



基于 Citespace 的电动汽车 技术文献计量学分析

胡忠文

(苏州市职业大学 机电工程学院,江苏 苏州 215104)

摘 要:以 SCI、CNKI 数据库中相关论文为研究对象,利用信息可视化软件 Citespace 进行共词分析,得到电动汽车工程技术国内外发展现状,同时通过共被引分析,得到电动汽车工程技术研究的重点知识群。从 CNKI 与 SCI 数据的共词分析中,得出中英文关键词绝大多数是相同或类似的。从文献共被引分析中得出了电动汽车工程技术研究的三个重点知识群:插电式混合动力汽车研究;建模仿真、能量管理与控制策略的研究;储能系统的研究。

关键词:电动汽车;文献计量学;Citespace;共词分析;共被引分析

中图分类号: G257.3

文献标识码: A

文章编号: 1671-931X (2017) 01-0092-06

一、引言

电动汽车在解决人们出行问题的同时,很好地解决了能源消耗与环境污染的问题,近年来备受关注。目前,我国电动汽车的发展已经进入关键时期,有必要对电动汽车的国内外研究发展状况进行分析,从而为未来我国电动汽车发展提供指导。如今,关于电动汽车研究的综述性文章,通常采用定性的方法进行概览型的介绍,归纳、总结的主观性较强,准确度不高。因此,有必要从新的角度,采用新方法对电动汽车领域的发展动态及研究热点进行定量探究,为电动汽车技术的深入研究提供参考。Citespace 是先进的信息可视化软件,借助科学文献引文网络的可视化分析,监测科学文献中出现的 research 前沿和热点^[1]。目前 Citespace 在情报学、图书馆学领域应用较为广泛,在生命科学和力学领域也有应用^[2-5],但在电动汽车领域还没有应用。本文应用 Citespace 软件,对 CNKI 与 Web of Science 数据库中电动汽车

技术相关研究论文进行分析,以期获取电动汽车技术研究现状与发展趋势,为今后电动汽车技术的研究提供参考。

二、数据来源与研究方法

文献计量学分析结果的可靠性,与数据自身的准确性息息相关^[6]。首先,以 CNKI 数据库为数据源进行检索,以电动汽车、混合动力汽车、燃料电池电动汽车为主题,逻辑关系选择“或”,检索时间选择 2011 年至 2015 年,来源类别选择中文核心,学科领域选择基础学科、工程科技 I 和工程科技 II,检索结果一共有 2787 条文献记录。再以 Web of Science 数据库为数据源进行检索,以“electric vehicle”、“hybrid electric vehicle”、“fuel cell electric vehicle”为主题词,逻辑关系选择“OR”,检索时间 2011 年至 2015 年,检索结果一共有 11753 条文献记录。为了仅对电动汽车工程领域的文献进行分析,在上述 SCI 检索结果中进行精炼。精炼设置为:研究方向为

收稿日期:2016-11-09

基金项目:山东省自然科学基金项目“新一代电动汽车高性能整车控制器关键技术研究”(项目编号:ZR2014FP001)。

作者简介:胡忠文(1989-),男,江苏镇江人,硕士,苏州市职业大学教师,研究方向:电动汽车技术。

engineering, 文献类型为 article 和 proceedings paper, 最终得到 7726 条文献记录。

本文利用 Citespace 软件对 CNKI 数据与 Web of Science 数据进行关键词共现分析,将 CNKI 数据分析结果作为国内发展情况,SCI 数据分析结果作为世界发展情况,通过对结果进行分析比较,总结出国内外电动汽车技术发展重点的异同。利用 Citespace 对 SCI 数据进行共被引分析,得到电动汽车工程技术知识聚类,通过对各个知识群重点文献进行解读,得到电动汽车工程技术目前发展重点。

三、电动汽车工程技术研究状况分析

(一)总体状况

通过分析文章的发表量和文章发表的年限分布,可以得出某一领域近年的总体发展趋势。CNKI

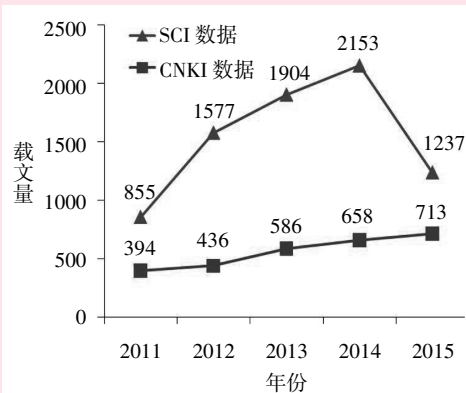


图 1 电动汽车研究发文量分布

数据搜集的结果显示,5 年核心期刊总载文量为 2787,平均每年发表文章 557.4 篇。SCI 数据搜集的结果显示,5 年总载文量 7726,平均每年 1545.2 篇。详细年份分布见图 1。

从图 1 可以看出,2011 年至 2015 年 CNKI 数据库中电动汽车技术相关论文发表量一直在稳步提高,这说明国内对于电动汽车技术的关注正在与日俱增。Web of Science 数据库中关于电动汽车发文量在 2011 年至 2014 年间呈现快速增长的形势,但是 2015 年出现了一定的下降,这说明从世界范围来看,对电动汽车技术的研究在经历了前几年的飞速发展后,正在调整逐渐趋于冷静。

(二)电动汽车工程技术的共词分析

共词分析法是一种以文献为研究对象, 定量与定性相结合的分析方法^[7]。共词分析法通过对文献中集中词汇或名词短语共同出现的情况进行分析, 来确定该文献集所代表学科研究热点及其中各主体之间的关系。对 CNKI 中检索出来的 2787 篇中文文献与 Web of Science 中检索出的 7522 篇外文文献用 Citespace 作共词分析, 生成关键词共现网络, 如图 2、图 3 所示。

图 2、3 中节点大小是由节点出现的频次决定的,节点越大说明该节点出现的次数越多,标有红色外圈的节点为爆发性较大的节点,表示该关键词的出现频次出现急速增长。对两个数据库中频次前十的关键词进行对比,如表 1 所示,再结合图 2、3 比较,可以看出两组数据中相同的高频关键词为控制策略(control strategy)、智能电网(smart grid)、电池(battery)、仿真(simulation)、能量管理(energy

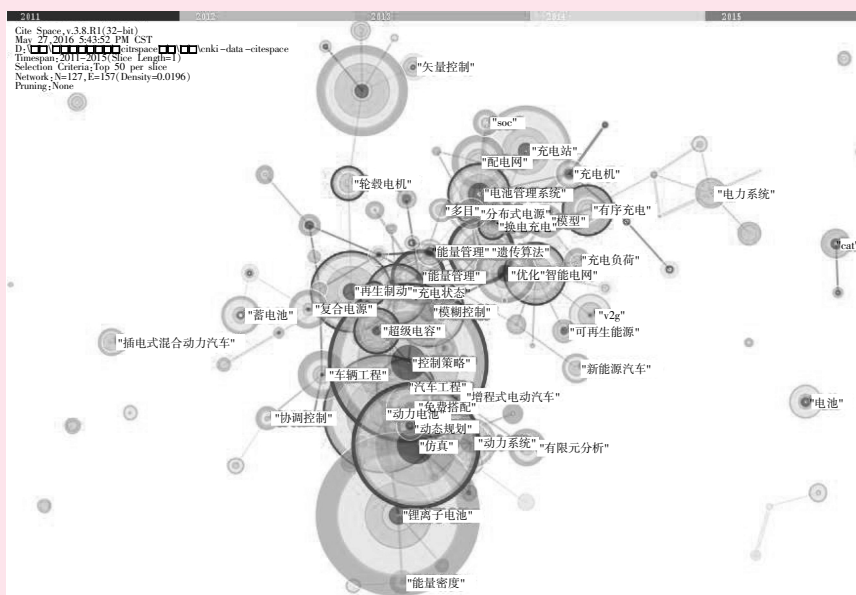


图 2 CNKI 数据关键词共现网络

management)等,这些也都是高爆发性关键词。通过以上两个共词图谱分析,可以看出,中英文关键词绝大多数是相同或类似的。这表明我国对电动汽车技术的研究基本保持了与世界前沿同步。

(三)SCI 文献共被引与知识群分析

以 Web of Science 中检索出的 7522 篇文献的参考文献为研究对象,利用 Citespace 对其进行文献共被引分析,研究的时间尺度从 2011 年到 2015 年,时间间隔设置为 1 年,得到的文献共被引网络图谱如图 4。图中合并网络由 126 个节点和 121 条连线组成。图中每个节点表示一篇引文,节点向外延伸的不同颜色的圆环描述了该作者在不同年份的引文时间序列,节点的大小与其被引次数成正比。

图 4 中的重要文献构成了电动汽车技术研究最

重要的知识基础,其中圆环较大或者中心性较大的节点(节点外有红色的环)为重要节点。引用频次最高的 10 篇文献见表 2。其中比利时鲁汶大学的 Clement -Nyns,K 在 2010 年《The Impact of Charging Plug -In Hybrid Electric Vehicles on a Residential Distribution Grid》一文中研究了插电式混合动力汽车在充电时产生的功率损耗和电压偏差对电网的影响。美国特拉华大学的 Kempton 在《Vehicle -to -grid power fundamentals:Calculating capacity and net revenue》与《Vehicle-to-grid power implementation:From stabilizing the grid to supporting large-scale renewable energy》两篇文章中对车辆到电网(V2G)技术的可行性以及电动汽车能量源的使用时间和成本进行了研究,这些奠定了

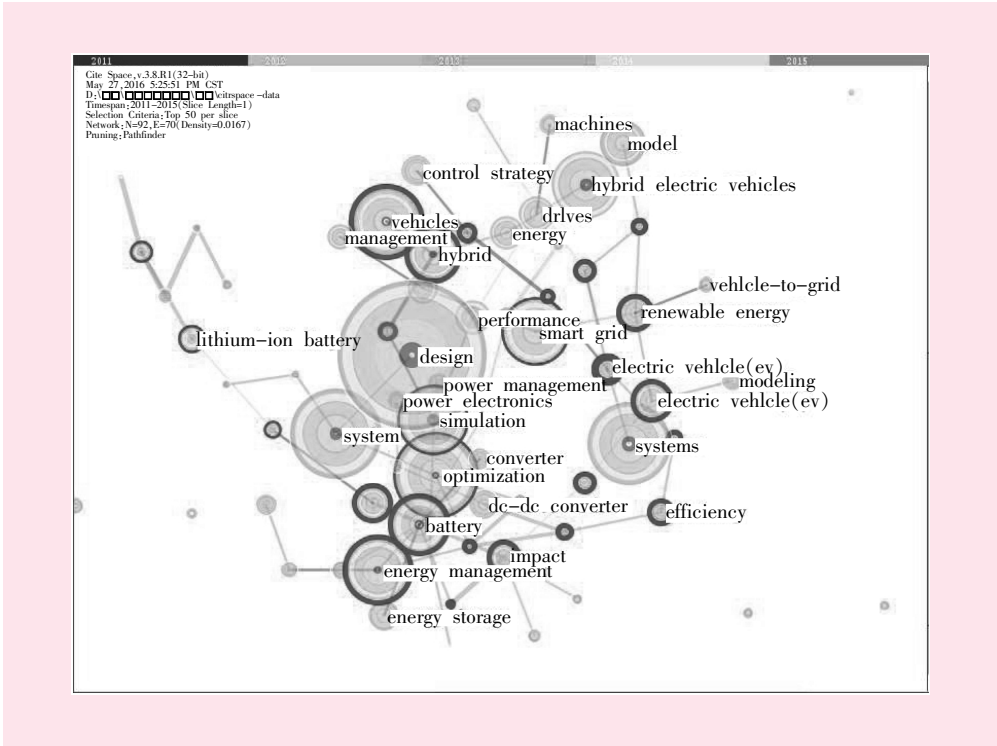


图 3 SCI 数据关键词共现网络

表 1 电动汽车技术关键词列表

序号	CNKI 数据		SCI 数据	
	频次	关键词	频次	关键词
1	152	锂离子电池	412	system(s)(系统)
2	141	控制策略	218	design(设计)
3	113	仿真	193	optimization(优化)
4	106	动力电池	154	simulation(仿真)
5	86	充电站	149	smart grid(智能电网)
6	85	永磁同步电机	147	energy management(能量管理)
7	73	再生制动	130	battery(电池)
8	66	模糊控制	123	hybrid(混合动力)
9	58	智能电网	117	model(模型)
10	55	电池管理系统	96	control strategy(控制策略)

车辆到电网(V2G)技术的基础。美国伊利诺伊理工大学的 Emadi Ali 在《Power electronics and motor drives in electric,hybrid electric,and plug-in hybrid electric vehicles》一文中对电动汽车、混合动力汽车和插电式混合动力电动汽车电力驱动进行了研究,香港大学的 Chau K. T.在《Overview of permanent-magnet brushless drives for electric and hybrid electric vehicles》一文中研究了永磁无刷电机在电动汽车与混合动力汽车中的应用,这两篇文献是电动汽车电力驱动的基础研究论文。美国密歇根大学的 Lin CC 的《Power management strategy for a parallel hybrid electric truck》一文奠定了电动汽车能量管理研究的基础。这些高被引文献作为电动汽车技术的前期研究和基础研究,为后面的研究工作提供了重要的参考和指导。

在共被引分析的基础上,利用 Citespace 中的聚类功能生成 12 个聚类如图 5,对这 12 个聚类分析

重要节点对应的引文,对引文题目、摘要和内容进行分析、总结和归纳,最终将这些参考文献认定为三大较明显的知识群,通过分析各知识群中被引次数排在前列的论文,对各知识群解读如下:

(四)知识群 1:插电式混合动力汽车研究

这一知识群主要包括 2 个重要的小聚类。分别是插电式混合动力汽车与“车辆到电网”(V2G)技术的研究,其中 V2G 属于插电式混合动力汽车的相关研究。

插电式混合动力车(PHEV)是提高交通与能源行业可持续发展最有前景的一个方法。其研究内容主要包括:PHEV 建模、能量管理系统、动力传动系统、能量存储方式的选择等,其中电机和制动系统的研究是其中比较重要的部分^[8-10]。

近年来,学者们对于电动汽车的研究不全局限于电动汽车相关技术的研究,电动汽车与电网供电的研究也逐渐得到越来越多的关注。“车辆到电

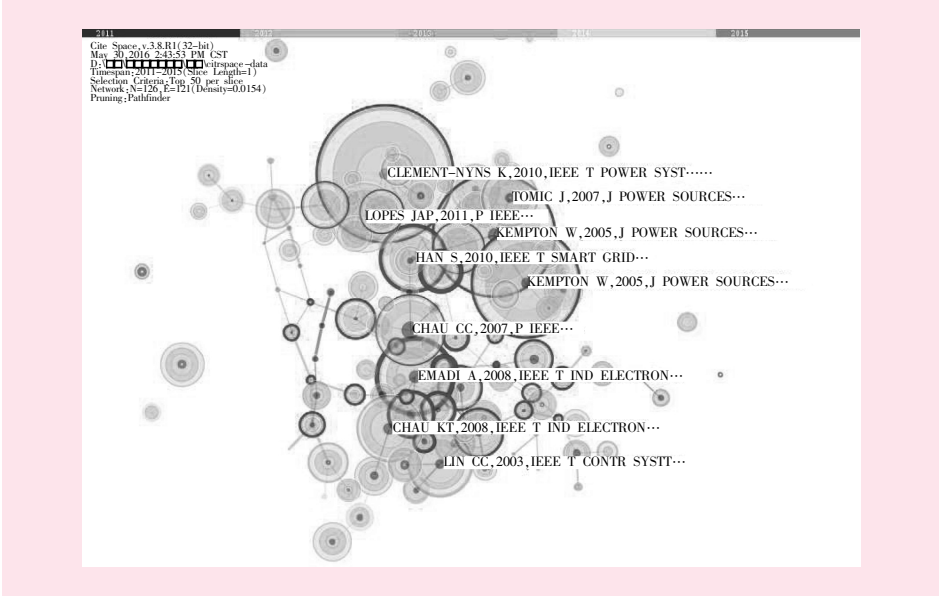


图 4 电动汽车文献共被引网络图谱

表 2 SCI 数据前 10 篇高被引文献

第一作者	出版年份	论文	被引频次
Clement-Nyns	2010	The impact of charging plug-in hybrid electric vehicles on a residential distribution grid	199
Kempton	2005	Vehicle-to-grid power fundamentals: Calculating capacity and net revenue	182
Kempton	2005	Vehicle-to-grid power implementation: From stabilizing the grid to supporting large-scale renewable energy	160
Emadi Ali	2008	Power electronics and motor drives in electric, hybrid electric, and plug-in hybrid electric vehicles	108
Pecas Lopes	2011	Integration of electric vehicles in the electric power system	105
Chan C. C.	2007	The state of the art of electric, hybrid, and fuel cell vehicles	105
Lin CC	2003	Power management strategy for a parallel hybrid electric truck	102
Chau K. T.	2008	Overview of permanent-magnet brushless drives for electric and hybrid electric vehicles	101
Han Sekyung	2010	Development of an optimal vehicle-to-grid aggregator for frequency regulation	96
Tomic Jasna	2007	Using fleets of electric-drive vehicles for grid support	88

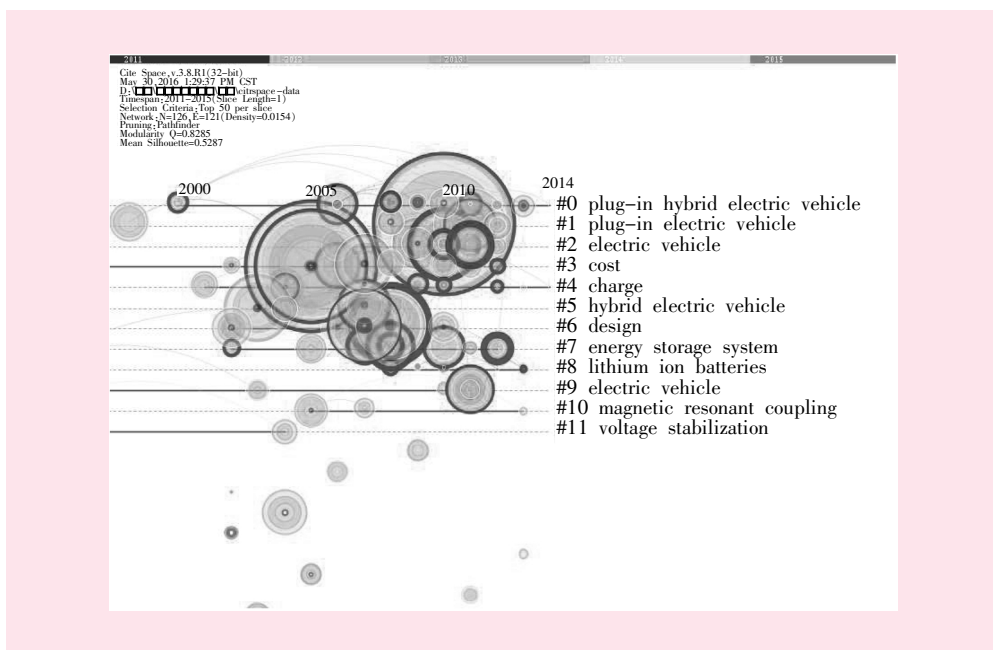


图5 聚类列表

网”(V2G)技术作为插电式混合动力汽车的相关研究,在PHEV的发展之下,也得到了一定的发展。研究热点主要有插电式混合动力汽车在充电时产生的功率损耗和电压偏差对电网的影响,还包括充电过程中电池使用时间和成本的研究^[11,12]。

(五)知识群2:建模仿真、能量管理与控制策略的研究

建模仿真一直是电动汽车系统设计开发中的一个重要环节,仿真分析有利于深入理解系统的工作过程,分析控制策略中占主要影响地位的动力学因素。研究热点主要有:电动汽车的动态模型的建立,通过可视化编程帮助深入研究电动汽车和混合动力汽车的结构和能量管理策略,同时还包括对再生制动与能量回收系统的研究^[13-17]。

能量管理与控制策略作为混合动力电动汽车的关键技术之一,它的研究对于混合动力电动汽车发展至关重要。研究热点主要有:电动汽车控制策略、混合动力汽车电机与发动机能量分配策略的研究,电动汽车能量管理策略的优化^[18-21]。

(六)知识群3:储能系统的研究

储能系统在电动汽车的研究中一直占有十分重要的地位。主要研究热点有:对锂电池组和超级电容等储能元件的能量密度和功率密度的研究,对复合能量源的能量管理与控制策略的研究,对电池模型、电池管理系统及快速充电技术的研究^[22-28]。

四、结论

本文旨在运用基于信息可视化技术的文献计量学方法,对当今世界备受关注的电动汽车技术近5年的发展进行可视化分析,得到以下结论:

1.近5年来国内外关于电动汽车研究总体趋势基本是一致的,从CNKI与SCI数据的共词分析中,得出中英文关键词绝大多数是相同或类似的,表明我国对电动汽车工程技术研究基本保持了与世界同步。

2.从文献共被引分析中得出了基于电动汽车技术这一研究主题的三个重点知识群:插电式混合动力汽车研究;建模仿真、能量管理与控制策略的研究;储能系统的研究。

3.使用信息可视化软件对电动汽车技术发展进行分析,可以得到目前研究热点与重点知识群,为今后电动汽车技术的发展提供一定的参考。

本文的分析也有一定的局限性,由于CNKI数据库不能批量导出文献的引文信息,因此没有进行中文数据库的共被引分析。同时,由于存在一词多现的现象,比如electric vehicle与electric vehicles,会对分析结果造成一定的影响。本文旨在为电动汽车技术研究现状与发展趋势分析提供一种新的科学手段,为电动汽车技术的进一步发展提供一定的参考。

参考文献:

- [1] Chen C.CiteSpace II:Detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature[J]. Journal of the American Society for Information Science and Technology,2006,57(3):359-377.
- [2] 秦晓楠,卢小丽,武春友.国内生态安全研究知识图谱——基于Citespace的计量分析[J].生态学报,2014,(13):3693-3703.
- [3] 陈立新,刘则渊,梁立明.力学各分支学科研究前沿和发展趋势的可视化分析[J].情报学报,2009,28(5):

- 736-744.
- [4] 姜春林,李江波,杜维滨,等.干细胞人体组织工程技术研究文献计量分析及其政策启示[J].中国软科学,2010(003):74-81.
- [5] 朱晓宇,刘则渊.国际氢能研究的文献计量学分析[J].情报杂志,2011,30(6):65-69.
- [6] 刘军.社会网络分析导论[M].北京:社会科学文献出版社,2004.
- [7] 郭文姣,欧阳昭连,李阳,等.应用共词分析法揭示生物医学工程领域的研究主题[J].中国生物医学工程学报,2012,31(4):545-551.
- [8] Bradley T H, Frank A A. Design, demonstrations and sustainability impact assessments for plug-in hybrid electric vehicles[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2009, 13(1):115-128.
- [9] Stephan C H, Sullivan J. Environmental and energy implications of plug-in hybrid-electric vehicles[J]. Environmental Science & Technology, 2008, 42(4):1185-1190.
- [10] Mutoh N, Hayano Y, Yahagi H, et al. Electric braking control methods for electric vehicles with independently driven front and rear wheels[J]. Industrial Electronics, 2007, 54(2):1168-1176.
- [11] Clement-Nyns K, Haesen E, Driesen J. The Impact of Charging Plug-In Hybrid Electric Vehicles on a Residential Distribution Grid[J]. IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS, 2010, 25(1):371-380.
- [12] Kempton W, Tomić J. Vehicle-to-grid power implementation: From stabilizing the grid to supporting large-scale renewable energy[J]. Journal of Power Sources, 2005, 144(1):280-294.
- [13] Powell B K, Bailey K E, Cikanek S R. Dynamic modeling and control of hybrid electric vehicle powertrain systems[J]. Control Systems, 1998, 18(5):17-33.
- [14] Rizzoni G, Guzzella L, Baumann B M. Unified modeling of hybrid electric vehicle drivetrains[J]. Mechatronics, 1999, 4(3):246-257.
- [15] Butler K L, Ehsani M, Kamath P A. Matlab-based modeling and simulation package for electric and hybrid electric vehicle design[J]. Vehicular Technology, 48(6):1770-1778.
- [16] He X, Hodgson J W. Modeling and simulation for hybrid electric vehicles. I. Modeling[J]. Intelligent Transportation Systems, 2002, 3(4):235-243.
- [17] Campanari S, Manzolini G, de la Iglesia FG. Energy analysis of electric vehicles using batteries or fuel cells through well-to-wheel driving cycle simulations[J]. JOURNAL OF POWER SOURCES, 2009, 186(2):464-477.
- [18] Salman M, Schouten N J, Kheir N A. Control strategies for parallel hybrid vehicles[A]. American Control Conference, 2000[C]. IEEE, 2000, 1(6):524-528.
- [19] Barsali S, Ceraolo M, Possenti A. Techniques to control the electricity generation in a series hybrid electrical vehicle[J]. Energy Conversion, 2002, 17(2):260-266.
- [20] Gong Q, Li Y, Peng Z R. Trip-based optimal power management of plug-in hybrid electric vehicles[J]. Vehicular Technology, 2008, 57(6):3393-3401.
- [21] Uzunoglu M, Alam M S. Modeling and analysis of an FC/UC hybrid vehicular power system using a novel-wavelet-based load sharing algorithm[J]. Energy Conversion, 2008, 23(1):263-272.
- [22] Burke A F. Batteries and ultracapacitors for electric, hybrid, and fuel cell vehicles[J]. IEEE, 2007, 95(4):806-820.
- [23] Thounthong P, Rael S, Davat B. Control strategy of fuel cell/supercapacitors hybrid power sources for electric vehicle[J]. Journal of Power Sources, 2006, 158(1):806-814.
- [24] Thounthong P, Rael S, Davat B. Control strategy of fuel cell and supercapacitors association for a distributed generation system[J]. Industrial Electronics, 2007, 54(6):3225-3233.
- [25] Lukic S M, Cao J, Bansal R C, et al. Energy storage systems for automotive applications[J]. Industrial Electronics, 2008, 55(6):2258-2267.
- [26] Plett G L. Extended Kalman filtering for battery management systems of LiPB-based HEV battery packs: Part 1. Background[J]. Journal of Power sources, 2004, 134(2):252-261.
- [27] Plett G L. Extended Kalman filtering for battery management systems of LiPB-based HEV battery packs: Part 2. Modeling and identification[J]. Journal of power sources, 2004, 134(2):262-276.
- [28] Tarascon J M, Armand M. Issues and challenges facing rechargeable lithium batteries[J]. Nature, 2001, 414(6861):359-367.

[责任编辑：詹华西]
(下转第103页)

(上接第 97 页)

Bibliometric Analysis of Electric Vehicle Technology Based on Citespace

HUZhong-wen

(School of mechanical and electrical engineering, Suzhou Vocational University, Suzhou 215000, China)

Abstract: Taking the related materials of SCI and CNKI database as the research object, this paper uses the information visualization software Citespace to carry on the co-word analysis to obtain the development status of the electric vehicle engineering technology both at home and abroad. At the same time, the key knowledge clusters are achieved through the co-citation analysis. From the co-word analysis and co-citation analysis, the English and Chinese key words are mostly the same or similar. The key knowledge clusters of the electric vehicle engineering are acquired, which consists of research of plug-in hybrid electric vehicle; research of modeling, simulation, energy management and control strategy; research of energy storage system.

Key words: electric vehicle; bibliometrics; Citespace; co-word analysis; co-citation analysis