

doi: 10.7690/bgzd.2016.11.018

## 核电站管道通风系统辐射监测设备的优化改造

刘永杰, 侯鑫

(绵阳市维博电子有限责任公司技术中心, 四川 绵阳 621000)

**摘要:** 核电站管道通风系统辐射监测设备是监测核电站控制区内各通风厂房内空气的放射性。目前所应用的辐射监测设备经常发生虚假故障报警, 为了减少设备的误报警概率, 对该辐射监测设备进行优化改造。介绍监测设备构成和其工作过程, 分析故障现象, 得出设备误报警是取样空气潮湿所致, 解决措施是在监测探头前增加加热除湿装置。结果表明: 该改造方法能够减少该设备的误报警, 提高可用性和安全性。

**关键词:** 辐射监测; 误报警; 优化

**中图分类号:** TP277 **文献标志码:** A

## Optimal Modification of Radiation Monitoring Equipment for Piping Ventilation System of Nuclear Power Station

Liu Yongjie, Hou Xin

(Technology Center, Mianyang Weibo Electronic Co., Ltd, Mianyang 621000, China)

**Abstract:** Radiation monitoring equipment for piping ventilation system of nuclear power station is used for monitoring air radiation of ventilated workshops in nuclear power station. At present, the radiation monitoring equipment often makes false alarm, for reducing false alarm probability, carry out optimal improvement of radiation monitoring equipment. Introduce monitor equipment structure and its work process, analyze failure appearance. The reason of false alarm is caused by sample air moisture. Add heating and dehumidifying device before monitoring detector. The results show that: the modified method can reduce false alarm to improve feasibility and safety.

**Keywords:** radiation monitoring; false alarm; transformation

### 0 引言

核电站辐射监测系统是与核电站运行工况直接相关的重要系统。它接收来自固定式辐射探测设备的探测数据, 进而监测核电厂内部辐射及污染水平、测量向环境的放射性排放。该系统是核电站安全级系统, 是确保核安全的重要设施(核安全相关监测通道都与放射性物质的屏蔽相关), 主要执行以下 4 种功能:

- 1) 保护核电站工作人员免受强放射性辐射;
- 2) 保护公共场所免受放射性辐射;
- 3) 间接保护——屏蔽的监测;
- 4) 有保护人员的自动动作。

核电站辐射监测系统具有连续监测、快速响应、能为辐射安全分析提供信息等特点。它利用核辐射探测<sup>[1]</sup>处理技术、计算机通信技术等, 实现各监测点的剂量率和比活度信息实时监测<sup>[2-3]</sup>。通过测量辐射水平的高低, 实现对核电站屏蔽完整性、设备工作状态、人员受照情况的有效监测和控制, 从而保证核电站的安全运行, 同时对分析核电厂的故障和

事故原因具有重要参考价值。现所述设备为监测核电站控制区各通风厂房内空气的放射性剂量率<sup>[4]</sup>, 一旦厂房发生泄漏, 如果设备探测到通风系统中的空气放射性剂量率超过预先设置的剂量率报警阈值, 设备就会产生相应的声响报警, 相关人员要立即启动查漏程序, 防止高放气体意外排放, 以免使公众受到辐射照射, 给环境造成放射性污染。

### 1 监测设备构成和其工作过程

该监测设备由取样装置和探测装置 2 部分组成。探测机构采用差分电离室<sup>[5]</sup>探头, 通过自动、连续和离线扫描式地监测从 8 个区域取样气体的放射性(并把监测数据送至服务器), 判断各个厂房区域内系统或设备的泄漏状况, 从而达到监测目的。通道由 9 个设计相同的支路组成(可以根据系统需要设定测量的支路数量), 各取样支路的测量通过被 LPDU(处理显示单元)控制的 9 个电磁阀动作来进行通道切换。电磁阀每隔 5 min 自动动作一次——即每 40 min 左右完成所有支路的一个测量循环。每个取样支路的取样空气流经探头并被测量后, 最终

收稿日期: 2016-08-05; 修回日期: 2016-09-23

作者简介: 刘永杰(1990—), 男, 河南人, 学士, 助理工程师, 从事 KRT 系统研究。

重返通风管道。

该探测设备的探头采用差分式电离室，如果记  $I_M$  是由环境本底照射所产生的电离离子在比对探头内电场中漂移瞬间形成的微弱电流；记  $I_Z$  是由放射性气体照射所产生的电离离子在主测量探头内电场中漂移瞬间形成的微弱电流；主测量探头、比对探头两者探测电流之差为净电流值，此值记为  $I$ ，即  $I=I_Z-I_M$ 。由此原理且根据一定算法<sup>[6]</sup>，LPDU(处理显示单元)即可自动计算出此净电流值  $I$  所对应的探测气体的放射性剂量率，并自动判断该剂量率是否大于预先设置的剂量率报警阈值，且自动触发相应声响报警<sup>[7]</sup>。

## 2 故障现象和原因分析

该设备探头类型为差分电离室，在主测量探头上方装有一颗豁免放射源，由于该放射源距主测量探头较近，距比对探头较远，且对比对探头的影响可忽略不计，所以主测量探头的测量电流值  $I_Z$  始终大于比对探头的测量电流值  $I_M$ ，这样就能维持一较稳定净电流值  $I(I=I_Z-I_M)$ ，一旦此电流值  $I$  小于设备中预设的低电流故障报警阈值，设备会自动产生低电流故障声响报警，报警信号会立即到达主控室，操纵员收到该信号后会对该设备记 IO，机组有后撤风险，影响机组核安全。

经过统计长期数据得出，该现象多发生在 6—10 月份(电站所在地区多雨季节)。根据电离室探头测量原理，正常情况下，电离室内因辐射电离作用产生的电流是相对稳定的，一旦空气湿度较大，取样气体中的水分子吸附电离<sup>[8]</sup>离子，形成分子团，使其在电场中的漂移速度变缓，并在其向两极漂移过程中导致离子复合<sup>[9]</sup>几率增大，导致在探头处因辐射电离产生的电流信号迅速减小至系统预设电流故障值以下，最终发生低电流故障报警。

另一可能原因是探头发生故障，这种现象在同类型设备上普遍发生，排除了探头故障的可能性<sup>[10]</sup>。

## 3 优化改造方法

以上分析得出设备误报警的原因可能是取样空气的潮湿，解决办法是把即将进入探头进行辐射测量的取样空气干燥。为了使改造最简化，在扫描机架取样出气口、探头测量进气口之间加装功率匹配的加热除湿器，并改造部分供电电路为除湿器供市电<sup>[11]</sup>。将除湿设备安装、调试并长时连续运行，服务器实时监测辐射监测设备运行状况，人员定期查

看事件记录，检验能否解决设备虚假故障报警问题。

## 4 试验结果

根据上述改造方案，笔者设置实验组、对照组比对实验，历时几个月进行测试，并统计测试数据。在试验期内，加装加热除湿装置的试验组辐射监测设备发生低电流故障报警的次数大为减少，甚至未发生低电流而导致的虚假故障报警；未加装加热除湿装置的对照组发生低电流故障报警的情况没有改变，在试验期内发生虚假故障报警次数为 5 次，每次持续约 0.02 h。总结测试数据，结果如表 1 所示。

表 1 实验结果

分组	类型	
	故障次数	不可用时间/h
试验组	0	0
对照组	5	0.10

## 5 结束语

从试验结果来看：该方法成功解决了该设备偶发低电流故障报警的现象，大大减少了设备虚假故障报警概率，提高了设备的可用性，降低了该系统设备因故障不可用原因对核安全造成的影响，达到了对该探测设备优化改造的目的。

## 参考文献：

- [1] 王芝英. 核电子技术原理[M]. 北京: 原子能出版社, 1989: 1-28.
- [2] 屈驰, 欧阳长青. 移动物体放射性监测仪探头部分面板受力分析[J]. 兵工自动化, 2015, 34(7): 94-96.
- [3] 李刚强, 黄元兰, 阎伟, 等. 大剂量辐射致小鼠血液中 microRNA 表达改变[J]. 四川兵工学报, 2015, 36(11): 145-148.
- [4] 王凤英. 电离辐射防护与安全基础知识[M]. 南京: 江苏人民出版社, 2007: 120.
- [5] 谢一冈. 粒子探测器与数据获取[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 5.
- [6] 张步岭, 张雁琴. 核电站防甩支架承受力估算实例分析[J]. 兵工自动化, 2015, 35(4): 36-38.
- [7] 刘胜涛, 宋琼. WB8200 能耗监测系统[J]. 兵工自动化, 2014, 33(6): 83-85.
- [8] 丁洪林. 核辐射探测器[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2009: 88.
- [9] 杨朝文. 电离辐射防护与安全基础[M]. 北京: 原子能出版社, 2009: 101.
- [10] 何沛霖, 王昕. CPR1000 核反应堆冷却泵电机的特殊性[J]. 兵工自动化, 2014, 33(6): 36-37.
- [11] 李力, 郭猛, 韩垂煌, 等. 基于故障树的核电站循环水泵电机烧瓦问题研究[J]. 电机工程, 2015, 32(9): 1246-1249.