·新能源汽车充电技术专题·

纯电动汽车常温下直流充电时间优化策略研究

王煜雯　夏弋茹　张行　张显波　刘昊奇

（中国第一汽车股份有限公司研发总院，长春 130013）

【欢迎引用】王煜雯，夏弋茹，张行，等．纯电动汽车常温下直流充电时间优化策略研究[J]．汽车文摘，2026(3)：1-5.

【Cite this paper】WANG Y W, XIA Y R, ZHANG X, et al. Research on DC Charging Time Optimization Strategy for Battery Electric Vehicles under Ambient Temperature[J]. Automotive Digest (Chinese), 2026(3): 1-5.

【摘要】为了有效提升充电效率，聚焦纯电动汽车充电的核心场景，深入分析常温环境下车辆电池荷电状态（SOC）从10%至80%直流充电时的关键影响因素。重点对电流补偿和电池过温控制因素产生的充电时间影响展开系统性分析，经过多项措施改进，实现常温条件下电池SOC从10%提升至80%所需时间缩短了8.9 min，20 min内充入电量增加了15.4 A·h。

关键词：纯电动汽车；充电时间；常温直流；电流补偿

中图分类号：U469.72　　**文献标志码：**A　　**DOI:** 10.19822/j.cnki.1671-6329.20240112

Research on DC Charging Time Optimization Strategy for Battery Electric Vehicles under Ambient Temperature

Wang Yuwen, Xia Yiru, Zhang Xing, Zhang Xianbo, Liu Haoqi

（Global R&D Center, China FAW Corporation Limited, Changchun 130013）

【Abstract】To more accurately define and decompose charging time metrics while effectively improving charging efficiency, the paper focuses on the core scenario of BEV charging and conducts an in-depth investigation into the key influencing factors during DC fast charging from 10% to 80% State Of Charge (SOC) under ambient temperature conditions. From the perspective of strategy research, this paper systematically analyzes the impact of charging time generated by current compensation and battery over-temperature control factors. The results show that the charging time from 10% to 80% SOC at ambient temperature is reduced by 8.9 min, and the charging capacity within 20 min is increased by 15.4 A·h.

Key words: Battery Electric Vehicles (BEV), Charging time, Normal temperature direct current, Current compensation

0　引言

随着新能源汽车行业的快速发展，纯电动汽车已成为推动交通领域绿色转型的主要方向[1-3]。然而，充电时间作为影响纯电动汽车用户体验与市场普及的关键指标之一，是行业的研究重点。为了满足用户对快速充电的迫切需求，相关企业致力于研发大功率充电技术[4-5]，涵盖高电压平台和大电流平台。

充电效率受多重因素综合影响，主要包括直流充电桩端以及车辆端[6-8]。其中，车端充电策略、散热方式、充电方法[9-11]是决定充电效率的核心环节，共同构成了充电时间工程目标设定的基础。在制定充电时间工程目标时，需对各因素进行分析以制定最优充电策略[12]，通过对比分析汽车行业平均水平及领先企业的技术动态，制定更具针对性的目标。同时，相关企业也在不断优化充电策略，探索更加高效、安全的充电方式[13-14]。

在现有研究中，大功率充电技术的工程化应用已取得显著进展，但充电过程的精细化控制，尤其是在确保电池安全与寿命的前提下充分挖掘充电潜力，仍是当前研究的难点与重点。国内外学者在充电策略优化、热管理技术等方面进行了深入探索。例如，陈永强等[1]系统分析了电动汽车大功率充电技术的发展现状；林墩等[2]则对电动汽车大功率充电未来发展趋势进行了展望。在热管理方面，刘岿岿等[9]分析了不同散热方式对充电设备性能的影响。在充电方法方

面，何佳琦等[10]提出了基于粒子群算法的多阶恒流充电方法以优化充电过程。然而，现有研究在车端充电策略的实时协同优化方面，特别是针对电流补偿以应对系统内耗以及电池过温控制策略对充电时间的量化影响，尚未形成系统性的试验分析与明确的优化路径，现有策略往往侧重于单一因素的优化，未能充分揭示关键控制参数（如电流补偿量、散热系统响应阈值）与最终充电时间之间的内在关联与量化规律。

本文对电流补偿和电池过温控制因素对充电时间的影响进行试验分析，旨在为制定更合理的充电时间目标以及优化方案提供参考。

1　大电流平台充电时间优化分析

为了研究纯电动汽车充电时间的优化措施及其效果，开展了4次充电试验，对纯电动汽车在常温下电池荷电状态（State Of Charge，SOC）从10%提升至80%所需的充电时间进行了系统优化。

每次试验均基于前次试验结果进行了策略调整。通过不断调整充电参数、优化充电策略以及优化散热方式等措施缩短充电时间，提升充电效率试验结果如表1所示。

表1　试验结果统计

试验次数	试验时间/min	20 min电池充电电量/A·h
1	28.00	164.00
2	20.70	173.90
3	21.95	161.94
4	19.10	179.40

1.1　充电时间优化方案过程

1.1.1　第1次充电试验

如图1所示，在第1次试验中，电池SOC从10%充至80%所需时间为28 min，累积充入了164 A·h电量。分析发现，在充电过程中，当SOC达到约73%时，充电功率急剧下降至100 kW以下（理论上应在SOC达到80%后发生跳转），如图2所示。这表明基于动力电池性能MAP图的电流跳转策略存在问题，截止电压值设置可能不合理。

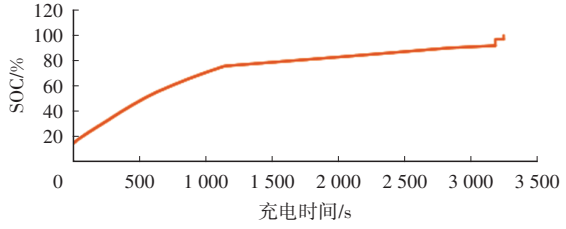


图1　首次充电时间与SOC变化

截止电压值的设置在MAP图中具有决定性作用。若截止电压设置不合理，将导致充电电流无法按照预期的曲线进行跳转。因此，为了确保充电过程尽可能接近理想状态，需根据实际情况对截止电压进行精细调整，确保充电电流能够逐渐逼近理想的充电曲线，从而在保证电池安全的前提下，实现更高效的充电效率。

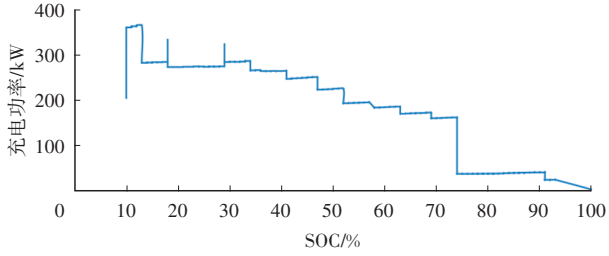


图2　首次充电过程充电功率变化

针对上述问题，提出了以下优化思路：首先，对特性参数表进行优化，优化了MAP图中的电流跳转限制条件，确保电流在SOC达到80%以上时才进行跳转。其次，同步提升SOC在80%以上的充电倍率，通过增加该阶段充电电流进一步减少充电所需时间。

1.1.2　第2次充电试验

针对以上优化措施开展第2次充电试验，试验结果如图3、图4所示。充电功率变化值虽然整体有所提升，优化后的充电时间缩短至20.7 min但在SOC达到80%之前，充电功率仍然存在明显异常下降，表明MAP图的电流跳转策略仍然存在提前跳转问题。造成该问题的主要原因是系统电流损耗未被补偿，导致实际充入电流低于MAP设定值，进而引发电压响应和SOC估算的连锁偏差，使MAP电流出现提前跳转。在充电过程中，MAP图中设定的充电电流是期望充入电池的目标值，但在实际充电过程中，充电系统中的部件（如为电池散热的热管理压缩机）工作时会分流一部分来自充电桩的电流。若不对此损耗进行动态补偿，实际充入电池的净电流就会低于目标值。电流的不足直接导致电池能量的注入速率慢于预期，使得电池电压的实际上升曲线偏离理想的预设轨迹。因此，当系统监测到电压或基于不准确电流累积计算的SOC值提前达到MAP中设定的跳转阈值时，便会误判电池已接近满充状态，从而触发保护机制，造成充电电流的提前跳转。

针对此次试验结果，制定了以下优化策略：（1）引入电流补偿机制：通过动态调整充电电流补偿被其他部件（如压缩机）分走的电流，从而确保电池能够按照理想的充电曲线进行充电。（2）继续对MAP进行优化：通过不断调整和优化MAP中的参数和策略，解决电流

提前跳转的问题，进一步提高充电效率和充电效果。同时，在提升充电效率的同时，通过精确控制充电过程中的参数，确保电池在充电过程中始终处于安全状态，避免因电流过大或充电时间过长而导致的安全隐患。

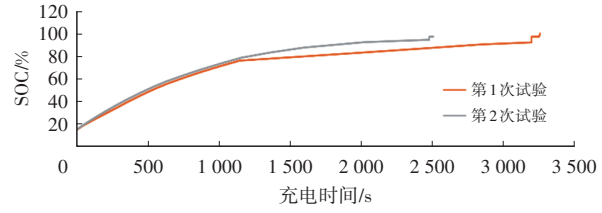


图3　第1次和第2次充电时间与SOC对比

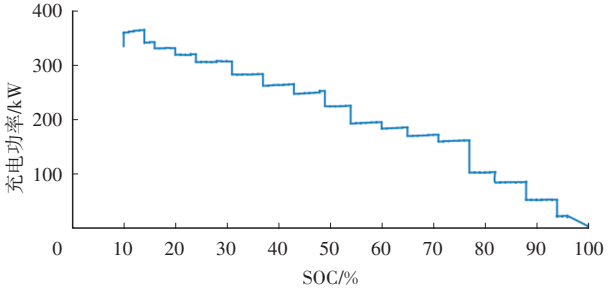


图4　第2次充电功率与SOC变化

1.1.3　第3次充电试验

针对以上优化策略，开展第3次充电试验。试验结果如图5、图6所示。

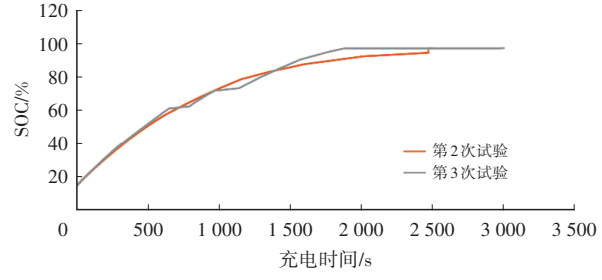


图5　第2次与第3次充电时间与SOC对比

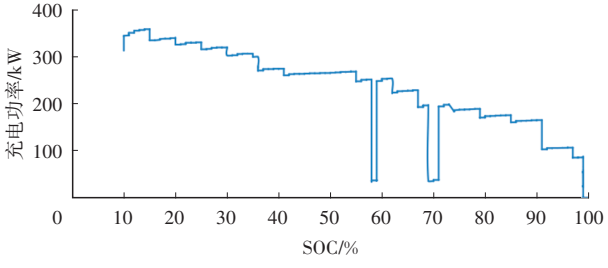


图6　第3次充电功率与SOC变化

优化后电池SOC从10%提升至80%所需的充电时间缩短至21.95 min，并且充电功率在SOC达到80%之前未出现大幅度降低的情况。然而，充电电流增加导致电池温度迅速上升，使充电过程中出现了2次电池过温的现象。在充电过程中，控制压缩机功率可以有效管理电池温度，同时避免能量浪费。压缩机功率的设置通常基于对充电过程中散热需求的合理预估。然而，随着充电策略的调整，电池内部产生的热量逐渐增加，导致电池温度快速升高。因此，需要增加压缩机的转速和输出功率，以应对充电过程中可能出现的高温风险。针对电池过温问题，提出了以下优化策略：增大压缩机的转速，进一步提升散热能力，以满足充电过程中产生的更大散热需求。

1.1.4　第4次充电试验

为了验证上述优化策略的有效性，开展了第4次充电试验。试验中，通过提高压缩机转速采提高散热能力，确保电池在充电过程中保持适当的温度，避免发生过温现象。

试验结果表明，在有效控制电池温度的前提下，充电效率提升显著，充电时间缩短至19.1 min，基本满足充电要求，验证了优化策略在提升充电效率与保障电池安全方面的作用（图7、图8）。

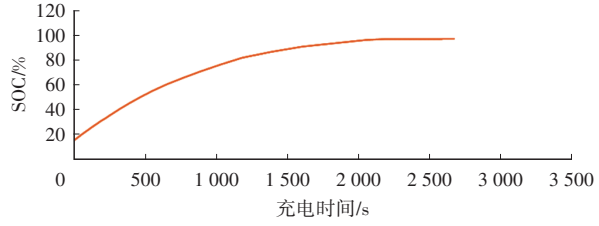


图7　第4次充电时间与SOC变化

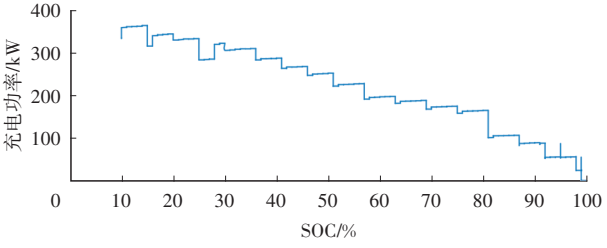


图8　第4次充电功率与SOC变化

2　充电时间提升分析

上述4次试验结果表明，MAP优化、增加电流补偿功能以及提高压缩机转速以防止过温现象措施，均能有效缩短充电时间。为了深入分析优化措施对充电过程的影响，本章对电流补偿以及提高压缩机转速措施进行量化分析。

通过分析增加电流补偿对比开启电流补偿功能前后，在相同的时间内充电电流的变化，可计算其对充电时间的影响，具体包括2方面：（1）计算开启该功能后，在相同时间内电池多充入的电量以及充入相同电量时，充电时间的减少量。该结果有助于更准确地评估电流补偿功能在提升充电效率方面的实际效果。（2）提高压缩机转速：该措施有效增强散热能力，抑制充电过程中的过温风险。通过监测转速提升后电池充电时的温度变化，可量化评估系统散热

性能的改善程度，进而验证该策略在防止过温方面的有效性。

2.1 电流补偿

分别从电量增加和充电时间比较维度对电流补偿功能的效果进行量化分析。

（1）电量增加的计算方法：采用安时积分法计算得出，当充电在20 min时，加入电流补偿功能的车辆多充入的电量为1.678 A·h。（2）充电时间的比较：充入相同的电量时，加入电流补偿功能的车辆充电时间为19.1 min；不加入电流补偿功能的车辆，充电时间为19.4 min。加入电流补偿功能使充电时间缩短了18 s。在不增加额外硬件成本的情况下缩短充电时间，仅需优化软件算法，具有较高的性价比。增加电流补偿前后充电功率对比如图9所示。

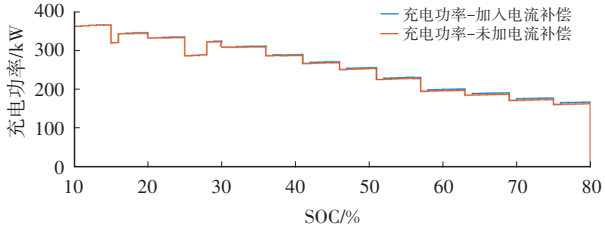


图9 增加电流补偿前后充电功率对比

2.2 增加压缩机转速

如图10所示，充电过程中出现了2次过温（电池温度≥51 ℃）现象，每次过温后充电电流会降额输出，直到电池温度降至50 ℃以下后恢复。本次充电时间（充电电量≥175 A·h）为1 319 s，20 min充电电量为161.937 A·h。

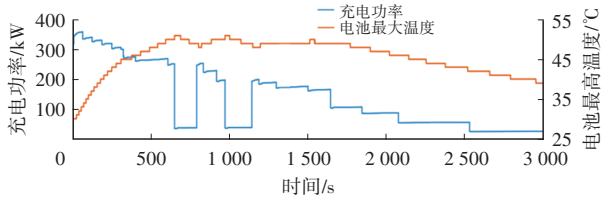


图10 充电过程功率变化与电池温度对比

通过比较降额前后的充电速度，可以计算出由于过温导致的充电时间损失。该过程有助于更全面地评估电流补偿功能在应对过温问题时的效果，以及进一步优化充电策略的可能性。然而，由于缺少具体的充电电流曲线图和详细数据，该分析基于假设进行。在实际应用中，需根据具体的充电数据和曲线图进行分析和计算。

2.2.1 第1次降额分析

若无第1次降额，充电时间（充电电量≥175 A·h）为1 195 s，20 min充电电量为175.630 9 A·h，相较于原始充电数据时间节省124 s，20 min内多充入13.693 9 A·h电量，如图11所示。

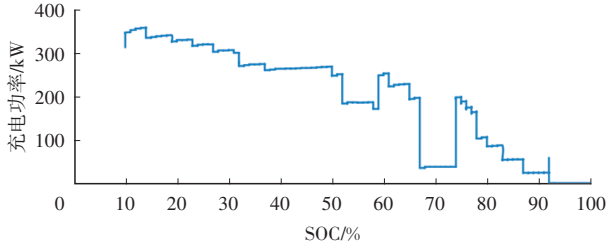


图11 充电过程充电功率变化

2.2.2 第2次降额分析

若无第2次降额，充电时间（充电电量≥175 A·h）为1 198 s，20 min充电电量为174.898 8 A·h，相较于原始充电数据时间节省121 s，20 min内多充入12.961 8 A·h电量，如图12所示。

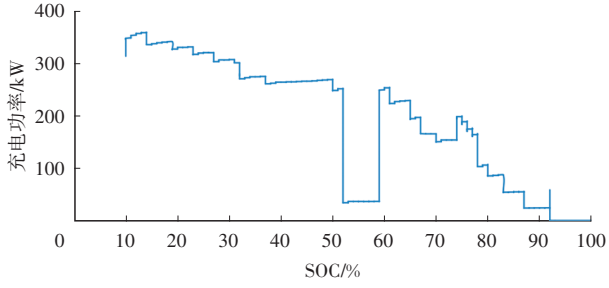


图12 充电过程充电功率变化

由上述分析结果可知，一次过温现象会使充电时间增加约2 min。该结论基于假设和已知数据得出，实际情况可能受多种因素影响。例如，电池的状态、环境温度、充电设备的性能等均可能对过温现象有所影响。因此，在实际应用中，需要综合考虑各种因素，以更准确地评估过温现象对充电时间的影响。

3 结束语

本文主要对车辆常温充电时间进行工程目标验收。在调试过程中，为满足目标要求，采用MAP优化、增加电流补偿功能以及增加压缩机转速以防止过温3项措施进行优化。本文在已有研究基础上，对增加电流补偿功能以及防止过温因素进行了量化分析，详细论证了单一措施对于充电时间的具体影响程度。最终完成工程目标的验收，实现电动汽车在常温下SOC由10%提升至80%的充电时间缩短了8.9 min，20 min内充入电量增加了15.4 A·h，有效缩短了常温快充时间。

本文在研究过程中存在一定局限，首先是试验数据较为单一，本次数据均来源于同一车辆测试，数据

样本不足；其次是本文主要论证了3个影响因素，还可以考虑桩端交互、热管理选型、电池散热能力等因素，后续将针对以上不足进行研究及优化。

综上所述，本文对于电流补偿和电池过温对充电时间的影响进行了详细分析和量化评估，能够为常温下直流充电时间的缩短提供有益的参考，并提供了电流补偿和电池过温控制措施的数据，研究成果有助于提升纯电动汽车的用户体验，为充电技术的持续发展和优化提供支持。

参 考 文 献

[1] 陈永强, 吕国伟. 电动汽车大功率充电技术现状分析[J]. 汽车零部件, 2020(6): 101-105.

[2] 林墩, 蓝海龙, 谭易, 等. 电动汽车大功率充电发展趋势研究[J]. 中国汽车, 2023(9): 19-24.

[3] 吴鹏飞, 刘宏骏, 郝烨. 电动汽车大功率充电发展现状及趋势研究[J]. 汽车实用技术, 2020(1): 26-29.

[4] 张海艳, 吕志伟, 左延婷, 等. 电动汽车大功率充电技术研究与应[J]. 北京汽车, 2020(1): 31-34.

[5] 石雅田. 试论纯电动汽车动力电池及充电技术[J]. 时代汽车, 2024(1): 100-102.

[6] 张伟, 姚朝华, 曾祥兵, 等. 电动汽车快充策略设计的影响因素研究[J]. 通信电源技术, 2018, 35(3): 97-98.

[7] 陈思远, 汪琛, 吴需要, 等. 直流充电桩充电电流变小分析和处理[J]. 农村电工, 2024, 32(1): 31-32.

[8] 王义, 刘欣, 高德欣. 电动汽车大功率充电设备的多段恒流充电方法[J]. 电子测量技术, 2021, 44(24): 20-25.

[9] 刘岿,潘景辉,吕国伟等.不同散热方式对大功率汽车充电设备的影响分析[J]. 环境技术, 2023, 41(11): 171-176.

[10] 何佳琦, 张春阳, 周坤. 基于粒子群算法的锂电池多阶恒流充电方法[J]. 电源技术, 2023, 47(10): 1298-1302.

[11] 高海明, 毛小渊, 周贵, 等. 水平偏移量对电动汽车无线充电传输效率影响分析[J]. 计量与测试技术, 2022, 49(12): 38-39.

[12] 宫小雯. 电动汽车充电行为特性及效率影响因素研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2020.

[13] 王博. 考虑社会成本的电动汽车最优充电策略研究[D]. 秦皇岛: 燕山大学, 2022.

[14] 刘丽莉, 包洪印, 陈康, 等. 直流充电技术研究及应用探索[J]. 内燃机与配件, 2023(17): 109-111.

（责任编辑　**梵玲**）

《汽车工程师》征稿启事

《汽车工程师》于1974年创刊，是由中国第一汽车集团有限公司主管、中国第一汽车股份有限公司主办的国内外公开发行的汽车应用技术类学术期刊，为RCCSE中国准核心学术期刊、CACJ中国应用型扩展期刊，被哥白尼精选数据库、EBSCO学术数据库、欧洲学术出版中心（EuroPub）数据库、J-Gate数据库收录。

《汽车工程师》以报道汽车产品设计领域的技术研究成果为主，专注于技术开发与应用层面的创新成果，提供汽车设计创新解决方案。《汽车工程师》将把握电动化、智能化、网联化、共享化的汽车技术主流发展趋势，努力吸收优质稿源，为我国汽车工程技术创新能力提升贡献力量。重点征稿方向包括：锂离子电池与新体系电池、动力电池热管理与热失控、燃料电池及其关键零部件、车用电机及其控制器、自动驾驶汽车环境感知与感知融合、自动驾驶汽车定位与建图、自动驾驶汽车测试、人工驾驶-无人驾驶车辆混行条件下的自动驾驶控制、智能线控底盘、一体化底盘、功能安全和预期功能安全。

热忱欢迎汽车行业的专家学者不吝赐稿，反映国家重点扶持项目、自然科学基金项目和其他重点项目等研究成果的稿件将优先发表，我们期待与您共同践行“把论文写在祖国大地上”的指示精神，为强大中国汽车工业作贡献！

本刊使用协同采编系统处理稿件，请登陆期刊网站注册后投稿，投稿要求见本刊网站中“下载中心”栏目的作者指南，网址：http://tjqc.cbpt.cnki.net。

《汽车工程师》编辑部