



面向“十二五”高等学校精品规划教材·机电类

互换性与技术测量基础

夏家华 沈顺成 主 编

宋金山 迟宏伟 陈 军 副主编

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

面向“十二五”高等学校精品规划教材·机电类

互换性与技术测量基础

主 编 夏家华 沈顺成
副主编 宋金山 迟宏伟 陈 军
参 编 刘 宁 刘慕宁 常 虹 桂 伟

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书详细介绍了互换性的基本概念, 技术测量的基础知识和测量方法, 公差与配合的基本内容、结构、特征及选用, 公差检测的概念和基本方法。全书共分 10 章, 内容包括绪论、技术测量基础、光滑圆柱体结合的极限与配合、几何公差、表面结构、量规与光滑工件尺寸的检验、滚动轴承的公差与配合、典型件结合互换性及检测、圆柱齿轮传动的互换性及检测、尺寸链基础。各章酌量配置了一些公差表格, 每章有例题, 章后附有较多的思考题与习题, 以配合教学需要, 易教易学。

本书的特点是: 以基本概念、基本原理和基本测量方法为主要内容, 不追求严格的数学推导, 但内容丰富, 理论联系实际, 是一本较为实用、全面的高等学校机械类专业的技术基础课教材。本书引用了最新的国家标准和技术资料, 便于学习和实践中应用。

本书适于用做机械设计制造及其自动化、材料成型与控制工程、车辆工程、交通运输工程等机械类或近机械类专业的教材, 也可供有关科技人员学习和参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

互换性与技术测量基础 / 夏家华, 沈顺成主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2010. 6

ISBN 978 - 7 - 5640 - 3108 - 4

I. ①互… II. ①夏…②沈… III. ①零部件 - 互换性 - 高等学校 - 教材②零部件 - 测量 - 技术 - 高等学校 - 教材 IV. ①TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 086349 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / [http:// www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京国马印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 13. 25

字 数 / 270 千字

版 次 / 2010 年 6 月第 1 版 2010 年 6 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 4000 册

定 价 / 26. 00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

前 言

互换性与技术测量基础课程是机械类各专业的一门重要的技术基础课，它包含了几何量的精度设计和误差检测两方面的内容，涉及机械产品及其零件的设计、制造、维修、质量控制、生产组织管理等多方面的问题。本课程的主要任务是使学生掌握互换性与测量技术的基础知识和测量方法，掌握公差与配合的基本内容、结构、特征及选用，熟悉与了解公差检测的概念和基本方法，为学习后续课程打下基础。学习本课程的关键是抓住基本概念、基本内容、基本特征和基本方法。

在编写本书的过程中，编者在参考诸多同类教材的基础上，结合自身长期的教学、科研的实践经验，对教材内容作了精心的选择和编排，采用了最新国家标准，尽量反映互换性与技术测量的最新理论，强调基础，突出了应用性和实用性。

本书由武汉理工大学夏家华、沈顺成主编，武汉理工大学宋金山、吉林农业大学发展学院迟宏伟、吉林大学应用技术学院陈军任副主编。武汉理工大学刘宁、刘慕宁，武汉工业学院工商学院常虹，湖北工业大学商贸学院桂伟编写了部分章节。武汉理工大学叶涛、洪超雄，理工光科夏珂等同志参与部分校对及制表工作。夏家华负责对全书的内容进行修正、定稿。

本书在编写过程中得到武汉理工大学华夏学院和武汉理工大学容一鸣教授的大力支持，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，恳请读者批评指正，提出宝贵意见。

编 者

目 录

第1章 绪论	1
1.1 互换性与公差的基本概念	1
1.2 标准化与优先数系	3
1.3 技术测量及其发展	6
1.4 本课程的性质与主要任务	7
思考题与习题	7
第2章 技术测量基础	8
2.1 技术测量的基本概念	8
2.2 长度单位与量值传递	9
2.3 计量器具与测量方法的分类	13
2.4 测量误差与数据处理	15
思考题与习题	26
第3章 光滑圆柱体结合的极限与配合	27
3.1 极限与配合的基本术语及定义	27
3.2 极限与配合国家标准	34
3.3 极限与配合的选用	45
3.4 线性尺寸的一般公差	56
思考题与习题	56
第4章 几何公差	59
4.1 概述	59
4.2 形状公差	64
4.3 形状或位置公差	66
4.4 位置公差	66
4.5 形位公差的选用	73
4.6 形位误差的评定	77
4.7 公差原则	82
思考题与习题	88
第5章 表面结构	91
5.1 概述	91
5.2 粗糙度的评定标准	92
5.3 粗糙度轮廓参数的选择和表面结构的标注	97
5.4 粗糙度轮廓的检测	102

思考题与习题	103
第6章 量规与光滑工件尺寸的检验	105
6.1 光滑工件尺寸的检验	105
6.2 光滑极限量规	109
思考题与习题	117
第7章 滚动轴承的公差与配合	118
7.1 概述	118
7.2 滚动轴承内、外径公差带及特点	119
7.3 滚动轴承与轴和外壳孔的配合及其选择	121
思考题与习题	127
第8章 典型件结合互换性及检测	128
8.1 键与花键联结的互换性及检测	128
8.2 螺纹的互换性及检测	136
8.3 圆锥的互换性及检测	154
思考题与习题	163
第9章 圆柱齿轮传动的互换性及检测	164
9.1 概述	164
9.2 圆柱齿轮的误差评定指标及检测	167
9.3 影响载荷分布均匀性的主要误差评定指标及检测	175
9.4 影响侧隙的评定指标及检测	176
9.5 齿轮副的误差评定指标及检测	178
9.6 渐开线圆柱齿轮精度设计及应用	181
思考题与习题	194
第10章 尺寸链基础	196
10.1 基本概念	196
10.2 极值法	198
10.3 统计法	202
思考题与习题	204
参考文献	205

第1章

绪 论

本章重点：互换性的研究对象；基本概念。

本章难点：互换性与标准化的关系；优先数系。

1.1 互换性与公差的基本概念

1.1.1 互换性的含义

什么是“互换性”？互换性的含义在我们日常生活中到处都能遇到。例如，相同规格的任一灯泡坏了，买个新的装上就行了；自行车、钟表的某个零件坏了，也可以换个新的，同样能很好地满足使用要求。这是为什么呢？就是因为这些合格的产品和零部件具有在尺寸、功能上能够彼此互相替换的性能，即具有互换性。

在现代化生产的机电产品中，更需要产品的零部件具有互换性，如汽车、手表、家用电器、机电设备等。然而这些产品的零部件分别是由各个不同的工厂和车间加工制成的，在装配时，所有同一规格的零部件任取一件，不需要经过选择、修配或调整，就能与其他零部件装配成合格的产品，而且能达到所规定的功能要求。这就说明这些零部件具有互换性。

所谓互换性，就是机器或仪表中同一规格的一批零部件按规定的技术要求加工制成，能够彼此相互替换且能保证使用而具有效果相同的性能。

1.1.2 公差的含义

在加工零件过程中，由于各种因素的影响（包括机床、刀具、温度等），零件的各部分尺寸、形状和表面粗糙度等几何量难以达到理想状态，它们总有偏大或者偏小的误差。但从零件的使用功能来看，并不要求零件的几何量加工制造得绝对准确，只要求这个误差在控制允许的范围内变动。

由此可知，公差是指零件几何量在某一规定的范围变动，以保证同一规格零件彼此充分接近。这个允许变动的范围称为公差。

为了保证零部件的互换性，必须要用公差来控制误差。在进行产品设计时，要按标

准规定公差，然而产品在加工过程中会产生误差。因此要使零部件具有互换性，就应在加工中把零件的误差控制在规定的公差范围内。设计者的任务就是要正确地确定公差，并把它在图纸上明确地标注出来。

由此知道，产品（零部件）的互换性要用公差来保证。换句话说，公差是保证零部件具有互换性的必要条件。在满足功能要求的前提下，公差应尽量规定得大些，以便获得最佳经济效益。

1.1.3 互换性的作用

在机械制造业中，互换性在产品设计、制造、使用和维修等方面有着极其重要的作用。其表现在以下几个方面：

从设计方面，若零部件具有互换性，设计者可以最大限度地选用标准件、通用件和标准部件，这样减少了计算和绘图等工作，缩短设计周期。也有利于设计人员应用计算机辅助设计（CAD）技术，促进新产品的高速发展。

从制造方面，零部件的互换性有利于组织生产协作，进行专业化生产，便于使用专用加工设备和计算机辅助制造（CAM）技术，从而提高产品质量和生产率、大大降低制造成本。

从使用和维修方面，由于零部件具有互换性，那些已磨损或损坏的零部件，可方便地用相同类型的新零部件进行替换，减少了维修时间，节约修理费用，保证了机器连续性运转，提高了机器的应用寿命和使用价值。

综上所述，互换性不仅能为生产的专业化创造条件，促进机械化、自动化生产的发展，降低生产成本，而且还能有效地提高产品质量和机器使用的可靠性。因此，互换性原则已成为现代大工业中一个普遍遵守的原则。互换性生产对我国现代化建设具有十分重要的意义。但互换性原则也不是在任何情况都适用，有时也只有采取单个配制才符合经济原则。这时零件就不能采用互换，但此零件同样也有公差与检测的要求。

1.1.4 互换性的分类

零部件的互换性应包括三个方面，即几何量、机械性能和理化性能。本课程仅讨论零部件几何量的互换性及与之联系的几何量公差和检测。

互换性可以按照不同的方法分类。

1. 根据零部件互换的形式和程度，可分为完全互换性和不完全互换性

（1）完全互换性（简称互换性）。就是以同一规格的零部件在装配或更换时，不需要挑选，也无需修配，装配后就能满足使用要求的互换性。例如，螺钉、螺母、滚动轴承的内圈和外圈、齿轮等都具有完全互换性，适合专业化生产和装配。又如一批孔和轴加工后，只要符合设计规定要求，它们就具有完全互换性。

（2）不完全互换性（也称有限互换性）。就是装配精度要求较高的零部件在装配时，允许采取附加的选择或调整等措施。它可以采用分组装配法、调整法或其他方法来实现不完全互换性。例如滚动轴承的内外圈与滚珠间的互换性，通常采用分组装备，为不完全互换性。又如减速器的端盖与箱体间的垫片厚度在装配时作调整，使轴承的一端与端盖的底端之间预留适当的轴向间隙，以补偿温度变化时轴的微量伸长，从而避免轴在工作时弯曲。

2. 对标准部件或机构，互换性可分为内互换与外互换

(1) 内互换。就是组成标准部件的零件或机构内部之间的互换性。如滚动轴承的内、外圈滚道直径和滚动体（滚珠或滚柱）直径间的配合。内互换一般装配精度要求高，在厂内组装、使用中不再更换内部零件。

(2) 外互换。就是标准部件或机构与其相配零部件或机构件之间的互换性。例如滚动轴承内圈的内径与传动轴的配合，外圈的外径与机座孔的配合。一般地，外互换用于厂外协作件的配合和使用中需要更换的零件及与标准件配合的零件。

通常，外互换采用完全互换，而内互换由于组成零件的精度要求较高，宜采用不完全互换。对于厂与厂间的协作件，即使是单件或小批量生产也应采用完全互换性，既省时间，也减少麻烦；对于厂内部生产的零部件或机构的装配应采用不完全互换性的方式进行。具体采用哪种互换，应根据产品精度要求、复杂程度、工装设备、技术水平、使用要求等因素，综合考虑设计确定。

1.2 标准化与优先数系

在机械制造业中生产规模大、分工细、协作单位多、互换性要求高是现代工业生产的主要特点。如何使各个生产厂满足这些特点，使分散的、局部的生产部门和生产环节很好地衔接，协调一致，保持技术统一，成为一个有机的整体来实现互换性生产呢？标准和标准化正是联系这种关系的主要途径和手段。实行标准化是互换性生产的基础。标准和标准化与互换性之间有着不可分割的关系。

1.2.1 标准与标准化

1. 标准与标准化的概念

标准是对重复性事物（如产品、零部件）和概念（术语、规则、方法、符号、量值、计算公式）所做的统一规定。它的制订是以科学技术和实践经验的综合成果为基础，经有关部门协商一致，由主管机构批准，并以特定形式颁布，作为共同遵守的准则和依据。标准一经颁布，就是技术法规，具有法制性，不允许随意修改和拒不执行。

标准化是指在经济、技术、科学及管理等社会实践中，对重复性事物和概念，通过制定、发布和实施标准，达到统一，以获得最佳秩序和社会效益。标准化工作包括制定和修订标准、颁布标准、组织实施标准和对标准的实施进行监督的全部活动过程。这个过程是不断循环而又不断提高其水平的过程。

2. 标准的制定和分类

标准的种类繁多，分类不甚相同。按其性质，标准可分为技术标准和管理标准。技术标准又可分为基础标准、产品标准、方法标准、安全标准、卫生标准、环境保护标准。管理标准又可分为生产组织标准、经济管理标准和服务标准。

我国标准按照使用范围分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准四个层次。

(1) 国家标准（简称国标，用符号 GB 表示）。它是针对全国技术、经济发展有重大意义或影响又必须在全国范围内统一的标准。如：要在全中国范围内统一的名词术语、基础标

准, 基本原材料、重要产品标准, 基础互换性标准, 通用零部件和通用产品的标准等。

(2) 行业标准 (部颁标准)。它主要是针对还没有国家标准, 而又需要在全国某行业范围内统一的标准。如机械行业标准 (JB)、石油天然气行业标准 (SY)、轻工行业标准 (QB)、黑色冶金行业标准 (YB) 等。一旦有了国家标准, 该项行业标准即行废止。

(3) 地方标准用符号 DB 表示。它是针对各省、自治区、直辖市范围内统一制定的各种技术经济规定。

(4) 企业标准用符号 QB 表示。它是针对企业生产的产品, 在未制定国家标准、行业标准的情况下, 应制定企业标准作为组织生产的依据。通常鼓励企业标准严于国家标准或行业标准, 以提高企业的产品质量。

从世界范围看, 标准可分为国际标准、区域标准、国家标准、行业标准、地方标准、企业标准六级。

制定了标准, 并得到正确的贯彻实施, 就可以保证产品的质量, 缩短生产周期, 便于开发新产品和进行厂际协作配套, 发展社会主义的市场经济。

标准化是组织现代化大生产的一个重要手段, 是实现专业化协作生产的必要前提; 标准化是发展贸易, 提高产品在国际市场竞争能力的技术保证, 是实现互换性生产的基础, 是科学管理的重要组成部分, 同时也是联系产品设计、生产流通和使用等方面的纽带。

3. 标准化的发展及意义

标准化的发展是随着工业的兴起而发展的, 它是社会生产劳动的产物。随着生产的发展, 国际间的交流也越来越频繁, 因而出现了地域性和国际性的标准化组织。1926 年成立了国际标准化协会 (简称 ISA)。直到第二次世界大战结束以后, 1947 年 2 月国际标准化协会重新组建, 改名为国际标准化组织 (简称 ISO), 其主要活动是负责制定国际标准、协调世界范围内的标准化工作与传播交流信息, 与其他国际组织合作, 共同研究相关问题。现在这个世界上最大的标准化组织已成为联合国甲级咨询机构。

我国的标准化工作是在新中国成立以后开始的, 随着社会主义建设的不断发展, 标准化才显得重要起来。1958 年, 我国发布了第一批 120 项国家标准, 几十年来, 已制定并发布 2 万多项国家标准。1978 年, 我国恢复为 ISO 成员国。所以制订和修订的标准一般都采用 ISO 相应标准中的原则和内容。在互换性方面, 我国从 1959 年开始, 陆续制定并发布了公差与配合、形状和位置公差、公差原则, 表面粗糙度、普通螺纹、平键、矩形花键、渐开线圆柱齿轮精度等一系列标准。随着生产的不断发展, 从 20 世纪 80 年代开始, 参照国际标准, 我国对原有的互换性标准进行了较大范围的修订, 以国际标准为基础制定新的互换性标准。这些标准是机械制造业中进行产品设计、工艺制定、组织生产以及产品质量检验的重要依据, 其应用广泛, 影响深远。

1.2.2 优先数系和优先数

在进行机械产品设计和制定标准的过程中, 产品的性能参数、尺寸规格参数等都要通过数值表达。而产品的数值就会按照一定的规律向其有关的制品和材料中的有系数扩散传播。例如, 复印机的规格和复印纸的尺寸有关, 复印纸的尺寸则取决于书刊杂志的尺寸, 而复印机的尺寸影响造纸机械的尺寸。又如, 设计一减速器的箱体的螺孔, 其尺寸会扩散传播

出螺栓尺寸、加工螺孔和螺栓的刀具（钻头、丝锥、板牙）尺寸、检验螺孔螺栓的量具尺寸等。甚至连与之相关的垫圈，箱盖上的通孔等尺寸也随之而定。由此可见，工程技术中的参数数值相互关联、不断传播，造成尺寸规格的繁杂，牵涉到许多部门和领域。因此技术参数数值的选取不可随意，应该在一个理想的、统一的数系中选择。生产实践表明，采用优先数系和优先数，可以对产品的技术参数进行合理的简化和分级。

1. 优先数系

为了满足我国工业生产的需要，国家标准（GB/T 321—2005）《优先数和优先数系》规定十进制等比数列为优先数系，并规定了五个优先数系，分别用符号 R5、R10、R20、R40、和 R80 表示，称为 Rr 系列，公比 $q_r = \sqrt[r]{10}$ 。其中，R5、R10、R20、R40 四个数系为基本系列，R80 为补充系列，仅在参数分级很细，基本系列不能适应实际需要时，才考虑采用。

优先数系的公比为：当 $r=5$ 时，优先数系为 R5，其公比 $q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.6$ ，

当 $r=10$ 时，优先数系为 R10，其公比 $q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.25$ ，

当 $r=20$ 时，优先数系为 R20，其公比 $q_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.12$ ，

当 $r=40$ 时，优先数系为 R40，其公比 $q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.06$ ，

当 $r=80$ 时，优先数系为 R80，其公比 $q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.03$ 。

优先数系是十进等比数列，其中包含 10 的所有整数幂（ $\cdots 0.1, 1, 10, 100, 1\,000 \cdots$ ）。只要知道一个十进段内的优先数值，其他十进段内的优先数值就可通过乘以或除以 10 的倍数而获得。这样，对简化工程计算有利。

优先数系基本系列的优先数的常用数值见表 1-1，优先数系补充系列的数值见表 1-2。

表 1-1 优先数系基本系列的优先数的常用数值

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

表 1-2 优先数系补充系列 R80 的数值

1.00	1.03	1.06	1.09	1.12	1.15	1.18	1.22	1.25	1.28	1.32	1.36	1.40	1.45	1.50
1.55	1.60	1.65	1.70	1.75	1.80	1.85	1.90	1.95	2.00	2.06	2.12	2.18	2.24	2.30
2.36	2.43	2.50	2.58	2.65	2.72	2.80	2.90	3.00	3.07	3.15	3.25	3.35	3.45	3.55
3.65	3.75	3.85	4.00	4.12	4.25	4.37	4.50	4.62	4.75	4.87	5.00	5.15	5.30	5.45
5.60	5.80	6.00	6.15	6.30	6.50	6.70	6.90	7.10	7.30	7.50	7.75	8.00	8.25	8.50
8.75	9.00	9.25	9.50	9.75										

2. 优先数

优先数系的五个系列中任一项值均称优先数,其理论值大多数为无理数,实际应用时要加以圆整。在产品设计时对主要尺寸和参数必须采用优先数。通常,机械产品的主要参数按 R5 和 R10 系列取值;专用工具的主要尺寸按 R10 系列取值;通用零件和工具及通用型材的尺寸等按 R20 系列取值。

为了使优先数系在应用中更能适应生产的需要,优先数系还有派生系列和复合系列。前者指从 R_r 系列中,每 p 项取一项值构成新的系列,如 R10/3 系列,即在 R10 系列中按每隔 3 项取一项的数列,其公比为 $R10/3 = (\sqrt[10]{10})^3 = 2$,如 1、2、4、8...; 1.25、2.5、5、10...等。后者是指由若干等比系列混合构成的多公比系列,如 10、16、25、35.5、50、71、100、125、160 数列,分别由 R5、R20/3 和 R10 三种系列构成的混合系列。例如,在表面粗糙度标准中规定的取样长度分段就是采用 R10 系列的派生数系 R10/5,即 0.08、0.25、0.8、2.5、8.0、25。

3. 优先数系的应用

优先数和优先数系是工程上对技术参数予以简化、协调、统一的一种科学的数值制度,它适合各种数值的分级,也是国际上统一的数值分级制度。优先数系分档合理,简单易记,有利于简化统一,便于插入和延伸,计算方便,应用广泛。对保证各种工业产品的品种、规格,经济而合理地满足用户的各种要求,具有重大的作用。

选用优先数系的基本系列时应遵循的规则是先疏后密。也就是应当按照 R5、R10、R20、R40 的顺序,优先选用公比较大的基本系列,以减少太多的规格。当基本系列不能满足分级要求时,可选用派生系列,也应优先选用公比较大和延伸项含有项值 1 的派生系列。

1.3 技术测量及其发展

1.3.1 几何量检测的重要性

几何量的检测是实现互换性必不可少的重要措施。按照公差标准进行正确的精度设计,只是实现互换性的前提条件。要想把设计要求转换为现实,除了选用合适的加工设备和加工方法外,还必须要进行测量和检验,要按照公差标准和检测技术要求对零部件的几何量进行检测,使那些不符合公差要求的产品作为不合格品而被淘汰,才能保证零部件的互换性。所以,检测工作是组织互换生产必不可少和非常重要的环节。没有检测,互换性生产就得不到保证,公差要求也变成了空洞的设想。实际上,任何一项公差要求都要有相应的检测手段相配合,即规定公差和进行检测,是保证机械产品质量和实现互换性生产的两个必不可少的条件。

当然检测的目的不仅仅在于判断产品合格与否,还可以根据检测的结果,分析产生废品的原因,以便采取措施积极预防,减少和防止产生废品,提高经济效益。

1.3.2 技术测量的发展概况

几何量检测在我国悠久的历史上,很早就有记载。早在商朝,我国就有了象牙制成的尺,秦朝就已经统一了度量衡制度,西汉已有了铜制卡尺。但由于长期的封建统治,使得科学技术未能进一步发展,检测技术和计量器具一直处于落后状态。新中国成立后,政府十分

重视检测技术的发展。大力建设和加强计量制度,1959年成立了国家计量局,先后颁布了《中华人民共和国计量管理条例》、《中华人民共和国计量法》等。健全了统一的量值传递系统,保证了全国计量单位的统一,也促进了产品质量的提高。同时,在计量科学研究和计量管理方面,国家投入大量的人力和物力,成立了完整的计量研究、制造、管理、鉴定、测量体系,并取得了令人瞩目的成绩。

我国的计量器具制造业也有了较大的发展。随着科技和工业生产的发展,现在我国已拥有了一批骨干计量仪器制造厂家,生产了许多品种的计量仪器应用于几何量的测量工作,如万能工具显微镜、干涉显微镜、三坐标测量仪、齿轮单啮仪、电动轮廓仪、接触式干涉仪、双管显微镜、立式光学比较仪等仪器。经过几十年的努力,我国生产研制的部分计量仪器已达到世界先进水平,如激光光电比长仪、激光丝杠动态检查仪、三坐标测量仪、无导轨大长度测量仪等。测量和检测技术的发展不仅促进了机械制造业的发展,也更好地促进了我国社会主义现代化建设和科学技术的发展。

1.4 本课程的性质与主要任务

本课程是机械类各专业的一门重要技术基础课程,是学习过程中联系机械设计课程与机械制造工艺课程的纽带,是从基础课学习过渡到专业课学习的桥梁。本课程的任务主要包括精度设计与几何量检测两部分内容。

设计任何机器设备,除了运动分析、结构设计、强度和刚度的计算以外,还有精度设计。机器的精度直接影响其工作性能、振动、噪声、寿命和可靠性。进行机器精度设计时,应处理好产品的使用要求与制造成本的矛盾,解决方法是要给出合理的公差,将各种误差(尺寸误差、形状误差、位置误差等)限定在一定的范围之内。机器零件加工后是否符合精度要求,只有通过检测才知道。所以,检测是精度要求的技术保证。

学生学习本课程时,应具有一定的理论知识和生产实践知识。能够看懂简单的图纸,懂得图样的标注方法;了解机械加工的一般知识,并熟悉常用的机构原理。通过本课程的学习,应使学生获得工程技术人员必须具备有关精度设计和几何量检测的基础理论知识与基本技能,为后续课程的学习和以后工作打下良好的基础。



思考题与习题

- 1.1 试述互换性的含义及作用,并列举互换性的应用实例。
- 1.2 互换性与装配性有什么不同?
- 1.3 完全互换性和不完全互换性有什么不同?试举例说明。
- 1.4 什么是标准、标准化?它们有何作用?标准化与互换性生产有什么联系?
- 1.5 为什么要制定《优先数和优先数系》国家标准?我国国家标准中规定的优先数系有哪些?
- 1.6 几何量检测的目的与作用是什么?

第2章

技术测量基础

本章重点：度量指标；测量误差和处理。

本章难点：测量误差与数据处理。

2.1 技术测量的基本概念

测量是人类认识和改造客观世界的重要手段之一，通过测量，人们对客观事物获得了数量上的概念，做到了“心中有数”。

在机械制造业中，为了保证机械产品的互换性和精度，需要对加工后的零件进行几何量的测量或检验，以判断它们是否符合技术要求。在测量或检验过程中，如何保证计量单位的统一和测量数据的准确是测量中的一个十分重要的问题。为获得被测几何量的可靠测量结果，还应正确选择测量方法和测量器具，研究测量误差和测量数据的处理方法。

在机械制造业中所说的技术测量或精密测量主要是指几何量的测量，即长度、角度、表面粗糙度和形位误差等的测量。测量结果的精确与否直接影响机械零部件的互换性，因此，测量在互换性生产中十分重要，它是保证机械零部件具有互换性必不可少的重要措施和手段。

2.1.1 测量的定义

什么是测量？在机械制造业中，产品是否合格，这就需要通过测量或检验。

测量就是将被测几何量与具有计量单位的标准量在数值上进行比较，从而确定两者比值大小的实验过程。假设 L 为被测几何量值， E 为采用的计量单位，那么它们的比值为

$$q = L/E \quad (2-1)$$

式中 q ——比值；

L ——被测几何量；

E ——计量单位。

从式 (2-1) 可知，在被测几何量值 L 一定时，比值 q 的大小完全决定于所采用的计量单位 E ，且成反比关系。同时，计量单位的选择取决于被测几何量值所要求的精确程度，

这样经比较而确定的被测几何量值为

$$L = qE \quad (2-2)$$

式(2-2)称为基本测量方程式。

此式表明,任何被测几何量值都由其被测量的数值和所采用的计量单位等两部分组成。例如,一被测几何量值 $L = 80 \text{ mm}$ 。这里 mm 是计量单位,数值 80 则是以毫米为计量单位时该被测量的数值。

由基本测量方程式可知,任何一个测量过程必须有明确的被测对象和所采用的计量单位,有与被测对象相适应的测量方法,测量结果应该达到必需的测量精度。

显然,一个完整的测量过程应包括被测对象、计量单位、测量方法、测量精度四个因素。

2.1.2 测量过程四要素

1. 被测对象

被测对象是指几何量,包括长度、角度、表面粗糙度、形状和位置误差等。

2. 计量单位

我国法定计量单位中,长度单位是米(m)为基本计量单位,机械制造业中常用单位有毫米(mm)、微米(μm)和纳米(nm);角度单位是弧度(rad)和度($^\circ$)、分(')、秒(")。

3. 测量方法

测量方法是指测量时所采用的测量原理、计量器具和测量条件的总合。

4. 测量精度

测量精度是指测量结果与真值的一致程度。与测量精度相反的是测量误差。实际测量结果与真值之间总是存在着差异,任何测量过程不可避免地会出现测量误差。测量误差小,测量精度就高;相反,测量误差大,测量精度就低。

测量时必须将测量误差控制在允许限度内,以保证测量精度;同时要正确选择测量方法,以保证测量效率,做到经济合理。

2.2 长度单位与量值传递

2.2.1 长度单位与尺寸传递系统

为保证测量的准确性,必须规定一个统一可靠的计量标准,即长度计量单位。我国在采用先进的国际单位制的基础上,进一步统一了我国的计量单位,并规定在法定计量单位制中,长度的基本单位为米。

国际上统一使用的长度基准是米,1983年10月第17届国际计量大会的决议,规定米的定义为:“米是光在真空中于 $1/299\,792\,458 \text{ s}$ 时间间隔内行程的长度。”采用辐射线的波长作为长度基准具有极好的稳定性和复现性。1985年,我国用自己研制的碘吸收稳定的 $0.633 \mu\text{m}$ 氦氖激光辐射作为波长标准来复现“米”的定义。显然这个长度基准无法直接用于实际生产中的尺寸测量。为了将基准的量值传递到实体计量器具和产品工件上去,就需要有一个统一的量值传递系统,即将米的定义长度一级一级地传递到生产中使用的各种计量器

备的检定与调整,有时也直接用于工件的测量。

1. 量块的形状与特点

量块是没有刻度、截面为矩形的平面平行端面量具,采用特殊合金钢(一般用铬锰钢)或能被精加工成容易研合表面的其他材料制成。量块的形状有长方体和圆柱体两种,常用的是长方形六面体,如图2-4所示。它有两个相对且平行的研磨十分光滑的平面,具有线膨胀系数小、不易变形、耐磨性能好、工作表面粗糙度值小、研合性好等特点。

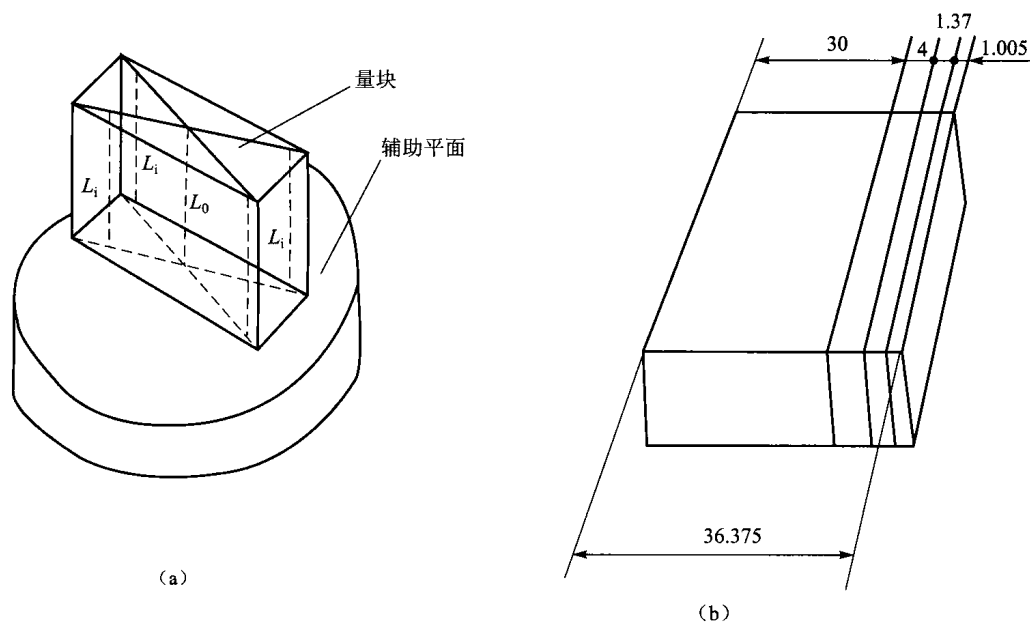


图2-4 量块

(a) 量块标称长度; (b) 量块组合使用

2. 量块的尺寸

量块上有两个平行的测量面和四个非测量面,测量面既光滑平整,又具有研磨性,尺寸精确。量块上测量面上的任何一点(距边缘0.5 mm的区域除外)到与下测量面相研合的辅助体(如平晶)表面之间的垂直距离,称为量块长度 L_i ;量块测量面上中心点到与下测量面之间的垂直距离,称为量块的中心长度 L_0 ;量块上标出的尺寸称为量块的标称长度。标称长度小于6 mm的量块,可在上测量面上作长度标记;尺寸大于6 mm的量块,有数字的平面的右侧面为其上测量面。

3. 量块的黏合性

由于量块的两个测量面精度高,十分光滑平整,如将一量块的工作表面沿着另一量块的工作表面滑动时,用手稍加压力,两量块便能黏合在一起。由于量块具有这样的黏合性,因此,可以用多个量块组成量块组,而构成所需要的尺寸,这样就为量块的成套生产创造了条件。

4. 量块的精度等级

为满足各种不同的应用场合,国家标准对量块规定了若干精度等级。按GB/T 6093—2001的规定,量块按制造精度分为5级,即0、1、2、3和K级,其中0级精度最高,3级