

一、机房气体灭火系统解决方案

一、方案概述

本方案针对计算机机房、服务器机房、数据中心、通信机房等各类机房场景量身定制，依据《气体灭火系统设计规范》（GB 50370-2005）、《数据中心设计规范》（GB 50174-2017）、《建筑设计防火规范》（GB 50016-2014）等国家标准编制。

机房内集中部署服务器、交换机、路由器、UPS电源、精密空调等精密电子设备，火灾隐患主要源于电气短路、过载、设备元器件老化、静电等，具有火灾隐蔽性强、蔓延速度快、设备价值高、数据损失不可逆转的特点。水基灭火易造成设备短路报废、数据丢失，干粉灭火残留难以清理且腐蚀元器件，因此气体灭火系统是机房消防的最优选择，具备灭火效率高、无残留、不导电、对设备无损害、灭火后可快速恢复机房运行的核心优势。

本方案通过科学选型、精准设计、规范施工及全周期运维，实现机房火灾早探测、早预警、快灭火、零损毁，全面保障机房设备、数据及人员安全，满足机房A级、B级防火等级要求。

二、适用机房范围

- 1. 核心机房：大型数据中心主机房、云计算服务器机房、企业核心机房
- 2. 通信机房：运营商通信基站机房、通信枢纽机房、网络传输机房
- 3. 中小型机房：企事业单位办公机房、监控机房、弱电机房、配电室（附属机房）
- 4. 特殊机房：涉密机房、高精度算力机房、GPU集群机房

三、系统选型对比与确定

（一）主流气体灭火系统对比

系统类型 灭火剂 核心优势 适用场景 缺点

管网式七氟丙烷灭火系统	七氟丙烷（HFC-227ea）	灭火速度快（≤8秒）、绝缘性强、无残留、全淹没灭火、可精准覆盖机柜区域、造价适中	大中型机房、多防护区机房、高密度机柜机房、A级数据中心	需铺设管网，占用一定空间，需专用钢瓶间
柜式（无管网）七氟丙烷灭火系统	七氟丙烷	集成化设计、无需管网、安装便捷、占地小、启动灵活	中小型独立机房、单防护区机房、改造型机房	防护面积有限，不适用于超大空间
IG541混合气体灭火系统	氮气、氩气、二氧化碳混合气体	环保无毒、零污染、对臭氧层无破坏、适合人员常驻机房	对环保要求高的机房、涉密机房、大型数据中心	造价高、所需钢瓶数量多、占用空间大
全氟己酮灭火系统	全氟己酮	环保性极佳（GWP值≈1）、灭火效率高、低温低压、对设备零损害	高端算力机房、精密仪器机房、环保要求严苛机房	成本较高，药剂充装费用高

（二）选型确定

结合机房通用需求与性价比，主流机房优先选用管网式七氟丙烷灭火系统；中小型独立机房、改造机房选用柜式七氟丙烷灭火系统；大型环保型数据中心、涉密机房选用IG541混合气体灭火系统。本方案以管网式七氟丙烷灭火系统为核心进行详细设计，兼顾其他类型系统适配。

四、系统核心设计要点

（一）防护区划分

- 1. 单个防护区面积≤800㎡，容积≤3600m³，超过该标准需划分多个防护区独立防护
- 2. 防护区围护结构采用耐火极限≥0.5h的不燃材料，门窗耐火极限≥0.5h，能承受灭火剂喷放压力
- 3. 防护区开口设置：平时可自动关闭，火灾时自动封闭，保证灭火剂浓度达标
- 4. 每个防护区设置独立泄压口，安装在防护区净高2/3以上位置，泄压压力≥1200Pa，防止超压损坏围护结构

（二）灭火剂用量设计

- 1. 七氟丙烷设计灭火浓度：机房电子设备火灾采用8%设计浓度，高于灭火临界浓度，确保快速灭火

2. 用量计算公式： $Q=K \times V \times C / (1-C)$ （Q为药剂用量，K为海拔修正系数，V为防护区净容积，C为设计浓度）
3. 预留10%安全余量，确保极端火灾场景下灭火效果，每立方米防护区容积药剂用量约0.7-0.8kg

（三）管网与喷头布置

1. 管网采用优质无缝钢管，内外镀锌防腐，管径根据流量计算确定，保证灭火剂输送压力均衡
2. 喷头采用下垂型专用喷头，均匀布置在防护区顶部，重点覆盖机柜上方、UPS电源、配电柜等火灾高发区域
3. 喷头间距 $\leq 3.6m$ ，距墙 $\leq 1.8m$ ，确保灭火剂全淹没覆盖，无灭火死角
4. 管网布局遵循均衡原则，保证90%以上灭火剂在10秒内喷放完毕

（四）火灾探测与报警系统

1. 采用双重探测报警模式：烟感探测器+温感探测器联合探测，避免误报、漏报
2. 探测器布置：每 $\leq 50m^2$ 布置1组，机柜密集区加密布置，高度超过6m的机房分层布置
3. 报警联动：探测器触发后，立即发出声光报警，联动关闭机房空调、风机、防火阀，切断非消防电源，启动应急照明

（五）控制方式设计

系统具备三种控制模式，实现多级防护，确保万无一失：

1. 自动控制模式：烟感+温感同时报警，系统延时30秒（人员疏散时间）后自动启动灭火
2. 手动控制模式：人员发现火情，通过防护区门外手动控制盒、消防控制室手动按钮直接启动灭火
3. 机械应急操作模式：自动、手动模式失效时，在钢瓶间手动开启容器阀、选择阀，机械启动灭火

五、系统组成与功能

（一）系统组成

管网式七氟丙烷灭火系统由灭火剂储存装置、瓶组架、选择阀、管网、喷头、火灾报警控制器、探测器、声光报警器、手动控制盒、泄压口、联动模块等组成。

1. 灭火剂储存装置：由钢瓶、容器阀、压力表组成，储存七氟丙烷灭火剂，额定压力4.2MPa
2. 选择阀：用于多防护区场景，控制灭火剂流向对应起火防护区
3. 火灾报警控制器：接收探测信号，发出报警、联动、灭火指令，实时监控系统状态
4. 联动设备：声光报警器、警铃、放气指示灯，提示人员疏散、禁止入内

（二）核心功能

1. 火灾实时探测：24小时不间断监测，早期发现火情并预警
2. 多级联动控制：自动关闭通风、切断电源，防止火势蔓延
3. 快速灭火：灭火剂喷放后快速弥漫全防护区，窒息灭火，无复燃风险
4. 状态监控：实时监测钢瓶压力、管网状态、设备故障，异常自动报警
5. 人员安全保障：喷放延时、声光提示，确保人员完全疏散后启动灭火

六、施工安装规范

（一）施工准备

1. 现场勘查：测量机房尺寸、确认防护区数量、布局，核对设备安装位置
2. 材料验收：所有设备、管材、灭火剂具备国家消防产品认证，合格证、检测报告齐全
3. 技术交底：明确施工流程、质量标准、安全注意事项，施工人员持证上岗

（二）安装流程

1. 钢瓶间施工：钢瓶间靠近防护区，耐火等级 $\geq$ 二级，通风良好，温度0-50℃，安装瓶组架固定钢瓶

2. 管网安装：管道横平竖直，固定支架间距均匀，焊接、连接密封严密，试压无泄漏
3. 设备安装：安装选择阀、喷头、探测器、报警控制器、手动控制盒，接线规范，标识清晰
4. 系统调试：分别进行单机调试、联动调试、模拟喷气试验，确保系统运行正常
5. 验收整改：邀请消防部门验收，针对问题整改，出具验收报告

（三）施工安全要求

1. 施工期间做好机房设备防护，避免粉尘、杂物进入设备内部
2. 带电设备区域施工，提前断电，做好绝缘防护
3. 严禁在机房内吸烟、动火，配备临时灭火器材

七、联动控制逻辑

1. 一级预警：单一烟感探测器报警，控制器发出声光预警，机房内警铃响起，提示人员检查火情
2. 二级联动：烟感+温感同时报警，控制器发出联动指令，关闭机房精密空调、新风机、防火阀，切断非消防电源，启动应急照明和疏散指示
3. 三级灭火：延时30秒后，自动开启灭火剂钢瓶容器阀、选择阀，七氟丙烷通过管网、喷头喷放至防护区，放气指示灯亮起，禁止人员进入
4. 灭火后：防护区通风换气，确认火情扑灭后，系统复位，清理现场，恢复机房运行

八、运维与保养方案

（一）日常维护（每日）

1. 检查报警控制器、探测器、声光报警器运行状态，无故障报警
2. 查看钢瓶压力表，压力值在正常范围（绿色区域）
3. 检查管网、阀门无泄漏、无损坏，标识清晰

（二）月度维护

1. 测试手动控制按钮、声光报警功能，确保灵敏有效
2. 检查联动设备（空调、防火阀、电源）联动状态
3. 清理探测器、喷头表面灰尘，保证探测、喷放效果

（三）年度维护

1. 全面检测系统性能，进行模拟喷气试验
2. 检查灭火剂储量，不足时及时充装
3. 校验压力表、容器阀、选择阀，更换老化密封件
4. 出具年度检测报告，建立运维档案

（四）应急处理

1. 误喷处理：立即开启防护区通风设备，疏散人员，通风换气后检查设备，重新充装灭火剂
2. 火灾后处理：确认火情扑灭，通风排毒，检查系统设备，修复损坏部件，恢复运行
3. 故障处理：设备故障、压力异常立即停机，联系专业人员维修，严禁私自拆卸

九、安全注意事项

1. 防护区设置明显警示标识，标注“气体灭火防护区，火灾时禁止入内”
2. 机房工作人员需经系统操作培训，熟练掌握手动启动、应急疏散流程
3. 防护区通风系统需独立设置，灭火后强制通风，确保灭火剂完全排出后人员方可进入

4. 严禁在防护区内堆放易燃易爆物品，严禁堵塞喷头、泄压口、手动控制按钮
5. 定期组织消防演练，提升人员应急处置能力

十、方案优势

1. 合规性强：严格遵循国家消防规范，通过消防验收，满足机房防火等级要求
2. 针对性高：适配机房精密设备特点，无残留、不导电，避免二次损害
3. 灭火高效：8秒内完成灭火剂喷放，快速扑灭初期火灾，降低数据与设备损失
4. 智能联动：多级探测、联动控制，减少误报，保障人员与设备安全
5. 运维便捷：系统稳定性高，维护成本低，全周期技术支持，保障长期可靠运行

十一、适用标准规范

1. 《气体灭火系统设计规范》（GB 50370-2005）
2. 《数据中心设计规范》（GB 50174-2017）
3. 《建筑设计防火规范》（GB 50016-2014）
4. 《火灾自动报警系统设计规范》（GB 50116-2013）
5. 《气体灭火系统施工及验收规范》（GB 50263-2007）