

江苏省高风险移动放射源在线监管系统设计

王万平,朱晓翔*,韦正,黄昕

(江苏省核与辐射安全监督管理中心,江苏 南京 210019)

摘要:为了满足国家有关高风险移动源监管工作要求,研制了具备全球定位系统(GPS)、无线射频识别、辐射剂量监控功能的监控终端硬件,并开发设计了高风险移动源实时监控系統软件平台。对该系统平台软件和监控终端的功能及应用情况进行了分析,针对监控终端结构设计、续航时间较短、耐用性较差、野外信号弱等问题提出后续改进建议。该监控系统可以有效实现高风险移动放射源的动态监控,进一步提升江苏省高风险移动放射源的监管技术水平。

关键词:移动放射源;监控;平台;终端;预警;江苏省

中图分类号:X84;X837

文献标志码:B

文章编号:1674-6732(2022)02-0039-04

Design and Application of Real-time Monitoring System for High Security Risk Mobile Radioactive Sources in Jiangsu Province

WANG Wan-ping, ZHU Xiao-xiang*, WEI Zheng, HUANG Xin

(Jiangsu Nuclear and Radiation Safety Supervision and Management Center, Nanjing, Jiangsu 210019, China)

Abstract: In order to meet the national requirements for the supervision of high-risk mobile sources, the monitoring terminal hardware has been developed with GPS positioning, RFID and radiation dose monitoring, and the software platform of high-risk mobile source real-time monitoring system has been developed as well. The function and application of the system platform software and monitoring terminal were analyzed. Follow-up improvement suggestions were made on the structural design of monitoring terminal, short endurance time, poor durability, weak field signal and other problems. The monitoring system can effectively realize the dynamic monitoring of high-risk mobile sources and further improve the technical level of supervision of high-risk mobile sources in Jiangsu Province.

Key words: Mobile radioactive source; Monitoring; Platform; Terminal; Early warning; Jiangsu Province

放射源广泛用于工业、农业、医疗、科研、教学等领域,高风险移动放射源主要指对人体健康和环境潜在危害较大,在野外或室外现场使用且无固定场所的Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ类放射源^[1]。江苏省的主要高风险移动放射源分布在工业探伤和测井行业,且数量多、分布散、风险高、管理难度大,一旦丢失、被盗、失控,极易导致公众受照,引发社会恐慌^[2]。习近平总书记提出的“放射源安全行动计划”和国家《核安全与放射性污染防治“十三五”规划》中明确要求,要实现对高风险移动放射源的实时监控。

目前,北京、四川、陕西、福建等地已陆续开展

高风险移动放射源实时监控系统的研究建设,但在移动监控、智能预警方面仍然存在不足。江苏省是高风险移动放射源应用大省,省内现有移动 γ 射线探伤单位近30家,移动使用高风险源200多枚,作业场所遍布13个设区市。在充分调研国内外先进实时监控系統建设经验的基础上,结合高风险移动放射源应用现状和管理需求,建设了江苏省高风险移动放射源实时监控系統。与同类系統相比,该系统有效解决了实时位置、剂量率、出入库监控等关键问题,使高风险移动放射源实现了实时、动态、智能、高效的监控管理,进一步提高了监控技术水

收稿日期:2021-10-25;修订日期:2022-01-20

基金项目:江苏省第五期“333工程”科研基金资助项目(BRA2018418)

作者简介:王万平(1982—),男,高级工程师,硕士,从事核与辐射安全监督管理工作。

*通讯作者:朱晓翔 E-mail:zhu.jsre@163.com

平和监管效率。

1 系统设计

1.1 系统设计目标

按照国家相关法律法规要求,结合江苏省辐射安全监管实际,通过研发高风险移动放射源在线监管信息化平台,建设具备放射源的实时位置监控、剂量监控、状态监控以及数据信息传输、事故报警、应急处置等功能的信息管理系统,使辐射工作单位自身的放射源管理实现自动化和信息化。生态环境监管部门可以通过该系统,对辐射工作单位的管理情况进行实时在线监控,使辐射安全监管工作更加及时、有效和科学^[3-4]。

1.2 系统基本框架

江苏省高风险移动放射源在线监管系统软件设计包括电脑客户端和手机移动端(图1)。电脑端采用 B/S 架构,手机端设计安卓和 IOS 两套移动软件,对高风险移动放射源的暂存、运输、使用、回收等状态实施动态监管,并按照高风险移动放射源在线监管平台的数据归集规则,将相关监管信息推送至生态环境部监管平台^[5]。

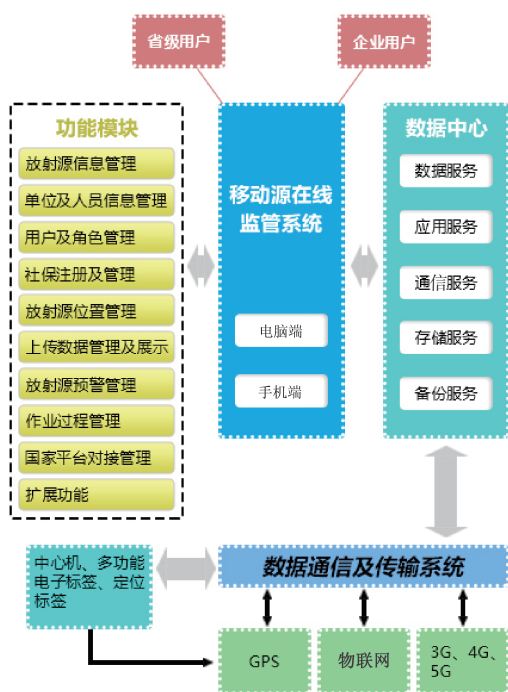


图1 江苏省高风险移动放射源在线监管系统基本框架

监控系统硬件主要包括放射源定位电子标签、放射源多功能电子标签和源库中心机。系统面向

省级用户和企业用户,省级用户为具备监管权限的生态环境监管人员,企业用户为高风险移动放射源使用单位。系统主要包括放射源信息管理、单位及人员信息管理、用户及角色管理、放射源位置管理、放射源预警管理、作业过程管理、国家平台对接管理等功能模块;数据中心提供数据、应用、通信、存储和备份服务;放射源定位电子标签、放射源多功能电子标签和源库中心机基于数据通信及传输系统实现全球定位系统(GPS)、放射剂量率等信息与数据中心的交互^[6]。

2 系统功能分析

高风险移动放射源在线监管系统采用物联网、地理信息系统(GIS)、无线射频识别(RFID)、辐射剂量采集、GPS定位、4G/5G无线通信等先进的技术手段,以安全、高效、科学地实现移动放射源在运输、存储、作业环节中的管理为目标,推出包括移动放射源在静置、移动、室内、室外、运输等各种情况下的在线监管平台化软件与配套设备,实现对移动放射源的全方位在线监管^[7]。

2.1 系统平台电脑客户端及功能

2.1.1 信息管理功能

信息管理功能主要针对放射源信息,包括放射源核素名称、标签编号、国家编码、源强、出厂日期、区级核定区域、企业核定区域、有源探伤机本底辐射值、状态和操作等。除此之外,系统还将涉源单位及放射源操作人员的管理纳入其中,强化辐射工作人员管理。

2.1.2 放射源在线监测功能

在整个监测过程中,通过登录电脑端或手机端,可实时观测放射源的地理信息、剂量率、监管设备工作状态等。移动放射源的实时位置可在电子地图上显示出来,以便观察和掌握其当前所处的地理位置,也可查看某个时间段内其所处的位置和移动轨迹。在线监测数据包括剂量率、出/入库情况、GPS定位、时间、监测设备电量等。

2.1.3 放射源智能预警功能

通过智能预警功能,可对放射源的剂量率、振动、地理位置变化等信息进行状态设置,一旦这些状态发生改变,可通过电脑端或手机端等方式反馈给安全责任人。预警设置包括放射源位置异常、辐射剂量率异常、电池电量低、监管设备越出省界等^[8]。当放射源位置异常时,将前端设备发来

的放射源位置信息与系统中设定的放射源使用区域进行比对,当判定放射源位置超出使用区域后,会触发位置异常报警。当辐射剂量率异常时,将前端设备发送的放射源辐射剂量值与系统中设定的辐射剂量报警阈值进行比对,当判定辐射剂量值小于报警阈值,触发辐射剂量率异常报警。当电池电量低或监管设备离开省界后,系统也将触发报警。

2.1.4 统计分析 & 数据对接功能

通过统计分析功能,可对放射源的各种信息(包括监控数据信息)进行汇总,按照预设查询条件进行自动统计及分析。此外,系统还可以按照生态环境部的要求,根据高风险移动放射源在线监管平台数据归集规则,将省级移动源相关数据与国家移动源在线监管平台做数据对接,并及时跟踪、统计数据对接情况。

2.2 系统平台手机移动端及功能

通过手机移动端(安卓和 IOS 版),可以实时关注某单位的放射源基本信息和作业状态,手机移动端基本包含电脑客户端软件平台的放射源在线监管功能。手机移动端围绕作业流程进行全过程管理,另外还配合电脑客户端设置了源列表、源信息、源位置、源事件四大功能模块。移动端操作的每个步骤会形成一条时间记录,在平台中自动保存,便于安全追溯管理。

手机移动端作业流程见图 2。(1)源出库。采用手机移动做出库登记,包括作业目的地、剂量率、作业人员等信息,上传数据,形成记录。(2)作业前准备,将现场防护情况拍照上传并作业。(3)作业过程。监管电子标签自动监测放射源源罐情况,及时上传数据。(4)作业结束。通过手机 App,上传包括剂量率、作业人员等信息,做入库登记。

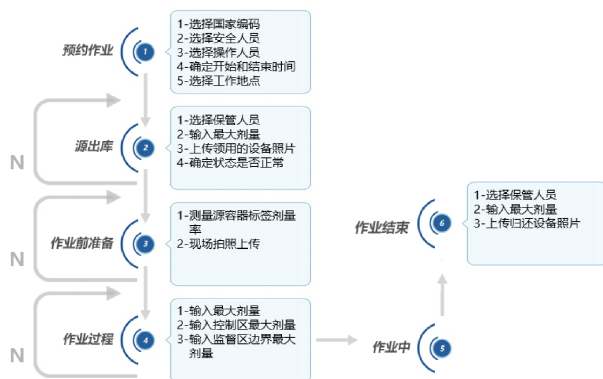


图 2 手机移动端作业流程

2.3 监控终端设备及功能

系统终端主要包括:放射源定位电子标签、放射源多功能电子标签、放射源(源库)信息采集仪。

放射源定位电子标签固定在工业伽马射线探伤机设备或测井放射源容器上,同时包含 RFID 和 GPS,具备通用分组无线数据通信等实时通信手段,配备振动、加速度等传感器,可以在野外恶劣的环境下工作,能够实时检测放射源的位置、振动等参数变化,及时通过无线网络向上端中心平台传输数据^[9]。放射源多功能电子标签除具备放射源定位电子标签的基本功能外,还具备辐射剂量探测器,可对放射源的辐射剂量率进行检测。

放射源(源库)信息采集仪,即源库中心机,安装在放射源(源库)出入口,具有对放射源电子标签(包括多功能电子标签和定位电子标签)的管理功能,当装有放射源电子标签的放射源装置入库时,信息采集仪与放射源电子标签进行近距离无线通信,将电子标签内含的放射源相关状态信息上传,并将放射源电子标签从无线网络下载,通过信息采集仪代替电子标签发送数据。当装有放射源电子标签的放射源装置出库时,信息采集仪将激活对应的电子标签,同时停止发送数据,改由电子标签发送数据。此外,信息采集仪还具有对在库放射源信息进行统计分析的功能^[9]。

3 系统应用

江苏省高风险移动放射源在线监管系统目前已建成,全省近 30 家高风险移动放射源应用单位的放射源库均安装了放射源(源库)信息采集仪,并对在用的 200 多枚放射源安装了放射源多功能电子标签和放射源定位电子标签,对放射源入库贮存、出库运输和现场使用 3 个方面的安全进行监管^[10],实现了江苏省内所有在用高风险移动放射源的动态信息化跟踪监督管理。

3.1 放射源入库贮存

放射源入库贮存时,通过放射源(源库)信息采集仪对放射源电子标签的无线射频芯片进行监控扫描,确认放射源是否安全入库,并通过无线网络将放射源电子标签的辐射剂量、电量、库房 GPS 信息等数据发送到系统平台,以便在系统中实时查询、查看在库放射源情况。放射源出库工作时,无线射频芯片经信息采集仪进行出库扫描,确认放射源离库后即进入放射源出库运输状态,同时上传相

关状态数据至系统平台。

3.2 放射源出库运输

放射源出库后,经放射源(源库)信息采集仪认定放射源为出库运输状态,放射源电子标签全程上传定位信息及运输轨迹,通过无线网络上传相关信息至系统平台,企业辐射安全管理人员和生态环境监管人员可通过平台实时监控放射源位置信息,直至放射源现场使用开始。

3.3 放射源现场使用

放射源运输至现场后,进入现场使用状态,通过手机移动端软件,开始作业流程填报程序,容器上的电子标签实时上传定位和辐射剂量监控数据,通过平台智能预警功能确认放射源现场作业安全情况。作业结束后,进入放射源出库运输状态,运输完成后回库,经扫描确认后进入放射源库内贮存安全状态。

4 系统存在问题和改进建议

4.1 监管终端结构设计

为了监控移动放射源,需要在源罐上安装传感器。一方面,传感器不能破坏源罐表面,因此不能显著增加源罐的重量与体积,但又需要足够的续航能力,因此电池应具备一定体积,这两者存在较大矛盾;另一方面,源罐形态各异且表面的安装位置有限,增加了传感器的安装难度。应通过对国内现有的各型号源罐外观进行研究,配备统一制式的监控终端安装工具即可解决监控设备的安装问题。

4.2 续航时间较短

目前,结合江苏省和其他省份已开发的高风险移动放射源在线监管系统现状,发现大多数与源罐绑定的传感器单次续航时间都不超过 15 d,因此需要作业人员对其进行频繁充电,大大增加了业务管理成本,也增大了移动源使用的安全风险。应通过选用低功耗设备,设计监控设备工作模式,实现电池的最优化使用和管理。

4.3 耐用性较差

因移动放射源使用的特殊性,其在野外工作过程中,会经常与大型部件摩擦、碰撞,甚至造成摔落。按照国家对移动放射源源罐的认证要求,应满足 1.2 m 处跌落,任意面不低于 2 次的直接碰撞,且辐射剂量不得明显上升等安全性要求。另外,因移动放射源一般为高危险源,辐射能量较大,对近距离的电子设备有一定的损伤。应优先考虑耐用性,通过设计完善的防跌落系统,来满足源罐的安

全要求,保证监管设备的长期稳定运行。

4.4 野外信号弱

移动放射源在野外作业的情况下,其电子标签会经常丢失网络信号和定位信号,一旦进入信号盲区,传感器与系统平台即告失联,极易引起预警误报,给整个监管系统的日常应用造成影响。通过设计缺失信息的补发功能和细分的预警模型,可实现各类预警信息的自动识别和风险判定信号回传。

5 结语

通过江苏省高风险移动放射源在线监管系统的设计和应用,实现集高风险移动放射源日常监控管理、动态实时追踪和应急监控管理为一体的监控管理系统,可以实现对高风险移动放射源的 24 h 连续监控,有效预防各类事故的发生,并可在事故第一时间进行智能预警。高风险移动放射源在线监管技术是对放射源安全监控的有力支撑,不仅可以提高企业对辐射安全的自我管理能力,也是监管部门全面提升核与辐射安全监管水平的重要途径和有效手段。

[参考文献]

- [1] 王鑫,孙冶,周晓剑,等. 高风险移动放射源在线监控系统设计[J]. 核电子学与探测技术,2018,38(6):818-821.
- [2] 符兰,何荣天. 放射源安全在线监控技术应用研究[J]. 科技资讯,2017(26):113-114.
- [3] 华芳,吴玉磊. 山东省移动 γ 探伤现状调查及辐射安全管理对策分析[J]. 山东化工,2014,43(9):154-155.
- [4] 郭佑君. 放射源在线监控设计与应用探讨[J]. 中国管理信息化,2019,22(20):151-153.
- [5] 王湜,李娟,江峰琴. 江苏省社会环境检测机构业务登记及监管系统设计与应用研究[J]. 环境科学与管理,2017,42(11):6-9.
- [6] 张政阳,刘智慧,张睿,等. γ 探伤机放射源脱落预警与 NB-IoT 实时监控系统的探究[J]. 新型工业化,2019,9(10):5-12.
- [7] 乐华峰,李大军,聂欣然,等. 基于 OpenLayers 的放射源在线监控管理系统的设计与研究[J]. 江西科学,2017,35(4):629-633.
- [8] 白盛明,白婧. 基于无线传感器网络的放射源库安全监测预警系统的设计[J]. 石油仪器,2013,27(2):75-77,80.
- [9] 李远茂,刘桂雄,洪晓斌. RFID 室内放射源信息在线监测系统设计与仿真[J]. 中国测试,2015,41(8):63-66,70.
- [10] 王海山,闫德坤,郑舒琦,等. 甘肃省高风险移动放射源在线监管系统总体设计[J]. 甘肃科技,2021(12):6-7.

栏目编辑 周立平