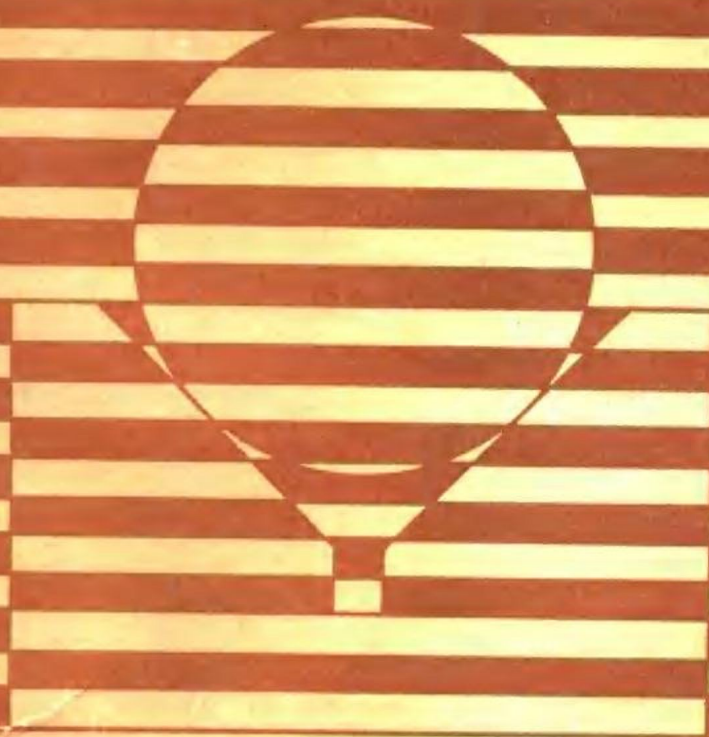




机械基础标准化丛书

# 形位误差检测

李世阳



陕西科学技术出版社

机械基础标准化丛书

主 编：赵卓贤

副主编：柏永新 王玉荣

顾 问：赵文蔚

编 委：（按姓氏笔划为序）

丁步陶 王玉荣 仲小亚 吴京祥 柏永新  
赵文蔚 赵卓贤 张光慎 胡明韬 廖伽尼

责任编辑：胡明韬

机械基础标准化丛书

形 位 误 差 检 测

李世阳 编著

陕西科学技术出版社出版发行

（西安北大街131号）

新华书店经销 西安永新印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 11.25印张 24.7万字

1988年11月第1版 1988年11月第1次印刷

印数：1—6,000

ISBN7—5369—0270—0/TH·12

定价：3.75元

## 出版说明

在积极采用国际标准和国外先进标准的技术经济政策指引下，我国机械基础标准以国际标准为蓝本，近十几年迅速开展了制订和修订工作。为配合这些标准的宣讲和贯彻，向全国广大工程技术人员提供一套系统的学习材料，陕西省标准化协会组织本省有关高等院校的部分教师和工程技术人员，编写了这套丛书。

本丛书共分十五个分册，计有：《优先数和优先数系》、《机械制图国家标准释疑》、《表面粗糙度》、《形位公差及公差原则》、《形位误差检测》、《公差配合及其应用》、《光滑工件尺寸的检验与光滑极限量规》、《滚动轴承公差与配合》、《锥度、角度系列及圆锥公差》、《普通螺纹公差与配合》、《普通螺纹量规》、《渐开线圆柱齿轮精度》、《键和花键的公差与配合》、《特种螺纹》、《尺寸链》，将于近两年内陆续出版。

本丛书的编写特点为：内容紧扣标准，概念解释确切，注意通俗实用各册均有所长。对标准的历史、一般内容及类同项目的介绍从简。

本丛书供机械行业从事设计、制造、标准化、计量和管理等方面的工程技术人员应用机械基础标准时参考，亦可作为大专院校有关专业师生应用与学习这些标准的辅助材料。

参加本丛书的编撰者共二十余人，其中十人为教授和副教授，有不少同志直接参与了有关标准的制订修订工作；有的编者在相应的学术上有一定造诣。虽然有这样一支较强的编撰者，但编写这样一套标准化丛书毕竟是一次尝试，所以不足之处和错误在所难免，热忱欢迎读者批评指正。

## 编者的话

《形状和位置公差检测规定》(GB1958—80)，是《形状和位置公差》国家标准的组成部分，它对形位误差的检测原则作了规定，对检测的基本原理进行了阐明。随着形位公差标准的贯彻，对于形位误差的检测问题，无论在其误差的概念、检测方法和数据处理等方面都有了较大的发展。

为了正确地理解和贯彻标准，总结、推广符合国家标准定义实用简便的检测方法，并介绍在满足零件功能要求的前提下所允许采用的一些近似测量方法，特编写了《形位误差检测》一书。本书紧扣国家标准，对形位误差检测的一些基本原则、原理及十四项形位误差的评定、检测方法、数据处理等作了较为系统、详细的分析介绍，反映了新技术和新理论，适合从事设计、工艺、检测的工程技术人员和工人阅读，亦可做为大专院校机械类、仪器仪表类有关专业的学生、研究生用作教材或参考书。

本书的编写大纲由西安交通大学赵卓贤教授主持审定，西安冶建筑学院段福来教授等参加，全书由陕西机械学院柏永新教授担任主审，在此一并表示感谢！

由于水平有限，错误与不妥之处欢迎广大读者批评指正。

编者

1985年7月

# 目 录

|                        |        |
|------------------------|--------|
| <b>第一章 形状和位置误差检测基础</b> | ( 1 )  |
| § 1—1 概述               | ( 1 )  |
| § 1—2 被测要素的表征与体现       | ( 2 )  |
| 一、零件的几何要素              | ( 2 )  |
| 二、以测得要素代替实际要素          | ( 2 )  |
| 三、用模拟方法体现被测中心要素        | ( 3 )  |
| § 1—3 形位误差检测原则         | ( 3 )  |
| 一、与理想要素比较原则            | ( 3 )  |
| 二、测量坐标值原则              | ( 4 )  |
| 三、测量特征参数原则             | ( 4 )  |
| 四、测量跳动原则               | ( 5 )  |
| 五、控制实效边界原则             | ( 5 )  |
| § 1—4 测量精度             | ( 6 )  |
| § 1—5 基准的建立和体现         | ( 6 )  |
| 一、基本概念                 | ( 6 )  |
| 二、基准的建立                | ( 7 )  |
| 三、基准的体现                | ( 10 ) |
| <b>第二章 直线度检测</b>       | ( 16 ) |
| § 2—1 直线度误差及其评定        | ( 16 ) |
| 一、最小区域法                | ( 16 ) |
| 二、两端点连线法               | ( 18 ) |
| § 2—2 直线度检测            | ( 19 ) |
| 一、与理想要素比较法             | ( 19 ) |
| 二、测量特征参数法              | ( 23 ) |
| 三、控制实效边界检验法            | ( 25 ) |
| § 2—3 直线度测量数据处理        | ( 25 ) |
| 一、给定平面内的直线度误差          | ( 25 ) |
| 二、给定方向内的直线度误差          | ( 30 ) |
| 三、任意方向内的直线度误差          | ( 30 ) |
| <b>第三章 平面度检测</b>       | ( 33 ) |
| § 3—1 平面度误差及其评定        | ( 33 ) |
| 一、最小区域法                | ( 33 ) |
| 二、对角线法                 | ( 33 ) |
| 三、三点法                  | ( 34 ) |
| § 3—2 平面度检测            | ( 34 ) |
| 一、指示器法                 | ( 34 ) |

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| 二、光线扫描法                 | ( 34 ) |
| 三、液面法                   | ( 35 ) |
| 四、干涉法                   | ( 35 ) |
| 五、节距法                   | ( 36 ) |
| § 3—3 平面度测量数据处理         | ( 36 ) |
| 一、按最小区域法处理数据            | ( 36 ) |
| 二、按对角线法处理数据             | ( 45 ) |
| 三、按三点法处理数据              | ( 52 ) |
| <b>第四章 圆度检测</b>         | ( 54 ) |
| § 4—1 圆度误差及其评定          | ( 54 ) |
| 一、最小区域圆法                | ( 54 ) |
| 二、最小二乘圆法                | ( 54 ) |
| 三、最小外接圆法                | ( 56 ) |
| 四、最大内切圆法                | ( 56 ) |
| § 4—2 圆度检测              | ( 56 ) |
| 一、圆度仪测量法                | ( 56 ) |
| 二、坐标测量法                 | ( 65 ) |
| 三、两点、三点测量法              | ( 71 ) |
| <b>第五章 圆柱度检测</b>        | ( 79 ) |
| § 5—1 圆柱度误差及其评定         | ( 79 ) |
| 一、最小区域圆柱法               | ( 79 ) |
| 二、最小二乘圆柱法               | ( 79 ) |
| 三、最小外接圆柱法               | ( 79 ) |
| 四、最大内切圆柱法               | ( 79 ) |
| § 5—2 圆柱度检测             | ( 80 ) |
| 一、与理想要素比较法              | ( 80 ) |
| 二、测量坐标值法                | ( 82 ) |
| 三、测量特征参数法               | ( 86 ) |
| 四、径向跳动测量法               | ( 37 ) |
| <b>第六章 轮廓度检测</b>        | ( 89 ) |
| § 6—1 轮廓度误差及其评定         | ( 89 ) |
| § 6—2 线轮廓度检测            | ( 90 ) |
| 一、与理想要素比较法              | ( 90 ) |
| 二、测量坐标值法                | ( 90 ) |
| § 6—3 面轮廓度检测            | ( 91 ) |
| 一、与理想要素比较法              | ( 91 ) |
| 二、测量坐标值法                | ( 91 ) |
| 三、测量特征参数法               | ( 91 ) |
| <b>第七章 平行度检测</b>        | ( 93 ) |
| § 7—1 平行度误差及其评定         | ( 93 ) |
| 一、当基准为平面由两平行平面构成的定向最小区域 | ( 93 ) |

|                         |         |
|-------------------------|---------|
| 二、当基准为直线由两平行平面构成的定向最小区域 | ( 93 )  |
| 三、当基准为直线由圆柱面构成的定向最小区域   | ( 94 )  |
| § 7—2 平行度检测             | ( 94 )  |
| 一、与理想要素比较法              | ( 94 )  |
| 二、测量特征参数法               | ( 102 ) |
| 三、控制实效边界检验法             | ( 103 ) |
| <b>第八章 垂直度检测</b>        | ( 106 ) |
| § 8—1 垂直度误差及其评定         | ( 106 ) |
| 一、由两平行平面构成的定向最小区域       | ( 106 ) |
| 二、由圆柱面构成的定向最小区域         | ( 107 ) |
| § 8—2 垂直度检测             | ( 107 ) |
| 一、与理想要素比较法              | ( 108 ) |
| 二、测量特征参数法               | ( 113 ) |
| 三、控制实效边界检验法             | ( 114 ) |
| <b>第九章 倾斜度检测</b>        | ( 116 ) |
| § 9—1 倾斜度误差及其评定         | ( 116 ) |
| 一、面对基准平面的倾斜度误差          | ( 116 ) |
| 二、面对基准直线的倾斜度误差          | ( 116 ) |
| 三、线对基准直线的倾斜度误差          | ( 117 ) |
| 四、线对基准平面的倾斜度误差          | ( 117 ) |
| § 9—2 倾斜度检测             | ( 118 ) |
| 一、与理想要素比较法              | ( 118 ) |
| 二、控制实效边界检验法             | ( 120 ) |
| <b>第十章 同轴度检测</b>        | ( 122 ) |
| § 10—1 同轴度误差及其评定        | ( 122 ) |
| § 10—2 同轴检测度            | ( 122 ) |
| 一、测量坐标值法                | ( 122 ) |
| 二、测量特征参数法               | ( 127 ) |
| 三、控制实效边界检验法             | ( 135 ) |
| <b>第十一章 对称度检测</b>       | ( 136 ) |
| § 11—1 对称度误差及其评定        | ( 136 ) |
| 一、面对基准中心平面的对称度          | ( 136 ) |
| 二、线对基准中心平面的对称度          | ( 136 ) |
| 三、面对基准轴线(或中心线)的对称度      | ( 136 ) |
| 四、线对基准轴线(或中心线)的对称度      | ( 137 ) |
| § 11—2 对称度检测            | ( 137 ) |
| 一、与理想要素比较法              | ( 137 ) |
| 二、测量坐标值法                | ( 138 ) |
| 三、测量特征参数法               | ( 143 ) |
| 四、控制实效边界检验法             | ( 146 ) |
| <b>第十二章 位置度检测</b>       | ( 149 ) |

|                  |       |
|------------------|-------|
| § 12—1 位置度误差及其评定 | (149) |
| 一、单一要素的位置度误差及其评定 | (149) |
| 二、成组要素的位置度误差及其评定 | (149) |
| § 12—2 位置度检测     | (150) |
| 一、与理想要素比较法       | (150) |
| 二、测量坐标值法         | (152) |
| 三、控制实效边界检验法      | (156) |
| § 12—3 位置度测量数据处理 | (157) |
| 一、图表法            | (157) |
| 二、直角坐标图解法        | (159) |
| 三、极坐标图解法         | (164) |
| 第十三章 跳动检测        | (168) |
| § 13—1 跳动误差评定    | (168) |
| § 13—2 跳动检测      | (168) |
| 一、顶尖法            | (168) |
| 二、V形座(或V形架)法     | (169) |
| 三、套筒法            | (170) |
| 四、心轴法            | (170) |
| 参考文献             | (172) |

# 第一章 形状和位置误差检测基础

## § 1—1 概 述

形状和位置公差是评定产品质量的一项重要技术指标。由于形位公差标准中采用了公差带体系和按最小条件评定形位误差等一系列新的概念，在生产中就提出了如何正确测量和评定形位误差的问题。

为统一形位误差的概念，明确其检测的基本原则、原理和方法，以利于正确评定形位精度，取得准确性与经济性相统一的效果，使形位公差标准得到更好的贯彻，我国制定了《形状和位置公差检测规定》（GB1958—80）。

检测规定是一项基础性的技术标准。由于检测方法是随被测对象的结构特点、精度要求以及设备条件等因素所决定。因此检测标准的内容是偏重于原则的规定和基本原理的阐明，对具体的检测方法、所用测量装置和有关条件等都未做过多的限制，这将有利于形位误差检测技术的发展。

形状和位置公差检测规定由五方面的内容组成：

### 1. 一般规定

这里着重是对测量对象、测量原则、基本测量条件和测量精度等需要共同遵守的问题作了规定。以保证从概念上、测量精度上的一致性。

### 2. 形状误差及其评定

### 3. 位置误差及其评定

这两部分规定了形位误差的概念，这样就可以起到统一理解的作用。指明最小条件是评定形位误差的基本准则。同时，还规定了在保证测量精度的前提下，考虑到测量过程的方便与经济性，允许采用近似的方法来评定形位误差。

### 4. 基准的建立和体现

把各种位置误差中关于基准的概念，与检测中的实际运用统一起来，指明了基准的四种体现方法。

### 5. 仲裁

提出当对检测结果发生争议时，可由下列三种方法进行仲裁：

（1）分析测量精度。即以测量精度高的测量结果为准。

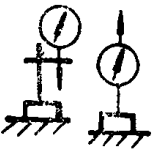
（2）以最小区域的宽度（或直径）所表示的误差值作为仲裁的依据。

（3）按图样上给定的检测方案仲裁。

此外，检测规定还包括检测方案和形位误差值的最小区域与定向最小区域判别法两个附录，为更好地贯彻标准提供具体的参考资料。

在国家标准检测方案附录中,对图例所出现的常用装置、检测方法规定了符号及其说明,见表1—1。对这些常用符号,本书各章图例也将采用。

表1—1

| 序号 | 符 号                                                                                | 说 明              | 序号 | 符 号                                                                                 | 说 明             |
|----|------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1  |   | 平板、平台<br>(或测量基准) | 7  |   | 连续转动<br>(不超过一周) |
| 2  |   | 固定支承             | 8  |   | 间断转动<br>(不超过一周) |
| 3  |   | 可调支承             | 9  |   | 旋 转             |
| 4  |   | 连续直线移动           | 10 |   | 指示计(器)或<br>记录器  |
| 5  |   | 间断直线移动           | 11 |  | 带有指示器的测<br>量架   |
| 6  |  | 沿几个方向直线<br>移动    |    |                                                                                     |                 |

## § 1—2 被测要素的表征与体现

### 一、零件的几何要素

构成零件几何特征的点、线、面统称要素。研究形状误差时,涉及的对象有线和面两类要素;研究位置误差时,则还有点要素。

要素可以从不同角度来分类:

#### 1. 按结构特征分

**轮廓要素** 构成零件外形的点、线、面各要素。

**中心要素** 轮廓要素对称中心所表示的点、线、面各要素,如轴心线、球心和槽的中心面。

#### 2. 按存在状态分

**实际要素** 零件上实际存在的要素。

**理想要素** 具有几何学意义的要素。即不存在任何误差的几何的点、线、面。

#### 3. 按所处地位分

**被测要素** 给出了形状或(和)位置公差的要素。

**基准要素** 用来确定被测要素方向或(和)位置的要素。

#### 4. 按功能关系分

**单一要素** 仅对其本身给出形状公差要求的要素。

**关联要素** 对其他要素有功能关系的要素。

### 二、以测得要素代替实际要素

形位误差检测是一项比较复杂的问题,这一方面是因误差项目较多,且随被检测对象的结构特点、精度要求等的不同、其所采用的检测方法也各有所异;另一方面是因被测要素多是一些连续的几何要素,难于测遍要素的全部来取得无限多的有关数据。因此常常是以测得的有限数据来表征被测要素的全貌。从对测量结果要求相对准确和经济来说,测量也总是要求近似的,所以以测得要素代替实际要素,这样做是符合实际需要的。例如,测量平面度误差时是难于测遍全要素,可以采取不同的布点方式然后按所布之点进行测量,由这些点所测得的数据,按照其误差评定准则可得出平面度误差值。再如要把圆柱面的实际轴线反映出来,就要对实际圆柱面测量具有足够数量的横截面轮廓,把每个横截面轮廓的理想圆的圆心作为横截面实际轮廓的中心,将这些一定数量的实际轮廓中心连接起来,就可作为一个实际圆柱面的实际轴线。显然,由此确定的实际轴线与概念上的实际轴线有一定的差异,但从实用的角度来考虑,这种差异是允许存在的。

测量时取样点的数量、样点的分布方法、测量截面的多少等,是根据被测对象的结构特征、精度要求、工艺方法以及经济效果等因素综合而确定的。综上所述,在形位误差的测量中,是以测得要素代替实际要素,根据测得要素来评定形位误差值。

### 三、用模拟方法体现被测中心要素

由于中心要素测量过程比较复杂,因此在测量定向、定位误差时,在满足零件功能要求的前提下,按需要,允许采用模拟方法体现被测实际要素。常见的模拟中心要素的方法是:以心轴来体现孔的轴线,以定位块来体现槽的心面等。图1—1(a)是用心轴体现实际轴线后,测量其相对于基准平面平行度误差的例子;图1—1(b)为用定位块体现键槽的中心面,然后测量其对称度误差的例子。

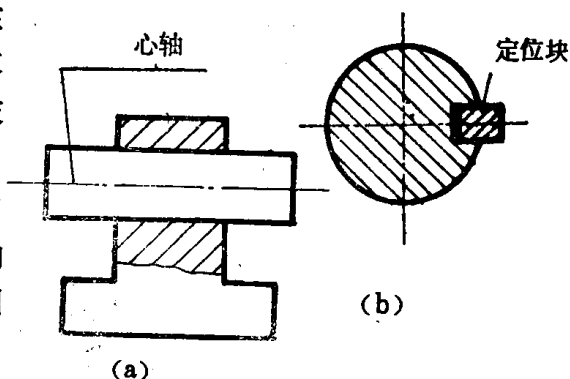


图 1—1

应当指出,当用心轴或定位块模拟被测要素的轴线或中心面时,与心轴相配的孔或与定位块相配的槽的两平行平面的形状误差在测量中已被排除,即模拟法通常排除了被模拟要素的形状误差。

## § 1—3 形位误差检测原则

由于零件的形状和尺寸的多样性,检测方法也是多种多样的。根据检测几何要素时的特点,《形状和位置公差检测规定》将常用的各种检测方法归纳为下列五种检测原则:

### 一、与理想要素比较原则

形位误差值是通过将被测实际要素与其理想要素相比较而得到的。理想要素是几何学上的概念,实际测量中其理想要素是采用模拟的方法来体现的。例如,用一束光线、刀口尺的刃口线等体现理想直线;用平板、水平面、光扫描平面体现理想平面;用圆度

仪主轴（或工作台）的运动轨迹体现理想圆等。

与理想要素比较原则，实质就是将被测实际要素与采用模拟方法体现的理想要素相比较而言，该原则是从形位误差定义的概念提出的。

图1—2是采用与理想要素比较原则测量平面度的示例。以平板作为测量基准，调整被测件相对于测量基准的位置，此时的平板即可理解为被测面的理想平面。又如图1—3是用自准直仪测量直线度，这里是以自准直仪的一束准直光线作为理想要素或测量基准。

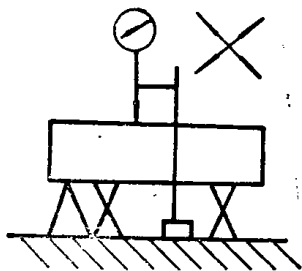


图 1—2

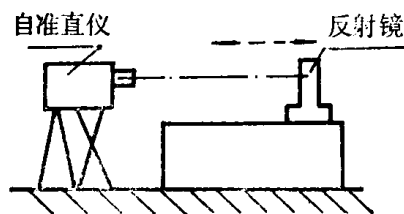


图 1—3

## 二、测量坐标值原则

这一原则是通过测量被测实际要素的坐标值（如直角坐标值、极坐标值、圆柱面坐标值），并经过数据处理而获得形位误差值的。

图1—4是利用直角坐标测量装置测量圆度误差的示意图。在零件上测得若干个直角坐标值 $x_i$ 、 $y_i$ 。并在实际轮廓中任取一点 $(x_0, y_0)$ 作为圆心，求各点至圆心的半径 $R_i$ 。

$$R_i = \sqrt{(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2}$$

在所得的 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ …… $R_n$ 中必有 $R_{\max}$ 和 $R_{\min}$ 值，并可求得两者之差为 $f_i = R_{\max} - R_{\min}$ 。改变圆心坐标， $R_{\max}$ 和 $R_{\min}$ 也随着变化，如此肯定可以找到更小的半径差值。在各次求得的 $f_i$ 中取 $f_{i\min}$ ，即为所求的圆度误差值。

由于无论是在平面内的还是在空间的被测要素，都可以用适当的坐标值来确定其形状或方位，因此该检测原则应用广泛。尤其是电子计算技术的应用，该原则的使用更加普遍。

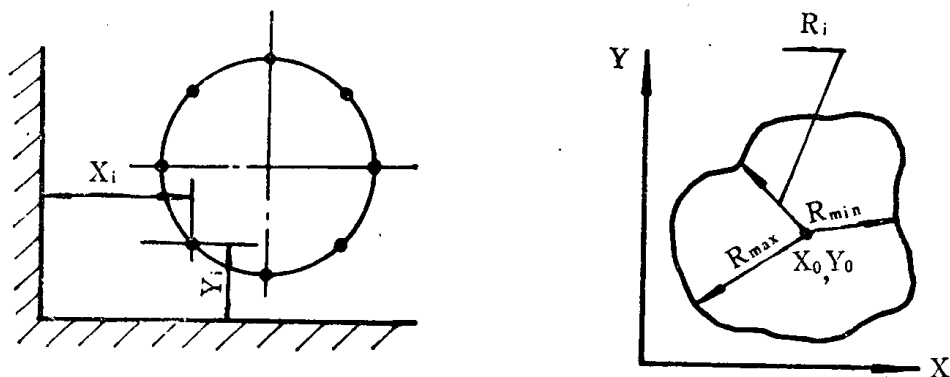


图 1—4

## 三、测量特征参数原则

该原则是测量被测实际要素上具有代表性的参数来表示形位误差值。例如，圆度误

差一般反映在直径的变动上，因此常以直径作为圆度的特征参数。”用两点法测量同一正截面内直径的变动量，以其最大差值之半作为圆度误差值，如图1—5所示。如果圆柱面是奇数棱形状，用两点法测量便反映不出形状误差来。因此，这一检测原则是一种近似的评定形位误差的原则，它是以具有代表性的某种参数来代替被测要素的全貌，从概念上讲是不完善的。但该原则检测方法简单，所以在满足测量精度、确保产品质量的前提下，可广泛采用。

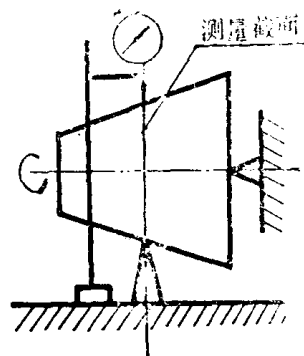


图 1—5

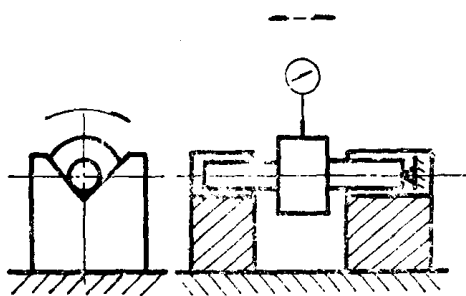


图 1—6

这是按跳动定义提出的一种测量原则。其测量方法是在被测实际要素绕基准轴线回转过程中，沿给定方向测量它对某参考点或线的变动量。这里，变动量是指指示器最大与最小读数之差。变动量即为形位误差值。

这一检测原则主要用于检测圆跳动和全跳动。在形状误差很小的前提下，也可用于同轴度测量。图1—6是测量径向圆跳动的例子。

#### 五、控制实效边界原则

图样上根据最大实体原则对被测要素给出公差要求时，通常应采用综合量规来检验被测要素。该原则即综合量规检验原则。

综合量规是模拟被测件在装配极限（实效边界）时的一种标准相配件，当被测要素符合形位公差要求时，则可被综合量规通过，这表示在实际装配时相配件可以与其顺利装配。如果被测要素超越实效边界，则综合量规不能通过被测要素。因此，用综合量规检验被测要素，实际上就是控制被测要素的实效边界。（若被测要素应用最大实体原则其本身又要求遵守包容原则时，则为控制其最大实体边界）。

图1—7所示为应用综合量规检验同轴度误差的例子。其检验过程是应首先用光滑极限量规检验大孔和小孔的直径尺寸，当大、小孔的直径尺寸合格后，再用综合量规检测同轴度误差，综合量规通过表示零件合格，否则为不合格。

综合量规由测量部分和定位部分（有时还具有导向部分）组成。测量部分的基本尺寸等于被测要素的实效尺寸或最大实体尺寸。定位部分的基本尺寸分两种情况，一是当最大实体原则应用于基准要素而基准要素本身要求遵守包容原则时，基本尺寸等于基准要素的最大实体尺寸。二是当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时，其基本尺寸等于基准要素的实效尺寸。

以上五种检测原则是各种检测方法的概括。在以上五种检测原则的基础上，国家标

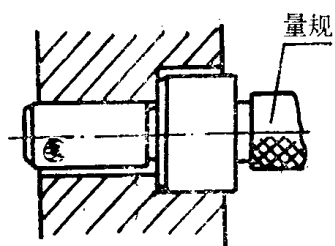


图 1—7

准还以附录的形式列出了十四项形位误差的108种检测方案。检测形位误差时，可以按照这些原则，根据被测对象的特点及有关条件，选择最合理的检测方案，也可根据这些检测原则，采用其它的检测方法和测量装置。

## § 1—4 测量精度

测量精度是衡量采用何种检测方案的重要依据。要求测量精度过高会使成本增加，要求测量精度低，则可靠性差。因此，选择测量方案时，应对该方案做测量精度的估计。

测量精度用测量总误差来表示。测量总误差是形位误差的测得值与其真值之差。它是以下三个方面误差的综合结果。

- (1) 用测得要素代替实际要素引起的误差。
- (2) 测量设备、温度、测量力等因素引起的误差。
- (3) 采用近似方法评定时引起的误差。

检测标准建议各形位公差等级所允许的极限测量总误差按下表确定：

| 被测要素的公差等级        | 0  | 1 | 2  | 3 | 4  | 5 | 6  | 7 | 8    | 9 | 10 | 11 | 12 |
|------------------|----|---|----|---|----|---|----|---|------|---|----|----|----|
| 极限测量总误差占形位公差的百分比 | 33 |   | 25 |   | 20 |   | 16 |   | 12.5 |   | 10 |    |    |

## § 1—5 基准的建立和体现

### 一、基本概念

基准是形位公差中的一个重要部分。凡是要确定两个（或多个）要素的方向、位置关系时都要涉及。对于定向公差，基准起着公差带的定向作用；对于定位公差，基准则是确定公差带位置的参考对象。

设计时图样上所标出的基准都是理想的，即假想该要素没有任何形状误差。但是加工出来的实际要素都存在形状误差。具有形状误差的实际要素往往不能直接作为基准使用，因此首先要从概念上把理论的基准和实际存在的基准要素加以区别，才能进一步研究如何根据实际的基准要素确定理论的基准要素。

对于基准和实际的基准要素可作如下的定义和解释。

**基准：**即理想要素，它是确定要素间几何关系的依据，分别称为基准点，基准直线（轴线）和基准平面（中心平面）。由于它们都是理想的，故基准点仅有位置而无大小，基准直线仅有长度而无宽度，基准平面仅考虑范围而不考虑厚度。

**基准实际要素** 指零件上起基准作用的实际存在的要素，例如零件上的某一平表面、轴的圆柱面等。基准实际要素通常是确立基准的基础。

按基准构成情况和所起作用的不同，可分为下列三种类型。

### 1. 单一基准要素

作为单一基准使用的单个要素。这样的要素可以是一平表面（图 1—8），也可以是一圆柱面的轴线。

### 2. 组合基准要素

作为单一基准使用的一组要素，称为组合基准要素。也可说它是由若干个单一基准要素联合构成的一个公共基准，如图 1—9 中两个圆柱面的轴线构成一条公共基准轴线。

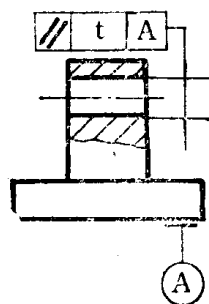


图 1—8

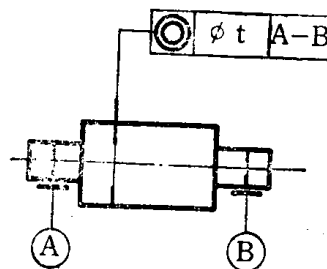


图 1—9

### 3. 三基准体系

由三个互相垂直的基准平面组成的基准体系，它的三个平面是确定和测量零件上各要素几何关系的起点。如图 1—10 所示是由三个相互垂直的基准平面 A、B、C 组成了一个基准体系，被测轴线相对于基准平面 A 有垂直度要求，相对于基准平面 B 和 C 有确定的位置要求。三基准体系中三个基准平面按功能要求有顺序之分。通常选最大或最重要的表面构成第一基准平面（如图 1—10 中的基准平面 A），选次大或次重要的表面构成第二基准平面（如图 1—10 中的基准平面 B），其次则为第三基准平面（如图 1—10 中的基准平面 C）。当有些零件无法以整个表面作为基准使用时，可采用基准目标。

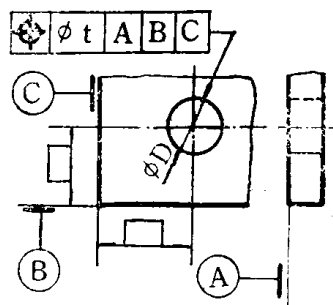


图 1—10

## 二、基准的建立

因为基准是确定关联要素方位的依据，所以基准应是理想的几何要素，而由于加工成的基准实际要素存在或多或少的形状误差，在多基准中，基准实际要素除了存在形状误差以外，还存有定向误差，所以往往无法依据它来评定被测实际要素的定向、定位误差。由图 1—11 可以看出，由于基准实际表面存在平面度误差，因此就无法确定被测实际表面相对于基准实际表面的平行度误差。图 1—12 所示的孔有定位要求，由于两个基准实际表面存在形状和定向误差，因此也就无法把被测孔的位置确定下来。基准与基准实际要素之间如何建立联系，即如何根据基准实际要素确定其理想要素的问题就称为基准的建立。

检测标准规定：由基准实际要素建立基准时，基准为该基准实际要素的理想要素。理想要素的位置应符合最小条件。例如基准实际要素是一个平表面，与之对应的基准则是一个理想的平面，该理想平面相对于基准实际表面的位置，就是在评定该基准实际表

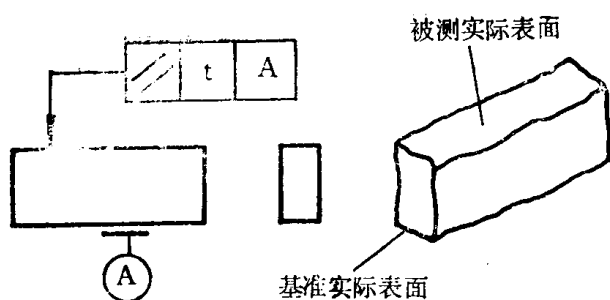


图 1—11

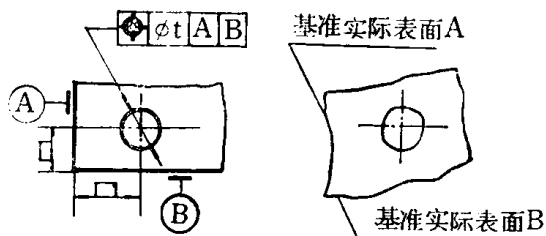


图 1—12

面形状误差时，按最小条件所确定的那个理想平面的位置。这样把评定形状误差时的理想要素建立方法与基准的建立方法统一起来了。下面分别说明各基准的建立。

### 1. 基准点的建立

基准点可由实际的点或球面建立。当以球面确定基准点时，按最小条件原则，应以两同心球包容实际球面，当此两同心球的半径差为最小时，这两同心球的球心即为基准点。

### 2. 基准直（轴）线的建立

由基准实际线建立的基准直线是位于实体之外且与该实际线接触，又符合最小条件的理想直线，如图 1—13所示。

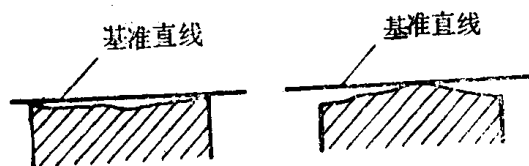


图 1—13

由空间的实际线建立基准直线时，则将实际线按一定方向进行投影后，以符合最小条件且与投影线相接触的理想直线作为基准直线，

如图 1—14所示窄长条型零件的上表面有直线

度要求，将测出的实际线向侧坐标平面投影，进一步可建立基准直线。

由基准实际轴线建立的基准轴线是穿过该实际轴线且符合最小条件的理想轴线，如图 1—15所示。

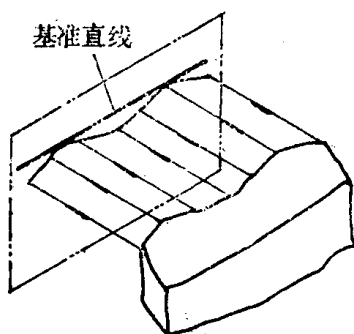


图 1—14

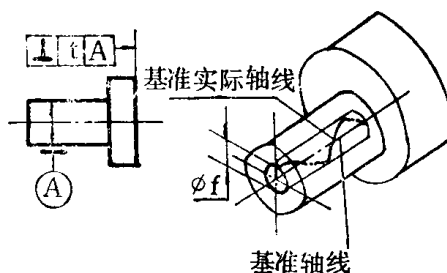


图 1—15

### 3. 基准平面的建立

由基准实际表面建立的基准平面是位于实体之外且与该实际表面接触，又符合最小条件的理想平面，参看图 1—16。由基准实际中心面建立的基准中心平面是穿过该实际中心面且符合最小条件的理想中心平面，如图 1—17所示。

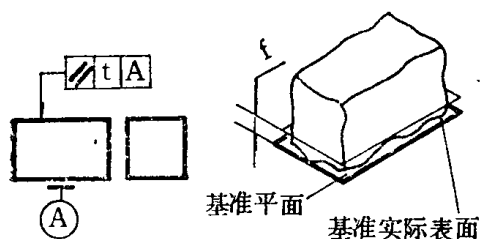


图 1—16

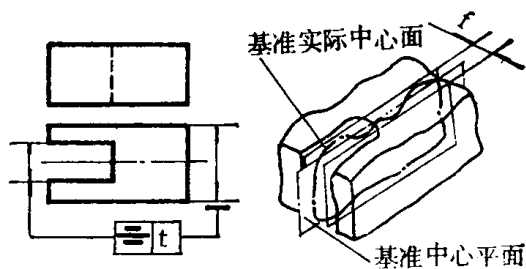


图 1—17

#### 4. 公共基准的建立

公共基准是指由组合基准实际要素（几个同类的基准实际要素作为一个整体看待）

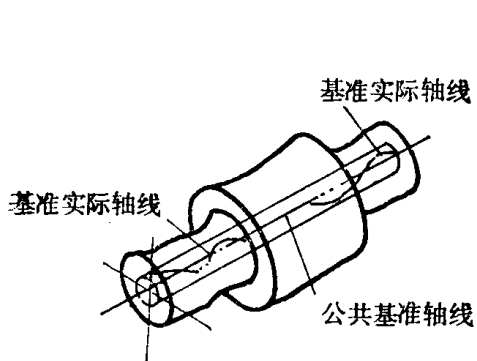


图 1—18

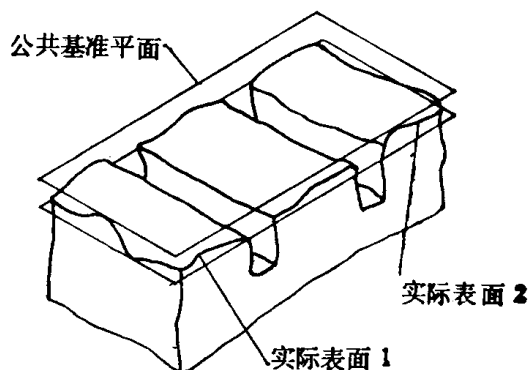


图 1—19

而建立的。如由两条或两条以上基准实际轴线建立公共基准轴线时，公共基准轴线为这些实际轴线所共有的理想轴线，如图 1—18所示。

由两个或两个以上基准实际表面建立公共基准平面时，公共基准平面为这些实际表面所共有的理想平面，如图 1—19所示。由两个或两个以上基准实际中心面建立公共基准中心平面时，公共基准中心平面为这些实际中心面所共有的理想中心面，如图 1—20所示。

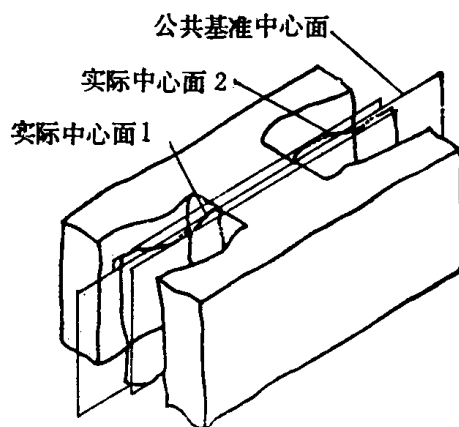


图 1—20

#### 5. 三基面体系的建立

三基面体系由三个相互垂直的平面组成。这三个平面之间有互相垂直的定向关系，当与实际表面联系建立三基面体系时，第一基准平面由第一基准实际表面建立，为该实际表面的理想平面，且使基准实际表面相对该理想平面保持符合最小条件的相互位置关系。第二基准平面是由第二基准实际表面所建立的理想平面，该基准平面应是垂直于第一基准平面，且与其相应的基准实际表面间保持最大变动量为最小的相对关系。第三基准平面是由第三基准实际表面建立的理想平面，该基准平面应是垂直于第一和第二基准平面，同理与基准实际表面应保持正确的相对关系。图 1—21是建立三基面体系的例子。

上面叙述的是与实际表面联系建立三基面体系。下面介绍由实际圆柱面建立三基面