

高 等 学 校 教 材

XIANDAI GONGCHENG ZHITU

现代工程制图

杨胜强 主 编

荆建军 丁 勇 副主编

王明珠 主 审



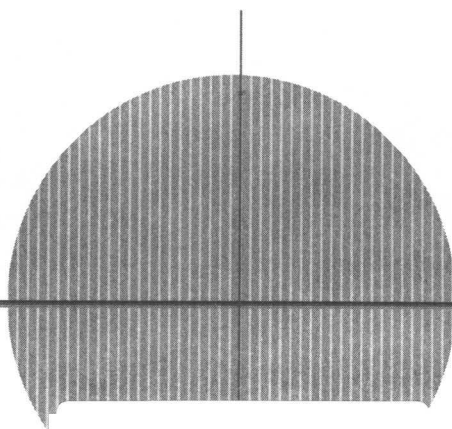
清华大学出版社

现代工程制图

杨胜强 主 编

荆建军 丁 勇 副主编

王明珠 主 审



清华大学出版社

北 京

RBR65/01

内 容 简 介

本书集多年教改研究、实践及省级精品课程建设的成果编著而成。

本书的主要内容包括：相关国家标准及应用，AutoCAD 2004 的绘图功能和绘制工程图的技巧，投影理论基础，集合体构形分析，工程形体表达方法，工程图中尺寸标注，零件图、装配图简介，电气、化工专业工程图样简介，展开图，上机实验指导等。与本书配套的习题集同时出版，可供选用。

本书的主要特点是：将传统工程制图知识与以三维为主线、二维为主体的计算机绘图内容有机融合；将传统的组合体概念与计算机图形学中的集合操作概念相结合，明确为集合体，使形体构成分析既形象化又逻辑化；上机操作实验指导增强了计算机绘图技能训练的可操作性。

本书适合于高等工科院校电子信息、计算机、电气工程、化工、工程管理及应用理科类各专业学生使用，还可供职工业余、函授等高等工科教育同类专业学生使用。同时也可供图学教育同行及工程技术人员参考。

版权所有，翻印必究。举报电话：010-62782989 13901104297 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签，无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

现代工程制图/杨胜强主编. —北京：清华大学出版社，2004.9

ISBN 7-302-09428-4

I. 现… II. 杨… 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 (2004) 第 090851 号

出 版 者：清华大学出版社 地 址：北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn> 邮 编：100084

社 总 机：010-62770175 客 户 服 务：010-62776969

组稿编辑：刘利民

文稿编辑：鲁秀敏

封面设计：秦 铭

版式设计：张红英

印 刷 者：清华大学印刷厂

装 订 者：三河市新茂装订有限公司

发 行 者：新华书店总店北京发行所

开 本：203×260 印张：20 字数：456 千字

版 次：2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月第 1 次印刷

书 号：ISBN 7-302-09428-4/TH·142

印 数：1~5000

定 价：28.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题，请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话：(010)62770175-3103 或 (010)62795704



前言

经过多年教学改革的不懈探索,2000年“面向地方院校工程图学教材建设的研究与实践”教改项目获山西省教学成果一等奖。同年,我们遵照原国家教委《关于“九五”期间普通高等教材建设与改革的意见》精神,参考高等学校工科制图课程教学指导委员会制定的《画法几何及工程制图课程教学基本要求》,拟订出适用于电子信息、计算机、电气工程、化工、工程管理及应用理科类各专业开设工程制图课程的《现代工程制图》教材编写大纲。其主要特点是将传统工程制图与计算机绘图完全融合,并得到了中国工程图学学会副理事长、中国工程图学学会CAD专业委员会主任、《工程图学学报》编委会主任、清华大学博士生导师童秉枢教授和原中国工程图学学会图学教育分会主任、北京理工大学董国耀教授及中国工程图学学会图学教育分会主任、北京理工大学焦永和教授等多位同行专家的充分肯定和细微指正。

在太原理工大学原常务副校长杨世春教授、山西省工程图学学会理事长梁世熙教授、太原理工大学机械基础部主任王明珠教授的指导下,杨胜强、丁勇等6人合作编写了《现代工程制图》教材,经王明珠教授审阅和童秉枢教授作序并推荐,2001年由国防工业出版社出版发行。三年来,三所高校近6000名师生使用了该教材,并提出了不少宝贵意见;同时,随着省级重点教改项目“工程制图课程体系与教学方法改革的研究与实践”的不断深入,2003年太原理工大学工程图学教研室开设的工程制图课程被评为山西省精品课程。

在教改研究、实践及精品课程建设的过程中,我们对课程体系和教学内容进行了较大变革。2003年清华大学出版社组织出版精品课程教材,本书作者应约编写适用于48~72学时类的《现代工程制图》教材及与本教材配套的习题集。编写中,力求实现“以适用于新时期实际教学为本,以思路新、体系新、内容新、形式新、手段新、功能新为源”的总原则。

本书的具体特点体现在:

- (1) 将传统工程制图知识与计算机绘图知识有机融合,构成了新的体系。
- (2) 计算机绘图内容的融合以三维为主线、二维为主体,与课程培养目标相一致。
- (3) 采用了迄今为止最新的《技术制图》和《机械制图》国家标准,充分体现了工程图学学科发展的时代性。
- (4) 将传统的线、面投影贯穿于立体投影及分析之中,对培养学生空间分析能力有很强的现实意义。
- (5) 将传统的组合体概念与计算机图形学中的集合操作概念相结合,明确为集合体,使形体构成分析既形象化又逻辑化。

(6) 工程图尺寸标注独立成章, 零件图、装配图简介采用比较的方式, 便于少学时学生全面概括掌握。

(7) 针对初学者难以保证形体尺寸标注的完整性要求, 提出了一种与形体分析法结合的辅助方法——投影特征统计法。

(8) 简介了电气制图、化工制图的多种图样, 有利于本课程内容与专业知识相结合。

(9) 通过三维建模实现形体表面展开, 其构图过程直观、快捷。

(10) 附录A中的上机操作实验指导, 既丰富了教材功能, 又增强了计算机绘图技能训练的可操作性。

本书由杨胜强、荆建军、丁勇负责统稿和定稿, 王明珠教授主审。编著者有: 杨胜强(第0章、第4章、第6章、附录)、马麟(第1章)、荆建军(第2章、第7章)、丁勇(第3章、第6章、附录)、王琪(第5章)。

需要说明的是, 使用本书的教师或学生, 可以通过网站<http://www.tyut.edu.cn/kecheng> 来辅助教学或自学, 网站上的教学资源包括教学大纲、电子教案、模型库、习题解答等。

本书在编写过程中采纳了太原理工大学工程图学教研室多位教师的合理建议, 得到了山西省教育厅高教处和太原理工大学教务处的的大力支持, 参考了国内同行编写的很多同类优秀教材; 各位专家、编辑及有关同志为本书编写出版付出了辛勤的劳动; 在此一并致以衷心的感谢。

限于编者学识水平, 若书中有不妥之处, 欢迎读者批评指正。

编 者
2004年6月



目 录

0 绪论	1
1 制图的基本知识	3
1.1 国家标准关于制图的基本规定	3
1.2 绘图方式	10
1.3 初识AutoCAD 2004	19
1.4 几何作图	27
1.5 设置AutoCAD常用属性	38
2 投影理论基础	50
2.1 投影法的基本知识	50
2.2 平面立体的构形及投影表示	68
2.3 回转立体的构形及投影表示	92
3 集合体	101
3.1 集合体的构形分析	101
3.2 集合体上邻接表面关系	115
3.3 绘制集合体的三视图	131
3.4 看集合体的三视图	139
4 工程图尺寸标注	149
4.1 国家标准《技术制图》和《机械制图》有关尺寸标注的规定	149
4.2 用AutoCAD实现尺寸标注	154
4.3 平面图形的绘制方法及尺寸标注	169
4.4 形体的尺寸标注	172

5	图样画法	183
5.1	视图	183
5.2	剖视图	189
5.3	断面图	202
5.4	其他图样画法	205
5.5	AutoCAD的图案填充	210
5.6	图样画法综合应用举例	218
5.7	第三角投影简介	221
6	零件图、装配图简介	223
6.1	装配图的基本内容	223
6.2	零件图的基本内容	226
6.3	螺纹紧固件及其连接	228
6.4	AutoCAD图块功能及应用	238
6.5	轴系零件及其装配	243
7	其他工程图样	256
7.1	电气制图基础	256
7.2	化工制图基础	263
7.3	立体表面的展开	273
A	AutoCAD上机操作实验指导	284
B	AutoCAD实用资料	294
C	AutoCAD图形输出方法	305
D	技术制图通用术语的中、英文对照	309
	参考文献	313

绪 论

在现代工业生产中,任何机床、化工设备、电子产品以及各种仪器仪表的制造,都要先进行设计,画出其图样,然后根据图样进行加工和装配。遵照国家标准的有关规定,按照图样与物体唯一对应的投影理论与方法,表达出满足生产实践需要的机器及其零部件的结构、形状、大小、材料及加工、检验、装配等技术要求的图样,称为工程图样。它是工业生产过程的重要技术文件,同时又是工程界表达和交流技术思想和信息的重要媒介和工具。所以工程图样被喻为“工程界的语言”,实际应用中,有“一图胜千言”的良好效果。

随着计算机技术及计算机图学理论的发展,计算机辅助设计绘图(CADD)全面推动了几乎所有领域的设计革命。计算机绘图作为一种工具,不仅是绘图工具,更重要的是创意思维的工具。在3D-CAD时代已经来临的时刻,计算机绘图有手工绘图不可替代的优越性。高等工科学校工程制图课程教学必须在继承传统的同时,适应现代技术发展的需求,积极开展计算机绘图普及教育。

1. 课程性质和研究对象

本课程是高等工科院校的一门必修的技术基础课,它在空间思维和想象乃至形象思维的锻炼方面具有特殊的地位和作用。它不是为某个特定专业提供基础,而是作为工程教育的重要组成部分,为一切涉及工程领域的人才提供图形思考与应用的理论及方法。长期作为教育部组织建设的七门工科基础课之一,对学生全面素质教育有较大影响。

本课程研究对象可概括为三部分:(1)相关国家标准的理解与实际应用;(2)投影基础理论与实际应用;(3)徒手绘图、手工仪器绘图和计算机绘图的基本技能。

2. 教学目的和具体要求

本课程的教学目的是培养学生掌握绘制和阅读工程图样的基本理论和基本方法。具体要求如下:

- (1) 理解、贯彻国家标准有关工程制图的各种规定,树立工程标准意识。
- (2) 掌握徒手绘图、手工仪器绘图及计算机绘图中的基本几何作图方法。
- (3) 掌握正投影的基本理论,并能应用该理论进行工程形体的观察和分析。
- (4) 掌握绘制及阅读工程图样的基本方法和技能。
- (5) 能用一种典型的计算机辅助绘图软件绘制二维图形、构造三维形体。
- (6) 培养并发展空间想象能力、形象思维能力和创新精神。
- (7) 培养认真负责的工作素养和严谨求实的工作作风。

3. 学习方法及注意问题

(1) 课程内容既有系统理论又有较强的实践性。因此,在学习中不能仅满足于对理论、原则的理解,还必须密切联系实际,更多地注意如何在具体操作时运用这些理论和原则。

(2) 学习过程中,必须时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联系,“由物到图,再从图到物”进行反复研究和思考。学习初期可借助模型及动静态直观图等增强感性认识,但不可长期依赖它们。

(3) 认真听课,独立完成作业,及时上机操作复习。只有通过多看、多画、多想的反复实践与总结,才能很好地消化理论,不断提高绘图和读图的方法与技能。

(4) 自主利用各种教学资源,尤其是配套的网络教学资源。通过动画演示、实体构形及色彩区分功能,可以强化形体理解及空间思维过程。

(5) 本课程与工程实际联系紧密,工程知识越多,学习效果越好。因此,平时要有意识地多了解工程观点,多观察周围环境中的机电产品。努力获取一些有关设计、制造等方面的工程知识。

(6) 实际工作中,图样上的任何差错都会给生产造成不应有的损失。绘制的图样要做到投影正确、表达合理、尺寸齐全、字体工整、图面整洁,为此要概念清楚,理论扎实,遵守国标,正确使用各种绘图工具,养成严肃认真、耐心细致、一丝不苟的良好习惯和工作作风。

制图的基本知识

1

1.1 国家标准关于制图的基本规定

图样是一种重要的技术文件，是用来指导生产和技术交流的语言，因此，对于图样画法、尺寸注法等都必须作统一规定。ISO是国际上统一制定的标准，我国也相应制定了与国际标准逐渐接轨的国家标准GB。我们都必须树立标准化的概念，严格遵守、认真执行国家标准。

本节介绍国家标准中有关图纸幅面及格式、比例、字体、图线等内容，其余部分将在以后有关章节中介绍。

1.1.1 图纸幅面及格式

1. 图纸幅面尺寸

根据GB/T 14689-1993的规定，绘制技术图样时优先采用表1-1所规定的基本幅面，如图1-1所示。必要时也允许选用符合规定的加长幅面。

表1-1 图纸基本幅面尺寸

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
尺寸B×L	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297

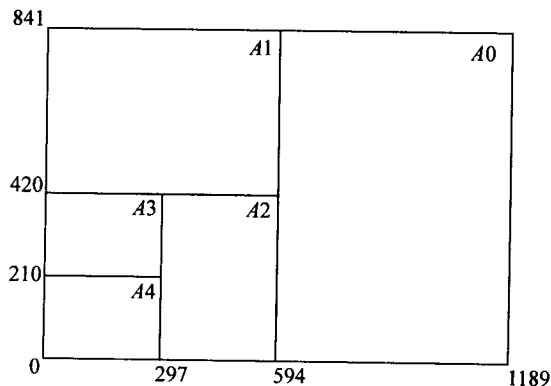


图1-1 图纸基本幅面

2. 图框格式及标题栏位置

图框格式分为留装订边和不留装订边两种。同一产品只能采用同一种格式。图框线用粗实线绘制，留有装订边的图框格式如图1-2所示，不留装订边的图框格式如图1-3所示。

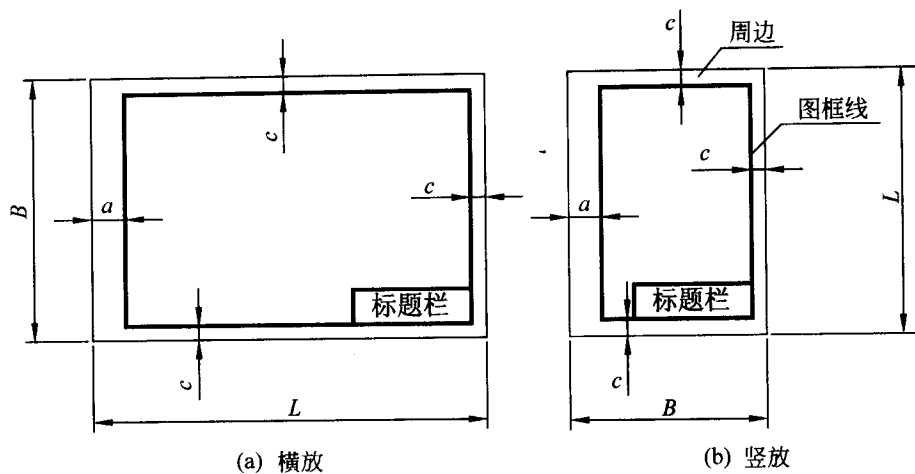


图1-2 留有装订边的图框格式

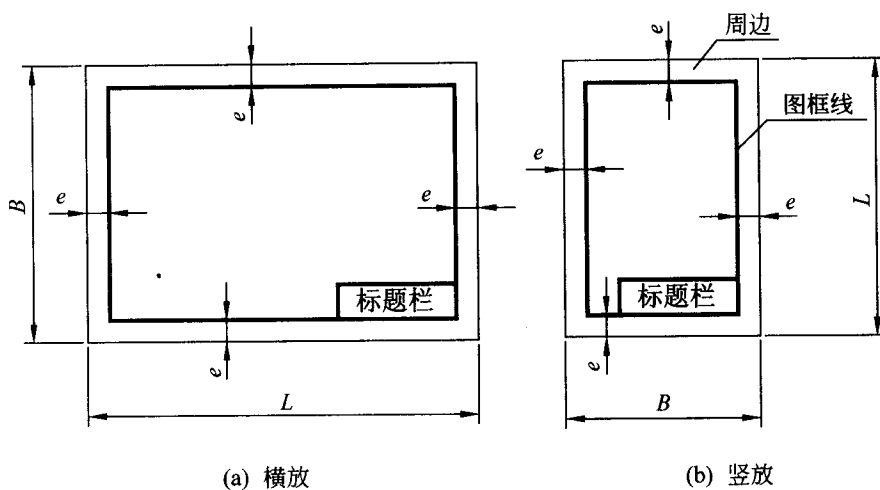


图1-3 不留装订边的图框格式

两种图框格式的尺寸按表1-2的规定。

标题栏位于图纸的右下角，看图的方向与看标题栏的方向一致。

3. 标题栏

国家标准GB/T10609.1-1989规定了标题栏的组成、尺寸及格式等内容。

表1-2 图框尺寸

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
<i>e</i>	20		10		
<i>c</i>	10			5	
<i>a</i>	25				

标题栏一般由更改区、签字区、其他区、名称及代号区组成，也可按实际需要增加或减少。标题栏中各区的布置及尺寸如图1-4所示。标题栏的格式举例如图1-5所示。

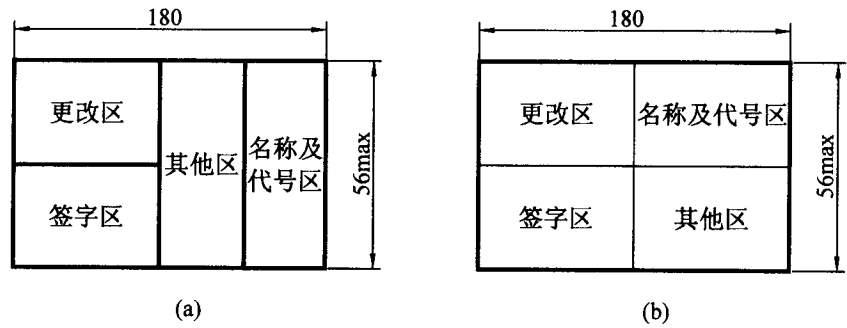


图1-4 标题栏中各区的布置及尺寸

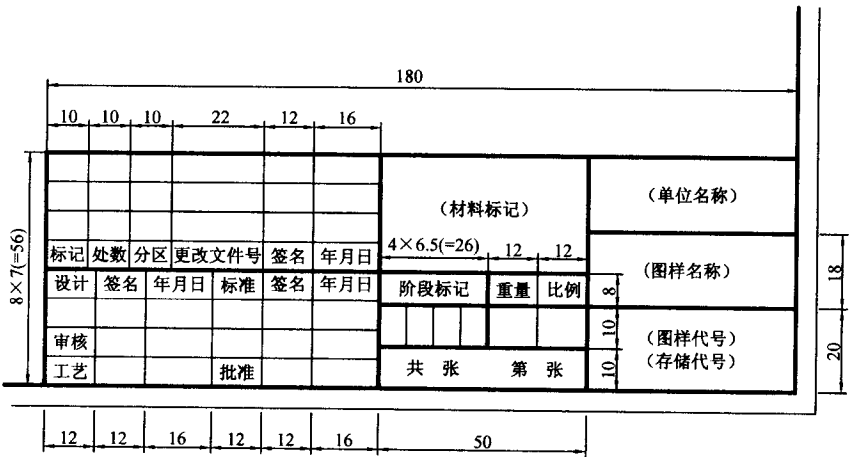


图1-5 标题栏的格式举例

学习阶段作练习可采用如图1-6所示标题栏的简化格式。

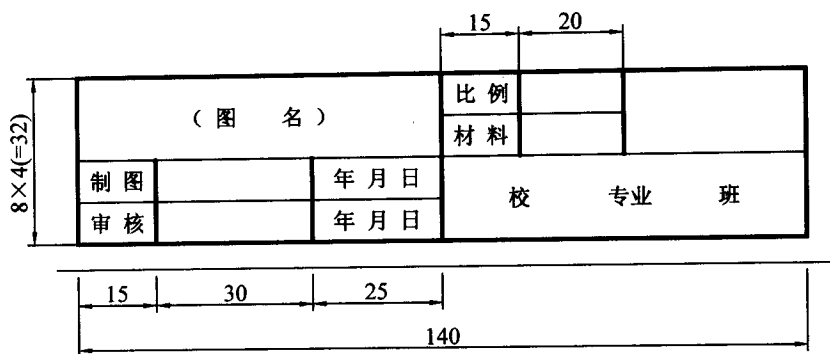


图1-6 标题栏的简化格式

1.1.2 比例

根据GB/T 14690-1993的规定，图样中的图形与其实物相应要素的线性尺寸之比，称为比例。绘制技术图样时一般应在表1-3规定的系列中选取适当的比例，比例应填写在标题栏中的比例栏内。

表1-3 一般选用的比例

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	$1:2 \times 10^n$	$1:5 \times 10^n$	$1:1 \times 10^n$

注：n为正整数

不论采用缩小的比例还是放大的比例，在图样中标注尺寸时必须标注物体的实际尺寸。

1.1.3 字体

GB/T 14691-1993规定了技术图样及有关技术文件中书写的汉字、字母、数字的结构形式及基本尺寸。字体高度（用h表示，单位mm）的公称尺寸系列为：1.8、2.5、3.5、5、7、10、14、20等8种。字体高度称为字体的号数。字母及数字分A型和B型，在同一张图上只允许采用同一种型式的字体，A型字体的笔划宽度（d）为字高（h）的1/14，B型字体的笔划宽度（d）为字高（h）的1/10。

字母及数字可写成如图1-7所示斜体或直体，斜体字的字头向右倾斜，与水平基准线成 75° 。汉字只能写成直体，如图1-8所示。国家标准规定，汉字应写成长仿宋体，并采用国务院正式公布推行的简化字。汉字的高度（h）不应小于3.5mm，字宽一般为 $h/\sqrt{2}$ （即约等于字高的2/3）。

0123456789 ϕ
 ABCDEFGHIJKLMNOP
 OPQRSTUVWXYZ

(a) 斜体

0123456789 ϕ
 ABCDEFGHIJKLMNOP
 OPQRSTUVWXYZ

(b) 直体

图1-7 各种数字及字母书写示例

字体端正 笔画清楚 排列整齐
 间隔均匀 填满方格

机械 电子 自动化 材料 建筑 信息 矿业 工程

图1-8 长仿宋体汉字书写示例

书写长仿宋体的要领是：横平竖直，注意起落，结构匀称，填满方格。

1.1.4 图线

GB/T 17450-1998规定了图样中图线的线型、尺寸和画法。

1. 线型

国标GB/T 17450-1998中规定了15种基本线型，以及多种基本线型的变形和图线的组合。表1-4列出了工程制图中常用的线型，包括4种基本线型、1种基本线型的变形——波浪线和1种图线的组合——

双折线。

表1-4 工程制图常用图线

技术制图中代码	名 称	线 型	一 般 应 用
01	实线	粗实线	可见轮廓线、可见过渡线
		细实线	尺寸线、尺寸界线、剖面线、弯折线、牙底线、齿根线、引出线、辅助线等
02	虚线	虚线	不可见轮廓线、不可见过渡线
04	点画线	细点画线	轴线、对称中心线、轨迹线、齿轮节线等
		粗点画线	有特殊要求的线或表面的表示线
05	双点画线	双点画线	相邻辅助零件的轮廓线、极限位置的轮廓线、假想投影的轮廓线等
基本线型的变形	波浪线	波浪线	断裂处的边界线、剖视与视图的分界线
图线的组合	双折线	双折线	断裂处的边界线

2. 图线的尺寸

GB/T 17450-1998规定, 所有线型的图线宽度 (d) 应按图样的类型和尺寸大小在下列数系中选择 (数系公比为 $1:\sqrt{2}$, 单位为mm): 0.13、0.18、0.25、0.35、0.5、0.7、1.0、1.4、2.0。

粗线、中粗线和细线的宽度比率为4:2:1。在同一图样中, 同类图线的宽度应一致。粗线的宽度应按图的大小和复杂程度在0.5~2.0mm之间选择。

在绘制虚线和点 (双点) 画线时, 其线素 (点、画、长画和短间隔) 的长度如图1-9所示。

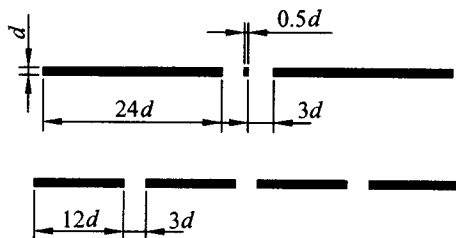


图1-9 图线中线素的长度

3. 图线的画法

(1) 同一图样中, 同类图线的宽度应基本一致, 各线型的线素长度应各自大致相等。

(2) 绘制圆的对称中心线时, 应超出圆外2~5mm, 首末两端应是画而不是点; 圆心应是线段的交点, 如图1-10所示。

(3) 在较小的图形中绘制细点画线或双点画线有困难时, 可用细实线代替, 如图1-11所示。

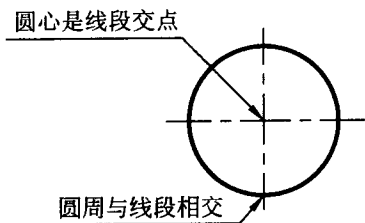
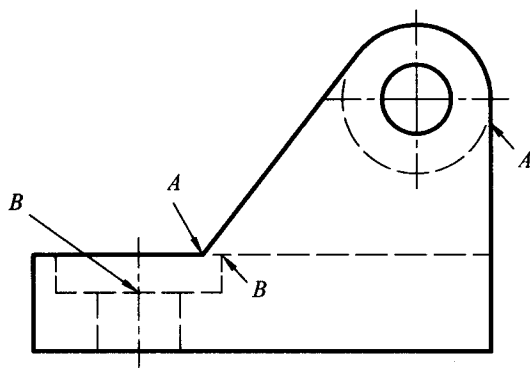


图1-10 圆的对称中心线画法



图1-11 较小的图形中的细点画线画法

(4) 点画线、双点画线、虚线、粗实线彼此相交时, 应交于画线处, 不应留空。而虚线作为粗实线的延长线时, 虚实连接处要留有空隙, 如图1-12所示。



A处留空隙, B处应相交

图1-12 虚线画法示例

(5) 两种或两种以上图线重合时, 只需画出其中一种, 优先顺序为: 可见轮廓线和棱线、不可见轮廓线和棱线、轴线和对称中心线、假想轮廓线、尺寸界限。

1.1.5 CAD制图规则

GB/T 18229-2000规定了用计算机绘制工程图样的基本规则。这些规则适用于机械、电气、建筑等工程领域在计算机及其外围设备中进行显示、绘制、打印工程图样和有关技术文件。

1. 图线

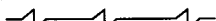
CAD工程图中所用的图线, 应遵照GB/T17450-1998中的有关规定。为满足CAD制图需要及便于计算机信息的交换, 实践中可将GB/T17450-1998中所规定的8种线型根据线宽分为5组, 如表1-5所示。一般优先采用第4组。

表1-5 CAD制图线宽的规定

组别	1	2	3	4	5
线宽(粗线)/mm	2.0	1.4	1.0	0.7	0.5
线宽(细线)/mm	1.0	0.7	0.5	0.35	0.25

屏幕上显示图线,一般应按表1-6中提供的颜色显示,并要求相同型式的图线应采用同样的颜色。

表1-6 CAD制图图线颜色的规定

图线名称	图线型式	屏幕显示时的颜色
粗实线		白色
细实线		绿色
波浪线		
双折线		
虚线		黄色
细点画线		红色
粗点画线		棕色
双点画线		粉色

2. 字体

字体大小与图纸幅面之间的选用关系如表1-7所示。

表1-7 CAD制图字体大小的规定

图幅 字 体	A0	A1	A2	A3	A4
字母与数字	3.5				
汉字	5				

汉字一般以正体输出,并采用国家正式公布和推行的简化字;数字和字母通常应以斜体输出;小数点进行输出时,应占一个字位,并位于中间靠下处;标点符号应按其含义正确使用,除省略号和破折号为两个字位外,其余均为一个符号一个字位。

1.2 绘图方式

绘图方式包括手工绘图和计算机辅助绘图,手工绘图是传统的绘图方式,它通过正确使用各种绘图仪器来提高绘图的准确度和效率。随着计算机软硬件技术的发展,计算机作为一种强有力的工具,在设计绘