



第一章 制图的基本知识和基本技能

机械图样是现代工业生产过程中的重要技术资料。要绘制出符合要求的机械图样，必须首先掌握机械制图的基本知识和基本技能。

1.1 国家标准的基本规定

为了便于生产和技术交流，绘图和读图应该有共同的准则。也就是说，图样的画法、尺寸的标注、代号的使用等，应该有统一的规定。为此，国家标准《技术制图》和《机械制图》对机械图样作了统一的技术规定。所以必须树立严格标准化的观念，在绘图是认真执行国家标准。

我国的国家标准简称国标，代号为 GB/T。本节摘录国家标准《技术制图》和《机械制图》中的部分内容，作为制图的基本规定予以介绍，其余的内容将在以后的有关章节中分别叙述。

1.1.1 图纸幅面和格式（GB/T14689-93）

（1）图纸幅面

为了便于绘制、使用和保管，绘制图样时，应优先采用表 1-1 所规定的基本幅面尺寸。

表 1-1 基本幅面尺寸 (mm)

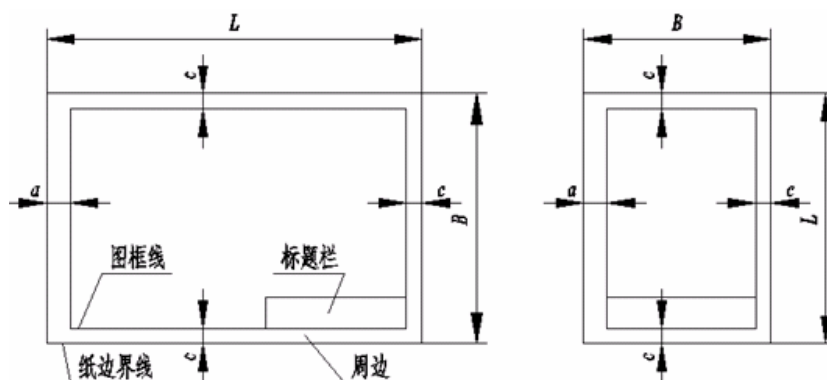
幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
$B \times L$	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297
a	25				
c	10			5	
e	20		10		

在基本幅面中，A0 图纸长边比为 $\sqrt{2}:1$ ，其面积是 1m^2 。A1 图纸的面积是 A2 的一半。其余各种幅面都是后一幅面的面积为前一幅面的一半。

如果必要，可以对幅面加长。加长后的幅面尺寸是由基本幅面的短边成倍数增加后得出。加长后的幅面代号记作：基本幅面代号×倍数。如 A4×3，表示按 A4 图幅短边 210 加长 3 倍，即加长后图纸尺寸为 297×630。

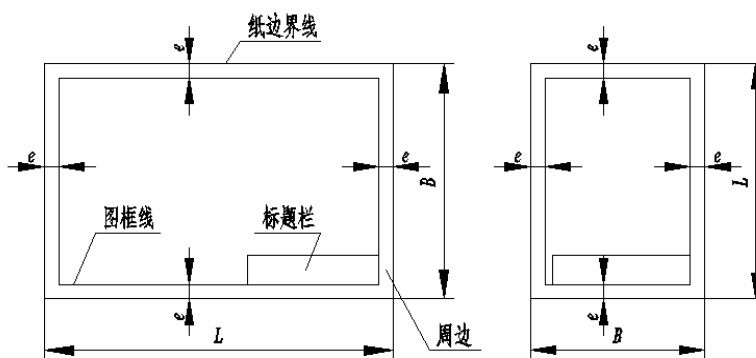
（2）图框格式

无论图样是否装订，均应在图幅内画出图框，图框线用粗实线绘制。需要装订的图样，其图幅格式一般采用 A4 幅面竖装或 A3 幅面横装。装订边预留 25mm 宽。图框距图纸边界的尺寸视图大小及有无装订边不同。格式见图 1-1。不需装订的图样则不留装订边，其图框格式见图 1-2。



(a) (b)

图 1-1 需要装订图样的图框格式



(a) (b)

图 1-2 不需要装订图样的图框格式

(3) 标题栏

每张技术图样中均应画出标题栏。标题栏的格式和尺寸按 GB10609.1-89 的规定。本教材将标题栏作了简化如图 1-3 所示，建议在作业中采用。

(图名)				比例		4×8=32
				共张	第张	
制图			(校名) (班级)	(图号)		
审核						
15	25	25			15	15
140						

图 1-3 简化标题栏

(4) X 型、Y 型图纸

标题栏的长边置于水平方向并于图纸的长边平行，则构成 X 型图纸，如图 1-1 (a) 和 1-2 (a) 所示图纸。若标题栏的长边与图纸的长边垂直，则构成 Y 型图纸，如图 1-1 (b) 和 1-2



(b) 所示图纸。在此情况下，看图的方向与看标题栏方向一致。
 为了利用预先印制的图纸，允许将 X 型图纸的短边置于水平位置使用，或将 Y 型图纸的长边置于水平位置使用。

1.1.2 比例 (GB/T14690-93)

图中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比称为比例。绘制图样时，采用 GB/T 规定的比例。表 1-2、表 1-3 是 GB/T 规定比例值，分原值、放大、缩小三种。应优先选用表 1-2 中的比例值，必要时，也允许选用表 1-3 中的比例值。

表 1-2 图样比例

种类	比例
原值比例	1:1
放大比例	2:1, 5:1, $1 \times 10^n:1$, $2 \times 10^n:1$, $5 \times 10^n:1$
缩小比例	1:2, 1:5, $1:1 \times 10^n$, $1:2 \times 10^n$, $1:5 \times 10^n$

表 1-3 图样比例

种类	比例
放大比例	2.5:1, 4:1, $2.5 \times 10^n:1$, $4 \times 10^n:1$
缩小比例	1:1.5, 1:2.5, 1:3, 1:4, 1:6, $1:1.5 \times 10^n$, $1:2.5 \times 10^n$, $1:3 \times 10^n$, $1:4 \times 10^n$, $1:6 \times 10^n$

绘制图样时，应尽可能按机件的实际大小 (1:1) 画出 (应尽量采用 1:1 的比例)，以便直接从图样上看出机件的实际大小。对于大而简单的机件，可采用缩小比例，而对于小而复杂的机件，宜采用放大的比例。

无论采用各种比例画图，标注尺寸时都必须按照机件原有的尺寸大小标注 (即尺寸数字是机件的实际尺寸)

同一机件的各个视图，应采用相同的比例，并在标题栏中的比例栏内标注所采用的比例。当同一机件的某个视图采用了不同比例时，必须另行标注。

1.1.3 字体 (GB/T14691-1993)

国家标准《技术制图》字体 GB/T14691-93 中，规定了汉字、字母和数字的结构形式。书写字体的基本要求是：



(1) 图样中书写的汉字、数字、字母必须做到：字体端正、笔画清楚、排列整齐、间隔均匀。

(2) 字体的大小以号数表示，字体的号数就是字体的高度(单位为 mm)，字体高度(用 h 表示)的公称尺寸系列为：1.8、2.5、3.5、5、7、10、14、20。如需要书写更大的字，其字体高度应按 $\sqrt{2}$ 的比率递增。用作指数、分数、注脚和尺寸偏差数值，一般采用小一号字体。

(3) 汉字应写成长仿宋体字，并应采用中华人民共和国国务院正式推行的《汉字简化方案》中规定的简化字。长仿宋体字的书写要领是：横平竖直、注意起落、结构均匀、填满方格。汉字的高度 h 不应小于 3.5mm，其字宽一般为 $h/\sqrt{2}$ 。

(4) 字母和数字分为 A 型和 B 型。字体的笔画宽度用 d 表示。A 型字体的笔画宽度 $d=h/14$ ，B 型字体的笔画宽度 $d=h/10$ 。字母和数字可写成斜体和直体。

(5) 斜体字字头向右倾斜，与水平基准线成 75° 。绘图时，一般用 B 型斜体字。在同一图样上，只允许选用一种字体。

图 1-4、1-5 所示的是图样上常见字体的书写示例。

字体端正笔划清楚
排列整齐间隔均匀

图 1-4 长仿宋字

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
I II III IV V VI VII VIII IX X

图 1-5 数字书写示例

1.1.4 图线 (GB4457.4-84)

绘制技术图样时，应遵循国标《技术制图 图线》的规定。

所有图线的图线宽度 b 应按图样的类型和尺寸大小在下列系数中选择：

0.13mm; 0.18mm; 0.25mm; 0.35mm; 0.5mm; 0.7mm; 1mm; 1.4mm; 2mm。

粗线、中粗线和细线的宽度比率为 4: 2: 1。

基本图线适用于各种技术图样。表 1-4 列出的是机械制图的图线型式及应用说明。图 1-6 所示为常用图线应用举例。

绘制图样时，应注意：

(1) 同一图样中，同类图线的宽度应基本一致。虚线、点画线及双点画线的线段长短间隔应各自大致相等。

(2) 两条平行线之间的距离应不小于粗实线的两倍宽度，其最小距离不得小于 0.7mm。

(3) 虚线及点画线与其它图线相交时，都应以线段相交，不应在空隙或短画处相交；当虚线是粗实线的延长线时，粗实线应画到分界点，而虚线应留有空隙；当虚线圆弧和虚线直线相切时，虚线圆弧的线段应画到切点，而虚线直线需留有空隙，如图 1-7(a)所示。

(4) 绘制圆的对称中心线(细点画线)时，圆心应为线段的交点。点画线和双点画线的首末两端应是线段而不是短画，同时其两端应超出图形的轮廓线 3-5mm。在较小的图形上绘制点画线或双点画线有困难时，可用细实线代替，如图 1-7(b)所示。



表 1-4 图线的名称、型式、宽度及其用途

图线名称	图线型式	图线宽度	图线应用举例（见图 1-8）
粗实线		b	可见轮廓线；可见过渡线
虚线		约 $b/3$	不可见轮廓线；不可见过渡线
细实线		约 $b/3$	尺寸线、尺寸界线、剖面线、重合断面的轮廓线及指引线等
波浪线		约 $b/3$	断裂处的边界线等
双折线		约 $b/3$	断裂处的边界线
细点画线		约 $b/3$	轴线、对称中心线等
粗点画线		b	有特殊要求的线或表面的表示线
双点画线		约 $b/3$	极限位置的轮廓线、相邻辅助零件的轮廓线等

注：1、表中虚线、细点画线、双点画线的线段长度和间隔的数值可供参考。

2、粗实线的宽度应根据图形的大小和复杂程度选取，一般取 0.7mm。

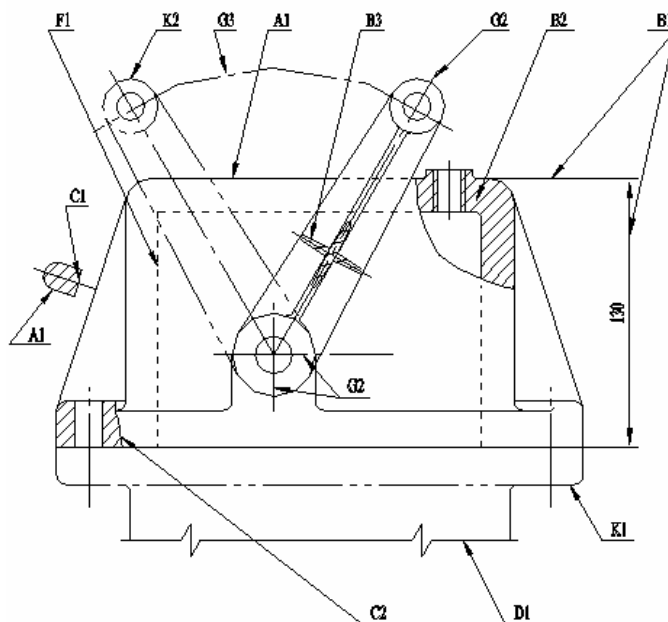


图 1-6 图线应用举例

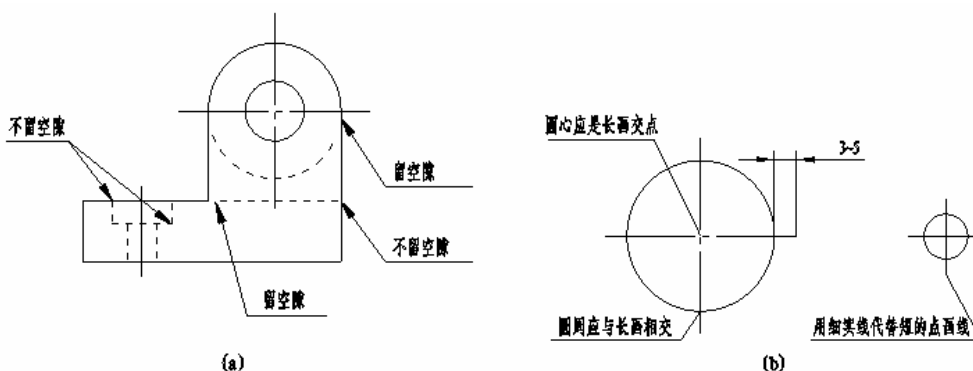


图 1-7 虚线连接处的画法

1.1.5 尺寸注法 (GB4458.4-84)

图形只能表达机件的形状，而机件的大小则由标注的尺寸确定。国标中对尺寸标注的基本方法作了一系列规定，必须严格遵守。

(1) 基本规则

- ① 机件的真实大小应以图样上所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 图样中的尺寸，以毫米为单位时，不需标注计量单位的代号或名称，如采用其他单位，则必须注明。
- ③ 图样中所注尺寸是该图样所示机件最后完工时的尺寸，否则应另加说明。
- ④ 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。

(2) 尺寸的组成

一个完整的尺寸应由尺寸界线、尺寸线、尺寸线终端和尺寸数字四个要素组成，如图 1-8 所示。

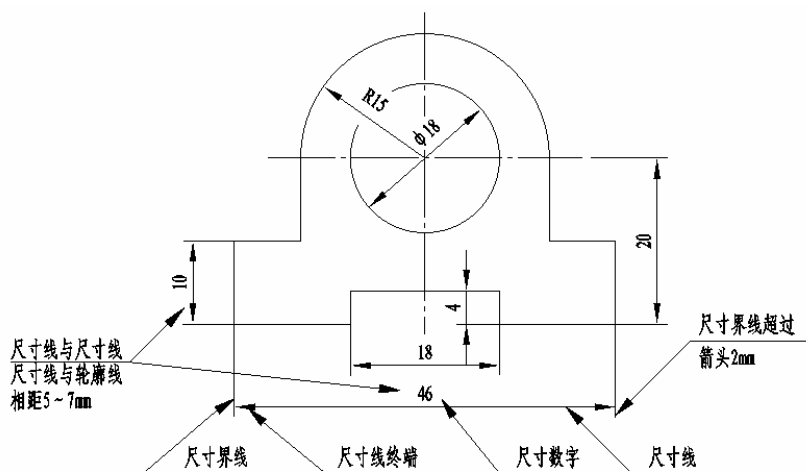


图 1-8 尺寸要素



	直径尺寸		<p>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，尺寸数字前加注直径符号“ϕ”。</p>
圆弧	半径尺寸		<p>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，尺寸数字前加注半径符号“R”。</p>
大圆弧			<p>当圆弧的半径过大或在图纸范围内无法标注其圆心位置时，可采用折线形式，若圆心位置不需注明，则尺寸线可只画靠近箭头的一段。</p>
小尺寸			<p>对于小尺寸在没有足够的位置画箭头或注写数字时，箭头可画在外面，或用小圆点代替两个箭头；尺寸数字也可采用旁注或引出标注。</p>
球面			<p>标注球面的直径或半径时，应在尺寸数字前分别加注符号“$S\phi$”或“SR”。</p>



<p>角度</p>		<p>尺寸界线应沿径向引出，尺寸线画成圆弧，圆心是角的顶点。尺寸数字一律水平书写，一般写在尺寸线的中断处，必要时也可按右图的形式标注。</p>
<p>弦长和弧长</p>		<p>标注弦长和弧长时，尺寸界线应平行于弦的垂直平分线。弧长的尺寸线为同心弧，并应在尺寸数字上方加注符号“$\overset{\frown}$”。</p>
<p>只画一半或大于一半时的对称机件</p>		<p>尺寸线应略超过对称中心线或断裂处的边界线，仅在尺寸线的一端画出箭头。</p>
<p>板状零件</p>		<p>标注板状零件的尺寸时，在厚度的尺寸数字前加注符号“δ”。</p>
<p>光滑过渡处的尺寸</p>		<p>在光滑过渡处，必须用细实线将轮廓线延长，并从它们的交点引出尺寸界线</p>
<p>允许尺寸界线倾斜</p>		<p>尺寸界线一般应与尺寸线垂直，必要时允许倾斜</p>
<p>正方形结构</p>		<p>标注机件的剖面为正方形结构的尺寸时，可在边长尺寸数字前加注符号“\square”，或用“12×12”代替“$\square 12$”。图中相交的两条细实线是平面符号（当图形不能充分表达平面时，可用这个符号表达平面）。</p>



1.2 绘图工具及其应用

正确使用绘图工具和仪器，是保证绘图质量和绘图效率的一个重要方面。为此将手工绘图工具及其使用方法介绍如下：

1.2.1 图板、丁字尺和三角板

图板是铺贴图纸用的，要求板面平滑光洁；又因它的左侧边为丁字尺的导边，所以必须平直光滑，图纸用胶带纸固定在图板上。当图纸较小时，应将图纸铺贴在图板靠近左上方的位置，如图 1-10 所示。

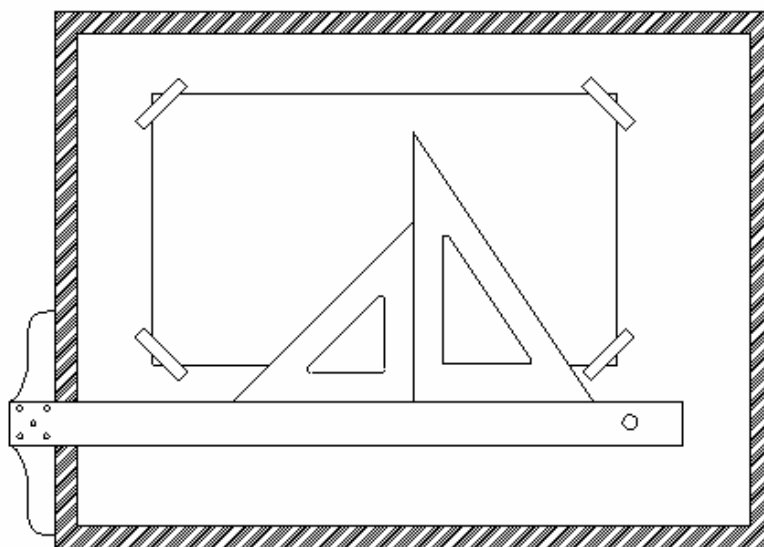
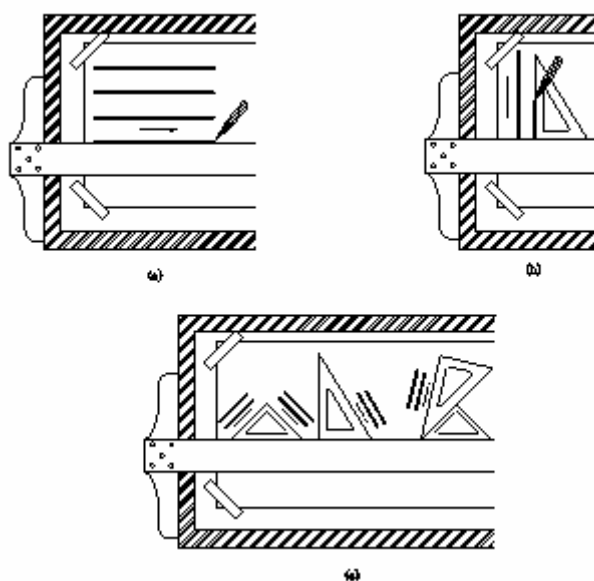


图 1-10 图纸与图板

丁字尺由尺头和尺身两部分组成。它主要用来画水平线，其头部必须紧靠绘图板左边，然后用丁字尺的上边画线。移动丁字尺时，用左手推动丁字尺头沿图板上下移动，把丁字尺调整到准确的位置，然后压住丁字尺进行画线。画水平线是从左到右画，铅笔前后方向应与纸面垂直，而在画线前进方向倾斜约 30° 。

三角板分 45° 和 30° 、 60° 两块，可配合丁字尺画铅垂线及 15° 倍角的斜线；或用两块三角板配合画任意角度的平行线或垂直线，如图 1-11。



(a)画水平线 (b)画垂直线 (c)画各种角度的平行线或垂直线

图 1-11 丁字尺和三角板的使用方法

1.2.2 绘图铅笔

绘图用铅笔的铅芯分别用 B 和 H 表示其软、硬程度，绘图时根据不同使用要求，应准备以下几种硬度不同的铅笔：

B 或 HB—画粗实线用；

HB 或 H—画箭头和写字用；

H 或 2H—画各种细线和画底稿用。

其中用于画粗实线的铅笔磨成矩形，其余的磨成圆锥形，见图 1-12 所示。

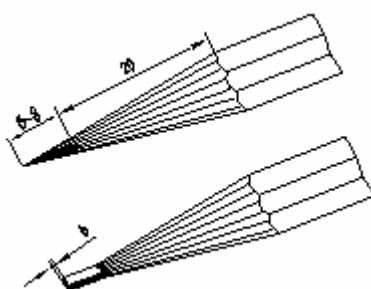


图 1-12 铅芯的形状图

1.2.3 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 1-13 所示。

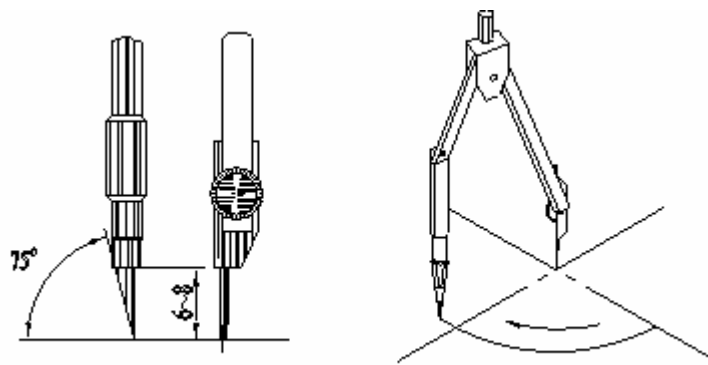


图 1-13 圆规的用法

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。分规的用法如图 1-14 所示。

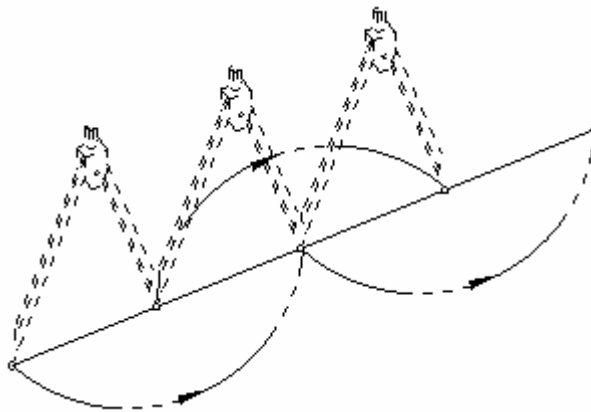


图 1-14 分规的用法

1.3 平面图形的画法

1.3.1 正六边形的画法

绘制正六边形，一般利用正六边形的边长等于外接圆半径的原理，绘制步骤如图 1-15 所示。

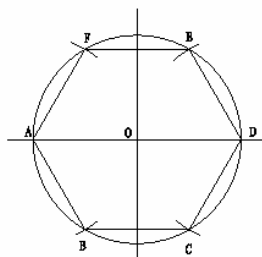


图 1-15 正六边形画法



1.3.2 正五边形的画法

(1) 已知正五边形的边长 AB ，绘制正五边形的方法如图 1-16 所示。

- ① 分别以 A 、 B 为圆心， AB 为半径画弧，与 AB 的中垂线交于 K ；
- ② 在中垂线上自 K 向上取 $CK=2AB/3$ ，得到 C 点；
- ③ 以 C 点为圆心， AB 为半径画圆弧与前面所画两段圆弧相交于 D 、 E 点，即可得到正五边形的五个顶点。

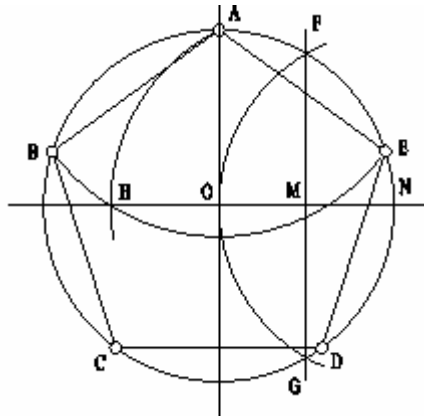


图 1-16 已知边长画正五边形

(2) 已知外接圆直径，绘制正五边形的方法。

- ① 取半径的中点 K ；
- ② 以 K 点为圆心， KA 为半径画圆弧得到 C 点；
- ③ AC 即为正五边形边长，等分圆周得到五个顶点。

(3) 斜度与锥度

- ① 斜度

斜度是指一直线或平面对另一直线或平面的倾斜程度。工程上用直角三角形对边与邻边的比值来表示，并固定把比例前项化为 1 而写成 $1:n$ 的形式，如图 1-16(a) 所示。若已知直线段 AC 的斜度为 $1:5$ ，其作图方法如图 1-17 所示。



图 1-17 斜度的画法

- ② 锥度

锥度是指圆锥的底圆直径 D 与高度 H 之比，通常，锥度也要写成 $1:n$ 的形式。锥度的作图方法如图 1-18 所示。

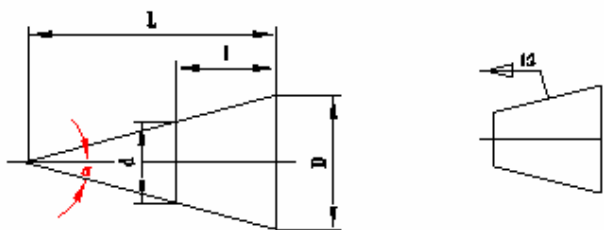
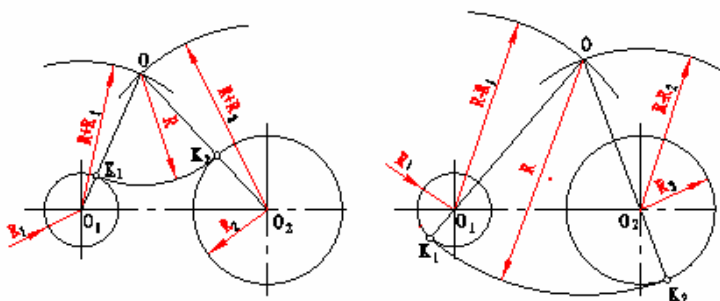


图 1-18 锥度的画法

(4) 圆弧连接

圆弧与圆弧的光滑连接，关键在于正确找出连接圆弧的圆心以及切点的位置。由初等几何知识可知：当两圆弧以内切方式相连接时，连接弧的圆心要用 $R - R_0$ 来确定；当两圆弧以外切方式相连接时，连接弧的圆心要用 $R + R_0$ 来确定。用仪器绘图时，各种圆弧连接的画法如图 1-19 所示。



(a) 与两圆弧外切的画法

(b) 与两圆弧内切的画法

图 1-19 圆弧连接

(5) 椭圆和渐开线的画法

① 椭圆的近似画法

常用的椭圆近似画法为四圆弧法，即用四段圆弧连接起来的图形近似代替椭圆。如果已知椭圆的长、短轴 AB 、 CD ，则其近似画法的步骤如下：

a. 连 AC ，以 O 为圆心， OA 为半径画弧交 CD 延长线于 E ，再以 C 为圆心， CE 为半径画弧交 AC 于 F ；

b. 作 AF 线段的中垂线分别交长、短轴于 O_1 、 O_2 ，并作 O_1 、 O_2 的对称点 O_3 、 O_4 ，即求出四段圆弧的圆心，如图 1-20 所示。

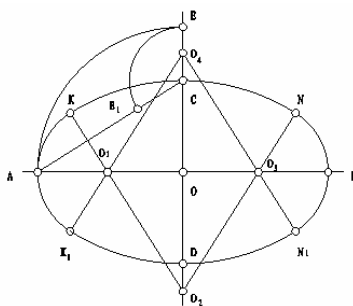


图 1-20 椭圆的近似画法

② 渐开线的近似画法

直线在圆周上作无滑动的滚动，该直线上一点的轨迹即为此圆（称作基圆）的渐开线。



齿轮的齿廓曲线大都是渐开线，如图 1-21 所示。

其作图步骤如下：

- 画基圆并将其圆周 n 等分(图 1-21 中， $n=12$)；
- 将基圆周的展开长度 πD 也分成相同等分；
- 过基圆上各等分点按同一方向作基圆的切线；
- 依次在各切线上量取 $1/n \pi D$ 、 $2/n \pi D \cdots$ 、 πD ，得到基圆的渐开线。

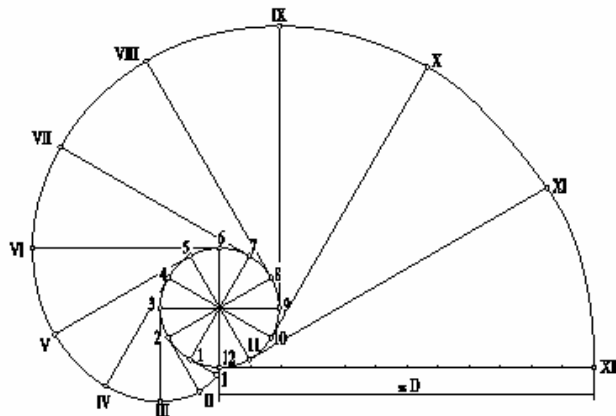


图 1-21 圆的渐开线

1.4 绘图方法及步骤

任何平面图形总是由若干线段（包括直线段、圆弧、曲线）连接而成的，每条线段又由相应的尺寸来决定其长短（或大小）和位置。一个平面图形能否正确绘制出来，要看图中所给的尺寸是否齐全和正确。因此，绘制平面图形时应先进行尺寸分析和线段分析，以明确作图步骤

1.4.1 尺寸分析

平面图形中的尺寸可以分为两大类：

(1) 定形尺寸

确定平面图形中几何元素大小的尺寸称为定形尺寸，例如直线的长度，圆弧的半径等。

(2) 定位尺寸

确定几何元素位置的尺寸称为定位尺寸，例如圆心的位置尺寸，直线与中心线的距离尺寸等。

1.4.2 线段分析

平面图形中的线段，依其尺寸是否齐全可分为三类：

(1) 已知线段

具有齐全的定形尺寸和定位尺寸的线段为已知线段，作图时可以根据已知尺寸直接绘



出。

(2) 中间线段

只给出定形尺寸和一个定位尺寸的线段为中间线段,其另一个定位尺寸可依靠与相邻已知线段的几何关系求出。

(3) 连接线段

只给出线段的定形尺寸,定位尺寸可依靠其两端相邻的已知线段求出的线段为连接线段。

仔细分析上述三类线段的定义,不难得出线段连接的一般规律:

在两条已知线段之间可以有任意个中间线段,但必须有而且只能有一条连接线段。

图 1-22a 为一手柄的平面图形,其作图步骤如下:

(1)作出图形的基准线,首先画已知线段,即具有齐全的定形尺寸和定位尺寸,作图时,可以根据这些尺寸先行画出。(图 1-22b);

(2)画中间线段,只给出定形尺寸和一个定位尺寸,需待与其一端相邻的已知线段作出后,才能由作图确定其位置。大圆弧 $R48$ 是中间圆弧,圆心位置尺寸只有一个垂直方向是已知的,水平方向位置需根据 $R48$ 圆弧与 $R8$ 圆弧内切的关系画出(图 1-22c、d);

(3)画连接线段,只给出定形尺寸,没有定位尺寸,需待与其两端相邻的线段作出后,才能确定它的位置。 $R40$ 的圆弧只给出半径,但它通过中间矩形右端的一个顶点,同时又要与 $R48$ 圆弧外切,所以它是连接线段,应最后画出(图 1-22e、f);可见在两条已知线段之间可以有任意个中间线段,但必须有而且只能有一条连接线段。

(4)校核作图过程,擦去多余的作图线,描深图形。

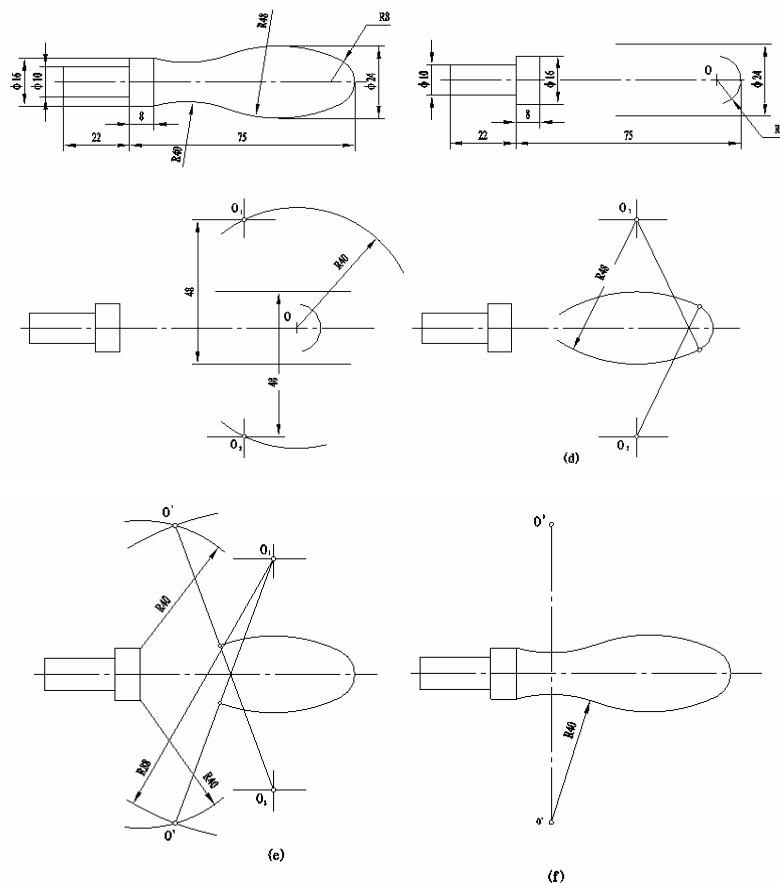


图 1-22 几何作图示例