

前言

AVA（艾华）是台湾谊信科技公司自主研发生产的空气采样式极早期烟雾探测系统，公司主要成员在极早期火灾探测领域皆有 10 年以上的经历。极早期火灾预警侦测系统，或称空气采样式（抽气式）烟雾探测器，对于火灾的极早期探测有非常明显的效果，并对某些传统火灾报警探测器无法适用的场所提供有效的解决方案，因此广泛的使用在洁净厂房、仓库（尤其是高架仓库）、电信机房、IDC 机房、配电盘 …等场所

本设计手册结合 AVA 产品的特色以及国内外相关法规提出空气采样系统的设计指导，大部分设计原则不仅适用于 AVA 产品，也可作为同类产品设计时的参考。本手册编写时虽力求完善，但难免有疏漏或错误之处，读者若对内容有疑问或指正时，欢迎随时与我公司联系。

陈俊宏

2010-5-20

jim.chen@ava-prevent.com

目 录

前言.....	0
目 录.....	1
第 1 章 空气采样式烟雾探测系统.....	5
1.1 简介.....	5
1.2 AVA 艾华产品特点.....	5
1.2.1 <i>Addressable</i> 定位式.....	5
1.2.2 <i>Very Early Warning</i> 极早期预警.....	6
1.2.3 <i>Aspirating Detection Systems</i> 空气采样探测系统.....	7
1.3 AVA (艾华) 产品系列介绍.....	9
1.3.1 探测主机.....	9
第 2 章 定义 (DEFINITIONS)	21
2.1 空气采样式烟雾探测系统 (ASPIRATING SMOKE DETECTION SYSTEM)	21
2.1.1 空气采样烟雾探测器 (<i>Aspirating Smoke Detector</i>)	21
2.1.2 采样管 (<i>Sampling Pipe</i>)	21
2.1.3 采样点/采样孔 (<i>Sampling Point /Hole/Port</i>)	21
2.1.4 延伸采样点 (孔) (<i>Remote Sampling Point (Hole)</i>)	21
2.1.5 末端管塞 (<i>End Cap</i>)	21
2.2 设计参数 (DESIGN FACTORS)	22
2.2.1 探测区域 (<i>Detection Zone</i>)	22
2.2.2 报警区域 (<i>Alarm Zone</i>)	22
2.2.3 防火分区 (<i>Fire Zone</i>)	22
2.2.4 采样孔保护面积.....	22
2.2.5 采样孔保护半径.....	22
2.2.6 传输时间 (<i>Transport Time</i>)	22
2.2.7 最大传输时间 (<i>Maximum Transport Time</i>)	22
2.2.8 阶段警报 (<i>Stage Alarm</i>)	22
2.2.9 烟层 (<i>Stratification</i>)	23

2.2.10	热屏障 (Heat Barrier)	24
2.3	采样方法 (SAMPLING SYSTEM)	24
2.3.1	标准采样/天花板下采样 (Standard Sampling/Below Ceiling Sampling)	24
2.3.2	毛细管采样 (Capillary Sampling)	24
2.3.3	机柜采样 (In-Cabinet Sampling)	24
2.3.4	回风采样 (Return Air Sampling)	24
2.3.5	风道采样 (Duct Sampling)	24
2.3.6	主要采样 (Primary Sampling)	24
2.3.7	次要采样 (Secondary Sampling)	24
2.3.8	垂直采样 (Vertical Sampling)	25
2.4	灵敏度 (SENSITIVITY)	25
2.4.1	遮蔽率/减光率 (%/m-Obscuration)	25
2.4.2	探测主机灵敏度范围 (Detector sensitivity range)	25
2.4.3	满刻度灵敏度 (Full Scale Sensitivity)	25
2.4.4	采样点灵敏度 (Sampling point sensitivity)	25
2.4.5	累积灵敏度 (Cumulative sensitivity)	25
2.4.6	系统灵敏度 (System Sensitivity)	25
2.4.7	有效灵敏度 (Effective Sensitivity)	26
2.4.8	普通灵敏度 (Normal Sensitivity)	26
2.4.9	增强灵敏度 (Enhanced Sensitivity)	26
2.4.10	非常高灵敏度 (Very High Sensitivity)	26
2.5	烟雾测试 (SMOKE TEST)	26
2.5.1	末端测试 (End Cap Test)	26
2.5.2	热电缆测试 (Hot Wire Test)	26
2.5.3	烟雾锭测试 (Smoke Pallet Test)	26
2.5.4	乳糖-氯酸钾测试 (Lactose-Potassium Chlorate Test)	26
2.5.5	维护测试点 (Maintenance Test Point)	27
2.6	电脑管路气流计算	27

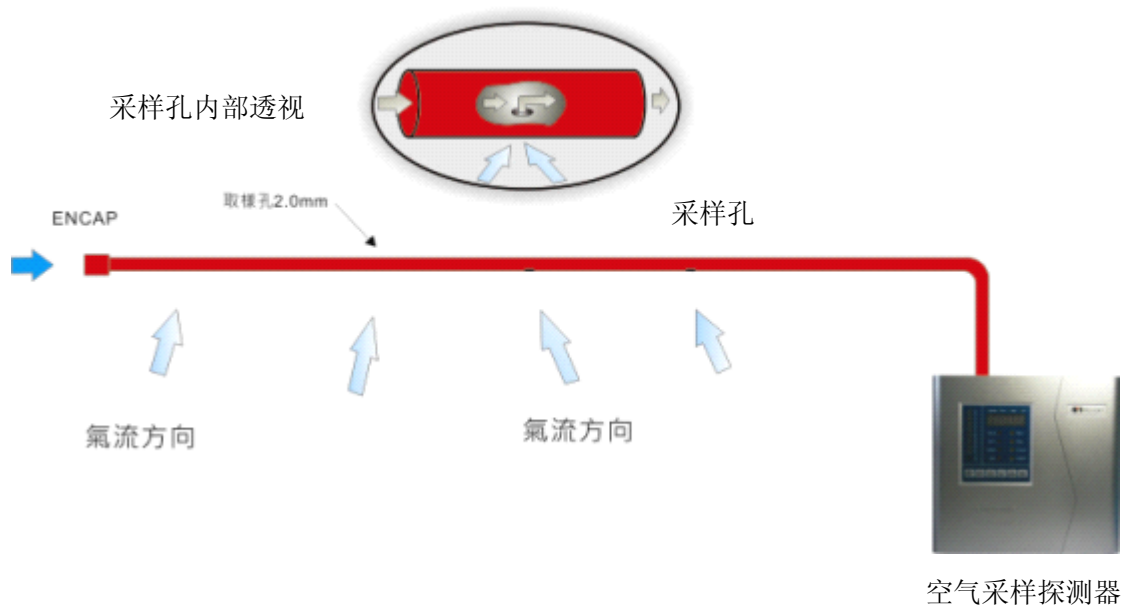
第 3 章 设计考虑	28
3.1 使用目的	28
3.2 保护场所或对象	28
3.3 区域 (ZONE)	28
3.3.1 探测区域	28
3.3.2 报警区域	29
3.3.3 防火分区	29
3.4 环境特性	29
3.4.1 空调或机械通风系统	29
3.4.2 设备机柜	29
3.4.3 天花板高度	29
3.4.4 高架地板及天花板吊顶	30
3.4.5 高温/低温	30
3.4.6 潮湿	30
3.4.7 肮脏	30
3.4.8 外部污染源	30
3.5 采样方式	31
3.5.1 标准 (天花板下) 采样 (<i>Below Ceiling Sampling</i>)	31
3.5.2 垂直采样 (<i>Vertical Sampling</i>)	31
3.5.3 机柜采样 (<i>In-Cabinet Sampling</i>)	31
3.5.4 回风采样 (<i>Return Air Sampling</i>)	32
3.5.5 局部采样 (<i>Localized Sampling</i>)	34
3.5.6 混合采样方式	34
3.6 灵敏度及测试方法	36
3.6.1 灵敏度	36
3.6.2 测试方法	37
第 4 章 管路设计	40
4.1 探测区域	41

4.1.1	消防规范.....	41
4.1.2	特殊区域/设备.....	41
4.2	采样管路设计.....	41
4.2.1	设计原则.....	41
4.2.2	天花板下采样.....	52
4.2.3	机柜采样.....	64
4.2.4	回风采样系统.....	69
第 5 章	电气设计.....	81
5.1	电源.....	81
5.2	网络架构.....	81
5.2.1	通讯回路.....	81
5.3	连接到火灾自动报警系统.....	82
第 6 章	安装.....	84
6.1	探测主机.....	84
6.2	采样管路.....	84
6.2.1	一般原则.....	84
6.2.2	回风采样.....	85
6.3	通讯网络.....	85
	参考资料.....	86
	附录 1: 产品规格表.....	87
	附录 2: 设计图例.....	88
	附录 3: 管路流体力学计算.....	89

第 1 章 空气采样式烟雾探测系统

1.1 简介

空气采样式烟雾探测系统跟常规的（点型）烟雾探测器有所不同。很独特地，空气采样系统由在天花板上方或下方每隔几米平行安装的管道组成。在每根管子的上面，每隔几米就钻有一个小孔，这些小孔很均匀的在天花板上分布，这样就形成了一组矩阵型的空气采样孔。利用探测主机内部抽气泵所产生的吸力，空气样品或烟雾通过这些小孔被吸入管道中并传送到探测主机内部的高灵敏度烟雾探测腔检测空气样品中的烟雾颗粒浓度。



图：工作原理图

1.2 AVA 艾华产品特点

Addressable 定位式

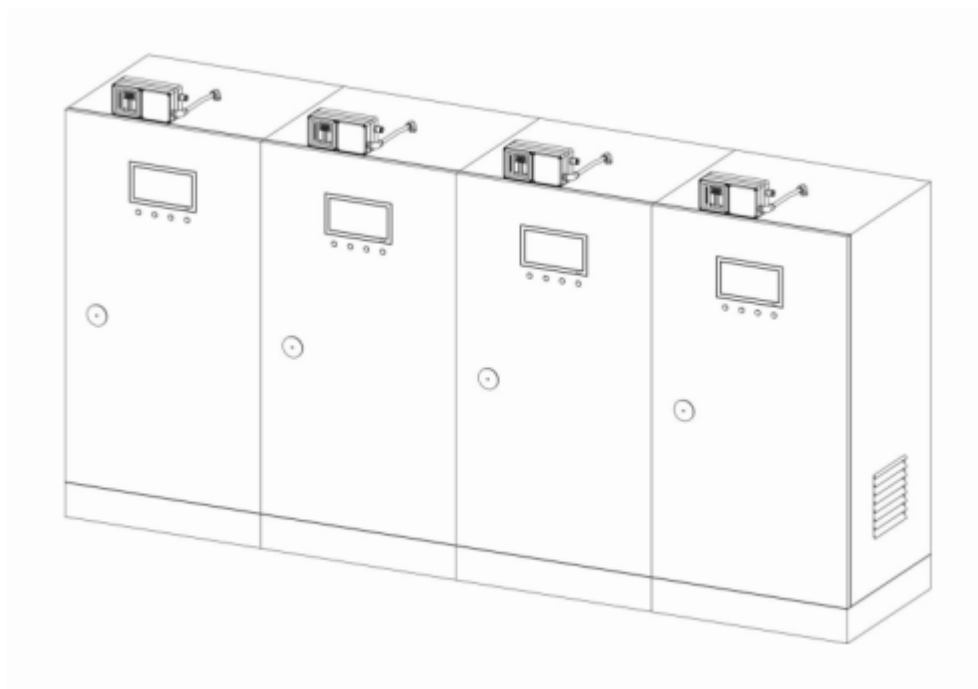
Very Early Warning 极早期预警

Aspirating Detection Systems 空气采样式探测系统

1.2.1 Addressable 定位式

AVA 整合了空气采样探测及传统点型探测器的优点，使得系统不仅具有空气采样式探测系统的极早期火灾预警效果，并且能够像局限型烟雾探测器般定位出火灾发生的位置。与其他品牌探测区域 2000m² 的产品相比，AVA 系列产品的每一路管路即是一个独立的探测区域，CSD 则是的探测区域大小更是在 100m² 以内，几乎相当于局限型探

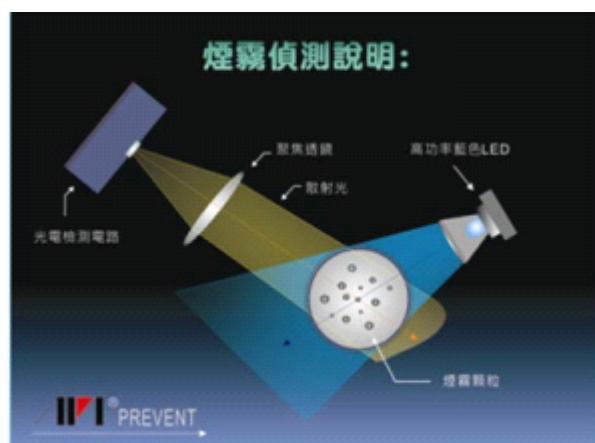
测器的保护面积。因此，AVA 系统警报时可以很容易的指示报警位置，彻底解决以往空气采样式烟雾探测系统只能针对大范围面积警报，而不能定位火灾发生位置的问题。通过提供识别和区分灰尘和烟雾的独特能力而在功能上建立了一个新的基准。AVA 烟雾探测器还可以检测到运用早期的技术无法看到的更小的空气颗粒——这些颗粒经常是在过度受热这一火灾的最早阶段以及明火中产生出来的。



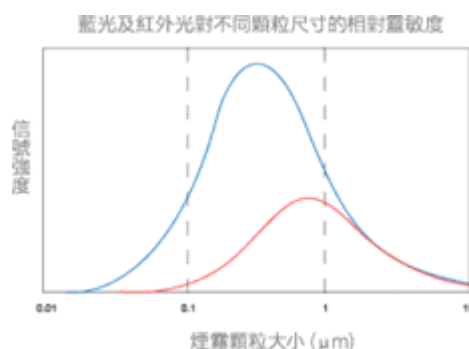
1.2.2 Very Early Warning 极早期预警

AVA 系列产品使用“短波长蓝光”为探测光源，因此对火灾在酝酿阶段时固体受热升华产生的微小烟雾颗粒较为敏感，可以在肉眼看不见烟雾的阶段发布预警信号，其最高灵敏度可达 0.005%obs/m，是传统局限型探测器的 1000 倍以上。

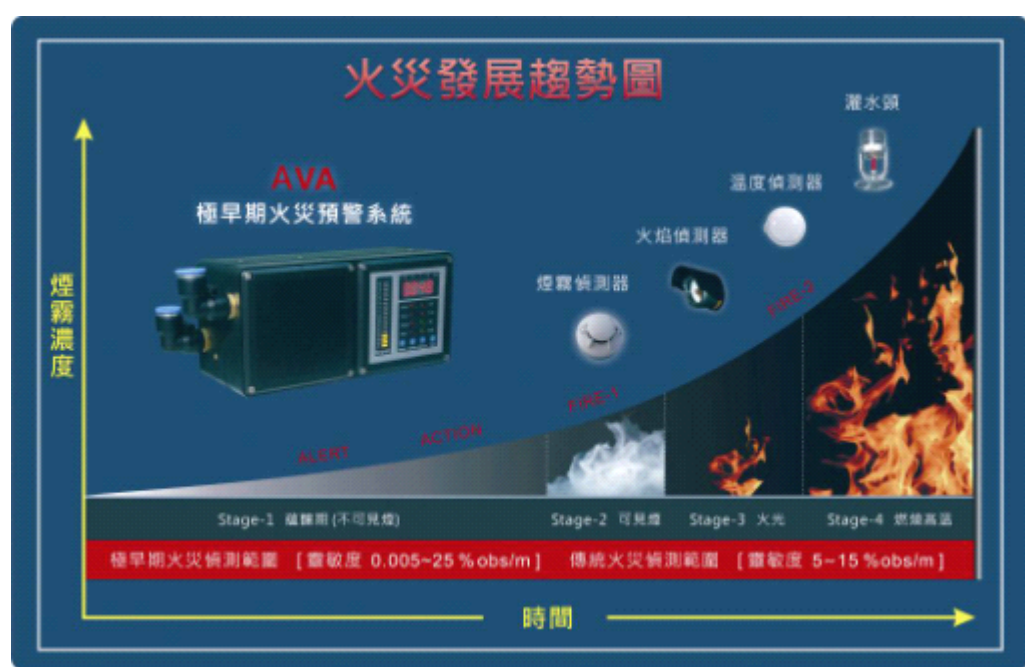
高功率蓝光 LED/前向散射光探测



蓝光对微小颗粒有较高的灵敏度（相对于红外光）



火灾的发展分为四个阶段：酝酿(燃烧前)，可见烟雾，产生火焰和高热阶段。下图表示了在一定时间内火灾的不同发展阶段。注意在火闷烧的酝酿阶段提供了更多的时间与机会来侦测并控制火灾的发展。



火灾由产生火源开始闷烧转变到发焰起火而产生高热的这段时间是非常关键的。在这段时间内有两种可能的情况：一是情况持续恶化，进而发焰起火；或者采取行动，找出火源，制止火灾的发生，进而避免火灾带来的危险、损失和破坏。

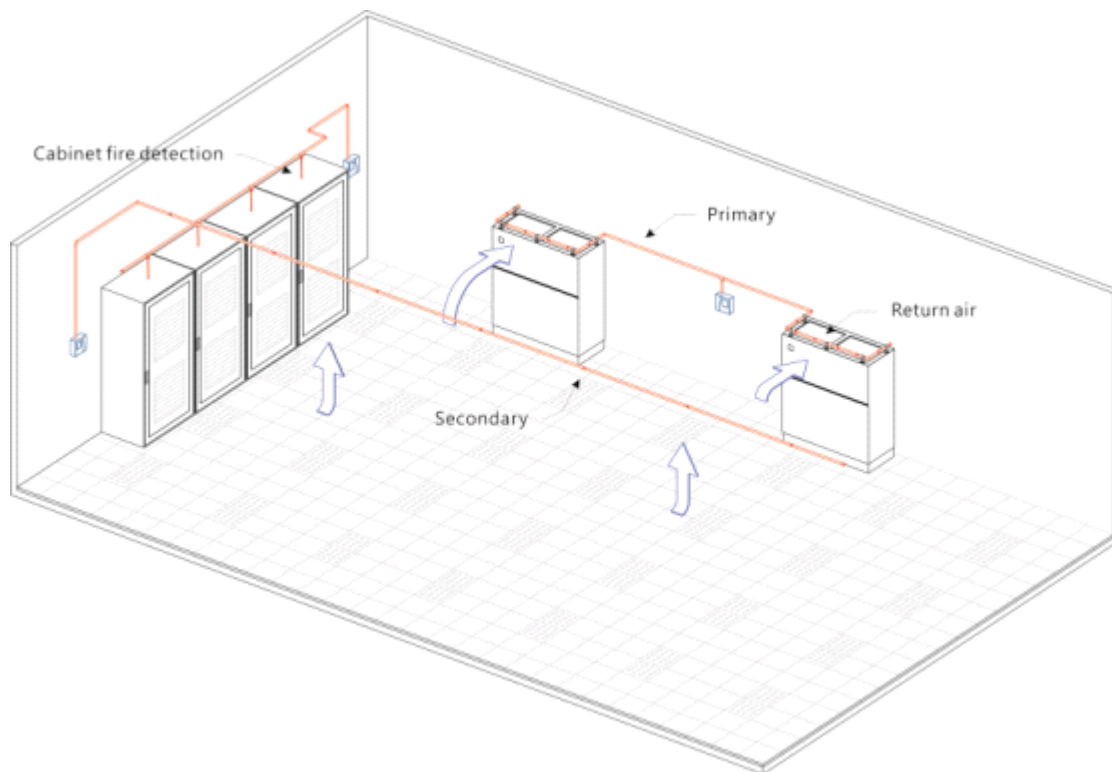
AVA 高灵敏度烟雾探测技术可以有效发布极早期火灾预警信号，使你在火灾未发生前即获得控制权。

1.2.3 Aspirating Detection Systems 空气采样探测系统

空气采样式（或抽气式）侦测系统的侦测原理是靠主机内部的抽气泵，透过延伸至侦测区域的空气采样管路将空气样品抽回侦测室进行检测，当空气样品中检测物质的浓度达到一定程度时，系统即发出警报。

极早期火灾预警系统的空气采样管路可依保护区域或对象做弹性的配性，以保证能达到最佳的火灾侦测效果，典型的采样管路配置如下图所示，采样管路配置在天花板下方，而在适当的位置开采样孔(Sampling Points)，如此空气样品即可透过采样孔及采样管路而送回侦测主机。当保护区域内有空调或机械通风系统在运转，使得火灾产生的烟雾流动方向可能会受到影响时，采样管路亦可配置在烟雾可能的行进的方向上，以捕捉含有火灾烟雾的空气样品。而当火灾的可能发生源被保护在一密闭空间时，亦可利用一分支出去的采样软管，将采样孔伸入此空间内，将空气样品抽回侦测主机进行检测。

事实上，空气采样管路配置方式具有非常大的弹性，相较于传统将火灾烟雾探测器配置在天花板下面的规定，极早期火灾预警系统采样管路随保护区域及对象调整采样位置的做法，才能真正的达到火灾侦测的效果。



1.3 AVA（艾华）产品系列介绍

1.3.1 探测主机

1.3.1.1 CSD-100 机柜型极早期烟雾侦测主机



机柜火灾探测的完美解决方案

Perfect Solution to Cabinet Fire Detection

在过去，探测机柜火灾最好的方式是空气采样烟雾探测，这种方法使用高灵敏度的抽气式烟雾探测器及延伸的采样管路把所有机柜（通常是数十个）的空气样品汇集到探测器，由此来监测机柜内部是否有异常的烟雾产生。这种方式虽然可以探测机柜火灾，但由于所有机柜的空气样品均汇集到中心探测器，因此探测器并无法区分产生烟雾的机柜位置，这使得探测器发出警报时，现场人员必须一个一个打开机柜来查找火源。试想当警报持续进行，时间一分一秒过去的时候，现场人员面对着一排排封闭的看不到内部情况的机柜，甚至是爆炸的可能性，其面临的压力是多么的巨大。

现在，谊信科技自主研发世界首创的 CSD 机柜专用极早期烟雾探测器具有迷你的机身及足够高的烟雾灵敏度（0.005%obs/m），使其可以对单一机柜进行空气采样探测，既能达到极早期火灾预警的效果又能够区别每个机柜，可说是机柜火灾探测的完美方案。

产品特点：

- 极早期预警赢得宝贵的时间
- 快速定位箱盘位置
- 大幅降低火灾搜寻时间
- 结合温湿度及一氧化碳功能，不误报不漏报(选配)
- 显示面板提供完整信息

- 表头内嵌式显示器，固定箱盘门板操作方便

设备尺寸：

- W 90mm x L 180mm x H 74mm

电力相关需求：

- DC12~36V；耗电量 3W

采样管规格：

- 外径 $\varnothing$ 10mm；内径 $\varnothing$ 8mm；软管总管长最大 6m

温度：(选配)

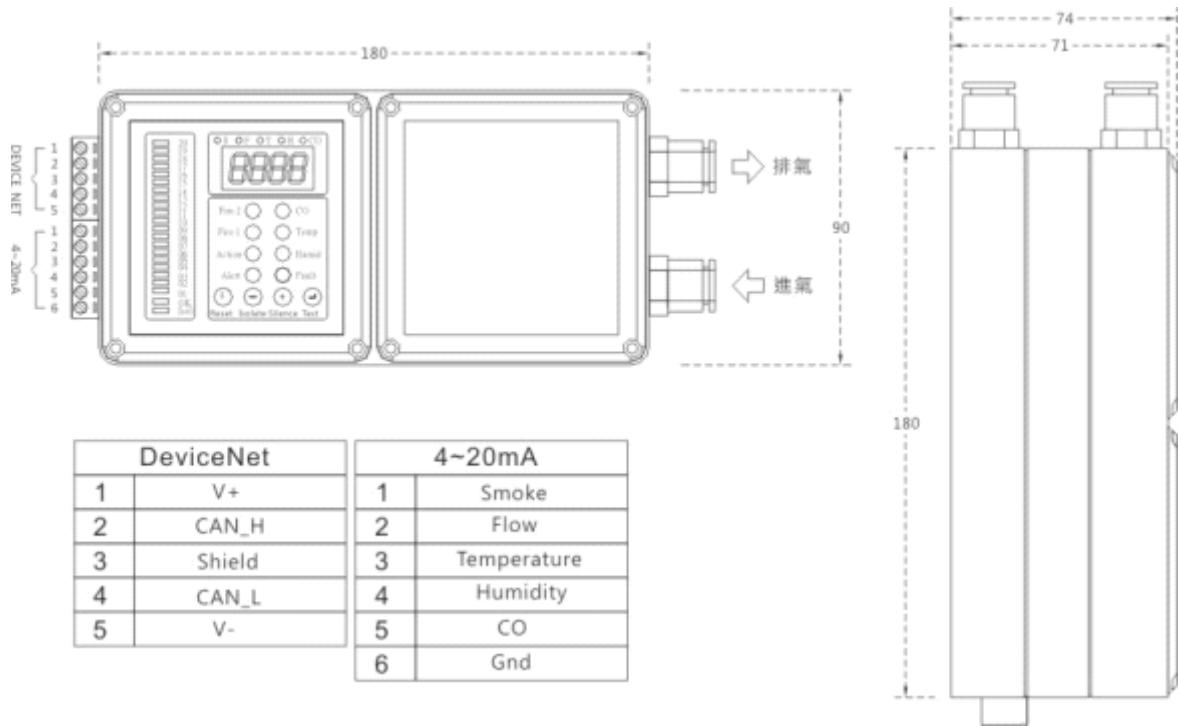
- 温度测量范围：-40~+120℃
- 温度测量精度： $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$
- 设定温度上下限警报输出

湿度：(选配)

- 侦测原理：电容式
- 湿度测量范围：0~100%RH
- 湿度测量精度： $\pm 1.8\%\text{RH}$
- 设定湿度上下限警报输出

一氧化碳：(选配)

- 侦测原理：电化学式
- 侦测范围：0~10,000ppm
- 显示范围：0~1,00ppm
- 反应时间：小于 60 秒，设定一氧化碳上下限警报输出。



1.3.1.2 QUARTAS-500 单区型极早期烟雾侦测主机



平民化极早期预警系统

Maximize Cost Performance for Very Early Warning Smoke Detection System

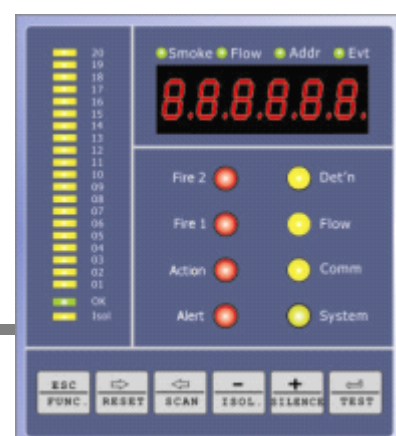
QUARTAS 是谊信科技专为一般市场研发的极早期预警系统，具有非常高的性价比（Cost Performance Ratio）。期待以往因价格因素而无法使用极早期的场所，可以因为 QUARTAS 的出现而接受并安装极早期系统，进而更多的生命及资产受到更好的保护。

产品特点：

- 迷你机身高效能火灾侦测
- 显示面板及参数设定，标准配备
- 具四段警报及六组继电器输出
- 通讯网络链接最大 250 组件
- 网络联机，计算机集中管理
- 保护面积 500~2000m²

面板显示器功能说明：

- 二十级黄色指示灯，显示烟雾浓度变化
- 六位七段显示器
- 内建蜂鸣器在火警警报及故障时声响警示
- 四段火警指示灯



- 故障指示灯(侦测器/气流/网络/系统)
- 系统正常灯显示
- 警报隔离灯显示
- 模式切换 (四种模式显示):
 - 模式一 : 烟雾
 - 模式二 : 气流
 - 模式三 : 工作站号
 - 模式四 : 事件记录代号查询

参数设定(Programmer)功能:

- 按键包括复归 (F)、隔离 (+)、静音 (-) 测试 (ENT) 等键
- 按住 2 秒复归 (F) 键, 可进入编程状态。
- 利用面板 Bargraph、七段显示器及四个按键可设定工作参数

设备尺寸 :

- 宽=211mm 长=201mm 高=82mm

电力相关需求 :

- 24 VDC 耗电量 10.5W

1.3.1.3 FANFARE-2000 四区型 极早期烟雾侦测主机



真正四区侦测主机，非阀门切换管路扫描方式

The Real Four Zones Aspirating Smoke Detector. Not Valve Operation Pipe Scanning Type!

目前市面上的多区型侦测主机多是属于阀门切换类型，侦测主机内部只有一个高灵敏度烟雾探测腔，在警报时控制位于管路进口处的机械阀门的打开及关闭，切换扫描每根管路以判断产生烟雾的警报管路。这种方式虽然可以达到警报管路分区的效果，但在阀门切换扫描时，需要在整个扫描过程结束之后才能判断出警报管路，整个过程至少需要数十秒的时间，警报时间滞后。另外机械阀门可能有气密不佳的问题，导致误判警报管路的情形。而且，每根管路保护的区域环境可能各不相同，每根管路的进气比例也不相同，也就是说阀门切换类型产品每个分区的警报阈值将很难做的较为理想设置，对一个环境较为肮脏的分区烟雾阈值可能太灵敏容易误报，而对一个环境较为干净的分区烟雾阈值可能不太灵敏，降低了极早期预警的效果。总之，阀门切换管路扫描类型的多区型侦测主机只能说是单区型的辅助强化版本，而不能说是真正的多区型系统。

FANFARE 系列侦测主机的每一路采样管路均配置有独立的抽气泵，高灵敏度烟雾侦测器，气流传感器及排气口，因此每一路采样管路即是一个独立的区域，烟雾阈值及气流阈值均可独立设置，没有管路进气比例不同对烟雾灵敏度的相互影响，也没有管路气流间相互影响的问题，每个排气口均可引回进气区域，每路的压力均是平衡的。FANFARE 系列产品可说是真正的多区型极早期火灾预警探测系统。

特点说明：

- 采四组高灵敏度烟雾侦测器，独立侦测及各区显示。
- 系统标准配备内嵌式参数设定器，可设定系统内部相关参数。
- 大范围分区防护，单管最大 60m，四管总长最大 240m。
- 每根采样管有独立气流传感器及高效能抽气泵共四组。

- 灵敏度高直接分区定位，不以阀门控制扫描，避免误报或延迟情形发生。
- 通讯网络计算机控制
- 保护面积 2000m²

LCD 参数设定器 (Programmer):

- 设定系统内部参数并查询各项事件记录。
- 事件包括系统/组件监视/侦测器/气流/及其他故障显示。
- 参数设定导览键包括(上/下/左/右/加/减/确认/离开/等功能键)。
- 控制键包括警报隔离/静音/测试/复归键。
- 密码三等级设定管理(USR/ADM/DST)。
- 系统故障指示灯(侦测器/气流/其他)。
- 系统正常状态指示灯。



显示器说明(Display):

- 二十级黄色指示灯，显示烟雾浓度变化。
- 四段火警指示灯。
- 故障指示灯。



设备尺寸：

- 宽=426mm 长=291mm 高=130mm

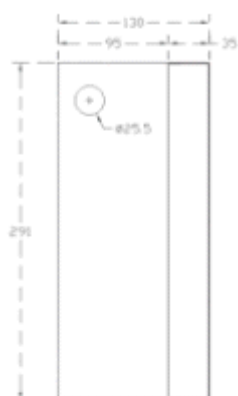
电力相关需求：

- 24 VDC 耗电量 40W

采样管规格：

- ABS/UPVC
- 外径 25mm；内径 21mm

偵測主機箱體



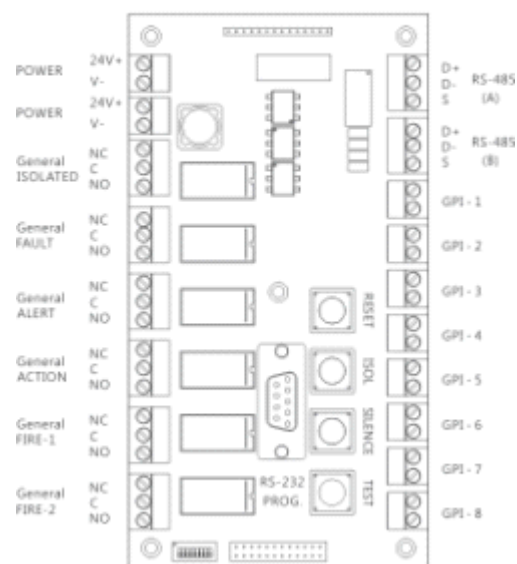
SIDE VIEW



Unit: mm

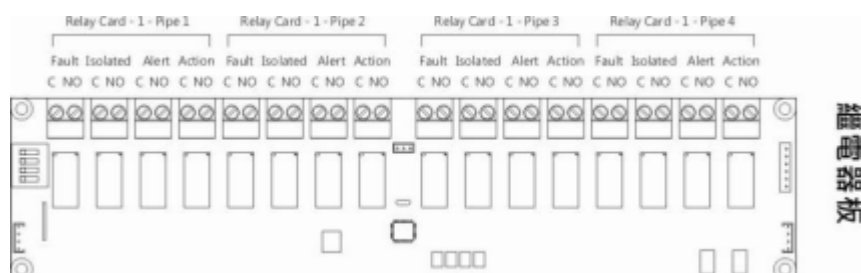
FRONT VIEW

主控終端板



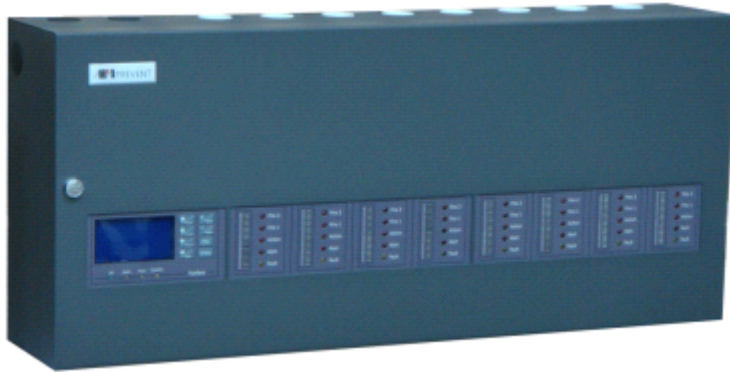
扩充继电器板(选配)

■ 16 组 Relay



繼電器板

1.3.1.4 FANFARE-4000 八区型 极早期烟雾侦测主机



真正八区型侦测主机，非阀门切换管路扫描方式

The Real Eight Zones Aspirating Smoke Detector. Not Valve Operation Pipe Scanning Type!

特点说明:

- 采八组高灵敏度烟雾侦测器，独立侦测及各区显示。
- 系统标准配备内嵌式参数设定器，可设定系统内部相关参数。
- 大范围分区防护，单管最大 60m，八管总长最大 480m。
- 每根采样管有独立气流传感器及高效能抽气泵共八组。
- 灵敏度高直接分区定位，不以阀门控制扫描，避免误报或延迟情形发生。
- 通讯网络计算机控制。
- 保护面积 4000m²

LCD 参数设定器 (Programmer):

- 设定系统内部参数并查询各项事件记录。
- 事件包括系统/组件监视/侦测器/气流/及其他故障显示。
- 参数设定导览键包括(上/下/左/右/加/减/确认/离开/等功能键)。
- 控制键包括警报隔离/静音/测试/复归键。
- 密码三等级设定管理(USR/ADM/DST)。

- 系统故障指示灯(侦测器/气流/其他)。
- 系统正常状态指示灯。



显示器说明(Display):

- 二十级黄色指示灯，显示烟雾浓度变化。
- 四段火警指示灯。
- 故障指示灯。



设备尺寸：

- 宽=670mm 长=291mm 高=130mm

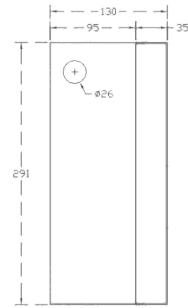
电力相关需求：

- 24 VDC 耗电量 80W

采样管规格：

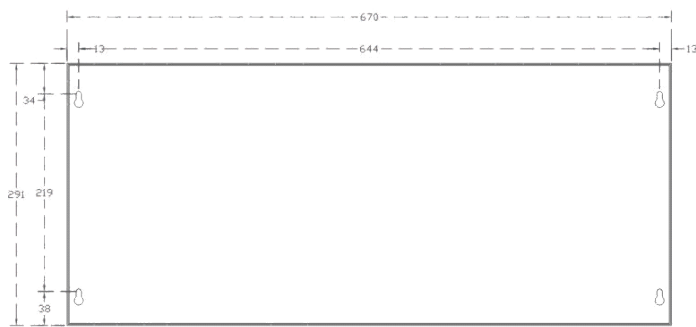
- ABS/UPVC
- 外径 25mm；内径 21mm

偵測主機箱體



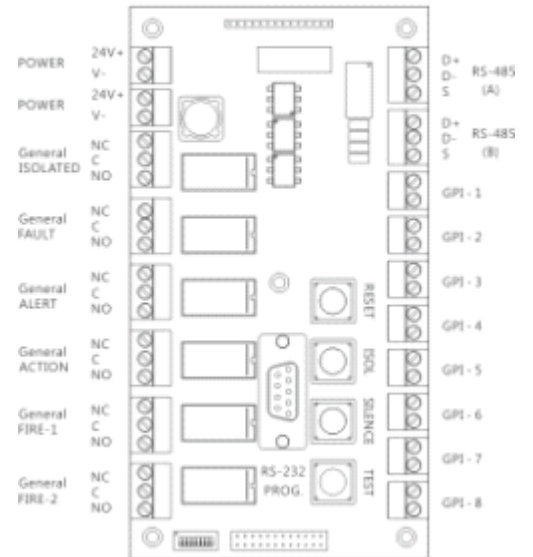
SIDE VIEW

Unit: mm



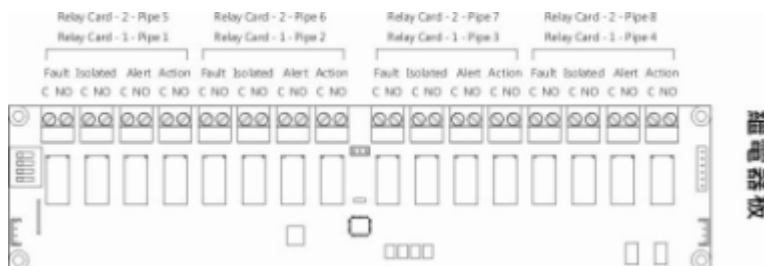
FRONT VIEW

主控終端板



扩充继电器板(共 2 片)

- 每片 16 组 Relay



第 2 章 定义 (Definitions)

2.1 空气采样式烟雾探测系统 (Aspirating Smoke Detection System)

空气采样式烟雾探测系统 (Air Sampling Type Smoke Detection System)，又称抽气式或吸气式烟雾探测系统 (Aspirating Smoke Detection System) 指的是一种烟雾探测装置，其利用抽气泵及延伸到探测区域的采样管路，及配置于适当位置的采样点，抽取保护对象环境的空气样品回到高灵敏度空气粒子检测仪，分析烟雾浓度的变化，并在发生异常变化时发布适当的警报。

2.1.1 空气采样烟雾探测器 (Aspirating Smoke Detector)

内置抽气泵及烟雾探测器的一种火灾探测器。

2.1.2 采样管 (Sampling Pipe)

采样管 (Sampling Pipe) 是连接探测主机至保护区之间的管路。采样管的外径一般为 25mm (或 1 英寸)，材质一般为 ABS 或阻燃的 uPVC 管，在有高温或腐蚀等环境下时，亦可使用金属或其它材质的管路。

2.1.3 采样点/采样孔 (Sampling Point /Hole/Port)

采样点 (Sampling Point) 或采样孔 (Sampling Hole/Port) 是空气样品进入探测系统管路的吸入点 (孔)。采样点的位置必须依照现场环境特性配置在火灾烟雾出现的位置。采样点可以是直接在采样管路上的开孔 (亦即采样孔)，典型的采样点开孔大小为 2~4mm。

2.1.4 延伸采样点 (孔) (Remote Sampling Point (Hole))

使用毛细软管或是较小管径的硬管 (支管)，将采样点 (孔) 位置从采样管路延伸到毛细软管或支管的末端。

2.1.5 末端管塞 (End Cap)

管路末端不能是开放的，必须装上管塞以保持管路上采样孔的抽气压力。通常的应用中会在管塞上开 4~8mm 的开孔以加速管路当中的流速，在回风采样的应用中一般则不开孔以保持采样孔有最大的抽气压力。

2.2 设计参数 (Design Factors)

2.2.1 探测区域 (Detection Zone)

为了迅速而准确地探测出被保护区域内发生火灾的部位, 将被保护区域按适当面积大小以用途或特性划分成若干个探测区域, 并在火灾报警控制器上显示的区域。

2.2.2 报警区域 (Alarm Zone)

将火灾自动报警系统的警戒范围按防火分区或楼层划分的单元。一个报警区域可能包含一个以上的探测区域, 反之则不然。

2.2.3 防火分区 (Fire Zone)

指采用防火分隔措施划分出的、能在一定时间内防止火灾向同一建筑的其余部分蔓延的局部区域。

2.2.4 采样孔保护面积

探测器保护面积的定义是一只火灾探测器能有效探测的面积, 采样孔保护面积相当于点型烟雾探测器的保护面积。

2.2.5 采样孔保护半径

探测器保护半径的定义是一只火灾探测器能有效探测的单向最大水平距离, 采样孔保护半径相当于点型烟雾探测器的保护面积。

2.2.6 传输时间 (Transport Time)

空气样品从进入采样孔在采样管路传输抵达探测主机的时间。

2.2.7 最大传输时间 (Maximum Transport Time)

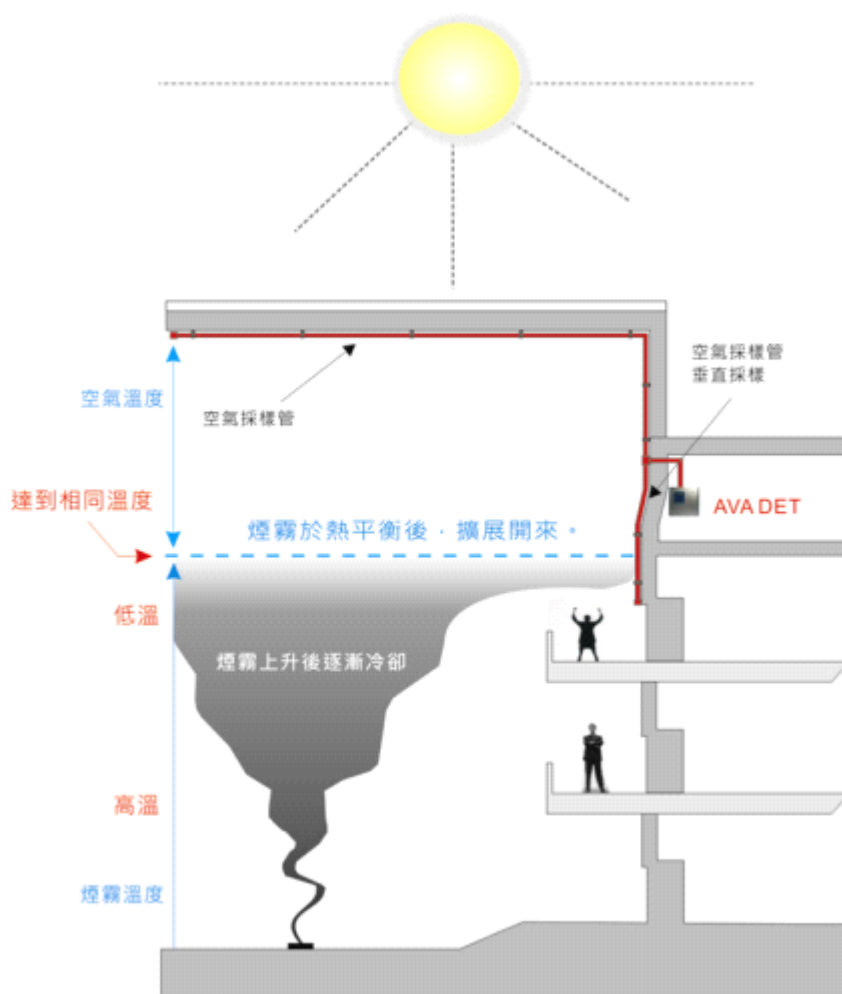
空气样品从短路末端进入在采样管路传输抵达探测主机的时间。最大传输时间不宜太长, 一般不能超过 120 秒, 特殊的应用还应参考相关规范当中的规定适当缩短最大传输时间。

2.2.8 阶段警报 (Stage Alarm)

空气采样式系统具有广泛的灵敏度探测范围, 可以产生多段分阶段的警报以在相应火情大小时执行相对应的策略或行动。一般而言烟雾较小阶段产生的预警信号可通知管理人员作为环境异常的提示, 在烟雾较大阶段产生的火警信号可以移报至火灾报警控制器、通知消防队, 将设备电源断电或关闭空调系统...等动作以避免灾害的扩大。

2.2.9 烟层 (Stratification)

火灾产生时由于烟雾的温度较高产生热浮力因此往上飘,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。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。

2.2.10 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。

2.3 采样方法 (Sampling System)

2.3.1 标准采样/天花板下采样 (Standard Sampling/Below Ceiling Sampling)

采样管路及采样点配置在天花板下方的空气采样方式,这种方式每个采样点(孔)即相当于点型烟雾探测器。

2.3.2 毛细管采样 (Capillary Sampling)

相对于在直接在采样管路上直接开孔作为采样孔的方式,也可以使用毛细软管或支管将采样点从采样管路延伸到适当位置。这种方式经常用在需要隐蔽安装或是机柜采样的情况。

2.3.3 机柜采样 (In-Cabinet Sampling)

相对于整个区域的保护,机柜采样探测的重点是机柜内部的设备。这种应用中通常使用毛细软管或支管将采样点延伸到机柜内部。

2.3.4 回风采样 (Return Air Sampling)

因探测区域内有高速气流流动而将采样点配置在回风路径以拦截火灾烟雾的一种空气采样方式,回风采样一般可以达到极早期的火灾烟雾探测效果。

2.3.5 风道采样 (Duct Sampling)

将采样点配置在风管的一种空气采样方式,属于回风采样的一种类型。

2.3.6 主要采样 (Primary Sampling)

同回风采样。

2.3.7 次要采样 (Secondary Sampling)

同标准采样。

2.3.8 垂直采样 (Vertical Sampling)

将采样管路垂直配置,并在适当的垂直高度配置采样孔的一种空气采样方式。一般应用在高挑空间的以克服可能的烟层现象。

2.4 灵敏度 (Sensitivity)

2.4.1 遮蔽率/减光率 (%/m-Obscuration)

遮蔽率或称减光率是指光线的前进被烟雾遮挡而受影响的程度。举例来说, 5%/m (大约是普通烟感探头的灵敏度)是指发射出的光线因弥漫在空间当中的烟雾颗粒的阻挡在抵达接收点时强度为原来的 95%, 因此总共被遮蔽(减少)了 5%。另外, 光线被遮蔽程度的大小与距离也有关系, 距离越近受遮蔽的百分比越低、距离越远受遮蔽的百分比越高。因此, 遮蔽率是定义在 1m 的距离上, 亦即其单位为 %/m。遮蔽率越大表示烟雾浓度越高, 遮蔽率越小表示烟雾浓度越低。烟雾探测器一般使用遮蔽率作为其探测烟雾浓度能力的指标。

2.4.2 探测主机灵敏度范围 (Detector sensitivity range)

指的是探测主机探测烟雾的量程, 一般警阈值可在灵敏度范围内自由设置。AVA 系列产品的灵敏度范围是 0.005%~25%/m。

2.4.3 满刻度灵敏度 (Full Scale Sensitivity)

在此满刻度指的是火警阈值, 而不是量程的最大值, 也就是使探测主机产生火灾告警时的烟雾浓度。

2.4.4 采样点灵敏度 (Sampling point sensitivity)

指的是火灾烟雾只由该特定采样点进入采样管路而使探测主机到达满刻度时所需要的烟雾浓度量。

2.4.5 累积灵敏度 (Cumulative sensitivity)

指的是由于火灾烟雾同时从数个采样点进入采样管路所产生的烟雾累积效应 (Cumulative effect), 使探测主机达到满刻度所需要的实际采样点灵敏度。

2.4.6 系统灵敏度 (System Sensitivity)

指的是使探测主机达到满刻度时, 保护区域内所需要产生的烟雾浓度大小。系统灵敏度的大小与探测主机满刻度灵敏度、采样点数量及火灾烟雾进入采样点的数量有关。在极端的情形下系统灵敏度可能等于采样点灵敏度, 亦即火灾烟雾只会从一个采样点进入管路系统; 系统灵敏度也可能等于探测主机灵敏度, 在这种情况下火灾产生的烟雾会

同时从所有的采样点进入。一般的情况是系统灵敏度介于这两者之间。

2.4.7 有效灵敏度 (Effective Sensitivity)

指的是由于环境中存在的背景烟雾浓度, 要达到相关灵敏度时所需增加的实际烟雾量。

2.4.8 普通灵敏度 (Normal Sensitivity)

指的是空气采样式烟雾探测系统的系统灵敏度相当于普通探测器的灵敏度。普通点型烟雾探测器的灵敏度在 $5\%/m \sim 15\%/m$ 之间。

2.4.9 增强灵敏度 (Enhanced Sensitivity)

指的是空气采样式烟雾探测系统的系统灵敏度在 $0.8\%/m \sim 2\%/m$ 之间。

2.4.10 非常高灵敏度 (Very High Sensitivity)

指的是空气采样式烟雾探测系统的系统灵敏度高于 $0.8\%/m$ 。

2.5 烟雾测试 (Smoke Test)

2.5.1 末端测试 (End Cap Test)

为检测管末端的最大传输时间或判断采样管路是否有断裂或堵塞的情形, 在调试、验收或维护时在采样管路末端导入适量烟雾观察探测主机是否可以在预期的时间内产生反应。

2.5.2 热电缆测试 (Hot Wire Test)

将电缆线通电过载使导线发热, 使外层塑料因受热而产生烟雾的一种测试方式, 空气采样烟雾探测系统必须在规定的时间内产生反应。这种方法一般用在测试高灵敏度系统。

2.5.3 烟雾锭测试 (Smoke Pallet Test)

点燃烟雾锭来产生烟雾的一种测试方式, 空气采样烟雾探测系统必须在规定的时间内产生反应。这种方法一般用在测试增强灵敏度系统。

2.5.4 乳糖-氯酸钾测试 (Lactose-Potassium Chlorate Test)

将乳糖及氯酸钾混合后点燃, 产生由火光及烟雾组成的受控制火灾来测试空气采样式烟雾探测系统的一种方式, 一般用在测试普通灵敏度系统。

2.5.5 维护测试点 (Maintenance Test Point)

对某些进出困难（密闭的空间或高挑空间等）在日后保养不易的区域可以延长采样管路将末端延伸至易于抵达的位置作为维护测试点，日后保养时可在此维护测试点导入烟雾即可判断管路是否正常。此种测试点可以不受最大传输时间的限制。

2.6 电脑管路气流计算

配合管路设计时分析采样管路效果的电脑辅助设计计算软件，一般可以从计算出的如反应时间、采样孔灵敏度、采样孔抽气压力等各项指标判断设计的采样管路是否达到要求。

第 3 章 设计考虑

设计人员进行详细的管路及采样点布局之前，应该先了解以下几个因素

3.1 使用目的

空气采样式烟雾探测系统具有极为广泛的灵敏度探测范围，因此可以作不同的应用。它可以被用来作为火灾自动报警系统提供符合消防规范的最低限度要求。也可以利用空气采样式系统的高灵敏度特性，在符合消防规范的同时，对保护环境提供更高等级的防护。空气采样式系统更可以独立于消防报警系统之外，作为对特定重要区域或对象的极早期环境监控预警系统。因此设计人员必须了解系统的使用目的才能提供符合需求目的的设计。

一般而言，空气采样式系统在使用目的上可分为以下 3 大类型：

- 作为独立的火灾自动报警系统
- 作为探测装置成为火灾自动报警系统的一部分
- 作为环境监控系统

当作为独立的火灾自动报警系统时，整个系统都必须符合消防规范的要求。

当空气采样式系统作为探测装置将输出传给火灾自动报警系统时，空气采样式系统必须符合消防法规探测器的相关规定，并通过相应要求的性能测试。

当作为环境监控系统时，可以不受消防法规的规范。设计时应参考用户要求及制造商建议。

3.2 保护场所或对象

空气采样式烟雾探测系统所要保护的是哪一类型的场所，譬如通信机房、电脑机房、洁净室或是高架仓库...等。不同的保护场所可能有不同的特性、应用标准及规范，事先了解所要应用的场所有助于使管路设计符合相关规范并能提供更为有效的火灾探测。

3.3 区域 (Zone)

3.3.1 探测区域

当空气采样式烟雾探测系统是消防报警系统的一部分时，其探测区域应该符合相关消防规范的规定。

探测区域的划分是为了迅速而准确地探测出被保护区域内发生火灾的部位，所以将被保护区域按适当面积大小以及用途或特性划分成若干个探测区域，并在火灾报警控制

器上显示。空气采样式系统在报警时并无法分辨出是采样管路上的哪一个采样点有异常的烟雾增加情形，而只能表示整个防区（管路）有异常的情况，因此单台探测主机采样管路的涵盖范围在大部分的应用中即等于火灾自动报警系统的一个探测区域。

探测区域面积应符合相关规范并与报警区域与防火分区的划分相配合，但探测区域面积不应与报警区域或防火分区面积的规定相混淆，因其功能并不相同。

3.3.2 报警区域

报警区域应根据防火分区或楼层划分。一个报警区域宜由一个或同层相邻几个防火分区组成。一个报警区域可能包含一个以上的探测区域，反之则不然。

3.3.3 防火分区

防火分区是指采用防火分隔措施划分出的、能在一定时间内防止火灾向同一建筑的其余部分蔓延的局部区域（空间单元）。在建筑物内采用划分防火分区这一措施，可以在建筑物一旦发生火灾时，有效地把火势控制在一定的范围内，减少火灾损失，同时可以为人员安全疏散、消防扑救提供有利条件。

3.4 环境特性

保护区域环境如空调通风、设备机柜、天花板高度、高架地板/天花板吊顶、室内温度、湿度、空气品质、是否有特定污染源等；外界环境如日照、可能进入保护区域的污染源等。

3.4.1 空调或机械通风系统

当保护环境内有空调或机械通风系统时必须注意空调或机械通风系统在保护区域内产生的气流会不会对火灾时的烟雾流动方向造成影响。一般而言，气流越大，对烟雾流动方向的影响越大。另外，当探测系统需要达到极早期的火灾探测效果时，即使是微弱的气流都会对系统反应时间有一定程度的影响。

3.4.2 设备机柜

现代化工业用的电子仪器设备经常是安装在机柜内部的，这样当火灾起源是在机柜内部的设备时，机柜将会阻碍火灾烟雾向外扩散，造成外界的火灾探测系统无法及时的探测到火情的产生。

3.4.3 天花板高度

天花板高度会影响烟雾探测的效果，高度越高探测效果越差，并且越有可能产生烟层现象（Stratification）。一般而言，传统点型烟感探头的最大安装高度为 10.5~12m，高灵敏度系统可以弥补天花板高度的影响因此可以适当的放宽最大天花板安装高度。具体建议请参考第 5 章的内容。

3.4.4 高架地板及天花板吊顶

当高架地板下方或是天花板吊顶上方具有电缆线或是其它可能的火灾产生源时，应该也要对高架地板下方或是吊顶上方进行探测。设计时须考虑是否将高架地板下方或是天花板吊顶上方划分成不同的探测区域，以减少查找火源的时间。若是这些区域与房间内属于共同的空调区域，则可以根据空调系统回风的特性，设计共同空调区域的探测系统。

3.4.5 高温/低温

对于特定的保护场所可能有温度较高（如锅炉房、发电机房等）或是温度较低（如冷库等）情形时，须考虑采样管路与探测主机的工作温度范围是不是适合安装环境。如果采样管路材质（ABS 或 uPVC）不适合安装环境，可以使用合适管径的金属或其它材质管料来替代。如果探测主机不适合安装环境，可以将探测主机安装在保护区域外的适当位置，此时须注意探测主机环境与保护环境间是否有压差（或其它因素），是否需要将排气引回到保护区域。采样管路从离开保护环境到进入探测主机之前应该有适当的距离让空气样品温度能够适合探测主机。若是因为反应时间或其它因素的考虑而没有足够管长让空气样品的温度产生适当变化的话，则可以在管路中加入加温或降温装置来达到。须注意空气样品在管路中产生温度变化时是否可能造成凝结水现象，如果是的话需如同下节中所叙述的加入凝结陷阱。

3.4.6 潮湿

当采样环境属于潮湿环境，或是从风管内采样，采样管因温度的变化而产生凝结水的情形时，采样管路在进入探测主机之前需加入凝结陷阱（Condensation trap）以避免水气造成探测主机的故障。

3.4.7 肮脏

AVA 艾华探测主机非常适用于极度肮脏的环境，典型的应用有造纸厂、磨坊、马厩、养鸡场等场所。在此类肮脏的环境下使用空气采样式烟雾探测系统时需要适当的增加采样孔的检查及清洁频率以避免发生采样孔堵塞的情形。在设计时也可以在合理的范围内适当的加大采样孔孔径以减少日后系统运行时采样孔堵塞的机会。

3.4.8 外部污染源

若是外界空气污染源（譬如汽车尾气、燃烧稻草等情况）可能从门窗或是空调送风管道进入保护区域，而且保护区域本身对误报有严格的要求时，则可以将探测系统增加参考探测主机来避免因为外界空气污染源进入探测区域所造成的误报情形。此时参考探测主机的采样管路应设置在外界污染源进入探测区域的入口处，如此保护区域的探测主机即可“参考”参考探测主机的烟雾浓度，只对发生在保护区域内部的异常烟雾浓度增长情形产生警报。

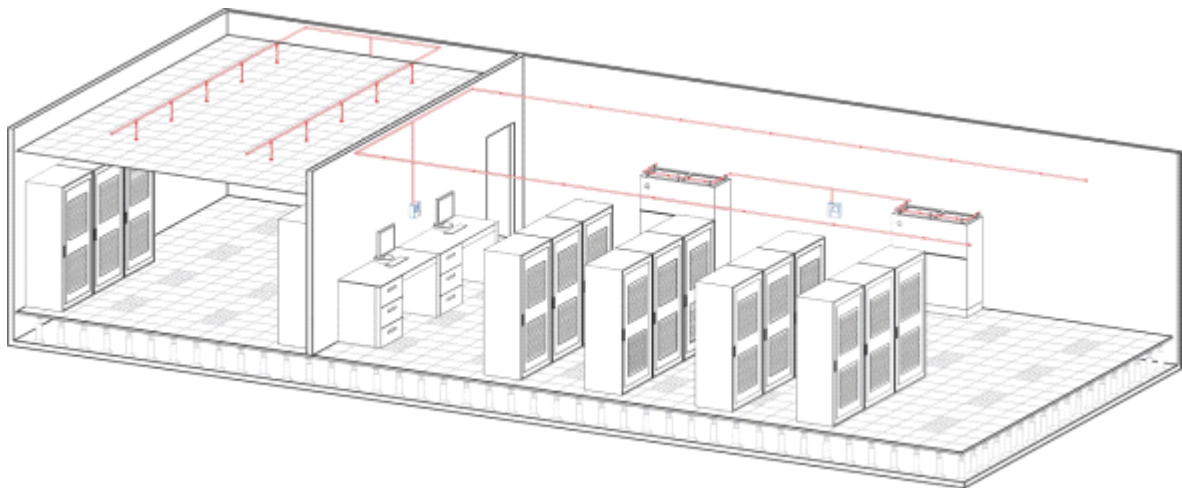
3.5 采样方式

空气采样管路的基本设计原则是将采样点配置在火灾烟雾出现的位置上。一般而言物质燃烧时产生高温的烟雾粒子，因此烟雾粒子受热浮力的作用往上升，在碰到天花板后向四周扩散，所以火灾自动报警系统的探测器大多安装在天花板下方。但是配置在天花板下方的探测器不总是有效的，因为烟雾流动的方向还受到其它如空调/通风系统、天花板高度、设备机柜及保护对象特性等因素所影响。尤其是在火灾的早期阶段，此时火灾燃烧释放出的能量还不是很大，热浮力也不高，因此烟雾更容易受到其它因素所影响而改变方向。

在设计采样管路时，应该根据烟雾出现位置的特性，应用适当的采样系统。

3.5.1 标准（天花板下）采样（Below Ceiling Sampling）

次要采样系统将采样点如同点型烟雾探测器般配置位置及间距。当计算出的采样点灵敏度相当于点型烟感探头时，采样点的位置可以依据 BS5839 或 BS6266 的要求来设计。



3.5.2 垂直采样（Vertical Sampling）

垂直采样系统是将采样管路以垂直或倾斜的方式配置，在适当的垂直高度间隔设置采样点来探测保护空间内的火情。

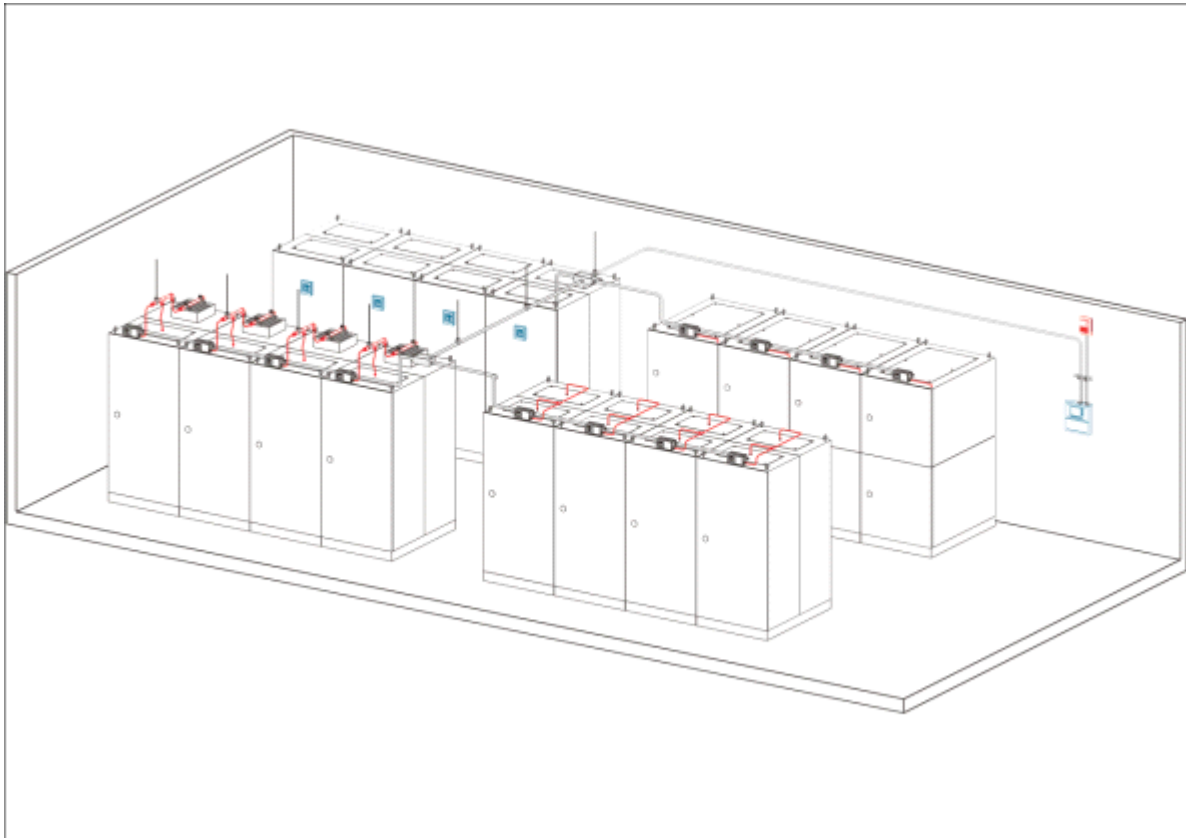
垂直采样系统一般应用在难以接近区域、天花板很高、不确定的热屏障层高度、以及有美观要求等场所。

垂直采样系统的系统灵敏度计算方式与次要采样系统的计算方式相同。

3.5.3 机柜采样（In-Cabinet Sampling）

机柜采样系统是将采样点配置在机柜，保护机柜内的设备。由于直接对保护对象采样，这种方式可以得到最早期的火灾预警效果。

一般各个机柜内部互为独立的空间，因此系统灵敏度即相当于采样孔灵敏度，在每一个采样孔的进气量均相同的情况下，即等于探测主机灵敏度乘上采样孔数量。

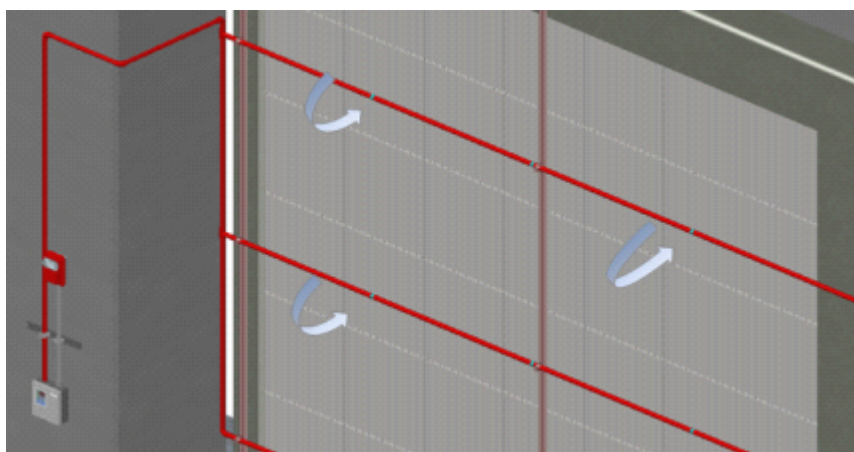


3.5.4 回风采样 (Return Air Sampling)

回风采样又可依采样的位置分为回风口采样及风管采样。

3.5.4.1 回风口采样

主要采样系统的主要考虑保护环境中央空调/通风系统的特性将采样点配置在空气流动的路径上。



在使用主要采样系统时应该注意空调/通风系统的运转时间，因为当空调/通风系统停止运转时，主要采样系统就无法达到其设计功能。在这种情况下，主要采样系统只能作为其它采样系统的辅助方法而不能单独存在。

环境中空气的流动或影响烟雾行进的方向，并影响烟雾从起火点到达探测位置的时间，因此为了减小警报反应时间，建议使用主要采样系统。不过要注意的是，环境中空气流速的大小不同对烟雾流动的影响也不同，应该区别对待。基本上空气流速的高低可以用风速 1 m/s 作为一个分界点，高于 1 m/s 可视为高速气流，低于 1 m/s 可视为慢速气流。¹

a. 高速气流

高速气流一般产生在空调系统的回风位置，此时探测系统的效果主要受起火点处的风速大小以及起火点距探测位置的距离等因素所影响。起火点处的风速越大，烟雾就愈容易被带向位于回风位置的探测点。起火点距离探测位置越近，即使风速不是很大，风速也足够将烟雾带向探测点。也就是说当起火点处的风速越大，离探测点越近时，主要采样系统的效果就越好。反之，当起火点处的风速越小，离探测点的距离越远，主要采样系统的效果就越差。

b. 慢速气流

当空气流速在保护区域内任意一点的风速均小于 1 m/s 时，则必须使用如下节所述的次要采样系统。

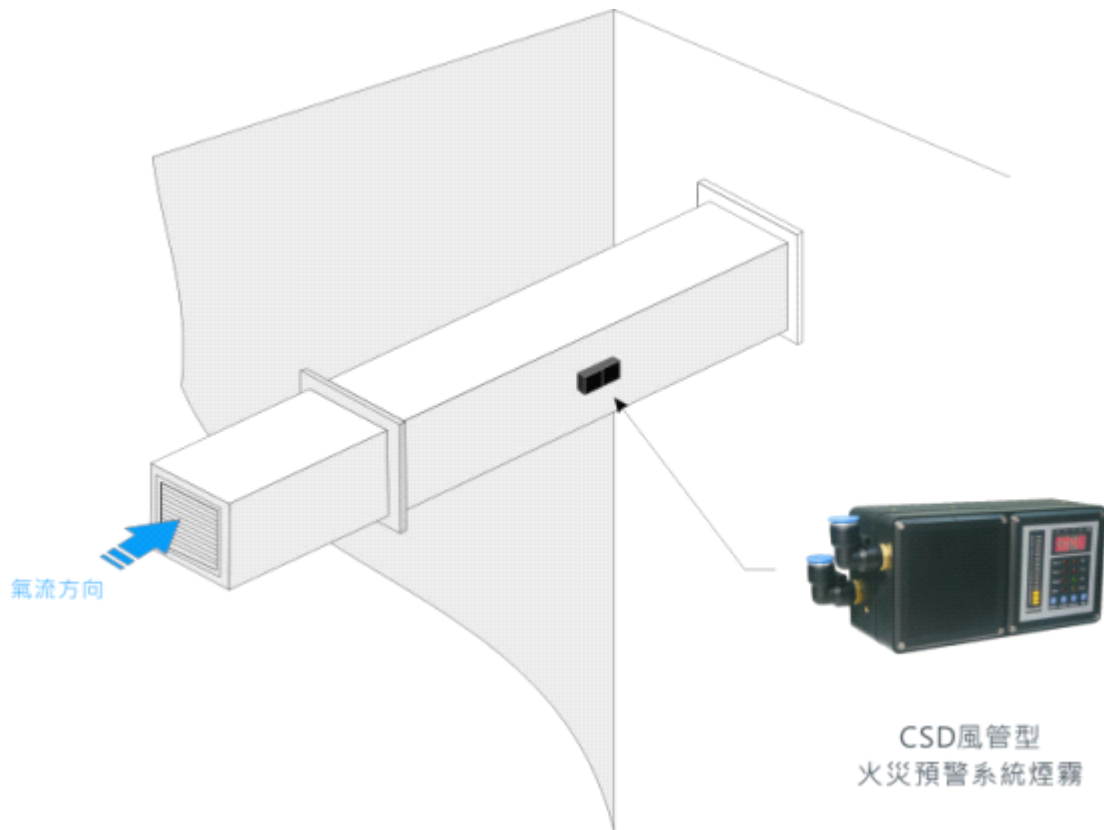
综上所述，当保护环境内有高速气流存在时，探测方式应以主要采样系统为主，以次要采样系统为辅，若空调或通风系统不是 24 小时运转时，必须同时使用次要采样系统。当保护环境内部仅存在慢速气流时，应使用次要采样系统，若有极早期预警的要求时，再视情况使用主要采样系统。

由于探测效果受风速及位置的影响较大，且很难用定量的方式决定最佳的采样系统，因此建议在可行的情况下，使用烟雾模拟测试来观察空调系统在运转及停机时的烟雾流动方向以决定最佳的探测位置。

3.5.4.2 风管采样

将采样管路及采样点配置于风管内部的采样方式

¹ 参考 BFPSA Code of Practice Aspirating Detection Systems 13.5.9 Ventilation and air movement

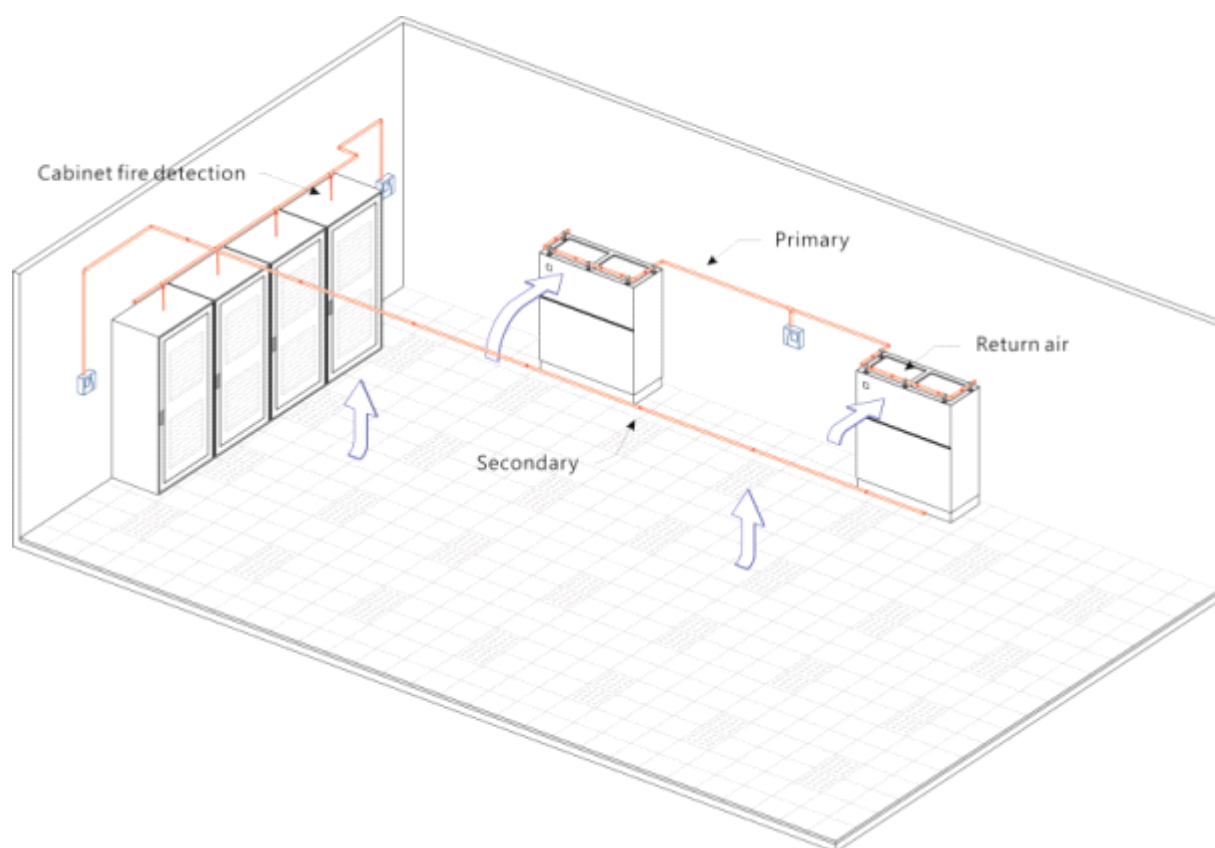


3.5.5 局部采样 (Localized Sampling)

局部采样系统是将采样管路及采样点安排来监控特定的仪器或设备。这种采样系统的设计只能依靠专家/制造商以及模拟测试。局部采样系统的灵敏度也只能由专家/制造商的完整设计考虑来决定。

3.5.6 混合采样方式

在实际的应用上，也许有可能对一个区域同时搭配上上述不同的采样方式来达到最佳的保护效果。



例如在控制中心或变电站，关键的起火源为机柜内的电子仪器或是高低压设备，为了达到最大的保护效果，事实上可以使用天花板下采样及机柜采样这两种采样方式，将某些采样孔配置在保护天花板，另外一些采样孔使用延伸的软管将采样点配置在机柜内部。只要采样管路的长度及总采样孔数不超过表 3 的管路极限即可。

另外，在空调通风的目的是保持环境舒适类型的情况下，回风口的气流流速一般不会太高，此时也可以与其它采样方式（如天花板下采样）混合使用。不过，还是建议维持单管的独立性，亦即单独使用一根采样管在回风口处，在天花板或机柜采样使用另一根采样管，以避免因为回风口处的不同压力影响到其它采样孔的探测效果。

3.6 灵敏度及测试方法

AVA（艾华）空气采样式烟雾探测系统具有非常广泛的灵敏度探测范围，系统可以被设计成具有非常高的灵敏度而具有极早期火灾预警的功能，也可以被设计成如同传统点型烟感探头般的灵敏度而适用于一般建筑物的火灾保护。不同的系统灵敏度效果，需要有不同的测试方法来验证。也就是说，高灵敏度系统的测试必须能对较少的烟雾产生反应，而对普通灵敏度的系统，其测试方法就跟普通烟感的测试差不多。一般厂家建议的最大保护面积及管路限制指的是在普通灵敏度情况下的最大值，在要求较高的保护效果的项目，应该适当的缩小每台探测主机的探测区域使系统具有较高的灵敏度。

因此，设计人员必须事先了解空气采样式烟雾探测系统预期需要达到的探测效果或是测试方法，才能做出相应的设计。

3.6.1 灵敏度

依据 BFPSA Code of Practice for aspirating detection systems, 探测主机灵敏度与系统灵敏度分为以下 3 种类型：

- 普通（Normal）：相当于普通点型烟感探头的灵敏度（约 5% obs/m）。
- 增强（Enhanced）：满刻度（Full Scale）灵敏度介于 0.8% ~ 2% obs/m 之间。
- 非常高（Very High）：满刻度灵敏度小于 0.8% obs/m。

探测主机灵敏度（Detector sensitivity）指的是探测主机自身的灵敏度，亦即探测主机感应到的烟雾浓度大小。由于一般空气采样式探测主机可以测量烟雾浓度的起伏变化并在烟雾浓度指示灯上显示，因此灵敏度一般指的是烟雾浓度上升到指示灯满刻度时所需要的烟雾浓度量。

采样点灵敏度（Sampling point sensitivity）指的是火灾烟雾只由该特定采样点进入采样管路而使探测主机到达满刻度时所需要的烟雾浓度量。例如，探测主机满刻度灵敏度为 0.05% obs/m，而某一采样点的进气量占全部采样点进气量的 6.25% 时，则此采样点的烟雾浓度必须达到 0.8% obs/m 才能使探测主机的烟雾浓度读数上升到 0.05% obs/m，也就是说该采样点的灵敏度为 0.8% obs/m。采样点灵敏度的计算方式为探测主机灵敏度/采样点进气量百分比。假设每一个采样点孔径大小均经过计算使得每一个采样点的进气量均相同时，采样点灵敏度可以由探测主机灵敏度 x 采样孔数量来估算。在上面的例子中，假设采样管路上共有 16 个进气量相同的采样点时（包含末端孔），采样点灵敏度即等于 $0.05\% \text{ obs/m} \times 16 = 0.8\% \text{ obs/m}$ 。

累积灵敏度（Cumulative sensitivity）指的是由于火灾烟雾同时从数个采样点进入采样管路所产生的烟雾累积效应（Cumulative effect），使探测主机达到满刻度所需要的实际采样点灵敏度。例如，对一探测主机满刻度灵敏度 0.05 %obs/m，采样管路上共有 16 个相同进气量采样点的探测系统，假设火灾烟雾可以同时从 4 个相邻的采样点进入采样管路时，由于这 4 个点的烟雾累积效应，实际使探测主机到达满刻度所需的烟雾浓度为 $(0.05\% \text{ obs/m} \times 16) \div 4 = 0.2\% \text{ obs/m}$ 。

系统灵敏度（System Sensitivity）指的是使探测主机达到满刻度时，保护区域内所需要产生的烟雾浓度大小。系统灵敏度的大小与探测主机满刻度灵敏度、采样点数量及火灾烟雾进入采样点的数量有关。在极端的情形下系统灵敏度可能等于采样点灵敏度，亦即火灾烟雾只会从一个采样点进入管路系统；系统灵敏度也可能等于探测主机灵敏度，在这种情况下火灾产生的烟雾会同时从所有的采样点进入。一般的情况是系统灵敏度介于这两者之间。

有效灵敏度（Effective Sensitivity）指的是由于环境中存在的背景烟雾浓度，要达到相关灵敏度时所需增加的实际烟雾量。例如，当背景烟雾浓度为 $0.01\% \text{ obs/m}$ ，采样孔灵敏度为 $0.8\% \text{ obs/m}$ ，当系统灵敏度等于孔灵敏度时，要使探测主机达到满刻度时，采样孔位置的烟雾浓度必须增加 $0.8 - 0.01 = 0.79\% \text{ obs/m}$ ，亦即系统的有效灵敏度为 $0.79\% \text{ obs/m}$ 。当系统灵敏度等于探测主机灵敏度时，系统的有效灵敏度为 $0.05 - 0.01 = 0.04\% \text{ obs/m}$ 。

单一采样孔（假设每一采样孔的进气量均相同时）的有效灵敏度可以使用探测主机灵敏度及采样孔的数量来估计。例如，探测主机灵敏度为 $0.1\% \text{ obs/m}$ ，采样管路上共有 40 个气流平衡的采样孔分别保护单独的房间，此时采样孔灵敏度即相当于 $4\% \text{ obs/m}$ 。系统灵敏度的计算即相当于探测主机灵敏度乘以采样孔灵敏度。

因此， $0.1\% \text{ obs/m}$ 的高灵敏度探测主机连接有 40 个气流平衡的采样孔时即相当于 $4\% \text{ obs/m}$ 的普通灵敏度系统。

注意：当烟雾可以同时从一个以上的采样孔进入采样管路时，因为累积效应的关系，系统灵敏度应该介于 $0.1\% \sim 4\% \text{ obs/m}$ 之间。

当采样管路只被用来保护单一的空调主机时，由于烟雾的累积效应，其系统灵敏度即相当于探测主机灵敏度。当采样管路被用来保护一个以上的空调主机或回风口时，实际的系统灵敏度就必须依据各个空调主机或回风口实际的换气量比例以及采样管路的抽气量比例来计算。

3.6.2 测试方法

不同的系统灵敏度要求应使用不同的测试方法来验证。当要求高灵敏度（极早期报警）时，系统应能在少量烟雾的情况下报警。当要求普通灵敏度时，测试方法即与传统烟感探头相同。以下介绍的是 BS6266 及 BFPSA Code of practice Aspirating Detection Systems 中规定的不同灵敏度的测试方法。

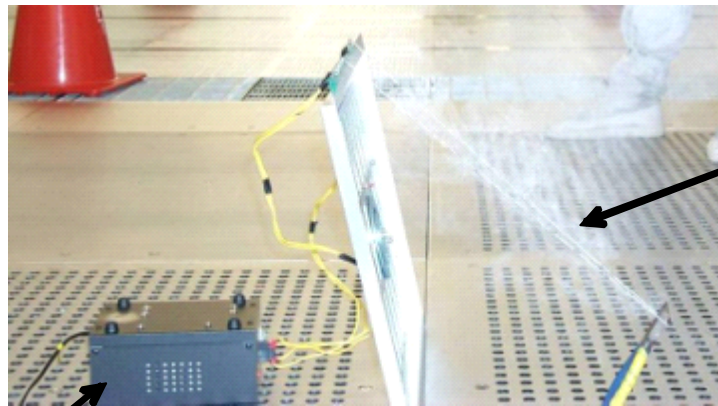
3.6.2.1 热电缆测试（Hot Wire Test）

热电缆测试是适合非常高灵敏度系统的测试方法

测试步骤

- a. 将电缆线连接到电源供应器
- b. 通电使电缆线短路
- c. 测试时间到达后关掉电源

- d. 探测器必须在断电后规定的时间内达到所要求的反应



电源供应器

测试电缆

3.6.2.2 烟雾锭测试 (Smoke pallet test)

烟雾锭测试是适合增强灵敏度系统的测试方法

能在瞬间产生少量的烟雾 (较热电缆测试多)

加热器关闭后 180 秒内必须产生反应



3.6.2.3 乳糖-氯酸钾测试 (Lactose-Potassium Chlorate Test)

乳糖-氯酸钾测试是适合普通灵敏度系统的测试方法

由此两种化学药品的定量组合，将之点燃后模拟烟雾的产生

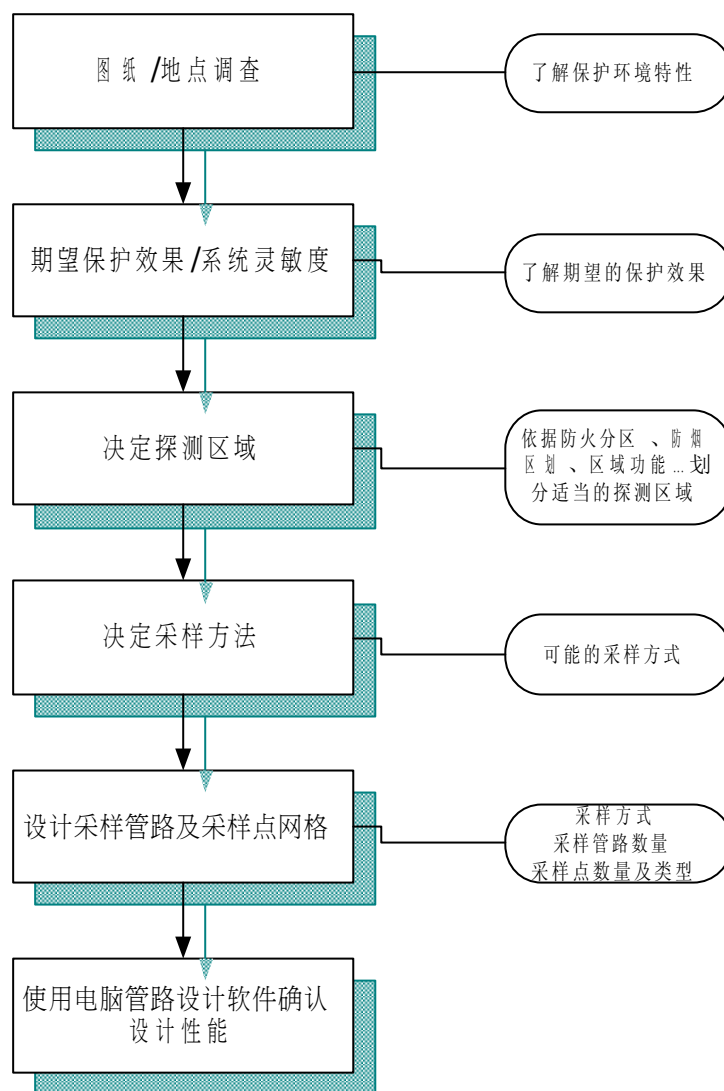
能在瞬间产生少量的烟雾（较热电缆测试多）

药品燃烧后 120 秒内必须产生反应



第 4 章 管路设计

在决定好使用的采样系统之后，本章介绍详细的采样点、采样管路位置及间距，选择适当的探测主机型号及安装位置。



图：空气采样系统设计流程

4.1 探测区域

4.1.1 消防规范

对于须符合消防规范的系统，探测器主机探测区域大小须依照场所类别至少符合当地相关规范的要求

国家/地区	相关规范	最大探测区域	说明
中国	GB50116	500 m ²	4.2.1.1 探测区域应按独立房(套)间划分。一个探测区域的面积不宜超过 500m ² 探测区域的划分还应该符合 4.2.2 及 4.2.3 条的相关规定
中国	GB50116	1000 m ²	4.2.1.1 从主要人口能看清其内部，且面积不超过 1000m ² 的房间，也可划为一个探测区域。
英国	BS 5839	2000 m ²	13.2.3 非定位式火灾探测器的探测区域不超过 2000 m ² ，且火灾搜寻距离应小于 60m。
澳大利亚	AS1670	2000 m ²	空气采样烟雾探测系统的报警区域（Alarm Zone）不超过 2000 m ²

4.1.2 特殊区域/设备

建议将高风险性的特殊设备或是房间划分为独立的探测区域。（BS6266 7.2.7）

国家/地区	相关规范	探测区域	说明
英国	BS 6266	一个机柜或数个机柜为一区	5.2.7 (e) 当设备需要极早期火灾预警的保护效果时

在电子洁净厂房的应用中，也经常将变电站配电柜、Wet Bench、Implanter 等重要设备或高风险设备独立探测。在这种应用中，空气采样系统一般不做为火灾自动报警系统，而做为降低火灾风险的监控系统。

4.2 采样管路设计

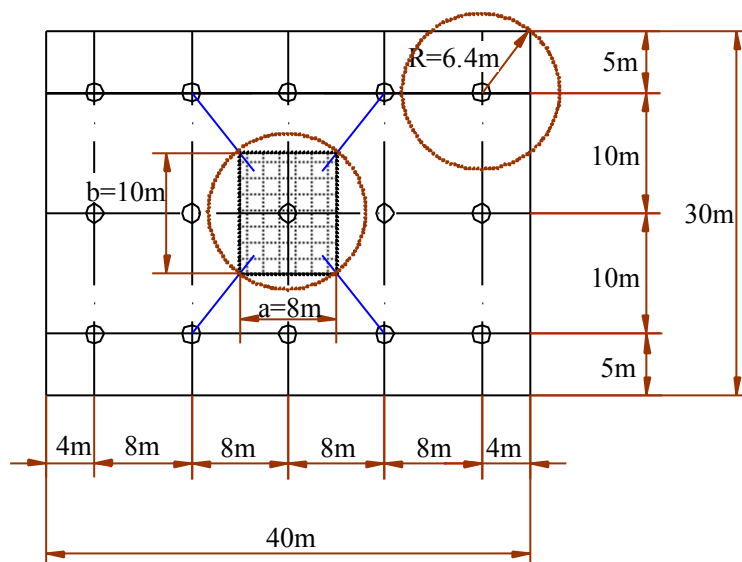
4.2.1 设计原则

在依上述原则对保护区域实际情况划分探测区域后，下面详述探测区域内的管路设计说明。

4.2.1.1 一般原则

原则 1: 每个取样孔相当于一个点型烟雾探测器

以一个地面面积为 $30\text{m} \times 40\text{m}$ 的生产车间为例, 房间高度为 8m , 符合规范的设计需要能同时满足保护面积 $A \leq 80\text{m}^2$, 保护半径 $R \leq 6.7\text{m}$ 即可), 因此以 $a=8\text{m}$ 及 $b=10\text{m}$ 的间距平均布置在保护区域内, 共使用 15 只感烟探测器。



在空气采样管路的设计中, 上图的点型感烟探测器的位置即等于采样点的位置。因此, 采样管路系统只须如下图所示将采样管路经过这些采样点即可。如下图所示

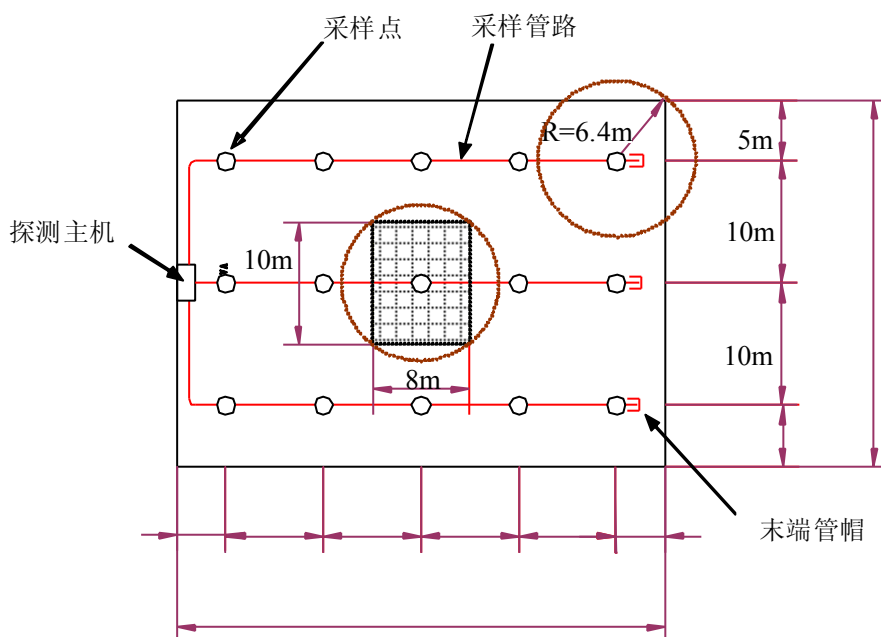


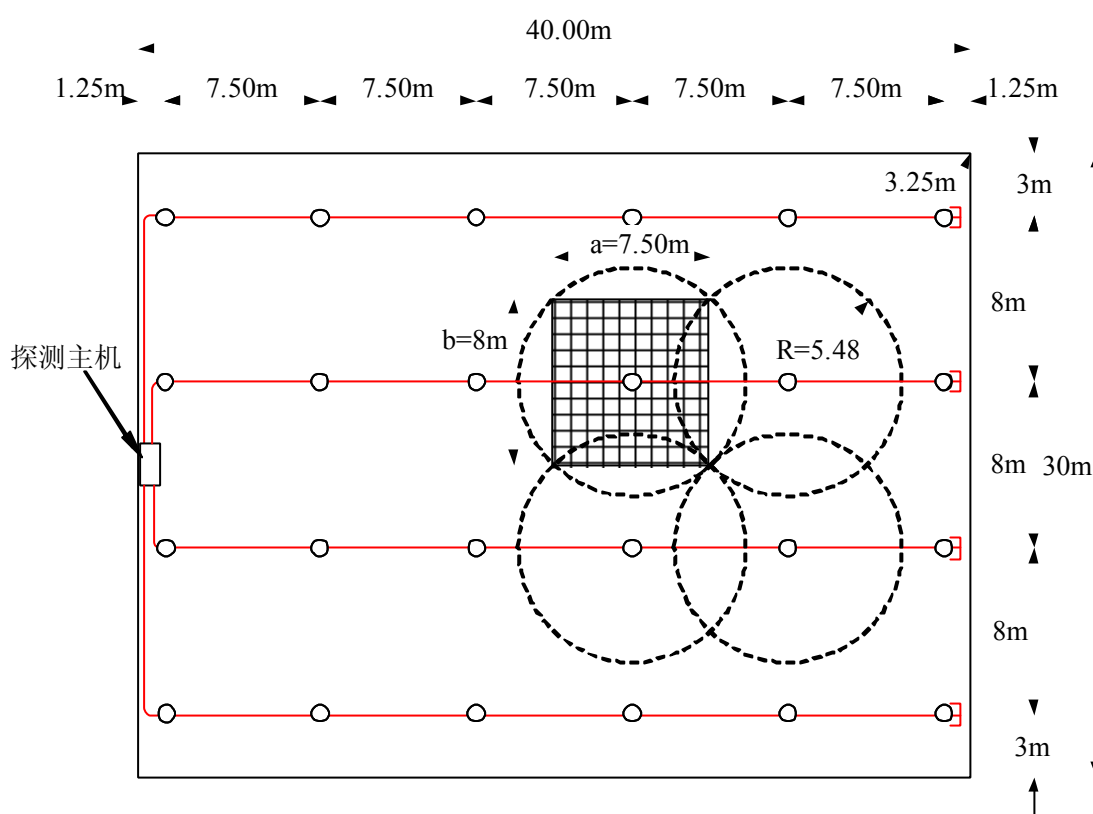
图: 烟雾探测器位置转为采样管路设计

原则 2：采样管路网络设计

在设计采样点位置的时候，可以有下列两种方式

a. 固定网格

固定间距方式是将采样点以相同的间隔距离布置在保护区域内。例如同样是上述 GB50116 的范例中，假设天花板的高度为 5m，此时保护面积及保护半径的条件应该改为 $A \leq 60\text{m}^2$ ， $R \leq 5.7\text{m}$ 。使用 $a=7.5\text{m}$ ， $b=8\text{m}$ 的采样点固定间距时，得出的采样管路系统如下图所示。



此时采样孔与保护区域边界的距离分别为

$$(40 - (7.5 \times 5)) \div 2 = 1.25\text{m}$$

$$(30 - (8 \times 3)) \div 2 = 3\text{m}$$

注意，墙角与其最接近的采样孔间的距离必须小于规定的保护半径，否则就应该再适当的增加采样点数量。

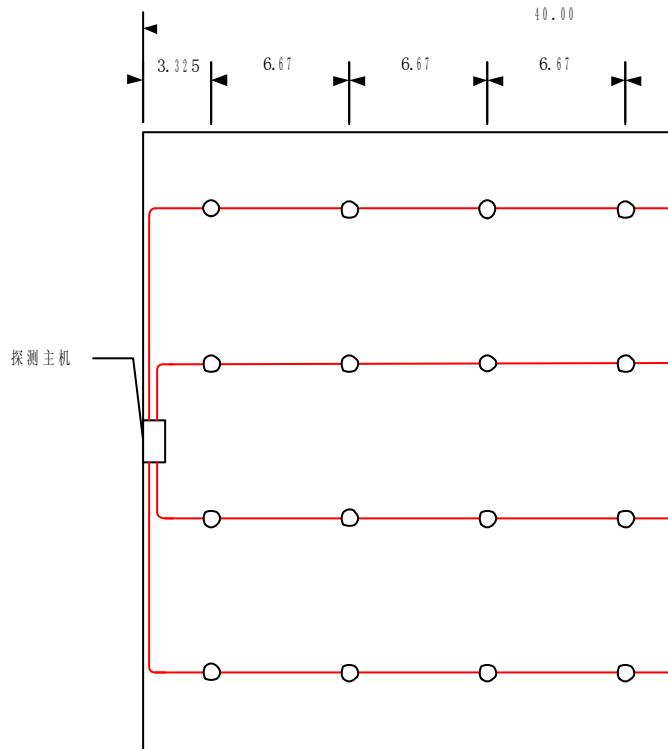
b. 平均网格

另一种采样点布局方式是在满足采样点保护面积及保护半径的条件下，将采样点较为平均的分配在保护区域内。此时假设采样点的间距为 D ，最靠墙的采样点与墙壁的距离则大约为 $D/2$ 。以上述的例子而言，同样使用 24 个采样点，将这些采样点做更平均的分配。此时采样孔的间距及距墙壁的距离分别为

$$a = 40 \div 6 = 6.67\text{m}, a/2 = (40 - (6.67 \times 5)) \div 2 = 3.325\text{m}$$

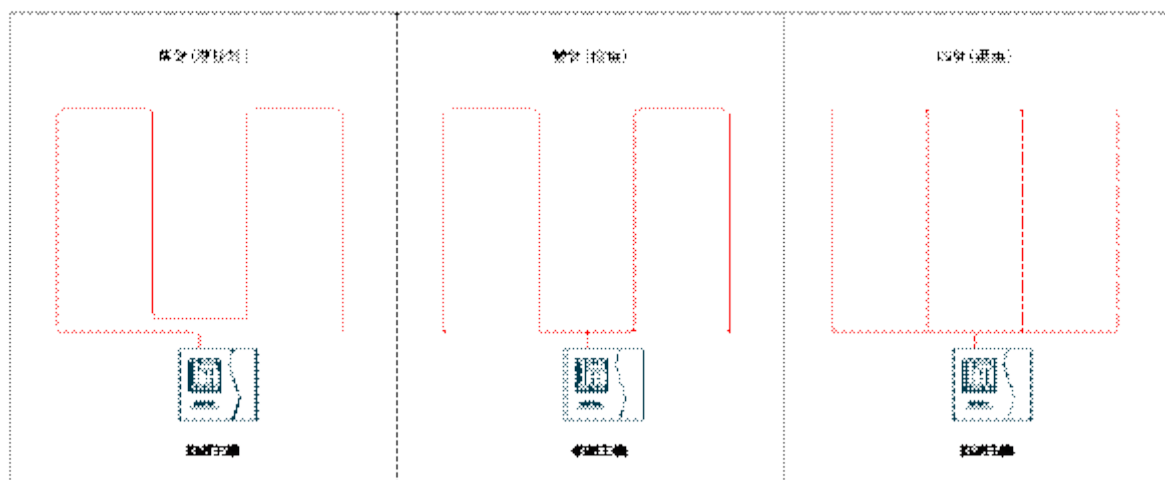
$$b = 30 \div 4 = 7.5\text{m}, b/2 = (30 - (7.5 \times 3)) \div 2 = 3.75\text{m}$$

如下图所示



原则 3：尽量使用多根管路

此外，虽说使用一根管路来绕过所有的采样点是可行的，但是这样会加长空气样品在管路中的传送时间。因此建议最好将主机配置在管路的中心处，使用多根管路来涵盖整个保护面积，以缩短系统的反应时间。



原则 4：最大传送时间

一般而言，管路最末端的传送时间应在 120²秒以内，特殊要求时也可能需在 90 秒或 60 秒以内。最大传送时间主要受管路长度、采样孔数量及采样孔孔径大小所影响。

原则 5：管路长度

管路越长，管路末端的空气样品传送回探测主机的时间就越久。

原则 6：采样孔数量

采样孔数量会影响到管路末端的烟雾最大传送时间，当管路上开孔数量越多时，后段管路的抽气压力就越小，后段管路的空气流动速度就越慢，使得管路末端的空气需要更长的时间才能传回探测器。

此外，采样孔数量越多，单孔灵敏度就越差，因此要注意管长及采样孔数量不要超过探测主机的限制以保证系统的灵敏度及反应时间。一般来说，采样孔的灵敏度至少要优于传统的点型探测器（5~15%obs/m）。在要求高灵敏度的情况下，采样孔满刻度灵敏度应优于 2%/m 甚至更高。

原则 7：采样孔径

一般而言，采样孔的孔径大小为 2~4mm，采样管路的末端必须配上管帽，管帽的开孔大小一般为 2~10mm。

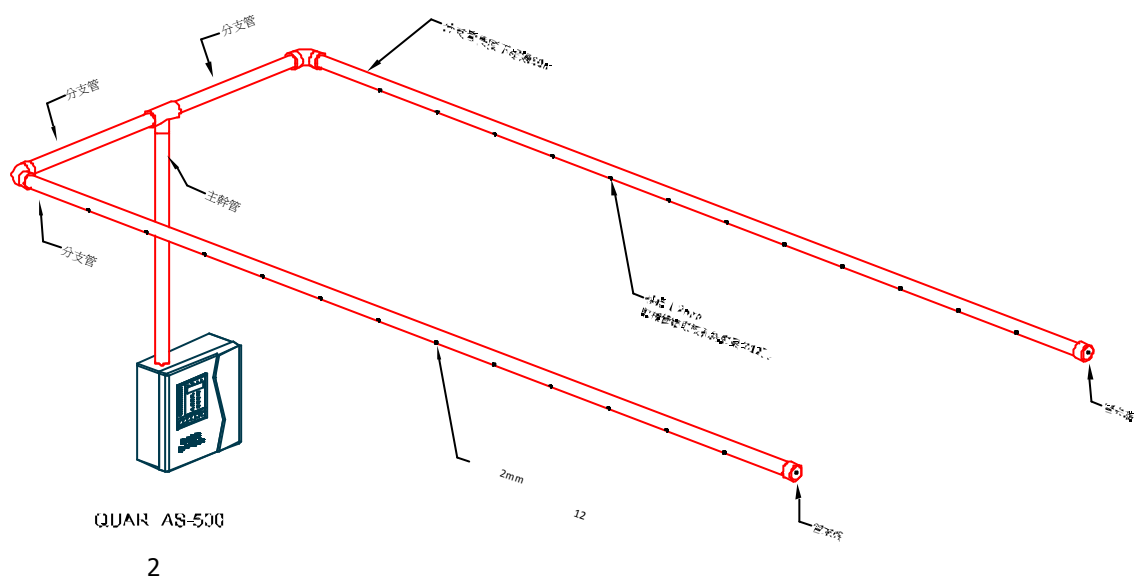
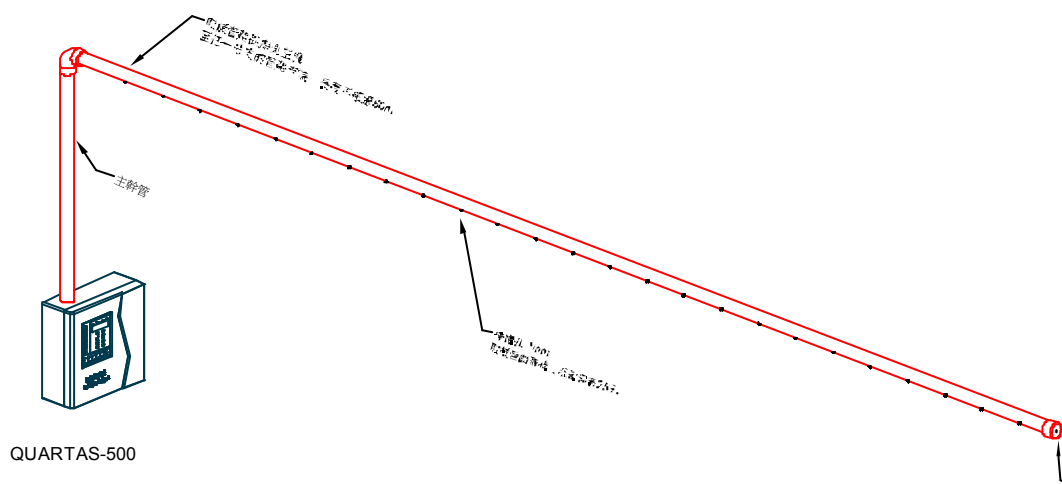
采样孔径越大压降越大，反之则越小。因此若是采样管路较长时孔径一般为 2mm 以保证管路末端能有足够的抽气压力；在管路不是很长或是采样孔数量不多的情况下也可以使用孔径为 3mm 或 4mm 的采样孔。由于管路后段抽气压力减小，管内流速变慢，末端管帽较大的开孔可以使流速变大，加快烟雾传送时间。

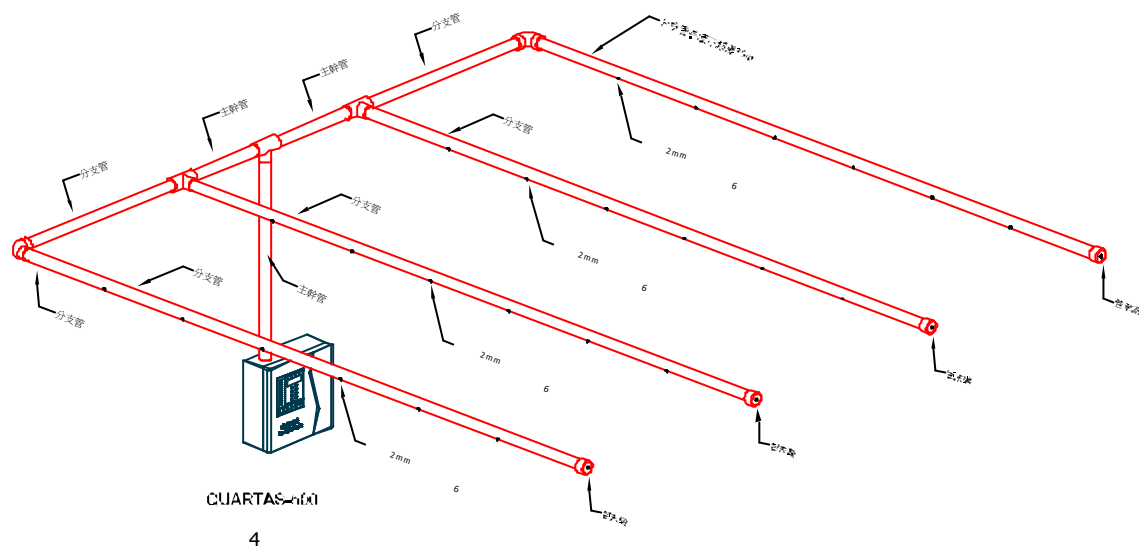
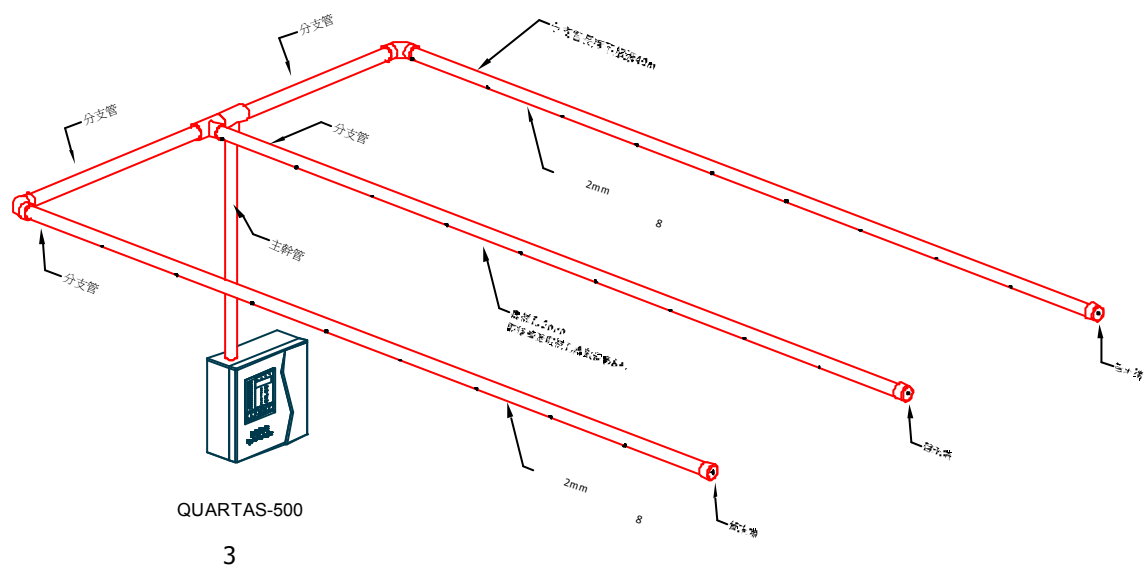
4.2.1.2 AVA 管路极限

管路设计建议

- 采样管路最多可以有 4 根分支管路，如下图所示

² 120 秒是符合 BFPSA 及 NFPA 72 的要求。当最大传输时间另有规定时（譬如 NFPA 76 的 VEWFD 灵敏度要求时为 60 秒，EWFD 灵敏度要求时为 90 秒）管路长度应做适当调整。此外，不同的灵敏度要求时也要注意控制采样点的数量。





空气采样式烟雾探测系统的性能与采样孔数量、采样孔大小、末端孔大小、管路长度、有无分支管等都有关系，下面表格使用流体力学计算软件将不同管路分支形式、管长、采样孔间距、数量及孔径大小等计算出相关的管路性能的极限值，包括末端孔压力、孔平衡（Hole Balance）、孔比例（Hole Share）、管路末端的传输时间（反应时间）。设计人员可以参考下表根据所需的探测区域大小选择合适的管路配置。下表列出的是管路极限值，附录 3 还列出了更多不同管路配置计算结果，设计人员可以从附录 3 查表估计所设计采样管路的性能。

注意由于实际施工与设计值可能有误差，因此下表基本上以反应时间 110 秒为极限，以避免施工误差造成实际的末端烟雾测试反应时间超过 120 秒。

表 4-1：单管管路极限

分支管数	最长管 (m)	总管长 (m)	孔间距 (m)	单管孔数	总孔数	采样孔径 (mm)	末端开孔 (mm)	末端孔压力 (Pa)	孔平衡 (Pa)	孔比例 (%)	反应时间 (s)	单孔保护面积 (m²)	探测区域 (m²)
1	40	40	3	14	14	2.0	4.0	95	89	79	51	9	126
			4	10	10	3.0	4.0	64	83	86	47	16	160
			5	8	8	3.0	4.0	79	87	83	47	25	200
			6	7	7	3.0	4.0	88	92	81	47	36	252
			7	6	6	3.0	4.0	96	90	78	48	49	294
			8	5	5	3.0	4.0	103	92	74	48	64	320
			9	5	5	3.0	4.0	106	91	74	49	81	405
			10	4	4	4.0	4.0	84	90	80	44	100	400
	50	50	3	17	17	2.0	4.0	73	84	83	61	9	153
			4	13	13	2.0	4.0	89	88	78	61	16	208
			5	10	10	3.0	4.0	55	80	87	57	25	250
			6	9	9	3.0	4.0	68	85	83	58	36	324
			7	8	8	3.0	4.0	73	84	83	57	49	392
			8	7	7	3.0	4.0	80	86	81	57	64	448
			9	6	6	3.0	4.0	87	88	78	57	81	486
			10	5	5	3.0	4.0	93	90	74	58	100	500
	60	60	3	20	20	2.0	4.0	54	78	86	72	9	180
			4	15	15	2.0	4.0	71	84	81	71	16	240
			5	12	12	2.0	4.0	83	87	77	72	25	300
			6	10	10	2.0	4.0	92	89	73	73	36	360
			7	9	9	3.0	4.0	55	79	86	67	49	441
			8	8	8	3.0	4.0	62	81	84	67	64	512
			9	7	7	3.0	4.0	70	84	81	67	81	567
			10	6	6	3.0	4.0	76	86	78	67	100	600
	70	70	3	24	24	2.0	3.0	45	75	93	99	9	216
			4	18	18	2.0	4.0	54	78	85	84	16	288
			5	14	14	2.0	4.0	67	83	80	83	25	350
			6	12	12	2.0	4.0	76	84	77	84	36	432
			7	10	10	2.0	4.0	84	87	73	85	49	490
			8	9	9	3.0	4.0	47	76	86	79	64	576
			9	8	8	3.0	4.0	54	79	84	78	81	648
			10	7	7	3.0	4.0	60	82	82	78	100	700
	80	80	4	20	20	2.0	4.0	41	73	87	99	16	320
			5	16	16	2.0	4.0	53	78	83	97	25	400
			6	14	14	2.0	4.0	62	80	81	97	36	504
			7	12	12	2.0	4.0	70	82	78	97	49	588
			8	10	10	2.0	4.0	77	85	74	98	64	640
			9	9	9	3.0	4.0	40	74	86	92	81	729
	90	90	10	8	8	3.0	4.0	46	77	85	91	100	800
			5	18	18	2.0	4.0	41	72	86	113	25	450
			6	15	15	2.0	4.0	51	77	82	110	36	540

			7	13	13	2.0	4.0	59	79	80	110	49	637
			8	12	12	2.0	4.5	58	77	75	103	64	768
			9	10	10	2.0	4.5	63	81	70	103	81	810
			10	9	9	3.0	4.0	35	71	87	106	100	900

表 4-2: 2 分支管管路极限

分支管数	最长管 (mm)	总管长 (mm)	孔间距 (mm)	单管孔数	总孔数	采样孔径 (mm)	末端开孔 (mm)	末端孔压力 P_a	孔平衡	孔比例	反应时间 (s)	单孔保护面积 (mm ²)	探测区域 (mm ²)
2	30	57	3	9	18	3.0	0.0	75	92	100	54	9	162
		58	4	7	14	4.0	0.0	47	87	100	47	16	224
		55	5	5	10	4.0	0.0	74	94	100	45	25	250
		54	6	4	8	4.0	0.0	96	96	100	45	36	288
		58	7	4	8	4.0	0.0	93	96	100	47	49	392
		54	8	3	6	4.0	0.0	112	98	100	47	64	384
		57	9	3	6	4.0	0.0	113	98	100	48	81	486
	40	79	3	13	26	2.0	4.0	77	89	78	55	9	234
		76	4	9	18	3.0	0.0	67	91	100	69	16	288
		75	5	7	14	4.0	0.0	40	85	100	59	25	350
		76	6	6	12	4.0	0.0	52	88	100	58	36	432
		75	7	5	10	4.0	0.0	66	92	100	57	49	490
		72	8	4	8	4.0	0.0	83	95	100	56	64	512
		76	9	4	8	4.0	0.0	84	95	100	58	81	648
		70	10	3	6	4.0	0.0	103	98	100	57	100	600
	50	98	3	16	32	2.0	3.0	67	88	89	76	9	288
		98	4	12	24	2.0	3.0	87	91	85	76	16	384
		95	5	9	18	2.0	3.0	103	94	81	77	25	450
		98	6	8	16	3.0	4.0	50	84	83	62	36	576
		99	7	7	14	3.0	4.0	59	86	81	61	49	686
		98	8	6	12	4.0	0.0	47	86	100	73	64	768
		95	9	5	10	4.0	0.0	60	90	100	70	81	810
		90	10	4	8	4.0	0.0	75	94	75	68	100	800
	60	117	3	19	38	2.0	4.0	40	78	85	81	9	342
		116	4	14	28	2.0	4.0	58	84	80	77	16	448
		115	5	11	22	2.0	4.0	72	88	75	77	25	550
		114	6	9	18	2.0	4.0	82	90	71	77	36	648
		116	7	8	16	3.0	4.0	44	81	84	73	49	784
		116	8	7	14	3.0	4.0	52	84	81	72	64	896
		114	9	6	12	3.0	4.0	60	87	78	71	81	972
		110	10	5	10	4.0	0.0	52	89	100	82	100	1000
	70	127	3	19	38	2.0	3.0	40	82	91	103	9	342
		138	4	17	34	2.0	4.0	42	78	84	93	16	544
		135	5	13	26	2.0	4.0	56	83	79	90	25	650

		136	6	11	22	2.0	4.0	66	86	76	89	36	792
		133	7	9	18	2.0	4.0	76	88	71	89	49	882
		134	8	8	16	2.5	4.0	59	85	78	86	64	1024
		133	9	7	14	3.0	4.0	46	82	82	84	81	1134
		130	10	6	12	3.0	4.0	53	85	79	82	100	1200
	80	140	4	15	30	2.0	4.0	40	81	82	100	16	480
		155	5	15	30	2.0	4.0	43	78	82	105	25	750
		158	6	13	26	2.0	4.0	52	81	79	104	36	936
		157	7	11	22	2.0	4.0	61	83	76	103	49	1078
		152	8	9	18	2.0	4.0	70	87	71	102	64	1152
		152	9	8	16	2.5	4.0	53	83	78	99	81	1296
		150	10	7	14	3.0	4.0	40	80	82	96	100	1400

表 4-3: 3 分支管管路极限

分支管数	最长管 (m)	总管长 (m)	孔间距 (m)	单管孔数	总孔数	采样孔径 (mm)	末端开孔 (mm)	末端孔压力 (Pa)	孔平衡	孔比例	反应时间 (s)	单孔保护面积 (m²)	探测区域 (m²)
3	40	118	3	13	39	2.0	3.0	68	91	86	70	9	351
		112	4	9	27	2.0	3.0	92	95	81	69	16	432
		110	5	7	21	3.0	4.0	46	88	81	56	25	525
		112	6	6	18	3.0	4.0	56	90	78	55	36	648
		110	7	5	15	4.0	0.0	48	91	100	64	49	735
		104	8	4	12	4.0	0.0	64	95	100	61	64	768
		94	9	3	9	4.0	0.0	86	98	100	60	81	729
		100	10	3	9	4.0	0.0	87	97	100	61	100	900
	50	146	3	16	48	2.0	4.0	40	83	82	75	9	432
		138	4	11	33	2.0	3.0	73	92	84	82	16	528
		140	5	9	27	2.0	4.0	87	93	81	83	25	675
		134	6	7	21	3.0	4.0	41	86	81	67	36	756
		134	7	6	18	3.0	4.0	50	85	78	65	49	882
		130	8	5	15	3.0	4.0	60	91	74	64	64	960
		140	9	5	15	4.0	0.0	43	89	100	79	81	1215
		130	10	4	12	4.0	0.0	59	94	100	75	100	1200
	60	170	5	11	33	2.0	4.0	56	87	75	84	25	825
		168	6	9	27	2.0	3.0	82	92	81	98	36	972
		158	7	7	21	2.0	3.0	95	94	76	98	49	1029
		156	8	6	18	3.0	4.0	45	86	78	77	64	1152
		168	9	6	18	3.0	4.0	46	85	79	79	81	1458
		160	10	5	15	3.0	4.0	55	89	75	76	100	1500
	70	202	6	11	33	2.0	4.0	52	84	76	98	36	1188
		196	7	9	27	2.0	4.0	62	87	71	96	49	1323
		198	8	8	24	2.5	4.0	45	83	78	95	64	1536
		196	9	7	21	2.5	4.0	52	86	75	93	81	1701

		190	10	6	18	3.0	4.0	41	84	79	91	100	1800
	80	208	8	8	24	2.5	4.0	40	83	78	106	64	1536
		224	9	8	24	2.5	4.0	41	82	78	109	81	1944
		220	10	7	21	2.5	4.0	48	84	75	107	100	2100

表 4-4: 4 分支管管路极限

分支管数	最长管 (m)	总管长 (m)	孔间距 (m)	单管孔数	总孔数	采样孔径 (mm)	末端开孔 (mm)	末端孔压力 (Pa)	孔平衡	孔比例	反应时间 (s)	单孔保护面积 (m²)	探测区域 (m²)
4	30	102	3	8	32	3.0	0.0	44	93	100	66	9	288
		54	4	2	8	4.0	0.0	105	100	100	49	16	128
		90	5	4	16	3.0	0.0	100	98	100	63	25	400
		84	6	3	12	3.0	0.0	120	99	100	65	36	432
		93	7	3	12	4.0	0.0	75	98	100	52	49	588
		78	8	2	8	4.0	0.0	75	98	100	52	64	512
		84	9	2	8	4.0	0.0	106	100	100	53	81	648
	40	94	3	6	24	3.0	0.0	61	97	100	68	9	216
		136	4	8	32	3.0	0.0	41	91	100	84	16	512
		130	5	6	24	3.0	0.0	62	95	100	79	25	600
		130	6	5	20	3.0	0.0	78	96	100	80	36	720
		124	7	4	16	3.0	0.0	96	98	100	80	49	784
		112	8	3	12	4.0	0.0	98	100	100	63	64	768
		121	9	3	12	4.0	0.0	70	97	100	64	81	972
		100	10	2	8	4.0	0.0	101	100	100	64	100	800
	50	185	3	15	60	2.0	2.5	42	88	95	102	9	540
		182	4	11	44	2.0	3.0	58	91	84	90	16	704
		170	5	8	32	2.0	3.0	78	94	79	87	25	800
		176	6	7	28	2.0	3.0	87	95	76	89	36	1008
		176	7	6	24	3.0	0.0	59	93	100	101	49	1176
		170	8	5	20	3.0	0.0	74	95	100	100	64	1280
		158	9	4	16	4.0	0.0	45	93	100	80	81	1296
		140	10	3	12	4.0	0.0	66	97	100	76	100	1200
	60	177	3	13	52	2.0	3.0	42	90	86	99	9	468
		216	4	13	52	2.0	3.0	43	87	87	108	16	832
		210	5	10	40	2.0	3.0	60	91	83	104	25	1000
		204	6	8	32	2.0	3.0	74	93	79	103	36	1152
		207	7	7	28	2.0	3.0	82	94	76	104	49	1372
		204	8	6	24	3.0	3.0	42	89	87	95	64	1536
		195	9	5	20	3.0	4.0	43	89	75	82	81	1620
		180	10	4	16	4.0	0.0	41	93	100	93	100	1600
	70	220	5	10	40	2.0	4.0	44	87	73	101	25	1000
		217	7	7	28	2.5	4.0	40	87	75	98	49	1372
		238	8	7	28	2.5	4.0	40	86	75	101	64	1792

		232	9	6	24	2.5	4.0	48	88	72	98	81	1944
		220	10	5	20	3.0	3.5	44	89	80	100	100	2000

上述表格对于 QUARTAS-500 及 FANFARE-2000 的每一个独立管道入口均适用，因此 QUARTAS-500 的管路接口及 FANFARE-2000 的每个管路接口（共 4 个）均适用上述表格。由于 QUARTAS-500 只有单一管路接口，因此在探测区域较大时建议尽量采用分支管形式，而 FANFARE-2000 具有 4 个独立管路接口，因此可能每个接口是采用单一管路（不分支）设计。

CSD 探测主机使用毛细软管，管路限制如下

- 最多 4 个采样孔
- 最多 4 个支管
- 总管长不超过 6m

依照上述原则设计的采样管路系统可以保证满足 120 秒反应时间的要求。

4.2.2 天花板下采样

天花板下采样系统当中采样点的配置可以参考火灾自动报警系统相关的规范或标准，在一般建筑物火灾探测的应用中可以参考 GB50116、BS5839 或 NFPA 72；对于电信机房、电脑机房、控制中心等电子资料处理中心的应用中可以参考 BS6266、BFPSA 或 NFPA 76 等规范。

4.2.2.1 一般建筑物保护

当空气采样式烟雾探测系统被用来当作一般建筑物的火灾自动报警系统而要符合消防规范时（一般是最低的要求），采样点的保护面积及保护半径要符合当地的消防规范及标准。要符合国内消防规范时，则应符合 GB50116³的相关规定。

表 GB50116 感烟探测器的保护面积和保护半径

地面面积 $S(m^2)$	房间高度 $h(m)$	一只探测器的保护面积 A 和保护半径 R					
		屋顶坡度 θ					
		$\theta \leq 15^\circ$		$15^\circ < \theta \leq 30^\circ$		$\theta > 30^\circ$	
		A (m^2)	R (m)	A (m^2)	R (m)	A (m^2)	R (m)

³ GB50116 表

$S \leq 80$	$H \leq 12$	80	6.7	80	7.2	80	8.0
$S > 80$	$6 < h \leq 12$	80	6.7	100	8.0	120	9.9
	$h \leq 6$	60	5.8	80	7.2	100	9.0

亦即,在天花板高度小于 6m 时,采样孔保护面积 $A \leq 60\text{m}^2$,保护半径 $R \leq 5.8\text{m}$;在天花板高度介于 6~12m 时,采样孔保护面积 $A \leq 80\text{m}^2$,保护半径 $R \leq 6.7\text{m}$;在天花板有坡度时,则按照上表的要求调整保护面积及保护半径。

4.2.2.2 高灵敏度系统

当空气采样式烟雾探测系统被用来保护电信机房、电脑机房、控制中心等电子资料处理中心且必须达到极早期火灾预警的效果时,则必须适当的缩小采样点的保护面积。下表为英国规范对点型烟感探头在不同灵敏度要求时对保护面积及保护半径的规定,空气采样式系统的采样点保护面积及保护半径可以直接参考下面表格⁴。

	静止空气		舒适冷却 (慢速气流)		快速气流
空气采样式系统 灵敏度测试	面积	任一点 (半径)	面积	任一点 (半径)	面积
非常高	7-12m ²	2.5m	25m ²	3.5m	回风采样
增强	25m ²	3.5m	50m ²	5m	
普通	100m ²	7.5m	100m ²	7.5m	

当保护区域内空调或通风系统有关闭的可能时,建议直接使用静止空气栏位所规定的保护面积及半径作为设计的参考。当保护区域内有快速空气流动时,则需参考 4.1 节,增加回风采样管路。

以下的范例分别列举了不同灵敏度测试要求时对应的保护面积情况下的管路设计方式。

a. 普通灵敏度测试

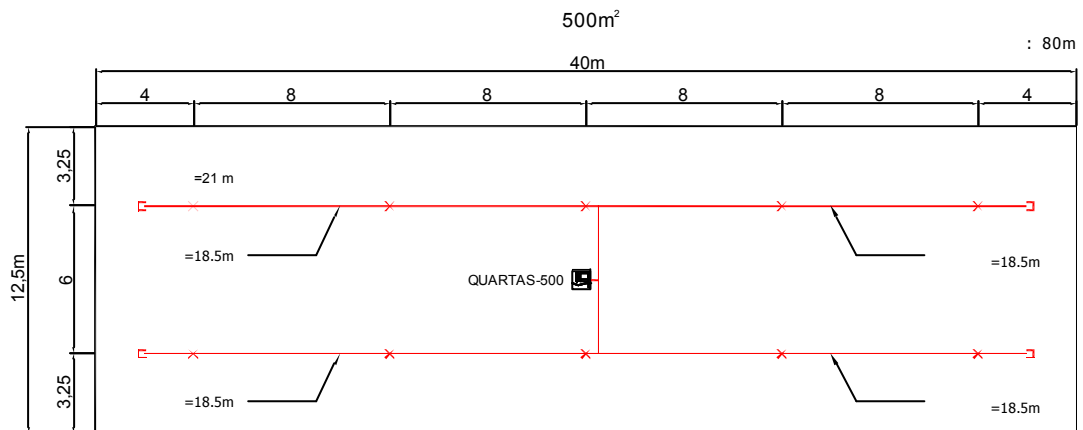
探测区域大小: 500m²

采样孔保护面积: 60/80 m² (GB50116); 100m² (BS5839/AS1670)

设计范例:

下图是探测区域 500 m², 使用 QUARTAS-500 探测主机, 采样孔保护面积 48 m² 的管路设计图

⁴ BFPSA 3.15 Table 1.



注：由于空气取样管路的安装成本相对低廉，在探测区域 500m² 的条件下建议增加采样孔密度，达到更佳的保护效果。

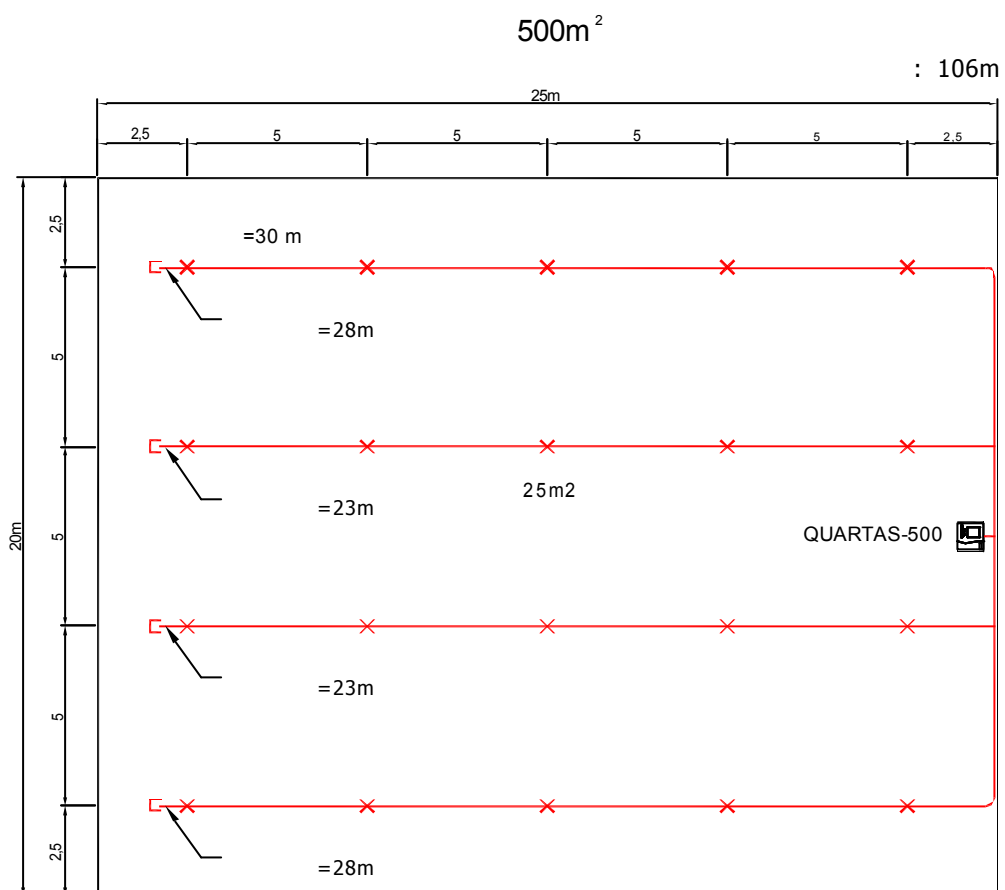
b. 增强灵敏度测试

探测区域大小：500m²

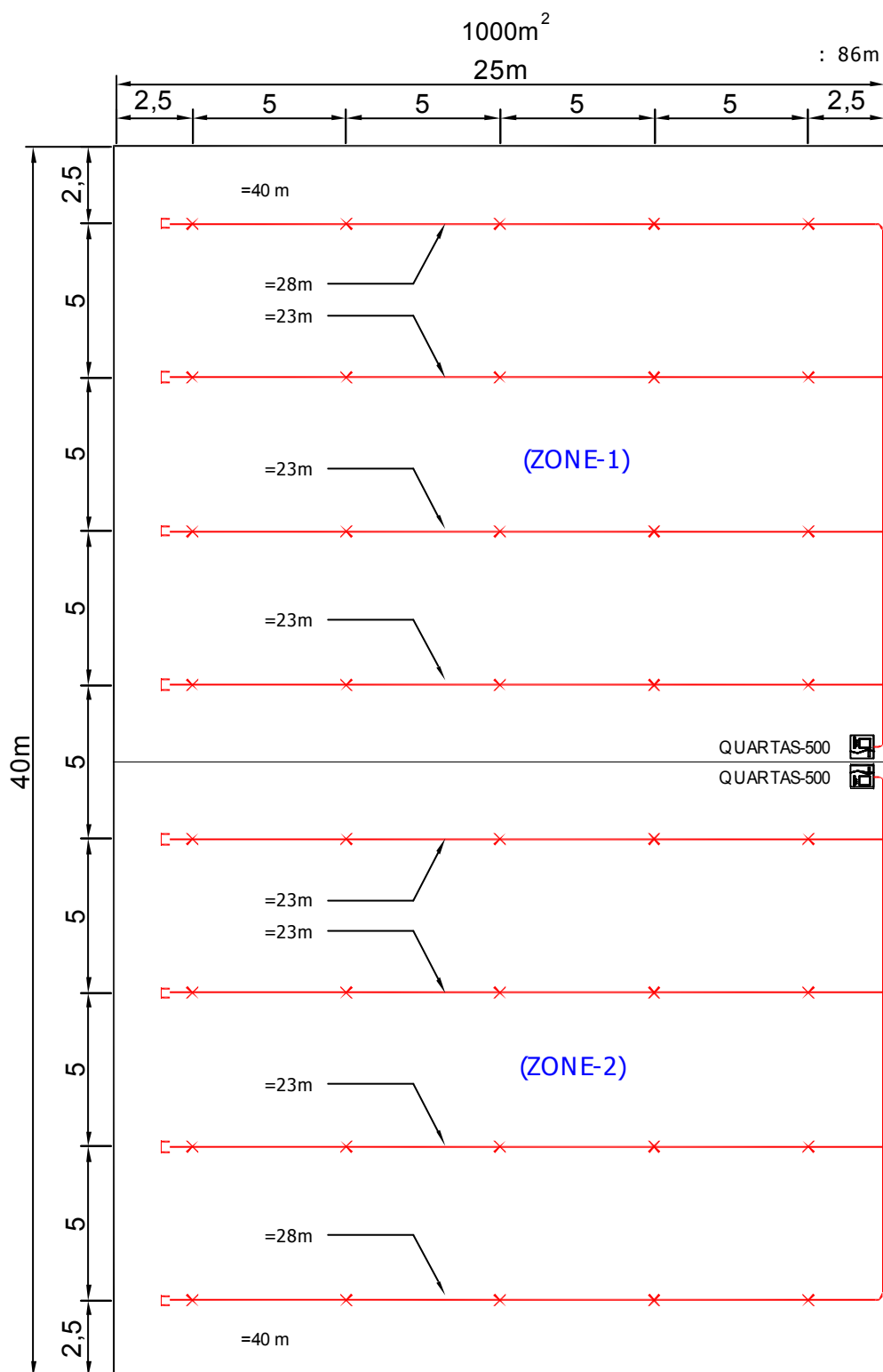
采样孔保护面积：25m²

设计范例：

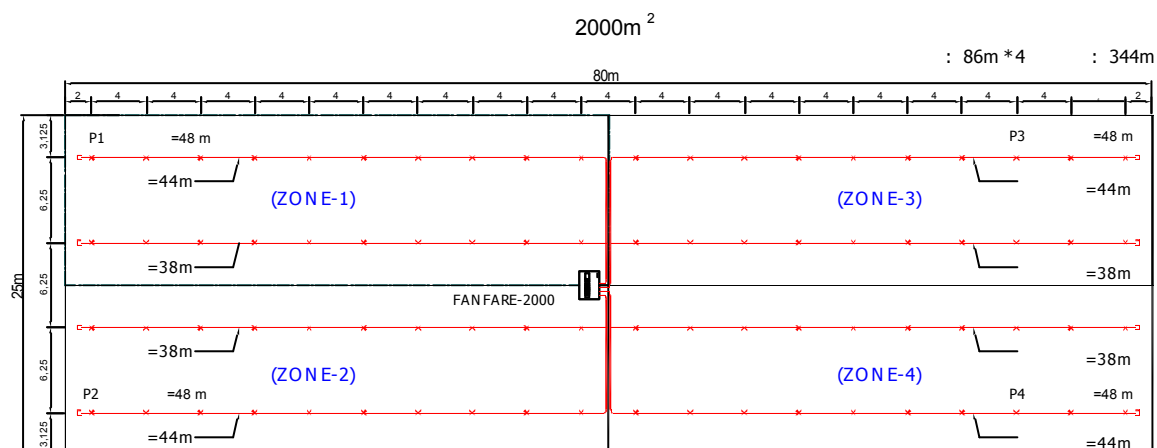
下图是探测区域 500 m², 使用 1 台 QUARTAS-500 探测主机, 采样孔保护面积 25 m² 的管路设计图



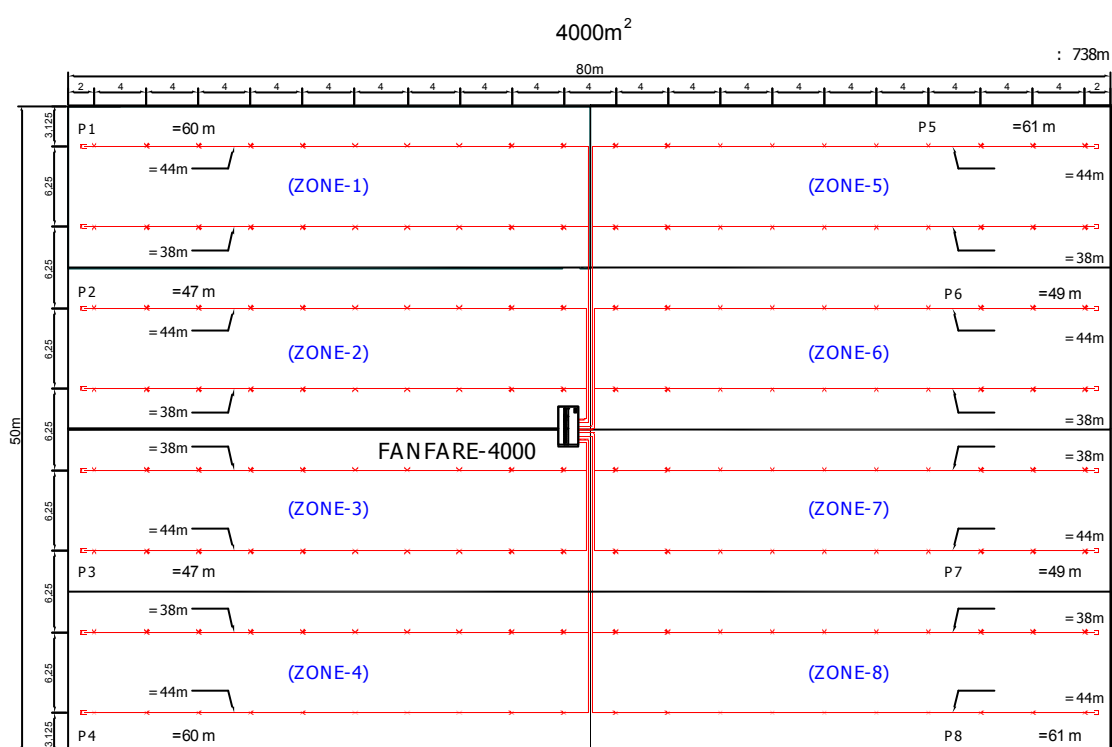
下图是防火分区 1000 m²，使用 2 台 QUARTAS-500 探测主机，分为 2 个探测区域（每区 500 m²），采样孔保护面积 25 m² 的管路设计图



下图是防火分区 2000 m²，使用 FANFARE-2000 探测主机，分为 4 个探测区域（每区 500 m²），采样孔保护面积 25.2 m² 的管路设计图



下图是防火分区 4000 m²，使用 FANFARE-4000 探测主机，分为 8 个探测区域（每区 500 m²），采样孔保护面积 25.2 m² 的管路设计图

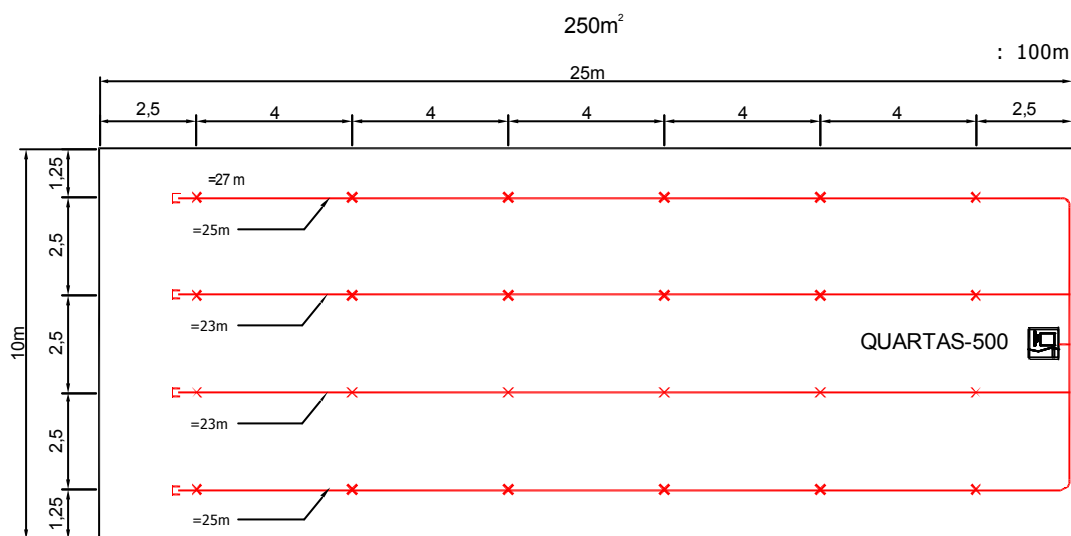


c. 高灵敏度测试

探测区域大小：250m²

采样孔保护面积：10m²

下图是探测区域 250 m²，使用 QUARTAS-500 探测主机，采样孔保护面积 10 m² 的管路设计图



4.2.2.3 天花板高度

一般的消防规范均会规范各种探测器的最大安装高度，国内 GB50116 对普通点型烟感探头规定的最大安装高度为 12m，英国 BS5839 的规定则为 10.5m。当空气采样式系统被设计成与普通烟感探头灵敏度相当时，则应该参考上述的最大安装高度。

另外，由于空气采样式系统一般具有较高的灵敏度，高灵敏度可以弥补烟雾在高大空间内的稀释效果，进而可以探测到与一般空间相同规模大小的火灾，因此高灵敏度系统的最大安装高度可以进一步的放宽，下表是英国 BS5839 中对空气采样式烟雾探测系统在不同灵敏度情况下的最大安装高度的规定。

系统灵敏度	天花板高度（通则）		备注
	一般限制 /m	10%天花板高度不超过 /m	测试方法
普通	10.5	12.5	普通灵敏度测试
增强	12.0	15.0	
非常高	15.0	18.0	

在一般情况下，普通、增强及非常高灵敏度系统的天花板高度限制分别为 10.5m、

12m 及 15m。当高天花板处的面积不超过探测区域天花板面积的 10%时，空气采样式系统采样点的天花板最大安装高度则可加大到 12.5m、15m 及 18m。

BS5839 还同时规定了在特殊情况下，也就是保护环境性质属于类别 P 且当地消防队能在报警后 5 分钟之内抵达火场时，最大安装高度还可以参考下表⁵再进一步的放宽。类别 P 在 BS5839 当中的定义是指火灾自动报警系统的设置目的主要在作为财产的保护（另一种相对的类型是作为生命的保护）。

系统灵敏度	类别 P 及消防队 5 分钟快速抵达 ⁶		备注
	一般限制 /m	10%天花板高度不超过 /m	测试方法
普通	15.0	18.00	普通灵敏度测试
增强	17.0	21.00	
非常高	21.0	26.00	

不过此时高灵敏度的空气采样式系统并不代表极早期的火灾探测效果。举例来说，一个可以让安装在 4 米高天花板下的高灵敏度系统产生告警的火灾规模，并不一定能够在 8 米高天花板的应用中使非常高灵敏度的系统产生告警，除非火势持续扩大，产生更多的烟雾并获得更高的热浮力得以上升到 8m 高的天花板处。不过火势的扩大代表的是及时扑灭火灾的机会更加渺茫。

系统灵敏度	天花板高度（通则）		类别 P 及消防队 5 分钟快速抵达		备注
	一般限制 /m	10%天花板高度不超过 /m	一般限制 /m	10%天花板高度不超过 /m	测试方法
增强	8.0	10.0	9.0	11.0	增强灵敏度测试
非常高	10.5	15.0	12.5	18.0	
非常高	4.0	6.0	5.0	7.0	非常高灵敏度测试

BS5839-2002（参考自 BFPSA）中规定了不同灵敏度及测试方法下的天花板高度限制⁷。

在增强灵敏度的测试条件下，增强型灵敏度系统的天花板高度为 8m；非常高灵敏度系统的天花板高度可达 10.5m。在非常高灵敏度的测试条件下，非常高灵敏度系统的

⁵ BS5839 22.9 Table 4 Limit of ceiling height (Category P system general and five minute fire service attendance)

⁶ 火灾的损失主要与开始灭火的时间有关，开始灭火的时间取决于火灾由发生到报警的时间加上消防队接到通知后抵达火场开始灭火的时间。因此当火灾自动报警系统是用来保护财产（Category P），且消防队（公家或是私有的）能够很快的抵达火场，此规范是允许较迟的报警时间的。也就是说，可以加大最大天花板安装高度，而在火势较一般规定更大时探测器才告警。

⁷ BS5839 22.9 Table 3 Limit of ceiling height (general)

最大天花板安装高度只有 4m。

也就是说在普通灵敏度测试的条件下，空气采样式系统的最大安装高度可达 15m；在增强型灵敏度测试的条件下，最大安装高度为 10.5m；在非常高灵敏度的测试条件下，最大天花板安装高度只有 4m。

因此设计人员必须确保探测系统的系统灵敏度能够符合，才能达到相对应的保护效果的要求。而业主或设计单位也应该对保护效果提出要求或说明，否则一律以最大保护面积去设计的系统，与业主采用极早期火灾预警系统的初衷很可能会相去甚远。

天花板下采样设计总结

综上所述，将天花板下采样管路设计整理成下表。左边指定条件栏位是指天花板高度及期望达成的保护效果，右侧配合条件指的是为在该天花板高度条件下欲达成期望保护效果时所建议的设计参数。

譬如在 10.5m 高天花板生产车间，欲达成增强灵敏度的保护效果，因此设计时空气采样系统必须为非常高灵敏度，建议的探测区域为 500m²，采样孔保护面积不超过 25m²。

指定条件		配合条件		
天花板高度 (m)	保护效果 (测试方法)	探测区域 (m ²)	采样孔保护面积 (m ²)	规范
4.0	增强	500	25	BS6266
	非常高	250	10	
8.0	增强	500	25	BFP SA BF5839
	非常高	---	---	
10.5	增强	500	25	
	非常高	---	---	
12.0	普通	500	25	
	增强	---	---	
	非常高	---	---	
15.0	普通	500	25	
	增强	---	---	
	非常高	---	---	

---表示不适用，表示在该天花板高度情况，不保证能够达成所需的保护效果。

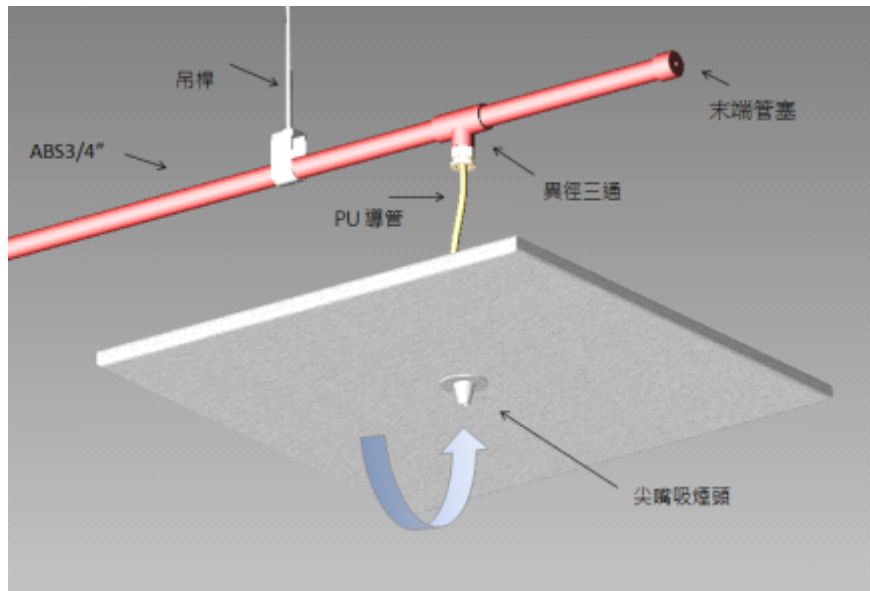
注：采样孔保护面积的大小除了需至少符合依据的消防规范之外，另外还需考虑保护区域内气流的状态做适当调整。

低速或无气流流动：当区域内没有任何空调通风系统时，区域内部的空气是相对静止的，此时应该选择较小的采样孔保护面积。当区域内有让环境保持在较为舒适温度的空调通风系统时，由于环境内部气流的流动可以帮助烟雾的扩散，此时可以选择较大的保护面积。前项所指的空调通风系统设置的目的一般在使环境内部工作的人员有较为舒适的温度环境，此时区域内部的气流流速较低，一般在 1m/s 以内。

快速气流流动：当保护环境内的空调通风系统的设置目的是在降低区域内部发烫设备的温度或另有其它功能时，此时环境内部的气流流速可能会是高于 1m/s 的高速气流类型，这样上述的建议则不再适用，因为高速流动的气流会将烟雾带走，阻止烟雾的扩散，因此采样孔保护面积反而应该缩小，建议在风速低于 4m/s 时，采样孔保护面积应缩小为 15m²~20m²，若风速高于 4m/s 时，保护面积取最小值为 10m²。(BS6266-2002 A.2)。当然，在高速气流的情况下，最佳的方案还应该搭配回风采样方式。

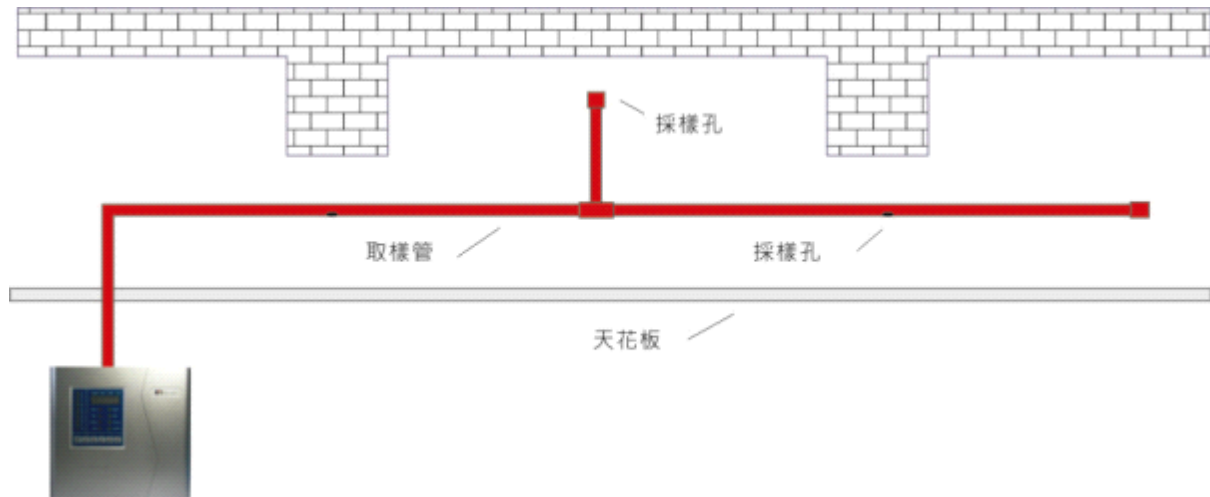
4.2.2.4 延伸采样点（孔）

一般而言，采样点可以直接在上述所设计位置的采样管路上开孔即可（即等于采样孔）。但有时出于美观或其它因素的考虑，会将采样管路隐蔽至天花板吊顶或装潢内部，利用自采样管路连接出来的毛细软管或支管将采样点延伸至保护区域内。如下图所示



4.2.2.5 采样孔安装位置

- 如同普通烟感探头，建议的采样孔安装位置应距离天花板 25mm~600mm。
- 天花板隔断或是梁等结构，如果其深度超过天花板高度的 10%，则应被视为墙壁。亦即，在这种情况下，隔断或梁间区域必需视为独立的房间设置采样点（孔）。（BS5839-2002）
- 不通风的天花板上方及高架地板下方空间，采样孔安装位置应在空间深度的 10% 以内，或到顶部不超过 125mm 的位置。如下图所示，另外必要时可将采样孔开孔方向改为侧向开孔，以避免可能的灰尘影响。



■ 烟层影响

当保护环境属于高挑空间、天花板处为建筑物顶层受日光曝晒、保护空间上方当中具有发热设备容易产生热屏障效应、或是保护空间上方具有空气加湿设备的情况下，设计时应该要考虑烟雾分层现象的可能。

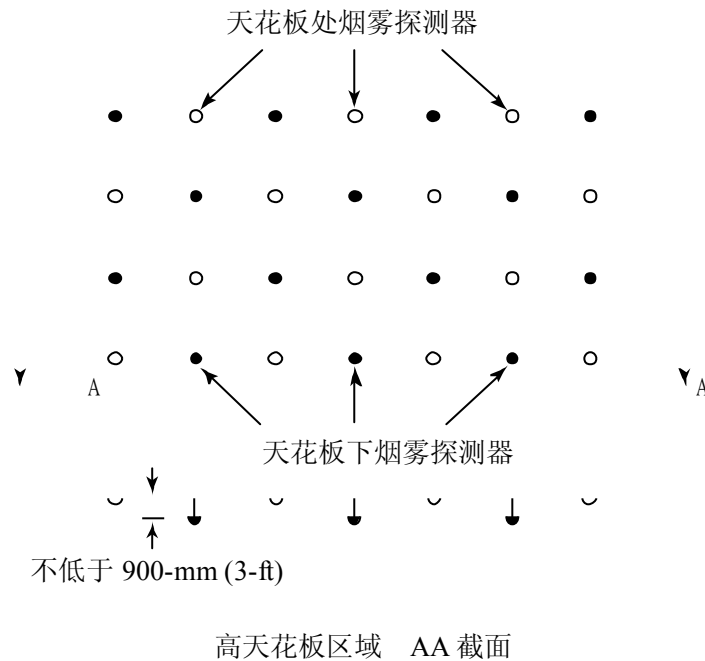
烟层现象阻止火灾烟雾向天花板流动，使得布置在天花板下方的探测器或采样孔失去火灾探测效果。有效的解决方法是在烟层出现高度上配置采样孔，不过现实上这点并不一定能够实现。首先烟层的高度在大多数情况下是未知数，就算烟层高度已知，该高度也不一定容易安装采样管路或采样孔。下面就不同的环境探讨可能的解决烟层问题的烟雾探测方式。

1. 侧墙垂直采样

对于地板面积不大的高挑空间，可以在侧墙上安装垂直的采样管路，在可能出现烟雾层的垂直高度上每隔 1~3m 配置采样孔，如此不论烟层出现在哪个高度都可以被有效的探测。注意，就算在侧墙垂直采样，天花板下采样还是不可省略的。此外，对于探测区域面积较大的高挑空间，当火灾发生位置距离侧墙较远时，上述的方式或许不一定能保证可以达到满意的效果。

2. 分层探测

另一种方式是在天花板下方，以及距离天花板下方一定高度的位置上同时配置采样点。如下图 NFPA 72 所建议的，同时在天花板下方，以及距离天花板下方至少 900mm 处配置烟雾探测器。对于空气采样系统而言，这些位置即相当于采样点位置。这些采样点可以是直接在管路上的采样孔，也可以是利用毛细软管或是支管延伸的采样点（孔）。



图：NFPA 72 图 A.5.7.1.10 考虑烟层情况的烟雾探测器配置方式

注：虽说烟雾分层容易在高挑空间的应用中发生，但这并不说明一定是在高挑空间才会出现烟雾分层现象。对于 4~5 米高的一般天花板高度应用中，如果天花板上方即是建筑物的顶层，夏日烈日的曝晒非常可能将高温传导到天花板，并在天花板顶梁之间形成温度较高的热屏障。这样如果烟雾探测器或是采样孔的位置是直接安装在梁间的天花板下方处，那么梁间的热屏障将阻止烟雾飘向探测器或是采样孔，使得烟雾探测效果大打折扣。解决的方式可以在天花板下方以及顶梁下方（或是顶梁下方适当高度）同时配置采样点。

4.2.3 机柜采样

机柜采样系统是将采样点配置在机柜，保护机柜内的设备。由于直接对保护对象采样，这种方式可以得到最早期的火灾预警效果。对于针对设备机柜保护的空气采样管路系统设计时的主要在考虑单台主机探测的机柜数量。探测机柜的总数影响到灵敏度（保护效果）以及报警时的火灾搜寻时间。

4.2.3.1 机柜采样设计原则

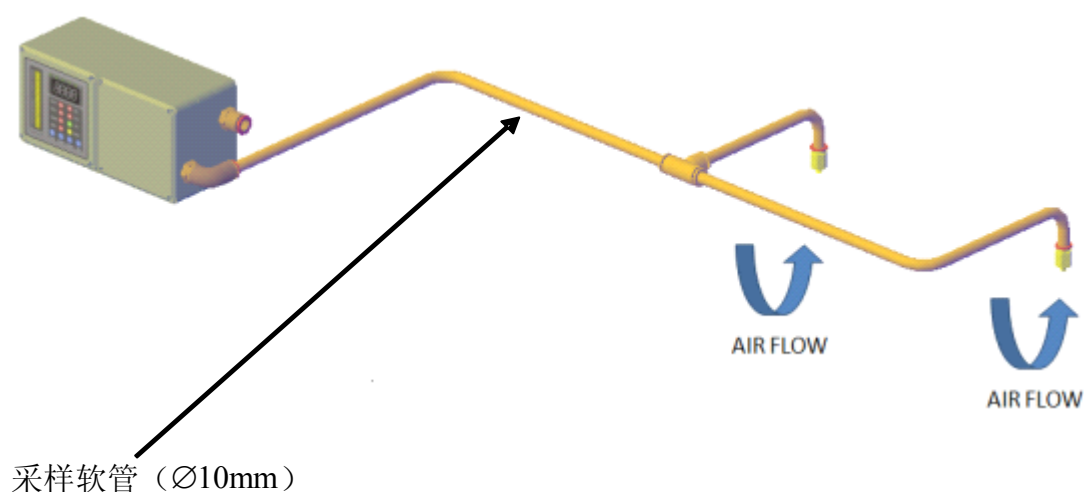
采样孔灵敏度与管路上的采样孔数有关，在每一采样孔探测一个设备机柜的情况下，采样孔数量相当机柜数量，也就是说采样孔灵敏度与保护机柜的数量有关，采样孔数（保护机柜数量）越多，单孔灵敏度越差，采样孔数（保护机柜数量）越少，单孔灵敏度则越高，而采样孔灵敏度高低代表烟雾探测报警时间的快或慢。灵敏度越高，越可以探测到微小的烟雾迹象，进而提供极早期的报警，灵敏度越低，则须等到烟雾浓度较

高时才能够报警，这时候火情相对来讲可能也已经比较严重了。

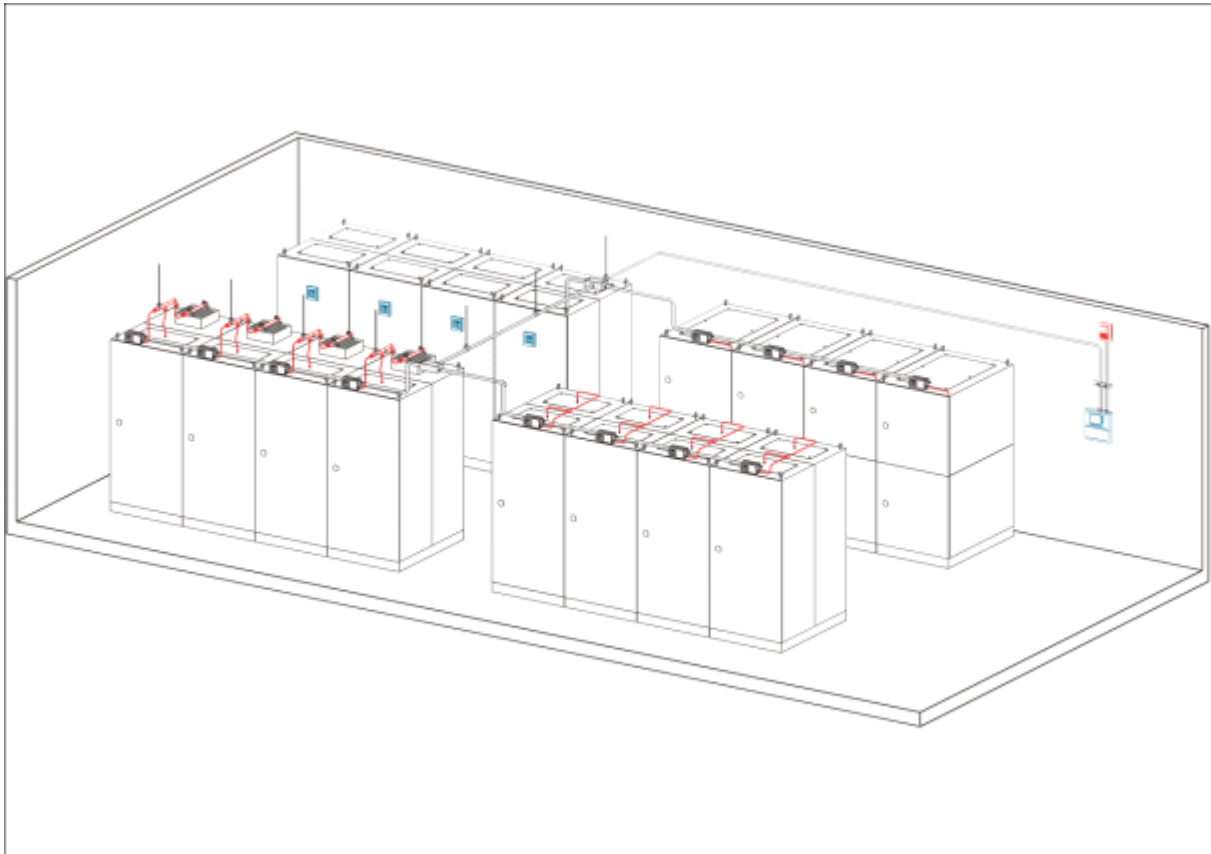
AVA 推荐使用 CSD 探测主机来探测机柜火灾，每个 CSD 可以探测 1~4 个机柜，如此不仅可以精确定位火灾发生位置，而且灵敏度非常高。

CSD 使用毛细软管，管路限制如下

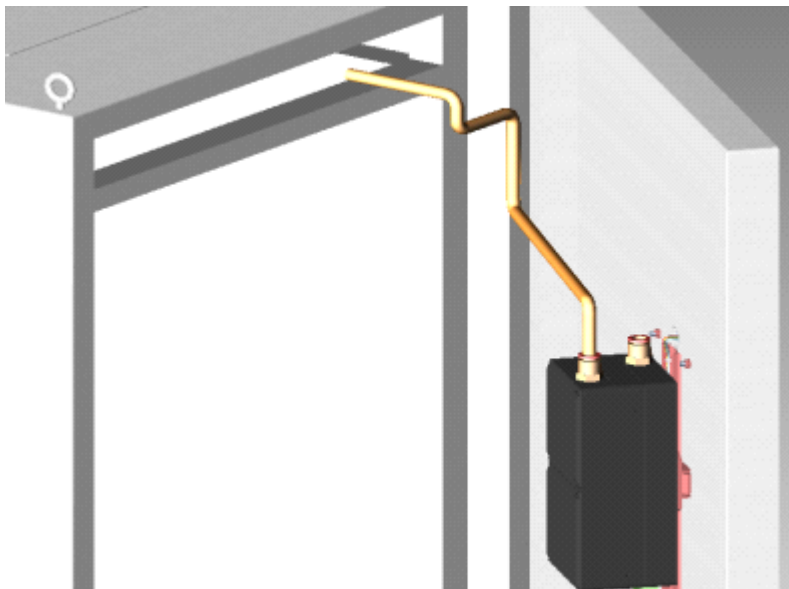
- 一般使用外径 10mm 的塑料软管
- 最多 4 个采样孔
- 最多 4 个支管
- 单根软管长度不超过 4m
- 分支软管管长度不超过 2m
- 总软管长度不超过 6m



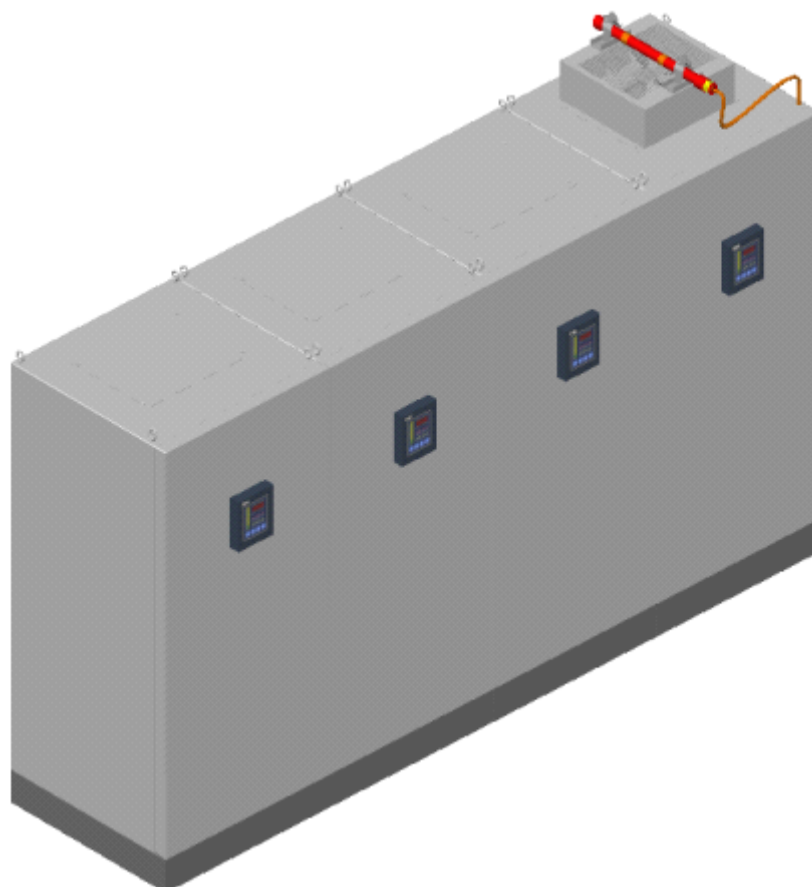
下图是 CSD 典型的安装方式



CSD 亦可安装在机柜内部，安装方式如下图所示

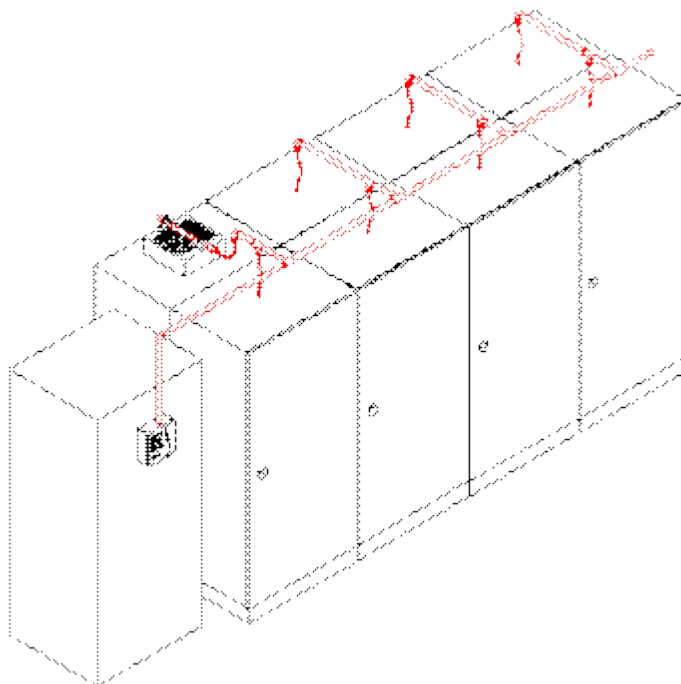


当 CSD 安装于机柜内部时，可搭配远端显示面板固定在机柜门板上以显示机柜内部 CSD 的工作状态。



当然，机柜探测也可以使用 QUARTAS 或 FANFARE 探测主机，此时每路取样管（独立风扇及探测腔）的设计原则与天花板下采样相同，每路最多可以有 25 个采样孔，也就是说最多可以探测 25 个机柜。

使用 QUARTAS 或 FANFARE 于机柜烟雾探测时，除了报警时需要搜寻的机柜数量较多之外，仍然可以达到非常高（Very High）灵敏度的保护效果。



4.2.3.2 机柜采样管路安装注意事项

- a. 毛细软管长度要求在 6m 以内，且越短越好。
- b. 某些机柜带有排热风扇，排热风扇启动时会影响机柜顶端采样点的烟雾探测效果。安装时若发现机柜带有排热风扇时应依据风扇位置对该机柜的采样做适当修正。
 - 风扇位于机柜顶端：可将采样管直接横跨在风扇上方，在管路上面对风扇位置直接开采样孔。
 - 风扇位于机柜侧面：除了应在机柜顶端配置采样点之外，亦应在侧面的风扇处配置采样点（相当于回风采样）。很多情况下风扇是配置在机柜的门上的，因此建议除了横跨在风扇上的采样管使用硬管以方便固定之外，主管与横跨在风扇上的硬管之间使用毛细软管，以避免妨碍日后机柜门必须打开的情况。
- c. 活电作业：对于配电柜等带有高压电缆的设备机柜，建议停电施工。

4.2.4 回风采样系统

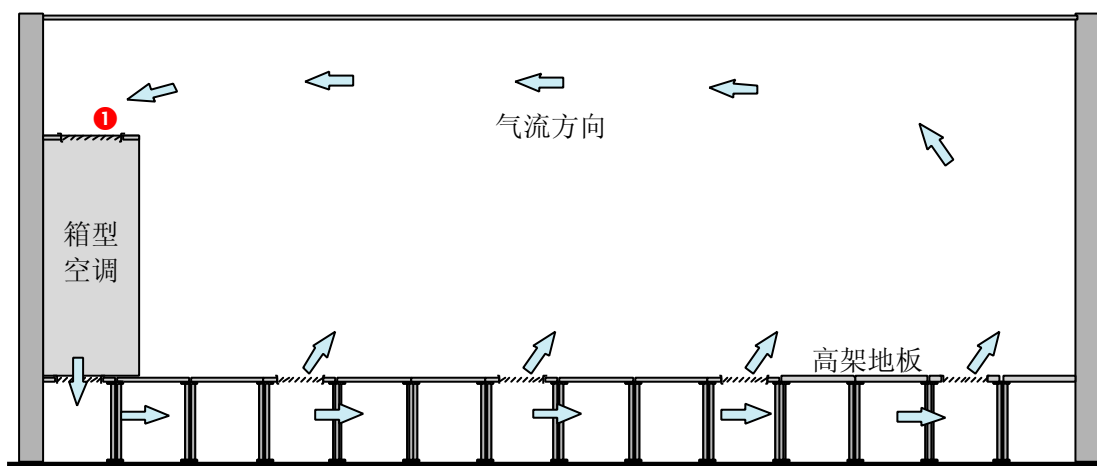
回风采样系统的管路设计主要是依据空调或通风系统所造成的气流流动路径，将采样点配置在气流流动路径上的适当位置以拦截火灾烟雾。所谓适当的位置主要考虑的是气流离开保护区域处（这样该处采集到的空气样品可以代表整个保护区域的烟雾状态，另外该位置一般的气流截面积也最小）以及采样管路容易安装的位置。

以下的章节分别介绍在空调箱、回风口以及风管内采样时，采样管路及采样点的详细配置方式。

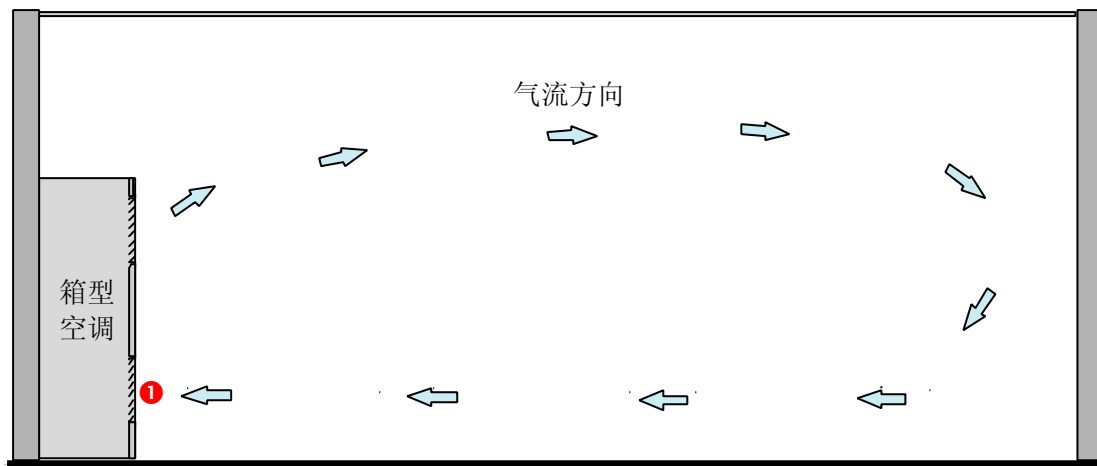
4.2.4.1 空调箱采样

Packaged, Self-contained, Closed control 等空调处理单元（Air Handling Unit, AHU）是电信机房、电脑机房、控制中心...等类型电子资料处理中心（Electrical Data Processing Area）常见的机械通风及空调方式。这类型空调系统使用位于机房内部的箱式或柜式空调主机来控制机房内部的温度或湿度。由于机房内部设备的特性及各方面的考虑，所选用的空调主机送风及回风方式可能是下送风上回风或是上送风下回风的方式；机房内部可能有或没有高架地板或天花板吊顶，空调的送回风可能会经过或不经过高架地板或天花板吊顶。

下图为常见的机房空调方式，这类型的机房使用箱型空调主机为机房本身提供独立于其它区域的空调及通风系统。很明显的，将采样点配置于空气即将进入箱型空调的位置（❶）是合理的选择。

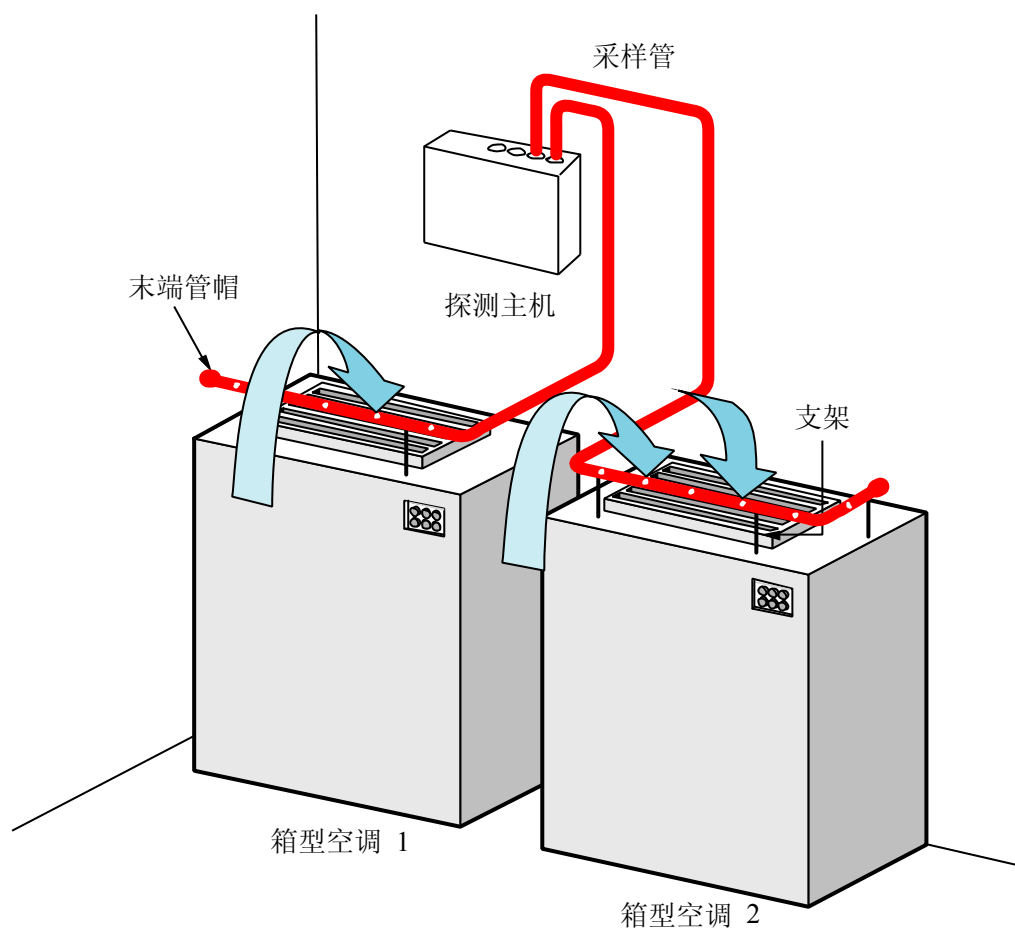


图：下送风上回风（Down Flow）箱型空调



图：上吹风下回风（Up Flow）箱型空调

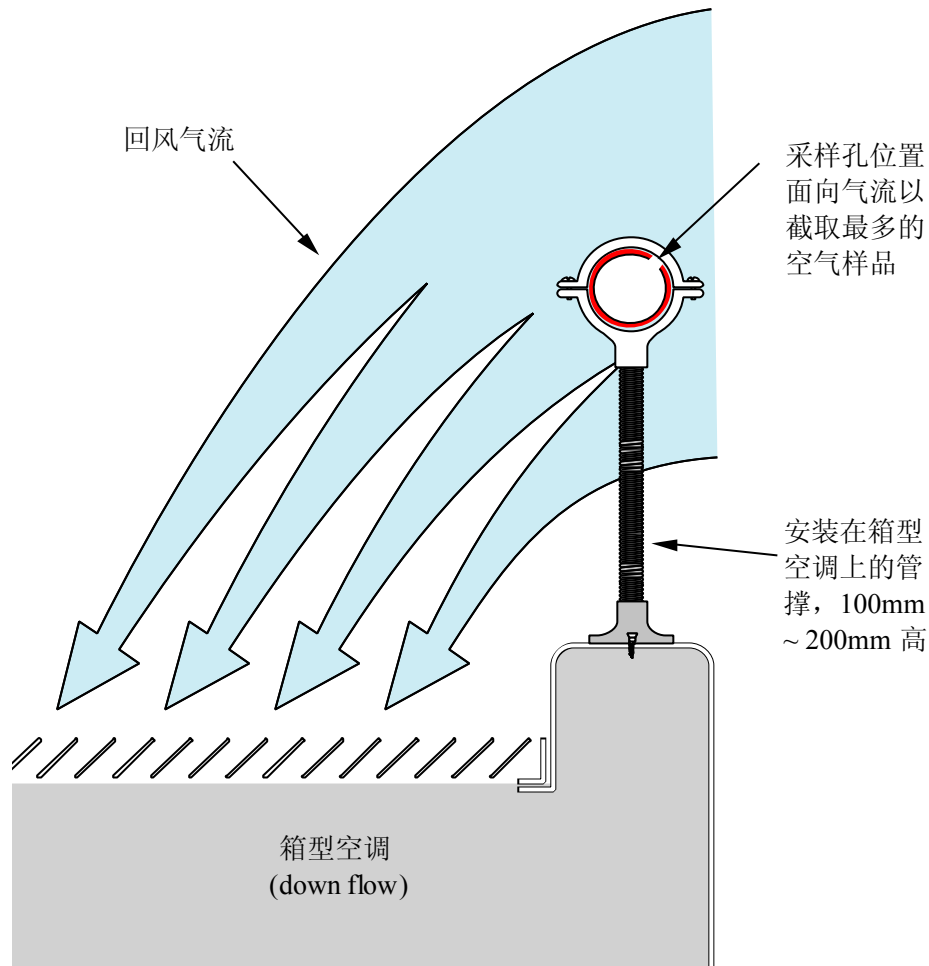
下图是典型的机房下送风上回风空调方式，相应的采样管及采样点一般配置在空调箱上方回风气流要进入空调箱的位置。



一般而言，空调箱的采样孔保护面积不超过 0.4m^2 （采样孔间距约为 $0.6\text{m} \times 0.6\text{m}$ ）⁸，

⁸ NFPA 76 8.5.3.1.4.1

不过空调箱回风区域相对较小，管路较短，一般不会超过采样孔最大数量的限制，因此采样点间距可以较为密集，在此处将采样孔以 100 ~ 300mm 的间距平均分布是合理的。此外，为了能够使采样管路能够有效的拦截到火灾的烟雾，必须注意管路在空调箱上的位置。如下图所示，采样管必须以支架撑高到适当高度使管路是在气流流入的路径上，采样孔开孔角度也必须面向气流流入的方向。



为了得到空气流入空调箱的实际路径，最有效的方法是实施烟雾测试，在现场利用适当方式产生烟雾后，观察烟雾流动的方向。下图显示了两个不同天花板高度的房间实施烟雾测试后的烟雾流动路径以及相对应所调整的采样管路位置。由于气流路径并不是一成不变的，建议在安装管路之前能够实施烟雾测试，以决定采样管路的最佳位置。

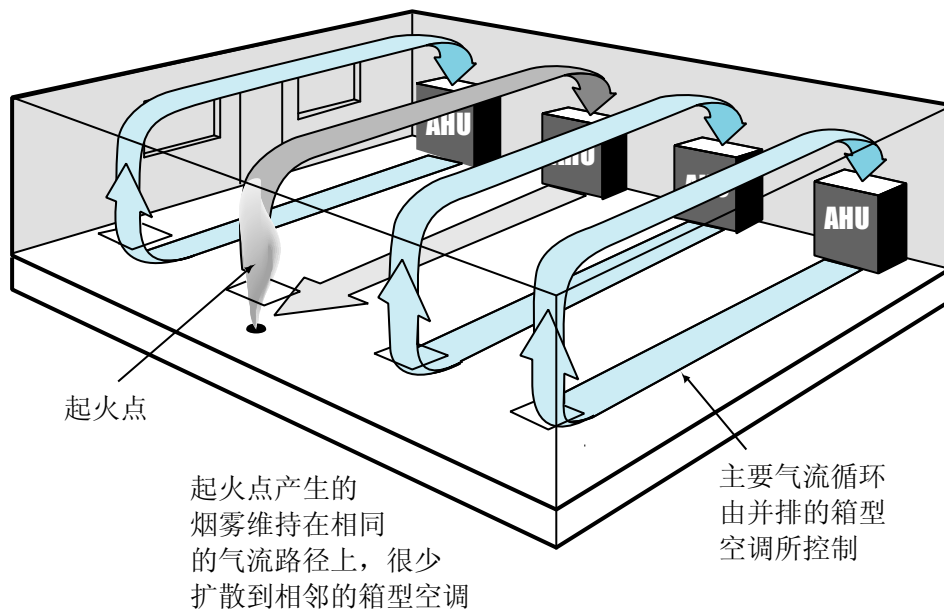
最后要提醒的是，采样管路的安装不能影响到日后空调箱的维护工作。例如，一般而言这类型箱型空调均配备有灰尘过滤网，且过滤网在适当的时候必须清洗或更换。因此采样管路的安装必须不能影响日后这类型工作的进行。必要时可以在管路的连接上适当的使用了活接头。如此就可以在开门或是拆卸滤网前松开活接头将管路暂时卸下，关门或是更换滤网后再将管路接回去。管路接回时必须注意采样孔的角度要迎向气流流入的方向。

此外，当采样点处的气流流速相当高时，要注意高速气流会不会对采样效果造成影响。如果是的话，就应该如上图中的下面的方式，将排气引回到空调箱内以平衡抽气压力。

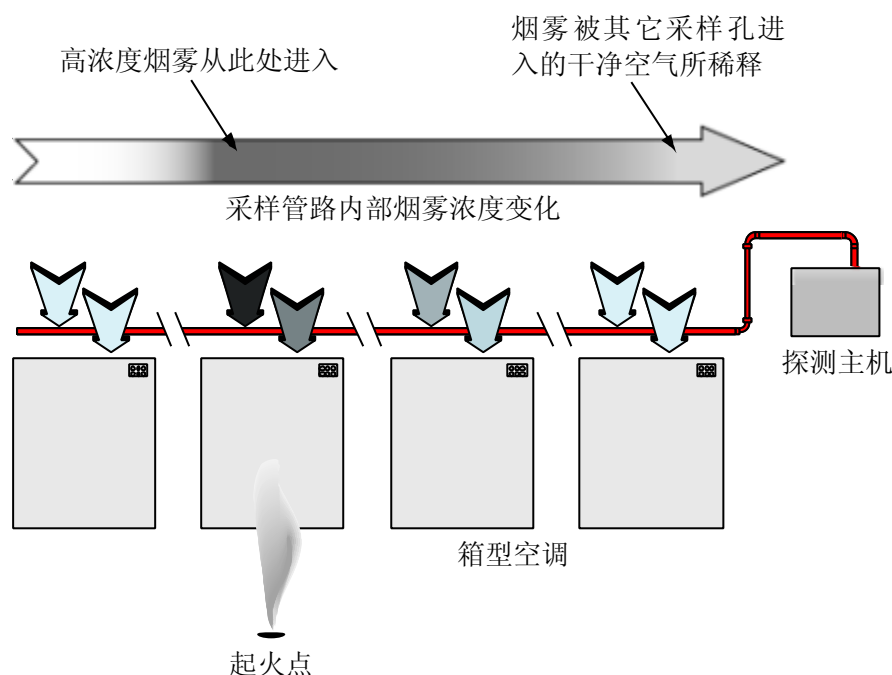
对于大型的房间，探测主机的采样管路可能需要同时涵盖好几台箱型空调。那么一台探测主机可以保护多少台箱型空调呢？关于这个问题，并没有简单的答案。因为空调系统的种类繁多，不同机种可能各具有不同的工作原理及功率，很难能有详细的设计准则。

在一般的情况下，一系列的箱型空调组能够造成非常剧烈的空气流动，并能很快的稀释掉火灾于萌芽阶段产生的烟雾。假设每台箱型空调的换气量为 $2\sim 3\text{m}^3/\text{sec}$ （若回风口尺寸为 $0.6\text{m}\times 0.8\text{m}$ 的话，这相当于回风口的流速为 $4\sim 6\text{m}/\text{sec}$ ），在这种条件下建议探测主机的每根管只能保护一台箱型空调，并且各管路应尽量平衡。对于换气量较小的箱型空调，则可以适当的增加每根管保护的空调箱数量。

一系列并排的箱型空调组还可能使房间内空气的流动局限在特定的范围。如下图所示，由于并排的出风及回风口位置造成房间内的气流层流现象，萌芽阶段的火灾烟雾并不太容易扩散开来，而会集中回到特定的箱型空调。



在这种情况下，烟雾的稀释会极大的影响探测主机的探测效果。如下图所示，来自第2台箱型空调的高浓度烟雾被来自其它箱型空调的干净空气所稀释。这样的稀释效应以及空调箱回风口处的负压会降低探测主机对现场烟雾的反应并会增加系统反应时间。



对于上述的烟雾稀释效应只能以减少探测主机保护的箱型空调数量来解决,也就是说需要增加探测主机的数量。对于回风口处的负压影响,则可以将探测主机的排气引回空调箱,恢复探测主机抽气泵所提供的压力来改善采样管路的抽气效果。

4.2.4.2 回风口采样

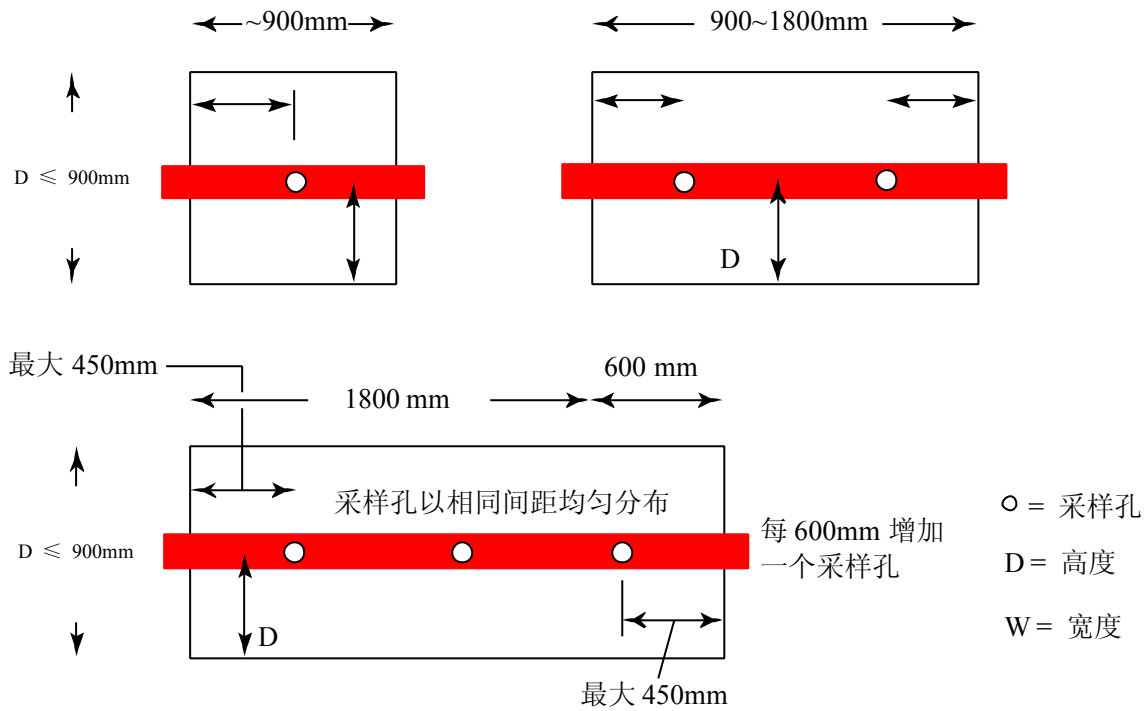
在回风口处采样时主要是依据回风口的大小,将采样点均匀的配置在回风口处。原则上回风口处每个采样孔的保护面积不超过 0.4m^2 (取样孔间距约为 $0.6\text{m}\times 0.6\text{m}$),回风口尺寸与采样孔间距的最低要求如下⁹:

■ 宽度（水平）方向

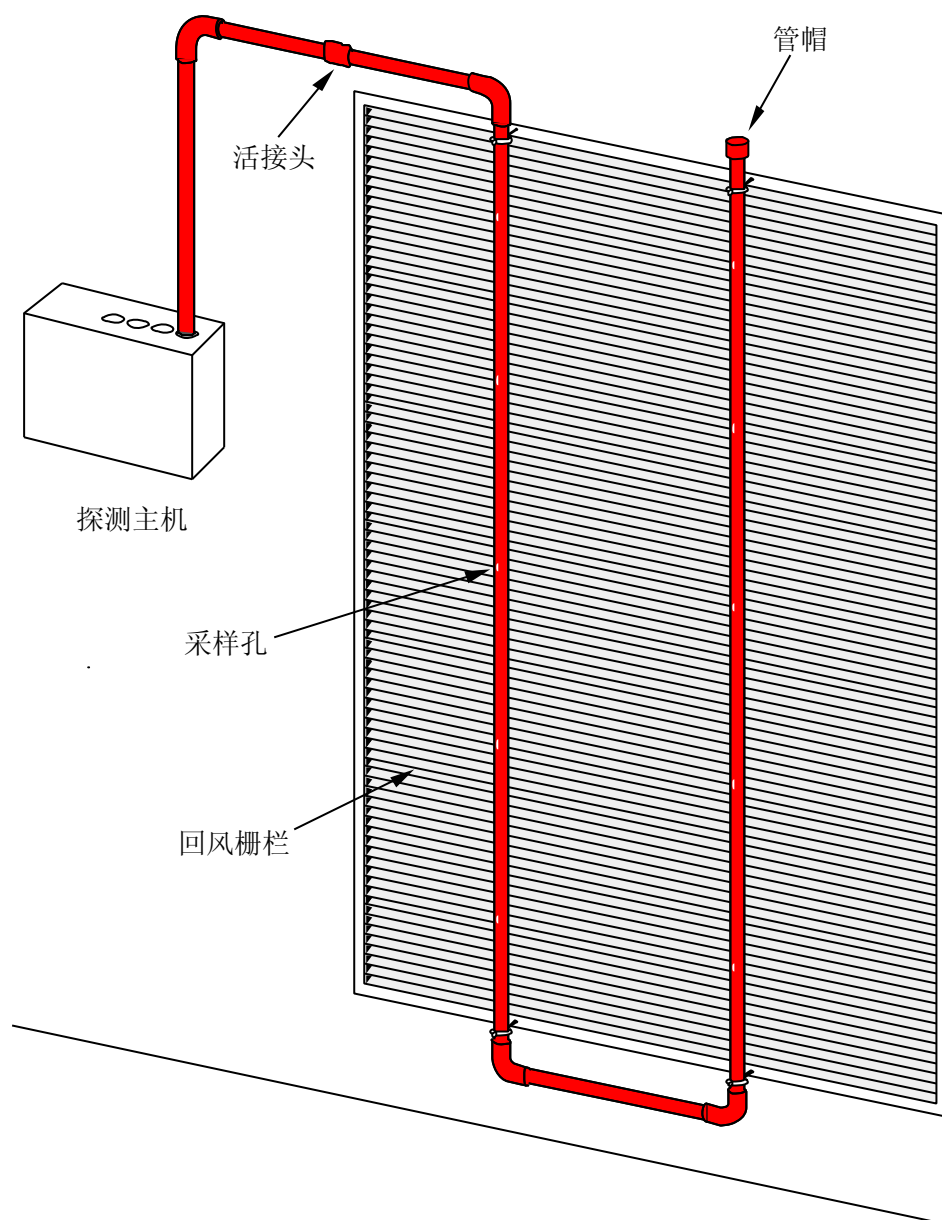
1. 900 mm 以下：一个采样孔置于回风口中央
2. 1800 mm 以下：两个采样孔置于回风口 1/4 位置
3. 大于 1800 mm：每 600mm 增加一个采样孔

■ 高度（垂直）方向采样孔的配置与上述宽度（水平）方向之规定相同

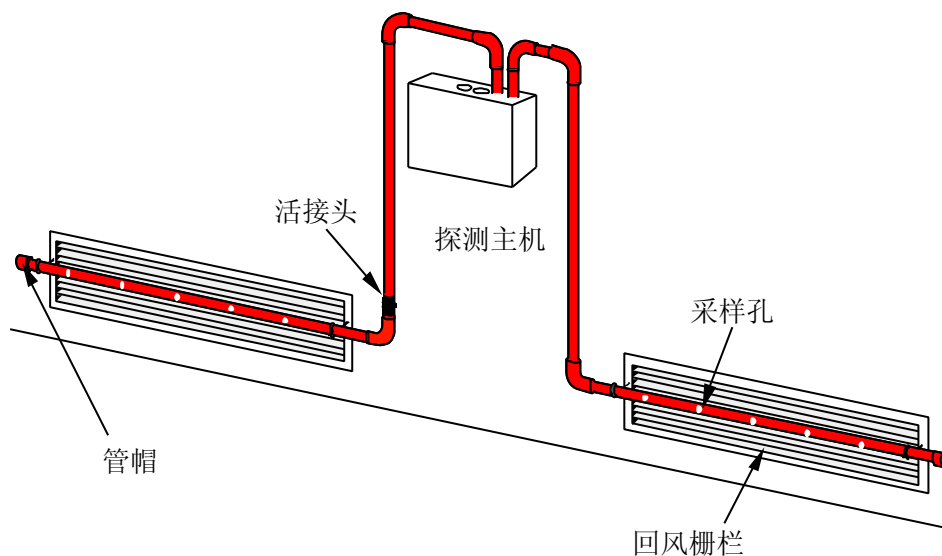
⁹ NFPA 72 A.5.14.4.2.2 (a), (b)/ NFPA 76 8.5.3.1.4



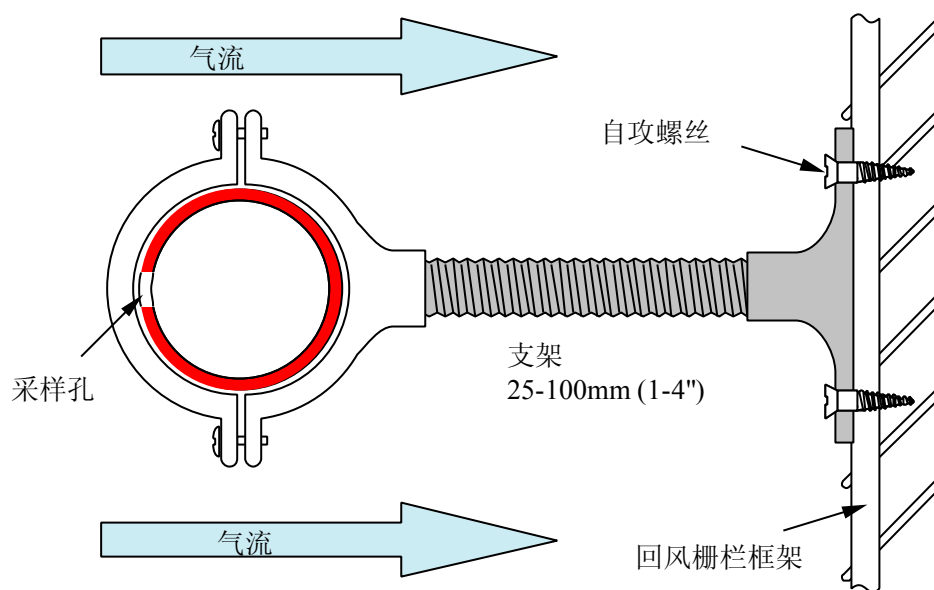
以下图回风口采样的设计为例，在符合最低要求的情况下，采样孔在水平及垂直方向的间距不超过 600mm，采样孔距回风口边缘的距离不超过 450mm。



在此必须强调的是，上述采样孔间距是最低要求。一般而言，由于采样管路上采样孔数量的多寡在大部分的情况下并不会增加系统成本，因此建议在符合设计限制的条件下，可以适当的缩小采样孔间距，多设计几个采样孔。在这种情况下，因为烟雾在采样孔的累积效应，采样孔数的多寡并不会影响系统灵敏度。而且，在相同管长的情况下适当的增加采样孔数量反而可以加大管路气流流速，进而减少烟雾在管路中的传输时间。例如下图所示尺寸较小的回风口，建议采样点间距可以缩小为 100 ~ 300mm。



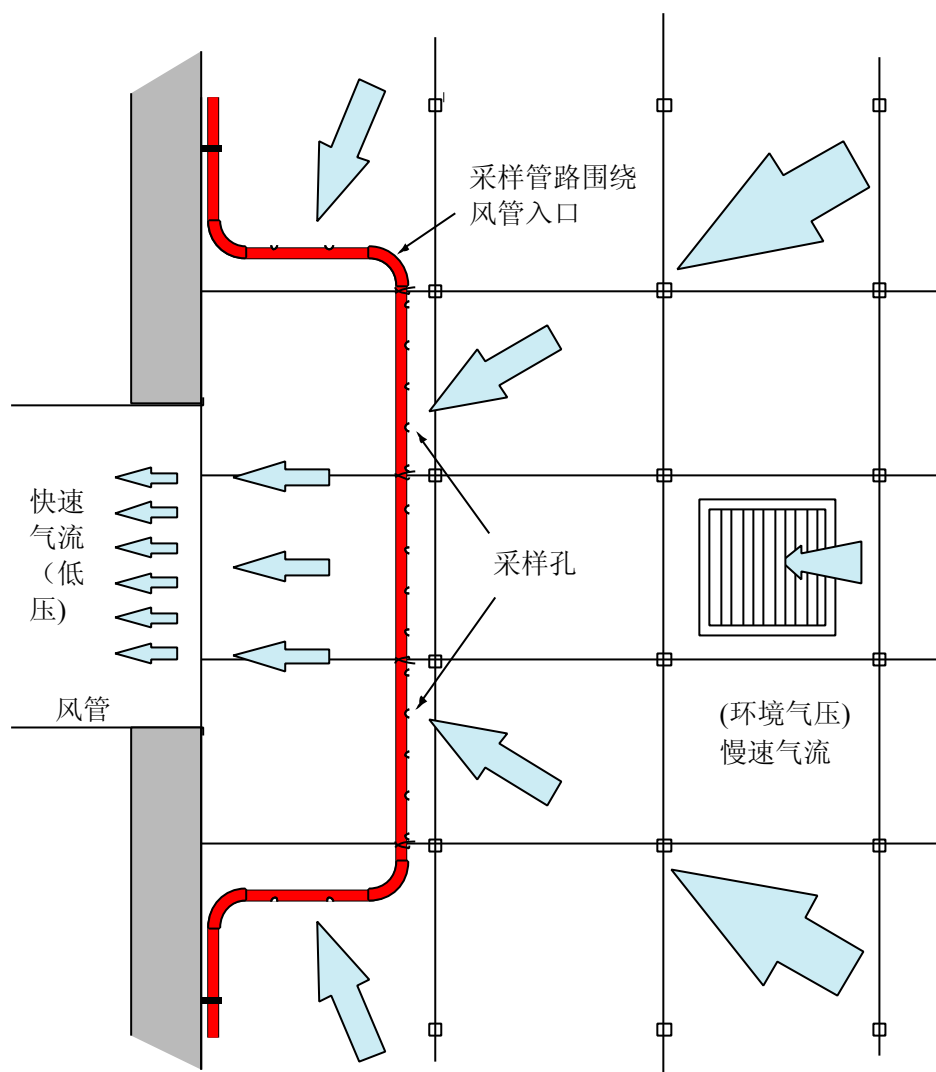
此外, 为了有效的拦截烟雾, 采样孔的位置必须在回风口之前或之后 300mm 以内¹⁰ (建议尽量在 25~100mm 以内), 而且采样孔开口应该面向气流进入的方向¹¹。

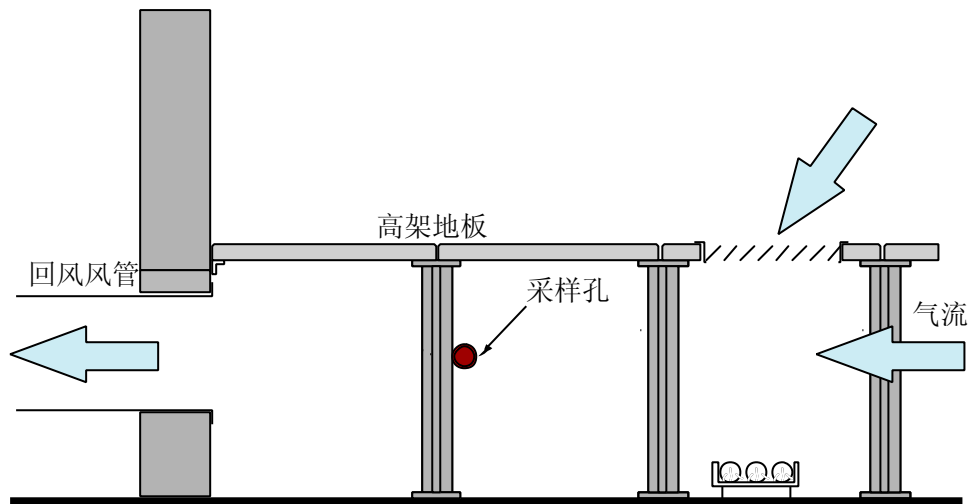


¹⁰ NFPA 72 A.5.14.4.2.2

¹¹ NFPA 72 A.5.14.4.2.2 (c)

在回风口采样时，由于回风口处的空气流速较大、环境压力较低，在极端的情形下可能会导致较差的空气采样效果。此时可以有两种解决方式，一种是如下图所示，将采样点向外移，避开回风口处的低压区。注意此时必须在回风口的侧边方向增设采样点以采集烟雾从侧边过来的可能情形。





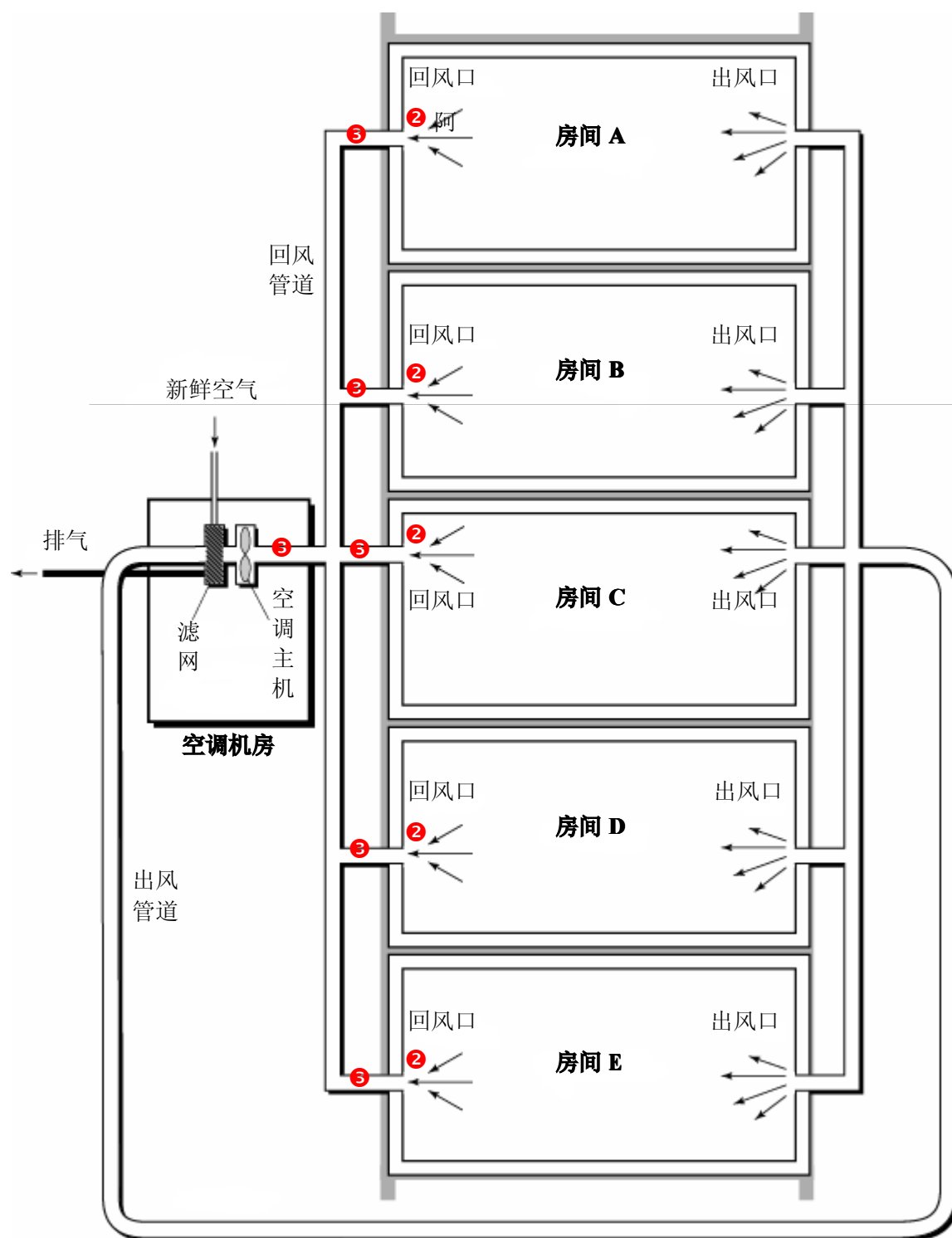
另一种解决方式是将探测主机的排气管连接至回风口采样点稍后一点的位置，如此可以平衡探测主机采样管与排气管的压力，保证抽气泵能有足够的抽气压力将采样点处的空气样品送回探测主机。下图显示的是使用排气管路的典型例子，由于探测主机必须安装于跟采样点具有不同气压的环境中，因此必须使用排气管将排气引至回风风管内，以平衡气压。注意排气位置必须是在采样点之后，也就是说气流必须先经过采样点再到排气点，否则当采样点探测到异常烟雾增长的情况下，排气管排出的空气又会再次进入采样点，造成烟雾的循环探测情形。

4.2.4.3 风管采样

对于较为大型的空调通风系统，可能的情形是空调机组需要为数个区域提供服务，此时回风采样位置的选择可能是在回风口（②），或是在回风管道（③）处。

下图是另一种常见的建筑物中央空调及通风系统，在这种空调及通风系统中，空调及通风系统所要处理的是建筑物中较大区域范围的空气。譬如一台空调主机经由送风及回风管道同时处理好几个房间的空气；或是好几台空调主机经由送风及回风管道处理一个大空间区域的空气。前一个例子如办公室这样的环境，后一个的例子如剧院、车间、大型洁净室等环境。对这类型环境使用主要采样系统而考虑空气采样位置时，在回风口（②）或是回风管道（③）内采样都是很好的选择。

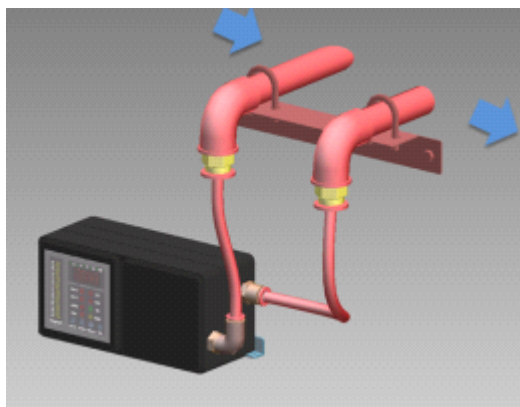
当属于上节中所叙述的空调及通风系统类型，但因为美观或其它因素考虑而不能在回风口采样时，风管内采样也是一个合适的选择。



上图是另一种常见的建筑物中央空调及通风系统，在这种空调及通风系统中，空调及通风系统所要处理的是建筑物中较大区域范围的空气。譬如一台空调主机经由送风及回风管道同时处理好几个房间的空气；或是好几台空调主机经由送风及回风管道处理一个大空间区域的空气。前一个例子如办公室这样的环境，后一个的例子如剧院、车间、大型洁净室等环境。对这类型环境使用主要采样系统而考虑空气采样位置时，在回风口（②）或是回风管道（③）内采样都是很好的选择。使用回风口采样可以在烟雾刚离开保护区域时就被探测到，但可能较不美观。使用风管内采样一般没有美观的问题，但要

注意施工时不要破坏空调系统的保温结构及密封性。此外，更要注意是在回风风管的主干道还是支道中进行空气采样，这会影响实际的探测区域。上图中标记③不同的位置可以单独探测每个房间，也可以是同时探测房间 A+B，或是房间 D+E，甚至也可以是同时探测 A+B+C+D+E 所有的房间。因此，在风管采样时必须考虑实际探测区域的大小是否符合设计的要求。此外，当空调主机也是考虑的起火源时，也建议在出风管道（④）配置采样管探测空调主机产生的火灾。

对于风管探测，AVA 推荐使用 CSD 探测主机，利用软管连接采样探针进入风管内部，使风管内的空气样本持续不断地送入 AVA 探测腔以检测空气微粒中的烟雾和灰尘，而后再排回到风管内。



AVA 可以安装在方形或圆形风管上，适用风管的直径最小为 200mm，最大可达 2m。探测器必须安装在离管道转弯或交接处至少 1 米以上任何较为方便的位置，以容许由于热烟雾可能引起的“停滞”的旋涡或空气层。对于水平的管道来说，可以安装在管道的顶端或侧面靠上方一点的位置，若是垂直的管道则可以安装在任一方便的位置。

第 5 章 电气设计

5.1 电源

需对探测主机提供 24Vdc，带备电的工作电源，备电电池至少能提供 8 小时的备电运转能力。

AVA 提供两款 24Vdc UPS，AP-050 及 AP-100，其功率分别为 50Watt 及 100Watt，标配 2 节 12V/7AH 电池，（必要时可再外接 4 节扩充电池组），可以依照连接的设备类型选择合适的电源型号。

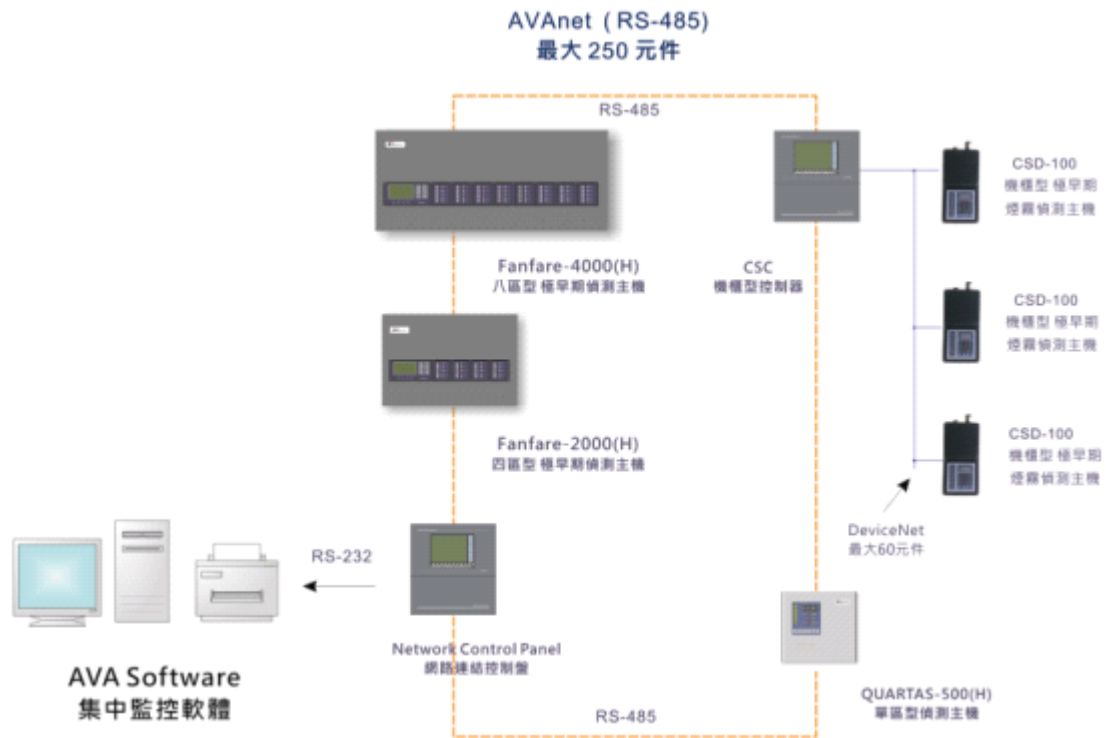
AVAUPS 规格

- 输入：100~260Vdc
- 输出：24Vdc
- 功率：100W(AP-100)/50W(AP-050)
- 電池：12V/7AH*2
- 擴充電池組：12V/7AH*4

5.2 网络架构

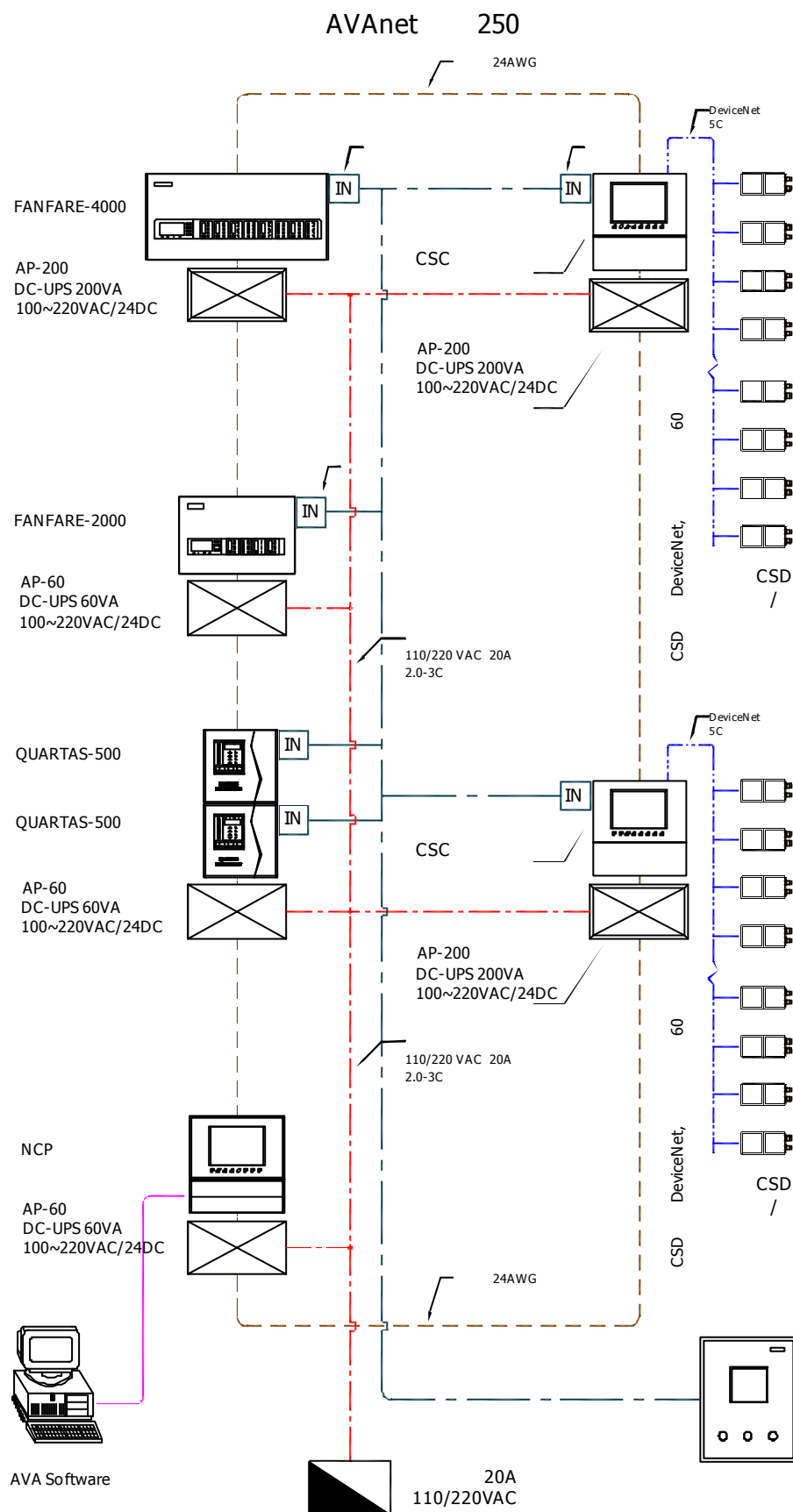
5.2.1 通讯回路

AVANET 设备之间的通讯使用 24 AWG 屏蔽双绞线（阻抗 120 欧姆），回路中相邻设备间的电缆长度最大可达 1.2 公里，最多可以连接 250 台设备。



5.3 连接到火灾自动报警系统

探测主机带有 4 段火警（Alert/Action/Fire 1/Fire 2）及 1 段故障的继电器输出，可以透过这些继电器输出将探测主机的火警及故障状态直接连接到输入模块连接到火灾自动报警控制器。具体连接方式请参考火灾报警控制器技术手册。



AVA 探测器与火灾报警控制器连线系统示意图（透过输入模块）

第 6 章 安装

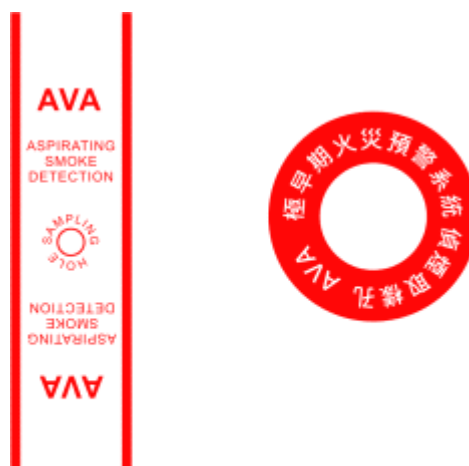
6.1 探测主机

- 探测主机通常是安装在容易进行配置、编程和维护的位置。
- 探测主机安装高度一般为 1.3~1.5m。
- 探测主机不得安装在温度或湿度超出特定工作范围的区域。

6.2 采样管路

6.2.1 一般原则

- 材质一般使用 ABS 或阻燃型 uPVC 管，特殊情况下也可使用金属管。
- 空气采样管路需紧固，至少应每隔 1.5m 做管路固定，以避免管路弯曲变形。
- 采样管转弯处应使用 90°大弯头或是 2 只 45 度弯头组合的 90°弯头，不可使用 90°直角弯头以避免产生过大的压损。
- 使用毛细软管或硬管来从主管延伸采样孔时，延伸长度不可超过 6 米。
- 单管及总管长不应超过制造商的建议值。
- 采样孔开孔需平整，不得有毛边。
- 空气采样管路及采样孔需有适当标示或标签以标示其功能。



图：采样孔标签

6.2.2 回风采样

- 在回风口处（包括箱型空调回风格栅）采样孔保护面积一般不超过 0.4m^2 （间距约为 $0.6\text{m} \times 0.6\text{m}$ ），考虑到箱型空调回风口尺寸较小，建议将间距缩小（ $0.1 \sim 0.3\text{m}$ ），让每根采样管路上（注意不是每个回风口）的采样孔数保持在 $10 \sim 15$ 孔左右，以加快采样管内的流速，缩短烟雾在管内的传输时间。
- 回风采样时的末端管帽一般不开孔，以保持采样孔较大的抽气压力。
- 采样点必须配置在滤网之前，以避免滤网将烟雾颗粒过滤掉的可能情形。
- 一台探测主机需同时进行回风采样及天花板下（或机柜）采样时，应尽量使用单独的管路来执行不同的采样功能，以确保探测效果。也就是说，使用一根（或多根）采样管做为天花板下（或机柜）的采样管路，用与天花板下（或机柜）采样不同的其他采样管进行回风采样。
- 回风探测时，采样孔位置应尽量避免避开高速气流位置，以减低高速气流处的负压影响。必要时可将排气管连接回到采样位置，以平衡压差。

6.3 通讯网络

- 通讯电缆需为屏蔽对绞线电源

参考资料

1. GB 50116-98 火灾自动报警系统设计规范
2. GB 50166-92 火灾自动报警系统施工及验收规范
3. *BFPSA Code of Practice for Category I Aspirating Detection Systems*
4. *BS 5839-1:2002 Fire detection and fire alarm systems for buildings*
5. *BS 6266:2002 Code of Practice for fire protection for electronic equipment installations*
6. *NFPA 72:2002 National Fire Alarm Code*
7. *NFPA 75:2003 Standard for the Protection of Information Technology Equipment*
8. *NFPA 76:2002 Recommended Practice for the Fire Protection of Telecommunications Facilities*
9. *NFPA 318:2000 Protection of Cleanrooms*
10. *FM Loss Prevention Data Sheet 7-7 17-12 Semiconductor Fabrication Facilities*

附录 1：产品规格表

								
型号	CSD		Quartas		Fanfare		Fanfare	
	100	100H	500	500H	2000	2000H	4000	4000H
侦测原理	高功率蓝光 LED；前向散射光量测；灰尘信号筛除							
烟雾侦测器(组)	1组		1组		4组		8组	
灵敏度范围 (%obs/m)	0.02~25	0.005~25	0.02~25	0.005~25	0.02~25	0.005~25	0.02~25	0.005~25
环境自动学习(天)	15分~20天							
抽气泵转速	10阶段调整							
高效率抽气泵	1组		1组		4组		8组	
气流传感器	1组		1组		4组		8组	
进气口	1组		1组		4组		8组	
排气口	1组		1组		4组		8组	
内置蜂鸣器	Yes		Yes		Yes		Yes	
显示器(标准配备)	Yes		Yes		Yes		Yes	
参数设定器(标准配备)	LED 型		LED 型		LCD 型		LCD 型	
警报等级	四段 (Alert/Action/Fire 1/Fire 2)							
警报延迟	0~60 (Sec.)							
复归/静音/隔离/测试键	Yes							
主机继电器标准输出	No		6点		6点		6点	
扩充16颗继电器卡(选配)	No		No		16点（1片）		32点（2片）	
光耦合湿接点输出(选配)	Yes		No					
温湿度(选配)	Yes		No					
一氧化碳(选配)	Yes		No					
输入功能(GPI 点)	No		4点		8点		8点	
空气采样管总管长(m)	6m		150m		600m		1200m	
空气采样管单管长(m)			60m		60m		60m	
空气取样孔数量	4孔		一路最大 25 孔		四路最大 100 孔		八路最大 200 孔	
最大保护面积	100m²		500m²		2000m²		4000m²	
网络组件	60 组件		250 组件					
事件记录(笔)	No		25,000					
电压	12~36VDC		20~28VDC					
电流	0.125A		0.43A		0.75~2A		1.5~4A	
尺寸(宽*长*高)	90*180*74		211*201*82		426*291*130		670*291*130	
重量	0.8kg		1.5kg		7.5kg		12.1kg	

规格若有变动，恕不另行通知

附录 2：设计图例

Symbol	Description
	CSD-100 (AIR SAMPLING SMOKE DETECTOR) /
	QUARTAS-500 (AIR SAMPLING SMOKE DETECTOR)
	FANFARE-2000 (AIR SAMPLING SMOKE DETECTOR)
	FANFARE-4000 (AIR SAMPLING SMOKE DETECTOR)
	AP-60 (DC UPS 110VAC/ 24VDC ;60VA ;7AH × 2)
	AP-200 (DC UPS 110VAC/ 24VDC ;200VA ;7AH × 2)
	APB (Battery 7AH × 2)
	CSC ()
	NCP ()
	S/H (STROBE / HORN) /
	SAMPLING HOLE (2mm ~ 3mm) (2mm ~ 3mm)
	SAMPLING TUBE & ASSEMBLY (8mm x 5mm ;PU) (PU ; 8mm x 5mm)
	AIR SAMPLING PIPEWORK (ABS 25mm O/D , 21mm I/D) (ABS , 25mm , 21mm)
	END CAP (3mm ~ 6mm) (3mm ~ 6mm)
	
	

附录 3：管路流体力学计算

表 A3-1：单管系统流体力学计算结果

分支管数	管长(m)	分支管长(m)	总管长(m)	分支位置(m)	第一孔位置(m)	孔间距(m)	单管孔数	总孔数	采样孔径(mm)	末端开孔(mm)	末端孔压力(Pa)	孔平衡(%)	孔比例(%)	反应时间(s)	单孔保护面积(m ²)	探测区域(m ²)
1	40		40		12.9	3	10	10	2.0	4.0	104	94	72	50	9	90
1	40		40		9.9	3	11	11	2.0	4.0	101	92	74	50	9	99
1	40		40		6.9	3	12	12	2.0	4.0	99	91	76	50	9	108
1	40		40		3.9	3	13	13	2.0	4.0	97	90	78	51	9	117
1	40		40		0.9	3	14	14	2.0	4.0	95	89	79	51	9	126
1	40		40		19.9	4	6	6	3.0	4.0	86	93	77	44	16	96
1	40		40		15.9	4	7	7	3.0	4.0	80	91	80	45	16	112
1	40		40		11.9	4	8	8	3.0	4.0	73	89	83	45	16	128
1	40		40		7.9	4	9	9	3.0	4.0	68	86	85	46	16	144
1	40		40		3.9	4	10	10	3.0	4.0	64	83	86	47	16	160
1	40		40		19.9	5	5	5	3.0	4.0	96	94	74	45	25	125
1	40		40		14.9	5	6	6	3.0	4.0	89	92	77	45	25	150
1	40		40		9.9	5	7	7	3.0	4.0	84	90	80	46	25	175
1	40		40		4.9	5	8	8	3.0	4.0	79	87	83	47	25	200
1	40		40		15.9	6	5	5	3.0	4.0	98	94	74	46	36	180
1	40		40		9.9	6	6	6	3.0	4.0	92	91	78	47	36	216
1	40		40		3.9	6	7	7	3.0	4.0	88	92	81	47	36	252
1	40		40		18.9	7	4	4	3.0	3.0	118	96	80	54	49	196
1	40		40		11.9	7	5	5	3.0	4.0	101	93	74	47	49	245
1	40		40		4.9	7	6	6	3.0	4.0	96	90	78	48	49	294
1	40		40		15.9	8	4	4	3.0	3.0	120	96	80	55	64	256
1	40		40		7.9	8	5	5	3.0	4.0	103	92	74	48	64	320
1	40		40		12.9	9	4	4	3.0	3.0	122	96	80	56	81	324
1	40		40		3.9	9	5	5	3.0	4.0	106	91	74	49	81	405
1	40		40		19.9	10	3	3	4.0	4.0	94	94	75	43	100	300
1	40		40		9.9	10	4	4	4.0	4.0	84	90	80	44	100	400
1	50		50		19.9	3	11	11	2.0	4.0	87	92	74	58	9	99
1	50		50		16.9	3	12	12	2.0	4.0	84	91	76	58	9	108
1	50		50		13.9	3	13	13	2.0	4.0	81	90	78	59	9	117
1	50		50		10.9	3	14	14	2.0	4.0	79	88	79	59	9	126
1	50		50		7.9	3	15	15	2.0	4.0	77	87	81	60	9	135
1	50		50		4.9	3	16	16	2.0	4.0	75	86	82	60	9	144
1	50		50		1.9	3	17	17	2.0	4.0	73	84	83	61	9	153
1	50		50		17.9	4	9	9	2.0	4.0	98	93	70	60	16	144
1	50		50		13.9	4	10	10	2.0	4.0	95	92	72	60	16	160
1	50		50		9.9	4	11	11	2.0	4.0	93	90	75	61	16	176
1	50		50		5.9	4	12	12	2.0	4.0	91	89	76	61	16	192
1	50		50		1.9	4	13	13	2.0	4.0	89	88	78	61	16	208
1	50		50		19.9	5	7	7	3.0	4.0	69	89	80	53	25	175
1	50		50		14.9	5	8	8	3.0	4.0	63	86	83	55	25	200
1	50		50		9.9	5	9	9	3.0	4.0	58	83	85	56	25	225
1	50		50		4.9	5	10	10	3.0	4.0	55	80	87	57	25	250

分支管数	管长(m)	分支管长(m)	总管长(m)	分支位置(m)	第一孔位置(m)	孔间距(m)	单管孔数	总孔数	采样孔径(mm)	末端开孔(mm)	末端孔压力(Pa)	孔平衡(%)	孔比例(%)	反应时间(s)	单孔保护面积(m ²)	探测区域(m ²)
1	50		50		19.9	6	6	6	3.0	4.0	78	91	78	54	36	216
1	50		50		13.9	6	7	7	3.0	4.0	72	88	81	55	36	252
1	50		50		7.9	6	8	8	3.0	4.0	67	85	83	56	36	288
1	50		50		1.9	6	9	9	3.0	4.0	68	85	83	58	36	324
1	50		50		14.9	7	6	6	3.0	4.0	81	90	78	55	49	294
1	50		50		7.9	7	7	7	3.0	4.0	76	87	81	56	49	343
1	50		50		0.9	7	8	8	3.0	4.0	73	84	83	57	49	392
1	50		50		17.9	8	5	5	3.0	4.0	89	92	74	56	64	320
1	50		50		9.9	8	6	6	3.0	4.0	84	89	78	56	64	384
1	50		50		1.9	8	7	7	3.0	4.0	80	86	81	57	64	448
1	50		50		13.9	9	5	5	3.0	4.0	91	91	74	57	81	405
1	50		50		4.9	9	6	6	3.0	4.0	87	88	78	57	81	486
1	50		50		19.9	10	4	4	4.0	4.0	69	89	80	51	100	400
1	50		50		9.9	10	5	5	3.0	4.0	93	90	74	58	100	500
1	60		60		17.9	3	15	15	2.0	4.0	64	86	81	68	9	135
1	60		60		14.9	3	16	16	2.0	4.0	61	85	82	69	9	144
1	60		60		11.9	3	17	17	2.0	4.0	59	83	83	70	9	153
1	60		60		8.9	3	18	18	2.0	4.0	57	82	84	71	9	162
1	60		60		5.9	3	19	19	2.0	4.0	55	80	85	72	9	171
1	60		60		2.9	3	20	20	2.0	4.0	54	78	86	72	9	180
1	60		60		19.9	4	11	11	2.0	4.0	80	90	75	69	16	176
1	60		60		15.9	4	12	12	2.0	4.0	77	89	77	70	16	192
1	60		60		11.9	4	13	13	2.0	4.0	75	87	78	70	16	208
1	60		60		7.9	4	14	14	2.0	4.0	73	85	80	71	16	224
1	60		60		3.9	4	15	15	2.0	4.0	71	84	81	71	16	240
1	60		60		19.9	5	9	9	2.0	4.0	90	91	70	71	25	225
1	60		60		14.9	5	10	10	2.0	4.0	81	90	73	71	25	250
1	60		60		9.9	5	11	11	2.0	4.0	85	88	75	72	25	275
1	60		60		4.9	5	12	12	2.0	4.0	83	87	77	72	25	300
1	60		60		17.9	6	8	8	3.0	4.0	55	84	83	64	36	288
1	60		60		11.9	6	9	9	2.0	4.0	94	90	71	73	36	324
1	60		60		5.9	6	10	10	2.0	4.0	92	89	73	73	36	360
1	60		60		17.9	7	7	7	3.0	4.0	63	86	81	65	49	343
1	60		60		10.9	7	8	8	3.0	4.0	58	83	84	66	49	392
1	60		60		3.9	7	9	9	3.0	4.0	55	79	86	67	49	441
1	60		60		19.9	8	6	6	3.0	4.0	71	88	78	65	64	384
1	60		60		11.9	8	7	7	3.0	4.0	66	85	81	66	64	448
1	60		60		3.9	8	8	8	3.0	4.0	62	81	84	67	64	512
1	60		60		14.9	9	6	6	3.0	4.0	73	87	78	66	81	486
1	60		60		5.9	9	7	7	3.0	4.0	70	84	81	67	81	567
1	60		60		19.9	10	5	5	3.0	4.0	81	90	74	66	100	500
1	60		60		9.9	10	6	6	3.0	4.0	76	86	78	67	100	600
1	70		70		18.9	3	18	18	2.0	4.0	46	81	84	81	9	162
1	70		70		15.9	3	19	19	2.0	4.0	44	79	85	82	9	171
1	70		70		12.9	3	20	20	2.0	4.0	42	77	86	84	9	180
1	70		70		9.9	3	21	21	2.0	4.0	40	75	87	85	9	189
1	70		70		6.9	3	22	22	2.0	3.0	46	78	92	98	9	198

分支管数	管长(m)	分支管长(m)	总管长(m)	分支位置(m)	第一孔位置(m)	孔间距(m)	单管孔数	总孔数	采样孔径(mm)	末端开孔(mm)	末端孔压力(Pa)	孔平衡(%)	孔比例(%)	反应时间(s)	单孔保护面积(m ²)	探测区域(m ²)
1	70		70		3.9	3	23	23	2.0	3.0	45	76	93	98	9	207
1	70		70		0.9	3	24	24	2.0	3.0	45	75	93	99	9	216
1	70		70		17.9	4	14	14	2.0	4.0	61	85	80	81	16	224
1	70		70		13.9	4	15	15	2.0	4.0	59	83	81	82	16	240
1	70		70		9.9	4	16	16	2.0	4.0	57	81	83	83	16	256
1	70		70		5.9	4	17	17	2.0	4.0	55	80	84	83	16	272
1	70		70		1.9	4	18	18	2.0	4.0	54	78	85	84	16	288
1	70		70		19.9	5	11	11	2.0	4.0	74	88	75	81	25	275
1	70		70		14.9	5	12	12	2.0	4.0	71	86	77	82	25	300
1	70		70		9.9	5	13	13	2.0	4.0	69	84	79	84	25	325
1	70		70		4.9	5	14	14	2.0	4.0	67	83	80	83	25	350
1	70		70		15.9	6	10	10	2.0	4.0	80	88	73	83	36	360
1	70		70		9.9	6	11	11	2.0	4.0	78	86	75	84	36	396
1	70		70		3.9	6	12	12	2.0	4.0	76	84	77	84	36	432
1	70		70		13.9	7	9	9	2.0	4.0	86	89	71	85	49	441
1	70		70		6.9	7	10	10	2.0	4.0	84	87	73	85	49	490
1	70		70		13.9	8	8	8	3.0	4.0	50	80	84	77	64	512
1	70		70		5.9	8	9	9	3.0	4.0	47	76	86	79	64	576
1	70		70		15.9	9	7	7	3.0	4.0	57	83	82	77	81	567
1	70		70		6.9	9	8	8	3.0	4.0	54	79	84	78	81	648
1	70		70		19.9	10	6	6	3.0	4.0	64	86	79	76	100	600
1	70		70		9.9	10	7	7	3.0	4.0	60	82	82	78	100	700
1	80		80		19.9	3	21	21	2.0	4.0	32	74	87	97	9	189
1	80		80		16.9	3	22	22	2.0	4.0	31	72	88	99	9	198
1	80		80		13.9	3	23	23	2.0	3.0	35	75	93	114	9	207
1	80		80		10.9	3	24	24	2.0	3.0	34	73	93	116	9	216
1	80		80		19.9	4	16	16	2.0	4.0	47	80	83	94	16	256
1	80		80		15.9	4	17	17	2.0	4.0	45	78	84	95	16	272
1	80		80		11.9	4	18	18	2.0	4.0	43	76	85	96	16	288
1	80		80		7.9	4	19	19	2.0	4.0	42	75	86	98	16	304
1	80		80		3.9	4	20	20	2.0	4.0	41	73	87	99	16	320
1	80		80		19.9	5	13	13	2.0	4.0	59	84	79	93	25	325
1	80		80		14.9	5	14	14	2.0	4.0	56	82	80	95	25	350
1	80		80		9.9	5	15	15	2.0	4.0	55	80	82	96	25	375
1	80		80		4.9	5	16	16	2.0	4.0	53	78	83	97	25	400
1	80		80		19.9	6	11	11	2.0	4.0	67	86	76	94	36	396
1	80		80		13.9	6	12	12	2.0	4.0	65	84	77	95	36	432
1	80		80		7.9	6	13	13	2.0	4.0	63	82	79	96	36	468
1	80		80		1.9	6	14	14	2.0	4.0	62	80	81	97	36	504
1	80		80		16.9	7	10	10	2.0	4.0	74	86	74	96	49	490
1	80		80		9.9	7	11	11	2.0	4.0	72	84	76	97	49	539
1	80		80		2.9	7	12	12	2.0	4.0	70	82	78	97	49	588
1	80		80		15.9	8	9	9	2.0	4.0	79	87	71	97	64	576
1	80		80		7.9	8	10	10	2.0	4.0	77	85	74	98	64	640
1	80		80		16.9	9	8	8	3.0	4.0	44	78	84	90	81	648
1	80		80		7.9	9	9	9	3.0	4.0	40	74	86	92	81	729
1	80		80		19.9	10	7	7	3.0	4.0	50	81	82	89	100	700

分支管数	管长(m)	分支管长(m)	总管长(m)	分支位置(m)	第一孔位置(m)	孔间距(m)	单管孔数	总孔数	采样孔径(mm)	末端开孔(mm)	末端孔压力(Pa)	孔平衡(%)	孔比例(%)	反应时间(s)	单孔保护面积 (m ²)	探测区域 (m ²)
1	80		80		9.9	10	8	8	3.0	4.0	46	77	85	91	100	800
1	90		90		17.9	4	19	19	2.0	4.0	34	73	86	111	16	304
1	90		90		13.9	4	20	20	2.0	4.0	32	71	87	113	16	320
1	90		90		19.9	5	15	15	2.0	4.0	45	79	82	108	25	375
1	90		90		14.9	5	16	16	2.0	4.0	44	77	83	109	25	400
1	90		90		9.9	5	17	17	2.0	4.0	42	75	85	111	25	425
1	90		90		4.9	5	18	18	2.0	4.0	41	72	86	113	25	450
1	90		90		17.9	6	13	13	2.0	4.0	54	81	79	108	36	468
1	90		90		11.9	6	14	14	2.0	4.0	52	79	81	109	36	504
1	90		90		5.9	6	15	15	2.0	4.0	51	77	82	110	36	540
1	90		90		19.9	7	11	11	2.0	4.0	62	84	76	108	49	539
1	90		90		12.9	7	12	12	2.0	4.0	60	81	78	109	49	588
1	90		90		5.9	7	13	13	2.0	4.0	59	79	80	110	49	637
1	90		90		17.9	8	10	10	2.0	4.0	68	84	74	109	64	640
1	90		90		9.9	8	11	11	2.0	4.0	66	82	76	110	64	704
1	90		90		1.9	8	12	12	2.0	4.5	58	77	75	103	64	768
1	90		90		17.9	9	9	9	2.0	4.0	73	85	72	110	81	729
1	90		90		8.9	9	10	10	2.0	4.5	63	81	70	103	81	810
1	90		90		19.9	10	8	8	3.0	4.0	38	76	85	103	100	800
1	90		90		9.9	10	9	9	3.0	4.0	35	71	87	106	100	900
1	100		100		15.9	6	15	15	2.0	4.5	37	73	80	117	36	540
1	100		100		15.9	7	13	13	2.0	5.0	38	71	75	114	49	637
1	100		100		19.9	8	11	11	2.0	4.5	50	79	72	115	64	704
1	100		100		11.9	8	12	12	2.0	5.0	43	73	71	110	64	768
1	100		100		3.9	8	13	13	2.0	5.0	42	71	74	111	64	832
1	100		100		18.9	9	10	10	2.0	4.5	55	80	70	115	81	810
1	100		100		9.9	9	11	11	2.0	4.5	53	77	73	117	81	891

分支管数	管长(m)	分支管长(m)	总管长(m)	分支位置(m)	第一孔位置(m)	孔间距(m)	单管孔数	总孔数	采样孔径(mm)	末端开孔(mm)	末端孔压力(Pa)	孔平衡(%)	孔比例(%)	反应时间(s)	单孔保护面积 (m ²)	探测区域 (m ²)
------	-------	---------	--------	---------	----------	--------	------	-----	----------	----------	-----------	--------	--------	---------	--------------------------	------------------------

表 A3-2: 二分支管系统流体力学计算结果

分支管数	管长(m)	分支管长(m)	总管长(m)	分支位置(m)	第一孔位置(m)	孔间距(m)	单管孔数	总孔数	采样孔径(mm)	末端开孔(mm)	末端孔压力(Pa)	孔平衡(%)	孔比例(%)	反应时间(s)	单孔保护面积(m ²)	探测区域(m ²)
2	30	15	45	15.0	18.0	3	5	10	4.0	0.0	70	95	100	40	9	90
2	30	18	48	12.0	15.0	3	6	12	4.0	0.0	56	93	100	42	9	108
2	30	21	51	9.0	12.0	3	7	14	4.0	0.0	45	89	100	44	9	126
2	30	24	54	6.0	9.0	3	8	16	4.0	0.0	83	94	100	53	9	144
2	30	27	57	3.0	6.0	3	9	18	3.0	0.0	75	92	100	54	9	162
2	30	16	46	14.0	18.0	4	4	8	4.0	0.0	88	97	100	41	16	128
2	30	20	50	10.0	14.0	4	5	10	4.0	0.0	72	94	100	43	16	160
2	30	24	54	6.0	10.0	4	6	12	4.0	0.0	58	91	100	45	16	192
2	30	28	58	2.0	6.0	4	7	14	4.0	0.0	47	87	100	47	16	224
2	30	15	45	15.0	20.0	5	3	6	4.0	0.0	108	99	100	43	25	150
2	30	20	50	10.0	15.0	5	4	8	4.0	0.0	90	97	100	43	25	200
2	30	25	55	5.0	10.0	5	5	10	4.0	0.0	74	94	100	45	25	250
2	30	18	48	12.0	18.0	6	3	6	4.0	0.0	110	98	100	44	36	216
2	30	24	54	6.0	12.0	6	4	8	4.0	0.0	96	96	100	45	36	288
2	30	21	51	9.0	16.0	7	3	6	4.0	0.0	111	98	100	45	49	294
2	30	28	58	2.0	9.0	7	4	8	4.0	0.0	93	96	100	47	49	392
2	30	24	54	6.0	14.0	8	3	6	4.0	0.0	112	98	100	47	64	384
2	30	27	57	3.0	12.0	9	3	6	4.0	0.0	113	98	100	48	81	486
2	40	21	61	19.0	22.0	3	7	14	3.0	0.0	81	96	100	59	9	126
2	40	24	64	16.0	19.0	3	8	16	3.0	0.0	72	94	100	60	9	144
2	40	27	67	13.0	16.0	3	9	18	3.0	0.0	63	92	100	62	9	162
2	40	30	70	10.0	13.0	3	10	20	3.0	0.0	56	90	100	65	9	180
2	40	33	73	7.0	10.0	3	11	22	3.0	0.0	49	87	100	68	9	198
2	40	36	76	4.0	7.0	3	12	24	3.0	0.0	43	85	100	71	9	216
2	40	39	79	0.9	3.9	3	13	26	2.0	4.0	77	89	78	55	9	234
2	40	20	60	20.0	24.0	4	5	10	4.0	0.0	61	94	100	49	16	160
2	40	24	64	16.0	20.0	4	6	12	4.0	0.0	49	91	100	52	16	192
2	40	28	68	12.0	16.0	4	7	14	3.0	0.0	84	95	100	64	16	224
2	40	32	72	8.0	12.0	4	8	16	3.0	0.0	75	93	100	66	16	256
2	40	36	76	4.0	8.0	4	9	18	3.0	0.0	67	91	100	69	16	288
2	40	20	60	20.0	25.0	5	4	8	4.0	0.0	78	96	100	50	25	200
2	40	25	65	15.0	20.0	5	5	10	4.0	0.0	63	93	100	52	25	250
2	40	30	70	10.0	15.0	5	6	12	4.0	0.0	50	90	100	55	25	300
2	40	35	75	5.0	10.0	5	7	14	4.0	0.0	40	85	100	59	25	350
2	40	24	64	16.0	22.0	6	4	8	4.0	0.0	80	96	100	52	36	288
2	40	30	70	10.0	16.0	6	5	10	4.0	0.0	65	93	100	55	36	360
2	40	36	76	4.0	10.0	6	6	12	4.0	0.0	52	88	100	58	36	432
2	40	21	61	19.0	26.0	7	3	6	4.0	0.0	100	98	100	53	49	294
2	40	28	68	12.0	19.0	7	4	8	4.0	0.0	81	95	100	54	49	392
2	40	35	75	5.0	12.0	7	5	10	4.0	0.0	66	92	100	57	49	490
2	40	24	64	16.0	24.0	8	3	6	4.0	0.0	101	98	100	55	64	384
2	40	32	72	8.0	16.0	8	4	8	4.0	0.0	83	95	100	56	64	512
2	40	27	67	13.0	22.0	9	3	6	4.0	0.0	102	98	100	56	81	486
2	40	36	76	4.0	13.0	9	4	8	4.0	0.0	84	95	100	58	81	648

分支管数	管长(m)	分支管长(m)	总管长(m)	分支位置(m)	第一孔位置(m)	孔间距(m)	单管孔数	总孔数	采样孔径(mm)	末端开孔(mm)	末端孔压力(Pa)	孔平衡(%)	孔比例(%)	反应时间(s)	单孔保护面积(m ²)	探测区域(m ²)
2	40	20	60	20.0	30.0	10	2	4	4.0	0.0	125	100	100	59	100	400
2	40	30	70	10.0	20.0	10	3	6	4.0	0.0	103	98	100	57	100	600
2	50	30	80	19.9	22.9	3	10	20	2.0	3.0	91	95	82	70	9	180
2	50	33	83	16.9	19.9	3	11	22	2.0	3.0	86	94	84	70	9	198
2	50	36	86	13.9	16.9	3	12	24	2.0	3.0	82	93	85	71	9	216
2	50	39	89	10.9	13.9	3	13	26	2.0	3.0	78	92	86	72	9	234
2	50	42	92	7.9	10.9	3	14	28	2.0	3.0	74	90	87	73	9	252
2	50	45	95	4.9	7.9	3	15	30	2.0	3.0	70	89	88	75	9	270
2	50	48	98	1.9	4.9	3	16	32	2.0	3.0	67	88	89	76	9	288
2	50	32	82	17.9	21.9	4	8	16	2.0	3.0	105	96	78	73	16	256
2	50	36	86	13.9	17.9	4	9	18	2.0	3.0	100	95	81	73	16	288
2	50	40	90	9.9	13.9	4	10	20	2.0	3.0	95	94	82	74	16	320
2	50	44	94	5.9	9.9	4	11	22	2.0	3.0	91	93	84	75	16	352
2	50	48	98	1.9	5.9	4	12	24	2.0	3.0	87	91	85	76	16	384
2	50	30	80	19.9	24.9	5	6	12	2.0	3.0	118	97	73	77	25	300
2	50	35	85	14.9	19.9	5	7	14	2.0	3.0	112	96	76	76	25	350
2	50	40	90	9.9	14.9	5	8	16	2.0	3.0	107	95	79	77	25	400
2	50	45	95	4.9	9.9	5	9	18	2.0	3.0	103	94	81	77	25	450
2	50	30	80	19.9	25.9	6	5	10	3.0	4.0	73	93	74	57	36	360
2	50	36	86	13.9	19.9	6	6	12	3.0	4.0	64	90	78	58	36	432
2	50	42	92	7.9	13.9	6	7	14	3.0	4.0	57	87	81	60	36	504
2	50	48	98	1.9	7.9	6	8	16	3.0	4.0	50	84	83	62	36	576
2	50	35	85	14.9	21.9	7	5	10	3.0	4.0	74	92	74	58	49	490
2	50	42	92	7.9	14.9	7	6	12	3.0	4.0	66	89	78	59	49	588
2	50	49	99	0.9	7.9	7	7	14	3.0	4.0	59	86	81	61	49	686
2	50	32	82	18.0	26.0	8	4	8	4.0	0.0	73	95	100	64	64	512
2	50	40	90	10.0	18.0	8	5	10	4.0	0.0	58	91	100	68	64	640
2	50	48	98	2.0	10.0	8	6	12	4.0	0.0	47	86	100	73	64	768
2	50	36	86	14.0	23.0	9	4	8	4.0	0.0	74	94	100	66	81	648
2	50	45	95	5.0	14.0	9	5	10	4.0	0.0	60	90	100	70	81	810
2	50	30	80	20.0	30.0	10	3	6	4.0	0.0	93	98	100	66	100	600
2	50	40	90	10.0	20.0	10	4	8	4.0	0.0	75	94	75	68	100	800
2	60	42	102	17.9	20.9	3	14	28	2.0	4.0	54	87	79	73	9	252
2	60	45	105	14.9	17.9	3	15	30	2.0	4.0	51	85	81	74	9	270
2	60	48	108	11.9	14.9	3	16	32	2.0	4.0	48	84	82	76	9	288
2	60	51	111	8.9	11.9	3	17	34	2.0	4.0	45	82	83	77	9	306
2	60	54	114	5.9	8.9	3	18	36	2.0	4.0	43	80	84	79	9	324
2	60	57	117	2.9	5.9	3	19	38	2.0	4.0	40	78	85	81	9	342
2	60	40	100	19.9	23.9	4	10	20	2.0	4.0	72	91	73	72	16	320
2	60	44	104	15.9	19.9	4	11	22	2.0	4.0	68	89	75	73	16	352
2	60	48	108	11.9	15.9	4	12	24	2.0	4.0	65	88	77	74	16	384
2	60	52	112	7.9	11.9	4	13	26	2.0	4.0	61	86	78	76	16	416
2	60	56	116	3.9	7.9	4	14	28	2.0	4.0	58	84	80	77	16	448
2	60	40	100	19.9	24.9	5	8	16	3.0	4.0	41	85	83	68	25	400
2	60	45	105	14.9	19.9	5	9	18	2.0	4.0	79	91	70	74	25	450
2	60	50	110	9.9	14.9	5	10	20	2.0	4.0	75	89	73	75	25	500
2	60	55	115	4.9	9.9	5	11	22	2.0	4.0	72	88	75	77	25	550

分支管数	管长(m)	分支管长(m)	总管长(m)	分支位置(m)	第一孔位置(m)	孔间距(m)	单管孔数	总孔数	采样孔径(mm)	末端开孔(mm)	末端孔压力(Pa)	孔平衡(%)	孔比例(%)	反应时间(s)	单孔保护面积(m ²)	探测区域(m ²)
2	60	42	102	17.9	23.9	6	7	14	3.0	4.0	48	86	81	68	36	504
2	60	48	108	11.9	17.9	6	8	16	3.0	4.0	42	83	84	71	36	576
2	60	54	114	5.9	11.9	6	9	18	2.0	4.0	82	90	71	77	36	648
2	60	42	102	17.9	24.9	7	6	12	3.0	4.0	57	89	78	68	49	588
2	60	49	109	10.9	17.9	7	7	14	3.0	4.0	50	85	81	70	49	686
2	60	56	116	3.9	10.9	7	8	16	3.0	4.0	44	81	84	73	49	784
2	60	40	100	19.9	27.9	8	5	10	3.0	4.0	67	91	74	68	64	640
2	60	48	108	11.9	19.9	8	6	12	3.0	4.0	58	88	78	70	64	768
2	60	56	116	3.9	11.9	8	7	14	3.0	4.0	52	84	81	72	64	896
2	60	45	105	14.9	23.9	9	5	10	3.0	4.0	68	90	74	69	81	810
2	60	54	114	5.9	14.9	9	6	12	3.0	4.0	60	87	78	71	81	972
2	60	40	100	20.0	30.0	10	4	8	4.0	0.0	66	94	100	77	100	800
2	60	50	110	10.0	20.0	10	5	10	4.0	0.0	52	89	100	82	100	1000
2	70	51	121	18.9	21.9	3	17	34	2.0	3.0	46	85	90	99	9	306
2	70	54	124	15.9	18.9	3	18	36	2.0	3.0	43	83	90	101	9	324
2	70	57	127	12.9	15.9	3	19	38	2.0	3.0	40	82	91	103	9	342
2	70	60	130	9.9	12.9	3	20	40	2.0	3.0	38	80	92	106	9	360
2	70	63	133	6.9	9.9	3	21	42	2.0	3.0	36	78	92	108	9	378
2	70	66	136	3.9	6.9	3	22	44	2.0	3.0	34	76	93	111	9	396
2	70	69	139	0.9	3.9	3	23	46	2.0	3.0	32	74	93	114	9	414
2	70	52	122	17.9	21.9	4	13	26	2.0	4.0	53	86	79	86	16	416
2	70	56	126	13.9	17.9	4	14	28	2.0	4.0	50	84	80	87	16	448
2	70	60	130	9.9	13.9	4	15	30	2.0	4.0	47	82	81	89	16	480
2	70	64	134	5.9	9.9	4	16	32	2.0	4.0	44	80	83	91	16	512
2	70	68	138	1.9	5.9	4	17	34	2.0	4.0	42	78	84	93	16	544
2	70	50	120	19.9	24.9	5	10	20	2.0	4.0	67	89	73	85	25	500
2	70	55	125	14.9	19.9	5	11	22	2.0	4.0	63	87	75	86	25	550
2	70	60	130	9.9	14.9	5	12	24	2.0	4.0	59	85	77	88	25	600
2	70	65	135	4.9	9.9	5	13	26	2.0	4.0	56	83	79	90	25	650
2	70	54	124	15.9	21.9	6	9	18	2.0	4.0	73	89	71	87	36	648
2	70	60	130	9.9	15.9	6	10	20	2.0	4.0	69	88	69	88	36	720
2	70	66	136	3.9	9.9	6	11	22	2.0	4.0	66	86	76	89	36	792
2	70	56	126	13.9	20.9	7	8	16	2.0	3.5	87	92	73	95	49	784
2	70	63	133	6.9	13.9	7	9	18	2.0	4.0	76	88	71	89	49	882
2	70	56	126	13.9	21.9	8	7	14	3.0	4.0	44	83	82	82	64	896
2	70	64	134	5.9	13.9	8	8	16	2.5	4.0	59	85	78	86	64	1024
2	70	54	124	15.9	24.9	9	6	12	3.0	4.0	52	86	79	81	81	972
2	70	63	133	6.9	15.9	9	7	14	3.0	4.0	46	82	82	84	81	1134
2	70	50	120	19.9	29.9	10	5	10	3.0	4.0	61	89	75	80	100	1000
2	70	60	130	9.9	19.9	10	6	12	3.0	4.0	53	85	79	82	100	1200
2	80	60	140	19.9	22.9	3	20	40	2.0	4.0	26	74	87	106	9	360
2	80	63	143	16.9	19.9	3	21	42	2.0	4.0	24	72	87	108	9	378
2	80	66	146	13.9	16.9	3	22	44	2.0	4.0	22	70	88	111	9	396
2	80	60	140	19.9	23.9	4	15	30	2.0	4.0	40	81	82	100	16	480
2	80	64	144	15.9	19.9	4	16	32	2.0	4.0	38	79	83	102	16	512
2	80	68	148	11.9	15.9	4	17	34	2.0	3.5	39	79	87	111	16	544
2	80	72	152	7.9	11.9	4	18	36	2.0	3.5	37	77	88	114	16	576

分支管数	管长(m)	分支管长(m)	总管长(m)	分支位置(m)	第一孔位置(m)	孔间距(m)	单管孔数	总孔数	采样孔径(mm)	末端开孔(mm)	末端孔压力(Pa)	孔平衡(%)	孔比例(%)	反应时间(s)	单孔保护面积(m ²)	探测区域(m ²)
2	80	76	156	3.9	7.9	4	19	38	2.0	3.5	35	75	89	117	16	608
2	80	60	140	19.9	24.9	5	12	24	2.0	4.0	52	85	77	98	25	600
2	80	65	145	14.9	19.9	5	13	26	2.0	4.0	49	83	79	100	25	650
2	80	70	150	9.9	14.9	5	14	28	2.0	4.0	46	81	81	102	25	700
2	80	75	155	4.9	9.9	5	15	30	2.0	4.0	43	78	82	105	25	750
2	80	60	140	19.9	25.9	6	10	20	2.0	4.0	62	87	73	98	36	720
2	80	66	146	13.9	19.9	6	11	22	2.0	4.0	58	85	76	100	36	792
2	80	72	152	7.9	13.9	6	12	24	2.0	4.0	55	83	78	102	36	864
2	80	78	158	1.9	7.9	6	13	26	2.0	4.0	52	81	79	104	36	936
2	80	63	143	16.9	23.9	7	9	18	2.0	4.0	68	88	71	100	49	882
2	80	70	150	9.9	16.9	7	10	20	2.0	4.0	64	86	74	101	49	980
2	80	77	157	2.9	9.9	7	11	22	2.0	4.0	61	83	76	103	49	1078
2	80	64	144	15.9	23.9	8	8	16	2.0	3.5	81	90	74	109	64	1024
2	80	72	152	7.9	15.9	8	9	18	2.0	4.0	70	87	71	102	64	1152
2	80	63	143	16.9	25.9	9	7	14	2.5	4.0	58	86	75	96	81	1134
2	80	72	152	7.9	16.9	9	8	16	2.5	4.0	53	83	78	99	81	1296
2	80	60	140	19.9	29.9	10	6	12	3.0	4.0	46	84	79	92	100	1200
2	80	70	150	9.9	19.9	10	7	14	3.0	4.0	40	80	82	96	100	1400
2	90	72	162	17.9	21.9	4	18	36	2.0	4.0	24	71	83	115	16	576
2	90	70	160	19.9	24.9	5	14	28	2.0	4.0	40	80	81	114	25	700
2	90	75	165	14.9	19.9	5	15	30	2.0	4.0	37	77	82	117	25	750
2	90	80	170	9.9	14.9	5	16	32	2.0	4.0	35	75	84	120	25	800
2	90	72	162	17.9	23.9	6	12	24	2.0	4.0	48	82	78	114	36	864
2	90	78	168	11.9	17.9	6	13	26	2.0	4.0	45	80	80	116	36	936
2	90	84	174	5.9	11.9	6	14	28	2.0	4.0	42	78	81	119	36	1008
2	90	70	160	19.9	26.9	7	10	20	2.0	4.0	57	85	74	113	49	980
2	90	77	167	12.9	19.9	7	11	22	2.0	4.0	53	83	76	115	49	1078
2	90	84	174	5.9	12.9	7	12	24	2.0	4.0	51	81	78	117	49	1176
2	90	72	162	17.9	25.9	8	9	18	2.0	4.0	63	86	72	114	64	1152
2	90	80	170	9.9	17.9	8	10	20	2.0	4.0	59	84	74	116	64	1280
2	90	88	178	1.9	9.9	8	11	22	2.0	4.0	56	81	76	118	64	1408
2	90	72	162	17.9	26.9	9	8	16	2.5	4.0	46	82	78	110	81	1296
2	90	81	171	8.9	17.9	9	9	18	2.5	4.0	42	79	81	114	81	1458
2	90	70	160	19.9	29.9	10	7	14	2.5	4.0	53	85	75	109	100	1400
2	90	80	170	9.9	19.9	10	8	16	2.5	4.0	48	81	78	112	100	1600

表 A3-3: 三分支管系统流体力学计算结果

分支管数	管长(m)	分支管长(m)	总管长(m)	分支位置(m)	第一孔位置(m)	孔间距(m)	单管孔数	总孔数	采样孔径(mm)	末端开孔(mm)	末端孔压力(Pa)	孔平衡(%)	孔比例(%)	反应时间(s)	单孔保护面积 (m ²)	探测区域 (m ²)
3	40	21	82	19.0	22.0	3	7	21	3.0	0.0	64	95	100	64	9	189
3	40	24	88	16.0	19.0	3	8	24	3.0	0.0	54	93	100	67	9	216
3	40	27	94	12.9	15.9	3	9	27	2.0	3.0	90	96	80	64	9	243
3	40	30	100	9.9	12.9	3	10	30	2.0	3.0	84	95	82	65	9	270
3	40	33	106	6.9	9.9	3	11	33	2.0	3.0	78	94	84	66	9	297
3	40	36	112	3.9	6.9	3	12	36	2.0	3.0	73	93	85	68	9	324
3	40	39	118	0.9	3.9	3	13	39	2.0	3.0	68	91	86	70	9	351
3	40	20	80	20.0	24.0	4	5	15	4.0	0.0	45	94	100	55	16	240
3	40	24	88	16.0	20.0	4	6	18	3.0	0.0	77	96	100	67	16	288
3	40	28	96	12.0	16.0	4	7	21	3.0	0.0	66	94	100	70	16	336
3	40	32	104	7.9	11.9	4	8	24	2.0	3.0	99	96	78	67	16	384
3	40	36	112	3.9	7.9	4	9	27	2.0	3.0	92	95	81	69	16	432
3	40	20	80	20.0	25.0	5	4	12	4.0	0.0	62	96	100	55	25	300
3	40	25	90	15.0	20.0	5	5	15	4.0	0.0	46	93	100	58	25	375
3	40	30	100	9.9	14.9	5	6	18	3.0	4.0	55	91	78	53	25	450
3	40	35	110	4.9	9.9	5	7	21	3.0	4.0	46	88	81	56	25	525
3	40	24	88	16.0	22.0	6	4	12	4.0	0.0	63	96	100	57	36	432
3	40	30	100	10.0	16.0	6	5	15	4.0	0.0	47	92	100	61	36	540
3	40	36	112	3.9	9.9	6	6	18	3.0	4.0	56	90	78	55	36	648
3	40	21	82	19.0	26.0	7	3	9	4.0	0.0	85	98	100	57	49	441
3	40	28	96	12.0	19.0	7	4	12	4.0	0.0	63	95	100	59	49	588
3	40	35	110	5.0	12.0	7	5	15	4.0	0.0	48	91	100	64	49	735
3	40	24	88	16.0	24.0	8	3	9	4.0	0.0	85	98	100	58	64	576
3	40	32	104	8.0	16.0	8	4	12	4.0	0.0	64	95	100	61	64	768
3	40	18	76	17.5	31.0	9	2	6	4.0	0.0	113	100	100	61	81	486
3	40	27	94	8.5	22.0	9	3	9	4.0	0.0	86	98	100	60	81	729
3	40	20	80	15.0	30.0	10	2	6	4.0	0.0	114	100	100	61	100	600
3	40	30	100	5.0	20.0	10	3	9	4.0	0.0	87	97	100	61	100	900
3	50	30	110	18.4	22.9	3	10	30	2.0	4.0	64	92	72	65	9	270
3	50	33	116	15.4	19.9	3	11	33	2.0	4.0	59	91	74	66	9	297
3	50	36	122	12.4	16.9	3	12	36	2.0	4.0	55	90	76	68	9	324
3	50	39	128	9.4	13.9	3	13	39	2.0	4.0	50	88	78	70	9	351
3	50	42	134	6.4	10.9	3	14	42	2.0	4.0	47	86	80	71	9	378
3	50	45	140	3.4	7.9	3	15	45	2.0	4.0	43	85	81	73	9	405
3	50	48	146	0.4	4.9	3	16	48	2.0	4.0	40	83	82	75	9	432
3	50	28	106	19.9	25.9	4	7	21	2.0	3.0	98	96	76	77	16	336
3	50	32	114	15.9	21.9	4	8	24	2.0	3.0	91	96	79	77	16	384
3	50	36	122	11.9	17.9	4	9	27	2.0	3.0	85	94	81	78	16	432
3	50	40	130	7.9	13.9	4	10	30	2.0	3.0	79	93	82	80	16	480
3	50	44	138	3.9	9.9	4	11	33	2.0	3.0	73	92	84	82	16	528
3	50	30	110	17.4	24.9	5	6	18	2.0	3.0	107	97	73	80	25	450
3	50	35	120	12.4	19.9	5	7	21	2.0	3.0	100	96	76	80	25	525
3	50	40	130	7.4	14.9	5	8	24	2.0	3.0	93	95	79	81	25	600
3	50	45	140	2.4	9.9	5	9	27	2.0	4.0	87	93	81	83	25	675
3	50	30	110	16.9	25.9	6	5	15	3.0	4.0	59	92	74	61	36	540
3	50	36	122	10.9	19.9	6	6	18	3.0	4.0	49	89	78	63	36	648

分支管数	管长(m)	分支管长(m)	总管长(m)	分支位置(m)	第一孔位置(m)	孔间距(m)	单管孔数	总孔数	采样孔径(mm)	末端开孔(mm)	末端孔压力(Pa)	孔平衡(%)	孔比例(%)	反应时间(s)	单孔保护面积(m ²)	探测区域(m ²)
3	50	42	134	4.9	13.9	6	7	21	3.0	4.0	41	86	81	67	36	756
3	50	28	106	18.5	29.0	7	4	12	4.0	0.0	57	95	100	68	49	588
3	50	35	120	11.4	21.9	7	5	15	3.0	4.0	59	92	74	63	49	735
3	50	42	134	4.4	14.9	7	6	18	3.0	4.0	50	85	78	65	49	882
3	50	32	114	14.0	26.0	8	4	12	4.0	0.0	58	94	100	70	64	768
3	50	40	130	5.9	17.9	8	5	15	3.0	4.0	60	91	74	64	64	960
3	50	27	104	18.5	32.0	9	3	9	4.0	0.0	79	98	100	69	81	729
3	50	36	122	9.5	23.0	9	4	12	4.0	0.0	58	94	100	72	81	972
3	50	45	140	0.5	14.0	9	5	15	4.0	0.0	43	89	100	79	81	1215
3	50	30	110	15.0	30.0	10	3	9	4.0	0.0	79	97	100	70	100	900
3	50	40	130	5.0	20.0	10	4	12	4.0	0.0	59	94	100	75	100	1200
3	60	40	140	17.4	24.9	5	8	24	3.0	4.0	48	89	77	76	25	600
3	60	45	150	12.4	19.9	5	9	27	2.0	4.0	66	90	71	80	25	675
3	60	50	160	7.4	14.9	5	10	30	2.0	4.0	61	89	73	82	25	750
3	60	55	170	2.4	9.9	5	11	33	2.0	4.0	56	87	75	84	25	825
3	60	42	144	14.9	23.9	6	7	21	2.0	3.0	94	95	76	94	36	756
3	60	48	156	8.9	17.9	6	8	24	2.0	3.0	88	94	79	96	36	864
3	60	54	168	2.9	11.9	6	9	27	2.0	3.0	82	92	81	98	36	972
3	60	42	144	14.4	24.9	7	6	18	2.0	3.0	102	96	73	97	49	882
3	60	49	158	7.4	17.9	7	7	21	2.0	3.0	95	94	76	98	49	1029
3	60	40	140	15.9	27.9	8	5	15	3.0	4.0	54	90	74	73	64	960
3	60	48	156	7.9	19.9	8	6	18	3.0	4.0	45	86	78	77	64	1152
3	60	36	132	19.4	32.9	9	4	12	3.0	3.0	79	95	80	82	81	972
3	60	45	150	10.4	23.9	9	5	15	3.0	4.0	55	89	75	75	81	1215
3	60	54	168	1.4	14.9	9	6	18	3.0	4.0	46	85	79	79	81	1458
3	60	40	140	14.9	29.9	10	4	12	3.5	4.0	50	87	81	70	100	1200
3	60	50	160	4.9	19.9	10	5	15	3.0	4.0	55	89	75	76	100	1500
3	70	48	166	18.9	27.9	6	8	24	2.0	3.5	74	92	73	98	36	864
3	70	54	178	12.9	21.9	6	9	27	2.0	4.0	61	89	71	93	36	972
3	70	60	190	6.9	15.9	6	10	30	2.0	4.0	56	87	73	96	36	1080
3	70	66	202	0.9	9.9	6	11	33	2.0	4.0	52	84	76	98	36	1188
3	70	49	168	17.4	27.9	7	7	21	3.0	3.0	40	87	89	97	49	1029
3	70	56	182	10.4	20.9	7	8	24	2.5	4.0	44	85	78	92	49	1176
3	70	63	196	3.4	13.9	7	9	27	2.0	4.0	62	87	71	96	49	1323
3	70	48	166	17.9	29.9	8	6	18	3.0	4.0	40	86	79	87	64	1152
3	70	56	182	9.9	21.9	8	7	21	2.5	4.0	52	87	75	91	64	1344
3	70	64	198	1.9	13.9	8	8	24	2.5	4.0	45	83	78	95	64	1536
3	70	45	160	20.4	33.9	9	5	15	3.0	4.0	49	89	75	85	81	1215
3	70	54	178	11.4	24.9	9	6	18	3.0	4.0	41	85	79	89	81	1458
3	70	63	196	2.4	15.9	9	7	21	2.5	4.0	52	86	75	93	81	1701
3	70	50	170	14.9	29.9	10	5	15	3.0	4.0	50	88	75	86	100	1500
3	70	60	190	4.9	19.9	10	6	18	3.0	4.0	41	84	79	91	100	1800
3	80	56	192	19.9	31.9	8	7	21	2.5	4.0	46	86	75	102	64	1344
3	80	64	208	11.9	23.9	8	8	24	2.5	4.0	40	83	78	106	64	1536
3	80	63	206	12.4	25.9	9	7	21	2.5	4.0	47	85	75	104	81	1701
3	80	72	224	3.4	16.9	9	8	24	2.5	4.0	41	82	78	109	81	1944
3	80	60	200	14.9	29.9	10	6	18	2.5	4.0	55	88	72	103	100	1800

3	80	70	220	4.9	19.9	10	7	21	2.5	4.0	48	84	75	107	100	2100
---	----	----	-----	-----	------	----	---	----	-----	-----	----	----	----	-----	-----	------

表 A3-4: 四分支管系统流体力学计算结果

分支管数	管长(m)	分支管长(m)	总管长(m)	分支位置(m)	第一孔位置(m)	孔间距(m)	单管孔数	总孔数	采样孔径(mm)	末端开孔(mm)	末端孔压力(Pa)	孔平衡(%)	孔比例(%)	反应时间(s)	单孔保护面积 (m ²)	探测区域 (m ²)
4	30	9	57	18.0	24.0	3	3	12	4.0	0.0	74	99	100	45	9	108
4	30	12	66	15.0	21.0	3	4	16	4.0	0.0	52	97	100	46	9	144
4	30	15	75	12.0	18.0	3	5	20	3.0	0.0	81	98	100	56	9	180
4	30	18	84	9.0	15.0	3	6	24	3.0	0.0	66	97	100	58	9	216
4	30	21	93	6.0	12.0	3	7	28	3.0	0.0	54	95	100	62	9	252
4	30	24	102	3.0	9.0	3	8	32	3.0	0.0	44	93	100	66	9	288
4	30	24	102	2.0	10.0	4	6	24	3.0	0.0	67	96	100	64	16	384
4	30	20	90	6.0	14.0	4	5	20	3.0	0.0	82	97	100	61	16	320
4	30	16	78	10.0	18.0	4	4	16	3.0	0.0	99	99	100	59	16	256
4	30	12	66	14.0	22.0	4	3	12	3.0	0.0	119	99	100	60	16	192
4	30	8	54	18.0	26.0	4	2	8	4.0	0.0	105	100	100	49	16	128
4	30	10	60	15.0	25.0	5	2	8	4.0	0.0	105	100	100	49	25	200
4	30	15	75	10.0	20.0	5	3	12	3.0	0.0	119	99	100	63	25	300
4	30	20	90	5.0	15.0	5	4	16	3.0	0.0	100	98	100	63	25	400
4	30	12	66	12.0	24.0	6	2	8	4.0	0.0	106	100	100	50	36	288
4	30	18	84	6.0	18.0	6	3	12	3.0	0.0	120	99	100	65	36	432
4	30	14	72	9.0	23.0	7	2	8	4.0	0.0	106	100	100	51	49	392
4	30	21	93	2.0	16.0	7	3	12	4.0	0.0	75	98	100	52	49	588
4	30	16	78	6.0	22.0	8	2	8	4.0	0.0	75	98	100	52	64	512
4	30	18	84	3.0	21.0	9	2	8	4.0	0.0	106	100	100	53	81	648
4	40	18	94	19.0	25.0	3	6	24	3.0	0.0	61	97	100	68	9	216
4	40	16	88	20.0	28.0	4	4	16	3.0	0.0	94	99	100	69	16	256
4	40	20	100	16.0	24.0	4	5	20	3.0	0.0	76	97	100	71	16	320
4	40	24	112	12.0	20.0	4	6	24	3.0	0.0	62	96	100	74	16	384
4	40	28	124	8.0	16.0	4	7	28	3.0	0.0	50	94	100	78	16	448
4	40	32	136	4.0	12.0	4	8	32	3.0	0.0	41	91	100	84	16	512
4	40	15	85	20.0	30.0	5	3	12	4.0	0.0	69	98	100	58	25	300
4	40	20	100	15.0	25.0	5	4	16	3.0	0.0	94	98	100	73	25	400
4	40	25	115	10.0	20.0	5	5	20	3.0	0.0	77	97	100	75	25	500
4	40	30	130	5.0	15.0	5	6	24	3.0	0.0	62	95	100	79	25	600
4	40	18	94	16.0	28.0	6	3	12	4.0	0.0	69	98	100	59	36	432
4	40	24	112	10.0	22.0	6	4	16	3.0	0.0	95	98	100	77	36	576
4	40	30	130	4.0	16.0	6	5	20	3.0	0.0	78	96	100	80	36	720
4	40	14	82	19.0	33.0	7	2	8	4.0	0.0	100	100	100	62	49	392
4	40	21	103	12.0	26.0	7	3	12	4.0	0.0	70	98	100	61	49	588
4	40	28	124	5.0	19.0	7	4	16	3.0	0.0	96	98	100	80	49	784
4	40	16	88	16.0	32.0	8	2	8	4.0	0.0	100	100	100	63	64	512
4	40	24	112	8.0	24.0	8	3	12	4.0	0.0	98	100	100	63	64	768
4	40	18	94	13.0	31.0	9	2	8	4.0	0.0	101	100	100	64	81	648
4	40	27	121	4.0	22.0	9	3	12	4.0	0.0	70	97	100	64	81	972

分支管数	管长(m)	分支管长(m)	总管长(m)	分支位置(m)	第一孔位置(m)	孔间距(m)	单管孔数	总孔数	采样孔径(mm)	末端开孔(mm)	末端孔压力(Pa)	孔平衡(%)	孔比例(%)	反应时间(s)	单孔保护面积(m ²)	探测区域(m ²)
4	40	20	100	10.0	30.0	10	2	8	4.0	0.0	101	100	100	64	100	800
4	50	27	131	19.9	25.9	3	9	36	2.0	4.0	56	93	70	70	9	324
4	50	30	140	16.9	22.9	3	10	40	2.0	4.0	51	92	72	71	9	360
4	50	33	149	13.9	19.9	3	11	44	2.0	4.0	46	93	75	73	9	396
4	50	36	158	10.9	16.9	3	12	48	2.0	4.0	42	89	76	75	9	432
4	50	39	167	7.9	13.9	3	13	52	2.0	3.0	46	90	86	88	9	468
4	50	42	176	4.9	10.9	3	14	56	2.0	3.0	42	89	87	91	9	504
4	50	45	185	1.9	7.9	3	15	60	2.0	2.5	42	88	95	102	9	540
4	50	28	134	17.9	25.9	4	7	28	2.0	3.0	85	96	76	81	16	448
4	50	32	146	13.9	21.9	4	8	32	2.0	3.0	77	95	79	82	16	512
4	50	36	158	9.9	17.9	4	9	36	2.0	3.0	70	94	81	84	16	576
4	50	40	170	5.9	13.9	4	10	40	2.0	3.0	64	93	82	87	16	640
4	50	44	182	1.9	9.9	4	11	44	2.0	3.0	58	91	84	90	16	704
4	50	25	125	20.0	30.0	5	5	20	3.0	0.0	72	97	100	86	25	500
4	50	30	140	15.0	25.0	5	6	24	3.0	0.0	58	95	100	90	25	600
4	50	35	155	10.0	20.0	5	7	28	3.0	0.0	46	92	100	95	25	700
4	50	40	170	4.9	14.9	5	8	32	2.0	3.0	78	94	79	87	25	800
4	50	24	122	20.0	32.0	6	4	16	3.0	0.0	89	98	100	88	36	576
4	50	30	140	14.0	26.0	6	5	20	3.0	0.0	72	96	100	90	36	720
4	50	36	158	8.0	20.0	6	6	24	3.0	0.0	58	94	100	96	36	864
4	50	42	176	1.9	13.9	6	7	28	2.0	3.0	87	95	76	89	36	1008
4	50	28	134	15.0	29.0	7	4	16	3.0	0.0	90	98	100	91	49	784
4	50	35	155	8.0	22.0	7	5	20	3.0	0.0	73	96	100	95	49	980
4	50	42	176	1.0	15.0	7	6	24	3.0	0.0	59	93	100	101	49	1176
4	50	24	122	18.0	34.0	8	3	12	3.0	0.0	110	99	100	95	64	768
4	50	32	146	10.0	26.0	8	4	16	3.0	0.0	91	97	100	95	64	1024
4	50	40	170	2.0	18.0	8	5	20	3.0	0.0	74	95	100	100	64	1280
4	50	27	131	14.0	32.0	9	3	12	4.0	0.0	65	97	100	74	81	972
4	50	36	158	5.0	23.0	9	4	16	4.0	0.0	45	93	100	80	81	1296
4	50	20	110	20.0	40.0	10	2	8	4.0	0.0	95	100	100	76	100	800
4	50	30	140	10.0	30.0	10	3	12	4.0	0.0	66	97	100	76	100	1200
4	60	39	177	17.9	23.9	3	13	52	2.0	3.0	42	90	86	99	9	468
4	60	42	186	14.9	20.9	3	14	56	2.0	3.0	38	88	87	102	9	504
4	60	45	195	11.9	17.9	3	15	60	2.0	3.0	34	86	88	106	9	540
4	60	48	204	8.9	14.9	3	16	64	2.0	3.0	31	85	89	110	9	576
4	60	51	213	5.9	11.9	3	17	68	2.0	3.0	28	83	90	114	9	612
4	60	54	222	2.9	8.9	3	18	72	2.0	3.0	25	80	91	119	9	648
4	60	44	192	11.9	19.9	4	11	44	2.0	4.0	42	88	75	88	16	704
4	60	48	204	7.9	15.9	4	12	48	2.0	3.0	48	89	85	104	16	768
4	60	52	216	3.9	11.9	4	13	52	2.0	3.0	43	87	87	108	16	832
4	60	35	165	19.9	29.9	5	7	28	2.0	3.0	81	95	76	96	25	700
4	60	40	180	14.9	24.9	5	8	32	2.0	3.0	73	94	79	98	25	800

分支管数	管长(m)	分支管长(m)	总管长(m)	分支位置(m)	第一孔位置(m)	孔间距(m)	单管孔数	总孔数	采样孔径(mm)	末端开孔(mm)	末端孔压力(Pa)	孔平衡(%)	孔比例(%)	反应时间(s)	单孔保护面积(m ²)	探测区域(m ²)
4	60	45	195	9.9	19.9	5	9	36	2.0	3.0	66	93	81	101	25	900
4	60	50	210	4.9	14.9	5	10	40	2.0	3.0	60	91	83	104	25	1000
4	60	36	168	17.9	29.9	6	6	24	2.0	3.0	89	96	73	99	36	864
4	60	42	186	11.9	23.9	6	7	28	2.0	3.0	81	95	76	100	36	1008
4	60	48	204	5.9	17.9	6	8	32	2.0	3.0	74	93	79	103	36	1152
4	60	42	186	10.9	24.9	7	6	24	2.0	3.0	90	95	73	102	49	1176
4	60	49	207	3.9	17.9	7	7	28	2.0	3.0	82	94	76	104	49	1372
4	60	32	156	20.0	36.0	8	4	16	4.0	0.0	41	94	100	88	64	1024
4	60	40	180	11.9	27.9	8	5	20	3.0	3.0	53	92	84	89	64	1280
4	60	48	204	3.9	19.9	8	6	24	3.0	3.0	42	89	87	95	64	1536
4	60	36	168	14.9	32.9	9	4	16	3.0	3.0	67	95	80	87	81	1296
4	60	45	195	5.9	23.9	9	5	20	3.0	4.0	43	89	75	82	81	1620
4	60	30	150	20.0	40.0	10	3	12	4.0	0.0	61	97	100	86	100	1200
4	60	40	180	10.0	30.0	10	4	16	4.0	0.0	41	93	100	93	100	1600
4	70	48	214	18.9	24.9	3	16	64	2.0	4.0	22	80	83	108	9	576
4	70	51	223	15.9	21.9	3	17	68	2.0	4.0	20	77	84	113	9	612
4	70	54	232	12.9	18.9	3	18	72	2.0	4.0	18	75	85	117	9	648
4	70	48	214	17.9	25.9	4	12	48	2.0	4.0	35	85	77	102	16	768
4	70	52	226	13.9	21.9	4	13	52	2.0	4.0	31	83	79	106	16	832
4	70	56	238	9.9	17.9	4	14	56	2.0	4.0	28	81	81	110	16	896
4	70	60	250	5.9	13.9	4	15	60	2.0	4.0	25	78	82	114	16	960
4	70	64	262	1.9	9.9	4	16	64	2.0	4.0	23	76	84	119	16	1024
4	70	45	205	19.9	29.9	5	9	36	2.0	4.0	49	89	71	98	25	900
4	70	50	220	14.9	24.9	5	10	40	2.0	4.0	44	87	73	101	25	1000
4	70	55	235	9.9	19.9	5	11	44	2.0	4.0	39	85	76	104	25	1100
4	70	60	250	4.9	14.9	5	12	48	2.0	4.0	35	83	78	108	25	1200
4	70	48	214	15.9	27.9	6	8	32	2.0	3.5	62	92	73	106	36	1152
4	70	54	232	9.9	21.9	6	9	36	2.0	4.0	49	88	71	102	36	1296
4	70	60	250	3.9	15.9	6	10	40	2.0	4.0	44	85	74	105	36	1440
4	70	49	217	13.9	27.9	7	7	28	2.5	4.0	40	87	75	98	49	1372
4	70	56	238	6.9	20.9	7	8	32	2.5	4.0	34	84	78	103	49	1568
4	70	48	214	13.9	29.9	8	6	24	2.5	4.0	48	89	71	96	64	1536
4	70	56	238	5.9	21.9	8	7	28	2.5	4.0	40	86	75	101	64	1792
4	70	45	205	15.9	33.9	9	5	20	2.5	3.5	46	88	75	93	81	1620
4	70	54	232	6.9	24.9	9	6	24	2.5	4.0	48	88	72	98	81	1944
4	70	40	190	19.9	39.9	10	4	16	3.0	4.0	50	91	70	90	100	1600
4	70	50	220	9.9	29.9	10	5	20	3.0	3.5	44	89	80	100	100	2000
4	80	55	245	19.9	29.9	5	11	44	2.0	4.0	36	84	76	116	25	1100
4	80	60	260	14.9	24.9	5	12	48	2.0	4.0	32	82	78	120	25	1200
4	80	54	242	19.9	31.9	6	9	36	2.0	4.0	45	87	71	113	36	1296
4	80	60	260	13.9	25.9	6	10	40	2.0	4.0	41	85	74	117	36	1440

