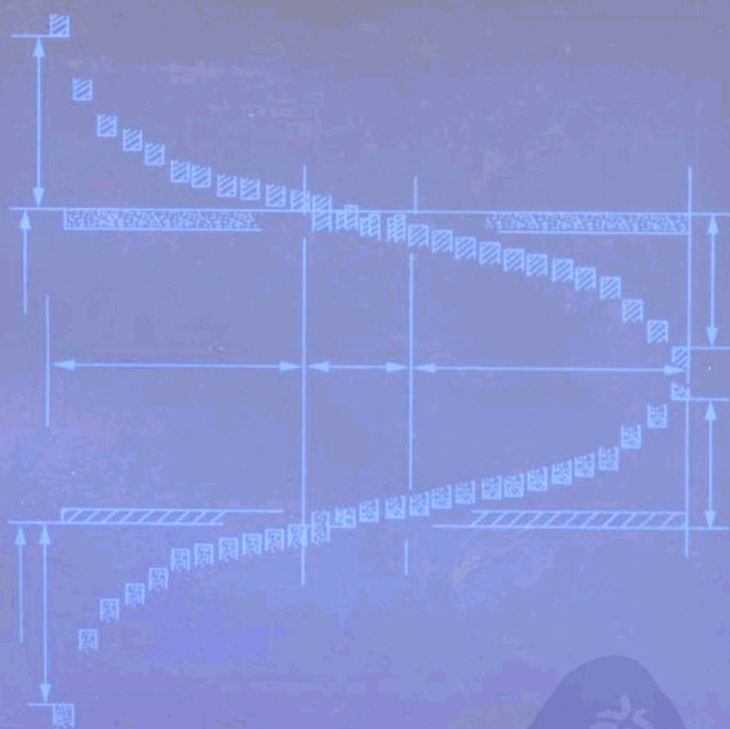


互换性与测量技术基础

主编 修树东 赵清华



哈尔滨工程大学出版社

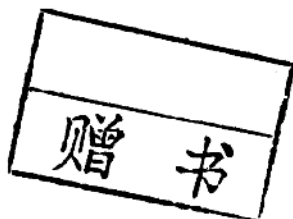
PDF

TG801
X68

425553

互换性与测量技术基础

修树东 赵清华 主编



00425553

哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书共分十一章,内容包括:绪论;测量技术基础;光滑圆柱体的公差与配合;形状和位置公差;表面粗糙度;滚动轴承与孔、轴结合的互换性;光滑极限量规;键结合、花键结合的互换性;螺纹结合的互换性;齿轮传动的互换性;尺寸链等。

本书可作为高等工科院校、高等农林院校、成人高校机械类各专业的教材,并可供工程技术人员参考。

互换性与测量技术基础

HUHUANXING YU CELIANG

JISHU JICHU

修树东 赵清华 主编

责任编辑 宋旭东

哈尔滨工程大学出版社出版发行

哈尔滨市南通街145号 哈工程大学11号楼

发行部电话(0451)2519328 邮编:150001

新华书店经销

哈尔滨市书刊印刷厂印刷

开本 787 mm×1 092 mm 1/16 印张 13.625 插页 1 字数 330 千字

1998年5月第1版 1998年5月第1次印刷

印数:1~1500册

ISBN 7-81007-817-8

TB·7 定价:18.50元

前 言

《互换性与测量技术基础》是高等学校机械类各专业的一门重要的技术基础课。本书是根据全国高校《互换性与测量技术基础》课程教学大纲的基本要求,并在总结近几年教学经验的基础上编写而成的一本技术基础课教材。书中全部采用我国最新的国家标准,如GB/T1182-96《形状和位置公差、通则、定义、符号和图样表示法》、GB/T1184-96《形状和位置公差 未注公差值》、GB/T4249-96《公差原则》、GB/T16671-96《形状和位置公差 最大实体要求、最小实体要求和可逆要求》等,使本书更具有生命力。

本书以互换性原理为主线,力求简要、系统、通俗地阐述各章的基本内容,以达到建立互换性的基本概念,了解公差与配合标准及其应用。对于测量技术基础,重点阐述测量误差及其基本处理方法、典型仪器的测量原理与方法,其目的仍在加深对互换性原理的理解,培养应用能力。各章后均附有思考与练习题,以方便学生自我检查和复习。

参加本书编写的有:吉林农业大学吴巍(编写第二章),佳木斯大学工学院刘桂珍(编写第十章),黑龙江八一农垦大学修树东(编写第一、四、五章)、赵清华(编写第三、六章)、魏德强(编写第七、十一章)、秦春兰(编写第八、九章)等。本书由修树东、赵清华担任主编,魏德强、刘桂珍、吴巍、秦春兰担任副主编,全书最后由修树东负责统稿。

本书由陈恒高、田金和两位副教授主审,特此致谢。

本书可作为高等工科院校、高等农林院校、成人高校机械类各专业的教材,并可供工程技术人员参考。

由于我们的理论水平不高,教学经验有限,而且编写的时间紧迫,书中的缺点和错误在所难免,恳请读者批评指正。

编者

1998年1月

目 录

1 绪 论	(1)
1.1 本课程的研究对象和任务	(1)
1.2 互换性概述	(2)
1.3 公差与配合的基本术语和定义	(4)
1.4 标准化与优先数系	(10)
思考与练习题	(13)
2 测量技术基础	(14)
2.1 测量技术的基本知识	(14)
2.2 测量误差与数据处理	(20)
2.3 测量器具的选择	(30)
思考与练习题	(33)
3 光滑圆柱体的公差与配合	(34)
3.1 概 述	(34)
3.2 标准公差系列——公差带大小的标准化	(35)
3.3 基本偏差系列——公差带位置的标准化	(39)
3.4 常用尺寸段的公差与配合	(46)
3.5 公差与配合的选择	(46)
3.6 未注公差尺寸的极限偏差	(55)
思考与练习题	(57)
4 形状和位置公差	(59)
4.1 概 述	(59)
4.2 形位公差带分析	(61)
4.3 形位误差及其评定	(74)
4.4 公差原则	(80)
4.5 形位公差的选用与标注	(94)
思考与练习题	(102)
5 表面粗糙度	(106)
5.1 概 述	(106)
5.2 表面粗糙度的评定	(106)
5.3 表面粗糙度的标注	(111)
5.4 表面粗糙度参数值的选择	(114)
5.5 表面粗糙度的检测	(116)
思考与练习题	(117)
6 滚动轴承与孔、轴结合的互换性	(119)

6.1 概 述	(119)
6.2 滚动轴承的精度等级及其应用	(119)
6.3 滚动轴承与孔、轴结合的公差与配合	(121)
6.4 滚动轴承配合的选择	(122)
思考与练习题	(129)
7 光滑极限量规	(130)
7.1 概 述	(130)
7.2 量规公差及其尺寸计算	(131)
7.3 量规型式的选择和技术要求	(134)
思考与练习题	(135)
8 键结合、花键结合的互换性	(137)
8.1 键与花键的用途和种类	(137)
8.2 平键联接的公差与配合	(137)
8.3 矩形花键结合的互换性	(140)
思考与练习题	(144)
9 螺纹结合的互换性	(145)
9.1 概 述	(145)
9.2 螺纹主要几何参数误差对其互换性的影响	(147)
9.3 作用中径及中径合格性判断原则	(149)
9.4 普通螺纹的公差与配合	(151)
9.5 普通螺纹公差与配合的选用	(155)
思考与练习题	(158)
10 齿轮传动的互换性	(159)
10.1 概 述	(159)
10.2 单个齿轮的误差及评定指标	(162)
10.3 齿轮副的误差及评定指标	(177)
10.4 渐开线圆柱齿轮精度标准及应用	(181)
思考与练习题	(191)
11 尺寸链	(193)
11.1 尺寸链的基本概念	(193)
11.2 尺寸链的建立	(195)
11.3 极值法解尺寸链	(197)
11.4 概率法解尺寸链	(204)
11.5 解尺寸链的其他方法	(206)
思考与练习题	(209)
主要参考文献	(211)

1 绪 论

1.1 本课程的研究对象和任务

1.1.1 本课程的性质及研究对象

互换性与测量技术是和机械工业紧密相联系的基础学科,它不仅将标准化领域与计量学领域的有关部分结合在一起,而且涉及机械设计、机械制造、质量控制、生产组织管理等许多方面,因此本学科实际上是一门综合性应用技术基础科学。

《互换性与测量技术基础》是高等学校机械类各专业的一门重要的技术基础课。它和《机械原理》、《机械设计》等课程一样,是机械设计的基础部分。本课程的研究对象是机械或仪器零部件的精度设计及其检测原理,即几何参数的互换性。在教学计划中,它起着联系设计与制造、修理工艺类课程的纽带作用,是高等学校机械类专业学生的必修课。

1.1.2 本课程的任务

高等学校有关专业的学生通过本课程的学习,可以完成下列任务:

1. 建立互换性、标准化的概念;掌握机械零部件精度设计的基本原理和方法;了解典型零件公差与配合标准的组成和应用;合理地确定各种典型零件的制造精度。这些都是保证产品质量的重要手段。

2. 进一步加强基本理论、基本知识和基本技能的训练。本课程的理论基础是误差理论,其基本理论的研究方法是数理统计,具体研究的对象是机器零部件的精度设计,并且通过一定的计量检测方法保证设计要求的实现。显然,本课程既有坚实的基础理论,又有广泛的基础知识(确定和分析零件精度的概念)和基本技能(即典型零件的检测方法),成为对学生进行“三基”训练的重要环节。

3. 进一步培养学生分析问题和解决问题的能力。本课程是一门实践性很强的课程,无论是对零件的精度设计,还是对零件检测方法的确定,都需要和生产实际密切结合。只有了解各种生产实际因素的影响,灵活运用所学知识,熟练查阅各种标准资料,正确使用各种典型测量工具,才能较好地完成本课程的任务。因此,通过本课程的学习,不仅能提高学生分析问题和解决问题的能力,还能使学生的独立工作能力及动手能力得到训练和提高。

1.2 互换性概述

1.2.1 互换性的定义

在人们日常生活中,有大量现象涉及到互换性。例如机器或仪器上掉了一个螺钉,按相同规格买一个装上就行了;灯泡坏了,买一个安上就行了;农业生产中使用的拖拉机、收割机、水泵中某个零部件磨损了,也可以换上一个新的,便能满足使用要求。

所谓互换性是指机器或仪器中同一规格的一批零件或部件,不需作任何挑选或辅助加工,就能进行装配,并能保证满足机器或仪器的使用性能要求的一种特性。

显然,互换性应同时具备两个条件,即一是不需挑选、不经修理就能进行装配;二是装配以后能满足使用要求。

1.2.2 互换性生产简史

互换性是随着生产的发展而产生与发展的。对于互相要求配合的零件,最初都是按“配作”方式制造,即以孔配轴或轴配孔,装配时必须对号入座。显然,在这种情况下,完全没有互换性,生产效率也极低。

互换性生产是从出现第一个标准量规开始的,如图 1-1 所示。随着生产经验的积累,人们发现为保证轴、孔希望得到的间隙,可以按一个标准的轴或一个标准的孔来制造孔或轴,不久就将这种标准的轴或孔做成塞规或卡规状的标准量规。

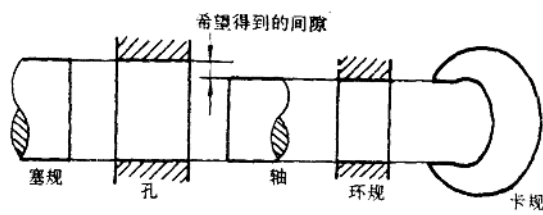


图 1-1 标准量规

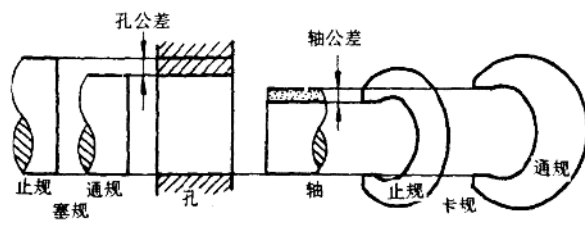


图 1-2 极限量规

互换性的广泛发展是随着极限量规的产生而开始的。由于标准量规是单个使用,对零件的要求过高(量规要恰好紧密地通过零件),所以它的应用受到限制。后来经验表明,这样的高精度要求是不必要的。事实上,使用要求不是绝对的,间隙略有变动只要不超过某一范围,也能满足使用要求。既然允许间隙在一定范围内变动,也就允许孔、轴实际尺寸在一定范围内变动。于是就按孔、轴允许的最大尺寸和最小尺寸,分别制成两套量规,叫做极限量规(图 1-2),并分别为通规和止规。只要工件能为通规通过,而不为止规通过,就被认为是

合格件,装配时,即可保证配合要求,并具有互换性。

允许尺寸的变动量就叫公差,因此满足互换性要求的前提是零件的尺寸在允许的公差范围以内。

互换性生产首先用于兵器工业,以后开始用于各种机械制造行业。随着产品质量多功能的需要,由单参数(尺寸)的配合互换性已发展到功能互换性。零件的检验除了用极限量规控制尺寸外,还要求用功能量规控制零件的形状和各尺寸间相互位置精度的要求。

以往的互换性生产都是与大批量生产连在一起的。近年来,现代化机械工业的发展趋势,已由单一品种的大批量生产,逐步向多品种的柔性生产系统(FMS)方向转变。这种生产系统的主要特点是可以根据市场需求,及时改变生产线上产品的型号和品种,其实质是用大量生产方式生产小批或单件产品,因而极大地降低制造成本。在生产线上,工序变动时,信息传送给多品种控制器,接受欲装配哪些零件的指令,指定机械手选择零件、进行装配,并经校核送到下一工序。库存零件提出后,由计算机通知加工站补充零件,这样可避免积压零件。显然,这种生产系统,对互换性要求更加严格。

1.2.3 互换性的分类

1. 几何参数互换性与功能互换性

按决定参数与使用要求分,互换性可分为几何参数互换性与功能互换性。

(1)几何参数互换性 通过规定几何参数的公差以保证成品的几何参数充分近似所达到的互换性。此种互换性为狭义互换性,即通常所讲的互换性,有时也局限于保证零件尺寸配合要求的互换性。

(2)功能互换性 通过规定功能参数的公差所达到的互换性。功能参数当然包括几何参数,但还包括其他一些参数,如材料机械性能参数、化学、光学、电学、流体力学等参数。此种互换性为广义互换性,往往着重于保证除几何参数互换性要求以外的其他功能要求。

2. 完全互换与不完全互换

互换性按其程度可分为完全互换与不完全互换。

(1)完全互换 若零件在装配或更换时,不需选择,不需辅助加工,则其互换性为完全互换性。

(2)不完全互换 当零件装配精度要求较高时,采用完全互换将使零件制造公差很小,加工困难,成本很高,甚至无法加工。这时,可将零件的制造公差适当地放大,使之便于加工,而在零件加工完毕后,再用测量器具将零件按实际尺寸的大小分为若干组,使每组零件间实际尺寸的差别减小,装配时按相应组进行。这样,既可保证装配精度和使用要求,又能解决加工困难,降低成本。此时,仅组内零件可以互换,组与组之间不可互换,即为不完全互换性。

3. 外互换与内互换

对于标准部件或机构来说,互换性又可分为外互换与内互换。

(1)外互换 是指部件或机构与其相配件间的互换性。例如,滚动轴承内圈内径与轴的配合,外圈外径与轴承孔的配合。

(2)内互换 它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、外圈滚道直径与滚珠(滚柱)直径的配合。

为方便起见,滚动轴承的外互换采用完全互换;至于其内互换则因组成零件的精度要求高,加工困难,故采用分组装配,为不完全互换。

一般而言,不完全互换只限于部件或机构的制造厂内部的装配。至于厂外协作,即使产量不大,往往也要求完全互换。究竟采用完全互换、不完全互换或者修配调整,要由产品的精度要求与复杂程度、生产规模、生产设备、技术水平等一系列因素决定。

1.2.4 互换性生产在机械制造中的作用

从使用看,若零件具有互换性,零件坏了,可用另一新的备件代替,不仅维修方便,而且使机器的修理时间和费用显著减少,可保证机器工作的连续性和持久性,从而显著提高机器的使用价值。而在某些情况下,互换性所起作用还很难用价值衡量。例如,在发电厂要迅速排除发电设备的故障,继续供电;在战场上,要立即排除武器装备的故障,继续战斗。在这些场合,保证零件的互换性是绝对必要的。

从制造看,互换性是提高生产水平和进行文明生产的有力手段。装配时,由于零部件具有互换性,不需辅助加工,故能减轻装配工作的劳动量,缩短装配周期,并且可以使装配工作按流水作业方式进行,以至实现自动装配,从而使装配生产率大大提高。加工时,由于规定有公差,同一部机器上的各个零件可同时分别加工,用的极多的标准件还可由专门车间或工厂单独生产。由于产品单一,数量多,分工细,可采用高效率专用设备,乃至计算机辅助制造,从而使产品质量和数量明显提高,成本也必然显著降低。

从设计看,由于采用按互换原则设计和生产标准零部件,故可简化绘图、计算等工作,缩短设计周期,并便于用计算机辅助设计。这对发展系列产品和促进产品结构、性能不断改进,都有重大作用。例如,手表采用具有互换性的统一机芯,发展新品种的设计周期和生产准备周期都可以缩短。这一点对国防工业尤为重要。

综上所述,在机械制造中,遵循互换性原则,不仅能显著提高劳动生产率,而且能有效保证产品质量和降低成本。所以,互换性是机械制造中重要的生产原则和有效技术措施。

1.3 公差与配合的基本术语和定义

为了正确掌握公差与配合标准及其应用,必须统一设计、工艺、检验等人员对公差与配合标准的理解,应明确规定公差与配合的基本术语和定义。这是互换性研究的基础,也是工程技术人员必须掌握的共同语言。

1.3.1 孔和轴

在公差与配合标准中,孔和轴这两个术语有其特定含义,它关系到公差标准的应用范围(图1-3)。

1. 孔 主要指圆柱形内表面,也包括其他内表面中由单一尺寸确定的部分。

2. 轴 主要指圆柱形外表面,也包括其他外表面中由单一尺寸确定的部分。

由此定义可知,公差与配合标准中所说的孔、轴并非指圆柱形体的内、外表面,也包括任意形体的内、外表面。如图1-3中左半部均为轴,右半部均为孔。在图1-4中,滑块槽宽 D_1 、 D_2 、 D_3 为孔,而滑块槽厚度 d 为轴。另外,从加工制造看,孔是越做越大,而轴是越做

越小;从装配关系来讲,孔是包容面,轴是被包容面。可见,在公差与配合标准中,孔、轴的概念是广义的,而且是由单一的主要尺寸构成。

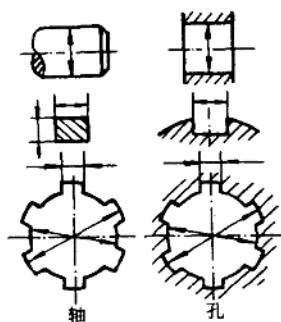


图 1-3 孔和轴

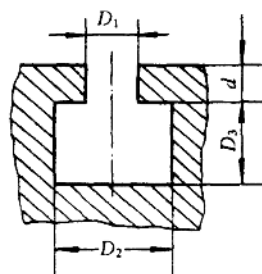


图 1-4 滑块

1.3.2 尺寸

1. 尺寸 用特定单位表示长度值的数字。在技术图纸中和在一定范围内,已注明或按习惯已明确共同单位时(如在尺寸标注中,以 mm 为通用单位),均可写数字,不写单位。

为避免混淆,将角度量称为角度尺寸,而通常所讲尺寸均指长度量。

2. 基本尺寸 设计给定的尺寸。它是设计者经过计算或根据经验而确定的,一般应符合标准尺寸系列(参见 GB2822-82),使定值刀具、量具、夹具等的规格数量最少。

由于有制造误差,要满足孔与轴的配合要求,工件加工后所得实际尺寸一般不等于其基本尺寸,从某种意义上说,基本尺寸是用以计算其他尺寸的一个共同的依据。

3. 实际尺寸 通过测量所得的尺寸。由于存在测量误差,实际尺寸并非被测尺寸的真值。例如,测得轴的尺寸为 24.965 mm,测量的误差为 ± 0.001 mm,则实际尺寸的真值在 24.965 ± 0.001 mm 范围内。真值是客观存在的,但又是不知道的,因此只能以测得的尺寸作为实际尺寸。

4. 极限尺寸 允许尺寸变动的两个界限值,它以基本尺寸为基数来确定。两个界限值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。

1.3.3 偏差与公差

1. 尺寸偏差(简称偏差) 某一尺寸减去其基本尺寸所得的代数差。

偏差包括实际偏差与极限偏差,而极限偏差又分为上偏差和下偏差。

实际偏差为实际尺寸减去其基本尺寸所得的代数差。

上偏差是最大极限尺寸减去其基本尺寸所得的代数差。用代号 ES(孔)、es(轴)表示。

下偏差是最小极限尺寸减去其基本尺寸所得的代数差。用代号 EI(孔)、ei(轴)表示。

偏差为一代数值,因此可以为正、负或零值。

2. 尺寸公差(简称公差) 允许尺寸的变动量。

公差等于最大极限尺寸与最小极限尺寸之代数差的绝对值,也等于上偏差与下偏差之代数差的绝对值。

值得注意的是:公差与偏差是有区别的。偏差是代数值,有正负号,而公差则是绝对值,没有正负之分,计算时决不能加正负号,而且不能为零。

图1-5是公差与配合示意图,它表明了两个相互结合的孔、轴基本尺寸、极限尺寸、极限偏差与公差的相互关系。

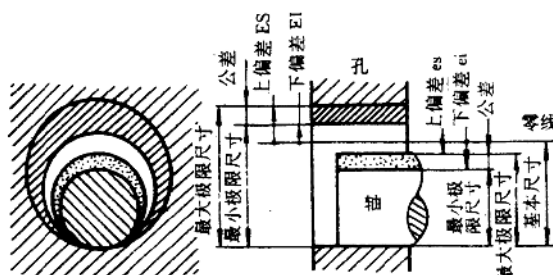


图 1-5 公差与配合示意图

图 1-6 公差带图

3. 零线与公差带图 由于公差及偏差的数值与尺寸数值相比,差别甚大,不便用同一比例表示,故采用公差与配合图解(简称公差带图解),如图1-6所示。

零线:在公差带图中,确定偏差的一条基准直线,即零偏差线。通常零线表示基本尺寸。

尺寸公差带(简称公差带):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。

4. 基本偏差 用以确定公差带相对于零线位置的上偏差或下偏差,一般指靠近零线的那个偏差(图1-7)。当公差带位于零线上方时,其基本偏差为下偏差;位于零线下方时,其基本偏差为上偏差。

公差带的大小取决于公差的大小,公差带相对于零线的位置取决于基本偏差的大小。相同大小的公差带,可以随基本偏差的不同而具有不同的位置,它们对零件的精度要求相同而对尺寸大小要求不同。只有既给定公差带大小,又给定一个基本偏差,以确定公差带位置,才能完整地描述一个公差带,表达设计要求。

公差带图是学习本课程的一个极为重要的工具,必须熟练掌握。

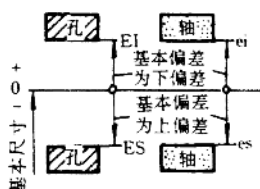


图 1-7 基本偏差示意图

例 1-1 已知孔、轴的基本尺寸 $D = d = 30 \text{ mm}$, 孔的最大极限尺寸 $D_{\max} = 30.033 \text{ mm}$, 孔的最小极限尺寸 $D_{\min} = 30.000 \text{ mm}$, 轴的最大极限尺寸 $d_{\max} = 29.980 \text{ mm}$, 轴的最小极限尺寸 $d_{\min} = 29.959 \text{ mm}$ 。求孔与轴的极限偏差与公差。

$$\begin{aligned} \text{解} \quad ES &= D_{\max} - D = 30.033 - 30 = +0.033 \text{ mm} \\ EI &= D_{\min} - D = 30 - 30 = 0 \end{aligned}$$

孔公差

$$T_H = |D_{\max} - D_{\min}| = |ES - EI| = |30.033 - 30| = |0.033 - 0| = 0.033 \text{ mm}$$

$$es = d_{\max} - d = 29.980 - 30 = -0.020 \text{ mm}$$

$$ei = d_{\min} - d = 29.959 - 30 = -0.041 \text{ mm}$$

轴公差

$$T_S = |d_{\max} - d_{\min}| = |es - ei| = |29.980 - 29.959| = |-0.020 - (-0.041)| \\ = 0.021 \text{ mm}$$

1.3.4 配合

1. 配合 基本尺寸相同的、相互结合的孔和轴公差带之间的关系。由于配合是指一批孔、轴的装配关系,而不是指单个孔和单个轴的相配关系,所以用公差带关系来反映配合就比较确切。

2. 间隙或过盈 孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸所得代数差。此差值为正时是间隙,为负是过盈。

3. 间隙配合 具有间隙(包括最小间隙等于零)的配合。此时,孔的公差带在轴的公差带之上,其极限值为最大间隙和最小间隙(图 1-8)。间隙配合主要用于孔、轴间的活动联接。间隙的作用在于贮藏润滑油,补偿温度引起的变化,补偿弹性变形及制造与安装误差等。间隙的大小影响孔、轴相对运动的活动程度。

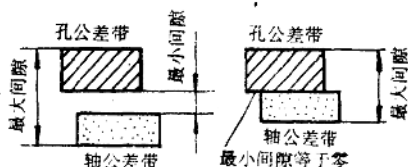


图 1-8 间隙配合

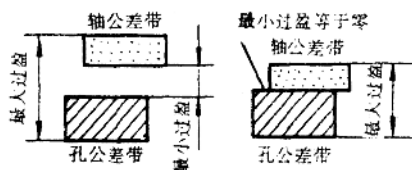


图 1-9 过盈配合

4. 过盈配合 具有过盈(包括最小过盈等于零)的配合。此时,孔的公差带在轴的公差带之下,其极限值为最大过盈和最小过盈(图 1-9)。过盈配合用于孔、轴的紧密联接,不允许两者有相对运动。

5. 过渡配合 可能具有间隙或过盈的配合。此时,孔的公差带与轴的公差带相互交叠,其极限值为最大间隙和最大过盈(图 1-10)。

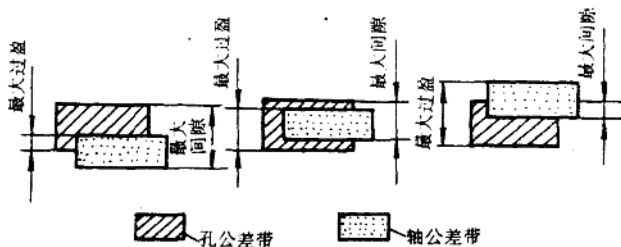


图 1-10 过渡配合

过渡配合主要用于孔、轴的定位联接。标准中规定的过渡配合的间隙或过盈一般都比较小,因此可以保证结合零件具有很好的同轴度,并且便于拆卸和装配。

6. 配合公差 允许间隙或过盈的变动量。对间隙配合,配合公差等于最大间隙与最小间隙之代数差的绝对值;对过盈配合,配合公差等于最小过盈与最大过盈之代数差的绝对

值;对过渡配合,配合公差等于最大间隙与最大过盈之代数差的绝对值。

例 1-2 已知 $D = d = 50 \text{ mm}$, $D_{\max} = 50.025 \text{ mm}$, $D_{\min} = 50 \text{ mm}$; $d_{\max} = 49.975 \text{ mm}$, $d_{\min} = 49.959 \text{ mm}$, 求最大间隙 $X_{\max}$, 最小间隙 $X_{\min}$ 和配合公差 T_f 。

$$\begin{aligned}\text{解} \quad X_{\max} &= D_{\max} - d_{\min} = 50.025 - 49.959 = 0.066 \text{ mm} \\ X_{\min} &= D_{\min} - d_{\max} = 50 - 49.975 = 0.025 \text{ mm} \\ T_f &= |X_{\max} - X_{\min}| = |0.066 - 0.025| = 0.041 \text{ mm}\end{aligned}$$

例 1-3 已知 $D = d = 50 \text{ mm}$, $D_{\max} = 50.025 \text{ mm}$, $D_{\min} = 50 \text{ mm}$; $d_{\max} = 50.050 \text{ mm}$, $d_{\min} = 50.034 \text{ mm}$, 求最大过盈 $Y_{\max}$, 最小过盈 $Y_{\min}$ 和配合公差 T_f 。

$$\begin{aligned}\text{解} \quad Y_{\max} &= D_{\min} - d_{\max} = 50 - 50.050 = -0.050 \text{ mm} \\ Y_{\min} &= D_{\max} - d_{\min} = 50.025 - 50.034 = -0.009 \text{ mm} \\ T_f &= |Y_{\max} - Y_{\min}| = |-0.050 - (-0.009)| = 0.041 \text{ mm}\end{aligned}$$

例 1-4 已知 $D = d = 50 \text{ mm}$, $D_{\max} = 50.025 \text{ mm}$, $D_{\min} = 50 \text{ mm}$; $d_{\max} = 50.018 \text{ mm}$, $d_{\min} = 50.002 \text{ mm}$, 求最大间隙 $X_{\max}$, 最大过盈 $Y_{\max}$ 和配合公差 T_f 。

$$\begin{aligned}\text{解} \quad X_{\max} &= D_{\max} - d_{\min} = 50.025 - 50.002 = 0.023 \text{ mm} \\ Y_{\max} &= D_{\min} - d_{\max} = 50 - 50.018 = -0.018 \text{ mm} \\ T_f &= |X_{\max} - Y_{\max}| = |0.023 - (-0.018)| = 0.041 \text{ mm}\end{aligned}$$

图 1-11 为画出的上述例题的公差与配合图解。

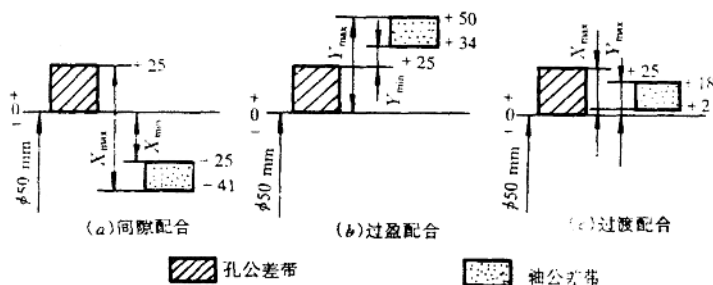


图 1-11 例题的公差与配合图解(单位除注明者外均为微米)

从图中可看出,配合公差的大小等于孔与轴公差之和,即

$$T_f = T_H + T_S$$

由于上述三例的孔公差 T_H 均为 0.025 mm , 轴公差 T_S 均为 0.016 mm , 故

$$T_f = T_H + T_S = 0.025 + 0.016 = 0.041 \text{ mm}$$

当基本尺寸一定时,配合公差 T_f 表示配合的精确程度,反映了设计使用要求;而孔公差 T_H 和轴公差 T_S 则分别表示孔、轴加工的精确程度,反映了工艺制造要求,即加工的难易程度。通过关系式 $T_f = T_H + T_S$,将这两方面的要求联系在一起。若使用要求或设计要求提高,即 T_f 减小,则 $(T_H + T_S)$ 也要减小,则加工将更困难,成本也将提高。因此,这个关系式正好说明公差的实质:反映机器使用要求与制造要求矛盾,或设计与工艺的矛盾。

7. 配合公差带 对间隙配合为最大间隙与最小间隙之间的公差带;对过盈配合为最小过盈与最大过盈之间的公差带;对过渡配合为最大间隙与最大过盈之间的公差带(图 1-

12)。配合公差带的大小取决于配合公差的大小,表示配合的精度;配合公差带相对零线的位置取决于极限间隙或极限过盈的大小。

1.3.5 基准制

所谓基准制,即以两个相配零件中的一个零件为基准件,并选定标准公差带,然后按使用要求的最小间隙或最小过盈,确定非基准件公差带位置,从而形成各种配合的一种制度。

1. 基孔制

它是基本偏差为一定的孔的公差带,与不同基本偏差的轴的公差带形成各种配合的一种制度(图 1-13a)。

基孔制中配合的孔,称为基准孔,它是配合的基准件。标准规定,基本偏差(下偏差)为零,即 $EI=0$,而上偏差为正值,即公差带在零线上方。

基孔制中配合的轴为非基准件,如图 1-13a 所示。当轴的基本偏差为上偏差且为负值或零值时,是间隙配合;基本偏差为下偏差且为正值时,若孔与轴公差带相交叠为过渡配合,相错开为过盈配合。另外,在图 1-13a 中,轴的另一极限偏差用一条虚线段画出,以表示其位置由公差带大小来确定。而孔的另一极限偏差用两条虚线段画出,以示其位置随公差带大小而变化的范围。这样,随着孔与轴的另一极限偏差线位置之间的关系不同,在过渡配合与过盈配合之间,出现了配合类别不确定的“过渡配合或过盈配合”区。

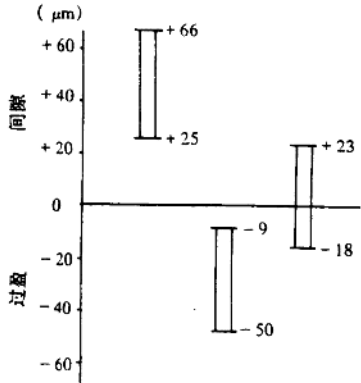


图 1-12 配合公差带图解

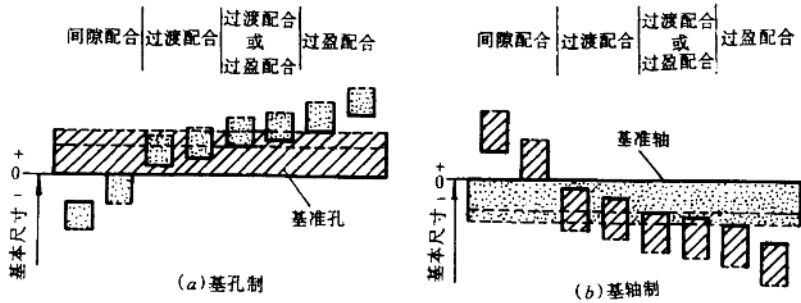


图 1-13 基孔制与基轴制

2. 基轴制

它是基本偏差为一定的轴的公差带,与不同基本偏差的孔形成各种配合的一种制度(图 1-13b)。

基轴制中配合的轴,称为基准轴,是配合的基准件,而孔为非基准件。标准规定,基本偏差(上偏差)为零,即 $es=0$,而下偏差为负值,即公差带在零线下方。与基孔制相似,随着基准轴与相配孔公差带之间相互关系不同,可形成不同松紧程度的间隙配合、过渡配合和过盈配合。

1.4 标准化与优先数系

在机械制造中,标准化是广泛实现互换性生产的前提,而公差与配合等互换性标准都是重要的基础标准。

1.4.1 标准

标准是指为了取得国民经济最佳效果,在总结实践经验和充分协商的基础上,有计划地对人类生活和生产活动中具有多样性和重复性的事物,在一定范围内做出统一规定,并经一定的标准程序,以特定的形式颁发的技术法规。通俗地讲,标准就是评价一切产品质量好坏的技术依据。

按标准化对象的特征分,标准大致可分以下几类:

1. 基础标准 以标准化共性要求和前提条件为对象的标准。如计量单位、术语、符号、优先数系、机械制图、公差与配合、零件结构要素等标准。

2. 产品标准 以产品及其构成部分为对象的标准。如机电设备、仪器仪表、工艺装备、零部件、毛坯、半成品及原材料等基本产品或辅助产品的标准。产品标准包括产品品种系列标准和产品质量标准,前者规定产品的分类、型式、尺寸和参数等,后者规定产品的质量特征和使用性能指标等。

3. 方法标准 以生产技术活动中的重要程序、规划、方法为对象的标准。如设计计算方法、工艺规程、测试方法、验收规则及包装运输方法等标准。

4. 安全与环境保护标准 专门为了安全与环境保护目的而制订的标准。

为了保证基层标准和上级标准的统一、协调一致,我国标准按行政体系分为三级,即国家标准、部标准(专业标准)和企业标准。国家标准是指对全国经济、技术发展有重大意义而必须在全国范围内统一的标准;部标准是指对一个部经济、技术发展有重大意义,而必须在部范围内统一的标准;企业标准是指部以下的机构发布或不发布的标准。

1.4.2 标准化

现代工业生产的特点是生产社会化程度越来越高,分工越来越细,仅依靠孤立的产品标准,难以保证产品的质量。只有形成产品质量整个系统的各个方面都遵循标准、准则、规章、计划等,才能保证和提高产品质量。

标准化是指制订标准,贯彻标准,以促进经济全面发展的整个过程。标准化的目的,是要通过制订标准来体现的。所以制订标准和修订标准是标准化的最基本任务。标准化所起的作用是多方面的。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、流通和使用等方面的技术纽带,是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。搞好标准化,对于高速度发展国民经济,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,改善人民生活等,都有着重要作用。

由上述可知,现代工业都是建立在互换性原则基础上的。为了保证机器零件几何参数的互换性,就必须制订和执行统一的互换性公差标准。其中包括公差与配合、形状和位置公

差、表面粗糙度,各种典型的联接件和传动件的公差与配合标准等等。这类标准是用保证一定的制造公差的办法来保证零件的互换性和使用性能的。所以公差标准是机械制造中最重要的技术基础标准。

1.4.3 优先数系

为了保证互换性,必须合理地确定零件的公差,而公差数值标准化的理论基础即为优先数系和优先数。

在工业生产中,当选定一个数值作为某种产品的参数指标后,这个数值就会按照一定的规律向一切相关的制品、材料等的有关参数指标传播扩散。例如动力机械的功率和转速确定后,不仅会传播到有关机器的相应参数上,而且必然会传播到其本身的轴、轴承、键、齿轮、联轴节等一整套零部件的尺寸和材料特性参数上,并将进而传播到加工和检验这些零部件的刀具、量具、夹具及机床等的相应参数上。这种情况称为数值的传播。工程技术上的参数数值,即使只有很小的差别,经过反复传播以后,也会造成尺寸规格的繁多杂乱,以致给生产组织、协作配套及使用维修等带来很大的困难。因此,对各种技术参数,必须从全局出发,加以协调。优先数和优先数系就是对各种技术参数的数值进行协调、简化和统一的一种科学的数值制度。

为了协调和简化产品的品种规格,可以按一定数值变化规律,将其主要技术参数分级,亦即按大小分档。

如果按算术级数(等差级数)分档,其各相邻项的绝对差相等,而相对差则不等,且变化较大。例如1,2,3,4,⋯这个等差数列,在1与2之间相对差为100%,而在10与11之间仅为10%,数值越大,相邻项的相对差越小。此外,对按等差级数分级的参数,进行工程技术的运算后,其结果就不再是算术级数。例如,直径为 d 的轴,若按算术级数分级,其断面积 $A = \frac{\pi}{4}d^2$ 的数列不是算术级数。因此,算术级数不宜用来作为优先数系。

如果按几何级数(等比级数)对数值分级,则可避免上述缺点。例如,首项等于1,公比为 q 的几何级数为1, q , q^2 , q^3 , ⋯, q^n ,其相邻项的相对差都是 $(q-1) \times 100\%$ 。前述轴的直径 d 和断面积 A 的例子,当 d 为按公比 q 排列的几何级数时,则 A 是公比为 q^2 的几何级数,而按材料力学计算公式,其传递转矩的能力同它的直径 d 的三次方成正比,即是一个公比为 q^3 的几何级数。

由此得出一个结论,即工程技术上的主要参数,若按几何级数分级,经过数值传播后,与其相关的其他量值也有可能按同样的数学规律分级,这是建立优先数系的依据。

工程技术上通常采用的优先数系,是一种十进制几何级数。即级数的各项数值中,包括1, 10, 100, ⋯, 10^N 和0.1, 0.01, ⋯, $1/10^N$ 这些数,其中的指数 N 是整数。按1~10, 10~100, ⋯和1~0.1, 0.1~0.01, ⋯划分区间(称为十进段),再进行细分。设计、使用时必须选择优先数系列中的某一项值。

几何级数的数系是按一定的公比 q 来排列每一项数值的,标准GB321-80采用的优先数系的基本系列有以下四种公比的数列。

$$R5: q_5 = \sqrt[5]{10} = 1.5849 \approx 1.6$$

$$R10: q_{10} = \sqrt[10]{10} = 1.2589 \approx 1.25$$