

中国电动汽车发展路线图研究

China's Electric Vehicles Development Roadmap

庄幸 姜克隽

Zhuang Xing Jiang Kejun

2010/09/09

Energy Research Institute

国家发展和改革委员会能源研究所

主要内容

Contents

- 一、研究目的和研究方法 Research Objective and Method
- 二、电动汽车现阶段发展水平 Current EV Development Level
- 三、存在问题 Barriers
- 四、影响电动汽车发展的主要制约因素分析
Analysis of Major Constraints for EV Development
- 五、电动汽车技术路线图研究 Technology Roadmap
- 六、电动汽车政策路线图建议 Recommended Policy Roadmap

Energy Research Institute

国家发展和改革委员会能源研究所

一、研究目的和研究方法

Research Objective and Method

研究目的：

- 本研究的主要目的是想通过分析影响电动汽车发展的主要因素，探寻我国电动汽车未来的发展路径、提出发展目标、展现预期情景和明确政策需求。

Research Objective

- By analysing the major factors that affect EV development, the research aims to find out China's EV development roadmap, set development targets and outline forecast scenarios and policy needs.

Energy Research Institute

国家发展和改革委员会能源研究所

一、研究目的和研究方法

Research Objective and Method

研究目的：

- 本研究回顾了很多研究报告，特别是近期发布的几篇关于全球电动汽车发展路线图、中国电动汽车商业化途径和产业发展战略等研究报告，对拓宽研究思路、清晰已有的研究成果，明确本研究的创新点和重点有重要的参考价值。

Research Objective

- This research reviews an extensive range of EV studies, especially the recent published roadmaps for global EV development, China's EV commercialisation paths and industry development strategies. Thus the research provides an important reference for broadening research approaches, outlining existing results and suggesting innovations.

Energy Research Institute

国家发展和改革委员会能源研究所

一、研究目的和研究方法

Research Objective and Method

研究方法

- 本研究主要采用自底向上的情景分析方法，从影响电动汽车发展的各种主要因素分析入手，通过文献查询、座谈会、专家访谈以及实地调研等多种方式广泛收集中外业内专家的研发进展、研究成果、观点认识和经验判断，在此基础上，综合分析和判断EVs和主要零部件及充电设施的技术参数水平和未来发展潜力。

Research method

- The research follows bottom-up scenario analysis method. Start with analysing various factors that affect EV development, the research carries out literature reviews, seminars and expert interviews to collect an extensive field of both Chinese and international research progress, results, viewpoints and experiences. With such basis, the research comprehensively analyses and determines technical parameters and development potentials for the major EV components and charging infrastructures.

Energy Research Institute

国家发展和改革委员会能源研究所

一、研究目的和研究方法

Research Objective and Method

研究方法

- 通过情景分析，在综合考虑电动汽车的社会需求、技术进步规律以及各种制约因素影响的基础上，预见电动汽车技术的发展趋势，确定我国未来各阶段电动汽车的发展情景和发展目标，并分析电动汽车发展的政策需求，从而完成我国电动汽车发展的路线图研究。

Research Method

- Through scenario analysis with considerations on EV's social needs, technical advancement and development constraints, the research forecasts EV's technical development trend, determines development scenarios and targets at different stages for China, analyses policy needs and thus develops a roadmap for China's EV development.

Energy Research Institute

国家发展和改革委员会能源研究所

二、电动汽车现阶段发展水平

2. Current Development Level

- 目前全球的电动汽车处于示范应用阶段。纯电动汽车多以集团化公共服务用车为主。
- 我国目前已有多款自主品牌的电动汽车研发成功，并通过国家有关认证试验，有些在公交线路上试运行。国内已颁布了纯电动汽车国家标准20多项。
- Globally, the current EV applications are still in a demonstration stage. Pure EVs are mainly applied to public transportation groups.
- At present, China has a variety of brands that are successful in EV R&D, passed the state certification tests and started trial service on bus lines. China has promulgated more than 20 national standards on pure EVs so far.

Energy Research Institute

国家发展和改革委员会能源研究所

二、电动汽车现阶段发展水平

2. Current Development Level

- 目前国内前十家整车企业主要以研发和生产插电式混合动力汽车为主；中国纯电动汽车产业化推进联盟、日产、浙江众泰汽车等企业主要是以研发和生产更换电池式电动汽车为主。充电设施刚刚开始建设。
- 中国是锂离子电池的生产大国，具有较好的产业基础。但整体来看，国内的锂离子动力电池生产技术距离国际先进水平存在差距。
- At present, China's top ten automobile enterprises are mainly focusing on the R&D and production of plug-in hybrid vehicles, while Chinese Pure EV Industry Promotion Alliance, Nissan, Zhejiang Zotye and other enterprises mainly focus on battery replacement EVs. Charging infrastructure construction has just begun.
- China is a big Li-ion battery producer and has a good industrial base. However there is still a gap between Chinese Li-ion battery production and international advanced level.

Energy Research Institute

国家发展和改革委员会能源研究所

三、电动汽车发展存在问题

3. Barriers Analysis

- 电动汽车性能问题：电机和电控系统问题导致EVs性能差；
- 锂离子动力电池技术问题；电池成组一致性问题 and 电池安全问题；
- 价格和成本障碍：EVs价格高于同等配置汽油车，并且电池更换增大了使用成本；
- EV's performance problems: electrical and electronic control system problems cause poor performance.
- Li-ion battery technological problems: battery grouping and battery safety issues.
- Price and cost barriers: EV's price are higher than equivalent gasoline vehicles. Battery replacements increase maintenance costs.

Energy Research Institute

国家发展和改革委员会能源研究所

三、电动汽车发展存在问题

3. Barriers Analysis

- 充电设施建设问题：充电设施建设面临着投资规模大、经济性差、以及标准化等问题；
- 标准化问题：电动汽车技术标准上与国外标准相差距离；
- 政策机制等问题：鼓励政策滞后；在知识产权问题上受到困扰；缺乏电池的检测。
- Charging infrastructure problems: large investment needs, poor economical benefits and standardization problems.
- Standardization problems: gap between international standard
- Policy frame problems: lack of stimulus policies, intellectual property problem and battery monitoring.

Energy Research Institute

国家发展和改革委员会能源研究所

四、影响电动汽车发展的主要制约因素分析

4. Major Constraints for EV Development

- 中国电动汽车目前正处于起步阶段，面临很多发展问题。决定电动汽车是否能广泛推广的最重要的影响因素有3个：即电池技术进步；充电设施建设；和电动汽车与传统汽车价格有可比性。
- The major constraints to promote EVs in China: advancement in battery technologies, charging infrastructure readiness, price competitiveness to traditional transportation.

Energy Research Institute

国家发展和改革委员会能源研究所

四、影响电动汽车发展的主要制约因素分析

4. Major Constraints for EV Development

- 本研究围绕这三个关键制约因素展开深入分析，探寻中国未来的电池技术发展途径、充电设施发展途径、以及电动汽车和电池价格下降潜力，并在此基础上，展望我国电动汽车发展的技术路线图和政策路线图。
- Based on the above three major constraints, the research looks for a battery development path, charging infrastructure path and price reduction potential for EVs and batteries, and thus develops China's EV technology and policy roadmap.

Energy Research Institute

国家发展和改革委员会能源研究所

四、影响电动汽车发展的主要制约因素分析

4. Major Constraints for EV Development

■ 1、锂离子动力电池技术发展路径分析

通过文献查询、座谈会、专家访谈等形式，对锂电池技术已有的研究结论进行综合分析和判断，集合锂离子动力电池的各种性能参数，从近期到远期描述其变化趋势，形成了锂离子动力电池技术未来的发展路径。

■ 1. Li-ion battery technology development path

Based on literature reviews, seminars and expert interviews, the research analyses and determines the existing Li-ion technology research results, integrates performance parameters, outlines short and long term trends and thus develops a Li-ion battery technology roadmap.

Energy Research Institute

国家发展和改革委员会能源研究所

四、影响电动汽车发展的主要制约因素分析

4. Major Constraints for EV Development

■ 1.1 锂离子动力电池技术进步展望

1.1 Prospect for Li-ion battery technology advance

表XX 锂离子动力电池发展路径展
development

Figure. Li-ion battery

电池充满电时总容量kWh

Fully charged capacity (kWh)

电池成本 (USD/kWh)

Battery cost (USD/kWh)

电池成本 (万元/车)

Battery cost (¥ 10,000/car)

质量能量密度 (Wh/kg)

Energy density (mass, Wh/kg)

体积能量密度 (Wh/L)

Energy density (volume, Wh/L)

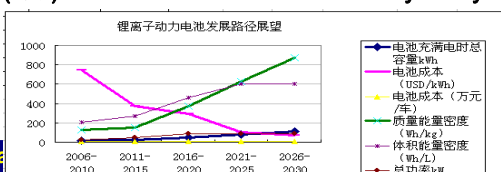
总功率kW

Total power (kW)

电池组循环寿命 (次)

Battery life cycle (No. of charging)

安全性 Safety



Energy Resea

能源研究所

四、影响电动汽车发展的主要制约因素分析

4. Major Constraints for EV Development

■ 2 充电设施建设

充电系统是电动汽车产业链中的重要环节，配套完善的充电供给系统建设，是电动汽车发展的必要支撑条件。国内一些城市已经建成了示范充电站。目前可见的充电方式有三种，即常规充电方式、快速充电方式和更换电池充电方式。

■ 2. Charging infrastructure readiness

Charging system is an important link in EV industry chain and provides necessary support to EV development. Several Chinese cities have constructed demonstration charging stations. The existing charging methods including: conventional mode, fast mode and battery changing mode.

Energy Research Institute

国家发展和改革委员会能源研究所

四、影响电动汽车发展的主要制约因素分析

4. Major Constraints for EV Development

■ 2.1 充电模式选择

基于对三种充电方式优劣势比较分析，研究认为，我国未来充电站模式的选择应该围绕满足电动汽车技术进步对充电站需求来考虑。在未来的近期，充电系统建设主要通过常规充电方式，解决电动汽车短途驾驶的充电需求。

■ 2.1 Options for Charging Infrastructure

Based on comparison analysis of the three modes, the choice of charging modes should satisfy the technology improvement of EVs. In short term, the major charging infrastructure will be conventional mode for short distance driving.

Energy Research Institute

国家发展和改革委员会能源研究所

四、影响电动汽车发展的主要制约因素分析

4. Analysis Major Constraints Factors

■ 2.1 充电模式选择

未来中远期，将建设一个以常规充电方式为主、快速充电方式和更换电池方式为辅、最终形成三种充电方式有机结合的充电系统。

■ 2.1 Options for Charging Infrastructure

Mid-long term solution: Mainly use the conventional charging mode, together with fast charging and battery replacement modes, to form a system combined with all three modes.

Energy Research Institute

国家发展和改革委员会能源研究所

四、影响电动汽车发展的主要制约因素分析

4. Analysis Major Constraints Factors

■ 2.2 充电设施发展路径分析

■ 2.2 Prospect for Charging Infrastructure Development

电动汽车充电技术未来发展情景展望			
	现状（—2010）	示范应用期（2011-2020）	成熟推广期（2021-2030）
充电设施	常规充电方式和更换电池方式试点	常规充电为主，快充和更换电池为辅	形成充电站网络系统
充电方法	电网有线充电，利用夜间充电。	电网有线充电，利用夜间充电，加强电网对快充电站的支持。	先进电网通讯（V2G）技术引导用户提高谷电的利用率，移动式充电
充电站布局	主要在居民小区或大型办公场所的停车场建充电桩。	主要在机场、火车站、医院、购物中心、加油站等公共场所建快充和更换电池站。	按电动汽车单次充电的行驶里程计算充电站所支持的服务半径，考虑布局和建设充电系统。
充电电源	电网	电网	电网+可再生能源分布式电源
充电时间	4-10h	小于30分钟	几分钟或行驶中充电
充电技术研发重点	集中在常规充电布局，支持标准化电池充电等方面。	集中在充电站总体布局规划与地区建设规划、电网规划和路网规划结合；充电系统与梯次利用技术结合；充电标准体系建设和促进政策等方面。	集中在电动汽车与电网储能结合（电池二次利用）、电动汽车与电网间的智能交互连接等方面。
充电站发展计划（国网和南网）	新建充电站325个；充电桩1.87万个	新建充电站4325个；充电桩2.48万个	新增充电站1万个，充电桩3万个
计划的投资规模	3亿元	140亿元	180亿元

Energy Research Institute

国家发展和改革委员会能源研究所

四、影响电动汽车发展的主要制约因素分析

4. Analysis Major Constraints Factors

■ 3.1 电动汽车及电池价格下降潜力分析

- 车用动力锂电池的制造成本和寿命是影响电动汽车经济性的主要因素。
- 在EVs生产成本构成中电池占1/2。电池寿命有限，更换电池将增加EVs使用成本,降低其经济性。
- 有研究表明，在动力锂电池成本中，约70%的成本可受益于规模效应，电池成本将随着产量增加而显著下降。
- 国外专家对电池成本下降的预测显示，如果以2008年电池成本为1的话，2010年成本将是其1/2，2015年是1/7，2020年是1/10，2030年是1/40。

■ 3.1 Price Reduction Potentials for EVs and Batteries

- Major factors for EV economy: Li-ion battery production cost and life cycle
- Battery costs account for half of EV production costs. Changing batteries will increase EV costs.
- Research show that 70% of dynamic battery costs can be benefited from economics of scale. Increase in production scale substantially reduces battery costs.
- Battery cost reduction forecast by foreign experts: cost is 1 in base year 2008, 1/2 in 2010, 1/7 in 2015, 1/10 in 2020, and 1/40 in 2030.

Energy Research Institute

国家发展和改革委员会能源研究所

四、影响电动汽车发展的主要制约因素分析

4. Analysis Major Constraints Factors

■ 3.2 国产电池制造水平将与国际水平同步

从整体看，中国的锂离子动力电池生产技术距离国际先进水平有差距，但是有研究表明，中国电池制造技术中具有国际水平的技术占比很大（约15-40%）。可以认为，一些掌握先进技术的企业能够引领中国电池技术制造水平朝着同步于国际水平的目标发展，在未来近期能够达到国际水平。

■ 3.2 National & International battery production levels.

Overall speaking, there is a gap between Chinese and international Li-ion battery production technical level. But a big proportion (15~40%) of Chinese battery manufactures uses advanced international technology. These manufactures are able to lead Chinese battery manufacturing technology development to reach international level in short term.

Energy Research Institute

国家发展和改革委员会能源研究所

四、影响电动汽车发展的主要制约因素分析

4. Major Constraints for EV Development

- 3.3 电动汽车实现经济性的趋势分析
 - 选择先进汽油和柴油小汽车作为比较对象, 对纯电动汽车和先进汽油汽车在寿命期内的成本进行分析。
 - 分析中假设: 两种车的整车成本相对固定, 并差别不大; 电动汽车的购车成本比汽油车高出的部分主要来自电池成本; 忽略车的保养费用等。
- 3.3 EV's economic trend analysis
 - Comparison between advanced gasoline/diesel cars and EVs, analyse cost in life cycle.
 - Assumptions: the overall cost for both cars are relatively fixed and the difference is small; the premium cost on EVs are mainly from batteries; maintenance costs are neglectable.

Energy Research Institute

国家发展和改革委员会能源研究所

四、影响电动汽车发展的主要制约因素分析

4. Analysis Major Constraints Factors

- 3.3 电动汽车实现经济性的趋势分析
 - 如果把电动汽车的电池费用和行驶中的耗电费用一起作为燃料费用考虑的话, 可通过比较两者在使用过程中的燃料成本, 对未来电动汽车实现其经济性的过程进行分析。
- 3.3 EV's economic trend analysis
 - Consider battery costs and electricity used in driving together as fuel costs for EVs, compare fuel cost for both types of cars, and analyse approaches to reach EV's economical benefits.

Energy Research Institute

国家发展和改革委员会能源研究所

四、影响电动汽车发展的主要制约因素分析

4. Analysis Major Constraints Factors

■ 3.3 电动汽车实现经济性的趋势分析

从电动汽车方面看，随着电池能量密度的提高，使电池的总能量将不断增大，从2010年的16kWh，增加到2020年的48kWh及2030年的112kWh。百公里电耗将不断降低；从2010年的18kWh/100km降低到2030年的8kWh/100km；高充电次数的电池逐步进入市场，电池循环充放电次数从2010年的1000次，增加到2020年的3800次。上述电动汽车和电池的技术进步，促进动力电池成本的下降，从而导致电动汽车全寿命期内的电耗和电池使用成本快速下降。

■ 3.3 EV's economic trend analysis

As battery energy density increases, battery capacity will increase from 16kWh in 2010 to 48 kWh in 2020 and 112 kWh in 2030, Electricity consumption in 100 km will decrease from 18 kWh/100km in 2010 to 8 kWh/100km in 2030. High-number-charging-cycle batteries will enter the market, life cycle charging times will increase from 1000 in 2010 to 3800 in 2020. the above technical advancements will bring down the battery costs and thus EV's life cycle costs.

Energy Research Institute

国家发展和改革委员会能源研究所

四、影响电动汽车发展的主要制约因素分析

4. Analysis Major Constraints Factors

■ 3.3 电动汽车实现经济性的趋势分析

- 从先进汽油车方面看，未来的汽油价格将不断高升，预示着汽油车的燃料成本将不断提高。但是技术进步降低了车的百公里油耗（从2010年的5L/100km，到2020年的3L/100km，2030年的2L/100km），使先进汽油车全寿命期的总燃油成本呈逐步降低趋势。

■ 3.3 EV's economical trend analysis

- The rise in gasoline price will bring up fuel costs for gasoline cars. However technology advancement decreases gasoline consumption from 5L/100km in 2010 to 3L/100km in 2020 and 2L/100km in 2030. The life cycle fuel costs for advanced gasoline cars are decreasing.

Energy Research Institute

国家发展和改革委员会能源研究所

四、影响电动汽车发展的主要制约因素分析

4. Analysis Major Constraints Factors

■ 3.3 电动汽车实现经济性的趋势分析

成本变化特点分析:

- 未来两种车的燃料成本都呈下降趋势，电动汽车燃料成本下降的速率远高于先进汽油汽车（下降速率，电动汽车7.4%，先进汽油车0.9%）。
- 在未来很长一段时间里（在2020年前），电动汽车的全寿命期燃料成本一直高于先进汽油车的燃料成本，直到2020年前后情况才发生改变，预示着电动汽车在2020年前后将体现出其经济性。

■ 3.3 EV's economic trend analysis

Cost changing characteristics:

- Fuel costs for both gasoline cars and EVs are decreasing. The decreasing speed for EVs (7.4%) are much faster than advanced gasoline cars (0.9%).
- In a long period of time (before 2020), life cycle fuel costs for EVs will be higher than advanced gasoline cars. The economical benefits for EVs will embody in around 2020.

Energy Research Institute

国家发展和改革委员会能源研究所

四、影响电动汽车发展的主要制约因素分析

4. Analysis Major Constraints Factors

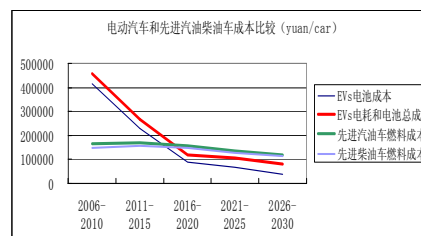
■ 3.3 电动汽车实现经济性的趋势分析

成本变化特点分析:

- 随着电池充放电次数的提高，电动汽车在全寿命期内（运行50万公里）的电池使用成本大幅度下降，对提升电动汽车经济性和市场竞争力贡献显著。

■ 3.3 EVs Economic Trend Analysis

- With improvements on the number of battery recharging times, EV's life cycle (500,000 km) costs are substantially lower. This strongly enhances EV's economical benefits and market competitiveness.



Energy Research Institute

国家发展和改革委员会能源研究所

五、电动汽车发展技术路线图

5. Research Technology Roadmap

中国低碳情景下的电动汽车发展目标

- 中国电动汽车发展目标是基于中国低碳发展情景设置的。按照中国电动汽车发展目标，到2020年，中国电动汽车销售市场将占到全球电动汽车销售市场的20%，2030年这个比例将提高到28%。

Target under China's low carbon scenario

- **China's EV target is based on China's Low Carbon Development Scenario. According to the target, China's EV sales will account for 20% of global market in 2020, and rise to 28% in 2030.**

中国电动汽车发展情景（万辆）				
	2015	2020	2025	2030
中国小汽车拥有量	10000	15970	24000	34866
中国电动汽车拥有量	250	799	5000	9414
全球EVs年均销售量	130	350	2000	3390
中国EVs年均销售量	25	80	500	941
中国EVs占全球比例%	19%	23%	25%	28%

Energy Research Institute

国家发展和改革委员会能源研究所

五、电动汽车发展技术路线图

5. Research Technology Roadmap

电动汽车发展技术路线图待进一步确认。

To be confirmed.

Energy Research Institute

国家发展和改革委员会能源研究所

六、电动汽车发展政策路线图建议 6. Suggesting Policy Roadmap

电动汽车发展政策路线图待进一步确认。

To be confirmed.

Energy Research Institute

国家发展和改革委员会能源研究所

谢谢!

Thank you!

zhuangxing@eri.org.cn

Energy Research Institute

国家发展和改革委员会能源研究所