

新能源汽车发展影响因素分析及保有量预测

童芳^{1,2}, 兰凤崇^{1,2}, 陈吉清^{1,2}

(1. 华南理工大学机械与汽车工程学院;
2. 华南理工大学广东省汽车工程重点实验室, 广东广州 510640)

摘要: 新能源汽车保有量预测能够反映未来汽车能源多元化发展的趋势, 这对政府调控、车企发展方向和能源部门决策都具有重要意义。分析包括经济、政策的宏观因素和汽车价格等微观因素对新能源汽车保有量的影响, 建立多种因素控制结果的新能源汽车保有量的数学预测模型, 并给定一种因素自变量的输入矩阵, 得到预测结果。在特定因素变量的输入下, 对 CNG 汽车、LNG 汽车、纯电动汽车和插电式混合动力汽车在中期以及中长期的保有量进行预测。

关键词: 新能源汽车保有量预测; 因素分析; 灰色关联度; 专家评价法

中图分类号: U469.7; F407.47

文献标志码: A

文章编号: 1000-7695 (2016) 17-0112-05

Analysis of Factors Affecting the New Energy Vehicle Development and Ownership Forecast

TONG Fang^{1,2}, LAN Fengchong^{1,2}, CHEN Jiqing^{1,2}

(1. School of Mechanical & Automotive Engineering, South China University of Technology;
2. Guangdong Provincial Key Laboratory of Automotive Engineering,
South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: The forecast of new energy vehicle population could reflect the trend of automotive energy diversification in the future, which is of great significance to the government regulation, the direction of car companies and energy sector decision-making. This study has analyzed the micro factors including economy, policy and macro factors such as car prices and other factors impacting new energy car ownership. Given a matrix of factors, the mathematical model with a variety of factors controlling result could lead to predictions. Having considered some important factors, the ownership of CNG vehicles, LNG vehicles, pure electric vehicles and plug-in hybrid vehicles in the medium term as well as long-term were predicted.

Key words: ownership forecast of new energy vehicle; analysis of factors; grey relation grade; expert evaluation method

1 问题提出

早在 20 世纪 50 年代, 美国学者 Marc Nerlove 分析了美国汽车保有量的时间序列, 考虑汽车新增需求、上期报废数量和保有量之间的关系, 建立了预测模型^[1]。80 年代之后, 国外的预测多采用回归模型, 考虑汽车需求与消费者心理、可支配收入、人均 GDP 等之间的关系来建立预测模型^[2-8]。还有一些西方学者比如 Darga 等^[9-10]主要采用 Logistic 和 Compertz 曲线模型进行分析, 认为汽车普及会经历 3 个阶段: 快速的指数增长阶段、稳定增长阶段和保持稳定势态, 并尝试了不同的变量来确定汽车拥有率的拐点。目前国内的汽车保有量预测也有多种方式, 如赵海龙^[11]通过对比经济赶超国的汽车历史

保有量数据, 发现中长期的汽车千人保有量增长曲线存在相似性, 基于以上发现, 采用指数增长模型、向量自回归模型等预测 2035 年中国汽车的千人保有量为 300 辆、汽车总的保有量达到 4 亿辆。汽车的发展历经时间较长, 以上对汽车总的保有量的预测方法都需要大量的数据对比来发现增长的一般规律。

新能源汽车的发展时间相对较短, 特别是在中国电动汽车保有量在 2010 年约 5 000 辆, 2011 年才突破 1 万辆, 在此之间的保有量非常少且规律性不强, 不具备建模参考价值。针对中国这种新能源汽车保有量预测的特殊情况, 国内的研究者们进行了一系列的研究分析。王海菊^[12]利用《京都议定书》规定尾气排放的减少量以及新能源汽车能够减少的尾气排放量来预测未来新能源汽车应该达到的规模,

收稿日期: 2015-12-20, 修回日期: 2016-03-10

基金项目: 广东省科技计划项目“轻质车身在电动汽车中的应用研发”(2015B010137002), “电动汽车电池关键技术开发”(2013B090600024), “电动汽车电池热管理系统开发”(2013B010405007)

此研究假设从 2009 年起未来 10 年汽车尾气的排放总量总是在前一年的基础上下降 10%，则按照此时的排放标准预计，2017 年我国新能源汽车总量达到 2 249 万辆。杨方文等^[13]利用自回归模型先预测出 2011 到 2015 年汽车总的保有量，然后综合考虑技术、政策以及消费者的购买意愿等因素的影响，给定新能源汽车在汽车总的保有量中的占比进行新能源汽车的预测，得出 2015 年我国新能源汽车的保有量达到 666 万辆。王瑞妙等^[14]采用弹性系数法和千人保有量法对总的汽车保有量进行预测，然后根据工信部的发展规划假设电动汽车占汽车总量的比重进行预测，预测 2020 年我国电动汽车将达到 1 600 万辆。以上研究方法各有应用上的特色，但也都存在一定的局限性。采用发展规划中的减排规定作为研究标准，一方面减排效果并不是完全由新能源汽车来承担，传统的燃油车也在进行技术的改革从而减少尾气的排放；另一方面，不同种类的新能源汽车减排量是不一样的，不能一概而论，且事实上以这种方式预测出来的新能源汽车保有量也是一个整体的数据，没有办法精确预测各种新能源汽车的保有量。采用假定新能源汽车在汽车总量的占比来进行预测的方式带有非常强烈的主观性，并且难以预测中长期的发展。

本研究在分析已有方法的基础上，克服了其按比重预测新能源汽车保有量方法主观性较强的缺陷，从宏观和微观方面分析了能够对新能源汽车产生影响的各种因素，找出这些因素与新能源汽车保有量的内在联系，并基于高斯 - 马尔可夫定理建立通用的数学模型。相比于以往研究新能源汽车总的保有量的预测，本文通过不同的自变量输入可得到纯电动、插电混动、燃气汽车等分别在不同时期的保有量预测数据。

2 模型建立

2.1 预测模型原理

由高斯 - 马尔可夫定理 (Gauss - Markov Theory) 可知，在给定的经典线性回归的假定下，最小二乘估计量是具有最小方差的线性无偏估计量，故本研究因素与保有量之间的相互作用关系采用最小二乘法来进行线性拟合。最小二乘法又称最小平方方法，是一种数学优化技术，它通过最小化误差的平方和来寻找数据的最佳函数匹配。保有量的预测模型如下：

$$y = (k_1 f_{m1} + k_2 f_{m2} + \cdots + k_n f_{mn}) \times f_{u1} \times f_{u2} \cdots \times f_{un} \quad (1)$$

在本研究的新能源汽车保有量的预测模型上，影响其发展的因素可以分为两大类：能够完全量化的因素 (f_m) 和不能完全量化的因素 (f_u)。能够完全量化的因素是指在现有的年份以及未来发展阶段，这个因素的变化都可以通过具体的数值来体现，比如说充电站的数目，它可以具体到每一年有多少个

充电站，而不是一个模糊的概念，所以说充电站的个数就是一个能够完全量化的因素。不能够完全量化的因素指的是按照时间的推移，此因素不能够用精确的数字来表达每一年量，比如说为了鼓励电动汽车的发展，有些城市采用了不限行或者免费牌照的方式来提升它的吸引力，而具体每一年的吸引力是多少，这个是不能够精确量化的。针对这两种类型的因素有着不同的处理方式。对于能够完全量化的因素，也就是上述预测模型的 f_m 部分，直接给予这个因素一个权重的系数 k_i ；对不能够完全量化的因素，将它对新能源汽车保有量的影响用专家评价法进行分时段估算，即外界因素对整体保有量的影响呈现一个促进还是抑制的作用。

将因素进行无量纲化处理，消除不同因素间数量级和单位的影响，根据公式 (1) 给不同因素一个权重矩阵或是对保有量整体影响的数值，根据已知数年的新能源汽车保有量的数值，用最小二乘理论得到与其拟合时误差平方和最小的系数矩阵。得到各项因素与保有量的关系模型后，在输入自变量时均要进行无量纲化处理，而输出的保有量数值要消除无量纲的影响得到最终保有量的预测。

2.2 因素的选择及处理方法

影响新能源汽车保有量的因素涵盖了诸多方面，总体可分为微观因素和宏观因素两个方面。微观因素是指汽车本身的竞争力，可从汽车的购买价格、使用成本、汽车质量、污染物的排放、品牌等方面考虑；宏观因素是指外部环境对新能源汽车发展的影响，例如经济的发展情况和政策对其扶持的力度等。

由于汽车质量、品牌等因素难以量化，主观因素较强，暂不列入此次研究范围，微观因素主要考虑汽车的购买价格，它是消费者在选择购买汽车时最直观的考虑。购买价格在考虑技术不断进步的条件下会逐年下降，会体现在技术快速发展时购买价格下降的速度最快，其他时候较为平缓，随着时间的推移而逐渐稳定的一种变化规律。

经济因素采用灰色关联度理论来考虑。对于两个系统之间的因素，其随时间或不同对象而变化的关联性大小的量度称为关联度。在系统发展过程中，若两个因素变化的趋势具有一致性，即同步变化程度较高，即可谓二者关联程度较高；反之则较低。因此，灰色关联分析方法是根据因素之间发展趋势的相似或相异程度，亦即灰色关联度，作为衡量因素间关联程度的一种方法。本研究选取先若干个具有代表性的经济性因素作为比较数列，新能源汽车的保有量作为参考数列，利用公式 (2) 和 (3) 计算出各个因素与保有量之间的灰色关联度，从而找出与新能源汽车保有量发展走势最为接近的经济性因素，然后通过这些经济因素的未来走向预测分析其对新能源汽车发展走势的影响。

$$\xi_{i(k)} = \frac{\min_i \min_k |x_{0(k)} - x_{i(k)}| + \rho \max_i \max_k |x_{0(k)} - x_{i(k)}|}{|x_{0(k)} - x_{i(k)}| + \rho \max_i \max_k |x_{0(k)} - x_{i(k)}|} \quad (2)$$

其中： ρ 为分辨系数，一般在 0 ~ 1 之间，通常取 0.5； $\min_i \min_k |x_{0(k)} - x_{i(k)}|$ 和 $\max_i \max_k |x_{0(k)} - x_{i(k)}|$ 分别是两级的最大和最小差。

$$r_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \xi_{i(k)} \quad (3)$$

政策因素为模型中的不可完全量化因素，其影响用专家评价法来进行评估。专家评价法是出现较早且应用较广的一种评价方法，是在定量和定性分析的基础上以打分等方式作出定量评价，其结果具有数理统计特性。本文研究预测的时间阶段分为 3 个部分：近期的 2015—2020 年、中期的 2021—2030 年、中长期的 2031—2040 年。未来政策对每一种新能源汽车发展的影响，专家有 5 个档位的评价指标，分别是很好、好、一般、不好、很不好，规定 5 分是提升保有量 100%，3 分是持平，即对保有量不产生影响，可看成提升保有量 0%，中间的各个分数按照公式（4）计算，其中 w 为专家的评分。

$$P\% = (w - 3) \times 100 \times 0.5\% \quad (4)$$

本研究考虑的可完全量化的因素有购买价格 f_{m1} 、经济指标 f_{m2} 和不可完全量化的因素政策 f_{u1} 。自变量在未来不同的时间段里的变化规律是不同的，按照不同自变量的变化规律，写出它们在未来的各年数值，然后根据前面的因素与保有量的关系式（1）推算出未来各年的新能源汽车的保有量。

3 CNG 汽车保有量的预测

3.1 经济因素分析处理

经济的发展状况可以由一系列的经济指标来进行衡量。现找出与 CNG 汽车保有量增长速度最接近的经济指标作为影响 CNG 汽车发展的经济因素（如表 1）。

表 1 2010—2014 年我国经济因素与 CNG 汽车保有量数据

年份	2010	2011	2012	2013	2014
CNG 汽车保有量/万辆	110	148.5	208.5	323.5	441.1
GDP/亿元	408 903	4 841 234	53 4123	588 019	636 463
汽车工业生产总产值/亿元	30 248.6	33 155.2	35 774.4	39 225.4	43 148
原油产量/万吨	20 301.4	20 287.6	20 747.8	20 812.9	20 958.6
天然气产量/亿 m ³	948.5	1 027	1 072	1 210	1 329
汽车研发经费/亿元	498.8	548	591.3	727.8	786
加气站保有量/个	1 800	2 300	3 014	3 732	4 455

计算灰色关联度首先要选取参考数列和比较数列，并对其进行无量纲化处理后，按公式（2）和（3）计算出各个比较数列与参考数列之间的灰色关联度。本研究选取的经济因素有 GDP、汽车工业生产总产值、原油产量、天然气产量、汽车研发经费、加气站保有量。此处的参考数列就是 CNG 汽车的保

有量 x_1 ，比较数列分别为以上因素，设为 x_2 、 x_3 、 x_4 、 x_5 、 x_6 、 x_7 。

由公式（2）和（3）计算得各经济因素与 CNG 汽车保有量的关联度如下：

$$\gamma_{12} = \frac{1}{5} \sum_{k=1}^5 \gamma_{12(k)} = 0.699 0$$

$$\gamma_{13} = \frac{1}{5} \sum_{k=1}^5 \gamma_{13(k)} = 0.672 6$$

$$\gamma_{14} = \frac{1}{5} \sum_{k=1}^5 \gamma_{14(k)} = 0.641 8$$

$$\gamma_{15} = \frac{1}{5} \sum_{k=1}^5 \gamma_{15(k)} = 0.668 8$$

$$\gamma_{16} = \frac{1}{5} \sum_{k=1}^5 \gamma_{16(k)} = 0.682 8$$

$$\gamma_{17} = \frac{1}{5} \sum_{k=1}^5 \gamma_{17(k)} = 0.789 8$$

根据以上关联度的计算结果可知，CNG 汽车的保有量与 CNG 加气站保有量的关系最为密切，走势较为接近，与其他的经济性指标关联度相差不大，均为 0.65 左右。基础设施的完善程度对天然气汽车的发展具有更大的影响，故经济性因素选用基础设施的数目作为模型的因素输入。

3.2 政策因素分析处理

针对高校教授和汽车行业的从事人员发放问卷，咨询其对未来新能源汽车政策的乐观程度。其中，最高评分 5 分表示政策在该时段内对此种新能源汽车的促进作用非常大，1 分表示政策对其产生抑制作用。问卷一共发放了 100 份，有效回收 73 份，将数据进行处理并按公式（4）进行数据转换后得到 $p\%$ 如表 2 所示。

表 2 新能源汽车的专家评价法结果（ $p\%$ ）

年份	2010—2020 年	2021—2030 年	2031—2040 年
纯电动	4.66 (84%)	4.22 (61%)	3.84 (42%)
插电式混动	4.32 (66%)	4.02 (51%)	3.56 (28%)
CNG	3.68 (34%)	3.42 (21%)	3.34 (17%)
LNG	3.52 (26%)	3.36 (18%)	3.28 (14%)

考虑到时间段之间的间断区域不能突变，故表中的影响均代表时间段的中间值，以线性关系逐渐过度各个时间段。

3.3 模型计算过程及结果

由表 2 可见，2015 年 f_{u1} 对保有量提升 34%，2025 年提升 21%，按照线性关系和政策历年退坡的背景，2015 年之前约每年提升百分比下降了 2%，可得出 f_{u1} 在 2010—2014 年的变化关系，其中 $f_{u1} = 1 + p\%$ 。可完全量化的因素中：（1）对于由技术引起购买价格的变化 f_{m1} ，由于 CNG 汽车技术较为成熟，所以 f_{m1} 的变化趋势设为在 2010—2020 年间逐年以 1% 的比例下降，2021—2030 年间逐年以 0.5% 的比例下降，2031—2040 年逐年以 0.2% 的比例下降。（2）CNG 加气站的数目 f_{m2} 按照之前的数据，设 f_{m1}

在 2015 年增加 20%，到 2024 年增速逐年下降 1%，2025 年增速为 10%，到 2034 年增速按逐年下降 1% 的速度递增，2031 到 2040 持平，2035 年以后逐年增加 1%。

将 CNG 汽车的保有量按照 f_{u1} 的影响关系转化为保有量中间值 y_z ，由自变量 f_{m1} 、 f_{m2} 和 y_c 进行无量纲化处理得到表 3。

表 3 2010—2014 年我国 CNG 汽车拟合的数据处理结果					
年份	2010	2011	2012	2013	2014
y 实际值	110.0	148.5	208.5	323.5	441.1
y_z	76.389	104.577	148.929	234.420	324.338
y	1.000	1.369	1.950	3.069	4.246
f_{u1}	144%	142%	140%	138%	136%
f_{m2}	1.000	1.278	1.674	2.073	2.475
f_{m1}	1.000	0.990	0.980	0.970	0.961

将 y 和 f_{m1} 、 f_{m2} 用最小二乘法的原理进行拟合，计算得到的自变量、因变量的关系式为：

$$y = -1.1746f_{m1} + 2.1746f_{m2} - 0.2187 \tag{5}$$

由公式 (5) 算出了保有量数值是进行了无量纲化处理的，要它还原并根据 x_3 未来的走向变化对保有量的影响，由 (6) 式计算出实际的保有量。

$$y_{\text{实际值}} = y_z \times 76.389 \times f_{u1} \tag{6}$$

将上述因素变化趋势代入模型计算，得到 CNG 汽车截止到 2040 年的保有量预测如图 1 所示。由图 1 可以看出，在经过初期的保有量急速增长后，在 2036 年左右 CNG 汽车的保有量增速进入平稳期，2040 年保有量可达 3 515.4 万辆。

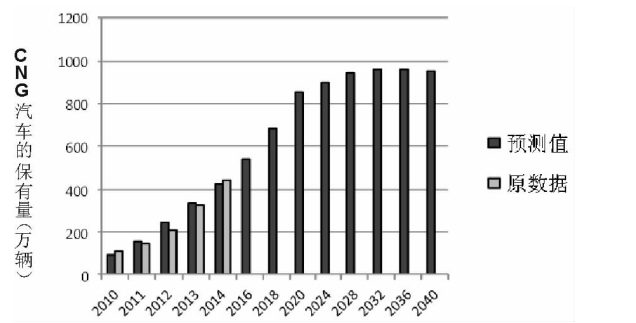


图 1 2010—2040 年我国 CNG 汽车保有量预测

4 新能源汽车保有量预测的输入及结果

购买价格方面，考虑到不同新能源汽车的技术现状及下降空间不同，CNG 汽车从 2010—2020 年价格逐年减少 1%，2021—2030 年逐年减少 0.5%，2031—2040 年逐年减少 0.2%。LNG 汽车在上述 3 个时段内购买价格分别下降 1.2%、0.8%、0.2%；纯电动汽车购买价格分别下降为 3%、1%、0.3%；插电混动汽车购买价格分别下降 1.5%、0.7%、0.2%。基础设施的数目，按照现阶段的增长速度和到达一定阶段后增速逐渐平稳的原则来估算，CNG

加气站的数目 2015 年增加 20%，往后增速逐年减少 1%，直到 2031 年保持 1% 的增速不变。LNG 加气站的数目 2015 年增加 30%，到 2020 年增速逐年减少 3%，2021 年后增速逐年减少 2%，到 2031 年增速保持 2% 不变；充电站的数目 2015 年增加 100%，往后增速逐年减少 10%，直到 2020 年增速逐年减少 8%，2026 年后增速逐年减少 1%，直到增速降为 1% 保持不变。

环境、政策等因素的变化按照专家评价法的评分，线型转化为保有量的提升或下降。

将以上自变量因素变化输入模型，预测结果如图 2 所示。

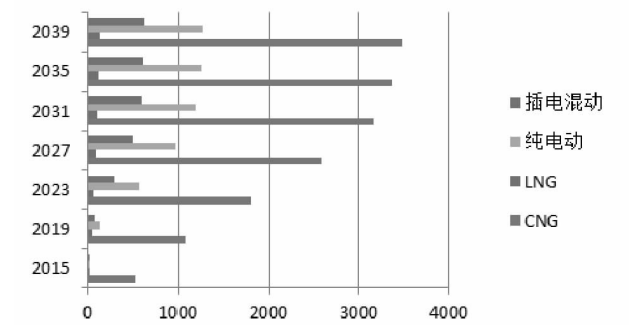


图 2 2015—2039 年我国新能源汽车保有量的预测

根据预测结果，CNG 汽车在未来的保有量依然占据大部分，可能因为其购买价格较低且基础设施的建设也比较完善；其次是纯电动汽车，技术的快速提升和政策的偏向给其发展带来有利影响；随后是插电混合动力汽车和 LNG 汽车。

5 结论

本研究中所建立的模型适用于能够较精确地分析影响新能源汽车保有量发展因素变化的情况，并且模型具有随调性和通用性：自变量因素根据时间变化关系不断更新时，可以实时地在任意节点对预测结果进行更新，使其更加准确；当考虑的因素增加时，仅需按照前文因素处理的方式将其分类处理并代入模型便可得到新的关系式进行下一步的预测。模型的这种随调性和通用性能够在因素和数据发生改变时省去大量繁琐的重复计算，进一步简化预测工作。

本文在简化处理分析因素，重点考虑购买价格、经济指标和政策影响的情况下，对全国纯电动、插电混动、CNG 和 LNG 汽车的发展进行了预测。研究结果表明，这 4 类新能源汽车的保有量均随着时间的推移而有所提升；截止到 2020 年，这 4 类汽车总的保有量将达到 1 616.9 万辆，2030 年将达到 4 875.7 万辆，2040 年将达到 5 524.6 万辆。

本文的工作侧重于新能源汽车保有量的预测，事实上，预测的结果将可以用来对未来汽车能源多

元化发展进行跟踪研究，因此未来研究将围绕能源需求等方面展开。

参考文献：

- [1] MARC NERLOVE. A note on long-run automobile demand [J]. Journal of Marketing, 1957, 22 (1): 57-64
- [2] HYMANS SH, ACKLEY G, JUSTER FT. Consumer durable spending: explanation and prediction [J]. Brookings papers on Economic Activity, 1970 (2): 173-199
- [3] PS MCCARTHY. Market price and income elasticities of new vehicle demands [J]. The Review of Economics and Statistics, 1996, 78 (3): 543-547
- [4] ALAN GREENSPAN, COHEN D. Motor vehicle stocks, scrapage, and sales [J]. The Review of Economics and Statistics, 1999, 81 (3): 369-353
- [5] RL CARLSON, MM UMBLE. Statistical demand functions for automobiles and their use for forecasting in an energy crisis [J]. Journal of Business, 1980, 53 (2): 193-204
- [6] ABU-EISHEH SA, MANNERING FL. Forecasting automobile demand for economies in transition: a dynamic simultaneous-equation system approach [J]. Transportation Planning and Technology, 2002, 25 (4): 311-331
- [7] STORCHMANN K. Long-run gasoline demand for passenger cars: the role of income distribution [J]. Energy Economics, 2005, 27

(1): 25-58

- [8] WYKOFF FC. A user cost approach to new automobile purchases [J]. Review of Economic Studies, 1973 (7): 377-901
- [9] DARGAY J, GATELY D. Income's effect on car and vehicle ownership, worldwide: 1960-2015 [J]. Transportation Research, 1999, 33 (3): 101-138
- [10] MJH MOGRIDGE. The prediction of car ownership [J]. Journal of Transport Economics and Policy, 1967, 1 (1): 52-75
- [11] 赵海龙. 中国汽车保有量预测建模及其应用研究 [D]. 长沙: 湖南大学, 2009
- [12] 汪海菊. 我国新能源汽车保有量预测分析 [J]. 合作经济与科技, 2009 (20): 110-112
- [13] 杨方文, 王星星. 基于自回归模型的新能源汽车保有量预测 [J]. 科技和产业, 2011 (6): 80-82, 85
- [14] 王瑞妙, 陈涛, 刘永相. 弹性系数法和千人保有量法预测电动汽车保有量 [J]. 农业装备与车辆工程, 2011 (6): 40-43, 48

作者简介：童芳（1992—），女，湖北黄石人，硕士研究生，主要研究方向为新能源汽车。兰凤崇（1959—），男，吉林四平人，教授，博士研究生导师，主要研究方向为汽车设计现代方法、汽车车身结构与安全。陈吉清（1966—），女，吉林长春人，教授，博士研究生导师，主要研究方向为车身工程与轻量化设计。

（上接第96页）

- [10] LINGER A. Regional innovation systems and the role of state: institutional design and state universities in Turkey [J]. European Planning Studies, 2008, 16 (8): 1101-1120
- [11] 肖俊夫, 胡娜, 李华. 高校促进区域创新：发展趋势与行动对策 [J]. 中国高校科技, 2011 (12): 11-14
- [12] LI X. China's regional innovation capacity in transition: an empirical approach [J]. Research Policy, 2009, 38 (2): 338-357
- [13] CHIRIKOV I. Research universities as knowledge networks: the role of institutional research [J]. Studies in Higher Education, 2013, 38 (3SI): 456-469
- [14] CASPER S. New-technology clusters and public policy: three perspectives [J]. Social Science Information, 2013, 52 (4): 628-652
- [15] JAFFE A B. Real effects of academic research [J]. The American Economic Review, 1989, 79 (5): 957-970
- [16] KOSCHATZKY K, STAHLER T. The emergence of new modes of R&D services in Germany [J]. Service Industries Journal, 2010, 30 (5): 685-700
- [17] 周小丁, 黄群. 德国高校与企业协同创新模式及其借鉴 [J]. 德国研究, 2013, 28 (2): 113-122

- [18] 吕国庆, 曾刚, 顾娜娜. 经济地理学视角下区域创新网络的研究综述 [J]. 经济地理, 2014 (2): 1-8
- [19] ETZKOWITZ H. Triple helix clusters: boundary permeability at university-industry-government interfaces as a regional innovation strategy [J]. Environment and Planning C: Government and Policy, 2012, 30 (5): 766-779
- [20] 徐侠, 姬敏. 创新赠券项目的国际比较与综合评价 [J]. 科学研究, 2013 (9): 1433-1440
- [21] 吴友群, 赵京波, 王立勇. 产学研合作的经济绩效研究及其解释 [J]. 科研管理, 2014 (7): 146-152
- [22] 庄涛, 吴洪. 基于专利数据的我国官产学研三螺旋测度研究——兼论政府在产学研合作中的作用 [J]. 管理世界, 2013 (8): 175-176
- [23] 唐小旭. 区域产学研结合技术创新研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2009

作者简介：王凯（1980—），男，河南泌阳人，博士，讲师，主要研究方向为科技创新管理。邹晓东（1967—），男，山东威海人，博士，教授，博士研究生导师，主要研究方向为科教战略管理。