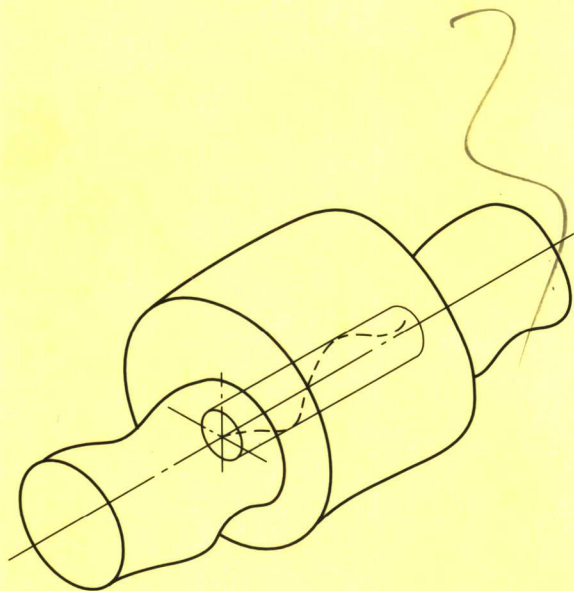


# 新编公差原则

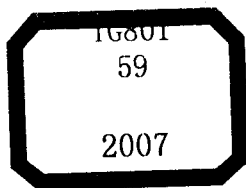
# 与几何精度设计

甘永立 吕林森 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press



# 新编公差原则与 几何精度设计

甘永立 吕林森 编著

国防工业出版社

·北京·

# 内 容 简 介

本书是一本比较深入而系统地论述公差原则、综合公差带和它们在几何精度设计、位置度公差计算及功能量规设计中应用的专著。全书共分七章。第一章介绍研究公差原则和综合公差带所需的基本知识;第二章阐述独立原则的基本概念和主要应用范围;第三章阐述包容要求、最大实体要求、最小实体要求和可逆要求的基本概念和主要应用范围;第四章分析以独立原则为基础的关于形位公差的一般公差(未注公差);第五章提出综合公差带的概念,并讨论孔、轴配合中,按照不同的公差原则配置孔、轴尺寸公差和形位公差的方法以及公差原则在尺寸链计算中的应用;第六章阐述位置度公差的原理、应用和计算方法;第七章阐述功能量规的设计原理和应用,并提供若干设计示例。此外,为了便于读者了解国外有关公差原则标准的情况,特在附录中编入 ISO 及重要工业国家的公差原则标准简介。

本书适用于从事机械研究、设计、制造、标准化和计量测试的工程技术人员,也适用于大专院校机械类专业的师生。

## 图书在版编目(CIP)数据

新编公差原则与几何精度设计/甘永立,吕林森编著.  
北京:国防工业出版社,2007.1  
ISBN 7-118-04558-6

I.新... II.①甘...②吕... III.①公差标准②机械加工-几何误差 IV.TG80

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 099814 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

\*

开本 710×960 1/16 印张 12½ 字数 218 千字

2007 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3500 册 定价 22.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

# 前 言

孔、轴尺寸公差与配合、形状和位置公差、公差原则等国标在全国范围内实施,为保证产品质量和实现互换性提供了有利条件。

工程图样是传递信息的重要手段。现代工程图样在标注尺寸公差之后引进形状和位置公差,这样使图样信息质量大大提高,充分而完善地表达了零件的设计要求。但是,增加同一被测要素上的设计信息(即设计要求项目),若不明确地规定它们之间的相互关系,就会引起对图样要求的多种解释和造成对设计意图的不同理解。

对于处理和确定尺寸公差与形位公差之间的关系,各国经过多年的研究,提出了独立原则、包容要求、最大实体要求、最小实体要求和可逆要求等公差原则,其中独立原则在国际上被公认为公差标注的基本原则。独立原则的引进,使我们能够明确地规定尺寸公差和形位公差的职能,对图样上同一要素的尺寸公差与形位公差之间的关系的解释在国际上就统一了,这无疑对机械制图的现代化和国际化起着巨大的推动作用。

另一方面,公差原则的提出,为几何精度设计中正确而合理地给定尺寸公差和形位公差提供了基本依据。但是,如何应用这些公差原则,还需要深入地探讨。特别是独立原则的引进,改变了图样解释的传统概念,对设计、制造和检测都产生了较大的影响。

作者根据自己参与形位公差国标制定的实践、多年从事这项国标宣贯工作的体会以及在形位公差方面的教学和研究工作中的心得,并参考国内外有关文献加以总结和提高,对原《公差原则与几何精度设计》内容作了更新和补充。希望修订后的本书能进一步促进形位公差和公差原则国标的应用,有助于开展形位公差原理的研究和应用。

由于作者水平所限,书中难免存在缺点和错误,欢迎广大读者批评指正。

作 者  
2006年4月

## 基本符号表

$D$ ——孔或内表面的尺寸

$d$ ——轴或外表面的尺寸

$T$ ——尺寸公差

$t$ ——形状和位置公差(简称形位公差),形位误差允许值

$f$ ——形状和位置误差(简称形位误差)

$T_f$ ——配合公差

$T_t$ ——综合公差

$S$ ——实际要素

$Z$ ——形位公差带

下角标  $h, s$ ——孔或内表面、轴或外表面

$D_a, d_a$ ——孔、轴局部实际尺寸(简称实际尺寸)

$D_{\max}, d_{\max}$ ——孔、轴最大极限尺寸

$D_{\min}, d_{\min}$ ——孔、轴最小极限尺寸

$D_M, d_M$ ——孔、轴最大实体尺寸

$D_L, d_L$ ——孔、轴最小实体尺寸

$D_{MV}, d_{MV}$ ——孔、轴最大实体实效尺寸

$D_{LV}, d_{LV}$ ——孔、轴最小实体实效尺寸

$D_{fe}, d_{fe}$ ——孔、轴体外作用尺寸

$D_{fi}, d_{fi}$ ——孔、轴体内作用尺寸

$D_F, d_F$ ——孔、轴极限作用尺寸

$D_B, d_B$ ——孔、轴边界尺寸

$D_1, d_1$ ——功能量规内、外检验表面极限尺寸

$D_2, d_2$ ——功能量规内、外定位表面极限尺寸

$D_3, d_3$ ——功能量规内、外导向表面极限尺寸

$D_w, d_w$ ——功能量规内、外工作表面磨损极限尺寸

- MMC——最大实体状态
- LMC——最小实体状态
- MMVC——最大实体实效状态
- LMVC——最小实体实效状态
- FC——极限作用状态
- B——边界
- MMB——最大实体边界
- MMVB——最大实体实效边界
- LMB——最小实体边界
- LMVB——最小实体实效边界
- FB——极限作用边界
- X——间隙
- $X_{\max}$ 、 $X_{\min}$ ——最大间隙、最小间隙
- Y——过盈
- $Y_{\max}$ 、 $Y_{\min}$ ——最大过盈、最小过盈
- $F_1$ 、 $F_2$ ——功能量规检验部分、定位部分的基本偏差
- $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$ ——功能量规检验部分、定位部分、导向部分定形尺寸的制造公差
- $W_1$ 、 $W_2$ 、 $W_3$ ——功能量规检验部分、定位部分、导向部分定形尺寸的磨损储量
- $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$ ——功能量规检验部分、定位部分、导向部分的位置公差
- $t_4$ ——阶梯式导向元件检验部位(或定位部位)对导向部位或导向部位对检验部位(或定位部位)的同轴度公差或对称度公差

# 目 录

基本符号表 .....	VII
第一章 概论 .....	1
一、零件要素及其几何特征 .....	1
二、形位公差带的概念和特点 .....	5
三、有关公差原则的基本概念和术语 .....	13
第二章 独立原则 .....	22
一、独立原则的提出 .....	22
二、独立原则的含义和效果 .....	23
三、应用独立原则时公差职能的解释 .....	24
四、应用独立原则时极限作用尺寸的计算 .....	30
五、应用独立原则时的图样表示法及图样解释 .....	33
六、独立原则的主要应用范围 .....	35
第三章 相关要求 .....	40
一、包容要求 .....	40
二、最大实体要求 .....	47
三、最小实体要求 .....	67
四、可逆要求 .....	78
五、公差原则的提要 .....	82
第四章 形位公差的一般公差 .....	85
一、概述 .....	85
二、形状公差的一般公差值的规定 .....	86
三、位置公差的一般公差值的规定 .....	89
四、一般形位公差的应用及其效果 .....	91
第五章 尺寸公差与形位公差的配置 .....	93
一、综合公差带 .....	93
二、孔、轴配合中,孔、轴尺寸公差与形位公差的配置方法 .....	100

三、配置孔、轴尺寸公差与形位公差的计算示例 .....	103
四、公差原则在尺寸链计算中的应用 .....	120
<b>第六章 位置度公差及其计算</b> .....	<b>126</b>
一、位置度公差注法的原理 .....	126
二、位置度公差的标注 .....	129
三、位置度公差计算 .....	136
四、位置度公差标准数值的选择方法 .....	141
五、采用延伸公差带的位置度公差 .....	143
六、位置度公差的一些应用 .....	149
<b>第七章 功能量规设计</b> .....	<b>152</b>
一、功能量规的功用 .....	152
二、功能量规的设计原理 .....	152
三、功能量规工作部分的定形尺寸公差带 .....	157
四、功能量规各项公差的数值 .....	163
五、功能量规设计计算示例 .....	167
<b>附录 ISO 及重要工业国家的公差原则标准简介</b> .....	<b>185</b>
<b>参考文献</b> .....	<b>189</b>



# 第一章 概 论

## 一、零件要素及其几何特征

### 1. 要素及其分类

机械零件是由构成其几何特征的若干点、线、面构成的。这些点、线、面统称为几何要素,简称要素,例如图 1-1(a)所示零件上的圆锥顶点 5 和球心 8 (点要素),素线 6 和轴线 7 (线要素),球面 1、圆锥面 2、端面 3 和圆柱面 4 (面要素),以及图 1-1(b)所示两平行平面 9 及由它们导出的中心平面  $P$ 。

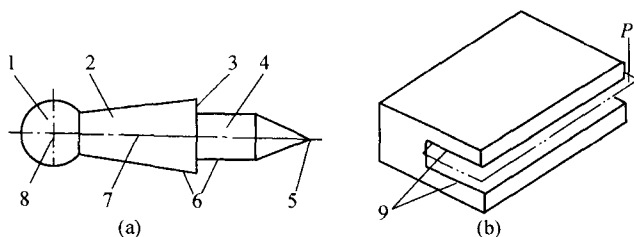


图 1-1 零件要素

(a) 点、线、面; (b) 中心平面。

1—球面; 2—圆锥面; 3—端面; 4—圆柱面; 5—圆锥顶点;

6—素线; 7—轴线; 8—球心; 9—两平行平面;  $P$ —中心平面。

根据零件的精度要求,对零件各要素应分别标注和规定尺寸公差、形状和位置公差(简称形位公差,ISO 标准称为几何公差)以及其他技术要求,以控制零件加工时各要素产生的尺寸偏差、形状和位置误差(简称形位误差,也称几何误差)及其他误差。

按照几何结构特征,要素分为组成要素(轮廓要素)和导出要素(中心要素)。组成要素是指表面、表面上的线或点,其中具有直径或厚度尺寸的要素称为尺寸要素,例如图 1-1 中的球面 1、圆锥面 2、圆柱面 4 和两平行平面 9;不具有直径或厚度尺寸的要素称为非尺寸要素,例如图 1-1 中的端面 3。导出要素是指由一个或几个组成要素得到的中心点、中心线或中心平面,即组成要素对称中心所表示的点、线、面各要素,它们是从对应尺寸要素导出的要素,例如图 1-1 中

的球心8是由组成要素球面1得到的导出要素,轴线7是由组成要素圆锥面2得到的导出要素,中心平面P是由组成要素两平行平面9得到的导出要素。

同一零件的各个要素中,给出了形状公差或(和)位置公差的要素叫做被测要素。其中,按本身功能要求给出形状公差的要素叫做单一要素,对零件上其他要素有功能关系而给出位置公差的要素叫做关联要素。这里所说的其他要素,是据以确定关联要素的方向或位置的要素,称为基准要素。应当指出,基准要素除了作为关联要素几何位置关系的参考对象的基础以外,在零件使用上还有本身的功能要求,因而对它给出形位公差,所以它同时也是被测要素。

理想的基准要素称为基准。基准分为单一基准和组合基准两类。单一基准是指由一个理想要素建立的基准,如一个平面、一个圆柱面的轴线、一个球的球心、某表面上的一要素线(直线)等建立的基准。组合基准是指由两个或两个以上的理想要素建立的一个独立基准。组合基准分为公共基准和成组基准两种,前者是指由两个或两个以上的轴线或中心平面建立的公共基准轴线或公共基准中心平面,后者是指由成组的几个理想要素建立的基准,皆作为一个独立基准使用。

当单一基准或组合基准不能对被测要素提供完整的定向或定位时,就有必要引进基准体系。基准体系即三基面体系,由三个互相垂直的基准平面构成,它们按功能要求分别称为第一基准平面、第二基准平面和第三基准平面(基准的顺序)。第二基准平面垂直于第一基准平面;第三基准平面垂直于第一基准平面,且垂直于第二基准平面。每两个基准平面的交线构成一条基准轴线,三条基准轴线的交点构成基准点。由此可见,单一基准平面是三基面体系中的一个基准平面,基准轴线是三基面体系中两个基准平面的交线。

应当指出,实际基准要素本身并不是基准。基准通常用与实际基准要素接触的形状足够精确的表面来模拟体现,例如基准平面可用平板、平台的工作面来模拟体现,孔的基准轴线可用与实际孔接触的心轴(成无间隙配合)或可胀式心轴的轴线来模拟体现。

## 2. 要素的几何特征

要素一般具有大小、形状、方向和位置等四种几何特征。其中,大小和形状属于被测要素本身的几何特征,而方向和位置则属于被测要素相对于基准要素的几何特征,例如如图1-2所示零件上孔的几何特征。

### 1) 孔的直径大小

零件加工后,孔的直径 $D$ 不可能制成绝对准确的某一特定尺寸,而是有所变动。

### 2) 孔的形状

孔的形状不可能制成理想的圆柱形,孔在横截面和轴向截面内都会产生各

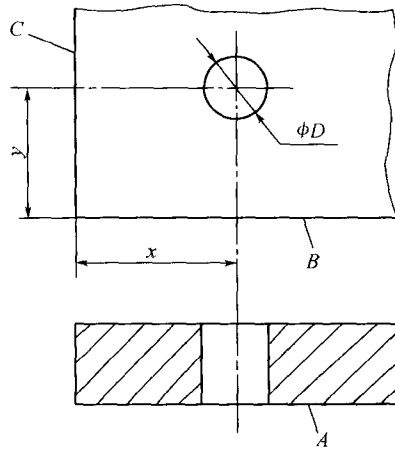


图 1-2 孔的几何特征

式各样的形状误差。

### 3) 孔对零件底面 A 的方向

孔对底面 A 应成  $90^\circ$ , 但不可能制成具有理想方向。孔对理想方向总是有一定的偏离。

### 4) 孔对零件侧面 B 和 C 的位置

孔的轴线至侧面 B 和 C 的定位尺寸  $y$  和  $x$  不可能制成绝对准确, 孔的实际位置对其理想位置总是有一定的偏离。

设计人员对要素的每个几何特征都应加以考虑, 在图样上把它们明确表示清楚, 并适当加以控制, 才能保证零件的功能要求。

## 3. 要素几何特征在图样上的表示方法和控制方法

在图样上表示要素的几何特征是通过一组视图和标注尺寸来实现的, 控制它们则须注出公差, 或者采用一般公差(也称未注公差)。具体说明如下:

### 1) 要素的大小

要素的大小通常是指要素的直径、半径、长度、宽度、厚度、高度或深度等定形尺寸。对它们可以标注尺寸极限偏差或采用未注公差尺寸的一般公差来控制。

### 2) 要素的形状

要素的形状是指要素本身所具有的形态, 如直线、曲线、平面、圆柱面、曲面等。它们用一组视图来表示。对形状可以标注形状公差或统一规定形状公差的一般公差, 或者利用尺寸公差来控制。

### 3) 要素的方向

要素的方向是指要素与其他要素间的角度关系, 即呈平行、垂直或倾斜的角

度关系。它们用一组视图来表示,必要时可补充定向尺寸(线性尺寸或角度尺寸)。对方向可以标注定向公差或统一规定定向公差的一般公差,或者注出定向尺寸极限偏差来控制。

#### 4) 要素的位置

要素的位置通常是指要素与其他要素间的距离,而有时该距离为零。它们通常用定位尺寸来表示,也用公共中心线表示(应同轴线或应对称的两要素间的定位尺寸为零)。对位置可以标注定位公差或统一规定定位公差的一般公差,或者标注定位坐标尺寸极限偏差来控制。

参看图 1-3(a),  $d_2$  与  $d_1$  圆柱面轴线应重合,它们之间的位置用一条公共中心线  $l$  表示。参看图 1-3(b),  $D_2$  内表面与  $D_1$  外表面两平行平面的中心平面应重合,它们之间的位置用一条公共中心线  $l$  表示。

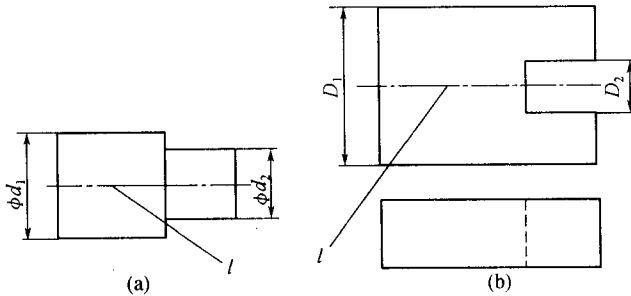


图 1-3 用公共中心线  $l$  表示要素与要素间的位置

(a) 两圆柱面轴线应重合; (b) 内、外表面两平行平面的中心平面应重合。

表 1-1 列出了要素四种几何特征在图样上的表示方法和控制方法。在图样上,还应根据功能要求和提高技术经济效益,考虑要素应采用何种公差原则。

表 1-1 要素四种几何特征在图样上的表示方法和控制方法

几何特征		大小	形状	方向	位置	
图样上的表示方法		定形尺寸	一组视图	一组视图、定向尺寸 <sup>①</sup>	定位尺寸、公共中心线	
控制方法	在图样上直接注出公差	表示方法	尺寸公差	形状公差	定向公差	定位公差
	标注符号或代号	尺寸公差带代号或极限偏差, 如 $\phi 20H8$ 或 $\phi 20^{+0.033}_0$ 或 $\phi 20H8(+0.033)$	— □ ○ / 〰 〱	— □ ○ / 〰 〱	// ⊥ ∠ 〰 〱	◎ = ⊕ / 〰 〱

(续)

几何特征		大小	形状	方向	位置
控制方法	图样上没有直接注出公差	表示方法	未注公差尺寸的一般公差	未注形位公差的一般公差	
		使用文字说明	应书写标准号及所选用一般公差等级的代号,如“未注公差尺寸按 G/T 1804 - m”	应书写公差原则标准号“公差原则按 GB/T 4249” <sup>①</sup> 和未注形位公差标准号及所选用一般公差等级的代号,如“未注形位公差按 GB/T 1184 - K”	
<p>① 定向尺寸可为线性尺寸或角度尺寸</p> <p>② 图样上没有书写“公差原则按 GB/T 4249”之类的文字说明,则表示该图样不采用独立原则。在这种情况下,未注形位公差的一般公差就不适用,而要素的形状精度由其尺寸公差控制</p>					

## 二、形位公差带的概念和特点

### 1. 形位公差带的概念

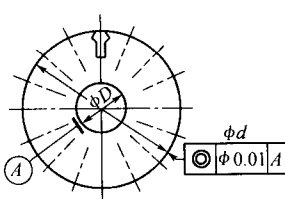
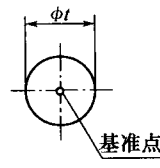
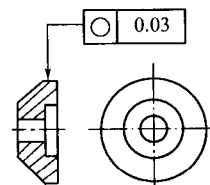
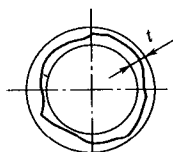
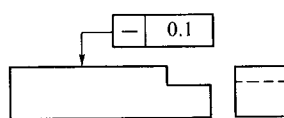
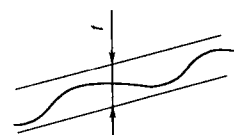
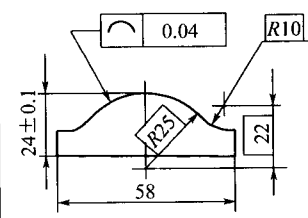
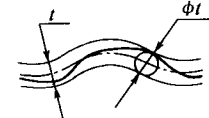
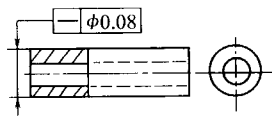
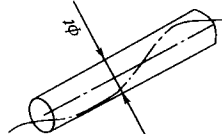
形位公差是指实际被测要素对图样上给定的理想形状、理想方位的允许变动量。因此,形状公差是指实际单一要素的形状的允许变动量(如图 1-4 所示),位置公差是指实际关联要素的方位对基准所允许的变动量(如图 1-5、图 1-6 所示)。

形位公差带是按几何概念定义的(但跳动公差带除外),与加工方法、测量方法无关。它是用来限制实际被测要素变动的区域。这个区域可以是平面区域或空间区域。形位公差带具有形状、大小和方位等特性。其形状取决于被测要素的几何形状、给定的形位公差项目和标注形式。其大小由公差带的宽度或直径来表示,由给定的形位公差值决定。其方位则由给定的形位公差项目和标注形式确定。

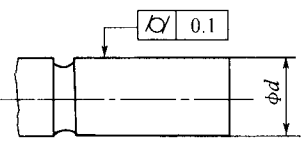
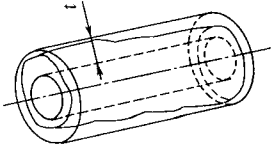
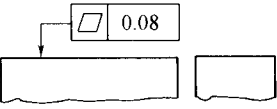
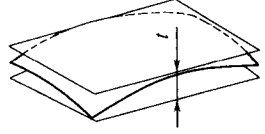
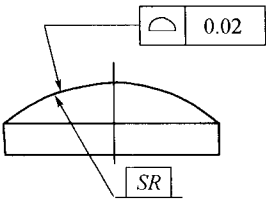
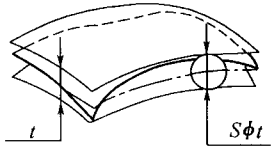
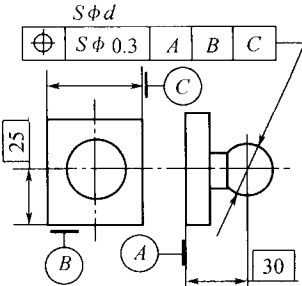
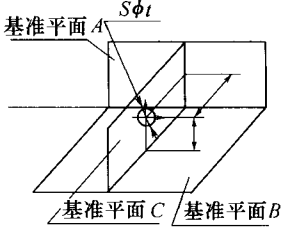
形位公差带的形状有九种主要形式,如表 1-2 所列。

形状公差带只有形状和大小的要求,其方位可以随实际被测要素方位的变动而变动,例如图 1-4(a)所示的图样标注,对圆柱面给出了圆度公差和素线直线度公差,图 1-4(b)给出了任一横截面内形状为两同心圆、公差值为 0.01mm 的圆度公差带,任一轴向截面内形状为两平行直线、公差值为 0.02mm 的直线度公差带,随被测圆柱加工后实际尺寸大小的不同,它们的方位可以浮动,但它们的形状和大小则保持不变。

表 1-2 形位公差带形状的九种主要形式

示例	图样上形位公差的标注	图样要求		公差带形状的形式	
		被测要素的几何形状	形位公差项目		公差值给定方式
1		点(圆的圆心)	同心度	公差值的数字前面标注符号“ $\phi$ ”	<p>圆内的区域</p> 
2		圆周线	圆度	公差值只写出数字	<p>两同心圆之间的区域</p> 
3		直线	直线度	公差值只写出数字	<p>两平行直线之间的区域</p> 
4		曲线	线轮廓度(无基准要求)	公差值只写出数字	<p>两等距曲线之间的区域</p> 
5		圆柱面的轴线	直线度	公差值的数字前面标注符号“ $\phi$ ”	<p>圆柱内的区域</p> 

(续)

示例	图样上形位公差标注	图样要求			公差带形状的形式
		被测要素的几何形状	形位公差项目	公差值给定方式	
6		圆柱面	圆柱度	公差值只写出数字	<p>两同轴线圆柱面之间的区域</p> 
7		平面	平面度	公差值只写出数字	<p>两平行平面之间的区域</p> 
8		曲面	面轮廓度(无基准要求)	公差值数字前面符号“Sφ”	<p>两等距曲面之间的区域</p> 
9		点(球面的球心)	位置度	公差值数字前面符号“Sφ”	<p>球内的区域</p> 

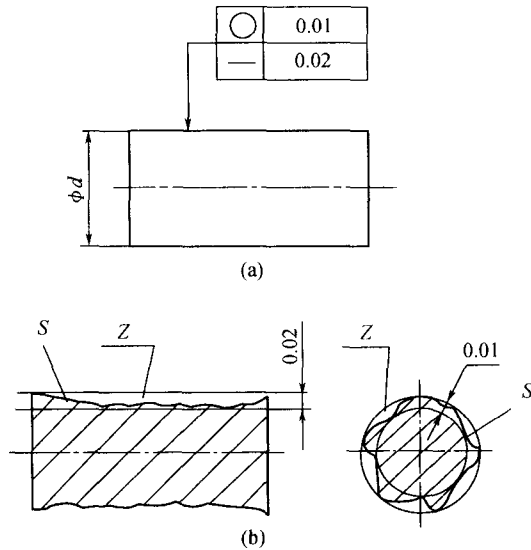


图 1-4 形状公差带示例

(a) 图样标注; (b) 平面区域的素线直线度带和圆度公差带。  
S—实际被测要素; Z—公差带。

定向公差带既有形状和大小的要求,又有方向的要求。其方向可以随被测要素实际尺寸的变动,相对于基准保持正确方向而移动,例如图 1-5(a)所示的图样标注,对被测顶面给出了它相对于基准平面 A 的平行度公差。图 1-5(b)给出了形状为两平行平面、大小为 0.05mm 的被测平面对基准平面的平行度公差带,它可以平行于基准平面 A 移动。

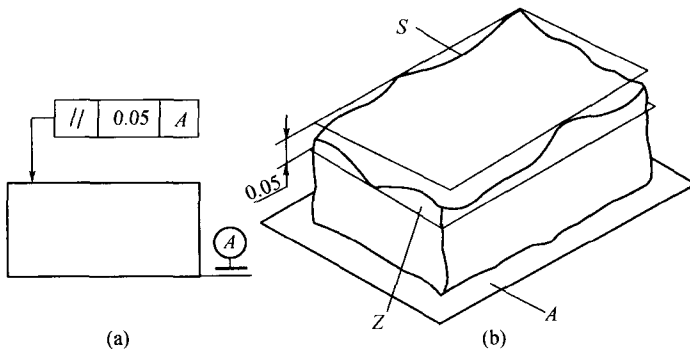


图 1-5 定向公差带示例

(a) 图样标注; (b) 空间区域的平面度公差带。  
A—基准平面; S—实际被测要素; Z—公差带。



定位公差带既有形状和大小的要求,又有方向和位置的要求,其位置是固定的(但个别定位公差带除外,如轮毂键槽或轴键槽的中心平面相对于基准轴线的对称度公差带),例如图 1-6(a)所示的图样标注,对  $d_2$  圆柱面的被测轴线给出了它相对于两个  $d_1$  圆柱面的公共基准轴线  $A-B$  的同轴度公差。图 1-6(b)给出了形状为圆柱、大小为  $0.03\text{mm}$  的被测轴线对公共基准轴线的同轴度公差带,它位置是固定的(公差带的轴线与公共基准轴线重合)。

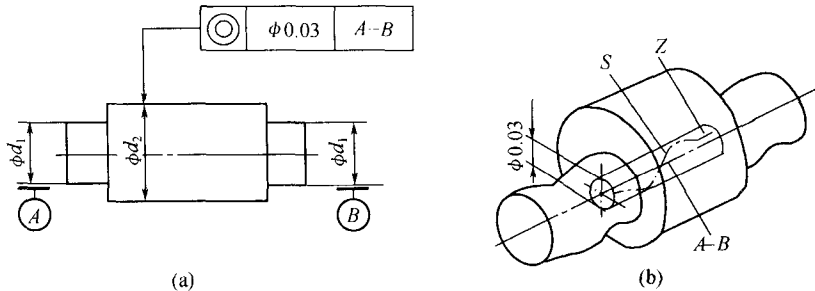


图 1-6 定位公差带示例

(a) 图样标注; (b) 空间区域的同轴度公差带。

$A-B$ —公共基准轴线;  $S$ —实际被测要素;  $Z$ —公差带。

跳动是按特定的测量方法定义的。跳动公差带有形状、大小和方位的要求。它的形状由被测表面的几何形状、给定的跳动公差项目和测量方法确定。

## 2. 形位公差带的特点

形位公差带具有下列的特点:

① 只要实际被测要素落在公差带内,就表示该实际被测要素符合图样要求。如果不在图样上通过文字说明或符号标注提出附加限制要求,则实际被测要素在公差带内就可以具有任意形状和方向,如图 1-7 所示的直线度公差标注及其解释和图 1-8 所示的轴线对基准平面的垂直度公差标注及其解释。

② 如果不在图样上通过文字说明或符号标注来特别限定加工方法或测量方法,则形位公差带的要求一般不限定加工方法或测量方法。

③ 如果不在图样上对被测要素特别规定测量范围,则形位公差带适用于该被测要素的整个范围(全长或整个表面)。

④ 形状公差带有形状和大小的要求,但没有方向和位置的要求,例如图 1-9 所示形状为两平行平面区域的平面度公差带可以上下移动(无位置要求)或朝任意方向倾斜(无方向要求),它只控制实际被测表面的形状误差。

⑤ 定向公差带有形状和大小的要求,还有方向的要求,但没有位置的要求,例如图 1-10 所示形状为两平行平面区域的平行度公差带可以平行于基准平面