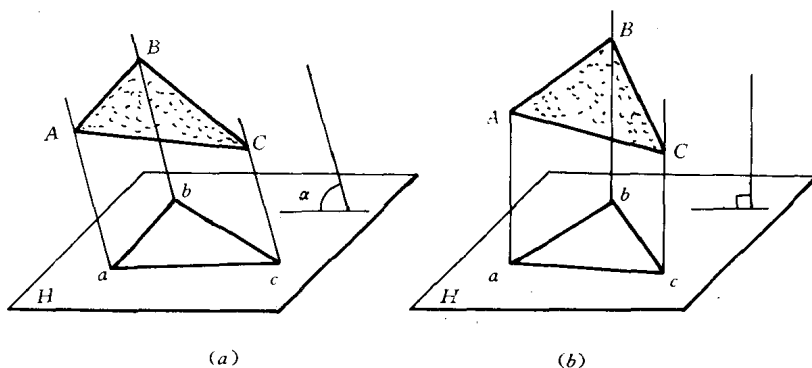


图 1-3 平行投影

1)斜投影法:投射線或投射方向与投影面倾斜的平行投影法称为斜投影法。用斜投影法作出的投影叫做斜投影。如图 1-3(a)所示。

2)正投影法:投射線或投射方向与投影面垂直的平行投影法称为正投影法。用正投影法作出的投影叫做正投影。如图 1-3(b)所示。

由于应用正投影法能在投影面上较准确地表述空间物体的形状和大小,而且作图也比较简便,因此在工程上应用很广泛。绘制机械图样主要采用正投影法,所以本书主要讲正投影法。今后在本书中凡未作特殊说明,所说的“投影”都是指正投影。

三、正投影的基本特性

所谓投影特性,就是指空间的投影对象(几何元素或立体),在投影后其投影保持着它们的哪些几何性质或几何关系不变。

正投影有如下的基本特性:

1) 点的投影是唯一确定的点,但只根据点的一面投影不能确定点在空间的位置。

如图 1-4 所示,过空间点 A 向投影面 H 所引的投射线与 H 面相交于一点 a ,点 a 就是空间点 A 在 H 面上的投影。由于过空间一点只能作一条直线与平面垂直,所以点的投影是唯一确定的点。但在图 1-4 中,已知 B 点在 H 面上的投影 b ,就无法确定 B 点的空间位置。因为投影 b 可以对应于经过 b 的投射线上的任意点。如 B_1, B_2, B_3 等。

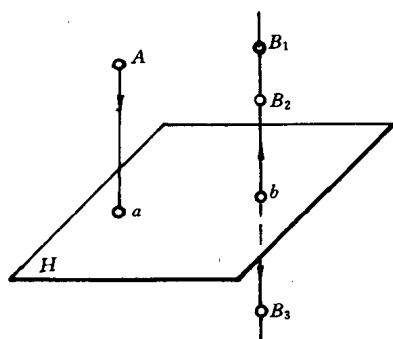


图 1-4 点的投影

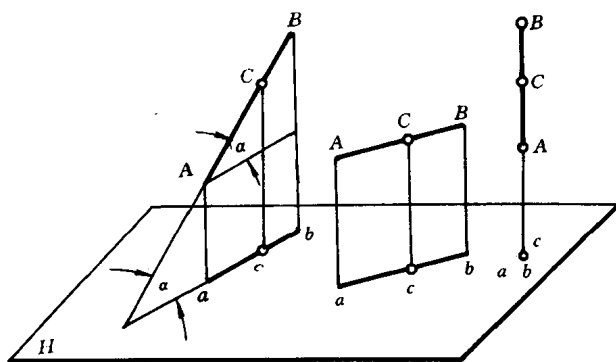


图 1-5 直线的投影及直线上的点

2) 直线的投影一般仍为直线。当直线垂直于投影面时,其投影积聚为一点;当直线段平行于投影面时,其投影反映实长。

如图 1-5 所示,当直线 AB 不垂直于投影面 H 时,通过直线 AB 上各点的投射射线形成一个平面,这一平面与 H 面的交线 ab 就是 AB 的投影。而当直线 AB 垂直于 H 面时,通过 AB 上各点的投射射线都和 AB 重合,它们与 H 面交于一点 $a(b)$,这一点就是 AB 的投影。当直线的投影为一点时,就叫做其投影积聚为一点。

从图 1-5 可知,当直线段 AB 与平面 H 平行时,它与 H 面的夹角 $\alpha=0^\circ$,其投影长度 $ab=AB\cos\alpha=AB\cos 0^\circ=AB$ 。即反映直线段实长。当直线段 AB 与 H 面倾斜时,夹角 $\alpha\neq 0^\circ$,其投影长度 $ab=AB\cos\alpha<AB$ 。即短于直线段的实长。当 AB 与 H 面垂直时 $\alpha=90^\circ$,其投影长度 $ab=AB\cos\alpha=AB\cos 90^\circ=0$,即为一点。

3) 点在直线上,点的投影也在直线的投影上。不垂直于投影面的线段上的点,分线段所成两段长度之比值,在投影后保持不变。

如图 1-5 所示,当 AB 不垂直于投影面 H 时,通过 AB 上 C 点的投射射线 Cc ,与通过 AB 上其它点的投射射线必然是互相平行的,必位于通过 AB 上各点的投射射线所形成的平面 $ABba$ 内。所以 Cc 与 H 面的交点 c 必然在 $ABba$ 与 H 面的交线 ab 上。当 AB 与 H 面垂直时,通过 AB 上各点的投射射线与 AB 重合,与 H 面相交于一点 $a(b)$ 。 C 点是 AB 上的一点,其投射射线 Cc 也必与 AB 重合,所以 Cc 与 H 面的交点 c 必重合在 AB 与 H 面的交点 $a(b)$ 上。同时,根据平行

线截得比例线段,在 AB 不与 H 面垂直时,必有 $AC:CB=ac:cb$ 。即点分线段所成的两段长度之比值在投影后保持不变。

4)相交二直线的投影也必然相交,交点的投影必是投影的交点。

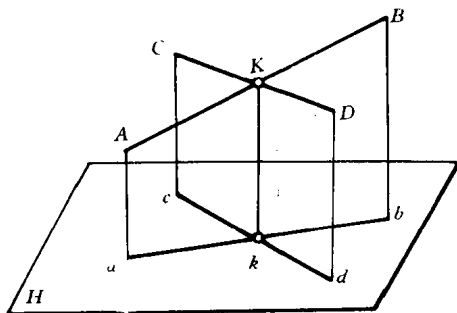


图 1-6 相交二直线的投影

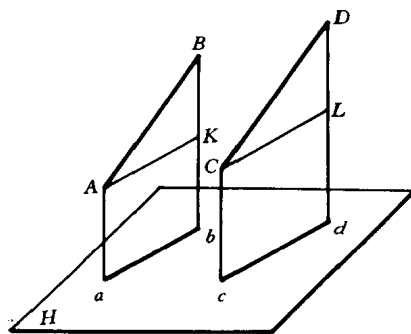


图 1-7 平行二直线的投影

如图 1-6 所示,直线 AB 与 CD 相交于 K ,则 K 点是 AB 和 CD 的公共点。 K 点在 AB 上,也在 CD 上。根据点在直线上,点的投影也在直线的投影上, K 点的投影 k 应在 ab 上,同时也应在 cd 上。所以 ab 和 cd 必相交于 k 。

5)两平行直线的投影仍平行,且长度之比投影后保持不变。

如图 1-7 所示, $AB \parallel CD$,过 AB 和 CD 上各点的投射射线所形成的两个平面互相平行,它们和第三个平面 H 的交线 ab,cd 也必然互相平行。过 A 作 $AK \parallel ab$,过 C 作 $CL \parallel cd$,由直角 $\triangle ABK$ 与直角 $\triangle CDL$ 相似可推得 $AB:CD=ab:cd$ 。

6)平面形的投影一般仍为类似的平面形。当平面形垂直于投影面时,其投影积聚为一直线,当平面形平行于投影面时,其投影反映实形。

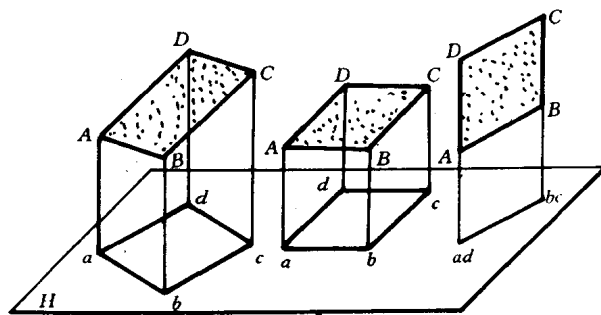


图 1-8 平面形的投影

“类似的平面形”又简称“类似形”,是指原来是四边形,投影后仍为四边形,不会变成三角形或五边形,但面积变小了。在图 1-8 中,平面形 $ABCD$ 与 H 面倾斜,投影后仍为四边形 $abcd$ 。但不平行于 H 面的边的投影变短了,所以 $abcd$ 的面积小于 $ABCD$ 的面积。当 $ABCD$ 与 H 面平行时,它的各边及对角线都平行于 H 面,各边及对角线的投影都反映实长,所以 $abcd$ 反映实形。当 $ABCD$ 垂直于 H 面时,平面形与投射射线平行,平面形可以看成是由与投射射线平行的直线段构成的,各直线段与投影面垂直,其投影积聚为一点,这些点的集合就是一条直线。平面的投影为直线时,叫做平面的投影积聚为一直线。

§ 1-3 机械工程中常用的两种图示法

由正投影的基本特性可知,只凭点的一面投影不能确定该点的空间位置。因而只凭任何空

间投影对象的一面投影也不能确定其空间状况。

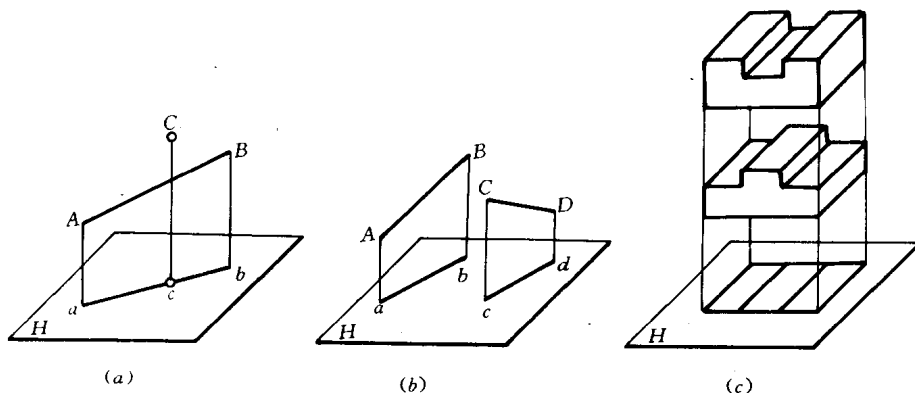


图 1-9 一面投影不能确定空间状况

如图 1-9 所示, 只从投影对象的 H 面投影来看, 点的投影在直线的投影上, 但该点不一定属于直线; 两直线的投影平行, 但该两直线不一定平行; 两立体的投影相同, 但该两立体的空间形状不一定相同。

在工程上为使投影图唯一确定空间投影对象的空间状况, 根据不同需要分别引入相应的补充条件或作图规定, 这就形成了各种图示法。在机械工程中常用的图示法是多面正投影法和轴测投影法。

一、多面正投影法

这种方法所给的补充条件是增加投影面。用正投影法将空间几何元素或立体向两个或两个以上相互垂直的投影面分别进行投影, 然后将各投影面按一定方式旋转到一个平面上。这样就得到了多面正投影图, 或简称正投影图。它能唯一确定空间几何元素的位置和立体的空间形状。如将图 1-9(c) 所示的两立体分别向互相垂直的 H 和 V 两投影面进行投影, 然后把 H 面向下旋转 90° 到与 V 面重合, 再把它在 H 面和 V 面的投影联系起来, 就能唯一地确定它们的空间形状。如图 1-10 所示。

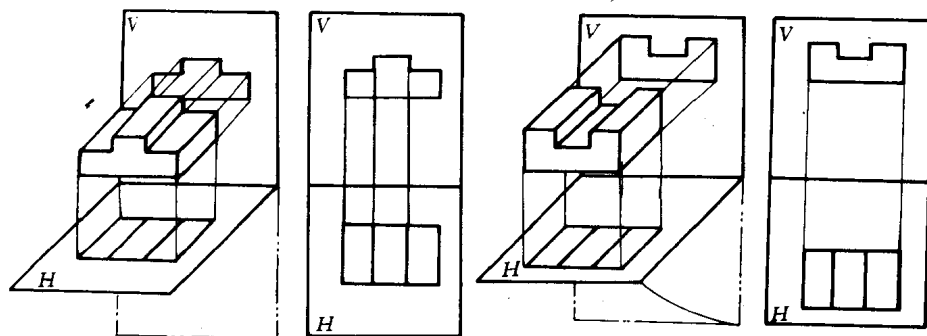


图 1-10 由多面正投影确定立体的空间形状

图 1-11 表示三面正投影图的建立。

在多面正投影图中,采用的投影面的数量,由立体的结构特点和形状的复杂程度而定。采用这种图示法,只凭立体的一面投影不能完全确定立体的形状和大小,必须把各面投影联系起来才能确定它的形状和大小,所以直观性差。但作多面正投影图时,总可以使立体的长、宽、高三个量度方向分别平行于相应的投影面,因而度量性好,且作图也相对简便。所以它是生产中使用的基本图样。下面将主要讨论它。

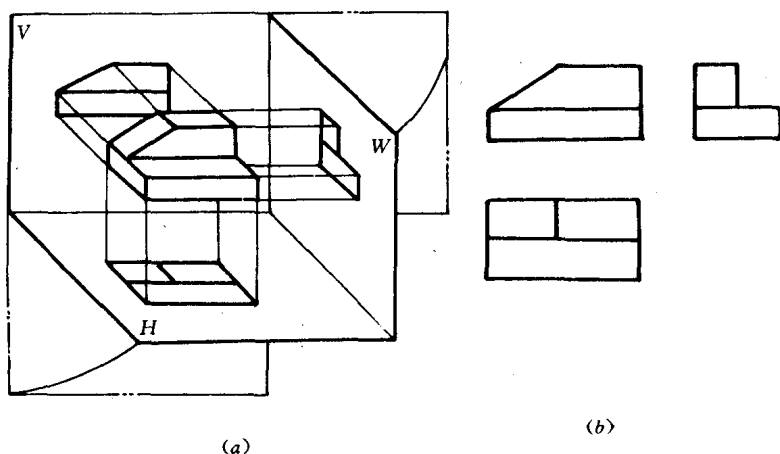


图 1-11 三面正投影图的建立

二、轴测投影法

轴测投影法是将立体连同确定其空间位置的参考直角坐标系,沿不平行于任一坐标面的方向,用平行投影法投影到单一投影面上的图示法。如图 1-12 所示。

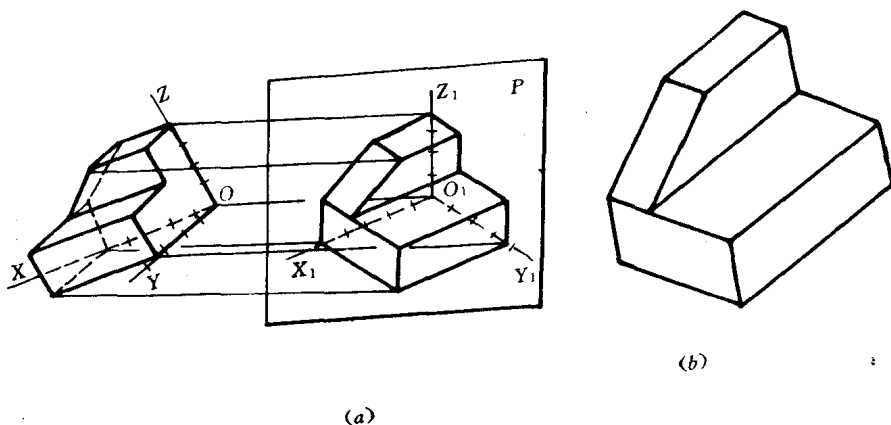


图 1-12 轴测投影图的形成

用轴测投影法得到的投影图称为轴测投影图,简称轴测图。

轴测投影图虽然也是一种单面投影图,但在坐标轴的投影 O_1X_1 , O_1Y_1 , O_1Z_1 上可以得到与原坐标轴刻度成比例的等分刻度。利用这些刻度就可以在图上量出原立体的各个轴向尺寸。同时借助于坐标轴的投影 O_1X_1 , O_1Y_1 , O_1Z_1 的参照作用,能直观地反映出立体在三度空间的

形象,所以直观性好。确定空间位置的坐标轴,就是所增加的补充条件。

轴测图虽然直观性好,但作轴测投影时不可能使立体坐标系的三根坐标轴都平行于投影面,甚至三根坐标轴无一平行于投影面,所以度量性差,且作图较繁。所以轴测图多在某些场合作为辅助图样使用。

第一篇 画法几何

第二章 点、直线和平面的投影

点、直线、平面等几何元素是构成立体的基本要素。因而要正确绘制和阅读立体的投影图，必须掌握几何元素的投影规律。

§ 2-1 点的投影

一、直角三投影面体系

如前所述，多面正投影图采用的是两个或多个互相垂直的投影面。这些相互垂直的投影面就构成了一个直角投影面体系。

采用三个互相垂直的投影面，构成的直角三投影面体系，所得的三面投影图，其投影规律最具典型性和一般性。其中既包含了两面投影的规律，又概括了多面投影的规律。它不仅能满足根据点的投影确定点的空间位置的需要，而且也能满足从投影图上明确地表达形体和几何元素处于各种相互位置关系时的情况。所以本课程的基础部分主要讨论空间几何元素或立体在直角三投影面体系中的投影。

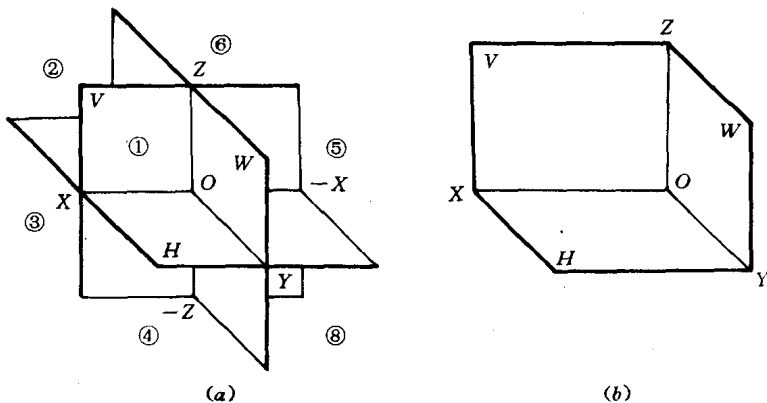


图 2-1 直角三投影面体系

直角三投影面体系由处于正立位置的正面投影面，处于水平位置的水平投影面和处于侧立位置的侧面投影面，三个互相垂直的投影面构成。

正面投影面简称正面，用 V 表示；水平投影面简称水平面，用 H 表示；侧面投影面简称侧面，用 W 表示。