

基于 XML 的 STEP-NC 控制器的设计

丛文静¹, 李霞², 王芳³

(1. 海军航空工程学院 飞行器工程系, 山东 烟台 264001; 2. 哈尔滨工程大学 机电工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150041; 3. 海军 91049 部队 73 分队, 山东 青岛 266102)

摘要:为了解决 XML 格式 STEP-NC 程序的译码问题, 首先对遵守 integrated_cnc_schema 定义的语法规则的 XML 文档进行了详细研究, 针对其内部的映射关系, 采用面向对象的编程语言 Visual C++, 通过 XML 与 VC++ 之间的 DOM 接口, 生成了 DOM 文档树以完成译码, 然后编程对文档树中的特征信息和工艺信息等进行提取, 最后控制器再根据提取出的信息进行了刀具轨迹规划, 并通过型腔特征的加工做了相关仿真验证, 仿真结果证实了该设计的正确性与可行性。

关键词:STEP-NC 标准; 可扩展标记语言; NC 控制器

中图分类号: TH164; TP391.7

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2011)05-0582-04

Design of STEP-NC controller in XML format

CONG Wen-jing¹, LI Xia², WANG Fang³

(1. Department of Airborne Vehicle Engineering, Naval Aeronautical and Astronautical University, Yantai 264001, China;
2. College of Mechanical and Electrical Engineering, Harbin Engineering University, Ha'erbin 150041, China;
3. 73 Group, Troop of 91049 Naval, Qingdao 266102, China)

Abstract: Aiming at the decoding of STEP-NC program in XML format, detailed study was conducted as to the XML documents which comply with the grammar rules of integrated_cnc_schema. For its internal mapping, DOM document tree was generated by DOM interfaces between the XML and VC++. After the completion of decoding, machining feature information and technology information of the document tree were extracted. Next, the tool path was planned by the controller according to the information extracted. Finally, through the processing of cavity characteristics, the simulation results prove the feasibility of the design successfully.

Key words: STEP-NC standard; extensible markup language (XML); NC controller

0 引 言

数控编程规范和接口方式一直采用的是 ISO6983, 但随着计算机辅助设计 (CAD)、计算机辅助制造 (CAM) 和计算机数控 (CNC) 系统性能的提高, ISO6983 协议已经成为制约数控技术智能化、集成化和网络化发展的瓶颈, 远不能满足数控技术高速发展的需要。为此, 模型数据交换标准—数控 (Standard for the Exchange of Product model data - Numerical Control, STEP-NC) 标准应运而生。STEP-NC 是 STEP 向数控领域的扩展, 能够描述产品整个周期内的统一数据模

型, 从而实现整个制造过程乃至各个工业领域产品信息的标准化^[1]。

近几年, 各国都在致力于 STEP-NC 标准的完善与扩展、相关数据库的建立与规范, 以及 STEP-NC 控制器的研制与定型等研究工作^[2]。我国对 STEP-NC 技术的研究还处于起步阶段, 多数研究都是在美国 Step Tools 公司软件基础上进行的二次开发, 涉及 STEP-NC 控制器内部机制的还不多^[3]。

如今, 随着网络技术的飞速发展, 产品信息共享的需求也日益突出。一是企业内部实施并行工程时, 要求在产品的设计阶段, 需同时考虑后续的工艺设计、制

造装备和工人技术水平等对设计的约束。这就要求贯穿整个产品生命周期的信息能够共享。二是实施企业联盟制造时,动态联盟企业以产品为核心组织起来进行异地协同设计,构建动态供应链、动态生产链^[4]。这时,以网络上一种通用数据格式可扩展标记语言(eXtensible markup language, XML)定义的 STEP-NC 程序也开始逐渐增多起来。于是,目前不少研究机构的目光都集中在对 STEP-XML 的转换上^[5],也就是说,数控系统的控制器只能识别 STEP-NC 接口标准,所以数控程序在网络传输中必须经过特定的转换才能被控制器识别。

针对这种情况,本研究为了避免来回转换中出现的数据丢失现象,开发了一种直接识别 XML 格式的数控程序、从中提取相应信息并进行轨迹规划的控制器。

1 STEP-NC 程序控制器

采用 STEP 的数据格式后,产品模型数据交换标准—计算机数控(STEP-CNC)的结构和功能都将发生很大的改变。结构上,STEP-CNC 的 I/O 接口与伺服系统将保持不变,后置处理器消失;系统上,STEP-CNC 将会把 CAM 的一部分甚至全部的功能内嵌在内,且随着 CNC 读取信息量的增加,其智能化程度也将不断提高^[6-9]。

将 STEP 应用于数控系统主要体现在 CNC 控制器上,目前研发的 CNC 控制器一般自带一个 STEP-CNC 译码器,能够直接读取 STEP-NC 数控程序,但所译的程序大多是采用 ISO 10303 Part 21 物理文件格式。如今随着网络技术的飞速发展,网络文件的广泛传播,STEP-NC 文件的 XML 格式也越来越常见,因此,笔者研发的 CNC 控制器的主要任务就是能够直接读取 XML 格式 STEP-NC 程序,从所给程序中读取加工零件所有的制造特征,工作计划与可执行语句及技术描述、几何描述等,进而过滤出几何参数、坐标、刀具等数据信息存储到指定的数据结构中,再进行刀具轨迹规划。

整个控制器的设计可以分为三大部分:类库的建立、译码模块(包括 XML 解析接口的选择及信息提取和特征识别)、刀具轨迹规划。具体的框架图如图 1 所示。

2 XML 格式 STEP-NC 程序的分析

本研究仅以遵守 integrated_cnc_schema 定义的语法规则的 XML 文档为例进行研究。遵守 integrated_

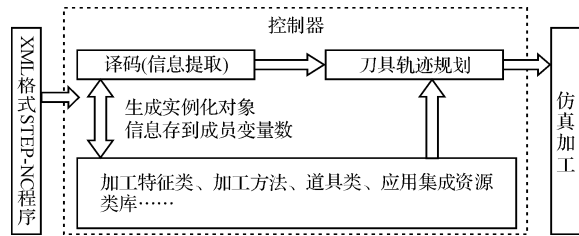


图 1 控制器的整体设计

cnc_schema 语法规则的 XML 文档,其程序分为文件头和数据段两部分。文件头以 < exp:header > </ exp:header > 为标记,主要说明文件名、日期、作者等注释性信息。文件头以后的部分都为数据段部分,在数据段部分,程序中通过属性的不断关联和引用,包含了加工零件所需的所有信息。这些信息是译码的关键。值得注意的是程序中的注释段,注释段以“<!--”符号开始、以“-->”符号结束,如图 2 所示。本研究在注释段中给出了应用实体的说明,也就标志着进入了该实体模块。

```
<!-- *****
*****
* Application object: PROJECT (id10)
* ITS_WORKPIECES [ * ]: id10, id11, id19
* ITS_ID: id10, id12, id13, [ New Project ]
* MAIN_WORKPLAN: id10, id14, id15, id539
-->
```

图 2 注释段格式示例

实体模块的描述完全遵循 STEP 标准(ISO 10303)的 AP-238 应用协议给出的映射表规则。数据段中的语句格式如图 3 所示。

```
<Product_definition id = "id10" Id = "" Description = "" Formation = "id12" Frame_of_reference = "id16"/>
<Machining_project_workpiece_relationship id = "id11" Id = "" Name = "" Description = "" Relating_product_definition = "id10" Related_product_definition = "id19"/>
.....
```

图 3 数据段格式示例

语句中的第 1 个单词组为参考元素的名称;紧接着的一个单词组为它的 id 标识,每一个参考元素只对应着唯一的一个标识;再接着的是参考元素的属性,属性有的是直接给出文字描述,或者空缺,有的是通过 id 的指示,与其他参考元素相关联起来,这样,就可以进一步找到相应属性的描述。

3 控制器译码功能的实现

数控系统读取 STEP-NC 程序时,要将其翻译成内

部数据格式,控制器翻译模板的基本任务就是将读取的 XML 格式的数控程序进行信息提取与特征识别。由于整个翻译模板是在 VC++ 环境下开发的,首先要处理 XML 与 VC++ 之间的接口问题。XML 与 VC++ 的接口可以分为 DOM 和 SAX 两大类。使用 DOM 接口要求先保存文档,再建立文档的节点树,故对内存资源要求比较高,但它可以方便地支持文档的随即查询与修改;使用 SAX 接口是基于文档生成事件,不需要将文档保存在内存中,对内存资源的要求相对较低。本研究所开发的译码功能是针对 DOM 接口的操作。所以设计过程中的重点是应用 DOM 提供的几个接口对文档进行响应和处理,流程图如图 4 所示。整个文档经过解析以及节点处理之后,便生成了一个结构清晰的 DOM 文档树,如图 5 所示。本研究对文档树的所有节点的相关操作都可以通过 DOM 接口实现,这就使得整个文档的信息提取相对简单,只要对相应节点以及相应属性进行操作即可。

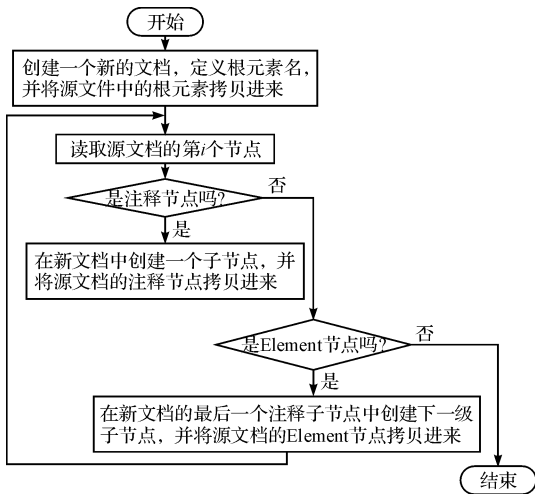


图 4 XML 节点变换流程图

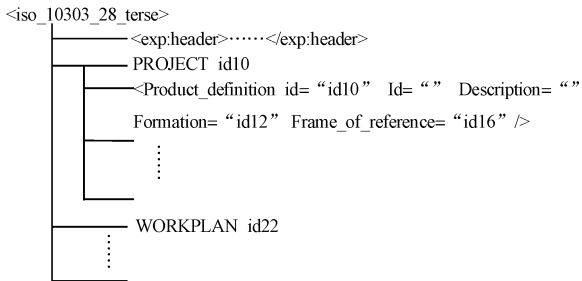


图 5 节点处理后生成的 DOM 文档树

译码完成后,本研究接着对程序进行信息提取,提取出所需要的特征信息和加工信息。具体执行时,首先找“PROJECT”节点,提取“PROJECT”节点的“workplan”属性,再查找“WORKPLAN”二级节点,提取“WORK

PLAN”节点中的“elements”属性,然后再提取每个“ELEMENTS”二级节点中的“its_feature”属性,取得每个工步所基于的加工特征,最后针对不同的特征获取其各个属性取值,在这个过程中,只要遇到属性取值为“idx”(x 代表某个数值),则继续查找具有相应 id 属性的节点,提取其中的属性值,直到所获得的属性值为“Text”字符为止,如果该字符为数值时,将该字符串转换成浮点型存储,为后面的刀具轨迹规划做准备。在具体设计过程中,平面特征最为简单、孔和型腔特征由于类型的不同又分为多种判断。下面仅以型腔特征为例给出流程图(如图 6 所示)。

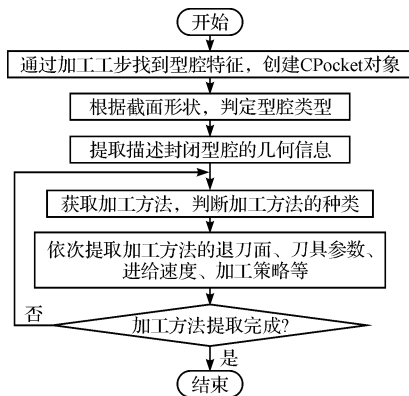


图 6 型腔特征识别流程图

4 控制器轨迹规划功能的实现

信息提取完成后,进行轨迹规划。以型腔加工的刀具轨迹规划为例,可将型腔刀具轨迹规划问题理解为首先求轮廓平面内刀位点的节点坐标,按一定顺序连接这些节点,同时 Z 轴坐标做周期性进给即可。型腔刀具轨迹计算示意图如图 7 所示,节点由型腔轮廓的 4 个顶点和各偏置环的顶点组成。由于型腔轮廓是一个长方形,具有对称关系,在 4 个顶点中只要求出对顶点 A 和 C 的坐标即可。由于各偏置环是型腔轮廓线的等距线,考虑到加工效率和欠切问题,可将偏置距离取为 1.5R,R 为刀具半径,这样就可以先求出型腔轮廓节点坐标,然后各坐标依次增加或缩减 1.5R 即可;终止的判断条件为:宽度方向上 A、B 两点的 y 坐标差值是否大于 1.5R,如大于 1.5R,则继续环切,否则停止环切,在长度方向上做直线进给。切削流程图如图 8 所示。

系统读入上面的 XML 格式的 STEP-NC 文件后,文件的显示方式如图 9 所示,完成译码和轨迹规划后,其仿真验证结果如图 10 所示。

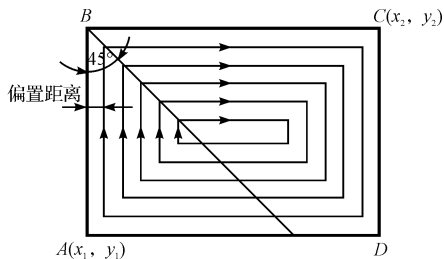


图7 型腔刀具轨迹计算示意图

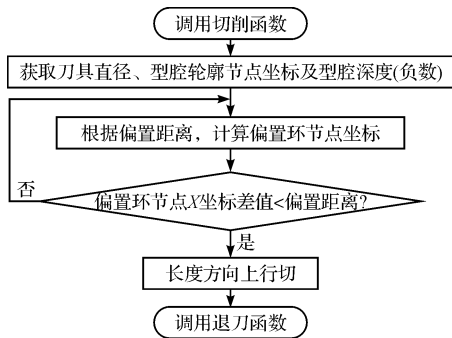


图8 型腔环切流程图

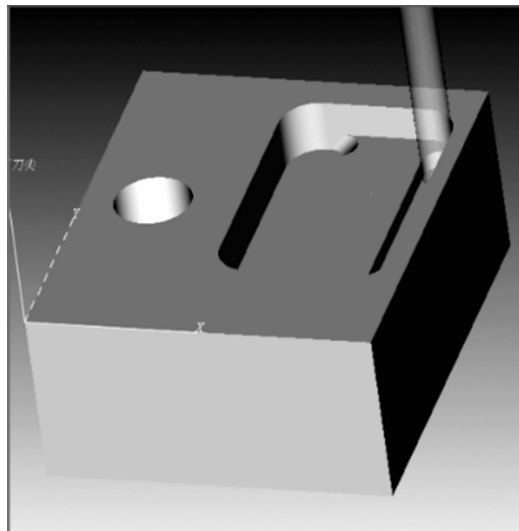


图10 型腔加工仿真结果

时实现类对象的建立和对成员变量的赋值,完成信息提取和特征识别的功能,并根据提取出的信息,进行刀具轨迹规划,完成控制器的整体设计。



图9 文件显示

5 结束语

本研究对 STEP-NC 这一最新的数控标准进行了系统的分析,采用面向对象的编程语言 Visual C++ 开发了基于 XML 的 STEP-NC 控制器系统,为实现网络制造加工与远程协作奠定了基础。在开发过程中,根据数控程序中包含的几何信息、加工信息、刀具信息以及工艺信息等,设计了对应的类库,包括特征类库、加工方法类、刀具类和相关的集成资源类库,在译码

参考文献 (References):

- [1] LOFFREDO D. Frequently asked questions [EB/OL]. [2005-05-18]. <http://www.steptools.com/library/stepnc/faq/faq.html>.
- [2] XU X W, HE Q. Striving for a total integration of CAD, CAPP, CAM and CNC [J]. **Robotics and Computer Integrated Manufacturing**, 2004, 20(2):101-109.
- [3] 祝海涛,薛开. 基于 STEP-NC 数控系统的研究 [J]. **应用技术**, 2003, 30(1):1-6.
- [4] 王敏,吴波. 应用 STEP 和 XML 进行产品信息共享 [J]. **机械与电子**, 2007(7):58-60.
- [5] 仇晓黎,易红,吴锡英,等. STEP/XML 产品数据模型转换编译系统的实现 [J]. **成组技术与生产现代化**, 2004, 21(4):6-8.
- [6] 轩传桃,张家泰,祝海涛. 基于 STEP-NC 标准的 CAD/CAM 集成接口的研究 [J]. **应用科技**, 2003, 30(3):6-8.
- [7] 孙军,李丽,王军,等. XML 在基于 STEP-NC 网络化制造中的应用 [J]. **东北大学学报:自然科学版**, 2007, 28(5):712-716.
- [8] 刘日良. STEP-NC 数控程序的信息表达与提取方法研究 [J]. **计算机集成制造系统**, 2004(12):85-89.
- [9] HARDWICK M, LOFFREDO D. Lessons learned implementing STEP-NC AP-238 [J]. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, 2006, 19(6):523-532.

[编辑:李辉]