

# 面向 3DCAAPP 系统的管路信息提取与应用<sup>①</sup>

张 金<sup>1,2</sup>, 杨 波<sup>1</sup>

<sup>1</sup>(华中科技大学 机械科学与工程学院, 武汉 430074)

<sup>2</sup>(武汉开目信息技术有限责任公司, 武汉 430223)

**摘 要:** 基于三维模型的计算机辅助装配工艺规划(3DCAAPP)系统正日益受到企业信息化的青睐, 针对应用于航空航天、船舶等领域的管路系统, 介绍利用三维 CAD 软件的二次开发技术提取其在 3DCAAPP 中特征建模所需要的装配信息并加以应用。

**关键词:** 三维计算机辅助装配工艺规划; 管路; 二次开发; 装配信息

## Extraction and Application of Piping Information Oriented to Three-Dimensional Computer-Aided Assembly Process Planning System

ZHANG Jin<sup>1,2</sup>, YANG Bo<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>(Kaimu Information Technology Ltd. WuHan, Wuhan 430223, China)

**Abstract:** Computer-Aided Assembly Process Planning Based on Three-Dimensional Model (3DCAAPP) System is increasingly being favored by enterprise information. This paper focuses on extracting assembly information oriented to the Piping system which is commonly used in aerospace and shipping and other industries by secondary development technology of each three-dimensional CAD software and using it to feature modeling in 3DCAAPP.

**Key words:** 3DCAAPP; piping; secondary development; assembly information

目前的计算机辅助装配工艺文件中图形大多是二维的, 很难形象、准确表达复杂的产品结构和曲面外形, 并且基于二维视图的装配工艺设计知识的表达、生成、组织与管理也比较困难, 不能有效地总结设计经验和设计方法, 而且对装配操作工人识图能力要求较高. 随着三维 CAD 软件的迅速发展及普及, 三维 CAD 技术正在成为企业产品创新设计和数字化设计制造的平台基础, 随着基于特征建模的三维 CAD 系统的广泛应用, 三维计算机辅助装配工艺规划(Three-Dimensional Computer-Aided Assembly Process Planning, 3DCAAPP)的需求日益增加. 三维装配工序简图形象、直观, 可实现“爆炸图”和动画, 用以指导装配现场操作<sup>[1]</sup>. 对于管路的设计建模, 现行主流的三维 CAD 软件都专门设有指定的管路设计模块, 如法

国达索公司的 CATIA 软件 Tubing Design 模块, 德国 Siemens PLM Software 公司的 UG 软件 Routing Mechanical 模板, 美国 PTC 旗下的 Pro/Engineer 软件 Piping 模块等等, 在各自 CAD 软件中管路的建模变得非常容易, 但在管路流体仿真分析或虚拟装配中实现三维 CAD 管路的特征建模却是个难点, 国内外相关参考文献也较少.

本文将结合武汉开目信息技术有限责任公司最新自主研发并已市场化的开目三维装配工艺规划软件(KM3DCAPP-A), 主要介绍利用 CATIA 和 UG 的二次开发技术实现 3DCAAPP 与三维 CAD 软件集成中三维模型引入时三维装配管路特征建模所需装配信息的提取, 通过引入的模型装配信息进行装配工艺规划并输出装配工艺文件来指导现场装配.

① 基金项目: 电子信息产业发展基金(工信部财[2012] 407 号); 武汉市“黄鹤白云”计划第二批示范项目(武新管[2013] 82 号)

收稿时间: 2013-08-30; 收到修改稿时间: 2013-09-27

## 1 KM3DCAPP-A系统体系结构

3DCAAPP系统的功能是将三维CAD软件创建的装配模型数据引入到工艺设计环境和装配操作现场中来,使工艺人员能够可视化的对产品零部件进行装配分析和工艺设计,使现场装配工人能够进行直观的浏览三维工艺文件或装配动画进行装配操作。

KM3DCAPP-A系统的体系结构如图1所示,分为三维模型引入、装配工艺规划和工艺规划输出三大部分。三维模型引入是将提取到的模型装配信息,如:设计BOM清单、模型尺寸信息等和其他相关信息导入装配工艺系统并生成仿真模型;装配工艺规划是工艺设计人员利用已提取的三维模型装配信息进行装配工艺规划设计,主要是进行装配顺序规划、装配路径规划、装配干涉检测和装配过程动画等;工艺规划输出是输出三维装配工艺文件,如装配过程卡片、装配工艺卡片、爆炸图和装配过程动画等,利用这些三维装配工艺文件指导现场装配。

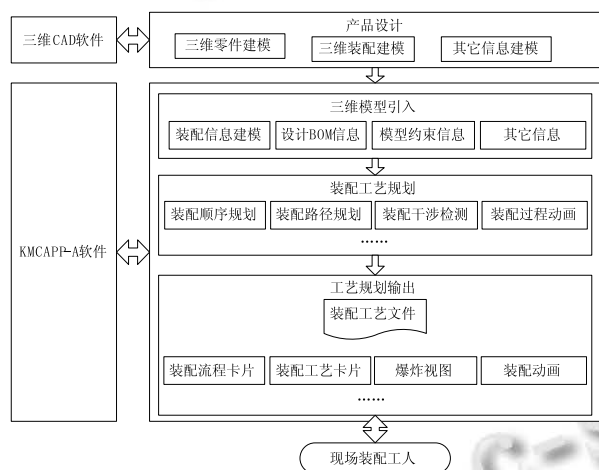


图1 KM3DCAPP-A系统体系结构

## 2 装配信息

### 2.1 参数化特征建模装配信息

装配信息建模是3DCAAPP系统的基础,它通过建立零部件和工装工具的三维实体数字化模型,提取装配特征信息和空间位置信息,从而建立产品的装配模型。

传统的基于实体造型的几何模型仅仅是对产品的几何形状进行描述,缺乏对产品零件信息的完整性描述,与生产制造所需信息是彼此分离的,从而导致了CAD/CAM系统集成困难。KM3DCAPP-A采用基于ACIS的特征建模方法,通过B-rep提供实体几何、拓

扑结构的完整描述进行特征几何实体造型。特征模型不仅可以表示零件的几何特征,还包含一些装配工艺信息,如表面粗糙度、几何形位公差、加工方法等,比纯几何建模提供较多的语义描述,能够捕捉更多的设计者意图,可作为表达制造信息如工艺、刀具、材料和装配等要求的基体<sup>[2]</sup>。

### 2.2 管路模型结构

对于不同三维CAD软件的管路建模方式存在一定差异,但管路模型总体都可以归纳为在一定规则的路径上铺设相应的管材型号而得,可以抽象如图2所示:

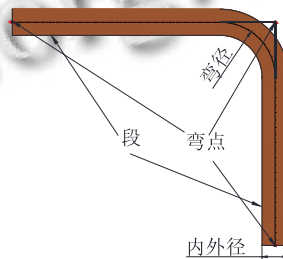


图2 管路模型主要信息

管路主要分为直管和弯管,对于管道路径信息如果是直管则只有一个直段,只需长度及两端点坐标即可,如果是弯管则会有多截弯段和直段,需要获取每个弯点坐标,以及每个折弯处的弯角、弯径,再根据弯点坐标计算每段的长度。管路的截面尺寸指管道的外径、壁厚或内外径。

## 3 管路信息提取

由于篇幅有限,本文只对CATIA和UG管路模型介绍相应的二次开发方法简介和管路几何信息的一般提取思路,对于Pro/E与SolidWorks等其它常用三维CAD软件的管路模型信息提取就不再一一详述。

### 3.1 CATIA 管路模型

#### 3.1.1 CATIA 二次开发简介

CATIA的二次开发方式主要分两类:一类是Automation方式,另一类则是CAA(Component Application Architecture,组件应用架构)C++方式。Automation技术是建立在COM技术的基础上,由OLE Automation(Object Linking and Embedding Automation,对象连接嵌入自动化)发展而来,相比较而言入门较容易,但开发的软件功能限制较大;而CAA C++则利用快速应用开发环境RADE(Rapid

Application Development Environment)和不同的 API 应用程序接口来完成, 可以进行从简单到复杂并且最有效率的应用程序开发. RADE 是一个可视化的集成开发环境, 集成在 Microsoft Visual C++ 中, 在 VC++ 环境中增加 CAA 的开发工具集<sup>[3]</sup>. 综上所述, 本文采用第二类 CAA C++ 的开发方式, 在 Microsoft Visual 2008 上利用 CATIA V5R21 的 CAA 开发包进行二次开发.

### 3.1.2 CATIA 管路装配信息

在研究 CATIA 管路装配信息中几何特征信息的提取与应用前, 需要先了解管路模型中两个重要的概念 Line ID 和 Run, 如下:

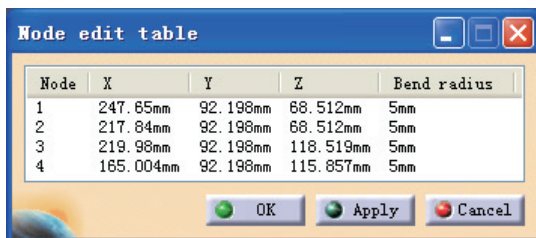
#### ① Line ID

Line ID 是放在管路路径上的管段、零部件和设备的一种机制. 当选择了一个 Line ID 型号后, 则同时拥有了一些特性如材料、公称尺寸、压力属性和耐热性等. 在开始铺设线路、放置零部件和连接设备前需要选取一个 Line ID, 随后铺设该 Line ID 的成员, 在没有其它定义的情况下, 也就具有了该 Line ID 的某些规格信息.

#### ② Run

在选择好了 Line ID 的情况下, 就可以利用 Run 功能按相应的路径布线, 创建的管路即是 Run 对象. Run 其实是一种三维的预置的空间, 并非指实际的导管, 而只是对管路的布局进行了定义, 比如位置、弯径和弯角等, 然后需在线路上放置导管与管路零件, 使整条线路成为一个连贯的管路.

Run 对象是通过空间路径与 Line ID 的规格按照一定的设计规则生成, 路径一般通过点到点选取得到. 在 Tubing Design 中铺设的 Run 一般只有圆截面, 且其外径尺寸由 Line ID 派生而来, 相邻两直线段中心线的相交点及整条 Run 线路端点称之为弯点 Node, Run 对象在拐弯处有一个属性值-弯径 Bend radius, 如图 3 所示.



Node	X	Y	Z	Bend radius
1	247.65mm	92.198mm	68.512mm	5mm
2	217.84mm	92.198mm	68.512mm	5mm
3	219.98mm	92.198mm	118.519mm	5mm
4	165.004mm	92.198mm	115.857mm	5mm

图 3 管道节点坐标与弯径信息

因此对于 CATIA 管路的装配信息提取主要有截

面尺寸、路径信息和表面粗糙度等.

由于管道继承了 Run 的相关信息, 如路径、截面尺寸等, 因此查询导管信息就必须从 Run 开始. Run 对象被弯点分为多个相连的段 Segment 对象, 这些段相连成为段串 SegmentsString 对象, 但 Run 与相应段串具有不同的接口指针. 如果只有两个端弯点则只有一个段, 每个段只在两端有弯点, 弯点包含坐标、弯径、弯角等信息. 每种特征都由特定的接口指针标识, 获取特征信息前提即需查出相应的接口指针. 弯点为管路需要查询的最低级特征, 下面以查询管路弯点指针 CATIArrNode 为例, 介绍其查询步骤<sup>[4]</sup>.

首先由装配体文件名获得文档指针 CATDocument, 再根据文档指针获得根节点装配体模型 CATIProduct 接口指针, 因为需要获取根节点下所有节点的装配信息, 所以首先需要遍历所有子节点, 获得子节点零件模型 CATIProduct 接口指针并查询此节点是否存在导管 Run 对象 CATISpecObject 接口指针, 判断如果存在则由 Run 对象查询其段串 CATIArrSegmentsString 接口指针, 获取到该接口指针即可查询其截面类型信息, 若为圆形截面 CatRouSectionRound, 便可查询其直径, 接着由段串接口指针查询各段的 CATIArrSegment 接口指针, 最后由段 CATIArrSegment 的 GetNodes 方法即可获得各段的起点与终点的 CATIArrNode 弯点接口指针. CATIArrNode 接口指针对象的查询主要流程如图 4 所示.

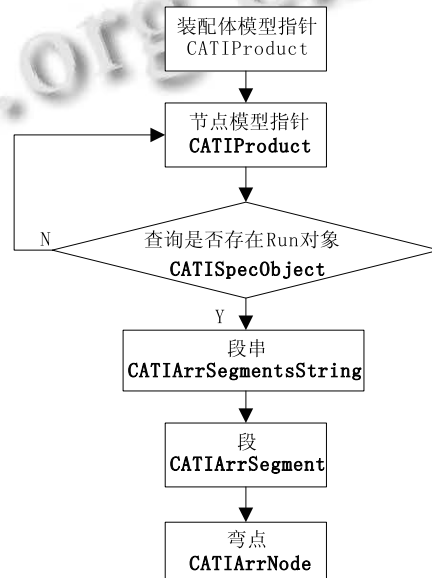


图 4 查询弯点 CATIArrNode 接口指针流程

在获得弯点指针接口后再利用 CATIArrNode 接口

中 GetPoint 方法可获取 Run 对象某弯点的坐标, GetBendRadius 方法可得到该弯点的弯径对象, CalculateAngle 方法可得到该弯点处的弯角, 利用 CATIRouRoundSection 接口中 GetDiameter 方法和 GetInsideDiameter 方法可分别获得 Run 对象的外径与内径. 对于管道内、外径的尺寸信息也可通过其它方法获取, 比如利用 KnowledgeInterfaces 框架中的接口 CATIAttributesDescription 可获取对象的属性页中的各种属性, 其中公称尺寸、弯径、壁厚、绝热层厚度即可由此获得, 各段长度则由弯点坐标计算得来. 粗糙度与其规格等级有关, 规格等级也可通过 CATIAttributesDescription 接口获得.

### 3.2 UG 管路模型

UG 采用 Open API 二次开发方式, 也叫 Open C, 其应用程序可分为两种模式, 即内部程序模式和外部程序模式. 外部程序编译连接后得到的可执行文件是独立于 UG 之外的可执行程序; 内部程序编译连接后得到的可执行文件只能在 UG 环境中运行, 由于系统需要在 UG 进程外通讯, 所以采用 UG/OPEN API 的外部二次开发模式.

UG 管路模型建模铺设管线路径 Path, 选择相应定位部件并在路径上定位, 编辑修改路径和定位部件位置, 在管线路径上铺设线材 Stock 完成. 根据这个建模特点, 首先通过文档名标识得到根节点标识, 遍历所有根节点获得管路标识, 再利用 API 函数 UF\_ROUTE\_bend\_report\_get\_segment\_info 查询导管路径信息, 获得管材 Stock、段 Segment、段类型、分段长度和弯径等信息. 利用 Stock 标识和函数 UF\_ROUTE\_ask\_stock\_stock\_data, 查询导管管材数据, 获取导管的外径、壁厚及粗糙度等信息. 再通过利用 segment 标识和函数 UF\_ROUTE\_ask\_segment\_end\_props 查询到各段弯点信息.

### 4 管路装配信息实例应用

通过开目三维装配工艺转换器工具加载三维管路装配模型, 以 CATIA 管路模型为例, 如图 5 所示, 利用二次开发提取模型装配信息, 转换生成包含模型装配、模型结构信息、模型约束信息、和材料等信息的产品装配模型文件, 将模型文件引入 KM3DCAPP-A 中, 如图 6 所示, 即可对产品模型进行仿真装配, 编制装配流程卡片、装配工艺文件等来指导装配人员进行

现场装配.

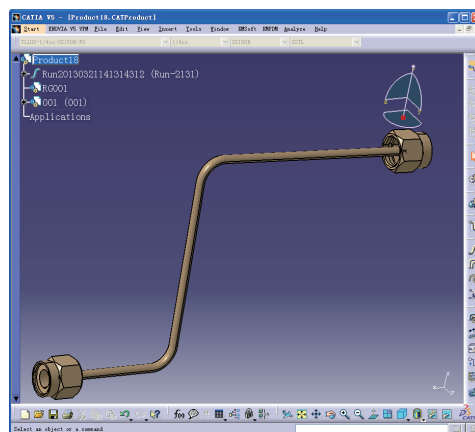


图 5 CATIA 管路模型

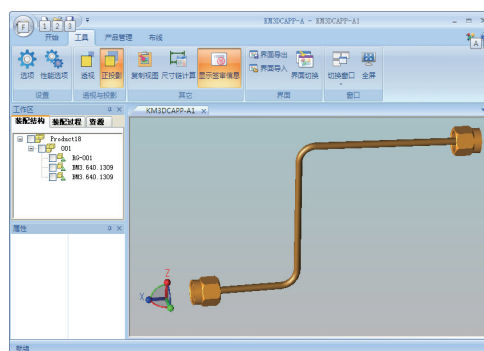


图 6 KM3DCAPP-A 管路模型

### 5 结语

本文通过对管道模型的二次开发, 重点解决了提取管道模型几何特征信息用于 KM3DCAPP-A 系统的参数化特征的仿真建模, 生动直观的展现产品的可装配性, 实现 KM3DCAPP-A 系统与三维 CAD 软件的紧密集成, 以达到缩短产品开发周期, 降低生产成本以及优化产品性能等目的.

#### 参考文献:

- 1 苏明.基于 Pro/E 的三维辅助装配工艺规划(3D-CAAPP)系统研究[学位论文].南京:南京航空航天大学,2007:15-16.
- 2 徐国学,陈卓宁,严晓光.基于 ACIS 的装配过程仿真的建模与干涉检验.机械工程师, 2005, (12): 88-90.
- 3 周先娥,鲁墨武,赵海星.基于 CAA 的 CATIA 二次开发的研究.科技信息,2008,(36):73-74.
- 4 卞刚.基于 CATIA/CAA 的管流仿真软件研究[学位论文].南京:南京航空航天大学,2009:23-25.