

傅成昌 编著



形位公差应用 基础知识



机械工业出版社

机械应用基础知识

傅成昌 编著



机械工业出版社

本书是根据国家标准《形状和位置公差》GB1182~1184—80、GB1958—80的内容编写的，是一本比较实用的普及读物。它对国家标准《形状和位置公差》的宣贯和实施，具有一定的指导作用。

全书共分九章，主要内容有：基本概念，形位公差标注的基本规则，形状公差，位置公差，基准与三基面体系，公差原则及其应用，形位公差的合理标注方法，形位公差应用中的几个问题，形位公差应用举例。在附录中列有：未注公差的规定，图样上注出公差值的规定，主要加工方法能达到的形位公差等级，形位误差检测方案等。

本书可供机械制造厂工人、工程技术人员、计量检验人员阅读，也可作为标准化工作者宣贯的教材和大专院校的教学参考书。

形位公差应用基础知识

傅成昌 编著

责任编辑：杨博泉 责任校对：黄薇

封面设计：田淑文 版式设计：张伟行

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南里一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第147号）

重庆印制一厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092 1/32 · 印张 1 1/2 · 字数 252 千字

1988年6月重庆第一版；1988年6月重庆第一次印刷

印数 00,001—15,700 定价：3.10 元

ISBN 7-111-00527-9/TG·137

前 言

形状和位置公差（简称形位公差）是机械工业一项基础性技术标准。贯彻这项技术标准，对实现互换性生产，提高产品质量将起着重要的作用。随着现代科学技术的不断发展，对各种机械的加工精度和互换性要求也不断提高，应用形位公差的重要性也越来越明显地体现出来。

为适应现代机械工业发展的需要，我国于1980年颁布了《形状和位置公差》国家标准，并规定从1981年7月1日起在全国实施。正确地掌握和合理地应用形位公差，对促进我国现代工业的发展，提高产品质量，开展国内外技术交流具有十分重要的意义。编写本书的目的就是为了帮助广大机械工人和技术人员，尽快地掌握和应用这一标准。

本书力求通俗、简明地介绍国家标准《形状和位置公差》的基本内容，并通过生产中的一些典型实例，详细分析形位公差各个项目的具体应用，以及在图样上合理标注的方法。书末还附有形位公差等级和误差检测方法，可供读者工作时查阅。

在本书编写过程中，得到机械工业部标准化研究所和山东省标准计量局的热情支持和帮助，在此表示感谢。

由于水平所限，书中难免存在缺点和错误之处，诚恳地希望广大读者提出批评指正。

编著者

1987年2月于济南

目 录

前言

第一章 基本概念	1
一、概述	1
二、形位公差的研究对象——要素	5
三、公差带概念	8
四、形位误差	13
五、形位公差的分类	19
第二章 形位公差标注的基本规则	21
一、形位公差的代号标注	21
二、公差框格	22
三、形位公差符号	25
四、公差数值和有关符号的标注方法	26
五、被测要素的标注方法	34
六、基准要素的标注方法	39
第三章 形状公差	43
一、直线度	43
二、平面度	48
三、圆度	50
四、圆柱度	51
五、线轮廓度	52
六、面轮廓度	55
第四章 位置公差	59
一、平行度	61
二、垂直度	69
三、倾斜度	75

四、同轴度	79
五、对称度	81
六、位置度	85
七、圆跳动	90
八、全跳动	94
第五章 基准与三基面体系	98
一、基准与基准要素	98
二、单一基准与组合基准	100
三、三基面体系	106
四、任选基准	113
五、基准目标	115
六、基准的选择	118
第六章 公差原则及其应用	126
一、局部实际尺寸与作用尺寸	126
二、最大实体状态与最小实体状态	130
三、实效状态	131
四、理想边界	133
五、独立原则及其应用	134
六、相关原则	136
七、最大实体原则的应用	139
八、包容原则的应用	151
九、零公差及其应用	153
十、公差原则之间的关系	159
第七章 形位公差的合理标注方法	162
一、标注形位公差的一般步骤	162
二、公差框格外的附加文字说明	163
三、同一被测要素有多项形位公差要求的标注方法	168
四、多个被测要素有相同形位公差要求的标注方法	171
五、圆锥体形位公差的标注方法	174

六、螺纹的形位公差标注方法	177
七、齿轮与花键的形位公差标注方法	179
八、不连续表面形位公差的标注方法	181
九、共面要求的标注方法	182
十、轴线相交要求的标注方法	186
十一、V形槽和燕尾结构的形位公差标注方法	190
十二、机床导轨的形位公差标注方法	192
十三、形位公差图表标注法	193
·第八章 形位公差应用中的几个问题	196
一、尺寸公差对形位公差的控制关系	196
二、位置公差对形状公差的控制关系	201
三、公差等级与公差值的选择	203
四、未注公差的形位公差要求	207
五、延伸公差带	209
六、复合位置度	214
第九章 形位公差应用举例	218
一、直线度、平面度的应用	218
二、圆度、圆柱度的应用	226
三、线、面轮廓度的应用	231
四、定向公差的应用	235
五、定位公差的应用	247
六、跳动公差的应用	256
七、形位公差应用综合示例	261
附录一 形状和位置公差 未注公差的规定	267
附录二 形状和位置公差 图样上注出公差值的 规定	269
附录三 主要加工方法能达到的形位公差公差 等级	280
附录四 形位误差检测方案	283

第一章 基本概念

一、概 述

机械图样是表达设计思想的一种工程语言。现代机械工业的生产过程，都是按照图样的要求进行的。因此，机械图样必须全面、确切地体现出产品设计要求，以作为加工和检验的依据。

现代机械工业是建立在先进的技术、严密的分工和广泛的协作基础上的高效率的社会大生产。为适应专业化生产需要，生产中必须实现零、部件的互换性要求。所谓互换性，是指按照图样的要求所制成的一批同一规格零件（或部件）中，任意取出一件，不需要再经过任何修配，就可以直接装到机器的所在部位上去，并且在装上之后，能够完全符合技术要求，具有良好的使用性能。因此，作为生产依据的零件图，除应有足够的视图，以完整、确切地表示出零件的具体结构形状，并合理地标注出全部结构尺寸外，还必须确切地标注出必要的加工精度及材料和热处理等技术要求，如图1-1所示。

加工精度主要包括尺寸公差、形状公差、位置公差和表面粗糙度等项技术要求。这些要求都是实现零件互换和评定产品质量的重要指标。它是根据零件的功能要求及其结构特点，并按照有关标准的统一规定，确切地标注在图样上，以指导生产的。

形状公差和位置公差（简称形位公差）是对零件上各要素的形状及其相互间的方向或位置精度，所给出的重要技术

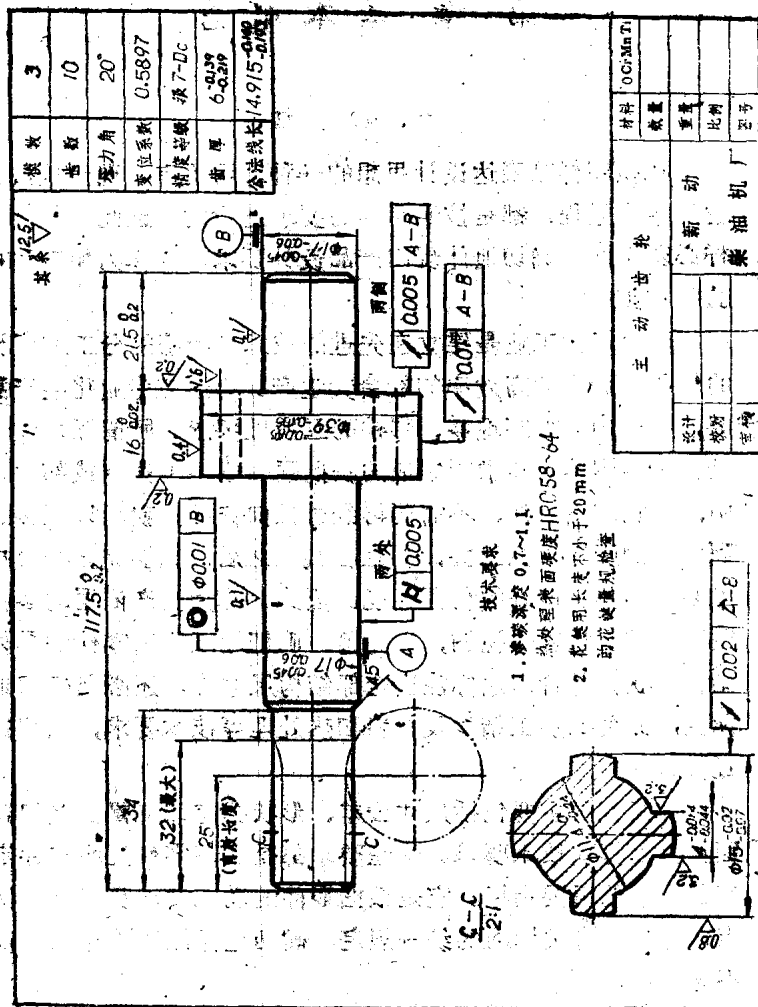


图1-1 零件图

要求。它对机器、仪器、工夹量具及刀具等各种机械产品的功能，如工作精度、连接强度、密封性、运动平稳性、耐磨性及使用寿命、噪声等，都产生较大的影响。尤其是对在高速、高温、高压、重载条件下工作的精密机械和仪器，有着更加重要的意义。

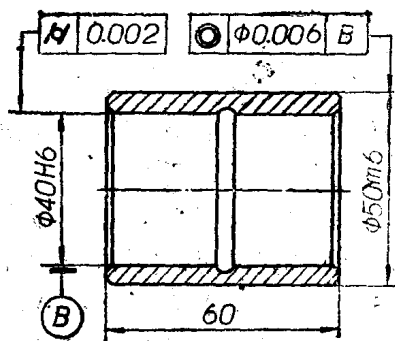


图1-2 轴套

形位公差的作用是控制零件上各要素的形状及其相互间的方向或位置的加工精度，以保证零件的装配互换性和使用性能。如图1-2所示的轴套，该零件是高速转动轴的支承件。其 $\phi 50m6$ 外圆柱面固定于机体座孔内； $\phi 40H6$ 内孔则与高速转轴相配合。为保证工作过程中，轴套内孔与轴颈表面之间保持均匀的间隙，以维持良好的润滑条件，使其能正常地工作。因此，图样中给出内孔圆柱度公差 $0.002mm$ ，以及外圆柱面轴线对内孔轴线同轴度公差 $0.006mm$ 的要求。前者，属于形状公差要求。它是对内孔圆柱面本身单一要素形状的加工精度要求，用以控制内孔的形状变动量，以防止与轴配合时，产生间隙不均匀现象。后者，则属于位置公差要求。它是对两圆柱面的轴线之间，相互位置加工精度的要求，用以控制两轴线间相对位置的偏移，以防止轴套装入机体座孔后，产生内孔位置偏移，使其与轴之间的配合间隙不均匀，甚至出现卡死现象。若实际零件的加工误差超出图样中所给出的形位公差要求时，便造成轴与轴套之间不正常的配合关

系，有时不能进行装配。即使勉强装入，工作中也要产生严重的磨损现象，甚至将轴套烧损，发生故障。

在生产实践中，人们逐渐认识到形位公差对机械工业的重要作用。当人们采用互换性原理进行专业化生产的初期，出现了尺寸公差的要求，用尺寸公差来控制零件的加工精度，以保证装配互换性。这种方法在对工作性能要求不高时，尚可满足需要。但是，随着科学技术的不断发展，国民经济各个领域对机械性能的要求也不断提高。因此，对机械零件的加工精度和互换性要求也越来越高。为了满足这一要求，开始时采用了收紧尺寸公差的方法来解决，但这样工艺复杂，制造成本增加，对操作技术水平要求很高，给生产带来困难。而且有时仍难以满足需要。由生产实践得知，影响零件使用功能和装配互换性的因素很多，仅采用收紧尺寸公差的方法，往往得不到良好的效果。若对零件给出适当的形位公差要求时，再根据其功能要求和结构特点，给出恰当的形位公差要求，便可得到令人满意的效果。这样，不仅对保证和提高产品质量具有重大作用，而且对改善机械的工作性能，延长使用寿命，都具有十分重要意义。如在对各种机床所提出的精度要求中，几乎全部都是形位公差项目；对各种仪器、仪表、轴承、动力机械、农业机械和军工产品等，形位公差要求也成为评定产品质量的重要指标。

随着人们对形位公差重要作用认识的提高，它的应用也日益广泛。为了统一对形位公差基本概念的认识和在图样上的标注方法，我国已制订了四项形状和位置公差标准，即：

GB1182—80 形状和位置公差 代号及其注法

GB1183—80 形状和位置公差 术语及定义

GB1184—80 形状和位置公差 未注公差的规定

GB1958—80 形状和位置公差 检测规定

正确地贯彻上述标准，不仅可以指导我们合理地应用形位公差，以保证零件的互换和产品质量的提高；而且还进一步统一了形位公差的概念、术语、评定原则和标注方法，使设计、工艺和检验等部门的工作有了统一的依据；也为国内外技术交流创造有利条件。

二、形位公差的研究对象——要素

各种机械零件具有各式各样的结构形状，其功能要求也各不相同。但是，任何一种零件，不管其结构多么复杂，形状多么特殊，都是由具有一定几何特征的点、线、面有机地组合在一起所构成。

构成零件几何特征的点、线、面，称为要素。图1-3所示手柄，它是由球心、轴线、素线、平面、圆柱面、圆锥面和球面等要素所构成的一个具有一定特征的几何形体。

1. 构成零件的要素，按其存在的状态可分为轮廓要素和中心要素两大类。

(1) 轮廓要素 是指构成零件外形，为人们能直接感觉到的点、线、面。如图1-3所示的圆柱面和圆锥面及其表面素线、球面、平面等，都是轮廓要素。零件内部形体表面，如内孔圆柱面等，也属于轮廓要素。

(2) 中心要素 是指具有对称关系的轮廓要素的对称中心点、线、面。中心要素虽然也客观存在，但不能为人们直接感觉到，而是通过相应的轮廓要素才能确定。如图1-3中所示圆柱体的轴线，它是由圆柱体上各横剖面轮廓的中心点（即圆心）所连成的线。因为，该直线要素与圆柱表面具有对称关系，故称为中心要素。零件上的中心线、中心面、球

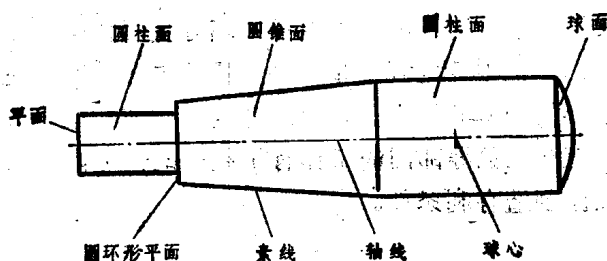


图1-3 手柄

心和中心点等，都属于中心要素。中心要素的特点是：在实际零件上，不存在具体的形体，而是人为地给定的。但它却能反映出零件的实际功能作用。

由此可见，机械零件外形虽有千变万化，但它们都是由一些简单的要素所构成。因此，不论零件的结构特征如何，对其形状和位置精度的要求，都可以简化为对这些简单的要素的问题来解决。也就是说，形位公差的研究对象，就是组成零件的各个要素。

为了便于研究和分析问题，根据要素的特性及其作用不同，标准中又分为多种类型。

2. 按要素的几何特征，可分为点的要素、线的要素和面的要素等三类。

(1) 点的要素 从几何概念上讲，它只占有位置而无大小，是构成线和面的基本元素。在机械零件上，点的要素具体体现为圆心、球心、锥体的顶点、线与线、线与面的交点等特征点，以及在线或面上所指定的位置。

(2) 线的要素 从几何概念上讲，是指点的运动轨迹。线的要素只有长短和方向，而不占有面积。它包括直

线、圆周(或圆弧), 以及其它形状的曲线或折线。在机械零件上, 线的要素具体体现为零件的边缘棱线(面与面的交线)、表面素线、中心线、轴线, 以及在面上指定的线。

(3) 面的要素 是指限定零件与周围介质分开来的要素。它包括有平面、圆柱面、圆锥面、球面, 以及其它任意形状的面。另外, 还包括表示对称形状结构特征的中心平面。

3. 按要素的存在状态, 可分为理想要素和实际要素。

(1) 理想要素 是指图样上给定的要素, 它是不存在任何误差、绝对正确的几何要素。理想要素是作为评定实际要素形位误差的依据, 在生产中是不可能得到的。

(2) 实际要素 是指零件加工完成后, 实际存在着的要素。所有加工好的零件上的要素, 均为实际要素。虽然实际要素是客观存在着的, 但要如实地认识它却十分困难。因为它的实际状态, 必须通过测量才能得到。但因测量手段的限制和不可避免的测量误差的存在, 不可能将其客观存在状态如实地反映出来, 而只能通过检测手段得到它的近似状态。因此, 标准中规定: 评定形位误差时, 用测得要素作为实际要素。

4. 按要素在形位公差要求中所指对象不同, 可分为被测要素和基准要素。

(1) 被测要素 在图样上给出了形位公差要求的要素。如图1-2所示, 图样上对 $\phi 40H6$ 和 $\phi 50m6$ 圆柱面的轴线, 分别给出了圆柱度和同轴度公差要求, 该两要素均为被测要素。在加工好的零件上, 对应于图样上所给定的被测要素, 称为被测实际要素。被测实际要素在生产中必须进行检测, 以评定其是否符合图样要求。

(2) 基准要素 零件上用来确定被测要素的方向或位

置的要素。基准要素在图样上均标注有基准符号，用来作为评定被测要素位置误差的依据。

5. 按要素的结构性能不同，可分为单一要素和关联要素。

(1) 单一要素 只具有形状公差要求的要素，与其它要素存在状态无关。如一个点、一条轴线、一个平面、一个圆柱面等。

(2) 关联要素 与其它要素存在有功能关系的要素。所谓功能关系，是指要素间存在有某种确定的方向或位置关系，如垂直、平行、同轴、对称等。

三、公差带概念

按照零件图样加工出来的零件，由于受加工设备的精度、工夹具以及工艺操作技术水平等原因的影响，不可能做得绝对准确，必然要产生一些加工误差。这些误差包括：尺寸误差、形状误差、位置误差和表面粗糙度等。

从零件的互换性和功能要求来看，所加工好的零件也并不需要做到绝对准确，只要将这些误差控制在一个适当范围内，仍能满足零件的使用要求。因此，在实际生产中，应在满足零件的功能要求和互换性的前提下，对各类加工误差给出一定的控制要求。

如图1-4所示尺寸公差带，是大家所熟悉的用来控制尺寸误差的一项技术要求。图1-4a中除注出直径的基本尺寸 $\phi 35$ 外，还给出了上、下偏差控制要求。该要求表示：零件的实际尺寸应控制在 $\phi 34.99 \sim \phi 35.015 \text{ mm}$ 之间。用示意图表示为图1-4b。图中相对于基本尺寸线（称为零线），并根据图样中给出的上、下偏差值，以放大比例作出两平行线。则两

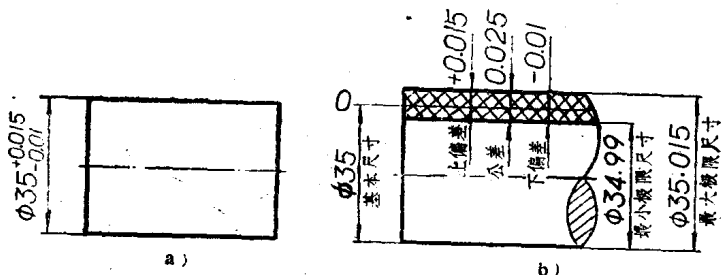


图1-4 尺寸公差带

平行线间所限定的范围，称为尺寸公差带(图中网纹所示范围)。

由上述可知：尺寸公差带是由两个要素所确定。一是基本偏差，用以确定公差带相对于零线的位置；一是标准公差，用以确定公差带的大小。加工好的零件实际尺寸，只要在给定的公差带范围内，就是合格品。超出公差带的范围，则为不合格品。

控制零件上实际要素的形状和位置误差的变动范围，同样也是给出一定的公差要求，构成不同形式的公差带来加以限制。由于零件的结构形状复杂，用以限制实际要素的形状和位置误差变动范围，所给出的公差带，要比尺寸公差带复杂得多。

形状和位置公差带是用以限制实际要素形状和位置所允许的变动范围的。零件上实际要素的形状和位置，必须在此范围内才为合格，否则为不合格。如图1-5a所示平板，根据其功能需要，应控制上平面保持与下平面平行。为此，图中给出平行度公差要求。图中要求表示，由两个距离为0.05mm，且平行于基准平面B的平行平面，构成一空间范围，用以控制被测实际表面位置的变动，该范围即为平行度公差带。加

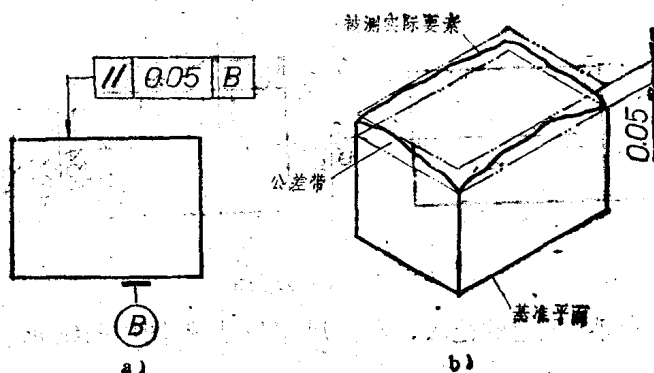


图1-5 平板

工后的被测实际表面，不得超出该范围。

由此可知，形位公差公差带是由形状、方向、位置和大小等四个要素所确定的。

1. 公差带的形状

是指由几何要素所组成的一种几何图形，用以构成限制形位误差的变动范围。它由被测要素的误差特征和在功能方面的方向要求来确定。如图1-5b所示平行度公差带，因被测要素为一平面，要与基准平面B保持平行方向，只能用两平行平面这样一种几何图形，才能限制它的误差变动，而不可能是其它几何图形。因此，其公差带形状为两平行平面。

形位公差公差带形状，主要有以下几种形式（图1-6）：

- 1) 两平行直线。如在给定平面内的直线度公差带（图1-6a）；
- 2) 两等距曲线。如线轮廓度公差带（图1-6b）；