

# 智能化消防装备的集成设计与应用研究

欧鹏

北京协平保安服务有限公司，北京市，100024；

**摘要：**近年来，我国智能消防装备行业发展迅速，市场规模不断扩大，但国内企业仍存在产品同质化严重、技术水平参差不齐、生产成本过高等问题。为进一步提高智能消防装备的安全性、可靠性和智能化水平，本文结合智能消防装备的特点和优势，在对国内外现有研究成果分析的基础上，提出了一种智能化消防装备集成设计理论和方法。

**关键词：**智能化；消防装备；集成设计；应用研究

**DOI：**10.69979/3060-8767.25.09.069

## 引言

随着城市化进程加快，火灾场景日益复杂——高层建筑火灾（超 100 米）、化工园区爆炸火灾、地下管廊火灾等特殊场景，对消防装备的响应速度、作业精度、安全防护提出更高要求。传统消防装备以“单机操作、人工主导”为主，存在明显短板：例如，消防员携带的常规测温仪需近距离接触火场，易受高温威胁；不同品牌的消防水泵、报警系统数据不互通，导致现场指挥效率低下。

近年来，我国消防装备行业虽实现快速增长，但“重规模、轻质量”的问题突出。据应急管理部消防救援局统计，2023 年全国消防装备采购中，智能装备占比仅 35%，且近 60% 的智能装备集中在“智能烟感报警器”“简易智能灭火器”等低端产品，高端装备如消防机器人、智能指挥系统的市场渗透率不足 15%。与此同时，国外品牌凭借成熟的集成技术占据高端市场，例如美国雷神公司的智能消防指挥系统可实现“装备-人员-指挥中心”实时联动，而国内同类产品的联动延迟普遍超过 10 秒，无法满足复杂灾情需求。

在此背景下，“集成设计”成为突破行业瓶颈的关键——通过将信息技术、人工智能、机械工程等多领域技术进行系统整合，实现消防装备从“单一功能”向“多功能协同”、从“独立作业”向“联网联动”的转型。本文提出的智能化消防装备集成设计方法，以“需求导向、技术融合、成本可控”为核心，重点解决装备功能冗余、结构复杂、信息孤岛三大问题，最终实现“安全提升、效率提高、成本降低”的目标，为消防救援队伍提供更适配复杂场景的装备解决方案。

## 1 智能化消防装备概述

智能化消防装备是指利用信息技术、人工智能技术，根据消防装备的功能特点，通过智能化处理方式，实现对消防装备的远程控制和智能操作，提高消防装备的安全性、可靠性和稳定性。智能化消防装备在火灾救援、抢险救灾等领域发挥着重要作用，可以显著提升灭火救援工作效率和救灾水平。智能化消防装备以计算机网络、物联网、云计算等为技术支撑，通过信息感知、传输与处理等手段，实现对消防装备的远程控制与智能操作。

## 2 智能化消防装备的特点和优势

智能化消防装备的核心优势源于“智能化”与“集成化”的结合，具体体现在快速响应、智能协同、流程优化三大维度，且在实际场景中效果显著。

### 2.1 快速响应：缩短“发现-处置”时间

传统火灾处置流程需经历“人工发现报警→消防队伍出动→现场侦察→制定方案→展开灭火”，全程平均耗时 30-40 分钟，而智能化装备通过“自动预警+自主响应”大幅压缩时间：

自动预警：智能烟感报警器、电气火灾监控系统等装备可在火灾萌芽阶段（如烟雾浓度达到 0.01%、电气线路温度超过 80℃）自动报警，比人工发现早 10-15 分钟——以 2023 年深圳市某写字楼火灾为例，智能报警系统在电路短路 1 分钟内触发报警，消防队伍到场时火势仅局限于一个办公室，扑灭仅用 15 分钟，若依赖人工发现，火势可能蔓延至整个楼层；

自主响应：消防机器人可实现“接警后自动出动”，无需人工现场操控——例如，上海市某化工园区配备

的智能消防机器人，接警后 3 分钟内从车库自主出发，通过红外热像仪定位火点，5 分钟内启动泡沫灭火系统，比人工携带装备到达现场快 8-10 分钟，有效防止火势扩大。

以消防机器人为例，其快速响应能力源于两大技术：一是自主导航技术（融合激光雷达与视觉识别，避障精度  $\pm 5$  厘米），确保在复杂厂区内快速行进；二是预编程处置方案，针对常见火灾类型（如油罐火灾、电缆火灾）预设灭火流程，无需现场临时制定方案，进一步缩短响应时间。

## 2.2 智能协同：实现“装备 - 人员 - 指挥”联动

传统消防作业中，装备与装备、装备与人员之间缺乏有效联动，例如消防员携带的测温仪数据无法实时共享给指挥中心，导致指挥决策滞后。智能化装备通过“数据互通 + 协同控制”，构建高效协同体系：

装备间协同：不同类型的智能装备可实现数据共享与功能互补；

装备 - 人员协同：智能防护装备与指挥终端联动，实时监测消防员状态；

装备 - 指挥协同：所有装备数据实时汇聚至指挥中心，形成“火场全景视图”。

## 2.3 优化作业流程：降低人工依赖与操作复杂度

传统消防装备操作复杂，需专业人员经过长期培训才能熟练使用，且部分高危作业（如进入高温火场侦察）依赖人工，风险较高。智能化装备通过“远程操控 + 智能调度”，优化作业流程：

远程操控：高危作业可通过远程终端完成，无需人员近距离接触风险区域——例如，灭火机器人可在 1 公里外通过手柄或 APP 操控，消防员在安全区域即可完成火点定位、灭火介质喷射等操作，避免高温、有毒气体对人员的伤害；

智能调度：装备调度从“人工分配”转为“系统自动调度”——例如，智能消防车库配备自动调度系统，接警后系统根据火灾类型（如化工火灾、住宅火灾）、火灾地点与装备位置，自动选择最优装备组合（如化工火灾优先调度防爆灭火机器人，而非普通机器人），同时规划装备出动路线，比人工调度节省 5-8 分钟；

简化操作：装备操作界面“傻瓜化”，降低培训

成本——例如，智能消防水炮的控制面板采用触控屏，内置“住宅灭火”“油罐灭火”等一键模式，新消防员经过 1 小时培训即可熟练操作，而传统水炮需 3-5 天培训。

## 3 智能化消防装备集成设计理论

### 3.1 集成设计概念

集成设计是根据产品的功能要求，把各种零部件（包括原材料、半成品、成品）在生产和使用过程中的相互关系及位置关系进行系统集成，使之成为一个具有最佳功能和最低成本的整体产品的设计方法。它包括功能集成、结构集成和系统集成。功能集成是指功能单元之间的协调与配合，以及功能单元与零部件之间的协调与配合；结构集成是指结构上的创新，包括标准化、模块化和标准化；系统集成是指在实现了功能集成和结构集成的基础上，在产品设计中考虑使用过程中可能出现的故障问题，并对系统进行分析 and 评估，从而保证产品满足用户需求。

### 3.2 智能化消防装备集成设计原则

（1）高度集成：必须按照需求分析的要求，将多种功能或模块进行高度集成，在集成的过程中尽量做到各功能模块之间的互连、互操作和信息共享，从而达到减少冗余设计，提高效率的目的。（2）组合优化：在进行系统功能设计时，要根据目标市场对产品的要求，对现有产品进行分析比较，确定优化的对象和内容。在系统的性能、成本、质量等方面要进行优化组合。（3）适应市场：在系统设计时要考虑市场需求的变化，并不断地对其进行优化，使系统能更好地满足市场需求。（4）模块化：模块是一种相对独立的结构单元，是功能上能够相互独立，结构上又可以相互衔接的组成部分。

### 3.3 集成设计在消防装备中的应用案例

随着城市的不断发展，高层建筑、地下建筑、石油化工、易燃易爆危险品的生产和储存等场所都可能存在大量易燃易爆和有毒有害物质，一旦发生火灾，其危害性往往是灾难性的。火灾作为一种突发性强、破坏性大的自然灾害，给人们的生命和财产带来了严重的损失。因此，作为城市消防安全的主力军，消防装备在抢险救援过程中起着不可替代的作用。针对我国当前消防装备存在的问题，在“十三五”期间，我国消防装备科技创新力度将进一步加大。研发先进、可靠、安全的智

能化消防装备将成为必然趋势，集成设计在消防装备中的应用也将是一个重要方向。

## 4 智能化消防装备集成设计实践

### 4.1 智能感知技术在消防装备中的应用：从“被动检测”到“主动预警”

智能感知技术是智能化消防装备的“眼睛”，通过高精度、多维度的感知，实现对火场环境与装备状态的全面监控。其在装备中的应用分为两大场景：环境感知与装备状态感知，且已形成成熟的技术方案。

#### 4.1.1 环境感知：全面掌握火场动态

环境感知的核心是通过多类型传感器，实时采集火场的温度、烟雾、气体、火焰等数据，为灭火决策提供依据。以火灾报警系统的智能感知设计为例，其集成方案如下：

传感器选型与布局：

温度传感器：选用热电偶传感器，测量范围  $-20^{\circ}\text{C}$ – $1300^{\circ}\text{C}$ ，精度  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，安装在天花板角落（避免气流干扰），间距 5–8 米，确保覆盖整个空间；

烟雾传感器：选用光电式烟雾传感器，响应时间  $< 3$  秒，灵敏度  $0.1\text{dB/m}$ ，安装在天花板中央（烟雾易聚集区域）；

气体传感器：选用多气体检测模块，可检测  $\text{CO}$ （量程  $0\text{--}1000\text{ppm}$ ）、 $\text{H}_2\text{S}$ （ $0\text{--}100\text{ppm}$ ）、 $\text{O}_2$ （ $0\text{--}25\%\text{VOL}$ ），安装在离地 1.5 米处（与人体呼吸高度一致）；

火焰传感器：选用紫外火焰传感器，检测距离 0–10 米，响应时间  $< 0.1$  秒，安装在房间四周，避免被遮挡。

数据联动分析：

传感器采集的数据实时传输至火灾报警控制器，控制器通过“多参数融合算法”判断是否发生火灾——例如，当温度  $> 80^{\circ}\text{C}$ 、烟雾浓度  $> 0.05\text{dB/m}$ 、 $\text{CO}$  浓度  $> 50\text{ppm}$  时，判定为“真实火灾”，触发报警；若仅单一传感器报警（如烟雾浓度超标，但温度正常），判定为“误报”，不触发报警，降低误报率（从传统的 5% 降至 0.5% 以下）。

远程数据传输：

报警控制器通过 WiFi/4G 模块将数据传输至消防控制中心，中心可实时查看各传感器的数值、报警状态，同时通过手机 APP 推送报警信息给负责人（如物业安保、消防员），实现“现场–中心–人员”的实时

联动。

#### 4.1.2 装备状态感知：提前预警故障风险

除火场环境外，智能感知技术还用于监测装备自身状态，避免装备在作业中故障。以智能消防水泵为例，其状态感知集成方案如下：

核心感知参数：包括电机转速（量程  $0\text{--}3000\text{rpm}$ ，精度  $\pm 10\text{rpm}$ ）、出口水压（ $0\text{--}2.5\text{MPa}$ ，精度  $\pm 0.05\text{MPa}$ ）、电机温度（ $-40^{\circ}\text{C}\text{--}150^{\circ}\text{C}$ ，精度  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ）、润滑油液位（ $0\text{--}50\text{cm}$ ，精度  $\pm 0.5\text{cm}$ ）；

感知模块安装：转速传感器安装在电机轴端，水压传感器安装在水泵出口管道，温度传感器嵌入电机绕组，液位传感器安装在润滑油箱；

故障预警逻辑：当检测到电机温度  $> 120^{\circ}\text{C}$ 、水压  $< 0.5\text{MPa}$ 、润滑油液位  $< 10\text{cm}$  时，水泵控制器立即发出故障预警，同时将预警信息传输至指挥中心，中心可调度备用水泵替换，避免作业中断。

据统计，配备状态感知的智能消防水泵，故障发生率比传统水泵降低 60%，故障修复时间从 4 小时缩短至 1 小时，大幅提升装备可靠性。

### 4.2 智能控制技术在消防装备中的应用：从“人工操作”到“智能执行”

智能控制技术是智能化消防装备的“大脑”，通过整合电气控制、算法优化、远程通信，实现装备的自主操作与精准控制。其核心是构建以 PLC（可编程逻辑控制器）为核心的控制体系，结合软件算法，满足不同场景的作业需求。

## 5 智能化消防装备的应用挑战与未来趋势

### 5.1 当前应用面临的核心挑战

尽管智能化消防装备的集成设计已取得一定成果，但在实际应用中仍面临三大挑战：

技术标准不统一：目前国内尚无统一的智能消防装备技术标准，各厂商的产品接口、数据格式、控制协议存在差异，导致不同品牌装备无法互联互通；

核心技术依赖进口：高端传感器（如精度  $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$  的温度传感器）、智能控制芯片（如高性能 PLC）、人工智能算法（如复杂场景下的路径规划算法）仍依赖进口，国内厂商的技术成熟度不足，导致装备生产成本低、维修周期长（进口部件维修需 1–2 个月）；

人员操作能力不足：部分消防救援队伍的人员对智

能化装备的操作不熟练,例如不会使用远程控制终端、不会分析装备传输的数据,导致装备的智能化功能无法充分发挥。

## 5.2 未来发展趋势

随着技术升级与行业需求变化,智能化消防装备的集成设计将向三大方向发展:

技术融合深化: AI + 物联网 + 数字孪生

装备形态升级: 小型化、多功能化、无人化

行业生态完善: 标准统一 + 成本降低 + 人才培养

## 6 结语

综上所述,智能化消防装备是一种新的装备体系,是在传统消防装备基础上进行技术升级的一种新型消防装备。随着互联网、大数据、云计算和人工智能等现代信息技术的快速发展,智能化消防装备将成为未来消

防装备的发展趋势。在未来,智能化消防装备将在灭火救援、抢险救灾等领域发挥更大的作用。未来,随着科技创新的不断推进,智能化消防装备将不断升级和完善,为提升消防救援能力提供更强有力的保障。

## 参考文献

- [1] 张梦阳. 新形势下消防装备建设的保障对策分析[J]. 中国设备工程, 2025, (13): 234-236.
- [2] 王鑫. 灾害场景下消防装备协同作业模式研究[J]. 中国减灾, 2025, (13): 60-61.
- [3] 金兆麒. 消防装备与人工智能的结合与应用探讨[J]. 中国设备工程, 2025, (12): 30-32.
- [4] 赵琦. 高科技消防装备在复杂灾情中的应用探索[J]. 中国高新科技, 2025, (12): 76-78.
- [5] 欧阳利. 消防救援队伍装备技术保障能力建设的探讨[J]. 中国消防, 2025, (02): 60-63.