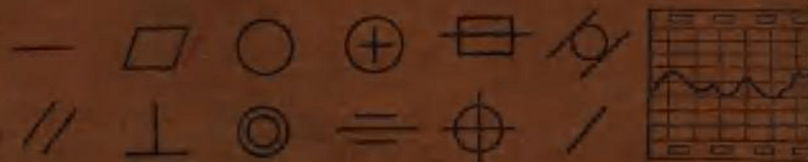


形位误差测试技术 资料汇编



科学技术文献出版社

前 言

为配合 GB1183-75 和 GB1184-75 形状和位置公差标准的宣传和贯彻工作,并准备召开“全国形位误差测试技术交流会”,中国计量科学研究院情报室、长度室和中国科学技术情报研究所《标准化译丛》编辑部共同组织编印了这本“形位误差测试技术资料汇编”供大家参考使用。

本书在编辑过程中,曾得到各兄弟单位和不少同志的热情支持,在此谨致谢意。

由于时间匆促及水平不高,错误之处在所难免,请及时指正。

编 者

1977年11月

目 录

美国国家标准不圆度测量 (ANSI B 89.3.1—1972)	(1)
圆度误差的评定方法 (B.S.3730 1964)	(45)
关于不圆度的问题	(76)
不圆度无心检测仪	(86)
圆柱形状误差的一种解析方法	(92)
圆柱形状测定系统	(108)
改进圆度测量的准确度	(113)
误差分离技术用在表面测量上的理 论分析	(128)
不圆度测量的新领域	(142)
检验圆柱表面不直度的装置	(146)
测量大圆柱零件形状误差和直径的 仪器	(149)
气动测量法在表面形状和位置误差 检验中的应用	(160)
形状偏差、波度和光洁度的统一定 义、立体测量以及明确的划分	

.....	(183)
形状位置偏差对于计算机式坐标测	
量不可靠性的影响	(195)
一种不直度测量的新方法	(211)
平板和平台英国标准规范	(215)
平板的检定	(236)
用吊丝测量远距离孔不同轴度的装	
置	(240)
圆度试验报告	(243)
日本形位误差测量方法简介	(377)

美国国家标准不圆度测量

ANSI B89.3.1—1972

前 言

这个前言不是美国国家标准不圆度测量 ANSI B89.3.1 的一部分。

1958年10月29日美国 B 46 标准委员会在关于“表面特征”会议上，成立了一个专门小组委员会来审查表面波度规范的定义和使用，特别是将其应用于圆形零件。

1959年2月19日小组委员会举行了第一次会议，在这次会议和以后的会议上确定，不圆度的测量和规范是最重要的任务。

1960年6月和1962年9月在美国英国加拿大代表会议上，对工程标准的统一问题进行了探讨和协调。

1963年6月组成了美国标准协会 B 89委员会，负责对尺寸、几何量和形状在计量学方面进行审查和统一。B 46小组委员会的全体人员和机构转入 B 89.3几何小组委员会第一工作组“圆度”。

在这一点，原来试图对用于不圆度测量中的中心和轴线的概念，以及对由 B 89另一个工作组研究的用于同心度、实际尺寸和另一些形状特征等的类似概念进行统一的探讨。然而，经过一段时间研究以后，证明这种探讨是不能实现的。

从1965年开始，准备了一系列标准草案，在这些草案

中，不圆度的特性和评定标准不需涉及别的概念。英国标准 3730:1964 “圆度误差的评定方法”也遵循类似方法。

1971年11月19日 ANSI B89部门委员会以通信投票方式通过了提出的最后草案。

此最后草案由美国国家标准学会于 1972 年 8 月 24 日批准。

不 圆 度 测 量

1. 范围

1.1 综述

本标准包括不圆度的规范和测量。一个旋转表面的不圆度，是通过一个有代表性的横截面轮廓，并根据轮廓相对于一个规定的中心的半径偏差来评定。虽然在本标准中，主要的论述了测量不圆度的精密主轴式仪器和极曲线图的表示。但其目的不是排斥能获得正确的半径偏差数值的其他方法。本标准没有规定设计需要的适用于特殊目的的圆度，也没有规定生产中圆度的加工法。

1.2 附录部分

由于圆度测量的复杂性，有必要发表一系列附录。在附录中叙述了另一些不圆度的表示方法，它们的应用与限制。不圆度测量的另一些一般说明与具体的例子都能在附录中找到。它可促进读者进一步研究。附录不是本标准的组成部分。

2. 定义

2.1 表面对轮廓

一个旋转表面作为一个整体直接评定通常是十分困难的。然而，对于一个给定的函数，一系列横截面轮廓将充分描绘这个表面。所以横截面通常是被规定的，而其轮廓将被测量。根据横截面轮廓来复现表面，在附录 E 1.3 节中叙述。

2.2 名义轮廓

名义轮廓是指这个横截面轮廓，其形状和尺寸范围通常在图纸或规范说明中是标出和注明的。

2.3 实际轮廓

实际轮廓是零件外形的横截面轮廓。

2.4 测量轮廓

测量轮廓是用某一专门测量方法所获得的实际轮廓的体现。

2.4.1 测量的极轮廓（极图）。测量的极轮廓是记录到的对于一个转动中心或转动轴线的测量轮廓。在这里测量轮廓形状的中心角和圆表面的中心角没有大的差别。

2.5 理想圆度

理想圆度是这样一个平面轮廓的表现，在这个平面轮廓上的所有点到平面中心的距离是相等的。

2.6 不圆度

不圆度是实际轮廓相对于理想圆度的半径偏差。

2.7 不圆度值

不圆度（OOR）值是一测量轮廓的最大半径和最小半径之间的差值；这些半径的测量是相对于一个公共点，即在2.8和2.9节中选择作为中心的点。除了有另外的规定，测量单位是英寸。

2.7.1 划痕、擦伤等等。划痕、擦伤或另一些偶然缺陷是不包括正常的测量轮廓的评定中的；在图纸上或规范中要特别注明，以便控制这些缺陷。

2.8 不圆度测量的中心

当测量的极轮廓被确定后，就可用它来确定不圆度的数值。测量的极轮廓的中心是与下面可供选择的评定不圆度方

法之一有关:

2.8.1 最小半径差 (MRS)。这个中心是指以该中心为圆心的包容测量的极轮廓的两个同心圆之间的半径差为最小^{*}。

2.8.2 最小二乘圆心 (LSC)。这个中心是这样圆的中心, 即该圆和测量的极轮廓之间的径向座标的平方和为最小值。

2.8.3 最大内接圆 (MIC)。这个中心是内接于测量极轮廓内的最大圆中心^{**}。

2.8.4 最小外接圆 (MCC)。这个中心是这样最小圆的中心, 这个圆刚好能包容这个测量轮廓^{***}。

2.9 推荐的中心

除另有规定外, 用来确定不圆度的中心就是最小半径差中心。

3. 不圆度的规范和标记

3.1 缺少不圆度规范

未规定不圆度数值的, 是假定所产生的表面轮廓是良好的。如果表面的不圆度要求严格, 则要规定不圆度数值。

3.2 圆度说明和标记

一条不圆度规范说明, 例如“这个表面必须在…英寸范

* 此中心也被称为指示器总的读数最小的中心 (TIR)。英国国家标准学会公布的 3730:1964 将其称为最小公差带中心 (MZC)。

** 同样也可称为测量内径的塞规中心。

*** 同样也称为: 测量外径的环规中心。

围内是圆的”。即表示此规范所涉及的任何一个横截面，将在一个其位置按 4.1 节中规定的平面内被测量，而且有一个等于或小于在本标准中规定的不圆度值。

3.2.1 圆度标记。如图 1 和图 2 所示的圆度标记，它是美国国家标准 Y 14.5—1966 “工程制图的尺寸和公差”用来控制外形的几何特征的标记的延伸。通常恰当的测量面是显而易见的。当不圆度测量平面不是显而易见或必须控制一特殊零件外形的相对关系，例如与一个台肩表面平行或垂直于一个规定的轴线，就必须将这些规定加到圆度标记中去。

3.2.2 标记说明

3.2.2.1 最低圆度标记。图 1 中的规定表示不圆度不超过 0.000025 英寸。在这里没有规定触针式仪器的全部测量条件，只是假定这样一个仪器被使用。下面是一个实例：

评定的方法——最小半径差（见 2.9 节）

仪器的频率响应——每转 50 周（见 5.2 节）

触针针尖半径——0.01 英寸（见 5.3 节）

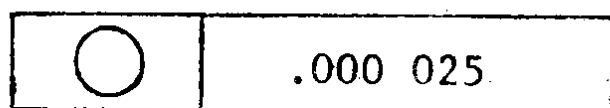


图 1 最低圆度标记

3.2.2.2 完整的圆度标记。这个标记如图 2 所示。用于测量条件必须规定的情况。

4. 测量位置的选择

4.1 轮廓平面的角度位置

测量平面的位置根据和基准面的相对关系决定，例如垂直于一个圆柱表面或基准轴线，或者和一个端面或台肩平行

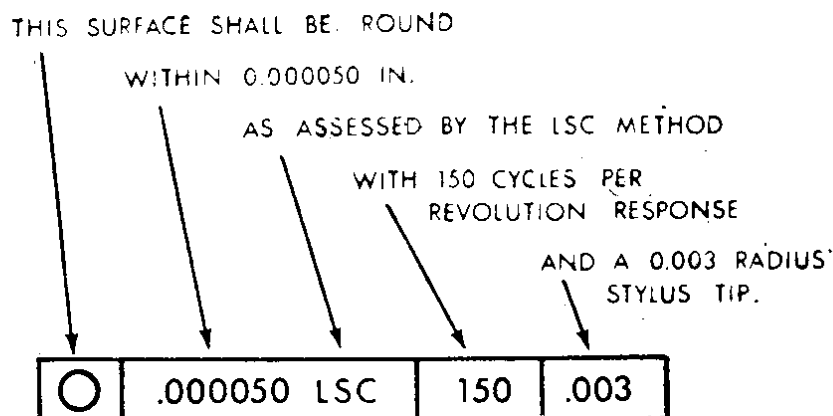


图2 完整的圆度标记和说明

THIS SURFACE SHALL BE ROVND—不圆度形标符号；WITHIN 0.000050IN—不圆度值0.00005英寸；AS ASSESSED BY THE LSC METHOD—用最小二乘方圆中心（L. S. C）法评定；WITH 150 CYCLES PER REVOLUTION RESPONSE—每转响应 150 周数；AND A 0.003 PADIUS STYLUS. TIP—触针针尖半径 0.003 英寸。

等。图3是表示测量平面位置恰当和不恰当的一个例子。

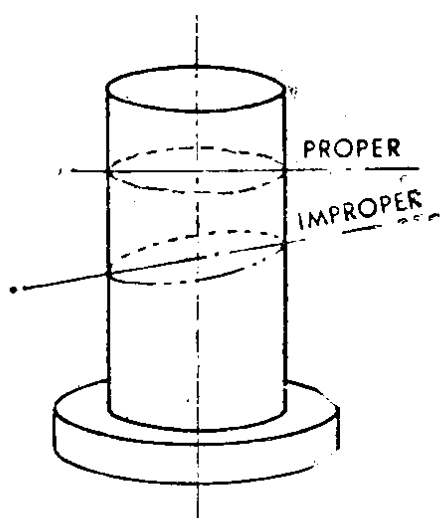


图3 测量平面的角度位置
PROPER—恰当的；
IMPROPER—不恰当的。

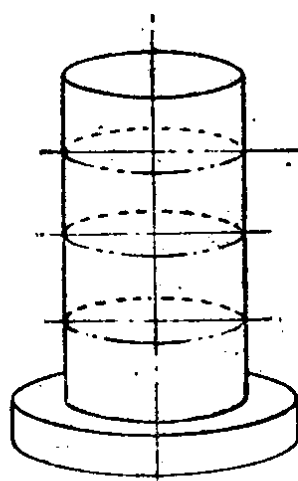


图4 测量平面的轴向位置

4.2 轮廓平面的数量和在轴线上的位置

在一个三维物体表面上测量不圆度时，需要的测量平面的最少数量和在轴线上的位置，在本标准中是不能规定的。应进行充分的测量来保证测量的轮廓是有代表性的。

4.3 零件中心与仪器轴线的相对位置

零件的中心，即按 2.7 节确定的测量的轮廓中心，和测量仪器旋转轴线之间的任何偏心，会使轮廓的描绘失真*。这种失真随着偏心的增大而增加。为了使这种失真减小到一个可以忽略不计的数量**，和定出不完全圆形表面的恰当中心，就要使按 2.8 节或 2.9 节方法确定用来测量不圆度的中心和极图的旋转中心相重合，并使重合程度在 0.1 英寸加轮廓最内点和曲线图旋转中心之间的半径距离的 5 % 的范围之内。

5. 仪 器

5.1 综 述

本标准规定的不圆度一般用一个触针和零件表面接触的测量法。用模拟或数字技术来记录径向放大的触针的移动图（一般是一个极图），当触针或零件绕着一个准确地规定的轴线旋转时。标准的这一部分仅和仪器的型式有关。这一部分说明了接触式触针仪器，另外一些也能产生类似的径向偏移数据的非接触式敏感器不包括在本标准之内。

5.2 每转响应的周数

本名词涉及仪器的测量特性，它限制了实际轮廓（将被

* 见附录 D2.1

** 是基于由于轮廓偏心引起的曲线图最大允许失真约为 0.01 英寸。

测量轮廓正确地表示)*的有规则间距的正弦波形的波动数。为此在本标准中, 每转响应的周数意味着被测量周期的数量, 其振幅的70.7%通过仪器被正确地反映出来了。仪器较高与较低的响应频率将与从下列选择的每转响应的周数值相一致:

0, 1.67, 5, 15, 150, 500, 1500。如果没有规定响应的周数, 就假定是0~50的值。如果仅规定一个响应数, 则此数应是较高的响应值, 而较低的响应值应为零。

5.3 触针半径

触针名义半径的选择, 应根据零件表面特征来进行, 表1中列出了一系列可供选择的触针半径。

5.4 触针半径的公差

触针球半径的实际值将为表1中所列名义值的50%至200%的范围之内。

5.5 触针静压力

保持触针和工件适当接触的触针压力将根据零件材料的硬度、挠性和最大抗压强度, 触针组件(对于触针旋转的仪器)的质量和旋转速度, 触针针尖的半径等来确定。要把由高的触针压力引起的表面损伤减到最小, 还要保持高的接触压力, 以得到始终一致的测量轮廓, 对于每一个名义触针半径的最大触针压力应根据表1确定。

* 每转响应的周数的进一步讨论见附录 C₃ 和 D1.1

表 1

触针半径和压力的配合

触 针 名 义 半 径 (英寸)	最大触针的压力——克 (钢或更硬材料)*
0.001**	0.5
0.003	2.0
0.010	5.0
0.030	10.0
0.100	20.0

注：如果没有规定触针半径，将采用0.010英寸的触针半径。

* 对于硬度低于洛氏 RC20 硬度的软质材料，触针压力的选择应能避免工作表面引起塑性变形，还要大得足够以减少触针反跳及产生可以重复的轨迹。

** 微细的表面不平度，例如，表面粗度，可以被这种半径或更小半径的触针穿透，这可能使本标准规定的测量轮廓的判断更困难和混乱。

附 录 A

不圆度测量的基本概念

A1. 测量目的

不圆度测量的目的是为了找出和零件外形尺寸相对的形状误差。

当对圆柱、圆锥或球的一个或数个表面提出不圆度的严格要求时，必须对其截面进行测量，以保证轮廓落在所要求的形状公差以内。

A1.1 不圆度公差

无论是形状、尺寸、表面结构或其它参数，理想的情

况。所有公差都根据功能导出，不圆度公差不应包含在有关的外形公差，如尺寸或表面结构的公差之内。

A2. 基本的测量考虑

不圆度的直接测量有困难。往往对能代表整个表面的一系列截面进行一些必要的测量和说明。这些测量的轮廓对功能的评定和控制是足够准确了。

A3. 粗度影响的减少

由于截面具有如此的重要性，因而它的选择要有代表性。在测量过程中，须将出现在轴向和圆周平面内的表面粗度影响加以消除或使其减至最小值。消除轴向表面粗度的影响可用一具有较大有效面积的敏感元件，例如大半径触针针尖*。它可以是球形或呈斧状。而要减小圆周粗度的影响，则可适当地用一大面积敏感元件和一足够低的每转响应的周数值。

只有将表面粗度的影响减至可忽略的程度，否则粗度将使观测到的不圆度有较大的增加。

A4. 综合测量过程

由于不圆度的测量是以间接方式进行的，而零件或工件的评定是由某些测量显示，故截面的选择、仪器数据的收集方法，记录图的畸变及解释的差别都可对结果产生一定的影响。如果在本标准和其附录内规定的条件被实施，那么就可将这些变化减到可容许的程度。

* 见附录 D 1.2

附录 B

各种测量方法的功能与限制

B1. 不圆度的测量

B1.1 非标准测量法

由于金属加工工业普遍采用精密主轴仪器以外的方法来测量不圆度，促使人们对它们的限制作出讨论。虽然这些非主要方法很少给出准确的不圆度值，但它们在有些比较测量中仍可能具有一定的价值。在该比较测量中，功能或特性的评定准则同根据该特定圆度测量法的几何状态有关。这些方法应仅作为一种方便而又经济的真实不圆度值的近似测量法。

B1.2 用直径测量法确定不圆度

不包括在本标准的不圆度测量的最普通的一种方法，是在一个共同的截面中对直径进行测量，并加以比较。此种直径测量法可使用千分尺、内径规或比较仪。

两点测量法仅能测定这样一种不圆度值，即已知该零件在它的圆周上有均匀间隔和均匀尺寸的偶数凸角或波动。在此特殊情形，直径评定法与半径评定法比较，直径测量法出现的差值常是不圆度值的两倍。

B1.2.1 对奇数凸角的零件，直径测量中的差值往往将比真实半径的不圆度值小一些，而对均匀对称形的凸角则此差值可减小到零。带有偶数凸角表面的零件所产生的直径不圆度值将大于真实值。

B1.2.2 在任何情况下，用直径测量表示不圆度时，必须考虑凸角因素。目前还缺乏一个通用的方法将直径读数的

差值变换到如同本标准所规定的那样的不圆度值。

B2. 用 V 形块测量不圆度

B2.1 奇数凸角形状

正象直径测量那样，以 V 形块测量不圆度的准确度取决于对凸角数目和均匀性的了解掌握的程度如何。V 形块测量比直径测量稍微更有用些，不过这是在使用一个适当夹角的 V 形块时，通过换算因数，能将带有相等尺寸和均匀分布的对称状凸角的一个已知奇数的形状与不圆度值联系起来。此类因数列表如下：

表 B 1 用 V 形块测量不圆度		
凸 角 数 目	V 形块夹角	比率：
		V 形块指示器 读数/不圆度值
3	60°	3.000
5	108°	2.236
7	128°34′	2.110
9	140°	2.064

没有单个 V 形块的角度能包括所有奇数凸角的零件。

B2.2 偶数凸角形状

对于带有偶数凸角的形状来说，V 形块测量系统则不象 B 2.1 节中所述的直径测量法那样有用。V 形块测量法使测量偶数凸角形状的整个指示器读数减小，有时几乎小到零。示于图 B -1 的在 60° V 形块中的具有两个凸角的形状与具有 4 个凸角的形状于各自总的指示器读数中仅显示了微小的变化。