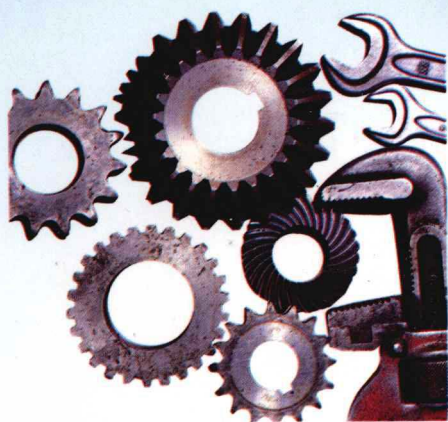


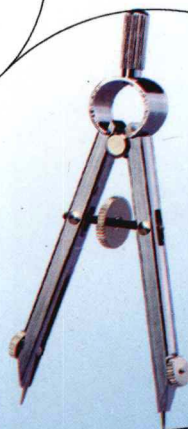
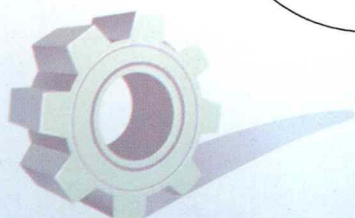
21世纪高职高专系列规划教材

公差配合与技术测量



GONGCHA PEIHE YU
JISHU CELIANG

主编 王立新 王樑



西南师范大学出版社

内容提要

《公差配合与技术测量》主要包括：绪论、测量技术基础、光滑圆柱体的公差与配合、形位公差与检测、表面粗糙度与检测、常用零件及圆锥的公差与检测光滑工件检测与量规设计、圆柱齿轮的公差与检测、尺寸链等。

图书在版编目 (CIP) 数据

公差配合与技术测量 / 王立新, 王樑主编. — 重庆: 西南师范大学出版社, 2008. 4

(21 世纪高职高专系列规划教材)

ISBN 978-7-5621-4112-9

I. 公… II. ①王…②王… 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 (2008) 第 057915 号

21 世纪高职高专系列规划教材

公差配合与技术测量

主 编: 王立新 王樑

策 划: 周安平 卢旭

责任编辑: 张浩宇

特约编辑: 杜颖华

封面设计: 辉煌时代

出版发行: 西南师范大学出版社

地址: 重庆市北碚区天生路 1 号

邮编: 400715 市场营销部电话: 023—68868624

网址: <http://www.xscbs.com>

经 销: 全国新华书店

印 刷: 北京市彩虹印刷有限责任公司

开 本: 787 mm×1092 mm 1/16

印 张: 16.25

字 数: 306 千

版 次: 2008 年 5 月 第 1 版

印 次: 2008 年 5 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5621-4112-9

定 价: 27.00 元

编写说明

作为高等教育的重要组成部分，高等职业教育是以培养具有一定理论知识和较强实践能力，面向生产、面向服务和管理第一线职业岗位的实用型、技能型专门人才为目的的职业技术教育，是职业技术教育的高等阶段。目前，高等职业教育教学改革已经从专业建设、课程建设延伸到了教材建设层面。根据国家教育部关于要求发展高等职业技术教育，培养职业技术人才的大纲要求，我们组织编写了这套《21 世纪高职高专系列规划教材》。本系列教材坚持以就业为导向，以能力为本位，以服务学生职业生涯发展为指导思想，以与专业建设、课程建设、人才培养模式同步配套作为编写原则。

从专业建设角度，相对于普通高等教育的“学科性专业”，高等职业教育属于“技术性专业”。技术性专业的知识往往由与高新技术工作相关联的那些学科中的有关知识所构成，这种知识必须具有职业技术岗位的有效性、综合性和发展性。本套教材不但追求学科上的完整性、系统性和逻辑性，而且突出知识的实用性、综合性，把职业岗位所需要的知识和实践能力的培养融会于教材之中。

从课程建设角度，现有的高等职业教育教材从教育内容上需要改变“重理论轻实践”、“重原理轻案例”，教学方法上则需要改变“重传授轻参与”、“重课堂轻现场”，考核评价上则需改变“重知识的记忆轻能力的掌握”、“重终结性的考试轻形成性考核”的倾向。针对这些情况，本套教材力求在整体教材内容体系以及具体教学方法指导、练习与思考等栏目中融入足够的实训内容，加强实践性教学环节，注重案例教学，注重能力的培养，使职业能力的培养贯穿于教学的全过程。同时，使公共基础类教材突出职业化，强调通用能力、关键能力的培养，以推动学生综合素质的提高。

从人才培养模式角度，高等职业教育人才的培养模式的主要形式是产学结合、工学交替。因此，本教材为了满足有学就有练、学完就能练、边学边练的实际要求，纳入新技术引用、生产案例介绍等来满足师生教学需要。同时，为了适应学生将来因为岗位或职业的变动而需要不断学习的情况，教材的编写注重采用新知识、新工艺、新方法、新标准，同时注重对学生创造能力和自我学习能力的培养，力争实现学生毕业与就业上岗的零距离。

为了更好地落实指导思想和编写原则，本套教材的编写者既有一定的教学经验、懂得教学规律，又有较强的实践技能。同时，我们还聘请生产一线的技术专家来审稿，保证教材的实用性、先进性、技术性。总之，该套教材是所有参与编写者辛勤劳作和不懈努力的成果，希望本套教材能为职业教育的提高和发展做出贡献。

这就是我们编写这套教材的初衷。

前 言

“公差配合与技术测量”课程是机械类各专业必须掌握的一门重要的技术基础课程。它是和机械工业发展紧密联系的基础学科，是培养 21 世纪现代工业发展要求的机械类高职高专技术应用型人才的重要学科。

本书采用了最新国家标准进行编写，力求保证本书的先进性。本书注重理论和实践相结合，既保证了必要、足够的理论知识内容，又增强了理论知识的应用性和实用性。本书把几何量的误差、公差标准及其应用、检测方法密切结合起来，力求内容精练、重点突出、深入浅出、学用结合，符合高职高专“理论以必需够用为度，重在应用”的教学要求。

本书由河南安阳工学院王立新（高级工程师）、王樑（教授）担任主编，安阳工学院王俊昌（副教授）、安阳鑫盛机床有限公司朱玉英担任副主编，安阳工学院师会超、安阳鑫盛机床有限公司张安清担任编委。本书第一章由王樑编写；第二章、第七章第 1~4 节由朱玉英编写；第三章、第七章第 5 节、第八章由张安清编写；第四章、第五章由王立新编写；第六章、第九章第 5~7 节、第十章由王俊昌编写；第九章第 1~4 节由师会超编写。全书由王立新统稿和定稿。

本书在编写过程中得到了编审等有关人员的支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，时间仓促，书中难免有不足和错漏，恳请读者批评指正。

编 者

2008 年 1 月

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 互换性的基本概念	1
第二节 公差与检测	3
第三节 标准化与标准	3
第四节 本课程的性质、任务与学习方法	6
[习题]	7
第二章 测量技术基础	8
第一节 概 述	8
第二节 长度单位基准与量值传递系统	9
第三节 测量器具和测量方法的分类	14
第四节 常用长度量具与量仪	19
第五节 测量误差和测量结果的数据处理	30
[习题]	41
第三章 光滑圆柱体的公差与配合	42
第一节 光滑圆柱体的公差与配合的基本概念	42
第二节 公差配合的国家标准	49
第三节 尺寸公差与配合的选用	63
第四节 尺寸的检测	75
[习题]	80
第四章 形状和位置公差及其检测	81
第一节 概 述	81
第二节 形位公差的基本标注方法	87
第三节 形状公差及公差带的特点	92
第四节 位置公差及公差带的特点	95
第五节 公差原则	106
第六节 形位公差的选择	116
第七节 形位误差的检测	124
[习题]	129
第五章 表面粗糙度及其检测	133
第一节 概 述	133
第二节 表面粗糙度的评定	134
第三节 表面粗糙度参数的数值及其选用	138
第四节 表面粗糙度的标注	141

第五节 表面粗糙度的检测	144
[习题]	146
第六章 常用标准件的公差与检测	148
第一节 滚动轴承的公差与检测	148
第二节 键连接的公差与检测	157
第三节 普通螺纹结合的公差与检测	166
[习题]	177
第七章 圆锥和角度的公差与配合	179
第一节 概 述	179
第二节 圆锥几何参数偏差对圆锥互换性的影响	182
第三节 圆锥公差与测量	183
第四节 圆锥尺寸及公差标注	188
第五节 角度和锥度的检测	190
[习题]	195
第八章 光滑极限量规	196
第一节 概 述	196
第二节 量规的尺寸公差带	197
第三节 量规的设计	200
[习题]	204
第九章 渐开线圆柱齿轮的公差与检测	205
第一节 概 述	205
第二节 单个齿轮精度的评定参数及其检测	207
第三节 齿轮的精度等级及其应用	216
第四节 齿轮坯的精度和齿面粗糙度	221
第五节 齿轮副精度的评定参数	223
第六节 渐开线圆柱齿轮的精度设计举例	228
第七节 齿轮新旧国标对比	230
[习题]	233
第十章 尺寸链	234
第一节 概 述	234
第二节 尺寸链的建立与分析	237
第三节 用完全互换法解尺寸链	239
第四节 用不完全互换法解尺寸链	245
第五节 保证装配精度的其他措施	247
[习题]	249
参考文献	250

第一章 绪 论

第一节 互换性的基本概念

在日常生活中，经常看到这样的情况：自行车、手表的某个零件坏了，只要换一个相同规格的零件，就能照常使用；家用电器上的螺钉掉了，换一个相同规格的螺钉即可。这些现象都说明零部件具有互换性。

一、互换性的基本概念

互换性是指机械产品在装配时，同一规格的零件或部件，不需经任何选择、调整或修配，就能装配到机器上，并能满足使用性能要求的一种特性。

在机械中，互换性可以分为广义互换性和狭义互换性。广义互换性是指机器的零件在各种性能方面都达到了使用要求，如性能参数中的精度、强度、刚度、硬度、使用寿命、抗腐蚀性、热变形、电导性等，都能满足机器的功能要求。狭义互换性是指机器的零部件只能满足几何参数方面的要求，如尺寸、形状、位置和表面粗糙度的要求。本课程只研究几何参数方面的互换性。

二、公差的概念

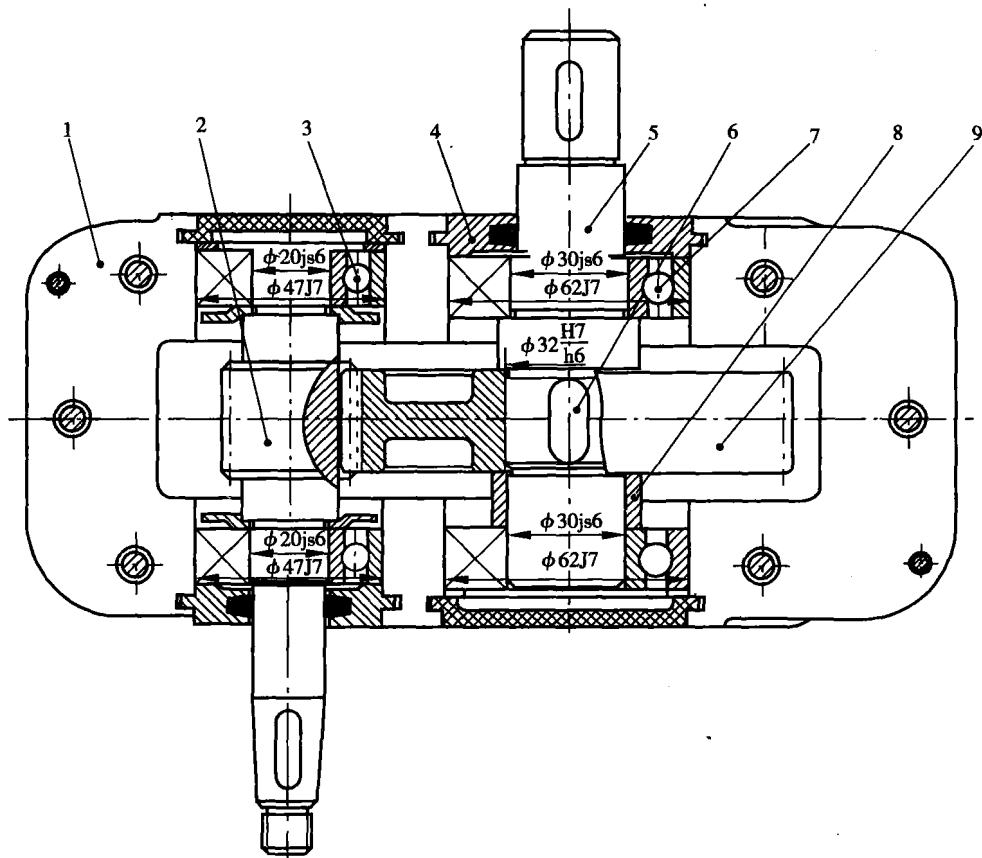
任何一台机器，无论结构复杂与简单，都是由最基本的若干个零件所构成。这些具有一定尺寸、形状和相互位置关系的零件，可以通过各种不同的连接形式而装配成为一个整体。如图 1-1 所示的圆柱齿轮减速器，它由箱体、齿轮轴、滚动轴承、端盖（轴承盖）、输出轴、平键、轴套、齿轮和挡油环、螺钉等许多零部件通过各种形式连接而成。那么，要满足圆柱齿轮减速器的使用功能，保证装配质量，就必须控制零件的制造质量。

在加工零件过程中，无论设备的精度和操作工人的技术水平多么高，零件的加工都会产生误差。要将加工零件的尺寸、形状和位置做得绝对准确，不但不可行，而且也没有必要。只要将零件加工后各几何参数（尺寸、形状和位置）所产生的误差控制在一定的范围内，就可以保证零件的使用功能，同时还能实现互换性。

零件几何参数这种允许的变动量称为公差。它包括尺寸公差、形状公差、位置公差和角度公差等。公差用来控制零件加工中的误差，以保证互换性的实现。因此，建立各种几何参数的公差标准是实现零件误差的控制和保证互换性的基础。

三、互换性的种类

按照互换的程度，互换性可以分为完全互换和不完全互换两种。



1—箱体；2—齿轮轴；3—滚动轴承；4—端盖；5—输出轴；6—平键；7—滚动轴承；8—轴套；9—齿轮

图 1-1 圆柱齿轮减速器

1. 完全互换

完全互换是指对于同一规格的零部件，装配前不经任何选择，装配时不需任何调整或修配，就能装配到机器上，并能满足预定的使用要求。完全互换一般用于大批量生产的零部件，适合于任何场合。如汽车、拖拉机厂常采用完全互换法生产。

2. 不完全互换

不完全互换是指对于同种零件、部件加工好以后，在装配前需要经过挑选、调整或修配等才能满足使用要求。不完全互换一般用于生产批量小、装配精度高的零部件，适合于部分场合。如制造业内部常采用的分组装配法；普通车床尾座部件中的垫板，在装配时要对其厚度再进行修磨，方可满足普通车床头、尾顶尖中心的等高要求。

四、互换性的作用

在设计方面，零件具有互换性，可以最大限度地采用标准件、通用件和标准部件，可以简化制图、计算工作，缩短设计周期，并便于计算机辅助设计和产品品种的多样化。

在制造方面,互换性是组织专业化协作生产的重要基础,而专业化大生产才有可能采用高科技和高生产率的先进工艺和装备,从而提高生产率,提高产品质量,降低生产成本。

在使用和维修方面,具有互换性的零件磨损或损坏了,可以以旧换新,方便维修,从而减少机器的维修时间和费用,延长机器的使用寿命。

总之,互换性原则是组织现代化生产的极为重要的技术经济原则,也是现代机械制造业普遍遵守的原则,它在提高产品质量和可靠性、提高经济效益等方面具有重大的意义。

第二节 公差与检测

零件在加工过程中,不可避免地会产生各种误差,要想把同一规格一批零件的几何参数做得完全一致是不可能的,实际上,那样做也没有必要。只要把几何参数的误差控制在一定的范围之内,就能够满足互换性的要求。

上节介绍了零件几何参数误差的这种允许范围叫做公差,它包括尺寸公差、形状公差、位置公差和角度公差等。

完工后的零件是否满足公差要求,要通过检测加以判断。检测包括检验与测量。几何量的检验是指确定零件的几何参数是否在规定的极限范围之内,并作出合格性判断,而不必得出被测量的具体数值;测量是将被测量与作为计量单位的标准量进行比较,以确定被测量的具体数值的过程。检测不仅用来评定产品质量,而且用于分析产生不合格品的原因,以便及时调整生产,监督工艺过程,预防废品产生。检测是机械制造的“眼睛”。无数事实证明,产品质量的提高,除设计和加工精度的提高外,往往更有赖于检测精度的提高。

综上所述,合理确定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不可少的条件和手段。

第三节 标准化与标准

为实现互换性,国家标准把公差数值标准化,以满足相互联系的各个生产环节之间互相衔接的要求,进而形成一个共同的技术标准,将产品和技术要求统一起来。所以,标准化是实现互换性生产的基础,是组织现代化生产的重要手段。

一、标准化

标准化是指以制定标准和贯彻标准为主要内容的全部活动过程。它从调查标准化对象开始,经试验、分析和综合归纳,进而制定和贯彻标准,以后还要加以修订等。

标准化是以标准的形式体现的,也是一个不断循环、不断提高的过程。

二、标准

标准是对重复性事物和概念所作的统一规定。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,以特定的形式发布,作为共同遵守的准则和依据。

标准按不同的级别颁布。中国标准分为国家标准(GB)、行业标准(HB, JB)、地方标准(DB)和企业标准(QB)。大量的标准(80%以上)属于推荐性标准。推荐性国标的代号为 GB/T。

在国际上,为了促进世界各国在技术上的统一,成立了国际标准化组织(简称 ISO)和国际电工委员会(简称 IEC),由这两个组织负责制定和颁布国际标准。

标准的范围极广,种类繁多,本课程主要研究公差与配合标准、形位公差标准、表面粗糙度标准等。

三、优先数与优先数系

在制定公差标准与设计零件的结构参数时,都需要通过数值来表示。这些数值往往不是孤立的,它一旦被选定,就会按照一定规律,向一切有关的参数传播。例如,螺栓的尺寸一旦确定,将会影响螺母的尺寸、丝锥和板牙的尺寸、螺栓孔的尺寸以及加工螺栓孔的钻头的尺寸等。这种技术参数的传播扩散在生产实际中是极为普遍的现象。

由于数值的相互关联、不断传播,机械产品的各种技术参数不能随意确定,必须把实际应用的数值限制在较小的范围内,并进行优选、协调、简化和统一,否则会給生产组织、协作配套以及使用维护带来极大的困难。凡在科学数值分级制度中被确定的数值,称为优先数;按一定公比由优先数所形成的十进制几何级数系列,称为优先数系。

为使产品的参数选择能够遵守统一的规律,国家标准《优先数和优先数系》GB/T 321—2005 规定以十进制等比数列为优先数系,并规定了 5 个系列。它们分别用系列符号 R5, R10, R20, R40 和 R80 表示,其中前 4 个系列作为基本系列, R80 为补充系列,仅用于分级很细的特殊场合。各系列的公比如下:

$$\text{R5 系列的公比: } q^5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.60$$

$$\text{R10 系列的公比: } q^{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.25$$

$$\text{R20 系列的公比: } q^{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.12$$

$$\text{R40 系列的公比: } q^{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.06$$

$$\text{R80 系列的公比: } q^{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.03$$

优先数系的 5 个系列中任一个项值均为优先数。按公比计算得到的优先数的理论值,除 10 的整数幂外,都是无理数,工程技术上不能直接应用,实际应用的都是经过圆整后的近似值。

优先数系的基本系列如表 1-1 所示。

表 1-1 优先数系的基本系列

基本系列 (常用值)				计算值
R5	R10	R20	R40	
1.00	1.00	1.00	1.00	1.0000
			1.06	1.0593
1.00	1.00	1.12	1.12	1.1220
			1.18	1.1885
	1.25	1.25	1.25	1.2589
			1.32	1.3335
		1.40	1.40	1.4125
			1.50	1.4962
1.60	1.60	1.60	1.60	1.5849
			1.70	1.6788
		1.80	1.80	1.7783
			1.90	1.8836
	2.00	2.00	2.00	1.9953
			2.12	2.1135
		2.24	2.24	2.2387
			2.36	2.3714
2.50	2.50	2.50	2.50	2.5119
			2.65	2.6607
		2.80	2.80	2.8184
			3.00	2.9854
	3.15	3.15	3.15	3.1623
			3.35	3.3497
		3.55	3.55	3.5481
			3.75	3.7581
4.00	4.00	4.00	4.00	3.9811
			4.25	4.2170
		4.50	4.50	4.4668
			4.75	4.7315
	5.00	5.00	5.00	5.0119
			5.30	5.3088
		5.60	5.60	5.6234
			6.00	5.9566
6.30	6.30	6.30	6.30	6.3096
			6.70	6.6834
		7.10	7.10	7.0795

(续)

基本系列 (常用值)				计算值
R5	R10	R20	R40	
6.30	6.30	7.10	7.50	7.4980
	8.00	8.00	8.00	7.9433
		8.00	8.50	8.4140
		9.00	9.00	8.9125
			9.50	9.4405
10.00	10.00	10.00	10.00	10.0000

表 1-1 中只给出了 1~10 区间的优先数, 对大于 10 和小于 1 的优先数, 均可用 10 的整数幂 (10, 100, 1000, …或 0.1, 0.01, 0.001, …) 乘以表 1-1 中的优先数求得。

为了满足生产的需要, 有时需要采用派生系列, 以 Rr/p 表示, r 代表 5, 10, 20, 40, 80。如 $R10/3$ 系列中, r 为 10, p 为 3, 其含义为从 $R10$ 系列中的某一项开始, 每隔 3 项取一数值。若从 1 开始, 就可以得到 1, 2, 4, 8, …数系, 若从 1.25 开始, 就可得到 1.25, 2.5, 5, 10, …数系。

国家标准规定的优先数系分档合理, 疏密适中, 运算方便, 有广泛的实用性。优先数系在各种公差标准中被广泛采用, 公差标准表格中的数值, 都是按照优先数系选定的。例如, 《公差与配合》国家标准中的标准公差值主要是按 $R5$ 系列确定的, 而尺寸分段则是按 $R10$ 优先数系列确定的。

第四节 本课程的性质、任务与学习方法

一、本课程的性质

本课程是机械类和近机械类专业的一门重要的技术基础课。它与机械设计、机械制造等专业课有着密切的联系, 它能使學生学到有关精度理论和测量的基本知识与技能。

本课程的内容在生产实践中应用广泛, 实践性强。它由“公差配合”与“技术测量”两部分组成。本课程的基本理论是精度理论, 研究的对象是零部件几何参数的互换性。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, 章节之间系统性、连贯性强。

二、本课程的任务

本课程是从保证产品的高质量和实现互换性的角度出发, 围绕误差与公差这两个基本概念, 讨论如何解决图样要求与制造要求的矛盾。

学生在学习本课程之前，应具有一定的理论知识和初步的生产知识，能读图并懂得图样的标注方法。学生学完本课程后，能初步达到：建立互换性、公差与高质量产品的基本概念；了解各种与几何参数有关的公差标准的基本内容与主要规定；正确识读、标注常用的公差配合要求，并能查用有关表格；会正确选择和使用生产现场的常用量具和仪器，能对一般几何量进行综合检测；会设计光滑极限量规。

三、本课程的学习方法

(1) 在学习注意及时总结、归纳，找出各要领、各规定之间的区别和联系，并多做习题。

(2) 注意实践环节的训练，尽可能独立操作、独立思考，做到理论与实践相结合。

(3) 尽可能与相关课程的知识联系，使学到的公差配合理论得以举一反三，达到实际应用的目的。

本课程除课堂教学要讲授检测知识外，为了强化学生的检测技能，建议可考虑安排专用实验周以培养学生的综合检测能力。

【习 题】

- 1-1 什么是互换性？互换性的分类有哪些？
- 1-2 完全互换和不完全互换有何区别？它们各用于何种场合？
- 1-3 为什么要规定公差？
- 1-4 什么是标准化？它有什么意义？
- 1-5 什么是优先数？

第二章 测量技术基础

第一节 概 述

机械制造中的测量技术，主要研究对零件几何参数进行测量和检验的问题。

要实现互换性，除了合理地规定公差外，还需要在加工过程中进行正确的测量或检验，只有测量或检验合格的零件，才具有互换性。本课程的测量技术主要研究对零件的几何量（包括长度、角度、表面粗糙度、几何形状和相互位置等）进行测量或检验。

一、测量

测量是指以确定被测对象量值为目的的全部操作。它实质上是将被测几何量与作为计量单位的标准量进行比较，从而确定被测几何量是计量单位的倍数还是分数的过程。若被测量为 L ，计量单位为 u ，确定的比值为 q ，则测量可表示为 $L=q \cdot u$ 。一个完整的测量过程应包括被测对象、计量单位、测量方法和测量精度等四个方面。

（1）测量对象：指几何量，即长度、角度、形状和位置误差以及表面粗糙度等。

（2）计量单位：计量单位（简称单位）是以定量表示同种量的量值而约定采用的特定量。计量单位是有明确定义和名称且数值为 1 的一个固定物理量。对计量单位的要求是：统一—稳定，能够复现，便于应用。

（3）测量方法：测量时所采用的测量原理、测量器具和测量条件的总和。测量条件是测量时零件和测量器具所处的环境，如温度、湿度、振动和灰尘等。测量时的标准温度为 20°C 。一般计量室的温度应控制在 $20^{\circ}\text{C} \pm (2.00 \sim 0.05)^{\circ}\text{C}$ ，精密计量室的温度应控制在 $20^{\circ}\text{C} \pm (0.05 \sim 0.03)^{\circ}\text{C}$ ，同时还要尽可能使被测零件与测量器具在相同温度下进行测量。计量室的相对湿度应以 $50\% \sim 60\%$ 为适宜，测量时应远离振动源，保持室内较高的清洁度等。

（4）测量精度：指测量结果与零件真值的接近程度。不考虑测量精度而得到的测量结果是没有任何意义的。由于测量会受到许多因素的影响，所以其过程总是不完善的，即任何测量都不可能没有误差。

二、检验

检验是指确定被测几何量是否在规定的极限范围之内，从而判断是否合格，不一定得出具体的量值的过程。

测量技术包括测量和检验。对测量技术的基本要求是：合理地选用计量器具与测量方法，保证一定的测量精度，具有高的测量效率、低的测量成本，通过测量分析零

件的加工工艺, 积极采取预防措施, 避免废品的产生。

测量技术的发展与机械加工精度的提高有着密切的关系。例如有了比较仪, 才使加工精度达到 $1\mu\text{m}$; 由于光栅、磁栅、感应同步器用作传感器以及激光干涉仪的出现, 才又使加工精度达到 $0.01\mu\text{m}$ 的水平。随着机械工业的发展, 数字显示与微型计算机进入了测量技术的领域。数显技术的应用, 减少了人为的影响因素, 提高了读数精度与可靠性; 计算机主要用于测量数据的处理, 因而进一步提高了测量的效率。计算机和量仪的联用, 还可控制测量操作程序, 实现自动测量或通过计算机对程控机床发出对零件的加工指令, 将测量结果用于控制加工工艺, 从而使测量、加工合二为一, 组成工艺系统的整体。

第二节 长度单位基准与量值传递系统

一、长度单位与长度量值传递系统

1. 长度单位

为了进行测量, 必须规定一个基本长度单位, 建立和统一可靠的长度基准。

在我国法定计量单位中, 长度的基本单位名称是“米”, 其单位符号为“m”。

现在全球普遍采用的计量单位制为国际单位制 (SI), 即公制 (米制), 其基本长度单位为米 (m)。“米”的定义 18 世纪末始于法国, 当时规定“米等于经过巴黎的地球子午线的 $1/4000$ 万”。19 世纪, “米”逐渐成为国际通用的长度单位。1983 年第 17 届国际计量大会又更新了米的定义, 规定: 米是光在真空中 $1/299792458$ 秒的时间间隔内所经过的距离。

在机械制造中, 常用的长度计量单位为毫米 (mm), $1\text{mm}=10^{-3}\text{m}$; 在精密测量中, 常用的长度计量单位为微米 (μm), $1\mu\text{m}=10^{-6}\text{m}$; 在超精密测量中, 常用的长度计量单位为纳米 (nm), $1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$ 。常用的角度计量单位为弧度 (rad) 和度 ($^{\circ}$)、分 ($'$)、秒 ($''$), $1\mu\text{rad}=10^{-6}\text{rad}$, $1^{\circ}=0.0174533\text{rad}$, $1^{\circ}=60'$, $1'=60''$ 。

2. 长度量值传递系统

量值传递是“将国家计量基准所复现的计量值, 通过检定 (或其他方法) 传递给下一等级的计量标准 (器), 并依次逐级传递到工作计量器具上, 以保证被测对象的量值准确一致的方式”。我国长度量值传递系统如图 2-1 所示。从最高基准谱线向下传递, 有两个平等的系统, 即端面量具 (量块) 和刻线量具 (线纹尺) 系统。其中, 尤以量块传递系统应用最广。

(1) 量值的传递: 量值系统的建立和执行, 保证了国家计量行政机关自上而下地对量值进行合理的统一控制。企业要确保产品质量, 必须保证量值的可靠。因此, 在 GB/T 9000 “质量管理和质量保证”系列标准中, 对企业的测量设备 (器具) 提出了“溯源性”的要求, 即测量结果必须具有能与国家计量基准或国际计量基准相联系的特性。所用量具要获得这一特性, 必须经过具有较高准确度的计量标准的检定, 而该

(2) 角度的量值传递: 角度基准与长度基准有本质的区别。角度的自然基准是客观存在的, 不需要建立, 因为一个整圆所对应的圆心角是定值 ($2\pi\text{rad}$ 或 360°)。因此, 将整圆任意等分得到的角度的实际大小, 可以通过各角度相互比较, 利用圆周角的封闭性实现对角度的复现。为了检定和测量需要, 仍然要建立角度度量的基准。

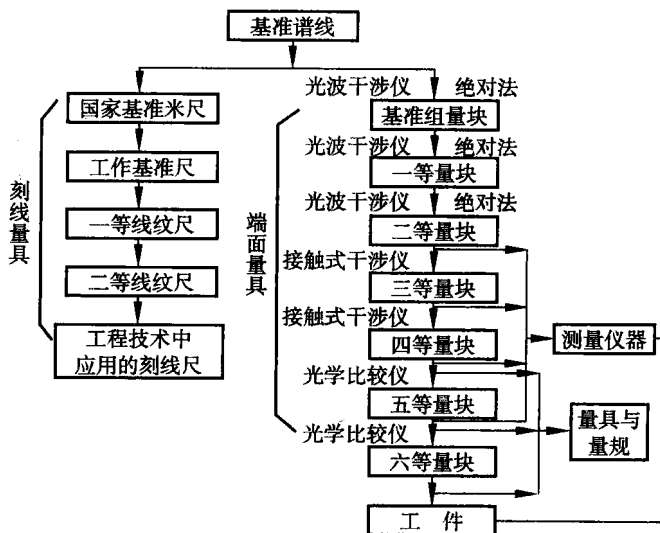


图 2-1 长度量值传递系统

1. 量块

2. 量块的构成

3. 量块的用途

作为长度尺寸标准的实物载体,将国家的长度基准按照一定的规范逐级传递到机械产品制造环节,实现量值统一;作为标准长度标定量仪,检定量仪的示值误差;相

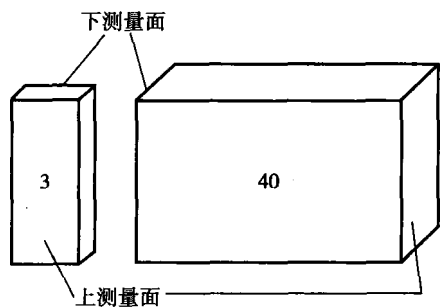


图 2-2 量 块

对测量时以量块为标准，用测量器具比较量块与被测尺寸的差值；也可直接用于精密测量、精密划线和精密机床的调整。

4. 量块的精度（级）

国家标准 GB/T 6093—2001《量块》对量块的制造精度规定了五级，即 00，0，1，2，3 级。其中 00 级精度最高，3 级精度最低。此外，还规定了校准级——K 级。量块分“级”的主要依据是量块长度极限偏差和量块长度变动量的允许值，见表 2-1。

表 2-1 各级量块的精度指标（GB/T 6093—2001）

标称长度/mm	00 级/ μm		0 级/ μm		1 级/ μm		2 级/ μm		3 级/ μm		标准级 K/ μm	
	①	②	①	②	①	②	①	②	①	②	①	②
≤ 10	0.06	0.05	0.12	0.10	0.20	0.16	0.45	0.30	1.0	0.50	0.20	0.05
$>10\sim 25$	0.07	0.05	0.14	0.10	0.30	0.16	0.60	0.30	1.2	0.50	0.30	0.05
$>25\sim 50$	0.10	0.06	0.20	0.10	0.40	0.18	0.80	0.30	1.6	0.55	0.40	0.06
$>50\sim 75$	0.12	0.06	0.25	0.12	0.50	0.18	1.00	0.35	2.0	0.55	0.50	0.06
$>75\sim 100$	0.14	0.07	0.30	0.12	0.60	0.20	1.20	0.35	2.5	0.60	0.60	0.07
$>100\sim 150$	0.20	0.08	0.40	0.14	0.80	0.20	1.60	0.40	3.0	0.65	0.80	0.08

注：①量块长度的极限偏差（±）；②长度变动量允许值。

量块生产企业大都按“级”向市场销售量块，用量块长度极限偏差（中心长度与标称长度允许的最大误差）控制一批相同规格量块的长度变动范围；用量块长度变动量（量块最大长度与最小长度之差）控制每一个量块两测量面间各对应点的长度变动范围。用户则按量块的标称尺寸使用量块。因此，按“级”使用量块必然受到量块长度制造偏差的影响，将把制造误差带入测量结果。

5. 量块的精度（等）

制造高精度量块的工艺要求高，成本也高，而且即使制造成高精度量块，在使用一段时间后，也会因磨损而引起尺寸减小，使其原有的精度级别降低。因此，经过维修或使用一段时间后的量块，要定期送专业部门按照标准对其各项精度指标进行检定，确定符合哪一“等”，并在检定证书中给出标称尺寸的修正值。

国家计量局标准 JJG 100—1981《量块检定规程》对量块的检定精度规定了六等，即 1 等、2 等、3 等、4 等、5 等、6 等。其中 1 等精度最高，6 等精度最低。量