

# 悬挂式全氟己酮灭火器在南水北调中线无人值守闸站设备房间的应用思考

魏珂

南水北调中线渠首分公司邓州管理处 河南 南阳 473000

**摘要:**南水北调中线干线工程具有线路长、闸站多、分布散、部分闸站无人值守等特点。其电力电池室、通讯机房等关键设备房间火灾风险高,虽设有火灾自动报警系统,但普遍缺乏自动灭火设施,存在“救早救小”的空白,火灾防控压力巨大。本文针对该工程无人值守闸站设备房间的火灾特性与防护难点,从安全性、灭火效能、设备兼容性、经济性及运维便捷性等多个维度,对悬挂式全氟己酮自动灭火装置的应用可行性进行深入分析。研究表明,该技术方案能有效弥补现有消防体系的短板,实现火灾早期快速抑制,对精密电子设备无损害,且安装简便、无需管网、后期维护成本低,非常适合在偏远、分散的无人值守场景中部署,对保障南水北调工程“三个安全”具有重要的现实意义和应用价值。

**关键词:**南水北调;无人值守闸站;全氟己酮;悬挂式灭火器;电气火灾

## 引言

南水北调中线工程是缓解我国华北地区水资源短缺的战略基础设施,其安全稳定运行事关国计民生。南水北调中线干线工程全长1432公里,沿线分布着数量众多、类型各异的建筑物,其中与输水调度密切相关的包括64座节制闸、54座退水闸、97个分水口、61座控制闸等。这些闸站是工程的控制神经节点,其内部设置的电力电池室、通讯机房、高低压配电室等设备房间,构成了整个输水调度系统的“大脑”和“心脏”。这些设备房间普遍存在典型的火灾隐患:电气线路老化、设备长期高负荷运行、蓄电池析氢与热失控风险等,火灾荷载较大。然而,由于工程线路极长、闸站点多面广且极为分散,全线大部分分水口和未参与日常调度的控制闸均采用无人值守模式。现行的消防配置通常仅限于火灾自动报警系统,可实现远程告警,但缺乏现场自动灭火能力。一旦发生火情,运维人员从接到报警再到长途跋涉赶赴现场,耗时漫长,火势早已蔓延成灾,可能导致整个闸站控制系统瘫痪,造成巨大的直接经济损失,并引发输水中断等一系列严重后果,严重威胁南水北调“三个安全”总目标。因此,为解决无人值守闸站“无人救早、无人灭小”的核心痛点,研究和部署一种适用于该类场所的、高效、可靠、智能的自动灭火系统迫在眉睫。本文旨在探讨悬挂式全氟己酮灭火器作为一种新型局部应用灭火解决方案,在解决这一难题上的独特优势和应用前景。

## 1 工程背景

当前,南水北调中线无人值守闸站的消防策略核心

是“预警+人工处置”。火灾自动报警系统负责早期探测并向中控室发送信号。这套系统虽能及时发现问题,但无法解决问题。其短板显而易见,从发现火情到人员抵达现场,往往需要数十分钟甚至更久,错过了灭火的黄金时间<sup>[1]</sup>。即便人员赶到,通常也只能依靠手提式灭火器,对已发展的设备柜内火灾或电气火灾扑救效率低,且对人员自身安全构成威胁。若使用传统灭火剂,虽可灭火,但对昂贵的精密电子设备会造成灾难性的二次损害。

基于以上短板,适用于此类场景的理想灭火系统应满足以下核心需求,必须能够在接收到报警信号后,无需人工干预,自动启动灭火。灭火剂释放速度快,能在火灾萌芽阶段迅速抑制。灭火剂本身不导电、不腐蚀,灭火后无残留,对精密电子设备和电池组无损害。闸站设备房间通常空间有限且已建成,理想系统应无需铺设复杂管网,对现有结构和设备影响最小。鉴于点位众多且偏远,系统应结构简单,日常维护检查便捷,长期运维成本低。

## 2 悬挂式全氟己酮灭火装置技术特性分析

### 2.1 全氟己酮灭火剂的卓越性能

悬挂式全氟己酮灭火装置是一种将贮存容器、阀门、喷头、感温玻璃泡(或电启动装置)集成一体的灭火装置,通常直接悬挂于防护区域上空或设备箱体内部。全氟己酮是一种清澈、无色、微味的液体灭火剂,其气化后迅速扑灭A、B、C、E类火灾,其性能优势突出,主要通过物理吸热和化学中断链式反应两种方式灭火。其汽化吸热能力极强,能快速降低火场温度,同时,其

分子能捕捉燃烧过程中产生的自由基，有效中断燃烧链式反应。不破坏臭氧层，符合环保要求。在设计灭火浓度下，即使人员意外暴露，也具有非常高的安全余量，远优于七氟丙烷等。完美适用于扑救带电设备火灾。对金属、塑料、橡胶等常见材料无腐蚀性。灭火后完全挥发，不留任何油渍、粉尘或水渍，无需繁琐清理，设备可立即恢复运行<sup>[2]</sup>。

## 2.2 悬挂式装置的独特优势

与传统的管网式气体灭火系统相比，悬挂式设计完美契合了无人值守闸站的需求，即装即用，无需管网，省去了复杂的管道设计和施工，尤其适合已建成的、空间有限的设备房间改造，安装工程量极小。响应极其迅

速，装置直接位于防护区上方，感温玻璃泡在达到公称动作温度时瞬间破裂，灭火剂直接喷向火源，无管网延迟，响应速度以秒计。分区精准防护，可以对特定高风险设备（如单组电池柜、单个配电箱、服务器机柜）进行针对性保护，实现“点对点”的精准灭火，用量更省，效率更高。经济性显著，单套装置成本远低于一套完整的管网系统，且无需专用的钢瓶间，总投资成本低。后期维护仅需对悬挂装置进行常规外观检查和压力监测，运维成本低等优点。

## 3 与其他灭火技术的对比分析

为论证悬挂式全氟己酮方案的优越性，本文将其与几种常见备选方案进行对比（详见表1）。

表1 悬挂式全氟己酮灭火装置与其他灭火装置对比

对比维度	七氟丙烷管网式气体系统	超细干粉灭火装置	气溶胶灭火装置	悬挂式全氟己酮装置
安全性与 环境友好性	高温下易产生HF等腐蚀性酸性气体，对设备及人员均有潜在危害。	灭火剂本身无毒，但其粉末状特性对人员呼吸系统有刺激性，喷放后能见度低，影响疏散。	灭火产物无毒，但喷放后气溶胶颗粒物悬浮于空气中，吸入对人体伤害。	安全性最优：常温常压下为液态，喷放后迅速气化，对偶然滞留人员非常安全；不破坏臭氧层，GWP值极低，环保友好。
灭火后效与 设备兼容性	七氟丙烷的腐蚀性分解物可能对精密电路板造成潜在损害。	弊端显著：粉末覆盖所有设备表面，难以彻底清理，具有腐蚀性，可导致精密电子设备永久性损坏，二次损失巨大。	弊端显著：产生的金属盐颗粒物覆盖电路板，严重影响散热与绝缘性能，同样存在清洁难题与设备损坏风险。	优势极显著：灭火后无残留、不导电、无腐蚀，完全挥发，不会对精密设备造成任何二次损害，最大程度保护资产。
工程与 经济性	弊端显著：需设计复杂管网、设置专用钢瓶间，工程量大、安装周期长、初始投资与后期维护成本高昂。	无需管网，安装简便，成本较低。	无需管网，安装简便，单装置成本最低。	优势显著：无需管网与钢瓶间，即装即用，安装便捷，适合改造项目；投资成本低，后期维护简单，综合经济性最佳。
灭火效能与 适用性	适用于大空间全淹没灭火，对分散、小空间的防护性价比低，且存在管网输送延迟。	灭火速度快，但对深位火、阴燃火（如电池火灾）抑制效果差，复燃风险高。	灭火效率高但喷放温度极高，可能对喷口附近设备及线缆造成热损伤。	效能与适用佳：灭火速度快，兼具物理降温与化学抑制双重作用，防止复燃效果好；尤其适用于分散、小空间的局部精准应用，灵活性强。

## 4 在南水北调中线闸站的具体应用设计探讨

### 4.1 防护对象与火灾类型界定

主要防护对象为：各闸站电力蓄电池室蓄电池组、高低压室配电柜、通讯机房服务器机柜、UPS设备等。

火灾类型主要为：E类带电设备火灾、A类固体物质表面火灾、可能涉及的B类液体火灾<sup>[3]</sup>。

### 4.2 装置选型与布置原则

选型：建议选用感温型与电控型相结合的配置。每个装置既可独立通过感温玻璃泡自动启动，也可通过火灾报警系统的联动信号集中电控启动，实现“双重保险”。

布置：电池室：蓄电池是重点防护对象，易发生热失控。应在电池柜上方正中或侧上方均匀布置，确保灭火剂能直接覆盖所有电池单体。机柜室：在服务器机柜、配电柜列的正上方沿通道布置。对于单个体积较大

的重要机柜，可实行“一柜一装置”的保护。

## 5 悬挂式全氟己酮灭火器在南水北调中线无人值守闸站设备房间的应用案例

### 5.1 案例一：某分水口闸站

某分水口闸站为无人值守，其电力蓄电池室面积约为50平方米，内部安装有大量蓄电池及配套充电设备。在安装悬挂式全氟己酮灭火器之前，该电池室存在较大火灾隐患。一旦发生火灾，不仅会损坏昂贵的电池设备，还可能影响分水口的正常供水。安装时，根据电池室的布局 and 空间大小，在天花板均匀布置了3个悬挂式全氟己酮灭火器，单个灭火器的充装量为2kg。安装完成后，进行了模拟火灾测试。当触发模拟火灾信号后，灭火器在数秒内自动启动，全氟己酮灭火剂迅速喷出并汽化，在短时间内扑灭了模拟火源，且对电池设备未造成任何

损害。经过一段时间运行观察，该电池室在日常运行中，悬挂式全氟己酮灭火器处于良好的待命状态，有效保障了电池室的消防安全。

### 5.2 案例二：某控制闸站通讯机房

某控制闸站的通讯机房面积为 80 平方米，里面放置有核心交换机、服务器等重要通讯设备。为保障通讯机房的消防安全，安装了悬挂式全氟己酮灭火器。根据机房设备布局和防火分区要求，共安装了 5 个 3kg 的悬挂式全氟己酮灭火器。在一次因设备短路引发的小型火灾中，悬挂式全氟己酮灭火器及时启动，迅速扑灭了火焰。火灾扑灭后，通讯设备虽因断电暂时停止运行，但经检查，设备表面无任何残留物质，重新通电后设备正常工作，避免了因火灾导致的通讯中断事故，保障了该控制闸站与上级管理部门及其他相关站点的通讯畅通。

## 6 悬挂式全氟己酮灭火器应用注意事项

### 6.1 安装位置选择

应根据设备房间的布局、面积、高度以及设备分布情况，合理选择悬挂式全氟己酮灭火器的安装位置<sup>[4]</sup>。一般应安装在靠近火源可能出现的区域，且保证灭火剂能够均匀覆盖整个防护区域。例如，在长方形的设备房间中，可沿长边方向均匀布置灭火器，使其喷射范围能够覆盖整个房间。同时，要避免将灭火器安装在易受机械碰撞、阳光直射或高温的位置，以免影响其性能和使用寿命。

### 6.2 定期维护检查

尽管悬挂式全氟己酮灭火器维护成本较低，但仍需定期进行维护检查。检查内容包括灭火器的外观是否有损坏、腐蚀，压力指示是否正常，喷口是否堵塞等。一般建议每季度进行一次外观检查，每年进行一次全面的维护保养，包括压力测试、灭火剂充装量检查等。对于检查中发现的问题，应及时进行修复或更换，确保灭火器始终处于良好的工作状态。

## 7 应用效益与前景

部署悬挂式全氟己酮灭火系统将为南水北调中线工程带来显著效益。提升本质安全水平，填补了初期火灾自动扑救的能力空白，将火灾扑灭在萌芽状态，极大降

低了重大火灾事故的发生概率。保障供水安全，确保关键控制设施连续稳定运行，避免因闸站失控导致的供水中断事件。保护国有资产，避免了精密设备损失和漫长的修复周期，经济效益巨大<sup>[5]</sup>。是践行“工程安全、供水安全、水质安全”理念的具体、高效的技术举措。其“小投入、大保障”的特点，使其不仅在新建闸站中可作为标准配置，在已有闸站的消防升级改造中更具有无可比拟的推广价值。

结束语：南水北调中线工程无人值守闸站的消防安全是维系其生命线作用的关键一环。面对现有消防配置无法应对初期火灾的严峻挑战，引入先进、可靠、经济的自动灭火设施势在必行。

本文通过分析表明，悬挂式全氟己酮自动灭火装置集高效灭火、洁净环保、设备友好、安装简便、运维经济等优点于一身，其技术特性与无人值守、设备贵重、空间受限的闸站设备房间的防护需求高度契合。与其它灭火技术相比，其在综合性能上表现出明显优势，能够有效解决“远程报警易，现场灭火难”的核心痛点。因此，在南水北调中线工程乃至同类水利枢纽、电力变电站、通讯基站的无人值守设备间中，大规模推广和应用悬挂式全氟己酮灭火技术，是一项技术上可行、经济上合理、安全上必要的战略性措施，对保障国家重大基础设施的长期安全稳定运行具有极其重要的意义。

## 参考文献

- [1]国务院南水北调工程建设委员会办公室. 南水北调中线干线工程概述[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2010.
- [2]水利部. 关于切实加强南水北调工程“三个安全”工作的指导意见[R]. 北京, 2015.
- [3]王净, 李毅, 张网. 全氟己酮灭火剂及其应用技术研究进展[J]. 消防科学与技术, 2020, 39(5): 649-652.
- [4]陈涛, 傅学成, 胡成. 锂离子电池火灾危险性及全氟己酮灭火有效性实验研究[J]. 中国安全科学学报, 2019, 29(8): 52-58.
- [5]刘晔亚, 陆强. 无人值守变电站消防技术现状与新型灭火系统应用探讨[J]. 电力安全技术, 2021, 23(4): 61-65.