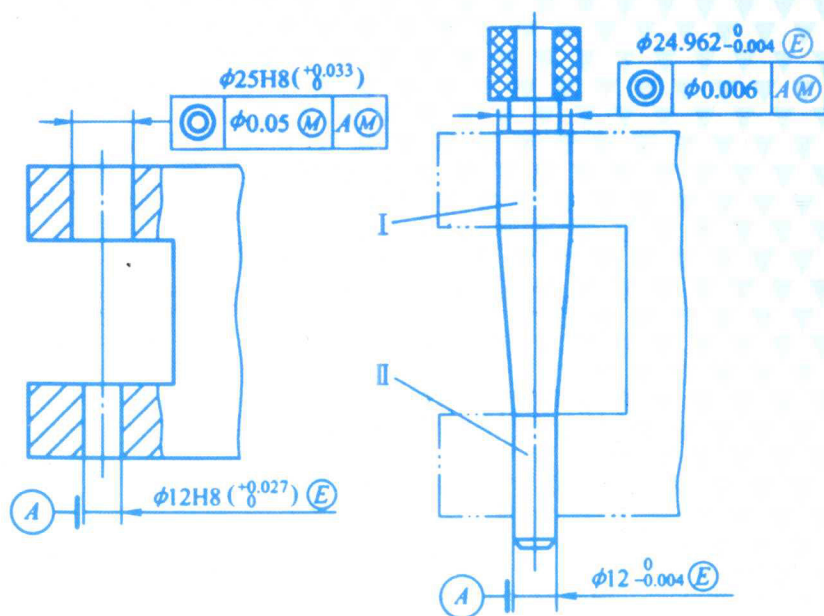


普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套教材

互换性与测量技术基础 学习指导及习题集与解答

王伯平 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套教材

互换性与测量技术基础学习 指导及习题集与解答

机械工业出版社

本书分为三篇：互换性与测量技术基础学习指导、互换性与测量技术基础习题集、互换性与测量技术基础习题选解。各篇中章的结构与教材中章的结构相对应。“学习指导”中总结指导各章中的要点、重点、难点，对知识点的内涵进行提炼并在讲解上加以引深和拓展。“习题集”中习题量大面广、各类题型灵活多样，难易均有，适应各类人员选做。“习题选解”中有针对性地选解了部分典型习题，解题过程详细、思路清晰，利于学生和教师学习和应用。

本书可供高等院校机械类专业师生使用，并可供其他行业的工程技术人员及计量、检验人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

互换性与测量技术基础学习指导及习题集与解答/王伯平主编. —北京: 机械工业出版社, 2010. 6

普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套教材

ISBN 978 - 7 - 111 - 31424 - 0

I. ①互… II. ①王… III. ①零部件-互换性-高等学校-教学参考资料②零部件-测量-技术-高等学校-教学参考资料 IV. ① TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 146085 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 邓海平 余 皞 责任编辑: 邓海平 余 皞

版式设计: 张世琴

责任校对: 李锦莉

封面设计: 张 静

责任印制: 杨 曦

北京京丰印刷厂印刷

2010 年 11 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm × 260mm · 15 印张 · 371 千字

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 31424 - 0

定价: 27.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010)88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010)68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010)88379649

读者服务部: (010)68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

“互换性与测量技术基础”是高等院校机械类、仪器仪表类和机电一体化类专业必需的主干技术基础课程，是与机械工业发展紧密相关的基础学科。作者编写的《互换性与测量技术基础》是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。该书自第1版到第3版出版以来，受到同行的普遍认同，被国内200多所高等院校选用，先后重印多次，印数达十几万册，产生了良好的社会效益。该书获2008年山西省教学成果一等奖，并被评为省级精品课程。为满足当今课程建设的需要，多所院校的教师建议增加该课程习题的数量，单独编写该课程的学习指导书。为此，我们编写了《互换性与测量技术基础学习指导及习题集与解答》。

本书与《互换性与测量技术基础》教材配合使用。本书的特点是：其结构安排与教材相对应，好学好用；内容全面详细，如学习指导中有总结指导各章的要点、重点、难点，并对一些重要知识点的讲解加以引深和拓展；习题量大面广，有2000多道各类型题目，涵盖本教材全部内容，有些知识内容还加以延伸，各类题型灵活多样、难易均有、适应各类人员选做；同时，有针对性地选做了部分习题，解题过程详细、思路清晰，利于学生和教师参考。

本书主要由王伯平编写，武美先参加编写。在编写过程中，得到了太原科技大学、太原理工大学、中北大学、浙江大学等的大力支持，在此一并致谢。本书由太原理工大学博士生导师袁长良担任主审，参加审稿的还有武文堂、赵春明。

由于编者水平有限，书中难免存在缺点和错误，敬请广大读者批评指正。

编 者
于山西太原

目 录

前言

第一篇 互换性与测量技术基础学习指导	1
第一章 绪论	1
第二章 光滑圆柱体结合的极限与配合	3
第三章 测量技术基础	10
第四章 形状和位置公差及检测	15
第五章 表面粗糙度	22
第六章 光滑工件尺寸的检测	26
第七章 滚动轴承与孔、轴结合的互换性	30
第八章 尺寸链	34
第九章 圆锥结合的互换性	39
第十章 螺纹结合的互换性	42
第十一章 键和花键的互换性	46
第十二章 圆柱齿轮传动的互换性	50
第二篇 互换性与测量技术基础习题	58
第一章 绪论习题	58
第二章 光滑圆柱体结合的极限与配合习题	61
第三章 测量技术基础习题	79
第四章 形状和位置公差及检测习题	93
第五章 表面粗糙度习题	118
第六章 光滑工件尺寸的检测习题	128
第七章 滚动轴承与孔、轴结合的互换性习题	139
第八章 尺寸链习题	148
第九章 圆锥结合的互换性习题	159
第十章 螺纹结合的互换性习题	166
第十一章 键和花键的互换性习题	176
第十二章 圆柱齿轮传动的互换性习题	183
第三篇 互换性与测量技术基础习题选解	195
模拟试卷(一)	227
模拟试卷(二)	231
参考文献	234

第一篇 互换性与测量技术 基础学习指导

第一章 绪 论

一、基本内容

本章主要介绍四部分内容：①互换性的含义、重要性、分类及其作用。②标准和标准化的含义。③互换性与标准和标准化的关系。④优先数和优先数系的意义、构成规律、特点及其应用。

二、互换性对现代工业生产的重要意义

现代机械工业生产的特点是：生产规模大，技术要求高，生产协作广泛。许多产品往往要涉及到数十个、甚至上百个生产企业，生产协作点遍布全国各地，甚至世界各个国家或地区。在一个企业内部也要涉及到产品设计、生产工艺、技术检验以及生产管理和技术管理等许多部门和技术环节。这样一个复杂、严密的生产组合，必须采用互换性原则，在技术上保持高度统一和协调一致。要做到这一点，就必须制订并严格执行一系列标准，使各个生产部门和生产环节在技术上统一和协调起来，使整个社会生产形成一个有机的整体。

互换性是现代机械工业按照专业化协作原则组织生产的基本条件。按照互换性原则进行生产，有利于广泛地组织协作，进行高效率的专业化生产，从而便于组织流水作业和自动化生产，大大简化零部件的设计、制造和装配过程，缩短生产周期，提高劳动生产率，降低生产成本，保证产品质量，便于使用维修。因此，互换性是现代机械工业生产必不可少的重要技术措施。

三、互换性的分类

互换性可以从不同角度分类。按互换的范围，可分为几何参数互换和功能互换，本课程只研究几何参数互换，如尺寸、形状、位置和表面粗糙度等；按互换的程度，可分为完全互换和不完全互换，前者要求零部件在装配时不需要挑选和辅助加工，后者要求零部件在装配时需要分组或调整；对标准部件，互换性可分为内互换和外互换，前者是组成标准部件的零件的互换，后者是标准部件与其他零部件的互换。

四、标准和标准化体系

我国标准分为国家、行业、地方和企业四个等级。国家标准和行业标准又分为强制性和



推荐性两大类。本课程所涉及的标准多为推荐性标准。按照标准化对象的特性,标准可分为基础标准、产品标准、方法标准、安全标准、卫生标准等。基础标准是指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,如极限与配合标准、几何公差标准等。为了适应全球经济一体化的趋势,我国新出台和修订的标准将逐步与国际标准靠拢。对于新标准,需要不断学习和应用。

五、学习优先数和优先数系的要点

1. 新国家标准 GB/T 321—2005《优先数和优先数系》的有关规定

标准对优先数系规定了 R5、R10、R20、R40 四个基本系列和 R80 补充系列。借助标准中表格数据,可以写出各系列的优先数。要在实际工作中优先采用优先数,使实际工作从一开始的参数选择就纳入标准化。

2. 优先数的特点及主要优点

优先数的数值排列规律具有两大特点:①十进制(优先数中的每一个数值都是可以十为倍数扩大或缩小);②等公比(优先数系中后项比前项是一个定值,为公比)。

优先数的主要特点: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,优先数得到了广泛的应用。

3. 优先数派生系列的应用

可从基本系列中每隔几项选取一个优先数,组成新的系列,即派生系列。它使优先数有了更大的适应性来满足各种生产实际的需要。

第二章 光滑圆柱体结合的极限与配合

一、基本内容

本章是本课程中最重要的一章，它涉及的是机械类专业人员应用最广、设计制造时使用最多、最基础的内容。本章主要介绍五大部分内容：①极限与配合的基本术语及定义。②国家标准对标准公差和基本偏差这两大系列是如何规定的？③国家标准对各尺寸段推荐了哪些公差带和配合？④常用尺寸极限与配合的选用。⑤一般公差线性尺寸的未注公差。

目前执行的主要是 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：标准公差和基本偏差数值表》、GB/T 1801—1999《一般公差 公差带和配合的选择》、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》等标准。

二、极限与配合的基本术语及定义中的要点及重点指导

要清楚理解、熟练掌握教材中介绍的基本术语和定义，这对于学好本课程是非常重要的。下面强调几点应注意的问题。

(1) 孔和轴的定义 在极限与配合中，孔、轴可以是圆形的，也可以是非圆形的，它们的概念是广义的。只要是由单一尺寸确定的内表面即可看作孔，由单一尺寸确定的外表面即可看作轴。

(2) 实际尺寸 实际尺寸是通过测量从量具上读出的数值，只能反映在零件某一位置处，经实测而包含有允许的测量误差在内的数值，它具有随机性和不唯一性，它不是实测尺寸的真值。生产中都是以实际尺寸作为评定尺寸精度的依据。为确保零件的质量，检测时应按国家标准 GB/T 3177—1997·《光滑工件尺寸的检验》的规定，对不同精度的尺寸要求，必须选定适宜精度的量仪来进行测量。

(3) 极限尺寸 极限尺寸就是用来限制尺寸变动所给出的一定范围，它是生产中加工和检验的依据。加工好的零件实际尺寸，只要能控制在最大与最小极限尺寸之间，就是合格的。

(4) 标注形式 图样上极限偏差有五种不同标注形式：

- 1) 上、下偏差都是正值。如 $\phi 50 \begin{smallmatrix} +0.042 \\ +0.017 \end{smallmatrix} \text{mm}$ 。
- 2) 上、下偏差都是负值。如 $\phi 50 \begin{smallmatrix} -0.025 \\ -0.050 \end{smallmatrix} \text{mm}$ 。
- 3) 下偏差为零值，上偏差必为正值。如 $\phi 50 \begin{smallmatrix} +0.025 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{mm}$ 。
- 4) 上偏差为零值，下偏差必为负值。如 $\phi 50 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.025 \end{smallmatrix} \text{mm}$ 。
- 5) 上偏差为正值，下偏差为负值。如 $\phi 50 \begin{smallmatrix} +0.015 \\ -0.010 \end{smallmatrix} \text{mm}$ 。

(5) 公差与偏差在概念上的根本区别 公差与偏差是两个完全不同的概念，在生产中应严格区分，不能混为一谈。从概念上讲，偏差是相对于基本尺寸而言，是指相对于基本尺寸偏离大小的数值。极限偏差（即上、下偏差）是用以限制实际偏差的变动范围；而公差

仅表示极限尺寸变动范围大小的一个数值。从作用上讲, 极限偏差表示了公差带的确切位置, 因而可反映出零件的配合性质, 即松紧程度; 而公差仅表示公差带的大小, 即反映出零件的配合精度。从数值上讲, 偏差可以是正值、负值或零; 而公差是没有符号的绝对值, 且不能为零。

(6) 公差带图的意义以及构成它的两个基本因素 公差带图是表示一对相互配合的孔和轴的基本尺寸、极限尺寸、极限偏差及公差之间相互关系的简化图, 它还能表示孔和轴配合的间隙、过盈等情况。它能非常直观、清晰地表示孔和轴的配合关系, 是解决极限与配合问题的一个有力工具。

公差带图由以下两个要素组成: ①公差带的位置。它是指公差带相对于零线的位置。标准规定: 以基本偏差作为确定公差带位置的统一参数。基本偏差可以是上偏差或下偏差, 一般为靠近零线的那个偏差。②公差带的大小。它是指公差带的高度值, 也就是尺寸允许变动范围的数值, 即公差值。公差带的大小是根据零件精度要求, 并按照标准中规定的标准公差值来确定的。

(7) 理解并掌握配合、间隙或过盈、极限间隙或极限过盈的概念 配合是基本尺寸相同的、相互结合的孔和轴公差带之间的关系。注意: 基本尺寸不同, 不能称配合。

按孔、轴公差带的关系, 把配合分为间隙配合、过盈配合和过渡配合三类。可以从不同角度来看它们的区别。①从公差带在公差带图中的位置上看: 孔的公差带在轴的公差带之上为间隙配合; 孔的公差带在轴的公差带之下为过盈配合; 孔的公差带与轴的公差带全部或部分相互交叠为过渡配合。②从孔的尺寸减去轴的尺寸的代数差的正、负号看: 若为正号, 是间隙配合; 若为负值, 是过盈配合。代数差是正的, 其绝对值越大, 表示间隙越大, 配合越松; 代数差是负的, 其绝对值越大, 表示过盈越大, 配合越紧。

当孔的尺寸为最大极限尺寸, 轴为最小极限尺寸时, 配合最松, 产生最大间隙 (对于间隙配合和过渡配合而言) 或最小过盈 (对于过盈配合而言); 反之, 当孔为最小极限尺寸, 轴为最大极限尺寸时, 配合最紧, 产生最小间隙 (对于间隙配合而言) 或最大过盈 (对于过渡配合和过盈配合而言)。最大间隙或过盈、最小间隙或过盈统称极限间隙或极限过盈。它们表示配合要求的松紧极限程度。

(8) 理解并掌握配合公差的概念及其与尺寸公差的关系 组成配合的孔、轴公差之和, 即允许其间隙或过盈的变动量, 叫做配合公差。配合公差是一个没有符号的绝对值。

生产中为了保持机器性能的稳定, 必须要控制相配合零件之间的间隙或过盈量大小的变动范围。该数值是通过孔与轴所给定的公差带来保证的。由于孔和轴的实际尺寸可以在给定的公差范围内变动, 因此该配合的实际间隙或过盈也随之发生变化。为了满足机器零件配合性能要求, 必须对其配合间隙或过盈的变动量进行控制。

(9) 熟练掌握本章中极限与配合常用符号及关系式 如表 2-1 所示。

表 2-1 极限与配合常用符号及关系式

孔的基本尺寸、极限尺寸		D 、 $D_{\max}$ 、 $D_{\min}$	轴的基本尺寸、极限尺寸		d 、 $d_{\max}$ 、 $d_{\min}$
孔的极限偏差	上偏差	$ES = D_{\max} - D$	轴的极限偏差	上偏差	$es = d_{\max} - d$
	下偏差	$EI = D_{\min} - D$		下偏差	$ei = d_{\min} - d$
孔尺寸公差	$T_h = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI $		轴尺寸公差	$T_s = d_{\max} - d_{\min} = es - ei $	

(续)

孔的基本尺寸、极限尺寸		$D, D_{\max}, D_{\min}$	轴的基本尺寸、极限尺寸	$d, d_{\max}, d_{\min}$
间隙配合	最大间隙	$X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$		
	最小间隙	$X_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es$		
	配合公差	$T_f = X_{\max} - X_{\min} $		
过盈配合	最大过盈	$Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es$		
	最小过盈	$Y_{\min} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$		
	配合公差	$T_f = Y_{\max} - Y_{\min} $		
过渡配合	最大间隙	$X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$		
	最大过盈	$Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es$		
	配合公差	$T_f = X_{\max} - Y_{\max} $		
配合公差		$T_f = T_h + T_s$		

(10) 掌握配合制、基孔制、基轴制的概念 按照国家标准规定的公差与偏差所确定的孔和轴组成配合的制度,叫做配合制。相配合的孔、轴的公差带位置可有各种不同的方案,均可达到相同的配合要求。为了简化和有利于标准化,以尽量少的公差带形成尽可能多的配合,国家标准规定了两种配合制,即基孔制和基轴制。

把孔的公差带位置固定(基本偏差代号为H),与不同基本偏差的轴的公差带形成各种配合的一种制度,称为基孔制;反之,把轴的公差带位置固定(基本偏差代号为h),与不同基本偏差的孔的公差带形成各种配合的一种制度,称为基轴制。区别某种配合是基孔制还是基轴制,只与其公差带的位置有关,而与孔、轴的加工顺序无关。

三、国家标准对标准公差和基本偏差的主要规定

国家标准对标准公差和基本偏差这两大内容进行了标准化的规定,对它们的构成规律、分布进行了充分的分析研究,形成了适合生产应用的两大系列内容体系,这也是本章的重点。

1. 掌握标准公差系列

标准公差是确定公差带大小的数值。标准中所规定的标准公差,是由公差因子(公差单位)、公差等级和基本尺寸这三项因素所确定的。在设计中应根据各种零件的不同需求,按照标准中规定的标准公差数值来确定所需公差。需要注意下面几点:

1) 公差因子是以生产实践为基础,通过专门的试验和大量的统计数据分析,找出零件的加工和测量误差随基本尺寸变化的规律,由此来构成公式,从而确定公差因子。它是用来确定各种不同等级公差值大小依据的基数。

2) 国家标准将公差等级分为 IT01 ~ IT18 共 20 级。各级标准公差值是按照国家标准中标准公差的计算公式用公差因子乘以公差等级系数得到的,这样就将各级公差值形成了大小分布合理、便于生产应用的标准公差数值。公差等级从 IT01 至 IT18 其精度要求依次降低,标准公差数值依次增大。

3) 标准中规定基本尺寸分段的意义和方法。在生产中,零件的基本尺寸是各不相同的,若将每一种基本尺寸所对应的标准公差等级数值,一一对应地分别求出,所列出的公差表格就非常繁琐,使用也极不方便。从公差因子与基本尺寸之间的关系来看,用相近数值的



基本尺寸所求得公差因子数值也极为相近,而且生产中也没有必要区分得过细。为了减少公差数目,统一公差值,以便于简化公差表格,方便生产中应用,标准中按一定规律将基本尺寸划分成若干范围段落,称为尺寸分段。

标准中基本尺寸分段所采用的方法是:对基本尺寸小于等于180mm的,采用不均匀递增系列;对基本尺寸大于180mm的,则采用优先数系R10与R20系列。

4) 熟练、正确地查询公差数值。各等级的公差数值可以直接从《标准公差数值》表中查出,学生应能熟练、正确地查表。从表中可以看出:同一基本尺寸范围,公差等级越高,公差数值越小;同一公差等级,基本尺寸越大,公差数值越大。所以,基本尺寸不同时,不能以公差数值的大小来判断精度高低,而只能根据公差等级来判断。

2. 掌握基本偏差系列

基本偏差是确定公差带位置的数值。标准中所规定的确定基本偏差的方法是先确定了轴的基本偏差,然后,孔的基本偏差是由轴的基本偏差通过通用规则或特殊规则换算得到,最终形成轴的基本偏差数值表和孔的基本偏差数值表以供生产中应用。国家标准对轴、孔分别规定了28种基本偏差代号,用拉丁字母表示,轴用小写字母、孔用大写字母表示。在学习时应注意以下几点:

1) 轴的基本偏差是在基孔制的基础上制订的。它是根据科学试验和生产实践并按照国家标准中轴的基本偏差计算公式计算得到的。轴的基本偏差计算公式根据以下原则确定:①基本偏差a~h的公差带均在零线之下,用于间隙配合,基本偏差的绝对值正好等于与基准孔H相配时的最小间隙,因此该范围内的基本偏差应按间隙配合的要求建立公式。②基本偏差j~n的公差带在零线之上且靠近零线,用于过渡配合。③基本偏差p~zc是按过盈配合来规定的,并以最小过盈来考虑。

从轴的基本偏差系列分布图形上看,轴的基本偏差从a~zc是由低到高依次上升的。从a~h这一范围均为上偏差,其中h的基本偏差为零,即为基轴制配合中的基准轴;从k~zc范围内的基本偏差均为下偏差。

轴的基本偏差中,js的基本偏差等于 $\pm IT/2$,即标准公差(IT)对称分布于零线两侧;j的基本偏差大部分是标准公差(IT)不对称分布于零线的两侧(见表2-2)。

表 2-2 轴的基本偏差

基本偏差代号	基本偏差为上偏差还是下偏差	公差带相对于零线的位置	备 注
a~h (共11个)	上偏差	在零线下方	基本偏差为h时,上偏差为零,是基准轴
js	上偏差或下偏差	对称跨在零线两侧	$js = \pm IT/2$ (或 $js = \pm (IT-1)/2$)
j	下偏差	近似对称跨在零线两侧	将逐渐被js取代,标准中只保留5、6、7、8几个精度等级
k~zc (共15个)	下偏差	在零线上方	

2) 孔的基本偏差不是由基本偏差公式计算得到的,而是由轴的基本偏差换算得到的。换算时应按照不同的适用范围采用两种规则:通用规则——孔的基本偏差与同字母的轴的基本偏差符号相反、绝对值相等;特殊规则——孔的基本偏差与同字母的轴的基本偏差符号相反,但绝对值要再加上一个 Δ (Δ 为相邻两个公差等级的公差值的差值)。

在孔的基本偏差中要理解并领会三点：①通用规则主要用于间隙配合、公差等级较低的情况；特殊规则主要用于公差等级较高的情况。②特殊规则的规定是由于在高精度配合（轴的公差等级 ≤ 7 级或孔的公差等级 ≤ 8 级）时，由于孔比同级的轴加工困难，故一般孔的公差比轴低一级，而在精度较低的配合中孔、轴同级。③国家标准这样规定孔的基本偏差换算规则，就可以做到不管是低精度配合还是高精度配合，都可以保证“同名配合，配合性质相同”。所谓“同名配合”，是指公差等级和非基准件的基本偏差代号都相同，只是基准制不同的配合（如 $\phi 40F8/h7$ 与 $\phi 40H8/f7$ 、 $\phi 50H9/e9$ 与 $\phi 50E9/h9$ ）。所谓“配合性质相同”，是指配合的极限间隙（或过盈）相同。

孔的基本偏差系列的分布与轴的基本偏差成倒影关系。即孔的基本偏差从A~H为下偏差（在零线之上），且其绝对值按从A~H的顺序逐渐减小，其中H的基本偏差为零，为基准孔制配合中的基准孔。从K~ZC范围内的基本偏差为上偏差，且基本偏差的绝对值按从K~ZC的顺序逐渐增大（即从上向下逐渐远离零线）。

孔的基本偏差中，JS的基本偏差 $JS = \pm IT/2$ ，是标准公差（IT）对称分布于零线两侧；J的基本偏差大部分是标准公差（IT）不对称分布于零线的两侧。

3) 熟练、正确地查询基本偏差数值表。应熟练掌握查表方法，应特别注意查孔的基本偏差数值时加与不加 Δ 值，以便正确确定基本偏差的数值。

4) 当公差等级和基本偏差确定后，零件公差带的大小和位置就完全确定了，另一个极限偏差就可依据基本偏差和公差计算出来。以下公式应熟练掌握：

$$ES = EI + IT \quad \text{或} \quad EI = ES - IT$$

$$es = ei + IT \quad \text{或} \quad ei = es - IT$$

四、国家标准推荐的公差带与配合

这一节重点讲解国家标准推荐了哪些公差带和配合以及推荐的意义。由于孔和轴各有20个公差等级和28个基本偏差，则孔和轴的公差带各有500多种，它们形成的配合多达几十万种，如果不进行推荐，势必在生产中造成繁多的配合种类，不利于互换性和标准化，所以国家标准按照不同的尺寸段对公差带与配合进行了推荐。其要点如下：

1) 在公差带与配合的选择使用中，选择的顺序应为：

优先——常用——一般——其他

2) 在20个公差等级中，轴常用是5~12级，孔常用是6~12级。

3) 国家标准推荐的公差带和配合的个数详见表2-3和表2-4。

表 2-3 国家标准推荐的一般、常用和优先公差带的个数

	轴			孔		
	一般	常用	优先	一般	常用	优先
尺寸 $\leq 500\text{mm}$	119	59	13	105	44	13
尺寸 $> 500 \sim 3150\text{mm}$		41			31	
尺寸至 18mm		163			145	

表 2-4 国家标准推荐的常用和优先配合的个数

	基 孔 制	基 轴 制
常用配合	59	47
优先配合	13	13

五、极限与配合的选用

极限与配合的选用是学习本课程的目的,也是本章的重点和难点。合理地选用极限与配合,不仅能确保互换性生产,而且对提高产品质量、降低生产成本都具有很重要的意义。

(1) 极限与配合的选用 极限与配合的选用包括三个方面:①配合制选用;②公差等级选用;③配合种类选用。

(2) 极限与配合合理选择步骤 极限与配合的选择,应根据机器的功能要求及加工工艺性,按照标准中有关规定来确定。一般步骤是:

- 1) 首先要确定所采用的配合制(基准制),是采用基孔制配合,还是基轴制配合。
- 2) 根据零件的功能要求,确定它所需要的配合性质,也就是确定选用哪种基本偏差。
- 3) 根据零件配合精度的要求,确定零件的公差等级。

极限与配合的选择是机械设计中一个重要组成部分,它与整个设计工作密切相关。上述三个步骤在实施过程中也是密切联系的,不能孤立、机械地按某一步骤进行。正确的选择往往来源于对实践工作的总结。

(3) 极限与配合选用总原则 极限与配合选用的总原则是在满足使用要求的前提下,尽量降低生产成本。

(4) 极限与配合的选择方法 选择的方法有计算法、试验法和类比法三种。计算法是按一定的理论和公式,通过计算,确定所需的间隙量或过盈量,从而选择合适的极限与配合,这种方法简化了很多因素,其结果也是近似的,只能作为参考;试验法需作大量试验,成本较高,用于重要的、关键的配合;类比法就是参考从生产实践中总结出来的经验、资料,经过分析、比较进行选用,类比法是目前选择极限与配合的主要方法。

(5) 配合制的选择 为满足选用原则,配合制选择的思路和顺序是:优先选用基孔制,其次选用基轴制,特殊情况选用非基准制。这样选择的优点为:

- 1) 优先选用基孔制,可以大大减少定值刀具、工具和量具的规格与数量,经济性好。
- 2) 其次采用基轴制。①当轴的精度要求低,直接用冷拉钢材不需要加工时;②同一基本尺寸的轴与多件孔形成不同性质的配合时,可避免阶梯轴,有利于加工和装配;③与标准零部件(如滚动轴承、电动机轴等)配合时,符合以标准件为基准的要求,有利于保证质量。

3) 特殊情况选用非基准制。非基准制配合既不是基孔制,也不是基轴制,它是由不包含基本偏差为H和h的任一孔、轴公差带组成的配合。如某轴已与滚动轴承组成非基准制配合,为避免阶梯轴加工,此轴与轴上其他零件的配合就可选用非基准制配合,这样较为经济、有利。

(6) 公差等级的选择 选择时要掌握好使用要求、制造工艺和成本之间的关系。因为公差等级的高低直接影响产品质量和生产成本。选择时要遵循的原则是:在满足使用要求的前提下,尽量选取低的公差等级。

在各尺寸段孔、轴配合时选择公差等级应注意的问题:

- 1) 在基本尺寸 $\leq 500\text{mm}$ 的常用尺寸段中,当配合为较高等级(标准公差 $\leq \text{IT}8$)时,孔比同级轴加工困难,推荐孔比轴低一级配合;当配合为较低等级(标准公差 $> \text{IT}8$)时,推荐孔、轴同级配合。

2) 在基本尺寸 $> 500\text{mm}$ 的大尺寸段中, 孔的测量精度比轴容易保证, 推荐孔、轴同级配合。表 2-5 表示出国家标准推荐各公差等级的应用范围。

表 2-5 国家标准推荐各公差等级的应用范围

公差等级	主要应用范围	公差等级	主要应用范围
IT01 ~ IT1 级	高精度量块和其他精密尺寸标准块	IT9 ~ IT10 级	一般要求的地方, 或精度要求较高的槽宽的配合
IT2 ~ IT5 级	特别精密零件的配合		
IT6 (孔到 IT7) 级	要求精密配合的情况	IT11 ~ IT12 级	不重要的配合
IT7 ~ IT8 级	一般精度要求的配合	IT12 ~ IT18 级	未注尺寸公差尺寸精度

六、图样上的尺寸未注公差知识要点

根据零件的功能要求, 在图样上给出必要的尺寸公差, 但并不是对所有尺寸都必须注出尺寸公差。为了更加明确加工精度的要求, 保持图样清晰, 便于加工工艺统一, 通常在下列情况下不必标注尺寸公差: ①没有特殊要求的非配合尺寸; ②一些由工艺方法可以保证的尺寸; ③为了简化制图, 保持图面清晰, 凡在有关技术文件中有统一加工精度要求的尺寸, 及对零件使用功能无影响的非重要尺寸。

在应用国家标准 GB/T 1804—2000《一般公差 未注公差的线性和角度尺寸公差》时, 应掌握下面几个要点:

1) 一般公差是指在车间一般加工条件下可保证的公差。采用一般公差的尺寸, 在该尺寸后不注出极限偏差要求, 而是在技术文件或标注中作出统一规定。在标准中, 线性尺寸的极限偏差、倒圆半径与倒角高度尺寸的极限偏差、角度尺寸的极限偏差各规定了四个公差等级, 即 f (精密级)、 m (中等级)、 c (粗糙级)、 v (最粗级), 在生产中可根据零件的使用要求进行选择。

2) 一般公差适用于金属切削加工的非配合尺寸, 也适用于一般的冲压加工尺寸。非金属材料和其他工艺方法加工的尺寸可参照采用。

3) 当零件的功能要求所允许的公差等于或大于一般公差时, 均应采用一般公差。只有当要素的功能所允许的公差比一般公差还要大, 而该公差又比一般公差经济时 (例如装配时所钻的不通孔), 此时应将相应的极限偏差注在基本尺寸后面。

4) 当两个表面分别由不同类型的工艺 (例如切削和铸造) 加工时, 它们之间线性尺寸的一般公差, 应按规定的两个一般公差中数值较大的来确定。

5) 应当指出, 虽然图样上有些尺寸没有标注尺寸公差而采用未注公差, 并不意味着这些尺寸可以随意变动, 不受任何限制, 而只是表明这些尺寸没有必要严格地控制变动范围, 但仍有较低精度的公差控制要求, 这就是我们通常所说的未注公差尺寸的要求。

第三章 测量技术基础

10

一、基本内容

本章主要介绍三大部分内容：①测量中的有关概念、术语、尺寸传递知识以及量块的基本知识。②计量器具和测量方法的分类以及计量器具的基本度量指标。③测量误差的概念、分类、处理方法以及各类测量列的数据处理方法和应用。

二、测量概念、尺寸传递及量块知识要点

(1) 掌握测量的概念及其四要素 测量是指把被测的几何量与具有计量单位的标准量进行比较，以确定被测量的量值的操作过程。任何一个测量过程都包括以下四个要素：

- 1) 测量对象——本课程研究的是几何量。
- 2) 计量单位——即计量单位的标准量，我国法定的长度单位为米（以及毫米、微米、纳米等），角度单位为弧度（以及微弧度，其他常用单位还有度、分、秒）。
- 3) 测量方法——进行测量时所采用的测量原理、计量器具和测量条件的综合要求。
- 4) 测量精度——测量结果与真值的一致程度。

(2) 技术测量的任务 它是根据测量对象的特点和质量要求，拟定合理的测量方法，选择符合要求的计量器具，把被测量与标准量进行比较，分析测量过程中可能存在的误差，从而获得具有一定测量精度的测量结果。

(3) 了解“米”的定义及长度量值传递系统的概况 “米”的定义随着科学技术的发展经历了一个漫长的历史过程。目前使用的是由国际计量大会讨论通过的、用光的速度来定义的。为了把米的定义传递到实际测量中使用的各种计量器具上，建立了长度量值传递系统。长度量值由两个平行的系统向下传递：①端面量具（量块）系统；②刻线量具（线纹尺）系统。其中量块系统应用最广。

(4) 掌握量块的作用、构成、精度和选用

1) 量块的作用是作为长度基准的传递媒介，在生产中用来检定和校准测量工具或量仪、调整量仪零位、直接用于精密测量、精密划线和精密机床的调整。

2) 量块用线膨胀系数小、不易变形、硬度高、耐磨性好的特殊合金钢构成。量块形状有长方体和圆柱体两种，它由两个平行的测量面和其他非测量面组成。

3) 量块的精度有两种规定：按“级”划分和按“等”划分。量块分为六级，即00、0、1、2、3和k级，其中00级精度最高，3级精度最低，k级为校准级；按“级”使用时，以标记在量块上的公称尺寸为准，使用较方便，但包含量块的制造误差；量块分为五等，即1、2、3、4、5等，其中1等精度最高，5等精度最低；按“等”使用时，以量块的实际尺寸为准，排除了制造误差，仅包含检定实际尺寸时较小的测量误差。

4) 量块的选用。量块都是按一定尺寸系列成套生产的，每一套由一定数量的不同标称尺寸的量块组成。我国规定了17种系列，使用时通常用几块量块组合成所需尺寸。组合尺

寸时量块选用原则和选用方法为:

①量块选用原则: 尽量使用最少数量的量块。

②量块选用方法: 由后向前逐步消去最末尾数法。

(5) 了解角度量值传递系统的概况 角度不需要和长度一样建立自然基准, 但计量部门为工作方便, 仍常用多面棱体作为角度基准, 通过角度量块来建立角度传递系统。

三、计量器具和测量方法的知识要点

(1) 了解计量器具的分类 应能对计量器具的类型有宏观的认识。计量器具可按测量原理、结构特点及用途进行分类。通常分为四类:

1) 标准量具——它以固定形式复现量值。

2) 通用计量器具——可测量某一范围内的任一量值, 能将测量值转换成可直接观察的指示值或等效信息。它是生产中使用最广泛的计量器具。按其结构又可分为固定刻线量具、游标量具、微动螺旋副式量仪、机械式量仪、光学式量仪、气动式量仪、电动式量仪和光电式量仪等多种。

3) 专用计量器具——专门用来测量某种特定参数。

4) 检验夹具——它不能单独使用进行测量, 而只能与其他量具、量仪等组合起来使用, 组合后可用来检验更多和更复杂的参数。

(2) 掌握计量器具的基本度量指标 一定的计量器具只能在一定的范围内使用, 计量器具的适用范围决定于计量器具的基本度量指标和本身固有的内在特性。计量器具的基本度量指标是表征计量器具的性能和功用的指标, 也是选择和使用计量器具的依据。只有掌握这些基本度量指标, 才能正确、合理地选择和使用量具。下面几个指标应当重点理解和掌握:

1) 分度值——每一刻线间距所代表的量值。计量器具的分度值和精度在数值上相互适应, 分度值越小, 表示计量器具的精度越高。

2) 测量范围和示值范围——前者是计量器具所能测量的被测量最小值到最大值的范围, 后者是计量器具所显示的最小值到最大值的范围。要注意两者的异同, 在有些器具中两者的范围是相同的, 如绝对测量法中使用的游标卡尺、千分尺等; 在有些器具中两者的范围是不同的, 如相对测量法中使用的立式光学比较仪等。

3) 示值误差和修正值——示值误差是计量器具的示值与被测量的真值之差。它有正负值之分。示值误差越小, 计量器具的精度越高。修正值是需用代数法加到示值上以得到正确结果的数值。对计量器具的示值进行修正时, 修正值等于示值误差的绝对值, 但符号相反。

4) 灵敏度和灵敏阈——灵敏度是表示计量器具反映被测几何量微小变化的能力, 它又称为放大比。灵敏阈也称灵敏限, 它是指引起计量器具示值可觉察变化的被测量值的最小变化量。两者有不同的概念。灵敏度是把被测量的实际微小变化量加以放大显示的倍数, 它的值越大, 计量器具越灵敏; 而灵敏阈是指能够在计量仪器中显示出来的被测量的实际微小变化量最小为多少, 它是一个极限值, 这个值越小计量器具越灵敏。

(3) 掌握测量方法的分类及特点 测量方法可以按不同特征分类:

1) 按零件是否直接测量被测参数, 可分为直接测量和间接测量。直接测量简捷方便, 应尽量采用。

2) 按测量时是否与标准器比较, 可分为绝对测量和相对测量。一般, 相对测量的精度



较高,且能使计量仪器的结构大大简化。

3) 按测量时是否有机接触测量力,可分为接触测量和非接触测量。非接触测量无测量力的影响,还可利用光、气、电、磁等技术制成更多高新技术的计量器具,是未来发展的方向。

4) 按测量在加工过程中所起的作用,分为主动测量和被动测量。前者能在质量管理和生产管理中比后者发挥更大的作用,应该大力推广主动测量。

5) 按同时测量被测几何量的多少,可分为单项测量和综合测量。前者测量效率较低,但其结果便于工艺分析;后者测量效率高,常用于成批或大量生产中。

6) 按测量时工件所处的状态,可分为静态测量和动态测量。动态测量效率高,是未来发展的一个方向,但往往有振动等现象影响测量结果,所以动态测量精度要提高,还有待于解决一系列技术问题。

7) 按测量中测量因素是否变化,可分为等精度测量和不等精度测量。后者一般用于重要的科研实验中的高精度测量。

(4) 测量方法的选择原则 ①测量方式和测量器具的选择应与测量目的、生产批量、工件的结构尺寸及精度要求、材质、质量等相适应。例如测量目的是为了分析工艺原因,则一般采用单项测量;在成批和大量生产条件下,为了提高测量效率,常用量规、检验夹具等专用测量器具;在单件或小批生产中则常用通用量具、量仪;被测工件的材质硬,多用接触测量,反之则用非接触测量。②测量器具的选择,首先应使其规格指标满足被测工件的要求,即所选测量器具的测量范围、示值范围、刻度值、测量力应能满足被测工件的要求。例如用相对测量的量具(仪),其标尺的示值范围应大于被测工件的公差;被测工件的尺寸应在量具的测量范围内。

四、测量误差及数据处理的重点

测量误差及数据处理是本章的重点内容,因为在生产实践中特别是精密测量工作中经常要进行误差的测量、分析以及各类测量误差的数据处理,故这部分内容应当重点理解和掌握。

1. 理解测量误差的含义和来源

绝对误差 $\delta = l - L$

相对误差 $\delta_r = \frac{\delta}{L} \times 100\% \approx \frac{\delta}{l} \times 100\%$

式中 δ 为绝对误差; δ_r 为相对误差; l 为被测量的测得值; L 为被测量真值。

对不同尺寸的测量,应当按相对误差来评定测量精度的高低,相对误差越小,测量精度越高。

在实际测量中测量误差的产生是不可避免的,测量误差的主要来源有七个方面:①计量器具误差;②基准件误差;③调整误差;④测量方法误差;⑤测量力误差;⑥环境误差;⑦人为误差。

2. 掌握测量误差的分类及处理方法

按测量误差的性质、出现规律和特点,可将测量误差分为三大类,对它们有不同的处理方法。