

公差原则浅说及 应用实例

张家骅 编著

中航出版社

78.104
9191911

公差原则浅说及应用实例

张家骅 编著
刘翼尔 审
刘 奎 校

中航出版社

内 容 简 介

本书结合《形状和位置公差》、《公差与配合》等多种国家标准,力求通俗易懂地对 GB 4249—84《公差原则》——独立原则、包容原则和最大实体原则的术语及定义、标注方法、形位公差值的选择、有关计算、一般检测方法和不同公差原则之间的关系,以及遵守包容原则的尺寸公差与形位公差在工艺上如何保证等问题作了系统的论述。为有助于读者对公差原则的理解和运用,本书采用以图配文的形式,并结合各种实例予以解释。

本书可供在工厂、研究设计单位从事标准化、设计、工艺、检验工作的人员和工人以及理工院校师生阅读,也可作为国家标准的宣传贯彻和培训资料。

公差原则浅说及应用实例

张家骅 编著

责任编辑:郑济民

*

宇航出版社出版

地址:北京和平里凯华路1号 邮政编码:100013

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经销

中国科学院印刷厂印刷

*

开本:850×1168 1/32 印张:5.875 字数:158千字

1991年6月第1版第1次印刷

印数:1—4000册

ISBN 7-80034-336-7/TB·059

定价:3.80元

前 言

在机械工业产品的技术图样上,零件的功能要求(如配合性质、装配互换性以及其它功能)主要是依靠对零件几何要素(构成零件几何特征的点、线、面)给定的尺寸公差、形状和位置公差(简称形位公差)来保证的。而不同的功能要求,又需要以不同的方式表达形位公差与尺寸公差之间的关系(即需要以不同的公差原则确定形位公差与尺寸公差之间的相互关系),才能经济合理地提高零件的质量和实现互换性。自1979年国家标准 GB 1800~1804—79《公差与配合》和1980年国家标准 GB 1182~1184—80、GB 1958—80《形状和位置公差》发布实施以来,在贯彻标准时如对这些标准缺乏系统的了解,就容易造成概念的混乱。1982年国家标准局颁发了国标发办字(1982)088号文件,对独立原则、包容原则和最大实体原则作了统一解释,1984年发布了国家标准 GB 4249—84《公差原则》(Tolerancing principles)。1987年又发布了国家标准 GB 8069—87《位置量规》。

为便于读者系统地了解 and 贯彻有关国家标准,本书按《公差原则》标准规定的独立原则、包容原则和最大实体原则,结合《形状和位置公差》、《公差与配合》、《光滑工件尺寸的检验》、《光滑极限量规》等多种国家标准,国际标准和国外先进标准以及国内外有关文献,力求通俗易懂,以图配文结合各种实例,系统地分析尺寸公差与形位公差之间、形状公差与位置公差之间、不同公差原则之间的相互关系和公差原则的应用方法。并详细介绍与公差原则有关的技术语及定义、形位公差值的选择以及有关计算、工艺和检测等内容。使读者对各标准之间的关系从概念上获得系统的了解,更好地掌握公差原则在实践中的运用。本书可作为学习、贯彻国家标准《公

差原则》和《形状和位置公差》的参考书,也可作为这两项国家标准的宣传贯彻和培训资料。本书适合工厂、研究设计单位的标准化、设计、工艺、检验人员和工人以及理工科院校师生阅读。

在编写和出版过程中,本书承北京理工大学刘巽尔教授审定,提出了不少改进意见;由航空航天部七〇八所刘奎总工程师校对;同时得到七〇八所罗璣、贵州省标准计量局梁有信、贵州省航天局刘国栋和风华电冰箱厂陈哲辉等同志的大力支持和帮助,在此一并表示感谢。

由于水平所限,书中欠妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

张家骅

1988 年 12 月

目 录

前言	i
第一章 独立原则	1
第一节 线性尺寸公差、角度公差与形位公差的关系	4
第二节 形状公差与位置公差的关系	9
第三节 形位公差值的选择	13
第四节 典型应用实例	19
第二章 包容原则	25
第一节 包容原则和传统概念	27
第二节 包容原则和极限尺寸判断原则、螺纹中径合格性判断原则	32
第三节 实际尺寸	36
第四节 作用尺寸	43
第五节 配合参数	52
第六节 形状公差与尺寸公差的数值关系	56
第七节 位置公差与尺寸公差的数值关系	67
第八节 加工过程如何控制孔、轴的实际尺寸和作用尺寸	68
第九节 包容原则对形状公差有进一步要求	78
第十节 包容原则应用于关联要素	82
第十一节 包容原则对位置公差有进一步要求	88
第十二节 典型应用实例	92
第三章 最大实体原则	97
第一节 最大实体原则和传统概念	101
第二节 最大实体原则和包容原则	103
第三节 实效状态和实效尺寸	106
第四节 最小间隙	109
第五节 最大实体原则应用于被测要素	112

第六节	位置度	117
第七节	延伸公差带	132
第八节	最大实体原则应用于基准要素, 而基准要素本身不要求 遵守包容原则	135
第九节	最大实体原则应用于基准要素, 而基准要素本身又要求 遵守包容原则	142
第十节	反补偿的应用	147
第十一节	典型应用实例	151
第四章	独立原则和相关原则的关系	158
第一节	不同公差原则之间的关系	159
第二节	补偿或反补偿的关系	164
第三节	限制或反限制的关系	169
参考文献		181

第一章 独立原则

独立原则 (Principle of independence) 是指图样上给定的形位公差与尺寸公差相互无关, 分别满足要求的公差原则。它是标注形位公差和尺寸公差相互关系的基本公差原则。

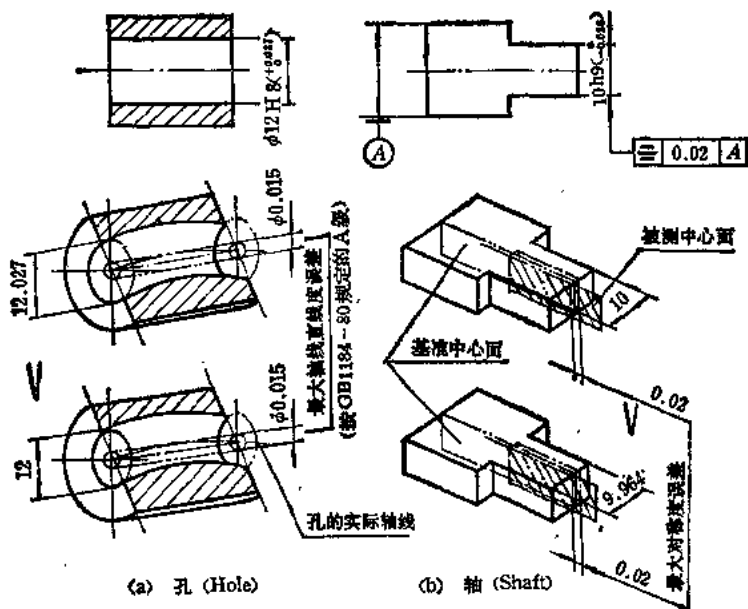


图 1-1 独立原则应用于单一要素和关联要素

图 1-1a 表示孔($\phi 12H8$)的形状公差与尺寸公差遵守独立原则, 要求孔的局部实际尺寸不超过极限尺寸(12.027mm 和 12mm), 且其轴线的直线度误差 f_t 不超越未注直线度公差 t_s (0.015mm)。图 1-1b 表示轴(10h9)的中心平面对基准 A 的对称度公差 t_{zu} 与尺寸公差遵守独立原则, 要求轴的局部实际尺寸不超过极限尺寸

(10mm 和 9.964mm), 且其中心平面对基准 *A* 的对称度误差 f_{zu} 不超越图样给定的对称度公差 t_{zu} (0.02mm)。

形位公差与尺寸公差遵守独立原则时, 以两点法测量(如用游标卡尺、千分尺测量) 所得的局部实际尺寸应满足尺寸公差的要求, 以通用测量器具(如塞尺、百分表、水平仪等) 测得的形位误差应满足形位公差的要求, 且两者相互无关。

图 1-2 为形位公差与尺寸公差遵守独立原则时标注方法的实例。

采用独立原则时应注意以下几点:

1. 应用于单一要素(仅对其本身给出形状公差要求的要素) 时, 除应注出该要素的基本尺寸、尺寸公差带代号、上下偏差值或理论正确尺寸(或角度)外, 还应以形位公差框格注出形状公差的项目符号和公差值。

2. 应用于关联要素(对其它要素有功能关系的要素) 时, 除应注出该要素的基本尺寸、尺寸公差带代号、上下偏差值或理论正确尺寸(或角度)外, 还应以形位公差框格注出位置公差的项目符号、公差值、与基准代号相同的字母, 并在基准要素上注出基准代号(包括基准符号、圆圈、连线和字母)。

3. 对于不在图样上注出的未注形状和位置公差, 应在相应的技术文件中具体规定选用的未注公差等级。

4. 对于在图样上无法采用代号标注的形状和位置公差, 允许在技术要求中用文字说明。

独立原则主要应用于零件几何要素的形位误差对其使用功能有直接影响或该要素没有配合性质和装配互换要求的场合。

按独立原则分别标注形位公差与尺寸公差有下列优点:

1. 在图样上分别标注形位公差与尺寸公差可明确表达零件的功能要求, 不象采用相关原则那样, 零件的形位精度是随着选用的工艺方法和机床设备的工作精度以及局部实际尺寸的不同而变动, 故只有采用独立原则分别标注形位公差与尺寸公差的零件图样才具有确定的完整性。

2. 因零件的尺寸精度主要取决于操作工人的技术水平, 而零件的形位精度则主要取决于选用的工艺方法和机床设备的工作精度。故在图样上分别标注形位公差与尺寸公差, 既便于工艺人员选用相应的工艺方法和机床设备, 又便于调度人员按操作工人的技术水平分派工件。

第一节 线性尺寸公差、角度公差与形位公差的关系

一、线性尺寸公差与形位公差

因线性尺寸公差是用线性量表示的尺寸公差, 只控制用两点

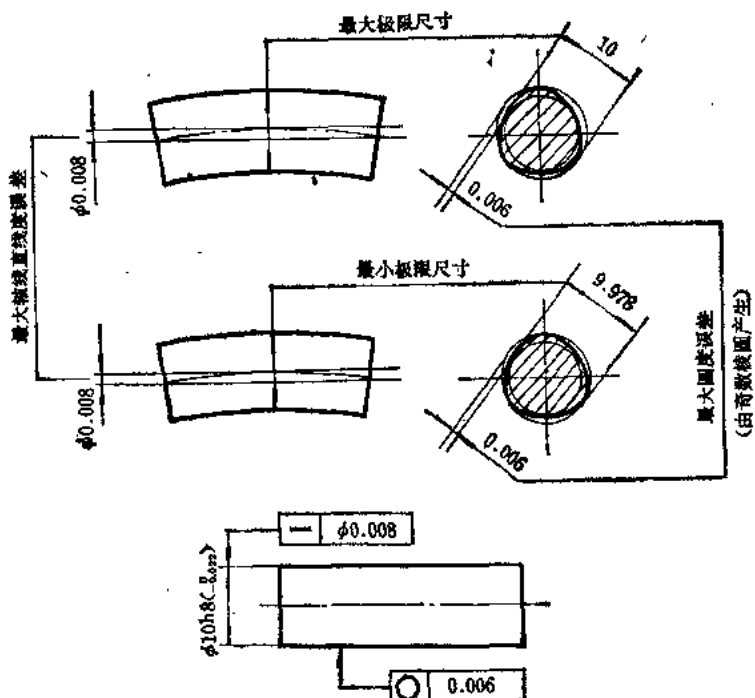


图 1-3 采用独立原则的销轴其形状公差与尺寸公差无关

法测得的局部实际尺寸的变动量,不控制孔、轴本身的形位误差。故不论局部实际尺寸的大小如何,孔、轴的实际轮廓面或轴线的形位误差允许的最大值为图样上给定的或未注的形位公差值。

(一) 线性尺寸公差与形状公差

图 1-3 所示为采用独立原则的销轴,销轴的基本尺寸和尺寸公差带代号 $\phi 10h8(-0.022)$, 给定的轴线的直线度公差 $\phi f_g = \phi 0.008\text{mm}$, 圆度公差 $f_k = 0.006\text{mm}$ 。

当销轴的局部实际尺寸 l_a 处处等于最大极限尺寸 $l_{\max}$ 时,即

$$l_a = L_{\max} = 10\text{mm}$$

销轴的轴线直线度误差 f_g 允许达到最大值,即给定的轴线直线度公差值 $\phi 0.008\text{mm}$; 由奇数棱圆产生的圆度误差 f_k 亦允许达到最大值,即给定的圆度公差值 0.006mm 。

当销轴的局部实际尺寸 l_a 处处等于最小极限尺寸 $l_{\min}$ 时,即

$$l_a = l_{\min} = 9.978\text{mm}$$

销轴的轴线直线度误差 f_g 同样允许达到最大值,即给定的轴线直线度公差值 $\phi 0.008\text{mm}$; 由奇数棱圆产生的圆度误差 f_k 亦同样允许达到最大值,即给定的圆度公差值 0.006mm 。

所以,销轴的轴线直线度公差、圆度公差与尺寸公差相互无关。

(二) 线性尺寸公差与位置公差

1. 线性尺寸公差与垂直度公差

图 1-4 所示为采用独立原则的板孔,板孔的基本尺寸和尺寸极限偏差 $\phi 10^{+0.036}\text{mm}$, 在给定方向上板孔的轴线对基准平面 A 的垂直度公差 $f_v = 0.02\text{mm}$ 。

当板孔的局部实际尺寸 L_a 处处等于最大极限尺寸 $L_{\max}$ 时,即

$$L_a = L_{\max} = 10.036\text{mm}$$

板孔的轴线对基准平面 A 的垂直度误差 f_v 允许达到最大值,即给定的垂直度公差值 0.02mm 。

当板孔的局部实际尺寸 L_a 处处等于最小极限尺寸 $L_{\min}$ 时,

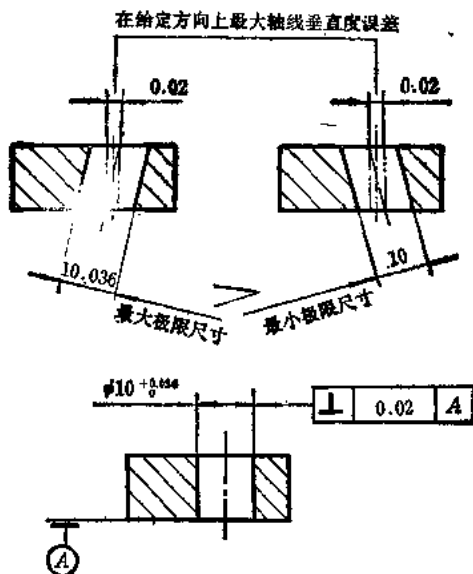


图 1-4 采用独立原则的板孔垂直度公差与尺寸公差无关

即

$$L_o = L_{\min} = 10\text{mm}$$

板孔的轴线对基准平面 A 的垂直度误差 f_v 同样允许达到最大值，即给定的垂直度公差值 0.02mm 。

所以，板孔的轴线对基准平面 A 的垂直度公差与尺寸公差相互无关。

2. 线性尺寸公差与倾斜度公差

图 1-5 所示为采用独立原则理论正确角度为 45° 的板孔，板孔的基本尺寸和尺寸极限偏差 $\phi 10^{+0.036}_0\text{mm}$ ，在给定方向上板孔的轴线对基准平面 A 的倾斜度公差 $t_v = 0.02\text{mm}$ 。

倾斜度是定向位置公差项目的普遍形式，而平行度和垂直度则是倾斜度等于 0° 和 90° 时的特定形式。倾斜度公差是限制实际要素对基准要素在任意给定方向上的变动量。图 1-5 所示为在给定方向上线对面的倾斜度，即板孔的轴线必须位于距离为

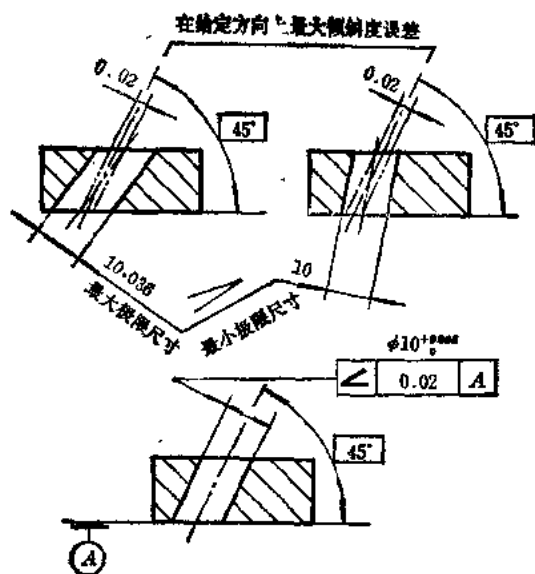


图 1-5 采用独立原则的板孔倾斜度公差与尺寸公差无关

公差值 0.02mm ，且与基准平面 A 成理论正确角度 $[45^\circ]$ 的两平行平面区域内。所谓“理论正确角度”，就是不附带角度公差的具有几何学意义的角度。

当板孔的局部实际尺寸 L_a 处处等于最大极限尺寸 $L_{\max}$ 时，即

$$L_a = L_{\max} = 10.036\text{mm}$$

板孔的轴线对基准平面 A 的倾斜度误差 f_w 允许达到最大值，即给定的倾斜度公差值 0.02mm 。

当板孔的局部实际尺寸 L_a 处处等于最小极限尺寸 $L_{\min}$ 时，即

$$L_a = L_{\min} = 10\text{mm}$$

板孔的轴线对基准平面 A 的倾斜度误差 f_w 同样允许达到最大值，即给定的倾斜度公差值 0.02mm 。

所以,板孔的轴线对基准平面 A 的倾斜度公差与尺寸公差相互无关。

二、角度公差与形状公差

因角度公差是以相应角度量(如度、分、秒)表示的角的公差,只控制符合最小条件的两被测要素的理想要素之间的角度变动量,即只控制从零件材料外部与被测实际要素相切,且与被测实际要素的最大距离为最小的理想要素之间夹角的变动量(该两理想要素之间的夹角应在给定的两极限角度之间),不控制被测实际要素的形状误差(由于形状误差的影响,被测实际要素可能超出角度公差带)。故不论两被测要素的理想要素之间的角度值大小如何,两被测实际要素的形状误差允许的最大值为图样上给定的或未注的形状公差值。

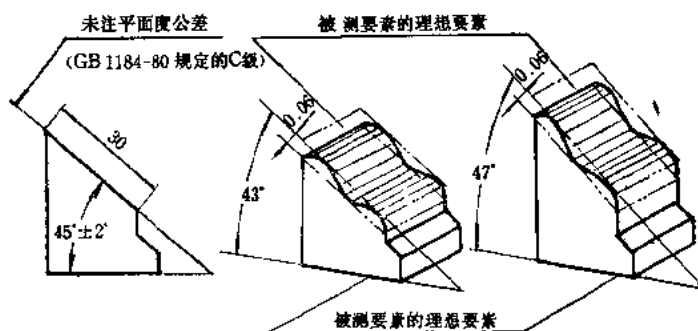


图 1-6 采用独立原则的角块其平面度公差与角度公差无关

图 1-6 所示为采用独立原则的 $45^\circ \pm 2^\circ$ 角块,选用的未注平面度公差等级为 C 级,即未注平面度公差 $t_s = 0.06\text{mm}$ 。

当两被测实际要素的理想要素之间的夹角等于最小极限角度 43° 时,被测实际要素的平面度误差 f ,允许达到最大值,即选用的未注平面度公差值 0.06mm 。

当两被测实际要素的理想要素之间的夹角等于最大极限角度

47°时,被测实际要素的平面度误差 f_z 同样允许达到最大值,即选用的未注平面度公差值 0.06mm。

所以,角块的未注平面度公差与角度公差相互无关。

上述各种实例虽然主要是描述遵守独立原则的尺寸公差与不能被尺寸公差自然限制的非自然限制性形位公差的各自独立性,但是独立原则也同样适用于尺寸公差能够自然限制的自然限制性形位公差(参第二章第九节)。因尺寸公差与自然限制性形位公差之间的相关性,是相对的、可变动的。如改变其判断依据,在图样上分别给定零件要素的尺寸公差与自然限制性形位公差时,则自然限制性形位公差就不再允许任凭位于尺寸公差带内的局部实际尺寸相对最大实体尺寸偏离值的补偿,即必须单独检测,单独满足要求,从而使尺寸公差与自然限制性形位公差具有各自的独立性。

总之,按独立原则在图样上给定的尺寸公差与形位公差,不论是线性尺寸公差还是角度公差,均与形位公差(自然限制性或非自然限制性)相互无关,分别满足要求。为保证零件的功能要求,“独立自主”,“各行其是”,这就是遵守独立原则的形位公差与尺寸公差的本质属性。

第二节 形状公差与位置公差的关系

以具有独立原则本质属性的非自然限制性形状和位置公差为例:

一、定向公差可控制与其有关的形状误差

轴线的垂直度公差可控制该轴线的直线度误差:

在任意方向上线对面的垂直度公差带是直径为公差值 t_v ,且垂直于基准平面 A 的圆柱面内的区域。图 1-7 所示的板孔 ϕD 的实际轴线必须位于直径为给定的垂直度公差值 0.015mm、且垂直于基准平面 A 的圆柱面内。

显然,板孔 ϕD 实际轴线的直线度误差 f_z 也就不能超出垂

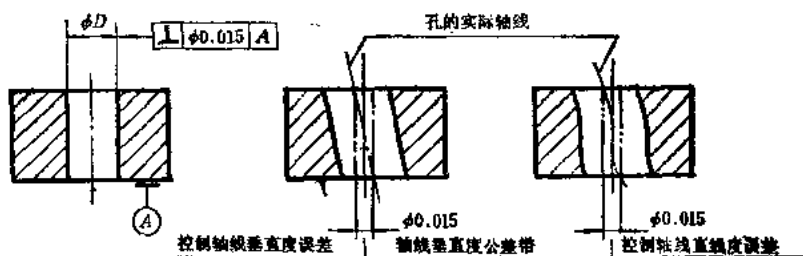


图 1-7 轴线的垂直度公差可控制轴线的直线度误差

直线度公差 0.015mm。

二、定位公差可控制与其有关的形状和定向误差

轴线的位置度公差可控制该轴线的直线度、垂直度和平行度误差：

在任意方向上线的位置度公差带是直径为公差值 t_s ，且以线的理想位置为轴线的圆柱面内的区域。图 1-8 所示的板孔 ϕD 的实际轴线必须位于直径为给定的位置度公差值 0.10mm，且以相对基准 A、B、C 由理论正确尺寸确定的理想位置为轴线的圆柱面内。

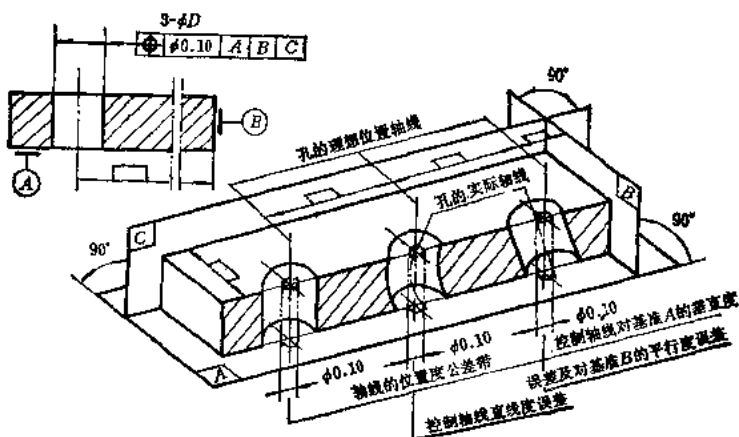


图 1-8 轴线的位置度公差可控制轴线的直线度、垂直度和平行度误差