密封式镍氢电池在铁路客车上的应用研究*

王云波[1,2], 安胜利[1]

(1. 内蒙古科技大学材料与冶金学院, 内蒙古 包头 014010;
2. 内蒙古稀奥科镍氢动力电池有限公司, 内蒙古 包头 014030)

摘 要: 文章介绍了镍氢电池包在铁路客车上的设计方案, 阐述了镍氢电池从安全、环保、免维护等方面替代铅酸、镍镉电池的必要性。采用密封式镍氢电池系统作为储备电源, 无需对电池进行补液, 大大降低了铁路人工维护电池的工作量。镍氢电池包带有充放电管理系统, 可实时监控电池的电压、电流、温度、SOC等重要参数, 监控电池的使用状态, 提升了车辆运行的安全性。

关键词: 铁路客车; 智能监控; 镍氢电池包
中图分类号: TM912 **文献标识码**: B **文章编号**: 1009-5438(2021)04-0026-04
DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2021.04.007

Application Study of Sealed Nickel Metal Hydride Battery in Railway Passenger Cars

Wang Yun-bo[1,2], *An Sheng-li*[1]

(1. *School of Materials and Metallurgy, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*;
2. *Inner Mongolia Rare Earth Ovonic High-Power MH-Ni Battery Co., Ltd., Baotou* 014030, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In this paper, it is introduced the design scheme of nickel metal hydride battery pack in railway passenger cars as well as elaborated the necessities of replacing lead acid battery and nickel-cadmium battery with it from such aspects as safety, environmental protection and maintenance free. With the sealed nickel metal hydride battery system as redundant electrical power, there is no need to replenish it so that the workload of artificial maintenance for it is greatly reduced. It is with the management system of charging and discharging, which can monitor its such important parameters as the voltage, current, temperature and SOC in real time as well as monitor its usage status so that the safety of vehicle operation is improved.

Key words: railway passenger cars; intelligent monitoring; nickel metal hydride battery pack

目前中国铁路机车车辆绝大多数采用铅酸、镍镉电池作为备用电源, 蓄电池为高速客车组的辅助电源设备、控制设备、网络系统等负载提供DC 110 V电源。同时, 当列车遇到特殊情况, 处于无网压状态时, 蓄电池要保持车组应急通风、应急照明、应急显示、维修用电、通讯及其控制等辅助设备

* **收稿日期**: 2021-05-18
作者简介: 王云波(1985-), 男, 陕西省神木市人, 工程师, 现从事电池产品的开发工作。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

的运行状态。蓄电池一旦发生故障，客车的升弓供电作业、日常低压供电功能均无法顺利完成，车辆处于瘫痪状态。未来铅酸、镍镉这两类电池受环保及维护任务繁重等因素影响，铅酸、镍镉电池将逐步退出市场。镍氢电池以其特有的绿色环保、安全可靠、大电流充放电性能好[1-2]、免维护、易回收等特点将成为替换铅酸、镍镉电池的最佳选择，为国家铁路车辆实现绿色、环保发展提供有力支持。

1　存在的问题

1.1　需要定期维护

既往车载镍镉电池容量低、电解液消耗快，镍镉蓄电池 1 ~2 个月需定期检查加液，日常检修时需下车进行充放电试验，而且当车辆电池出现故障时，需要操作人员逐一进行电池检测，需专门配置电池班进行维护，工作量大。

1.2　存在安全风险

镍镉蓄电池存在电解液消耗快、烧损甚至爆炸的风险，如果充电机发生故障未及时发现，会造成蓄电池过充，过充时产生大量氢气聚积在箱内，箱内电气元件偶发打火，会造成氢气燃烧爆炸，存在安全风险。

1.3　环保性差

镍镉、铅酸蓄电池含重金属镉、铅，对环境造成重金属污染，在生产环节、电池回收环节都产生严重污染威胁。因此，国家陆续出台政策，淘汰开口式普通铅酸蓄电池生产，未通过环境保护核查、不符合准入条件的落后生产企业不得投产。

2　镍氢电池组系统设计

2.1　电池组结构设计

依据《铁路客车镍氢蓄电池暂行技术条件》TJ/CL 559—2018的规定，车辆对电池电压、容量和安装空间尺寸要求，本电池包采用 15 只单体电池并联为 1.2 V、120 Ah 最小模组单元，10 个模组单元串联后形成 12 V、120 Ah 电池组，并装入电池箱内，8 个 12 V、120 Ah 电池箱通过外部连接，串联为 96 V、120 Ah 电池组[3]，电池箱与车辆外箱可以紧密配合。图 1 为单体电池经过组合后变为 12 V、120 Ah 电池组的组合过程。

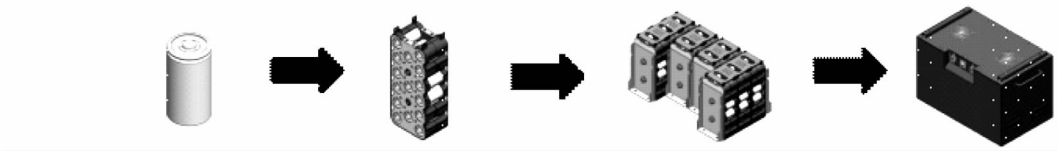


图 1　电池成组过程

单体电池并联采用整体汇流排焊接方式，15 只单体电池并联形成电池模块，电池导流镍片在过流状态下可自行熔断，有效保护电池的安全性，10 个电池模块串联组成最小单元，电池与电池之间留有空隙，可以保证每只电池的良好散热。保证电池温度一致性，提高电池单元的安全性。

2.2　电池管理系统设计

电池管理系统主要包含主控(BMS) 、充电控制及保护电路、电源电路、从控等几部分。其中主控、充电控制及保护电路、电源电路等安装在总控箱内，总控箱控制着整个 96 V、120 Ah 电池组的充电和放电，并且将从控采集的数据进行收集和判定。从控安装在每个 12 V、120 Ah 电池组内，一共有 8 个，主要对每个 12 V、120 Ah 电池组进行单体电压的采集、温度的采集，并控制本箱体风扇的启停。电池管理系统主要功能是对电池组运行状态进行有效控制，当监测到电池组已充满电或者电压过高、温度过高时，能启动风扇并自动切断充电动作，同时不影响蓄电池的放电功能。预留 CAN、RS485 接口，可在线监视、传输数据等。电池管理系统包含以下功能:

(1) 总电压检测。采样前端设有抗干扰滤波电路，采样电路与内部隔离，保证复杂环境下的采样可靠性。总电压采样范围 0 ~200 V，采样精度偏差小于等于满量程的 0. 5% 。

(2) 单体电压检测。单体电压检测采用工业级的电压监控芯片，采样范围 0 ~5 V，精度偏差在 3 mV以内。

(3) 电池充电量计算。电池组充放电过程中以安时积分法为主，加以开路电压法校准、放电和充电校准，精度偏差 5% 以内。

(4) 热管理功能。管理系统具备热管理功能，当采集到电池包内温度超过设定阈值时，BMS 开启

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

散热风扇,将电池包内热量通过预留好的风道排出电池包外,当温度回落到设定阈值以下后关闭散热风扇。

(5) 数据存储功能。具备数据存储功能,可记录近3个月的电池组运行数据,可监控电池运行状态,为运行安全提供原始数据。

(6) 保护功能。具有过压、欠压、过流、过温、以及自检异常等保护功能,当出现故障后,BMS进行相应的动作实施报警及保护。

2.3 电池与车载充电机匹配性设计

电池充电采用充电双曲线方法,即电池整个充电过程是由均充转浮充,充电电流由限流24 A降至16 A时,管理系统切断充电回路,充电机处于待载状态,当监测到电池组需要继续充电时,采用均充电流24 A进行充电。采用此方法完美解决了电池包在车辆上的充电问题[3]。图2为充电机不同温度对应输出电压设定值,该图明确显示了充电机在不同温度下输出电压值,便于车载电池的充电控制。

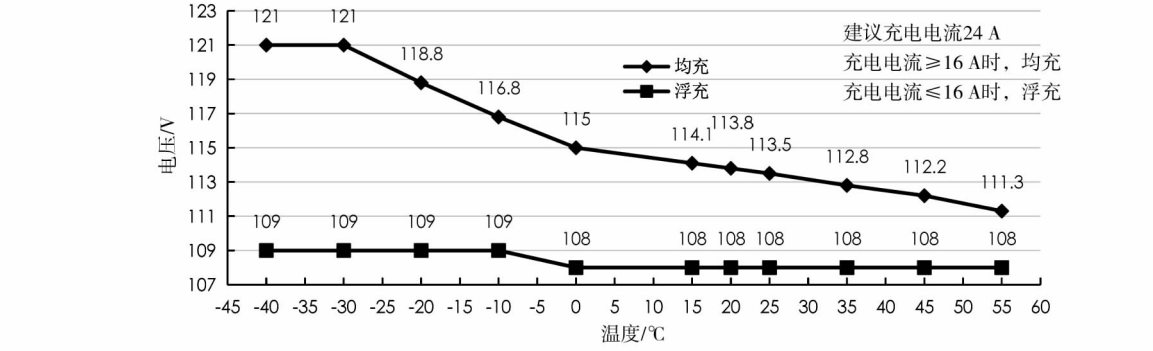


图2 不同温度下充电机输出电压设定值

3 系统试验结果

3.1 模组设计结构

3.1.1 散热设计

为了模拟电池组在车辆实际运行过程中箱体内风流量的数值,使用物理模型进行模拟计算。依据车辆运行速度及电池组放置在箱体内的空间,设定参数如下所示:

入口流速:160 km/h(44 m/s);

出口的压力:101 325 Pa;

流动介质:空气。

参数设置完成后,选取箱体中不同位置进行模拟。图3、图4、图5为不同截面流场内部流速。

通过流场分析,电池包装在铁路车辆两侧时,图3、图4、图5不同截面流场内部流速在1.5~3.0 m/s,在车辆以160 km/h行驶过程中,气流量较小,有必要增加强制换热设备增强内部通风量,因此在箱体中增加风扇强制通风的设计是合理的。

3.1.2 振动测试

依据标准GB/T 21563—2008(IEC 61373:1999,IDT)[4],试验量级:1类B级,试验频率f_1为5 Hz、f_2为150 Hz;模组充电后按正常工作位置通过工装固定到振动台面上,样品与工装为刚性连接。按此标准进行振动试验后,电池的各部位连接均无松动,再次进行电池组容量检测,放电时间大于5 h,性能符合标准要求。

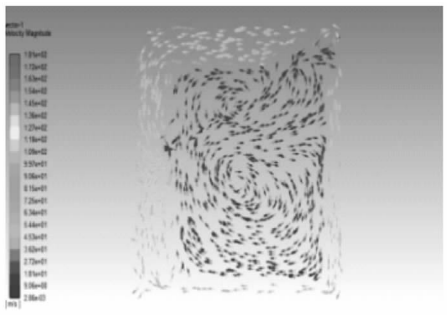


图3 截面1流场

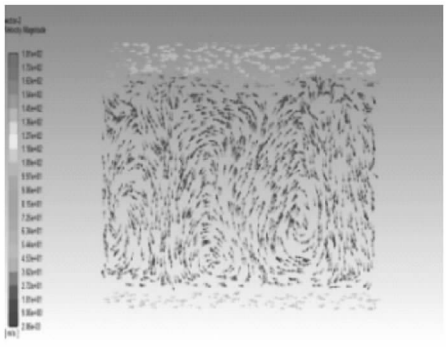


图4 截面2流场

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

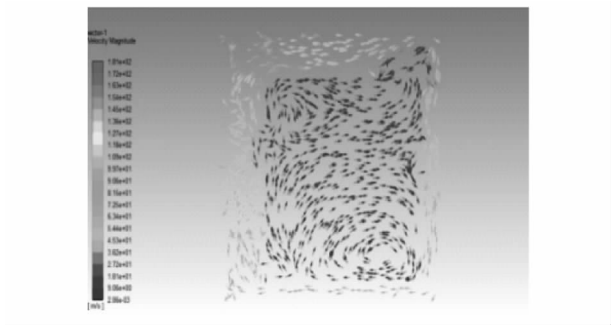


图 5　截面 3 流场

3.2　电池管理系统

3.2.1　采集系统设计

采集系统可以存储电池的运行数据，在上位机可以详细显示电池的运行状态，将采集到的电压、温度、充电量传回监控界面。

3.2.2　可靠性验证

为了验证电池管理系统的稳定性，按 GB/T 25119—2010[5] 的测试方法将电池管理系统放入低温箱、高温箱、交变湿热箱进行功能测试验证。并进行抗干扰试验，验证其采集数据稳定性和可靠性，经过验证，各项指标都可达标。

4　结论

(1) 按照现有铁路车辆外箱尺寸设计的镍氢电池组结构合理，各项指标满足铁路行业标准 TJ/CL 559—2018的技术要求。

(2) 镍氢电池组电性能指标满足铁路标准要求，具备替换镍镉电池、铅酸电池的条件。

(3) 电池组采用先并联后串联的方式，并增加熔断功能的设计，组合可靠性得到保障。

(4) 电池组通过实时数据记录和传输，可以远程监控电池的运行状态，车辆安全性能大大提高。

参　考　文　献

[1] 唐有根. 镍氢电池 [M]. 北京: 化学工业出版社，2007.

[2] 徐尚福亮，杨海涛，韩海涛. 金属贮氢材料研究概况 [J]. 稀有金属快报，2006，25 (2)：11－13.

[3] TJ/CL 559—2018，铁路客车镍氢蓄电池暂行技术条件 [S].

[4] GB/T 21563—2008，轨道交通机车车辆设备冲击和振动试验 [S].

[5] GB/T 25119—2010，轨道交通机车车辆电子装置 [S].

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net