

长江学者论丛

# 新一代GPS标准 理论与应用

■ 蒋向前 主编

Theory and Applications of New-  
Generation Geometrical Product  
Specifications



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS

P228.4/9

2007

长江学者论丛

# 新一代GPS标准 理论与应用

■ 蒋向前 主编

**Theory and Applications of New-  
Generation Geometrical Product  
Specifications**



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS

## 内容简介

GPS 是“产品几何技术规范(geometrical product specifications)”的简称。新一代 GPS 是国际上近几年才提出的、正在研究与发展中的、引领世界制造业前进方向的、基础性的新型国际标准体系,是实现数字化制造和发展先进制造技术的关键。本书汇集了作者在该研究方向上多年来的成果和进展,主要分析了现行产品几何技术规范(GPS)标准体系存在的问题,介绍了新一代 GPS 标准体系的提出背景与形成过程,阐述了自主创新研究新一代 GPS 国际标准的重要意义,展望了新一代 GPS 国际标准的发展趋势,并分章重点论述了新一代 GPS 国际标准体系结构、理论体系、不确定度理论、系列国际标准技术要求及应用、表面滤波技术以及智能知识库系统等内容。

本书为从旧 GPS 体系到新 GPS 体系概念和理论的转换搭建了一座桥梁,可作为设计、制造、计量、标准化等领域的大学生、研究生、科技工作者以及企业管理人员的参考用书。

## 图书在版编目(CIP)数据

新一代 GPS 标准理论与应用 / 蒋向前主编. —北京: 高等教育出版社, 2007.9

ISBN 978-7-04-022489-4

I. 新… II. 蒋… III. 全球定位系统(GPS) IV. P228.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 129488 号

策划编辑 刘占伟 责任编辑 刘占伟 封面设计 王凌波 责任绘图 朱 静  
版式设计 余 杨 责任校对 刘 莉 责任印制 韩 刚

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街 4 号  
邮政编码 100011  
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司  
印 刷 北京民族印刷厂

购书热线 010-58581118  
免费咨询 800-810-0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landaco.com>  
<http://www.landaco.com.cn>  
畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本 787 × 1092 1/16  
印 张 16.25  
字 数 280 000

版 次 2007 年 9 月第 1 版  
印 次 2007 年 9 月第 1 次印刷  
定 价 28.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 22489-00

## 《长江学者论丛》编辑出版指导委员会

---

主任委员：赵沁平 教育部副部长

副主任委员：金国藩 清华大学教授，中国工程院院士

闵乃本 南京大学教授，中国科学院院士

吴树青 北京大学教授，教育部社会科学委员会主任

饶子和 南开大学校长，中国科学院院士，长江学者特聘教授

舒德干 西北大学教授，长江学者特聘教授，长江学者成就奖获得者

## 《长江学者论丛》编辑出版指导委员会办公室

---

主任：吴德刚 教育部人事司司长

副主任：刘志鹏 高等教育出版社社长

吕玉刚 教育部人事司副司长，教育部人才发展办公室主任

吴 向 高等教育出版社副总编辑

## 总 序

---

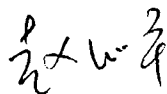
当今世界,科学技术日新月异,知识经济方兴未艾,综合国力竞争日趋激烈。面对日益激烈的国际竞争,立足国情,我国只能走建设创新型国家的发展道路,把提高自主创新能力作为调整经济结构、转变增长方式、提高国家竞争力的中心环节。而科技和人才,特别是创新人才是建设创新型国家和提高自主创新能力的关键。实施科教兴国、人才强国战略,建设创新型国家,构建社会主义和谐社会,高等学校肩负着重大历史使命。教育大计,人才为本。人才问题,始终是高等学校改革与发展的核心问题和头等大事。加快建设高等学校高层次人才队伍,努力培养和造就一批在国际上有重要影响的学术大师、战略科学家和学科带头人,是发展我国高等教育事业的必然要求,也是关系社会主义现代化建设全局的重要任务。

为贯彻落实科教兴国和人才强国战略,推进我国高等学校高层次人才队伍建设,教育部与香港李嘉诚基金会于1998年共同启动了“长江学者奖励计划”。该计划自实施以来,在党和国家领导人的高度重视和关心下,在国家财政等有关部门、高等学校和社会各界的大力支持下,取得了显著成效,在海内外引起了强烈反响。诺贝尔物理学奖获得者杨振宁评价“长江学者奖励计划”是“一个非常了不起的壮举”,“是20世纪末21世纪初中国实施科教兴国战略的一个非常重要的环节。”

长江学者群英荟萃,硕果累累。“长江学者奖励计划”的实施吸引、汇聚和造就了一大批优秀拔尖人才。目前全国88所高等学校聘任727位长江学者,先后有6位优秀学者获得“长江学者成就奖”,31位长江学者被聘为“973”首席科学家,24位长江学者当选为中国科学院、中国工程院院士。在“长江学者奖励计划”的激励和支持下,长江学者们取得了一批重大科研成果,近年来共有20余篇论文发表在《Nature》、《Science》上,近百项科研成果获得国家自然科学奖、技术发明奖、科技进步奖,其中3项成果获得一等奖,

20 余项重要成果入选“中国十大科技进展新闻”、“中国基础研究十大新闻”、“中国高校十大科技进展”,有力地支持了国家重大战略的实施,促进了学科建设和科技发展,为培养和造就优秀拔尖创新人才做出了贡献。

编辑出版长江学者学术著作,得到了广大长江学者的积极响应和高等教育出版社的大力支持。希望《长江学者论丛》的出版,进一步提高长江学者在学术领域的影响力,并激励广大学者弘扬长江学者的创新精神,勇攀科学高峰,更好地为促进高校在提高国家自主创新能力、建设创新型国家的伟大事业中,做出更大的贡献。



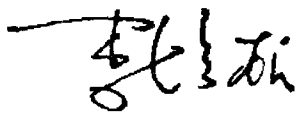
2006 年 1 月

## 序

---

机械制造业是国民经济的基础。制造业技术标准是组织现代化生产的重要技术基础。在制造业技术标准中,最重要的标准是几何产品技术规范 GPS,其应用涉及所有几何产品,既包括汽车、机床、家用电器等传统机电产品,也包括计算机、通信、航天等高新技术产品。现行几何产品技术规范,包括极限与配合、形状与位置公差、表面粗糙度等,是以几何学为基础的传统技术标准,或称为第一代 GPS。其特点是概念明确、简单易懂,但是不能适应制造业信息化的开展和 CAD/CAM/CAPP/CAQ 等的实用化进程。近年来,国际上已经提出了以计量学为基础的新一代 GPS。新一代 GPS 标准是国际上正在研究和发展中的、引领世界制造业前进方向的、基础性的新型国际标准体系,是实现数字化制造、发展先进制造技术的关键。

本书由我校长江学者蒋向前教授主编。近年来,蒋教授站在这一方向的国际最前沿,带领她的团队开展了卓有成效的工作。作为长江学者,她频繁往来于中英两国之间,这本书就是他们的重要研究成果之一。本书汇集了作者多年来的研究成果,分析了新一代 GPS 标准体系的提出背景与形成过程,重点论述了新一代 GPS 国际标准体系结构、理论体系、不确定度理论、系列国际标准及应用、表面滤波技术以及智能知识库系统等内容,对于推动我国新一代 GPS 的研究和应用具有前瞻性的积极意义。故在本书交由高等教育出版社出版之际,特写以上文字,是为序。



华中科技大学教授

中国工程院院士

2007 年 5 月 25 日

# 前 言

产品几何技术规范(GPS)是制造业中最重要的技术标准。新一代 GPS 是国际上近几年才提出的、正在研究和发展中的新型国际标准体系;是实现数字化制造和发展先进制造技术的关键;是信息时代产品几何技术规范和计量认证一体化集成的新型国际标准。新一代 GPS 的提出标志着标准和计量进入了一个全新的时代。

本书介绍了新一代 GPS 标准体系的提出背景与形成过程;论述了自主创新开展新一代 GPS 国际标准研究的意义、发展趋势及研究展望;分章重点论述了新一代 GPS 国际标准体系结构、理论体系、不确定度理论、系列国际标准技术内容及应用、表面滤波技术以及智能知识库系统等内容。

本书由长江学者蒋向前教授编著,参加编写的有刘晓军博士、马利民博士、王金星博士、李惠芬博士和卢文龙博士研究生等。本书由华中科技大学李柱教授审稿。

本书内容是在课题组成员和一批博士研究生、硕士研究生近 5 年来对 ISO 新一代 GPS 标准体系不断探索和研究的基础上经严谨创作和加工而形成的。

本书作者的研究工作得到以下科研项目的资助:

- 现代产品几何技术规范(GPS)技术标准研究与制订(分项):“十五”国家重大科技专项,重要技术标准研究,编号为 2002BA906A20—1。

- 新一代 GPS 标准体系的理论研究:教育部科学技术研究重大项目,教技司[2003]58 号文批准,项目编号为 0301。

- 用于轮廓与表面的线性高斯滤波国际标准:国家重大科技专项“我国优势技术国际标准研究制定”子课题,编号为 2002BA906A21—16。

以上研究工作得到了机械科学研究院、中国标准化研究院、中国计量科学研究院、国家标准化管理委员会、SAC/TC 240 标委会和有关企业的支持。此外,还得到英国哈德斯菲尔德大学精密技术中心提供的实验条件等支持。

本书的编写得到了教育部“‘长江学者’学术著作出版资助项目”和高等教育出版社的支持;得到了课题组全体成员的关心与帮助;得到了李春田、欧阳俊、蒋为群等标准化与计量领域知名专家学者的指导与帮助。在此,一并表示衷心的感谢!

作 者

2007 年 4 月于华中科技大学



# 目 录

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| <b>第 1 章 绪论</b>               | 1  |
| 1.1 现行产品几何技术规范标准体系及其存在的问题     | 1  |
| 1.2 新一代 GPS 标准体系的提出           | 3  |
| 1.3 新一代 GPS 标准体系的发展趋势与研究展望    | 4  |
| 1.4 中国制造业与标准化                 | 5  |
| 1.5 自主创新开展新一代 GPS 国际标准研究的意义   | 6  |
| 1.6 对我国实施新一代 GPS 标准体系策略的建议    | 8  |
| <b>第 2 章 新一代 GPS 国际标准体系结构</b> | 12 |
| 2.1 新一代 GPS 国际标准的范围           | 12 |
| 2.2 新一代 GPS 国际标准构成原则          | 12 |
| 2.3 新一代 GPS 国际标准体系结构          | 13 |
| 2.3.1 基础 GPS 标准               | 13 |
| 2.3.2 通用 GPS 标准               | 13 |
| 2.3.3 补充 GPS 标准               | 17 |
| 2.3.4 综合 GPS 标准               | 18 |
| <b>第 3 章 新一代 GPS 的理论体系</b>    | 19 |
| 3.1 新一代 GPS 系统模型              | 19 |
| 3.2 新一代 GPS 的理论体系框架           | 21 |
| 3.3 新一代 GPS 的关键理论与应用技术        | 22 |
| 3.3.1 表面模型                    | 22 |
| 3.3.2 几何要素                    | 24 |
| 3.3.3 几何要素获取的数学工具             | 30 |
| 3.3.4 规范与认证操作                 | 38 |
| 3.3.5 操作算子                    | 41 |
| 3.3.6 不确定度                    | 45 |
| 3.4 新一代 GPS 理论的应用实例           | 46 |
| 3.4.1 规范操作实例                  | 46 |
| 3.4.2 产品几何功能、设计、制造与检验表达规范     | 49 |
| 3.5 新一代 GPS 国际标准体系特点          | 59 |
| <b>第 4 章 新一代 GPS 不确定度理论</b>   | 61 |
| 4.1 新一代 GPS 不确定度概述            | 61 |
| 4.1.1 新一代 GPS 不确定度基本概念        | 61 |
| 4.1.2 新一代 GPS 不确定度的影响         | 63 |
| 4.2 基于新一代 GPS 不确定度的判定原则       | 65 |

|                                           |            |
|-------------------------------------------|------------|
| 4.2.1 基于测量不确定度的判定原则 .....                 | 65         |
| 4.2.2 基于依从不确定度的判定原则 .....                 | 68         |
| 4.2.3 基于总体不确定度的判定原则 .....                 | 70         |
| 4.3 新一代 GPS 标准链依从不确定度的计算框架 .....          | 73         |
| 4.3.1 标准链的建模 .....                        | 73         |
| 4.3.2 依从不确定度的计算流程 .....                   | 75         |
| 4.4 实例研究——最小二乘拟合不确定度的传递规律 .....           | 79         |
| 4.4.1 平面度最小二乘拟合的基本原理 .....                | 80         |
| 4.4.2 平面度最小二乘拟合的依从不确定度计算 .....            | 81         |
| 4.4.3 实验分析 .....                          | 82         |
| <b>第 5 章 新一代 GPS 系列国际标准的技术内容及应用 .....</b> | <b>85</b>  |
| 5.1 概述 .....                              | 85         |
| 5.1.1 尺寸公差 .....                          | 85         |
| 5.1.2 几何公差 .....                          | 87         |
| 5.1.3 表面结构 .....                          | 88         |
| 5.2 ISO 极限与配合标准及应用 .....                  | 89         |
| 5.2.1 基本术语 .....                          | 89         |
| 5.2.2 标准公差值的计算 .....                      | 93         |
| 5.2.3 基本偏差的计算 .....                       | 96         |
| 5.2.4 公差与配合的表示 .....                      | 104        |
| 5.2.5 尺寸公差的标注 .....                       | 105        |
| 5.3 几何公差标准及应用 .....                       | 106        |
| 5.3.1 概述 .....                            | 106        |
| 5.3.2 几何公差项目及其定义 .....                    | 107        |
| 5.3.3 几何公差的标注 .....                       | 122        |
| 5.3.4 几何公差原则 .....                        | 126        |
| 5.4 表面结构标准及应用 .....                       | 132        |
| 5.4.1 二维表面结构的基本术语与定义 .....                | 132        |
| 5.4.2 二维表面粗糙度的选用与标注 .....                 | 141        |
| 5.4.3 表面轮廓参数符号的等价表示与评定流程 .....            | 144        |
| 5.4.4 三维表面结构标准的研究与现状 .....                | 145        |
| <b>第 6 章 新一代 GPS 表面滤波技术 .....</b>         | <b>148</b> |
| 6.1 概述 .....                              | 148        |
| 6.2 表面滤波技术的发展 .....                       | 149        |
| 6.2.1 多项式拟合法 .....                        | 149        |
| 6.2.2 2RC 滤波器滤波法 .....                    | 150        |
| 6.2.3 高斯滤波 .....                          | 150        |
| 6.2.4 样条滤波 .....                          | 151        |

|                                  |            |
|----------------------------------|------------|
| 6.2.5 小波滤波 .....                 | 152        |
| 6.2.6 Motif 法 .....              | 152        |
| 6.2.7 分形法 .....                  | 153        |
| 6.3 新一代 GPS 典型滤波器 .....          | 154        |
| 6.3.1 线性轮廓滤波器 .....              | 154        |
| 6.3.2 经典高斯滤波器 .....              | 157        |
| 6.3.3 稳健高斯滤波器 .....              | 164        |
| <b>第7章 新一代 GPS 智能知识库系统 .....</b> | <b>183</b> |
| 7.1 概述 .....                     | 183        |
| 7.2 新一代 GPS 智能知识库系统的结构 .....     | 183        |
| 7.2.1 基本框架 .....                 | 183        |
| 7.2.2 技术指标 .....                 | 185        |
| 7.2.3 数据信息流 .....                | 185        |
| 7.2.4 知识表示方法的选择 .....            | 186        |
| 7.2.5 系统与 CAX 的集成方案 .....        | 187        |
| 7.3 新一代 GPS 智能知识库系统的设计 .....     | 188        |
| 7.3.1 知识库系统框架逻辑视图 .....          | 188        |
| 7.3.2 数据库设计 .....                | 189        |
| 7.3.3 知识推理 .....                 | 192        |
| 7.3.4 数据流 .....                  | 193        |
| 7.4 实例研究——直径公差设计的智能知识库系统 .....   | 194        |
| 7.4.1 直径公差设计 .....               | 194        |
| 7.4.2 直径的评定算法 .....              | 199        |
| 7.4.3 程序操作流程 .....               | 201        |
| <b>参考文献 .....</b>                | <b>204</b> |
| <b>附录 .....</b>                  | <b>211</b> |
| 附录 A 新一代 GPS 标准体系框架 .....        | 211        |
| 附录 B 新一代 GPS 通用标准矩阵 .....        | 215        |
| 附录 C 新一代 GPS 标准清单 .....          | 221        |
| <b>索引 .....</b>                  | <b>228</b> |

# CONTENTS

|                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Chapter 1 Introduction</b>                                                                                 | 1  |
| 1.1 Existing geometrical product specification (GPS) standard system and its problems                         | 1  |
| 1.2 Origin of the new-generation GPS standard system                                                          | 3  |
| 1.3 Trend and prospect of the new-generation GPS                                                              | 4  |
| 1.4 Manufacturing and standardization in China                                                                | 5  |
| 1.5 Significance of independent and innovative research on the new-generation international GPS standards     | 6  |
| 1.6 Strategy for implement the new-generation GPS standard system in China                                    | 8  |
| <b>Chapter 2 Framework of the New-Generation International GPS Standard System</b>                            | 12 |
| 2.1 Scope of the new-generation international GPS standards                                                   | 12 |
| 2.2 Principle of the new-generation international GPS standards                                               | 12 |
| 2.3 Structure of the new-generation international GPS standard system                                         | 13 |
| 2.3.1 Fundamental GPS standards                                                                               | 13 |
| 2.3.2 General GPS standards                                                                                   | 13 |
| 2.3.3 Complementary GPS standards                                                                             | 17 |
| 2.3.4 Global GPS standards                                                                                    | 18 |
| <b>Chapter 3 Theoretical System of the New-Generation GPS</b>                                                 | 19 |
| 3.1 Model of the new-generation GPS system                                                                    | 19 |
| 3.2 Framework of the new-generation GPS system                                                                | 21 |
| 3.3 Key theories and application technologies of the new-generation GPS                                       | 22 |
| 3.3.1 Surface model                                                                                           | 22 |
| 3.3.2 Geometrical features                                                                                    | 24 |
| 3.3.3 Mathematical tools for geometrical feature extraction                                                   | 30 |
| 3.3.4 Specification and verification operations                                                               | 38 |
| 3.3.5 Operators                                                                                               | 41 |
| 3.3.6 Uncertainties                                                                                           | 45 |
| 3.4 Application examples of the new-generation GPS theory                                                     | 46 |
| 3.4.1 Examples of specification operation                                                                     | 46 |
| 3.4.2 GPS language based specifications for expressing product function, design, manufacture and verification | 49 |
| 3.5 Characteristics of the new-generation international GPS standard system                                   | 59 |
| <b>Chapter 4 Uncertainty Theory of the New-Generation GPS</b>                                                 | 61 |
| 4.1 Introduction to the new-generation GPS uncertainty                                                        | 61 |
| 4.1.1 Basic concepts of uncertainty in the new-generation GPS                                                 | 61 |

|                                                                                                                     |                                                                                                 |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.1.2                                                                                                               | Influence of the new-generation GPS uncertainty .....                                           | 63         |
| 4.2                                                                                                                 | Judgement rules for the new-generation GPS uncertainty .....                                    | 65         |
| 4.2.1                                                                                                               | Judgement rules for measurement uncertainty .....                                               | 65         |
| 4.2.2                                                                                                               | Judgement rules for compliance uncertainty .....                                                | 68         |
| 4.2.3                                                                                                               | Judgement rules for total uncertainty .....                                                     | 70         |
| 4.3                                                                                                                 | Calculation framework for compliance uncertainty in the new-generation GPS standard-chain ..... | 73         |
| 4.3.1                                                                                                               | Modeling of GPS standard-chain .....                                                            | 73         |
| 4.3.2                                                                                                               | Calculation flow for compliance uncertainty .....                                               | 75         |
| 4.4                                                                                                                 | An example—Uncertainty transmission rules for the least-square fitting Method .....             | 79         |
| 4.4.1                                                                                                               | Basic principle of flatness least-square fitting method .....                                   | 80         |
| 4.4.2                                                                                                               | Calculation method for compliance uncertainty of flatness least-square fitting method .....     | 81         |
| 4.4.3                                                                                                               | Experimental analysis .....                                                                     | 82         |
| <b>Chapter 5 Technique Contents and Applications for the New-Generation International GPS Standard System .....</b> |                                                                                                 | <b>85</b>  |
| 5.1                                                                                                                 | Introduction .....                                                                              | 85         |
| 5.1.1                                                                                                               | Dimensional tolerance .....                                                                     | 85         |
| 5.1.2                                                                                                               | Geometrical tolerance .....                                                                     | 87         |
| 5.1.3                                                                                                               | Surface texture .....                                                                           | 88         |
| 5.2                                                                                                                 | ISO standards for limit and fits and applications .....                                         | 89         |
| 5.2.1                                                                                                               | Basic terms .....                                                                               | 89         |
| 5.2.2                                                                                                               | Calculation of the standard tolerance value .....                                               | 93         |
| 5.2.3                                                                                                               | Calculation of the fundamental deviation .....                                                  | 96         |
| 5.2.4                                                                                                               | Indication of tolerance and fit .....                                                           | 104        |
| 5.2.5                                                                                                               | Label for dimensional tolerance .....                                                           | 105        |
| 5.3                                                                                                                 | Standards for geometrical tolerance and applications .....                                      | 106        |
| 5.3.1                                                                                                               | Introduction .....                                                                              | 106        |
| 5.3.2                                                                                                               | Definitions of geometrical tolerance .....                                                      | 107        |
| 5.3.3                                                                                                               | Labels for geometrical tolerance .....                                                          | 122        |
| 5.3.4                                                                                                               | Principles of geometrical tolerance .....                                                       | 126        |
| 5.4                                                                                                                 | Standards and applications for surface texture .....                                            | 132        |
| 5.4.1                                                                                                               | Basic terms and definitions for two-dimensional surface texture .....                           | 132        |
| 5.4.2                                                                                                               | Choice and labels for two-dimensional surface roughness .....                                   | 141        |
| 5.4.3                                                                                                               | Equivalent indication and assessment flow for surface texture parameters symbol .....           | 144        |
| 5.4.4                                                                                                               | Research and status quo of three-dimensional surface texture standards .....                    | 145        |
| <b>Chapter 6 Surface Filtration Techniques of New Generation GPS .....</b>                                          |                                                                                                 | <b>148</b> |
| 6.1                                                                                                                 | Introduction .....                                                                              | 148        |

|                   |                                                                                  |            |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 6.2               | Development for surface filtration techniques .....                              | 149        |
| 6.2.1             | Polynomial fitting method .....                                                  | 149        |
| 6.2.2             | 2RC filtration method .....                                                      | 150        |
| 6.2.3             | Gaussian filtration method .....                                                 | 150        |
| 6.2.4             | Spline filtration method .....                                                   | 151        |
| 6.2.5             | Wavelet filtration method .....                                                  | 152        |
| 6.2.6             | Motif method .....                                                               | 152        |
| 6.2.7             | Fractal method .....                                                             | 153        |
| 6.3               | Typical filters of the new-generation GPS .....                                  | 154        |
| 6.3.1             | Linear profile filter .....                                                      | 154        |
| 6.3.2             | Classical Gaussian filter .....                                                  | 157        |
| 6.3.3             | Robust Gaussian filter .....                                                     | 164        |
| <b>Chapter 7</b>  | <b>An Intelligent Knowledge Base System for the New-Generation GPS .....</b>     | <b>183</b> |
| 7.1               | Introduction .....                                                               | 183        |
| 7.2               | Structure of intelligent knowledge base for the new-generation GPS .....         | 183        |
| 7.2.1             | Basic framework .....                                                            | 183        |
| 7.2.2             | Technical requirements .....                                                     | 185        |
| 7.2.3             | Data information flow .....                                                      | 185        |
| 7.2.4             | Choice for knowledge representing methods .....                                  | 186        |
| 7.2.5             | Integration scheme for the system and CAX .....                                  | 187        |
| 7.3               | Design of intelligent knowledge base system for the new-generation GPS .....     | 188        |
| 7.3.1             | Logic diagram of knowledge base system .....                                     | 188        |
| 7.3.2             | Database design .....                                                            | 189        |
| 7.3.3             | Knowledge inferring .....                                                        | 192        |
| 7.3.4             | Data flow .....                                                                  | 193        |
| 7.4               | An example—intelligent knowledge base system for diameter tolerance design ..... | 194        |
| 7.4.1             | Diameter tolerance design .....                                                  | 194        |
| 7.4.2             | Assessment algorithms for the diameter .....                                     | 199        |
| 7.4.3             | Operation procedures .....                                                       | 201        |
| <b>References</b> | .....                                                                            | <b>204</b> |
| <b>Appendices</b> | .....                                                                            | <b>211</b> |
| Appendix A        | Framework of the new-generation GPS standard system .....                        | 211        |
| Appendix B        | General standard matrix of the new-generation GPS .....                          | 215        |
| Appendix C        | List of the new-generation GPS standards .....                                   | 221        |
| <b>Index</b>      | .....                                                                            | <b>228</b> |

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 现行产品几何技术规范标准体系及其存在的问题

制造业技术标准是组织现代化生产的重要技术基础。在制造业技术标准中,最重要的标准之一是产品几何技术规范标准体系。它是一套覆盖了产品从宏观到微观几何特征的技术标准体系,涉及产品开发、设计、制造、验收、使用以及维修、报废等产品全生命周期,包括工件尺度、几何形状和位置以及表面形貌等诸多方面的标准<sup>[1-2]</sup>,应用于所有几何产品,既包括汽车、机床、家用电器等传统机电产品,也包括计算机、通信、航天等高新技术产品。产品几何技术规范标准体系不仅是工程领域必须依据的技术规范,是产品信息传递与交换的基础标准,也是市场流通领域中评定产品质量是否合格的依据。

在国际标准中,产品几何技术规范标准体系是影响最广、最重要的基础标准体系之一,与质量管理(ISO 9000)、产品模型数据交换(STEP)等重要标准体系有着密切的联系;是制造业信息化、质量管理、工业自动化系统与集成等工作的基础。大多数国家和地区已将产品几何技术规范标准体系作为其国民经济重要的支撑工具,用来保证其产品质量、国际贸易以及安全等相关法规与国际保持一致<sup>[3]</sup>。

现行产品几何技术规范(第一代产品几何技术规范)是以几何学为基础的标准,包括尺寸公差、形状位置公差、表面粗糙度、测量仪器、测量器具、测量不确定度等标准(图 1-1);是由原 ISO/TC 3(极限与配合,尺寸公差及相关检测)、ISO/TC 10/SC 5(几何公差与相关检测)和 ISO/TC 57(表面纹理与相关检测)三个技术委员会各自独立制定的<sup>[4]</sup>。多年来,因为各自工作的独立性,使上述各技术委员会之间的工作出现了重复、空缺和不足,还产生了术语定义、基本规定及综合要求的差异与矛盾,使得产品几何技术规范标准之间出现众多不衔接和矛盾之处,估计有 50% 的标准不适用或与其他技术委员会所制定的标准相矛盾<sup>[5]</sup>。同时,基于几何学的产品几何技术规范标准体系,虽然为几何产品的设计、制造及检验提供了技术规范,但因其局限于描述理想几何形状的工件,没有考虑生产过程中实际工件的多变性,没有考虑几何规范与产品功能要求的联系,缺乏表达各种功能和控制要求的图形语言,不能充分精确地表述对几何特征误差控制的要求,从而造成功能要求失控;在设计规范中也没有给出测量评定方法,检验过程由于缺乏误差控制的设计信息,使得产品合格评定缺乏唯一的准

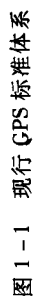


图 1-1 现行 GPS 标准体系



则,从而造成测量评估失控,导致产品质量评定的纠纷<sup>[5]</sup>。

随着生产技术、工艺水平的发展,产品“功能要求、设计规范及测量方法”方面不统一的问题显得越来越突出。计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)和计算机辅助质量管理(CAQ)的发展及其实用化等,已使基于几何学的产品几何技术规范标准体系的理论基础不能适应现代先进制造业发展的需要。简而言之,现行产品几何技术规范标准体系存在的主要问题有:(1)精度设计与产品功能联系不紧密;(2)公差理论与检测、评定方法不吻合;(3)三坐标测量机(CMM)与按照泰勒原则的传统检测原理完全不同,出现测量结果与评判原则不同的现象;(4)不便于 CAD/CAM/CAQ 的集成;(5)标准体系结构不完整。

## 1.2 新一代 GPS 标准体系的提出

为解决现行产品几何技术规范标准所带来的问题,丹麦 P. Bennich 博士在进行大量科学调查后认为,只有将产品的几何规范与检验认证集成为一体才能解决两者之间的根本矛盾<sup>[6]</sup>。1993 年 3 月,在他的建议下,国际标准化组织(ISO)成立了联合协调工作组(ISO/TC 3-10-57/JHG)<sup>[4]</sup>。该工作组的任务是对原 ISO/TC 3、ISO/TC 10/SC 5 和 ISO/TC 57 三个技术委员会所属范围的尺寸和几何特征领域内的标准化工作进行协调和调整。但是随着研究工作的进展和信息技术的发展,“联合协调工作组”发现基于传统几何精度设计和控制方法所建立的标准体系仅适于手工设计环境,不便于计算机的表达、处理和数据传递。传统公差理论和标准的落后已成为制约 CAD/CAM/CAT 技术继续深入发展的瓶颈<sup>[7]</sup>。于是,经过 2 年的工作,“联合协调工作组”于 1995 年提出了“geometrical product specifications and verification(产品几何技术规范与认证,简称 GPS)”的概念<sup>[4]</sup>,颁布了 ISO/TR 14638“GPS 总体规划(masterplan)”,并认为对于综合性、基础性的标准,最好的和彻底的解决办法就是成立一个新的技术委员会,以全面统一 GPS 方面的工作。ISO 技术管理局(ISO/TMB)采纳了“联合协调工作组”的建议,于 1996 年 6 月撤销了 ISO/TC 3、TC 10/SC 5 和 TC 57,将这三个技术委员会合并,成立了新的技术委员会 ISO/TC 213,全面负责构建一个新的、完整的产品几何技术规范(GPS)国际标准体系<sup>[4]</sup>,即新一代 GPS 标准体系。

新一代 GPS 标准体系,以计量数学为基础,将几何产品的设计规范、生产制造和检验认证以及不确定度的评定贯穿于整个生产过程,成为产品设计工程师、制造工程师和计量测试工程师共同依据的准则,为产品设计、制造及认证提供一个更加完善的交流工具。新一代 GPS 标准体系与现行产品几何规范标准体系的关系是继承、发展、创新的关系,而在理论基础与体系结构上,则将发生根本性的变革。