

基于可配置模板的产品设计知识多维度表达方法

明振军, 阎艳, 王国新

(北京理工大学 机械与车辆学院, 北京 100081)

摘要: 为解决产品设计知识多维度分类体系中的知识表达问题,研究了可配置模板的构建技术,实现了基于可配置模板的产品设计知识多维度表达。首先,在考虑设计知识动态演化特性的前提下,给出了可配置模板的定义,然后建立了包括模板构建流程、模板实例化在内的可配置知识模板构建方法。通过支持自定义的树结构,构建了设计知识多维度视图模型。多维度视图模型通过引用模板,使得根据不同模板实例化的知识关联到对应的视图节点之下,实现了产品设计知识的多维度表达。基于该方法开发的软件系统在航天、船舶等企业进行了应用,验证了该方法的可行性和有效性。

关键词: 产品设计知识; 动态演化; 知识模板; 可配置; 多维度

中图分类号: TP 39 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-0645(2014)09-0917-06

Multi-Dimensional Representation for Product Design Knowledge Based on Configurable Knowledge Template

MING Zhen-jun, YAN Yan, WANG Guo-xin

(School of Mechanical Engineering, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

Abstract: A configurable template base method was proposed to solve the problem in multi-dimensional representation of product design knowledge. Firstly, considering the dynamic evolution of design knowledge, the definition of configurable knowledge template was presented. Then, the construction process of configurable knowledge template was described, including template building process and template instantiation. Then a multi-dimensional knowledge representation model was created through a customizable tree structure in which knowledge template was cited, and thus the template instances were clustered to the referenced node. A software system based on this method is applied in several enterprises in aerospace and shipbuilding industries. The feasibility and effectiveness of this method is validated.

Key words: product design knowledge; dynamic evolution; knowledge template; configurable; multi-dimensional

现代产品设计的跨学科、跨专业、跨部门、复杂且高度迭代的特点导致设计知识存在形式松散,缺乏系统化的组织和重用。设计人员需要花费大量精力去定位所需要的知识。因此,需要建立一种能够全面展示知识且满足设计人员对于个性化知识需求的知识组织形式,以辅助设计人员进行快速设计。

多维度的分类体系能够支持知识被快速地发现,是一种有效的知识组织形式。研究者对产品设计知识进行了多维度分类,但并没有解决具体设计知识在多维度分类体系中的表达问题^[1-3]。多维度分类体系中,维度节点间与知识种类多对多关系的表达需要一种根据知识结构相似性进行归类的工

收稿日期: 2013-06-17

基金项目: 国家部委基金资助项目(A2220110001; A2220133001)

作者简介: 明振军(1988—),男,博士生, E-mail: mingzhenjun880815@163.com.

通信作者: 阎艳(1967—),女,教授,博士生导师, E-mail: yanyan331@bit.edu.cn.

具. 模板技术是基于事物相似性和设计方法复用原理的技术^[4], 是解决知识归类问题的有效途径. 有研究者提出并构建了面向重用的知识模板, 用于复杂产品的设计过程, 但主要侧重于知识的应用层面, 很少涉及知识本质结构的描述及其存储方式, 并不能解决知识归类的问题^[5-7].

本文在从知识存储角度对知识模板进行了重新定义, 并为适应设计知识动态演化特点进一步提出了可配置知识模板的概念, 描述了可配置知识模板的构建方法, 基于可配置知识模板实现知识的归类. 构建了多维度视图的结构模型, 通过引用知识模板的方式, 实现了产品设计知识的多视图表达.

1 可配置知识模板的构建方法

1.1 可配置知识模板的定义

1.1.1 知识模板

知识模板是一种能够描述某一类型知识的结构, 确定其在计算机中存储方式以及展示方法的工具, 它由一个定义了该类型知识区别于其他类型知识的属性集构成. 知识模板可表示为 $T = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$, 式中 T 为知识模板, $p_i (i=1, 2, \dots, n)$ 为知识模板的属性. 一类知识的结构可以由一个拥有 n 个属性的知识模板进行表征, n 为常数, 由知识类型而定. 知识模板属性 p_i 包含属性名称和属性特征, 可表示为 $p_i = (n_i, f_i)$, n_i 为属性名称, f_i 为属性特征. 属性特征决定了属性的存储方式以及展示方法, 一般包括数字、单行文本、时间、多行文本、图片、文件、视频、音频、表格等. 可用同一知识模板表征的具体知识称为该模板的知识实例, 知识模板与知识实例的关系如图1所示.

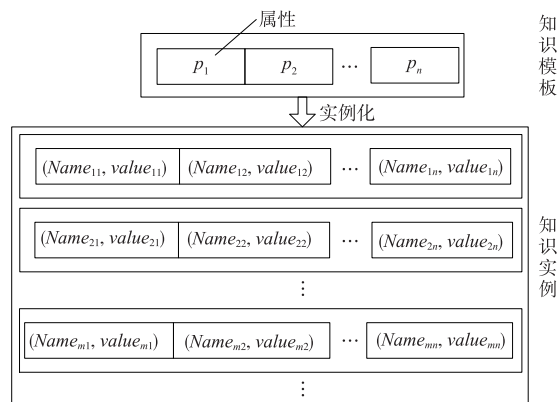


图1 知识模板与知识实例的关系

Fig. 1 Relationship between knowledge template and knowledge instance

知识实例的内容与模板属性一一对应, 可表示为

$$KI = \{(name_1, value_1), (name_2, value_2), \dots, (name_n, value_n)\},$$

式中: $name_i$ 为属性名称; $value_i$ 为属性值.

1.1.2 可配置知识模板

知识模板能够描述知识结构, 不同种类的产品设计知识可以通过知识模板进行定义. 设计知识具有动态演化的特点, 其结构可能会在未来发生变化. 为适应这种变化, 文中提出了可配置知识模板的概念, 使得知识结构的构建具有柔性. 可配置知识模板的属性具有可配置性, 其结构由预先定义的属性特征自由组合而成. 可配置性体现在以下4个方面:

- ① 属性数量可配置. 允许对知识模板属性的数量进行动态增减, 增加或删除属性;
- ② 属性名称可配置. 允许对知识模板属性名称进行动态修改;
- ③ 属性特征可配置. 允许对知识模板属性特征进行动态修改, 如文件、数字、表格等特征可以任意切换;
- ④ 特征顺序可配置. 允许对各属性特征的排列顺序进行动态调整.

可配置模板的属性特征决定其存储方式, 所以属性配置完成后其用户接口也随之配置完成.

1.2 可配置知识模板的构建

1.2.1 可配置知识模板的构建流程

可配置知识模板的构建涉及4个要素: 属性特征表、知识类别、模板和用户接口. 属性特征表定义了模板构建能够选择的特征范围, 包括数字、文本、时间、图片、文件、视频、表格等. 知识类别指已进行类别划分、需要进行模板配置的知识种类. 模板指根据知识类别的结构从属性特征表配置生成的对象, 它们将会存储于模板库中. 用户接口是根据模板结构自动生成的知识录入、编辑和展示的界面. 可配置知识模板的构建共分为3个步骤:

步骤1 配置模板结构. 根据知识的结构(属性集), 从属性特征表中引用相应的属性特征.

步骤2 生成模板. 将知识属性名称及其引用的属性特征编号绑定, 组成“名称-类型”序列并生成知识模板. 生成的模板将会存储于模板库中.

步骤3 自动生成用户界面. 根据模板对应的“名称-类型”序列, 自动生成图形化的知识录入、编辑以及展示界面.

1.2.2 可配置知识模板实例化

模板实例化是根据模板生成知识实例并进行存储的过程,本文将以设计参数模板为例描述该过程.针对一张罗列了不同类型的车辆参数对应其冷却系统风扇所受风道空气总阻力的表格,图 2 给出了通过已配置好的设计参数模板,实例化成一条知识并存储与数据库中的具体过程.

步骤 1 调出“名称-类型”序列. 根据模板编号从模板库中调出相应的“名称-类型”序列.

步骤 2 自动生成用户接口,录入数据. 根据设计参数模板的“名称-类型”序列生成相应的录入表单,构成该表单的控件与模板属性特征一一对应.在控件中输入数据并提交到系统后台进行处理.

步骤 3 数据整合. 系统后台接收到数据后,首先在知识实例表中为该模板生成一个实例的编号(ID),然后根据模板的属性在属性值表中,依次为存储该模板实例属性内容生成属性值编号. 知识实

例的属性中可能包含了多种格式的数据,包括文本、数字、时间、文件、表格数据等. 为了能够对这些数据进行统一存储,存储前需要进行统一的格式转化. 本文通过字符格式对这些数据进行存储. 对于文本、数字类型的数据,直接转化为字符进行存储;对于文件类型的数据,将其路径转化为字符进行存储;对于表格类型的数据,先序列化为 JSON (JavaScript serialized object notation) 格式的字符串,再进行存储. JSON 是一种旨在实现数据交换的人类可读性(human-readable)、基于文本的开放式标准,它源自于 JavaScript 脚本语言,用于描述简单的数据结构和关联数组,对很多语言都有解析器^[8-9]. JSON 以其轻量级的特点,在数据存储和传输中具有独特的优势^[10].

步骤 4 将整合后的数据存入知识实例数据库.

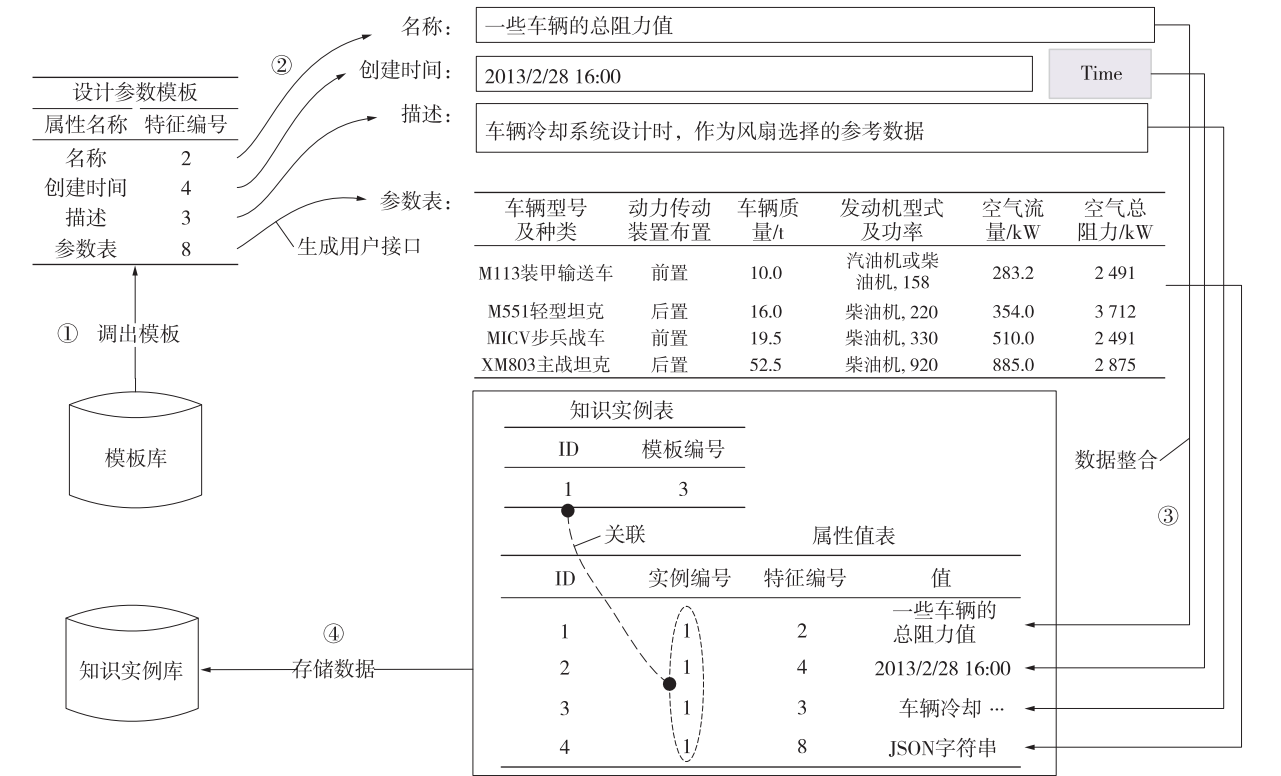


图 2 模板实例化过程
Fig. 2 The instantiation process of template

2 基于可配置模板的产品设计知识多维度表达方法

2.1 设计知识的多维度视图模型构建

知识可能同时具有多个维度的属性. 例如一篇

关于警戒雷达伺服机械传动装置动力学分析的文档,在知识类型维度中属于文档类,在专业维度中属于雷达通信类,在产品维度中属于警戒雷达,在设计过程维度中属于仿真分析,在项目维度中属于工程研制阶段. 为了使设计人员能够快速地获取到需要

的知识,需要通过构建多维度视图模型,实现对于设计知识的有效组织. 在该模型中,知识同时具有多个维度的属性标签,设计人员可以从多个渠道检索知识,加快了知识的获取效率. 如图 3 所示,左侧是一个进行了多维度划分的分类体系,顶层是一个产品设计知识总的根节点,第二层是多维度分类节点层(设计人员可见的顶层视图),以下各层是每个维度下知识细分的层次结构. 为了使多维度视图支持

用户自定义以及动态修改,使用树形结构对多维度视图的层次关系进行表达,并将此树结构用一张数据库表在关系型数据库(如 oracle)中进行存储,如图 3 右侧所示. 数据表包含的字段有节点编号,节点名称,父亲节点以及节点层级. 其中父亲节点字段存储了上下两层节点的关系,而节点层级字段存储了某一节点距离根节点的“深度”. 用户可以对多维度分类体系中的节点进行增、删、改、查等操作.

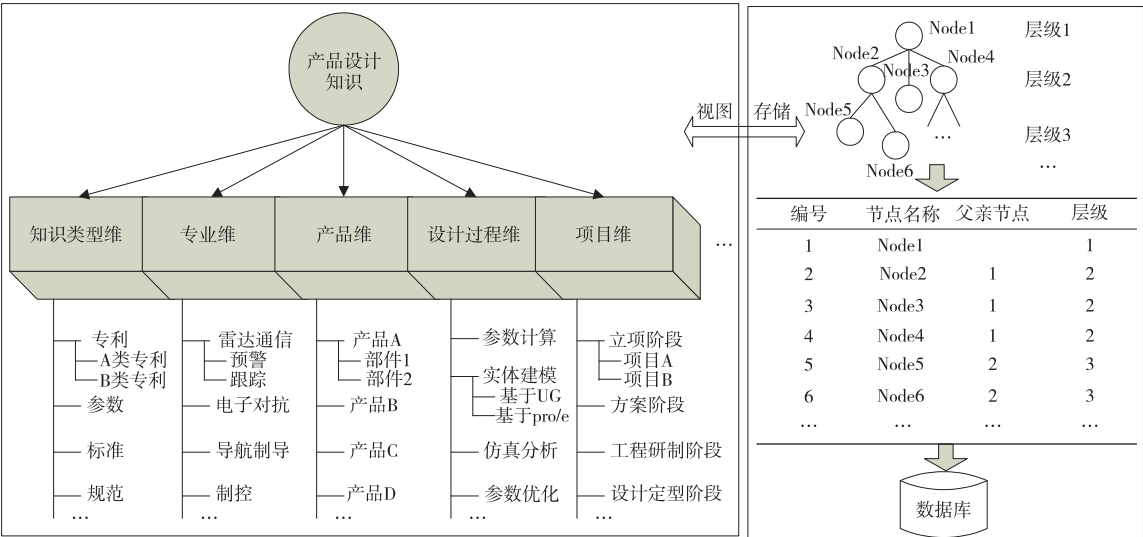


图 3 可自定义的设计知识多维度视图模型

Fig. 3 The customizable multi-dimensional representation model for design knowledge

2.2 多维度视图与知识模板的关联

在多维度的分类体系下,维度节点与知识类型之间存在多对多的关系. 例如,项目维度下,立项阶段可能需要参考以往项目所积累的一些设计知识,如设计原理、标准、案例等,也就是说立项阶段节点同时对应了设计原理、标准、案例等类型的知识. 而 2.1 节中提到的关于警戒雷达伺服机械传动装置动力学分析的文档,同时对应了同时具有 5 个维度的

属性. 对于这种多对多关系,本文通过维度节点引用知识模板的方式进行表达.

在多维度视图中,各个节点对应的知识类型不尽相同,需要从模板库中调出所有模板,选择其中一个或多个进行引用. 视图节点与知识模板之间的引用关系通过一张记录节点与模板序列配对关系的数据库表进行存储,以支持用户对这种引用关系的创建与修改,如图 4 所示.

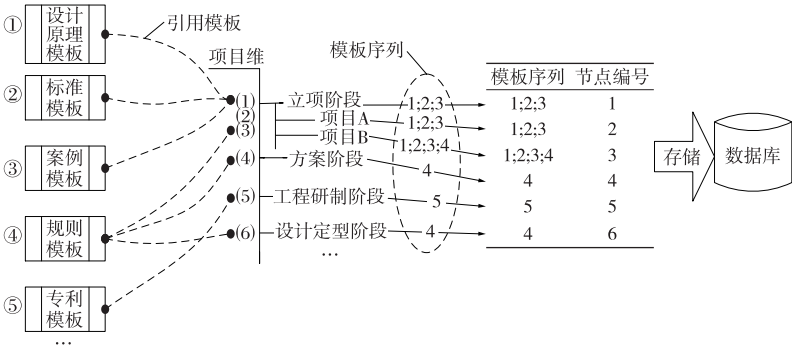


图 4 多维度视图与模板关联

Fig. 4 The link between multi-dimensional representation model and template

每一个视图节点都有一个模板序列,该序列记录了节点所引用的所有知识模板的编号。在节点的层级结构中,处于下一层级的节点自动继承其父亲节点的模板序列。立项阶段节点下的两个子节点项目A和项目B的模板序列分别为1;2;3和1;2;3;4,其中序列1;2;3均继承于其父亲节点,而4则只属于项目B,这反映了上下层级之间继承与多态的关系。视图节点对应的模板序列决定了对其贡献知识时的知识类型,以及通过它所能定位到的知识实例类型。

3 应用实例

根据上述对可配置知识模板以及设计知识多维

度视图表达的研究,在Eclipse 3.6环境中,运用Java、XML、JavaScript语言开发了基于B/S(Browser/Server,浏览器/服务器)结构的知识管理系统,并在航天、船舶等企业进行了应用。

知识管理系统的用户界面如图5所示。界面的左侧是功能面板,包括知识多维度视图、知识库管理、个人空间和系统管理。多维度视图提供知识导航的功能;知识库管理提供模板构建以及多维度视图构建的环境;个人空间为所有的用户提供知识贡献、收藏、分享等功能;系统管理提供用户、角色及权限管理功能。右侧是一个知识实例列表。在多维视图图中,用户可以通过不同的维度快速、准确地定位到目标知识,目标知识将在知识实例表中进行显示。

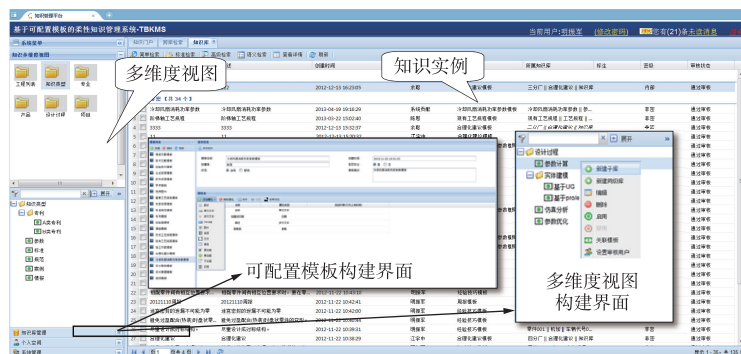


图5 系统门户界面

Fig. 5 System portal interface

应用结果表明,由于知识模板的可配置性,使得企业能够根据自身情况灵活地配置出多种相应的知识结构类型,并能够随着产品及知识结构的动态演化做出及时的调整;多维度视图从多个角度对产品设计知识进行了全面的展示,为设计人员获取知识提供了多种渠道,有利于提高设计效率;多维度视图与知识类型之间是一种可配置的多对多关联关系,使得企业在对知识进行组织与管理过程中具有很大的柔性。

4 结束语

针对产品设计知识多维度分类体系中的知识表达问题,在考虑知识动态演化特性的前提下,提出了可配置知识模板的概念,并阐述了可配置知识模板的构建方法。基于本文提出的方法,设计开发了软件系统并在多家单位进行了实施,实际应用表明,基于可配置模板的知识管理系统使得企业在进行设计知识组织与管理过程中具有极大的灵活性,设计知识的多维度视图表达能够帮助设计人员快速地获取

知识,从而提高设计效率。

参考文献:

- [1] Chandrasegaran S K, Ramani K, Sriram R D, et al. The evolution, challenges, and future of knowledge representation in product design systems [J]. Computer Aided Design, 2013, 45(2): 204 - 228.
- [2] 马雪芬,戴旭东. 支持产品现代设计的六维度设计知识分类体系与知识建模研究[J]. 机械设计与制造, 2010(9): 239 - 241.
Ma Xuefen, Dai Xudong. Study on design knowledge taxonomy and model [J]. Machinery Design & Manufacture, 2010(9): 239 - 241. (in Chinese)
- [3] 王克勤,同淑荣. 产品设计知识分类及知识供应研究[J]. 机械科学与技术, 2008, 27(12): 1655 - 1659.
Wang Keqin, Tong Shurong. On classification and supply of product design knowledge [J]. Mechanical Science and Technology for Aerospace Engineering, 2008, 27(12): 1655 - 1659. (in Chinese)
- [4] 陆长明,蒋建东,张立彬. 基于模板的小型农业作业机产

- 品信息模型研究[J]. 计算机集成制造系统, 2008, 14(6):1101-1105,1147.
- Lu Changming, Jiang Jiandong, Zhang Libin. Template-based product information model of small agricultural machinery [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2008, 14(6): 1101 - 1105, 1147. (in Chinese)
- [5] 石明,朱程荣,黄珊. 基于知识模板的产品建模方法[J]. 计算机辅助工程, 2011, 20(2):32-38.
- Shi Ming, Zhu Chengrong, Huang Shan. Product modeling method based on knowledge template [J]. Computer Aided Engineering, 2011, 20(2):32-38. (in Chinese)
- [6] 屠立,张树有,陆长明. 基于知识模板的复杂产品设计重用方法研究[J]. 计算机集成制造系统, 2009, 15(6): 1041-1048.
- Tu Li, Zhang Shuyou, Lu Changming. Design reuse method of complex product based on knowledge template [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2009, 15(6):1041-1048. (in Chinese)
- [7] 史华杰,张定华,汪文虎,等. 涡轮叶片精铸模具知识模板构建及应用[J]. 航空制造技术, 2009(4):81-85,89.
- Shi Huajie, Zhang Dinghua, Wang Wenhui, et al. Construction and application of knowledge template for turbine blade mould [J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2009(4):81-85,89. (in Chinese)
- [8] Dunlu P, Lidong C, Lidong C. Using JSON for data exchanging in web service applications [J]. Journal of Computational Information Systems, 2011, 16(7): 5883-5890.
- [9] Fang H, Chen J, Xu B. The interaction mechanism based on JSON for android database application [J]. Information Technology Journal, 2013, 12(1):224-228.
- [10] Ying M, Miller J. Refactoring legacy AJAX applications to improve the efficiency of the data exchange component [J]. Journal of Systems and Software, 2013, 86(1):72-88.
- (责任编辑:孙竹凤)

(上接第916页)

- [2] Sheng Shuizhang. The effect of the charging protocol on the cycle life of a li-ion battery [J]. Journal of Power Source, 2006, 161:1385-1391.
- [3] 孔令丽,高俊奎. 锂离子电池用低温电解液的研究[J]. 电源技术, 2007, 31(9):747-750.
- Kong Lingli, Gao Junkui. Research on low temperature electrolyte for li-ion batteries [J]. Chinese Journal of Power Sources, 2007, 31(9):747-750. (in Chinese)
- [4] 付庆茂,文钟晟. 锂离子电池低温性能研究[C]//第十二届中国固态离子学学会会议论文集. 苏州: [s. n.], 2004.
- Fu Qingmao, Wen Zhongsheng. A study on the low-temperature performance of lithium-ion battery [C] // Proceeding of the twelfth Chinese Solid-State Ionic Association, Suzhou, China: [s. n.], 2004. (in Chinese)
- [5] 张国庆,马莉,倪佩,等. 锂离子电池低温电解液的研究进展[J]. 化工进展, 2008, 27(2):209-213.
- Zhang Guoqing, Ma Li, Ni Pei, et al. Research progress of low temperature electrolytes for li-ion batteries [J]. Chemical Industry and Engineering Progress, 2008, 27(2):209-213. (in Chinese)
- [6] Andreas Nyman, Tommy Gerogios Zavalis. Analysis of the polarization in a li-ion battery cell by numerical simulations [J]. Journal of the Electrochemical Society, 2010, 157(11):1236-1246.
- [7] Zhao Kejie, Pharr M, Joost J. Fracture of electrodes in lithium-ion batteries caused by fast charging [J]. Journal of Applied Physics, 2010:183.073517.
- [8] 黄克龙,王兆翔,刘素琴. 锂离子电池原理与关键技术 [M]. 北京:化学工业出版社, 2008.
- Huang Kelong, Wang Zhaoxiang, Liu Suqin. The principle and key technology of lithium-ion battery [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2008. (in Chinese)
- [9] 温家鹏,姜久春,文峰. Kalman 算法在纯电动汽车 SOC 估算中的应用误差分析 [J]. 汽车工程学报, 2010, 32(3):188-227.
- Wen Jiapeng, Jiang Jiuchun, Wen Feng. Error analysis of Kalman algorithm in its application to SOC estimation in PHV [J]. Automotive Engineering, 2010, 32(3): 188-227. (in Chinese)
- [10] 李哲,韩雪冰,卢兰光,等. 动力型磷酸铁锂电池的温度特性 [J]. 机械工程学报, 2011, 47(18):115-120.
- Li Zhe, Han Xuebing, Lu Langguang, et al. Temperature characteristics of power LiFePO₄ batteries [J]. Journal of Mechanical Engineering, 2011, 47(18): 115-120. (in Chinese)
- [11] Fan Jiang, Tan Steven. Studies on charging lithium-ion cells at low temperatures [J]. Journal of the Electrochemical Society, 2006, 153(6):1081-1092.
- (责任编辑:孙竹凤)