

新能源汽车火灾特点及专用灭火技术装备研发方向

作者：汤火长

单位：厦门市消防救援支队

摘要：伴随新能源汽车产业规模化普及，动力电池热失控引发的车辆火灾事故逐年增多，区别于传统燃油车辆火灾，新能源汽车动力电池火灾具备隐蔽性强、复燃率高、有毒烟气量大、灭火降温难度大等独有特征。常规水系、干粉灭火装备无法穿透密闭电池包结构，难以抑制电池内部链式热失控反应，灭火救援存在极大安全风险。本文结合新能源汽车火灾救援实战数据，梳理车辆起火诱因与差异化火灾特征，分析现有常规灭火装备处置短板，结合现行电动汽车消防安全国家标准要求，针对性提出适配锂电池火灾的灭火技术路径与专用装备研发方向，为新能源汽车场站、道路应急救援、停车场消防配套建设提供理论参考，提升新能源汽车火灾应急处置安全水平与灭火效率。

关键词：新能源汽车；动力电池；热失控；火灾特点；灭火装备

一、引言

电动汽车用动力蓄电池安全要求明确指出，动力电池单体发生热失控后，电池系统需要预留充足安全缓冲时间，阻隔热失控能量扩散，防止明火、高温烟气快速蔓延至乘员舱，同时严控有毒有害气体向外扩散。同时消防救援新能源汽车火灾处置技术规范提出，锂电池火灾处置严禁快速开启车辆高压舱盖，避免空气大量涌入加剧电池内部化学反应，灭火核心目标不仅是扑灭表面明火，更要持续对电池包进行深度降温，阻断内部链式热失控反应。

当前国内新能源汽车保有量持续攀升，碰撞挤压、充电过载、电池老化是动力电池热失控起火的主要诱因。基层消防救援仍沿用传统燃油车灭火装备与处置流程，普遍存在明火扑灭后复燃、降温不彻底、有毒气体防护不足等问题。立足新能源汽车独有火灾机理，剖析火情特征，补齐专用灭火技术与装备短板，是当下消防应急救援领域亟待解决的关键问题。

二、新能源汽车主要起火诱因分类

（一）机械外力损伤起火

车辆碰撞、底盘刮蹭、电池包挤压穿刺，会刺破电芯隔膜造成内部短路，瞬间高热触发热失控。这类火情突发性极强，起火速度快、救援窗口期短，也是道路场景下新能源车辆最主要的起火诱因。

（二）电气过载与充电故障起火

快充过载、高压线路破损、电池管理系统故障，都会引发电路过热，进而诱发动力电池连锁热失控。此类火灾多发于充电站、地下车库等密闭空间，烟气难以扩散，极易引发人员中毒和二次爆炸风险。

（三）电池自身老化与热衰减起火

车辆长期循环充放电、高低温环境交替使用，会造成动力电池电芯容量衰减、内部微短路积累，电池内部阻抗持续升高，日常行驶过程中无明显预警，突发内部热量积聚引发自燃。该类火灾无明显前兆，隐蔽性最强，日常防火排查难度极大。

三、新能源车辆差异化火灾核心特点

（一）起火隐蔽性强，预警滞后明显

动力电池密封于底盘密闭电池包内部，热失控初期仅出现内部升温、微量烟气泄漏，外部无明火与明显温度变化，依靠肉眼无法识别火情。待明火从电池包缝隙溢出时，内部多节电芯已经发生连锁热失控，火情进入无法快速逆转阶段，相比燃油车火灾，有效早期处置时间大幅缩短。

（二）燃烧温度极高，链式反应难以中断

锂电池燃烧峰值温度可突破 1200℃，远高于汽油燃烧温度，且电池电解液属于自持燃烧介质，无需外部氧气即可持续发生化学反应。常规灭火剂仅能扑灭车身外部明火，无法深入电池包内部带走积聚热量，内部热失控链式反应持续进行，火情极易反复。

（三）火灾复燃率居高不下，处置周期更长

实战救援数据显示，新能源车辆火灾明火扑灭后，一小时内复燃概率超过65%，部分火情甚至出现多次间隔复燃。核心原因是电池内部余热无法快速释放，内部电芯依旧处于高温临界状态，接触空气后会再次复燃，整体救援处置时长是燃油车火灾的3至5倍。

（四）有毒烟气排放量大，次生危害突出

锂电池燃烧过程中会释放氟化氢、一氧化碳、碳氧化合物等剧毒腐蚀性烟气，烟气具备强腐蚀性与毒性，不仅会损伤救援人员呼吸道，还会腐蚀消防救援装备。同时密闭车库、地下停车场内烟气快速积聚，极易造成救援人员中毒，提升救援安全风险。

四、现有常规灭火装备处置现存短板

（一）直流水枪穿透性不足

常规直流水柱无法穿透密闭电池包壳体，水流仅作用于车身表面，无法实现电芯内部精准降温，只能压制外部火焰，不能从根源阻断热失控，复燃问题无法解决。

（二）干粉灭火剂降温能力缺失

干粉灭火剂以隔绝氧气灭火为主，无吸热降温功能，适配固体与液体明火火灾，完全无法适配锂电池自持燃烧反应，使用干粉灭火后，电池内部热量依旧积聚，短时间内必然发生复燃。

（三）缺少专用破拆一体化灭火装置

现有救援装备分为破拆工具与灭火设备两类，需要分步操作，先破拆电池包再喷射灭火剂，分步作业会延误最佳降温窗口期，加剧热失控扩散程度，适配新能源车辆一体化救援需求不足。

五、新能源车辆专用灭火技术及装备研发方向

（一）研发高效相变降温灭火介质

重点研发兼具窒息隔氧与强吸热降温双重功能的复合灭火介质，依托相变材料快速吸收电池内部热量，同时形成致密泡沫隔绝空气。优化灭火剂配比，提升低温流动性，保障灭火剂可以通过电池包缝隙快速渗入内部，直击高温电芯，从根源终止链式热失控反应，降低复燃概率。

（二）开发破拆喷射一体化车载灭火装备

集成液压破拆头与细水雾喷射管路，实现电池包定点破拆、同步精准喷射灭火一体化作业。装备搭配低压细水雾模式，避免高压水流冲击造成电芯二次破损，适配道路应急救援快速处置需求，缩短救援作业流程与处置时长。

（三）研制固定式密闭空间抑燃灭火装置

针对地下车库、充电站等密闭场景，安装固定式全淹没气溶胶灭火装置，搭配温度与烟气双重感应报警模块。火情初期自动释放灭火气溶胶，快速抑制电芯热失控扩散，同时联动排风系统排出有毒烟气，适配静态停放新能源车辆早期火灾防控。

（四）推进远距离无人灭火机器人研发

面向高热、高毒、爆炸风险高危救援场景，研发耐高温无人灭火机器人，搭载红外测温模块，自动定位电池包高温火点，远距离完成灭火剂喷射与降温作业，全程实现无人近距离接触救援，全面保障消防人员人身安全。

六、结论

新能源车辆动力电池火灾与燃油车火灾机理差异显著，具备起火隐蔽、高温自持燃烧、复燃率高、有毒烟气量大四大特征，传统消防装备难以适配实战救援需求。当前救援主要短板为灭火剂降温效果差、专用装备缺失、破拆灭火作业衔接不畅。

后续需聚焦深度降温、无人救援等方向，适配道路及场站两类场景研发专用灭火装备与新型灭火剂，搭建全链条火灾处置体系，有效提升新能源车辆火灾应急处置水平，完善行业消防保障体系。

参考文献

- [1] 李刚. 新能源汽车锂电池火灾燃烧特性及灭火效能试验研究[J]. 消防科学与技术, 2025, 44(02): 256-259.
- [2] 王浩. 电动汽车动力电池热失控诱因及火灾救援难点分析[J]. 汽车安全与节能学报, 2025, 16(01): 118-121.
- [3] 张博文. 细水雾灭火剂在新能源汽车火灾中的应用优化研究[J]. 消防技术与产品信息, 2025, 38(03): 45-48.
- [4] 刘畅. 地下停车场新能源汽车固定式灭火系统设计优化[J]. 工程建设与设计, 2025(06): 132-134.
- [5] 陈铭. 消防无人装备在新能源车辆火灾救援中的应用前景[J]. 应急救援装备, 2025, 17(02): 79-82.
- [6] 赵泽宇. 新能源汽车火灾复燃机理及防复燃灭火技术研究[J]. 汽车工程, 2025, 47(04): 612-615.