一种模拟车载动力电池动态充放电的方法

吴洪亭[1]，刘 雷[1]，刘静雯[2]，朱志峰[1]，邢化岭[1]
（1. 中通客车股份有限公司，山东 聊城 252000；2. 聊城职业技术学院，山东 聊城 252000）

摘 要：通过设置充放电测试设备及其控制器和传感系统，以代替台架和转毂试验中的车载动力电池，节省动力电池充电、维护、切换时间，同时避免对车载动力电池产生不可逆的损害。

关键词：充放电测试设备；控制器；车载动力电池
中图分类号：U467.1；TM912 **文献标志码**：A **文章编号**：1006-3331(2023)01-0023-04

A Method of Simulating Dynamic Charge and Discharge for On-board Power Battery

WU Hongting[1], LIU Lei[1], LIU Jingwen[2], ZHU Zhifeng[1], XING Hualing[1]
(1. Zhongtong Bus Holding Co., Ltd., Liaocheng 252000, China;
2. Liaocheng Vocational and Technical College, Liaocheng 252000, China)

Abstract: This paper sets the charge and discharge test equipment and its controller and the sensing system to replace the on-board power battery of the bench and hub test, saves the time of power battery charge, maintenance and switch, and avoids the irreversible damage to the on-board power battery.

Key words: charge and discharge test equipment; controller; on-board power battery

电动汽车现有的台架试验或整车转鼓试验的电源一般采用实车上配置的动力电池[1-2]，其成本高，循环寿命有限，在实验室高强度应用环境下电池衰减较快；一般测试环境无法有效模拟实际应用场景（如极端环境下电耗较室温要快得多）。现有技术下的充放电测试设备可实现特定功率范围内的恒压变流或恒流变压输出，但无法有效地模拟动力电池动态充放电特性；一般也无法与整车控制器握手通讯，相关测试需屏蔽整车控制器对电池报文的识别、判断[3]，和实车程序不一致，进一步降低了测试结果的价值。

为了解决上述问题，本文提出一种基于充放电测试设备模拟电池动态充放电的方法[4]。

1 实施方式

本文提出的基于充放电测试设备模拟电池动态充放电的方法，需设置包括充放电测试设备控制器、充放电测试设备、传感系统等作为基础硬件模拟动力电池，在综合台架或转鼓试验中代替车载动力电池使用，实现流程如图 1 所示。

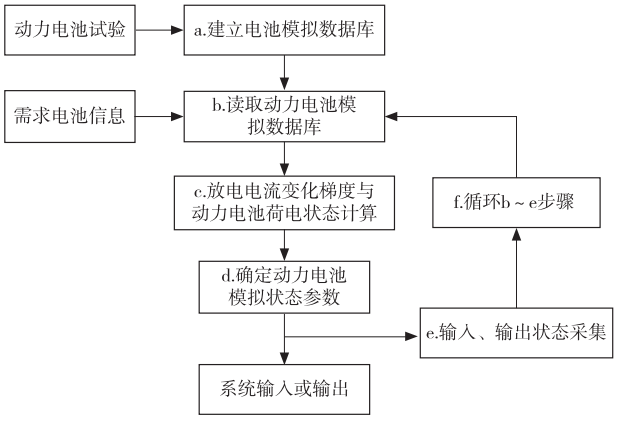

图 1 方法流程图

1.1 建立电池模拟数据库

通过电池数据获取、负载特性曲线跟踪与 SOC 估算等步骤[5]，获取不同类型动力电池的试验数据，获取表征动力电池充、放电特征参数，建立动力电池模拟数据库。

其中，试验获取参数包括：电池额定容量、运行环

收稿日期：2022-10-29。

第一作者：吴洪亭（1989—），男，工程师；主要从事客车产品及市场研究工作。E-mail：wuht@zhongtong.com。

境温度对电池容量影响系数、本体温度对电池放电影响系数、内阻对电池放电影响系数。定量分析不同环境温度和运行工况下动力电池的放电特性及各电器部件的能耗特性[6]。

不同类型动力电池可采用实际的动力电池进行试验,将功率分析仪等测量仪器集成在测试平台中[7],采集的数据包括:端电压随电池温度变化数据,端电压随电池荷电状态变化数据,端电压波动与放电电流变化梯度的关系数据,输入、输出电流限值随电池温度变化数据,输入、输出电流限值随动力电池荷电状态变化数据,电池温度随电池放电功率变化数据。

可设置多种类型动力电池系统放电工况[8],包括磷酸铁锂、锰酸锂、三元锂等电池类型,根据实际匹配需求选定电池类型后,录入电池串联数、并联数及荷电状态等初始状态参数,即可快捷、有效地模拟动力电池系统工作特性。

1.2 动力电池配置数据及模拟数据获取

根据动力电池配置数据查找电池模拟数据库的数据,确定动力电池系统工作的初始状态,根据初始状态开启充放电测试设备输出直流电。

动力电池配置数据包括模拟动力电池初始容量和电池类型,电池类型包括生产厂家、额定容量、电池型号、电芯特性、电芯总串并数等。

初始状态包括模拟动力电池输出的初始电压和电流。

模拟数据包括充放电测试设备输出端的输出电流和电压变化数据、环境温度、电池温度、电池内阻。

1.3 动力电池荷电状态预瞄

根据放电电流变化梯度和模拟动力电池的工作状态数据,计算下一时刻的动力电池荷电状态,步骤如下:

1) 查找电池模拟数据库,根据工作状态确定电池输出的各项影响系数。

2) 根据影响系数和放电电流变化梯度,计算下一时刻的动力电池荷电状态。动力电池荷电状态计算公式如下:

$$SOC_t = SOC_{\mathrm{i}} - K_{\mathrm{T1}}\alpha\int_0^t I\mathrm{d}t / K_{\mathrm{T0}}Q_{\mathrm{N}}$$

式中:SOC_t 为 t 时刻系统的荷电状态水平;SOC_{i} 为初始配置的荷电状态水平;K_{T0} 为动力电池试验获得的电池运行环境温度对电池容量影响系数;K_{T1} 为电池温度对电池放电影响系数;α 为电池内阻对电池放电影响系数;I 为电池放电电流;Q_{N} 为电池额定容量。为更好地模拟电池状态,相关系数 K_{T0}、K_{T1} 以及 α 随 SOC 变化分阶段选取,在某一阶段内系数是固定的。

由于电网输入为不必“焦虑”的能量源,因此,输入的电流、电压不作为输出状态的判定条件,但需要在充放电测试设备输入端设置电流、电压传感器,用于监控供电单元健康状态。

1.4 动力电池模拟状态参数确定

根据模拟动力电池下一时刻的荷电状态以及当前的工作状态数据,确定动力电池模拟状态参数并传输至充放电测试设备执行输出。电池模拟状态参数包括输出端电压、电流限值,工作状态数据包括电池温度、动力电池荷电状态、电流变化梯度和动力电池模拟数据库的数据。将动力电池模拟状态参数发送至充放电测试设备控制器,充放电测试设备根据控制器指令调节系统的端电压和电流限值模拟动力电池进行输出、输入,步骤如下:

1) 根据动力电池荷电状态、电流变化梯度和动力电池模拟数据库的数据,计算模拟电池动态充放电的系统端电压大小:

$$\begin{cases} U_t = U_{\mathrm{T0}} - \Delta U_{SOC_{\mathrm{i}}} & t=0 \\ U_t = U_{t-1} - U(SOC_t) + U(SOC_{t-1}) - \Delta U(SOC_t, \mathrm{d}I) & t>0 \end{cases}$$

式中:U_t、U_{t-1} 分别为 t 时刻、$t-1$ 时刻系统端电压;U_{T0} 为初始配置环境温度下的电压值;$\Delta U_{SOC_{\mathrm{i}}}$ 为初始配置电池荷电状态水平下的端电压变化值;$U(SOC_t)$、$U(SOC_{t-1})$ 分别为 t 时刻、$t-1$ 时刻电池荷电状态水平对应的端电压值;$\Delta U(SOC_t, \mathrm{d}I)$ 为 t 时刻电池荷电状态水平下,放电电流变化值对应的电压变化值。

2) 根据电池温度、动力电池荷电状态、电流变化梯度和动力电池模拟数据库的数据,计算模拟动力电池输出端输出电流限值:

$$I_{t\max} \leqslant \min(\beta I_{T_t}, \beta I_{SOC_t})$$

式中:$I_{t\max}$ 为 t 时刻系统输出电流限值;β 为电池内阻对电池放电影响系数,$\beta = 1/\alpha$;I_{T_t}、I_{SOC_t} 分别为电池在

T_t 温度下和在 SOC_t 荷电状态水平下的最大放电电流，T_t 为电池试验获得的电池温度随电池放电功率变化的数据。

3）采集输入、输出的电压和电流，传感器采集模拟电池动态充放电系统输入、输出的端电压、电流和电池温度数据，并将数据发送给充放电测试设备控制器；循环执行完成实时的动力电池动态模拟。

2　模拟系统及方法

基于充放电测试设备模拟电池动态充放电的系统及方法如图 2 所示，包括充放电测试设备控制器、充放电测试设备、传感单元。

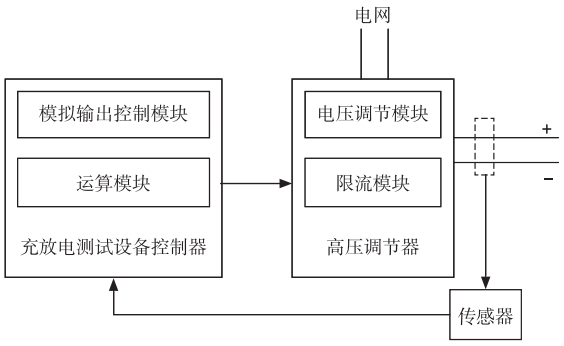

图 2　装置框图

2.1　充放电测试设备控制器

充放电测试设备控制器用于计算和控制动力电池模拟状态参数，包括模拟输出控制模块和运算模块。

1）模拟输出控制模块。将运算模块计算的数据转换为模拟信号传输至充放电测试设备。

2）运算模块。根据采集的模拟动力电池的工作状态数据，计算动力电池模拟状态参数。电池模拟状态参数包括输出端电压、输出端输入及输出电流限值。

2.2　充放电测试设备

充放电测试设备连接供电电网和用电端，根据其发出的状态参数，将供电电网的交流电变换为符合电压和电流限值的直流电，供给用电端，包括电压调节模块和限流模块。

1）电压调节模块。根据充放电测试设备控制器发出的电池模拟状态参数，将供电电网的交流电变换为符合限值要求的输出端电压；电压调节模块至少包括滤波电路、整流电路和稳压电路。

2）限流模块。根据充放电测试设备控制器发出的电池模拟状态参数，将供电电网的交流电变换为符合限值要求的输出端电流。

2.3　传感单元

传感单元用于采集模拟电池动态充放电系统输出端的输出及输入的电压、电流数据，包括环境温度传感器、电池温度传感器、电流传感器、电压传感器。电压传感器设置在输出端测量端电压，电流传感器分别设置在充电回路和放电回路上，分别用于测量输出端的输出、输入电流。

电池内阻可根据测量获得的电流、电压和电池温度计算，电池温度可通过设置的温度传感器直接测量，也可在测试系统增加专用的电池内阻测试仪来测量[9]。

电流传感器和电压传感器设置在充放电测试设备之后，用于积分计算输出能量，作为荷电状态判定依据之一。

环境温度传感器设置在距离发热源 2 m 以外位置，是电池初始工作温度采集位置的参考标准。

动力电池的输出端包括充电回路和放电回路，是因为车辆的制动过程可以对动力电池进行充电，动力电池的输出主要是供给车辆上的用电设备使用。

3　效果对比

与现有技术相比，本文方法有以下优点：

1）本文提出的基于充放电测试设备模拟电池动态充放电的方法，可代替动力电池在综合台架或转鼓试验台开展的整车工况试验中使用，电源模拟电池不同状态[10]，可模拟 BMS 与整车控制器（HCU）握手通讯。可节约循环试验时动力电池充电、维护、转运、调试时间，解决电量焦虑问题，避免试验充放电过程及较高的使用强度对动力电池系统产生不可逆的损害。

2）模拟电池动态充放电系统作为模拟动力电池，能够有效地模拟动力电池系统工作特性，可模拟动力电池端电压随电池温度变化，动力电池端电压随电池荷电状态变化，动力电池端电压波动与放电电流变化梯度的关系，动力电池输入、输出电流限值随电

池温度变化,动力电池输入、输出电流限值随动力电池荷电状态变化的特性,有效地模拟了动力电池系统工作特性,可替代综合台架或转鼓试验台开展整车工况试验中使用的真实电池。解决了现有技术存在的模拟动力电池方法简化严重,试验数据不准确,不能有效达到整车工况试验所需条件的问题。

3) 模拟电池动态充放电系统作为模拟动力电池,内嵌多类型动力电池系统(如磷酸铁锂、锰酸锂、三元锂等)模型,根据实际匹配需求选定电池类型后,录入电池串联数、并联数及初始荷电状态即可快捷、有效地模拟动力电池系统工作特性。

本文方法还存在以下问题:

1) 由于建立电池模拟数据库的难度及工作量较大,模型的准确性依赖于数据库的不断积累完善。

2) 每次试验前均需对主要传感单元设置报警限值和停机限值,以实现对测试系统和被测单元的有效保护。

4 结束语

本文提出了一种模拟电池动态充放电的方法,可在台架或整车转鼓的整车工况试验中替代动力电池,缩短试验周期;节省高低压线束、工装支架等附件配置;解决电量焦虑;避免对电池系统造成不可逆损害;避免储备各类电池带来的成本、空间、维护、废旧处置等资源占用;为相关试验提供适配、可靠、可控且源源不断的电力源。

参考文献:

[1] 陶银鹏,张晓玉,徐贤亚. 纯电动客车驱动系统集成试验台的研发与应用[J]. 客车技术与研究,2014,36(4):50-53.

[2] 付翔,王红雷,黄斌,等. 电动汽车驱动系统测试台架设计[J]. 武汉理工大学学报(信息与管理工程版),2015(5):571-575.

[3] 王欢. 基于 AVL 测功机的车用电机台架试验研究[J]. 机电工程技术,2018,47(2):11-14.

[4] 中通客车股份有限公司,聊城职业技术学院. 整车工况试验用动力电池模拟方法及模拟系统:202011603872.9[P]. 2022-09-13[2022-10-28].

[5] 陈松伯. 新能源汽车动力电池模拟电源研究[D]. 株洲:湖南工业大学,2020.

[6] 朱成,刘建春,方凯正,等. 基于用户习惯的纯电动乘用车低温续航里程变化分析[J]. 公路交通科技, 2021,38(2):125-131.

[7] 韩福江,冀明路,蒋众,等. 电动车动力系统测试平台的设计与实现[J]. 电机与控制应用, 2021,48(2):76-83.

[8] 熊会元,郭子庆,杨锋,等. 基于动态生热模型的 18650 电池温度场建模仿真[J]. 电源技术,2020(2):176-179.

[9] 张庆,李革臣. 锂离子电池充放电特性的研究[J]. 自动化技术与应用,2008,27(12):107-109.

[10] 杨葵. 高速电机单侧变速混合动力 EDU 总成系统测试台架设计[J]. 中国新技术新产品,2020(12):1-3.