

画法几何及机械制图

(100~130学时)

上册

陈经斗

主编

杨俊行

天津大学出版社

画法几何及机械制图

(100~130学时)

上册

陈经斗 杨俊行 主编

天津大学出版社

内 容 提 要

本书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》课程基本要求(机械类)”编写而成。全书分上、下两册,上册为机械制图基本标准、画法几何和组合体。

本书根据“基本要求”和“少而精”原则确定内容及编排。在培养空间思维能力的基础上,把投影理论与绘图、读图有机地结合起来,由浅入深地培养分析问题、解决问题的能力。书中的标准规范是最近颁布的国家标准。语言简明易懂、内容循序渐进,符合教学习惯,也便于自学。

本书适用于工科大专院校、职工大学、业余大学机械类、近机械类各专业,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》可与本书配套使用。

(津)新登字012号

画法几何及机械制图

(100~130学时)

上 册

陈经斗 杨俊行 主编

*

天津大学出版社出版

(天津大学内)

河北省永清县印刷厂印刷

新华书店天津发行所发行

*

开本: 787×1092毫米¹/₁₆ 印张: 12¹/₂ 字数: 310千字

1989年8月第一版 1993年7月第二次印刷

印数: 340 1--6000

ISBN 7-5618-0134-3

TH·6

定价: 8.00元

前 言

本书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》课程基本要求(机械类)”和天津大学的该课程教学大纲(机械类100~130学时),吸取了多年的教学经验,在过去教材基础上编写而成。全书分上、下两册,上册为机械制图基本标准、画法几何和组合体;下册为图样画法、机械图、计算机绘图和附录。为配合本教材的使用,另编了《画法几何及机械制图习题集》一同出版。

根据“基本要求”和“少而精”原则确定内容及其编排,包括画法几何、制图基础、机械图和计算机绘图四部分,依各自的系统性单独编写,但也注意到前后呼应、彼此联系。在使用时,其内容也可以穿插进行、灵活安排。编写时,既重视基本理论的系统阐述,又注意基本方法和基本技能的训练,并严格贯彻机械制图国家标准。

本书在培养空间思维能力的基础上,把投影理论与绘图、读图有机地结合起来,由浅入深地培养分析问题、解决问题的能力。使学生通过本课程的学习,达到能绘制和阅读中等复杂程度的机械图样。

书中的图例附有适当的立体图,尽量选择生产实际的题材,结合生产实际,便于理解。语言简明易懂、内容循序渐进,符合传统的教学习惯,也便于自学。

书中的标准规范是最近颁布的国家标准。对新标准的理解也作了说明,便于读者学习和执行。另外,把画法几何中“换面法”作为“辅助投影”分散到点、线、面等各章中贯彻,使学生较早地掌握这一解题方法,开阔思路,在学时较少时,可以达到更好的效果。

书末列出必要的附录,供读者学习标准规范、查阅标准件及有关参考数据使用。

本教材适用于工科大专院校机械类、近机械类各专业,也适用于职工大学、业余大学,还可供有关的工程技术人员参考。

参加编写的有:杨惠兰(绪论、第二、三、四、十九章)、谢有才(第一、九、十、十二章)、杨俊行(第五、六、十三、十五章、附录一、二、八、九、十、十一、十二)、宋志学(第十一、十四、二十章)、陈经斗(第七、八、十六、十七、十八章、附录三、四、五、六、七、十三),骆群参加部分描图工作。由陈经斗、杨俊行主编,王晓苍副教授主审。

本书在编写过程中得到天津大学机械制图教研室的大力支持,并得到徐宏文教授、张维诚、郭绍仲、赵兰芬、孙昭文、侯清寿等副教授的热情帮助,在此表示诚挚谢意。

由于水平所限,书中会存在许多不足之处,欢迎广大读者批评指正。

编者

1988年7月于天津大学

目 录

绪论	(1)
§1 本课程的研究对象、学习目的和学习方法	(1)
§2 投影法的基本知识	(2)
§3 工程上常用的投影图	(4)
第一章 机械制图基本知识	(6)
§1-1 国家标准《机械制图》中的若干基本规定	(6)
§1-2 绘图工具、仪器及其用法	(15)
§1-3 几何作图	(19)
§1-4 绘图的一般步骤	(27)
第二章 点	(30)
§2-1 点在两投影面体系中的投影	(30)
§2-2 点在三投影面体系中的投影	(32)
§2-3 两点的相对位置	(35)
§2-4 点的辅助投影	(36)
复习题	(37)
第三章 直线	(39)
§3-1 直线的投影	(39)
§3-2 各种位置直线的投影	(39)
§3-3 一般位置线段的实长及其对投影面的倾角	(42)
§3-4 点与直线的从属关系	(45)
§3-5 两直线的相对位置	(48)
§3-6 直角投影定理	(51)
复习题	(53)
第四章 平面	(54)
§4-1 平面的投影表示法	(54)
§4-2 各种位置平面的投影	(55)
§4-3 属于平面的直线和点	(58)
§4-4 过已知直线或点作平面	(61)
§4-5 属于平面的特殊位置直线	(62)
§4-6 平面的辅助投影	(64)
复习题	(66)
第五章 直线与平面、平面与平面的相对位置	(67)
§5-1 直线与平面平行、两平面平行	(67)
§5-2 直线与平面相交、两平面相交	(69)

§5-3 直线与平面垂直、两平面垂直.....	(72)
§5-4 综合题及度量问题小结.....	(77)
复习题.....	(81)
第六章 旋转法	(83)
§6-1 概述.....	(83)
§6-2 绕投影面垂直轴旋转.....	(84)
§6-3 旋转法应用举例.....	(88)
复习题.....	(90)
第七章 曲线和曲面	(91)
§7-1 曲线.....	(91)
§7-2 曲面概述.....	(94)
§7-3 直纹曲面.....	(95)
§7-4 螺旋线及螺旋面.....	(98)
§7-5 曲纹曲面.....	(102)
§7-6 曲面的切平面.....	(104)
复习题.....	(106)
第八章 立体	(107)
§8-1 平面立体.....	(107)
§8-2 回转体.....	(110)
复习题.....	(116)
第九章 平面与立体相交、直线与立体相交	(117)
§9-1 平面与平面立体相交.....	(117)
§9-2 平面与曲面立体相交.....	(118)
§9-3 直线与立体相交.....	(126)
复习题.....	(129)
第十章 两曲面立体相交	(130)
§10-1 利用积聚性法求相贯线.....	(130)
§10-2 利用辅助平面法求相贯线.....	(135)
§10-3 利用辅助球面法求相贯线.....	(138)
§10-4 相贯线的其他情况.....	(139)
复习题.....	(142)
第十一章 立体的表面展开	(143)
§11-1 平面立体的表面展开.....	(144)
§11-2 曲面立体的表面展开——可展曲面的展开.....	(146)
§11-3 不可展曲面的近似展开.....	(149)
复习题.....	(153)
第十二章 轴测图	(154)
§12-1 概述.....	(154)
§12-2 正等测图.....	(155)

§12-3 正二测图	(163)
§12-4 斜二测图	(165)
§12-5 轴测剖视图的画法	(167)
复习题	(169)
第十三章 组合体	(170)
§13-1 组合体及其组合形式	(170)
§13-2 组合体的画图	(171)
§13-3 组合体的读图	(175)
§13-4 组合体的尺寸注法	(180)

绪 论

§1 本课程的研究对象、学习目的和学习方法

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

在工程技术上,为了正确地表示机器、仪器、设备等的形状、大小、规格和材料等内容,通常需要将物体按一定的投影方法和技术规定表示在图纸上,这称之为图样。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,使用人员利用它进行合理使用。因此,图样被认为是“工程界的语言”。它是设计、制造、使用机器过程中的一项主要技术资料,它是发展和交流科学技术的有力工具。所以,每个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,才能在社会主义建设事业中做出更多更大的贡献。

本门课程的研究对象是:

(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、大小表达在图纸上的方法称为**图示法**。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,按投影规律通过几何作图来解决空间几何问题(如定位、度量、轨迹等)的方法称为**图解法**。

(3) 绘制和阅读机械图样的方法。

学习本课程的主要目的就是培养学生具有绘图、读图和图解空间几何问题的能力,同时培养和发展学生的空间想象能力以及分析问题与解决问题的能力。

为了帮助学生学好本课程,根据课程特点,提出下列学习方法,供学习中参考。

(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原理和基本方法。

(2) 在学习过程中,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。也只有这样,才能不断提高和发展空间想象能力以及分析问题与解决问题的能力。

(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进行画图,不断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,严格遵守机械制图国家标准中的有关规定,认真细致,一丝不苟。

§ 2 投影法的基本知识

一、投影法概述

1. 投影法

在图1中, 设平面 P 为投影面, 在投影面 P 外有一定点 S , 过定点 S 和空间点 A 连一直线, 并与投影面 P 相交于 a 点。点 a 称为空间点 A 在投影面 P 上的投影。定点 S 称为投影中心, 直线 SAa 称为射线或投影线。同样, 点 b 是空间点 B 在投影面 P 上的投影。

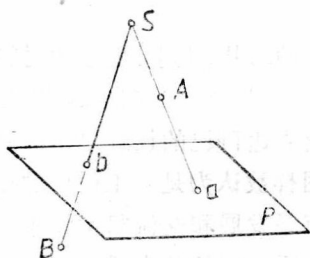


图1 投影

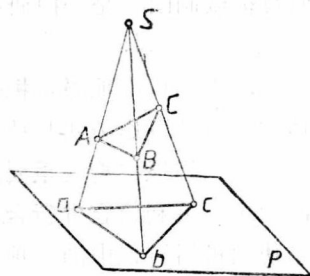


图2 中心投影法

一组射线通过物体射向预定平面上得到图形的方法称为投影法。

2. 投影法分类

投影法一般分为中心投影法和平行投影法两类。

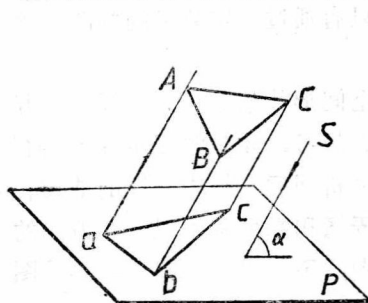
(1) 中心投影法

如图2所示, 过投影中心 S 与 $\triangle ABC$ 各顶点连直线 SA 、 SB 、 SC , 延长 SA 与投影面 P 相交于 a 点。用同样的作图方法可得 b 、 c 两点。连接 a 、 b 、 c 三点, 所得 $\triangle abc$ 就是空间 $\triangle ABC$ 在投影面 P 上的投影。

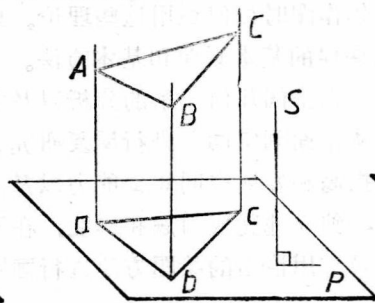
在这种投影法中, 射线(投影线) SAa 、 SBb 、 SCc 相交于投影中心 S , 这种一组射线汇交于一点的投影法称为中心投影法。

(2) 平行投影法

当投影中心 S 移至无穷远处, 射线(投影线)被视为互相平行, 如图3所示。这种一组射线互相平行的投影法称为平行投影法。



(a) 斜投影



(b) 正投影

图3 平行投影法

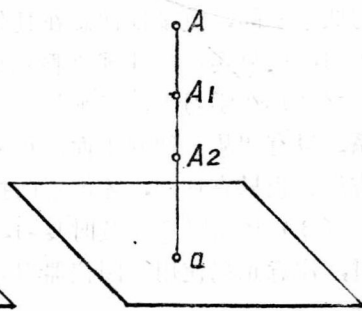


图4 点的一个投影不能确定其空间位置

在平行投影法中, 给出投影面 P 和投影方向 S 以后, 一般情况下, 空间的每一点在投影面上有其唯一确定的投影。

当投影方向倾斜于投影面时, 称为斜投影。如图3(a)所示。

当投影方向垂直于投影面时, 称为正投影。如图3(b)所示。

无论对于中心投影法还是平行投影法, 若只知空间点在一个投影面 P 上的投影, 不能确定该点在空间的位置, 如图4所示。

二、平行投影法的投影特性

1. 直线的投影仍是直线, 特殊情况下投影积聚成一点。

如图5所示, 经过直线 AB 上的所有点的射线 (投影线) 形成平面 $ABba$, 此平面与投影面交于直线 ab 。直线 ab , 即空间直线 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 上所有点的射线 (投影线) 都与 CD 重台, 其投影 cd 积聚为一点。它是直线 CD 与投影面 P 的交点。这种特性称为直线投影的积聚性。

2. 空间点属于直线, 则点的投影仍属于该直线的投影; 直线上两线段之比, 等于其投影之比。

如图5所示, 空间点 K 属于直线 AB , 把 AB 分为 AK 和 KB 两线段, 从梯形 $ABba$ 的两底 Aa 、 Bb 和 Kk 互相平行的性质可知: $AK:KB = ak:kb$ 。

3. 空间平行的两直线, 其投影仍互相平行; 两平行线段长度之比, 等于其投影长度之比。

如图6(a), 已知 $AB \parallel CD$, 平面 $AabB$ 与平面 $CcdD$ 平行, 此两平行平面被投影面 P 所截, 其两交线平行, 即 $ab \parallel cd$ 。

如图6(b), 因 $AB \parallel CD$, 则 $ab \parallel cd$, 又由相似三角形的性质可推出: $AB:CD = ab:cd$ 。

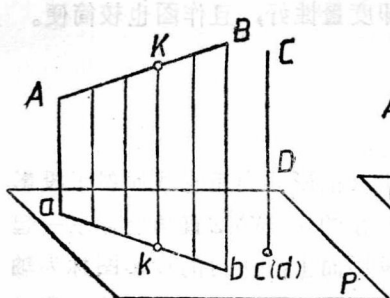
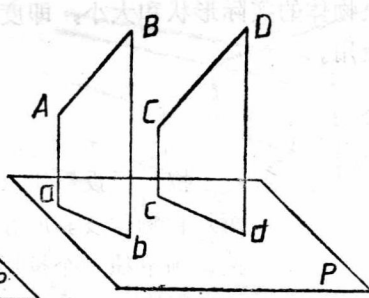
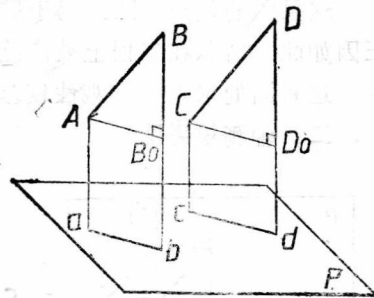


图5 直线的投影



(a)



(b)

图6 平行两直线的投影

4. 平行于投影面的线段或平面图形, 其投影反映该线段的实长或平面图形的实形。如图7、图8所示。

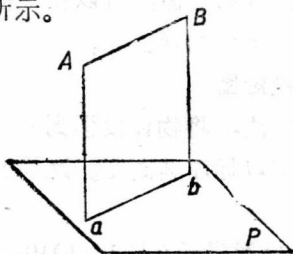


图7 投影反映实长

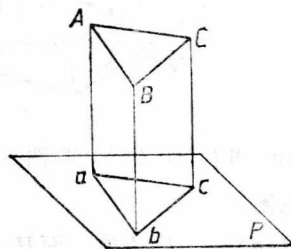


图8 投影反映实形

§ 3 工程上常用的投影图

一、正投影图

将物体按正投影法分别向两个或两个以上的互相垂直的投影面进行投影，所得的投影图称为**正投影图**。根据物体的这些正投影图，便能确定该物体的空间位置和形状。图9是几何体在三个互相垂直的投影面上投影所得的三面投影图。

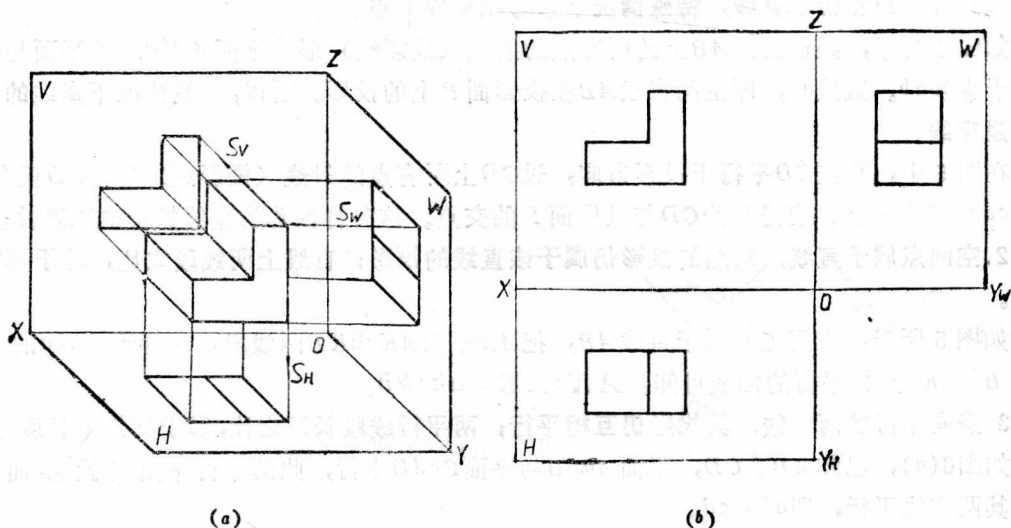


图9 几何体的三面正投影图

这种图的优点是图形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。正因如此，所以在工程上被广泛使用。

这种图的缺点是直观性较差。

二、轴测投影图

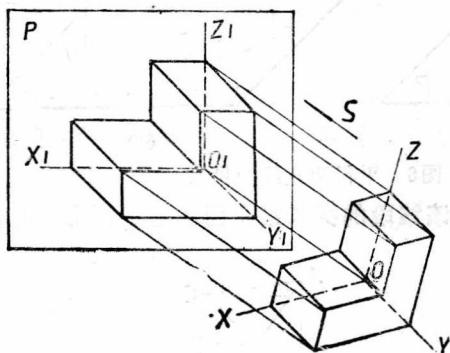


图10 几何体的轴测投影图

为标高投影图。

在图11(a)中，物体被平面 H_1 、 H_2 、 H_3 所截，其交线投影表示在图11(b)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。

按平行投影法（投影方向垂直或倾斜于投影面）将物体及其所在的 $O-XYZ$ 直角坐标系一起投影到单独一个投影面上，所得的投影图称为**轴测投影图**，简称**轴测图**。图10为几何体的轴测投影图。

轴测投影图作图较繁，且度量性差。但因它的直观性较好，容易看懂，所以在一些工程图样和书籍中常作为辅助图样使用。

三、标高投影图

按照正投影法，将物体投影到一个投影面上，并附加数字以标注其高度。这样的投影图称为**标高投影图**。

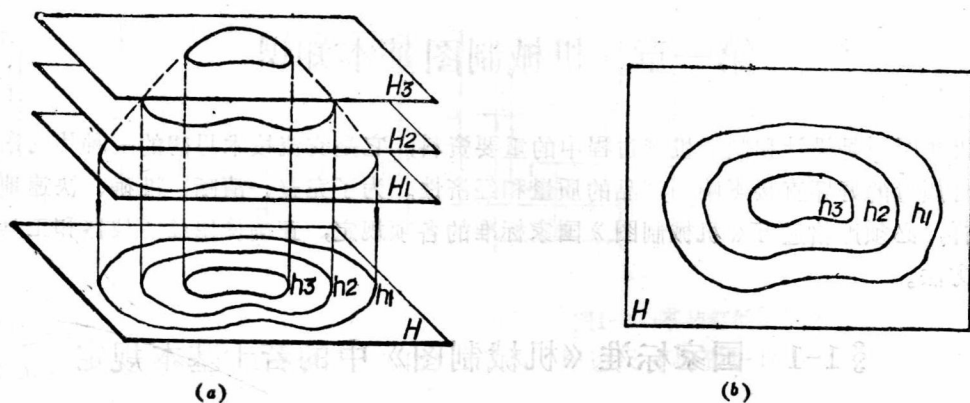


图11 曲面的标高投影图

标高投影图常用来表示不规则曲面，如船体、飞行器、汽车曲面及地形等。

四、透视投影图

按照中心投影法，将物体投影到一个投影面上所得到的投影图称为**透视投影图**，或简称**透视图**，图12表示一几何体的透视投影图。

透视图与照相机成形原理相似，图形接近于视觉映象。所以，透视图的直观性较强。但是，由于透视图不能反映物体的真实尺寸，即度量性差，作图又复杂。因此，透视图只用于绘画、建筑设计。

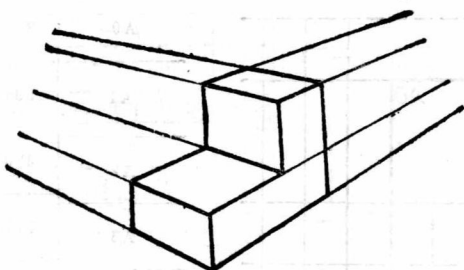


图12 几何体的透视投影图

第一章 机械制图基本知识

机械图样是设计和制造机械过程中的重要资料，它是交流技术思想的一种共同语言，绘制图样质量的好坏直接影响到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《机械制图》国家标准各项规定，正确使用绘图仪器和工具，掌握绘图方法。

§ 1-1 国家标准《机械制图》中的若干基本规定

《机械制图》国家标准是我国的一项重要技术标准，对机械图样的内容、画法及格式等作出了统一的规定。本节仅介绍其中某些标准的有关规定，其他内容将在后面章节中陆续介绍。

一、图纸幅面及格式 (GB4457.1—84)*

1. 图纸幅面及代号

绘图时，应优先采用表1-1中规定的基本幅面（其中B、L、c、a、e如图1-2、图1-3所示）。

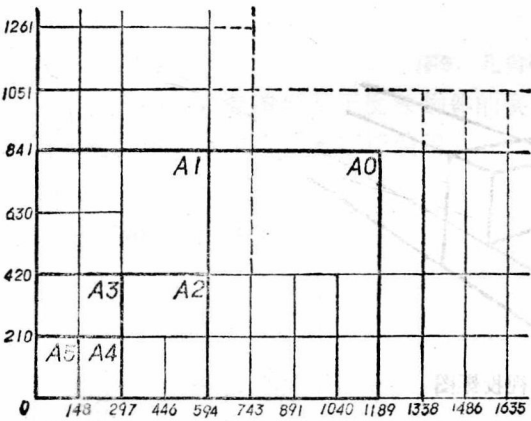


图1-1 图幅及加长边

表1-1 基本幅面尺寸 (mm)

幅面代号	B×L	c	a	e
A0	841×1189	10	25	20
A1	594×841			10
A2	420×594			
A3	297×420			
A4	210×297			
A5	148×210			

示)。

必要时，可将表1-1中幅面的长边加长。对于A0、A2、A4幅面的加长量应按A0幅面长边的1/8的倍数增加；对于A1、A3幅面的加长量应按A0幅面短边的1/4的倍数增加(见图1-1中的细实线部分)。对A0、A1幅面也允许同时加长两边(见图1-1中的虚线部分)。

2. 图框格式

(1) 需要装订的图样，其图框格式如图1-2所示，具体尺寸按表1-1的规定选用。图纸一般采用A4幅面竖装或A3幅面横装。

* 国家标准简称“国标”，代号“GB”。4457,1是标准号，84是标准颁布的年月。

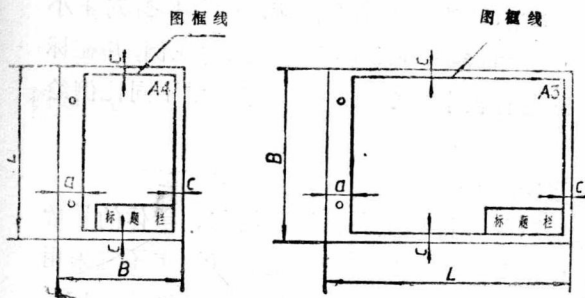


图1-2 装订的图框格式

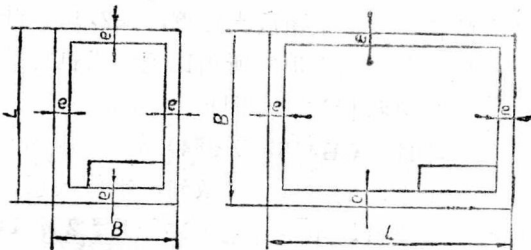


图1-3 不装订的图框格式

- (2) 不留装订边的图样，其图框格式如图1-3所示。周边尺寸按表1-1中规定选取。
(3) 图框线用粗实线绘制。

3. 标题栏及其方位

(1) 每张图必须有标题栏，其格式及尺寸尚无统一国家标准，学校制图作业中可以采用如图1-4的格式。作为装配图的标题栏，应画出全部内容，但带括号的材料一栏不必填写。作为零件图的标题栏，只需画出图1-4中粗线框内的部分。

(2) 无论装订与否，标题栏的方位一般按图1-2所示方式绘制。必要时可按图1-5的方式绘制。标题栏的文字方向为看图方向。

	10	20	35	10	25	
42	7	7	7	7	7	7
	序号	代号	零件名称	数量	材料	备注
	设计		(图 名)	(图 号)		
	制图		比例	数量	共 张	第 张
	描图		(材 料)	天津大学		
	审核					
	40	10	18	18		
	120					

图1-4 学校作业中用标题栏格式

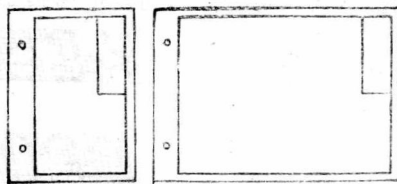


图1-5 标题栏的另一配置方式

二、比例 (GB4457.2—84)

- (1) 图样中机件要素的线性尺寸与实际机件相应要素的线性尺寸之比称为比例。
(2) 绘制图样时，一般应采用表1-2中规定的比例。绘制机械图最好选用1:1的比例，

表1-2 标准比例

与实物相同	1:1
缩小比例	1:1.5 1:2 1:2.5 1:3 1:4 1:5 1:10 ⁿ 1:1.5×10 ⁿ 1:2×10 ⁿ 1:2.5×10 ⁿ 1:5×10 ⁿ
放大比例	2:1 2.5:1 4:1 5:1 (10×n):1

注：n为正整数

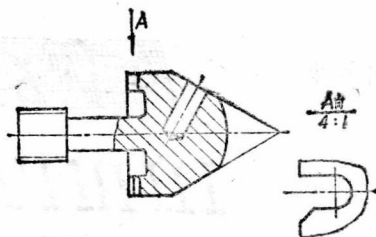


图1-6 比例的另行标注

以便于从图形中看出机件的真实大小。对于大而简单的机件采用缩小比例，例如1:2；对于小而复杂的机件，可采用放大比例，如2:1。对同一物体的各个视图应采用相同的比例，并在标题栏“比例”一项中填写所用比例。当机件某部位上有较小或复杂的结构需要用不同比例绘制时，必须另行标注，如图1-6所示。

三、字体 (GB4457.3—84)

图样中书写的字体必须做到：字体端正、笔划清楚、排列整齐、间隔均匀。字体的号数（即字体的高度，单位为毫米）可分为20、14、10、7、5、3.5、2.5七种（汉字不宜采用2.5号字）。字体宽度约等于字体高度的2/3。字母及数字的笔划粗细，可选取字体高度的1/10。各种字体的特点及示例如下：

1. 汉字

汉字应写成仿宋体，并应采用国家正式公布的简化字。长仿宋字的书写要领是：横平竖直、注意起落、笔划匀称、填满字格。长仿宋字示例如下：

字体端正 笔划清楚 排列整齐 间隔均匀

装配时作斜度深沉最大小球厚直网纹均布水平镀抛光研视图
向旋转前后表面展开两端中心孔锥销键

2. 拉丁字母及数字

字母及数字有直体、斜体之分。斜体字字头向右倾斜，与水平线约成75°角，通常用斜体书写。各种字母和数字的字形结构示例如下：

拉丁字母
大写斜体

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

O P Q R S T U V W X Y Z

拉丁字母
小写斜体

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

o p q r s t u v w x y z

希腊字母

$\alpha \beta \gamma \delta \theta \kappa \lambda \mu \nu \pi \varphi \phi$

罗马数字

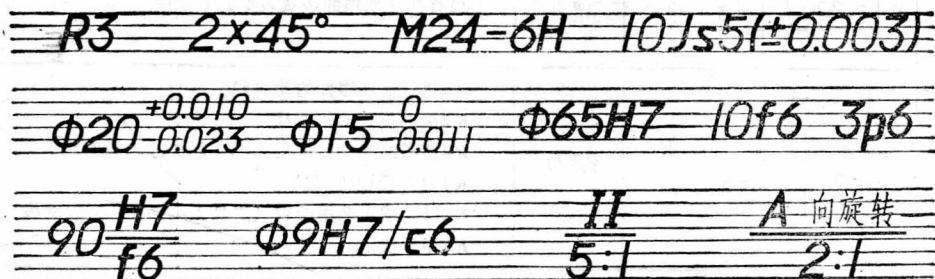
I II III IV V VI VII VIII IX X

阿拉伯数字

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

3. 字体组合的应用示例

用作指数、分数、极限偏差、脚注等的字母及数字，一般采用小一号字体。组合应用示例如下：

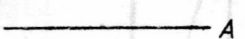
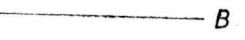
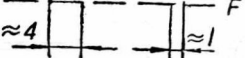
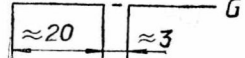


四、图线及画法 (GB4457.4—84)

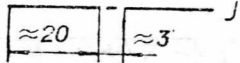
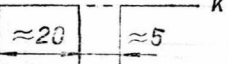
1. 图线型式及应用

绘制图样时应采用表1-3中规定的图线。各种图线的名称、型式、代号、宽度及其应用，见表1-3和图1-7~图1-10。

表1-3 图线名称、型式、代号、线的宽度及其应用

名 称	型式及代号	线 宽	一 般 应 用
粗 实 线	 A	b	A1可见轮廓线 A2可见过渡线
细 实 线	 B	约b/3	B1尺寸线及尺寸界线 B2剖面线 B3重合剖面的轮廓线 B4螺纹的牙底线及齿轮的齿根线 B5引出线 B6分界线及范围线 B7弯折线 B8辅助线 B9不连续的同一表面的连线 B10成规律分布的相同要素的连线
波 浪 线	 C	约b/3	C1断裂处的边界线 C1视图和剖视的分界线
双 折 线	 D	约b/3	D1断裂处的边界线
虚 线	 F	约b/3	F1不可见轮廓线 F2不可见过渡线
细点划线	 G	约b/3	G1轴线 G2对称中心线 G3轨迹线 G4节圆及节线

续表

名 称	型号及代号	线 宽	一 般 应 用
粗点划线		b	J1有特殊要求的线或表面的表示线
双点划线		约 $b/3$	K1相邻辅助零件的轮廓线 K2极限位置的轮廓线 K3坯料的轮廓线或毛坯图中制成品的轮廓线 K4假想投影轮廓线 K5试验或工艺用结构（成品上不存在）的轮廓线 K6中断线

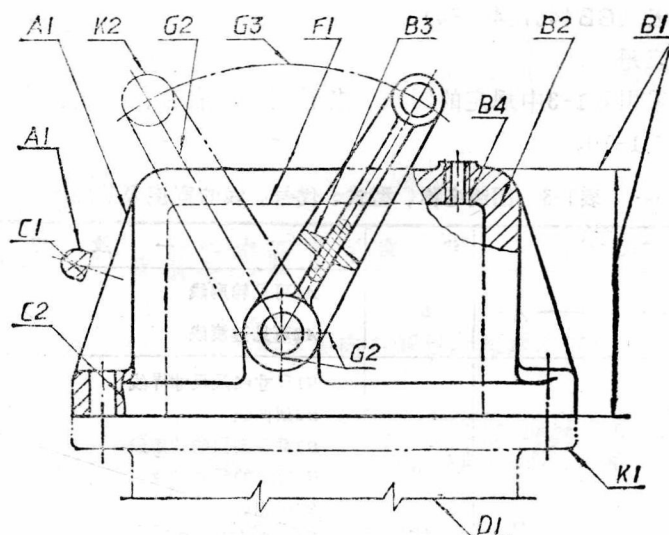


图1-7 图线应用（一）

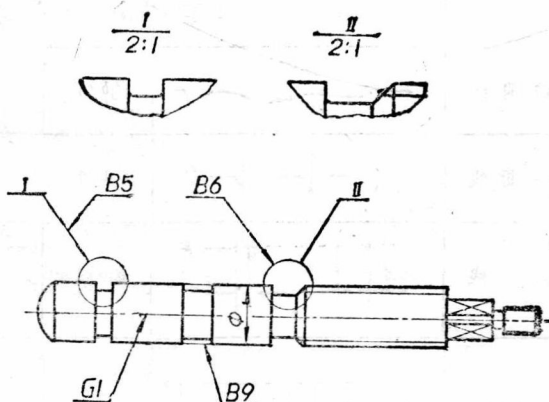
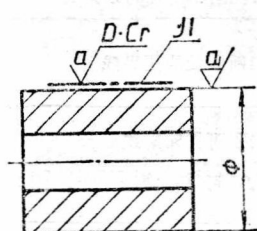
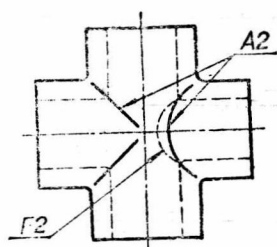


图1-8 图线应用（二）

图1-9 图线应用（三）

图1-10 图线应用（四）