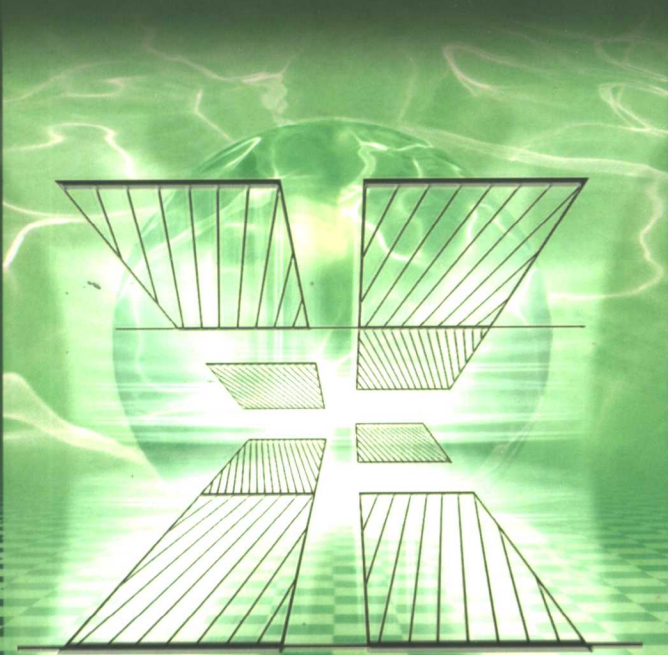


六项基础互换性标准应用指导丛书

极限与配合

刘巽尔 编著



中国标准出版社

· 六项基础互换性标准应用指导丛书 ·

极 限 与 配 合

刘巽尔 编著

中国标准出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

**极限与配合/刘巽尔编著. —北京: 中国标准出版社,
2004**

ISBN 7-5066-3421-X

**I. 极… II. 刘… III. ① 极限误差②配合 IV.
① TB9②TG801**

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 021382 号

中国标准出版社出版

北京复兴门外三里河北街 16 号

邮政编码:100045

网址 www.bzcs.com

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

开本 880×1230 1/32 印张 6.375 字数 187 千字

2004 年 10 月第一版 2004 年 10 月第一次印刷

定价 18.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68533533

目 录

上篇 圆柱结合的极限与配合

1 概述	1
2 关于要素的基本术语及定义	3
2.1 轮廓要素和中心要素	4
2.2 公称要素和实际要素	5
2.3 测得要素和拟合要素	6
2.4 圆柱面的测得轴线和局部尺寸	8
2.5 圆锥面的测得轴线和局部尺寸	11
2.6 两反向平行平面的测得中心面和局部尺寸	12
2.7 几点新概念	14
3 关于极限与配合的基本术语及定义	16
3.1 孔和轴	16
3.2 尺寸	17
3.3 偏差	22
3.4 尺寸公差	23
3.5 公差带	23
3.6 间隙和过盈	25
3.7 配合	26
3.8 配合公差带	28
3.9 应用示例	29
4 极限制	35
4.1 基本尺寸分段	35
4.2 标准公差系列	36

4.3	基本偏差系列	41
4.4	标准公差带	60
4.5	尺寸极限的图样标注及解释	76
5	配合制	78
5.1	基孔配合制	78
5.2	基轴配合制	79
5.3	配合的表示	79
6	公差带和配合的选用	81
6.1	公差等级的选用	81
6.2	配合制的选用	82
6.3	配合种类的选用	86
6.4	配制配合的应用	99
7	大尺寸工件的标准公差和基本偏差	103
8	小尺寸的孔、轴公差带	105
9	一般公差	107
9.1	一般公差的概念	107
9.2	适用范围	108
9.3	公差等级和极限偏差数值	108
9.4	图样表示	110
9.5	判定	110
10	尺寸检验	111
10.1	测量与测量不确定度	112
10.2	测量检验	119
10.3	量规检验	129

下篇 圆锥结合的极限与配合

11	概述	141
12	基本术语及定义	142
12.1	关于圆锥的术语及定义	142
12.2	关于棱体的术语及定义	143

12.3	系列	147
13	圆锥公差	155
13.1	关于圆锥公差的术语及定义	155
13.2	圆锥公差的标注	159
13.3	圆锥公差的数值	167
14	圆锥配合	171
14.1	关于圆锥配合的术语及定义	171
14.2	圆锥配合的一般规定	175
14.3	圆锥角极限偏差对圆锥配合初始接触部位的影响	176
14.4	圆锥轴向极限偏差的计算	178
14.5	基准平面间极限初始位置和极限终止位置的计算	179
14.6	相配内、外圆锥的公差标注	185
15	圆锥量规	188
15.1	圆锥量规的直径公差	188
15.2	圆锥量规的圆锥角公差	189
15.3	圆锥量规的形状公差	192
15.4	圆锥量规的技术要求	192
15.5	圆锥量规的使用	193
	参考文献	196

1 概 述

我国“极限与配合”国家标准的发布始于1959年。在当时的历史条件下,采取全面引用原苏联国家标准的方针,制订了《公差与配合》国家标准(GB/T 159~174—1959)。它对我国国民经济的恢复和发展产生了积极的作用,并开创了标准化研究和实践的初级阶段。20年后,随着政治、经济形势的变化和发展,以及改革开放政策的实施,我国国家标准开始了从原苏联国家标准体系向国际标准(ISO)体系转变的新的历史时期。经修订后发布了GB/T 1800~1804—1979《公差与配合》国家标准,并制定了GB/T 1957—1980《光滑极限量规》、GB/T 3177—1982《光滑工件尺寸的检验》、GB/T 5371—1985《过盈配合的计算和选用》、GB/T 5847—1986《尺寸链 计算方法》、GB/T 6416—1986《铸件尺寸公差》等国家标准,以及JB/Z 144—1979《配制配合》、JB/Z 181—1982、GB/T 3177—1982《光滑工件尺寸的检验》应用指南和JB/Z 304—1987《统计尺寸公差》等机械工业标准指导性技术文件,从而初步开始了与国际标准接轨的过程。又是20年后,从上世纪90年代后期至本世纪初,启动了对国家标准进行全面审定工作,并在此基础上进行新一轮的国家标准的制、修订工作,发布了一系列新的国家标准。

此外,随着产品质量要求的不断提高、标准化研究工作的深入、以及标准化实践经验的积累,人们越来越认识到产品的尺寸、形状、位置和表面结构间具有密不可分的联系。因此,国际标准化组织于1996年6月成立了“产品几何量技术规范”技术委员会(ISO/TC 213),代替原

“极限与配合”技术委员会(ISO/TC 3)、“技术制图 尺寸与公差注法”分技术委员会(ISO/TC10/SC5)和“表面特征及其计量学”技术委员会(ISO/TC 57),并开始制订以“产品几何量技术规范”为主标题的系列国际标准。此后,我国也相应地将全国公差与配合标准化技术委员会和全国形状和位置公差标准化技术委员会合并,成立了全国产品尺寸和几何技术规范标准化技术委员会,并按等同采用或等效采用的原则,陆续制、修订了一批国家标准。

本篇主要介绍圆柱结合的极限与配合和相关的主要国家标准,以及产品技术规范的最新国家标准和有关国际标准,如表 1-1 所列。

表 1-1

序号	标准名称	标准编号
1	极限与配合 基础 第 1 部分 词汇	GB/T 1800.1—1997
2	极限与配合 基础 第 2 部分 公差、偏差和配合的基本规定	GB/T 1800.2—1998
3	极限与配合 基础 第 3 部分 标准公差和基本偏差数值差	GB/T 1800.3—1998
4	极限与配合 标准公差等级和孔、轴极限偏差表	GB/T 1800.4—1999
5	极限与配合 公差带和配合的选择	GB/T 1801—1999
6	极限与配合 尺寸至 18 mm 孔、轴公差带	GB/T 1803—2003
7	一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差	GB/T 1804—2000
8	光滑工件尺寸的检验	GB/T 3177—1997
9	光滑极限量规	GB/T 1957—1981
10	产品几何量技术规范(GPS) 几何要素 第 1 部分:基本术语和定义	GB/T 18780.1—2001 (ISO 14660.1—1999)
11	产品几何量技术规范(GPS) 几何要素 第 2 部分:圆柱面和圆锥面的提取中心线、平行平面的提取中心面、提取要素的局部尺寸	GB/T 18780.2—2003 (ISO 14660.2—1999)
12	产品几何量技术规范(GPS) 工件与测量设备的测量检验 第 1 部分:按规范检验合格或不合格的判定规则	ISO 14253.1:1998

2 关于要素的基本术语及定义

几何要素(简称要素)是机械产品几何技术规范的主要研究对象。

GB/T 1183—1980《形状和位置公差 术语及定义》中,曾对要素以及理想要素和实际要素、被测要素和基准要素、单一要素和关联要素等给出了相应的定义,并广泛应用了轮廓要素和中心要素这一对未给出明确定义的术语,从而确立了比较完整的形状和位置公差国家标准体系。但是,由于历史的原因,这些术语及定义尚不够完善,而且不能适应产品几何量技术规范中极限与配合、表面结构等相关领域的需要,亟待补充和修订。

由于国际标准长期没有关于要素的术语和定义标准,所以在1996年发布的、等效采用ISO/DIS 1101:1996的国家标准GB/T 1182—1996《形状和位置公差 通则、定义、符号和图样表示法》中,不仅没有对要素的术语和定义进行修订,反而完全删除了这部分内容,致使标准内容出现了断层。在生产实践中,只能按照约定俗成的原则,沿用GB/T 1183—1980的规定。

ISO/TC 213 成立伊始就讨论通过并发布了两项以几何要素作为主标题的国际标准ISO 14660-1:1999“Geometrical Product Specifications (GPS)—Geometrical features-Part1: General terms and definitions”和ISO 14660-2:1999“Geometrical Product Specifications (GPS)—Geometrical features-Part2: Extracted median line of a cylinder and a cone, extracted median surface, local size of an extracted feature”。我国也已按等效采用的原则完成了相应的国家标准:GB/T 18780.1—2001《产品几何量技术规范(GPS) 几何要素 第1部分:基本术语和定义》和GB/T 18780.2—2003《产品几何量技术规范(GPS) 几何要素 第2部分:圆柱面和圆锥面的测得中心线、测得中心面和测得要素的局部尺寸》。

几何要素(geometrical feature),即要素(feature),是点、线、面的统称。在 GB/T 1183—1980 中曾更明确规定要素是构成零件几何特征的面、线、点。例如图 2-1 所示零件中,面要素有球面、圆锥面、圆柱面、端面、槽侧面、槽中心平面等;线要素有圆锥面素线(直线)、球面素线(圆)、球面与锥面的交线(圆)、圆柱面素线(直线)、圆锥轴线(直线)等;点要素有球心,以及上述线面的交点等等。

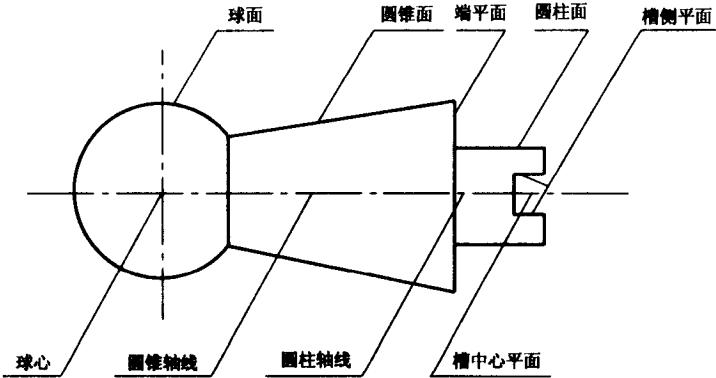


图 2-1 几何要素示例

2.1 轮廓要素和中心要素

要素可分为轮廓要素(integral feature)和中心要素(derived feature)。

轮廓要素(亦可直译为组成要素)是零件上实际存在的面或面上的线。也就是说,轮廓要素是构成零件外形的面或面上的线。通俗地,可以认为轮廓要素是零件上可以被视觉或触觉感知的要素。所以,轮廓要素主要是各种轮廓面,如图 2-1 所示零件上的球面、圆锥面、圆柱面、端面和槽侧面等。也包括各轮廓面的交线和轮廓面与某给定面(主要是平面)的交线,即轮廓线。例如,球面与圆锥面的交线、圆锥面与端面的交线、端面与圆柱面的交线等轮廓面之间的交线,以及球面、圆锥面和圆柱面的素线等轮廓面与给定的理想平面之间的交线等等。

由于通常不对轮廓面实际上不可能存在的点提出精度要求,所以轮廓要素不包括点要素。

轮廓要素(主要是轮廓面)又可以分为尺寸要素和非尺寸要素两类。尺寸要素是由一定大小的长度(线性)尺寸或角度尺寸确定的几何形状。例如,由直径尺寸确定的圆柱面和球面;由直径尺寸和锥角尺寸确定的圆锥面;由距离尺寸确定的两反向的平行平面等等。只有一个尺寸的称为单尺寸要素,如圆柱面、球面和两反向的平行平面;有两个或两个以上尺寸的称为多尺寸要素,如圆锥面。通常,尺寸要素都具有对称性。非尺寸要素是没有尺寸的几何形状,如平面、直线等。所以,为了实现一定的功能,对尺寸要素应该规定适当的尺寸、形状、方向和位置要求,而对非尺寸要素则只需规定形状、方向和位置要求。

中心要素(亦可直译为导出要素)是由一个或几个尺寸要素导出的中心点、中心线或中心面。例如,球心是由球面导出的中心要素(点);圆柱面和圆锥面的轴线是由圆柱面或圆锥面导出的中心要素(线);槽的中心面是由槽的两侧面导出的中心要素(面)等等。显然,非尺寸要素没有相应的中心要素。

中心要素是假想的几何要素,主要用于表达其相应尺寸要素的形状、方向和位置特征。

理想的尺寸(轮廓)要素,可以根据几何概念导出其唯一的中心要素,而如何从具有形状误差的实际尺寸(轮廓)要素导出其中心要素,还需作出进一步的规定。

2.2 公称要素和实际要素

由技术图样或其他方法确定的理论正确的轮廓要素称为公称轮廓要素(nominal integral feature),由公称轮廓要素导出的称为公称中心要素(nominal derived feature),如技术图样中的圆柱面及其轴线,键槽两侧平面及其中心平面等。

公称轮廓要素和公称中心要素都具有理论正确的几何形状(理想形状),如圆柱面、直线、平面等。

零件上实际存在,并将零件与周围介质分隔的要素称为实际轮廓要素(real integral feature)。由于中心要素实际上是不存在的。所以没有“实际中心要素”。故实际轮廓要素可以简称为实际要素(real feature)。

2.3 测得要素和拟合要素

实际要素是产品几何量技术规范主要研究对象的客观存在和产品设计要求控制的实体。它必须用某种测量结果来描述。

由于任何测量过程都只能在被测对象上设定有限个采样点,不能实现真正的连续采样;而且每个测得值都有一定的不确定度,不能确切地获得被测量的真值。所以,在实用上,只能用测得要素来代替实际要素。

测得轮廓要素(extracted integral feature,亦可直译为提取组成要素)是按规定的方法,在实际(轮廓)要素上测得有限个点所形成的替代要素。由于测量方法的不确定度不同和采样点数不同,同一实际(轮廓)要素可以获得若干不同的测得轮廓要素。选用何种测得轮廓要素作为被测的轮廓要素的替代要素,应该由功能要求确定。

由一个或几个测得轮廓要素导出的中心点、中心线或中心面,称为测得中心要素(extracted derived feature,亦可直译为提取导出要素)。

由于加工误差和测量误差的存在,测得轮廓要素一定不具有理想的几何形状。为了从测得轮廓要素导出测得中心要素,还需引入拟合要素的概念。

拟合轮廓要素(associated integral feature)是按规定方法,由测得轮廓要素形成的具有理想几何形状的要素。

拟合中心要素(associated derived feature)是由一个或几个拟合轮廓要素导出的中心点、中心线或中心面。由于拟合轮廓要素具有理想的几何形状,所以其导出要素,即拟合中心要素,也一定具有理想的几何形状,例如直线、平面等。

如无特别规定,通常采用最小二乘法进行拟合。

上述各有关要素的术语之间的关系如图 2-2 所示。

图 2-3 以圆柱形轮廓面为例,示出了其公称要素、实际要素、测得要素和拟合要素间的关系示意图。图 2-3a)是在图样上表示的具有理想形状(圆柱面)的公称轮廓要素及由此导出的同样具有理想形状(直线)的公称中心要素(轴线)。图 2-3b)是完工零件上客观存在、但不可能获得的实际(轮廓)要素。显然,图 2-3b)中不能画出实际上并不存在的中心要素(轴线)。图 2-3c)表示用给定的测量方法,在实际(轮廓)

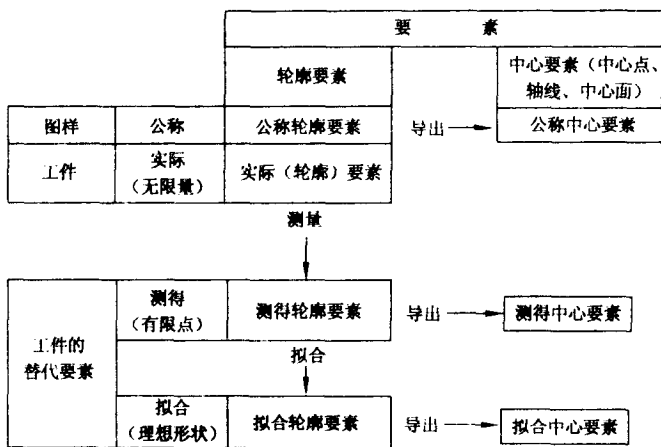


图 2-2 各类要素间的相互关系框图

要素的有限点上测量获得的测得轮廓要素。由于加工误差的存在，测得轮廓要素不具有理想形状，因此尚不能由测得轮廓要素直接导出唯一的测得中心要素。为此，需按一定的方法（例如最小二乘法），由测得（轮廓）要素获得具有理想形状（圆柱形）的拟合轮廓要素，并进而获得同样具有理想形状（直线）的拟合中心要素（轴线），如图 2-3d 所示。然后可以按下节所述方法导出测得中心要素，如图 2-3e 所示。

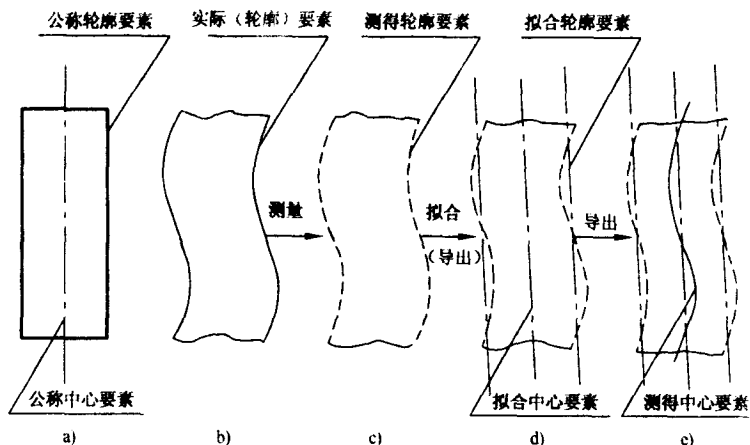


图 2-3 圆柱形轮廓面的各种要素间的关系

各类要素所用线型如表 2-1 所列。

表 2-1 各类要素的线型

要素种类	线 型
公称要素	按技术制图标准(GB/T 4457.4)规定
实际(轮廓)要素	粗实线
测得轮廓要素	粗虚线
测得中心要素	细虚线
拟合轮廓要素	粗点划线
拟合中心要素	细点划线

2.4 圆柱面的测得轴线和局部尺寸

在 GB/T 1183—1980 中定义实际要素是零件上实际存在的要素。考虑到测量的可能性,规定测量时由测得要素代替实际要素。并说明测得要素并非要素的真实状况。这种描述与现行国际标准是基本一致的。

但是在 GB/T 1958—1980 中,规定圆柱面的实际轴线是实际圆柱面各横截面测得轮廓的中心点的连线。测得轮廓的中心点是指该轮廓的理想圆的圆心。实际圆柱横截面测得轮廓的理想圆是其两同心圆最小危害区域的任一理想圆(详见本丛书之一《形状和位置误差检测》)。如图 2-4 所示。

GB/T 1958—1980 中的上述规定是不完善的。因为垂直于轴线的截面称为横截面。理想轴线需由实际轴线按一定规则获得。而实际轴线又是横截面上测得轮廓理想圆圆心的连线。这就形成了一种悖论。虽然在实用上尚可接受,但作为定义是不严格的。国际标准中引入了拟合要素的概念就较好地解决了这个问题。

首先,从实际圆柱面获得测量(轮廓)圆柱面,再以该测得圆柱面的最小二乘圆柱面作为拟合圆柱面。拟合圆柱面(最小二乘圆柱面)的轴线即为拟合轴线。显然,拟合圆柱面和拟合轴线都具有理想的几何形状。对于某一确定的测得(轮廓)要素,它们均具有唯一性。拟合圆柱面的直径由测得要素和拟合方法(最小二乘法)确定。

然后,以垂直于拟合轴线的平面作横截面,各横截面上测得(轮廓)线的拟合圆(最小二乘圆)圆心的轨迹,即为实际圆柱面的测得轴线。

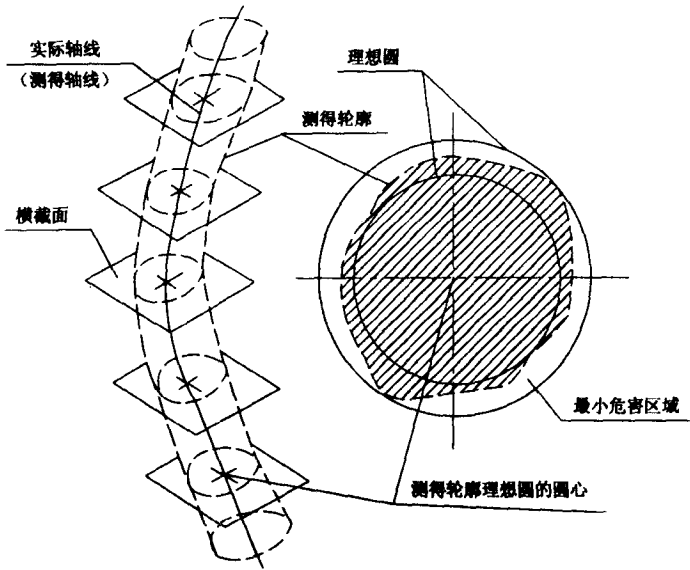
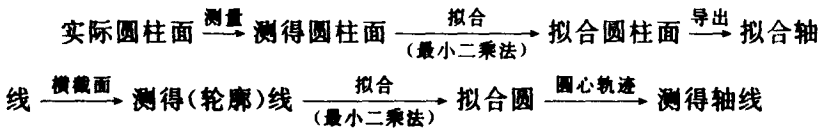


图 2-4 GB/T 1958—1980 规定的圆柱面的实际轴线

通常,测得轴线不具有理想形状。

综上所述,圆柱面测得轴线的取得可以表述为如下的过程(参阅图2-5):



在实际应用中,通常都以测得圆柱面作为实际圆柱面,以测得轴线作为实际轴线。

局部实际尺寸在 GB/T 1800.1—1997 中定义为:一个孔或轴的任意横截面中的任一距离,即任何两相对点之间测得的尺寸。

GB/T 1800.1—1997 等效采用了 ISO 286-1:1988。显然,其局部实际尺寸的定义也极不完善。如前所述,实际孔、轴的横截面是不确定的,两相对点也未作明确规定。在实用上,通常都忽略了横截面的不确定性,再从实际测量可能性出发,以横截面轮廓与两平行直线相接触的两点之间的距离作为局部实际尺寸。

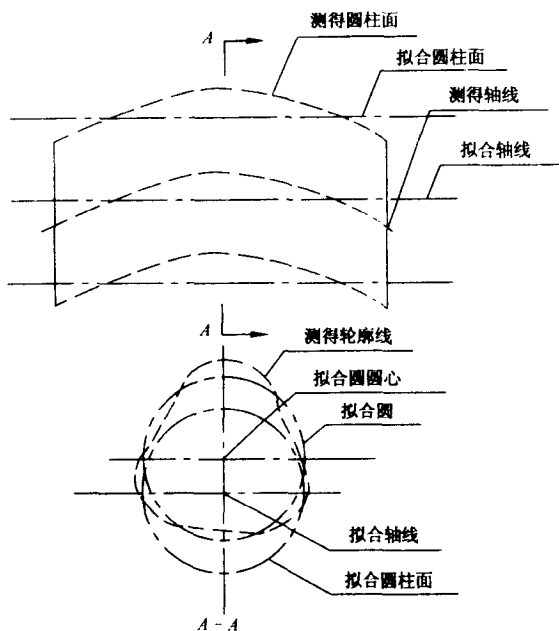


图 2-5 圆柱面的测得轴线

由此得到了一个至今仍被普遍认同的概念：奇数棱圆的尺寸(直径)处处相等。

用两平行直线模拟卡尺、千分尺等常用测量工具的测量面来定义局部实际尺寸虽然具有实用性,但各测得尺寸没有确定的位置(测量基准不统一)。在有些情况下,还可能丢失被测轮廓上的某些信息。如图 2-6 所示,在不同位置测得 d_1 、 d_2 、 d_3 ... 等尺寸时, a 、 b 两处的信息被丢失了。

GB/T 18780.2 定义了测得圆柱面的局部尺寸是在测得圆柱面的横截面上,测得轮廓线两对应点的连线。该两对应点的连线通过测得轮廓线拟合圆的圆心,如图 2-7 所示。在三坐标测量机上,用逐点测量的方法,并经简单的计算软件进行处理,便可获得符合新定义的局部尺寸或拟合圆、拟合圆柱面的直径尺寸。当然新定义的局部尺寸很难用两平行直线的测量器具测得,还需解决它与传统测量方法的协调问题。

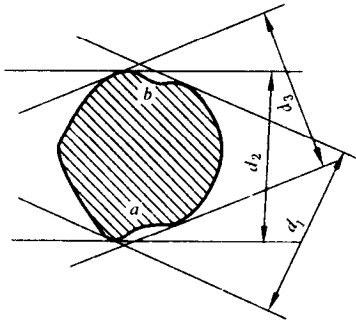


图 2-6 两平行直线定义局部实际尺寸

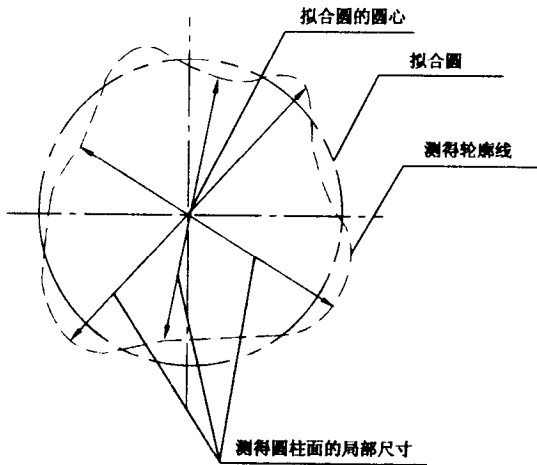


图 2-7 测得圆柱面的局部尺寸

按照上述定义,测得轮廓线上任意一点都有唯一的对应点,且两点之间的连线均通过拟合圆的圆心。若某测得轮廓线的局部尺寸处处相等,则一定具有理论正确的几何形状,即呈理想圆形。此外,实际圆柱面的拟合轴线由其拟合圆柱面导出,而与测得中心线无关。而根据 GB/T 1958—1980 的规定,理想轴线是由实际中心线按最小条件的要求确定的。

2.5 圆锥面的测得轴线和局部尺寸

与圆柱面相似,作为多尺寸要素,圆锥面的测得轴线可以按如下过程获得(参阅图 2-8):