

基于 Internet 的注塑模具 智能化并行设计系统研究

于同敏 单秀海 刘铁昌 张浩

(大连理工大学模具研究所 大连 116024)

摘要: 在系统地分析了注塑模具设计制造的知识结构层次关系及相关过程的基础上, 基于 Internet 环境和并行工程思想, 以 AutoCAD 为平台, 应用面向对象、数据库、人工智能及特征建模等技术与方法, 开发了基于 Internet 的注塑模具智能化并行设计系统, 建立了统一的集成化产品信息模型; 研究了注塑产品可模塑性评价, 模具计算机辅助报价, 基于特征的模具三维参数化设计, 产品缺陷分析诊断等各功能模块的知识表达与信息反馈及共享机制; 讨论了系统实现的关键技术。为注塑模具实现网络化、智能化、并行化设计, 缩短模具开发周期, 提高模具质量, 提供了有效的技术支持。

关键词: 注塑模具 Internet 智能化 并行设计

中图分类号: TG241

0 前言

模具作为现代工业产品实现高效率、低成本、大批量生产的重要工艺装备, 近年来, 在各工业领域得到了广泛的应用。尤其是塑料注塑模具在汽车、电子、家电、信息产品等领域的需求越来越大, 质量要求也越来越高。用注塑模具成形塑料制品, 具有优质、高效、节能、省材和环境清洁等一系列优点, 因而成为塑料制品成形的主要工艺方法。但注塑模具的开发, 是一个多环节、多因素、涉及多领域知识综合应用的复杂求解与动态优化过程。由于注塑模具结构的复杂性及其单件订单式生产的特点, 难以一次制造成功, 往往需要多次试模修模才能达到要求, 进而影响模具交货期与质量。在经济全球化的国际大市场环境下, 缩短模具开发周期, 提高模具质量, 是模具企业参与国际竞争赢得市场的重要条件。

并行工程作为对产品设计及其相关过程进行并行、一体化开发的一种先进工作模式, 以追求产品的上市时间短、质量高、成本低为最佳目标, 对以多品种、结构复杂、单件生产为主要特点的注塑模具行业具有重要意义。模具企业实施并行工程, 可使模具开发在设计的前期, 就能全面考虑后续各环节的影响因素, 及早发现并及时纠正各过程可能发生的缺陷, 确保模具开发一次成功。由此便可大大缩短模具开发周期, 提高模具质量, 降低成本。基

于并行工程理念, 在网络环境下, 实施注塑模具智能化并行设计, 是现代模具技术发展的要求, 也是提高模具企业参与国际市场竞争能力的有效措施。

1 注塑模具开发过程

现代模具设计与制造虽已应用了 CAD/CAM 技术及先进的加工设备, 使模具设计与制造质量得到很大提高。但从整个开发过程与信息集成的角度看, 模具的开发仍以串行的工作模式为主, 各开发阶段的信息仍处于离散的“孤岛”化状态, 没有形成统一的产品信息集成模型。由于以往的 CAD 与 CAM 系统并非是基于并行工程思想创建的一体化集成系统, 致使模具开发的各环节及其相关过程信息具有相对的独立性。CAD 系统只注重从几何造型上辅助设计者绘制模具结构图形; CAM 系统则只考虑加工信息与刀具轨迹的生成和模拟。相互之间缺乏信息的统一与集成。实际应用中, 往往是 CAD 系统设计完成后, 将结果以二维工程图的形式输出, CAM 系统再按 CAD 系统的输出结果, 重新输入并构造符合 CAM 加工要求的三维模型。模具 CAD 系统设计的质量也主要靠设计者的知识程度和经验积累, 缺乏具有理论指导意义的基于知识的智能型设计系统, 以保证设计结果的可靠性。由于串行的模具开发过程缺乏统一的信息模型为指导, 往往是上一过程的全部工作结束时, 才将所有信息一次性的传递至下一过程, 下一过程获得输入信息后还需重新消化理解与审查, 以确定本过程的实施方案与计划; 信息传递只能由上至下, 分阶段

进行；若上一过程的信息有误，则需返回修改，待改正后才能实施。如图 1 所示。由于各过程只从本过程的工作需要考虑问题，缺乏相互沟通与协调，致使开发过程中冲突不断，常生纠纷，越到后期发现的问题所涉及的环节与反复的过程越多。如此多个过程的循环反复，致使模具的开发周期与质量难以保证。



图 1 模具串行工作模式

实施并行设计，可使模具设计人员在设计的初期，就能全面考虑后续各环节的技术可行性及生产条件的制约等相关因素影响，并按统一的产品信息模型进行协调处理，可有效地避免模具设计中可能产生的错误或与相关过程不相匹配的冲突信息，从而保证模具的开发质量，大大缩短开发周期。

2 基于 Internet 的注塑模具智能化并行设计系统框架

并行工程强调在产品阶段就全面考虑其后

续过程的各种因素，以空间换时间，尽早发现并修改设计方案中存在的问题。这就要求设计人员不仅要考虑模具结构设计问题，还应考虑产品的可模塑性、模具制造工艺、加工设备条件等各方面因素的影响。以减少模具设计中的失误，提高设计成功率。实施并行工程的先决条件是要求模具开发过程中信息的传递和处理高度集成化，强调信息与资源的全面共享。因此，需要建立统一的集成化设计环境。在信息集成的基础上，使模具设计过程的任意阶段都可通过知识推理、成本估算等手段对当前设计方案及其后续过程进行分析与评价，从而避免或及时发现潜在的、不合理的设计缺陷，提高设计质量与效率。网络技术的发展，为模具企业实施并行设计、异地制造及资源共享提供了有力的技术支持。通过 Internet 模具企业与客户之间可以方便地交流塑件与模具信息，客户也可随时了解模具的开发进程；不同模具企业之间还可针对特定任务进行合作开发，充分利用各自的优势资源，实现异地设计与制造，以达到对市场需求的敏捷响应；模具企业内部各部门之间也可在统一信息模型指导下，共享模具开发各阶段的准确信息，确保开发过程的并行一致。在全面分析了注塑模具的知识结构与层次关系和相关过程的基础上，针对注塑模具设计与制造的实际，提出了基于 Internet 的注塑模具智能化并行设计系统框架，如图 2 所示。系统以 AutoCAD 2000

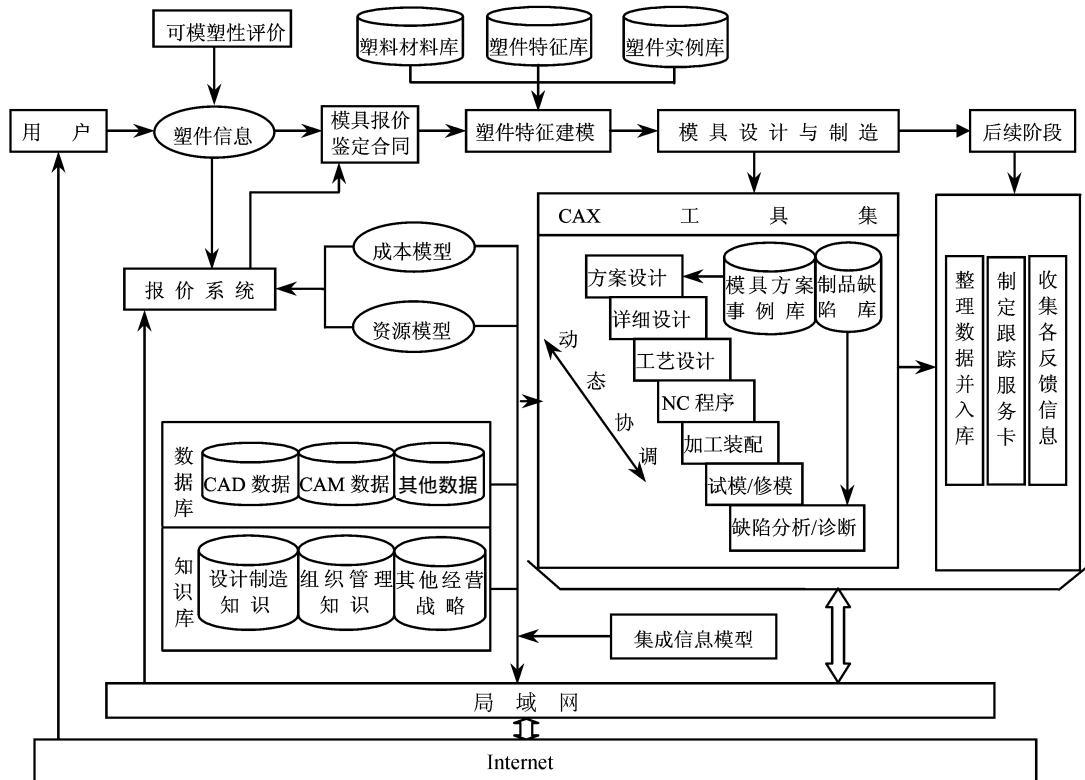


图 2 模具智能化并行设计系统框架

为集成平台，应用面向对象技术、数据库技术、人工智能和特征建模等技术与方法，构建了知识库、数据库、事例库和基于特征的集成化产品信息模型等作为系统支持。通过封装的 CAX 应用工具与系统相关模块的协同作用，实现了注塑模具的智能化并行设计。

3 并行设计系统的实现技术

3.1 基于特征的集成信息模型

系统的信息集成是实施并行工程的基础。在模具开发过程中，塑件的功能要求、塑件的几何形状特征及其非几何特征(如工艺特征和属性特征等)与模具结构设计和工艺设计都有着密切的联系与对应关系，而且模具零件的形状特征及其非几何特征与模具零件的工艺设计、电极设计和数控加工直接相关。以特征作为信息载体，并使其携带塑件或模具零件的全部几何与非几何信息，把模具设计与制造过程贯穿起来，便可实现模具 CAD/CAM 的集成化并行设计。特征模型的建立与表达是信息集成的关键。特征的表达就是要将特征的几何与非几何信息，以一定的形式记录下来，在产品建模时供计算机查询与调用。AutoCAD 的图元实体都具有一信息存储器，即结果缓冲区，它分为图元定义数据段和扩展图元数据段，后者提供给开发者记录有关信息，AutoCAD 还为开发者提供了访问和处理这些数据的途径。通过将特征信息记入特征图元的扩展数据中，来实现特征的模型表达。系统中特征模型的基本数据结构是单向链表结构，图 3 所示的是特

征模型的结构数据。塑件(零件)模型特征表达的关键是建立各个特征之间的联系，从而构成塑件(零件)的整体模型。利用 AutoCAD 中的两个空块(不包含 AutoCAD 实体)的扩展数据段，可分别记录塑件的形状特征信息和非几何特征信息。形状特征信息以主特征单向链表的形式记录各个主特征的特征号(Feature-ID)及图元句柄。非几何信息则包含材料特征、工艺特征和属性特征等。

3.2 知识库

3.2.1 知识的表示

在注塑模具设计过程中，依据各类知识的用途以及应用知识的阶段与方式的不同，将设计过程中涉及到的知识分为三类：即实例型知识、专家经验和规范知识。实例型知识在设计系统中以图样或文本的形式存在，它详细的记录了已经完成的设计实例的具体要求和设计参数，供设计人员在设计时借鉴和参考。一个成功的设计实例，其设计的合理性和可行性已经得到实践的验证。如果新设计任务的主要参数和相关条件与该实例相似，则以该实例为基础的设计必然也带有成功设计的经验。通过把设计实例的各项指标划分为已知部分和推论部分，便可实现其从已知到推论的推理求解过程。专家经验是指领域专家在多年的设计实践中对设计理论与原则和专业知识的深刻体会与总结，其理论部分可能并不充分与完善，但经过多年的设计实践验证却是正确可用的。实际上，许多领域专家的经验并未经过系统的归纳与整理。专家经验获取时，需与专家进行面对面的深入讨论，来获得专家对问题的全面阐述和充分表达，经系统化整理后才能形成专家经验的形式化描述与表达。规范型知识是对设计过程不同阶段和设计结果的约束，其中既有规范的理论指导，也有经验性的结论。规范是宏观意义上的对设计行为的控制，对规范覆盖范围内的任何设计都具有约束作用。规范中的经验性结论都是经过长期的设计实践验证的，是对设计具有指导意义的专家经验的提炼。对知识表达方法的要求应该是能够充分表达、有效推理、便于管理和易于理解等。目前常用的知识表达方式有：谓词逻辑、框架与产生式规则、语义网络等。由于产生式规则比较符合人们分析问题时的思维方式，又便于修改与扩充。本系统采用产生式规则来表达知识。其一般形式为：IF(条件) — THEN(结果)。

3.2.2 知识库的组织结构

规则分解技术是将复杂的设计问题分解为较简单的子问题求解和子问题之间的协调。子问题既有

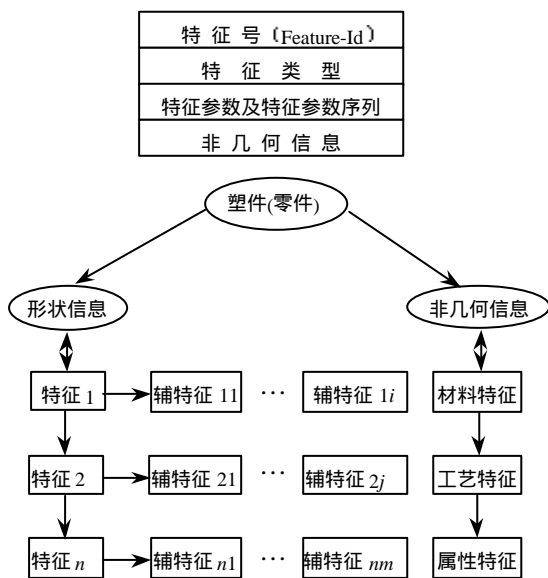


图 3 塑件(零件)特征模型结构

很强的独立性，又相互联系。利用面向对象的方法将这些子问题抽象为知识对象，就形成了图 4 所示的一个类等级层次结构。图中每个节点代表一个知识项。父节点可有多个子节点，子节点可继承父节点的部分信息。信息交换主要在父节点之间进行，同级之间的信息交换也主要通过父节点进行；父节点除包含本身的属性信息之外，还应能够协调其子类的运行和信息通信。

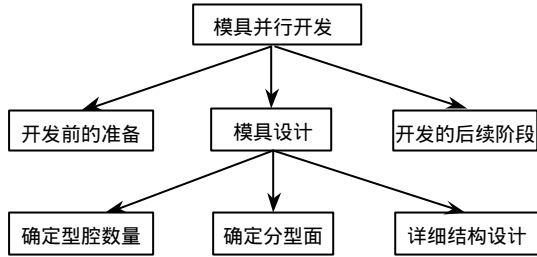


图 4 知识库的组织结构

3.2.3 知识库的索引

建立知识库索引的目的是提高知识的利用效率。根据库中知识的组织方式，可建立两类索引，即模具项目名索引和知识项索引。模具项目名索引主要是针对已有设计类知识而建立的，为每个模具项目实例建立索引后，可以快速地查询并获取某一设计项目的全部设计数据。其方法是：首先在每个知识节点以分段形式存放不同的工程项目数据，然后提取所有知识点下已有设计对应的数据，就可获得该设计项目的全部数据。由于整个知识库的框架是以知识节点组成的类等级结构为基础构建的，而知识项的划分是由规则分解设计对象决定。因此，可以根据自上而下给出的路径查找某一知识项。另一种方法就是建立知识项索引，通过索引点指针直接获得知识节点的物理位置。在对知识节点建立知识索引的同时，还应对其下的知识原型节点建立索引，以方便库中知识的查询。

3.3 模具计算机辅助报价

模具报价是企业经营活动的重要环节，传统的模具报价主要靠以往的经验。由于相关人员在合同谈判阶段对模具的具体结构和设计制造难度理解有限，经常会出现一些偏差和失误，影响企业的经济效益。模具的设计制造成本与塑件形状特征的类型和复杂程度直接相关。因此，利用知识库和数据库的支持，采用基于实例和规则的推理方法来实现模具计算机辅助报价，可使模具报价更加科学合理，同时引入人工干预机制，可充分发挥人机各自的优势，灵活快捷。报价系统结构如图 5 所示。图 5 中实例库记录有过去成功的模具报价案例，而规则库

则记录了有关模具特征的成本计算规则。由于模具是技术密集型产品，其价值中包含着较高的技术含量。系统中通过模具复杂度因子体现了不同模具的技术价值。

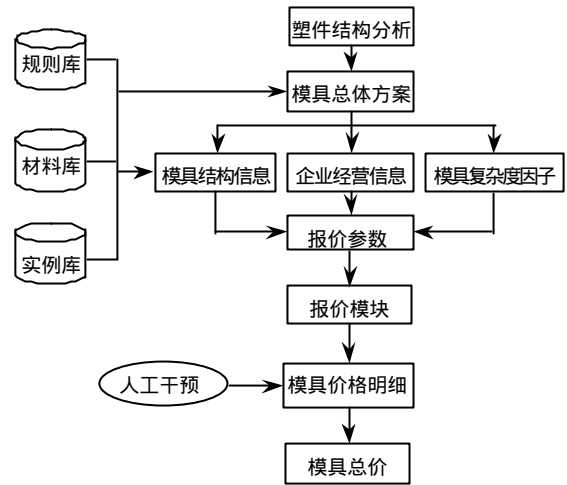


图 5 模具报价系统框图

3.4 并行设计系统的运行机制

注塑模具并行设计系统的运行机制如图 6 所示。系统运行时首先进入三维特征设计模块，通过塑件可模塑性评价，给出塑件结构设计对模具设计及塑件成形质量的影响与改进对策，反馈修改后进行塑件及模具的三维特征设计，同时考虑模具制造和塑件成形等后续过程对特征造型的要求，综合各环节的反馈信息，以知识库、数据库及特征库等支持，构建基于特征的三维模具结构模型，以此作为整个开发过程的统一信息来源，并行开展工作。由于模具零件的加工、装配及试模工艺等因素的影响，并不能完全保证模具开发一次成功。试模时仍可能产生各种制品缺陷。对此系统增加了塑件缺陷分析诊断模块，通过规则推理给出相应的修改对

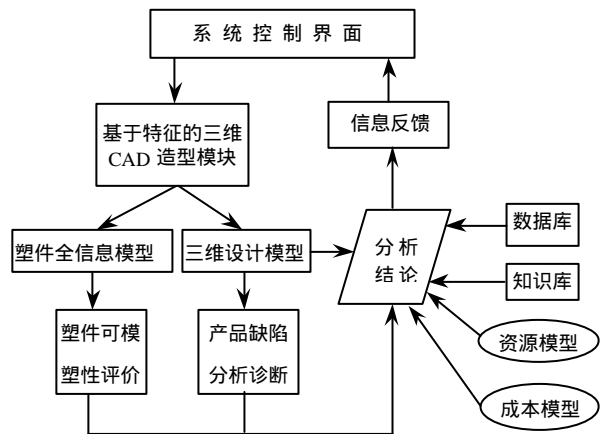


图 6 并行设计系统运行机制

策，据此修改模具便可快速消除制品缺陷，减少试模次数，缩短模具制造周期。整个系统通过统一的信息模型与各过程间的信息反馈机制，可实现全过程的并行、动态优化设计与制造。达到全面缩短模具开发周期，提高模具质量，降低模具成本的目的。

4 结论

基于 Internet 的注塑模具智能化并行设计系统是新一代模具设计与制造技术的发展要求。在全面分析了注塑模具设计与制造过程技术特点的基础上，基于并行工程理念，应用特征建模技术，建立的注塑模具三维参数化设计系统，具有以下特点。

(1) 通过塑件可模塑性评价，确保塑件特征建模及模具三维成形结构的合理性，避免塑件结构设计不当引起的模具设计缺陷。

(2) 模具方案设计中，充分利用了实例库和知识库；通过查询调用相似结构，可快速生成具有专家经验的设计方案，减少方案设计的失误，提高设计效率和质量。

(3) 基于并行设计思想，以特征为信息载体，建立了统一的产品信息集成模型，确保整个开发过程的信息来源准确一致，避免了冲突的发生，减少反复协调的时间。

(4) 建立了塑件缺陷分析诊断模块，可为模具试模后的制品缺陷产生的原因进行分析与推理判断，并迅速给出修模对策，大大减少试模次数，为全面缩短模具制造周期创造了有利的条件。

参 考 文 献

- 1 仰建武，刘雄伟，皇甫冉. 基于知识库的注塑模设计系统研究. 模具技术，2001(2)：25~28
- 2 敬晓明. 并行工程在注塑模 CAD 中的应用. 华北工学院学报，2000，21(2)：125~128
- 3 张翰，周雄辉，张永清. 基于并行工程的计算机辅助注塑模概念设计系统研究. 中国塑料，1999(3)：87~92
- 4 何汉武，胡京知，陈新. 模具制造中的并行工程研究. 机械科学与技术，1999，18(5)：801~804

- 5 师胜利，聂磊，梁艳. 智能 CAD 的知识库的设计. 河北师范大学学报(自然科学版)，2001，25(2)：171~174
- 6 Lee R S, Chen Y M, Lee C Z. Development of a concurrent mold design system: a knowledge-based approach. Computer Intergrated Manufacturing System, 1997, 10(4)：287~303

STUDY ON INJECTION MOLD IN-TELLIGENT CONCURRENT DESIGNING SYSTEM BASED ON INTERNET

Yu Tongmin Shan Xiuhai Liu Tiechang

Zhang Hao

(Dalian University of Technology)

Abstract : The knowledge structure hierarchy and related processes of injection mold design and manufacturing are systemically analyzed. Based on the Internet environment and the idea of CE(Concurrent engineering), taking AutoCAD as the platform, applying object-oriented technology, database technology, artificial intelligence and feature generating technology, injection mold intelligent concurrent design system is developed. Uniform integrated product information model is established. The moldability assessment of injection mould product, mould computer assistant bid, three-dimensional parametric design of mould based on feature, the analysis and diagnosis of product defects, knowledge expression and information feedback sharing of every module are studied. The key technology of system implementation is discussed. The effective technical support for realizing network design, intelligent design and Concurrent design of mould, cutting mould development cycle, improving mould quality is supplied.

Key words : Injection mould Internet Intelligent Concurrent design

作者简介：于同敏，男，1953 年出生，副教授。主要研究方向为精密型腔模具设计与制造，模具 CAD/CAM 及 PDM，模具材料表面改性和注射成形等相关技术。