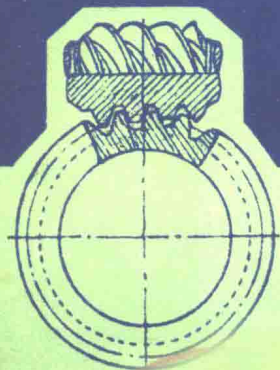


B158(2=1)

机 修 手 册

(修 订 第 一 版)



第 一 篇 第 五 册

蜗 杆 传 动

中国机械工程学会 主编
第一机械工业部

机 械 工 业 出 版 社



机械制造工厂
机械动力设备修理技术手册

第一篇
第五册 蜗杆传动

(修订第一版)

《机修手册》第一篇修订小组



机械工业出版社

本册此次修订，大致保留了试用本的基础，但也作了几处较大的变动。第一，增加了两节，即“蜗杆传动基本知识”和“圆弧齿圆柱蜗杆传动”；第二，改写了双导程蜗杆传动部分；第三，对非变位和变位普通圆柱蜗杆的计算作了若干修正；第四，引用《机械零件设计手册》相应的资料代替原有“圆弧面蜗杆传动”部分，并将其改为附录。比之试用本，较为符合机修实际需要。

本书可供机修工人和技术人员参考。

本册是由北京汽车制造厂设备分厂修订的，特此一并说明。

蜗 杆 传 动

(修订第一版)

《机修手册》第一篇修订小组

*

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业登记证出字第117号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ · 印张 $3\frac{3}{8}$ · 字数 119 千字

1976年6月北京第一版·1976年6月北京第一次印刷

印数 00,001—80,000 · 定价 0.30 元

*

统一书号：15033·4342

毛主席语录

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

我们是主张自力更生的。我们希望有外援，但是我们不能依赖它，我们依靠自己的努力，依靠全体军民的创造力。

要使我国富强起来，需要几十年艰苦奋斗的时间，其中包括执行厉行节约、反对浪费这样一个勤俭建国的方针。

修 订 说 明

《机修手册》试用本从1966年开始分册出版，到1973年底，已基本出齐。自从无产阶级文化大革命以来，全国人民在毛主席革命路线的指引下，掀起抓革命、促生产的高潮，我国社会主义革命和经济建设正在飞跃前进。近几年来，广大机修工作者纷纷来信要求我们再版。我们考虑到，试用本有部分内容已陈旧了；未出版的少数分册，由于完稿时间较早，亦存在同样的问题。为此，未出版的分册也就不再出版试用本，而连同已出版的分册一起进行修订，一律作为“修订第一版”出版。

本手册修订后共分七篇。第一篇：设备修理的设计、计算与测绘；第二篇：设备零件的修复和加工工艺；第三篇：金属切削机床的修理；第四篇：铸造、锻压、起重运输设备和工业炉的修理；第五篇：动力设备的修理；第六篇：电气设备的修理；第七篇：设备的保养。

本篇是以试用本第一篇为基础进行修订的。原有的十七章，除第十七章“设备主要备件的制造工艺”划归第二篇之外，其余十六章均加保留。由于合并原有第一、二、三章为一章，另增加“标准件”一章，所以本篇现有十五章，分为十三册。即：第一章“设备修理的基本资料”（第一册）；第二章“设备修理的常用材料”（第二册）；第三章“圆柱齿轮传动”（第三册）；第四章“圆锥齿轮传动”（第四册）；第五章“蜗杆传动”（第五册）；第六章“皮带传动”和第七章“链传动”（第六册）；第八章“螺纹与滚珠丝杠副”（第七册）；第九章“弹簧”和第十章“键联结”（第八册）；第十一章“联轴器”（第九册）；第十二章“标准件”（第十册）；第十三章“滚动轴承”（第十一册）；第十四章“滑动轴承”（第十二册）；第十五章“液压传动”（第十三册）。对于保留的章节，都作了不同程度的修改与补充。其中第四章“圆锥齿轮传动”是重新编写的，第十五章“液压传动”未出过试用本，也是重新编写的。

此次修订，修订小组和各编写单位在接受广大读者对试用本的合理意见的基础上，还进行了一定的调查研究。尽管如此，修订本仍难免有不足之处或错误，希望广大读者继续提出意见和批评，以便重版时修正。

本篇修订工作是在北京市机械工业局和汽车工业公司的领导下组成修订小组负责进行的。参加修订小组的有：北京汽车制造厂，北京第一机床厂，北京内燃机总厂，北京开关厂，北京第六机床厂，北京机床配件厂，北京起重机器厂等，顺此一并说明。

表5-5-4	径节制的径节 DP 系列(5-37)	表5-8-11	以蜗杆外径作为度量基准时蜗杆螺牙厚度公差 δS_a (5-61)
表5-5-5	周节制的周节 CP 系列(5-37)	表5-8-12	蜗杆外径公差 ΔD_{w1} (5-62)
表5-5-6	蜗杆螺纹部分长度 L (5-37)	表5-8-13	蜗杆外径的径向跳动 E_{D1} (5-62)
表5-5-7	变位系数 $\xi_{\max}$ (5-38)	表5-8-14	蜗轮外径的径向跳动 E_{D2} (5-63)
表5-5-8	变位系数 $\xi_{\min}$ (5-39)	表5-8-15	蜗轮基准端面振摆 E_{r2} (5-63)
表5-6-1	摩擦角 ρ (5-41)	表5-8-16	蜗轮蜗杆表面光洁度(5-64)
表5-6-2	齿形系数 y (5-42)	表5-9-1	双导程蜗杆传动的几何计算(5-69)
表5-6-3	蜗轮的许用应力(5-42)	表5-9-2	双导程蜗杆的计算数据(5-73)
表5-6-4	许用接触应力 $[\sigma]$ (5-43)	表5-10-1	圆弧齿圆柱蜗杆传动几何计算(5-84)
表5-7-1	蜗轮材料及热处理(5-44)	表5-10-2	圆弧齿圆柱蜗杆螺纹长度 L (5-85)
表5-7-2	蜗杆材料及热处理(5-44)	附表1	圆弧面蜗杆传动主要几何尺寸的计算(5-90)
表5-7-3	蜗杆螺旋渗碳层深度(5-45)	附表2	圆弧面蜗杆传动基本几何参数(5-94)
表5-8-1	蜗杆传动精度等级选择(5-47)	附表3	名义传动比 (i) 、蜗轮齿数 (z_2) 、蜗杆头数 (z_1) 以及蜗杆所包含的蜗轮齿数 (z') (5-95)
表5-8-2	运动传动的检验项目(5-47)	附表4	圆弧面蜗杆传动蜗轮齿高尺寸(5-96)
表5-8-3	动力传动的检验项目(5-48)	附表5	圆弧面蜗杆传动承载能力系数(5-99)
表5-8-4	蜗杆、蜗轮和传动的各种偏差的定义和代号(JB 162-60)(5-48)		
表5-8-5	蜗杆精度规范(JB 162-60)(5-53)		
表5-8-6	蜗轮精度规范(JB 162-60)(5-54)		
表5-8-7	运动蜗杆传动的安装精度规范(JB 162-60)(5-56)		
表5-8-8	动力蜗杆传动的安装精度规范(JB 162-60)(5-56)		
表5-8-9	保证侧隙(JB 162-60)(5-57)		
表5-8-10	以蜗杆外径作为测量基准时蜗杆螺牙的最小减薄量 $\delta_m S_a$ (5-58)		

目 次

一、蜗杆传动的常用名称及代号	5-1
二、蜗杆传动啮合基本知识	5-3
(一) 蜗杆传动的分类	5-3
1. 普通圆柱蜗杆	5-3
2. 圆弧齿圆柱蜗杆	5-6
3. 双导程蜗杆	5-6
4. 圆弧面蜗杆	5-7
(二) 蜗杆传动的特性	5-7
三、非变位普通圆柱蜗杆传动几何计算	5-10
四、普通圆柱蜗杆传动的变位及其几何计算	5-23
(一) 径向变位	5-23
(二) 切向变位	5-24
(三) 变位普通圆柱蜗杆传动几何计算	5-25
五、普通圆柱蜗轮和蜗杆的测绘	5-29
(一) 几何参数的测量	5-29
1. 蜗杆头数 z_1 和蜗轮齿数 z_2	5-29
2. 蜗杆及蜗轮的齿顶圆直径 D_{w1} , D_{w2}	5-29
3. 蜗杆螺牙齿全高 h_1	5-29
4. 蜗杆轴向齿距 t_a	5-29
5. 蜗杆螺牙齿形角 α	5-29
6. 中心距 A	5-30
(二) 基本参数的确定	5-31
1. 蜗杆螺旋类型	5-31
2. 模数制、径节制或周节制	5-31
3. 齿形角 α 及模数 m (或径节 DP 、周节 CP)	5-36
(三) 变位蜗轮的识别	5-37
六、普通圆柱蜗杆传动的强度验算	5-41
七、蜗轮蜗杆材料及热处理	5-44
八、普通圆柱蜗杆传动的精度等级及公差	5-46
(一) 精度等级	5-46
1. 精度等级	5-46
2. 蜗杆传动精度等级的选择	5-47
3. 蜗杆传动的精度检验项目	5-47
(二) 蜗杆、蜗轮和传动的各种偏差的定义和代号	5-48

(三) 精度规范	5-53
1. 蜗杆精度规范	5-53
2. 蜗轮精度规范	5-54
3. 运动蜗杆传动(可调节)的安装精度规范	5-56
4. 动力蜗杆传动(不可调节)的安装精度规范	5-56
(四) 侧隙规范	5-57
(五) 蜗杆蜗轮毛坯精度	5-62
(六) 蜗杆蜗轮工作图	5-64
九、双导程蜗杆传动	5-66
(一) 常用名称及代号	5-66
(二) 双导程蜗杆传动一般知识	5-67
(三) 双导程蜗杆传动的几何计算	5-69
(四) 双导程蜗杆和蜗轮的测绘	5-73
1. 基本参数的确定	5-73
2. 测绘方法及程序	5-77
3. 双导程蜗杆蜗轮工作图	5-81
十、圆弧齿圆柱蜗杆传动	5-83
(一) 概述	5-83
(二) 圆弧齿圆柱蜗杆传动几何计算	5-84
(三) 圆弧齿圆柱蜗杆蜗轮工作图	5-85
附录 圆弧面蜗杆传动	5-87
(一) 圆弧面蜗杆传动的类型	5-87
(二) 圆弧面蜗杆传动的基本参数及几何计算	5-89
(三) 圆弧面蜗杆传动的承载能力计算	5-98
参考文献	5-99
表次(代索引)	5-100

一、蜗杆传动的常用名称及代号

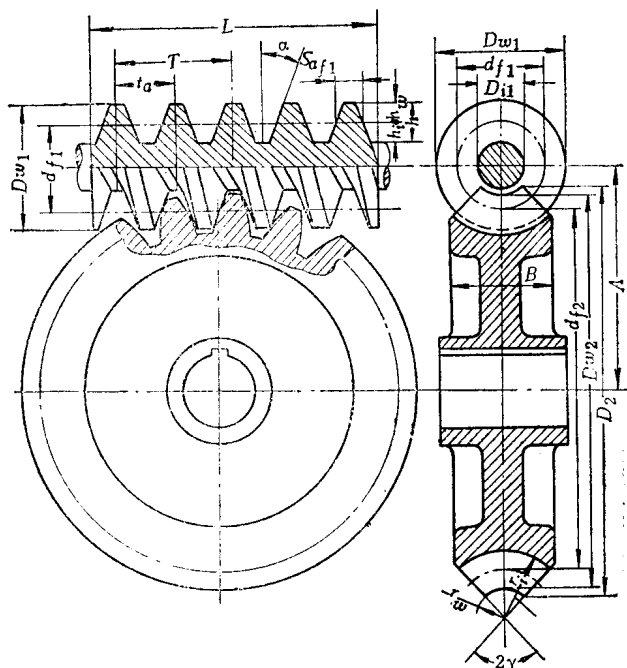


图5-1-1 蜗杆传动啮合图

A ——实际啮合中心距

 A_0 ——非变位的啮合中心距 B ——蜗轮宽度

C_0 ——径向間隙系数

 D_2 ——蜗轮外径 D_p ——径节 D_{i1} ——蜗杆齿根圆直径 D_{f2} ——蜗轮齿根圆直径 D_{w1} ——蜗杆齿顶圆直径 D_{w2} ——蜗轮齿顶圆直径

d_1 ——蜗杆节圆直径

 d_2 ——蜗轮节圆直径 d_{f1} ——蜗杆分度圆直径 d_{f2} ——蜗轮分度圆直径 d_{f2} ——蜗轮基圆直径 f_0 ——齿高系数

- h —— 齿全高
 h_f —— 齿根高
 h_w —— 齿顶高
 h_{wd} —— 蜗轮滚刀齿顶高
 h_{xf2} —— 蜗轮分度圆弦齿高
 h_{xnf1} —— 蜗杆分度圆法向弦齿高
 h_{xnf2} —— 蜗轮分度圆法向弦齿高
 L —— 蜗杆螺纹部分长度
 m —— 蜗杆轴向模数, 蜗轮端面模数
 m_n —— 蜗杆(轮)法向模数
 m_e —— 蜗杆端面模数
 p —— 啮合节点
 q —— 蜗杆特性系数
 r_i —— 蜗轮齿根圆弧面半径
 r_w —— 蜗轮齿顶圆弧面半径
 $\widehat{S}_{f2}$ —— 蜗轮分度圆弧齿厚
 S_{of1} —— 蜗杆螺牙在分度圆柱上的轴向齿厚
 S_{nf1} —— 蜗杆螺牙沿分度圆柱的法向齿厚(名义的)
 S_{xnf1} —— 蜗杆螺牙分度圆法向弦齿厚(测量的)
 S_{xf2} —— 蜗轮齿分度圆弦齿厚
 S_{xnf2} —— 蜗轮齿分度圆法向弦齿厚
 T —— 蜗杆螺牙导程
 t_a —— 蜗杆轴向齿距
 t_n —— 蜗杆法向齿距
 z_1 —— 蜗杆头数
 z_2 —— 蜗轮齿数
 z'_2 —— 蜗轮变位后的齿数
 α —— 蜗杆螺牙轴向齿形角
 α_n —— 蜗杆(轮)法向齿形角
 α_s —— 蜗杆端面齿形角
 β_f —— 蜗轮分度圆螺旋角
 γ —— 蜗轮齿冠面角之半
 ξ —— 变位系数

二、蜗杆传动啮合基本知识

蜗杆传动与螺旋圆柱齿轮传动一样，用于既不平行又不相交的两轴。从蜗杆传动的形式来看，蜗轮蜗杆可以说是螺母与螺杆进一步的运用。蜗杆可以看成螺旋齿轮的一种特殊形态（它的齿数甚少，只有一个齿或数个齿），蜗轮可以看作是螺旋齿轮。在啮合传动时，蜗杆转一转，带动蜗轮转过一个齿或几个齿。

如果将蜗杆开刃当作齿轮滚刀来加工蜗轮，并使蜗轮与滚刀之间保持蜗轮蜗杆传动的速比各作等速均匀回转，这样加工出来的蜗轮，与蜗杆啮合时，可以保证瞬时速比不变，蜗轮与蜗杆也能很好地啮合。由此可见，蜗轮的齿形是由蜗杆的齿形来决定的（不一定是渐开线）。当蜗轮蜗杆的轴交角为 90° 时，蜗轮的螺旋角 β_f 和蜗杆螺牙的导角 λ_f 大小相等方向（右旋或左旋）相同。

从蜗轮中心平面的剖面来看（图5-1-1），蜗杆传动（当蜗杆为阿基米德螺旋线蜗杆）可以看成是渐开线齿轮与齿条的啮合。所以蜗杆传动的设计计算一般都以蜗轮中心平面剖面的参数和尺寸为基准。

（一）蜗杆传动的分类

蜗杆传动按其结构不同，常见的有普通圆柱形蜗杆传动，圆弧齿圆柱蜗杆传动，双导程（渐厚螺纹）蜗杆传动及圆弧面蜗杆传动四类。

1. 普通圆柱蜗杆

普通圆柱蜗杆按其螺旋面的形成特性，可分为阿基米德螺旋线蜗杆（图5-2-1），延长渐开线蜗杆（图5-2-2），渐开线蜗杆（图5-2-3）及剃形盘铣刀或砂轮磨削的蜗杆（图5-2-4）四种。

（1）阿基米德螺旋线蜗杆 其端面上的齿廓是阿基米德螺旋线，轴向剖面为直线齿廓，法向剖面上的齿廓是凸形曲线。这种蜗杆可在车床上加工，不需要特殊设备，因此应用最为广泛。缺点是传动效率低，通常为50~80%，蜗轮副的齿部磨损较快，因此，一般用于不重要，载荷小，转数低的传动。

（2）延长渐开线蜗杆 其端面上的齿廓是延长渐开线，轴向剖面上的齿廓是凸形曲线，螺牙或螺槽在法向剖面为直边齿廓，因而又称为法向直廓

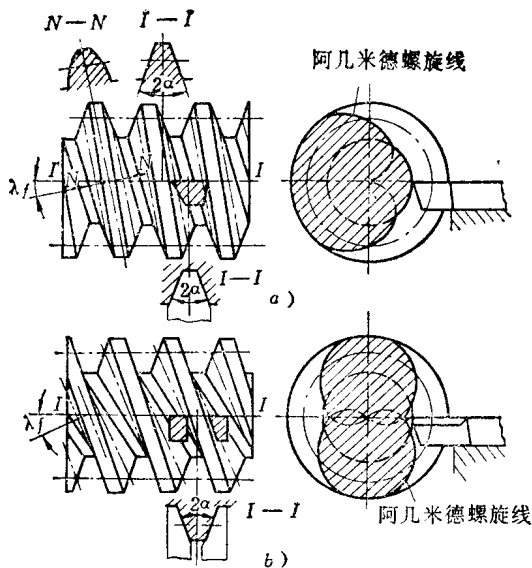


图5-2-1 阿基米德螺旋线蜗杆

a) 当 $\lambda_f \leq 3^\circ$ 时, 单刀切削; b) 当 $\lambda_f > 3^\circ$ 时, 双刀切削

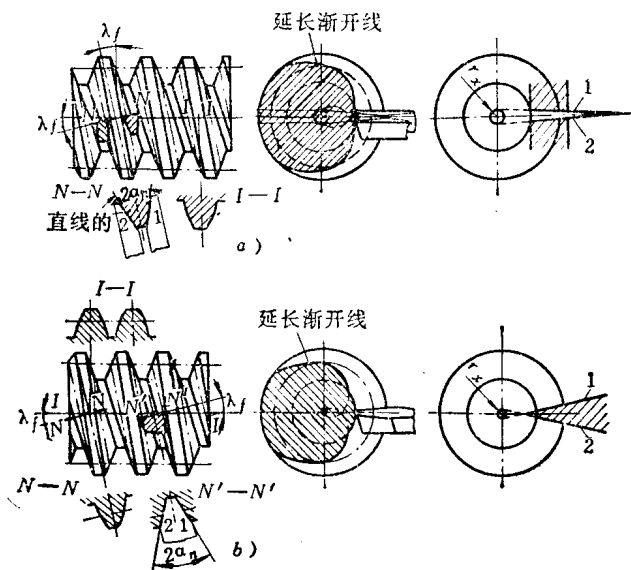


图5-2-2 延长渐开线蜗杆

a) 蜗牙对称地延长渐开线; b) 螺旋槽对称地延长渐开线

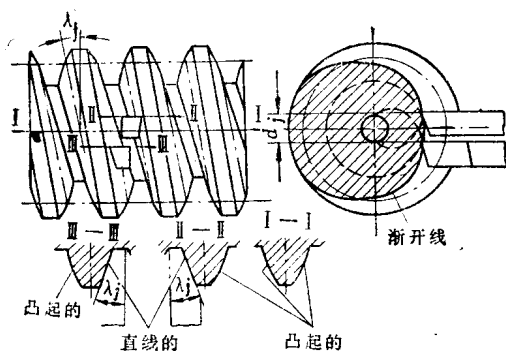


图5-2-3 渐开线蜗杆

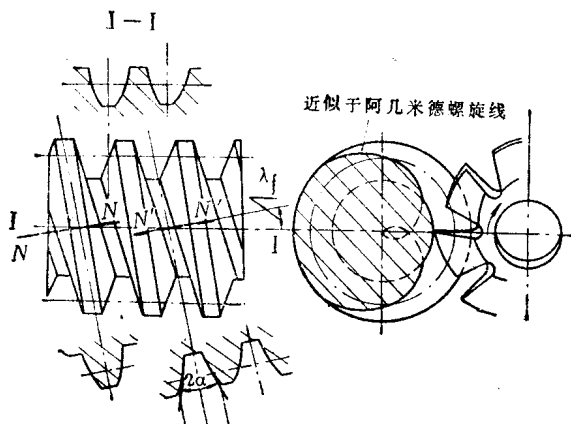


图5-2-4 盘铣刀或砂轮磨削的蜗杆

蜗杆。延长渐开线和渐开线蜗杆一样，可以用砂轮端面来加工，也就可能制造更精密的啮合和耐磨的蜗轮副，传动效率也高，而加工过程比渐开线蜗杆简单，滚齿机，磨齿机等精密蜗轮副一般都采用这种蜗杆。

(3) 渐开线蜗杆 其端面齿廓是渐开线，轴向剖面是呈凸形的曲线齿形，在与基圆柱相切的平面上，蜗杆螺牙是直线齿廓。这种蜗杆传动效率可高达90%，但加工过程复杂，制造成本高。这种蜗杆一般少见，通常应用在载荷大，转速高的场合。

(4) 用剃形盘铣刀铣切或用砂轮磨削的蜗杆 螺槽法向剖面的齿廓为

轻度凸形曲线, 轴向剖面为轻度凹形曲线, 端面齿廓是近似阿基米德螺旋线。

2. 圆弧齿圆柱蜗杆

圆弧齿圆柱蜗杆是圆柱蜗杆的一种, 它的齿形是由曲线母线作螺旋运动形成的。如阿基米德—圆弧齿形的蜗杆就是由半径为 P 的圆弧作母线, 按阿基米德螺旋面的成型原理, 即把刀刃为半径 P 的弧线的车刀放在轴线平面上进行车削而成 (图 5-2-5)。其蜗杆轴向剖面齿廓为半径等于 P 的一段圆弧。这种蜗杆是凹凸啮合, 因而其承载能力较普通蜗杆提高 $1.5 \sim 2$ 倍 (当中心距 $A < 400$ 毫米时), 传动效率比普通蜗杆提高 $10 \sim 15\%$, 使用寿命长, 温升低, 但加工工艺比普通圆柱蜗杆复杂。

3. 双导程蜗杆

双导程蜗杆传动就是蜗杆的左右螺旋面各取一个导程值, 由于左右螺旋面导程间有一个差值, 累积变化起来, 就形成了渐变的齿厚, 故也有渐厚蜗杆之称。双导程蜗杆传动按其螺旋面的形状, 也可分为阿基米德螺旋线、渐开线、延长渐开线三种。和普通的单导程蜗杆传动相比, 其主要优点是在不变位的情况下, 只需调整蜗杆的轴向位置, 就可得到要求的侧隙, 达到平稳

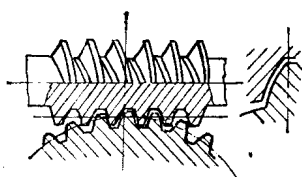


图5-2-5 圆弧齿圆柱蜗杆传动

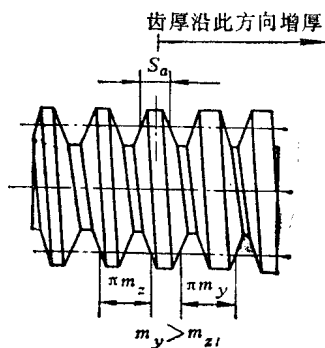


图5-2-6 双导程蜗杆

地传动。在蜗轮副磨损以后, 还能进行调整, 以保证正确的侧隙, 从而保证传动精度。由此带来的另一个优点, 可以降低蜗轮蜗杆中心距的加工精度要求。但这种蜗轮副制造工艺较复杂, 须专用滚刀加工蜗轮。双导程蜗杆传动用在运动精度要求较高的地方, 如机床分度机构、读数机构中。而延长渐开线的双导程蜗杆, 已越来越广泛地得到应用。

4. 圆弧面蜗杆

圆弧面蜗杆的节圆不是圆柱形，而是一个圆弧母线的回转体(图5-2-7)。这种蜗杆传动接触应力低，啮合面油楔形成条件好，同时啮合的齿数多，其承载能力约为普通蜗杆的1.4~4倍，传动效率也高，但制造和安装精度都要求较高。在传递功率较大，位置受限制的地方(如矿山冶金机械中)常用这种蜗杆传动。

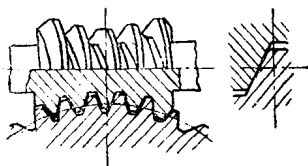


图5-2-7 圆弧面蜗杆传动

(二) 蜗杆传动的特性

由于蜗杆螺牙是螺旋面，在各种不同的剖面上，蜗杆的齿形是不同的。例如阿基米德螺旋线蜗杆，中心平面的剖面齿廓是直线形的，而与其他中心平面相平行的其他剖面齿廓则从一边的凸形转变到另一边的凹形。螺牙导程角越大，这种变化也越大，从图5-2-8可知， $\alpha_n = 14\frac{1}{2}^\circ$ 剖面G的齿廓就像一把切削刀具，这种情况对蜗轮啮合传动是很不利的，它象一把刀在切削蜗轮的

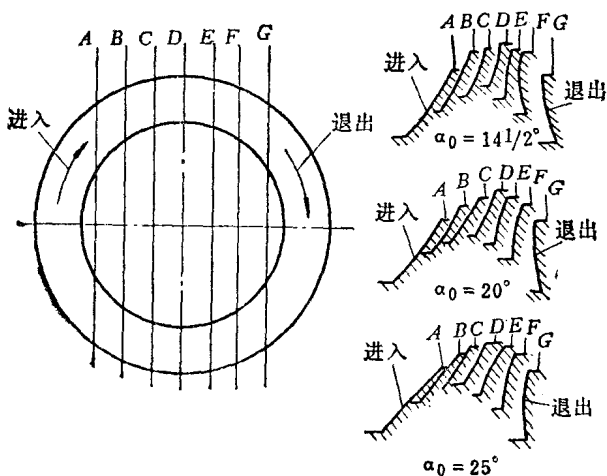


图 5-2-8

齿面。因此, 为了获得有利的蜗杆齿形, 蜗杆的齿形角 α 与螺牙的导角有一定的关系 (表5-2-1)。对蜗轮的宽度 B 也有一定的限制。

表5-2-1 齿形角 α 与螺牙导角 λ_f 的关系

λ_f	$<15^\circ$	$15^\circ \sim 25^\circ$	$25^\circ \sim 35^\circ$	$>35^\circ$	备 注
α	20°	$22\frac{1}{2}^\circ$	25°	30°	引自[11]
	$14\frac{1}{2}^\circ$	20°	25°	30°	引自[33]
	20°	20°	25°	25°	

单头精密传动, 为了加大重叠系数, 当蜗杆齿全高为 $0.88t_a$, 蜗杆轴向齿形角可选择 $10^\circ \sim 15^\circ$, 如 Y 7131 齿轮磨床蜗杆的齿形角 $\alpha = 9^\circ$ 。

蜗杆传动的重叠系数 ε , 反映了蜗杆传动的啮合情况, 为了能够概略地进行评定, 必须研究蜗轮中心截面上的轮齿啮合情况, 从而将蜗杆的啮合看成是一个齿条与一个齿轮的啮合。阿基米德蜗杆传动在蜗轮中心剖面的重叠系数为:

$$\varepsilon_o = \frac{\sqrt{\left(\frac{D_{w2}}{2}\right)^2 - \left(\frac{d_{f2}}{2}\right)^2 \cos^2 \alpha} - \sqrt{\left(\frac{d_{f2}}{2}\right)^2 - \left(\frac{d_{f2}}{2}\right)^2 \cos^2 \alpha} + \frac{h_{w1} - \xi_m}{\sin \alpha}}{t_a \cos \alpha}$$

$$= \frac{1}{2\pi} \left[\sqrt{\left(\frac{z_2 + 2f}{\cos \alpha}\right)^2 - z_2^2} - z_2 \operatorname{tg} \alpha + \frac{4(f - \xi)}{\sin 2\alpha} \right]$$

$$\varepsilon_n = \frac{\varepsilon_o}{\cos^2 \lambda_f}$$

当蜗轮齿数少时, 蜗轮滚刀 (蜗杆型滚刀) 的顶也有可能使蜗轮轮齿产生根切, 这样会使齿根变弱, 从而使重叠系数也减小。避免根切的最少齿数 $z_{\min}$ 按下式求出:

$$\overline{CN} = \frac{h_{wd}}{\sin \alpha} = \frac{z_{\min} m \sin \alpha}{2}$$

$$z_{\min} = \frac{2h_{wd}}{m \sin^2 \alpha}$$

式中 h_{wd} ——蜗轮滚刀的齿顶高。

蜗杆传动的另一个特性是: 蜗杆螺牙的导角 λ_f 小于 5° 时, 蜗杆传动具有自锁性 (只能由蜗杆带动蜗轮, 蜗轮不能带动蜗杆)。自锁角 ρ 的正确计算公式:

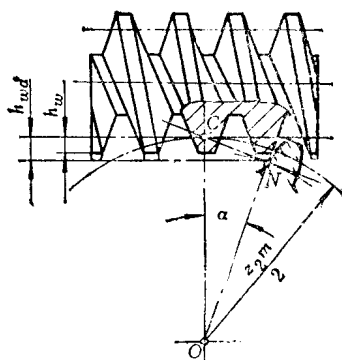


图5-2-9 蜗杆或滚刀与蜗轮的啮合（蜗轮中心剖面）

$$\operatorname{tg} \rho = \frac{\mu}{\cos \alpha_n}$$

式中 μ —— 蜗杆传动的摩擦系数；

α_n —— 蜗杆螺牙法向齿形角。