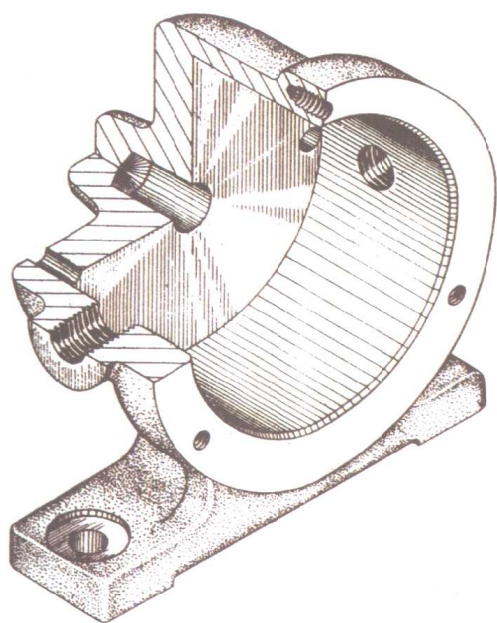


机械制图

陈东祥 谢有才 叶时勇 主编



天津大学出版社

机 械 工 程 制 图

陈东祥 谢有才 叶时勇 主 编

天 津 大 学 出 版 社

内 容 提 要

《机械工程制图》全书共 11 章, 主要内容包括机械制图基本标准、点线面的投影及其相对位置、曲线曲面、立体及其截切和相贯、组合体和轴测图、图样画法、标准件与常用件、零件图、装配图和计算机绘图等。书后编有附录, 供查阅有关标准和数据使用。

同时出版的《机械工程制图习题集》与本书配套使用。

本书适用于大专院校机械类和近机械类各专业 (90~120 学时), 也可作为高等职业教育用书或供有关工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械工程制图/陈东祥, 谢有才, 叶时勇主编. —天津: 天津大学出版社, 2000.9 (2001. 9 重印)

ISBN 7-5618-1323-6

I. 机… II. ①陈… ②谢… ③叶… III. 机械制图 IV. TH126

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 35941 号

出 版 天津大学出版社

出版人 杨风和

地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内 (邮编: 300072)

电 话 发行部: 022-27403647 邮购部: 022-27402742

印 刷 天津大学印刷厂

发 行 新华书店天津发行所

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 21.5

字 数 538 千

版 次 2000 年 9 月第 1 版

印 次 2001 年 9 月第 2 次

印 数 4 001-7 000

定 价 28.00 元

前 言

本书是根据原国家教委批准的高等工业学校《画法几何及机械制图课程教学基本要求》以及多年的教学经验编写而成的。为适应新时期对人才培养的需要及教学改革的深入发展,组织内容时,立足于培养学生的空间想像能力、创新设计能力和表达设计思想的能力;加强了计算机绘图的内容,使学生在掌握手工绘图的同时,掌握计算机绘图这一先进的绘图工具。

在确保工程制图基础理论和方法的基础上,精选内容、优化结构,在满足实际应用的前提下,适当删减了画法几何中较繁杂的线面关系作图及引申和投影变换(将换面法贯穿于有关章节中);将通用绘图软件 AutoCAD 作为现代绘图工具融入教材中;与之配套的习题集增加了“一求二”、“二求三”的题目,以培养学生的空间构形和设计创新能力。

本书由陈东祥、谢有才、叶时勇主编,孙占木教授主审。参加编写工作的有陈东祥、谢有才、叶时勇、杨惠兰、唐树忠、韩群生、魏伟、齐玉来、汪昌琳、姜杉和喻宏波等。本书在编写和出版过程中,得到天津大学机械设计实验中心和机械制图教研室的许多同志的大力支持和帮助,在此深表谢意。

由于水平有限,书中的缺点和错误在所难免,欢迎读者批评指正。

编 者

2000 年 5 月

目 录

绪论	1
第1章 机械工程制图基本知识	5
§1-1 国家标准《技术制图》和《机械制图》的若干基本规定	5
§1-2 制图工具、仪器及其用法	14
§1-3 几何作图	17
§1-4 绘图的一般步骤	23
第2章 点、直线和平面	25
§2-1 点	25
§2-2 直线	30
§2-3 点与直线、直线与直线的相对位置	37
§2-4 平面	45
§2-5 直线与平面、平面与平面的相对位置	54
§2-6 几何元素间的度量问题	59
第3章 曲线和曲面	64
§3-1 曲线概述	64
§3-2 圆的投影	66
§3-3 螺旋线的投影	69
§3-4 曲面概述	71
§3-5 螺旋面	73
§3-6 单叶双曲回转面	75
§3-7 锥面和柱面	76
第4章 立体	81
§4-1 立体的三面投影	81
§4-2 平面与立体相交	89
§4-3 两立体相交	101
第5章 组合体	115
§5-1 组合体及其组合方式	115
§5-2 组合体的画图	117
§5-3 组合体的读图	120
§5-4 组合体的尺寸注法	124
第6章 轴测图	131
§6-1 概述	131
§6-2 正等轴测图	132
§6-3 斜二轴测图	138

§ 6-4 轴测图中的剖切画法	140
第 7 章 图样画法	143
§ 7-1 视图	143
§ 7-2 剖视	147
§ 7-3 断面图	158
§ 7-4 其他画法	161
§ 7-5 视图表达的综合举例	167
§ 7-6 第三角画法简介	171
第 8 章 标准件与常用件	174
§ 8-1 螺纹	174
§ 8-2 螺纹紧固件	183
§ 8-3 销	188
§ 8-4 键	189
§ 8-5 滚动轴承	191
§ 8-6 弹簧	194
§ 8-7 齿轮	197
第 9 章 零件图	204
§ 9-1 零件图的内容	204
§ 9-2 零件结构的工艺性及尺寸注法	205
§ 9-3 零件图的视图选择	208
§ 9-4 零件图的尺寸注法	212
§ 9-5 零件图的技术要求	217
§ 9-6 读零件图	231
§ 9-7 零件的测绘	233
第 10 章 装配图	235
§ 10-1 概述	235
§ 10-2 装配图的表达方法	235
§ 10-3 装配图的视图选择	238
§ 10-4 装配图的尺寸	240
§ 10-5 装配图的零件序号和明细栏	241
§ 10-6 常见的合理装配结构	242
§ 10-7 装配图的画图步骤	245
§ 10-8 读装配图	247
第 11 章 计算机绘图	252
§ 11-1 概述	252
§ 11-2 几何作图	261
§ 11-3 绘制组合体三面投影图	283
§ 11-4 绘制零件图	295
§ 11-5 绘制装配图	300

§ 11-6 绘制轴测图	301
附录	311
一、螺纹	311
二、螺纹紧固件	317
三、螺纹连接结构	323
四、销	325
五、键	327
六、倒角与倒圆	329
七、密封件	329
八、非金属材料	330
九、砂轮越程槽	330
十、极限与配合	331

绪 论

一、机械工程制图的研究对象、学习目的和学习方法

1. 本课程的研究对象和学习目的

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

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。随着生产和科学技术的发展，图样在工程技术上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、使用部门的一项重要技术资料，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掌握这门课程所介绍的基本理论、基本知识和基本技能。

近年来由于工程技术上对计算机辅助设计与制造日益增长的需要，对计算机绘图技术的掌握提出了迫切的要求。本课程将为掌握这类新技术打下一个重要的基础。

本课程的研究对象是：

- ①在平面上表示空间形体的图示法；
- ②空间几何问题的图解法；
- ③绘制和阅读机械图样的方法；
- ④计算机绘图技术。

学习本课程的主要目的是培养学生具有绘图、读图和图解空间几何问题的能力；培养学生的空间想像力以及分析问题与解决问题的能力；培养学生具有计算机绘图的初步能力。

2. 本课程的学习方法

为了帮助学生学好本课程，根据本课程的特点，提出以下学习方法供参考。

①本课程是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在学习中，必须经常注意空间几何关系的分析以及空间几何元素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像能力以及分析问题和解决问题的能力。

③认真听课，及时复习，独立完成作业；同时，注意正确使用绘图仪器，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，严格遵守技术制图国家标准中的有关规定，认真细致，一丝不苟。

二、投影法的基本概念

(一) 投影法

如图 1 所示, P 为一平面, S 为平面 P 外一定点, AB 为一空间直线段。连接 SA 、 SB , 并与平面 P 分别交于点 a 、 b , 连接 ab , ab 即为直线段 AB 投射在平面 P 上的图形。这种投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。

在图 1 中, ab 是根据投影法所得到的图形, 称为投影; 定点 S 是所有投射线的起源点, 称为投射中心; 直线 SA 、 SB 是发自投射中心且通过被表示物体 (直线 AB) 上各点的直线, 称为投射线; 平面 P 是投影法中得到投影的面, 称为投影面。

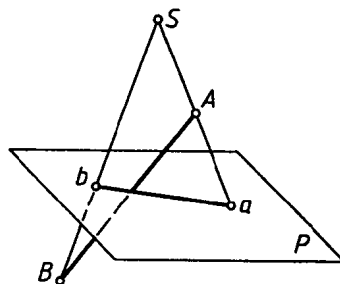


图 1 投影法

(二) 投影法分类

投影法分为中心投影法和平行投影法。

1. 中心投影法

在图 2 中, P 为投影面, S 为投射中心, $\triangle abc$ 为空间 $\triangle ABC$ 在投影面 P 上的投影。投射线 SAa 、 SBb 、 SCc 交于投射中心 S 。这种投射线汇交一点的投影法称为中心投影法。用中心投影法得到的投影称为中心投影。

物体的中心投影不能反映其真实形状, 故机械图中不采用。

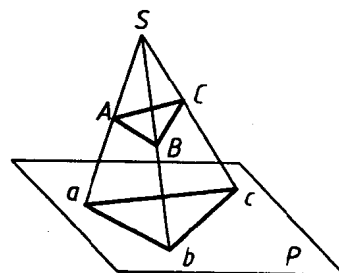


图 2 中心投影法

2. 平行投影法

如图 3 所示, 当投射中心 S 沿某一不平行于投影面的方向移至无限远处时, 则各投射线互相平行。这种投射线互相平行的投影法称为平行投影法, 投射线的方向称为投射方向。

平行投影法又分为两种。投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 3 (a) 所示。投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 3 (b) 所示。

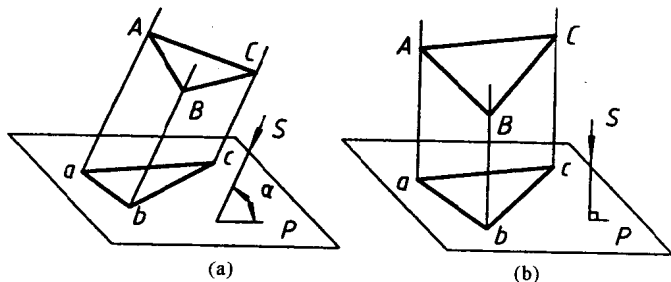


图 3 平行投影法

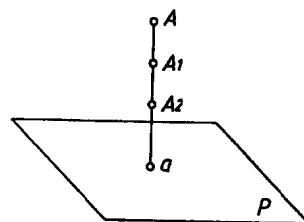


图 4 点的一个投影不能确定其空间位置

在平行投影法中, 给出投影面 P 和投射方向 S (不平行于 P) 后, 空间的每一点在投影面上各有其惟一的投影。反之, 若只知空间点在一个投影面上的投影, 则不能确定该点在空间的位置, 如图 4 所示。

(三) 正投影法的投影特性

①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。如图 5 (a) 所示, $AB \parallel P$, 则 $ab = AB$; $\triangle ABC \parallel P$, 则 $\triangle abc \cong \triangle ABC$ 。

②当直线或平面垂直于投影面时, 其投影成为一点或一直线。如图 5 (b) 所示, $AB \perp P$, 则 ab 积聚为一点; $\triangle ABC \perp P$, 则 abc 积聚成一条直线。这种特点称为积聚性。

③当线段或平面图形倾斜于投影面时, 线段的投影比实长短, 平面图形的投影成类似形。如图 5 (c) 所示, AB 倾斜于 P , 则 $ab < AB$; $\triangle ABC$ 倾斜于 P , 则 abc 仍为三角形, 但不反映实形, 称为类似形。

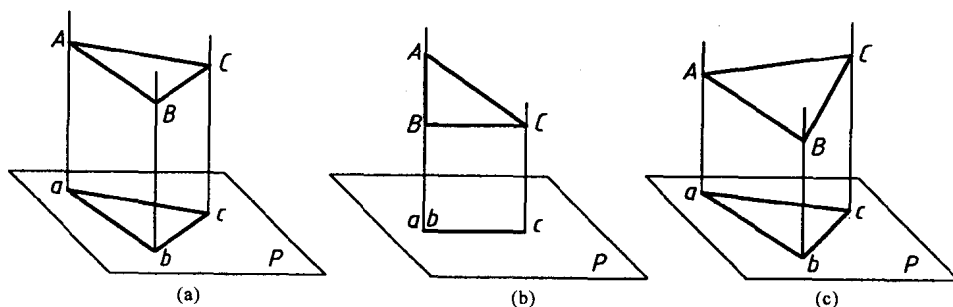


图 5 正投影法的投影特性

三、工程上常用的投影图

1. 多面正投影

物体在互相垂直的两个或多个投影面上所得到的正投影称为多面正投影图。将这些投影面旋转展开到同一图面上, 使该物体的各正投影图有规则地配置, 并相互之间形成对应关系。根据物体的多面正投影图, 便能确定其形状。图 6 是一物体在三个互相垂直的投影面上

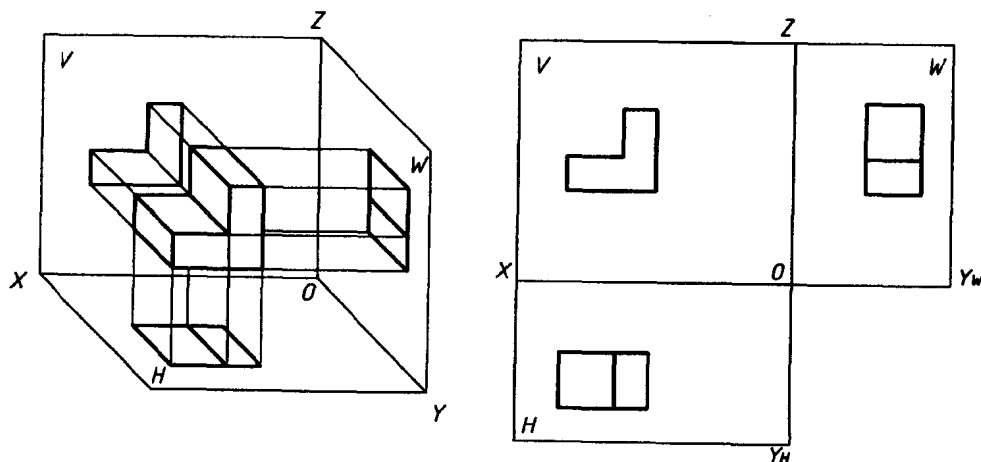


图 6 物体的三面正投影图

的三面正投影图。

正投影图的优点是能反映物体的实际形状和大小，即度量性好，且作图较简便，因此在工程上被广泛使用，缺点是直观性较差。

2. 轴测投影

将物体连同其直角坐标系，沿不平行于任一坐标平面的方向，用平行投影法将其投射在单一投影面上所得到的图形称为轴测投影。图 7 为一物体的轴测投影。

轴测投影作图较繁，且度量性差。但因它直观性较好，容易看懂，所以在某些工程图样和书籍中常作为辅助图样使用。

3. 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和比例的单面正投影称为标高投影。

图 8 (a) 中，物体被平面 H_1 、 H_2 、 H_3 所截，其交线（等高线）的投影表示在图 8 (b) 中，各曲线旁附加的 h_1 、 h_2 、 h_3 表示同一曲线上各点到投影面的高度值。

标高投影常用来表示不规则曲面，如船体、飞行器、汽车曲面及地形等。

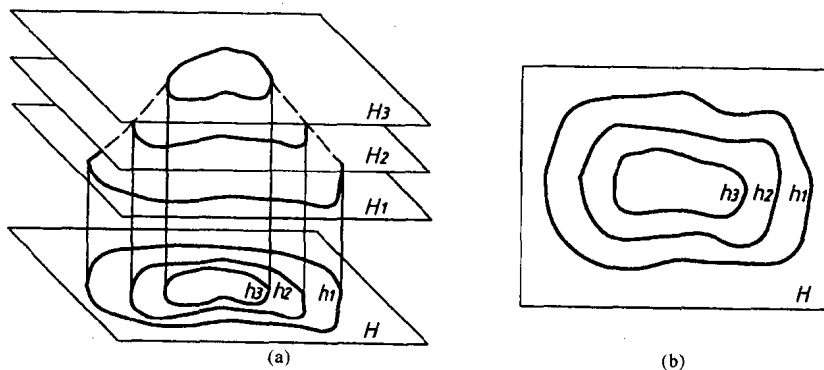


图 8 标高投影

4. 透视投影

用中心投影法将物体投射在单一投影面上所得到的图形称为透视投影（透视图）。图 9 为一物体的透视投影。

透视图与照相机成形原理相似，较接近于视觉映象，所以透视图的直观性较强。但是，由于透视图度量性差，且作图复杂，所以，透视图只用于绘画和建筑设计等。

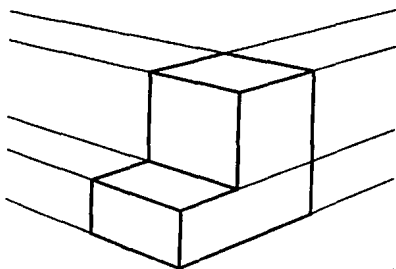


图 9 物体的透视投影

第1章 机械工程制图基本知识

机械工程图样的质量直接影响产品的质量和经济性。因此，掌握绘制机械图样的基本知识和技能是学习本课程的目的之一。

本章主要介绍国家标准《技术制图》和《机械制图》的若干规定、绘图仪器和工具的使用，以及几何作图方法。

§ 1-1 国家标准《技术制图》和《机械制图》的若干基本规定

《技术制图》和《机械制图》国家标准是我国基础技术标准之一，它起着统一工程界的共同“语言”的重要作用。为了准确无误地交流技术思想，绘图时必须严格遵守《技术制图》和《机械制图》国家标准的有关规定。

本节所介绍的国家标准一部分源自最新的《技术制图》国家标准，例如 GB/T 14691—1993《技术制图 字体》，其中“GB”为“国标”（国家标准的简称）二字的汉语拼音字头，“T”为推荐的“推”字的汉语拼音字头，“14691”为标准编号，“1993”为该标准颁布的年份。另有部分源自《机械制图》国家标准，例如 GB/T 4458.4—1984，其中“4458.4”为标准编号，“1984”为该标准颁布的年份。

一、图纸幅面及格式（GB/T 14689—1993）

图纸宽度（ B ）和长度（ L ）组成的图面为图纸幅面。

1. 图纸幅面尺寸和代号

绘制技术图样时，应优先采用表 1-1 中规定的基本幅面。

表 1-1 基本幅面尺寸（第一选择） (mm)

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
尺寸 $B \times L$	841 × 1 189	594 × 841	420 × 594	297 × 420	210 × 297
c	10			5	
a	25				
e	20		10		

必要时，也允许选用表 1-2 和表 1-3 所规定的加长幅面。加长幅面尺寸是由基本幅面的短边成整数倍增加后得出。

表 1-2 加长幅面尺寸（第二选择） (mm)

幅面代号	A3 × 3	A3 × 4	A4 × 3	A4 × 4	A4 × 5
尺寸 $B \times L$	420 × 891	420 × 1 189	297 × 630	297 × 841	297 × 1 051

表 1-3 加长幅面尺寸 (第三选择)

(mm)

幅面代号	尺寸 $B \times L$	幅面代号	尺寸 $B \times L$
A0×2	1 189 × 1 682	A3×5	420 × 1 486
A0×3	1 189 × 2 523	A3×6	420 × 1 783
A1×3	841 × 1 783	A3×7	420 × 2 080
A1×4	841 × 2 378	A4×6	297 × 1 261
A2×3	594 × 1 261	A4×7	297 × 1 471
A2×4	594 × 1 682	A4×8	297 × 1 682
A2×5	594 × 2 102	A4×9	297 × 1 892

图 1-1 中粗实线所示为基本幅面 (第一选择); 细实线所示为表 1-2 的加长幅面 (第二选择); 虚线所示为表 1-3 的加长幅面 (第三选择)。

2. 图框格式

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

①留有装订边的图纸的图框格式如图 1-2 (a)、(b) 所示, 图中尺寸 a 、 c 按表 1-1 的规定选用;

②不留装订边的图纸的图框格式如图 1-2 (c)、(d) 所示, 图中的尺寸 e 按表 1-1 的规定选用;

③加长幅面的图框尺寸, 按

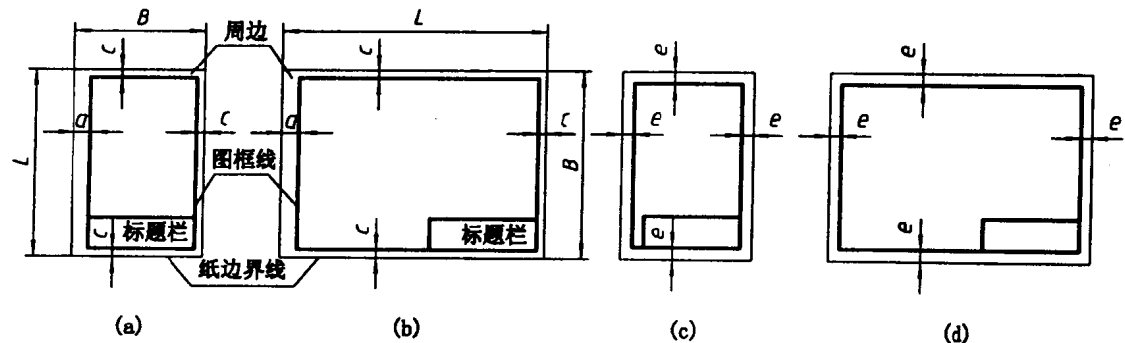


图 1-2 图框格式

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 的图框尺寸确定，即 e 为 20（或 c 为 10），而 A3×4 的图框尺寸，按 A2 的图框尺寸确定，即 e 为 10（或 c 为 10）。

3. 标题栏及其方位

标题栏一般由名称及代号区、签字区、更改区及其他区组成。

①标题栏的格式和尺寸按 GB/T 10609.1—1989 的规定，如图 1-3 所示。标题栏的位置应位于图纸的右下角，如图 1-2 所示。

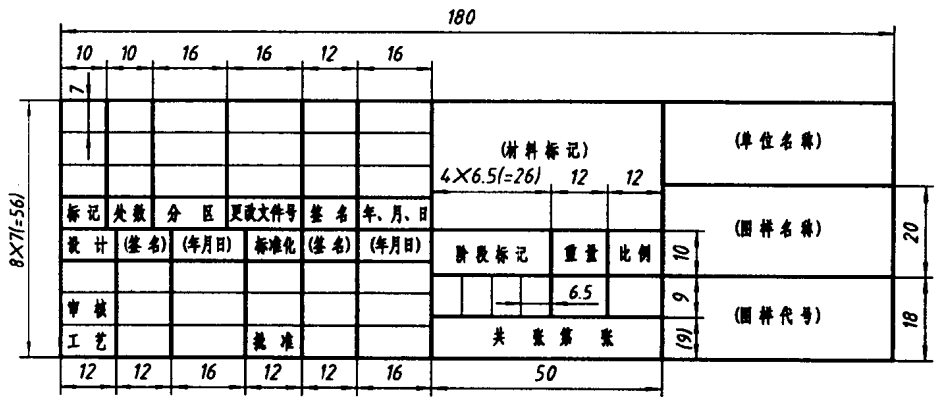


图 1-3 标题栏的格式及尺寸

②标题栏的长边置于水平方向并与图纸的长边平行时，构成 X 型图纸，如图 1-2 中的 (b)、(d)。若标题栏的长边与图纸的长边垂直时，则构成 Y 型图纸，如图 1-2 中的 (a)、(c)，在此情况下看图的方向与标题栏的方向一致。

③为了利用预先印制的图纸，允许将 X 型图纸的短边置于水平位置使用，如图 1-4 (a)；或将 Y 型图纸的长边置于水平位置使用，如图 1-4 (b)。

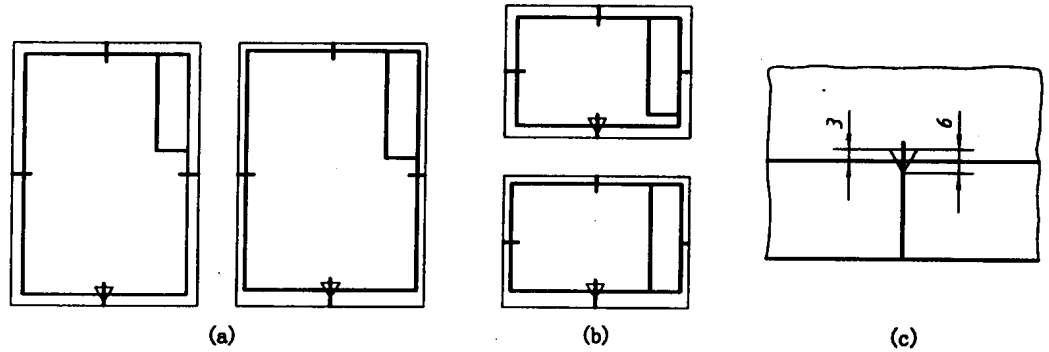


图 1-4 图纸的另一种配置方式及附加符号

④学生作业建议采用图 1-5 的格式。作为装配图的标题栏，应画出全部内容；作为零件图的标题栏，只需画出图中高 (28) 的粗线框内的部分。

4. 附加符号

附加符号包括对中符号和方向符号等。

1) 对中符号 为了使图样复制和缩微摄影时定位方便，各号图纸均应在图纸各边长的中

	10	20	35	10	25	
4.2	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)	(校名、班级)		
	审核					
	4.0	10	120	18	18	
						7 (28)
						10

图 1-5 学生作业用标题栏格式

点处分别画出对中符号。对中符号用粗实线绘制，线宽不小于 0.5 mm，长度从纸边界开始画入图框内约 5 mm，如图 1-4 (a)、(b)。当对中符号处在标题栏范围时，伸入标题栏部分省略不画，如图 1-4 (b)。

2) 方向符号 对于按图 1-4 配置的图纸，为了明确绘图与看图时图纸的方向，应在图纸下边的对中符号处画一个方向符号，如图 1-4 (a)、(b)。方向符号是用细实线绘制的等边三角形，其大小和所处的位置见图 1-4 (c)。

5. 图幅分区

①必要时，可以用细实线在图纸周边内画出分区，如图 1-6 所示。

②图幅分区数目按图样的复杂程度确定，但必须取偶数。每一分区的长度应在 25 ~ 75 mm 之间选择。

③分区的编号，沿上下方向（按看图方向确定图纸的上下和左右）用直体大写拉丁字母从上到下顺序编写；沿水平方向用直体阿拉伯数字从左到右顺序编写。当分区数超过拉丁字母的总数时，超过的各区可用双重字母依次编写，如 AA、BB、CC……等。拉丁字母和阿拉伯数字的位置应尽量靠近图框线。

④在图样中标注分区代号时，分区代号由拉丁字母和阿拉伯数字组成，字母在前数字在后并排书写，如 B3、C5 等。当分区代号与图形名称同时标注时，则分区代号写在图形名称的后边，中间空出一个字母的宽度，例如 E—E A7； $\frac{D}{2:1}$ C5 等。

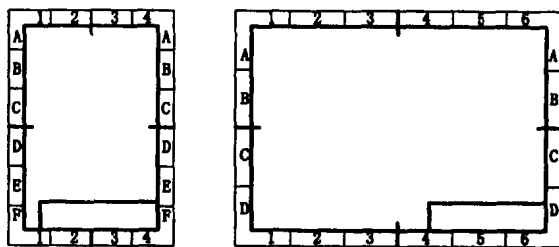


图 1-6 图幅分区

二、比例 (GB/T 14690—1993)

①图中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比称为比例。

②比值为 1 的比例称为原值比例，即 1:1。比值大于 1 的比例称为放大比例，如 2:1 等。比值小于 1 的比例称为缩小比例，如 1:2 等。绘图时应采用表 1-4 中规定的比例，最好选用原值比例，但也可根据机件大小和复杂程度选用放大或缩小比例。

表 1-4 标准比例

种 类	比 例								
	优 先 选 取			允 许 选 取					
原值比例	1:1								
放大比例	5:1	2:1		4:1	2.5:1				
	$5 \times 10^n : 1$	$2 \times 10^n : 1$	$1 \times 10^n : 1$	$4 \times 10^n : 1$	$2.5 \times 10^n : 1$				
缩小比例	1:2	1:5	1:10	1:1.5	1:2.5	1:3	1:4	1:6	
	$1:2 \times 10^n$	$1:5 \times 10^n$	$1:1 \times 10^n$	$1:1.5 \times 10^n$	$1:2.5 \times 10^n$	$1:3 \times 10^n$	$1:4 \times 10^n$	$1:6 \times 10^n$	

注：n 为正整数。

③同一机件的各个视图应采用相同比例，并在标题栏“比例”一项中填写所用的比例。当机件上有较小或较复杂的结构需用不同比例时，可在视图名称的下方标注比例，如图 1-7 所示。

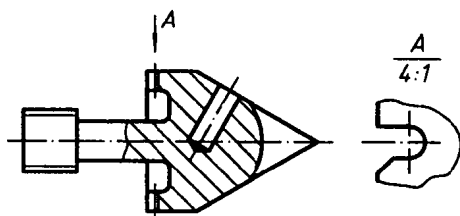


图 1-7 不同比例的标注

三、字体 (GB/T 14691—1993)

书写字体必须做到：字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐。字体高度（用 h 表示）的公称尺寸系列为：1.8, 2.5, 3.5, 5, 7, 10, 14, 20 mm。如果要书写更大的字，其字体高度应按 $\sqrt{2}$ 的比率递增。字体高度代表字体的号数。各种字体的特点及示例如下：

1. 汉字

汉字应写成长仿宋体，并应采用国家正式公布的简化字。汉字的高度 h 不应小于 3.5 mm，其字宽一般为 $h/\sqrt{2}$ 。书写长仿宋体字的要点是：横平竖直、注意起落、结构匀称、填满方格。长仿宋体字的示例如下：

10 号字

字体工整笔画清楚排列整齐间隔均匀

7 号字

横平竖直注意起落结构均匀填满方格

5 号字

技术制图机械电子汽车航空船舶土木建筑矿山井坑港口纺织服装

3.5 号字

螺纹齿轮端子接线飞行指导驾驶舱位挖填施工引水通风闸坝棉麻化纤

2. 字母及数字

字母和数字分 A 型和 B 型。A 型字体的笔画宽度为字高 (h) 的 $1/14$ ；B 型字体的笔画宽度为字高的 $1/10$ 。在同一图样上，只允许选用一种字型。以下字例为 A 型斜体字母及数字

和 A 型直体拉丁字母, 斜体字字头与水平线向右倾斜 75°。

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

希腊字母小写斜体:

α β γ δ ε ζ η θ ι κ λ μ ν ξ ο π ρ ϕ

阿拉伯数字斜体:

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

罗马数字斜体:

I II III IV V VI VII VIII IX X

拉丁字母大写直体:

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

拉丁字母小写直体:

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

3. 字体组合应用示例

① 用作指数、分数、极限偏差、注脚等的字母及数字, 一般采用小一号字体, 其应用示例如下:

$$10^3 \ S^{-1} \ D_1 \ T_d \ \phi 20_{-0.023}^{+0.010} \ 7^{\circ+1^{\circ}}_{-2^{\circ}} \ \frac{3}{5}$$