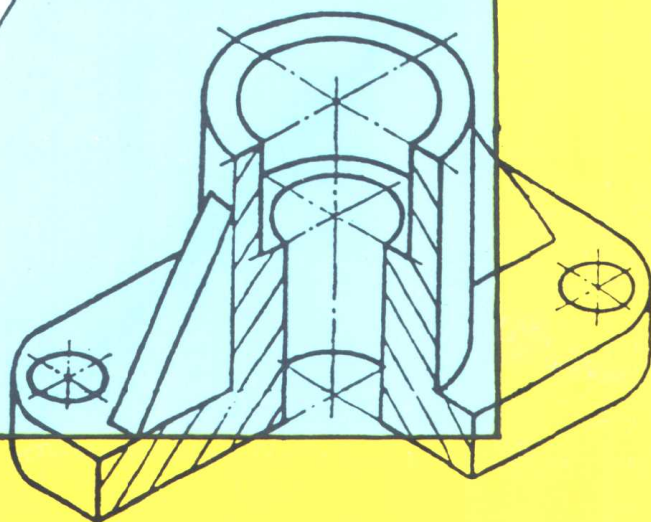


陈经斗 许 镇 董培培 刘 黎 主编
徐宗铃 杨俊行 主审

画法几何 及 机械制图

(修 订 版)



天津大学出版社

内 容 提 要

本书是根据国家教委批准试行的高等工业学校《画法几何及机械制图课程教学基本要求(机械类专业适用)》(1995年修订版),并参考有关院校该课程的教学大纲及有关方面的意见和建议,在1989年版的基础上修订而成。

本书分为画法几何、制图基础、机械图、计算机绘图基础四部分。包括绪论,制图的基本知识,点,直线,平面,直线与平面、平面与平面的相对位置,投影变换,曲线和曲面,立体,平面与立体相交、直线与立体相交,两曲面立体相交,立体的表面展开,轴测图,组合体,图样画法,零件图,标准件和常用件,零件和部件测绘,装配图,计算机绘图基础简介及附录等内容。

本书可作为工科大专院校、职工大学、职业大学机械类、近机械类各专业的教科书,也适用于工科其它专业,还可供工程技术人员参考。

同时出版的《画法几何及机械制图习题集》(修订版)可与本书配套使用。

画法几何及机械制图

(修订版)

陈经斗 许 镇 董培蓓 刘 黎 主编
徐宗铃 杨俊行 主审

*

天津大学出版社出版

(天津大学内)

邮编:300072

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店天津发行所发行

*

开本:787×1092毫米 1/16 印张:23 $\frac{3}{4}$ 字数:593千

1997年8月第2版 1997年8月第3次印刷

印数:10001—15000

ISBN 7-5618-0134-3

TH·36 定价:24.00元

修订版前言

本书是根据国家教委批准试行的高等工业学校《画法几何及机械制图课程教学基本要求(机械类专业适用)》(1995年修订版),并参考有关院校该课程的教学大纲及有关方面的意见和建议,在1989年版本基础上修订而成的。本次修订是本着在传授知识的同时,注重学生智能的培养,以及加强基础、拓宽知识面、增加适应性的思想进行的,而且还考虑到引入计算机绘图后,为了逐渐把教学基点转移到以计算机绘图为主导的理论体系上来,使学生在一定时间内受到良好的图形技术的基本训练,并在手工绘图和计算机绘图技能方面都打下坚实的基础,本书还对工程制图课程内容与体系进行改革。

全书按照画法几何、制图基础、机械图、计算机绘图基础四部分内容形成的体系,以机械类型的基本要求为依据,在原教材的基础上进一步精选内容、精炼文字,并对插图幅面做了调整,使其大小适宜。考虑到目前的教学条件,仅对计算机绘图基础知识做简单介绍,其内容尚达不到基本要求,待学时和条件具备后,再编写(或选用)补充教材,以满足教学要求。修订后,全书由原来的上、下两册合并为一册。

本书保留了原版的特点,按照四部分内容形成的体系,并依各自的系统单独编写,但也注意到前后呼应、彼此联系。使用时,其内容可以穿插进行、灵活安排。编写中,既重视对基本理论的系统阐述,又注意对基本方法和基本技能的训练,同时还严格贯彻了技术制图及有关的国家标准。在培养学生对三维形状及其相关位置的空间逻辑思维和形象思维能力的基础上,注意把投影理论与绘图、读图有机地结合起来,由浅入深地培养学生分析问题、解决问题的能力。使学生通过本课程的学习,能够绘制和阅读中等复杂程度的机械图样。

本书全面贯彻了已颁布的《技术制图》国家标准,以代替《机械制图》国家标准。因为技术制图标准在技术内容上具有统一性、通用性、通则性,又密切跟踪国际标准动向,具有先进性。书中的其它标准规范也都采用最近颁布或修订的国家标准。

另外,原画法几何部分将“换面法”的内容分散到各章去讲述,本次修订中把“换面法”与“旋转法”集中到第六章,目的在于保持投影变换的完整体系。

书末列有附录,可供读者学习标准规范、查阅标准件及有关数据使用。

本书可作为工科大专院校、职工大学、职业大学机械类、近机械类各专业的教材,也适用于工科院校其它专业,还可供工程技术人员参考。

本书由陈经斗、许镇、董培蓓、刘黎主编,徐宗铃、杨俊行主审。参加编写的有

陈经斗、荣雷(绪论、第二、三、十六章)、董培蓓(第一、十四章)、马素珍(第三、四、九章)、刘黎(第五、六章)、穆浩志(第七、八、十一章)、柴富俊(第十章)、向红(第十二章)、许镇(第十三、十五、十七章)、张玉琴(第十八章)、张革新(第十九章)。

本书在编写过程中得到天津大学机械系孙昭文教授的指导和热情帮助,在此表示诚挚的谢意。

由于水平所限,书中难免会存在不足之处,欢迎广大读者批评指正。

编 者

1996年9月

目 录

绪论	(1)
第一节 本课程的研究对象、主要任务和学习方法	(1)
第二节 投影法的基本知识	(2)
第三节 常用的投影图	(5)
第一章 制图的基本知识	(8)
第一节 国家标准《技术制图》和《机械制图》中的一些基本规定	(8)
第二节 绘图工具、仪器及其用法	(20)
第三节 几何作图	(24)
第四节 绘图的一般步骤	(30)
第二章 点	(33)
第一节 点在两投影面体系中的投影	(33)
第二节 点在三投影面体系中的投影	(35)
第三节 两点的相对位置	(39)
第三章 直线	(41)
第一节 直线的投影	(41)
第二节 各种位置直线的投影	(41)
第三节 线段的实长及其倾角	(45)
第四节 点与直线的相对位置	(47)
第五节 两直线的相对位置	(48)
第六节 直角投影定理	(52)
第四章 平面	(54)
第一节 平面的投影	(54)
第二节 各种位置平面的投影	(55)
第三节 平面上的直线和点	(59)
第四节 过已知直线或点作平面	(61)
第五节 平面上的特殊位置直线	(62)
第五章 直线与平面、平面与平面的相对位置	(67)
第一节 平行关系	(67)
第二节 相交关系	(70)
第三节 垂直关系	(73)
第四节 点、直线、平面的综合作图问题	(75)
第六章 投影变换	(79)
第一节 换面法	(80)
第二节 旋转法	(86)

第七章 曲线和曲面	(92)
第一节 曲线	(92)
第二节 曲面	(94)
第三节 螺旋线及螺旋面	(100)
第八章 立体	(103)
第一节 平面立体	(103)
第二节 回转体	(106)
第九章 平面与立体相交、直线与立体相交	(113)
第一节 平面与平面立体相交	(113)
第二节 平面与曲面立体相交	(114)
第三节 直线与立体相交	(124)
第十章 两曲面立体相交	(126)
第一节 利用积聚性法求相贯线	(126)
第二节 利用辅助平面法求相贯线	(130)
第三节 利用辅助球面法求相贯线	(132)
第四节 相贯线的特殊情况	(133)
第十一章 立体的表面展开	(137)
第一节 平面立体的表面展开	(138)
第二节 可展曲面的展开	(140)
第三节 不可展曲面的近似展开	(143)
第十二章 轴测图	(148)
第一节 概述	(148)
第二节 正等测图	(150)
第三节 斜二测图	(157)
第四节 轴测剖视图的画法	(159)
第十三章 组合体	(161)
第一节 组合体及其组合方式	(161)
第二节 组合体的画图	(163)
第三节 组合体的读图	(165)
第四节 组合体的尺寸注法	(171)
第十四章 图样画法	(179)
第一节 视图	(179)
第二节 剖视	(183)
第三节 剖面	(194)
第四节 其它画法	(197)
第五节 视图表达的综合举例	(202)
第六节 第三角投影简介	(206)
第十五章 零件图	(209)
第一节 零件图的内容	(209)

第二节	零件图的视图选择	(210)
第三节	零件结构的工艺性及其尺寸注法	(214)
第四节	零件图的尺寸注法	(218)
第五节	零件图的技术要求	(223)
第六节	表面粗糙度	(224)
第七节	公差与配合	(228)
第八节	形状与位置公差	(234)
第九节	读零件图	(237)
第十六章	标准件和常用件	(240)
第一节	螺纹	(240)
第二节	螺纹紧固件	(252)
第三节	键联接	(258)
第四节	销	(260)
第五节	滚动轴承	(262)
第六节	齿轮	(266)
第七节	弹簧	(278)
第十七章	零件和部件测绘	(282)
第一节	零件测绘	(282)
第二节	测量尺寸的工具和测量方法	(284)
第三节	部件测绘	(287)
第十八章	装配图	(291)
第一节	概述	(291)
第二节	装配图的特殊表达方法	(291)
第三节	装配图的视图选择	(295)
第四节	装配图的尺寸标注	(296)
第五节	装配图中零件的序号和明细栏	(297)
第六节	装配图的技术要求	(299)
第七节	常见的装配结构	(300)
第八节	装配图的画图步骤	(303)
第九节	读装配图和由装配图画零件图	(304)
第十九章	计算机绘图基础简介	(313)
第一节	微型计算机绘图系统	(314)
第二节	BASIC 语句简介	(315)
第三节	图形显示	(318)
第四节	绘图机的绘图命令及应用举例	(322)
附录		(329)
一、一般标准		(329)
二、螺纹		(329)
三、螺纹紧固件		(335)

四、螺纹连接结构要素	(344)
五、键、销联接	(348)
六、滚动轴承	(352)
七、密封件	(355)
八、常用材料	(355)
九、热处理及硬度	(357)
十、金属热处理工艺分类及代号(GB/T 12603—90)	(359)
十一、公差与配合	(360)

绪 论

第一节 本课程的研究对象、主要任务 和学习方法

“画法几何及机械制图”是一门研究图示空间物体、图解空间几何问题以及绘制与阅读机械工程图样的学科。

在工程技术中,为了正确地表示机器、仪器、设备等的形状、大小、位置、规格和材料等内容,通常需要将物体按照一定的投影理论和方法及技术规定表示在图纸上。通常,把根据投影原理、标准或有关规定表示工程对象,并附有必要技术说明的图称为图样。随着生产和科学技术的发展,图样的作用显得更为重要。设计人员通过它表达自己的设计思想,制造人员根据它加工制造,使用人员利用它合理使用。因此,工程图样被喻为“工程界的语言”。它是设计、制造、使用设备过程中的一项重要技术文件,是表达和交流科学技术思想的有力工具。工程图样既可以用手工绘制,也可以由计算机生成。因此,工程技术人员都必须熟练地掌握这门课程所介绍的基本理论、基本知识和基本技能以及计算机绘图基础。

本课程的研究对象是:

(1)在平面上表示空间形体的图示法。将物体进行投影,并把它形状、大小、位置表达在图纸上的方法称为图示法。本书主要研究正投影法的基本理论及其应用。图示法为绘制和阅读机械图提供了理论基础。

(2)空间几何问题的图解法。在图纸上,按照投影规律通过几何作图解决空间几何问题(如定位、度量、轨迹等)的方法称为图解法。它是研究解决空间几何问题的理论和方法。

(3)绘制和阅读机械图样的理论和方法。本门课程的主要任务是培养学生具有绘图、读图和图解空间几何问题的基本能力,以及利用计算机生成图形的初步能力;同时培养和发展学生对三维形状与相关位置的空间逻辑思维和形象思维能力、分析问题与解决问题的能力以及认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

本门课程包括画法几何、制图基础、机械图和计算机绘图基础四部分内容。为了帮助学生学好本课程,特提出供学习中参考的下列方法:

(1)本课程是一门实践性很强的技术基础课。在学习中,除了掌握理论知识外,还必须密切联系实际,更多地注意在具体作图时如何运用这些理论。只有通过一定数量的画图、读图练习,反复实践,才能掌握本课程的基本理论和基本方法。

(2)在学习中,必须经常注意空间几何关系的分析,以及空间形体与其投影之间的相互关系。只有“从空间到平面,再从平面到空间”进行反复研究和思考,才是学好本课程的有效方法。

(3)认真听课,及时复习,独立地完成习题和作业。在弄懂和掌握基本理论和方法的同时,注意正确使用绘图仪器,以及运用恰当的绘图方法画图,不断地提高绘图技能和绘图速度。

(4)画图时要确立对生产负责的观点,严格遵守国家标准,认真细致,一丝不苟。

第二节 投影法的基本知识

一、投影法

日常生活中,经常见到投影现象,例如人在阳光照射下,地面上会出现人的影子;一块三角板在白炽灯光照射下,在墙上也会有三角板的影子。在灯光照射下,物体的影子称为投影现象。通过对投影现象的研究,概括出一种科学方法用于表达物体。

图 1a)中,光源 S 称为投影中心(P 面外一点);光线 SA 称为投射射线;地面或墙壁称为投影面 P (即投影法中得到投影的面); $\triangle abc$ 称为物体 $\triangle ABC$ 在投影面 P 上的投影(即根据投影法得到的图形)。

把物体放在投影中心 S 和投影面 P 之间,通过物体上各个点与 S 连线,并延长交于投影面 P ,把所得到的一系列交点按一定顺序连接起来,这样一些点的集合构成了在投影面 P 上的平面图形。

把投影中心 S (投影方向)、投影面 P 称为投影条件。

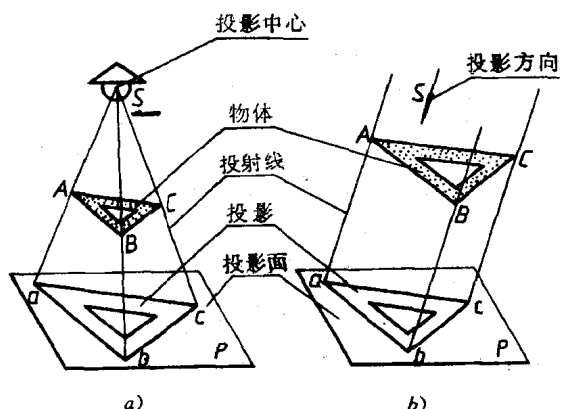


图 1 投影法

国家标准《技术制图》(GB/T 14692—93)对投影法定义为: 投射射线通过物体向选定的面(投影面)投射,并在该面上得到图形的方法。

二、投影法分类

按照投影线是汇交或平行,投影法分为以下两类。

1. 中心投影法

如图 1a)所示,过投影中心 S 与 $\triangle ABC$ 各顶点连直线 SA 、 SB 、 SC ,并将它们延长交于投影面 P ,得到 a 、 b 、 c 三点。连接 a 、 b 、 c ,所得 $\triangle abc$ 就是空间 $\triangle ABC$ 在投影面 P 上的投影。

本书规定: 空间物体都用大写字母表示,物体在投影面 P 上的投影用相应的小写字母表示。

在这种投影法中,投影线 SAa 、 SBb 、 SCc 相交于投影中心 S 。 投射射线汇交于一点的投影法称为中心投影法。

另外,由图 1a)看出,物体 ($\triangle ABC$) 与投影面 P 之间的距离不同,投影 $\triangle abc$ 的大小也不同。因此,中心投影不能反映物体的实际大小。中心投影法主要应用于 透视投影。

2. 平行投影法

当投影中心 S 移至无穷远处,投射射线被视为互相平行,如图 1b)所示,此时 S 为投影方向。投射射线相互平行的投影法称为平行投影法。

另外,由图 1b)可看出,平行投影法的投影 ($\triangle abc$) 大小与物体 ($\triangle ABC$) 距离投影面 P 的

远近无关。因此,平行投影能反映物体的实际大小。

按照投影面与投射线的相对位置是倾斜或垂直,平行投影法分为斜投影法和正投影法。

1)斜投影法 投射线(投影方向 S)倾斜于投影面 P ,称为斜投影法,如图 2a)所示。它主要应用于斜轴测投影。

2)正投影法 投射线(投影方向 S)垂直于投影面 P ,称为正投影法,如图 2b)所示。它应用于多面正投影、标高投影、正轴测投影等。本书主要介绍正投影法。

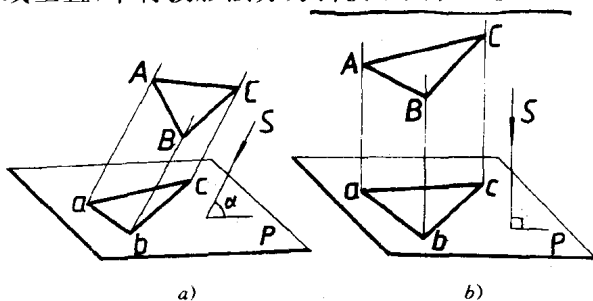


图 2 平行投影法

国家标准《技术制图》(GB/T 14692—93)对投影法的基本分类如图 3 所示。

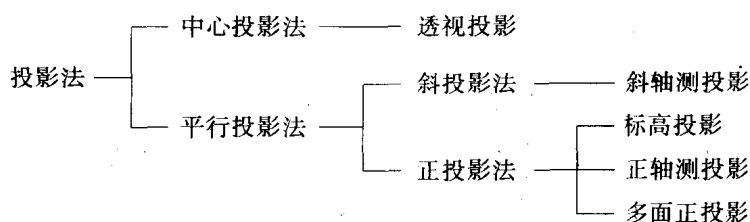


图3 投影法分类

国家标准规定,绘制技术图样时,应采用以正投影法为主,以轴测投影法及透视投影法为辅为准则。

三、平行投影法的投影特性

(1)投影条件固定后,空间点有唯一确定的投影。

如图 4 所示,通过点 A 作投射线倾斜(或垂直)于投影面 P ,与 P 有唯一的交点 a 。 a 为空间点 A 在 P 上的投影。

若只知空间点 A 在一个投影面 P 上的投影 a ,不能确定该点在空间的位置,如图 4 所示。

(2)直线的投影一般是直线,特殊情况下投影积聚成一点。

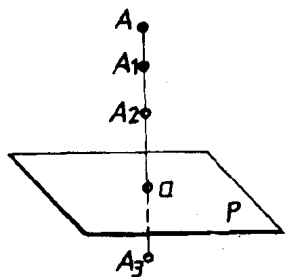


图 4 点的一个投影不能确定其空间位置

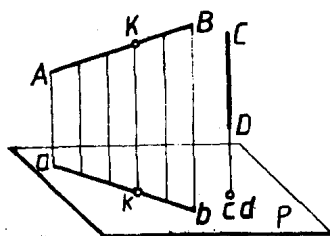


图 5 直线的投影

如图 5 所示,通过直线 AB 上所有点的投射线形成平面 $ABba$,此平面与投影面交于直线 ab 。直线 ab 为空间直线 AB 在投影面 P 上的投影。所以,一般情况下直线的投影仍然是直线。

在图 5 中, 直线 CD 平行于投影方向, 过 CD 上所有点的投射射线都与 CD 重合, 其投影 cd 积聚为一点。它是直线 CD 与投影面 P 的交点。这种直线上各点的投影与直线在该投影面上的投影重合的特性称为直线投影的积聚性。

(3) 空间点在直线上, 则点的投影仍在该直线的投影上。直线上两线段长度之比等于它们投影长度之比。

如图 5 所示, 空间点 K 在直线 AB 上, 把 AB 分为 AK 和 KB 两线段。过点 K 的投射射线一定与 Aa 、 Bb 在同一平面 $AabB$ 内, 点 k 一定在 ab 上。因此, 点 K 的投影 k 一定在直线 AB 的投影 ab 上。从梯形 $ABba$ 的两底 Aa 、 Bb 和 Kk 互相平行的性质可知, $AK : KB = ak : kb$ 。

(4) 空间平行的两直线的投影仍互相平行。两平行线段长度之比等于它们投影长度之比。

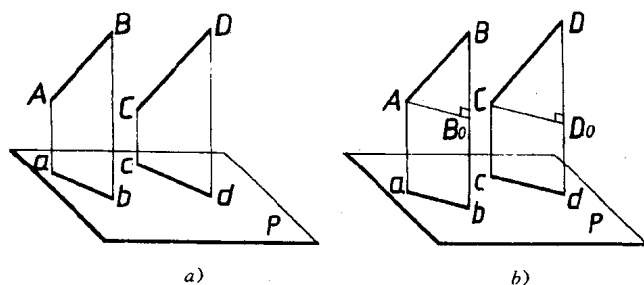


图 6 平行直线的投影

如图 6a) 所示, 已知 $AB \parallel CD$, 平面 $AabB$ 与平面 $CcdD$ 平行, 此二平行平面被投影面 P 所截, 其二交线平行, 即 $ab \parallel cd$ 。

如图 6b) 所示, 因 $AB \parallel CD$, 则 $ab \parallel cd$; 作 $AB_0 \parallel ab$ 、 $CD_0 \parallel cd$, 又因 $Aa \parallel Cc$, 则 $AB_0 = ab$ 、 $CD_0 = cd$, 所以 $\triangle BAB_0 \sim \triangle DCD_0$ 。由相似三角形的性质可推出: $AB : CD = ab : cd$ 。

(5) 平行于投影面的线段或平面图形的投影反映该线段的实长或平面图形的实形。如图 7 所示, a) 图投影反映实长, b) 图投影反映实形。

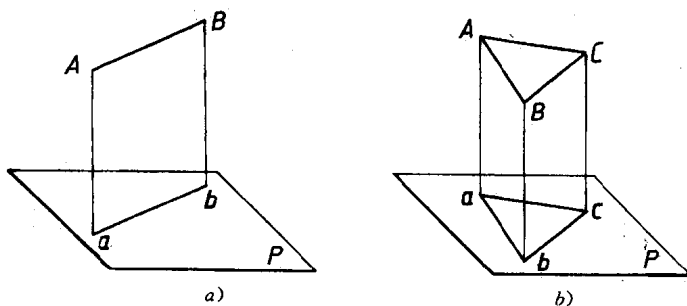


图 7 投影反映实长或实形

第三节 常用的投影图

一、透视图

透视投影(透视图)是用中心投影法将物体投射在单一投影面上得到的具有立体感的图形,如图 8 所示。

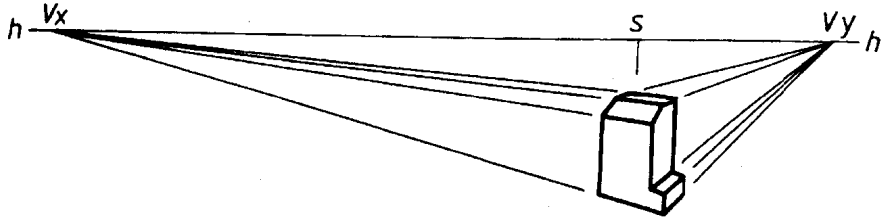


图 8 透视图

二、标高投影

如图 9a)所示,物体被平面 H_1 、 H_2 、 H_3 所截(用一系列与投影面相平行的截平面所截),其交线投影表示在图 9b)中,各曲线旁附加的数字表示同一曲线上各点到投影面的高度。这种投影是单面正投影。

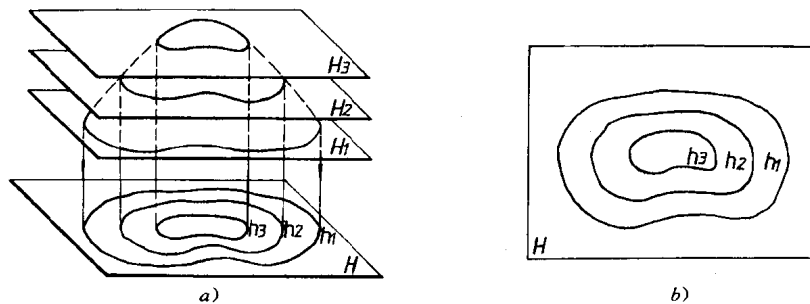


图 9 曲面的标高投影

在物体的水平投影上加注某些特征面、线以及控制点的高程数值的单面正投影,称为标高投影。

三、轴测图

轴测投影(轴测图)是将物体连同其参考直角坐标系沿不平行于任一坐标面的方向(投影方向 S),用平行投影法将其投射在单一投影面上所得到的具有立体感的三维图形。用斜投影法得到的轴测投影称为斜轴测图,如图 10a)所示;用正投影法得到的轴测投影称为正轴测图,如图 10b)所示。

轴测图直观性较好,容易看懂,但作图较繁,度量性差,多用作辅助图样。

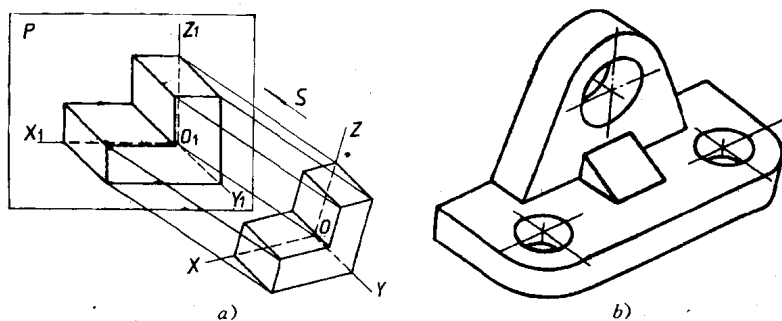


图 10 轴测图

四、正投影(正投影图)

将物体按照正投影法分别向两个或两个以上互相垂直的投影面投射,在这些面上所得到的图形称为多面正投影,即正投影图。如图 11 所示,图 a) 为轴测图;图 b) 为几何体在三个互相垂直投影面上的投影(正投影图)。根据物体的这些图形便能确定该物体的空间位置和形状。

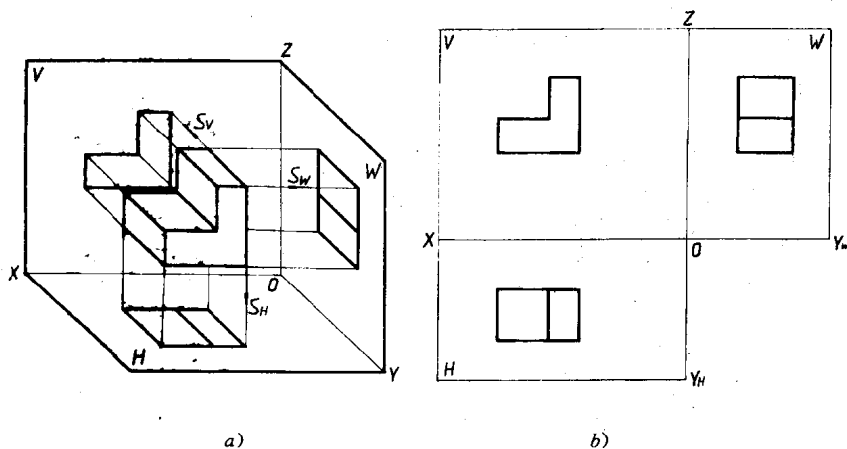


图 11 几何体的三面正投影

多面正投影分为第一角画法(图 11b)和第三角画法。我国国家标准规定采用第一角画法绘制图样。图 12 为支架零件图,是按第一角画法画出的正投影图。

这种图的优点是易于反映物体的实际形状和大小,即度量性好,且作图也较简便,因此,在工程上广泛应用;缺点是直观性差。

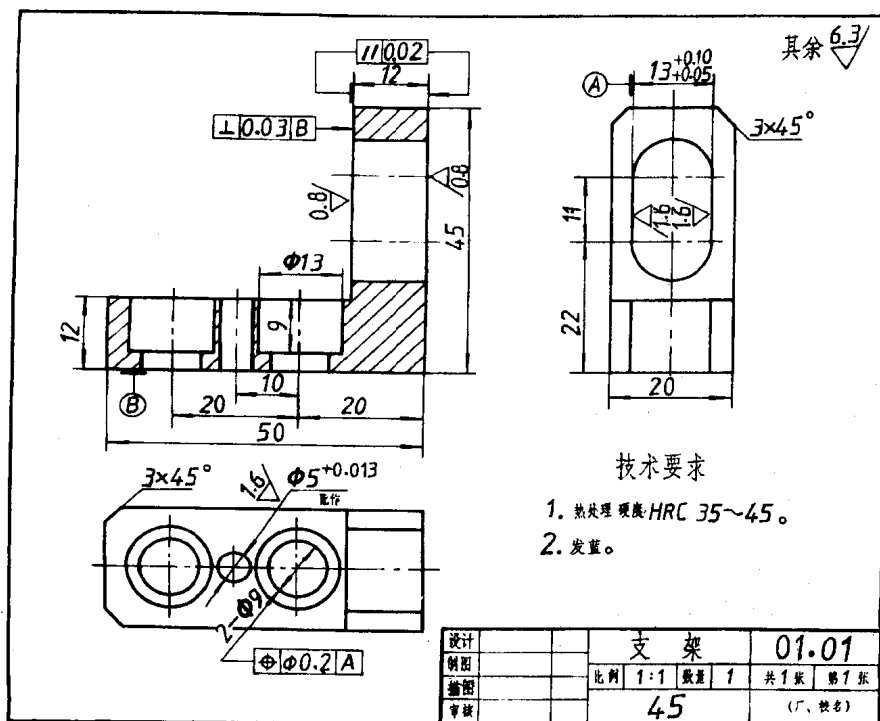


图 12 支架零件图

第一章 制图的基本知识

机械图样是设计和制造机械的重要技术资料,是交流技术思想的共同语言。图样质量的好坏,直接影响产品的质量和经济性。为了完整、清晰、准确、快速地绘制机械图样,必须严格遵守国家标准《技术制图》和《机械制图》的各项规定,正确使用绘图工具和仪器,掌握绘图方法。

第一节 国家标准《技术制图》和《机械制图》中的一些基本规定

图样既然是“共同语言”,因此,对它的内容、格式、表达方法、尺寸注法等都必须作统一规定。由国家标准化主管机构批准颁布的国内统一标准称为国家标准,简称国标。它由字母和两组数字表示。例如,GB/T 14691—93《技术制图 字体》。其中,“GB”为国标代号,是“国标”二字的汉语拼音字头;“T”为“技术制图”(Technical drawings)的英文第一个字母;“14691”为“字体”的标准编号;“93”为该标准颁布的年号。

为了尽可能扩大制图标准在工业领域中的应用范围,使其具有普遍性,自1988年起,我国开始制定、颁布“技术制图”方面的国家标准,从而打破了各个行业之间的界线,使制图基础部分达到统一。除了已经颁布的比例、字体等技术制图标准外,在“九五”期间还将制定图线、图样画法、尺寸注法等标准,而“机械制图”方面的国家标准仅规定了有关机械行业的内容。

本书对于还未制定、颁布的制图基础部分的内容仍沿用《机械制图》标准。本节仅介绍两个标准中的一些基本规定。

一、图纸幅面和格式(GB/T 14689—93)

图纸宽度与长度组成的图面为图纸幅面。

1. 图纸幅面尺寸和代号

绘制图样时,应采用GB/T 14689—93《技术制图 图纸幅面和格式》规定的基本幅面(第一选择)和加长幅面(第二、第三选择),其幅面代号和幅面尺寸见表1-1和表1-2。加长幅面的尺寸是由基本幅面的短边成整数倍增加后得出的。A0×2和A0×3已超过了图纸和晒图机的规格,最好不用。

表 1-1 基本幅面和图框格式尺寸

(mm)

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

表 1-2 加长幅面的尺寸

(mm)

第二选择		第三选择			
幅面代号	尺寸 $B \times L$	幅面代号	尺寸 $B \times L$	幅面代号	尺寸 $B \times L$
A3×3	420×891	A0×2	1189×1682	A3×5	420×1486
A3×4	420×1189	A0×3	1189×2523	A3×6	420×1783
A4×3	297×630	A1×3	841×1783	A3×7	420×2080
A4×4	297×841	A1×4	841×2378	A4×6	297×1261
A4×5	297×1051	A2×3	594×1261	A4×7	297×1471
		A2×4	594×1682	A4×8	297×1682
		A2×5	594×2102	A4×9	297×1892

图 1-1 中粗实线所示为基本幅面(第一选择),细实线所示为加长幅面的第二选择,虚线所示为加长幅面的第三选择。图纸幅面的尺寸误差通常宜为 $\pm 5\text{mm}$ 。

2. 图框格式

图纸上限定绘图区域的线框称为图框。

(1)在图纸上必须用粗实线画出图框,其格式分为不留装订边和留有装订边两种,但同一产品的图样只能采用一种格式。

(2)不留装订边的图纸的图框格式如图 1-2 所示,尺寸按表 1-1 的规定选用。

(3)留有装订边的图纸的图框格式如图 1-3 所示,尺寸按表 1-1 的规定选用。

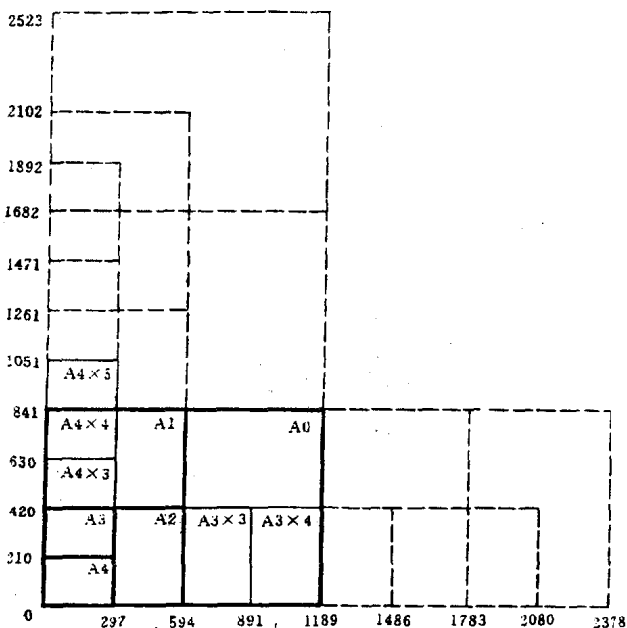


图 1-1 图幅及加长边

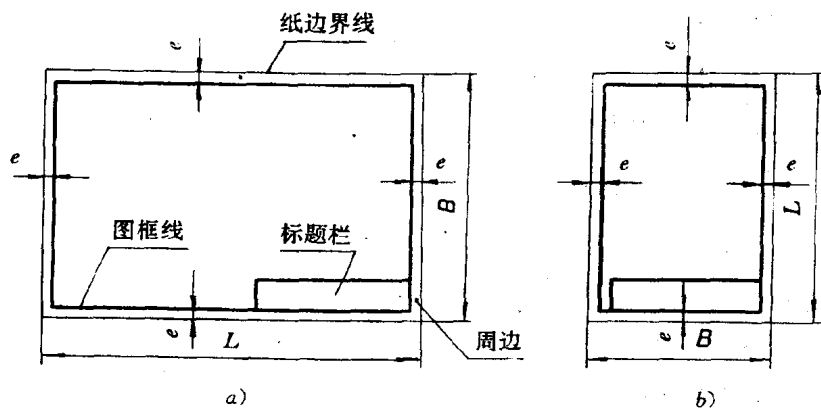


图 1-2 不留装订边的图框格式

(4)加长幅面的图框尺寸,按所选用的基本幅面大一号的图框尺寸确定。例如 A2×3 的图框尺寸,按 A1 图框尺寸确定,即 e 为 20(或 c 为 10);而 A3×4 的图框尺寸,按 A2 图框尺寸确