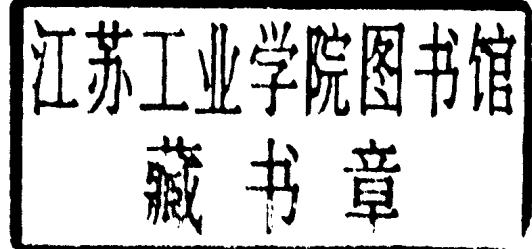


形 位 公 差 应 用

北京市机械工业局标准化站组编



前 言

《形状和位置公差》国家标准是机械行业中一项重要的基础性的技术标准。该标准GB1182~GB1184--80及GB1958—80业经国家标准总局批准，将于1981年7月开始实施。

为了适应宣贯该项标准的需要，我们组织编写了这本《形位公差应用》。本书是以这项新标准转正定稿蓝本为依据，以1980年9月在成都召开的全国形位公差宣讲会议的精神为指导编写成的。

本书从实际应用出发，对形位公差的发展、术语、定义和每个项目的特征都作了较系统的介绍；内容深入浅出、比较全面、实用。其中对于位置度、跳动、最大实体原则、基准和基准体系、尺寸公差和形位公差的关系及新增加的国家标准检测规定等内容，均作了专题阐述和较深入的探讨。

为了使各类零件的形位公差要求在图样上尽力表达得合理、确切，我们还汇集了一些机械产品典型图作了标注和简要说明。

本书可供机械行业标准化人员、机械设计、工艺、测量检验、教学等专业人员及生产工人应用参考，亦可作为形位公差国家标准的宣贯参考资料。

参加本书编写校订的有：

三机部301所	王喜力
五机部618厂	张纪真
北京仪表机床厂	周 晨
北京市自动化系统成套设计研究所	王力培
北京重型电机厂	栗鸿亮
北京工业大学	卓兴仁
北京化纤机械厂	梅长根
四机部761厂	刘纪康
北京市机械工业局标准化站	韩尧鈞

在本书编写过程中，曾得到一机部标准化研究所、北京市经委标准处的指导帮助；北京市工程机械研究所李隆铸、北京内燃机总厂研究所李震对本书的编写、北京市机械局技术开发研究所方英等对描图和制版等工作给予了热情的帮助；北京内燃机总厂印刷班和北京新华印刷厂承担了本书的印制工作，并在此致谢。

由于水平有限，加之时间匆促，本书缺点错误在所难免，请读者批评指正，以便改进。

北京市机械工业局标准化站

一九八一年五月

目 录

第一章 绪论	(1)
一、形位公差的由来和发展	(1)
二、国外形位公差标准的发展概况	(2)
三、我国形位公差标准的发展概况	(3)
第二章 基本概念	(5)
一、形位公差的两个定义体系	(5)
二、形位公差研究的对象——要素	(6)
三、零件的几何误差概念	(7)
四、形位公差的分类	(8)
五、最小条件	(9)
六、公差带	(10)
第三章 形状公差	(17)
一、概述	(17)
二、直线度	(19)
三、平面度	(26)
四、圆度	(28)
五、圆柱度	(30)
六、轮廓度	(31)
第四章 基准和基准体系	(39)
一、基本概念	(39)
二、三基面体系	(42)
三、基准的选择及其应用	(52)
第五章 位置公差	(58)
一、概述	(58)
二、平行度	(59)
三、垂直度	(66)
四、倾斜度	(70)
五、同轴度	(75)
六、对称度	(78)
第六章 位置度	(83)
一、概述	(83)

二、标注及其公差带的解释.....	(93)
三、复合位置度.....	(99)
四、位置度公差计算.....	(101)
五、延伸公差带概念.....	(103)
第七章 跳动公差	(106)
一、概述.....	(106)
二、圆跳动.....	(106)
三、全跳动.....	(120)
第八章 最大实体原则	(136)
一、基本概念.....	(136)
二、最大实体原则的补偿规则.....	(138)
三、零公差.....	(140)
四、最大实体原则的应用.....	(144)
第九章 尺寸公差和形位公差的关系	(148)
一、问题的提出.....	(148)
二、尺寸公差和形状公差的关系.....	(152)
三、尺寸公差和位置公差的关系.....	(154)
四、综述.....	(160)
第十章 形位公差检测规定	(162)
一、概述.....	(162)
二、形状误差及其评定方法.....	(162)
三、位置误差及其评定方法.....	(165)
四、基准的建立和体现.....	(167)
五、形位误差的测量对象和测量条件.....	(173)
六、形位误差的测量精度要求.....	(175)
七、五种检测原则及其应用.....	(183)
八、关于仲裁规定.....	(194)
第十一章 图样标注实例	(196)
一、标注的注意事项.....	(196)
二、典型图例标注.....	(201)

第一章 緒 論

一、形位公差的由来和发展

在机械工业发展初期,机械加工的精度相当低。加工相互配合的两个零件,必须采用“配作”的方式,效率极低。那时,对零件的装配性能起关键作用的是零件的尺寸。由于受当时的设备精度,工艺和操作水平的限制,必须在图样上给出较大的“尺寸调整量”以保证零件的装配。这种“配作”方式的最大缺点是零件在装配时不能互换,只能“对号入座”,给制造和维修造成极大的困难。

随着机械工业的社会化大生产的发展,开始了效率较高的“互换性生产”,并继而发展了标准量规和极限量规的生产,使互相配合的零件能够分开制造,且获得较好的装配性能。同时,由于“公差与配合”标准的制订和不断完善,使在图样上标注尺寸公差,成了不可缺少的内容。

尺寸公差除了描述零件尺寸精度外,还可表达装配性能的一般要求。但在大量生产的实践中,人们也感到,仅仅控制尺寸误差并不能取得良好的装配性能。而试图以压缩尺寸公差的手段,去提高装配性能,显然是不经济的,也是不合理的。经过不断努力,人们终于发现影响零件装配性能的因素,除尺寸误差外,还有零件在加工过程中产生的几何误差引起的因素。一般认为,几何误差的产生可能是由于零件本身的内部残余应力,加工时切削速度和温度的变化,机床本身制造的误差,夹具或刀具的制造误差以及加工时出现的振动等等方面的原因造成的。

为了探讨零件的几何误差对装配性能的影响的规律,1927年,德国施莱辛格发表了《机床验收书》,在世界上第一次系统地提出了机床的几何精度验收标准,并为控制机械加工中出现的几何误差,奠定了理论基础。1933年,法国沙尔蒙编写了《机床验收》,进一步强调了机床几何精度检验的重要性。

在第二次世界大战前,形位公差作为控制几何误差的重要手段,还没有引起人们普遍的注视。如1934年发表的修订版的英国标准BS308《机械制图》中,就没有涉及到任何有关形位公差的内容。

形位公差的发展,还是在第二次世界大战期间的事情。当时,由于战争的需要,军事工业发展很快,生产水平也较高。但在战争期间,各种武器,军用设备的零部件,通常是分散制造,最后集中到一处装配。由于零件图样上仅标注了尺寸公差要求,对几何误差的限制没有提出要求,使许多零件装配不上,武器不能按时制造出来,而贻误了战机,造成了损失。面对这样严重的现实,使人们不得不考虑在机械加工中控制几何误差

的问题了。所以，形位公差是首先在军事工业的领域中开始应用，并获得了初步的效果的。

第二次世界大战后，各国经济恢复较快，生产力进一步提高。在机床制造业中，先进的结构，越来越多地被采用。在精密零件的加工中，也遇到了控制几何误差，即提出形位公差的问题了。这样，在机床制造业中，形位公差也得到了较广泛的应用。

五十年代起，国际贸易发展很快，国家之间的技术协作，有了进一步发展。一些先进的厂商应用了形位公差并获得了明显的经济利益，引起了其它国家厂商的关注。通过国际技术交流，形位公差就逐渐在各国的机械加工行业中得到应用。

在图样上标注形位公差和标注尺寸公差一样，经历了一个由简单到深化的发展过程。开始是对孔或轴的直径和轴线的变化，提出一般形状公差的要求；以后，又进一步发展到对任何一线（直线、圆等）或任一表面（平面、圆柱面、圆锥面等）提出较多项目的形状公差要求，继而提出所有直线、平面之间的种种几何关系的位置公差的要求。

需要指出的是，形位公差并不是一个独立的、与外界无任何联系的技术要求，它恰恰相反，除了和尺寸公差有密切关系外，还与影响零件制造质量的其它各种因素，如表面光洁度、表面波纹度、加工工艺、机床精度以及测量仪器的精度等有密切的关系。

总之，形位公差的出现和广泛应用，无疑是机械制造工业水平提高的一个重要标志。

二、国外形位公差标准的发展概况

形位公差在图样上的标注，开始是自发性的。各国制造厂商对形位公差的标注，无论从项目、名称、术语、定义到标注的方法，都是五花八门。这种状况，对技术交流和生产都是不利的。为了统一形位公差术语、定义和标注方法，迫切需要制订形位公差标准。

形位公差标准的制定和不断修改，反映了人们对客观事物认识的不断深化过程。标准的内容，是随着工业生产水平和检测能力的提高而不断丰富的。它来源于生产实践，形成标准后，又去指导生产。因此，形位公差标准的水平，体现了科学技术的发展水平。

1950年，美、英和加拿大三国召开标准化工作联席会议（ABC协调会）在会上通过了形位公差用文字说明的注法的建议；而对用代号标注的方法，与会代表认为当时的条件尚不成熟，不宜提出。同年，美国发布的军用标准MIL—STD—8，是世界上第一个提出用框格代号标注形位公差的标准（试行）。

1953年，美国发布的军用标准MIL—STD—8A，取代MIL—STD—8。该标准进一步规定了它的框格代号标注的方法是强制性的。同年，英国标准BS308—1953（第二次修订版），规定了形位公差的文字说明注法。

1957年，美国标准化协会，发布了美国标准ASA—Y14.5—1957，规定了形位公差文字说明的注法。

1958年，国际标准化组织（ISO）提出了形位公差框格代号注法的推荐标准草案。

1959年，加拿大发布了加拿大国家标准修订版CSA—B78.1—1959。该标准采用了

形位公差用框格代号的注法。

1962年,美国标准化协会发布了ASA—Y14.5—1957的修订版标准。该标准将形位公差框格代号注法列为附录。

1964年,英国发布了英国标准BS308—1964(第三次修订版)。该标准仍然规定形位公差用文字说明注法。但同时以附录形式提供了有关ISO推荐标准草案和美国ASA—Y14.5—1957修订版标准中有关框格代号标注的资料。

1966年,美国统一了国内三个形位公差标准,发布了美国国家标准ASA—Y14.5—1966。该标准规定了形位公差可以同时使用文字说明和框格代号标注两种方法。

1969年,ISO发布了推荐标准ISO/R1101—1969《形状公差和位置公差第一部份》。该标准规定了形位公差的框格代号的注法。接着发布了ISO/R1660—1971、ISO/R1661—1971和ISO/R1101—2—1974的三个关于形位公差的推荐标准。

ISO的上述标准的发布,促进了各国形位公差标准的修订。美、英、西德、法、日本、加拿大、澳大利亚、苏联等国家,先后按ISO的标准修订了本国的标准,以求与ISO标准的一致,便于国际间技术交流。

现在,除苏联规定使用框格代号标注和文字说明两种并存的标注方法外,其它各主要工业国家都规定了在图样上仅使用框格代号标注一种方法。

目前,ISO对上述标准正在修订,补充和完善中。可以预料,连同“公差与配合”在内的有关制图标准的现代化和国际化,将会取得更大的发展。

三、我国形位公差标准的发展概况

解放前,我国工业落后,机械制造工业基础相当薄弱,谈不上应用什么形位公差的问题。当时,就连“公差与配合”标准也是非常混乱的,各工厂采用的“公差与配合”标准,也是其它几个国家的,没有一个统一的全国标准。

解放后,我国机械制造工业,取得了蓬勃的发展,为互换性生产和形位公差的应用开辟了广阔的前景。

1959年,国家技术委员会颁布了《机械制图》国家标准(GB122~138—59, GB140~141—59)其中的GB130—59《机械制图偏差代号及其注法》除规定了尺寸偏差的标注方法外,还规定了表面形状偏差和表面位置偏差的文字说明和代号标注的两种方法。——这是我国有关形位公差的第一个国家标准。由于当时的历史条件,这个国家标准基本上是参照苏联四十年代的国家标准编制的。这个标准规定的代号标注,缺点较多,不好记忆,不易分辨;符号画在图形内;表达不醒目,容易遗漏等。故贯彻不普遍,只是在少数行业中贯彻。而其它大多数行业则是在图样上,用文字说明来提出有关形位公差要求。

1971年,中国科学院在颁布修订版《机械制图》国家标准中,对1959年的国家标准,作了某些修改,但基本原则未变。

1974—1975年,国家标准计量局,批准颁布了GB1182—74《表面形状和位置公差代号及其注法》,GB1183—75《表面形状和位置公差术语及定义》和GB1184—75《表面形状和位置公差公差值》三个试行的国家标准,经全国各地宣传和贯彻,普遍反映

它的基本概念和标注方法是先进合理的。不少事实证明，正确地贯彻形位公差的这套国家标准，对提高产品质量，将起着重要的作用。由于这套国家标准与国际标准基本上一致，为我国发展国际间技术交流，带来极大方便。

为了尽快地使试行的这套国家标准转为正式的国家标准，一机部标准化研究所等起草单位组成的国标工作组于1980年完成了对上述三个试行的国家标准的修改和补充，并将这三个试行国家标准正名为：

1. GB1182—80《形状和位置公差 代号及其注法》（代替GB1182—74）
2. GB1183—80《形状和位置公差 术语及定义》（代替GB1183—75）
3. GB1184—80《形状和位置公差 未注公差的规定》（代替GB1184—75）

同时，还新制订了GB1958—80《形状和位置公差 检测规定》

上述四个国家标准的制订，使我国形位公差的国家标准更加系统和更加完善了。

1980年，国家标准总局正式批准发布了这套新的形位公差国家标准，并决定于1981年7月1日起实施。——这就标志着我国形位公差标准的贯彻进入了一个新的发展阶段。

第二章 基本概念

一、形位公差的两个定义体系

1、几何学定义体系

几何学定义体系属于数学的抽象概念的范畴。它是从理论的角度建立的定义体系，着眼于研究零件的几何特征。研究的对象是理论的直线、平面、圆柱面、圆锥面和球面等。在通常的情况下，这个定义体系的建立，既不考虑零件的实际结构，也不考虑实际检测的可能性。然而这样建立的定义，可使形位公差的研究对象在概念上作到既严格又明确；并使形位公差成为一门系统性、逻辑性较强的学科。

如果单纯考虑实际检测的可能性，从计量的角度去建立定义，就会造成一定的困难性。因为实际的检验方法和手段是随着生产力发展而不断改进和提高的。所以，仅按目前的计量方式对形位公差所研究的对象去建立定义，势必迁就了现有的技术水平，从而限制新的测量工具和计量方法的采用；或者造成定义的“不稳定性”，使形位公差的定义处于经常修订的状态中。这一切，显然对生产是不利的。

从严格的几何角度去建立形位公差的定义，让现有的检测方法不断地去体现它、逼近它，这才符合科学发展规律。因而形位公差从几何学角度去建立它的定义，能促进检测水平的不断提高和促进检测方法的不断完善。

形位公差的国家标准，正是从几何学定义体系建立它的术语定义的。这样定义在概念上是科学的，为贯彻标准，奠定了基础。原试行的国家标准曾规定的“椭圆度”和“不柱度”，就是因为是按检测方式定出的形状公差项目，并且不符合标准中的公差带概念，同时，这两个项目实际控制结果也不一定能满足原设计要求，所以在国家标准转正时取消了。

2、计量学定义体系

计量学定义体系是为实际检测规定的一套术语定义，目的是为了统一计量方法，便于技术交流。

计量学定义是反映真实的零件状态的。它着眼于能够测量到的真实的直线、平面、圆柱面、圆锥面和球面等。由于零件的形状是千变万化的，并且受到外界环境和各种因素的影响，要建立一个统一的、明确的概念来反映或者描述零件上的真实的线和面，一般说来是极其困难的。因此，计量学定义，只能在目前拥有的测量工具和检测方法基础上去建立，故局限性较大。这就表明，它不可能严格反映零件的几何特征——这正是计量学定义与几何学定义的两个体系的主要区别。

GB1958—80《形状和位置公差 检测规定》中的规定，正是从计量学定义体系归纳建立的。形位公差国家标准中“跳动”项目（包括“圆跳动”和“全跳动”）也是从计

量学体系中的检测方式建立的定义。

计量学定义体系规定的检测方式，往往把有些微观和宏观的几何误差都反映到测量的结果中去了，这是符合一般生产实际情况的。

搞清楚形位公差的两个定义体系的概念，对了解形位公差的各个项目的术语定义和误差检测都是有幫助的。

二、形位公差研究的对象——要素

1、要素的定义

形位公差研究的对象是构成零件几何特征的点、线、面。如何称呼这些点、线、面？在不同的国家标准和不同的文献中，是不同的。有些国家标准将它们称作“形体”我国的国家标准称作“要素”。

一般说来，将有轮廓形状的表面、圆柱面、圆锥面和球面等称作“形体”是可以理解的。但对于像“点”这样只有空间位置而无大小；或者像“中心线”、“轴线”、“中心平面”等在零件内部的假想线、假想面统称作“形体”，就不甚恰当。基于这种考虑，国家标准统一将零件上的点、线、面称为“要素”。

“要素”的定义：构成零件几何特征的点、线、面。

从以上的阐述中，不难看出，“要素”这个定义是形位公差最基本的定义。

2、要素的分类

1) 理想要素：具有几何学意义的要素。

理想要素是一种理想状态下的直线、平面、圆柱面、圆锥面或球面等，这样的直线或平面都是严格符合几何学定义的。也就是说，它们应该是没有几何误差的。这样的理想要素可以从图样上通过正确的投影线条表达出来。故从这个角度看，理想要素是表达设计意图的。

2) 实际要素：零件上实际存在的要素。测量时由测得要素来代替，此时，它并非该要素的真实状况。

实际要素就是零件上实际存在的有几何误差的要素。也可以认为实际要素是偏离了理想状态的要素。

实际要素是通过测量反映出来的。由于测量时，要受到周围的环境温度和测量工具的精度以及操作者的技术水平等一系列因素的影响，使得测量的结果，并不是被测量对象的真值，而是一个近似值。这就是上述定义中所说的“它并非该要素的真实状况”的道理。

需要指出的是，任何要素的“真值”，在生产实际中并不需要。因为在实际检测中，人们的任务是判断被测得的数据是否达到了设计规定的要求，以“合格”或“不合格”作为检测的目的，并不是每项要求都要找到它的“真值”。这是由于在客观世界中，各项数据都是变化着的。“真值”既找不到，也无实际使用价值。所以，在实践中，只要按现有的技术水平，以测量到的各个形位误差的数据，去判断该项要求是否合格，这才是人们有实际意义的工作。

当然，我们还应当努力去发展测量手段，提高测量工具的精度，以期不断提高检测

水平。

3) 被测要素: 给出了形状或(和)位置公差的要素。

一个零件总是由许多的点、线、面构成的。也就是说,零件上的要素是很多的。然而从设计角度看,不是所有的要素都要给出形位公差。究竟哪些要素应该给出形位公差,哪些要素又不必给出形位公差,这要由零件的功能来确定。

4) 基准要素: 用来确定被测要素方向或(和)位置的要素。理想基准要素简称基准。

基准要素是设计者根据零件的功能要求而确定的、理论上正确的一些点、线、面。或者说,基准是用作确定被测要素的方向或位置的理想要素。这些理想要素可以认为是对被测要素进行计算或测量的起点;也可以讲,基准要素是判断被测要素方向或位置的依据。

零件上每个实际要素都有可能被指定为基准。这就意味着,图样上所描绘的零件图形,都表达了按设计要求规定的理论正确的几何形状。因此,基准在图样上起到了两种作用,即:(1)是一种表示零件的正确几何形状的“结构基准”,(2)又是一种表示零件上关联要素的“关系基准”。

所以,图样上给定的基准都是“理想的”。然而,在实际中却制造不出理想形状来,只能假定实际加工零件的基准存在于与实际要素相接触的精密加工设备或检验设备上,如在机床工作台、平板、量规,心轴……之上。需要指出的是,这些精密加工或检验设备,并不是真正的理想平面、圆柱体等,但是它们通常具有很高的精度,足以模拟理想基准。

基准要素在图样上,是通过国家标准规定的基准符号来表达的。

5) 单一要素: 仅对其本身给出形状公差的要求的要素。

单一要素指的是不给定基准关系的一个要素或两个要素组合的复合要素。如一个点、一条线(包括一条直线、一条曲线、一条轴线或一条公共轴线等),一个面(包括一个平面,一个圆柱面、一个圆锥面、一个球面、一个中心平面或一个公共中心平面等)。

6) 关联要素: 具有功能关系的两个或多个要素。

关联要素指的是给出了基准,具有功能关系的两个或两个以上的要素。也可以认为,它是由设计确定的。例如,它可以由基准要素与被测要素共同组成。

三、零件的几何误差概念

决定机器零件的工作质量的因素是多方面的。有几何的、物理的、机械的以及其它多方面的因素。

从理论上,即从几何学角度看:绝对精确的零件不仅是不可能做到的,而且是不必要的。但为了保证互换性,对零件在制造中出现的几何误差,给予合理的限制,则是必要的。因此,设计者需要提出形位公差的要求。

既然是提出了形位公差的要求,也就意味着允许零件的实际要素偏离理想要素。

1、几何误差的基本含意

“误差”是人们熟悉的一个名词。它一般指的是：被测实际参数偏离理想参数的程度。也就是说：实际参数与理想参数在进行比较后，能找到一个“偏离值”来表征这种变动（偏离）程度的大小。显然，这个“变动量”越大，说明误差越大。

若单纯以零件上的几何特征，来阐述误差的概念，则可将误差认为是被测实际要素相对其理想要素的变动量。例如：在实际检测平面度误差时，对有几何形状误差的实际表面，是用理想的，即无形状误差的平面（可用量仪平面等来体现）与这个实际表面进行比较，就可以找到这个实际表面的平面度几何误差数值，它就是实际表面对理想平面的变动量。这个变动量的大小就是平面度几何误差的大小。

2、零件几何误差的一般分类

零件的几何误差一般可分：尺寸误差，位置误差，形状误差，表面波纹度和表面光洁度等。

尺寸误差在整个几何误差中占有极重要的地位。从以往实践情况来看，只是当尺寸公差不能全面限制零件的几何误差时，才按功能需要，用形位公差补充适当的限制。但随着形位公差的发展，对于尺寸公差与形位公差的关系，应给予明确的规定。这个问题将在本书的第九章中进一步论述。

有关尺寸公差的规定，已列入国家标准GB1800~1804—79《公差与配合》，这个新国标是按照国际公差制编制成的。

表面光洁度是零件上的几何误差中微观方面的部份。它已订入国家标准GB1031—68《表面光洁度》。至于形位误差和表面光洁度在数值上存在着什么样的关系，还有待探讨。然而在测量形位误差时，需要注意排除表面光洁度对它的影响。

表面波纹度是零件上介乎于微观和宏观之间的几何形状误差。目前第一机械工业部已编制了这方面的指导性技术文件。

四、形位公差的分类

形位公差的分类，目前在各国的标准中并不完全一致。我国形位公差的国家标准中有关形位公差的分类，基本上与ISO一致，与其它大多数国家的标准中的分类差别亦不大。

现将我国国家标准中的形位公差分类列表（表2—1）如下：

这样的分类，把形位公差的各项目的特征充分地显示出来了。至于各个项目的具体内容，将在以后各章中逐一介绍。

分 类	项 目	符 号	分 类	项 目	符 号
形 状 公 差	直线度	—	位 置 公 差	定向	平行度 //
	平面度	□			垂直度 ⊥
	圆 度	○			倾斜度 ∠
	圆柱度	⊘		定位	同轴度 ◎
	线轮廓度	⌒			对称度 ≡
	面轮廓度	⌒			位置度 ⊕
			跳 动	圆跳动	/
				全跳动	⌒

表 2 - 1

五、最小条件

1、基本概念

国家标准规定,在测量形状误差时,理想要素相对于实际要素的位置,应按“最小条件”来确定。

最小条件是评定形状误差的基本准则。它指的是被测实际要素对其理想要素的最大变动量为最小的一个评定误差的前提条件。

在确定理想要素位置时,应使理想形状与不规则的有误差的实际形状相接触,这样就可得出两者之间的许多个位置。而从上面的基本概念的介绍中知道,最小条件准则是在上述许多个位置中找一个理想形状到实际形状的最大距离(因为实际形状是不规则的,它到理想形状有许多个距离,其中必定有一个最大的距离)为最小的位置。

因此,从这里可知:按照最小条件准则确定的误差数值是唯一最小的。

在应用最小条件确定形状误差时,可以归纳为以下两个必要条件:

1) 用两个平行的理想要素(包括两同心包容圆,两同轴包容圆柱等)包容实际要素,并使之与该实际要素相接触,但不能相割。

2) 使包容实际要素的两平行的理想要素之间的距离为最小。

在测量形状误差时,与实际要素相接触,并且包容实际要素的两平行的理想要素的位置可能有多个。但是使两平行的理想要素之间的距离为最小的位置却只能有一个。故满足了以上两个必要的条件后,就能得到唯一的最小误差数值,同时也确定了理想要素的位置。

2、最小条件在评定形状误差中的应用

1) 直线度或平面度

如图2—1所示,可以作无数组两平行平面(或直线)包容实际表面(或直线)。为了说明问题,仅作A—A与A'—A', B—B与B'—B'和C—C与C'—C'三组包容实际要素的相互平行的理想要素(平面或直线)。其相应误差分别为 h_1 、 h_2 和 h_3 。如果 $h_3 > h_2 > h_1$,并且 h_1 是最小数值,

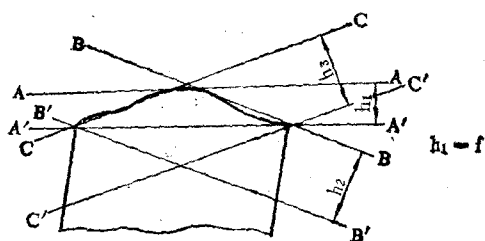


图2—1

则 h_1 为直线度或平面度误差数值。因此具有最小宽度 f 的A—A与A'—A'的包容区域就成了实际直线(或实际表面)的最小区域。

2) 圆度

应用最小条件确定圆度误差的方法如图2—2所示。

为了说明问题,仅作两组同心包容圆来包容被测圆的实际轮廓,该两组同心包容圆的圆心分别为 O_1 和 O_2 ,其半径差分别为 Δr_1 和 Δr_2 。如果 $\Delta r_2 > \Delta r_1$,并且 Δr_1 是最小数值,则 Δr_1 为圆度误差数值,故这组同心包容圆的圆心 O_1 即为理想圆的中心位置。

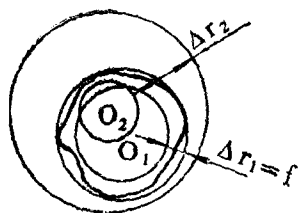


图2—2

3、最小条件在评定位置误差中的应用

国家标准规定，在测量位置误差时，确立基准要素理想形状的位置应符合最小条件。

这一规定说明基准要素的形状误差必须经过排除（或者说，它的实际位置要通过最小条件的评定，即以理想要素的位置取代）后才可用作基准。

如图2—3所示，被测表面的平行度的要求是相对于作为基准要素的底面A提出来的。底面A是该零件上的一个普通的表面，存在着在加工过程中由于各种原因造成的形状误差（如平面度误差）。若以这样有形状误差的表面作基准直接去测量顶面对它的平行度，必然会造成测量困难，并使平行度误差值包含有底面A的平面度误差和顶面本身的平面度误差。这样，就无法确定顶面对底面A的平行度误差的大小。为了保证重复测量的精度，国家标准规定，作为位置公差基准的部位，要以理想形状的位置取代，即要符合最小条件。故在实际使用中，将底面A放置在精度较高的量仪平面上（如平板等），使底面A与量仪平面接触（即符合最小条件），这样，量仪平面就代替了实际存在形状误差的底面A了。再用量仪平面来作基准，对被测的顶面进行测量，就能满足要求了。

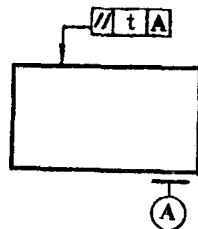


图2—3

4、“最小条件”是一个仲裁性的准则

从上面分析中，知道最小条件是评定形状误差的基本准则。既然是一个准则，就必须在生产实践中遵守。然而，并不是一切形状公差项目都需要按最小条件来处理。因为限于加工水平和检测能力，不可能在所有的形状公差项目中，都能找到它的最小条件的。而人们的任务是判断零件合格与否。具体地说，就是判断某项形状公差是否达到了设计要求。如某项形状公差的要求是 0.02mm ，若按照目前的检测能力，测量到其误差值是 0.01mm ，那么，该项形状公差就是“合格”，任务也就完成了。至于按最小条件可能找到该项形状公差的真值为 0.005mm ，倒不一定是人们的任务了。并且也不一定能找到其真值（因受外界环境因素的影响，数值是变化不定的）。

“最小条件”在实践中不一定能找到，但作为标准，还是要规定的，这就像规定标准温度为 20°C 一样。“最小条件”可以认为是一个起仲裁作用的准则。当发生争议时，可用“最小条件”来进行仲裁处理。

六、公差带

1、公差带的由来

在“公差与配合”（尺寸公差）中，由于公差或偏差的数值大小，与基本尺寸的数值大小相比，相差甚大，不使用同一个比例画出来表示。但为了清楚说明孔和轴的配合关系，就采用一种抽象化的图解方法。在这种公差与配合的图解中，一般不画出零件的基本尺寸，只画出孔或轴的极限偏差，如图2—4所示。

在图2—4b)中的公差带图中,偏差等于零的那条线称为“零线”。零线在公差与配合图解中,一般画成水平,代表着基本尺寸的位置。这样,正偏差就位于零线之上,负偏差则位于零线之下。它们的极限尺寸界线(即最大极限尺寸和最小极限尺寸)各有一条直线,这就是上偏差与下偏差的位置。按照不同的配合性质,表示上、下偏差的两条直线,相对于零线有不同的位置。因此,在公差与配合图解中,相对零线,便出现了表示上下偏差的两条直线之间的地带。——这便是公差与配合中的“公差带”术语的由来。

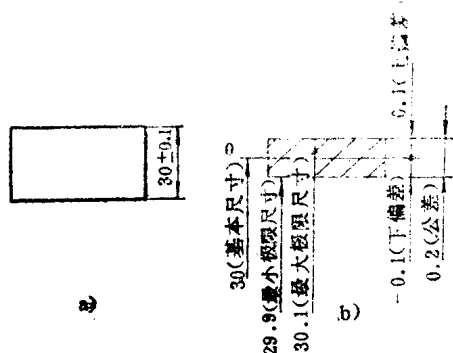


图2—4

这里,顺便指出的是“公差带”一词英文为“Tolerance Zone”,其中“Zone”一词的基本涵意是“环、带、圈、区域”。若用“公差区域”这个名词,意义更贴切,使人更容易理解。由于历史条件造成的原因。故至今仍然沿用“公差带”这个术语。

国家标准GB1800—79《公差与配合》中的“公差带”定义是:“在公差带图中,由代表上、下偏差的两条直线所限定的一个区域。”按照公差带的定义,零件的实际尺寸,只要不超出它的公差带,就是合格的。若实际尺寸做大了或做小了,则实际尺寸便超出了公差带,因此是不会合格的。

用公差带这种形象化的图解方法,来分析零件在制造过程中误差变动的情况,可使所研究的问题容易归纳。尤其方便的是,可以在图解中,明确表明零件的配合状态,即反映出配合的间隙量或过盈量,以此来说明配合的性质。同时,公差带还可判断零件的实际尺寸合格与否。故在公差与配合中,公差带是一个非常重要的概念和组成部份。

2、形位公差带与尺寸公差带的同异

公差带概念是形位公差国家标准的一个重要内容。

GB1183—80《形状和位置公差术语及定义》中对形位公差的定义是:“限制实际要素变动的区域”。

以形位公差带这个定义和尺寸公差带定义作比较,可以看出,两种公差带的功能是相同的,都是为了分别限制实际尺寸(对尺寸公差带而言)或实际的点、线、面(对形位公差带而言)变动的设想区域的。零件上实际尺寸或实际的点、线、面一般位于公差带内,才是合格的,否则,是不合格的。

然而,形位公差带与尺寸公差带这两种公差带还是有区别的。

尺寸公差带仅限制尺寸的变化,在图解中,它的表现形式是直线,因此,它没有公差带形状的变化。而形位公差带是限制实际点、线、面变化的。由于点、线、面在空间是会组成各种形状的,因此,在图解中,就不可能仅是一种直线的公差带形状,而必然有多种空间形状的公差带。所以,也可以认为,尺寸公差带通常是平面区域,形位公差带则通常是空间区域。这也是两种公差带的主要区别所在。

上面已经谈到,尺寸公差带是表示公差大小和相对零线位置的一个区域。它是由公

差值的大小和上下偏差相对零线的位置两部份构成的。因此说,尺寸公差带主要具有“公差大小”和“公差带位置”两个因素。

尺寸公差的“公差带大小”是指公差带在零线垂直方向的宽度(一般称作“公差带宽度”)。而“公差带长度”则是指公差值在零件上起作用的范围,即该尺寸所“管辖”的长度,它一般在公差带图解中,不具体表示出来,由相应轮廓的尺寸线在图样上表示。

尺寸公差的“公差带位置”是指公差带在零线垂直方向上的坐标位置。该坐标位置,相对基本尺寸来说是固定的

至于尺寸公差的“公差带方向”和“公差带形状”的两个因素,与形位公差带相比,并不突出。这是因为,尺寸公差带的方向,对一个实际尺寸来说,只有一个在图样上由尺寸线箭头标注所指示的方向;而尺寸公差带的形状,如上所述,只有一种形状,即两条平行于零线的平行直线。

从公差带的四个因素综合分析,可以认为,尺寸公差带是由公差值决定的、平行于零线的两平行直线(其位置由相对零线垂直方向的坐标值决定)所构成的一个平面区域。

形位公差带相对于尺寸公差带来说,就复杂得多。

首先,形位公差带的形状,根据被测要素的形状和项目特征,有多种形状。

由于形位公差带的形状种类多,所以表示多种形状的公差带的参数,就不限于公差带的宽度,还有表示圆、圆柱和球的直径。

形位公差带的方向,也较尺寸公差带复杂,它一般是由组成公差带的几何要素的法线方向来表示的。按公差带的形状,可将形位公差带的方向分为两类:①平面形(直线)的公差带方向为平面(直线)的垂线方向;②圆形公差带的方向为圆的径向。由于形位公差带是限制实际要素的形状或位置变动范围的,所以形位公差带又有两类实际的方向,即形状公差带的方向还要按“最小条件”来调整确定;位置公差带的方向则应由该公差项目的特征和图样上给定的方向来确定。

一般可以认为,形位公差是尺寸公差对零件在机械加工过程中出现的几何误差限制的补充。这便意味着,这两种公差带在数值上和位置上存在着一定的关系。按照形位公差项目的不同,形位公差带有随着实际尺寸在尺寸公差带内变动(即“浮动”)和不变动(即“固定”)的两种公差带位置状态。

从上述分析可知,形位公差带完全具备公差带的大小,方向,形状和位置的四个因素。这与尺寸公差带只具有公差带的大小和位置两个因素,是有所不同的。

3、形位公差带的四个因素

1) 公差带大小(即公差值)

从上面分析中,知道形位公差带的大小和公差带的形状是多种多样的,既有用宽度表示的两平行直线、两平行平面和四棱柱等;也有用直径表示的圆、圆柱、球等。因此,形位公差带的大小,就是公差带的宽度或直径。

公差值由设计者按照零件的功能和互换性要求来确定;并要考虑加工的经济性和检测的可能性。

公差值在图样标注时,填入形位公差框格中的第二框格内。