

现代消防车辆设备智能化发展研究

王豆源

应急管理部上海消防研究所 上海 200000

摘要: 在全球“双碳”目标与智慧城市建设的双重驱动下,消防装备的绿色化与智能化转型成为行业发展的核心方向。电动消防车凭借零排放、低噪音、高扭矩的技术优势,逐步替代传统燃油消防车,成为城市消防体系的重要组成部分。其兴起不仅源于环保需求的倒逼,更得益于电池技术、电机控制技术与智能化技术的协同突破——锂离子电池能量密度的提升解决了续航焦虑,永磁同步电机的成熟保障了动力性能,而人工智能、物联网、大数据等技术的融入,更是让电动消防车从“单一灭火工具”升级为“智能救援平台”。本文深入研究电动消防车的兴起逻辑、智能化应用场景、现存困境及未来趋势,对推动消防装备迭代升级、提升应急救援效率、保障城市公共安全具有重要意义,为消防事业绿色化、智能化转型提供理论支撑与实践参考。

关键词: 电动消防车;智能化技术;应急救援;消防装备

引言

消防车辆作为当前消防设备中的重要组成部分,在实际消防工作过程中占据着越来越重要的地位,发挥着越来越重要的作用。在当前社会科学技术不断发展的基础上,消防车辆产品也得以较快发展,很多现代化技术在消防车辆产品中均得到广泛应用,而其中比较重要的一种就是数字化电子技术,可在很大程度上提升消防车辆产品性能,使其在实际应用过程中发挥更加理想的作用,为消防工作更好开展奠定理想的基础,提供更好保障。探索电动消防车的智能化发展,既是对技术革新的回应,更是对“人民至上、生命至上”应急救援理念的深化,旨在通过装备升级,为城市筑起更坚固的安全防线。

一、电动消防车的兴起与发展

电动消防车的兴起是环保需求、技术进步与政策支持共同作用的结果,其发展历程折射出消防装备从“功能单一”向“绿色智能”的转型轨迹。从环保维度看,全球碳中和目标推动各行业降低碳排放,而传统燃油消防车以柴油为动力,不仅排放大量二氧化碳、氮氧化物等污染物,还产生高分贝噪音,在居民区、医院、学校等敏感区域救援时,易造成二次环境影响。电动消防车采用电能驱动,运行过程中零尾气排放、噪音低于60分贝,完美契合“绿色应急”理念,成为环保政策导向下的必然选择^[1]。从技术维度看,核心技术的突破为电动消防车发展奠定基础:电池技术方面,锂离子电池能量

密度从2010年的150Wh/kg提升至当前的300Wh/kg以上,续航里程从最初的50公里拓展至200公里,满足城市短途救援需求;电机技术方面,永磁同步电机的功率密度提升30%,启动响应时间缩短至0.5秒,确保消防车在紧急情况下快速加速;充电技术方面,快充技术实现“30分钟充电至80%”,配合换电模式,解决了救援过程中的续航焦虑。从政策维度看,各国政府出台专项政策支持电动消防装备发展,我国将电动消防车纳入“十四五”应急救援装备发展规划,对采购电动消防车的消防部门给予财政补贴,部分城市还建设了专用充电与换电基础设施,为电动消防车的普及提供保障。在市场层面,电动消防车的应用场景不断拓展,从最初的社区微型消防站,逐步延伸至城市主战消防车、特种消防车,市场规模年均增长率超过15%,预计2030年全球电动消防车市场占比将突破30%,成为消防装备市场的主流品类。

二、智能化技术在消防车辆设备中的具体应用

1. 多维度智能感知系统:构建火场“透明化”认知

智能感知系统是电动消防车实现“精准救援”的基础,通过整合多类型传感器与数据融合算法,实时采集火场环境、车辆状态、人员位置等信息,为救援决策提供数据支撑。在火场环境感知方面,消防车配备红外热成像仪、气体传感器、温湿度传感器、烟雾浓度传感器等设备:红外热成像仪可穿透浓烟,识别火场温度分布与被困人员位置,分辨率达640×512像素,测温范围覆盖-20℃至1500℃;气体传感器可检测一氧化碳、硫化

氢、甲烷等10余种有毒有害气体，响应时间小于1秒，检测精度达ppm级；温湿度与烟雾浓度传感器则实时传输火场环境参数，判断火势蔓延趋势^[2]。在车辆状态感知方面，传感器实时监测电池电量、电机温度、制动系统压力、轮胎压力等关键参数，当电池电量低于20%或电机温度超过120℃时，自动发出预警，避免车辆在救援过程中出现故障。在人员感知方面，消防员配备的智能头盔与手环通过蓝牙与消防车系统连接，实时传输消防员的心率、位置、运动状态等信息，若消防员心率超过180次/分钟或静止超过5分钟，系统自动报警，防止人员伤亡。

2. 动态智能导航系统：实现救援“路径最优”

智能导航系统突破传统导航“静态路线规划”的局限，结合实时交通数据、路况信息与救援优先级，为电动消防车规划动态最优路径，确保快速抵达火场。该系统的核心优势在于“动态调整”与“应急优先”：在路径规划阶段，系统接入城市交通管理平台，获取实时交通流量数据，通过Dijkstra改进算法计算“最短时间路径”，而非单纯的“最短距离路径”；当行驶过程中遇到交通事故、道路施工等突发情况，系统在3秒内重新规划路线，避免拥堵延误^[3]。在应急优先方面，智能导航系统与城市交通信号灯联动，当电动消防车距离路口500米时，自动向交通管理平台发送请求，将前方路口信号灯调整为绿灯，同时通过车辆喇叭与显示屏提醒周边车辆避让，确保消防车“一路绿灯”通行。在复杂环境导航方面，系统支持离线地图功能，在无网络信号的隧道、地下车库等场景，仍能通过惯性导航与预存地图完成导航，确保救援不中断；同时，结合车载摄像头识别道路标线与障碍物，辅助驾驶员在烟雾弥漫或光线昏暗的环境中安全行驶。

3. 自适应智能喷水系统：达成灭火“精准高效”

智能喷水系统基于火场环境数据与火灾类型，自动调整喷水压力、流量、角度与喷射模式，实现“按需灭火”，避免水资源浪费与灭火效率低下。该系统的核心技术包括“自适应调节”与“多模式喷射”：在自适应调节方面，系统通过智能感知系统获取火场温度、火灾类型、燃烧物分布等信息，自动匹配喷水参数——对于固体火灾，采用低压大流量喷射，流量可达50L/s，覆盖大面积燃烧区域；对于液体火灾，采用高压细水雾喷射，水雾粒径小于100微米，快速降温并隔绝氧气；对于电气火灾，自动切换为绝缘水雾，避免触电风险。在喷射

角度调节方面，系统配备电动调节喷枪，可在-30°至90°范围内自动调整角度，配合车载云台摄像头，实现“自动瞄准”燃烧点，无需消防员手动操作，尤其适用于高温、有毒的危险火场环境。此外，智能喷水系统还具备“分区灭火”功能，通过分割水枪出口，将水流分为多个区域，同时扑灭不同位置的火源；对于高层建筑火灾，系统可配合登高平台，将喷水高度提升至50米以上，通过红外定位精准喷射至起火楼层窗口，避免水流分散导致的灭火效果下降。

4. 一体化智能控制系统：打造救援“中枢大脑”

智能控制系统是电动消防车的“中枢神经”，整合车辆控制、设备管理、数据传输、指挥协同等功能，实现救援全流程的智能化与自动化。在车辆控制方面，系统采用电子换挡与线控底盘技术，替代传统机械传动，响应速度提升50%，同时支持“一键启动救援模式”——按下按钮后，车辆自动调整为最大功率输出，关闭非必要用电设备，优先保障救援设备供电；当车辆遇到陡坡或泥泞路面时，系统自动切换四驱模式，调整扭矩分配，确保行驶稳定性。在设备管理方面，系统对车载救援设备进行数字化管理，实时监测设备状态，当设备故障时自动报警，并显示备用设备位置；同时，系统记录设备使用次数与维护周期，提醒工作人员定期保养，避免设备在救援中失效。在数据传输方面，系统通过5G或卫星通信技术，与消防指挥中心实时联动，传输火场视频、环境数据、车辆状态等信息，传输速率达100Mbps，延迟小于100毫秒，指挥中心可通过远程监控实时指挥救援，调整救援策略；对于多车协同救援，系统支持车与车之间的短距离通信，共享火场信息与救援进度，避免信息不对称导致的协同混乱。

三、现代消防车辆设备智能化发展面临的问题

随着消防车辆产品的不断发展，智能化技术在消防车辆产品中也必然会有着越来越广泛的应用，现代消防车辆设备智能化发展虽取得显著进展，但在技术、成本、标准、人员等层面仍面临诸多问题，制约其大规模普及与应用。从技术可靠性层面看，智能化系统依赖复杂的电子设备与软件算法，在极端火场环境下易出现故障——高温（火场温度超过500℃）可能导致传感器精度下降、电子元件损坏；浓烟与粉尘可能堵塞传感器探头，影响数据采集；强电磁干扰可能导致通信中断，使车辆与指挥中心失去联系^[4]。从成本层面看，智能化电动消防车的制造成本远高于传统燃油消防车——智能感知系

统、5G通信设备、线控底盘等核心部件的成本占车辆总成本的40%以上，导致一辆智能化电动消防车售价可达200万元，是传统燃油消防车的2-3倍；同时，维护成本也显著上升，智能化设备的维修需要专业技术人员与专用工具，维修费用年均超过5万元，对财政预算有限的中小城市消防部门构成压力。从标准体系层面看，目前尚无统一的电动消防车智能化标准，各制造商的技术路线、数据格式、通信协议存在差异——不同品牌的智能感知系统采集的数据无法互通，智能控制系统的操作逻辑各不相同，导致多车协同救援时出现“信息孤岛”与“操作混乱”；同时，智能化设备的培训体系不完善，仅依赖制造商提供的短期培训，难以覆盖设备维护、故障排除等深度内容，导致设备在救援中无法充分发挥功能；同时，消防员对智能化系统的信任度不足，在紧急情况下仍倾向于使用传统手动操作，造成智能化设备“闲置”。

四、现代消防车辆设备智能化发展的趋势

1. 技术深度融合：推动智能化向“全域感知、自主决策”升级

未来，电动消防车的智能化技术将向“多技术融合”方向发展，突破单一技术局限，实现“全域感知、自主决策、协同救援”的更高目标。在感知技术方面，将融合红外成像、毫米波雷达、激光雷达等多类型传感器，弥补单一传感器的缺陷——激光雷达可精准测量火场距离与障碍物位置，毫米波雷达可穿透浓烟实现全天候感知，与红外成像结合后，形成“三维立体感知”，全面掌握火场环境。在决策技术方面，将引入人工智能大模型，通过训练海量火灾案例数据，使系统具备“自主决策”能力——面对复杂火场，系统可自动分析火灾风险等级，制定灭火策略，甚至预测火势蔓延路径，提前部署防御措施^[5]。在协同技术方面，将实现“车-机-人-站”全域协同——电动消防车与无人机协同，无人机负责高空勘察火情，消防车负责地面灭火；消防车与消防员智能装备协同，实时定位人员位置，避免迷路或失联；消防车与消防指挥站协同，共享全域数据，实现多区域救援资源调度。

2. 成本优化与普及：通过规模化与技术迭代降低应用门槛

随着市场规模扩大与技术成熟，电动消防车智能化的成本将逐步下降，推动其从“高端装备”向“普及装备”转型。在规模化方面，随着全球电动消防车市场需

求增长，制造商将扩大生产规模，实现核心部件的批量生产，生产成本预计下降30%-40%；同时，行业竞争加剧将促使制造商优化定价策略，推出中低端智能化车型，满足不同地区消防部门的需求。在技术迭代方面，低成本替代技术将逐步成熟——如采用国产传感器替代进口产品，成本降低50%以上；开发轻量化智能化系统，减少电子元件数量，降低硬件成本；通过软件优化替代硬件升级，如采用更高效的算法，提升现有设备性能，避免频繁更换硬件。在政策支持方面，各国政府将进一步加大补贴力度，不仅覆盖车辆采购成本，还将补贴智能化设备的维护与培训费用；同时，推动消防基础设施升级，建设更多的智能充电与换电站点，降低电动消防车的使用成本。预计到2035年，智能化电动消防车的成本将与传统燃油消防车持平，普及比例超过50%，成为城市消防的主力装备。

结语

电动消防车的智能化发展，是消防装备从“机械时代”迈向“智能时代”的重要标志，其不仅改变了消防救援的方式，更重塑了城市应急安全的体系。从多维度感知系统构建火场认知，到动态导航系统优化救援路径，从自适应喷水系统实现精准灭火，到一体化控制系统打造救援中枢，每一项技术创新都在提升救援效率与安全性。尽管当前面临技术可靠性、成本、标准、人员能力等问题，但随着技术融合、成本优化、标准完善，这些问题将逐步破解。未来，智能化电动消防车将与智慧城市深度融合，成为城市安全感知网络的重要节点，提前预警风险、快速响应灾害

参考文献

- [1] 梁毅. 消防装备智能化自动控制技术探究[J]. 中国设备工程, 2024, (10): 28-30.
- [2] 许丁凡. 电动自行车智能化消防安全管理探讨[J]. 消防界(电子版), 2024, 10(05): 10-12.
- [3] 邹方勇, 李玉亮. 基于物联网的消防车辆现场信息监控管理系统研究[J]. 建筑电气, 2022, 41(08): 69-72.
- [4] 卢璐. 浅谈物联网技术下消防装备智能管理系统应用[J]. 中国新通信, 2022, 24(02): 94-96.
- [5] 邓新宁. 基于物联网的消防车辆动态管理系统的设计与实现[D]. 哈尔滨工业大学, 2022.