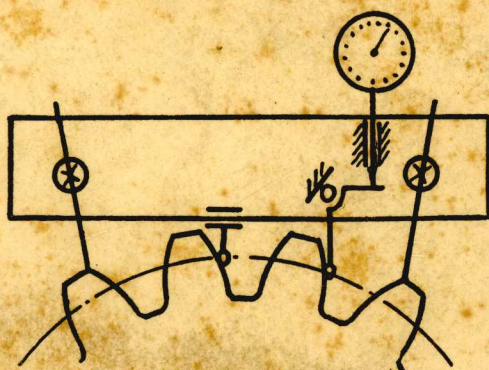


齿轮与齿轮测量

(圆柱直齿轮部分)



自贡市机械工业局
自贡市科学技术交流站计量技术交流队

自贡市图书馆赠

前 言

根据自贡市计量技术交流队的活动安排为适应生产发展的需要，我們整理了这份讲义，主要是根据我們厂的情况整理的，可能有不当之处，仅供参考。

由于我們馬列主义，毛泽东思想学习得不好，实践經驗少，水平低，书中肯定会有不少缺点錯誤，希望讀者提出宝贵意見。

长征机床厂检查科计量室

一九七七年一月

毛主席语录

教育必须为无产阶级政治服务，必须同生产劳动相结合。

读书是学习，使用也是学习，而且是最重要的学习。从战争学习战争——这是我们的主要方法。

目 录

第一章 齿轮原理

- § 1—1 概 述.....
- § 1—2 渐开线齿轮啮合的基本概念.....

第二章 齿轮传动公差简单介绍

- § 2—1 机标的简单介绍.....
- § 2—2 齿轮的检验项目及测量仪器的选择.....

第三章 齿轮的测量

- § 3—1 渐开线齿形的测量.....
- § 3—2 周节和周节累积误差的测量.....
- § 3—3 齿厚、公法线、齿圈径向跳动、齿向、基节的测量.....

第四章 齿轮的综合测量

- § 4—1 概 述.....
- § 4—2 双面啮合综合检查.....
- § 4—3 单面啮合综合检查.....

第五章 圆柱齿轮的测绘

附录一 机标 (JB179—60) 圆柱齿轮传动公差表

1. 运动精度规范: 表 1, 表 2.....
2. 工作平稳性规范: 表 3.....
3. 接触精度规范: 表 4.....
4. 侧隙规范: 表 5 原始齿形位移公差表 6 原始齿形最小位移表 7.....

附录二 常用数

第一章 齿轮原理

§1—1 概 述

齿轮传动在机器制造业中占有很重要的地位。机器运转情况的正常与否，在很大程度上与齿轮制造精度有关。

解放以来，尤其是文化大革命以来，我国人民在毛主席和党中央的英明领导下，社会主义建设在各个部门都取得了巨大的成就。工业生产愈是发展，愈要求产品质量高，成本低。对齿轮的制造精度，提出了更高的要求。

齿轮传动的类型和对齿轮的要求

(一) 齿轮传动大体分为三类：

1. 传动齿轮。
2. 传力齿轮。
3. 读数齿轮。

(二) 根据齿轮传动用途不同对齿轮精度的要求归纳起来不外乎以下几个方面：

1. 作为传动元件，应该使得传递的运动准确可靠，即应保证从动件与主动件运动的协调，使在齿轮一转中，转角的误差不超出工作情况所许可的范围。
2. 在传递运动的过程中，特别是对高速传动的齿轮，必须要求工作平稳，没有撞击和噪音，这就要求限制破坏工作平稳性的瞬时传动比的变化。
3. 在传递负荷时，为了不致因接触不均匀，使接触应力过大，引起齿面的过早磨损，所以，齿轮的工作表面应具有足够的制造精度，以保证啮合齿轮沿全齿宽接触。
4. 在齿侧非工作表面，应有一定的间隙，以便贮藏润滑油和补偿，由于温度和弹性变形所引起的尺寸变动，避免齿轮卡住。

工作情况不同，则对齿轮传动的要求也不同。例如，用于测量仪器的读数装置、精密机床的分度机构，在齿轮一转中的转角误差不允许超过 $1\sim 2$ 分，甚至几秒。此时齿轮的传动精度具有决定性的意义，而对于是否沿齿宽全面接触就变得次要了。如果这些齿轮传动装置需要反转工作，则还需要限制它的非工作表面间的侧隙大小，以避免由此引起的空程误差过大。

对于在低速重载荷条件下工作的齿轮，例如轧钢机、矿山机械，起重机械上的齿轮，主要要求保证沿全齿宽接触，而对于传动精度则可以降低要求。

对于在高速重载荷条件下工作的齿轮，例如汽轮机调速器上的齿轮，由于传递的功率大，圆周速度高，因此对于传动精度，特别是对于工作平稳性就有了极为严格的要求。此时对齿轮的接触精度和侧隙大小也应有与传动精度相适应的精度。

为明确起见把这些传动的性质汇集成一个简表1—1

表 1—1

名 称	模 数 (mm)	L/d (细长比)	使 用 要 求
传 速 齿 轮	1 ~ 8	0.5~2.5	角速度的均恒性
传 力 齿 轮	20~50	5~15	大的工作接触面
读 数 齿 轮	0.05~1.5	0.1~5	运动精确没有游隙

(三) 齿轮的种类

1. 按齿形曲线分:

- 1). 渐开线齿轮;
- 2). 摆线齿轮;
- 3). 圆弧齿轮。

2. 按传动种类分:

- 1). 用于传递两平行轴间的旋转运动——圆柱齿轮。
- 2). 用于传递两轴在同一平面内成一夹角的旋转运动——伞齿轮。
- 3). 用于传递两轴在空间交叉(不平行又不相交)的旋转运动——蜗轮蜗杆付, 螺旋圆柱齿轮。

3. 按外形分:

- 1). 圆柱齿轮: 直齿圆柱齿轮, 斜齿圆柱齿轮, 螺旋圆柱齿轮。
- 2). 非圆齿轮: 椭圆齿轮, 扇形齿轮, 塔形齿轮。
- 3). 伞齿轮: 直齿伞齿轮, 斜齿伞齿轮, 螺旋伞齿轮。
- 4). 蜗轮蜗杆: 蜗轮, 平面蜗轮, 蜗杆, 球面蜗杆。

§1—2 渐开线齿轮啮合的基本概念

齿轮齿廓形状应用的最广的是渐开线齿形。由于渐开线齿轮的啮合具有许多的优点: 能保证互相啮合的齿轮瞬时传动比为常数, 且能在相互啮合的齿轮付中心距发生变化时传动比保持不变, 还能用模数、压力角相同的齿轮刀具加工齿数不同的各种齿轮。因此, 在机器制造、仪器制造和国防工业中渐开线齿轮应用的最为普遍。

一、渐开线啮合的定义及名称

(一) 渐开线及其性质

1. 渐开线: 是一种几何曲线我们看图1—1, 在圆盘的圆周上绕一根棉线, 棉线头A上拴一支铅笔, 拉紧线头A逐渐展开, 铅笔尖在纸上画出来的曲线, 就叫作渐开线。齿轮的齿形就是这条渐开线上的一段。图1—2

3. 怎样用数学的方法表示渐开线——渐开线方程：渐开线上任意一点B，用向量半径 r_x 表示（图1—4）渐开线在B点的渐开线角用 Q 表示，渐开线在B点的展开角用 τ_x 表示，向量半径 OB 和基元半径 OC 间的夹角 α_x 称为渐开线在B点的压力角，渐开线在B点的曲率半径用 ρ_x 表示。

$$\therefore \operatorname{tg} \alpha_x = \frac{\rho_x}{r_o}$$

因为 r_o 是常数， ρ_x 是变数，所以渐开线在各点的压力角是不相等的，在渐开线起点A的压力角 = 0，在离基圆愈远的点，压力角愈大。

由图1—4得 $\tau_x = \operatorname{tg} \alpha_x$

$$\text{因此得渐开线方程式} \begin{cases} Q = \tau_x - \alpha_x = \operatorname{tg} \alpha_x - \alpha_x = \operatorname{inv} \alpha_x \\ r_x = \frac{r_o}{\cos \alpha_x} \end{cases}$$

由渐开线方程得出一个重要的公式：

$$I_o = I_x \cos \alpha_x$$

发生线上另一点 B_1 也有相当的渐开线 $A_1 B_1$ ， AB 和 $A_1 B_1$ 任意的法向距离都等于 BB_1 的长度，并等于A和 A_1 沿基圆的弧长 t_o ，弧长 t_o 称为相邻两渐开线的基圆齿距。通称为基节。

相邻两渐开线在任意圆周上的齿距

$$t_x = t_o \frac{r_o}{r_x} = \frac{t_o}{\cos \alpha_x}$$

$$\left(\frac{r_x}{r_o} \text{上下同除以 } r_x = \frac{1}{\frac{r_o}{r_x}} = \frac{1}{\cos \alpha_x} \right)$$

上式的得出请看图1—5：

t_o 与 t 所对的圆心角 β 是相等的，因为都等于 360° 除以齿数

$$\therefore \beta = \frac{t_o}{r_o} = \frac{t_x}{r_x}$$

$$\therefore t_x = \frac{t_o}{\cos \alpha_x}$$

4. 渐开线函数：渐开线起点至渐开线上任意一点B一段渐开线所包含的圆心角 Q_x 叫渐开线角。从渐开线方程式中得出 $Q_x = \operatorname{tg} \alpha_x - \alpha_x$ ， Q_x 的大小完全由 α 来决定，从上述关系 Q_x 常称为 α 的渐开线函数。（用弧度表示比较方便，弧线长度等于半径时所包角度为一个弧度 = $57^\circ 17' 44.8''$ ）可查表。

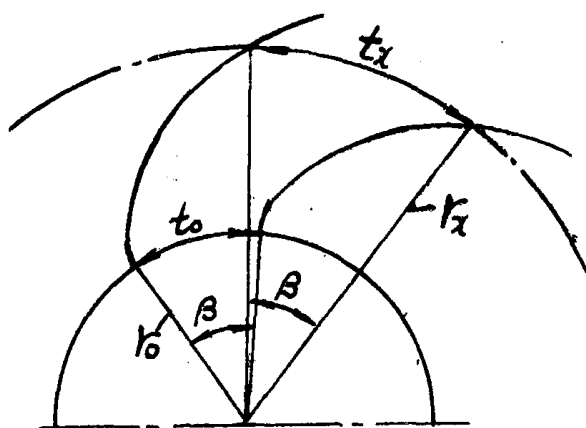


图1—5

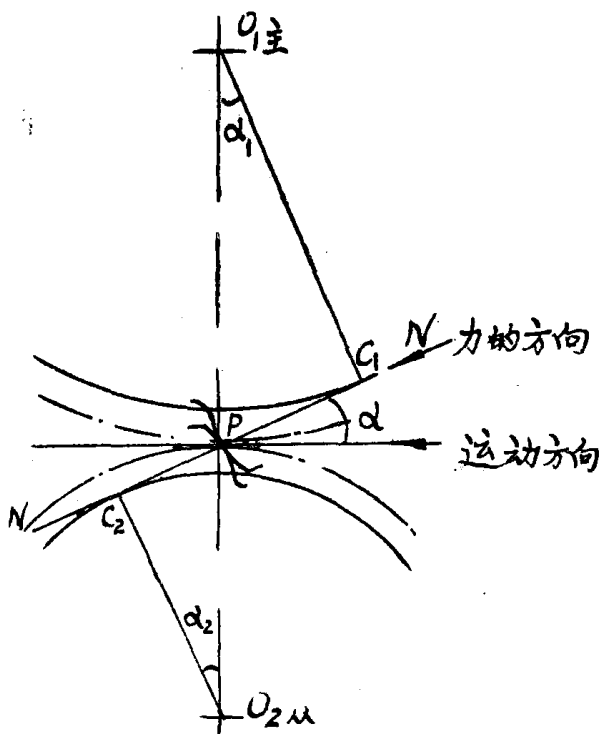


图1—6

5. 压力角：（前面已经提到）

齿轮的运动是由于主动轮的齿面对从动轮的齿面发生压力，这个压力是沿着啮合线NN的方向，与基元相切。由压力的方向和齿轮旋转方向所构成的角度叫做压力角 α 见图1—6。

啮合线NN与两基圆的切点 C_1 和 C_2 处的两基圆半径 O_1C_1 O_2C_2 与两轮中心线 O_1O_2 的夹角 $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$

在我国一机部齿轮标准中规定了在分度圆上的压力角为 20° 。

从前面公式 $\text{tg}\alpha_x = \frac{\rho_x}{r_o}$

看出：当分度圆上的压力角等于 20° 时，分圆以外渐开线上的压力角大于 20° ，分圆以内渐开线上的压力角小于 20° 。

1)从图1—7看：使万能铣床的悬樑前后运动：

- a.当作用力与运动方向相同时最省力，此时压力角 = 0°
- b.当作用力与运动方向成锐角由 $0^\circ \rightarrow 90^\circ$ 时，角越大越费力。
- c.当作用力与运动方向垂直时，也就是压力角 = 90° 时自锁。

2)压力角的计算：

a.分度圆压力角 α_a

$$\text{COS}\alpha_a = \frac{r_o}{r_a} \quad (r_a \text{ 分度圆半径})$$

b.齿顶圆压力角 α_e

$$\text{COS}\alpha_e = \frac{r_o}{R_e} \quad (R_e: \text{外圆半径})$$

c.齿根圆压力角 α_i

$$\text{COS}\alpha_i = \frac{r_o}{R_i} \quad (R_i \text{ 根圆半径})$$

6.分圆：设计齿轮时所依据的一个圆，即在直径 D_a 的圆周上分布着Z个齿的这个圆叫分圆或分度圆。

$$D_a = m \cdot Z \quad (\text{式中: } Z \text{ 是齿数, } m \text{ 是模数})$$

在标准中心距的情况下（非变位齿轮），分圆与节圆相重合，但不应把它们看成同一个名称。

7.模数m；

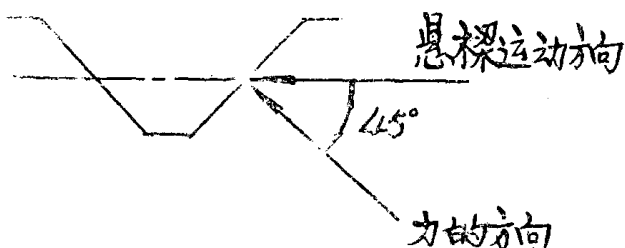
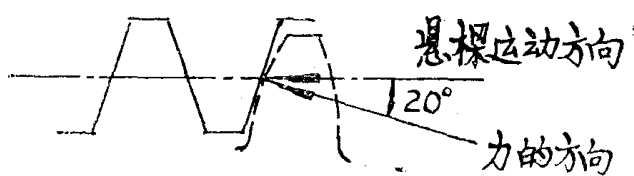
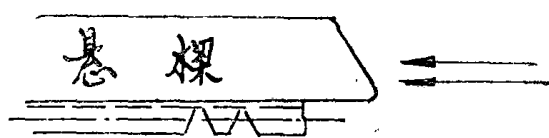


图1—7

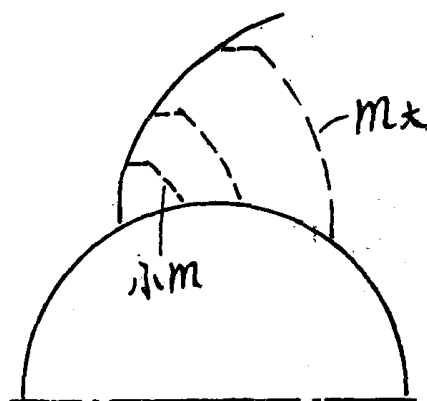


图1—8

是一个齿所占有的分圆直径： $m = \frac{D_a}{Z}$ 是齿轮尺寸计算的一个基本参数。

它反映周节 t_a （分圆齿距）的大小 $m = \frac{t_a}{\pi}$ 拿两个齿数相同，模数不同的齿轮来比较， m 大，齿轮尺寸就大，牙齿也大，牙齿所承受的力也就大，（模数好比衣服，鞋子的号码一样）。当压力角和基圆相等， m 大，齿就大，使用渐开线的部位也大见图1—8。

模数在我国已经标准化了，在机械工业通用标准(JB111—60)中规定了标准模数系列：

齿轮标准模数系列 (JB111—60) 表1—2

0.1	1	3.5	9	22
0.15	1.25	(3.75)	10	25
0.20	1.5	4	(11)	28
0.25	1.75	4.5	12	30
0.3	2	5	(13)	33
0.4	2.25	(5.5)	14	36
0.5	2.5	6	(15)	40
0.6	(2.75)	(6.5)	16	45
0.7	3	7	18	50
0.8	(3.25)	8	20	

注：在选用模数时，括号内的模数尽可能不用。

8. 原始齿形：

紧密而无间隙地与齿轮啮合的齿条齿形，叫原始齿形。

其基本参数已经标准化了：

(JB111—60)

齿形角 $= 20^\circ$ ，

齿工作高度 $h = 2m$ ，

齿顶高 $h' = f'm$

齿根高 $h'' = f''m$

径向间隙 $C = f'cm = h'' - h'$
 $= (f'' - f')m$

式中 f' ， f'' ， $f'c$ 分别为齿顶高系数，齿根高系数，径向间隙系数。

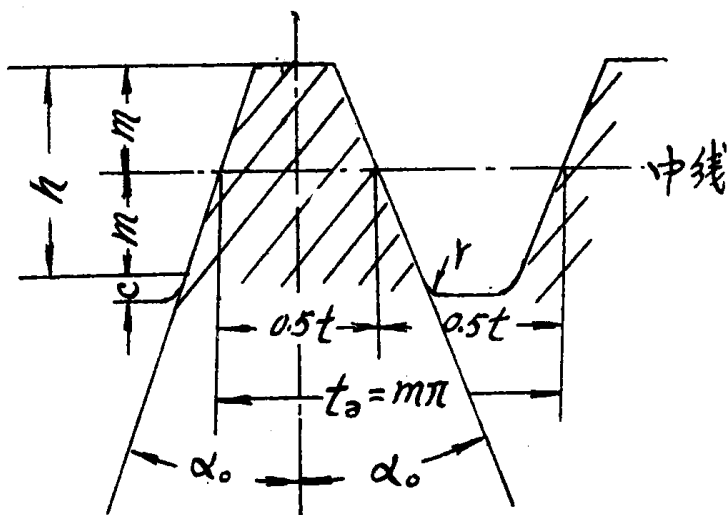


图1—9

常用的标准见表1—3

表1—3

系数	正常齿	短齿
f'	1	0.8
f''	1.25	1.1
f_c	0.25	0.3

为了保证齿轮传动中的侧隙，原始齿形需要自公称位置向齿轮体内位移，使齿厚变瘦。

(二) 渐开线直齿圆柱齿轮主要尺寸的计算：

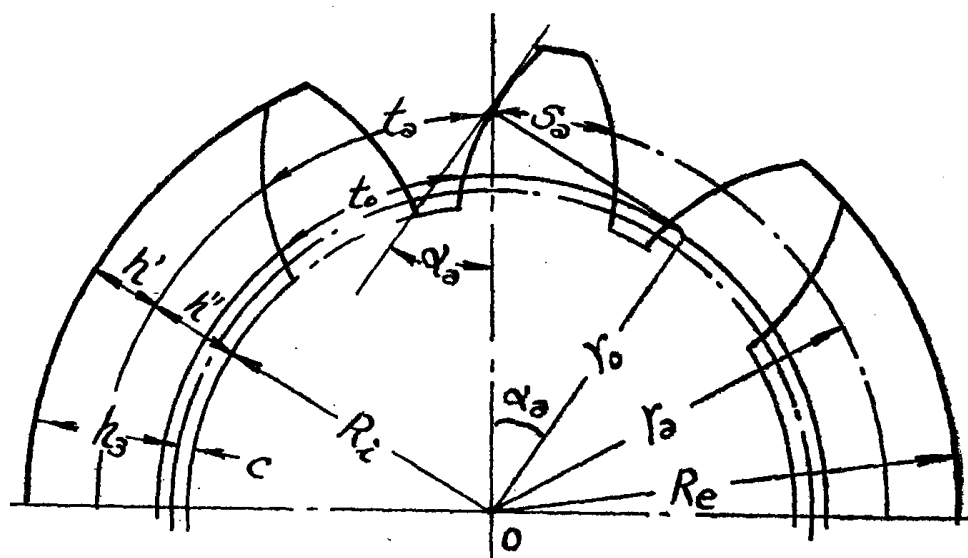


图1—10

$$\text{分度圆直径 } d_a = m \cdot Z$$

$$\text{周节 } t_a = m \cdot \pi$$

$$\text{理论分圆齿厚 } S_a = \frac{t_a}{2} = \frac{m \cdot \pi}{2}$$

$$\text{齿顶高 } h' = f' m$$

$$\text{齿根高 } h'' = (f'' + f_c) m$$

$$\text{全齿高 } h = h' + h'' = (f' + f'') m$$

$$\text{径向间隙 } C = h'' - h' = (f'' - f') m = f_c m$$

$$\text{牙齿工作高度 } h_3 = h - C = (f' + f'' - f_c) m$$

$$\text{顶圆半径 } R_e = r_a + h' = \left(\frac{Z}{2} + f' \right) m$$

$$\text{根圆半径 } R_i = r_a - h'' = \left(\frac{Z}{2} - f'' \right) m$$

$$\text{基圆半径 } r_o = r_a \cos \alpha_a = \frac{mZ}{2} \cos \alpha_a$$

基节 (基圆齿距) = $t_0 = t_a \cos \alpha_a = \pi m \cos \alpha_a$

渐开线齿轮的基圆和根圆的相对位置随齿轮的参数 (模数除外) 而改变。例如, 对于标准渐开线齿轮, 因分度圆与基圆的半径差为:

$$r_a - r_0 = \frac{mZ}{2} (1 - \cos \alpha_a) \quad (a)$$

而分度圆与根圆的半径差为:

$$h'' = f'' m = (f' + f_c) m \quad (b)$$

所以当(a)式 < (b)式时, 根圆在基圆里边; 相反, 根圆在基圆外边。例如, 若 $\alpha_a = 20^\circ$ $f'' = 1.25$ 时则当 $Z < 41$ 时根圆在基圆里边。

当 $Z > 41$ 时根圆在基圆外边。

$$r_a - r_0 = r_a (1 - \cos \alpha_a) = \frac{mZ}{2} (1 - \cos \alpha_a)$$

$$= h'' = f'' m$$

$$\frac{mZ}{2} (1 - \cos 20^\circ) = 1.25m$$

(两边同除 m)

$$Z = \frac{2.5}{(1 - 0.93969)} = 41$$

这一关系式对检齿形很有用, 后面讲。

渐开线齿轮的基本参数都已标准化了, 按齿轮的原始齿形基本参数决定, 由于 m 的单位是毫米, 所以上列各式的单位都是毫米。

1. 公法线长度 L 的计算:

渐开线的公法线 L 是基圆的切线,

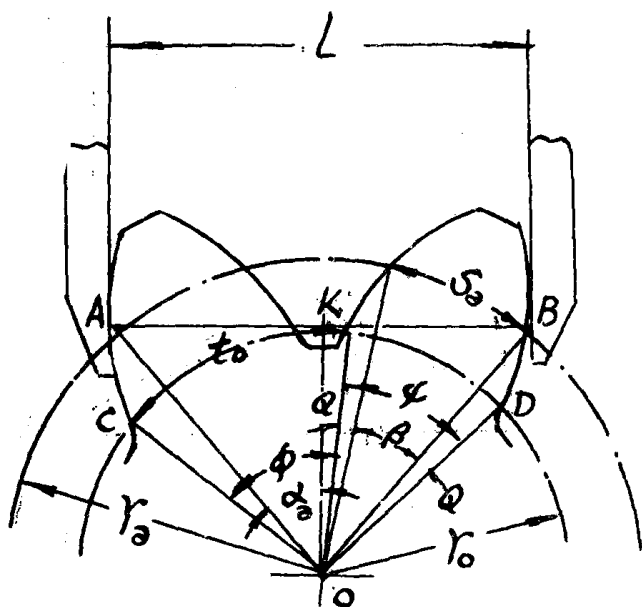


图1-11

如图1-11包在二齿之间的公法线长度 ($L = AB$) 等于二齿面在基圆上所包的弧度 \widehat{CD} 。设二量爪间卡的齿数为 n , 那么弧长 CD 等于 $n-1$ 个基圆齿距与一个基圆齿厚之和, 即:

(当 $\alpha_a = 20^\circ$ 时)

$$L = \widehat{CD} = r_0 (\phi (n-1) + \psi)$$

$$\text{式中 } \phi = \frac{360^\circ}{Z} = \frac{2\pi}{Z} \quad \psi = \beta + 2Q$$

$$\beta = \frac{S_0}{r_a} = \frac{2\pi r_a}{2Z} = \frac{\pi}{Z}$$

$$Q = \operatorname{tg} \alpha_a - \alpha_a = \operatorname{inv} 2\alpha_a \quad (\text{弧度值})$$

$$\therefore L = \frac{mZ}{2} \cos \alpha_a \left(\frac{2\pi}{Z} (n-1) + \frac{\pi}{Z} + 2 \operatorname{inv} \alpha_a \right)$$

$$= m \cos \alpha_a \left(\pi(n-1) + \frac{\pi}{2} + Z \sin V \alpha_a \right)$$

$$= m \cos \alpha_a \left(\pi(n-0.5) + Z \sin V \alpha_a \right)$$

$$= m \{ 2.9521(n-0.5) + 0.0149Z \}$$

实际上为了计算方便，已将公法线长度列成表，可根据齿轮的齿数和卡入齿数去查就行了。

卡入齿数 n ：标准直齿圆柱齿轮的卡入齿数，即公法线长度所对的圆心角占圆周角的多少，也就是占圆周齿数的多少。

如图1-11、L所对圆心角即两个 α_a （当 $\alpha_a = 20^\circ$ 。）

$$\therefore n = \frac{2\alpha_a}{360^\circ} Z = \frac{40^\circ}{360^\circ} Z = \frac{1}{9} Z$$

因为 $\frac{1}{9}Z$ 不一定是整数要+0.5近似到一个大的整数。

2、分度圆弦齿厚，弦齿高的计算：

$$S_{\text{分弦}} = \frac{mZ}{2} \sin \frac{90^\circ}{Z}$$

$$h_{\text{分弦}} = m \left(1 + \frac{Z}{2} (1 - \cos \frac{90^\circ}{Z}) \right)$$

根据齿数也可查表。

3. 固定弦齿厚和固定弦齿高的计算：

$$S_{\text{弦}} = \frac{m\pi}{2} \cos^2 \alpha_a$$

$$h_{\text{弦}} = m \left(1 - \frac{\pi m}{4} \sin \alpha_a \cos \alpha_a \right)$$

当 $\alpha_a = 20^\circ$ 时

$$S_{\text{弦}} = 1.387m \quad h_{\text{弦}} = 0.748m \quad \text{可查表}$$

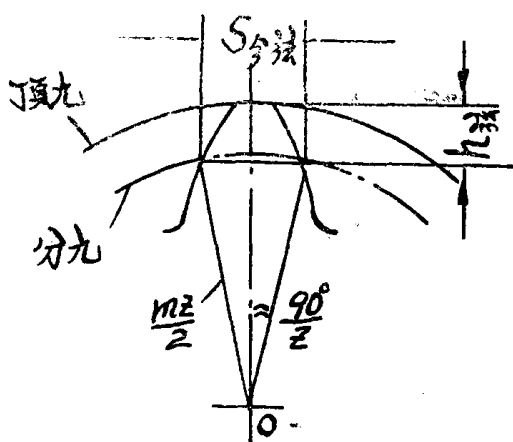


图1-12

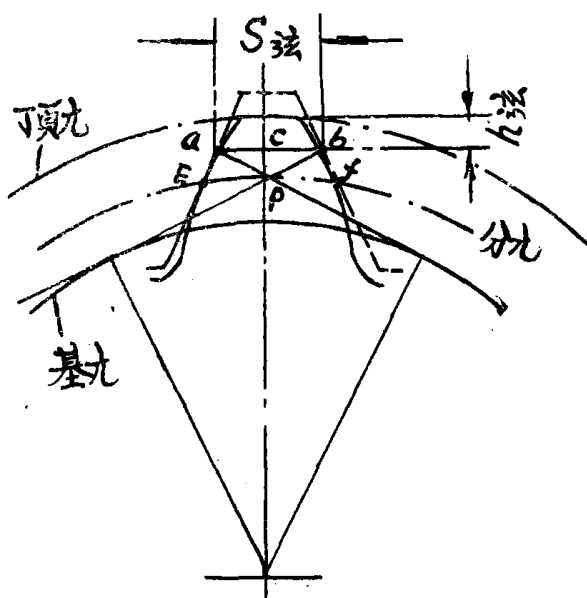


图1-13

二、渐开线直齿圆柱齿轮的啮合条件

(一) 啮合条件：

1. 它们的基圆齿距必须相等。（也可以说它们的 m 和 α_a 必须相等）
2. 重合系数 $\epsilon \geq 1$ ，也就是有效啮合线长度与基圆齿距的比值 ϵ 称为重合系数，故上述条件为：

$$\epsilon = \frac{L}{t_0} \geq 1$$

3. 齿槽空间不应妨害配偶齿轮牙齿的运动。

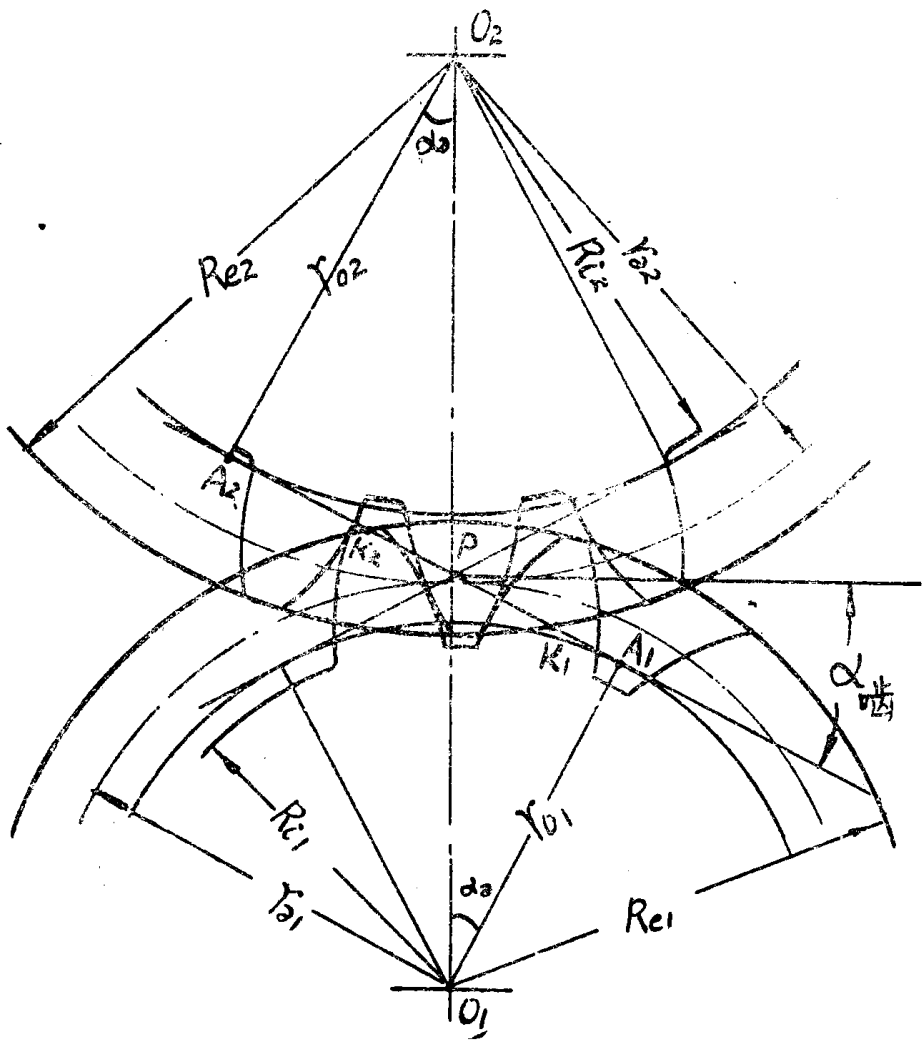


图1-14

(二) 齿轮的啮合:

1. 节圆: 图1-14中的P点叫节点, 是两个假想的摩擦圆的外切点, 这两个圆就是节圆, 节圆只有在两个齿轮啮合时才存在图1-14中的节圆和分圆重合。

2. 啮合角 \$\alpha_a\$: 在节点P处的压力角叫啮合角。啮合角 \$\alpha_{齿}\$ 是啮合线和垂直于中心线的直线之间的夹角, 也是节圆压力角, 通常 \$\alpha_a = \alpha_{齿}\$, 图1-14因节圆 = 分圆, 所以 \$\alpha_a = \alpha_{齿}\$。

$$\cos \alpha_a = \frac{r_{o1} + r_{o2}}{A_{1.2}}$$

3. 两齿轮的啮合: 图1-14

设齿轮1和2的中心距 \$A_{1.2} = r_{o1} + r_{o2}\$

在此条件下节圆与分圆重合 (两个圆外切于节点P) 在这种情况下的啮合角就等于分圆压力角和标准齿形角 \$20^\circ\$。

$$t_{o1} = t_{o2} = \pi m \quad \cos \alpha_{a1} = \pi m_2 \cos \alpha_a$$

总之: 两个齿轮如果 \$m\$ 和 \$\alpha_a\$ 相同就可以啮合。

$$\text{极限啮合线长度 } A_1 A_2 = A_{1.2} \sin \alpha_a$$

有效啮合线长度 $K_1 K_2 = \sqrt{R^2 e_1 - r_o^2} + \sqrt{R^2 e_2 - r_o^2} - A_{1.2} \sin \alpha_a$

重合系数 $\varepsilon = \frac{K_1 K_2}{t_o} = \frac{\sqrt{R e_1^2 - r_o^2} + \sqrt{R e_2^2 - r_o^2} - A_{1.2} \sin \alpha_a}{t_o}$

$$= \frac{A_{1.2} \sin \alpha_a - \rho_{1 \min} - \rho_{2 \min}}{t_o}$$

$$= \frac{A_{1.2} \sin \alpha_a - (A_{1.2} \sin \alpha_a - r_o_2 \operatorname{tg} \alpha_{e_2}) - (A_{1.2} \sin \alpha_a - r_o_1 \operatorname{tg} \alpha_{e_1})}{t_o}$$

$$\begin{aligned} \rho_{1 \min} &= A_1 K_1 = A_{1.2} \sin \alpha_a - r_o_2 \operatorname{tg} \alpha_{e_2} \\ &= A_{1.2} \sin \alpha_a - \sqrt{R e_2^2 - r_o^2} \end{aligned}$$

$$\rho_{1 \max} = A_1 K_2 = r_o_1 \operatorname{tg} \alpha_{e_1} = \sqrt{R e_1^2 - r_o^2}$$

$$\begin{aligned} \rho_{2 \min} &= A_2 K_2 = A_{1.2} \sin \alpha_a - r_o_1 \operatorname{tg} \alpha_{e_1} \\ &= A_{1.2} \sin \alpha_a - \sqrt{R e_1^2 - r_o^2} \end{aligned}$$

$$\rho_{2 \max} = A_2 K_1 = r_o_2 \operatorname{tg} \alpha_{e_2} = \sqrt{R e_2^2 - r_o^2}$$

式中: α_{e_1} 和 α_{e_2} 分别为齿轮 1 和齿轮 2 的外圆压力角。

$P_{1 \min}$, $P_{2 \min}$ 和 $P_{1 \max}$, $P_{2 \max}$ 分别为测量渐开线齿形的起点和终点, 这对渐开线齿形测量很重要。

1) 当两个齿轮啮合时把它们的中心拉开, 即中心距加大时, $A_{1.2} \uparrow$ 则: $r_{节} > r_{分}$

$\alpha_{啮} \uparrow$ $\varepsilon \downarrow$

因为节圆处的齿厚与齿间槽不等, 加大了径向和侧向间隙。因各轮的基圆齿距和基圆半径均未改变, 所以它们仍可啮合而传动比未变。

2) 若令中心距 $A_{1.2} < r_{a_1} + r_{a_2}$, 则显然不能啮合, 除非将其中一个齿轮的分圆齿厚以及根圆和顶圆半径相应的减小。

在上述三个不同中心距的情况下, 设想一个齿轮为刀具(插齿刀), 而另一齿轮为圆坯, 则当机床按上述传动比给它们以强迫传动和切削运动时, 刀具就能将元坯切成与自己模数和齿形角相同的齿轮。但因刀具和所切齿轮牙齿是无间隙啮合, 所以当中心距不同时, 所切齿轮的齿厚和齿根高是各不相同的。

由上所述, 不难理解: 用瞬心包络法切削渐开线齿轮的刀具, 其分圆齿厚不一定必须等于 $\pi m / 2$, 可以大于也可以小于这个数值, 为了得到一定的齿厚, 可以调节刀具和所切齿轮的中心距。此外由于所切齿轮在要求得到一定齿厚的同时, 还要得到一定的齿根高, 这就要求刀具的齿顶高与其分圆齿厚有一定的配合。在讲变位齿轮时详述。

以上在 § 1—2 中已清楚的说明了齿轮和齿轮啮合的五个圆和五个角:

五个圆: 顶圆、根圆、分圆、节圆、基圆。

五个角: 渐开线角、展开角、压力角、齿形角、啮合角。

第二章 齿轮传动公差标准的简单介绍

§2-1 机标的简单介绍

一台机器运转的好坏和齿轮的制造精度有很大的关系。所以齿轮传动公差标准对齿轮的精度提出了各种不同的要求。目前我国国家还没有制订出齿轮传动公差的国家标准。各厂矿都采用了一机部颁发的机械工业通用标准：LB110—60，111—60，179—60，180—60等标准作为齿轮生产的依据。

一、四个精度规范：

上面谈到了齿轮在机器中的作用是：传速；传力；分度。由于存在制造误差，影响齿轮正确的工作。因此，根据齿轮使用的要求，对齿轮制造精度标准中规定了四个精度规范：

1. 运动精度规范：

运动精度规范规定齿轮在一转范围内回转角度的全部误差值。即要求齿轮在每转一转的过程中，转角要准确，主动轮转过一个角度，从动轮应按速比关系准确地转过相应的角度。由于存在加工误差，齿轮在使用中不可避免的会出现转角误差，即实际转角与理论转角有一差值。一般都是要求这个转角误差中的最大值不能超过某一限度，这就是在标准中用数字（用线值表示），来规定的运动精度。

2. 工作平稳性精度规范：

齿轮在一转范围内回转角度的全部误差中多次重复的数值。即要求齿轮在高速运转时，不出现噪音和冲击、振动等现象。由于齿轮加工存在误差，使齿轮啮合时瞬时速度比经常变化（忽快、忽慢）引起噪音和振动，这就要求齿轮每转中，转角误差中多次反复变化的数值要小（每转一齿中心距变动量要求小），只有这样才能工作平稳。

3. 接触精度规范

齿轮接触精度是齿轮传动中啮合齿面接触比的大小。齿轮在传力时，希望齿面接触良好，受力均匀，不易磨损，延长齿轮的使用寿命。由于存在加工误差，为了保证上述要求就必须要求齿面有一定的接触面积，接触面越大，精度越高。

4. 侧隙规范：

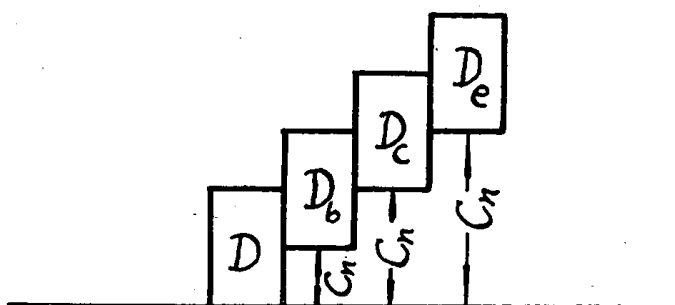
齿侧间隙是指一对相互啮合的齿轮，它的非工作齿面间沿法线方向的距离。因齿轮加工时齿厚不可避免地会有误差，同时齿轮工作时，牙齿受力后有弹性变形，发热时会膨胀，为了防止卡住，就要求预先将齿轮的齿厚减薄一些，用齿侧间隙来补偿这些误差。另外，齿轮啮合时为了在工作齿面上形成油膜润滑，也要求有一定的齿侧间隙。在标准中侧隙精度不按齿轮和齿轮传动的精度等级规定，允许按不同的结合形式改变。

机标规定：

结合形式

代号

零保证侧隙	D
较小保证侧隙	D _b
标准保证侧隙	D _c
较大保证侧隙	D _e



侧隙公差带位域图甲

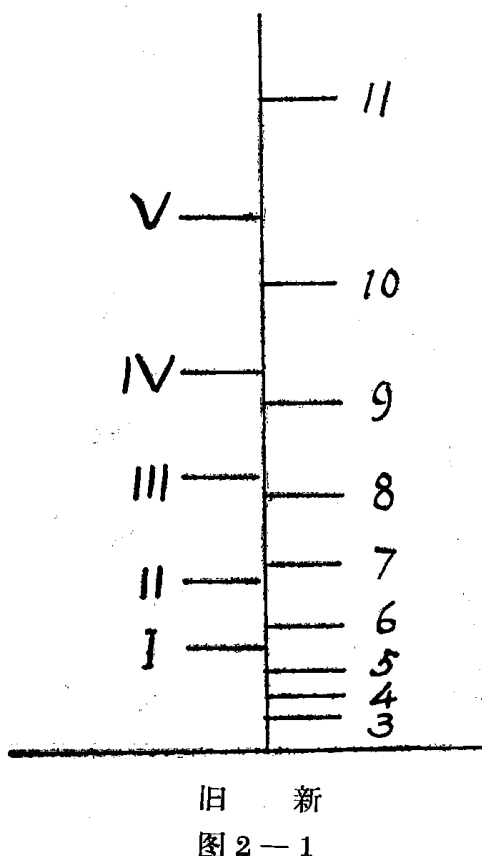
二、圆柱齿轮的精度等级

JB179—60，根据齿轮使用上的不同精度要求，规定齿轮传动有12个精度等级，按精度由高到低依次称为1级、2级……12级。其中精度最高的1、2两个级为考虑将来生产的发展级还没有规定公差，12级留给不经过机械加工的齿轮，也不规定公差。3—11级规定了影响齿轮的运动精度、工作平稳性和接触精度等三方面精度的各项公差。

由于齿轮传动的工作条件不同，对各方面的精度要求也不一样。因此标准中规定：运动精度、工作平稳性和接触精度三方面的精度等级可以按齿轮传动的工作条件选择不一样的等级。在选用不同精度等级组合时，工作平稳性的等级可以高于或低于运动精度的等级，但不得高于两级或低于一级。接触精度的等级不可低于工作平稳性的等级。

标准中规定，齿轮传动的精度等级和侧隙规范，用相应的数字和代号表示。例如：

“级8—7—7 DcJB179—60”，第一位数字8表示运动精度是8级，第二位数字7表示工作平稳性的精度等级是7级，第三位数字7表示接触精度等级是7级，最后一个字母Dc表示侧隙的结合形式为标准保证侧隙。又如：“级7—DcJB179—60”表示齿轮的运动精度，工作平稳性，接触精度都是7级，而结合形式为标准保证侧隙。



旧 新
图 2—1

圆柱齿轮传动公差的基本定义和代号列于表 2—1，机标(JB179—60)所规定的12个精度等级与过去采用的旧标准五个精度等级(I、II、III、IV、V级)的公差范围对照表示在图2—1