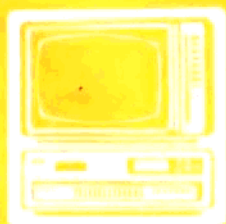


● 广播电视中专教材

互换性与测量技术基础 学习指导书

北京市广播电视中等专业学校 编



01

冶金工业出版社

广播电视中专教材
互换性与测量技术基础
学习指导书
(附实验指导书及实验报告)
北京市广播电视中等专业学校 编

冶金工业出版社出版

(北京北河沿大街嵩祝院北巷39号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

850×1168 1/32 印张 3 7/8 字数 97 千字

1987年 6 月第一版 1987年 6 月第一次印刷

印数00,001~10,000册

统一书号: 15062·4596 定价0.90元

前 言

本书是根据北京市广播电视中等专业学校“互换性与测量技术基础”教学大纲的要求，为配合广播电视中专播出的“互换性与测量技术基础”课程而编写的，它与《互换性与测量技术基础》教科书配套使用，为此在内容上与现行广播电视中专的《互换性与测量技术基础》教材密切配合，相互补充。

全书与教材一致，共分十一章，除第7章(教学大纲规定自学)外，在每一章中均有基本要求，重点和难点，思考题，习题等四部分内容。“重点和难点”是对该章的主要问题、容易模糊或较难理解的概念作进一步分析和解释，以便学生加深理解。“思考题”是为帮助学生检查学习效果和巩固基本概念而编写的，学生必须在认真听课、复习、独立思考的基础上，才能作出正确回答。“习题”是本课程的主要教学环节之一，它不仅可用以巩固课堂教学效果，也是学生掌握公差与配合选择和应用公差表格的重要手段。

本书附有《互换性与测量技术基础实验指导书》及《实验报告》。学生在作实验前要认真阅读实验指导书，实验后认真填写实验报告。

本书约请北京钢铁学院崔绍良、王吉生同志编写和审稿。

由于我们经验不足，水平有限，时间仓促，书中错误和不当之处在所难免，恳请读者批评指正。

北京市广播电视中等专业学校

一九八六年八月

目 录

绪论	1
第1章 互换性的基本概念	3
第2章 测量技术基础	7
第3章 尺寸公差与圆柱结合的互换性	13
第4章 形状和位置公差	24
第5章 表面粗糙度	33
第6章 量规与光滑工件尺寸的检验	35
第8章 键和花键结合的互换性	38
第9章 螺纹结合的互换性	41
第10章 圆柱齿轮传动的互换性	47
第11章 尺寸链	54
实验指导书	57
实验1 轴孔的测量	57
实验2 用双管显微镜测量表面粗糙度	69
实验3 直线度误差的测量	76
实验4 螺纹测量	81
实验5 齿轮测量	94
实验报告	105

绪 论

1. 本课程的任务与基本要求

互换性与测量技术是机械工业发展的基础。互换性与测量技术涉及多门学科,是有关设计、制造、计量与测试、生产组织管理等各学科的综合性的边缘学科。从中等专业学校培养出来的科技和生产管理人员,必须对本学科在国民经济发展中的重要性有明确透彻的认识。互换性与测量技术课在中等专业学校机械、仪器仪表、管理类各专业中是一门极其重要的必修的主干技术基础课。

本课程的任务是:培养学生具有互换性、标准化与测量的基本知识,对学生进行测量技术基本技能的训练;为学生能正确选用公差与配合和拟订测量方案打下基础。

其基本要求是:建立互换性、标准化与计量的基本概念,使学生在设计时初步具有从这方面考虑问题的能力。比较确切地理解有关标准的基本术语及定义,懂得其基本内容和特点,使学生初步学会合理选用公差与配合的原则和方法。了解几何参数测量的基本原理和方法,初步学会测量几何参数的基本技能,初步具有正确使用通用计量器具以及处理测量结果的能力。

2. 本课程在教学计划中的地位和作用

鉴于互换性与测量技术在国民经济发展中的重要作用,中等专业学校机械、仪器仪表及管理各个专业必须把本课程列为必修课。在教学计划中本课程是联系设计系统课程与制造系统课程的纽带。是从基础课过渡到专业课程学习的重要一环。

鉴于本课程的内容和特点,学生在学习本课程之前,应掌握机器及仪器的机构原理,具有识图,制图能力和掌握基本设计方法。为此,必须把本课程安排在“工程制图”,“金属工艺学”,“机械原理”等课程和教学环节之后。

为使学生进一步掌握本课程内容，加深对互换性原则进行生产的认识，尚需在后续课程和教学环节（如机械零件课程设计，生产实习等）中及实际工作中进一步巩固和提高。

3. 本课程各教学环节和内容之间的关系

它由互换性与测量技术两部分组成，有各自独立的体系，又相互密切联系着。互换性部分的内容主要通过课堂教学和作业来完成。测量技术部分的内容主要通过实验课来完成。

课堂教学是本课程的主要教学手段，对教学质量起决定作用。

实验课的任务是使学生了解常用测量器具的原理和基本测量方法，受到测量技能的基本训练。通过实验加深对互换性的感性认识。为此要求电视中专学生，应该完成八个学时实验。实验指导书及实验报告附在本书后，每个学生必须认真完成。

作业是本课程的主要教学环节之一，它不仅可以巩固课堂教学的效果，也是培养学生掌握公差与配合选择方法和应用公差表格的重要手段，应给予足够的重视。

第1章 互换性的基本概念

基 本 要 求

1. 掌握互换性的基本概念，明确互换性与设计、制造、使用及标准化的关系。
2. 熟练掌握公差与配合的基本术语和定义及其相互运算关系。
3. 熟练掌握尺寸公差带图的画法，深刻认识其重要作用。

重点和难点

1. 互换性和互换性生产

互换性生产是从手工业生产向现代化、专业化、协作化生产发展的产物，是现代化生产的基本技术经济原则。

根据互换性的定义，可把互换性分为两部分：零部件装配时不经挑选和修配就能装上去；满足预定的使用要求。这两者必须同时具备，缺一不可。

对装配的影响主要是几何参数，或称几何量，它包括尺寸、几何形状、相互位置、表面粗糙度等。零部件几何参数具有互换性则称作装配互换性。零部件不仅几何参数具有互换性而且机械性能、物理化学性能也具有互换性的，称作功能互换性，这是互换性发展的趋势。本书仅限于讨论几何参数的互换性。

互换性不仅适用于成批、大量生产，对单件、小批生产也是适用的。但互换性生产并非在任何情况下经济效益都是最好的。

标准化是实现互换性的重要保证。它是在生产实践和理论分析基础上，对产品的多种技术指标进行优选、简化、统一等工作。公差与配合标准化的历史就是互换性生产发展的历史。标准化在实现四化中的重大作用愈来愈被人们所认识，可以说标准化

的深度和广度是一个国家国民经济发达与否的重要标志之一。

互换性生产原则在产品_中设计方面、制造方面、维护使用方面，以及生产组织管理方面都带来了巨大的经济效益。而设计、制造水平及使用要求的不断提高，又促进了互换性原则的进一步发展。

计量测试工作也是实现互换性生产的重要手段。

2. 基本术语和定义

基本术语和定义中，有关尺寸的术语可分为两种，一种是由设计确定的尺寸——基本尺寸、极限尺寸、实体尺寸；另一种是由加工确定的尺寸——实际尺寸、作用尺寸(将在第四章讲述)。

基本尺寸完全由设计给定，零件加工后其实际尺寸并不是愈接近它愈好，即它不是理想尺寸，而是零件尺寸的基本值。在螺纹连接中称基本尺寸为公称尺寸。

最大、最小实体尺寸是按材料多少来区分的，从而影响装配关系。孔的最小极限尺寸和轴的最大极限尺寸统称为最大实体尺寸，这种状态装配是最困难的；反之，孔的最大极限尺寸和轴的最小极限尺寸统称为最小实体尺寸，这种状态装配容易。

最大、最小极限尺寸是按尺寸大小来划分的。极限尺寸同实体尺寸一样，都是轴、孔允许尺寸变动的界限值。

实际尺寸是测量所得的尺寸，包含着测量误差。测量误差包含着随机因素，故此对同一零件同一部位，用同一仪器测量，每次测得的实际尺寸均不同。又因零件存在形状误差，因此对零件不同部位测得的实际尺寸更不会相同。如何分析、计算、补偿这些误差，将在后面有关章节详细论述。

偏差的概念是用于在图样上标注，制订公差表格，及在公差带图上讨论配合性质。上偏差、下偏差与极限尺寸属于同一性质，都是设计上给定的；实际偏差与实际尺寸属于同一性质，都是加工后经测量确定的。

公差是指允许变动量，这一定义适用于尺寸公差，也适用于后面各章形状、位置公差，以及齿轮、螺纹等典型零件的各项公

差。公差是没有符号的绝对值，但计算中往往省略了绝对值符号。应了解公差与偏差的区别与联系。

配合作为专用术语，是指同一基本尺寸、相互结合的轴、孔公差带之间的关系。不能把一对实际轴、孔装配后的松紧状态称为“配合”，属于哪种配合，严格讲不能根据实际装配得到间隙或过盈来判断。配合是由设计确定的，不是由实际轴、孔确定的。

最大、最小过盈 $y_{\max}$ 、 $y_{\min}$ 的计算，是用孔的极限尺寸（或孔的偏差）减轴的极限尺寸（或轴的偏差），得到的是负值。注意，过盈量愈大即过盈的绝对值愈大，则代数值反而愈小。为此在配合公差带图上，纵坐标轴上有两个箭头，分别表示间隙和过盈的大小。

公差带图是学习本课程的极其重要的工具，一定要熟练地掌握它。它有两个特征，一个是公差带的大小，一个是公差带的位置。公差带的大小由公差值确定，公差带位置由上偏差或下偏差确定。在公差带图中，上、下偏差以微米(μm)为单位标注比较清晰。

思考题

1-1 什么叫互换性？互换性原则有何重大的技术和经济意义？举例说明之。

1-2 实现互换性的基本条件是什么？

1-3 试比较“基本尺寸”、“实际尺寸”、“极限尺寸”、“实体尺寸”的区别与联系？

1-4 “公差”和“偏差”的区别与联系？

1-5 配合公差的含意如何？举例说明之。配合公差等于相互结合的轴、孔尺寸公差之和，说明什么问题？

1-6 配合的松紧程度和松紧的均匀程度有什么不同？它们分别用什么表示？

1-7 三类配合的主要特征是什么？试用公差带图说明之。

1-8 判断以下概念是否正确：

(1) 公差是绝对值, 在未取绝对值之前, 可能是正, 也可能是负。

(2) 孔和轴的加工精度愈高, 则其配合精度也愈高。

(3) 过渡配合可能具有间隙, 也可能具有过盈, 因此, 过渡配合可能是间隙配合, 也可能是过盈配合。

(4) 零件的实际尺寸越接近其基本尺寸, 则其精度也愈高。

习 题

1-1 试计算下列各轴、孔的极限尺寸(指出最大、最小实体尺寸), 极限偏差, 尺寸公差, 极限间隙(或极限过盈)及配合公差, 画出尺寸公差带图和配合公差带图, 说明配合类别。

(1) 孔 $\phi 25 \begin{smallmatrix} +0.033 \\ 0 \end{smallmatrix}$, 轴 $\phi 25 \begin{smallmatrix} -0.02 \\ -0.041 \end{smallmatrix}$;

(2) 孔 $\phi 40 \begin{smallmatrix} +0.007 \\ -0.018 \end{smallmatrix}$, 轴 $\phi 40 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.016 \end{smallmatrix}$;

(3) 孔 $\phi 20 \begin{smallmatrix} +0.021 \\ 0 \end{smallmatrix}$, 轴 $\phi 20 \begin{smallmatrix} +0.048 \\ +0.035 \end{smallmatrix}$ 。

1-2 根据下表中的已知数值, 求空格中的数值, 并画出公差带图。

基本尺寸	最大极限尺寸	最小极限尺寸	上偏差	下偏差	公差	尺寸标注
孔 $\phi 8$ 孔 $\phi 18$ 轴 $\phi 60$ 轴 $\phi 50$	8.04	8.025				$\phi 18 \begin{smallmatrix} +0.017 \\ +0.016 \end{smallmatrix}$
			-0.062		0.064	
			-0.05	-0.12		

1-3 已知某轴的基本尺寸 $d = \phi 20\text{mm}$, 尺寸公差为 $T_d = 21\mu\text{m}$, 上偏差 $es = -20\mu\text{m}$, 若用适当的测量器具在几个不同的位置上测得其局部实际尺寸分别为 19.962, 19.963, 19.957, 19.971, 19.964, 19.956mm, 试判断其合格性, 并画出尺寸公差带图, 说明合格与否的理由(轴线形状误差忽略不计)。

第2章 测量技术基础

测量技术基础是本课程的重要组成部分之一，在今后各章中都会涉及到测量技术问题，因此，从测量的角度来说，本章是全书的基础。

基 本 要 求

- 1) 了解测量的意义与要求。
- 2) 了解计量器具的基本度量指标。
- 3) 了解各种测量方法的基本特征。
- 4) 了解测量误差的概念、分类；初步掌握随机误差的概念及测量结果的处理。

重点与难点

本章重点是计量器具的基本度量指标与测量误差。难点是随机误差及测量结果的处理。

1. 度量指标

度量指标是选择和使用测量器具，研究和判断测量方法正确性的依据，故应弄清楚几个主要的度量指标概念。

1) 分度值(刻度值) i ——测量器具的标尺上或度盘上相邻两刻线间所代表的被测量值。分度值就是计量器具所能读出的被测尺寸的最小单位数。一般来说，分度值越小，量仪的测量精度越高。

2) 示值误差——测量器具的示值和被测量的真值之间的差值。它有正、负之分。常用量块作为真值来检定出量仪的示值误差。示值误差反映量仪本身的准确性，直接影响被测量结果的可靠程度。示值误差越小，量仪的精度越高。对于每一台具体的量仪来说，示值误差是比较稳定的，因此，可经检定确定其校正

值。例如用尺寸为21.500mm的专用量块检定千分尺，若读数为21.503mm，则该千分尺的示值误差为 $21.503 - 21.500 = +0.003\text{mm}$ 。

3) 校正值(修正值)——为了消除系统误差用代数法加到测量结果上的值。它与示值误差的绝对值相等而符号相反。上例中的校正值为 -0.003mm 。

2. 测量误差的基本概念

测量的实践表明，对于同一被测量，即使使用同一台精密的仪器，采用很可靠的测量方法，安排同一个工作能力很强的测量人员，在同一计量室内进行若干次测量，所得的测量结果也不会完全相同。这是因为在测量过程中，不可能对各种有关的条件和因素做到绝对严格控制，使之保持绝对无差异。说明测量结果不可避免地会有测量误差。这样就有必要研究测量误差产生的原因、特征、规律性，确定测量结果的精确度，以便明确测量结果可以信赖的程度。

测量误差即指测量结果与被测量的真值之间的差值。真值一般是不知道的，它是一个理想的概念，在实际测量中，常用相对真值或算术平均值代替。例如，在立式光学比较仪上，用量块调零，量块的尺寸就可以看做是被测工件的相对真值。

要提高测量精确度或分析与估算测量误差的大小，就必须了解产生测量误差的原因及其对测量结果的影响。测量几何量时，测量误差的来源主要与下列因素有关：基准件的误差、测量方法的误差、测量器具的误差、测量环境及测量人员引起的误差等。

要提高测量精确度，就必须减少测量误差。因而进一步了解误差的性质及其规律，就成为计量技术的重要问题之一。误差出现是有一定规律的，按其性质可分为三类：系统误差、随机误差和粗大误差。一个正确的测量，不应包含粗大误差。所以在进行误差分析时，主要分析系统误差和随机误差。

3. 随机误差的特性与测量结果的处理

由于系统误差的规律是可知的，因而我们可以设法加以消除

或在测量结果中加以修正。粗大误差使测量结果有明显的歪曲，应根据一定的原则，从测量结果中剔除具有粗大误差的测值。

对任何一次测量，随机误差总是不可避免的，虽然不能消除它，但可以减少并控制其对测量结果的影响。下面重点讨论一下随机误差的特性。对某一次测量来说，误差具有不确定性。对一系列重复测量来说，误差具有统计规律性，这是随机误差的主要特征。大量测量实践表明，随机误差的基本特性是：单峰性（集中性）、对称性、有界性和抵偿性（相消性）。随机误差基本上符合正态分布规律。评定随机误差时，通常以正态分布曲线的两个参数——算术平均值和标准偏差，作为评定指标。

1) 若测量过程中仅存在随机误差，则多次测量的算术平均值 $\bar{x}$ ，比任何一个测得值都更接近真值。因此长度计量中常用算术平均值 $\bar{x}$ 表示一系列测量的结果。若测量过程中，既存在随机误差又存在系统误差，则多次测得值的平均值 $\bar{x}$ 经修正后最接近真值。

2) 标准偏差 σ 是评定随机误差分散性的指标。算术平均值可以表示测量结果，但它不能表示测得值的精度。为了评定一系列测得值的精度，采用标准偏差 σ 。标准偏差 σ 表示正态分布曲线的形状和分散程度，它能反映测量精度的高低。

标准偏差 σ 是反映一系列测量中，各个单次测量的精度。算术平均值 $\bar{x}$ 比任何一个测得值都接近真值，因此多次测量的算术平均值精度比单次测量的精度要高。多次测量的标准偏差 $\sigma_{\bar{x}}$ ，应比单次测量的标准偏差 σ 要小， $\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ ，即多次测量的算术平

均值的标准偏差 $\sigma_{\bar{x}}$ ，比单次测量的标准偏差小 $\sqrt{n}$ 倍。

3) 根据随机误差分布的有界性，可将极限误差看做是随机误差的实际分布范围。当置信概率 $P=99.73\%$ 时，单次测量的极限误差 $\Delta_{lim} = \pm 3\sigma$ ；多次测量算术平均值的极限误差 $\Delta_{\bar{x}lim} = \pm 3\sigma_{\bar{x}} = \pm \frac{3\sigma}{\sqrt{n}}$ 。

测量结果可以表示为:

单次测量时: $d = x_i \pm 3\sigma = x_i \pm \Delta_{lim}$

多次测量时: $d_{\bar{x}} = \bar{x} \pm 3\sigma_{\bar{x}} = \bar{x} \pm \Delta_{\bar{x}lim}$

式中 $d(d_{\bar{x}})$ ——测量结果;

x_i ——任一次测得值;

$\bar{x}$ ——多次测量的平均值。

实际工作中,只要获得了某种测量方法的标准偏差后,就可以在此后的测量中,利用它迅速求出任一次或多次测量平均值的标准偏差,而不需要每测量一个尺寸都按 $\sigma = \sqrt{\frac{\sum V_i^2}{n-1}}$ 来计算。

例 1 已知用某仪器在50~75mm的范围内(消除显著系统误差后)的测量极限误差 $\Delta_{lim} = \pm 3\sigma = \pm 0.006\text{mm}$

(1) 如对该零件只测1次,测得值为67.019mm,写出测量结果的表达式。

$$d = x_i \pm 3\sigma = 67.019 \pm 0.006\text{mm}$$

(2) 如对该零件测了4次,其测得值分别为67.020, 67.019, 67.018, 67.015, 写出以平均值为测量结果的表达式。

$$d_{\bar{x}} = \bar{x} \pm 3\sigma_{\bar{x}} = 67.018 \pm \frac{0.006}{\sqrt{4}} = 67.018 \pm 0.003(\text{mm})$$

例 2 已知某仪器在示值为20mm处的校正值为-0.002,若用它测量零件时,读数正好为20.000mm。问零件的实际尺寸是多少?

解 校正值(修正值)与示值误差的绝对值相等,符号相反。或为消除系统误差,用代数法加到测量结果上的值。

零件的实际尺寸为:

$$20.000 + (-0.002) = 19.998(\text{mm})$$

思 考 题

2-1 测量的实质是什么?

2-2 测量和检验各有何特点?

2-3 什么是测量过程的四要素?

2-4 量块在长度计量中的作用是什么?

2-5 测量器具的主要度量指标有哪些?其中“分度值”、“刻度间距”与“放大比”之间有何关系?标尺的“示值范围”与测量仪器的“测量范围”有何区别?

2-6 什么是测量误差?测量误差按性质可分为几类?各有何特征?

2-7 试分析测量误差的来源。

2-8 以多次测量的平均值作为测量结果,可以减少粗大误差、随机误差还是系统误差?

2-9 单次测量与多次测量的测量结果如何表示?

2-10 用什么方法消除或减少测量误差,提高测量精度?

习 题

2-1 试从83块一套的量块中,同时组合尺寸29.875和48.98 mm。

2-2 有某一测量范围为0~25mm的千分尺,当活动测杆与测砧可靠接触时,其读数为+0.02mm。若用此千分尺测量零件时,读数为19.95mm。试求其系统误差和修正后的测量结果。

2-3 在立式光学比较仪上对某尺寸进行10次重复测量(假定已消除了系统误差和粗大误差)。得到的测得值如下:30.454, 30.459, 30.459, 30.454, 30.458, 30.459, 30.456, 30.458, 30.458, 30.455mm。求:

(1) 算术平均值 $\bar{x}$ 、单次测量的标准偏差 σ 和算术平均值的标准偏差 $\sigma_{\bar{x}}$;

(2) 写出以第一次测得值表示的测量结果;

(3) 写出以算术平均值表示的测量结果。

2-4 用两种方法分别测量两个尺寸,设它们的真值为 $L_1=50\text{mm}$, $L_2=80\text{mm}$ 。若测得值分别为50.004mm和80.006mm。

试评定何种方法测量精度较高？

2-5 已知某仪器的测量极限误差 $\Delta_{lim} = \pm 3\sigma = \pm 0.004\text{mm}$ 。若某一次测量的测得值为 18.359mm ，4次测量的平均值为 18.356mm 。试分别写出它们的测量结果。

第3章 尺寸公差与圆柱结合的互换性

基 本 要 求

- 1) 通过公差与配合国家标准结构的分析, 掌握公差标准构成的一般规律, 为掌握其它典型零件结合的公差标准打下基础;
- 2) 能够正确地使用公差与配合标准;
- 3) 初步掌握公差与配合标准选用的基本原则和方法;
- 4) 了解滚动轴承公差与配合的特点, 掌握滚动轴承与轴和外壳孔配合的选择原则。

重点和难点

“公差与配合”标准, 是我国工业的基础标准。它是发展历史最长, 影响面最大, 最完整、最系统的一个标准。本书以该标准为典型, 系统全面地讲述它的构成, 从而使学员掌握公差制构成的一般规律, 掌握公差与配合选用的一般原则和方法, 为学习其他典型零件的公差标准打下基础。

“公差与配合”(GB1800~1804-79)标准及检验标准(见第六章), 是以国际公差制(ISO)为基础制订的, 与旧的国家标准——“公差与配合”(GB159~174-59)比较有许多优越之处。

新国标包括两部分——公差配合标准及检验标准。前者是公差制的主体, 后者是保证措施。“公差与配合”标准, 又由两部分组成——公差带大小的标准化与公差带位置的标准化, 而不是象旧国标那样着眼于配合的标准化。

1. 标准公差

由大量统计实验得出, 加工误差与两个因素有关:

$$\tau = f(a \cdot D)$$

由此得出标准公差IT的计算公式为