

[环保·安全]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2018.05.019

基于本体和信息系统的产品碳足迹计算方法

杨明,倪益华,吕艳

(浙江农林大学 工程学院,浙江 杭州 311300)

摘要:为解决制造车间中产品碳足迹计算的问题,提出了一种基于本体和信息系统的产品碳足迹计算方法。研究了该方法所涉及的关键技术:碳足迹领域本体的构建、本体间的映射、碳足迹能耗模型的构建。采用标准化方法构建了产品碳足迹本体模型;通过对碳足迹边界分析,分类构建了碳足迹能耗模型;通过实例分析,验证了该方法的可用性。根据该方案,开发了一套原型系统,为制造企业产品碳足迹计算提供了一套具有较强理论和实际应用价值的创新性方案。

关键词:制造业信息系统;产品碳足迹;碳足迹领域本体;能耗模型;碳足迹边界

中图分类号:TH162.1

文献标志码:A

文章编号:1005-2895(2018)05-0096-06

Calculation Method of Product Carbon Footprint Based on Ontology and Information System

YANG Ming, NI Yihua, LÜ Yan

(College of Engineering, Zhejiang A&F University, Hangzhou 311300, Zhejiang, China)

Abstract: To solve the problem of carbon footprint calculation in manufacturing workshop, a method for calculating carbon footprint of products based on ontology and information system was proposed. The key technologies involved in this method were studied, such as the establishment of the ontology of carbon footprint domain, the mapping between ontology and the construction of energy consumption model. A standardized method was adopted to construct the product carbon footprint ontology model. The energy consumption model of carbon footprint was constructed based on the analysis of carbon footprint boundary. The usability of this method was verified by an example. According to the scheme, a prototype system was developed, which provided a set of innovative solutions with strong theory and practical application value for the carbon footprint calculation of manufacturing enterprise products.

Keywords: manufacturing information system; product carbon footprint; carbon footprint domain ontology; energy consumption model; carbon footprint boundary

产品碳足迹是指产品由原材料获取、制造、运输、销售、使用和废弃阶段全生命周期过程中直接或间接排放的温室气体总量^[1]。目前,国内外对节能降耗、环境保护的呼声愈来愈高涨,产品制造企业面临着向低碳发展方式转变的重大压力。推进低碳制造,减少产品碳排放,构建绿色低碳企业是在新经济竞争环境中得以生存发展的必然选择,因此,产品碳排放性能无疑成为现代衡量产品竞争力的重要指标之一^[2]。

目前,国内外众多学者从产品加工设备、加工工艺及加工方法等不同层面与角度对产品碳足迹表达和计算展开了研究。杨传明^[3]设计了多目标复杂产品碳足迹结构元拆卸混合图模型,降低了复杂产品供应链碳足迹优化过程中的动态性和不确定性;Song等^[4]则在产品低碳设计领域开创了新思路,将产品的GHG排放量与产品零部件的GHG排放量相关联;He^[5]等提出了基于特征的碳足迹元素模型来估计产品生命周期

收稿日期:2018-03-24;修回日期:2018-05-10

基金项目:浙江省自然科学基金(LZ15E050003);浙江省自然科学基金(LQ16E050013);国家自然科学基金(61175125)。

第一作者简介:杨明(1992),男,山东潍坊人,硕士,主要研究方向为制造业信息化。通信作者:吕艳(1982),女,浙江嵊州人,讲师,主要研究方向为知识管理、本体等。E-mail:lyyan@zju.edu.cn

各阶段的碳足迹,并基于五层加权有向图的生命周期决策空间来表示替代生命周期路径;孙良峰等^[6]提出了产品碳足迹分层递阶模型,采用自底向上的方法,逐层搭建了产品结构并以此构建了碳排放库;Zhang等^[7]对闭环供应链中碳足迹核算问题进行了研究。大多数对产品碳足迹的描述是从能源消耗和投入产出的角度进行评估,而关于碳足迹本体及从信息系统(如CAD, CAM, CAPP, ERP和PDM/PLM等)中提取并计算碳足迹的研究却较少报道。

课题组针对制造车间中产品碳足迹计算的实际应用问题,提出了一种基于本体和复杂信息系统的产品碳足迹计算方法。运用本体的理论和方法:通过建立产品碳足迹领域本体,解决碳足迹语义障碍;通过概念综合相似度算法建立本体间的映射关系;通过构建产品碳足迹能耗模型,为碳足迹计算提供算法基础。最终实现从信息系统中提取碳足迹信息并计算的目的。

1 技术框架

课题组采用本体的理论和方法,提出了从信息系统中提取碳足迹信息并计算的技术体系框架,该技术体系框架如图1所示。

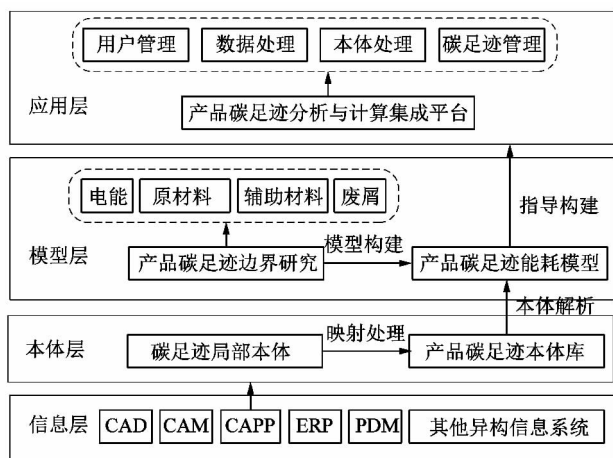


图1 基于本体和信息系统的技术体系框架

Figure 1 Technical framework based on ontology and information system

该技术框架分为4个层次,分别是信息层、本体层、模型层和应用层。其中信息层作为该技术框架中产品碳足迹数据源,产品在设计和生产工作中产生的产品碳足迹信息以不同格式存储在相关信息系统中,本文统一采用XML文档对其中产品碳足迹信息进行描述,并以此类型文档创建产品碳足迹局部本体^[7]。本体层作为产品碳足迹领域中可以共享的知识库,包含产品碳足迹领域中相关的概念及概念间的关系。通

过局部本体与领域本体之间的本体映射^[9]与本体解析技术,可提取出适用于碳足迹能耗模型的产品碳足迹数据。模型层作为产品碳足迹计算的核心,采用分类构建的方法,通过分析制造企业生产车间产品实际加工过程中的碳足迹边界,将产品碳足迹分为与电能、原材料、辅助材料和废屑相关的4种类型碳排放,并以此构建每种类型的能耗模型。应用层作为生产企业在实际产品加工过程中产品碳足迹分析与技术的集成平台,其中包括用户管理、数据管理、本体处理和碳足迹管理功能模块。

在该技术框架中,本体层产品碳足迹领域本体的构建与模型层产品碳足迹能耗模型的构建将是本文重点研究内容。

2 产品碳足迹领域本体的构建

碳足迹领域本体为产品碳足迹提供了共享概念及关系,将产品碳足迹领域中的各种概念及概念间的相互关系显性地、形式化地表达出来,以解决不同信息系统中产品碳足迹信息在语义描述上不一致的问题。为实现产品碳足迹领域本体的标准化,文中采用PAS2050、ISO14067等相关国际碳排放标准指导本体的构建。产品碳足迹领域本体主要包含以下概念及其关系:

1) 制造对象类(manufacturing object)。表达客观存在的实体,以按最终的机械加工产品考虑,其中包括部件碳足迹子类及零件碳足迹子类。产品碳足迹能耗可由组成其零件碳足迹累加而得。其子类具有时间独立性的属性与特征集合,其中的特征决定了其所需的制造方法及加工设备,工艺规程确定后,可进行制造时间的核算。

2) 制造方法类(manufacturing methods)。表达产生产品碳足迹的机械加工制造过程,包含铸造、锻造、冲压、机械加工、热处理及装配等工艺过程子类。这些工艺过程分别对应各自的碳足迹影响因素及计算方法。

3) 制造资源类(manufacturing resources)。表达与产品碳足迹相关的制造资源,主要包括加工设备和工艺装备子类。加工设备有机床子类,具有明确的电动机功率等能耗属性。工艺装备包括刀具、测量工具等子类。

4) 制造时间类(manufacturing time)。表达产品制造工艺过程中的时间定额。产品碳足迹与时间定额密切相关。主要包括基本时间、辅助时间等子类。基本时间表达产品在机械加工过程中主要的切削时间;辅助时间表达机床开启与停止、改变切削量等时间。

根据上述产品碳足迹语义模型,采用 protégé 七步法,自上而下依次构建产品碳足迹本体,如图2所示,并对其进行了一致性检查与修正。

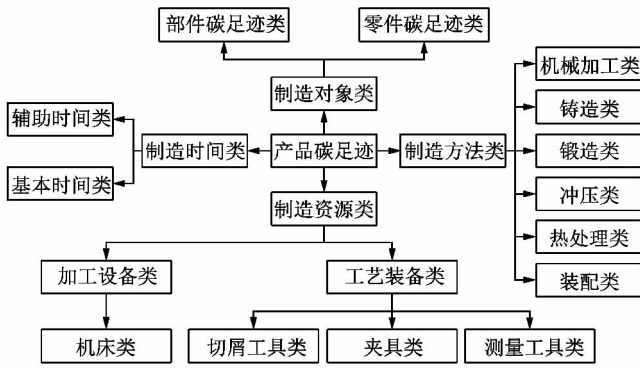


图2 产品碳足迹本体

Figure 2 Product carbon footprint ontology

3 产品碳足迹能耗模型的构建

3.1 产品碳足迹边界分析

对生产车间实际产品加工过程中碳足迹进行计算,前提是确定其量化边界。产品加工过程中碳足迹的产生一般具有间接性。对产品碳足迹能耗的计算,实际上是对产品加工过程中间接产生的碳足迹的核算。产品碳足迹边界的分析如图3所示。

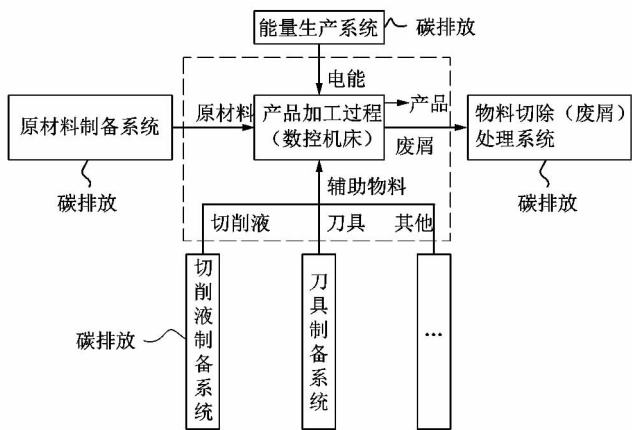


图3 机械加工过程产品碳足迹边界

Figure 3 Carbon footprint boundary of mechanical process products

从图3的对产品加工过程中碳足迹边界分析可知,产品碳足迹具有多源性特征,据此可分为:由消耗原材料而产生的物料碳排放,由消耗电能而产生的电能碳排放,由消耗辅助物料而产生的刀具碳排放、切削液碳排放,以及对产品废屑处理而产生的废屑碳排放。

3.2 产品碳足迹能耗模型构建

根据以上分析,产品碳足迹能耗主要包括物料碳

排放 C_m , 电能碳排放 C_e , 刀具碳排放 C_t , 切削液碳排放 C_c 以及废屑碳排放 C_a , 产品碳排放计算

$$C_p = C_m + C_e + C_t + C_c + C_a. \quad (1)$$

3.2.1 物料碳排放 C_m 计算

机械产品加工过程,实际上是根据不同的产品加工工艺要求对原材料或坯料不断切除多余物料的过程,最终产生符合实际加工要求的产品。物料碳排放就是在机床切削过程中所产生的碳排放。因此,物料碳排放主要考虑切削过程中切除物料所产生的碳排放。物料碳排放计算如式(2)所示:

$$C_m = F_m \times M_m. \quad (2)$$

式中: M_m 是产品加工所产生的切除物料的质量, kg; F_m 是物料碳排放因子, kg/kg。

切除物料 M_m 采用理论计算方法确定, 如式(3)所示:

$$M_m = Q \times t_c \times \rho / 10^6. \quad (3)$$

式中: Q 是材料切削率, mm^3/s ; t_c 为工件切削时间, s; ρ 是材料密度, g/cm^3 。

对于材料切削率 Q , 由式(4)可得

$$Q = 1\,000 \cdot v_c \cdot a_p \cdot f. \quad (4)$$

式中: v_c 是切削速度, m/s ; a_p 为背吃刀量, mm ; f 是进给量, mm/r 。

对于切削时间 t_c , 采用理论计算方法确定, 可得

$$t_c = \frac{\pi D_i L_i \Delta}{1\,000 \cdot v_c \cdot f \cdot a_p}. \quad (5)$$

式中: D_i 为工件直径, mm ; L_i 为工件加工长度, mm ; Δ 为工件加工余量, mm 。

3.2.2 电能碳排放 C_e 计算

在产品加工过程中, 由于消耗电能而产生的碳足迹

$$C_e = F_e \cdot E_e. \quad (6)$$

式中: E_e 是在产品加工过程所消耗的全部电能, kWh ; F_e 是电能碳排放因子, kg/kWh 。

产品从毛坯到成品整个加工时间段中, 产品的加工状态可分为实际切屑状态与机床空载状态, 在由机床空载状态转变为实际切削状态时会产生附加载荷损耗功率。据此分析, 产品加工过程总功率 P_e 由实际切削功率 P_c 、机床空载功率 P_u , 以及附加载荷功率 P_a 3 部分组成。

$$P_e = P_c + P_u + P_a. \quad (7)$$

由于产品加工过程中, 各部分功率由于切削力变化、电压波动等因素影响, 处于动态变化之中。因此, 根据功率方程(7)可得到基于产品加工时间对各部分

功率的产品加工过程能量积分方程:

$$E_e = \int_0^{t_a} P_e dt = \int_0^{t_c} P_c dt + \int_0^{t_i} P_u dt + \int_0^{t_c} P_a dt。 \quad (8)$$

式中: t_a 为机床运行总时间, s; t_i 为机床空载时间, s。

当产品处于切削过程中, 机床主轴一般以固定转速、进给量、切削速度进行加工, 负载稳定。此时产品加工时的总输入功率、实际切削功率、机床空载功率及附加载荷功率均为恒定值, 因此, 能量微分方程(8)可转化为:

$$E_e = P_e t_a = P_c t_c + P_u t_i + P_a t_c。 \quad (9)$$

在实际加工过程中, 各部分功率可由功率测试仪器测得, 各部分加工时间可由实际加工情况和公式(5)计算得到。

3.2.3 刀具碳排放 C_i 计算

产品的切削加工过程中, 刀具至关重要。由刀具产生的碳排放相对较少, 对刀具碳排放的计算, 采用按产品加工时间占刀具寿命的比重折算分配的方法。

$$C_i = \frac{t_c}{T_i} \cdot F_i \cdot W_i。 \quad (10)$$

式中: T_i 为刀具寿命, s; F_i 为刀具碳排放因子; W_i 为刀具质量, kg。

刀具寿命 T_i 是指刀具从开始切削直至磨损到不能投入使用所经历的切削时间, 即:

$$T_i = \frac{C_T}{v_c^m f^n a_p^k}。 \quad (11)$$

式中: C_T 是与切屑工件相关的系数; m, n 和 k 是与工件材料和刀具材料相关的系数。实际刀具寿命计算时, 各系数难以准确判断, 在本文中刀具寿命参考刀具生产厂家的性能指标。

3.2.4 切削液碳排放 C_c 计算

切削液碳排放主要由 2 部分组成, 一部分产生自工件切削阶段, 另一部分产生于废液处理阶段。切削

液的使用伴随工件加工的整个过程, 因此, 切削液使用的时间包括机床空载时间和工件实际切削时间。切削液碳排放的计算公式为

$$C_c = \frac{1}{N_Q} \cdot t_a \cdot B_c \cdot (\delta \cdot F_{q1} + F_{q2})。 \quad (12)$$

式中: N_Q 为切削液更换周期; B_c 为切削液流量; δ 是切削液质量浓度, g/mL; F_{q1} 和 F_{q2} 分别为工件切削阶段和废液处理阶段的碳排放因子, kg/L。

3.2.5 废屑碳排放 C_a 计算

机床切屑加工产生的废屑经收集压块后, 对其进行回炉处理, 节约资源, 以便再利用。在此过程中产生的废屑碳排放为

$$C_a = F_a \times M_m。 \quad (13)$$

式中: F_a 是废屑碳排放因子, kg/kg; M_m 是产品加工所产生的切除物料的质量, kg。

4 实验研究

为验证本文所提方法的可用性, 笔者以 Pro/E NC 数控加工系统为例, 选用 $\varnothing 40 \times 195$ mm 的铝材毛坯件, 采用 CAK3665di 型号的数控机床进行加工。以图 4 所示的工件为加工实例对象, 对毛坯件到成品的整个加工过程中的产品碳排放情况进行研究。

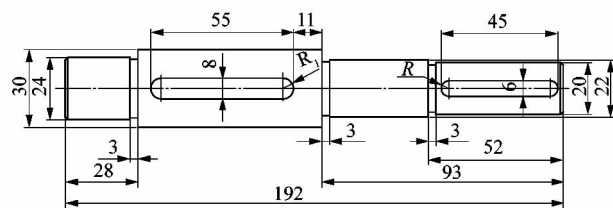


图4 工件实例图

Figure 4 Figure of artifact instance

上述工件实例在加工过程中, 工艺信息如表 1 所示。

表1 工件加工工艺

Table 1 Process of the artifact

工步号	工步内容	主轴转速/ (r · min ⁻¹)	进给速度/ (mm · min ⁻¹)	背吃刀 量/mm	加工时 间/min	输入功 率/W	空载功 率/W	刀具规格	刀具号	机床型号
1	车右端面	500	75	1.50	0.2	1 100	450	90°外圆车刀	T01	CAK3365di
2	粗车外圆	500	75	1.50	20.0	1 200	450	90°外圆车刀	T01	CAK3365di
3	精车外圆	800	80	0.30	8.0	1 800	500	90°外圆车刀	T01	CAK3365di
4	倒角	800	80	0.15	0.1	1 800	500	90°外圆车刀	T01	CAK3365di
5	切槽	400	20	0.30	1.0	1 000	350	90°外圆车刀	T02	CAK3365di
6	车左端面	500	75	1.50	0.2	1 100	450	90°外圆车刀	T01	CAK3365di
7	粗车外圆	500	75	1.50	21.0	1 200	450	90°外圆车刀	T01	CAK3365di
8	精车外圆	800	80	0.30	2.0	1 800	500	90°外圆车刀	T01	CAK3365di
9	倒角	800	80	0.30	0.1	1 800	500	90°外圆车刀	T01	CAK3365di
10	切槽	400	20	0.30	0.5	1 000	350	90°外圆车刀	T02	CAK3365di

Pro/E NC 信息系统中,产品工艺数据存在 XML 格式的文件中,其中包含以上产品加工过程中所有碳足迹信息。通过该数据源文件进行结构提取与数据迁移,将其转换成碳足迹局部本体。根据课题组已有语义相似度算法^[9]的研究,对碳足迹局部本体和领域本体进行本体映射,从而生成碳足迹目标本体,利用 Jena 本体解析工具,从目标本体中提取出碳足迹数据。

根据从 Pro/E 信息系统目标本体中提取出的相关碳足迹数据,分类对碳足迹进行计算。

1) 物料碳排放

由于实验材料为铝材,铝材物料碳排放因子为 1.63 kg/kg。在整个加工过程中,实际所用切削时间为 5 400 s,切除的物料为切削过程中不同工步切削物料的总和。由切除物料计算公式可得:

$$M_m = 1\,000 \times v_c \times a_p \times f \times t_c \times \rho \times 10^{-6} = 0.206 \text{ kg}。$$

因此,物料碳排放为:

$$C_m = F_m \times M_m = 1.63 \times 0.206 = 0.336 \text{ kg}。$$

2) 电能碳排放

根据上文所述,电能碳排放因子^[11]选择全国平均值 0.674 7 kg/kWh。由功率平衡方程和电能碳排放模型可得

$$C_e = F_e \times (P_c t_c + P_u t_i + P_a t_c) = 0.674\,7 \times [(1.4 \times 1.1) + (0.45 \times 0.4) + (0.1 \times 1.1)] = 1.235 \text{ kg}。$$

3) 刀具碳排放

刀具碳排放因子为 29.6 kg/kg,根据刀具碳排放公式计算得:

$$C_t = \frac{t_c}{T_1} \cdot F_t \cdot W_t = 0.102\,5 \text{ kg}。$$

4) 切削液碳排放

本文切削液以水基切削液为主,在工件切削阶段时,切削液碳排放因子选择 2.85 kg/L,在废液处理阶段,切削液碳排放因子选择 0.2 kg/L。切削液碳排放计算结果为:

$$C_c = \frac{1}{N_Q} \cdot t_a \cdot B_c \cdot (\delta \cdot F_{q1} + F_{q2}) = 0.129 \text{ kg}。$$

5) 废屑碳排放

铝材废屑碳排放因子选择 0.256 kg/kg,产品加工所产生的切除物料的质量为 0.041 2 kg,故废屑碳排放为:

$$C_a = F_a \times M_m = 0.256 \times 0.041\,2 = 0.041\,5 \text{ kg}。$$

通过以上计算分析,在产品加工过程中,产品碳排放总量为 1.844 kg。如图 5 所示,由消耗电能产品的碳排放量比重最大,主要跟切削加工时不同的主轴转

速和切削速度有关。其次为物料碳排放,主要与铝材制备时的高耗能有关。刀具碳排放和切削液碳排放相对较小,与更换周期内的加工时间相关。废屑碳排放量最少。通过对产品碳足迹能耗的计算与分析,证明了笔者所提方法的可用性。

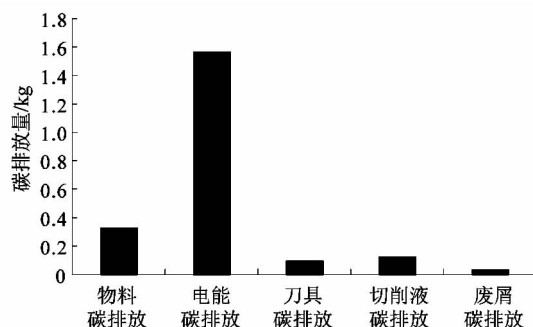


图 5 产品加工过程各类碳排放比较

Figure 5 Comparison of carbon emission in manufacturing process

5 原型系统开发

根据文中提出的技术体系框架,采用 Java 语言,结合使用 JSP/Servlet、MySQL 数据库技术及 Struts、Hibernate 和 Spring 框架,通过 Eclipse 集成开发环境,开发了一个原型系统——基于本体的产品碳足迹分析与计算平台。该平台主要包括用户管理、数据管理、本体处理和碳足迹管理 4 个核心模块,为产品碳足迹信息提供了一个计算和管理工具,帮助企业对产品节能减排进行科学决策与管理。

6 结语

针对制造企业生产车间产品碳足迹计算的问题,课题组提出了一种基于本体和信息系统的产品碳足迹计算方法,主要包括:构建了产品碳足迹领域本体,实现了局部本体与领域本体之间的映射与本体解析;通过分析产品加工过程中碳足迹边界,分类构建了产品碳足迹能耗模型。通过具体实例分析,验证了该方法的有效性。最后根据技术框架开发了一个原型系统。下一步工作是对产品碳足迹能耗模型进行优化,提高产品碳足迹计算的准确性。

参考文献:

- [1] GARCIA R, FREIRE F. Carbon footprint of particleboard: a comparison between ISO/TS 14067, GHG protocol, PAS 2050 and climate declaration[J]. Journal of cleaner production, 2014, 66: 199-209.
- [2] 徐兴硕. 产品低碳设计研究现状与发展趋势[J]. 计算机集成制造系统, 2016, 22(7): 1609-1618.

- [3] 杨传明. 复杂产品碳足迹结构元规划方法研究[J]. 科学技术与工程, 2015, 15(7): 187.
- [4] SONG J S, LEE K M. Development of a low-carbon product design system based on embedded GHG emissions [J]. Resources, conservation and recycling, 2010, 54(9): 548.
- [5] HE Bin, WANG Jun, HUANG Shan, et al. Low-carbon product design for product life cycle [J]. Journal of engineering design, 2015, 26(10/11/12): 322.
- [6] 孙良峰, 袁乐鑫, 张树有, 等. 面向低碳化设计的复杂装备碳排放分层递阶模型[J]. 计算机集成制造系统, 2012, 18(11): 2382.
- [7] ZHANG Guitao, ZHONG Yongguang, SUN Hao, et al. Multi-period closed-loop supply chain network equilibrium with carbon emission constraints [J]. Resources, conservation and recycling, 2015, 104: 355.
- [8] HACHEROUF M, BAHLOUL S N, CRUZ C. Transforming XML documents to OWL ontologies: a survey [J]. Journal of information science, 2015, 41(2): 242–259.
- [9] LÜ Yan, PANETTO H, NI Yihua, et al. Ontology alignment for networked enterprise information system interoperability in supply chain environment [J]. International journal of computer integrated manufacturing, 2013, 26(1/2): 140–151.
- [10] LÜ Yan, NI Yihua, ZHOU Hanyu, et al. Multi-level ontology integration model for business collaboration [J]. The international journal of advanced manufacturing technology, 2016, 84(1/2/3/4): 448.
- [11] 李聪波, 崔龙国, 刘飞, 等. 基于广义边界的机械加工系统碳排放量化方法[J]. 计算机集成制造系统, 2013, 19(9): 2230.

(上接第 95 页)

曲线和卡爪与工件之间的接触力曲线, 结果表明 2 种情况下卡爪均能快速夹紧和带动工件回转, 均能快速地与工件脱开。该夹头能够满足预期设计需求。

参考文献:

- [1] 郭静静, 左旭芬. 卡盘自动夹紧头架的结构设计及分析[J]. 精密制造与自动化, 2014(1): 21–24.
- [2] 白井英治, 高希正, 刘德忠. 切削磨削加工学[M]. 北京: 机械工业出版社, 1982.
- [3] 王龙山, 李国发. 磨削过程模型的建立及其计算机仿真[J]. 中国机械工程, 2009, 13(1): 3–3.
- [4] 杨刚, 杜长龙, 韩正铜. 外圆磨削强化技术及其磨削力的研究[J]. 机械设计与制造, 2008(12): 88–90.
- [5] 徐芳, 周志刚. 基于 ADAMS 的凸轮机构设计及运动仿真分析[J]. 机械设计与制造, 2007(9): 78–80.
- [6] 陈华峰. ADAMS2012 虚拟样机技术从入门到精通[M]. 北京: 清华大学出版社, 2013: 1–444.
- [7] 何大志, 张岚, 潘毓学, 等. 离合器从动盘轴向压缩仿真试验分析[J]. 机械设计与研究, 2009, 25(3): 71–74.
- [8] 浙江大学台州研究院. 外圆磨床自动夹紧和松开圆形工件的夹具: CN202344392U [P]. 2012-07-25.
- [9] 合肥华兴机械人有限公司. 一种外圆磨床自补偿式浮动三爪动力卡盘: CN105881205A [P]. 2016-12-07.
- [10] 曲秀全, 陆念力. 一种新型模块式低副单向超越离合器[J]. 机械工程学报, 2004, 40(1): 195–198.

[信息·简讯]

· 行业简讯 ·

西门子携手惠州推动两化融合和产业转型升级

西门子于 2018 年 7 月 24 日与惠州市政府签署战略合作框架协议, 将在智能制造、职业教育、智慧交通及绿色城市等领域与惠州市开展全面合作, 助力惠州提升工业自动化和信息化应用水平, 推动两化融合以及产业转型升级。这是西门子继与广东省签署全面战略合作框架协议后, 进一步深化和落实与广东省各级城市全面合作的又一重要举措。

根据框架协议, 西门子将与惠州加强在智能制造示范项目和创新平台的深度合作, 积极推动新能源汽车电池相关研发和智能制造项目, 探讨数字化工厂领域的本地化合作以及高技能人才培养。双方将积极开展职业教育领域合作, 共建“惠州市技师学院—西门子智能制造产教中心”, 助力相关学科专业及人才培养。同时, 通过打造智慧交通综合平台和具有世界先进水平的智能城市轨道交通网络体系, 西门子将积极参与与惠州打造成为国内智慧交通乃至智慧城市建设的典范。此外, 西门子将利用其全球最新开发的“绿色城市发展评估工具(CyPT-Air)”和“绿色城市数字化平台”等技术优势和国内外城市发展的经验, 支持惠州建立全面的空气质量综合管理和响应管理平台, 提升城市的综合竞争力和对人才的吸引力。

(刘娟娟)