

工程制图

GONGCHENG ZHITU

● 樊振旺 编著

山西科学技术出版社
SHANXI SCIENCE AND TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE

工 程 制 图

樊振旺 编著

山西科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

工程制图/樊振旺编著. —太原: 山西科学技术出版社, 2006. 8

ISBN 7—5377—2813—5

I. 工... II. 樊... III. 工程制图—高等学校—教材 IV. TB23

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 086369 号

工 程 制 图

樊振旺 编著

*

山西科学技术出版社出版 (太原建设南路 15 号)

山西省新华书店发行 运城日报印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 14.125 字数: 320 千字

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月山西第 1 次印刷

印数: 1—3000 册

*

ISBN 7—5377—2813—5

T·428 定价: 28.00 元

前 言

本书是根据高职、高专的教学要求而编写的。在编写的过程中，力求满足高职、高专院校各类专业的制图教学需要，采用最新制图标准，贯彻教学改革精神。按照“精选内容、避繁就简、拓宽思维、培养技能”的原则处理本书的内容。其主要特点如下：

接触最新标准，力求图样完美。本书采用了国家质量技术监督局 1999 年颁布的《技术制图》GB/T 国家标准和水利部 1995 年颁布的《水利水电工程制图标准》SL73 - 95 及建设部 2001 年颁布的《房屋建筑制图统一标准》GB/T50001 - 2001。

遵循教学规律，掌握基本原理。从感性入手，绘图与读图并举，并做到由浅入深，循序渐进，在基本理论方面突出了图示原理。在体系上力求文字简练严谨、叙述清晰、插图准确、步骤简明，以便自学。

结合工程实际，提高制图水准。本书理论联系实际，把画法几何与制图密切结合起来，既考虑理论的系统性，又注意结合了专业的生产实际。

培养一技多能，适应市场需求。本书以科学发展观通领全盘，面向市场，着眼未来，使学生同时掌握本专业和相近专业的绘图技能。

本书由樊振旺编著，史晓红、张若琼、刘春晖参加编写，王瑞红负责绘图与统稿，张若琼担任主审。

本书适用于各类高职、高专院校的水利水电工程专业、工业民用建筑专业和 Information 工程专业。也可作为机械专业的基础教材和各类专业人员的培训教材。

由于我们水平有限，编写时间仓促，书中如有疏漏之处，恳请广大读者不吝指正。

编 者

2006 年 8 月

编写说明

一、本课程的研究对象

本课程的研究对象是工程图样。工程图样是根据画法几何的原理，按照制图标准和制图方法绘制而成的，它能准确表达工程建筑物的形状、大小、材料和构造及有关的技术要求等内容，它是工程技术人员用以表达设计意图、组织生产施工、进行技术交流的重要技术文件。也是工程造价预算和竣工验收时最重要的依据。因此，工程图样被喻为“工程技术语言”。

二、本课程的基本内容

本课程的主要内容可分为三大部分：即制图基本知识、画法几何和专业制图。制图基本知识主要是学习国家制图标准；画法几何是以投影法为基础，研究三维空间几何问题的图示法和图解法，简单地说，画法几何就是投影制图；专业制图则是以投影制图的原理和制图的基本知识，把工程建筑物绘制成符合标准的工程图样。为使在工程界的每个技术工作者都能具备绘制和阅读工程图样的技能，特别提出如下几点要求。

1. 基本知识（第一章）。要求掌握绘图工具和仪器的使用，熟悉国家制图标准的基本规定，掌握常用的几何作图方法。
2. 投影制图（第二章至第九章）。要求掌握正投影的基本原理和各种图示方法，初步掌握轴测投影和标高投影的基本方法。
3. 专业制图（第十章至第十二章）。要求掌握绘制和阅读常见的水利工程图的基本技能，了解房屋建筑图和机械图的图示特点和阅读方法。

三、本课程的主要性质

本课程是一门系统理论独特和实践性很强的技术基础课。它既强调投影理论又注重动手能力，它不仅要求掌握绘图的基本方法，还特别强调以制图标准为准绳。在学习的过程中应注意以下几点：

1. 投影制图是本课程的核心部分，是制图的基本理论，必须掌握。只有认真学习投影的基本理论，才能不断提高自己的投影图示能力和空间想象能力。
2. 国家制图标准的基本规定是制图的准绳，必须遵照。只有严格按制图标准制图，才能使工程图样真正成为可交流的技术文件。
3. 本课程的各种训练是通过一系列的练习和作业来实现的，必须多练。只有认真制图，按时完成作业，才能收到良好的效果。
4. 专业制图是将所学知识运用到工程实践中，必须掌握。只有掌握了工程图样的绘制和阅读，才能真正成为工程界的技术工作者。
5. 专业图涉及内容较多，必须多看。只有结合后续课程的学习，多看一些实际工程，不断提高读图能力，才能真正成为面向未来的有用人才。

目 录

第一章 制图的基本知识	1
第一节 常用制图工具.....	1
第二节 基本制图标准.....	5
第三节 几何作图	17
第四节 平面图形的分析	21
第五节 绘图步骤与方法	23
第二章 投影的基本知识	24
第一节 投影方法	24
第二节 基本投影特性	26
第三节 物体的三视图	27
第三章 点、直线、平面的投影	30
第一节 点的投影	30
第二节 直线的投影	34
第三节 平面的投影	42
第四节 直线与平面、平面与平面的相对位置	49
第五节 变换投影面法	53
第四章 基本体的投影	60
第一节 平面体	60
第二节 曲面体	62
第三节 简单体	66
第五章 轴测图	72
第一节 概 述	72
第二节 正等测图的画法	74
第三节 斜二测图的画法	81
第六章 立体表面的交线	86
第一节 平面体截交线	86
第二节 曲面体截交线	91
第三节 两平面体相交	97
第四节 平面体与曲面体相交	98
第五节 两曲面体相交.....	100
第七章 组合体	106
第一节 组合体的形体分析.....	106

第二节	组合体视图的画法	108
第三节	组合体的尺寸标注	113
第四节	组合体视图的识读	117
第八章	视图、剖视图、剖面图	124
第一节	视图	124
第二节	剖视图	127
第三节	剖面图	137
第四节	剖视图与剖面视图的识读	139
第五节	三角投影简介	141
第九章	标高投影	143
第一节	点、直线、平面的标高投影	143
第二节	正圆锥面和地形面的标高投影	151
第三节	工程建筑物的交线	155
第十章	水利工程图	159
第一节	水工图的分类及特点	159
第二节	水工图的表达方式	163
第三节	常见曲面的画法	167
第四节	水工图的尺寸注法	170
第五节	水工图的识读	174
第六节	水工图的绘制	184
第七节	钢筋图	185
第十一章	房屋建筑图	190
第一节	概述	190
第二节	建筑施工图	195
第十二章	机械图	201
第一节	概述	201
第二节	螺纹及螺纹紧固件的画法	202
第三节	零件图	210
第四节	装配图	216

第一章 制图的基本知识

要想掌握绘制和阅读工程图样的能力，首先必须了解制图的基本知识，本章将分别介绍常用的制图工具、基本制图标准和绘图的基本方法。

第一节 常用制图工具

“工欲善其事，必先利其器”。只有具备必要的绘图工具，并掌握正确的使用方法，才能提高绘图的速度和质量。

一、图板

图板是用来固定图纸及作为丁字尺的导边。如图 1-1 所示，图板四周镶以平直的硬木条或铝边，防止图板变形，并可作为丁字尺的导边。图板有大小不同的规格，常用的规格有 A_0 、 A_1 、 A_2 等，用时可根据需要进行选择。校用一般为便携式，设计室一般固定在制图架上。使用时应注意保持工作边的平直和板面的整洁，切勿损坏板面。

二、丁字尺

丁字尺主要用于画水平线和作为三角板的导边。丁字尺由尺头和尺身两部分组成，材料为有机玻璃，如图 1-1 所示。丁字尺有各种规格，一般与图板配套使用。常见的丁字尺有固定式和活动式两种。使用时应将尺头紧靠图板左侧导边，左手握尺头，右手推动尺身，上下滑动，画水平线时将尺身上边缘对准所要画线的位置，笔尖紧靠尺身，笔杆略向右倾斜，从左往右匀速画线，如图 1-2 所示。

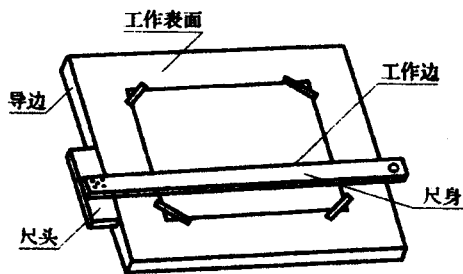


图 1-1 图板和丁字尺

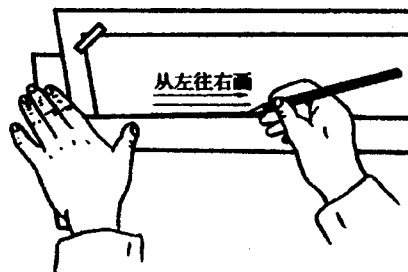


图 1-2 用丁字尺画水平线

三、三角板

一副三角板有两块，其中一块的三个角分别为 30° 、 60° 、 90° ，另一块的两个角分别为 45° 、 45° 、 90° ，用塑料或有机玻璃制成。三角板用途有三方面：

1. 与丁字尺配合画铅垂线。所有铅垂线, 不论长短, 都要用三角板和丁字尺配合画出, 如图 1-3 所示。

2. 与丁字尺配合画 15° 倍角的斜线。一副三角板与丁字尺配合使用, 可画出与水平线分别成 15° 、 30° 、 45° 、 60° 、 75° 等角度的斜线。如图 1-4 所示。

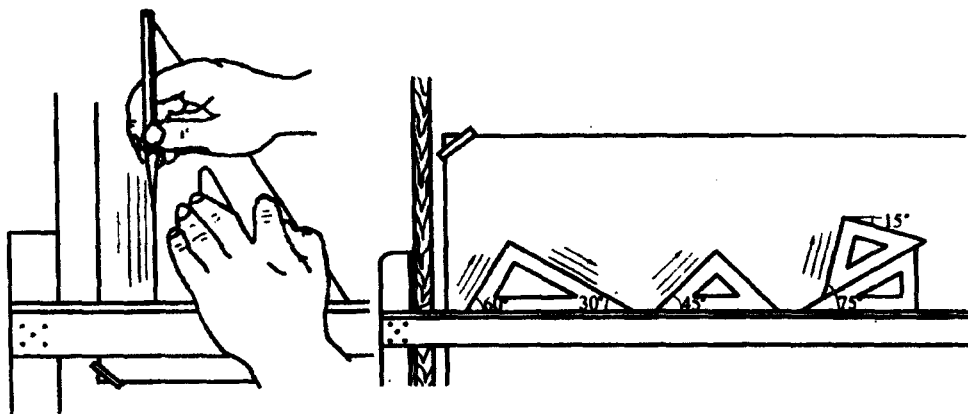


图 1-3 用三角板画铅垂线和斜线

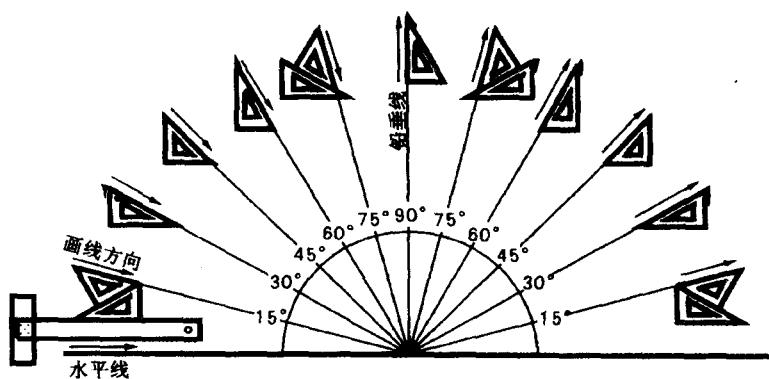
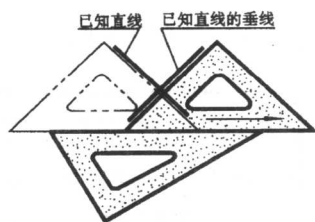


图 1-4 三角板与丁字尺配合画 15° 倍角的斜线

3. 两块三角板配合画任意直线的平行线或垂直线。画线时其中一块三角板起定位作用, 另一块三角板沿其定位边移动并画直线, 如图 1-5 所示。

四、铅笔

铅笔主要用于绘制工程图样中不同型式的线条和文字注写。绘图铅笔的铅芯有软硬之分, 用 B 和 H 表示。B、2B...4B 数字越大表示铅芯越软且色浓黑; H、2H...4H 数字越大表示铅芯越硬且色浅淡; HB 介于软硬之间。绘图时常常用 H 或 2H 的铅笔画底稿, 用 HB 或 B 的铅笔加深底稿, 用 H 或 F (硬度介于 H 和 HB 之间) 的铅笔写字。削铅笔时应保留标号, 以便识别铅芯的软硬度。被削去的笔杆长度为 30~35mm, 露出的铅芯长度 8~10mm, 一般削成圆锥形, 加深粗实线的铅笔芯应磨成扁平形。如图 1-6 (a) 所示。使用铅笔画线时, 应保持笔杆前后方向与纸面垂直, 匀速前进, 并向画线方向倾



(a)画任意直线的垂线



(b)画任意直线的平行线

(a) 画任意直线的垂线

(b) 画任意直线的平行线

图 1-5 两块三角板配合使用

斜约 30° ，如图 1-6 (b) 所示。

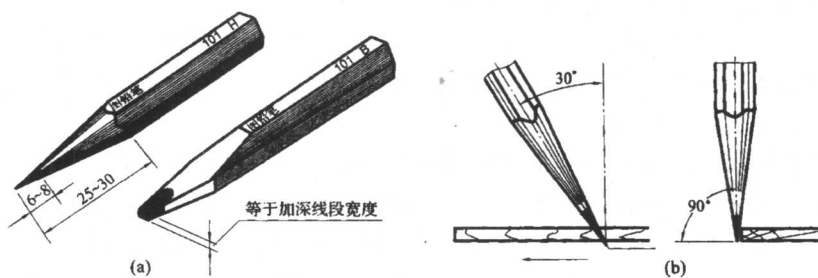


图 1-6 铅笔削法及用法

五、圆 规

圆规是用于画圆及圆弧的。圆规一条腿下端装有带锥形台肩的钢针，用于定圆心，这种台肩式钢针画圆时扎孔深度约 0.5mm ，圆规的另一条腿端部是可拆卸换装的铅芯插脚、鸭嘴插脚或针管笔、钢针插脚，分别绘制铅笔图、墨线图 and 作为分规等分线段，延伸杆用于加长所画圆的半径。铅芯在画底稿时，应磨成截头圆柱或圆锥形，加深底稿时应磨成扁平形。在画圆之前要校正铅芯与钢针的位置，即圆规两腿合拢时，铅芯要与钢针的台肩平齐。画圆时，先用圆规量取所画圆的半径，左手食指将针尖导入圆心位置，再用右手拇指和食指捏住圆规顶部手柄，顺时针方向旋转，速度和用力要均匀，并向前进方向自然倾斜，如图 1-7 所示。

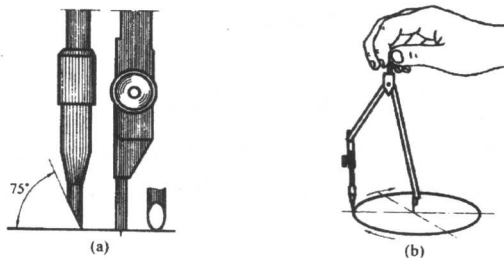


图 1-7 圆规的使用方法

六、擦图片

擦图片由金属或塑料薄片制成，用来修改图中的错误。如图 1-8 所示，使用时，可用擦图片来掩盖需要的图线，将空格对准绘错或多余的图线，再用橡皮擦拭即可避免擦掉其他部分的图线。

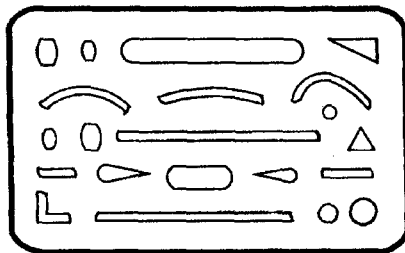


图 1-8 擦图片

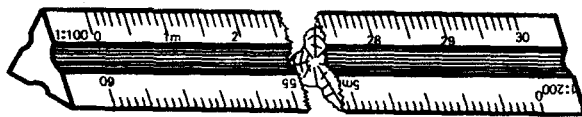
七、橡皮擦

橡皮擦可分为擦拭铅笔线用和擦拭墨线用两种，在绘图过程中，橡皮擦是不可缺少的消耗品，它是用来擦拭画错、多余线条或其他内容，经常配合擦图片使用。

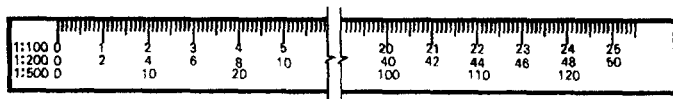
八、比例尺

用图样表达物体，大部分不能按物体的实际尺寸画出，需选用适当的比例将图形缩小（或放大）。比例指图样中图形与其实物相对应的线性尺寸之比，比例尺就是直接用来缩小（或放大）图形的绘图工具。比例尺只用来量取尺寸，不可用来画线。

常用的比例尺有两种：一种是木制或硬塑料制成的，呈三棱柱状，称三棱尺。三棱尺的三个面上有六种不同比例的刻度；另一种是有机玻璃制成的比例直尺，上面有三种不同比例的刻度。如图 1-9 所示，尺上的每种刻度都是按比例计算好长度刻制的，画图时直接从尺上量取所需的长度，可以省去繁琐的计算。比例尺上的刻度数字以米为单位。



(a) 三棱尺



(b) 比例直尺

图 1-9 比例尺

使用比例尺的方法有两种：一种方法是用分规从比例尺上量取尺寸后再移到图纸上，这种方法适用于截取大量重复尺寸。另一种方法是将比例尺放在图纸上直接量取图线的长度。

在比例尺 1:100 的刻度上，也可读出 1:1、1:10、1:1 000 等比例的尺寸。同理在比例尺 1:200 的刻度上，也可读出 1:2、1:20、1:2 000 等比例的尺寸。

九、曲线板

曲线板用于画非圆曲线，多用塑料或有机玻璃制成。曲线板画曲线时，首先用作图方法定出曲线上一系列的点，并徒手轻轻地用铅笔将各点用细实线连成曲线，如图 1-10 (a) 所示，然后在曲线板上选择与曲线吻合的部分，尽量多吻合一些，应不少于三点，从起点到终点按顺序分段描绘。描绘时应将吻合段的末尾留下一段暂不描绘，待下一段描绘时重合，以使曲线连接光滑，如图 1-10 (b)、(c)、(d) 所示。

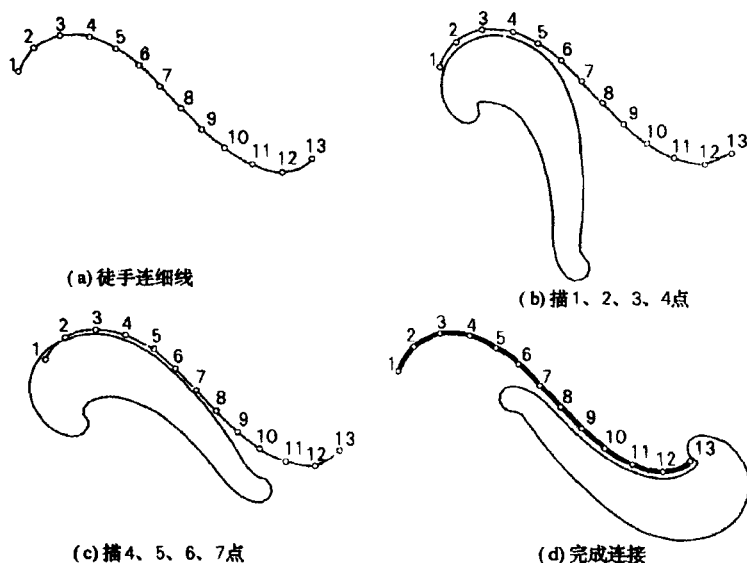


图 1-10 曲线板的用法

十、针管笔

针管笔是用来描图的新型工具。它由笔帽、套头、针笔头、墨水管和笔杆等组成。ISO 规格有：0.13、0.18、0.25、0.35、0.5、0.7、1.0、1.4、2.0 (mm)，采用等比分级，各级间比例为 $1:\sqrt{2}$ 。

针管笔使用前，必须加注特制的碳素墨水，画图结束时，应立即旋紧笔帽，以防止笔尖墨水干固。运笔画线时，应使针尖与纸面垂直，以避免线条粗细不匀，或使笔尖磨损。当针管笔过久未使用或笔尖已阻塞时，应拆洗针笔头。

第二节 基本制图标准

图样是工程界的技术语言，为了便于生产和进行技术交流，使绘图和看图有一个共同的准则，必须对图样的画法、尺寸注法及其采用的符号（代号）等做统一的规定，这个统一的规定就是制图标准。

本书采用我国 1999 年颁布的国家标准《技术制图》GB/T 及 1995 年由水利部颁布的《水利水电工程制图标准》SL73-95。本节主要介绍：图幅、比例、图线、字体、

尺寸注法等基本制图标准，其他有关标准将在后续章节逐步介绍。

一、图纸格式

(一) 图 幅

图纸幅面简称为图幅，即图纸的面积，用图纸的短边 $\times$ 长边 $= B \times L$ 表示。为了便于图纸的保管和合理利用，制图标准对图纸的基本幅面规定了 5 种不同的尺寸，如表 1-1。由表 1-1 可以看出，图纸幅面以 A_0 、 A_1 、 A_2 、 A_3 、 A_4 为代号，各种图幅之间的关系，如图 1-11 所示。

表 1-1 基本幅面及图框尺寸

幅面代号	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
B × L	841 × 1 189	594 × 841	420 × 594	297 × 420	210 × 297
e	20		10		
c	10			5	
a	25				

图幅在应用中，面积不够大时，根据要求允许在基本幅面的短边成整数倍加长，具体尺寸可参看有关的制图标准。

(二) 图 框

无论用哪种图幅的图纸绘制图样，均应先在图纸上绘出图框线，图形只能绘在图框内。图框线用粗实线绘制，线宽为 $1 \sim 1.5b$ (b 为粗实线宽度代号)。图框的格式有两种：

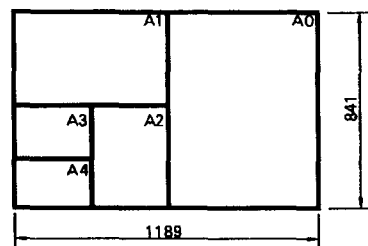


图 1-11 各种图幅的关系

(1) 非装订式。这种格式在采用先进的绘图、晒图设备时，对绘图、复制、折叠、保管和使用都十分方便，所以应优先选用，如图 1-12 所示。

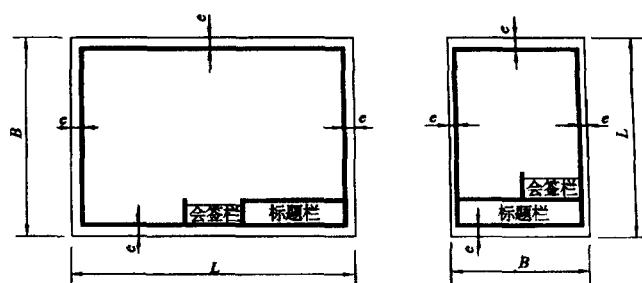


图 1-12 非装订式

(2) 装订式。该格式是在不留装订边的基础上，附加装订边以满足使用上的习惯，如图 1-13 所示。但这种格式不适应在先进的绘图设备上使用，最终将被淘汰。图纸在

使用中，一般是 A₄ 图幅长边置于垂直方向，其他图幅长边置于水平方向，如图 1-12 和图 1-13 所示。

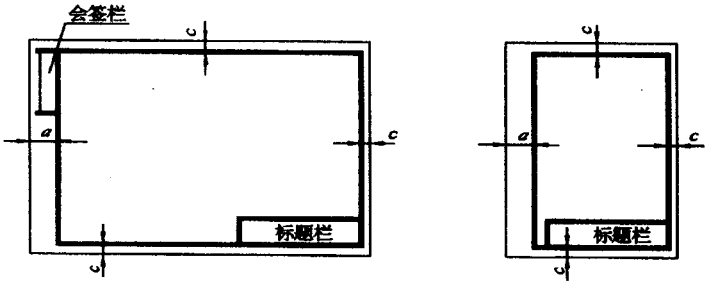


图 1-13 装订式

(三) 标题栏

标题栏是图样的重要内容之一，每张图纸都必须画出标题栏。图样中的标题栏（简称图标）应放在图纸右下角。标题栏的外框线为粗实线，标题栏的分格线为细实线，线宽约 $b/3$ 。A₀、A₁ 图幅可采用的如图 1-14 (a) 所示标题栏；A₂ - A₄ 图幅可采

71 8×7=56	(单 位 名 称)						45
	批准			(工程名称)			设计
	核定						部分
	审查			(图 名)			
	校核						
	设计						
	制图						
	描图			比例		日期	
	设计证号			图号			
20 35 15 20 35 20 35 180							

(a) 标题栏 (A₀、A₁)

54 6×7=42	(单位名称)				20
	核定			(工程名称)	设计
	审查			(勘测队名称)	部分
	校核			(图名)	
	制图				
	描图				
	比例			图号	
	10 20 10 10 40 90				

(b) 标题栏 (A₂ - A₄)

图 1-14 标题栏格式、内容、尺寸

用如图 1-14 (b) 所示标题栏。

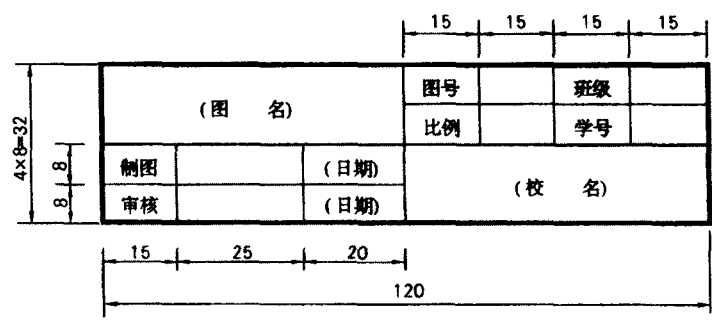


图 1-15 作业用标题栏

标题栏中的字体，应按国标规定书写。校内作业建议采用图 1-15 所示的标题栏，图名用 10 号，校名用 7 号，其余均用 5 号字体。

(四) 会签栏

图 1-16 所示会签栏是供各种设计负责人签署单位、姓名和日期的表格，内容、格式及尺寸应按该图式样绘制。会签栏的位置如图 1-12 和 1-13 所示。不需会签的图纸，可不设会签栏。

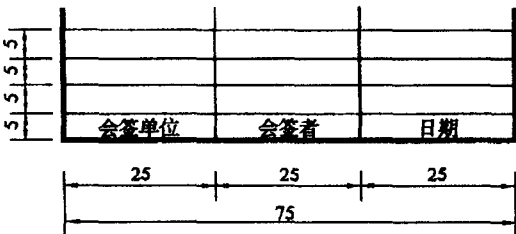


图 1-16 会签栏

二、图 线

(一) 图线及其应用

为了使图样中所表达的内容主次分明，制图标准规定应采用各种不同型式和不同粗细的线，分别表示不同的意义和用途，绘图时必须遵照这些规定。常用的几种线型的形式和用途见表 1-2。

图线的宽度 b 表示粗实线的粗细，应根据图形的大小和复杂程度，在 0.5 ~ 2.0mm 系列中选用。常用的 b 值为 0.7mm 或 1.0mm。其他各种线型的粗细，均以粗实线宽度 b 为比例值进行计算。具体要求参看表 1-2。

各种图线的应用举例如图 1-17 所示。

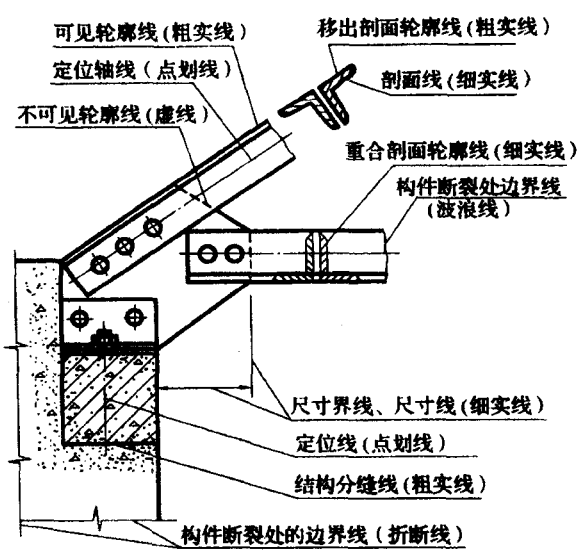
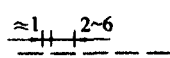
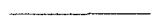
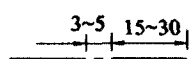
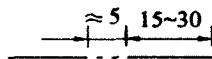
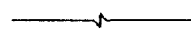


图 1-17 各种图线在工程图中的应用

表 1-2 图 线

序号	图线名称	线 型	线 宽	一 般 用 途
1	粗实线		粗	(1) 可见轮廓线 (2) 钢筋 (3) 结构分缝线 (4) 材料分界线 (5) 断层线 (6) 岩性分界线
2	虚线		中粗	(1) 不可见轮廓线 (2) 不可见结构分缝线 (3) 原轮廓线 (4) 推测地层界线
3	细实线		细	(1) 尺寸线和尺寸界线 (2) 剖面线 (3) 示坡线 (4) 重合剖面的轮廓线 (5) 钢筋图的构件轮廓线 (6) 表格中的分格线 (7) 曲线上的素线 (8) 引出线
4	点划线		细	(1) 中心线 (2) 轴线 (3) 对称线
5	双点划线		细	(1) 原轮廓线 (2) 假想投影轮廓线 (3) 运动构件在极限位置或中间位置的轮廓线
6	波浪线		细	(1) 构件断裂处的边界线 (2) 局部剖视的边界线
7	折断线		细	(1) 中断线 (2) 构件断裂处的边界线

(二) 图线的规定画法

1. 同一张图纸上同类图线的宽度应基本一致。
2. 同一张图纸上虚线、点划线的线段长度和间隔应大致相等。
3. 点划线中的“点”不是小圆点，而是小短划，大约 1mm 长，点划线的首末端应是线段而不应该是点。
4. 各种图线均应在线段处相交，不应交于线段空隙或点划线的“点”上，但虚线若为粗实线的延长线时，应在相接处留有空隙。
5. 用点划线表示圆的中心线时，圆心应是线段的交点，点划线两端应超出圆弧 3~5mm，当圆的直径小于 10mm 时，可用细实线代替点划线。

三、比 例

图样中图形与其实物相对应的线性尺寸之比称为比例。比值为 1 称原值比例 (1:1), 即图形与实物同样大; 比值大于 1 称放大比例, 如 2:1, 即图形是实物的两倍, 比值小于 1 称缩小比例, 如 1:2, 即图形是实物的二分之一。图样上的比例只反映图形与实物大小的缩放关系, 图中标注的尺寸数值应为实物的真实大小, 与图样的比例无关。如图 1-18 所示, 三个图形比例不同, 图形相似大小不一样, 但是标注的尺寸数字完全相同, 即它们表达的是形状和大小完全相同的一个物体。

绘图时, 应采用表 1-3 规定的比例, 并应优先用表中的常用的比例。

在图纸上必须注明比例, 当整张图纸只用一种比例时, 应统一注写在标题栏内, 否则应区别注写。

表 1-3 绘 图 比 例

(单位: mm)

种 类	比 例		
原值比例	1:1		
放大比例	5:1	2:1	
	$5 \times 10^n : 1$	$2 \times 10^n : 1$	$1 \times 10^n : 1$
缩小比例	1:2	1:5	1:10
	$1:2 \times 10^n$	$1:5 \times 10^n$	$1:1 \times 10^n$

注: n 为整数。

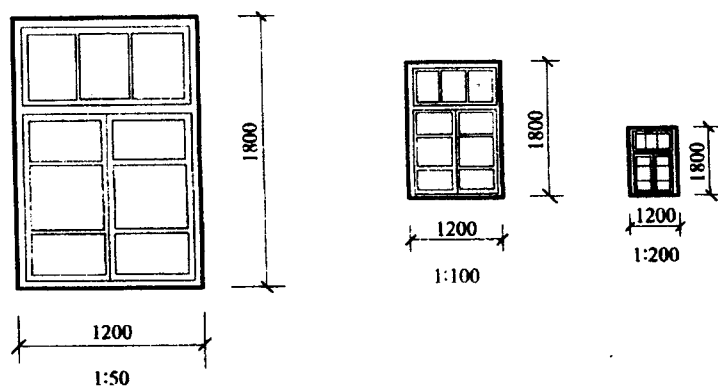


图 1-18 用不同比例画出窗的图形

四、字 体

字体是图样中的重要内容。图样上除了绘制物体的图形外, 还要用汉字填写标题栏、说明事项; 用数字标注尺寸; 用字母注写各种代号或符号。制图标准对图样中的汉字、数字、字母的字型和大小作出规定, 并要求书写时必须做到: 字体工整、笔划清楚、间隔均匀、排列整齐。

字体的大小用字体的号数代表。字体的号数 (简称字号) 指字体的高度, 用 h 表