

四、精密仪器、实验室、无尘车间、高价值设备区域

气体灭火系统完整解决方案

一、方案总则

1.1 编制依据

严格遵循国家现行规范，与前三类场所方案规范体系统一：

- 《气体灭火系统设计规范》GB 50370-2005
- 《气体灭火系统施工及验收规范》GB 50263-2007
- 《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116-2013
- 《洁净厂房设计规范》GB 50073
- 《科学实验建筑设计规范》JGJ91
- 《建筑设计防火规范》GB 50016

1.2 适用防护区域（第四类专属场景）

本方案针对怕水、怕尘、怕腐蚀、怕受潮、高精密、高造价设备区域：

1. 理化实验室、检测实验室、计量室、标定室
2. 精密仪器室（显微镜、光谱仪、色谱仪、质谱仪、探伤设备）
3. 医疗设备室、影像设备机房（核磁、DR、CT设备间）
4. 半导体无尘车间、芯片制程间、精密贴片车间
5. 光学仪器室、激光设备区、高精度检测设备区
6. 贵重实验设备库房、精密工控设备间、自动化中控机房

1.3 本场所独有火灾特点（区别机房/配电/档案）

1. 设备极度精密：镜头、镜片、光路、传感器、电路板、真空组件禁止任何粉尘、水渍、油污残留。
2. 火灾多为设备内部故障：电源模块、驱动板、激光器、高压模块过热起火，属于设备内部阴燃火。
3. 环境要求极高：多数区域为无尘、恒温恒湿、微正压洁净环境。
4. 损失价值极高：单台设备几十万至数千万，设备损坏、光路污染、精度报废损失远超建筑损失。
5. 禁用所有传统灭火：

- 水喷 → 电路烧毁、精密部件受潮报废
- 干粉 → 渗入镜头、光路、传感器、微孔结构 → 永久报废无法修复
- 泡沫、水雾 → 结露、氧化、镜头发霉

1.4 灭火选型核心原则

绝对洁净、零残留、零粉尘、无腐蚀、不影响精密精度、不污染洁净环境

二、系统选型对比（精密设备行业专属）

2.1 各灭火剂适配性分析

1) 七氟丙烷（主流通用首选）

- 完全洁净、无固体残留、不导电、不腐蚀金属与光学镜片
- 灭火速度快，能快速扑灭电路板、电源模块起火
- 对普通精密仪器、实验室设备100%兼容
- 性价比最高、验收最稳、市场通用

2) IG541混合气体（高端洁净室首选）

- 纯空气组分、零化学残留、零温差结露
- 不改变洁净室温湿度、不影响无尘等级
- 适合高等级无尘车间、长期有人实验操作区

3) 全氟己酮（超高精密、光学、激光设备首选）

- 常温液态、喷放低温、不产生结晶、不污染光路
- 对超精密镜头、激光腔体、真空设备、半导体制程保护性最强
- 多用于芯片车间、光学实验室、高端检测设备间

4) 二氧化碳（本场所严禁使用）

- 喷放超低温 → 精密设备凝露、结霜、热胀冷缩炸裂
- 会导致光学镜片起雾、电路受潮、精度漂移

精密仪器区、无尘车间禁止CO₂灭火

2.2 本方案最终选型定位

1. 普通精密实验室、检测仪器室：柜式/管网式七氟丙烷

2. 百级/千级无尘车间、半导体车间：IG541

3. 光学、激光、芯片、超高精密设备区：全氟己酮

本方案以应用最广、通用性最强的七氟丙烷系统做标准化完整设计。

三、防护区划分与围护结构设计（洁净区专项）

3.1 防护区划分标准

1. 单防护区面积≤800m²，容积≤3600m³，超面积必须分隔
2. 不同精度实验室、无尘等级房间必须独立分区
3. 设备间与实验操作间严禁合并防护区

3.2 密闭性特殊要求（比普通机房更严格）

1. 洁净车间本身为密闭微正压环境，天然适配气体灭火全淹没条件
2. 所有新风、回风、净化机组风口必须电动自动关闭
3. 高效滤网、风柜、静压箱风口联动关闭，防止气体外泄
4. 所有管线穿墙孔洞、洁净板缝隙全密闭封堵
5. 防护区顶部设置自动泄压口，保证喷放不破坏洁净墙板、彩钢板

3.3 环境保护要求

1. 系统喷放不得产生粉尘、不得污染洁净层流环境
2. 管网、喷头采用洁净级防腐处理，无掉漆、无锈蚀脱落

四、灭火参数专项设计（精密设备专用）

4.1 设计灭火浓度

- 精密电气设备、仪器内部火灾：8.5%
（高于普通机房，针对电路板深层阴燃）

4.2 喷放时间

- ≤8秒

快速控温，保护精密元器件不因高温持续烧毁、光路碳化。

4.3 浸渍时间（关键）

- 精密仪器室、无尘车间浸渍时间 ≥10min

保证设备腔体、机箱内部、夹层阴燃火彻底熄灭，杜绝复燃返工。

4.4 药剂用量取值

精密设备区统一取值：0.8kg/m³

针对设备多、遮挡多、密闭机箱多的工况预留充足浓度余量。

五、探测系统设计（实验室/精密车间专属）

5.1 探测器选型逻辑

精密设备起火特点：先高温、后微量烟雾、烟雾细微

因此采用：

烟感+温感双复合探测

- 烟感：捕捉电路板碳化微烟
- 温感：捕捉设备电源模块过热温升

5.2 特殊布置要求

1. 大型设备机箱上方、机柜顶部加密布置探测器
2. 无尘车间吊顶层、静压层增设探测点
3. 避免探测器遮挡洁净风口、层流罩

5.3 报警逻辑

1. 单探测预警：通知实验人员现场排查设备异常
2. 双探测确认火警：启动全套灭火联动程序，杜绝误喷损坏昂贵设备

六、联动控制逻辑（四类场所最精细）

6.1 标准联动顺序

1. 双探测确认火警
2. 立即关停净化空调、层流机组、新风系统、除湿机
3. 关闭所有电动防火阀、洁净风阀
4. 切断室内非消防设备电源、实验设备动力电
5. 保留应急照明、监控、消防电源
6. 声光报警、放气指示灯点亮
7. 30秒人员疏散延时
8. 气体喷放全淹没灭火

6.2 本场所独有保护逻辑

1. 严禁联动切断中控核心监控主机电源
2. 灭火后禁止立刻强通风直吹设备，防止冷热骤变损伤精密光路与传感器

七、系统设备组成（洁净专用配置）

1. 七氟丙烷储瓶组、专用洁净级管网
2. 防腐镀锌无缝钢管、洁净专用喷头（无掉尘、无杂质）
3. 火灾报警控制器、烟温复合探测器
4. 紧急启停按钮、声光报警器、放气指示灯
5. 自动泄压口
6. 洁净风阀联动模块、空调停机联动模块
7. 全套密闭封堵、洁净区专用防火密封材料

八、施工安装专项规范（无尘/精密区重点）

1. 施工全程无尘作业

禁止粉尘掉落污染洁净车间滤网、精密设备表面

2. 管道尽量沿吊顶夹层、设备间侧墙敷设，不破坏洁净层流布局
3. 所有管道切割、开孔在非洁净区预制完成
4. 进入洁净区施工必须穿无尘服、无尘鞋
5. 喷头布置避开设备光路、镜头正上方，防止气流直吹精密组件
6. 施工完成后全面吸尘、净化、检漏

九、灭火后恢复流程（精密设备专属）

1. 灭火完成后密闭静置降温，避免设备热胀冷缩损伤
2. 缓慢开启排风系统，梯度通风，禁止大风量直吹
3. 气体完全排空后，检测室内洁净度、温湿度恢复正常值
4. 设备工程师逐台检查：光路、传感器、电路板、真空腔体
5. 确认无残留、无污染、无受潮后，逐级恢复设备供电与实验生产

十、日常运维与保养

1. 每日：压力巡检、设备无遮挡、洁净风口通畅
2. 每月：联动启停测试、风阀空调联动测试
3. 每年：气密性检测、模拟联动试验、洁净密闭性复查
4. 严禁在精密设备区进行产生粉尘的检修作业

十一、本场所绝对禁忌（验收必考）

1. 严禁干粉灭火器作为保护区主力灭火
2. 严禁水喷淋、消火栓覆盖精密仪器区域
3. 严禁使用CO₂系统（结露损坏精密设备）
4. 禁止遮挡喷头、探测器、泄压口、紧急按钮
5. 禁止私自改动洁净车间围护密闭结构

十二、方案核心优势

1. 零残留、零污染：完美适配无尘车间、光学精密设备环境
2. 保护设备精度：不腐蚀、不结露、不污染光路传感器
3. 灭阴燃能力强：专门针对电路板、设备内部隐蔽火灾
4. 联动逻辑精细，不误损高价值实验与生产设备
5. 完全符合洁净厂房、实验室消防验收规范

十三、适用规范清单

- GB 50370-2005 《气体灭火系统设计规范》
- GB 50263-2007 《气体灭火系统施工及验收规范》
- GB 50073 《洁净厂房设计规范》
- JGJ91 《科学实验建筑设计规范》
- GB 50116 《火灾自动报警系统设计规范》