



“十三五”国家重点出版物出版规划项目
现代机械工程系精品教材
普通高等教育3D版机械类规划教材

3D版



Interchangeability and
Measurement Technology Foundation

互换性与测量技术基础

王长春 任秀华 李建春 © 等编著



 **机械工业出版社**
CHINA MACHINE PRESS



王长春

潍坊学院教授，机电教研室主任，长期从事机械制造及自动化学科的教学与科研工作。主编的《互换性与测量技术基础》《冲压工艺与模具设计》等教材被评为“十二五”普通高等教育本科规划教材、全国本科院校机械类创新型应用人才培养规划教材。主持山东省级精品课程《机械精度设计基础》，主持或参加教育部、山东省等教学研究课题10多项，其中《互换性与测量技术基础》已连续发行3版，发表学术论文20余篇，荣获山东省高等教育教学成果奖3项。

“十三五”国家重点出版物出版规划项目
现代机械工程系列精品教材
普通高等教育3D版机械类规划教材

互换性与测量技术基础 (3D版)

王长春 任秀华 李建春 杨宏伟 陈清奎 编著
张进生 主审



机械工业出版社

本书是由山东高校机械工程教学协作组组织编写的“普通高等教育3D版机械类规划教材”之一。本书共分为10章, 主要内容包括: 互换性、标准化与优先数系等基本知识, 光滑圆柱体结合的极限与配合及其国家标准与选择, 测量技术基础, 几何公差及公差带特点、公差原则、几何公差选择与几何误差检测, 表面粗糙度标准与表面粗糙度检测, 光滑工件尺寸的检验、光滑极限量规设计, 尺寸链基础, 滚动轴承、键、螺纹以及齿轮的精度设计与应用示例, 机械精度设计示例。

本书对各章的知识重点与难点均配置了基于虚拟现实(VR)技术与增强现实(AR)技术开发的3D虚拟仿真教学资源。

本书适用于普通工院校机械类各专业的本科生, 也适用于各类成人教育、自学考试等机械类专业学生, 还可供从事机械设计的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

互换性与测量技术基础: 3D版/王长春等编著. —北京: 机械工业出版社, 2018.4

“十三五”国家重点出版物出版规划项目 现代机械工程系精品教材
普通高等教育3D版机械类规划教材

ISBN 978-7-111-59457-4

I. ①互… II. ①王… 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(2018)第054500号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑: 蔡开颖 责任编辑: 蔡开颖 杨璇 王小东

责任校对: 樊钟英 封面设计: 张静

责任印制: 孙炜

保定市中国画美凯印刷有限公司印刷

2018年7月第1版第1次印刷

184mm×260mm·15.5印张·378千字

标准书号: ISBN 978-7-111-59457-4

定价: 39.80元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线: 010-88379833

读者购书热线: 010-88379649

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网: www.cmpbook.com

机工官博: weibo.com/cmp1952

教育服务网: www.cmpedu.com

金书网: www.golden-book.com

普通高等教育 3D 版机械类规划教材 编审委员会

顾 问	艾 兴	中国工程院院士、山东大学教授
	林江海	山东省机械工程学会会长
主任委员	张进生	山东大学
	陈清奎	山东建筑大学
	冯春生	机械工业出版社
委 员	王 勇	山东大学
	张明勤	山东建筑大学
	赵玉刚	山东理工大学
	何 燕	青岛科技大学
	许崇海	齐鲁工业大学
	曹树坤	济南大学
	孙成通	临沂大学
	赵继俊	哈尔滨工业大学 (威海)
	孙如军	德州学院
	彭观明	泰山学院
	马国清	烟台大学
	徐 伟	枣庄学院
	李宏伟	滨州学院
	李振武	菏泽学院
	刘迎春	潍坊科技学院
	曹光明	潍坊学院
刘延利	山东英才学院	
秘 书	蔡开颖	机械工业出版社

序

虚拟现实（VR）技术是计算机图形学和人机交互技术的发展成果，具有沉浸感（Immersion）、交互性（Interaction）、构想性（Imagination）等特征，能够使用户在虚拟环境中感受并融入真实、人机和谐的场景，便捷地实现人机交互操作，并能从虚拟环境中得到丰富、自然的反馈信息。在特定应用领域中，VR 技术不仅可解决用户应用的需要，若赋予丰富的想象力，还能够使人们获取新的知识，促进感性和理性认识的升华，从而深化概念、萌发新的创意。

机械工程教育与 VR 技术的结合，为机械工程学科的教与学带来显著变革：通过虚拟仿真的知识传达方式实现更有效的知识认知与理解。基于 VR 的教学方法，以三维可视化的方式传达知识，表达方式更富有感染力和表现力。VR 技术使抽象、模糊成为具体、直观，将单调乏味变成丰富多变、极富趣味，令常规不可观察变为近在眼前、触手可及，通过虚拟仿真的实践方式实现知识的呈现与应用。虚拟实验与实践让学习者在创设的虚拟环境中，通过与虚拟对象的主动交互，亲身经历与感受机器拆解、装配、驱动与操控等，获得现实般的实践体验，增加学习者的直接经验，辅助将知识转化为能力。

教育部编制的《教育信息化十年发展规划（2011—2020 年）》（以下简称《规划》），提出了建设数字化技能教室、仿真实训室、虚拟仿真实训教学软件、数字教育教学资源库和 20000 门优质网络课程及其资源，遴选和开发 1500 套虚拟仿真实训实验系统，建立数字教育资源共建共享机制。按照《规划》的指导思想，教育部启动了包括国家级虚拟仿真实验教学中心在内的若干建设工程，力推虚拟仿真教学资源的规划、建设与应用。近年来，很多学校陆续采用虚拟现实技术建设了各种学科专业的数字化虚拟仿真教学资源，并投入应用，取得了很好的教学效果。

“普通高等教育 3D 版机械类规划教材”是由山东高校机械工程教学协作组组织驻鲁高等学校教师编写的，充分体现了“三维可视化及互动学习”的特点，将难于学习的知识点以 3D 教学资源的形式进行介绍，其配套的虚拟仿真教学资源由济南科明数码技术股份有限公司开发完成，并建设了“科明 365”在线教育云平台（www.keming365.com），提供了适合课堂教学的“单机版”、适合集中上机学习的“局域网版”、适合学生自主学习的“手机版”，构建了“没有围墙的大学”“不限时间、不限地点、自主学习”的学习资源。

古人云，天下之事，闻者不如见者知之为详，见者不如居者知之为尽。



本系列教材的陆续出版，为机械工程教育创造了理论与实践有机结合的条件，很好地解决了普遍存在的实践教学条件难以满足卓越工程师教育需要的问题。这将有利于培养制造强国战略需要的卓越工程师，助推中国制造 2025 战略的实施。

张进生
于济南

前言

本书是由山东高校机械工程教学协作组组织编写的“普通高等教育3D版机械类规划教材”之一。

本书分为概论、光滑圆柱体结合的极限与配合、测量技术基础、几何公差与检测、表面粗糙度与检测、光滑工件尺寸的检验与光滑极限量规设计、尺寸链、常用典型零件的精度设计、渐开线圆柱齿轮精度的评定与设计 and 机械精度设计示例10章。

在本书编写过程中，本着“老师易教、学生易学”的目的，一是各章设置了教学导读内容，同时在部分章节增加了知识拓展内容；二是对各章的知识重点与难点利用虚拟现实（VR）技术、增强现实（AR）技术以“3D”形式进行介绍，体现“三维可视化及互动学习”的特点。本书配有手机版的3D虚拟仿真教学资源，图中标有图标表示免费使用，标有图标表示收费使用。本书提供免费的教学课件，欢迎选用本书的教师登录机工教育服务网（www.cmpedu.com）下载。济南科明数码技术股份有限公司还提供有互联网版、局域网版、单机版的3D虚拟仿真教学资源，可供师生在线下载（www.keming365.com）使用。

本书适用于普通工科院校机械类各专业的本科生，也适用于各类成人教育、自学考试等机械类专业学生，还可供从事机械设计的工程技术人员参考。

本书由潍坊学院王长春、山东建筑大学任秀华、泰山学院李建春、滨州学院杨宏伟、山东建筑大学陈清奎编著；与本书配套的3D虚拟仿真教学资源由济南科明数码技术股份有限公司开发完成，并负责网上在线教学资源的维护、运营等工作，主要开发人员包括陈清奎、刘海、何强、栾飞、周鹏、李晓东、李洪营等。本书由山东大学机械工程学院张进生教授担任主审。

由于编者水平有限，书中难免存在错漏和不当之处，敬请广大读者批评指正。

编者



目 录

序	
前言	
第 1 章 概论	1
1.1 互换性	1
1.2 标准化与标准	3
1.3 优先数和优先数系	6
1.4 零件的机械精度与加工误差	9
知识拓展：质量管理体系简介	10
习题一	10
第 2 章 光滑圆柱体结合的极限与配合	11
2.1 概述	11
2.2 极限与配合的基本术语及定义	12
2.3 极限与配合国家标准	22
2.4 极限与配合的选择	41
2.5 一般公差	54
知识拓展：大尺寸段与小尺寸段的极限与配合	56
习题二	59
第 3 章 测量技术基础	62
3.1 概述	62
3.2 测量方法与计量器具	67
3.3 测量误差	70
3.4 测量数据处理	75
知识拓展：三坐标测量机简介	83
习题三	83
第 4 章 几何公差与检测	84
4.1 概述	84
4.2 几何公差	91
4.3 公差原则	110
4.4 几何公差的选择	123
4.5 几何误差的评定与检测原则	133
习题四	137
第 5 章 表面粗糙度与检测	139
5.1 表面粗糙度的概念及其作用	139
5.2 表面粗糙度的评定	141
5.3 零件表面粗糙度的选择	145
5.4 表面粗糙度的标注	148
5.5 表面粗糙度的检测	152
知识拓展：表面粗糙度的演变与表面粗糙度测量仪	154
习题五	156
第 6 章 光滑工件尺寸的检验与光滑极限量规设计	157
6.1 光滑工件尺寸的检验	157
6.2 光滑极限量规设计	163
6.3 光滑极限量规的设计示例	168
知识拓展：螺纹量规简介	170
习题六	170
第 7 章 尺寸链	172
7.1 概述	172
7.2 尺寸链的计算	176
习题七	181
第 8 章 常用典型零件的精度设计	183
8.1 滚动轴承结合的精度设计	183
8.2 单键、花键结合的精度设计	193
8.3 螺纹结合的精度设计	199
知识拓展：国外螺纹标准简介	203
习题八	204
第 9 章 渐开线圆柱齿轮精度的评定与设计	205
9.1 渐开线圆柱齿轮精度的评定	205
9.2 渐开线圆柱齿轮精度标准	218
9.3 齿轮副的评定指标	222
9.4 齿轮类零件精度设计	224
知识拓展：汽车变速器简介	227



习题九.....	228	习题十.....	236
第 10 章 机械精度设计示例	229	附录 国家标准术语、标准号演化	
10.1 轴类零件的精度设计	229	一览表	237
10.2 箱体类零件的精度设计	233	参考文献	239

第 1 章

概 论

教学导读

本章介绍互换性、标准化、加工误差等概念，介绍优先数系及其特点和计量技术的意义。要求学生掌握的知识点为：互换性、优先数系、加工误差、标准和标准化等概念，互换性的作用与种类，标准的组成与标准化历程。零部件的互换性与优先数系选用是本章的重点和难点。

1.1 互换性

1.1.1 互换性的概念

在工程或日常生活中随处可见互换现象，如图 1-1 和图 1-2 所示自行车零件（自行车轴组件和自行车链轮）坏了，维修人员可迅速换上同一规格的新零件；室内使用的荧光灯管坏了，可换装上相同规格新灯管。这些产品更换后能够很好地满足使用要求。这是因为合格的产品和制件具有在材料性能、几何尺寸、使用功能上彼此相互替换的性能。

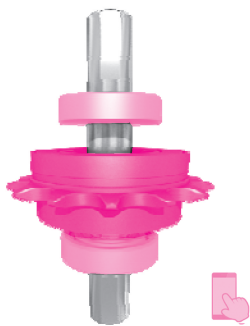


图 1-1 自行车轴组件

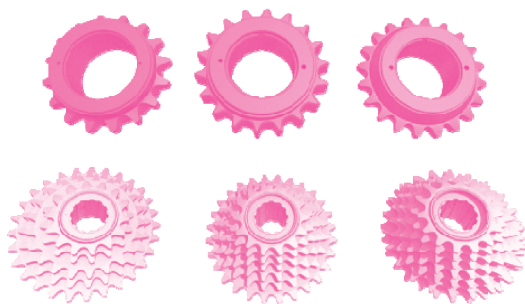


图 1-2 自行车链轮

互换性（interchangeability）是指一种事物能够代替另一事物，并且能满足同样要求的特性。

在机械制造工程领域中，任何机械产品都是由许多零部件组成，而这些零部件是在不同的工厂和车间制成的，这就经常要求产品的零部件具有互换性。那么，什么是机械零部件的



互换性呢?机械零部件的互换性是指同一规格零部件按规定的技术要求制造,能够彼此相互替换使用而效果相同的特性。

零部件互换性的含义在于在装配前从同一规格的零部件中任取其一,装配时不需挑选或修配,装配后就能达到预先规定的功能要求。

本书将主要论述机械制造工程领域里的产品或制件的几何参数互换性及其测量技术的基本理论和方法。

1.1.2 互换性的分类

广义上讲,零部件的互换性应包括几何参数、力学性能和理化性能等多方面的互换性。在本书中仅讨论零部件的几何参数互换性,即几何参数方面的公差和检测。

1. 按实现方法及互换程度分

按实现方法及互换程度的不同,互换性分为完全互换性和不完全互换性两类。

完全互换性(简称为互换性)是指零部件装配或更换时,不需要挑选或修配,就可完全满足使用要求。

不完全互换性(也称为有限互换性)是指零部件装配时,允许有附加条件的选择或调整。不完全互换性又包括概率互换性、分组互换性、调整互换性和修配互换性等。

2. 按应用部位或使用范围分

对标准部件或机构来讲,互换性分为内互换性和外互换性。

内互换性是指部件或机构内部组成零件间的互换性。

例如:滚动轴承内、外圈滚道直径与滚动体(滚珠或滚柱)直径间的配合为内互换性。

外互换性是指部件或机构与其相配合零件间的互换性。

例如:滚动轴承内圈内径与传动轴的配合、滚动轴承外圈外径与壳体孔的配合为外互换性。

实际生产组织中究竟采用何种形式的互换性,主要由产品的精度要求、复杂程度、生产规模、生产设备及技术水平等一系列因素来决定。

1.1.3 互换性的作用

互换性在提高产品质量和可靠性、提高经济效益等方面均具有重大意义。互换性原则已成为现代制造业中一个普遍遵守的原则。互换性生产对我国现代化生产具有十分重要的意义。

互换性必须遵守经济性原则,不是在任何情况下都适用的。有时零件只能采取单个配制才符合经济性原则,这时零件虽不能互换,但也有公差和检测的要求,如模具常用修配法制造。

机械工程中互换性主要体现在技术经济性上,其作用在产品或零部件的设计、制造、使用和维修等方面。

1. 设计方面

若零部件具有互换性,就能最大限度地使用标准件,减少产品中非标准零部件的使用量,便可以减少绘图和计算的工作量,缩短产品的设计周期,有利于产品更新换代,有助于产品的多样化与系列化,促进产品结构、性能的不断改进,全面提升产品附加值,提高产品



效益。

2. 制造方面

互换性有利于组织专业化生产,使用专用设备和CAM技术,产品的质量和数量必然会得到明显提高,生产成本随之也会显著降低。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,不需要辅助加工和修配,所以可以大幅度的降低装配工作的劳动强度,缩短装配周期,还可采用流水线或自动装配,从而大幅度提高装配生产率。

3. 使用和维修方面

零部件具有互换性,对于某些易损件可以提前配置备用件。在更换那些已经磨损或损坏的零部件时,使用备用件或标准件,可大幅减少机器的维修时间和费用,保证机器能连续持久的运转,提高机器的使用价值。

1.2 标准化与标准

1.2.1 标准化与标准的含义

现代制造业生产的特点是规模大、社会生产分工细、协作单位多、互换性要求高。为了适应生产中各部门的协调和各生产环节的衔接,必须有一种手段,使分散的、局部的生产部门和生产环节保持必要的统一,成为一个有机的整体,以实现互换性生产。标准与标准化正是联系这种关系的主要途径和手段。

实行标准化是广泛实现互换性生产的前提与重要方法,如极限与配合等互换性标准都是重要的基础标准。

1. 标准

标准是对重复性事物和概念所做的统一规定。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,以特定形式发布,作为共同遵守的准则和依据。标准对于改进产品质量,缩短产品周期,开发新产品和协作配套,提高社会效益,发展社会主义市场经济和对外贸易等有非常重要的意义。

标准必须对被规定的对象提出必须满足和应该达到的各方面的条件和要求,对于实物和制件对象提出相应的制作工艺过程和检验规范等规定。标准有如下内在的特性。

(1) 标准涉及对象的重复性 标准所涉及对象必须是具有重复性特征的事物和概念。若事物和概念没有重复性,就无须标准。

(2) 标准涉及对象的认知性 对标准涉及对象做统一规定,必须反映其内在本质并符合客观发展规律,这样才能最大限度地限制它们在重复出现中的杂乱和无序化,从而获得最佳的社会和经济效益。

(3) 制定标准的协商性 标准是一种统一规定。标准的推行将涉及社会、经济效益。因而,在制定标准过程中必须既考虑所涉及各个方面的利益,又考虑社会发展和国民经济的整体和全局的利益。这就要求标准的制定不但要有科学的基础,还要有广泛的调研和涉及利益多方的参与协商。



(4) 标准的法规性 标准的制定、批准、发布、实施、修订和废止等，具有一套严格的形式。标准制定后，有些是要强制执行的，如一些食品、环境、安全等标准；而本书涉及的主要是一些技术标准，都是各自涉及范围内大家共同遵守的统一的技术依据、技术规范或规定。

2. 标准化

标准化是指为了在一定的范围内获得最佳秩序，对实际的或潜在的问题制定共同的和重复使用的规则的活动。标准化是社会化的重要手段，是联系设计、生产和使用方面的纽带，是科学管理的重要组成部分，更是实现互换性的基础。

标准化工作包括制定标准、发布标准、组织实施标准、修改标准和对标准的实施进行监督的全部活动过程。这个过程是从探索标准化对象开始，经调查、试验和分析，进而起草、制定和贯彻标准，而后修订标准。因此，标准化是个不断循环而又不断提高其水平的过程。

标准化对于改进产品、过程和服务的适用性，防止贸易壁垒，促进技术合作方面具有特别重要的意义。例如：优先数系、几何公差及表面质量参数的标准化，计量单位及检测规定的标准化等。可见，在机械制造业中，任何零部件要使其具有互换性，都必须实现标准化，没有标准化，就没有互换性。

1.2.2 标准的分类

在技术经济领域内，标准可分为技术标准和管理标准两类不同性质的标准。标准分类关系图如图 1-3 所示。

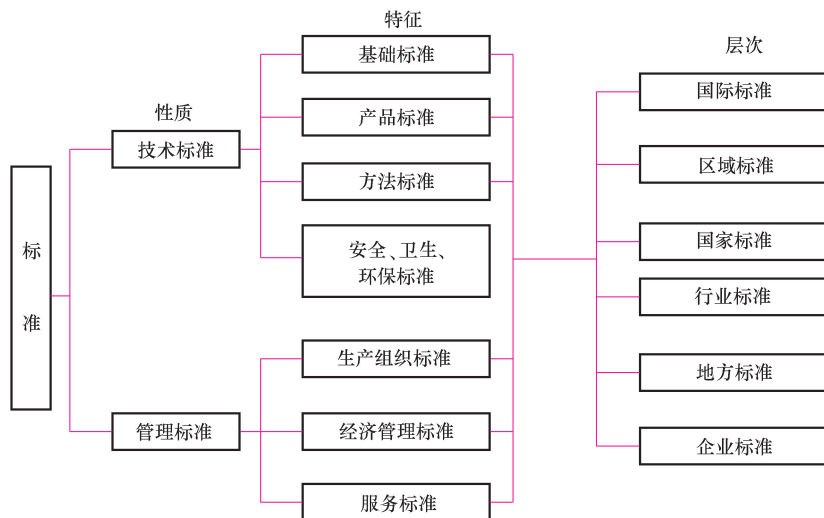


图 1-3 标准分类关系图

1. 标准的种类

按标准的使用范围分，我国标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准共 4 级。

1) 国家标准。对需要在全国范围内统一的技术要求，应当制定国家标准。

2) 行业标准。对没有国家标准，而又需要在全国某行业范围内统一的技术要求，应当制定行业标准。但在有了国家标准后，该项行业标准就废止了。



3) 地方标准。对没有国家标准和行业标准,而又需要在省、自治区、直辖市范围内统一的工业产品的安全、卫生等要求,应当制定地方标准。但在公布相应的国家标准或行业标准后,该地方标准就废止了。

4) 企业标准。对企业生产的产品,在没有国家标准和行业标准的情况下,制定企业标准作为组织生产的依据。对于已有国家标准或行业标准的,企业也可以制定严于国家标准或行业标准的企业标准,在企业内部使用。

2. 标准的层次

按标准的作用范围分,标准分为国际标准、区域标准、国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。

国际标准、区域标准、国家标准、地方标准分别是由国际标准化的标准组织、区域标准化的标准组织、国家标准机构、国家的某个区域一级所通过并发布的标准。对于已有国家标准或行业标准,企业也可制定产于国家标准或行业标准的企业标准,在企业内部使用。

3. 基础标准

按标准化对象的特征分,标准分为:基础标准,产品标准,方法标准和安全、卫生、环保标准等。

基础标准是指在一定范围内作为标准的基础并普遍使用,具有广泛指导意义的标准,如极限与配合标准、几何公差标准、渐开线圆柱齿轮精度标准等。

基础标准是以标准化共性要求和前提条件为对象的标准,是为了保证产品的结构功能和制造质量而制定的、一般工程技术人员必须采用的通用性标准,也是制定其他标准时可依据的标准。

本书所涉及的标准就是基础标准。

4. 标准的划分

标准按照其性质可分为技术标准和管理标准。

技术标准是指根据生产技术活动的经验和总结,作为技术上共同遵守的法规而制定的标准。技术标准包括基础标准、产品标准、方法标准、环保标准等。

管理标准是指对标准化领域中需要协调统一的管理事项所制定的标准。管理标准包括生产组织标准、经济管理标准、服务标准等。

1.2.3 标准化发展历程

1. 国际化的发展历程

标准化在人类开始创造工具时就已出现。标准化是社会生产劳动的产物。标准化在近代工业兴起和发展的过程中显得重要起来。早在19世纪,标准化在造船、铁路运输等行业中的应用十分突出,在机械行业中的应用也很广泛。到20世纪初,一些国家相继成立全国性的标准化组织机构,推进了各国的标准化事业发展。随着生产的发展,国际交流越来越频繁,因而出现了地区性和国际性的标准化组织。

1926年成立了国际标准化协会(简称为ISA),1947年重建国际标准化协会并改名为国际标准化组织(简称为ISO)。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。ISO9000系列标准的颁发,使世界各国的质量管理及质量保证的原则、方法和程序,都统一在国际标准的基础之上。



2. 我国标准化的发展历程

我国标准化是在 1949 年新中国成立后得到重视并发展起来的, 1958 年发布第一批 120 项国家标准。从 1959 年开始, 陆续制定并发布了极限与配合、形状与位置公差、公差原则、表面粗糙度、光滑极限量规、渐开线圆柱齿轮精度等许多公差标准。我国在 1978 年恢复为 ISO 成员国, 承担 ISO 技术委员会秘书处工作和国际标准草案起草工作。

从 1979 年开始, 我国制定并发布了以国际标准为基础的新的公差标准。从 1992 年开始, 我国又发布了以国际标准为基础修订的 G/T 类新版标准。

1988 年全国人大常委会通过并由国家主席发布了《中华人民共和国标准化法》, 1993 年发布了《中华人民共和国产品质量法》。为了保障人体健康、人身与财产安全, 在 2001 年 12 月, 国家质量监督检验检疫总局颁布的《强制性产品认证管理规定》, 明确规定了凡列入强制性认证内容的产品, 必须经国家指定的认证机构认证合格, 取得指定认证机构颁发的认证证书, 取得认证标志后, 方可出厂销售、出口和使用。

2009 年《产品几何技术规范标准(GPS)》的颁布与实行, 进一步推动了我国标准与国际标准的接轨, 我国标准化的水平在社会主义现代化建设过程中不断发展提高, 对我国经济的发展做出了很大的贡献。

我国作为制造业大国, 伴随着全球经济一体化, 陆续修订了相关国家标准, 修订的原则是立足我国实际的基础上向国际标准靠拢。

3. 我国计量技术的发展历程

在我国悠久的历史上, 很早就有关于几何量检测的记载。早在秦朝时期就统一了度量衡制度, 西汉已有了铜制卡尺。但长期的封建统治使得科学技术未能进一步发展, 计量技术一直处于落后的状态, 直到 1949 年新中国成立后才扭转了这种局面。

国务院 1959 年发布了《关于统一计量制度的命令》, 1977 年发布了《中华人民共和国计量管理条例》, 1984 年发布了《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》。

1985 年全国人大常委会通过并由国家主席发布了《中华人民共和国计量法》。

我国健全各级计量机构和长度量值传递系统, 规定采用国际米制作为长度计量单位, 保证全国计量单位统一和量值准确可靠, 有力地促进我国科学技术的发展。

伴随我国计量制度建设与发展, 我国的计量器具业获得了较大的发展, 能够批量生产用于几何量检测的多品种计量仪器, 如万能测长仪、万能工具显微镜等。同时, 还设计制造出一些具有世界先进水平的计量仪器, 如激光光电光波比长仪、光栅式齿轮全误差测量仪、原子力显微镜等。

1.3 优先数和优先数系

制定标准以及设计零件的结构参数时, 都需要通过数值表示。任何产品的参数指标, 不仅与自身的技术特性有关, 还直接、间接地影响与其配套系列产品的参数值。例如: 螺母直径数值, 影响并决定螺栓直径数值以及丝锥、螺纹塞规、钻头等系列产品的直径数值。将由于参数值间的关联产生的扩散称为数值扩散。

为满足不同的需求, 产品必然出现不同的规格, 形成系列产品。产品数值的杂乱无章会给组织生产、协作配套、使用维修带来困难, 故需对数值进行标准化。



1.3.1 优先数系及其公比

优先数系是工程设计和工业生产中常用的一种数值制度。优先数与优先数系是 19 世纪末 (1877 年) 由法国人查尔斯·雷诺 (Charles Renard) 首先提出的。当时载人升空的气球所使用的绳索尺寸由设计者随意规定, 多达 425 种。雷诺根据单位长度不同直径绳索的重量级数来确定绳索的尺寸, 按几何公比递增, 每进 5 项使项值增大 10 倍, 把绳索规格减少到 17 种, 并在此基础上产生了优先数系的系列, 后人为了纪念雷诺将优先数系称为 R_r 数系。

国家标准 GB/T 321—2005《优先数和优先数系》规定十进等比数列为优先数系, 并规定了五个系列, 分别用系列符号 R5、R10、R20、R40 和 R80 表示, 其中前四个系列是常用的基本系列, 而 R80 则作为补充系列, 仅用于分级很细的特殊场合。

优先数系基本系列的常用值见表 1-1。优先数系补充系列的常用值见表 1-2。

优先数系是十进等比数列, 其中包含 10 的所有整数幂 (0.01、0.1、1、10、100 等)。只要知道一个十进段内的优先数值, 其他十进段内的数值就可由小数点的前后移位得到。

优先数系中的数值可方便地向两端延伸, 由表 1-1 中的数值, 使小数点前后移位, 便可以得到所有小于 1 和大于 10 的任意优先数。

优先数系的公比为 $q_r = \sqrt[r]{10}$ 。

表 1-1 优先数系基本系列的常用值 (摘自 GB/T 321—2005)

基本系列	1~10 的常用值										
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 优先数系补充系列的常用值 (摘自 GB/T 321—2005)

R80 的常用值 (1~10)										
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	10.00

优先数在同一系列中, 每隔 r 个数, 其值增加 10 倍。

这五种优先数系的公比分别用代号 q_5 、 q_{10} 、 q_{20} 、 q_{40} 、 q_{80} 表示, 下标 5、10、20、40、80 分别表示各系列中每个“十进段”被细分的段数。