

面向三维机加工工艺规划系统的 CATIA 模型 B-Rep 信息提取与应用^①

徐同明¹, 陈卓宁^{1,2}, 李建勋¹

¹(华中科技大学 机械科学与工程学院, 武汉 430074)

²(武汉开目信息技术有限责任公司, 武汉 430223)

摘要: 三维机加工工艺规划设计是制造业信息化的重要组成部分, 制造特征识别是其基础核心技术, 是三维机加工工艺规划设计的前提条件, 其基础数据主要来源于产品三维模型底层的 B-Rep(边界表示法)数据. 针对汽车行业常用的 CATIA 三维模型 B-Rep 信息提取的关键技术及难点, 介绍如何深入应用 CAA 二次开发技术, 提取零件的 B-Rep 信息并应用于三维机加工工艺规划系统的特征识别技术, 为三维机加工工艺规划过程提供了基础依据.

关键词: B-Rep; 制造特征; 特征识别; 信息提取

Extraction and Application of CATIA Model B-Rep Information Oriented to Three-Dimensional Machining Process Planning System

XU Tong-Ming¹, CHEN Zhuo-Ning^{1,2}, LI Jian-Xun¹

¹(School of Mechanical Science & Engineering, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074, China)

²(Kaimu Information Technology Ltd, Wuhan 430223, China)

Abstract: Three-Dimensional machining process planning is the important part of the manufacturing industry informationization, of which manufacturing feature recognition is the core technology which is the prerequisites of machining process planning. Its data mainly comes from the basal B-Rep(Boundary Representation) information of three-dimensional model. This paper focuses on the pivotal technic and difficulty of B-Rep information's extraction in CATIA which is commonly used in auto trade, describing how to apply CAA secondary development technology in depth, extract B-Rep information and use it to feature recognition technic of three-dimensional machining process planning system, providing a basis for machining process planning.

Keywords: B-Rep; manufacturing feature; feature recognition; information extraction

计算机辅助工艺规划设计, 一直是制造业信息化的重要技术之一. 随着以产品三维模型为基础的数字设计与制造技术的广泛应用, 基于产品三维模型进行工艺设计与优化、工艺过程可视化表达与优化已成为企业的迫切需求. 在三维机加工工艺规划过程中, 可以直接利用产品三维模型进行工艺设计与优化, 实现工艺过程的可视化表达, 帮助工艺设计人员直观的大大提高了机加工工艺规划设计的效率.

三维机加工工艺规划设计系统是三维 CAPP 研究热点, 学术界已对其进行了大量研究, 制造特征是三维

查看机加工工艺的可行性, 并进行相应的工艺优化, 机加工工艺规划设计的基础对象, 工艺规划设计活动建立在制造特征对象之上. 制造特征识别是将零件的设计特征转化为制造特征的过程, 目前, 在机加工领域制造特征识别技术常用方法是依据产品模型的底层 B-Rep(点、线、面、环)数据, 分析三维模型面与面之间的拓扑关系, 提取出具有加工语义的面的集合对象, 用于机加工工艺规划过程. 由于三维 CAD 内核的各异性, 不同 CAD 平台创建的零件模型 B-Rep 数据表达存在差异, 对产品三维模型进行 B-Rep 数据提取要利用

① 收稿时间:2013-10-21;收到修改稿时间:2013-11-19

各三维 CAD 平台的相关二次开发技术来实现。

CATIA 是达索公司开发的三维 CAD 软件,多用于大型复杂的产品设计,广泛应用于航空航天、汽车、船舶,电子等各种行业。但其二次开发技术 CAA(Component Application Architecture, 组件应用架构)入门困难,相关资料较少。CATIA 三维模型 B-Rep 数据提取技术没有相关资料借鉴。本文结合武汉开目信息技术有限责任公司自主研发的开目三维机加工工艺规划软件(KM3DCAPP-M)分析三维机加工工艺规划系统特征识别过程中所需的 CATIA 模型 B-Rep 信息,介绍通过 CATIA/CAA 二次开发技术,提取 CATIA 模型的 B-Rep 数据,并用于 KM3DCAPP-M 特征识别技术,进行机加工工艺规划设计。

1 制造特征识别技术概述

1.1 基本概念

◆ 制造特征: 在一道工序中,由刀具连续加工而形成的加工面。与设计特征不同的是,它不是封闭的几何体,而是面与面的组合对象,是具有工艺加工语义的面的集合。制造特征是实现 CAD/CAPP/ CAM 集成的纽带,在三维机加工工艺规划系统中,制造特征是工艺规划的基础核心研究对象。

◆ 制造特征识别: 在三维工艺规划过程中,将产品三维模型设计特征转换为制造特征的过程称为制造特征识别。制造特征识别技术是三维机加工工艺规划设计系统的核心技术。

◆ B-Rep 边界表示法: 用点、边、面、环以及它们之间相互的邻接关系定义三维实体,形体表面、边界线、交线等都显式给出。B-Rep 数据包括几何定义数据与拓扑数据。几何定义数据指几何对象在空间中的表达。拓扑关系数据指点、边、面、环之间的邻接关系。本文涉及的 B-Rep 数据提取主要指点、线、面、环的几何定义数据及相互之间的拓扑关系数据。

1.2 制造特征识别技术

特征识别是将设计特征转化为制造特征的过程,是三维机加工工艺规划设计的前提。制造特征识别利用模型的 B-Rep 信息,包括几何定义信息和拓扑关系信息。几何定义信息指几何对象的空间表达,如圆柱面的几何表达: 轴向向量,半径,长度,圆柱面的 UV 表达等。拓扑关系数据指点、线、面、环之间的邻接关系,如面与面之间的凹凸关系(通过计算两个面之间

的夹角得到),面与面之间的邻接关系(通过面的公共边得到)。

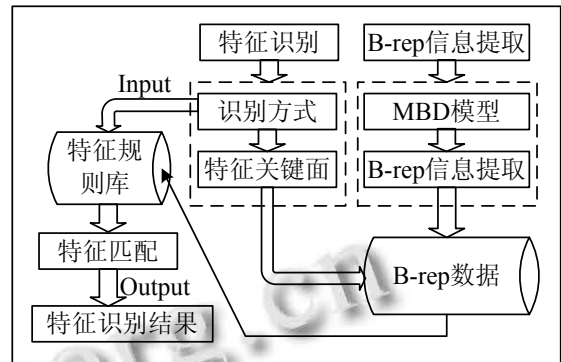


图1 制造特征识别过程

图1为制造特征的识别过程,该过程以交互模式进行,用户选择识别的特征类型如孔、凹槽、平面等,指定关键面,如凹槽特征底面,外圆特征的外圆柱面,孔特征的内圆柱面等,通过特征规则库的匹配,得到特征识别的结果。其中,特征的面信息来源于 B-Rep 数据中的几何定义数据,而特征规则库的制定依赖于面与面之间的拓扑关系表达以及面的几何表达。由此可见,模型 B-Rep 数据是特征识别的基础数据源。如何正确提取模型的 B-Rep 信息将决定特征识别的结果。

2 CATIA模型B-Rep数据提取思路

在 CATIA 模型中,有几何对象与拓扑对象之分,拓扑对象是从几何对象中抽取出来的,用以表达模型的拓扑关系。图2为 CATIA 模型的所有拓扑对象之间的拓扑层次关系,其中拓扑对象主要分类三类:体(CATBody)、域(CATDomain)、元(CATCell)。CATBody 是几何体对应的拓扑体对象;CATDomain 指包含拓扑对象的区域对象;CATCell 是几何对象直接关联的拓扑对象。由图2可知,CATIA 模型各拓扑对象之间存在继承关系,由此,可得出 CATIA 模型 B-Rep 数据提取的基本思路:从模型中获取拓扑体(CATBody)对象,拓扑体按照体、壳、面、环、边的顺序逐层获取拓扑对象,从每一层的拓扑对象及对应的几何对象中提取该层的 B-Rep 数据。

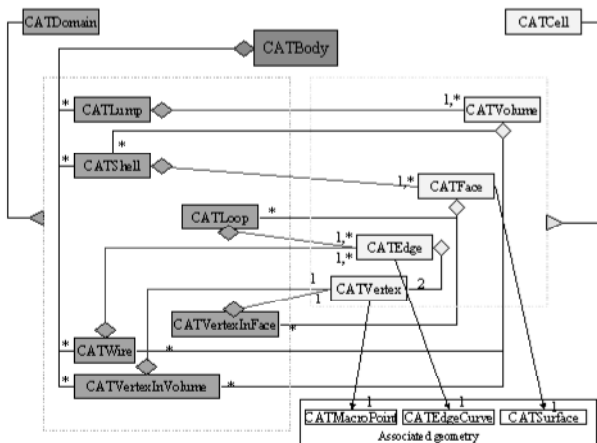


图 2 CATIA 模型拓扑对象层次关系

3 CATIA模型 B-Rep信息提取

3.1 CATIA 二次开发技术综述

CATIA 提供了多种二次开发接口, 最常用的有两种方法, 一种是自动化对象编程 CATIA /Automation 技术, 即宏脚本开发技术, 另一种是基于组件应用架构的 CATIA/CAA 技术. CATIA/Automation 技术容易理解, 入门容易, 但其大多针对操作层面的功能开发, 比较简单, 无法深入到模型的底层数据. CAA 是 CATIA 的一整套函数库, 采用纯 C++编写, 该函数库在 CATIA 运行时加载, 可以对 CATIA 的底层数据进行操作. 用户通过 RADE(Rapid Application Development Environment)集成开发环境, 可以编写程序与 CATIA 进行通信. 本文涉及的模型 B-Rep 数据表达属于 CAD 模型的底层构造数据, 因此选择利用 CATIA/CAA 技术进行数据提取.

3.2 CATIA 模型 B-Rep 数据提取流程

从 CATIA 模型 B-Rep 数据提取思路中可知 B-Rep 数据提取的基本过程如下: 首先从几何模型中找到拓扑体 CATBody 对象; 按照拓扑对象之间的包含关系 CATBody→CATVolum→CATShell→CATFace→CATLoop→CATEdge→CATVertex 提取 B-Rep 数据. B-Rep 数据分布在每一层的拓扑对象和几何对象中, 因此, 要提取完整的对应层 B-Rep 数据还需获得该层的几何对象, 如 CATFace 的几何对象为 CATSurface, 按照此过程, 逐步完善 B-Rep 数据的提取.

图 3 为 CATIA 模型 B-Rep 数据提取流程, 首先获取模型指针, 方法如下: 根据 CATIA 模型文件获取该文件的文档指针(CATDocument), 从文档指针获取

文档的容器(CATContainerOfDocument), 从该容器中利用方法 GetSpecContainer 获取零件模型所在容器 CATIContainer, 从 CATIContainer 容器中获取到 CATIPrtContainer, 在该容器中利用方法 GetPart()获取获取模型的指针. 其次获取 CATBody 拓扑体对象, 具体方法如下: 利用模型指针构造 CATIBodyRequest 对象, 利用 GetResults 方法得到零件模型的几何元素集, 利用 GetBodyResult 方法从几何元素集中得到拓扑象 CATBody.

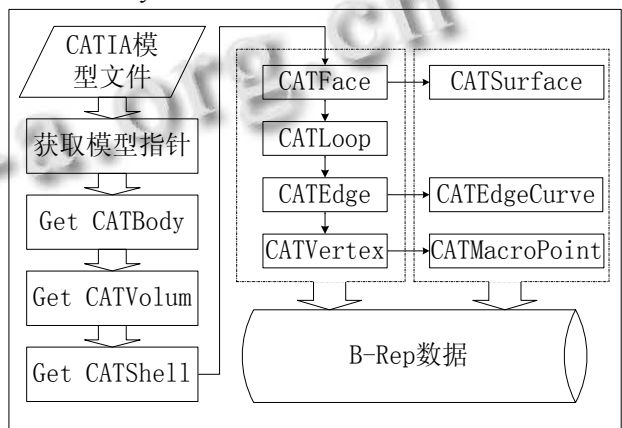


图 3 CATIA 模型 B-Rep 信息提取流程

3.3 CATIA 模型 B-Rep 数据提取流程

在图 3 所示的 B-Rep 信息提取流程中, 需逐层遍历拓扑体的子对象, 在每一层的拓扑对象和几何对象中提取 B-Rep 数据. 拓扑对象有三种基本类型: 元 (CATCell), 体(CATBody), 域(CATDomain). 由此, 遍历拓扑对象的过程实际上是对三种基本类型的反复查找, 具体过程如下: 在 CATBody 中查找维数为 3 的元类型对象 CATVolum, 从 CATVolum 中查找维数为 3 的域类型对象 CATShell, 从 CATShell 中查找维数为 2 的元类型对象 CATFace, 从 CATFace 中查找维数为 2 的域类型对象 CATLoop, 从 CATLoop 中查找维数为 1 的元对象 CATEdge, 从 CATEdge 查找元类型对象 CATVertex. 以上过程是对整个拓扑结构层次之间的访问过程, 每个对象及其父类中均有获取下级对象的方法, 在此不再赘述. CATLoop, CATFace, CATEdge, CATVertex 拓扑对象获取后, 可以从这些对象中获取部分 B-Rep 数据, 如面的法矢, 边的方向. 要获取点、线、面、环完整的 B-Rep 数据还应该获取拓扑对象对应的几何对象, CATSurface、CATEdgeCurve、CATMacroPoint. 从这些几何对象中获取完整的对应

层 B-Rep 数据

4 应用实例

图 4 为 CATIA 的箱体类零件模型，三维机加工工艺规划系统在对该零件进行工艺规划时，首先利用本文论述的 CATIA/CAA 二次开发方法提取该模型的 B-Rep 信息并存储于图 5 所示的 XML 中，在特征识别的过程中利用已提取的 B-Rep 信息进行特征识别。图 6 为三维机加工工艺规划系统对该箱体类零件进行工艺规划设计的某一步骤，左侧上方特征工艺树上显示的是特征识别的结果及其工艺推理结果，右侧为该箱体类零件对应的特征工艺规划的工序内容。

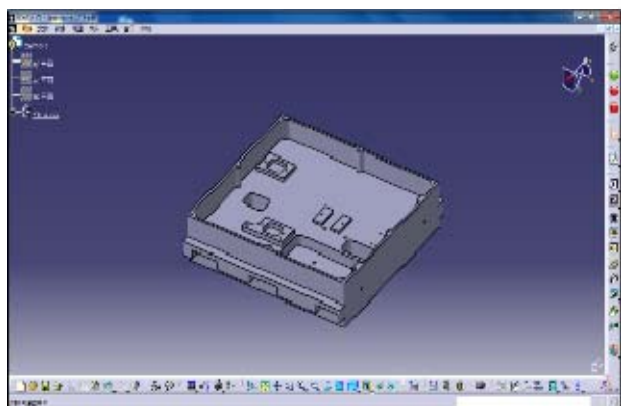


图 4 CATIA 箱体零件模型

```

- <Contours>
- <contour0>
  <ContourTraversal>1</ContourTraversal>
  <EdgeNumber>12</EdgeNumber>
  <LineNumber>12</LineNumber>
  <ArcNumber>0</ArcNumber>
- <Edges>
- <edge0>
  <EdgeID>8254</EdgeID>
  <EdgeType>line</EdgeType>
  <EdgeDirection>-1</EdgeDirection>
  <EdgeOrigin x=0° y=0° z=74° />
  <firstRorL>7.57325661349304</firstRorL>
  <secondRorL>0</secondRorL>
  <Angle>0</Angle>
  <StartPoint x=0° y=0° z=74° />
  <StartPointNormal x=0° y=-1° z=0° />
  <EndPoint x=0° y=-7.57325661349304° z=74° />
  <EndPointNormal x=0° y=-1° z=0° />
  <Relationship Relationship=1° RelationshipAngle=180°>
</edge0>

```

图 5 箱体零件 B-Rep 数据 XML 文件

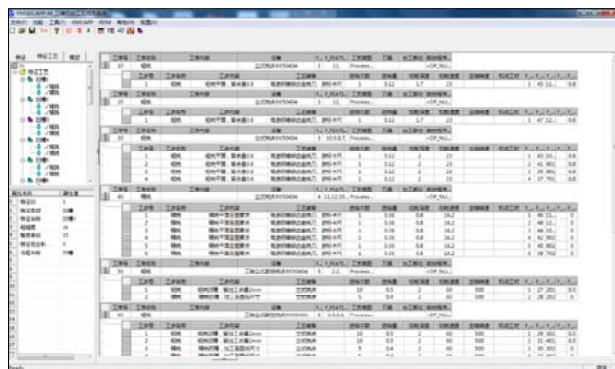


图 6 三维机加工工艺规划中的一个步骤与特征

5 结束语

本文论述了三维机加工工艺规划过程中制造特征识别技术，分析了 B-Rep 信息在制造特征中的应用方法。解决了 CATIA 模型的 B-Rep 信息提取的若干关键技术及难点。本文论述的 B-Rep 数据提取技术已在开目三维机加工工艺规划系统中得到了具体应用，实现了三维 CAD/ CAPP 的紧密集成。

参考文献

- 1 张金,邱金江.面向三维装配工艺系统的 CATIA 模型信息提取与应用.计算机系统应用,2012,21(12):125-128.
- 2 刘文剑,顾琳,常伟,杨乐民.基于属性邻接图的制造特征识别方法.计算机集成制造系统,2001,7(2):53-58.
- 3 周桂生,陆文龙.CATIA 二次开发技术研究与应用.2010,1:81-83.
- 4 周仙娥,鲁墨武,赵海星.基于 CAA 的 CATIA 二次开发技术的研究.科技信息,2008,36:73-75.
- 5 CAA V5 For CATIA Foundations.DASSAULT SYSTEMS March,2001.
- 6 曾芬芳,郭晶,严晓光. CAPP 系统中三维制造特征提取关键技术的研究.信息技术,2010,39(1):124-126.
- 7 梁岱春,张为民,隋立江.浅析基于 CAA 的 CATIA 二次开发.航空制造技术,2012,10:65-68.
- 8 Ismail N, Abu Bakar N, Juri AH. Feature Recognition patterns for form features using boundary representation models. Int J Adv Manuf Technol, 2002(20): 553-556.