

曲面制图

山东科学技术出版社

曲 面 制 图

山 东 工 学 院 西 安 交 通 大 学
上 海 交 通 大 学 西 北 工 业 大 学 制 图 教 研 室 编

山 东 科 学 技 术 出 版 社

一 九 七 九 年 · 济 南

内 容 简 介

本书论述曲面零件图示的基本原理和方法,对螺旋面零件、增压器叶轮、汽轮机叶片、螺旋桨桨叶、飞机机身、船体、汽车车身以及犁体等曲面的图示方法及特点作了分析和介绍。对啮合传动和机械加工中共轭曲面的有关图解问题也作了讨论,提出了在特定情况下较为简便的作图方法。对曲面的测绘和三坐标测量机的原理、应用,本书也作了简要说明。

本书可供高等工科院校师生及有关专业技术人员参考。

曲 面 制 图

山东工学院等编著

*

山东科学技术出版社出版

山东省新华书店发行

山东新华印刷厂潍坊厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 12印张 6插页 173千字

1980年2月第1版 1980年2月第1次印刷

印数:1—2,500

书号 15195·42 定价 2.90元

前 言

随着我国科学技术的发展,曲面的应用更加广泛,对曲面精度的要求,也日益提高,而生产中所涉及到的复杂曲面的图示、图解问题,对于改进曲面结构设计、提高曲面的制造精度,从而提高劳动生产率、减轻劳动强度等,都有着密切的关系。有关这方面的资料,过去散见在各学科中,且缺乏系统分析和归纳。本书将有助于这种情况的改变,对学习某些专业知识,能起到一定的桥梁作用。

本书在分析一般图示原理的基础上,介绍了曲面的图示方法,包括正投影法和圆弧投影法,叙述了这些方法在机械结构曲面中的运用,以帮助读者掌握对复杂曲面的分析和作图。本书以图示为主,讨论了啮合传动和机械加工中共轭曲面的图解问题。书中所列专业图例,多来自生产实际,为了突出图示重点,对某些零件图中的尺寸、表面光洁度、尺寸公差、形位公差、技术要求等内容从略。

本书可供高等工科院校师生及有关专业技术人员参考。

本书第一章曲面图示基础由西安交通大学编写。第二章螺旋面零件、第三章叶轮、叶片、第五章中的车身以及第六章犁体曲面图,由山东工学院编写。第四章桨、桨叶以及第五章中的飞机机身,由西北工业大学编写。第五章中的船体、第七章共轭曲面以及附录曲面测绘简介,由上海交通大学编写。全书由山东工学院、西安交通大学审校定稿。

本书在编写过程中,承蒙有关工厂和设计单位的大力支持和帮助,谨此表示感谢。

编 者

1979年5月

目 录

前 言

第一章 曲面图示基础	1
第一节 曲面概述	1
第二节 单曲面	2
第三节 扭曲面	12
第四节 曲线面	26
第五节 圆弧投影法	31
第六节 平面与曲面相切以及两曲面相切	35
第二章 螺旋面零件	45
第一节 螺旋线	45
第二节 螺旋面	48
第三节 螺旋面零件	53
第三章 叶轮、叶片	69
第一节 增压器涡轮	69
第二节 进风叶轮	78
第三节 水泵叶轮	84
第四节 汽轮机叶片	94
第四章 桨、桨叶	99
第一节 船用螺旋桨	99
第二节 空气螺旋桨桨叶	115
第三节 轴流泵泵叶	120
第四节 水轮机轮叶	127
第五章 飞机机身、船体、车身	130
第一节 飞机机身	130
第二节 船体	137
第三节 车身	143
第六章 犁体曲面	148
第一节 犁体曲面的形成	148
第二节 犁体曲面图	151
第七章 共轭曲面	157
第一节 共轭曲面的接触线	157
第二节 辅助截面法	158
第三节 公法线法	161
附 录 曲面测绘简介	176

第一章 曲面图示基础

工程技术上经常会遇到各种复杂曲面,如某些机器零件、汽车车身和轮船壳体等的表面。为了表示这些曲面,必须掌握曲面的形成、性质、分类和画法等基本概念。某些复杂曲面,除应用一般的正投影知识外,还需应用其它投影方法。

第一节 曲面概述

曲面可以看作是一动线在空间运动所形成的轨迹。形成曲面的动线,称为母线;母线在表面上的任一位置,称为素线;无限接近的相邻两素线,称为连续两素线。

如果母线按照一定的规律运动,则形成规则曲面,其中控制母线运动的点,称为定点;控制母线运动的线,称为导线;控制母线运动的面,称为导面。本书只研究规则曲面。

母线可以是直线,称为直母线;也可以是曲线,称为曲母线。由直母线形成的曲面,称为直线面;由曲母线形成的曲面,称为曲线面。实际上,直线面也可以由曲母线形成。但为了明确起见,一般作这样的规定:过表面上任一点在表面上至少可以作出一条直线的曲面,称为直线面;在表面上无法作出任何直线的曲面,称为曲线面。

直线面又可分为单曲面和扭曲面两类。单曲面的连续两素线彼此相交或平行,即位于同一平面内,是可展曲面;扭曲面的连续两素线彼此交错,即不在同一平面内,是不可展曲面。

曲线面分为定线曲面和变线曲面两类。定线曲面的曲母线在运动过程中形状和大小不变;变线曲面的曲母线在运动过程中形状和大小变化。曲线面都是不可展曲面。

常见曲面的分类见表 1—1。

用图形表示一个曲面,其基本原则是作出决定该曲面的几何要素,如母线、定点、导线、导面等,这样,该曲面的几何性质已完全确定。为了明显起见,一般需画出曲面的轮廓线,以确定曲面的范围。比较复杂的曲面,还应画出表面上的其它一些几何要素,例如一系列素线或截交线等。这既是为了图形清楚,也是为了明确曲面的性质,有利于进一步作图。

表 1—1

常 见 曲 面 分 类

直 线 面	单 曲 面	 直线回转面	圆锥面 圆柱面	可 展
		锥 面 柱 面 盘旋面		
	扭 曲 面	直线回转面	单叶双曲回转面	不 可 展
		单叶双曲面 柱状面	双曲抛物面 斜螺旋面 锥状面——正螺旋面	
曲 线 面	定 线 曲 面	曲线回转面	球 面 环 面 椭球面 抛物面 双叶双曲回转面	不 可 展
		曲柱面	螺旋柱面	
	变 曲 线 面	三轴椭球面 曲锥面 机身曲面 船体曲面 车身曲面		

第二节 单 曲 面

单曲面由直母线所形成，它的连续两素线彼此相交或平行，是可展直线面。单曲面有锥面、柱面和盘旋面三种。

一、锥面

锥面是由一直母线沿一曲导线运动而形成的，在运动过程中所有素线始终交于一定点。

锥面的曲导线可以是不闭合的，也可以是闭合的。图 1—1 为一锥面，定点为 S ，曲导线 AB 是不闭合的。图 1—2~图 1—5 中，各锥面的曲导线都是闭合的。

锥面的素线可由定点向两个相反方向延伸，因而锥面具有两叶，见图 1—2。由于锥面的素线无限长，故锥面是无限大的，实际上我们总是截取其一部分来表示，所有直线面都是这种情况。

锥面各对称平面的交线，称为锥面的轴线。垂直于轴线的平面所截得的交线，称为正截交线。锥面即以正截交线的形状来分类。

正截交线为圆，称为圆锥面。圆锥面的轴线垂直于锥底时，称为正圆锥(图 1—2)；不垂直于锥底时，称为斜圆锥(图 1—3)。斜圆锥的底面形状一般为椭圆。

正截交线为椭圆，称为椭圆锥面。椭圆锥面的轴线垂直于锥底时，称为正椭圆锥(图 1—4)；不垂直于锥底时，称为斜椭圆锥(图 1—5)。

锥面并不都具有轴线，对于没有轴线的锥面，不能用正截交线的概念来分类，这种没有轴线的锥面，称为一般锥面，见图 1—1。

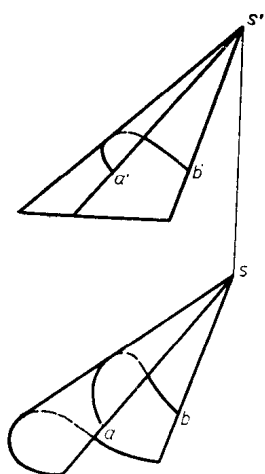


图 1—1 锥面

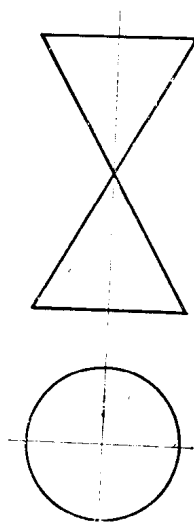


图 1—2 正圆锥面

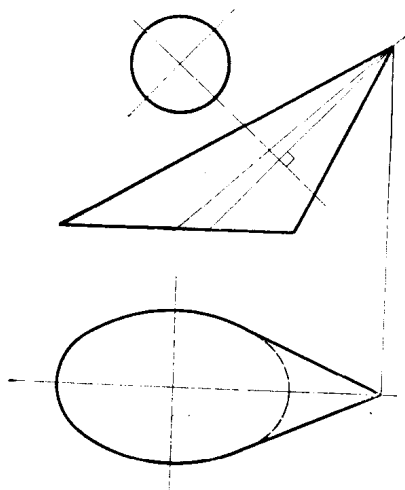


图 1—3 斜圆锥面

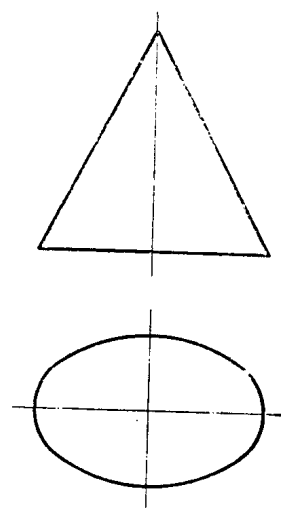


图 1—4 正椭圆锥面

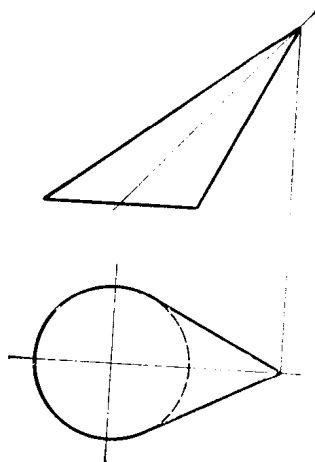


图 1—5 斜椭圆锥面

圆锥面和椭圆锥面与不同位置的平面相交，都可以获得圆、椭圆、抛物线、双曲线和直线。

平面与圆锥倾斜相交，设平面与锥轴的夹角为 θ ，锥顶角为 2α ，当 $\theta > \alpha$ ，即平面与圆锥的所有素线都相交时，截交线为椭圆。

在图 1—6 中，正垂面 P 与一正圆锥相交于一椭圆。设一球 $O(o, o')$ 与此圆锥内切并与平面 P 相切于 $F_1(f_1, f_1')$ 点，则 F_1 即为此截交线椭圆的一个焦点。球 O 与圆锥内切于一圆周 $C(c, c')$ ，若将此圆周平面扩展与平面 P 相交于直线 $D_1(d_1, d_1')$ ，则 D_1 即为椭圆的一条准线。

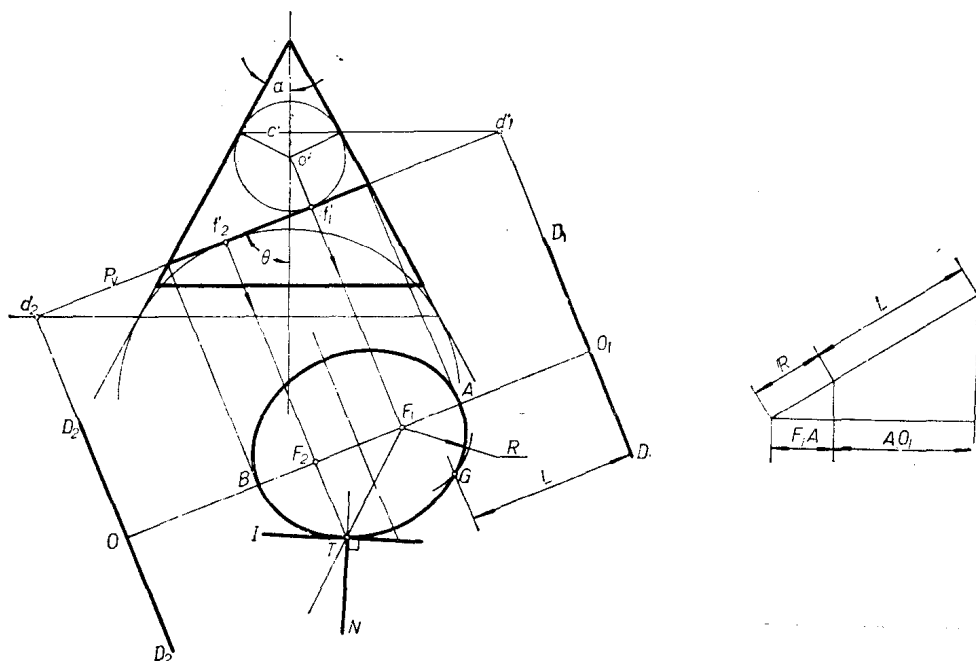


图 1—6 平面与圆锥相交于椭圆

另一焦点 F_2 和准线 D_2 的求法与此相似，见图 1—6。

椭圆可以定义为与两定点（焦点）距离之和等于一常数（椭圆长轴）的动点的轨迹，也可以定义为与一定点（焦点）和一定直线（相应准线）距离之比等于一常数（离心率）的动点的轨迹。椭圆的离心率小于 1，故 $\frac{F_1A}{AO_1} = \frac{F_2B}{BO_2} < 1$ 。图中表示了利用椭圆离心率等于常数这一性质，作出椭圆上的一点 G 。图中还表示了过椭圆上任意点 T 的切线和法线的作法。 $\angle F_1TF_2$ 的分角线 TN ，即为法线；其补角的分角线 TI ，即为垂直于法线 TN 的切线。

平面与圆锥相交，当 $\theta = \alpha$ ，即平面平行于圆锥的一条素线时，截交线为抛物线。

在图 1—7 中，正垂面 Q 与一正圆锥相交于一抛物线，其焦点 F 和准线 D 的求法，如图所示。

抛物线定义为与一定点（焦点）和一定直线（准线）距离相等的动点的轨迹，因此

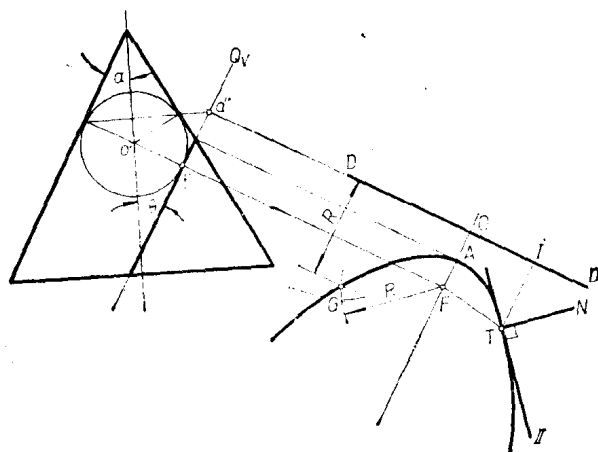


图 1—7 平面与圆锥相交于抛物线

抛物线的离心率等于 1, 即 $\frac{FA}{AO} = 1$ 。图中表示了利用抛物线的离心率等于 1 这一性质, 作出抛物线上的一点 G。图中还表示了过抛物线上任意一点 T 的切线和法线的作法。T I 垂直于准线。 $\angle FTI$ 的分角线 T II, 即为切线; 其补角的分角线 TN, 即为垂直于切线 T II 的法线。

平面与圆锥相交, 当 $\theta < \alpha$, 即平面平行于圆锥的两条素线时, 截交线为一双曲线, 这种情况下平面必与圆锥的两叶都相交。

在图 1—8 中, 侧平面 R 与一正圆锥相交于一双曲线, 正圆锥的侧面投影外形线即为此双曲线的渐近线。双曲线的两焦点 F_1 、 F_2 和两准线 D_1 、 D_2 的求法, 如图所示。

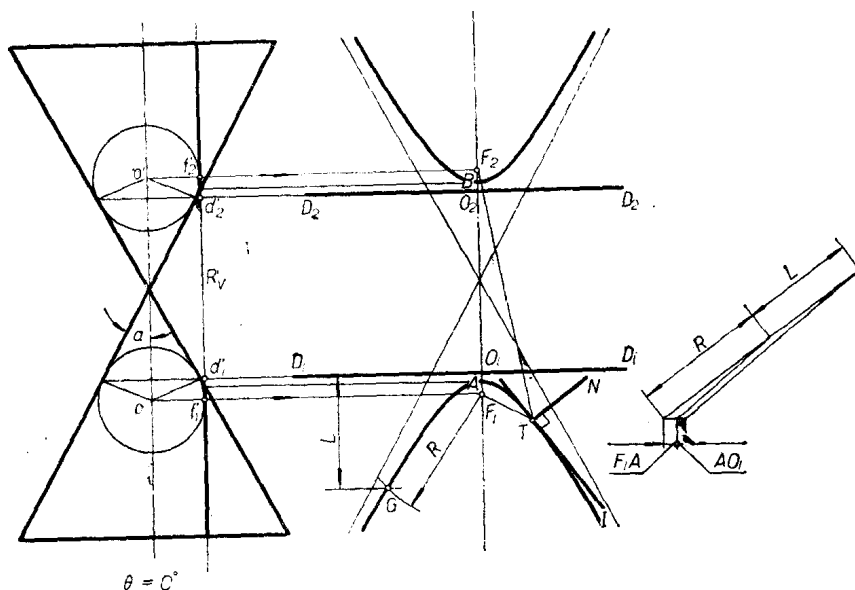


图 1—8 平面与圆锥相交于双曲线

双曲线可以定义为与两定点(焦点)距离之差等于一常数(双曲线两顶点间距)的动点

的轨迹,也可以定义为与一定点(焦点)和一定直线(相应准线)距离之比等于一常数(离心率)的动点的轨迹。双曲线的离心率大于1,故 $\frac{F_1A}{AO_1} = \frac{F_2B}{BO_2} > 1$ 。图中表示了利用双曲线的离心率等于常数这一性质,作出双曲线上的一点 G 。图中还表示了过双曲线上任意一点 T 的切线和法线的作法。 $\angle F_1TF_2$ 的分角线 TI ,即为切线;其补角的分角线 TN ,即为垂直于切线 TI 的法线。

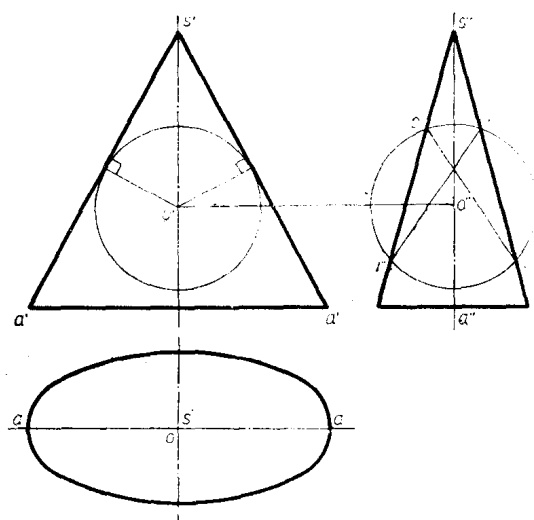


图1—9 椭圆锥的圆系

图1—9为一正椭圆锥面。设以锥轴上任一点 O (除锥顶外) 为球心, O 点与转向轮廓线 SA 的距离为半径, 作一球面, 此球与椭圆锥复切, 其交线为两平面曲线*。由于此两平面曲线位于球面上, 故都是圆。此两圆所在平面垂直于侧面, $1''-1''$ 、 $2''-2''$ 为其侧面投影。由于球心 O 的位置可以在锥轴上任选, 所以椭圆锥有两组圆系, 每组圆系中的圆的大小不相等。

二、柱面

柱面是由一直母线沿一曲导线运动而形成的, 在运动过程中所有素线始终平行于一一直导线。

柱面的曲导线同样可以是不闭合的或闭合的。图1—10为一柱面, MN 为直导线, 曲导线 AB 是不闭合的。在图1—11~图1—14中, 各柱面的曲导线都是闭合的。

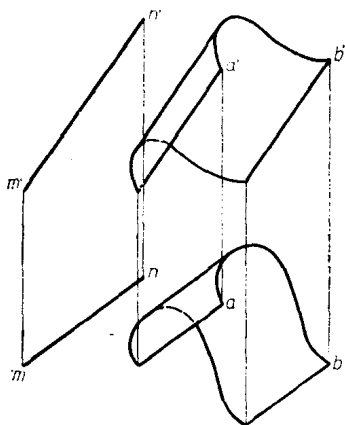


图1—10 柱面

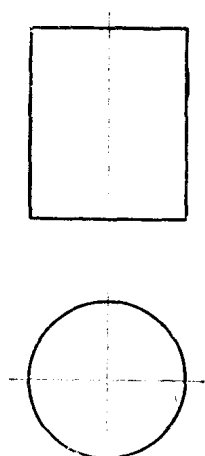


图1—11 正圆柱面

* 两个曲面相切于两点时, 称为复切。当两个二次曲面复切时, 交线为两条两次平面曲线。

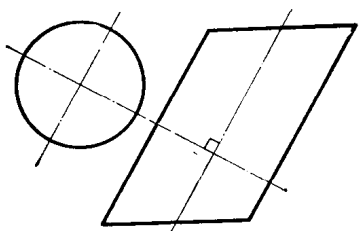


图 1—12 斜圆柱面

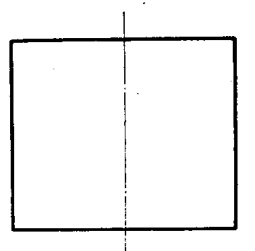


图 1—13 正椭圆柱面

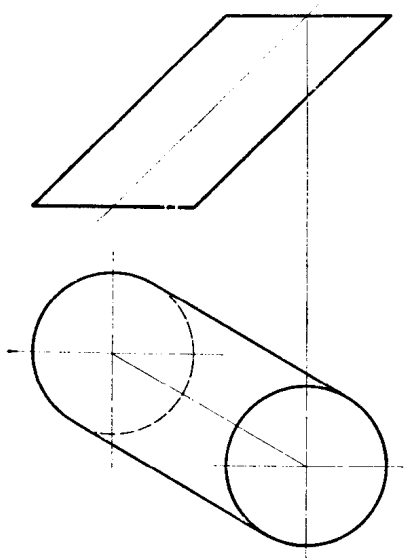


图 1—14 斜椭圆柱面

柱面可以是有轴线的或无轴线的，但因柱面的轴线平行于柱面的素线，所以对柱面而言，以垂直于其素线的平面所截得的交线为正截交线。与锥面相同，柱面也以其正截交线的形状来分类。

正截交线为圆，称为圆柱面。圆柱面的轴线垂直于柱底时，称为正圆柱(图 1—11)；不垂直于柱底时，称为斜圆柱(图 1—12)。斜圆柱的底面形状为椭圆。

正截交线为椭圆，称为椭圆柱面。椭圆柱面的轴线垂直于柱底时，称为正椭圆柱(图 1—13)；不垂直于柱底时，称为斜椭圆柱(图 1—14)。

图 1—15 为一椭圆柱面。设以柱轴上任一点 O 为球心，椭圆柱正截交线椭圆的长轴为直径，作一球面。此球与椭圆柱复切，其交线为两圆周。此两圆周所在的平面垂直于正面， $1'—1'$ 、 $2'—2'$ 为其正面投影。所以，椭圆柱也有两组圆系，各圆大小均相等。

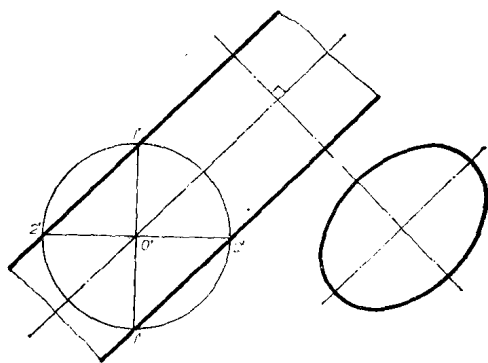


图 1—15 椭圆柱的圆系

三、盘旋面

盘旋面有两种形成方法：一种是由一直母线与一曲导线相切而形成的；另一种是由一平面与两曲导线相切而形成的。现分别说明如下：

1. 由一直母线运动而形成的盘旋面

在运动过程中，直母线始终切于一空间曲导线，因此盘旋面是一条空间曲线切线的轨迹。在图 1—16(a)中，过空间曲导线 AB 上的 $I, II, \dots, VII$ 等点，分别作曲线的切线，这些切线就形成一盘旋面。如果过 $I, II, \dots, VII$ 等点反方向延长各切线 [图 1—16(b)]，它们就形成此曲面的第二叶，曲导线 AB 是这两叶曲面的分界线，称为回折棱。

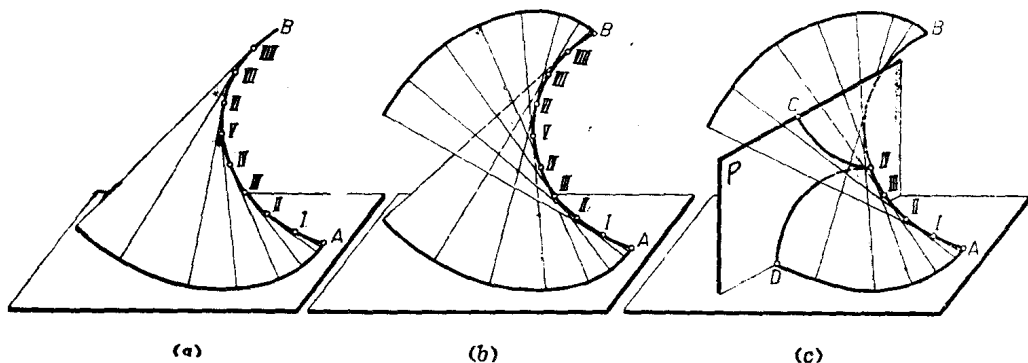


图 1—16 盘旋面的形成方法之一

若在曲线 AB 上任取一点 V [图 1—16(c)]，过点 V 任作一平面 P 使之与两叶曲面相交，所得交线 CVD 将具有回折点 V 。因此，回折棱就是以一系列平面截切该曲面时所得各交线上的回折点的轨迹。由于这种曲面具有回折棱，故又称为回折棱面。

图 1—17 为盘旋面的一个实例——右向螺旋盘旋面，它是以一右向圆柱螺旋线为导线，使母线沿着导线运动，并始终与导线相切而形成的。螺旋盘旋面的性质和详细作图方法，将在第二章中介绍。

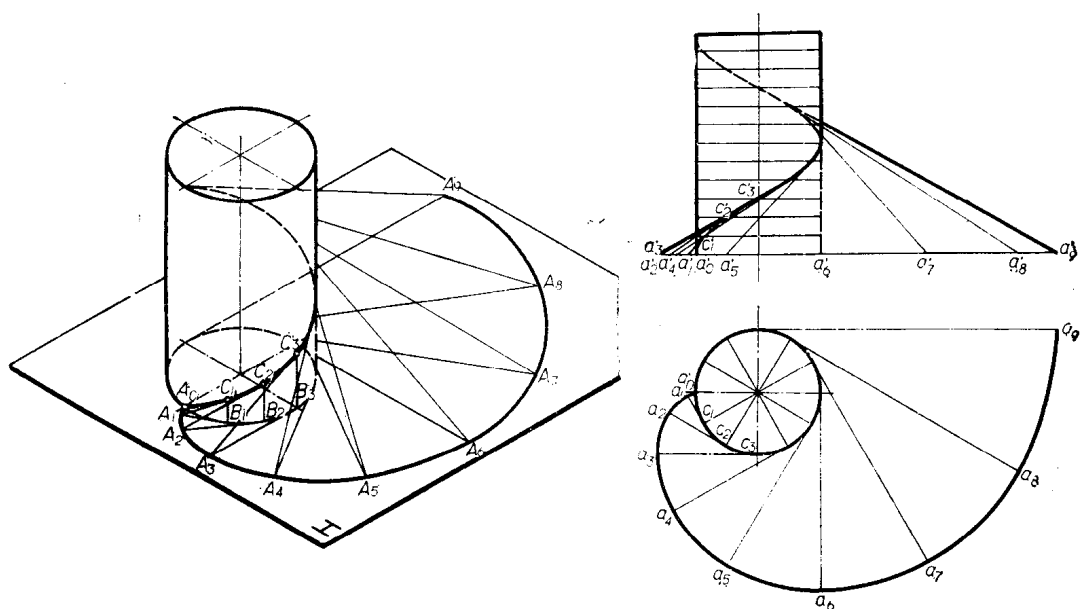


图 1—17 螺旋盘旋面

盘旋面看去似乎为一扭曲面，但实际上是一单曲面，它的连续两素线是相交的。在图 1—18 中，设 A_1 和 B_2 是螺旋盘旋面上的连续两素线，由 A_1 移动到 B_2 时， A 的动向是从 A 到 B ， AB 是螺旋线上无限小的一段曲线，也就是它的切线。当 A 无限趋近于 B 时，可视 B 为 A_1 延长后的一点，即 $1AB$ 是一直线，它与 12 和 $2B$ 组成一个三角形，为一平面形。这就是说，盘旋面是由无数个平面三角形组成的，所以盘旋面是可展的。

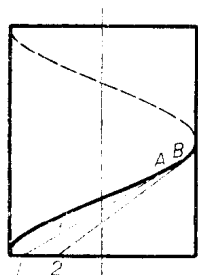


图 1—18 盘旋面的连续两素线

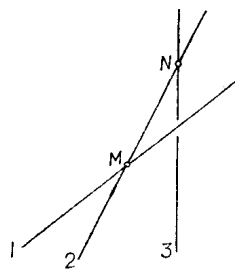


图 1—19 盘旋面素线的分析

在图 1—19 中，画出了三条素线 1、2、3。素线 1 和 2 为连续两素线，它们相交于 M 点；素线 2 和 3 也是连续两素线，它们相交于 N 点；素线 1 和 3 并不连续，因此它们不相交。

由于螺旋盘旋面是单曲面，是可展的，故又称为可展螺旋面。

2. 由一平面运动而形成的盘旋面

在运动过程中，平面沿不在同一平面内的两条曲线运动，且处处与此两曲线相切，连接曲线上相应切点的直线，即组成一盘旋面。显然，这些直线即为盘旋面的素线，此盘

旋面是各切平面的包络面。

图 1—20 为一盘旋面，其导线为两条不相同的曲线 AB 和 CD 。设平面 P 与曲线 AB 、 CD 分别相切于点 I 和点 II ，则直线 $I II$ 为一素线。由于切平面 P 与盘旋面切于整条素线 $I II$ ，可知盘旋面为一单曲面，也是可以展开的(见第一章第六节)。

因为盘旋面具有可展的性质，所以应用很广泛，如一些机器的罩壳、各种容器，以及各式变形接头等，都可以全部或部分地设计成盘旋面来制造。图 1—21 为一汽车车头盖的设计，图中作出了一系列素线。

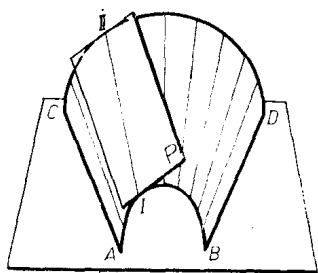


图 1—20 盘旋面的形成方法之二

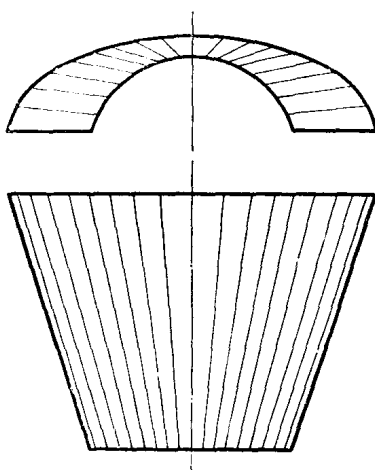


图 1—21 盘旋面车头盖

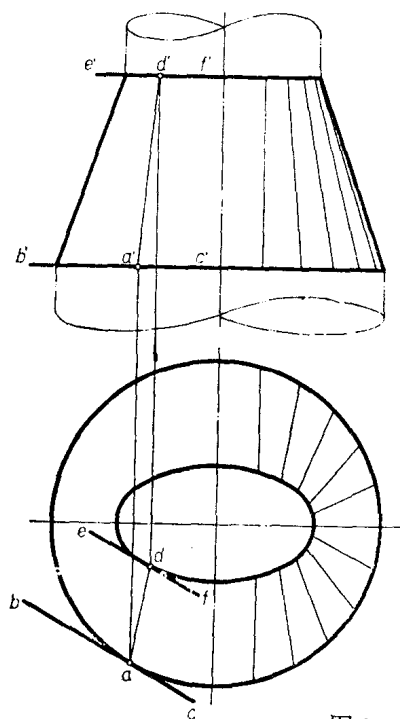


图 1—22 盘旋面变形接头

下面举两个盘旋面变形接头的例子。

为使流体畅通，外形美观，接头表面必须光顺，尤其是采用展开方法制造的接头，其表面应为可展曲面。在此条件下，以盘旋面接头最为理想。

【例 1】已知同轴的一圆柱管（图 1—22）和一椭圆柱管的管口均处于水平位置，试作其盘旋面变形接头。

【解】在圆周上任取一点 A ，过 A 作直线 BC 与圆周相切， BC 一定位于圆周所在的水平面内，过 A 点而与圆周相切的平面一定包含此切线 BC 。若此切平面同时与椭圆相切，则因椭圆的切线 EF 一定位于椭圆平面内，而椭圆平面平行于圆周平面，故切线 EF 一定平行于切线 BC 。因此，若作 EF 平行于 BC 而与椭圆相切于 D 点，则 AD 即为所求盘旋面的一条素线。按此可得所需数量的素线。

为了制造上的方便，素线以均匀分布为宜，故所选各点应为圆周上的等分点。

上述方法适用于接头两端平面曲线处于相互平行的两平面内的任何情况。曲线不一定对称，可处于任意位置，接头两端也可以部分地由直线围成，在此情况下，接头的某些部分可能是柱面、锥面或平面，但盘旋面部分的作法则与上述相同。

【例 2】已知处于不相互平行平面内的两圆孔（图 1—23），试作其盘旋面变形接头。

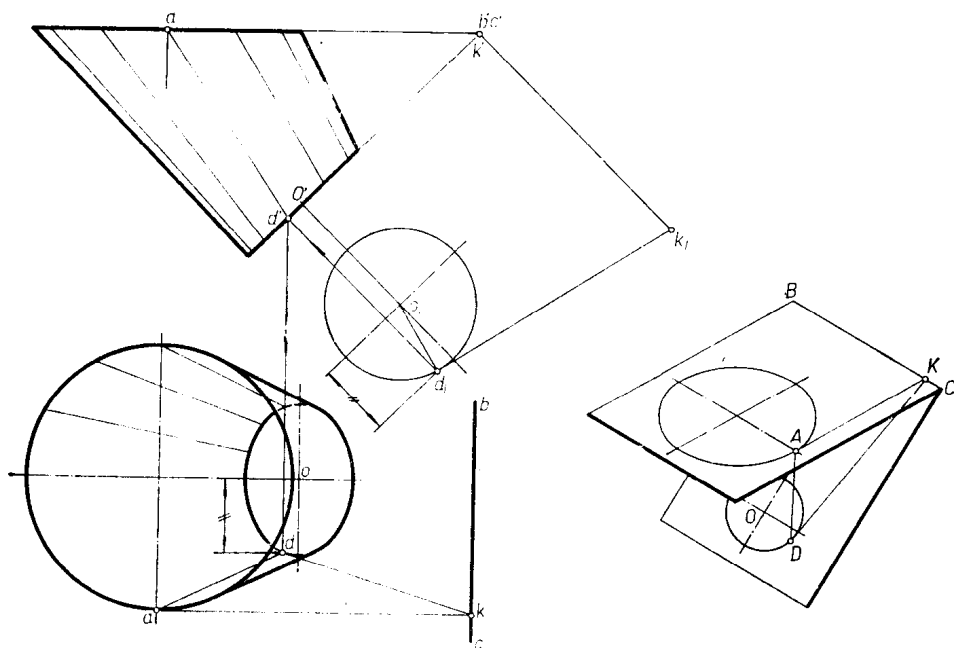


图 1—23 盘旋面变形接头

【解】此例与上例相似，仍可采用切平面法。但因上、下两圆孔所在的底面彼此不平行，因而切平面与两底面的交线彼此相交。其作法如下：

首先作出两底面的交线 BC ，每一切平面与两底平面的两条交线都相交于此直线。在上底圆上任取一点 A ，过 A 作直线与圆周相切，此切线与直线 BC 相交于 K 点，切线

AK 为切平面与上底平面的交线。此切平面同时与下底圆相切，一定也与直线 BC 相交于同一点 K 。因此，自 K 点作直线与下底圆相切于 D 点，则直线 AD 即为所求盘旋面的一条素线。为使切点 D 作得较为准确，图中应用变更投影面法使下底圆反映真形后作出。

第三节 扭 曲 面

根据直母线运动的规律，扭曲面可分为三类：第一类是直母线运动时，始终与三条导线相交；第二类是直母线运动时，始终与两条导线相交，同时平行于一导平面；第三类是直母线运动时，始终与两条导线相交，同时与一导平面成定角。

实际上，所有扭曲面都可以包括在第一类中，因为在扭曲面上总可以任取三条线来作为扭曲面的三条导线。第二类扭曲面也可以包括在上述第三类中。但按扭曲面的形成条件及其表示方法来讲，这种分类比较合适。

由于扭曲面的导线可以是直线，也可以是曲线，因此扭曲面还可以进一步分类，见表 1—2。其中某几类扭曲面缺乏实用价值，也没有专门名称的代表性曲面。

表 1—2 扭 曲 面 分 类

形 成 条 件	举 例
由三导线所形成的扭曲面	三直导线 单叶双曲面
	两直导线和一曲导线
	一直导线和两曲导线 扭锥面、牛角面
	三曲导线
由两导线和一导平面所形成的扭曲面，母线与导平面平行	两直导线 双曲抛物面
	一直导线和一曲导线 锥状面（如正螺旋面）
	两曲导线 柱状面
由两导线和一导平面所形成的扭曲面，母线与导平面成定角	两直导线
	一直导线和一曲导线 斜螺旋面
	两曲导线

由于扭曲面的连续两素线既不平行也不相交，必须注意选取导线和导面，例如，不能使两导线彼此相交，也不能在导面内选取导线等等，否则会形成平面或单曲面，甚至没有结果。

过扭曲面上任一点，在曲面上只能作出一条直线的扭曲面，称为单纹面；过扭曲面上任一点，在曲面上能作出两条直线的扭曲面，称为双纹面。

一、由三导线所形成的扭曲面

由三导线所形成的扭曲面，根据导线是直线还是曲线，有四种情况：