

互换性与测量技术

第 8 章 渐开线圆柱齿轮的互换性



第8章 章节内容

- 8.1 齿轮传动基本要求及加工误差
- 8.2 齿轮的误差分析和评定参数
- 8.3 齿轮副的误差项目和评定指标
- 8.4 渐开线圆柱齿轮的精度及应用

第8章 渐开线圆柱齿轮的互换性

学习指导

学习目的：**了解**圆柱齿轮的**公差标准**及其应用。

学习要求：

了解具有互换性的齿轮和齿轮副必须满足的**四项使用要求**；通过分析各种加工误差对齿轮传动使用要求的影响

理解渐开线齿轮精度标准所规定的**各项公差**及极限偏差的**定义和作用**；初步**掌握**齿轮**精度等级**和检验项目的**选用**以及**确定**齿轮副**侧隙**的大小的方法；

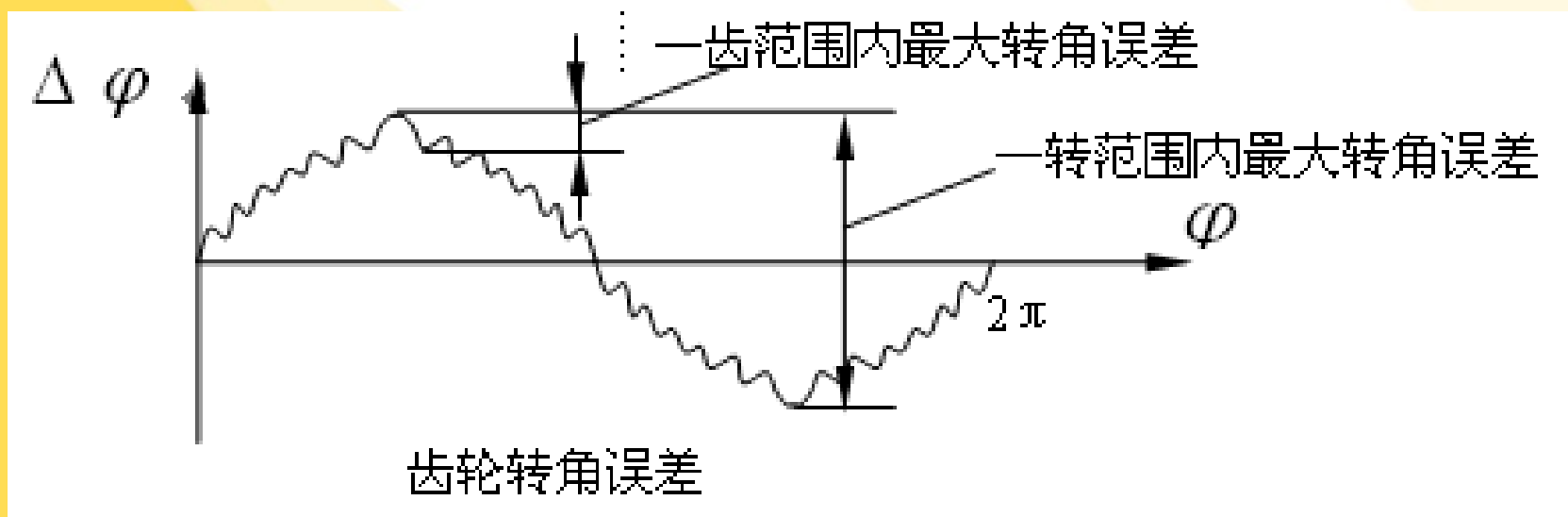
掌握齿轮公差在图样上的**标注**。

8.1 齿轮传动基本要求及加工误差

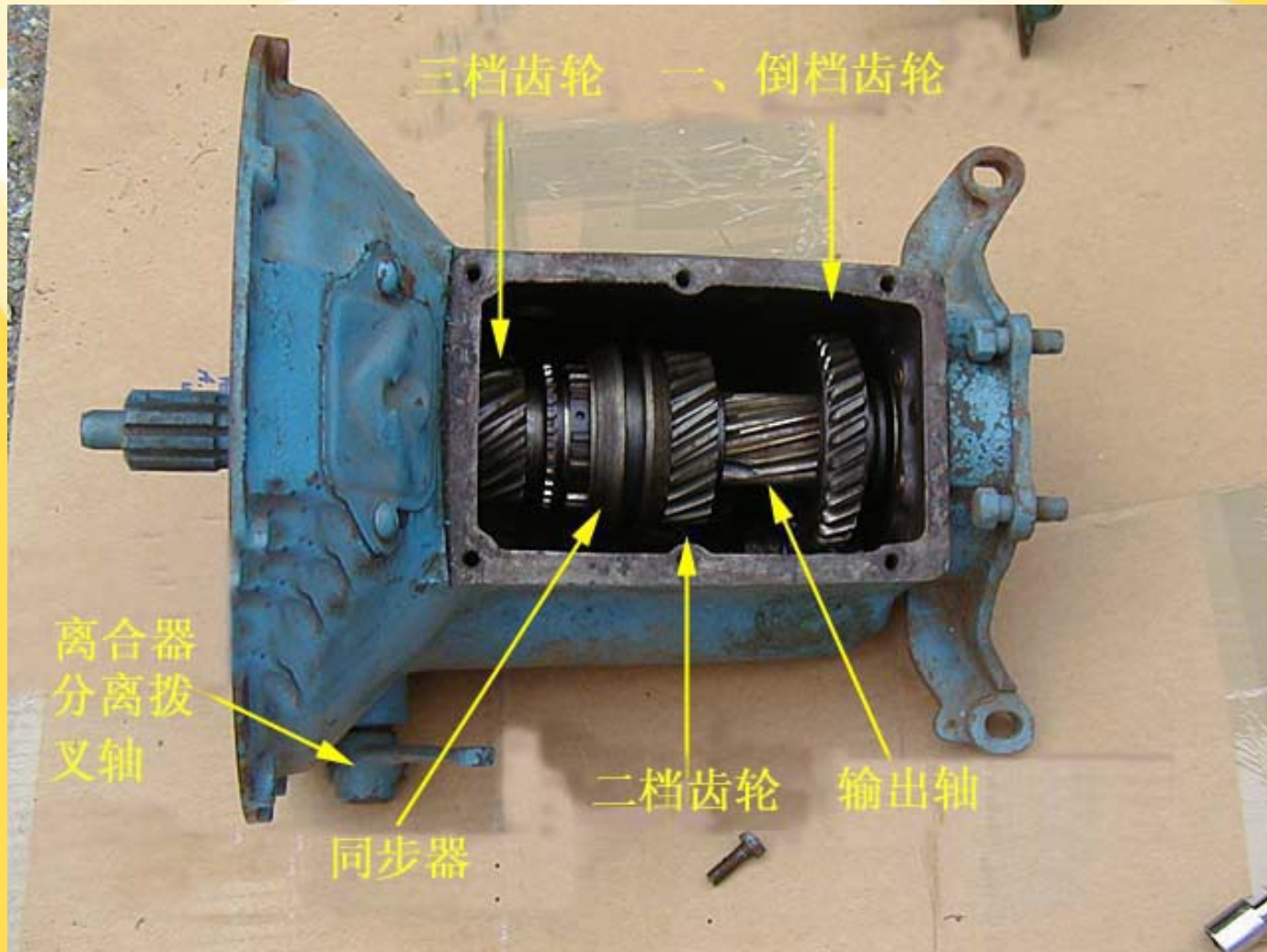
8.1.1 齿轮传动的基本要求

1. 传递运动的准确性

传递运动的准确性是指要求齿轮在一转范围内传动 u 的变化尽量小。
即要求齿轮齿距分布均匀，安装偏心量小。（齿距累积偏差）



8.1 齿轮传动基本要求及加工误差



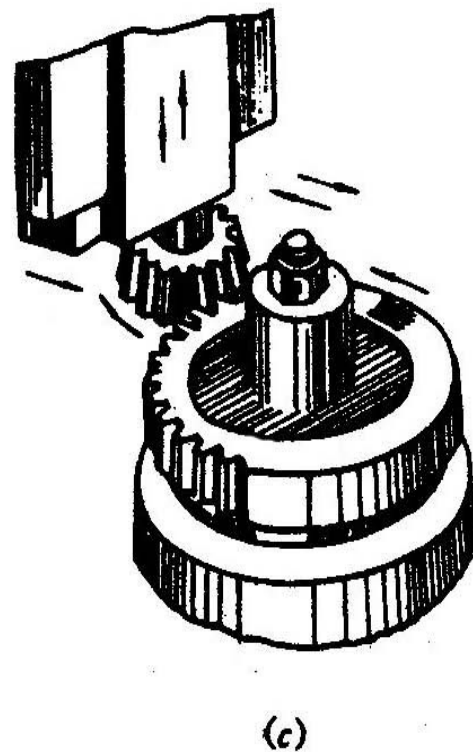
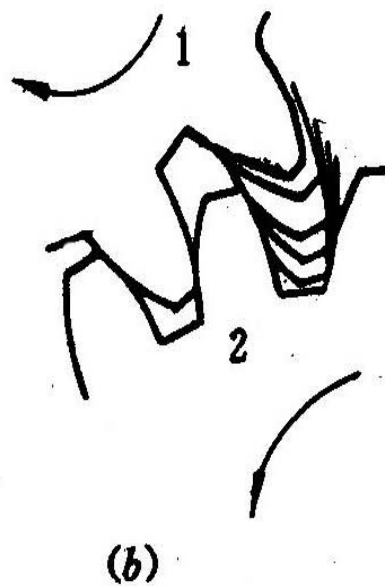
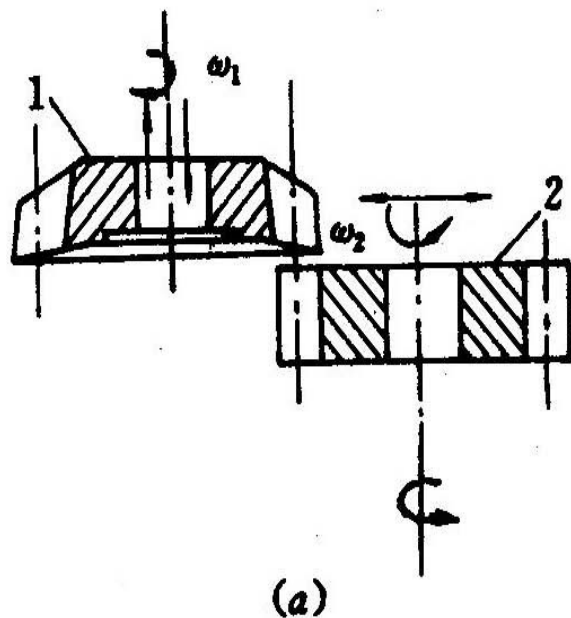
2. 传动的平稳性 即保证齿轮传动的每个瞬间传动比变化小，以减小振动，降低噪声（主要控制齿轮以一齿为周期的短周期转角误差）。

3. 载荷分布的均匀性 即要求齿轮啮合时齿面接触良好，以免引起应力集中，造成齿面局部磨损加剧，影响齿轮的使用寿命。

4. 传动侧隙的合理性 即保证齿轮啮合时，非工作齿面间应留有一定的间隙。它对贮藏润滑油、补偿齿轮传动受力后的弹性变形、热膨胀以及齿轮传动装置制造误差和装配误差等都是必需的。否则，齿轮在传动过程中可能卡死或烧伤。

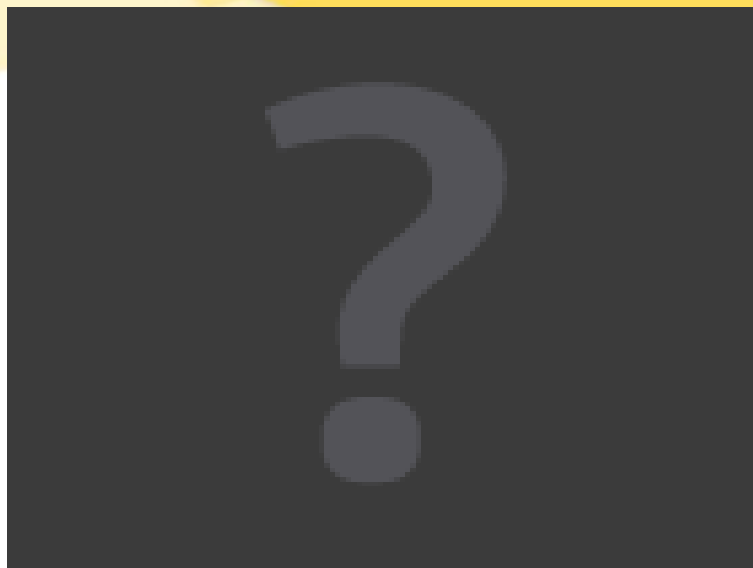
2. 加工方法

■ 插齿法加工





齿轮插刀



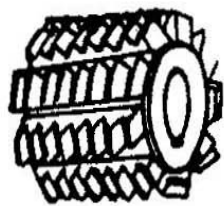
齿条插刀

优点：用一把插刀可以加工出 m 、 α 相同而齿数不同的各种齿轮（包括内齿轮）。

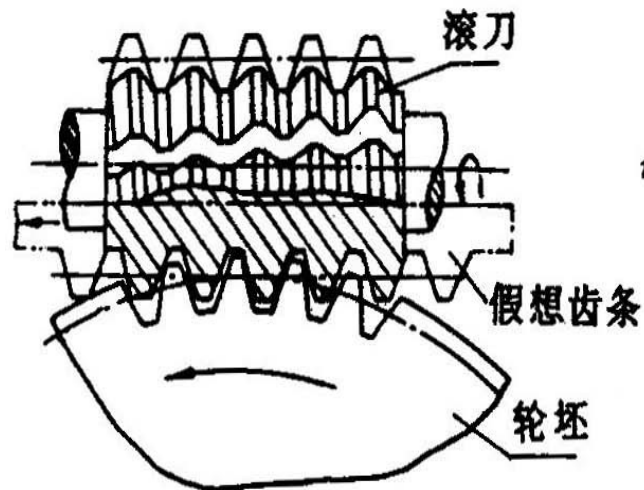
缺点：切削不连续，生产效率较低。

第8章 渐开线圆柱齿轮的互换性

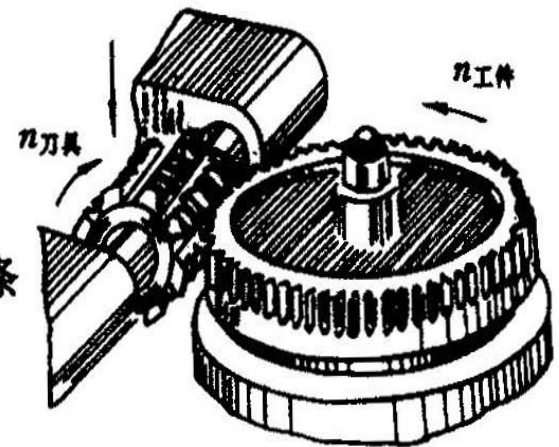
■ 滚齿加工



(a) 滚刀

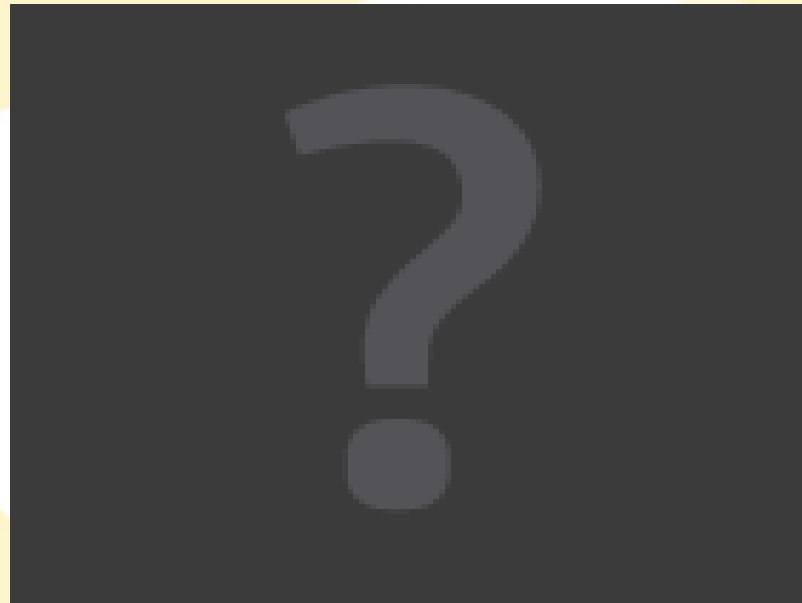


(b) 滚切原理



(c) 滚削加工

第8章 渐开线圆柱齿轮的互换性

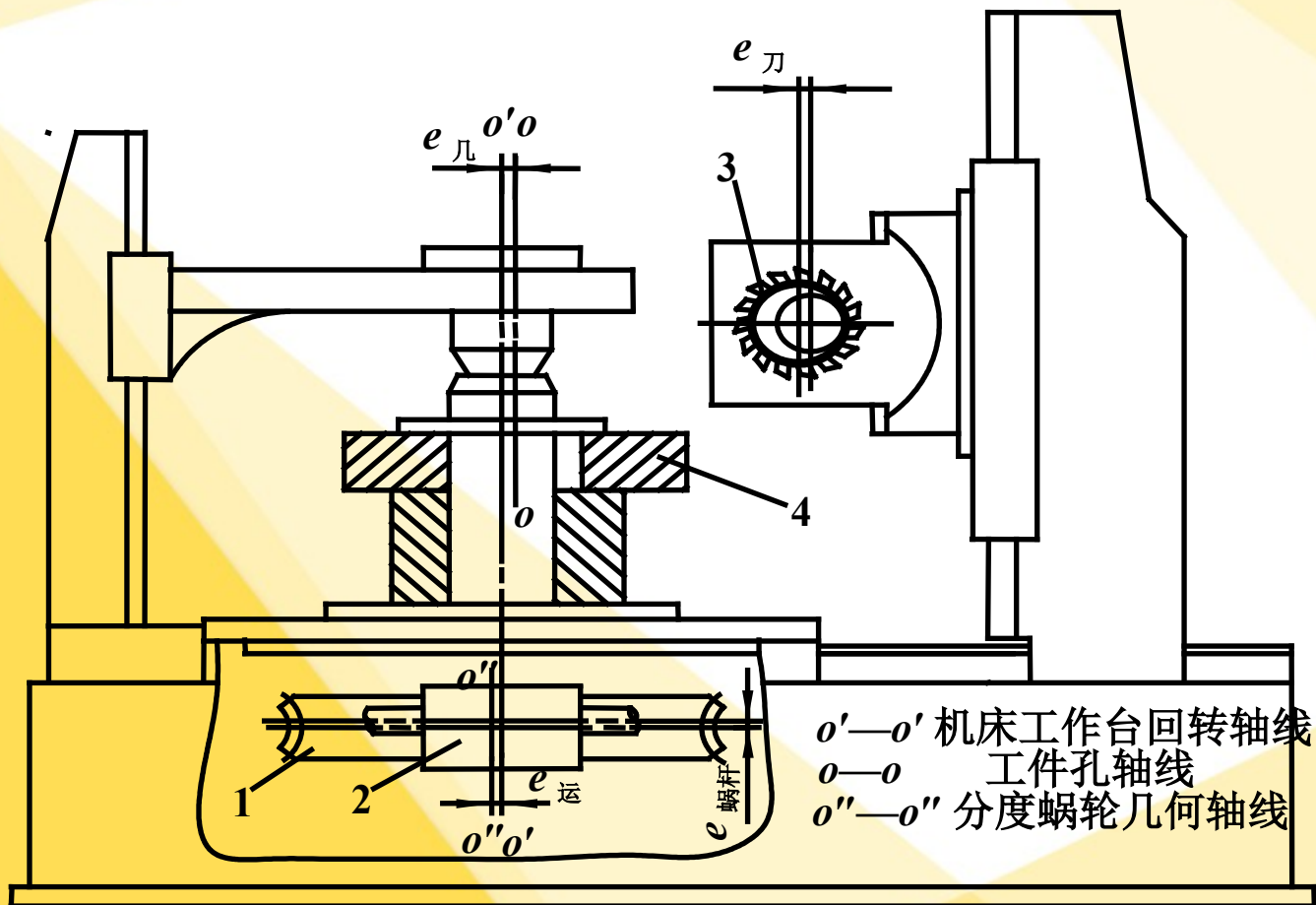


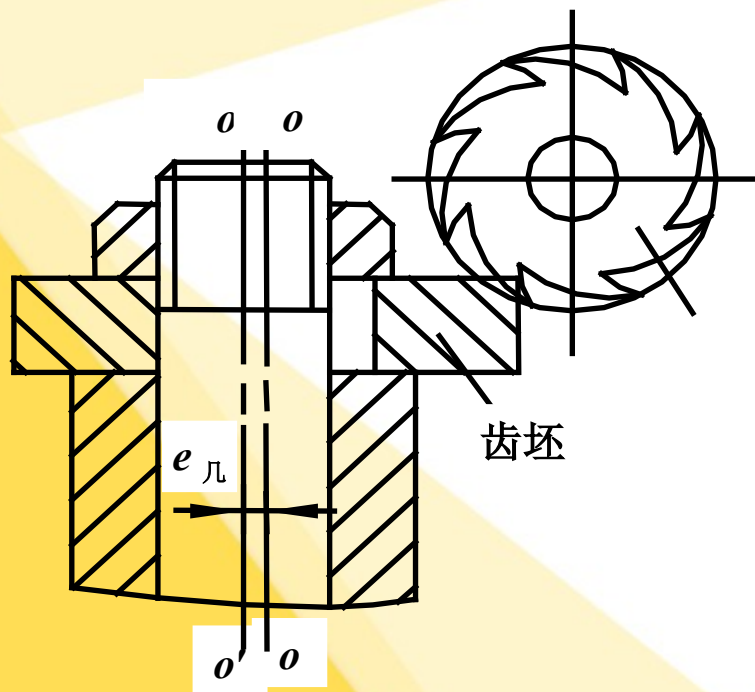
优点：用一把滚刀可以加工出 m 、 α 相同而齿数不同的各种齿轮，切削连续，生产效率高。

缺点：不能加工内齿轮。

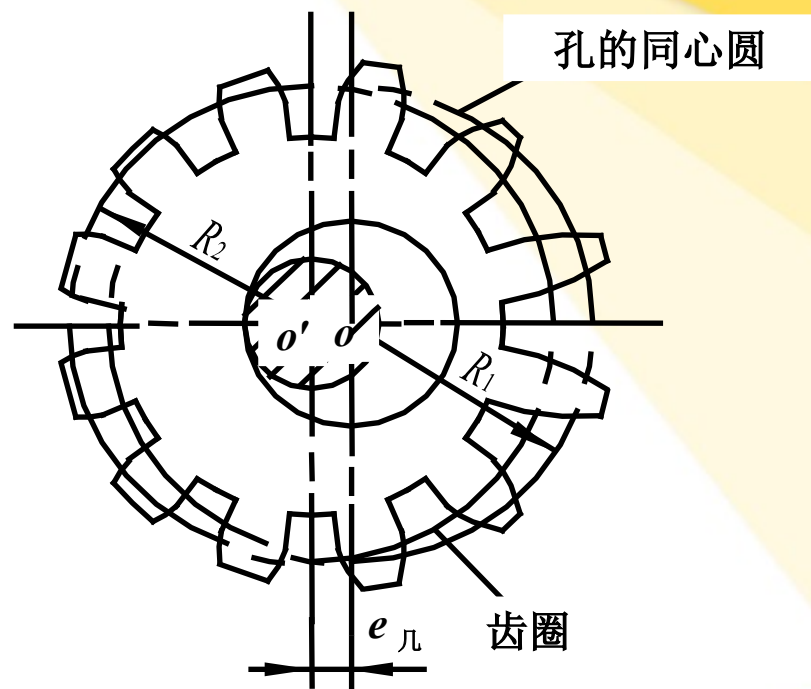
8.1.2 齿轮的加工误差

1. 几何偏心





几何偏心的影响

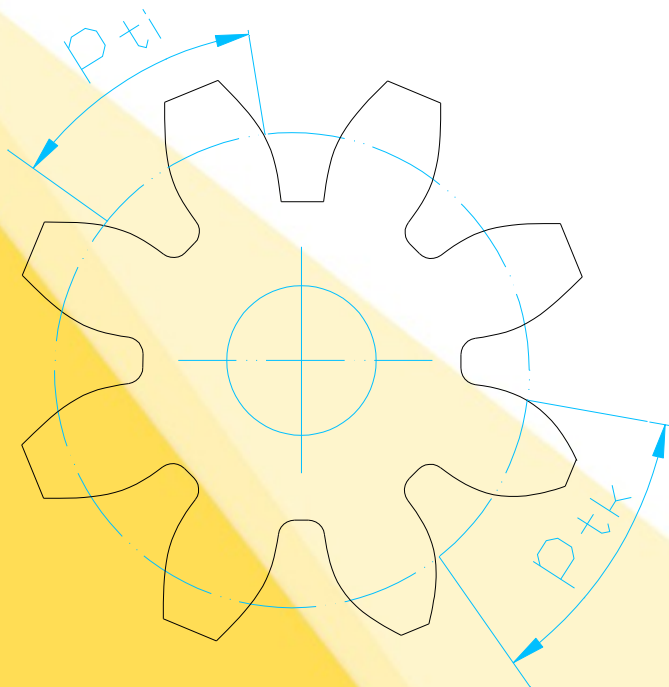


(长周期误差)

(2) 运动偏心 e_2 (长周期误差)

滚齿时，分度蜗轮的偏心 e_{1y} ，会使齿坯按正弦规律以一转为周期时快时慢地旋转。

运动偏心是由分度蜗轮的角速度变化所引起的存在运动偏心时，所切齿轮在分度圆周上分别不均匀。

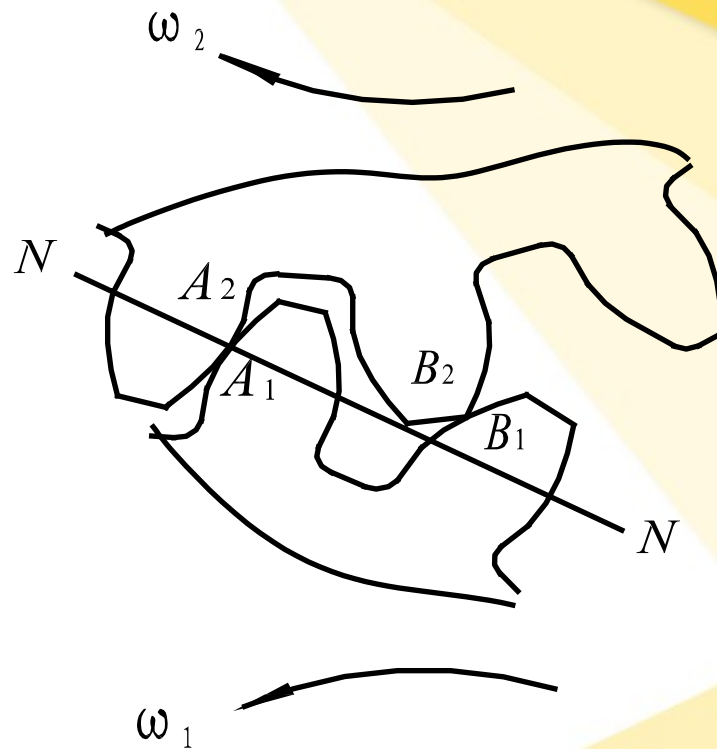
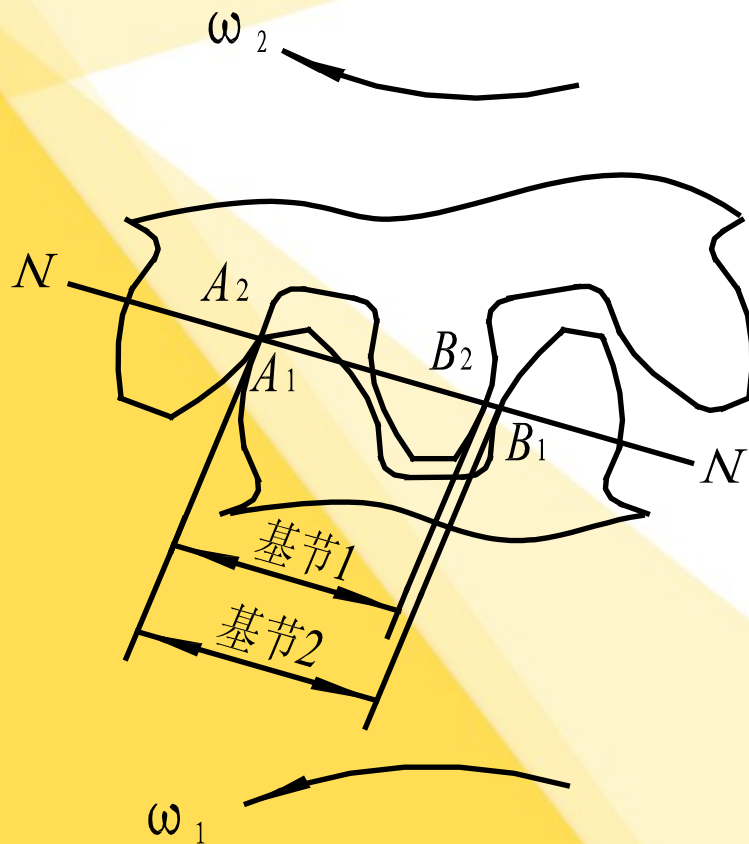


3. 机床传动链的高频误差

4. 滚刀的安装误差 (e 刀) 和制造误差

(短周期误差)

(短周期误差)



(1) 当主动轮基节大于从动轮基节时

(2) 当主动轮基节小于从动轮基节时

齿轮传动的精度指标

渐开线圆柱齿轮精度采用 GB10095-2001。

按照齿轮各项误差对齿轮传动性能的影响，将齿轮制造误差分为三个公差组：

第Ⅰ公差组：影响传递运动的准确性的误差。

第Ⅱ公差组：影响传动平稳性的误差。

第Ⅲ公差组：影响载荷分布均匀性的误差。

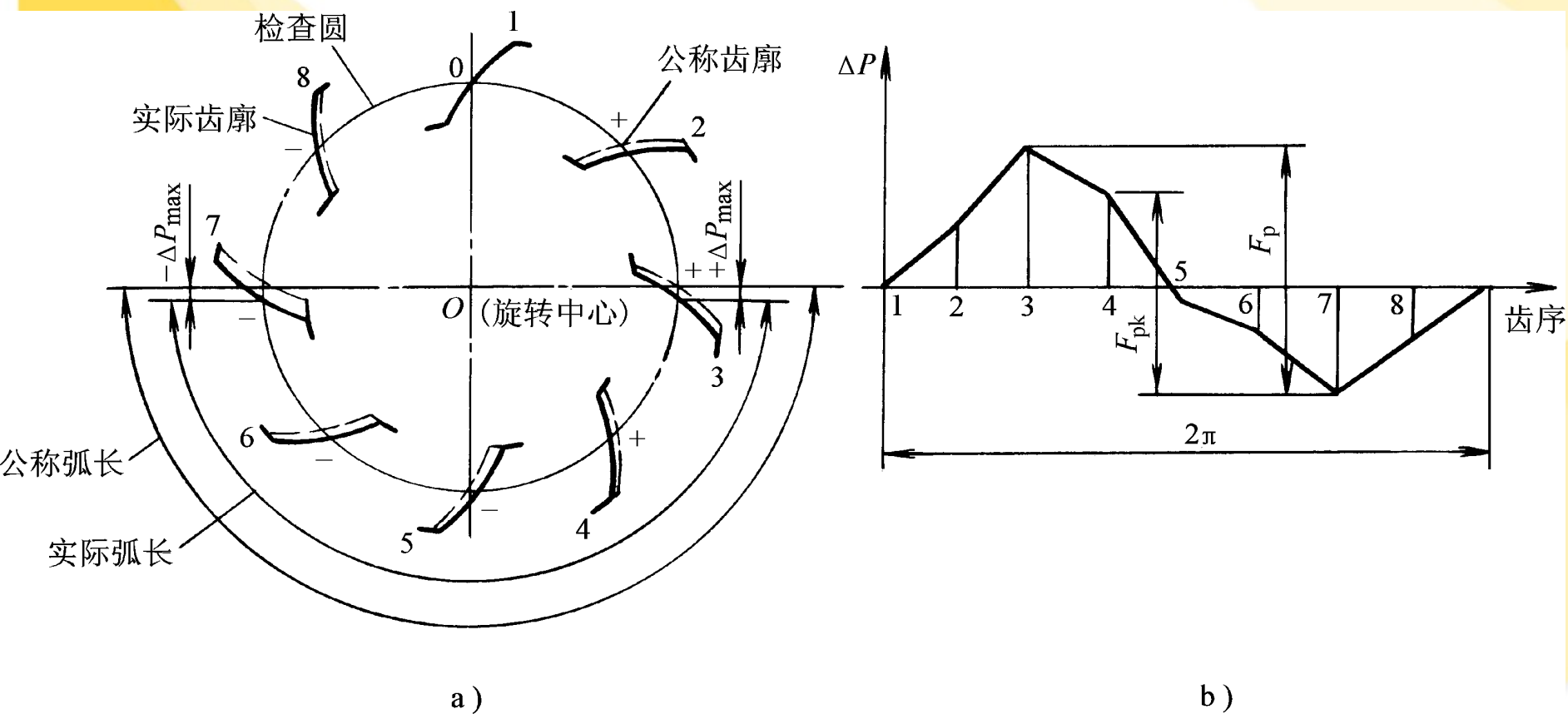
8.2 齿轮的误差分析和评定参数

- 一、评定传递运动的**准确性**的参数
- 二、评定**齿轮传动平稳性**的参数
- 三、评定**载荷分布均匀性**的参数
- 四、评定齿轮合理**侧隙**的参数

8.2.1 评定传递运动的准确性的参数

1) 传递运动的准确性

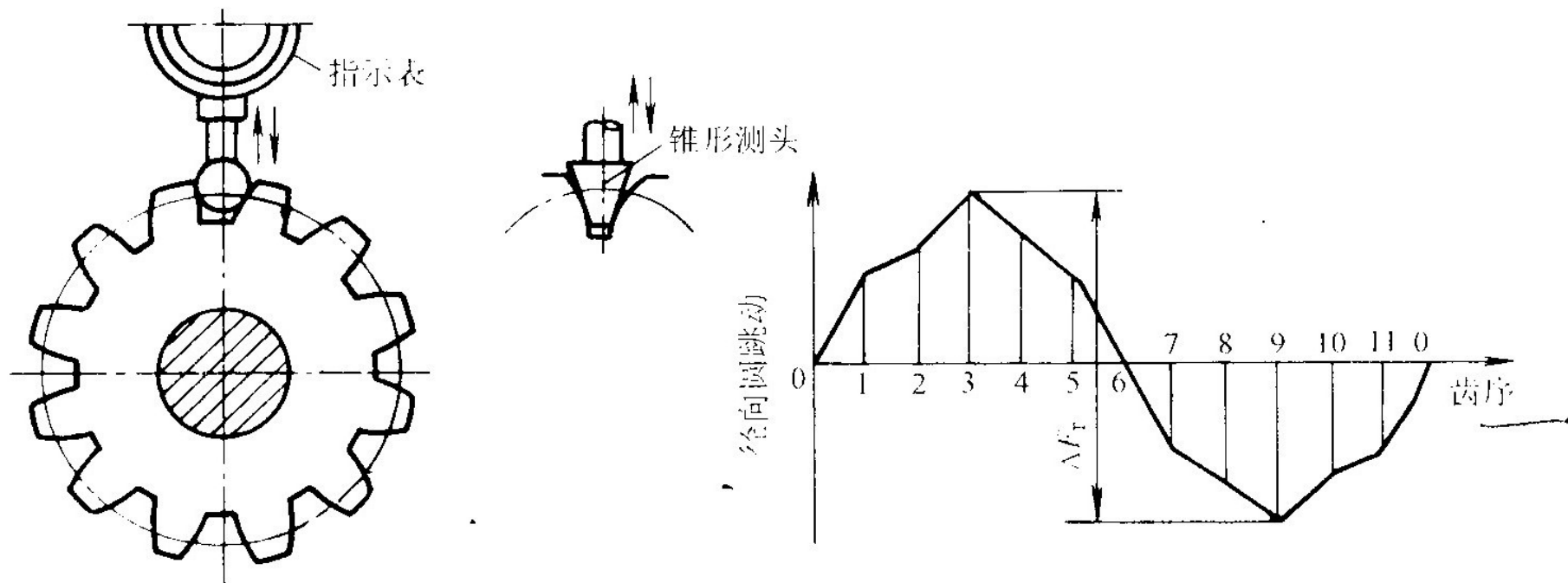
要求齿轮在一转范围内，齿轮的最大转角误差应限制在一定的范围内。



准确性

3、齿轮径向跳动公差 F_r

在齿轮一转范围内，测点在齿槽内齿高中部双面接触，测点相对于齿轮轴线的最大和最小径向距离之差。



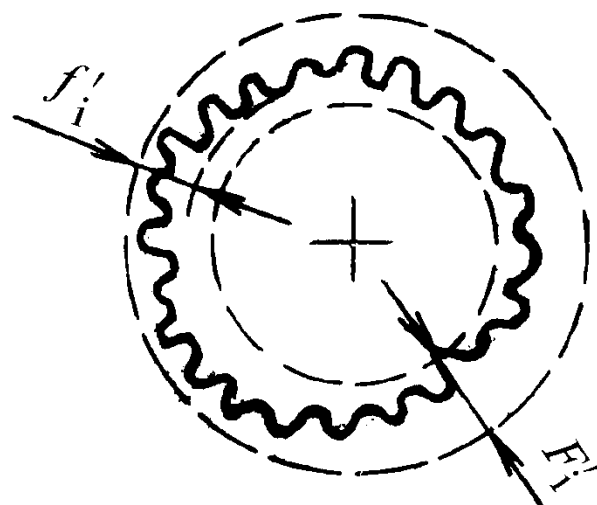
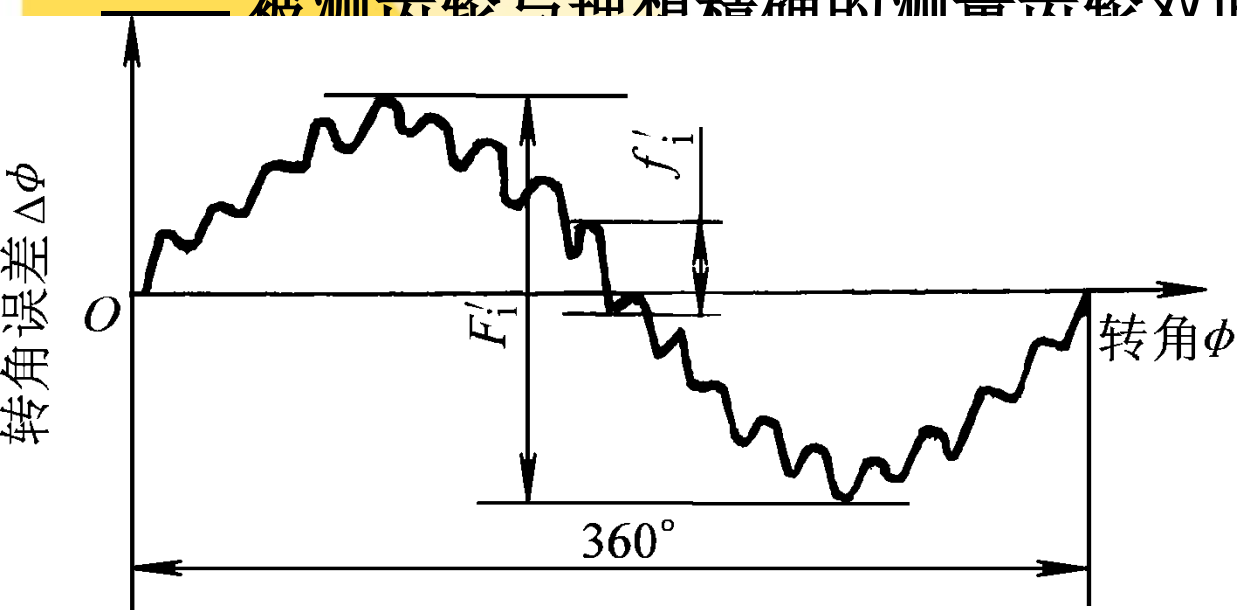
准确性

4、切向综合总偏差 F_i' (F_i')

—— 被测齿轮与理想精确的测量齿轮单面啮合时，在被测齿轮一转内，实际转角与公称转角之差的总幅度值。

5、径向综合总偏差 $F_{i'}'$

被测齿轮与理想精确的测量齿轮双面啮合时 在被测



一、评定传递运动的准确性的参数

名称	代号 公差	检测
切向综合总偏差	$F_i' \leq F_i'$	单啮仪
齿矩积累总偏差	$F_p \leq F_p$	万能测齿仪或齿矩仪
齿矩积累偏差	$F_{pk} \leq F_{pk}$	
齿圈径向跳动	$F_r \leq F_r$	径向跳动仪
径向综合偏差	$F_i'' \leq F_i''$	双啮仪

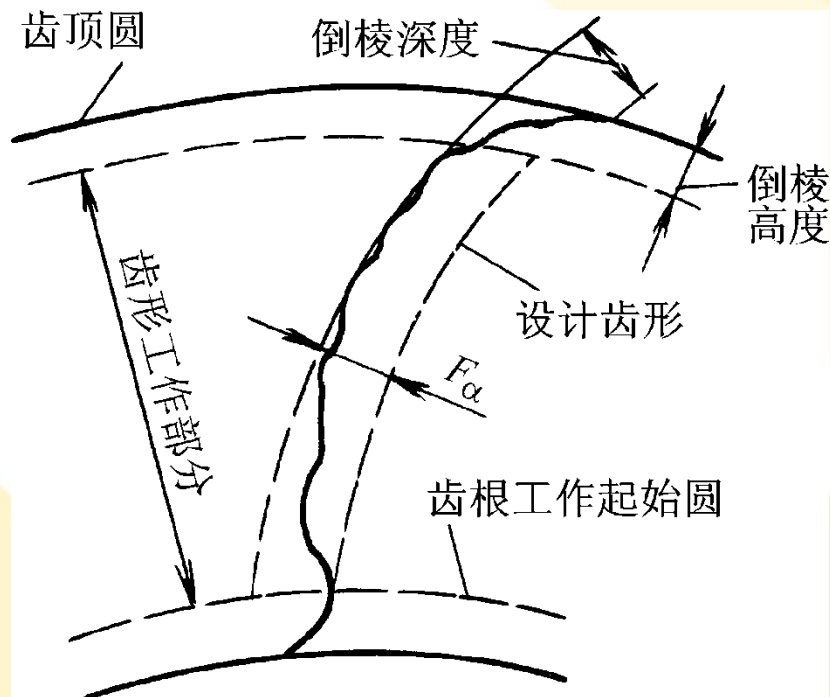
8.2.2 评定齿轮传动平稳性的参数

传动的平稳性:

要求齿轮转一齿过程中出现的瞬时传动比的变化不能超过一定的范围。

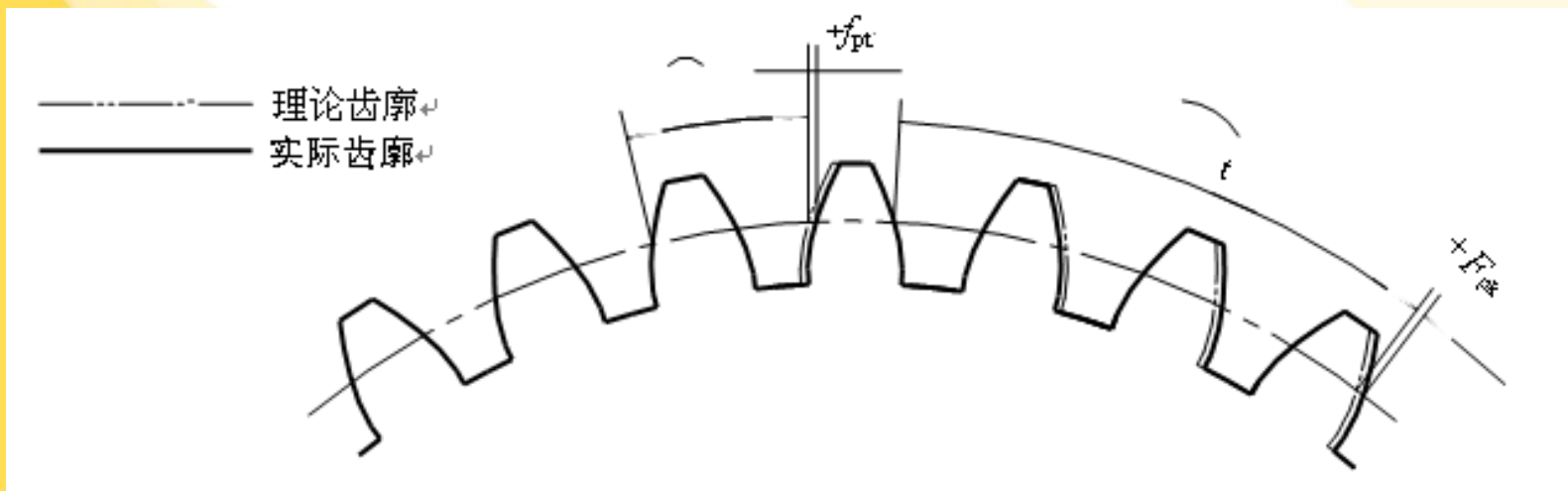
1、齿廓总偏差 F_a

—— 在端截面上，齿形工作部分内（齿顶倒棱部分除外）包容时间**齿形**且距离最小的两条设计齿形间的法向**距离**。



平稳性

2、单个齿距偏差 f_{pt} ——实际齿距与公称齿距之差。

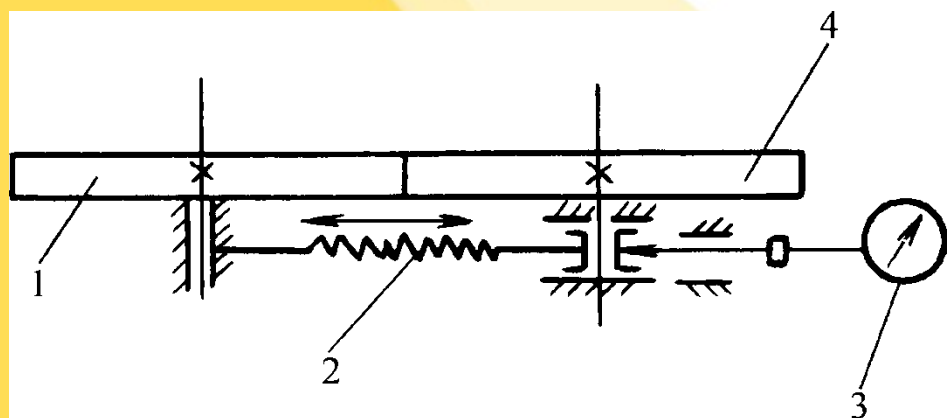


■ 3、一齿切向综合偏差 f_i'

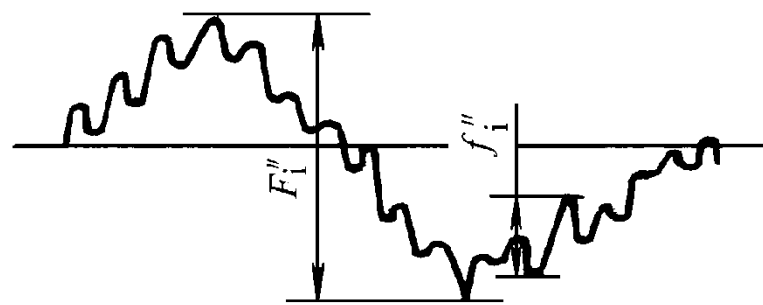
- —— 指被测齿轮与理想精确的测量齿轮单面啮合时，在被测齿轮一齿距角内，实际转角与公称转角之差的最大限度值。

■ 4、一齿径向综合偏差 f_i''

- —— 指被测齿轮与理想精确的测量齿轮双面啮合时，在被测齿轮一齿距内，双齿中心距的最大变动量。



a)



b)

名称	代 号	公 差	检测
一齿切向综合偏差	f_i'	$\leq f_i'$	单啮仪
一齿径向综合偏差	f_i''	$\leq f_i''$	双啮仪
齿形偏差	f_f	$\leq f_f$	渐开线检查仪
齿距偏差	$-f_{pt}$	$f_{pt} \leq +f_{pt}$	万能测齿仪 或齿距仪

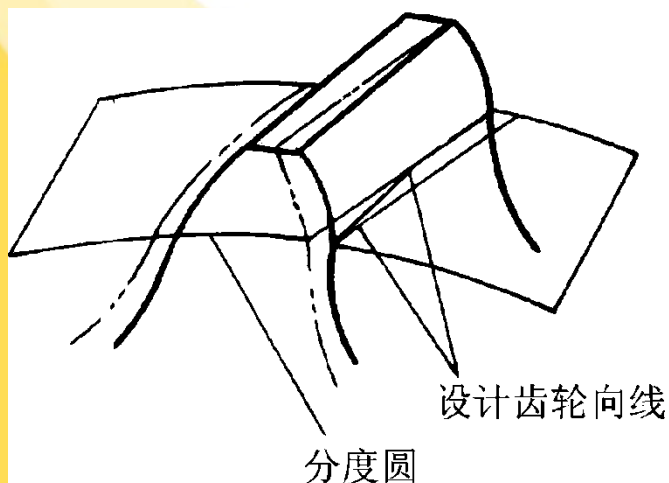
8.2.3 评定载荷分布均匀性的参数

载荷分布的均匀性:

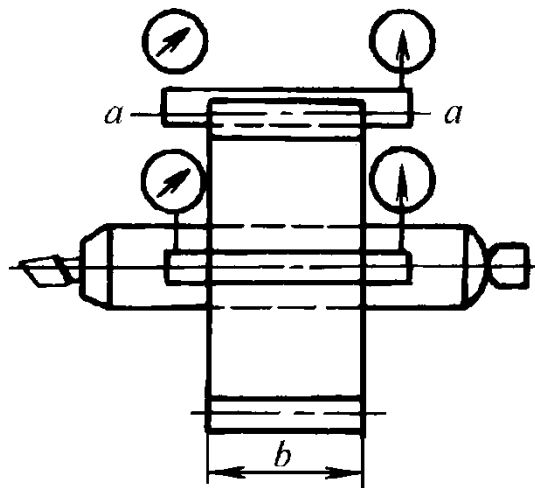
要求齿轮啮合时齿面沿齿高和齿宽方向都接触良好。

1、螺旋线总偏差 F_β (F_β) (齿向检查仪)

——在分度圆柱面上，齿宽有效部分的范围内，包容实际齿线且距离为最小的两条设计齿线之间的端面距离。



a)



b)

8.2.4 评定齿轮合理侧隙的参数

齿轮的侧隙

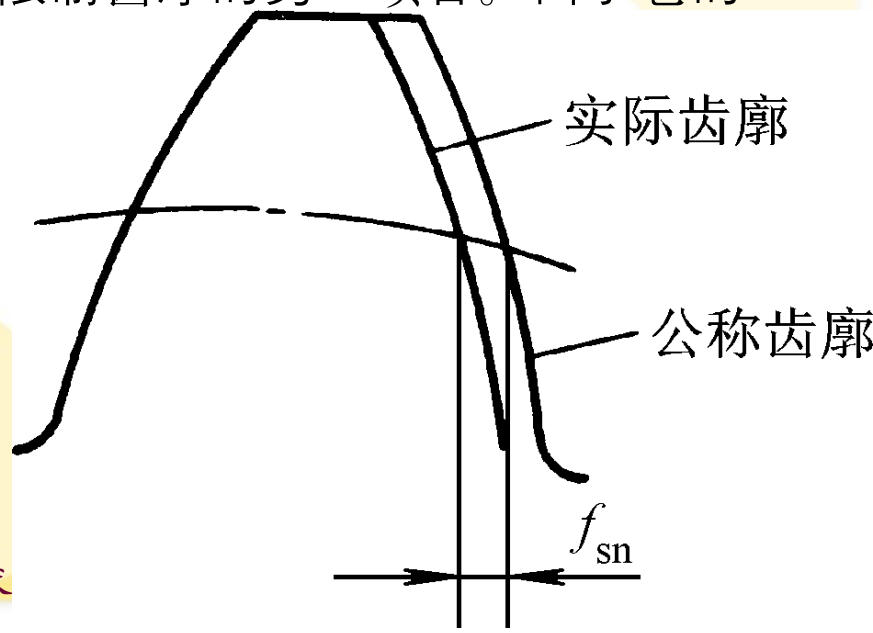
1) 齿侧间隙：

要求齿轮啮合时非工作表面间应留有一定的间隙。

为了得到必要的齿侧间隙，可用两种方法，即基中心距制和基齿厚制。

* 基齿厚制：

- 齿厚偏差 (E_{sns} , E_{sni}) 是侧隙的基本项目。
- 公法线平均长度极限偏差 E_{wns} , E_{wni} 是限制齿厚的另一项目。由于它的测量工具简单和测量方便，故常用。

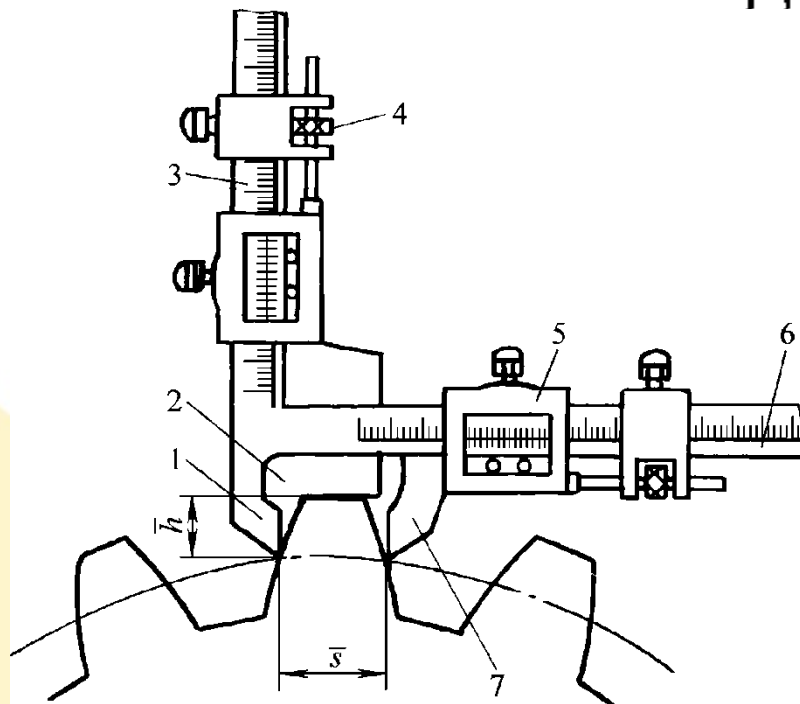
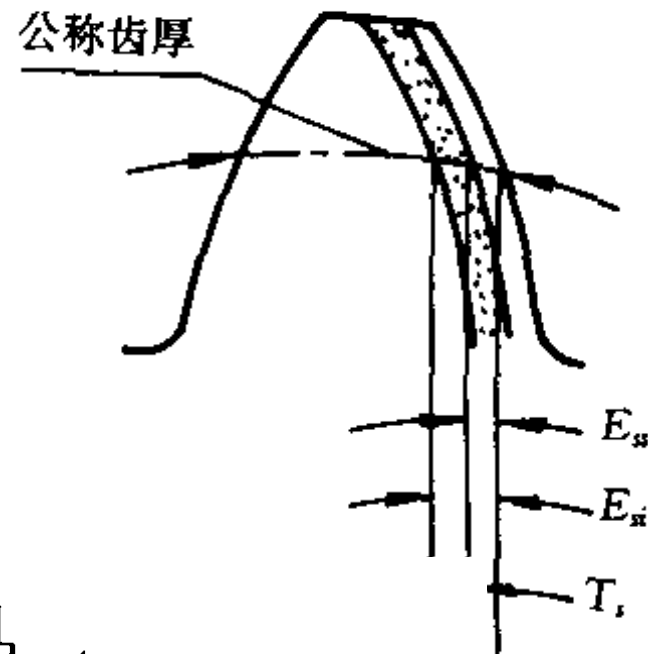


侧隙

1、齿厚偏差 (f_{Sm})

■ **齿厚偏差**是指在齿轮分度圆柱面上，齿厚的实际值与公称值之差。对于斜齿轮，指法向齿厚。

■ 为了保证一定的齿侧间隙，齿厚的上偏差 (E_{SnS})，下偏差 (E_{Sni}) 一般都为**负值**。



侧隙

2、 公法线平均长度偏差 E_{bn}

—— 在齿轮一周内，公法线长度平均值与公称之差。

- 公法线平均长度偏差 E_w 是指在齿轮一周内，公法线长度平均值与公称值之差。即
- $$E_{bn} = (W_1 + W_2 + \dots + W_n) / n - W_{\text{公称}}$$
- 齿轮因齿厚减薄使公法线长度也相应减小，所以可用公法线平均长度偏差作为反映侧隙的一项指标。通常是通过跨一定齿数测量公法线长度来检查齿厚偏差的

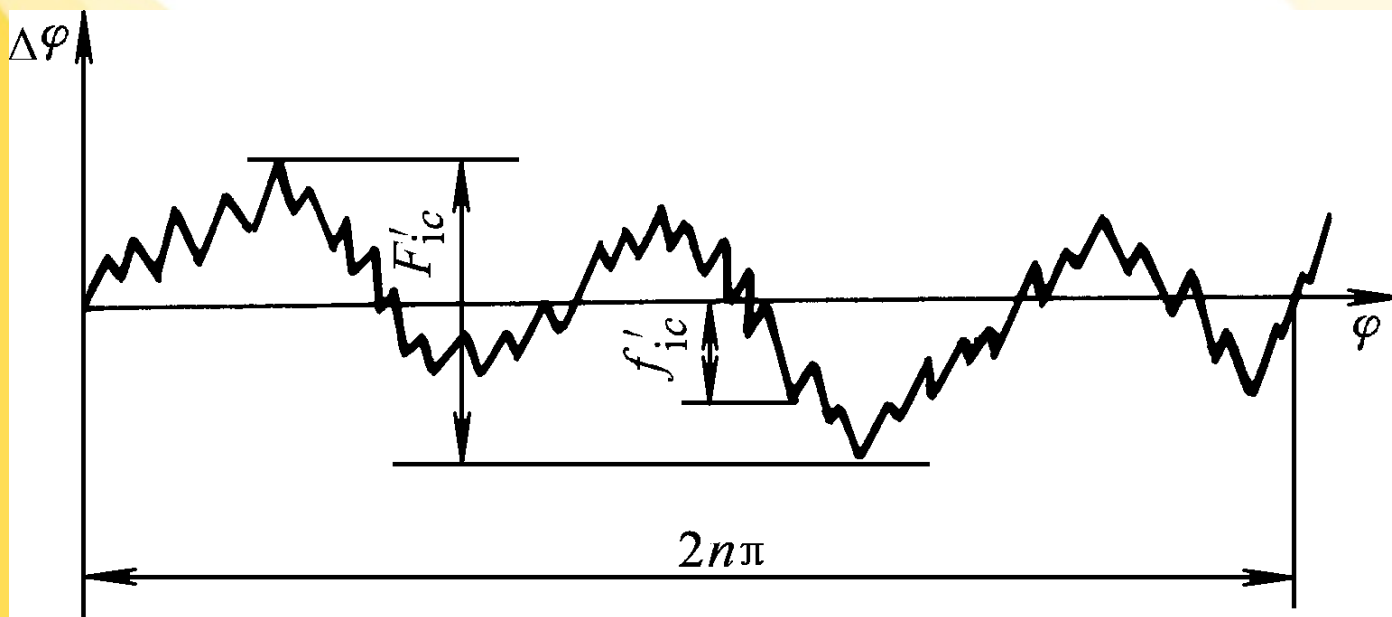
检 测： 公法线千分尺

跨齿数 k 计算：标准齿轮 $k = Z/9 + 0.5$ （取整）

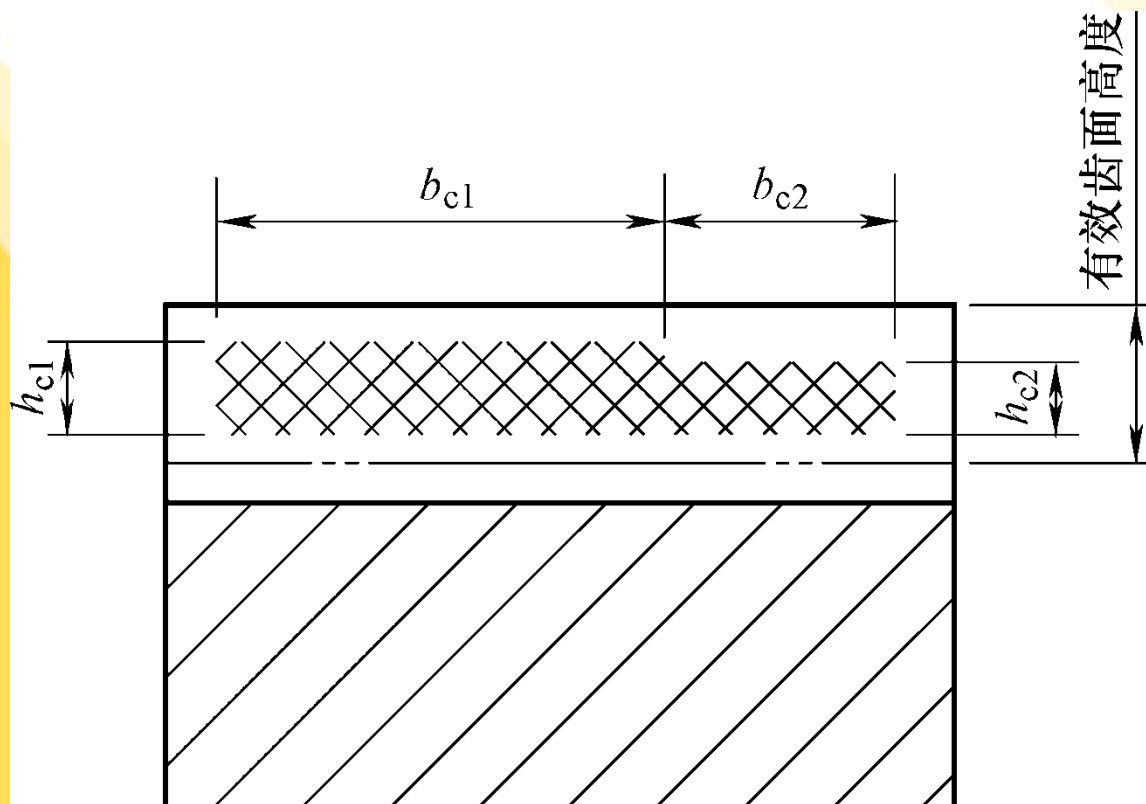
8.3 齿轮副的误差项目和评定指标

8.3.1 齿轮副的传动误差

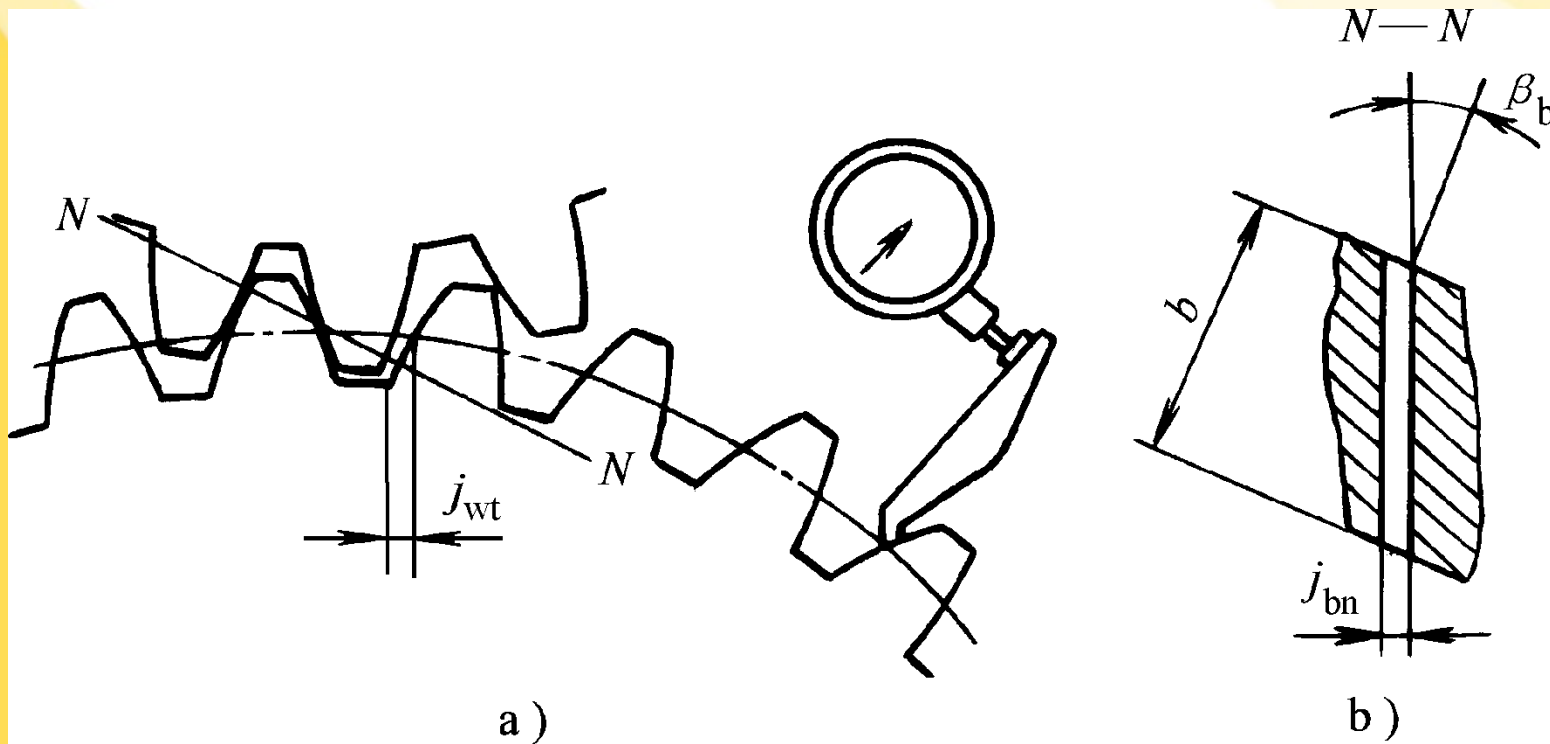
- (1) 齿轮副切向综合偏差 F'_{ic} ：装配好的齿轮副，在啮合转动足够多的转数内，一个齿轮相对于另一个齿轮的实际转角与公称转角之差的最大幅值。



- (2) 齿轮副的接触斑点：安装好的齿轮副，在轻微制动下运转后，齿面上分布的接触擦亮痕迹。（%）



- (3) 齿轮副的侧隙：齿轮副的侧隙分圆周侧隙 j_{wt} 和法向侧隙 j_{bn}



8.3.2 齿轮副的安装误差

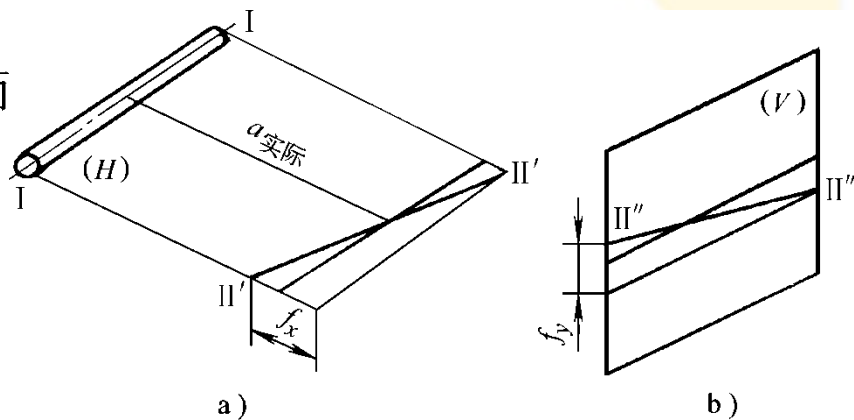
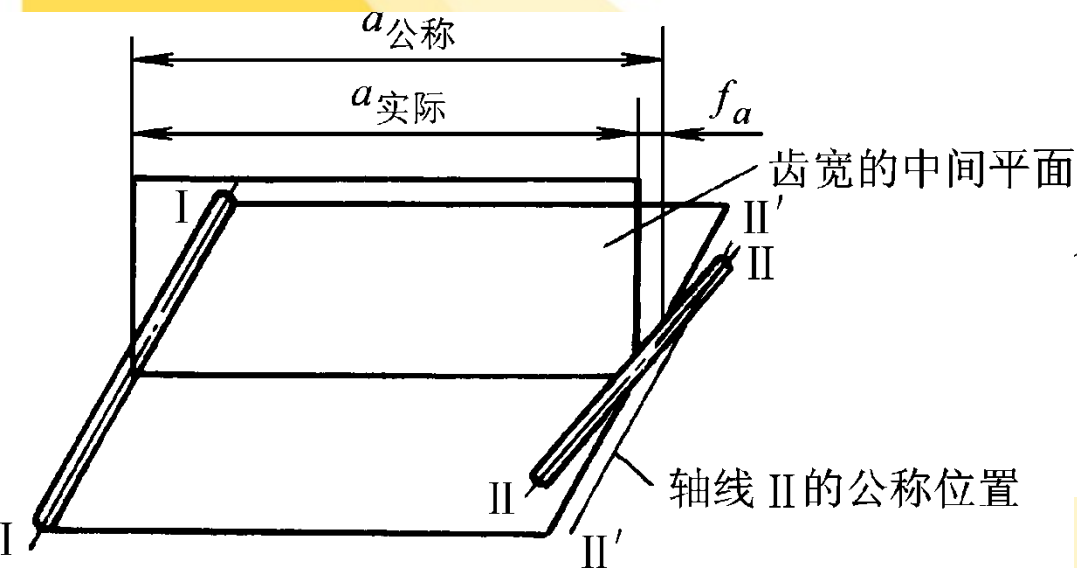
(1) 齿轮副的中心距偏差 f_a

齿轮副实际中心距与公称中心距之差。(孔距)

(2) 齿轮副轴线的平行度偏差 f_x 、 f_y

一对齿轮的轴线在其基准平面上投影的平行度偏差。

(影响载荷分布和侧隙的均匀性) (测孔平行度)



8.4 渐开线圆柱齿轮的精度及应用

- 齿轮精度等级的确定
- 齿轮误差检验组的选择
- 齿轮副侧隙的确定
- 图样标注

8.4.1 齿轮精度等级及其选择

- GB100095-88 标准对齿轮及齿轮副规定了 13 个精度等级，用 0，1，2，…，12 表示。其中 0 级精度最高，12 级精度最低。

0-5 级属于高精度。

6-9 级属于中等精度。使用最广；

10-12 级属于低精度。 轮副以低为精度等级

表 8-22 齿轮精度等级的适用范围

精度等级	应用范围	精度等级	应用范围
2~5	测量齿轮	6~10	拖拉机
4~7	航空发动机	6~8	通用减速器
3~8	金属切削机床	6~10	轧钢机
6~7	内燃机、电气机车	7~10	起重机械
5~8	轻型汽车	8~10	矿用绞车
6~9	载重汽车	8~11	农业机械

1、齿轮精度等级的确定

● 计算法

计算法是根据整个传动链的精度要求，通过运动误差计算确定齿轮的精度等级；或者已知传动中允许的振动和噪声指标，通过动力学计算确定齿轮的精度等级；

计算法一般用于高精度齿轮精度等级的确定中。

● 类比法

类比法是根据生产实践中总结出来的同类产品的经验资料，经过对比选择精度等级。

在生产实际中类比法较为常用。

1、齿轮精度等级的确定

- 齿轮的精度等级：根据齿轮的用途、使用要求、传递功率及圆周速度及其它技术要求而定，同时考虑切齿工艺及经济性。
- 齿轮 3 个公差组的同一公差组中的项目必须同级。
- 一般齿轮传动多按齿轮圆周线速度确定第 II 公差组的精度等级。当对传递运动准确性没有特别要求时，第 I 公差组的精度常比第 II 公差组低一个等级，当所传递的功率不特别大时，第 III 公差组一般采用和第 II 公差组相同的精度等级。

8.4.2 齿轮侧隙的选择

- 获得侧隙的方法有两种：

一种是基齿厚制，即固定齿厚的极限偏差，通过改变中心距的基本偏差来获得不同的最小极限侧隙，此方法用于中心距可调的机构。

另一种方法是基中心距制，即固定中心距的极限偏差，通过改变齿厚的上偏差来得到不同的最小极限侧隙，国标采用这一种。

- 国标规定了 14 种齿厚极限偏差的数值，并用 14 个大写的英文字母表示。每一种代号代表的齿厚极限偏差的数值均以齿距极限偏差（ f_{pt} ）的倍数表示。（具体计算过程看公式 8-18 至 8-26）

8.4.3 齿轮检验项目的确定

公差组	齿轮的公差组公差与极限偏差	误差特征	对传动性能的影响
I	F_i' , F_p , F_{pk} , F_i'' , F_r	以齿轮一转为周期的误差	传递运动的准确性
II	F_i' , f_i'' , ff , f_{pt} ,	在齿轮一转内, 多次周期的重复出现的误差	传动的平稳性, 噪声, 振动
III	F_β	齿向的误差	载荷分布均匀性
侧隙	E_{wm} , E_s	齿轮公法线, 齿厚误差	

8.4.3 齿轮检验项目的确定

- **加工工艺**。如第Ⅱ公差组用 f_f 与 f_{pt} 组合，适用于磨齿加工， f_f 反映砂轮齿形角误差， f_{pt} 反映机床分度误差。 f_f 与 f_{pb} 组合适合于滚齿和插齿加工，这时 f_f 反映齿轮齿面形状误差， f_{pb} 反映齿形角误差。
- **生产批量及检测设备**。生产批量大时，应选择检测效率高的项目。如汽车、拖拉机行业，第Ⅰ公差组多用 F_i'' 和 F_w 组合，因为 F_i'' 检测方便迅速，可全数检验， F_w 只需抽检即可。同时应尽量用同一台仪器测量多项误差。如第Ⅰ公差组检验 F_p ，第Ⅱ公差组就应当选择 f_{pt} 与其它项目组合，因为两者测量方法相同。

8.4.4 齿轮图样标注及有关要求

- 1) 齿轮的**主要参数**（如模数 m_n 、齿数 z 、齿形角 α 、螺旋角 β 、变位系数 x 等）
- 2) **精度等级及齿厚极限偏差代号**均应列表标注。

齿轮标注示例

- (1) 当齿轮的检验项目同为一个精度等级时, 可标注精度等级和标准号。例如, 齿轮检验项目都为 8 级, 则标注为:

8 GB/T 10095 - 2008

- (2) 当齿轮检验项目要求的精度等级不同时, 例如, 齿廓总偏差 $F\alpha$ 为 7 级, 单个齿距偏差 f_{pt} 、齿距累积总偏差 FP 和螺旋线总偏差 $F\beta$ 均为 6 级时, 则标注为:

7 ($F\alpha$) 、 6 (f_{pt} 、 FP 、 $F\beta$) GB/T 10095.1 - 2008

- (3) 当齿轮的径向综合偏差要求为 6 级精度时, 则标注为:

6 ($F i''$ 、 $f i''$) GB/T 10095.2 - 2008

齿坯与箱体公差确定

齿坯公差规定

齿轮的传动质量与齿坯的精度有关。为了保证齿轮的传动质量，就必须控制齿坯精度，以使加工的轮齿精度更易保证。

表 11-5 齿坯公差（摘自 GB10095-88）

齿轮精度等级		5	6	7	8	9
孔	尺寸公差	IT 5	IT6	IT7		IT8
	形位公差					
轴	尺寸公差	IT5		IT6		IT7
	形位公差					
顶圆直径公差		IT7	IT8			IT9

注:当顶圆不作为测量基准时,其尺寸公差按 IT11 给定,但不大于 $0.1m_n$ 。

齿轮的形状公差及基准面的跳动公差

表 11-7 安装面的跳动公差 (摘自 GB/Z 18620.3-2002)

确定轴线的基准面	跳动量 (总的指示幅度)	
	径 向	轴 向
仅指圆柱或圆锥形基准面	$0.15 (L/b) F_{\beta}$ 或 $0.32 F_{\beta}$ 取两者中之大值	
一个圆柱基准面和一个端面 基准	$0.3 F_{\beta}$	$0.2 (D_d/b) F_{\beta}$

注：齿轮坯的公差应减至能经济地制造的最小值。

齿坯各基准面的表面粗糙度

表 11-8 齿轮各表面的表面粗糙度 R_a 的推荐值 μm

	5	6	7		8	9	
轮齿齿面	0.32~0.63	0.63~1.25	1.25	2.5	5(2.5) 插或滚齿	5	10
齿面加工方法	磨齿	磨或珩	剃或珩	精滚精插		滚齿	铣齿
齿轮基准孔	0.32~0.63	1.25	1.25~2.5			5	
齿轮轴基准轴颈	0.32	0.63	1.25		2.5		
齿轮基准端面	2.5~5	2.5~5	2.5~5			5	
齿轮顶圆	1.25~2.5	5(6.3)	5(6.3)				

(2) 箱体公差

- 箱体中心距公差 $f_{a \text{ 箱}}$ 取 $0.8 f_a$ 。
- 而 $f_{x \text{ 箱}}$ 和 $f_{y \text{ 箱}}$ 可按标准值 f_x 、 f_y 给出，标注在箱体零件图上

8.4.6 综合实例

- **例：**某普通机床的一对渐开线直齿圆柱齿轮副，其模数 $m=3$ ，小齿轮齿数 $Z_1=26$ ，大齿轮齿数 $Z_2=56$ ，齿宽 $b=24mm$ ，中心距 $a=123mm$ ，主动齿轮（小齿轮）转速 $n_1=1100r/min$ 。试确定主动齿轮的精度等级和检验项目，列出其公差或极限偏差值，以及齿厚极限偏差和齿坯精度要求，并绘制齿轮工作图。

- 解：（1）确定精度等级 对于普通机床的齿轮传动，其对传动的平稳性要求比其他几个使用要求要高，故可按其圆周速度来确定精度等级。

- 齿轮的圆周速度 $v = \frac{\pi m z_1 n_1}{60 \times 1000} = \frac{\pi \times 3 \times 26 \times 1100}{60 \times 1000} = 4.49 \text{ m/s}$

- 参照表 8-9 选定该齿轮为 8 级精度。

- 一般减速传动齿轮对运动准确性要求不高，故传动准确性的精度选 8 级。动力齿轮对载荷分布有一定的要求，故传动平稳性和载荷分布均匀性的精度取同级，即取 8 级。

（2）确定检验项目，并查表确定其公差值 由于齿轮批量生产，精度中等，可以选定 $F_{f'}$ 、 $f_{f'}$ 替代齿距偏差 F_p 、 f_{pt} 的测量，故选用 $F_{f'}$ 、 $f_{f'}$ 、 F_β 三个评定指标，并分别查表得到它们的公差值。

- 根据主动齿轮（小齿轮）的参数，计算其分度圆直径 $d_1 = m z_1 = 3 \times 26 = 78 \text{ mm}$

- 查表，确定齿轮评定指标的公差值分别如下：
- 评定传动准确性的参数 $F_{\text{p}}=72$ ；
- 评定传动平稳性的参数 $f_{\text{p}}=29$ ；
- 评定载荷分布均匀性的参数 $F_{\beta}=24$ 。
- (3) 确定最小法向侧隙及齿厚极限偏差
- 1) 按照表 8-10 确定齿轮副所需最小侧隙。中心距 $a=123\text{mm}$ ，参考表中的推荐值，取 $=0.14\text{mm}$ 。
- 2) 由 $d_1=78\text{mm}$ ，查表， $=17 \text{ } \mu\text{m}$ 。根据公式 8-13 计算其他误差引起的侧隙最小量为：
- $$J_{bn} = \sqrt{1.76 \times 17^2 + 2.104 \times 24^2} \approx 41$$

3) 查表 8-6 可得 $d = 31.5\text{mm}$ ，根据公式 8-14，计算齿厚上偏差为：

$$E_{sns} = - \left(\frac{0.14 + 0.041}{2 \times \cos 20^\circ} + 0.0315 \times \tan 20^\circ \right) \approx -0.108$$

4) 查表 8-11 可得 $b_r = 1.26 \times IT9 = 1.26 \times 74 = 93$ ，查表 8-2 可得 $F_r = 43$ ，根据公式 8-15，计算齿厚公差为：

$$T_{sn} = \sqrt{43^2 + 93^2} \times 2 \times \tan 20^\circ \approx 0.075$$

$$\text{齿厚下偏差为 } E_{sni} = E_{sns} - T_{sn} = -0.108 - 0.075 = -0.183$$

■ (4) 计算公法线的公称长度及其偏差

■ 直齿轮的公称公法线长度 W_k 和测量时跨齿数 k 的计算：

$$k = z / 9 + 0.5 = 26 / 9 + 0.5 \approx 3$$

$$W_k = m[1.476(2k - 1) + 0.014z] = 23.23mm$$

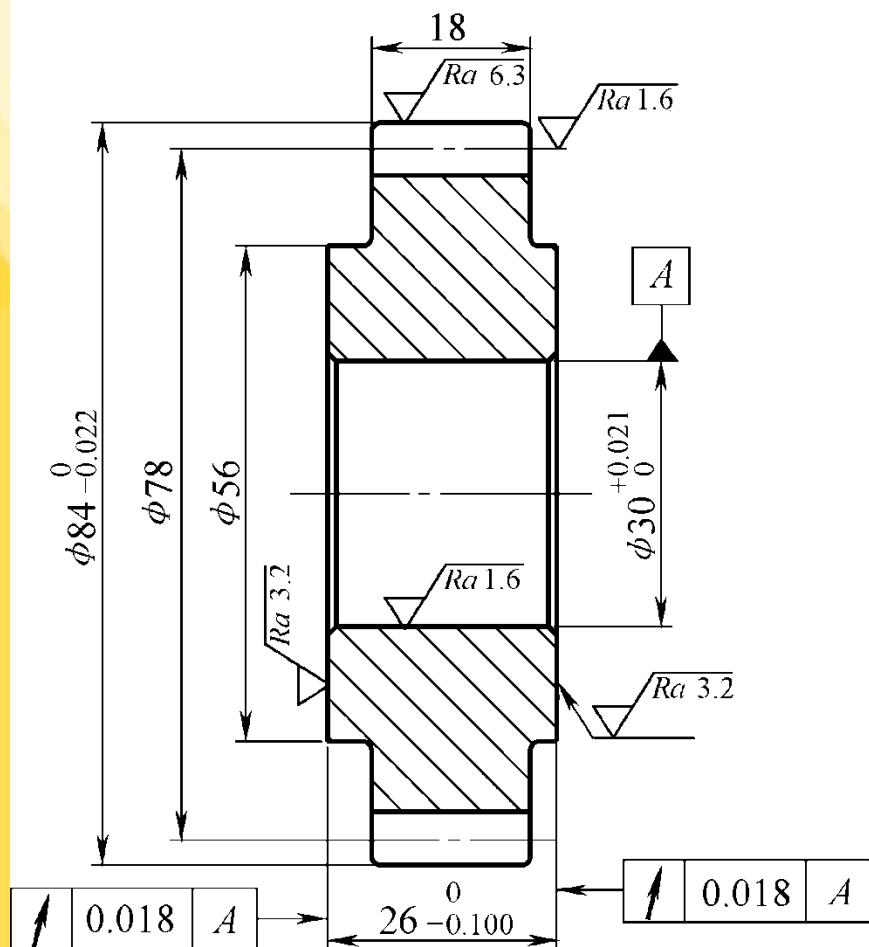
■ 公法线长度的上下偏差分别由齿厚的上下偏差换算得到。由于几何偏心使同一齿轮各齿的实际齿厚大小不相同，而几何偏心对实际公法线长度没有影响，因此在换算时应该从齿厚的上下偏差中扣除几何偏心的影响：

$$E_{bns} = E_{sns} \cos a_n - 0.72F_r \sin a_n = -0.112 \text{ mm}$$

$$E_{bni} = E_{sni} \cos a_n + 0.72F_r \sin a_n = -0.161 \text{ mm}$$

第8章 渐开线圆柱齿轮的互换性

- (5) 确定齿坯公差及各表面粗糙度
- 查表 8-12 得, 孔公差为 IT7 级。顶圆不作为测量齿厚的基准, 所以公差为 IT11 级。基准端面的圆跳动公差为 $0.018mm$ 。
- 取孔的表面粗糙度为 1.6 ; 端面粗糙度 3.2 ; 齿面粗糙度 1.6 ; 顶圆粗糙度 6.3 。



法向模数	m_n	3
齿 数	z	26
压力角	α_n	20°
螺旋角	β	0
径向变位系数	x	0
公法线平均长度 及其上下偏差	W	$23.23^{+0.112}_{-0.161}$
	跨齿数	3
精度等级	8GB/T 10095.2 — 2008	
齿轮副中心距 及其极限偏差	$a \pm f_a$	123 ± 0.0315
径向综合偏差	F_i''	0.072
一齿径向综合偏差	f_i''	0.029
螺旋线总偏差	F_β	0.024

图 10-20 齿轮工作图

附表 1

第 8 章 渐开线圆柱齿轮的互换性

■ 表 8-2 公差数值 (摘自 GB/T10095.1—2008) 单位: μm

分度圆直径 d /mm	模数	单个齿距偏差				齿距累计总偏差				齿廓总偏差			
	m /mm	$\pm$				F_p	值			F_a	值		
		f_{pt} 值											
		精 度 等 级											
		5	6	7	8	5	6	7	8	5	6	7	8
$20 < d \leq 50$	$0.5 < m \leq 2$	4.7	6.5	9.5	13	14	20	29	41	5	7.5	10	15
	$2 < m \leq 3.5$	5.5	7.5	11	15	15	21	30	42	7	10	14	20
	$3.5 < m \leq 6$	6	8.5	12	17	15	22	31	44	9	12	18	25
$50 < d \leq 125$	$0.5 < m \leq 2$	5.5	7.5	11	15	18	26	37	52	6	8.5	12	17
	$2 < m \leq 3.5$	6	8.5	12	17	19	27	38	53	8	11	16	22
	$3.5 < m \leq 6$	6.5	9	13	18	19	28	39	55	9.5	13	19	27
$125 < d \leq 280$	$0.5 < m \leq 2$	6	8.5	12	17	24	35	49	69	7	10	14	20
	$2 < m \leq 3.5$	6.5	9	13	18	25	35	50	70	9	13	18	25
	$3.5 < m \leq 6$	7	10	14	20	25	36	51	72	11	15	21	30

表 8-3 Fr 、公差数值 (摘自 GB/T10095.2—2008) 单位: μm

① : 由中计算出来, 对直齿轮来说系数 =1。

分度圆直径 d/mm	模数 m/mm	齿轮径向跳动 Fr				f_i' / K 的比值 ^①			
		精 度 等 级							
		5	6	7	8	5	6	7	8
$20 < d \leq 50$	$0.5 < m \leq 2$	11	16	23	32	14	20	29	41
	$2 < m \leq 3.5$	12	17	24	34	17	24	34	48
	$3.5 < m \leq 6$	12	17	25	35	19	27	38	54
$50 < d \leq 125$	$0.5 < m \leq 2$	15	21	29	42	16	22	31	44
	$2 < m \leq 3.5$	15	21	30	46	18	25	36	51
	$3.5 < m \leq 6$	16	22	31	44	20	29	40	57
$125 < d \leq 280$	$0.5 < m \leq 2$	20	28	39	55	17	24	34	49
	$2 < m \leq 3.5$	20	28	40	56	20	28	39	56
	$3.5 < m \leq 6$	20	29	41	58	22	31	44	62

表 8-4 公差数值 (摘自 GB/T10095.1—2008) 单位 : μm

分度圆直径 径 d / mm	齿 宽 b / mm	F_{β} 螺旋线总偏差				$f_{H\beta}$ 螺旋线倾斜偏差± $f_{f\beta}$ 与形状偏差			
		精 度 等 级							
		5	6	7	8	5	6	7	8
$20 < d \leq 50$	$4 < b \leq 10$	6.5	9	13	18	4.5	6.5	9	13
	$10 < b \leq 20$	7	10	14	20	5	7	10	14
	$20 < b \leq 40$	8	11	16	23	6	8	12	16
$50 < d \leq 125$	$4 < b \leq 10$	6.5	9.5	13	19	4.8	6.5	9.5	13
	$10 < b \leq 20$	7.5	11	15	21	5.5	7.5	11	15
	$20 < b \leq 40$	8.5	12	17	24	6	8.5	12	17
$125 < d \leq 280$	$4 < b \leq 10$	7	10	14	20	5	7	10	14
	$10 < b \leq 20$	8	11	16	22	5.5	8	11	16
	$20 < b \leq 40$	9	13	18	25	6.5	9	13	18

表 8-5 和公差数值 (摘自 GB/T10095.2—2008) 单位：
 μm

分度圆直径 径 d / mm	模数 m / mm	径向综合误差 F_i''				一齿径向综合偏差 f_i''			
		精 度 等 级							
		5	6	7	8	5	6	7	8
$20 < d \leq 50$	$.5 < m \leq 2.5$	18	26	37	52	6.5	9.5	13	19
	$2.5 < m \leq 4$	22	31	44	63	10	14	20	29
	$4 < m \leq 6$	28	39	56	79	15	22	31	43
$50 < d \leq 125$	$.5 < m \leq 2.5$	22	31	43	61	6.5	9.5	13	19
	$2.5 < m \leq 4$	25	36	51	72	10	14	20	29
	$4 < m \leq 6$	31	44	62	88	15	22	31	44
$125 < d \leq 280$	$.5 < m \leq 2.5$	26	37	53	5	6.5	9.5	13	19
	$2.5 < m \leq 4$	30	43	61	86	10	15	21	29
	$4 < m \leq 6$	36	51	72	102	15	22	31	44

表 8-6 中心距极限偏差 $\pm$ (摘自 GB/T10095.1—2008) 单位：
 μm

副中心距 a	齿 轮 精 度 等 级					
	0~2	3~4	5~6	7~8	9~10	11~12
$80 < a \leq 120$	5	11	17.5	27	43.5	110
$120 < a \leq 180$	6	12.5	20	31.5	50	125
$180 < a \leq 250$	7	14.5	23	36	57.5	145
$250 < a \leq 315$	8	16	26	40.5	65	160
$315 < a \leq 400$	9	18	28.5	44.5	70	180

思考与习题

- 8.1 判断题
- (1) 齿轮传动的平稳性是要求齿轮一转内最大转角误差限制在一定范围内。 ()
- (2) 高速动力齿轮对传动平稳性和载荷分布均匀性都很高。 ()
- (3) 齿轮传动的震动和噪声是由于齿轮传递运动的不准确性引起的。 ()
- (4) 精密仪器中的齿轮对传递运动的准确性要求很高，对传动平稳性要求不高。 ()
- (5) 齿距累积总偏差是任意 k 个齿距的实际弧长与理论弧长的代数差。 ()
- (6) 径向综合总偏差 指在被测齿轮与测量齿轮单面啮合并转过一整圈时出现的中心距最大值和最小值之差。 ()

■ 8.2 填空题

- (1) 齿轮传动精度包括传动运动的准确性、传动平稳性、和_____ 4 个指标。
- (2) 径向综合偏差的精度等级分为_____ 共 9 个精度等级。
- (3) 齿轮副侧隙可分为 _____、 _____ 、 _____ 3 种。
- (4) 在齿轮的加工误差中，影响齿轮副侧隙的误差主要是 _____。
- (5) 齿轮标记 7 (F_α)、 8 (f_{pt} 、 FP 、 F_β) GB/T10095.1 的含义是 _____。
- (6) 齿轮副的接触斑点是指_____

第8章 渐开线圆柱齿轮的互换性

8.3 选择题

(1) 下列不属于齿距偏差的是 ()。

A. f_{pt} B. F_a C. F_{pk} D. F_p

(2) 下列计量器具中不能用来检测齿距偏差的是 ()。

A. 齿距仪 B. 万能测齿仪 C. 光学分度头 D. 齿厚游标卡尺

(3) 下列哪个指标不是必检项目 ()。

A. f_{pt} B. F_a C. F_p D. F_{pk}

8.4 对齿轮传动的使用要求有哪些？它们之间有何区别与联系？

8.5 齿坯有哪些精度要求？

谢谢！



互换性与测量技术