

doi:10.11835/j.issn.1000-582X.2018.06.004

面向云制造的制造设备开放共享平台模型研究

易力力,高波,康玲

(重庆大学机械传动国家重点实验室,重庆400044)

摘要:全国高校机械学科购置的大量的机床制造设备满足科研和教学需要后,形成了大量空闲的制造能力。为提高设备利用率和投资效益,在对制造需求的信息表达与组织以及制造设备的制造能力进行描述的基础上,建立拥有两层体系架构的归一化模型,搭建面向云制造的制造设备开放共享平台,并从归一化模型在云制造平台中的易用性角度出发,提出了基于知识工程的用户界面策略。最后的实例证实了模型及平台的可用性。

关键词:制造设备;云制造;平台;共享;制造能力;模型

中图分类号:TP391

文献标志码:A

文章编号:1000-582X(2018)06-035-07

Research on sharing platform model for manufacturing equipment in cloud manufacturing

YI Lili, GAO Bo, KANG Ling

(State Key Laboratory of Mechanical Transmission, Chongqing University, Chongqing 400044, P.R.China)

Abstract: To meet the needs of scientific research and teaching, a large quantity of manufacturing equipment are purchased by universities in China, and yet, a considerable amount of manufacturing capacity is wasted. To increase the usage of these equipments, a normalied model with double architecture was established with the aid of the information expression and organization of manufacturing requirements as well as the description of the manufacturing equipment's capability, and an open cloud manufacturing platform for manufacturing equipment was developed. In addition, a user interface strategy based on knowledge engineering was proposed to improve usability of the normalization model in cloud manufacturing platform. Finally, a case study showed that the model and the platform were valid.

Keywords: manufacturing equipment; cloud manufacturing; platform; sharing; manufacturing capability; model

随着世界经济向前发展,中国制造业转型升级显得尤为重要。李伯虎等^[1]适时提出了面向服务的网络化制造新模式——云制造(cloud manufacturing, CMfg)。云制造由云计算^[2]拓展而来,通过利用网络和云制造服务平台,按需组织网上制造资源,为客户提供各类按需制造服务。在提出了云制造的概念以后,各个

收稿日期:2018-01-06

基金项目:重庆市科委重点产业共性关键技术创新专项项目“智能数控柔性自动化生产线共性技术研究及应用示范”(CSTC2015ZDCY-ZTZX0048)。

Supported by Research and Application Demonstration of Intelligent Numerical Control Flexible Automatic Production Line(CSTC2015ZDCY-ZTZX0048).

作者简介:易力力(1982—),男,重庆大学同等学力博士研究生,研究方向:先进制造技术,(E-mail)easypower@126.com。

科研团队对云制造的架构体系^[3-4],云制造的关键技术^[5]、应用模式^[6]等进行了深入的研究。文献[7]提出了一种云制造设备的服务化封装与云端化接入方法,文献[8]提出了一个 5 层结构的资源智能感知与获取系统;文献[9]将光栅传感技术应用于云制造装备资源感知,并研究了与之相应的接入适配技术;文献[10-11]对云制造环境下的服务匹配策略和匹配模式算法进行了研究;文献[12]对云制造环境下加工设备的虚拟化封装问题进行了研究,给出了加工设备资源的语义描述方法。

多年来,随着中国教育事业的高速发展和国家对高等教育的投资增加,高校的硬件设施得到了极大改善,大型仪器设备数量大幅增加^[13],全国高校机械学科先后购置了大量的机床制造设备,这些机床制造设备在满足科研和教学需要后,形成了大量空闲的制造能力。而各高校购置的机床制造设备通常不具备产品级的工艺能力,同时因为科研教学的原因也无法实现租赁服务。因此,在满足科研和教学需要后,如何提高设备利用率和投资效益,更好地为教学科研和社会服务,是机械学科类实验室开放共享管理研究的重要课题。利用云制造平台,一方面可以实现机械学科类实验室机床制造设备在科研和教学之余按需使用,另一方面可以按照其制造设备的制造能力建模发布到云制造平台中,与平台中其他制造能力共同实现产品级的制造需求。

笔者首先总结了关于制造需求和制造能力概念及构成要素,然后结合云制造的实际情况及制造需求和制造能力自动匹配的要求,分别给出了云制造模式下制造需求和制造能力的概念,并以此为基础,构建了面向云制造的制造需求与制造能力归一化模型,最后通过重庆大学机械传动国家重点实验室使用归一化模型描述立卧转换五轴联动加工中心的制造能力,并成功对某公司 Y 叶轮产品开展对外共享服务的案例说明,对所提出的建模理论方法和技术进行了验证。

1 制造需求和制造能力概念及构成要素

制造需求是需要制造的零件信息的描述,零件信息包括零件的管理信息(如零件名称、批量等)、几何信息(形状、尺寸等)和工艺信息(精度、公差、材料、热处理等),是工艺系统设计的基础和依据。云制造平台中用户提出的制造需求按照复杂程度可以分为三类:一是螺钉、螺母、垫圈等标准零件,二是床身、主轴箱溜板等大型精密复杂零件,三是轴、套、齿轮、支架、盖板等相似零件。在全世界各类机械产品中,复杂件只占 5%~10%的比例,标准件占 20%~25%的比例,而 70%左右比例的零件属于相似件。在零件的结构形式、功能要求、材料、性能以及规格尺寸等方面,也同样存在着一定程度的相似性^[14]。笔者提出的制造特征是具有一定几何要素和工艺要素的一组信息的集合,是构造零件几何形状和零件信息模型的基本信息单元。

1969 年,Skinner 首次提出制造能力的概念^[15],并指出制造能力是企业或制造系统实现其预期目标要素(包括成本、质量、交货时间、柔性等)的能力。但是,目前制造能力尚没有统一、明确的定义,相关研究主要以定性分析为主,缺乏对制造能力的定量分析和描述。一般认为制造能力依次分为 4 个级别:设备级、过程级、车间作业级、供应链级。自动化程度高度发展,自动化设备应用越来越广泛,单纯从制造角度出发,工厂对工人的依赖程度进一步降低。因此对制造能力的定量分析与描述的重点在于对设备的加工能力的模型的建立。机械加工设备按照加工方法分为车、铣、磨、插、拉、刨、锯、攻丝、钻、镗、组合机床等不同的类别,而这些不同的加工方法均可以通过几何要素和工艺要素来描述。因此,笔者采用制造特征来归一化描述制造需求和制造能力。

2 制造需求与制造能力归一化模型

在 CAPP 中对零件的描述模型一般如图 1 所示为 3 层体系架构,笔者所提出的面向云制造的制造需求与制造能力归一化模型如图 2 所示为 2 层体系架构,与 CAPP 中零件描述模型相比有以下不同:

1)归一化要求采用一致的描述要素分别描述制造需求和制造能力的总体商务技术要求,便于云制造平台快速匹配制造需求和制造能力。

2)将几何特征要素集合和工艺特征要素集合作为描述制造特征的要素,综合考虑了制造需求的尺寸、精度等要求和制造设备的加工范围、加工精度。

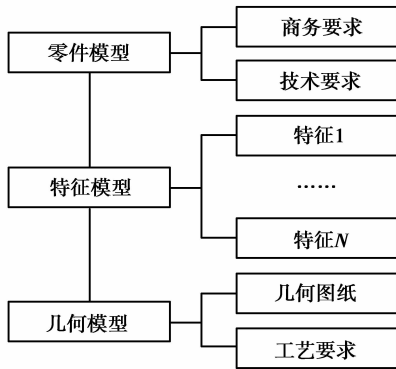


图 1 CAPP 中零件描述模型

Fig.1 Description of part in CAPP

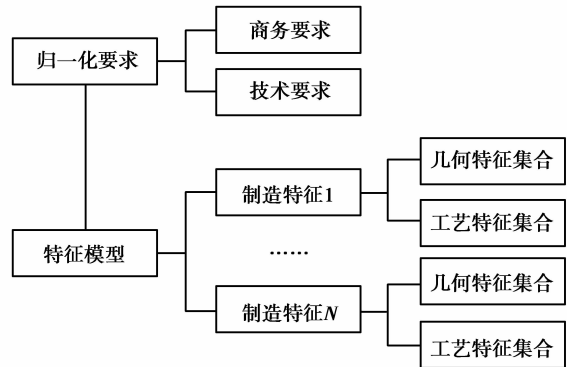


图 2 制造需求与设备能力归一化模型

Fig.2 The normalization model of manufacturing demands and equipment ability

2.1 归一化要求

如图 3 所示,制造需求包括加工方法、毛坯类别、毛坯大小、毛坯重量、毛坯材料、生产批量、预算工时定额。如图 4 所示,制造能力包括:加工方法、接受毛坯类别、工作台大小、工作台承重、接受加工材料、接受批量、工时定额。因此,描述制造需求和制造能力的商务技术要素可以统一并一一对应。

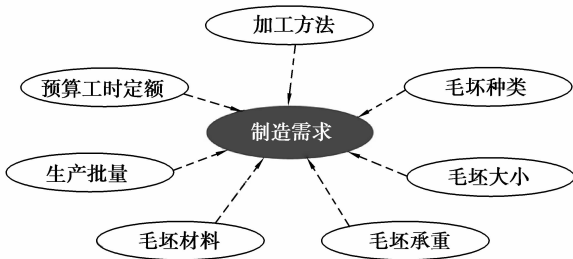


图 3 制造需求模型

Fig.3 The normalization model of manufacturing demands

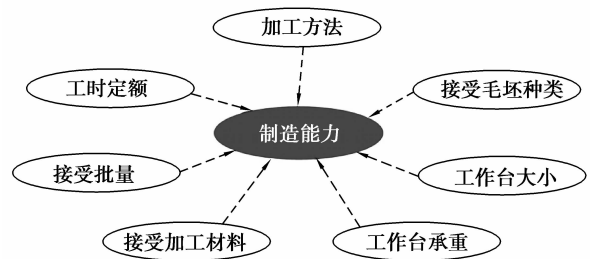


图 4 制造能力模型

Fig.4 The model of manufacturing ability

2.2 采用几何要素的制造特征分类

采用形面要素描述法对制造特征进行分类,即把工件整体分解为若干个最基本的几何要素,分别对其进行描述^[16]。回转类类工件一般包含沿轴线分布的构成工件主体的若干特征,一般包括轴类、盘类、套类、环类、垫类等,可将其特征形面要素分为外部特征(外圆柱、外圆锥、外螺纹、外花键等)、内部特征(内圆柱、内圆锥、内螺纹等)、辅助特征(退刀槽、直槽、径向孔、轴向孔、分布螺孔、油孔、倒角、圆角、辅助孔、平面、环槽等)。非回转体类工件一般包括箱体、板、壳类等,可将其特征形面要素分为面特征(普通平面、梯形平面、三轴凹面、五轴凹面、V 平导轨面、直角导轨面、矩形导轨面、单燕尾导轨面等)、孔特征(直孔、阶梯孔、沉孔、盲孔、特殊孔、螺纹孔、销孔等)、槽特征(矩形槽、阶梯槽、T 型槽、半圆槽、平底直油槽、圆底直油槽、三角油槽等)。具体分类情况如表 1 所示。

表 1 加工特征分类

Table 1 The classification table of the processing characteristics

回转体特征			非回转体特征		
外部特征	内部特征	辅助特征	面特征	孔特征	槽特征
外圆柱	内圆柱	倒角	普通平面	直孔	矩形槽
外圆锥	内圆锥	径向孔	梯形平面	阶梯孔	阶梯槽
外成形面	内螺纹	轴向孔	三轴凹面	沉孔	T 型槽
外螺纹	内花键	分布螺纹	五轴凹面	盲孔	半圆槽
外花键	内齿形	直槽	V 平导轨面	特殊孔	平底直油槽
外齿形	内成形面	退刀槽	直角导轨面	螺纹孔	圆底直油槽
多边形面	—	辅助孔	矩形导轨面	销孔	三角油槽
—	—	平面	燕尾导轨面	—	燕尾槽
—	—	环槽	—	—	—
—	—	斜孔	—	—	—

2.3 几何特征集合

对于不同类别的制造特征,几何要素描述属性也不相同,如对制造需求的回转体类零件而言关键的几何要素是直径和长度,对孔而言是孔径和深度,对箱体类零件而言是长度、宽度和高度,对车削类制造制造能力而言的几何要素是最大直径和最大长度,对铣削类制造制造能力而言是长度、宽度和高度,对滚齿加工类制造制造能力而言是齿轮模数和齿轮直径。因此,制造特征是包含几何种类和几何数值两种属性的几何特征集合。

2.4 工艺特征集合

工艺要素主要包括尺寸精度、形状精度、位置精度、表面质量等,对于不同的制造需求及制造能力,工艺要素类别和数值也不同。因此,制造特征是包含工艺要素类别和数值两种属性的工艺特征集合。

2.5 基于知识工程的用户界面策略

面向云制造的制造需求与制造能力归一化模型能够保证使用统一的要素描述制造需求和制造能力,但是对于云平台的终端用户(包括供需双方)而言,归一化模型在易用性方面有些局限,因此,在上述归一化模型的基础上,提出基于知识工程的用户界面策略,将常用制造需求和市场已有设备预先使用归一化模型描述,并存储到云制造平台形成知识库,在平台运行时终端用户可以直接选用已有知识,极大地提高了易用程度。而在平台运行期间,熟练用户使用归一化模型建立的复杂需求或者新的设备而生成的数据,同样审核后存储在云制造平台,从而保证知识库的更新。

3 案例

重庆大学机械传动国家重点实验室于 2012 年从日本进口了立卧转换五轴联动加工中心(型号 INTEGREX e-1060V/8 II),使用归一化模型对其制造能力建模如图 5 所示。

某公司 X 有数控卧车(型号 CK61125)一台,使用归一化模型对其制造能力建模如图 6 所示。



图 5 立卧转换五轴联动加工中心归一化模型

Fig.5 The normalization model of CNC controlled by 5-Axis



图 6 数控卧车归一化模型

Fig.6 The normalization model of CNC controlled

某公司 Y 叶轮产品使用归一化模型对其制造需求建模如图 7 所示。

特征	极限加工尺寸	加工精度
端面	直径1 250.00	圆度0.01 圆跳动0.02 表面质量1.6
外圆柱	直径1 250.00 长度1 300.00	精度等级IT7 圆柱度0.01 圆度0.01 表面质量1.6
外圆锥	直径1 250.00 长度1 300.00	精度等级IT7 直线度0.01 圆度0.01 表面质量1.6
内圆柱	直径50.00 长度150.00	精度等级IT7 圆柱度0.01 圆度0.01 表面质量1.6
外螺纹	直径20.00 长度500.00	精度等级6级 表面质量3.2

图 7 数控卧车归一化模型

Fig.7 The normalization model of CNC controlled

某公司 Y 叶轮产品按照制造工艺需要完成车削加工和五轴铣削加工,从产品层面重庆大学机械传动国家重点实验室的立卧转换五轴联动加工中心无法单独对其开展共享服务,通过云制造平台的智能匹配算法,成功将叶轮的制造需求与立卧转换五轴联动加工中心及数控卧车的制造能力匹配,使重庆大学机械传动国家重点实验室的立卧转换五轴联动加工中心完成了对外共享服务,提高了设备利用率。

4 结 论

制造需求和制造能力在云制造环境中模型描述是实现物理资源虚拟化的重要过程,也是云制造平台功能实现的前提和基础。笔者提出的制造需求与制造能力归一化模型以及基于知识工程的用户界面策略,既方便了云制造平台中资源的发现、管理,也为高校资源的利用不足给出了新的解决方案。在接下来的工作中,将重点研究需求能力匹配中的优选技术,并建立起地区高校资源利用网,实现产、学、研的有效结合。

参考文献:

- [1] 李伯虎,张霖.云制造[M].北京:清华大学出版社,2015.
LI Bohu, ZHANG Lin. Cloud Manufacturing[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2015. (in Chinese)
- [2] Xu X. From cloud computing to cloud manufacturing[J]. Robotics and Computer Integrated Manufacturing, 2012, 28(1): 75-86.
- [3] 康玲,吴华,王时龙,等.面向服务的云制造系统架构分析[J].重庆大学学报,2013,36(11):66-73.
KANG Ling, WU Hua, WANG Shilong, et al. Research on service-oriented system architecture and mechanism for cloud manufacturing[J]. Journal of Chongqing University, 2013, 36(11): 66-73. (in Chinese)

- [4] 向桢,高宏力.基于 SOA 的数控加工厂云制造平台架构[J].制造业自动化,2015(3):90-95.
XIANG Zhen, GAO Hongli. Cloud manufacturing platform architecture of CNC processing plant based on SOA[J]. Manufacturing Automation, 2015(3): 90-95. (in Chinese)
- [5] Ren L, Zhang L, Wang L, et al. Cloud manufacturing: key characteristics and applications[J]. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 2017, 30(6): 501-515.
- [6] 李天博,齐二石.汽车供应链协同的云制造模式研究[J].机械设计与制造工程,2017,46(4):11-15.
LI Tianbo, QI Ershi. Research on cloud-manufacturing mode oriented auto supply chain[J]. Machine Design and Manufacturing Engineering, 2017, 46(4): 11-15. (in Chinese)
- [7] 张映锋,张耿,杨腾,等.云制造加工设备服务化封装与云端化接入方法[J].计算机集成制造系统,2014,20(8):2029-2037.
ZHANG Y F, ZHANG G, YANG T, et al. Service encapsulation and virtualization access method for cloud manufacturing machine[J]. Computer Intergrated Manufacturing System, 2014, 20(8): 2029-2037. (in Chinese)
- [8] Tao F, Zuo Y, Xu L D, et al. IoT-based intelligent perception and access of manufacturing resource toward cloud manufacturing[J]. IEEE Transaction on Industrial Informatics, 2014,10(2): 1547-1557.
- [9] 李瑞芳,刘泉,徐文君.云制造装备资源感知与接入适配技术[J].计算机集成制造系统,2012,18(7):1547-1553.
LI Ruifang, LIU Quan, XU Wenjun. Perception and access adaptation of equipment resources in cloud manufacturing[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2012, 18(7): 1547-1553. (in Chinese)
- [10] 杨娟,吴科宏.云制造环境下设计需求与服务匹配模式算法[J].重庆大学学报,2016,39(2):82-88.
YANG Juan, WU Kehong. A matching model algorithm of design requirements and design services for cloud manufacturing[J]. Journal of Chongqing University, 2016, 39(2): 82-88. (in Chinese)
- [11] 汪卫星.云制造资源语义描述和服务匹配策略[J].重庆大学学报,2017,40(5):1-6.
WANG Weixing. Cloud manufacturing resources semantic description and service matching strategy[J]. Journal of Chongqing University, 2017, 40(5): 1-6. (in Chinese)
- [12] 汪卫星.云制造中加工设备资源语义模型研究[J].重庆大学学报,2017,40(6):77-85.
WANG Weixing. Research on the semantic model of processing resources in cloud manufacturing[J]. Journal of Chongqing University, 2017, 40(6): 77-85. (in Chinese)
- [13] 刘嘉南,潘信吉.大型仪器设备开放共享的研究与探索[J].实验室研究与探索,2009,28(3):284-287.
LIU Jianan, PAN Xinjie. Exploration on university large_scale instrument & equipment opening share[J]. Research and Exploitation in Laboratory, 2009,28(3): 284-287. (in Chinese)
- [14] 乔建明.面向工艺信息化 CAPP 技术的研究[D].西安:西北工业大学,2001.
QIAO Jianming. Study on CAPP for information driven process planning [D]. Xian: Northwestern Polytechnical University, 2001. (in Chinese)
- [15] Skinner W. Manufacturing-missing link in corporate strategy[J]. Harvard Business Review, 1974, 47(3): 136-145.
- [16] 邵新宇,蔡力钢.现代 CAPP 技术与应用[M].北京:机械工业出版社,2004.
SHAO Xinyu, CAI Ligang. Modern CAPP technology and application[M]. Beijing: China Machine Press, 2004. (in Chinese)