

基于磷酸铁锂电池的重卡启动电源性能优化研究

郭鹏 王磊 安轲 李江 张泽曦

西安德仕汽车零部件有限责任公司 陕西西安 710000

摘要: 重载货车(重卡)是现代物流和交通领域的重要交通工具,承载着大量的货运任务。但是,在越来越苛刻的环境要求下,以可持续发展为目标的重型柴油车正受到严峻的考验。在此背景下,以 LiFePO_4 为基础的重型卡车因其环境友好、运营费用低、动态性能好等优点而备受关注。但其启动特性,特别是在低温条件下的启动能力,已成为制约其大规模推广的重要瓶颈。本文对基于磷酸铁锂电池的重卡启动电源性能优化策略展开了研究。

关键词: 磷酸铁锂电池;重卡启动;电源性能;优化

传统重载货车(重卡)因其使用柴油,造成环境污染问题,受到了社会各界的关注,亟需寻找更为清洁、高效的能源替代方案。磷酸铁锂(LiFePO_4)电池因其安全性、长寿命以及良好的环境适应性被认为是非常有前景的新能源电池技术之一。相对于常规的锂离子电池,磷酸铁锂电池在极端工况下具有更好的稳定性,特别是在高温、过充等情况下^[1]。另外,磷酸铁锂电池具有较高的循环寿命,可以有效地减少汽车维修费用。但由于其在较低温度下会降低其电化学特性,进而降低充放电容量及充电效率,影响重卡的启动性能和续航能力。随着全球环保意识的增强。

一、磷酸铁锂电池的优越性

(一) 环境友好性

磷酸铁锂(LiFePO_4)电池由于具有良好的环保性能而备受世界各国的广泛关注,特别是在当今世界环保与可持续发展的大趋势下,具有重要的应用前景。磷酸铁锂的主要原料——铁和磷,在全球范围内都是大量存在的,其开采过程对生态造成的影响较小,而且可以保证其原料来源的稳定性,从而解决了因依赖稀有金属而导致的资源消耗和生态环境污染等问题^[2]。相比于传统的镍、钴、锰等稀有金属,磷酸铁锂的生产成本大大降低,对周围环境造成的危害也明显比较小。同时,磷酸铁锂不含有铅、镉等有毒重金属,极大地减少了其在利用及报废时所产生的不良环境效应。 LiFePO_4 电池从制造到报废都具有较高的环保性能,可以提高单体的续航时间,与传统的电池工艺相比较,可以大大降低废料的排放,减少资源消耗。 LiFePO_4 具有绿色环保的特点,对促进我国新一代能源工业的可持续发展具有重要意义。在环保与绿色能源的双重要求下,磷酸铁锂电池在新能源汽车、

储能等方面具有广阔的应用前景。

(二) 安全性能高

磷酸铁锂电池因其优异的安全性,在诸多电池中处于领先地位。该电池所用的磷酸铁锂材料,其热稳定性、化学稳定性优于常规的锂硫电池,可以在遇到过充、过放电、短路等情况下,更好地防止发生化学反应失控,大大降低了发生火灾的几率^[3]。更重要的是, LiFePO_4 在高温条件下仍可维持其结构与性质的稳定,非常安全。在诸如电动车、大规模能量存储等工程中,其安全性问题尤为突出,其安全问题与人民群众的人身和财产安全息息相关。磷酸铁锂电池具有良好的安全性,是此类高危环境下的第一选择。尤其是在电动车方面,由于用户对安全性的需求越来越高,因此具有高安全性的磷酸铁锂电池明显能够更好地适应当前的市场需要,并逐渐被市场所认可。另外, LiFePO_4 电池在受到外部冲击或受到物理破坏时,仍具有较高的稳定性与安全性,可避免液体泄漏、短路等隐患,提升其在多种场合的安全性。

(三) 使用寿命长

磷酸铁锂(LiFePO_4)具有优异的使用性能,既是其具有显著的竞争优势,也是决定其能否在诸多领域发挥重要作用的重要原因。通常来说,磷酸铁锂电池的循环寿命可以轻易超过2000次,如果通过合理的制造技术,其循环寿命有望超过5000次,大大超过常规的锂电池,给用户带来了一种全新的应用感受^[4]。超长的使用年限,即在同等工作状态下,可以极大地增加电池的替换周期,从而大幅度地降低使用者在长时间运行过程中的维修和替换费用,还可以解决由于频繁的电池替换所带来的资源和环保问题,符合当前世界各国倡导的可持续发展理念。尤其是在电动汽车和大型储能系统等对电池的苛刻

条件下，磷酸铁锂电池优异的使用寿命具有非常关键的作用。该电池不但可以提高整体的经济效益，降低因充放电次数而造成的经济压力，而且对降低能耗及环保具有重大意义。

（四）良好的温度适应性

磷酸铁锂电池具有较强的温度适应能力，是该电池在众多电池技术中脱颖而出的原因。它不但能够适应各种不同的环境，而且能够在恶劣的环境中保持良好的工作状态。尤其在寒冷的环境下，大部分锂离子电池在-20摄氏度左右就会出现较大的性能衰减，而磷酸铁锂电池可以持续使用，虽然其放电容量较室温环境有所下降，但仍然可以满足设备的使用要求。这一性能对磷酸铁锂电池在室外、冬季电力车辆等领域的应用具有重要的理论意义和实用价值。类似地，LiFePO₄电池在较高温度下的性能也很优越。该电池具有耐高温的优点，在60℃的环境温度下，仍然能够保持稳定的充放电性能。这就意味着，不管是在炎热的荒漠，或是在严寒的山区，都可以确保磷酸铁锂电池的稳定工作，极大地拓展了该电池的应用领域。

二、基于磷酸铁锂电池的重卡启动电源性能需求

（一）高能量密度与长寿命特性

磷酸铁锂电池具有比容量高、使用周期短等优点，是重型卡车起动的有力支撑。重型卡车等重型车辆的启动装置，除了需要满足较高的额定电流外，还必须保证其持续工作的可靠性。与其它种类的蓄电池（例如，铅蓄电池）比较，LiFePO₄电池的能量密度较高，即同样的容积和质量，可以产生更大的电能^[5]。同时，磷酸铁锂电池具有高稳定性等特点，有望大幅降低动力装置的使用次数，为重型车辆的安全可靠运行和长期稳定运行奠定坚实的基础。

（二）低温性能与安全性

重型卡车的启动功率要求高，特别是在较低的温度下工作。很多重卡长期运行在极热的荒漠地区或者寒冷的北方，对于低温启动的要求比较高。LiFePO₄电池具有优异的低温稳定性，在-20摄氏度的低温下仍有较强的放电容量，可用于重型卡车的启动。而磷酸铁锂电池自身的特性又使其具有安全性的优点。重型卡车执行运输任务的道路路况通常比较差，省道、国道占比较大，这些道路的条件参差不齐，因此对于电源安全性也有较高的要求。与其它锂钴基（LiCoO₂）等锂离子电池相比，磷酸铁锂在过充、过放电、高温等极端环境下，更不易出现热失控现象，从而极大地减少了车辆的使用安全性，

是一种更加安全可靠的启动供电方式。

（三）环境适应性与维护简便性

由于其对环境的适应能力和对维修需求较少等优点，使得它非常适合于重型卡车的启动供电。磷酸铁锂（LiFePO₄）是一种适用于各种极端天气条件下工作的新型锂离子电池，具有广泛的应用前景。另外，与普通的铅酸电池相比，LiFePO₄电池的维修要求非常低，无需经常添加水或做其它烦琐的维修工作，极大地减少了运行费用。由于具有“安装即忘”的特点，再加上良好的经济与环保性能，LiFePO₄是一款非常适合重型卡车起动的电源。

这款电池也存在一定的局限性，仍有较大的优化空间，比如温度管理、电池充放电、电池设计等方面。因此，为了使磷酸铁锂电池更好地服务于重卡启动电源系统，相关人员应当探索优化措施。

三、基于磷酸铁锂电池的重卡启动电源性能优化策略

（一）温度管理系统的优化

在基于磷酸铁锂电池的重卡启动电源中，温控系统的优化是提升其工作效率和延长服役时间的重要途径。在极端低温或极端高温条件下，LiFePO₄电池的工作特性会严重降低其启动效率及工作寿命。所以，研制一套有效的温控系统具有十分重大的意义。相关人员可以采用相变储能（PCM）、液态制冷等多种散热方式，实现对磷酸铁锂电池工作温度的调控，保证了其在不同外界条件下的稳定性。先进的热控制系统可以在电池过热时快速地进行散热，也可以在低温下及时补充所需的热能，使其始终处于一个理想的工作环境中^[6]。比如，相变储能可以在蓄热过程中吸热，在蓄冷过程中散热，从而实现了对蓄热蓄能的调控。而液态制冷技术则是利用冷却介质进行冷却，实现对蓄电池工作环境的直接调控，这一点在高负载工况下尤为关键。除了这两种方法以外，还有基于计算机网络的新型温控技术。通过对蓄电池的温度进行实时监控和与温控系统的互动，实现对蓄电池组的降温或升温调节，保证蓄电池一直处于良好的工作状态。这样的智能化监控，不但可以有效地提升蓄电池的效能，也可以有效地降低因发热或过冷却而造成的电池使用寿命损失。

（二）电池管理系统（BMS）的优化

在此背景下，BMS的升级，不但包含了对其基本功能的监测与防护，更包含了对其进行深入的性能优化与智能化管理。在磷酸铁锂电池中，先进的BMS采用更为精密的计算方法，精准调控锂离子电池的充电与放电，

达到最佳的能效与寿命。相关人员可以在BMS中引入人工智能技术(AI),利用机器学习方法,对不同温度和负载状态下的动力特性进行辨识。通过对其进行智能化的设计,既提高了对电池的自适应能力,又可以针对当前的实际情况以及外部环境进行智能调节,防止过充或过放,降低了电池的损伤,提高电池的续航能力。同时,升级后的BMS也将重点放在人机交互上,让使用者可以方便地知道电池的状况及使用情况。通过该智能终端,使用者不但能够对电池进行实时监测,而且能够针对自身需要对其进行相应的充电方式与方案进行优化,充分发挥电池的效能,更好地适应个人的需要。

(三) 充电策略的优化

针对重型卡车启动电源系统中LiFePO₄电池的启动问题,研究其充放电机制,不但可以大幅提升动力系统的综合效能,而且可以有效地提升其工作寿命。通过对其进行智能化充电设置,能够对其进行精细化的充电管理,极大地提高其工作效率与稳定性。相关人员可以基于可编程控制器设计新型智能充电技术。这样的动态充电方式,可以在电池电量较低时快速开启快充方式,而在电量即将达到饱和状态时,系统将进入低速充电状态,这样既可以加速充电,又可以降低过充对电池造成的伤害。在此基础上,采用高级算法对充电时间、充电速度等参数进行实时检测,确定最佳充电时间及充电速度,从而有效防止重复充电,减少能源消耗。该方案既可提高能量利用率,又可有效地保护蓄电池,提高蓄电池的使用寿命。另外,智能充电技术还可以考虑将蓄电池充电系统与外部电网进行智能化连接,在电网负荷最小的时候对其进行充电,既可以充分发挥电力市场的峰谷价格优势,又可以有效地降低充电费用,从而达到均衡电网负载、减轻电网负担的目的。同时,该方法还有利于环保,在降低负荷的同时使电能更加洁净,从而实现节能减排,对促进可持续发展有着重大的现实意义。

(四) 定制化电池模块设计

为满足重型卡车特殊的启动与行驶要求,定制化电池模块设计是关键。通过精确定制化的LiFePO₄电池,保证其既能满足重型卡车启动时的大电流要求,又能在恶劣工况下维持稳定高效运行。在此基础上,设计人员应着重考虑采用较小的内部电阻电池单元来降低其电能传输时的损耗,以提高整体的启动效率。同时,对电池内部的传导通路进行合理的设计,保证电流在其中流畅地传输,是提高能源使用效率、减少启动失效的重要途径。定制化电池模块不仅在外形尺寸上能够根据用户需求来

进行定制,同时也能考虑到整车的特定安装和自重配置要求,在保证整车空间利用率的前提下,兼顾整车的功率分配与综合性能。先进的监控与防护技术也应引入定制化电池模块的设计中。该技术包括温度控制、过充电过放电监控和短路监控等多种功能,可以对电池进行实时监测,防范潜在的安全隐患,保证重卡启动电源的长期稳定工作。同时,结合先进的动力电池管理技术,实现对动力电池运行状况及使用寿命的准确估计,为整车安全运行奠定基础。通过精准匹配整车工况,实现动力总成的高效、稳定、高效运行,为重型卡车行业的高效、稳定运行奠定了坚实的基础。

结束语

综上所述,由于磷酸铁锂电池具有化学稳定性好、使用寿命长、环保等优点,目前已被广泛应用于重型卡车的启动供电。相关人员应结合重型卡车启动的特定要求,通过对动力电池的设计与管理,实现动力装置的高效、可靠运行。本研究从改善蓄电池管理系统(BMS)提升充电/放电效能、电池组结构设计等方面入手,提升动力装置的综合效能,并采用先进的温度控制方法,保证动力装置在不同工况下的工作状态。本项目的研究成果将为重型卡车的安全可靠、高效环保的启动技术奠定基础。

参考文献

- [1] 陈星光, 沈逸凡, 邵裕新, 郑岳久, 孙涛, 来鑫, 沈凯, 韩雪冰. 面向实车应用的磷酸铁锂电池容量辨识及特异性优化方法研究[J]. 储能科学与技术, 1-9.
- [2] 史江昆, 申彩英, 陈鑫. 电动汽车不同种类电源特性对比[J]. 北京汽车, 2023, (04): 21-24+38.
- [3] 侯范晓, 张磊, 陈辉. 车用磷酸铁锂电池的维护保养方法[J]. 科技创新与应用, 2023, 13(09): 127-129+133.
- [4] 陈昊, 田芝林, 高楠, 张鹏. 不同动力电池新能源货运配送车辆节能减排绩效评价研究[J]. 汽车工程学报, 2023, 13(02): 253-261.
- [5] 刘伯峥, 孙馨怡, 董世佳, 马洪运, 曾涛. 磷酸铁锂电池开路电压曲线特性分析[J]. 能源研究与管理, 2023, 15(01): 95-101.
- [6] 徐瑞琳, 曾涛, 刘欢, 刘兴伟, 王浩, 徐晓明, 赵李鹏. 磷酸铁锂电池循环初期衰减快原因分析及性能改善[J]. 无机盐工业, 2023, 55(03): 92-97.