

文章编号: 1000-5013(2010)01-0012-04

# STEP-NC 和 XML 的数控编程及网络传输

张 勤, 顾立志

(华侨大学 机电及自动化学院, 福建 泉州 362021)

**摘要:** 针对 EXPRESS 语言定义的数据不能在网上传输的问题, 提出基于 STEP-NC 和 XML 相结合的数控编程的方式, 并分析 XML Schema 的检验纠错功能. 基于 EXPRESS 语言的 STEP-NC 数控文件, 统一表征 CNC 加工过程中涉及的全部信息, 实现 CAD、CAM 和 CNC 之间的无缝连接及制造系统的集成, 可以为数控系统提供完整的产品数据. 利用 ISO 10303 - 28 标准, 将 EXPRESS 语言与 XML 语言结合起来, 可以实现网络企业间的产品信息共享与集成, 以及数控系统的开放性能和远程控制功能.

**关键词:** 数字控制; 编程; 纠错; STEP-NC; XML; 网络传输

**中图分类号:** TG 659; TP 391

**文献标识码:** A

目前, 无论是采用语言自动编程方法, 还是采用图形自动编程方法, 所生成的数控加工程序都是基于 ISO 6983 标准的 G/M 代码语言编写的. 这种语言编制的数字控制(NC)代码只包括一些简单的运动指令, 无法检验在加工过程中是否发生过切、少切, 也无法确定所选择的刀具, 以及走刀路线、进退刀方式等. 随着 NC 编程的复杂化, NC 代码的错误率也越来越高, 编程人员无法事先预料, 结果可能导致工件形状不符合要求, 出现废品, 甚至会损坏机床、刀具, 降低生产效率. 因此, 这种传统标准的局限性逐渐暴露出来. 它只能对刀具路径和机器状态进行描述, 不能完整地表达从产品设计到制造的几何和加工信息, 也不能形成信息反馈, 编程困难, 使传统的控制器成为一个只能执行任务的机构, 缺少智能性<sup>[1]</sup>. 随着 CAD/CAM 系统和计算机数字控制(CNC)系统性能的提高, 基于 ISO 6983 标准接口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. 在设计和制造系统中应用“中性格式”文件, 可以方便地共享产品数据, 因此, 模型数据交换标准(STEP) ISO 10303 作为产品相关数据交换的中性格式被引进. 模型数据交换标准-数控程序(STEP-NC)是产品数据表达和交换标准向数字化制造领域的扩展, 其接口标准在统一的数据模型基础上建立几何信息和工艺信息, 使产品信息在不同阶段保持完整性, 实现企业内部从设计、制造一直到底层数控加工的无缝集成<sup>[2]</sup>. 基于此, 本文提出了基于 STEP-NC 和 XML 相结合数控编程的方式.

## 1 STEP-NC 的标准与文件格式

### 1.1 应用标准

目前, STEP-NC 应用标准有 ISO 14649 (ARM 模型) 和 STEP AP 238 (AIM 模型), 这也是 STEP-NC 的两种实现方法<sup>[3-4]</sup>.

(1) ISO 14649 (ARM 模型) 是在 CAD/CAM 系统和 CNC 机床直接引入一种新的数据传输模型. 它利用工作步骤面向对象的原理, 通过规定加工过程而不是机床刀具运动来克服 ISO 6983 存在的不足. 其工作步骤是, 将加工特征及相关的工艺参数和具体操作联系起来, 由 CNC 将其转换成轴运动和刀具操作. 在产品数据的共同领域里, ISO 14649 和 ISO 10303 (STEP 标准) 相协调. 这样, 制造企业在整个加工过程中就可以利用 STEP 标准建立的数据模型.

**收稿日期:** 2008-05-22

**通信作者:** 顾立志 (1956-), 男, 教授, 主要从事数字化制造的研究. E-mail: gulizhi888@163.com.

**基金项目:** 国务院侨办科研基金资助项目 (06QZR06); 泉州市科技计划项目 (2007 G9)

(2) STEP AP238 (AIM 模型) 应用解释模型, 指定用于描述信息要求所必需的综合资源. 信息要求是在 IAO 14649 中所指定的, 其格式与外形部分、几何尺寸, 以及由 AP 203/214/224/240 所设计和标识的公差信息一致. AP 238 为数控机床及其相关的加工提供了数据间的关系说明、数据范围说明和信息需求说明.

综上所述, ISO 14649 更接近应用领域, 便于理解, 适合应用在 CAM 与 CNC 之间的交换; 而 STEP AP 238 则较抽象, 且程序更分散、复杂, 适合于从设计到制造的全面信息交换.

## 1.2 程序的文件格式

STEP-NC 数控程序文件, 可以用 STEP 的 Part 21, Part 28 文件格式来表达 EXPRESS 模式和数据<sup>[1]</sup>. Part 21 标准目前应用比较广泛, 一些工具软件都是根据这种标准来开发的. 此标准文件中相同的信息内容只被表达一次, 不会出现相互矛盾的数据. Part 28 标准定义了 STEP 数据的 XML 应用方法, 更适合网络环境下的集成设计与制造.

(1) 基于 Part 21 的 STEP-NC 程序的文件格式, 从结构上可以分为文件头和数据段. 文件头以“HEADER”为标记, 说明文件名、编程者、编程日期和注释等信息; 数据段以“DATA”开始, 首先以“PROJECT”语句开始, 接着多加工任务、工艺信息、刀具信息和几何信息进行描述. 文件头和数据段都以“ENDSEC”标记结束. 下面是一个简化了的加工孔的实例, 其形式如下:

```
Header; 文件头
FILE DESCRIPTION (); 文件信息描述
FILE_NAME(); 文件名
FILE_SCHEMA(); 文件模式
ENDSEC; 结束
DATA; 数据段
# 1 = PROJECT('Bohrung', # 2, (# 3)); 程序入口
# 2 = WORKPLANE('Arbeitsplane', (# 4), $, # 5); 工步序列
# 3 = WORKPIECE('Bauteil1', # 6, 0.01, $, $, # 8, ()) 工件材料及夹持点
# 4 = MACHINING_WORKSTEP('Bohrung', # 13, # 16, # 17); 工步信息
...
# 17 = DRILLING($, $, 'Bohrung 20mm', $, 10.0, $, # 18, # 21, # 22, $, $);
    钻孔信息
...
ENDSEC;
END-ISO-10303-21; 结束
```

从上述的 STEP-NC 数控文件格式可以看出, STEP-NC 的基本原理是基于制造特征进行编程, 而不是直接对刀具运动进行编程, 即不再使用 G 功能和 M 功能<sup>[5]</sup>. 它以工作步骤作为加工流程的基本单位, 将特征与技术信息联系到一切, 每个工作步骤只定义一种操作, 即“干什么”、“如何做”等, 但只能用一种刀具和一种策略<sup>[1]</sup>. 因此, 同一个 STEP-NC 数控程序可运用于不同的数控机床, 具有通用性.

(2) 在 STEP 标准中, ISO 10303 - 28 (STEP Part 28) 提供了 EXPRESS 驱动数据的 XML 表示模型. 由于 XML 具有网络使能、协议无关、网络无关、平台无关和可扩展性等性能, 使得新旧系统之间相互交流成为可能. 将 EXPRESS 表示的产品信息模型映射为 XML 表示模型, 是解决 STEP-NC 数据网络化传输的关键. 因此, STEP Part 28 更适合于建立支持协同制造的全生命周期制造信息的传递<sup>[6]</sup>.

下面是两个 EXPRESS 语言描述的两个实体:

```
ENTITY person;
age: INTEGER;
END_ENTITY;
ENTITY employed_person
SUBTYPE OF (person);
```

salary: INTEGER;

END\_ENTITY;

对应的 XML 描述形式如下:

```
entity_instance express_entity_name = "employed_person" id = "xx"
attribute_instance express_attribute_name = "salary"
integer_literal 50000 /integer_literal
/attribute_instance
inherited_attribute_instance express_attribute_name = "age"
integer_literal 50 /integer_literal
/inherited_attribute_instance
/entity_instance
```

### 3 基于 XML 和 STEP-NC 生命周期的制造

STEP-NC 将产品模型数据交换标准(STEP)扩展至数控系统之间的接口. 它要求数控系统之间使用符合 STEP 标准的 CAD 三维产品数据模型(包括零件几何数据、设置和制造特征), 直接产生加工程序来控制机床. 其间, CAM 系统只负责加入工艺信息和刀具信息而不必进行后置处理.

基于 STEP-NC 和 XML 数控编程的过程: 首先, 设计人员根据设计要求在 CAD 软件中建模, 生成 AP 203/ AP 214 标准文件; 其次, 上述产生的文件通过 CAM 软件生成适合数控机床的 AP 238 文件; 然后, 一方面数控文件可以直接传输到本地开放式 CNC 机床, 另一方面可以通过 STEP/ XML 转换器转换为 XML 文档(XML 文档可以通过网络传输, 在网络浏览器上浏览), 下载获得特定的工艺规划和制造信息, 传输到异地开放式 CNC 机床, 本地机床亦可以识别网上下载资源. 数控文件交换与共享流程图, 如图 1 所示.

上述产品数据交换与共享过程中, 要实现真正意义上的网络化制造, 有如下 3 个关键技术需要解决. (1) CNC 机床需要具备 STEP-NC 解释器. (2) STEP/ XML 解释器需要具备完整的模版库和强大的重组功能. (3) XML 解析器需要具备语法检错功能. 若能很好的解决上述关键问题, 便可以很好地实现全生命周期的网络化制造.

XML 解析器的主要功能, 是把网上下载的 XML 文档转换成适合数控机床的 STEP-NC 文件. 在这个过程中, 保证 STEP-NC 文件的正确和合理性是非常关键的.

因此, XML 解析器中的纠错功能的拟定方案: 可以通过分析 STEP-NC 文件结构; 采用后期绑定的方法建立相应的实体 XML Schema, 规定数据出现的次序及数据的属性, 如字符串型、整型、实体型等; 在解析过程中检查 STEP-NC 文件的数据是否缺省或超出范围, 并通过对话框的形式提示操作者; 若无错误则可在本地机床安全运行, 若出现错误则通过返回信息到数据源请求修改.

下面通过一个实例, 来说明如何建立 STEP-NC 实体的 XML Schema, 如图 2 所示.

EXPRESS 实体实例

ENTITY person;

age: INTEGER;

END\_ENTITY;

ENTITY employed\_person

SUBTYPE OF (person);

salary: INTEGER;

END\_ENTITY;

STEP-NC 中性文件

# 1 = person(38);

# 2 = employed\_person(38, 4000)

XML Schema

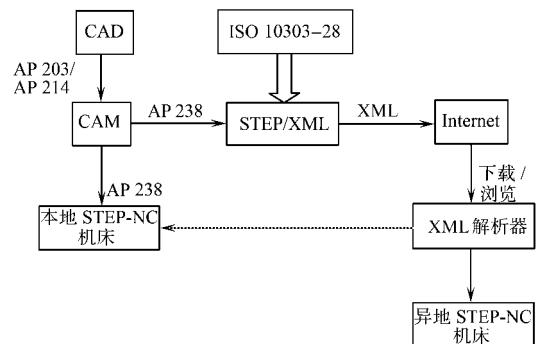


图 1 数控文件交换与共享

Fig. 1 Exchange and share of NC files

从以上实例可以看出,基于 EXPRESS 的 STEP-NC 文件与 XML Schema 文件具有一致的格式,可以很好地说明 STEP-NC 文件的格式并检验其正确性。

## 4 结束语

提出了基于 STEP-NC 和 XML 相结合数控编程的方式,着重分析了 XML Schema 的检验纠错功能,为实现全球化网络制造奠定了坚实的技术基础<sup>[5-7]</sup>。如果能够将所有的 STEP-NC 涉及到的实体实例进行模式化,就可以保证异地机床加工的安全性和准确性,提高加工效率和质量,为远程数控奠定了坚实的技术基础。

### 参考文献:

- [1] SUH S H, LEE B E, CHUNG D H, et al. Architecture and implementation of a shop-floor programming system for STEP-compliant CNC[J]. Computer-Aided Design, 2003, 35(12): 1069-1083
- [2] 贾 虹, 卢炎麟, 周 晓, 等. 协同设计中基于 XML 语言和 STEP 标准的产品数据交换技术[J]. 轻工机械, 2008(3): 115-117.
- [3] 刘日良, 张承瑞, 薛 强. 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.
- [4] XU X, MAO J. A STEP-compliant collaborative product development system[C]. Processing of the 33rd International Conference on Computers and Industrial Engineering. Jeju: [s. n.], 2004.
- [5] 石尉涛. 基于 XML 的工艺信息建模[D]. 西安: 西北工业大学, 2004.
- [6] 梁文彬, 张丽红. 基于网络远程控制的综述[J]. 自动化博览, 2005(6): 53-54.
- [7] 程小刚, 郭 韧. GB 18030 与 Unicode 编码转换算法[J]. 华侨大学学报: 自然科学版, 2009, 30(1): 38-41.

## Numerical Code Programming and Network Transmission Based on the STEP-NC and XML

ZHANG Qin, GU Li-zhi

(College of Mechanical Engineering and Automation, Huaqiao University, Quanzhou 362021, China)

**Abstract:** The type of NC programming based on STEP-NC and XML is presented and the function of error correction of XML Schema is analyzed, owing to the problem that the data defined by EXPRESS language can't be transmitted in the network. The NC files defined by STEP-NC based on EXPRESS language can cover the entire information in the CNC machining process, implement the seamless connection of CAD, CAM and CNC as well as the integration of manufacturing system, and provide the complete product data for NC system. Using ISO 10303 - 28 standard, the combination of EXPRESS language and XML language can carry out the sharing and integration of product information among network enterprises, and have open performance and remote control performance of NC systems.

**Keywords:** digital control; programming; error correction; STEP-NC; XML; network transmission

(责任编辑: 陈志贤 英文审校: 郑亚青)

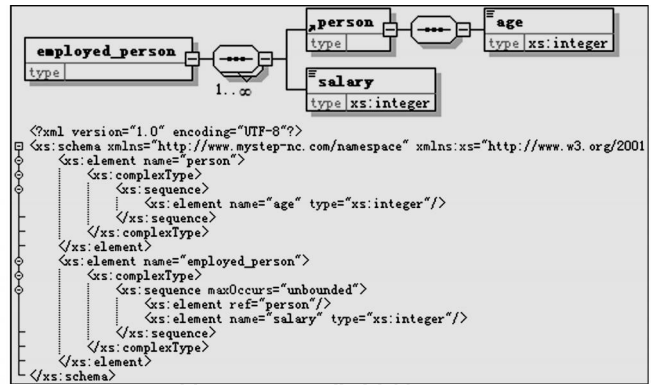


图 2 STEP-NC 实体的 XML Schema

Fig. 2 XML Schema of STEP-NC entry