

SUNWODA
欣旺达

机械制图与 机械原理



深圳市第一职业技术学校

THE FIRST VOCATIONAL TECHNICAL SCHOOL OF SHENZHEN

2021届现代学徒制班

机械制图与机械原理

教研组组长 : 尹庆玲、朱建顺、刘会龙

教研组成员 : 许锦发、李维能、田其光、燕海涛、李长春、刘建华

教务组 : 蔡哲豪、刘艳玉、肖国政、胡燕妮、罗雄新

(排名不分先后)

校企合作·现代学徒制学徒手册第一版

校企合作项目组 编

出版机构 : 欣旺达大学

出版日期 : 2019-09-12

页数 : 144

开本 : 210mm*290mm

版次 : 2019年09月第一版

欣旺达电子股份有限公司

Sunwoda Electronic Co.,Ltd.

电话: 86-755-29516888

邮编: 518108

网址: <http://www.sunwoda.com>

地址: 深圳市宝安区石岩街道石龙社区颐 and 路 2 号

公司内部资料, 严禁外传。

Sunwoda confidential



目录

第一章 绪论	1
第一节 课程的研究对象和任务（机械制图篇）	2
第二节 课程的研究对象和任务（机械原理篇）	3
第三节 投影法的基本知识	5
第二章 工程制图基本知识	9
第一节 国标的基本规定	10
第三章 正投影的基本知识	21
第一节 三投影面体系与三视图	22
第二节 点的投影	24
第三节 直线的投影	27
第四节 平面的投影	33
第四章 基本立体及其表面上的点和线	37
第一节 基本立体及其表面上的点和线	38
第二节 截切立体及截交线	47
第五章 组合体	54
第一节 组合体的构成	55
第六章 工程图样的表达方法	57
第一节 视图	58
第二节 剖视图	60
第七章 机构的结构分析	64
第一节 机构的组成分类	65
第二节 机构运动简图	68
第八章 平面连杆机构	69
第一节 连杆机构及其特点	70
第二节 平面四杆机构的类型及应用	72
第三节 平面四杆机构共性问题	74



第九章 凸轮机构	76
第一节 凸轮机构的类型及应用	78
第二节 凸轮机构常见结构形式及常用材料	82
第十章 齿轮机构	84
第一节 齿轮机构的类型及应用	85
第二节 渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本参数与几何尺寸	87
第三节 涡轮蜗杆传动	89
第十一章 挠性传动机构	92
第一节 带传动简介	93
第二节 V带和V带轮	95
第三节 带传动的安装与维护	99
第四节 链传动简介	102
第十二章 其他常用机构简介	110
第一节 间歇运动机构	111
第二节 螺旋机构	121
第三节 广义机构	123
第十三章 设备前期管理	129
第一节 设备前期管理概述	131
第二节 设备前期管理的制定设计	134
第三节 设备的选型	138



第一章 绪论

[教学目标]

- (1) 了解机械制图的研究对象和任务
- (2) 了解常用的机构工作原理
- (3) 了解投影法的基本知识

第一节 课程的研究对象和任务（机械制图篇）

一、课程的研究对象

在工程技术中，准确的表达物体和形状，准确的表达物体的形状、结构、尺寸大小的图形称为工程图样。工程图样不紧是知道生产的技术文件，而且是进行技术交流的重要工具，所有图样有“工程界的语言”之称。工程图样和文字、数字一样，也是人类对设计产品用以表达、构思不可缺少的工具之一。图样的绘制和阅读是每一个工程技术人员必须掌握的基本技能。

本课程是研究工程图样的阅读的一门学科，主要以理论为主

二、课程的任务

本课程的主要任务：

- ① 培养运用正投影法，即用二维平面表达三维空间形体的能力；
- ② 培养对三维形体及相关位置的空间形象思维能力；
- ③ 培养贯彻、执行工程制图国家标准意识
- ④ 常见组合体的三维视图认识

此外，在学习课程中，应注重培养分析问题及解决问题的能力，培养严谨的工作作风和认真负责的工作态度。

第二节 课程的研究对象和任务（机械原理篇）

一、课程的研究对象

机械原理主要研究机械中常见机构的工作原理、结构特点，以及基本的设计理论和计算方法。

无论简单还是复杂的机械系统都离不开常用机构的应用，有时是常用机构的直接应用，有时是常用机构的组合，变型应用。在开发设计新型机械时，往往也需要从机械学科所累积的已有的常用机构中得到启示。通过对本课程的学习，对常用机构的工作原理和结构特点有一个初步认识，为后续专业课程的学习提供必要的理论基础。

常见的机构有连杆机构、凸轮机构、齿轮机构和齿轮系、间歇运动机构等。以图 1-1 所示的单缸四冲程内燃机为例，其中就有连杆机构、凸轮机构和齿轮机构的组合运用，而这三种机构往往是应用最广的，也是本课程要学习的重点内容。

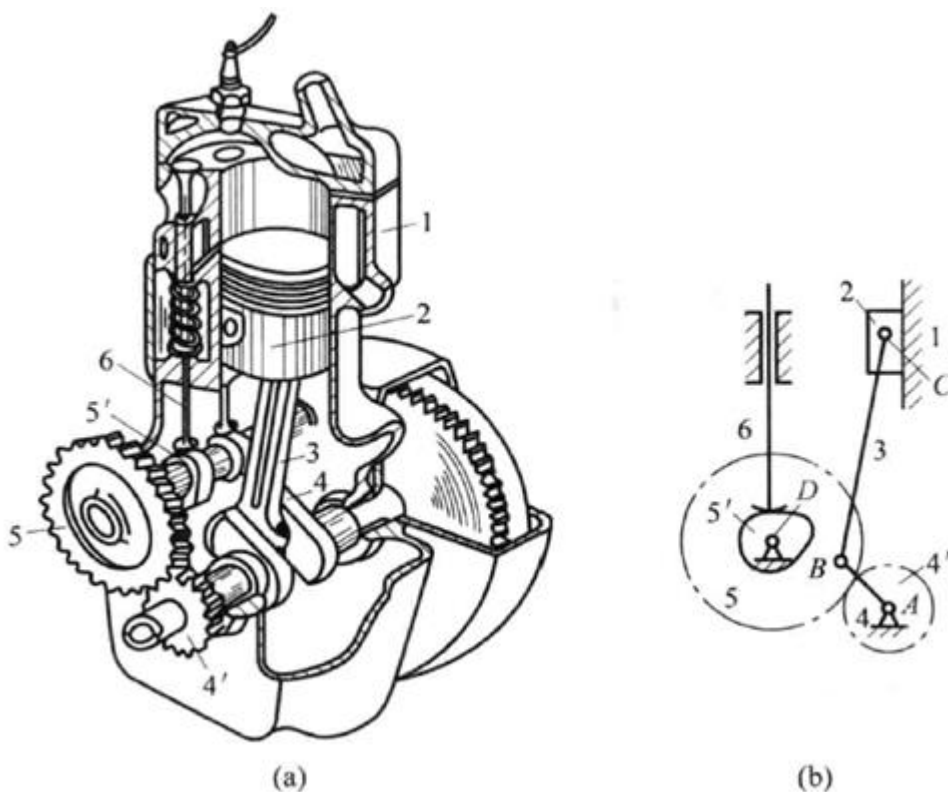


图 1-1

1—气缸体；2—活塞；3—连杆；4—曲轴；4',5—齿轮；5'—凸轮；6—顶杆



二、课程的任务

本课程的主要任务：

1. 了解常用机构的分析及工作原理；
2. 认识平面连杆机构及凸轮、齿轮等常见机构

第三节 投影法的基本知识

一、投影法及其分类

1. 投影法的基本概念

在日常生活中，人们经常看到一些类似投影的现象，如人、物体等在太阳光或灯光照射下，在底面或墙面上产生人、物体的影子等。投影法就是根据这一自然现象，经过科学的抽象，将物体表示在平面上的方法。

如图 1-2 所示，空间有一平面 H，平面外有一点 A，过点 A 作一直线 S，另其向 H 面投射，得交点 a，交点 a 就是点 A 在 H 上的对应图形。我们称直线 S 为投射线，得到图形的平面为投影面，在投影面上的对应图形为投影。

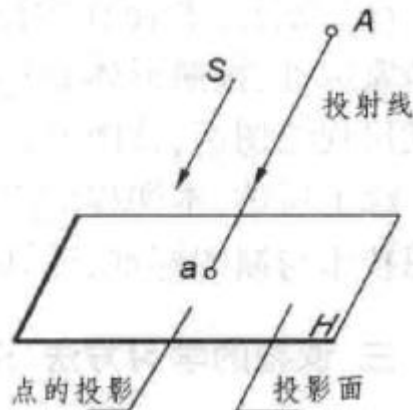


图 1-2 投影的基本概念

这种利用投射线通过物体，向选定的投射面投射，并在该面上得到图形的方法称为投影法。投影法是在平面上表示空间形体的基本方法，也是绘制工程图样的基础。

注意：当投射方向和投影面确定后，点 A 在投影面上的投影是唯一的。

思考：当投射方向和投影面确定后，根据点的一个投影，能否确定该点的空间位置？

2. 投影法的分类

常用的投影法有两大类：中心投影法和平行投影法

(1) 中心投影法

所有投射线从同一投射中心发出的投影方法，称为中心投影法。按中心投影法作出的投影称为中心投影。如图 1-3 所示，设 S 为投射中心，在 ΔABC 在投影面 H 上的中心投影为 Δabc 。用中心投影法得到的物体的投影大小与物体的位置有关。在投射中心和投影面不变

的情况下，当 $\triangle ABC$ 靠近或远离投射面时，它的投影 $\triangle abc$ 就会变小或者变大，且不能反映 $\triangle ABC$ 的实际大小。

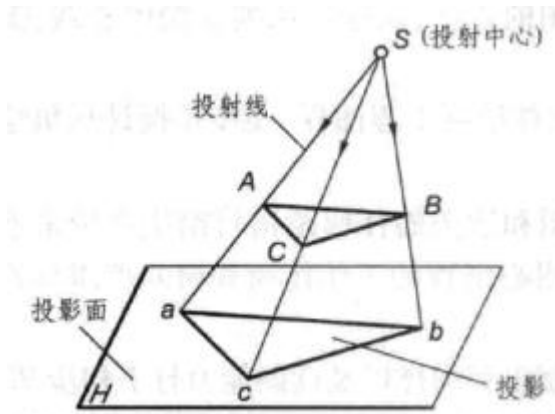


图 1-3 中心投影法

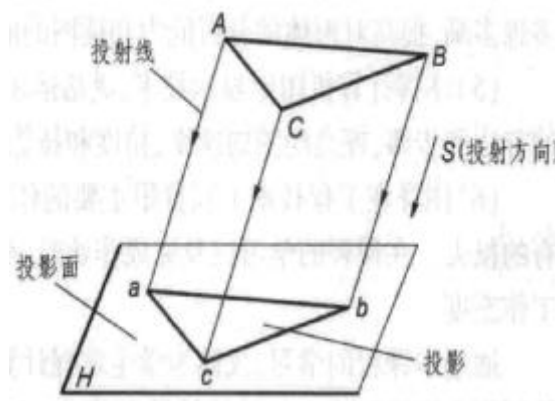


图 1-4 平行投影法

中心投影法主要用于绘制建筑物的透视图。因此，在一般的工程图样中，不采用中心投影法。

(2) 平行投影法

如果将中心投影法中的投射中心移至无穷远，则所有投射线可视为互相平行，这种投影方法称为平行投影法。按照平行投影法作出的投影称为平行投影。投射线的方向称投射方向。如图 1-4 所示，设 S 为投射方向， $\triangle ABC$ 在投影面 H 的平行投影为 $\triangle abc$ 。在平行投影法中，当平行移动物体时，它投影的形状和大小都不会改变。

根据投射线是否垂直于投影面，平行投影法又分为两种：

a. 斜投影法：投射线倾斜于投影面的平行投影法称为斜投影法。用斜投影法得到的投影称为斜投影（图 1-5a）；

b. 正投影法：投射线垂直于投影面的平行投影法称为正投影法。用正投影法得到的投影称为正投影（图 1-5b）。

正投影法能在投影面上较“真实”地表达空间物体的形状和大小，且作图简便，度量性好，此在工程中得到广泛的应用。本课程主要学习这种投影方法。本书中凡未作特殊明都是指正投影。

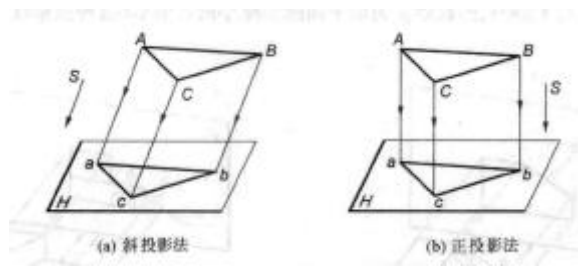


图 1-5 斜投影法和正投影法

二、正投影的基本性质

用正投影法来绘制图样，必须研究物体与它们投影之间的对应关系，即研究空间几何元素（点、线、面）投影到平面上后，有哪些几何性质发生了变化，有哪些几何性质仍保留不变。

正投影有以下基本性质

1. 点的投影

点的投影仍是一点（图 1-6）

2. 直线段的投影

设直线段为 AB，投影面为 V，有

(1) 如果 $AB \parallel V$ ，则投影 $a' b'$ 反应直线段实长（这种投影性质称投影的显实性，图 1-7）；

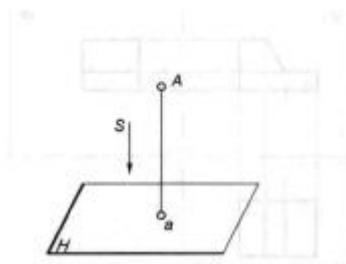


图 1-6 点的投影

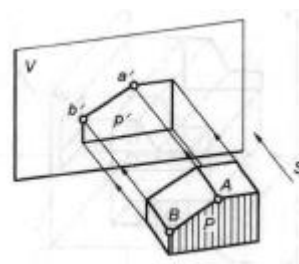


图 1-7 显实性

(2) 如果 $AB \perp V$ ，则投影 $a' b'$ 积聚为一点（这种投影性质称投影的积聚性，图 1-8）

(3) 如果 AB 与 V 倾斜, 则投影 $a'b' < AB$ (图 1-9)

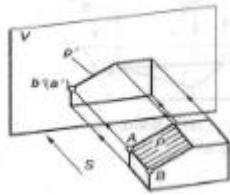


图 1-8 积聚性

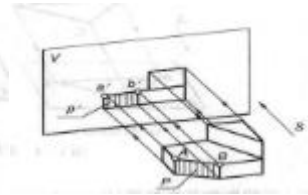


图 1-9 类似性

3. 平面图形的投影

设平面图形为 P, 投影面为 V, 有

(1) 如果 $P // V$, 则投影 p' 反应平面图形实形 (显实性, 图 1-7);

(2) 如果 $P \perp V$, 则投影 p' 积聚为一直线段 (积聚性, 图 1-8);

(3) 如果 AB 与 V 倾斜, 则投影 p' 为该平面图形缩小的类似形 (这种投影性质称为投影的类似性, 图 1-9)

常用的有正投影法、轴测投影法、透视投影法和标高投影法。本课程主要讲述正投影法。

三、正投影图和轴测投影图

1. 正投影图

用正投影法将物体分别投向互相垂直的两个或者两个以上的投影面作投射得到的物体的两个或者两个以上的投影称为正投影图。图 1-10a 是物体向 V、H、W 投影面分别作正投影; 图 1-10b 是将 H、W 投影面分别绕其与 V 面的交线旋至与 V 面重合后得到物体的正投影图。

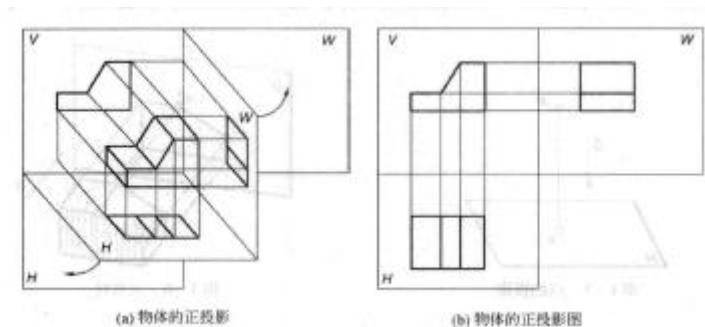


图 1-10 正投影图

正投影图作图简便, 度量性好, 在工程中广泛采用。但这种图的缺点是直观性差。

2. 轴测投影图

将物体和确定物体位置的直角坐标系，沿不平行与任一坐标面的方向，用平行投影法向某一选定的投影面作投射，得到投射图的方法称为轴测投影法，应用轴测投影法得到的投影图（简称轴测图，图 1-11）。

轴测图具有立体感强的特点，但其作图较为复杂，度量性较差，在工程上仅用作辅助图样。

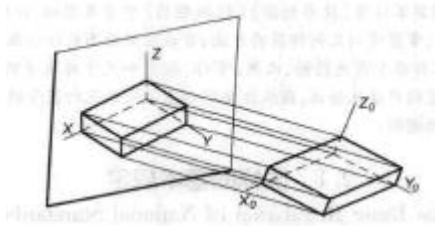


图 1-11 轴测投影图

思考题

1. 本课程的目的要求是什么？
2. 投影法分哪两类？本课程主要以什么方法作为研究方法
3. 正投影法有哪些基本性质？

第二章 工程制图基本知识

[教学目标]

- (1) 了解工程制图国标的相关规定



第一节 国标的基本规定

工程图样被称为工程界的语言，工程上设计思想的表达，技术交流的进行都离不开工程图样，所有工程图样必须有统一的规范，这就是相关的国家标准

下面介绍工程制图中国标的基本规定。

一、图纸幅面和格式

1. 图纸幅面尺寸

绘制技术图样时，应优先采用表 2-1 所规定基本幅面；必要时可允许选用规定的加长幅面（更详细的规定应参照有关标准），这些幅面的尺寸是由基本幅面的短边成整数倍增加后得出，见图 2-1

表 2-1 图纸基本幅面尺寸

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

2. 图框格式

图纸上必须采用粗实线画出图框，其格式分为留有装订边和不留装订边两种，但同一产品的图样只能采用一种格式。留与不留装订边的图纸，格式如图 2-2 和图 2-3 所示，尺寸如表 2-1 所示。

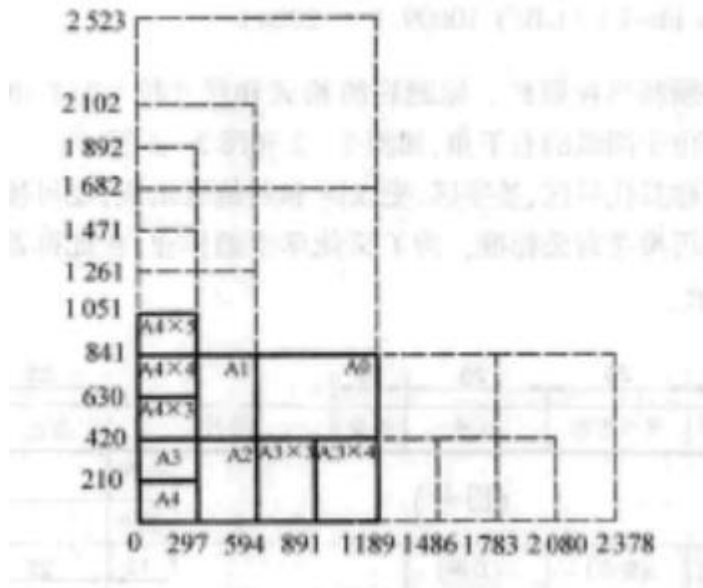


图 2-1 图幅尺寸及加长

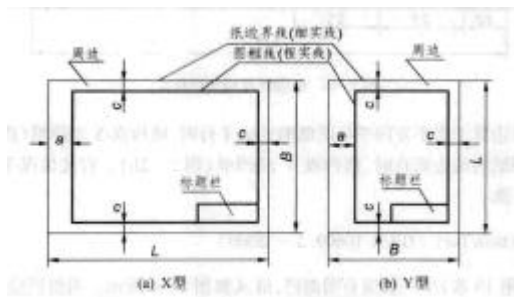


图 2-2 留装订边的图纸格式

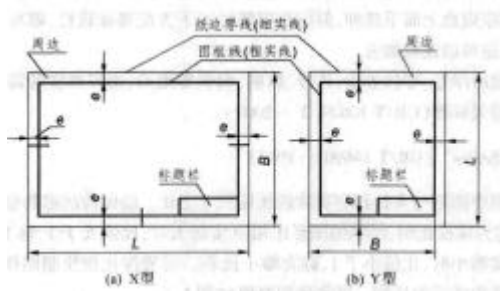


图 2-3 不留装订边的图纸格式

二、标题栏

每张图纸上都必须画出标题栏。标题栏的格式和尺寸按 GB/T 10609.1-2008 的规定。标题栏的位置应位于图纸的右下角，如图 2-2-和 2-3 所示。

标题栏一般由名称及代号区、签字区、更改区和其他区组成，也可按实际需求增加或减少。详细格式和说明可参考有关标准。参考图 2-4 所示。

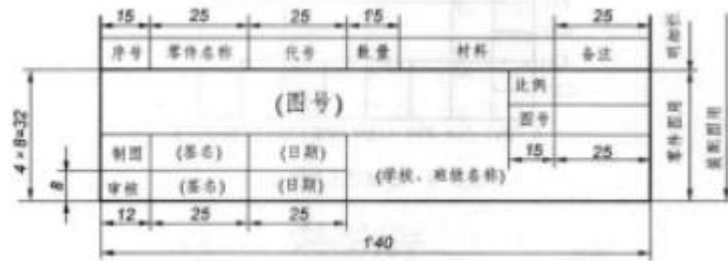


图 2-4 标题栏及明细栏格式

标题栏的长边置于水平方向并与图纸的长边平行时，则构成 X 型图纸（图 2-2a），若标题栏的长边与图纸的长边垂直时，则构成 Y 型图纸（图 2-2b），在此情况下，看图方向与看标题栏方向一致。

三、明细栏

装配图中一般应有明细栏，格式如图 2-4 所示，明细栏应配置在标题栏上方，由下而上的顺序填写，格数视需要而定，若往上延伸位置不够时，可紧靠标题栏左边自下而上延续。当不能再装配图本页上方配置明细栏时，可作为装配图的续页按 A4 幅面单独给出，其顺序应由上而下延伸，但应在明细栏的下方配置标题栏，填写与装配图相一致的名称和代号，还可以连续加页。

明细栏一般由序号、零件名称、代号、数量、材料等组成，也可按照实际需要增减。更详细的要求可参照有关标准（GB/T 10609.2-2009）。

四、比例

比例是指图中图形与实物相应要素的线性尺寸之比。绘制的图形和相应实物一样大小时，比值为 1，称为原值比例；绘制的图形比相应实物大时，比值大于 1，称为放大比例；绘制的图形比相应实物小时，比值小于 1，称为缩小比例。需要按比例绘制图样时，应由表 2-2 规定的系列中选取适当的比例，优先选用原值比例 1:1。

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

注:n 为正整数。

表 2-2 比例 (一)

必要时也可以选用表 2-3 中的比例。

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

注:n 为正整数。

表 2-3 比例 (二)

比例一般注在标题栏内, 必要时可在视图名称的下方或者右侧标注比例, 如:



五、字体

工程图样上的字体书写必须做到: 字体工整、笔画清楚、间隔均匀, 排列整齐。

字体高度(用 h 表示)的公称尺寸系列为 1.8, 2.5, 3.5, 5, 7, 10, 14, 20mm。如果要书写更大的字体, 其字高应按 $\sqrt{2}$ 的比率递增。字体的高度代表字体的号数。汉字应写成长仿宋体, 并采用中华人民共和国国务院正式公布推行的《汉字简化方案》中规定的简化字。汉字的字高 h 不应小于 3.5mm, 其字宽一般为 $h/\sqrt{2}$ 。



字母和数字分 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。同一图样上, 只允许同一型式的字体。字母和数字可写成斜体和直体。斜体字字头向右倾斜, 与水平基准线成 75°。

汉字、字母、数字等组合写时, 其排列格式和间距都有规定, 详细规定可参阅有关标准。

1. 字体示例

汉字

字体端正 笔划清楚 排列整齐 间隔均匀

斜体大写字母

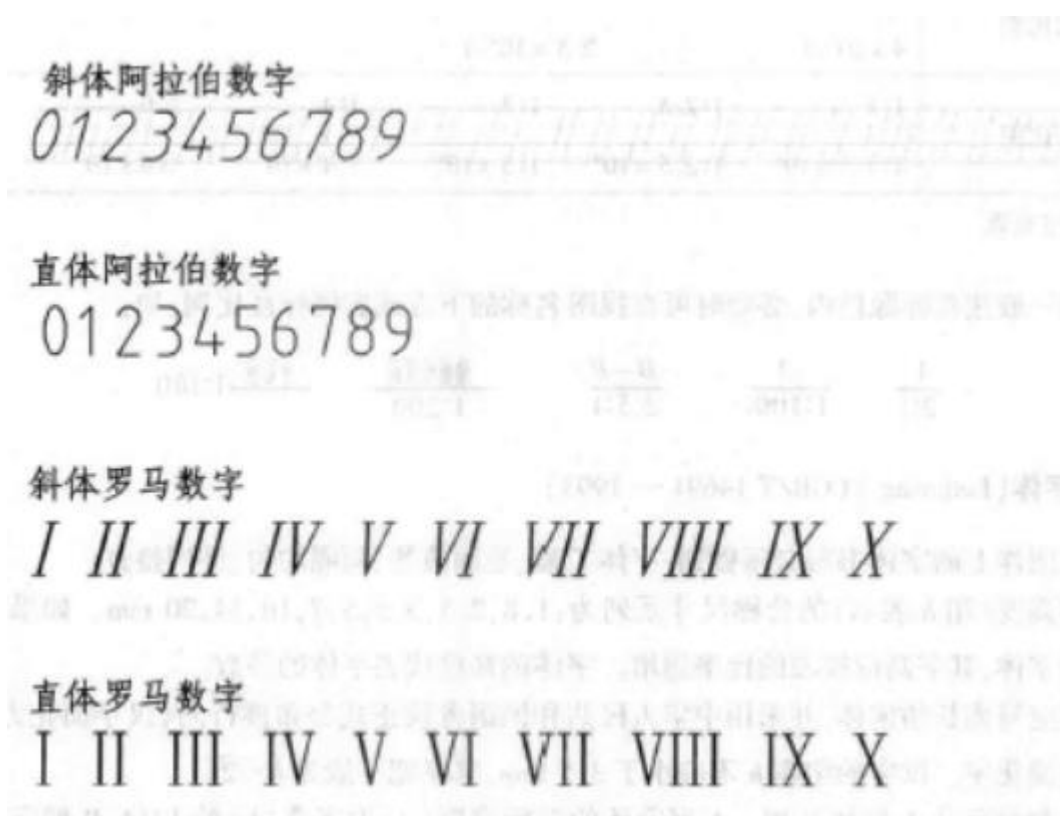
ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZϕ

直体大写字母

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZϕ

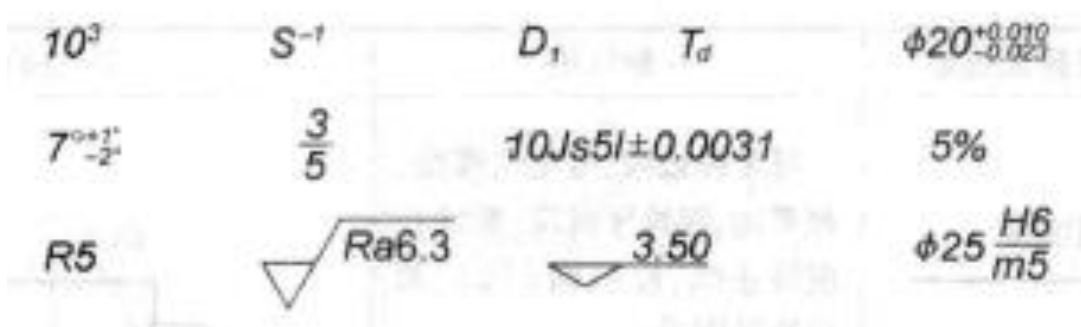
斜体小写字母

abcdefghijklmnopqrstuvwxyz αβγ



2. 综合应用规定

用作指数、分数、极限偏差、注脚等的数字及字母，一般应采用小一号的字体。图样中的数字符号、物理量符号、计量单位符号，以及其他符号、代号，应分别符合国家有关法令和标准的规定，例如：



六、图线

图样中常用图线的名称、型式、代号以及在图上的应用举例见表 2-4。

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旋转。该数系的公式比为 1: $\sqrt{2}$:

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

粗线、中粗线和细线线宽的比例为 4:2:1; 在同一图样中, 同类图线的宽度应一致。在机械图样中采用粗细两种线宽, 它们之间的为例为 2:1。在学校粗实线线宽一般采用 0.5mm 或 0.7mm。

代码 No.	图线名称及线型	一般应用	应用示例
01.1	细实线	过渡线、尺寸线、尺寸界线、指引线和基准线、剖面线、重合剖面的轮廓线、短中心线、螺纹牙底线、表示平面的对角线、零件成形前的弯折线、辅助线、投影线、网格线、重复要素表示线、齿轮的齿根线、……	
	波浪线	断裂处的边界线 视图和剖视的分界线	
	双折线	断裂处的边界线 视图和剖视的分界线	

表 2-4 常用图线线型及应用举例

续表 2-4

代码 No.	图线名称及线型	一般应用	应用示例
01.2	粗实线	可见棱边线、可见轮廓线、相贯线、螺纹牙顶线、螺纹长度终止线、齿顶圆(线)、剖切符号用线	
04.1	细点画线	轴线、对称中心线、分度圆(线)、孔系分布的中心线、剖切线	
02.1	细虚线	不可见棱边线 不可见轮廓线	
05.1	细双点画线	相邻辅助零件的轮廓线、可动零件的极限位置的轮廓线、重心线、延伸公差带表示线、轨迹线……	

细虚线、细点画线、细双点画线的各段长度和间隔应各自大致相等。手工绘图时，宜采用图 2-5a 所示的规格。

除非另有规定，两条平行线之间的最小间隙不得小于 0.7mm。

细虚线、细点画线、细双点画线等线型应恰当地相交于画线处，如图 2-5b 所示。

在较小的图形上绘细点画线、细双点画线有困难时，可用细实线替代。

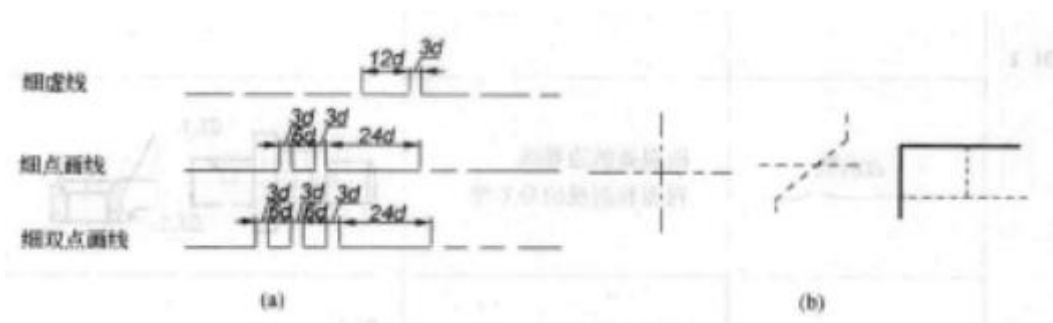


图 2-5 建议采用的图线规格

七、尺寸标注

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，与图形大小及图形准确度无关。

(2) 图样中（包括技术要求和其他说明）的尺寸，以毫米为单位时，不需标注计量单位的代号或名称；图采用其他单位，则必须注明相应的计量单位的代码或名称。

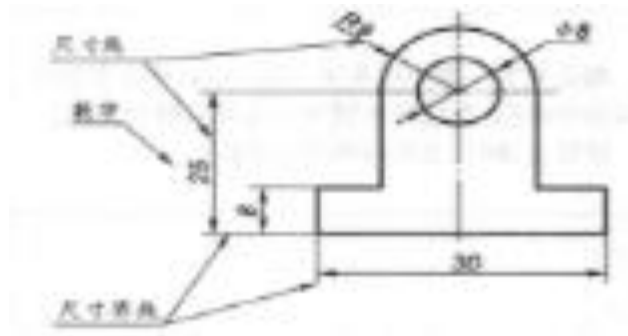


图 2-6 尺寸的组成

2. 尺寸的组成

一个完整的尺寸包括：尺寸线、尺寸界线和尺寸数字，如图 2-6 所示。常见尺寸标注和样式示例见表 2-5。

基本规定	标注示例
<p>图样所标尺寸,为所示机件最后完工尺寸,否则应另加说明;</p> <p>机件的每一尺寸,只注一次,并应标在该结构最清晰的视图上;</p> <p>尺寸界线用细实线绘制,并应由图形的轮廓线、轴线或对称中心线处引出;也可以利用轮廓线、轴线或对称中心线作尺寸界线</p>	
<p>尺寸数字应按图例所示的方向注写,并尽可能避免在图示 30° 范围内标注尺寸,当无法避免时可按图示的形式标注</p>	

<p>线性尺寸的数字一般应注写在尺寸线的上方,也允许注写在尺寸线的中断处; 对于非水平方向的数字,可水平地注写在尺寸线的中断处,但优先采用本表图示的形式; 同一图样中尽可能用一种形式。</p>	
--	--

<p>标注板状零件的厚度时,可在尺寸数字前加注符号“t”</p>	
<p>斜度和锥度的符号画法与标注如图示,符号的方向应与斜度和锥度的方向一致; 符号的线宽 $d = h/10$, h = 字体高度</p>	

技术制图国家标准 GB/T 16675.2-2012 简化画法第二部分: 尺寸标注, 由于篇幅所限, 在这里不一一列出。可查阅有关标准。

<p>尺寸界线一般与尺寸线垂直,必要时才允许倾斜; 圆的直径和圆弧半径的尺寸线的终端应画成箭头; 标注直径时,应在尺寸前加“ϕ”,半径前加“R”;标注球面的直径或半径时,应在符号“ϕ”或“R”前再加注符号“S”</p>	
<p>当圆弧的半径过大或在图纸范围内无法标出其圆心位置时,按图 b 的标注形式标注; 若不需要标出其圆心位置时,按图 c 的形式标注</p>	
<p>标注弧角、弦长和弧长时,尺寸界线应平行于该弦的垂直平分线,标注弧线长度时,尺寸线用圆弧,并在尺寸数字上方加注符号“$\overset{\frown}$”;当有几段同心弧时,可以箭头指出,见右图图例</p>	
<p>当采用箭头、位置又不够的情况下,允许用圆点或斜线代替箭头; 在没有足够的位置画箭头或注写数字时,按图示形式标注</p>	
<p>标注剖面为正方形结构时,可在正方形边长尺寸数字前加注符号“\square”,或用“$B \times B$”注出(B为正方形的边长)</p>	



寸的一般符号

标注尺寸时应尽可能用符号和缩写词（表 2-7）。

表 2-7 标注尺寸的一般符号

名称	直径	半径	球直径 球半径	厚度	正方形	45°倒角	深度	沉孔 或槽平	埋头孔	均布	弧度
符号或 缩写词	ϕ	R	$S\phi$ SR	t	□	c	⏟	┐	V	EQS	~

思考题

1. 绘图的图幅有哪些格式？不同格式有哪些类型？
2. GB 的比例有什么规定？1:2 与 2:1 有什么不同？可否用 3:1 的绘图比例？



第三章 正投影的基本知识

[教学目标]

- (1) 了解三投影面体系与三视图的相关知识
- (2) 点线面投影的相关知识

第一节 三投影面体系与三视图

一、三投影面体系

由正立投影面 V、水平投影面和侧立投影面 W 三个互相垂直的投影面构成的投影面体系称为三投影面体系。正立投影面简称正面或 V 面，水平投影面简称水平面或 H 面、侧立投影面简称侧面或 W 面。三个投影面两两相交产生的交线 OX 、 OY 、 OZ 称为三根投影轴(图 3-1)，简称 X 轴、Y 轴、Z 轴，三根轴的交点 O 称为原点。

二、三视图的形成

正投影图是根据正投影法得到的图形，这种投影图也称为视图。一个视图只反应物体的两个方向，即二维的情况，而不能确定空间物体三维的形状。要全面正确地表达出物体各个方向的形状通常要用两个或者两个以上不同方向的视图。这里先介绍三个最基本的视图，通常称之为三视图。

物体置于三投影面体系中，分别向三个投影面作投射，得到三个投影图，称为三视图(图 3-2)。

在正面得到的投影为正面投影，也称为主视图；在水平面得到的投影称为水平投影，也称为俯视图；在侧面得到的投影为侧面投影，也称为左视图。

为使三个视图能够画在同一图纸上，国家标准规定，正面及正面投影(主视图)不动，把水平面连同水平投影(俯视图)一起绕 OX 轴往下旋转到与正面重合；把侧面连同侧面投影(左视图)一起绕 OZ 轴往右旋转到与正面重合(图 3-3)

工程上用来表达物体形状的三视图省略了表达投影的线框和轴(图 3-4)

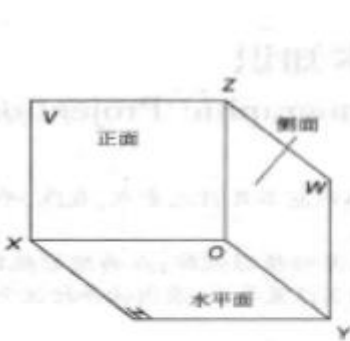


图 3-1 三投影面体系

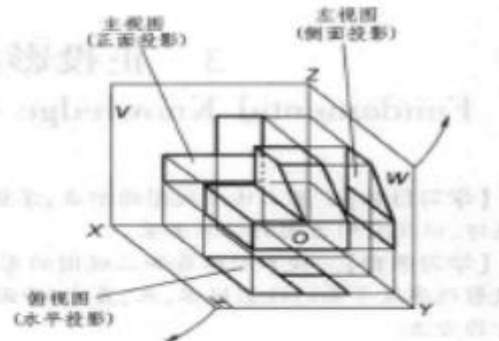


图 3-2 三视图的形成

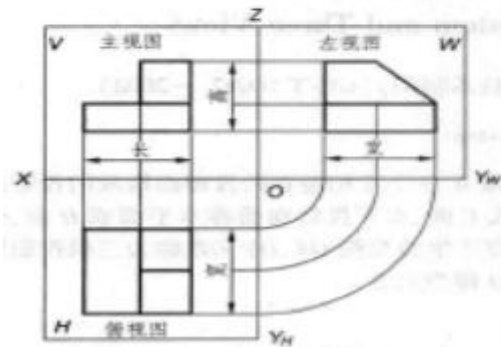


图 3-3 展开的投影图



图 3-4 三视图

三、三视图的投影规律

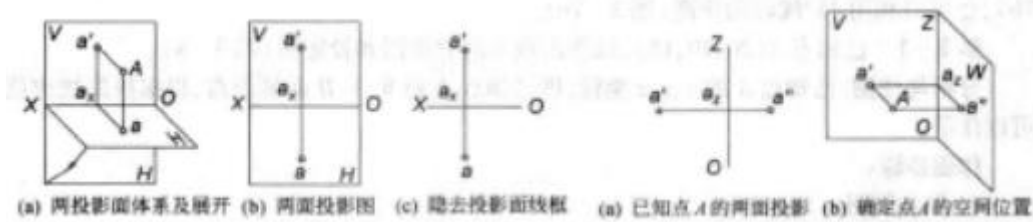
由图 3-3 和图 3-4 可见，每个视图反映物体两个坐标方向的大小；
 主视图、俯视图反映物体相同的长度（X 轴反映左右方向），有长对正的关系；
 主视图、左视图反映物体相同的高度（Z 轴反映上下方向），有高平齐的关系；
 左视图、俯视图反映物体相同的宽度（Y 轴反映前后方向），有宽相等的关系。
 为方便记忆把这种投影规律简称为：“长对正、高平齐、宽相等。”

第二节 点的投影

一、点的两面投影

点的一个投影不能确定该点的空间位置，但点置于两投影面体系中，得到的两个投影

却可以确定其空间位置。



点 A 在正面 V 和水平面 H 构成两投影面体系中的投影可确定其空间位置（图 3-5）；点 A 在正面 V 和侧面 W 的两投影面体系中的投影也可确定其空间位置（图 3-6）。

图 3-5 点的两个投影可确定该点的空间位置 图 3-6 已知点 A 的正面和侧面可确定点 A。

二、点的三面投影

空间一点 A 在三投影面体系中分别向三个投影面 V、H、W 投射，投射射线在 V、H、W 的垂足 a' 、 a 、 a'' 称为点 A 的三面投影（图 3-7）。

空间点用大写字母表示，例如 A；投影用小写字母表示，水平投影用相应小写字母表示，例如 a；正面投影用带“'”的相应小写字母表示，例如 a' ；侧面投影用带“''”的相应小写字母表示，例如 a'' 。

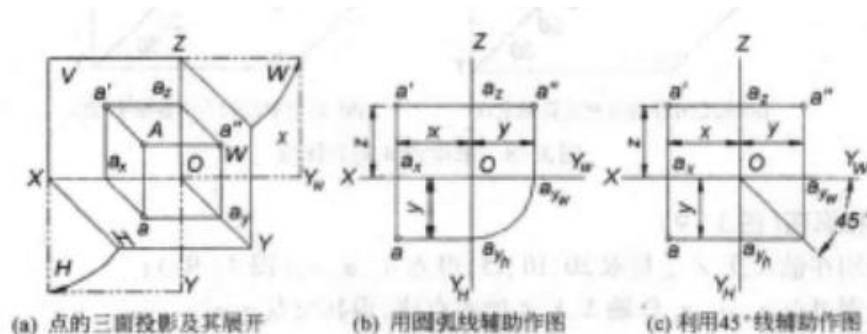


图 3-7 点的三面投影规律与作图

三、点的三面投影规律

点 A (x, y, z) 的三面投影及展开如图 3-7 所示。

过点 a, a' 分别作 X 轴的垂线交于 a_x , 过 a, a' 分别作 Y 的垂线交 Y 轴与 a_y ;
同样过 a'、a' 分别作 Z 轴的垂线交 Z 轴与 a_z (图 3-7a)。

可见点的三面投影有如下规律:

- ① 点的正面投影与水平投影的投影连线 $a' a \perp OX$ 轴 (a 和 a' 均反映点 A 的 x 坐标);
- ② 点的正面投影与侧面投影的投影连线 $a' a'' \perp OZ$ 轴 (a 和 a' 均反映点 A 的 z 坐标);
- ③ 点的水平到 OX 轴的距离等于该点侧面投影到 OZ 的距离, 即 $aa_x = a' a_z$ (a 和 a' 均反映点 A 的 y 坐标)

由图还可见:

$Aa'' = a_y = a' a_z = x$ 坐标, 反映点 A 到 W 面的距离;

$Aa = a_x = a' a_z = z$ 坐标, 反映点 A 到 H 面的距离;

$Aa' = a_x = a' a_z = y$ 坐标, 反映点 A 到 V 面的距离;

已知点的坐标就可以按照上述的投影规律作图。作图时介意用圆弧辅助作图(图 3-7b), 也可以利用 45° 线辅助作图(图 3-7c)。

四、点的相对位置

两个或者两个以上的点处于同一个三投影面体系中, 作它们的投影时, 点与点之间的相对位置可以利用点到投影面的距离或者相对坐标差求得。

五、重影点

当两个点在某投影面的投影重合在一起时, 称这两点为对该投影面的重影点。如图 3-8 的两点 A、B, 其水平投影重合于 a (b), 称为水平投影面的重影点。由于点 A 在点 B 的上方, 投射先经过点 A, 所以点 A 的水平投影可见, 点 B 的水平投影不可见。离投影面近者为不可见, 不可见的投影加括号表示。

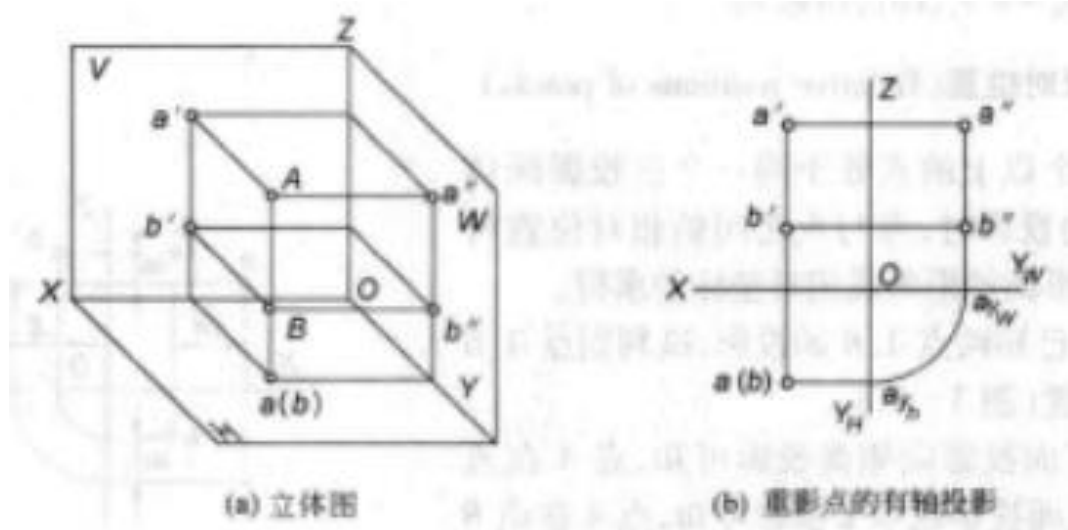


图 3-8 重影点

思考：正面投影和侧面投影重影点的投影图如何表示注意：某一投影面的可见性并不影响其他投影面上投影的可见性。



第三节 直线的投影

根据立体几何的知识可知，已知两点可以确定一直线（段）。直线相对于投影面的位置有三种情况：

- ① 垂直于某一投影面，并且同时平行于另外两个投影面的直线称为投影面垂直线；
- ② 平行于某一投影面，并且同时倾斜于另外两个投影面的直线称为投影面平行线；
- ③ 对三个投影面均倾斜的直线称为一般位置直线，也称为一般直线。

投影面垂直线和投影面平行线统称为特殊位置直线。

一、投影面垂直线

在三投影面体系中，投影面垂直线有 3 种：

- 1) 垂直于水平面 H，同时平行于 V 面、W 面的直线称为水平面垂直线，简称铅垂线；
- 2) 垂直于正面 V，同时平行于 H 面、W 面的直线称为正面垂直线，简称正垂线；
- 3) 垂直于侧面 W，同时平行于 V 面、H 面的直线称为侧面垂直线，简称侧垂线。

投影面垂直线的投影规律见表 3-1

名称	立体图	投影图	投影规律
铅垂线 $AB \perp H$			<ol style="list-style-type: none"> 1. 水平投影积聚为一点 $a(b)$; 2. $a'b' \perp OX$ 轴, $a''b'' \perp OY$ 轴; 3. $a'b' = a''b'' = AB$ 实长
正垂线 $AB \perp V$			<ol style="list-style-type: none"> 1. 正面投影积聚为一点 $a'(b')$; 2. $ab \perp OX$ 轴, $a''b'' \perp OZ$ 轴; 3. $ab = a''b'' = AB$ 实长
侧垂线 $AB \perp W$			<ol style="list-style-type: none"> 1. 侧面投影积聚为一点 $a''(b'')$; 2. $ab \perp OY$ 轴, $a'b' \perp OZ$ 轴; 3. $ab = a'b' = AB$ 实长

表 3-1 投影面垂直线的投影规律

从表中的图例可见，投影面垂直线的投影规律为：

当直线垂直于投影面时，其在该投影面的投影积聚为一点，直线的另两个投影垂直于该投影面上的两条坐标轴，并反映该直线的实长。

二、投影面平行线

在三投影面体系中，投影面平行线有 3 种：

- 1) 平行于水平面 H，同时倾斜于 V 面、W 面的直线称为水平面平行线，简称水平线；
- 2) 平行于正面 V，同时倾斜于 H 面、W 面的直线称为正面平行线，简称正平线；
- 3) 平行于侧面 W，同时倾斜于 V 面、H 面的直线称为侧面平行线，简称侧平线。
- 4) 投影面平行线的规律见表 3-2。

从表中的图例可见，投影面平行线的投影规律为：

当直线平行于投影面时，其在该投影面上的投影反映实长，并反映该直线与另两个投影面夹角的实际大小，直线的另两个投影面平行于该投影面内的两条坐标轴。

注意：直线与H面的夹角用 α 表示，与V面的夹角用 β 表示，与W面的夹角用 γ 表示。

表 3-2 投影面平行线的投影规律

名称	立体图	投影图	投影规律
水平线 $AB // H$			<ol style="list-style-type: none"> 1. $a'b' = AB$, 即 $a'b'$ 反映实长; 2. $a'b' // OX$ 轴; $a''b'' // OY$ 轴, $a'b'$ 和 $a''b''$ 均小于实长; 3. ab 与 OX 夹角反映 β 的实际大小, ab 与 OY 夹角反映 γ 的实际大小
正平线 $AB // V$			<ol style="list-style-type: none"> 1. $a'b' = AB$, $a'b'$ 反映实长; 2. $ab // OX$ 轴; $a''b'' // OZ$ 轴, $ab, a''b''$ 均小于实长; 3. $a'b'$ 与 OX 夹角反映 α 的实际大小, $a'b'$ 与 OZ 夹角反映 γ 的实际大小
侧平线 $AB // W$			<ol style="list-style-type: none"> 1. $a''b'' = AB$, $a''b''$ 反映实长; 2. $ab // OY$ 轴; $a'b' // OZ$ 轴, $ab, a'b'$ 均小于实长; 3. $a''b''$ 与 OZ 夹角反映 β 的实际大小, $a''b''$ 与 OY 夹角反映 α 的实际大小

三、一般位置直线

在三投影面体系中，与三个投影面都倾斜的直线称为一般位置直线（图 3-9）。一般位置直线段的投影规律是：三个投影均为缩短了的直线段，三个投影均不反映直线段与投影面夹角的实际大小。

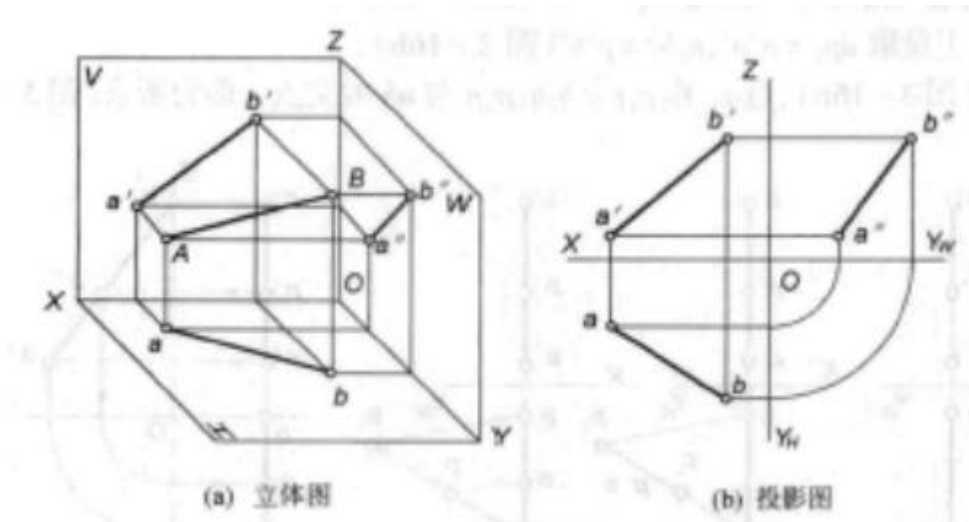


图 3-9 一般位置直线

四、属于直线的点及其投影规律

直线与点之间从属关系的投影有如下特点：

- 1) 空间一点属于直线段，则该点的投影必属于该直线段的同一投影。如图 3-10 所示。如果 $K \in AB$ ，则 $k \in ab$ ， $k' \in a'b'$ ， $k'' \in a''b''$ 。
- 2) 属于直线的空间一点分空间直线段成定比，则该点的投影分该直线段的投影为同一比例。如图 3-10 所示，点 K 分直线段 AB 为 $AK:KB$ ，则 $ak:kb=a'k':k'b'=a''k'':k''b''=AK:KB$

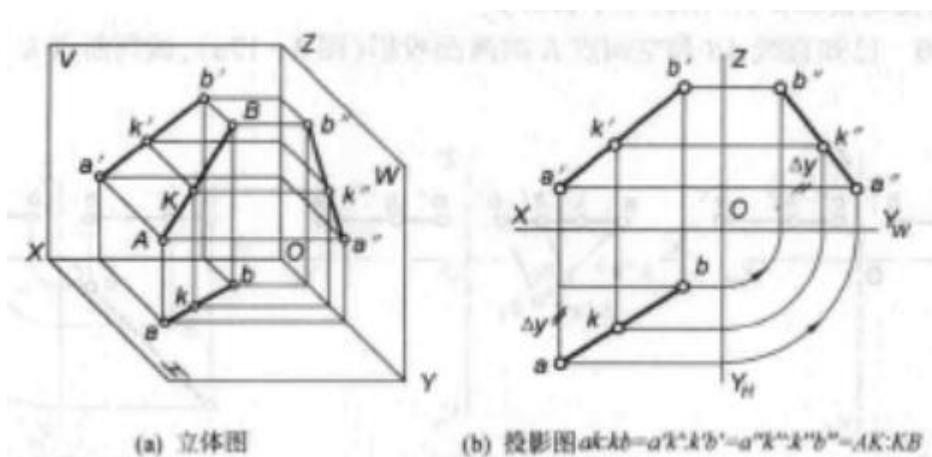


图 3-10 点与直线的从属性

五、两直线的相对位置

空间两直线的相对位置可分为 3 种情况：平行、相交、交叉。两直线平行或者相交即为共面直线，两直线交叉即为异面直线。下面分别介绍其投影规律。

1. 平行两直线

两直线互相平行，则其同面投影也互相平行（图 3-11）。

如果两直线为一般直线，则从其两面投影是否平行即可判断这两条直线在空间是否平行。否则，

就要用第三投影或者辅助线帮助判断。

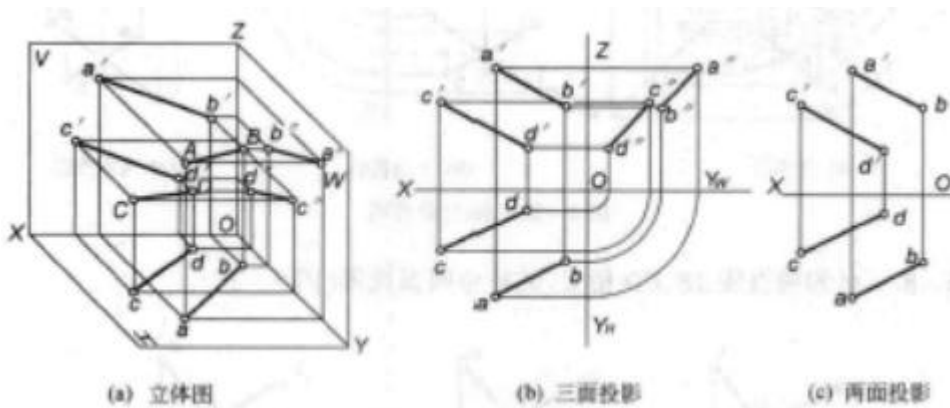


图 3-11 平行两直线

2. 相交两直线

空间两直线相交，则同面投影也必定相交，交点的投影连线必垂直于相应的投影轴（图 3-12）。

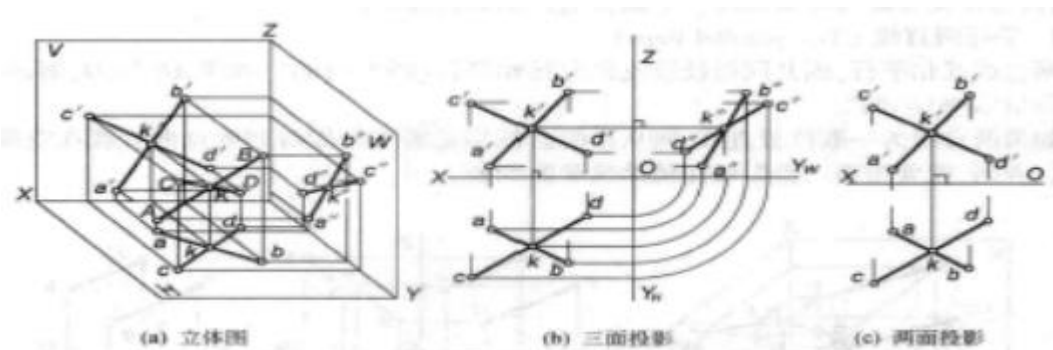


图 3-12 相交两直线

3. 交叉两直线

空间两直线 AB、CD 既不平行也不相交，称为交叉两直线，也就是异面直线。两直线在某投影面上的投影相交，并不意味着两直线在空间相交。交叉两直线投影的交点只是在重

演点，如图 3-13 中的 $m(n)$ 及图 3-14a 中的 $e'(f')$ 和 $m(n)$ 。如果两直线在某投影面善的投影互相平行，并不意味着两直线平行（图 3-14b）。

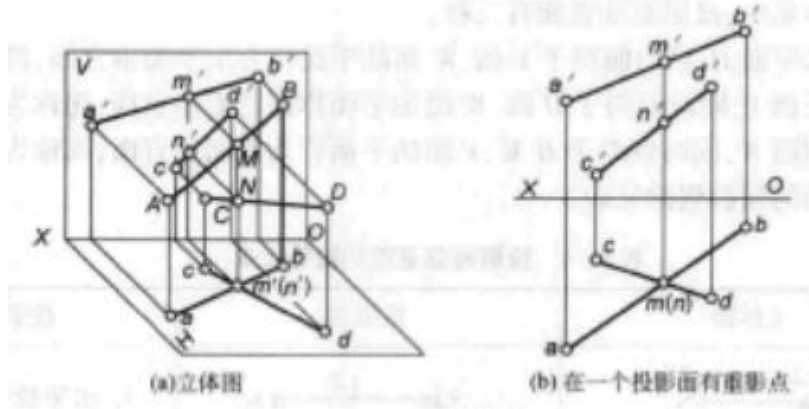


图 3-13 交叉两直线

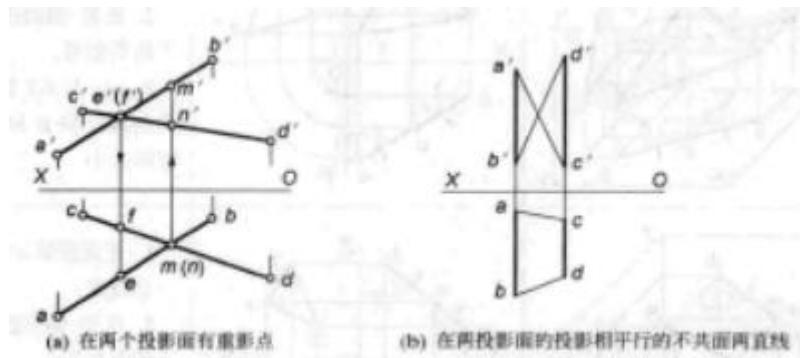


图 3-14 交叉两直线的不同形式



第四节 平面的投影

平面可以用平面图形表示，也可以用两平行直线、直线及直线外一点、不属于同一直线的三个点，相交两直线等表示。这里以平面图形为例介绍平面的投影规律。

平面相对于投影面的位置有三种情况：

- 1) 垂直于某一投影面，且同时倾斜于另外两个投影面的平面称为投影面垂直面；
- 2) 平行于某一投影面，且同时垂直于另外两个投影面的平面称为投影面平行面；
- 3) 对三个投影面都倾斜的平面称为一般位置平面，也称为一般平面。

投影面垂直面和投影面平行面统称为特殊位置平面。

一、平面在三投影面体系中的投影规律

1. 投影面垂直面

在三投影面体系中，投影面垂直面有三种：投影面垂直面的投影规律见表 3-3

- 1) 垂直于水平面 H，同时倾斜于 V 面、W 面的平面称为水平面垂直面，简称为铅垂面；
- 2) 垂直于正面 V，同时倾斜于 H 面、W 面的平面称为正面垂直面，简称为正垂面；
- 3) 垂直于侧面 W，同时倾斜于 H 面、V 面的平面称为侧面垂直面，简称为侧垂面。

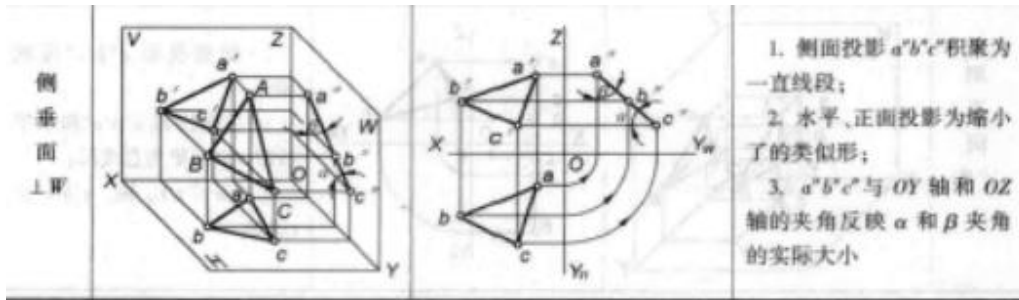


表 3-3

名称	立体图	投影图	投影规律
铅垂面 $\perp H$			<ol style="list-style-type: none"> 1. 水平投影 abc 积聚为一直线段; 2. 正面、侧面投影为缩小了的类似形; 3. abc 与 OX 轴和 OY 轴的夹角反映 β 和 γ 夹角的实际大小
正垂面 $\perp V$			<ol style="list-style-type: none"> 1. 正面投影 $a'b'c'$ 积聚为一直线段; 2. 水平、侧面投影为缩小了的类似形; 3. $a'b'c'$ 与 OX 轴和 OZ 轴的夹角反映 α 和 γ 夹角的实际大小

投影面垂直面的投影规律

投影面垂直面的投影规律可归纳为:

平面垂直某一投影面, 则在该投影面积聚为一直线段, 其与投影轴的夹角反映该平面与对应投影面夹角的实际大小; 在另两投影面的投影为缩小的类似形。

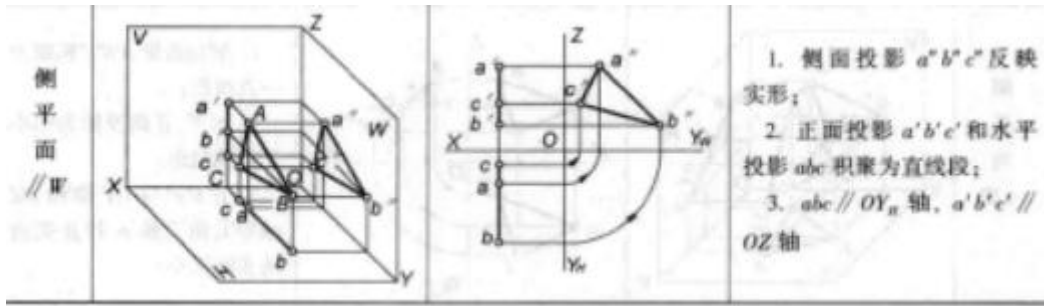
2. 投影面垂直面

在三投影面体系中, 投影面垂直面有三种:

- 1) 平行于水平面 H , 同时垂直于 V 面、 W 面的平面称为水平面平行面, 简称为水平面;
- 2) 平行于正面 V , 同时垂直于 H 面、 W 面的平面称为正面平行面, 简称为正平面;
- 3) 平行于侧面 W , 同时垂直于 H 面、 V 面的平面称为侧面平行面, 简称为侧平面。

投影面平行面的投影规律见表 3-4。

表 3-4 投影面平行面的投影规律



名称	
水平面 //H	
正平面 //V	

投影面平行面的投影规律可归纳为：

平面平行于某一投影面，在其所平行的投影面上的投影反映实形；平面的另外两个投影积聚为直线段，并且平行于该投影面上的两条坐标轴。

3. 一般位置平面

一般位置平面对三个投影面均是倾斜的，所以其三个投影均为缩小了的类似形（图 3-15）。

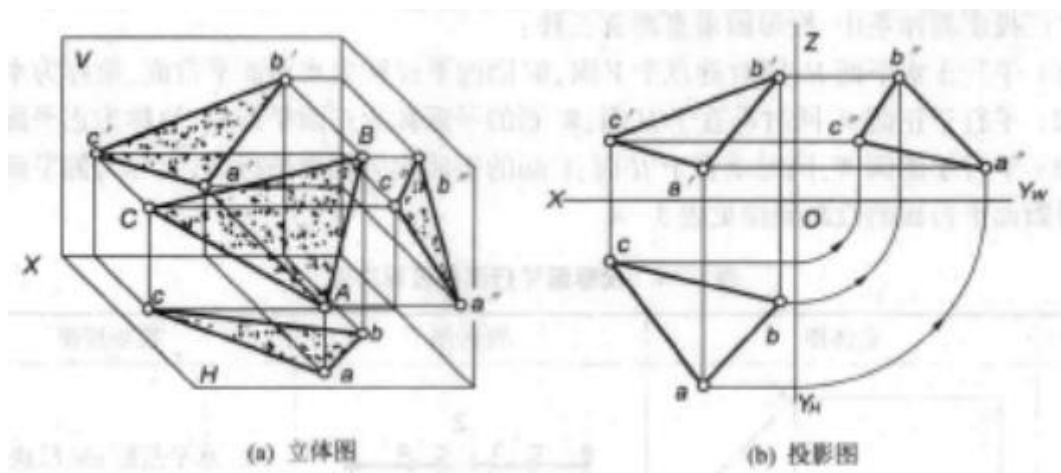


图 3-15 一般位置平面的投影

二、属于平面的直线和点的投影

直线在平面上的条件是：通过平面上的两个点或者通过平面上的一个点，且平行于平面上的一条直线，反之亦然。

点在平面上的条件是：如果点在平面的某一直线上，则该点必在该平面上，反之亦然。

三、属于平面的投影面平行线

属于平面的投影面平行线有正平线、水平线和侧平线，其投影特征列于表 3-5 内。

表 3-5 属于平面的投影面平行线

	平面内的水平线 AK	平面内的正平线 CK	平面内的侧平线 BK
投影图			
投影特征	$a'k' // OX$ 实长 $ak \in \triangle abc$ $a'k' \in \triangle a'b'c'$	$ck // OX$ $ck \in \triangle abc$ 实长 $c'k' \in \triangle a'b'c'$	$b'k' // OZ, bk // OY$ $bk \in \triangle abc$ $b'k' \in \triangle a'b'c'$ 实长 $b'k' \in \triangle a'b'c'$

思考题

1. 三视图是怎样形成的？三视图有怎样的投影关系？“宽相等”如何理解？
2. 总结点线面之间的空间关系及投影特性？



第四章 基本立体及其表面上的点和线

[教学目标]

- (1) 了解基本立体的三视图
- (2) 认识基本立体上的点线视图

第一节 基本立体及其表面上的点和线

一、棱柱

棱柱由一平面图形沿直线路径延伸而形成。如果直线路径与平面图形垂直，则形成正棱柱（简称棱柱），如图 4-1 所示。棱柱通常按它的底面边数命名，如底面边数为三角形，则称为三棱柱。

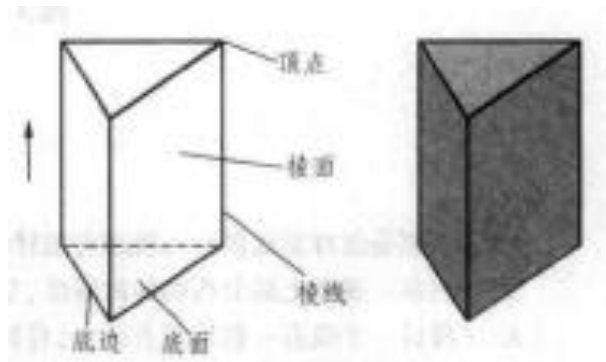


图 4-1 棱柱的形成

1. 投影分析

如图 4-2 所示的六棱柱由上下两个平行的六边形平面和六个长方形侧面组成。它有六条互相平行的侧棱。

如图 4-2a 所示，为了便于作图和读图，六棱柱在三投影面体系中的位置为：顶面和底面与水平投影面平行，其水平投影面反映实形，为正六边形；其正面投影、侧面投影各积聚成水平直线。前表面和后表面与正立投影面平行。其正面投影反应实形，为长方形；其水平投影，侧面投影积聚成直线段。其他四个侧表面与水平投影面垂直，因而它们的水平投影都各积聚成直线段；正面投影、侧面投影则为类似形。

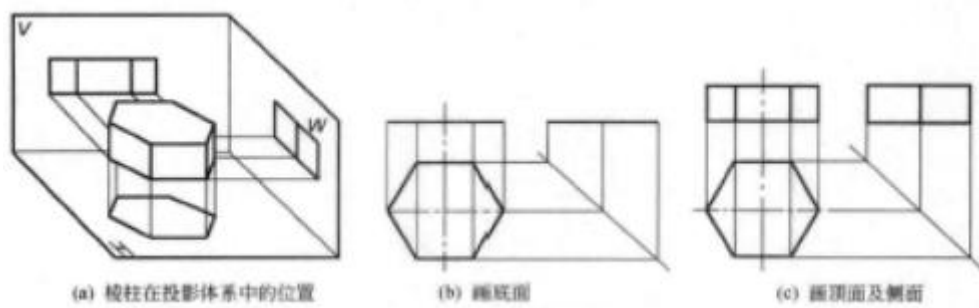


图 4-2 六棱柱的投影

画投影图时,先画出六棱柱的水平投影,然后再画它的正面投影和侧面投影,如图 4-2b、c 所示。

2. 表面取点

如图 4-3a 所示, 已知点 C 在六棱柱表面上, 并知它的正面投影 c' , 求出点 C 的另外两个投影。

由于点 C 所在的侧表面 AA₁B₁B 是铅垂面, 其水平投影积聚成直线 ab, 点 C 的水平投影必然在此积聚线上, 故由点 c' 向下引投影线与直线 ab 相交得点 c, 即为点 C 的水平投影。由 c' 、c 可求出 c'' , 如图 4-3b 所示。

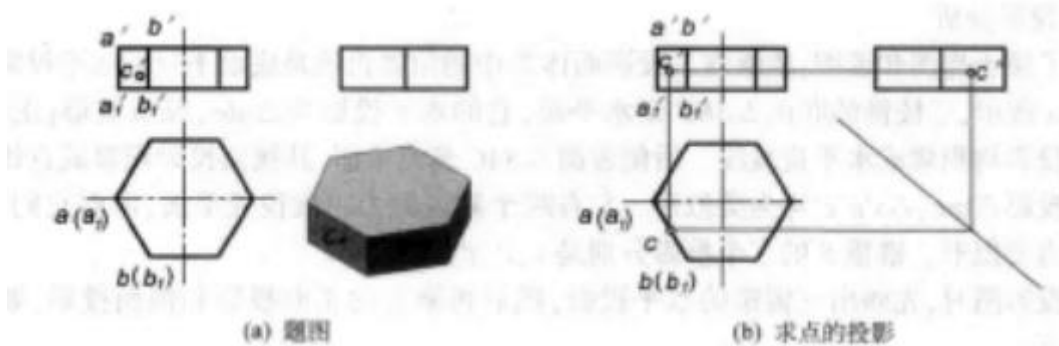


图 4-3 棱柱表面取点

二、棱锥

如图 4-4 所示, 在平面多边形内取一点, 将此点和多边形各顶点用直线连接, 然后想象将此点沿与平面多边形垂直的方向移动至某一位置, 各连接线段也随之伸长, 即形成棱锥, 此点称为锥顶, 平面多边形为棱锥的底面, 各侧面为三角形, 所有的侧棱相交于一点。棱锥通常也按底面的边数命名, 如底面为四边形, 则称为四棱锥。

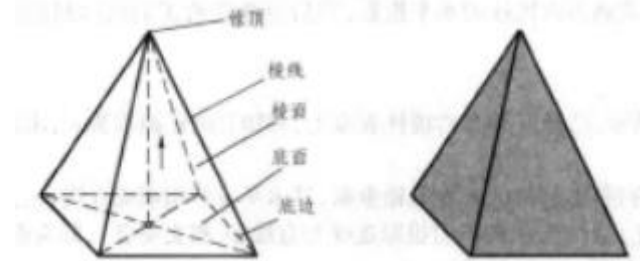


图 4-4 棱锥的形成

1. 投影分析

为了便于作图和读图，棱锥在三投影面体系中的位置仍然是底面平行于水平投影面，如图 4-5a 所示，三棱锥的底面 $\triangle ABC$ 是水平面，它的水平投影 $\triangle abc$ ，反映实形；正面投影和侧面投影均积聚成水平直线段。后侧表面 $\triangle SAC$ 是侧垂面，其侧面投影积聚成直线段；其余两个投影 $\triangle sac$ 、 $\triangle s'a'c'$ 均为类似形。左右两个侧表面为一般位置平面，因而它们的三个投影均为类似形。锥顶的三个投影分别是 s 、 s' 、 s'' 。

画投影时，先画出三棱锥的水平投影，然后再画它的正面和侧面投影，如图 4-5b、c 所示。

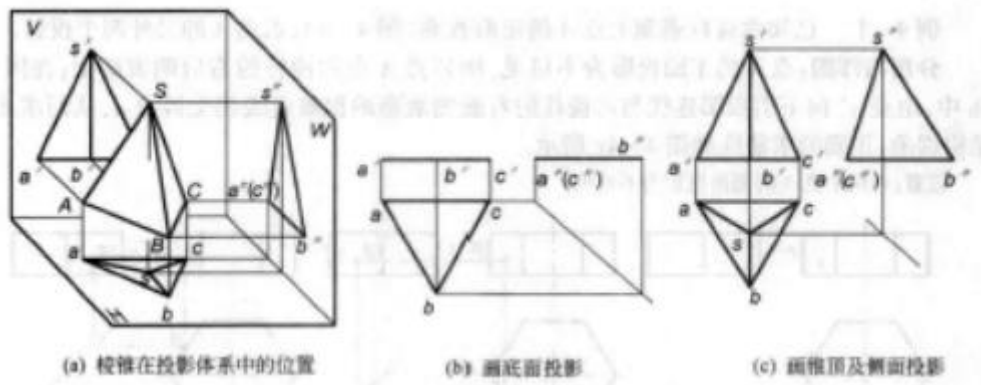


图 4-5 三棱锥的投影

2. 表面取点

如图 4-6a 所示，已知点 D 在三棱锥表面上，并知它的正面投影 d' ，求出点 D 的另外两个投影。

由于点 D 所在侧表面 $\triangle SAB$ 是一般位置平面，不能利用积聚性求点的投影，所有需要用素线法。即在侧表面 $\triangle SAB$ 上连接点 S 和点 D，并延长与底边 AB 交于点 E，画出直线 SE 的投影，再根据点线的从属关系，求得点 D 的另外两个投影。具体作图步骤如下：

- 1) 连 $s'd'$ 并延长交 $a'b'$ 与点 e'
- 2) 由 e' 向下作投影连线，交 ab 于点 e ，连 se ；
- 3) 由 d' 向下作投影连线交 se 于点 d ，再根据点的投影规律求出点 d'' 。

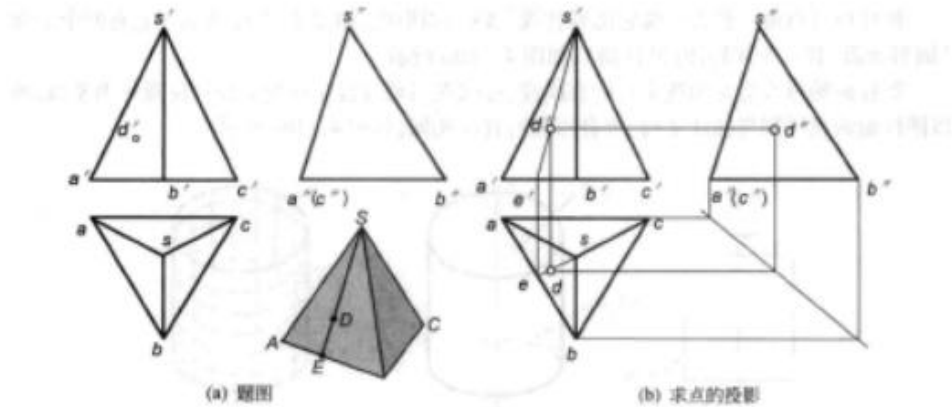


图 4-6 棱锥表面取点

三、圆柱

圆柱由一个圆沿直线路径延伸而形成。如果直线路径与圆垂直，则形成正圆柱（简称圆柱），如图 4-7 所示。圆在运动过程中所处的任一位置称为纬圆。



图 4-7 圆柱的形成

圆柱也可以由一长方体绕它的对称线旋转一周形成，如图 4-8a 所示，它有两个底面（圆形表面）和一个同转面（圆柱面），如图 4-8b 所示。

圆柱面的母线是与轴线平行的直线段，母线在运动过程中所处的任一位置称为素线，所以圆柱面的素线都与轴线平行，所有纬圆的直径相同，如图 4-8c 所示。

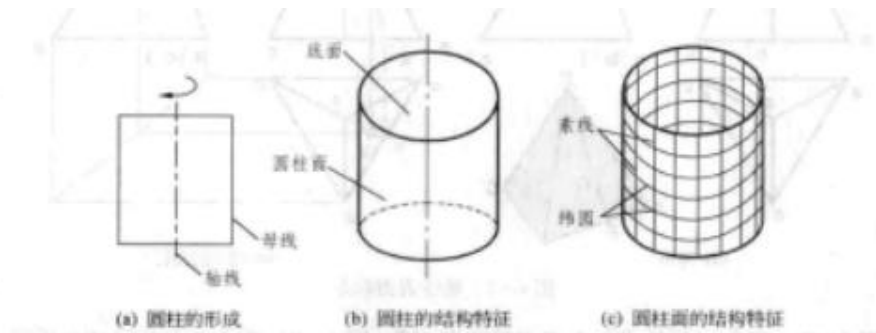


图 4-8 圆柱的形成

1. 投影分析

如图 4-8a 所示，圆柱在三投影面体系中的位置是圆柱的轴线垂直于水平投影面。其投影由圆柱面及上、下底面的投影组成。

由于圆柱的轴线垂直于水平投影面，因此它的顶面和底面均是水平面，其水平投影反映实形，为圆；正面投影、侧面投影各积聚成水平直线段。圆柱面的水平投影积聚为圆，与顶面和底面的水平投影重合。圆柱的正面投影是轮廓素线 AA_1 、 BB_1 的投影 $a' a_1'$ 、 $b' b_1'$ ， AA_1 、 BB_1 将圆柱面分成可见的前半部分与不可见的后半部分。圆柱面的侧面投影是轮廓素线 CC_1 、 DD_1 的投影 $c' c_1'$ 、 $d' d_1'$ ， CC_1 、 DD_1 将圆柱面分成可见的左半部分和不可见的右半部分。

画投影图时，先画出圆柱的轴线和圆的中心线。然后画出它的水平投影（圆），再画它的正面投影和侧面投影（两个一样大小的长方形）。由于 AA_1 、 BB_1 仅是圆柱正面投影的轮廓线而不是圆柱面侧面投影的轮廓线，因此在侧面投影中不画出其投影，如图 4-8b 所示。同理， CC_1 、 DD_1 仅是圆柱面侧面投影的轮廓线而不是圆柱面正面投影的轮廓线，因此，在正面投影中也不画出其投影，如图 4-8c 所示。

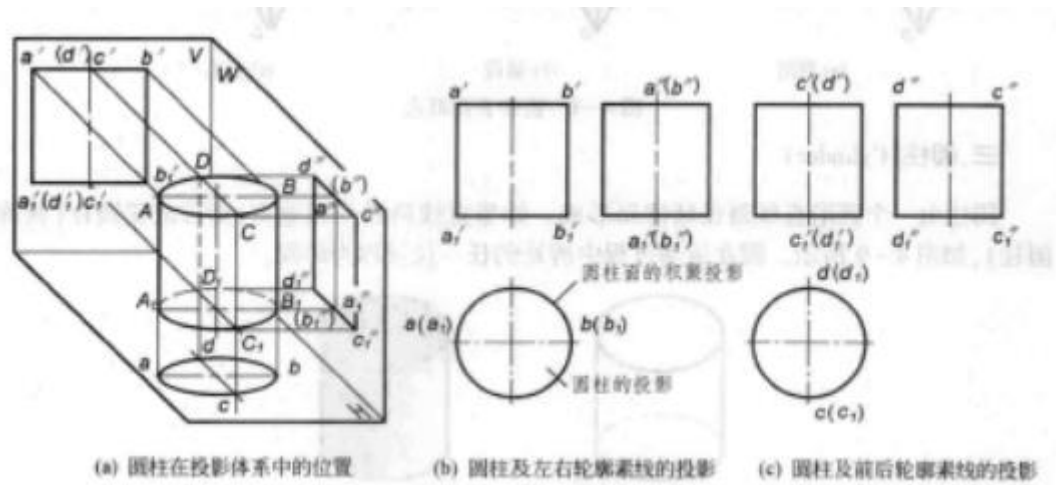


图 4-8 圆柱的投影

2. 表面取点

如图 4-9a 所示，已知点 A 在圆柱表面上，并知它的正面投影 a' ，求出点 A 的另外两个投影。

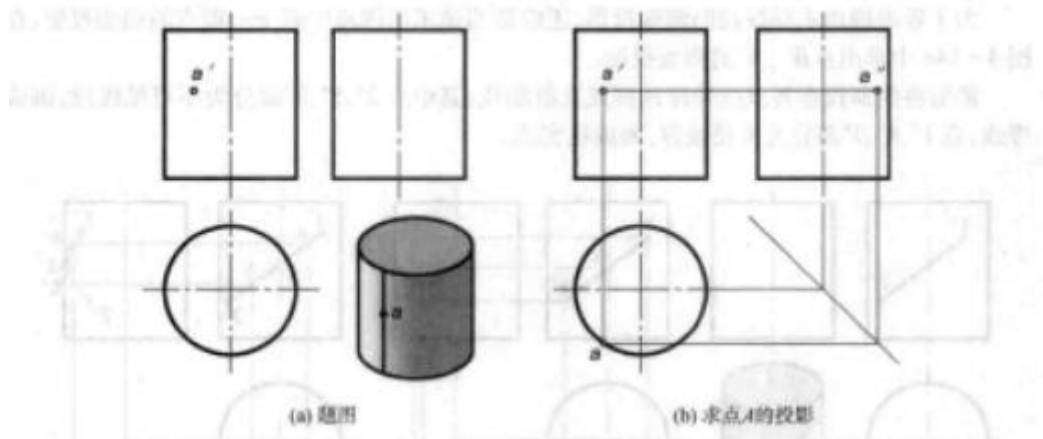


图 4-9 圆柱表面取点

根据点的已知投影判断点在圆柱面上的位置；由点 A 的正面投影 a' 得知点 A 在圆柱面的左前部分。

由于圆柱面的水平投影积聚成圆，故点 A 的水平投影必然在此圆上，由点 a' 向下引投影连线交圆的前半圆周与点 a ，即为点 A 的水平投影。由 a' 、 a 可求出 a'' ，因为点 A 在圆柱的左半部分上，它的侧面投影可见。

四、圆锥

如图 4-10a 所示，圆锥是由一等腰三角形绕它的对称线旋转一周形成，它具有一个底面（圆形平面）和一个回转面（圆锥面），如图 4-10b 所示。圆锥面母线是与轴线相交得直线段，交点称为锥顶。所以圆锥面的所有素线交于锥顶，并且对底面的倾角相等。圆锥面上的纬圆大小不等，越靠近锥顶，直径越小，如图 4-10c 所示。

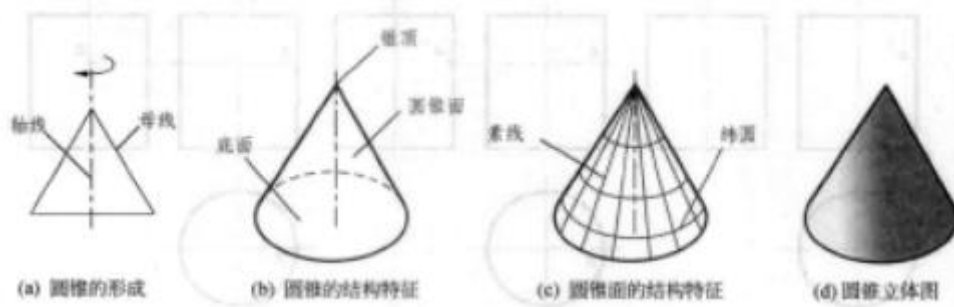


图 4-10 圆锥的形成

1. 投影分析

如图 4-11a 所示，圆锥在三投影面体系中的位置是圆锥的轴线垂直于水平投影面。其投影由圆锥面及底面的投影组成。

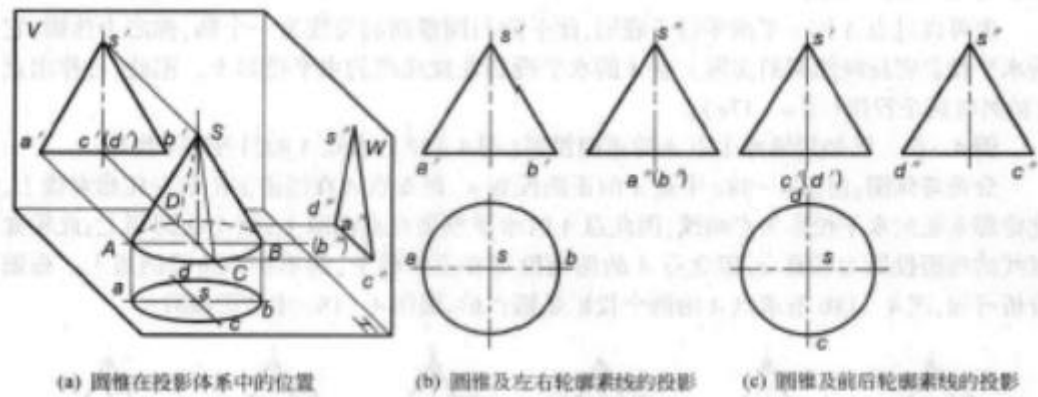


图 4-11 圆锥的投影

2. 表面取点

如图 4-12 所示，已知点 A 在圆锥表面上，并知它的正面投影 a' ，求出点 A 的另外两个投影。

根据点的已知投影判断点在圆锥面上的位置：由于 A 的正面投影可见，并在轴线之左，因此点 A 在左前半部分圆锥面上。

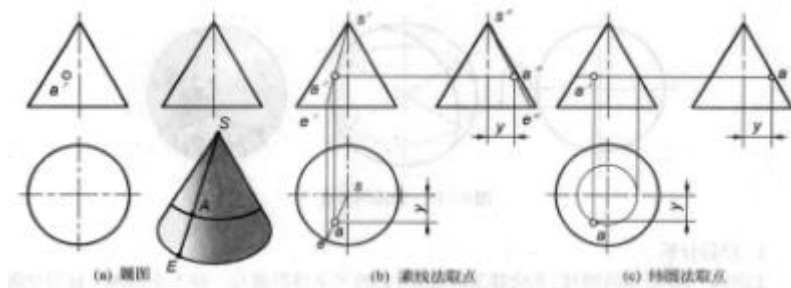


图 4-12 圆锥表面取点

五、圆球

如图 4-13 所示，一周绕自身的直径旋转一周即形成圆球；如果将圆周的轮廓线看成是一母线，则形成的回转面称为圆球面。

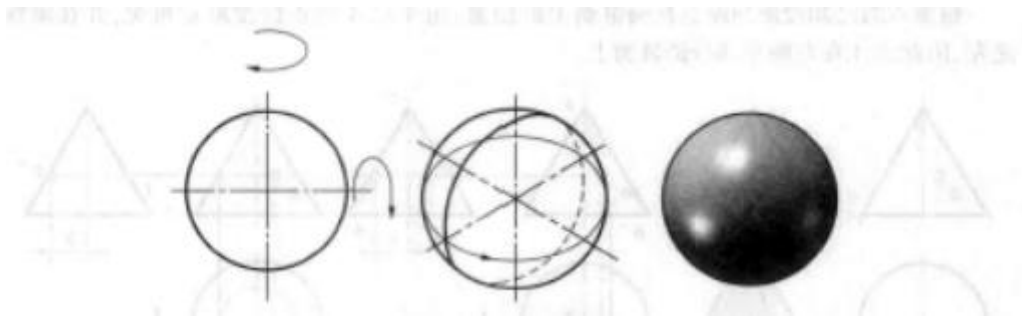


图 4-13 圆球的形成

1. 投影分析

如图 4-14 所示，无论圆球怎么放置，它的三个投影都是一样大小的圆。这三个圆并不是圆球上某一个圆的三个投影，而是圆球上三个不同方向的轮廓纬圆的投影。

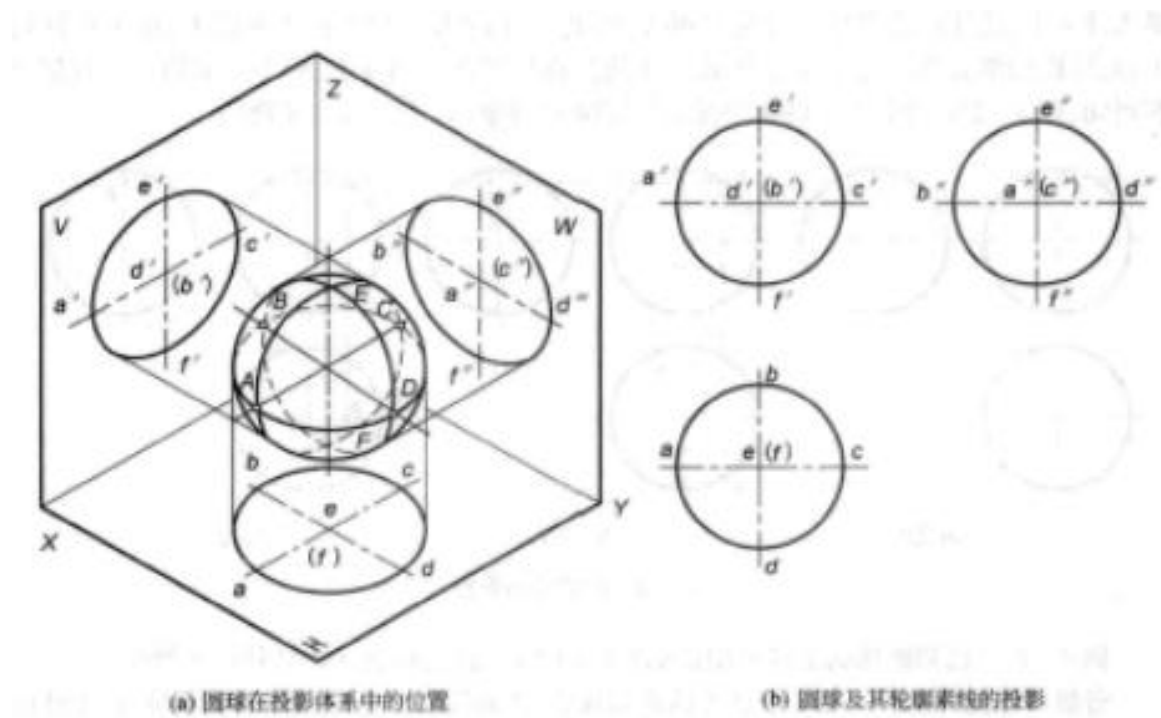


图 4-14 圆球的投影

2. 表面取点

如图 4-15 所示，已知点 A 在圆球表面上，并知它的正面投影 a' ，求出点 A 的另外两个投影。

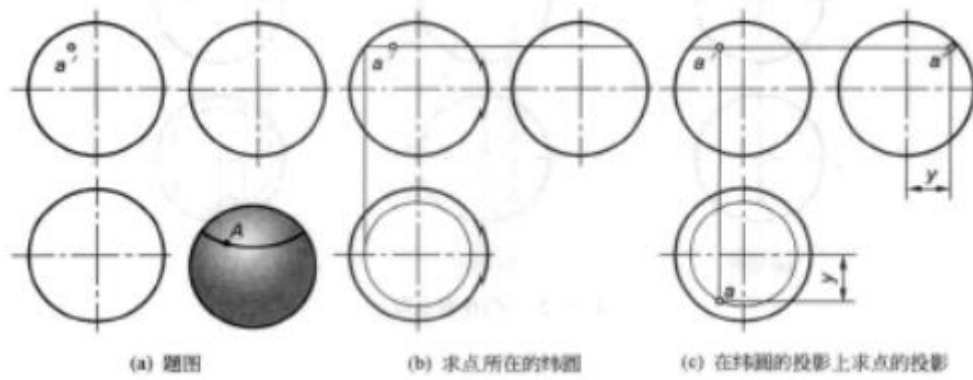


图 4-15 圆球表面取点

第二节 截切立体及截交线

如图 4-16 所示，基本形体经平面切割后形成新的形体，切割基本形体的平面称为截平面，截平面与形体表面的交线称为截交线，由截交线围成的平面图形称为截面，它是新形体的一个表面。截交线有以下基本性质：

- 1) 截交线是截平面与立体表面的共有线，截交线上的点是截平面与立体表面的共有点；
- 2) 单个截平面与立体相交产生的截交线一定是封闭的平面图形。

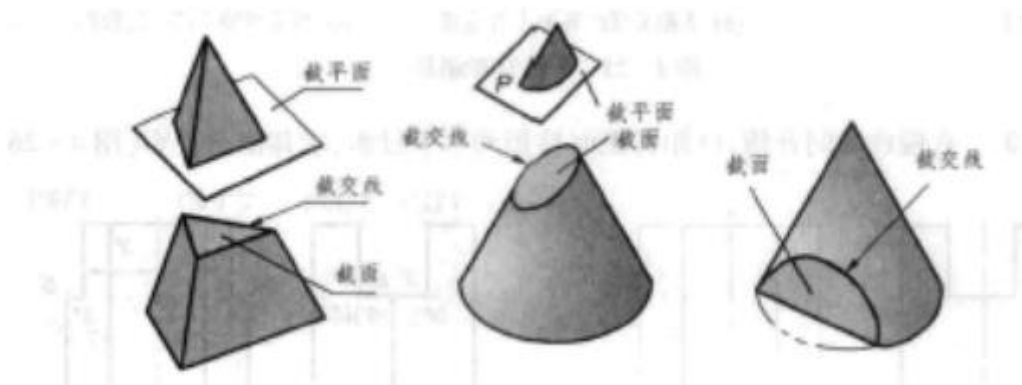


图 4-16 基本形体的截切

一、棱柱截切

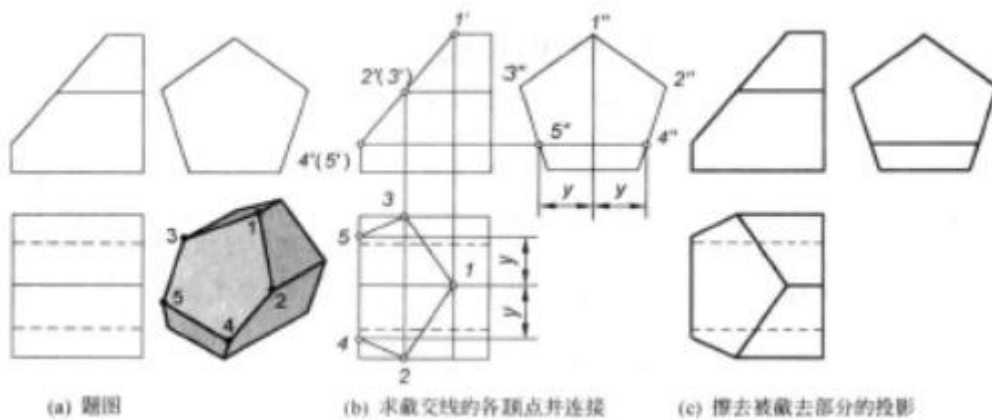


图 4-17 五棱柱斜切

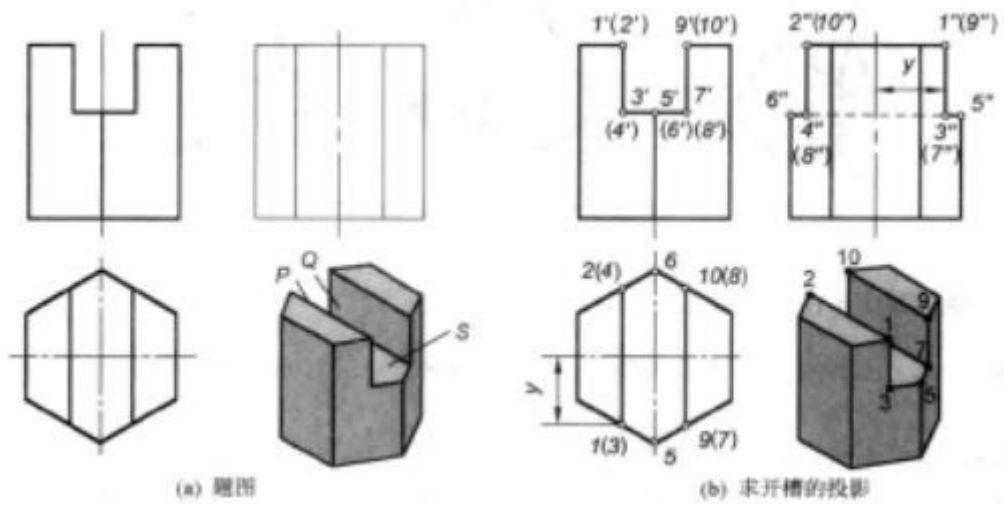


图 4-18 六棱柱斜切

二、棱锥斜切

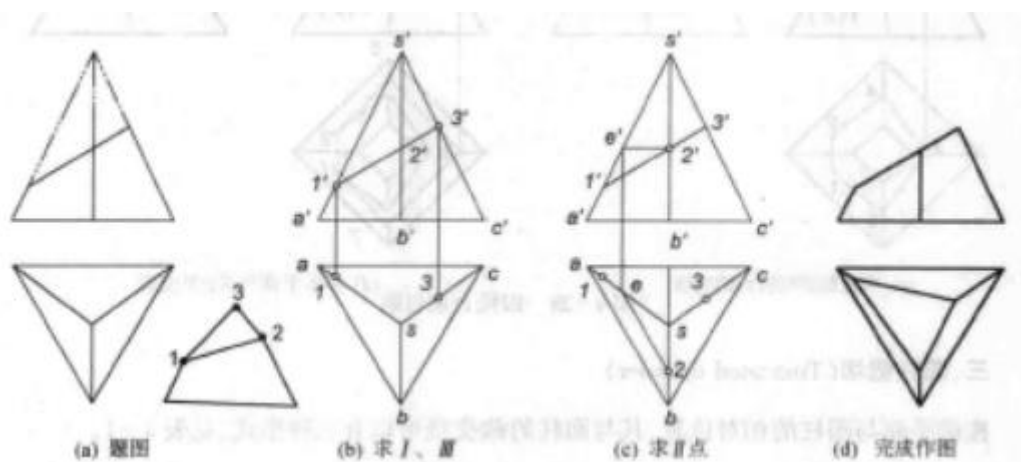


图 4-19 三棱锥斜切

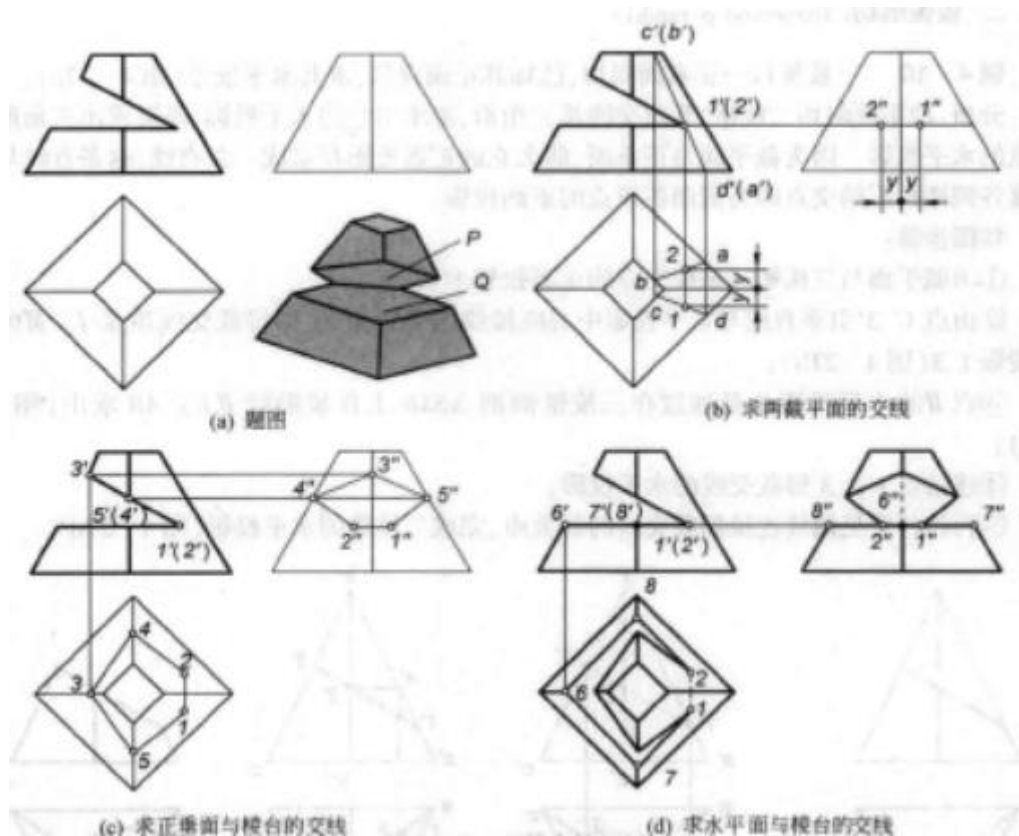


图 4-20 四棱台被切割

三、圆柱截切

按截平面与圆柱的相对位置，其与圆柱的截交线可以有三种形式，见表 4-1。

表 4-1 平面切割圆柱

截平面位置	平行于圆柱轴线	垂直于圆柱轴线	倾斜于圆柱轴线
截交线	直线	圆	椭圆
立体图			

截平面位置	平行于圆柱轴线	垂直于圆柱轴线	倾斜于圆柱轴线
截交线	直线	圆	椭圆
投影图			

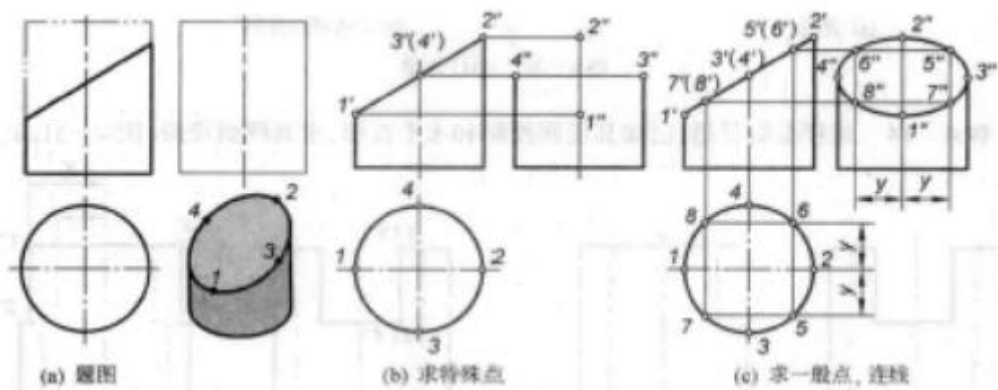


图 4-21 圆柱被斜切

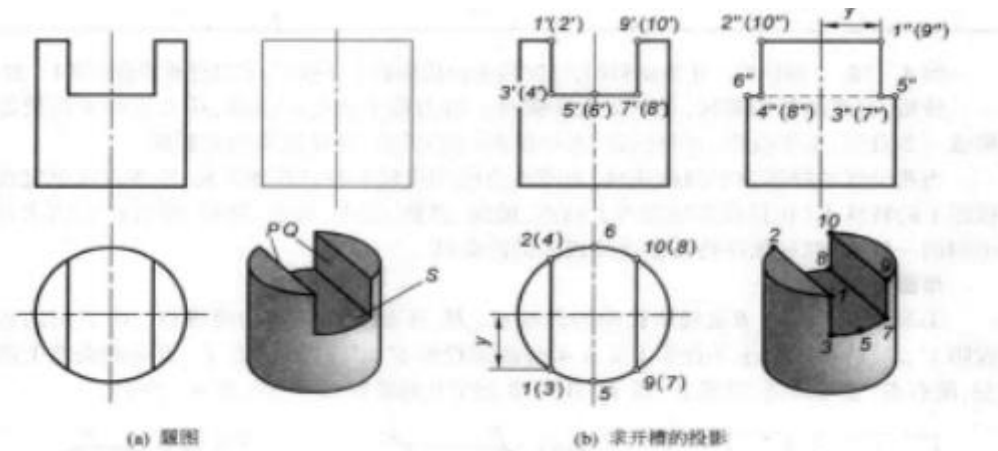


图 4-22 圆柱开槽

四、圆锥截切

按截平面与圆锥的相对位置，其与圆锥的截交线可以有五种形式，见表 4-2。

截平面位置 截交线	垂直于圆锥轴线 圆	通过锥顶 直线	平行于圆锥轴线 双曲线	与圆锥所有素线相交 椭圆	平行于圆锥一条素线 抛物线
立体图					
投影图					

表 4-2 平面切割圆锥

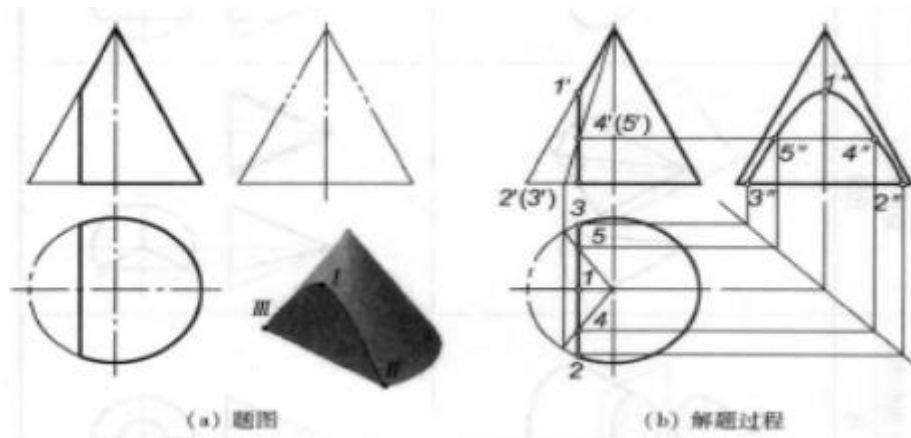


图 4-23 侧平面切割圆锥

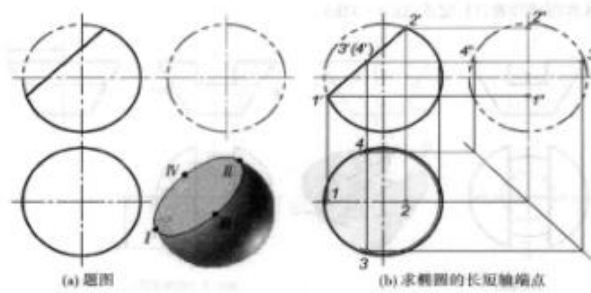
五、圆球截切

平面切割圆球，无论截平面与圆球的位置如何，截交线均为圆。当截平面与某一投影面平行时，截交线在该投影面上的投影反映圆的实形。

如图 4-24 所示为圆球被一正平面切割，截交线的正面投影反映实形。它的水平投影和侧面投影积聚为直线。

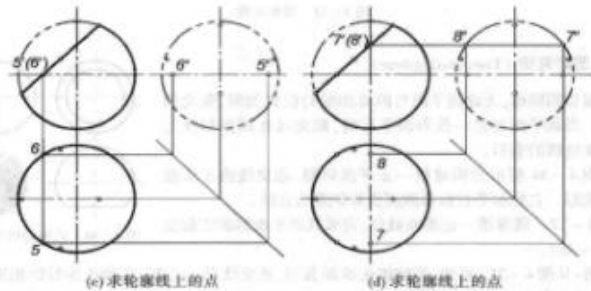


图 4-24 正平面切割圆球



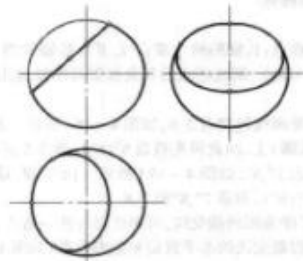
(a) 题图

(b) 求椭圆的长短轴端点



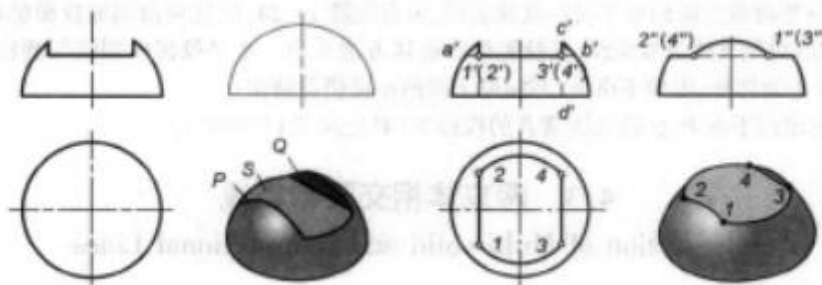
(c) 求轮廓线上的点

(d) 求轮廓线上的点



(e) 用光滑曲线连接

图 4-25 正垂面切割圆球



(a) 题图

(b) 求开槽的投影

图 4-26 半球开槽

六、同轴回转体裁切

研究同轴回转体的切割，必须首先分析回转体是哪些基本形体组成的，有几个切割平面，如何切割组合体；确定截平面与组合体中基本形体的截交线形状，然后画出各截交线及各切割平面间的交线。

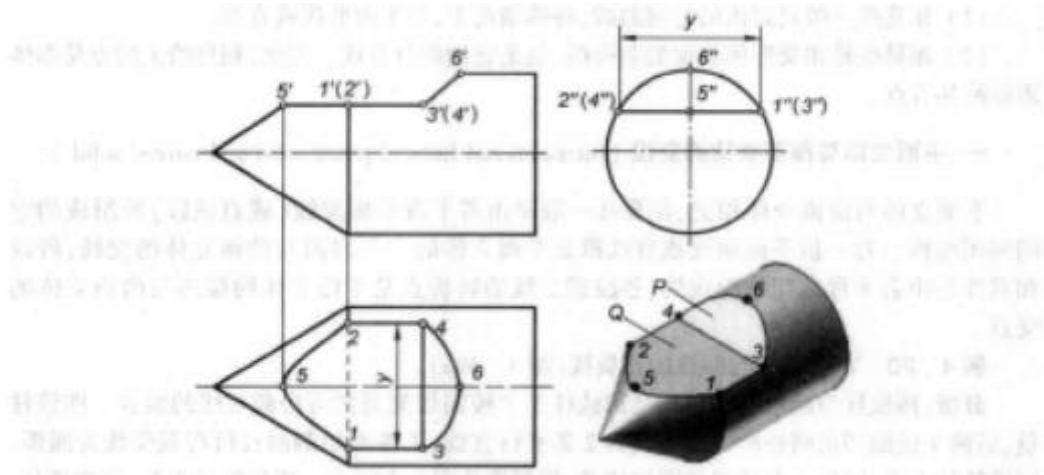


图 4-27 顶尖的投影

思考题

1. 圆锥表面上取点有几种方法？
2. 球的三个投影均为同样大小的圆，是否表示为同一个圆的三个投影？



第五章 组合体

[教学目标]

- (1) 了解组合体的构成
- (2) 点线面投影的相关知识

第一节 组合体的构成

若干基本形体按一定的相对位置经过叠加（包括相贯），挖切或两者综合使用的方式组合在一起，构成的形体称为组合体，如图 6-1 所示。

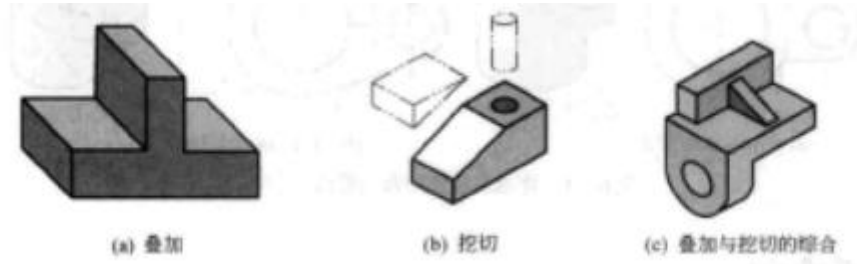
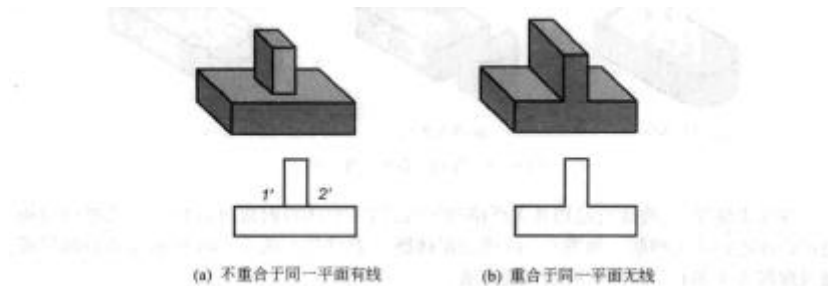


图 6-1 基本形体的组合方式

一、叠加

由叠加方式构成组合体时，其投影仍按原基本形体的投影，只是要注意各叠加基本形体表面结合处的投影是否有变化。通常有三种情况：



6-2 叠加组合体结合面处投影的变化

- 1) 共面：如图 6-2b 所示，底板与立板的相邻前表面上下平齐，重合在一个平面上，故在正面投影上中间不应有分界线
- 2) 相交：如图 6-3a 所示，是平面与曲面相交，平面投影中交线的位置由水平投影确定。
- 3) 相切：是指两个基本体相邻表面（平面与曲面或曲面与曲面）光滑过渡，无明显交线，图 6-3b 所示是平面与曲面相切。

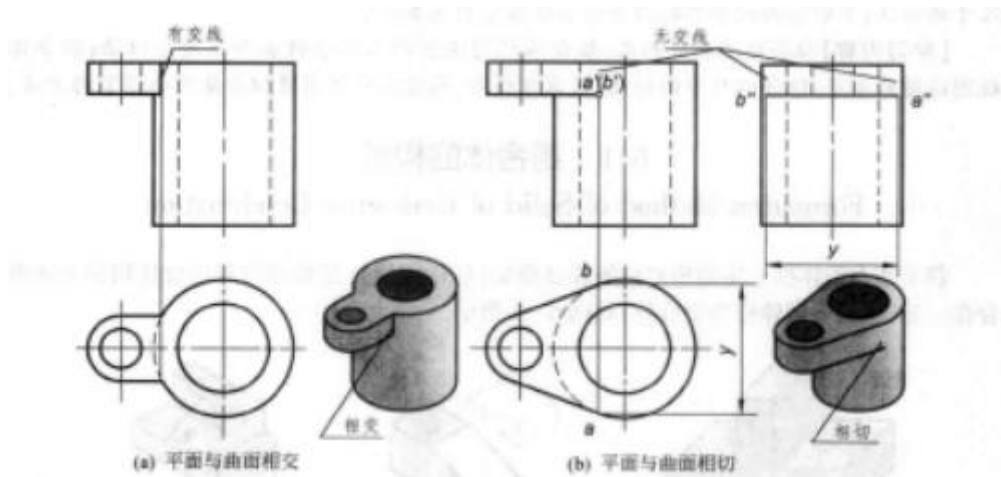


图 6-3 叠加组合体结合面处投影的变化

二、挖切

挖切包括切割和穿孔，它是指基本形体被平面或曲面切割，在基本体表面产生截交线或相贯线而形成立体的方法。图 6-1b 的形体，是由一个长方体左上角处切去一个楔形体、右边挖去了一圆柱体而形成的。



图 6-4 叠加与挖切的相对性

在许多情况下，叠加与挖切并无严格的界线，同一形体有时既可以按叠加进行分析。也可以按挖切式去理解。如图 6-4a 所示形体既可以看成是由 6-4b 所示方式叠加形成，也可理解为由图 6-4c 所示挖切方式形成。

三、综合式

多数组合体的构成是由叠加、挖切等方式的综合运用而形成的（图 6-1c）。

思考题

1. 组合体有哪些构成方式？各形体的表面连接关系有哪几种情况？



第六章 工程图样的表达方法

[教学目标]

- (1) 了解工程图样的表达方式
- (2) 各表达方式的优缺点

第一节 视图

在实际工程中，机件是由若干基本形体组成的组合体，它们的结构多种多样，如何正确、快速地绘制机件的图样是一个重要的问题。根据有关标准和规定，用正投影法所绘制出机件的图形称为视图。视图主要用来表达机件的可见部分，必要时采用虚线画出其不可见部分。

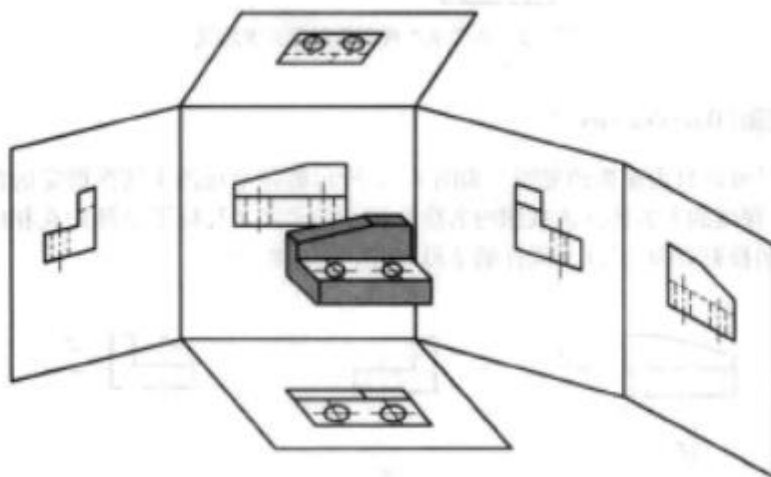


图 6-1 六个基本投影面的展开

一、基本视图

当机件外形复杂时，只用主视图（正面投影）、俯视图（水平投影）和左视图（侧面投影），就不能清晰的表达机件的后面、底面及右面的形状。为了把机件上下、左右、前后六个基本投射方向的结构形状表达清楚，采用国家标准中心规定的六个基本视图。

六个基本投影面展开后，各视图之间的位置应符合投影规律，六个基本视图的配置关系如图 6-2 所示。此时，一律不标注视图的名称。

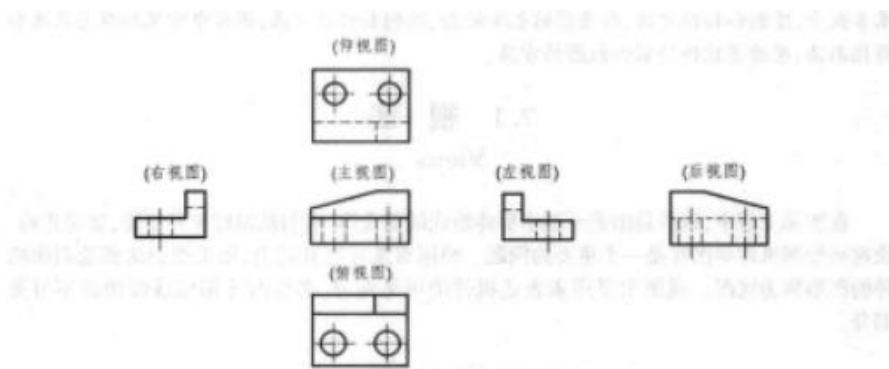


图 6-2 六个基本视图的规定位置配置

二、斜视图

机件上具有倾斜的表面，在基本视图上不能反映实际形状时，可增加平行于倾斜表面的投影面，然后将机件的倾斜部分向该投影面投射，所得到的视图称为斜视图，如图 6-3 所示。

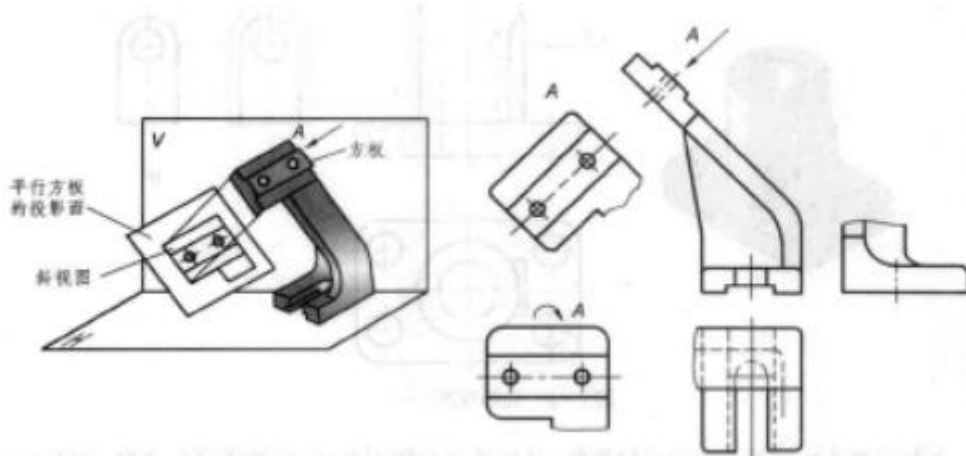


图 6-3 斜视图

三、局部视图

当渐渐某一部分外形没有表达清楚，又没有必要画出整个基本视图时，可以只将机件的某一部分向基本投影面投射，所得到的视图称为局部视图，如图 6-4 所示。

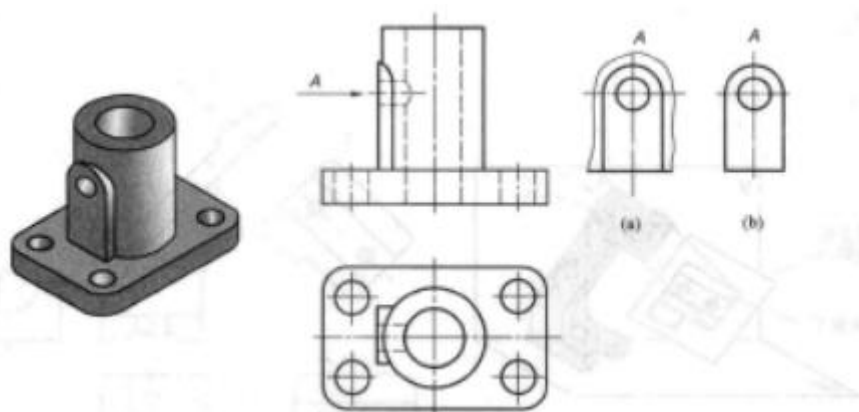


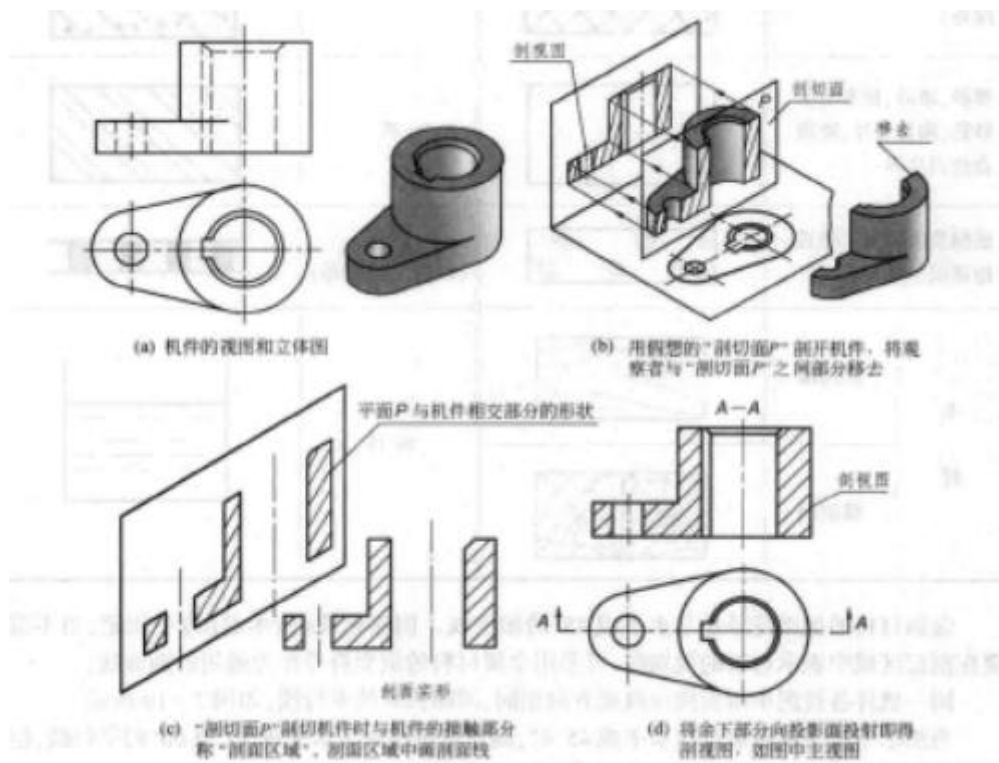
图 6-4 局部视图

第二节 剖视图

为了清楚地表达机件内部或被遮盖部分的结构形状，以免画出内部结构复杂的机件时，图形上出现过多的虚线，导致层次表达不清而影响图形清晰，给图样的绘制和读图带来困难，绘图时可采用国家标准中规定的剖视图以清晰地表达机件的内部结构。

一、剖视图的概念

假设用剖切面剖开机件，将处在观察者和剖切面之间的部分移去，而将其余部分向投影面作投射，所得到的图形称为剖视图，如图 6-5 所示。剖视图可简称为剖视。



6-5 剖视图

画剖视图时，应在剖切面剖到的机件实体部分画上剖面符号。剖面符号随机件所用材料类别的不同而有所不同，见表 6-6。

金属材料 (已有规定剖面符号者除外)		木质胶合板 (不分层数)	
线圈绕组元件		基础周围的泥土	
转子、电枢、变压器和电抗器等的迭钢片		混凝土	
非金属材料 (已有规定剖面符号者除外)		钢筋混凝土	
型砂、填砂、粉末冶金、砂轮、陶瓷刀片、硬质合金刀片等		砖	
玻璃及供观察用的其他透明材料		格网 (筛网、过滤网等)	
木材	纵剖面	液体	
	横剖面		

表 6-6 剖面符号

金属材料的剖面符号是与水平成 45° 的细实线。国家标准《技术制图》中规定，当不需要在剖面区域中表示材料的类别时，可采用金属材料的剖面符号作为通用的剖面线。

二、剖视图的种类

1) 全剖视图

用剖切面完全剖开机件后得到的剖视图称为全剖视图。全剖视图主要用于外形简单、内部结构复杂的机件。如图 6-6 所示。

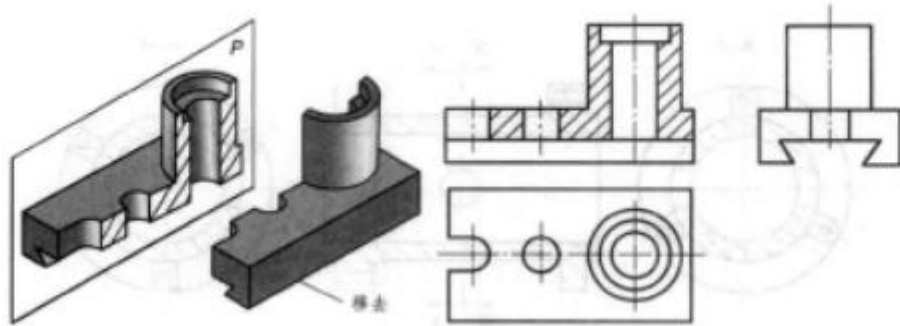


图 6-6 机件的全剖视图

2) 半剖视图

当机件具有对称平面时，向垂直于对称平面的投影面上投射得到的图形，可以对称中心线为界，一半画成剖视图，另一半画成视图。这样的表达方法获得的剖视图称为半剖视图。一方面表达了机件的内部结构，另一方面表达了机件的外部形状，如图 6-7 所示。

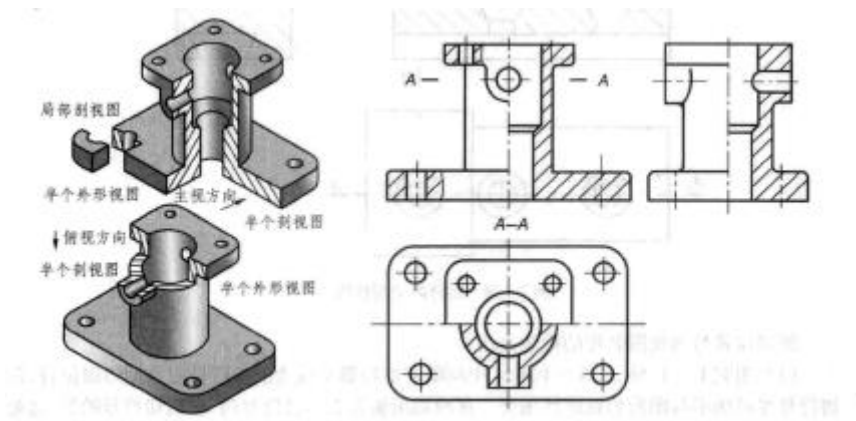


图 6-7 机件的半剖视图

3) 局部剖视图

用剖切面局部地剖开机件，所得到的剖视图称为局部剖视图，如图 6-8 所示。

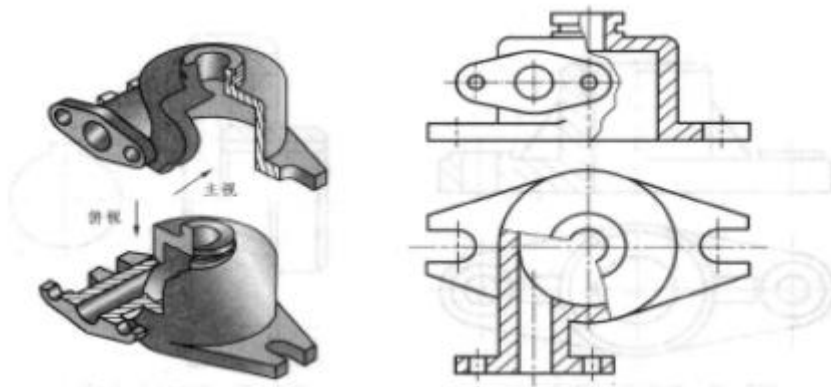


图 6-8 机件的局部剖视图



思考题

1. 组合体有哪些构成方式？各形体的表面连接关系有哪几种情况？



第七章 机构的结构分析

[教学目标]

- (1) 认识机构组成的基本知识

第一节 机构的组成分类

一、构件

机构是用来传递运动和力的可动的构件，构件之间通过运动副连接。

构件是机构中独立运动的单元，区别于零件——制造的单元体。如图 7-1 所示的简单冲床机构中，齿轮 1 和凸轮 2 是固定在同一根轴上同步运动的。它们虽然是两个零件，但在机构中算一个构件，且作为运动的输入端称为原动件；床身 5 为固定不动的构件，称为机架；其余构件称为从动件（摇臂 3 和冲头 4），其中，冲头 4 也称为运动输出件，摇臂 3 系称为连接件。

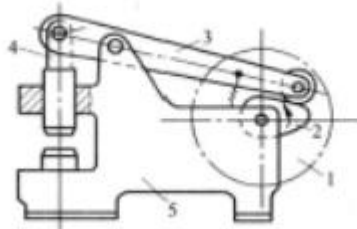


图 7-1 简易冲床

1—齿轮；2—凸轮；3—摇臂；4—冲头；5—床身

二、运动副

构件之间既保持接触又能相对运动的连接形式称为运动副。如轴与轴承、活塞与气缸、皮带与皮带轮等之间的连接都构成运动副，运动副的分类和命名方法有很多种，如下所述：

1) 按具体运动形式分

根据两构件间用运动副连接后的具体运动形式来分类或命名，如两构件之间的相对运动为转动，则称为转动副或者回转副，也称铰链；相对运动为移动，则称为移动副；相对运动为螺旋运动，则称为螺旋副；相对运动为球面运动，则称为球面副等，如图 7-2 所示

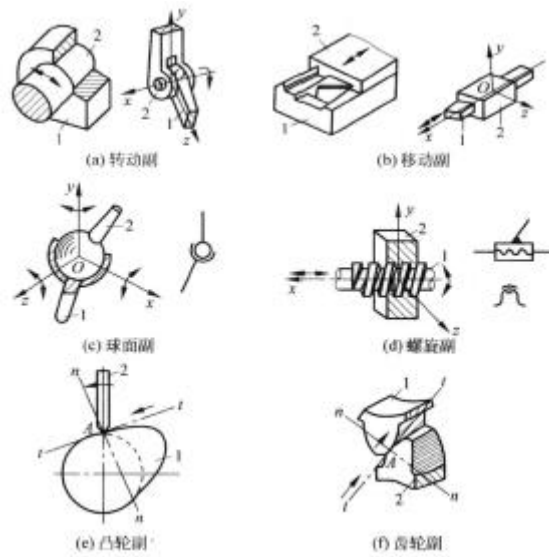


图 7-2 运动副分类与命名

2) 按运动的空间范围分为平面运动副和空间运动副

两构件用运动副连接后，若它们之间能够产生的相对运动被限制在一个平面内，即只能作平面相对运动，则此运动副称为平面运动副；若两构件用运动副连接后可以作空间相对运动，则此运动副称为空间运动副。图 7-2a 和 b 所示为平面运动副，7-2c 和 d 所示为空间运动副。

3) 按接触形式分为低副和高副

两构件通过其结构上的点、线或面保持接触面形成运动副连接，以面接触的称为低副，以点或者线接触的称为高副，图 7-2a 和 b 所示为平面低副，图 7-2c 和 d 所示为空间低副，图 7-2e 和 f 所示为平面高副。

4) 按约束数目分为 I ~ V 级副

两构件在用运动副连接之前，它们之间的相对运动可分解为 6 个独立运动，将空间三维坐标建立在其中一个构件上，则这 6 个独立运动分别沿 x、y、z 轴的移动和绕 x、y、z 轴的转动，称为构件的 6 个自由度。当两个构件被运动副连接后，这 6 个相对运动中的某几个会受限制，这种限制作用称为运动副带入的约束，约束的数目为 1-5 个，对应的将运动副分为 I、II、III、IV、V 级副，图 7-2a 和 b 所示为 V 级副，图 7-2c 所示为 III 级副，图 7-2d 所示为 IV 级副。

三、运动链

构件通过运动副的连接面而构成的相对可动的系统称为**运动链**，若运动链的各构件形成了首位封闭的系统则称为闭式运动链，简称闭链，如图 7-3a、b 所示；反之称为开式运动链，如图 7-3c、d 所示。此外，根据隔间相对运动分为平面运动链和空间运动链两类，如图 7-3 和 7-4 所示。

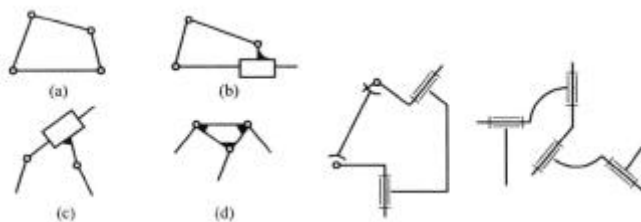


图 7-3 平面运动链

图 7-4 空间运动链

四、机构

在运动链中，将某一构件加以固定成为机架，另外一个或几个构件按给定规律独立运动，其与活动构件随之作确定运动，则该运动链便成为机构。

简言之，机构是由机架、原动件和从动件组成的具有确定运动的构件系统。

第二节 机构运动简图

机构中各构件的运动是由原动件运动规律及各运动副和机构的运动学尺寸来决定的，而与构件的外形、端面尺寸、组成构件的零件数目及固连方式等因素无关。因此用简单的线条和符号来代表构件和运动副，按运动学尺寸给定一定比例绘制成简单图形，一次来说明机构各构件间的相对运动关系，这种简化的图形称为机构运动简图。表 7-1 列出了绘制机构简图的常用符号。

表 7-1 机构运动简图的常用符号

	两运动构件形成的运动副		两构件之一为机架时所形成的运动副	
转动副				
移动副				
构件	二副元素构件	三副元素构件	多副元素构件	
凸轮及其他机构	凸轮机构	棘轮机构	带传动	
齿轮机构	外齿轮	内齿轮	圆锥齿轮	蜗轮蜗杆

思考题

1. 运动副有哪几种分类形式？高副代表什么运动形式？



第八章 平面连杆机构

[教学目标]

- (1) 认识平面连杆机构的特点及应用
- (2) 了解连杆机构的分类

第一节 连杆机构及其特点

运动副全为低副的机构称为连杆机构，也称为低副机构，连杆机构的构件多呈杆状，常根据构件数目进行命名，如四杆机构、六杆机构等。连杆机构应用十分广泛，大到航天科技、工程机械，小到交通工具、日常生活用品等。参考图 8-1。



图 8-1 连杆机构的应用

连杆机构根据各构件之间的相对运动为平面或者空间运动可分为平面连杆机构和空间连杆机构两大类，一般机械中运动最多为平面连杆机构，常见如图 8-2 所示；图 a 所示运动副全为转动副，称为铰链四杆机构，与机架 4 直接相连的构件 1、3 称为连架杆，中间构件 2 称为连杆，若连架杆能够整周回转则称为曲柄，否则称为摆杆或者摇杆；图 b 所示构件 3 称为滑块，该机构称为滑块机构；图 c 所示的构件 3 称为导杆，它同样具有一个转动副和一个移动副，相应的机构称为导杆机构。无论何种形式的连杆机构，都具有以下共同特点：

- 1) 构件一般为杆或块、形状简单，运动副元素为面接触，一般为圆柱面或平面，易于加工制造。
- 2) 面接触压强较小且便于润滑，可传递较大的动力，因此常作为动力机械、冲床等机器中的工作机构
- 3) 原动件运动规律不变的前提下可通过改变各构件的相对长度来获得不同的运动规律。
- 4) 运动过程中连杆上各点的轨迹是不同形状的曲线，可取连杆上不同位置的点作为运动输出设计成满足不同运动轨迹的机构，如图 8-3 所示的旋转木马机构和搅拌机构。
- 5) 连杆中作变速运动的构件产生的惯性力和惯性力矩难以完全平衡，会增加机构的动载荷，因此不宜用与高速场合

6) 运动的传递必须经过中间构件，传递路线较长，易产生较大的累积误差，因此较难满足精确的运动规律要求，同时也使机械效率降低

此外，连杆机构还可以很方便的实现增力（颚式破碎机），扩大行程（剪式升降机构）和远距离传动（自行车手刹）等目的。

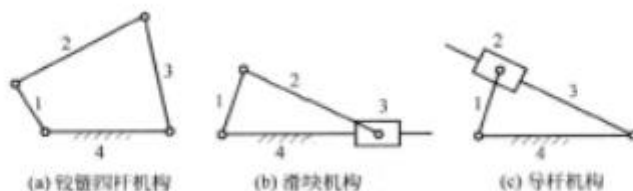


图 8-2 常见平面连杆机构

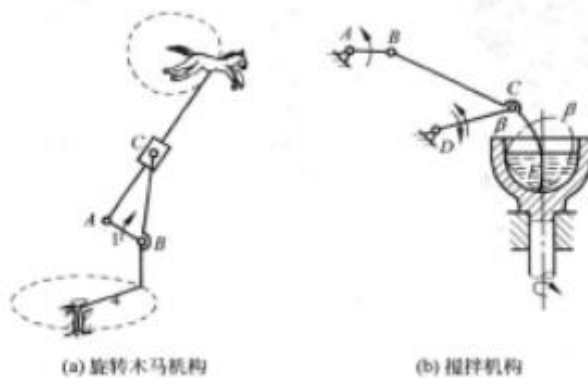


图 8-3 满足不同运动轨迹的机构

第二节 平面四杆机构的类型及应用

一、平面四杆机构的基本型式

图 8-2a 所示的铰链四杆机构是平面四杆机构的基本型式，其他平面四杆机构都可看作是此基本型式的演化型式，铰链四杆机构根据其两连架杆是曲柄还是摇杆可分为：曲柄摇杆机构、双曲柄机构和双摇杆机构，如图 8-4 所示。

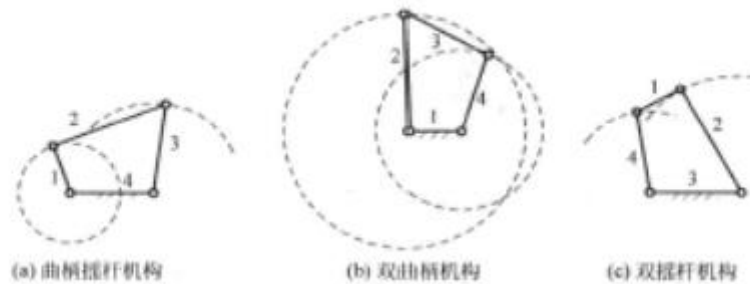


图 8-4 平面四杆机构的基本型式

二、曲柄摇杆机构

铰链四杆机构的两个连架杆中，一个为曲柄，另一个为摇杆，则称为曲柄摇杆机构。

当以曲柄为原动件时，可将曲柄的连续转动转变为摇杆的往复摆动，如图 8-5a 所示的雷达天线俯仰机构；当以摇杆为原动件时，可将摇杆的往复摆动转变为曲柄的连续转动，如图 8-5b 所示的缝纫机踏板机构。

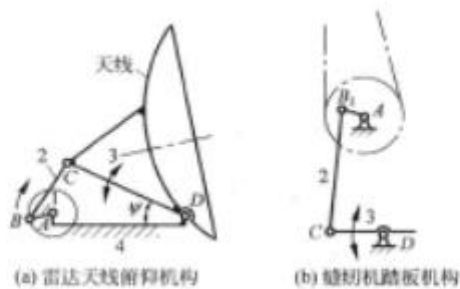


图 8-5 曲柄摇杆机构应用实例

三、双曲柄机构

铰链四杆机构的两个连架杆均为曲柄，则称为双曲柄机构。

一般形式的双曲柄机构中，主动曲柄作为匀速转动，从动曲柄作为变速转动。如图 8-6 所示的惯性筛机构中，在作变速转动的从动曲柄 3 上增加一个附加杆 5，附加杆 5 拉动筛子 6，使筛子具有所需的加速度而产生惯性力，大小不同的颗粒在筛子上往复运动，从而达到筛选的目的。

当双曲柄机构的机构的机架与连杆平行且等长时，特称为平行四边形机构，如图 8-7a 所示；当双面曲柄机构的机架与连杆等长但不平行时，称为逆平行四边形机构，如图 3-7b 所示。

平行四边形机构具有以下运动特点：连杆作平动，两曲柄等速同向转动。这使得平行四边形机构在工程上得到广泛应用，如图 8-8a 所示的摄影平台升降机构利用了平行四边形机构的连杆平动的特点；图 8-8b 所示的车轮联动机构则利用了其与双曲柄等速同向转动的特点；图 8-8c 所示的剪式升降机构为平行四边形机构的叠加应用，具有扩大行程的效果。

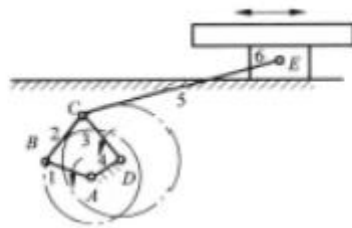


图 8-6 双曲柄机构应用实例（惯性筛机构）

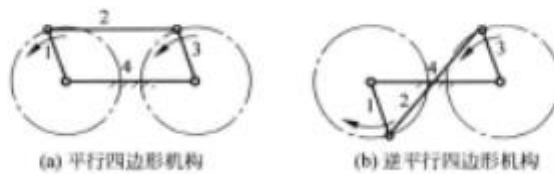


图 8-7 平行四边形机构与逆平行四边形机构



图 8-8 平行四边形机构应用实例

逆平行四边形机构当以长边为机架时，两曲柄沿相反方向转动。如图 8-9 所示的车门启闭机构即利用了这一特点。

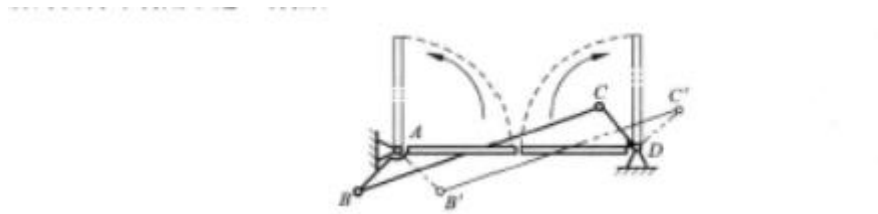


图 8-9 逆平行四边形机构应用实例（车门启闭机构）

四、双摇杆机构

铰链四杆机构的两个连架架均为摇杆，则称为双摇杆机构。如图 8-10a 所示的鹤式起重机，当摇杆 AB、CD 摆动时，连杆 BC 上的点 E 作近似水平直线移动，从而实现平稳地移动重物。当双摇杆机构的两摇杆等长时，则称为等腰梯形机构，如图 8-10b 所示的汽车前轮转向机构就应用了这种机构。

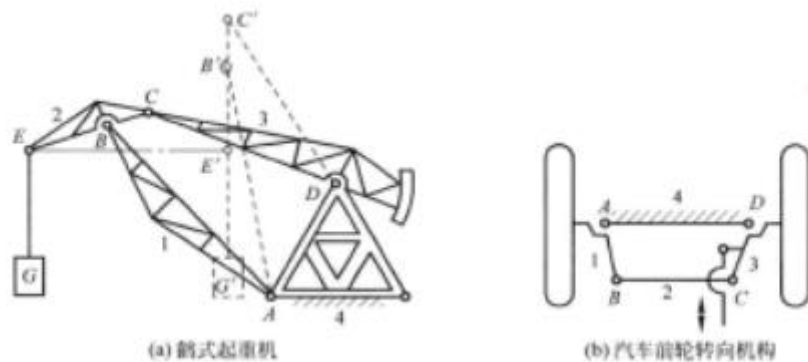


图 8-10 双摇杆机构应用实例

第三节 平面四杆机构共性问题

机构是用来传递运动和力的具有确定运动的构件系统，因此我们要分析机构的运动性能和传力性能。

1) 平面四杆机构构件的运动形式无外乎传动、摆动或者移动，常见的机构中通常需要有能够做整周回转的曲柄来作为运动的输入或者输出件，例如当以电机作为原动件时，机构的原动件为曲柄，而当需要得到类似与车轮转动的运动形式时，机构的输出件应为曲柄。因此平面四杆机构应有曲柄存在的条件是要讨论的第一个问题。

2) 许多机器工作时具有工作行程和空回行程，例如刨床，为了提高效率，需要机构具有工作行程慢、空回行程快的运动特点，称为急回特性，即原动件匀速运动，而运动输出件正反行程速度不等的特性。因此平面四杆机构的急回特性是需要讨论的第二个问题。



3) 机器工作时除了需要具有某种运动形式, 还需克服工作阻力或担负一定的载荷, 传力性能如何时需要考虑的第三个问题, 由理论力学的知识可知, 传力性能由传动角或压力角表征, 任何一个运动周期中的最小传动角及死点位置(传动角为 0 的位置)是需要考虑的。

思考题

1. 平面四杆机构有几个共性问题? 分别为哪些?



第九章 凸轮机构

[教学目标]

- (1) 了解凸轮机构的类型及应用
- (2) 认识凸轮机构常见材料及结构形式

如图 9-1 所示，一个最简单的凸轮机构包括三个构件：凸轮、推杆或摆杆、机架。其中凸轮作为原动件，推杆或摆杆作为从动件，凸轮与从动件为高副接触，图中凸轮与机架用转动副连接，将此转动副看作极坐标原点的话，凸轮上各个轮廓点的向径不尽相同，因此，凸轮是一个具有曲线轮廓的构件，而凸轮机构是由凸轮、从动件和机架组成的含有高副的传动机构。

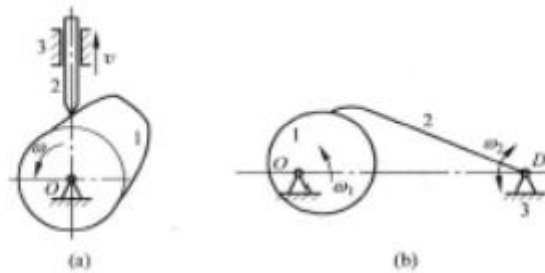


图 9-1 凸轮机构的基本组成

不难看出，运动的传递是直接由原动件经凸轮高副传递到从动件，从动件的运动规律仅由凸轮轮廓曲线决定，只要凸轮轮廓设计得当，就可以使从动件实现任一给定的运动规律。特别是当要求从动件的位移、速度、加速度按照复杂的规律变化时，虽然可用连杆机构实现，但难以精确的满足要求，且设计方法也较复杂，在这种情况下多采用凸轮机构。

凸轮机构的优点：结构简单、紧凑、设计方便，可实现从动件任意预期运动。但它也有缺点：凸轮轮廓与从动件之间为点接触或线接触，易于磨损；凸轮轮廓加工难度大；形成较小。所以凸轮机构通常用于传力不大而需要实现特殊运动规律的场合，在机床、纺织机械、轻工机械、印刷机械、机电一体化装配中有大量应用。

第一节 凸轮机构的类型及应用

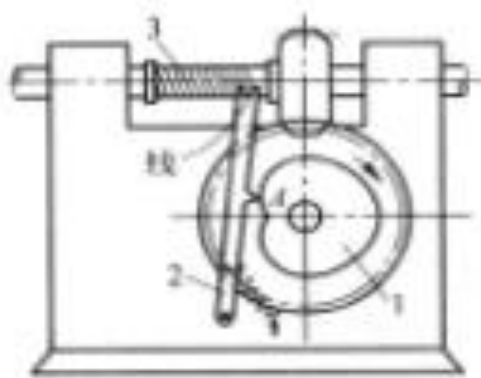
根据凸轮和从动件的不同形状和形式，凸轮机构可按如下方法分类。

一、按凸轮形状分

1) 盘形凸轮机构

凸轮机构的凸轮为盘形则为盘形凸轮机构。盘形凸轮是凸轮的基本形式，图 9-1 所示的凸轮即为盘形凸轮，它是一个绕固定轴转动并且具有变化向半径的盘形零件。

图 9-2 所示的绕线机中用于排线的凸轮机构，当绕线轴 3 快速转动时，经齿轮带动凸轮 1 缓慢的转动，通过凸轮轮廓与尖顶 A 之间的作用，驱使从动件 2 往复摆动，从而使线均匀地缠绕在轴上。



1—凸轮，2—从动件，3—绕线轴

图 9-1 绕线机的凸轮机构

盘形凸轮机构应用最广，其常见结构形式列于表 9-2，表中凸轮的从动件形式将在随后的分类方法中介绍。

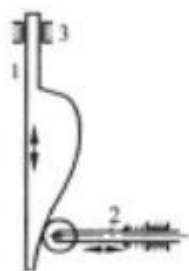
类 型	直动从动件		摆动从动件
	对心式	偏置式	
尖顶从动件			
滚子从动件			
平底从动件			

表 9-2 盘形凸轮机构的常见结构形式

1) 移动凸轮机构

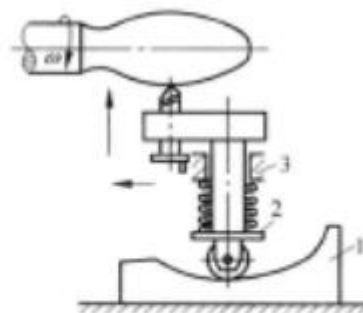
当盘形凸轮的回转中心趋于无穷远时，凸轮相对机架作直线运动，这种凸轮称为移动凸轮，如图 9-3 所示的冲床装卸料凸轮机构中的凸轮即为移动凸轮，相应的机构称移动凸轮机构

如图 9-4 所示为利用靠模法车削手柄的移动凸轮机构。凸轮 1 作为靠模被固定在床身上，滚轮 2 在弹簧作用下与凸轮轮廓紧密接触，当托板 3 横向运动时，与从动件相连的刀头走出与凸轮轮廓相同的轨迹，从而切削出工件的复杂型面。



1—凸轮；2—推杆；3—机架

图 9-3 冲床装卸料凸轮机构



1—凸轮；2—滚轮；3—机架

图 9-4 靠模加工用的移动凸轮机构

2) 圆柱凸轮机构

圆柱凸轮机构可以看作是移动凸轮卷成圆柱体而成，如图 9-5 所示的自动送料机构中的凸轮，相对移动凸轮的往复直线运动，圆柱凸轮的运动输入变为连续转动，这种运动形式更易获得。

图 9-6 所示为自动机床上控制刀架运动的凸轮机构，当圆柱凸轮 1 回转时，凸轮凹槽侧面迫使杆 2 运动，以驱使刀架运动。凹槽的形状将决定刀架的运动规律。

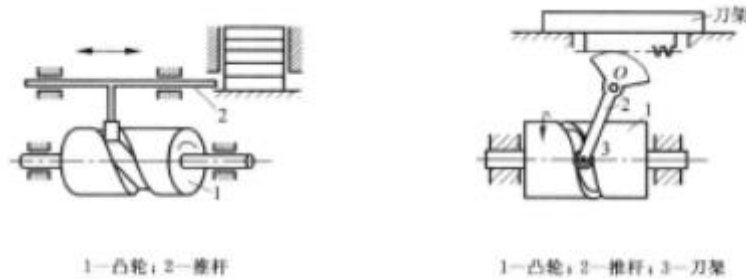


图 9-5 自动送料机构

图 9-6 控制刀架机构

3) 圆锥凸轮机构

圆锥凸轮机构的凸轮是圆锥体，可看成是由盘形凸轮的一扇形部分卷成的圆锥体而得没如图 9-7 所示。

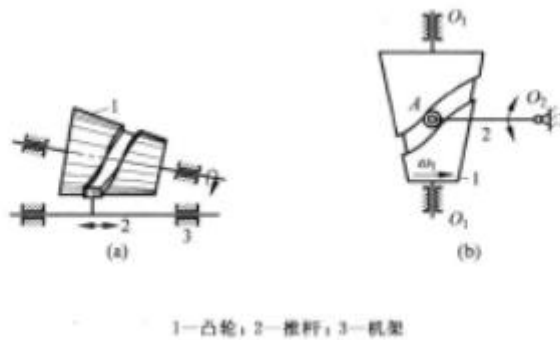


图 9-7 圆锥凸轮机构

4) 其他形状

凸轮的轮廓曲线还可以分布在球面上来得到复杂的运动关系，如图 9-8 所示，图 9-9 所示为分度转位机构，机构中的凸轮为蜗杆凸轮。蜗杆凸轮 1 转动时推到从动轮 2 作间歇转动，从而完成高速、高精度的分度工作。

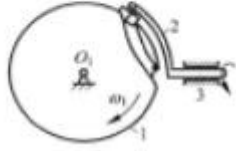


图 9-8 球面凸轮机构

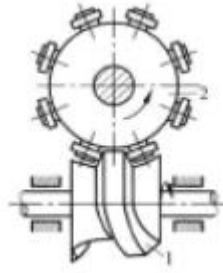


图 9-9 分度转位机构

第二节 凸轮机构常见结构形式及常用材料

一、凸轮在轴上的固定方式

凸轮与轴可以做成一体，也可以单独制造后用连接件进行连接。

当凸轮轮廓接近与轴的直接时，一般将凸轮与轴制作成一体，并称为凸轮轴，如图 9-10 所示。一个典型的应用实例是活塞发动机中控制气门的开启和闭合动作的凸轮轴，凸轮轴的转速往往很高，且需要承受很大的扭矩，因此在设计中对凸轮轴在强度和支撑方面的要求很高，其材质一般是特种铸铁，偶尔也有采用锻件的。由于气门运动规律关系到一台发动机的动力和运转特性，因此凸轮轴设计在发动机设计过程中占据着十分重要的位置。



图 9-10 凸轮轴

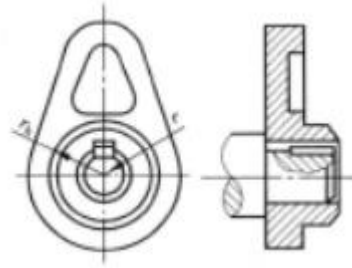


图 9-11 用平键连接

当凸轮与轴的尺寸相差比较大时，宜采用分开制造再进行连接，常用的连接方式有以下三种：键连接（图 9-11）；销连接（图 9-12）；当凸轮与轴的相对角度需要自由调节时，可以采用弹性锥套和螺母连接（图 9-13）。

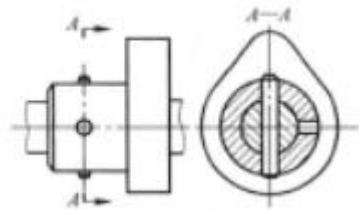


图 9-12 用圆锥销连接

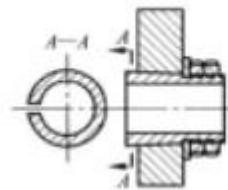


图 9-13 用弹性锥套和螺母连接

二、滚子及其与从动件的连接方式

滚子从动件凸轮机构中，滚子与从动件的常见连接方式如图 9-14 所示，图 9-14a 所示为专用的圆柱滚子及其连接方式，即滚子与从动件底端采用螺栓连接。图 9-14b、c 所示为滚子与从动件底端采用销轴连接，其中 9-14c 所示为滚子直接采用合适的滚动轴承代替，但无论哪种情况，都必须保证滚子能够自由转动。

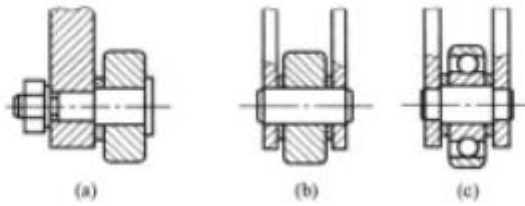


图 9-14 滚子结构

三、凸轮和滚子的材料

凸轮机构工作时往往承受冲击载荷，凸轮与从动件接触部分磨损较严重，因此，必须合理地选择凸轮与滚子的材料，并进行适当的热处理，使滚子和凸轮的工作表面具有较高的硬度和耐磨性，且心部具有较好的韧性，常用的材料有 45 钢、20Cr、18CrMnTi 或 T9、T10 等，且表面需要淬火处理。

思考题

1. 简单描述凸轮工作原理及特点？



第十章 齿轮机构

[教学目标]

- (1) 认识齿轮机构的类型及应用
- (2) 了解渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本参数

第一节 齿轮机构的类型及应用

齿轮机构与凸轮机构一样，只有三个构件——机架、主动齿轮和从动齿轮，运动的传递通过齿轮副直接由主动轮传到从动轮，具有传动效率高、结构紧凑、工作可靠、寿命长以及传动比准确的特点。但它的制造及安装精度要求高，需专用设备加工，价格较高，且不宜用于较远距离的传动。

齿轮机构形式多样，如图 10-1 所示，可按照表 10-1 从不同角度进行分类。

分类标准	类 型	
按两轴的相对位置	平行轴齿轮机构(见图 5-1(a)、(b)、(c)、(d)、(e)、(f))	平面齿轮机构
	相交轴齿轮机构(见图 5-1(g)、(h)、(i)、(k))	
	交错轴齿轮机构(见图 5-1(f)、(j))	空间齿轮机构
按齿轮体形状	圆柱齿轮机构(见图 5-1(a)、(b)、(d)、(e)、(f))	
	齿轮齿条机构(见图 5-1(c))	
	圆锥齿轮机构(见图 5-1(g)、(h)、(i))	
	非圆齿轮机构(见图 5-1(l))	
	蜗轮蜗杆机构(见图 5-1(j))	
按轮齿与轴线的相对位置	直齿齿轮机构(见图 5-1(a)、(b)、(c)、(g)、(l))	
	斜齿齿轮机构(见图 5-1(d)、(h))	
	人字齿齿轮机构(见图 5-1(e))	
	曲线齿齿轮机构(见图 5-1(i))	
按齿廓曲线形状	渐开线齿轮机构(见图 5-1(a)、(b)、(c)、(d)、(e)等)	
	摆线齿轮机构	
	圆弧齿轮机构	
	其他(见图 5-1(k))	
按齿轮传动机构的工作条件	闭式传动(齿轮封闭在箱体内部,润滑良好)	
	开式传动(齿轮是完全外露的,不能保证良好润滑)	
	半开式传动(齿轮浸在油池内,装有防护罩,不封闭)	
按齿面硬度	软齿面($\leq 350\text{HB}$)	
	硬齿面($> 350\text{HB}$)	

表 10-1 齿轮机构的分类



图 10-1 齿轮机构

以上齿轮机构的各自形式中渐开线齿廓的直齿圆柱齿轮机构是最简单、应用最广泛的一种。本章将重点讨论渐开线直齿圆柱齿轮。

第二节 渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本参数与几何尺寸

齿轮的几何形状较复杂，表征其几何尺寸的参数较多，且外齿轮、内齿轮和齿条的形状不同，几何参数也有所差异。

一、外齿轮的基本参数与几何尺寸

1. 外齿轮的轮廓形状及其几何尺寸参数（图 10-2）

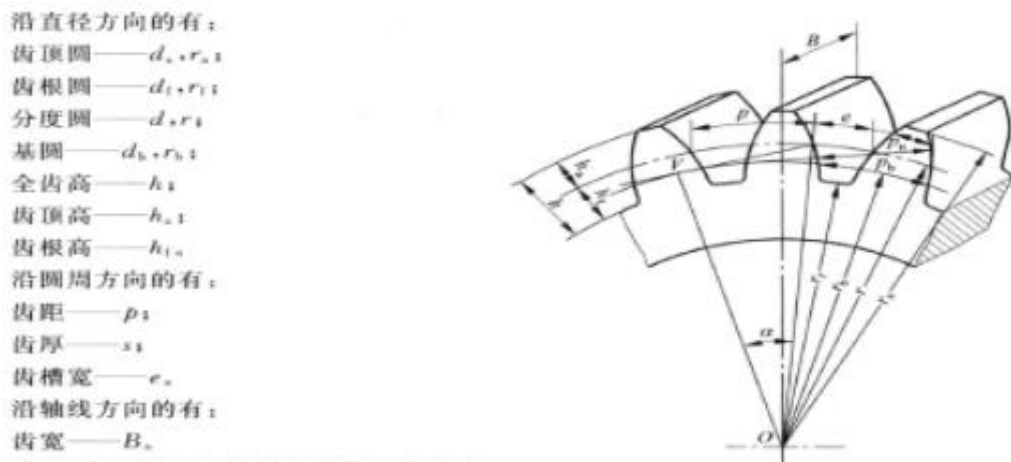


图 10-2 外齿轮的几何尺寸

其中，齿顶圆和齿根圆是齿轮上真实存在的轮廓圆，基圆是与渐开线轮廓相关的圆，而分度圆是一个理论上的圆，是齿轮设计、计算的基准圆，其上尺寸参数符号不带下标，往往用来表征齿轮的几何尺寸。

为了设计计算以及制造的简便，规定了齿轮的五个基本参数，齿轮的几何尺寸可以根据这五个基本参数进行计算

2. 渐开线齿轮的五个基本参数

1) 齿数 z

齿数即齿轮一周的轮齿总数，显然是个整数， z 与传动比相关

$$i_{12} = \frac{z_2}{z_1}$$

2) 模数 m

m 是一个重要的参数，是处于设计计算及加工方便的角度而设置的参数，它可以简化分度圆上相关尺寸的计算。

分度圆周长为 $\pi d = zp$ ，则

$$d = z \cdot \frac{p}{\pi}$$

π 为无理数，这使得计算颇为不便，同时对齿轮的制造和检验也不利，认为规定为简单的数值，把这个比值叫做模数，用 k 表示即

$$d = mz$$

注意，模数是具有长度的量纲，单位为 mm。

模数是决定齿轮尺寸的重要参数之一。相同齿数的齿轮，模数越大，其尺寸也越大，图 10-2 清楚的显示了相同齿数，不同模数的齿轮之间的尺寸关系。

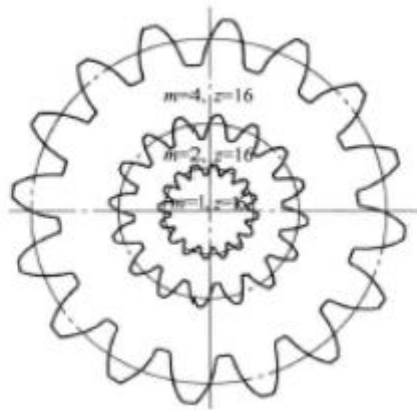


图 10-2 一组齿数相同、模数不同的齿轮

在实际工程中，齿轮的模数已经标准化了。表 10-3，因为分度圆上的齿厚为齿距的一半，即 $s=p/2=mn/2$ ，因此模数决定了齿轮的抗弯强度。

表 10-3 标准模数系列 (mm)

第一系列	0.1	0.12	0.15	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	
	1	1.25	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	
第二系列	10	12	16	20	25	32	40	50			
	0.35	0.7	0.9	1.75	2.25	2.75	(3.25)	3.5	(3.75)	4.5	5.5
	(6.5)	7	8	(11)	14	18	22	28	(30)	36	45

注：选用模数时，应优先采用第一系列，其次是第二系列，括号内的模数尽可能不用。

3) 压力角 α

国家标准中规定，分度圆上的压力角为标准值： $\alpha = 20^\circ$ ，在某些场合，也有采用压力角为 14.5° 、 15° 、 22.5° 和 25° 的齿轮。

4) 齿顶高系数 h_a^*

为简便起见，轮齿的高度也取模数的倍数，则齿顶高为



$$h_a = h_a^* m$$

5) 顶隙系数 c^*

同上，顶隙也取模数的倍数，即

$$c = c^* m$$

齿跟高比齿顶高大一个顶隙的距离来保证安装后的间隙，则齿根高为

$$h_f = (h_a^* + c^*) m$$

齿顶高系数和顶隙系数均为标准值，国家标准规定：正常齿高制取 $h_a^* = 1, c^* = 0.25$ ；矮

名称	代号	计算公式	
		小齿轮	大齿轮
齿槽宽	e	$e = \pi m / 2$	
任意圆(半径为 r_s)齿厚	s_s	$s_s = sr_s / r - 2r_s (\text{inv}\alpha_s - \text{inv}\alpha)$ ②	
顶隙	c	$c = c^* m$	
标准中心距	a	$a = m(z_1 + z_2) / 2$	
节圆直径	d'	(当中心距为标准中心距 a 时) $d' = d$	
传动比	i	$i_{12} = \omega_1 / \omega_2 = z_2 / z_1 = d'_2 / d'_1 = d_2 / d_1 = d_{a2} / d_{a1}$	

齿高制取 $h_a^* = 0.8, c^* = 0.3$ 。

一对齿轮能够正确啮合的条件是模数和压力角要分别相等，现将一对外啮合齿轮的几何尺寸的计算列于表 10-4

第三节 涡轮蜗杆传动

一、涡轮蜗杆机构的形成及其传动特点

涡轮蜗杆机构用于传递空间交错两轴之前的运动和力，通常两轴夹角为 90°

1) 涡轮蜗杆的形成

名称	代号	计算公式	
		小齿轮	大齿轮
模数	m	(根据齿轮受力情况和结构需要确定, 选取标准值)	
压力角	α	选取标准值	
分度圆直径	d	$d_1 = mz_1$	$d_2 = mz_2$
齿顶高	h_a	$h_{a1} = h_{a2} = h_a^* m$ ①	
齿根高	h_f	$h_{f1} = h_{f2} = (h_a^* + c^*) m$ ①	
齿全高	h	$h_1 = h_2 = (2h_a^* + c^*) m$	
齿顶圆直径	d_a	$d_{a1} = (z_1 + 2h_a^*) m$	$d_{a2} = (z_2 + 2h_a^*) m$
齿根圆直径	d_f	$d_{f1} = (z_1 - 2h_a^* - 2c^*) m$	$d_{f2} = (z_2 - 2h_a^* - 2c^*) m$
基圆直径	d_b	$d_{b1} = d_1 \cos\alpha$	$d_{b2} = d_2 \cos\alpha$
齿距	p	$p = \pi m$	
基圆齿距(法向齿距)	p_b	$p_b = p \cos\alpha$	
齿厚	s	$s = \pi m / 2$	

涡轮蜗杆机构可视为由交错轴斜齿轮机构演化而来，如图 10-4 所示，与普通的交错轴斜齿机构一样，相啮合的轮齿齿廓为点接触。为了改善其啮合情况，通常将蜗杆的分度圆母线改为弧形，使之部分包住蜗轮，形成如图 10-5 所示的涡轮蜗杆机构。

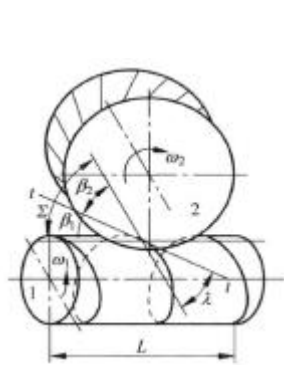
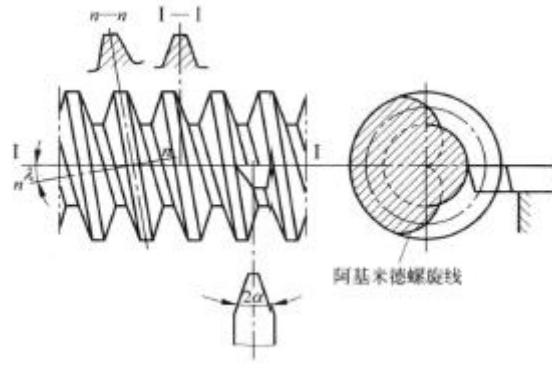


图 10-4 涡轮蜗杆的形成



10-5 车削阿基米德蜗杆

1) 涡轮蜗杆机构的传动特点

涡轮蜗杆传动的最大特点是传动比大。这是因为蜗杆的齿数 z_1 很少，而涡轮的齿数 z_2 可以较多，因此其传动比 $i=z_2/z_1$ 可以很大，一般为 10-100，在手动或者分度机构中，甚至可以达到 500 以上。

涡轮蜗杆传动的另一特点是具有自锁性。具有自锁性的涡轮蜗杆传动只能由蜗杆带动涡轮，而不能由涡轮带动蜗杆。具有自锁性的涡轮蜗杆装置常语起重机械中，以增加机械的安全性。

涡轮蜗杆传动还有结构紧凑、传动平稳和噪声小的特点。

涡轮蜗杆传动的主要缺点是机械效率较低，具有自锁性的蜗杆传动效率就更低，另外，由于啮合轮齿之间的相对滑动速度大，所以磨损也大，因此蜗杆常用耐磨材料（如锡青铜）制造，因此成本也较高。

思考题

1. 渐开线齿轮的基本参数分别是什么？
2. 涡轮蜗杆机构的传动特点？





第十一章 挠性传动机构

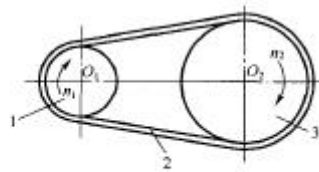
[教学目标]

- (1) 认识带传动，了解带传动的安装与维护
- (2) 简单了解链传动

第一节 带传动简介

一、带传动的组成

带传动通常由主动轮 1、从动轮 3 和传动带 2 组成,如图 11-1 所示。带传动在工作前,传动带被张紧在两带轮上,产生的初始力使得带与带轮之间产生一定的正压力,当主动轮转动时,由于带与带轮间摩擦力的作用,拖动从动轮一起同向回转,从而实现运动和动力的传递。



1—主动轮;2—传动带;3—从动轮。

图 11-1 带传动的组成

二、带传动的类型及应用特点

1. 带传动的类型

根据传动原理不同,带传动可分为摩擦型和啮合型两大类。按传动原理和传动带截面形状的不同,带可分为平带、V 带、圆带、多楔带、同步齿型带等多种类型,其中平带、V 带、圆带、多楔带属于摩擦型带传动,同步带属于啮合型带传动。本章重点介绍摩擦带传动。

1) 平带传动(图 11-2a)

其横截面为扁平矩形,由多层帆布构成,内表面为工作面。平带结构简单,带的挠性好,带轮容易制造,多用于传动中心距较大的场合。平带有胶帆布带、编织带、锦纶复合平带等,其规格可查阅相关国家标准。

2) V 型带传动(图 11-2b)

其横截面为等腰梯形,在传动时,V 带只和轮槽的两个侧面相接触,所以带的两个侧面为工作面。根据摩擦原理,由于轮槽的楔形增压效应,在同样张紧力的作用下,V 带传动比平带传动产生更大摩擦力,能传递较大的功率,且结构紧凑,在机械传动中应用最广泛

3) 多楔带传动(图 11-2c)

多楔带相当于是在平带基体上由多跟V带组合而成的传动带，兼有平带传动和V带传动的特点，有较好的挠性和较大的摩擦牵引力，传动能力强，适用于传动功率较大且要求结构比较紧凑的场合。

4) 圆带传动（图 11-2d）

圆形带的截面形状为圆形。圆带传动的摩擦牵引力较小，适用于小功率的轻型和小型机械，如仪器、仪表、医疗器械和家用机械等。

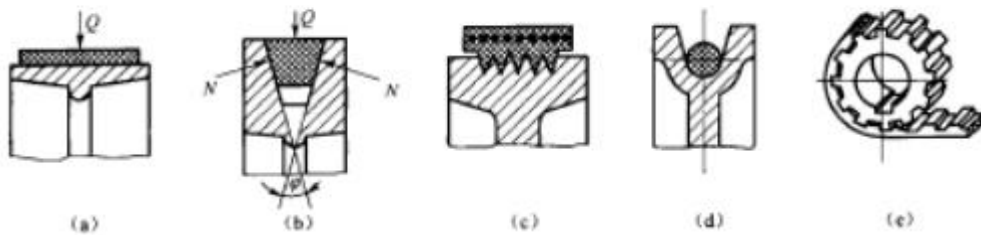


图 11-2 带传动的类型

三、带传动的特点

- 1) 带传动具有良好的挠性，可缓冲吸振，传动平稳、噪声小。
- 2) 过载时，带会在带轮上打滑，从而避免机器中其他零件被损坏，起到过载保护的作用。
- 3) 结构简单，制造、安装精度要求低，成本低廉，维护方便。
- 4) 适用于中心距较大的传动。
- 5) 由于带与带轮之间存在不可避免的弹性滑动现象，导致速度损失，不能保证恒定不变的传动比。
- 6) 与齿轮传动比，带传动效率较低，寿命较短，不宜在易燃、易爆、高温、油、水、酸、碱、盐等恶劣环境下工作。
- 7) 带与带轮之间需要较大的压力，因此对轴和轴承的压力较大，使得带传动的轮廓尺寸较大。

第二节 V 带和 V 带轮

一、V 带的结构和标准

1. V 带的结构

普通 V 带为无接头的环形带，其横截面积结构如图 11-3 所示，它主要由伸张层、强力层、压缩层和包布层四部分组成。包布的材质是橡胶帆布，是 V 带的保护层。伸张层和压缩层的材料主要是橡胶，当 V 带在带轮上弯曲时，承受拉伸和弯曲作用。强力层是承受拉力的主体，其结构主要分为线绳结构和帘布结构两种。线绳结构的 V 带柔韧性好，抗弯强度高，但抗拉强度低，通常适用于荷载小、带轮直径小和转速较高的场合。为了提高 V 带抗拉强度，近年来已开始使用合成纤维（锦纶、涤纶等）绳芯作为强力层。帘布结构的 V 带抗拉强度高，制造方便，价格低廉，应用较广。

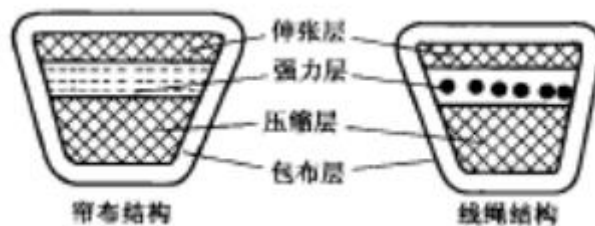


图 11-3 V 带结构

2. V 带的标准

1) V 带的截面尺寸

普通 V 带是标准件，按截面尺寸的大小分为 Y、Z、A、B、C、D、E 七种截型，见表 11-1，在同等条件下，截面尺寸越大，可传递的功率也越大。

表 11-1 普通 V 带截面尺寸 (mm)

型号	Y	Z	A	B	C	D	E
顶宽 b	6	10	13	17	22	32	38
节宽 b_p	5.3	8.5	11	14	19	27	32
高度 h	4.0	6.0	8.0	11	14	19	25
楔角 φ	40°						
每米质量 q /(kg/m)	0.04	0.06	0.10	0.17	0.30	0.60	0.87

2) V 带的基准长度

安装 V 带时，V 带在规定的张紧力下套在两带轮上，此时，顶胶伸长，底胶缩短，两层之间有一层既不伸长也不缩短的纤维层，此纤维层叫中性层。中性层的宽度称为节宽，用

b_p 表示,见表 11-1 中的插图,中性层所对应的带的周长叫带的基准长度,用 L_d 表示, L_d 已经标准化,其值见表 11-2

表 11-2 普通 V 带的基准长度和带长修正系数

基准长度 L_d /mm	K_L					基准长度 L_d /mm	K_L			
	Y	Z	A	B	C		Z	A	B	C
200	0.81					1600	1.15	0.99	0.92	0.83
224	0.82					1800	1.18	1.01	0.95	0.86
250	0.84					2000		1.03	0.98	0.88
280	0.87					2240		1.06	1.00	0.91
315	0.89					2500		1.09	1.03	0.93
355	0.92					2800		1.11	1.05	0.95
400	0.96	0.87				3150		1.13	1.07	0.97
450	1.00	0.89				3550		1.17	1.09	0.99
500	1.02	0.91				4000		1.19	1.13	1.02
560		0.94				4500			1.15	1.04
630		0.96	0.81			5000			1.18	1.07
710		0.99	0.83			5600				1.09
800		1.00	0.85			6300				1.12
900		1.03	0.87	0.81		7100				1.15
1000		1.06	0.89	0.84		8000				1.18
1120		1.08	0.91	0.86		9000				1.21
1250		1.11	0.93	0.88		10000				1.23
1400		1.14	0.96	0.90						

3) V 带的标记

普通 V 带的标记由截面、基准长度、标记编号三部分组成。例如标记 B1000 GB 11544-89 表示基准长度为 1000mm B 型带。V 带的标记通常压印在 V 带外表面上,供识别和选用。

二、V 带轮的结构和材料

1. V 带轮的结构

V 带轮由有轮槽的轮缘(带轮的外缘部分)、轮毂(带轮与轴相配合的部分)、轮辐(轮缘与轮毂相连的部分)三部分组成。V 带按轮辐结构的不同可分为实心式、腹板式、轮辐式,如图 11-4 所示。带轮的直径较小 ($d_d \leq (2.5 \sim 3)d$, d 为轴径) 时可选用实心式带轮(图 11-4a); 中等直径的带轮可选用腹板式带轮(图 11-4b; 直径 $> 350\text{mm}$) 时,为便于安装起吊和减小质量,可选用孔板式带轮(图 11-4c) 或轮辐式带轮(图 11-4d)。

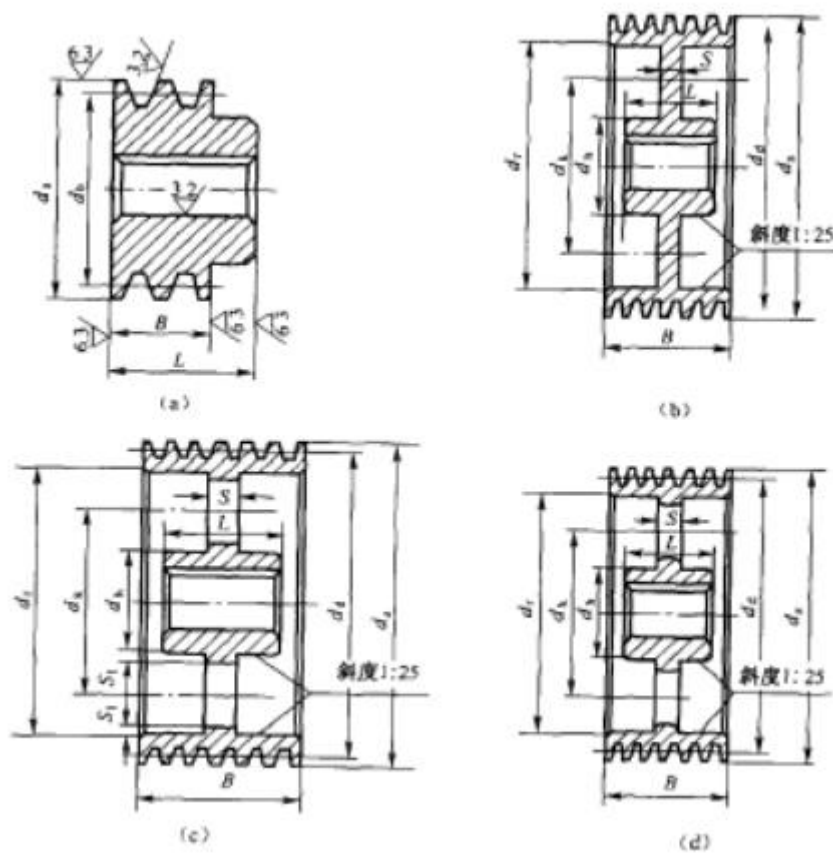


图 11-4 V 带轮的结构

V 带轮的结构形式及腹板（轮辐）厚度的确定可参阅有关机械设计手册。

三、普通 V 带轮的轮槽尺寸

普通 V 带轮轮缘的横截面及其各部分尺寸见表 11-3。

第三节 带传动的安装与维护

一、带传动的张紧

由于带传动的材料不是完全的弹性体，工作一段时间会由于塑形变形而松弛，使带的初拉力降低，传动能力下降，甚至失效。因此为保证带传动正常工作应设置张紧装置。常用的张紧装置有以下几种。

1. 定期张紧装置

如图 11-5a 所示，这种装置是利用定期调节中心距的方法来使带重新张紧的。移动式结构，将装在带轮的电动机安装在滑轨 1 上，需调节带的拉力时，松开螺母 2，旋转调节螺钉改变电动机位置，然后固定。这种装置适合两轴处于水平或倾斜不大的传动。图 11-5b 为摆动式机构，电动机固定在摇摆架上，用旋转调节螺钉上的螺母来调节。这种装置适合垂直的或者接近垂直的传动。

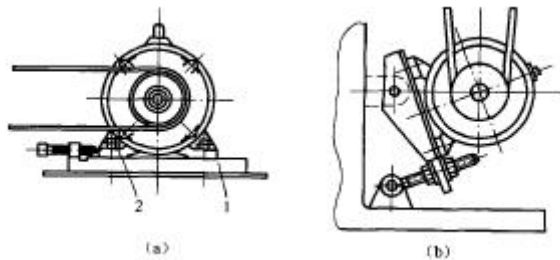


图 11-5 带的定期张紧装置

2. 自动张紧装置

如图 11-6 所示，将装有带轮的电动机安装在浮动的摆动架上，靠电动机 1 和机座 2 的质量，使带轮绕固定轴摆动，通过荷载的大小自动调整中心距达到张紧目的。此方法适用于小功率近似垂直布置的带传动。

3. 使用张紧轮的张紧装置

如图 11-7 所示，当中心距不能调节时，可使用张紧轮把带张紧，图 11-7a 为摆锤式张紧，它靠悬垂 1 将张紧轮 2 压在带上，以保持带的张紧，图 11-7b 为调位式张紧。

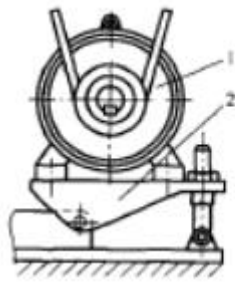


图 11-6 带传动自动张紧装置

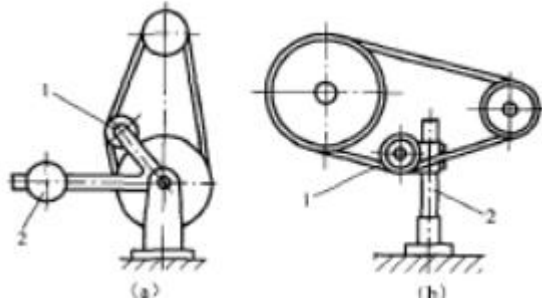


图 11-7 张紧轮装置

张紧轮一般应安装在松边内侧，以避免小带轮包角减小过多，同时还可以避免带受双向弯曲，以提高带的疲劳强度。若张紧轮设置在松边外侧时，张紧轮应尽量靠近小带轮，这样可以增加小带轮的包角，提高带的传动能力，张紧轮的使用会降低带轮的传动能力，在设计时应该适当考虑。

二、带传动的注意事项

为保证带传动能正常工作，延长带的使用寿命，必须正确地安装、使用和维护 V 带。在安装 V 带时应注意以下几个问题。

1) 应正确选用 V 带的截型和基准长度，以保证 V 带在轮槽中的正确位置（图 11-8）。如 V 带的外表面应与带轮的外缘相平齐（安装新带时可稍高于轮缘），使 V 带两侧与轮槽的工作面充分接触，如图 11-8a 所示；若 V 带嵌入过深（图 11-8b），使带的底面与轮槽底部接触，会失去 V 面的楔面增压效益的优势，降低传动能力；若 V 带位置过高（图 11-8c），带与带轮的接触面减少，传动能力降低。



图 11-8 V 带的安装情况

2) 安装 V 带时，各带轮的轴线应互相平行。各带轮相对应的 V 型槽的对称平面应重合，若误差过大会造成 V 带扭曲，加速带的磨损，降低带的使用寿命，如图 11-9 所示。

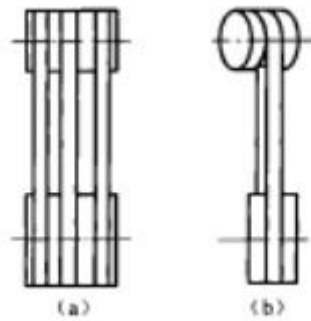


图 11-9 两带轮的相对位置

3) 安装 V 带时, 应先缩小中心距, 将带套入带轮后再增大中心距, 最后张紧, 严禁硬撬, 以保护袋的工作面和保持带的弹性。

4) 应定期检查 V 带。多根 V 带并用时, 如发现有的 V 带出现松弛或疲劳损坏, 应全部更换。对于同组 V 带应型号相同、长度相等、生产厂家相同, 以保证每根 V 带受力均匀。

5) 安装 V 带时, 应保证适当的张紧力, 对于中等中心距的带传动, 一般可凭经验控制张紧力, 方法是在两带轮的中间位置以大拇指能按下 15mm 左右为宜, 如图 11-10 所示。

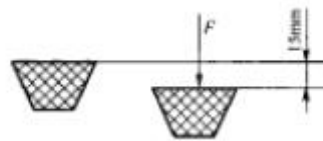


图 11-10 V 带的张紧程度

- 6) 为了便于传动带的装拆, 带轮应布置在轴的外伸端。
- 7) 若带传动装置长时间闲置, 应放松传动带以保持带的弹性。
- 8) 应保持传动带及带轮的清洁, 及时去除油污, 防止打滑。
- 9) 带不宜与酸、碱、油等化学物质接触, 避免腐蚀。带的工作温度一般不超过 60°C , 以防止带过早老化。带传动装置应该有防护罩, 以免发生意外事故和保护带传动的工作环境。

第四节 链传动简介

一、链传动的组成和类型

1. 链传动的组成和原理

链传动是一种应用十分广泛的机械传动形式，它由主动链轮 1、从动链轮 3 和绕在链轮上的环形链条 2 组成，如图 11-11 所示，链传动与带传动有一定的相似之处，如链条相当于带传动的挠性带，但又不是靠摩擦力传动，而是靠链齿轮和链条之间的啮合来传动。因此，链传动是一种具有中间挠性件的啮合传动。

2. 链传动类型

链的种类繁多，按用途不同，链可分为传动链、起重链和输送链三类。传动链主要用于一般机械中；起重链和输送链常用于起重机械和运输机械中，如链斗式提升机及链式运输机等；齿形链运转平稳，噪声小（也称为无声链），承受冲击载荷的能力强，适用于高速（链速可达 40m/s）或运动精度要求较高的传动，但缺点是质量大，结构复杂，成本高。机械中传递运动和动力的传递链主要由滚子链和齿形链。本章主要讨论滚子链传动。

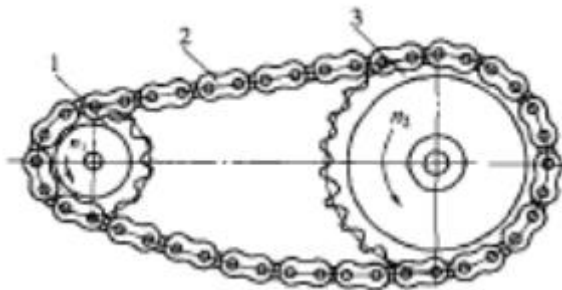


图 11-11 链传动的组成

二、滚子链传动的特点和应用

1. 链传动的主要优点

功率损失小，传动效率高（97%~98%）。链传动所需的张紧力小，作用在轴和轴承上的压力小，减小了轴承的磨损。

- 1) 对环境的适应性较强，能在高温、油污或粉尘多、湿度大等恶劣场合工作，耐用，易维护。
- 2) 与摩擦型带传动相比，链传动无弹性滑动和打滑现象，能获得准确平均传动比。

3) 与齿轮传动比较, 链传动易于安装, 成本低廉; 在远距离传动时, 结构更轻便。

2. 链传动的主要缺点

1) 工作时不能保证恒定的瞬时传动比, 工作时冲击和噪声较大, 不宜在高速或荷载变化大的场合中工作。

2) 与带传动相比, 无过载保护作用, 安装精度要求高。

3) 只能用于两平行轴间的传动。

4) 磨损后发生跳齿。

目前, 链传动广泛应用于矿山、农业、石油、机床、交通运输、冶金、建筑等各类机械中。通常, 链传动的传递功率 $P \leq 100\text{kW}$, 圆周速度 $v \leq 15\text{m/s}$, 传动效率 $\eta = 0.95 \sim 0.98$, 中心距 a 小于等于 $5m \sim 6m$, 传动比 $i \leq 8$, 常用的传动比范围 $i = 2 \sim 3.5$ 。

三、套筒滚子链的结构和标准

1. 套筒滚子链的结构

套筒滚子链的结构如图 11-12 所示, 它由内链板 1、外链板 2、销轴 3、套筒 4、滚子 5 组成。零件之间的配合关系是: 内链板与套筒之间、外链板与销轴之间采用过盈配合, 这样构成一个铰链, 使内外链板可相对转动。滚子活套在套筒上可以减少链条与链轮间的摩擦和磨损, 提高使用寿命。为了减少轮齿的磨损, 内外链板之间留有少量间隙, 以便润滑油渗入套筒与销轴的摩擦面间。为了减小链条质量并使链条各横截面的抗拉强度近似相等, 内、外链板通常制成“∞”字形。

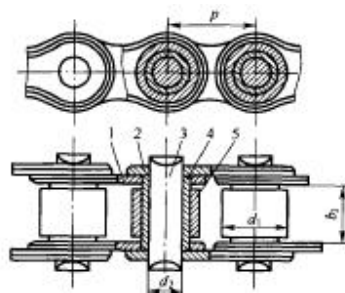


图 11-12 滚子链

链条上相邻两销轴的中心距称为链的节距, 用 p 表示, 它是链传动的主要参数之一, 传递功率较大时, 可采用较大节距的链条或多排链。排数越多, 承载能力越强, 但如果排数过多, 对制造精度和装配精度要求越高, 同时各链排受载不易均匀。因此, 在实际应用时, 一般多为四排, 较为常用的是双排链, 如图 11-13 所示。

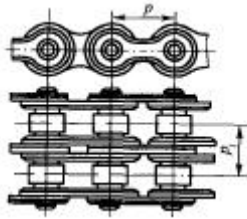


图 11-13 双排链

当链节数为偶数时，链条的两端正好是外链板与内链板相连接，在此处可用弹簧卡片或开口销（图 11-14ab）来固定。一般前者用于小节距，后者用于大节距；当链节数为奇数时，则需使用过渡链节（图 11-14c），过渡链节的链板受有附加弯矩，应尽量避免使用。

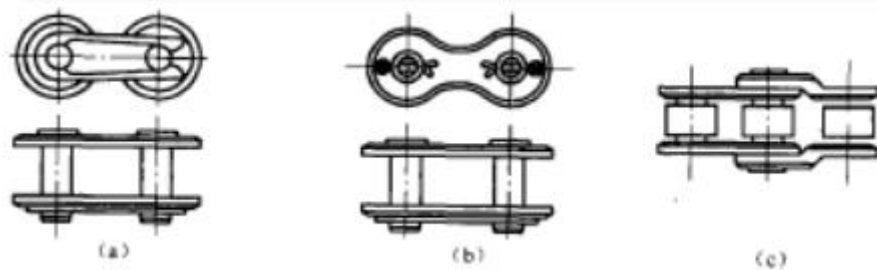


图 11-14 滚子链的接头形式

四、链轮的结构和材料

1. 链轮的结构

对链轮齿形的基本要求是：齿形应保证链节能平稳顺利地进入和退出啮合，且形状简单、便于加工、受力均匀、不容易发生脱链现象。目前应用较广的三圆弧（aa、ab、cd）一直线（bc）齿形，如图 11-15 所示，该齿形接触应力较小，承载能力较高，可用标准刀具切制，设计时，只要符合 GB/T 1243-1997 规定的齿形，只需在零件工作图上标明分度圆直径 d 、齿顶圆直径 d_a 、齿根圆直径 d_f 、齿数 z 、节距 p 等主要参数和尺寸，同时注明齿形即可，而不需要画出端面齿形。但为了切削链轮毛坯，需将轴面齿形画出，具体尺寸可查阅机械设计手册。

图 11-15 所示为链轮的几种常用结构。链轮的结构一般根据其齿顶圆直径大小确定。小直径链轮可制成整体实心式结构（图 11-15a）；中等直径的链轮多采用孔板式（图 11-15b）；对于大直径的链轮可采用螺栓连接式（图 11-15c），齿圆的轮芯通常选用不同的材质制成，齿圆磨损后便于更换；也可采用焊接式（图 11-15d）。

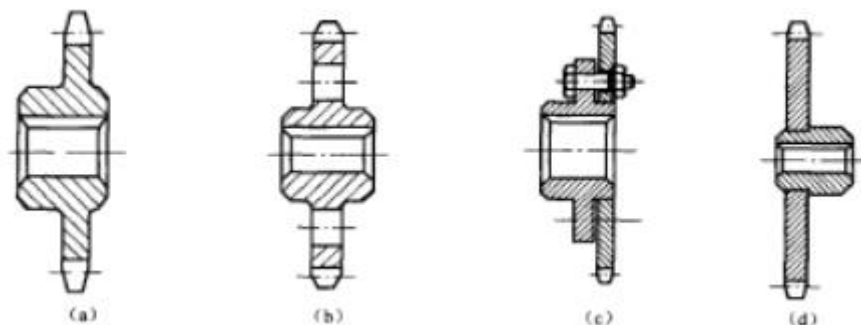


图 11-15 链轮的结构

2. 链轮的材料

链轮的材料应具有足够的接触疲劳强度和耐磨性。常用的材料有优质碳素钢或合金钢，对于尺寸较大的链轮可用碳素钢焊接结构；对于啮合次数较多的小链轮，材料应优于大链轮的材料，并进行热处理；若从动链轮齿数较多（ $z > 25$ ）而且载荷平稳、速度较低时，可选用强度较高的铸铁制造。链轮常用的材料、热处理方式及应用范围见表 11-5。

表 11-5 链轮常用材料、热处理方式及应用

材料	热 处 理	齿 面 硬 度	应 用
15, 20	渗碳、淬火、回火	50HRC~60HRC	$z \leq 25$, 有冲击载荷的链轮
35	正火	160HBS~200HBS	$z > 25$ 的链轮
45, 50, ZG310.75	淬火、回火	40HRC~50HRC	无剧烈振动及冲击载荷的链轮
15Cr, 20Cr	渗碳、淬火、回火	50HRC~60HRC	$z < 25$ 的大功率链轮
40Cr, 35SiMn, 35CrMo	淬火、回火	40HRC~50HRC	重要的使用 A 系列链条的链轮
Q235, Q255	焊接后退火	约 140HBS	中低速、中等功率、直径较大的链轮
HT150	淬火、回火	260HBS~280HBS	$z > 25$ 的从动链轮

五、链传动的主要失效形式

实践表明，在正常安装和润滑下，链传动的失效主要发生在链条上，常见的失效形式有以下几种。

1. 链板疲劳破坏

链传动在工作时，由于存在紧边拉力和松边拉力不同，使得链条在变应力下工作，当这种变应力循环到一定次数时，链板就会发生疲劳破坏，或套筒、滚子表面出现疲劳点蚀。在润滑良好时，疲劳强度是限定链传动承载能力的主要因素。

2. 销轴磨损与脱链

销轴与套筒之间是间歇配合，工作时除承受较大压力外，还会由于相对转动而发生磨损，特别是润滑不良或环境恶劣时，磨损会加剧。铰链的磨损会导致链节变长，使链条在工作中易发生跳齿或脱链现象，无法正常工作。磨损是开式传动链的主要失效形式。

3. 滚子套筒的冲击疲劳破坏

链条与链轮啮合的瞬间会冲击滚子和套筒。在反复多次的冲击下，套筒、滚子会发生冲击疲劳破坏。这种失效多发生在中、高速的闭式链传动中。

4. 销轴与套筒的胶合

在高速重载时，链节所受冲击载荷，振动较大，链条与链轮啮合瞬间会产生很大的冲击能，造成销轴与套筒间的油膜被破坏，两者会在高温和高压下直接接触导致胶合失效。胶合限制了链传动的极限转速。

5. 链条的过载拉断

在低速 ($v < 0.6\text{m/s}$)、重载或严重过载的传动中，链条所受的拉力超过链条的静强度时，链条就会被拉断。

六、链传动的布置、张紧及润滑

1. 链传动的布置

链传动的布置对传动的工作状况和使用寿命都有较大影响。链传动合理布置的原则如下：

- 1) 链传动的两轴应平行，两轮应位于同一平面内。
- 2) 链传动一般宜水平或接近水平布置，并使松边在下方。链传动布置方式见表 11-6

表 11-6 链传动的布置方式

运动参数	正确布置	不正确布置	说明
$i > 2$ $a = (30 \sim 50)p$			两轮轴在同一水平面, 紧边在上或下均能正常工作
$i > 2$ $a < 30p$			两轮轴不在同一水平面, 松边应在下面, 否则松边下垂量过大后链条与链轮易发生干涉或卡死
$i < 1.5$ $a > 60p$			两轮轴在同一水平面, 松边在下面, 否则松边下垂过大后链条与链轮易发生干涉, 须经常调整中心距
i, a 为任意值			两轴在同一铅垂面, 下垂增大会减少链轮的有效啮合齿数, 降低传动能力, 为此可采取中心距可调, 设置张紧装置, 上下两轮错开等措施

注: a 为两链轮中心距, p 为链节距

2. 链传动的张紧

链传动工作一段时间后会因链条磨损使得链节距变大，导致松边垂直增大，引起链条较强的振动及啮合不良，严重时会出现跳齿和脱链现象。为避免上述现象的发生通常需要对链条进行张紧。特别是当两轮轴心连线与水平面的倾斜角大于 60° 时，必须设置张紧装置。常用的张紧方法如下：

- 1) 通过调整两链轮中心距控制张紧程度。
- 2) 中心距不能调整时，可采用张紧轮装置，张紧轮应装在链条松边的内侧（图 11-16a）或外侧（11-16b），张紧轮可利用螺旋、偏心等装置定期张紧（11-16c）；也可以利用弹簧（11-16d）、吊重等装置自动张紧（11-16e）

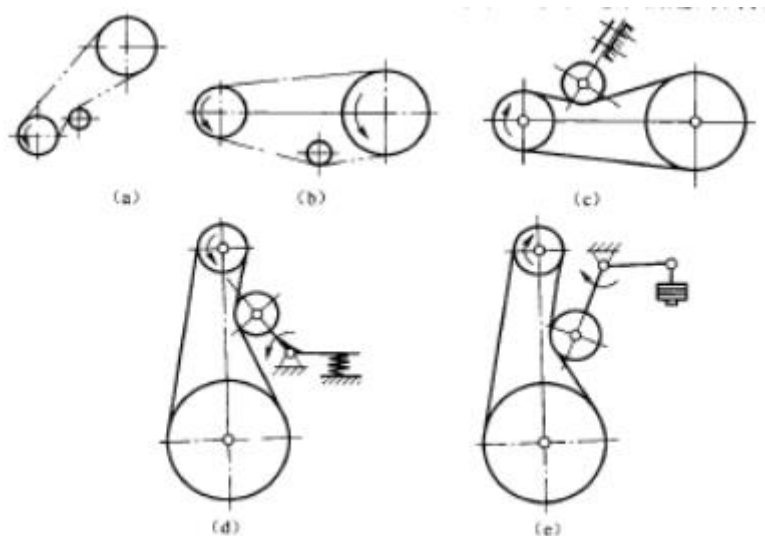


图 11-16 链传动的张紧装置

3) 从链条中拆除 1~2 个链节，缩短链长使链条张紧。

3. 链传动的润滑

链传动的工作能力和寿命和润滑状况密切相关，润滑良好可减少铰链磨损，缓和冲击，延长使用寿命。推荐的常用润滑油有 L. AN32、L. AN68、L. AN100 等机械油，一般根据环境温度及承受载荷大小来选用。环境温度高或载荷大时宜选用黏度较大的润滑油，反之选用黏度较小的；对于工作条件恶劣的开式或者低速链传动，当不便使用润滑油时可采用润滑脂，但需要定期清洗与涂抹。常用润滑方式见表 11-7，为保证工作安全、防止灰尘侵入、减少噪声及润滑需要等，链传动常装有护罩或链条箱等防护装置。

润滑方式	润滑方法示意图	说 明
人工定期给油		用刷子定期在链条松边内、外链板间隙中注油,建议每米注油一次
油杯滴油		装有聚伞外壳,对于单排链,供油量约为每分钟5滴~20滴,若链速较高时,应取大值
油浴润滑		采用不漏油的外壳,使链条从油池中通过,推荐的浸油深度为6mm~12mm,若链条浸入油面过深,容易发热变质
飞溅给油		采用不漏油的外壳,在链轮侧面安装甩油杯。甩油盘圆周速度一般不小于3m/s,若链条过宽(>125mm),可在链轮侧面装两个甩油盘。推荐的甩油盘浸油深度为12mm~35mm
压力供油		采用不漏油的外壳,用油泵强制供油,油的循环使用可起到冷却作用。喷油管口要设在链条的啮合位置,每个喷油口的供油量要视链节距及链速大小确定

注:开式传动和不易润滑的链传动,可定期拆下用煤油清洗,干燥后浸入70℃~80℃润滑油中,待较链间隙充满油后安装使用

表 11-7 套筒滚子链的润滑方法

思考题

1. 带传动的主要失效形式有哪些? 带传动的设计准则是什么?
2. 链传动的合理布置有哪些要求? 链传动的张紧可采取哪些方法?



第十二章 其他常用机构简介

[教学目标]

- (1) 了解其他运动机构分类
- (2) 认识其他常用机构的工作原理

第一节 间歇运动机构

在机械和仪表中，常常需要某些机构能够实现周期性的运动和停歇，这种主动件作连续运动，而从动件作周期性时动时停的间歇运动的机构称为间歇运动机构，也称为步进传动机构。它在各自自动化机械中得到广泛的应用，用来满足送进、制动、转位、分度等工作要求。间歇运动的机构很多，常用的间歇运动机构有槽轮机构、棘轮机构、凸轮式间歇运动机构和不完全齿轮机构。

一、槽轮机构

槽轮机构又称为马尔他机构，是分度、转位等步进机构中应用最普遍的一种间歇运动机构。

1) 槽轮机构的工站原理和类型

图 12-1 所示为典型的外槽轮机构，它主要由带有圆柱销 A 的拨盘 1，具有均布的径向开口槽的槽轮 2 以及机架组成。拨盘 1 为主动件，以等角速度作连续回转运动，开有四个径向开口槽的槽轮 2 为从动件，作单向间歇转动。

普通的平面槽轮机构分为外槽轮机构（图 12-1）和内槽轮机构（图 12-2）两种类型。外槽轮机构的主动拨盘与从动槽轮的转向相反；而内槽轮机构的主动拨盘与从动槽轮的转向相同。

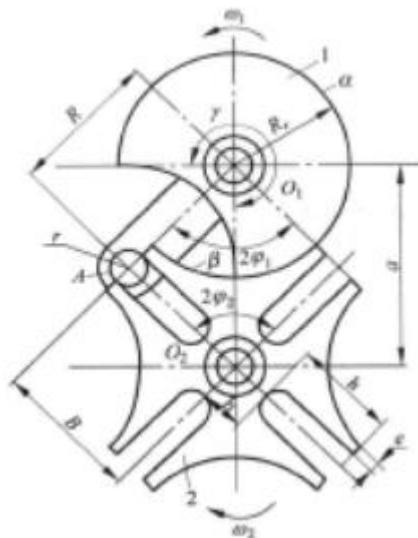


图 12-1 外槽轮机构

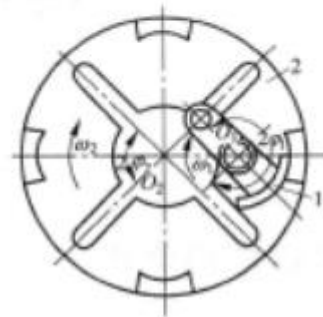


图 12-2 内槽轮机构

2) 槽轮机构的特点和应用

槽轮机构的优点是：结构简单，外形尺寸小，制造容易，工作可靠，能准确控制转角，运动较平稳，机械效率高等。但在运动过程中，槽轮在启动和停止时的加速度变化大，槽数越少，加速度变化越大，不适合与高速场合。由于每次转过的角度与槽轮的槽数有关，如果要改变角度，必须改变槽轮的槽数，就需要重新设计槽轮机构，所以槽轮机构多用于不需要经常调整的转位运动中，此外，由于制造工艺、机构尺寸等条件的限制，槽轮的槽数也不宜太多。

槽轮机构一般用于转数不是很高，要求间歇地转过一定角度的自动机械，轻工机械或仪器仪表中，如图 12-3 所示为电影放映机中的应用，图中主动拨盘 1 连续转动带动槽轮 2 作间歇运动，与槽轮同轴的抓片轮 3 将胶片间歇地送进电影机。

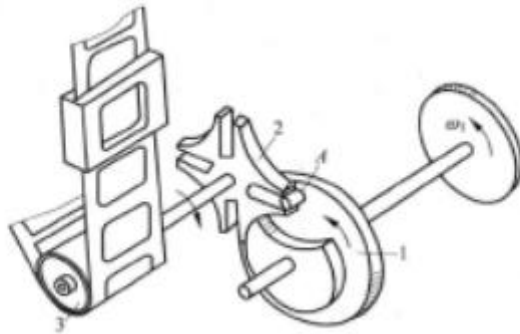
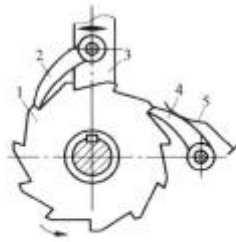


图 12-3 电影放映机的送片机构

一、棘轮机构

1) 棘轮机构的工作原理

图 12-4 所示为常见的棘轮机构，它主要由棘轮 1，驱动棘爪 2，主动件 3，止动棘爪 4 及机架组成。棘轮 1 固连在轴上，而主动件 3 空套在轴上，弹簧 5 用来使止动棘爪 4 和棘轮 1 保持接触。当主动件 3 作逆时针方向摆动时，与其相连的驱动棘爪 2 借助自重插入棘轮的齿槽中，使棘轮跟着转过一定的角度，此时，止动棘爪 4 在棘轮的齿背上滑动。当主动件 3 顺时针转动时，止动棘爪 4 便阻止棘轮发生逆时针方向的转动，而驱动棘爪 2 在棘轮的齿背上滑过。所以当主动件 3 作连续性的往复摆动时，棘轮 1 便作单向的间歇运动。



1—棘轮；2—驱动棘爪；3—主动件；
4—止动棘爪；5—弹簧

图 12-4 齿轮外啮合棘轮机构

2) 棘轮机构的类型

根据棘轮机构的结构和工作原理不同，可将棘轮机构分为齿式棘轮机构和摩擦式棘轮机构两大类。

3) 齿式棘轮机构

按照啮合方式的不同，可以分为齿式外啮合棘轮机构（图 12-4）和齿式内啮合棘轮机构（图 12-5），根据棘轮机构的运动情况，又可以分为以下三类。

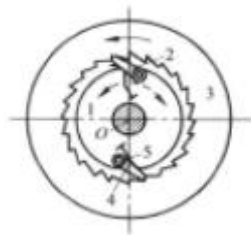
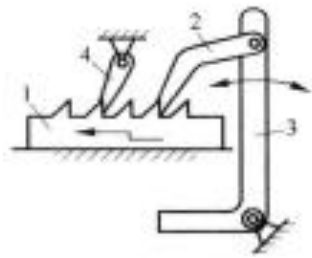


图 12-5 齿式内啮合棘轮机构

4) 单动式棘轮机构

图 12-4 所示为单动式棘轮机构，其特点是当主动件按某一个方向摆动时才能使棘轮转动，即从动棘轮只能作单向间歇转动，当棘轮直接为无穷大时，棘轮变为棘齿条，而棘轮的单向转动变为棘齿条的单向移动，如图 12-6 所示。



1—棘齿条；2—驱动棘爪；
3—主动件；4—止动棘爪

图 12-6 棘条单向间歇运动机构

5) 双动式棘轮机构

图 12-7 所示为双动式棘轮机构，其特点是在主动件 3 上装有两个驱动棘爪 2，绕其摆动中心的过程中分别带动两个驱动棘爪 2 推动或牵拉棘轮的轮齿，使主动件 3 向两个方向往复摆动的过程中，分别带动两个棘爪，两次推动棘轮转动。即主动件往复摆动一次时，棘轮沿同一方向间歇转动两次。图 12-7a 所示的驱动棘爪 2 做成直头的，图 12-7b 所示的驱动棘爪做成钩头的。

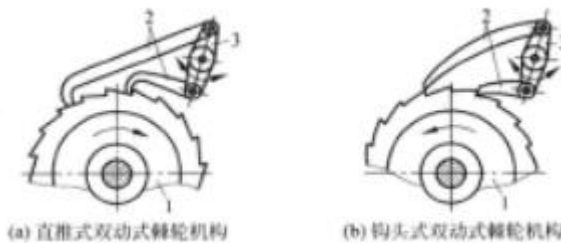


图 12-7 双动式棘轮机构

6) 可变向棘轮机构

上面介绍的棘轮机构，都只能按照一个方向作单向间歇运动。当需要棘轮能变换转动方向时，可采用可变向棘轮机构，如图 12-8 所示。这种棘轮结构的特点是棘轮齿呈对称梯形齿，棘爪也呈对称型。当棘爪 1 在实线位置时，棘轮 2 按逆时针方向作间歇运动，当棘爪在虚线位置时，棘轮 2 按顺时针方向作间歇运动。图 12-9 所示为另一种可变向棘轮机构，其棘轮齿型为矩形，棘爪可绕其轴线转动。当棘爪在图示位置时，棘爪 2 的直边与棘轮 1 接触，推动棘轮 1 沿逆时针方向作间歇运动；当将棘爪提起绕其轴线转 180° 后再放下，则棘爪可使棘轮沿顺时针方向作间歇运动；当将棘爪提前绕其轴线转 90° 搁置在壳体 3 的平台上，使棘爪与棘轮分离，此时棘爪往复摆动，棘轮则静止不动。

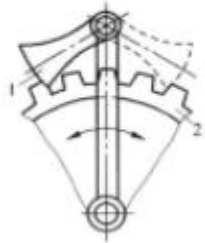


图 12-8 可变向棘轮机构

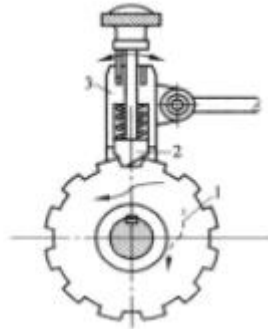


图 12-9 齿形为矩形的可变向棘轮机构

7) 摩擦式棘轮机构

齿式棘轮机构的棘轮转角是相邻两齿所夹中心角的倍数，即棘轮的转角是有级调节的，如果要实现无级调节，可采用 12-10 和图 12-11 所示的摩擦式棘轮机构。摩擦式棘轮机构可分为偏心楔块式棘轮机构（图 12-10）和滚子楔紧式棘轮机构（图 12-11），偏心楔块式棘轮机构是用偏心扇形楔块 4 代替齿式棘轮机构中的棘爪，以无齿摩擦轮 3 代替棘轮，利用楔块与摩擦轮间的摩擦力与楔块偏心的几何条件来实现摩擦轮的单向间歇运动。图 12-10a 中所示机构当摆杆 2 逆时针转动时，楔块 4 在摩擦力的作用下楔紧摩擦轮，时摩擦轮 3 同时转动；摆杆 2 顺时针转动时，摩擦轮静止不动。图中构件 5 为止动楔块。滚子楔紧式棘轮机构是用滚子 4 代替齿式棘轮机构的棘爪，图 12-11 中，当主动轮 2 逆时针转动时，因摩擦力的作用使滚子 4 楔紧顶销 3，使摩擦轮 1 同向转动；当主动轮 2 顺时针转动时，滚子 4 与顶销 3 没有接触，摩擦轮 1 静止不动。

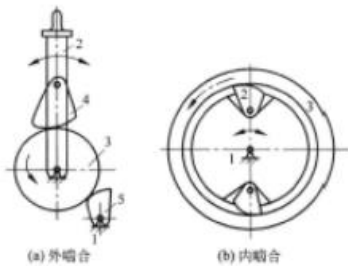


图 12-10 偏心楔块式棘轮机构

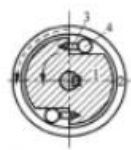


图 12-11 滚子楔紧式棘轮机构

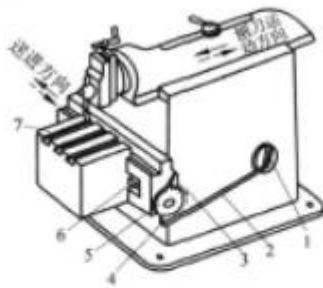
8) 棘轮机构的特点和应用

齿式棘轮机构的结构简单，制造方便，转角准确，运动可靠；棘轮的转角的大小可以进行有级调节；动与停的时间比可通过选择合适的驱动机构实现，该机构的缺点是动程只能作有级调节；棘爪在棘轮齿背上滑行时，容易磨损，引起噪声和冲击，传动平稳性差，故不宜用于高速。摩擦式棘轮机构无上述缺点，且从动轮的转角可实现无级调节，但由于它是靠摩擦力传动，由于接触表面易发生滑动，因而会出现打滑现象，故其运动的准确性

和可靠性没有齿式棘轮机构好，所有摩擦式棘轮机构也不用于高速，一般情况下，棘轮机构适用于低速轻载的场合。

棘轮机构常用于实现进给、转位或分度、制动以及超越离合等运动。

例如，图 12-12 所示的牛头刨床中，刨刀需连续往复直线运动，工作台作间歇移动，而这个运动是通过可变向棘轮机构带动旋转机构来实现的，当曲柄 1 转动时，经连杆 2 带动摆杆 4 作往复摆动；摆杆上装有双向棘轮机构的棘爪 3，棘轮 5 与丝杆 6 固连，棘爪带动棘轮作单方向间歇转动，从而使工作台 7 作间歇运动，若改变驱动棘爪的摆角，可以调节进给量；改变驱动棘爪的位置，可改变进给运动的方向。



1—曲柄；2—连杆；3—棘爪；4—摆杆；5—棘轮；6—丝杠；7—工作台

图 12-12 牛头刨床

图 12-13 所示为冲床工作台自动转位棘轮机构，当冲头 D 向上运动时，摇杆 AB 顺时针摆动，通过棘爪带动棘轮和工作台顺时针转动，而当冲头 D 向下运动时，摇杆 AB 逆时针摆动，棘轮和工作台不动。

图 12-14 所示为自行车后轮轴上的棘轮机构，当脚蹬踏板时，通过链轮带动链条 2 旋转，使具有棘轮的链轮 3 顺时针转动，再通过棘爪 4 的作用，使后轮轴顺时针转动，驱动自行车前进，当自行车前行时，如果不踩踏板，后轮轴便会超越链轮 3 而转动，让棘爪 4 从棘轮齿背上滑过，从而实现自行车的自由滑行。

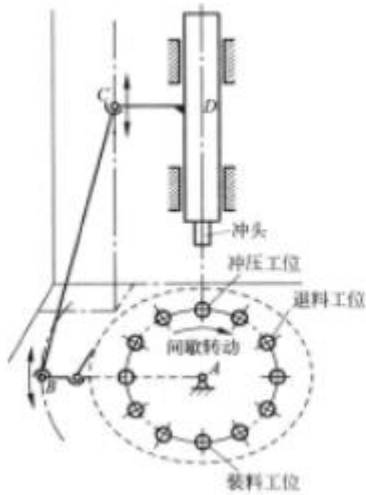


图 12-13 冲床工作自动转位棘轮机构

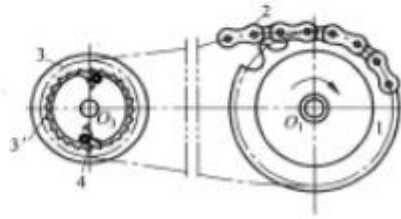


图 12-14 自行车后轮的棘轮机构

二、不完全齿轮机构

1. 不完全齿轮机构的工作原理和类型

不完全齿轮机构也是常用的一种间歇运动结构，它是由普通齿轮机构演化而来，如图 12-15 所示，与一般的齿轮机构相比，主动轮 1 为一不完整的齿轮，齿轮的圆周上只做出一个或者几个正常齿，而从动轮 2 则是由正常齿和带有内凹锁止弧的厚齿彼此相间的特殊齿轮。主动轮连续转动，当主动轮上齿与从动轮上的正常齿啮合时，从动轮开始转动；当主动轮的凸锁止弧与从动轮上的内凹锁止弧结合时，从动轮在锁止弧的作用下停歇在预定位置上，所以当主动轮作连续转动时，从动轮获得时转时停的间歇运动。

不完全齿轮机构的类型有：外啮合式、内啮合式和不完全齿轮齿条机构。图 12-15a 所示为外啮合不完全齿轮机构，其主动轮与从动轮转向相反；图 12-15b 所示为内啮合不完全齿轮机构，其主动轮与从动轮转向相同。如果将从动轮变为齿条，这时输出由间歇转动变为间歇移动，这种机构称为不完全齿轮齿条机构，如图 12-16 所示。

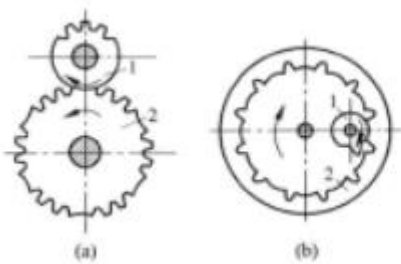


图 12-15 不完全齿轮机构

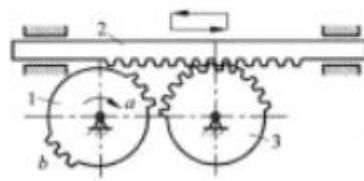


图 12-16 不完全齿轮齿条机构

2. 不完全齿轮机构的特点和应用

与其他间歇运动机构相比，不完全齿轮机构的结构简单，制造方便，从动轮的运动时间和静止时间的比例不受机构结构的限制。当主动轮匀速转动时，从动轮在其运动器件作匀速转动。但是从动轮在开始运动和终止运动时有突变，所以会产生刚性冲击，不适用于转速很高的场合。

由于从动轮在一周转动中可作多次停歇，所以常用于多工位、多工序的自动机械或生产线上，作为工作台间歇转位机构和进给机构。图 12-17 所示为不完全齿轮机构在蜂窝煤饼压制机上的应用。

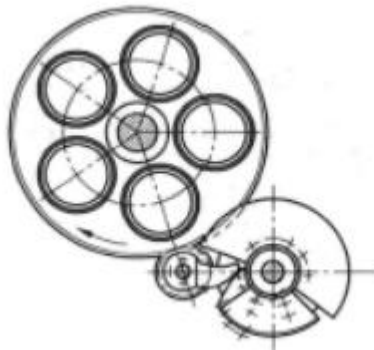


图 12-17 蜂窝煤饼压制机工作台间歇机构

三、凸轮式间歇运动机构

1. 凸轮式间歇运动机构的工作原理

凸轮式间歇运动机构主要由主动凸轮、从动盘和机架组成。通常有两种形式，即圆柱凸轮间歇运动机构和蜗杆凸轮间歇运动机构。

(1) 圆柱凸轮间歇运动机构

图 12-18 所示为圆柱凸轮间歇运动机构，该机构由圆柱凸轮 1、转盘 2 及机架组成。转盘上均匀分布着若干个圆柱销 3，圆柱销轴线与转盘轴线平行，凸轮轴线与转盘轴线垂直交错。当凸轮匀速转动时，转盘作单向间歇运动，转盘的运动完全取决于凸轮轮廓曲线的形状，凸轮轮廓线由分度段和停歇段组成。当凸轮回转时，其分度段轮廓推动圆柱销使转盘分度转位；当凸轮转到停歇段轮廓时，转盘上两相邻圆柱销跨夹在凸轮的圆环面突脊上，使转盘停歇。

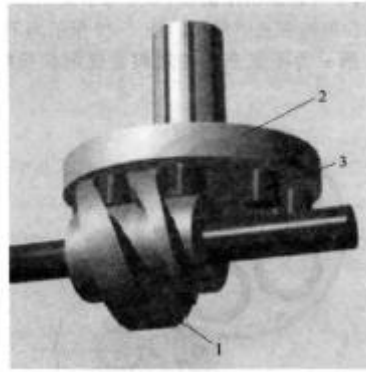


图 12-18 圆柱凸轮间歇运动机构

(2) 圆柱凸轮间歇运动机构

图 12-19 所示为蜗杆凸轮间歇运动机构，主动件凸轮 1 上有一条突脊，犹如圆弧面蜗杆，从动件转盘 2 的圆柱面上均匀布着若干圆柱销 3，滚子轴线沿转盘径向方向。凸轮与转盘两轴线垂直交错。该机构工作原理与圆柱分度凸轮机构完全相同，凸轮连续回转带动转盘作单向间歇性运动。

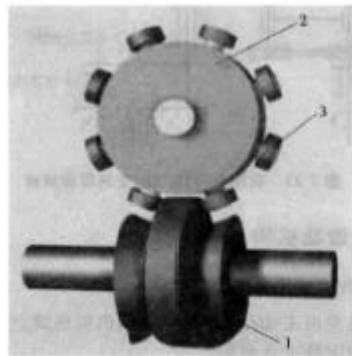


图 12-19 蜗杆凸轮间歇运动机构

四、凸轮式间歇运动机构的特点与应用

上述两种凸轮式间歇运动机构的共同点是定位可靠，转位精确，无需专门的定位装置，可以通过适当选择从动件的运动规律和合理设计凸轮的轮廓曲线来减小动载荷和避免刚性与柔性冲击，使得机构传动平稳可靠，适用于中、高速运转的场合。这也是凸轮式间歇机构不同于前面介绍的槽轮和棘轮机构的最突出优点。蜗杆凸轮间歇运动机构与圆柱凸轮间歇运动机构相比，更能适应高速重载，并且可以通过预载消除啮合间歇，传动精度很高，是目前工作性能最好的一种间歇转位机构。

凸轮间歇运动机构的缺点是凸轮的精度要求较高，加工比较复杂，安装调试比较困难且制造成本高。

凸轮式间歇运动机构多用于两交错轴间的分度运动，在轻工机械、冲压机械等高速机械中常用作高速、高精度的步进进给、分度转位等机构，例如用于高速冲床、多色印刷机、包装机、折叠机等。

图 12-20 所示为凸轮式间歇运动机构在钻孔攻丝机上的应用。运动由变速箱传给圆柱凸轮 1，经转盘 2 及与 2 固连的工作台 3，使工作台获得间歇地转位。

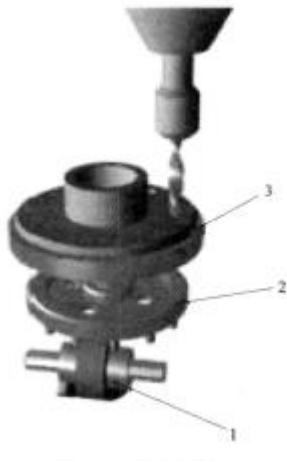


图 12-20 钻孔攻丝机

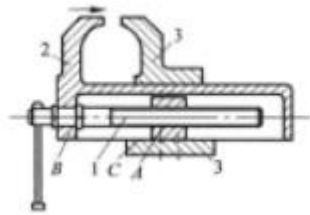


图 12-22 台虎钳

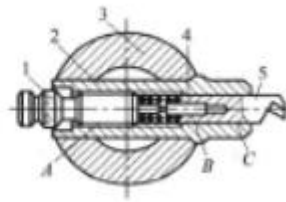


图 12-23 镗刀微调机构

而复式螺旋机构常用来使两构件能够很快接近或者很快分开的场合，主要用于钢笔套、压榨机、台钳等机构中，图 12-24 所示为螺旋压榨机构。螺杆 1 与螺母 2 组成螺旋副 A，同时又与螺母 3 组成螺旋副 B，螺旋副 A 与 B 的旋向相反且导程相等。当转动螺杆 1 时，螺母 2 和 3 很快的靠近，再通过连杆 4 和 5 使压板 6 向下运动来压榨物件。图 12-25 所示为铣床快速夹紧装置。螺杆 1 与螺母 2 和 3 组成螺旋副 A 和 B，螺旋副 A 和 B 的旋向相反并且导程不等。当转动螺杆 1 时，螺母 2 和 3 分别向左右移动，同时带动两个夹爪 5 移动，将工件夹紧。

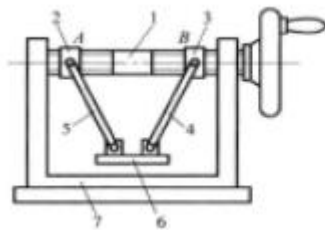


图 12-24 螺旋压榨机构

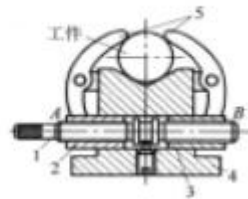


图 12-25 铣床快速夹紧机构



第三节 广义机构

一、广义机构概述

狭义机构学将“机构”定义为：机构是用作把一个或多个刚体的运动转变为其他刚体所需运动的机械装置，也就是具有确定运动的刚性构件系统。随着科学技术的发展，机械技术与电子技术、控制技术、信息技术、传感技术等相互结合，使含液、气、光、电、磁等工作原理的机构应用日益广泛，产生了新一代的机械系统，所以现代的机构中绝不限于纯刚体构件，按照传统的机构学已经很难说明机构构造和机构原理，于是提出广义机构的概念。

与传统机构相比，广义机构在机构形态上发生了很大变化，表现在：

- 1) 组成机构的要素出现了新的形式，引入液、气、光、电、磁等工作原理的新型机构；
- 2) 组成机构的构件不再局限于刚性构件，出现了挠性构件、弹性构件；
- 3) 动力源与执行构件融为一体，如液动机构、气动机构、光电磁结构、伺服直接驱动机构；
- 4) 动力源与原动件融为一体，如压电晶体直接作微作动器；
- 5) 构件与运动副融为一体，出现了柔性铰链，如全柔顺机构和部分柔顺机构。

广义机构是对传统机构的继承和拓展，是一种工作原理与机构新颖的创新机构。广义机构的种类很多，通常根据工作原理可以分为液动机构、气动机构、电磁机构、振动及惯性机构、光电机构等；根据用途可以分为微位移机构、微型机构、信息机构、智能机构等。

二、液动机构和气动机构

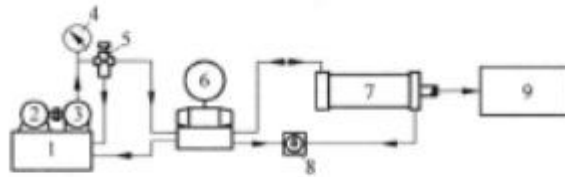
液动机构与气动机构是以具有压力的液体、气体作为工作介质，来实现能量传递与运动变换的机构，广泛地应用于矿山、冶金、建筑、交通运输和轻工等部门，特别是在机器人、挖掘机、压力机、升降装置等设备上广泛应用。

1. 液动机构

1) 液动机构的工站原理与组成

液压传动是用液体作为工作介质，利用液体的压力能来传递能量和进行控制的传动方式。其工作原理是：利用液压泵将原动机的机械能转换为液体的压力能，通过液体压力能的变化来传递能量，经过各自控制阀和管路的传递，借助于液压执行元件（液压缸或马达

等)把液体压力能转换为机械能,从而驱动工作机构,实现直线往复运动和回转运动。图12-26所示为最基本的液压系统示意图。油泵3在电动机2的带动下转动,将油箱1中的油液吸入,经压力控制阀5、方向控制阀6进入油缸7,驱使油缸内活塞运动,以带动机构9实现各种功能和动作。活塞的速度通过调节流量控制阀8的过流面积,通过油缸的流量来改变油液。由此可以看出,一个完整的液压系统由动力元件、执行元件、控制元件、辅助元件和工作介质五部分组成。



1—油箱; 2—电动机; 3—油泵; 4—指示表; 5—压力控制阀; 6—方向控制阀; 7—油缸; 8—流量控制阀

图12-26 液压系统示意图

a) 动力元件(油泵)

动力元件给液压系统提供压力油,将电动机输出的机械能转换为流体的压力能,从而向整个液压系统提供动力,例如常见的供给液压系统压力油的液压泵。

b) 执行元件(油缸或油马达)

执行元件把流体的压力能转换成机械能,驱动负载作直线运动。

c) 控制元件

控制元件是对液压系统的压力、流量和流动方向进行控制和调节的装置,如溢流阀、节流阀、换向阀等。

d) 辅助元件

辅助元件起到存储和过滤液压油。连接油路等作用,如油箱、过滤器、油管等。

e) 工作介质

工作介质是指在液压传动系统中传递能量的介质液压油,它经过油泵和液动机实现能量转换。

2) 液动机构的特点

与机械传动、气动机构相比,液压传动具有下述优点:

- ① 易无级调速、调速范围大;
- ② 体积小、重量轻、输出功率大;
- ③ 工作平稳,易于实现快速启动、制动、换向等动作;

- ④ 控制方便；
- ⑤ 易于实现过载保护，工作安全可靠；
- ⑥ 由于液压元件自润滑、磨损小、工作寿命长；
- ⑦ 液压元件易于标准化、模块化、系列化。

液压传动也具有下述缺点：

- ① 由于油液的压缩性及泄漏性影响，传动不准确；
- ② 由于液体对温度敏感，不宜在变温或低温下工作；
- ③ 由于效率低，不宜作远距离传动；
- ④ 制造精度要求高。

3) 液动机构的应用实例

液压机构可由液压缸或液压马达与各种机构组成，下面介绍两种常用液压机构的应用实例，图 12-27 所示为液压缸驱动连杆机构的升降机构，它由摆动液压缸驱动连杆机构，可实现较大的行程和增速，常用于电梯、高低位升降台等机械中。

图 12-28 所示为液压缸驱动凸轮机构的工作台送进机构，活塞杆 2 与两盘形凸轮 3、4 铰接，两个凸轮又分别与工作台 5 形成高副连接，当活塞 2 往复移动时，带动两盘形凸轮绕各自的转轴转动，从而使工作台 5 上下往复移动。

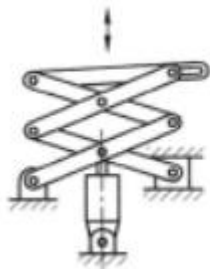


图 12-27 升降机构

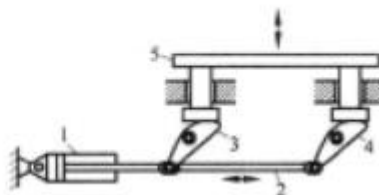


图 12-28 工作台送进机构

2. 气动机构

1) 气动系统的工作原理与组成

气动机构与液动机构相似，区别是气动机构是以压缩空气为工作介质来传递动力和控制信号的。气动系统的工作原理是：利用空气压缩机把电动机或其他原动机输出的机械能转换为空气的压力能，然后在控制元件的控制和辅助元件的配合下，通过执行元件把空气的压力能转换为机械能，从而带动工作机构完成各种功能和工作。图 12-29 所示为典型的气动机构组成示意图。气动系统由能源元件、执行元件、控制元件、辅助元件和工作介质五部分组成。

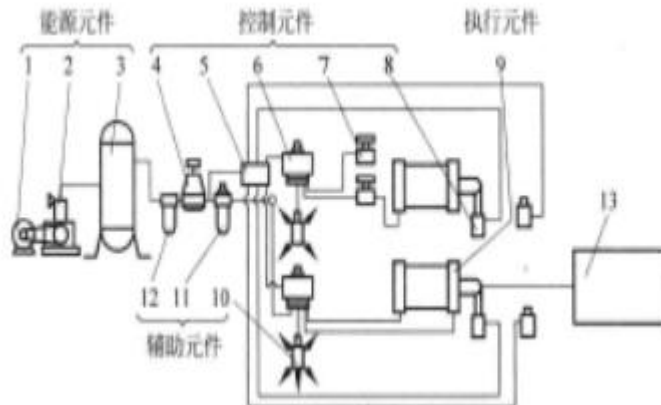


图 12-29 气动系统示意图

1. 能源元件

能源元件即气压发生装置，能源元件将电动机输出的机械能转换为气体的压力能，从而向整个气动系统提供动力，如空压机。

2. 执行元件

执行元件把空气的压力能转换为机械能，驱动负载作直线运动，如气缸和马达。

3. 控制元件

控制元件控制气体压力、流量和流向，如压力阀、流量阀、方向阀等。

4. 辅助元件

辅助元件起到存储和净化压缩空气等作用，为系统提供符合质量要求的工作介质，如分水过滤器、消声器等。

5. 工作介质

工作介质是指在气动传动系统中传递能量的工作媒介，如干燥空气。

2) 气动机构的特点

气动机构具有以下优点

- ① 工作介质为空气，易于获取和排放，不污染环境；
- ② 空气黏度小，压力损失小，易于远距离输送和集中供气；
- ③ 比液压传动响应快，动作迅速；
- ④ 适于恶劣的工作环境下工作；
- ⑤ 气体具有可伸缩性，易于实现过载保护；
- ⑥ 易于标准化、模块化、系列化。

气动机构也具有下列缺点

- ① 由于空气具有可压缩性，因此响应速度和稳定性稍差；
- ② 工作压力较低，故传力较小
- ③ 噪声较大

3) 气动机构的应用实例

气动机构由气缸或气马达与各种机构组成，而气缸的应用最广，它除了可直接推动外载荷外，多采用与连杆、凸轮、齿轮等工作机构组合的方式。图 12-30 与图 12-31 所示为气缸驱动应用的实例，图 12-30 所示为气缸驱动凸轮机构的增力机构。气缸通过与活塞杆 4 铰接的双向移动凸轮 2 控制压紧摆杆 1 压紧工件。当凸轮 2 与摆杆 1 上的滚子 3 接触后，先用大升角 α_1 使摆杆 1 迅速接近工件，然后用小升角 α 使摆杆压紧工件，并能保存自锁。图 12-31 所示为气缸驱动齿轮机构的摆杆机构。气缸 1 驱动齿条 3 沿导向辊 4 往复运动，往复行程由限位开关 2 和 5 控制，齿条使齿轮 7 作往复摆动。由于偏置于齿轮上的小轴在角形摆杆 6 的槽中滑动，使角形摆杆 6 获得往复摆动。

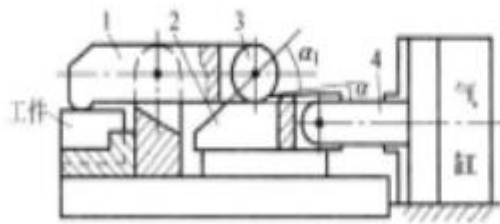


图 12-30 增力机构

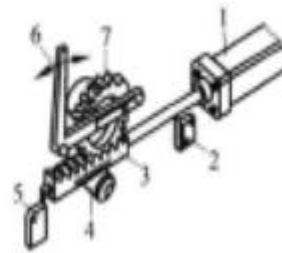


图 12-31 摆杆机构

三、光电机构

光电机构是一类在自动控制领域内应用极为广泛的机构，它是利用光的特性进行工作的机构，通常由各类光学传感器（如光电开关、CCD 等）加上各种机械式或机电式结构，形成光电机构。更广义的光电机构还包括红外成像仪与红外夜视仪等。下页介绍几种利用光电特性工作的机构。

1) 光电动机

图 12-32 所示为一光电动机的原理图，其受光面一般是太阳能电池，3 个太阳能电池组成三角形，与电动机的转子结合起来，太阳能电池提供电动机转动的能量，电动机一转动，太阳能电池也跟着转动，动力就由电动机转轴输出。由于受光面连成一个三角形，所有当

光的放射方向改变时，也不影响广电冬季的起动。这样光电动机就实现了由光能到机械能的转变。

2) 压力机光电机构

如 12-33 所示为一压力机上的自动安全装置，这是一种光电机构，若工人的肢体进入机器的危险区域，这时光源即被遮断，于是包括光电管的电路称为断路，继电器失去作用，推杆受弹簧的作用摆放虚线位置，离合器脱开，使机器停止运转，从而避免工人肢体受伤。



图 12-32 光电动机

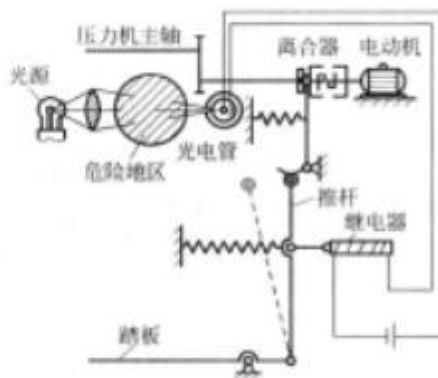


图 12-33 压力机光电机构

思考题

1. 棘轮机构有哪几种类型？他们分别有哪几种特点？适用于什么场合？
2. 与棘轮、槽轮机构相比，凸轮式间歇运动机构的最大优点是什么？



第十三章 设备前期管理

[教学目标]

- (1) 认识设备前期管理的意义
- (2) 了解设备前期管理的主要工作内容



设备是现代企业的主要生产工具，是现代企业的物质技术基础，也是企业现代化水平的重要标志。随着社会的不断发展和进步，对设备的技术质量、性能等提出了更高的要求。但是目前在我国企业设备前期管理这一重要环节，往往因为各种原因，做得不到位，造成新购设备不能满足企业生产需要，从而给企业造成严重影响。

设备前期管理是设备一生管理中的重要环节，它决定着企业投资的成败，与企业经济效益密切相关，同时对提高设备技术水平和设备后期使用运行效果也具有重要意义。实践证明，对于使用设备的生产企业来说，设备前期管理也是企业管理中的薄弱环节，普遍缺乏这方面的管理知识。本章从生产企业在此管理环节中可能出现的问题出发加以概述。

第一节 设备前期管理概述

企业追求效益最大化的一个重要方面就是要使设备寿命周期内的经济效益最大化。图 13-1 是设备技术性能和运行费用曲线，它是由两个“浴盆”曲线组成。一条是设备的技术性能运行曲线，另一条是设备的运行费用曲线。

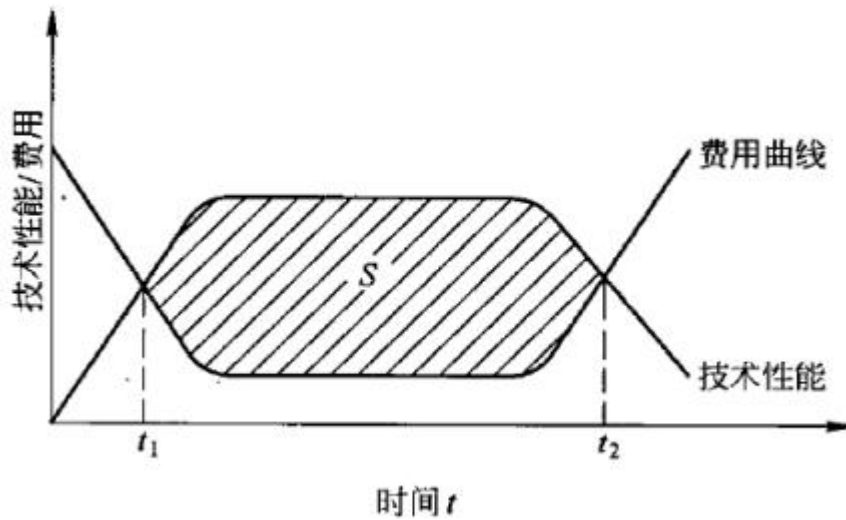


图 13-1 设备的技术性能和费用曲线

图中 $\Delta t=t_2-t_1$ 为设备的有效服务期；S 为设备有效服务期内产生的效益。S 值得大小与下列因素有关：

(1) 与设备的有效服务期 Δt 有关， Δt 与 S 呈线性关系， Δt 的大小与下列因素有关

- 1) 规划、选型、安装、调试；
- 2) 操作、维护、保养、点检、定修、改造。

(2) 与技术性能曲线有关。技术性能曲线与下列因素有关：

- 1) 规划、选型、安装、调试；
- 2) 操作、维护、保养、点检、定修、改造。

(3) 与技术运行曲线有关。技术运行曲线与下列因素有关：

- 1) 规划、选型、安装、调试
- 2) 操作、维护、保养、点检、定修、改造。
- 3) 备件、材料的选用，库存方式、合理的修旧、检修力量的选择，节能技术、更新、报废时间的选择等。



通过上面分析可以看出系统规划、选型、安装、调试对设备的终身技术性能、服务年限、运行费用起着支配性作用。草率规划、盲目选型、只注重一次性投资的大小、急于投产，减少安装和调试的应有环节，都会对设备寿命周期内技术状态、运行费用造成极大的负面影响。

大量事实说明，我国在设备前期管理中的失误不断发生，投资从几十万到几百万，甚至几十亿元的配套设备项目，因为不能产生效益，给国家和企业造成巨大的浪费。因此，设备前期管理正规化是迫切需要解决的问题。设备前期管理包括设备的规划、选型、采购、安装、调整、试运行、验收、使用初期管理，以及设备订货至验收全过程的合同管理等内容。

企业在前期管理中可能出现的问题：

- (1) 前期管理缺乏系统规范性，管理制度缺失；
- (2) 设备管理部门参与和介入设备的设计与选型不够；
- (3) 设备选型时没有注意与设备的技术管理和经济管理相结合；
- (4) 制造、安装验收标准不完善，在正式投产后再维修，成本大大增加；
- (5) 验收程序不规范，接收后的设备必须进行较大的整改；
- (6) 生产部门和采购部门沟通脱节，使用效果不佳的产品仍在继续订购；
- (7) 设备型号不一致，备品备件杂乱，降低了工作效率和经济效益；
- (8) 面对引进设备缺乏综合管理。

面对上述问题，提醒我们企业设备管理部门，必须加强设备的前期管理。设备的质量特性受到设计、研制、生产制造、安装调试及售后服务等过程中各项质量活动的影响。设备质量的形成过程可分为可行性研究阶段、设计开发阶段、采购和制造阶段、安装和调试阶段及售后服务阶段，而我们现在的设备管理集中在设备进入企业后的后期使用管理，使用单位和设备管理部门对设备质量形成过程的前期管理反而参与极少，在为什么购进和购进怎样的设备方面没有多少发言权。某些在生产中必须停机或花费大量精力解决的设备故障问题，如果在设备选型、订购、安装环节中就考虑预防措施或解决办法，成本将大大低于运行后的改造成本。

重视设备前期管理体现了设备综合管理的一个主要特点—设备全过程管理，同时还有以下几个重要意义：



(1) 设备前期管理阶段决定了几乎全部寿命周期费用的 90%，这直接影响到企业产品的成本和利润

(2) 设备前期管理阶段决定了企业装备技术水平和系统功能，这直接影响到企业的生产效率和产品质量，是后期管理的先天条件。

(3) 设备前期管理阶段决定了设备的适用性、可靠性和维修性，这也直接影响到企业设备效能的发挥和效益的提高

因此，做好设备前期管理工作是企业的当务之急，企业领导者必须重视设备的前期管理。





第二节 设备前期管理的制定设计

设备前期管理又称为设备规划工程，是指从制定设备规范方案起到设备投产为止这一阶段全部活动管理工作，包括设备的规划决策、外购设备的选型采购、设备的安装调试和设备使用的初期管理四个环节。其主要研究内容包括：设备规划方案的调研、制定、论证和决策；设备货源调查及市场情报的搜集、整理和分析；设备投资计划及费用预算的编制与实施程序的确定；外购设备的选型、订货及合同管理；设备的开箱检查、安装、调试运转、验收与投产使用，设备初期使用的分析，评价和信息反馈等。做好设备的前期管理工作，为设备投产后的使用、维修、更新改造等管理工作奠定基础。

落实企业设备前期管理工作的前提是制定详尽、规范的管理制度。靠制度来强化和规范这方面的工作，使前期管理有章可循、有人把关，进而避免企业在这方面管理的缺失，为企业设备的后期管理奠定坚实的基础。制定制度要体现以下原则：定义内容、明确职责、履行程序。

一、设备前期管理的内容

依照设备综合管理的理论，企业实行设备全过程管理，即实行从设备的前期规划工作起至报废的整个过程管理，这个过程一般可分为前期管理和使用期管理两个阶段。在前期管理阶段主要工作内容有以下几个方面：

(1) 设备规划的调研、论证和制定。这项工作主要依据企业的生产发展，新产品开发，产品质量升级，以及新技术、新工艺、新材料的应用等方面的需求目标而进行。

(2) 进行设备产品的市场调查、国内外有关信息资料的收集分析与整理。

(3) 设备投资计划的编制及实施方案的制定。该项工作不仅涉及单项工程投资计划控制，而且企业经营者合理安排（或筹措）资金，制定年度生产经营方针目标的重要依据。

(4) 拟定设备招标文件，组织实施设备的招标、评标工作。按国家的有关规定，单位设备（尤指成套设备）投资额达 50 万元以上的采购（施工）项目，必须采用公开招标或邀请招标的做法，来确定产品制造厂或施工单位。凡属正常更新或技术改造项目中的配套设备选购，只要投资额超出上述范围，无论是标准产品或者非标产品，均应采取招标的做法，以增强设备投资工作的合理性、科学性与公正性。评标是用户兑现其选型工作的重要内容之一。



(5) 非标或系统配套设备的设计审查与监造。其中对设计审查和制造过程中的质量监督等工作，除分别由各分管部门承担与完成外，必须吸收设备最终使用与管理单位的人员参加。

(6) 设备运输、安装、调试及其有关数据的分析和确认，以及签署验收与交付使用文件。设备的前期管理包括：新建、扩建改造项目中有关的设备投资，对设备的追加投资和更新改造。所设置的设备从规划购置到安装，在正式转入固定资产前，设备动力部门参与这一阶段的管理工作。其工作内容包括：设备规划方案的调研、制定、论证和决策；设备市场货源调查和信息的收集、整理、分析；设备投资计划的编制、费用预算、实施程序；设备采购、订货，合同管理；自制设备的设计、制造；设备安装、调试运转；设备使用初期管理。

二、设备前期管理的职责分工

设备前期管理是一项系统工程，企业各个职能部门应有合理的分工和协调的配合，否则前期管理会受到影响和制约。设备前期管理涉及企业的规划和决策部门、工艺部门、设备管理部门、动力部门、安全环保部门、基建管理部门、生产管理部门、财会部门以及质量检验部门。具体的职责分工如下：

(1) 规划和决策部门：企业的规划和决策部门一般都要涉及企业的董事会和经理、总工程师和总设计师。应根据市场的变化和发展趋势，结合企业的实际状况，在企业总体发展战略和经营规划的基础上委托部门编制企业的中长期设备规划方案。并进行论证，提出技术经济可行性分析报告，作为领导层决策的依据。在中长期规划得到批准之后，规划部门再根据中长期规划和年度企业发展需要制定年度设备投资计划。企业应指定专门的领导负责各部门的总体指挥和协调工作，规划部门加以配合，同时组织人员对设备和工程质量进行监督评价。

(2) 工艺部门：从新产品、新工艺和提高产品质量的角度向企业规划和高级决策部门提出设备更新计划和可行性分析报告。编制自制设备的设计任务书，负责签订委托设计技术协议。提出外购设备的选型建议和可行性分析。负责新设备的安装布置图设计、工艺装备设计、制定试车和运行的工艺操作规程，并参加设备试车验收等。

(3) 设备管理部门：负责设备规划和选型的审查与论证。提出设备可靠性、维修性要求和可行性分析。协助企业领导做好设备前期管理的组织、协调工作。参加自制设备设



计方案审查及制造后的技术鉴定和验收。参加外购设备的试车验收。收集信息，组织对设备质量和工程质量进行评价与反馈。

负责设备的外购订货和合同管理，包括订货、到货验收与保管、安装调试等。对于一般常规设备，可以由设备和生产部门派专人共同组成选型、采购小组，按照设备年度规划和工艺部门、能源部门、环保部门、安全部门的要求进行；对于精密、大型、关键、稀有、价值昂贵的设备，应以设备管理部门为主，由生产、工艺、基建管理、设计及信息部门的有关人员组成选型决策小组，以保证设备引进的先进性、经济性。

(4) 动力部门：根据生产发展规划、节能要求、设备实际动力要求，提出动力站房技术改造要求，做出动力配置设计方案并组织实施。参加设备试车验收工作。

(5) 安全与环保部门：提出新设备的安全环保要求，对于可能对安全、环保造成影响的设备、提出安全、环保技术措施的计划并组织实施。参加设备的试车和验收，并对设备的安全与环保实际情况做出评价。

(6) 基建管理部门：负责设备基础及安装工程预算。负责组织设备的基础设计、施工，配合做好设备安装与试车工作。

(7) 生产管理部门：负责新设备工艺装备的制造，新设备试车准备，如人员培训、材料、辅助工具等。负责自制设备的加工制造。

(8) 财务部门：筹集设备投资资金。参加设备技术经济分析，控制设备资金的合理使用，审核工程和设备预算，核算实际需要费用。

(9) 质量检测部门：负责自制和外购设备质量、安装质量和试生产产品质量的检查。参加设备验收。

以上介绍了企业各职能部门对设备前期管理的责任分工。这项工作一般由企业领导统筹安排，指定一个主要负责部门，如设备管理部门作为牵头单位，明确职责分工，加强相互配合与协调。

三、设备前期管理的工作程序

设备前期管理按工作时间可分为规划、实施和总结评价三个阶段。各阶段的内容和程序如图 13-2 所示。

(1) 规划阶段的重要任务是进行规划构思、初步选择、编制规划、评价和决策。工作重点是在进行规划项目的可行性研究，确定设备的规划方案

(2) 实施阶段主要是进行设备的设计制造,或是进行选型、招标、订货和购置工作,如人员的培训、设备的检查验收和试运行等管理。工作重点是缩短设备的投资周期,发挥设备的投资效益。

(3) 总结评价阶段主要是进行设备在规划、设计制造或选型草狗、安装调试、使用初期等阶段的数据和信息的搜集、整理、分析和反馈,为以后设备规划提供依据。

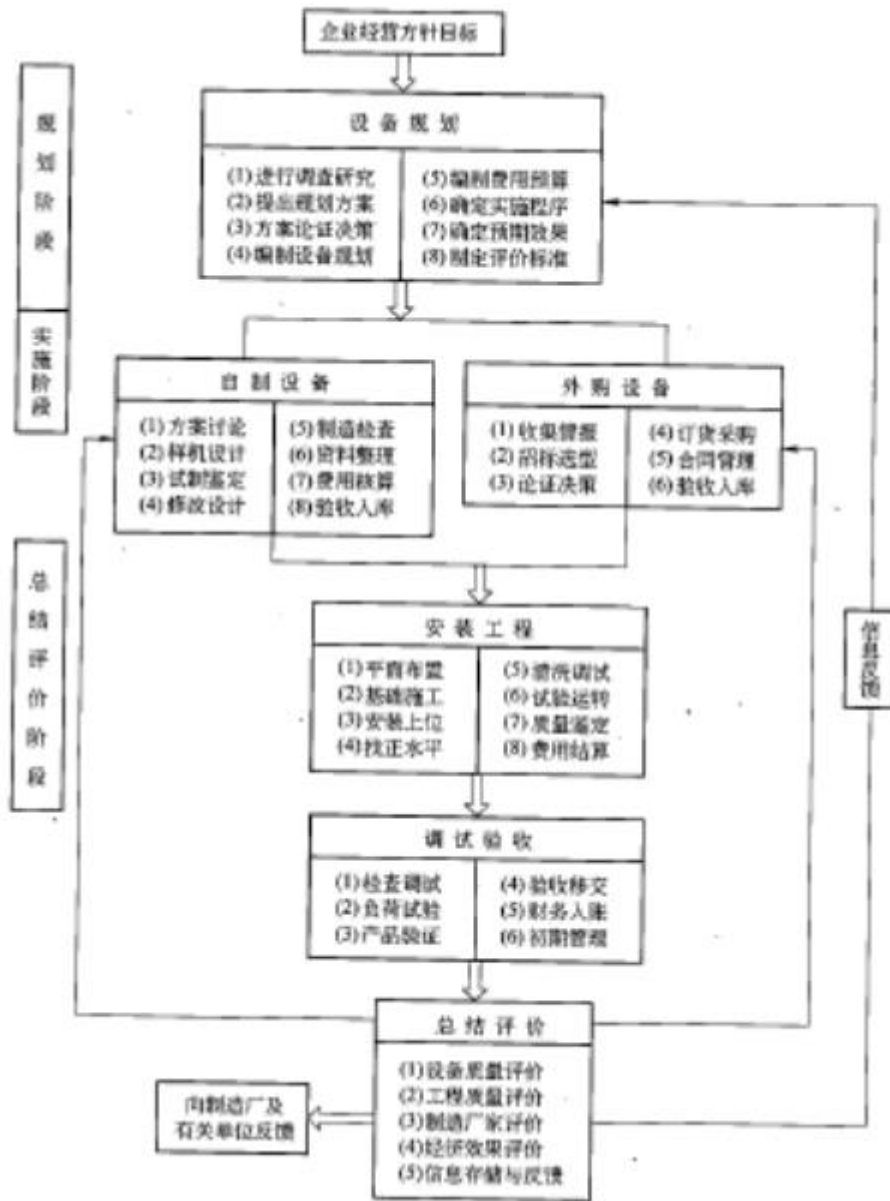


图 13-2 设备前期管理的工作程序



第三节 设备的选型

设备选型是设备经营决策的一个重要环节，设备运行到经济年限就应该报废，要购进新的设备来取代它，以维持企业生产的进行。因此旧设备运行的结束也就意味着新设备运行的开始，或者提前开始。如果是原型更新，那仅是选择设备生产厂家的问题，但最好进行技术更新，这样可以跟上现代技术发展水平，促进生产发展更新换代的需求。

过去，企业对设备选型重视程度不够，工作多头负责，无人把关和统筹，缺乏方案论证，造成不能满足工艺要求、质量低、技术落后、故障多、生产率低等弊端，导致盲目购置低级设备，技术水平落后，资金浪费，企业效率下降。现状，随着科技的进步，企业加大了对设备前期管理的重视程度，前期管理包括规划、设计、选型、购置、制造、安装调试等内容，而设计选型是其中重要组成部分。据有关资料统计，设备的寿命周期费用值 LCC 的 95% 在设计阶段决定了。因此，对于自制设备要认真考虑这一问题。对于厂外购置的设备，也应从技术、经济角度全面考虑选型问题，尽可能达到技术先进、经济合理的目标。

一、设备选型的基本原则

外购设备的的选型，是指通过技术和经济上的分析、评价和比较，从可以满足需要的多种型号、规格的设备中选购最佳者的决策。设备无论是从外厂购进，还是企业自行制造的，选型都是非常重要的。有些设备本身并无任何故障问题，但长期不能发挥作用，往往是设备选型不当造成的。因此，合理的选择设备，可以使有限的投资发挥最大的经济效益。

设备选型的基本原则：

- (1) 生产上适用。所选择的设备适合企业现产品和待开发产品工艺的实际需求，满足企业的生产和扩大再生产的要求。
- (2) 技术上先进。以生产适用为前提，以获得最大经济效益为目的。要求设备的技术性能保持先进水平，有利于提高产品质量和提高设备技术寿命。
- (3) 经济上合理。指设备本身的经济效果最佳，即价格合理、使用能耗低、维护费用少、投资回收期短。

在实际设备选型工作中，通常要求将生产上适用、技术上先进和经济上合理三者统一权衡。

二、设备选型时应考虑的主要因素



1. 设备生产率与产品质量

设备生产率与产品质量主要是指单位时间的产品产量与设备质量的工程能力。例如，对成组设备来说，指流水线的节拍以及一般工人技术条件下产品的一级品、优等品率。而设备的生产率，一般是以单位时间内所生产的产品数量来表示的。例如，空气压缩机以每小时输出压缩空气的体积来表示；制冷设备以每小时制冷量来表示；锅炉以每小时产生的蒸汽吨数来表示；发动机以功率来表示；水泵以扬程和流量来表示等。

高效率设备的特点是：大型化、高速化、自动化、电子化。

大型化：采用大型设备是现代化工业提高生产效率的一个重要途径。设备大型化的优点是可以组织大批量生产，节能投资，也有利于采用新技术。但是设备大型化的优越性不是绝对的。因为不是所有行业都适用于采用大型化的生产设备，另外也不是所有企业都可以无条件的采用。如大型设备对原材料、产品及工业废料的吞吐量大，受到材料供应、产品销售、能源、环保等多方面因素影响与制约。现有企业某些设备的大型化，还可能造成与原工艺技术条件不配套、不协调。因此，不能绝对地认为设备越大越好。每个企业应当根据自己的生产规模、生产特点、产品性质以及其他技术经济条件等实际情况，适当地选择一定技术参数以适应市场需求、适合本企业生产技术需要的设备规模。目前在化工行业生产装置中的炉、塔、罐、釜等，都在向大型化发展。

高速化：设备的高速化使得设备的生产加工速度、化学反应速度、运算传递速度大大加快，从而提高了设备生产率，但随着设备运转速度的加快，设备对能源的消耗量也随之增加，对设备的设计制造质量、材质、附件和工具的要求也相应提高。由于速度快，设备零部件的磨损也快，消耗量随之增大。由于速度快，人工操作很难适应，势必要求自动控制等。这就给企业提出了新的要求。只要一个环节考虑不周，就难以带来相应的经济效益。

自动化、电子化：自动化、电子化设备是工业发展的方向，它可以极大地提高设备的生产率，取得良好的经济效果。设备自动化、电子化的特点是远距离操纵与集中控制相结合。

例如，目前现代化的化工生产装置是由中心控制室通过由集成电路组成的仪器仪表或电子计算机控制。自动化、电子仪表是生产现代化的重要标志之一。但是这类设备价格昂贵、投资费用大、消耗大、维修工作复杂、对管理水平要求高、要求企业在选择自动化、电子化设备时，必须具备一定的条件，否则影响经济效益。

2. 工艺性



工艺性是指设备满足生产工艺要求的能力。机器设备最基本的一条是符合产品工艺的技术要求。例如，加热设备要满足产品工艺的最高与最低温度要求，确保温度均匀性和控制精度；油泵要满足操作条件下，保证扬程和流量。另外，要求设备操作方便，控制灵活，对产量大的设备应自动化程度高。对有毒有害作业的设备则要求自动化控制或远距离监控等。

3. 可靠性

可靠性属于产品质量管理范畴，是指精度、准确度的保持性，零件耐用性、安全可靠性等。在设备管理中的可靠性是指设备在使用中能到到的准确、安全和可靠。

可靠性只能在工作条件和工作时间相同情况下才能进行比较，所以其定义是：系统、设备、零部件在规定时间内，在规定条件下完成规定功能的能力。定量测量可靠性的标准是可靠度。可靠度是指系统、设备、零部件在规定条件下，在规定时间内能毫无故障的完成规定功能的概率。它是时间函数，用概率表示抽象的可靠性以后，设备可靠性的测量、管理、控制，能保证有计算的尺度。

由于生产过程连续，工艺复杂，操作条件苛刻，对设备可靠性的要求尤为重要。在选择设备可靠性时，可以从设备设计选择的安全系数、储备设计（对称冗余设计，是指对完成规定功能而设计额外附加的系统或者手段，即使其中一部分出现了故障，但整台设备仍能正常工作）、耐环境设计、元器件稳定性、故障保护措施、人机因素（不易造成操作差错，发生操作失误时防止发生故障）等方面进行分析。

4. 维修性

维修性是指通过修理和维护保养手段，来预防和排除系统、设备、零部件等故障的难易程度。其定义是系统、设备、零件等在进行修配时，能以最小的资源消耗在正常条件下顺利完成维修的可能性。同可靠性一样，对维修性也引入一个定量测量的标准—维修度。维修度是指能修理的系统、设备、零部件等按规定的条件进行维修时，在规定时间内完成维修的概率。

影响维修性的因素有易接近性（容易看到故障部位，并易用手或工具进行维修）、易检查性、紧固性、易装拆性、零部件标准化和互换性、零件的材料和工艺方法、维修人员的安全、特殊工具和仪器、设备供应、生产厂的服务质量等。我们希望设备的可靠度高些，但可靠度达到一定程序后，再持续提高就越来越难了，相对微小的提高可靠度会造成设备成本费用按指数增长。所以可靠性可能达到的程度是有限制的。因此，提高维修性，减少



设备恢复正常工作状态的时间和费用就相当重要了。于是，产生了广义可靠度的概念，它包括设备不发生故障的可靠度和排除故障难易的维修度。

5. 经济性

选择设备经济性的要求有：最初投资少、生产效率高、耐久性长、能耗及原材料损耗少、维修及管理费用少、节省劳动力等。

最初投资包括购置费、运输费、安装费、辅助设施费、起重运输费等。耐久性指零件使用过程中物质磨损允许的自然寿命。很多零部件组成的设备，则以整台设备的主要技术指标（如工作精度、速度、效率等）达到允许的极限数据的时间来衡量耐久性。自然寿命越长每年分摊的购置费用越少、平均每个工时费用中设备投资所占比重越少，生产成本越低。但设备技术水平不断提高，设备可能在自然寿命内因技术落后而被淘汰。所以应区分不同类型的设备要求不同的耐久性。如精密、重型设备最初投资大，但寿命长，其全过程的经济学效果就好，而简易专用设备随工艺发展而改变，就不必要有太长的自然寿命。能耗是单位产品能源的消耗量，是一个很重要的指标。不仅要看消耗量的大小，还要看使用什么样的能源。上面这些因素之间相互影响，有些相互矛盾，不可能各项指标都是最经济的，可以根据企业具体情况以某几个因素为主，参考其他因素来进行分析计算。在对几个方案分析对比时，综合衡量这些要求就是对设备进行经济评价。

6. 安全性

在选择设备时，要选择在生产中安全可靠的设备。设备的故障会带来重大的经济损失和人身事故。对有腐蚀性的设备，要注意防护设备设施的可靠性，要注意设备的材质是否满足设计要求。还应注意设备结构是否先进，组装是否合理、牢固、是否安装有预防和防止设备故障的各自安全装置。

7. 环保性

环保性是指设备的噪声和排放有害物质对环境的污染要符合有关规定的要求。应选择不排放或少排放工业废水、废气、废渣的设备，或者是选择那些配备有相应治理三废附属装置的设备。还要附带有消声、隔声装置。

8. 成套性

成套性是指设备本身及各种设备之间的成套配套情况，这是形成设备生产能力的重要标志。设备的成套，包括单机配套和项目配套。工业企业选择适当的设备，以避免动力设备与生产设备之间大马拉小车或小马拉大车的现象。应避免各种设备之间存在的头重脚轻等不配套现象。



此外，还必须注意企业的各自设备与生产任务之间的协调配套关系。也就是说，生产任务的安排要与设备的生产能力相协调。如果二者不相适应，会出现完不成生产任务或者不能充分发挥设备的生产能力造成浪费的情况。因此，不能绝对地认为先进的生产设备就一定会取得好的经济效益。

9. 投资费用

在选择设备时，对上述各项因素进行认真评价之后，还要考虑设备的最初投资，并要顾及投资的合理平衡。不仅要考虑设备投资来源和设备投资费用大小，而且要顾及设备投资的回收期限和由于采用新设备带来的节约。

工业企业选择设备时，要从本企业的实际出发，对各种因素统筹兼顾，全面地权衡利弊，不应顾此失彼。企业的设备管理部门，要负责设备选择的全过程，并对设备进行技术经济等各方面的综合研究和全面评价。通过几种设备优劣的对比，为企业的生产选择最佳的技术装备。

思考题

1. 研究设备前期管理工作的原因及其意义是什么？
2. 前期管理的工作流程和重点是什么？
3. 设备选型应注意的事项有哪些？

参考文献

1. 刘舟, 韩亚利 主编. 机械设计基础. 国防工业出版社, 2010
2. 毕艳主编. 机械原理. 清华大学出版社, 2014
3. 陈锦昌, 刘林 主编. 计算机工程制图. 华南理工大学出版社, 2014
4. 王汝杰 主编. 现代设备管理. 冶金工业出版社, 2007



欣旺达电子股份有限公司
Sunwoda Electronic Co., Ltd.

地址:深圳市宝安区石岩街道石龙社区颐和路2号欣旺达新能源产业园

电话:86-755-2951 6888 传真:86-755-2951 6999

网址:www.sunwoda.com