

# 基于科技报告的电动汽车技术现状及发展趋势研究

雷孝平<sup>1</sup> 陈亮<sup>1</sup> 刘玉琴<sup>2</sup> 张英杰<sup>1</sup>

(1. 中国科学技术信息研究所, 北京 100038; 2. 北京印刷学院, 北京 102600)

**摘要:** 科技报告作为科技计划及技术项目的直接产出成果, 包含了重要的前沿技术信息。如何将其中隐含的知识挖掘出来, 展示技术发展方向是一个难题。本文基于电动汽车领域的科技报告数据, 采用文献计量学中的词频统计及科学计量学中的社会网络共现分析方法, 对电动汽车领域的技术现状及未来发展趋势进行了研究。研究表明, 电动汽车技术目前主要是混合动力、动力电池、燃料电池等方面的相关研究, 未来的研发将主要集中在电力系统、电池的安全性及可靠性、电池系统、电机的控制及仿真优化、控制策略及稳定性等方面。另外, 电动汽车的产业化生产一直是研发中需要考虑的重点。

**关键词:** 科技报告; 电动汽车; 技术预测; 词频统计; 社会网络分析; 文献计量学; 科学计量学

中图分类号: G353

文献标识码: A

DOI: 10.3772/j.issn.1674-1544.2017.03.015

## Study on the Recent Research and Developing Trends of Electric Vehicle Field Based on the Scientific and Technical Report

LEI Xiaoping<sup>1</sup>, CHEN Liang<sup>1</sup>, LIU Yuqin<sup>2</sup>, ZHANG Yingjie<sup>1</sup>

(1. Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038; 2. Beijing Institute of Graphic Communication, Beijing 102600)

**Abstract:** As a direct result of the science and technology plan and technology project, the scientific and technical report contains the important information of leading-edge technology. How to dig out the hidden knowledge and show the direction of technology development is a difficult problem. Based on the scientific and technical report of electric vehicle field, word frequency statistic method of Bibliometrics and social network analysis method of scientometrics are used to explore the recent research and developing trends of electric vehicle field. The results show that the main research of electric vehicle technology currently is hybrid power, power battery, fuel cell, etc. The future research will focus on the power system, the safety and reliability of battery, battery system, control system and simulation optimization of motor, control strategy and stability etc. In addition, the industrialization of electric vehicles has been the focus of R&D needs to be considered.

**Keywords:** scientific and technical report, electric vehicle, technology forecast, word frequency statistic, social network analysis, Bibliometrics, Scientometrics

**作者简介:** 雷孝平 (1979—), 女, 博士, 中国科学技术信息研究所副研究员, 主要研究方向: 科技情报研究、知识管理与知识发现等 (通讯作者); 陈亮 (1982—), 男, 博士, 中国科学技术信息研究所助理研究员, 主要研究方向: 技术创新; 刘玉琴 (1979—), 男, 博士, 北京印刷学院高级工程师, 主要研究方向: 数据挖掘; 张英杰 (1979—), 男, 博士, 中国科学技术信息研究所副研究员, 主要研究方向: 知识发现。

**基金项目:** 中国科学技术信息研究所研究项目“利用科技报告进行领域分析和预测方法研究——以电动汽车领域为例”(201601); 中国科学技术信息研究所预研项目“基于知识图谱的专利技术信息表示方法研究”(YY-2016-03); 国家科技支撑计划项目“面向科技情报分析的信息服务平台研发与应用示范”(2015BAH25F02)。

**收稿日期:** 2017年1月23日。

## 1 引言

科技报告是指科技人员为了描述其从事的科研、设计、工程、试验和鉴定等活动的过程、进展和结果,按照规定的标准格式编写而成的特种文献。一般专门针对政府出资的科研、技术项目所产生的科技报告,也称之为政府科技报告,属于一种政府出版物<sup>[1]</sup>。科技报告不仅包含显性知识,而且还包括大量的隐性知识,能为科研人员进行科技创新提供有效的信息支撑<sup>[2]</sup>。相对于科技档案、科技论文等其他科技信息资源而言,科技报告有其自身的特点和不可替代的作用,对科研单位的科研创新、科技管理、知识管理都具有较高的参考和使用价值<sup>[3]</sup>。

我国科技报告制度的系统研究始于20世纪80年代。经过近几年的建设与发展,科技报告制度建设取得显著的成效。2014年3月1日正式开通运行我国国家科技报告服务系统(www.nstrs.cn),标志着我国科技体制改革在建设科技报告制度方面取得实质性进展。该系统是由中国科学技术信息研究所负责运行和维护,公众可以通过该系统检索国家科技计划项目所产生的科技报告<sup>[4-5]</sup>。由于我国建立科技报告制度比国外晚,之前的相关研究主要集中在对科技报告的编写规则、技术标准、资源构成、制度及管理体系、平台建设等方面,在对科技报告的开发利用方面以理论研究为主,但侧重于科技情报分析方面的实践研究很少。对文献的调研发现,既有利用科技报告数据对国家国际科技合作专项的研究<sup>[5]</sup>,也有对技术领域的研究,比如:张军亮对生物和医药技术领域的知识生产格局进行了研究<sup>[6]</sup>,但是这些研究均以著录项统计分析和科研合作关系的研究为主,缺少对技术本身状况的分析及对未来发展的技术预测研究。

在探究科技发展规律、探索学科研究前沿、技术研究热点、技术预见和预测等方面,科学计量学具有独特的研究优势,主要包括引文分析、词频分析、专利计量、社会网络分析、科学知识图谱分析等方法<sup>[7-8]</sup>。经文献调研发现,已经有

一些相关研究采用词频分析、社会网络分析的方法对技术领域进行现状分析及预测研究,取得了较好的研究结果。Chulhyun Kim 和Hyeonju Seol从专利的共现性、相关性以及交叉影响性的视角完整地提出了一套基于专利网络分析的创新技术预测方法<sup>[9]</sup>。杨璧嘉和杨旭研究了Nokia、Nissan等世界著名公司的专利网络,分析了这些公司的技术发展路线<sup>[10]</sup>。邵黎明等提出一种基于专利文献和知识图谱的技术预测方法,以肺癌技术领域为例进行了技术预测<sup>[11]</sup>。

电动汽车是国家迈向世界汽车强国的重要路径,近年来受到了世界各国的广泛关注。我国将新能源汽车列为七大战略新兴产业之一,并在多个国家级科技计划中将其作为重要研究领域进行立项资助。查找电动汽车相关的国内外文献发现,已经有部分国内外学者对电动汽车领域进行了科技情报分析研究。Holger Bar<sup>[12]</sup>对中国和德国的电动汽车发展策略进行了比较研究,并基于专利数据分析了两国的技术实力,认为中国在锂离子电池领域具有一定的国际竞争力,但对电池成组和电池管理系统方面的技术则表示怀疑。刘彤等<sup>[13]</sup>运用专利计量方法和深度挖掘技术,对国际新能源汽车技术发展现状进行分析,并对比了我国新能源汽车技术水平及其与国际上的差距。研究结果发现,我国在新能源汽车技术领域的布局偏重纯电动汽车技术研发,在混合动力汽车技术领域和燃料电池汽车技术领域实力较弱。刘云等<sup>[14]</sup>对电动汽车领域的核心专利进行专利共引分析,采用层次聚类和多维尺度分析等文献计量分析方法对1990—2007年电动汽车的核心专利技术进行挖掘,分析不同阶段电动汽车产业的核心技术分布情况及其演变特点。另外,梁帅等<sup>[15]</sup>以新能源汽车为例,基于专利数据研究了科学计量学在技术预见中的应用;汪守霞和汪张林<sup>[16]</sup>对全球新能源汽车以及驱动电机的专利布局状况进行了分析。总之,用专利数据来分析电动汽车领域已经成为了解电动汽车领域技术布局及发展状况的重要方式。但也发现采用其他文献数据对电动汽车领域进行技术分析的研究还很少。还发现在

专利数据中所独有的技术分类（如国际专利分类号IPC）为研究技术发展提供了很好的基础，对于其他文献数据在没有技术分类的前提下对电动汽车技术的现状及发展趋势进行分析具有一定的研究意义。本研究通过以“国家科技报告服务系统”中收录的国家级科技计划项目资助的电动汽车领域的科技报告为分析对象，通过关键词统计分析及社会网络共现分析了解电动汽车领域的研发现状并进行技术预测，从而为电动汽车产业的研究布局和发展提供参考。

## 2 数据来源及研究方法

本文数据来源于“国家科技报告服务系统”，在该系统中采用主题词检索的方式在题名、关键词和摘要字段中检索电动汽车、混合动力汽车、新能源汽车、纯电动汽车、燃料电池汽车等主题词，截至2016年7月7日共检索到318条电动汽车领域的科技报告数据。

在进行分析之前，发现关键词字段存在多项信息分隔符不规范的现象，也就是在不同的关键词之间存在空格、中英文分号、逗号、顿号等多种分隔符并存的现象，需要统一，进行数据预处理，以便于后期的词汇拆分。还发现科技计划名称字段存在不规范的现象，比如：国家科技支撑计划和科技部支撑计划两个计划名称并存，需要将其规范为国家科技支撑计划；“863计划”与“国家高技术研究发展计划”并存，需要将其规范为“863计划”。在预处理过程中，对某些分类较细的资助计划进行了合并，比如将面上项目、青年项目和专项基金项目合并为国家自然科学基金项目。

本研究采用了词频统计方法、社会网络分析方法对电动汽车领域的科技报告的技术现状、演变及预测进行了分析。首先对中文关键词字段拆分后进行统计分析，从电动汽车领域的重点技术词汇的状况了解技术的现状，并对各不同资助计划的重点技术词汇的状况进行了对比分析；然后对关键词年份的变化情况进行统计分析，从中可以看到技术研发重心的演变状况；最后用社会网络分析的方法分析电动汽车领域的热点技术及未

来的重点研发领域。

## 3 电动汽车领域技术发展现状

### 3.1 热点关键词统计

利用科技报告数据提供的关键词字段，对关键词出现的文档频率进行统计和排序，发现电动汽车领域的重点关键词，这些关键词代表了技术的研究热点。表1给出了频次排名前20位的关键词。从表1可以看到，因为研究领域是电动汽车领域，所以“电动汽车”“新能源汽车”两个关键词出现在第1和第2位是很容易理解的。在前10名关键词中出现了“混合动力”“动力电池”“燃料电池”“锂离子电池”等关键词，可见这些技术是该领域研究人员关注的重点。“混合动力汽车”和“燃料电池汽车”作为电动汽车领域的主要技术方向，也在前10名的关键词范围之内。另外，还出现了“产业化”“示范运行”“商业模式”“标准”等关键词，由此可见电动汽车相关研究并不仅仅限于理论技术研究，还与产业化密切相关。

### 3.2 各资助计划类型的热点关键词分析

为了了解各资助计划在电动汽车领域的研发差异，对各资助计划的热点关键词分别进行了统计，如表2所示。从表2可以看到，各资助计划在电动汽车领域排名前10位的关键词，其中关键词后面括号中的数字代表该关键词出现的频次。

从表2可以看到，不同资助计划的热点研究方向有所区别。“863计划”的关注点侧重于动力电池、混合动力汽车、燃料电池汽车及电动汽车的产业化；国家自然科学基金侧重于能量管理方面的相关研究；国家科技支撑计划关注于燃料电池汽车和混合动力汽车的示范运行；“973计划”侧重于分布式驱动及电池组方面的研究；国家国际科技合作专项关注燃料电池、混合动力汽车及节能方面的研究；国家重大科学仪器设备开发专项关注于动力系统方面的仪器设备开发。

### 3.3 关键词的年份演化分析

通过对不同年份的关键词统计可以看到技术

表1 频次排名前20位的关键词

排名	关键词	频次/次	排名	关键词	频次/次
1	电动汽车	71	12	动力系统	9
2	新能源汽车	23	13	控制策略	7
3	混合动力	19	14	隔膜	7
4	动力电池	18	15	安全性	6
5	燃料电池	16	16	标准	6
6	产业化	14	17	锂离子电池	6
7	混合动力汽车	13	18	仿真	5
8	新能源	11	19	商业模式	5
9	燃料电池汽车	11	20	节能	5
10	汽车	10	20	超级电容器	5
11	示范运行	10			

表2 各资助类型排名前10位的关键词

资助类型	报告数量/篇	前10位关键词
863计划	233	电动汽车(57); 动力电池(18); 新能源汽车(17); 混合动力(16); 燃料电池(14); 产业化(11); 混合动力汽车(10); 新能源(9); 汽车(9); 燃料电池汽车(7)
国家自然科学基金	30	电动汽车(6); 新能源汽车(3); 能量管理(3); 混合动力汽车(2); 混合动力(1); 新能源(1); 汽车(1); 控制策略(1); 仿真(1); 商业模式(1)
国家科技支撑计划	24	示范运行(5); 燃料电池汽车(4); 新能源汽车(2); 混合动力(2); 产业化(2); 技术(2); 燃料电池(1); 动力系统(1); 仿真(1); 超级电容器(1)
973计划	19	电动汽车(5); 分布式驱动(2); 控制策略(1); 安全性(1); 锂离子电池(1); 超级电容器(1); 能量管理(1); 矢量控制(1)
国家国际科技合作专项	5	电动汽车(2); 燃料电池(1); 混合动力汽车(1); 节能(1)
国家重大科学仪器设备开发专项	4	动力系统(3); 分区测试(3); 半消声室(3); 振动台(3)

注: 关键词后面括号中的数字代表该关键词出现的频次。

研发重心的演变状况。按照项目的起始年份对关键词进行统计, 结果如表3所示。从表3中可以看到, 2008年之前关于混合动力汽车方面的研究比较多, 但是之后这方面的研究逐渐减少。从2006年开始, 燃料电池及燃料电池汽车方面的研究一直不断, 呈现长期持续发展的态势。另外, 锂离子电池的相关研究基本与燃料电池平行发展, 虽然没有燃料电池的相关研究多, 但一直保持着持续发展。近几年, 有关动力电池、动力系统、控制策略方面的研究比较多。另外, 电动汽

车的示范运行、商业模式及产业化从2008年开始也一直有相关的研究, 说明电动汽车的大规模产业化生产也是业界关注的重点。

## 4 基于社会网络的电动汽车技术预测分析

### 4.1 电动汽车技术研发热点分析

通过对科技报告的关键词字段进行分析, 得到了电动汽车领域主要的热点关键词及年度变化情况, 但是从分析结果来看, 关键词字段里面包含的词汇量很少, 而且由于是人为主观填写, 未



表3 各年度排名前10位的热点关键词

年份/年	前10位关键词
2001	混合动力(1)
2006	电动汽车(12); 混合动力(9); 燃料电池(7); 混合动力汽车(7); 动力电池(4); 开发(4); 新能源汽车(3); 新能源(3); 燃料电池汽车(3); 超级电容器(3)
2007	电动汽车(8); 新能源汽车(3); 节能(3); 试验运行(3); 燃料电池(2); 安全性(2); 标准(2); 锂离子电池(2); 超级电容器(2)
2008	电动汽车(6); 新能源汽车(6); 混合动力(5); 产业化(4); 新能源(3); 燃料电池(2); 混合动力汽车(2); 示范运行(2); 隔膜(2); 纯电动(1)
2009	电动汽车(7); 新能源汽车(5); 燃料电池汽车(4); 示范运行(4); 动力电池(3); 混合动力汽车(3); 燃料电池(2); 动力系统(2); 新能源(2);
2010	电动汽车(4); 新能源汽车(3); 技术(2); 混合动力(1); 燃料电池汽车(1); 示范运行(1); 控制策略(1); 仿真(1); 节能(1); 纯电动(1); 能量管理(1); 轮毂电机(1)
2011	电动汽车(14); 动力电池(4); 产业化(4); 分布式驱动(4); 标准(3); 燃料电池汽车(2); 安全性(2); 轮毂电机(2); 能量管理(1)
2012	电动汽车(18); 动力电池(4); 商业模式(4); 有序充电(4); 动力系统(3); 控制策略(3); 汽车(3); 电机(3); 电池管理系统(3); 隔膜(2); 产业化(2)
2013	电动汽车(2); 产业化(2); 示范运行(2); 正极材料(2); 新能源汽车(1); 燃料电池(1); 动力电池(1); 新能源(1); 燃料电池汽车(1); 控制策略(1)

注：关键词后面括号中的数字代表该关键词出现的频次。

必能完整地涵盖一篇报告中的主要技术内容，而且关键词统计只能体现单个主题方向，无法体现主题之间的相互关系。为了弥补这一缺陷，采用“关键词+标题+摘要”组合分析的方式提取主要技术并进行共现分析。在科技报告中提供了中英文的关键词、标题和摘要，本研究采用英文字段进行分析，从而避免了中文分词技术中可能存在的不能识别专有技术词汇、切分歧义等方面的问题。对于关键词，对分隔符规范化后再进行拆分。对于标题和摘要，采用自然语言理解(NLP)技术提取主要词汇，将这3个部分的技术词汇整合后进行分析。

在数据挖掘方法中，可以根据对技术关键词的共现分析来对主题技术类别进行研究，揭示某一科技领域研究内容的内在相关性。本研究以关键词、标题和摘要进行整合后的技术词汇作为分析对象，通过包含技术词汇的报告数量可以判断主要的技术构成，通过技术词汇的共现次数、强度等可以判断电动汽车技术的交叉程度、融合发展趋势。在具体实现时，使用文本挖掘软件TDA

(Thomson Data Analyzer)对标题和摘要中的技术词汇进行提取后与关键词字段进行整合，然后对整合后的主要技术关键词(排名前50位的技术词汇)进行自相关分析，分析结果如图1所示。在图1中气泡的大小代表包含该关键词的科技报告数量的多少，气泡连线的粗细代表关键词之间相关关系的强弱，连线越粗，代表关键词之间的共现程度越高，相关性越密切。圆圈内展示了相关性较高( $\geq 0.25$ )的技术词组，并对其进行编号，与下面的词组解释相对应。

从高频技术词汇的内容来看，电动汽车的研发热点主要集中在以下几个方面：一是不同类型的电动汽车，包括混合动力汽车(hybrid vehicle, 44频次)、燃料电池汽车(fuel cell car, 34频次)、纯电动汽车(pure electric vehicles, 14频次)；二是电机及其仿真，如motor(41频次)、engine(11频次)、simulation(22频次)、optimization(22频次)等；三是电池及其管理系统，如battery(41频次)、power battery(17频次)、lithium ion battery(11频次)、safety(24频

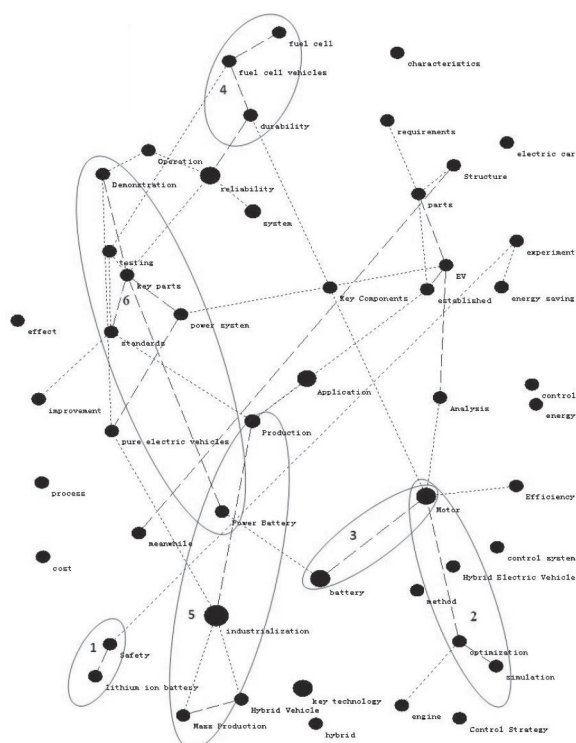


图1 电动汽车技术研发热点分析

次)、power system (20 频次)等;四是控制系统,如control (29 频次)、control strategy (21 频次)、control system (20 频次)等;五是大批量生产及产业化应用,如industrialization (51 频次)、application (40 频次)、mass production (14 频次)等。

从共现强度来看,相关性超过0.25的主要有6组。一是锂电池的安全性,相关词汇有:lithium ion battery (7 频次)与safety (10 频次);二是电机的仿真优化,相关词汇有:motor (41 频次)、optimization (22 频次)、simulation (22 频次);三是电机与电池之间的相关性,相关词汇有:motor (41 频次)、battery (41 频次);四是燃料电池车的可靠性、持久性,相关词汇有:fuel cell car (34 频次)、reliability (42 频次)、durability (18 频次);五是批量生产的产业化,相关词汇有:industrialization (51 频次)、production (33 频次);六是电动汽车的关键部分,如动力电池、电力系统以及相关的基础设施及标准,相关词汇有:key parts (17 频次)、power system (20 频

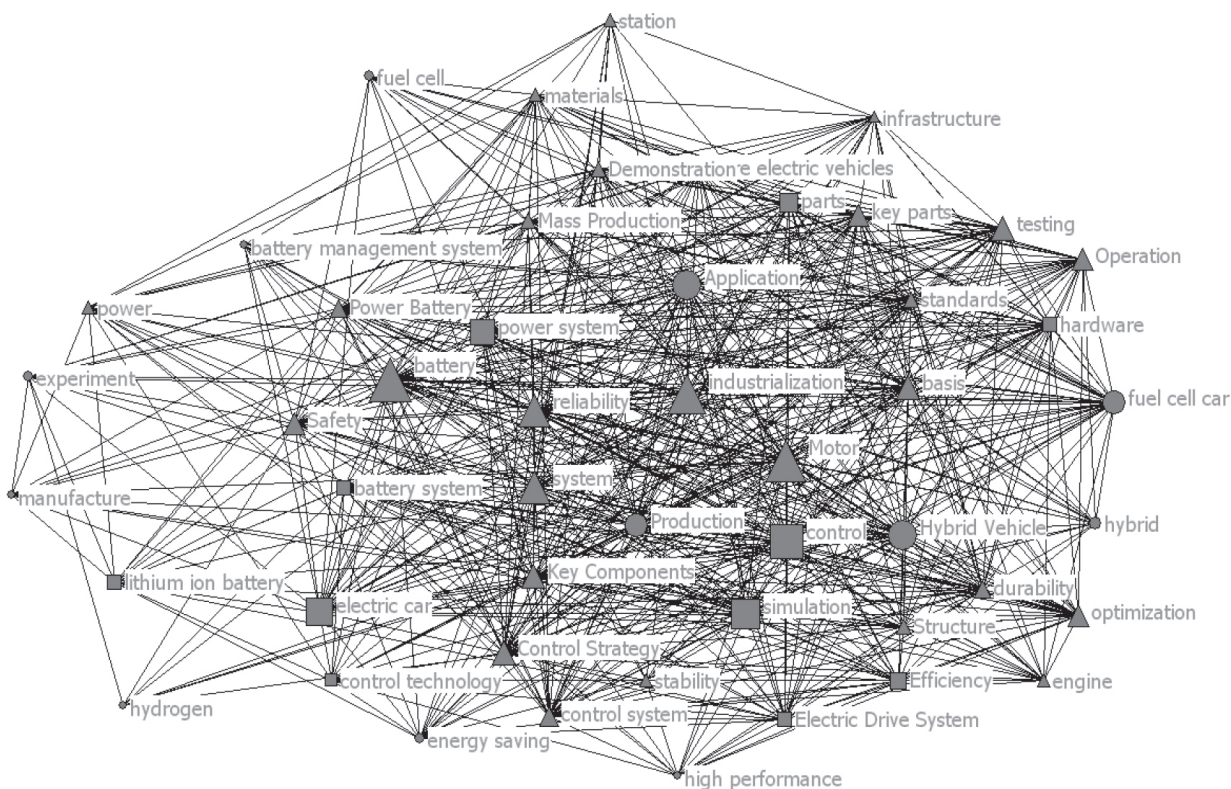
次)、power battery (17 频次)、standards (17 频次)、infrastructure (10 频次)。

#### 4.2 电动汽车技术研发趋势分析

为了更好地展示技术的发展现状,从电动汽车的发展热点解析技术的研发趋势,引入了技术活跃度的概念,“以近3年(2011—2013年)包含某词汇的报告数量/包含某词汇的总报告数量”代表该技术词汇的活跃度。实施方案是以近3年报告数量排名前50位的技术词汇为分析对象,通过解读其共现及活跃度来判断技术交叉融合的发展趋势。首先利用TDA软件将整合后排名前50位的技术词汇处理为词汇共现的对称矩阵,然后导入社会网络分析软件UCINET中,得到包含技术活跃度的技术词汇共现网络,如图2和图3所示。在所选取的排名前50位的技术词汇中,下面列出的3个部分是未来一段时间内的研发热点,影响着电动汽车的发展趋势。

一是电池及电池管理系统。从总量来看,包含电池(battery, power battery)的科技报告数量很多。从共现来看,研究主要集中在电池的安全性(safety)和可靠性(reliability)方面。从技术活跃度来看,电池系统(battery system)的活跃度超过了0.7,是近几年的研究热点,电池安全性和可靠性的活跃度都在0.4~0.5。估计在未来一段时间内,电池系统是技术研发的重要趋势,电池的安全性和可靠性也将继续受到研究者的青睐。另外,从图2和图3也可以看到,锂离子电池的活跃度比较高,也是近几年的研发热点,其研究方向主要是锂电池的安全性。

二是电机及电力驱动系统。从数量和共现来看,混合动力汽车(hybrid vehicle)的电机研究较多;从技术来看,电机的控制(control)、仿真(simulation)、优化(optimization)、持久性(durability)、效率(efficiency)和结构(structure)都是研究的热点。从技术活跃度来看,电力驱动系统(electric drive system)虽然数量较少,但是活跃度超过了0.7,是近年来的研究热点。其次是电机的控制及仿真优化。可以预见,电力驱动系统、电机的控制及仿真优化将成为未来的技术发展研



注：图标大小代表科技报告数量；线的粗细代表技术词汇共现次数；方形代表活跃度为0.6以上，三角形代表活跃度在0.4~0.6，圆形代表活跃度在0.4以下。

图2 电动汽车科技报告技术词组共现网络（阈值 0）

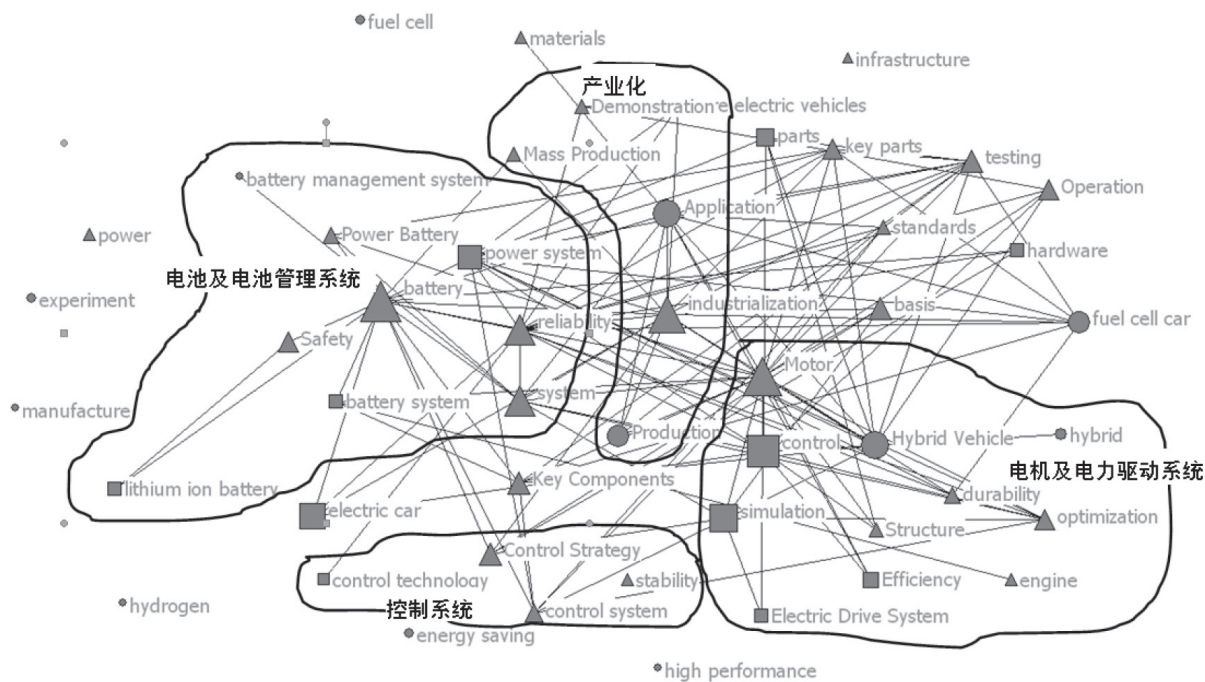


图3 电动汽车科技报告技术词组共现网络（阈值 2）



究方向。

三是控制策略及控制系统。从数量及共现来看, 电池及电机的控制策略 (control strategy) 和控制系统 (control system) 的研究也是热点, 而且其技术活跃度也较高, 尤其是控制策略及稳定性 (stability) 方面的研究在近几年比较活跃, 也将成为未来的一个研究方向。

另外, 从图 2 和图 3 还可以看到, 有关产业化 (industrialization)、批量生产 (mass production) 等相关词汇与前面提到的技术热点相关性都比较高, 活跃度也较高, 这与电动汽车的产业化现状有关, 混合动力汽车率先实现产业化, 纯电动汽车和插电式混合动力汽车进入产业导入期, 燃料电池汽车仍处于产业酝酿期, 但产业化预期有所增强。因此, 实现电动汽车大规模产业化生产必将成为各项技术关注的热点。

## 5 结论

采用科学计量学方法的技术分析及预测研究主要被应用在专利分析及论文分析中, 很少有基于科技报告数据的技术分析及预测研究。政府科技报告是各科技计划资助所产生的成果, 与专利、论文等其他文献相比, 时效性更强、技术前瞻性更高、更关注未来发展应用等。本文以电动汽车领域的科技报告为数据源, 对电动汽车领域进行技术现状及预测研究。该研究不仅是科学计量学方法在产业技术现状及预测中的具体应用探索, 也为基于科技报告数据对其他行业的技术状况分析及预测研究提供借鉴。研究结果发现, 电动汽车技术目前主要是混合动力、动力电池、燃料电池等方面的相关研究。在未来一段时间内, 电池电力系统是技术研发的重要趋势, 电池的安全性和可靠性也是未来的研发热点, 尤其是锂离子电池。电力驱动系统、电机的控制及仿真优化也将成为未来的技术发展研究方向。控制策略及稳定性方面的研究在近几年比较活跃, 也将成为未来的一个研究方向。除此之外, 还可以看到, 电动汽车的产业化生产一直都是研发中需要考虑的重点。

## 参考文献

- [1] 贺德方. 中国科技报告制度的建设方略[J]. 情报学报, 2013, 32(5):452-458.
- [2] 张爱霞, 沈玉兰. 美国政府科技报告体系建设现状分析[J]. 情报学报, 2007, 26(4):496-502.
- [3] 于薇. 科研单位建立科技报告制度的探讨: 以中国科学技术信息研究所为例[J]. 中国科技资源导刊, 2015, 47(5):35-39,44. DOI:10.3772/j.issn.1674-1544. 2015. 05.006.
- [4] 国家科技报告服务系统[EB/OL].[2017-01-19].http://www.nstrs.cn/CommonPeople.aspx.
- [5] 段黎萍. “国家科技报告服务系统”收录国际合作科技项目的文献计量分析[J]. 中国科技资源导刊, 2015, 47(3):45-49.DOI:10.3772/j.issn.1674-1544. 2015. 03.008.
- [6] 张军亮. 生物和医药技术领域知识生产分析: 基于“863计划”科技报告[J]. 情报杂志, 2015, 34(1):67-71.
- [7] 王金鹏. 基于科学计量的技术预见方法优化研究[D]. 武汉: 华中师范大学, 2011.
- [8] 旷景明, 兰小筠. 基于专利信息分析的创新技术预测方法综述[J]. 情报杂志, 2014, 33(9):33-50.
- [9] Kim C, Seol H. On a patent analysis method for identifying core technologies[M]// intelligent decision technologies. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2012:441-448.
- [10] 杨璧嘉, 张旭. 专利网络分析在技术路线图中的应用[J]. 现代图书情报技术, 2008(5):61-66.
- [11] 邵黎明, 赵志耘, 许端阳. 基于专利文献和知识图谱的技术预测方法研究[J]. 科技管理研究, 2015(14):134-140.
- [12] BAR H. Lead markets for electric vehicles—China’s and Germany’s strategies compared[R]. Berlin, 2013.
- [13] 刘彤, 侯元元, 黄裕荣, 等. 基于专利分析的国内外新能源汽车技术展现状对比研究[J]. 科技和产业, 2016, 16(8):74-79.
- [14] 刘云, 周友富, 安菁. 基于专利共引的电动汽车核心技术领域分析[J]. 情报学报, 2013, 32(3):328-336.
- [15] 梁帅, 纪晓彤, 李杨. 科学计量学在技术预见中的应用研究: 以新能源汽车产业为例[J]. 情报杂志, 2015, 34(2):73-78.
- [16] 汪守霞, 汪张林. 基于专利信息的新能源汽车及驱动电机发展现状分析[J]. 中国科技论坛, 2016(4):63-69.