

六项基础互换性标准应用指导丛书

相关要求

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 ·

相关要求

刘巽尔 编著

中国标准出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

六项基础互换性标准应用指导丛书. 相关要求/刘巽尔
编著. —北京: 中国标准出版社, 2005

ISBN 7-5066-3941-6

I. 六… II. 刘… III. 互换性-标准-基本知识
-中国 IV. TG8-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 142409 号

中国标准出版社出版发行

北京复兴门外三里河北街 16 号

邮政编码: 100045

网址 [www. bzcbbs. com](http://www.bzcbbs.com)

电话: 68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/32 印张 5.625 字数 163 千字

2006 年 5 月第一版 2006 年 5 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

1	绪言	1
2	术语及定义	6
2.1	尺寸	6
2.2	状态	16
2.3	边界	24
3	独立原则与包容要求	31
3.1	独立原则	31
3.2	包容要求	35
4	最大实体要求	38
4.1	最大实体要求应用于被测要素	38
4.2	可逆的最大实体要求应用于被测要素	71
4.3	最大实体要求应用于基准要素	80
5	最小实体要求	104
5.1	最小实体要求应用于被测要素	104
5.2	可逆的最小实体要求应用于被测要素	135
5.3	最小实体要求应用于基准要素	146
6	综合示例分析	152
7	相关要求的应用	166
7.1	功能要求	166
7.2	应用示例	167
7.3	与加工定位的关系	172
7.4	零形位公差的应用	176

1 绪 言

为了实现预定的使用功能,在机械零件的设计图样上,往往给出多种技术要求,如材料的化学成分、机械性能、表面硬度、涂镀层、表面结构以及尺寸与形状精度等。在一般情况下,各种技术要求都是相互独立的,应该分别予以满足。这是由于各种技术要求对零件使用功能的影响是不同的,也是相互无关的。

就机械零件几何精度的三项主要技术要求——表面粗糙度、尺寸精度和形状与位置精度而言,无论是形成原因还是对零件使用功能的影响都是各不相同的,进行精度设计的依据也是不同的。但是,由于这三项技术要求都是零件要素的几何特征的表达,所以在特定条件下对某些功能的影响是它们的综合效应。

例如,对于具有轴线直线度误差 ϕf 的轴,虽然其实际尺寸 d_a 小于相配孔的实际尺寸 D_a ,但仍可能发生装配困难,如图 1-1 所示。在这种情况下,如果轴线直线度误差难以消除或减小,也可以减小轴的实际尺寸以便于装配。

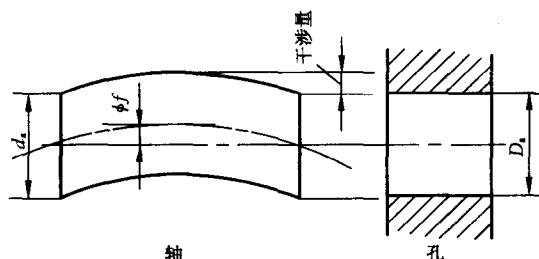


图 1-1 轴线直线度误差对轴孔配合的影响

又如影响圆环强度的壁厚 δ 不仅与内、外圆柱面的直径尺寸有关,还受内、外圆柱面同轴度误差的影响,如图 1-2 所示。当同轴度误差 ϕf 达到允许的最大值时,若内圆柱面直径等于其最大极限尺寸 $D_{\max}$ 、且外圆柱面直径等于其最小极限尺寸 $d_{\min}$,则将出现壁厚的最小值 $\delta_{\min}$ 。与上例相似,如果不能从工艺上减小同轴度误差,则可以用增大

外圆柱面直径 d 或减小内圆柱面直径 D 的方法,以保证圆环具有足够的壁厚 δ 。

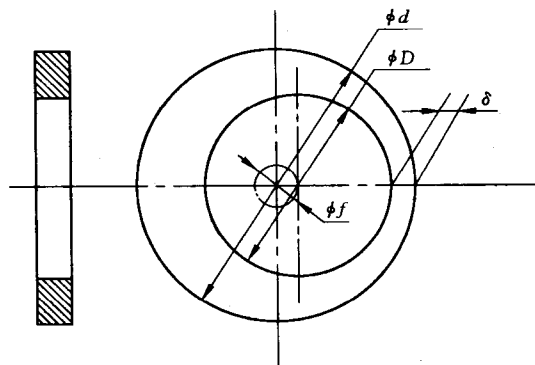


图 1-2 同轴度误差对圆环壁厚的影响

实际上,上述尺寸与形位误差对零件使用功能的综合影响,早在普通螺纹的大批量生产中就已经被发现。当外螺纹的中径 d_2 小于内螺纹的中径时,如果牙侧的方向误差(牙型半角 $\alpha/2$ 的偏差)和位置误差(螺距 P 的偏差)都含影响内、外螺纹的旋入性(图 1-3)。所以通常用具有完整牙型和足够长度的螺纹通规控制螺纹的作用中径,即综合控制中径,牙型半角和螺距偏差,相当于螺纹的中径尺寸,牙侧的方向和位置误差的综合效应。

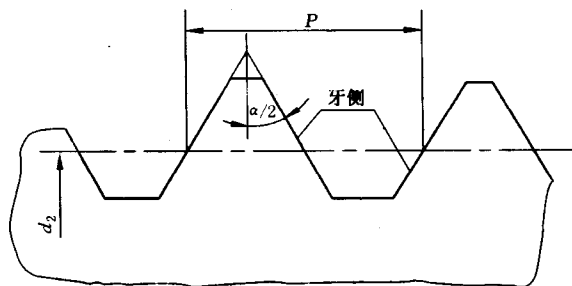


图 1-3 普通外螺纹的中径 d_2 、牙型半角 $\alpha/2$ 和螺距 P

“泰勒原则”(Taylor Principle)就是 William Taylor 在 1905 年针对螺纹的验收方法提出的。

我国在 1975 年发布的形状和位置公差试行标准中,就已经提出

了“相关公差”的概念。1980年,由试行标准转为正式标准的GB/T 1183—1980《形状和位置公差 术语及定义》明确定义了独立原则、相关原则(最大实体原则和包容原则)以及有关的术语和定义。但是,GB/T 1183—1980的规定与解释极不完善。诸如:对最大实体要求应用于基准要素时的解释极为不妥;关于状态与边界的概念不清;尚未涉及最小实体原则的概念等。特别是关于单一尺寸要素的零形位公差未能与“公差与配合”标准中的“泰勒原则”相协调。因此,在“形状和位置公差”和“公差与配合”两国家标准工作组的共同努力下,根据相应的国际标准,制定了国家标准GB/T 4249—1984《公差原则》,从而对公差原则、独立原则、包容原则和最大实体原则作出了原则性的规定。

在此后的研究与实践的基础上,根据国际标准化工作的发展动向,又制定、修订了四项形位公差国家标准:GB/T 1182—1996《形状和位置公差 通则、定义、符号和图样表示法》、GB/T 1184—1996《形状和位置公差 未注公差值》、GB/T 4249—1996《公差原则》、GB/T 16671—1996《形状和位置公差 最大实体要求、最小实体要求和可逆要求》。至此,关于零件中心要素的形位公差与其相应尺寸要素的尺寸公差的关系才以国家标准的形式作出了较为完整、全面的规定。

鉴于历史的原因,关于零件中心要素的形位公差与其相应尺寸要素的尺寸公差的关系的有关规定被分别列入GB/T 4249—1996《公差原则》和GB/T 16671—1996《形状和位置公差 最大实体要求、最小实体要求和可逆要求》两项国家标准。GB/T 4249—1996对公差原则以及独立原则和相关要求作出原则规定;GB/T 16671—1996详细规定了关于尺寸、状态和边界的术语及定义,并详细列出了最大实体要求,最小实体要求和可逆要求的基本规定、图样表示法及应用示例。因此,应该把该两项国家标准作为一个整体来理解公差原则的全部概念。曾有人提出应该在适当时间将GB/T 4249—1996和GB/T 16671—1996修订合为一个标准,这不失为一个值得采纳的建议。

根据GB/T 4249—1996可知,公差原则是尺寸(线性尺寸和角度尺寸)公差和形位公差之间相互关系的原则。

公差原则包括独立原则和相关要求。

独立原则是完工零件应该分别满足尺寸公差和形位公差要求的公

差原则。在一般情况下,根据功能要求,图样上标注的尺寸公差和形位公差的关系应该遵循独立原则。因而,独立原则是尺寸公差和形位公差相互关系遵循的基本原则。

相关要求是对尺寸公差和形位公差有特定相互关系的设计要求。给出相关要求的形位公差(或尺寸公差)应在图样上以规定的方式标明。

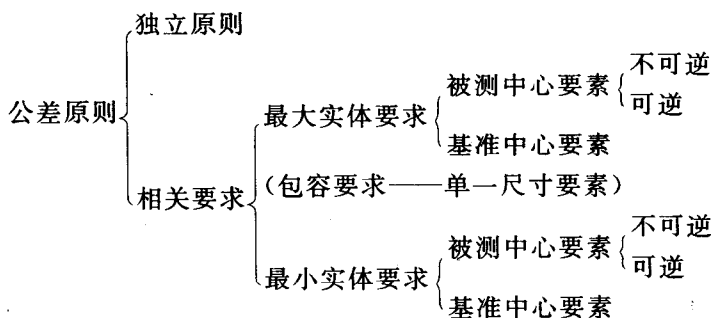
相关要求可分为包容要求、最大实体要求和最小实体要求。

包容要求只适用于单一尺寸要素(圆柱形表面或两反向的平行平面)的尺寸公差;最大实体要求和最小实体要求适用于中心要素的形位公差与其相应的轮廓要素的尺寸公差之间的相互关系。在一般情况下,最大或最小实体要求应用于被测中心要素的形位公差时,只允许其形位公差由相应轮廓要素的尺寸公差获得补偿。若同时采用可逆要求,即可逆的最大或最小实体要求应用于被测中心要素的形位公差时,也允许其相应轮廓要素的尺寸公差由被测中心要素的形位公差获得补偿,亦称反补偿。

最大和最小实体要求也可应用于基准中心要素。此时,被测中心要素的位置公差带可以由基准中心要素的相应轮廓要素的尺寸公差和形位公差获得方向或位置的浮动。

可以看到,包容要求相当于被测中心要素形位公差的给出值为零的最大实体要求。也就是说,包容要求只是最大实体要求的一种特例。因此,相关要求可以只分为最大实体要求和最小实体要求两种。

上述关系可由如下形式表示。



GB/T 4249—1996 是按等效采用 ISO 8015:1985《技术制图 基

本的公差原则》的原则对 GB/T 4249—1984 进行修订的。但与 ISO 8015:1985 相比增加了最小实体要求和可逆要求的内容。标准的总体结构与 ISO 相同。

GB/T 16671—1996 是按等效采用的原则,在 ISO/DIS 2692:1996《技术制图 几何公差 最大实体要求、最小实体要求和可逆要求(几何公差和尺寸公差的关系)》的基础上新制定的国家标准。在基本概念、符号和图样标准方法等方面,两者是一致的。但是,GB/T 16671—1996 增加了关于状态和边界更为准确的定义,并补充了关于体外作用尺寸和体内作用尺寸的术语及其定义。从而使得关于中心要素的形位、公差与其相应轮廓要素的尺寸公差的相关关系得到更加完善的描述。此外,关于最大实体要求或最小实体要求应用于基准中心要素的概念,GB/T 16671—1996 也作出了更加准确和完备的论述。

鉴于 GB/T 18780.1—2002/ISO 14660-1:1999《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/ISO 14660-2:1999《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》的相继发布和实施,与公差原则有关的术语及其定义也将在适当时间进行修订和完善。但是,关于独立和相关的基本概念是不会变动的。

本书将以 GB/T 4249—1996《公差原则》和 GB/T 16671—1996《形状和位置公差 最大实体要求、最小实体要求和可逆要求》为依据,分别对有关公差原则的术语及定义、独立原则和包容要求、最大实体要求、最小实体要求等进行详尽的论述,并以若干综合示例分析作为归纳与总结。最后还就相关要求的应用中的若干问题进行讨论,以供实际工作的参考。

广义的相关要求应该包括设计图样上各种技术要求之间的关系。迄今为止,应用广泛且已标准化了的仅限于尺寸公差与形位公差两项几何精度之间的关系。可以预计,随着科学技术的进步和发展,相关要求的概念必将得到延伸和扩展。

2 术语及定义

2.1 尺寸

(1) 局部实际尺寸

GB/T 16671 对局部实际尺寸(actual local size)(简称实际尺寸)的定义是在实际要素的任意横向截面上,两对应点之间测得的距离。

内表面(孔)的实际尺寸以 D_a 表示;外表面(轴)的实际尺寸以 d_a 表示。

图 2-1a)和 b)分别示出了圆柱形内表面的实际尺寸(D_{a1} 、 D_{a2} …… D_{ai})和外表面的实际尺寸(d_{a1} 、 d_{a2} …… d_{ai})。

上述定义主要用于尺寸要素,所以不仅适用于圆柱形内、外表面,也适用于两反向的平行平面,如平键与键槽的两侧面。

由于测量误差是不可避免的,所以,两对应点之间测得的距离不是其真实距离,即实际尺寸不是真正尺寸,而是测得尺寸。

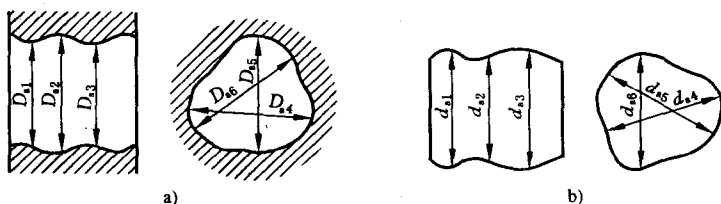
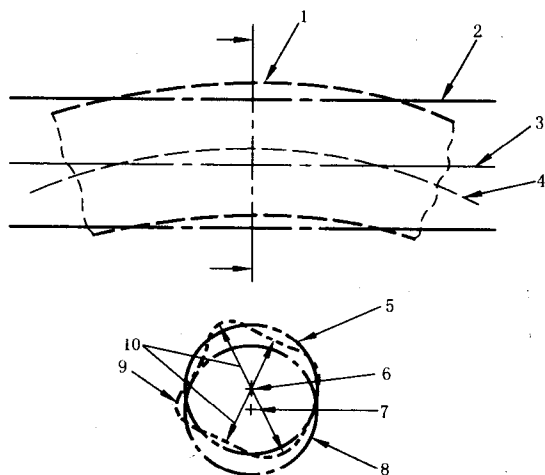


图 2-1 圆柱面的局部实际尺寸

上述实际尺寸的定义是不完善的。因为对于理想的圆柱面,其横向截面和对应点是可以完全确定的,垂直于轴线的截面是横向截面,通过横向截面圆心的直线与截面轮廓的两交点为对应点。而对于图 2-1 所示具有形状误差的实际表面,其横向截面和对应点是需要进一步给以定义的。在实际工作中,当形状误差较小时,这种定义的不完善所导致的误差往往是可以被忽略的,也极少因此而产生争议。所以对于一般精度的零件,如果采用传统的测量工具和方法进行测量,可以忽略上

述定义的不完善。对于高精度且采用坐标测量机进行测量的零件,则应按 GB/T 18780.2—2003 的规定,按下述方法确定圆柱面的局部(实际)尺寸。

在实际圆柱面的有限点上测量,得到测得圆柱面(提取圆柱面)。以测得圆柱面的最小二乘圆柱面作为其拟合圆柱面(理想圆柱面)。在垂直于拟合圆柱面轴线的截面内,对测得圆柱面的轮廓线(测得轮廓)作最小二乘圆(拟合圆),则通过拟合圆圆心的直线与测得轮廓的两个交点即为对应点。两对应点之间的距离即为测得圆柱面的局部尺寸(直径)。如图 2-2 所示。



- 1—测得表面; 2—拟合圆柱面; 3—拟合圆柱面轴线; 4—测得轴线;
5—拟合圆; 6—拟合圆圆心; 7—拟合圆柱面轴线; 8—拟合圆柱面;
9—测得轮廓; 10—局部尺寸(直径)

图 2-2 测得圆柱面的局部尺寸(直径)

用类似的方法,也可以得到两反向平行平面的局部(实际)尺寸。

GB/T 18780.2 定义的测得圆柱面的局部尺寸虽然完善,但很难用普通测量器具测得,只能在坐标测量机上用逐点测量的方法,通过适当的计算软件算得。

(2) 作用尺寸

作用尺寸(functional size)可以分为体外作用尺寸和体内作用尺寸两种。

1) 体外作用尺寸(external functional size) 在被测要素的给定长度上,与实际内表面(孔)体外相接的最大理想面,或与实际外表面(轴)体外相接的最小理想面的直径或宽度,称为体外作用尺寸。

对于单一被测要素,内表面(孔)的(单一)体外作用尺寸以 D_{fe} 表示;外表面(轴)的(单一)体外作用尺寸以 d_{fe} 表示。

对于给出定向公差或定位公差的关联被测要素,确定其体外作用尺寸的理想面的中心要素,必须与基准保持图样上给定的方向或位置关系。其体外作用尺寸分别称为定向体外作用尺寸(D_{fe}' , d_{fe}')和定位体外作用尺寸(D_{fe}'' , d_{fe}'')。

图 2-3a)表示内表面(孔)的(单一)体外作用尺寸 D_{fe} ,图 2-3b)表示外表面(轴)的(单一)体外作用尺寸 d_{fe} 。图 2-4 表示给出了采用最大实体要求的轴线对基准平面 A 的任意方向垂直度公差($\phi_t \text{Ⓜ}$)的外表面[图 2-4a)]的定向体外作用尺寸 d_{fe}' [图 2-4b)]。图 2-5 表示给出了采用最大实体要求的轴线对基准平面 A、B 的任意方向位置度公差($\phi_t \text{Ⓜ}$)的内表面[图 2-5a)]的定位体外作用尺寸 D_{fe}'' [图 2-5b)]。

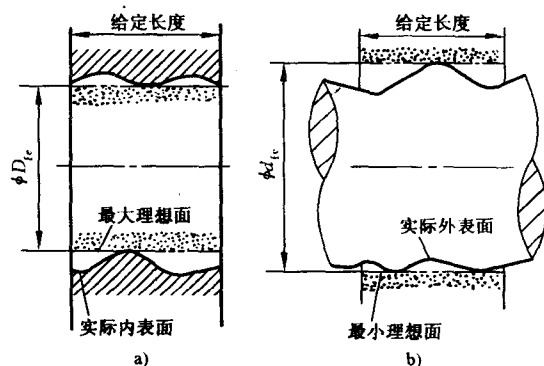


图 2-3 (单一)体外作用尺寸

由于确定单一体外作用尺寸的理想面没有方向和位置的要求,而确定关联(定向或定位)体外作用尺寸的理想面具有确定的方向或位

置,因此,在同一基准体系条件下,任一实际要素的定位、定向、单一体外作用尺寸以及任一局部实际尺寸一定有下列关系:

对于内表面(孔) $D_{fe}'' \leq D_{fe}' \leq D_{fe} \leq D_{ai}$

对于外表面(轴) $d_{fe}'' \geq d_{fe}' \geq d_{fe} \geq d_{ai}$

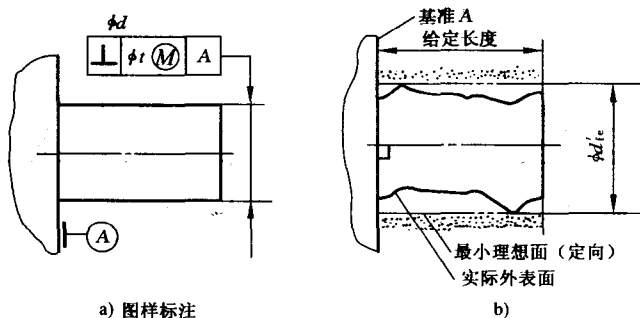


图 2-4 定向体外作用尺寸

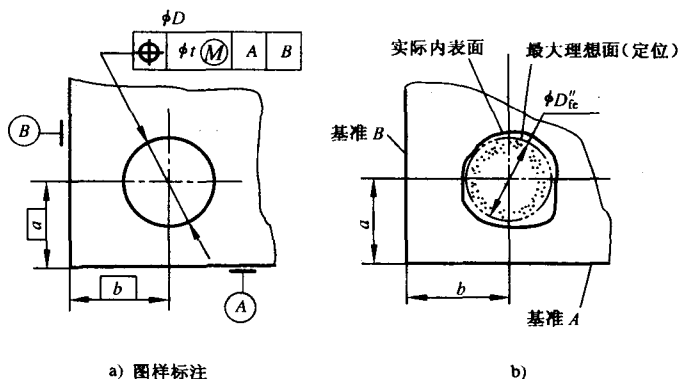
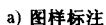


图 2-5 定位体外作用尺寸

例如,图 2-6a) 所示的 ϕd 轴,给出了采用最大实体要求的轴线任意方向直线度公差($\phi t_1 \text{ (M)}$),对基准 A 的采用最大实体要求的任意方向垂直度公差($\phi t_2 \text{ (M)}$)和对基准 A、B 的采用最大实体要求的任意方向位置度公差($\phi t_3 \text{ (M)}$)。若实际轴如图 2-6b) 所示,则其实际尺寸 d_{ai} 单一体外作用尺寸 ϕd_{fe} 、定向体外作用尺寸 $\phi d'_{fe}$ 和定位体外作用尺寸 $\phi d''_{fe}$ 满足上述关系。



和局部实际尺寸之间的关系

10

定向、单一体内作用尺寸以及任一局部实际尺寸有下列关系：

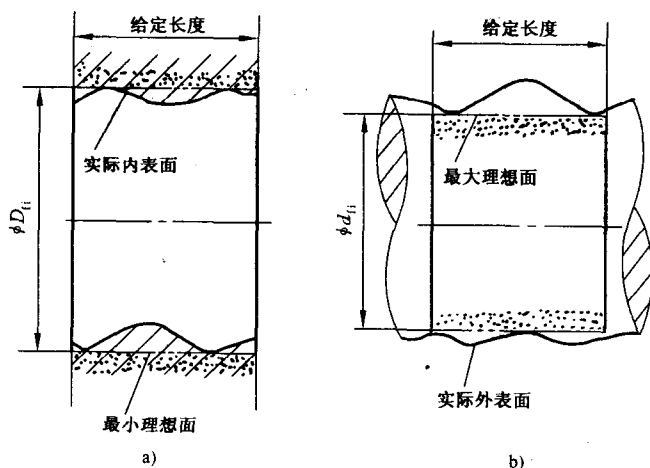


图 2-7 (单一)体内作用尺寸

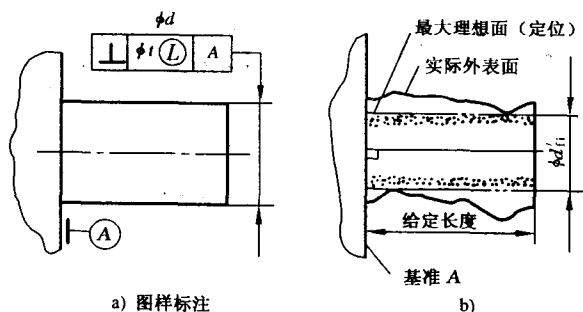


图 2-8 定向体内作用尺寸

对于内表面(孔) $D_{fi}'' \geq D_{fi}' \geq D_{fi} \geq D_{ai}$

对于外表面(轴) $d_{fi}'' \leq d_{fi}' \leq d_{fi} \leq d_{ai}$

例如,图 2-10a)所示的 ϕD 孔,给出了采用最小实体要求的轴线的任意方向直线度公差($\phi t_1 \text{Ⓛ}$)、对基准 A 的采用最小实体要求的任意方向垂直度公差($\phi t_2 \text{Ⓛ}$)和对基准 A、B 的采用最小实体要求的任意方向位置度公差($\phi t_3 \text{Ⓛ}$)。若实际孔如图 2-10b)所示,则其实际尺寸 D_a 、单一体内作用尺寸 ϕD_{fi} 、定向体内作用尺寸 $\phi D'_{fi}$ 和定位体内作用尺寸 $\phi D''_{fi}$ 满足上述关系。

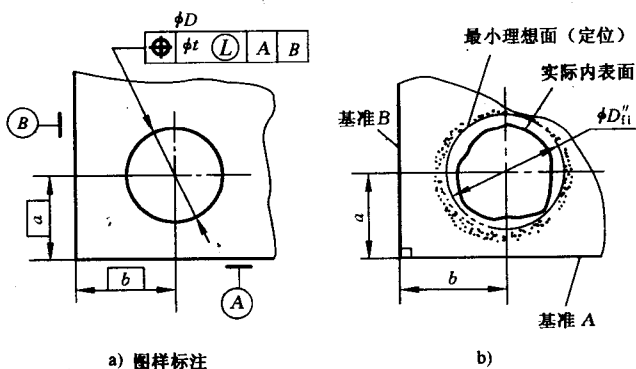


图 2-9 定位体内作用尺寸

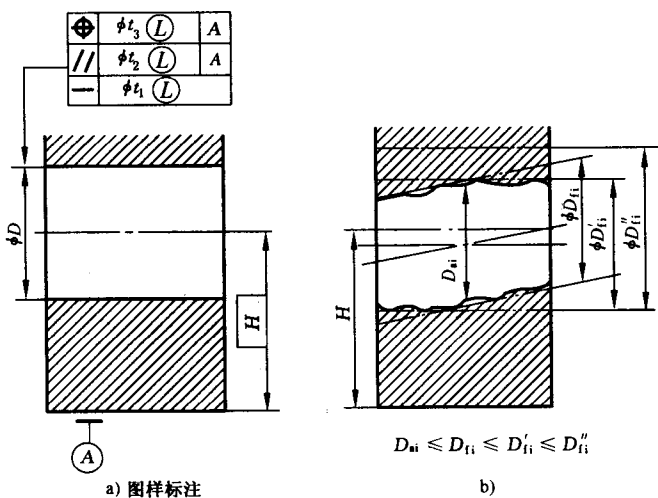


图 2-10 定位、定向、单一体内作用
尺寸和局部实际尺寸之间的关系

作用尺寸是在实际要素上定义的。所以，在一般情况下不同实际要素的作用尺寸是不同的，但任一实际要素的作用尺寸则是唯一确定的。

通用的测量方法和工具很难测得体外作用尺寸和体内作用尺寸。但是体外作用尺寸可以用模拟装配的方法加以控制。而定向或定位体内作用尺寸只在形状误差较小的情况下可以用间接的方法加以控制

外,一般说来,体内作用尺寸只能在坐标测量机上用坐标测量的方法进行逐点测量后由适当的计算软件近似算得。

例如,图 2-11a)所示孔的局部实际尺寸 D_a 处处相同,轴线直线度误差为 ϕf_- ,则其体外作用尺寸 $D_{fe} = D_a - f_-$,体内作用尺寸 $D_{fi} = D_a + \phi f_-$;图 2-11b)所示轴的局部实际尺寸 d_a 处处相同,轴线直线度误差为 ϕf_- ,则其体外作用尺寸 $d_{fe} = d_a + f_-$,体内作用尺寸 $d_{fi} = d_a - f_-$ 。显然,由于图示孔和轴的局部实际尺寸处处相同,因此它们的横向截面轮廓一定为理想圆,即无圆度误差。(按 GB/T 18780.2 的定义)。

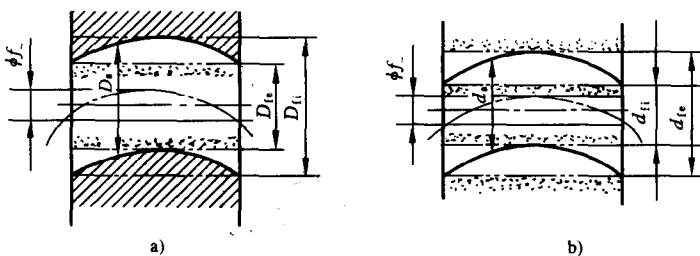


图 2-11 根据轴线直线度误差计算
圆柱面的体外和体内作用尺寸

又如,按图 2-4a)或图 2-8a)给出采用最大或最小实体要求的轴线对基准平面 A 的任意方向的垂直度公差的外圆柱面,若其局部实际尺寸 d_a 处处相同,轴线无形状误差,但对基准 A 的垂直度误差为 $\phi f_\perp$,则其定向体外作用尺寸 $d'_{fe} = d_a + f_\perp$,定向体内作用尺寸 $d'_{fi} = d_a - f_\perp$,如图 2-12 所示。

再如,按图 2-5a)和图 2-9a)给出采用最大或最小实体要求的轴线对基准平面 A 、 B 的任意方向位置度公差的内圆柱面,若其局部实际尺寸 D_a 处处相同,轴线无形状和方向误差,但对基准 A 、 B 的位置度误差为 ϕf_Δ ,则其定位体外作用尺寸 $D''_{fe} = D_a - f_\Delta$,定位体内作用尺寸 $D''_{fi} = D_a + f_\Delta$,如图 2-13 所示。

以上各例对体外和体内作用尺寸的计算,只有在给定的理想条件下才是可行的,所以不能在实际工作中按此计算体外或体内作用尺寸。