

# 电动汽车充电技术应用现状与发展趋势

吴志力

(国家电网公司北京经济技术研究院, 北京 100052)

**摘要:** 随着电动汽车市场的成熟和智能电网建设的推进, 电动汽车充电设施的建设成为亟待解决的问题, 大量电动汽车的充电行为也将会对电网带来较大影响。通过对电动汽车充电方式、充电特性和充电设施的分类和分析, 探讨了其在电力系统中的应用、影响、效益及发展趋势。

**关键词:** 电动汽车; 充电方式; 智能电网; 充电设施; 综合效益

中图分类号: TM714

文献标志码: B

文章编号: 1007-1881(2012)08-0006-04

## Current Application Situation and Development Trends of Electric Vehicle Charging Technology

WU Zhi-li

(State Power Economic Research Institute, Beijing 100052, China)

**Abstract:** With the development of electric vehicle market and the advancement of smart grid construction, the construction of electric vehicle charging facilities has become an important problem to be solved. A large number of electric vehicle charging behaviors will bring great impact on the power grid. This paper classifies and analyzes the methods, characteristics and facilities of charging, discusses the application, impact, benefits and development trends in the power system.

**Key words:** electric vehicle; charging method; smart grid; charging facilities; comprehensive benefits

随着全球能源危机不断加深、全球变暖及大气污染危害的加剧, 发展电动汽车已成为节能减排的重要途径之一。国家电网公司正在持续推进智能电网建设, 作为智能电网重要组成部份的电动汽车充电设施, 具有分布广、用电负荷大的特点。电动汽车体现了与智能电网的互动性, 使交通运输与电网之间的关系更加和谐, 也促进了我国智能电网的建设和发展。

## 1 充电技术

### 1.1 充电方式

电动汽车主要有常规充电、快速充电和更换电池组 3 种常用充电方式<sup>[1]</sup>。常规充电也称交流慢充, 一般是以较小的交流电流进行恒流充电或小电流恒压充电, 充电电流约为 15 A, 充电时间大约 5~8 h; 快速充电也称直流快充或应急充电, 是采用 150~400 A 的直流电流进行恒流充电, 在 20~30 min 内就能使蓄电池电量达到 80%~90%;

更换电池组, 也称快速换电或机械换电, 是在蓄电池电量不足时, 将已经耗尽的电池组更换为充满电的电池组, 这种直接更换电池组的过程通常可在 10 min 之内完成。

### 1.2 充电特性

常规充电可采用低压交流电, 但充电所需时间较长, 而且要求具备很好的停车库(位)条件; 快速充电的充电时间较短, 但需要配置专门产生直流大电流的直流机, 占地面积较大, 对电网的冲击也较大, 且会影响电池使用寿命; 更换电池组具有时间短、选址灵活、可夜间充电或采用新能源充电, 可规模化应用等优点, 但动力电池必须标准化。此外, 不同类型汽车充电所需的电压和电流各不相同, 其对电网的影响也不一样。

### 1.3 充电设施

电动汽车充电设施是指为电动汽车动力电池提供电能补给的设施。根据电动汽车充电方式的不同, 电动汽车充电设施可以分为充电桩、充电

机和换电站3种类型。

充电桩为配置车载充电机的电动汽车提供交流常规充电电流,布点灵活、占地面积较小,可安装在停车场、居住社区等,提供常规充电服务。

充电机通常指直流充电机,对各类电动汽车提供较大的直流电流进行快速充电,设备技术要求较高、占地面积较大,通常安装在电动汽车充电站,为各类电动汽车提供应急充电服务。

换电站则是配备若干动力电池组,为电动汽车更换电池和提供电池维护服务,操作专业性强、占地面积较小,可结合车辆行驶路线、区域等情况适当配置。

根据电动汽车充电设施的不同特点,既可将交流充电桩安装在街头、停车场和加油站等地,方便电动汽车就近接入电网进行常规充电,也可以根据实际需求与预测建设一些电动汽车充电站,充电站中可配备一定数量的交流充电桩、直流充电机和电池组,可同时为各类电动汽车提供不同的充电服务。

#### 1.4 布点规划

目前,电动汽车充电设施的布点规划主要从选址模型的建立、算法求解等方面进行研究,如WANG Heng-song等在考虑充电用户特点、充电站特性及市区规划、电网布局等因素的基础上,提出了一种多目标规划模型<sup>[2]</sup>;寇凌峰等主要研究区域电动汽车充电站选址问题,建立充电站选址定容的最优费用模型,并用假设算例的粒子群算法求解结果证明其模型的可行性<sup>[3]</sup>;张国亮等在考虑电动汽车用户分布特性的基础上,采用目标规划思想,通过改进的禁忌搜索算法,提出了以充电站初始建设成本及用户充电总成本最小化为目标的多等级充电站选址模型<sup>[4]</sup>;周洪超等基于博弈论思想,分析传统项目选址方案评价方法,评价电动汽车充电站规划布局方案,并建立博弈优化模型和算法<sup>[5]</sup>;ReVelle等综述电动汽车充电设施选址研究,总结出几个经典选址模型,并通过增加不同的约束建立了多种扩展模型<sup>[6]</sup>。

#### 1.5 相关标准

为了适应电动汽车等新能源汽车技术的发展,国家电网公司于2009年12月颁布了《国家电网公司电动汽车充电设施建设指导意见》等相关企业文件和企业标准,为充电站设计、建设以及电

动汽车充电设施的生产、选型、使用及建设大规模充电站等提供了技术依据<sup>[7]</sup>。

《电动汽车传导式充电接口》、《电动汽车充电站通用要求》、《电动汽车电池管理系统与非车载充电机之间的通信协议》和《轻型混合动力电动汽车能耗量试验方法》等4项国家标准<sup>[8]</sup>于2010年4月出台,推动和规范了我国电动汽车充电桩及充电站的发展与建设,也进一步促进了电动汽车生产商积极参与电动汽车的研发与生产。

## 2 电动汽车充电对电力系统的影响

电动汽车充电对电力系统的影响因素主要是电动汽车的充电方式、充电特性、充电时间以及电动汽车的普及程度和类型等。但电动汽车充电更多地采用充电桩或充电站时,对电力系统的影响就可笼统地反映为充电桩或充电站对电力系统的影响。

### 2.1 对输电网的影响

目前,国外已从负荷平衡的角度开展了现有或规划的发供电容量能否满足电动汽车充电所引起的负荷增长等相关研究。文献[9]在不同的电动汽车增长方案下,采用场景分析进行加州电力市场研究,结果表明电力负荷将分别增长8%和2%。文献[10]仅从充分满足电动汽车自然增长的考虑出发,不涉及具体的电动汽车充电设施,采用自下而上的方法研究了美国佛蒙特州在最优充电模式、夜间充电模式和1天内2次充电模式等3种情况对电力负荷的影响,结果表明该州可以支持10万辆电动汽车夜间充电,但在负荷高峰期进行充电将会对电力供应造成恶劣影响。文献[11]在全天均可充电和12h可充电两种情况下研究整个美国电网对电动汽车充电的承受能力,结果表明美国的现有电网最多可以承受73%的电动汽车充电负荷。

### 2.2 对配电网的影响

电动汽车充电不仅会对配电网的负荷平衡造成影响,还会给配电网带来其他方面的问题。文献[12]表明电动汽车充电过于集中将会导致局部地区负荷紧张甚至过负荷;电动汽车在负荷高峰时充电以及大量电动汽车充电时间的叠加将会加重配电网的负担。文献[13]从确定性和随机性方面详细研究电动汽车充电对配电网负荷平衡、电

压调节、三相平衡的影响，建立了由配电网模型、负荷曲线和电动汽车充电的负荷特性构建的峰荷-时间模型，分析对系统影响的确定性与随机性。文献[14]提出了两种电动汽车充电协调方法：分布协调充电，即在充电站总电流不越限的前提下对每辆电动汽车进行最大电流充电，减少充电时间；集中协调充电，即通过计算机的智能判断来协调每辆电动汽车在什么时间充电、充电电流大小和充电时间长短，以保证充电站总电流不超载。

### 2.3 造成谐波污染

电动汽车在充电过程中不可避免会使用电力电子设备，而电力电子设备会产生谐波，给电网带来不利影响。针对这一问题已有学者通过建模和仿真进行了研究。文献[15]搭建电动汽车充电机(站)的 Matlab/Simulink 仿真模型，通过理论研究和实测验证，分析了电动汽车充电机(站)谐波大小的影响因素。文献[16]采用商用电动汽车充电机实测数据，对谐波电流进行分析计算，结合概率统计学大数定律和中心极限定理，建立了多谐波源谐波分析数学模型，对多个电动汽车充电机产生的谐波电流及其概率特性进行了研究。

针对电动汽车充电造成电力系统谐波污染的一系列研究表明：如果认真贯彻执行与谐波相关的国家标准，是可以控制电力系统的总体谐波水平的，可采取的措施有增加换流装置的相数，降低谐波电流的有效值；增加无功补偿装置，提高电力系统承受谐波的能力；加装滤波装置，就地治理电力系统的谐波污染，等等。

## 3 效益分析

### 3.1 经济效益

虽然电动汽车的一次性购买成本还比较高，但其使用成本要比传统的燃油汽车低得多<sup>[17]</sup>。燃油汽车按 10 L/100 km 的油耗、7.05 元/L 的油价计算，行驶 300 km 需花费 211.5 元。而以比亚迪 E6 纯电动汽车为例，行驶 300 km 需充电 57 kWh，以 0.84 元/kWh 的商业电价计算，仅需耗费 47.88 元，比燃油汽车节省 77%。若考虑油价上涨以及采用夜间低价居民用电充电，则电动汽车使用成本的优势将更为明显。

充电站的建设是发展电动汽车的基础，其研

究与建设将大大提高电动汽车的续航里程，促进电动汽车的市场需求，推动相关产业链多个环节的技术进步。

### 3.2 社会效益

电动汽车充电设施的建设可充分利用大型停车场、变电站和公众服务场所等现有土地，并可根据实际需求使充电站和营业厅一体化，提高土地利用效率；也可考虑采用只在夜间负荷低谷时进行充电的运行方式，以改善电网负荷特性、提高火电与核电的运行效率、参与削峰填谷，从而起到节能和提高电网使用效率的效果。

### 3.3 环境效益

与传统燃油汽车相比，电动汽车在减少温室气体排放、带动低碳产业发展方面具有显著优势<sup>[18]</sup>。从全生命周期的角度来看，火电厂每生产 1 kWh 的电将排放约 0.91 kg 温室气体，而每燃烧 1 L 汽油将排放约 2.81 kg 温室气体。将油耗特性为 10 L/100 km 的燃油汽车与充电 57 kWh 即可行驶 300 km 的纯电动汽车相比，每行驶 100 km 分别产生 28.1 kg 和 15.5 kg 温室气体，电动汽车的温室气体排放量可减少约 50%。

随着可再生能源发电的比例不断增加，电力生产清洁度持续提高，电动汽车所产生的温室气体还将继续减少。

## 4 发展趋势

### 4.1 实现智能充电控制

电动汽车充电行为具有随机性和间隙性，会对电网造成诸多不利影响。如果能在提供方便安全的电动汽车充电服务的基础上，通过现代化的技术手段和管理方法，对电动汽车充电设施进行统一监控，实现充电网络一体化、自动化与智能化的充电设施管理与控制，可大幅度削弱电动汽车充电给电力系统带来的不利影响，甚至可将电动汽车充电设施作为电力系统的“友好负荷”，使其参与电力系统削峰填谷，有助于提高电力系统的运行效率和安全性。

### 4.2 与新能源发电配合

新能源发电可利用的资源丰富、污染较少，甚至是零污染，可以在一定程度上缓解电力供应的紧张情况和环保压力。如能将充电设施与新能源发电集成接入电力系统，将在一定程度上削弱

新能源接入对电力系统造成的不利影响,降低充电设施带来的负荷增量,提高可再生能源的利用率;在新能源丰富的郊区建立电动汽车充电站,同时在市区提供电池组更换服务,通过双向运输等方式促进电动汽车和新能源发电的发展。

#### 4.3 作为系统储能的组成部分

由于太阳能、风能具有随机性、波动性和不可控性,在含光伏发电、风力发电的微电网或配电网中,需配置一定容量的储能设备。若储能配置偏少,可能无法满足系统发电和用电之间的实时动态平衡;若储能配置过于充裕,将显著增加系统总投资费用,可能造成经济性变差。从电动汽车特性可知,只有在蓄电池荷电状态比较充裕时才可使用,因此当电动汽车因电量不足以行驶时,仍有一定的电量存储,可用于参与含分布式电源的微电网或配电网功率实时动态平衡。此外,电动汽车行驶时间通常较短,可在其大量的空置时间内参与电网运行,作为储能单元参与系统削峰填谷,减少系统静态储能设备的配置,提高系统的经济性。

#### 4.4 成为智能电网的重要组成部分

电动汽车是发展新能源汽车的重要方向,支持电动汽车发展的电网技术是智能电网的重要组成部分,也是国家863计划重大专项“智能电网关键技术研发(一期)”重点资助的研究内容<sup>[19]</sup>。目前,为充电设施安装智能电表、充电站双向通信设施等都是电动汽车充电的主要研究方向。智能电网的实现也依赖于对电网中各环节重要运行参数的在线监测和实时信息掌控,新兴的物联网可作为“智能信息感知末梢”,使管理更加集中化、统一化、智能化。将物联网应用于电动汽车充电将有助于实现电动汽车的自动识别、自动报警、自动管理等功能,是推动智能电网发展的重要技术手段。

## 5 结论

当前我国电动汽车产业已步入快速发展期,充电设施建设如火如荼,从电动汽车充电的发展趋势来看,短期内主要考虑充电设施接入电网的方式、在配电网规划中的布点与容量配置以及谐波治理;从长远来看,随着电动汽车大规模使用以及充电技术、接入控制技术的发展,如何提高

与新能源发电的集成使用、如何成为智能电网的重要组成部分,是必须考虑的重要方面。

#### 参考文献:

- [1] 鲁莽,周小兵,张维.国内外电动汽车充电设施发展状况研究[J].华中电力,2010,23(5):16-20,30.
- [2] WANG HENSONG,HUANG QI,et al.A novel approach for the layout of electric vehicle charging station[C]//International Conference on Apperceiving Computing and Intelligence Analysis IEEE,Chengdu,China,2010.
- [3] 寇凌峰,刘自发,周欢.区域电动汽车充电站规划的模型与算法[J].现代电力,2010,27(4):44-48.
- [4] 张国亮,李波,王运发.多等级电动汽车充电站的选址与算法[J].山东大学学报,2011,41(6):136-142.
- [5] 周洪超,李海峰.基于博弈论的电动汽车充电站选址优化模型研究[J].科技和产业,2011,11(2):51-54.
- [6] REVELLE C S,EISELT H A.Location analysis: a synthesis and survey[J]. European Journal of Operational Research,2005,165(1):1-19.
- [7] Q/GDW 233-238-2009 电动汽车充电站通用技术要求[S].北京:国家电网公司,2009.
- [8] 高赐威,张亮.电动汽车充电对电网影响的综述[J].电网技术,2011,35(2):127-131.
- [9] JASON W,LINCOLN P.Impact of plug-hybrid electric vehicles on California's electricity grid[D].North Carolina:Duke University,2009.
- [10] STEVEN L.Plug-in hybrid electric vehicles and the Vermont grid: a scoping analysis[R].Vermont:University of Vermont Transportation Center,2007.
- [11] MEYERS M.K,SCHNEIDER K,PRATT R.Impacts assessment of plug-in hybrid vehicles on electric utilities and regional US power grid part 1:technical analysis[R].State of Washington:Pacific Northwest National Laboratory,2007.
- [12] ROWAND M.The Electricity utility-business case[C]//Plug-In Conference,San Jose CA:EPRI,Silcon Valley Leadership Group,2009.
- [13] TAYLOR J,MAITRA A,ALEXANDER M,et al.Evaluation of the impact of plug-in electric vehicle loading on distribution system operations [C]//Power & Energy Society General Meeting.Calgary,Alberta:Energy Development and Power Generation Committee,2009.
- [14] 李俄收,吴文民.电动汽车蓄电池充电对电力系统的影响及对策[J].华东电力,2010,38(1):109-113.

(上接第 9 页)

- [15] 黄少芳.电动汽车充电机(站)谐波问题的研究[D].北京: 北京交通大学,2008.
- [16] 卢艳霞,张秀敏,蒲孝文.电动汽车充电站谐波分析[J].电力系统及其自动化学报,2006,18(3):51-54.
- [17] 居勇.建设电动汽车充电站的约束条件及综合效益分析[J].华东电力,2011,39(4):0547-0550.
- [18] 侯运红,李文森,张辉.电动汽车充电设施的建设[J].山西电力,2011,164(1):17-20.
- [19] 国家高技术研究发展计划(863 计划)先进能源技术领域智能电网关键技术研究(一期)重大项目申请指南[EB/OL].[2010-11-20].<http://www.most.gov.cn/tztg/201010/>

P020101028626784958821.pdf.

---

**收稿日期:** 2012-03-12

**作者简介:** 吴志力(1969-),男,浙江杭州人,工程硕士,高级工程师,主要从事电力系统自动化研究和工程信息管理工作。

(本文编辑:龚 皓)