

文章编号:1000-582X(2011)02-095-06

利用 STEP/XML 的 CAD/CAPP 信息交换 与共享模型及实现

陈守强,蔡长韬

(西华大学 机械工程与自动化学院,四川 成都 610039)

摘要:针对异构系统之间难以解决的产品数据交换与共享问题,深入研究了制造信息资源共享、STEP AP203/AP214 文件到 AP224 文件的转换规则等关键技术。采用 STEP 标准作为 CAD 系统的信息输出,提出了通过 STEP 中性文件转换器把 CAD 系统输出 AP203/AP214 文件转换成 AP224 文件,CAPP 系统通过 AP224 中性文件来获取零件的几何和工艺信息的方法。利用 STEP AP28 所制定的转换规则,将 STEP 文件转换为相应的 XML 中性文件,建立 XML schema 库,以实现制造信息的数据交换和共享。

关键词:产品数据交换标准;XML;数据交换与共享;信息集成

中图分类号:TP391

文献标志码:A

The model of information exchange and sharing for CAD/CAPP using STEP and XML schema

CHEN Shou-qiang, CAI Chang-tao

(School of Mechanical Engineering & Automation, Xihua University, Chengdu 610039, Sichuan, P. R. China)

Abstract: To solve the problem of product data exchange and sharing among heterogeneous systems, the key technologies, including manufacturing information sharing, file conversion from STEP AP203/AP214 to AP224 with the conversion ware of STEP neutral files, are discussed. Using STEP standard as information output of CAD systems, the AP203/AP214 file output from CAD systems is transformed to AP224 file with STEP neutral file, while CAPP systems obtained geometry and manufacturing process information of the parts with AP224 neutral files. By translating the STEP files into corresponding XML neutral files according to the transformation criterions constituted by STEP AP28, XML schema library is setup. Upon this, product data exchange and sharing of manufacturing information can be achieved.

Key words: STEP; XML; data exchange and sharing; information integration

各异构企业在产品生命周期的不同阶段,为了发挥各自的特长,从设计、加工工艺、装配工艺到制造,每一个过程都有专门的软件,包括 CAD、CAPP、CAE、CAM 等,这些软件都有不同格式的输出数

据,在这些异构系统间的数据通讯和数据共享就成为急需解决的难题^[1]。长期以来,人们对 CAD/CAP/CAM 的集成技术已进行了大量研究,但产品制造的共享仍旧是一个“瓶颈”问题^[2]。当一个几何

收稿日期:2010-07-20

基金项目:国家自然科学基金资助项目(50844033)

作者简介:陈守强(1956-),男,西华大学副教授,研究方向为机械设计及理论、机电产品设计,(Tel)028-87720588;
(E-mail)csq56@163.com。

模型被传输到下游的工艺设计部门时,工艺设计人员不得不通过人机交互方式二次输入必要的制造信息。为了避免这种低效率的工作方式,加速产品的开发速度,有必要寻求一种能够表达产品信息的模型,该模型包含了产品的几何信息和制造信息,同时还需要同一种中性文件格式来描述和表达产品信息,实现不同 Cax 系统之间的信息集成和共享^[3-4]。产品数据交换标准 STEP^[5]是一个能够描述产品整个生命周期的产品数据,它不但包含了产品的几何信息,还包含了丰富的制造信息。因此 STEP 的出现,为 CAD/CAPP/CAM 系统的集成提供了一条有效的途径。

目前,已有很多方法解决异构环境下的资源集成问题。如:1)基于超文本标记语言(HyperText Markup Language, HTML)的数据表示方法:HTML对信息、知识搜索慢,对于应用系统、加工设备(如数控设备)需要再转换和二次处理才能使用,因而,使得多源数据集成受到浏览器的限制。2)基于 STEP (Standard for the Exchange of Product model data)的数据交换^[6-8];STEP采用统一的产品数据模型以及统一的数据管理软件来管理产品数据,各系统间可直接进行信息交换,它是新一代面向产品数据定义的数据交换和表达标准,在STEP数据模型中,不但包含了产品的几何模型,还包含了丰富的制造信息,因此STEP的出现,为异构环境下产品信息集成提供了一条有效的途径。3)扩展标记语言(eXtensible Markup Language, XML)^[9];XML具有灵活性、可扩展性和自描述性特点,通过自定义可扩展的标记说明所修饰文档的语义,从而使该文档能同时被计算机和人类理解,用它以文本形式表示的数据、文档和图形等信息,可以被任何传输文本数据的传输协议所携带。浙江大学董金祥等提出开发基于 AP203 的前后置处理器、

基于 AP224 的 CAD/CAPP 集成工具等产品,并重点对 AP203 和 AP224 定义的两数据模型的映射进行研究^[10-11]。东南大学易红等提出基于 STEP 的 CAPP/CAM 系统,该系统将几何、拓扑和工艺信息映射到数据库,工艺规划完成后,将工步、操作等信息存储到数据库中,以实现数据信息在 CAD/CAPP/CAM 中的双向流动^[12]。

因此,笔者在上述工作的基础上,针对异构环境下的产品制造信息共享,采用 STEP 标准作为 CAD 系统的信息输出,探讨如何通过 STEP 中性文件转换器把 CAD 系统输出 AP203、AP214 文件转换成 AP224 文件,CAPP 系统通过 AP224 中性文件来获取零件的几何和工艺信息,并进行相应的工艺设计,将 STEP 文件转换为相应的 XML 文件,根据 STEP AP28 中规定的模型转换的相关准则,建立 EXPRESS 到 XML Schema 的映射规则,实现产品制造信息的数据共享。

1 产品制造信息的资源共享模型

随着网络化制造模式的实施,不同企业之间存在着大量异构信息的交互和共享,XML 技术为实现网络环境下异构信息的交互提供了解决方案。要实现基于 XML 的异质系统之间的信息共享,必须能够实现对 XML 文档信息的识别与处理,实现 XML 文档与数据存储模式(数据库)之间的相互转换,也就是说,客户端的数据变化(如数据的插入、删除、修改等)可通过代理程序反映到底层数据库,而数据库的更新也能通知到客户端。从表面上看,这种机制同传统的三层框架结构没有什么区别,但实际上是不同的,因为在传输过程中的数据已经 XML 化了的。基于 XML 异构系统的信息共享关系所建立的流程如图 1 所示。

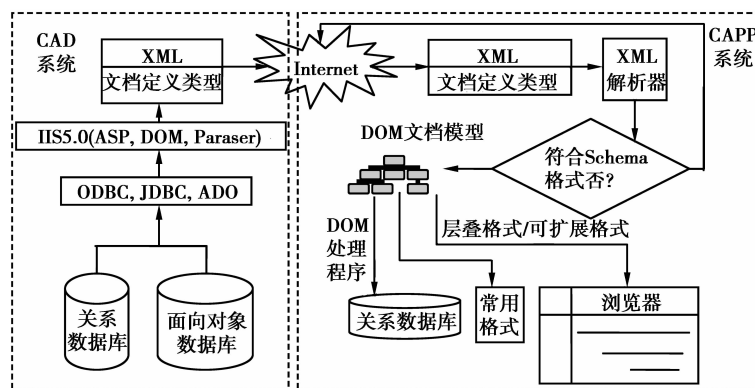


图 1 基于 XML 的异构系统信息共享

从流程图可以看出,实现异质系统的信息交互有 2 个互逆过程:1)识别处理 XML 文档信息并存入数据库中;2)实现数据库到 XML 文档的转变。

要从 XML 文件中获得信息和数据,需要利用 XML 处理器(或称解析器),文档对象模型 DOM(Document Object Model)是处理器访问 XML 文档的应用程序编程接口,它提供了访问文档表达对象的可编程的范例。DOM 是由 W3C 定义和支持的标准,利用 DOM 创建对象命令 CreateObject(“Microsoft XMLDOM”),可以建立文档对象,利用创建的文档对象可以浏览它们的结构,增加、修改或删除元素和内容。在一个 XML 文档中的任何数据都可以被访问、改变、删除或增加。

要实现数据库到 XML 的转换,首先需要将数据从数据库中提取出来,经过转换或直接以 XML 数据形式发布到网上(Intranet/Internet),然后相互交换数据,经应用层系统处理后再转存入数据库。用 XML 描述的产品设计制造信息资源,可以抽象成树型结构模型,便于工艺信息资源的管理、操作与处理。为此,针对 XML 数据文档,构造用 XML 描述的统一文档树,并通过 XML 映射接口,实现数据文档的浏览和非浏览方式的直接数据处理,简化数据直接处理过程,从而为支持进一步实现制造信息资源集成提供了有利条件。

2 STEP 模式的 CAD/CAPP 集成系统模型

STEP 标准的正式代号为 ISO10303^[13-14],是一个能够描述产品整个生命周期的产品数据,并可进行交换的、计算机可理解的国际标准,它采用 EXPRESS 语言描述信息模型,便于表示复杂实体,表达形式统一;另外 STEP 采用应用协议(Application Protocol, AP)来保证语义的一致性^[15],应用协议说明了如何用 STEP 标准的集成资源来解释产品数据模型以满足工业需求,即根据不同应用领域的实际需要,选定标准的逻辑子集或加上必须补充的信息作为标准强制地要求各应用系统在交换、传输与存储产品数据时符合应用协议的规定。

目前,有许多 CAD 软件在设计零件时能够将零件的公差和表面粗糙度等工艺信息表达于零件图形中,但从本质上来说,这些信息并没有嵌入到 CAD 系统的几何模型中,而仅是类似于技术说明的一种文本描述^[16-17]。因此,当一个 CAD 几何模型被传输到下游的工艺设计部门时,工艺设计人员不得不通

过人机交互方式二次输入必要的制造信息,为了避免这种低效率的工作方式,加快产品的开发速度,有必要寻求一种能够表达产品信息的模型。该模型不仅包含了产品的几何信息,也包含了制造信息,它还需要一种中性文件格式来描述和表达产品的信息,使不同的计算机辅助系统 CAX 能够通过这种中性文件来实现信息的集成和共享^[18]。

基于 STEP 模式的 CAD/CAPP 集成系统模型,如图 2 所示,虽然大部分 CAD 系统都能输出 STEP 中性文件,但只能支持 STEP 标准的应用协议 AP203 和 AP214 的子集,应用协议 AP203 作为三维产品形状表示和配置控制设计,是 STEP 中提出最早、发展最完善,它奠定了三维产品的形状结构基础,是对产品进行管理的基础性、通用性协议,它主要包含的是零件的几何和拓扑信息,而这些低层次的信息远远不能满足 CAPP 系统的需求。应用协议 AP214 是基于特征的、面向汽车全过程应用协议,包括机械设计和制造、工艺规划、产品管理等信息,可支持产品全生命周期的信息需求,主要由应用范围和用户需求等部分主成。在具体应用过程中,参加数据交换的 CAD/CAPP 等系统或其它应用系统并不一定需要使用完整的 AP214,因此在 AP214 的开发过程中,常将 AP214 的信息需求划分为面向具体应用的功能单元(UoF, Unit of Functionality),使得 AP214 更加“柔性”。但目前的 CAD 还没有对 AP214 特征的完全支持。AP224 则是一个面向工艺设计的、用来描述单个机械加工零件各种制造信息的标准协议。AP224 文件将特征信息加入到 STEP 文件中,它包含了零件的几何信息、拓扑信息、公差、表面粗糙度、材料特征及管理特征等高层次的信息。该系统通过一个 STEP 中性文件转换器,将 CAD 系统输出的 AP203、AP214 文件转换成 AP224 文件,CAPP 系统通过 AP224 中性文件来获取零件的几何和工艺信息,并进行相应的工艺

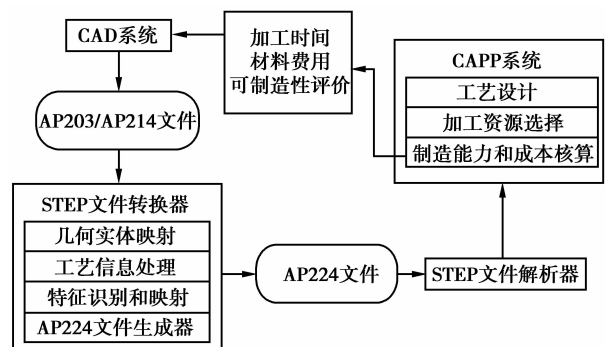


图 2 基于 STEP 模式的 CAD/CAPP 集成系统模型

设计。当工艺设计完成后,将零件的加工费用、加工工时以及零件的可加工性等信息反馈给 CAD 系统,设计人员根据反馈信息进行零件的最优化设计,同时将几何信息、工艺路线和工序内容传送给 CAM 等系统来实现信息的交换和共享。

2.1 AP203、AP214 文件到 AP224 文件的转换

在产品的设计过程中,当零件初次设计完成后,工艺人员首先对零件进行工艺性检查,如果不合格,则返回 CAD 系统重新设计;否则,通过 STEP AP224 中性文件,将零件的设计信息从 CAD 系统传给 CAPP 系统进行初步的工艺设计。工艺信息不但信息量庞大、牵涉面广、而且信息的类型和关系都很复杂,为了实现 CAPP 系统与多个制造子系统间的信息集成和共享,在集成化制造系统中,不同的设计人员或系统有可能关心的仅是工艺信息中的某一部分信息,因此,当用 STEP 表达工艺信息并以文件格式在网络上传输时,只传送相关的子信息模型即可,没有必要传递整体的工艺信息,这样不但节约了信息传输的时间,而且提高了信息检索的效率。

CAPP 系统通过 AP224 文件来获取零件的设计信息,因此,需要利用文件转换器将 CAD 系统输出的 STEP AP203、AP214 文件转换成 AP224 文件,它主要包括几何实体映射、工艺信息处理、特征识别和映射模块以及 AP224 文件生成器。AP224 文件不但包含了零件的几何和拓扑信息,还包含了零件的特征信息,但其包含的几何拓扑信息与 AP203、AP214 完全一致,因此该模块的功能就是将 AP203、AP214 中的几何实体信息一一映射成 AP224 中的几何实体信息。AP203、AP214 不包含 CAPP 系统所必需的工艺信息,因此可以通过该工艺信息处理模块将零件的工艺信息添加到 STEP 文件中。工艺信息可分为 2 种,一种为自参考信息,如表面粗糙度、直线度和平面度等;另一种为互参考信息,如位置公差、平行度及垂直度等。这类工艺信息涉及到两个实体间的关系;对于自参考信息,可以将其添加为实体的一个属性,对于互参考信息,采用链表结构存储该信息,在生成 STEP AP224 文件时,所需数据直接从该结构中提取。尽管大部分 CAD 系统都采用特征造型法来构造零件的 3D 模型,但在其输出的 STEP 文件中,零件的描述仍然采用了体——面——边的逻辑层次,而不是用组成零件的特征集来表达零件。因此,必须从 AP203、AP214 文件中提取和识别出零件的特征,并将其存入 AP224 文件中,这样 CAPP 和其它应用系统通过读

取 AP224 文件来获取所需要的特征和工艺信息。对于特征识别和提取,首先对边和特征进行分类,并对各种特征进行研究,然后根据每个特征所具有的属性,遍历 AP203、AP214 文件,提取各种特征,并将未定义的特征映射为 AP224 文件所定义的特征。利用 STEP 提供的标准数据存取接口(Standard Data Access Interface, SDAI)将输入的几何实体信息、工艺信息和特征信息映射成实体实例生成 AP224 文件。

2.2 STEP 产品数据模型转换为 XML 表示

由于 EXPRESS 语言的特定性质以及它侧重于固定的数据交换,而不是共享,因此 EXPRESS 很难在产品数据组织之外被理解,特别是在 Web 浏览器上不能处理由 EXPRESS 定义的数据。1999 年 11 月,ISO 推出了一个称为“EXPRESS 驱动数据的 XML 表示模型”标准 STEP AP28^[19],该标准采用 XML 语法对 EXPRESS 驱动数据进行分析,规定了模型转换的相关标准。STEP 标准的 XML 表达实现了网络环境下的产品数据描述,关键是将 STEP 的 EXPRESS 表示模型转换为 XML 的 DTD 或 Schema 表示模型,本系统将 EXPRESS 转换为 Schema 作为 STEP 到 XML 的转换基础。要实现 STEP 向 XML 的转换,首先必须将相关的 EXPRESS 转换为 XML Schema 结构,如图 3 所示。具体操作如下:向转换系统输入 STEP 文件,系统根据对应的 EXPRESS 表达,从 XML Schema 库中调用合适的 Schema,将 STEP 文件转换为 XML。以一个简单的 EXPRESS 实体为例,说明 STEP part28 的 EXPRESS 模式向 XML schema 的映射规则,如图 4 所示。

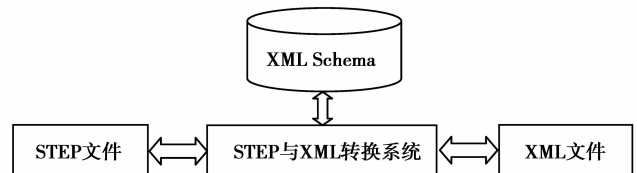


图 3 STEP 向 XML 的转换过程

根据上述思想为某阀门有限公司开发的 CAD 和 CAPP 系统,已投入使用。利用 STEP/XML 实现 CAD/CAPP 的信息交换与共享。图 5 为自动生成截止阀的工程图和 BOM 表,图 6 为基于 XML 的 CAPP 系统的主界面。

EXPRESS model	XML part28 mapping
ENTITY part;	</schema_id>
name: STRING(80);	<entity_deal>
id: STRING(80);	<entity_id>
nominal_shape: geometric_shape_model;	part
part_features: OPTIONAL LIST[0,#] OF from_feature;	<entity_id>
part_tolerances: OPTIONAL LIST[0,#] OF tolerance;	<explicit_attr_block>
END_ENTITY;	<explicit_attr>
END_SCHEMA;	<attribute_id>
	name
	</attribute_id>
	<base_type>
	<string/>
	<entity_deal>
	</explicit_attr>
	</explicit_attr_block>
	</attribute_id>
	<nominal_shape/>
	</explicit_attr>
	</explicit_attr_block>
	</attribute_id_ geometric_shape_model >
	<entity_ part_features = "OPTIONAL LIST[0,#] OF from_feature" id>
	<entity_ part_tolerances = "OPTIONAL LIST[0,#] OF from_tolerance" id>
	<base_type>
	<part_features/>
	</entity_deal>
	</schema_deal

图 4 EXPRESS 到 XML 的映射实例

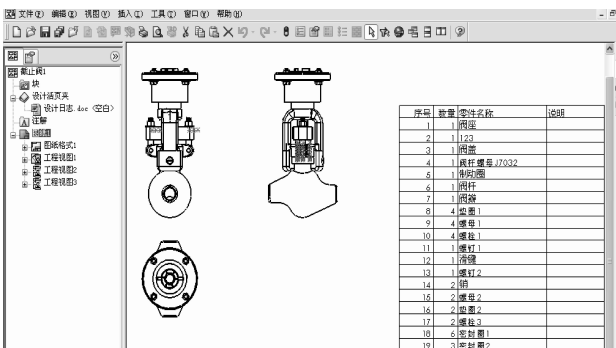


图 5 截止阀工程图及 BOM 表



图 6 基于 XML 的 CAPP 系统主界面

3 结论

实现 CAD/CAPP 系统的信息交换与共享一直是制造领域的研究课题,在笔者的研究中,通过对 STEP 模式的 AP203、AP214 向 AP224 映射规则的深入分析,提出了实现 CAD/CAPP 的信息交换和共享提供的思路。根据 STEP 对产品数据有完备的描述方法,研究了 STEP AP28 标准中 STEP 与 XML 之间的相互转换规则,把所有 EXPRESS 中的实体对应形成 XML Schema 结构,通过转换机构实现逆向转换,将 XML 文件再转换为 STEP 文件,以达到解决制造业信息化过程产品数据的标准化问题。

参考文献:

[1] WU H B, DUAN G L, ZHOU Z M. EXPRESS language in enterprise modeling application [J]. Computer Integration Manufacture System 2004 (12):1497-1502.

[2] PEPIOT G, CHEIKHROUHOU N, FURBRINGER J, et al. UECML: unified enterprise competence modelling language[J]. Computers in Industry, 2007, 58(2):130-142.

[3] CHANGTAO C, ZHIMING F. Research on sharing technology of manufacturing information based on

- STEP and XML schema[C/OL]// 2010 International Conference on Mechanic Automation and Control Engineering, Wuhan, June 26-28, 2010[2010-10-03]. http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=5536834&tag=1.
- [4] MAKRIS S, XANTHAKIS V, MOURTZIS D, et al. On the information modeling for the electronic operation of supply chains: a maritime case study [J]. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2006, 24(1):140-149.
- [5] ISO. ISO10303 Industrial automation systems and integration—product data representation and exchange[S]. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, 1994.
- [6] PRATT M J. Introduction to ISO 10303—the STEP standard for product data exchange [J]. Journal of Computing and Information Science in Engineering, 2001, 1(1):102-103.
- [7] ISO. ISO 10303-11 Industrial automation systems and integration—product data representation and exchange—part 11: description methods; the EXPRESS language reference manual [S]. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, 1994.
- [8] ISO. ISO 10303-203 Industrial automation systems and integration—product data representation and exchange—part 203: application protocol: configuration controlled 3D designs of mechanical parts and assemblies[S]. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, 1994.
- [9] URL XML W3C [EB/OL]. [2010-03-23]. <http://WWW.W3.org/XML/>. 2005>.
- [10] 刘乃若, 李善平, 董金祥, 等. 基于 STEP 的 CAD/CAPP 集成工具的研究[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2000, 12(4):286-290.
LIU NAI-RUO, LI SHAN-PING, DONG JIN-XIANG, et al. Research of a step-based tool for the integration of CAD/CAPP[J]. Journal of Computer-aided Design and Computer Graphics, 2000, 12(4):286-290.
- [11] 杜娟, 田锡天, 朱名铨, 等. 基于 STEP 和 STEP-NC 的 CAD/CAPP/CAM/CNC 系统集成技术研究[J]. 计算机集成制造系统, 2005, 11(4):487-491.
DU JUAN, TIAN XI-TIAN, ZHU MING-QUAN. Integration technology of CAD/CAPP/CAM/CNC system based on STEP&STEP-NC [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2005, 11(4):487-491.
- [12] 刘晓军, 易红, 仇晓黎, 等. 基于 STEP—NC 的可互操作 CAPP/CAM 系统[J]. 计算机集成制造系统, 2009, 15(3):502-507.
LIU XIAO-JUN, YI HONG, QIU XIAO-LI, et al. The interoperable CAPP/CAM system based on STEP-NC[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2009, 15(3):502-507.
- [13] ISO. ISO 10303-55 Industrial automation systems and integration—product data representation and exchange—part 55: integrated generic resource: procedural and hybrid representation [S]. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, 2005.
- [14] ISO. ISO 10303-108 Industrial automation systems and integration—product data representation and exchange—part 108: integrated application resource: parameterization and constraints for explicit geometric product models[S]. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, 2005.
- [15] OWEN J. STEP: an introduction [M]. 2nd ed. Winchester, UK: Information Geometers, 1997.
- [16] PRATT M J, ANDERSON W D. A shape modeling applications programming interface for the STEP standard[J]. Computer Aided Design, 2001, 33(7):531-543.
- [17] KANG M, HAN J, MOON G. An approach for interlinking design and process planning[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2003, 139(1/3):589-595.
- [18] CHOI G H, MUN D H, HAN S H. Exchange of CAD part models based on the macro-parametric approach [J]. International Journal of CAD/ CAM, 2002, 2(1):23-31.
- [19] ISO. ISO/PDTS 10303-28 Product data representation and exchange: Implementation methods: XML representation of EXPRESS schemas and data [S]. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, 2000.

(编辑 张小强)