

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



TUMUGONGCHENG ZHITU

土木工程制图

于春艳 邵文明 主 编
纪 花 顾世权 副主编



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



TUMUGONGCHENG ZHITU

土木工程制图

主 编 于春艳 邵文明
副主编 纪 花 顾世权
编 写 刘玉杰 李力强
主 审 范国庆



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”规划教材。全书共分十一章, 主要内容包括制图的基本知识, 点、直线和平面的投影, 立体及其表面交线, 轴测投影图, 工程形体的表达方法, 阴影、透视投影, 标高投影, 建筑施工图, 结构施工图, 道路、桥梁、隧道、涵洞工程图, 水利工程图等。本书根据国家质量监督检验检疫总局、建设部于 2001 年 11 月联合发布的《房屋建筑制图统一标准》(GB/T 50012—2001) 等六项国家标准, 并经过大量的调查研究, 在广泛征求房屋建筑工程各专业对工程制图课程的意见和要求的基础上, 综合一些学校教学改革成果及各位编者在该专业多年的教学经验而编写完成的。书中所涉及国家标准的有关内容全部采用最新标准, 在编写上体现素质教育, 着重对学生绘图和读图能力的培养。为配合教学需要, 另编有《土木工程制图习题集》与本教材配套使用。

本书可作为高等院校本科土木工程专业(包括土木工程、道路与桥梁、建筑工程、市政工程、水利水电工程等有关专业)等相关专业的教材, 也可供相关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程制图/于春艳, 邵文明主编. —北京: 中国电力出版社, 2008

普通高等教育“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5083-7683-7

I. 土… II. ①于…②邵… III. 土木工程-建筑制图-高等学校-教材 IV. TU204

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 102117 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2008 年 8 月第一版 2008 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 18.75 印张 460 千字 1 插页

定价 30.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

为贯彻落实教育部《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》和《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》的精神,加强教材建设,确保教材质量,中国电力教育协会组织制订了普通高等教育“十一五”教材规划。该规划强调适应不同层次、不同类型院校,满足学科发展和人才培养的需求,坚持专业基础课教材与教学急需的专业教材并重、新编与修订相结合。本教材为新编教材。

本教材是根据国家质量监督检验检疫总局、建设部于2001年11月联合发布的《房屋建筑制图统一标准》(GB/T 50001—2001)、《总图制图标准》(GB/T 50103—2001)、《建筑制图标准》(GB/T 50104—2001)、《建筑结构制图标准》(GB/T 50105—2001)、《道路工程制图标准》(GB 50162—1992)以及《水利水电制图标准》(SL 73—1995)等项国家标准,参照教育部修订的《高等学校工程图学课程教学基本要求》,并经过大量的调查研究,在广泛征求土木工程各专业对工程制图课程的意见和要求,综合一些学校教学改革成果及各位编委在该专业多年的教学经验而编写完成的。本教材可作为高等学校本科土木工程专业(包括房屋建筑、道路与桥梁、市政工程、水利水电工程等有关专业)等相关的专业选用。另外还编写了《土木工程制图习题集》,与本教材配套使用。

本教材在知识结构方面可分为三大部分:

1. 画法几何 包括投影法、点线面投影、立体及其表面交线等内容。
2. 制图基础 包括制图的基本知识和技能、组合体、轴测图、形体表达方法、阴影与透视等内容。
3. 建筑制图 包括建筑工程图、结构工程图等内容。教学时,可根据各专业的需要对内容作不同的取舍。

本教材在编写过程中,注意语言精练,内容准确,通俗易懂。例题典型,重点突出,注重理论联系实际,以增加学生对所学专业 and 实际工程的了解。从对人才的知识、素质、能力综合培养的要求出发,密切结合我国工程实际,努力反映近代绘图新技术,贯彻新标准。由浅入深,循序渐进,内容丰富,适用面广。

本教材使用过程中,可选用与其配套的《土木工程制图》多媒体课件,该课件可以在Windows 98、Windows XP、Windows 2000等环境下直接运行,涵盖了教材中的所有内容,特别是对教学中的难点,如立体表面的交线,工程形体的表达及阅读工程形体视图等内容,使用三维动画直观地向学生展示三维空间立体与二维平面图形的转换过程,有利于攻克教学难点,使学生更好的掌握相关的知识。课件的研制,注重教学内容直观化;抽象问题形象化;感性认识强烈化;学习难点轻松化;能力培养具体化。

本教材由长春工程学院于春艳、邵文明主编,本教材的编写分工如下:第一、二、十一章由长春工程学院邵文明编写;第三、五章由长春工程学院于春艳编写;第四章由长春工程学院李力强编写;第六、八、九章由长春工程学院顾世权编写;第七、十章由长春工程学院纪花编写。书中插图全部由长春工程学院刘玉杰绘制编写。

本教材由长春工程学院范国庆教授主审，审稿人对本教材初稿进行了详尽的审阅和修改，提出许多宝贵意见，在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在缺点和错误，敬请读者批评指正。

编 者

2008 年 5 月



目

录

前言

绪论	1
第一章 制图的基本知识	3
第一节 图纸幅面、比例、图线和字体的规定	3
第二节 绘图工具及其使用	9
第三节 几何作图	12
第四节 平面图形的分析及画法	17
第二章 点、直线和平面的投影	20
第一节 投影的基本知识	20
第二节 点的投影	22
第三节 直线的投影	24
第四节 平面的投影	31
第五节 直线与平面、平面与平面的相对位置	37
第六节 投影变换	44
第三章 立体及其表面交线	53
第一节 立体的投影	53
第二节 平面、直线与立体相交	60
第三节 两立体相贯	67
第四节 工程曲面	80
第四章 轴测投影图	84
第一节 轴测图的基本概念	84
第二节 平面形体正等轴测图	85
第三节 曲面形体正等轴测图	89
第四节 斜轴测图	93
第五章 工程形体的表达方法	97
第一节 工程形体的画法	97
第二节 建筑形体的尺寸标注	101
第三节 剖面图	106
第四节 断面图	112
第五节 简化画法	115
第六节 建筑形体投影图的读法	116
第六章 阴影、透视投影	121
第一节 阴影概述	121
第二节 点和直线的落影	122

第三节	平面立体与建筑形体的阴影	129
第四节	曲面立体的阴影	135
第五节	透视投影概述	137
第六节	两点透视图的画法	143
第七节	曲线、曲面、曲面形体的透视	152
第七章	标高投影	156
第一节	点、直线和平面的标高投影	156
第二节	曲面的标高投影	166
第三节	工程实例	170
第八章	建筑施工图	177
第一节	概述	177
第二节	总平面图和施工总说明	182
第三节	建筑平面图	186
第四节	建筑立面图	196
第五节	建筑剖面图	199
第六节	建筑详图	201
第九章	结构施工图	211
第一节	概述	211
第二节	钢筋混凝土构件施工图	213
第三节	基础施工图	220
第四节	楼层结构平面布置图	224
第五节	楼梯结构详图	227
第十章	道路、桥梁、隧道、涵洞工程图	232
第一节	道路路线工程图	232
第二节	城市道路路线工程图	239
第三节	道路交叉口	243
第四节	桥梁工程图	247
第五节	隧道工程图	262
第六节	涵洞工程图	266
第十一章	水利工程图	272
第一节	概述	272
第二节	水利工程图的分类	273
第三节	水利工程图的表达方式和尺寸标注	275
第四节	阅读和绘制水利工程图	283
参考文献		293

绪 论

一、本课程的地位、性质和任务

工程图样被喻为“工程技术界的语言”，它既是表达、交流技术信息的重要工具，也是工程技术部门指导生产、施工管理的一项重要技术文件。土木建筑和水利工程，包括房屋、道路与桥梁、水利等工程建设，都是先进行设计，绘制图样，然后按图施工的，所以土建、水利等方面的工程技术人员都必须能够熟练地绘制和阅读本专业的工程图样。因此，为了培养获得工程师初步训练的高级工程技术应用型人才，在高等工程院校土建、水利等专业的教学计划中，都设置了《土木工程制图》这门主干技术基础课。这门课程研究绘制和阅读工程图样的理论和方法，并培养学生的制图技能和空间想象力；同时，它又是学生学习后继课程和完成课程设计不可缺少的基础。这门课程为学生的绘图和读图能力打下一定的基础，并应在后继课程、生产实习、课程设计和毕业设计中继续培养和提高，使他们能获得在绘图和读图方面的工程师初步培训。

本课程的主要任务是：

- (1) 正确使用绘图仪器和工具，熟练掌握绘图技巧。
- (2) 学习投影法（主要是正投影法）的基本理论及其应用。
- (3) 学习、贯彻制图国家标准及其他有关规定。
- (4) 培养绘制和阅读本专业的工程图样的基本能力。
- (5) 培养空间思维和想象能力。

此外，还必须培养学生认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

二、本科课程的内容和要求

本课程包括三部分内容：

- (1) 画法几何 包括投影法、点线面投影、立体及其表面交线等内容。
- (2) 制图基础 包括制图的基本知识和技能、组合体、轴测图、工程形体表达方法、阴影与透视等内容。
- (3) 建筑制图 包括建筑工程图、结构工程图等内容。教学时，可根据各专业的需要对内容作不同的取舍。

上述三部分的主要内容与要求是：

(1) 通过学习制图的基本知识和技能、熟悉并遵守制图国家标准的基本规定，学会正确使用绘图工具和仪器，掌握绘图的方法与技巧。

(2) 通过学习正投影原理和投影图，掌握用正投影法表示空间物体的基本理论与方法，训练绘制与阅读空间物体投影图的能力。投影图是按正投影原理和制图标准所规定的图样画法绘制的，在学习投影图的过程中，不仅要应用制图标准规定的基本规格、正投影原理、正确的绘图方法与技巧。而且应进一步熟悉和贯彻制图标准中有关符号、图样画法、尺寸标注等规定，掌握物体的投影、尺寸标注和读法，并掌握轴测图的基本画法和物体的草图画法。形体的投影画法、尺寸标注和读法，是绘制与阅读有关专业图的基础，是学习课程的重点。

(3) 通过学习专业图, 熟悉有关专业图纸(如房屋、水工建筑、道路、桥梁等图样)的内容和图示特点, 包括专业制图有关标准规定的图示特点和表达方法; 初步掌握绘制与阅读本专业建筑物图样的方法; 能根据专业需要正确绘制和阅读不太复杂的钢筋混凝土结构的图样。

三、本课程的学习方法

(1) 由于本课程是一门实践性较强的课程, 所以必须切实加强实践性教学环节, 认真地完成一定数量的习题和作业。通过习题和作业, 理解和应用投影法的基本理论; 贯彻制图标准的基本规定; 熟悉初步的专业知识; 训练手工绘图和计算机绘图的操作技能; 培养对三维形状和相关位置的空间逻辑思维和形象思维能力; 培养绘图和读图能力。

(2) 学习画法几何, 应在理解几何形体的投影特性基础上, 通过想象形体之间的相对位置进行几何分析, 通过形象思维和逻辑推理确定解决图示空间几何形体和图解空间几何问题的步骤, 然后循序作图完成。

(3) 学习制图基础, 应了解、熟悉和严格遵守制图标准的有关规定, 踏实地进行制图技能的操作训练, 养成正确使用制图工具、仪器, 以及正确地循序制图和准确作图的习惯, 在培养绘制和阅读工程形体图样的基本能力时, 必须由浅入深地反复通过由物画图, 由图想物, 分析和想象空间形体与图纸上图形之间的对应关系, 逐步提高对三维形状与相关位置的空间逻辑思维能力和形象思维能力, 掌握正投影基本作图方法及其应用。

(4) 在学习土木建筑专业图阶段, 应结合所学的一些初步专业知识, 运用制图基础阶段所学的制图标准的基本规定和当前所学的专业制图标准的有关规定, 读懂教材和习题上所列出的主要图样, 在绘制专业图作业时, 必须在读懂已有图样的基础上进行制图, 继续进行制图技能的操作训练, 严格遵守制图标准的各项规定, 坚持培养认真负责的工作态度, 从而达到培养绘制和阅读专业图样的初步能力。

(5) 在学习本课程的过程中, 应逐步提高自学能力、分析问题和解决问题的能力, 及时复习和进行阶段小结, 学会通过自己阅读作业提示和查阅教材来解决习题和作业中的问题, 作为培养今后查阅有关标准、规范、手册等资料来解决工程实际问题的能力的起步。要有意识地逐步将中学时期的学习方法转变为适应于高等工科学校的学习方法。

(6) 工程图样是指导施工的主要依据。因此绘制工程图样时, 一定要做到图形正确, 表达清晰, 图面整洁, 能确切地表明建筑物、结构物的形状、大小和技术要求。如出现错误, 不但会给施工带来困难, 而且还会造成财产的损失。因此, 在学习工程中, 一定要严肃认真, 耐心细致, 具有刻苦钻研, 一丝不苟的学习态度和工作作风。

第一章 制图的基本知识

图样是生产过程中的重要技术资料 and 主要依据。在画图和看图过程中, 首先应对制图的基本知识有所了解。基本知识内容包括技术制图的基本规定; 绘图工具的正确使用; 几何图形的作图方法以及画图的基本技能等。

第一节 图纸幅面、比例、图线和字体的规定

作为指导生产的技术文件, 工程图样必须有统一的标准。这些标准对科学地进行生产和图样的管理工作起着重要作用, 在绘图时均应熟悉并严格遵守国家标准的有关规定。

在技术制图标准规定中对图纸幅面、比例、图线和字体均有明确规定。

一、图纸幅面和格式 (GB/T 14689—1993)

(1) 绘制图样时, 应优先采用表 1-1 中规定的基本幅面。

表 1-1 图纸幅面和边框尺寸

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

当基本幅面不能满足视图的布置时, 可使用加长幅面。加长幅面是使基本幅面的短边成整数倍增加, 其幅面大小在技术制图标准中均有规定。

(2) 画图时先定出图纸幅面, 并用粗实线画出图框; 图框有留装订边和不留装订边两种, 其格式见图 1-1 和图 1-2, 尺寸按表 1-1 中的规定。

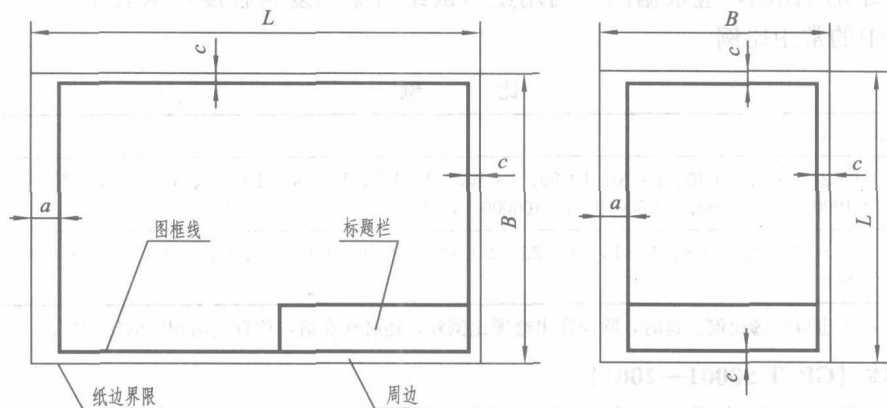


图 1-1 留装订边格式

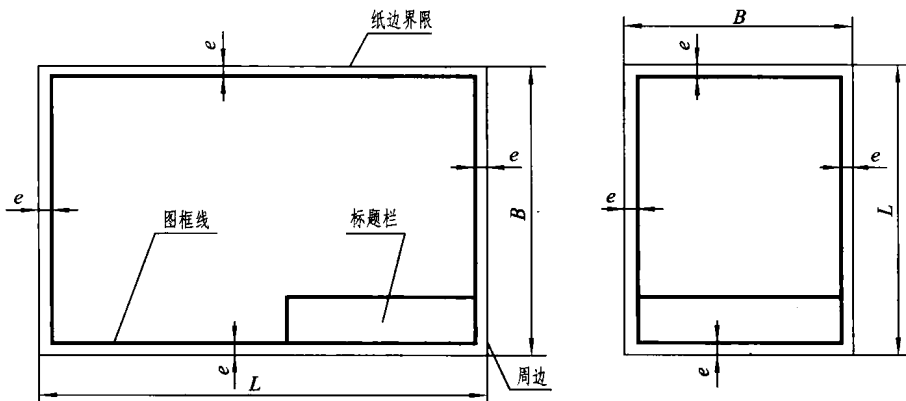


图 1-2 不留装订边格式

(3) 图纸可以横放，也可以竖放。但每张图纸均要有标题栏，为使看图方向与标题栏方向一致，通常标题栏置于图纸的右下角。

《房屋建筑制图统一标准》(GB/T 50001—2001) 对标题栏的格式和尺寸均做了规定，其内容项目较多。学生学习时，制图作业的标题栏建议采用图 1-3 所示的格式。

				15	20	15	20		
(校名)				No		日期		32	
				批阅					成绩
制图		专业		(图名)					
班级		学号							
15	20	15	20	70					
				140					

图 1-3 标题栏

二、比例 (GB/T 50001—2001)

(1) 比例。比例是指图形与实物相应要素的线性尺寸之比。

(2) 绘图所用比例，应根据图样的用途与被绘对象的复杂程度，从表 1-2 中选用，并优先选用表中的常用比例。

表 1-2

比 例

原值比例	1 : 1
常用比例	1 : 2、1 : 5、1 : 10、1 : 20、1 : 50、1 : 100、1 : 150、1 : 200、1 : 500、1 : 1000、1 : 2000、1 : 5000、1 : 10000、1 : 20000、1 : 50000、1 : 100000、1 : 200000
可用比例	1 : 3、1 : 4、1 : 6、1 : 15、1 : 25、1 : 30、1 : 40、1 : 60、1 : 80、1 : 250、1 : 300、1 : 400、1 : 600

注 特殊情况下也可自选比例。这时，除应注出绘图比例外，还必须在适当位置绘出相应的比例尺。

三、字体 (GB/T 50001—2001)

在图样上除了应表达形体的形状外，还需要用文字和数字注明形体的大小、技术要求及其他说明。

(一) 字体的书写

字体书写必须做到字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐。

(二) 字体的号数

字体的号数即字体的高度。字体的高度 h 系列为：2.5，3.5，5，7，10，20mm。汉字高度不应小于 3.5mm；拉丁字母、阿拉伯数字或罗马数字的字高应不小于 2.5mm。

(三) 字体的宽度

字体的宽度 b 一般为 $h/\sqrt{2}$ ，即字体的宽度 b 约等于字体高度 h 的 2/3。字母和数字分 A 型和 B 型，A 型字体笔画宽度为字高的 1/14，B 型字体笔画宽度为字高的 1/10。在同一图样中应采用同一型式的字体。

(四) 字体的示例

字体分成直体和斜体两种，斜体字头向右倾斜，与水平线成 75°，字母和数字一般写成斜体。

1. 汉字

汉字采用长仿宋字体，不分斜体或直体。其书写要点是横平竖直、注意起落、结构均匀、填满方格。应将汉字的基本笔画练习好，汉字的基本笔画为横、竖、撇、捺、挑、点、钩、折。其基本笔画见表 1-3。

表 1-3 长仿宋字体基本笔画

名 称	横	竖	撇	捺	挑	点	钩	折
形 状	—	丨	丿	㇏	㇀	丶	乛 乚 乚	𠃍
笔 法	—	丨	丿	㇏	㇀	丶	乛 乚 乚	𠃍

汉字示例如图 1-4 所示。

10号字

字体工整 笔画清楚 间隔均匀 排列整齐

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

图 1-4 长仿宋字体

2. 字母和数字

字母和数字常用斜体，如图 1-5～图 1-8 所示。

A型大写斜体

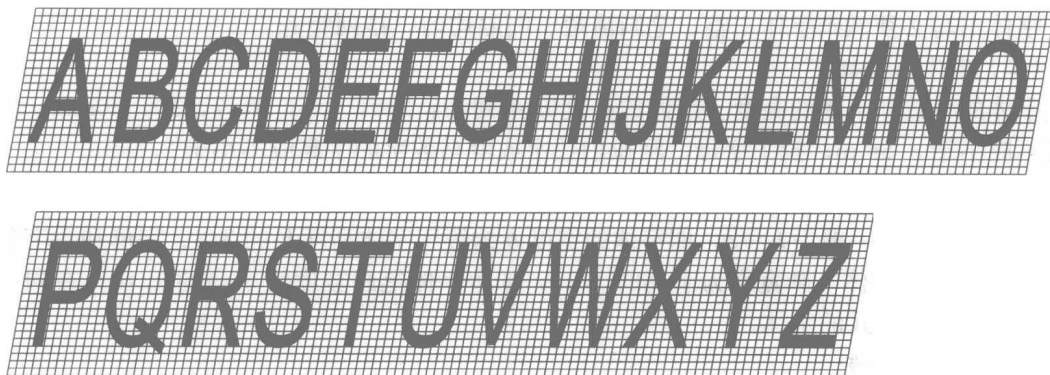


图 1-5 大写拉丁字母

A型小写斜体

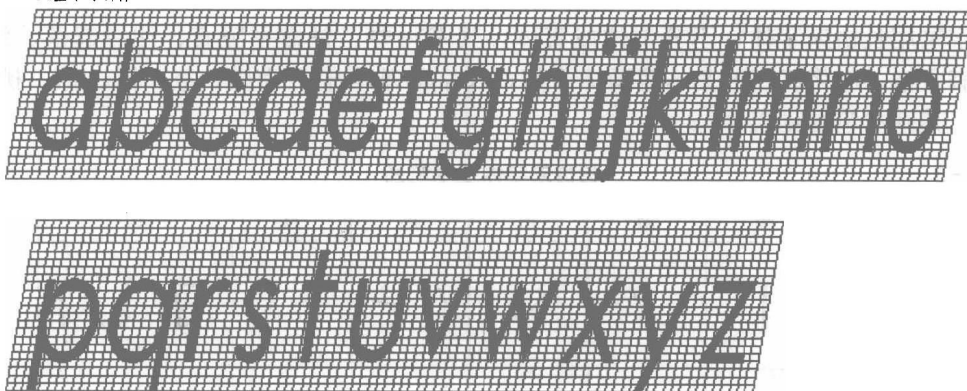


图 1-6 小写拉丁字母

A型斜体

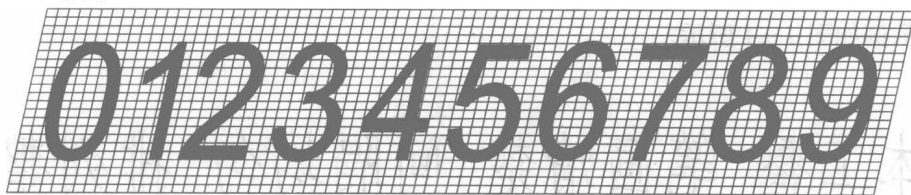


图 1-7 阿拉伯数字

A型斜体

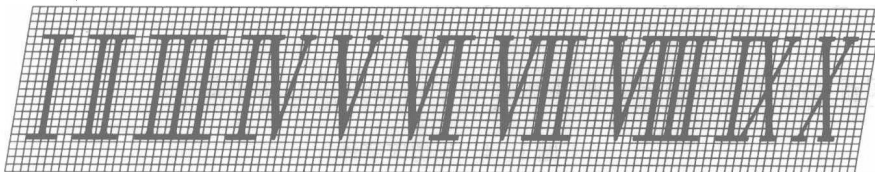


图 1-8 罗马数字

四、图线及其画法 (GB/T 50001—2001)

各种图形都是由不同的图线组成的，不同形式的图线有不同的含义，用以识别图样的结构特征。

1. 基本线型

国标规定下列基本线型 (表 1-4)。

表 1-4 基本线型

名 称	线 型	线宽	一 般 用 途
粗 实 线		b	主要可见轮廓线
中 实 线		$0.5b$	可见轮廓线
细 实 线		$0.25b$	可见轮廓线、图例线等
虚 线		$0.25b$	不可见轮廓线
细点画线		$0.25b$	中心线、对称线等
折 断 线		$0.25b$	断开界线
波 浪 线		$0.25b$	断开界线
双点画线		$0.25b$	假想轮廓线、成型前原始轮廓线

2. 图线的宽度

图样是由不同粗细的线条所组成，每种线条有规定的用途。

绘图时，应根据图样的复杂程度与比例大小，先确定基本线宽，图线的宽度 b 从下列线宽系列中选取：0.18，0.25，0.35，0.5，0.7，1.0，1.4，2.0mm。

3. 图线画法

(1) 在同一张图样中，同类图线的宽度应一致。虚线、点画线、双点画线的线段长度和间隔应大致相等。

(2) 两条平行线之间的最小间隙不宜小于其中的粗线的宽度，且不得小于 0.7mm。

(3) 绘制圆的中心线时，圆心应为线段的交点，而不得画成点或间隔。小圆（一般直径小于 12mm）的中心线、小图形的双点画线均可用细实线代替。

中心线的两端应超出所表示的相应轮廓线 3~5mm 左右。以上画法如图 1-9 所示。

(4) 当虚线是粗实线的延长线时，虚线应留有空隙。虚线与图线相交时，应在线段处相交，如图 1-10 所示。

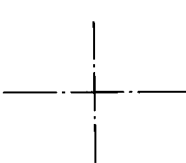


图 1-9 圆的中心线画法



图 1-10 虚线连接处的画法

五、尺寸注法 (GB/T 50001—2001)

图样除了表达形体的形状外，还应标注尺寸，以确定其真实大小。

1. 基本规则

(1) 形体的真实大小应以图样上所标注的尺寸数值为依据, 与图形的大小及绘图的准确度无关。

(2) 图样中(包括技术要求和其他说明)的尺寸, 以 mm 为单位时, 不需标注计量单位的代号或名称。如果要采用其他单位时, 则必须注明相应的计量单位的代号或名称。

(3) 形体的每一尺寸, 一般只标注一次, 并应标注在反映该形体最清晰的图形上。

2. 尺寸的组成及其注法的基本规定

如图 1-11 所示, 每个完整的尺寸, 一般由尺寸界线、尺寸线、尺寸起止符号和尺寸数字组成。

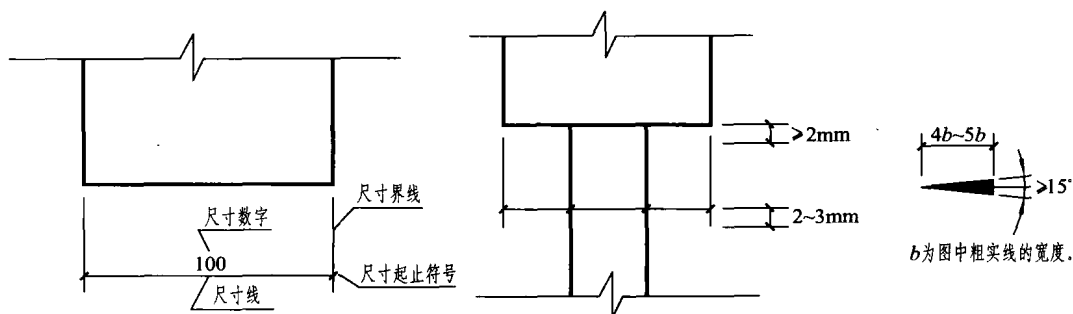


图 1-11 尺寸的组成

尺寸线、尺寸界线用细实线绘制, 尺寸界线一般应与被注尺寸垂直, 一端离开图样轮廓线不小于 2mm, 另一端超出尺寸界线 2~3mm; 必要时, 图样轮廓线可用作尺寸界线。尺寸线应与被注尺寸平行, 不得超出尺寸界线, 也不能用其他图线代替或与其他图线重合; 尺寸线与所标注的线段间距应大于 10mm, 两相邻平行尺寸线的间距为 7~10mm, 在一幅图中保持一致。

尺寸起止符号一般用中实线的斜短划绘制, 其倾斜的方向应与尺寸界线成顺时针 45°角, 长度 2~3mm。

半径、直径、角度、弧长的尺寸起止符号宜用箭头表示, 箭头画法如图 1-11 所示。

尺寸数字的读数方向, 应按图 1-12 (a) 中的规定注写; 若尺寸数字在 30°斜线区域内, 宜按图 1-12 (b) 中图的形式注写。角度、弧长的尺寸数字必须水平书写。

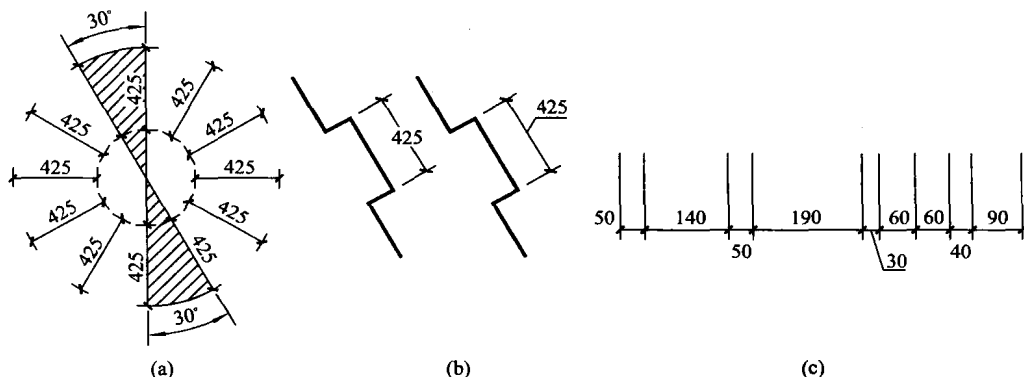


图 1-12 尺寸数字的读数方向

尺寸数字应依其读数方向写在尺寸线的上方或左方的中部，如没有足够的注写位置，最外的数字可注写在尺寸界线的外侧，中间相邻的尺寸数字可错开注写，也可引出注写，如图 1-12 (c) 所示。

第二节 绘图工具及其使用

正确使用绘图工具对提高绘图速度和质量起着重要作用。因此，必须正确和熟练掌握它们的使用方法。

绘图工具包括铅笔、图板、丁字尺、三角板、圆规、分规、比例尺和曲线板等。

一、铅笔

铅芯的软硬度用 B 或 H 表示。B 前数字越大，表示铅芯越软，H 前数字越大，表示铅芯越硬。HB 表示铅芯软硬适中，画图时用 H 或 2H 铅笔画底稿，用 B 或 HB 铅笔加粗加深图线，用 HB 铅笔写字。铅笔可修磨成圆锥形或矩形，如图 1-13 所示。

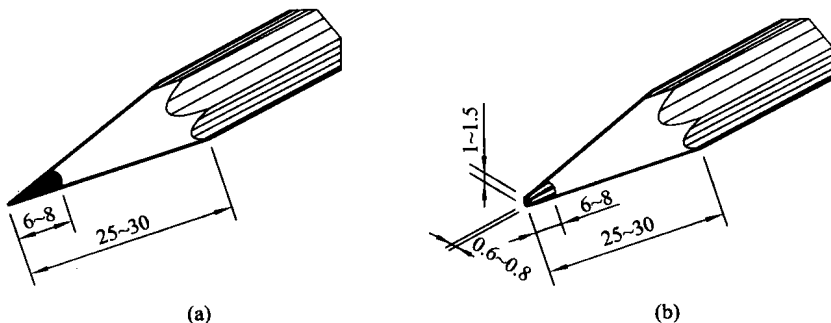


图 1-13 铅笔削法

(a) 锥形；(b) 矩形

二、图板和丁字尺

图板是铺放图纸的垫板，板面应平整光洁，左边是导向边。

丁字尺由尺头和尺身组成，主要用来绘制水平线，也可与三角板配合绘制垂直线及与水平方向成 30° 、 45° 、 60° 的倾斜线，作图时应使尺头靠紧图板的左侧导边，上下移动丁字尺，沿工作边便可画出水平线，如图 1-14 所示。

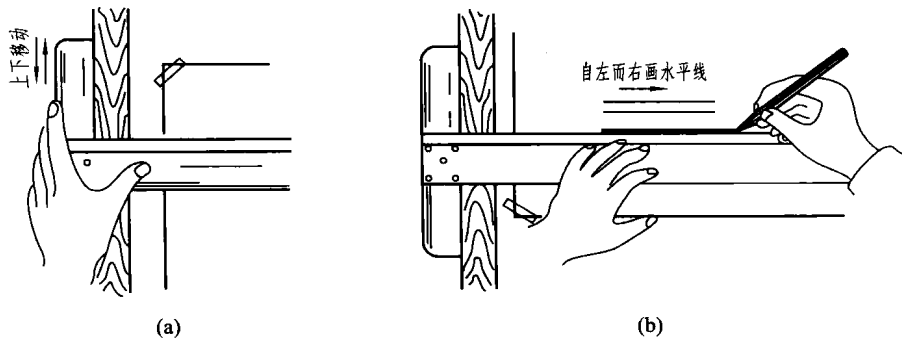


图 1-14 丁字尺的用法

(a) 上下移动丁字尺；(b) 自左而右画水平线

三、三角板

一副三角板有 45° 和 30° 、 60° 两块，与丁字尺配合可画垂直线及 15° 倍角的斜线，如图 1-15 所示。

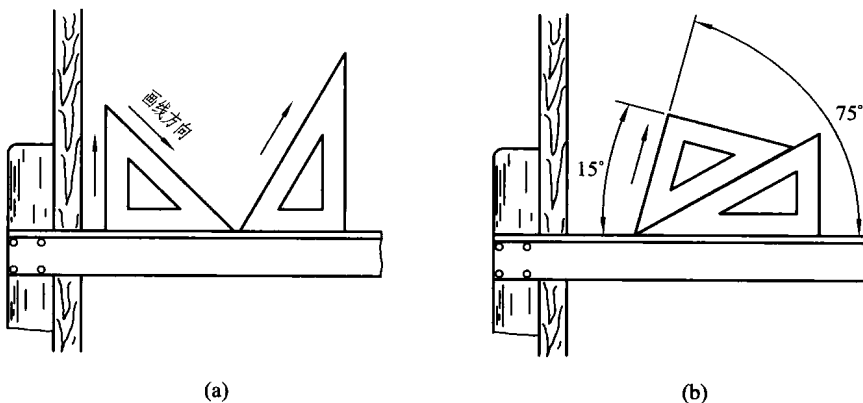


图 1-15 三角板的用法

四、圆规和分规

圆规用来画圆及圆弧。使用圆规时，应注意下列几点：

(1) 画粗实线圆时，为了与粗直线色泽一致，铅笔芯应比画粗直线的铅笔芯软一些，即一般用 2B，并磨成矩形截面，如图 1-16 (a) 所示。铅芯端部截面应比画粗实线截面稍细。

画细线圆时，用 H 或 HB 的铅笔芯并磨成铲形或磨成圆锥形。

(2) 圆规针脚上的针，应使带有台阶的一端的小针尖朝外，圆规两腿合拢时，针尖应调得比铅芯稍长一些，如图 1-16 (b) 所示。

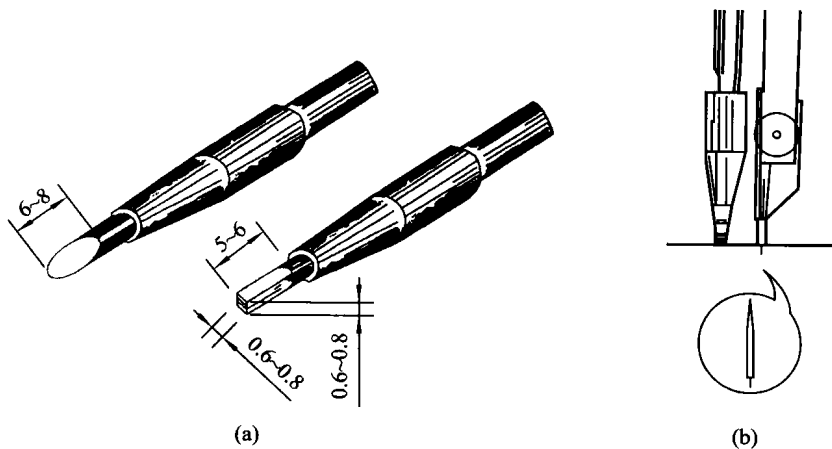


图 1-16 圆规的铅芯及针脚

(a) 圆规的铅芯削法；(b) 圆规的针脚

(3) 画大圆时要接上加长杆，使圆规两脚均垂直于纸面，见图 1-17。