

核生化气溶胶联合监测报警仪的研制

郭东风, 邹士亚, 李海俊, 梁卫平

(1. 防化研究院 北京 102205 2. 防化研究院第二研究所 北京 102205)

摘要: 本文针对地铁、机场、大型活动等核生化安保的需求, 研制了一种核生化气溶胶联合监测仪, 实现了对核生化危害的早期快速预警监测。

关键词: 核生化; 气溶胶; 联合监测

1 仪器组成

在地铁、机场、大型活动等核生化安保中, 核生化危害的早期快速预警是应对核生化事件的重要环节, 对提高人民生命财产安全具有重要的意义。

核生化气溶胶联合监测报警仪由放射性监测模块、生物监测模块、化学监测模块、取样模块、控制模块和操作显示模块 6 部分组成。其中, 放射性监测模块、生物监测模块、化学监测模块、取样模块和控制模块集成在仪器内部, 操作显示模块安装在控制室。

放射性监测模块由 α/β 放射性气溶胶监测模块和 γ 辐射周围剂量当量率监测模块组成, 用于监测 α/β 放射性气溶胶水平和 γ 辐射周围剂量当量率; 生物监测模块用于监测炭疽、鼠疫等 8 类生物病原体; 化学监测模块用于监测沙林、梭曼等 6 种化学战剂和氢氰酸、光气等工业有毒化学气体。

一旦发现异常, 控制模块通过局域网, 将核生化信息实时上报至控制中心。

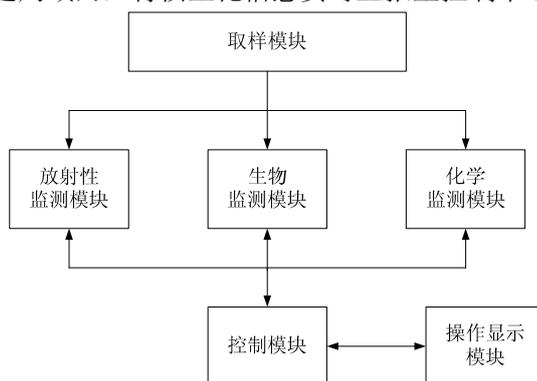


图 1 核生化气溶胶联合监测报警仪组成图

2 主要技术指标

2.1 放射性监测主要技术指标

- (1) α 放射性气溶胶监测灵敏度: 优于 $0.1\text{Bq}/\text{m}^3$;
- (2) β 放射性气溶胶监测灵敏度: 优于 $4\text{Bq}/\text{m}^3$;
- (3) γ 辐射周围剂量当量率: $0.1\mu\text{Sv}/\text{h}\sim 10\text{Sv}/\text{h}$ 。
- (4) 报警时间 $\leq 5\text{min}$ 。

2.2 生物监测主要技术指标

- (1) 生物激光监测模块灵敏度: 不大于 10 个生物粒子/每升空气;
- (2) 液体采样模块采样流量: 5 升/分钟, 采样效率不小于 90%;
- (3) 可监测生物病原体种类: 不少于 8 种 (炭疽、鼠疫、土拉、布氏、鼻疽、类鼻疽、A 型肉毒毒素、B 型葡萄球菌肠毒素);
- (4) 预警时间 $\leq 2\text{min}$, 检测报警时间 $\leq 20\text{min}$ 。

2.3 化学监测主要技术指标

(1) 监测种类：神经性毒剂（沙林、梭曼、维埃克斯）、糜烂性毒剂（芥子气）、血液毒性气体 3 类不少于 6 种化学战剂和常见工业有毒化学气体（氢氰酸、光气、氯气、氢硫酸、氯化氰、二硫化碳）；

(2) 神经性毒剂报警阈值：0.2 mg/m³；

(3) 糜烂性毒剂报警阈值：10 mg/m³；

(4) 血液毒性气体报警阈值为 40 mg/m³；

(5) 灵敏度：ppb 级。

3 仪器工作原理

3.1 放射性监测

放射性监测模块中 α/β 气溶胶监测模块的结构框图如图 2。

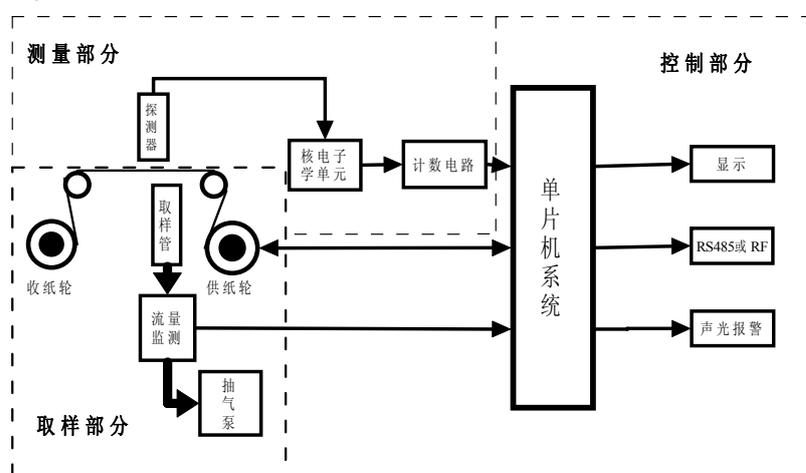


图 2 放射性监测模块中放射性气溶胶连续监测模块基本结构框图

该模块包括取样、测量、控制三部分，取样装置由抽气泵、流量监控与调节、滤纸带和滤纸机械传送机构及抽气管路组成；测量部分则由探测器、核电子学单元和计数电路组成；控制部分则包括核心控制电路及其外围接口电路，可对采集的数据进行处理、显示和数据传输，并监控仪器各部分状态，对超限活度浓度值和故障给出声光报警。各部分基本功能如下：

(1) 控制单元

实施对取样、测量的全过程控制，进行系统故障检测与声光报警。

(2) 取样单元

完成空气气溶胶的取样，利用小型真空泵获取气溶胶样品，按程序控制在规定的时间内实施向测量单元传输样品、步进自动换样。

(3) 测量单元

完成获取气溶胶样品的测量，利用半导体探测器与核电子学线路获取核脉冲信号，采用能量甄别和假符合等方法处理。

3.2 生物监测

由监测预警单元、采样单元和检测单元组成。

(1) 监测预警单元

利用空气动力学原理，获得 0.5~15 μm 范围内高分辨率的粒径分布，通过激光诱导技术获得粒子的光学特性。当出现生物成分浓度异常时，及时发出预警信号，并快速启动采样器采集样本。

(2) 采样/收集

对大气进行采样，将空气中的粒子浓缩在一个特定的液态介质中用于后续的定性分析。

(3) 检测

确定采集的气溶胶样本中的生物气溶胶的种类和数量，初步判断生物气溶胶的类别，进行早期报警。

3.3 化学监测

化学监测采用离子迁移谱技术。无需载流气体，可探测浓度极低的有毒有害气体，从采样到鉴定出结果仅需几秒钟。其探测原理框图如图 3。

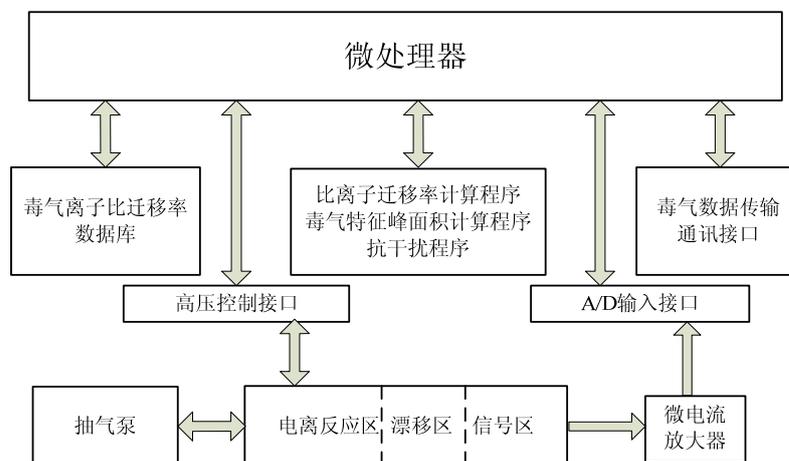


图 3 化学监测模块工作原理图

3.4 控制模块

控制模块控制放射性模块、生物模块和化学模块的工作，接收上位机指令，并根据指令控制各模块执行相应的操作，将测量结果上传给上位机，以备上位机对数据进行进一步分析处理。仪器内部控制模块与放射性模块、生物模块和化学模块采用 RS232 串行通信，与控制室的操作显示模块采用 RS485 通信。

4 结论

研制的核生化气溶胶联合监测报警仪已在北京市地铁进行了试运行。运行结果显示，该仪器能对核生化危害进行实时监测，分析鉴别有害物质种类并进行报警。该仪器的应用能使用户针对核生化危害及时采取相应的措施，对核生化危害的早期防范与处置具有重要的现实意义。