

# 前 言

本教材是根据高等学校本科专业人才培养的要求，总结多年来的教学改革与实践经验，汲取许多兄弟院校的教学成果，采用最新颁布的有关制图标准而编写的。

本教材重视基本理论、基本知识和基本概念，体现了画法几何、水利工程制图、计算机绘图系列课程内容和体系的科学性、系统性和完整性。其特点是结合水利工程的实际，以水利工程图为主，对工程中房屋建筑、机械所涉及的制图也作了相应的介绍，以满足专业工作的需求。

本教材编写时力求简明扼要、概念清楚、理论联系实际。内容的选择有利于学生当前的学习和未来的发展；内容的阐述由浅入深、层次分明，符合认识规律，便于教学和自学。本教材适用于 50~120 学时的课程教学。全书共 16 章，由于各专业的学习及其要求上略有差异，教学时任课教师可根据教学大纲及学时进行取舍。

本教材由东北大学毛昕教授审阅，并提出了许多宝贵的意见，在此表示衷心的感谢。本教材在编写过程中参考了许多国内同行的相关教材和文献，同时也深表谢意。此外，沈阳农业大学的成遣、刘阳做了本教材部分文字和插图的修改工作，在此一并表示感谢。

本教材由杨玉艳、潘白桦任主编，王彦惠、吴红丹、钱淑香任副主编。参加编写的人员有：沈阳农业大学杨玉艳（前言、绪论、第一章、第十章的前三节），河北农业大学王彦惠（第二章、第十二章），甘肃农业大学张玉珍（第三章、第十一章），中国农业大学刘韶军（第四章、第十四章），山东农业大学钱淑香（第五章、第十三章），安徽农业大学袁伟萍（第六章、第八章），中国农业大学潘白桦（第七章、第十五章），中国农业大学吴红丹（第九章、第十六章），沈阳农业大学李莉（第十章的第四节、第五节）。

书中不足和错误，敬请读者批评指正，以便今后改进。

编 者

2007 年 6 月

# 目 录

前言

绪论 .....	1
第一章 制图基本知识 .....	3
第一节 基本制图标准 .....	3
一、图纸幅面和格式 .....	3
二、图线及其画法 .....	4
三、比例 .....	6
四、字体 .....	7
五、尺寸注法 .....	9
第二节 制图工具及其使用 .....	13
一、图板和丁字尺 .....	13
二、三角板 .....	14
三、分规 .....	14
四、圆规 .....	15
五、比例尺 .....	15
六、铅笔 .....	16
七、曲线板 .....	17
八、擦图片 .....	17
九、针管笔 .....	18
第三节 几何作图 .....	18
一、作圆的内接正多边形 .....	18
二、已知椭圆长轴及短轴画椭圆 .....	19
三、圆弧连接 .....	20
第四节 平面图形的分析 .....	22
一、平面图形的尺寸分类 .....	22
二、平面图形的线段分析 .....	23
三、平面图形的绘图顺序 .....	23
四、平面图形的尺寸标注 .....	24
第五节 绘图基本步骤和方法 .....	24
一、尺规绘图 .....	24
二、徒手绘图 .....	25
三、计算机绘图 .....	26

第二章 投影的基本知识 .....	27
第一节 投影及其特性 .....	27
一、投影的形成及分类 .....	27
二、正投影的基本特性 .....	29
第二节 物体的三面投影图 .....	31
一、三面投影图的形成 .....	31
二、三面投影的基本规律 .....	32
第三节 第三角画法简介 .....	34
一、八个卦角 .....	34
二、第三角画法 .....	35
第四节 工程上常用的投影图 .....	36
一、多面正投影图 .....	36
二、轴测投影图 .....	37
三、透视投影图 .....	37
四、标高投影图 .....	37
第三章 点、直线和平面的投影 .....	39
第一节 点的投影 .....	39
一、点的两面投影 .....	39
二、点的三面投影 .....	40
三、两点的相对位置 .....	42
第二节 直线的投影 .....	43
一、直线的投影 .....	43
二、各种位置的直线 .....	44
三、线段的实长及其对投影面的倾角 .....	45
四、直线上的点 .....	47
五、两直线的相对位置 .....	49
六、直角投影定理 .....	52
第三节 平面的投影 .....	54
一、平面的表示法 .....	54
二、各种位置的平面 .....	56
三、平面内的点和直线 .....	58
第四章 直线与平面及平面与平面的投影 .....	64
第一节 平行问题 .....	64
一、直线与平面平行 .....	64
二、平面与平面平行 .....	66
第二节 相交问题 .....	67

一、直线与平面相交 .....	67
二、平面与平面相交 .....	70
第三节 垂直问题 .....	72
一、直线与平面垂直 .....	72
二、平面与平面垂直 .....	73
第四节 投影变换法 .....	74
一、换面法 .....	75
二、旋转法 .....	80
第五节 几何元素的综合问题 .....	83
第五章 立体及平面与立体相交 .....	87
第一节 基本几何体 .....	87
一、平面立体 .....	87
二、曲面立体 .....	92
第二节 平面与平面立体相交 .....	101
第三节 平面与曲面立体相交 .....	104
一、圆柱的截交线 .....	105
二、圆锥的截交线 .....	107
三、圆球的截交线 .....	110
第六章 立体表面相交 .....	112
第一节 平面立体与平面立体相交 .....	112
第二节 平面立体与曲面立体的相交 .....	115
第三节 曲面立体与曲面立体的相交 .....	118
一、表面取点法 .....	119
二、辅助平面法 .....	122
三、辅助球面法 .....	127
四、曲面立体相交的特殊情况 .....	130
第四节 多立体相交 .....	131
第七章 组合体 .....	133
第一节 组合体的构成分析 .....	133
一、形体分析法 .....	133
二、组合体的构成 .....	134
第二节 组合体视图的画法 .....	136
一、形体分析 .....	136
二、视图选择 .....	136
三、画组合体视图 .....	137
第三节 组合体视图的尺寸标注 .....	141

一、常见形体的尺寸标注 .....	141
二、组合体的尺寸标注 .....	143
三、尺寸标注的要求 .....	145
<b>第四节 组合体视图的阅读 .....</b>	<b>147</b>
一、读图的基础知识 .....	147
二、读图的基本方法 .....	150
三、读图举例 .....	154
<b>第八章 轴测图 .....</b>	<b>158</b>
<b>第一节 基本知识 .....</b>	<b>158</b>
一、轴测图的形成 .....	158
二、轴测图的投影特性 .....	159
三、轴测图的分类 .....	159
<b>第二节 正等轴测图 .....</b>	<b>160</b>
一、正等轴测图的轴向伸缩系数和轴间角 .....	160
二、平面立体的正等轴测图画法 .....	160
三、曲面立体的正等轴测图 .....	165
<b>第三节 斜二轴测图 .....</b>	<b>170</b>
一、斜二轴测图的轴间角和轴向伸缩系数 .....	170
二、斜二轴测图的画法 .....	171
<b>第九章 工程形体的表达方法 .....</b>	<b>174</b>
<b>第一节 视图 .....</b>	<b>174</b>
一、基本视图 .....	174
二、向视图 .....	175
三、局部视图 .....	176
四、斜视图 .....	176
<b>第二节 剖视图 .....</b>	<b>177</b>
一、剖视图的概念 .....	177
二、剖视图的分类 .....	181
三、剖切面的种类 .....	183
四、剖视图的尺寸标注 .....	187
<b>第三节 断面图 .....</b>	<b>188</b>
一、断面图的概念 .....	188
二、断面图的种类 .....	188
三、断面图的标注 .....	189
<b>第四节 规定画法和简化画法 .....</b>	<b>190</b>
一、规定画法 .....	190
二、简化画法 .....	191

第五节 表达方法的综合运用 .....	191
第十章 水工建筑中常见的曲面 .....	194
第一节 曲面的形成和分类 .....	194
一、形成 .....	194
二、分类 .....	194
第二节 直线面 .....	194
一、柱面 .....	195
二、锥面 .....	196
三、双曲抛物面 .....	197
四、柱状面 .....	198
五、锥状面 .....	199
六、单叶回转双曲面 .....	199
第三节 曲线面 .....	200
一、曲线回转面 .....	201
二、圆移曲面 .....	202
第四节 螺旋线及螺旋面 .....	202
一、螺旋线 .....	202
二、螺旋面 .....	203
第五节 组合面 .....	203
第十一章 标高投影 .....	205
第一节 标高投影的基本知识 .....	205
第二节 点、直线和平面的标高投影 .....	205
一、点的标高投影 .....	205
二、直线的标高投影 .....	206
三、平面的标高投影 .....	208
第三节 曲面和地形面的标高投影 .....	212
一、正圆锥面 .....	212
二、同坡曲面 .....	214
三、地形面 .....	215
四、地形断面图 .....	216
第四节 标高投影在工程中的应用 .....	217
一、用等高线法求交线 .....	218
二、用断面法求交线 .....	225
第十二章 水利工程图 .....	227
第一节 水工图的分类及绘制标准 .....	227
一、水工图的分类 .....	227

二、我国现行水工图制图标准 .....	229
第二节 水工图的表达方法 .....	230
一、常用符号 .....	230
二、建筑材料图例 .....	231
三、常用视图配置及名称 .....	231
四、其他表达方法 .....	233
第三节 水工图的尺寸标注 .....	236
一、尺寸标注的注意事项 .....	236
二、沿轴线方向的尺寸注法 .....	236
三、高度尺寸的注法 .....	237
四、坡度的注法 .....	238
五、非圆曲线尺寸的注法 .....	238
六、简化注法 .....	239
第四节 水工图的阅读 .....	241
一、阅读水工图的要求 .....	241
二、阅读水工图的方法与步骤 .....	241
三、读图举例 .....	241
第十三章 钢筋混凝土结构图与钢结构图 .....	248
第一节 钢筋混凝土结构图 .....	248
一、钢筋的基本知识 .....	248
二、钢筋图的表示法 .....	250
三、钢筋图的简化画法 .....	252
四、配筋图的阅读 .....	253
第二节 钢结构图 .....	255
一、型钢及标注方法 .....	255
二、钢结构的连接 .....	255
三、钢结构的尺寸标注 .....	258
四、桁架结构图 .....	259
五、钢结构图的阅读 .....	259
第十四章 房屋建筑图 .....	262
第一节 概述 .....	262
一、房屋的分类 .....	262
二、房屋的组成 .....	262
三、房屋建筑图的分类 .....	262
第二节 房屋建筑图相关的国家标准 .....	264
一、视图名称及配置 .....	264
二、比例 .....	264

三、图线 .....	264
四、常用符号 .....	265
五、常用图例 .....	267
六、尺寸 .....	269
第三节 建筑施工图 .....	269
一、建筑总平面图 .....	270
二、建筑平面图 .....	271
三、建筑立面图 .....	272
四、建筑剖面图 .....	273
五、建筑详图 .....	274
第四节 结构施工图 .....	276
一、基础图 .....	276
二、楼层结构平面图 .....	278
第五节 房屋建筑图的阅读 .....	279
第十五章 机械图 .....	280
第一节 零件图 .....	280
一、零件的分类及零件图的内容 .....	280
二、零件图的视图选择 .....	283
三、零件上常见的工艺结构 .....	284
四、零件的尺寸标注 .....	286
五、零件图上的技术要求 .....	288
第二节 标准件与常用件 .....	293
一、螺纹 .....	293
二、螺纹连接件及其连接画法 .....	296
三、齿轮 .....	300
第三节 装配图 .....	302
一、装配图的作用和内容 .....	302
二、装配图的表达方法 .....	302
三、装配图上的尺寸 .....	304
四、装配图上的序号、明细栏和技术要求 .....	304
五、装配图的阅读 .....	304
第十六章 计算机绘图基础 .....	307
第一节 AutoCAD 2004 绘图软件简介 .....	307
第二节 AutoCAD 2004 的基本操作 .....	307
一、AutoCAD 2004 的用户界面 .....	307
二、命令与数据的输入 .....	309
三、图层、颜色、线型、线宽的设定 .....	310

---

四、绘制简单图形 .....	312
五、退出 AutoCAD 2004 .....	314
<b>第三节 AutoCAD 常用绘图命令 .....</b>	<b>314</b>
一、直线、构造线、多段线和样条曲线 .....	314
二、圆、圆弧 .....	316
三、矩形及正多边形 .....	318
四、图案填充与文本标注 .....	319
<b>第四节 绘图辅助工具及图形对象的选择 .....</b>	<b>322</b>
<b>第五节 AutoCAD 常用编辑和修改命令 .....</b>	<b>324</b>
一、标准编辑命令 .....	324
二、基本编辑命令 .....	324
三、图形对象特性的修改 .....	330
四、夹点编辑 .....	330
<b>第六节 AutoCAD 尺寸标注 .....</b>	<b>331</b>
一、标注样式的设定 .....	331
二、主要尺寸标注命令 .....	333
三、尺寸编辑命令 .....	334
<b>第七节 AutoCAD 图块的操作 .....</b>	<b>335</b>
一、创建块 .....	335
二、插入块 .....	336
三、块属性定义与编辑 .....	336
四、块的操作 .....	337
<b>主要参考文献 .....</b>	<b>339</b>

# 绪 论

## 一、本课程的性质和任务

在工程技术中按一定的规则、原理绘制的能表达被绘物体的位置、形状大小、构造功能及技术要求的图形称为工程图样。图样是技术交流、生产管理和科学研究的重要技术资料，它是传递工程信息的载体。因此被称为“工程界的语言”。

本课程的主要任务是：

1. 研究平行投影（主要是正投影）的基本理论及应用。
2. 培养学生的空间想像和空间思维能力，培养学生图示和图解空间几何问题的能力。
3. 培养学生绘制和阅读工程图样的基本能力。
4. 培养学生掌握和执行国家有关制图标准的能力。
5. 培养学生掌握计算机绘制工程图样的基本技能。

本课程是工程类各专业学生必修的一门技术基础课，它为研究工程图样的绘制和阅读提供了基本的理论和方法，为后续课程的学习、课程设计及将来的工作打下必要的理论基础。

## 二、本课程的主要内容

本课程的主要内容包括画法几何、制图基础知识、专业制图和计算机绘图。

1. 画法几何：是制图的重要理论基础，研究用正投影法图示空间几何元素和解决空间几何问题的基本理论和基本方法。
2. 制图基础知识：介绍国家有关制图标准，学习制图的基本知识和绘图的基本技能。
3. 专业制图：研究水利工程图绘制和阅读的基本方法及相关规定，同时包括与水利工程有关的建筑制图、机械制图的图示特点和表达方法。
4. 计算机绘图：介绍计算机绘图的基本方法，以及计算机绘制工程图的基本要求和基本技能。

## 三、本课程的学习方法

本课程理论与实践并重，密切结合生产实际，因此在学习各部分内容时要循序渐进，通过实践提高空间想像和空间分析的能力。

1. 学习本课程的理论基础时，要掌握正投影的原理和方法。基本概念理解透彻，有助于分析和掌握空间形体和平面图形之间的对应关系。

2. 本课程是一门实践性较强的课程。学习过程中,认真及时完成作业的同时,要多想、多看、多画,通过练习加强由物画图、由图想物的空间思维能力的训练,逐步掌握绘图、读图的方法和各种技能,掌握有关的制图标准。

3. 工程图样是重要的技术文件。因此在学习和完成作业的同时,培养严肃认真、耐心细致的工作作风和学习态度。要严格遵守国家制图标准,做到绘图投影正确、表达合理,读图准确无误。

总之,在学习过程中要深入地理解课程内容,不断地加强空间想像、空间分析和工程意识的培养,逐渐巩固和提高绘图和读图的能力。

# 第一章 制图基本知识

## 第一节 基本制图标准

工程图样是工程界技术交流的共同语言，是工程设计、生产、施工及管理中的重要技术文件。为了使工程图样的格式、内容和画法等达到基本统一，便于生产、管理及技术交流，绘制的工程图样必须遵守统一的规定，这个统一的规定就是制图标准。由国家指定专门机关制定并颁布实施的标准，称为“国家标准”，简称“国标”，代号为“GB”。例如“GB/T 14665—1998”，其中“T”表示“推荐性标准”，无“T”字时表示“强制性标准”；“14665”是标准顺序号，“1998”是标准颁布的年代号。另外还有行业标准，例如《水利水电工程制图标准》(SL 73—95)。目前水利工程制图涉及的主要标准有：《技术制图》、《水利水电工程制图标准》、《建筑制图标准》、《机械制图》等。

### 一、图纸幅面和格式

图纸幅面简称图幅。根据《技术制图 图纸幅面和格式》(GB/T 14689—1993)，绘制技术图样时，应优先选用表 1-1 中规定的基本幅面尺寸。必要时，也允许按规定的方法加长图纸幅面。

表 1-1 图纸幅面尺寸

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

绘制图样时，图纸可以横放，也可以竖放。一般情况下 A0~A3 图纸宜采用横放使用，A4 图纸竖放使用。在图纸上必须用粗实线画出图框。需要装订的图样，其图框格式如图 1-1 所示；不需要留装订边的图样，其图框格式如图 1-2 所示，此时周边尺寸均为  $e$ ，其数值见表 1-1。同一工程图样图框的格式只能采用一种。

每张图纸的右下角必须画出标题栏，如图 1-1、图 1-2 所示。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，标题栏的长边与图纸的长边垂直时构成 Y 型图纸。此时看图的方向与看标题栏的方向一致。制图标准对标题栏的内容、格式和尺寸有具体规定。

学习本课程阶段学生制图作业的标题栏可参考图 1-3 的格式。其中图名为 10 号字，校名为 7 号字，其余为 5 号字；图框线和标题栏的外框线为粗实线，标题栏内分格线为细实线。

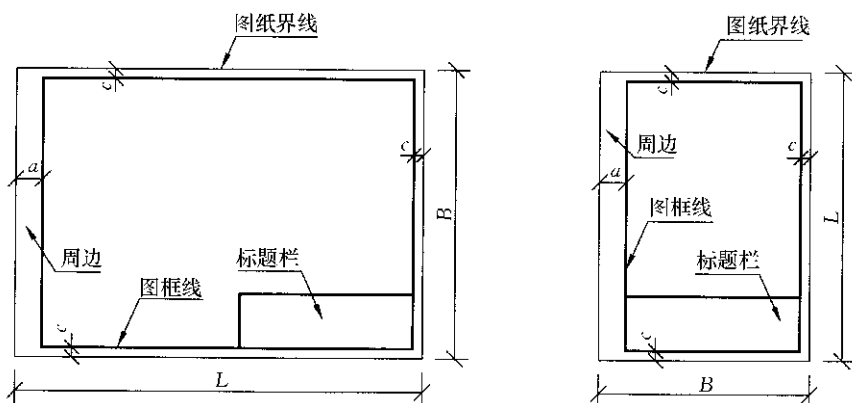


图 1-1 需装订时的图框格式

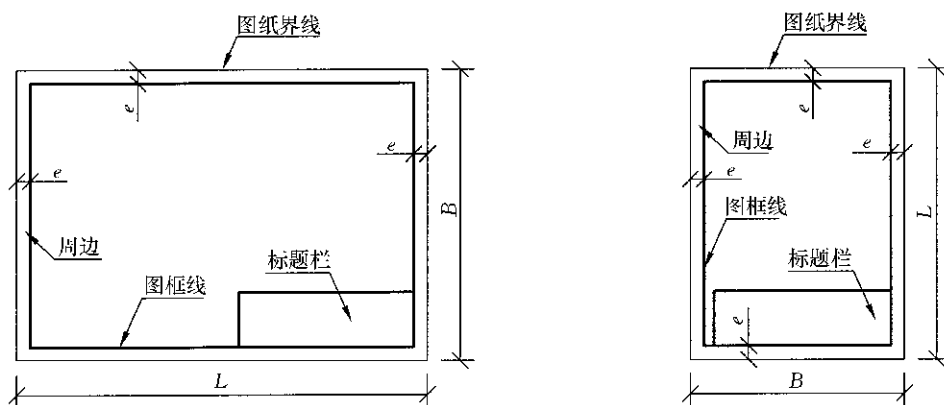


图 1-2 不需装订时的图框格式

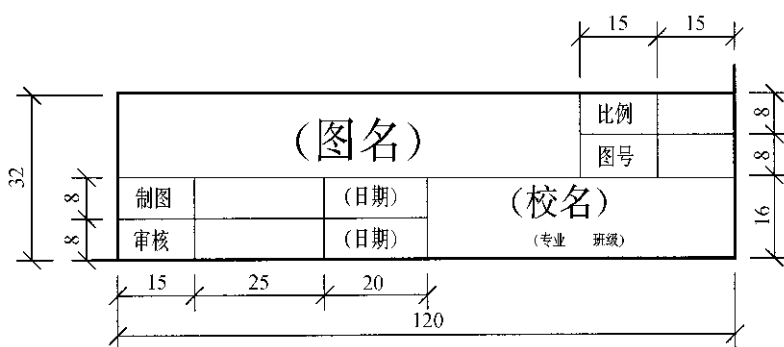


图 1-3 制图作业的标题栏格式

## 二、图线及其画法

在工程图样中各种不同形式和粗细的图线，分别表示不同的意义和用途。

1. 基本线型及宽度

根据《技术制图 图线》(GB/T 17450—1998), 工程制图中常用的线型有实线、虚线、点画线、双点画线等 15 种基本线型。图线的宽度  $d$  应根据图样的类型和尺寸大小及复杂程度, 在下列系数中选择: 0.18 mm、0.25 mm、0.35 mm、0.5 mm、0.7 mm、1 mm、1.4 mm、2 mm, 该系数的公比为  $1:\sqrt{2}$ 。其中粗线、中粗线、细线的宽度比率为 4:2:1。

简单的工程图样, 可以选用两种宽度的图线, 分别称为粗线和细线, 其宽度之比为 2:1。在通常情况下, 粗线的宽度采用 0.70 mm, 细线的宽度采用 0.35 mm。使用固定线宽的绘图仪器绘制的图线, 宽度偏差不得大于  $\pm 0.1d$ 。表 1-2 为工程图样中常用的图线。手工绘图时线素的长度要符合制图标准的基本规定, 见表 1-3。

表 1-2 工程上常用的图线













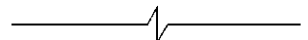

图线名称及其代号	线 型	宽度	主 要 用 途
实线 01		$d$	主要可见轮廓线
		$d/2$	可见轮廓线
		$d/4$	尺寸线、尺寸界线、指引线、图例线等
虚线 02		$d$	见有关专业制图标准
		$d/2$	不可见轮廓线
		$d/4$	不可见轮廓线、图例线等
点画线 04		$d$	见有关专业制图标准
		$d/2$	见有关专业制图标准
		$d/4$	轴线、中心线、对称线
双点画线 05		$d$	见有关专业制图标准
		$d/2$	见有关专业制图标准
		$d/4$	假想轮廓线、极限位置轮廓线
折断线 01 变形		$d/4$	断开线
波浪线 01 变形		$d/4$	断开线

表 1-3 图线的线素长度

线 素	线型 No.	长 度	线素	线型 No.	长 度
点	04~07, 10~15	$\leq 0.5d$	画	02, 03, 10~15	$12d$
短间隔	02, 04~15	$3d$	长画	04~06, 08, 09	$24d$
短画	08, 09	$6d$	间隔	03	$18d$

## 2. 图线的画法

图纸上的图线，应清晰整齐、均匀一致、粗细分明、交接正确。两条平行线之间的最小间隙不得小于 0.7 mm。虚线、点画线、双点画线等线型相交时应恰当地相交于画线处，如图 1-4 所示。同时要注意：

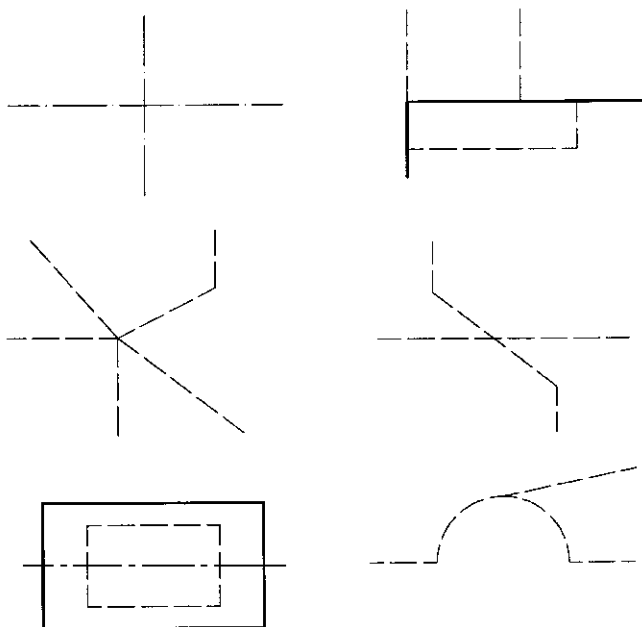


图 1-4 图线相交的画法

(1) 同一图样中，同类图线的宽度应一致，虚线、点画线、双点画线等各自线段长度和间隔应大致相等，其长度可根据图形的大小适当调整。

(2) 点画线的首末两端应是线段而不是点，且应超出图形外 2~5 mm。在较小的图形上绘制点画线及双点画线有困难时，可以用细实线代替。

## 三、比 例

如工程建筑物的尺寸很大，需要按一定的比例缩小来绘制图样。有些机件的尺寸又很小，需要按一定的比例放大来绘制图样。

根据《技术制图 比例》(GB/T 14690—1993)，图样的比例就是图中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比。在工程图上必须注明比例。当整张图纸中只用一种比例时，应统一注写在标题栏内。否则应将比例注写在相应视图名称的右侧（或下方），如：

平面图 1 : 200 或  $\frac{\text{平面图}}{1 : 200}$

水利水电工程图样的比例，应优先选择常用比例：1 : 1、1 : 2、1 : 5、1 : 1×10<sup>n</sup>、1 : 2×10<sup>n</sup>、1 : 5×10<sup>n</sup>（n 为正整数）。必要时也可以选用 1 : 2.5、1 : 3、1 : 4、1 : 2.5×10<sup>n</sup>、1 : 3×10<sup>n</sup>、

1 : 4 × 10<sup>n</sup>。

## 四、字 体

图样中字体的书写必须做到字体工整、笔画清楚、排列整齐、间隔均匀。

根据《技术制图 字体》(GB/T 14691—1993), 字体的高度(用  $h$  表示)代表字体的号数(简称字号)。图样中字号分为: 1.8 mm、2.5 mm、3.5 mm、5 mm、7 mm、10 mm、14 mm、20 mm。字体的高宽比为  $1 : 1/\sqrt{2}$

### 1. 汉字

汉字应采用国家正式公布实施的简化字, 并尽可能写成长仿宋体字, 字高不应小于 3.5 mm。长仿宋体的特点是: 笔画挺直, 钩长锋锐, 整齐秀丽。长仿宋体汉字示例见图 1-5。

10 号字

# 水工制图枢纽布置图工程位置图水闸设计图

7 号字

## 水利水电工程局水库管理处水资源发电站厂房碾压混凝土坝







5 号字

设计审核图号比例制图高程水准原点坝轴线止水输水廊道尺寸单位消力池水轮发电机







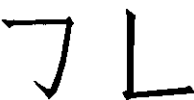



图 1-5 长仿宋体汉字示例

长仿宋体字的书写要横平竖直、注意起落、结构匀称、填满方格。长仿宋体字的基本笔画和写法见表 1-4。

表 1-4 长仿宋体字的基本笔画和写法

笔画名称	形 状	运笔方法	字 例
横			三 土
竖			川 山
撇			禾 勿

(续)

笔画名称	形 状	运笔方法	字 例
捺			迟 途
点			点 心
挑			次 北
折			的 断
钩			抵 利

## 2. 字母、数字

字母和数字分为 A 型和 B 型。A 型字体的笔画宽度 ( $d$ ) 为字高 ( $h$ ) 的  $1/14$ ，B 型字体的笔画宽度 ( $d$ ) 为字高 ( $h$ ) 的  $1/10$ 。字母、数字可以写成直体字或斜体字 (向右倾斜约  $75^\circ$ )。在同一图样上，只允许选用一种形式的字体。A 型字体的字例如图 1-6 所示、B 型字体的字例如图 1-7 所示。

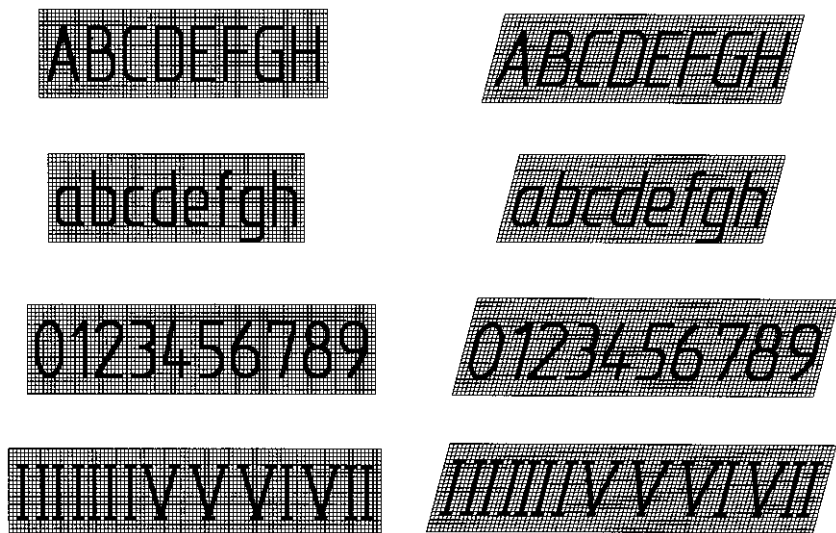


图 1-6 A 型字母和数字的字例