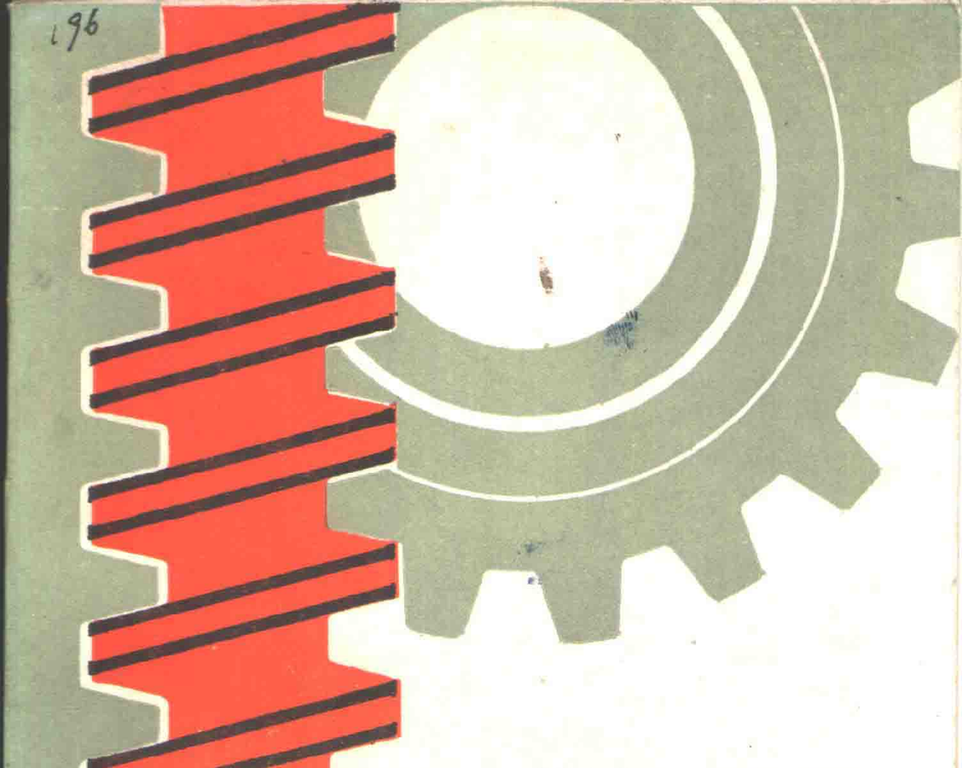
196



圆柱蜗杆蜗轮啮合与刀具

张应鑫编著

重庆出版社

圆柱蜗杆蜗轮啮合与刀具

张应鑫 编著

重 庆 出 版 社

一九八四年·重庆

责任编辑 尹明善
封面设计 金乔楠

圆柱蜗杆蜗轮啮合与刀具 张应鑫编著

重庆出版社出版（重庆李子坝正街102号）
四川省新华书店重庆发行所发行
重庆印制一厂印刷

*

开本 787×1092 1/32 印张 2.625 插页 2 字数 49 千
1984 年 5 月第一版 1984 年 5 月第一次印刷
科技新书目 79—244 印数 1—9,100

书号：15114·4 定价：0.48 元

内 容 提 要

本书共分五章，前两章为圆柱蜗杆蜗轮啮合的理论基础，包括各种螺旋面方程，蜗轮齿面方程、以及蜗轮副的啮合长度等.第三、四章论述蜗轮刀具的设计及其各项参数的合理选取，蜗轮副的接触精度及其制造工艺中的一些问题，第五章论述蜗轮副干涉及其解决方法，本书观点明确，论述简明.书中给出的方法、数据和参数，多系作者三十余年经验的积累，华中工学院路亚衡教授在序中称道其“解决问题的方法……密切结合我国生产实际.”

本书可供从事蜗轮副设计、加工的工程技术人员，大专院校师生参考.

序

重庆机床厂张应鑫工程师编著的《圆柱蜗杆蜗轮啮合与刀具》一书，对圆柱蜗杆、蜗轮副的设计、制造作了全面系统的阐述。全书内容共分五章，包括螺旋面的形成，圆柱蜗杆蜗轮副的理论基础，蜗轮滚刀及其它加工刀具，蜗轮副接触精度和蜗轮副干涉问题等。作者在第一、二章中简明扼要地介绍圆柱蜗杆传动的基本理论；而在第三、四、五章中则根据自己多年的实际经验，着重对生产中的问题进行深入分析，立论观点明确，解决问题的方法切合实际。书中给出大量的数据和设计参数，大部分都是作者经过亲身体验，仔细推敲而推导出来的。从这里可以看出作者的写作态度是认真严肃的，同时也反映出本书的特色：密切结合我国生产实际。

本书可供齿轮专业工程技术人员、设计师、大专院校师生参考之用。

路亚衡

于华中工学院机械工程研究所

1982年6月

前　　言

蜗轮副具有减速快，分度精确，传动平稳，噪音小等许多优点，常用于各种机械中．三十年来笔者从事齿轮和蜗轮加工工艺及其刀具设计，根据自己的体会写成《圆柱蜗杆蜗轮啮合与刀具》一书．由于圆柱蜗杆蜗轮副可以转变为平面啮合，因此本书的一二两章所引用的啮合基础理论在本书所涉及的范围内是正确的．

书中推导出了各种直母线螺旋面方程，蜗轮齿面方程，蜗轮副啮合方程，蜗轮副的啮合长度，以及它们在各切面上的理论齿形，并用数学分析作了理论上的证明．

在写螺旋面方程时，没有采用综合方程，而是采用本书所提出的类型方程，这是因为采用类型方程更容易了解各种螺旋面的特性，在处理具体技术问题时比较方便．综合方程看起来虽然比较全面，能用一个方程表达出所有直母线螺旋面，但它对于每一种具体螺旋面的特性就不是很清楚了．

关于蜗轮刀具，本书只介绍了径向进刀滚刀和剃刀，而没有写切向进刀滚刀和飞刀．这是因为笔者在1966年《上海机械》第三期上发表过“多头蜗轮加工经验”一文，其中已对切向进刀滚刀作了比较详细的论述，至于飞刀因为比较简

单就省略了。

关于蜗轮副的接触精度，这是笔者根据某厂的实际经验写成的，仅作为从事蜗轮工艺和磨削蜗杆螺旋面的同志参考，而不是理论上的总结。

关于蜗轮齿面干涉，本书没有采用已往关于干涉的习惯概念和定义。笔者根据蜗轮啮合及其加工特点提出了新的概念及其解决方法，是否妥当，恳请读者批评指正。

本书承华中工学院机械工程研究所所长路亚衡教授审校，重庆大学许香谷教授和邓兴一老师都对本书提出了宝贵的意见，张少勉同志制图，谨在此表示感谢。

由于笔者水平甚低，错误之处一定不少，恳请读者指正。

重庆机床厂张应鑫　1982年12月

目　　次

第一章　螺旋面的理论基础

一　螺旋面的形成

§1　原始说法

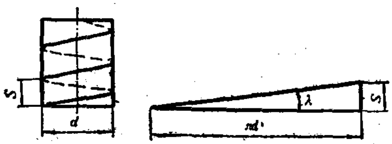


图　1·1-1

将一条直角三角形纸带缠绕在直径为 d 的圆柱上，就会在圆柱表面显示螺旋面，见图(1·1-1)．事实上此处所谓的螺旋面，只不过是由纸带斜边构成的一条空间螺旋线（不计较纸带厚度），谈不到是什么螺旋面．虽然如此，但也可得到重要关系．

$$\mathrm{tg}\lambda=\frac{S}{\pi d} \qquad (1\cdot1\text{-}1)$$

式中：S（导程）为纸带环绕一周，螺旋面（线）沿圆柱轴向所推进的距离．

λ（螺旋升角）为三角形纸带斜角．

§2 单面旋转法

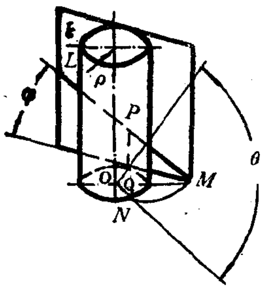


图 1·1-2

平面E在半径为ρ的圆柱面上纯滚动，其上的一条直线ML在空间所经过的迹线，构成一个螺旋面。ML称为螺旋面的发生线。半径为ρ的圆柱称为导向圆柱。直线ML在圆柱端平面上的倾角φ称为发生线倾角。发生线在端平面上的迹线即$\overset{\frown}{NM}$曲线，决定了螺旋面的类型。

当$\overset{\frown}{NM}$为阿基米德曲线时，螺旋面就称为阿基米德螺旋面。当$\overset{\frown}{NM}$曲线为渐开线，延长渐开线，变短渐开线……时，螺旋面就冠以与曲线相同的名称。事实上单面旋转法也很不全面。

第一，当平面E通过圆柱轴心($\rho=0$)纯滚动变成了定轴旋转，发生线只能划出圆锥面而不能形成螺旋面，而$\rho=0$的螺旋面事实上是有的。

第二，当发生线倾角$\varphi=0$时，只能形成一个平面，也不能形成螺旋面，而$\varphi=0$的螺旋面也是有的。

第三，既然平面E在圆柱面上纯滚动，则平面E与圆柱端平面的相交迹线，即端面圆切线QM亦必在端面圆上纯滚动，因此NM曲线是切线QM的展开线，只能是渐开线曲线。所以单面旋转法只能形成渐开线螺旋面，而不能形成其他类

型的螺旋面。

§3 渐开线螺旋面的特性方程

如上所述，既然单面旋转法只能形成渐开线螺旋面，则其导向圆半径ρ即为基圆半径R_0($\rho=R_0$)。平面E自起始位置N转至Q点时的转角为θ，见图(1·1-2)，则：

$$QP=\frac{S}{2\pi}\theta, \qquad QM=\widehat{NQ}=R_0\theta,$$

$$\operatorname{tg}\varphi=\frac{QP}{QM}=\frac{S}{2\pi}\theta\cdot\frac{1}{R_0\theta}=\frac{S}{2\pi R_0}=\operatorname{tg}\lambda_0 \qquad (1\cdot1\text{-}2)$$

因而$\varphi=\lambda_0$。

渐开线螺旋面基圆上的螺旋升角等于发生线倾角，方程(1·1-2)称为渐开线螺旋面的特性方程。

§4 二面共转法

图(1·1-3)中，平面E在半径为R_0的圆柱面上纯滚动，其上的一条直线ML将在空间划出渐开线螺旋面已如上述。今有另一与E平面平行的平面F（并假定E，F是连结在一起，二者间无相对位移）当平面E在R_0圆柱面上纯滚动时，平面F亦必经常保持与另一半径为ρ的圆柱面相切，而平面F上的一条与ML平行的直线$M'L'$将在空间形成另一个

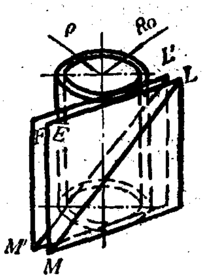


图 1·1-3

螺旋面。且当

$R_0>\rho$时形成延长渐开线螺旋面；

$R_0=\rho$时形成渐开线螺旋面；

$R_0<\rho$时形成变短渐开线螺旋面；

$\rho=0$时形成阿基米德螺旋面。

但是当发生线倾角$\varphi=0$时，亦不能形成螺旋面。

§5 车刀安装法

a) 当车刀的安装如图（1·1-4）时，其前倾面通过轴心线，如刀具有齿形角α_s则车出阿基米德螺旋面。若 $\alpha_s=0$ 时

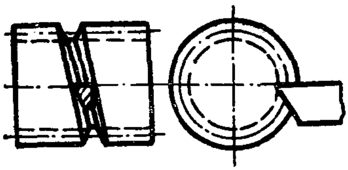


图 1·1-4

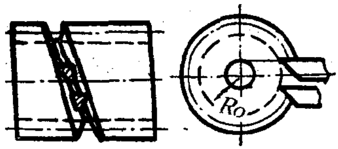


图 1·1-5

则车出方牙丝杆螺旋面，因其端面切形为直线（见后文）故称之为方牙丝杆螺旋面。

b) 车刀的安装如图(1·1-5)，其前倾面与轴心线平行，距轴心为基圆半径R_0则车出渐开线螺旋面。但必须注意，此种装刀方法，刀具角 α就是发生线倾角φ，刀具一经安装完毕，其基圆半径R_0和发生线倾角φ也就固定，若其导程s不满足方程$\operatorname{tg}\alpha=\dfrac{s}{2\pi R_0}$则车出来的将是延长渐开线或变短渐

开线螺旋面．视实际导程S的大小而定．

c）车刀的安装如图(1·1-6)，刀具前倾面位于齿槽法向切面上，所车出的是螺旋面．它在垂直于齿槽的切面上具有直线齿廓，所以称为齿槽法向直廓螺旋面．因其端面切形为延长渐开线，故也称延长渐开线螺旋面．而此种装刀方法，刀具一经安装完毕（包括进刀最后深度）．则切削刃（即发生线）对端平面的倾角φ和切削刃与轴心线的最短距离ρ也就完全固定．此时若有意调整导程s使之满足方程$\operatorname{tg}\varphi=\frac{s}{2\pi\rho}$，则车出来的也是渐开线螺旋面．此种渐开线螺旋面在车刀的安装切面上和与圆柱ρ相切的切面上均具有直线齿廓．其端面切形为渐开线曲线．

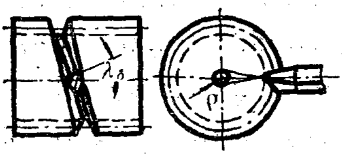


图 1·1-6

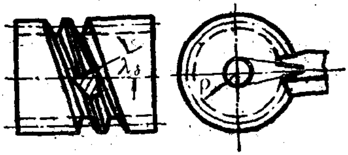


图 1·1-7

d）车刀的安装如图(1·1-7)，刀具前倾面位于齿纹法向切面上，所车出来的螺旋面在垂直于齿纹的切面上具有直线齿廓，所以称为齿纹法向直廓螺旋面．其端面切形一般也是延长渐开线，所以也称延长渐开线螺旋面．但是若其$\rho>R_0$时，则为变短渐开线螺旋面．与上述相同，若刀具安装完毕后，调整导程s使之满足方程：

$\operatorname{tg}\varphi=\frac{s}{2\pi\rho}$也能车出渐开线螺旋面．

§6 合成运动法

图(1·1-8)中直线ML始终以一固定点M与半径为ρ的圆柱面相切。一方面绕其轴心旋转，一方面又沿其轴向移动，且保持任意瞬时的移动变量与角变量之比为常值，

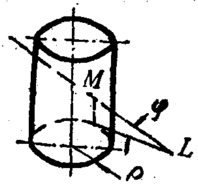


图 1·1-8

$\left(\dfrac{ds}{d\theta}=K\right)$，所复合形成的是一个螺旋面。

在车床上加工螺旋面时，正是用复合运动形成的。

在二面共转法中，发生线上任意点运动轨迹为平面曲线(渐开线、延长渐开线……)。而在合成运动法中，发生线上任意点的运动轨迹，为一条弹簧状的空间螺旋线。它的端面投影为一圆，正面投影为正弦曲线。发生线上某一闭区间[a, b]内的全部点集所形成的螺旋线的集合，构成工件螺牙一侧的螺旋面。

从上述分析知构成螺旋面的参数有三：

1) 发生线旋转2π角沿轴向所移动的距离s，

2) 发生线与轴心线的最短距离ρ，

3) 发生线与端平面的倾角φ。

两个螺旋面只有当它们的上述三个参数完全相同时，才会共面。否则不会共面。但由于螺旋面是可以无限伸展的（因发生线是可以无限伸展的）。因此，虽然是两个螺旋面共面的工件，若它们各自选取的区间不同，在使用上也是不

能互相取代的．比如两根阿基米德螺旋面的蜗杆，尽管它们的模数、头数、旋向、齿形角都相同，它们是螺旋面共面的工件，若其分度圆直径不同，在使用上是不能互相取代的．

二　螺旋面方程

§1　螺旋线方程

在求螺旋面方程之前，先求螺旋线方程．图(1·2-1)是一个右旋螺旋面图．今考查其左侧螺旋面，外圆角顶上的一条螺旋线．

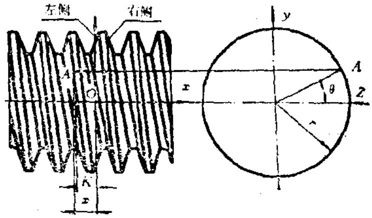


图　1·2-1

外圆半径为r，坐标选取如图．显然：A点的坐标为：

$$\begin{cases} z=r\cos\theta, \\ y=r\sin\theta, \\ x=\mp\dfrac{s}{2\pi}\theta+K. \end{cases} \tag{1·2-1}$$

方程(1·2-1)即螺旋线方程．“－”号为右旋螺旋面，“＋”号为左旋．r和K均为固定常数，θ为参变数．K值与坐标位置选取有关，与半径r也有关（因螺旋面有齿形角）．当坐标位置一经取定后，K就只与r有关．因而$K=f(r)$．当

$\theta=0$时，$x=K=f(r)$。

在方程(1·2-1)中，如果允许r在某一闭区间$[a, b]$内取一切值时，则方程(1·2-1)变为螺旋面方程(1·2-2)：

$$\begin{cases} z=r\cos\theta, \\ y=r\sin\theta, \\ x=\mp\dfrac{s}{2\pi}\theta+f(r). \end{cases} \tag{1·2-2}$$

随着$f(r)$表达式之不同，螺旋面的类型也不同，因此称$f(r)$为螺旋面的类型方程。螺旋面有左旋和右旋，而每一螺牙又有左右两侧面。为简化起见，今后所有分析如未加说明时，均指右旋螺纹的左侧螺旋面。至于其它螺旋面，只要改变相应符号就可求得，当不会失去其全面性。

如果确知空间某一点$A(x_0, y_0, z_0)$位于某个螺旋面上，很易求得下列诸值：

1） A点所在的向角：$\theta_0=\mathrm{arc\ tg}\dfrac{y_0}{z_0}$，

2） A点所在的半径：$r_0=\sqrt{y_0^2+z_0^2}$，

3） 该半径r_0上所对应的K值：

$$f(r_0)=K_0=x_0+\frac{s}{2\pi}\theta_0.$$

由于螺旋面在成形切面（即车刀安装法中，车刀切削刃所在平面）上各点的坐标是可以准确算出的，因此不难用下节所述的方法求得各类螺旋面方程。

§2 阿基米德螺旋面方程

图(1·2-2)是阿基米德螺旋面简图，r_∂为分度圆半径，