

机械设计与制图

JIXIESHEJIYUZHITU

段齐骏 主编

兵器工业出版社

内容简介

本书是在原华东工学院工程图学教研室,蒋德玺主编的《机械设计学基础》(华东工学院内部印刷)的基础上,根据本科教学的实际需要与新的国家标准修订而成的。

全书分为3篇,共16章,另有附录。第一篇是工程制图基础;第二篇是工程力学基础;第三篇是机械设计基础。

本书主要用作高等工科院校近机类专业(如工业设计与工业工程专业)的教材,也可供其他有关专业的师生和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计与制图/段齐骏主编. —北京:兵器工业出版社,2001.5

ISBN 7-80132-954-6

I. 机… II. 段… III. ①机械设计-高等学校-教材②机械制图-高等学校-教材 IV. TH12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 21210 号

出版发行:兵器工业出版社

责任编辑:李翠兰

社 址:100089 北京市海淀区车道沟 10 号

经 销:各地新华书店

印 刷:南京理工大学印刷厂

版 次:2001 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

印 数:1~1000

封面设计:丰零图文设计

责任校对:陈锡林

责任印制:莫丽珠

开 本:787×1092 1/16

印 张:24.25

字 数:602.2

定 价:30.00

(版权所有 翻印必究 印装有误 负责调换)

前 言

本教材由机械制图、工程力学基础、机械原理和机械零件基础等内容组合而成,适用于非机械类 120~150 学时的机械设计基础课程选用。其中机械制图内容为 60 学时左右,工程力学基础内容为 20 学时左右,原理、零件等内容为 60 学时左右。实施教学计划时,可根据各专业的具体情况进行增删。

为了使本课程收到较好的教学效果,在授课之前应尽量安排学生到工厂学习参观,以便增加学生对机器、零件、制图以及加工方面基本知识的了解;课程中的各部分内容,可根据各类课程的具体教学情况穿插进行;课程末尾,应考虑安排一周的课程设计时间,并选择较全面的综合训练题目,让学生较系统地复习、运用所学知识,加强设计训练,提高解决工程实际问题的能力。

本教材执行了国家最新标准。

本教材共分 16 章,并附有设计与制图所需若干数据表格。其中第一至四章,由黄玲编写;第五、六与第十一章,由吴粉祥编写;第七、八章,由邱亚峰编写;第九、十及十三章由王晓沁编写;第十二、十四章至十六章与附录,由段齐骏编写,并由段齐骏担任主编,刘恩元教授负责全书的审查。全书的所有插图,除部分立体效果图外,全部由编者用 Auto-CAD 软件重新绘制。

本教材在编辑过程中,得到了全教研室老师的帮助,在此表示诚挚感谢。

由于时间仓促,水平有限,书中内容及编排等可能存在许多不当之处,恳请读者提出批评与建议。

编 者

2001-03-12

目 录

第一篇 工程制图基础	1
第一章 制图基本知识	1
1.1 机械制图国标简介	1
1.2 几何作图	9
1.3 绘图技能	12
1.4 计算机绘图简介	16
第二章 立体的投影	19
2.1 投影基础	19
2.2 立体的三面视图及投影规律	21
2.3 基本几何体的投影	23
2.4 组合体的投影及尺寸标注	27
2.5 平面与立体表面的交线	34
2.6 两回转体表面的交线	40
2.7 看组合体三视图的方法	45
第三章 轴测投影图	49
3.1 正等轴测图	49
3.2 斜二等轴测图的画法	54
第四章 机件的常用表达方法	56
4.1 表达机件外形的方法——视图	56
4.2 表达机件内形的方法——剖视图和断面图	59
4.3 习惯画法和简化画法	67
第五章 零件图	72
5.1 零件图的内容	72
5.2 典型零件的视图与尺寸	72
5.3 零件结构的工艺性	77
5.4 零件的加工精度及其注法	81
5.5 零件的测绘	93
5.6 看零件图的方法	95
第六章 装配图	97
6.1 装配图的作用和内容	97
6.2 装配图的规定画法和特殊画法	99
6.3 装配图的尺寸标注	102
6.4 装配图中的零件序号、明细表和标题栏	102
6.5 常见的装配工艺结构	104

6.6	画装配图的方法和步骤	107
6.7	读装配图	110
第二篇	工程力学基础	121
第七章	机构的受力与运动	121
7.1	约束和约束反力	121
7.2	受力图	124
7.3	约束反力的求解	125
7.4	刚体的平行移动与定轴转动	134
7.5	动力学基本定理、质心运动定理、动量定理	139
7.6	转动惯量	150
第八章	构件的强度与刚度	154
8.1	关于对构件材料的要求与假设	154
8.2	杆件的基本变形形式	154
8.3	拉伸与压缩	155
8.4	剪切与挤压	164
8.5	圆轴的扭转	165
8.6	梁的平面弯曲	171
8.7	组合变形的强度计算	181
8.8	交变应力	186
第二篇	机械设计基础	191
第九章	平面四杆机构	191
9.1	机器与机构的属性	191
9.2	铰链四杆机构的基本型式	196
9.3	铰链四杆机构中存在曲柄的条件	199
9.4	铰链四杆机构的演化机构	201
9.5	平面四杆机构的基本特性	203
9.6	平面四杆机构图解设计法	206
第十章	凸轮机构	209
10.1	凸轮机构的应用和分类	209
10.2	从动件常用运动规律	210
10.3	按给定运动规律设计凸轮轮廓	212
10.4	凸轮机构设计中的几个问题	218
10.5	凸轮与滚子的材料及凸轮工作图	220
第十一章	螺纹及螺旋传动	221
11.1	螺纹	221
11.2	螺纹连接件	229
11.3	螺纹连接的强度计算	235
11.4	螺纹连接的防松	240

11.5 螺旋传动·····	242
第十二章 带传动·····	243
12.1 带传动的原理与特点·····	243
12.2 三角带传动的设计·····	248
12.3 三角带轮的结构和零件工作图·····	253
12.4 张紧装置·····	255
第十三章 齿轮传动·····	257
13.1 齿轮传动的应用和分类·····	257
13.2 渐开线齿廓的啮合性质·····	258
13.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮各部分名称和基本尺寸·····	261
13.4 一对渐开线齿轮的啮合传动·····	263
13.5 渐开线标准齿轮的公法线长度和固定弦齿厚·····	264
13.6 齿轮的加工与根切现象·····	266
13.7 斜齿圆柱齿轮传动·····	269
13.8 圆锥齿轮传动·····	271
13.9 齿轮传动的失效形式及设计准则·····	273
13.10 齿轮的材料·····	275
13.11 齿轮的强度计算·····	277
13.12 齿轮的结构、规定画法和零件工作图·····	284
第十四章 蜗轮蜗杆传动·····	289
14.1 概述·····	289
14.2 圆柱蜗杆传动的基本参数和几何尺寸计算·····	290
14.3 蜗杆蜗轮的材料选择及其结构·····	294
14.4 蜗杆蜗轮啮合的规定画法·····	295
第十五章 轮系及减速器·····	296
15.1 定轴轮系·····	296
15.2 周转轮系·····	298
15.3 减速器·····	302
第十六章 轴及轴系零、部件·····	307
16.1 轴·····	307
16.2 联轴器与离合器简介·····	324
16.3 轴承·····	329
附录 A 机械设计与制图相关的 32 个附表·····	345

第一篇 工程制图基础

第一章 制图基本知识

1.1 机械制图国标简介

准确地表达物体的形状、尺寸及其技术要求的图纸,称为图样。图样是制造机器、仪器和进行施工的主要依据。为了适应生产需要和技术交流,图样的格式和表示方法必须有统一的规定,为此,我国国家技术监督局制订了一系列关于技术制图的国家标准,简称国标,用 GB(或 GB/T)表示。本章先介绍其中部分标准的有关规定,其余将在以后各章中介绍。

1.1.1 图纸幅面及格式

1. 图纸幅面(GB/T14689-93)

绘制图样时,应优先采用表 1-1 所规定的五种基本幅面尺寸来选用图纸,图纸可横放,也可竖放。必要时,也允许按图 1-1 所示加长幅面。这些幅面的尺寸是由 A4 长边或短边成整数倍增加后得出,图 1-1 中粗实线所示为第一选择的基本幅面;细实线所示为第二选择的加长幅面。

表 1-1 图纸幅面代号及尺寸 (mm)

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				

2. 图框格式(GB/T14689—93)

无论图纸是否装订,均应在图幅内画出图框,图框用粗实线绘制,图 1-2(a)、(b)为不留装订边的图样的图框格式,留装订边的图样,其图框格式如图 1-2(c)、(d)所示,同一产品的图纸只能采用同一种格式,周边尺寸查表 1-1。

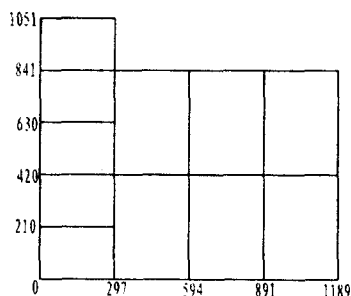


图 1-1 图纸幅面尺寸

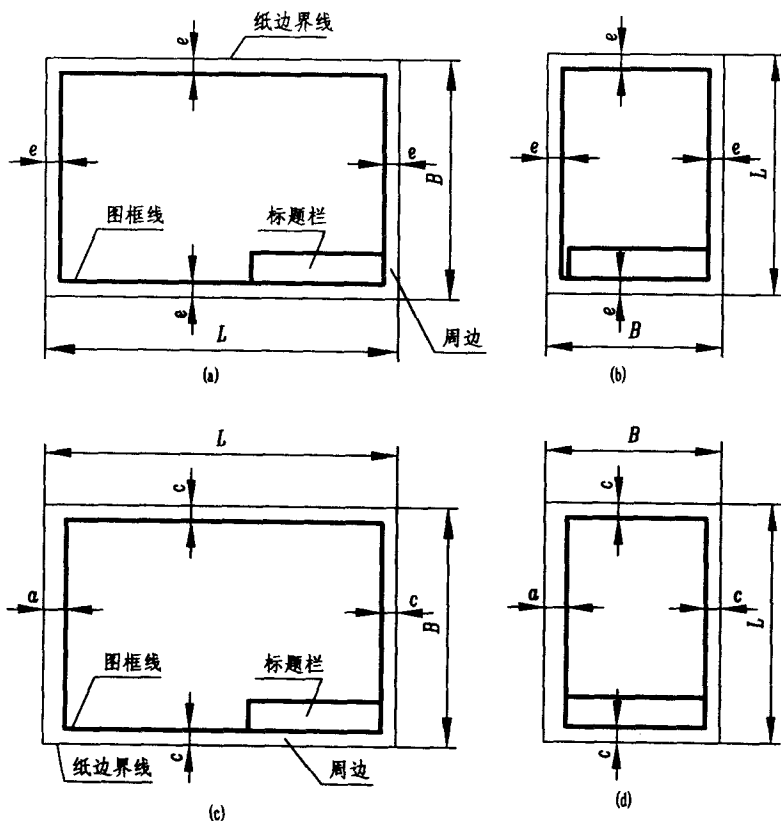


图 1-2 图框格式

3. 标题栏(GB10609.1—89)

每一张图纸必须有一标题栏,位于图纸右下角。标题栏外框是粗实线,国标中“标题栏”的格式、内容及尺寸见图 1-3,学生的制图作业中,建议采用图 1-4 所示的简化标题栏。标题栏中的文字方向为看图方向。

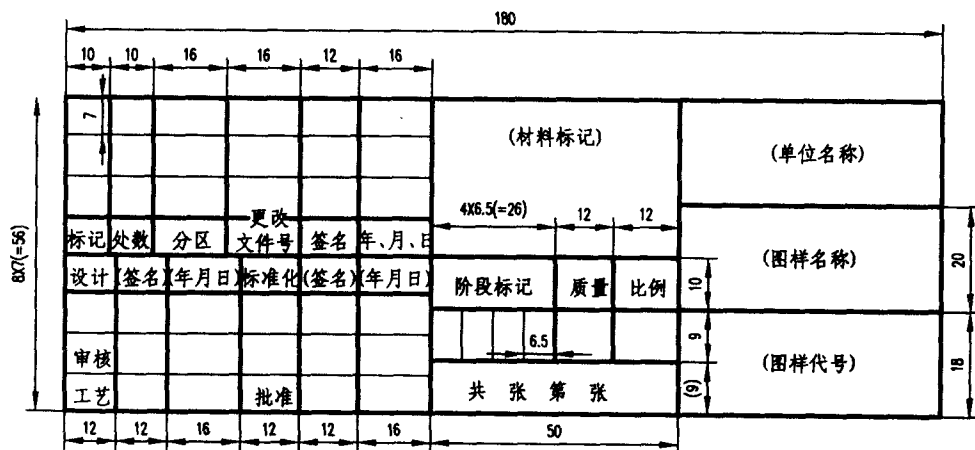


图 1-3 标题栏

130					
12		28			
74(=28)	绘图	(签名 年月日)	(图样名称)	材料	
	班级			数量	
	学号		(学校名称)	比例	
	审核	(签名 年月日)		图号	

图 1-4 简化标题栏

1.1.2 比例(GB/T14690—93)

图样中机件要素的线性尺寸与实物相应要素的线性尺寸之比,称为图样的比例。比值为 1 的比例称为原值比例,比值大于 1 的比例称放大比例,比值小于 1 的比例称缩小比例。绘制图样时,应尽可能按机件的实际大小画图,以方便看图,如果机件太大或太小,则可按表 1-2 所规定的缩小或放大的比例画图。

表 1-2 绘图的比例

种 类	第一系列	第二系列
原值比例	1 : 1	
放大比例	5 : 1 2 : 1	4 : 1 2.5 : 1
	5 × 10 ⁿ : 1 2 × 10 ⁿ : 1 1 × 10 ⁿ : 1	4 × 10 ⁿ : 1 2.5 × 10 ⁿ : 1
缩小比例	1 : 2 1 : 5 1 : 10	1 : 1.5 1 : 2.5 1 : 3 1 : 4 1 : 6
	1 : 2 × 10 ⁿ 1 : 5 × 10 ⁿ 1 : 1 × 10 ⁿ	1 : 1.5 × 10 ⁿ 1 : 2.5 × 10 ⁿ 1 : 3 × 10 ⁿ
		1 : 4 × 10 ⁿ 1 : 6 × 10 ⁿ

注: n 为正整数

比例一般应标注在标题栏中的比例栏内。必要时,可在视图名称的下方或右侧标注比例,如:

$$\frac{I}{2:1} \quad \frac{A \text{ 向}}{1:100} \quad \frac{B-B}{2.5:1} \quad \text{平面图 } 1:100$$

1.1.3 字体(GB/T14691—93)

图样中书写汉字、字母和数字总的要求是:字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐。

字体高度(用 h 表示)的公称尺寸系列有 1.8, 2.5, 3.5, 5, 7, 10, 14, 20 mm, 字体高度代表字体的号数,如需要书写更大的字,其字体高度应按 $\sqrt{2}$ 的比率递增。数字及字母分 A 型和 B 型, A 型字体的笔画宽度为字高的 1/14, B 型的笔画宽度为字高的 1/10, 在同一图样上只允许使用一种型式字体。

图样上的汉字应写成长仿宋体,并应采用国家正式公布的简化字。汉字的高度 h 不应小于 3.5mm, 其字宽一般为 $h/\sqrt{2}$ 。长仿宋字的特点是:字形长方、笔画挺直、粗细一致、

起落分明、结构匀称。

数字有阿拉伯数字和罗马数字两种,数字和字母有直体和斜体之分,斜体字字头向右倾斜,与水平基准线成 75°。

汉字、字母、数字及其组合示例见图 1-5。

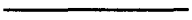
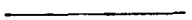
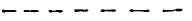


图 1-5 字体示例

1.1.4 图线(GB/T17450—1998)

国家标准对图线规定了图线的名称、型式、结构、标注及画法规则。图线线型分基本线型及基本线型的变形。机械图样中常用的几种图线的名称、线型、代码及在图上的一般应用见表 1-3 及图 1-6。

表 1-3 常用图线线型及应用

代码 No.	线 型	图线名称	图线宽度	图线应用举例
01		实线	$b = 0.5 \sim 2\text{mm}$	粗实线; A1 可见轮廓线
			约 $b/4$	细实线; B1 尺寸线和尺寸界线; B2 剖面线; B3 重合剖面轮廓线; B4 断裂处边界线
02		虚线	约 $b/4$	C1 不可见轮廓线
08		长画短画线	约 $b/4$	E1 轴线; E2 对称中心线; E3 轨迹线
09		长画双短画线	约 $b/4$	F1 相邻辅助零件的轮廓线; F2 极限位置的轮廓线
		波浪线	约 $b/4$	G1 断裂处的边界线; G2 视图与剖视的分界线

表中无代码的为基本线型的变形

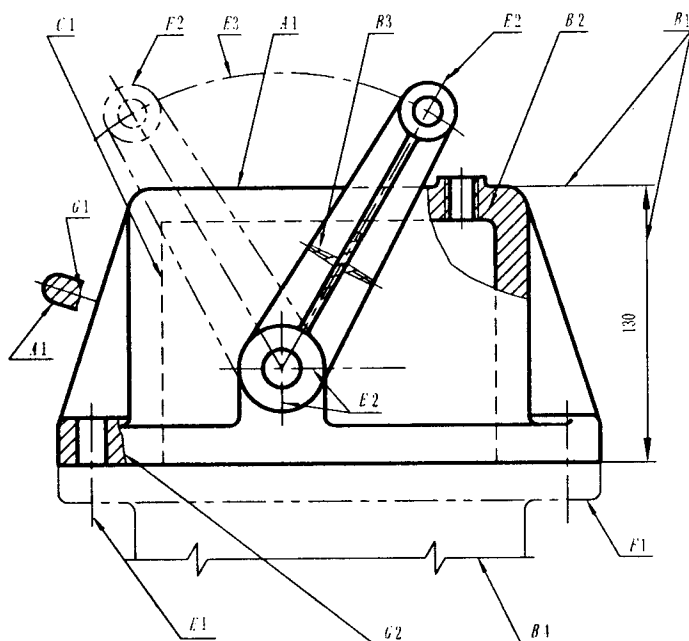


图 1-6 图线型式及应用

所有线型的图线宽度(b)应按图样的类型和尺寸大小在下列数系中选择。该数系的公比为 $1 : \sqrt{2} (\approx 1 : 1.4)$:

0.13mm, 0.18mm, 0.25mm, 0.35mm, 0.5mm, 0.7mm, 1mm, 1.4mm, 2mm

机械图样中图线的宽度一般在 0.5~2mm 之间选择,通常为 0.7mm,粗线和细线的宽度比率为 4 : 1。图线的画法:

(1)同一图样中同类图线的宽度,应基本一致,虚线、长画短画线及长画双短画线的线段长度和间隔,应各自大致相等。

(2)长画短画线及长画双短画线的首末两端,应是线段而不是短画,绘制圆的中心线(长画短画线)时,中心线应超出相应图形 2~5mm;见图 1-7(a)、(b)。在较小的图形上绘制中心线时,可用细实线代替,见图 1-7(c)。

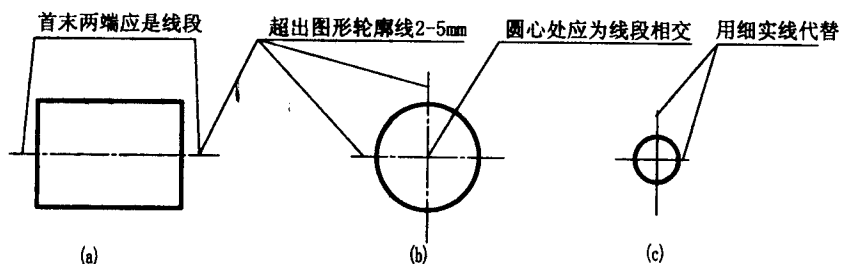


图 1-7 长画短画线画法

(3)两条平行线(包括剖面线的间距应不小于粗实线宽度的 2 倍,且其最小间距不小于 0.7mm。计算机绘图时,图样上图线的间隙不表示真实的间距,如螺纹的表示。

(4)两种或以上图线重合时,重合部分只画其中一种,其优先顺序是:可见轮廓线;不可见轮廓线;对称中心线;尺寸界线。

(5)图线相交时,应恰当地相交于画线处,在图线交点处不允许留间隔,见图 1-7(b)。

1.1.5 尺寸注法(GB4458.4—84)

图样中的图形(视图)用来表达机件的结构形状,而机件的大小则需要用尺寸来表示。一个完整的尺寸包括四要素:尺寸线、尺寸界线、箭头、尺寸的数值及符号。尺寸线表示尺寸的方向,尺寸界线表示尺寸的范围,尺寸数字表示尺寸的大小,而箭头则表示尺寸的起止位置。国标规定了标注尺寸的规则和方法,见表 1-4。

表 1-4 标注尺寸的规则和方法

项目	说 明	图 例
基本规则	1. 机件的真实大小应以图样上所注的数值为依据,与图形的大小及绘图的准确度无关 2. 图样中的尺寸以毫米为单位时,不需注出单位的名称或代号,如采用其它单位,则必须注明 3. 机件的每一尺寸,一般只标注一次,并应标注在反映该结构最清晰的图形上	
标注规定	1. 尺寸线必须用细实线单独画出,不能用其它图线代替 2. 尺寸线终端箭头长度为 4b,宽度为 b,同一图上箭头大小应一致,箭头尖端应与尺寸界线接触 3. 尺寸数字不可被任何图线所通过,无法避免时,必须将图线断开 4. 尺寸界线用细实线绘制,也可利用轮廓线或中心线作尺寸界线	

(续表)

项目	说 明	图 例
线性尺寸注法	1. 线性尺寸数字,可写在尺寸线的上方或尺寸线的中断处,但同一图样上要保持一致,当位置不够时,也可引出标注 2. 线性尺寸数字应按图示方向填写,尽量避免在图示 30° 范围内标注,当无法避免时,可用引出线水平标注 3. 标注线性尺寸时,尺寸线必须与所标注的线段平行 4. 线性尺寸的尺寸线应与尺寸界线垂直,当尺寸界线过于贴近轮廓线时,允许倾斜	
角度、弦长、弧长注法	1. 角度尺寸的数字一般应水平填写在尺寸线的中断处,必要时可写在尺寸线上方或引出标注 2. 弦长的注法按直线尺寸标注 3. 弧长的尺寸线为同心圆,尺寸线垂直于其弦,弧度较大时,尺寸界线可延径向引出	
圆及圆弧尺寸注法	1. 标注圆或大于半圆的圆弧时,尺寸线通过圆心,以圆周为尺寸界线,尺寸数字前加注符号“ϕ” 2. 标注小于或等于半圆的圆弧时,尺寸线自圆心引向圆弧,只画一个箭头,半径尺寸前加注符号“R” 3. 半径过大,圆心不在图纸内时,可用转折线作尺寸线,若圆心位置不需注明,尺寸线可以中断	

1.2 几何作图

机件的形状虽各不相同,但都是由各种几何体组合而成的,它们的图形也不外乎是由一些基本几何图形组成。最基本的几何作图,包括圆内接正多边形、斜度和锥度的画法,圆弧连接,作平面曲线等等。下面来讨论这几种最基本的几何图形的画法。

1.2.1 圆内接正多边形的画法

1. 正六边形的画法

已知正六边形对角线长度,画正六边形的过程如图 1-8、1-9 所示。

画法一:见图 1-8 作相互垂直的中心线,并以正六边形的对角线长度为直径画圆与中心线的交点为 A 、 D ;再分别以 A 、 D 为圆心, $AD/2$ 为半径画弧,与圆交于 B 、 C 、 E 、 F 四点,顺次连接 A 、 B 、 C 、 D 、 E 、 F 、 A 各点,即得正六边形。

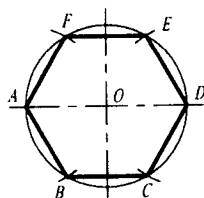


图 1-8 正六边形的画法一

画法二:见图 1-9 作相互垂直的中心线,并以正六边形的对角线长度为直径画圆与中心线的交点为 A 、 D ;再用 30° 和 60° 三角板,分别过 A 和 D 作 60° 斜直线 AF 、 DC (图 1-9(a)) 以及 AB 、 DE (图 1-9(b));最后连接 BC 和 EF ,即得所求的正六边形。

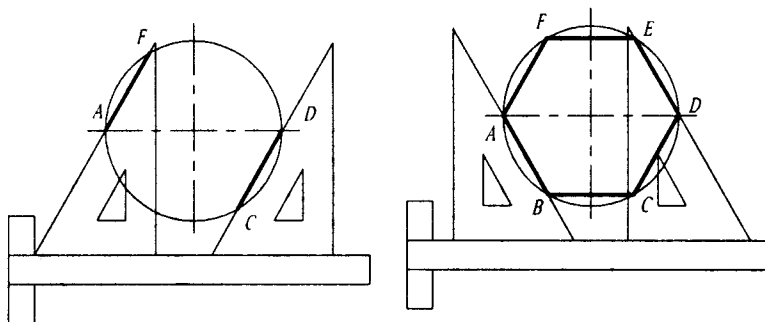


图 1-9 正六边形的画法二

2. 正五边形的画法

已知正五边形的外接圆,画正五边形的过程如图 1-10 所示。

取外接圆半径中点 M ,以 M 为圆心, MA 为半径作圆弧交水平中心线于 H 点, AH 即为正五边形的边长;以 A 为起点, AH 为边长,依次在圆周上截取各等分点,即得正五边形的各点。

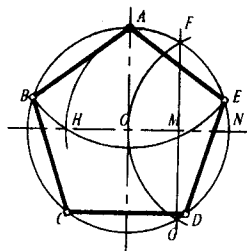


图 1-10 正五边形的画法

1.2.2 斜度

斜度就是一条直线(或平面)相对于另一条直线(或平面)的倾斜程度,其大小用这两条直线(或平面)间夹角的正切来表示,如图 1-11 所示。习惯上把斜度写成 $1:n$ 的形式,并用符号 $\angle$ 表示斜度,符号方向应与斜度方向一致。斜度符号及标注形式如图 1-12 所示。

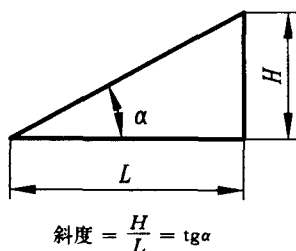


图 1-11 斜度

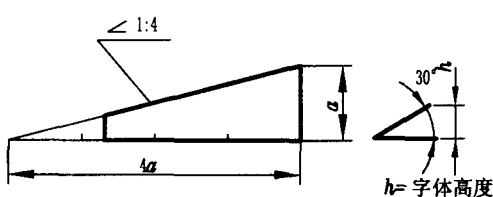


图 1-12 斜度符号及标注形式

1.2.3 锥度

锥度就是锥体底面直径与锥体高度之比值,如图 1-13 所示。如果是锥台,其锥度是两端底圆直径之差与高度之比。锥度也常写成 $1:n$ 的形式,并用如图 1-14 所示符号及标注形式标注,符号所示方向应与锥度方向一致。

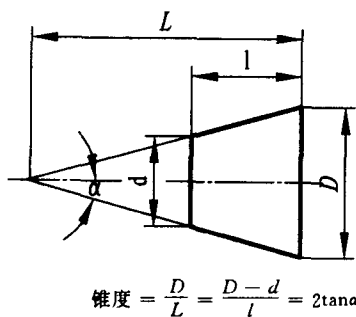


图 1-13 锥度

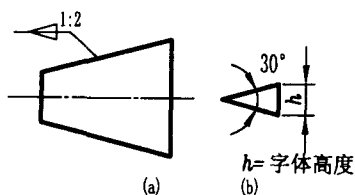


图 1-14 锥度符号及标注形式

1.2.4 圆弧连接

绘制机械图样时,经常用到圆弧光滑连接已知的直线或圆弧,这里光滑连接指圆弧与直线或圆弧与圆弧相切。为保证光滑连接,作图时必须准确地作出连接圆弧的圆心和切点。

(1) 与已知直线 I 相切的圆弧(半径为 R),其圆心 O 的轨迹是直线 II,直线 II 与直线 I 平行,距离为 R 。由圆心 O 向已知直线 I 作垂线,垂足即为切点。

(2) 与已知圆弧(半径为 R_1)相切的圆弧(半径为 R),其圆心 O 的轨迹是已知圆弧的

同心圆。此同心圆的半径根据相切情况而定,当两圆弧外切时,半径为 $R_1 + R$;当两圆弧内切时,半径为 $|R - R_1|$ 。圆心 O 与已知圆弧的圆心连线或延长线与已知圆弧的交点即切点。

图 1-15 是用半径为 R 的圆弧连接已知直线和圆弧的图例,图中表明了确定连接圆弧的圆心 O 和切点 K_1 、 K_2 的作图过程。图 1-16 则是用半径为 R 的圆弧连接两已知圆弧的图例。

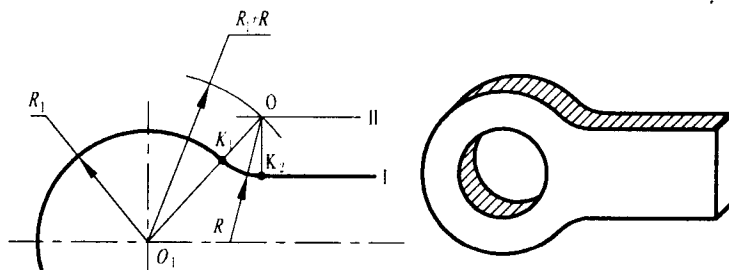


图 1-15 用圆弧连接已知直线和圆弧

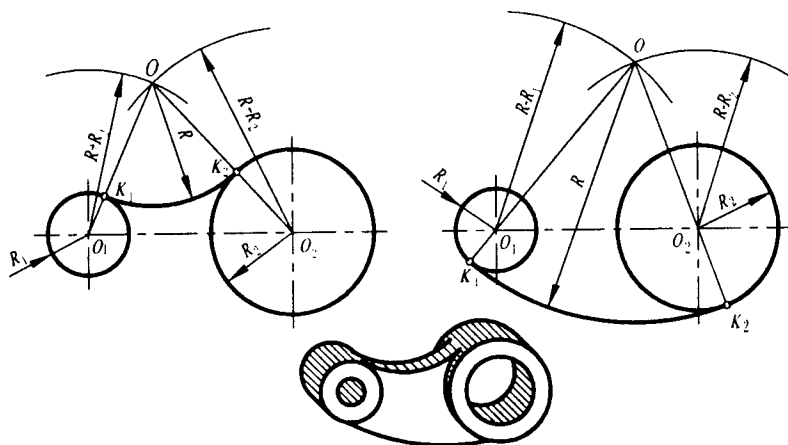


图 1-16 连接圆弧的圆心和切点

1.2.5 平面曲线

工程上常用的平面曲线有椭圆、渐开线、涡线等,这里介绍椭圆及圆的渐开线的画法。

1. 椭圆

图 1-17 是已知椭圆长、短轴作椭圆的方法,分(a)、(b)两种方法。

(1) 同心圆法 在图 1-17(a)中,分别以长轴 AB 和短轴 CD 为直径画同心圆,然后过圆心作一系列直线与两圆相交,自大圆交点作垂线,小圆交点作水平线,每两条对应直线的交点就是椭圆上的点,用曲线板顺次光滑连接各点即得椭圆;

(2) 四心圆弧法 图 1-17(b) 为椭圆的近似画法。连接 AC 并在 AC 上取 CE_1 ,使 $CE_1 = OA - OC$,作 AE_1 的垂直平分线,与长短轴分别交于 O_1 和 O_2 ,再作对称点 O_3 、 O_4 ,然后以 O_1 、 O_2 、 O_3 、 O_4 各点为圆心, O_1A 、 O_3B 、 O_2C 、 O_4D 为半径,分别画圆弧,四段圆弧首尾相连,即得所求的近似椭圆。圆心连线的延长线与圆弧的交点 K 、 K_1 、 N 、 N_1 为切点。