

新能源汽车高压系统日常维修安全操作要点

郭朋 杨平 焦惠忠 金伟 王龙伟

吉利汽车研究院(宁波)有限公司

DOI:10.32629/etd.v7i1.22244

[摘要] 随着新能源汽车保有量持续攀升,高压系统维修已成为高频作业内容,高压电击、电弧灼伤、动力电池热失控等安全风险对维修人员操作规范性提出极高要求。本研究从风险认知、人员资质、断电验电、作业管控、应急处置五大维度构建高压维修安全操作体系,明确各环节标准化操作规范与禁忌要求。研究结果可为售后维修人员提供清晰实操指引,有效降低安全事故发生率,保障一线人员人身安全,推动新能源汽车售后维保行业安全标准化升级。

[关键词] 新能源汽车; 高压系统; 维修安全; 断电操作; 绝缘防护

中图分类号: U469.72 **文献标识码:** A

Key Safety Operating Procedures for Routine Maintenance of High-Voltage Systems in New Energy Vehicles

Peng Guo Ping Yang Huizhong Jiao Wei Jin Longwei Wang

Geely Automobile Research Institute (Ningbo) Co., Ltd.

[Abstract] With the continuous increase in the number of new energy vehicles, maintenance of high-voltage systems has become a frequent service operation. Safety risks such as high-voltage electric shock, arc burns, and thermal runaway of power batteries impose stringent requirements on standardized maintenance practices. This study establishes a safety operation system for high-voltage maintenance from five dimensions: risk awareness, personnel qualifications, power disconnection and voltage verification, work control, and emergency response, and specifies standardized operating procedures and prohibited practices for each stage. The research results can provide clear practical guidance for after-sales maintenance personnel, effectively reduce the incidence of safety accidents, ensure the personal safety of frontline personnel, and promote the standardization and safety upgrading of the after-sales maintenance and servicing industry for new energy vehicles.

[Key words] new energy vehicles; high-voltage systems; maintenance safety; power disconnection operations; insulation protection

引言

近年来我国新能源汽车产业高速发展,2025年保有量已突破3000万辆,售后维保市场规模持续扩大。高压驱动系统作为核心部件,其维修作业安全管控已成为行业关注重点。不同于传统燃油车低压电气系统,新能源汽车高压系统工作电压普遍达300V以上,远超人体安全阈值,操作不规范极易引发触电、电弧灼伤甚至电池起火等严重事故。系统梳理全流程高压维修安全操作要点,形成标准化操作指引,对行业安全规范发展具有重要现实意义。

1 高压系统安全基础与风险认知

1.1 高压系统的电气特征

新能源汽车高压系统常规工作电压为300-800V,不少高端车型电压可达1000V以上,远超36V人体安全电压,工作时能够输

出数百安峰值电流,瞬时能量可造成人员致命损伤。它区别于燃油车低压搭铁线路,采用和车体分离的悬浮高压结构,正负极和车体绝缘电阻需要大于500 Ω /V,绝缘损坏便会出现车体漏电。另外动力电池受到撞击、过充、短路时容易产生热失控,释放高温与可燃气体,加剧高压作业隐患。

1.2 维修作业的主要风险类型

日常检修高压系统主要包含三类常见风险。首先是直接触电,未断电误碰高压接线端,电流穿过人体容易诱发心室颤动,威胁生命;其次为电弧灼伤,带负荷硬拆高压接头会产生上千摄氏度电弧,高温灼伤皮肤、强光伤害视网膜;最后是电池热失控风险,维修当中挤压、刺穿、短路电芯会触发连锁反应,致使电池冒烟、起火乃至爆炸,是高压维修里危害性最高的隐患^[1]。

1.3 安全维修的基本原则

开展新能源车高压检修要遵守三项核心准则用来防范事故。第一断电优先, 拆装高压配件必须完成断电、验电工序, 确认回路不带电才可动工, 禁止带电维修; 第二绝缘隔离, 维修人员依靠绝缘用具隔绝地面和车身, 防止电流导通, 阻隔无关人员靠近高压区; 第三全程监护, 禁止单人作业, 配置持证监护人员值守, 遇到险情迅速断电应急, 规避无人看管之下的违规操作。

2 维修人员资质与防护装备

2.1 人员资质与作业规范要求

所有从事新能源汽车高压系统维修的人员, 必须经过专项的高压安全操作培训并取得对应的资格证书, 熟练掌握新能源汽车高压系统的基本结构、风险特征与应急处置方法, 未取得资质的人员严禁独立开展任何高压维修作业。作业前必须严格执行双人工作票制度, 由作业负责人与监护人员共同确认作业内容、作业范围与风险点, 明确双方的安全职责。作业前严禁饮酒、服用嗜睡类药物, 身体状态不佳时不得参与高压维修作业, 作业过程中严格按照预先制定的操作流程推进, 严禁擅自扩大作业范围、更改操作步骤, 遇到超出自身能力范围的异常故障时, 第一时间停止作业上报技术负责人, 不得盲目拆解高压部件。

2.2 绝缘防护装备的选用与检查

高压维修作业前必须配备全套符合国家标准绝缘防护装备, 所有装备都必须在检定合格的有效期限范围内, 严禁使用过期、破损的不合格防护用品。核心防护装备包括耐压等级不低于1000V的绝缘手套、绝缘鞋, 装备表面不得存在任何破损、裂纹、针孔, 每次使用前都要通过充气法检查绝缘手套的气密性, 确认无漏气破损后才可使用^[2]。同时作业人员必须穿戴长袖的棉质工作服, 严禁穿着化纤材质的易产生静电的衣物, 佩戴防电弧护目镜保护眼部, 避免操作过程中产生的电弧强光灼伤视网膜。所有防护装备使用完成后要统一放置在干燥通风的绝缘专用存放柜中, 避免受潮、被尖锐物划伤影响绝缘性能。

2.3 绝缘工具与检测设备

高压系统维修作业必须使用专用的绝缘工具, 所有工具的手柄部分都要做双层绝缘防护处理, 耐压等级不低于1000V, 严禁使用普通的无绝缘防护的金属工具开展高压部件拆装作业, 防止工具意外搭接高压正负极引发短路电弧。常用的绝缘工具包括绝缘扭力扳手、绝缘螺丝刀、绝缘钳子等, 所有工具都要定期送第三方机构开展绝缘耐压检定, 检定不合格的工具必须立即报废, 不得继续使用。同时作业现场必须配备经校准合格的高压验电笔、绝缘电阻测试仪、万用表等专用检测设备, 检测设备的量程必须覆盖车辆高压系统的最高电压等级, 使用前确认设备功能正常、电池电量充足, 避免因检测设备失效导致误判高压回路带电状态。

3 高压系统断电与验电操作

3.1 整车下电与低压断电

高压断电操作的第一步是完成整车常规下电与低压系统断电, 作业人员首先将车辆停放在通风良好、远离易燃易爆物品的专用维修工位, 拉起手刹将车辆挡位切换至P挡, 关闭所有车载用电设备, 拔出车辆钥匙并妥善保管, 严禁无关人员触碰车辆启动开关。随后断开车辆的12V低压蓄电池负极, 将负极线缆用绝缘胶带完全包裹做好隔离防护, 防止低压回路意外通电触发高压系统主动上电。部分配备低压辅助电池的车型, 还要同时断开辅助电池的负极, 确认整车低压系统完全处于断电状态后, 等待3至5分钟, 让高压系统的主动放电回路完成初步放电, 避免后续操作过程中高压系统意外被主动上电。

3.2 维修开关(MSD) 断开与高压断电

完成低压断电操作后, 下一步要断开高压维修开关(MSD) 实现高压回路的物理断开, 作业人员佩戴合格的绝缘手套, 找到位于动力电池包高压回路中间位置的MSD维修开关, 按照车辆维修手册的规范步骤将其拔出, 拔出后的MSD开关要放入专人保管的绝缘收纳盒中, 严禁随意放置在车辆周边, 防止无关人员误插导致高压回路意外接通。断开MSD后, 高压回路的主正、主负继电器已经完全处于物理断开状态, 动力电池与下游的电机控制器、车载充电机等高压部件之间的连接被彻底切断, 从物理层面上避免了高压回路意外导通的风险, 这一步操作是整个高压断电流程中最核心的物理隔离步骤, 必须严格按照规范执行。

3.3 静置放电与验电确认

断开MSD开关后不能立即开展拆装作业, 必须预留足够的静置放电时间, 让高压回路中的电容等储能元件完成残余电荷的被动释放, 常规工况下静置时间不得少于15分钟, 部分大容量高压电容的车型需要延长至30分钟以上。静置完成后, 使用检定合格的高压验电笔, 分别依次检测高压母线的正极、负极与车身之间的电压, 确认电压值低于36V的安全电压阈值, 同时使用万用表交流电压挡位复测确认无残余电压, 只有两次验电都确认高压回路完全无电后, 才能在高压连接器上悬挂“高压危险 禁止合闸”的警示标识, 正式开始后续的高压部件拆装作业, 严禁省略验电步骤直接开展作业^[3]。

4 维修作业过程安全操作

4.1 高压部件拆装安全要点

高压部件拆装作业过程中, 首先要将拆下的高压连接器端子用专用的绝缘保护帽完全包裹, 裸露的高压端子严禁直接接触金属部件, 防止意外短路产生电弧。拆装高压线束时要使用绝缘工具, 不得暴力拉扯高压线缆, 避免线缆内部的绝缘层破损留下漏电隐患, 所有高压螺栓的紧固扭矩必须严格按照维修手册的标准数值执行, 扭矩不足会导致高压端子接触电阻过大, 运行过程中异常发热引发烧蚀故障。拆装动力电池包时, 要使用专用的绝缘吊装工具, 电池包平稳起吊过程中严禁挤压、磕碰电芯壳体, 作业现场提前配备干粉灭火器, 全程安排监护人员旁站, 一旦出现电池异常发热冒烟的情况第一时间停止作业处置。

4.2 绝缘检测与故障排查

高压系统故障排查过程中,使用绝缘电阻测试仪检测高压回路的绝缘性能,检测前确认高压回路完全断电无残余电荷,按照从高压正极到车身、高压负极到车身的顺序依次测量,确保绝缘电阻数值符合车型的技术标准要求。排查高压漏电故障时,严禁在未做绝缘防护的情况下用手直接触碰疑似漏电的部件,使用万用表测量高压电压时,要选择对应合适的电压量程,表笔的金属探头部分不能超出护套的安全范围,避免测量过程中双手同时触碰高压正负极形成电流回路。故障排查过程中如果需要临时上电验证,必须提前清理作业区域的无关杂物,确认所有人员都处于安全距离外,才能按照规范流程短暂上电测试,测试完成后立即重新执行全流程断电验电操作。

4.3 作业过程安全禁忌

高压维修作业过程中必须严格遵守明确的安全禁忌,绝对禁止任何形式的高压带电作业,即便车辆处于故障状态也严禁在未断电验电的情况下直接触碰高压端子。作业现场严禁堆放金属工具、易燃易爆物品,不得将扳手、螺丝刀等金属物件随手放置在动力电池包的表面,防止金属物件意外搭接高压正负极引发短路。严禁在未佩戴绝缘防护装备的情况下进入高压作业区域,严禁单人独立开展高压维修作业,严禁在作业过程中接打手机分散注意力,操作高压部件时严禁佩戴金属手表、戒指、项链等饰品,避免金属饰品意外接触带电部位引发触电伤害。

5 作业后收尾与应急处置

5.1 作业后检查与场地清理

高压维修作业全部完成后,首先要逐一检查所有高压部件的安装状态,确认高压连接器完全插接到位、所有高压螺栓的扭矩符合标准要求,高压线束的走向固定牢固,没有被尖锐部件挤压磨损的情况。随后清点作业现场的绝缘工具、检测设备,确认没有任何工具、零件遗落在动力电池包内部或高压部件周边,拆除之前悬挂的高压警示标识,将之前断开的MSD维修开关、12V低压蓄电池负极依次复位连接。最后清理作业场地的杂物、包装垃圾,检查确认场地内没有遗留的易燃易爆物品,清理完成后启动车辆做3至5分钟的空载测试,确认高压系统运行正常、无漏电报警,车辆无异常后才能交付使用。

5.2 触电应急处置

作业过程中如果意外发生人员触电事故,第一目击者绝对不能直接用手拖拽触电人员,防止施救者自身也发生触电伤害,要第一时间切断整车的低压总开关,或者使用干燥的绝缘木棍、绝缘棒将带电部件与触电人员分离。将触电人员转移至通风安全的区域后,立即检查触电人员的意识与呼吸状态,如果触电人员已经失去意识、呼吸心跳停止,第一时间启动心肺复苏操作,同时拨打120急救电话送医救治,全程不能中断心肺复苏操作,直到专业医护人员到达现场接手处置。日常维修门店要每月组

织触电应急处置演练,确保所有作业人员都熟练掌握心肺复苏的规范操作要点,遇到突发情况可以快速正确处置。

5.3 电池起火应急处理

高压维修作业过程中如果发现动力电池出现冒烟、起火的迹象,第一时间停止所有作业,立即撤离现场所有人员到安全距离外,同时拨打119消防电话报警,绝对不能尝试将起火的动力电池从车上拆卸下来。初期小火状态可以使用专用的新能源汽车火灾干粉灭火器对准电池起火部位喷射,注意站在上风方向保持足够的安全距离,一旦电池进入剧烈热失控燃烧阶段,要立即撤离到距离车辆10米以外的安全区域,等待消防人员到场处置。日常维修工位必须配备足量的新能源汽车专用灭火设备,在工位周边划定明确的应急疏散区域,定期组织电池起火应急演练,确保所有人员熟悉应急撤离路线,避免发生二次伤害事故。

6 结束语

新能源汽车高压系统维修的核心在于通过全流程标准化操作,从人员资质、防护装备、断电验电、作业管控到应急处置层层筑牢安全防线,彻底规避高压触电、电弧灼伤、电池热失控等安全风险。本研究形成的全流程安全操作要点贴合一线维保场景实际需求,可为维修门店建立标准化高压安全作业体系提供清晰指引。未来随着800V高压平台逐步普及,安全管控要求将持续升级,全行业共同推动安全操作规范落地执行,方能从根本上保障维保人员人身安全,助力新能源汽车售后维保行业实现高质量发展。

[参考文献]

- [1]伍蓓飞.新能源汽车高压系统故障诊断与安全维修技术规范研究[J].汽车维修技师,2026(10):29-31.
- [2]胡建成.新能源汽车高压系统故障诊断及维修技术研究[J].汽车维修技师,2026(4):63-64.
- [3]吴冬杰,邓大成,李阳,等.新能源汽车高压电气系统安全检测与维修技术探讨[J].汽车维修技师,2025(14):37-38.

作者简介:

郭朋(1989--),男,安徽宿州人,本科,中级工程师/高级技师,汽车研发与试制。

杨平(1989--),男,浙江台州人,大专,高级技师,新能源汽车安全领域相关。

焦惠忠(1992--),男,山西运城人,本科,汽车研发与试制。

金伟(1987--),男,浙江杭州人,大专,高级技师,汽车研发与试制。

王龙伟(1990--),男,湖北天门人,本科,中级工程师/高级技师,汽车研发与试制。