

# 电动汽车科技报告文献计量分析

雷孝平 张英杰 陈亮 桂婕

(中国科学技术信息研究所, 北京 100038)

**摘要:** 以“国家科技报告服务系统”中的科技报告为数据来源,对电动汽车领域的科技报告进行文献计量分析,包括项目资助类型、立项年份、执行期限、报告类型、经费状况等统计分析,并通过复杂网络对作者合作、作者单位合作以及关键词热点状况进行分析。研究结果在一定程度上体现了我国在电动汽车领域的科技项目整体布局状况。

**关键词:** 科技报告; 电动汽车; 文献计量分析; 复杂网络

中图分类号: G353

文献标识码: A

DOI: 10.3772/j.issn.1674-1544.2017.02.005

## Bibliometric Analysis of Electric Vehicle Based on Scientific and Technical Report

LEI Xiaoping, ZHANG Yingjie, CHEN Liang, GUI Jie

(Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038)

**Abstract:** This paper, by the scientific and technical report data are searched from the National Science and Technology Report Service (NSTRS), bibliometricly analyzes the science and technology reports in electric vehicle field, in which it includes the project types, the implementation period, report types, and funding status, and also analyzes the authors' cooperation, the author organizations' cooperation, and hot keywords studied by complex network analysis. To some extent, the results reflect the overall layout of China's science and technology projects in the field of electric vehicle.

**Keywords:** scientific and technical report, electric vehicle, bibliometrics analysis, complex network

科技报告是科学技术知识的宝库和源泉,是一种重要的国家战略资源<sup>[1-2]</sup>。2014年3月,国家科技报告服务系统(www.nstrs.cn)正式开通运行,万份科技报告向社会提供开放共享服务,这标志着我国科技报告制度建设取得了实质性进展<sup>[3-4]</sup>。由于中国科技报告系统刚刚建立,目前利用科技报告数据进行科技情报分析方面的研究还比较少,只有个别作者对科技报告的信息进行

了分析研究<sup>[5-6]</sup>。

电动汽车产业是一个典型的资源密集型和技术密集型产业<sup>[7]</sup>。我国将电动汽车产业确定为战略性新兴产业,制定了长远发展规划,出台了鼓励产业发展的相关政策,并在各种科技计划中为电动汽车产业的技术创新提供了支持。本文通过对“国家科技报告服务系统”中收录的电动汽车领域科技报告按照项目资助类型、立项年份、执

**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;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;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;桂婕(1976—),女,博士,中国科学技术信息研究所副研究员,主要研究方向:数据挖掘。

**基金项目:** 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);中国科学技术信息研究所内项目“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)。

**收稿日期:** 2017年1月4日。

行期限、报告类型、经费状况等信息进行统计分析,并通过复杂网络对作者合作及作者单位合作状况进行分析,为科研人员和管理者提供有关电动汽车科技项目布局及研发状况的参考信息。

## 1 数据来源

本文所使用的数据来自我国“国家科技报告服务系统”,检索方式是在题名、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,该系统登记注册了电动汽车国家科技报告318份。其中,最多的是最终报告,有226份;其次是进展报告,有68份。另外还有专题报告20份,奖励报告3份,立项报告1份。

为了确保分析结果的准确性,对四项数据进行了预处理:机构名称规范化、资助项目类型规范化、关键词字段分隔符规范化以及错误数据的更正。

(1)机构名称规范化处理。报告编写机构和作者机构的抽取采用原始数据提供的机构名称作为机构的标识,其中“中国科学院”下属的机构没有进行向上归属处理,例如“中国科学院长春应用化学研究所”和“中国科学院大连化学物理研究所”被认定为两个不同的机构。但是如果全称和简称同时存在的现象,则按照全称进行统一,比如:“中国第一汽车集团公司技术中心”和“一汽技术中心”被认定为同一个机构,对其名称进行规范化处理。另外,原始数据中名称为空的机构不进行特别处理和统计。

(2)资助项目类型规范化处理。资助项目类型也就是项目的支撑渠道,科技报告中对该项内容的撰写方式存在不统一的现象,比如:“国家科技支撑计划”与“科技部支撑计划”并存,将其规范化为“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,将其规范化为“863计划”。另外,为了便于在统计分析时与其他资助项目类型进行比较,将国家自然科学基金项目在录入时细分为面上项目、青年科学基金

项目和专项基金项目统一归纳为国家自然科学基金项目。

(3)关键词字段分隔符规范化处理。关键词字段中包含了多项信息,发现存在分隔符不规范的现象。比如:“超级活性炭;炭气凝胶;复合电极,超级电容器”“二次电池 电极材料 电解质材料”“电机、电池、充电机、低温性能”“863计划;电动汽车;技术;研究”等,从中可以发现该字段存在中文逗号、英文分号、中文分号、顿号、空格等多类分隔符的现象,需要进行统一规范化,便于数据拆分统计。

(4)错误数据处理。对于明显的数据错误进行更正,比如有些项目填写的总经费数额小于国家经费的数额,经过查找原始文档后发现是录入错误,应该将两项经费数据进行对换。

## 2 项目的资助渠道

电动汽车项目的资助渠道如图1所示(3份奖励报告属于国家科学技术奖励项目,不在此处进行统计)。从图1可以看到,电动汽车项目主要的来源渠道为六大科技资助项目:863计划、国家自然科学基金、国家科技支撑计划、973计划、国家重大科学仪器设备开发专项和国家国际科技合作专项。

其中,“863计划”(国家高技术研究发展计划)所支持的电动汽车项目最多,有233个,占总量的75.6%。“863计划”以前沿技术研究发展为重点,统筹部署高新技术的集成应用和产业化示范。电动汽车资助项目主要来源于“863计划”,可见我国政府将电动汽车技术置于战略性高技术的位置,并对其应用及产业化高度重视。其次是国家自然科学基金,有30个项目,占总量的9%。国家自然科学基金支持基础研究,着力源头创新,培养优秀人才,完善学科布局,推动学科交叉,部署优先领域,提升重点领域的整体水平。国家自然科学基金对电动汽车领域的资助体现了我国对于电动汽车领域的相关学科建设、人才培养等方面的重视,以期提高我国电动汽车自主创新能力。然后是国家科技支撑计划,有24

个项目，占6%。国家科技支撑计划主要面向国民经济和社会发展需求，重点解决经济社会发展中的重大科技问题，集成全国优势科技资源进行统筹部署，为国民经济和社会发展提供有效支撑。国家科技支撑计划对电动汽车领域的资助充分体现了国家将电动汽车的研发定位为经济社会发展中的重大科技问题。另外，还有“973计划”（国家重点基础研究发展计划）19项，国家国际科技合作专项5项，国家重大科学仪器设备开发专项4项，这几个资助类别分别体现了国家在基础研究、国际科技合作及重大科学仪器设备开发等多个不同角度上对电动汽车研发的支持。

### 3 立项年份与项目执行年限

电动汽车领域资助项目的立项年份如图2所示。从总体来看，去除22项缺失数据外，发现2006年电动汽车立项项目总数量最多，有64项。此后逐年减少，到2010年立项的项目总数量最少，仅有23项。之后突然增长，2011年立项的项目总数有52项，2012年立项的项目总数

有64项。可是2013年立项的项目总数数据量突然减少，这可能是科技报告数据录入尚不完整的缘故。

从各资助项目的时间发展趋势来看，由于“863计划”的电动汽车项目最多，所以“863计划”的项目年度趋势与整体项目的总体年度趋势相类似，但是在2012年有很大区别。2012年的全部项目比2011年增长了一些，但是2012年度的“863计划”项目比2011年少很多，从图2中可以看到，2012年的数据增长主要来自于国家科技支撑计划对电动汽车项目支持力度的加大。国家科技支撑计划对电动汽车项目的支持力度加大充分体现了电动汽车研发已经成为我国经济社会发展中的重大科技问题，近年来正在集成全国优势科技资源进行统筹部署。2013年度的18项电动汽车项目都来自于国家自然科学基金的资助，没有其他科技计划的数据，这可能与数据回溯录入尚不完全有关。

每份科技报告源于不同执行年限的资助项目。从图3可见，六大项目的执行年限从不到1

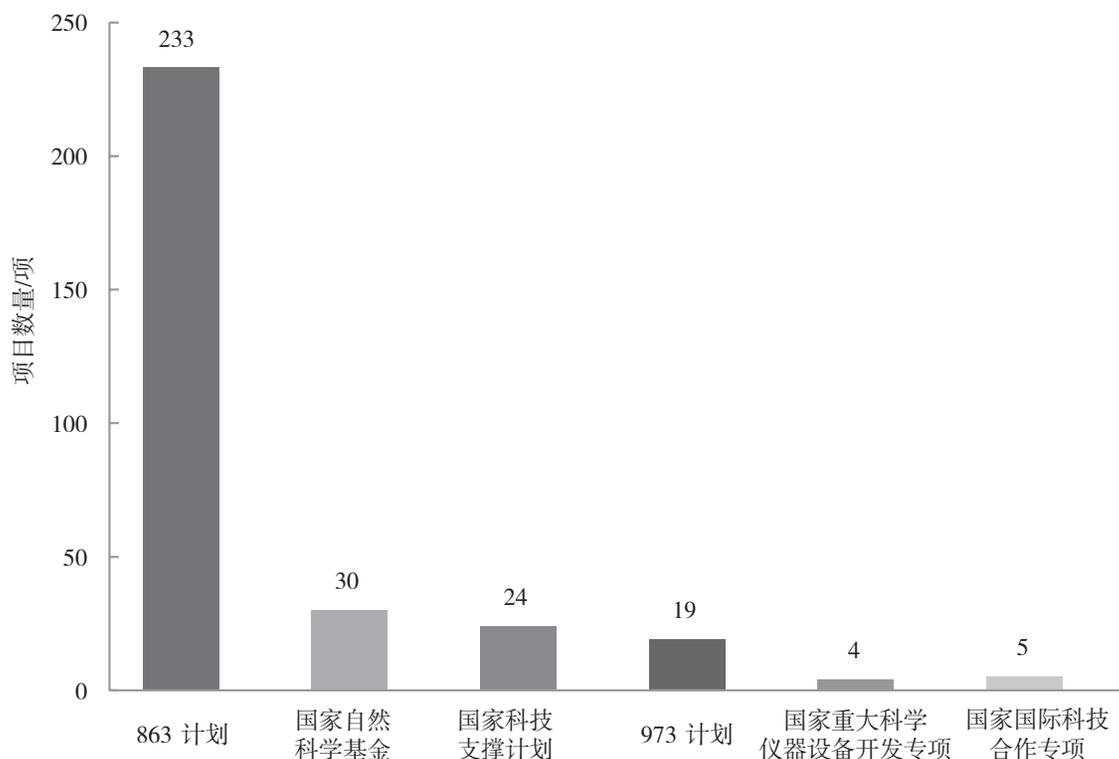


图1 电动汽车项目资助类型分析

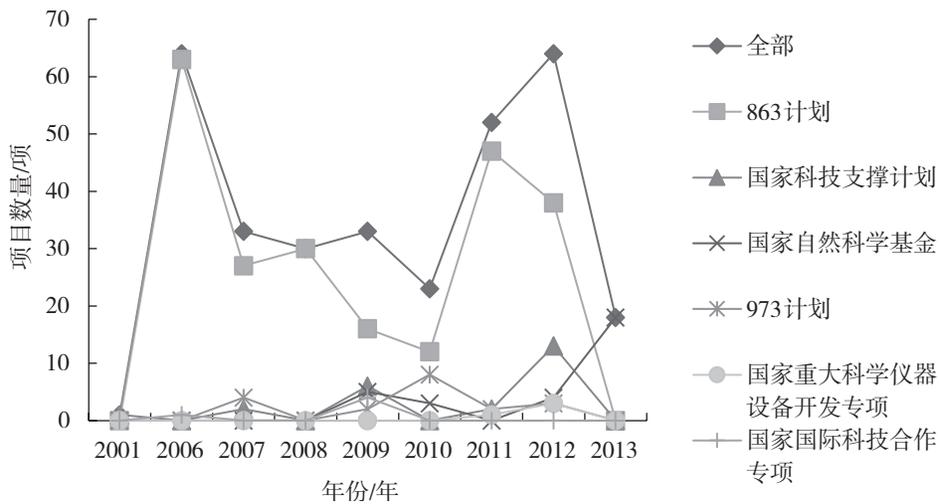


图2 电动汽车领域资助项目的立项年份分析

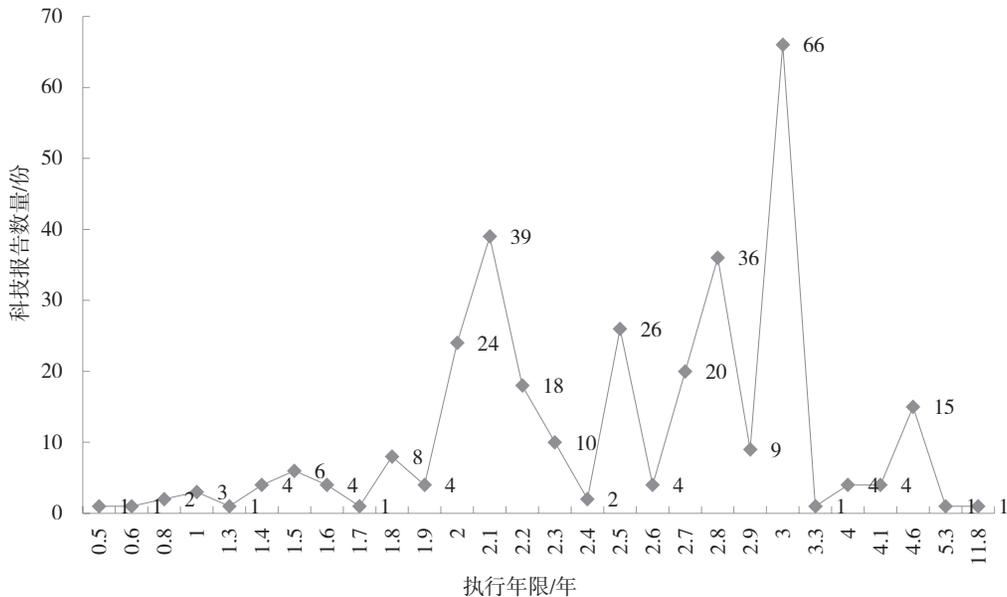


图3 项目执行年限分析

年至 11.8 年不等（部分进展报告所对应的项目尚未结束）。其中执行年限最常见者依次为 3 年、2 年和 4.5 年左右，而 2 年以下以及超过 4.5 年的执行期者较少。

不同的资助项目存在不同的执行年限。从图 4 可见，“973 计划”和国家重大科学仪器设备开发专项的执行年限最长。“973 计划”所有项目均在 4~5 年，这与“973 计划”旨在解决国家战略需求中的重大科学问题，以及对人类认识世界将会起到重要作用的科学前沿问题的定位相关，

要实现重点突破，需要的研究时间较长。国家重大科学仪器设备开发专项的研究时间大多是 4 年，也有超过 5 年的项目，这与仪器的研发时间较长，需有较充分的研发和反复改进过程有关。国家国际科技合作专项的执行年限比较分散，最短的 1 年，最长的 4 年；国家自然科学基金的执行年限大多在 3 年左右；“863 计划”的年限基本分布在 1 年至 3 年，其中 2 年、2.5 年和 3 年的项目最多；支撑计划的执行年限大多为 2 年和 3 年左右。

#### 4 项目经费

科技报告中提供的项目经费数据包含总经费数据和国拨经费数据。下面对这两项分别进行统计分析。当同一项目同时存在立项报告、进展报告、最终报告等多种形式时，仅统计一次，避免重复统计。

电动汽车领域的 318 份科技报告数据中有 105 份的总经费信息缺失，剩下 213 条数据，去除同一项目多种报告类型的重复现象后，剩余 207 条有效数据。对总经费按照数据区间进行划分，并对不同的资助类型分别进行统计，如表 1 所示。

从表 1 中可以看到，电动汽车领域不同科技计划的资助总经费区别很大，与各不同科技计划的定位密切相关。“863 计划”项目总经费分布较广，从百万元以下到 5000 万元以上都有，分布也比较均匀，可见其从技术到产业化的涵盖面比较广泛。国家科技支撑计划的项目总经费也比较广，但分布呈现跳跃式，存在 100 万~200 万元、500 万~1000 万元、1500 万~2000 万元、3000 万元以上几个级别。国家自然科学基金的项目总经费均在百万元以下，这与自然科学基金对人才培养和学科建设的定位相符合。“973 计

划”的总经费都在 2000 万~5000 万元，重点突破需要的研究时间较长，需要的经费数额较大。国家国际科技合作专项的项目总经费分布在两个级别：100 万~500 万元和 2000 万~5000 万元，前者属于小数额的初步合作，后者则是大资金重点合作。国家重大科学仪器设备开发专项仅有一个项目填写了总经费，其数额在 5000 万元以上，可见对于电动汽车仪器设备的研发是选准研发机构进行重点支持培养。

项目总经费反映了对研究项目进行资助的力度，但是总经费并非全部是国家拨款，在部分科技计划中，其包含了国拨经费和自筹配套经费。其中，国拨经费代表了国家出资的力度，而自筹配套经费则由项目的申请机构负责配套拨付，为了进一步了解国家拨款资助的状况，下面对各项目的国拨经费状况进行分析。经过数据整理，发现电动汽车领域有 207 条有效国拨经费数据。对国拨经费按照数据区间进行了划分，并对不同的资助类型分别进行了统计，分析结果如表 2 所示。

在电动汽车领域，国拨经费的金额都在 5000 万元以下。对比总经费的金额可以发现，“863 计划”、国家科技支撑计划和国家重大科学仪器设备开发专项中均存在 5000 万元以上的总经费，

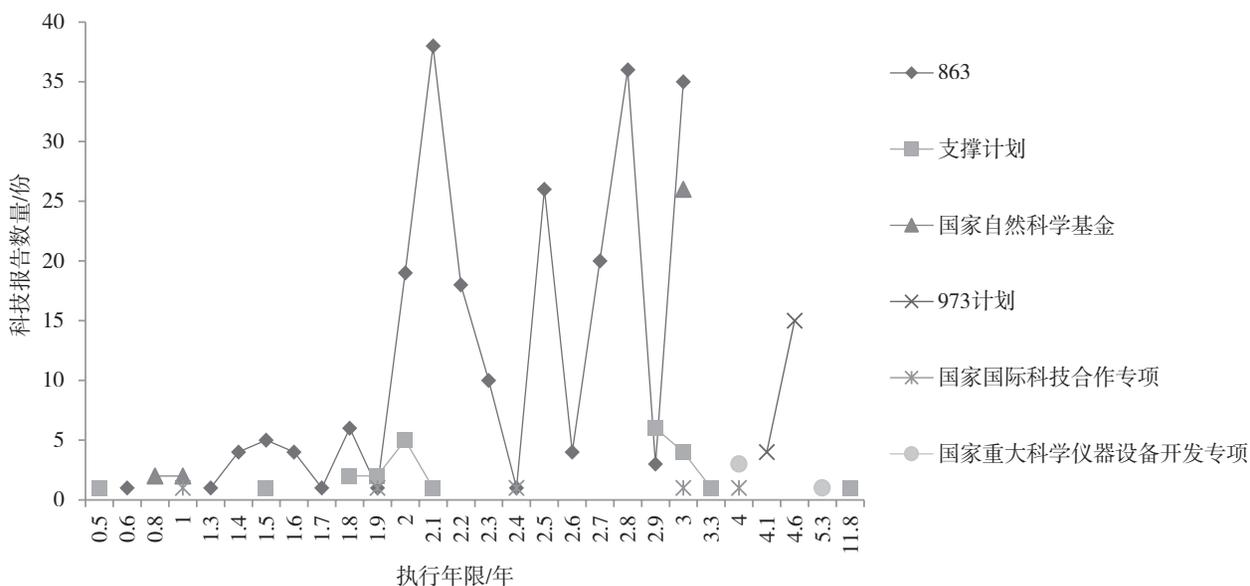


图 4 六大资助项目的执行年限分析

表1 电动汽车科技报告的总经费分布

| 总经费           | 863<br>计划/条 | 国家科技支<br>撑计划/条 | 国家自然科学<br>基金/条 | 973<br>计划/条 | 国家国际科技合<br>作专项/条 | 国家重大科学仪器设<br>备开发专项/条 | 小计/条 |
|---------------|-------------|----------------|----------------|-------------|------------------|----------------------|------|
| 100万元及以下      | 12          | 0              | 30             | 0           | 0                | 0                    | 42   |
| >100万~200万元   | 14          | 2              | 0              | 0           | 2                | 0                    | 18   |
| >200万~500万元   | 15          | 0              | 0              | 0           | 1                | 0                    | 16   |
| >500万~1000万元  | 24          | 2              | 0              | 0           | 0                | 0                    | 26   |
| >1000万~1500万元 | 15          | 0              | 0              | 0           | 0                | 0                    | 15   |
| >1500万~2000万元 | 19          | 2              | 0              | 0           | 0                | 0                    | 21   |
| >2000万~3000万元 | 17          | 0              | 0              | 1           | 1                | 0                    | 19   |
| >3000万~5000万元 | 17          | 2              | 0              | 3           | 1                | 0                    | 23   |
| >5000万元       | 24          | 2              | 0              | 0           | 0                | 1                    | 27   |
| 小计            | 157         | 10             | 30             | 4           | 5                | 1                    | 207  |

表2 电动汽车科技报告的国拨经费分布

| 国拨经费          | 863<br>计划/条 | 国家科技支<br>撑计划/条 | 国家自然科学<br>基金/条 | 973<br>计划/条 | 国家国际科技合<br>作专项/条 | 国家重大科学仪器设<br>备开发专项/条 | 小计/条 |
|---------------|-------------|----------------|----------------|-------------|------------------|----------------------|------|
| 100万元及以下      | 19          | 1              | 30             | 0           | 0                | 0                    | 50   |
| >100万~200万元   | 30          | 1              | 0              | 0           | 1                | 0                    | 32   |
| >200万~500万元   | 53          | 2              | 0              | 0           | 3                | 0                    | 58   |
| >500万~1000万元  | 30          | 2              | 0              | 0           | 1                | 0                    | 33   |
| >1000万~1500万元 | 15          | 1              | 0              | 0           | 0                | 0                    | 16   |
| >1500万~2000万元 | 4           | 1              | 0              | 0           | 0                | 0                    | 5    |
| >2000万~3000万元 | 6           | 1              | 0              | 1           | 0                | 0                    | 8    |
| >3000万~5000万元 | 0           | 1              | 0              | 3           | 0                | 1                    | 5    |
| >5000万元       | 0           | 0              | 0              | 0           | 0                | 0                    | 0    |
| 小计            | 157         | 10             | 30             | 4           | 5                | 1                    | 207  |

说明这些经费来源部分来自于自筹经费,这些自筹配套经费主要来自于企业,体现了企业自身对电动汽车技术研发的重视、投入和支持。另外,对比总经费和国拨经费还可以发现,“973计划”的全部经费均来自于国拨经费,而国家自然科学基金也是如此。从国拨经费数额大小来看,“973计划”和国家重大科学仪器设备开发专项的国拨经费数额较大,均超过了2000万元。国家科技支撑计划的国拨经费分布范围较广,既存在百万元以下的项目,也存在3000万元以上的项目,而且各等级分布也比较均匀。“863计划”的国拨经费分布与总经费的状况类似,分布范围很广,

从100万元以下到3000万元之间均有分布,大多数在1500万元以下,但是也存在2000多万元的少数状况。国家自然科学基金和国家国际科技合作专项的国拨经费数额较小,前者均在百万元以下,后者在100万元至1000万元。

## 5 报告单位及作者

电动汽车科技报告的单位共计247家和作者826人。其中,研究机构34家,高校63所,企业150家。一份科技报告可以有多个作者,这些作者可能分属于不同的单位,对这些报告作者单位进行分析,分析结果如表3所示。从表3可以

表 3 报告数量排名前 20 的报告作者单位

| 排名 | 报告作者单位           | 数量/份 | 单位性质 |
|----|------------------|------|------|
| 1  | 同济大学             | 31   | 大学   |
| 2  | 清华大学             | 25   | 大学   |
| 3  | 北京理工大学           | 17   | 大学   |
| 4  | 中国汽车技术研究中心       | 16   | 公司   |
| 5  | 重庆长安汽车股份有限公司     | 13   | 公司   |
| 6  | 奇瑞汽车股份有限公司       | 11   | 公司   |
| 7  | 吉林大学             | 10   | 大学   |
| 8  | 国网电力科学研究院        | 10   | 公司   |
| 9  | 中国电力科学研究院        | 9    | 公司   |
| 10 | 上海电驱动有限公司        | 9    | 公司   |
| 11 | 华中科技大学           | 8    | 大学   |
| 12 | 深圳市五洲龙汽车有限公司     | 7    | 公司   |
| 13 | 万向电动汽车有限公司       | 6    | 公司   |
| 14 | 北京交通大学           | 6    | 大学   |
| 15 | 天津力神电池股份有限公司     | 6    | 公司   |
| 16 | 天津大学             | 6    | 大学   |
| 17 | 天津清源电动车辆有限责任公司   | 6    | 公司   |
| 18 | 浙江大学             | 5    | 大学   |
| 19 | 上海交通大学           | 5    | 大学   |
| 20 | 上海燃料电池汽车动力系统有限公司 | 5    | 公司   |
| 20 | 中国汽车工程研究院股份有限公司  | 5    | 公司   |
| 20 | 中国科学院电工研究所       | 5    | 研究所  |
| 20 | 北京卡达克科技中心        | 5    | 公司   |
| 20 | 华南理工大学           | 5    | 大学   |
| 20 | 厦门大学             | 5    | 大学   |
| 20 | 哈尔滨工业大学          | 5    | 大学   |

看到，排名前 20 位的科技报告作者单位中，大学及研究所和公司的比例几乎各占一半。排名前三位的报告作者单位都是大学，分别为：同济大学、清华大学和北京理工大学。中国汽车技术研究中心和重庆长安汽车股份有限公司位列第四和第五，是中国电动汽车领域企业界的研究领先企业。

同一个报告的多个作者单位之间被认为是合作关系，选取报告数量大于三家的报告作者单位，对其合作情况进行分析，分析结果如图 5 所示。在图 5 中，气泡连线的粗细代表合作关系的强弱，联线越粗，代表合作完成的科技报告的数量越多，合作关系越密切。从图 5 中可以看到，

电动汽车领域的科技报告单位合作密切的主要有三组：一是厦门大学和中航锂电（洛阳）有限公司。这两个单位之间连线最粗，表明合作最为密切。二是奇瑞汽车股份有限公司和合肥工业大学之间合作较多。这两组是我国电动汽车领域大学和企业合作研究的典型代表。三是国网电力科学研究院和中国电力科学研究院之间存在密切的合作关系。这两个研究院均为国家电网公司的直属单位，属于公司内部不同研发机构之间的合作。

从图 5 中也可以看出几个明显的单位合作网络：一是以国网电力科学研究院、中国电力科学研究院、天津大学、中国汽车技术研究中心、中国电力企业联合会、华北电力大学等为核心组成的合作网络；二是以复旦大学、厦门大学、南京航空航天大学、上海交大等为核心组成的合作网络；三是以上海电驱动有限公司、合肥工业大学和奇瑞汽车股份有限公司等为核心组成的合作网络；四是以上海大学、中国科学院电工研究所和

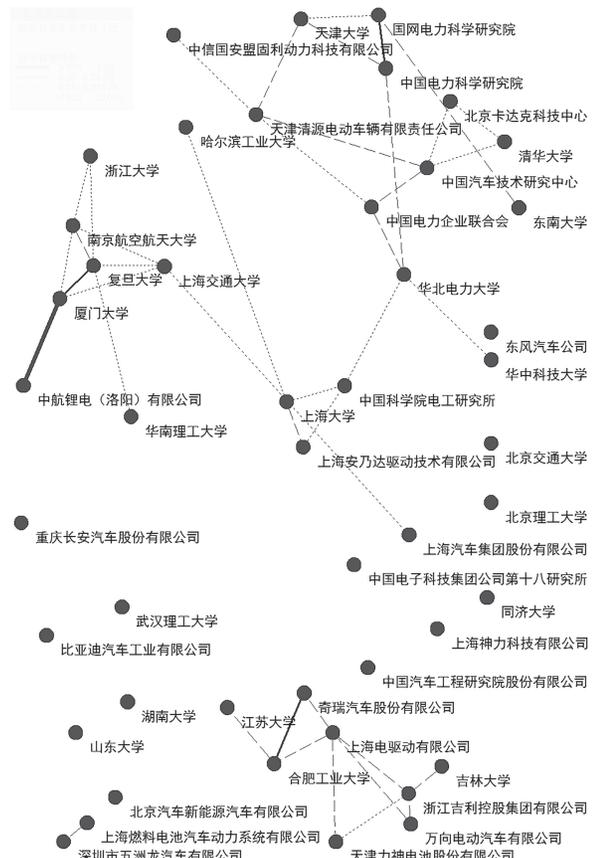


图 5 报告作者单位合作情况

上海安乃达驱动技术有限公司为核心组成的合作网络。其中,前面3个网络是中国电动汽车领域的核心合作网络。同济大学和北京理工大学虽然科技报告的数量比较多,但是和其他大学和公司之间没有合作关系。

关于报告的作者,如存在同一个姓名属于不同单位的情况(比如:可能是重名,但不是同一个人;也可能是同一个人跳槽先后在不同机构任职,这种可能性更高一些),表4中按同一个作者进行统计。排名前20位的报告作者均来自于知名大学(同济大学、清华大学、上海大学等)和企业(上海电驱动股份有限公司、上海安乃达驱动技术有限公司、奇瑞汽车股份有限公司等)。

排名前三位的作者是张舟云、余卓平和彭庆丰。

对报告作者的合作情况如图6所示。从图6中可以看到几个明显的合作关系:一是陈晓宏、刘长久、丘国维之间的合作。他们同属于比亚迪汽车工业有限公司,属于公司内部的合作。二是左曙光、章桐、李雪、吴旭东之间的合作。他们同属于同济大学,属于大学内部的合作。三是邹玉峰、张娜、秦红莲、王永武之间的合作。他们同属于天津力神电池股份有限公司。四是贡俊、张舟云、黄苏融之间的合作。前面两人属于上海安乃达驱动技术有限公司,黄苏融属于上海大学,这是企业和大学的科研人员之间的合作。五是邓先泉、王扬满、张振宏、全颂华之间的合

表4 报告数量排名前20的报告作者

| 排名 | 姓名  | 作者单位                      | 报告数量/份 |
|----|-----|---------------------------|--------|
| 1  | 张舟云 | 上海电驱动股份有限公司;上海安乃达驱动技术有限公司 | 10     |
| 2  | 余卓平 | 同济大学                      | 8      |
| 3  | 彭庆丰 | 奇瑞汽车股份有限公司                | 8      |
| 4  | 孟祥峰 | 中国汽车技术研究中心                | 7      |
| 5  | 章桐  | 同济大学;上海燃料电池汽车动力系统有限公司     | 6      |
| 6  | 周安健 | 重庆长安汽车股份有限公司              | 5      |
| 7  | 张振宏 | 深圳市五洲龙汽车有限公司              | 5      |
| 8  | 熊璐  | 同济大学                      | 5      |
| 9  | 王若飞 | 奇瑞汽车股份有限公司                | 5      |
| 10 | 胡泽春 | 清华大学                      | 5      |
| 11 | 邓先泉 | 深圳市五洲龙汽车有限公司              | 5      |
| 12 | 郭庆来 | 清华大学                      | 5      |
| 13 | 黄苏融 | 上海大学                      | 5      |
| 14 | 侯永平 | 同济大学                      | 4      |
| 15 | 全颂华 | 深圳市五洲龙汽车有限公司              | 4      |
| 16 | 张娜  | 天津力神电池股份有限公司              | 4      |
| 17 | 张鹏  | 厦门大学;江苏双登集团有限公司           | 4      |
| 18 | 林程  | 北京理工大学                    | 4      |
| 19 | 王扬满 | 深圳市五洲龙汽车有限公司              | 4      |
| 20 | 邹玉峰 | 天津力神电池股份有限公司              | 4      |
| 20 | 钟再敏 | 同济大学                      | 4      |

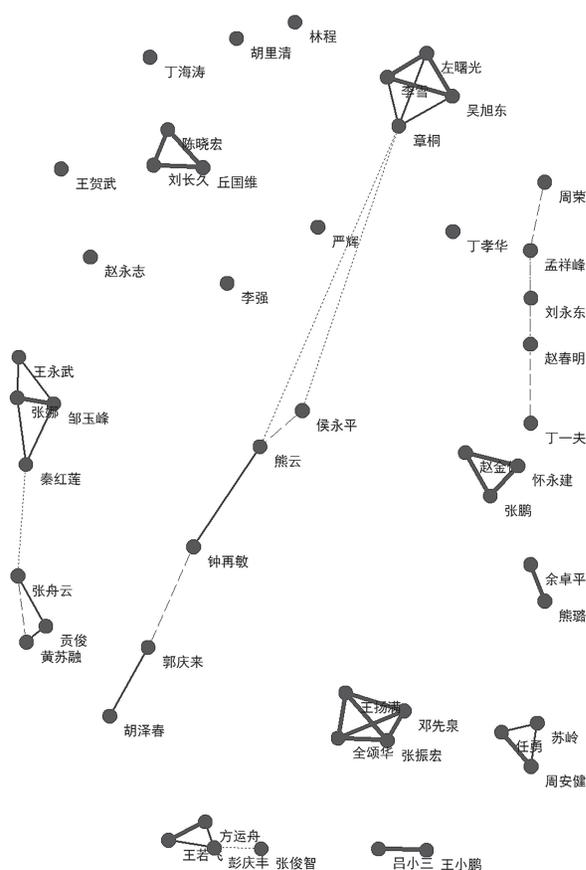


图 6 报告作者合作情况

作。他们同属于深圳市五洲龙汽车有限公司，属于公司内部的合作。六是方运舟、彭庆丰、王若飞之间的合作。他们同属于奇瑞汽车股份有限公司，属于公司内部的合作。七是赵金保、张鹏、怀永建之间的合作。前面两人属于厦门大学，后面一人属于中航锂电（洛阳）有限公司，这是企业和大学的科研人员之间的合作。八是任勇、周安健、苏岭之间的合作。他们同属于重庆长安汽车股份有限公司，属于公司内部的合作。

由此可见，报告作者之间的合作网络都是小网络，大多为公司内部或者大学内部的科研人员之间的合作，但是企业和大学的科研人员之间的合作较少。

## 6 报告关键词

科技报告的数据中提供了关键词字段，可以依据该字段对关键词进行分析。提取在 3 篇以上科技报告中出现的有意义关键词 47 个（剔除

“电动汽车”“新能源汽车”“汽车”等无具体技术和应用含义的关键词），进行关键词共现网络分析，结果如图 7 所示。

从图 7 中可以看到几个相关度较高的关键词共现关系：一是仿真和优化、控制之间的共现。二是动力系统和分区测试、振动台、半消声室之间的共现。三是锂电池和正极材料之间的共现。四是电机和插电式混合动力之间的共现。五是电池管理系统和整车控制器之间的共现。六是轮毂电机、分布式驱动、V2G 之间的共现。另外，从图 7 中可以看到 8 个明显的关键词集簇子网络，每个子网络包含的关键词如表 5 所示。

从图 7 和表 5 可以看到，电机的仿真优化控制、动力系统相关测试装置、电池管理系统、燃料电池车的安全性及示范运行、锂电池的正极材料等是电动汽车科技报告的热点研究内容。

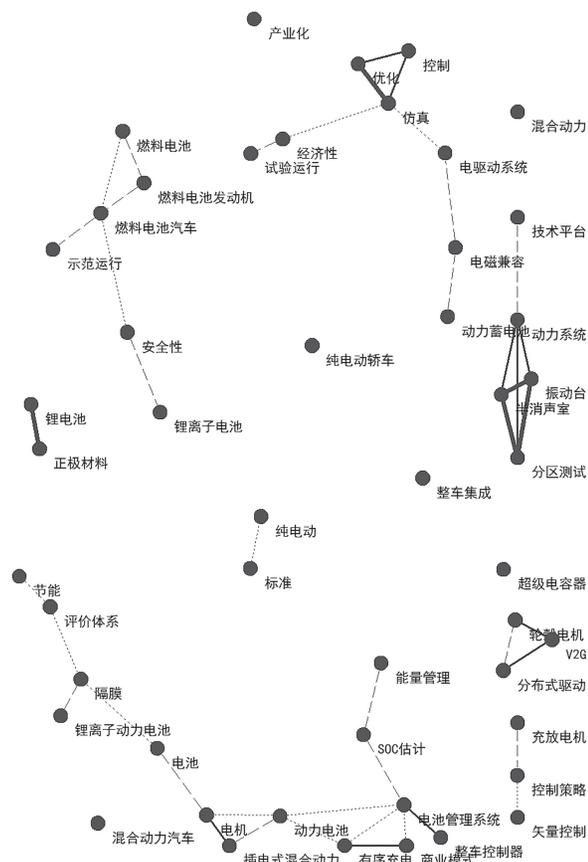


图 7 报告关键词共现网络

表5 关键词子网络

| 簇号 | 关键词                                    |
|----|--|
| 1  | 仿真、优化、控制、经济性、试验运行、电驱动系统、电磁兼容、动力蓄电池     |
| 2  | 燃料电池、燃料电池发动机、燃料电池汽车、示范运行、安全性、锂离子电池     |
| 3  | 动力系统、分区测试、振动台、半消声室、技术平台                |
| 4  | 电机、插电式混合动力、电池、锂离子动力电池、隔膜、评价体系、节能、动力电池  |
| 5  | 电池管理系统、整车控制器、有序充电、商业模式、动力电池、SOC估计、能量管理 |
| 6  | 充放电机、控制策略、矢量控制                         |
| 7  | 轮毂电机、分布式驱动、V2G                         |
| 8  | 锂电池、正极材料                               |
| 9  | 纯电动、标准                                 |

## 7 结论

根据“国家科技报告服务系统”登记注册的318份电动汽车国家科技报告进行文献计量分析可了解到我国电动汽车领域技术发展的状况及主要研发方向。

(1) 电动汽车项目主要来源于六大科技资助项目：863计划、国家自然科学基金、国家科技支撑计划、973计划、国家国际科技合作专项和国家重大科学仪器设备开发专项。其中“863计划”所支持的电动汽车项目最多，超过70%。

(2) 2006年电动汽车项目最多，此后逐年减少，到2010年立项的项目数量最少，之后恢复增长。六大项目的执行年限区别很大，“973计划”和国家重大科学仪器设备开发专项的执行年限最长。

(3) 电动汽车领域的经费，无论是总经费还是国拨经费，不同资助计划在电动汽车领域的经费投入存在较大差异，其中“863计划”的项目经费不同等级范围分布较广，分布也比较均匀。

(4) 科技报告单位之间的合作网络呈现“小聚集，大融合”及“产学研相结合”的状态，但是其合作的广度还有待提高；作者之间合作则大多处于“内部合作”的状态，大多为公司内部或者大学内部的科研人员之间的合作，企业和大学的科研人员之间的合作较少。

(5) 全国电动汽车的基本研发力量：研发单位247家，科研人员826人。其中，高校和科研

院所97家，企业150家。可见，我国企业在电动汽车领域发挥了重要的研发作用。

(6) 当前电动汽车领域的研发热点在电机的仿真优化控制、动力系统相关测试装置、电池管理系统、燃料电池车的安全性及示范运行、锂电池的正极材料等方面。

## 参考文献

- [1] 张爱霞,张钢聚,杨代庆,等. 科技报告编写规则[S]. 北京:中国标准出版社,2009.
- [2] 贺德方,胡红亮,周摇杰,等. 中国科技报告体系的建设模式研究[J]. 情报学报,2009,28(6):803-808.
- [3] 陈传夫,代钰珠,曾建勋. 科技报告开发利用与知识产权问题研究[J]. 情报学报,2014,33(8):793-799.
- [4] 国家科技报告服务系统[EB/OL].[2016-07-01]. <http://www.nstrs.cn/CommonPeople.aspx>.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 谢彩霞,刘则渊. 科研合作及其科研生产力功能[J]. 科学技术与辩证法,2006,23(1):99-102.
- [9] 张军亮. 我国自然科学领域的合作研究分析:以2008—2013年国家自然科学奖为例[J]. 科技管理研究,2016,36(5):248-253.
- [10] 王云靖,房俊,李幼军. 北方工业大学科研合作网络探析[J]. 北方工业大学学报,2016,28(1):35-41.