



螺旋锥齿轮

北京齿轮厂 编

科学出版社



78.2463

163

螺旋锥齿轮

北京齿轮厂编

科学出版社

内 容 简 介

本书是北京齿轮厂的工人、技术人员和干部,总结了该厂数年来生产螺旋锥齿轮的实践经验,并搜集了生产中需用的有关资料编写的。

书中包括:锥齿轮的一般概念;螺旋锥齿轮的切齿原理、方法和机床;螺旋锥齿轮铣刀盘;螺旋锥齿轮的设计、切齿计算、机床调整、齿面接触区控制、齿部检验以及提高螺旋锥齿轮加工精度和切齿效率的方法等内容。所介绍的螺旋锥齿轮齿线型式分为两种:即圆弧齿锥齿轮和延伸外摆线齿锥齿轮。书中较全面地阐述了螺旋锥齿轮生产中的有关问题。

本书可供从事齿轮制造的工人及技术人员参考,可作为专业培训参考书,亦可供有关大专院校师生阅读。

DK15/19

螺旋锥齿轮

北京齿轮厂 编

*

科学出版社 出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1974年5月第一版 开本:787×1092 1/16

1974年5月第一次印刷 印张:23 3/4

印数:0001—75,800 字数:551,000

统一书号:15031·54

本社书号:149·15—3

定价: 1.70 元

前 言

随着我国社会主义工业的飞跃发展,螺旋锥齿轮日益广泛地应用于机器制造的各个行业。因此,较系统地认识螺旋锥齿轮,对提高生产效率和制造质量都是很必要的。

在螺旋锥齿轮的设计和制造方面,深感现有资料比较零散,给工作带来一些困难。遵照伟大领袖毛主席关于“**要认真总结经验**”的教导,我们组织了有经验的老工人和技术人员,初步总结了我厂几年来特别是无产阶级文化大革命以来生产螺旋锥齿轮方面的一些实践经验,并收集了一些常用的设计与计算资料。经过整理,编写出这本书,以供齿轮制造工人和技术人员参考。

由于我们的政治、技术水平不高,书中一定会有不少缺点和错误,热忱地希望广大读者批评指正。

北 京 齿 轮 厂

目 录

第一章 概述	1
第一节 螺旋锥齿轮的类型和特点	1
一、按齿面节线分类	1
二、按轴线相互位置分类	3
三、按齿高分类	4
四、螺旋锥齿轮的特点	6
第二节 锥齿轮的啮合概念	7
一、节锥、节锥母线和旋转节平面	8
二、假想平面齿轮的概念	9
三、假想平顶齿轮的概念	10
四、双曲线齿轮传动的关系	11
第三节 螺旋锥齿轮各部名称与代号	11
一、锥齿轮的五个锥面和四个角	11
二、轮齿的各要素名称	12
三、锥齿轮主要代号与名称	15
第二章 螺旋锥齿轮切齿原理、方法和机床	17
第一节 螺旋锥齿轮的切齿原理和方法	17
一、切齿原理	17
二、切齿方法	18
第二节 螺旋锥齿轮的切齿机床	21
一、切齿机床的种类	21
二、切齿机床的规格	23
三、切齿机床的传动路线和主要典型结构	23
第三节 切齿机床的主要调整部位	35
一、确定铣刀盘中心位置的调整部位	35
二、确定轮坯位置的调整部位	36
三、确定刀盘与被切齿轮运动关系的调整部位	37
第四节 切齿机床的维护保养和操作注意事项	38
一、切齿机床的维护保养	38
二、安全操作注意事项	38
三、机床运转中应该随时注意的几个问题	39
四、刀具及工件装卸操作中应该注意的问题	39
五、其他方面	40

第三章 铣刀盘	41
第一节 圆弧齿锥齿轮铣刀盘	41
一、铣刀盘的类型、结构和各部名称	41
二、铣刀盘的构成要素	48
三、铣刀盘的刃磨和检验	64
四、其他型式圆弧齿铣刀盘介绍	69
第二节 延伸外摆线齿锥齿轮铣刀盘	72
一、铣刀盘的类型、结构和各部名称	72
二、铣刀盘各主要参数的确定	78
三、铣刀盘的刃磨和检验	92
第四章 螺旋锥齿轮设计	97
第一节 锥齿轮载荷的确定	97
一、电机驱动时锥齿轮载荷的确定	97
二、车辆用锥齿轮载荷的确定	98
第二节 螺旋锥齿轮参数的初步选择	100
一、齿轮分度圆直径的选择	100
二、初步选定齿数及模数	102
三、齿面宽的确定	104
四、双曲线齿轮小轮的偏置	105
五、螺旋角的选择	106
六、螺旋方向的选择	108
七、压力角的选择	108
第三节 圆弧齿锥齿轮的几何计算	109
一、普通螺旋锥齿轮的几何计算	110
二、零度螺旋锥齿轮的几何计算	120
三、圆弧齿双曲线齿轮几何尺寸计算	121
第四节 延伸外摆线齿锥齿轮几何尺寸计算	136
一、N型齿轮齿部几何尺寸计算	139
二、特型齿轮的计算	154
三、H型齿轮齿部几何尺寸计算	156
第五节 螺旋锥齿轮的强度验算	176
一、圆弧齿锥齿轮的强度验算	178
二、延伸外摆线齿锥齿轮的强度验算	185
第六节 螺旋锥齿轮的安装设计	193
一、轴承载荷的确定	194
二、螺旋锥齿轮和双曲线齿轮的安装形式	195
三、齿轮接触区和齿侧间隙在安装时的调整	199
第七节 螺旋锥齿轮工作图的拟定	200
一、锥齿轮的材料选择及热处理技术要求	200
二、齿轮的结构	204

三、螺旋锥齿轮的齿部精度要求	206
四、齿轮轮坯公差	212
五、绘制工作图	219
第八节 螺旋锥齿轮简易测绘	225
第五章 螺旋锥齿轮的切齿计算	229
第一节 注意事项	229
一、计算过程的注意事项	229
二、刀盘及机床调整表填写注意事项	230
第二节 圆弧齿锥齿轮的切齿计算	230
一、固定安装双面法切齿计算	230
二、单刀号单面切削法切齿计算	238
三、双重双面切削法切齿计算	243
四、利用刀轴倾斜改变齿形角的机床调整计算	246
五、零度螺旋锥齿轮的切齿计算	248
六、半滚切螺旋锥齿轮的切齿计算	251
七、双曲线齿轮的切齿计算	265
第三节 延伸外摆线齿锥齿轮的切齿计算	282
一、N型齿的切齿计算	282
二、G型延伸外摆线齿锥齿轮切齿计算	292
三、双曲线齿轮 HG 型和 HN 型切齿计算	298
第六章 螺旋锥齿轮齿面接触区的调整	306
第一节 锥齿轮齿面接触区	306
一、锥齿轮齿面接触区及其重要性	306
二、接触区的变化规律	306
第二节 接触区修正的基本原理与方法	310
一、接触区修正的一般顺序	310
二、在切齿机上修正接触区的基本原理与方法	310
三、延伸外摆线齿锥齿轮的接触区修正	328
四、切齿调整中应注意的几个问题	332
第七章 螺旋锥齿轮切齿后的检验	339
第一节 滚动检验机	339
一、滚动检验机的类型	339
二、滚动检验机的精度校对	340
三、滚动检验机安装距离的调整	341
第二节 螺旋锥齿轮切齿后的运转检验	342
一、齿面接触区检验	342
二、齿厚检验及齿侧间隙检验	342
三、齿轮噪音的检验	343

第三节 螺旋锥齿轮 $\frac{V}{H}$ 检验法	344
一、 $\frac{V}{H}$ 检验法的含义	344
二、 $\frac{V}{H}$ 检验法可确定的问题	346
三、 $\frac{V}{H}$ 检验法的全过程	349
第八章 提高螺旋锥齿轮制造精度和切齿效率的方法	353
第一节 提高螺旋锥齿轮制造精度的方法	353
一、切齿工序的误差	353
二、螺旋锥齿轮的热处理变形	356
三、齿轮的研磨	361
第二节 提高切齿效率的方法	367
一、正确选择进给量及机床调整	367
二、合理选择切削方法	369
本书常用符号对照表	372

第一章 概述

齿轮生产在现代化机械制造业中占有重要地位。尤其在汽车、拖拉机和机床等机械工业的生产中占有相当的比重。随着我国社会主义建设的发展,我国锥齿轮的生产也在迅速地增长着。

在锥齿轮传动中,特别是在相交轴线的传动中,直齿锥齿轮得到相当广泛的应用。而且直齿锥齿轮比螺旋锥齿轮易于加工,其齿线在传动中也不产生轴向力。但是,在传动的平稳性以及承载能力等方面,直齿锥齿轮却不如更加优越的螺旋锥齿轮。本章将对螺旋锥齿轮作一简要介绍。

第一节 螺旋锥齿轮的类型和特点

螺旋锥齿轮可以有多种分类,如按齿面节线、轴线间相互位置、齿高、齿形以及螺旋角等方面进行分类,也可以按用途进行分类,等等。现在简要介绍下面几种常见的分类。

一、按齿面节线分类

“螺旋锥齿轮”是对于齿面节线为曲线的锥齿轮的习惯叫法(也有叫螺旋伞齿轮的)。如果按锥齿轮齿面节线的曲线型式分类(也就是按沿齿长方向齿面与节锥面的交线的特点分类),一般有以下三种:

1. 圆弧齿锥齿轮(图 1-1)

这种齿轮用的相当广泛,其轮齿是用圆形端铣刀盘切制的。圆弧齿是指工件的假想

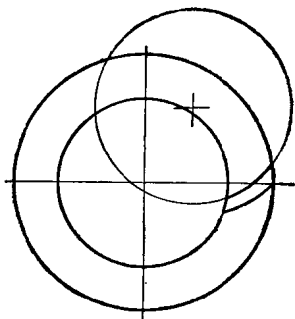


图 1-1 圆弧齿锥齿轮

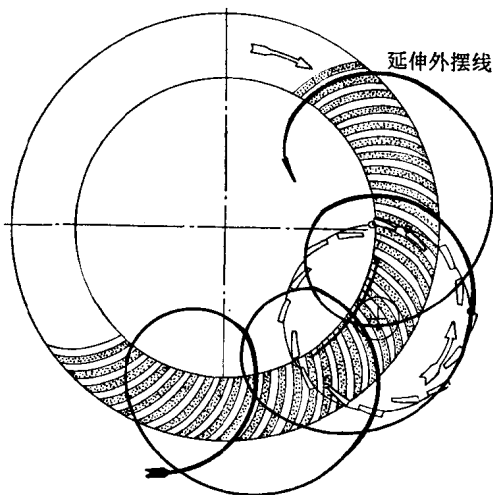


图 1-2 延伸外摆线齿锥齿轮

平面齿轮的齿面节线是圆弧的一部分。工件的齿线是与假想平面齿轮共轭的。为了保证传动的平稳性、增大重迭系数,齿轮的螺旋角一般用 35° 。

由于是圆弧齿,对于实现磨齿工艺也是比较容易的,它为高精度及高速运转的锥齿轮,提供了良好的制造条件。

我国生产的 YS2250、Y225 以及 Y2280 等型号的锥齿轮铣齿机床都是制造这种圆弧齿锥齿轮的。

2. 延伸外摆线齿锥齿轮

这种齿轮的齿面节线是延伸外摆线的一部分(图 1-2)。当一个圆在一条直线上作无相对滑动的滚动时,圆的一点相对于此直线所走的轨迹叫做摆线(图 1-3)。这个作纯滚动的圆叫做“滚动圆”。如果滚动圆沿着一个叫做“基圆”的内圆周作纯滚动时,滚动圆上一点的轨迹叫做“内摆线”(图 1-4);滚动圆在基圆的外侧圆周作纯滚动时,滚动圆上一点的轨迹叫做“外摆线”(图 1-5)。

如果在外摆线滚动圆外有一任意点 B 与滚动圆相对固定(图 1-6)。 B 点相当于滚动圆延长半径上的一点。当滚动圆在基圆上作纯滚动时, B 点所走的轨迹叫做“延伸外摆线”(图 1-6)。延伸外摆线齿锥齿轮的假想平面齿轮齿面节线就是这种曲线的一部分(图 1-2)。

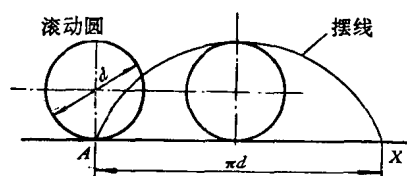


图 1-3 摆线

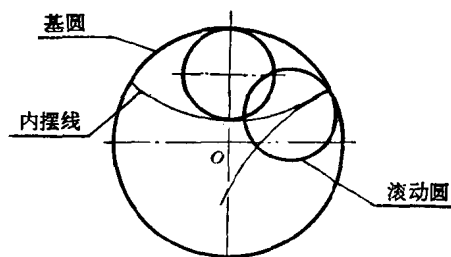


图 1-4 内摆线

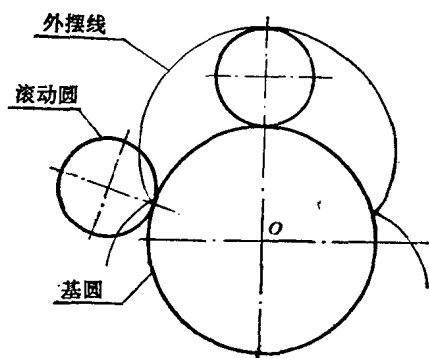


图 1-5 外摆线

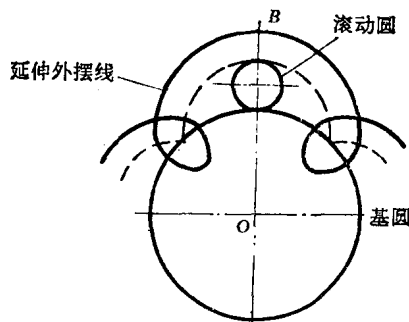


图 1-6 延伸外摆线

延伸外摆线齿锥齿轮,一般是用装有一定刀片组数的端铣刀盘切制的,每组刀片切制工件的一个齿间,相邻的一组刀片切制工件的相邻的另一个齿间。如果刀盘上装有 Z_w 组刀片,刀盘每转一周时工件转过 Z_w 齿间。当刀盘连续廻转时,工件也必须连续廻转以便分齿,所以称这种齿轮是连续切削的,无需间歇分齿。

切制延伸外摆线齿锥齿轮的铣刀盘的每组刀片,当刀盘廻转时,每组刀片相对于摇台的轨迹代表着假想平面齿轮的一个轮齿。有 Z_w 组刀的刀盘旋转一周时,就相当于齿数为 Z_p 的假想平面齿轮转过 Z_w/Z_p 转,于是就有一个节点 M_o 。在刀盘中心与假想平面齿轮中心的连心线 O_dO 上(图 1-7),在这一点上刀盘和假想平面齿轮的相对速度为零, M_o 点叫做瞬时廻转中心。当假想平面齿轮固定不动时,刀盘相对于假想平面齿轮的运动相当于以 M_o 为中心的瞬时廻转。当 Z_w 以及 Z_p 为一定值时, M_o 点到 O 和 O_d 点距离为定值,即 $E_b/E_y = Z_w/Z_p$, 所以刀盘相对于假想平面齿轮的运动为以 E_b 为半径的滚动圆对于半径为 E_y 的基圆作纯滚动运动。刀片半径大于滚动圆半径,所以刀片相对于假想平面齿轮的运动轨迹为一延伸外摆线。图 1-7 中 OO_d 为刀位 E_x , 并且 $E_x = E_y + E_b$ 。

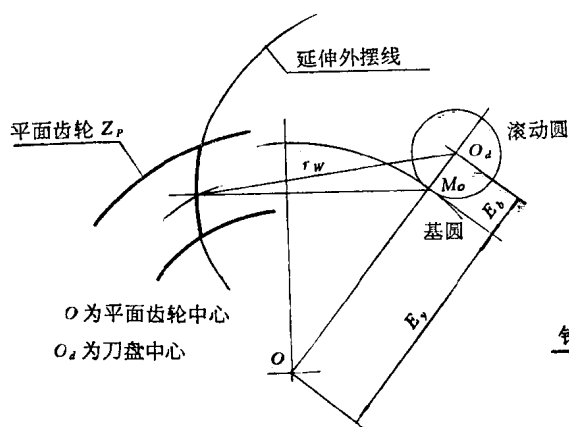


图 1-7

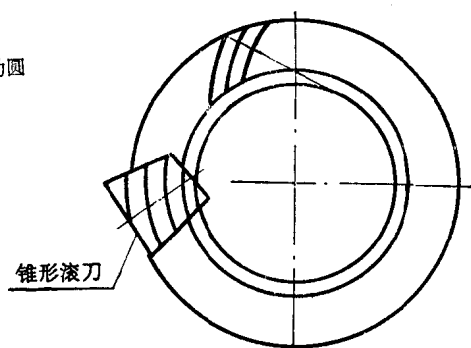


图 1-8 准渐开线齿面节线锥齿轮

3. 准渐开线齿锥齿轮(图 1-8)

这种齿轮是在用锥形滚刀的铣齿机上加工的。其假想平面齿轮齿面节线为准渐开线。切削过程也是连续的。铣齿机是由克林根伯格(Klingelnberg)厂制造的,现已不生产。

以上三种齿轮的齿形曲线都是渐开线的。在齿面节线型式方面,最广泛使用的为圆弧锥齿轮,再者就是延伸外摆线齿锥齿轮了。

二、按轴线相互位置分类

一对螺旋锥齿轮,由于使用的需要,其轴线间相互位置关系主要有下面几种。

1. 两轴线垂直相交

两轴线交角为 90° 。一般的螺旋锥齿轮,都用垂直相交轴线。相交轴线的锥齿轮,运转时在齿长方向上没有相对滑动(见图 1-9)。

2. 轴线相交但不垂直的锥齿轮(图 1-10)

这种齿轮轴线间可以成任何角度的传动。垂直相交轴线是这种齿轮的一种特殊情况。相交不垂直的轴线关系使用的较少。

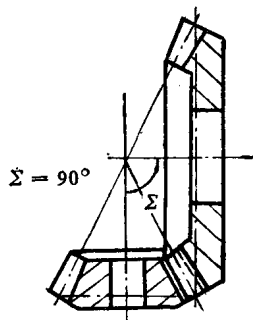


图 1-9 垂直相交轴线锥齿轮

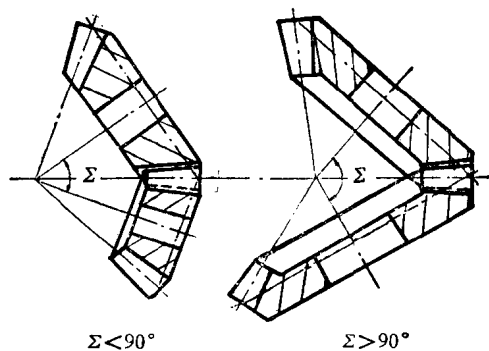


图 1-10 不垂直的相交轴线锥齿轮

3. 轴线偏置的锥齿轮

这种齿轮相当于把垂直相交轴的小齿轮轴线,向上或向下偏置一个距离 E (图 1-11),

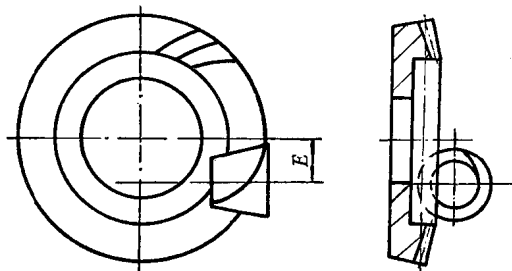


图 1-11 双曲线齿轮

这个距离叫做“偏置量”。轴线偏置可使小轮有较大的螺旋角,一般可达 50° 左右。由于小轮螺旋角增大,也增大了小轮的端面模数,从而也增大了小轮的直径,并提高了小轮的强度和寿命。这种齿轮沿齿长方向和齿高方向都存在着相对滑动。轴线偏置齿轮的习惯叫法为“双曲线齿轮”,这是因为这种齿轮的节面为一双曲线旋转体表面的一部分,在此

节面上有相对滑动运动。也有叫“准双曲线齿轮”或“准双曲面齿轮”的。

三、按齿高分类

即沿齿长方向上,看齿的大端和小端的齿高是否一致来分类。

1. 等高齿锥齿轮

即从齿的大端到小端齿高是一样的。这种齿轮的面角、根角和节角均相等。使用连续切削法的奥利康(Oerlikon)锥齿轮铣床,一般是加工等高齿的。圆弧齿锥齿轮也可以用等高齿。

切制等高齿锥齿轮,不需要切削刀具的压力角修正,不象渐缩齿那样要有许多刀号,

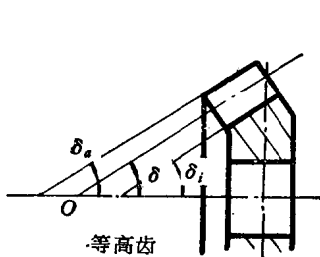


图 1-12 等高齿锥齿轮

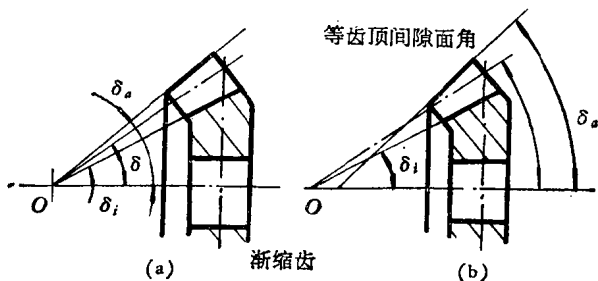


图 1-13 渐缩齿锥齿轮

在机床调整方面也相应的简化了。

2. 渐缩齿锥齿轮 (图 1-13)

轮齿从齿的大端向小端方向的齿高是逐渐缩小的。有的是按节锥母线长成比例的缩小 (图 1-13a); 有的齿顶平行于相配齿轮的齿根, 面锥的顶点不再与节锥顶点相交 (图 1-13b、1-14), 这种齿轮可以保证沿齿长方向有均等的齿顶间隙。

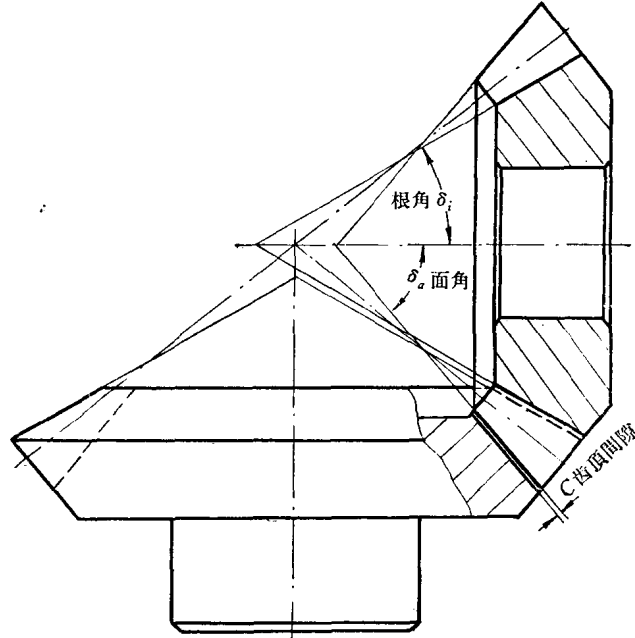


图 1-14

圆弧齿锥齿轮绝大多数都是采用渐缩齿。

3. 双重收缩齿 (图 1-14)

这种齿轮的根锥顶点、面锥顶点均不与节锥顶点重合。其根锥顶点位于节锥顶点的外侧, 其根角比非双重收缩齿的根角要小一个角度。

上面介绍的是几种常见的分类。除此以外, 还有按螺旋角或齿形分类的, 如零度螺旋

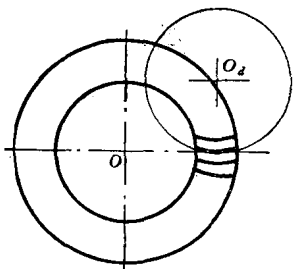


图 1-15 零度螺旋锥齿轮 (圆弧齿)

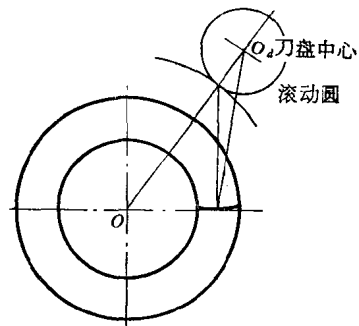


图 1-16 零度螺旋锥齿轮 (延伸外摆线齿)

锥齿轮和半滚切锥齿轮等。

零度螺旋锥齿轮系指齿面中点螺旋角为零度的螺旋锥齿轮(图 1-15、1-16)。它比直齿锥齿轮有更大的重迭系数,并且避免由于齿线螺旋角而增加轴向力。可以直接取代直齿锥齿轮,但是对轴向安装误差较敏感。

半滚切锥齿轮:当锥齿轮传动比较大时,大齿轮的齿侧形状近于直线,当传动比大于 2.5 以上的锥齿轮时,切制大轮可以不作滚切(展成)运动,而直接以直线齿廓作为大轮齿形。这样可以显著的缩短切削时间,提高生产率。因为大轮如果用滚动切削,滚动(摇台)摆角相当大,滚切时间相当长。由于大轮用直线齿廓,小轮切齿时要对齿形加以修正(图

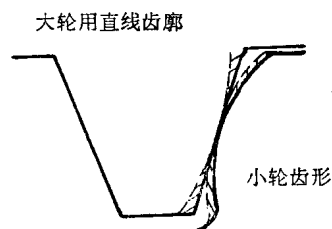


图 1-17 半滚切锥齿轮齿形

1-17),以保证啮合传动正确。齿轮的传动比越大,小轮的齿形修正越小。半滚切锥齿轮的称号是由于这一对锥齿轮中,大轮用成形法切削,小轮用滚切法切削,两者之中只有一个用滚动切削。这对于大量生产是非常有利的。

在半滚切法的基础上,出现了用圆拉刀盘切制大轮轮齿的螺旋成形法,这种方法无论在产量和接触精度方面都有很好的效果。

由于锥齿轮的设计与制造技术的日益发展,曲线齿锥齿轮有了很多新的类型。有的实现了大传动比高效率传动,部分地代替了蜗轮传动。

四、螺旋锥齿轮的特点

螺旋锥齿轮与直齿锥齿轮相比,在使用上有下列优点:

1. 增大了接触比,也就是增加了重迭系数。由于螺旋锥齿轮的齿线是曲线的,在传动过程中至少有两个或两个以上的齿同时接触。重迭交替接触的结果,减轻了冲击,使传动平稳,降低了噪音。

2. 由于螺旋角的关系,重迭系数增大,因而负荷比压降低,磨损较均匀,相应的增大了齿轮的负载能力,增长了使用寿命。

3. 可以实现大的传动比,小轮的齿数可以少至五齿。

4. 可以调整刀盘半径,利用齿线曲率修正接触区。

5. 可以进行齿面的研磨,以降低噪音、改善接触区和提高齿面光洁度。

螺旋锥齿轮由于齿线螺旋角的存在,在传动中产生轴向力,在采用时应选择适当的轴承。

双曲线齿轮不仅具有上述螺旋锥齿轮的优缺点,而且,与螺旋锥齿轮比较,双曲线齿轮还具有下列优点:

1. 由于小轮轴线偏置,使小轮螺旋角增大到 50° 左右,致使小轮直径显著增加,因而可以更加增强小轮的强度及刚性。

2. 由于沿齿长方向和齿高方向都有相对滑动,所以齿面磨损较均匀。热处理后更便于进行研磨,改善接触区、提高齿面光洁度和降低噪音。

3. 比相交轴线的螺旋锥齿轮传动的重迭系数更大了,因此更加平稳,而且齿面所受的正压力小了。

4. 轴线位置的偏置,可以用于降低汽车的重心用以增加平稳性;也可以用来增加车身高度,增加汽车的越野性。

但是,双曲线齿轮对于齿轮润滑要求较高,对于安装误差较敏感,传动效率比普通螺旋锥齿轮低些,这些方面在设计和使用时要加以注意。

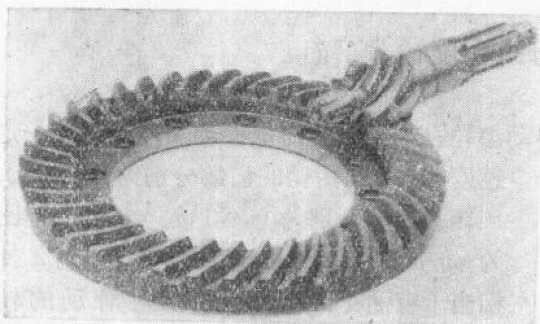


图 1-18 跃进-130 载重汽车螺旋锥齿轮

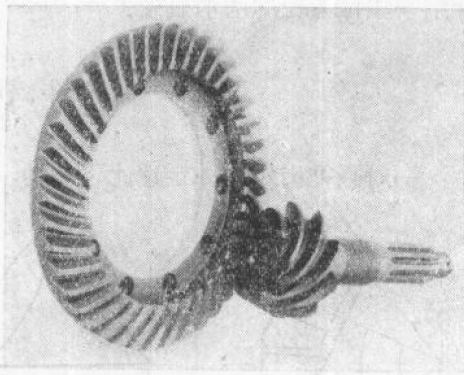


图 1-19 BJ-212 北京牌轻型越野车双曲线齿轮

第二节 锥齿轮的啮合概念

圆锥齿轮具有它的特点,但是在传动方面与圆柱齿轮又有共同之处。

在圆柱齿轮传动中,设有一对圆柱齿轮,齿数为 Z_1 和 Z_2^* , 廻转角速度分别为 ω_1 和 ω_2 。要保证这一对齿轮的传动比不变,应当有 $\omega_1/\omega_2 = Z_2/Z_1$ 的关系存在。这相当于有两个摩擦轮在传动(如图 1-20)。其两轮切点 P 的圆周速度相等,即相对滑动速度为零, P 点称为节点。当固定 Z_2 轮使 Z_1 轮旋转时, Z_1 轮在每一个瞬间相当于以 P 点为圆心相对于 Z_2 轮作旋转,所以 P 点又是两轮相对运动的瞬时廻转中心。以 r_1 和 r_2 为半径的圆叫做节圆。

设有一个极薄的铁片,弯曲成齿条形状。若此齿条与图 1-21 中的节圆等速移动,相应的轮坯用可塑材料制成,当按一定传动比移动时,分别在两轮上展成渐开线齿形。这

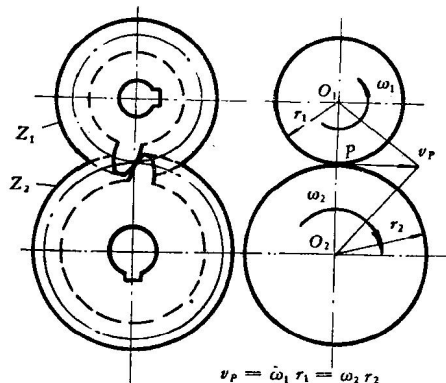


图 1-20

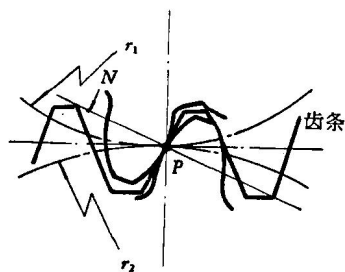


图 1-21

* 脚码“1”表示小齿轮,脚码“2”表示大齿轮。如 $Z_1 = 7$ 、 $Z_2 = 126$ 表示小齿轮齿数为 7 齿,大齿轮齿数为 126 齿。一般情况下,小齿轮作主动轮。

两个齿轮的齿形都与齿条共轭,因为都是在一定速度下由齿条展成的齿形,它们之间在接触点处有一条共同的法线 N ,而且沿法线方向上的相对速度为零。当把齿条撤去时,两个齿轮同样是共轭的。这个齿条叫做产形齿条。以上为圆柱齿轮传动的基本关系。当然,上面展成的渐开线齿形的齿轮,彼此间基圆齿距是一致的,即模数以及压力角一致。下面介绍一些锥齿轮的基本概念。

一、节锥、节锥母线和旋转节平面

一对圆锥齿轮在一定速比下传动,当主动齿轮以等速回转时,被动齿轮也以某一定

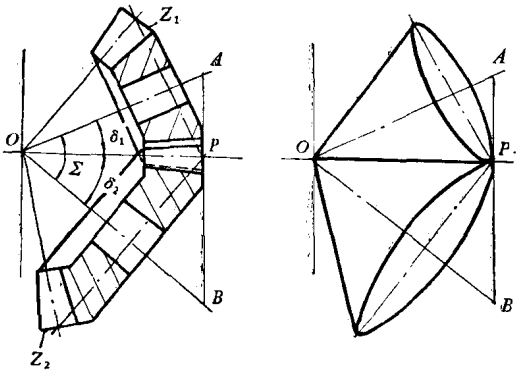


图 1-22

速度回转。设两轮的齿数分别为 Z_1 和 Z_2 , 回转角速度分别为 ω_1 和 ω_2 。它们的速比为 $\omega_1/\omega_2 = Z_2/Z_1$ 。当两轮在传动时,就相当于有两个圆锥在作无相对滑动的转动,两圆锥顶点重合、锥面相切(图 1-22)。这两个圆锥分别叫做小轮和大轮的节锥。由于沿两锥相切直线 OP 上的相对速度为零,所以 OP 直线是两轮相对运动的瞬时中心线。 OP 直线在锥齿轮中又叫节锥母线。点 O 为锥齿轮的节锥顶点。

一般螺旋锥齿轮的轴线是相交的,设两轴线交角为 Σ ,当两轮的轴交角逐渐减小时,这对锥齿轮也愈近似于圆柱齿轮(图 1-23)。当 Σ 角为零时,就是一对圆柱齿轮了。

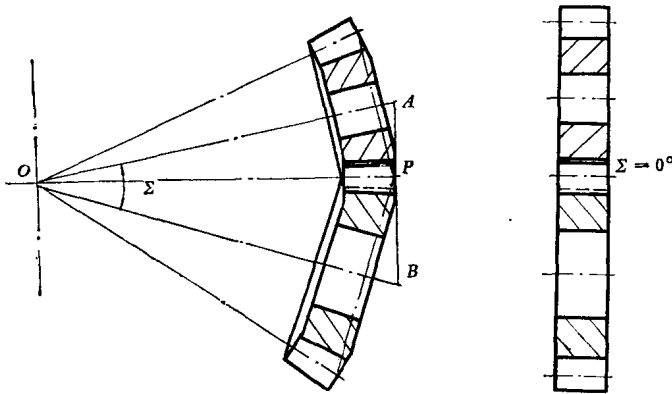


图 1-23

假想有一个圆平面,它的圆心为 O 点,半径长为 OP ,此平面垂直于两轮轴线所在的平面。当锥齿轮传动时,此圆平面就相当于以过 O 点的轴线作旋转,此平面称为旋转节平面。当锥齿轮轴交角 Σ 趋近于零时,此旋转节平面就相当于圆柱齿轮传动中的齿条的节平面了。

齿轮轴线和节锥母线间的夹角叫做节角,用 δ 表示。设两锥齿轮齿数为 Z_1 和 Z_2 , 轴交角为 Σ , 角速度为 ω_1 和 ω_2 。于是,速比 $i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{Z_2}{Z_1}$ 。

$$\begin{aligned}
 \text{当 } \Sigma < 90^\circ \text{ 时 } \quad \operatorname{tg} \delta_1 &= \frac{Z_1 \sin \Sigma}{Z_2 + Z_1 \cos \Sigma} = \frac{\sin \Sigma}{i + \cos \Sigma} & \delta_2 &= \Sigma - \delta_1 \\
 \text{当 } \Sigma > 90^\circ \text{ 时 } \quad \operatorname{tg} \delta_1 &= \frac{Z_1 \sin (180^\circ - \Sigma)}{Z_2 + Z_1 \cos (180^\circ - \Sigma)} = \frac{\sin (180^\circ - \Sigma)}{i + \cos (180^\circ - \Sigma)} & \delta_2 &= \Sigma - \delta_1 \\
 \text{当 } \Sigma = 90^\circ \text{ 时 } \quad \operatorname{tg} \delta_1 &= \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{1}{i} & \delta_2 &= \Sigma - \delta_1
 \end{aligned}$$

二、假想平面齿轮的概念

当一对锥齿轮传动时,就相当于一对圆锥相切并作无滑动的滚动,它们都以轴线交点为顶点。由于节锥母线为其相对运动的瞬心线,在这条线上两轮的相对速度为零。在每一个瞬时,相当于在垂直于节锥母线的平面(又叫传动平面)上,有一对圆柱齿轮在传动(图 1-24)。如在大端面上,即相当于有节圆半径为 AP 及 BP 的两个圆柱齿轮传动。

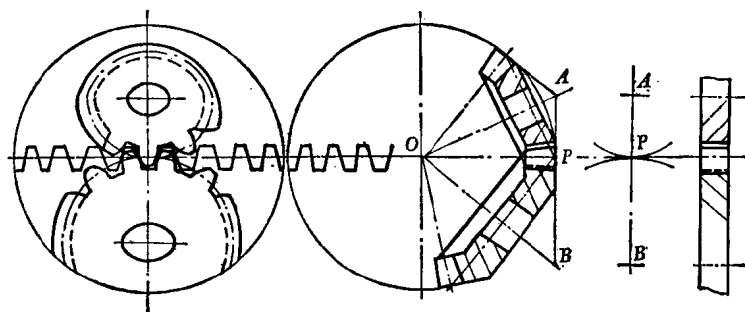


图 1-24 轴线和传动平面

及 BP 分别叫做小轮和大轮的当量齿轮的当量半径, 设以 Z'_1 及 Z'_2 表示当量齿轮的齿数, 其关系为

$$Z'_1 = \frac{Z_1}{\cos \delta_1} \quad Z'_2 = \frac{Z_2}{\cos \delta_2}$$

式中: δ_1 、 δ_2 分别为 Z_1 和 Z_2 轮的节角。

可以看出,当节角 δ 愈大时,其 Z' 愈大,也就是相当的圆柱齿轮的齿数愈多。如果节角 δ 增大到 90° , 此时当量齿数趋于无穷大, 就是相当于齿条了, 此时的渐开线齿形就变为直边齿廓了。这个节角等于 90° 的锥齿轮的节锥面已经是一个平面了, 所以叫做假想平面齿轮。假想平面齿轮在传动平面内的当量齿数为无穷大, 即相当于齿条, 而假想平面齿轮的齿形也就可以用直线代表了, 所以也有叫环形齿条的(图 1-25)。

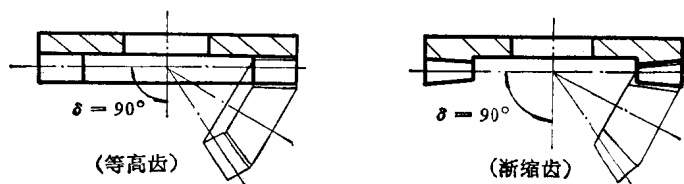


图 1-25 假想平面齿轮