



几何规范 的知识表示

钟艳如 黄美发 覃裕初 著◎

014003066

TG8-65
05

产品几何规范的知识表示

钟艳如 黄美发 覃裕初 著



西安电子科技大学出版社



北航

C1688564

TG 8-65

05

内 容 简 介

本书从新一代产品几何技术规范(New-generation Geometrical Product Specification, N-GPS)与 CAD/CAM/CAT 系统之间知识共享和信息传递的需求出发,给出了基于描述逻辑和本体的产品几何规范表示技术。全书共七章,主要内容包括绪论、N-GPS 的基本理论、描述逻辑 $ALC(D_{GFV})$ 和本体、ISO 极限与配合的 DL_Lite_R 表示、公差指标的自动生成、形状公差的数学模型表示及其实现以及直线度验证知识库系统等。

本书介绍的内容属于计算机科学与机械工程的交叉学科前沿研究成果,为计算机学科的描述逻辑技术找到了应用背景,为机械工程学科的精度与计量领域的研究找到了关键技术,为新一代 GPS 体系概念和理论的转换及数字化设计平台提供了理论基础。本书可为从事计算机学科领域科学研究的研究生和科技工作者提供新的研究思路,也可作为设计、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

产品几何规范的知识表示/钟艳如,黄美发,覃裕初著. —西安:西安电子科技大学出版社,2013.3
ISBN 978 - 7 - 5606 - 2978 - 0

I. ① 产… II. ① 钟… ② 黄… ③ 覃… III. ① 工业产品—几何量—技术规范—中国
IV. ① TG8 - 65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 023805 号

策划编辑 陈婷

责任编辑 陈婷 曹锦

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 西安文化彩印厂

版 次 2013 年 3 月第 1 版 2013 年 3 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×960 毫米 1/16 印张 16

字 数 325 千字

印 数 1~1000 册

定 价 32.00 元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 2978 - 0/TG

XDUP 3270001 - 1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前 言

几何产品的设计、制造与测量认证的集成是现代先进制造技术的一个重要发展方向。产品几何技术规范与测量认证(Geometrical Product Specification and Verification, GPS, 中文简称为“产品几何规范”或“几何规范”)是现代产品设计、制造与测量集成中的关键问题,是决定产品性能指标、制造成本和市场竞争力的关键,是几何产品计算机辅助设计/辅助制造/辅助测量(CAD/CAM/CAT,业界统称为CAX)集成中的核心内容,已成为国内外学术界和工程界研究的热点。

目前,CAD系统过分强调几何规范的表现,而几何规范不能被机器理解。同时CAD/CAM/CAT系统都各自独立地发展起来,不同的CAD/CAM/CAT系统之间在信息共享与数据格式等方面有很大的不一致,导致在不同平台或者不同系统之间生成的数据难以共享,CAD/CAM/CAT系统之间文件格式各不相同,几何规范在系统之间的信息传递不畅。

Web从根本上改变了人类存储和交换信息的方式,但传统的Web过于强调信息的表现,忽视信息语义的表示,导致Web内容无法被机器理解。语义网对Web信息的表示和获取方式进行了重大改进。针对“几何规范不能被机器理解”与“几何规范在CAD/CAM/CAT系统之间的信息传递不畅”这两个问题,本书汲取语义网领域的最新研究成果,将描述逻辑ALC(D)和本体引入对几何规范的知识表示之中,使用本体语言OWL构建产品几何规范本体库,基于SWRL(Semantic Web Rule Language)建立几何要求与约束规则库。

在ISO/DTR 14638:1999的总体规划下,新一代GPS标准体系设计了一个通用标准矩阵,矩阵的行由组成零件的18类几何特征构成,矩阵的列由7个标准链环构成。几何要素是构成工件几何特征的点、线、面;表面模型是指工件和它的外部环境物理分界的几何模型,由几何要素集合而成。产品几何规范的表示技术研究取得了以下五个方面的成果:

第一,18类几何要素的7个恒定类划分及其空间关系的形式化定义。从离散数学的角度上看,要素的几何变动构成Lie子群,与几何变动相关的Lie子群有12个,按照满足自同构的要求,得到7个对称的Lie子群,即几何要素变动中的7个恒定类。通过研究7个恒定类,得到几何要素之间完备空间关系集合,包括约束、重合、分离、包含、平行、垂直、斜交、异面和配合,并给出这些空间关系的形式化定义。

第二,ISO极限与配合的DL-Lite_R表示技术。ISO尺寸极限与配合是保证零件的尺寸、几何形状和相互位置以及表面特征技术要求一致性的基础。ISO极限与配合的DL-Lite_R表示技术实现了尺寸精度与配合设计本体表示、尺寸精度检验本体表示、尺寸极限与配合数据库表示以及本体与数据库的映射。

第三,几何公差指标的描述逻辑ALC(D)表示与自动生成。基于空间关系的公差表示

模型在多色集合模型的基础上增加空间关系层,通过装配特征表面的几何要素之间的空间关系与公差类型之间的映射,对由装配特征表面之间的约束关系确定出的可选公差类型进行筛选,可进一步减少生成的可选公差类型的数目。对于不同的装配体,表示模型的零件层、装配特征表面层和空间关系层中的约束关系亦不相同,这些约束关系可用描述逻辑 $ALC(D_{GFV})$ 的 ABox 来表示。根据基于公差类型的 $ALC(D_{GFV})$ 表示和 $ALC(D_{GFV})$ 的 Tableau 判定算法,设计了公差类型的自动生成算法。

第四,形状公差的描述逻辑 $ALC(D)$ 表示与实现。给出公差域和小旋量 SDT 的表示,基于 SDT 的变动方程和约束方程构建直线度公差、平面度公差、圆度公差和圆柱度公差的数学模型,通过选择实数域 \mathbf{R} ,构建该 4 类公差域的描述逻辑 $ALC(R)$ 表示,同时构建形状公差本体以及本体公理,使用推理机对构建的本体进行推理,实现该 4 类形状公差的一致性检测。

第五,直线度验证知识库系统的表示与实现。以验证形状公差直线度为研究实例,构建出验证知识库系统。该系统划分为三层结构:领域层、推理层和应用层。领域模块主要用于对直线度验证信息的描述,包括直线度本体库构建和本体编辑。推理模块主要用于对直线度验证信息进行推理,包括公理库(52 条公理)、规则库(68 条规则)和数学库(36 个公式)。应用模块主要用于直线度评定,包括检测方法推荐、测量坐标点导入和直线度评定。

本书的研究成果具有以下意义:第一,从产品几何规范的语义层面,力图对几何要素、尺寸公差、几何公差和约束条件等新一代 GPS 核心要素的表示理论进行重大改进。第二,有助于突破几何规范与 CAD/CAM/CAT 系统的集成瓶颈,项目的实施将从根本上改变新一代 GPS 信息的存储、交换及传递方式。

本书是在桂林电子科技大学 GPS 课题组成员近 5 年对产品几何规范不断研究的基础上创作而成的,本书作者的研究工作得到了以下科研项目的资助:

- 面向产品几何规范的知识表示与测量认证研究:国家自然科学基金(61163041)。
- 基于新一代 GPS 标准的公差模型和测量认证方法:国家自然科学基金(50865003)。
- 新一代 GPS 标准体系的计算模型和方法研究:广西自然科学基金(桂科自 0640166)。
- 产品几何规范的操作算子技术研究:广西可信软件重点实验室主任基金(kx201120)。
- 动梁动柱八轴五联动龙门铣床研发关键技术研究:广西制造系统与先进制造技术重点实验室项目(桂科能 11-031-12_002)。

本书的撰写得到华中科技大学机械学院博士生导师、教育部长江学者特聘教授、英国皇家工程院院士蒋向前教授,华中科技大学李柱教授和徐振高教授,以及桂林电子科技大学常亮教授的指导与帮助,在此表示衷心的感谢!

作者

2012 年 9 月

第一章 绪论	(1)
1.1 产品几何规范研究的背景	(1)
1.2 产品几何规范标准体系的形成与发展	(2)
1.3 产品几何规范的表示技术	(4)
第二章 N-GPS 的基本理论	(10)
2.1 概述	(10)
2.2 几何要素	(17)
2.3 要素的几何变动	(20)
2.4 表面模型	(26)
2.5 不确定度	(35)
第三章 描述逻辑 $ALC(D_{GFV})$ 和本体	(39)
3.1 概述	(39)
3.2 描述逻辑 $ALC(D_{GFV})$	(40)
3.3 本体	(52)
第四章 ISO 极限与配合的 DL_Lite_R 表示	(56)
4.1 概述	(56)
4.2 尺寸极限与配合知识	(56)
4.3 描述逻辑 DL_Lite_R	(78)
4.4 尺寸精度与配合设计本体表示	(83)
4.5 尺寸精度检验本体表示	(94)
4.6 尺寸极限与配合数据库表示	(98)
第五章 公差指标的自动生成	(109)
5.1 概述	(109)
5.2 公差表示模型	(111)
5.3 基于 $ALC(D_{GFV})$ 的公差类型的自动生成	(116)
5.4 基于本体的公差类型的自动生成	(129)
第六章 形状公差的数学模型表示及其实现	(150)
6.1 形状公差的数学模型	(150)
6.2 数学模型的 $ALC(R)$ 表示	(156)

6.3	数学模型的实现	(158)
第七章	直线度验证知识库系统	(168)
7.1	概述	(168)
7.2	系统框架设计	(168)
7.3	系统功能模块	(171)
7.4	系统领域层设计	(173)
7.5	系统推理层设计	(178)
7.6	系统开发	(205)
7.7	实例分析	(210)
附录 1	公差表示的元本体中所有类及所有属性的 OWL RDF/XML 编码	(216)
附录 2	公差表示的元本体中所有类转换成的 Jess 模版	(224)
附录 3	表 5-3 中所列 SWRL 规则转换成的 Jess 规则	(226)
参考文献	(239)

第一章 绪 论

1.1 产品几何规范研究的背景

目前,世界上大部分国家的产品几何规范标准都是基于几何学的第一代产品几何技术规范标准体系(First-generation Geometrical Product Specification and Verification, F-GPS),因其只能描述零件的理想几何形状,在设计过程中没有考虑实际工件在生产过程中的多变性,也没有将产品的几何规范与产品的功能要求联系起来,不能精确地表述对几何特征误差控制的要求,从而导致产品的功能要求失控。此外,由于在规范设计过程中没有限定测量和评定方法,因此在产品的测量认证过程中缺乏唯一的合格性评定准则,造成产品质量评定过程中的纠纷。F-GPS 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/CAT/CAQ 的集成;
- (5) 标准体系结构不完善。

为了解决以上问题,国际标准化组织 ISO/TC 213 提出了新一代产品几何技术规范标准体系(New-generation Geometrical Product Specification and Verification, N-GPS)的构想和部分技术标准,准备建立一套完整的标准体系。在国际标准中,产品几何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。目前,大多数国家已将产品几何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、国际贸易及安全等相关法规与国际一致。

N-GPS 标准体系以计量数学为基础,引入物理学中的物像对偶性原理,把规范设计过程与测量认证过程联系起来,并通过“不确定度”的传递关系将产品的功能、规范、制造、测量认证等集成一体,从而可以避免基于几何学理论技术标准过于抽象的问题,并能有效地解决由于测量方法不统一而导致测量评估失控引起纠纷等问题。

与 ISO 同步建立起应对经济全球化和信息化需要的、符合国际贸易基本规则的 N-GPS 国家标准体系,是提高中国制造业竞争力和维护国家经济利益的迫切需要。在科技部“十五”国家重大科技专项、教育部科学技术研究重大专项、国家自然科学基金等项目的支持下,以华中科技大学、浙江大学为首的 GPS 科研团队已探索了 N-GPS 标准体系的理论基础,制定了一批适合我国国情的 N-GPS 标准,参与了多项国际 N-GPS 标准的制定,缩短了与国际 N-GPS 标准体系研究和应用之间的差距。但是总体来说,我国目前对 N-GPS 标准体系的研究还比较薄弱,现有标准严重滞后,标准的制定与市场需求脱节,要在全中国实施 N-GPS 标准还有许多工作要做。

1.2 产品几何规范标准体系的形成与发展

1.2.1 N-GPS 的起源

依据以几何学为基础的 F-GPS 标准体系,虽然设计工程师能够清楚地表达设计意图,制造工程师能够依照图纸加工工件,计量工程师也知道如何测量工件,但是还会存在以下问题:图纸上几何规范不完整;设计、制造和检验过程中标准的基础理论不统一;几何产品的“功能要求、设计规范和测量方法”不统一;设计、制造以及计量工程师之间缺乏共同的技术语言,难以有效地沟通等。以上这些问题导致测量、评估失控而引起矛盾和纠纷。

为解决以几何学为基础的产品几何规范标准带来的问题,丹麦的 P. Bennich 博士在进行大量科学调研后认为,只有将产品的几何规范与检验/认证集成一体才能解决两者之间的根本矛盾。在他的建议下,1993年3月,国际标准化组织(ISO)成立了“联合协调工作组(ISO/TC 3-10-57/JHG)”,对 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。工作组发现,基于几何学的 F-GPS 标准体系不便于几何规范的计算机表达、处理和数据传递,并且传统的公差理论和落后的标准已经制约了 CAX 技术的发展。ISO 技术管理局采纳了“联合协调工作组”的建议,于 1996 年 6 月将 ISO/TC 3、ISO/TC 10/SC 5 和 ISO/TC 57 三个委员会合并,成立了新的技术委员会 ISO/TC 213,全面负责构建一个新的、完整的产品集合技术规范国际标准体系,即 N-GPS。

N-GPS 标准体系的诞生,是对 F-GPS 标准体系的重大改进,它标志着标准和计量进入了一个新时代。N-GPS 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/认证及不确定度的评定贯穿于整个生产过程,为产品设计、制造及认证提供一个更加完善的交流工具。N-GPS 提出了表明模型、操作/操作算子、对偶性原理等一系列新概念,这些都是以几何学为基础的技术标准中完全没有的概念。通过应用数学描述、定义、建模及

信息传递的方法,将有效地解决由于测量方法不一致而引起的纠纷,以彻底解决以几何学为基础的技术标准中所存在的问题。

1.2.2 N-GPS 标准体系的发展

根据 ISO/TR 14638 提出 GPS 的总体规划,ISO/TC 213 组织各国专家将制定包括综合、基础和通用的 GPS 标准在内的大约 100 多个 ISO、ISO/TR 及 ISO/TS 标准文件,这些标准文件将构成 N-GPS 标准体系。迄今为止,多数标准文件还在研究和制定阶段,ISO/TC 213 的许多成员国都在积极参与这些标准的研究和制定,特别致力于新的基础理论研究,以建立 N-GPS 标准与计量的数值理论基础、测量技术及智能知识库和应用软件平台。

英国于 2000 年颁布了 BS 8888:2000,2001 年颁布了 PD 8888:2001,2002 年颁布了 BS 8888:2002,正在有计划、有步骤地陆续将 N-GPS 标准转化为国家标准。英国国家标准的研究与制定工作基本上保持了与 ISO 标准的同步进程。德国 Stuttgart 大学进行了基于三维计量的 CAQ/CAD 集成技术的研究,该集成系统把被测对象(如快速成型零件等)的测量结果直接与其 CAD 模型进行对比分析,从而分离和提取加工工具的模型及零件的实际偏差等信息。日本东京大学的 K. Takamasu 研究了基于特征的计量技术,提出了基于特征计量的基本概念,包括几何参数的计算方法、特征模型的选取、测量不确定度的估计以及测量不确定度的判断等。与此同时,在美国联邦科学基金资助下,美国机械工程师学会、国家标准计量研究院(NIST)在计算机处理的公差信息化表示方法、复合表面的数字化计量、表面坐标计量以及可视化 CMM 标定技术等方面正在进行广泛的基础研究。其研究的主要内容包括:研究制造用集成标准的确认和交互检验技术,用于对 CAD/CAM/CAQ/PDM 等系统制造标准的确认和检验,特别是对有关自动化设计的国际标准的确认性检验;研究用于集成制造系统的检验体系,为基于对象管理的集成制造系统提供检验能力和技术指导;研究有关的 CMM 算法、评定算法以及软件可靠性的检验方法和标准,确认 CMM 测量系统内置软件的数据分析不确定度,为静态和动态不确定度提供评估方法。

为适应全球经济的快速发展和制造业标准化、信息化的必然趋势,我国也积极参与了 GPS 标准的研究工作,以尽快建立与国际标准接轨的产品设计、制造、检测的技术规范。我国从 20 世纪 70 年代末开始,由全国公差与配合标准化技术委员会和全国形位公差标准化技术委员会负责,将我国的公差体制由原苏联 GOST 转换为 ISO 公差制。1999 年,在这两个标委会和 ISO/TC 57 国内归口工作的基础上成立了与 ISO/TC 213 相对口的全国产品尺寸和几何技术规范标准化技术委员会(SAC/TC 240),目标是建立与 ISO 或国外先进标准等效的我国产品尺寸和技术规范标准体系。

1.3 产品几何规范的表示技术

1.3.1 研究 N-GPS 表示技术的意义

没有使用 CAD 系统之前的产品设计, 依靠手工绘图, 图纸的内容包括图形和几何规范(涵盖尺寸、技术要求和标题栏), 其中的几何规范是按照第一代 GPS(First-generation GPS)标准体系的要求而给出的。手工绘图效率低、不易保存。另外, 标注在纸质图纸上的几何规范所依据的第一代 GPS 标准体系中, 存在几何规范中术语定义、基本规定及几何要求的差异与矛盾^[1]。为了便于解决矛盾以及几何规范的测量认证等一系列问题, ISO/TC 3、ISO/TC 10/SC 5 和 ISO/TC 57 三个委员会合并为 ISO/TC 213, 致力于新一代 GPS 标准体系的研究和发展。新一代 GPS 标准体系的完全实施, 有望将规范成本、测量认证成本、材料的损耗、开发周期都降低或缩短 10%~30% 不等^[1]。

CAD 系统克服了手工图形绘制与几何规范标注不能编辑、修改、复制、保存的缺点, 是产品设计史上的第一次飞跃。但 CAD 系统的局限之一^[142]是只能显示几何规范, 而不能表达几何规范的数据组织, 几何规范不能被机器理解。同时 CAD/CAM/CAT 系统都各自独立地发展起来, 不同的 CAD/CAM/CAT 系统之间在信息共享与数据格式等方面有很大的不一致, 从而使在不同平台或者不同系统之间生成的数据难以共享。导致 CAD/CAM/CAT 系统的局限二^[143]是各种系统之间文件格式各不相同, 几何规范在系统之间的信息传递不畅。目前, 数据交换依靠如图 1-1(a)和图 1-1(b)所示的直接数据交换和间接数据交换这两种方式, 需要开发接口程序来维持 CAD/CAM/CAT 系统之间的信息传递, 存在接口开发耗时、费力与图元信息丢失等问题。

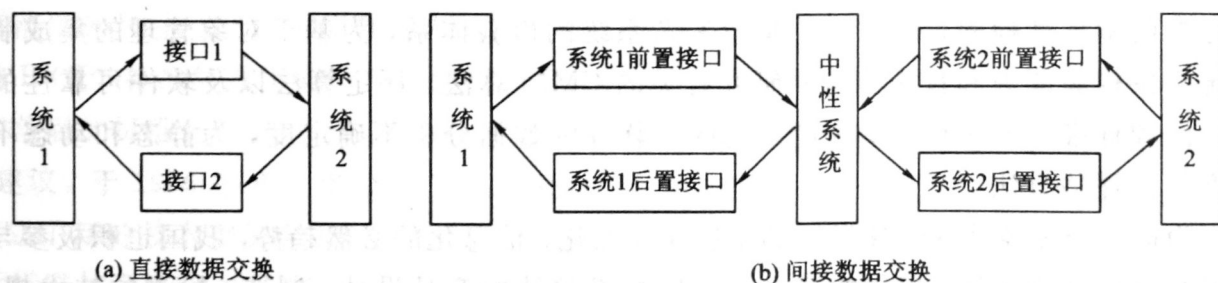


图 1-1 数据交换方式

针对“几何规范不能被机器理解”与“几何规范在 CAD/CAM/CAT 系统之间的信息传递不畅”这两个问题, 本书汲取人工智能领域的研究成果, 将描述逻辑和本体引入到对几何规范的知识表示与测量认证中, 构建一种新的描述逻辑语言用于 N-GPS 领域知识表示。具体来说, 集合规范研究具有以下科学及现实意义:

第一,从产品几何规范的语义层面,力图对几何要素、操作/操作算子和约束条件等 N-GPS 核心要素的表示理论进行重大改进。

第二,有助于突破几何规范与 CAD/CAM/CAT 系统的集成瓶颈,其实施将从根本上改变 N-GPS 信息的存储、交换及传递方式。

1.3.2 N-GPS 表示技术的现状分析

产品几何规范的机器理解,首先涉及对产品几何规范内涵的把握。第一代 GPS 标准体系以几何学为基础,由三个 ISO 技术委员会分别制定的产品几何规范用于描述理想几何形状的工件,没有考虑几何规范与产品功能要求之间的联系,因此产品功能难以通过几何规范在 CAD 设计图样上表达出来^[144]。在 ISO/DTR 14638:1999 的总体规划下,N-GPS 标准体系设计了一个通用标准矩阵^[1],矩阵的“行”由组成零件的 18 类几何特征构成,矩阵的“列”则由几何规范的图样表达、公差定义、实际要素特征定义、工件误差评判、实际要素特征检验、计量设备要求以及计量设备标定等 7 个标准链环构成。按照 N-GPS 标准体系的要求,每一个几何规范均包含其几何特征 7 个链环的内容,明确了机器应该理解几何特征 7 个链环的内容。

法国工业和制造工程实验室的 Jean-Yves D 教授给予产品几何规范的定义是“在几何要素上的带约束的几何特征,这些几何要素是通过一系列操作从实际零件的非理想表面获得的”。基于 N-GPS 对偶性原理和操作算子理论,我们可以将 N-GPS 标准体系的核心概念及其联系用图 1-2 展示出来。几何要素是构成工件几何特征的点、线、面;表面模型是指工件和它的外部环境物理分界的几何模型,由几何要素集合而成。N-GPS 将几何特征划分为 18 类:尺寸偏差(4 类)、几何偏差(8 类)、波纹度(1 类)、粗糙度(1 类)、边缘误差(1 类)、表面缺陷(1 类)、其他(2 类)。此处偏差的含义包括公差、上/下偏差,有些文献称之为公差,有些文献称之为变动,用刻画特征的一组参数来表示。其中 8 类几何偏差又分为 6 种形状公差和 13 种位置公差(5 种定向公差、6 种定位公差和 2 种跳动公差)。

Jean-Yves D 等基于特征(线性距离/角度)的概念,提出了一种对 N-GPS 规范进行统一表达的图形语言 GeoSpelling。该方法利用表面模型代替传统的公称模型来表示公差,能够区分公差规范、分析和认证等各个不同阶段的几何要素。在参考文献[3]中基于 N-GPS 恒定类的定义,从零件-零件之间的装配定位约束关系入手,给出有几何功能需求的功能公差规范设计方法。浙江大学茅健博士^[4]基于数学定义的公差数学模型,以数学公式的形式来描述和刻画几何要素的技术规范,给出了几何规范类型的生成规则与方法。该研究存在的局限是:只能表示 4 类尺度偏差的几何特征,还不能解决形状公差和位置公差的表示问题。其原因是将功能要求表达为几何规范存在隐性的约束关系,很难直接用于公差的分析 and 计算,导致这类几何规范 7 个链环之间的内容关联表示存在困难。

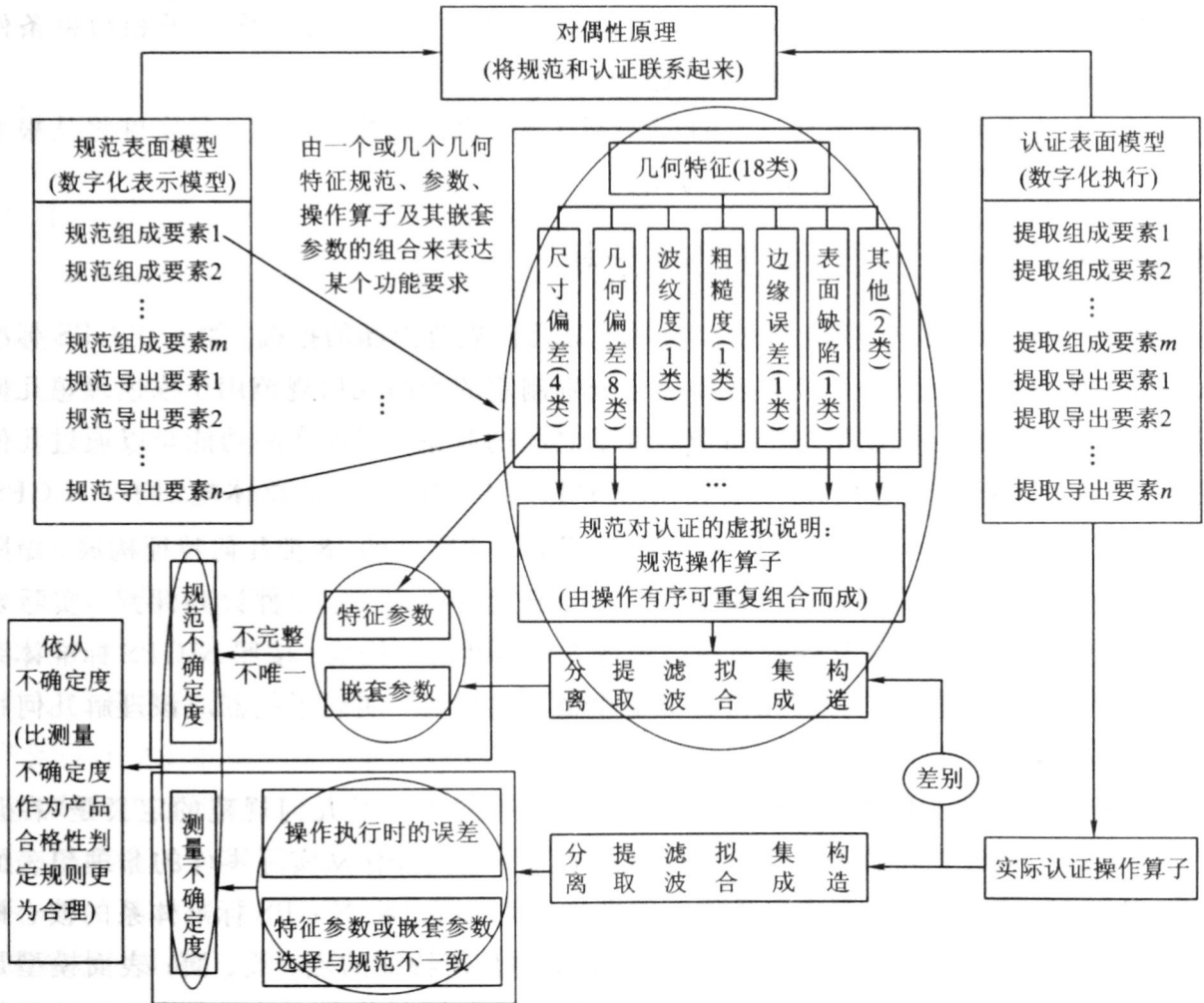


图 1-2 N-GPS 标准体系的核心概念及其联系

N-GPS 通用矩阵的设计理念是：每个几何规范的链环结构将零件的功能要求、设计规范及检验认证有机地联系在一起。操作是获取形状公差和位置公差的数学工具，蒋向前等^[1]给出了基准建立操作算子示例和位置度公差操作算子示例。张琳娜等^[5]就操作算子应用于线性尺寸规范设计、表面粗糙度评定、纳米粗糙度评定、平面度误差评定、提取方案设计等方面开展了一系列研究。郑州大学在对获得几何要素特征的数字化操作算子的研究中，对采样、提取、拟合等操作能够达到数字化处理的要求，但“分离”操作的表示技术到目前为止还没有解决。钟艳如等^[6]对表面粗糙度操作与操作算子等进行了基于不确定度的测量认证分析。Jean-Yves D^[2]对约束条件采用存在量词 \exists 和全称量词 \forall 进行刻画，结合逻辑语言和自然语言给出了操作与操作算子的部分形式化语义。

到目前为止，按照 N-GPS 标准体系的要求，采用自然语言、符号语言与部分逻辑语言的方式，通过规范操作算子对设计所标注的几何规范给出了完整解释。但是部分形式化的表达方式，使得产品几何规范语义二义性依然存在。

在 N-GPS 标准体系下, 目前几何规范与 CAX 系统的集成模式是将几何规范融入 STEP 标准, 利用 STEP 标准作为 CAX 系统之间传递信息的中间媒介, GPS 与 CAX 系统集成模式如图 1-3 所示。几何规范在 CAX 系统之间传递采用的是图 1-(b)所示间接数据交换方式, 仍然需要开发接口实现数据交换。而且 STEP 系列标准侧重于数据交换, 未充分考虑对知识交换与共享的需求, 具体对几何规范中形状公差和位置公差表示和交换仅限于语法层次; 产品的功能操作、几何要求、约束条件等知识隐含在具体应用的知识库中, 只有资深的设计工程师和工艺师才能理解这些数据的内涵, 数据缺乏良好的语义显示功能, 且无法给机器提供可理解的语义处理功能。N-GPS 部分核心概念的逻辑关系如图 1-4 所示。可见基于 STEP 标准, 几何规范在 CAX 系统之间的数据传递与信息共享, 缺乏语义显示与语义处理能力。

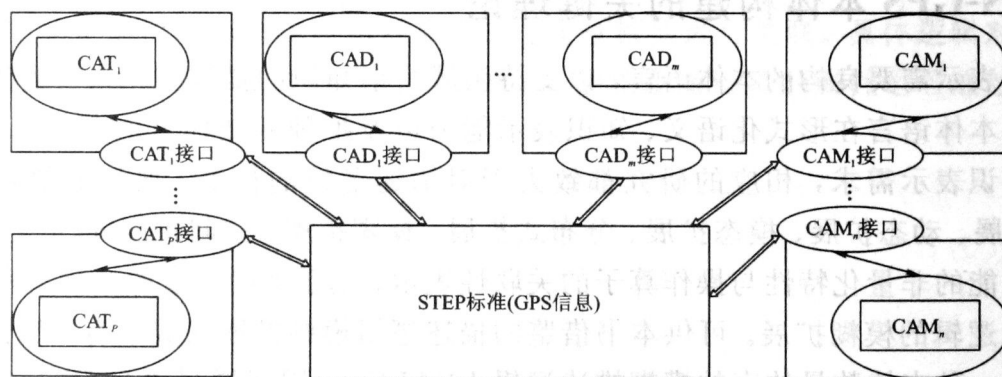


图 1-3 GPS 与 CAX 系统集成模式

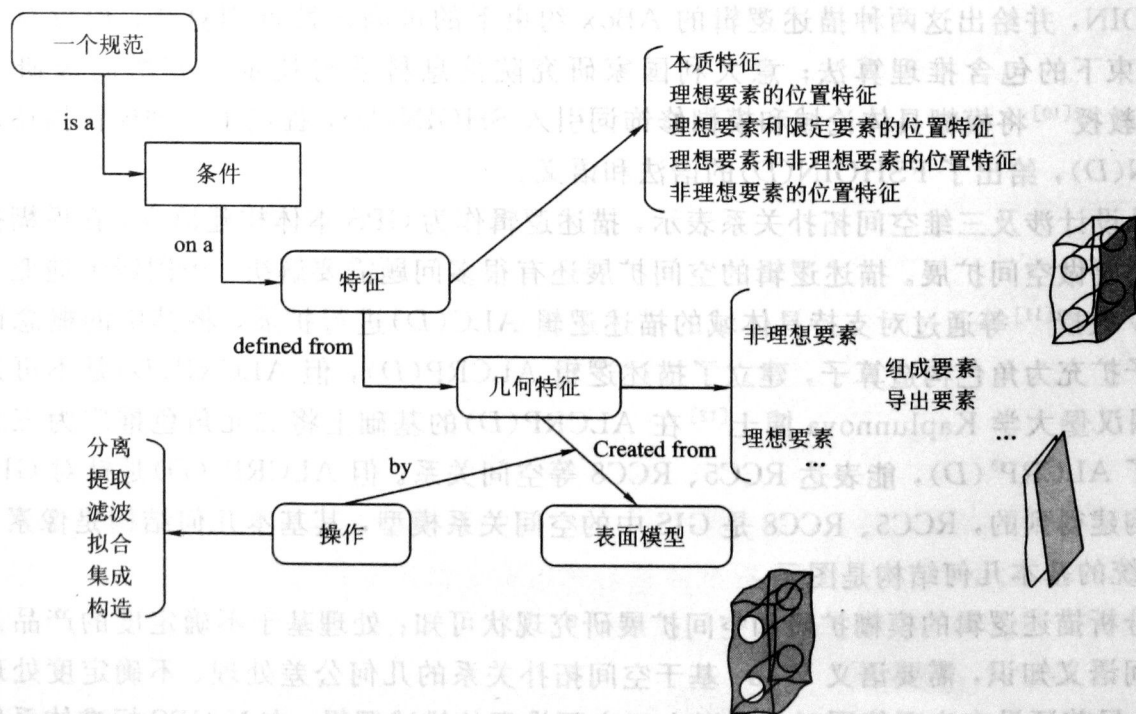


图 1-4 N-GPS 部分核心概念的逻辑关系

卜倩^[7]基于本体技术在 STEP 中性文件中增加一个语义层,将产品数据进行语义扩展,实现数据的显示语义交换,但在该文献中存在 EXPRESS 文档和 STEP 物理文件与本体之间的规则转换问题,而 STEP 标准的形式化描述语言 EXPRESS 本身结构复杂;另外,该文献仅对产品数据的交换与共享的本体进行研究,产品几何规范位于产品数据底层,而产品数据的关键指标需要几何规范来刻画。STEP 标准将几何规范与产品数据放在同一层面,是导致系统过于庞大、复杂度高的根本原因。

有鉴于此,将产品几何规范的表达上升为产品功能等知识的表达,实现产品几何规范的知识级重用与共享,可通过构建 GPS 本体,将产品几何规范从产品数据中分离出来,为解决几何规范的语义二义性和知识级共享提供一个有效的思路。

1.3.3 N-GPS 本体构建的关键理论

本体的表示需要良构的本体语言,以支持领域共享知识的描述与推理。描述逻辑能够很好地满足本体语言在形式化语义、知识表示能力以及推理复杂性上的要求。目前,根据应用领域知识表示需求,相应的研究都致力于对描述逻辑的扩展。典型的描述逻辑扩展有:时序扩展、动态扩展、模态扩展、分布式扩展、模糊扩展、空间扩展等。

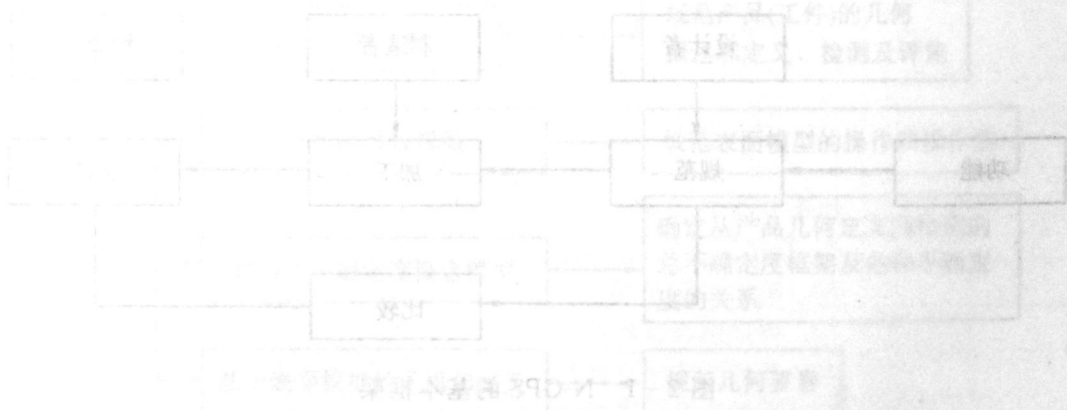
产品功能的非量化特性与操作算子的关联性表示、基于不确定度的几何规范测量认证均涉及描述逻辑的模糊扩展。可供本书借鉴的描述逻辑模糊扩展的成果有:李言辉和徐宝文^[8]提出了一种支持数量约束的模糊描述逻辑 EFALCN,用于增强语义 Web 对模糊信息的表示、推理能力;希腊国立雅典理工大学的 Stoilos 教授^[9]提出了模糊描述逻辑 f-SHIN 和 f-SHOIN,并给出这两种描述逻辑的 ABox 约束下的可满足性推理算法,但没有给出 TBox 约束下的包含推理算法;意大利国家研究院信息科学与技术研究所高级研究员 Straccia 教授^[10]将模糊具体论域和模糊修饰词引入 SHOIN(D),提出了一种模糊描述逻辑 FSHOIN(D),给出了 FSHOIN(D)的语法和语义。

产品设计涉及三维空间拓扑关系表示,描述逻辑作为 GPS 本体构建语言,在模糊扩展的同时还要做空间扩展。描述逻辑的空间扩展还有很多问题需要解决。美国康卡迪亚大学 Haarslev 教授^[11]等通过对支持具体域的描述逻辑 ALC(D)进行扩展,将其中的概念谓词构造算子扩充为角色构造算子,建立了描述逻辑 ALCRP(D),但 ALCRP(D)是不可判定的。德国汉堡大学 Kaplunova 博士^[12]在 ALCRP(D)的基础上将二元角色推广为三元角色提出了 ALCRP³(D),能表达 RCC5、RCC8 等空间关系。但 ALCRP³(D)是针对 GIS 系统领域构建得到的,RCC5、RCC8 是 GIS 中的空间关系模型,其基本几何结构是像素,而 CAX 系统的基本几何结构是图元。

从分析描述逻辑的模糊扩展和空间扩展研究现状可知:处理基于不确定度的产品几何规范空间语义知识,需要语义 Web、基于空间拓扑关系的几何公差处理、不确定度处理三类知识,目前还没有出现能同时支持以上三方面推理的描述逻辑。在 N-GPS 标准体系领域

本体构建理论和方法上, 本书拟根据几何产品的空间拓扑关系、产品功能的非量化特性及基于不确定度理论的测量认证等知识表示需要, 构建一种新的描述逻辑 GPS_DL。另外, 由于几何规范的图元标注与测量认证还涉及几何要求与约束的相关规则, 而描述逻辑不具有表示一般形式规则的能力, 为此在引入语义网规则语言(SWRL, Semantic Web Rule Language), 基于描述逻辑 GPS_DL 构建本体库的同时, 还要基于 SWRL 建立几何要求与约束规则库。

构建一种新的描述逻辑需要设计该描述逻辑的可满足性判定算法, 证明该算法的可终止性、可靠性和完备性, 分析该算法的推理复杂度, 完成这些内容还有相当的难度, 目前的研究进展还未能构建出产品几何规范描述逻辑 GPS_DL。为此本书采用另一种途径: 通过为要素的几何变动定义一个具体域 D_{GFV} , 进而得到了 $ALC(D_{GFV})$ 。ALC(D_{GFV}) 将逻辑对象划分为抽象逻辑对象和具体逻辑对象, 二者通过特征进行关联。具体逻辑对象之间的关系由特定的谓词来刻画。在这些谓词的基础上, 抽象逻辑对象的属性也可通过谓词构成概念构造子进行刻画。



行非对... GPS... 测量... 几何... 特征... 谓词... 概念构造子... 本书... 几何... 测量... 特征... 谓词... 概念构造子... 本书... 几何... 测量... 特征... 谓词... 概念构造子... 本书...

第二章 N-GPS 的基本理论

2.1 概 述

2.1.1 N-GPS 标准体系结构

1993年3月,在丹麦 P. Bennich 博士的建议下,ISO 成立了联合协调工作组(ISO/TC 3-10-57/JHG),于1995年颁布了 ISO/TR 14638“GPS 总体规划”,并在1996年6月撤销了原隶属三个 ISO/TC 负责的标准领域技术委员会,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国际标准体系,即 N-GPS 标准体系。

新一代的 GPS 标准体系应用物像对应原理,以计量数学为基础把用不确定度的传递关系标准和计量联系起来,从而使产品的功能、规范、加工和认证等集成于一体。在规范制定以及认证范围内调节资源的高效分配,彻底解决长期以来一直困扰人们的基于几何学理论的技术标准的缺点,以及由于标准与实际测量方法的不统一而引起的评估纠纷。N-GPS 标准体系为产品设计、制造及计量测试人员提供一套共同的语言,建立一个交流平台,其基本框架如图 2-1 所示。

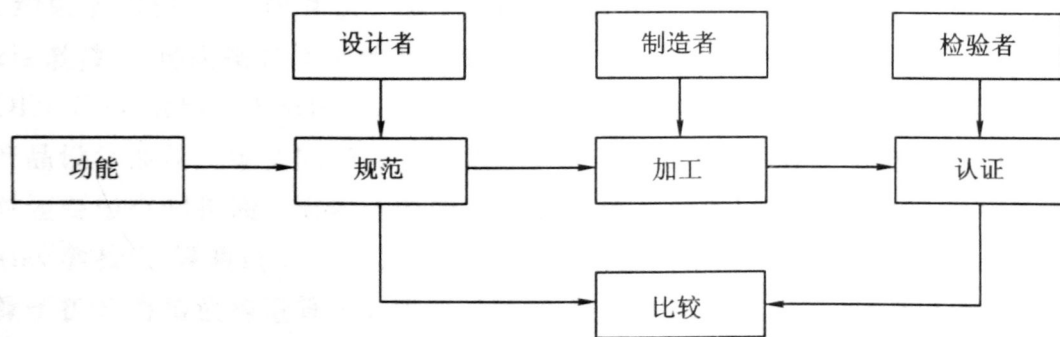


图 2-1 N-GPS 的基本框架

N-GPS 标准体系的诞生,是对第一代 GPS 标准体系的重大改进,它标志着标准和计量进入了一个全新时代。N-GPS 标准体系的突出特点概括起来主要有以下几点:一是系统性、科学性、并行性强;二是理论性、规律性、可描述性强;三是应用性、可操作性强;四是与 CAX 的信息集成性强。

目前, N-GPS 标准体系的基本框架已经建立,国际上的最新工作主要聚焦于发展和完