

新能源试制样车总装高压部件装调研究

荆坤

(北京汽车集团越野车有限公司,北京 101300)

摘要: 新能源试制样车总装高压部件装调分为试制前、试制中和电检调试3个环节,通过3个环节对动力电池、电机、高压线束、高压控制系统、其它高压部件、整车绝缘电阻、整车电位均衡、油液加注、调试准备、调试流程等14个控制项的控制内容进行了全面分析和研究,形成了一套适用于新能源汽车高压部件总装试制装调方法。

关键词: 新能源汽车 试制样车 高压部件 装调

中图分类号:U466

文献标识码:B

DOI: 10.19710/J.cnki.1003-8817.20230054

Research on Assembling and Commissioning of High Voltage Parts for Prototype New Energy Vehicle

Jing Kun

(Beijing Automotive Group Off-road Vehicle Co., LTD., Beijing 101300)

Abstract: The assembling and commissioning of high voltage parts of the new energy vehicle prototype is divided into 3 steps, i.e. pre-test, test and electric test. 14 control items including power battery, motor, high voltage wiring harness, high-voltage control system, other high-voltage parts, vehicle insulation resistance, vehicle potential balancing, oil & fluids filling, commissioning preparation, commissioning procedure, were analyzed and studied comprehensively through 3 steps, forming a set of prototyping & commissioning method for high-voltage parts of new energy vehicles.

Key words: New energy vehicle, prototype, High voltage part, Assembling and commissioning

1 前言

中国新能源汽车产业发展迅猛,产销量连续7年位居世界第一^[1]。中国汽车工业协会最新数据显示,2022年新能源汽车产、销量分别达705.8万辆和688.7万辆,同比增长96.9%和93.4%,市场占有率达25.6%。同期,中国新能源汽车出口67.9万辆,同比增长1.2倍。

面对发展迅猛的新能源汽车产业,汽车主机厂试制部门为保证新车型安全有效地进行验证,需要明确新能源汽车专用系统、总成及部件试制

装调内容。本文通过对新能源汽车高压部分的试制装调内容进行详细阐述并结合多年的试制总装技术经验,形成了一套适用于新能源汽车高压部件总装试制装调方法。

2 新能源汽车概述

新能源汽车是指采用非常规的车用燃料作为动力来源(或使用常规的车用燃料、采用新型车载动力装置),综合车辆的动力控制和驱动方面的先进技术,形成的技术原理先进、具有新技术、新结构的汽车。新能源汽车包括4大类型:混合动力电

作者简介:荆坤(1986—),男,工程师,学士学位,研究方向为汽车试制技术。

参考文献引用格式:

荆坤. 新能源试制样车总装高压部件装调研究[J]. 汽车工艺与材料, 2023(6): 31-36.

JING K. Research on Assembling and Commissioning of High Voltage Parts for Prototype New Energy Vehicle[J]. Automobile Technology & Material, 2023(6): 31-36.

动汽车(HEV)、纯电动汽车(BEV,包括太阳能汽车)、燃料电池电动汽车(FCEV)、其他新能源(如超级电容器、飞轮等高效储能器)汽车。

新能源汽车上的高压部件有动力电池、驱动电机、电源分配单元(Power Distribution Unit, PDU)、电动压缩机、转换器(DC/DC)、车载充电机(On-Board Charger, OBC)、加热器(Positive Temperature Coefficient, PTC)、高压线束,这些部件组成了整车的高压系统,其中动力电池、驱动电机、高压电控系统为新能源汽车上的3大核心部件。

3 试制高压部件装调控制

新能源试制样车专用高压部件的装调内容与传统试制样车一样,应合理、可行、完备,这样才能在总装试制环节对高压部件开展有效的验证工作。本文通过对试制前、试制中和整车电检调试3个环节开展的各项控制内容进行整理和总结,如表1所示,其主要分为3个环节和14个控制项。同时结合新能源整车试制总装的技能水平,添加了控制的主导方、控制频率。表1的控制要点形成了一套适用于新能源汽车高压部件总装试制装调方法,确保了总装试制环节安全有序进行。

表1 新能源试制样车总装高压部件装调控制要点

环节	序号	控制项	主导方	控制范围
试制前	1	动力电池	试制	100%
	2	电机	试制	100%
	3	高压电控系统	试制	100%
	4	其它高压部件	试制	前3台+后续50%
试制中	5	动力电池	试制	100%
	6	电机	试制	100%
	7	高压线束	试制	前3台+后续50%
	8	其他高压部件	试制	前3台+后续50%
	9	整车绝缘电阻	试制	100%
	10	整车电位均衡	试制	100%
	11	油液加注	试制	100%
电检调试	12	调试准备	试制	100%
	13	调试项目	试制+专业	100%
	14	结束检查	试制+专业	100%

3.1 试制前高压部件控制

3.1.1 试制前动力电池控制要点

目前,我国动力电池技术在世界上处于领先水平,全球排名前10的动力电池企业中,中国占了7席。动力电池主要影响新能源汽车的续航里程和充电速度。我国新能源汽车所使用的动力电池主要有磷酸铁锂电池和三元锂电池。首先确认动力电池的外观、外形尺寸及质量、标识,然后使用绝缘电阻测试仪测量动力电池外围绝缘电阻值,最后通过上位机读取动力电池单体电压及温度差、荷电状态(State of Charge, SOC)、绝缘电阻,确认上述检查项目全部满足产品技术要求方可使用。通过绝缘电阻测试仪和上位机测量的绝缘电阻值会出现不一致的现象,需要根据产品设计要求来判定是否合格。同时,为保证试制现场安全,一般要求动力电池到件时SOC小于30%。

3.1.2 试制前驱动电机控制要点

电机主要影响新能源汽车的车速以及加速性能、爬坡性能与负载能力。电机一般可分为永磁同步电机和交流异步电机,我国新能源汽车一般使用的是效率更高、可靠性更强、体积更小的永磁同步电机。首先确认驱动电机的外观、外形和安装尺寸、质量,然后用绝缘电阻测试仪测量驱动电机定子绕组对机壳和温度传感器的冷态绝缘电阻值,确认上述检查项目全部满足产品技术要求方可使用。外观确认以目视为主,对于有明确强度要求的技术参数,如紧固件扭矩,应用力矩扳手等必要的工具。当被测部件最高工作电压不超过250 V时,选用绝缘电阻测试仪500 V档位;当被测部件最高工作电压超过250 V,不超过1 000 V时,选用绝缘电阻测试仪1 000 V档位。带有发电机的新能源车型还需要对发电机的相关项目进行确认。

3.1.3 试制前高压电控系统控制要点

电控系统是连接电机与电池的神经中枢,主要是对整车进行动态监控及时反馈调整各项技术参数。电控系统主要包括电池管理系统(Battery Management System, BMS)和电机管理系统。BMS能够对电池实时监控调节,能够在电池充放电过程中进行安全防护,异常情况下自动预警以及低

温充电预加热,这种技术可实现在低温环境下电池的正常启动和充电。电机控制系统是新能源汽车最核心的技术,它能够控制直、交流电转换,同时对交流电机进行变频控制,决定驱动系统的扭矩、最大输出功率。由于每款车型的空间布置不同,主机厂会进行集成化设计,例如将BMS集成在动力电池包内、发电机管理系统和前驱电机管理系统集成在一起、后驱电机管理系统和后驱电机一体化设计。而对于独立的电控系统,首先确认外观、安装尺寸和质量,然后使用绝缘电阻测试仪测量绝缘电阻;对于集成在其他部件内部的电控系统,只需测量绝缘电阻。

3.1.4 试制前其它高压部件控制要点

电动压缩机总成表面无油污、锈蚀、锐边等外观缺陷,导线护套无破裂,接插件无变形,绝缘电阻 $\geq 50\text{ M}\Omega$;PTC为乘员舱暖风系统和电池热管系统提供热源,表面应洁净,无毛刺、异物,无明显伤痕,接插件无变形,绝缘电阻 $\geq 500\text{ M}\Omega$;DC/DC转换器是直流电路中转换电压值的电能装置,表面平整、无明显划伤、变形缺陷,各独立带电电路与外壳之间的绝缘电阻 $\geq 20\text{ M}\Omega$;OBC为动力电池提供充电,表面无破损、锈蚀缺陷,接插件无变形,交、直流端口绝缘电阻 $\geq 20\text{ M}\Omega$;高压线束负责传输电能,能够屏蔽外接信号干扰,外观无损伤、变形等缺陷,尺寸、分支点分线方向及定位件方向应符合图纸要求,通电检测无短路、断路、错路现象,其连接器端子与端子、外壳屏蔽层间绝缘电阻 $\geq 500\text{ M}\Omega$ 。

3.2 试制过程中高压部件控制

试制装配过程中应按要求穿戴劳动保护用品,确保安全文明生产;应仔细阅读本工序的图纸技术要求、装配工艺规程或装调技术文件,了解本工序所要装配的部件质量要求、装配顺序或装调技术要求;选用适当的工具工装和设备,并准备必要的辅料;各高压零部件应满足动、静态布置间隙要求,一般要求相对静止2部件间最小间隙为 10 mm ,相对运动2部件静态最小间隙为 20 mm ,旋转件包络与静止件最小间隙为 15 mm ,动态包络最小间隙为 10 mm 。

3.2.1 试制过程中动力电池控制要点

动力电池装配区域要配齐全干粉灭火器等灭火器材,以便紧急情况时使用;用万用量取的动力电池正负极间的电压数值应和电池铭牌上标注的电压值相符;断开手动维修开关并用专用护套进行防护;装配过程中不应倒置或卧放,应避免机械冲击或重压,高低压端口、进出水端口防护罩在连接时才可以去掉;通过安装提手、吊点、定位销等附属机构来验证在搬运、安装和维修时的便利性;验证快速熔断器的安装位置和维修开关的位置维修是否便利;安装到位后用标准件紧固;动力电池安装后与周边间隙 $>8\text{ mm}$,下部不低于副车架。

3.2.2 试制过程中驱动电机控制要点

记录对应车辆VIN,包括记录驱动电机铭牌型号、编号等信息,后期用于电机旋变零位标定;其次电机进出水口、高压线接口、连接花键处防尘套在连接时才可以去掉;通过安装提手、吊点、定位销等附属机构来验证在搬运、安装和维修时的便利性;验证油液加注、悬置装配方便性;安装到位后用标准件紧固。

3.2.3 试制过程中高压线束控制要点

确保线束按图纸装配并连接正确,锁止机构锁止到位,特别是与动力电池的连接线,避免因为动力电池连接线连接错误,造成动力电池组短路;高压线束安装一定要和油路、高温管路分开;为避免电磁干扰,高压线束和低压控制线束尽量分开固定(距离 $>100\text{ mm}$),如果无法避免要交叉固定不要平行固定;所有高压线束接头必须连接紧固,接线端子压接紧固,不得松动;屏蔽层与车体连接可靠;高压线束外部穿护套,穿越金属骨架部位有绝缘防护,捆扎牢固;空间上应满足插接件插拔和连接器紧固件安装要求。

3.2.4 试制过程中其它高压部件控制要点

高压控制器、电动压缩机、PTC、DC/DC、OBC部件布置应合理,安装平面尽可能与水平面平行;在验证拆装方便性时,拆卸应避免拆卸其它零部件;高压控制器壳体紧固螺栓及固定在壳体上的支架同壳体颜色应保持一致性;机舱内高压部件之间颜色应统一,避免出现异色零件;安装到位后

用标准件紧固。

3.2.5 整车绝缘电阻检测

所有高压电器件及线束都安装连接完毕后,对整车进行绝缘检测,检测前确认动力电池维修开关和低压蓄电池负极线处于断开状态;分断测量点应选取在绝缘电阻值低的高压部件处,同时应综合考虑易于测量和方便断开,且整车绝缘电阻值 $\geq 2\text{ M}\Omega$ 。

3.2.6 整车电位均衡检测

在验证电位均衡(等电位连接)时,检查等电位连接是否有松动、损坏现象,并检测电位均衡是否满足设计要求,主要包括:电机和车身地,电机控制器和车身地,动力电池和车身地,OBC和车身地,配电箱和车身地。此外,用绝缘电阻测试仪测量高压部件可导电部分与外壳接地点处的电阻 $\leq 0.1\ \Omega$ 。

3.2.7 油液加注

油液加注分2个阶段,对于需要低压上电加注的油液,应在低压上电之前将控制BMS保险拔掉,确保低压上电时高压未上电;对于需要高压上电加注的油液,应在高压上电前确保低压通信功能正常,然后上高压加注。

3.3 试制样车电检调试

3.3.1 调试准备

a. 输入资料准备:样车调试工作开始前,应确认完成如下资料输入:发动机管理系统(Engine Management System, EMS)、变速箱控制单元(Transmission Control Unit, TCU)、电机控制单元(Motor Control Unit, MCU)、BMS、OBC、DC/DC、PTC、电子防盗系统(Electronic Article Surveillance, EAS)以及热管理相关水泵和水阀控制器用电器信息表、CAN数据库文件(Database CAN, DBC)文件、诊断数据库(CANdela Diagnostic Descriptions, CDD)文件、整车控制系统功能需求规格书、整车网络架构、车载诊断系统(On Board Diagnostic, OBD)接口定义、高压电器原理图。

b. 调试设备准备:样车调试工作开始前,应准备以下工具:控制器局域网(Controller Area Network, CAN)和局域互连网络(Local Interconnect Network, LIN)通讯监控、万用表、转接线、12 V 稳压

电源、交/直流充电桩、16 A/10 A 充电插座、示波器、绝缘电阻测试仪、车辆托举设备等。

c. 场地及安全防护准备:样车调试应在保密区域内进行,安全防护措施及各项消防设施配备齐全;场地采光或照明必须充足;场地内应安装220 V 交流电源插座、慢充桩、快充桩;调试人员需配备绝缘手套、绝缘鞋等劳保用品;车辆举升四轮离地。

d. 车辆状态确认:车辆调试前应确认相关系统安装连接到位,动力电池有25%左右的SOC,混动车辆不要加注燃油;整车电、液、气连接检查,保证连接正确;动力电池手动维护开关(Manual Service Disconnect, MSD)处于打开状态或断开BMS控制保险;各控制器软件刷写和标定只允许负责工程师执行,严禁代刷写。

3.3.2 试制样车调试项目控制要点

新能源试制样车电检调试流程如图1所示,根据新能源车型不同会略有差异。

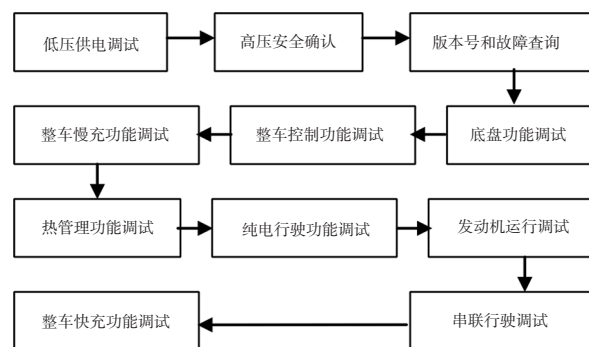


图1 电检调试流程

a. 低压供电调试:检查高低压线束插接是否正常,是否存在未插接脱落现象;测量蓄电池正极线束端对地是否无短路,确保蓄电池电压 $>12\text{ V}$,连接蓄电池负极线束,车辆可以进入ON电状态唤醒整车KL15电源;接下来进行硬线接口、CAN通讯及LIN通讯测试,应完成正常状态下可测量的所有状态测试;整车下电,断开蓄电池负极线束。

b. 高压安全确认:将车辆举升四轮离地,装配MSD或插上BMS的控制保险,然后连接蓄电池负极线束并搭接12 V 稳压电源;通过钥匙或智能进入及启动系统(Passive Entry Passive Start, PEPS)上电,通讯测试检查报文中是否无高压互锁故障;观

察上电执行顺序是否符合设计流程,高压上电测试通过后,进行下电操作,观察下电执行顺序是否符合设计流程;高压上下电测试通过后,可撤除外部12 V稳压电源。

c. 版本号确认和故障查询:对各控制器硬件和软件版本号进行核对,应与锁定版本一致;钥匙处于OFF状态时,采集总线上应无报文;上电采集总线上控制器报文应无故障信息。

d. 底盘功能调试:上电状态下,车辆静止踩制动踏板应无卡滞,采集的车辆报文应无故障信息;开启驻车,不踩制动时车轮应抱死,且电子驻车制动系统(Electrical Park Brake, EPB)报文正常,驻车灯状态也要符合设计要求;在转向过程中应有转向助力且无抖动现象发生,同时无电动助力转向系统(Electric Power Steering, EPS)相关故障。

e. 整车控制功能调试:上下电功能调试时,要求整车Ready能点亮,控制器发送正常,无上下电故障,下电后规定时间后无报文;挡位功能调试时,不踩制动换挡仪表挡位应在N挡闪烁,踩制动换挡仪表显示应与挡位变化应一致;DC/DC功能调试时,需检查报文中蓄电池电压值与实测是否一致,功能是否正常;最后,在整车Ready下插慢充枪时,整车应退出Ready,并且整车模式应为运行异常模式。

f. 整车慢充功能调试:调试过程中需要测试车辆在家用16 A充电插座、16 A和32 A交流充电桩上的充电状态。要求车载充电机输出电压及电流指令正常,总线上无故障报文,输出电压/电流值正常,整车模式为慢充模式;此外,观察慢充充电至少10 min,确认车辆可以正常慢充,慢充过程中查看电子锁是否为锁止状态,当充电枪无法拔出时,电子锁指示灯应为红色;操作充电桩可以停止充电,且总线上应无故障报文。

g. 热管理功能调试:在进行动力系统热管理调试时,需要先整车上电Ready,确认电机、电机控制器绝缘栅双极型晶体管(Insulated Gate Bipolar Transistor, IGBT)、车载充电机和DC/DC温度信息正常;通顺也要查看水泵驱动使能,检查水泵速比报文及水泵工作状态是否正常;动力电池系统热

管理在整车上电Ready后,会采集动力电池电芯温差、电芯温度报文并确保其在理论值范围内;此外,整车在充电模式下采集动力电池电芯温差、电芯温度报文也要在理论范围内。

h. 纯电行驶功能调试:进行驱动电机角标学习后,分别在D挡和R挡下调试了蠕行状态的电机转矩控制;确认蠕行控制通过后,进行小油门和松油门减速、制动操作,全部通过后,将车辆放回地面;原地进行前进、倒退测试;确保车辆在任何挡位停在上坡处,车辆防溜坡功能能够正常介入,且保证车辆在R挡位停在下坡处,车辆防溜坡功能也能够正常介入,车辆不发生溜坡。

i. 发动机运行调试:此阶段可以加注燃油,然后将车辆举升四轮离地;通过上位机标定的方式控制油泵的工作转速,确保能够正确执行控制器的转速需求;在确认电机转矩和旋向后进行发动机启动调试,发动机控制单元进行启机过程喷油点火相关调试,保证发动机按照设计策略完成启动操作;之后进行整车控制器和发动机控制单元进行联调,完成发动机怠速和怠速发电控制、转速稳定运行、过渡工况、减速功能的调试;此外,还要进行停机操作,以测试停机是否满足设计逻辑;发动机测试通过后,将车辆放回地面。

j. 串联行驶调试:车辆转入道路调试阶段,进行串联工况调试,完成不同踏板开度下串联行驶时运行工况的确认。

k. 整车快充功能调试:在直流充电桩上进行测试,观察车辆快充10 min的状态,确保车辆可以正常快充,期间电池电压及电流值处于正常范围内,操作充电桩停止充电,总线上无快充报文故障。

3.3.3 调试结束检查

上述调试过程结束后,工程师应当完成样车调试报告,记录调试过程中的问题,并针对未解决的问题进行说明。

4 结束语

本文总结形成的新能源汽车总装高压部件装调方法,从试制前、试制中及电检调试3个方面对整车试制总装环节做了全面分析和研究。为国内

开展新能源汽车总装试制的车企提供了验证方法参考标准和依据,使得国内新能源汽车总装试制高压部件装调工作更加规范化和系统化。确保了新能源试制样车在安全有序的情况下进行,提高了试制效率,从而达到提升产品质量、降低成本及缩短产品开发周期的目的,让企业在激烈的市场

竞争中占据优势、赢得更多用户。

参考文献:

- [1] 姜智文. 2022年汽车销量超2686万辆 新能源市占率25.6%[EB/OL]. (2023-01-13)[2023-03-08]. http://auto.ce.cn/auto/gundong/202301/13/t20230113_38344534.shtml.

