



高等职业教育机电类“十一五”规划教材

GAODENG ZHIYE JIAOYU JIDIAN LEI SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI

主 编 卢志珍 尹玉珍
副主编 马 蕾
主 审 何时剑



互换性与测量技术 学习指导及习题集

HUHUANXING YU CELIANG JISHU XUEXI ZHIDAO JI XITIJ



电子科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

互换性与测量技术学习指导及习题集 / 卢志珍, 尹玉珍主编.

—成都: 电子科技大学出版社, 2008.8

ISBN 978-7-81114-806-0

I 互… II. ①卢… ②尹… 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 TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 129106 号

内 容 简 介

本书包括学习指导、习题、思考题及习题解答等内容。共分十章, 包括绪论、极限与配合基础、测量技术基础、形状和位置公差及其检测、表面粗糙度及其检测、光滑极限量规设计、圆锥的公差配合及其检测、几种常用标准件的互换性、渐开线圆柱齿轮传动的互换性及尺寸链等。

本书与卢志珍主编的《互换性与测量技术》教材及《互换性与测量技术实验指导》配套使用。

本书可作为高职高专院校机械工程类专业学生学习“互换性与测量技术”课后练习用书, 也可作为教师在布置作业、考试命题及试题库选题时的参考书, 还可供自学者参考使用。

高等职业教育机电类“十一五”规划教材 互换性与测量技术 学习指导及习题集

主 编 卢志珍 尹玉珍

副主编 马 蕾

主 审 何时剑

出 版: 电子科技大学出版社(成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

策划编辑: 朱 丹

责任编辑: 汤云辉

主 页: www.uestcp.com.cn

电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn

发 行: 新华书店经销

印 刷: 成都金祥龙实业有限公司

成品尺寸: 185mm×260mm 印张 11.25 字数 281 千字

版 次: 2008 年 8 月第一版

印 次: 2008 年 8 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-81114-806-0

定 价: 19.80 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

- ◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83208003。
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。
- ◆ 课件下载在我社主页“下载专区”。

前 言

本书是《互换性与测量技术》(卢志珍主编)的配套教材,其内容及编排顺序基本与该教材统一。在“学习指导”中,力求用简练的语言,通过对照、比较的方式,归纳、总结了各章的知识要点,指出重点、难点及处理方法,针对重点和难点,详细地解析了典型例题。

“习题”、“思考题”部分内容全面,选题精练。习题有填空、判断、选择、综合题等灵活多样的形式,难度适中。“习题解答”既给出了答案,又有解题的思路及过程,有利于学生正确理解、自我检测,全面巩固所学知识,提高学习兴趣,突出体现对学生基本知识、基本能力的训练和综合分析能力的培养。

本书由卢志珍、尹玉珍任主编,马蕾任副主编,何时剑任主审。其中第一章、第三章由尹玉珍编写;第五章、第十章由马蕾编写;第二章、第四章、第六章、第七章、第八章、第九章及附录习题解答由卢志珍编写;哈尔滨理工大学于庆有教授对本书提出了宝贵的修改意见;同时得到了相关院校领导及有关老师的大力支持,在此一并表示衷心感谢!

由于编者水平有限,书中难免出现错漏之处,恳请读者提出宝贵意见。

编 者
2008年4月

目 录

第一章 绪论.....	1
一、学习指导.....	1
二、习题.....	2
三、思考题.....	3
第二章 极限与配合基础.....	4
一、学习指导.....	4
二、习题.....	12
三、思考题.....	21
第三章 测量技术基础.....	22
一、学习指导.....	22
二、习题.....	27
三、思考题.....	32
第四章 形状和位置公差及其检测.....	33
一、学习指导.....	33
二、习题.....	45
三、思考题.....	69
第五章 表面粗糙度及其检测.....	70
一、学习指导.....	70
二、习题.....	72
三、思考题.....	75
第六章 光滑极限量规设计.....	76
一、学习指导.....	76
二、习题.....	79
三、思考题.....	82
第七章 圆锥的公差配合及其检测.....	84
一、学习指导.....	84
二、习题.....	87
三、思考题.....	88

第八章 几种常用标准件的互换性.....	90
一、学习指导.....	90
二、习题.....	101
三、思考题.....	107
第九章 渐开线圆柱齿轮传动的互换性.....	109
一、学习指导.....	109
二、习题.....	112
三、思考题.....	117
第十章 尺寸链.....	119
一、学习指导.....	119
二、习题.....	123
三、思考题.....	131
附录 习题解答.....	132
参考文献.....	173

第一章 绪 论

一、学习指导

绪论主要介绍互换性的含义、重要性、分类及其与公差、测量技术和标准化之间的关系。本章的学习要点及应注意的问题有以下几点：

（一）掌握互换性的概念

在学习互换性的概念时，应注意互换性应同时具备三个条件：①同一规格的零件或部件；②不需要挑选、不经修配或调整便可进行装配；③装配后满足预定的使用性能要求。互换性表现在产品零、部件装配过程的三个阶段：装配前，不需挑选；装配时不经修配或调整；装配后满足预定的使用要求。

（二）充分认识互换性的重要意义

从互换性的概念入手，联系生产、生活实际，理解互换性技术的经济意义。由于互换性对产品的设计、制造、使用和维修等各方面都带来极大的方便，所以，它不仅适用于大批量生产，也适用单件小批生产，是现代制造业普遍遵守的原则。

（三）明确互换性的分类

互换性可以从不同的角度分类，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、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，并不是互换的程度越高越好，而是应该在保证质量的前提下，获得较好的经济效益。所以，当精度要求较高、制造较困难时，应考虑采用不完全互换，并注意，一般不完全互换适用于企业内部，不宜用于厂际协作。

（四）掌握互换性、公差、测量和标准化之间的关系

给零、部件规定合理的公差、正确进行检测，是实现互换性两个不可缺少的条件。要做到这两点，需要有统一的标准作为共同遵守的准则和依据，所以标准化是实现互换性的前提。要掌握有关标准的主要规定，正确选用公差，了解几何量常用的检测方法，并具有一定的实际操作能力，这就是本课程要学习的主要内容。

对测量部分，在本课程的理论学习中，主要掌握几何量测量常用方法、原理、主要特点及应用场合。对仪器的具体结构、调整、操作、数据处理等技能的提高，通过实验课程的学习来完成。

（五）了解《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，也允许采用派生系列，借助表格，应能写出各系列的优先数，并在实际工作中优先采用这些数，使参数的选择一开始就纳入标准化的轨道。

二、习题

(一) 填空

1. 在现代化装配自动生产线上, 能高效率地实现装配是因为制成的同一规格的零件或部件具有_____。
2. 制成同一规格的零件或部件不需作任何_____, _____或辅助加工就能进行_____, 并能满足机器的_____要求的特性, 称为_____。
3. 互换性按其互换程度的不同可分为_____和_____两种。其中_____在生产中得到广泛应用。它们的不同之处在于_____在装配时允许_____, 但不允许_____。
4. 优先数系中任何一数值均称为_____。优先数系的基本系列用符号_____, _____和_____表示, 各系列的公比分别为_____, _____和_____。
5. 制造技术水平提高, 可以减小_____, 但永远不可能_____。
6. 规定公差的原则是在_____前提下, 给出尽可能大的公差。
7. 合理地确定_____, 正确地进行_____是实现互换性生产的两个必不可少的条件。
8. 我国的标准按颁发的级别分为_____, _____和_____。

(二) 判断 (正确的打√, 错误的打×)

1. 具有互换性的零件, 其几何参数必须制成绝对精确。()
2. 在确定产品的参数或参数系列时, 应最大限度地采用优先数和优先数系。()
3. 优先数是由一些十进制的等差数列构成的。()
4. 为使零件的几何参数具有互换性, 必须把零件的加工误差控制在给定的范围内。()
5. 不完全互换性是指一批零件中, 一部分零件具有互换性, 而另一部分零件必须经过修配才有互换性。()
6. 只要零件不经挑选或修配, 便能装配到机器上去, 则该零件具有互换性。()
7. 机器制造业中的互换性生产必定是大量或成批生产, 但大量或成批生产不一定是互换性生产, 小批量生产一定不是互换性生产。()
8. 为了实现互换性, 零件的公差规定得越小越好。()
9. 凡是合格的零件一定具有互换性。()
10. 凡是具有互换性的零件必为合格品。()
11. 零件的互换性程度越高越好。()
12. 为了使零件具有互换性, 必须使各零件的几何尺寸完全一致。()
13. 有了公差标准, 就能保证零件的互换性。()
14. 现代科学技术虽然很发达, 但要把两个尺寸做得完全相同是不可能的。()
15. 完全互换性的装配效率一定高于不完全互换性。()

(三) 选择 (将所有正确答案的序号填在横线上)

1. 互换性按其_____可分为完全互换和不完全互换。
A. 方法 B. 性质 C. 程度 D. 效果
2. 具有互换性的零件, 其几何参数制成绝对精确是_____。
A. 有可能的 B. 有必要的 C. 不可能的 D. 没必要的
3. 加工后零件的实际尺寸与理想尺寸之差称为_____。
A. 形状误差 B. 尺寸误差 C. 公差 D. 位置误差
4. 互换性在机械制造业中的作用有_____。
A. 便于采用高效专用设备 B. 便于装配自动化
C. 便于采用三化 D. 保证产品质量
5. 标准化的意义在于_____。
A. 是现代化大生产的重要手段 B. 是科学管理的基础
C. 是产品设计的基本要求 D. 是计量工作的前提

三、思考题

1. 什么叫互换性? 它在机械制造中有何重要意义?
2. 完全互换与不完全互换有何区别? 各用于何种场合?
3. 什么是公差? 它包括哪些内容?
4. 公差、检测、标准化与互换性有什么关系?
5. 为什么要规定优先数系?

第二章 极限与配合基础

一、学习指导

本章主要介绍：①国家标准对有关尺寸公差、配合有哪些主要规定？②实际工作中如何选用尺寸公差与配合？这些都是机械类专业人员应用最广也是最基础的内容，所以本章也是本课程最重要的一章。

（一）国家标准对尺寸公差与配合的主要规定

1. 理解基本术语的定义

教材中介绍的基本术语都是非常重要的，也并不复杂，一定要清楚理解，熟练掌握。下面强调几点应注意的问题。

（1）在公差与配合中，孔、轴的概念是广义的，不只是指一般概念的圆柱形的孔和轴。它可以从两方面理解：①从切削加工的角度看，孔是越加工越大，轴是越加工越小；②从装配关系看，孔是包容面，轴是被包容面。

（2）分清基本尺寸、极限尺寸、实际尺寸的概念。基本尺寸是设计时通过计算或试验确定并经过圆整后得到的。它只表示尺寸的基本大小，并不是对完工后零件实际尺寸的要求，不能将它理解成“理想尺寸”，不能认为零件的实际尺寸越接近基本尺寸越好。极限尺寸也是设计时确定的，它是根据使用要求，用来限制尺寸的变化范围。实际尺寸是测量得到的，不能直接从图样上看出。由于测量不可避免会出现误差，故实际尺寸一般不是真值。由于有形状误差，零件各部位的实际尺寸（称为局部实际尺寸）一般是不同的。零件实际尺寸是否合格，一般是看它是否在两个极限尺寸之间，而不是看它相对于基本尺寸偏离的大小。

（3）掌握尺寸偏差、实际偏差、上偏差、下偏差、极限偏差、基本偏差的区别与联系。尺寸偏差是笼统讲某一尺寸减其基本尺寸的差。当“某一尺寸”为实际尺寸时，就是实际偏差；当“某一尺寸”为最大极限尺寸时，就是上偏差（ ES 、 es ）；当“某一尺寸”为最小极限尺寸时，就是下偏差（ EI 、 ei ）。上、下偏差总称为极限偏差。实际偏差与实际尺寸、极限偏差与极限尺寸具有相同的性质。实际偏差在上、下偏差之间，尺寸就是合格的。基本偏差是上、下偏差中的一个，一般是指接近基本尺寸的那个极限偏差。偏差都是代数值，可以为正、为负或者为零。

（4）掌握尺寸误差、尺寸公差的概念。尺寸误差是一批零件实际尺寸中最大值减最小值，即实际尺寸的变化范围。尺寸误差与尺寸的实际偏差是一对既有区别又有联系的概念，如表 2-1 所示。

尺寸公差是允许尺寸变化的范围，即：

$$\text{公差} = \text{最大极限尺寸} - \text{最小极限尺寸}$$

尺寸公差与尺寸极限偏差也是一对既有区别又有联系的概念，如表 2-2 所示。

表 2-1 尺寸误差与尺寸实际偏差

项目		尺寸实际偏差	尺寸误差
区 别	1	是对某一零件而言	是对一批零件而言
	2	表示对基本尺寸的偏离	与基本尺寸无关, 只表示一批零件尺寸的一致程度
	3	是代数值, 可以为正、为负或者为零	是绝对值, 其值为正
联系		它们都是通过测量零件实际尺寸得到的	

表 2-2 尺寸公差与尺寸极限偏差

项目		尺寸极限偏差	尺寸公差
区 别	1	反映对基本尺寸的偏离要求, 用以限制实际偏差	反映尺寸分布一致性的要求, 用以限制尺寸误差
	2	决定加工零件时, 刀具相对于工件的位置, 与加工难度无关	反映对制造精度的要求, 体现了加工的难易程度
	3	在公差带图中决定公差带的位置	决定公差带的大小
	4	影响配合的松紧程度	影响配合松紧程度的一致性
	5	可以用来判断零件尺寸的合格性	不能用来判断零件尺寸的合格性
	6	可正、可负或者为零	没有符号的绝对值, 不能为零
联系		它们都是设计时给定的, 而且尺寸公差=上偏差-下偏差	

(5) 掌握公差带的概念与公差带图的画法。在研究公差与配合时常用到公差带图这一非常重要的工具, 本章的许多术语、概念都可以由它有机地联系在一起, 一定要熟练掌握公差带图的画法。在公差带图中, 用一条零线表示基本尺寸, 由代表上、下偏差的两条直线所限定的区域称为公差带, 零件的实际尺寸落在公差带内就是合格的。公差带由两个要素确定: ①基本偏差 (一般是靠近零线的那个极限偏差) ——用以确定公差带相对于零线的位置; ②公差数值——用以确定公差带的大小 (在垂直于零线方向的宽度)。《极限与配合》国家标准就是通过对公差带的大小和位置进行标准化, 从而形成标准公差系列和基本偏差系列的。

(6) 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, 相互结合的孔和轴的公差带之间的关系。理解时要注意两点: ①基本尺寸不同不能叫配合; ②是设计时一批孔和轴公差带之间的关系, 并不是某一对实际孔、轴结合的松紧状态。所以, 根据一对实际孔和轴的测量结果, 不能判断它们属于哪一类配合, 只能说明它们存在多大的实际间隙或过盈。

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大类: ①孔的公差带在轴的公差带之上称为间隙配合; ②孔的公差带在轴的公差带之下称为过盈配合; ③孔的公差带与轴的公差带相互交叠称为过渡配合。

孔的尺寸减去轴的尺寸的代数差若为正, 称为间隙; 若为负, 称为过盈。注意: ①此处用正、负号, 仅为区别是间隙还是过盈, 不要与一般的正负数混淆, 过盈量“负”得越多, 绝对值越大, 表明配合越紧; ②间隙或过盈的数值都是指全值范围 (如圆柱形零件是指直径范围, 而不是指半径范围)。

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(对间隙配合和过渡配合而言)或最小过盈(对过盈配合而言);反之,当孔的尺寸为最小极限尺寸,轴为最大极限尺寸时,配合最紧,产生最小间隙(对间隙配合而言)或最大过盈(对过盈配合和过渡配合而言)。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程度。

(7)掌握配合公差的概念及其与尺寸公差的关系。配合公差等于配合最松时的间隙(或过盈)减去配合最紧时的间隙(或过盈),表示对配合松紧程度一致性的要求。同时,配合公差等于孔的尺寸公差加轴的尺寸公差,这是非常重要的关系式,它反映了零件的使用要求与制造要求之间的矛盾。从使用角度看,配合公差越小,表示一批孔、轴结合的松紧程度变化小,配合精度高,使用性能好;但从制造角度看,配合公差越小,要求相配合的孔、轴的尺寸公差越小,加工越困难,成本越高。所以设计者在确定公差与配合时就要综合考虑,协调好这一对矛盾。

2. 有关标准公差系列和基本偏差系列的规定

《极限与配合》国家标准的主要特点就是对公差带的两个要素——公差带大小和位置分别进行标准化,形成标准公差系列和基本偏差系列,这是本章的重点。

(1) 掌握标准公差系列

① 公差等级。国家标准中规定了 20 个公差等级,IT01~IT18 级,精度依次降低。在平常的叙述中,常用到公差等级的“大、小”和公差等级的“高、低”,注意:公差等级越小,表示公差等级越高,精度越高,加工越困难。

② 公差数值。各等级的具体公差数值可以直接从《标准公差数值表》中查出。应能熟练、正确地查表。从该表中可以看出:在同一基本尺寸段,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,不能凭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。

③ 了解表中所列公差数值的由来。公差数值是按照一定的公式计算出来的。因为公差是为了控制误差的,所以,标准公差的计算公式就是根据对生产实践的统计分析和试验研究,总结出加工误差和测量误差的变化规律而确定的。例如,在 IT5~IT18 级,标准公差的计算公式都是 $IT=ai$,其中 i 是公差因子,它是计算标准公差的基本单位, $i=0.45\sqrt[3]{D}+0.001D$,式中 D 表示基本尺寸,第一项反映加工误差,与尺寸的三次方根成正比,第二项主要反映与尺寸成正比的测量误差,可见,尺寸越大,误差越大,公差也应越大。为了简化公差表格,对尺寸进行分段,对同一尺寸段内的所有基本尺寸,均按该尺寸段内首尾两尺寸的几何平均值代入公式计算公差因子。 a 为公差等级系数,等级越低, a 的值越大,从 IT6~IT18,该系数采用 R5 优先数系。

(2) 掌握基本偏差系列

① 对公差带相对于零线的位置进行标准化,形成基本偏差系列。国家标准对轴、孔分别规定了 28 个基本偏差代号,用拉丁字母表示,轴小写,孔大写。

② 掌握它们的分布规律。孔、轴的基本偏差分布规律如表 2-3、表 2-4 所示。

表 2-3 孔的基本偏差分布规律

基本偏差代号	基本偏差是上偏差还是下偏差	公差带相对于零线的位置	备注
A~H (共 11 个)	下偏差	在零线上方	基本偏差为 H 时, 下偏差为零, 是基准孔
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	上偏差	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)	上偏差	在零线下方	

表 2-4 轴的基本偏差分布规律

基本偏差代号	基本偏差是上偏差还是下偏差	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	

③ 基本偏差数值可直接查表, 应熟练掌握查表方法。查表时应注意: 轴的基本偏差除 js、j、k 以外, 与公差等级无关; 孔的基本偏差从 JS~ZC 与公差等级有关。

④ 了解基本偏差数值的由来。轴的基本偏差是根据计算公式得到的。这些计算公式都是以实践经验为基础, 具体分析每个基本偏差与基准孔 H 形成的配合性质、用途等特点而确定的。除代号为 J 的孔的基本偏差没有什么规律外, 其余孔的基本偏差是由轴的基本偏差换算来的。换算时有两种规则: 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——孔的基本偏差是同字母轴的基本偏差反号后加上一个 Δ 。具体的换算情况如表 2-5 所示。

表 2-5 孔的基本偏差换算规则

换算规则	适用范围	
	基本偏差代号	公差等级
通用规则	A~H	所有的公差等级
	K、M、N	>8 级
	P~ZC	>7 级
特殊规则	K、M、N	≤8 级
	P~ZC	≤7 级
无规则	J	全部只有 6、7、8 级

至于为什么要这样规定, 只要大体了解两点: (a) 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;(b)这样规定孔的基本偏差换算规则,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 $\phi 50 \frac{H7}{k6}$ 与 $\phi 50 \frac{K7}{h6}$ 、 $\phi 40 \frac{H9}{f9}$ 与 $\phi 40 \frac{F9}{h9}$)。所谓“配合性质相同”是指配合的极限间隙(或过盈)相同。

(3) 掌握基孔制、基轴制的概念

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量多的配合,国家标准规定了两种配合制(即基准制):基孔制配合和基轴制配合。

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,只与其公差带位置有关,而与孔、轴的加工顺序无关,不能理解成基孔制就是先加工孔,基轴制就是先加工轴。

3. 掌握公差带与配合的标准化

(1) 当公差等级和基本偏差确定后,零件的公差带就完全确定了,另一个极限偏差就可根据基本偏差和公差计算出来。以下公式必须牢固掌握:

$$ES = EI + T_D \text{ 或 } EI = ES - T_D$$

$$es = ei + T_d \text{ 或 } ei = es - T_d$$

(2) 20个公差等级和28个基本偏差可以组成很多种公差带,由孔、轴公差带又能组成数量更多的配合,但实际生产中有些公差是根本用不着的(如a1、z15),为了经济地满足使用要求,国家标准规定了一般、常用和优先公差带,以及常用、优先配合。这些公差带与配合可以从表中查出,设计时,应尽量选用优先公差带与配合,若不合适,再考虑常用的、一般的。从中可以看出:①在20个公差等级中,轴常用是5~12级,孔常用是6~12级;②过渡配合、过盈配合的精度不能太低,间隙配合的精度有较高的、有较低的;③精度较高(轴的公差等级 ≤ 7 级,孔的公差等级 ≤ 8 级)时,孔的公差等级比相配的轴低一级。

(3) 注意公差与配合的正确标注,表2-6所列是常见的错误标注。

表 2-6 公差与配合常见的标注错误

序号	错误标注	正确标注	说明
1	$\phi 80_{-0.091}^{-0.121}$	$\phi 80_{-0.121}^{-0.091}$	上、下偏差位置写反
2	$\phi 30_0^{+0.021}$	$\phi 30_0^{+0.021}$	下偏差“0”不应与“+”号对齐,而应与上偏差的“0”对齐
3	$\phi 120_{-0.011}^{+0.011}$	$\phi 120 \pm 0.011$	写法不规范
4	$\phi 50f7/H8$	$\phi 50H8/f7$	孔、轴公差带位置写反
5	$\phi 609H/9f$	$\phi 60H9/f9$	基本偏差与公差等级位置写反
6	$\phi 20_{(-0.041)}^{(-0.020)}$	$\phi 20_{-0.041}^{-0.020}$	多写括号
7	$\phi 100f8_{-0.090}^{-0.036}$	$\phi 100f8_{(-0.090)}^{(-0.036)}$	少写括号

4. 掌握关于线性尺寸的一般公差的规定

图样上没有标注极限偏差的尺寸称为未注公差尺寸，主要用于精度较低的非配合尺寸，但不等于该尺寸是“自由尺寸”，没有公差要求。它是有公差的，该公差称为一般公差。国家标准对线性尺寸的一般公差规定了 f、m、c、v 四个等级。采用一般公差时，应在图样的技术要求或有关技术文件中标明是按照哪一个等级。

采用一般公差的尺寸，通常不必每件都检验，只要抽检即可。

若尺寸允许的公差大于一般公差，在该尺寸后面应注出其极限偏差，这样更为经济。

【例 2-1】根据表 2-7 中的已知数据填表。

表 2-7 例题 2-1 表 (单位: mm)

基本尺寸	最大极限尺寸	最小极限尺寸	上偏差	下偏差	公差
轴 $\phi 55$	$\phi 55.000$				0.046
轴 $\phi 45$			-0.025		0.025
孔 $\phi 25$			+0.026	-0.026	

解：答案如表 2-8 所示。

表 2-8 例题 2-1 答案 (单位: mm)

基本尺寸	最大极限尺寸	最小极限尺寸	上偏差	下偏差	公差
轴 $\phi 55$	$\phi 55.000$	$\phi 54.954$	0	-0.046	0.046
轴 $\phi 45$	$\phi 44.975$	$\phi 44.950$	-0.025	-0.050	0.025
孔 $\phi 25$	$\phi 25.026$	$\phi 24.974$	+0.026	-0.026	0.052

【例 2-2】根据表 2-9 中的已知数据填表。

表 2-9 例题 2-2 表 (单位: mm)

基本尺寸	孔			轴			$X_{\max}$	$X_{\min}$	X_{av}	T_f
	ES	EI	T_D	es	ei	T_d	($Y_{\min}$)	($Y_{\max}$)	(Y_{av})	
$\phi 50$		-0.050				0.016		-0.083	-0.065	
$\phi 60$			0.030	0			+0.028	-0.021		
$\phi 10$		0				0.022	+0.057		+0.035	

解：答案如表 2-10 所示。

表 2-10 例题 2-2 答案 (单位: mm)

基本尺寸	孔			轴			$X_{\max}$	$X_{\min}$	X_{av}	T_f
	ES	EI	T_D	es	ei	T_d	($Y_{\min}$)	($Y_{\max}$)	(Y_{av})	
$\phi 50$	-0.025	-0.050	0.025	+0.033	+0.017	0.016	-0.042	-0.083	-0.0625	0.041
$\phi 60$	+0.009	-0.021	0.030	0	-0.019	0.019	+0.028	-0.021	+0.0035	0.049
$\phi 10$	+0.022	0	0.022	-0.013	-0.035	0.022	+0.057	+0.013	+0.035	0.044

【例 2-3】判断下列两个孔哪个精度高？

(1) $\phi 20 \pm 0.010$

(2) $\phi 130^{+0.039}_{+0.014}$

解：判断精度高低的依据是公差等级。(1) 为 IT7 级，(2) 为 IT6 级，所以 (2) 的精度高。

【例 2-4】查表确定 $\phi 30H8/f7$ 和 $\phi 50K7/h6$ 两对相配合的孔、轴的极限偏差，判断基准制和配合类型，计算极限间隙或过盈及配合公差，绘出其尺寸公差带图。

解：(1) 确定 $\phi 30H8/f7$ 配合的孔、轴极限偏差及配合

查表得： $\phi 30H8 = \phi 30H8\left(\begin{smallmatrix} +0.033 \\ 0 \end{smallmatrix}\right)$ ， $\phi 30f7 = \phi 30f7\left(\begin{smallmatrix} -0.020 \\ -0.041 \end{smallmatrix}\right)$ ，因 $EI > es$ ，该配合为基孔制间隙配合，其极限间隙为：

$$X_{\max} = ES - ei = +0.033 - (-0.041) = +0.074 \text{ mm}$$

$$X_{\min} = EI - es = 0 - (-0.020) = +0.020 \text{ mm}$$

$$T_f = |X_{\max} - X_{\min}| = |+0.074 - 0.020| = 0.054 \text{ mm}$$

$\phi 30H8/f7$ 配合的孔与轴尺寸公差带如图 2-1 (a) 所示。

(2) 确定 $\phi 50K7/h6$ 配合的孔、轴极限偏差及配合

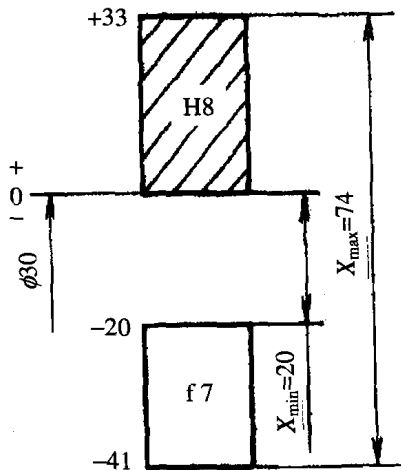
查表得： $\phi 50K7 = \phi 50K7\left(\begin{smallmatrix} +0.007 \\ -0.018 \end{smallmatrix}\right)$ ， $\phi 50 h6 = \phi 50 h6\left(\begin{smallmatrix} 0 \\ -0.016 \end{smallmatrix}\right)$ ，该配合为基轴制过渡配合，其最大间隙及最大过盈分别为：

$$X_{\max} = ES - ei = (+0.007) - (-0.016) = +0.023 \text{ (mm)}$$

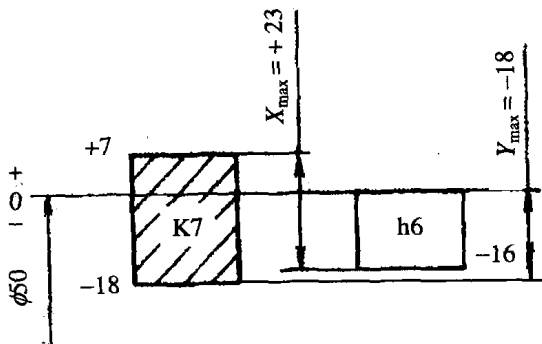
$$Y_{\max} = EI - es = (-0.018) - 0 = -0.018 \text{ (mm)}$$

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

$\phi 50K7/h6$ 配合的孔与轴尺寸公差带如图 2-1 (b) 所示。



(a)



(b)

图 2-1 例 2-4 尺寸公差带图

(二) 公差与配合的选用

公差与配合的选用是本章的难点，因为正确的选用必须具备相当的设计和工艺方面的知

识以及一定的实际经验,单靠本课程学习是完成不了的,需要在后续的课程设计、毕业设计乃至工作实践中不断提高。学习了本章后,应掌握选用的基本方法、原则,虽不能选得很准确,但不应出原则性错误(例如,把有相对运动的孔、轴选为过渡或过盈配合;把对中要求较高的配合选为大间隙配合等)。

1. 公差与配合的选用要解决三个问题

①选择基准制;②选择公差等级;③选择配合种类。这三者总的选择原则都是经济地满足使用要求。

选择的方法,概括起来有类比法、计算法和试验法(在后面介绍的选择形位公差、表面粗糙度等其他几何精度时也是如此)。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,这是目前选择公差配合的主要方法;计算法是按一定的理论和公式,通过计算,确定所需的间隙或过盈,从而选择合适的公差配合,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;试验法需要做大量试验,成本较高,用于重要的、关键的配合。

2. 基准制的选择

基准制的选择与使用要求无关,因为“同名配合,配合性质相同”。主要应从工艺、结构及经济性等方面考虑,通常遵循三句话:优先采用基孔制,其次选用基轴制,特殊情况采用非基准制。

(1) 优先采用基孔制。可以大大减少定尺寸刀具、量具的规格品种,经济性好。

(2) 其次采用基轴制。①当轴为标准件(如与滚动轴承外圈的外径配合)或为不需加工的原材料时;②同一基本尺寸的轴与多件孔形成不同性质的配合时,采用基轴制可避免阶梯轴,有利于加工和装配。

(3) 特殊情况采用非基准制。所谓“非基准制”,是指既不是基孔制,也不是基轴制,肯定不是标准中规定的常用优先配合。当一个孔与多个轴或一个轴与多个孔形成不同性质的配合时,可能出现非基准制。

3. 公差等级的选择

公差等级的选择主要是要协调好使用要求与制造成本之间的矛盾,在满足使用要求的前提下,尽量选择精度较低的公差等级。

4. 配合种类的选择

确定了基准制和公差等级后,配合种类的选择实际上就是选择非基准件的基本偏差代号。配合种类的选择对经济性影响不大,因为基本偏差通常不影响加工难易程度。

配合种类要选得很准,是件不容易的事,最基本的要求是“大方向”不要错,即必须掌握各类配合的基本特征及应用。下面以基孔制为例,简要说明各类配合的应用。

(1) 孔、轴之间有相对运动。必须采用间隙配合,用基本偏差 $a \sim h$, 字母越往后,间隙越小。工作温度高、对中性要求低、相对运动速度高等情况,应使间隙增大。

(2) 孔、轴之间无相对运动。此时情况复杂,三种配合都有可能采用:

①用紧固件来保证孔、轴之间无相对运动,需要装拆方便,对中性要求不高,可用间隙配合。

②既需要对中性好,又要便于拆装,可采用过渡配合,用基本偏差 $j \sim n$ (n 与高精度的基准孔形成过盈配合),字母越往后,获得过盈的机会越多,对中性越好。

③不用紧固件来保证孔轴之间无相对运动，且需要靠过盈来传递载荷，不经常拆装（或永久性联接），此时采用过盈配合，用基本偏差 p~zc（p 与低精度的基准孔形成过渡配合），字母越往后，过盈量越大，配合越紧。采用大过盈量的配合，容易将零件挤裂，很少采用。

另外，当某配合的极限间隙或过盈已经给定时，可用计算的方法确定孔、轴的公差带代号。

【例 2-5】有一孔、轴配合，基本尺寸为 25mm，要求配合的间隙为 +0.020~+0.086mm，采用基轴制，试用计算法确定孔、轴的公差带代号。

解：该配合为间隙配合，配合公差为：

$$T_f = |X_{\max} - X_{\min}| = T_D - T_d = |0.086 - 0.020| = 0.066 \text{ (mm)}$$

查表，取孔、轴均为 8 级， $T_D = T_d = 0.033 \text{ (mm)}$ ，

因要求采用基轴制，所以轴的公差带为 $\phi 25h8 \left(\begin{smallmatrix} 0 \\ -0.033 \end{smallmatrix} \right) \text{ (mm)}$ ；

根据 $X_{\min} = EI - es = 0.020 \text{ (mm)}$ ， $EI = +0.020 \text{ mm}$ ，基轴制间隙配合，孔的下偏差就是基本偏差，查表得孔的基本偏差为 F，即孔的公差带为： $\phi 25F8 \left(\begin{smallmatrix} +0.053 \\ +0.020 \end{smallmatrix} \right) \text{ (mm)}$ 。

校核： $X_{\max} = ES - ei = +0.053 - (-0.033) = +0.086 \text{ (mm)}$

$$X_{\min} = EI - es = +0.020 - 0 = +0.020 \text{ (mm)}$$

所以，所选配合 $\phi 25F8/h8$ 符合要求。

二、习题

（一）填空

1. 通过测量获得的某一孔、轴的尺寸称为_____，由于测量误差的存在，实际尺寸并非尺寸的_____。
2. 允许尺寸变化的两个界限值分别是_____和_____，它们是以基本尺寸为基数来确定的。
3. 用加工形成的结果区分孔和轴：在切削过程中尺寸由大变小的为_____，尺寸由小变大的为_____。
4. 某一尺寸减其_____所得的代数差称为尺寸偏差，简称偏差。尺寸偏差可分为_____和_____两种。而_____又有_____偏差和_____偏差之分。
5. 零件的尺寸合格时，其实际尺寸在_____和_____之间，其_____在上偏差和下偏差之间。
6. 尺寸公差在数值上等于_____减_____之差。它是尺寸允许的_____。
7. 当最大极限尺寸等于基本尺寸时，其_____偏差等于零；当零件的实际尺寸等于其基本尺寸时，其_____偏差等于零。
8. 在公差带图中，表示基本尺寸的一条直线称为_____线。在此线以上的偏差为_____值，在此线以下的偏差为_____值。
9. 确定尺寸公差带的两个要素分别是_____和_____。
10. 标准公差值与两个因素有关，它们分别是_____和_____。
11. 标准设置了_____个标准公差等级，其中_____级精度最高，_____级精度最低。