

CAPP 技术发展状况与趋势

彭梨花, 樊瑜瑾, 李浙昆, 李志军

(昆明理工大学 机电工程学院, 云南 昆明 650093)

摘要: 阐明了计算机辅助工艺设计的内涵, 从 5 个方面综述了国内外计算机辅助工艺设计技术的发展状况. 同时, 结合制造业的发展方向, 指出计算机辅助工艺设计技术领域有待解决的关键技术问题及其发展趋势.

关键词: 工艺设计; CAPP; 制造业; 发展状况; 发展趋势

中图分类号: TP391.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-855X(2003)05-0068-04

Present Status and Future Development of Computer Aided Process Planning Technology

PENG Li-hua, FAN Yu-jin, LI Zhe-kun, LI Zhi-jun

(Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

Abstract: The connotation of Computer Aided Process Planning (CAPP) is first described. Then, the current research situation of Computer Aided Process Planning technology is summarized from five aspects. At the same time, it is pointed out that the key technologies which need to be solved in the field of Computer Aided Process Planning in relation to the future development of modern manufacture. Finally, the prospect for the future development of Computer Aided Process Planning is analyzed.

Key words: process planning; CAPP; manufacture; developing status; development tendency

0 引言

随着信息技术的发展和全球化统一市场的形成, 制造业市场竞争日趋激烈, 产品需求呈现出多样化、个性化趋势, 从而使得生产规模从少品种大批量朝着多品种变批量方向发展. 制造企业要在竞争中取胜, 则必须要改变原有的产品设计及制造模式, 迅速响应市场需求, 适应极具不确定性的市场环境. 在此背景下, 源于 20 世纪 50 年代 CAD/CAM 技术已发展成为一种高新技术产业, 并得到了迅速发展. 随着制造业向 CIMS 或 IMS 的发展, CAD/CAM 集成化的要求越来越强烈, CAPP 在 CAD、CAM 中起到了桥梁和纽带作用. 不仅如此, 随着敏捷制造(AM)、虚拟制造(VM)、智能制造(IM)、并行制造(CE)、精益生产(LP)、及时生产(AP)^[1~5]等先进生产模式的概念提出与逐步实施, CAPP 已是制造企业各部门产品信息交汇的重要枢纽, 企业生产管理和计划调度等部门也必须依赖 CAPP 系统输出的信息. 可以认为 CAPP 是制造企业生产现代化的必由之路. 当前, CAPP 已成为先进制造与自动化技术领域的研究热点.

1 CAPP 技术的内涵

1.1 CAPP 的基本内涵

计算机辅助工艺设计(Computer Aided Process Planning, 简称 CAPP)的开发、研制是从 20 世纪 60 年代末开始的, 在制造自动化领域, CAPP 的发展是最迟的部分. 世界上最早研究 CAPP 的国家是挪威, 始于 1969 年, 并于 1969 年正式推出世界上第一个 CAPP 系统 AUTOPROS; 1973 年正式推出商品化的 AUTOPROS 系统. 在 CAPP 发展史上具有里程碑意义的是 CAM-I 于 1976 年推出的 CAM-I'S Automated Process Planning 系统. 取其字首的第一个字母, 称为 CAPP 系统^[7]. 目前对 CAPP 这个缩写法虽然还有不同

收稿日期: 2003-03-10.

第一作者简介: 彭梨花(1978~), 女, 硕士研究生; 主要研究方向: 机械设计及理论. E-mail: myplh@163.com

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

的解释, 但把 CAPP 称为计算机辅助工艺设计已经成为公认的释义. 它是运用计算机技术协助工艺设计人员进行工艺规程设计的一种技术, 是以计算机技术为支撑的信息时代环境下的产物. 与传统的工艺设计相比, CAPP 在设计方法、设计过程、设计质量和效率等各方面都发生了质的变化.

30 余年来, 随着制造业向集成化、智能化方向发展, 及动态联盟、敏捷制造、并行工作模式的出现, CAPP 的内涵也在不断的发展. 从狭义的观点来看, CAPP 是完成工艺过程设计, 输出工艺规程. 从广义的观点来看, CAPP 系统已成为产品设计与制造过程的信息枢纽, 它的功能在不断扩展. 在现代先进制造业中, CAPP 的纽带作用日益增强, 尤其在并行集成化生产模式中, CAPP 与 CAD、CAM、PDM、PME、CAQ、MRP II 等联系日趋紧密, 涉及到了人工智能技术、虚拟现实技术、优化技术、神经网络、人机工程学^[14~18] 等信息技术领域, 其内涵在不断的延伸.

1.2 CAPP 与敏捷制造

随着市场对产品的个性化、多元化和小批量生产的要求, 迫使制造企业加速新产品的开发研制, 并以尽可能短的周期占领市场, 适应快速多变的竞争环境. 由于产品结构日趋复杂, 任何一个企业都不可能在短时间内经济、快速的独立开发和制造某一完整产品. 于是, 敏捷制造的概念应运而生, 并被称为“21 世纪制造业的发展战略”, 受到世界各国的普遍重视, 而动态联盟公司则被认为是 21 世纪企业的主要模式, 它是敏捷制造企业的最高形式^[1]. 在联盟制造企业模式下, CAPP 作为实现联盟制造的信息枢纽, 承担生产过程中工程数据转换和资源调配、完成信息及资源共享等任务.

目前, 在联盟制造环境中, CAPP 系统是实现联盟制造过程的必要环节, 它必须能适应组织管理的灵活性、响应市场的高度灵敏性、快速反映性以及最大程度满足用户的要求. 作为联盟制造环境下制造数据的管理中心, 它生成的数据将成为联盟制造企业各制造单元、生产管理系统等的信息输入, 为敏捷制造环境下的各子系统之间进行信息和数据架起了桥梁. 因此, CAPP 系统的研究与开发直接关系到企业能否在激烈的市场竞争中占据优势, 立于不败之地.

2 CAPP 技术发展状况

当前, CAPP 技术研究过程中, 人工智能(AI)、专家系统(ES)以及神经网络(GN)等相关理论的应用, 使其朝着智能化、集成化、工具化和实用化方向发展. 随着新技术、新概念如: 并行工程(CE)、敏捷制造(AM)、动态联盟公司(VO)、精益生产(LP)、及时生产(AP)等的不断出现, CAPP 技术的研究又提出了新的、更广的要求, 包括功能扩充、分布制造、并行制造等, 系统研制也在不断的适应新技术变化. 与此同时, 一些早期的系统仍然在企业中发挥着重要作用. 可以将 CAPP 的研究状况归纳如下几个方面:

2.1 变异式系统仍在企业中发挥其作用

变异式 CAPP 系统又称作派生式、修订型 CAPP 系统. 其技术成熟, 原理简单, 因而发展最早, 使用的系统也较多. 目前, 在很多企业中, 此类系统仍在发挥着重要作用. 对变异式 CAPP 系统来说, 其关键技术是零件分类编码系统的研制. 目前已研究出好几类编码系统, 即由德国 Aachen 工业大学 H. Optiz 教授提出的结构简单、便于记忆和手工分类、偏重结构的 Optiz 编码系统; 源于日本通产省机械技术研究所提出的结构、工艺并重的 KK-3 系统; 由我国原机械工业部开发的优于 Optiz 系统和 KK-3 系统的 JLB-1 系统^[6]. 这些都属于刚性编码系统, 存在着不能完整、详尽的描述零件结构特征和工艺特征的缺点. 因此, 柔性编码系统概念和理论就应运而生了, 但尚在研究之中, 还没形成标准.

2.2 创成式系统发展迅速

早期的创成式 CAPP 系统将决策逻辑植入程序代码中, 依靠决策树和决策表进行设计. 这种创成方法难以随零件类型和生产环境的变化自动生成合理的工艺规程. 当前, 创成式 CAPP 系统已发展成智能化 CAPP, 也称 CAPP 专家系统, 它以“推理+ 知识”为特征^[6, 11]. 是将工艺实践经验以生产式规则或其他知识表达形式纳入知识库中, 成为系统推理机的依据. 系统推理机和知识库实现了分离, 便于系统开发人员和工艺人员的合作. 工艺过程设计的主要问题不是数值计算, 而是对工艺信息和工艺知识的处理, 这正是专家系统的特长所在.

2.3 先进制造模式下 CAPP 系统的研究与开发

2.3.1 CIMS 环境下 CAPP 技术的研究

由于 CAD、CAPP 和 CAM 各自的研究侧重点不同并且是独立发展的, 它们的数据模型彼此不相容. 所

以, CIMS 集成的关键技术就是实现各独立系统间信息的顺畅传递, 数据交换双方必须遵循统一的产品数据模型和数据交换机制. 因而, 产品数据管理和产品交换标准是实现 CIMS 的关键技术. 目前, 面向对象数据库管理系统被认为是适合于 CIMS 中最有希望的新型数据库管理系统. 异构分布式数据库系统也得到一定的研究和开发. 从而使 CAPP 技术得到了进一步的发展. 基于特征的、支持统一产品信息模型(PDES / IGES/STEP) 的 CAPP 系统是目前的重要研究方向.

2.3.2 并行工程环境下的 CAPP 研究

传统设计与制造环境下, 信息与决策的传递是按先后顺序进行的. 随着设计与制造概念的转变及市场需求的变化, 并行工程的概念应运而生, 并日益为人们所接受. 当前, 实现并行设计与制造过程已成为企业实现盈利, 快速占领市场的关键环节. 并行工程(CE) 环境下的 CAPP 系统不仅是信息集成的中枢, 同时也是各子系统间功能协调的纽带. CAPP 必须面向设计、面向制造、面向产品进行设计. 它既能接收来自 CAD 的设计信息, 并对设计结果进行可制造性评价^[13], 同时对不合理的设计提出修改建议, 它还能提供给 CAM 工艺信息, 并接收 CAM 反馈回来的信息, 进行工艺设计、数控编程及加工动态仿真. 其核心是在设计阶段就考虑到产品生命周期中的所有因素, 对各个环节功能进行协调, 缩短产品开发与制造周期. 目前, 国内外开发出了一些并行工程下的 CAPP 系统, 但离人们预期目标还有较大的差距, 主要是缺乏有效的基于计算机的、能够支持并行决策活动的工具. 在我国, 以 PDM 为集成框架的 CAPP^[9] 正在研究之中.

2.3.3 联盟制造环境下 CAPP 的研究

由于产品市场由卖方市场向买方市场的转变, 产品样式不断更新, 产品结构日趋复杂, 所以, 仅凭一个企业无法在短时间内完成产品的设计与制造的全过程, 迅速响应市场的变化. 在这种情形下, 敏捷制造模式出现了, Internet 和 WEB 技术的发展使敏捷制造成为可能. 联盟制造是敏捷制造的最高形式. 在联盟制造环境下, 快速重组技术是一个关键的技术问题. 因此, 此环境下的 CAPP 系统应具备适应动态变化的能力. 各个设计与制造单元所使用的标准执行的功能不同, 要求 CAPP 系统能做到协调作用. 因而在开发时要考虑到变化与柔性对 CAPP 系统体系结构和功能模型的影响, 所开发的系统应具有充分的灵活性、开放性、重构性和兼容性. 工艺过程设计标准化和通用信息接口成为开发柔性 CAPP 系统的技术难点和研究热点.

3 CAPP 技术发展趋势

3.1 现代机械制造业的发展方向

制造技术是国民经济发展的支柱. 1999 年第 46 届国际生产工程学会年会主席日本吉川教授在他的总结报告中指出: 世界上各个工业国家经济上的竞争, 主要是制造技术上的竞争^[19]. 人类社会进入 21 世纪, 科学技术得到迅猛发展, 竞争将更为激烈. 在此背景下, 任何一个国家想在综合国力上取得优势地位, 则必须在先进科学技术上取得优势, 尤其要在产品的设计开发与制造能力上取得优势. 否则, 在强大的国际竞争压力下将难以生存和发展.

高质量、高生产率一直是机械制造业发展的主要目标. 21 世纪初机械制造业发展的总趋势为“四化”^[19]: 即柔性化、敏捷化、智能化及信息化. 机械制造业将是由信息主导的, 并采用先进生产模式、先进创造系统、先进制造技术和先进组织管理方式的全新的机械制造业. 其重要特征表现在它的全球化、网络化、虚拟化、智能化以及与环境协调的绿色制造等. 其发展方向与市场需求发展保持一致, 并在如下三个方面作出贡献:

1) 制造观念的转变. 21 世纪的制造业已经不是传统意义上的机械制造业, 即所谓的机械加工. 它是集机械、电子、光学、信息科学、材料科学、生物科学、激光学、管理学等最新成就为一体的一个新兴技术与新兴工业的综合体.

2) 推动制造技术的发展. 现代机械制造技术不仅在它的信息处理与控制等方面运用了微电子、计算机技术、激光加工技术, 在加工机理、切削过程乃至所用的刀具无不渗透着当代高新技术的结晶.

3) 制造模式的变革. 在新兴技术的支持下, 制造模式发生了质的变化. 并行工程(CE)、敏捷制造(AM)、虚拟制造(VM)、精益生产(LP)、及时生产(AP) 等先进制造模式相继得到提出并引起广泛的关注和研究.

3.2 CAPP 有待解决的关键技术问题

与 CAD、CAM 相比, CAPP 技术的研究进展要缓慢得多, 现已成为制约制造业进一步发展的“瓶颈”. 客观上主要是因为 CAPP 系统受使用单位的制造技术、制造资源、产品结构等因素的限制, CAPP 存在的

要关键技术问题可归纳如下:

1) CAPP 系统开发工具的研究. CAPP 系统针对性强, 因而其通用性、实用性、兼容性差. 立足 CAPP 系统的实现机制, 提取其共性, 为不同企业、不同产品的 CAPP 系统开发提供一个良好的设计环境. 在此环境下, 用户经过较为简单的二次开发, 较为方便的开发出具有针对性、符合特定企业生产实际的 CAPP 系统^[10].

2) 专家系统的研究. CAPP 专家系统不同于一般的诊断型专家系统, 是一个复杂的设计型专家系统. 它要求除具有一般专家系统所具备的知识获取、表示推理求解策略外, 尚需具有解决在工艺设计及决策中特殊知识的获取和描述. 目前的研究仍处于初级阶段, 亟待解决的技术问题包括工艺知识的获取和表示、工艺模糊知识的处理、工艺推理过程中自行解决冲突问题的最佳途径、自学习功能的实现等^[6, 11].

3) 接口技术的研究. 自 CAPP 系统开始研究以来, 在很长一段时间内是以“孤岛”形式存在的, 这在很大程度上制约了企业实现自动化制造模式, 从而影响企业的生存与发展. 为了解决这个问题, 适应敏捷制造、智能制造、虚拟制造、并行工作等先进制造模式, CAPP 系统应具有多输入输出的通用信息接口, 因此, 接口技术的研究至关重要. 特征技术、产品数据管理和产品交换标准是要解决的关键技术问题.

4) 人机交互技术的研究. 工艺过程设计是一个典型的复杂问题, 目前仍具有较强的经验性和技巧性. 但是, 由于人们对 CAPP 系统的期望太大, 过分追求工艺决策自动化, 从而在一定程度上忽略了人的因素, 导致很多已研制出的系统实用性差, 效果不尽人意. 因此, 在开发 CAPP 系统的过程中, 应注重工艺专家在系统设计和管理工作中的作用, 把人的智能(知识)和计算机智能(工具)有效的结合起来, 研究出具有实用化、系统化、多元化特点的 CAPP 系统^[20].

3.3 CAPP 的发展趋势

从工艺设计的本身角度看, 随着人工智能、神经网络、虚拟现实等技术的进一步发展, 使得对设计过程必然有更深入的认识, 对设计思维的描述必将得到新的境界. CAPP 将使工艺设计朝着智能化、多元化、系统化、实用化的方向发展.

从整个制造业的发展趋势看, 并行工程、智能制造、敏捷制造、虚拟制造、精益生产等制造模式代表了现代产品制造模式的发展方向, 随着技术的进一步发展, 产品制造模式在信息化的基础上, 必将朝着柔性化、敏捷化、网络化、智能化的方向发展. CAPP 成为制约现代先进制造业发展的“瓶颈”问题也必将得到有效解决, 与上述先进技术齐头并进, 最终建立一体化制造模式, 进而推动整个制造业的发展.

参考文献:

- [1] 王华栋, 等. 面向动态联盟环境的 CAPP 系统结构研究[J]. 制造业自动化, 2000, (4): 32~34.
- [2] 杨志刚, 王先逵, 等. 敏捷化计算机辅助工艺规划系统探究[J]. 制造业自动化, 2000, (6): 29~32.
- [3] HUANG G Q, MAK K L. Design for manufacture and assembly on the Internet[J]. Computer in Industry, 1999, (38): 17~30.
- [4] 金平, 刘希星. 基于互联网的先进制造技术[J]. 制造业自动化, 1999, (8): 105~108.
- [5] 武良臣, 李勇等编著. 先进制造技术[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2001. 7.
- [6] 王贤坤, 陈淑梅, 陈亮编. 机械 CAD/CAM 应用与开发[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000. 11.
- [7] CAPP 系列讲座(一)——CAPP 基础及基本原理, 目前企业应用 CAPP 技术的现状[OL]. <http://www.edmi.com.cn/jszt/ipo.html>. 2001.
- [8] 王润孝主编. 先进制造系统[M]. 西安: 西北工业大学出版社, 2001. 8.
- [9] 何爱新, 徐弘山, 付利华. 基于 PDM 的并行集成化 CAPP 系统[J]. 制造业自动化, 1999, (10): 21~23.
- [10] 王细洋, 万在红, 汪叔淳. CAPP 系统开发工具的设计方法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 1999, (1): 70~73.
- [11] 王细洋, 万在红. CAPP 的关键问题及对策[J]. 制造业自动化, 2000, (2): 25~29.
- [12] 白庆华, 何玉林编著. CIMS 中的系统集成和信息集成[M]. 北京: 电子工业出版社, 1997. 10.
- [13] 曹岩, 刘宁, 赵汝嘉. 面向并行 CAPP 的产品可制造性评价理论研究[J]. 制造业自动化, 2000, (10): 15~17.
- [14] 曾宇波. 现代 CAPP 的集成技术和方法[J]. 机械工人(冷加工), 2002, (1): 54~55.
- [15] 景宁, 王秀伦, 孙丽. 数据仓库技术在 CAPP 系统中应用的研究[J]. 机械设计与制造工程, 2001, (11): 48~49.
- [16] 王旭初, 张根保等. 基于 C/S、B/S 混合模式的 CAPP 系统的开发研究[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2002, (1): 4~6.
- [17] 王忠宾, 叶文华, 王宁生. CBC 技术在动态可重构 CAPP 系统中的应用[J]. 机械设计与制造, 2001, (6): 17~19.
- [18] 王飞, 陈伟, 林享. 交互式虚拟设计与同步制造技术算法与图形系统研究[J]. 机械设计与制造, 2002, (2): 14.
- [19] 陈英莫, 肖志华, 陈敏. 21 世纪初期机械制造业发展的趋势[J]. 机械制造, 2002, (4): 20~22.
- [20] D T pham, C Gologlu. A computer aided process planning system for CE. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, 2001. 215(B8): 1117.