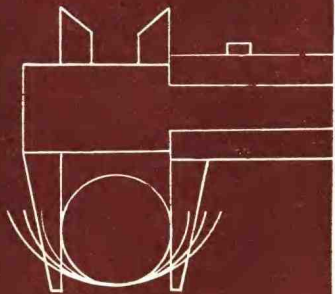


互换性与测量技术

陈宝山 主编



宁夏人民出版社出版

内 容 提 要

本书系根据高等工业院校机械类的教学要求而编写的。它系统地阐述了《互换性与测量技术》的基本原理和应用，内容精炼，采用新的国家标准。

本书包括绪论、尺寸公差与配合、测量技术基础、形状和位置公差、表面粗糙度、滚动轴承和键的公差与配合、螺纹的公差与配合、圆柱齿轮传动公差以及尺寸链共九章。各章均编写了学习指导、附有思考题和习题，并提供摘录的表格数据。

互换性与测量技术

陈宝山 主编
过馨葆 审

宁夏人民出版社出版

(银川市解放西街105号)

上海高机书店 发行

(上海市复兴中路1195号)

江苏省常熟市东方印刷厂印装

开本：787×1092 1/16 印张：14.5 字数：338千

1987年8月第1版第1次印刷 印数：1—10000册

ISBN7-227-00111-3/TF·4

统一号：15157-25 定价：3.40元

前 言

《互换性与测量技术》是高等工科院校机械类专业的一门重要的技术基础课，同时也是农业、水产、矿业和经济管理等高等院校有关专业的必修课程。

本书的编写原则为：打好基础、精选内容、突出重点、启发思考、便于自学。同时在编写上力求深入浅出，对难以理解的内容进行比较详细的叙述，并适当增加例题和必要的示图。

本书可供高等院校机械制造专业作为教材，也是参加机械类自学考试者的自学教材，还适用于电大、业大和专科学校的有关专业，并可供工程技术人员参考。

本书编写者(以姓氏笔划为序)有：

中国纺织大学

李 虹

上海宝钢职工大学

吴秀清

上海交通大学

陈雅贞

上海工业大学

陈宝山 郑楨德

上海水产大学

郁蕴琦

上海机械专科学校

盛瑛瑛

主编为上海工业大学陈宝山，审稿为同济大学过馨葆。本书在编写和出版过程中，上海科学技术出版社王纯之、王其康和上海工业大学唐维克等同志给予热情的指导和协助，特此表示衷心感谢。

由于我们的水平有限，编写时间紧迫，本书缺点和错误之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

1987年2月

目 录

第一章 概 论

§ 1—1 互换性·····	(1)
§ 1—2 标准化·····	(2)
§ 1—3 优先数和优先数系·····	(3)
§ 1—4 本课程的性质、任务、基本内容、特点及要求·····	(5)

第二章 尺寸公差与配合

§ 2—1 概述·····	(7)
§ 2—2 术语及定义·····	(7)
§ 2—3 标准公差和基本偏差·····	(16)
§ 2—4 公差带和配合·····	(29)
§ 2—5 公差与配合的选择·····	(32)

第三章 测量技术基础

§ 3—1 测量技术的基本概念·····	(43)
§ 3—2 测量误差与数据处理·····	(45)
§ 3—3 测量器具的选择·····	(52)
§ 3—4 极限量规·····	(55)

第四章 形状和位置公差

§ 4—1 概述·····	(60)
§ 4—2 形状公差及形状误差·····	(61)
§ 4—3 位置公差及位置误差·····	(72)
§ 4—4 基准和三基面体系·····	(85)
§ 4—5 形位公差与尺寸公差的关系及其应用·····	(86)
§ 4—6 形位公差的选用·····	(94)

第五章 表面粗糙度

§ 5—1 概述·····	(99)
§ 5—2 表面粗糙度的评定参数·····	(100)
§ 5—3 表面粗糙度的选择及标注·····	(103)
§ 5—4 表面粗糙度的测量·····	(106)

第六章 滚动轴承、键的公差与配合

§ 6—1	概述	(110)
§ 6—2	滚动轴承的公差与配合	(110)
§ 6—3	键和花键的公差与配合	(117)

第七章 螺纹的公差与配合

§ 7—1	概述	(126)
§ 7—2	普通螺纹配合与互换性	(127)
§ 7—3	普通螺纹的公差与配合	(134)
§ 7—4	梯形螺纹丝杠、螺母的精度和公差	(140)
§ 7—5	螺纹的检测	(145)

第八章 圆柱齿轮传动公差

§ 8—1	齿轮传动的使用要求	(150)
§ 8—2	齿轮的误差项目分析	(152)
§ 8—3	齿轮副的误差项目	(167)
§ 8—4	渐开线圆柱齿轮精度标准及其应用	(172)

第九章 尺寸链

§ 9—1	基本概念	(187)
§ 9—2	尺寸链的建立与分析	(192)
§ 9—3	尺寸链的计算	(193)
§ 9—4	保证装配精度的其他方法	(202)

第一章 概 论

学习指导

本章学习目的是了解本课程的性质、任务、基本内容、特点和要求。学习要求是懂得互换性的含义及其与标准化的关系；理解互换性生产在四化建设中的重要作用；了解优先数系的基本原理及其应用。学习重点是互换性的意义及其与标准化的关系。

§ 1—1 互 换 性

互换性是指同一规格的零、部件能够彼此互相替换的性能。因此用具有互换性的零、部件进行装配时，可任取其一，不需要选择和修配就可装入机器，并达到规定的性能要求。互换性的零、部件在日常生活中也是常见的，例如自行车和缝纫机上的螺钉、圆柱销、滚动轴承等零、部件都具有互换性，一旦损坏，只要更换一个新的即可满足使用要求。

在机械制造业中实行互换性生产是很有好处的。

当前机器的品种很多，数量很大，但在组成机器的零、部件中有许多类型相同、具有互换性的标准件，如螺钉、螺母、垫圈、圆柱销和滚动轴承等。这些标准件可按类型集中起来由专业工厂制造，作为商品销售。专业化生产的特点是产品类型单一，每种产品的产量大，可采用高生产率的专用设备，这样，不仅可以降低成本，而且有利于提高产品质量。所以互换性是组织专业化生产的一个基本条件。

由于零、部件具有互换性，在装配过程中不需要选择、修配或辅助加工，每道装配工序所需时间也可控制，工人的劳动量减轻，装配周期缩短，因此便于组织流水线或自动线装配，从而提高装配的劳动生产率，保证装配的质量和降低装配费用。

互换性对设备维修来讲也是很重要的。机器中具有互换性的零、部件损坏后，只要从市场上购买一个新的予以更换即可使用，大大缩短了维修时间，减少维修费用，提高机器的利用率。

按互换性要求设计和生产的零、部件，一般作为标准件供应于市场。设计产品时由于尽可能地采用这些标准件，便可简化产品的设计，减少绘图和计算等工作量，缩短设计周期，也便于运用计算机进行辅助设计，对发展系列产品和促进产品的更新换代均起重大作用。

由此可见，在机械制造业中遵循互换性原则，不仅能提高劳动生产率，而且可保证产品质量和降低成本，可以说，互换性是机械制造业中的一项重要生产原则，它对我国四个现代化建设具有非常重大的意义。

在生产中不是所有零、部件都要互换，根据产量和装配的精度要求，各种机器中具有互换性的零、部件有多有少，互换性的程度有高低。按互换的程度高低可分为完全互换和不完全互换两种。完全互换指零、部件在装配时不需要选择、修配和任何辅助加工，即可达到

装配的精度要求,如滚动轴承的内圈内径和外圈外径为完全互换。不完全互换指零、部件在装配时需要经过选择才能达到装配精度的要求,例如活塞销与活塞销孔的装配精度要求很高,其过盈量仅为 $0.0025\sim 0.0075\text{mm}$,若采用完全互换法装配,则销与孔的直径公差为 0.0025mm ,制造这样高精度的销与孔是很困难的,也是极不经济的。解决的办法是适当地放大销与孔的直径公差(放大4倍),使之便于加工,销与孔加工后,再通过测量,按其实际尺寸的大小分为若干组(4组),使销与孔在每组内实际尺寸的变动量小于或等于 0.0025mm ,装配时按相应组进行(大孔与大销装配、小孔与小销装配),这样,即可解决加工困难,又可保证装配精度的要求。这种分组装配的方法,由于装配前要经过测量分组,装配时仅对同一组内零件可以互换,组与组之间的零件不可互换,故属于不完全互换。一般来说,大量、成批生产和军工生产采用完全互换,单件、小批生产或产品精度要求很高时,采用不完全互换。如果在装配时还需要对零、部件进行修配,则这些零、部件属于不能互换。

零、部件能否互换是以它们装入机器是不是满足产品的性能要求为标志,因此有互换性的零、部件应具备两个条件:一是零、部件的几何参数要达到零、部件结合的要求,二是零、部件的机械、物理和化学等性能满足产品的功能要求。具备第一条的,称为几何参数互换性,此为狭义互换性,即通常所讲互换性。具备两个条件的,称为功能互换性,此为广义互换性。

零、部件一般是由毛坯经过机械加工等工序制成的,由于加工机床和工具的不完善及受环境条件等因素的影响,使一批制成的零、部件的实际几何参数(尺寸大小、几何形状和相互位置)跟图样上的设计尺寸、理想形状和理论正确位置不完全相同,它们之间的差别,称为加工误差。由于加工误差的客观存在,故加工后的一批同规格的零、部件,它们之间相对应的实际几何参数是不可能完全一样的。如果加工误差不大,零、部件装到机器上仍保证达到产品的使用性能要求,则这样的零、部件就是具有互换性。因此,要使零、部件具有互换性,必须将加工后的零、部件的实际几何参数控制在产品性能所允许的变动范围之内,这个允许变动的范围叫做公差。公差大小是零、部件精度高低的重要标志。至于零、部件的实际几何参数的变动量是否在规定的公差范围之内,则要通过测量手段来判断。本课程要讨论的就是几何参数的互换性及其测量技术。

§ 1—2 标准化

标准化是伴随现代工业而发展起来的一门新兴学科。

标准化是指在经济、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。

标准是指对重复性事物和概念所做的统一规定。它以科学、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。所以标准在一定范围内具有约束力。

技术标准是指标准化领域中需要协调统一的技术事项所制定的标准。

标准化的范围极其广泛,涉及人类生活的各个方面。技术标准的种类繁多,大致有以下几类:

1) 基础标准 在一定范围内作为其他标准的基础并普遍使用,具有广泛指导意义的标准。如计量单位、术语、符号、优先数系,机械制图、公差与配合等标准。

2) 产品标准 为保证产品的适用性,对产品必须达到的某些或全部要求所制定的标准。其范围包括品种、规格、技术性能、试验方法、检验规则等。

3) 方法标准 以试验、检查、分析、抽样、统计、计算、测定和作业等各种方法为对象制订的标准。如设计计算方法、工艺规程和测试方法等标准。

4) 安全标准和环境保护标准。

标准化是一门系统工程,其任务就是设计、组织和建立标准体系。在机械制造业中,标准化的目的是提高产品质量、发展产品品种、加强企业的科学管理、组织现代化生产、便利协作和使用维修、巩固推广技术革新成果、提高社会劳动生产率和经济效益等。目前世界上各工业发达国家都高度重视标准化工作。

标准可以按不同级别颁布。我国标准分为国家标准、专业标准或部标准和企 业标准三级。从世界范围看,还有国际标准和区域标准。为了促进国际间工业标准的协调和统一,1947年世界各国成立了国际标准化组织,简称ISO,1959年我国颁布了光滑圆柱体结合的公差与配合国家标准。1979年我国恢复参加了ISO组织,并参照国际标准修订或拟定了各项国家标准。这是对外开放政策的需要,有利于加强我国在国际上的技术交流,促进我国四个现代化的建设。国家标准的代号为GB。机械工业部的标准代号为JB。企业标准代号为Q。部属专业标准代号:量具为GL,仪器仪表为Y,计量检定规程为JJG。

标准化是实现互换性生产的前提。发展互换性生产,必须将产品、零件或部件、原材料、刀具、工具、夹具、量规,以及机床的类型、规格、质量指标,检测方法等统一和简化,制定相互协调的标准,并按照统一的术语、符号、计量单位,将它们的几何和性能参数及其公差数值注在图样上,在生产过程中加以贯彻,这样做不仅可取得最好的经济效益,并且有利于推行互换性,扩大互换的范围。同零、零件互换性有关的标准有:零件的形状和尺寸标准,各种结合的公差与配合标准,几何参数的检验测量标准,本课程将介绍这些标准的基本内容。

§ 1—3 优先数和优先数系

在制定技术标准时,要涉及很多技术参数。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相关的制品、材料等的有关参数传播扩散,例如普通车床的规格是以最大加工直径的尺寸为参数指标,分为 $\phi 320$ 、 $\phi 400$ 、 $\phi 500$ 、 $\phi 630$ 等若干种规格。最大加工直径的尺寸确定后,不仅会传播到车床的功率,转速和零部件尺寸等参数上,而且必然会传播到加工或检验这些零部件所用的设备、工夹量具及原材料等相应的参数上。这种技术参数的传播在生产实际中是极为普遍的。所以在工程技术上如果没有一个共同遵守的选用数据的准则,势必造成产品的尺寸参数杂乱无章,品种过于繁多,并给设计,制造,组织生产、协调配套及使用维修等带来很大困难。工程上各种技术参数的协调、简化和统一,是标准化的重要内容。优先数系是国际上统一的一种经济、合理的数值分级制度,它在科学技术和工程实际中已被广泛运用,并获得十分显著的技术经济效果。我国于1960年颁布了部标优先数和优先数系(JB109—60),1964年修改为优先数和优先数系(GB321—64),1980年又以ISO标准为依据,结合我国具体情况再次修订为优先数和优先数系(GB321—80)。对于各种量值的分级,特别是在确定产品的参数系列时,必须最大限度地按国标规定采用优先数和优先数系。

一. 术语和定义

1. 优先数系 指由公比为 $^5\sqrt{10}$ 、 $^{10}\sqrt{10}$ 、 $^{20}\sqrt{10}$ 、 $^{40}\sqrt{10}$ 或 $^{80}\sqrt{10}$ ，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。

优先数系的系列和理论公比，一般以 R_r 和 q_r ($q_r = \sqrt[r]{10}$)表示，其中 r 取5、10、20、40或80，是系列中1~10、10~100等各个十进段内项值的分级数。五种优先数系的系列和其公比：

R5系列 公比 $q_5 = ^5\sqrt{10} \approx 1.60$

R10系列 公比 $q_{10} = ^{10}\sqrt{10} \approx 1.25$

R20系列 公比 $q_{20} = ^{20}\sqrt{10} \approx 1.12$

R40系列 公比 $q_{40} = ^{40}\sqrt{10} \approx 1.06$

R80系列 公比 $q_{80} = ^{80}\sqrt{10} \approx 1.03$

2. 优先数 指优先数系中的任一项值。

(1) 优先数的理论值 即理论等比数列的项值。一般为无理数，不便于实际应用。

(2) 优先数的计算值 是对理论值取五位有效数字的近似值，同理论值相比，其相对误差小于1/20000，在作参数系列的精确计算时可用来代替理论值。

(3) 优先数的常用值 即通常所称的优先数，是为了便于实际应用而对计算值进行适当圆整后统一规定的数值。

(4) 优先数的化整值 是对R5、R10、R20、R40系列中的常用值作进一步圆整后所得的值，只在某些特殊情况下才允许采用。

二. 系列的种类和应用

1. 基本系列 指优先数系中常用的R5、R10、R20和R40四个系列(附表1—1)。适用于自变量参数。

2. 补充系列 指R80系列(附表1—2)。仅在参数分级很细或基本系列中的优先数不能适应实际情况时，才可考虑采用。

3. 派生和移位系列 派生系列是从基本系列或补充系列 R_r 中，每 p 项取值导出的系列，以 $R_{r/p}$ 表示。比值 r/p 相等的派生系列具有相同的公比，但其项值是多义的。例如R10：

1.00 1.25 1.60 2.00 2.50 3.15 4.00 5.00 6.30 8.00 10.0……

而派生系列R10/3，可导出三种不同项值的系列：

1.00 2.00 4.00 8.00……

1.25 2.50 5.00 10.00……

1.60 3.15 6.30 12.5……

当基本系列的公比不能满足分级要求时，可选用派生系列。

移位系列也是一种派生系列，它的公比与某一基本系列相同，但项值与该基本系列不同。例如：

基本系列 R10: 2.50 3.15 4.00 5.00 6.30 ……

移位系列 R_{80/8}: 2.53 3.25 4.12 5.15 ……

这两个系列公比相同。 $q_{80/8} = (\sqrt[80]{10})^8 = 10^{8/80} = 10^{1/10} = q_{10}$ 称R_{80/8}系列为R₁₀的移位系列。移位系列只宜用于因变量参数的系列。例如,成品尺寸采用基本系列后,考虑到加工余量的需要,其毛坯尺寸可采用该基本系列的移位系列。

4.化整值系列 指由优先数的常用值和一部分化整值所组成的系列。只是在参数取值受到特殊限制时,才允许采用。化整值误差较小的系列称为第一化整值系列。用符号Rr'表示。误差较大的系列称为第二化整值系列,用符号Rr''表示,例如:

R₁₀: 1.00 1.25 1.60 2.00 2.50 3.15 4.00 5.00 6.30 8.00 10.00

R₁₀' : 1.00 1.25 1.60 2.00 2.50 3.20* 4.00 5.00 6.30 8.00 10.00

R₁₀'' : 1.00 1.20* 1.50* 2.00 2.50 3.00* 4.00 5.00 6.00* 8.00 10.00

在上述数字右角加“*”的为化整值,化整值系列只在某些特定情况下使用,并且应优先采用第一化整值系列。例如标准直径和标准长度系列因受到现有配套产品的限制,涉及很广泛的协作范围和已有的大量物质基础,不宜轻易改变,故采用化整值系列。

§ 1—4 本课程的性质、任务、 基本内容及要求。

本课程是机械类各专业的技术基础课。它是本专业联系设计类课程与制造工艺课程的纽带,也是从基础课与技术基础课教学过渡到专业课教学的桥梁。

本课程的任务是使学生获得互换性与测量技术的基本知识及一定的工作能力。为进一步应用公差标准与了解测量技术打下基础。

本课程的基本内容是研究几何参数的互换性。即研究如何通过规定公差合理解决机器使用要求与制造要求之间的矛盾,及如何运用测量技术手段保证国家公差标准的贯彻实施。

本课程的特点主要表现在以下三个方面:

1)本课程由“公差与配合”及“测量技术”两部分组成。前者属标准化范畴,后者属计量学范畴,这两部分有一定联系,但又自成体系。

2)本课程是从“精度”或“误差”的观点来分析探讨零件和部件几何参数的互换性。

3)本课程的基本理论是误差理论,基本教学研究方法是数理统计。

本课程的基本要求:

1)建立互换性的基本概念,能绘制公差与配合图样,熟悉尺寸公差与配合制的基本内容及特点,了解其他公差制的主要内容及特点,知道选择公差与配合的原则与方法,懂得尺寸链的基本计算方法,会应用公差表格,并能在图样上正确标注。

2)建立测量技术的基本概念,了解常用测量方法与测量器具的原理,知道分析测量误差与处理测量结果,会设计光滑极限量规。通过实验,初步掌握测量操作技能。

思考题

1. 什么叫互换性？它有何优越性？
2. 完全互换与不完全互换有何区别？
3. 标准化与互换性之间有何关系？
4. 优先数系的主要优点是什么？

第二章 尺寸公差与配合

学习指导

本章学习的目的是掌握基础标准《公差与配合》的一般规律，为合理选用尺寸公差与配合、学习其他典型零件的公差与配合打下基础。学习要求是对尺寸公差与配合标准中的一些术语定义，要着重搞清其概念与作用，并抓住它们之间的区别与联系进行分析，避免单纯从定义上孤立地去理解；要掌握标准公差与基本偏差的结构、特点和基本规律；了解尺寸公差与配合的选用原则。学习重点是尺寸公差与配合的基本规律及其选用原则。

§ 2-1 概述

公差主要反映零件几何参数的使用要求，配合则反映组成机器的零、部件之间的关系。公差与配合的标准化有利于机器的设计、制造、检验、使用和维修，是实现互换性生产的一个基本条件。尺寸公差与配合标准不仅适用于应用最为广泛的圆柱结合（即孔和轴的结合），也适合于其他非圆表面结合（如键与键槽的结合）及结构尺寸（如中心距尺寸等）。

GB159~174—59《公差与配合》自1959年颁布以来，它对我国的工业建设起了相当大的作用。但是随着历史的发展，科学技术迅猛地向前进，无论在精度上或者是在配合上不能很好适应生产的发展。它的主要弊病是精度等级太低，配合种数太少，规律性差不能引伸发展。目前世界各国的公差与配合，均采用国际公差制。我国自1980年起实施以国际公差制为基础的新公差制。它包括公差与配合(GB1800~1804—79)和测量与检验(GB1957—81, GB3177—82)两大部份。

§ 2-2 术语及定义

为了正确理解和应用公差与配合标准，必须要有统一的术语及定义。必须了解下列主要的术语及定义。

一、尺寸

1. 尺寸 用特定单位表示长度值的数字。

一般来说尺寸包括直径、长度、宽度以及中心距，圆角半径等等。

2. 孔和轴 分别指圆柱形的内表面和外表面，也分别指包容面和被包容面。由于孔、轴都是由单一尺寸确定的，故引伸为由单一尺寸决定的内、外表面也称为孔和轴，如图2-1所示。图中 D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 确定的部分称为孔；由 d_1 、 d_2 、 d_3 、 d_4 确定的部分称为轴，采用孔、轴这两个术语的用意是：为了确定零件的尺寸公差和零件的配合关系。在公差和配合中，孔、轴的关系表现为包容和被包容的关系。凡没有这样一种结合关系的称为长度尺寸，这是区别孔、轴和

长度的重要标志之一。

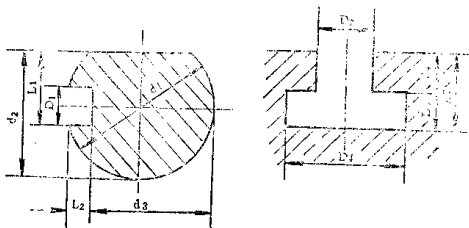


图2—1 孔、轴的尺寸

图2—1中，两表面相对的，其间没有材料，形成包容状态的表面称为包容面，亦称为内表面。两表面相背的，其外面没有材料，形成被包容状态的表面称为被包容面，亦称为外表面。如果两部分表面同向，既不形成包容状态，也不能形成被包容状态，即既非内表面，亦非外表面，则它们中间由单一尺寸确定的部分，既不是孔，也不是轴面是作为长度，如图2—1中的 L_1 ， L_2 ， L_3 称为长度尺寸。

3. 基本尺寸 基本尺寸是根据设计、结构、工艺等要求确定的尺寸。要求尽量选用标准尺寸。

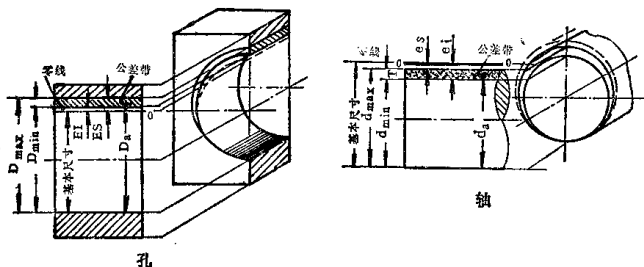


图2—2 公差配合示意图

4. 极限尺寸 允许尺寸变化的两个界限值。因为设计给定的尺寸在加工中不可能，也不必绝对地与基本尺寸相同，通常规定有两个界限值。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。

孔的最大极限尺寸一般表示为 D_{max} ，最小极限尺寸为 D_{min} 。

轴的最大极限尺寸一般表示为 d_{max} ，最小极限尺寸为 d_{min} 。

极限尺寸可以大于、小于或等于基本尺寸，如图2—2。

5. 实际尺寸 通过测量所得的尺寸。实际尺寸表示被测对象的实际数字，由于测量有误差，被测对象有形状误差等原因。在测量同一被测对象不同部位时，实际尺寸是不同的。一般孔用 D_a ，轴用 d_a 表示，如图2—2。

6. 实体尺寸 孔或轴具有允许材料量为最多时的状态称为最大实体状态（简称MM C），此时的极限尺寸称为最大实体尺寸（简称MMS）。它是孔的最小极限尺寸，轴的最大极限尺寸的统称。

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（简称LMC），此时的极限尺寸称为最小实体尺寸（简称LMS）。它是孔的最大极限尺寸，轴的最小极限尺寸的统称。

7. 作用尺寸 在配合面的全长上，与实际孔内接的最大理想轴的尺寸称为孔的作用尺寸 D_m 。在配合面的全长上与实际轴外接的最小理想孔的尺寸称为轴的作用尺寸 d_m 。如图2—3所示。作用尺寸不仅与孔、轴的实际尺寸有关而且与孔、轴的形状误差有关，作用尺寸是对配合起作用的尺寸，只有当 $D_m \geq d_m$ 时，孔、轴才能自由装配。

实际尺寸和作用尺寸是表达零件加工后尺寸。极限尺寸和实体尺寸是表达设计要求的控制尺寸。判断一个零件是否在所要控制的尺寸范围之内。GB规定了一条原则，称为极限尺寸判断原则（即泰勒原则）。

8. 极限尺寸判断原则 孔或轴的作用尺寸不允许超过最大实体尺寸，在任何位置上的实际尺寸不允许超过最小实体尺寸。

这里所说的不超过是指，对于孔，它的作用尺寸 D_m 应不小于最小极限尺寸 D_{min} ；

对于轴，它的作用尺寸 d_m 应不大于最大极限尺寸 d_{max} 。对于轴，它的作用尺寸 d_m 应不大于最大极限尺寸 d_{max} ，轴的实际尺寸 d_a 在任何位置上均不小于最小极限尺寸 d_{min} ，如图2—4。

极限尺寸判断原则是考虑了形状误差的综合影响后制订的一种判断零件合格与否的原则。当有配合性质要求时，只有作用尺寸和实际尺寸都在极限尺寸的范围之内，完工零件才是合格品。

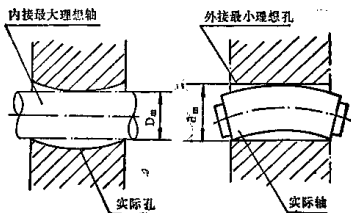


图2—3 孔或轴的作用尺寸

二、 偏 偏、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。

最大极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为上偏差。GB规定孔用ES，轴用es表示上偏差。最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为下偏差。GB规定孔用EI，轴用ei表示

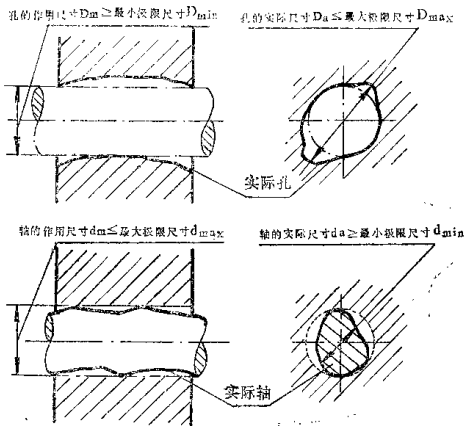


图2—4 极限尺寸的判断

下偏差，如图2—2。

上偏差和下偏差统称为极限偏差。

实际尺寸减其基本尺寸，所得的代数差称为实际偏差。

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。

公差等于上偏差与下偏差之代数差的绝对值，公差也等于最大极限尺寸与最小极限尺寸代数差的绝对值。公差是不为零的绝对值，一般公差用T表示，如图2—2。

公差和偏差是两个不同概念的术语，公差表示一批零件要求的尺寸均匀程度，是允许的变动量，是绝对值。偏差是表示某尺寸与基本尺寸的代数差，是可以为正、负、零的数值，如图2—2。

$$ES = D_{max} - D$$

$$EI = D_{min} - D$$

$$T_k = | D_{max} - D_{min} | = | ES - EI |$$

$$es = d_{max} - d$$

$$ei = d_{min} - d$$

$$Ts = | d_{max} - d_{min} | = | es - ei |$$

由于公差与偏差数值相对于基本尺寸相差甚大，不便于用同一比例作图。为了简化起见，通常采用公差与配合图解法(即公差带图)来表示。公差带图是学习本课程的一个重要概念和

工具，必须熟练地掌握。

3. 零线与公差带 在公差带图中，先画出一水平的直线，作为确定偏差的基准线，这基准线称为零线。一般零线表示基本尺寸，零线以上的偏差为正，零线以下的偏差为负。代表上、下偏差的两条平行直线所限定的一个区域为公差带，如图2—2所示。一般情况下，公差带图上的极限偏差的数值是以 μm 为单位的。公差带包括公差带大小和公差带位置两个参数。

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极限偏差的大小。相同大小的公差带，可以随着靠近零线的极限偏差不同，而具有不同的位置。当零件的公差大小要求是相同时，由于公差带的位置不同，极限尺寸的要求也就不同，如图2—5。只有既规定公差的大小，又规定公差带的位置时，才能完整地描述一个零件的规定尺寸，以表达设计的要求。

4. 标准公差 指国家标准规定的，用以确定公差带大小的任一公差。

5. 基本偏差 指国家标准规定的，用以确定公差相对于零线位置的上偏差或下偏差。

一般为靠近零线的哪个偏差。当公差带在零线上方时，下偏差为基本偏差(即EI或ei)。当公差带在零线下方时，上偏差为基本偏差(即ES或es)，如图2—5。当公差带跨在零线上、下时，一般以绝对值较小的偏差定为基本偏差，但有例外。

因此公差带由“公差带大小”与“公差带位置”两个要素组成。公差带大小由标准公差确定，在公差带图上指的是公差带在垂直方向的宽度；公差带位置由基本偏差确定，是指公差带沿零线垂直方向的坐标位置。

三、配合

1. 配合 指基本尺寸相同、相互结合的孔和轴公差带之间的关系。

规定配合是为了保证机器或仪器工作时，零件间能协调动作，以满足使用的要求。配合反映了机器上相互结合零件间松紧的程度。

2. 间隙或过盈 孔的尺寸减去相配合轴的尺寸所得的代数差，此差值为正值时是间隙为负值时是过盈。

间隙的大小决定着配合零件相对运动的可动程度。过盈的大小决定着配合零件联接的牢固程度。设计中给出了孔、轴的极限尺寸以后，也就相应的确定了间隙或过盈的界限值，允许间隙变动的界限值称为极限间隙。允许过盈变化的界限值极称为限过盈。孔的实际尺寸减去轴的实际尺寸称为实际间隙或实际过盈。

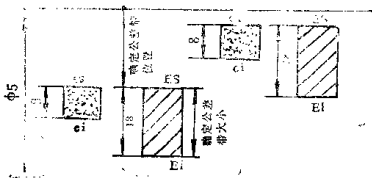


图2—5 公差带图

上述的关系可用下式表示：设 X_{\max} 、 X_{\min} 分别表示最大间隙和最小间隙。 Y_{\max} 、 Y_{\min} 表示最大过盈和最小过盈。 X 和 Y 表示实际间隙和实际过盈， $X_{\text{中}}$ 和 $Y_{\text{中}}$ 为平均间隙和平均过盈。

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

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

$$X_s(\text{或 } Y_s) = D_s - d_s$$

上述关系也可用孔和轴的极限偏差计算。

$$X_{\max}(\text{或 } Y_{\min}) = ES - ei$$

$$X_{\min}(\text{或 } Y_{\max}) = EI - es$$

孔的最大极限尺寸减轴的最小极限尺寸所得的代数差，为正时是最大间隙，为负时是最小过盈。孔的最小极限尺寸减轴的最大极限尺寸所得的代数差，为正时是最小间隙，为负时是

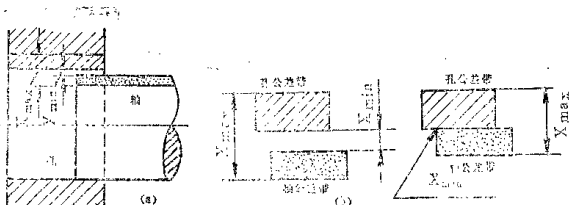


图2—6 间隙配合

最大过盈。实际间隙和实际过盈亦是如此。

在配合中，根据孔的公差带和轴的公差带的不同关系，GB规定配合分为三大类。

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方，如图2—6。间隙配合的特征是最小间隙和最大间隙，有时也用平均间隙来表示。平均间隙 X_{av} 是最大间隙和最小间隙的平均值。即：

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

4. 过盈配合指具有过盈(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方，如图2—7。过盈配合的特征是最小过盈和最大过盈，有时也用平均过盈来表示。平均过盈 Y_{av} 是最大过盈和最小过盈的平均值。即：

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

5. 过渡配合 可能具有间隙或过盈的配合。此时孔的公差带和轴的公差带相互交叠，如图2—8。

过渡配合的特性是最大间隙和最大过盈，有时也用平均间隙(或平均过盈)表示。

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

当 $|X_{\max}| > |Y_{\max}|$ 时是平均间隙，当 $|X_{\max}| < |Y_{\max}|$ 时是平均过盈。

6. 配合公差 允许间隙或过盈的变动量。

配合公差表示配合松紧程度的变化范围，一般用 T_f 表示。

对于间隙配合，配合公差等于最大间隙与最小间隙的代数差的绝对值。对于过盈配合，配