

# 降低关键任务设施的火灾风险

## 第 83 号白皮书

版本 2

作者 Victor Avelar

### > 摘要

本文将深入探讨关键任务设施中火灾的形成、探测、扑灭和预防。此外，还将讨论用于信息技术（IT）环境的消防规范，提供旨在提高可用性的最佳实践。

### 目录

*点击内容即可跳转至具体章节*

简介	2
火灾探测系统类型	4
灭火系统类型	6
拉式火警箱和信号设备	9
控制系统	10
关键任务设施	10
行业最佳实践	11
结论	13
资源	14

## 简介

当今的数据中心和网络机房与过去相比，在保持正常运行方面面临着更大的压力。一些公司因为一次单独的数据中心小故障，就有可能损失上百万美元。所以不难推断，如果数据中心发生严重的火灾，那么公司可能不仅是损失数百万美元，而是有可能面临倒闭。

根据美国消防协会（NFPA）统计，2001 年发生 125,000 起非住宅火灾，共损失 32.31 亿美元。行业研究显示，有 43% 的企业在火灾后无法重新开业。而在火灾后重新开业的企业中，又有 29% 在三年内倒闭。有鉴于此，在设计数据中心时，火灾的预防、探测和扑灭一直是首要关注的问题。数据中心火灾一般由线槽、高架地板和其它隐藏区域的电源问题引起。这也是为什么高架地板夹层必须正确配备消防设备的原因之一。此外，纵火、公司员工的蓄意破坏，以及闪电和浪涌等自然现象也都有可能引发数据中心的火灾。和数据中心的其它关键系统一样，消防系统也必须冗余和容错，以便提高数据中心的整体可用性。

与任何类型的火灾探测或灭火设备相比，防火设备提供了更高级别的保护，杜绝火灾的发生。简而言之，如果某个环境无法着火，那么设施根本不会有遭受火灾的危险。但如果已经发生着火，下一步则是尽快探测到它。在发出火警前，监控人员负责确定着火地点并告知他人。现在，有很多先进的探测器，能够在着火的初期就可以探测到它们，然后通知管理中心，继而告知相关人员，启动灭火系统。在最初的火灾探测设备，有些只是一个与一条绳子相连，附有一个重物的水压阀。发生火灾时，绳子会烧断，从而打开水压阀。值得庆幸的是，随着技术的发展，消防系统也有了长足的进步。现在，有很多火灾探测和灭火的方式，但只有较少的几种建议应用于数据中心。在数据中心，消防系统的主要目标是，在不干扰正常业务流程、不威胁内部人员安全的情况下，控制火情。

### 数据中心设计标准—美国消防规范

成立于 1896 年的美国消防协会，简称 NFPA，旨在保护公众免遭电气和火灾的威胁。它的宗旨是“通过制订和提倡以科学为基础的、公认的规范和标准，相关研究、培训与教育，来减少世界范围内的火灾和其它威胁对生活质量的影响。”目前，NFPA 作为一个全球性的机构，已创建了许多标准，NFPA 75 即是其中之一。NFPA 75 为保护电子计算机/数据处理设备的标准。本白皮书中“**最佳实践**”部分列出的部分条目就是根据 NFPA 75 标准得出的。1999 年，NFPA 75 (6-4.2.1) 的一个重要不同之处在于，允许数据中心在气体灭火剂全淹没灭火系统启用后，继续为电子设备供电。这条款适用于存在以下风险的数据中心(NFPA 75, 2-1):

1. 因功能缺失或记录丢失而造成经济损失
2. 因设备价值受损而造成经济损失
3. 职能人员丧命
4. 对于人员或所在建筑物存在火灾危险

稍后我们将深入讨论气体灭火剂。NFPA 不断更新其标准，因此建议在为数据中心设计或更新消防系统前，先查看最新标准。应该注意的是，在大多数情况下，当地主管部门(AHJ)拥有对消防系统合格与否的最终决定权。

### 火灾的分类

火灾可分为 A、B、C、D 和 K 五类。这五类如图 1 所示，并配以标准的图片符号，来表示对应哪类火灾。数据中心的火灾根据其燃烧物的不同，通常可归为 A 类和 C 类。会引发 B 类火灾的化学品不应存放在数据中心中。

图 1  
火灾的分类

类别	火灾类型	图标
A	由纸张、木头、织物和若干塑料等普通可燃物引发的固体物质火灾。	
B	由机油、油漆、石油和汽油等可燃液体和气体引发的液体或气体火灾。	
C	由运行中的电气设备引发的带电火灾。通常伴随有 A 类或 B 类火灾。	
D	由易燃金属或合金，如镁、钠和钾等引发的金属火灾。	
K	烹饪器具内的烹饪物（如蔬菜、动植物油脂）引发的火灾。	

所谓的“燃烧三要素”分别指的是氧气、热量和可燃物，当三个要素同时存在并且相互发生作用时，才有可能发生燃烧。如果有一个或多个要素不存在，便不会着火。因此，灭火方法会根据具体消除的元素不同而有所不同。例如，二氧化碳灭火系统通过采用较重的二氧化碳来取代氧气来减少氧气的方法灭火。同时，因为二氧化碳比火焰要冷得多，它也通过吸收热量来阻止火势蔓延。

一旦着火，通常可将其划分为四个不同的燃烧阶段：初期阶段或预燃阶段；冒烟阶段；大火阶段；以及烈火阶段。随着燃烧逐阶提升，许多因素也会呈指数式增长，如烟雾、热度和对资产的破坏程度等。更重要的是，随着烟雾变浓，人身安全受到的威胁也越来越大。对火灾的研究表明，极早期阶段有最充足的时间来探测并控制火情。在这个时间段，火灾探测系统发挥重要作用，决定着数据中心的可用性。着火时间越长，燃烧的范围就越大，设备发生故障的可能性就越大，即使成功灭火，也可能已经发生故障。这些着火的产品可能带电，从而会破坏 IT 设备的电路。在接下来的几部分中，我们将讨论如何探测数据中心火灾并实施灭火的可行解决方案。

### 选择消防解决方案

数据中心消防解决方案，应满足三个条件：识别火灾的存在，将此情况报告该区域的工作人员和相关管理人员，最后隔离火情并尽可能扑灭它。熟悉所有火灾探测、报警和扑灭技术，将确保消防解决方案出色、可靠。当然，在选择探测和灭火方法前，设计工程师必须先对潜在危险和问题进行评估。数据中心是否安装了高架地板？天花板是否很高？该区域是否有工作人员？探测器的运行是否会受到某种阻碍？在选择适合的消防解决方案前，应该回答上述问题以及很多类似性质的问题。尽管仍需要大量现场工作，但先进的技术使得消防解决方案的设计更简单、更安全。下面具体介绍一个全面的数据中心消防解决方案中使用的各个组件。

## 火灾探测系统类型

探测器的类型主要有三种：感烟探测器、感温探测器和火焰探测器。在保护数据中心方面，感烟探测器最有效。数据中心不应使用感温探测器和火焰探测器，因为它们无法检测到火灾的初期阶段，所以也就不可能及早报警，来保护重要资产。

### 点型感烟探测

点型或传统感烟探测器的有效覆盖面积大约为 84 平方米（900 平方英尺）。而在数据中心和计算机房，它们之间相隔的距离一般会缩小，以适应这些环境中所需的高通风量，对其作出补偿。房间中的换气次数越多，每平方米所应部署的探测器也就越多，如表 1 所示。行业对高通风区域的默认部署标准一般为每 23 平方米（250 平方英尺）一个探测器。点型感烟探测器适用于小型数据中心和计算机房。虽然也有更为昂贵的智能探测器，但对于较小的空间来说，它们的价值与点型感烟探测器相差无几。点型感烟探测器共分为两种：光电型探测器和离子型探测器。

表 1

感烟探测器个数与不同换气次数的关系

每小时换气次数	每个探测器覆盖面积 (平方英尺)	每个探测器覆盖面积 (平方米)
60	125	11.6
30	250	23.2
20	375	34.8
15	500	46.4
12	625	58.1
10	750	69.7
8.6	875	81.3
7.5	900	83.6
6.7	900	83.6
6	900	83.6

数据来源：NFPA 72-美国国家火灾报警规范（2007）

**光电型探测器**使用一个光源或一束光以及一个与其垂直的感光传感器来工作。当空腔中没有任何异样，感光传感器不会反应。而当感烟进入空腔，部分光线漫反射到感光传感器，导致它进入报警状态。

**离子型探测器**使用一个电离室和少量射线来探测感烟。一般情况下，电离室的空气被射线电离，形成稳定电流。当烟雾进入电离室，干扰带电离子的正常运行，造成电流下降。探测器就会产生感应而发出报警信号。

### 智能点型极早期感烟探测

除了配有一个能精确报告火灾具体位置的可定址智能火灾报警控制板外，图 2 所示的智能点型探测器与传统点型探测器非常类似。智能点型探测器也分为光电型和离子型两种。这些探测器之所以智能，是因为它们能独立定址，向中央控制站发送信息，指出烟雾的确切位置。部分探测器能自动适应环境因素的变化，如湿度或积尘。它们还能通过编程，设定为在一天中的某些时段提高灵敏度，例如当工作人员离开该区域时，灵敏度提高等。智能点型探测器一般放置在高架地板下方、天花板上方或天花板吊顶上方。此外，改良的点型探测器也可用于空调通风管道，以探测

HVAC（暖通空调）系统中有可能发生的火灾，如图 3 所示。将探测器放在 CRAC（计算机房空调）的出风口和进风口附近，能够加速火灾的探测。

图 2（左图）

智能感烟探测器

图 3（右图）

管道感烟探测器

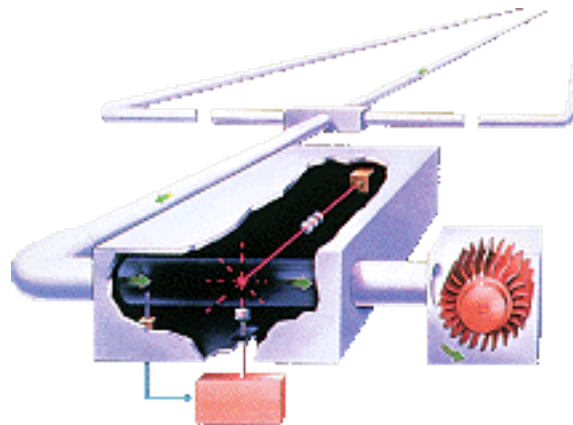


### 空气采样感烟探测

空气采样感烟探测，有时也被称作“极早期感烟探测”（VESD）系统，通常被认为是一种高性能的光电型探测器。空气采样系统使用先进的探测方法，采用一个非常敏感的激光器，它远比普通光电型探测器强大。当微尘颗粒通过探测器，激光束就能分辨出它们究竟是尘埃还是燃烧副产物。空气采样感烟探测系统由一组与单个探测器相连的管道网络构成，不断吸入空气并对其进行采样分析。这些管道一般使用 PVC 材料，但也有可能使用 CPVC、EMT 或铜管。根据所保护空间的大小以及传感器的配置数量，系统能覆盖 232 到 7,432 平方米（2,500 到 80,000 平方英尺）的区域。尽管其覆盖面积很大，但这些传感器能够集中放置，以便维护和修理。感烟探测取决于三个因素：探测器的灵敏度、通向探测器烟道的清晰度，以及烟雾到达探测器时的密度。在空气流通很快的数据中心等区域，很难用点型探测器发现烟雾，特别是火灾初发阶段的烟雾。因此，对于高可用性数据中心来说，VESD 才是理想的感烟探测解决方案。空气采样感烟探测系统经过特别设计，能够探测出燃烧颗粒，如初始温度升高阶段 PVC 线释放的粒子等。当烟粒子通过管道到达探测器，光探测器或激光束就能分辨出这些粒子究竟是尘埃还是燃烧副产物。这一探测过程与光电型或电离感烟探测器相比，灵敏度要高出 1000 倍。这些系统能探测出浓度仅为每英尺 0.003% 的燃烧颗粒。图 4 为典型的空气采样式探测器。

图 4

空气采样感烟探测系统



### 线型感温探测

线型感温探测是一种探测电缆托架或电缆线路中“热点”的方法。通常它不会用于封闭、带空调的计算机房或数据中心。线型探测更常用于有较长电缆托架的工业场所，如精炼厂、化学工厂和发电厂等。线型感温探测由至少两个相互关联的热导体组成。当达到某个设定温度时，这两个导体就引发可在主控制板中看到的报警。控制板随后通知相关人员，并指出热点位置。线型感温探测能探测出长达 1,524 米（5,000 英尺）线路中的任意热点。

## 灭火系统类型

一旦在数据中心中探测到火灾，要在不影响数据中心运行的同时快速灭火就显得非常重要。有多种方法可以使用，有的方法效果较好，有的较差。但无论使用哪种方法，都应该能在误报情况下终止灭火系统的运行。

### 泡沫灭火

泡沫灭火系统的正式名称为水成膜泡沫（AFFF）灭火系统，一般用于可燃液体引发的火灾，因为当使用这种灭火系统，泡沫浮在可燃液体之上，这能阻止氧气接触火焰，从而灭火。泡沫是导电的，所以不能用于任何带电情况下的火灾。毫无疑问，它不适用于数据中心。

### 干粉灭火

干化学品或干粉灭火系统能用于多种火灾，对环境的威胁极小。根据火灾类型，可使用不同种类的粉末。它们不导电，但需要事后清洁。因为它们喷放后有残留物质，所以一般用于很多工业场所，而不建议在数据中心中使用。

### 水喷淋灭火系统

水喷淋灭火系统是专为保护建筑围护结构而设计的（如图 5 所示）。当阀门熔断器断开，该系统开始喷水。熔断器一般为焊锡或玻璃球形管，当温度达到 165-175°F 时断开。需要注意的是，当熔断器断开，该灭火系统的喷头周围温度可能高达 1000°F。这就催生了快开或快速反应自动喷水灭火系统的诞生，它们基本功能保持不变，但在较低温度下喷水。自动喷水灭火系统有三种不同类型：湿式系统、干式系统和预作用系统。湿式系统是最常用的，一般用在隔热建筑物中，以防止水冻结。干式系统配水管网平时充满带压的气体或氮气来防止冻结。预作用系统需要激活一组传感器后，才能允许水进入系统管道，以免意外喷水。一般来说，不建议在数据中心使用自动喷水灭火系统，但根据地方消防规范，也可能会用到此系统，在这种情况下，建议选择预作用系统。在新建建筑时，安装一个自动喷水灭火系统的成本大约在 3.28-6.56 美元/平方米（1-2 美元/平方英尺，而如果在建筑翻新时安装，则成本要增加到 6.56-9.84 美元/平方米（2-3 美元/平方英尺）。



图 5

洒水喷头

### 细水雾系统

细水雾系统在着火时喷出极小水滴。水滴的大小为 100 到 120 微米，大大降低了用水量。因为与传统自动喷水灭火系统相比，细水雾系统使用的水量较少，因此它们需要的存放空间也较小。细水雾系统极为安全，不会对环境造成任何影响。细水雾系统的灭火原理是吸收火的热量。通过吸收热量，会生成水蒸气，在火焰和燃烧所需的氧气间形成屏障。因为状态发生改变（液体到水蒸气），所以细水雾系统十分有效（蒸发冷却系统也运用了此原理）。它一般用于蒸汽轮机、汽

轮发电机轴承、发电机组、变压器和配电室等场所。因为其效果出众，细水雾系统正迅速普及。但很明显，其喷水会造成数据中心湿度极高，从而引发设备故障。

## 灭火器

有时，最古老的灭火方法是最有效的。目前的灭火器与过去没有什么差别，易于使用，任何人都可轻松操作。之所以灭火器对数据中心如此重要，是因为它在主要灭火系统喷放前，就能扑灭火焰。正如我们之前所说，鼻子是最好的“火灾探测器”，有助于在火灾最早期就扑灭它们。

目前，有多种灭火器已被批准用于数据中心，来取代哈龙 1211。HFC-236fa 就是其中之一，其商品名称 FE-36 更为常见，能在有人区域使用（参见图 6）。其它灭火器还包括 Halotron I、Halotron II 和 Novec 1230 等。它们喷放气体，不会留下残留物，都很环保。这些洁净气体灭火器的原理是吸收热量，以化学方式阻燃。



图 6

洁净气体灭火器

## 全淹没灭火系统

全淹没灭火系统，有时也称为洁净气体灭火系统，适用于 A、B 和 C 类火灾。气体灭火剂淹没灭火系统对于全封闭的有限空间极其有效，因而非常适合数据中心环境。通常，这种灭火剂只需不到 10 秒钟即可喷放并充满房间。该灭火剂储存在加压罐中，如图 7 所示。所需加压罐的数量应视具体保护房间的总容积和采用的灭火剂类型而定。数据中心中的隐蔽区域是火灾的最大隐患处。如果在开放区域中出现线路受损、松散或日久失修，凭借日常目测就能发现问题，及时修复。但是，要发现封闭区域中的问题就远非如此简单。气体灭火剂与喷水灭火系统的不同之处在于，即使是最难以触及的区域，如设备机柜内部，它也能渗透进去。在灭火完成后，这种气体及其副产物可以通过通风排出数据中心，对环境几乎不会造成任何影响，且没有残留。

这些灭火剂不导电、无腐蚀性，有些能够在工作环境中安全喷放。之所以称为“洁净灭火剂”是因为它们无残留，不会造成附带的损害。多年来，哈龙一直被用作首选灭火剂，但是，由于其对臭氧层的破坏，在商用市场已逐步淘汰。在下文中，我们将探讨哈龙的替代产品。全淹没灭火系统所遵循的标准是 NFPA 2001—洁净气体灭火系统标准。



图 7

气体灭火剂钢瓶

## 气体灭火剂

这种灭火剂是一种气态化合物，能够通过“闷熄”和/或消除热量的方式，达到灭火的目的。在完全密闭的房间中，气体灭火剂能够非常有效地灭火，没有残留物。早在 20 世纪 60 年代哈龙 1301 出现时，这种灭火剂就因其出色的灭火效能而在各行各业得以广泛使用。但是，1994 年 1 月 1 日，随着《清洁空气法案》(CAA) 的问世，美国根据关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书的规定，禁止生产和进口哈龙 1211、1301 和 2402。目前市场上见到的只有回收再利用的哈龙和在 1994 年 1 月 1 日之前生产的库存产品。此外，美国环保署 (EPA) 于 1998 年 3 月 5 日颁布了最终法规 (63 FR 11084)，规定禁止生产所有哈龙混合物。只有航空消防是唯一例外的。这项禁令中推出了两个美国标准：有关洁净气体灭火系统的 NFPA 2001 标准和 EPA 的重要新替代品政策 (SNAP)。灭火剂替代品将根据这些标准，就其安全性、对环境的影响和灭火效能进行评估。

气体灭火剂分为惰性气体和含氟化合物两类。请注意，灭火剂的名称是根据 NFPA 2001 标准命名的。下面圆括号内的名称是人们通常提到的商品名称。

### 惰性气体

尽管经 NFPA 2001 批准的惰性气体有很多，但是，目前市场上广泛接受、能够买到的就是 IG-55 (Pro-Inert) 和 IG-541 (Inergen)。NFPA 2001 列出的其他惰性气体灭火剂包括：二氧化碳 (CO<sub>2</sub>)、IG-55 (氩氮混合物)、IG-100 (氮气) 和 IG-01 (氙气)。

- 二氧化碳

二氧化碳 (CO<sub>2</sub>) 是一种惰性气体，能够通过物理置换的方法来降低支持火焰燃烧的氧气浓度。因为它比氧气重，所以它能降至火焰底部，迅速将火闷熄。但这也导致这种类型的灭火剂在有人环境中喷放不安全。根据标准 NFPA 12 的要求，这些系统不能用于有人环境，因此不适合数据中心。如果由于未找到适合的替代品，而被迫将 CO<sub>2</sub> 系统用于有人环境，那么，就必须制定适当的撤离计划，并采取安全保障机制，通知现场人员，在喷放前撤离。安全机制应该在喷放前 30-60 秒为数据中心的工作人员提供语音和可视化的持续警报。CO<sub>2</sub> 不导电，不会造成破坏。使用二氧化碳的另一个弊端就是，要达到有效喷放，需要大量的贮存容器。CO<sub>2</sub> 以气态的方式储存在罐中，所占用的存储空间约为哈龙 1301 的 4 倍。对于地面空间非常宝贵的数据中心来说，无疑是一项不太明智的举措。它适用的场所包括变电室、配电室、电缆室、发电机和工业流程。

- IG-55 (Pro-Inert) 和 IG-541 (Inergen)

Pro-Inert 是一种由 50% 氩和 50% 氮组成的惰性气体。Inergen 则是一种由 52% 氮、40% 氩和 8% 二氧化碳组成的惰性气体，所有这些气体都是在大气中自然存在的。因此，其臭氧层消耗潜能值 (ODP) 为零，全球变暖潜能值较低，符合要求，分解时不会产生任何有害物质。惰性气体灭火剂不导电，无残留，能够在有人环境中安全喷放。它们是以气体的形式储存在高压气瓶中，可以安放在远离受保护场所远达 91 米 (300 英尺) 处。考虑到该惰性气体灭火剂需要的存储空间为当今市场其他替代品的 10 倍。因此，这种灭火剂可远距离存放还是比较便利的，否则将会占用数据中心宝贵的空间。另外，为减少保护多个房间所需的存储容量，可利用换向阀将灭火剂导向报警区域。由于排放到受保护场所的灭火剂量较大，灭火剂喷放需 60 秒。惰性气体灭火剂可应用于数据中心、电信办公室和各种关键应用的场合。

### 含氟化合物

尽管经 NFPA 2001 批准的含氟化合物有很多，但是，目前市场上广泛接受、能够买到、用于保护重要资产的灭火剂就是 FK-5-1-12 (3M Novec 1230 防火液)、HFC-125 (ECARO-25/FE-25) 和 HFC-227ea (FM-200/FE-227)。

- FK-5-1-12 (Novec 1230)

FK-5-1-12 也称为 3M Novec 1230 防火液。其臭氧层消耗潜能值 (ODP) 为零，全球变暖潜能值极低。FK-5-1-12 以液态形式存储，无色、几乎无味。尽管室温下为液态，但在喷放时为不导电的气体，无残留，对人体无害；但是，像其他消防情况一样，一旦警报鸣响，所有人员都必须撤离该区域。FK-5-1-12 系统所需的存储空间与传统卤烃灭火剂基本相同。它能以比生成热量更快的速度来消除热量，从而达到灭火的目的，喷放时间最多只需 10 秒。

- HFC-125 (ECARO-25/FE-25)



HFC-125 包含两个商业品牌：ECARO-25 和 FE-25。HFC-125 的臭氧层消耗潜能值（ODP）为零，全球变暖潜能值在可接受范围内。它无色、无味，能够以液化压缩气体的形式存储。喷放时是一种不导电的气体，无残留，对人体无害。它可用于有人的区域；但是，像其他消防情况一样，一旦警报鸣响，所有人员都必须撤离该区域。HFC-125 适用的天花板高度最高 4.9 米（16 英尺）。HFC-125 的流动性类似哈龙，实际上，它是哈龙一种方便的替代品，可以使用哈龙系统原来的管网来分配灭火剂。必须使用流动计算软件来验证灭火剂能在管网内分配，且符合 NFPA 2001 标准和产品 UL FM 认证。鉴于其水力特性，消防所需的单位重量灭火剂少于当今市场上的其他化学灭火剂。HFC-125 占地面积与哈龙系统大致相同。该灭火剂通过消除热量，从化学上抑制燃烧反应，喷放时间最多只需 10 秒。

- HFC-227ea (FM-200/FE-227)

HFC-227ea 包含两个商业品牌：FE-200 和 FE-227。HFC-227ea 的臭氧层消耗潜能值（ODP）为零，并且全球变暖潜能值在可接受范围内。它无色、无味，能够以液化压缩气体的形式存储。HFC-227ea 喷放时是一种不导电的气体，无残留，对人体无害；但是，像其他消防情况一样，一旦警报鸣响，所有人员都必须撤离该区域。适用的天花板高度最高为 4.9 米（16 英尺），所需存储空间为哈龙 1301 系统的 1.7 倍。HFC-227ea 通过消除热量，从化学上抑制燃烧反应，喷放时间最多只需 10 秒。该灭火剂可以在现有的哈龙 1301 系统上改造使用，但必须更换管网，或使用附加的氮气罐来推动灭火剂在原有哈龙管网中的流动。

## 拉式火警箱和信号设备

拉式火警箱使楼内工作人员在遭遇火灾的情况下能够通知楼内所有人。它们应该安置在受保护区的每个出口处，拉下后即可向消防部门报告火警（参见图 8）。拉式火警箱有时是在初发阶段发现火灾的最佳手段。无论感烟探测器如何灵敏，也无法替代人的鼻子。一个人嗅到烟味的速度远比任何感烟探测器都要快。

图 8

拉式火警箱



在拉式火警箱或探测器进入报警状态后，信号设备将启动。它为建筑物内的人员提供了撤离建筑物的声音和/或可视持续信号（参见图 9）。声音可能包括号角、铃声、警笛等，听到的形式可能有多种。声音的强度从 75dBA 到 100dBA。

可视信号设备对于那些有听觉障碍的人至关重要。频闪放电管通常采用的是氙闪光管，外罩透明防护塑料罩作为保护。它们有多种不同的光强度，以坎德拉（Candela）为单位。这些频闪放电管最低的闪烁频率为至少每秒一次。

图 9  
火警频闪放电管

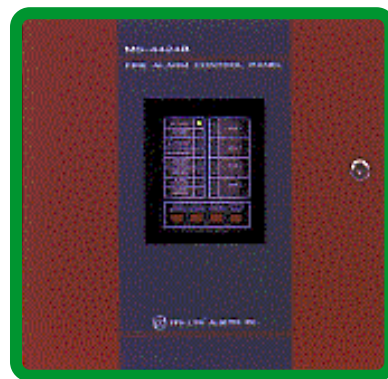


## 控制系统

无论建筑物内安装了多少个灭火和探测装置，如果没有一个控制系统，即人们熟知的火灾报警控制面板（FACP），则不具有任何意义。控制系统就好比建筑物消防网络的“大脑”。我们上面所讨论的每个系统都由火警控制系统管理。火灾报警面板既可以是传统面板，也可以是智能可定址面板，但都可以用于同种类型（传统或智能/可定址）的探测器，并且采用相同的通信协议。图 10 即提供了一个控制系统示例。借助该面板，能够控制各部件（如感烟探测器）的灵敏度，并可通过编程，实现仅在发生特定顺序的事件后才启动报警。借助这些系统所采用的计算机程序，用户能够设置时间延迟、阈值、密码和其他功能。用户可以利用智能化最高的面板生成报告，从而可以识别有故障的传感器，提高消防系统的性能等。一旦探测器、拉式火警箱或传感器被激活，控制系统会自动将一系列预先编程的规则付诸实施。它还能管理人员提供有价值的信息。

所有灭火环境中所使用的火警控制面板都必须具有 UL “认证”。这就确保了控制面板采用必要的协议和逻辑，以激活和控制灭火系统。

图 10  
火灾报警控制面板



## 关键任务设施

现在，所有消防组件都已介绍完毕，最后要做的就是将其组合在一起，设计一个功能强大、高度可用的数据中心解决方案。需要注意的是，虽然上面介绍了各种类型的探测、灭火和气体灭火剂，但它们并非都适用于高可用的数据中心。以下列出的组件有助于您实现 7x24x365 的正常运行目标。

- 传统点型探测
- 智能点型探测
- 空气采样感烟探测（VESD）
- 灭火器
- 全淹没灭火系统
- 替代哈龙的洁净灭火剂

- 拉式火警箱
- 发信号设备
- 控制系统/火警控制面板（FACP）

配备光电型探测器的点型探测应由传统或智能“控制”面板管理。在高架地板和主要环境中都必须安装探测器。并使用连续的探测结构。初级报警不应触发灭火系统；而应促使控制系统发出报警信号。当第二个探测器报警时，将向控制面板传递火灾的确切消息，此时面板将按次序启动现场的灭火系统。触动拉式火警箱将通过火警控制面板立即激活灭火系统。

高架地板上下部都应部署带冗余的空气采样感烟探测系统。喷放。在全淹没灭火系统喷放前，两个探测系统都必须进入报警状态。建议在每个 CRAC 设备进风和出风口都放置智能点型探测器。如果有其他管道进入数据中心，都应安装管道感烟探测器。同样，为了避免洁净空气灭火剂意外喷放，单次报警不能触发喷放。目前最常用的替代哈龙的洁净空气灭火剂系统当属 HFC-125（ECARO-25/FE-25）和 HFC-227ea（FM-200/FE-227），因为它们具有存储空间小和高效能的特点。除了全淹没灭火系统外，消防法规还可能要求安装自动喷水灭火系统。在这种情况下，必须采用预作用系统，防止意外喷水使数据中心受损。洁净空气灭火器应遍布整个数据中心，并符合地方消防法规的要求。每个出口都应配备拉式火警箱，并张贴消防流程，信号设备应遍布整个建筑物，以便通知遭遇火灾的所有人员。

火警控制面板应具备容错能力、可编程，并能监控所有设备。它还应能执行自动系统优先。使用的面板应获得 UL 认证。如果面板负责保护多个灭火区，那么，所有探测器都必须是可定址的，以使控制面板能够确定报警的确切位置。控制系统对于灭火系统是否能发挥出色作用至关重要。它必须能够协调初始报警后事件发生的顺序，其中可能包括在喷放灭火剂前发出单独的撤离警报；关闭通风装置来防止空气逸出，喷放灭火剂，以及通知当地政府等。当然，如果缺少设计完备、有效的应急流程，强制所有数据中心员工进行日常培训，所有这些工作就不够完善。

## 高架地板

高架地板有可能引发关键任务设施消防中的某些重大问题，因此有必要在这里进行探讨。高架地板块会掩盖电源和数据线，以及其他易燃材料，如纸张和碎片等。因此，建议所有布线都应采用上走线，使其可见，且能方便探测到热点。在某些情况下，高架地板可能会成为人为错误的滋生地，隐藏重大的火灾风险。有时，人们会将纸箱存放在地板下。看起来在高架地板下存放物品是很自然的，但这并未考虑到火灾的隐患。如需了解有关高架地板的更多信息，请参考第 19 号白皮书《重新考察高架地板对于数据中心的适用性》。最后需要提到的是，高架地板会提高正常保护数据中心的资金成本。因为高架地板造成了一个完全隔离的空间，所以必须按照与地板上面空间相同的消防水准实施保护。当采用智能感烟探测和气体灭火剂淹没等系统时，其成本与没有高架地板的环境相比，是其 1.25 倍。



资源链接

第 19 号白皮书

重新考察高架地板对于数据中心的适用性

## 行业最佳实践

下面列举了一些在消防方面提高数据中心可用性的建议措施。

- 确保数据中心建筑远离其他可能给数据中心带来火灾威胁的建筑物。
- 应在所有报警器面板和火警控制面板附近张贴应急流程。
- 火灾报警系统（管理面板）应分为多个报警阶段。
- 数据中心必须安装排烟系统。
- 所有电子面板都不能被障碍物遮盖。
- 所有 EPO 按钮和拉式火警箱必须采用统一标识，避免发生混淆。
- 必须清晰标出所有灭火器的位置，并提供它们各自适用哪些火灾类型的说明。
- 数据中心墙壁上的所有槽口都必须用经认可的耐火密封剂封闭。
- 每个数据中心出口都必须在显眼的位置张贴紧急联系电话。

- 在 IT 机房和控制室严禁吸烟。
- 火灾报警不应激活 EPO 系统。
- 为配电室配备洁净空气灭火器。
- 数据中心的所有风管都应安装防火阀。
- 设计消防系统时应将维护因素考虑在内。可更换的配件和耗材应在现场存放。系统周围不得存放障碍物品，以便操作系统。
- 当消防系统处于报警状态时，必须得到消防主管的批准后才能继续使用 CRAC 设备。
- 如果设施依旧采用干式化学灭火器，请确保机房灭火器都更换了哈龙替代物。
- （如果 AHJ 要求的话）数据中心和走廊应安装预作用自动喷水灭火系统。
- 为自动喷水灭火系统提供备用水源。
- 喷头应嵌入天花板，以防意外喷放。
- 报警器面板附近应张贴应急或操作流程。大多数报警器面板应位于安保室，也可以安装在工程师的办公室。
- 灭火系统应配备备用灭火剂供给。
- 数据中心不应安放任何垃圾容器。
- 数据中心所有办公家具都必须使用金属材料（椅子可以配坐垫）。
- 数据中心的磁带库和存储必须有灭火系统保护。建议存放在消防等级 1 小时以上的防火仓库中。
- 任何必要的耗材，如纸张、光盘、电线等应保存在完全封闭的金属柜中。
- UL 认可的、用于连接计算设备和分支电路的延长线长度不应超过 15 英尺。
- 建议数据中心不要使用用于消除噪音的吸音材料，如泡沫、纤维等。
- 自动喷水灭火系统应采用单独的阀门控制，不应与建筑物中的其他部分共用阀门。
- 所有数据中心人员必须接受有关数据中心所采用的全部消防探测和灭火系统的培训。该培训必须定期进行。
- 建筑物其他部分的通风管道绝不允许穿越数据中心。如果做不到这一点，那么，就必须采用防火阀来防止火焰蔓延至数据中心。
- 建筑物其他部分的水管绝不允许穿越数据中心。
- 管道覆盖层和保温层的火焰蔓延等级应小于 25，发烟量等级应小于 50。
- CRAC 设备的空气过滤器应为 1 级。
- 数据中心的变压器应为干式变压器，或填充不燃绝缘体。
- 设备、垫子或其它设备罩下方不能有延长线或电源线经过。
- 所有穿过高架地板的线缆都应在拐弯处做倒角，以防刮破。
- 机房应在两楼板间（或地板与天花板间）采用防火楼板将其与建筑物其它房间隔开。
- 避免将机房设在邻近开展危险流程的区域。

## 常见错误

在设计数据中心环境消防系统时，有一些常见错误。

- 让消防系统自动关闭 CRAC 设备，这会造成计算设备过热，造成宕机。
- 使用干式化学灭火剂来对机房灭火，会对计算设备造成损害。干式化学灭火剂对扑灭火灾十分有效，但不应在数据中心使用。
- 在数据中心高架地板下方存放易燃物。

## 结论

如果能够避免常见错误，正确规划和监控火灾探测，那么关键任务设施中的大部分火灾都能够避免。人为错误对于能否成功预防火灾有很大影响，必须通过强制的培训和执行相关流程来消除。

### 关于作者

**Victor Avelar** 是施耐德电气数据中心科研中心的高级研究员。Victor 致力于数据中心的设计和运营方面的研究。并且通过向客户提供风险评估和设计实践方面的咨询，来优化数据中心环境的可用性和能效。Victor 于 1995 年从伦斯勒理工学院（Rensselaer Polytechnic Institute）获得了机械工程学的学士学位，而后在波士顿大学（Babson College）获得 MBA 工商管理硕士学位。Victor Avelar 是 AFCOM 和美国质量协会的成员。



点击图标打开相应  
参考资源链接



重新考察高架地板对于数据中心的适用性  
第 19 号白皮书



浏览所有 白皮书  
[whitepapers.apc.com](http://whitepapers.apc.com)



浏览所有 TradeOff Tools™ 权衡工具  
[tools.apc.com](http://tools.apc.com)

## 参考文献

1. [www.dupont.com/fire](http://www.dupont.com/fire)
2. [www.greatlakes.com](http://www.greatlakes.com)
3. [www.fike.com](http://www.fike.com)
4. [www.fireline.com](http://www.fireline.com)
5. [www.hygood.co.uk](http://www.hygood.co.uk)
6. [www.nfpa.org](http://www.nfpa.org)
7. [www.vesda.com](http://www.vesda.com)



## 联系我们

关于本白皮书内容的反馈和建议请联系：

数据中心科研中心  
[DCSC@Schneider-Electric.com](mailto:DCSC@Schneider-Electric.com)

如果您作为我们的客户需要咨询数据中心项目相关信息：

请与所在地区或行业的 **施耐德电气** 销售代表联系，或登陆：  
[www.apc.com/support/contact/index.cfm](http://www.apc.com/support/contact/index.cfm)