

普通高等教育规划教材

现代工程图学基础

Xiandai Gongcheng Tuxue Jichu

■ 段辉 管殿柱 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育规划教材

现代工程图学基础

主 编 段 辉 管殿柱
副主编 马海龙 张 轩
主 审 王嫦娟



机械工业出版社

本书包括工程图学基础应用和计算机绘图两部分内容, 选用 Autodesk 公司的 AutoCAD 2009 作为计算机绘图的依托软件。工程图学包括制图的基础知识、正投影原理、几何体及其表面交线、换面法、组合体和机件的各种表达法、标准件和常用件、零件图和二维装配图等内容; 计算机绘图包括 AutoCAD 的基础知识、二维图形的计算机绘制、图形的显示控制与精确绘制、二维图形的编辑、文字书写和尺寸标注等内容。

本书内容丰富, 覆盖面广, 既可作为普通高等学校工科机械类和近机械类专业本科生以及成人高等教育同类专业学生的教材, 也可作为相关技术人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

现代工程图学基础/段辉, 管殿柱主编. —北京: 机械工业出版社, 2010.6

普通高等教育规划教材

ISBN 978-7-111-30605-4

I. ①现… II. ①段…②管… III. ①工程制图 IV. ①TB23

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 085620 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 商红云 责任编辑: 商红云 周璐婷

版式设计: 张世琴 责任校对: 李锦莉

封面设计: 张 静 责任印制: 杨 曦

北京京丰印刷厂印刷

2010 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·21.25 印张·523 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-30605-4

定价: 37.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

读者服务部: (010) 68993821

封面无防伪标均为盗版



前 言

本书是按照高等学校工科制图课教学指导委员会制订的“普通高等院校工程图学课程教学基本要求”和 21 世纪对人才素质的要求,在总结多年的教学经验和近年来教学改革成果,以及参考国内同类优秀教材的基础上编写而成的,适用于高等学校工科机械类和近机械类专业的本科生使用,授课学时为 48~120 学时。

本书采用最新的国家标准来编写,全书均采用 AutoCAD 2009 和 SolidEdge v20 分别绘制二维图形和三维图形。和以前同类教材相比,二维图形更加准确,三维图形更加清晰美观。

自 20 世纪 90 年代中期开始,我们就对画法几何、机械制图和工程制图课程的课程体系和教学内容进行了一系列的改革,在传统的制图课程中引入了计算机绘图。本书从 AutoCAD 2009 的基本操作入手,用有限的篇幅涵盖了入门知识、绘图、编辑、尺寸标注、技术要求标注等一系列完整的知识,使读者通过本书的学习可以基本掌握使用 AutoCAD 2009 绘制完整零件图、装配图的技能。

本书采用循序渐进的教学方法,按照传统的工程图学安排的章节顺序中,每一章都加入了计算机绘图的相关知识,分类明确、由浅入深,注重理论联系实际。每章都是按实际教学的要求,既详细介绍了各个命令有关选项的操作,又通过大量的“演练示例”给出了命令的使用方法。同时,根据作者长期从事 CAD 教学和研究的体会,通过“提示”、“注意”等形式总结了许多绘图的经验和技巧。

本书由段辉、管殿柱任主编,马海龙、张轩任副主编,另外参与编写的有谈世哲、宋一兵、田东、付本国、宋琦、刘平、田绪东、莫正波、许小均、李健、李文秋、张洪信、赵清海等。本书由山东科技大学王嫦娟教授主审。由于编者水平有限,书中难免存在错误和不足之处,衷心希望读者批评指正。

编 者

目 录

前言	
第1章 绪论	1
1.1 工程图学的研究对象	1
1.2 工程图学的学习目的	1
1.3 工程图学的基本内容和学习方法	2
第2章 工程图学的基本知识	3
2.1 字体的书写	3
2.1.1 基本规定	3
2.1.2 字体示例	3
2.1.3 各种字体的组合应用示例	4
2.2 图线的绘制	4
2.2.1 图线形式	4
2.2.2 图线宽度	5
2.2.3 图线的画法	5
2.3 绘图工具的使用	6
2.3.1 图板、丁字尺、三角板	6
2.3.2 绘图仪器	7
2.4 投影的基本知识	9
2.4.1 投影的概念	9
2.4.2 投影法的种类	9
2.4.3 正投影的基本性质	10
2.5 AutoCAD 2009 的入门知识	11
2.5.1 AutoCAD 的基本功能	11
2.5.2 AutoCAD 2009 界面组成	12
2.5.3 命令的使用方法	15
2.5.4 命令的响应方法	16
2.5.5 精确绘图简介	16
2.5.6 开始创建新图形文件	17
2.5.7 保存文件	17
2.5.8 关闭文件	19
2.5.9 打开旧文件	19
2.5.10 退出 AutoCAD 2009	19
第3章 点、直线、平面的投影	21
3.1 点的投影	21
3.1.1 点的投影规律	21
3.1.2 特殊位置点的投影	22
3.1.3 两点的相对位置	22
3.1.4 重影点及其可见性	23
3.2 直线的投影	24
3.2.1 直线的投影图和直观图	24
3.2.2 直线上点的投影	24
3.2.3 各种位置直线的投影特性	25
3.3 两直线的相对位置	27
3.3.1 两直线平行	27
3.3.2 两直线相交	28
3.3.3 两直线异面	28
3.3.4 直角投影定理	28
3.3.5 线段实长和倾角的求法	29
3.4 平面的投影	31
3.4.1 平面的表示法及投影图的画法	31
3.4.2 各种位置平面的投影特征	31
3.4.3 平面上的直线和点	34
3.5 各种几何元素之间的相互位置	35
3.5.1 平行关系	35
3.5.2 相交关系	36
3.5.3 垂直关系	39
3.6 换面法	42
3.6.1 基本概念	42
3.6.2 点的换面	43
3.6.3 直线的换面	44
3.6.4 平面的换面	46
3.6.5 换面法的应用	47
3.7 AutoCAD 绘图工具	49
3.7.1 绘图面板	49
3.7.2 常用绘图命令	50
第4章 三视图的基本原理	54
4.1 三视图的形成及其投影关系	54
4.1.1 三视图的形成	54
4.1.2 三视图的投影关系	55
4.2 空间形体与三视图的关系	56
4.3 平面立体的三视图	57
4.3.1 棱柱	57
4.3.2 棱锥	58
4.4 曲面立体的三视图	61
4.4.1 圆柱体	61
4.4.2 圆锥体	62

4.4.3 球体	64	6.2 圆锥的截交线	86
4.4.4 圆环	65	6.2.1 侧平面截切圆锥	87
4.5 AutoCAD 2009 常用编辑命令的使用	67	6.2.2 圆锥切口	87
4.5.1 对象的选择	67	6.3 球体的截交线	88
4.5.2 夹点	67	6.3.1 水平面截圆球	88
4.5.3 删除	68	6.3.2 圆球切口	88
4.5.4 复制	68	6.4 组合切割	89
4.5.5 镜像	68	6.5 AutoCAD 2009 的图层	90
4.5.6 偏移	69	6.5.1 图层特性管理器	90
4.5.7 阵列	70	6.5.2 创建新图层	90
4.5.8 移动	71	6.5.3 设置图层颜色	91
4.5.9 旋转	71	6.5.4 管理图层线型	91
4.5.10 修剪	71	6.5.5 设置图层线宽	93
4.5.11 延伸	72	6.5.6 管理图层	93
4.5.12 缩放	72	第7章 回转体的相贯线	95
4.5.13 拉伸	72	7.1 回转体相贯线概述	95
4.5.14 倒角	73	7.2 表面取点法	96
4.5.15 圆角	74	7.3 辅助平面法	99
4.5.16 打断	74	7.4 相贯线的特殊情况	102
4.5.17 分解	74	7.5 相贯线的近似画法	103
第5章 平面立体的截交线	75	7.6 综合练习	104
5.1 平面立体截交线的性质及求法	75	第8章 制图基本知识	106
5.1.1 平面立体截交线的性质	75	8.1 技术制图国家标准的一般规定	106
5.1.2 求截交线的步骤	76	8.1.1 图纸幅面和格式	106
5.2 棱柱的截交线	76	8.1.2 比例	110
5.2.1 正垂面截切六棱柱	76	8.1.3 尺寸标注	111
5.2.2 正垂面和侧平面截切正五棱柱	77	8.2 几何作图	116
5.2.3 水平面和正垂面截切正五棱柱	77	8.2.1 正六边形的画法	116
5.3 棱锥的截交线	78	8.2.2 正五边形的画法	117
5.3.1 水平面和正垂面截切正三棱锥	78	8.2.3 斜度与锥度	117
5.3.2 水平面和侧平面截切正三棱锥	79	8.2.4 椭圆的近似画法	120
5.3.3 三平面截切正四棱锥	79	8.2.5 圆弧连接	121
5.4 综合举例	80	8.3 平面图形的尺寸和线段分析	123
5.4.1 综合实例(一)	80	8.3.1 尺寸分析	123
5.4.2 综合实例(二)	80	8.3.2 线段分析	124
第6章 曲面立体的截交线	82	8.4 平面图形的绘图方法和步骤	124
6.1 圆柱的截交线	82	8.5 AutoCAD 2009 绘制平面图形	124
6.1.1 正垂面截切圆柱	82	第9章 组合体视图	129
6.1.2 水平面和侧平面截切圆柱	83	9.1 组合体的形体分析	129
6.1.3 四棱柱和圆柱相交	84	9.1.1 组合体的概念	129
6.1.4 带方孔的圆柱	84	9.1.2 组合体的组合形式	130
6.1.5 带切口的圆柱	85	9.1.3 表面的连接关系	131
6.1.6 带切口的套筒	85	9.2 组合体的画图方法	132

9.2.1 形体分析	132	11.2.3 剖切面的种类及方法	176
9.2.2 选择主视图	133	11.3 断面图	180
9.2.3 画图方法	134	11.3.1 断面图的概念及画法	180
9.3 组合体视图的尺寸标注	135	11.3.2 断面图的分类	181
9.3.1 标注尺寸的基本要求	135	11.3.3 断面图的标注	182
9.3.2 基本几何体的尺寸标注	135	11.4 其他表达方法和简化画法	183
9.3.3 切割体和相贯体的尺寸标注	135	11.5 表达方法综合应用	187
9.3.4 平板式组合体的尺寸标注	137	11.6 AutoCAD 2009 图案填充	188
9.3.5 组合体的尺寸标注	137	11.6.1 设置图案填充	188
9.4 组合体读图	140	11.6.2 图案填充举例	189
9.4.1 读图的基本知识	140	11.7 AutoCAD 样板文件的规划	190
9.4.2 读图的方法	142	11.7.1 样板文件的创建	190
9.5 AutoCAD 2009 尺寸标注	145	11.7.2 保存和调用样板文件	192
9.5.1 尺寸标注的步骤	145	第 12 章 标准件与常用件	194
9.5.2 创建文字样式	145	12.1 螺纹及螺纹紧固件	194
9.5.3 创建标注样式	146	12.1.1 螺纹	194
9.5.4 标注尺寸及公差	150	12.1.2 常用螺纹紧固件	200
第 10 章 轴测图	154	12.2 齿轮	205
10.1 轴测投影的概念	154	12.2.1 直齿圆柱齿轮	206
10.1.1 轴测图的形成	154	12.2.2 斜齿圆柱齿轮	208
10.1.2 轴测图的特性及分类	155	12.2.3 直齿锥齿轮	211
10.2 正等轴测图	155	12.2.4 蜗轮蜗杆	213
10.2.1 轴间角和轴向伸缩系数	155	12.3 键、销	217
10.2.2 平面体正等轴测图	155	12.3.1 键联接	217
10.2.3 回转体正等轴测图	157	12.3.2 销联接	220
10.2.4 组合体正等轴测图	160	12.3.3 滚动轴承	221
10.3 斜二轴测图	161	12.3.4 弹簧	224
10.3.1 轴间角和轴向伸缩系数	161	第 13 章 零件图	228
10.3.2 平行于坐标面圆的斜二轴测图的画法	162	13.1 零件图概述	228
10.3.3 组合体斜二轴测图的画法	162	13.1.1 零件图的作用	228
10.4 AutoCAD 2009 正等轴测图画法	163	13.1.2 零件图的内容	229
10.4.1 使用等轴测投影模式	163	13.2 零件图的视图选择及尺寸标注	229
10.4.2 在等轴测面中绘制简单图形	164	13.2.1 零件图的视图选择	229
第 11 章 机械零件的表达方法	167	13.2.2 零件图的尺寸标注	230
11.1 视图	167	13.3 常见典型零件分析	231
11.1.1 基本视图	167	13.3.1 轴套类零件	231
11.1.2 向视图	169	13.3.2 轮盘类零件	232
11.1.3 局部视图	170	13.3.3 叉架类零件	234
11.1.4 斜视图	171	13.3.4 箱体类零件	235
11.2 剖视图	172	13.4 零件上常见结构及尺寸标注	237
11.2.1 剖视图的基本概念	173	13.4.1 铸造零件的工艺结构	237
11.2.2 剖视图的种类及其画法	174	13.4.2 零件机械加工工艺结构	238
		13.4.3 零件常见结构的尺寸注法	241

13.5 读零件图	243	16.2.2 装配图的特殊表达方法	286
13.5.1 读零件图的方法和步骤	244	16.3 画装配图的方法和步骤	289
13.5.2 读零件图举例	244	16.3.1 装配体的分析	289
第14章 机械图样的技术要求	246	16.3.2 拆卸部件并画装配示意图	290
14.1 表面结构	246	16.3.3 画零件草图	290
14.1.1 表面结构的形成	246	16.3.4 画装配图	291
14.1.2 表面粗糙度	247	16.4 装配图的尺寸标注和技术要求	293
14.1.3 表面结构的图形代(符)号	248	16.4.1 尺寸标注	293
14.1.4 表面结构的标注方法	250	16.4.2 装配图中的技术要求	294
14.2 极限与配合的基本概念及标注	254	16.5 装配图中的序号、明细栏和 标题栏	294
14.2.1 极限与配合的基本概念	254	16.5.1 零、部件序号	294
14.2.2 公差与配合的标注及查表	257	16.5.2 明细栏和标题栏	295
14.3 几何公差的基本概念及标注	259	16.6 常见装配结构简介	296
14.3.1 几何公差的相关概念	259	16.6.1 接触面与配合面结构	296
14.3.2 标注几何公差的方法	260	16.6.2 接触面转角处的结构	296
14.4 使用 AutoCAD 2009 绘制零件图 实例	262	16.6.3 密封结构	296
14.4.1 看懂零件图样	262	16.6.4 安装与拆卸结构	297
14.4.2 绘图环境设置	262	16.6.5 零件在轴向的定位结构	298
14.4.3 绘制零件图	264	16.7 装配图读图	299
14.4.4 标注尺寸	265	16.7.1 读装配图的一般要求	299
14.4.5 标注技术要求	270	16.7.2 读装配图的方法和步骤	299
14.4.6 绘制图框及标题栏	275	16.8 由装配图拆画零件图	301
第15章 零件的测绘	277	16.8.1 视图的处理	302
15.1 零件测绘的基本步骤	277	16.8.2 零件结构形状的处理	302
15.1.1 零件的分析	277	16.8.3 零件图上的尺寸处理	302
15.1.2 确定表达方案	277	16.8.4 零件图中技术要求等的处理	302
15.1.3 绘制零件草图	277	16.8.5 拆画零件图实例	303
15.2 测绘工具的使用	279	16.9 使用 AutoCAD 2009 绘制装配图 实例	304
15.2.1 测绘工具的分类	279	16.9.1 绘制零件图	304
15.2.2 常用的测量方法	279	16.9.2 绘制装配图	304
15.3 绘制草图和工作图	281	附录	311
15.3.1 徒手绘图	281	附录 A 螺纹	311
15.3.2 画零件草图的方法和步骤	282	附录 B 螺栓	312
15.3.3 绘制工作零件图的方法和 步骤	282	附录 C 螺柱	313
15.4 零件测绘时的注意事项	283	附录 D 螺钉	314
第16章 装配图	284	附录 E 螺母	316
16.1 装配图的基本概念	284	附录 F 垫圈	317
16.1.1 装配图的作用	284	附录 G 键、键槽	319
16.1.2 装配图的内容	284	附录 H 销	320
16.2 装配图的表达方法	285	附录 I 轴承	322
16.2.1 装配图画法的规定	286	附录 J 公差	325
		参考文献	330

第1章 绪论

1.1 工程图学的研究对象

工程图学是研究工程图样的绘制和识读规律的一门学科,其主要任务是培养人的图示、图解、读图能力和空间想像能力并掌握一定的绘图技能。

工程图学的研究对象就是工程图样,那么什么是工程图样呢?

工程图样(Engineering Drawing)是指在工程上,利用投影方法、国家制图标准和其他规定,在图纸上表示物体的结构形状、大小,并注有生产、安装、使用 and 维修所需的技术要求和说明的图样。

平面投影图在工程上应用时,往往也称为工程图样,它的产生是机械化生产的需要。平面投影图的基本思路是研究一种用平面图形来表达空间三维形体的方法,并将其平面图形作为一种规范的图样,用于指导生产、装配和进行技术交流。

工程图学在工程技术领域中的特色主要反映在以下一些方面:

1) 投影理论及应用(如平行投影、中心投影、体视投影、多维画法几何、射影几何、几何变换等)。

2) 近代几何理论(如计算几何、分形几何等)及应用、计算机辅助几何设计、工程曲线曲面。

3) 几何造型、几何建模。

4) 产品信息建模。

5) 智能CAD及其在工程设计、制造、施工中的应用。

6) 工程技术领域中的计算机图形学(ECG)。

7) 虚拟技术及其在工程技术领域中的应用。

8) 图形算法与技术。

9) 工业设计(产品造型)、建筑设计(建筑造型)。

10) 图形、图样标准化, CAD 标准化。

11) 工程技术领域中的图学教育。

12) 科学计算可视化、真实感图形、多媒体技术、专家系统等。

1.2 工程图学的学习目的

在现代工业生产中,设计制造机器和进行工程建设都离不开工程图样。在使用机器设备时,也要通过阅读图样了解机器的结构和性能。因此,工程图样是人类用来表达和交流设计思想的重要工具,是工程技术部门的一项重要技术文件,是工程界的共同语言。每个工程技术人员必须掌握这种语言,否则就无法从事技术工作。

工程图学课程是研究绘制和阅读工程图样的一门技术基础课,它既有系统的理论又有较强的实践性和技术性。

在工程图学学科中,CAD 能较好地全面地反映几何理论、计算机技术和工程设计制图三者的有机结合,也可以说是三个模块的最佳结合点。20 世纪 90 年代初,国家一些部委联合发出通知,提出要大力发展我国的 CAD 和“甩图板”工程,对设计院、工矿、学校提出了 CAD 的程度要求和时间要求。CAD 作为设计院资质验收和等级评定中的要求之一,在我国工程技术领域中受到普遍重视。在本学科中,不少专家也都曾论述过。例如,北京航空航天大学唐荣锡教授 1999 年在《结合电子图板工程创建产品电子图样标准是工程图学的重大历史使命》一文中指出,“现在工程图学的表现形式正在发生质的变化,从纸介质上的二维图变为计算机内的三维和三维几何模型的屏幕显示和输出,因此工程图学的内涵相应需要扩大和更新”。

工程图学学科在重点发展 CAD 中有着学科自身的优势:

- 1) 学科发展的历史表明,学科形成源自于工程;学科的服务对象主要是工程技术。
- 2) 学科已拥有一大批 CAD 成果,在 CAD 学术研究、应用开发中有着较大影响。
- 3) 学科的主力军是掌握了学科三个内涵模块的工程技术人员、工科院校教师(尤其是绝大多数有工科专业背景的工程图学课教师)、工程技术领域(包括企业、软件公司等)中的研究人员。

发挥学科的自身优势,重点发展 CAD,工程图学学科将会有更广阔的发展前景。

1.3 工程图学的基本内容和学习方法

工程图学的基本内容包括画法几何、制图基础、机械制图以及计算机二维绘图和三维构型方法。要求学习者在本课程的学习中掌握用正投影方法正确地表达空间几何形体的结构和形状,能够图解空间几何问题,了解相关制图的国家标准,掌握并运用仪器、计算机正确绘制各类投影图和尺寸标准的基本方法,具备正确阅读和绘制机器或部件的零件图、装配图等的能力。

具体来说,工程图学的学习要求包括以下内容:

- 1) 学习投影法(主要是正投影法)的基本理论及其应用。
- 2) 学习、贯彻制图国家标准和有关的基本规定,培养查阅有关设计资料和标准的能力。
- 3) 培养绘制(徒手绘图、尺规绘图和计算机绘图)和阅读机械图样的技能。
- 4) 培养空间想象能力和图解空间几何问题的初步能力。
- 5) 培养零、部件构型表达能力。
- 6) 培养学生认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风,使学生的动手能力、工程意识、创新能力、设计概念等得以全面提高。此外,还必须重视学生的自学能力、分析问题和解决问题的能力以及审美能力的培养。

工程图学课程是一门实践性较强的基础课,要求学生首先掌握本课程的基本概念和基本原理,并通过大量的作业练习,由浅入深,不断地由物到图,再由图到物,反复强化,最终提高自身的空间思维能力和空间想象能力。

第2章 工程图学的基本知识

本章重点:

- 1) 字体。
- 2) 线型。
- 3) 绘图工具的使用。
- 4) 投影的基本知识。
- 5) AutoCAD 2009 的入门知识。

工程图样不同于美术作品,图样上的文字、图线、各种符号必须符合规范。我国的工程图样要求按照国家标准的相关规定进行绘制。本章主要介绍最基本的国家标准有关规定。

2.1 字体的书写

2.1.1 基本规定

国家标准 GB/T 14691—1993《技术制图 字体》规定了技术图样中使用的汉字、字母和数字的结构形式及基本尺寸。

汉字:图样中的汉字应写成长仿宋体,采用国家正式公布执行的简化字。汉字字宽为其字高的 $1/\sqrt{2}$ 倍。汉字的高度不应小于 3.5mm。字母和数字:分为 A 形(斜体)和 B 型(直体)两种。

A 型字体的笔画宽度为字高的 $1/14$;B 型字体的笔画宽度为字高的 $1/10$ 。斜体字字头向右倾斜,与水平线约成 75° 。

字体有八种号数,其公称尺寸系列为 1.8、2.5、3.5、5、7、10、14、20,单位均为 mm。例如 3.5 号字,其高度为 3.5mm。

2.1.2 字体示例

国家标准对于字体的规定很详细,现将工程图样上常用的字体列出,见表 2-1。

表 2-1 工程图样中常用字体

10 号字	字体端正笔划清楚排列整齐间隔均匀
7 号字	横平竖直注意起落结构匀称填满方格

(续)

阿拉伯数字	1234567890
大写字母	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
小写字母	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
罗马字母	I II III IV V VI VII VIII IX X

2.1.3 各种字体的组合应用示例

工程图样上常有各种字体的组合使用, 样式如图 2-1 所示。

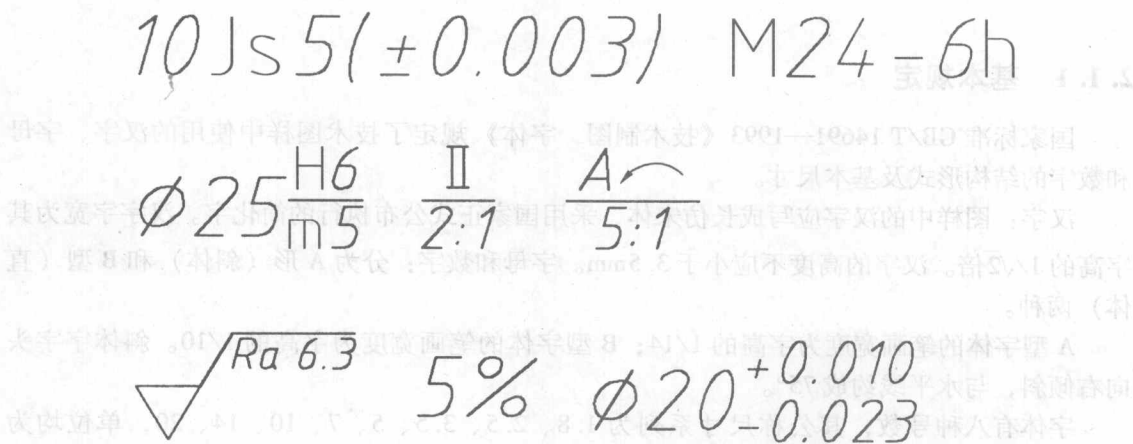


图 2-1 字体组合使用示例

2.2 图线的绘制

目前在工程图样上的图线是按照 GB/T 17450—1998《技术制图 图线》和 GB/T 4457.4—2002《机械制图 图样画法 图线》的规定绘制的。国家标准规定了图线的名称、型式、结构、标记与画法规则, 用于机械、电气、建筑和土木工程等各种技术图样。

2.2.1 图线形式

绘制图样时不同的线型起不同的作用, 表达不同的内容。表 2-2 中给出了机械制图中常

表 2-2 常用的工程图线名称及主要用途

名 称	线 型	线 宽	一 般 应 用
细实线		$d/2$	尺寸线、尺寸界线、过渡线、剖面线
波浪线		$d/2$	断裂处边界线、视图与剖视图的分界线
双折线		$d/2$	断裂处边界线、视图与剖视图的分界线
粗实线		d	可见轮廓线、相贯线、剖切符号用线
细虚线		$d/2$	不可见轮廓线
粗虚线		d	允许表面处理的表示线
细点画线		$d/2$	轴线、对称中心线、孔系分布的中心线、剖切线
粗点画线		d	限定范围表示线
细双点画线		d	相邻辅助零件的轮廓线、极限位置轮廓线、轨迹线

注：1. d 为粗实线的宽度。

2. 波浪线和双折线在同一张图样上一般只采用其中一种线型。

用的几种线型示例及其一般应用。

2.2.2 图线宽度

国家标准规定了九种图线的宽度。绘制工程图样时所有线型宽度 d 应在下面系列中选择：0.13、0.18、0.25、0.35、0.5、0.7、1、1.4、2，单位为 mm。

2.2.3 图线的画法

图线的画法和注意事项：

- 1) 同一张图样中，同类图线的宽度应基本一致。细虚线、细点画线和细双点画线的线段长短和间隔应各自大致相等。
- 2) 各类图线相交时，必须是线段相交。
- 3) 绘制圆的对称中心线时，圆心应为线段的交点，首尾两端应是线段而不是短画或点，且应超出图形轮廓线约 2~5mm。
- 4) 在较小图形上绘制细点画线或细双点画线有困难时，可用细实线画出。
- 5) 当细虚线、细点画线或细双点画线是粗实线的延长线时，连接处应空开。
- 6) 当各种线条重合时，应按细粗实线、细虚线、细点画线的优先顺序画出。国家标准规定图线宽度的比率，粗线：中粗线：细线 = 4:2:1。机械制图中通常采用两种线宽，其比例为 2:1，粗线宽度优先选用 0.5mm、0.7mm。图线的画法举例如图 2-2 所示。

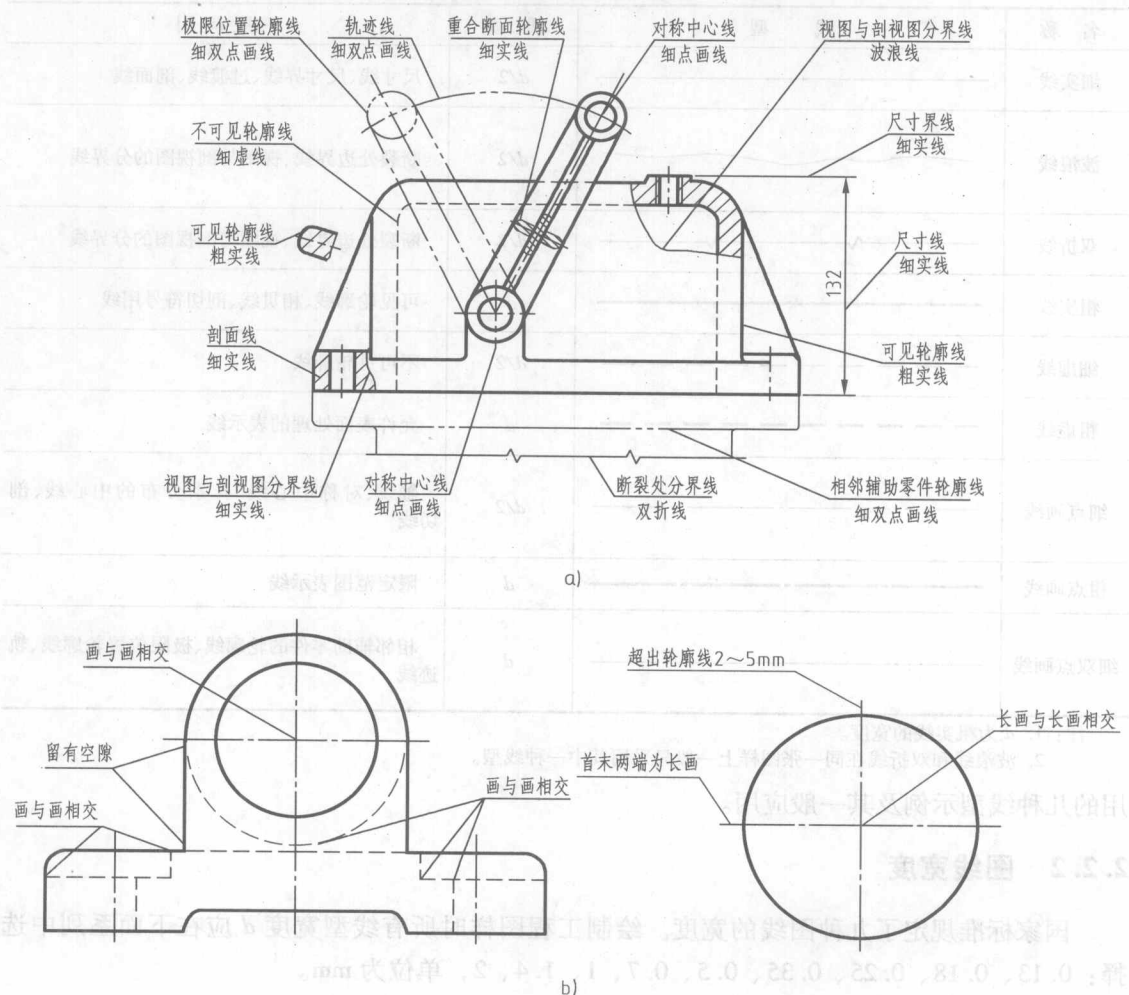


图 2-2 图线的应用及画法

a) 图线应用 b) 图线画法

2.3 绘图工具的使用

2.3.1 图板、丁字尺、三角板

图板是用来固定图纸的矩形木板，它要求表面平坦光洁，导边平直。

丁字尺由尺头和尺身两部分组成。它主要用来画水平线，配合三角板画垂直线和常用角度的倾斜线。使用时，左手握住尺头，使尺头内侧边紧靠图板导边，上下移动到绘图所需位置，配合三角板绘制各种图线。

三角板两块为一副，除直接用来画直线外，也可配合丁字尺画铅垂线和与水平线成

30°、45°、60°的倾斜线。两块三角板相互配合还可画出与水平线成15°、75°的倾斜线。图板、丁字尺和三角板的应用如图2-3所示。

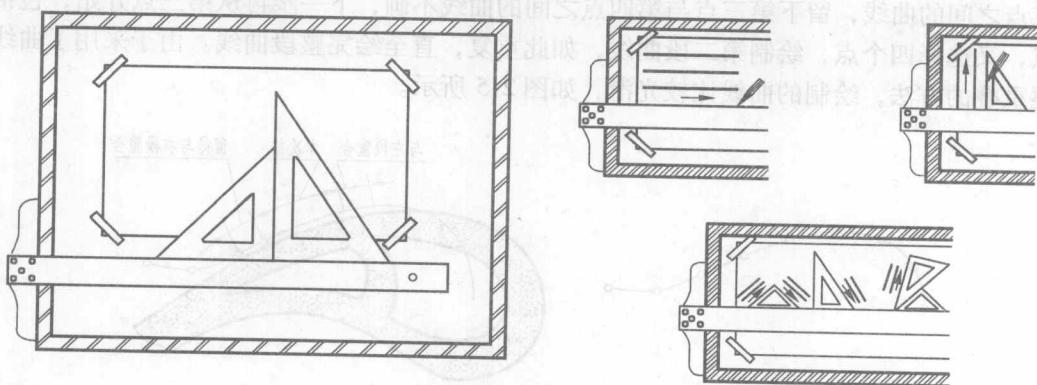


图2-3 图板、丁字尺和三角板的应用示例

2.3.2 绘图仪器

1. 圆规和分规

圆规用来画圆和圆弧。画图时应尽量使钢针和铅芯都垂直于纸面，钢针的台阶与铅芯尖应平齐，使用方法如图2-4所示。

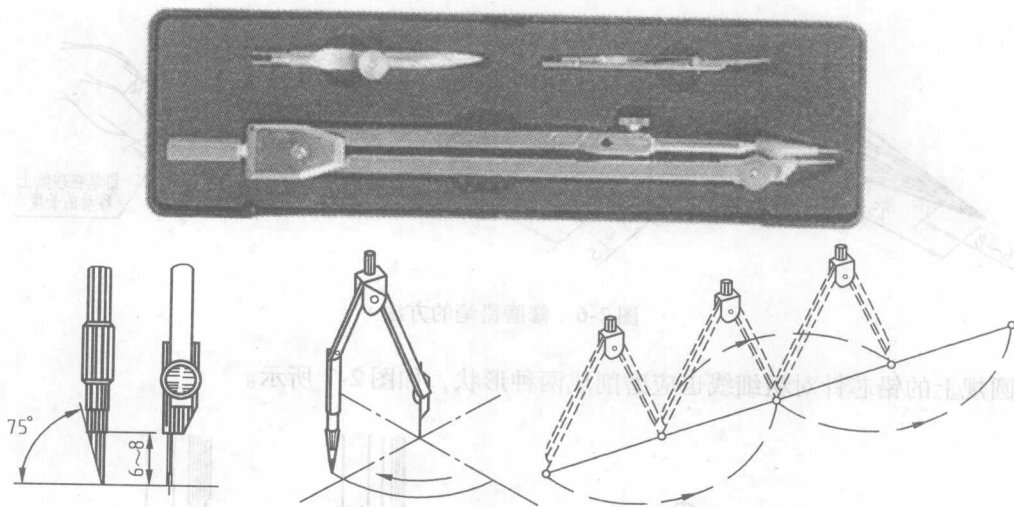


图2-4 圆规和分规应用示例

分规主要用来量取线段长度或等分已知线段。分规的两个针尖应调整平齐。从比例尺上量取长度时，针尖不要正对尺面，应使针尖与尺面保持倾斜。用分规等分线段时，通常要用试分法。

圆规和分规的用法如图2-4所示。

2. 曲线板

曲线板用于绘制非圆曲线，作图时应该先求出非圆曲线上的一系列点，然后用曲线板光

滑连接。

使用时,从曲线一端开始选择曲线板与曲线相吻合的四个点,用铅笔沿曲线板轮廓画出前三点之间的曲线,留下第三点与第四点之间的曲线不画,下一步再从第三点开始,包括第四点,又选择四个点,绘制第二段曲线,如此重复,直至绘完整段曲线。由于采用了曲线段首尾重叠的方法,绘制的曲线比较光滑,如图 2-5 所示。

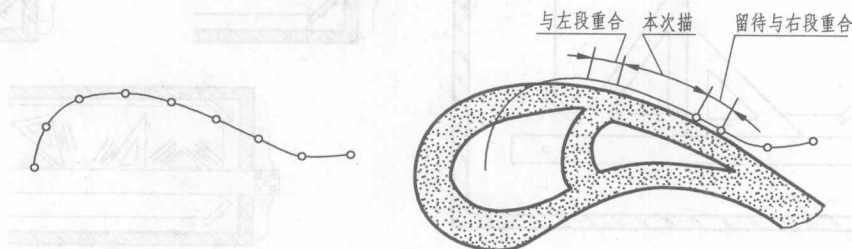


图 2-5 曲线板应用示例

3. 铅笔

绘图铅笔依笔芯的软硬有 B、HB、H 等多种标号。B 前面的数字越大,表示铅芯越软;H 前面的数字越大,表示铅芯越硬;HB 标号的铅芯硬软适中。

铅笔芯的磨削形状有圆锥形(针状)和矩形(鸭嘴形)两种。锥形铅芯用作打底稿、写字;矩形铅芯用作加深,如图 2-6 所示。

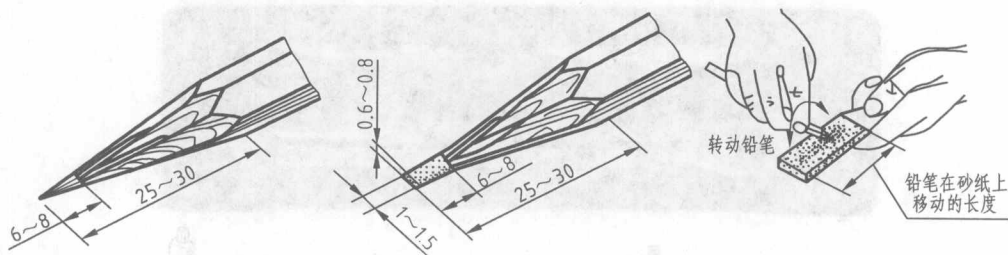


图 2-6 修磨铅笔的方法

圆规上的铅芯针对粗细线也应磨削成两种形状,如图 2-7 所示。

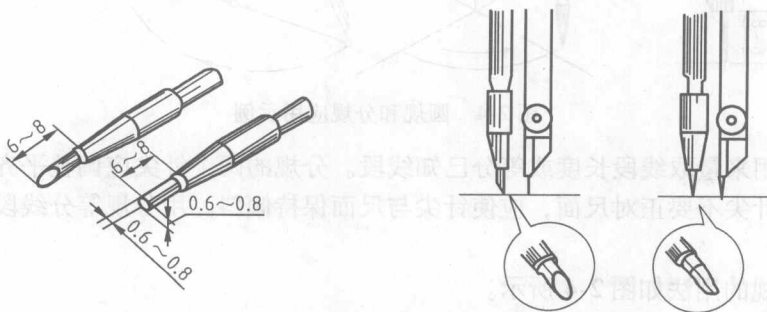


图 2-7 用于圆规上的铅芯削法

2.4 投影的基本知识

2.4.1 投影的概念

用灯光或日光照射物体，在地面或墙面上就会产生影子，这种现象就称为投影。找出影子和物体之间的关系并加以科学的抽象，就逐步形成了投影的方法。

形成投影的基本条件是：投射中心—物体—投影面。

如图 2-8a 所示，设投射中心光源为 S ，过投射中心 S 和空间点 A 作投射射线 SA 与投影面 P 相交于一点 a ，点 a 就称为空间点 A 在投影面 P 上的投影。同样 b 、 c 是 B 、 C 的投影。由此可知点的投影仍然是点。

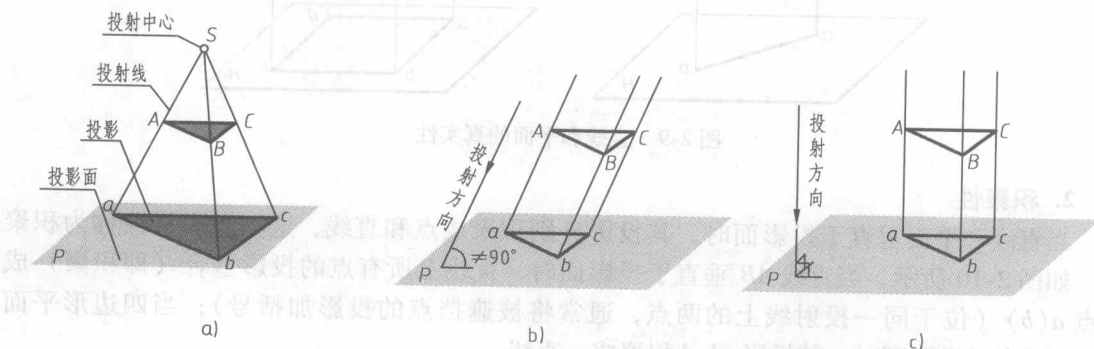


图 2-8 投影法分类

如果将 a 、 b 、 c 各点连成几何图形 $\triangle abc$ ，即为空间 $\triangle ABC$ 在投影面 P 上的投影，如图 2-8a 所示。

上述在投影面上作出形体投影的方法就称为投影法。

2.4.2 投影法的种类

1. 中心投影法

投射射线都从投射中心一点发出，在投影面上作出形体投影的方法称为中心投影法，如图 2-8a 所示。工程图学中常用中心投影法的原理画透视图，这种图接近于视觉映像，直观性强，是绘制建筑物常用的一种图示方法。

2. 平行投影法

平行投影法可以看成是中心投影法的特殊情况，因为假设投射中心 S 在无穷远处，这时的投射射线就可以看做是互相平行的。由互相平行的投射射线在投影面上作出形体投影的方法称为平行投影法，如图 2-8b、c 所示。

平行投影法中，因为投射方向的不同又可分为两种：

斜投影——投射射线倾斜于投影面，如图 2-8b 所示。

正投影——投射射线垂直于投影面，也称为直角投影，如图 2-8c 所示。

正投影有很多优点，它能完整、真实地表达形体的形状和大小，不仅度量性好，而且作