

职业教育实用教材

ZHIYE JIAOYU SHIYONG JIAOCAI

极限配合与技术测量

JIXIAN PEIHE YU JISHU CELIANG

张磊光 杨慧芳 主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

职业教育实用教材

极限配合与技术测量

张磊光 杨慧芳 主 编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书共6章主要介绍了极限配合与技术测量概述、孔和轴尺寸的极限与配合、技术测量基础、形状和位置公差、表面粗糙度、技术测量。本书注重于实际应用,用通俗的语言介绍新标准的规定,阐述误差检测的原则和方法,力求理论和实际结合。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

极限配合与技术测量/杨慧芳,张磊光主编. —北京:电子工业出版社,2007.8
ISBN 978-7-121-04083-2

I. 极… II. ①杨…②张… III. ①公差:配合②技术测量 IV. TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 115672 号

责任编辑:李 影

印 刷: 北京市李史山胶印厂
装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 12.5 字数: 288 千字

印 次: 2007 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 17.50 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店缺货,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

本书是根据教育部最新颁发的《职业学校机械加工技术专业教学指导方案》中主干课程《极限配合与技术测量教学基本要求》，并参照劳动部制定的职业技能鉴定规范编写的职业教育实用教材。编者在广泛调查的基础上，为适应职业教育发展的新形势，贯彻以素质教育为基础、以能力教育为本位的教学指导思想，突出职业教育的特色，在编写中着重考虑以下几个方面：

- (1) 突出实用性，注重培养学生的动手能力。
- (2) 紧密结合教学实践和企业需要，进一步拓宽知识面。
- (3) 文字简练，图文并茂，通俗易懂。

全书共分6章，在每章的开始都有知识目标和能力目标，有利于学生自学。另外每章还配有针对性很强的习题，便于学生更好地掌握知识点。

本教材建议课时分配见下表：

内 容	建议学时	内 容	建议学时
概 述	2	表面粗糙度	4
尺寸极限与配合	8	技术测量	12
技术测量基础	6	机动	6
形状和位置公差及其检测	14	实验	8
小 计	30	小 计	30
总计	60		

本书由张磊光和杨慧芳主编，其中，第1、2、4、6章及实验由张磊光编写；第3、5章由杨慧芳编写。在编写过程中，参考了大量相关文献和最新研究成果，在此谨向有关参考资料的作者和帮助出版的人员、单位表示最真挚的谢意。

由于编写时间仓促，书中难免存在不足之处，敬请广大专家、读者批评指正。

编 者

目 录

第1章 概述	1
第一节 互换性概述	1
第二节 几何量的误差与测量	2
第三节 标准及标准化	3
第四节 优先数和优先数系	4
第五节 本课程的性质和任务	6
本章习题	6
第2章 尺寸极限与配合	7
第一节 基本概念	7
第二节 极限与配合的标准化	14
第三节 公差与配合的选用	30
本章习题	38
第3章 技术测量基础	39
第一节 概述	39
第二节 常用长度量具与量仪	41
第三节 角度量具及测量	62
第四节 测量误差	65
第五节 测量器具的选择	66
本章习题	68
第4章 形状和位置公差及其检测	69
第一节 概述	69
第二节 形位公差的标注方法	74
第三节 形位公差及公差带	81
第四节 公差原则	99
第五节 形位误差的评定及检测	107
本章习题	115
第5章 表面粗糙度	117
第一节 概述	117

第二节 表面粗糙度的评定	118
第三节 表面粗糙度的标注及选用	121
第四节 表面粗糙度的检测	125
本章习题	127
第6章 技术测量	128
第一节 光滑工件尺寸的检验	128
第二节 平键与花键的联结公差及检测	131
第三节 普通螺纹联结公差及检测	139
第四节 渐开线圆柱齿轮的互换性及检测	150
本章习题	161
实验	162
实验一 用内径百分表测量孔径	162
实验二 平面度误差的测量	164
实验三 用三针法测量螺纹中径	165
实验四 用齿厚游标卡尺测量直齿圆柱齿轮齿厚	166
附录	167
附录 A 轴的极限偏差	167
附录 B 孔的极限偏差	176
附录 C 直线度、平面度	184
附录 D 圆度、圆柱度	185
附录 E 平行度、垂直度、倾斜度	186
附录 F 圆轴度、对称度、圆跳动和全跳动	187
附录 G 位置度数系	188
附录 H 普通螺纹偏差表(摘录)	189

第1章 概 述

知识目标

本章主要介绍互换性的含义、几何量的误差与测量、标准与标准化的概念及标准化与互换性生产的关系、优先数和优先数系等。

能力目标

了解本课程的性质和任务,为接下来课程的学习打下基础。

第一节 互换性概述

一、互换性的概念

所谓互换性是指同规格的一批产品在尺寸、功能上能够具有彼此相互替换的功能。机械制造业中的互换性是指对同一规格的一批零件或部件任取其一,不需作任何挑选、调整或附加修配(如钳工修配)就能进行装配,并且具有满足机械产品使用性能要求的一种特性。这样的一批零件或部件,称为具有互换性的零件或部件。互换性原则是产品设计的最基本原则。

零件或部件的互换性,既包括几何参数(如零件的尺寸、形状、位置和表面粗糙度等)的互换性,又包括物理、机械性能参数(如强度、硬度和刚度等)的互换性。本书仅对几何参数的互换性加以论述。

二、互换性的种类

按互换性的程度互换性可分为完全互换性(也称绝对互换)和不完全互换性(也称有限互换)。

完全互换性是指当零部件在装配或更换时,不需作任何选择、调整或修配,就能满足预期的使用要求。不完全互换性是指在装配前允许有附件的选择,装配时允许有附件的调整,但不允许修配,装配后能满足预期的使用要求。

若装配精度高,采用完全互换性要求零件的制造公差很小,从而造成加工困难,这样制造成本也显著增加。这时,可将零件的制造公差放大,以便于加工。对加工后的零件,通过测量将零件按其实际尺寸的大小分成若干组,使各组内零件间实际尺寸的差别变小,再按对应组进行装配,这样既保证预定的装配精度,又解决零件加工困难,也不会过多地增加制造成本。这种组内零件具有互换性,而组与组之间零件不具备互换性,属于不完全互换。例如,滚动轴承是标准化部件,其外圈外径与机座孔直径的配合尺寸以及内圈内径和轴颈直径的配合尺寸均采用完全互换,而内、外圈滚道的直径与滚动体直径的结合尺寸,因其装配精度要求很高,采用的是不完全互换性。





一般来讲,不完全互换性只用于部件或机构制造厂内部的装配;而至于厂际协作,则往往采用完全互换性。

对标准化部件或机构来讲,其互换性可分为内互换性和外互换性。内互换性是指部件或机构内部组成零件间的互换性。例如,滚动轴承内、外圈滚道直径与滚动体(滚珠或滚柱)直径间的配合互换性。外互换性是指部件或机构与其相配合件间的互换性。例如,滚动轴承内圈内径与传动轴配合、滚动轴承外圈外径与壳体孔配合的互换性。

三、互换性的作用

互换性广泛用于机械制造的产品设计、零件的加工和装配、机器的使用 and 维修等各个方面。

从设计方面,按互换性原则进行设计可以简化绘图和计算工作,缩短设计周期,并有利于用计算机进行辅助设计。对于发展系列产品、促进产品结构性能的不断改进,使产品不断更新换代,满足日新月异的市场需求,具有重大作用。

从制造方面,互换性能促使高效率地生产,便于组织社会化大生产协作,进行专门化生产。由于产品单一,分工精细,可采用专用设备,提高劳动生产率。

从装配方面,当零件具有互换性时,可采用集中装配,这样可大幅度地提高装配效率,也为实现装配过程的机械化和自动化创造条件,从而可减轻装配工人的劳动强度,进一步提高劳动生产率。

从使用和维修方面,在零部件磨损或损坏后,可快速维修或更换,从而缩短维修时间,延长机器的使用寿命,保证机器工作的连续性和持久性。

总之,遵循互换性原则进行设计、制造、装配、使用和维修,可大大降低产品成本,提高生产率,降低劳动强度,也为标准化、系列化、通用化奠定基础。因此,互换性原则是机械制造业中的重要生产原则和有效技术措施。

第二节 几何量的误差与测量

一、几何量的误差

要保证零件具有互换性,就必须保证零件几何参数的准确性。在零件加工过程中,由于会受到各种因素的影响,不可能做得绝对准确,其制得的零件几何参数总不可避免地会产生误差,这样的误差称为几何量误差。几何量误差主要包括尺寸误差、形位误差和表面微观形状误差(表面粗糙度)等。虽然零件上的几何量误差可能会影响零件的使用功能和互换性,但实践证明,只要将这些误差控制在一定的范围内,即将零件几何量实际值的变动限制在一定范围内,保证同一规格的零件彼此充分近似,则零件的使用功能和互换性都能得到保证。因此,为了限制误差,提出公差的概念。公差即允许工件尺寸、几何形状和相互位置参数存在变动的范围,它包括尺寸公差和形位公差等。工件的误差在公差范围内,为合格件;超出公差范围,为不合格件。误差是在加工过程中产生的,而公差则是由设计人员给定的。

二、几何量的测量

实践证明,要保证零件的使用功能和互换性,不仅要对产品各零部件的几何量规定合理的公差,还要有相应的技术测量措施。只有通过测量,才能判断零件的几何量误差是否控制在公差范围内。因此,测量是生产中不可缺少的技术手段,是实现互换性生产的技术保证。

测量的目的,不仅在于判断零件是否合格,还要依据测量的结果,分析产生不合格的原因,及时采取必要的工艺措施,提高加工精度,减少不合格产品,提高合格率,从而降低生产成本和提高生产率。

几何量测量在我国具有悠久的历史。早在秦朝,就已统一度量制度。但由于我国历史上长期的封建统治,科学技术未能得到发展,测量技术和计量器具处于落后状态,直到新中国成立后才扭转这种局面。1959年国务院发布《关于统一计量制度的命令》,正式确定采用国际米制作为我国的基本长度计量单位。1977年国务院发布《中华人民共和国计量管理条例》,健全各级计量机构和长度量值传递系统,保证全国计量单位的统一。1984年发布《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》,在全国范围内统一实行以国际单位制为基础的法定计量单位。1985年颁布了计量法。这样,在国家、省市、企业各级计量机构管理下,我国的长度计量单位基本得到统一,尺寸的准确传递也得以实现。与此同时,我国的计量器具也有较大的发展,不仅能生产较多品种的计量仪器,而且计量仪器的精度也得到很大的提高,有些甚至达到世界领先水平。

第三节 标准及标准化

一、标准及标准化的概念

要实现互换性,则要求设计、制造、检验等工作按照统一标准进行。在我国国家标准《标准化基本术语》(GB3935.1—1982)中,把“标准”定义为对重复性事物和概念所做的统一规定。“标准”即是一种“规定”,它的制定是以科学、技术和实践经验的综合成果为基础,经有关方面协商一致,由主管机构批准,以特定形式发布,作为共同遵守的准则和依据。“标准化”的定义是在经济、技术、科学及管理等社会实践中,对重复性事物和概念通过制定、发布和实施标准达到统一,以获得最佳秩序和社会效益。制定“标准”是“标准化”中的一项工作。

二、标准的分类与级别

1. 标准的分类

按照标准化对象的特征,标准可分为基础标准、产品标准、方法标准、卫生标准、安全与环境保护标准等。以标准化共性要求和前提条件为对象的标准称为基础标准,如计量单位、术语、符号、优先数系、机械制图、极限与配合、零件结构要素等。这类标准具有最一般的共性,因而是通用性最强的标准。本课程主要涉及的就是此类标准,如极限与配合标准、形位公差标准、表面粗糙度标准等。

2. 标准的级别

目前我国标准分为4级,即国家标准、专业标准(部委标准)、地方标准和企业标准。



由国家标准化主管部门审批颁布,对全国经济技术发展有重大意义,必须在全国范围内统一执行的标准称为国家标准,用 GB 代号表示。例如代号 GB 1800—1979,其中,GB 代表国家标准;1800 代表标准编号;1979 代表标准颁发的年代。

由专业(或部委)标准化部门批准发布,在专业范围内统一执行的标准称为专业标准(部委标准)。

由地方标准化主管部门审批颁发的标准称为地方标准。通常是在没有国家标准或国家标准不能满足需要的情况下,依据某地区的特殊情况发布的仅在该地区范围内统一执行的标准。

在企业内部所制定颁发的标准称为企业标准,用代号 QB 表示。企业标准一般高于专业标准和国家标准。

从世界范围看,还有国际标准和区域标准。国际标准是指在国际标准化组织和国际电工委员会等国际组织颁发的标准。区域标准是指世界某一区域标准化团体颁发的标准或采用的技术规范。

一般来说,国家标准、专业标准和企业标准为强制执行的标准,且专业标准(部委标准)和企业标准不得与国家标准相抵触,企业标准不得与专业标准(部委标准)相抵触。而国际标准为推荐和指导性标准,不能强迫执行。但由于国际标准的先进性和通用性,以及国际相互技术交流的需要,世界各国纷纷修定自己的国家标准,以便向国际标准靠拢。

三、标准化与互换性生产的关系

标准化是实现互换性的前提。现代化生产的特点是规模大、分工细、协作多,为适应生产中各个单位、部门之间的协调和衔接,必然通过“标准”使分散的、局部的生产部门和生产环节保持必要的统一。因此,标准化是保证互换性生产的手段,而互换性又为标准化活动及其进一步发展提供条件。可以说,如果不要求互换性,就不需要进行标准化。

四、标准化的作用

从作用上讲,标准化的影响是多方面的。世界各国的经济发展过程表明,标准化是组织现代化大生产的重要手段,是实现专业化协作生产的必要前提,是科学管理的重要组成部分。标准化同时是联系科研、设计、生产和使用等方面的纽带,是使整个社会经济合理化的技术基础。标准化也是发展贸易,提高产品在国际市场上竞争能力的技术保证。现代化的程度越高,对标准化的要求也越高。搞好标准化,对于加速发展国民经济,提高产品和工程建设质量,提高劳动生产率,搞好环境保护和安全卫生以及改善人民生活等都有重要的作用。

第四节 优先数和优先数系

在产品设计中,需要确定许多技术参数。即使同一类产品的同一技术参数,也需要取不同的数值,以形成不同规格的产品系列,来满足不同情况下的使用要求。产品系列的确定是否合理,与技术参数的数值如何选择密切相关。当选定一个数值作为某产品的参数指标时,这个数值就会按一定的规律,向一切有关材料和制品的相应指标传播。例如,若螺纹孔的直径尺寸一定,则其相应的攻丝前钻孔用的钻头直径、加工螺纹所用的丝锥的尺寸以及检验该螺纹孔所用

的螺纹塞规的尺寸等也随之确定下来,这种情况称为数值的传播。因此,为了既能满足用户对产品的多种需要,又能简化生产、节约原材料、降低成本,必须对产品的技术参数进行合理的简化和统一。优先数和优先数系正是进行这种简化和统一的一种科学的数值制度。

国家标准(GB/T 321—1980)规定的优先数系是由公比为 $\sqrt[5]{10}$ 、 $\sqrt[10]{10}$ 、 $\sqrt[20]{10}$ 、 $\sqrt[40]{10}$ 和 $\sqrt[80]{10}$,且项值中含有10的整数幂的理论等比数列导出的一组近似的等比数列。各数列分别用符号R5、R10、R20、R40和R80表示,称为R5系列、R10系列、R20系列、R40系列和R80系列。其中前4个系列为常用的基本系列,而R80系列则作为补偿系列。前4个系列的公比分别为:

R5 系列的公比 $q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.5849 \approx 1.60$

R10 系列的公比 $q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.2589 \approx 1.25$

R20 系列的公比 $q_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.1220 \approx 1.12$

R40 系列的公比 $q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.0593 \approx 1.06$

优先数系中的任何一个项值均为优先数,其值见表1-1。从表1-1可以发现,R5系列的项值包含在R10系列中,R10系列的项值包含在R20系列之中,R20系列的项值包含在R40系列之中。

此外,为了使优先数系有更大的适应性,可从基本系列中每隔几项选取一个优先数,组成一个新的系列,这种新的系列称为派生系列。例如,派生系列 $R \frac{10}{2}$,就是从基本系列R10中每隔一项取出一个优先数组成的,当首项为1时, $R \frac{10}{2}$ 系列为1.00,1.60,2.50,6.30,10.00,...

采用等比数列作为优先数系可使相邻两个优先数的相对差相同,且运算方便,简单易记。选用基本系列时,应遵守先疏后密的规则,即应当按照R5、R10、R20、R40的顺序,优先采用公比较大的基本系列,以免规格过多。

表 1-1 优先数系的基本系列(常用值)

R5	R10	R20	R40		R5	R10	R20	R40		R5	R10	R20	R40	
1.00	1.00	1.00	1.00				2.24	2.24			5.00	5.00	5.00	
			1.06				2.36			5.30				
			1.12	2.50	2.50	2.50	2.50		5.60	5.60				
			1.18											6.00
	1.25	1.25	1.25				2.80	6.30	6.30	6.30	6.30			
			1.32				3.00						6.70	
			1.40	3.15	3.15	3.15	3.15						7.10	7.10
			1.50											
	1.60	1.60	1.60	1.60				3.55	3.55		8.00	8.00	8.00	
				1.70				3.75		8.50				
1.80				4.00	4.00	4.00	4.00		9.00	9.00				
1.90														
2.00		2.00	2.00				4.50	4.50	10.00	10.00	10.00	10.00		
			2.12				4.75							



第五节 本课程的性质和任务

《极限配合与技术测量》是职业技术学校机械冷加工专业的一门专业基础课。在教学计划中,本课程是联系设计类课程和机械制造工艺类课程的纽带,是从基础课及其他技术基础课向专业课过渡的桥梁。

学生学习完本课程后,应达到如下基本要求:

- (1)掌握互换性和标准化的基本概念及有关的基本术语和定义。
- (2)掌握几何量公差的内容、特点及其检测。
- (3)掌握公差与配合方面的基本计算方法。
- (4)掌握几何量公差代号的标注和识读。
- (5)理解常用量具的读数原理和使用方法。

在学习本课程前,应具有一定的机械原理和机械制图方面的知识和初步的生产实践知识。在学习本课程时,应将本课程的学习与机械工艺类课程的学习及生产实习结合起来,相互促进,进一步理解和掌握本课程的内容。



本章习题

1. 什么叫互换性? 完全互换性和不完全互换有什么区别?
2. 按互换性原则组织生产有哪些优越性?
3. 几何量的误差包括哪些内容?
4. 什么是标准? 什么是标准化? 标准化的作用是什么?
5. 如何理解标准化和互换性生产的关系?
6. 什么是优先数系? 基本系列有哪些?

第2章 尺寸极限与配合

知识目标

本章主要介绍极限与配合中的基本术语及定义、极限与配合的标准化、公差与配合的选用等内容。

能力目标

1. 了解极限与配合中基本术语的概念与作用;
2. 掌握极限与配合之间的联系与区别;
3. 掌握标准公差与基本偏差的结构、特点和基本规律以及公差与配合的选用原则,为合理选用尺寸公差与配合、进行尺寸精度设计打下基础。

第一节 基本概念

光滑圆柱体在机械制造业中应用最为广泛,光滑圆柱体的公差为尺寸公差。尺寸公差与配合标准不仅用于圆柱形内、外表面的结合,也适用于其他各种由单一尺寸确定的包容面与被包容面的结合。

1997年至1998年对GB1800—1979进行了修订,修订后的GB/T 1800由3部分组成:

GB/T 1800.1—1997 《极限与配合 基础 第1部分:词汇》;

GB/T 1800.2—1998 《极限与配合 基础 第2部分:公差、偏差和配合的基本规定》;

GB/T 1800.3—1998 《极限与配合 基础 第3部分:标准公差与基本偏差数值表》。

1999年又制定GB/T 1800.4—1999《极限与配合 标准公差等级和孔、轴的极限偏差值表》。同时对GB1801—1979、GB1802—1979进行修订,修订后的结果为GB/T 1801—1999《极限与配合 公差带与配合的选择》。

2000年对GB/T 1804—1992《一般公差 线性尺寸的未注公差》和GB/T 11335—1989《未注公差角度的极限偏差》进行了修订,修订后的结果为GB/T 1804—2000《一般公差 未注公差的线性尺寸和角度尺寸的公差》。

本章将主要介绍修订后的国家标准,以说明公差与配合国家标准构成的基本原理和使用原则。

一、有关孔和轴的定义

孔是指工件的圆柱形内表面及其他非圆柱形内表面中由单一尺寸确定的部分。轴是指圆柱形外表面及其他非圆柱形外表面中由单一尺寸确定的部分,也就是说孔为包容面,轴为被包容面,如图2-1所示。

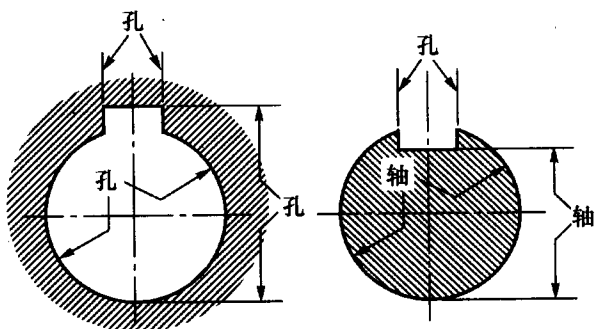


图 2-1 孔和轴示例

二、有关尺寸的术语和定义

1. 尺寸

尺寸是指以特定单位表示线性尺寸值的数值。线性尺寸值包括直径、半径、宽度、高度、深度、厚度及中心距等。在技术图样上,尺寸的特定计量单位为 mm,若以此为单位时,一般可省略不写。

2. 基本尺寸

通过基本尺寸应用上、下偏差可算出极限尺寸的数值称为基本尺寸。基本尺寸由设计时给定,是在设计时考虑零件的强度、刚度、工艺及结构等方面的因素,通过试验、计算或依据经验确定。孔和轴的基本尺寸分别以字母 D 和 d 表示,为减少定值刀具、量具的规格,基本尺寸应尽量采用标准尺寸。

3. 实际尺寸

实际尺寸是指通过测量获得的某一孔、轴的尺寸。由于存在测量误差,零件实际尺寸并非被测量零件尺寸的真值。又由于加工误差的存在,同一零件同一几何要素不同部位的实际尺寸也各不相同,如图 2-2 所示。孔和轴的实际尺寸分别以 D_a 和 d_a 表示。

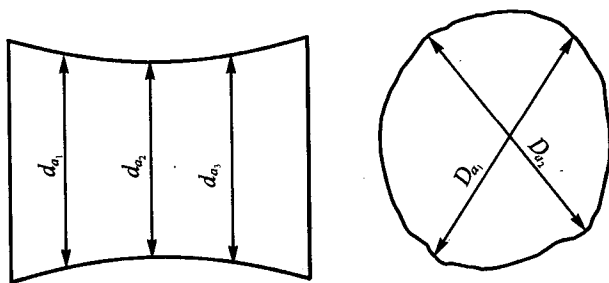


图 2-2 实际尺寸

4. 极限尺寸

极限尺寸是指一个孔或轴允许的尺寸的两个极端。孔或轴允许的最大尺寸称为最大极限尺寸,孔或轴允许的最小尺寸称为最小极限尺寸。孔的最大和最小极限尺寸分别以 $D_{\max}$ 和



$D_{\min}$ 表示,轴的最大和最小极限尺寸分别以 $d_{\max}$ 和 $d_{\min}$ 表示。极限尺寸是以基本尺寸为基数来确定的,它用于控制实际尺寸。尺寸合格条件为: $D_{\min} \leq D_a \leq D_{\max}$; $d_{\min} \leq d_a \leq d_{\max}$ 。如图 2-3 所示,孔的基本尺寸(D)为 $\phi 30\text{mm}$,孔的最大极限尺寸 $D_{\max}$ 为 $\phi 30.021\text{mm}$,孔的最小极限尺寸 $D_{\min}$ 为 $\phi 30\text{mm}$;轴的基本尺寸 d 为 $\phi 30\text{mm}$,轴的最大极限尺寸 $d_{\max}$ 为 $\phi 29.993\text{mm}$,轴的最小极限尺寸 $d_{\min}$ 为 $\phi 29.980\text{mm}$ 。

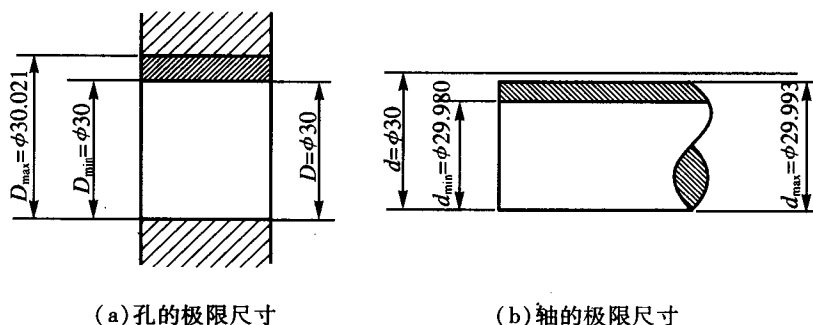


图 2-3 极限尺寸

三、有关偏差与公差术语和定义

1. 尺寸偏差

某一尺寸减去其基本尺寸所得的代数差称为尺寸偏差,简称偏差。偏差包括实际偏差和极限偏差,而极限偏差又包括上偏差和下偏差。

(1) 实际偏差。实际尺寸减去其基本尺寸所得的代数差称为实际偏差。实际偏差也可以为正值、负值或零。合格零件的实际偏差应在上、下偏差之间。

孔的实际偏差为:

$$E_a = D_a - D \quad (2-1)$$

轴的实际偏差为:

$$e_a = d_a - d \quad (2-2)$$

(2) 极限偏差。极限尺寸减去其基本尺寸所得的代数差称为极限偏差。最大极限尺寸减去其基本尺寸所得的代数差称为上偏差。孔的上偏差用 ES 表示;轴的上偏差用 es 表示。最小极限尺寸减去其基本尺寸所得的代数差称为下偏差。孔的下偏差用 EI 表示,轴的下偏差用 ei 表示,如图 2-4 所示。极限偏差可由下列公式表示:

$$ES = D_{\max} - D \quad (2-3)$$

$$EI = D_{\min} - D \quad (2-4)$$

$$es = d_{\max} - d \quad (2-5)$$

$$ei = d_{\min} - d \quad (2-6)$$

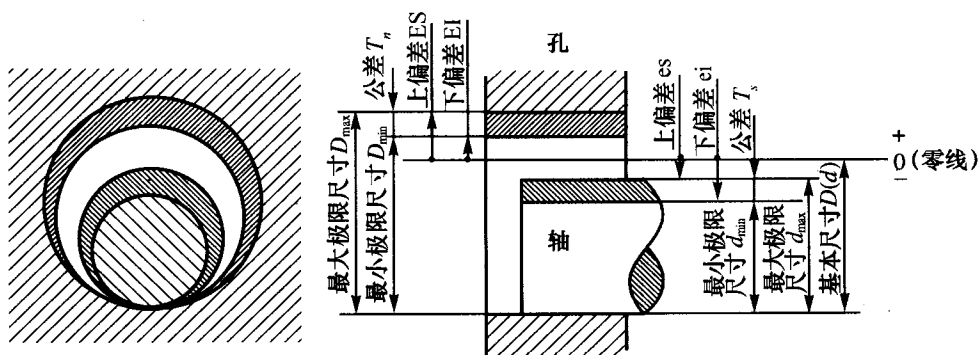


图 2-4 极限与配合示意图

偏差是代数差,由于实际尺寸和极限尺寸可能大于、小于或等于基本尺寸,所以偏差可能是正值、负值或零。合格的孔和轴,其实际偏差应位于极限偏差范围之内。即:

$$EI \leq E_a \leq ES \quad (2-7)$$

$$ei \leq e_a \leq es \quad (2-8)$$

国标规定,在图样和技术文件上标注极限偏差数值时,上偏差标在基本尺寸的右上角,下偏差标在基本尺寸的右下角。当偏差为零值时,必须在相应的位置标注“0”,而不能省略,如 $\phi 25^{+0.021}_0$ 。当上、下偏差数值相等而符号相反时,可简化标注,如 $\phi 40 \pm 0.008$ 。

(3) 尺寸偏差计算示例。

例 2-1 孔的基本尺寸 $D = 50\text{mm}$, 极限尺寸 $D_{\max} = 50.025\text{mm}$, $D_{\min} = 50\text{mm}$; 轴的基本尺寸 $d = 50\text{mm}$, 极限尺寸 $d_{\max} = 49.950\text{mm}$, $d_{\min} = 49.934\text{mm}$ 。现测得孔、轴的实际尺寸分别为 $D_a = 50.010\text{mm}$, $d_a = 49.946\text{mm}$, 求孔、轴的极限偏差和实际偏差。

解 孔的极限偏差为:

$$ES = D_{\max} - D = 50.025 - 50 = +0.025\text{mm}$$

$$EI = D_{\min} - D = 50 - 50 = 0\text{mm}$$

轴的极限偏差为:

$$es = d_{\max} - d = 49.950 - 50 = -0.050\text{mm}$$

$$ei = d_{\min} - d = 49.934 - 50 = -0.066\text{mm}$$

孔的实际偏差为:

$$E_a = D_a - D = 50.010 - 50 = +0.010\text{mm}$$

轴的实际偏差为:

$$e_a = d_a - d = 49.946 - 50 = -0.054\text{mm}$$

2. 尺寸公差

尺寸公差是最大极限尺寸与最小极限尺寸之差,或上偏差与下偏差之差,它是决定尺寸允许的变动量。尺寸公差简称为公差,用 T 表示。

孔和轴的公差分别以 T_h 和 T_s 表示,如图 2-4 所示,其表达式为:

$$T_h = |D_{\max} - D_{\min}| = ES - EI \quad (2-9)$$

$$T_s = |d_{\max} - d_{\min}| = es - ei \quad (2-10)$$



由此可以看出,尺寸公差是用绝对值定义的,没有正、负之分;同时因加工误差不可避免,即零件的实际尺寸总是变动的,故公差不能取零值。公差值越小表示精度越高,加工越困难。

例 2-2 求例 2-1 中孔和轴的尺寸公差。

解 孔的尺寸公差为:

$$T_h = |D_{\max} - D_{\min}| = |150.025 - 150| = 0.025 \text{ mm}$$

轴的尺寸公差为:

$$T_s = |d_{\max} - d_{\min}| = |49.950 - 49.934| = 0.016 \text{ mm}$$

3. 零线、公差带与公差带图解

基本尺寸、极限偏差及公差等概念可通过图 2-4 说明。但该图形式繁琐,且无法按比例关系进行画图。为了使用方便,在实际应用中一般不画出孔和轴,而是将截面图中有关公差部分按规定比例放大画出,如图 2-5 所示。该图称为极限与配合图解,简称公差带图解。它是由零线和公差带两部分组成的。

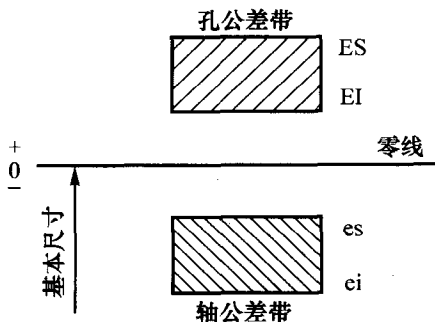


图 2-5 公差带图解

(1) 零线。在公差带图解中,表示基本尺寸的一条直线称为零线。以零线为基准确定偏差和公差。通常,公差带图的零线水平放置,零线以上为正偏差,零线以下为负偏差,与零线重合为零偏差。偏差值以 mm 为单位时,可省略单位标注,而以 μm 为单位时,则必须注明。

(2) 公差带。在公差带图解中,公差带代表上偏差和下偏差或最大极限尺寸和最小极限尺寸的两条直线所限定的一个区域。公差带有两个要素:一是公差带的大小,它取决于公差数值的大小;二是公差带的位置,它取决于极限偏差的大小。为了区别,一般在同一图中,孔和轴的公差带的剖面线的方向应该相反,且疏密程度不同(或孔的公差带用剖面线,而轴的公差带用网点表示)。

例 2-3 作孔 $\phi 30^{+0.033}_0$ 和轴 $\phi 30^{-0.007}_{-0.028}$ 的公差带图解。

解 ①作零线、纵坐标,并标注“0”、“+”、“-”,然后画单向尺寸并标上基本尺寸 $\phi 30$ 。

②选择适当比例(一般选取 500:1,偏差值较小时可选取 1000:1),然后按比例放大画出公差带,标注极限偏差,如图 2-6 所示。