

## 前 言

本标准是按 GB/T 1.1—1993 标准化工作导则 第 1 单元 第 1 部分, GB/T 1.22—1993 标准化工作导则 第 2 单元 第 22 部分, 结合 GB 3480—83 渐开线圆柱齿轮承载能力计算方法, GB 10095—88 渐开线圆柱齿轮精度等进行制订的。使标准的编写格式和规则尽可能与国际一致或等同, 以尽快适应国际贸易、技术和经济交流的需要。

标准自 1998 年 11 月 1 日起实施。

本标准由湘潭牵引电气设备研究所提出并归口。

本标准起草单位: 常州工矿电机车厂。

本标准起草人: 张昭荣、戎建才、张翼。

# 中华人民共和国机械行业标准

## 工矿电机车用渐开线直齿圆柱齿轮规范

JB/T 8743—1998

Specifications of involute straight and cylindrical  
gears for mining & industrial electric locomotive

### 1 范围

本标准规定了工矿电机车用渐开线直齿圆柱齿轮的技术要求、抽样与检验等。

本标准适用于各种类型工矿电机车用渐开线直齿圆柱外啮合齿轮。

### 2 引用标准

下列标准包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。在标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 1357—87	渐开线圆柱齿轮模数(neq ISO 54: 1977)
GB/T 2821—92	齿轮几何要素代号(neq ISO 701: 1976)
GB/T 3077—88	合金结构钢的技术条件(neq TOCT 4543: 1971)
GB/T 3374—92	齿轮基本术语(neq ISO/R 1122—1: 1983)
GB/T 3480—83	渐开线圆柱齿轮承载能力计算方法
GB/T 4459.2—84	机械制图 齿轮画法(neq ISO 2203:1973)
GB/T 6443—86	渐开线圆柱齿轮 图样上应注明的尺寸数据(eqv ISO 1340: 1976)
GB/T 8539—87	齿轮材料及热处理质量检验的一般规定
GB/T 10095—88	渐开线圆柱齿轮 精度(eqv ISO 1328: 1975)
JB 2782—79	汽车碳氮共渗齿轮金相检验
ZB T04 001—88	汽车渗碳齿轮金相检验
ZB J36 009—88	钢件感应淬火零件金相检验

### 3 定义

本标准采用下列定义：

#### 3.1 齿轮几何要素代号

按 GB/T 2821 规定。

#### 3.2 齿轮基本名词术语

按 GB/T 3374 规定。

#### 3.3 轮齿心部硬度

按 GB/T 8539 中 2.5 规定。

#### 3.4 有效硬化层深度

##### 3.4.1 渗碳(碳氮共渗)齿轮有效硬化层深度

按 GB/T 8539 中 2.9.1 规定。

##### 3.4.2 表面淬火(火焰或感应加热淬火)齿轮有效硬化层深度

机械工业部 1998—05—28 批准

1998—11—01 实施

按 GB/T 8539 中 2.9.3 规定。

4 技术要求

4.1 基本齿廓与模数

4.1.1 基本齿廓及齿廓参数和代号规定见图 1 及表 1。

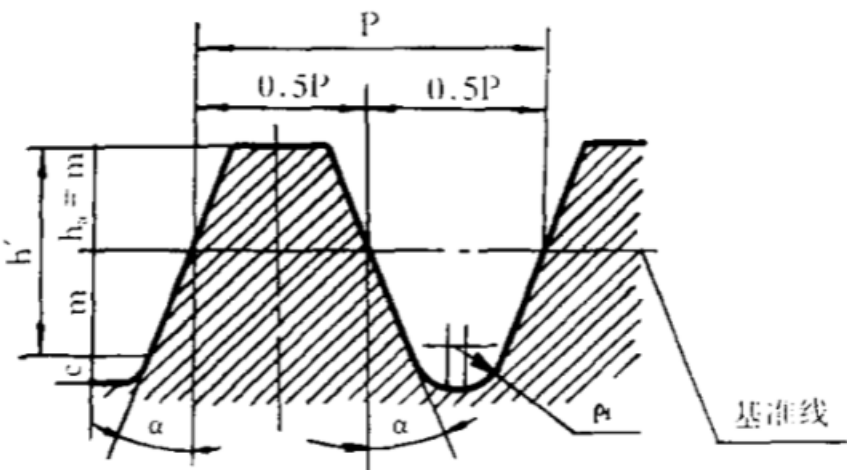


图 1 渐开线圆柱齿轮基准齿形  
表 1

齿廓参数名称	代 号	数 值	说 明
齿 形 角	$\alpha$	$20^\circ$	
齿 顶 高	$h_a$	$m$	齿顶高系数 $h_a^* = 1$
工作齿高	$h'$	$2m$	在工作齿高部分的齿形是直线
齿 距	$p$	$\pi m$	基准线上齿厚与齿槽宽度相等
径向间隙	$C$	$0.25m$	径向间隙系数 $C^* = 0.25$
齿根圆角半径	$\rho_f$	$\approx 0.38m$	
注： 1 基本齿廓是指基本齿条的法向齿廓。 2 为提高齿根强度，在传动不产生干涉的条件下，允许增大 $\rho_f$ ，也允许做成单圆弧。			

4.1.2 齿顶倒棱与修缘

a) 为了改善传动质量，一般进行齿顶倒棱或修缘。经齿顶倒棱或修缘后的齿轮应保证齿轮传动中重合度  $\epsilon$  不小于 1.089；

b) 对于选用精度等级在 7 级(含 7 级)以下的齿轮，建议采用齿顶倒圆的方法，齿顶倒圆圆角半径  $R = 0.1m$ 。

4.1.3 齿轮模数

齿轮模数应符合 GB/T 1357 的规定，本标准规定采用的模数为 3、4、5、6、7、8、9、10、12 mm。

4.2 变位系数的选择与几何尺寸计算

4.2.1 变位系数的选择

- a) 应正确选择变位系数，包括变位系数之和  $x_z$  及将  $x_z$  合理地分配为  $x_1$  和  $x_2$ ；
- b) 本标准推荐采用角变位齿轮传动，且  $x_z$ 、 $x_1$  和  $x_2$  均大于零；
- c) 分配变位系数时，在综合考虑齿轮的弯曲强度、接触强度、抗胶合能力和耐磨损性能的前提下，应

对以过盈配合于轮轴上的大齿轮不便更换这一事实给予足够的重视。

#### 4.2.2 角变位齿轮几何尺寸计算

根据传动要求,按强度计算或结构设计确定  $Z_1$ 、 $Z_2$ 、 $m$ 、 $\alpha'$  诸参数后,齿轮的几何尺寸计算见表 2。

表 2

序 号	名 称	代 号	公 式 或 说 明	公 式 号
1	未变位时中心距	$a$	$0.5 m(Z_1 + Z_2)$	(1)
2	中心距变动系数	$y$	$(a' - a)/m$	(2)
3	啮合角	$\alpha'$	$\arccos[(a \cdot \cos \alpha)/a']$	(3)
4	变位系数和	$x_z$	$\frac{0.5(Z_1 + Z_2)(\operatorname{inv} \alpha' - \operatorname{inv} \alpha)}{\tan \alpha}$	(4)
5	变位系数分配	$x_1, x_2$	依设计要求选取	
6	齿高变动系数	$\Delta y$	$x_z - y$	(5)
7	分度圆直径	$d$	$m \cdot z$	(6)
8	齿顶高	$h_a$	$m(h_a^* + x - \Delta y)$	(7)
9	齿全高	$h$	$m(2 h_a^* + c^* - \Delta y)$	(8)
10	节圆直径	$d'$	$d[1 + 2 y/(z_1 + z_2)]$	(9)
11	齿顶圆直径	$d_a$	$d + 2 h_a$	(10)
12	齿根圆直径	$d_f$	$d_a - 2 h$	(11)
13	齿宽	$b$	$(8 \sim 13) m$	

#### 4.2.3 齿轮变位的限制条件及啮合质量指标

a) 齿轮加工时不允许发生根切现象。避免发生根切的最小变位系数  $x_{\min}$  按下式计算:

$$x_{\min} = h_a^* + c^* - r^* (1 - \sin \alpha) - z \sin^2 \alpha / 2 \quad (12)$$

式中:  $h_a^* = 1$   $c^* = 0.25$   $r^* = 0.38$   $\alpha = 20^\circ$

b) 齿顶厚度  $S_a \geq (0.3 \sim 0.4)m$

$$S_a = d_a (s/d + \operatorname{inv} \alpha - \operatorname{inv} \alpha_a) \quad (13)$$

式中:  $S$ ——分度圆弧齿厚, mm, 见公式(14);

$\alpha_a$ ——顶圆压力角, 见公式(15)。

$$S = 0.5 \pi m + 2 x m \tan \alpha \quad (14)$$

$$\alpha_a = \arccos(d_b/d_a) \quad (15)$$

式中:  $d_b$ ——基圆直径, mm, 公式(16)

$$d_b = m \cdot z \cdot \cos \alpha \quad (16)$$

c) 齿轮传动的重合度  $\epsilon$  应不小于 1.20, 经齿顶倒棱或修缘的齿轮, 其重合度按 4.1.2 a。重合度  $\epsilon$  按下式计算:

$$\epsilon = \frac{1}{2\pi} [z_1 (\tan \alpha_{a1} - \tan \alpha') + z_2 (\tan \alpha_{a2} - \tan \alpha')] \quad (17)$$

d) 齿轮传动不得发生过渡曲线干涉现象。

小齿轮不发生过渡曲线干涉的条件为:

$$\tan \alpha' - \frac{z_2}{z_1} (\tan \alpha_{a2} - \tan \alpha') \geq \tan \alpha - \frac{4(h_a^* - x_1)}{z_1 \cdot \sin 2\alpha} \quad (18)$$

大齿轮不发生过渡曲线干涉的条件为:

$$\tan \alpha' - \frac{z_1}{z_2} (\tan \alpha_{a1} - \tan \alpha') \geq \tan \alpha - \frac{4(h_a^* - x_2)}{z_2 \cdot \sin 2\alpha} \quad (19)$$

e) 用标准滚刀加工时, 不得产生轮齿不完全切削现象, 避免轮齿产生不完全切削现象的条件为:

$$d_s \sin(\alpha_s - \alpha) < L - 0.5\pi m \quad \dots\dots\dots (20)$$

式中:  $L$ —— $m$  模数标准滚刀的螺纹部分长度, mm。

f) 小齿轮齿根处的最大几何压力系数  $\psi_{lmax}$  不得大于 1.4。

$$\psi_{lmax} = \frac{2(z_1 + z_2)\tan\alpha'}{[(z_1 + z_2)\tan\alpha' - z_2\tan\alpha_{s2}]z_2\tan\alpha_{s2}\cos\alpha} \quad \dots\dots\dots (21)$$

g) 小齿轮齿根处的最大滑动系数  $\eta_{lmax}$  的绝对值不得大于 4。

$$\eta_{lmax} = \frac{z_2(\tan\alpha_{s2} - \tan\alpha')(1 + z_1/z_2)}{(z_1 + z_2)\tan\alpha' - z_2\tan\alpha_{s2}} \quad \dots\dots\dots (22)$$

h) 利用封闭图分配变位系数时, 若齿轮的齿数与实例相差 3 齿以上, 则应对各项限制条件及啮合质量指标进行考核。

### 4.3 精度等级选择

#### 4.3.1 齿轮精度等级选择建议使用表 3。

表 3

齿轮分度圆圆周速度 m/s	调质 齿 轮	淬 硬 齿 轮
$\leq 3$	9—9—8	8—8—7
$> 3 \sim 7$	8—8—7	8—7—7
$> 7 \sim 12$	8—7—7	7—7—6
$> 12 \sim 18$	7—6—6	7—6—6

注: 齿轮分度圆圆周速度是指工矿电机车在长时制运行工况下的齿轮分度圆圆周速度。

4.3.2 本标准规定齿轮副中两个齿轮的精度等级取成相同。对三个公差组可以选用不同的精度等级, 但在同一公差组内, 各项公差与极限偏差应保持相同精度等级。

4.3.3 齿轮副取与齿轮相同的精度等级。

#### 4.3.4 表面粗糙度

a) 轮齿表面的粗糙度, 当第 III 公差组的精度等级为 6 级,  $R_a$  值应不低于  $0.8 \mu m$ ; 当第 III 公差组的精度等级为 7 级时,  $R_a$  值应不低于  $1.6 \mu m$ ; 当第 III 公差组的精度等级为 8 级时,  $R_a$  值应不低于  $3.2 \mu m$ ;

b) 齿轮孔的表面粗糙度  $R_a$  值应不低于  $1.6 \mu m$ ;

c) 齿轮轴颈的表面粗糙度  $R_a$  值应不低于  $0.8 \mu m$ ;

d) 基准面的表面粗糙度  $R_a$  值应不低于  $1.6 \mu m$ 。

### 4.4 齿轮副侧隙

#### 4.4.1 齿厚度量

齿厚用公法线平均长度及其偏差度量。测量公法线长度时的跨越齿数  $k$  按下式计算:

$$k = \frac{Z}{\pi} \left[ \frac{1}{\cos\alpha} \sqrt{\left(1 + \frac{2x}{z}\right) - \cos^2\alpha} - \frac{2x}{z} \tan\alpha - \text{inv}\alpha \right] - 0.5 \quad \dots\dots\dots (23)$$

计算结果按数字修约规则圆整至整数。

跨  $k$  齿测量的公法线长度  $W_k$  值按下式计算:

$$W_k = m \cdot \cos\alpha [\pi(k - 0.5) + z \cdot \text{inv}\alpha + 2x \tan\alpha] \quad \dots\dots\dots (24)$$

计算结果圆整至  $0.01 \text{ mm}$ 。

#### 4.4.2 极限侧隙

齿轮副最小法向极限侧隙  $j_{nmin}$  按下式计算:

$$j_{nmin} = |E_{s1} + E_{s2}| \cdot \cos\alpha - 2 f_s \sin\alpha - j_n \quad \dots\dots\dots (25)$$

式中:  $E_{a1}$ ——小齿轮的齿厚上偏差,  $\mu\text{m}$ ;

$E_{a2}$ ——大齿轮的齿厚上偏差,  $\mu\text{m}$ ;

$f_a$ ——齿轮副中心距极限偏差的  $f_a$  值,  $\mu\text{m}$ ;

$j_a$ ——由加工及安装误差引起的侧隙减小量,  $\mu\text{m}$ 。

$$j_a = \sqrt{f_{pb1}^2 + f_{pb2}^2 + (1.25 \times \cos^2 \alpha + 1) \cdot F_\beta^2} \dots\dots\dots (26)$$

本标准对齿轮副最大法向极限侧隙  $j_{\max}$  不作考核。

#### 4.4.3 齿轮极限偏差代号

本标准推荐: 当齿轮的第 I、II 两个公差组的精度等级均为 8 级时, 小齿轮的齿厚上、下偏差代号分别为 F、J, 大齿轮的齿厚上、下偏差代号分别为 G、K; 当齿轮的第 I、II 两个公差组的精度等级均为 9 级时, 则大、小齿轮的齿厚上、下偏差代号分别为 F、H。

公法线平均长度上偏差  $E_{ws}$  及公差  $T_w$  分别按式(27)和(28)计算:

$$E_{ws} = E_{sa} \cdot \cos \alpha - 0.72 F_r \cdot \sin \alpha \dots\dots\dots (27)$$

$$T_w = T_s \cdot \cos \alpha - 1.44 F_r \cdot \sin \alpha \dots\dots\dots (28)$$

#### 4.5 齿轮材料与热处理

##### 4.5.1 齿轮材料

a) 调质齿轮采用 40Cr、42CrMo、40CrNiMoA; 渗碳齿轮采用 20CrMnTi、20CrMnMo。允许采用性能不低于上述材料的其他合金结构钢。非整体式齿轮的材料指加工轮齿部分的齿圈材料;

b) 材料的化学成分及机械性能应符合 GB/T 3077 的规定。

##### 4.5.2 表面硬度

a) 逐齿感应淬火的调质齿轮, 其齿面硬度应不低于 48 HRC;

b) 整体淬火的渗碳或碳氮共渗齿轮, 其齿面硬度应不低于 56 HRC, 其齿根过渡曲面及齿槽底面硬度与齿面硬度之差应不大于 3 HRC。

##### 4.5.3 心部硬度

a) 调质齿轮的心部硬度应不低于 215 HBS, 允许以切齿前的调质硬度代替心部硬度检查;

b) 渗碳(碳氮共渗)齿轮的心部硬度应不低于 28 HRC, 应不高于 45 HRC。

##### 4.5.4 有效硬化层深度

有效硬化层深度应不小于模数的 0.15 倍, 其最大值与最小值之差应不大于 0.5 mm; 齿槽底面及齿根过渡曲面的硬化层深度应不小于规定最小值的 75%。

#### 4.6 承载能力计算

##### 4.6.1 计算规则

a) 计算内容为齿面接触强度和齿根弯曲疲劳强度;

b) 计算方法按 GB/T 3480 中的一般方法和本标准的有关规定;

c) 计算工况按工矿电机车小时制或长时制运行工况。

##### 4.6.2 齿面接触强度计算

###### a) 强度条件

单对齿啮合区下界点处小齿轮计算接触应力  $\sigma_H$  应不大于其许用接触应力  $\sigma_{H\text{TP}}$ , 或接触强度的计算安全系数  $S_H$  应不小于接触强度的最小安全系数  $S_{H\text{min}}$ 。即:

$$\sigma_H \leq \sigma_{H\text{TP}} \dots\dots\dots (29)$$

$$S_H \geq S_{H\text{min}} \dots\dots\dots (30)$$

式中接触应力,  $\text{N}/\text{mm}^2$ , 见 4.6.2b。

###### b) 计算接触应力 $\sigma_H$

单对齿啮合区下界点处计算接触应力  $\sigma_H$  按下式确定。

$$\sigma_H = \sigma_{H0} \cdot \sqrt{K_A \cdot K_v \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha}} \quad (31)$$

式中:  $K_A$ ——使用系数, 本标准规定  $K_A = 1.25$ ;

$K_v$ ——动载系数;

$K_{H\beta}$ ——接触强度计算的齿向载荷分布系数;

$K_{H\alpha}$ ——接触强度计算的齿间载荷分配系数;

$K_v$ 、 $K_{H\beta}$ 、 $K_{H\alpha}$ 分别按 GB/T 3480 规定计算;

$\sigma_{H0}$ ——计算接触应力的基本值,  $N/mm^2$ 。

$$\sigma_{H0} = Z_H \cdot Z_E \cdot Z_\epsilon \cdot Z_B \cdot \sqrt{\frac{F_t}{b \cdot d_1} \cdot \frac{u+1}{u}} \quad (32)$$

式中:  $F_t$ ——分度圆上名义切向力,  $N$ , 见公式(33);

$b$ ——工作齿宽,  $mm$ , 指一对齿轮中较小宽度;

$d_1$ ——小齿轮的分度圆直径,  $mm$ ;

$u$ ——齿数比,  $u = z_2/z_1$ ;

$Z_H$ ——节点区域系数, 见公式(34);

$Z_E$ ——弹性系数,  $\sqrt{N/mm^2}$ , 本标准取为 189.8;

$Z_\epsilon$ ——重合度系数, 见公式(35);

$Z_B$ ——折算系数, 见 4.6.2.f。

$$F_t = 19.098 \times 10^6 \times \frac{P}{n_1 \cdot d_1} \quad (33)$$

式中:  $P$ ——工矿电机车计算工况下牵引电机功率,  $kW$ ;

$n_1$ ——工矿电机车计算工况下齿轮转速,  $r/min$ 。

$$Z_H = \sqrt{\frac{2}{\cos^2 \alpha \cdot \tan \alpha}} \quad (34)$$

$$Z_\epsilon = \sqrt{(4 - \epsilon)/3} \quad (35)$$

c) 许用接触应力  $\sigma_{HP}$

许用接触应力  $\sigma_{HP}$ 对大小齿轮应分别按下式计算:

$$\sigma_{HP} = \frac{\sigma_{Hlim}}{S_{Hmin}} \cdot Z_N \cdot Z_L \cdot Z_V \cdot Z_R \cdot Z_W \cdot Z_X \quad (36)$$

式中:  $S_{Hmin}$ ——接触强度最小安全系数, 见 4.6.2 e;

$\sigma_{Hlim}$ ——试验齿轮的接触疲劳极限,  $N/mm^2$ ; 见 4.6.2 g;

$Z_N$ ——接触强度计算的寿命系数;

$Z_L$ ——润滑剂系数;

$Z_V$ ——速度系数;

$Z_R$ ——粗糙度系数;

$Z_W$ ——工作硬化系数;

$Z_X$ ——接触强度计算的尺寸系数;

$Z_N$ 、 $Z_L$ 、 $Z_V$ 、 $Z_R$ 、 $Z_W$ 、 $Z_X$ 分别按 GB/T 3480 计算。

注: \* 作为持久寿命计算时,  $Z_N = 1$ ; 作为有限寿命计算时, 齿轮的工作寿命应不少于 20 000 h, 齿面允许出现部分点蚀。

d) 接触强度计算的安全系数  $S_H$

大小齿轮的接触强度计算安全系数  $S_H$ 分别按下式计算:



$$S_H = \frac{\sigma_{Hlim} \cdot Z_N}{\sigma_{HO}} \cdot \frac{Z_L \cdot Z_V \cdot Z_R \cdot Z_W \cdot Z_X}{\sqrt{K_A \cdot K_V \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha}}} \quad (37)$$

e) 接触强度的最小安全系数  $S_{Hmin}$

本标准规定：以工矿电机车长时制运行工况进行接触强度计算。接触强度的最小安全系数  $S_{Hmin}=1.0$ 。

f) 折算系数  $Z_B$

折算系数  $Z_B$  用于将齿轮节圆处的计算接触应力折算成单对齿啮合区下界点处的计算接触应力。对于  $Z_1 \geq 20$  齿轮，取  $Z_B=1$ ；对于  $Z_1 < 20$  的齿轮， $Z_B$  按下式计算：

$$Z_B = \frac{\tan \alpha'}{\sqrt{\tan \alpha_{\beta 1} \cdot \tan \alpha_{\beta 2}}} \quad (38)$$

式中： $\alpha_{\beta 1}$ ——单对齿啮合区下界点 B 处小齿轮压力角，按下式计算：

$$\tan \alpha_{\beta 1} = \tan \alpha_{s1} - 2\pi/z_1 \quad (39)$$

$\alpha_{\beta 2}$ ——单对齿啮合区下界点 B 处大齿轮压力角，按下式计算：

$$\tan \alpha_{\beta 2} = \frac{1}{u} [(u+1) \cdot \tan \alpha' - \tan \alpha_{\beta 1}] \quad (40)$$

g) 试验齿轮的接触疲劳极限  $\sigma_{Hlim}$

1) 对材料和热处理符合本标准规定的逐齿感应淬火调质齿轮，取  $\sigma_{Hlim}=1200 \text{ N/mm}^2$ ；整体淬火的渗碳(碳氮共渗)齿轮，取  $\sigma_{Hlim}=1500 \text{ N/mm}^2$ 。

2) 如缺乏材料试验及严格的热处理工艺和检验，则逐齿感应淬火调质齿轮，取  $\sigma_{Hlim}=1050 \text{ N/mm}^2$ 。整体淬火的渗碳(碳氮共渗)齿轮，取  $\sigma_{Hlim}=1350 \text{ N/mm}^2$ 。

3) 一般情况下，分别取两者的平均值。

#### 4.6.3 轮齿弯曲疲劳强度计算

a) 强度条件

计算齿根应力  $\sigma_F$  应不大于许用齿根应力  $\sigma_{FP}$ ，或弯曲疲劳强度的计算安全系数  $S_F$  应不小于弯曲疲劳强度的最小安全系数  $S_{Fmin}$ ，即：

$$\sigma_F \leq \sigma_{FP} \quad (41)$$

$$S_F \geq S_{Fmin} \quad (42)$$

b) 计算齿根应力  $\sigma_F$

计算齿根应力  $\sigma_F$  由下式确定：

$$\sigma_F = \sigma_{FO} \cdot K_A \cdot K_V \cdot K_{F\beta} \cdot K_{Fa} \quad (43)$$

式中： $K_A$ 、 $K_V$  见 4.6.2b

$K_{F\beta}$ ——弯曲强度计算的齿向载荷分布系数；

$K_{Fa}$ ——弯曲强度计算的齿间载荷分配系数；

$\sigma_{FO}$ ——齿根应力的基本值， $\text{N/mm}^2$ ，对于大小齿轮应分别确定。

$$\sigma_{FO} = \frac{F_t}{b \cdot m} \cdot Y_F \cdot Y_S \quad (44)$$

式中： $F_t$ 、 $b$  见 4.6.2b；

$Y_F$ ——载荷作用于单对齿啮合区上界点时的齿形系数；

$Y_S$ ——载荷作用于单对齿啮合区上界点时的应力修正系数；

$K_{F\beta}$ 、 $K_{Fa}$ 、 $Y_F$ 、 $Y_S$  按 GB/T 3480 计算。

c) 许用齿根应力  $\sigma_{FP}$

大小齿轮的许用齿根应力分别按下式计算：



$$\sigma_{FP} = \frac{\sigma_{Flim} \cdot Y_{ST} \cdot Y_{NT}}{S_{Fmin}} \cdot Y_{RelT} \cdot Y_{RelT} \cdot Y_x \dots\dots\dots (45)$$

式中：σ<sub>Flim</sub>——试验齿轮的齿根弯曲疲劳极限，N/mm<sup>2</sup>，见 4.6.3.f；  
Y<sub>ST</sub>——试验齿轮的应力修正系数，由本标准所给的 σ<sub>Flim</sub> 值计算时，Y<sub>ST</sub>=2.0；  
Y<sub>NT</sub>——弯曲强度计算的寿命系数，本标准规定 Y<sub>NT</sub>=1.0；  
Y<sub>RelT</sub>——相对齿根圆角敏感系数；  
Y<sub>RelT</sub>——相对齿根表面状况系数；  
Y<sub>x</sub>——弯曲强度计算的尺寸系数；  
S<sub>Fmin</sub>——弯曲强度的最小安全系数。

Y<sub>RelT</sub>、Y<sub>RelT</sub>、Y<sub>x</sub> 均按 GB/T 3480 计算。

d) 弯曲强度的计算安全系数 S<sub>F</sub>

大小齿轮弯曲强度的计算安全系数 S<sub>F</sub> 分别按下式计算：

$$S_F = \frac{\sigma_{Flim} \cdot Y_{ST} \cdot Y_{NT}}{\sigma_{FO}} \cdot \frac{Y_{RelT} \cdot Y_{RelT} \cdot Y_x}{K_A \cdot K_V \cdot K_{F\beta} \cdot K_{Fa}} \dots\dots\dots (46)$$

e) 弯曲强度的最小安全系数 S<sub>Fmin</sub>

本标准规定，以工矿电机车小时制运行工况进行弯曲强度计算。弯曲强度的最小安全系数 S<sub>Fmin</sub>=1.5。

f) 试验齿轮的齿根弯曲疲劳极限 σ<sub>Flim</sub>

- 1) 对材料的热处理符合本标准规定的逐齿感应淬火调质齿轮，如齿槽底面硬度与齿面的硬度相同，σ<sub>Flim</sub>=240 N/mm<sup>2</sup>；  
如齿槽底面硬度明显低于齿面硬度，则 σ<sub>Flim</sub>=220 N/mm<sup>2</sup>；  
整体淬火的渗碳(或碳氮共渗)齿轮，σ<sub>Flim</sub>=330 N/mm<sup>2</sup>。
- 2) 如缺乏材料试验及严格的热处理工艺和检验，则逐齿感应淬火的调质齿轮，取 σ<sub>Flim</sub>=200 N/mm<sup>2</sup>；  
整体淬火的渗碳(或碳氮共渗)齿轮，取 σ<sub>Flim</sub>=300 N/mm<sup>2</sup>。
- 3) 一般情况下，可分别取两者的平均值。齿面如经过强化处理，σ<sub>Flim</sub> 的值可适当提高。

4.7 图样绘制与标注

4.7.1 图样绘制

齿轮及齿轮啮合的图样按 GB/T 4459.2 规定绘制。

4.7.2 齿轮零件图标注

齿轮零件图标注按 GB/T 6443 的规定，参数表的内容和式样见表 4。

表 4

模 数		m	
齿 数		z	
齿 形 角		α	
齿顶高系数		h <sub>a</sub> *	
变位系数		x	
齿 厚	公法线平均长度及其偏差	$\begin{matrix} E_{ws} \\ W_k \\ E_{wi} \end{matrix}$	
	跨齿数	k	
精度等级		—	(GB/T 10095)
齿轮副中心距及其极限偏差		a±f <sub>t</sub>	

表 4(完)

配对齿轮	图 号	
	齿 数	
公差组	检验项目代号	公差(或极限偏差)值
I	$F_p$	
II	$F_t$	
	$f_{pt}$	
III	$F_\beta$	

注：表列检验项目适用于 8 级及 8 级以上齿轮，具体检验项目可按实际需要增减。

4.7.3 齿轮装配图标注

齿轮副的精度等级、侧隙要求、检验项目及公差应标注于装配图的适当部位。

标注示例一：

装配图中齿轮副内小齿轮的件号为 7，大齿轮的件号为 12。齿轮副的切向综合公差  $F_{ic}'$ 、一齿切向综合公差  $f_{ic}'$  及接触斑点同为 8 级；最小法向极限侧隙  $j_{nmin}=223\text{ }\mu\text{m}$ ， $F_{\alpha}'=308\text{ }\mu\text{m}$ ， $f_{ic}'=73\text{ }\mu\text{m}$ 。其标注内容与式样如表 5。

表 5

(件号 7/12)齿轮副精度等级：副 8(223)n				
检验项目	最小法向极限侧隙	$j_{nmin}$	223	$\mu\text{m}$
	切向综合公差	$F_{\alpha}'$	308	
	一齿切向综合公差	$f_{ic}'$	73	
	接触斑点	按高度不小于 40%，按长度不小于 50%		

标注示例二：

装配图中齿轮副内小齿轮的件号为 13，大齿轮的件号为 5。齿轮副的切向综合公差  $F_{ic}'$ ，一齿切向综合公差  $f_{ic}'$  均为 8 级，接触斑点为 7 级，最小圆周极限侧隙  $j_{nmin}=237\text{ }\mu\text{m}$ ， $F_{\alpha}'=308\text{ }\mu\text{m}$ ， $f_{ic}'=73\text{ }\mu\text{m}$ ，其标注内容与式样如表 6。

表 6

(件号 13/5)齿轮副精度等级：副 887(237)t				
检验项目	最小圆周极限侧隙	$j_{nmin}$	223	$\mu\text{m}$
	切向综合公差	$F_{\alpha}'$	308	
	一齿切向综合公差	$f_{\alpha}'$	73	
	接触斑点	按高度不小于 45%，按长度不小于 60%		

5 抽样与检验

5.1 抽样

本标准规定，工矿电机车齿轮按逐件检验的方式来进行抽样。

5.2 检验

5.2.1 齿坯检验

齿坯应按实际需要检验下列项目中的有关项目，并按 GB/T 10095 中的附录 B 表 B1 规定。

- a) 齿轮孔的尺寸偏差和形状误差;
- b) 齿轮轴颈的尺寸偏差和形状误差;
- c) 齿顶圆直径的尺寸偏差;
- d) 基准面的径向跳动;
- e) 基准面的端面跳动;
- f) 表面粗糙度。

5.2.2 齿轮检验

不同精度等级齿轮的误差检验项目见表 7。

表 7

精度等级	6、7、8	9
第Ⅰ公差组	$\Delta F_p$	$\Delta F_r$ 与 $\Delta F_w$
第Ⅱ公差组	$\Delta f_{rt}$ 与 $\Delta f_{pt}$	$\Delta f_{rt}$ 与 $\Delta f_{pb}$
第Ⅲ公差组	$\Delta F_\beta$	
公法线平均长度偏差	$\Delta E_w$	
注：如果齿高、齿长方向接触斑点能达到表 8 要求，则齿形、齿向可以免于检测。		

表 8

齿轮副接触斑点	硬齿面	中硬齿面
齿高方向(%)	60	50
齿长方向(%)	80	70

5.2.3 齿轮热处理检验

- a) 金相检验
  - 1) 感应淬火齿轮按 ZB J36 009 进行;
  - 2) 渗碳齿轮按 ZB T04 001 进行;
  - 3) 碳氮共渗齿轮按 JB 2782 进行。

b) 检查试样

本标准规定：轮齿表面硬度、硬化层深度的测定及金相检验，用检查试样代替。检查试样的断面应尽量与轮齿断面相同，且应和齿轮的材料及热处理过程相同。随炉检查试样的数量不少于两只，且应分别放置于炉顶和炉底的靠近轮齿处。有争议时，应以轮齿的检查结果为准。

5.2.4 齿轮副检验

各种精度等级齿轮副的检验项目列于表 9。

表 9

序号	名 称	代 号
1	齿轮副的切向综合误差	$\Delta F_{ic}'$
2	齿轮副的一齿切向综合误差	$\Delta f_{ic}'$
3	齿轮副的接触斑点	—
4	齿轮副的最小法向侧隙	$j_{min}$
注：齿轮副的切向综合误差 $\Delta F_{ic}'$ 及一齿切向综合误差 $\Delta f_{ic}'$ 允许按单个齿轮的切向综合误差 $\Delta F_i'$ 之和及一齿切向综合误差 $\Delta f_i'$ 之和进行考核。		

## 6 标志、运输、贮存

6.1 应在成品齿轮的明显部位表明该齿轮的检验状态，并悬挂零件检验合格证。合格证应包括下列主要内容：

a) 零件名称、代号；

b) 检验员工号及入库日期。

6.2 产品的包装应使得在运输转移中间不发生磕碰和损伤。

6.3 产品在存贮中应妥善保管，不得使之受潮生锈、碰坏、压坏。

---