

文章编号:1671-6833(2005)03-0073-03

# 基于 GPS 的形位公差项目分析和设计

方东阳<sup>1</sup>, 李秀明<sup>2</sup>, 张琳娜<sup>1</sup>, 赵凤霞<sup>1</sup>

(1. 郑州大学机械工程学院, 河南 郑州 450002; 2. 郑州大学学报编辑部, 河南 郑州 450001)

**摘要:**零件信息的描述是计算机辅助形位公差设计首先要解决的问题, 基于 GPS 恒定类、特征等数字化描述理论基础, 结合对零件结构和功能特征的相关分析, 建立了面向 CAx 集成的零件特征信息模型和相应的形位公差项目生成规则; 为实现形位公差信息在 CAD/CAM 中的集成控制奠定了基础。

**关键词:**形位公差; 公差信息集成; GPS 标准体系; 恒定类; 特征

**中图分类号:** TH124 **文献标识码:** A

## 0 引言

制造业信息化的发展, 要求实现公差信息在产品整个生命周期中的传递、共享与集成控制; 而实现公差信息集成控制的基础是实现公差描述的数字化。目前, 虽然 CAD/CAM 的发展取得了重大突破, 但公差设计的发展滞后; 尤其是形位公差, 由于其自身的特点和传统公差设计标准体系的理论基础的局限性, 使得实现形位公差的数字化描述和信息的集成控制难度很大, 形位公差设计成了制造业信息化中亟待解决的一项瓶颈技术。

ISO/TC 213 提出的产品几何技术规范 GPS (Dimensional Geometrical Product Specification and Verification), 着重于提供一个更加清晰的公差定义和一套宽范围的评定规范体系来满足几何产品功能要求<sup>[1,2]</sup>。该标准体系中的几何公差设计借鉴 CAD/CAM 中表面/实体的几何造型技术概念与思路, 实现功能描述、规范设计、图样表达和评定操作全过程的数学表达和统一规范。笔者基于 GPS 的数字化描述理论基础, 建立了面向 CAx 集成的零件特征信息模型并分析了相应形位公差项目生成的规律与方法。

## 1 GPS 中的数字化描述技术

GPS 标准体系<sup>[3~5]</sup>中引入了要素、特征、恒定类和表面模型等概念, 这些概念的应用提供了几

何公差的数字化描述工具。

### 1.1 几何要素

几何要素是构成零件特征的点、线、面。所有的要素可归为两大类: 理想要素(ideal feature) 和非理想要素(non-ideal feature)。理想要素是由参数方程定义的点、线、面, 非理想要素依赖于非理想表面模型。要素是几何模型构成的基础, 要素及其相互关系可直接反映出模型的结构特征和功能特征, 揭示要素特性及其关联机理、掌握其内在的规律性, 是实现形位公差项目自动设计的基础。

### 1.2 恒定类和恒定度

GPS 标准体系中根据恒定度将零件的几何形体划分为 7 种恒定类: 复合体、棱柱体、回转体、螺旋体、圆柱体、平面和直线。见表 1。所有零件都由 7 种恒定类组合而成。

采用恒定类和恒定度概念对几何形体进行统一的分类和描述, 科学合理且便于信息的集成, 因为这种对零件形体分类描述的机制与 CAD/CAM 几何造型技术基础是一致的。

### 1.3 特征

每一种恒定类都有本质特征和方位特征来描述。本质特征是理想要素的特征, 是理想要素参数方程的参数, 如圆弧的半径、圆柱的直径等(见表 1 第 5 列)。方位特征是定义两个要素之间的方向和位置的特征, 能够反映零件方位特征的点、线、面称为方位要素(见表 1 第 4 列)。

收稿日期: 2005-03-20; 修订日期: 2005-05-30

基金项目: 国家“十五”重大科技攻关计划项目(2002BA906A20-03); 河南省重大自然科学基金项目(0211062200)

作者简介: 方东阳(1971-), 女, 河南省南阳市人, 郑州大学助教, 硕士, 主要从事精度设计方面的研究。

表 1 理想要素的恒定类  
Tab.1 Invariance class of ideal feature

恒定类	图形表示	恒定度	方位特征/要素	本质特征
复合体 complex		无	平面(PL),直线(SL), 点(PT)	— —
棱柱 prismatic		$T_X$	平面 直线	长轴和短轴的长度 —
回转体 revolute		$R_X$	轴线,圆面,中心点 轴线,顶点	直径 顶角
螺旋体 helical		$T_X, R_X$	螺旋线 螺旋线	母线和准线的直径 螺距和半径
圆柱 cylindrical		$T_X, R_X$	直线 轴线	无 直径
平面 planar		$T_X, T_Y, R_Z$	平面	无
球 spherical		$R_X, R_Y, R_Z$	点 球心	无 球径

2 形位公差项目的分析和设计

在目前的计算机辅助公差设计研究中,形位公差由于其被控对象结构形状的复杂性、功能特征要求的多样性和影响因素的综合性,使得实现其数字化设计与控制难度很大,其关键的技术难点就是:被设计零件几何形体结构、功能特征的描述.传统的面向典型零件的直接描述方法局限性大、描述因素多而繁杂,难以把握本质、实现描述的统一规范和自动化;而基于上述恒定类、特征和要素等GPS 数字化描述技术的综合应用,则可揭示出形位公差与恒定类和本质特征、方位特征之间的关系<sup>[6,7]</sup>.如图 1 所示.

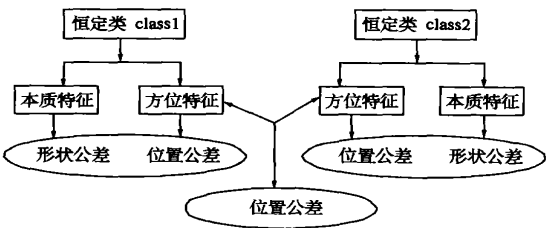


图 1 恒定类、特征与形位公差的对应关系

Fig. 1 The relation between invariance class , feature and position tolerance

2.1 恒定类/特征与形状公差项目的关系

通过 7 种恒定类的本质特征及其方位特征,分析形状公差与特征和单一要素的变动之间的对应关系,即:形状公差是每种恒定类中理想要素或

方位要素本身形状的允许变动量.如:表 1 中圆柱的形状公差有:圆度、圆柱度、轴线的直线度等;其中圆度与GPS 恒定类/特征的关系为:相对于由本质特征决定的圆柱横截面轮廓形状的允许变动量即为圆度;轴线的直线度即允许方位要素上各点之间的最大变动量.

2.2 恒定类/特征与位置公差项目的关系

每种恒定类的方向和位置由其方位要素的特征决定.要素之间的位置特征分方向特征(用角度表示)和方位特征(长度,即用距离表示);其数学定义见表 2.例如,一个圆锥和一个平面之间的相互位置,可以通过圆锥的方位要素(轴线和顶点)和平面的方位要素(平面本身)之间的距离给出;一个圆柱和一个平面的相关方向通过圆柱的方位要素(轴线)和平面的方位要素(平面本身)之间线一面夹角给出.

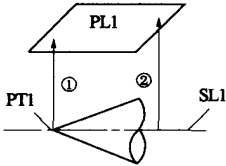
同一恒定类中方位特征(角度或距离)的变动即引起其相应位置精度的变动.不同恒定类之间的位置公差通过其方位特征之间的约束关系确定.位置公差的控制对象是关联要素,其方位特征的描述和表达需要涉及到:被测要素、基准要素及其相互的约束关系,其约束关系主要分为:定向、定位及综合约束.约束关系的数学表达如表 2 所示,即:{方位要素 1(基准),方位要素 2;约束关系:距离或角度}.约束关系的性质决定着位置公差项目;约束关系的数学描述为位置公差值的设

计奠定了理论基础.

表 2 要素间的位置特征

Tab .2 The situation characteristics between ideal features

位置	方向
距离(PT , PT) =d(PT ,PT)	角度(SL ,SL) =a(SL ,SL)
距离(PT , SL) =d(PT , SL)	角度(SL ,PL) =a(SL ,PL)
距离(PT , PL) =d(PT , PL)	角度(PL ,PL) =s(PL ,PL)
距离(SL ,SL) =d(SL ,SL)	
距离(SL ,PL ) =d(SL ,PL)	
距离(PL ,PL) =d(PL ,PL)	



3 应用

应用上述研究揭示出的形位公差要求与零件结构、功能特征之间的本质规律,不仅可以实现形位公差项目的自动分析与设计,而且可以进一步利用功能特征或约束关系的定量描述实现形位公差的数字化设计.以零件中某功能圆柱和相关平面的形位公差项目设计为例,其形状公差的确定方法为:“圆柱”因其本质特征为直径,对应的形状公差可为圆度或圆柱度;其方位特征为轴线,轴线的形状变动可由直线度来控制.位置公差项目的确定要考虑方位要素的关联.“圆柱与平面”的约束关系可以简化为其方位特征即轴线与平面的约束,根据约束性质分析确定位置公差项目;若以轴线为基准,则生成的形位公差项目为:{轴线,平面;平行}→{位置度或平行度};{轴线,平面;垂直}→{垂直度或跳动};{轴线,平面;重合}→{位置度或对称度}.以平面为基准生成的形位公差项目和以直线为基准得到的项目相同.进一步实现形位公差值的数字化设计的研究和实践将另文阐述.

4 结论

基于GPS 的数字化分析描述揭示了形位公差与恒定类及其本质特征、方位特征的对应关系和内在规律,为实现计算机辅助形位公差的数字化设计奠定了理论基础;与经验设计范例比较验证表明:自动生成的形位公差项目合理、明确,符合生产实际,表明研究结论的正确性和实用性.

GPS 标准体系中恒定类及本质特征和方位特征的引入为实现形位公差的数字化描述提供了理论基础.依据数字化描述技术能够建立与CAD/CAM 中的几何造型概念和思路相一致的零件特征信息模型,解决了形位公差在设计、制造和检测过程中公差信息的集成控制问题;有助于实现形位公差信息在整个产品生命周期中的传递和共享.

参考文献:

[ 1 ] 张琳娜,赵凤霞,李晓沛,等.现代产品几何技术规范 (GPS) 体系及应用分析[J] .机械强度,2004,26( 4) : 400~404.

[ 2 ] 张琳娜,赵凤霞,李晓沛,等.现代产品几何技术规范 (GPS) 体系的理论基础及关键技术研究[J] .机械强度,2004,26( 5) :547~551.

[ 3 ] 赵凤霞,张琳娜,常永昌,等.现代产品几何技术规范 (GPS) 的数字化理论基础[J] .机械强度,2004,26 ( 6) :652~655.

[ 4 ] ISO 14660—1:1999[S] .Geometrical Product Specifications (GPS) — Geometrical features — Part 1 : General terms and definitions .

[ 5 ] ISO /TS 17450—1:2000[S] .Geometrical Product Specifications (GPS) — General concepts — Part 2 : Model for geometrical specification and verification .

[ 6 ] 方东阳.形位精度数字化设计与评价技术的研究 [D] .郑州:郑州大学,2004.

[ 7 ] 胡 洁,吴昭同.面向功能的形位公差类型的自动生成[J] .中国机械工程,2002,13( 3) :204~208.

Analysis and Design of Geometric Tolerance Item Based on GPS

FANG Dong — yang<sup>1</sup>, LI Xiu — ning<sup>2</sup>, ZHANG Lin — na<sup>1</sup>, ZHAO Feng — xia<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>School of Mechanical Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China ;<sup>2</sup>Editorial Board of Journal of Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

**Abstract :** The foremost problem is description of part information in computer aided geometrical tolerance design-ing . Based on the digital describing theory basis such as stable class ,characteristic of GPS standard , combining analysis of the constructions capable feature and correlation influence factor of the design object ,the model of part feature information and the rules of auto formed geometric tolerance item are established .They are the basis of inte-gration and controlling of geometric tolerances information in CAD /CAM .

**Key words :** geometric tolerance ; tolerance information integration ; GPS standard ; invariance class ifeature