

# 基于参数化典型工艺的快速工艺生成技术\*

## Technology of Rapid Process Planning Based on Parameterized Typical Process

西北工业大学 CAPP 与制造工程软件研究所 尹伟为 张振明 田锡天 刘书暖

**【摘要】** 现有 CAPP 系统工艺设计的标准化和智能决策功能较弱,造成工艺规程设计对工艺人员经验的依赖性很大,因此本文提出基于参数化典型工艺的快速工艺生成技术。该技术运用成组技术原理和面向对象技术,把现有零件按照其几何形状或工艺的相似性归类成族,针对各零件族代表件编制典型工艺,然后将典型工艺进行参数化定制,建立参数化典型工艺库。

**关键词:** CAPP 参数化 典型工艺 快速工艺设计

**【ABSTRACT】** The standardization and the function of intelligent decision-making of existing CAPP system are not strong enough, which causes in that process planning depends on user's experiences to a great extent. The technology of rapid process planning based on parameterized typical process is presented. Existing parts are divided into groups according to the similarity of geometrical features or process features by using of group technology and object-oriented technology. According to typical parts in each group, typical processes are drawn up and processes of typical processes are parameterized. The database of all these parameterized processes is built.

**Keywords:** CAPP Parameterization Typical process Rapid process planning

进入 20 世纪 90 年代后,CAPP 的研究与开发逐步走向以实用性为基础、以集成应用为目标的模式,这类 CAPP 系统已在国内越来越多的企业中得到应用,并取得了相当显著的效果。但是现有商品化 CAPP 软件基本都采用交互式工艺设计模式,缺少智能决策功能,完全依靠工艺人员的知识和经验,以致目前工艺工作强度仍很大。编出的工艺规程的规范性差,难以保证工艺规程的质量、工艺信息的完整性和一致性,不能充分利用企业积累的工艺经验与数据,不利于企业的信息集成。同时,建立以交互式 CAPP 为基

础的制造工艺信息系统,并不排斥在 CAPP 智能化方向的努力,可以最大限度地提高工艺设计效率和质量,保证工艺信息的完整性和一致性,更好地发挥 CAPP 系统的效率。

基于参数化典型工艺的快速工艺生成技术是 CAPP 综合智能化的关键技术之一,对于系列化产品以及大规模定制生产来说,参数化工艺设计是一种快捷而有效的工艺设计模式,可以通过总结归纳典型工艺,确定工艺的关键参数,建立参数化典型工艺数据库,实现基于零部件工艺参数的检索设计。

### 1 典型工艺及其在 CAPP 中的应用

传统的工艺准备方法要为每一个零件单独编制一种工艺规程,生产准备周期长,工艺装备设计与制造的工作量大。典型工艺是解决这个问题主要方法之一。这种方法根据零件结构等工艺特征进行分类编组,对同组零件制订统一的加工方法。典型工艺不是研究一个零件,而是研究结构形式相同的一组零件或各种零件的同一工艺要素的制造工艺;找出工艺上的共性,根据产品的要求,结合企业的实际条件,采用比较先进合理的工艺方法,并用通用技术文件以文字的形式固定下来,用以指导具体工艺文件的编制,这就是工艺典型化的主要任务。

(1)对于那些产品品种比较单一、产品类型有很大相似性,而且大多数零件相似程度较高、更新速度慢的产品来说,企业通常总结了很多标准的典型工艺,这些典型工艺对于企业来说是一笔宝贵的财富。如果能够将这些典型工艺存放到数据库中,即构造一个典型工艺库,能在此基础上以图形方式浏览和选择典型工艺,并可根据零件类别、零件名称及编码来检索典型工艺,就可以实现派生式工艺设计,大大提高工艺编制的速度,保证工艺数据的一致性,实现工艺的标准化、规范化。

(2)对于那些小批量、多品种的产品,由于尺寸精度、形位公差、热处理、特种检查的要求不同,造成零件的工艺方法千差万别,但对产品更新速度较快的企业来说,同类产品的工艺依然有很大的相似性,通

\* 国家 863/CIMS 重大项目资助(2003AA411041)。

过进行产品的分类及典型工艺的分析整理,也可有效提高工艺设计的效率及工艺设计的标准化、规范化。

对于基于典型工艺的 CAPP 系统来说,一个新零件的工艺规程是通过检索系统中已有的相似零件的工艺规程并加以筛选或编辑而成的。计算机内存储的是一些标准(典型)工艺和标准(典型)工序。从设计角度看,与常规工艺设计的类比设计相同,即用计算机模拟人的设计方式,但是必须有一定数量的标准(典型)工艺才能顺利生成新的工艺文件,并且标准(典型)工艺越多,系统的智能化程度越高。

基于参数化典型工艺的 CAPP 系统应该建立丰富的典型工艺规程库,根据企业提供的典型零件的典型工艺建立参数化典型工艺库,也就是说,要将典型工艺中的工艺参数(主要是工序尺寸)变量化或标识符化,即进行参数化处理。CAPP 系统建立在交互式工艺决策的基础上,用户可直接检索、利用典型工艺规程,经编辑修改,形成新的零件加工工艺规程,即利用检索式、修订式进行工艺决策,在工艺知识库的支持下,随着工艺决策知识的不断扩充,可逐步实现以下的工艺设计自动决策:

- 根据零件的检索条件,在工艺知识的支持下,系统自动检索与设计零件相似的典型工艺。

- 系统自动检索设计零件的典型工艺后,根据系统从 CAD 或者 BOM 树上的零件属性获得的零件参数化特征信息,自动对典型工艺进行修订。

## 2 基于参数化典型工艺的快速工艺生成技术的关键技术

### 2.1 工艺的典型化与标准化

典型工艺的技术内涵是在零件分类的基础上实现工艺的统一化,是工艺标准化的重要组成部分。典型工艺库的构建是将总结好的典型工艺有组织地存放在计算机应用系统的典型工艺数据库中,在工艺设计中可以参考、调用,有利于工艺标准化的进一步实施。CAPP 的应用将大大地促进工艺的标准化,工艺的标准化反过来又是提高 CAPP 应用效果的重要因素,并将从根本上提高工艺设计的质量。工艺的标准化、规范化为参数化工艺设计奠定了基础。

工艺标准化的目的就是以工艺为研究对象,将工艺的先进技术、成熟经验以文件形式统一起来,使工艺达到合理化、科学化和最佳化。产品工艺标准化主要包括以下内容:

(1)工艺文件标准化。

产品制造方法是在工艺文件中规定的。工艺文件反映了工艺加工的内容与水平,它是指导生产、实现产品设计要求的依据,对保证质量起着决定性作用。

工艺文件标准化是指规定工艺文件的齐套性,包含统一工艺文件格式,确定各种工艺文件的名称和代号,提出编写依据和方法等工作。其目的是通过标准化手段来加强工艺管理,提高工艺工作水平。目前,工艺文件主要有工艺规程、工艺守则、材料定额及有关典型工艺说明书等项目。其中工艺规程是主要文件,包括锻压、铸造、塑压、切削加工、冲压、热处理、表面处理、装配、调试、检验等一系列内容。工艺文件的种类、格式及其编制的内容应按照标准化的要求进行统一。

(2)工艺要素标准化。

工艺(或工序)要素标准化是指对工艺要素的内容结合企业生产实际情况做出具体规定,形成企业标准并贯彻执行的过程。工艺要素标准化应包括两方面内容,即工艺余量和公差标准化、工艺尺寸标准化。

(3)工艺典型化。

工艺典型化是对结构形状相似或工艺方法相同的一组零件,先找出工艺上的共性,然后根据产品的要求并结合企业实际条件,寻求一个先进、合理的工艺方法,这样建立和确定出来的工艺规程,才能称之为典型(通用)工艺规程。工艺典型化按其内容可分为专业工艺典型化和一组零件工艺典型化。

(4)工艺术语及符号标准化。

将工艺文件所用的术语和符号进行统一有利于提高工艺文件的编制水平。由于这是一项基础性工作,在开展此项工作时要慎重,编制标准时要有依据。

(5)工艺文件管理标准化。

工艺文件的管理标准应包括工艺文件的会签制度、工艺文件的归档和发放办法、工艺文件的更改办法等标准。

(6)工艺装备标准化。

采用标准工装和通用工装,减少专用工装数量,用尽量少的工装品种、规格来满足生产上的需要,从而减少工装设计工作量,缩短生产准备周期,降低工装成本。同时,提高自制工装零部件的标准化程度,采用标准的零部件进行工装设计,以保证工装质量,缩短设计和制造周期。

(7)日常的工艺文件标准化审查工作。

工艺标准化除了制定一系列工艺标准外,还要搞好日常的工艺文件标准化审查工作,包括工艺文件的齐套性、正确性和统一性的审查。

## 2.2 参数化典型工艺库的建立与管理

### (1) 基于面向对象的典型工艺划分技术。

面向对象技术中的对象、类、消息、方法等概念以及封装、继承和多态等机制为工艺信息对象的表达与操作提供了一个很好的集成化模式。同时,面向对象技术是根据稳定的对象来建立系统模型的,因而中心模型往往很稳定,可以很好地适应需求的变化,具有良好的可维护性、可扩充性和可重用性。面向对象建模技术以往大多被应用于软件系统的开发中,由于它能更直接、自然地描述自然界的事物,在软件界得到了广泛的应用。近年来,人们已经开始将其应用到更为复杂的企业系统建模当中。

以成组技术分类方法和面向对象技术为基础,利用零件的结构相似性、工艺相似性或功能相似性,将零件进行分类并划分零件族,通过进行产品的分类及典型工艺的分析整理,建立典型工艺的对象类层次结构。典型工艺对象类树是用来描述典型工艺所涉及的对象及其关系和结构的,在对象类树中每一个节点代表一个对象类,并用类名标识。

图1是某航空发动机公司的典型工艺的类层次结构,在工艺知识库的机加工工艺类型下建立典型机加工工艺子类,然后根据企业的需要进行细分,建立典型机加工工艺的子类:机匣件、盘轴件和叶片件,还可分别建立它们的子类。

### (2) 典型工艺的参数化定制技术。

典型工艺参数化定制技术的基本内容是采用基于典型工艺的参数化设计方法,将典型工艺内容进行

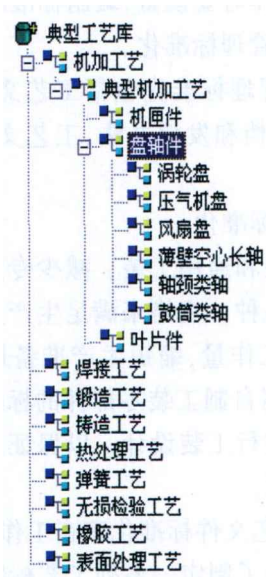


图1 典型工艺的类层次图

Fig.1 Class levels of typical processes

参数化处理,为快速工艺设计提供手段。下面以某一工序为例,对典型工艺内容的参数化定制技术加以说明。

某一工序内容为:检测出工件对刀台阶孔直径 $\phi 120\text{mm}$ 和台阶到法兰端面的轴向尺寸 $120\text{mm}$ ,定标。

进行参数化处理后为:检测出工件对刀台阶孔直径 $\phi \%D\%$ 和台阶到法兰端面的轴向尺寸 $\%A\%$ ,定标。

然后将处理后的工序作为典型工序,从而形成典型工艺。该工序内容被 $\%$ 分为5段:

第一段:检测出工件对刀台阶孔直径 $\phi$ ;

第二段: $D$ ;

第三段:台阶到法兰端面的轴向尺寸;

第四段: $A$ ;

第五段:定标。

### (3) 典型工艺库的建立。

典型工艺库即典型工艺规程的集合,典型工艺规程是由工艺人员根据零件的结构和工艺特征进行分类、分组,对同组零件制定的统一加工方法和过程的工艺规程。

为构建CAPP系统典型工艺库,系统应确保所采用的方法、实现的过程及应用维护都是用户化的、通用的。具体地说,工艺分类的方法因企业而异,可由工厂生产对象的情况而具体确定;典型工艺树的实现、新增典型工艺等采用的工具(知识库管理系统、工艺设计集成环境、用户管理)及功能是完全通用的;典型工艺可以由用户自己设置图形资源和显示方式,因此,典型工艺库建立的过程是对用户开放的、通用的。如果企业有一定的CAPP应用基础,就可以在很短的时间内建立适合本企业情况的专用的典型工艺库。

在典型工艺分类的基础上,可以适当地选择出每组的代表零件。一般在一组内选一个或几个零件为代表件,也可以根据组内各零件的工艺确定一个“假想零件”为代表件。针对代表件编制典型工艺,为同组零件所通用。尽管推荐在工艺分类的叶子结点上新增典型工艺(这样才能体现工艺分类分层体系结构的优势),但是考虑到用户的需求千差万别,系统应该允许在典型工艺下的任何一个类上新增典型工艺。这项工作同工艺分类一样繁琐而重要,需要将最适合此零件的不同系列零件的工艺总结出来,作为编制其他产品工艺规程的模板。

## 2.3 基于典型工艺的快速检索和自动修订

快速检索和自动修订均为一种推理方法,基本内

容是根据动态数据库的当前状态,利用知识库中的知识进行推理。

### (1)快速检索的具体实施方案。

通过属性名称定义检索条件(即检索参数),在工艺信息模型中,对各种典型工艺建立典型工艺属性类,将和典型工艺相关联的参数(即检索条件)作为该类下的一个属性,每个属性(即检索条件)的可能属性值存储在属性的约束选取中。这些数据提供查找典型工艺的信息来源。可以将某一个或某几个特征或其属性(如零件名称、主要尺寸、材料等参数)作为查询条件建在“典型机加工工艺属性”类中,推理机根据用户所输入的检索条件,自动快速地检索出最优化的典型工艺,在典型工艺库中搜索、匹配各零件典型机加工工艺中的信息,若匹配成功,则检索成功。

### (2)自动修订的实现方案。

首先定位零件,在检索典型工艺时就已经对零件定位了。打开检索到的设计零件的典型工艺,并将其中所要更新的属性值(如工序内容)逐条读取到内存中。同时,设计与开发零件的“匹配参数”功能函数,其功能就是将“工艺修订参数”类中的所有属性与设计零件典型工艺中的参数进行匹配,对于各类典型工艺来说,其中的参数数目以及参数间的关系都是明确的。在匹配出一个参数的同时,系统将获取该参数前一个字符(即字符%)在工序内容中的位置,根据系统从CAD或者BOM树上的零件属性获得的零件参数化特征信息,对工艺内容的参数值进行自动修订。利用函数的循环功能,系统可以获取本道工序内容中的所有参数并修正所有参数的具体值。修订后的典型工艺作为该零件的工艺规程存储到规程库中。典型工艺快速检索和自动修订决策系统工作流程图如图2所示。

## 3 结束语

把参数化技术引入工艺设计过程中,采用专家系统技术,进行智能参数化典型工艺的检索与工艺生成,实现有效的典型工艺检索及完成部分的参数化工艺设计,既能很好地解决相似工艺编制的可重用性,又能提高CAPP系统的实用化、工具化和智能化。基于参数化典型工艺的快速工艺生成技术已经应用在某航空发动机企业的CAPP系统中,并获得了预期的效果。

(责编 凌川)

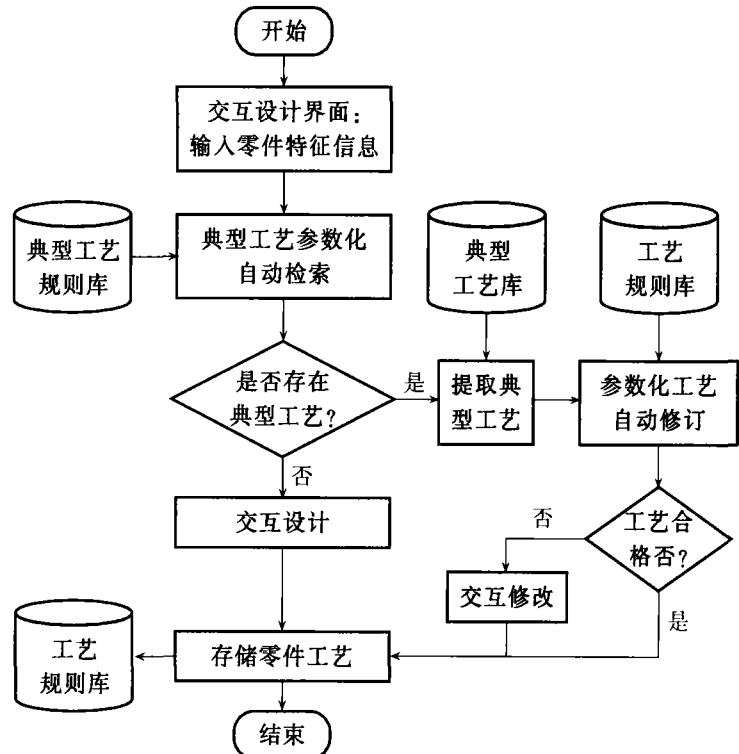


图2 典型工艺快速检索和自动修订决策系统工作流程图

Fig.2 Flowchart of rapid searching and automatic decision-making system of typical processes

(上接第79页)

相似,但因焊缝宽度小于连续点焊,可以预计电子束焊方案的强度暂不能达到使用要求,因此未进行相应的仿真计算。

## 4 结论

(1)手工氩弧焊方案可以满足使用要求,关键是控制焊接质量和焊后变形,提高产品合格率;

(2)间断的电阻点焊结构由于有显著的应力集中现象<sup>[9]</sup>,不能满足使用要求;

(3)连续点焊和电子束焊方案工艺稳定,焊接变形小,应进行多因素综合评估和进一步优化相关参数。

## 参 考 文 献

[1] 佐藤邦彦,向井喜彦,丰田政男. 焊接接头的强度与设计. 张伟昌译. 北京:机械工业出版社,1983.

[2] 赵九江,张少实,王春香. 材料力学. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2000.

[3] 浜崎正信. 搭接电阻焊. 尹克里译. 北京:国防工业出版社,1977.

[4] 王之康,高永华,徐宾. 真空电子束焊接设备及工艺. 北京:原子能出版社,1990.

(责编 金卯)