

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2014.06.006

基于 STEP-NC 的大型数控机床主要零件 切削数据库的实例编码

陈维克, 范微微, 李忠群

(湖南工业大学 机械工程学院, 湖南 株洲 412007)

摘要: 针对大型数控机床主要零件切削数据库, 提出了基于 STEP-NC 的实例编码方案, 给出了编码属性和编码顺序, 并且通过实例编码示例, 验证了基于 STEP-NC 的大型数控机床主要零件切削数据库实例编码的可行性。

关键词: STEP-NC; 大型数控机床; 切削数据库; 实例编码

中图分类号: TP311.13; TG659 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9833(2014)06-0027-05

The Example Code of Large NC Machine Main Parts Cutting Database Based on STEP-NC

Chen Weike, Fan Weiwei, Li Zhongqun

(School of Mechanical Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: Aimed at the large NC machine main parts cutting database, the example coding scheme based on STEP-NC was proposed. The encoding attributes and encoding sequence were presented. And through the example code cases, the feasibility of the STEP-NC-based example coding of large NC machine main parts cutting database was verified.

Keywords: STEP-NC; large NC machine; cutting database; example code

0 引言

实例编码是实现实例推理需要研究的主要问题之一, 实例推理的执行速度与实例编码息息相关, 实例编码方式的选择将直接影响实例推理的实用性^[1-2]。合适的实例编码方式, 对于基于国家科技重大专项子课题“汉川机床采用国产数控系统加工大型机床零件应用示范工程”的数控机床主要零件切削数据库系统的开发, 以及基于实例推理的切削数据库智

能化的实现具有重要意义。

STEP-NC 是一个新型 NC 编程数据接口国际标准, 其定义的 AP238 应用协议直接面向零件的制造特征(如平面、孔、腔等)进行编程, 且提供统一的标准数据模型, 来规范计算机辅助设计(computer aided design, CAD)、计算机辅助制造(computer aided manufacturing, CAM)、计算机辅助工艺过程设计(computer aided process planning, CAPP)与计算机数字控制机床(computer numerical control, CNC)之间

收稿日期: 2014-09-18

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51375160), 国家科技重大专项基金资助项目(2012ZX04011-011)

作者简介: 陈维克(1964-), 男, 浙江东阳人, 湖南工业大学教授, 博士, 主要从事数字化制造和传感网络方面的教学与研究, E-mail: chenweike@21cn.com

通信作者: 范微微(1990-), 女, 安徽蚌埠人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为切削数据库,

E-mail: fanweiwei2013@126.com

的传递和数据交换,从而实现制造业上下游之间的无缝连接,加速了计算机集成制造系统的开发^[3-5]。基于STEP-NC的数控加工程序工艺描述部分包括了所有工步的详细参数,如刀具、特征、机床和加工方法等^[6]。本文将STEP-NC技术运用于大型数控机床主要零件切削数据库的实例编码上,研究该编码方式在基于实例推理的切削数据库中的可行性,以期为实例推理寻找适合的编码方式。

1 大型数控机床主要零件切削数据库

1.1 切削数据库中的大型数控机床零件

机床主机是数控机床的主体,是在数控机床上自动完成各种切削加工的机械部分,它包括床身、底座、滑座、立柱、工作台、主轴箱、刀架及自动换刀装置等机械部件^[7-8]。这些零部件的材料、加工方式、工艺特征等各不相同。本文根据数控机床上主要零件(主轴箱、立柱、滑座、工作台)的外在特征,分类定义了各零件的特征量,以便于零件的查找、归类。表1为定义的大型数控机床主要零件的加工特征和特征参量。

表1 大型数控机床主要零件的加工特征和特征参量

Table 1 The machining-features and feature-parameters of the large NC machine main parts

数控机床主要零件	加工特征	特征参量	
		几何特征参量	尺寸特征参量
主轴箱	腔	侧面、底面	长、宽、深
滑座	孔	内壁、外壁	内直径、外直径
立柱	平面	表面	长、宽
工作台	T型槽	侧面、底面	槽口宽、槽底宽、槽底高、深
	平面	表面	长、宽
	孔	内壁、外壁	深、内直径、外直径

1.2 大型数控机床主要零件切削数据库的组成

图1为切削数据库实体-联系(entity relationship, E-R)图。该切削数据库中,每个实体都有其对应的属性参量,如图2~3即为相应实体的E-R图。

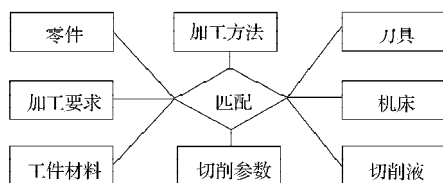


图1 切削数据库E-R图

Fig. 1 E-R diagram for cutting database

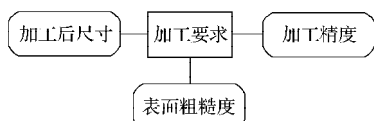


图2 加工要求E-R图

Fig. 2 E-R diagram for processing requirements

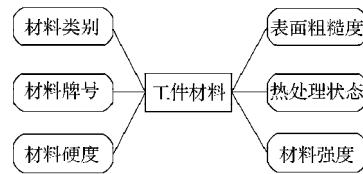


图3 工件材料E-R图

Fig. 3 E-R diagram for the workpiece material

大型数控机床主要零件切削数据库包括以下实体:零件、工件材料、加工要求、加工方法、刀具、机床、切削参数和切削液。当用户在数控机床主要零件切削数据库的输入界面给出零件、加工要求及工件材料的信息后,该数据库将运用实例推理技术,匹配得到相应的零件加工方案,加工方案包括刀具、机床、切削液、加工方法及切削参数的信息,在输出界面给出。

2 面向大型机床主要零件的STEP-NC数据模型

STEP-NC定义了一种面向特征的数据模型作为CNC的输入,即STEP-NC数据模型^[6]。STEP-NC数据模型中包含了加工工件的所有任务,其基本原理是基于制造特征进行编程。STEP-NC数据模型由一系列加工任务组成,描述工件从毛坯到最终成品零件的所有操作,内容涉及工件三维几何信息、刀具信息、制造特征及工艺信息^[5]。STEP-NC数据模型还可从工件属性、刀具路径属性中提取工件几何特征量、制造特征量和刀具几何信息,并将其反馈到加工规划部门^[6]。

本文根据某汉川机床厂具体加工工艺及图纸信息,结合研究课题中的大型机床主要零件的特征,给出了如图4所示的面向大型机床主要零件的STEP-NC数据模型。

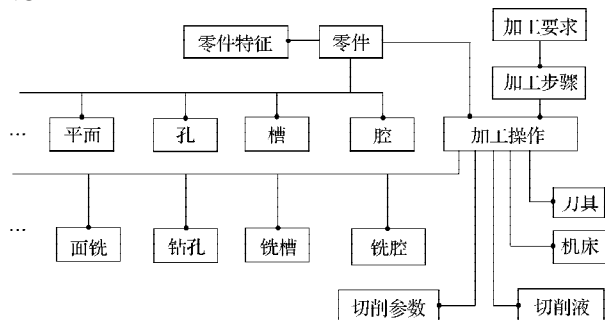


图4 大型机床主要零件的STEP-NC数据模型

Fig. 4 STEP-NC data model of the large machine main parts

该数据模型直观地体现了大型机床主要零件的具体零件特征(腔、槽、孔、平面),在整体加工过程中的加工要求以及受零件特征间接影响的加工操

作, 每个加工操作都涉及刀具、机床、切削液、切削参数、加工方法等信息。

3 STEP-NC 实例编码

实例编码是为了实现实例的快速检索, 如何全面、合理地选取编码属性是实例编码的关键。本文在原始STEP-NC数据模型的基础上, 针对大型机床主要零件, 并结合企业实际情况, 建立了如图4所示的大型机床主要零件的STEP-NC数据模型。根据面向大型机床主要零件的STEP-NC数据模型, 选取切削数据库中主要实体(包括工件材料、零件、加工要求、加工方法、机床、刀具、切削用量、切削液)对应的各属性构成实例编码的内容, 提出了基于STEP-NC的实例编码方案。

3.1 实例编码的属性内容及编码顺序

在需要编码的实例属性中, 各属性均采用数字编码方式, 即1位可有10种选择, 2位即有10²种选择。表2为各实体的属性及每种属性的编码位数。由表2可知, 每个实例编码由25位代码组成, 且每个实例的编码顺序如图5所示。

表2 各实体属性及其编码位数

Table 2 Each entity attribute and its coding digit

工件材料	位数	零件	位数	加工要求	位数	切削用量	位数
材料类别	1	加工部位	1	精度	1	切削速度	1
材料牌号	1	加工特征	1	表面粗糙度	1	切削深度	1
材料硬度	1	几何特征	1	尺寸	2	进给速度	1
抗拉强度	1	尺寸特征	1	热处理	1		
机床	位数	刀具	位数	切削液	位数	加工方法	位数
型号	2	刀具材料	1	切削液	1	加工方法	1
主轴转速	1	刀具名称	3				

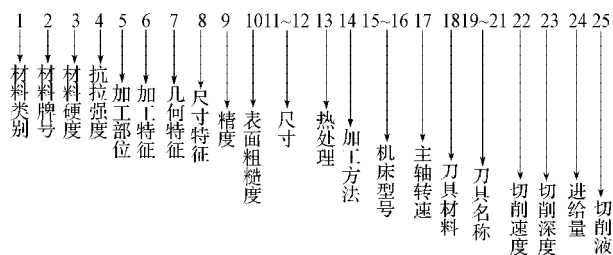


图5 实例编码顺序

Fig. 5 Example coding sequence

各实体属性的具体内容编码如下。

材料类别: 0—灰铸铁, 1—其他铸铁;

材料牌号: 0—HT150, 1—HT200, 2—HT225, 3—HT250, 4—HT275, 5—HT300, 6—HT350;

材料硬度: 0—125~205, 1—150~230, 2—170~240, 3—180~250, 4—190~260, 5—190~220, 6—200~275,

7—220~290;

最小抗拉强度: 0—150, 1—200, 2—225, 3—250, 4—275, 5—300, 6—350;

加工部位: 0—顶面, 1—底面, 2—左侧面, 3—右侧面, 4—正面, 5—背面;

加工特征: 0—腔, 1—T型槽, 2—平面, 3—孔;

几何特征参量: 0—侧面, 1—底面, 2—表面, 3—孔内壁, 4—孔外壁;

尺寸特征参量: 0—长度, 1—宽度, 2—深度, 3—槽口宽, 4—槽底宽, 5—槽底高, 6—外圆直径, 7—内圆直径;

加工精度: 0—低精度(IT13~IT11), 1—中低精度(IT10~IT9), 2—中高精度(IT8~IT7), 3—高精度(IT6~IT5), 4—特精密精度(IT4~IT2);

表面粗糙度: 0—第一类(25, 12.5), 1—第二类(6.3, 3.2), 2—第三类(1.6, 0.8), 3—第四类(0.4, 0.2), 3—第四类(<0.2);

加工尺寸: 见表3;

热处理状态: 0—退火, 1—正火, 2—淬火, 3—回火, 4—调质;

加工方法: 0—铣削, 1—车削, 2—钻销, 3—磨削, 4—镗削, 5—铰销;

机床型号: 见表4;

主轴转速: 0—50~500, 1—501~1 000, 2—1 001~2 000, 3—2 001~3 000, 4—>3 000;

刀具材料: 0—碳素工具钢, 1—合金工具钢, 2—高速钢, 3—硬质合金, 4—陶瓷, 5—(聚晶)金刚石, 6—(聚晶)立方氮化硼;

刀具名称: 见表5;

切削速度: 0—低(0~50), 1—中(51~100), 2—高(>100);

切削深度: 0—小(0.2~1), 1—中(2~10), 2—大(>10);

进给速度: 0—0~100, 1—101~999, 2—1 000~1 500;

切削液: 0—水溶液, 1—乳化液, 2—切削油, 3—不使用。

表3 加工尺寸编码

Table 3 Processing size coding

编码	尺寸	编码	尺寸	编码	尺寸	编码	尺寸
00	0~10	03	51~100	06	501~800	09	1 501~2 000
01	11~20	04	101~300	07	801~1 000	10	2 001~2 500
02	21~50	05	301~500	08	1 001~1 500

表4 机床型号编码

Table 4 Machine type coding

编码	机床型号	编码	机床型号
00	HGMC1636R	05	HPBC1116
01	HGMC1630R	06	HPBC1320
02	HGMC1630R/11	07	TK6411B
03	HGMC1225R/I	08	Z3080
04	HGMC1225R/III

表5 刀具名称编码

Table 5 Tool name coding

编码	刀具名称	编码	刀具名称
001	φ63 方肩铣刀	012	φ125 粗铣面铣刀
002	φ80 方肩铣刀	013	φ125 精铣面铣刀
003	φ100 方肩铣刀	014	φ160 面铣刀
004	φ125 方肩铣刀	015	φ3 钻头
005	φ63 粗铣方肩铣刀	016	φ4.2 钻头
006	φ63 精铣方肩铣刀	017	φ5 钻头
007	φ80 精铣方肩铣刀	018	φ6.7 钻头
008	φ25 精铣立铣刀	019	φ25.4 钻头
009	φ40 粗铣立铣刀	020	φ26 钻头
010	φ50 粗铣立铣刀
011	φ100 精铣面铣刀		

3.2 实例编码示例

图6为某型号立式加工中心的立柱,机加工工艺主要是完成此零件各平面的铣削以及零件上各孔的加工,现以该立柱零件为例,立柱背面定位,按线找正,编码立柱的底孔A和导轨面B。由厂商提供的零件图纸、加工参数及刀具清单可知,立柱的工件材料材质为HT300,硬度为HB190~HB220。

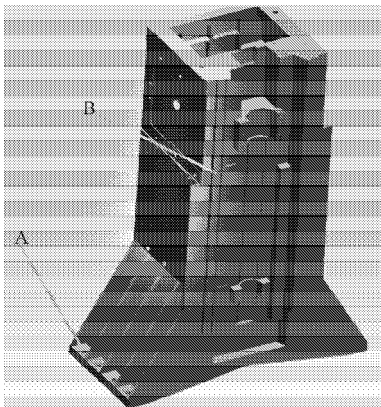


图6 某立柱的三维模型

Fig. 6 A post 3D model

$$\text{切削速度 } V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ m/min,} \quad (1)$$

式中: π 是圆周率,取3.14; D 为刀具直径,mm; n 为主轴转速, r/min。

例1:加工导轨面B时,B位于正面,加工特征为平面,使用HGMC1225R/III铣床,选用φ63精铣方肩铣刀,要求导轨面表面粗糙度为1.6,待铣导轨面

长1525 mm,宽51 mm,主轴转速为500 r/min,进给速度为300 mm/min,由式(1)可得切削速度 $V_c=98.91$ m/min。

导轨面B尺寸特征参量为长度时,实例编码为:

0555422022093004030061223;

导轨面B尺寸特征参量为宽度时,实例编码为:

0555422122033004030061223。

例2:加工底孔A,使用Z3080钻床,以φ26钻头在底面钻8个φ26通孔,表面粗糙度为12.5,孔深为50 mm,主轴转速为280 r/min,进给速度为85 mm/min,代入式(1),则 $V_c=22.859$ 2 m/min。

底孔A尺寸特征参量为深度时,实例编码为:05

5513320002320802020201;

底孔A尺寸特征参量为内圆直径时,实例编码为:055513370002320802020201。

上述示例采用基于STEP-NC的实例编码方案,完成了对实际零件的编码并给出了编码值。根据该编码方案对大型机床基础零件进行编码,编码内容可以涵盖零件的各加工属性,在切削数据库中即可用零件对应的编码值完整地表示该零件,验证了基于STEP-NC的编码方案可以较好地应用于大型机床主要零件切削数据库中。

4 结语

本文在传统STEP-NC数据模型的基础上,针对大型机床主要零件,并结合企业的实际加工工艺,给出了针对大型机床主要零件的STEP-NC数据模型,确定了需编码的属性,提出了基于STEP-NC的实例编码方案。同时,描述了该编码方案的属性内容、位数及编码顺序,并举例给出了的几组实例编码,验证了基于STEP-NC的编码方式适用于切削数据库实例推理,而且对实现实例的快速检索、加快实例推理的执行速度等均具有重要意义。

参考文献:

- [1] 夏晓林. 基于实例推理的基本理念[J]. 辽宁大学学报: 自然科学版, 2003, 30(1): 55-57.
Xia Xiaolin. The Basic Conception Based on Case-Based Reasoning[J]. Journal of Liaoning University: Natural Sciences Edition, 2003, 30(1): 55-57.
- [2] 张艳, 钟诗胜, 李江. 实例推理的可拓方法及其应用[J]. 吉林大学学报: 工学版, 2009, 39(2): 424-429.
Zhang Yan, Zhong Shisheng, Li Jiang. Extension Methods in Case-Based Reasoning and Applications[J]. Journal of Jilin University: Engineering and Technology Edition, 2009, 39

- (2): 424-429.
- [3] 王迪. 基于STEP-NC的数控刀具选配及管理系统研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨理工大学机械动力工程学院, 2014.
Wang Di. Study on NC Cutting Tool Matching and Management System Based on STEP-NC[D]. Harbin: Mechanical Power Engineering of Harbin University of Science and Technology, 2014.
- [4] Martin Hardwich, Havid Loffredo. STEP into NC[J]. Manufacturing Engineering, 2001(1): 38-50.
- [5] 任小平, 刘战强, 万熠, 等. 难加工材料切削数据库系统的研究与开发[J]. 工具技术, 2009(10): 39-41.
Ren Xiaopin, Liu Zhanqiang, Wan Yi, et al. Development of Machining Database System for Difficult-to-Cut Materials[J]. Tool Engineering, 2009(10): 39-41.
- [6] 孙爱西. 基于STEP-NC的特征建模及工艺设计系统研究[D]. 沈阳: 沈阳理工大学机械工程学院, 2011.
Sun Aixi. Feature Modeling and Research of Process Planning System Based on STEP-NC[D]. Shenyang: Mechanical Engineering Institute of Shenyang Ligong University, 2011.
- [7] 唐克岩. 我国数控机床产业发展现状与展望[J]. 机床与液压, 2012, 40(5): 145-147.
Tang Keyan. Development Situation and Trend of NC Machine Tool in China[J]. Machine Tool & Hydraulics, 2012, 40(5): 145-147.
- [8] 吴连连, 黄爱华. 浅谈我国数控机床的现状与发展趋势[J]. 机械管理开发, 2013(3): 115-116.
Wu Lianlian, Huang Aihua. The Current Situation and Development Tendency of NC Machine in China[J]. Mechanical Management and Development, 2013(3): 115-116.

(责任编辑: 徐海燕)

(上接第12页)

参考文献:

- [1] Burgers J M. A Mathematical Model Illustrating the Theory of Turbulence[J]. Advances Applied Mechanics, 1949, 1(2): 171-175.
- [2] Han H D, Wu X N. Approximation of Infinite Boundary Condition and Its Application to Finite Element Methods[J]. Journal of Computational Mathematics, 1985, 3(2): 179-192.
- [3] Givoli D. Numerical Methods for Problems in Infinite Domains[M]. Amsterdam: Elsevier, 1992: 39-81.
- [4] Goldstein C I. A Finite Element Method for Solving Helmholtz Type Equations in Waveguides and Other Unbounded Domains[J]. Mathematics of Computation, 1982, 39(160): 309-324.
- [5] Wu X, Sun Z Z. Convergence of Difference Scheme for Heat Equation in Unbounded Domains Using Artificial Boundary Conditions[J]. Applied Numerical Mathematics, 2004, 50(2): 261-277.
- [6] Jin J, Wu X. Analysis of Finite Element Method for One-Dimensional Time-Dependent Schrödinger Equation on Unbounded Domain[J]. Journal of Computational and Applied Mathematics, 2008, 220(1): 240-256.
- [7] Han H D, Wu X N, Xu Z L. Artificial Boundary Method for Burgers' Equation Using Nonlinear Boundary Conditions[J]. Journal of Computational Mathematics, 2006, 24(3): 295-304.
- [8] Wu X, Zhang J. Artificial Boundary Method for Two-Dimensional Burgers' Equation[J]. Computers & Mathematics with Applications, 2008, 56(1): 242-256.
- [9] Sun Z Z, Wu X N. A Difference Scheme for Burgers Equation in an Unbounded Domain[J]. Applied Mathematics and Computation, 2009, 209(2): 285-304.
- [10] Bamberger A, Engquist B, Halpern L, et al. Higher Order Paraxial Wave Equation Approximations in Heterogeneous Media[J]. SIAM Journal on Applied Mathematics, 1988, 48(1): 129-154.

(责任编辑: 邓光辉)