



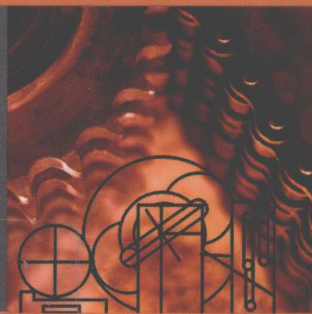
PUTONG GAODENG JIAOYU GUIHUA JIAOCAI

• 普通高等教育规划教材 •

[高校教材]

机械工 程基础

李杞仪 李 虹 主编



中国轻工业出版社

普通高等教育规划教材

机械工 程基础

(非工程专业)

李杞仪 李 虹 主编

董 艺 缪丹云 参编

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

机械工程基础/李杞仪, 李虹主编. —北京: 中国轻工业出版社,
2010. 3

普通高等教育规划教材

ISBN 978-7-5019-7427-6

I. ①机… II. ①李…②李… III. ①机械工程 - 高等学校 - 教材
IV. ①TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 229097 号

责任编辑: 王 淳

策划编辑: 王 淳

责任终审: 孟寿萱

封面设计: 锋尚设计

版式设计: 王培燕

责任校对: 吴大鹏

责任监印: 张 可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 河北高碑店市德裕顺印刷有限责任公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2010 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 15.5

字 数: 347 千字

书 号: ISBN 978-7-5019-7427-6 定价: 26.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

90559J1X101ZBW

前 言

随着我国科学技术的普及与国民经济的快速发展, 社会对复合型应用人才的需求不断增加, 这就要求高等院校培养的学生既要懂管理, 又要懂技术, 要求从事经济管理类工作的学生应具备基本的工程素养, 不仅了解各种工程材料和机械制造技术的特点、应用范围和经济性, 也要了解先进材料与制造技术的发展趋势, 从而对工业生产有一个初步认识。

机械工程基础正是为了适应上述需要而编写, 这是一门面向非工程类学生开设的综合性技术基础课, 以建立工程观点为基本出发点, 旨在向经济、管理、国际贸易、市场营销等专业学生传授机械工程的基本知识, 使其宏观地了解有关机械工程方面的常识, 开阔视野、丰富知识结构, 为将来更好地从事管理工作打下基础。

本教材的内容依据机械工程的基本内容确定, 共 9 章, 主要包括: 工程制图、公差与配合、工程力学、工程材料与成形工艺、机械零件与机械原理、机械制造技术、特种加工方法、机器人简介、计算机软件在机械工程中的应用等章节, 涵盖了从零件的设计到加工制造的各个环节, 力图使非工程类学生从机械设计、机械原理到机械制造, 建立完整的机械工程概念。

在教材的编写过程中, 充分考虑了经济管理类学生的学科背景, 在加强知识性、科普性和实用性的同时, 力求简单易学。

本教材由李杞仪教授、李虹副教授主编, 第 1、2、3、5、6、7 章由李虹编写, 第 4、9 章由董艺编写、第 8 章由缪丹云编写, 由李铁教授主审。

在本教材的编写过程中, 参阅了相关教材、技术标准和文献资料等, 在此对其编著者表示衷心的感谢!

由于该教材涉及的内容非常广泛, 加之时间仓促和编者水平有限, 书中难免存在缺点和错误, 恳请读者批评指正。

编者
2009 年 10 月

目 录

第1章 工程制图	1
1.1 国家对制图标准的基本规定	1
1.2 投影法及工程上常用的投影图	3
1.2.1 投影法	3
1.2.2 工程上常用的投影图	3
1.3 基本几何体与组合体的投影图	4
1.3.1 基本几何体	4
1.3.2 组合体	9
1.4 机件常用的表达方法	16
1.4.1 视图的表达方案	16
1.4.2 剖视图	17
1.4.3 其它视图表达方法	20
1.5 标准件与常用件	21
1.5.1 螺纹及螺纹联接件	21
1.5.2 键、销联接	23
1.5.3 齿轮	23
1.5.4 弹簧	24
1.5.5 滚动轴承	24
1.6 零件图	25
1.6.1 零件图的内容	25
1.6.2 零件上常见的工艺结构	25
1.6.3 零件图的尺寸标注	28
1.7 装配图	31
1.7.1 装配图的视图表达方法	32
1.7.2 常见的装配工艺结构	34
1.7.3 装配图中的尺寸标注、零部件编号及明细栏	36
1.7.4 读装配图的顺序和方法	36
思考题及练习题	38
第2章 公差与配合	40
2.1 尺寸公差与配合	40
2.1.1 基本术语	40
2.1.2 公差带图	41
2.1.3 配合	42
2.1.4 标准公差系列	43

2.1.5	基本偏差系列与基准制	44
2.2	公差与互换性的概念	47
2.2.1	加工误差和公差	47
2.2.2	互换性与标准化	47
2.3	形状与位置公差	48
2.3.1	形位公差的项目与含义	49
2.3.2	常见形位公差的含义	49
2.4	表面粗糙度	51
2.4.1	表面粗糙度的概念	51
2.4.2	表面粗糙度对零件使用性能的影响	51
2.4.3	表面粗糙度的标注及含义	51
2.5	综合实例	52
	思考题及练习题	56
第3章	工程力学	57
3.1	物体的受力与平衡	57
3.1.1	力与力偶	57
3.1.2	力的分解与合成	58
3.1.3	力偶的合成	60
3.1.4	平衡问题	61
3.1.5	约束与约束力	63
3.1.6	受力分析与受力图	65
3.2	材料的力学性能	67
3.2.1	低碳钢拉伸应力-应变曲线	68
3.2.2	其它材料拉伸时的机械性能	70
3.2.3	材料压缩时的机械性能	70
3.2.4	硬度与冲击韧度	71
3.3	构件的强度与刚度	72
3.3.1	拉压杆件的强度与刚度	73
3.3.2	剪切及强度计算	75
3.3.3	挤压及强度计算	76
3.3.4	扭转轴的强度与刚度	78
3.3.5	弯曲梁的强度与刚度	79
3.4	压杆的稳定性问题	82
3.5	疲劳强度	83
	思考题及练习题	85
第4章	工程材料与成形工艺	87
4.1	工程材料的分类	87
4.2	铁碳合金	88
4.2.1	金属的结晶和晶体结构	88

目 录

4.2.2	铁碳合金的基本组织	89
4.2.3	铁碳合金相图	90
4.2.4	常用钢铁材料	94
4.3	钢的热处理	96
4.3.1	热处理工艺简介	97
4.3.2	整体热处理工艺	98
4.3.3	表面淬火	99
4.3.4	化学热处理	100
4.3.5	热处理新技术	101
4.4	有色金属	101
4.4.1	铝及铝合金	101
4.4.2	铜及铜合金	102
4.4.3	轴承合金	104
4.5	非金属材料	104
4.5.1	高分子材料	105
4.5.2	陶瓷	106
4.5.3	粉末冶金材料	107
4.5.4	复合材料	107
4.6	金属成形工艺	107
4.6.1	铸造	107
4.6.2	锻压	112
4.6.3	焊接	118
4.7	非金属成形工艺	123
4.7.1	概述	123
4.7.2	塑料成形	124
4.7.3	橡胶成形	126
4.7.4	陶瓷成形	127
4.7.5	复合材料成形	128
	思考题及练习题	130
第5章	机械零件与机械原理	132
5.1	联接件	132
5.1.1	螺纹联接	132
5.1.2	键、销联接	135
5.2	轴承	137
5.2.1	滑动轴承	137
5.2.2	滚动轴承	140
5.3	联轴器与离合器	145
5.3.1	联轴器	145
5.3.2	离合器	147

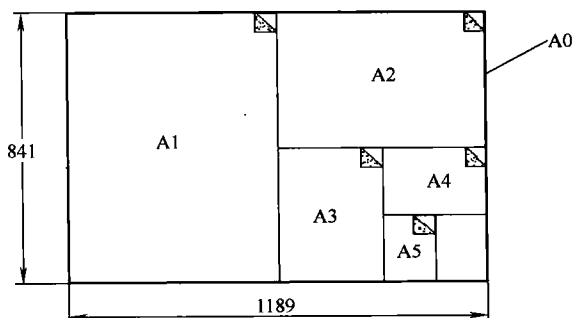
5.4	带传动	150
5.4.1	带传动的主要类型	150
5.4.2	常见带轮的结构	151
5.4.3	带传动的特点及应用	151
5.5	链传动	152
5.6	凸轮机构	152
5.6.1	凸轮应用实例	152
5.6.2	凸轮的类型	153
5.6.3	凸轮机构的优缺点	154
5.7	间歇运动机构	154
5.7.1	棘轮机构	154
5.7.2	槽轮机构	155
5.7.3	不完全齿轮机构	156
5.8	齿轮机构	156
5.8.1	常见齿轮传动	156
5.8.2	齿轮传动的传动比	157
5.8.3	渐开线标准直齿圆柱齿轮的主要参数及几何尺寸计算	158
5.8.4	齿轮的加工方法与变位齿轮	159
5.8.5	常见的齿轮失效形式	161
5.8.6	齿轮的结构	162
5.8.7	齿轮传动的特点与应用	163
5.9	轮系	163
5.9.1	轮系概述	163
5.9.2	轮系的传动比	164
5.9.3	轮系的应用	166
5.10	平面机构简介	167
5.10.1	基本术语	167
5.10.2	平面运动副	168
5.10.3	机构运动简图	170
5.11	平面连杆机构	171
5.11.1	平面四杆机构及应用	172
5.11.2	平面连杆机构的优缺点	176
5.12	摩擦与效率	177
5.12.1	摩擦	177
5.12.2	自锁现象	178
5.12.3	机械效率	179
	思考题及练习题	179
第6章	机械制造技术	181
6.1	机械制造过程简介	181

6.2 零件的切削原理与刀具	181
6.2.1 切削原理	181
6.2.2 刀具的结构	181
6.2.3 刀具材料	182
6.2.4 刀具磨损与刀具耐用度	182
6.3 常用切削加工方法及设备	182
6.3.1 常用切削加工方法	182
6.3.2 切削加工设备—金属切削机床	188
6.4 典型表面加工方法	196
6.4.1 外圆表面加工方法	196
6.4.2 平面加工方法	196
6.4.3 内圆表面加工方法	197
6.4.4 螺纹加工方法	197
6.4.5 齿形加工方法	198
6.5 机械加工工艺	198
6.5.1 机械加工工艺流程	199
6.5.2 机械加工工艺流程的作用	199
6.5.3 工艺文件的格式	199
6.5.4 夹具	202
6.6 机械装配工艺	203
6.6.1 机械装配简介	203
6.6.2 常用装配方法	203
6.7 数控加工	204
6.7.1 数控机床简介	204
6.7.2 数控车床	206
6.7.3 数控铣床	208
6.8 柔性制造系统	210
6.8.1 柔性制造单元	210
6.8.2 柔性制造系统	210
6.8.3 计算机集成制造系统	211
6.9 超精密与纳米加工技术	212
6.9.1 超精密加工技术	212
6.9.2 纳米加工技术	213
6.10 生产率及技术经济分析	213
6.10.1 工时	213
6.10.2 提高生产率的途径	215
6.10.3 技术经济分析	215
思考题及练习题	216

第7章 特种加工方法	217
7.1 概述	217
7.2 电火花加工	218
7.3 电解加工	219
7.4 电解磨削	220
7.5 激光加工	221
7.6 超声波加工	223
7.7 电子束加工技术	224
7.8 快速成形技术	225
思考题及练习题	227
第8章 机器人简介	228
8.1 工业机器人	229
8.2 服务机器人	230
思考题及练习题	232
第9章 计算机软件在机械工程中的应用	233
9.1 CAD 简介	233
9.2 CAM 简介	234
9.3 CAE 简介	235
思考题及练习题	236
参考文献	237

(1) 图纸幅面

国家标准规定，工程图的图纸有 6 种基本规格。A0 号图纸最大，长 1189mm、宽 841mm，A0 对折后为 A1 号图纸，A1 对折后为 A2 号图纸，依此类推，如图 1-2 所示。绘图时图纸可根据需要横放或竖放。如有特殊需要，也可在基本规格图纸的基础上加宽或加长。



幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4	A5
宽×长	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297	148×210

图 1-2 图纸幅面

(2) 标题栏

标题栏用来表示零件名称、材料、比例、设计者等信息，一般画在图纸的右下角。

(3) 线型

图 1-3 所示为工程制图中常用的线型。其中粗实线用于表示可见线，虚线表示不可见线，细实线用于标注尺寸、注释、剖面线及书写技术要求等，点划线表示轴线、对称中心线，波浪线用在断开画法的分界线和局部剖视图等表达方法中。粗实线的宽度在 0.5 ~ 2mm，其它线形的宽度为粗实线的 1/2，同一张图纸中的线形宽度必须统一。



图 1-3 线型

(4) 尺寸标注

图样可采用放大或缩小零件尺寸的方法绘制，零件的实际大小靠尺寸标注来确定。

整张图纸放大或缩小的比例在图纸的标题栏中说明。例如：在标题栏的比例一项中填 1:2，表示整张图纸的绘图尺寸是零件实际尺寸的 1/2，即将实际零件缩小了一半后再画图；如果比例一项中的数字是 4:1，则说明将零件的实际尺寸放大了 4 倍后画图。

局部图样放大或缩小的比例在所绘图形的附近标注。需注意的是，无论图样是放大画还是缩小画，标注的尺寸一定是零件实际的尺寸。

根据需要，还要标注表面粗糙度、加工精度及技术要求等。标注的文字与符号要规范清晰，图中未注明的单位默认为毫米 (mm)，使用其它单位时需在图纸上标注出来或给以注明，图纸中标注的数字必须是字头朝上方、斜上方或正左侧。

1.2 投影法及工程上常用的投影图

1.2.1 投 影 法

(1) 中心投影法

如图 1-4 (a) 所示, 光源从一点出发。光源、物体及投影面的位置对投影的大小有影响。

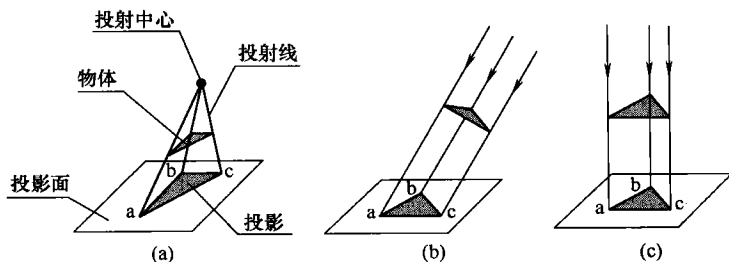


图 1-4 投影法

(2) 平行投影法

如图 1-4 (b)、(c) 所示, 光源为平行线。投影大小与物体和投影面之间的距离无关。

(3) 正投影法

是平行投影法的一个特例, 光源为平行线, 且垂直于投影面, 如图 1-4 (c) 所示。工程图样多采用正投影法。

1.2.2 工程上常用的投影图

(1) 轴测投影图

如图 1-5 所示, 投影的方向与物体的基本面成一定角度, 可直观的表达物体的形状。

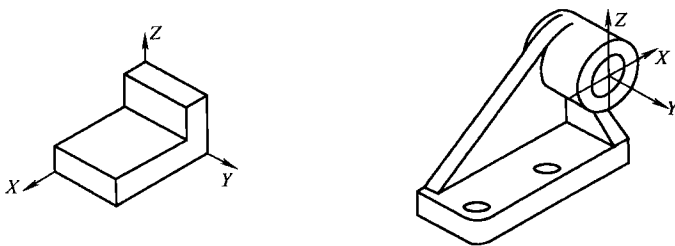


图 1-5 轴测投影图

(2) 多面正投影图

多面正投影图采用正投影法, 将物体分别向各平面投影, 投影方向与物体的主要平面垂直, 如图 1-6 所示。其中由前向后投影得到的投影图称为主视图 (从前面看), 由左向右投影得到的投影图称为左视图 (从左边看), 由上向下投影得到的投影图称为俯视图

(从上边看)。

根据表达物体形状的需要, 还可以有右视图、后视图、仰视图等。正投影图是绘制工程图的基本方法。

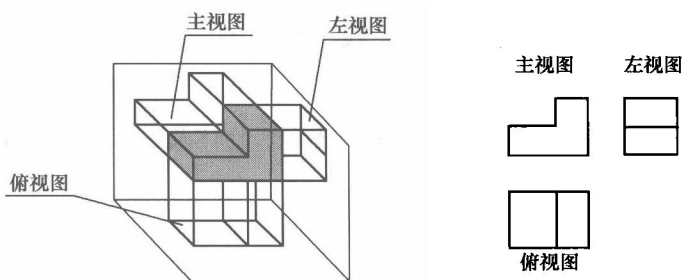


图 1-6 正投影图

此外, 还有标高投影图 [图 1-7 (a)] 和透视投影图 [图 1-7 (b)] 等。

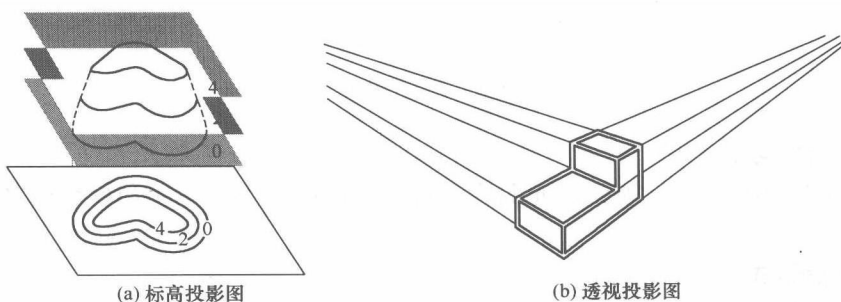


图 1-7 标高投影图与透视投影图

1.3 基本几何体与组合体的投影图

1.3.1 基本几何体

每一个形状不同的零件, 都可以看成是由若干个基本几何体按照不同的方式组合而成, 所以了解基本几何体的投影规律, 熟悉基本几何体的读图方法, 是读懂零件图的基础。

(1) 圆柱体

圆柱体由上下底面与圆柱面围成 (图 1-8)。圆柱在平行其底面的投影面上投影得到的视图是一个正圆, 另两个视图是矩形。

图中的圆柱是竖直放置的, 根据需要也可以变换放置方向, 但一般是将其底面放置在平行于三个投影面之一的位置上进行投影, 以方便绘图和读图。

在工程图中, 称左右方向上的尺寸为物体的长, 上下方向的尺寸称为高, 而前后方向的尺寸称为宽。图中主、俯视图同是反映圆柱的左右位置及“长度”尺寸, 所以两视图位置要对齐, 即“长对正”; 主、左视图同是反映圆柱的上下位置和圆柱的高度, 所以要

“高平齐”；而俯、左视图反映的是圆柱前后的位置及宽度，所以要“宽相等”。三个视图之间的尺寸对应关系如图中双点划线所示，其中右下角的 45° 斜线是一条辅助线，利用这条辅助线，读图时可清楚地看到左视图与俯视图之间“宽相等”的关系，画图时也用来保证这种尺寸对应关系。

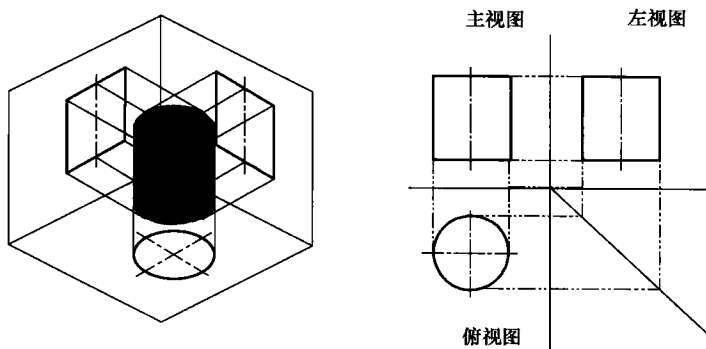


图 1-8 圆柱体的三视图

观察圆柱的三视图可以看出，圆柱的上下底平面的俯视图投影在圆形范围内，主、左视图投影聚集为两条直线（主、左视图中矩形的上、下两边）；圆柱柱面（回转面）的俯视图投影聚集在圆周上，而主、左视图投影在矩形范围内。

图 1-9 是圆柱被平面剖切后的三视图和轴测图。

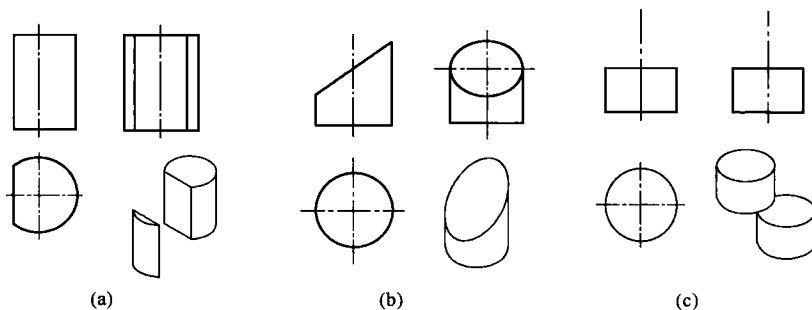


图 1-9 圆柱被平面剖切后的投影

圆柱被垂直底面的平面剖切，切口形状是一个矩形 [图 1-9 (a)]；被与底面倾斜的平面剖切，切口形状是一个椭圆 [图 1-9 (b)]；被与底面平行的平面剖切，切口形状是一个与底面形状相同的圆形 [图 1-9 (c)]。

如果同时用多个平面剖切圆柱，切口形状将是上述剖切切口形状的组合。

如图 1-10 所示，圆柱被二个平面截切，水平截面切得的切口是圆的一部分，见图中的 ABDEC。三视图分别为：俯视图是截口的真实形状 abdec，主视图聚集为一直线 $a'b'$ (c') d' (e')，左视图也聚集成一条直线 $c''e''a''d''b''$ ；垂直截面截得的切口是矩形的一部分 E_1EDD_1 ，三视图分别为：左视图是截口的真实形状 $e_1''d_1''d''e''$ ，主视图聚集为一直线 d_1' (e_1') d' (e')，俯视图也聚集为一直线 e (e_1) d (d_1)。字母外面加括号表示该点在投影时被其它图形遮挡住了，为不可见点。

当用多个截面剖切物体时，先想象只用该平面剖切得到的是什么样的切口形状，再想其中的一部分是什么样，就比较容易理解。比如在分析这个图形时，先想象只用水平面剖切圆柱时，切口是一个圆形，然后再考虑本题中水平面只切了圆柱的 $2/3$ ，所以切口就是圆形的 $2/3$ ；同样，如果只用竖直面剖切圆柱，得到的切口形状是一个矩形，本题中竖直面只切了圆柱高度的一半，所以切口就是矩形的一半。而整个切口的形状就是一半矩形加 $2/3$ 的圆形。

例 1-1 根据三视图想象物体的形状（图 1-11）。

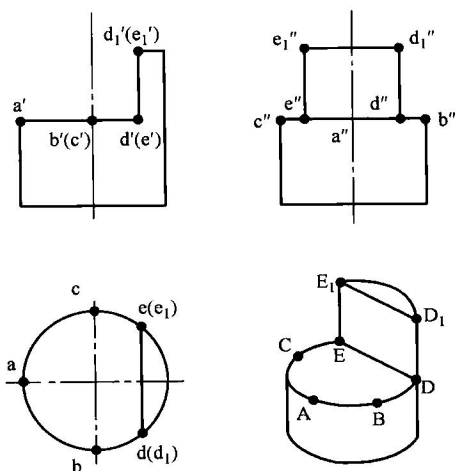


图 1-10 多个平面剖切圆柱体的投影

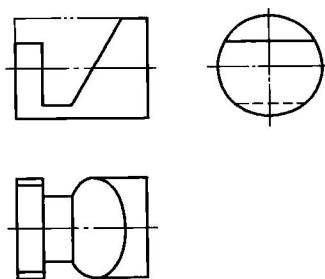


图 1-11 例 1-1 图

分析：从左视图及主、俯视图的主要投影线可以看出，该物体为一水平放置的圆柱。从主视图可以看出，该圆柱被 4 个平面剖切。其中双点划线用来表示未剖切前的投影。为分析方便，设剖切平面的名称如图 1-12 所示。

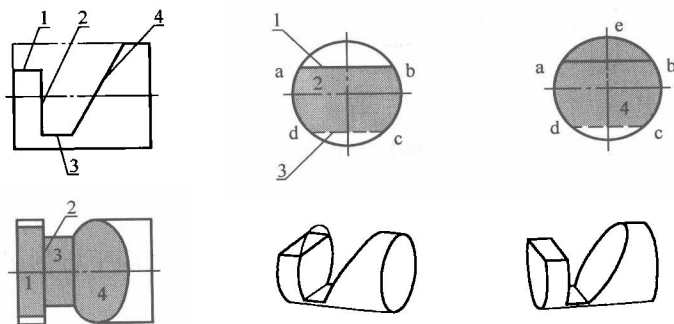


图 1-12 圆柱体剖切形状分析

截平面 1 垂直于圆柱的底平面，切口应该是矩形，且在俯视图中可看到其真实形状（见对应的阴影区域），切口的左视图积聚为 ab 直线。

截平面 2 平行于圆柱的底平面，如果我们假想平面 2 足够大，从上到下将圆柱整个切开，得到的切口将是一个与圆柱上、下底面相同的圆形，且在左视图中可看到其形状。但

现在平面2只截切了圆柱的一部分,所以得到的切口也将是圆形的一部分(参见轴测图),左视图为abcd所围成的阴影部分,俯视图积聚为一条直线。

截平面3垂直于圆柱的底平面,切口是矩形,在俯视图中可看到切口的真实形状,切口的左视图积聚为直线dc。因dc被圆柱左侧部分遮挡,左视图不可见,所以用虚线表示。

截平面4与圆柱的底平面倾斜,如果平面4足够大,从上到下将整个圆柱切开,得到的切口形状应该是一个椭圆,现只切掉了上面的约7/8,所以得到的切口也是椭圆的约7/8(参见轴测图),该切口的俯视图是实际图形的相似形,椭圆的左视图与圆柱表面一起,聚集在圆周上,见图1-12右侧图中的eadcb所围成的阴影部分。

(2) 棱柱体

棱柱体在工程上用的很多,其最基本的三视图如图1-13所示。从一个视图中能看出棱柱底面的形状,从另外的一个或二个视图能看出棱柱的高度。

分析棱柱体的投影关系可知:棱柱的上下底面在俯视图中的投影是真实形状,在主、左视图中聚集成一条直线;棱柱的前、后两侧面与主视图的投影面平行,在主视图中的投影是其真实形状,在俯、左视图中聚集为前、后两条直线;棱柱的左右4个侧面在俯视图中的投影聚集为4条直线,其主、左视图中的投影是真实形状的相似形。

图中的双点划线表示了三个视图长对正、高平齐、宽相等的投影关系。

通过对棱柱投影的观察与分析可见,当物体的表面与投影面垂直时,其投影将聚集成一条直线;当表面与投影面平行时,其投影与真实形状相同;当表面与投影面倾斜时,其投影是真实形状的相似形。

(3) 棱锥与棱台

图1-14所示为棱锥的轴测图和三视图。

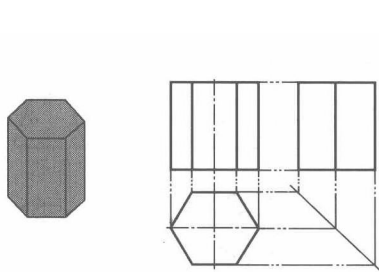


图1-13 六棱柱

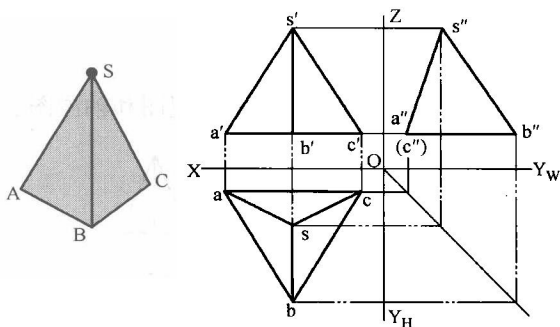


图1-14 三棱锥

图示位置放置的棱锥,底面(ABC)与俯视投影面平行,与主、左视投影面垂直,所以其俯视图的投影(abc)反映真实形状,主、左视图聚集成一条直线($a'b'c'$ 与 $a''b''c''$);棱锥的后面(SAC)垂直于左视投影面,所以其左视图聚集成一条直线($s''a''c''$),另外两个视图是其相似图形(主视图 $s'a'c'$,俯视图sac);棱锥的左、右两侧面(SAB与SBC)与三个投影面既不平行也不垂直,所以这两个面的三个投影均是其真实形状的相似形(sab 、 $s'a'b'$ 、 $s''a''b''$ 与 sbc 、 $s'b'c'$ 、 $s''b''c''$)。