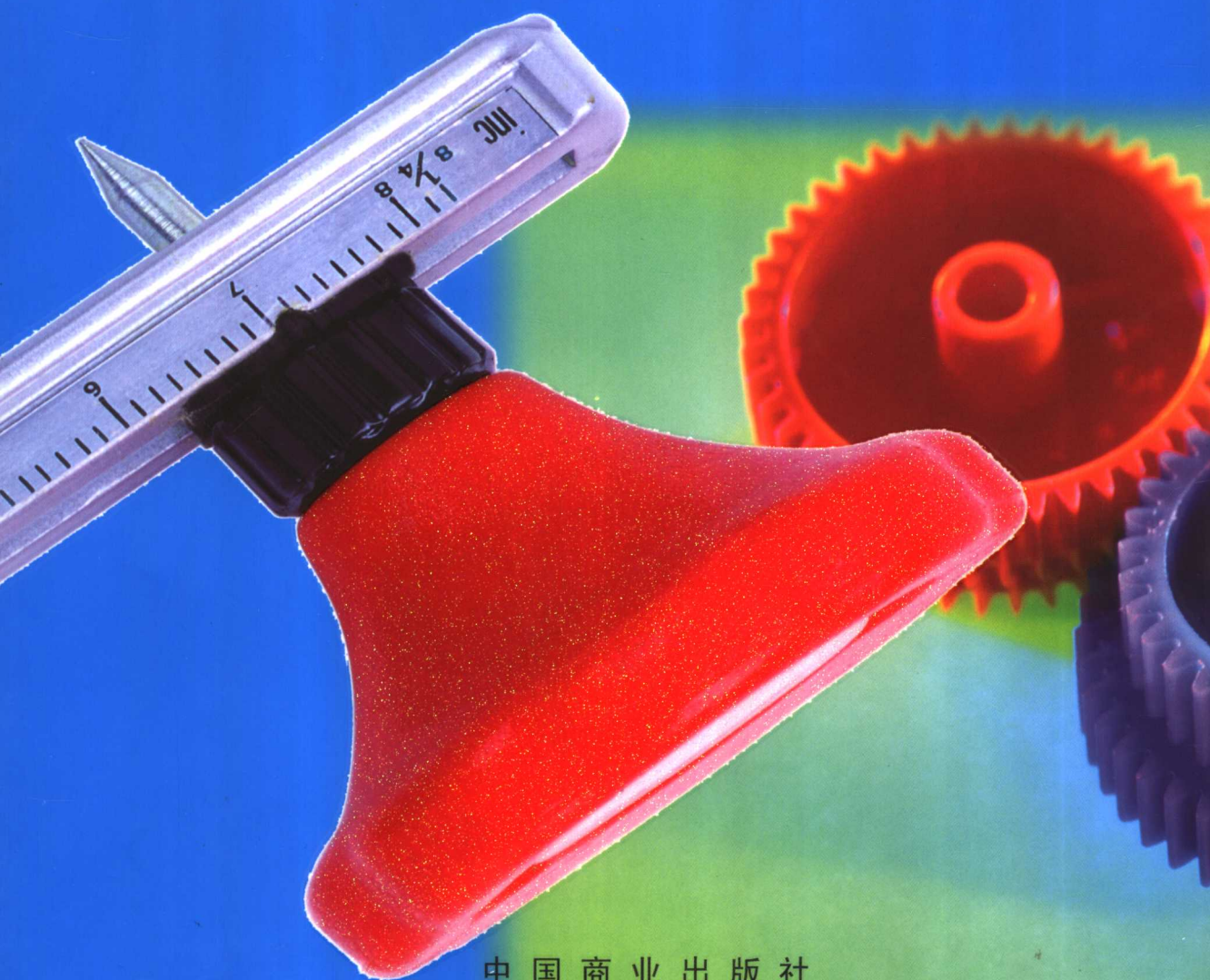


国家技能型、紧缺型、实用型人才培养培训工程
机电、工程类通用教材

公差配合与测量技术

李新德 主编



中国商业出版社

图书在版编目(CIP)数据

公差配合与测量技术/李新德主编. —北京: 中国商业出版社, 2006. 2

ISBN 7 - 5044 - 5467 - 2

I. 公… II. 李… III. ①公差 - 配合 - 高等学校: 技术学校 - 教材②技术测量 - 高等学校: 技术学校 - 教材 IV. TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 009335 号

责任编辑: 刘树林

版式设计: 蔡 凯

封面设计: 于凤丽

中国商业出版社出版发行

(100053 北京广安门内报国寺1号)

新华书店总店北京发行所经销

北京科丰华文化发展有限公司激光照排

中铁十八局一处涿州印刷厂印刷

开本: 787 × 1092 毫米 1/16 印张: 15 字数: 330 千字

2006 年 3 月第 1 版 2006 年 3 月第 1 次印刷

定价: 23.50 元

* *

(如有印装质量问题可更换)

前 言

随着高职教学改革的深入开展,改革课程教学内容,提高学生的动手能力,培养实用型人才已成为专业课教师在教学中必须认真考虑的一项重要工作。为此,我们在进行各门课的教学之前都要明确专业的培养目标;明确本课程在专业知识结构中的重要性;明确课程与前后课程的联系,确定课程的具体教学内容,制订教学实施计划。为此我们编写了机电工程类课程教材。《公差配合与测量技术》是由高职教材编委会编写的机电类课程规划教材之一,是根据国家教育部大纲基本要求,结合近年来高职高专院校实际情况编写而成的。该教材已申报国家“十一五”规划教材项目,它是高职院校工程专业机械类、近机类专业的通用教材,也可供职工大学、业余大学、函授大学、中等职业学校的师生及有关工程技术人员、企业管理人员选用或参考。

本书主要是根据高职高专《公差配合与测量技术》教学大纲进行编写的。理论知识以“必须”、“够用”为度,注重实践能力培养。本教材的编写力求做到突出高职特色,本着强调基础、突出应用、力求创新的总体思路,减少一些重学术、轻实践或与专业培养目标关系不大的内容。根据专业的培养目标删去或减少了公差原则、尺寸链计算等重学术的内容。突出了光滑圆柱的公差与配合、形状和位置公差、表面粗糙度等基础理论和相关国家标准的使用等主要内容,同时也介绍了测量技术基础和光滑极限量规、平键与花键联接公差、普通螺纹结合的公差、滚动轴承的公差、渐开线圆柱齿轮公差等实用内容,并尽量安排了一些与检测项目有关的内容,以培养学生的操作技能。

主要章节内容如下:绪论;第1章、极限与配合及检测;第2章、形状和位置公差及检测;第3章、表面粗糙度和测量;第4章、测量技术基础;第5章、光滑极限量规;第6章、键、花键的公差及检测;第7章、普通螺纹结合的公差及检测;第8章、滚动轴承的公差与配合;第9章、渐开线圆柱齿轮传动精度及检测。

本书由李新德担任主编,由汪洋、韩祥凤、申超英担任副主编,参编人员有王桂林、任艺、吉文哲、张志鹏、曹熹、马丛、郝巧玲、王振、王莹。

本教材在出版过程中得到河南省商丘职业技术学院、北京科丰华文化发展有限公司、等单位大力支持和帮助,在此一并致谢。尽管我们在编写过程中做出了很多的努力,由于编者的水平有限,书中难免有疏忽和不当之处,恳请各位读者多提一些宝贵的意见和建议。

编 者

2006. 1

目 录

绪 论	(1)
第1章 极限与配合及检测	(5)
§ 1.1 极限与配合的基本定义术语和定义	(5)
§ 1.2 极限与配合的选择	(24)
§ 1.3 一般公差、线性寸的末注公差	(34)
§ 1.4 大尺寸圆柱体的公差与配合简介	(35)
§ 1.5 尺寸的检测	(38)
第2章 形状和位置公差及检测	(51)
§ 2.1 概述	(51)
§ 2.2 形状公差	(52)
§ 2.3 位置公差	(58)
§ 2.4 公差原则	(67)
§ 2.5 形位公差的选用	(79)
§ 2.6 形位误差的检测	(87)
第3章 表面粗糙度和测量	(93)
§ 3.1 概述	(93)
§ 3.2 表面粗糙度的评定参数	(94)
§ 3.3 表面特征代号及标注	(98)
§ 3.4 表面粗糙度数值的选择	(99)
§ 3.5 表面粗糙度的测量	(101)
第4章 测量技术基础	(103)
§ 4.1 概述	(103)
§ 4.2 计量器具和测量方法	(106)
§ 4.3 新技术在长度计量中的应用	(108)
§ 4.4 测量误差和数据处理	(111)
§ 4.5 等精度测量结果的处理	(119)
第5章 光滑极限量规	(122)
§ 5.1 光滑极限量规概述	(122)
§ 5.2 量规设计的原则	(123)
§ 5.3 量规公差带	(125)
§ 5.4 工作量规的设计	(129)
第6章 键、花键的公差及检测	(135)

§ 6.1	概述	(135)
§ 6.2	单键联接	(136)
§ 6.3	花键联接	(140)
§ 6.4	花键的标注与检测	(144)
第7章 螺纹的公差配合及检测		(147)
§ 7.1	概述	(147)
§ 7.2	普通螺纹几何参数对互换性的影响	(150)
§ 7.3	普通螺纹的公差与配合	(153)
§ 7.4	螺纹的检测	(161)
§ 7.5	机床丝杠、螺母公差简介	(165)
第8章 滚动轴承的公差与配合		(169)
§ 8.1	概述	(169)
§ 8.2	滚动轴承内径、外径的公差带及其特点	(170)
§ 8.3	滚动轴承与轴和外壳孔的配合及其选择	(171)
第9章 渐开线圆柱齿轮传动精度及检测		(179)
§ 9.1	概述	(179)
§ 9.2	渐开线圆柱齿轮的偏差和公差	(183)
§ 9.3	渐开线圆柱齿轮精度标准	(200)
§ 9.4	渐开线圆柱齿轮精度的选择和确定	(201)
附录		(209)
附录 A	齿轮齿距累积总公差 F_p 和齿轮累积公差 F_{pk} 值	(209)
附录 B	齿轮径向跳动公差 F_r 值	(209)
附录 C	齿轮齿形公差 f_r 值	(209)
附录 D	齿轮径向综合总公差 F_{ri} 值	(210)
附录 E	齿轮单个极限偏差 $\pm f_{pt}$ 的 f_{pt} 值	(210)
附录 F	齿轮一齿径向综合公差 f_{ri}' 值	(210)
附录 G	中心距极限偏差 $\pm f_a$ 的 f_a 值	(211)
附录 H	齿轮副接触斑点	(211)
附录 I	齿轮螺旋线总公差 F_{β} 值	(211)
附录 J	齿轮公法线长度变动公差 F_w 值	(211)
附录 K	齿轮基圆齿距极限偏差 $\pm f_{pb}$ 的 f_{pb} 值	(211)
附录 R	普通螺纹偏差表(摘录)	(212)
附录 M	轴的极限偏差	(216)
附录 N	孔的极限偏差	(224)
参考文献		(233)

绪 论

0.1 互换性的概述

0.1.1 互换性的含义

互换性是现代化生产的一个重要技术经济原则,它普遍应用于机械设备和家用机电产品的生产中。随着现代化生产的发展,专业化、协作化生产模式的不断扩大,互换性原则的应用范围也越来越大。

互换性的广义上的定义是:“一种产品、过程或服务代替另一种产品、过程或服务能满足同样要求的能力。”在机械工业中,互换性是指制成的同一规格的一批零件或部件,不需作任何挑选、调整或辅助加工(如钳工修配),就能进行装配,并能满足机械产品的使用性能要求的一种特性。具有这种特性的零(部)件称为具有互换性的零(部)件。能够保证零(部)件具有互换性的生产,称为遵守互换性原则的生产。例如,一批螺纹标记为 M10-6H 的螺母,如果都能与 M10-6g 的螺栓自由旋合,并且满足设计的连接强度要求,则这批螺母就具有互换性。又如车床上的主轴轴承,磨损到一定程度后会影响车床的使用,在这种情况下,我们换上代号相同的另一个轴承,主轴就能恢复到原来的精度而满足使用性能的要求,这里轴承作为一个部件而具有互换性。

在日常生活中,互换性的例子也是很多的。如自行车的前轴或辐条坏了,可以迅速换上一个新的,更换后仍能满足使用要求。又如日光灯的启辉器坏了,灯管不能发光,换上一个相同规格的启辉器,灯管就能正常启动发光。

广义地说,零(部)件的互换性应包括几何参数、力学性能、物理化学性能等方面的互换性。根据本课程的教学任务,以下主要对几何参数的互换性加以论述。

0.2.2 互换性的种类

互换性按其程度和范围的不同可分为完全互换性和不完全互换性。

若零件在装配或更换时,不作任何选择,不需调整或修配,就能满足预定的使用要求,则其互换性为完全互换性,也称为绝对互换性。完全互换性在生产中得到广泛应用。当装配精度要求较高时,零件加工困难较大时,则可采用不完全互换性。所谓不完全互换性,就是在装配前允许有附加的选择,装配时允许有附加的调整但不允许修配,装配后能满足预期的使用要求。不完全互换性又称为有限互换性。

分组装配法即属于典型的不完全互换性。当机器上某些部位的装配精度要求较高时,此时如采用完全互换性,则零件的加工精度要求就很高,这样就将导致加工困难,制造成本过高,甚至无法加工。在实际的生产中,往往把零件的精度要求适当降低,以便于加工。加工完后根据零件实测尺寸的大小,将制成的零件分为若干组,使每组内的尺寸差别较小,然后对相应组

的零件进行装配,这样,既解决了零件的加工困难,又保证了部件的装配精度要求。采用此方法进行装配时,仅组内的零件可以互换,而组与组之间的零件不可互换,即限定了互换的范围。如柴油机喷油器柱塞的装配,滚动轴承内、外圈与滚动体的装配,采用的就是分组装配法。

上述两种互换性的使用场合不同,一般说来,不完全互换性仅限于部件或机构的制造厂内部的装配,至于厂际协作或配件的生产,则往往要求完全互换性。

对标准部件,互换性还可分为内互换和外互换。组成标准部件的零件的互换称内互换;标准部件与其他零件的互换称外互换。例如滚动轴承的外圈内滚道、内圈外滚道与滚动体的互换称为内互换;外圈外径、内圈内径以及轴承宽度与其相配的机壳孔、轴颈和轴承端盖的互换称为外互换。

0.3.3 互换性的技术经济意义

互换性原则广泛用于机械制造中的产品设计、零件的加工和装配、机器的使用和维修等各个方面。

在设计方面,由于采用互换性强的标准和通用件,可以使设计工作简化,缩短设计周期,并便于计算机辅助设计,这对发展系列产品十分有利。

在加工和装配方面,零件具有互换性时,可以采用分散加工、集中装配。这样有利于组织跨地域的专业化厂际协作生产;有利于使用现代化的工艺装备,并可能提高设备利用率;有利于采用自动化生产线等先进的生产方式;还可以减轻劳动强度,缩短装配周期,从而保证装配质量。

在使用和维修方面,互换性有其不可取代的优势。当机器的零件突然损坏或按计划定期维护时,可迅速用同规格的零件更换,即缩短了维修时间,又保证了维修质量,从而提高机器的利用率和延长机器的使用寿命。

互换性生产是随着产品大批量生产的需求而逐步发展和完善起来的。随着数控技术和计算机技术的发展,机械制造业由传统的生产方式向现代化的生产方式转化,在多品种、小批量的生产中,互换性的应用也越来越广泛,对互换性的要求将越来越高。因此,互换性原则是组织现代化生产极为重要的技术经济原则。

0.2 几何量的误差

要保证零件具有互换性,就必须保证零件的几何参数的准确性。但是,零件在加工的过程中,由于机床精度、计量器具精度、操作工人技术水平及生产环境等诸多因素的影响,其加工后得到的几何参数会不可避免地偏离设计时的理想要求,而产生误差。这种误差称为零件的几何量误差。几何量误差主要包括尺寸误差、形状误差、位置误差和表面微观形状误差——表面粗糙度等。

零件具有几何量误差后能否保证零件的互换性?实践证明,虽然零件的几何量误差可能影响到零件的使用性能,但只要将这些误差控制在一定的范围内,仍能满足使用功能要求,也就是说仍可以保证零件互换性要求。

为了控制几何量误差,提出了公差的概念。所谓几何参数的公差就是零件几何参数允许的变动量,它包括尺寸公差、形状公差、位置公差等。只有将零件的误差控制在相应的公差内,才能保证互换性的实现。

0.3 公差标准和标准化

既然用几何参数的公差来控制几何量误差的大小,那么就必须确定几何量公差的大小及对零件几何参数的相关要求,也就是要制订公差标准。公差标准是一种技术标准。技术标准是规范技术要求的法规,是指为产品和工程的技术质量、规格及其检验方法等方面所做的技术规定,是从事生产建设工作的共同技术依据。

标准按对象的特征可分为:基础标准、产品标准、方法标准、安全和环境保护标准等。基础标准是指生产技术活动中最基本的具有广泛指导意义的标准。这类标准具有最一般的共性,因而是通用性的最强标准。本课程所讲述的极限与配合标准、形位公差标准、表面粗糙度标准等就属于基础标准。

标准的建立必须以科学技术和实践经验作为依据,在充分协商的基础上,对生产技术活动中的要求,以特定程序、特定形式颁发统一的规定,在一定的范围内作为共同遵守的技术准则。在生产实践中,还应根据客观情况的变化,不断地修订和完善标准。以上所述的以制订标准和贯彻标准为主要内容的全部活动过程称为标准化。

在现代化生产中,标准化是一项重要的技术措施。一种产品的制造,往往涉及到许多部门和企业,为了适应各个部门与企业之间在技术上相互协调的要求,必须有一个共同的技术标准,使独立、分散的部门和企业之间保持必要的技术统一,使相互联系的生产过程形成一个有机的整体,以保证互换性生产的实现。所以,标准是保证互换性的基础,标准化是实现互换性生产的基础。

0.4 几何量的测量

制订和贯彻公差标准是实现互换性的基础,但要保证互换性在生产实践中实现还必须有相应的技术测量措施。前面已讲过制订公差的目的就是为了控制误差,通过测量,如零件的几何参数误差控制在规定的公差范围内,则此零件就合格,就能满足互换性的要求;反之,误差超过公差范围,零件就不合格,也就不能达到互换的目的。因此,对零件的测量是保证互换性生产的一个重要手段。

测量的目的,不仅在于零件加工完后判定零件是否合格,还要根据测量的结果,分析产生不合格零件的原因,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效率。

要保证几何参数测量的正确性,首先要保证长度计量单位的统一。1984年国务院发布了《关于在我国实行法定计量单位的命令》,规定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。其次还必须建立长度基准,实现基准的再现和量值的传递。1977年国务院发布了《中华人民共和国计量管理条例》,建立了各级计量机构和长度量值传递系统,为保证测量结果的准确可靠奠定了基础。此外,为保证测量精度,使测量技术满足现代化生产技术水平发展的需求,还必须研究测试理论,制定计量规程,设计和制造各种先进的计量器具,培训各级计量人员。

综上所述,现代化的机械生产,必须遵循互换性的原则,随着生产水平的提高,对互换性的要求也越来越高,而要保证互换性的实现,则必须保证零件加工精度。由于加工中各种因素的影响,零件的几何量的误差不可避免地存在,但只要将几何量的误差控制在一定的范围

内,就能实现互换性。要确定这“一定范围”的大小,就必须制定相应的公差标准;要知道零件的几何量的误差是否控制在公差范围内,即零件是否合格,就必须具有相应的技术测量措施和检测规定。

0.5. 本课程的性质和任务

《公差配合与测量技术》是职业技术学院机械类各专业的一门专业基础课。它比较全面地讲述了机械加工中有关尺寸公差、形状公差、位置公差和表面粗糙度等技术要求及有关各种测量技术的基础知识。本课程的学习是为了给专业工艺课程的教学和生产实习打下必要的基础。

通过本课程的学习,应使学生了解国家标准中有关公差、配合等方面的基本术语及其定义,熟悉极限与配合标准的基本规定,掌握极限与配合方面的基本计算方法及代号的标注和识读;了解形位公差的基本内容,理解形位公差代号的含义,掌握形位公差代号的标注方法;了解表面粗糙度的评定标准及基本的检测方法,掌握表面粗糙度符号、代号的标注方法;了解滚动轴承公差和普通螺纹公差的特点,理解螺纹标记的组成及其含义;了解有关测量的基本知识,理解常用量具的读数原理,掌握常用量具的使用方法;初步了解形位误差的检测原理和基本方法。

学生在学习本课程时,应具有一定的机械原理和机械制图方面的知识及初步的生产实践知识。本课程除在理论知识上具有一定的难度外,还具有很强的实践性,因而必须将对本课程的学习与对专业工艺课程的学习、生产实习有机结合起来,利用实习中所获得的感性知识来促进本课程的学习,同时将本课程所学的知识运用于专业工艺课程的学习和生产实习中去,通过实践,进一步加深理解和掌握本课程的内容。

小 结

互换性是现代工业产品设计和制造的重要原则。零件具有互换性,可以在产品的设计、制造、使用中发挥巨大的作用。互换性可分为完全互换和不完全互换,内互换和外互换等。

几何量误差主要包括尺寸误差、形状误差、位置误差和表面微观形状误差——表面粗糙度等。要实现互换性生产,就要使零件的几何量误差控制在一定的范围内,为此,国家制订了公差标准。

几何量的测量目的,不仅在于零件加工完成后判定零件是否合格,还要根据测量的结果,分析产生不合格零件的原因,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效率。要保证几何参数测量的正确性,首先要保证长度计量单位的统一。此外,为保证测量精度,使测量技术满足现代化生产技术水平发展的需求,还必须研究测试理论,制定计量规程,设计和制造各种先进的计量器具,培训各级计量人员。

指出了本课程的性质和任务。

第1章 极限与配合

§ 1.1 极限与配合的基本术语和定义

为了研究零件几何参数的互换性,正确掌握有关标准及其应用,统一设计、工艺、检验和管理对标准的理解,必须对标准的基本概念、术语及定义作出统一规定。

1.1.1 基本术语和定义

1. 孔和轴

孔:通常指圆柱形内表面及其他内表面中(由两平行平面或切平面形成的包容面)由单一尺寸确定的部分。

轴:通常指圆柱形外表面及其他外表面中(由两平行平面或切平面形成的被包容面)由单一尺寸确定的部分。

从装配关系讲,孔为包容面,在它之内无材料,且越加工越大;轴为被包容面,在它之外无材料,且越加工越小。

由此可见,孔、轴具有广泛的含义。不仅表示通常理解的概念,即圆柱形的内外表面,而且也包括由平行平面或切平面形成的包容面和被包容面。图1-1所示的各表面,如 D_1 、 D_2 、 D_3 和 D_4 各尺寸确定的各组平行平面或切平面所形成的包容面都称为孔;如 d_1 、 d_2 、 d_3 和 d_4 各尺寸确定的圆柱形外表面和各组平面或切平面所形成的被包容面都称为轴。因而孔、轴分别具有包容和被包容的功能。

如果两平行平面或切平面既不能形成包容面,也不能形成被包容面,则它们即不是孔也不是轴。如图1-1中由 L_1 、 L_2 和 L_3 各尺寸确定的各组平行平面和切平面。

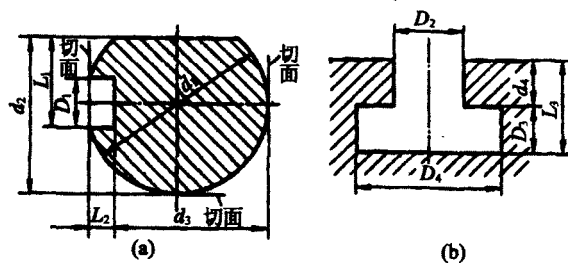


图1-1 孔和轴

2. 有关尺寸的术语

(1) 尺寸。用特定单位表示长度值的数值,如直径、长度、宽度、高度、中心距等。在机械制造中,常用毫米、微米作为特定单位。

(2)基本尺寸。设计给定的尺寸标称值称为基本尺寸,一般要符合标准尺寸系列。孔用 D 表示,轴用 d 表示。

基本尺寸可以在设计中根据强度、刚度、运动、工艺、结构、造型等不同要求来确定。它只表示尺寸的基本大小,并不一定是在实际加工中要求提到的尺寸。

(3)实际尺寸。通过测量获得的某一孔、轴的尺寸。由于存在测量器具、方式、人员和环境等因素造成的测量误差,所以实际尺寸并非尺寸的真值,且同一表面不同部位的实际尺寸往往也不相同。孔用 D_a 表示。轴用 d_a 表示。

(4)极限尺寸。一个孔或轴允许的两个极端尺寸。其中较大的一个称为最大极限尺寸,较小的一个称为最小极限尺寸。孔分别用 $D_{\max}$ 和 $D_{\min}$ 表示,轴分别用 $d_{\max}$ 和 $d_{\min}$ 表示。

设计时规定极限尺寸是为了限制工件尺寸的变动,以满足使用要求。在一般情况下,加工后零件尺寸的合格条件是实际尺寸均不得超出最大和最小极限尺寸。表达式如下:

$$\text{对于孔} \quad D_{\max} \geq D_a \geq D_{\min}$$

$$\text{对于轴} \quad d_{\max} \geq d_a \geq d_{\min}$$

(5)最大实体状态和最大实体尺寸。孔或轴具有允许的材料量为最多时的状态称为最大实体状态(MMC)。在最大实体状态下的极限尺寸称为最大实体尺寸 MMS 或最大实体极限(MML)。它是孔的最小尺寸($D_{\min}$)和轴的最大尺寸($d_{\max}$)的统称。

(6)最小实体状态和最小实体尺寸。孔或轴具有允许的材料量为最少时的状态称为最小实体状态(LMC)。在最小实体状态下的极限尺寸称为最小实体尺寸(LMS)或最小实体极限(LML)。它是孔的最大尺寸($D_{\max}$)和轴的最小尺寸($d_{\min}$)的统称。

最大和最小实体状态都是设计规定的合格零件的材料量所具有的两个极限状态(见图 1-2)。

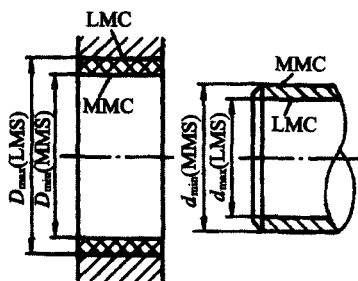


图 1-2 最大和最小实体状态

3. 有关偏差和公差术语

(1)偏差。某一尺寸(实际尺寸、极限尺寸等)减其基本尺寸所得的代数差。

1)实际偏差:实际尺寸减去其基本尺寸所得到的代数差。

$$\text{孔的实际偏差} \quad E_a = D_a - D$$

$$\text{轴的实际偏差} \quad e_a = d_a - d$$

2)极限偏差:极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差。它包含上偏差和下偏差。

最大极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为上偏差。

$$\text{孔的上偏差} \quad ES = D_{\max} - D$$

$$\text{轴的上偏差} \quad es = d_{\max} - d$$

最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为下偏差。

孔的下偏差 $EI = D_{\min} - D$

轴的下偏差 $ei = d_{\min} - d$

完工零件尺寸合格性的条件也常用偏差的关系表示如下:

对于孔 $ES \geq E_s \geq EI$

对于轴 $es \geq e_s \geq ei$

极限偏差与极限尺寸的关系如图 1-3 所示。

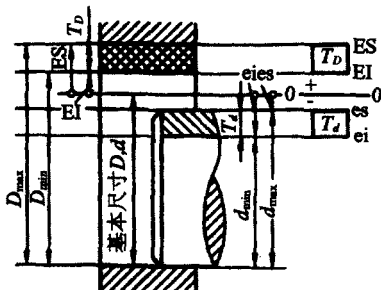


图 1-3 极限尺寸、公差与偏差

(2) 尺寸公差(简称公差)。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。

孔的公差 $T_D = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI$

轴的公差 $T_d = d_{\max} - d_{\min} = es - ei$

公差系表示尺寸允许的变动范围,是无符号的绝对值,不允许为零。尺寸公差是允许的 尺寸误差。尺寸误差是一批零件的实际尺寸相对于理想尺寸的偏差范围。当加工条件一定 时,尺寸误差表征了加工方法的精度。尺寸公差则是设计规定的误差允许值,体现了设计者 对加工方法精度的要求。通过对一批零件的测量,可以估算出其尺寸误差,而公差是设计给 定的,不能通过测量得到。

公差与极限偏差之间也同样既有区别又有联系,它们都是由设计规定的。公差表示对一 批工件尺寸均匀程度的要求,即其尺寸允许的变动范围。它是工件尺寸精度指标,但不能根 据公差来逐一判别工件的合格性。极限偏差表示工件尺寸允许变动的极限值,它原则上与工 件尺寸无关,但上下偏差又与精度有关。极限偏差是判别工件尺寸是否合格的依据。

两者之间的联系是,工件尺寸公差是工件尺寸的上下偏差 之代数差的绝对值,所以确定了两极限偏差也就确定了公差。

(3) 零线与公差带。由于公差与偏差的数值与尺寸数值相 比差别很大,不使用同一比例尺表示,故采用公差与配合图解 (简称公差带图)来表示,如图 1-4 所示。

以基本尺寸为零线,以适当的比例画出两极限偏差,来表 示尺寸允许变动的界限即范围,既公差图带。

1) 零线:在公差与配合图解中,表示基本尺寸的一条直线, 以其为基准确定公差和偏差(见图 1-4)。通常,零线以水平

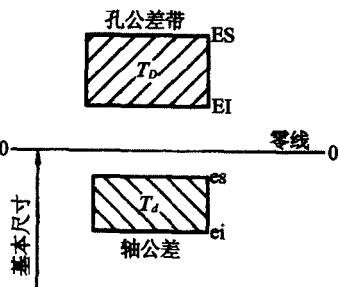


图 1-4 公差带图

方向绘制,正偏差位于其上,负偏差位于其下。

偏差多以微米(μm)为单位进行标注。

2)公差带:在公差带图中,由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区域,称为公差带。

在国家标准中,公差带包括了“公差带大小”与“公差带位置”两个参数。公差带大小取决于公差数值的大小,公差带相对于零线的位置取决于极限偏差的大小。大小相同而位置不同的公差带,它们对工件的精度要求相同,而对尺寸的大小要求不同。因此,必须既给定公差数值以确定公差带的大小,又给定一个极限偏差(上偏差或下偏差)以确定公差带的位置,才能完整地描述公差带。

1.1.2 有关配合的术语和定义

1. 配合

基本尺寸相同,相互结合的孔轴公差带之间的关系称为配合。这种关系决定结合零件间的松紧程度,如图 1-5 所示。

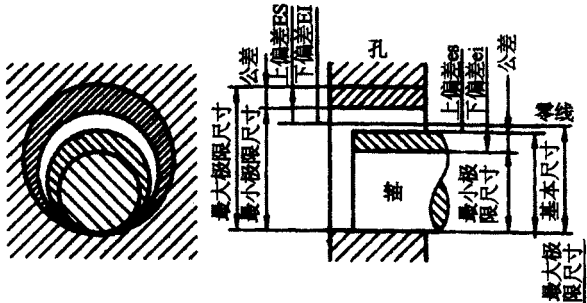


图 1-5 公差与配合

2. 间隙和过盈

相互结合的孔的尺寸减去轴的尺寸所得的代数差,此差值为正时,称为间隙,用 X 表示。其中“+”号代表间隙,数值代表间隙量的大小;此差值为负时,称为过盈。用 Y 表示,其中“-”代表过盈,数值代表过盈量的大小,如图 1-6 所示。因此,过盈就是负间隙,间隙也就是负过盈。

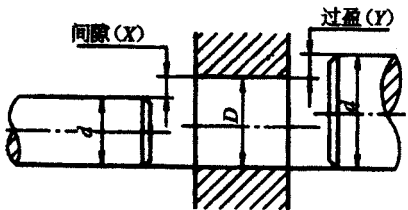


图 1-6 间隙和过盈示意

孔的实际尺寸减去相配合的轴的实际尺寸之差称为实际间隙或实际过盈。

实际间隙 $X_a = D_a - d_a$

实际过盈 $Y_a = D_a - d_a$

孔的极限尺寸减去相配合的轴的极限尺寸之差称为极限间隙($X_{\max}$ 和 $X_{\min}$)或极限过盈($Y_{\max}$ 和 $Y_{\min}$)。极限间隙或极限过盈分别反映圆柱结合中允许间隙或过盈变动的界限值。

极限间隙、极限过盈与孔、轴的极限尺寸的关系为

$$X_{\max} = (-Y_{\min}) = D_{\max} - d_{\min}$$

$$X_{\min} = (-Y_{\max}) = D_{\min} - d_{\max}$$

3. 配合的种类

(1) 间隙配合。具有间隙(包括最小间隙为零)的配合称为间隙配合。此时, 孔的公差带在轴的公差带之上, 如图 1-7 所示。

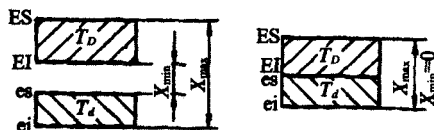


图 1-7 间隙配合

表示间隙配合松紧程度的特征值是最大极限间隙 $X_{\max}$ 和最小极限间隙 $X_{\min}$, 其值可用下式计算:

$$X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$$

$$X_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es$$

实际生产中, 平均间隙更能体现其配合性质:

$$X_{av} = (X_{\max} + X_{\min})/2$$

(2) 过盈配合。具有过盈(包括最小过盈等于零)的配合称为过盈配合。此时, 孔的公差带在轴的公差带之下, 如图 1-8 所示。

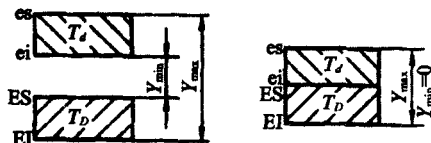


图 1-8 过盈配合

表示过盈配合松紧程度的特征值是最大极限过盈 $Y_{\max}$ 和最小极限过盈 $Y_{\min}$ 。其值可用下式计算:

$$Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es$$

$$Y_{\min} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$$

实际生产中, 平均过盈更能体现其配合性质:

$$Y_{av} = (Y_{\max} + Y_{\min})/2$$

(3) 过渡配合。可能具有间隙也可能具有过盈的配合称为过渡配合。此时, 孔的公差带与轴的公差带相互重叠。如图 1-9 所示。

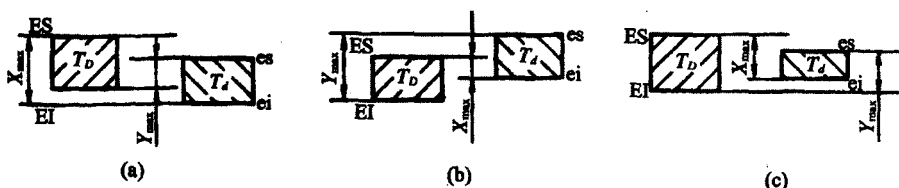


图 1-9 过渡配合

表示过渡配合松紧程度的特征值是最大极限间隙 $X_{\max}$ 和最大极限过盈 $Y_{\max}$ 。其值可用下式计算:

最大过盈: $Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es$

最大间隙: $X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$

实际生产中, 过渡配合的平均松紧程度可以表示为平均间隙, 也可能表示为平均过盈。

X_{av} (或 Y_{av}) = $(X_{\max} + Y_{\max})/2$

4. 配合公差

配合公差是指允许间隙或过盈的变动量。它是设计人员根据机器配合部位使用性能的要求对配合松紧变动的程度给定的允许值。它反映配合的松紧变化程度, 表示配合精度, 是评定配合质量的一个重要的综合指标, 用代号 T_f 表示。

在数值上, 它是一个没有正负号, 也不能为零的绝对值。它的数值用公式表示为:

对于间隙配合: $T_f = |X_{\max} - X_{\min}|$

对于过盈配合: $T_f = |Y_{\min} - Y_{\max}|$

对于过渡配合: $T_f = |X_{\max} - Y_{\max}|$

将最大、最小间隙和过盈分别用孔、轴极限尺寸或极限偏差换算后代入上式, 则得三类配合的配合公差共同公式为: $T_f = T_D + T_d$

根据此公式, 配合精度 (配合公差) 取决于相互配合的孔和轴的尺寸精度 (尺寸公差)。配合公差反映装配精度的高低, 而零件的制造公差反映加工的难易程度。两者之间矛盾的协调, 正是精度设计所要解决的问题。

5. 配合公差带图

配合公差的特性也可用配合公差带来表示。配合公差带的图示方法, 称为配合公差带图。配合公差带图能直观反映配合的特性, 其大小和位置反映了设计精度和使用要求。它具有以下特点:

(1) 零线代表间隙或过盈等于零, 零线以上的纵坐标为正值, 代表间隙; 零线以下的纵坐标为负值, 代表过盈。

(2) 符号 I 代表配合公差带, 配合公差带上、下端线所对应的纵坐标值, 表示孔、轴配合的极限间隙或极限过盈。当配合公差 I 完全处在零线上方时, 是间隙配合; 当配合公差带 I 完全处在零线下方时, 是过盈配合; 当配合公差带 I 跨在零线上时, 是过渡配合。

(3) 配合公差带图直观地反映配合的性质和配合的精度。

配合公差带图如图 1-10 所示。

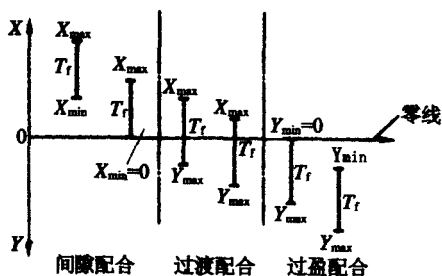


图 1-10 配合公差带图

例 1-1: 求下列三种孔轴配合的基本尺寸, 上、下偏差, 公差, 最大、最小极限尺寸, 最大、最小间隙或过盈, 属于何种配合, 求出配合公差, 并画出各种配合的配合公差带图 (单位为 mm)。

- 1) 孔 $\Phi 25^{+0.021}_0$ mm 与轴 $\Phi 25^{-0.021}_{-0.033}$ mm 相配合。
- 2) 孔 $\Phi 25^{+0.021}_0$ mm 与轴 $\Phi 25^{+0.041}_{+0.028}$ mm 相配合。
- 3) 孔 $\Phi 25^{+0.021}_0$ mm 与轴 $\Phi 25^{+0.015}_{+0.002}$ mm 相配合。

解:见表 1-1。

表 1-1

	1	2	3
	孔轴	孔轴	孔轴
基本尺寸	25 25	25 25	25 25
最大极限尺寸 $D_{\max}(d_{\max})$	25.021 24.980	25.021 25.041	25.021 25.015
最小极限尺寸 $D_{\min}(d_{\min})$	25.000 24.967	25.000 25.028	25.000 25.002
上偏差 ES(es)	+0.021 -0.020	+0.021 +0.041	+0.021 +0.015
下偏差 EI(ei)	0 -0.033	0 +0.028	0 +0.002
公差 $T_D(T_d)$	0.021 0.013	0.021 0.031	0.021 0.013
最大间隙 ($X_{\max}$)	0.054		0.019
最大过盈 ($Y_{\min}$)		-0.007	
最小间隙 ($X_{\min}$)	0.020		
最大过盈 ($Y_{\max}$)		-0.041	-0.015
何种配合	间隙配合	过盈配合	过渡配合
配合公差 T_f	0.034	0.034	0.034

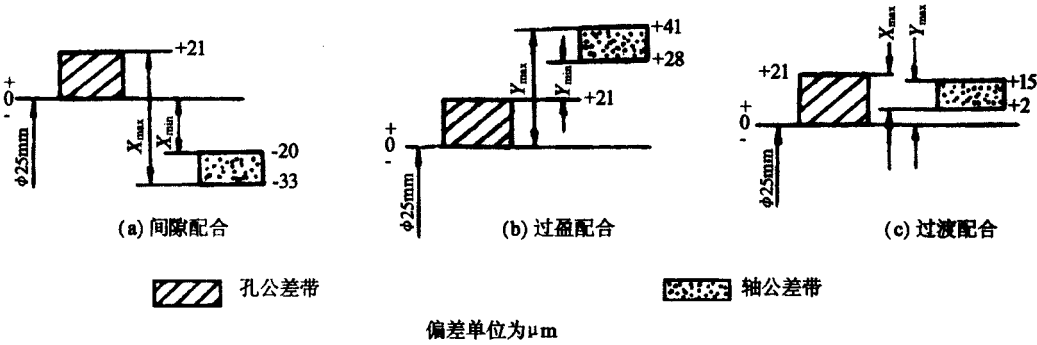


图 1-11 例 1-1 公差配合图解

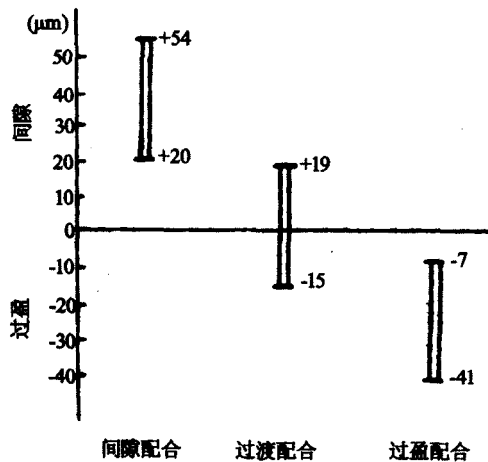


图 1-12 例 1-1 配合公差带图

6. 极限制与配合制

如前所示,孔、轴的配合是否满足使用要求,主要看是否可以保证极限间隙或极限过盈的要求。显然满足同一使用要求的孔、轴公差带的大小和位置是无限多的。如图 1-13 所示的三个配合,均能满足同样的使用要求。

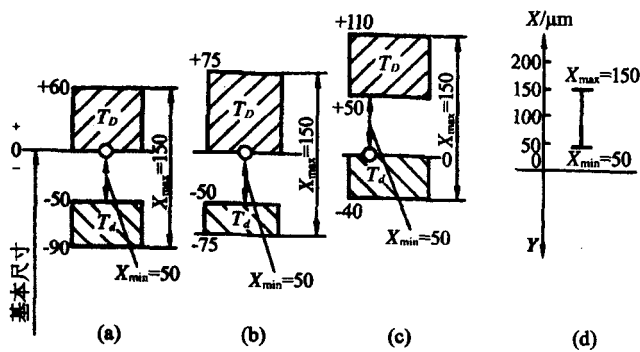


图 1-13 满足同一使用要求的三个配合

所以,如果不对满足同一使用要求的孔、轴公差带的大小和位置作出统一规定,将会给生产过程带来混乱,也不便于产品的使用和维修。因此,应该对孔轴尺寸公差带的大小和位置进行标准化。

极限制是指经标准化的公差带与偏差制度。它是一系列标准的孔、轴公差数值和极限偏差数值。

配合制是同一极限制的孔和轴组成配合的一种制度,亦称为基准制。国家标准对配合的组成规定了两种配合制度,即基孔制和基轴制配合。

(1) 基孔制。基本偏差一定的孔的公差带与不同基本偏差的轴的公差带形成各种配合的一种制度,如图 1-14(a)所示。基孔制配合中的孔称为基准孔,代号为 H,是基孔制配合中的基准件。轴为非基准件。

标准规定,基准孔以其下偏差(EI)为基本偏差,数值为零。上偏差(ES)为正值,即其公差带偏置在零线上侧。