

产品几何技术规范 (GPS)

国家标准应用指南

全国产品几何技术规范标准化技术委员会 编著

主编：王喜力

主审：强毅



 中国标准出版社

TG8/49

2010

产品几何技术规范(GPS)

国家标准应用指南

全国产品几何技术规范标准化技术委员会 编著

主编 王喜力

主审 强毅

中国标准出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

产品几何技术规范(GPS)国家标准应用指南/全国
产品几何技术规范标准化技术委员会编著. —北京:
中国标准出版社, 2010
ISBN 978-7-5066-5727-3

I. ①产… II. ①全… III. ①产品-几何量-技术
规范-中国-指南 IV. ①TG8-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 048313 号

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 31 字数 947 千字

2010年4月第一版 2010年4月第一次印刷

*

定价 78.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68533533

序

产品几何技术规范(简称 GPS)是以新的 GPS 概念,针对产品几何定义和精度控制而建立的一套完整的技术标准体系,覆盖了从宏观到微观的产品几何特征,包括尺寸公差、形位公差和表面结构等需要在技术图样上表示的各种几何精度设计要求、标注方法、测量原理、验收规则,以及计量器具的校准、测量不确定度评定等,涉及产品设计、制造、验收、使用等产品生命周期的全过程。

由于信息技术的迅猛发展和广泛应用,传统的产品几何定义和控制方法已不能完全适应以数字化设计和制造为重要特征的现代制造业的需要,新的 GPS 就应运而生了。新的 GPS 以系统工程的方法和系统建模的思想,运用数学工具,对产品设计、制造、检验及其过程控制进行全面梳理和规范,形成新的国际通用技术语言。

随着新世纪知识的快速扩张和经济全球化的推进,新的产品几何技术规范(GPS)系列标准的重要作用日益为国际社会所认同,其水平不但影响一个国家的经济发展,而且对一个国家的科学技术和制造业水平提升有重要作用。

该系列国家标准的内容是按照国际公认的先进技术并容纳了我国自主知识产权的高新技术而制、修订的,给出了产品几何技术规范的术语定义、参数数值、检验方法、测量仪器、仪器校准等通用的基本原则和要求,作为我国的重要基础标准,为我国现代制造业的技术发展和创新奠定了坚实的技术基础。

该系列标准不仅是产品信息描述与交换的基础标准,也是产品市场流通领域中合格评定的依据,是工程领域必须依据的技术规范和交流沟通的重要工具。新的 GPS 是信息时代产品几何设计制造和计量检验综合为一体的新型国际标准体系。

《产品几何技术规范(GPS)国家标准应用指南》可配合我国广大企业尽快掌握并及时贯彻实施 GPS 系列标准,解决企业中的实际问题,推动制造业企业的产品质量和技术水平的提高。该书可作为 GPS 新标准的贯标教材,也可作为机械设计人员和有关工程技术人员的工具书。

SAC/TC 240 全国产品几何技术规范标准化技术委员会

主任委员:强 毅

2010 年 1 月

前 言

随着新世纪知识的快速更新、技术的迅猛发展以及经济全球化,公司规模和地域分散性不断扩大,传统的内部交流和联系机制已无法满足全球工业的飞速发展和不断涌现的高新技术产品的需求。为适应以制造业为基础的工业从传统结构向以知识为基础的工业信息化结构的转化,产品几何技术规范(Geometrical Product Specifications,简称GPS)标准体系正逐步形成并得到完善。

国际标准化组织 ISO/TC 213 产品几何技术规范(Geometrical Product Specifications)技术委员会,近十多年来围绕构建一套新的GPS标准,为设计、制造、检测等人员建立一个交流、沟通的平台,为实现产品的精确几何定义和精益制造,为工件的数字化检验建立综合的评定准则,为软件设计、数据传递和应用提供完整的数学工具,为全球性的商业贸易提供统一、全面、明确、具有约束力的技术条款,为企业实施ISO 9000质量管理体系提供必不可少的技术支持,进行了不懈的努力,取得了很大的进步。我国SAC/TC 240全国产品几何技术规范标准化技术委员会积极组织专家参与GPS国际标准化活动,同时结合我国制造业的实际,完成制、修订相关国家标准50余项,基本形成我国的GPS标准体系构架。

由于新的GPS标准体系庞大,新概念多,技术内涵发生了深刻变化,为使产、学、研领域能正确理解和使用GPS标准,推动GPS标准在企业的实施,SAC/TC 240秘书处特组织有关专家编写了《产品几何技术规范(GPS)国家标准应用指南》。本书反映了国内外相关标准制、修订的最新成果及技术发展动向,注重先进性、系统性和实用性,希望能为我国机械工程领域的广大技术人员深入理解和全面贯彻相关标准提供一份有益的规范性学习教材。

《产品几何技术规范(GPS)国家标准应用指南》全书共分14章。其中第1、2章由王喜力研究员编写;第3、4、5、10、11章由刘巽尔教授编写;第6、7、8章由王欣玲研究员和崔瑞志研究员编写;第9章由崔瑞志研究员编写;第12、13、14章由王欣玲研究员编写。王喜力研究员为该书的主编,强毅研究员为该书的主审。

全国产品几何技术规范标准化技术委员会的所有委员和有关专家,为构建我国 GPS 标准体系作出了积极的贡献。本书是在他们多年辛勤研究成果的基础上完成的,在此致以诚挚的感谢。

在本书的编写过程中,得到国家标准化管理委员会、机械科学研究总院、中机生产力促进中心和中国标准出版社的大力支持,在此表示衷心的感谢。

正确使用、理解、贯彻产品几何技术规范(GPS)标准对提高产品质量,提升企业产品竞争力,降低产品设计、生产、检验等环节的成本,促进产品进入国际流通领域都会有明显的效果。我们期望本书能够对大家的生产、工作和学习有所帮助。同时,我们也期望大家将本书的不足之处,特别是贯彻和应用 GPS 系列标准的意见、建议和体会反馈至 SAC/TC 240 秘书处(电子信箱:mingcuixin@gmail.com),以便更好地推动我国的 GPS 标准化工作,更好地为标准在企业的实施提供技术保障和支持。

SAC/TC 240 全国产品几何技术规范标准化技术委员会

2010 年 1 月

目 录

第 1 章 GPS 标准的发展	1
1.1 概述	1
1.2 新的 GPS 标准构建的基本思想	2
1.3 GPS 标准实施的基本思路	16
1.4 GPS 标准的意义和作用	18
第 2 章 GPS 几何公差标注	19
2.1 形状、方向、位置和跳动公差标注	19
2.2 几何公差标注的基本原则	20
2.3 几何公差标注的基本要求和标注方法	21
2.4 几何公差的定义和解释	35
2.5 位置度公差注法	53
2.6 轮廓尺寸和公差注法	58
第 3 章 公差原则与相关要求	62
3.1 概述	62
3.2 公差原则	63
3.3 独立原则	64
3.4 术语和定义	66
3.5 包容要求	79
3.6 最大实体要求	80
3.7 最小实体要求	96
第 4 章 基准和基准体系	103
4.1 术语及定义	103
4.2 基准的建立	104
4.3 基准体系的建立	106
4.4 基准的应用示例	107
4.5 基准和基准体系的标注	108
4.6 基准和基准体系标注的综合示例	109
4.7 基准目标	110
4.8 三基面体系	111
第 5 章 一般几何公差	112
5.1 几何精度设计的基本任务	112
5.2 一般公差的概念	112
5.3 一般几何公差的标准公差值	113

5.4	图样标注示例	121
5.5	关于拒收	123
第6章	几何误差检测	124
6.1	概述	124
6.2	几何误差检测规定	129
6.3	形状误差及其评定	133
6.4	方向、位置和跳动误差及其评定	135
6.5	基准的建立和体现	136
6.6	检测方案	145
6.7	最小区域与定向最小区域判别法	183
第7章	直线度误差检测	189
7.1	概述	189
7.2	术语和定义	190
7.3	直线度误差评定方法	191
7.4	直线度误差检测方法	195
7.5	数据处理	207
第8章	平面度误差检测	209
8.1	基本概念	209
8.2	术语和定义	209
8.3	平面度误差的测量与评定方法	212
8.4	平面度误差测量方法	214
8.5	平面度误差的评定	229
8.6	综合示例	235
8.7	仲裁	237
8.8	GB/T 24630—2009 有关问题说明	237
第9章	圆度、圆柱度误差检测	242
9.1	基本概念	242
9.2	术语、定义及参数	243
9.3	圆度误差评定	249
9.4	圆柱度测量	268
第10章	圆柱结合的极限与配合	273
10.1	概述	273
10.2	术语及定义	273
10.3	极限制	281
10.4	配合制	294
10.5	公差带与配合的选用	296
10.6	配制配合	312
10.7	大尺寸工件的标准公差和基本偏差	314
10.8	小尺寸的孔、轴公差带	315
10.9	线性和角度尺寸的一般公差	324

10.10 尺寸检验	325
第 11 章 圆锥结合的极限与配合	338
11.1 概述	338
11.2 术语和定义	338
11.3 系列	340
11.4 圆锥公差	344
11.5 圆锥配合	352
11.6 圆锥量规	360
第 12 章 表面结构的评定参数	366
12.1 概述	366
12.2 术语发展概况	369
12.3 轮廓参数的术语及数值	370
12.4 图形参数的术语及算法	380
12.5 具有复合加工特征的表面参数的术语及算法	390
12.6 表面粗糙度参数值的选择	404
第 13 章 表面结构的图样标注	417
13.1 概述	417
13.2 术语和定义	420
13.3 表面结构完整图形符号的组成	423
13.4 表面结构参数的标注	424
13.5 加工方法或相关信息的注法	427
13.6 表面纹理的注法	428
13.7 加工余量的注法	429
13.8 表面结构要求及数值标注方法的总结	429
13.9 表面结构要求在图样和其他技术产品文件中的注法	430
13.10 图形符号的比例和尺寸	433
13.11 表面结构符号的含义	435
13.12 表面结构代号和标注示例	435
13.13 控制表面功能的最少标注	439
第 14 章 表面结构测量和仪器校准	442
14.1 概述	442
14.2 术语和定义	442
14.3 轮廓法评定表面结构的规则和方法	444
14.4 轮廓法接触(触针)式仪器的标称特性	449
14.5 轮廓法相位修正滤波器的计量特性	454
14.6 轮廓法测量标准	458
14.7 接触(触针)式仪器的校准	471
14.8 三维表面区域法研究及发展概况简介	478

第 1 章 GPS 标准的发展

1.1 概述

1.1.1 GPS 的含义

GPS 是产品几何技术规范(Geometrical Product Specification and Verification)的英文缩写和简称。近些年来发展的 GPS 标准是以新的理念和概念,面向产品开发全过程而构建的控制产品几何特性的一套完整的标准,全面覆盖了从宏观到微观的产品几何特征的描述,全面规范了产品(工件)的尺寸、形状和位置及表面特征的控制要求和检测方法,成为工程领域产品设计、制造和合格评定依据的最重要的基础标准之一,见图 1-1。

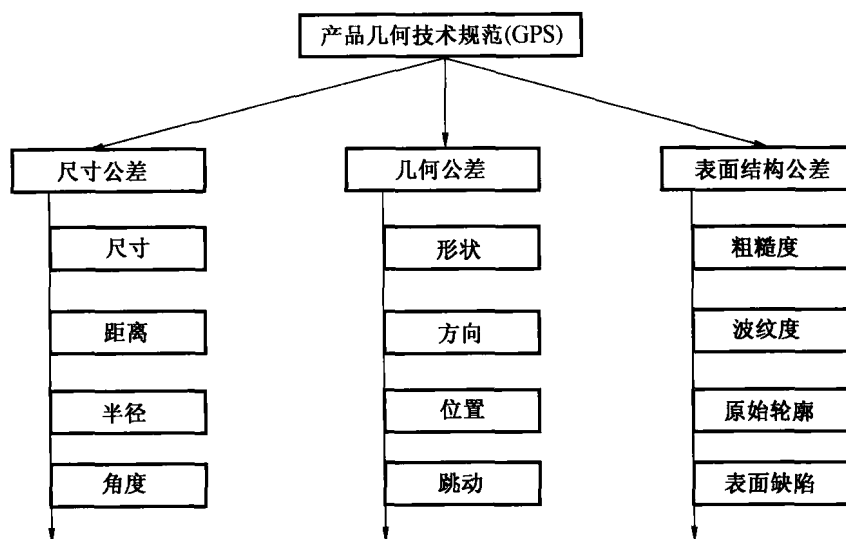


图 1-1 GPS 标准体系构成

产品的几何精度控制历来受到业界的关注,因为产品的几何特性是产品的重要特性之一。它不仅影响产品的性能、结构、强度、可靠性、寿命、互换性等,而且影响产品的研发成本。经验告诉我们,产品研发的整个过程中,在产品的几何定义及其过程控制方面的资源投入占有相当大的比重。因此建立一套科学完整的产品几何技术规范体系,对保证产品质量、降低成本、增强产品的市场竞争力是至关重要的。

传统的 GPS 标准是由自成体系的尺寸公差、形位公差和表面特征标准构成的。多年来,这些标准在规范产品的几何定义和控制方面发挥了重要的作用。但是由于标准本身和标准之间存在着体系结构缺陷,设计、制造、检验缺乏有机衔接,在信息技术应用已十分普及、数字化设计和制造的推进日益深入的今天,传统的 GPS 标准已无法完全适应现代制造业的需要。新的 GPS 的产生就成为必然。

新的 GPS 以新的公差理论和概念,提出了标准体系的层次结构和矩阵模型、标准构建的系统模型、产品(工件)的表面模型、精度控制的过程模型(操作和操作集)以及新的不确定度概念,构建了以规范为主线的科学、完整的标准体系,实现了对涉及宏观几何特征的尺寸公差和形位公差以及涉及微观几何特征的表面结构的全面整合,实现了对产品几何精度控制过程——设计、制造、检测、计量器具的各项要求的协调和统一,实现了与现代设计和制造技术的结合,是对传统公差理论和几何精度控制思想的一次大的变革。

在新的 GPS 体系中,“几何”的概念有了一些变化。从广义上讲,“几何”包含了工件的尺寸、形状与位置以及表面结构等特征。产品几何技术规范则是尺寸规范、几何规范和表面特征规范的总称。因此标

准的主标题通常为“产品几何技术规范(GPS)”。而在副标题中出现的“几何公差”一般特指形状、方向、位置和跳动公差,并不包含尺寸公差和表面粗糙度。在应用中应注意“几何”有“广义”和“狭义”之分。

总之,新的 GPS 正在成为产品几何定义和精度控制的新一代工程语言。

1.1.2 新的 GPS 产生的背景

如前所述,传统的 GPS 标准存在着体系结构缺陷,主要表现在两方面:一是尺寸公差、形位公差和表面特征标准分别由原 ISO 的三个技术委员会负责,即 TC 3(极限与配合)、TC 57(表面特征及其计量学)和 TC 10/SC 5(尺寸与公差的表示)分别负责建立各自的标准体系。虽然做过一些协调,但由于各自工作的独立性,使各技术委员会之间的工作项目有重复和交叉、术语定义不够协调和统一,标准之间规定和要求不完全一致,影响标准的系统性和科学性;二是标准本身的结构缺陷,几何精度控制过程缺乏系统协调和规范化定义,设计对功能要求的表达和优化、制造和检测对几何精度的控制和评定缺乏统一的规范,缺乏相互沟通的共有的技术语言,相关人员之间出现争议甚至导致质量问题就在所难免了。功能要求—几何设计—检测方法的不协调和不规范是多年来一直困扰制造业的一个深层次问题。随着先进制造技术的发展,设计、制造、检测一体化的推进,这些问题显得越来越突出,从而引起了各国的关注。

研究表明,传统 GPS 的主要问题在于定义产品几何特性的规范与符合性检验的验证规范之间有些脱节。为了从根本上解决传统 GPS 标准存在的缺陷,ISO 于 1993 年成立了 TC 3、TC 10 和 TC 57 三个技术委员会的“联合协调工作组”——ISO TC 3-10-57/JHG,对该领域的标准化工作进行了全面协调和整合。JHG 经过两年的工作,在丹麦专家提出的标准链的基础上,于 1995 年颁布了 ISO/TR 14638《产品几何技术规范(GPS) 总体规划》,正式提出新的 GPS 概念和标准体系模型。该模型将 GPS 标准按层次分为基础的、综合的、通用的和补充的四大类。JHG 建议成立一个新的技术委员会,全面协调和统一 GPS 的工作。ISO/TMB 技术管理局采纳了 JHG 的建议,于 1996 年撤销 TC 3、TC 10/SC 5 和 TC 57,将三者合并,成立了 ISO/TC 213,全面负责产品几何技术规范(GPS)的国际标准体系的构建。

ISO/TC 213 的成立标志着 GPS 标准的发展进入了一个新的阶段。十几年来,ISO/TC 213 在深入开展基础理论、基本概念和发展战略研究的基础上,在“GPS 总体规划”的指导下,积极推进 GPS 标准体系建设,已经制定了一批重要的 GPS 标准。尽管建成完整的 GPS 标准体系尚需时日,但已颁布的标准对制造业正在或已经产生了深刻的影响,加紧标准的跟踪、制定和实施研究势在必行。

1.2 新的 GPS 标准构建的基本思想

传统的 GPS 是以几何学为基础建立起来的。设计的主要任务是根据功能需求从具有理想几何形状和方位的工件出发,规定工件实际几何要素的允许变动区域,即公差带。而如何保证和如何判定实际几何要素处在规定的公差带之内,则由制造和检测人员负责。以几何学为基础形成的一系列概念和规定比较简明,使用多年,已为广大工程技术人员所熟悉,应该说传统的 GPS 是有效的。但以往的实践表明,传统的概念和规定确有需要重新审视和研究的地方。例如,设计上给定一个尺寸,是按两点法还是三点法来控制 and 检测,哪个更符合设计意图和功能要求?再比如,设计上对一个圆规定了允许的变动区域,如何判断实际圆是否符合规定要求?是按最小外接圆法、最大内切圆法、最小二乘法还是最小条件?对诸如此类的问题,传统的 GPS 有的给出了明确的回答,有的并不明确或规定很不规范。产生这些问题的根本原因在于,从“理想要素”到“实际要素”的转换和控制过程没有严格的定义和规范,在一定程度上“理论”和“实践”有些脱节。

针对上述问题,新的 GPS 提出了“表面模型”的概念。产品的几何定义依据功能要求从理想的表面模型出发,对非理想表面模型规定了一系列有序的规范操作,为设计仿真和优化以及后续的制造控制和检测验证提供了统一的依据,从而使“理想”与“非理想”衔接起来,使 GPS 在理论上更加完善,实践上更具有可操作性。

实际上,产品几何精度的控制是一个复杂的系统,GPS 体系的构建应在理论思考的基础上进行系统的总体规划,对系统涉及的专业进行综合和集成,对系统的过程进行定义和控制。新的 GPS 正是按照

系统工程和系统建模的思想建立起来的。

为了建立完整的 GPS 体系,针对不同的标准化对象,自顶向下在不同层次构建了一系列信息模型,即描述 GPS 标准体系的矩阵模型,指导产品研发全过程的 GPS 标准构建的的综合的系统模型、产品几何规范建立依据的表面模型、规范过程的操作和操作集(可视为过程模型)、扩展的不确定度概念模型,以及规范几何要素的一系列术语和定义,见图 1-2。

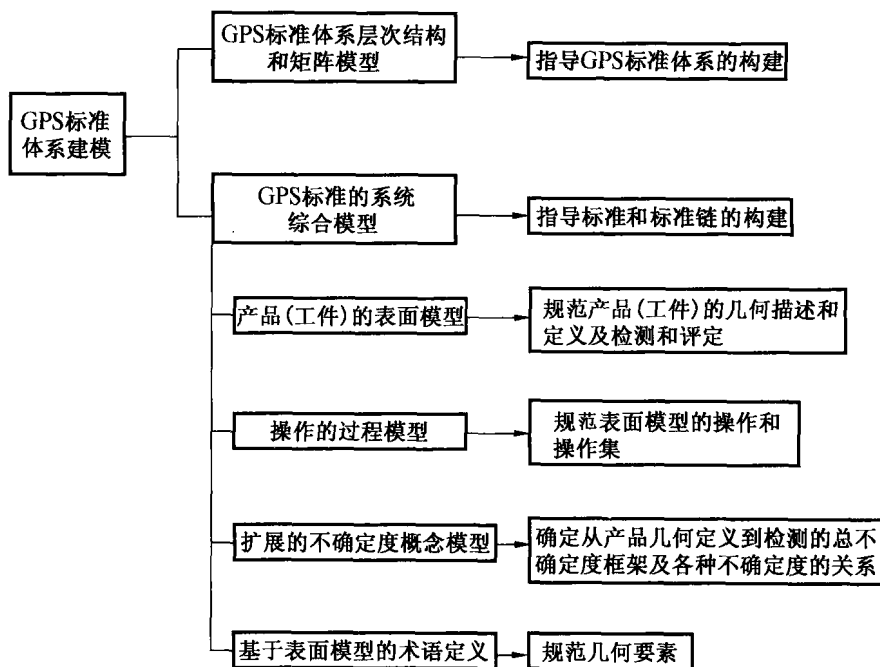


图 1-2 GPS 标准体系建模框图

1.2.1 GPS 标准体系层次结构和矩阵模型

ISO 提出的 GPS 标准体系层次结构和矩阵模型如图 1-3 所示。

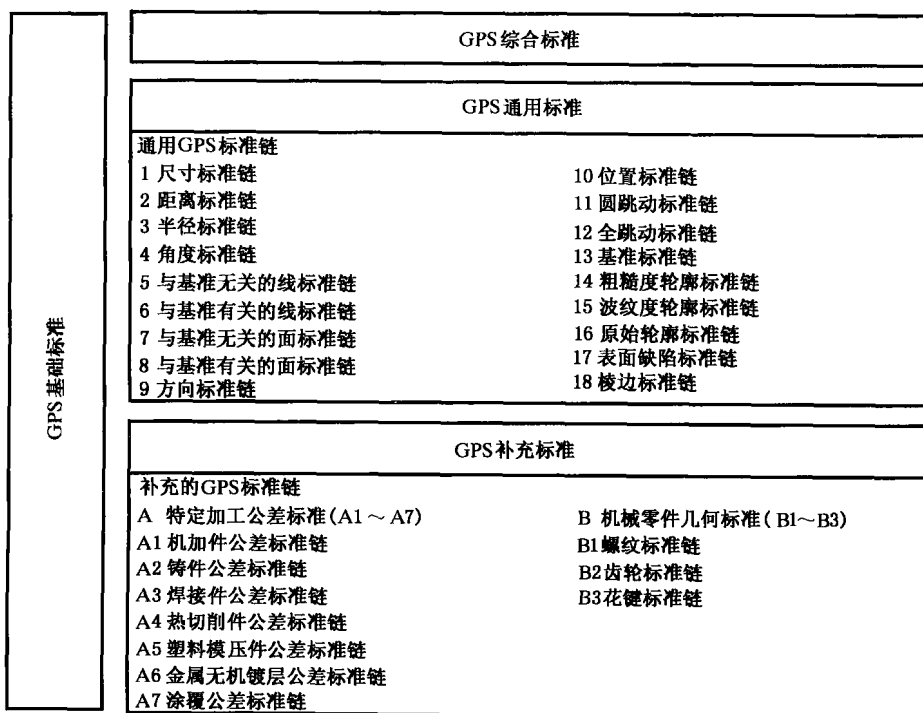


图 1-3 GPS 标准体系层次结构

该模型将标准按层次划分为四种类型：基础的、综合的、通用的和补充的 GPS 标准。它涵盖了标准体系构建的所有要素，涉及产品几何定义和精度控制全过程的所有活动，构成一个完整的标准体系架构。

(1) GPS 基础标准(fundamental GPS standards)

它是在发展战略研究的基础上形成的顶层标准，是整个 GPS 标准体系构建和总体规划的依据，是制定其他三类标准的基础。目前，ISO 发布了两个重要的 GPS 基础标准，即

- ISO/TR 14638 产品几何技术规范(GPS) 总体规划(指导体系构建)；
- ISO 14659 GPS 基本原则(指导标准制定)。

(2) GPS 综合标准(global GPS standards)

它是 GPS 标准体系中高层次的标准，主要规定各个标准共同遵守和使用的通用原则、基本概念和术语定义等，是制定 GPS 通用标准和 GPS 补充标准的基础和协调依据，具有广泛的通用性。目前 ISO 发布和确定的主要 GPS 综合标准有：

- ISO 17450-1、ISO 17450-2；
- ISO 14660 几何要素；
- ISO 14253 测量不确定度；
- VIM 国际通用计量学基本术语；
- GUM 测量不确定度表示指南。

虽然 VIM 和 GUM 不是由 ISO/TC 213 制定的，但它们在统一和协调 GPS 通用和补充标准中起着重要作用，因此 ISO/TC 213 也将其确定为 GPS 综合标准，并纳入标准体系。

(3) GPS 通用标准矩阵(general GPS standards metrix)

GPS 通用标准是依据标准链的概念，针对产品几何规范涉及的 18 个要素的几何特征，以矩阵的形式构建起来的，形成 GPS 通用标准的矩阵模型，如图 1-4 所示。

GPS 通用标准矩阵							
链环号		1	2	3	4	5	6
要素几何特征/标准链		图样标注	公差定义	实际要素特征定义	工件误差评定	测量器具	标定校准
1	尺寸	尺寸特征					
2	距离						
3	半径						
4	角度						
5	与基准无关的线	形状或方位特征					
6	与基准有关的线						
7	与基准无关的面						
8	与基准有关的面						
9	方向	方位特征					
10	位置						
11	圆跳动						
12	全跳动						
13	基准	表面特征					
14	粗糙度轮廓						
15	波纹度轮廓						
16	原始轮廓						
17	表面缺陷	形状特征					
18	棱边						

图 1-4 GPS 通用标准矩阵

在矩阵中“列”是根据产品几何定义和控制的全过程,将需要规范的重要活动和对象,划分为有序排列的 6 个链环,形成全过程控制的标准链或规范链。“行”是由产品几何技术规范涉及的几何特征对象,即尺寸特征、形状特征、方位特征和表面特征共 18 个特征项目组成的,见图 1-4。

ISO 最初确立的标准链包括 6 个链环,即:

链环 1 产品图样表示(图样标注)

该链环包含的标准涉及产品(工件)几何特征的表达、图样标注等规定,包括标注中使用的代号、代号定义、标注规则等。

链环 2 公差定义

该链环包含的标准涉及产品(工件)的几何特征公差及其公差值的定义,以及与公差定义相关的理想几何要素及其几何特征的描述。规定了表示公差及其规范值的相关代号。为了构建数据库,对产品几何定义数据进行管理,这部分标准还规定有关公差代号的转换规则,以使人机能够识别(如将人能识别的 SI 单位制中的长度尺寸单位 mm,转换为计算机能识别的代码,反之亦然)。

链环 3 实际要素特征或参数定义

该链环包含的标准涉及产品(工件)上实际(非理想)几何要素的特征值或参数的定义,对与公差标注(代号)相对应的非理想几何要素(特征或参数)给出了明确定义,即工件的实际要素为无限个数据的点集。同样,为了建立数据库及数据管理的需要,实际要素的特征或参数应分别以人能识别的文字、符号描述和计算机能识别的数学表达予以定义。

链环 4 工件误差评定(与公差极限比较)

该链环包含了与工件误差评定相关的标准。这部分标准在链环 2 和链环 3 定义的基础上,定义了工件误差评定的详细要求,规定了如何将构成实际要素的无限个数据的点集按照规定或管理转换成有限个数据点集,如何将测量结果与公差极限相比较的详细规则,如何考虑测量不确定度,最终判定工件的符合性。

链环 5 测量器具

该链环包含的标准是对影响测量不确定度的测量器具的规范,它描述特定的或各种类型的测量器具,定义这些器具应具有的特性,规定特性允许的最大误差。既有利于保证产品的质量,也有利于规范测量器具的市场。

链环 6 测量器具标定和校准

该链环包含的标准涉及测量器具计量特性的标定和校准,依据链环 5 给出的测量器具的计量特性要求,规定测量器具的标定和校准要求及相关流程。

目前,ISO 有可能将标准链增加到 7 个链环(相关标准尚未随之修订),即在链环 4 之后增加“实际工件的检验/验证”链环,链环号需重新排序。矩阵中每个节点至少要制定一项标准或规范,GPS 通用标准至少要构建 126(7×18)个标准。因此,GPS 标准是一个覆盖产品研发全过程的庞大体系。

GPS 通用标准是 GPS 标准的主体,这些标准环环相扣,不仅规范了产品的几何描述和定义,而且规范了几何精度的控制过程;不仅有反映设计要求的设计规范,而且有检查是否符合设计要求的相对应的验证规范;不仅规范了产品本身,而且规范了相关的测量设备。因此,GPS 通用标准的构建可以实现对产品几何特性的全方位、全过程的控制。

目前,ISO 制定并发布了一批 GPS 通用标准,如 ISO 1101:2004《产品几何技术规范(GPS) 几何公差 形状、方向、位置和跳动公差标注》。我国已等同采用,修订发布了 GB/T 1182—2008。这类标准数量大、影响面广、指导性和操作性强,应予以特别关注。

(4) GPS 补充标准(complementary GPS standards)

GPS 补充标准是根据不同的工艺过程(如机加工、铸造、焊接、热切削、塑料模压、涂镀等),以及典型零件结构要素(如螺纹、齿轮、花键等)的几何特征,对 GPS 标准矩阵提出的补充。这类标准更具体、更有针对性,一般由 ISO 其他相应的 TC 制定。

1.2.2 GPS 标准的系统综合模型

系统综合模型的构建考虑了以下因素:

(1) 产品几何规范的建立贯穿了产品几何特性控制的全过程,即针对产品的功能要求和描述—产品几何设计—加工制造—检验验证的全过程,均建立相应的规范,形成规范链(标准链),如图 1-5 所示:

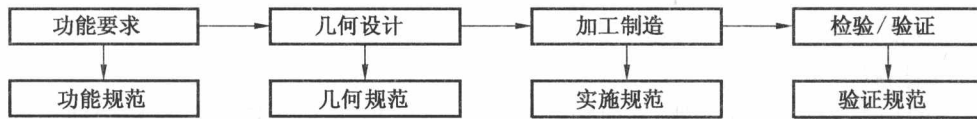


图 1-5 规范过程

(2) 确定规范之间关系,实现规范间概念统一、要求协调、有机衔接,彻底消除传统 GPS 标准中设计、制造和验证标准之间不协调、不统一的问题和矛盾。

(3) 遵照规范建立的一般原则,设计上通过规范给定了要求,一定要有对应的评定该要求符合性的检验/验证规范,即按对偶性原则建立一一对应的规范,保持规范体系的完整性和协调性。有要求,有检查,并对规定值与测量结果进行比较,完成符合性判定,才能实现管理和控制的闭环。

(4) 以扩展的不确定度概念将所有规范关联起来,实现理论与实践的紧密结合,为产品几何规范的建立提供理论和技术支撑。

GPS 标准的系统综合模型见图 1-6。

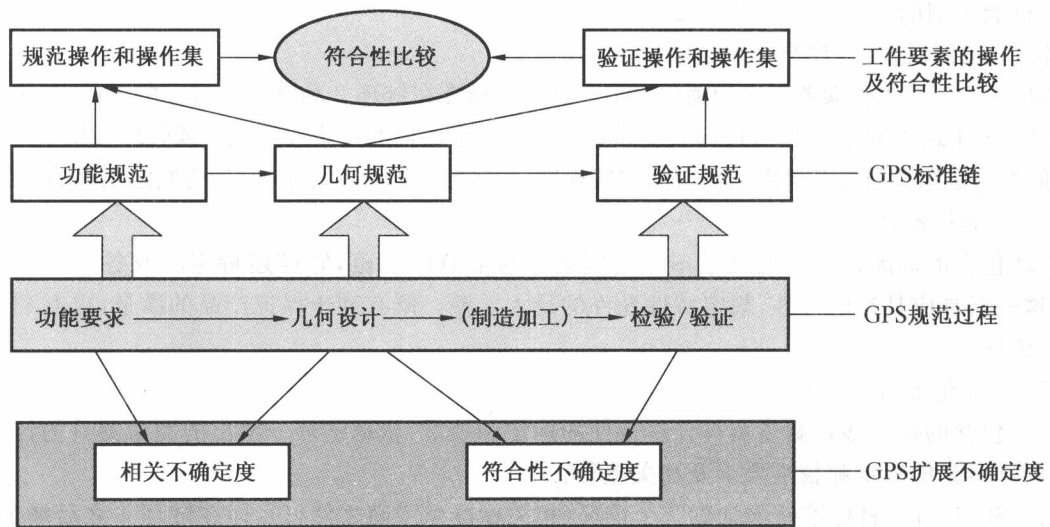


图 1-6 系统综合模型

1.2.3 产品(工件)的表面模型

产品(工件)的表面模型是产品功能描述、几何设计、加工制造及检验/验证过程中建立的几何表达模型,是规范产品几何定义和实际工件检验/验证的基础。与产品的实体模型不同,它不包含材料、工艺等非几何信息,因此称为“表面模型”(surface model or skin model)。

表面模型是指产品(工件)与其外部环境的物理分界的几何模型,是 GPS 标准中的重要概念,包括公称表面模型、规范表面模型和验证表面模型,见图 1-7。

(1) 公称表面模型(nominal surface model)

公称表面模型是设计上定义的具有完美尺寸大小和形状的表面模型,是一个理想模型,见图 1-7a)。产品(工件)的几何定义总是从构建理想的公称表面模型开始的。

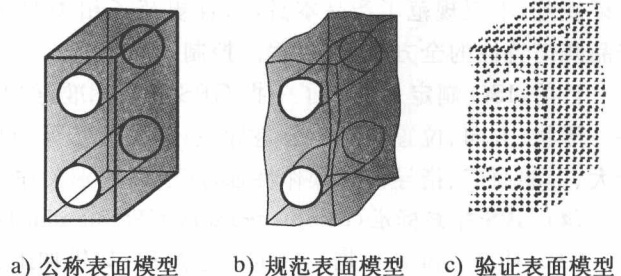


图 1-7 表面模型

(2) 规范表面模型(specification surface model)

理想表面模型是加工不出来的,设计者的任务是确定非理想的表面偏离到什么程度是允许的,是能满足功能要求的。规范表面模型是设计上构想的非理想表面模型,通过对该表面模型进行一系列规范操作,在满足功能要求的条件下,确定其允许的最大偏离程度,或允许的几何特征值。它表明设计上规范的该表面模型(非理想的表面模型)反映了设计要求,是设计意图的真实表达。规范表面模型为功能仿真和设计优化提供了参考模型,见图 1-7b)。

需要指出,并非所有满足功能要求的几何特征值均需要依据规范表面模型进行仿真才能确定。大多数情况下,仍然可以选用成熟的经验数据作为规定的几何特征值。

(3) 验证表面模型(verification surface model)

验证表面模型是对实际工件表面进行采样所测得的轮廓表面模型,是工件实际表面的替代模型,是一个由一组有限个点构成的非理想的表面模型,见图 1-7c)。通过对验证表面模型进行一系列验证操作,可获得测量结果,与规范规定的特征值比较,完成工件的符合性评定。

上述情况表明,表面模型是产品(工件)几何描述、几何定义(规定几何规范)和几何精度评定的基础,是“完美工件”与“真实工件”之间建立关联关系的重要工具。

(4) 操作的规范化

无论是规定的几何特征值的获取,还是工件最终测量结果的获取,均涉及对表面模型及其要素的操作。操作的规范化是保持功能要求—几何设计—检验/验证协调和一致的重要前提。操作和操作集的提出,是表面模型概念中不可或缺的组成部分,也是产品几何定义的重要内容。

1.2.4 操作和操作集

操作(operation)是计量人员十分熟悉的术语,为了完成实际工件的检测,通常要对非理想的几何要素进行一系列的操作,如数据采集、要素提取、滤波、拟合、评定等。GPS 标准将操作在概念上进行了系统的梳理和规范,提出了“操作”和“操作集”,规范了对表面模型及其要素的操作过程,不仅包含对非理想表面模型的操作,而且包含对理想表面模型的操作;既包括要素操作,也包括几何定义过程的规范操作及检测过程的验证操作。操作和操作集实际上是一个过程控制模型。

(1) 要素操作

要素操作包括:

① 分离(partition)

按特定规则,用于从理想或非理想的表面模型得到边界要素或要素的一部分的一种操作。例如,从公称表面模型中获得相应的理想要素,从规范表面模型或工件真实(实际)表面中获得相应的非理想要素,见图 1-8。

需要指出,要素的分离操作总是优先于其他操作进行的,而验证表面模型是在提取操作之后获得的,因此能否对验证表面模型进行分离操作就值得讨论了。通常的做法是直接对工件的真实表面进行分离操作。

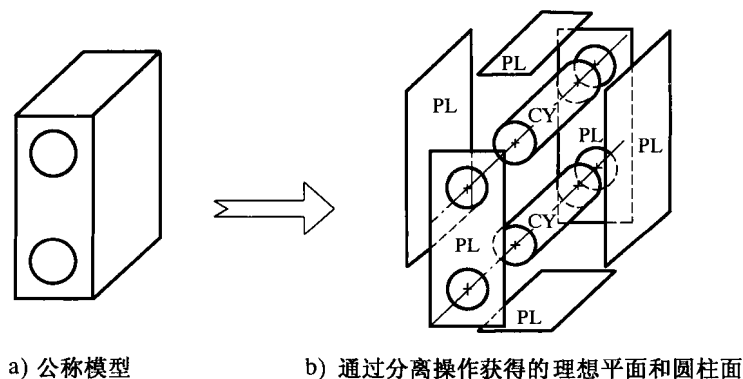


图 1-8 分离