

便携式充电设备检测系统的研究与设计

刘秀兰, 金 渊, 曾 爽, 李香龙, 陈艳霞, 关 宇
(国网北京市电力公司电力科学研究院, 北京 100075)

摘 要: 为了便于充电设备现场检测工作, 设计了一种便携式直流充电设备现场检测系统。该系统功能具有完善的测试功能, 能够方便的对直流充电设备进行检验测试, 完全满足直流充电设备运行检测的需求。该系统具有小型化、便携化的优点, 有利于提高现场检测效率, 保证了充电设备运行的安全性及稳定性。

关键词: 充电桩; 电动汽车; 检测系统; 测试

中图分类号: TM 910.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-6540(2017)09-0048-06

Research and Design of Portable Charging Equipment Detection System

LIU Xiulan, JIN Yuan, ZENG Shuang, LI Xianglong, CHEN Yanxia, GUAN Yu
(Electric Power Research Institute State Grid Beijing Electric Power Company, Beijing 100075, China)

Abstract: In order to facilitate the detection of charging equipment field, a portable DC charging detection system of equipment on the site was designed. The system had the function of functional testing, could be convenient for the DC charging equipment test, fully met the direct current charging equipment operation demand detection. The system had the advantages of miniaturization and portability, which was helpful to improve the efficiency of on-site inspection, and ensured the safety and stability of the charging equipment.

Key words: charging pile; electric vehicle; detection system; test

0 引 言

随着全球能源危机的不断加深, 石油资源的日益枯竭以及大气污染、全球气温上升危害加剧, 各国政府及汽车企业普遍认识到节能和减排是未来汽车技术的主攻方向, 发展电动汽车是解决这两个技术难题的最佳途径。我国将新能源汽车工业列入十三五计划, 同时密集地出台了一系列重要产业政策和措施, 极大的推动了电动汽车的推广和应用。在此形势下, 与电动汽车休戚相关的充电设施也得到了各行业的高度重视, 电动汽车换电站、电动汽车充电站、家用充电桩等建设项目发展迅速。

随着电动汽车充电设施爆发式的增长, 为保障电动汽车与充电桩的互联互通, 国家于 2015 年

发布了 5 项新标准, 对充电桩的电气及通信规约进一步做出了详细规定, 彻底解决了国内不同省份及不同企业执行不同标准, 造成的接口及通信规约互相不匹配的混乱情况。本文以新发布的标准为出发点, 研究并设计了一种便携式直流充电设备的检测系统。该系统可对新安装直流充电桩、维修后充电桩、升级改型后充电桩的互操作性功能进行验证、并对通信协议一致性进行测试, 用以确保直流充电设备安全稳定运行。

目前, 针对新国标的要求对直流充电桩进行检测, 无便携式测试装置, 需要将各单独测试设备分别运输至现场, 并于现场进行接线测试^[1], 具有故障分析智能化水平低、现场测试安全性差、效率低的缺点。

作者简介: 刘秀兰(1983—), 女, 硕士研究生, 高级工程师, 研究方向为电动汽车充电设施检测技术。

金 渊(1987—), 男, 硕士研究生, 工程师, 研究方向为电动汽车充电设施检测技术。

曾 爽(1985—), 男, 硕士研究生, 工程师, 研究方向为电动汽车充电设施检测技术。

1 直流充电桩接口定义及控制导引电路原理

1.1 直流充电桩接口定义

电动汽车直流充电接口是直流充电桩向电动汽车电池直接提供充电功能的接口,共包括车辆插头和车辆插座两个部分。车辆插头与车辆插座的触头布置结构如图 1 所示^[2]。触头标识及其功能定义如表 1 所示。

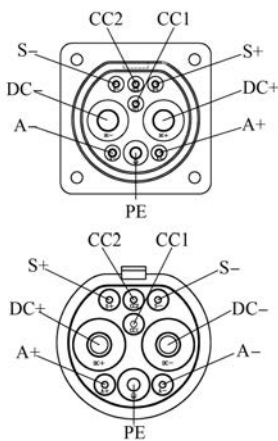


图 1 插头插座布置图

1.2 直流充电桩控制导引电路

直流充电桩控制导引电路是直流充电桩与电

表 1 触头标识及其功能定义为

触头编号/标识	功能定义
DC+	直流电源正,连接直流电源正与电池正极
DC-	直流电源负,连接直流电源负与电池负极
	保护接地 (PE), 连接供电设备地线和车辆电平台
S+	充电通信 CAN_H, 连接非车载充电机与电动汽车的通信线
S-	充电通信 CAN_L, 连接非车载充电机与电动汽车的通信线
CC1	充电连接确认
CC2	充电连接确认
A+	低压辅助电源正, 连接非车载充电机为电动汽车提供的低压辅助电源
A-	低压辅助电源负, 连接非车载充电机为电动汽车提供的低压辅助电源

动汽车建立电气连接及通信连接的基础,有效保证用电的安全性,并通过有效的控制功能,可实现最终的智能化充电。直流充电桩与电动汽车之间的一般采用充电模式 4 和连接方式 C 进行连接。控制导引等效电路图如图 2 所示。控制导引电路由非车载充电机控制器、电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 、 R_5 、开关 S、直流供电回路接触器 K1 和 K2、低压辅助供电回路、接触器 K3 和 K4、充电回路接触器 K5 和 K6 以及车辆控制器组成^[6]。

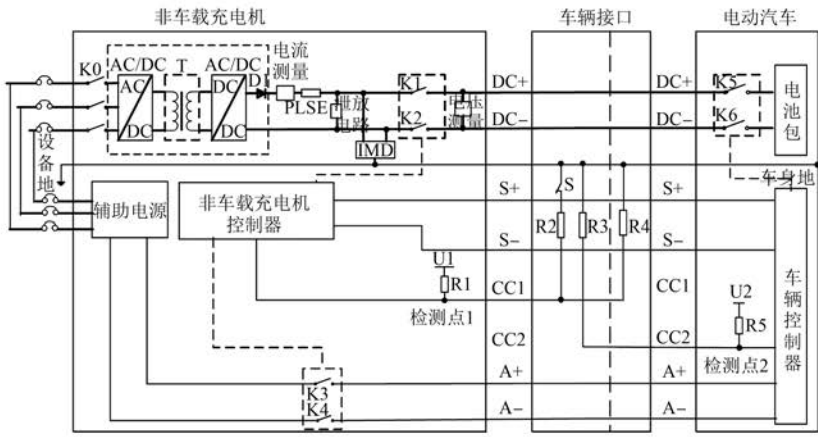


图 2 控制导引等效电路图

1.3 充电控制过程

(1) 车辆接口连接确认。

操作人员对非车载充电机进行充电设置后,非车载充电机控制装置通过测量检测点 1 的电压

值判断车辆插头与车辆插座是否已完全连接,当检测点 1 电压值为 4 V 时,则判断车辆接口完全连接。连接确认等效电路如图 3 所示。

(2) 握手阶段。

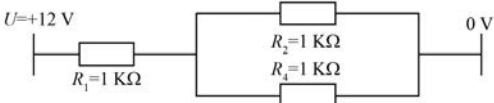


图 3 连接确认等效电路

在车辆接口完全连接后,闭合 K3 和 K4,使低压辅助供电回路导通;闭合 K1 和 K2,进行绝缘检测,非车载充电机完成自检后断开 K1 和 K2。

(3) 配置阶段。

车辆控制装置与非车载充电机控制装置在配置阶段时,车辆控制装置闭合 K5 和 K6,使充电回路导通;非车载充电机控制装置检测到车辆端电池电压正常后闭合 K1 和 K2,使直流供电回路导通。

(4) 充电阶段。

在充电阶段,车辆控制装置向非车载充电机控制装置实时发送电池充电需求参数,非车载充电机控制装置根据电池充电需求参数实时调整充电电压和充电电流。充电状态流程图如图 4 所示。

(5) 结束阶段。

车辆控制装置根据电池系统是否达到满充状态或是否收到“充电机中止充电报文”来判断是否结束充电。

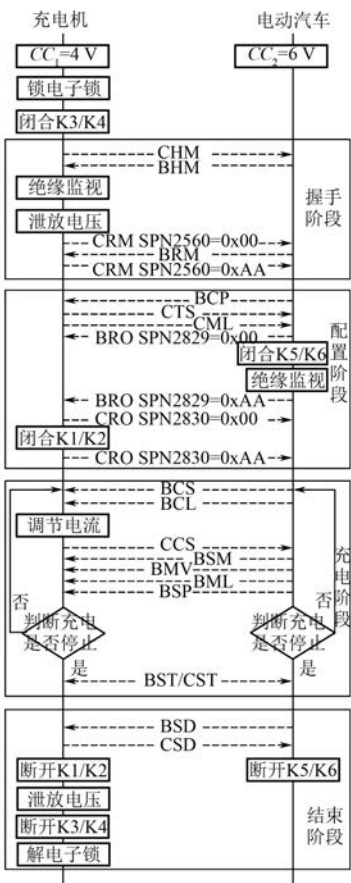


图 4 充电状态流程图

2 便携式直流充电桩检测系统

2.1 检测系统设计

便携式直流充电桩检测系统包括:设备插座、控制导引接口装置、电池电压模拟装置、控制器、工控机、参数采集装置这六部分组成。其电气系统示意图如图 5 所示。

控制导引装置包括继电器:KA1、KA2、KA3、KA4、KA5、KA6、KA7、KA8、KA9、KA10、KA11、KA12、KA13、KA14、KA15、KA16,可变电阻: R_a 、 R_b 、 R_c 、 R_4 ,其调节范围及步长如表 2 所示。及电流电压采集连接线路。电池电压模拟装置用于模拟电池电压,控制器用于控制继电器的通断以及可变电阻的阻值变化,参数采集装置可采集直流充电桩输出接触器前后端的输出电压、直流充电桩的输出电流、充电 CAN 通信线 S+电压、低压辅助电源电压、电池电压模拟装置实际电压,并可对电压电流信号进行处理,然后将处理后的数据上传至工控机。工控机用于模拟车辆 BMS 装置,并根

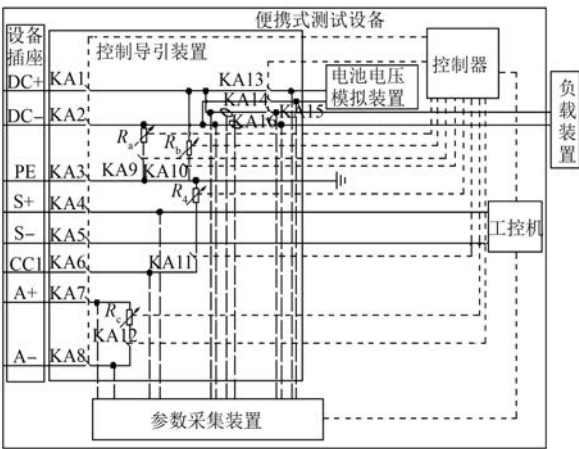


图 5 便携式检测系统电气连接示意图

据测试流程对控制器下发继电器及可变电阻的控制指令,同时接收参数采集装置上传的数据。工控机采用 LED 触控屏,并可使用鼠标及键盘控制。测试设备外观图如图 6 所示。

表 2 电阻阻值调节范围

	阻值调节范围	步长
R_a	10 K Ω ~500 K Ω	1 K Ω
R_b	10 K Ω ~500 K Ω	1 K Ω
R_c	1 Ω ~20 Ω	1 Ω
R_4	500 Ω ~3 K Ω	10 Ω

表 3 测试结果一览表

测试项目	正常结果	异常结果
连接确认测试	CC1 电压为 4 $\pm$ 0.8 V	CC1 点电压大于 4.8 V 或小于 3.2 V
握手阶段	绝缘自检电压符合要求。具备绝缘自检电压泄放功能。	绝缘自检电压不符合要求。无绝缘自检电压泄放功能。
配置阶段	当电池实际电压与 BMS 报文中电压 $\leq$ 5% 时, 可启动充电。当电池实际电压与 BMS 报文中电压 >5% 时, 不可启动充电。	当电池实际电压与 BMS 报文中电压 >5% 时, 可启动充电或两者 $\leq$ 5% 时, 不启动充电。
充电阶段	充电机可根据 BMS 发出的电流指令调节电流变化, 且变化速率满足要求。	充电机无电流调节功能。充电机电流变化速率不满足要求。
正常条件下充电结束	收到停止充电指令后, 停止充电, 且电流停止速率 >100 A/s。	收到停止充电指令后不停止充电或电流下降速率不满足要求。
非正常条件下充电中止	进行各项非正常条件下充电中止试验时, 非车载充电机停止速率及开关断开顺序满足要求。	非车载充电机停止速率不满足要求或开关断开顺序不满足要求。



图 6 便携式测试装置

2.2 检测系统功能验证

(1) 车辆接口连接确认测试。

如图 4 所示, 当车辆插头插入设备插座后, 测试人员在工控机触控屏上点击“车辆接口连接确认测试”, 工控机对控制器下发测试指令, 控制器调节 R_4 阻值为 1 K Ω , 然后控制继电器 KA11 闭合, 完成动作后, 控制器对工控机反馈动作已完成信号。工控机接收到已完成信号后, 对参数采集装置接收的 CC1 线路电压进行接收, 然后判断 CC1 线路电压是否符合要求。在测试完成后, 形成“车辆接口连接确认测试”报告, 并可由测试人员决定是否进行打印。

(2) 握手阶段。

非车载充电机进入握手阶段后, 需要对绝缘自检功能进行测试, 测试人员在工控机触控屏上点击“非车载充电机绝缘自检测试”流程后, 测试系统对充电桩的输出电压进行采集, 将采集到的最大输出电压与工控机中的 BMS 模拟系统发出的最高允许充电总电压进行比较, 判断充电桩的输出电压是否符合要求。同时, 测试系统实时采集充电桩的输出电压, 并最终判断绝缘检测电压的泄放是否符合要求。在测试完成后, 形成“非车载充电机自检测试”报告, 并可由测试人员决定是否进行打印。

(3) 配置阶段。

非车载充电机进入配置阶段后, 需要对充电准备就绪过程进行测试, 测试人员在工控机触控屏上点击“充电准备就绪测试”流程后, 工控机中的 BMS 模拟系统控制电池电压模拟装置自动输出一定的电压值, 然后控制继电器 KA13 与 KA14 闭合, 可模拟正常的充电过程。同时, 测试系统还可以控制电池电压模拟系统与通信报文电池电压误差范围 >5%, 以及控制电池电压模拟系统输出电压小于充电机最低输出电压或大于充电机最高输出电压, 从而对充电桩进行异常测试。在测试完成后, 形成“充电准备就绪测试”报告, 并可由测试人员决定是否进行打印。

(4) 充电阶段测试。

非车载充电机进入充电阶段后, 需对其电流变化时间及保护接地 PE 线进行检测, 测试人员在工控机触控屏上点击“充电阶段测试”流程后, 工控机对控制器发送断开 KA13 及 KA14 的命令,

避免电池电压模拟装置对实时充电过程产生影响。工控机中的 BMS 模拟系统发送实时充电电压、电流需求,同时对充电桩输出的电压、电流值进行采集,从而可以对电流下降时间进行计算,并可对电流下降时间是否满足要求进行判断。在充电阶段测试中,工控机可对控制器发送 KA3 断开的指令,模拟 PE 针断线,测试充电桩是否停止充电。在测试完成后,形成“充电阶段测试”报告,并可由测试人员决定是否进行打印。

(5) 充电结束阶段。

① 正常条件下充电结束。

非车载充电机进入充电阶段,测试人员在工控机触控屏上点击“正常条件下充电结束测试”流程后,工控机 BMS 模拟系统对充电桩开始周期发送“车辆控制装置(或电池管理系统)中止充电报文”,当充电桩输出电流的测试值来判断当电流小于 5A 后,控制继电器 KA15、KA16 断开。在此过程中,测试系统通过参数采集装置实时测量充电桩输出的电压、电流值,并对电流变化速率进行计算,判断电流变化速率是否大于 100 A/s,在此过程中,参数采集装置通过采集主回路及低压辅助回路输出的实时电压值,判断充电桩的 K1、K2、K3、K4 接触器的断开时序是否满足要求。在整个结束阶段,工控机中的 BMS 模拟系统对充电桩发送的报文进行判断,可观察报文是否满足要求。在测试完成后,形成“正常条件下充电结束”报告,并可由测试人员决定是否进行打印。

② 非正常条件下充电中止。

充电桩与测试系统建立正常通信,并模拟进行正常充电后,可进行以下非正常条件下充电中止试验:

③ 模拟非车载充电机出现不能继续充电的故障:在工控机控制屏点击此项测试后,工控机提示测试人员进行充电机不能充电故障模拟,如“避雷器断开、充电机温度过高”等,此时测试系统实时采集高压侧接触器 K1、K2 及低压辅助电源开关 K3、K4 后端的电压,当检测到两者后端电压小于一定数值后,停止采集。然后,对电压发生变化时刻至电压终值之间的时间进行提取,判断时间差是否小于 100 ms,并对 K1、K2 及 K3、K4 断开顺序进行判断。

④ 通信故障:在工控机控制屏点击此项测试

后,工控机 BMS 模拟系统停止发送报文,并通过参数采集装置实时采集高压侧接触器 K1、K2 及低压辅助电源开关 K3、K4 后端的电压、充电桩实时报文数据,在充电桩电压发生降低后,重新与充电桩建立通讯。共循环进行三次。最后根据采集的数据判断充电桩是否能发三次辨识报文及是否具有三次重连功能^[6]。通信故障诊断策略图如图 7 所示。

⑤ S 开关断开故障:在工控机控制屏点击此项测试后,工控机提示测试人员操作 S 开关断开,并在此过程中监测 CC_1 电压、充电桩输出电流,并计算 CC_1 电压发生变化时至充电桩输出电流降低至 5 A 的时间间隔,最终判断此时间是否满足小于 50 ms 的要求。

⑥ 车辆接口断开故障:在工控机控制屏点击此项测试后,工控机对控制装置发送断开继电器 KA6 的指令,测试系统在此过程中监测 CC_1 点电压、高压侧接触器 K1、K2 及低压辅助电源开关 K3、K4 后端的电压,然后,计算 CC_1 点电压发生变化至接触器 K1、K2 后端电压变化的时间间隔,最终判断此时间是否满足小于 100 ms 的要求。

⑦ 非车载充电机输出电压若大于车辆最高允许充电总电压故障:在工控机控制屏点击此项测试后,工控机对控制装置发送调节电池电压模拟器电压的指令,将电池电压模拟装置的实际电压调整为大于车辆最高允许电压,然后,闭合继电器 KA13 及 KA14。此时充电桩输出回路的电压大于车辆最高允许电压,参数采集装置实时采集接触器 K1、K2 后端电压,对电压变化时刻至充电桩停止输出时的时间差进行计算,判断其是否小于 1 s。

3 结 语

为保障充电桩的安全可靠运行,本文提出了一种便携式充电设备检测系统,可以对充电设施与电动车辆的充电互通性、充电安全性进行验证。便携式测试系统具有移动性强、智能化程度高、检测精度准确、自动化程度高、测试时间短等优点,为充电桩的现场检测提供了一种省时且效率高的方法,不仅具有较高的经济效益,而且能够有利地促进充电桩行业的健康发展,对充电桩的建设及安全运营具有重要意义。

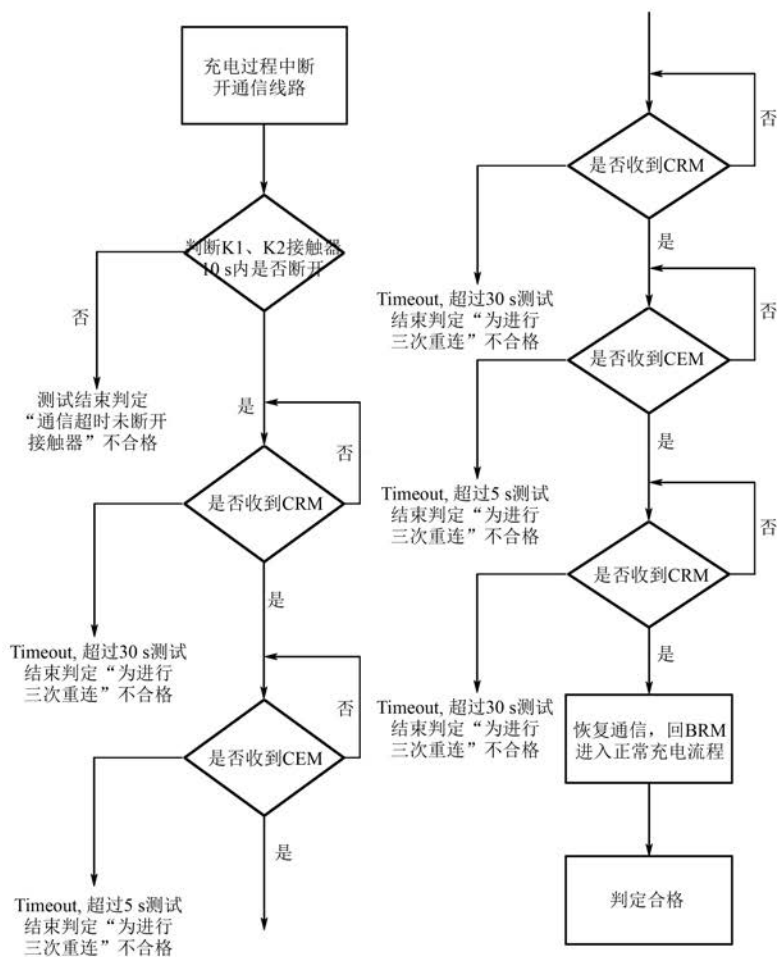


图7 通信故障诊断策略图

【参考文献】

- [1] 赵瑞.电动汽车交流充电桩的设计与研究[D].苏州大学,2013: 1-10.
- [2] 电动汽车传导充电用连接装置 第3部分:直流充电接口:GB/T 20234.3-2015[S].
- [3] 周志坚,赵阳,马浩,等.高速公路电动汽车充电桩现场检测方法[J].智能电网,2016(4)4: 432-436.
- [4] 电动汽车传导充电用连接装置 第3部分:直流充电接口:GB/T 20234.3-2015[S].
- [5] 电动汽车传导充电系统 第1部分:通用要求:GB/T 18487.1-2015[S].
- [6] 电动汽车非车载传导式充电机与电池管理系统之间的通信协议:GB/T 27930-2015[S].

收稿日期: 2017 -07 -18

中文核心期刊 中国科技核心期刊 中国学术期刊(光盘版)
 全国优秀科技期刊 华东优秀科技期刊
 中国科学引文数据库来源期刊 中国学术期刊综合评价数据库来源期刊