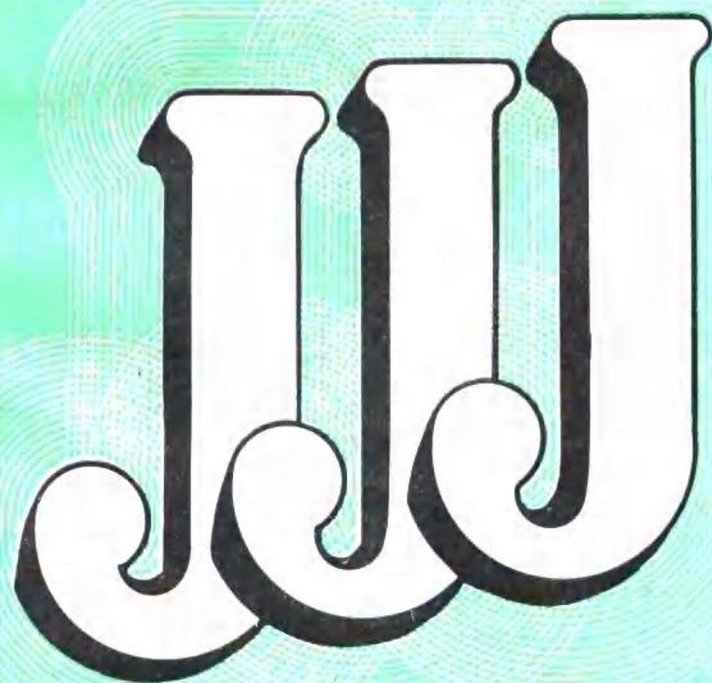


国家机械工业委员会组编

初级齿轮工工艺学

机械工人技术理论培训教材

JIXIE GONGREN JISHULILUN PEIXUN JIAOCAI



机械工业出版社

0.6

本书的内容有：齿轮传动的基本原理，齿轮的精度简介和圆柱齿轮的常用检测方法；齿轮加工的原理、特点、范围等基本知识；齿轮加工的调整 and 操作方法。

本书第四章介绍了滚齿机、插齿机、剃齿机等规格、传动系统和挂轮选择，刀具和切削用量的选择，机床的加工调整、操作方法和注意事项。对此章内容，根据大纲“干什么，学什么”的原则和实际情况，各单位可作适当的增删。

本书由上海拖拉机齿轮厂诸为民编写，由上海汽车拖拉机工业联营公司职工大学李智康、上海拖拉机齿轮厂郑学康审稿。

初级齿轮工艺学

国家机械工业委员会统编

*

责任编辑：吴天培 版式设计：张伟行

封面设计：林胜利 方芬

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南里一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号）

机械工业出版社印刷厂印刷

机械工业出版社发行·新华书店经销

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ · 印张 $7^{5/8}$ · 字数 166 千字

1988年10月北京第一版·1988年10月北京第一次印刷

印数 00,001—12,700 · 定价：3.00元

*

ISBN 7-111-01070-1/TG·256

前 言

1981年,原第一机械工业部为贯彻、落实《中共中央、国务院关于加强职工教育工作的决定》,确定对机械工业系统的技术工人按照初、中、高三个阶段进行技术培训。为此,组织制定了30个通用技术工种的《工人初、中级技术理论教学计划、教学大纲(试行)》,编写了相应的教材,有力地推动了“六五”期间机械行业的工人培训工作,初步改变了十年动乱造成的工人队伍文化技术水平低下的状况,取得了比较显著的成绩。

鉴于原机械工业部1985年对《工人技术等级标准(通用部分)》进行了全面修订,原教学计划、教学大纲已不适应新《标准》的要求,而且缺少高级部分;编写的教材,由于时间仓促、经验不足,在内容上存在着偏深、偏多、偏难等脱离实际的问题。为此,原机械工业部根据新《标准》,重新制定了33个通用技术工种的《机械工人技术理论培训计划、培训大纲》(初、中、高级),于1987年3月由国家机械工业委员会颁发,并根据培训计划、大纲的要求,编写了配套教材149种。

这套新教材的编写,体现了《国家教育委员会关于改革和发展成人教育的决定》中对“技术工人要按岗位要求开展技术等级培训”的有关精神,坚持了文化课为技术基础课服务,技术基础课为专业课服务,专业课为提高操作技能和解决生产实际问题的能力服务的原则。在内容上,力求以

基本概念和原理为主，突出针对性和实用性，着重讲授基本知识，注重能力的培养，并从当前机械行业工人队伍素质的实际情况出发，努力做到理论联系实际，通俗易懂，具有工人培训教材的特色，同时注意了初、中、高三级之间合理的衔接，便于在职技术工人学习运用。

这套教材是国家机械工业委员会委托上海、江苏、四川、沈阳等地机械工业管理部门和上海材料研究所、湘潭电机厂、长春第一汽车制造厂、济南第二机床厂等单位，组织了200多个企业、院校和科研单位的近千名从事职工教育的同志、工程技术人员、教师、科技工作者及富有生产经验的老工人，在调查研究和认真汲取“六五”期间工人教材建设工作经验教训的基础上编写的。在新教材行将出版之际，谨向为此付出艰辛劳动的全体编、审人员，各地的组织领导者，以及积极支持教材编审出版并予以通力合作的各有关单位和机械工业出版社致以深切的谢意！

编好、出好这套教材不容易；教好、学好这些课程更需要广大职教工作者和技术工人的奋发努力。新教材仍难免存在某些缺点和错误，我们恳切地希望同志们在教和学的过程中发现问题，及时提出批评和指正，以便再版时修订，使其更完善，更好地发挥为振兴机械工业服务的作用。

国家机械工业委员会
技工培训教材编审组

1987年11月

目 录

前言

第一章 齿轮传动的基本原理	1
第一节 齿轮加工在机械制造中的重要性	1
第二节 齿轮的种类、应用范围	2
第三节 渐开线的形成和性质	6
第四节 渐开线齿轮的啮合原理	10
第五节 常用齿轮材料	14
第六节 直齿圆柱齿轮各部分名称、基本参数、 尺寸计算	16
第七节 其他齿轮的基本特点	20
复习题	26
第二章 齿轮的精度和检测	28
第一节 齿轮的精度要求 (JB179—83简介)	28
第二节 常用的检测方法	38
第三节 常见齿轮的误差及其产生的原因	51
复习题	55
第三章 齿轮加工的基本知识	56
第一节 齿轮机床的名称、型号	57
第二节 刀具材料	61
第三节 金属切削的基本知识	62
第四节 切削热和切削液	71
第五节 齿轮工艺规程的基本知识	73
第六节 滚齿	79

第七节 插齿	86
第八节 剃齿和珩齿	92
第九节 刨齿	96
第十节 磨齿	100
第十一节 安全生产和机床的维护保养	103
复习题	105
第四章 齿轮加工的调整和操作方法	107
第一节 滚齿加工的调整和操作方法	107
第二节 插齿加工的调整和操作方法	149
第三节 剃齿加工的调整和操作方法	177
第四节 珩齿加工的调整和操作方法	201
第五节 磨齿加工的调整和操作方法	203
第六节 刨齿加工的调整和操作方法	223
复习题	235

第一章 齿轮传动的基本原理

第一节 齿轮加工在机械制造中的重要性

齿轮，任意一个有齿的机械元件，当它能利用它的齿与另一个有齿元件连续啮合，从而将运动传递给后者，或从后者接受运动时，就称为齿轮。

齿轮是普遍应用的机械传动元件。

各种机械、仪器、仪表、汽车、船舶都离不开齿轮传动。可以说，凡是改变转动方向和转动速度的地方，都有齿轮传动形式。如机床的主轴变速箱、进给箱，汽车、拖拉机的变速箱、前后驱动装置，以至飞机、轮船的发动机、变速箱，生活中用到的钟表、照相机，连儿童的玩具汽车、汽枪中也采用齿轮传动形式。在国民经济的每个部门，每个人都离不开齿轮。

随着科学技术的进步，齿轮的加工方法也由手工锉凿改进为机床切削加工、锻压成型。制造齿轮的材料，也从木材、铸铁、钢发展到多种材料，高耐磨材料和高分子材料。随着现代化的进程，对齿轮的需要量在迅速增加，对齿轮的强度和精度要求也在不断提高，齿轮加工必将得到更大的发展。

齿轮传动具有许多优点：

（1）效率高。齿轮传动是常用传动机械中传动效率最高的一种，其效率可达99%。

（2）结构紧凑。在传递功率相同和同样传动条件下，

齿轮传动所需要的空间尺寸较小。

(3) 工作可靠, 使用寿命长。

(4) 传动比恒定。例如: 主动齿轮的齿数为20, 从动齿轮的齿数为40, 则每当主动齿轮转过2转, 从动齿轮必转过一转。

但是, 齿轮传动形式有其不足之处, 不宜用于传动距离过大的场合。对于高精度齿轮的制造和安装较困难, 成本高, 合格率低。

齿轮的种类多种多样, 加工方法也各不一样。有些齿轮, 如直齿圆柱齿轮, 它的构成比较简单, 尺寸计算、制造都十分方便, 可以通过滚、插、铣等多种方法加工, 调整机床也简便, 但它的传动性能不如斜齿圆柱齿轮, 而斜齿圆柱齿轮的加工调整、尺寸计算又比较麻烦。

我国齿轮生产的数量和质量已有很大发展, 能生产很多品种的齿轮, 齿轮加工的形式也有很多种。但目前, 主要还是通过机械加工, 即经过在机床上切削加工制成齿坯和轮齿。因此, 齿轮加工在机械制造中占有相当重要的地位。现代化建设需要我国广大齿轮工作者作更大的努力, 努力学习齿轮加工的理论知识, 把学到的知识运用到生产实际中去。为提高齿轮制造精度和使用寿命, 减少噪声, 使齿轮这一机械传动的重要形式在我们机械制造行业中, 做出更加重大的贡献。

第二节 齿轮的种类、应用范围

一、按啮合方式分类

1. 外啮合齿轮 这种齿轮加工方便, 安装简单, 使用普遍。传动时, 主动轮和从动轮的旋转方向相反。如图 1-1

所示。

2. 内啮合齿轮 这种齿轮结构紧凑，传动时，主动轮和从动轮的旋转方向相同，如图 1-2 所示。

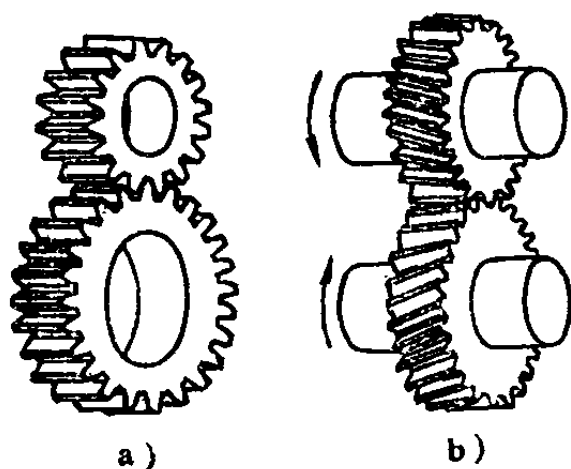


图1-1 外啮合齿轮传动

a) 直齿圆柱齿轮 b) 斜齿圆柱齿轮

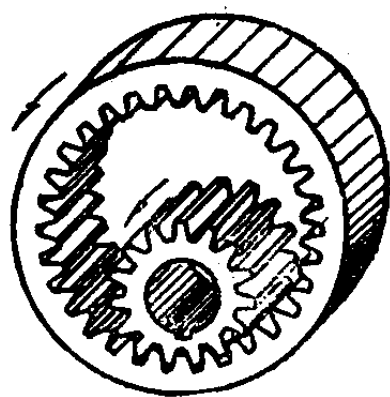


图1-2 内啮合齿轮传动

二、按轴线在空间的位置分类

1. 轴线平行的圆柱齿轮 是传递平行轴间的运动。设计和制造比较简单，传动精度和传动效率都较高。参见图 1-1。

2. 轴线相交的锥齿轮 用来传递相交轴间的运动。传动时会产生轴向力，要注意选择合适的轴承。如图 1-3 所示。



图1-3 锥齿轮传动

3. 轴线交叉的螺旋齿轮、双曲面齿轮和蜗杆蜗轮 传动比大，工作平稳，噪声小，结构紧凑。制造和设计复杂。如图 1-4、图 1-5、图 1-6 所示。

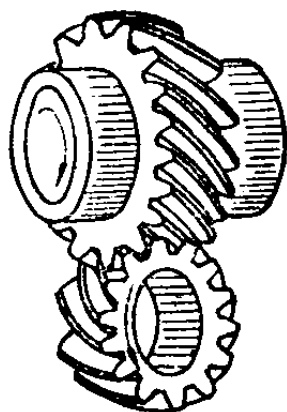


图1-4 螺旋圆柱齿轮传动

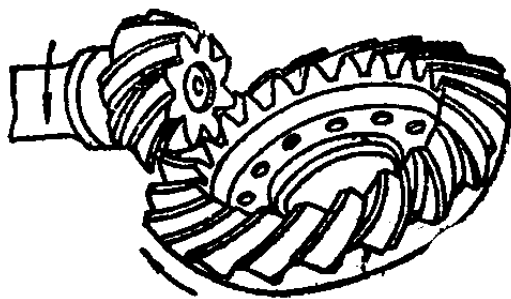


图1-5 螺旋锥齿轮传动

三、按传动的工作条件分类

1. 开式齿轮 齿轮暴露在外或只有简陋的罩壳。润滑条件差，齿轮易磨损，只能用于低速传动的场合，如手摇钻。

2. 闭式齿轮 全部置于密封箱内，装配精确，润滑良好，多用于中、高速和较重要的场合，如滚齿机的主轴变速箱齿轮等。

四、按齿轮轮齿的形态分类

1. 直齿 齿向与齿轮轴线方向一致。加工方便，安装简单，可用于需要改变齿轮轴向位置的变速机构。如图1-1 a 所示。

2. 斜齿 齿线方向与齿轮轴线呈一定角度的齿轮。齿面接触好，重合度大，传动平稳，但有轴向力，如图1-1 b 所示。如图1-7所示的人字齿轮，它除具有斜齿轮的优点外，且传动中两边轴向力相抵消，但加工和装拆比较麻烦，常用于一些大型机械中。

3. 曲齿 轮齿齿线是弯曲形状的。传动平稳，功率大，高速适应性好。制造、安装比较复杂。参见图1-4、图1-5、图1-6。

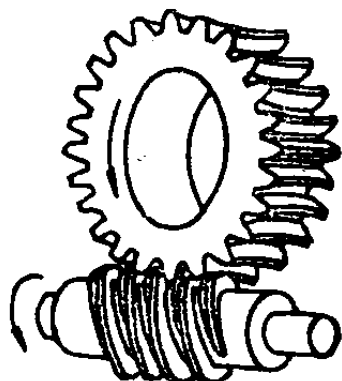


图1-6 蜗杆蜗轮传动

五、按轮齿齿廓曲线的形状分类

1. 摆线齿形 用一段摆线（辅助圆 r 沿圆 O_2 内滚动时，圆周上某点 P 的轨迹，称内摆线；辅助圆 r' 沿圆 O_1 外滚动时，圆周上某点 P 的轨迹，称外摆线）作为齿形曲线的齿轮。主要用于仪表行业。如图 1-8 所示。

2. 渐开线齿形 加工安装都比较方便，应用普遍。参见图 1-1 等。

3. 圆弧齿轮 又称点啮合齿轮。齿形为圆弧曲线，一个做成凸圆弧形，另一个做成凹圆弧形。多用于重载的冶金矿山机械。如图 1-9 所示。

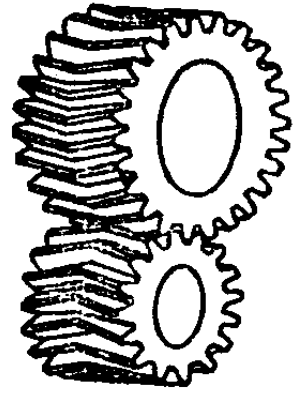


图1-7 人字齿轮传动

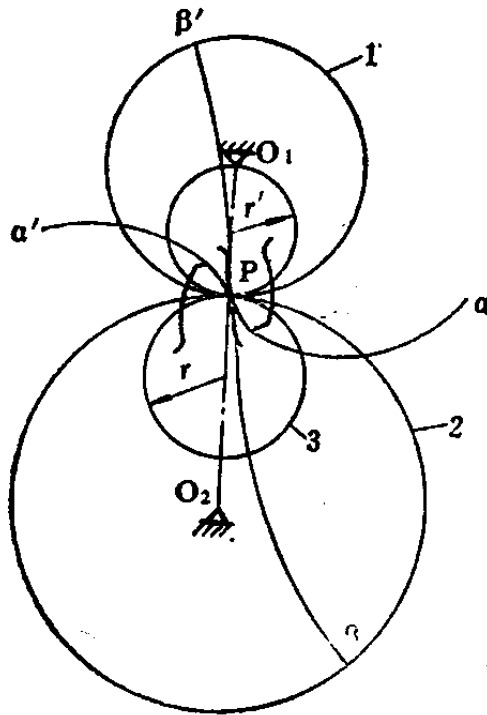


图1-8 摆线齿轮

1, 2—齿轮 3—摆轮

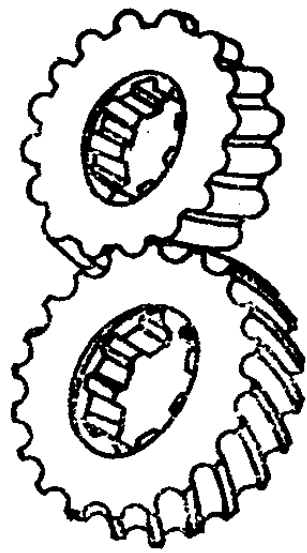


图1-9 圆弧齿轮

另外，按齿坯形状，又可分为：圆柱齿轮、锥齿轮、椭

圆齿轮、鼓形齿轮、扇形齿轮、齿条等。如图1-10、图1-11所示。

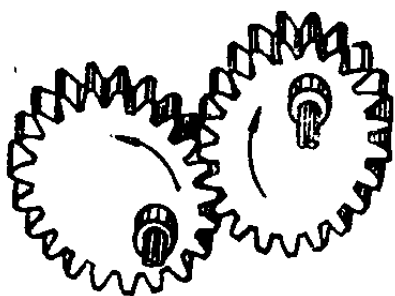


图1-10 椭圆齿轮

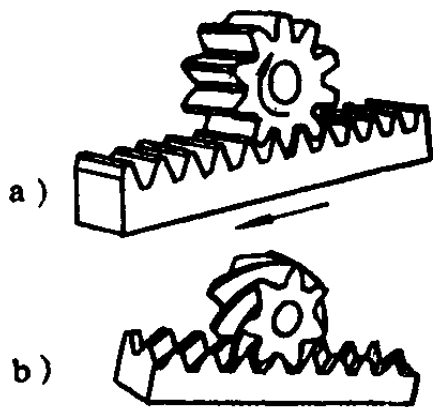


图1-11 齿轮齿条传动

a) 直齿条 b) 斜齿条

表1-1 齿轮传动

平面齿轮(两轴平行)			空间齿轮(两轴不平行)				
圆柱齿轮			锥齿轮			交错轴斜齿轮	
直齿	斜齿	圆弧齿	直齿	斜齿	曲齿	螺旋齿	双曲面齿

第三节 渐开线的形成和性质

一、渐开线

如图1-12所示,当直线W沿着圆B的圆周作无滑动的纯滚动时,直线W上任意一点A的运动轨迹 $A_1 \cdots A_i$ ($i = 1, 2, 3 \cdots$),称为圆B的渐开线。

二、渐开线的形成

在一个圆盘的圆周上,绕着一根线绳,绳头上栓一支铅笔,拉紧绳子,逐渐展开,笔尖所画出来的曲线,即是渐开线。如图1-13所示。

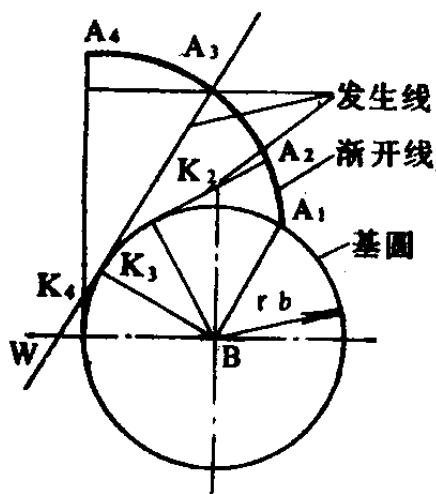


图1-12 渐开线

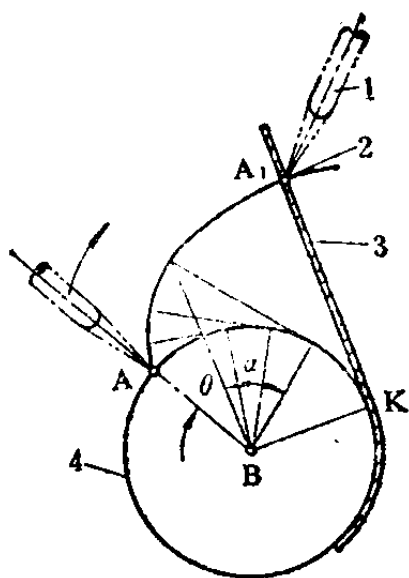


图1-13 渐开线的形成

1—铅笔 2—渐开线
3—线绳 4—基圆盘

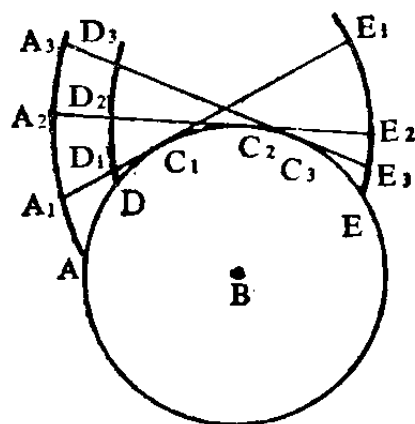


图1-14 同一基圆的渐开线

三、渐开线的性质

分析渐开线的形成，可以得到以下性质(参见图1-13)：

(1) 展开线段 $\overline{A_1K}$ 的长度等于它所绕基圆 B 的弧长 $\widehat{AK}$ 。

(2) 发生线 $\overline{A_1K}$ 是基圆 B 的切线，也是渐开线 AA_1 的法线。

(3) 同一基圆所生成的两条同向渐开线间的法线距离相等，都等于基圆上的圆弧长，即 $\overline{A_2D_2} = \overline{A_1D_1} = \widehat{AD}$ 。如图 1-14 所示。

同一基圆所生成的两条反向渐开线间的公法线长度处处相等，都等于基圆上的圆弧长，即 $\overline{A_2E_2} = \overline{A_1E_1} = \widehat{AE}$ 。

(4) 渐开线上各点的曲率半径不相等。渐开线愈近基圆的部分曲率半径愈小，曲率愈大，即渐开线愈弯曲；愈远离基圆部分的渐开线曲率半径愈大，曲率愈小，即渐开线愈平坦。

(5) 渐开线的形状取决于基圆的大小。如图 1-15 所示。

基圆大小相同，渐开线形状相同。

基圆半径小，渐开线较弯曲。

基圆半径大，渐开线较平直。

基圆半径无穷大，渐开线成一条斜直线，如齿条齿廓形状。

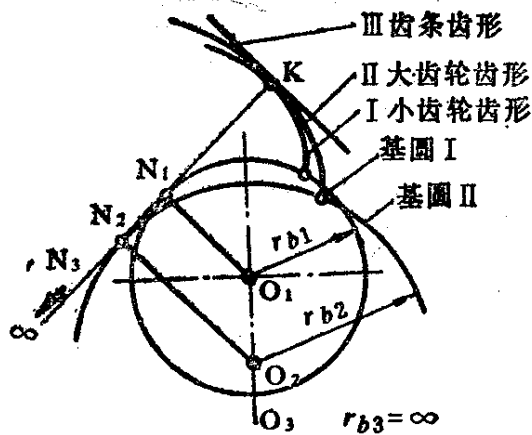


图1-15 不同基圆的渐开线

(6) 基圆内无渐开线。

四、渐开线函数

如图1-16所示，渐开线可用数学函数式来表示：

$$\text{inv } \alpha = \theta_Y = \tan \alpha_Y - \alpha_Y \quad (1-1)$$

式中 $\text{inv } \alpha$ —— 任意点 Y 的渐开线函数；

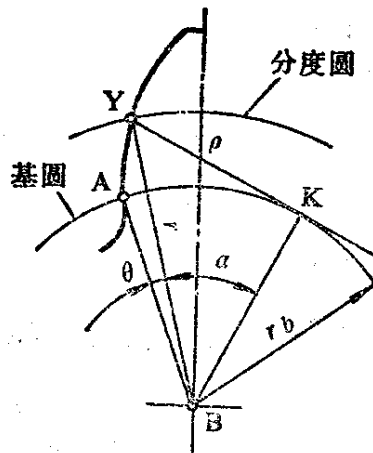


图1-16 渐开线函数

θ_Y —— 任意点 Y 的渐开角，用弧度表示；

$\tan \alpha_Y$ —— 任意点 Y 的压力角 α_Y 的正切函数；

α_Y —— 任意点 Y 的压力角，用弧度表示。

例 求 $\alpha_Y = 20^\circ$ 时的渐开线函数。

解 根据式(1-1) 得

$$\begin{aligned} \operatorname{inv} 20^{\circ} &= \theta_v = \tan 20^{\circ} - 20^{\circ} \\ &= \tan 20^{\circ} - 20^{\circ} \times \frac{2 \pi}{360^{\circ}} \\ &= 0.36397 - 0.34906 \\ &= 0.01491 \end{aligned}$$

答 $\alpha_v = 20^{\circ}$ 时的渐开线函数值是 0.01491。

渐开线函数在设计、计算齿轮尺寸、校核齿轮强度、检验齿轮精度时用到。

渐开线函数一般可以查表 1-2 得到，方便可靠。

由图1-16看出：分度圆半径与基圆半径的关系是：

$$r_b = r \cos \alpha \tag{1-2}$$

表1-2 渐开线函数表

	0′	10′	20′	30′	40′	50′
11°	0.0023941	0.0025057	0.0026208	0.0027394	0.0028616	0.0029875
12°	0.0031171	0.0032504	0.0033875	0.0035285	0.0036735	0.0038224
13°	0.0039754	0.0041325	0.0042938	0.0044593	0.0046291	0.0048033
14°	0.0049819	0.0051650	0.0053526	0.0055448	0.0057417	0.0059434
15°	0.0061498	0.0063611	0.0065773	0.0067985	0.0070248	0.0072561
16°	0.007493	0.007735	0.007982	0.008234	0.008492	0.008756
17°	0.009025	0.009299	0.009580	0.009866	0.010158	0.010456
18°	0.010760	0.011071	0.011387	0.011709	0.012038	0.012373
19°	0.012715	0.013063	0.013418	0.013779	0.014148	0.014523
20°	0.014904	0.015293	0.015689	0.016092	0.016502	0.016920
21°	0.017345	0.017777	0.018217	0.018665	0.019120	0.019583
22°	0.020054	0.020533	0.021019	0.021514	0.022018	0.022529
23°	0.023049	0.023577	0.024114	0.024660	0.025214	0.025778
24°	0.026350	0.026931	0.027521	0.028121	0.028729	0.029348
25°	0.029975	0.030613	0.031260	0.031917	0.032583	0.033260
26°	0.033947	0.034644	0.035352	0.036069	0.036798	0.037537
27°	0.038287	0.039047	0.039819	0.040602	0.041395	0.042201
28°	0.043017	0.043845	0.044685	0.045537	0.046400	0.047276
29°	0.048164	0.049064	0.049976	0.050901	0.051838	0.052788
30°	0.053751	0.054728	0.055717	0.056720	0.057736	0.058765

式中 r_b ——基圆半径;
 r ——分度圆半径;
 α ——分度圆上压力角。

第四节 渐开线齿轮的啮合原理

一、齿廓啮合的基本定律

一对齿轮的传动比为：主动轮角速度 ω_1 与从动轮角速度 ω_2 之比

$$i_{12} = -\frac{\omega_1}{\omega_2} \quad (1-3)$$

传动比是否恒定，影响齿轮的传动稳定性，传动比的恒定，取决于相互啮合的两个齿轮轮齿的齿廓曲线形状。

如图 1-17 所示，当两个齿轮的一对渐开线齿廓在 K 点啮合（接触）时，过 K 点可作该两齿廓的公法线 $\overline{N_1N_2}$ ，根据渐开线性质（2）（法线切于基圆），此公法线 $\overline{N_1N_2}$ 必分别与两基圆相切而成为其公切线。

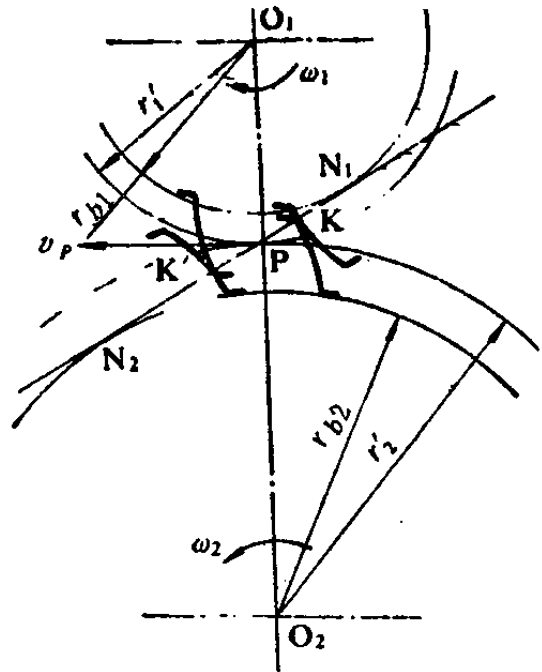


图1-17 渐开线齿轮的啮合

若在齿轮 1 的推动下，该两齿廓至 K' 点啮合，过 K' 点仍可作两齿廓的公法线，它必仍然与此两基圆相切。由于该两基圆的大小、位置已固定，在一个方向上的内公切线只能有一条。所以，不论该两齿廓在何处啮合，其啮合点的公法线必然是两基圆的内公切线 $\overline{N_1N_2}$ 。同时， N_1N_2 与中心

连线 O_1O_2 的交点也只能有一个点，即 P 点。所以， P 点的位置也是固定不变的。

根据三心定理， P 点为两齿轮的相对速度瞬心，即 P 点为齿轮 1 和齿轮 2 上速度相同的点。

$$v_{P1} = v_{P2} = v_P$$

而 $v_{P1} = \omega_1 \cdot \overline{O_1P}$ ， $v_{P2} = \omega_2 \cdot \overline{O_2P}$ ，

得

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{\overline{O_2P}}{\overline{O_1P}} \quad (1-4)$$

由于两齿轮的中心距 $\overline{O_1O_2}$ 长度固定不变， P 点的位置也固定不变。

因此，传动比 $i_{12} = \overline{O_2P}/\overline{O_1P}$ 应等于常数。这就是说，一对渐开线齿廓不论在何处啮合，两齿轮的角速度之比（传动比）均等于 $\overline{O_2P}/\overline{O_1P}$ ，恒定不变。定圆 O 为节圆， P 为节点。节圆半径分别用 “ r_1' ” 和 “ r_2' ” 表示，用 “ d_1' ” 和 “ d_2' ” 表示节圆直径。

两齿轮的啮合传动，就相当于直径为 d_1' 和 d_2' 的两摩擦轮作纯滚动。

二、中心距变动不影响传动比

由图 1-18，得 $\triangle O_1PN_1$ 和 $\triangle O_2PN_2$ 相似，即

$$\frac{\overline{O_2P}}{\overline{O_1P}} = \frac{\overline{O_2N_2}}{\overline{O_1N_1}} = \frac{r_{b2}}{r_{b1}}$$

这就是说，一对渐开线齿轮的传动比等于基圆半径的反比。

由于两齿轮已加工完毕，基圆半径不会改变。所以，不论该对齿轮中心距 $\overline{O_1O_2}$ 如何改变，其传动比总等于基圆半径反比成为定值。