



圆柱齿轮、锥齿轮检测方法及应用

地
时

点：传动部

间：2014年8月



中国第一汽车股份有限公司技术中心

CHINA FAW GROUP CORPORATION R&D CENTER



一、变速器、驱动桥常用齿轮种类

1、渐开线圆柱齿轮

1) 螺旋角 $\left\{ \begin{array}{l} \beta=0 \text{ 直齿轮} \\ \beta \neq 0 \text{ 斜齿轮} \end{array} \right.$

2) 内外啮合 $\left\{ \begin{array}{l} \text{内齿轮} \\ \text{外齿轮} \end{array} \right.$

2、锥齿轮

1) 螺旋锥齿轮

2) 直齿锥齿轮

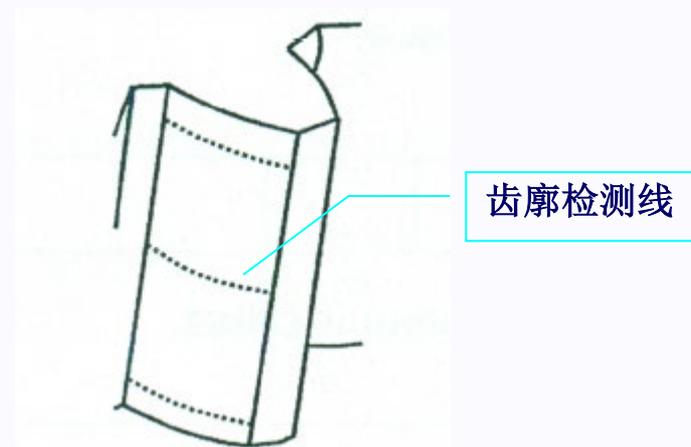
3、花键

$\left\{ \begin{array}{l} \text{渐开线花键} \\ \text{三角花键} \\ \text{矩形花键} \end{array} \right.$

二、渐开线圆柱齿轮检测项目

1、齿廓精度

- | | | |
|---|--------|-------|
| a | 齿廓倾斜偏差 | fHa |
| b | 齿廓总偏差 | Fa |
| c | 齿廓形状偏差 | ffa |
| d | 齿廓鼓形量 | Ca |
| e | 齿顶修缘量 | fKo |
| f | 齿根修缘量 | fFu |



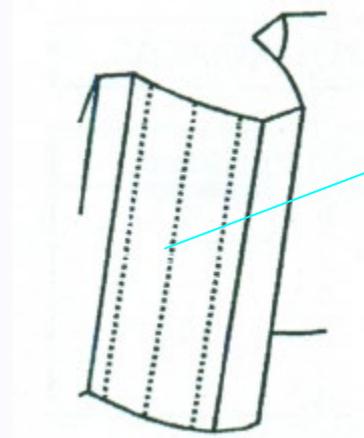
注：a、b、c为齿廓精度基本检测项目。

d、e、f为齿廓修形项目，依据图纸设计要求进行检测。

二、渐开线圆柱齿轮检测项目

2、齿向精度

- a 螺旋线倾斜偏差 $fH\beta$
- b 螺旋线总偏差 $F\beta$
- c 螺旋线形状偏差 $ff\beta$
- d 齿向鼓形量 $C\beta$
- e 齿向上端修缘量 f_o
- f 齿向下端修缘量 f_u



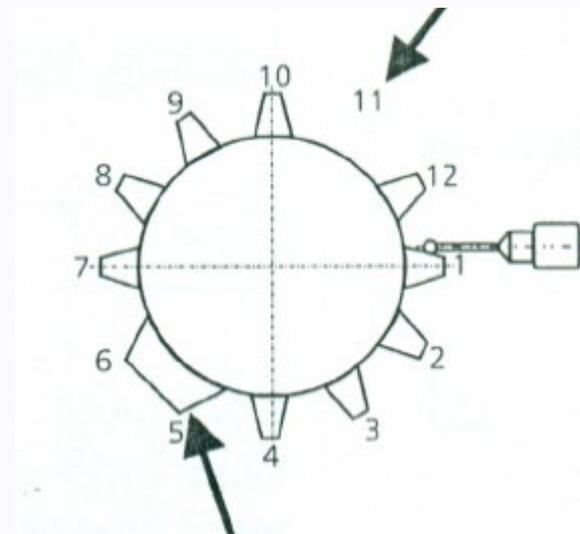
齿向检测线

注：a、b、c为齿向精度基本检测项目。

d、e、f为齿向修形项目，依据图纸设计要求进行检测。

二、渐开线圆柱齿轮检测项目

- | | | | |
|--------|---|----------------|----------|
| 3、周节精度 | { | a 单一齿距偏差 | f_{pt} |
| | | b 相邻齿距偏差 | f_u |
| | | c 齿距累积偏差 | F_{pk} |
| | | d 齿距累计总偏差 | F_p |
| | | e 径向跳动偏差 | F_r |
| 4、齿厚 | { | a 公法线长度 | W_k |
| | | b 跨棒距长度 | M_dK |
| 5、其它项目 | { | a 齿顶圆直径 | d_a |
| | | b 齿根圆直径 | d_f |
| | | c 齿根圆角半径及齿面粗糙度 | |





三、渐开线圆柱齿轮检测标准

1、常用国家标准

中国标准 **GB/T 10095-2001**

国际标准 **ISO 1328**

德国标准 **DIN 3962**

美国标准 **AGMA 2000**

日本标准 **JIS B 1702**

注：1) 各个国家标准齿轮精度检测项目会有所不同。

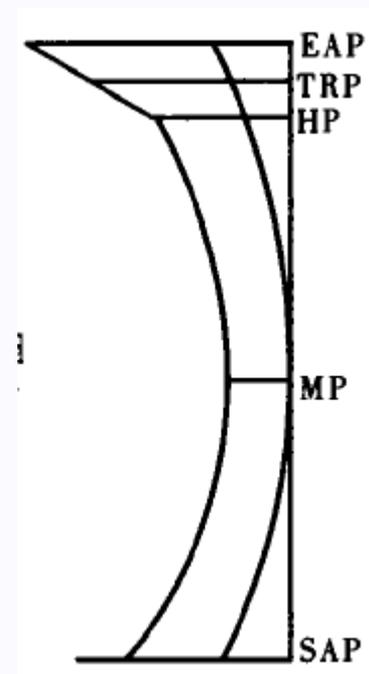
2) 目前我们常用的是GB、ISO、DIN标准；GB/T10095等同于ISO1328.

3) GB、ISO、DIN标准规定了0~12精度等级，其中0级是最高等级，而12级是最低精度等级。

三、渐开线圆柱齿轮检测标准

2、K形齿

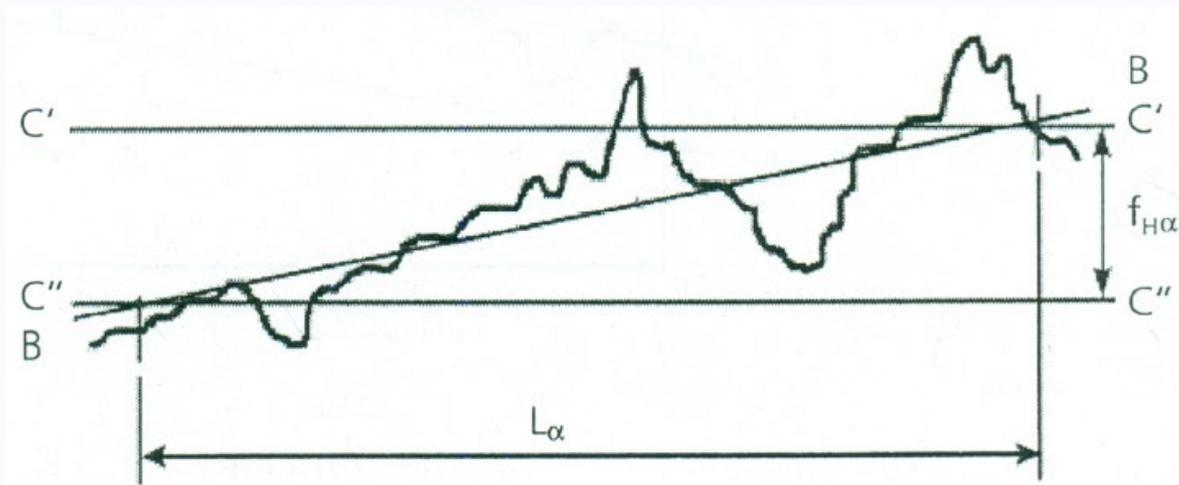
- 1) 汽车齿轮有采用K形公差带来控制圆柱齿轮齿廓偏差。
- 2) K形公差带由齿形展开长度上4-5点的极限偏差所给定，见右图。
- 3) 横坐标表示齿形极限偏差，纵坐标表示齿形展开长度。
- 4) SAP点为齿形起点；HP为齿顶修缘起点；EAP为工作齿形终点；MP为SAP和HP的中点；TRP为EAP和HP中点。
- 5) 图纸设定以上各点的展开长度位置及上、下偏差，各点之间采用直线或曲线相连形成K形公差带。
- 6) 检测齿形误差曲线不超出K形公差带齿形就算合格。
- 7) 目前也有很多企业采用K形齿控制齿向偏差。



3、企业标准：GM、FORD、ZF、EATON等企业标准。

四、渐开线圆柱齿轮检测项目定义

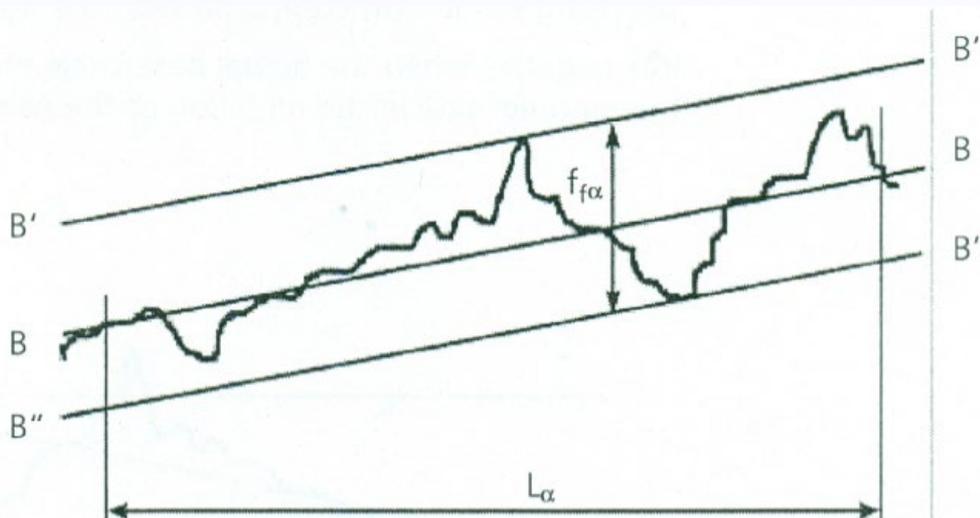
1、齿廓倾斜偏差 $f_{H\alpha}$



- 1) 图中曲线为实际齿廓；BB直线是运用最小二乘法运算得到的平均齿廓（直线）。
- 2) L_{α} 为评估长度范围。
- 3) $C' C'$ 与 $C'' C''$ 为理论齿廓线。

四、渐开线圆柱齿轮检测项目定义

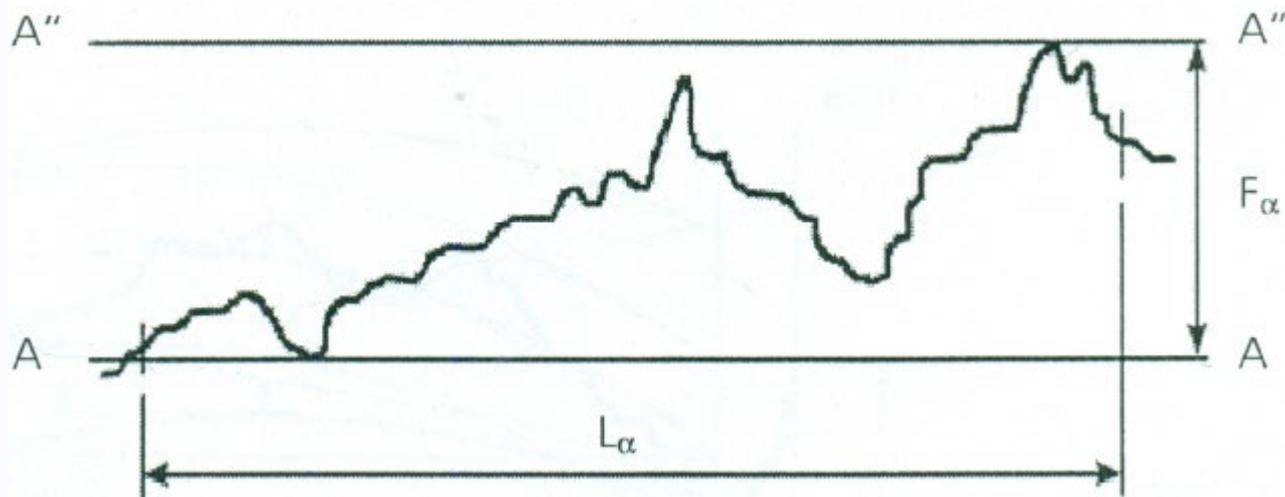
2、齿廓形状偏差 f_{fa}



- 1) 图中曲线为实际齿廓；BB直线是运用最小二乘法运算得到的平均齿廓线。
- 2) L_{α} 为评估长度范围。
- 3) $B' B'$ 与 $B'' B''$ 直线过实际齿廓最高点、最低点且平行于BB直线。

四、渐开线圆柱齿轮检测项目定义

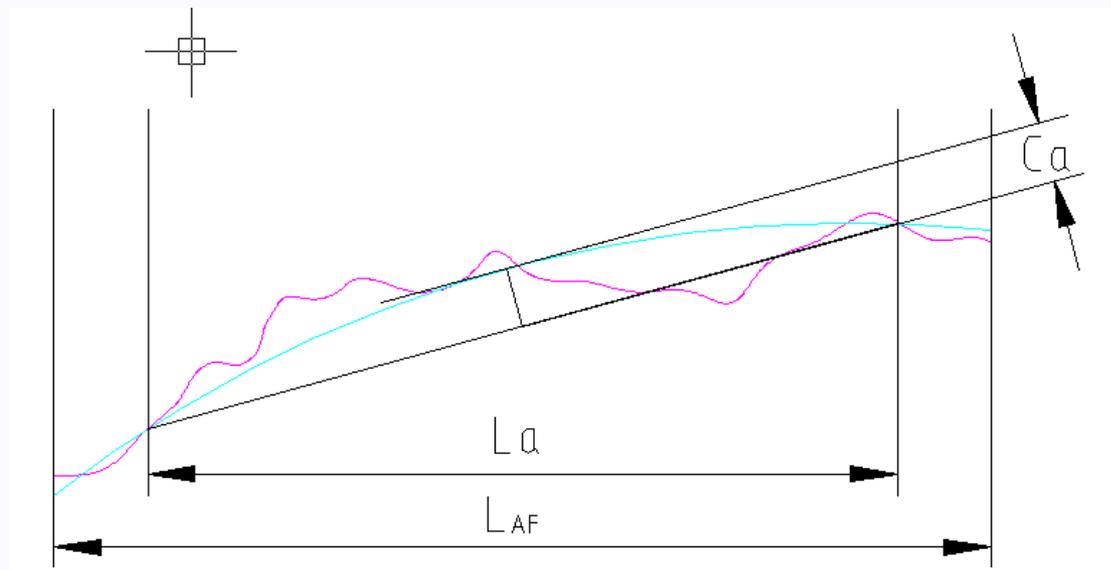
3、齿廓总偏差 F_{α}



- 1) 图中曲线为实际齿廓。
- 2) L_{α} 为评估长度范围。
- 3) $B' B'$ 与 $B'' B''$ 直线过实际齿廓最高点、最低点的理论齿廓线。

四、渐开线圆柱齿轮检测项目定义

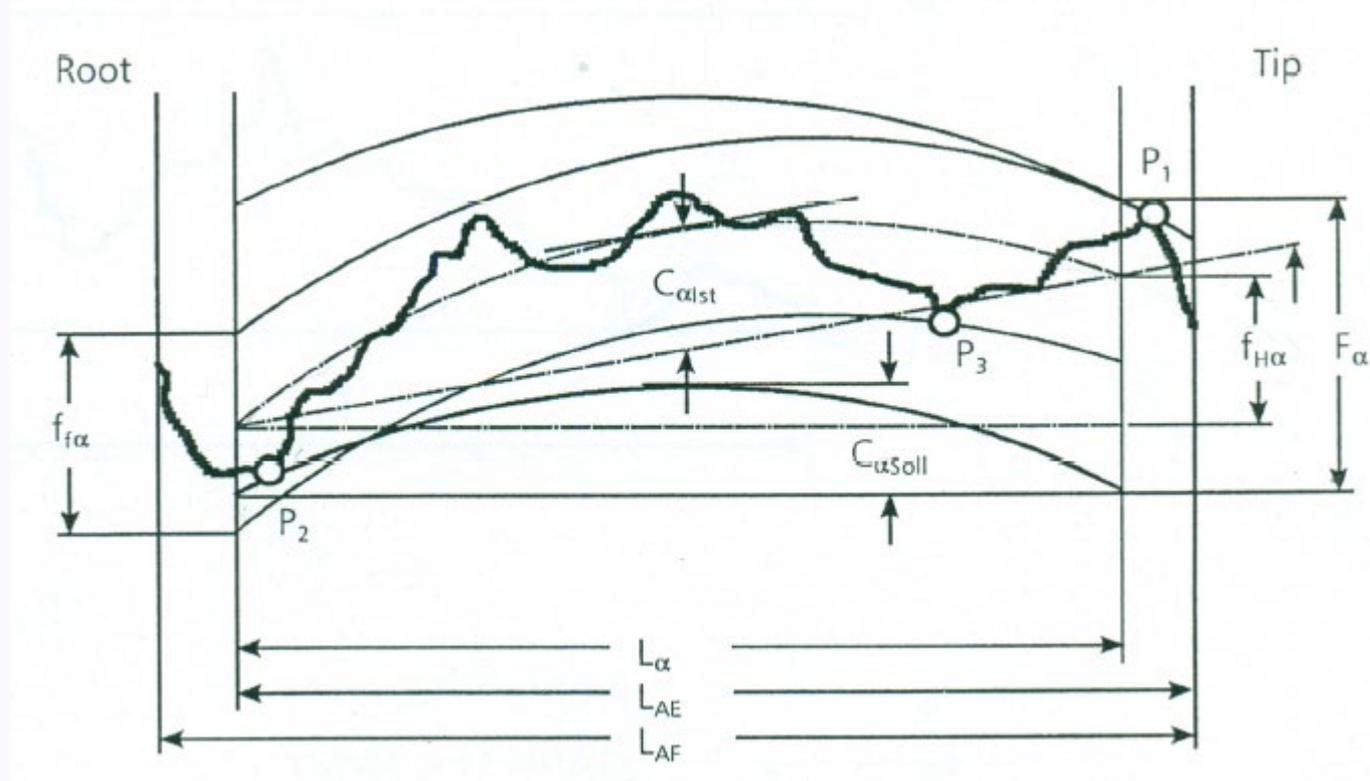
4、齿廓鼓形量 C_a



- 1) 图中粉色曲线为实际齿廓。
- 2) L_a 为评估长度范围。
- 3) L_{AF} 为测量长度。
- 4) 蓝色弧线为运用最小二乘法运算得到的平均齿廓线。

四、渐开线圆柱齿轮检测项目定义

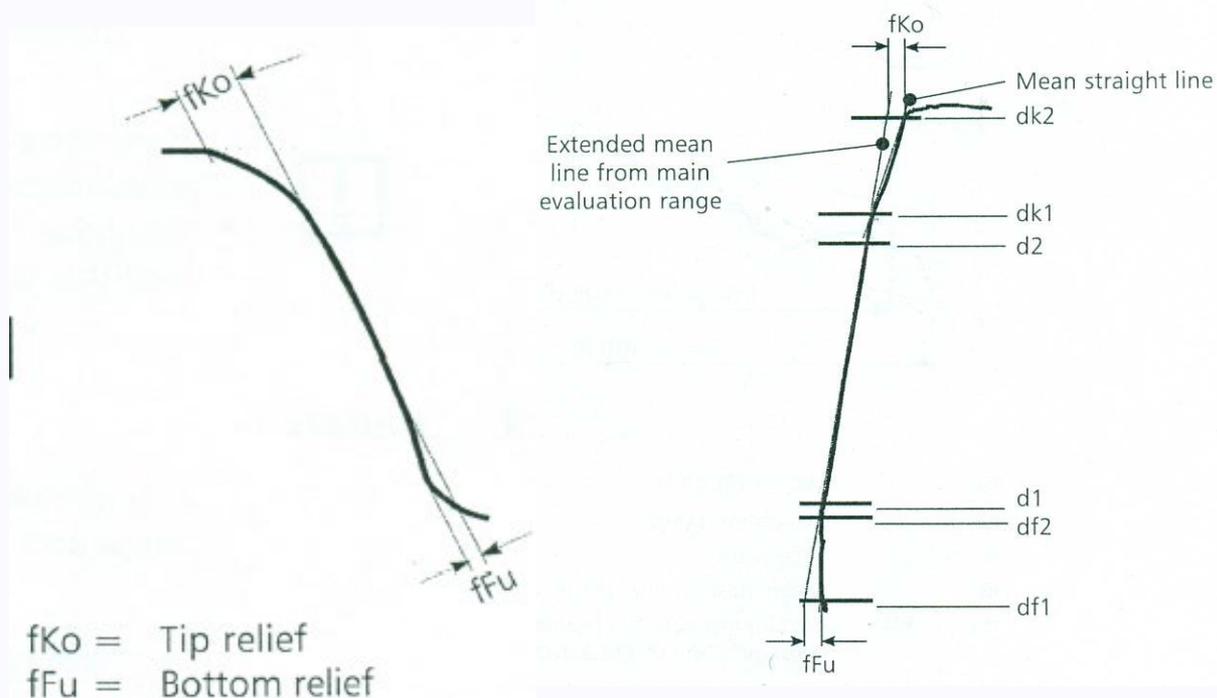
5、齿廓鼓形修形的 f_{Ha} 、 f_{fa} 、 F_a



四、渐开线圆柱齿轮检测项目定义

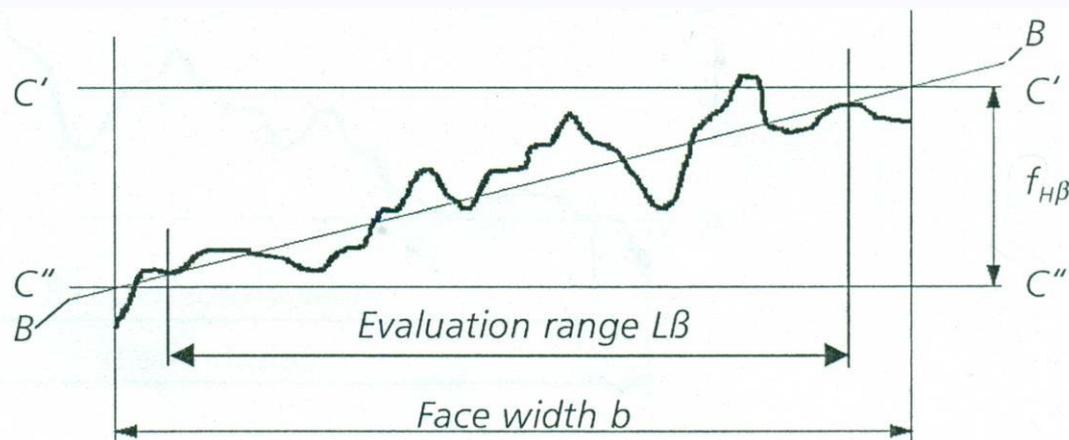
6、齿顶修缘 f_{Ko} 、齿根修缘 f_{Fu}

- 1) d_{f1} 齿根修缘起始点
- 2) d_{f2} 齿根修缘终止点
- 3) d_1 齿廓评估起始点
- 4) d_2 齿廓评估终止点
- 5) d_{k1} 齿顶修缘起始点
- 6) d_{k2} 齿顶修缘终止点
- 7) 齿顶修缘区域、齿根修缘区域轮廓同样采用最小二乘法运算得到平均齿廓线，齿廓线可采用直线或弧线，依据图纸设计要求而定。



四、渐开线圆柱齿轮检测项目定义

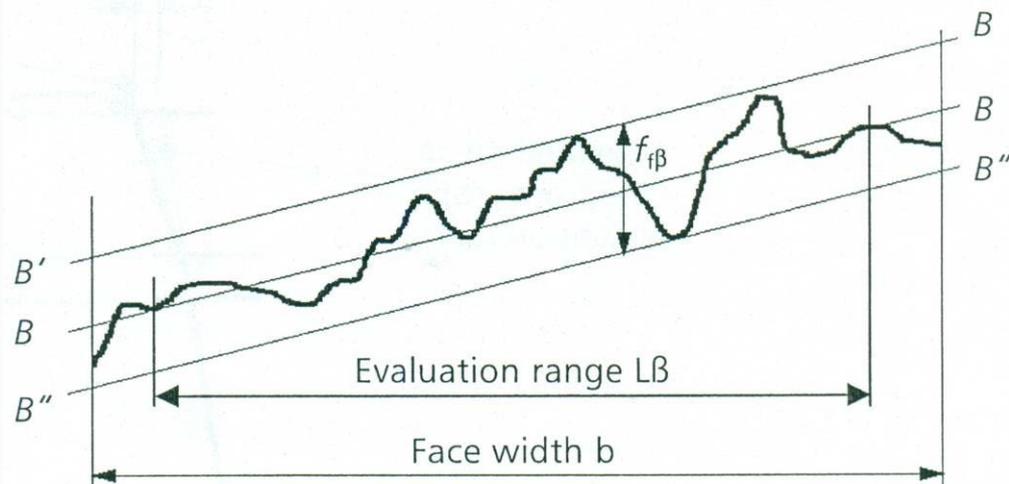
7、螺旋线倾斜误差 $f_{H\beta}$



- 1) 图中曲线为实际螺旋线；BB直线是运用最小二乘法运算得到的平均螺旋线。
- 2) L_{β} 为评估长度范围； b 为齿宽，通常定位齿向检测长度。
- 3) $C'C'$ 与 $C''C''$ 为理论螺旋线。

四、渐开线圆柱齿轮检测项目定义

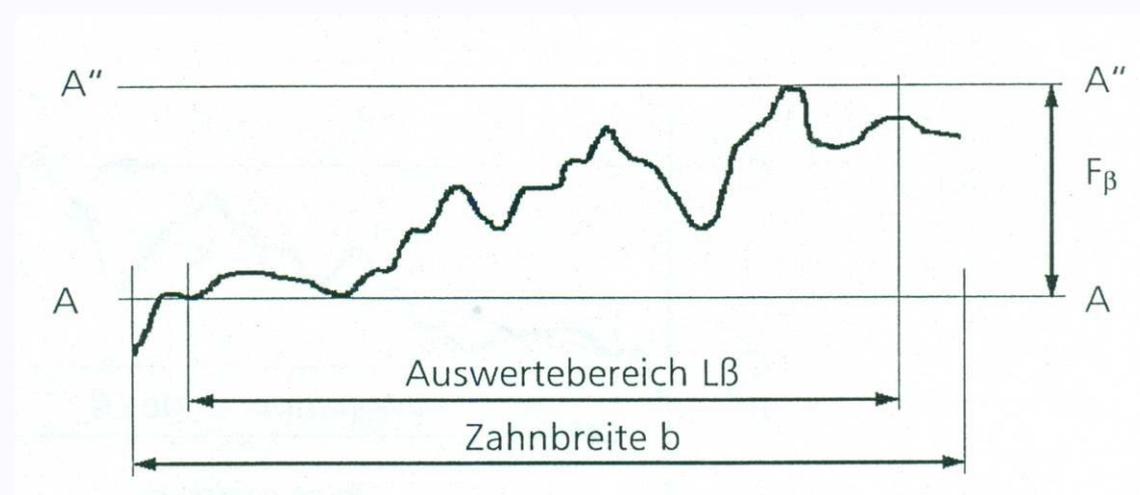
8、螺旋线形状误差 $f_{f\beta}$



- 1) 图中曲线为实际螺旋线； BB 直线是运用最小二乘法运算得到的平均螺旋线。
- 2) $L\beta$ 为评估长度范围； b 为齿宽，通常定位齿向检测长度。
- 3) $B'B'$ 与 $B''B''$ 直线过实际螺旋线最高点、最低点且平行于 BB 直线。

四、渐开线圆柱齿轮检测项目定义

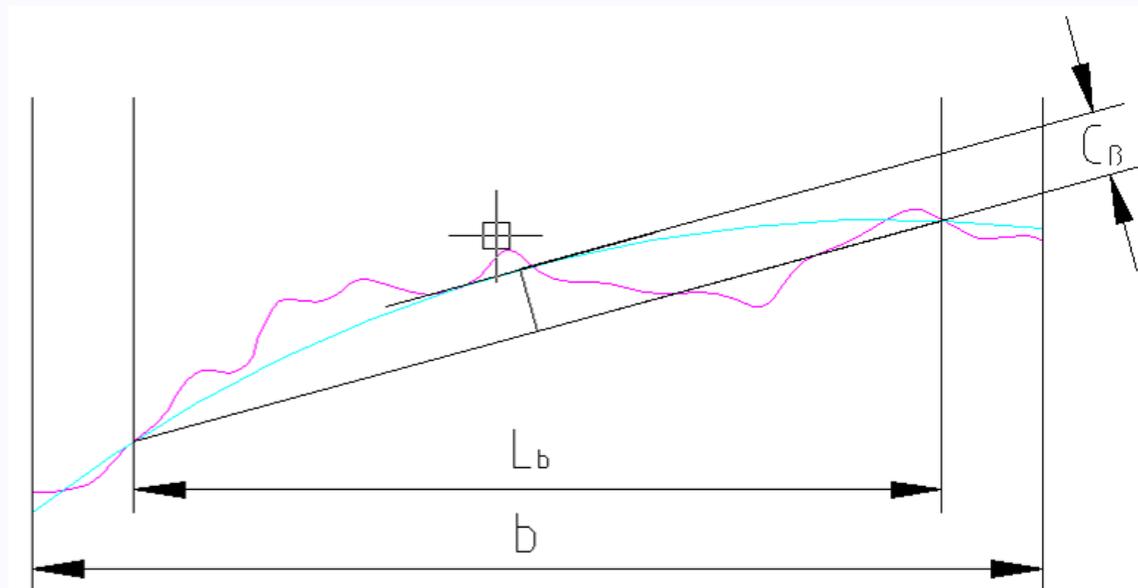
9、螺旋线形状偏差 F_{β}



- 1) 图中曲线为实际螺旋线。
- 2) L_{β} 为评估长度范围； b 为齿宽，通常定位齿向检测长度。
- 3) $A' A'$ 与 $A'' A''$ 直线过实际螺旋线最高点、最低点的理论螺旋线。

四、渐开线圆柱齿轮检测项目定义

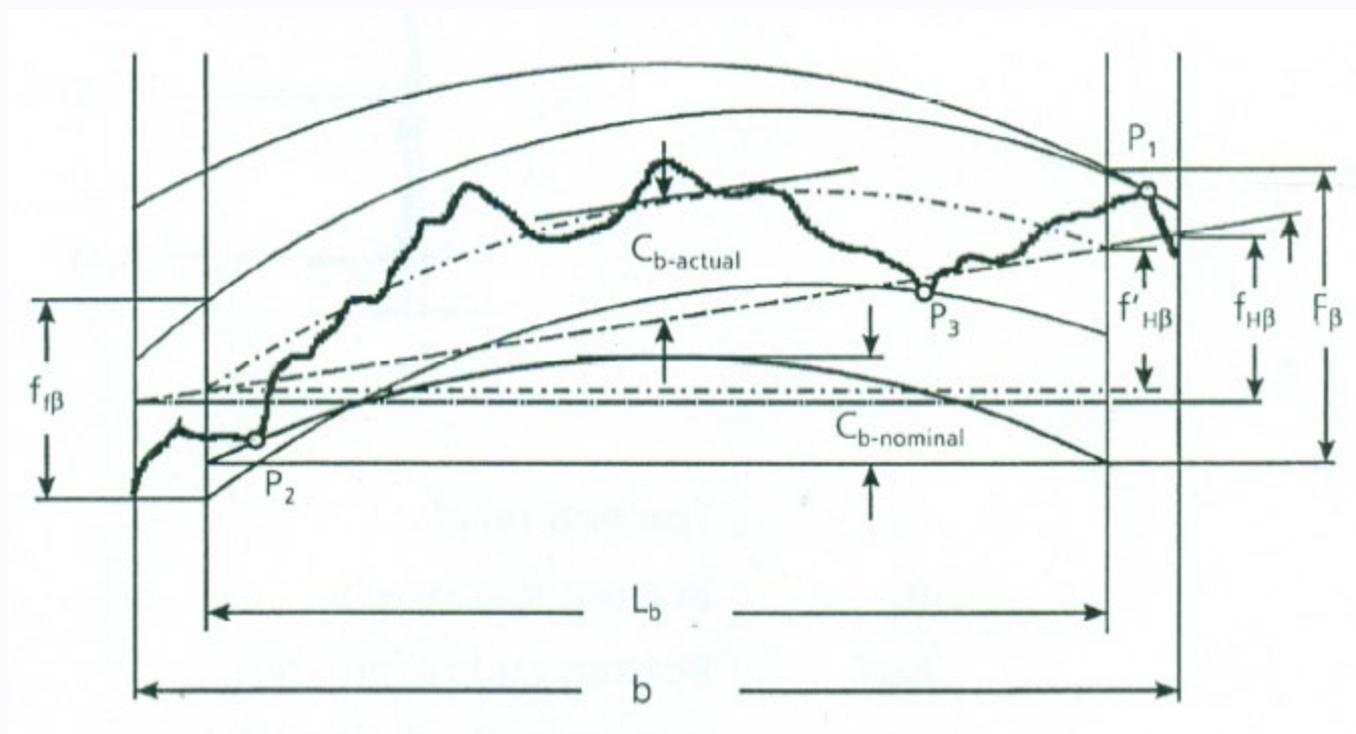
10、齿向鼓形量 C_{β}



- 1) 图中粉色曲线为实际螺旋线。
- 2) L_b 为评估长度范围。
- 3) b 为测量长度。
- 4) 蓝色弧线为运用最小二乘法运算得到的平均螺旋线。

四、渐开线圆柱齿轮检测项目定义

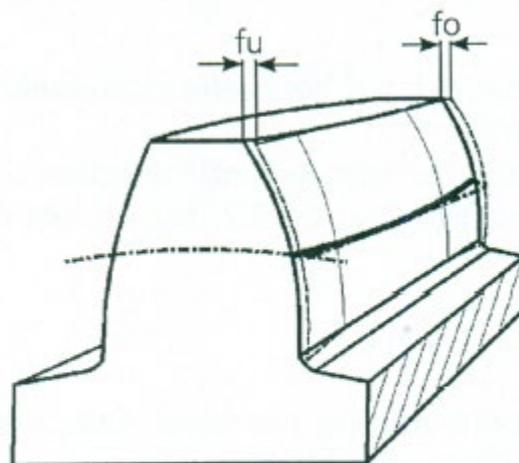
11、齿向鼓形修形的 $f_{H\beta}$ 、 ff_{β} 、 F_{β}



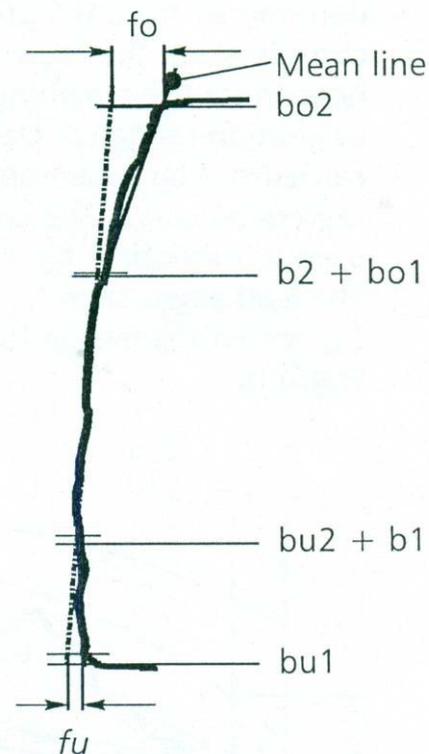
四、渐开线圆柱齿轮检测项目定义

12、齿向下端修缘 f_u 、齿向上端修缘 f_o

- 1) bu_1 下端修缘起始点
- 2) bu_2 下端修缘终止点
- 3) b_1 齿向评估起始点
- 4) b_2 齿向评估终止点
- 5) bo_1 上端修缘起始点
- 6) bo_2 上端修缘终止点
- 7) 齿向上端修缘区域、齿向下端修缘区域同样采用最小二乘法运算得到平均螺旋线，螺旋线可采用直线或弧线，依据图纸设计要求而定。



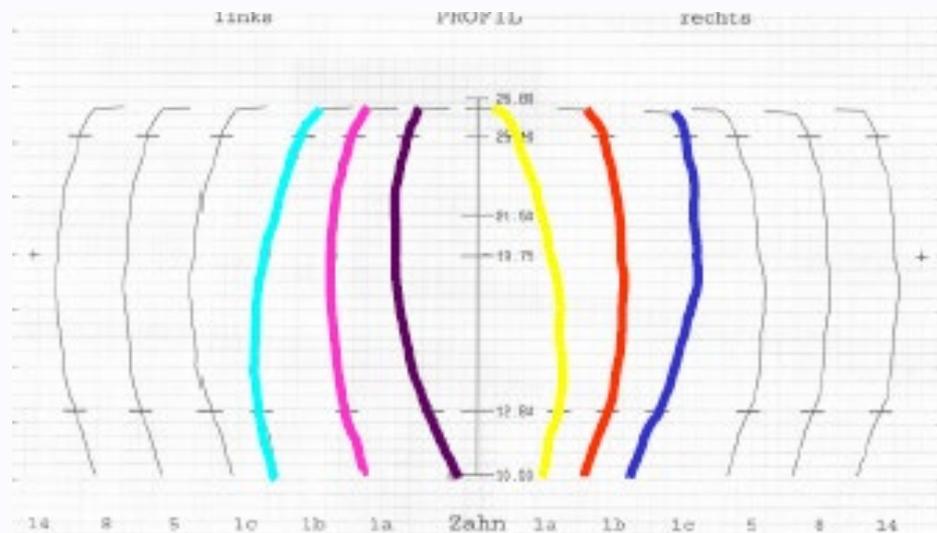
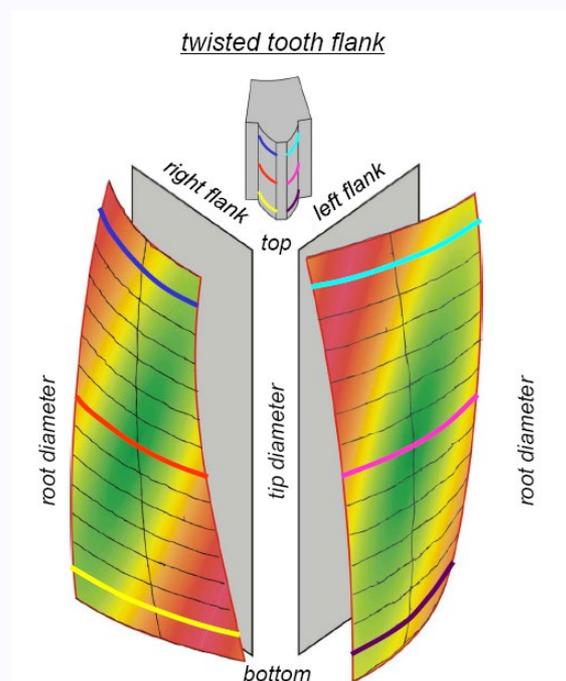
f_u = Bottom relief (lead)
 f_o = Top relief (lead)



四、渐开线圆柱齿轮检测项目定义

13、齿面扭曲 (Twist)

- 1) 齿轮采用磨齿加工工艺时会在齿面上形成扭曲，即在齿长方向上三截面 fHa 、齿高方向上三截面 $fH\beta$ 不等。
- 2) 齿轮啮合接触区呈对角，接触区不是中心向外围均匀扩展，会影响齿轮啮合噪声。
- 3) 因此检测磨齿加工的齿轮通常会增加齿面扭曲检测；但也有特殊齿轮要求齿面带有扭曲。

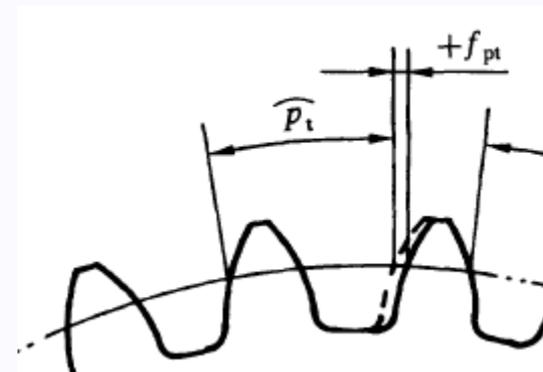
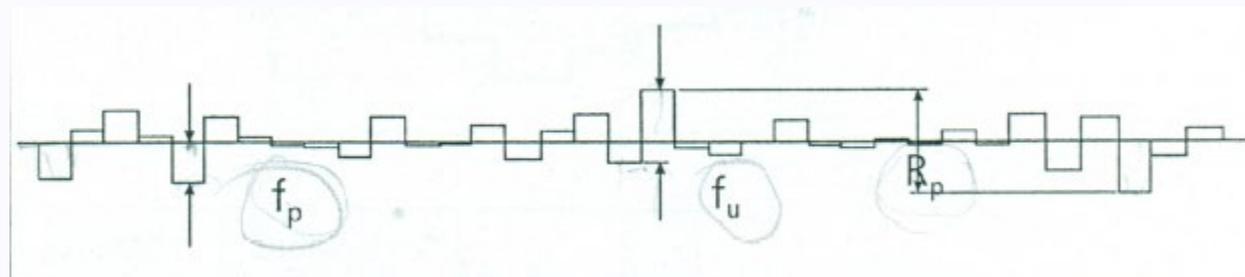


四、渐开线圆柱齿轮检测项目定义

14、单个齿距偏差 f_{pt} ：实际齿距与理论齿距的代数差。

1) ----- 理论齿廓

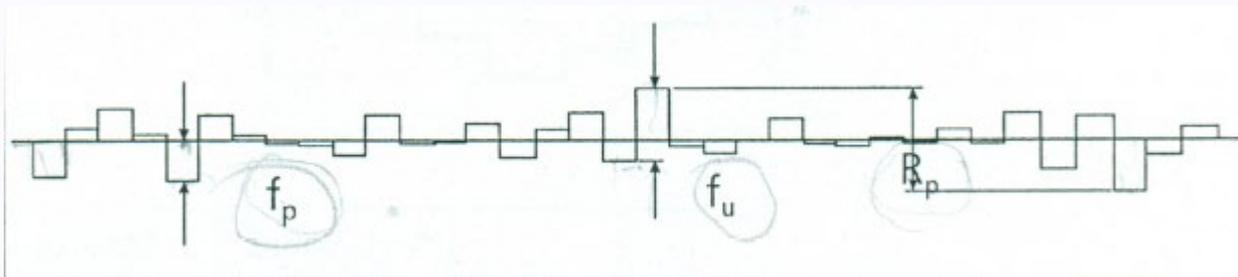
2) —— 实际齿廓



注：单个齿距偏差 f_{pt} ：实际齿距与n个实际齿距平均值代数差最大值。

1) 实际测量过程中是将n个实际测量齿距平均值作为理论齿距。

15、相邻齿距偏差 f_u ：任意2个相邻齿距代数差最大值。



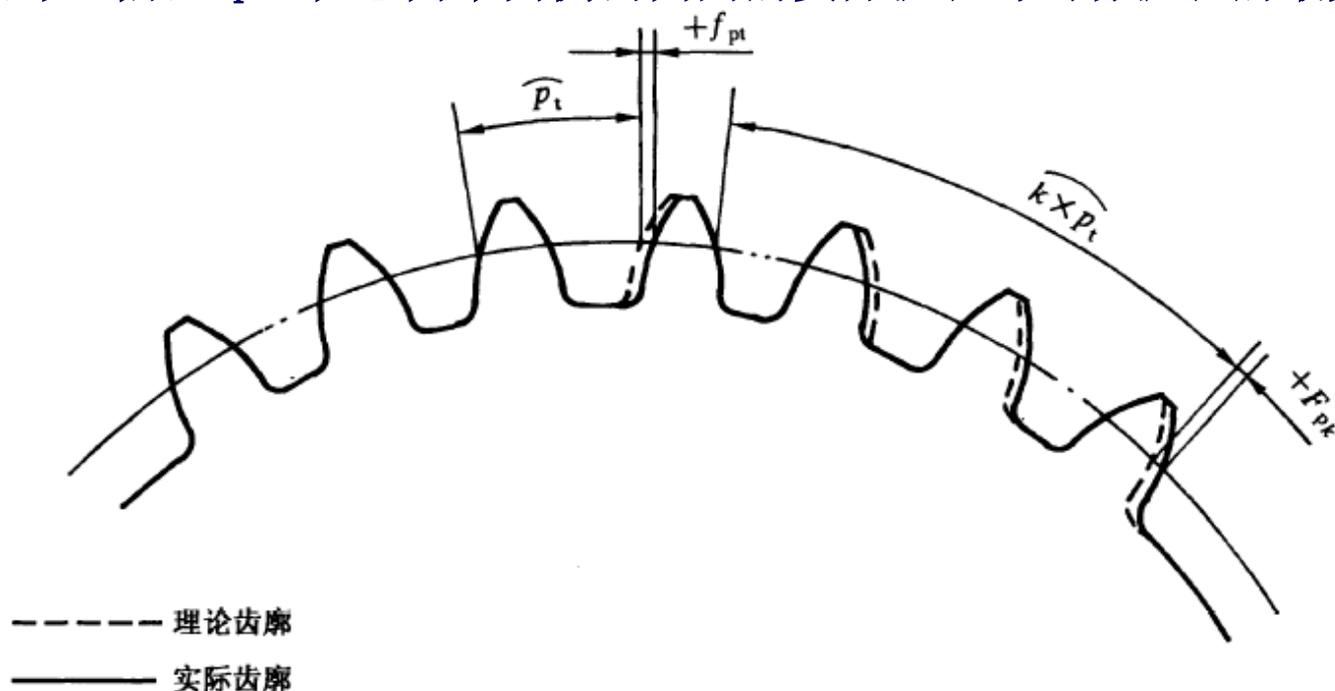
四、渐开线圆柱齿轮检测项目定义

16、齿距累计偏差 F_{pk} ：同侧齿面间任意 k 个齿距实际弧长与公称弧长的最大差值。

1) 理论上它等于这 k 个齿距的各单个齿距偏差的代数和。

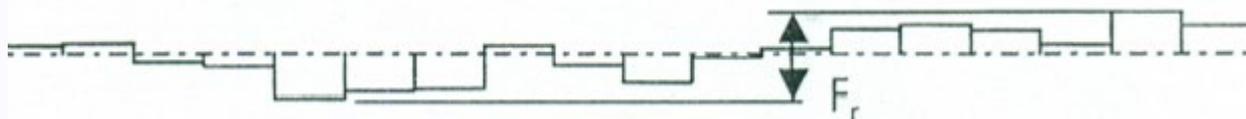
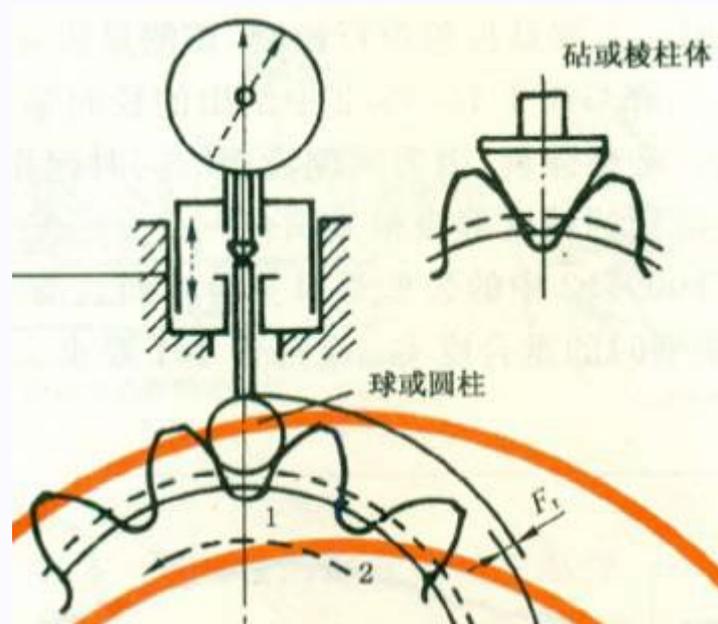
2) 齿距数 k 为2到小于 $z/8$ 的弧段内。

17、齿距累计总偏差 F_p ：任意两个同侧齿面间的实际弧长与公称弧长的最大差值。



四、渐开线圆柱齿轮检测项目定义

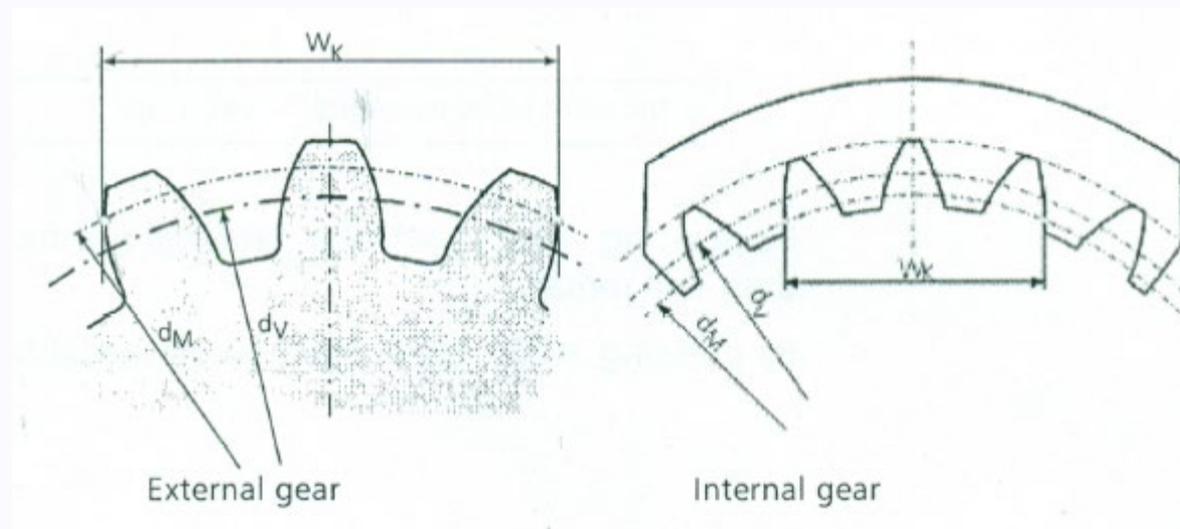
18、径向跳动偏差：测头（球、砧或圆柱）在齿轮旋转时逐齿深放置于齿槽中并与两齿面同时接触，相对于齿轮的基准轴线最大与最小径向位置之差。



四、渐开线圆柱齿轮检测项目定义

19、公法线 W_k

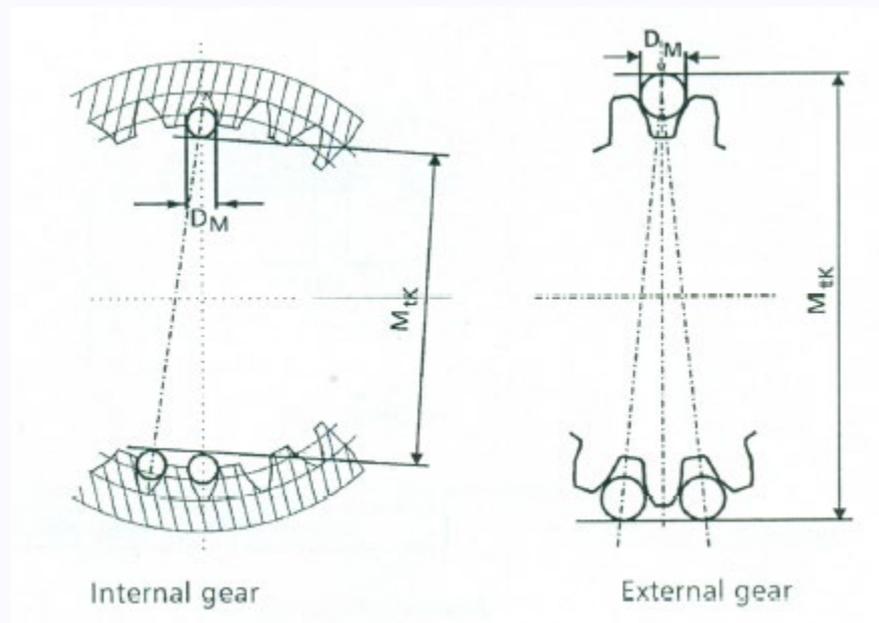
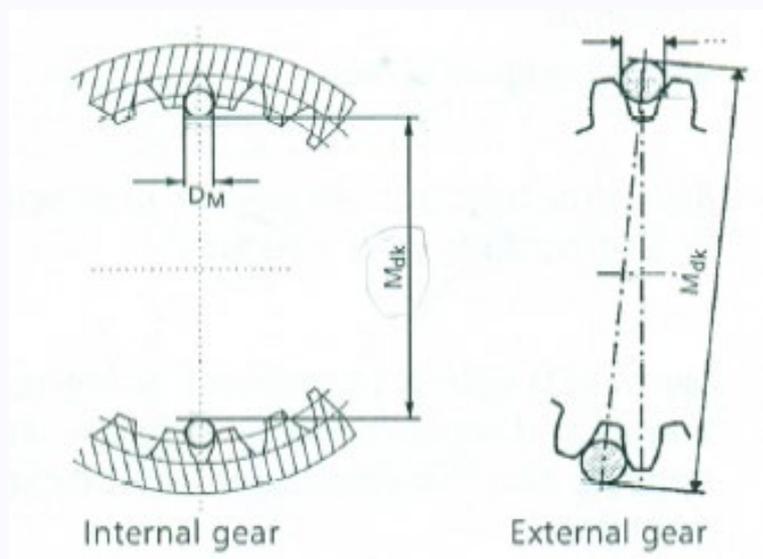
1) 外齿检测跨 k 齿长度；内齿检测跨 k 齿槽长度。



四、渐开线圆柱齿轮检测项目定义

20、跨棒距 M_{dk}

1) 检测内、外齿，奇数、偶数齿跨棒距。





四、渐开线圆柱齿轮检测项目定义

21、齿顶圆 d_a 、齿根圆 d_f

1) 齿顶圆 d_a 、平齿根齿根圆 d_f 通常采用采用三坐标就能完成测量。

2) 圆齿根齿根圆 d_f 若采用三坐标很难找到圆弧最低点，目前采用齿轮测量机完成。测头深入齿槽，在齿高中间位置分别与两侧齿面接触找到齿槽中心，然后测量齿根圆 d_f 。

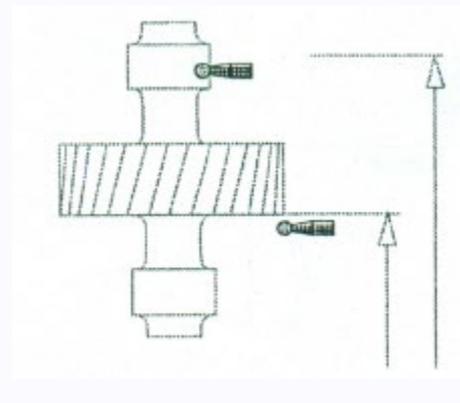
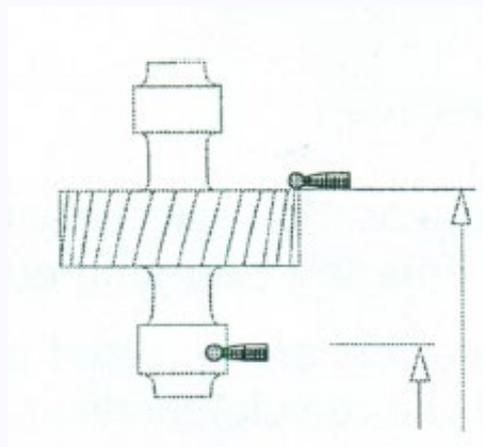
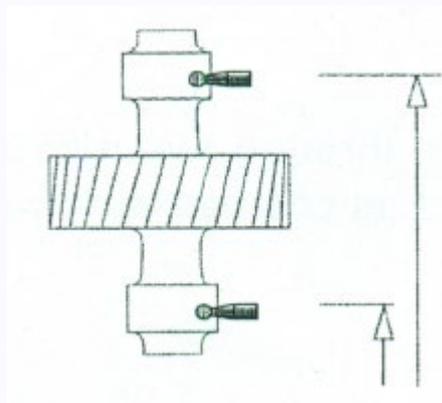
22、齿面粗糙度

1) 通常齿面粗糙度要求是齿高、齿长方向2个粗糙度值，因为采用不同工艺方法两粗糙度值是由差别的。

注：目前的齿轮测量机能全自动检测上述1至22项目。

五、渐开线圆柱齿轮检测基准

1、轴类零件：对于轴上的齿轮通产检测基准为2个轴承径或1个轴承径+端面组合，见下图：

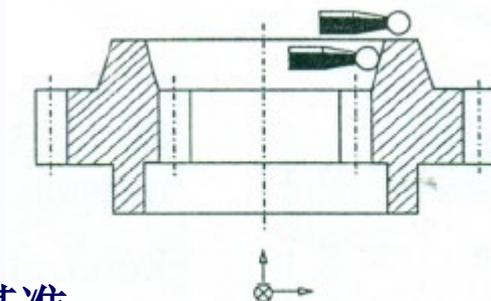
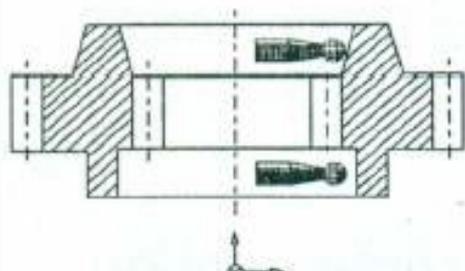


注：对于带有中心孔的轴类零件，由于各轴径热后是以中心孔定位磨削；轴径与中心孔的形位关系很好，因此很多轴类零件检测时是以中心孔为检测基准。

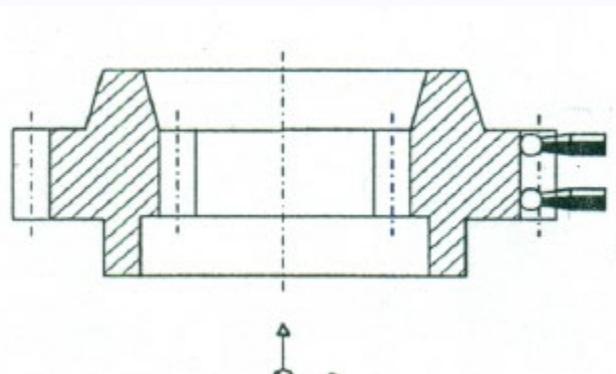
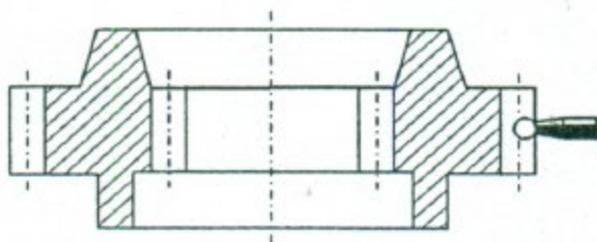
五、渐开线圆柱齿轮检测基准

2、盘类零件

1) 光孔盘类零件：以内孔、或内孔+端面为检测基准



2) 光孔盘类零件：以齿轮自身节圆为检测基准

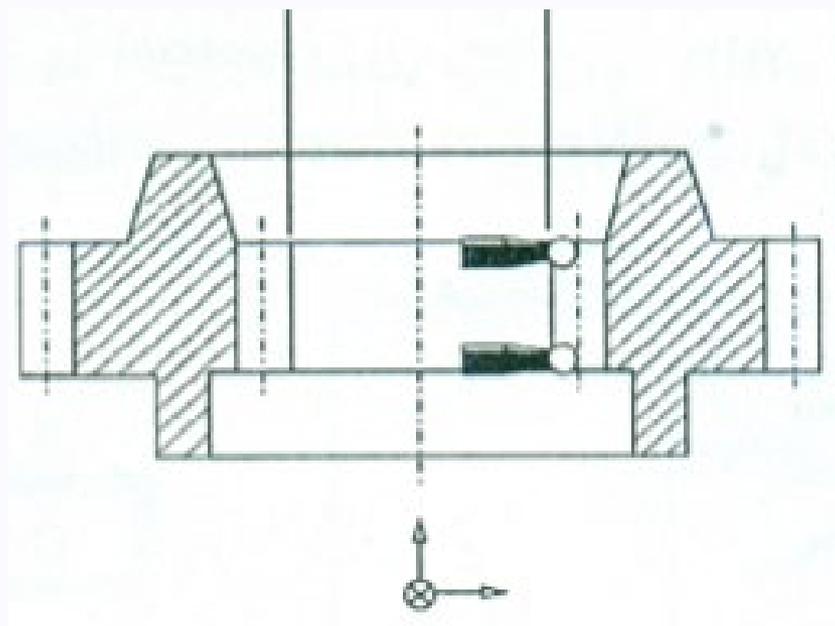




五、渐开线圆柱齿轮检测基准

2、盘类零件

3) 光孔盘类零件：以内齿节圆直径为检测基准，检测外齿



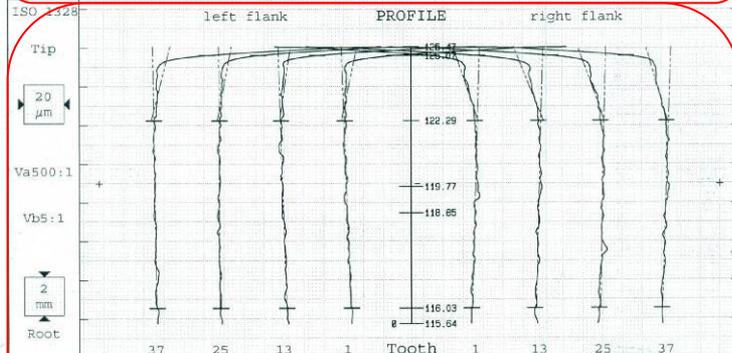


六、渐开线圆柱齿轮检测报告

20#

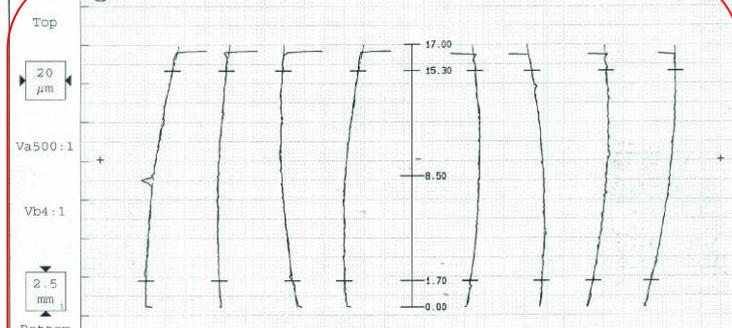
Gear Profile/Lead

Prog.No.: STI0408h26 0 P 65	Operator: fxn	Date: 10.02.2011 16:25
Type: 2S1701226-A6L	No. of teeth: 48	Face Width: 17mm
Drawing No.: 03..20	Module m: 2.2mm	Length Ev. Ls: 9.72mm
Order No.: P65 B6019	Pressure angle: 20°00'00"	Length Ev. Lb: 13.6mm
Cust./Mach. No.: R&DC	Helix angle: -30°00'45"	Appr. Length Mt: 14.34mm
	Base Cir.-ø db: 112.4241mm	Stylius-ø (#5): 1.5mm
	Base Helix angle: -28°02'09"	Add.Mod.Coeff x: -0.497



	left flank				Tooth				right flank				
	Act.value	Qual.	Lim.value	Qual.	Act.value	Qual.	Lim.value	Qual.	Act.value	Qual.	Lim.value	Qual.	
fHm	2.2	3	V	2.9	2.6	4	V	1.3	3.3	4	3.3	4	
fHv	1.6	0.5	3.1	3.4	4	4	10	7	2.6	2.4	2.0	1.3	
fPv	3.0	2.0	4.2	4.2	4	15	7	16	7	4.4	3.7	4.6	4
fPv	2.1	2.0	2.2	2.5	3	12	7	12	7	3.6	2.9	4.6	5
fPv	-7.4	-5.4	-5.3	-6.8	-9±2	-9±2	-11.7	-12.8	-12.4	-11.4	-11.4	-11.4	

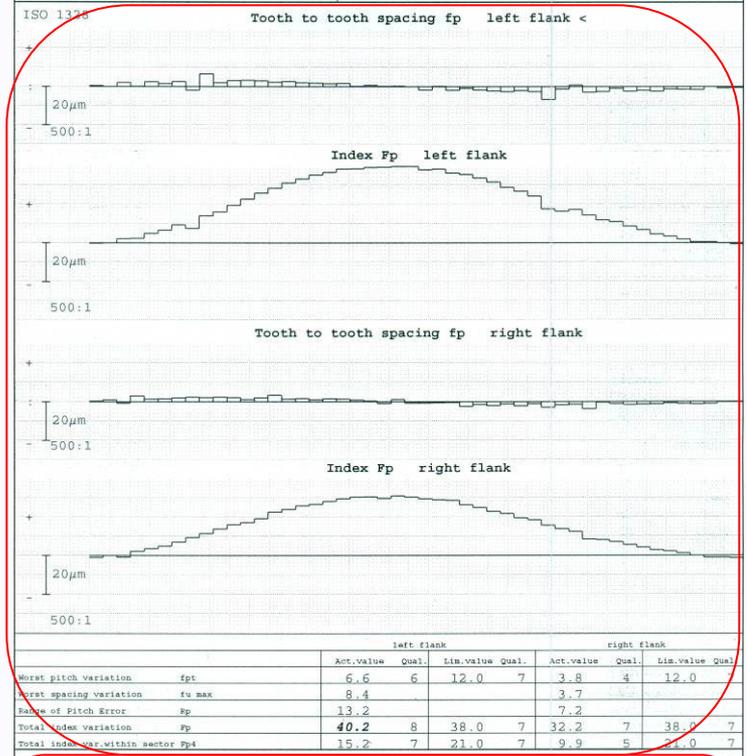
LEAD



	left flank				Tooth				right flank			
	Act.value	Qual.	Lim.value	Qual.	Act.value	Qual.	Lim.value	Qual.	Act.value	Qual.	Lim.value	Qual.
fHm	4.7	5	V	18.4	4.3	5	V	17.3	13.3	8	3.7	5.1
fHv	13.3	8	3.7	5.3	6.9	11	7	11	7	2.5	-4.9	7.1
fPv	14.4	7	4.3	5.3	7.5	15	7	15	7	3.9	5.9	8.1
fPv	6.9	6	1.2	2.4	1.4	11	7	11	7	1.3	2.1	3
fPv	3.0	6	2.3	2.8	3.2	2±2	2±2	3.3	3.3	3.6	3.6	3.6

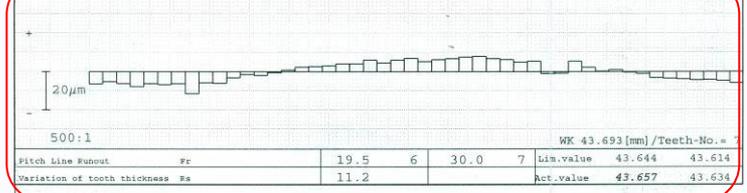
Gear Spacing

Prog.No.: STI0408h26 0 P 65	Operator: fxn	Date: 10.02.2011 16:25
Type: 2S1701226-A6L	No. of teeth: 48	Pressure angle: 20°00'00"
Drawing No.: 03..20	Module m: 2.2mm	Helix angle: -30°00'45"
Order No.: P65 B6019	Loc. of check: R&DC	



	left flank				right flank			
	Act.value	Qual.	Lim.value	Qual.	Act.value	Qual.	Lim.value	Qual.
Worst pitch variation	fpt	6.6	6	12.0	7	3.8	4	12.0
Worst spacing variation	fu max	8.4				3.7		
Range of Pitch Error	Fp	13.2				7.2		
Total index variation	Fp	40.2	8	38.0	7	32.2	7	38.0
Total index var. within sector	Fp4	15.2	7	21.0	7	9.9	5	21.0

Runout Fr



	left flank				right flank			
	Act.value	Qual.	Lim.value	Qual.	Act.value	Qual.	Lim.value	Qual.
Pitch Line Runout	Fr	19.5	6	30.0	7	43.644	43.614	43.614
Variation of tooth thickness	Fs	11.2				43.657	43.634	43.634



六、渐开线圆柱齿轮检测报告

1、齿轮测量参数基本信息

Gear Profile/Lead					
Prog.No.:	STI0408h26 0 P 65	Operator:	fxn 3)	Date:	10.02.2011 16:25 10)
Type:		No. of teeth	4) 48	Face Width:	11) 17mm
Drawing No.:	2S1701226-A6L 1)	Module m	5) 2.2mm	Length Ev. La	12) 9.72mm
Order No.:	03..20 2)	Pressure angle	6) 20°00'00"	Length Ev. Lβ	13) 13.6mm
Cust./Mach. No.:	P65 B6019	Helix angle	7) -30°00'45"	Appr. Length M1	14.34mm
Loc. of check:	R&DC	Base Cir.-Ø db	8) 112.4241mm	Stylus-Ø	(#5) 1.5mm
		Base Helix angle	9) -28°02'09"	Add.Mod.Coeff x	14) -.497

1) 齿轮测量程序号

2) 零件测量序号

3) 测量者姓名

4) 齿数 (+/- 外齿轮/内齿轮)

5) 模数

6) 分度圆压力角

7) 分度圆螺旋角 (+/- 右旋/左旋)

8) 基圆直径

9) 基圆螺旋角

10) 测量日期

11) 齿宽

12) 齿廓评估长度

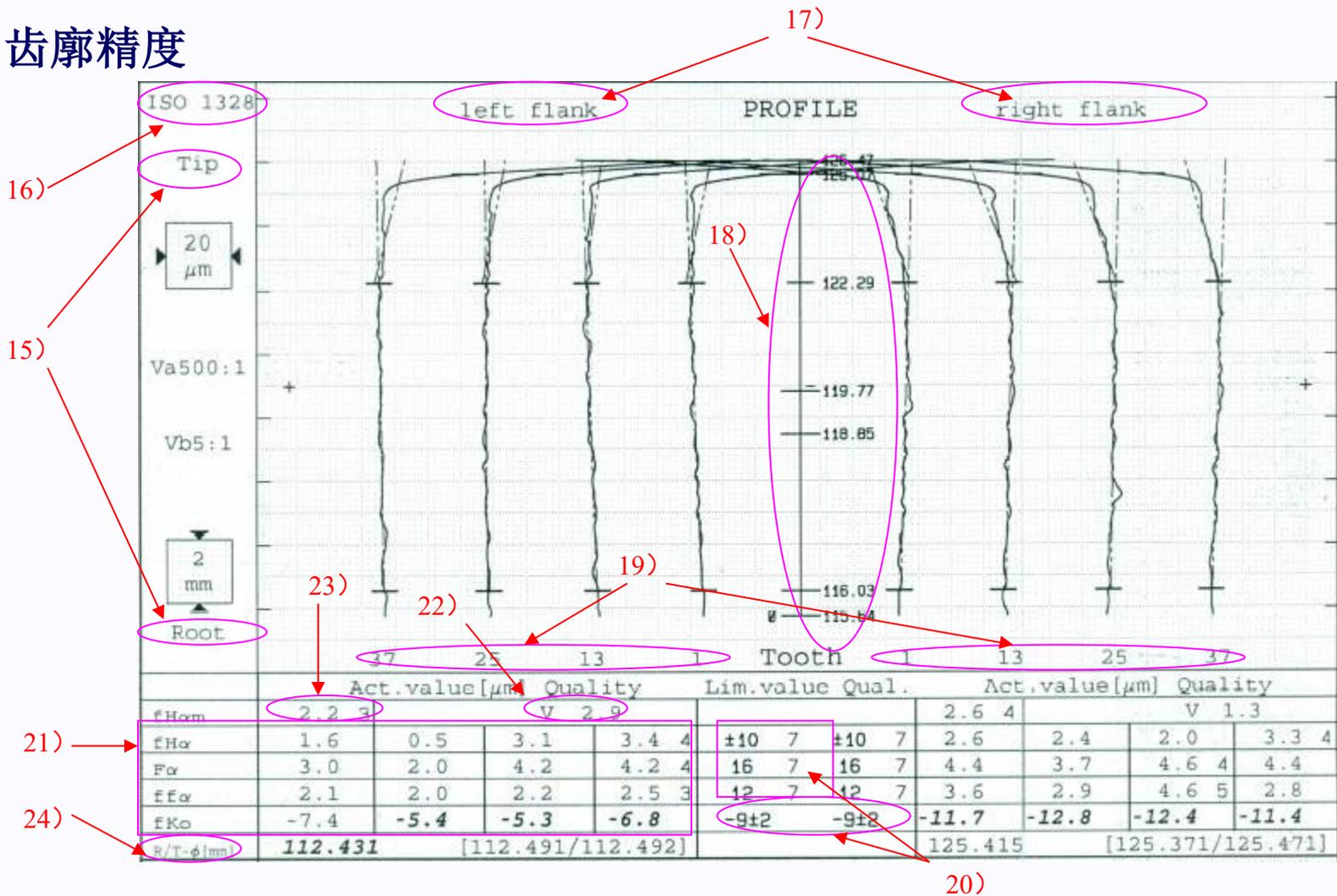
13) 齿向评估长度

14) 变位系数



六、渐开线圆柱齿轮检测报告

2、齿廓精度





六、渐开线圆柱齿轮检测报告

2、齿廓精度

15) 齿顶、齿根

16) 检测评估标准

17) 左齿面、右齿面（依据齿轮摆放位置），也可定义工作面、非工作面。

18) 齿廓检测、评估区域值（直径、半径、啮合角、展开长度）

19) 圆周方向检测4齿序号（起始齿为第1齿）

20) 齿廓精度等级、公差要求；齿廓修形公差要求。

21) fHa 、 ffa 、 Fa 实测偏差值及最大偏差值对应精度等级；齿廓实际修形量。

22) 所测四齿 fHa 偏差变动量，代数差最大值。

23) 所测四齿 fHa 偏差平均值（计算平均值含符号）及对应精度等级。

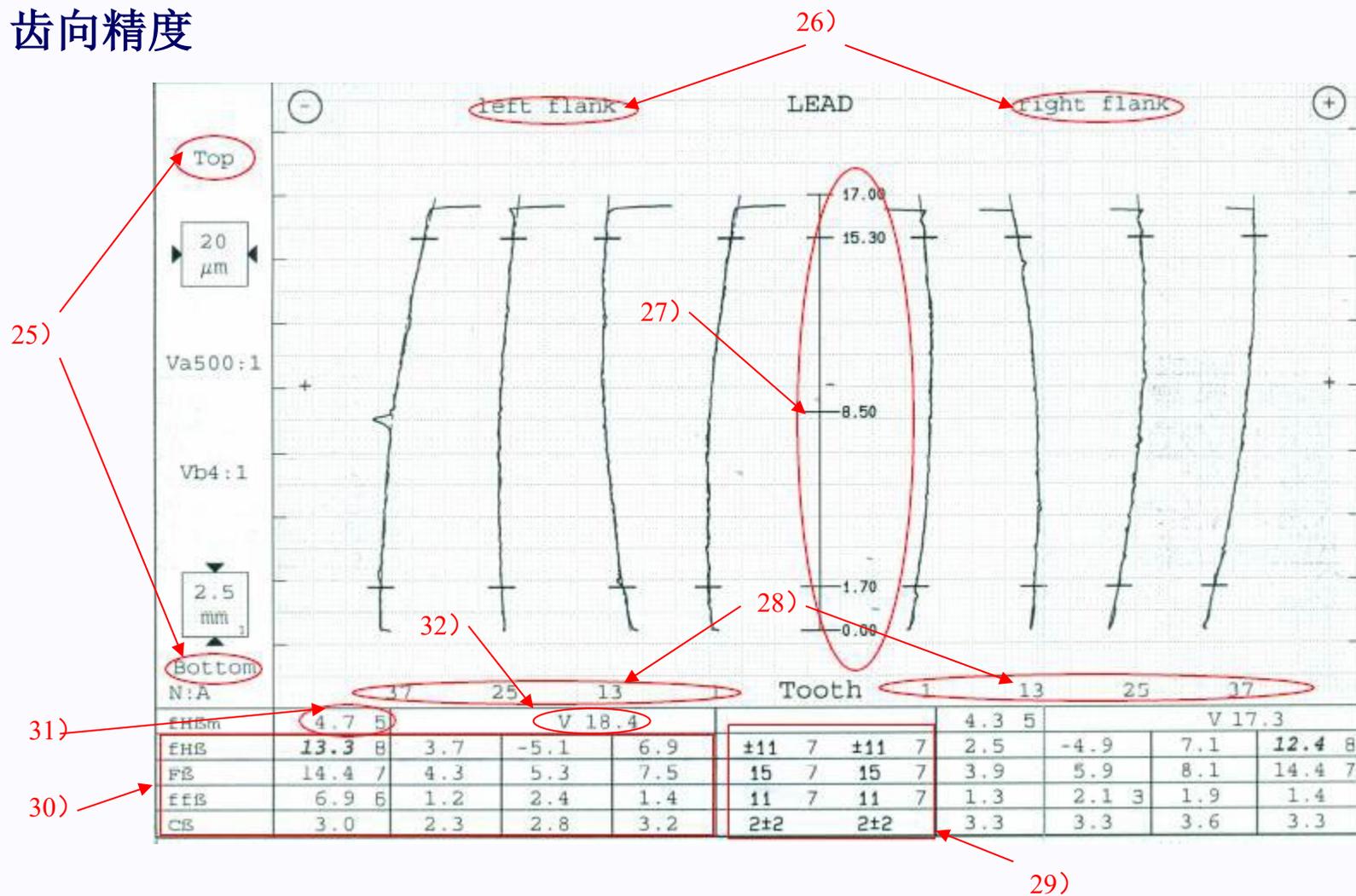
24) 齿根圆 df 、齿顶圆 da 尺寸公差要求及实测值

注：黑色字体代表超差。



六、渐开线圆柱齿轮检测报告

3、齿向精度





六、渐开线圆柱齿轮检测报告

3、齿向精度

- 25) 齿向上端、下端（依据齿轮摆放位置）
- 26) 左齿面、右齿面（依据齿轮摆放位置），也可定义工作面、非工作面。
- 27) 齿向检测、评估区域值。
- 28) 圆周方向检测4齿序号（起始齿为第1齿）
- 29) 齿向精度等级、公差要求；齿向修形公差要求。
- 30) $fH\beta$ 、 $ff\beta$ 、 $F\beta$ 实测偏差值及最大偏差值对应精度等级；齿向实际修形量。
- 31) 所测四齿 $fH\beta$ 偏差变动量，代数差最大值。
- 32) 所测四齿 $fH\beta$ 偏差平均值（计算平均值含符号）及对应精度等级。

注：黑色字体代表超差。

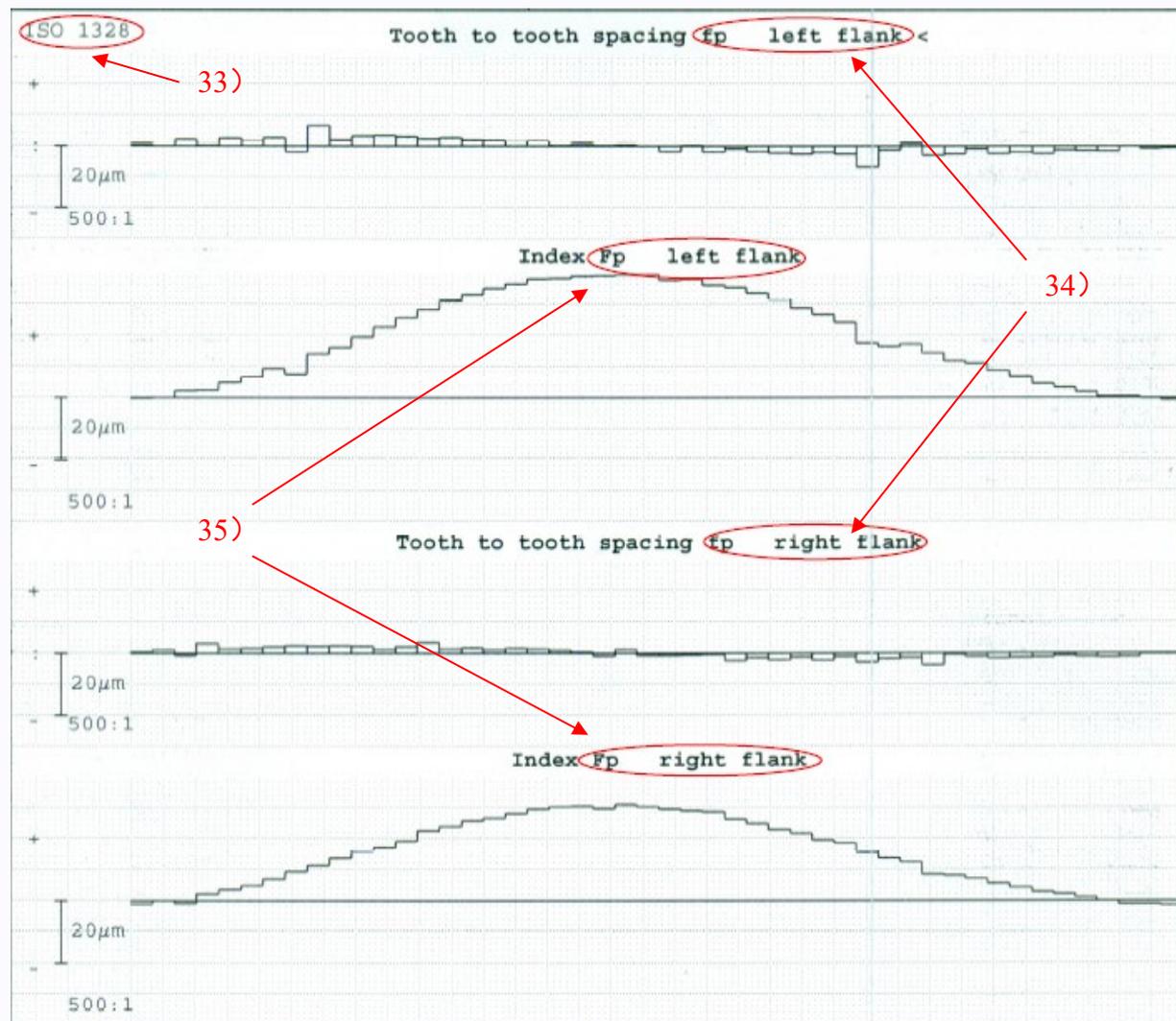
六、渐开线圆柱齿轮检测报告

4、周节精度

33) 检测评估标准

34) 左、右齿面齿距偏差图。

35) 左、右齿面齿距累积偏差图。





六、渐开线圆柱齿轮检测报告描述

4、周节精度

		left flank				right flank			
		Act.value	Qual.	Lim.value	Qual.	Act.value	Qual.	Lim.value	Qual.
Worst pitch variation	fpt	6.6	6	12.0	7	3.8	4	12.0	7
Worst spacing variation	fu max	8.4				3.7			
Range of Pitch Error	Rp	13.2				7.2			
Total index variation	Fp	40.2	8	38.0	7	32.2	7	38.0	7
Total index var.within sector	Fp4	15.2	7	21.0	7	9.9	5	21.0	7

36) 左齿面、右齿面（依据齿轮摆放位置），也可定义工作面、非工作面。

37) 单一齿距偏差fpt、相邻齿距偏差fu、齿距累积偏差Fp4、齿距累积总偏差Fp。

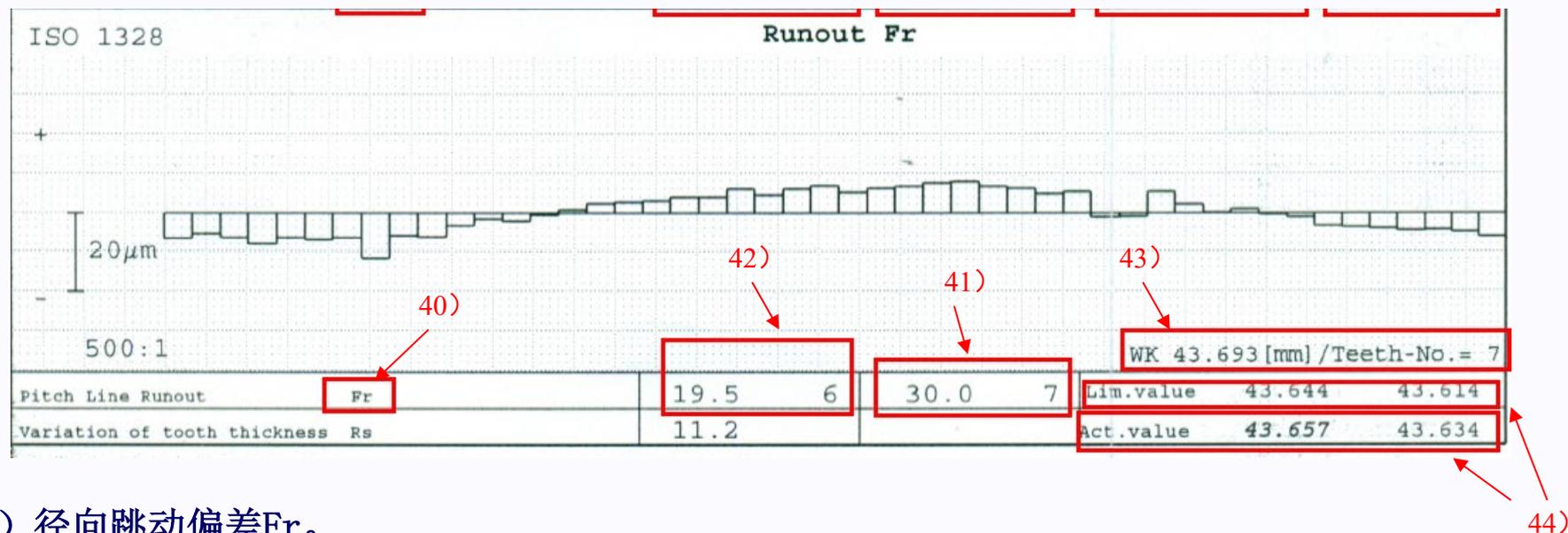
38) 周节精度等级、公差要求。

39) 周节精度实测偏差及对应精度等级。

注：黑色字体代表超差。

六、渐开线圆柱齿轮检测报告描述

4、周节精度



40) 径向跳动偏差Fr。

41) 径向跳动偏差精度等级、公差要求。

42) Fr实测偏差及对应精度等级。

43) 公法线名义值及跨齿数或跨棒距名义值及量棒直径。

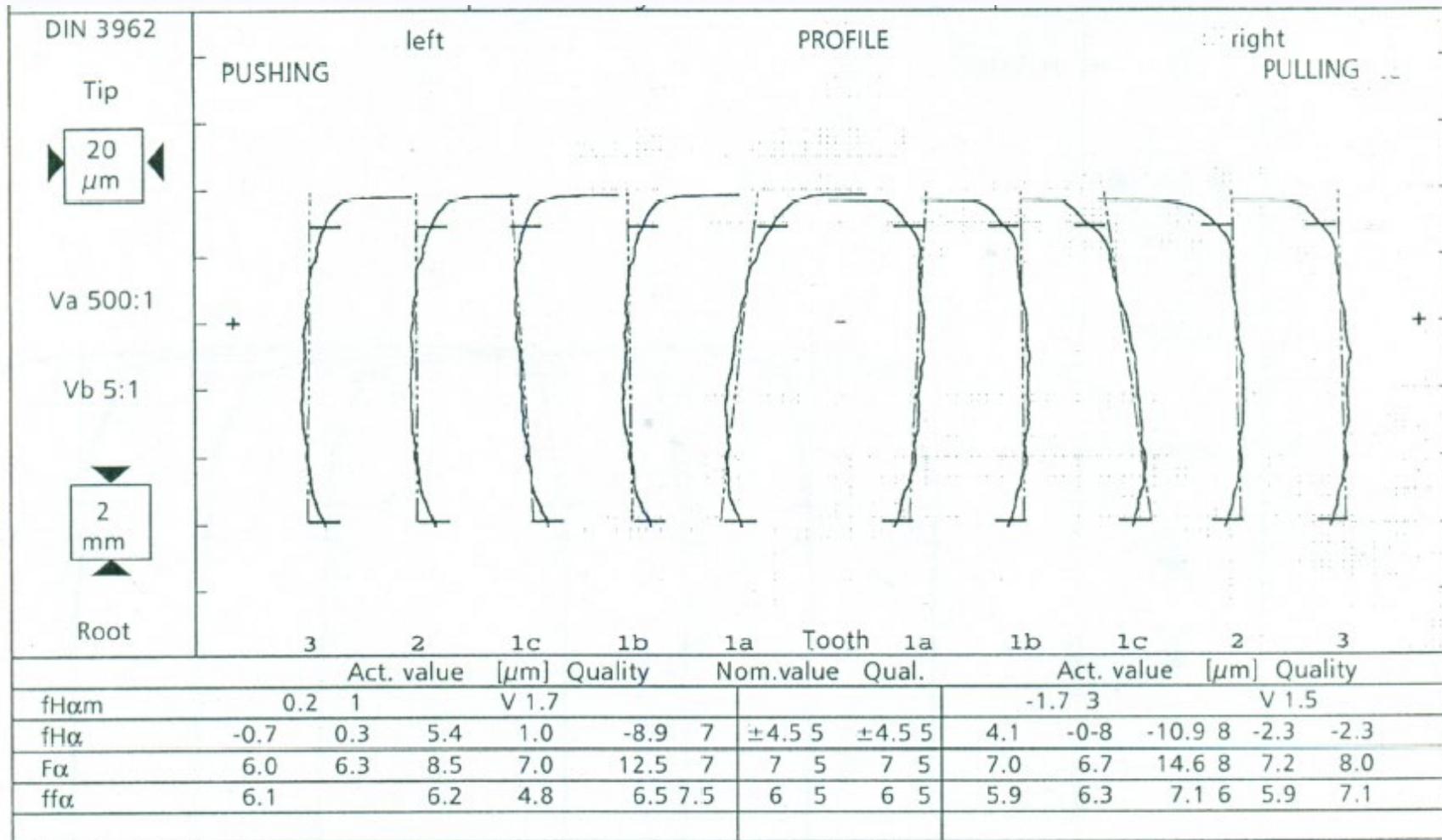
44) 公法线或跨棒距公差要求及实测最大值、最小值。

注：黑色字体代表超差。



六、渐开线圆柱齿轮检测报告描述

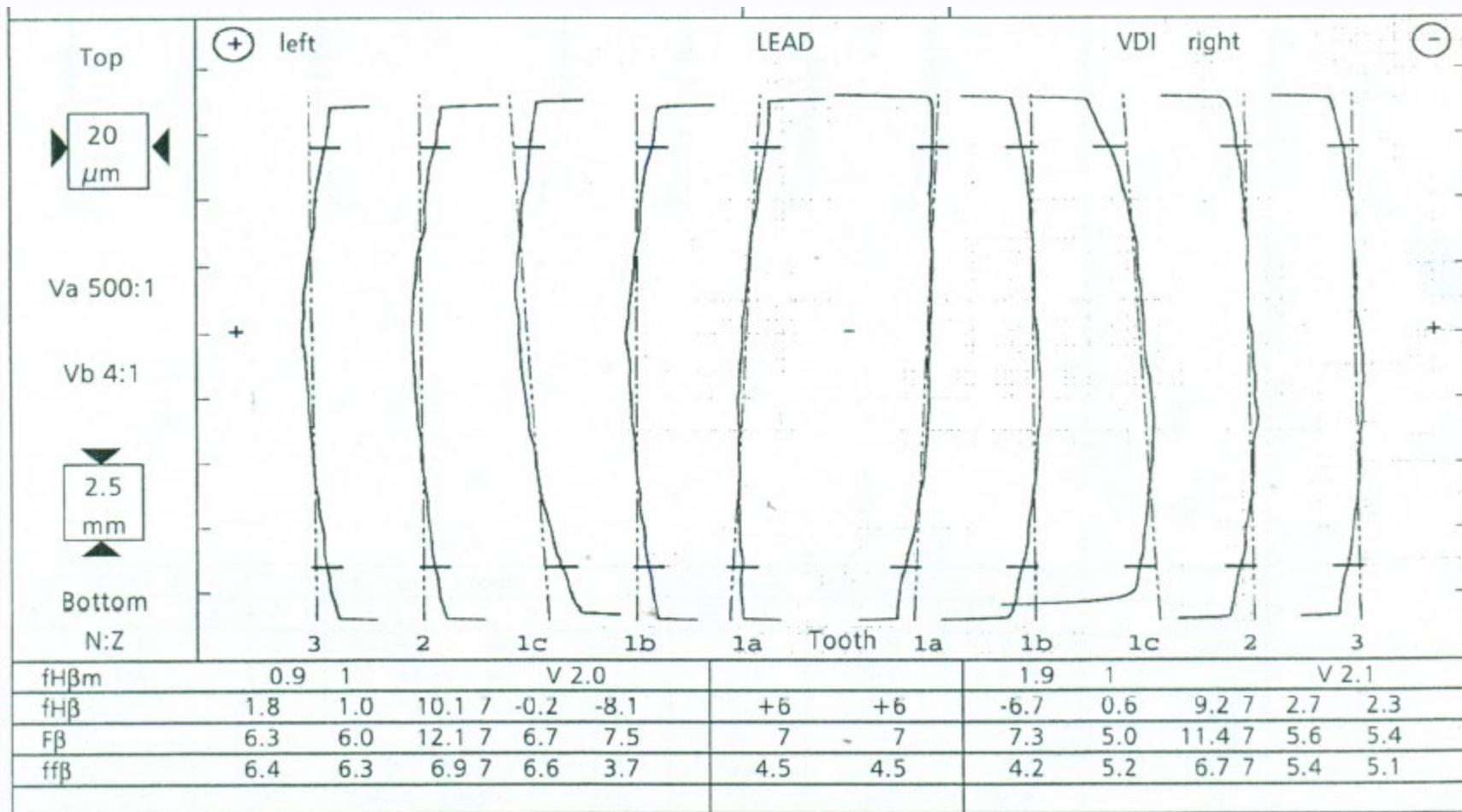
5、齿面扭曲：齿廓测量结果





六、渐开线圆柱齿轮检测报告描述

5、齿面扭曲：齿向测量结果





七、未知圆柱齿轮测量

1、齿轮测绘参数： Z 、 M_n 、 α 、 β 、 x 、 d_a 、 d_f 、 b 、 W_k 或 M_{dk}

1) 其中 M_n 和 α 比较难确定的。

2) 其它尺寸可以借用其它量具测量或间接计算得出。

2、齿轮测绘基本原理

基圆齿距： $P_b = \pi m \cos \alpha$

$$P_b = W_k - W_{k-1}$$

W_k 、 W_{k-1} 分别是跨 K 、 $K-1$ 齿的公法线长度

注：基圆齿距公式中有 m 、 α 两个变量，因此测绘通常先将 α 固定为一个常用的标准值，推算出 m ；然后再计算测绘参数是否匹配。

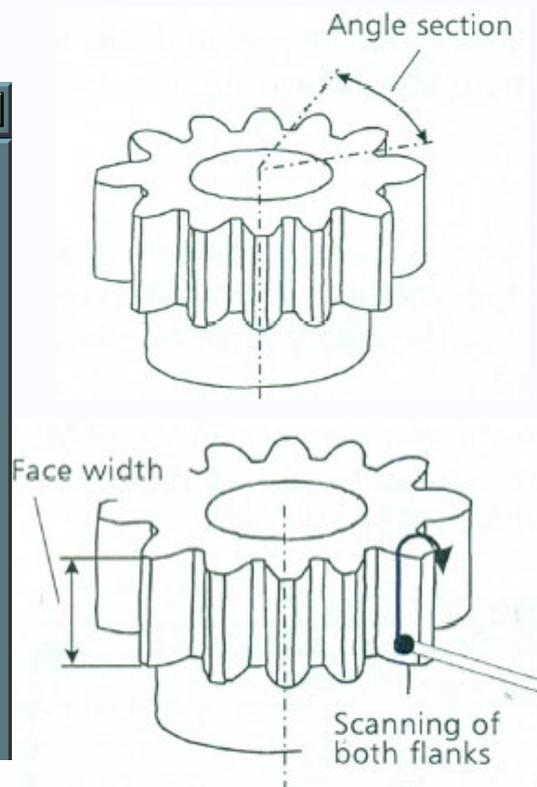
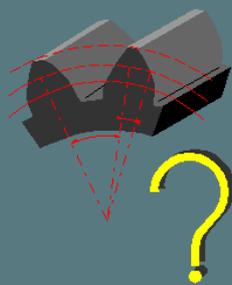
七、未知圆柱齿轮测量

3、未知齿轮测量方法：未知齿轮测绘软件+圆柱齿轮测量软件

- 1) 确定齿轮齿数 z ，利用未知齿轮测绘软件扫描齿廓、齿向。
- 2) 齿廓扫描2个完整齿以上角度，齿向扫描1个完整齿宽。

UNKNOWN GEAR

GEOMETRY PARAMETER [mm]		SELECT
NO. OF TEETH	37	MEASURING
MODUL	0.00000	EVALUATION
BASE CIRCLE \varnothing	0.00000	PROFILE LEFT
NOMINAL CIRCLE \varnothing	0.00000	PROFILE RIGHT
ROOT CIRCLE \varnothing	87.33627	LEAD LEFT
TIP CIRCLE \varnothing	99.98989	LEAD RIGHT
PRESSURE ANGLE	20° 0' 0''	
HELIX ANGLE	0° 0' 0''	

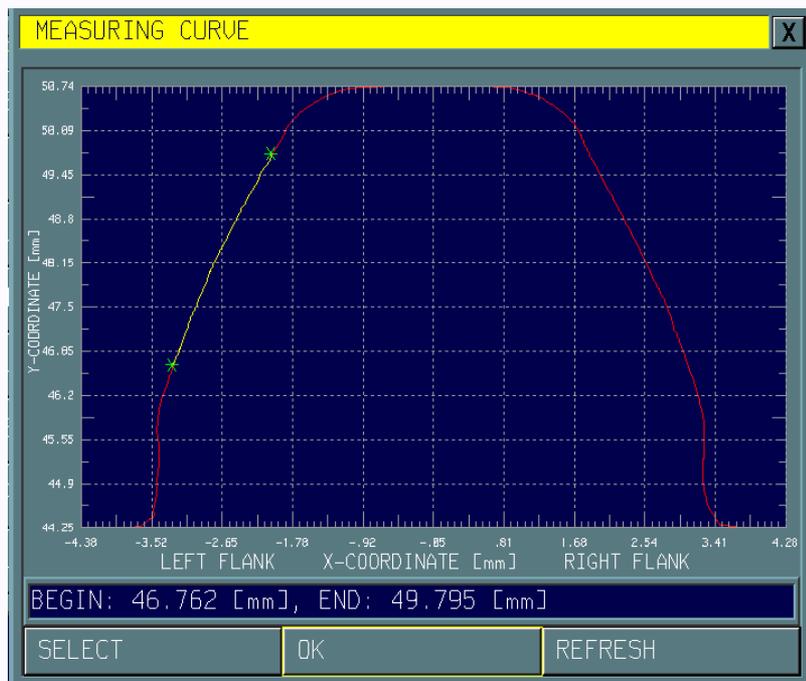




七、未知圆柱齿轮测量

3、未知齿轮测量方法

3) 截取齿廓、齿向评估、分析区域（同侧齿面）。





七、未知圆柱齿轮测量

3、未知齿轮测量方法

4) 截取齿廓、齿向评估、分析区域后系统会自动计算出齿轮参数。

5) 系统初次计算时默认20度压力角，检测者可再调整参数的匹配性。





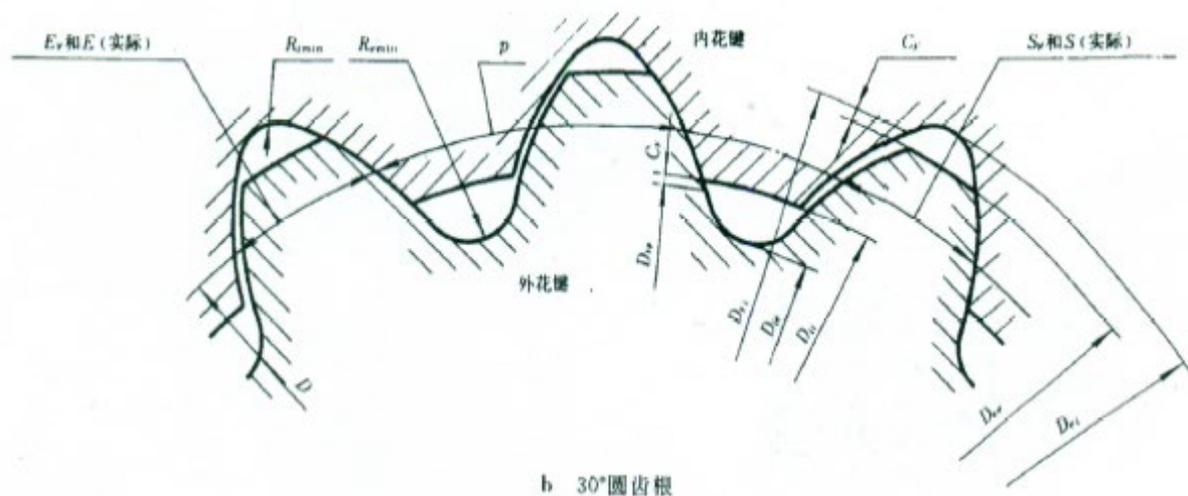
七、未知圆柱齿轮测量

3、未知齿轮测量方法

- 4) 将已得到的测绘参数输入圆柱齿轮测量软件测量齿轮制造精度。
- 5) 所测得齿轮精度若满足常规制造精度要求可认为参数匹配合理；若偏离较大应调整参数。
- 6) 通过测量出 W_k 、 Mdk 反推算出齿轮变为系数，此变为系数是无侧隙下的变为系数，即测量得到的 W_k 、 Mdk 定义为无侧隙时的尺寸。
- 7) 基圆齿距 $P_b = \pi m \cos \alpha$ 含有两个变量，通常将 α 认为固定为标准值推算出 m ，会存在隐含的不合理性，也可通过主动、从动齿轮参数以及中心距核算参数的匹配性。
- 8) 齿轮制造精度也影响齿轮参数测绘准确性。

八、花键

- 1、渐开线花键各项精度与渐开线齿轮各项精度项目相同，只是花键检测项目相对少一些。
- 2、渐开线花键通常采用通规、止规综合检验花键，这种方法方便、快捷。
- 3、花键通常规定作用齿厚、作用齿槽宽，是包含了花键齿形、齿向、周节制造偏差；齿轮测量机测量的齿厚、齿槽宽会有偏差，因为所测量的齿厚、齿槽宽是在某一横截面测得的。
- 4、渐开线花键检测标准：GB/T3478.1-1995



九、螺旋锥齿轮

1、螺旋锥齿轮测量基本原理

- 1) 通过专用螺旋锥齿轮计算软件（Gleason Gage和Oerlikon Kimos）输出齿轮理论齿貌数据（数据模型），测量机读入理论数据并建立测量程序，齿轮实测齿貌与理论齿貌进行对比计算出偏差。
- 2) 提供标准螺旋锥齿轮，测量机通过测针采点建立理论齿貌数据。

2、螺旋锥齿轮检测项目

- | | | |
|---------|-----------|----------|
| 1) 周节精度 | a 单一齿距偏差 | f_{pt} |
| | b 相邻齿锯偏差 | f_u |
| | c 齿距累积偏差 | F_{pk} |
| | d 齿距累计总偏差 | F_p |
| | e 径向跳动偏差 | F_r |





九、螺旋锥齿轮

2、螺旋锥齿轮检测项目

2) 齿貌精度

- a 齿貌偏差
- b 压力角偏差
- c 螺旋角偏差
- d 面锥角
- e 根锥角
- f 全齿高

3) 滚动检验

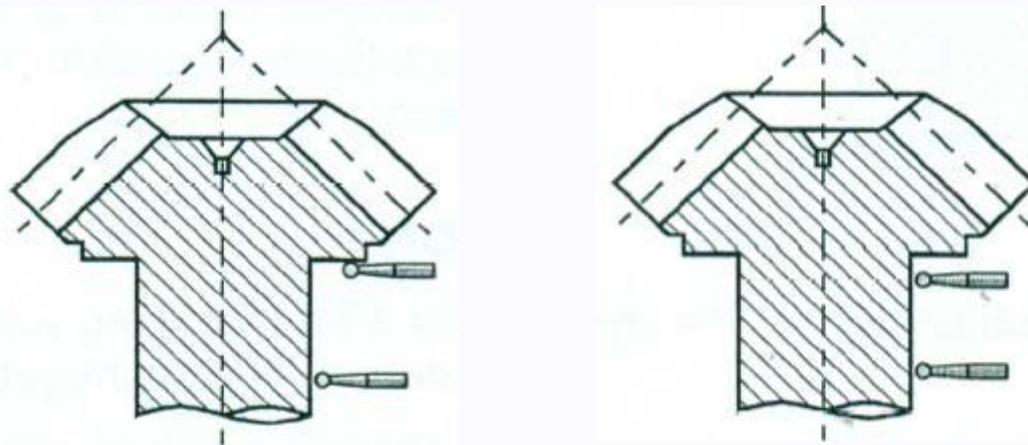
- g 啮合接触区印迹
- h V、H值
- i 安装距变动量
- j 侧隙
- k 侧隙变动量

注：周节精度反映齿轮分齿精度准确性；齿貌精度反映实际齿貌相对理论齿貌偏离；但实际加工过程中主要是通过主、从动锥齿轮啮合接触印迹考察齿轮传动性能。

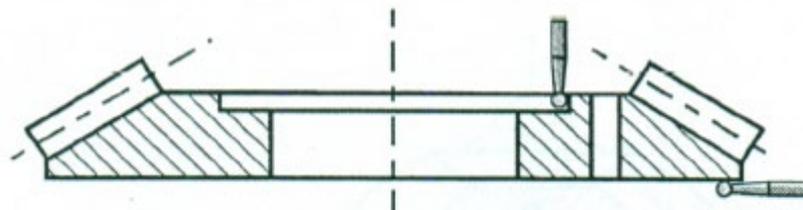
九、螺旋锥齿轮

3、螺旋锥齿轮检测基准

1) 主动锥齿轮以轴承径、安装距端面为检测基准



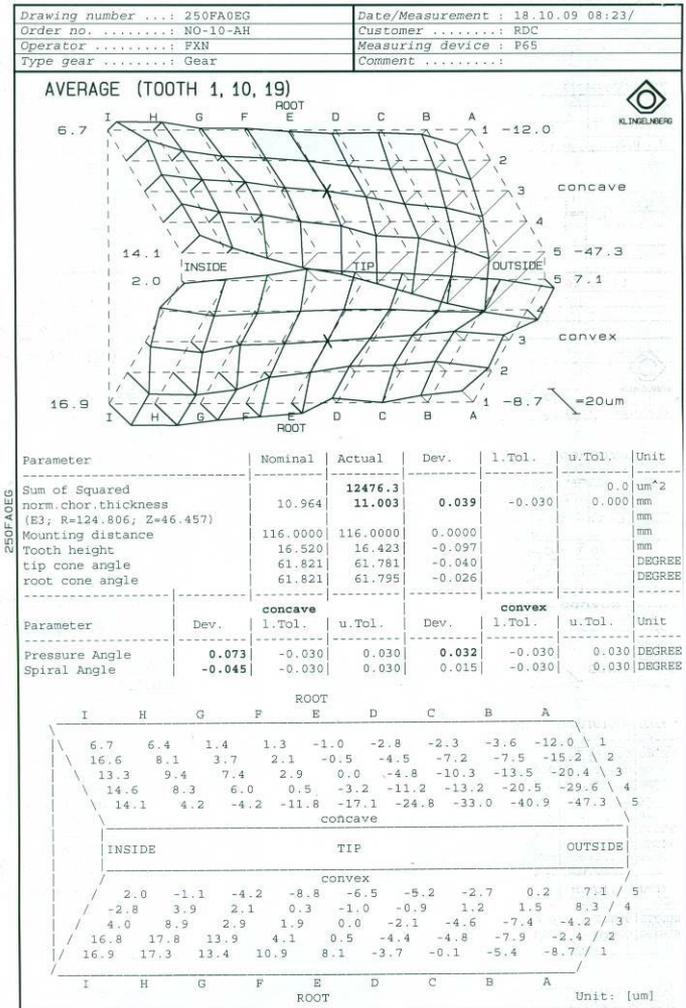
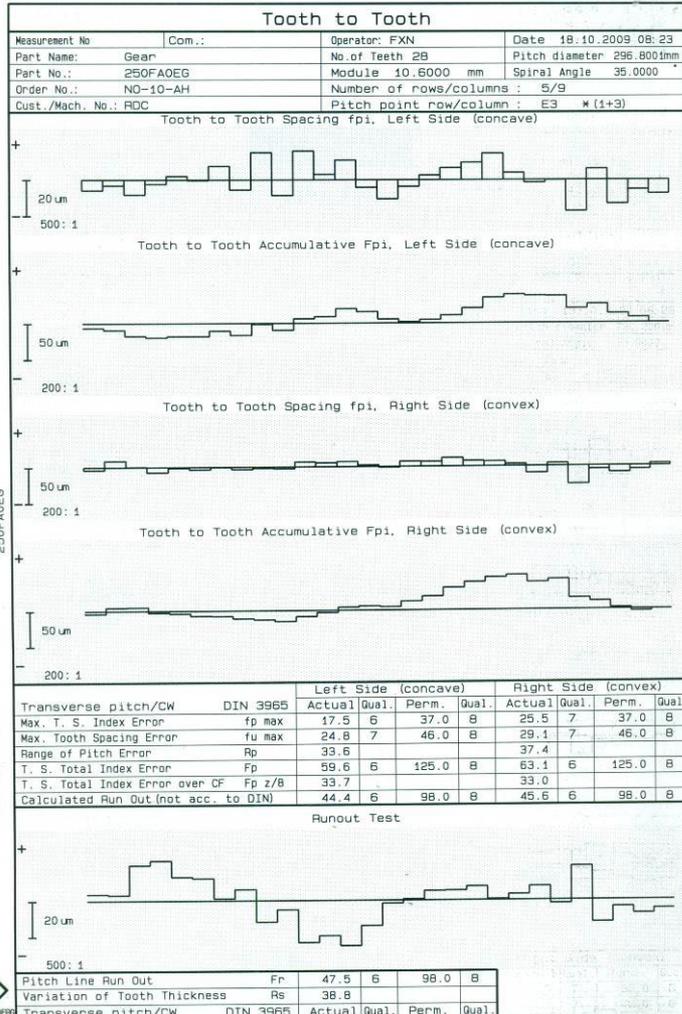
2) 从动锥齿轮以内孔、安装距端面为检测基准





九、螺旋锥齿轮

4、螺旋锥齿轮检测报告





九、螺旋锥齿轮

4、螺旋锥齿轮检测报告：基本信息

Tooth to Tooth			
Measurement No	Com.:	Operator: FXN 4)	Date 18.10.2009 08:23 7)
Part Name: Gear 1)		No. of Teeth 28 5)	Pitch diameter 296.8001mm 8)
Part No.: 250FA0EG 2)		Module 10.6000 mm 6)	Spiral Angle 35.0000 9)
Order No.: NO-10-AH 3)		Number of rows/columns: 5/9 10)	
Cust./Mach. No.: RDC		Pitch point row/column: E3 *(1+3) 11)	

1) Gear/Pinion 主动/从动锥齿轮

2) 齿轮测量程序名称

3) 零件测量序号

4) 操作者

5) 齿数

6) 大端模数

7) 测量时间

8) 节圆直径

9) 螺旋角

10) 齿貌网格线（齿高/齿宽）

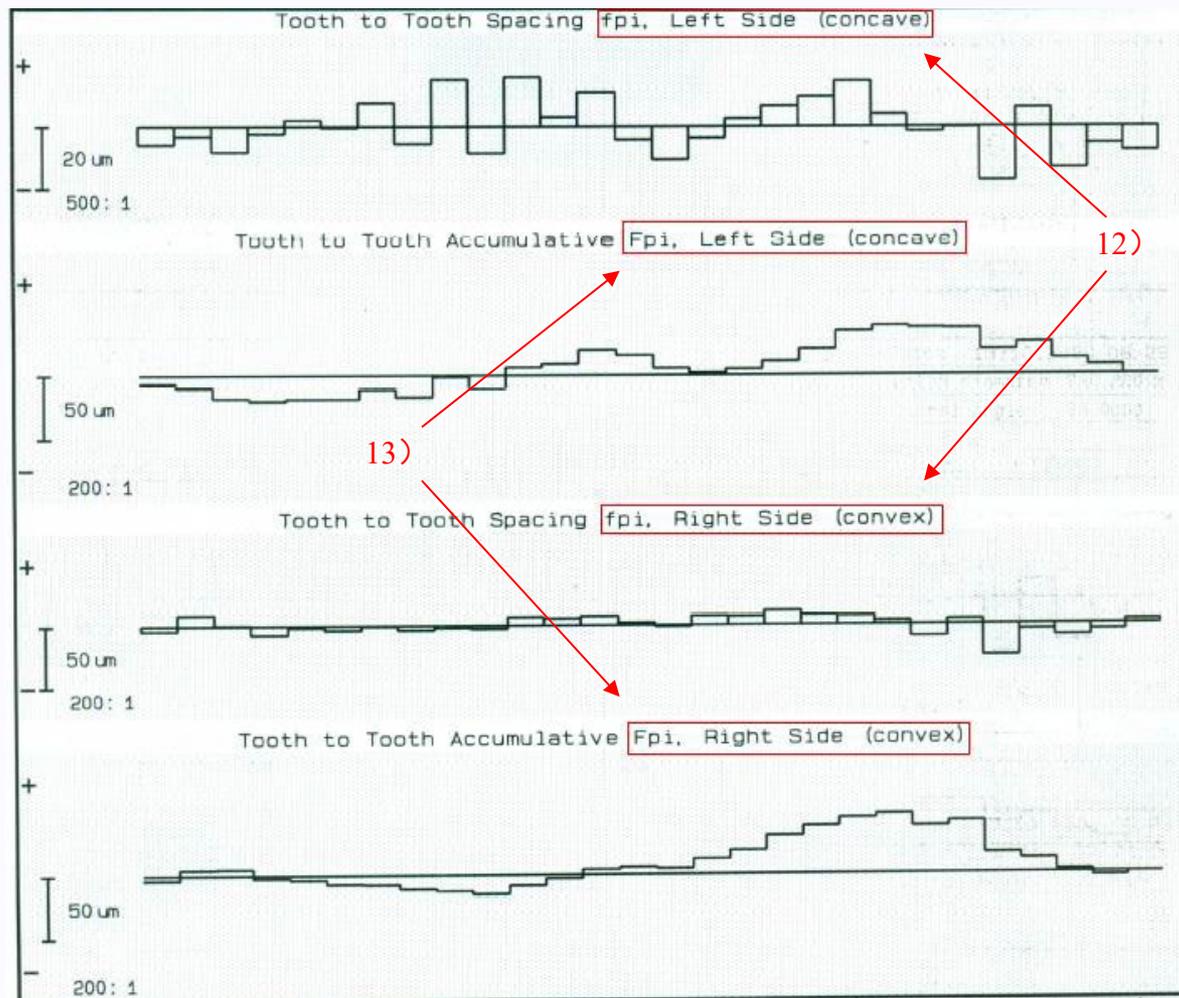
11) 测量周节精度点

九、螺旋锥齿轮

4、螺旋锥齿轮检测报告：周节精度

12) 凸面、凹面齿距偏差图。

13) 凸面、凹面齿距累积偏差图。





九、螺旋锥齿轮

4、螺旋锥齿轮检测报告：周节精度

Transverse pitch/CW	DIN 3965	Left Side (concave)				Right Side (convex)			
		Actual	Qual.	Perm.	Qual.	Actual	Qual.	Perm.	Qual.
Max. T. S. Index Error	fp max	17.5	6	37.0	8	25.5	7	37.0	8
Max. Tooth Spacing Error	fu max	24.8	7	46.0	8	29.1	7	46.0	8
Range of Pitch Error	Rp	33.6				37.4			
T. S. Total Index Error	Fp	59.6	6	125.0	8	63.1	6	125.0	8
T. S. Total Index Error over CF	Fp z/8	33.7				33.0			
Calculated Run Out (not acc. to DIN)		44.4	6	98.0	8	45.6	6	98.0	8

14) 检测标准

15) 凸面、凹面（左齿面、右齿面）。

16) 单一齿距偏差 f_{pt} 、相邻齿距偏差 f_u 、齿距累积偏差 $F_p z/8$ 、齿距累积总偏差 F_p 。

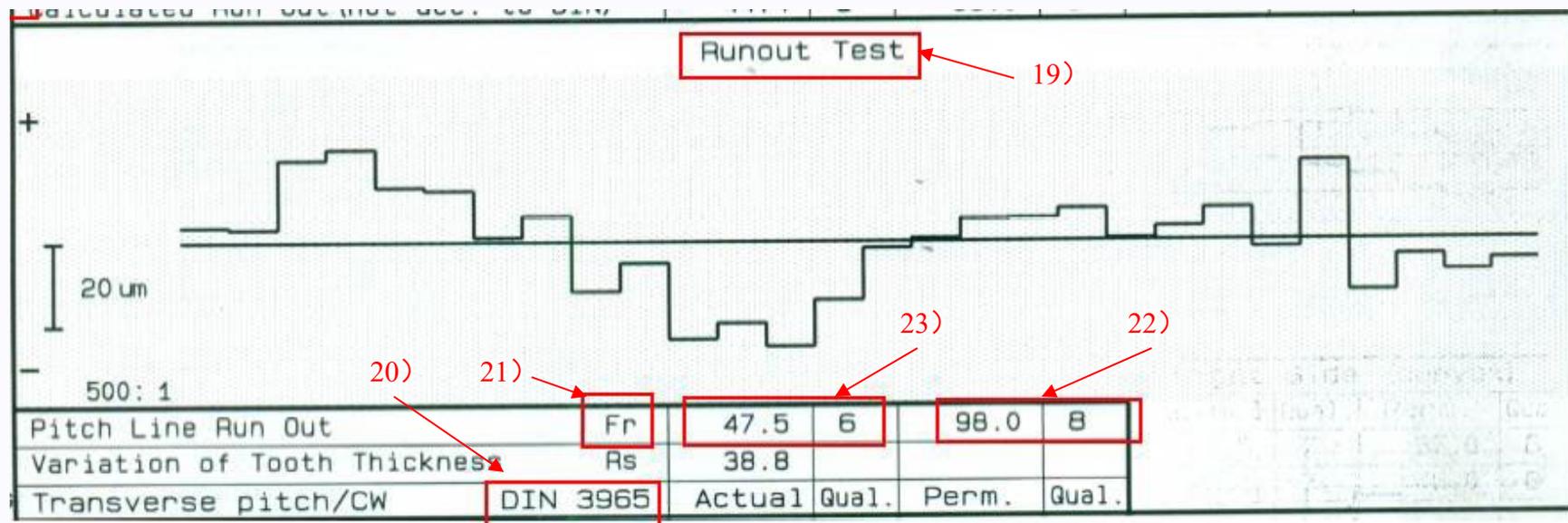
17) 周节精度等级、公差要求。

18) 周节精度实测偏差及对应精度等级。

注：黑色字体代表超差。

九、螺旋锥齿轮

4、螺旋锥齿轮检测报告：周节精度



19) 径向跳动Fr偏差图

20) 检测评估标准

21) 径向跳动偏差Fr。

22) 径向跳动偏差精度等级、公差要求。

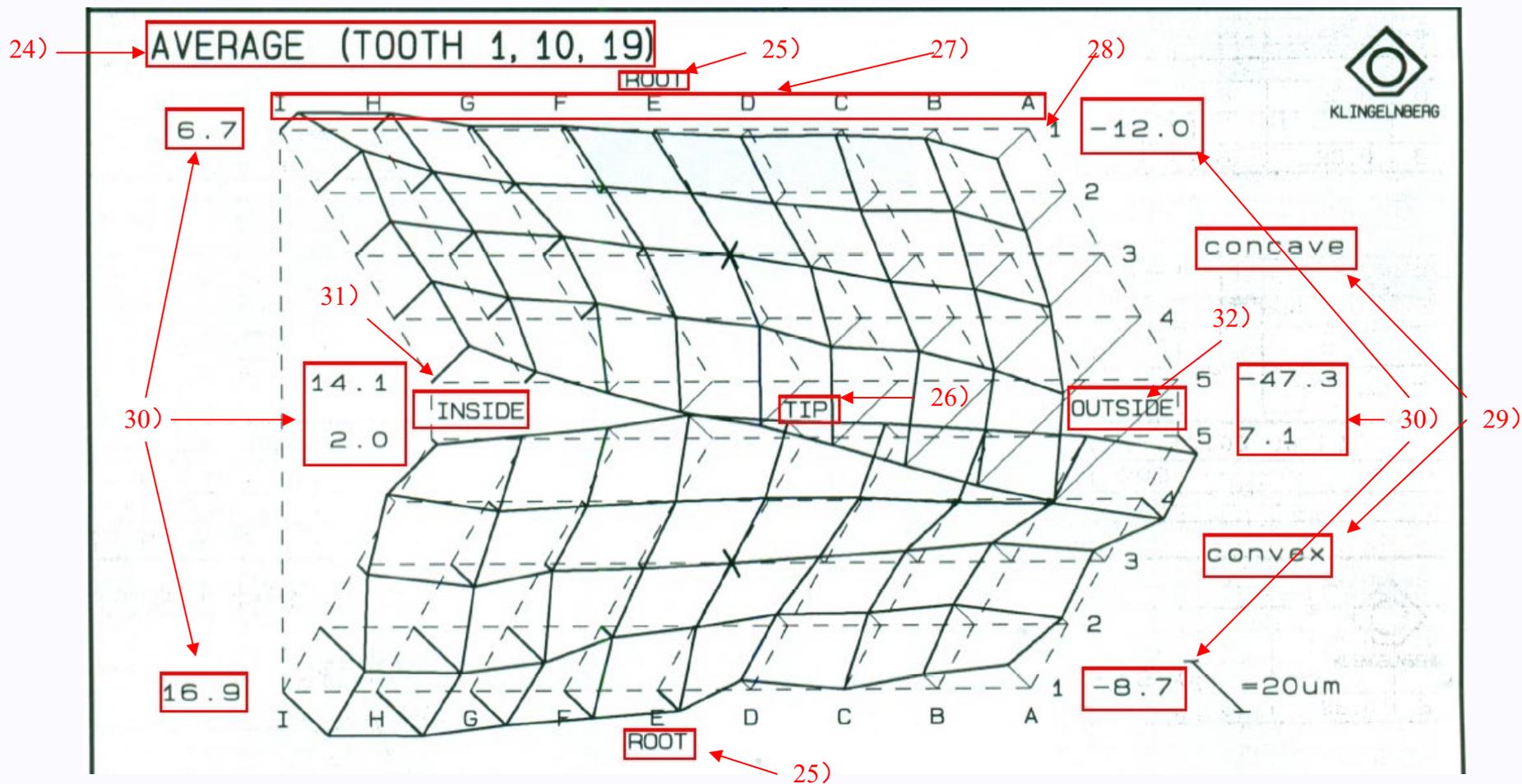
23) Fr实测偏差及对应精度等级。

注：黑色字体代表超差。



九、螺旋锥齿轮

4、螺旋锥齿轮检测报告：齿貌检测





九、螺旋锥齿轮

4、螺旋锥齿轮检测报告

齿貌检测规定检测 $N \times M$ 条线所构成网格点，检测各个网格点实际位置构成实际齿貌。

24) 测量3个齿的平均齿貌，也可是单个齿齿貌。

25) 齿根

26) 齿顶

27) 齿宽方向9条纵线

28) 齿高方向5条横线

29) 凸面、凹面 (convex、concave)

30) 凸面、凹面网格边界点的齿貌偏差。

31) 小端

32) 大端

注：—— 理论齿貌、—— 实际齿貌



九、螺旋锥齿轮

4、螺旋锥齿轮检测报告：各个网格点相对理论齿貌偏差

ROOT									
I	H	G	F	E	D	C	B	A	
6.7	6.4	1.4	1.3	-1.0	-2.8	-2.3	-3.6	-12.0	1
16.6	8.1	3.7	2.1	-0.5	-4.5	-7.2	-7.5	-15.2	2
13.3	9.4	7.4	2.9	0.0	-4.8	-10.3	-13.5	-20.4	3
14.6	8.3	6.0	0.5	-3.2	-11.2	-13.2	-20.5	-29.6	4
14.1	4.2	-4.2	-11.8	-17.1	-24.8	-33.0	-40.9	-47.3	5
concave									
INSIDE			TIP				OUTSIDE		
convex									
2.0	-1.1	-4.2	-8.8	-6.5	-5.2	-2.7	0.2	7.1	5
-2.8	3.9	2.1	0.3	-1.0	-0.9	1.2	1.5	8.3	4
4.0	8.9	2.9	1.9	0.0	-2.1	-4.6	-7.4	-4.2	3
16.8	17.8	13.9	4.1	0.5	-4.4	-4.8	-7.9	-2.4	2
16.9	17.3	13.4	10.9	8.1	-3.7	-0.1	-5.4	-8.7	1
I	H	G	F	E	D	C	B	A	
ROOT									

Unit: [um]



九、螺旋锥齿轮

4、螺旋锥齿轮检测报告

- 33) 齿貌偏差平方和，反映齿面偏离大小。
- 34) E3齿厚（给出E3点坐标）
- 35) 安装距
- 36) 全齿高
- 37) 面锥角
- 38) 跟锥角
- 39) 检测项目名义值
- 40) 检测项目实际测量值
- 41) 相对名义值的偏差
- 42) 尺寸公差
- 43) 齿面压力角
- 44) 齿面螺旋角
- 45) 凸面、凹面（convex、concave）
- 46) 压力角、螺旋角相对名义值的偏差
- 47) 压力角、螺旋角尺寸公差
- 48) 尺寸单位



关爱自然 服务社会

CARE THE NATURE AND SERVE THE SOCIETY

——让汽车更清洁 更节能 更安全

Contribute cleaner, safer and more energy saving vehicles

谢谢!

