



21世纪高职高专机电类系列规划教材

互换性与测量技术

主 编：黎 传 袁 斌

副主编：张栋梁 纪玫科 覃莉莉

主 审：黄 诚

华南理工大学出版社



21世纪高职高专机电类系列规划教材

互换性与测量技术

主 编：黎 传 袁 斌

副主编：张栋梁 纪玫科 覃莉莉

主 审：黄 诚

江苏工业学院图书馆
藏书章

华南理工大学出版社

· 广州 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

互换性与测量技术/黎传, 袁斌主编. —广州: 华南理工大学出版社, 2008.8
(21 世纪高职高专机电类系列规划教材)
ISBN 978 - 7 - 5623 - 2838 - 4

I. 机… II. ①黎… ②袁… III. ①零部件-互换性-高等学校: 技术学校-教材 ②零部件-测量-技术-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 130242 号

总发行: 华南理工大学出版社 (广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)
营销部电话: 020-22236386 87113487 87110964 87111048 (传真)
E-mail: z2cb@scut.edu.cn http: //www.scutpress.com.cn

责任编辑: 吴兆强

印刷者: 广州市穗彩彩印厂

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 11.75 字数: 301 千

版次: 2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷

印数: 1~3 000 册

定价: 22.00 元

版权所有 盗版必究

“21 世纪高职高专机电类系列规划教材”（第 2 批）

编写委员会

顾问：刘友和（原中南金工研究会和广东金工研究会理事长、教授）

主任：梁建和（广西水利电力职业技术学院）

副主任：刘孝民（桂林航天工业高等专科学校）

范家巧（华南理工大学）

徐永礼（广西水利电力职业技术学院）

编委（按姓氏笔画排序）：

韦宏思（柳州运输职业技术学院）

韦余苹（桂林工学院南宁分院）

韦胜东（河池职业学院）

田佩林（南宁职业技术学院）

卢勇威（广西职业技术学院）

朱上秀（桂林工学院南宁分院）

张海燕（广西电力职业技术学院）

张群生（广西机电职业技术学院）

罗建（柳州运输职业技术学院）

诸小丽（南宁职业技术学院）

黄卫萍（广西农业职业技术学院）

黄诚（广西机电职业技术学院）

谢文明（广西工业职业技术学院）

曹坚（广西工业职业技术学院）

谭琦耀（河池职业学院）

潘宜玲（华南理工大学）

总策划：范家巧 潘宜玲

执行策划：毛润政 吴兆强

序

当前,我国的高职高专教育正处于一个高速而全新的发展时期,对高职高专教育的研究和探讨也处在一个积极探索和发展的阶段。作为高职高专教育中的重要一环的高职高专教材,同样需要我们认真对待和仔细研究。

高职高专教材的编写,应在保证一定的理论教学的基础上,更主要的是注重培养学生的实际操作能力,为社会培养出合格的技能型人才。但是,目前我国各个高职高专院校之间的教学条件、教学水平等的发展均不平衡,在教材的编写过程中,如何既考虑学科的前瞻性,同时又兼顾各个学校发展水平不一的现实情况,是每一位参编者必须首先思考的问题。

“21 世纪高职高专机电类系列规划教材”是由华南理工大学出版社组织策划、广西 10 余所高职高专院校合作编写的一套丛书。第 1 批教材由《金工实训》、《机械制造基础》、《机械设计基础》、《机械制图与 CAD》(分机械类与非机械类)、《机械制图与 CAD 习题集》(分机械类与非机械类)、《数控技术》共 8 本教材组成,已于 2006 年 8 月全部出版,出版后反响较大,并经反复修订和重印,于 2007 年荣获“中国大学版协中南地区优秀教材一等奖”。本次计划出版该系列教材的第 2 批,共 11 种,包括:《液压传动与气动》、《机械制造技术》、《电子技术应用基础》、《电工技术》、《PRO/E 实训指导》、《模具制造工艺》、《工程力学》、《金属材料及热处理》、《机械设计基础课程设计指导》、《互换性与测量基础》、《机械基础》(非机类)。以后还将根据参编院校的教学需要,相应地推出本系列教材的第 3 批,以期能把该系列教材编写成品种比较齐全、内容比较先进、定位比较符合高职高专院校当前实际教学需要的系列教材。

为了出版好“21 世纪高职高专机电类系列规划教材”,华南理工大学出版社做了大量的前期组织准备工作,他们首先邀请了各个参编院校中富有机电方面教学经验且负责机电类教学管理的专家、学者担任本系列教材的编委,多次召开编委会会议,就教材内容的定位、写作的要求、参编人员的组成、主编的落实等事项进行了具体而细致的商讨;然后,在各位编委的组织、发动下,召开了各书的主编会议和有全体参编人员参加的出版研讨会,专门讨论每种教材的写作大纲。参加出版研讨会的作者,均为从事高职高专教学工作多年的老师,他们熟知高职高专的教学现状,对未来高职高专的发展方向有比较深刻的研究和探讨。

在编写本系列教材的过程中,全体参编人员按照“求同存异、注重实操、切合实际”的编写原则,以高度负责的态度对待教材的出版工作。我相信,天道酬勤,经过出版社的精心策划,经过广大作者的辛勤劳动,该套教材应该会成为一套比较理想的、符合目前我国高职高专教学实际的教材。该套教材的出版,对推动我国特别是广西地区高职高专机电类的教学改革肯定会有好处。

和其他科学技术一样,机电技术的发展也相当之快。作为新世纪的教材,自然应反映新世纪中本门学科的面貌和发展趋势,这一点在这套教材中基本上做到了。

一个世纪有 100 年,在科技日新月异的年代,100 年的变化将会是非常巨大的。所以,这套教材自然也会动态地不断向前发展。我们希望这套教材在今后的具体实践检验中,不断完善,不断发展,成为一套富有生命力和发展前途的教材。

近年来,中南地区金工界的研究活动比较活跃,2005 年第 2 届中南 6 省和港澳特区大学生创新设计与制造大赛在南宁广西大学举行时,吸引了来自中南 6 省和港澳特区乃至其他大区的兄弟院校的众多学生和教师参加,盛况空前。2007 年第 3 届中南 6 省和港澳特区大学生创新设计与制造大赛又在广东韶关成功举行,更多的院校师生参与其中。我们期望通过这套丛书的出版,会有助于鼓励更多的师生投身下届大赛。

由于我国的高职高专教育正处于探索和发展阶段,机电学科也将随着时代的进步不断发展,本套教材肯定还存在一些疏漏和不足。参与本系列教材的所有编审人员,将秉承与时俱进的精神,迎合我国高职高专发展的趋势,充分把握学科发展的最新动态,不断修订和完善本系列教材。同时,我们也衷心希望使用本套教材的同仁们能不吝赐教,更欢迎加入到本系列教材第 3 批的出版或修订再版的作者队伍中来,共同促进我国高职高专机电人才培养事业的发展。

衷心祝愿这套丛书出版成功。

原中南金工研究会理事长、教授 刘友和

2008.5 于广州

序

二

“21 世纪高职高专机电类系列规划教材”在第 1 批教材出版 2 年后，第 2 批教材又要出版了。这一批教材是在全国推进高职院校“211”工程取得阶段性成果的时机问世的。

2006 年至今，全国推出了两批共 70 所国家级示范性高职院校，广西也推出了 2 所国家级、4 所自治区级示范性高职院校，这些示范性高职院校的推出和建设，给其他高职院校的建设和发展指明了方向。示范性高职院校建设的一个重要内容是教学改革，其核心是课程改革，指导思想来自教育部 2006 年 16 号文，也就是“工学结合”。要贯彻 16 号文的精神，课程改革的总方向就是将由原来的本科压缩而来的准学科型教学模式改为能力培养型教学模式，课程改革的总方向是基于工作过程导向进行课程开发的。但是，目前此项工作只是在示范性高职院校中进行试验，虽然已显现出巨大的威力，但也存在运行占用教学资源多、成本高，对师资队伍的要求偏高等明显缺点。因此，作为广西高职教育的骨干院校，既不宜贸然跟进也不能无动于衷，必须密切关注并随时做好跟进的准备。只有这样，才能在示范性高职院校基于工作过程导向的课程改革获得成功之时，从容跟进，保证高职教育的质量和学院的稳步发展。

为此，我们在启动“21 世纪高职高专机电类系列规划教材”第 2 批教材的出版工作时，编委会进行了充分的讨论，决定以“行为导向教学法”作为本批教材的统一要求。具体说来，就是要把近几年的教学改革成果融入教材，要根据高职生源的特点和职业教育的认知规律去组织教学内容，并通过本批教材的合作编写，将广西高职高专各骨干院校的教学改革进程拉近，达到共同进步的目的。

为了更好地贯彻编委会的要求，在具体分工编写之前，分别组织召开了主编工作研讨会和全体编审人员参加的教材建设研讨会。通过这两次研讨会，使全体编审人员基本明白了基于“行为导向教学法”组织教学内容的方法。大家都认识到：行为导向教学法以职业活动为导向，以提高人的职业能力为核心，手脑并用，行知结合，适应能力本位的教育方向。行为导向教学法能使职业教育更适应我国经济发展对高技能人才的需要，适应新形势发展的需要，适应职业教育的特点和条件。

这两次研讨会对本批系列教材的具体要求是：

1. 符合高等职业教育的教学目标和特点,以能力为本位,以应用为目的,理论以必需、够用为度。力求精练明了和通俗易懂,注重对学生基本技能的训练和综合分析能力的培养,避免繁琐抽象的公式推导和冗长的过程叙述。

2. 因材施教,符合高等应用性专门人才的认识规律。我国高职入学学生的主体是高考成绩居于中间段的考生,他们具有思想活跃、参与热情高、社会活动能力强的优势,他们存在的主要问题是学习目标不明确、学习动力不足、稳定性差、缺乏创新精神和自我调控能力。

3. 以工学结合为核心,以融入行为导向教学法为载体,以“用感性引导理性,从实践导入理论,从形象过渡到抽象,从整体到细节”的认识规律为主线,以开发智力和调动学习积极性为目的,以添加案例和实验实训项目为手段,形成理论、设计计算、实验实训一体化教材。

本批教材能统一在工学结合和行为导向上来,具备“寓基础于应用中,寓理论于实践中,寓枯燥于兴趣中”的特点。虽然,教学改革是从教育目标、教学目标、教学方法、课程体系等一系列的改革才到教材改革。但是,我们应该看到,高职高专的师资队伍年轻化较为突出,不同程度地存在照本宣科的现象。因此,第2批“21世纪高职高专机电类系列规划教材”的出版发行,一方面解决了各高职高专院校急需相关教材的燃眉之急;另一方面对我区乃至全国的高职高专教育教学改革将起到积极的推动作用。在该批教材即将问世之际,我们期待着第3批有更多更具高职特色的教材出版发行,用优秀的教材将广西的高职高专教学改革推向全国前列。

21 世纪高职高专机电类系列规划教材(第2批)编委会主任 梁建和

2008.7

前言

“互换性与测量技术”是高职高专院校机械类、近机类各专业必修的一门专业技术基础课程。本书是“21 世纪高职高专机电类系列规划教材”之一，主要针对高职高专学生的实际情况，以项目形式讲授公差配合与互换性原理，介绍常用测量器具的测量方法，旨在让学生在逐步解决实际问题的过程中，更好地理解课程中的基本概念，掌握所学的基本知识，并能结合实际提高分析问题和解决问题的能力。

本书共分八个项目，包括测量技术基础，尺寸公差与圆柱结合的互换性，形状和位置公差及检测，表面粗糙度，滚动轴承的互换性，光滑工件尺寸的检测，螺纹、键、花键、圆锥结合的公差配合及检测和圆柱齿轮的互换性及检测。各项目均通过大量例子讲述重点内容的基本要点及其应用。本书还以实训形式讲授常用的测量方法和操作要点，每个项目后面附有复习思考题。通过本课程的学习，可以培养学生具有使用各种常用量具对机械产品进行尺寸检测的能力。

本教材中所涉及的各项技术标准及专业名词术语，均采用最新的国家标准。教学参考学时数为 32 学时。

本教材项目一和项目七由桂林航天工业高等专科学校黎传编写，项目三由张栋梁编写，项目六由赵耐丽编写；项目八由桂林工学院南宁分院袁斌编写；项目四和项目五由广西电力职业技术学院纪政科编写；项目二由柳州运输职业技术学院覃莉莉编写。黎传担任本书的第一主编并最后统稿，全书由南宁机电职业技术学院黄诚主审。本书在编写过程中得到华南理工大学出版社的大力支持和帮助，并参考了有关老师提出的宝贵意见，在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限，本教材依然有很多不足之处，欢迎各位读者批评指正。

编者
2008 年 6 月

目 录

项目一 测量技术基础	(1)
1.1 教学目标与学习指导	(1)
1.2 互换性与公差	(1)
1.3 优先数与优先数系	(2)
1.4 测量技术基础	(3)
1.5 测量仪器与测量方法	(5)
1.6 测量误差产生的原因及其减少措施	(10)
1.7 实训:游标卡尺的使用	(11)
思考题	(15)
项目二 尺寸公差与圆柱结合的互换性	(16)
2.1 教学目标与学习指导	(16)
2.2 极限与配合的常用词汇	(16)
2.3 标准公差系列	(21)
2.4 基本偏差系列	(23)
2.5 一般、常用和优先使用的公差带与配合的标准化	(30)
2.6 公差与配合的选用	(32)
2.7 大、小尺寸段的公差与配合	(41)
2.8 一般公差、线性尺寸的未注公差	(41)
2.9 实训:用内径百分表测量孔径	(42)
思考题	(43)
项目三 形状和位置公差及检测	(45)
3.1 教学目标与学习指导	(45)
3.2 概述	(45)
3.3 形状公差	(47)
3.4 位置公差	(49)
3.5 公差原则	(62)
3.6 形位公差的选择	(70)
3.7 形位误差的检测	(74)
3.8 实训:箱体类零件位置误差的测量	(83)
思考题	(86)

项目四 表面粗糙度	(88)
4.1 教学目标与学习指导	(88)
4.2 表面粗糙度评定参数及其数值	(88)
4.3 表面粗糙度的选择及标注	(94)
4.4 实训:用光切显微镜测量表面粗糙度	(102)
思考题	(103)
项目五 滚动轴承的互换性	(104)
5.1 教学目标与学习指导	(104)
5.2 滚动轴承的精度等级及应用	(104)
5.3 滚动轴承内、外径公差带及其特点	(105)
5.4 滚动轴承与轴和壳体孔的配合及选用	(106)
思考题	(111)
项目六 光滑工件尺寸的检测	(112)
6.1 教学目标与学习指导	(112)
6.2 用通用计量器具测量工件	(112)
6.3 用光滑极限量规检测工件	(117)
6.4 实训:用立式光学计测量光滑极限量规	(123)
思考题	(125)
项目七 螺纹、键、花键、圆锥结合的公差配合及检测	(127)
7.1 教学目标与学习指导	(127)
7.2 螺纹结合的公差配合	(127)
7.3 键和花键结合的公差配合	(135)
7.4 圆锥的公差配合	(140)
7.5 实训 1:用三针法测量螺纹的单一中径	(144)
7.6 实训 2:用正弦规测量圆锥误差	(145)
思考题	(147)
项目八 圆柱齿轮的互换性及检测	(148)
8.1 教学目标与学习指导	(148)
8.2 概述	(148)
8.3 齿轮加工误差及齿轮误差项目	(149)
8.4 齿轮副误差和检验项目	(160)
8.5 渐开线圆柱齿轮精度标准及应用	(162)
8.6 实训:直齿圆柱齿轮的综合测量	(173)
思考题	(174)
参考文献	(175)



项目一 测量技术基础

1.1 教学目标与学习指导

教学目标：本项目主要介绍互换性与公差的基本概念；优先数系的概念及数值分级的制度；常用的测量方法；测量误差产生的原因及其减少措施。

通过本项目的学习，要求读者掌握互换性的概念，了解互换性生产的特点、意义，了解标准化的意义，明确互换性与公差、标准化、检测之间的关系，掌握优先数系的概念及实质，了解几何量检测的意义，熟悉各种计量器具的分类和用途，掌握各种测量方法的特点，理解测量误差的概念、来源，掌握各种测量误差和数据处理的基本方法。

重点和难点：重点是有关互换性的概念、度量指标和测量误差；难点是优先数及优先数系的正确选用。

问题导入：通过观察机器的装配、维修等例子，引入互换性的概念，更换螺钉时为什么能轻松旋进？由常见机器的规格、主参数等引入优先数系的概念，普通卧式车床的转速是如何分级的？

1.2 互换性与公差

1.2.1 互换性与公差的概念

互换性是机械、仪器制造等机械工业生产中的一个重要原则，按此原则组织生产可以产生显著的经济效益和社会效益。互换性是指在装配机械产品时，同一规格的零件或部件中不经挑选或修配，随便取一个都能安装在机器上，并能够达到机器所要求的使用性能要求。例如，人们日常使用的汽车、摩托车、自行车、钟表等用品里的零件就是按照互换性原则来生产的，当需要维修更换其零件时，只要修理人员换上同规格的零件，就能恢复其使用性能。

机械制造、仪器仪表中的互换性，通常包括几何参数（如尺寸、形状）、机械性能（如强度、硬度、塑性）和理化性能（如材质的化学成分）等。本书只讨论几何参数的互换性。

所谓几何参数，主要包括尺寸大小、几何形状以及形面之间相互位置关系等。为了满足互换性的要求，最理想的是同规格的零部件，其几何参数都做得要完全一致，但在实践中是不可能做到的，也是没有必要的，实际上只要同规格的零部件的几何参数能保持在一定的变动范围内即可达到互换的目的。这个允许零部件几何参数的变化量就是“公差”。

零部件在几何参数方面的互换，体现为公差标准的完善，而公差标准又是机械工业的基础标准，它为机器的标准化、系列化、通用化奠定了基础，从而缩短了机器设计的周期，促进新产品的高速发展。

互换性按其互换程度，可以分为完全互换和不完全互换。完全互换是指零部件装配



时,不需要挑选、修配就可以满足装配要求。如螺栓、螺母、齿轮等标准件的装配就属于完全互换。不完全互换是指零部件装配前需要按实际尺寸大小分组,或需要进行加工调整才能达到装配要求。如铣床导轨与床鞍之间的装配就属于不完全互换。

对于标准件来说,互换性还可以分为内互换和外互换。构成标准部件的零件之间的互换称为内互换,标准部件与其他零部件之间的互换称为外互换。例如,滚动轴承的外圈内滚道、内圈外滚道与滚动体之间的互换就是内互换;而外圈外径与机器壳体孔、内圈与轴颈的互换是外互换。

1.2.2 标准化

随着机械工业生产的发展,要求企业内部有统一的公差与配合标准,以扩大互换性生产的规模和控制机器备件供应。标准化是组织现代化大生产的重要手段,是实行科学管理的基础,也是对产品的基本要求之一。标准化的实施,可以使生产者获得最佳的社会、经济效益。标准化包括设计系列化和通用化两部分的内容。

我国于1955年由当时的第一机械工业部颁布了第一个公差与配合标准。1959年由国家科委正式颁布了《公差与配合》国家标准(GB159~174—1959),接着又陆续制定了各种结合件、传动件、表面粗糙度等标准。在20世纪90年代,国家又对原有的公差、配合标准进行部分修改。为了进一步和国际标准接轨,将原名为《公差与配合》的标准更名为《极限与配合》,并将修订后的标准用代号“GB/T”去替代“GB”以示区别。如《极限与配合 基础》(GB/T 1800.1—1996)、《一般公差 线性尺寸未注公差》(GB/T 1804—1992)、《形状和位置公差》(GB/T 1182—1996)、《表面粗糙度》(GB/T 1031—1985)等标准,更有利于我国的国际技术交流、合作和贸易。

随着计量测试仪器制造业的发展,我国已能生产如万能工具显微镜、万能渐开线检查仪、激光丝杠动态检查仪、三坐标测量机、齿轮整体误差检查仪等精密仪器,不但可以满足国内工业发展的需要,而且还出口到国际市场。

1.3 优先数与优先数系

在产品设计中,为了满足不同的要求,同一品种的某一参数需要从小到大取不同的值,从而形成不同规格的产品系列。这个系列的数值是采用一种科学的数值分级制度来分级的。优先数和优先数系是国际上统一的数值分级制度,是一种量纲为0的分级数系,适用于各种量值的分级。优先数系中的任一数值均称为优先数。优先数和优先数系是19世纪末由法国人Renard首先提出的,为了纪念Renard将优先数系称为Rr数系。

采用优先数系可以使工业生产部门以较少的产品品种和规格,经济合理地满足用户的各种各样的需要。可以使产品形成标准化、系列化,有利于产品的设计制造。如机床主轴转速、压力机的吨位、表面粗糙度参数等都采用某一优先数系来分级。

我国的数值分级国家标准(GB 321—1980)与国际标准相同,规定十进制等比数列为优先数系,并规定了优先数系的5个系列,即按5个公比形成的数系,分别用R5、R10、R20、R40、R80表示,其中前四个是基本系列,后一个是补充系列。等比数列的公比为 $q_r = \sqrt[r]{10}$,其含义是在同一等比数列中,每隔 r 项的末项和首项的比值等于10。国标中规定的5个优先数系的公比分别为:

R5 系列 公比 $q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.6$

R10 系列 公比 $q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.25$

R20 系列 公比 $q_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.12$

R40 系列 公比 $q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.06$

R80 系列 公比 $q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.03$

各系列项值从 1 开始, 可向大于 1 和小于 1 两边无限延伸, 每个十进区间 (1~10, 10~100, …, 1~0.1, 0.1~0.01, …) 各有 r 个优先数。表 1-1 是优先数基本系列。

表 1-1 优先数基本系列

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	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	10.0	10.0	10.0	10.0
			2.12				4.75				

此外, 根据生产的需要, 还有 R_r 的变形系列, 即派生系列和复合系列。派生系列是指从某数列中按一定项差取值所构成的系列。如 $R_{10/3}$ 系列, 是在 R_{10} 数列中按每隔 3 项取某一项的数列, 其公比为 $R_{10/3} = (\sqrt[10]{10})^3 = 2$ 。如 1, 2, 4, 8, …; 1.25, 2.5, 5, 10, …都属于该系列。复合系列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 这一系列, 就是由 R_5 , $R_{20/3}$, R_{10} 这三种系列构成的复合系列。

优先数系是一项重要的基础标准。一般机械产品的主要参数通常遵循 R_5 系列和 R_{10} 系列; 专用工具的主要尺寸遵循 R_{10} 系列; 通用型材、通用零件及工具的尺寸, 铸件的壁厚等遵循 R_{20} 系列。

1.4 测量技术基础

1.4.1 测量的基本概念

零件几何量需要通过测量或检验, 才能判断其合格与否。

测量就是以确定被测对象量值为目的的全部操作。是把被测量 L 与标准量 E 进行比

较, 确定比值 $q = L/E$, 最后获得被测量 L 的量值, 即 $L = qE$ 。例如, 几何量 $L = 100\text{mm}$, 这里的 mm 为长度单位, 数值 100 则是以 mm 为计量单位时该几何量的数值。

我国以国际单位制为基础制定了法定计量单位。根据规定, 在几何量测量中, 长度单位是米 (m), 角度单位是弧度 (rad)。其中, 在机械制造中常用的长度计量单位为毫米 (mm) 和微米 (μm), 角度计量单位为弧度 (rad)、微弧度 (μrad) 和度 ($^\circ$)、分 ($'$)、秒 ($''$)。

一个完整的几何量值的测量过程包括被测对象、计量单位、测量方法和测量精度 4 个要素。

1.4.2 量值传递

我国法定的长度单位是米, “米” 的定义处于一个发展和完善的过程中。1983 年第 17 界国际计量大会通过米的定义为 “光在真空中 $1/299\,792\,458$ 秒时间间隔内行程的长度”。为了使生产中使用的计量器具和工件的量值统一, 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工作计量器具上, 再用其测量工件尺寸, 从而保证量值

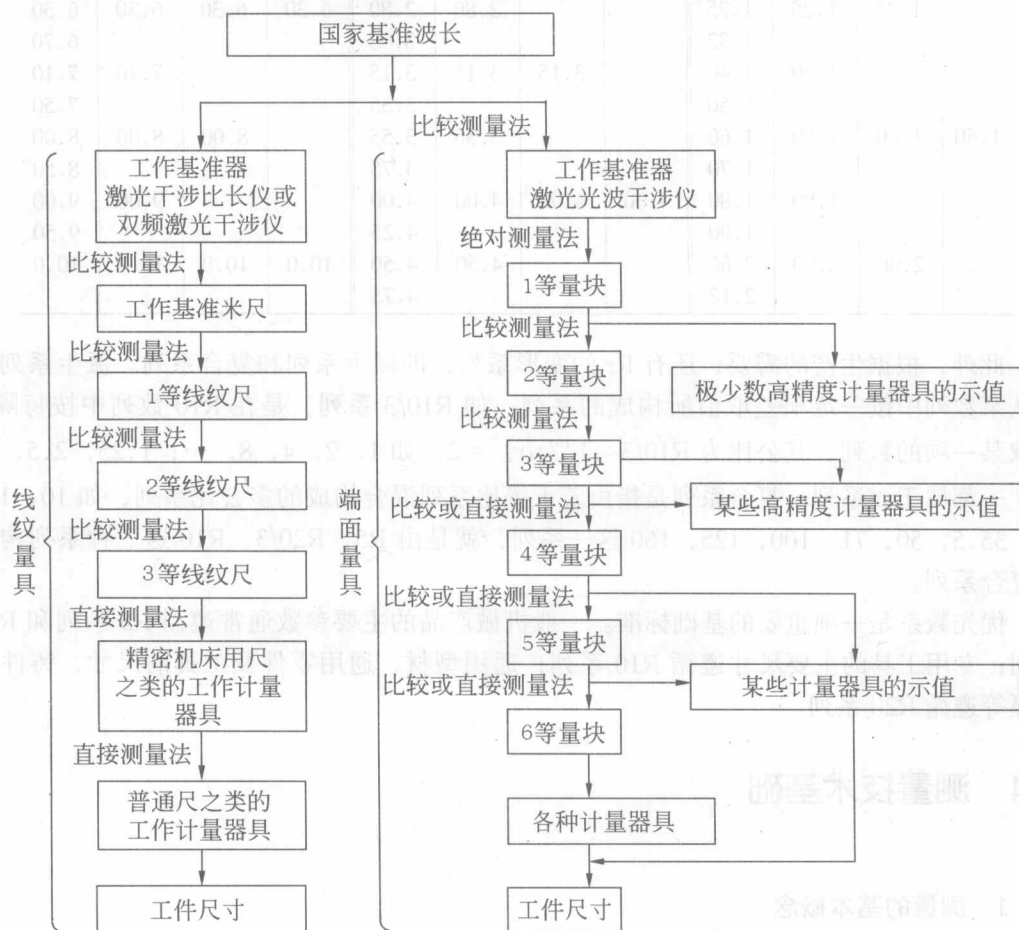


图 1-1 我国长度量值传递系统

的统一, 这就是量值传递系统。我国的长度量值传递系统如图 1-1 所示。

角度也是重要的几何量之一, 一个圆周定义为 360° , 角度不需要与长度一样建立自然基准。但在计量部门, 为了工作方便, 仍用多面棱体(棱形块)作为角度量值的基准。机械制造中的角度标准一般是角度量块、测角仪及分度头等。

多面棱体如图 1-2 所示, 有 4 面、6 面、8 面、12 面、24 面、36 面及 72 面等。以多面棱体作为角度基准的量值传递系统, 如图 1-3 所示。

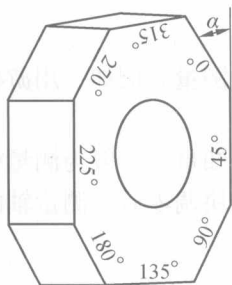


图 1-2 多面棱体

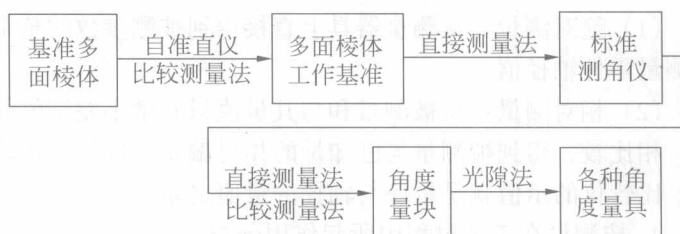


图 1-3 角度基准量值传递系统

1.5 测量仪器与测量方法

1.5.1 测量仪器的分类

测量仪器是一种具有固定形态、用以复现或提供一个或多个已知量值的器具。按用途的不同量具可分为以下几类：

(1) 单值量具：只能体现一个单一量值的量具。可用来校对和调整其他测量器具或作为标准量与被测量直接进行比较。如量块、角度量块等。

(2) 多值量具：可体现一组同类量值的量具。同样能校对和调整其他测量器具或作为标准量与被测量直接进行比较。如线纹尺、 90° 角尺等。

(3) 专用量具：专门用来检验某种特定参数的量具。常见的有：检验光滑圆柱孔或轴的光滑极限量规，判断内螺纹或外螺纹合格性的螺纹量规，判断复杂形状的表面轮廓合格性的检验样板，用模拟装配通过性来检验装配精度的功能量规等。

(4) 通用量具：我国习惯上将结构比较简单的测量仪器称为通用量具。如游标卡尺、外径千分尺、百分表等。

1.5.2 测量方法的分类

1. 按所测得的量(参数)是否为欲测之量分类

(1) 直接测量：从测量器具的读数装置上得到欲测之量的数值或对标准值的偏差。例如，用游标卡尺、外径千分尺测量外圆直径，用比较仪测量长度尺寸等。

(2) 间接测量：先测出与欲测之量有一定函数关系的相关量，然后按相应的函数关系式，求得欲测之量的测量结果。

2. 按被测件表面与测量器具测头是否有机接触分类

(1) 接触测量: 测量器具的测头与零件被测表面接触后有机作用力的测量。如用外径千分尺、游标卡尺测量零件等。为了保证接触的可靠性, 测量力是必要的, 但它可能使测量器具及被测件发生变形而产生测量误差, 还可能造成对零件被测表面质量的损坏。

(2) 非接触测量: 测量器具的感应元件与被测零件表面不直接接触, 因而不存在机械作用的测量力。属于非接触测量的仪器主要是利用光、气、电、磁等作为感应元件与被测件表面联系。如干涉显微镜、磁力测厚仪、气动量仪等。

3. 按测量结果的读数值不同分类

(1) 绝对测量: 从测量器具上直接得到被测参数的整个量值的测量。例如, 用游标卡尺测量零件轴径值。

(2) 相对测量: 将被测量和与其量值只有微小差别的同一种已知量(一般为测量标准量)相比较, 得到被测量与已知量的相对偏差。例如, 比较仪用量块调零后, 测量轴的直径, 比较仪的示值就是量块与轴径的量值之差。

4. 按测量在工艺过程中所起作用分类

(1) 主动测量: 在加工过程中进行的测量。其测量结果直接用来控制零件的加工过程, 决定是否继续加工或判断工艺过程是否正常、是否需要进行调整, 故能及时防止废品的发生, 所以又称为积极测量。

(2) 被动测量: 加工完成后进行的测量。其结果仅用于发现并剔除废品, 所以被动测量又称消极测量。

5. 按被测工件在测量时所处状态分类

(1) 静态测量: 测量时被测件表面与测量器具测头处于静止状态。例如, 用外径千分尺测量轴径、用齿距仪测量齿轮齿距等。

(2) 动态测量: 测量时被测零件表面与测量器具测头处于相对运动状态, 或测量过程是模拟零件在工作或加工时的运动状态, 它能反映生产过程中被测参数的变化过程。例如, 用激光比长仪测量精密线纹尺, 用电动轮廓仪测量表面粗糙度等。

6. 按零件上同时被测参数的多少分类

(1) 单项测量。单独地、彼此没有联系地测量零件的单项参数。如分别测量齿轮的齿厚、齿形、齿距等。这种方法一般用于量规的检定、工序间的测量, 或为了工艺分析、调整机床等目的。

(2) 综合测量。检测零件几个相关参数的综合效应或综合参数, 从而综合判断零件的合格性。例如齿轮运动误差的综合测量、用螺纹量规检验螺纹的作用中径等。综合测量一般用于终结检验, 其测量效率高, 能有效保证互换性, 在大批量生产中应用广泛。

7. 按测量中测量因素是否变化分类

(1) 等精度测量。在测量过程中, 决定测量精度的全部因素或条件不变。例如, 由同一个人, 用同一台仪器, 在同样的环境中, 以同样方法, 同样仔细地测量同一个量。在一般情况下, 为了简化测量结果的处理, 大都采用等精度测量。实际上, 绝对的等精度测量是做不到的。

(2) 不等精度测量。在测量过程中, 决定测量精度的全部因素或条件可能完全改变或部分改变。由于不等精度测量的数据处理比较麻烦, 因此一般用于重要的科研实验中的高