

应用笔记

仓库 / 高架仓库

陈俊宏
2011/7/21

挑战:

仓库通常具有高挑的天花板及开阔的空间，这使得火灾探测的效果相对较差。举例来说，在一般的办公室，废纸篓内的烟蒂产生的火灾可能可以使 3~4m 高天花板下方的烟雾探测器在火势不太大的时候产生警报。但是在天花板高度为 12m 的仓库内同样大小的废纸篓火灾，由于烟雾被空间稀释的关系，很可能无法迅速的使天花板下方的烟雾探测器产生警报，或者说除非火势进一步扩大产生更大浓度的烟雾后，才能让天花板下方的烟雾探测器产生警报，当人们听到警铃声响赶到现场时，很可能火势也已经扩大到个人无法用灭火器控制的程度，只能尽速离开现场，拨打 119 通知消防队来灭火了。

随着现代物流的发展，仓库的面积及天花板高度也越来越大，越来越高。使用自动仓储系统的高架仓库天花板高度经常可以超过 30m，这也使得火灾探测的难度日益增加。这就难怪仓库火灾的新闻几乎日有所闻了。

而仓库的灭火其实也相当不容易，出于防盗等考量，仓库通常是密闭结构，门窗较少，一旦起火，消防队也很难从外部对起火点灭火。

解决方案:

空气采样式极早期烟雾探测系统现已渐渐成为仓库火灾探测的首选方案，首先空气采样式烟雾探测器通常具有非常高的烟雾灵敏度，因此虽然火灾烟雾被空间稀释了，但空气采样探测器仍然可以探测到此烟雾浓度的变化而可以在火灾的初期发出警报。再者，空气采样式探测器的取样管路可以根据烟雾可能出现的位置将管路配置在天花板下，货架内，空调回风口或风管内，甚至式供电或机电设备的机柜内，主动采样环并监测保护区域内部的空气是否有异常，因此可以非常有效的探测到火灾的发生。

设计原则

1.1.1 探测灵敏度

空气采样式烟雾探测系统的灵敏度分 3 个等级，分别为

灵敏度 (High Sensitivity): 优于 0.8%obs/m

增强灵敏度 (Enhanced Sensitivity): 优于 2%obs/m

普通灵敏度 (Normal Sensitivity): 相当于传统点型烟雾探测器 (5~15%obs/m)

灵敏度越高，则能够越早的探测到烟雾异常的增加，并发布火警信号。也因此，在相同的灵敏度测试方法的条件下，灵敏度越高，空气采样系统的取样管路适用的天花板高度也可以越高。

1.1.2 天花板高度

下表是英国 BFPSA 针对空气采样式系统对不同测试灵敏度要求下，所需的系统灵敏度要求及可安装的天花板高度限制，根据此表在普通灵敏度的测试条件下，当空气采样系统为普通灵敏度时，可安装的天花板高度限制为 10.5m，为增强灵敏度时为 12m，为高灵敏度时为 15m。

<i>Sensitivity Test</i> 灵敏度测试	<i>System Sensitivity</i> 系统灵敏度	<i>Ceiling Height Limit</i> 天花板高度限制
		<i>General</i> 一般
<i>Normal</i> 普通	<i>Normal</i> 普通	10.50m
<i>Normal</i> 普通	<i>Enhanced</i> 加强	12.00m
<i>Normal</i> 普通	<i>High</i> 高	15.00m
<i>Enhanced</i> 加强	<i>Enhanced</i> 加强	8.00m
<i>Enhanced</i> 加强	<i>High</i> 高	10.50m
<i>High</i> 高	<i>High</i> 高	4.00m

1.1.3 系统灵敏度与探测区域大小

系统灵敏度与火警警报阈值的设定值及管路开孔数量有直接的关系。仓库由于可能有货车或是叉车进出，内部环境相对来说与外界空气较为流通，因此火警警报阈值设为 0.2%obs/m 是较为可行的。因此单一取样孔的火警灵敏度要达到 0.8%obs/m 时，取样孔的数量 $N = 0.8\%obs/m \div 0.2\%obs/m = 4$

每个取样孔的保护面积为 80m²，则一套高灵敏度的空气采样式烟雾探测系统的探测区域大小则为 $80 \times 4 = 320m^2$

以此类推，

增强灵敏度系统

取样孔数量 $N = 2\% \text{obs/m} \div 0.2\% \text{obs/m} = 10$ ，
探测区域大小为 $80 \times 10 = 800\text{m}^2$

普通灵敏度系统

取样孔数量 $N = 5\% \text{obs/m} \div 0.2\% \text{obs/m} = 25$ ，
探测区域大小为 $80 \times 25 = 2000\text{m}^2$

由于各个国家对探测区域大小均有不同的规定，因此上述探测区域大小还需依据各地相关规定调整，且依据使用机型的管路长度限制及管末端的最大传输时间看是否都能满足。此外，上述设计是依据探测器火警阈值来计算的，因此若是该火警灵敏度阈值在实际应用中过于灵敏，经常造成误报，则可能需要降低灵敏度才有实际使用的可行性，那么探测区域大小则需要再据此调整。

下表归纳整理依据测试灵敏度要求、系统灵敏度、天花板高度、探测区域大小的汇总

<i>Sensitivity Test</i> 灵敏度测试	<i>System Sensitivity</i> 系统灵敏度	<i>Ceiling Height Limit</i> 天花板高度限制	<i>Detection Zone</i> 探测区域
		<i>General</i> 一般	火警阈值 $0.2\% \text{obs/m}$
<i>Normal</i> 普通	<i>Normal</i> 普通	10.50m	2000m ²
<i>Normal</i> 普通	<i>Enhanced</i> 加强	12.00m	800m ²
<i>Normal</i> 普通	<i>High</i> 高	15.00m	320m ²
<i>Enhanced</i> 加强	<i>Enhanced</i> 加强	8.00m	800m ²
<i>Enhanced</i> 加强	<i>High</i> 高	10.50m	320m ²
<i>High</i> 高	<i>High</i> 高	4.00m	240m ² (注)

注：天花板高度低于 6m，取样孔保护面积以 60m² 计算

1.1.4 货架 / 高架库

仓库内部的货架有可能会阻碍烟雾的流动，造成报警时间的进一步滞后，因此除了天花板下方之外，也有必要在货架中间配置探测器。此时空气取样管路就可以很好的配置在货架中间且不会影响货物的进出。

参考下面 NFPA72 条文的说明

依据美国国家消防报警法规(NFPA 72 National Fire Alarm Code), A.5.7.5.2 规定, 高架仓库最有效的火灾探测方式是将探测器配置于货架上方的天花板以及货架的中间层, 这是为了有效探测滞留在货架间的烟雾(因为火灾早期释放的热能并不足够使烟雾粒子上升至天花板)。将探测器配置于相邻货盘两侧的位置, 如图 A.5.7.5.2(a)及 A.5.7.2(b)可达到最早期的烟雾侦测效果。

..... (中间略)

空气采样式探测器的采样孔可被设置于货架上相当于点型探测器的位置。特

定的安装应参考制造商的建议及工程判断。

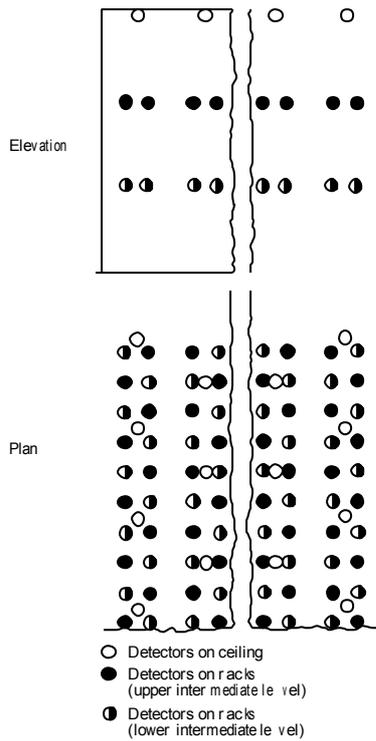


FIGURE A.5.7.5.2(a) Detector Location for Solid Storage (Closed Rack) in which Transverse and Longitudinal Flue Spaces are Irregular or Nonexistent, as for Slatted or Solid Shelved Storage.

图 A.5.7.5.2(a) 密闭式货架

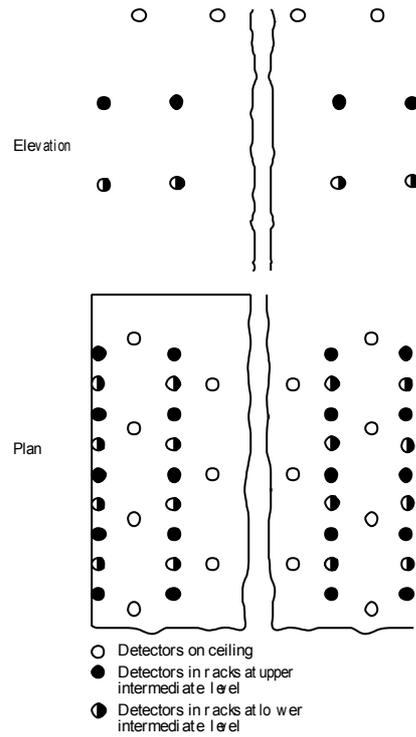


FIGURE A.5.7.5.2(b) Detector Location for Palletized Storage (Open Rack) or No Shelved Storage in which Regular Transverse and Longitudinal Flue Spaces are Maintained.

图 A.5.7.5.2(b) 开放式货架

说明如下

应在货架上方的天花板及货架的中间层配置取样孔

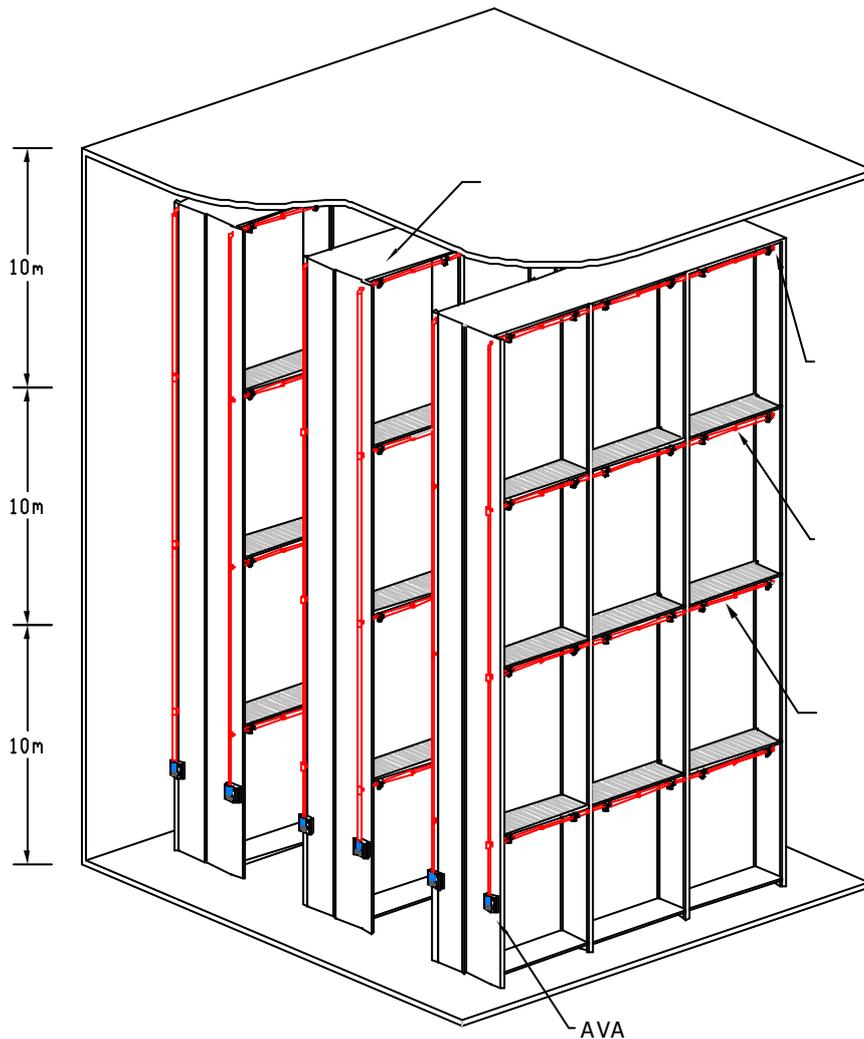
不论是密闭式货架或开放式货架,均应该在货架中间层相邻货盘两侧的位置配置取样孔

货架应在不同高度分层配置取样管路及取样孔,相邻货盘不同高度的取样孔可交错配置

另外,分层布管的最大高度一般为当地烟雾探测器可允许的最大安装高度,此高度在英国为 10.5m, 在中国为 12m。

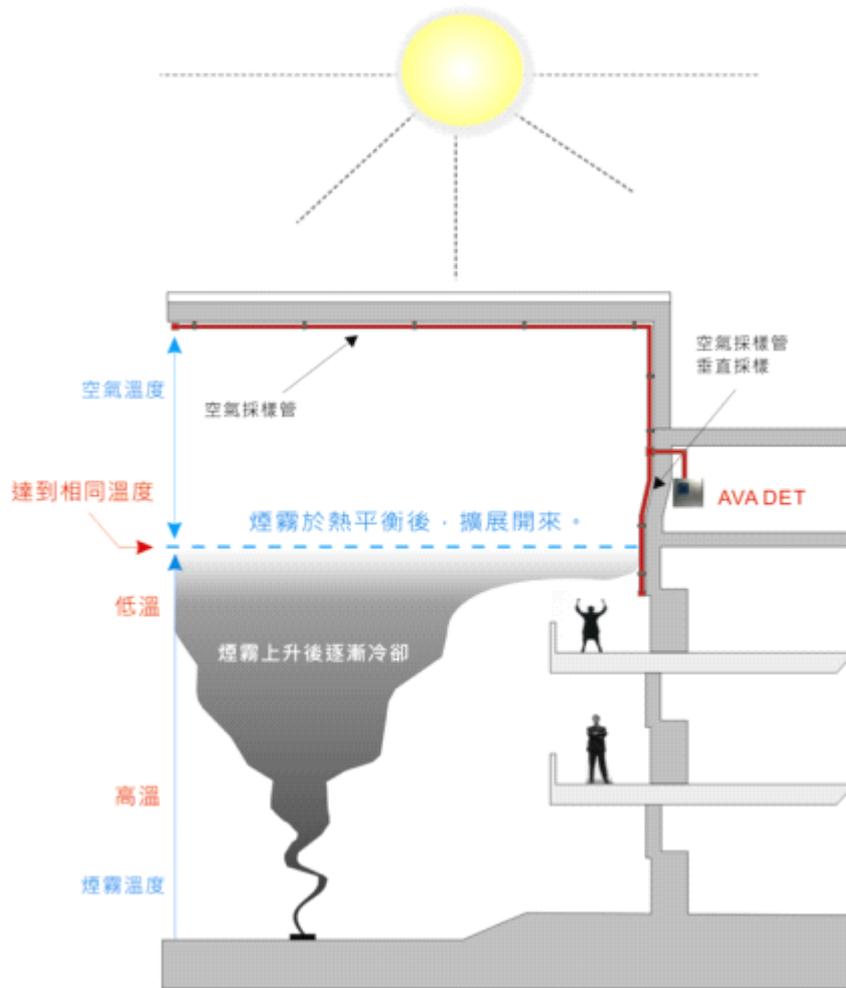
图例: 开放式高架货架

图例: 封闭式高架货架



1.1.5 烟层与热屏障

火灾产生时由于烟雾的温度较高产生热浮力而上升，在烟雾上升的过程中接触到环境空气时会逐渐冷却，当烟雾的温度接近环境空气的温度而此时又尚未到达天花板时即会向外扩散而形成一烟雾层（Stratification）。这种现象容易在高挑空间中产生。发生烟层现象时，将使在天花板下方的探测器探测不到烟雾的增加情况。另外空调送风加湿的环境也可能因烟雾与水气结合增加使烟雾不再继续上升。



图：烟层现象
(Stratification)

由于天花板高度、日晒或是空调系统配置等因素，火灾产生的烟雾粒子在上升的过程中渐渐冷却。当其温度与环境中的空气温度接近时，其将不再具有往上飘的热浮力，而会在该高度向外扩散形成烟层。此时配置于天花板下方的探测器将无法有效探测到火灾的产生。

热屏障（Heat Barrier）指的是因为该高度位置的空气温度较高，造成火灾烟雾上升到该处时，因为烟雾的温度与该处的温度相当产生热平衡，烟雾因此不再继续上升而向水平方向展开，这种现象称为热屏障。热屏障的产生可能是天花板受阳光曝晒，或加热器、灯具的发热设备所造成的。

天花板下方的取样管路及取样孔应特别注意以避免可能的热屏障及烟层现象。尤其是仓库天花板直接受阳光曝晒时，取样孔位置应该如下图 NFPA72 的建议在天花板下方及离开天花板下方至少 900mm 的位置交错配置取样孔。

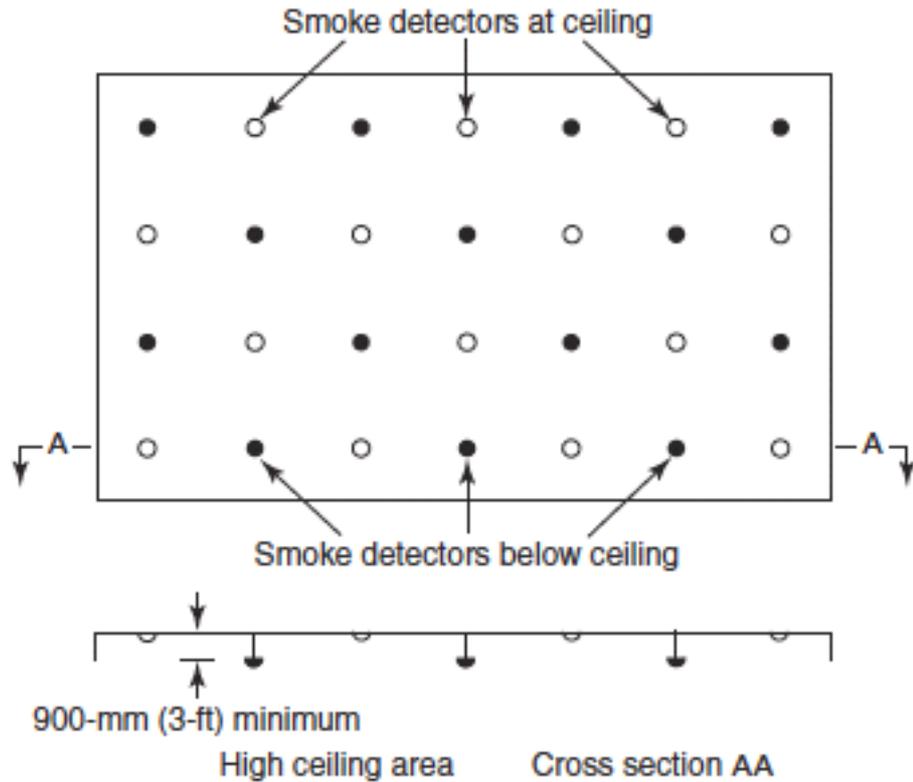


FIGURE A.5.7.1.10 Smoke Detector Layout Accounting for Stratification.

1.1.6 空调回风

当仓库内部有空调系统或机械通风系统时，由于空间高挑，货架阻碍以及空调通风系统降低室内温度等因素，火灾发展的早期阶段烟雾粒子的热浮力不足以上升到天花板下方，但却很容易受到空气流动的影响被气流带到回风口、回风管或是排气口等处。建议在回风口、回风管或排气口处配置取样孔，这样可以达到更佳的火灾探测效果。

示意图：回风口探测

示意图：回风管探测

示意图：排风口探测

1.1.7 电力设备 / 电气室

电力是整个自动化仓储系统运行的动力来源，一旦电力系统出现问题将导致整个仓储系统瘫痪停摆，货物无法进出。而电力设备更是潜在的火灾发生源。高低压配电盘，控制柜等电气设备可能因局部短路、绝缘劣化、温度过高及电流过载等因素而造成火灾。电气设备由于一般包装于设备机柜内，因此若有火情发生

时，烟雾反而会被机柜包覆不容易扩散到外界，因此难以探测。

空气采样式烟雾探测系统可以采用取样软管将取样点延伸至机柜内部，将机柜内部的空气样品送回探测主机检测，因此可以达到非常早期的火灾预警效果，在火灾的萌芽阶段发出警报，使用户可以及时的采取适当的应变措施，将灾害消弭于无形。

示意图：电气室机柜探测

结论

- 依据仓库天花板高度选择合适的系统灵敏度及探测区域大小
- 高架仓库应在货架中间层及货架间天花板设置取样孔
- 注意可能的烟层及热屏障现象调整取样孔高度
- 在回风处配置取样孔可以达到较佳的火灾探测效果
- 在配电盘配置取样孔可以早期发现供电设备的异常情况，预防潜在的隐患

附录 1：设计依据

参考法规

1.1 美国国家消防报警法规 (NFPA 72 National Fire Alarm Code)

依据美国国家消防报警法规(NFPA 72 National Fire Alarm Code), A.5.7.5.2 规定, 高架仓库最有效的火灾探测方式是将探测器配置于货架上方的天花板以及货架的中间层, 这是为了有效探测滞留在货架间的烟雾(因为火灾早期释放的热能并不足够使烟雾粒子上升至天花板)。将探测器配置于相邻货盘两侧的位置, 如图 A.5.7.5.2(a)及 A.5.7.2(b)可达到最早期的烟雾侦测效果。

..... (中间略)

空气采样式探测器的采样孔可被设置于货架上相当于点型探测器的位置。特定的安装应参考制造商的建议及工程判断。

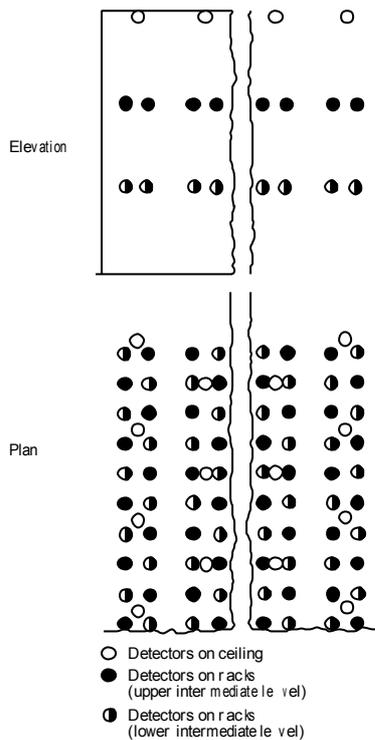


FIGURE A.5.7.5.2(a) Detector Location for Solid Storage (Closed Rack) in which Transverse and Longitudinal Flue Spaces are Irregular or Nonexistent, as for Slatted or Solid Shelved Storage.

图 A.5.7.5.2(a) 密闭式货架

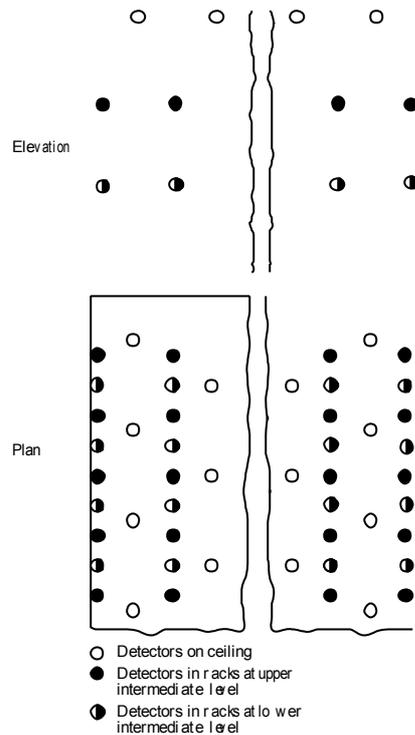


FIGURE A.5.7.5.2(b) Detector Location for Palletized Storage (Open Rack) or No Shelved Storage in which Regular Transverse and Longitudinal Flue Spaces are Maintained.

图 A.5.7.5.2(b) 开放式货架

1.2 英国消防协会空气采样式烟雾探测系统法规 (BFPSA Code of Practice for Aspirating Smoke Detection Systems)

空气采样式烟雾探测系统灵敏度对天花板高度限制的影响

下表为对空气采样式烟雾探测系统的天花板高度限制及所建议的相对测试方法

<i>Sensitivity Test</i> 灵敏度测试	<i>System Sensitivity</i> 系统灵敏度	<i>Ceiling Height Limit</i> 天花板高度限制		<i>Ceiling Areas</i> 天花板面积 <10% of main area 主要面积	
		<i>General</i> 一般	<i>Rapid Attendance</i> 快速抵达	<i>General</i> 一般	<i>Rapid Attendance</i> 快速抵达
<i>Normal</i> 普通	<i>Normal</i> 普通	10.50m	15.00m	12.50m	18.00m
<i>Normal</i> 普通	<i>Enhanced</i> 加强	12.00m	17.00m	14.00m	21.00m
<i>Normal</i> 普通	<i>High</i> 高	15.00m	21.00m	18.00m	26.00m
<i>Enhanced</i> 加强	<i>Enhanced</i> 加强	8.00m	10.00m	9.00m	11.00m
<i>Enhanced</i> 加强	<i>High</i> 高	10.50m	15.00m	12.50m	18.00m
<i>High</i> 高	<i>High</i> 高	4.00m	6.00m	5.00m	7.00m

说明 1:

空气采样式烟雾探测系统的采样孔灵敏度会受到采样孔数多寡所影响，亦即采样孔数越少，采样孔的灵敏度越高；采样孔数越多，采样孔的灵敏度就越低。因此英国消防协会将系统灵敏度分成 — 普通、加强及高灵敏度三个等级，各个等级的灵敏度定义如下

普通灵敏度 (Normal Sensitivity): 相当于传统点型探头的灵敏度 3 ~ 5 %Obs/m,

加强灵敏度 (Enhanced Sensitivity): 灵敏度介于 2 ~ 0.8 %Obs/m,

高灵敏度 (High Sensitivity): 灵敏度小于 0.8 %Obs/m。

而上述表格的意义即在于"当系统（采样孔）的灵敏度较高时，在相同的灵敏度测试要求条件下，天花板高度限制可适当放大"。

说明 2:

不同的系统（采样孔）灵敏度等级所对应的测试方法也不同，也就是说在高灵敏度的情况下，系统应在少量的烟雾下就能产生警报；而在普通灵敏度的情况下，系统的测试方法与传统点型探头应大致相同。因此英国消防协会及英国标准协会也对不同的灵敏度下所对应的测试方法有所规范。详细的测试方法可参考 BS6266 附录 A 及 BFPSA Code of Practice for Aspirating Smoke Detection Systems 附录 B。

说明 3:

火灾由发生到开始灭火的时间关系到两个因素。一为探测器探测到火灾状况所需要的时间，二为消防队收到报警后抵达火灾现场的时间。假若后者所需要的时间很短的话，前项时间就算长一点，所得到的结果是相同的。因此在英国消防规范 BS5839 中规定，假若火灾自动报警系统有与消防队连线，而消防队在报警后能于 5 分钟之内抵达现场的话，天花板高度限制可放大至 15 米。

说明 4:

天花板高度越高代表需要更大的火灾规模以使位于天花板下方的探测器产生警报。

空气采样式探测系统的位置及间距

世界各国对空气采样式探测系统采样孔位置的规定一般均是比照点型探测器的配置, 以下为英国 BS5829、美国 NFPA 72 以及澳大利亚 AS 1670 中的法规节录。

英国 BS 5839

1.1.3 Smoke detector

In an aspirating smoke detector, the tube from the protected space to the central detector may have one or more holes through which smoke may be drawn. Design of the system should take into account any dilution of smoke taken into one hole by clean air taken into others. The amount of air entering each hole is usually small, and should not be considered as modifying air or smoke flows within the protected space. In general, each hole may be considered as a separate point smoke detector, and siting of the holes may be based on the siting requirements for point smoke detectors. The system should be such that separate signals are obtained from each zone. The design and sizing of the tubing system should comply with the manufacturer's recommendations.

1.1.3 烟雾探测器

在抽气式探测器中, 从保护区域到中央探测器间的采样管上可能会有一或多个烟雾可被抽进来的采样孔。系统的设计应考虑到烟雾从一个孔进入时被其它孔进入的干净空气所稀释的情形。从每一采样孔进入的空气量通常很少, 其不应被认为能够改变保护区域的空气或烟雾流动。总的来说, 每一孔均可被视为一单独的点型探测器, 而采样孔的布点位置可依照点型探测器的布点要求为之。此系统就如同由不同区域取得的个别信号。管路系统的设计及尺寸应符合制造厂的建议。

美国 NFPA 72

5.7.3.3.1 Each sampling port of an air sampling - type smoke detector shall be treated as a spot-type detector for the purpose of location and spacing.

5.7.3.3.1 在考虑位置及间距时, 空气采样式烟雾探测器的每一采样孔均应被视为一点型探测器。

澳大利亚 AS 1670

4.2.2 Spacing between detectors ... Multipoint air-sampling tube detectors shall be arranged so that the sampling tubes have the same spacings as a row of point-type detectors...

4.2.2 探测器间距... 多孔式空气采样式探测器的采样管路间距应与一排点型探测器的间距相同...

1.3 末端采样孔反应时间

由于采样管路越长，空气在管内传输的时间也就越长，因此一般法规中均会规定烟雾从最末端采样孔到探测器的最大传送时间，以使反应时间在合理的范围之内，一般此时间限制为 120 秒。

NFPA 72

5.7.3.3.2 Maximum air sample transport time from the farthest sampling point shall not exceed 120 seconds.

5.7.3.3.2 最末端采样孔的最大空气样品传送时间不应超过120秒。

A.5.7.1.10 Stratification of air in a room can hinder air containing smoke particles or gaseous combustion products from reaching ceiling-mounted smoke detectors or fire-gas detectors.

Stratification occurs when air containing smoke particles or gaseous combustion products is heated by smoldering or burning material and, becoming less dense than the surrounding cooler air, rises until it reaches a level at which there is no longer a difference in temperature between it and the surrounding air.

Stratification also can occur when evaporative coolers are used, because moisture introduced by these devices can condense on smoke, causing it to fall toward the floor. Therefore, to ensure rapid response, it might be necessary to install smoke detectors on sidewalls or at locations below the ceiling.

In installations where detection of smoldering or small fires is desired and where the possibility of stratification exists, consideration should be given to mounting a portion of the detectors below the ceiling. In high-ceiling areas, projected beam-type or air sampling-type detectors at different levels also should be considered. (See Figure A.5.7.1.10.)

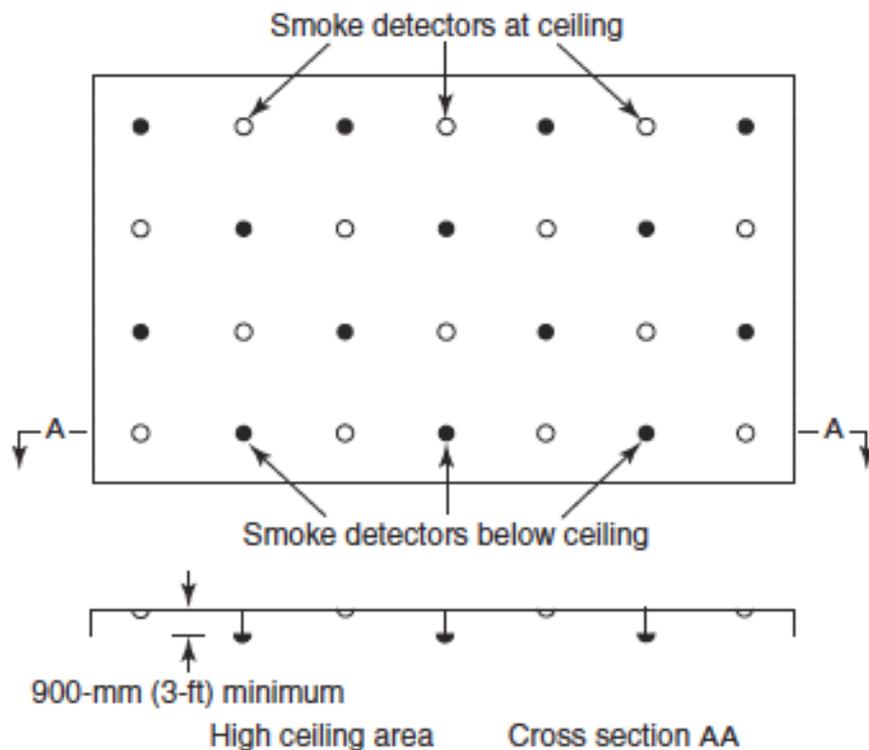


FIGURE A.5.7.1.10 Smoke Detector Layout Accounting for Stratification.

附录 2：上海市消防局文件

上海市消防局文件

沪消〔2006〕303号

关于印发《上海市大型物流仓库 消防设计若干规定》的通知

各有关单位：

为了保障本市大型物流仓库的消防安全，根据国家有关法律法规和消防技术规范，我局专门制定了《上海市大型物流仓库消防设计若干规定》。现予以印发，请遵照执行。

此通知。

二〇〇六年九月五日

上海市大型物流仓库消防设计若干规定

一、一般规定

(一)本规定适用本市单层占地面积大于 12000m^2 和多层占地面积大于 9600m^2 的大型物流仓库（以下简称仓库）。

(二) 仓库的功能为物品接收、分类、计量、包装、分拣、配送等，货物的中转周期不应大于 7 天。

(三) 仓库的消防设计除应满足本规定的要求外，还应符合其他消防规范标准的要求。

二、建筑防火

(一) 仓库的耐火等级不应低于二级，多层仓库的耐火等级应为一级。

钢结构仓库的承重钢构件耐火极限要求不应低于 1.5h 的，如采用防火涂料保护时应采用非膨胀型防火涂料。

(二) 当仓库任一边长大于 220m 时，仓库首层应设置宽度不小于 6m 的防火分隔通道，且应满足下列要求：

1、通道两侧的分隔墙应为防火墙，且宜高出屋面 0.5m。通道分隔墙上不宜开设门洞，如须在隔墙上开设门，应采用甲级防火门。

2、通道宜居中布置，通道之间的距离不宜大于 150m。

3、通道内不得堆放物品，且应直通室外。

(三) 单层仓库的防火分区建筑面积不应大于 6000m²，多层仓库防火分区建筑面积不应大于 4800m²。采用全自动立体仓储设备且建筑高度大于 10.5m 的仓库，其防火分区的面积可扩大一倍。

当防火分区建筑面积超过上述要求时，应进行性能化评估并组织专家论证。

(四) 当防火分区进深大于 120m 或货架连续长度大于 90m 时（采用全自动立体仓储设备除外），应设置宽度不小于 8m 的室内防火分隔带，其顶部应设置可开启外窗，其面积不应小于分隔带面积的 5%，且宜均匀布置。

(五) 仓库内分类拆包、分拣、包装区域应与其他区域采取有效防火分隔，其防火分区面积和安全疏散出口数量、疏散距离可参照丙类生产厂房执行。

(六) 仓库内不得储存火灾危险性为甲、乙类的物品，不得布置与仓库无关的办公用房等附属用房。

当在仓库内必须设置附属用房时，如铲车充电区、仓库管理办公区和其他辅助设备区等，应靠外墙布置，并应采用防火墙和耐火极限不小于 1.5h 的楼板与其他部分完全分隔。附属用房门不宜直接开向仓库内。

三、灭火救援设施

(一) 仓库周围应设置环形消防车道，其宽度不应小于 6m。消防车道与仓库的距离不应小于 5m，且不应大于 15m。

(二) 仓库的两个长边应设置灭火救援场地，其宽度不得小于 10m。

(三) 仓库每个防火分区外墙上应设置灭火救援窗口（或室外楼梯）。灭火救援窗口的设置应满足下列要求：

1、每个防火分区灭火救援窗口数量不应少于 2 个，并且宜布置在不同方向。

2、灭火救援窗口应正对货架或堆垛间的通道设置，其面积不应小于 1.2 m²，且其宽度不应小于 1.0m。

3、外墙上灭火救援窗口的间距不应大于 20 m。

(四) 多层仓库二层及以上各层应沿仓库长边设置灭火救援平台（或室外楼梯），平台的长度和宽度分别不应小于 3m 和 1.5m，平台之间的水平间距不应大于 40m，平台处必须设置灭火救援窗口。

四、消防设施

(一) 仓库必须设有足够的消防水源。距仓库基地 150m 范围内的天然水源，应设置可靠的消防车取水设施。多层仓库应设置储水量不小于 18m³ 的高位消防水箱。

(二) 仓库必须设置稳高压消防给水系统。

(三) 库区室外消火栓的间距不得大于 80m，室内消火栓的间距不得大于 50m，且应设置消防水喉。

(四) 仓库内应设置自动喷水灭火系统全保护。货架内喷头与其他喷头的报警阀应分别设置。喷头布置应避开易熔采光带和屋顶排烟窗。

(五) 仓库应设置有效的排水设施，每层应在踢脚线近

楼板部位设置排水口。

（六）仓库内应设置空气采样烟雾报警等早期火灾报警系统。

（七）仓库应设置排烟设施，其排烟量设计应符合《建筑防排烟技术规程》的有关规定。当仓库建筑高度大于 12m 时，必须设置自动排烟窗。

主题词：消防 物流仓库 设计 处理意见 通知

上海市消防局办公室

2006 年 9 月 5 日印发
