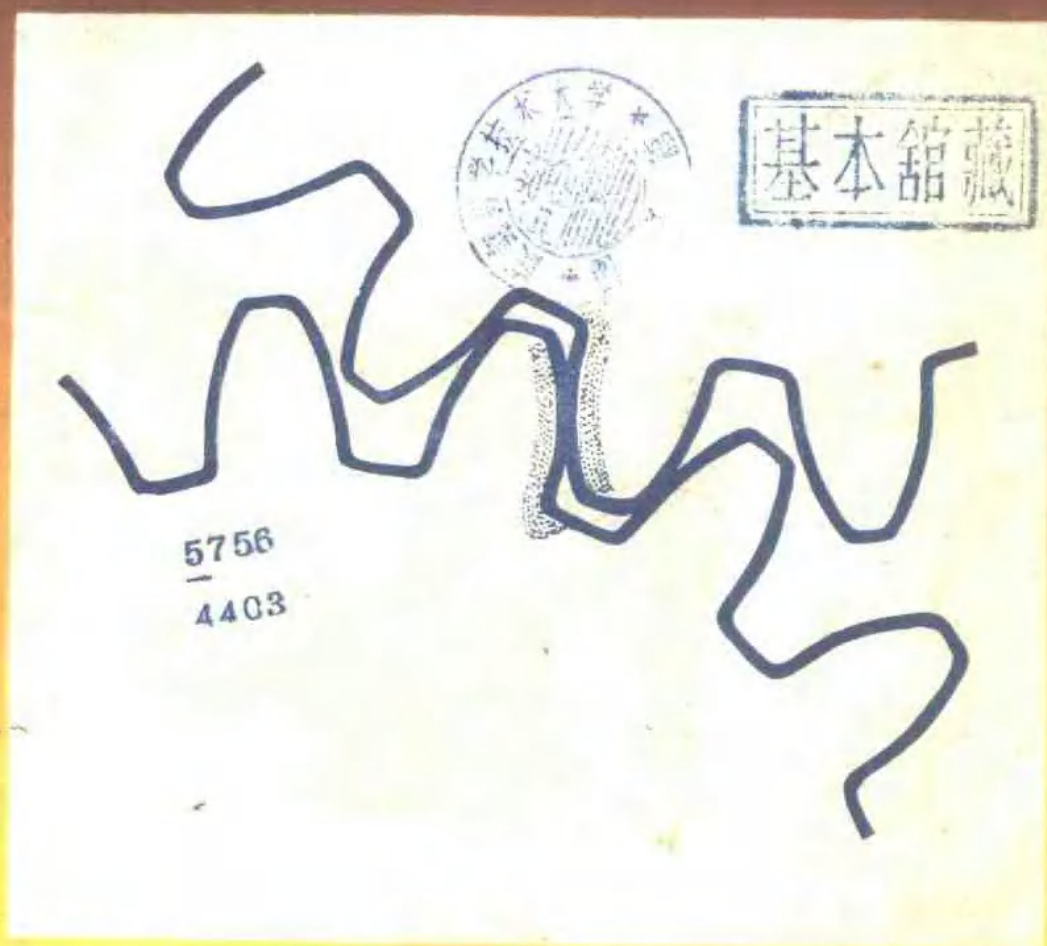


渐开綫圓柱齒輪 精度檢驗與測量儀器

蔡康洪 李虹 王國芳編著



中國盾中出版社

渐开线圆柱齿轮精度检验与测量仪器

蔡康洪 李虹 王因芳 编著

中国计量出版社

一九八七年·北京

内 容 提 要

本书主要介绍渐开线圆柱齿轮精度标准中所规定的各误差项目的检验及所使用的测量仪器,对齿轮加工误差作了较深入理论分析,对齿轮精度标准作了较全面的叙述,还对传动误差的测量和仪器作了详细介绍。本书附有必要的表格可供查用。

全书共八章,内容分四个方面:(一)单项误差、综合误差和整体误差的测量与仪器;(二)齿轮加工误差;(三)齿轮精度、齿轮副精度和齿轮副侧隙与检验;(四)传动精度与检验。

本书可供机械工程技术人员、科研人员、齿轮加工和检验人员使用,也可供大专院校中有关专业的师生参考使用。

本书适用于机械工业部JB179—83《渐开线圆柱齿轮精度》标准贯彻,也有助于即将颁布的渐开线圆柱齿轮精度国家标准贯彻。

渐开线圆柱齿轮精度检验与测量仪器

袁康洪 李 虹 王国芳 编著

中国机械出版社出版

(北京西城区太平桥大街4号)

江苏省无锡市人民印刷厂印刷

新华书店首都发行所发行

开本787×1092 1/16 印张 13 字数 310千字
1987年9月北京第一版 1987年9月第一次印刷
印数 1—10,000

统一书号: 15271·049

定价: 3.20元

前 言

本书主要是为机械工业部 JB179—83《渐开线圆柱齿轮精度》标准而编写的，有助于该标准的贯彻，也有助于即将颁布的渐开线圆柱齿轮精度国家标准的贯彻。希望本书对提高我国齿轮制造水平起一定的作用。

齿轮除了具有一般机械零件的共性，还具有作为传动件要求的特性，因此齿轮的误差和精度标准就比一般机械零件要复杂。

齿轮误差是从单项误差(齿形误差、齿向误差、齿距误差等)、综合误差(双面啮合综合误差、单面啮合综合误差)发展到整体误差。故本书在第一至第三章(单项误差、综合误差和整体误差的测量与仪器)中详细叙述了标准 JB179—83 所规定的各个误差项目的定义、误差性质、测量仪器、误差曲线分析，使读者对渐开线圆柱齿轮的误差项目与测量有一较全面的了解。

为便于读者全面理解齿轮精度标准，本书第四章介绍齿轮加工误差，详细分析影响齿轮传动性能(传动准确性、传动平稳性、载荷分布均匀性)的各项齿轮加工误差以及各项误差间的相互关系。

本书在第五章至第七章(齿轮精度与检验、齿轮副精度与检验以及齿轮副侧隙与检验)中详细介绍了标准 JB179—83 有关的内容。

齿轮加工机床传动精度是影响齿轮精度的一个重要方面。本书最后一章介绍传动精度与检验，详细叙述传动误差的测量与仪器以及齿轮加工机床传动链的误差测量、精度评定和误差分析。

本书可供机械工程技术人员、科研人员、齿轮加工和检验人员使用，也可供大专院校中有关专业的师生参考使用。

本书由蔡康洪(第一、三、五、六、七章)、王国芳(第二、四章)、李虹(第八章)编著，由黄潼年和金熙杰二位同志主审。高学满和章国新二位同志负责编辑工作。傅云和王志远二位同志绘制全书插图。

在编写过程中，柏永新、张鄂、吴昭同、程韦德、经挺度、张民安和戴纬经等同志提出了宝贵的意见，南京第二机床厂康亚夫和邓时俊二位同志给予很大的帮助与支持，谨此一并表示感谢。

由于编者水平所限，书中存在的缺点和错误，恳请读者给予指正。

编 者

一九八五年十月一日

标准JB179—83与标准JB179—60代号对照表

序号	JB179—83		ISO	JB179—60		注
	名称	代号		名称	代号	
1	切向综合误差	$\Delta F'_f$	F'_f	齿轮运动误差	ΔT_N	①
2	切向一齿综合误差	$\Delta f'_f$	f'_f	周期误差	ΔT	③
3	径向综合误差	$\Delta F''_r$	F''_r	一转度量中心距变动	$\Delta_2 a$	①
4	径向一齿综合误差	$\Delta f''_r$	f''_r	一齿度量中心距变动	$\Delta_1 a$	①
5	周节累积误差	ΔF_p	F_p	周节累积误差	Δt_N	①
	k个周节累积误差	ΔF_{pk}	F_{pk}	—	—	⑤
6	齿圈径向跳动	ΔF_r	F_r	齿圈径向跳动	Δe_r	②
7	公法线长度变动	ΔF_W	—	公法线长度变动	ΔL_g	①
8	齿形误差	Δf_f	f_f	齿形误差	ΔJ	②
9	周节偏差	Δf_{pt}	f_{pt}	周节差	Δt	④
10	基节偏差	Δf_{pb}	f_{pb}	基节偏差	Δt_b	①
11	齿向误差	ΔF_β	F_β	齿向误差	ΔB_x	②
12	接触线误差	ΔF_s	—	接触线形状和位置的误差	Δb_s	①
13	轴向齿距偏差	ΔF_{pa}	—	轴向齿距偏差	ΔB_z	①
14	螺旋线波度误差*	$\Delta f_{f\beta}$	—	—	—	⑤
15	齿厚偏差	ΔE_s	E_s	固定弦齿厚偏差	Δs	②
16	公法线平均长度偏差	ΔE_W	E_W	公法线长度偏差	ΔL	①
17	齿轮副的切向综合误差	$\Delta F'_{ic}$	—	—	—	⑤
18	齿轮副的切向一齿综合误差	$\Delta f'_{ic}$	—	—	—	⑤
19	齿轮副的接触斑点	—	—	接触斑点	—	①
20	齿轮副的侧隙	—	—	—	—	—
	圆周侧隙	j_t	j_t	—	—	⑤
	法向侧隙	j_n	j_n	侧隙	C_n	①
21	齿轮副的中心距偏差	Δf_a	—	中心距偏差	ΔA	①
22	轴线的平行度误差	—	—	—	—	—
	X方向轴线的平行度误差	Δf_x	f_x	轴心线不平行性	Δx	①
	Y方向轴线的平行度误差	Δf_y	f_y	轴心线歪斜度	Δy	①
23	—	—	—	范成误差	$\Delta \varphi_N$	⑥
24	—	—	—	接触线的不直线性	Δb_s	⑥
25	—	—	—	度量中心距偏差	Δa	⑥

* “螺旋线波度误差”在本书中均称为“螺旋线精度”。

注：①概念未变；②概念有改变；③数值有改变；④指标更改；⑤新订；⑥取消。

目 录

标准JB179—83与标准JB179—60代号对照表

第一章 齿轮单项误差测量与仪器	1
§ 1—1 概 述.....	1
§ 1—2 齿形误差测量与仪器.....	3
一、齿形误差定义.....	1
二、齿形误差测量仪器.....	4
三、齿形误差曲线.....	13
§ 1—3 齿向误差测量与仪器.....	16
一、齿向误差定义.....	16
二、齿向误差测量仪器.....	16
三、齿向误差曲线.....	19
四、螺旋线波度测量.....	20
五、轴向齿距偏差测量.....	21
§ 1—4 接触线误差测量与仪器.....	22
一、接触线误差定义.....	22
二、接触线误差测量仪器.....	23
三、接触线误差曲线.....	24
四、接触线长度.....	24
§ 1—5 齿距误差测量与仪器.....	25
一、基节偏差测量.....	25
二、周节误差测量.....	27
三、公法线长度变动测量.....	33
§ 1—6 安装误差测量与仪器.....	35
一、齿圈径向跳动定义.....	35
二、齿圈径向跳动测量仪器.....	35
三、测 头.....	36
第二章 齿轮综合误差测量与仪器	39
§ 2—1 概 述.....	39
§ 2—2 齿轮单面啮合综合误差测量.....	39
一、切向综合误差和切向一齿综合误差定义.....	39
二、齿轮单面啮合综合误差测量仪器.....	40
三、切向综合误差曲线.....	45
§ 2—3 齿轮双面啮合综合误差测量.....	46

一、径向综合误差和径向一齿综合误差定义	46
二、齿轮双面啮合综合误差测量仪器	46
三、径向综合误差曲线	47
§ 2—4 测量元件	47
第三章 齿轮整体误差测量与仪器	49
§ 3—1 概述	49
§ 3—2 双触头测量法	49
§ 3—3 间齿测量法	51
§ 3—4 逐齿坐标点测量法	55
§ 3—5 整体误差曲线的分析应用	58
一、截面整体误差曲线	58
二、全齿宽整体误差曲线	62
三、双向截面整体误差曲线	67
四、双向全齿宽整体误差曲线	67
§ 3—6 齿轮误差测量的发展趋势	68
第四章 齿轮加工误差	70
§ 4—1 概述	70
§ 4—2 影响齿轮传动准确性的加工误差	71
一、齿坯定位误差	71
二、齿轮加工机床分度传动链传动误差	75
三、几何偏心和运动偏心的合成与补偿	81
四、仿形法和分度展成法加工误差	82
§ 4—3 影响齿轮传动平稳性的加工误差	83
一、齿形误差分析	84
二、基节偏差分析	91
三、周节偏差分析	92
四、螺旋线波度分析	93
§ 4—4 影响齿轮载荷分布均匀性的加工误差	94
一、齿向误差分析	94
二、接触线误差分析	96
第五章 齿轮精度与检验	97
§ 5—1 概述	97
§ 5—2 标准的适用范围	97
§ 5—3 误差项目和精度指标的代号	98
§ 5—4 精度等级和公差组	100
§ 5—5 公差组的检验组及其选择	108
第六章 齿轮副精度与检验	114
§ 6—1 概述	114
§ 6—2 齿轮副的切向综合误差和切向一齿综合误差	114

§ 6—3	齿轮副的接触斑点	117
§ 6—4	齿轮副的中心距偏差	120
§ 6—5	轴线的平行度误差	122
第七章	齿轮副侧隙与检验	125
§ 7—1	概 述	125
§ 7—2	齿轮副侧隙的定义与测量	125
	一、圆周侧隙	125
	二、法向侧隙	126
	三、侧隙值的连续测量方法	127
	四、适用场合	129
§ 7—3	齿轮副侧隙的形成及计算	129
	一、齿轮副侧隙的形成和基准制	129
	二、齿轮副最小极限侧隙	129
	三、齿厚上偏差、齿厚下偏差和齿厚公差	132
	四、齿轮副最大极限侧隙和侧隙公差	133
§ 7—4	齿厚极限偏差数值与代号	133
§ 7—5	齿厚偏差测量与仪器	136
	一、齿厚偏差的测量	136
	二、公法线平均长度偏差的测量	138
	三、双啮中心距偏差的测量	143
	四、量柱距偏差的测量	144
第八章	传动精度与检验	148
§ 8—1	概 述	148
§ 8—2	传动误差的特性	148
	一、传动误差的来源和传递规律	148
	二、传动误差的分类	153
§ 8—3	传动误差测量与仪器	154
§ 8—4	齿轮加工机床传动精度评定	159
§ 8—5	齿轮加工机床传动误差分析	161
	一、传动误差曲线分析	161
	二、传动误差频谱分析	165
附 录		169
	附录一、渐开线圆柱齿轮精度标准 JB179—83 的公差数值表	169
	附录二、机床圆柱齿轮副侧隙及齿轮齿厚偏差标准 JB/GQ 1070—85 公差数值表	181
	附录三、机床圆柱齿轮箱体中心孔偏差和轴线平行度公差标准 JB/GQ1071—85 的公差数值表	186
	附录四、国内外常用齿轮测量仪器的型号及主要技术性能	188
	附录五、国内外传动链仪的型号及主要技术性能	195
参考书目		197

第一章 齿轮单项误差测量与仪器

§ 1—1 概 述

目前工厂中齿轮误差测量多采用单项误差测量,如齿轮的齿距(即周节)、齿形、齿向、齿圈径向跳动、齿厚等误差测量。单项误差测量所用的仪器品种多、测量效率低,测量结果不能反映各种误差间的补偿关系,因而不能真实地反映齿轮的使用质量。但是,单项误差便于对齿轮误差进行工艺分析,根据测量结果能了解加工误差产生的原因,从而采取相应的工艺措施。另外,由于单项误差测量仪器结构简单(齿形、齿向测量仪除外),价格低廉,使用方便,故在工厂齿轮单项误差测量占主要地位。

§ 1—2 齿形误差测量与仪器

渐开线圆柱齿轮精度的误差项目中,齿形误差是重要项目之一,是影响齿轮传动平稳性的主要指标之一。如不控制齿形误差,则齿轮传动平稳性差,振动和噪声大。

一、齿形误差定义

齿形误差 Δf_f 定义为:在端截面上*,齿形工作部分内** (齿顶倒棱部分除外),包容实际齿形的两条最近的设计齿形间的法向距离。

设计齿形可以是修正的理论渐开线,包括修缘齿形、凸齿形等。

齿顶和齿根处的齿形误差只允许偏向齿体内。

齿形误差定义图形如图 1—1 所示。

齿形误差测量中有以下几点规定,应加注意:

1. 齿形误差应在端截面上测量,即在齿面上测量端面渐开线的误差,如图 1—2 所示。

使用一般的齿形测量仪测量齿形误差时,测头和齿面的接触轨迹均在端截面上,因而符合定义。仅在使用个别类型的齿形测量仪测量时,接触轨迹不是严格的在端截面上,但这引入的测量误差很小,可以忽略。

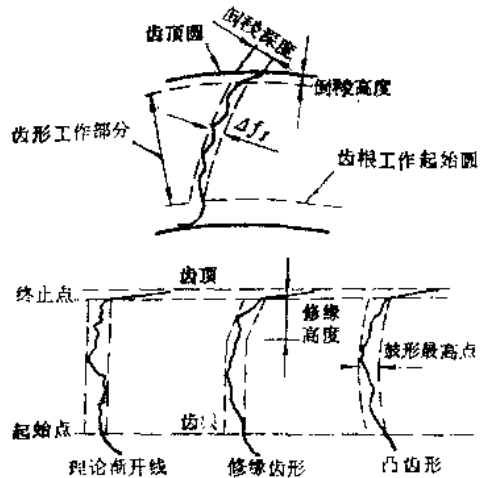


图 1—1 齿形误差 Δf_f

*允许用检验被测齿轮和测量蜗杆啮合时齿轮齿面上的接触迹线(可称为“法向啮合齿形”)代替,但仍应按基圆切线方向计值。

**在相配齿轮不清楚时,应按与基准齿条啮合时的齿形工作部分进行测量。

使用蜗杆式单啮仪用间齿测量法(详见第三章)测量斜齿轮齿形误差时,被测斜齿轮和测量蜗杆相啮合,在齿面上的接触轨迹不在端截面上,而为齿面上一空间曲线。这是因为斜齿轮和测量蜗杆相啮合为螺旋齿轮传动,两齿面啮合时的瞬时接触点的轨迹为一空间曲线。此空间曲线可称之为法向啮合齿形,如图1—2(b)所示。

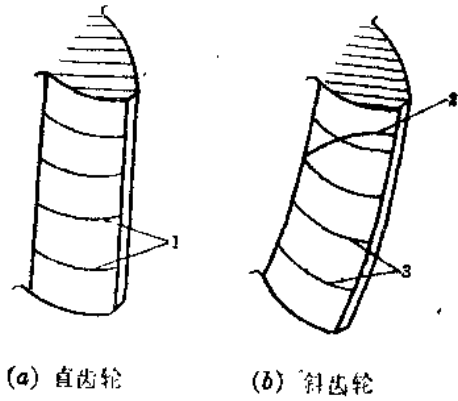


图1—2 端面渐开线与法向啮合齿形
1、8—端面渐开线 2—法形啮合齿形

允许测量法向啮合齿形代替测量端面渐开线,但仍应按基圆切线方向计值,即将整体误差曲线 \bar{z} 取得的齿形误差值乘以 $\cos \alpha_n$ (α_n ——端面压力角),也就是将仪器的定标值(分度圆切线方向)乘以 $\cos \alpha_n$ 。这个代用规定考虑了两个问题:

- (1)考虑到我国偏重于发展蜗杆式单啮仪的动态整体误差测量技术(详见第三章)的现状;
- (2)对滚齿、剃齿等工艺,用法向啮合齿形进行工艺分析也有一定的优点。

用齿形测量仪测量端面渐开线和用蜗杆式单啮仪测量法向啮合齿形分别得到的齿形误差值差别很小,可以互相代用。所不同的是蜗杆式单啮仪测量啮合处的接触半径远大于齿形测量仪的球形测头,读取的误差值略偏小。齿形测量仪测量,理应逐齿读取误差值,取其最大值,但由于测量效率低,实际上常按圆周上均布的三个或四个齿面的误差值取其最大值,这样就不一定能读取到所有齿面的最大误差值,因而读取的误差值反而偏小些。

2. 齿形误差应在齿形工作部分内测量。

按渐开线形成原理,齿形是从基圆开始的,但是实际工作部分不一定从基圆开始,而是随被测齿轮和相配齿轮的齿数变化,齿形工作部分一般有两种计算方法:

(1)按相配齿轮啮合时的工作圆计算:即齿面的实际工作部分是齿顶圆与工作圆之间的一段渐开线齿形。工作圆是指通过相配齿轮的顶圆与啮合线的交点 a ,以 r_{p1} 为半径所画的圆,如图1—3所示。

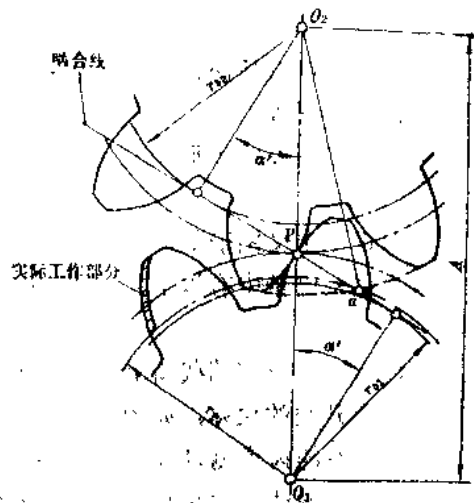


图1—3 相配齿轮啮合工作圆

(2)按齿轮与齿条相啮合时的工作圆计算:当齿轮与齿条相啮合时,工作圆是通过齿条的齿顶线与啮合线的交点 a ,以 r_{p2} 为半径所画的圆,如图1—4所示。

齿面上应测量的工作部分是齿顶圆到工作圆这一段的齿形。

齿形工作部分一般按与相配齿轮相啮合时的工作圆计算,在相配齿轮不清楚时,应按与齿条相啮合时的工作圆计算。很显然,按与齿条相啮合的计算,其齿形工作部分足够长,可

与任意齿数的齿轮相啮合。因此，一般都推荐按与齿条相啮合计算齿形工作部分，这种计算方法比较简单，不需知道相配齿轮的齿数，工厂均乐意采用。但是必须指出，按此方法获得的齿形工作部分大于实际齿形工作部分；相配齿轮齿数愈少，大得就愈多。从经济观点来看，测量实际齿形工作部分以外的齿形是没有必要的，有时还会导致齿轮不必要的报废。特别是少齿数齿轮，齿根部分的齿形容易超差，而实际上这部分齿形并不参加工作，不会影响齿轮传动质量，因而不必加以测量。

在齿形测量仪上测量渐开线齿形时，一般按展开长度及展开角来决定齿形工作部分的起始点和终止点。起始点即工作圆与渐开线相交点，终止点即齿顶圆与渐开线相交点，计算式如下：

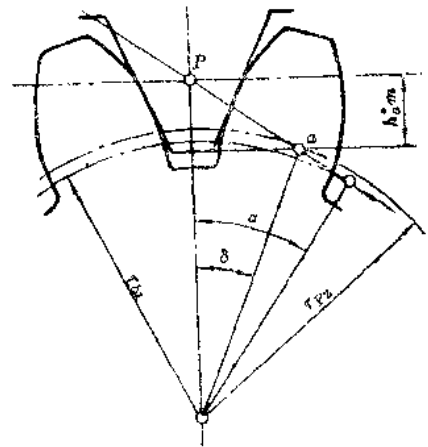


图 1-4 相配齿条啮合工作圆

(1) 按相配齿轮计算：

$$\begin{aligned} \text{起始展开长度} \quad b_1 &= A \sin \alpha' - \sqrt{r_{a2}^2 - r_{b2}^2} \\ \text{终止展开长度} \quad b_2 &= \sqrt{r_{a1}^2 - r_{b1}^2} \\ \text{有效展开长度} \quad b &= b_2 - b_1 \\ &= \sqrt{r_{a1}^2 - r_{b1}^2} + \sqrt{r_{a2}^2 - r_{b2}^2} - A \sin \alpha' \end{aligned}$$

式中： r_{a1} 、 r_{a2} —— 被测齿轮和相配齿轮的顶圆半径；
 r_{b1} 、 r_{b2} —— 被测齿轮和相配齿轮的基圆半径；
 A —— 中心距；
 α' —— 啮合角；

$$\operatorname{inv} \alpha' = \frac{2(x_1 + x_2)}{Z_1 + Z_2} \operatorname{tg} \alpha + \operatorname{inv} \alpha$$

x_1 、 x_2 —— 被测齿轮和相配齿轮的变位系数；
 α —— 分度圆压力角。

(2) 按齿条计算：

$$\begin{aligned} \text{起始展开长度} \quad b_1 &= r_{b1} \operatorname{tg} \alpha - \frac{h_a^* m}{\sin \alpha} \\ \text{终止展开长度} \quad b_2 &= \sqrt{r_{a1}^2 - r_{b1}^2} \\ \text{有效展开长度} \quad b &= b_2 - b_1 \\ &= \sqrt{r_{a1}^2 - r_{b1}^2} - r_{b1} \operatorname{tg} \alpha + \frac{h_a^* m}{\sin \alpha} \end{aligned}$$

式中： m —— 被测齿轮模数；
 h_a^* —— 齿条齿顶高系数，通常 $h_a^* = 1$ 。
 求得有效展开长度后即可求得展开角，

$$\text{起始展开角 } \varphi_1 = \frac{b_1}{r_{b1}} \times \frac{180^\circ}{\pi} = \frac{b_1}{r_{b1}} \times 57.2964^\circ;$$

$$\text{终止展开角 } \varphi_2 = \frac{b_2}{r_{b2}} \times 57.2964^\circ;$$

$$\text{有效展开角 } \varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{b_2 - b_1}{r_{b1}} \times 57.2964^\circ.$$

此外尚应注意，齿形工作部分应除去其倒棱部分。当有倒棱时，齿形工作部分的终止点不在齿顶圆处，而在倒棱结束处，因此计算式中的齿顶圆半径均应扣除倒棱高度。倒棱可使齿轮在加工和运输过程中万一尖角磕碰后仍不影响齿形工作部分。倒棱和修缘不同，倒棱不是齿形工作部分，修缘应包括在齿形工作部分内。

同时应注意，齿形测量范围应稍大于齿形工作部分。这样才能保证凡是齿面上参加啮合的齿形工作部分均被测量过。

二、齿形误差测量仪器

测量齿形误差通常采用齿形测量仪，也可在其他仪器上测量。齿形测量仪种类很多，目前国内外都有很大发展。当前齿形测量仪仍以机械式占主要地位。

1. 单盘式渐开线齿形测量仪

图 1—5 为单盘式渐开线齿形测量仪。被测齿轮 1 与可换基圆盘 2 安装在同一心轴上，基圆盘直径等于被测齿轮的基圆直径，当被测齿轮规格改变时，需要更换不同的基圆盘，所以又称为可换基圆盘式渐开线齿形测量仪。丝杠 3 使基圆盘 2 和直尺 5 压紧以便作无滑动的滚动，因而分别作直线运动和回转运动。测头 4 的杠杆和测微计 6 安装在拖板 7 上。测头 4 位于基圆盘切线方向的直尺边上。当丝杠 8 推动拖板 7 移动时，测头按渐开线原理沿理论渐开线形成一轨迹。当被测齿形与理论渐开线之间存在误差时，此误差便可从测微计 6 反映出来。可使被测齿轮每转过一定角度，取得误差读数，然后画出齿形误差曲线，如图 1—6 所示。转过角度的大小，按测量点的数量选定。也可用记录器把齿形误差自动记录下来。

由此可见，渐开线齿形测量是将被测齿形与由直尺和基圆盘所产生的理论渐开线进行比较。

单盘式渐开线齿形测量仪种类很多，结构大同小异。由于结构简单，因而测量精度高。但使用不方便，

因为测量不同规格的齿轮要更换不同的基圆盘，且这种基圆盘的精度要求高，如直径允许偏

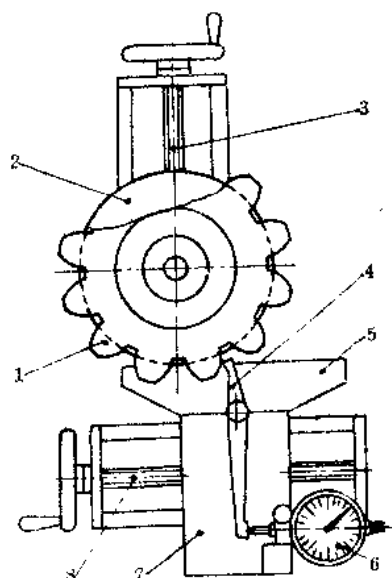


图 1—5 单盘式渐开线齿形测量仪原理

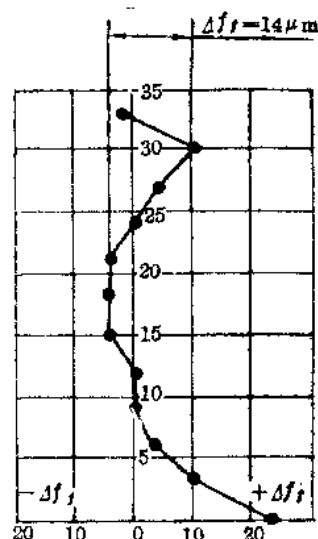


图 1—6 齿形误差曲线

差不得大于2微米，安装后其径向跳动量不应大于3微米。因此，这种齿形测量仪比较适用于检验大量生产的齿轮。

某些结构的单盘式渐开线齿形测量仪尚可测量直齿轮和斜齿轮的齿向误差。瑞士马格 PH-40 型齿轮测量仪便是一例，其结构图见 1-7。该仪可测量外径为 400 毫米以下齿轮的齿形误差，并可测量直齿轮和斜齿轮的齿向误差，斜齿轮的螺旋角可测量到 60° 。

2. 万能式渐开线齿形测量仪

万能式渐开线齿形测量仪种类很多，结构各异。这种齿形测量仪有一固定基圆盘，当被测齿轮规格改变时，不需要更换不同的基圆盘，所以又称为固定基圆盘式渐开线齿形测量仪。现以民德蔡司 VG450 型和我国哈尔滨量具刃具厂 3201 型万能式渐开线齿形测量仪为例说明其原理，见图 1-8。被测齿轮 1 与固定基圆盘 11 同装在一根心轴上，围绕基圆盘装有两根钢带 10，一端固定在基圆盘上，另一端固定在滑块 9 上，移动滑块，借助于钢带便能带动基圆盘。设钢带在基圆盘转过 φ 角时移动距离 S ，则与杠杆 5 连接的主动铰链 6 也移动 S 。这时另一活动铰链 4 也将移动一个距离 S_0 ，因为三角形 AED 与三角形 $AE'D'$ 相似，所以

$$\frac{S_0}{S} = \frac{r_b}{R_b}$$

$$\text{即 } S_0 = r_b \cdot \frac{S}{R_b} = r_b \varphi$$

因测头 2 固定在活动铰链杆 3 上，测头移动的距离恰好与被测齿轮转过 φ 角时基圆盘上的弧长相适应。由于活动铰链杆 3 可沿杠杆 5 平行于 OA 作上下移动，因此可以

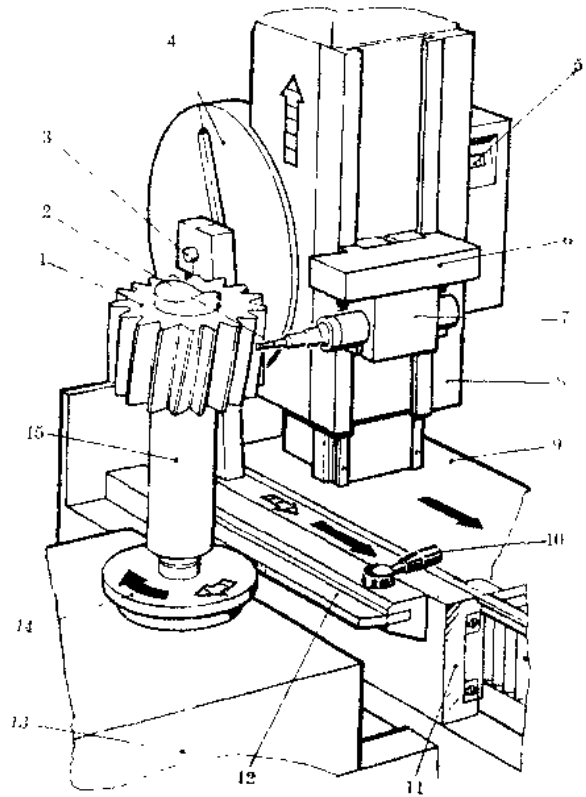


图 1-7 PH-40 型齿轮测量仪结构

1—被测齿轮；2—传感器测头；3—滑块；4—螺旋槽盘；
5—螺旋角显示器；6—传感器座滑板；7—传感器座；8—垂直
滑板；9—水平滑板；10—锁紧手柄；11—直尺滑板；12—直尺

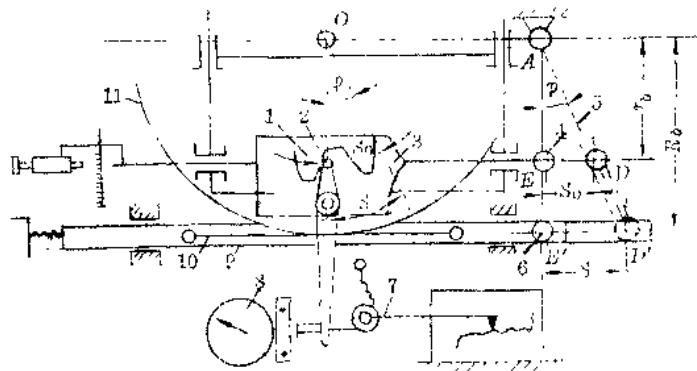


图 1-8 VG450 型及 3201 型齿形测量仪原理

调整到与被测齿轮基圆半径相切位置。按渐开线形成原理，测头在齿轮转动时便处于理论渐开线的位置。齿形误差可以通过测微计8或记录器7显示出来。

上述关系只有在中心线 OA 与活动铰链杆3及滑块9都处于平行位置才能成立，因此这种仪器必须制造得非常精确。测量直径为120毫米以下的齿轮时，测量极限误差为2微米。此外需要精心操作，细心维护。

VG450型及3201型万能渐开线齿形测量仪能测量直径为450毫米以下齿轮的齿形误差，还可测量直齿轮的齿向误差，但不能测量斜齿轮的齿向误差。图1—9为3201型齿形测量仪外形。

瑞士马格SP—60型齿轮测量仪则是另一种结构，见图1—10。测量齿形时，装在传感器座11的传感器10、测量滑板9与螺旋槽板8是连成一体的。无级变速传动装置推动测量滑板9在滑板座7上移动，从而使杠杆机构2经铰链驱动直尺4与固定基圆盘5摩擦滚动。由于固定基圆盘的转动，经主轴3直接带动被测齿轮1转动，因而固定在测量滑板上的传感器的倒锥测头的刃口相对于被测齿轮可描绘出一条理论渐开线的轨迹，如被测齿形偏离了正确的渐开线，则测头便相应地偏转。测头的偏转由测头偏转数字显示器示出，并按预调的放大倍数绘出齿形误差曲线。展开长度可由展开长度数字显示器示出。

SP—60型齿轮测量仪可测量外径为650毫米以下齿轮

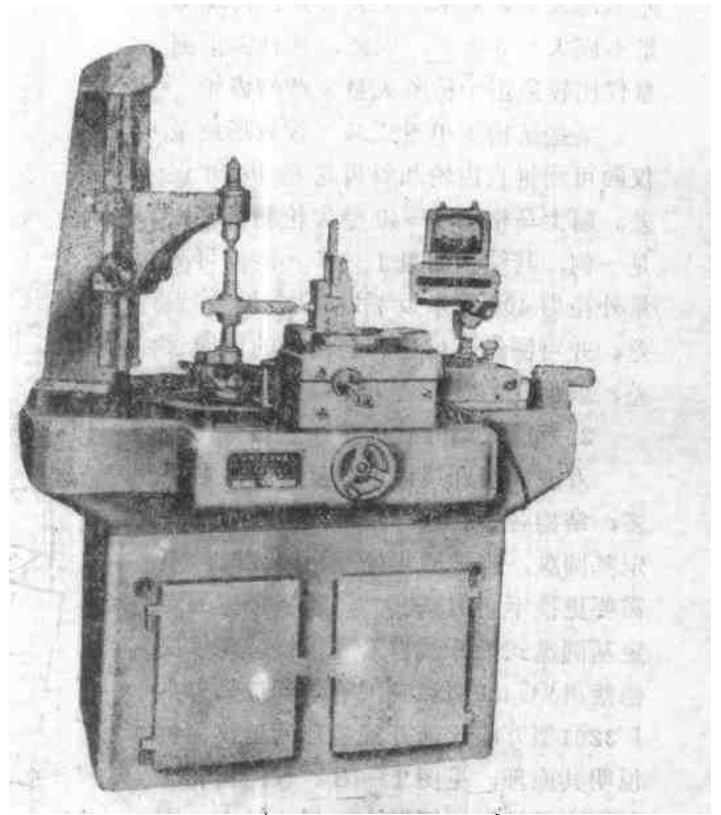


图1—9 3201型万能渐开线齿形测量仪

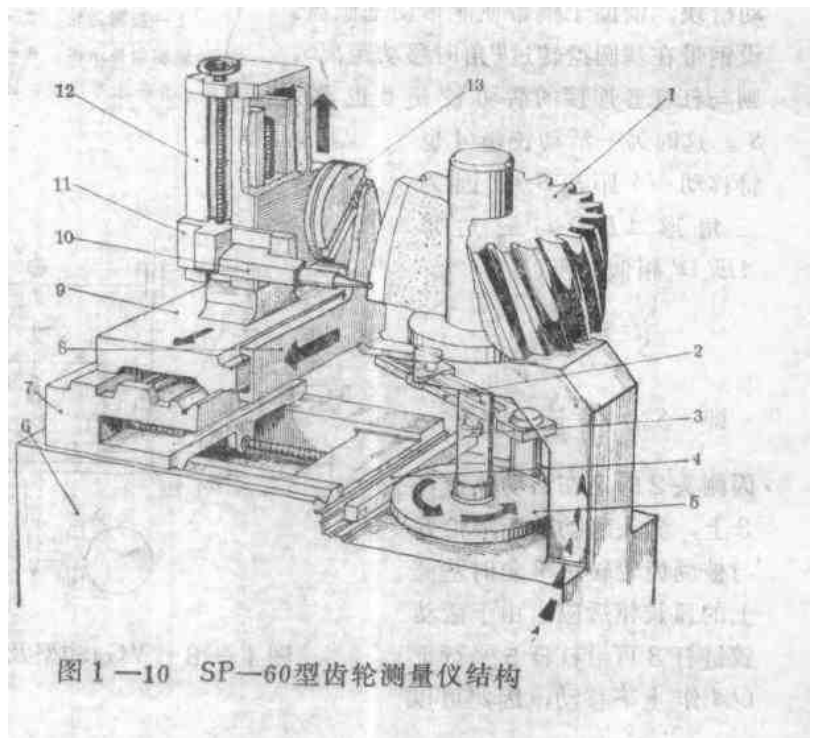


图1—10 SP—60型齿轮测量仪结构

图 1—11 马格HSP—80齿轮磨床
磨削齿轮误差记录曲线

(a) 齿形误差曲线 (A, 左齿面齿顶和齿根处
修形; B, 右齿面未修形)
(b) 齿向误差曲线 (C, 左右齿面两端修形;
D, 左右齿面未修形)

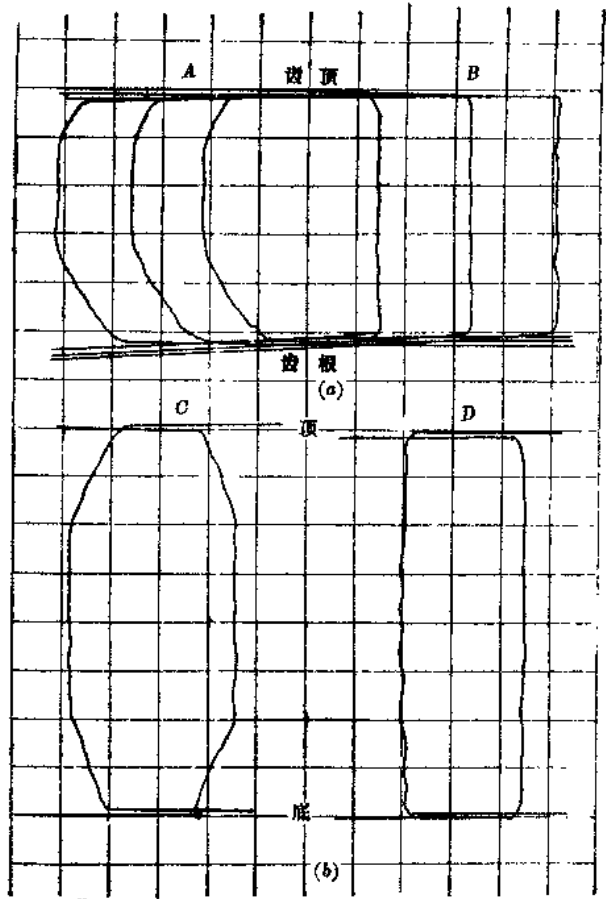
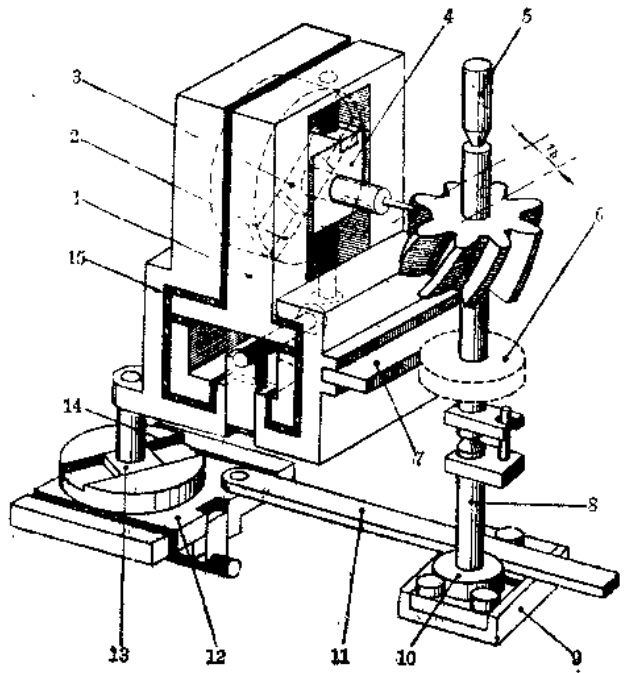


图 1—12 PFSU640 型渐开线相
螺旋线测量仪

1—测量滑座; 2—旋转圆盘; 3—后滑
块; 4—前滑块; 5—上顶尖; 6—可换基圆
盘; 7—上直尺; 8—下顶尖; 9—固定基圆
盘; 10—固定基圆盘; 11—下直尺; 12—滑槽
盘; 13—滑块; 14—可调节滑槽盘; 15—滚动
滑座。



的齿形误差, 还可测量直齿轮和斜齿轮的齿向误差, 测量斜齿轮的齿向误差其螺旋角在 60° 以下。图 1—11(a) 为其记录曲线。

3. 单盘式兼万能式渐开线齿式测量仪

西德克林伯 PFSU640 型渐开线和螺旋线测量仪既有固定基圆盘作万能式渐开线齿形测量的机构, 又有可换基圆盘作单盘式渐开线齿形测量的机构, 见图 1—12。显而易见, 此种仪器既有单盘式测量精度高的优点, 又有万能式使用方便的优点。

PFSU640 型渐开线和螺旋线测量仪备有两个不同直径的固定基圆盘 10, 按被测齿轮的基圆直径选用一个与直尺 11 摩擦滚动。当被测齿轮直径改变时, 可调节滑槽盘 14 的角度, 达到万能式测量渐开线齿形的目的。当装上可换基圆盘 6, 直接与直尺 7 摩擦滚动, 达到单盘式测量渐开线齿形的目的。

PFSU640 型渐开线和螺旋线测量仪可测量外径为 640 毫米以下齿轮的齿形误差, 还可测量直齿轮和斜齿轮的齿向误差, 斜齿轮的螺旋角可测量至 90° , 这意味着可测量蜗杆和丝杠的导程误差或螺旋线误差。该仪器尚可测量接触线误差。

图 1—13 为该仪器所记录的曲线。

4. 基圆盘分级可调式渐开线齿形测量仪

基圆盘分级可调式渐开线齿形测量仪根据其测量范围备有一套固定基圆盘。对不同基圆盘直径的齿轮进行测量时, 选用的固定基圆盘直径和被测齿轮基圆直径的差能在一定范围内进行补偿, 而不需要更换固定基圆盘, 因此又称为补偿基圆盘式渐开线齿形测量仪。

如果用直径为 D_1' 的基圆盘 3 来测量基圆直径为 D_1 的工件 2 时(见图 1—14), 当测头 4 移动 \overline{AC} 长度时, 必须使直尺 1 移动 $\overline{A'C'}$ 长度, 才能使工件与基圆盘同时转动一个相等的

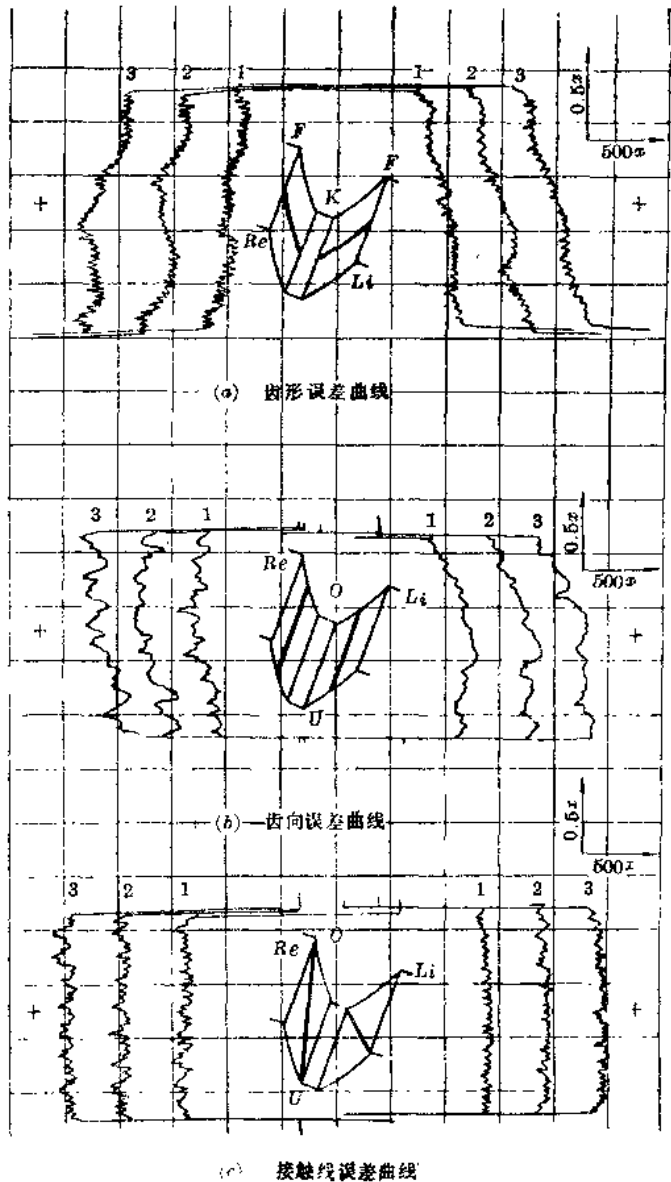


图 1—13 PFSU640型渐开线和螺旋线测量仪记录曲线

转角 φ 。为此只要使测头移动 AC 长度时,使直尺连续地相应多走一个长度 $K(D_s' > D_s)$ 或相应少走一个长度 $K(D_s' < D_s)$,就能用直径为 D_s' 的基圆盘来测量基圆直径为 D_s 的工件。直尺的附加运动

$$K = \overline{A'C'} - \overline{AC} = \overline{A'B'} - \overline{AB} = \frac{\varphi}{2}(D_s' - D_s)$$

此种仪器种类较多,补偿方式结构各异。

图1—15为西德侯夫勒EFR S 630型螺旋线和渐开线测量仪的结构。由图可见,直尺的附加运动 K 是靠调整两个杠杆机构5获得的。

西德克林伯PFS600型渐开线和螺旋线测量仪的补偿方式是利用测量齿向误差时用的斜楔机构,使测头作附加的垂直运动,这就带进了齿向误差,同时,齿形误差测量就不再严格

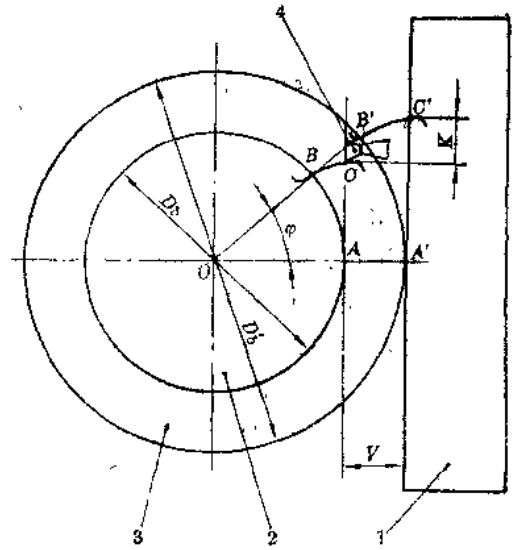


图 1—14 补偿工作原理

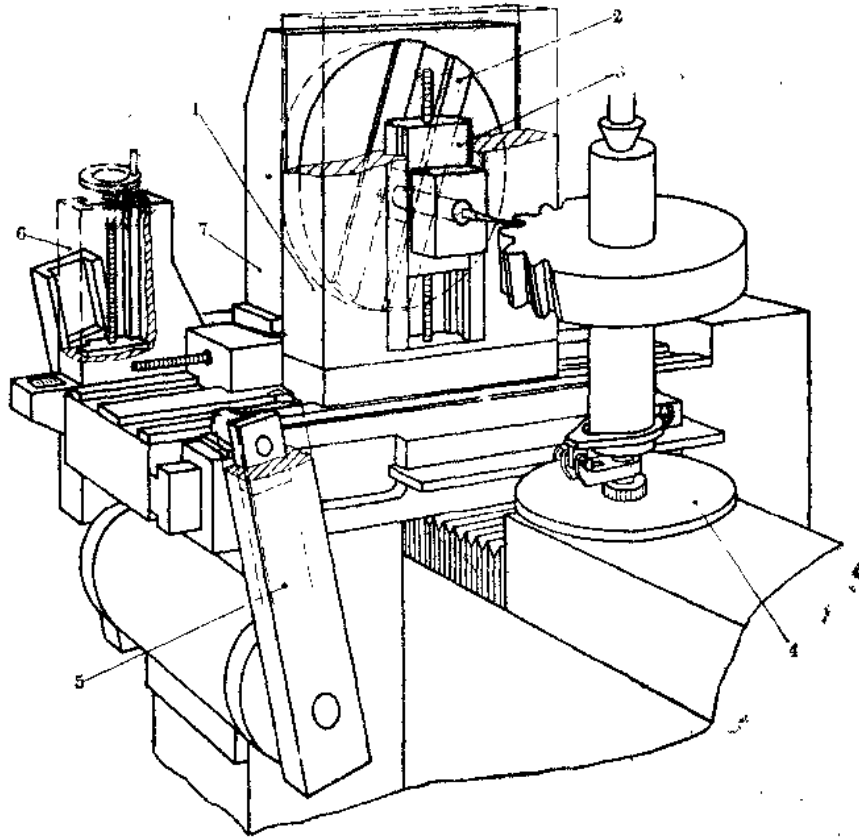


图 1—15 EFR S 630型螺旋线和渐开线测量仪结构

1—垂直滑槽座; 2—斜楔机构滑槽; 3—斜楔机构滑块; 4—基圆盘;
5—杠杆机构; 6—滑块调节机构; 7—斜楔机构座。