

# 电动汽车科技产出综合评价与国际比较

刘云,周友富,安菁

(北京理工大学 管理与经济学院,北京 100081)

**摘要** 随着全球能源日趋紧张,电动汽车产业作为减少温室气体排放的重要手段和获得国家竞争优势的重要来源,被列入我国大力发展的战略性新兴产业。采用SCI论文数据库和德温特创新索引专利数据库(DII)作为数据来源,建立了基于产出的电动汽车科研与技术实力评价指标体系,使用层次分析法(AHP)综合评价了我国和美国、日本、德国四个国家之间电动汽车科研与技术领域存在的差异,以及四个国家在电动汽车科研与技术上的综合实力。

**关键词** 文献计量学;专利计量学;层次分析;电动汽车

中图分类号 F272.5

文献标识码 A

文章编号 1002-0241(2013)05-0010-10

## 0 引言

汽车产业的发展始终伴随着石油消耗和环境污染的双重危机。汽车的迅速普及,在改善居民生活的同时也带来了诸如能源、环保等方面的问题。随着全球能源日趋紧张,生态环境日益恶化,关于电动汽车的开发与应用问题已成为各国汽车工业积极探索的焦点。

2010年10月10日国务院颁布了《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》。决定指出,从我国国情和科技、产业基础出发,现阶段选择节能环保、新一代信息技术、生物、高端装备制造、新能源、新材料和新能源汽车等七个产业,在重点领域集中力量,加快推进。加快培育和发展以重大技术突破、重大发展需求为基础的战略新兴产业,对于推进产业结构升级和经济发展方式转变,提升我国自主创新能力和国际竞争力,促进经济社会可持续发展,具有重要意义。

研究和评价我国和其他国家之间电动汽车科研技术的表现情况,能够发现我国在电动汽车科学研

究和技术研发领域的真实实力,对认清我国在世界电动汽车科研技术领域的地位和政府制订的产业政策都具有重要的参考价值。

## 1 基于产出的电动汽车科研与技术实力评价指标体系

在文献计量学和专利计量学领域,学者们已经就科研文献和科技专利的计量指标有过很多的研究,杨立英、周秋菊等使用10年论文数、10年引文数、热点论文引文数、高被引论文数、高被引论文引文数等6个文献计量指标来评价各个国家的科学水平,世界知名的知识产权咨询公司CHI Research将专利数量、专利被引次数、专利的科学关联系数、专利及时影响指数、专利的技术生命周期等专利计量指标用于评价公司的专利组合实力。本文在信息计量学统计指标的基础上,同时咨询相关领域专家,根据本文的研究主题,确定了如图1所示的基于产出的电动汽车科研与技术实力评价指标体系。将电动汽车科研与技术实力分为电动汽车科研实力和电动汽车技术实力两个方面,使用电动汽车科研论文的计量指标

收稿日期 2012-05-14

基金项目 国家自然科学基金重点项目 国家自主创新体系国际化理论与政策研究(71033001)

第一作者简介:刘云(1963),男,安徽合肥人,北京理工大学管理与经济学院教授,博士生导师,研究方向:科技评价、科技政策、技术创新管理。

来衡量电动汽车科研实力,使用电动汽车技术专利的计量指标来衡量电动汽车的技术实力。对于电动汽车科研实力,本文选取如下7个指标作为衡量的标准:发表论文数、高被引论文数量、平均引文率、高引频作者数量、高h指数作者数、高产科研机构数、热点论文数;电动汽车技术实力的衡量指标选取优先权专利数量、高被引专利总数、高产发明人数量、高产专利权人数量、科学关联系数、专利即时影响指数、专利平均被引率和专利的技术生命周期等8个指标。

## 2 基于产出的电动汽车科研与技术实力综合评价

为了对电动汽车科研与技术实力进行评价研究,本文建立了基于产出的电动汽车科研与技术实力评价指标体系,使用层次分析法(AHP)计算出各指标的权重,最后运用该指标体系对中国、美国、日本和德国四个国家进行实证研究。从横向(各指标之间)和纵向(综合实力)两个方面比较中国与其他三个国家之间的差别,期望从中得到我国电动汽车科研与技术综合实力。

### 2.1 数据来源和数据处理结果

本文选取信息计量学研究普遍采用的汤姆森·路透ISI Web of Knowledge数据库平台。其中文献计量学分析指标数据采用Web of Science科学引文

索引(SCI)数据库,专利计量分析指标数据采用德温特专利引文(DII)数据库。德温特专利数据库(derwent innovations index ,DII)以德温特世界专利索引和德温特专利引文索引的专利信息资源为基础形成的专利信息和专利引文信息数据库,是世界上最大的专利文献数据库,涵盖了来自世界100多个国家、40个专利授权机构的1430多万项发明。如此全面的专利信息资源,使得DII数据库成为专利计量分析十分重要的数据来源。

文献数据的检索策略由主题关键词+领域限定词两部分组成,主题关键词用于限定检索的文献主题,而领域限定词则指定检索的范围限制在电动汽车领域。笔者于2011年4月10日,检索的时间窗口设定为1990—2010年,共检索到论文文献5957条。

专利数据的检索策略由主题关键词+领域限定词+IPC分类号+德温特手工分类号四部分组成。德温特手工分类号是德温特专利文献专家对专利文献进行分类的一种方法,相比国际专利分类号(IPC)能更加准确地对专利进行分类。笔者于2011年4月10日,检索的时间窗口设定为1990—2010年,共检索到专利文献51280条。

### 2.2 电动汽车科技实力国际比较

经过数据整理和统计处理,最终得到了各项指

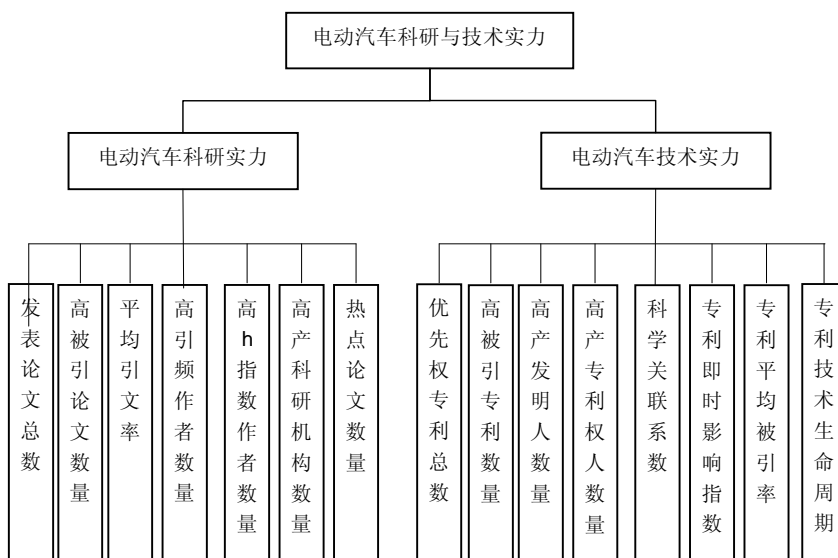


图1 基于产出的电动汽车科研与技术实力评价指标体系

标数值,对中国、美国、日本和德国四个国家的电动汽车科研与技术实力进行比较分析,并对这四个国家各项指标的得分进行逐一的比较,分析各个国家电动汽车科研实力和技术实力的差异,以及我国电动汽车科研与技术水平所处的地位。对各指标的比较分析属于各国之间的横向比较,各项指标的含义可参考表1和表2的内容,电动汽车科研实力评价指标数据如表3所示,电动汽车技术实力评价指标数据如表4所示。

表1 电动汽车科研实力评价指标及含义

指标	指标含义
发表论文总数	论文数量是衡量国家科研水平的重要指标之一
高被引论文数量	使用论文年限进行调整,高被引论文排名前100中各国论文所占的数量
平均引文率	各国论文总被引次数/该国论文总数
高引频作者数量	作者的总被引次数/作者的论文总数
高h指数作者数量	h指数的定义是一个科学家的分值为h,即当且仅当他发表的N篇论文中有h篇论文每篇被引次数不少于h,剩下的(N-h)篇论文中每篇论文的被引次数都小于h
高产科研机构数量	科研机构论文数量使用期刊影响因子进行调整,高产科研机构前100中各国所占的数量
热点论文数量	近两年发表的,且被引次数排名前100中各国的论文数量

表2 电动汽车技术实力评价指标及含义

指标	指标含义
优先权专利总数	一个国家在某一领域优先权专利数量越多,说明该国在该领域的技术实力就越强
高被引专利数量	高被引专利前100,分析专利优先权国中各国的专利所占的数量
高产发明人数量	高产发明人前100,分析这些发明人中各国所占的人数
高产专利权人数量	高产机构专利权人前100,分析这些机构专利权人中各国所占的数量
科学关联系数	专利平均所引证的科研文献或研究报告的数量,评价专利技术创新与科学研究的关联性
专利即时影响指数	某产业或企业前五年专利的当年被引次数除以系统中所有专利前五年专利的当年被引用次数的平均值
专利平均被引率	各国专利的总被引次数除以专利总数量
专利技术生命周期	所引证专利年龄的中位数

### 2.2.1 电动汽车科研实力评价指标数据分析

电动汽车科研实力的评价指标数据可以从表3中获得,下面对表3中的各项指标和数据进行分析。

表3 电动汽车科研实力评价指标数据

指标	中国	美国	日本	德国
发表论文总数	951	1805	534	251
高被引论文数量	10	53	4	2
平均引文率	1.95	4.80	9.89	6.45
高引频作者数量	5	45	7	4
高h指数作者数量	4	46	10	1
高产科研机构数量	21	35	6	2
热点论文数量	13	41	2	2

表4 电动汽车技术实力评价指标数据

指标	中国	美国	日本	德国
优先权专利总数	3 056	5 706	29 498	9 226
高被引专利数量	0	41	40	16
高产发明人数量	5	1	90	2
高产专利权人数量	1	7	56	26
科学关联系数	0.05	1.22	0.20	0.68
专利即时影响指数	0.07	2.01	0.96	1.42
专利平均被引率	0.09	8.27	2.71	4.47
专利技术生命周期	9.18	8.12	7.88	7.48

(1) 发表论文总数。在科学引文索引数据库中,本文共检索出1990—2010年间电动汽车相关的SCI论文总数量为5957,其中美国发表的论文数量为1805篇,占据了所有论文数量的1/3左右数量;其次是中国,发表论文数量为951篇,约占1/6的比例;日本和德国发表的论文数量分别为534篇和251篇。从发表论文的总数量来看,美国在电动汽车领域的科研实力遥遥领先于其他三个国家,仅美国一个国家就占据了该领域所有论文数的1/3左右;其次是中国,中国发表的论文数量在四个国家中位居第二位;日本和德国分别位列第三和第四位,发表的SCI论文数量相对较少。

(2) 高被引论文数量。一般来说,一篇论文被其他论文引用次数越多说明论文的质量也就越高,高被引论文的数量从一定程度上反映出论文的质量。表3的数据显示,高被引论文的前100篇论文中中国10篇,美国53篇,日本4篇,德国2篇。所以从高被引论文的角度看,美国的论文质量比其他三个国家都要高,中国的高被引论文数量位居第二,日本和德国的高被引论文数量相对较少。

(3) 平均引文率。平均引文率从总体上评价一个国家的论文质量水平,等于某一国家论文的总被

引次数除以该国家的论文总数量,它是一个平均度量指标。从数据可以看出,在电动汽车领域,中国作者发表论文的平均引文率为1.95,相当于每篇论文的被引次数大约为2次;美国的平均引文率为4.80,日本的是9.89,德国为6.45。日本作者发表论文的平均引文率最高,达到了平均每篇论文有接近10次的被引次数,而中国论文的平均被引用次数在四个国家中最低,平均只有不到2次的被引次数。这说明虽然我国发表的论文数量排在第二位,但是我国的论文被引用次数却相对较少;相反,日本的论文发表数量不是很高,但是日本作者发表的论文平均质量在四个国家中是最好的。

(4) 高引频作者数量。高引频作者数量指标从电动汽车领域科研人才的数量评价一个国家的科研实力,高引频作者是考虑到了期刊影响因子的影响,使用了期刊影响因子进行加权平均,既注重作者发表论文的数量又看重作者发表论文的质量。在高引频作者前100名中美国就占据了45位,日本有7名作者入选,中国有5名、德国有4名作者入选。这说明在电动汽车科学研究领域,美国集聚了一大批高水平的优秀科研工作者,而其他三个国家在高引用频次的科研人员数量上与美国相比还有很大的一段距离。

(5) 高h指数作者数量。h指数是一种评价学术成就的新方法。h指数能够比较准确地反映一个人的学术成就。一个学者的h指数越高,则表明他的论文影响力越大。从数据可以看出,前100名的高h指数作者中,中国只占4位,美国依然强势的占据了46位,日本10位,德国1位。同高引频作者数量相似,高h指数作者数量指标美国依旧遥遥领先于其他三个国家。

(6) 高产科研机构数量。高产科研机构数量从科研机构的数量评价一个国家在某一领域的科研水平,数据显示排名前100的高产科研机构中,中国拥有21个,美国有35个,日本和德国分别为6个和2个。从高产科研机构的数量上来看,中国机构的论

文发表数量相对来说是比较多的,位列高产论文机构的第二位,而第一位依然是美国,日本和德国分列第三和第四。

(7) 热点论文数量。热点论文数量是近两年在该领域发表的论文数量。从数据可以看出,电动汽车领域近两年发表的热点论文数量,美国41篇,位列第一;中国13篇居第二;之后是日本2篇和德国2篇。数据说明,近两年来中国、美国的科研人员紧跟电动汽车发展的步伐,在电动汽车领域有较多的论文发表,对近年来电动汽车领域关注度更高,而日本和德国在热点论文发表数量上则相对较少。

### 2.2.2 电动汽车技术实力评价指标数据分析

(1) 优先权专利总数。1990—2010年间从DII专利引文数据库一共检索出电动汽车领域专利数据51 280条。表4的数据显示,在这51 280条专利中,优先权属于日本的专利数目有29 498条,占总检索专利条数的57.5%,说明日本在电动汽车领域的专利数量占有绝对的优势。优先权专利数量第二的是德国,专利数目为9226条,其次是美国5706条,最后是中国,专利条数为3056条。四个国家优先权专利加起来的总数目为47 486条,占据了总检索专利的绝大部分专利,即四个国家的专利技术水平的总和几乎等于电动汽车领域的所有专利技术了。

(2) 高被引专利数量。高被引专利数量从专利引文的角度衡量一个国家的专利质量。数据显示,排名前100的高被引专利中,中国没有一条专利,美国有41条,日本40条,德国16条。从中可以看出,美国和日本在高被引专利数量上旗鼓相当,并且都占据了相当大的数量,其次是德国;而中国在高被引专利前100名中没有专利入选,说明中国申请专利的质量还有待提高。

(3) 高产发明人数量。专利发明人是高技术人才,发明人申请专利数量越多,说明发明人的创造性和创新性就越强,高产发明人是一个国家优秀的科技人才。表4的数据显示,日本拥有了高产发明人排



名前100位中的90位,将其他三个国家的发明人都远远地甩在了后面。中国、美国和德国的高产发明人分别只占5位、1位和2位。从中可以看出日本非常注重专利的申请和保护。

(4) 高产专利权人数量。在排名前100的高产专利权人中,日本依然占据了绝对的优势,以56家专利权人机构在四个国家中获得第一的位置;德国紧随其后以26家专利权人机构位列第二位,之后是美国和中国,分别是7家和1家。中国的唯一一家企业是排名79位的比亚迪公司。

(5) 专利的科学关联系数。一个国家专利的科学关联系数是评价一个国家在某一领域内科学研究对技术研发支撑作用的很好指标。科学关联系数说明在某一领域内,科学研究与技术研究的关联程度,这个关联程度高说明科学研究对技术研发起到了较好的推动作用。数据显示,在选定的四个国家中,美国的专利科学关联系数最高,平均一项专利引用科研文献的数量是1.22篇,其次是德国为0.68篇,日本第三平均每项专利引用文献0.2篇,中国的专利科学关联系数最低,只有0.05,也就是说,平均每项专利只引用科研文献数量为0.05篇。这些数据说明,专利中引用科学文献的数量并不高,最高的美国专利的科学关联系数也只有1.22篇,四个国家相比,中国的科学关联系数较其他三个国家还有一段差距,因此,在电动汽车领域,中国的科学研究对技术研发的推动作用相对较弱。

(6) 专利即时影响指数。即时影响指数(current impact index,CII)是一个国家在某一领域内的技术影响力的评价指标,即时影响指数是相对于系统内所有专利的平均水平来说的,如果某一国家的CII值等于1,说明该国的专利影响力与系统内所有专利的平均水平相当,越高则影响力越大,如果小于1,则表明该国的专利影响力不及系统内所有专利的平均水平。四个国家中,美国的专利即时影响指数为2.01,说明美国在电动汽车领域专利的影响力是平

均水平的2.01倍,德国是平均水平的1.42倍;日本基本等同于系统内所有专利的平均水平;但是中国的即时影响指数只有0.07,是四个国家中最低的,不到平均水平的1/10。由此可见,在电动汽车领域中国的技术影响力还非常低。

(7) 专利平均被引率。平均被引率以一个国家的专利平均被引用次数来衡量该国的专利质量。从表4中可以看出,四个国家专利平均被引率从高到低的排名分别是:美国、德国、日本和中国。美国以平均被引次数8.27次排名第一,其次是德国,平均4.47;之后是日本,平均2.71;最后一名是中国,中国专利的平均被引用次数只有0.09次。这同样折射出中国专利的质量相比其他国家还有相当大的提升空间。

(8) 专利技术生命周期。在计算各国的技术生命周期时,采用每一个国家所有专利的平均技术生命周期作为最终国家的电动汽车技术生命周期。从表4的数据可以看出,四个国家电动汽车领域专利的技术生命周期基本相当,其中德国的技术生命周期最短,为7.48年,中国最长,为9.18年。美国和日本分别为8.12年和7.88年。

从电动汽车科技实力评价指标体系的各项指标数据分析中国、美国、日本和德国在电动汽车领域的表现,从总体上看,美国在电动汽车科研实力和技术实力两方面的表现都很突出;日本在电动汽车技术实力指标方面的表现要优于其他三个国家,特别是在优先权专利总数量上,占据了总专利数量的60%左右;德国在电动汽车科研实力的指标上表现平平,但是在专利技术的表现上得到了较好的分值;对中国来说,科研实力指标的优势主要体现在论文发表的数量上,而在电动汽车科技实力指标的表现上则不尽如人意,除了技术生命周期,各项指标都与其他三个国家之间存在较大的差距。

### 2.3 基于产出的电动汽车科技AHP综合评价研究

前文从电动汽车科研与技术评价指标体系的各

项指标数据横向研究了中国、美国、日本和德国在电动汽车领域的科研和技术实力。下面基于电动汽车科研与技术评价指标体系的各项指标数据,运用层次分析法对中国、美国、日本和德国的电动汽车科研与技术实力进行综合评价研究。

### 2.3.1 构造递阶层次结构

根据本文提出的基于产出的电动汽车科研与技术评价指标体系,设立电动汽车科研与技术综合评价AHP分析的递阶层次模型(见表5)。电动汽车科学与技术实力是本文的总体目标,包含电动汽车科研实力和电动汽车技术实力两个层次,并且分别包含7个和8个决策指标。

表5 电动汽车AHP分析的递阶层次模型

类别	指标
电动汽车科研实力 $B_1$	发表论文总数 $B_{11}$
	高被引论文数量 $B_{12}$
	平均引文率 $B_{13}$
	高引频作者数量 $B_{14}$
	高h指数作者数量 $B_{15}$
	高产机构数量 $B_{16}$
	热点论文数量 $B_{17}$
电动汽车技术实力 $B_2$	优先权专利总数 $B_{21}$
	高被引专利数量 $B_{22}$
	高产发明人数量 $B_{23}$
	高产专利权人数量 $B_{24}$
	科学关联性 $B_{25}$
	专利即时影响指数 $B_{26}$
	专利平均被引率 $B_{27}$
	专利技术生命周期 $B_{28}$

### 2.3.2 构造两两比较判断矩阵

本文第一层次权重采用等权重的操作方法,即对第一层次的电动汽车的科研实力和电动汽车技术实力均赋予0.5的权重。第一级层次下的各项指标,通过咨询专家意见,使用两两比较判断矩阵的方法得出各指标相对上一级的权重。表6和表7分

别给出了第二层各项指标相对  $B_1$  和  $B_2$  的两两判断矩阵。

### 2.3.3 单一准则下元素排序权重和判断矩阵一致性检验

根据上文两两比较判断矩阵使用幂法计算单一准则下各指标元素的排序权重,进行判断矩阵的一致性检验。

设电动汽车科研实力两两比较判断矩阵为矩阵  $MB_1$ ,电动汽车技术实力两两比较判断矩阵为  $MB_2$  则:

$$MB_1 = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{3} & \frac{1}{5} & \frac{1}{7} & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} \\ 2 & 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{3} & \frac{1}{5} & \frac{1}{5} & 3 \\ 3 & 2 & 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{4} & 3 & 5 \\ 5 & 3 & 2 & 1 & \frac{1}{2} & 2 & 7 \\ 7 & 5 & 4 & 2 & 1 & 5 & 8 \\ 4 & 3 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{5} & 1 & 2 \\ 2 & \frac{1}{3} & \frac{1}{5} & \frac{1}{7} & \frac{1}{8} & \frac{1}{2} & 1 \end{bmatrix}; MB_2 = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & \frac{1}{6} & \frac{1}{5} & \frac{1}{2} \\ 4 & 1 & 1 & 2 & 3 & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & 4 \\ 2 & 1 & 1 & \frac{1}{2} & 3 & \frac{1}{4} & \frac{1}{3} & 3 \\ 3 & \frac{1}{2} & 2 & 1 & 2 & \frac{1}{3} & \frac{1}{4} & 4 \\ 2 & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & 1 & \frac{1}{7} & \frac{1}{8} & 2 \\ 6 & 5 & 4 & 3 & 7 & 1 & 3 & 8 \\ 5 & 3 & 3 & 4 & 5 & \frac{1}{3} & 1 & 7 \\ 2 & \frac{1}{4} & \frac{1}{3} & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & \frac{1}{8} & \frac{1}{7} & 1 \end{bmatrix}$$

根据幂法求得  $\lambda_{\max_{B_1}} = 7.4072$ ,对应的特征向量为:

$$u_{B_1} = (0.5455, 1.0706, 2.2935, 3.2638, 5.8832, 1.5896, 0.6092)^T$$

归一化后得到指标权重:

$$w_{B_1} = (0.0358, 0.0702, 0.1503, 0.2139, 0.3856, 0.1042, 0.0399)^T$$

一致性检验

$$C.I._{B_1} = \frac{\lambda_{\max_{B_1}} - n}{n - 1} = \frac{7.4072 - 7}{6} = 0.0679$$

表6 电动汽车科研实力两两比较判断矩阵

$B_1$	$B_{11}$	$B_{12}$	$B_{13}$	$B_{14}$	$B_{15}$	$B_{16}$	$B_{17}$
发表论文总数 $B_{11}$	1	1/2	1/3	1/5	1/7	1/4	1/2
高被引论文数量 $B_{12}$	2	1	1/2	1/3	1/5	1/3	3
平均引文率 $B_{13}$	3	2	1	1/2	1/4	3	5
高引频作者数量 $B_{14}$	5	3	2	1	1/2	2	7
高h指数作者数量 $B_{15}$	7	5	4	2	1	5	8
高产机构数量 $B_{16}$	4	3	1/3	1/2	1/5	1	2
热点论文数量 $B_{17}$	2	1/3	1/5	1/7	1/8	1/2	1

表 7 电动汽车技术实力两两比较判断矩阵

B <sub>2</sub>	B <sub>21</sub>	B <sub>22</sub>	B <sub>23</sub>	B <sub>24</sub>	B <sub>25</sub>	B <sub>26</sub>	B <sub>27</sub>	B <sub>28</sub>
优先权专利总数 B <sub>21</sub>	1	1/4	1/2	1/3	1/2	1/6	1/5	1/2
高被引专利数量 B <sub>22</sub>	4	1	1	2	3	1/5	1/3	4
高产发明人数量 B <sub>23</sub>	2	1	1	1/2	3	1/4	1/3	3
高产专利权人数量 B <sub>24</sub>	3	1/2	2	1	2	1/3	1/4	4
科学关联性 B <sub>25</sub>	2	1/3	1/3	1/2	1	1/7	1/8	2
专利即时影响指数 B <sub>26</sub>	6	5	4	3	7	1	3	8
专利平均被引率 B <sub>27</sub>	5	3	3	4	5	1/3	1	7
专利技术生命周期 B <sub>28</sub>	2	1/4	1/3	1/4	1/2	1/8	1/7	1

$$C.R._{B_1} = \frac{C.I._{B_1}}{R.I.} = \frac{0.0679}{1.32} = 0.0514 < 0.1$$

故矩阵 MB<sub>1</sub> 具有满意的一致性。

同理 求得 λ<sub>max\_B2</sub> = 8.4181 相应的特征向量为 :

$$u_{B_2} = (0.6050, 2.0235, 1.5314, 1.7694, 0.8010,$$

$$6.5013, 4.2017, 0.6042)^T$$

归一化后得到指标权重 :

$$w_{B_2} = (0.0335, 0.1122, 0.0849, 0.0981, 0.0444,$$

$$0.3604, 0.2329, 0.0335)^T$$

一致性检验

$$C.I._{B_1} = \frac{\lambda_{\max_{B_2}} - n}{n - 1} = \frac{8.4184 - 8}{7} = 0.0597$$

$$C.R._{B_1} = \frac{C.I._{B_1}}{R.I.} = \frac{0.0597}{1.41} = 0.0424 < 0.1$$

故矩阵 MB<sub>2</sub> 同样满足满意的一致性检验要求。

### 2.3.4 各指标元素对目标层的合成权重计算及整体

一致性检验

根据上文的计算有 :

$$w_{B_1} = (0.0358, 0.0702, 0.1503, 0.2139, 0.3856,$$

$$0.1042, 0.0399)^T$$

$$w_{B_2} = (0.0335, 0.1122, 0.0849, 0.0981, 0.0444,$$

$$0.3604, 0.2329, 0.0335)^T$$

故得出对于目标层的合成矩阵 u<sub>a</sub> :

$$u_a = \begin{bmatrix} w_{B_1} & 0 \\ 0 & w_{B_2} \end{bmatrix}_{2 \times 15}^T$$

根据前面的讨论 ,第一层次指标对于目标层的权重 w<sub>a</sub> = (0.5, 0.5)<sup>T</sup> ,于是可以得到方案层各指标元素关于目标 A 的合成权重向量 :

$$(0.0179, 0.0351, 0.0752, 0.1070, 0.1928, 0.0521, 0.0200, 0.0168, 0.0561, 0.0424, 0.0490, 0.0222, 0.1802, 0.1165, 0.0167)^T$$

$$W = u_a \times w_a =$$

一致性检验

$$C.I._a = (0.0679, 0.0597) \times w_a = 0.0638$$

$$R.I._a = (1.32, 1.41) \times w_a = 1.365$$

$$C.R._a = \frac{C.I._a}{R.I._a} = \frac{0.0638}{1.365} = 0.0467 < 0.1$$

故有整体满意的一致性。

### 2.3.5 基于产出的电动汽车科技实力 AHP 综合评价

上文已经计算出了基于产出的电动汽车科技综合评价模型中每一项指标对于总目标电动汽车科技实力的权重 W ,下面将使用这个权重和表 3、表 4 中各指标数据结果对中国、美国、日本和德国的电动汽车科技实力进行综合评价研究。首先 ,对表 3 和表 4 中的指标数据进行归一化处理 ,即将数据转换成无量纲数据 ,获得了四个国家电动汽车各指标数据的无量纲数据 ,如表 8 所示。

对于某一国家 C<sub>i</sub> 最后的 AHP 综合评级的结果 S<sub>i</sub> 为 :

$$S_i = R_i \times W$$

式中 :R<sub>i</sub> 为一个 1×15 的矩阵 ,每一项分量代表了该国在对应指标上的得分数据。W 为上面求出的各个指标对于总目标电动汽车科技实力的权重。

因此 ,得出中国、美国、日本和德国四个国家的综合评价结果为中国 0.0744 ,美国 0.5033 ,日本 0.2563 和德国 0.1660(总得分为 1 分)。其中第二层次指标 ,电动汽车科研实力和电动汽车技术实力 ,对

各个国家总体的综合评价结果的贡献值,见表9。

表8 归一化的各指标数据

指标	中国	美国	日本	德国
发表论文总数	0.2686	0.5097	0.1508	0.0709
高被引论文数量	0.1449	0.7681	0.0580	0.0290
平均引文率	0.0845	0.2079	0.4283	0.2793
高引频作者数量	0.0820	0.7377	0.1148	0.0656
高h指数作者数量	0.0656	0.7541	0.1639	0.0164
高产科研机构数量	0.3281	0.5469	0.0938	0.0313
热点论文数量	0.2241	0.7069	0.0345	0.0345
优先权专利总数	0.0644	0.1202	0.6212	0.1943
高被引专利数量	0.0000	0.4227	0.4124	0.1649
高产发明人数量	0.0510	0.0102	0.9184	0.0204
高产专利权人数量	0.0111	0.0778	0.6222	0.2889
科学关联系数	0.0233	0.5674	0.0930	0.3163
专利即时影响指数	0.0157	0.4507	0.2152	0.3184
专利平均被引率	0.0058	0.5322	0.1744	0.2876
专利技术生命周期	0.2396	0.2505	0.2529	0.2570

表9 基于产出的电动汽车科研与技术实力AHP综合评价结果

指标	中国	美国	日本	德国
科研实力	0.0592	0.3186	0.0864	0.0358
技术实力	0.0118	0.1900	0.1685	0.1298
综合实力	0.0710	0.5086	0.2548	0.1655

从综合评价结果可以看出,在电动汽车领域,美国以0.5086分获得第一,排在第二的是日本,得分为0.2548,第三的是德国,得分为0.1655,中国以0.0710的得分排在四个国家中的最后一名。

单独从科研实力上看,美国以0.3186分获得电动汽车科研实力综合排名第一位,紧随其后的是日本,得分为0.0864分,之后是中国获得了电动汽车科研实力排名的第三名,得分为0.0592分,德国在电动汽车科研实力的得分最低,仅为0.0358分。

电动汽车的技术实力仍然是美国占据第一,但是相比于科研实力的绝对优势,美国在电动汽车技术实力上的优势并不突出,日本在电动汽车技术实力上的得分为0.1685,仅比美国低0.02左右,德国在技术实力上的得分也不低,为0.1298分,排在第三位。相比较而言,中国在电动汽车技术实力上远远落后于其他三个国家,得分仅为0.0118。

### 3 总 结

本文首先提出了基于产出的电动汽车科技实力评价指标体系,该指标体系的总体目标分成电动汽

车科研实力和电动汽车技术实力两个部分,在这两个平行指标下本文选取了15个定量指标用来衡量电动汽车领域的科研、技术实力;其次,分析各个评价指标的含义,并且对个指标数据在中国、美国、日本和德国之间进行了横向的比较分析,在电动汽车领域我国与其他国家还存在一定的差距,特别是在电动汽车的技术实力上,中国还有很大的提升空间,最后使用AHP综合评价分析方法对中国、美国、日本和德国四个国家进行了综合评判,结果显示,四个国家中电动汽车科技综合实力最强的是美国,由于在电动汽车技术实力上的差距,中国电动汽车领域的综合评价排名在四个国家中排在最后。

针对我国电动汽车产业的发展历史和现状,结合本文对电动汽车综合评价研究结果,本文提出以下四点发展对策。

第一,实施人才和知识产权战略。加强人才培养与队伍建设,以国家专项工程为依托,培养一批国际知名的领军人才。培养技术研究、产品开发及管理人才,培养技术应用型专门人才。从本研究可以看出,我国在电动汽车领域优秀的科研人员和优秀的技术研发人员相对于美国和日本等电动汽车产业强国还存在着较大的差距,特别是在电动汽车技术专利发明人方面,因此,国家应该实施人才引进计划,鼓励企业、大学和科研机构从国外引进专业人才;广泛开展技术培训,提高相关从业人员的职业技能;开展部门合作、统筹规划、系统设计,构建全产业链的专利体系,加强知识产权的应用和保护,激励原创性技术的研究与开发,改进高校和科研机构知识产权的评价使用制度,建立高效的知识产权评估交易办法,加大对创新成果的奖励力度。

第二,加大财政补贴力度,鼓励企业科技创新。研究发现,日、德、美三国的汽车产业企业积极参与电动汽车科技创新,在排名前100的高产专利权人数量上,日本一个国家占据了56家,德国26家,美国有7家,而中国只有比亚迪一家企业挤进前100名的行



列。企业科技创新机遇与风险并存,政府应该利用财政税收政策的调节作用,鼓励企业从事科技创新活动。加大对电动汽车企业的财政补贴力度,加大税收政策支持,将社会资源引导到电动汽车产业,为电动汽车产业发展建立一个良好的社会环境。

第三,加强电动汽车产学研合作创新机制。中国的研发创新投入与发达国家相比仍有较大差距。政府一方面应该加大研发资金投入,另一方面也要注重资金的效率和产出,即建立良好的产学研合作创新机制。通过研究发现,我国的创新主体大多来源于大学和科研院所,在高产科研机构中排名前 100 中,中国就有 21 家科研机构,但是我国的专利技术科学关联系数却只有 0.05,说明大学和科研院所的创新成果与产业化之间还有很大差距,导致许多成果难以产业化,严重影响了创新效率和社会收益。创新作为企业竞争力的源泉,企业需要持续的创新成果,但是企业研发资金有限、研发能力有限,并且厌恶风险,导致企业创新的意愿非常薄弱。科研机构的创新成果又不能直接被企业利用,所以形成了创新体系断层的现象。针对我国的现状,本文认为,大学、科研院所和企业应当共同参与创新,建立多方参与、多方受益的创新机制。创立科技成果转化机构,架起科研机构和企业之间的桥梁,让科研成果有需求、有来源,加强科研机构和企业之间的合作关系,以企业需求为导向进行创新,让企业参与到创新过程中来,让科研人员参与到产业化过程中去,从而使创新更灵活、更实用、更有效。

第四,加强国际科技合作,走国际化发展路线。就目前现状来看,我国的汽车产业起步晚、根基薄,而传统的汽车产业在其他国家,如日本、德国和美国,发展较好、技术成熟。因此要制定相关政策加强国际间的合作和交流,引进先进技术,消化吸收再创新,逐步提高产业竞争力和创新能力。建立合作开发、技术共享、风险共担的合作开发机制,在共性基础和前沿技术领域,开展联合研发,在产品技术领

域,以掌握核心技术为目标,积极利用国际资源,鼓励外商投资企业在我国设立中外合资的电动汽车汽车技术研发机构。

### 参考文献

- [1] Wakefield E H. 电动汽车发展史:电池动力车辆[M]. 叶云屏,译. 北京:北京理工大学出版社,1998
- [2] Wu F, Huang L. Analysis of Patents Information in the Electric Vehicle Technology of China[M]. Wuhan: Wuhan University Technology Press, 2009
- [3] Guan J, Ma N. A bibliometric study of China's semiconductor literature compared with other major Asian countries[J]. Scientometrics, 2007,70(1):107-124
- [4] Hirsch E J. An index to quantify an individual's scientific research output[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2005,102(46):165-169
- [5] Ball P. Index aims for fair ranking of scientists[J]. Nature, 2005,436(7053): 900-910
- [6] 邱均平,马瑞敏,徐蓓,等. 专利计量的概念、指标及实证:以全球有机电激发光技术相关专利为例[J]. 情报学报, 2008(4):556-565
- [7] 栾春娟,侯海燕. 全球纳米技术领域专利计量分析[J]. 科技与经济,2008(4):38-40
- [8] 杨国鑫,穆丽娟. 我国汽车行业自主创新能力的思考:通过专利数据予以透视[J]. 知识产权,2009(3):35-39
- [9] 王宏鑫,邱均平. 21 世纪文献计量学的发展趋势[J]. 高校图书馆工作,2000(4):5-9
- [10] 罗晖. 从文献计量分析看我国高新技术产业发展理论研究的现状[J]. 情报学报,2004(2):35-41
- [11] 张玉华,潘云涛,马峥. 从文献计量看世界纳米研究的发展状况[J]. 世界科技研究与发展,2002(3):23-28
- [12] 栾春娟. 基于专利计量与可视化手段的技术前沿探测:以波音公司为例[J]. 情报理论与实践,2009(8):15-19
- [13] 林岩. 基于专利数据的知识计量研究评述[J]. 科技管理研究,2008(9):12-16
- [14] 常建娥,蒋太立. 层次分析法确定权重的研究[J]. 武汉理工大学学报,2007(1):26-31
- [15] 庄锁法. 基于层次分析法的综合评价模型[J]. 合肥工业

大学学报(自然科学版),2000(4):41-46

工程理论与实践,2004(9):22-28

[16] 骆正清,杨善林. 层次分析法中几种标度的比较[J]. 系统

(责任编辑 孙 兰)

## Assessment and International Comparison on S&T Output of Electric Vehicles

LIU Yun, ZHOU Youfu, AN Jing

(School of Management and Economics, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

**Abstract :** Automobile industry has always been accompanied by environmental pollution and oil consumption crisis. Rapidly growing popularity of the auto improves life quality for the residents, but at the same time, it brings problems, such as energy, environmental protection and other issues. With the global energy becoming increasingly tight, electric vehicle industry, as an important means of reducing greenhouse gas emissions and improving national competitive advantage, is one of our country's strategic new industries. Researching and evaluating the performance of electric vehicles between China and other countries in its scientific and technical domain is import for government to formulate sound industry policy In this paper we use the SCI and 'Derwent Innovation Index' database as data source, establish a comprehensive evaluation index system based on the output of electric vehicle's scientific and technical domain, then we use analytic hierarchy process (AHP) to assess the comprehensive scientific and technological strength of China, the United States, Japan and Germany in the field of electric vehicles.

**Key words:** bibliometrics; patentometrics; AHP; electric vehicles