

湖北新能源骑车产业技术路线图研究

周恩德^{1, 2} 刘吉立¹

(1. 湖北大学商学院, 湖北 武汉 430062;

2. 湖北汽车工业学院经济管理学院, 湖北 十堰 442002)

【摘要】以湖北新能源汽车产业为研究对象, 首先, 基于产业发展条件, 运用技术路线图分析法, 对产业现状及市场需求要素进行分析; 然后对产业目标要素及其与市场需求要素的关联性进行分析。此外, 还探讨了产业链涉及的技术领域、关键技术等相关问题。在对其研发需求及关键技术优先性进行分析的基础上, 提出湖北新能源汽车产业发展的技术路线及相关保障措施。

【关键词】湖北; 新能源汽车; 技术路线图

【中图分类号】G311

【文献标识码】A

【文章编号】1003-8477 (2016) 10-0053-07

资源与环境约束下, 发展新能源汽车成为汽车工业可持续发展的必然要求。^{[1] (p34-37)} 目前, 新能源汽车已经上升为国家新兴产业战略高度。湖北作为我国三大传统汽车工业基地之一, 具有发展新能源汽车产业的良好基础。近年来, 湖北省新能源汽车产业化发展加快, 成为全省汽车产业新的增长点。截至2014 年底, 全省已有4 家企业近70 款新能源汽车列入国家《节能与新能源汽车示范推广应用工程推荐车型目录》, 全年实现新能源汽车销量1537辆。^[2] 武汉、襄阳两大新能源汽车产业基地和示范运营区发展进一步成熟, 东风乘用车新能源工厂、南京金龙新能源客车等项目正在有序推进。新能源汽车作为一个新兴产业, 大量的研发投入和持续的技术创新是产业发展的根本推动力。从技术层面对湖北新能源汽车产业发展做出总体规划, 有利于产业组织技术研发、构建创新联盟、打造产业链, 为提升产业竞争力提供支撑; 有利于凝聚湖北省新能源汽车产业领域的有限技术力量, 确定合理的研发路径, 以提高研发资金的使用效率; 有利于加快新能源汽车技术的产业化速度, 减少产业未来发展的风险。同时, 能够为政府及相关科技部门制定产业政策、申报重大研发项目提供决策依据。^{[3] (p77-80)}

一、湖北新能源汽车产业发展现状

1. 产业政策。

湖北省战略性新兴产业发展“十二五”规划指出: 打造武汉、襄阳等地为新能源汽车关键零部件和整车产业基地。完善新能源汽车产业链, 把本地零部件配套率提高到50%以上, 扶持8-10 家关键零部件和整车生产企业, 提高自主创新能力, 逐步完

作者简介: 周恩德 (1980—), 男, 湖北大学博士研究生, 湖北汽车工业学院副教授, 硕士生导师; 刘吉立 (1988—), 男, 湖北大学博士研究生。

基金项目: 湖北省软科学研究计划“创新驱动背景下湖北新型研发机构培育策略研究”; 湖北省教育厅科学研究项目“湖北汽车零部件再制造产业发展技术路线图研究” (Q20131801) 的阶段性成果。

善新能源汽车的社会服务体系。为此，湖北各级政府制定了一系列政策。如表1 所示。

表 1 湖北各级政府出台的新能源汽车政策

发布单位	出台时间	政策	发展目标
襄阳市	2014 年 10 月	《关于加快襄阳新能源汽车产业发展的实施意见》	(1)到 2020 年形成 10 万辆整车生产能力； (2)打造“中国新能源汽车之都”。
武汉市	2015 年 4 月	《新能源汽车充电设施建设规划》	3 年内陆续建成 10000 个以上充电桩。
湖北省政府	2015 年 5 月	《关于加快新能源汽车推广应用的实施意见》	(1)2013-2015 年推广应用新能源汽车 1.5 万辆； (2)完善服务体系； (3)加快关键技术攻关。

资料来源:根据湖北省各级政府部门相关文件整理。

2. 技术研发。

湖北在汽车产业领域研究基础雄厚，省内的东风汽车公司、相关高等院校和科研院所成为新能源汽车技术研发的核心力量。在新能源汽车关键零部件研发领域，武汉大学、华中科技大学、武汉理工大学等院校，积极与企业展开合作，在电动车动力电池及电池管理系统，电池正极和负极材料、机电耦合装置、电机及其控制系统，高可靠控制器、传感器、执行器、能量优化管理系统等领域进行研发。

3. 市场推广。

目前，湖北新能源汽车推广力度较大的城市有武汉和襄阳，且大部分应用于城市公交领域，武汉市计划到2017 年新能源公交占总运营量三成以上，达到3000 辆；襄阳市计划在未来三年推广5000辆新能源汽车。此外在新能源汽车品牌方面，已经拥有东风汽车、扬子江汽车、东湖新能源汽车等6个新能源汽车品牌。

二、湖北新能源汽车产业发展技术路线分析

1. 产业边界确定。

以湖北新能源汽车产业发展战略规划为指引，结合湖北产业发展实际，确定湖北新能源汽车产业边界如下：（1）1-3 年重点发展应用于公交领域的混合动力客车。以襄阳宇清电动车有限公司、东风襄阳旅行车股份有限公司等企业为重点，加大扶持力度，带动湖北混合动力、插电式混合动力客车的发展；（2）3-5 年重点发展纯电动汽车。以东风电动车辆股份有限公司、骆驼集团股份有限公司等企业为重点，加快纯电动车关键技术研发，提高其产业化速度；（3）5-10 年加快对燃料电池汽车技术的研究。

2. 市场需求分析。

经过几轮专家研讨，在达成共识的基础上提炼出6 个市场需求要素，从而确定未来1-3 年，3-5年，5-10 年的新能源汽车产业发展定位。通过收集整理专家的意见，对问卷先采取重要值法进行计算，再用等价值判断法对市场需求要素进行排序，最后对结果进行分析解读。具体计算公式如下：

$$\text{重要值}(Q) = (5 \times M5 + 4 \times M4 + 3 \times M3 + 2 \times M2 + 1 \times M1) / N \quad (1)$$

其中，市场需求要素赋值范围为：1、2、3、4、5，M1、M2、M3、M4、M5 分别为相应赋值的打分人数，N=42，为此次调查的专家人数。

$$\text{等价判断值}(F) = \text{重要值}(Q) / \text{最大重要值}(QM) \quad (2)$$

根据以上公式，求得各个市场需求要素的重要值和判断值。如表2 所示：

表 2 市场需求要素排序表

编号	市场需求要素	重要值	判断值	排序
④	基础设施和服务完善	4.89(最大值)	1.00	1
②	提高电池安全性	4.78	0.98	2
①	电机及其控制系统性能	4.44	0.91	3
③	提高电池使用寿命	4.44	0.91	4
⑤	成本低	4.33	0.89	5
⑥	操纵智能化	3.22	0.66	6

分析排序结果发现，发展湖北新能源汽车产业的首要完善的完善的基础设施和服务。此外在访谈中，有专家提到了快速充电技术，该技术在新能源汽车推广应用中具有现实意义。对于新能源汽车消费领域综合访谈专家的建议如下：近期1-3 年内，仍以公共交通、政府公务需求为主，私人消费微乎其微；中期3-5 年内，私人消费比重上升；远期5-10 年，以私人消费为主。

3. 产业目标分析。

(1) 产业目标凝练。

在对湖北新能源汽车产业现状、技术现状进行调研的基础上，结合市场需求要素，再对相关领域专家进行问卷调查和走访，归纳总结出湖北新能源汽车产业发展目标。采用与市场需求分析相同的计算方法，得出产业目标要素的重要值、判断值以及排序，结果如表3 所示。

表 3 产业目标要素排序表

编号	产业目标要素	重要值	判断值	排序
②	完善新能源汽车基础设施与服务	4.78	1.00	1
⑤	加强关键技术突破和改进	4.67	0.98	2
④	引进和培养新能源汽车技术人才	4.33	0.91	3
①	建立完善的新能源汽车产业链	4.22	0.88	4
③	进一步扩大省内外新能源汽车消费市场	4.00	0.84	5
⑥	打造知名新能源汽车品牌	4.00	0.84	6
⑦	建立具有规模和市场竞争力 的新能源汽车产业园区	3.11	0.65	7

(2) 产业目标要素与市场需求要素关联性分析。

在得出市场需求要素和产业目标要素重要性判断值的基础上，搜集36 位专家对于产业目标要素的评分问卷，对各个专家的问卷赋予相同的权重，得出关联性专家判断均值，最后计算出关联评价价值 V_i ，计算公式如下：

$$V_i = \sum (Q_i \times Q_{ij}) \tag{3}$$

其中， V_i 为关联评价价值， Q_i 为市场需求要素判断值， Q_{ij} 为关联性专家判断均值。根据 V_i 值的大小，得出产业目标要素的优先排序，如表4 所示。表4 中，市场需求要素的编号为①-⑥，各编号所代表的要素与先前研究相同。产业目标要素编号设置为A-G，分别对应于先前研究中的①-⑦七个产业目标。

表 4 市场需求要素与产业目标要素关联性分析矩阵表

市场需求要素及 专家判断均值 Q_{ij}	其判断值 Q_i						关联 评价 值 V_i	优先 顺序
	①	②	③	④	⑤	⑥		
A	0.10	2.00	1.00	1.00	1.67	0.12	5.45	4
B	0.67	2.00	1.67	1.00	2.00	0.09	6.94	1
C	0.07	1.67	1.67	1.33	1.33	0.01	4.71	6
D	0.67	2.00	1.33	0.67	2.00	0.12	6.33	3
E	0.67	2.00	1.33	1.33	2.00	0.07	6.88	2
F	0.16	2.00	0.33	1.33	1.67	0.12	5.26	5
G	0.33	1.00	0.08	1.67	0.67	0.12	3.58	7

对表4 进行分析，我们不难看出，在市场需求要素的拉动下，优先实现的产业目标是完善新能源汽车基础设施与服务，其

次是加强关键技术突破和改进，第三是引进和培养新能源汽车技术人才。该结果与专家评分重要值法排序相比，存在一定的差异。通过比较分析，可发现这种差异存在的合理性。如品牌打造目标排序提升到第5 位，说明在新能源汽车市场培育中，品牌的地位越来越重要。此外，前三项排名保持不变，说明与市场需求密切相关产业目标的关联评分高，与前期德尔菲法的评分结果基本一致。

4. 技术壁垒分析。

（1）技术领域以及关键技术的确定。

综合考虑新能源汽车产业链的现状和特点，采用头脑风暴法，结合市场需求要素、产业发展目标、产品及服务供给等，分别对各重点研究领域展开全面调研。研究发现，新能源汽车产业发展技术壁垒的主要领域包括：动力电池、电机、电控等方面，如表5 所示。

表 5 新能源汽车产业关键技术领域	
编号	满足市场需求要素需解决的关键技术领域
1	动力电池安全性、耐久性、快速充电、低成本技术
2	电池管理技术
3	电机及控制系统一体化集成技术
4	汽车电子智能化、数字化、集成化技术

（2）关键技术壁垒分析。

在前期研究的基础之上，综合分析得出阻碍湖北新能源汽车产业发展的技术壁垒主要涉及动力电池安全性、电机与控制系统一体化等方面。在此基础上，通过问卷调查、案头调研等方法，提炼出不同技术领域的13 项技术难点，并对这些关键技术的研发方向进行了归纳，如表6 所示。

表 6 技术壁垒分析

领域	技术难点	研发方向
电池	电池模块轻量化技术	整车设计、提高电池比能量或开发更先进的电池
	电池回收利用技术	动力锂电池梯次利用,完善新能源汽车产业链条
	电池安全技术	开发安全性、稳定性好的电池
	电池寿命提高技术	开发循环寿命长的电池
	电池低成本技术	使用廉价的新材料开发新电池
	高性能质子交换膜技术	改进和提高膜电极制备工艺技术
	高性能锂离子材料应用	发现稳定性、节能性好的材料
电机	电机系统热管理技术	研发在最佳温度下工作,达到最省油、最稳定、最能发挥其效能状态的发动机
	电机与变速器机电耦合技术	电机和变速器集成在一起,成为机电耦合传动
电控	能量回收协调控制系统	提高能量回收、储存与利用率
	能源系统总线技术	提高能源利用效率
	容错控制技术	进一步提高在保障系统稳定性方面的能力
	电池管理技术	提高电池系统级安全性设计

(3) 产业目标要素与技术壁垒要素关联分析。

在提炼出产业的关键技术难点之后,收集36位专家对于关键技术难点评分问卷,对各个专家的问卷赋予相同的权重,得出关联性专家判断均值。最后计算出关联评价价值 V_p ,计算公式如下:

$$V_p = \sum (Q_p \times Q_{pq}) \quad (4)$$

其中, Q_p 为产业目标要素判断值, Q_{pq} 为关联性专家判断均值。根据 V_p 值的大小,得出关键技术难点的优先排序,如表7所示。

表 7 产业目标要素与技术壁垒要素关联性分析矩阵表

产业目标要素及 技术壁垒判断值 Q_p 要素及重要值 Q_{pq}	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	关联 评价 值 V_p	优先 顺序
	1.00	0.98	0.91	0.88	0.84	0.84	0.65		
电池模块轻量化技术	3.67	3.597	2.737	2.647	2.52	0.56	0.87	16.58	6
电池回收利用技术	3.33	3.59	2.12	1.76	3.08	0.56	1.73	16.18	8
电池安全技术	3.67	3.59	2.43	2.93	3.36	0.56	1.95	18.49	3
电池寿命提高技术	2.23	3.96	2.73	2.54	3.47	2.31	2.78	20.02	2
电池低成本技术	3.67	3.59	0.61	2.64	3.08	1.68	1.52	16.78	5
高性能质子交换膜技术	2.00	3.92	2.43	2.05	3.36	0.84	1.08	15.68	11
高性能锂离子材料应用	3.13	3.93	3.22	3.11	3.47	2.07	2.33	21.26	1
电机系统热管理技术	3.67	3.27	2.47	2.93	3.08	0.56	1.08	17.02	4
电机与变速器耦合技术	3.00	3.59	2.12	1.17	3.08	0.56	1.30	14.83	13
能量回收协调控制系统	3.00	3.59	1.82	1.47	3.08	0.84	1.52	15.32	12
能源系统总线技术	3.33	3.59	1.52	1.47	3.08	0.84	1.95	15.78	9
电池管理技术	3.67	3.59	1.21	1.47	2.52	2.52	1.30	16.28	7
容错控制技术	2.00	3.92	2.73	2.35	3.08	0.56	1.08	15.72	10

从表7 可以看出，关键技术壁垒主要集中在新能源汽车电池领域的高性能锂离子材料应用、电池安全与寿命技术、电池低成本技术等方面。也有专家指出在问卷中未列出，但对于新能源汽车产业发展比较重要的技术，例如：动力总成关键零部件技术、电驱动技术、整车设计技术等。^{[41] (p73-78)}

5. 研发需求分析。

在对关键技术及其技术壁垒进行系统分析的基础上，再次对专家进行问卷调查，对项目的研发主体（政府、企业、高校）、技术发展路径（自主创新、技术引进、产学研结合）、技术时间节点（1-3 年、3-5 年、5-10 年）以及项目优先研发顺序（顶级、中级、高级）进行科学的统计与分析。

首先，综合专家意见，并经过数次反馈，最终提炼出关键技术难点，根据关键技术难点，找出对应的解决路径和相应的时间节点。然后，采用问卷调查法，让专家对技术路线图顶级、高级和中级项目进行判断。统计分析结果如表8 所示。

表 8 重点研发项目相关指标统计表

技术 领域	研发项目	项目研发 优先顺序	技术实现 时间节点	研发主体	发展路径
				企业★ 产业◆ 政府●	技术引进☆ 自主创新◎ 产学研△
电池	电池模块轻量化技术	顶级	5-10 年	★	◎
	电池回收利用技术	中级	3-5 年	●	☆
	电池安全技术	顶级	1-3 年	★	◎
	电池寿命提高技术	顶级	3-5 年	★	◎
	电池低成本技术	顶级	3-5 年	★	◎
	高性能锂离子电池材料应用技术	顶级	3-5 年	★	△
	高性能质子交换膜技术	中级	5-10 年	★	☆
电机	电机与变速器机电耦合技术	顶级	1-3 年	★	◎
	电机系统热管理技术	高级	3-5 年	◆	◎
	动力总成关键零部件技术	顶级	3-5 年	◆	△
电控	能量回收协调控制系统	中级	1-3 年	★	△
	电机控制技术	中级	3-5 年	★	◎
	能源系统总线技术	中级	3-5 年	◆	◎

从表8 来看，在13 个优先研发项目中，有7 个顶级研发项目，而这些顶级研发项目中高风险项目有3 个，中级风险项目有4 个。从时间节点来看，1-3 年的有3 个，3-5 年的有8 个，5-10 年的有2个。

三、湖北新能源汽车产业技术路线图的编制

1. 产业发展技术路线。

遵循技术路线图分析法“市场需求—产业目标—技术壁垒—研发需求”这一科学路径，结合前期专家调研及统计分析结果，针对不同时期的主要技术壁垒，筛选出对应的研发项目，设计出近、中、长期的产业发展技术路线，如表9 所示。^{[5] (p10-35)}

表 9 湖北新能源汽车产业发展技术路线

时间 目标 要素	近期(1-3 年)	中期(3-5 年)	远期(5-10 年)
市场需求	(1)完善基础设施与服务; (2)降低生产成本; (3)降低消费者使用成本。	(1)提高电池安全性与使用寿命; (2)提高电机及其控制系统性能。	(1)提高智能化与数字化水平; (2)提高集成化水平。
产业目标	(1)加强充电桩建设; (2)鼓励民营资本投资; (3)建设具有规模与竞争力的产业园区; (4)完善相关法律法规与服务。	(1)电池安全、可靠性技术提升; (2)电机及其控制系统技术完善; (3)电池管理系统技术突破; (4)完善新能源汽车产业链条。	(1)能量优化管理技术; (2)打造知名新能源汽车品牌; (3)建立世界一流研发中心; (4)培育战略科学家及领军人才。
技术壁垒	(1)提高能源利用效率; (2)提升整车设计能力; (3)提高能量回收、储存与利用率。	(1)动力电池系统安全设计; (2)电池比能量提升; (3)动力锂电池梯次利用; (4)电池循环使用寿命提升; (5)电机效能、稳定性提升。	(1)改进和提高膜电极制备工艺技术; (2)开发更先进的电池; (3)发现稳定性、节能性更好的新材料。

2. 研发项目及研发模式技术路线。

从时间紧迫性、技术难度、研发投入等多个方面，对表8 中提炼的13 个重点研发项目进行综合考量，对项目的研发主体、执行时间、研发模式等进行分析，得出研发项目及研发模式技术路线。

(1) 研发项目技术路线。近期（1-3 年），以企业为主，在电池安全技术、电机与变速器机电耦合技术、能量回收协调控制系统等方面取得突破。中期（3-5 年），企业层面以提高电池寿命、降低电池成本、高性能锂离子电池材料应用、电机控制技术为主，产业层面以电机系统热管理系统、动力总成关键零部件技术、能源系统总线技术等为主，政府层面以电池回收利用技术为主。长期（5-10 年），主要从企业层面突破电池模块轻量化、高性能质子交换膜技术等。

(2) 研发模式技术路线。近期（1-3 年），产学研结合研发能量回收协调控制系统，自主创新突破电池安全技术、电机与变速器机电耦合技术等。中期（3-5 年），产学研结合突破高性能锂离子电池材料应用技术、动力总成关键零部件技术等，在电池寿命提高技术、电池低成本技术、电机系统热管理技术、电机控制技术、能源系统总线技术等方面自主创新。长期（5-10 年），在电池模块轻量化技术方面实现自主创新，适时引进高性能质子交换膜技术等。

四、结论与建议

1. 研究结论。

(1) 新能源汽车作为战略性新兴产业，在其培育和发展过程中，政府在研发、市场、政策等方面都将发挥重要作用。这就要求政府在管理决策中必须做到科学化和民主化。通过制定新能源汽车产业技术路线图，明确我省新能源汽车发展的关键技术，正确把握新能源汽车产业未来的技术方向，使政府在进行规划和决策时，可以比较准确地明确产业发展目标、战略任务、发展重点及其相互关系，使政府管理和决策与产业发展更加密切地结合起来。

(2) 湖北新能源汽车产业技术路线图的推广和使用，可以吸引我省产业创新主体的共同参与，为该领域产业技术资源的优

化配置、产学研合作开展技术研发活动提供参考，为企业技术研发部门的研发选择提供方向。新能源汽车产业的发展需要以技术创新作为推动力，按照“技术—产品—产业”的逻辑分析方法，在不同时期产业可能出现的重大产品、需要研发的关键技术、资源配置等方面达成共识，最后提出研发计划。从而为产业组织技术研发，构建创新联盟，打造产业链，提升产业竞争力提供支撑。

（3）鉴于技术路线图的技术预见性质，加上在市场需求、产业目标及技术壁垒等分析过程中会受到现有资料、专家知识储备、调研范围等因素的影响，因此，在具体实施中需要对路线图进行不断修订和完善。

2. 对策建议。

（1）政府层面。

第一，要加大政策支持力度。综合运用财政、金融、税收等政策，支持全省新能源汽车产业的发展。为新能源汽车企业提供充足的资金保障，解决其发展资金不足问题。对新能源汽车用户给予政策上的支持与优惠。推动新能源汽车市场机制的形成，促进技术资源的优化配置，激发整个市场的技术创新活力。

第二，创建技术创新战略联盟。省委省政府牵头，促成东风汽车公司、骆驼集团股份有限公司、襄阳宇清电动汽车有限公司等有实力的新能源汽车研发和制造企业组建技术创新战略联盟。鼓励联盟成员在研发领域进行相互合作，对关键技术进行联合攻关，共同承担技术研发风险等。^{[6] (p29-33)}

第三，提高新能源汽车产业集聚度，扩大规模效应。科学合理地规划和发展新能源汽车生产基地，在现有产业基础上，以武汉、襄阳为重点，兼顾其他地区。为避免产业分散，需建立具有市场竞争力的国家级产业园区，扩大产业规模。此外，要发挥各相关企业的优势，形成专业化分工，提高产品的可靠性，进而促进新能源汽车产业的可持续发展。

（2）企业层面。

第一，积极与各高校和科研院所开展研发合作。在研发需求分析中，各专家均认为绝大多数的技术研发应该以企业为主体，各高校与科研院所相互配合，产学研相结合，从而使得技术优势迅速转化为市场竞争优势。

第二，组织实施科技开发与技术引进项目。以市场需求为导向，制定技术发展与科技攻关计划，合理配置企业研发资源。针对新能源汽车关键技术，如能量储存技术、电机驱动技术、汽车电子技术等开展科技攻关。加大基础技术领域相关技术的引进力度，如新材料应用技术、整车设计技术等。此外技术发展不仅要立足于当下，同时要紧跟技术发展潮流，为抢占市场先机做好技术储备。

第三，建立健全研发体系与激励机制。企业的研发机构不仅要在技术研发上进行创新突破，也要在体制机制上采取相应的激励措施，以保证技术研发工作处于良性循环状态。

参考文献：

[1]王涛，张友芹.论我国节能与新能源汽车的发展战略[J].汽车工业研究，2008，（6）.

[2]2014 年湖北汽车产业发展情况[DB/OL].<http://cs.hbeitc.gov.cn/jxqcc/ywgzdt/62026.htm>, 2015-3-3.

-
- [3]朱劲松. 基于国家竞争优势理论的我国新能源汽车发展战略研究[J]. 湖北社会科学, 2012, (8) .
- [4]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, (2) .
- [5]曾路, 孙永明. 产业技术路线图原理与制定[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2007.
- [6]连远强. 产业链耦合视角下创新联盟的共生演化问题研究[J]. 科学管理研究, 2015, (5) .