

新能源汽车火灾事故原因分析及扑救措施简析

王 珂

陕西省商洛市消防救援支队

摘要:近年来,我国多项新能源汽车支持政策的出台使得新能源汽车行业在我国发展态势良好。但随着新能源汽车的大规模普及,动力电池具有的不可避免的自反应放热特性受到了广泛关注,越来越多的新能源汽车火灾事故也出现在大众视野,该类事故给消防救援部门带来了一系列新挑战。本文主要根据新能源汽车结构,深入分析了新能源汽车火灾事故发生的原因及事故特点,并有针对性地提出了新能源汽车火灾可采取的几点扑救措施,为应急救援工作的开展提供参考。

关键词:新能源汽车;火灾;扑救措施

引言

经过近几年的“节能减排”,世界各国已经达成了一个共识,那就是汽车新能源化是全球汽车发展的唯一方向。据不完全统计,我国 2021 年新能源汽车销量达到 298.9 万辆,同比增长 169.1%^[1]。随着我国新能源汽车销量快速增长,保有量不断提高,新能源汽车自燃、爆炸等安全事故频频发生,引起了社会的持续关注,也对国家消防应急管理和新能源汽车行业的发展提出了巨大的挑战。面对这些事故继续沿用传统燃油汽车火灾的扑救经验已经无法满足实际需要。相反,如果循规蹈矩,无异于“火上浇油”,甚至还可能让人员生命受到威胁。因此,加强新能源汽车火灾防控及扑救对策研究是很有必要的。

一、新能源汽车动力源

新能源汽车是指采用新型动力系统,完全或主要依靠新型能源驱动的汽车。目前我国主流的新能源汽车类型主要包括:纯电动车、插电混合动力汽车和燃料电池汽车^[2]。新能源汽车主要以锂电池作为动力源。按照正极材料不同分类,锂电池主要分为:磷酸铁锂、钴酸锂、锰酸锂、三元锂,其特性如表 1 所示。

二、新能源汽车火灾事故原因分析

(一)锂电池热失控

锂电池热失控是新能源汽车火灾事故的主要原因^[3]。

锂电池热失控是指由于各种原因使电池产生的热量远大于散发的热量,导致热量大量堆积而引起电池燃烧甚至爆炸,同时伴有大量有害气体产生。电池热失控可以分为三个阶段:第一阶段——电池内部热失控阶段。在这一阶段,电池由于内部短路产生大量热量,各类离子和枝晶沉积在电解液中导致电池内阻增大,产热进一步增加,直至 SEI 膜分解。随着 SEI 膜的分解反应进行,锂离子又与电解液产生化学反应,直至隔膜完全分解,此时电池完全短路,电池内部温度急剧上升。第二阶段——电池鼓包阶段。该阶段是电池热失控的拐点阶段,主要由于正极材料、粘结剂、电解液都在这一阶段分解。第三阶段——电池热失控,爆炸失效阶段。由于电池内部电解液的分解产生大量易燃易爆气体,让电池体积不断膨胀,压力不断上升,到达临界点随之发生爆炸^[4]。

表 1 不同种类锂电池特性对比

	钴酸锂	锰酸锂	三元材料	磷酸铁锂
正极分解温度	180 度	>180 度	>180 度	600 度仍稳定
循环寿命	短	一般	短	长
容量(Wh/kg)	150—160	100—110	150—200	100
价格	中	低	低	低

作者简介:王珂(1989—),男,汉族,陕西商洛人,一级指挥员,研究生,从事消防工作。

(二)锂电池热失控原因分析

内部产热和外部滥用是电池热失控的两大触发原因^[5]。

1. 外部滥用引发

一般情况下,由外部滥用引发锂电池热失控的原因有三个,分别为机械滥用、电滥用、热滥用。机械滥用是指锂电池单体或电池组由于受到碰撞、挤压、穿刺等外力作用下产生形变或不同位置发生相对位移造成电池内部短路。电滥用一般包括外短路、过充、过放几种形式,其中过充电最易导致锂电池热失控。热滥用一般由于外部环境温度过高或温度控制系统失效所导致。局部过热是发生在电池组中典型的热滥用情况。以上三种外部滥用形式很少独立存在,都是由其中某一种形式发展而来,环环相扣,但最终结果都是发生了热失控。

2. 内部产热引发

内部短路广义上指由于各种原因导致电池正负极直接接触的现象,根据接触的面积不同,所造成的后果不同。若电池正负极接触面积小,由内短路产生的热量也较小,对电池的热失控几乎没有影响,这种情况常见于电池的制造瑕疵、老化等,但随着时间的推移,电池内部残余电解液逐渐增加,电池内阻减小,由内短路产生的热量逐渐增加,引发热失控的风险则会大大提升。

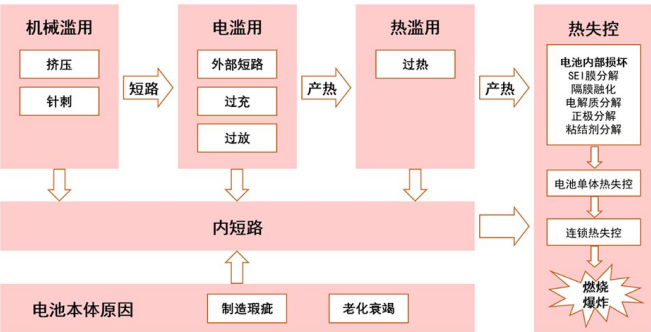


图1 锂电池热失控诱因

(三)新能源汽车火灾事故类型分析

根据相关统计资料,纯电动车型是发生新能源火灾事故最多的车型。因过度充电、放电是导致新能源火灾事故的第一诱因,占总事故一半以上,其次为碰撞后和行驶中的自燃。可见新能源汽车在静置、行驶、充电状态下均可能发生热失控起火事故(见表2)。因此消防人员在处理事故时应针对不同情况采取相应措施,从而能够快速处理事故,争取救援时间。

表2 新能源汽车各状态下火灾事故成因分析

车辆状态	成因
行驶中	单体不一致性变差,部分单体异常发热
碰撞后	电池模组产生变形,单体电池漏电,短路 高低压线束、继电器、电连接等失效
静置中	单体内部热量蓄积,隔膜破损,引起内短路
充电中	电池负极析锂,引起内短路 单体一致性差导致部分单体过充
浸水后	接插件内触片、端子锈蚀、外短路
其他	低压线束、高压线束、继电器、 电连接等部件失效导致起火

(四)新能源汽车火灾事故特点

锂电池是新能源汽车区别于传统燃油汽车的重要标志,同时也为人们带来了新的火灾防治特点^[6]。

1. 火灾发生难预测

新能源汽车锂电池的热失控事故,按发生时间大致分为两类,一是电池组受到碰撞、挤压、穿刺等外力作用导致电池产生形变,从而短路发生热失控,燃烧甚至爆炸,这类事故往往发生的速度快,危害性高。二是由于车辆浸水、过充或电池老化导致电池组内部短路,产生缓慢的化学反应,且无法被汽车热管理系统检测,当超过临界温度即发生热失控,这类事故往往发生在车辆行驶中或静置时,难以被预测。

2. 火势蔓延快、燃烧温度高

新能源汽车锂电池出现热失控后,会在燃烧过程中释放大量的易燃气体,导致火势快速蔓延,电池内温度迅速升高。有相关部门通过实际测试,锂电池内部燃烧温度最高能达到1000℃以上,远远超过普通汽油、柴油燃烧时的温度。锂电池在燃烧过程中会产生大量可燃混合物并向周围喷溅,喷射火焰的最远距离可以达到6m。因此当锂电池电动汽车发生火灾时,容易对周边环境和人员造成严重危害。

3. 火灾有害气体多

汽车在燃烧过程中会产生大量有毒气体,如一氧化碳、二氧化硫等,但新能源汽车与传统汽车间最大的区别是新能源汽车的锂电池燃烧会额外产生氟化氢等多种有毒气体,另外由于新能源汽车特性,搭载的电子器件较

多,一旦发生燃烧,也会产生大量有毒有害气体,这些物质均有不同程度的毒性,吸入会危害救援人员的身体健康。

4. 触电风险大

新能源汽车一般配备了高电压大容量电池组,一些车型的驱动电压高达 500V 以上,火灾发生时可能导致高压电线裸露、接地,使车身带电或在现场一定范围内形成跨步电压,若处理不当,更容易引起电池内部短路,不但会导致火势进一步加重,还有可能对消防救援人员造成电击伤害。

5. 火灾持续时间长

由于锂电池燃烧特性,在明火被扑灭后,电池内部仍可能持续升温导致电池复燃。试验发现处理新能源车辆火灾事故所需的总用水量和所需时间都明显大于传统燃油车辆火灾事故。因此应对新能源车辆火灾事故对于消防人员的体力和装备指挥调度提出了更严苛的要求。

三、新能源汽车火灾扑救措施

(一) 强化接警调度

指挥中心接到锂电池汽车报警,应立即向报警人询问起火车辆的品牌、型号,同时查询车辆的电池种类和容量等相关信息,做好相应准备。如若现场的火灾规模较大,应及时与公安交警、供电企业、医疗等应急联动单位联系,并派遣火灾救援专家、技术人员等到达火灾现场进行协同处置。优先考虑调派重型泡沫水罐车,保证足够用水量,携带破拆工具、有毒气体检测仪、水幕水带及个人防护装备^[7]。

(二) 选择合适灭火器

根据德国国家消防局总部制定的电动汽车事故处理标准,一般情况下,使用消防用水是可以成功扑救锂离子电池汽车起火事故,但用水量,所需时间长。对于小型火焰可以用灭火器扑灭,最好是干粉或泡沫灭火器,保持灭火器标签上标明的距离;对于已成型的汽车火灾可用水、压缩泡沫灭火器扑救;应减少传统大型泡沫灭火器的使用,由于锂电池在热失控发生后释放出可燃气体,运用依靠阻止与可燃气体接触原理的泡沫灭火器不仅灭火效果会因此受到影响,还会影响锂电池内部热量的散发。

(三) 做好个人防护

消防人员在新能源汽车火灾扑救中应做好个人防护,除佩戴消防头盔、手套、空气呼吸器等基本防护装备外,还须根据现场情况穿着绝缘服、绝缘靴等特殊防护装备。

(四) 规范现场处置

1. 消防人员到达火灾现场后,应立即划分警戒区域,设立警戒标识,控制火灾现场,并疏散无关人员^[8]。

2. 若有条件接近起火车辆,应第一时间通过操作手动应急断路器或者断开汽车锂电池的正负极等方式切断车辆电源,并拔掉动力控制器的保险丝。

3. 根据车辆的状态,采取支撑、牵拉等方式对车辆进行稳固,防止车体结构发生位移导致锂电池热失控加剧,保证作业安全。

4. 设立安全观察小组,充分利用热成像仪等检测设备对起火车辆及周边环境进行持续监测,发现车体漏电、温度急剧升高、有害气体产生等异常情况时注意加强防护,必要时撤离现场,并采用雾状射流掩护。

参考文献

[1] 王贤刚. 新能源汽车火灾原因及其灭火救援对策[J]. 消防界(电子版), 2022,8(11):78—80.

[2] 严南培. 新能源汽车火灾特点及处置对策分析[J]. 消防界(电子版), 2019,5(14):40—42.

[3] 包诣正. 汽车锂电池燃烧爆炸抑制技术研究[D]. 西安建筑科技大学,2021.

[4] 章柳柳. 基于热气溶胶灭火剂的新能源汽车电池火灾防控研究[D]. 南京理工大学,2020.

[5] 吴志强, 廖承林, 李勇. 新能源电动汽车消防安全现状与思考[J]. 消防科学与技术, 2019,38(01):148—151.

[6] 岳雄飞. 新能源汽车火灾的灭火战略战术研究[J]. 消防界(电子版), 2021,7(04):84—86.

[7] 刘斌. 关于新能源汽车自动灭火系统的研究[J]. 数据, 2022(03):77—79.

[8] 徐权. 新能源汽车火灾处置对策研究[J]. 中国应急救援, 2022(01):54—57.