

形状和位置公差

通俗讲话

姜文奇 编

新 时 代 出 版 社

形状和位置公差通俗讲话

姜文奇 编

本书以通俗的语言，系统地介绍了形状和位置公差的基本概念、公差带的确定、公差标注、公差检测、公差配合、公差设计等方面的知识。本书可作为机械类专业的教材，也可供从事机械工作的工程技术人员参考。

机械工业出版社

1989年1月第1版 1989年1月第1次印刷

16000字 16000字 16000字

机械工业出版社

内 容 简 介

本书对国标《形状和位置公差》的标注、术语及定义、形状和位置误差的概念及其测量原则、公差值的选择和计算都作了简明、扼要的论述。为了便于读者掌握,在论述过程中,每个公差项目,都通过实例介绍其标注、概念、误差及测量方案;对于一些新概念和新内容,如延伸公差带、基准和基准体系、三种公差原则、检测原则、综合量规设计等,都以专门的章节,结合实例,进行了详细介绍;另外还介绍了形位公差值的选择原则和主要依据。

本书可供从事机械设计、制造、测量的工程技术人员和工人学习、使用形位公差标准时参考。

形状和位置公差通俗讲话

姜文奇 编

责任编辑 张仁杰

新时代出版社 出版 新华书店北京发行所发行

国防工业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 6.5印张 137千字

1982年12月第1版 1982年12月北京第1次印刷

印数: 00,001—59,000册

统一书号: 15241·19 定价: 0.69元

前 言

《表面形状和位置公差》试行标准(GB1182-74, GB1183-75和GB1184-75)自1976年宣传贯彻以来经受了生产实践的考验,认为基本上是可行的。第一机械工业部标准化研究所根据在宣传贯彻中反映的问题和近几年来国际上形位公差的发展情况,对试行标准进行了修订。国家标准总局于1980年5月正式批准颁布了《形状和位置公差》(以下简称形位公差)国家标准(GB1182~1184-80, GB1958-80)。

正式标准与试行标准相比,在体系上更加完善,内容更符合生产实际。

正式标准将形位公差的各项名称,由反义词改为正义词;取消了试行标准中的椭圆度和不柱度;增加了线轮廓度、面轮廓度、倾斜度和全跳动等项目。

根据生产的需要,正式标准增加了要素、几何图框、理论正确尺寸、基准、三种公差原则(最大实体原则,包容原则和独立原则)等的术语和定义;还增加了复合位置度的概念及延伸公差带、基准体系等方面的有关内容。修改了跳动公差的术语和定义;并将公差值由半值改成了全值。

本书用通俗的语言,通过实际例子,综合地介绍了《形位公差》的四个标准及有关附录的主要内容。

本书在编写过程中,国防科技大学赵志承同志提出了不少宝贵意见,在此谨表示感谢。

编 者

目 录

第一章 形位误差、公差的基本概念	1
一、关于要素的概念	1
二、形状误差与最小条件	1
三、最小包容区域	3
四、位置误差、基准应符合最小条件	4
五、公差与公差带	6
六、形位误差的检测原则	7
第二章 形状公差	10
一、直线度	10
二、平面度	17
三、圆度	32
四、圆柱度	40
五、线轮廓度	44
六、面轮廓度	49
第三章 位置公差	55
定向公差	56
一、平行度	56
二、垂直度	62
三、倾斜度	66
定位公差	68
一、同轴度	68
二、对称度	72
三、位置度	76
跳动公差	100
一、径向圆跳动	101
二、端面圆跳动	103
三、斜向圆跳动	105
四、径向全跳动	106

五、端面全跳动	107
第四章 基准和基准体系	109
一、基准的建立	109
二、三基准体系	112
三、基准的体现	118
第五章 相关原则	125
一、最大实体原则	126
二、包容原则	132
三、独立原则	136
四、最大实体原则应用举例	140
五、尺寸公差对形位误差的控制关系	147
第六章 综合量规设计	152
一、量规设计原则	152
二、量规的基本形状和尺寸	155
三、量规制造公差及其分布	159
四、量规的设计步骤及技术要求	170
五、综合量规设计举例	172
第七章 形位公差值的选择	185
一、公差值的选择原则	185
二、选择形位公差的主要依据	192
附表一 直线度、平面度公差值	197
附表二 圆度、圆柱度公差值	198
附表三 平行度、垂直度、倾斜度公差值	199
附表四 同轴度、对称度、圆跳动和全 跳动公差值	200
附表五 位置度数系	202

第一章 形位误差、公差的基本概念

一、关于要素的概念

机器零件都是由一些典型的表面（如平面、曲面、球面、圆柱面、圆锥面以及它们的中心平面、轴线等）所组成，如图1-1所示。为了叙述方便，将这些构成零件几何特征 的点、

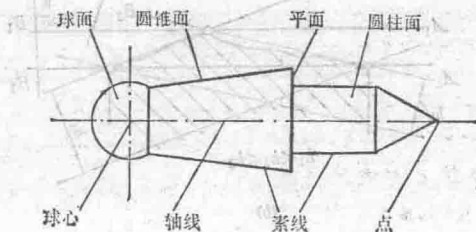


图 1-1

线、面统称为要素。而其中又把零件上实际存在的点、线、面称为实际要素；给出了形状或（和）位置公差（被测量）的点、线、面称为被测要素；用来确定被测要素方向或（和）位置的点、线、面称为基准要素；具有几何学意义（即理想）的点、线、面称为理想要素。

二、形状误差与最小条件

现以图 1-2 所示断面轮廓的直线度要求为例，来说明形状误差和最小条件。

从设计要求来说, 希望断面的实际轮廓线最好是没有误差的直线, 即理想直线。但由于加工要产生误差, 因此, 实

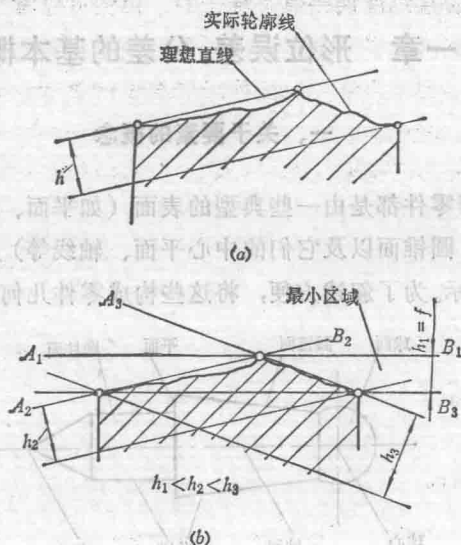


图 1-2

际轮廓线将是一条折线或曲线, 即产生了直线度误差。这一直线度误差值是多少? 应该怎样来评定呢?

根据GB1958-80的规定, 可用一理想直线与实际轮廓线相比较。实际轮廓偏离理想直线的最大距离 (或称变动量) h , 就是直线度误差。

但是, 这样测定的直线度误差不是唯一的。如图 1-2 b 所示, 当理想直线处于不同的位置 A_1-B_1 、 A_2-B_2 、 A_3-B_3 时, 将得到不同的误差值 h_1 、 h_2 、 h_3 。在这种情况下, 应取哪个误差值作为直线度误差呢? 按最小条件的规定, 直线度误差

值应取 h_1 、 h_2 、 h_3 数值中的最小值，即理想形状处在 A_1-B_1 位置时的误差值 $h_1 (h_1 = f)$ 。由于最小值只有一个，因此，这样确定的直线度误差值是唯一的。由图可以看出：当理想直线处于 A_1-B_1 位置时，体现了两条要求：

第一、理想直线应与实际轮廓线相接触；

第二、此时理想直线到实际轮廓线的最大距离 h_1 ，与理想直线处于其他位置时所得的各最大距离 h_2 、 h_3 相比较是最小的。

以上两条是 GB1958-80 规定的评定形状误差时，确定理想形状位置的准则，称为最小条件。其定义是：被测实际要素对其理想要素的最大变动量为最小。标准又规定，若按最小条件评定形状误差有困难时，在满足零件功能要求的前提下，允许采用近似的方法来评定形状误差。但仲裁时必需遵守最小条件。

三、最小包容区域

最小包容区域是评定形状误差时，用以体现最小条件的一种方法。如图 1-2 所示断面轮廓的直线度误差，可用两条平行直线来包容实际轮廓线，使两条平行直线之间的距离 h 达到最小值 h_1 为止。最小距离 h_1 ，即是该实际轮廓线的直线度误差 $f (h_1 = f)$ 。

如图 1-3 所示圆柱面，其轴线产生了直线度误差。其误差可用一圆柱面来包容实际轴线，使包容圆柱面的直径 ϕd 达到最小值 d_1 为止。其最小直径 d_1 ，即是该轴线的直线度误差 $\phi f (d_1 = \phi f)$ 。

最小包容区域（简称最小区域）的最小宽度 f 或直径 ϕf ，

为被测实际要素的形状误差。最小包容区的形状与该要素公差带形状相一致，其宽度或直径由被测实际要素的形状误

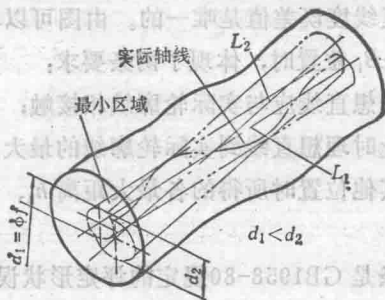


图 1-3

差所决定。这样，可以直接与相应的公差值进行比较，显得方便。

四、位置误差、基准应符合最小条件

被测要素的位置误差是相对于基准要素而言的。如图1-4 a 所示零件，若要求上平面平行于下平面，由于加工产生了误差，这一平行度误差应该怎样来评定呢？

可以这样设想：假设平行度为零，这时被测表面应该绝对平行于基准平面，即被测表面将与基准平面平行的理想平面重合。但是，由于加工误差的存在，完全重合是不可能的。因此，被测表面的实际位置偏离其理想位置的最大距离（或变动量） f ，就是被测表面的平行度误差，如图1-4 b 所示。误差 f 可用定向最小包容区域的宽度来表示。在这里，最小包容区域是以平行于基准平面的两平行平面来包容被测表

面,使两平行平面之间的距离 f 达到最小值为止。最小距离 f 就是该实际表面的平行度误差。

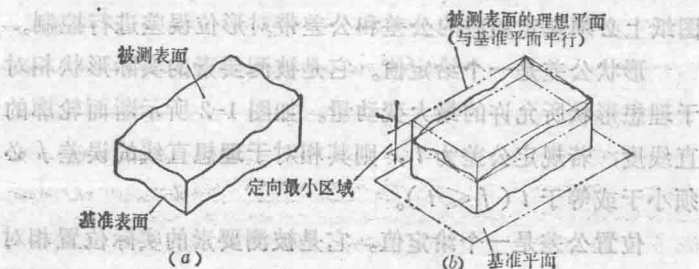


图 1-4

这里必须指出,形状误差的最小包容区域是符合最小条件的。而定向(或定位)误差的最小包容区域并不符合最小条件。因为它要求两包容平行平面,首先要平行于基准平面,然后再包容实际表面,使其达到最小宽度 f ,因此它不符合最小条件。各位置误差项目的定向(定位)最小区域的形状分别和各自的公差带形状相一致,但其宽度或直径由被测要素的位置误差决定。

这里还要说明一个问题,由于基准要素本身也是一个实际要素,也存在形状误差——圆柱度、平面度等。为了不使基准要素的形状误差反映到被测要素的位置误差中去,GB 1958-80规定,应用一理想要素代替基准的实际要素。基准理想要素的位置(相对于基准的实际要素)应符合最小条件。这样,被测要素的理想位置(包容面的位置)应平行于基准实际要素的理想要素(平面),而不是平行于基准的实际要素(平面),如图1-4 b所示。

五、公差与公差带

形位误差是客观存在的。为了满足产品的性能要求，在图纸上必须规定相应的公差和公差带对形位误差进行控制。

形状公差是一个给定值。它是被测要素的实际形状相对于理想形状所允许的最大变动量。如图 1-2 所示断面轮廓的直线度，若规定公差为 t ，则其相对于理想直线的误差 f 必须小于或等于 t ($f \leq t$)。

位置公差是一个给定值。它是被测要素的实际位置相对于基准要素理想位置所允许的最大变动量。如图 1-4 所示的平行度，若规定公差为 t ，则其相对于基准要素理想位置的平行度误差 f 必须小于或等于 t ($f \leq t$)。

公差带是一个给定的区域。其形状与该项目误差的最小包容区域（或定向、定位最小区域）相一致，宽度或直径由公差值 t 或 ϕt 所决定。它是用来限制形位误差的。被测实际要素必须处在公差带区域以内，超出了就算不合格。公差带的主要形式有下列十种：

- 1) 两平行直线。如图 1-2 所示断面轮廓的公差带；
- 2) 两等距曲线。如线的轮廓度公差带（图 2-37 b）；
- 3) 两同心圆。如圆度的公差带（图 2-25 b）；
- 4) 一个圆。如一个点在平面上的位置度公差带（图 3-43）；
- 5) 一个球。如一个点在空间的位置度公差带；
- 6) 一个圆柱。如轴线对端面在任意方向的垂直度公差带（图 3-8 b）；
- 7) 一个四棱柱。如轴线对轴线在两个方向上的平行度

公差带(图3-4b);

8) 两同轴圆柱面。如圆柱度的公差带(图2-33b);

9) 两平行平面。如图1-4b所示的两平行平面的平行度公差带;

10) 两等距曲面。如面轮廓度公差带(图2-43b)。公差带的形状、方向、位置、大小(公差值)由零件的性能和互换性要求来确定。

六、形位误差的检测原则

形位误差的测量, GB1958-80规定了五种原则如下:

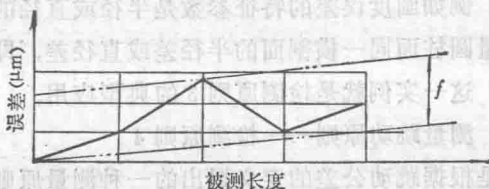
1) 与理想要素比较原则——检测原则1

图1-4b所示的公差带, 是两平行平面。检测时, 用刀口样板平尺测量。图1-4b所示的公差带, 是两平行平面。检测时, 用刀口样板平尺测量。

刀口样板平尺

工件

(a)



(b)

图 1-5

将被测实际要素与理想要素进行比较来确定误差值。例如如图 1-2 所示断面轮廓线的直线度误差,可用刀口样板平尺作为理想直线与实际线进行比较,以确定其直线度误差。如图 1-5 所示刀口样板平尺与实际线之间的间隙 f ,即是直线度误差。

在测量中,理想直线可用拉紧的弦线、两平面的交线、一束光线来体现。对于理想平面可用平板、平台、水平面、光扫描平面来体现。在生产实践中,与理想要素比较的检测原则应用较普遍。

2) 测量坐标值原则——检测原则 2

将被测实际要素置于坐标系统中,测量其坐标值(如直角坐标、极坐标、圆柱面坐标),经过作图或数据处理,求得被测要素的误差值。对于机床导轨纵剖面轮廓线的直线度误差,可用水平仪测出轮廓线上各点的坐标值,然后标注在图 1-5 b 所示的坐标系中,就可按最小区域的宽度确定其直线度误差 f 。

3) 测量特征参数原则——检测原则 3

表示被测实际要素的特征或具有代表性的参数,称为特征参数。例如圆度误差的特征参数是半径或直径的变化。因此,测量圆柱面同一横剖面的半径差或直径差,即可求得圆度误差。这一实例就是检测原则 3 的典型应用。

4) 测量跳动原则——检测原则 4

这是根据跳动公差的定义提出的一种测量原则,也是实际生产中普遍采用的方法。它一般只限于测量跳动误差。如果在经济合理的前提下,也可用来代替同轴度误差的测量(测量示例见跳动公差一节)。

第二章 形状公差

GB1182-80规定的形状公差项目及符号见下表:

分 类	项 目	符 号
形 状 公 差	直 线 度	
	平 面 度	
	圆 度	
	圆 柱 度	
	线 轮 廓 度	
	面 轮 廓 度	

一、直 线 度

直线度是指零件上被测素线的不直程度。

如图 2-1 所示, 为了保证机床的工作精度, 应对导轨提出直线度要求。例如在导轨纵向全长上的直线度误差不得大于 0.1, 横向不得大于 0.05。这个要求在图纸上如何标注呢? 根据 GB1182-80 的规定, 形位公差用公差框格和带指示箭头的指引线标注。公差框格分为两格或多格, 但标注形状公差时只需两格。在图样上, 公差框格应水平或垂直放置。公差

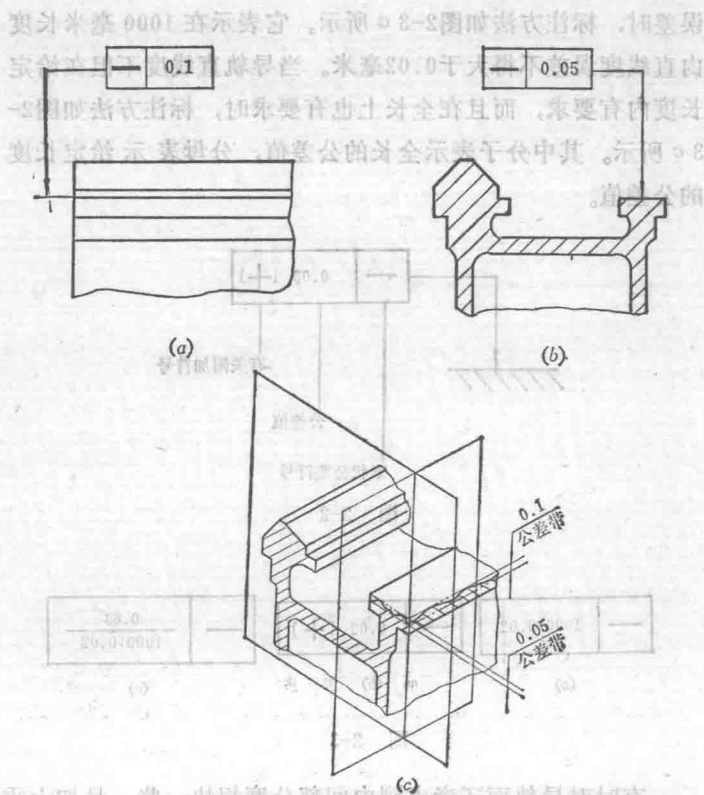


图 2-1

框格填写的内容如图2-2所示。指引线可从框格的左端或右端引出。指引线的箭头指向被测要素，一般应垂直于被测要素的可见轮廓线或其引出线。根据上述规定，该导轨直线度的要求和公差带的标注，如图2-1 a、b、c 所示。

在某些情况下，对被测部位需控制给定长度内的直线度