

XINGWEIGONGCHA
JIQIYINGYONG

$-$	$\odot$	$\perp$	$\equiv$	$\parallel$
$\textcircled{\text{M}}$	$\nearrow$	$\frown$	$\parallel$	$\bigcirc$
$\odot$	$\bowtie$	$\nearrow \nearrow$	$\smile$	$\angle$

安徽科学技术出版社

形位公差及其应用

合肥市标准计量局编

*

安徽科学技术出版社出版

(合肥市跃进路1号)

安徽省新华书店发行

芜湖新华印刷厂印刷

*

开本: 850×1168 1/32 印张: 9 字数: 235,000

1989年4月第1版 1980年4月第1次印刷

印数 1—30,000

统一书号: 15200·4 定价: 1.15元

前 言

国家标准《形状和位置公差》，是我国新制订的一项重要的基础性技术标准。它对搞好产品的标准化、系列化、通用化，保证产品质量，提高劳动生产率，加速实现四个现代化具有重要的意义。

在当前宣传贯彻形位公差标准的过程中，为满足有关人员学习的要求，我们编写了《形位公差及其应用》。本书介绍了形位公差的基本概念、代号及其标注方法，还就生产实践介绍了应用实例，可供机械工业战线技术人员、工人阅读和有关院校师生参考。

本书由陈宏杰、张茂贵、万学仁、萧桂平、宋学英五同志编写，罗韵华等同志绘图。在编写过程中一直受到合肥市科委、经委、计委和省标准计量局的重视与鼓励，并得到合肥工业大学、安徽省农业机械厂、合肥手扶拖拉机厂、合肥矿山机器厂、安徽拖拉机厂、合肥钢铁公司修建部的大力支持和帮助。初稿于一九七八年十月经上海、天津、湖南、江苏、湖北、黑龙江、安徽等省市有关专业同志评审，并请第一机械工业部标准化研究所作了审查。他们对本书提出了许多宝贵意见，在此一并表示感谢。

合肥市标准计量局

一九七九年十二月于合肥

目 录

第一章 概 述	1
第一节 基本概念	2
一、零件的几何要素.....	2
二、形位误差、公差.....	3
三、公差带.....	5
四、突出公差带.....	6
第二节 最小条件的原则	7
一、最小条件.....	7
二、最小条件原则的应用.....	8
第三节 基 准	21
一、基准的作用和要求.....	21
二、理论基准.....	22
三、模拟基准.....	23
四、三基面体系.....	25
五、任选基准.....	28
六、基准目标.....	30
第二章 术语及定义	34
第一节 形位公差术语及其定义	34
一、形位公差术语.....	34
二、形位公差定义.....	34
第二节 线轮廓度等四项定义	51
一、线轮廓度.....	51
二、面轮廓度.....	52

三、倾斜度·····	52
四、全跳动·····	53
第三章 形位公差的标注 ·····	60
第一节 标注的基本方法 ·····	60
一、图样上形位公差的代号标注·····	61
二、指示箭头对被测部位注法·····	62
三、指引线的注法·····	65
四、基准部位的注法·····	65
五、公差数值的标注·····	73
六、圆形公差带的标注·····	76
七、附加要求的符号·····	78
八、相关公差的标注·····	79
九、理论正确尺寸的标注·····	80
第二节 附加文字说明的规定 ·····	80
一、写在框格上面的说明·····	80
二、写在框格下面的说明·····	81
三、同时写在框格上面和下面的说明·····	82
四、写在框格后面的说明·····	84
第三节 框格的简化标注 ·····	85
一、同一部位有多项形位公差要求的注法·····	85
二、多个部位有相同形位公差要求的注法·····	86
三、多个部位有相同的多项形位公差要求的注法·····	86
四、表格形式的标注法·····	87
第四节 标注示例 ·····	88
一、形位公差符号的标注示例·····	88
二、图样实际标注举例·····	116
第四章 位置度 ·····	131
第一节 位置度及其特点 ·····	131
一、位置度概念·····	131
二、位置度公差带·····	135

三、位置度标注的特点·····	138
第二节 基准的选择 ·····	143
一、位置度的基准·····	143
二、基准确定几何图框的方位·····	146
三、基准的顺序选择·····	149
第三节 位置度标注 ·····	153
一、标注的一般原则·····	153
二、标注的主要类型·····	154
第四节 位置度综合控制示例 ·····	165
一、控制线的偏移和垂直度·····	165
二、控制多孔同轴度·····	166
三、控制垂直度和同轴度·····	167
四、控制偏移和对称度·····	168
五、控制轴线的相交度·····	169
第五节 位置度公差值的计算 ·····	170
一、螺栓联结·····	170
二、铆钉联结·····	171
三、螺钉联结·····	172
四、圆柱头螺钉联结·····	174
五、位置度公差表·····	176
第五章 相关公差 ·····	179
第一节 术语及其解释 ·····	180
一、最大实体状态·····	180
二、最小实体状态·····	181
三、作用尺寸·····	182
四、实效尺寸·····	182
五、最大实体原理·····	185
第二节 示 例 ·····	186
一、轴线直线度·····	186
二、轴线垂直度·····	187

三、轴线平行度·····	189
四、同轴度·····	189
五、对称度·····	193
六、位置度·····	194
七、综合量规的公称尺寸·····	204
八、相关公差的适用项目·····	204
第三节 最大实体状态下的零公差 (OM) ·····	207
一、零公差的含义·····	207
二、零公差的使用法·····	207
三、零公差的优点·····	213
四、零公差和尺寸公差控制形位误差的区别·····	214
第四节 相关公差的应用 ·····	215
一、仅要求自由装配·····	215
二、要求较高精度的配合·····	216
第六章 形位公差选择和应用 ·····	221
第一节 形位公差和尺寸公差、表面光洁度的关系 ·····	221
一、包容原理和独立原理·····	221
二、形状公差与尺寸公差的关系·····	225
三、位置公差与尺寸公差的关系·····	231
四、形状公差和位置公差的关系·····	235
五、形状公差和表面光洁度的关系·····	236
第二节 形位公差项目的选择 ·····	239
一、形位误差对零件功能的影响·····	239
二、圆柱体母线直线度与轴心线直线度的区别·····	240
三、同轴度与径向跳动·····	242
四、端面跳动和端面垂直度·····	245
五、对称度与平行度·····	246
第三节 公差值的选择 ·····	248
一、基本原则和一般方法·····	248
二、精度等级选用参考示例·····	249

第四节 形位公差的运用.....	264
一、指定长度内的公差值标注形式.....	264
二、突出公差带的应用.....	265
三、多基准的应用.....	268
四、老产品改标的注意事项.....	272
五、形位公差应用标注示例.....	274

第一章 概 述

在过去，要加工两个相互配合的零件，常采用“配作”的形式。如“孔”和“轴”的相互配合，常常先加工孔，然后以孔为准加工轴，通过不断试配，达到预定的效果。

随着军火工业的发展，要求相同零件可以互换，便导致“标准量规”和“极限量规”的产生。在生产中应用“极限量规”后，零件不必精确地按照一个确定的尺寸加工，而是按照两个“极限量规”的尺寸构成一定范围来加工，即按“公差”加工。此时，形位误差被控制在尺寸公差范围之内。并且，由于精度要求不高，形位误差对零件的功能影响不突出，因而，就不为人们所重视。

科学技术的不断发展对零件的要求也越来越高。生产实践使人们发现，影响零件装配性能的因素很多，而且相互关系也是错综复杂的，如果仅用尺寸公差来控制并不能取得良好的效果。当要求零件的形位误差小于尺寸公差时，用收紧尺寸公差来满足设计性能的要求，显然是不经济的。尤其是当要求零件尺寸公差较大，仅仅要求形位公差较小时，用收紧尺寸公差来满足形位误差的要求就更不合理。为了解决这样的问题，可以在图纸上除给以适当的尺寸公差以外，再给以适当的形状和位置公差。实践证明，这样做可以得到令人满意的效果。

现代机器质量和加工精度不断提高，大生产和自动化规模在迅速发展，形位公差已经成为一项不可缺少的重要技术指标。

形位公差与尺寸公差，都是对实际零件的几何形状的控制，其中尺寸公差仅控制实际零件的几何尺寸大小，而形状与位置公

差则控制实际零件几何要素的形状、方向与位置的误差。它们都是对同一零件的几何要素的控制，这样，就产生了形位公差与尺寸公差之间的关系问题。在图纸上广泛采用“独立公差”与“相关公差”并用的标注方法，以区别形位公差与尺寸公差的关系，并采用符号化，即“相关公差”应用 $\textcircled{M}$ 符号。

最大实体原理 (Maximum Material Principle 或 M.M.P.)，是研究形位公差与尺寸公差之间关系的基本原理。在处理形位公差与尺寸公差关系时，应用该原理，在保证互换性的条件下，可以得到较大的经济效果。

我国的形位公差标准形成较晚。由于长期没有标准，致使设计、工艺、检查人员认识不一致，造成混乱，影响产品质量的提高和成本的降低，给发展生产和技术交流带来很多困难。由于社会主义建设的发展，大批量、专业化生产越来越多，产品精度要求越来越高，因而对形位公差的要求越来越广，越来越高。因此，没有统一概念和术语，没有统一的评定原则，没有统一的标注方法，是不能适应我国工业发展的。考虑国际动向和国际间技术交流，1958年国际上就用“框格”标注形位公差。由于这种标注具有较多优点，结合我国实际情况，便在国家标准 GB 1182—74 中采用了这种标注方法。又在 GB 1183—75 表面形状和位置公差术语定义标准中，使概念、术语、评定原则得到统一。可以肯定，在加速四个现代化建设、实现大批量、专业化生产中，贯彻新的国标将会显示更多的优越性。

第一节 基本概念

一、零件的几何要素

几何要素即点、线、面，它是构成零件几何图形的基本单元。形状是指单一几何要素本身所处的状态。如一条线有直线、

轴心线和曲线；一个面有平面、曲面、圆柱面等区别。

位置是指两个以上的几何要素之间所处的位置或方向的关系。如平面与平面的平行或垂直关系；轴心线与轴心线之间平行、垂直或同轴关系等。在两个以上的几何要素所处的关系中，其中一个或几个要素可作为被测要素，而另一个或几个要素可作为基准要素。被测要素又可称被测部位，基准要素也可称基准部位。

加工过程中由于各种因素的影响，要制造绝对正确、没有形位误差的零件是不可能的，也不经济。因此，设计时应从零件的功能要求出发，对零件不但给出适当的尺寸公差，同时还应该给出几何要素实际形状和位置所允许的变动量。这个允许的变动全量，就是形状或位置公差，简称“形位公差”。

二、形位误差、公差

形位误差是实际形位对理想形位的变动量，这与一般误差概念是一致的，也与公差带概念相协调。

1. 形状误差、公差

形状误差：实际形状对理想形状的变动量。

形状公差：形状误差的最大允许值。

形状误差是相对于理想形状而言的。当确定误差数值时，理想形状相对于实际形状的位置不同，其误差数值亦不相同。为了能正确地反映实际形状的情况，并且能获得唯一数值，当确定理想形状相对于实际形状的位置时，规定了统一的原则——最小条件。

2. 位置误差、公差

位置误差：实际位置对其理想位置的变动量。

位置公差：位置误差的最大允许值。

位置误差是指被测部位相对于基准部位的位置或方向的误差，因而在实际零件上，基准部位的形状误差对位置误差是有影响的。因此，在确定被测部位的理想位置时，规定下述原则：理

想位置由基准的理想形状的位置来确定，而基准的理想形状的位置应符合最小条件。

当基准的理想形状的位置确定后，按照给定的关系来确定被测部位的理想位置。被测部位上各点到其理想位置的变动量即为位置误差。按此原则确定的位置误差，包括了被测部位的形状误差及其对基准部位的位置误差，而排除了基准部位的形状误差。

例如：图1—1a所示平面对平面的平行度，其被测表面的理想平面的正确位置应平行基准部位的理想平面，而紧紧包容实际表面的两个理想平面之间的距离，即为平行度误差。图1—1b所示

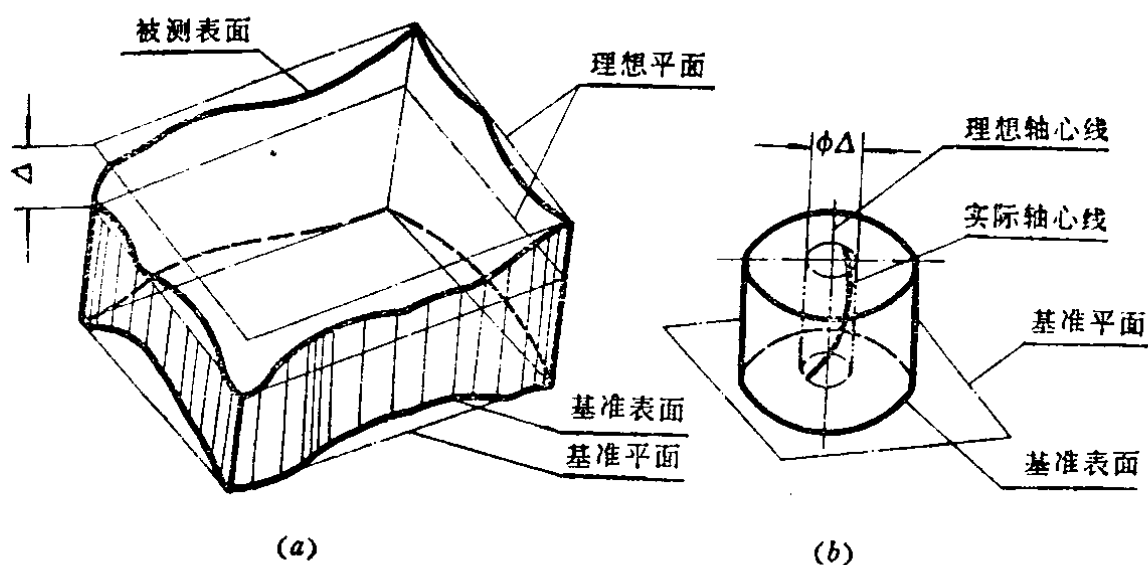


图 1—1

轴心线对平面的垂直度，其理想轴心线的正确位置应垂直基准部位的理想平面，而以理想轴心线为轴线，并且紧紧包容实际轴心线的圆柱体直径 $\phi\Delta$ 即为垂直度误差。

由于旋转体的轴心线是抽象的几何轴心线，无法触测的，必须用旋转体的表面来体现，在实践中常使用心轴或量规来体现。当体现的轴心线为被测部位时，将基本上排除被测部位的形状误差。这样既简化了测量，又为国标所允许，也符合零件的工作状况。

三、公差带

公差带是限制实际形状和位置变动的区域，凡构成实际形状和位置的点、线、面必须在此区域内。它由以下四个要素来确定。

1. 公差带的大小

公差带的大小是指公差带的宽度或直径的大小，它是由给定的公差值确定的。对于位置度、对称度、同轴度三项位置公差，其给定公差值等于公差带宽度的一半或半径。其它各项形位公差带，给定公差值等于公差带的宽度或直径。公差带的大小，根据零件功能要求来确定，它直接影响到工件的性能和加工的经济性。

对于位置度、同轴度、对称度三项位置公差，在 ISO、英、美、西德、日本以及经互会等标准中，都是给全值。当标注任意方向位置度、同轴度公差带时，其圆柱形公差带皆标注 $\phi\delta_1$ ，而国标则标注 $R\delta_2$ 。它们的关系为：

$$\phi\delta_1 = 2R\delta_2$$

对于对称度和给定方向的位置度，其公差带宽度，在 ISO 和英、美等标准中，标注全值 δ_1 ，而国标则标注半值 δ_2 它们的关系为：

$$\delta_1 = 2\delta_2$$

2. 公差带的形状

公差带形状主要有以下几种：

- (1) 两条平行线或两条平行直线之间的区域；
- (2) 两个平行面或两个平行平面之间的区域；
- (3) 一个圆内的区域；
- (4) 两个同心圆之间的区域；
- (5) 一个圆柱体内的区域；
- (6) 两个同轴圆柱面之间的区域；
- (7) 一个四棱柱内的区域；
- (8) 一个球体内的区域。

3. 公差带的方向

公差带的三个座标方向，均由图纸上箭头所确定。在评定误

差时，形状公差公差带方向由其理想形状的位置确定；而位置公差公差带方向，由其特征和基准表面的理想形状的位置（基准平面）确定。

例如：平行度的公差带平行于基准的理想形状，垂直度公差带垂直于基准的理想形状等。

4.公差带的位置

公差带的位置，分固定公差带和浮动公差带。固定公差带的特点，是它的位置由基准确定就不能再移动。例如同轴度的公差带，其位置由基准轴心线决定后就不能再移动。对于具有固定方向的对称度和确定位置的位置度的公差带也是如此。

浮动公差带，是指它的位置随被测表面的实际尺寸在尺寸公差带内的变化而变化的。例如圆度的公差带的位置则随其实际尺寸在直径公差带内变化。除同轴度、对称度、位置度三项位置公差一般具有固定公差带的特性外，其余皆为浮动公差带。

四、突出公差带

公差带控制被测要素的部位与零件配合特点有着密切的联系，为了保证互换性，应该与配合长度相一致。当标注时，若无特殊说明，公差带的长度范围就是被测要素的实体范围。当零件功能和互换性需要，往往要求被控制的部位不在零件实体之内，

而在实体之外。此时，需要用突出公差带，或叫延伸公差带、投射公差带。

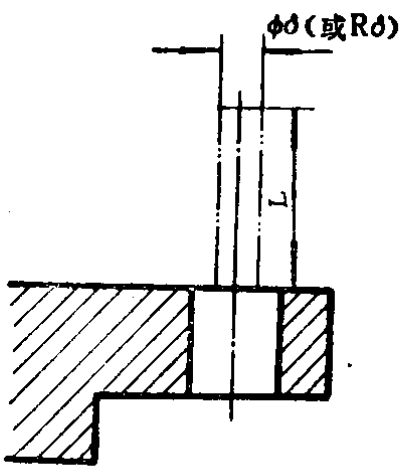


图 1—2

突出公差带，是公差带范围不在或不仅在被测要素实体本身，而是规定从被测工件表面向外（即向配合件方向）沿着被测要素移动一个数值，公差带的形状和大小仍为原给定的不变。它所控制的不是被测要素的实际位置，而是被测要素延长到规定突出范围内的位置（图1—2）。

突出公差带主要应用于轴心线 and 对称平面的位置度、对称度等。其突出高度应当等于或大于配合件的厚度。在图样上，可在突出高度数字（不带公差的尺寸）前加Ⓟ，表示突出公差带的高度，如Ⓟ40、Ⓟ60等。

第二节 最小条件的原则

一、最小条件

我们在确定理想形状的位置时，应使理想形状与实际形状相接触，并使二者之间的最大距离为最小，此为最小条件。

最小条件是确定理想形状相对于实际形状位置的原则，按照最小条件原则确定的误差数值应是唯一的。

在位置公差中，最小条件也是确定基准要素的理想形状位置的原则。

在应用最小条件确定误差时，要满足以下条件：

(1) 用两个平行的理想形状包容实际形状，并使两个理想形状与实际形状相接触。但不能相割，因为相割了就违背包容的条件。

(2) 使包容实际形状的两个平行的理想形状之间距离为最小。

当与实际形状相接触，并且包容实际形状的两个平行的理想形状的位置，可能有许多。但是，两个平行的理想形状之间距离为最小的位置往往只有一个。因此，满足上述二条件，一般能得到唯一的误差数值与确定的理想形状位置。

应用最小条件确定直线度与平面度的方法，如图1—3a所示。

I—I与I'—I'、II—II与II'—II'、III—III与III'—III'为包容实际形状的三组平行的理想形状的位置。其相应的误差值为 Δ_1 、 Δ_2 、 Δ_3 。若 $\Delta_3 > \Delta_2 > \Delta_1$ ，并且 Δ_1 是唯一最小数值，则 Δ_1 为直线度或平面度的误差数值。因而I—I与I'—I'的位置就是理想直线或理想平面的位置。

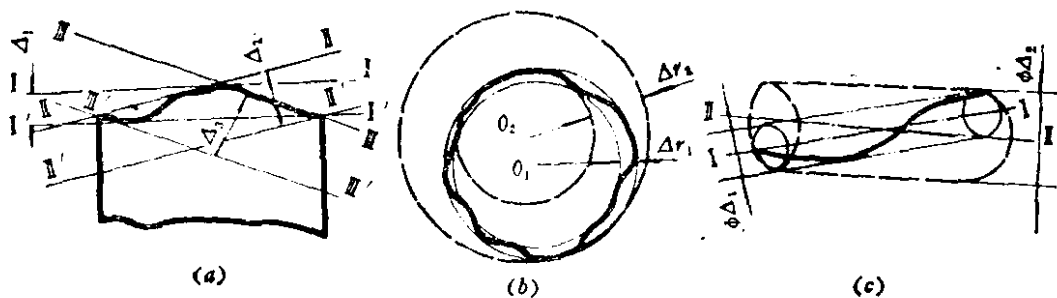


图 1—3

应用最小条件确定圆度误差的方法，如图 1—3b 所示。为简明起见，图中仅画了两组包容圆进行比较。图中粗实线表示圆的实际轮廓，用两个同心的几何圆包容实际轮廓，这两个同心圆的半径差为 Δr 。现分别以 O_1 、 O_2 为圆心，作两组包容实际轮廓的同心圆，其半径差分别为 Δr_1 与 Δr_2 。若 $\Delta r_2 > \Delta r_1$ ，并且 Δr_1 对其它 Δr 也是最小数值，那末，圆度误差就等于 Δr_1 。其中 O_1 为理想圆的中心。

应用最小条件确定轴心线的直线度误差的方法，如图 1—3c 所示。因为实际轴心线的弯曲可以是任意方向，所以应该用圆柱面去包容实际轴心线。包容实际轴心线的圆柱面可能有若干，其中最小包容圆柱面的直径就是轴心线的直线度误差。图中仅画出两个位置的包容圆柱面。若 $\phi \Delta_2 > \phi \Delta_1$ ，并且 $\phi \Delta_1$ 对其它 $\phi \Delta$ 都是最小数值，那末，轴心线的直线度误差等于 $\phi \Delta_1$ 。其中 I—I 为理想轴心线的位置。

二、最小条件原则的应用

1. 直线度误差的评定

当按照最小条件评定直线度误差时，要用两条平行直线包容实际线，达到宽度最小为止。此时，其中一条直线必有两点与实际线相接触，另一条直线有一点与实际线相接触，并且这一点在上述二点之间。因此，按照最小条件评定直线度误差的判别准则为：

两条平行直线包容实际线，其中一条直线从材料之外与实际线只要有二个外接点和另一条直线从材料之内与实际线只要有一个内接点，或者是两个内接点和一个外接点，它们必须相间发生，则此二条平行直线间的距离即为直线度误差。

图 1—4 所示，X 轴为测量方向上的长度，Y 轴为测量时的读数。由于两个方向比例不同，故图中曲线并不是实际线真实形状，仅作为计算误差的曲线。

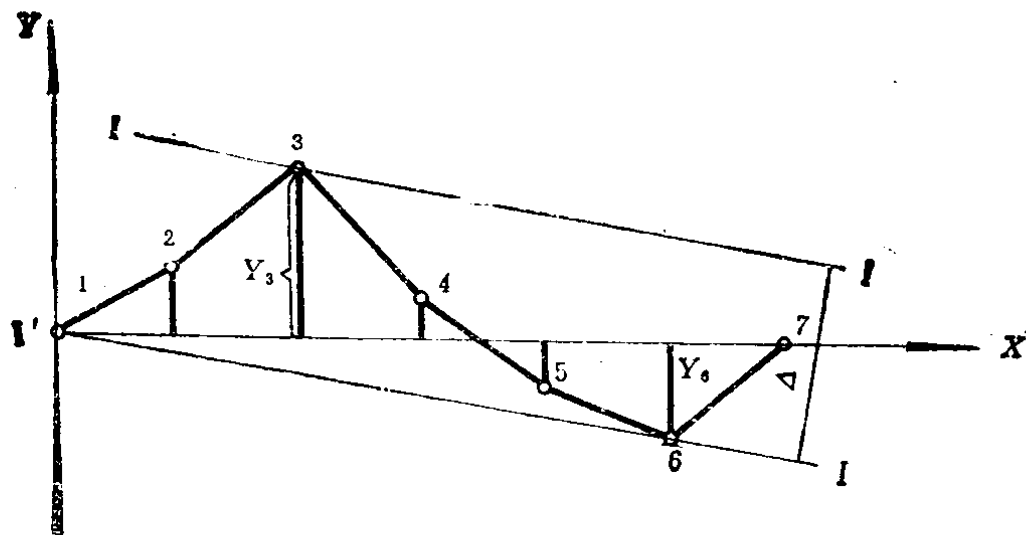


图 1—4

按照判别准则，过点 3 作一直线 I—I'，并平行于 1、6 的连线 I'—I'。这两条直线与实际线有两个内接点 1、6，一个外接点 3，并且它们是相间发生的。因而 I—I' 与 I'—I' 之间的距离 Δ 符合最小条件，即为直线度误差。

如果选择其它接触点，皆不能符合判别准则，故由此评定的误差必然较大

若采用端点连线法，则从实际轮廓上极点(峰、谷)到端点连线的距离之和，为直线度误差，即 $\Delta' = Y_3 + Y_6$ 。显然， $\Delta' > \Delta$ 。由此可知，用端点连线法时，预先确定了包容直线的方向，故确定的误差数值一般都偏大。只有当实际线是鼓形或洼形时，端点连线法才符合最小条件。

按照端点连线法评定的直线度是合格的，那末按照最小条件