

电动汽车充电设备综合评价指标体系探索

吴昊天

上海电力大学 上海

【摘要】电动汽车充电设备是电动汽车发展的关键，探究电动汽车充电设备综合评价指标体系尤为重要。文章将分析电动汽车充电设备的构成与充电模式、电动汽车充电设备综合评价指标建立原则与构成要素、电动汽车充电设备综合评价方法；再从城市电动车充电站角度，探讨了相关综合评价指标，如规划运行一体化指标、配电网的运行影响指标、交通网运行影响指标、用户体验指标；并分析层次分析法在综合评价中的应用流程步骤，从而为城市电动车充电站提供了可行路径。希望文章的探讨、分析能解决以往综合评价指标缺陷问题，不断完善电动汽车充电设备综合评价指标体系，推动电动汽车充电领域长期发展。

【关键词】综合评价；充电设备；电动汽车

【收稿日期】2025 年 5 月 14 日

【出刊日期】2025 年 6 月 5 日

【DOI】10.12208/j.jer.20250271

Exploration of comprehensive evaluation index system for electric vehicle charging equipment

Haotian Wu

Shanghai Electric Power University, Shanghai

【Abstract】 Electric vehicle charging equipment is the key to the development of electric vehicles, and it is particularly important to explore the comprehensive evaluation index system of electric vehicle charging equipment. The article will analyze the composition and charging mode of electric vehicle charging equipment, the principles and elements for establishing comprehensive evaluation indicators for electric vehicle charging equipment, and the comprehensive evaluation methods for electric vehicle charging equipment; From the perspective of urban electric vehicle charging stations, relevant comprehensive evaluation indicators were explored, such as integrated planning and operation indicators, operational impact indicators of distribution networks, operational impact indicators of transportation networks, and user experience indicators; And analyze the application process steps of Analytic Hierarchy Process in comprehensive evaluation, thus providing a feasible path for urban electric vehicle charging stations. I hope that the exploration and analysis in this article can address the shortcomings of previous comprehensive evaluation indicators, continuously improve the comprehensive evaluation index system for electric vehicle charging equipment, and promote the long-term development of the electric vehicle charging field.

【Keywords】 Comprehensive evaluation; Charging equipment; Electric vehicle

前言

现代社会中，汽车已经成为人们出行必不可少的交通工具之一，能为民众出行带来舒适、便捷的服务。

“双碳”背景下，传统燃油汽车已经无法满足社会可持续发展的要求。电动汽车相比于燃油汽车，最大的优势在于节能、环保，能让汽车摆脱传统燃油的束缚，实现零排放、噪声低，加快汽车的响应速度，提升驾乘人员的体验。虽然电动汽车拥有诸多优势，但也面临充电基础设施不完善、续航里程短等问题，阻碍了电动汽车的

发展。随着我国充电网络的建设、发展，充电设备问题受到广泛关注。目前，国内充电设备缺乏统一的标准，难以实现有效的管理。因此，如何构建一套完善、全面的综合评价指标体系，成为规范充电设备，保障电动汽车可持续发展的关键。基于此，文章将从技术、经济、环保、安全四个方面，探讨综合评价指标体系，希望能为当前电动汽车的发展提供助力^[1]。

1 电动汽车充电设备

1.1 设备构成

作者简介：吴昊天（1994-）男，上海人，汉族，研究生在读，研究方向：电动汽车充电设备方向研究。

1.1.1 充电机

充电机属于功率转换器，能将供电电源能量的传递给汽车动力蓄电池。目前电动汽车充电机类型如表 1 所示。例如车载充电机是指安装于电动汽车的充电机，也称交流充电机，具有便捷优势，只需连接交流插座，便能充电。但也会受到车载空间、充电时间长的限制与约束。再如地面充电机是指安装、固定于地面的充电机设备，输入端提前连接好电源，只需要输出端与电动汽车的充电接口相连，便能实现充电。该类型的充电机具备上百千瓦的功率的充电能力，实现对电动汽车的快速充电^[2]。

表 1 电动汽车充电机类型

分类标准	充电机类型	
安装位置	车载充电机	地面充电机
输入电源	单相充电机	三相充电机
连接方式	传导式充电机	感应式充电机
功能	普通充电机	多功能充电机

1.1.2 动力电池

动力电池是用于储存电能的电池，实现为电动汽车充电。动力电池会配备电池管理系统（BMS），用于调控动力电池充放电参数，增强动力电池的稳定性，减少由于频繁充放电带来的性能损耗。主流动力电池性能对比如表 2 所示。一是铅酸蓄电池。铅酸蓄电池由正极二氧化铅（PbO₂）、负极海绵状铅（Pb）、稀硫酸（H₂SO₄）和隔膜组成，具有高可靠性、成本低的优势。由于技术的成熟，目前仍是主流储能方案。二是镍氢电池。镍氢电池属于高性能、可充电电池。充电过程是氢离子从负极迁移到正极，而放电过程则是氢离子返回负极。镍氢电池具有寿命长、环保性强等优势，如环保性方面，电池中不含有重金属元素，减少对周围环境的影响；寿命长方面，循环寿命可达 1000 次以上。三是锂离子电池。锂离子电池属于二次电池，主要利用锂离子在正极和负极之间的嵌入/脱嵌实现充放电，有效规避了传统锂电池的弊端。从应用优势来看，锂离子电池的使用寿命较长，不含有剧毒物质，能适应-20℃~60℃的工作范围，能量密度是镍氢/镍镉电池的 2 倍以上^[3]。

表 2 主流动力电池性能对比

电池种类	比能量（W·h/kg）	能量密度（W·h/L）	比功率（W/kg）	成本比较	安全可靠	循环寿命（次）
铅酸电池	30~45	60~80	75~100	较低	良好	500
镍氢电池	50~95	100~150	140~600	较高	良好	1000
锂离子电池	55~150	150~200	350~400	高	一般	1000

1.2 充电模式

1.2.1 常规充电

常规充电为 220V/16A 规格的电源进行供电，由于充电时间较长（4~8 小时），被称为“慢充”。优点方面，常规充电的技术要求较低，可广泛推广，且配置简单，对电网友好。但也存在充电耗时长、效率低的缺陷。

1.2.2 快速充电

快速充电一般为 150~400A 进行供电，充电时长短则 20min，长则 2h。以特斯拉超级充电站为例，可以在 1.5h 内完成电动汽车充电。快速充电的优势在于效率高、时间短，能提高用户体验感。但快速充电过程存在发热严重、对电网不友好、投建成本高等缺点^[4]。

1.2.3 机械充电

机械充电是指在充电站，将动力电池卸下，更换充好的动力电池，改善电动汽车充电排队的现状，提升电动汽车充电效率。从优势来看，机械充电的用户体验度

较高，但也存在占地面积大、未建立完善运行机制等缺点，无法有效普及应用。

2 电动汽车充电设备综合评价指标

2.1 建立原则

一是客观性原则。电动汽车充电设备综合评价指标需遵循客观性原则。如综合评价指标需做好充分的市场调研、科学分析，并征求充电站人员的意见。二是系统完备性原则。系统完备性原则是指电动汽车充电设备综合评价指标既要有综合指标，也要有单项指标，实现直接反映以及间接反映效果，增强指标评价的可靠性、全面性。三是可操作性原则。综合评价指标应遵循可操作性原则，尽量使用量化、便于统计的量化参数。四是可操作性原则。综合评价指标应避免权数上的互相干涉，突显指标的单独性、独立性，减少评价结果失真问题^[5]。

2.2 构成要素

一是技术性指标。在电动汽车充电设备综合评价

的技术指标中,充电机的技术指标包括输出电压误差、输出电流误差、充电稳压;充电桩的技术指标包括电能计量准确度、充电连接器寿命、保护功能等精度、充电稳流精度。二是安全性指标。安全性指标需遵循方针、政策等要求,确保能对充电设备的安全性进行评价。南方电网《电动汽车非车载充电机技术规范》和《电动汽车交流充电桩技术规范》等标准来评价充电设备安全性。三是经济性指标。经济性指标是从经济角度对电动汽车充电设备进行评价,包括充电设备的使用维护评价、充电设备的购置成本评价。四是环保性指标。环保性指标是对电动汽车充电设备是否产生污染、是否造成不当影响进行评价。如对周围自然环境的污染进行评价、对电网造成不当影响进行评价;对人员造成不当影响进行评价^[6]。

3 电动汽车充电设备综合评价方法

3.1 层次分析法

层次分析法是一定性、定量的评价技术,通过层次结构模型的构建、确定权重向量及一致性检验,实现多维度综合评估。例如层次分析法的权重向量确定环节,可以采用9分位标度法或模糊综合评判法,将专家打分转化为权重向量。如果指标数量较多时,还可以结合熵权法开展修正,使指标计算更加准确。

3.2 模糊综合评判法

模糊综合评判法是基于隶属度理论的量化评价技术,可以将定性评价转变为定量结果,使评价对象用可量化数学进行表达。模糊综合评判法应用之前,需要先确定评价对象、指标,如充电效率、安全性等,之后由专家打分,构建模糊评价矩阵。通过加权求和方式,对矩阵进行模糊运算,得到最终的评价结果。

4 电动汽车充电设备综合评价体系构建——以城市电动车充电站为例

4.1 城市电动车充电站的综合评价体系

4.1.1 规划运行一体化指标

一是充电站规划评价指标。一方面,规划阶段需要对投资建设成本进行评价,如设备采购成本、场地施工成本、人工费用成本。另一方面,规划阶段需要对电动汽车充电桩数进行评价,根据城市地区的实际交通水平以及电动汽车数量,做好针对性评价。二是充电站运行评价指标。该指标包括充电桩维护费用、整流器维护费用等。

4.1.2 配电网的运行影响指标

一是变压器负载率。变压器负载率是配电网的运行影响指标之一。对于配电网来讲,变压器的负载率也

能够准确地反映变压器的损耗情况。二是网损增量。网损增量可以为充电站运行的影响进行评价,有效体现电能质量的变化^[7]。

4.1.3 交通网运行影响指标

一是交通运行指数变化值。交通运行指数变化值属于对区域交通网运行状况综合评价的量化指标之一。二是交通堵塞长度变化量。充电站投运后,需要对交通堵塞长度变化量进行评价。

4.1.4 用户体验指标

一是平均排队时间。平均排队时间是指电动汽车从开始充电到结束充电所消耗的时长,该指标可以评价充电桩是否能符合用户充电需求。二是平均充电时间。平均充电时间可用于评价电动汽车充电站提供充电服务的效率。

4.2 城市电动车充电站的综合评价方法

本次采用层次分析法,该方法可将复杂、模糊的问题简单处理。首先,确定城市电动车充电站的综合评价的目标以及评价指标体系。其次,由专门技术人员构建评价模型,如目标层、准则层、方案层,确定其中更多各项评价要素。再次,根据各层级因素,建立对应的判断矩阵,之后求解矩阵,得到该层次因素的权重。最后,开展一致性检验,确保评价指标符合要求^[8]。

5 结论及展望

5.1 结论

城市电动车充电站的综合评价体系分为目标层、准则层、指标层。其中目标层为城市电动车充电站的综合评价体系。准确层为规划运行一体化指标、配电网的运行影响指标、交通网运行影响指标、用户体验指标。根据每项准则层,再细化具体的指标层。如规划运行一体化指标中,包括投资建设成本、运行维护成本、充电桩数量;配电网的运行影响指标中,包括变压器负载率、网损增量;交通网运行影响指标,包括交通运行指数变化值、交通堵塞长度变化量;用户体验指标,包括平均排队时间、平均充电时间、充电停车费用水平。最后利用层次分析法,对各项指标进行建模验证,确保综合评价指标符合要求。

5.2 展望

文章对城市电动车充电站的综合评价体系探讨处于初步阶段,希望未来通过进一步研究,增强综合评价体系的实用性、广泛性,促进电动汽车充电领域的发展。

参考文献

- [1] 刘友良,彭歆.电动汽车充电桩现场检测方法[J].山西电

- 子技术,2024,(04):25-28.
- [2] 张旻.基于用户体验的电动汽车充电桩设计研究[D].鲁迅美术学院,2023.
- [3] 于东民,杨超,蒋林洳,等.电动汽车充电安全防护研究综述[J].中国电机工程学报,2022,42(06):2145-2164.
- [4] 谢梦华.城市电动汽车充电站综合评价指标体系与评估研究[D].四川大学,2021.
- [5] 林于新,江建兴,陈弘扬.电动汽车充电设备电磁干扰研究[J].中国无线电,2021,(02):39-40+51.
- [6] 张华伟,蔡要欣,周海尔.电动汽车充电技术的探析[J].南方农机,2019,50(04):126.
- [7] 颜湘武,李艳艳,张合川,等.基于变权分析方法的电动汽车充电设备性能综合评价[J].湖南大学学报(自然科学版),2014,41(05):86-93.
- [8] 刘锡正.电动汽车充电设备综合评价指标体系研究[D].北京交通大学,2012.
- 版权声明:** ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

