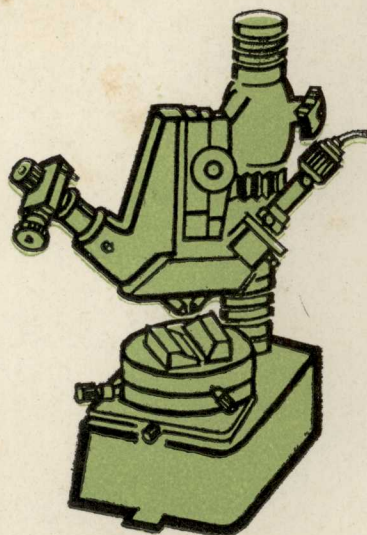
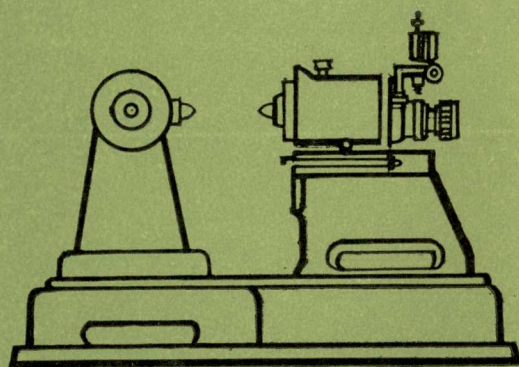
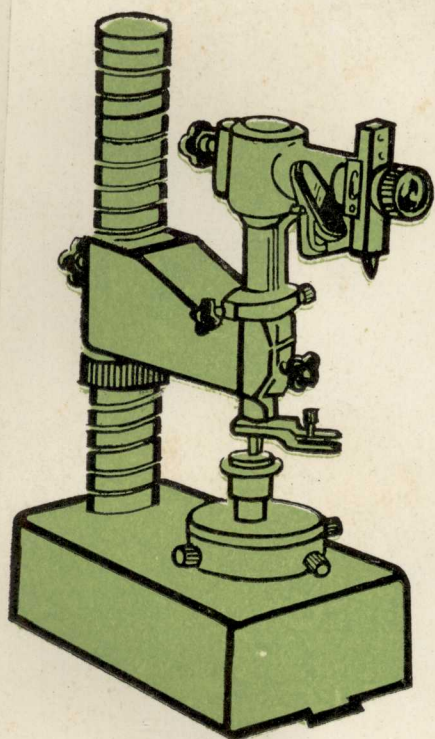


互换性与 测量技术基础

花国樑 主编



北京理工大学出版社

互换性与测量技术基础

花国樑 主编

北京理工大学出版社

(京)新登字 149 号

内 容 简 介

本书内容共分十一章:互换性与标准化的基本概念;测量技术基础;尺寸公差与圆柱结合的互换性,形状和位置公差及检测;表面粗糙度;滚动轴承与孔、轴结合的互换性;量规与光滑工件尺寸的检验;键结合、花键结合的互换性;圆柱螺纹结合的互换性及其检测;圆柱齿轮传动的互换性及其检测;尺寸链等。

本书系统地介绍了机械几何量的互换性、主要的公差标准,以及常用的检测原理和方法。

为了培养学生独立地获取知识的能力和适应自学的需要,每一章都有内容提要、复习思考题、小结和习题等。

本书可供高等院校机械类专业作教材使用。也可供广播电视大学、函授大学以及机械制造工程技术人员及计量、检验人员作教材或自学参考。

本书的讲课时数约 40 学时左右。

互换性与测量技术基础

花 国 樑 主 编

*

北京理工大学出版社出版发行

各地新华书店经售

通县向阳印刷厂印刷

*

787×1092 毫米 16 开本 15 印张 373 千字

1986 年 3 月第一版 1995 年 3 月第五次印刷

ISBN 7-81013-175-3/TH·24

印数:43501—49500 册 定价:13.50 元

序 言

《互换性与测量技术基础》是高等工科院校机械类(包括精密仪器类)各专业的一门重要技术基础课程。互换性与测量技术是与机械工业紧密联系的一门基础学科。它不仅将标准化与计量学的有关部分有机地结合在一起,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。

本书是按全国《互换性与测量技术基础》教材编写小组于1990年10月审定通过的课程教学基本要求编写的。在1990年9月以前出版的本书中,考虑到当时的有些国标需要或正在修改中,因此在某些章节的编写中曾用新国标简介或附录的方式来加以叙述,而这次本书是全部按我国最新的国家标准编写,使全书更具有生命力。

本书在编写中,对公差标准,主要阐述其基本原理,而不是照搬;对测量技术,着重于测量误差及其基本处理方法;对测量器具和测量方法,则着重其测量原理,以便有助于理解基本公差概念。具体的测量器具结构原理和使用方法将在实验指导书中介绍。

本书是按全国《互换性与测量技术基础》教材编审小组1987年通过的教学大纲编写的。

为了培养学生获取知识的能力,适应自学的需要,根据我们从事大学本科以及广播电视教学的实践,在每章的开始有内容提要,使学生能明确每章学习的目的、内容和重点。每章后面有较多的复习思考题、习题和小结,这样就能方便学生自我检查,也为自学者提供学习上的方便。在第四章形位公差和第十章齿轮公差部分,我们作了初步的改革尝试,将其和相应的检测内容揉合在一起,这样可使公差部分的讲解显得更为具体和生动,教学效果也可能会更好些。

和本书配套的教材有:实验指导书、实验报告书和本书的习题解。

本书由清华大学花国樑教授主编,参加编写还有徐世璞教授、王旭蕴教授,以及谢璟华、陈玉新副教授等。

由于我们的教学经验有局部性,学术水平有限,而且编写时间紧迫,书中的缺点和错误肯定难免,诚恳地欢迎广大读者提出宝贵的意见、批评和指正。

编 者

1995年2月于清华大学

目 录

第一章 互换性与标准化的基本概念.....	(1)
第一节 互换性的意义和作用.....	(1)
第二节 公差与配合的基本术语和定义.....	(3)
第三节 标准化与优先数系.....	(9)
第二章 测量技术基础	(14)
第一节 测量技术的基本知识	(14)
第二节 测量误差及数据处理	(21)
附录 概率理论在加工统计中的应用	(37)
第三章 尺寸公差与圆柱结合的互换性	(41)
第一节 标准公差系列	(42)
第二节 基本偏差系列	(46)
第三节 常用尺寸段公差与配合的确定与选用	(51)
第四节 大尺寸段的公差与配合	(60)
第五节 尺寸至 18mm 的公差与配合	(63)
第六节 未注公差尺寸的极限偏差	(65)
第七节 新旧公差与配合标准的对照	(68)
第四章 形状和位置公差及检测	(73)
第一节 概述	(73)
第二节 形状公差及其误差的检测方法	(75)
第三节 位置公差及其误差的检测方法	(86)
第四节 形位公差和尺寸公差的关系.....	(100)
第五节 形位公差的选择.....	(103)
第五章 表面粗糙度.....	(109)
第一节 基本概念.....	(109)
第二节 表面粗糙度的评定标准.....	(110)
第三节 表面光洁度旧国标简介.....	(117)
第四节 零件表面粗糙度的选择.....	(118)
第五节 表面粗糙度的测量.....	(119)
第六章 滚动轴承与孔、轴结合的互换性	(125)
第一节 概述.....	(125)
第二节 滚动轴承的精度等级及其应用.....	(125)
第三节 滚动轴承内径与外径的公差带.....	(130)
第四节 滚动轴承与轴和壳体孔的配合.....	(131)

第五节	滚动轴承配合的选用	(132)
第七章	量规与光滑工件尺寸的检验	(141)
第一节	基本概念	(141)
第二节	光滑极限量规	(142)
第三节	光滑工件尺寸的检验标准	(150)
第八章	键结合、花键结合的互换性	(156)
第一节	键联结	(156)
第二节	花键联结	(160)
第三节	键和花键的检测	(163)
第九章	圆柱螺纹结合的互换性及其检测	(166)
第一节	概述	(166)
第二节	圆柱螺纹的牙型及主要几何参数	(167)
第三节	螺纹几何参数误差及其对螺纹互换性的影响	(168)
第四节	螺纹中径的合格条件	(172)
第五节	普通螺纹的公差与配合	(173)
第六节	圆柱螺纹的检测	(180)
第十章	圆柱齿轮传动的互换性及其检测	(186)
第一节	概述	(186)
第二节	单个齿轮精度的评定指标	(187)
第三节	齿轮副精度的评定指标	(197)
第四节	渐开线圆柱齿轮精度标准(GB10095—88)	(200)
附 录	齿轮整体误差测量	(207)
第十一章	尺寸链	(216)
第一节	尺寸链的基本概念	(216)
第二节	尺寸链的建立	(218)
第三节	用极值法解尺寸链	(220)
第四节	用概率法解尺寸链	(226)
第五节	分组装配法	(229)
第六节	修配补偿法	(229)
第七节	调整补偿法	(230)
主要参考书目		(234)

第一章 互换性与标准化的基本概念

内 容 提 要

1. 互换性的含义,在生产发展过程中怎样形成,以及在设计、制造、使用中所起的作用。
2. 互换性的分类。
3. 公差与配合的基本术语和定义。
4. 公差带的图解。
5. 公差与配合各基本术语的运算关系。
6. 标准化在工业生产中的作用。
7. 优先数系的形成和使用。
8. 互换性与标准化学科的任务和基本内容。

第一节 互换性的意义和作用

一、什么叫互换性

在人们的日常生活中,有大量的现象涉及到互换性。例如机器或仪器上掉了一个螺丝,按相同的规格买一个装上就行了;灯泡坏了,买一个安上就行了;汽车、拖拉机、乃至自行车、缝纫机、手表中某个机件磨损了,也可以换上一个新的,便能满足使用要求等。

互换性的含义:机器或仪器中同一规格的一批零件或部件,任取其中一件,不需作任何挑选或辅助加工(如钳工修理),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①不需挑选、不经修理就能进行装配,②装配以后能满足使用要求。

二、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。对于有配合要求的零件,最初都是按“配做”方式制造,即以孔配轴或以轴配孔,装配时必须对号入座。显然,在这种情况下是无互换性可言的,生产效率也极低。

互换性生产是从出现了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,人们发现为保证孔、轴希望得到的间隙,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。

有了标准量规以后,互配零件即可分开单独制造,装在一起后都能得到要求的配合性能,生产效率大为提高,而更主要的是从此零件有了互换性。

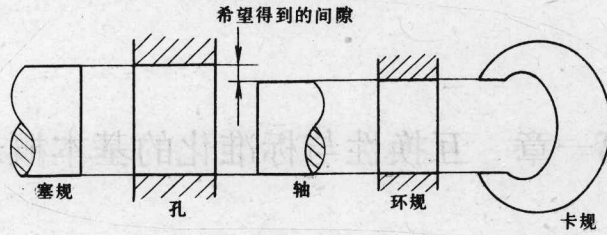


图 1-1 标准量规

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),故其应用受到限制。后来的经验表明,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,故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。

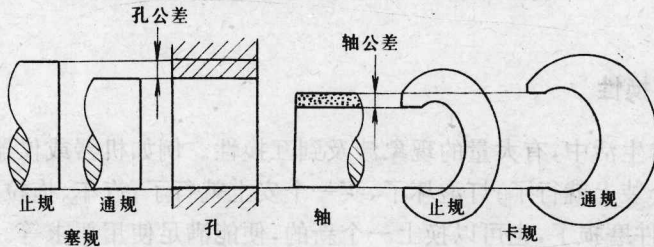


图 1-2 极限量规

互换性生产首先用于兵器工业,接着就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,随着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、小批量的综合生产系统(也叫柔性生产系统)发展。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。因而可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,指定机械人(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,这样可以避免积压零件。显然,按这种生产系统,对互换性的要求更加严格。

三、互换性生产在机械制造中的作用

从使用看,由于零件具有互换性,零件坏了,可以以新换旧,方便维修,从而延长了机器的

使用寿命。

从制造看,互换性能促使高效率地生产,便于组织生产协作,进行专业化生产,一台机器内的互换性零、部件的数量越多,则其加工工时就越少,从而大大降低生产成本。

从设计看,可以简化制图、计算工作,缩短设计周期,并便于用计算机进行辅助设计,这对发展系列产品,改进产品性能都有重大作用。例如,在手表上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。

四、互换性的种类

按互换性的程度可分为完全互换(绝对互换)与不完全互换(有限互换)。

若零件在装配或更换时,不需选择、不需辅助加工与修配,则其互换性为完全互换性。当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,而在零件完工后,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(例如,大孔与大轴相配,小孔与小轴相配)。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,故称为不完全互换性。

对标准部件或机构来说,互换性又可分为外互换与内互换。

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。

内互换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)直径的装配。

为方便起见,滚动轴承的外互换采用完全互换;而其内互换则因其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。一般地说,不完全互换只用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,或者部分地采用修配调整,要由产品的精度要求与复杂程度、产量大小(生产规模)、生产设备、技术水平等一系列因素决定。

第二节 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,统一设计、工艺、检验等人员对公差与配合标准的理解,必须明确规定公差与配合的基本概念、术语和定义。术语和定义的统一是所有公差制的重要内容之一。

一、孔和轴

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

1. 孔:主要指圆柱形的内表面,也包括其他内表面中由单一尺寸确定的部分。

2. 轴:主要指圆柱形的外表面,也包括其他外表面中由单一尺寸确定的部分。

从加工制造来看,孔是越做越大的,而轴是越做越小的。从装配关系来讲,孔是包容面,轴是被包容面。此外,孔、轴在测量上也有所不同,例如,测孔是内卡尺,测轴用外卡尺。

在公差与配合标准中,孔、轴都是由单一的主要尺寸构成。例如,圆柱体的直径,键与键槽的宽度等。

根据上述含义,在图 1-3 中左半部均为轴,右半部均为孔。

二、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,已经注明共同单位(如在尺寸标准中,从 mm 为通用单位)时,均可只写数字,不写单位。

2. 基本尺寸:由设计给定的尺寸。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,使定值刀具、量具等的规格种类最少。

由于在不同场合对孔与轴的配合有不同的松紧要求,因此工件加工完成后所得的实际尺寸一般不等于其基本尺寸,从某种意义上来说,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。例如轴的尺寸为 29.987mm,测量误差在 $+0.001\text{mm}$ 至 -0.001mm 以内,则实际尺寸的真值将在 29.988mm 至 29.986mm 范围之间。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。

此外,由于工件存在着形状误差,所以不同部位的实际尺寸也不完全相同。

4. 作用尺寸:

孔的作用尺寸是在配合面的全长上,与实际孔内接的最大理想轴的尺寸。

轴的作用尺寸是在配合面的全长上,与实际轴外接的最小理想孔的尺寸。

如图 1-4 所示,弯曲孔的作用尺寸小于该孔的实际尺寸,弯曲轴的作用尺寸大于该轴的实际尺寸。

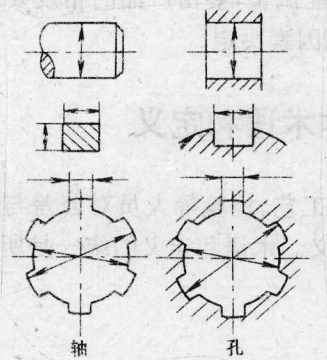


图 1-3 孔和轴

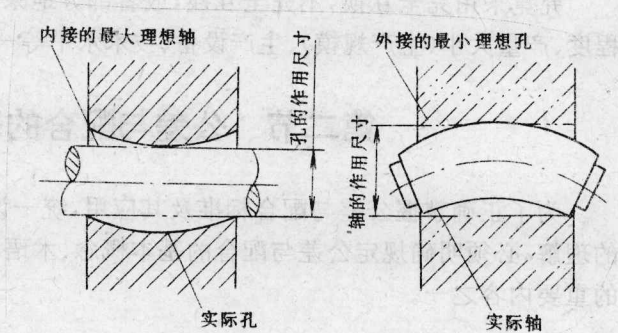


图 1-4 孔或轴的作用尺寸

通俗地来说,由于孔、轴存在形状误差,当孔和轴配合时,孔显得小了,轴显得大了。

如果工件没有形状误差,则其作用尺寸和实际尺寸相同。所以为了保证配合要求,应对实际尺寸和作用尺寸均加以限制。

5. 极限尺寸:允许尺寸变化的两个界限值,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。

极限尺寸是用来限制实际尺寸和作用尺寸的。实际上,由于存在着测量误差,极限尺寸都不是允许尺寸变动的真正极限值,而是它的公称值。

三、偏差与公差

1. 尺寸偏差(简称偏差):某一尺寸减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。

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。

实际偏差为实际尺寸减去其基本尺寸所得的代数差。

偏差可以为正、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。

图 1-5 是公差与配合的一个示意图,它表明了两个相互结合的孔、轴的基本尺寸、极限尺寸、极限偏差与公差的相互关系。

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,不使用同一比例表示,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。

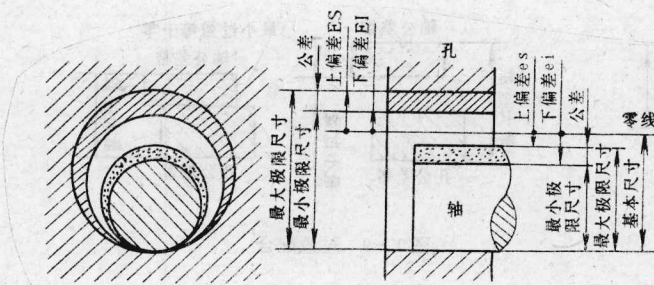


图 1-5 公差与配合示意图

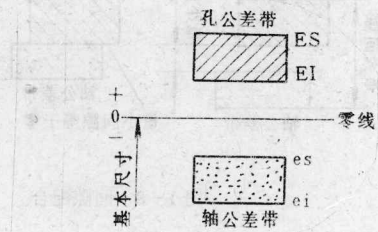


图 1-6 公差带图

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。

例 1-1 已知孔的基本尺寸 $D=$ 轴的基本尺寸 $d=30\text{mm}$, 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。

解

孔的上偏差 $ES=D_{\max}-D=30.033-30=+0.033\text{mm}$;

孔的下偏差 $EI=D_{\min}-D=30-30=0$;

轴的上偏差 $=d_{\max}-d=29.980-30=-0.020\text{mm}$;

轴的下偏差 = $d_{\min} - d = 29.959 - 30 = -0.041\text{mm}$;

孔公差 $T_H = |D_{\max} - D_{\min}| = |30.033 - 30| = 0.033\text{mm}$;

轴公差 $T_S = |d_{\max} - d_{\min}| = |29.980 - 29.959| = 0.021\text{mm}$ 。

或 $T_H = |ES - EI| = | +0.033 - 0 | = 0.033\text{mm}$;

$T_S = |es - ei| = | -0.020 - (-0.041) | = 0.021\text{mm}$ 。

4. 基本偏差:用以确定公差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。

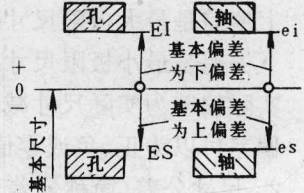


图 1-7 基本偏差示意图

四、配合和基准制

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的代数差。此差值为正时是间隙,为负时是过盈。

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(图 1-8)。其极限值为最大间隙和最小间隙。

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(图 1-9)。其极限值为最大过盈和最小过盈。

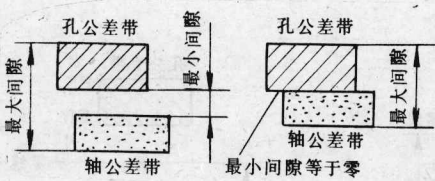


图 1-8 间隙配合

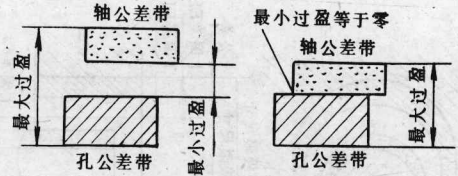


图 1-9 过盈配合

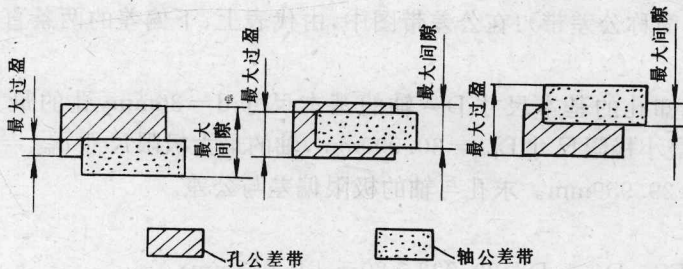


图 1-10 过渡配合

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)。

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(即间隙公差)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(即过盈公差)等于最大过盈与最小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 。

解

$$X_{\max}=D_{\max}-d_{\min}=50.025-49.959=0.066\text{mm};$$

$$X_{\min}=D_{\min}-d_{\max}=50-49.975=0.025\text{mm};$$

$$T_f=|X_{\max}-X_{\min}|=|0.066-0.025|=0.041\text{mm}.$$

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

解

$$Y_{\max}=D_{\min}-d_{\max}=50-50.050=-0.050\text{mm};$$

$$Y_{\min}=D_{\max}-d_{\min}=50.025-50.034=-0.009\text{mm};$$

$$T_f=|Y_{\max}-Y_{\min}|=|-0.05-(-0.009)|=0.041\text{mm}.$$

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 X_{\max} , Y_{\max} 和 T_f 。

解

$$X_{\max}=D_{\max}-d_{\min}=50.025-50.002=0.023\text{mm}.$$

$$Y_{\max}=D_{\min}-d_{\max}=50-50.018=-0.018\text{mm}.$$

$$T_f=|X_{\max}-Y_{\max}|=|0.023-(-0.018)|=0.041\text{mm}.$$

图 1-11 画出了上述例题的公差与配合图解。

从图中还可看出,配合公差的大小等于孔公差与轴公差之和,即 $T_f=T_H+T_s$ 。

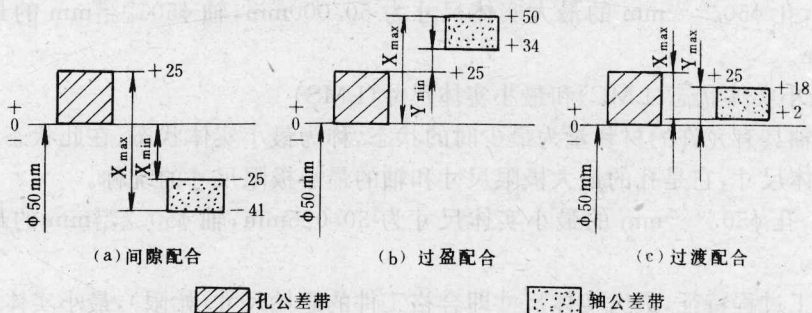


图 1-11 例题的公差与配合图解(图中单位除注明者外均为 μm)

由于上述三例的孔公差 T_H 均为 0.025mm , 轴公差 T_s 均为 0.016mm , 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,反映了设计使用的要求;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,反映了工艺制造的要求,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了“公差”的实质:协调机器零件的装配使用要求与加工制造难易程度之间的矛盾,或设计和工艺之间的矛盾。

7. 基孔制:基本偏差固定不变的孔公差带,与不同基本偏差的轴的公差带形成各种配合的一种制度。

基孔制的孔为基准孔,其下偏差为零,其准孔的代号为“H”(图 1-12, a)。

8. 基轴制:基本偏差固定不变的轴公差带,与不同基本偏差的孔的公差带形成各种配合的一种制度。

基轴制的轴为基准轴,其上偏差为零,基准轴的代号为“h”(图 1-12, b)。

如图所示,按照孔、轴公差带相对位置的不同,两种基准制都可形成间隙配合、过渡配合和过盈配合。

五、极限尺寸判断原则(即泰勒原则)

在孔和轴相配合时,除了尺寸的大小外,由于实际上还存在形状误差的影响,如前所述,零件不仅有实际尺寸,还有作用尺寸。为了正确地判断零件尺寸的合格性,以及孔、轴的配合特性,规定了极限尺寸判断原则。

下面首先介绍与此有关的几个术语:

1. 最大实体状态(MMC)和最大实体尺寸(MMS)

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。在此状态下的极限尺寸称为最大实体尺寸,它是孔的最小极限尺寸和轴的最大极限尺寸的统称。

例如,孔 $\phi 50_{-0.025}^{+0.025}$ mm 的最大实体尺寸为 50.000mm,轴 $\phi 50_{-0.041}^{-0.025}$ mm 的最大实体尺寸为 49.975mm。

2. 最小实体状态(LMC)和最小实体尺寸(LMS)

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。在此状态下的极限尺寸称为最小实体尺寸,它是孔的最大极限尺寸和轴的最小极限尺寸的统称。

例如,孔 $\phi 50_{-0.025}^{+0.025}$ mm 的最小实体尺寸为 50.025mm,轴 $\phi 50_{-0.041}^{-0.025}$ mm 的最小实体尺寸为 49.959mm。

按加工过程特征,最大实体尺寸即合格工件的起始尺寸(始限),最小实体尺寸即合格工件的终止尺寸(终限)。

按使用极限量规的检验特征,最大实体尺寸即通极限,最小实体尺寸即止极限,它们分别由通规与止规控制。

3. 极限尺寸判断原则(即泰勒原则)

它由以下两部分内容组成:

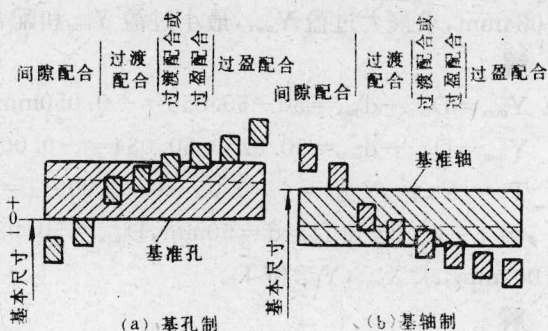


图 1-12 基孔制配合与基轴制配合

(1) 孔或轴的作用尺寸不允许超过最大实体尺寸。即对于孔,其作用尺寸应不小于最小极限尺寸;对于轴,则应不大于最大极限尺寸。

(2) 在任何位置上的实际尺寸不允许超过最小实体尺寸。即对于孔,其实际尺寸应不大于最大极限尺寸;对于轴,则应不小于最小极限尺寸。

这个原则使人们统一了对尺寸的认识,即① 最大实体尺寸主要是用以限制作用尺寸的,而最小实体尺寸则主要是用以限制实际尺寸的;② 作用尺寸和实际尺寸均应限制在最大、最小实体尺寸以内。

第三节 标准化与优先数系

一、标准化的意义

由上可知,实现互换性的前提是零件的尺寸,以及其它几何参数在公差范围以内,这是就生产技术而言的。但是从组织生产来说,如果同类产品的规格数量很多,或者规格相同而规定的公差大小各异,这样就会给实现互换性带来很大的困难。

标准化是组织现代化生产的重要手段之一,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。

标准化是以标准的形式来体现的。从有了互换性起,便相继产生了不同的标准。

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、公差与配合、零件结构要素等。此外还有产品标准、方法标准、安全与环境保护标准等。本课程主要涉及的是基础标准。

世界各国的经济发展过程表明,标准化是实现现代化的一个重要手段,也是反映现代化水平的一个重要标志。现代化的程度越高,对标准化的要求也越高。

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。自1978年我国重新参加了国际标准化组织(ISO)以来,陆续地修订了我国的标准,修订的原则是“在立足于我国生产实际的基础上,向ISO靠拢”。例如《公差与配合》、《形状和位置公差》、《表面粗糙度》国家标准等。

二、优先数系

工程上各种技术参数协调、简化和统一,是标准化的重要内容。

在生产中,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值确定后,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。这种技术参数的传播,在生产实际中是极为普遍的现象,并且跨越行业和部门的界限。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,以致给组织生产、协作配套及使用维修等带来很大的困难。因此,对于各种技术参数,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。

工程技术上通常采用的优先数系,是一种十进几何级数。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。

对每个十进段再进行细分。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,优先数系的基本系列有以下四种公比的数列。

$$R_5: \quad q_5 = \sqrt[5]{10} = 1.5849 \approx 1.6$$

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

$$R_{20}: \quad q_{20} = \sqrt[20]{10} = 1.1220 \approx 1.12$$

$$R_{40}: \quad q_{40} = \sqrt[40]{10} = 1.0593 \approx 1.06$$

另有补充系列

$$R_{80}: \quad q_{80} = \sqrt[80]{10} = 1.02936 \approx 1.03$$

优先数系列在各项公差标准中得到了广泛的应用,公差标准中的许多值,都是按照优先数系列选定的。例如《公差与配合》国家标准中公差值就是按 R_5 优先数系列确定的,即后一个数是前一个数的 1.6 倍。

范围 1 到 10 的优先数系列如表 1-1 所示,所有大于 10 的优先数均可按表列数乘以 10、100...求得;所有小于 1 的优先数,均可按表列数乘以 0.1、0.01...求得。

有时在工程上还采用 $R_{10}/3$ 的系列,其公比为 $q = (\sqrt[10]{10})^3 = 1.2589^3 \approx 2$,此即倍数系列,即在 R_{10} 系列中,每隔三个数选一个,此时所有的数都是成倍地增加的。

优先数的主要优点是:相邻两项的相对差均匀,疏密适中,而且运算方便,简单易记。在同一系列中,优先数(理论值)的积、商、整数(正或负)的乘方等仍为优先数。因此,优先数系得到了广泛的应用,并成为国际上统一的数值制。

表 1-1 优先数基本系列

基本系数 (常用值)				计算值	
R_5	R_{10}	R_{20}	R_{40}		
1.00	1.00	1.00	1.00	1.0000	
				1.06	1.0593
				1.12	1.1220
				1.18	1.1885
			1.25	1.25	1.2589
				1.32	1.3335
				1.40	1.4125
				1.50	1.4962
			1.60	1.60	1.5849
				1.70	1.6788
1.60	1.60		1.80	1.7783	
			1.90	1.8836	
			2.00	1.9953	
			2.12	2.1135	
			2.24	2.2387	

续表

基本系数 (常用值)				计算值
R_6	R_{10}	R_{20}	R_{40}	
			2.36	2.3714
2.50	2.50	2.50	2.50	2.5119
			2.65	2.6607
			2.80	2.8184
			3.00	2.9854
			3.15	3.1623
4.00	4.00	4.00	3.15	3.3497
			3.35	3.5481
			3.55	3.7584
			3.75	3.9811
			4.00	4.2170
			4.25	4.4668
			4.50	4.7315
			4.75	5.0119
6.30	6.30	6.30	5.00	5.3088
			5.30	5.6234
			5.60	5.9566
			6.00	6.3096
			6.30	6.6834
			6.70	7.0795
8.00	8.00	8.00	7.10	7.4989
			7.50	7.9433
			8.00	8.414
			8.50	8.9125
			9.00	9.4406
10.00	10.00	10.00	10.00	10.0000

小 结

机器零件或部件的互换性必须同时满足两个条件,即装配前不须挑选、不经修理,装配后能满足使用要求。

量规的出现是互换性发展的标志,但互换性从根本上来说,是随着生产历史的发展而发展的。

本门学科所研究的互换性,主要是围绕着几何量参数而进行的,随着科学技术的日新月异,互换性已不仅限于大量生产。在柔性生产线上,多品种、小批量,甚至单件生产都需要互换性。