



21世纪全国高职高专规划教材

公差配合与 技术测量



GONGCHA PEIHE YU JISHU CELIANG

■ 刘永利
主编



中国农业出版社





21 世纪全国高职高专规划教材

公差配合与技术测量

● 刘永利 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

公差配合与技术测量 / 刘永利主编. —北京: 中国农业出版社, 2006. 4

21 世纪全国高职高专规划教材

ISBN 7-109-10839-2

I. 公... II. 刘... III. ①公差-配合-高等学校: 技术学校-教材②技术测量-高等学校: 技术学校-教材 IV. TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 034922 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 傅玉祥

责任编辑 郑剑玲

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2006 年 4 月第 1 版 2006 年 4 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 14.75

字数: 329 千字

定价: 19.70 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本教材包括绪论、光滑圆柱结合的公差与配合、测量技术基础、形状和位置公差与检测、表面粗糙度及测量、光滑极限量规、圆锥的公差配合与测量、轴承的公差与配合、螺纹的公差与测量、键与花键的公差配合与测量、渐开线圆柱齿轮传动的公差与检测、尺寸链、典型技术测量实验等内容。每章后附有小结和复习思考题。本教材采用最新国家标准，内容简明扼要，理论联系实际，突出能力培养。既可作为高等职业院校的教材，也可供有关工程技术人员参考。



主 编 刘永利（黑龙江农业经济职业学院）
副主编 曹清香（湖南生物机电职业技术学院）
参 编 刘春玲（黑龙江农业经济职业学院）
宇海英（黑龙江农业经济职业学院）
李跃武（长治职业技术学院）
隗东伟（哈尔滨职业技术学院）
张立新（黑龙江省海伦农业机械化学校）

前 言

《公差配合与技术测量》是高等职业技术学院机械类各专业的重要技术基础课,是联系机械设计和机械制造技术等课程的桥梁和纽带。它仅仅围绕机械产品零部件的制造误差和公差及其关系,研究零部件的设计、制造精度与技术测量方法。是机械工程技术人员和管理人员必备的基本知识和技能。

为了适应教育部高职高专教育学制改革从三年逐步调整为两年的发展趋势,并以此带动高职教育人才培养模式、课程体系和教学内容等相关改革的要求,培养和造就适应生产、建设、管理、服务第一线需要的高等技术应用性人才。本教材在编写过程中力求做到突出高职特色,本着强调基础、注重能力、突出应用、力求创新的总体思路,优化整合课程内容,删去不必要的章节,全书共分13章,分别为:绪论、光滑圆柱结合的公差与配合、测量技术基础、形状和位置公差与检测、表面粗糙度及测量、光滑极限量规、圆锥的公差配合与测量、轴承的公差与配合、螺纹的公差与测量、键与花键的公差配合与测量、渐开线圆柱齿轮传动的公差与检测、尺寸链、典型技术测量实验等内容。

本教材在编写过程中突出以下特点:

(1) 尽量结合高职高专的教学特点,深入浅出,理论联系实际。

(2) 全部采用2003年底颁布的最新国家标准,在叙述基本概念的基础上,重点强调标准的应用能力。

(3) 介绍了一些典型的公差实验,并附有实验报告单,具有

很强的实践性。

(4) 为了便于自学和提高应用能力,书中增加了大量的应用实例,并在各章酌量配置了习题和解题所需要的公差表格。

(5) 在介绍一些标准件的公差与配合时,把测量技术融合到章节中,便于对标准件测量技能的掌握。

(6) 内容丰富,涉及面广,适应性强。可作为高等职业院校机械类、近机械类各工科专业的教材,也可供相关工程技术人员阅读。

本教材由刘永利任主编,曹清香任副主编。具体编写分工如下:第十、十一章由刘永利编写;第三、五、六、八章由曹清香编写;第二章由隗东伟编写;第四、七章由李跃武编写;第一、十三章由宇海英编写;第十二章由刘春玲编写;第九章由张立新编写。

尽管我们在教材建设的特色方面做了许多努力,但书中难免有疏漏和不当之处,恳请专家和广大读者批评指正。

编 者

2006年4月

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 本课程的性质、特点和要求	1
第二节 互换性概述	1
第三节 标准化与互换性生产的发展	3
第四节 优先数系和优先数	4
第五节 互换性生产的发展简介	5
小结	5
复习思考题	6
第二章 光滑圆柱结合的公差与配合	7
第一节 公差与配合的基本术语及定义	7
第二节 公差与配合的国家标准	13
第三节 国标中规定的常用公差与配合	26
第四节 常用尺寸段公差与配合的选用	28
第五节 线性尺寸的未注公差	38
小结	39
复习思考题	39
第三章 测量技术基础	41
第一节 测量技术的基本概念	41
第二节 计量器具和测量方法的分类	44
第三节 新技术在长度计量中的应用	45
第四节 测量误差和数据处理	51
第五节 光滑工件尺寸的检验(GB/T3177—1997)	57
小结	62
复习思考题	63
第四章 形状和位置公差与检测	64
第一节 概述	64
第二节 形状公差	70

第三节 位置公差	75
第四节 公差原则	84
第五节 形位公差的选择	92
第六节 形位误差的检测原则	98
小结	100
复习思考题	101
第五章 表面粗糙度及测量	104
第一节 概述	104
第二节 表面粗糙度的评定参数	105
第三节 表面特征代号及标注	108
第四节 表面粗糙度数值的选择	111
第五节 表面粗糙度的测量	114
小结	116
复习思考题	117
第六章 光滑极限量规	118
第一节 概述	118
第二节 量规尺寸公差带	119
第三节 量规设计	119
小结	124
复习思考题	125
第七章 圆锥的公差配合与测量	126
第一节 基本术语及定义	126
第二节 圆锥公差	130
第三节 圆锥角和锥度的测量	136
小结	137
复习思考题	138
第八章 轴承的公差与配合	139
第一节 滚动轴承的公差等级及应用	139
第二节 滚动轴承公差及其特点	139
第三节 滚动轴承与轴及外壳孔的配合	140
小结	147
复习思考题	147
第九章 螺纹的公差配合与测量	148
第一节 螺纹及几何参数特性	148
第二节 普通螺纹公差与配合	151
第三节 螺纹的测量	157

小结	159
复习思考题	160
第十章 键与花键的公差配合与测量	161
第一节 平键联接	161
第二节 花键联接	164
第三节 键与花键的检测	167
小结	168
复习思考题	169
第十一章 渐开线圆柱齿轮传动的公差与检测	170
第一节 对齿轮传动的基本要求及齿轮的加工误差	170
第二节 圆柱齿轮的误差分析、评定参数及检测	172
第三节 齿轮副的误差项目、评定指标及检测	179
第四节 渐开线圆柱齿轮的精度标准及其应用	181
小结	192
复习思考题	193
第十二章 尺寸链	194
第一节 尺寸链及其组成	194
第二节 用完全互换法解尺寸链	196
第三节 用大数互换法解尺寸链	200
第四节 用其他方法解装配尺寸链	203
小结	204
复习思考题	204
第十三章 典型技术测量实验	206
第一节 外径千分尺测量轴径	206
第二节 内径百分表测量孔径	207
第三节 平面度、平行度误差的检测计算	210
第四节 游标万能角度尺测量角度	211
第五节 公法线长度变动及公法线平均长度偏差的测量	212
第六节 齿轮齿圈径向跳动的测量	214
小结	221
复习思考题	221
主要参考文献	222

第一章 绪 论

第一节 本课程的性质、特点和要求

一、本课程的性质和特点

本课程是机械类和近机械类各专业必须掌握的一门技术基础课，与机械设计基础、机械制造基础等课程有着密切的联系。它以互换性内容为主线，围绕零部件的制造误差和公差及其关系，包括尺寸极限与配合、形状和位置公差，表面粗糙度和技术测量等几部分，研究零件的设计、制造精度与测量方法。懂得这些基本知识，能够为后续学习相关专业课、从事实际工作奠定必要的基础。

本课程的特点是术语、定义、符号、代号、图形、表格多；公式推导少，经验数据、定性解释多；内容涉及面广，每一部分都具有独立的知识体系。

二、本课程的要求与学习方法

1. 课程要求

- (1) 掌握课程中有关国家标准的内容和原则；
- (2) 学会并掌握确定零部件的公差原则和方法；
- (3) 学会查用各类表格，能正确标注图样；
- (4) 了解典型技术测量方法，学会常用计量器具的使用。

2. 本课程的学习方法

- (1) 注意实践环节的训练，做到理论与实践相结合；
- (2) 与相关课程的知识联系起来学习，使学到的极限配合理论得以举一反三，达到实际应用的目的。

第二节 互换性概述

一、互换性的概念和种类

1. 互换性的概念 一台机器是由很多零部件装配在一起所构成的。机器在装配或更换零部件时，从大批生产出来的同一规格的零部件中，任意取出一件，不需要作任何选择、附加调整或修配，就能够组装成部件或整机，并且能够达到预定的设计性能和使用要求，这种技术特性叫做互换性。这类零部件称为具有互换性的零部件，能够保证零部件具有互换性的生产，称为遵循互换性原则的生产。

互换性生产是现代化机械工业按照专业化协作原则组织生产的基本条件，它广泛应用

于机械产品零部件的设计、使用和维修等方面。如机床、轿车的零部件坏了，可以迅速地更换新的零件，更换后仍能满足使用要求，这就是因为这些零部件具有互换性。

零部件的互换性包括其几何参数、力学性能、物理化学性能等方面的互换性。本课程主要研究的是零部件几何参数的互换性。

2. 互换性的种类 互换性按其程度可分为完全互换性和不完全互换性。

(1) 完全互换性。对于同一规格的零件，若不需要挑选、调整和修配就能装配到机器上去，并且能满足使用要求，这种互换性称完全互换性。它一般用于大批量生产的标准零部件，如普通紧固螺纹制件、滚动轴承等。完全互换性也称作无限互换性。

(2) 不完全互换性。对于同一规格的零件，在装配时需要进行挑选、调整和修配才能满足使用要求，这种互换性称不完全互换性。不完全互换性也称作有限互换性。

当机器装配精度要求很高时，若采用完全互换，将使相配合的零件尺寸公差很小，这会导致加工困难，制造成本提高，甚至无法加工，因此，实际生产中为了便于加工，降低成本，往往把零件的尺寸公差适当放大，而在加工后根据实际测量的尺寸大小，将相互配合的零件各分成若干组，使同组的尺寸差别比较小，然后按照对应组进行装配，这样既保证了装配精度，又解决了零件加工上的困难。这种分组装配法即属不完全互换性。因为仅在同一组内零件可以互换，组与组之间不可以互换，故称为不完全互换性。

上述两种互换性的使用场合是不同的。一般地，不完全互换零部件常用于部件或机构的制造企业内部的生产和装配；而不同地域、不同企业之间的协作，则要求完全互换性。

二、互换性的技术经济意义

互换性生产已经成为现代机械制造业中一个普遍遵守的原则，它对保证产品质量、提高生产率和增加经济效益具有重要意义，主要体现在以下几个方面：

1. 设计方面 采用具有互换性的零部件，有利于产品进行模块化、程序化的设计和改进。特别是采用标准零部件（如螺钉、销钉、滚动轴承等），大大减轻了计算与绘图的工作量，缩短了设计周期。

2. 制造方面 互换性是提高生产水平和进行文明生产的有力手段。装配时，由于零部件具有互换性，不需要辅助加工修配，可以减轻装配工的劳动量，缩短装配周期，使生产效率显著提高。加工时，由于按照公差规定加工，同一部机器上的各个零件可以分别由各专业厂同时制造。另外，各专业厂产品专业化，生产批量大，分工细，所以有条件采用高效率的专用设备，使产品的质量明显提高。

3. 使用方面 如果一台机器的某零件具有互换性，那么当该零件被损坏后，可以很快地用另一备件来代替，使机器维修方便，保证了机器工作的连续性和持久性，提高了机器的使用价值。

三、实现互换性的条件

机械零部件在加工过程中，加工误差是不可避免的。要想把同一规格的一批零件的几何参数做得完全一致是不可能的，也是不必要的，实际上只要把零件的几何参数误差控制

在允许变动的范围内就可以了，这个允许误差的变动量就是公差。如果零件是在其规定的公差范围内制造出来，就能满足互换性的要求。

零部件的制造精度最终是由加工误差体现出来的，而误差是由公差控制的。对于同一尺寸，公差大者，允许加工误差就大。也就是说零件精度要求低，容易加工，制造成本低；反之，则加工难，制造成本高。因此，合理确定零部件的几何量公差是实现互换性的一个必备条件。

零件几何量公差包括尺寸公差、形状公差、位置公差和表面粗糙度等。

已加工好的零件是否满足公差要求，要通过技术测量即检测来判断。如果只规定零部件公差，而缺乏相应的检测措施，则互换性生产是不可能实现的。因此，正确地选择、使用测量工具是制造和检测的基本要求，也是必须掌握的技能。检测不仅用于评定零件合格与否，也常用于分析零件不合格的原因，以便及时调整生产工艺，预防废品产生，因此，技术测量措施是实现互换性的另一个必备条件。

第三节 标准化与互换性生产的发展

所谓标准化，是指以制定标准、贯彻标准、修改和补充标准为主要内容的全部活动过程。因此，标准化是一个不断循环而又不断提高的过程。采用标准化的原理和方法，把一些重复性事物和概念加以集中简化、优选、协调和统一，并以文件的形式体现出来，这就是标准。

标准是标准化活动的核心。按其性质分为技术标准、生产组织标准和经济管理标准三大类。通常机械制造业所说的标准，大多数都是指技术标准。技术标准（简称标准）是指为产品和工程的技术质量、规格及其检验方法等方面所作的技术规定，是从事生产、建设工作的一种共同技术依据。它是科学技术和实践经验的综合成果，在充分协商的基础上，对具有多样性、相关性特征的重复事物，以特定程序、特定形式颁发的统一规定，在一定范围内作为共同遵守的技术原则。

标准化领域很广泛，为了保证基层标准与上级标准的统一、协调，我国标准按照行政体制分为三级：国家标准、部颁标准和企业标准。

国家标准（GB）由国家质量技术监督局委托有关部门起草，审批后由中国质量技术监督局发布，它对国民经济、技术发展意义重大，必须在全国范围内执行。部颁标准是对一个部的经济和技术发展意义重大，必须在部属范围内执行，由主管部门或有关部门主持联合指定发布。企业标准指公司企业、行业机构制定的在本企业、本行业内实施的标准，包括地方标准、行业标准。部颁标准、企业标准的制定和执行应该以国家标准为依据，不得超出国家标准允许的范围。即制定本部、本企业标准时，要运用自己积累经验和数据，制定出高于国家标准的标准，也可以补充国家标准的不足，生产出高质量的产品。同时为进一步修订国家标准、提高国家标准水平奠定技术基础。

要使零部件具有互换性，就要对零部件加工误差及控制范围制定相应的技术标准，这一标准通常称之为零件的互换性标准，也称为极限与配合标准。如果没有零部件的互换性标准，或者有了标准而不去贯彻执行，零件的互换性就不能实现。为了保证互换性，必须

合理地确定零件公差。公差数值标准化的理论基础,即为优先数系和优先数。

本课程主要涉及到的几十个技术标准,多属于国家推荐性基础标准,其代号为“GB/T”。

第四节 优先数系和优先数

优先数系和优先数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标准。优先数系是一种十进制的近似等比数列,其代号为 R_r , 数列中每项的数值称为优先数。 R 是优先数系创始人 Renard 名字的第一个字母, r 代表 5、10、20、40 和 80 等数字,其对应的等比数列的公比为 $q_r = \sqrt[r]{10}$, 即是在同一个等比数列中, R 项的后项与前项理论值之比为 10, 表达为:若首项为 a , 则其余各项依次为 $aq^1, aq^2, aq^3, \dots, aq^n$, 即 $a_i = aq^i$ (其中 $i=0, 1, 2, 3, \dots$)。

R_5 、 R_{10} 、 R_{20} 、 R_{40} 为基本系列,是常用的数系, R_{80} 为补充系列。标准规定的五种优先数系的公比如下:

R_5 数系,公比为 $q_5 \approx 1.60$;

R_{10} 数系,公比为 $q_{10} \approx 1.25$;

R_{20} 数系,公比为 $q_{20} \approx 1.12$;

R_{40} 数系,公比为 $q_{40} \approx 1.06$;

R_{80} 数系,公比为 $q_{80} \approx 1.03$ 。

GB/T321—1980 列出的基本系列、补充系列常用数值如表 1-1 所示。

表 1-1 优先数系基本系列的常用值

R5	R10	R20	R40	R5	R10	R20	R40	R5	R10	R20	R40
1.00	1.00	1.00	1.00			2.24	2.24		5.00	5.00	5.00
			1.06				2.36				5.30
		1.12	1.12	2.50	2.50	2.50	2.50			5.60	5.60
			1.18				2.65				6.00
	1.25	1.25	1.25			2.80	2.80	6.30	6.30	6.30	6.30
			1.32				3.00				6.70
		1.40	1.40		3.15	3.15	3.15			7.10	7.10
			1.50				3.35				7.50
1.60	1.60	1.60	1.60				3.55		8.00	8.00	8.00
			1.70				3.75				8.50
		1.80	1.80	4.00	4.00	4.00	4.00			9.00	9.00
			1.90				4.25				9.50
	2.00	2.00	2.00			4.50	4.50	10.00	10.00	10.00	10.00
			2.12				4.75				

常见量值如直径、长度、面积、体积、载荷、应力、转速、速度、时间、功率、电流、电压、流量、浓度等的分级,一般都是按照优先数系进行的。本课程所设计的许多标

准,例如尺寸分段、公差等级以及表面粗糙度参数系列等,也都是优先数系。

第五节 互换性生产的发展简介

互换性标准的建立和发展是随着制造业的发展而逐步完善的。从图 1-1 可以清楚地看出它的百年发展史。



图 1-1 互换性生产的发展史

目前,我国已经加入 WTO,同时随着我国对外开放的深入和发展,世界制造业向中国转移的趋势越来越明显,中国必将成为世界制造业的中心。因此,我们应特别重视加强我国标准化工作,尽量使我国标准与国际标准融为一体,以发展国际贸易,提高国际市场的竞争力。

小 结

互换性是现代工业产品设计和制造的重要原则。零件具有互换性,可以在产品的设计、制造、使用中发挥巨大的作用。互换性可分为完全互换性和不完全互换性等。要实现互换性生产,就要使零件的几何误差控制在一定范围内,为此国家制订了公差标准。同

时,为了保证公差,就必须进行正确的检测。合理进行公差与正确进行检测是保证产品质量、实现互换性生产的两个必备的条件和手段。

互换性是通过标准化来实现,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前提。现代化程度越高,对标准化的要求也越高。

优先数系列在公差标准中得到了广泛的应用。

复 习 思 考 题

- 1.1 什么是互换性?它对现代工业生产有何重要意义?
- 1.2 试述完全互换性与不完全互换性的区别,并指出它们主要用于什么场合?
- 1.3 如何理解公差的含义?如果没有公差标准,也能按互换性原则进行生产吗?为什么?
- 1.4 什么是优先数系?为什么要采用优先数?

第二章 光滑圆柱结合的公差与配合

第一节 公差与配合的基本术语及定义

一、有关尺寸的术语及定义

1. 尺寸 尺寸是指用特定单位表示长度值的数字,如长度、厚度、直径及中心距离等。机械工程中规定,一般以毫米(mm)作为尺寸的特定单位。

2. 基本尺寸 基本尺寸是指设计给定的尺寸,孔用 D 、轴用 d 表示。它是根据产品的使用要求,根据零件的强度、结构等要求,计算出或者通过试验和类比等方法确定的。如图2-1所示, $\phi 20$ mm及30 mm为圆柱销直径和长度的基本尺寸。

3. 实际尺寸 实际尺寸是指通过测量得到的尺寸,孔用 D_a 、轴用 d_a 表示。由于加工误差的存在,按照同一图样要求加工的零件,实际尺寸往往不同,即使是同一零件的不同位置、不同方向的实际尺寸也往往不一样。如图2-2所示,实际尺寸是实际零件上某一位置的实际测得值,加之测量时还存在着测量误差,所以实际尺寸并非真值。

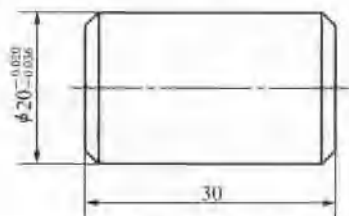


图2-1 圆柱销

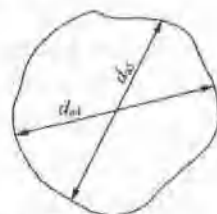
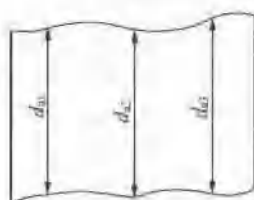


图2-2 圆柱销实际尺寸

4. 极限尺寸 极限尺寸是指允许尺寸变化的两个界限值。其中,尺寸较大的称为最大极限尺寸,孔用 D_{max} 、轴用 d_{max} 表示;尺寸较小的称为最小极限尺寸,孔用 D_{min} 、轴用 d_{min} 表示,如图2-3(a)所示。

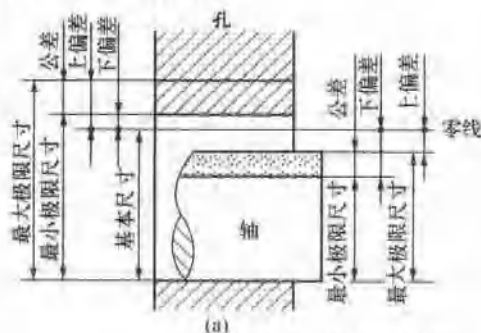


图2-3 公差与配合示意图

