

环境监测实验室样品智能物流管理系统的设计研究

王经顺¹, 陈焕然², 赵永刚¹

(1. 江苏省环境监测中心, 江苏 南京 210016; 2. 厦门积硕科技有限公司, 福建 厦门 361008)

摘要:环境监测实验室样品管理是质量管理的重要环节, 样品管理的智能化、信息化将大幅提升实验室的管理水平。通过分析当前监测实验室样品管理现状和不足, 借鉴相关行业样品智能物流管理系统应用经验, 结合江苏省环境监测中心新建的监测实验大楼, 开展环境监测样品智能物流管理系统设计研究。提出, 考虑环境监测样品接收、任务分配、样品交接、样品留存各个环节, 以样品属性为基准进行样品管理系统设计; 同时, 结合物联网集成管控、气动传输和机器人输送技术, 构建包含分布式存储工作站和密集型土壤样品库的样品智能物流管理系统, 实现高效、智能、规范的样品管理目标。

关键词:环境监测; 样品管理; 实验室; 智能物流系统

中图分类号: X84

文献标志码: C

文章编号: 1674-6732(2019)02-0054-05

Design and Research of Intelligent Logistics Management System for Environmental Monitoring Laboratory Samples

WANG Jing-shun¹, CHEN Huan-ran², ZHAO Yong-gang¹

(1. Jiangsu Environmental Monitoring Center, Nanjing, Jiangsu 210036, China; 2. Xiamen Jesoo Technology Co., Ltd, Xiamen, Fujian 361008, China)

Abstract: The sample management of environmental monitoring laboratory is an important part of the quality management. The intelligentization and informatization of the sample management will greatly improve the management level of laboratory. Based on the analysis of the current situation and the shortcomings of the sample management in monitoring laboratory and the application experience of the sample intelligent logistics management system in the related industries, the intelligent logistics management system for environmental monitoring samples of the new laboratory building of Jiangsu Environmental Monitoring Center was designed and studied. The system design should be based on the sample attributes and the sufficient consideration of the links, including the sampling receiving, task allocation, sample handover and sample preservation and so on. Simultaneously, combining with the integrated management and control of the Internet of Things, pneumatic transmission and robotic transportation technology, the sample intelligent logistics management system including the distributed storage workstation and the dense soil sample bank was constructed to achieve the goal of efficient, intelligent and normative sample management.

Key words: Environmental monitoring; Sample management; Laboratories; Intelligent logistics system

实验室样品管理是环境监测工作的重要环节, 也是实验室管理、实验室认可、计量认证的重要内容, 更是检测结果公正性、科学性和准确性的重要保障^[1-3]。因此, 加强实验室样品管理对实验室能力建设以及提升实验室管理水平至关重要。近年来, 环境监测覆盖面越来越广、监测项目越来越多、监测指标越来越全, 这对实验室的整体运行、管理水平, 特别是管理工具都提出很大的考验^[4]。现有实验室样品管理模式还仅依赖人工管理, 在接样、暂存、流转、留样、分析整个流程中的智能化水平较低, 管理不够完善^[5], 样品交接后主要通过人

工方式转运到实验室, 很难做到快速、高效和量值溯源, 难以达到现代智能化实验室管理水平。

随着计算机自动控制和网络信息技术的飞速发展, 物联网、人工智能、机器人技术逐步进入传统行业的各个领域, 改变了各行业工作管理方式, 现代实验室正全力探索新的样品管理模式。生态文明建设工作的推进, 对环境监测实验室样品管理也

收稿日期: 2018-08-27; 修订日期: 2018-10-27

基金项目: 江苏省环境监测科研基金资助项目(1723)

作者简介: 王经顺(1977—), 男, 高级工程师, 硕士, 从事环境监测管理工作。

提出了新的需求,未来环境监测实验室样品管理需要借助智能物流系统设备解放劳动力提高效率,借助信息化完善质控体系,实现样品在接收、流转、存储、分析、统计等各个环节智能化、可视化、可追溯的闭环管理目标。结合江苏省环境监测中心新实验大楼建设,开展环境监测样品智能物流管理系统的设计研究,可为国内实验室样品智能化物流提供新的思路与参考。

1 先进行业样品管理方式

随着智能化、信息化技术的快速发展,出现了一批智能化水平较高的行业,以火电行业为例,火电厂的煤炭作为火电企业发电的主要燃料,其成本占发电总成本的 70% 以上,因此作为结算依据的煤样管理更是尤为重要^[6-7]。火电企业通过建设煤样智能管理系统将自动采样机、自动制样机、实验室智能存取工作站、智能存样柜、智能弃样工作站等通过专用的传输管道连接起来,通过智能气动传输与存储,实现样品制备、传输、留存、调取、分析以及弃样的全过程自动化、精细化、封闭式管理,从根本上解决了电厂煤样管理中样品传递的人为干扰以及样品管理杂乱无序等问题。

在医疗行业,随着医院规模不断扩大,传统人工运送物品的方式不能满足现代化医院的实际需求,一些大型现代化医院在后勤物资管理上借助智能化物流传输设备,如机器人、自动化小车、气动传输管道等^[8],实现医院内大小物品在科室间安全高效输送。全程智能化控制系统,可翻阅调取运输记录,便于医院监管、掌握后勤运输动态及医疗物品使用情况等,实现了医院不同楼层、不同科室药品、医疗器械、血样、文件等快速分发、转运和安全管理,提高了工作效率和医疗服务质量。

2 智能实验室样品管理系统设计

以江苏省环境监测中心新建的一座实验大楼为例,介绍环境监测实验室样品智能物流系统的设计研究。

2.1 实验楼概况

江苏省环境监测中心实验楼总建筑面积 26 105 m²,其中地上 14 层,建筑面积 18 692 m²,地下 2 层,建筑面积 7 413 m²。按功能划分,实验区域主要包括应急监测、理化检测、重金属监测、有机污染监测实验室等,共计 8 100 m²。

2.2 系统规划设计原则及方法

实验室样品智能物流系统设计,按照实验室样品管理流程,综合考虑实验室规模、区域水平和垂直空间结构布局,以及样品的类别、保存条件等因素。首先,对样品属性进行统计分类;其次,对各个实验室部门的布局和作业流程关键节点、运输时序、样品的品规及数量等进行分析;最后,根据不同样品物流仓储需求,选择适合的智能物流与仓储管理系统,结合物联网核心技术,将各智能物流系统统一联网集成。

2.3 样品管理业务需求分析

智能物流传输是结合样品的流动来选择相应的智能传输存储系统,分析梳理样品品规、属性是整个系统设计的重要环节。

近年来,江苏省环境监测中心每年监测样品数量在 5 万个左右,从样品来源看,主要有监督监测、委托监测、例行监测以及其他类别的监测等;从样品的状态看,主要包含了固态(土壤、固体废弃物等)、液态(水)、气态(环境空气、废气等)、生物和微生物样品等。根据环境监测样品品规和物理属性,样品大致可以分为 2 类,第 1 类:小品规,样品密封包装,在传输过程中可以任意翻转,不影响样品属性,比如土壤样品、密封的液体样品。第 2 类:外形尺寸较大(存放水样、气样的样品箱),样品半密封包装,传输过程中需固定,不可翻转。

2.4 样品管理流程优化设计

在样品流转过程中,需要明确关键环节,以及各环节之间的人(实验员)、机(智能物流系统设备)、物(样品)3 者关联性,通常主要考虑样品接收、任务分配、样品交接、样品留存几个工作节点。在开发过程中,需要结合样品属性以及样品运输时序对实验室样品管理业务流程的各个环节进行细化和优化,制定出能够符合监测样品智能物流管理场景的业务流程,见图 1。

在样品接收环节,样品管理员首先进行样品信息登记,也可以通过读取样品外包装上的二维码获取信息,完成接样工作。任务分配环节,是整个样品信息化管理的基础,根据样品属性选择合适的存储载体,存储载体集成无线射频识别技术(RFID),将样品信息、实验任务、实验员等信息写入 RFID 芯片标签内,实现物与物、物与信息、物与人 3 者之间关联。在送样和交接环节,中央管控系统通过识别存储载体的任务信息,自动调度智能物流设备,将

样品送到指定位置,通知实验员进行身份确认领取样品。

基于环境监测样品具有样品输送时段集中且输送批量大的特点,同时根据样品属性,在样品运送交接环节采用错峰派送方式,将小品规、可翻转的样品通过智能气动储送系统提前送到相应的实验室自动暂存;将较大品规,运输过程不能翻转的样品,自动暂存在样品室内,由智能机器人根据实验任务要求自动派送,样品交接完成后,空的存储载体自动回到指定位置。

从各地采集回来的土壤样品经过风干、研磨后,都需要进行样品留存工作,将制备好的土壤样品放入专用的存储载体,并将相应的信息写入 RFID 芯片内,通过智能物流系统将土壤样品自动输送到土壤库进行留存,也可以通过中央管控系统将留存的土壤样品自动调出至智能工作站。

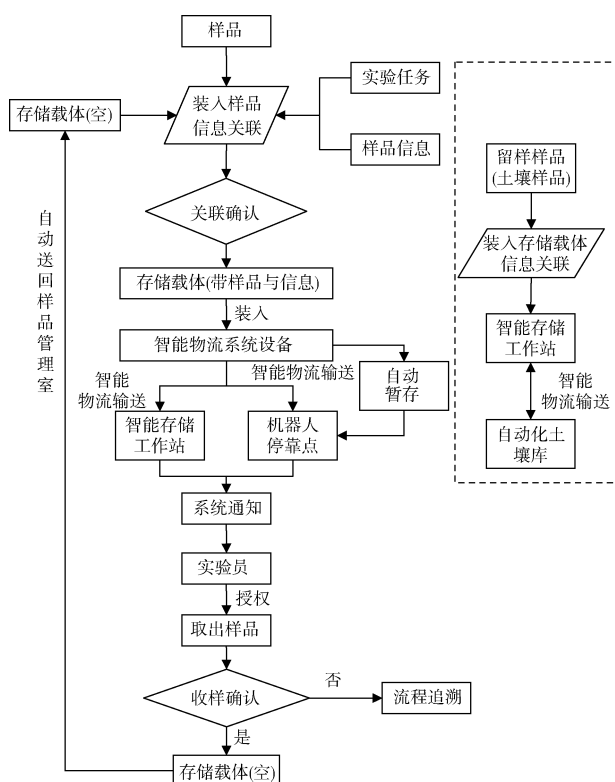


图 1 实验室样品智能物流管理流程

3 关键技术的研发与集成

实验室样品智能物流管理系统是通过物联网技术将有关的智能化系统(包括智能机器人储运系统、智能气动储送系统以及各专业子系统)设备集中进行管控的一种重要技术手段。集成系统除

了具有强大的调度管控功能之外,各项关键的软件技术、硬件配置、独立系统间的信息传递与共享,是集成系统正常运行的重要基础,主要包括物联网集成管控技术、智能气动传输系统、智能机器人输送系统、分布式智能存储工作站、智能密集型土壤样品存储库。智能物流传输系统空间布局见图 2。

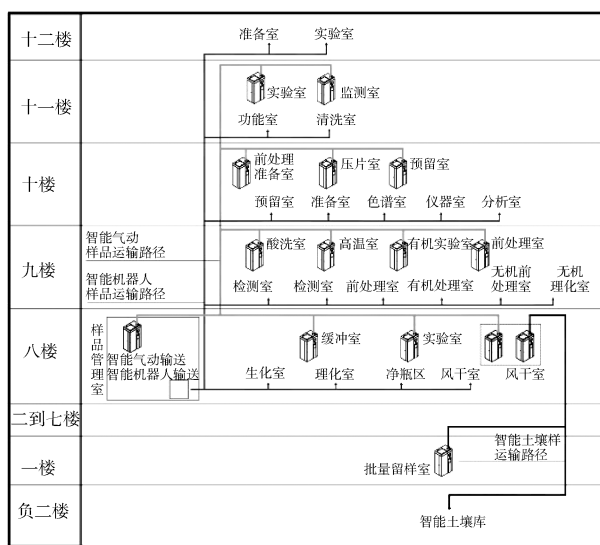


图 2 样品智能物流传输空间布局

3.1 物联网集成管控技术

物联网是指通过各种信息传感设备,实时采集任何需要监控、连接、互动的物体或过程等各种需要的信息,与互联网结合形成的一个巨大网络^[9]。其目的是实现物与物、物与人、物与网络的连接,方便识别、管理和控制。通过在样品和智能物流设备以及物流流转各环节部署 RFID、传感器、二维码等信息源,随时随地获取物品的信息,将物品信息实时准确地传递,实现异地感知。在智能处理方面,将传感器和各智能物流系统相结合,利用云计算、模式识别等技术,对数据信息进行分析处理,实现对智能物流设备的控制调度管理。

3.2 智能气动传输系统

气动物流传输系统是以压缩空气为动力,借助机电技术和计算机控制技术,通过网络管理和全程监控,将各实验室通过专用的传输管道连为一体,通过气流推动传输瓶,实现实验室样品传输。气动传输系统主要包括压缩机、输送管道、控制器、换向器、智能工作站等,系统具有独有的管道智能切换技术以及智能排队策略,可将用户操作与系统运转有效地进行分离,样品传输速度可达 3~8 m/s,传

输重量最大可达5 kg。按照实验区域分布特征、样品量和传输需求,在实验区内共建有9条输送线,11个智能工作站,节省用户等待时间,实现高效传输。传输瓶缓冲回收机构应用最新的空气动力学原理,保证传输中样品的安全;智能工作站将控制系统与实验室、实验员、实验任务等信息链接,实现样品的授权交接;物流溯源功能将人、物、传输瓶和目的地等信息结合起来,用以支持样品传输的全程可追踪性,实现传输的安全性。可对第1类品规土壤样品、采样体积<1 000 mL塑料瓶密封的水样、活性管、吸附管等样品实现自动传送。

3.3 智能机器人输送系统

智能机器人输送系统,采用多传感器融合导航定位技术、多车管理调度技术和机器人运输车(AGV),具备了机器人自主移动的核心功能,包括环境构建,自主导航(室内定位、路径规划、智能避障等),以及智能人机交互(智能跟随、语音交互等),实现多项高新技术的应用与集成,替代人工手推车模式。机器人载重可达50 kg,速度可达2 m/s,本案中拟设置3台机器人运输车,可实现第2类品规大型样品箱自动转运,每层派发,系统调度智能机器人将装有样品的智能周转箱移至常温库/冷藏库进行暂存。系统根据计划任务,自动调度机器人将暂存的样品送到指定的实验室,通知实验员领取样品,完成样品交接任务,实现样品自动派送与授权交接工作闭环。此外,用户可以从系统界面实时了解每部受控机器人的设备状态、位置、工作状态等情况,还可以自动或者手动呼叫空闲机器人分配任务。根据实际工作需要,还可以增加AGV故障报警、拥挤楼层电梯交通管制、机器人系统远程升级维护等功能。

3.4 分布式智能存储工作站

分布式智能存储系统是通过网络将各个实验室的智能存储工作站连接起来,作为分布式存储(接收)终端,与智能气动传输系统进行对接,自动发送和接收装有样品的载体,由小型机械手进行快速存取样品,具有自动存储、发送、排队功能,同时根据上层管控系统指令,自动调出经授权确认的样品,实现全自动发送、接收装有样品的传输瓶。

3.5 智能土壤样品存储库

智能土壤样品存储库是充分利用环境空间量身定制的封闭式密集型局域智能仓储系统,突破了传统摆放模式,最大优化内部存储空间,大幅度提

高存储容量,实验楼建设1座土壤样品存储库,可存放土壤样品9万个,并与智能气动传输系统相结合,实现土壤样品的全自动存入和调取以及样品信息的查询、统计等功能。

4 样品智能物流管理系统架构

样品智能物流管理系统由智能气动储送系统、智能机器人储送系统以及智能土壤样品留存系统3个子系统构成,见图3。各子系统均可以独立运行,具有较强的灵活性、通用性和可扩展性,通过中央管控系统对实验室样品信息以及样品智能管理设备实现遥控、遥视,建立样品信息及智能设备远程控制模块,实现远程遥控操作和在线状态监控。同时,对无人值守、样品输送、样品交接、样品信息、智能物流显示终端网路等系统进行整合,集成为统一的中央管控控制平台,实现对智能设备的远程集中管控,并将相关数据上传至服务器统一存储,以实现数据分析及实时跟踪。系统功能包括样品信息管理、智能机器人仓储管理、智能机器人派送管理、智能气动传输管理、土壤库管理、统计管理、系统角色管理等模块。

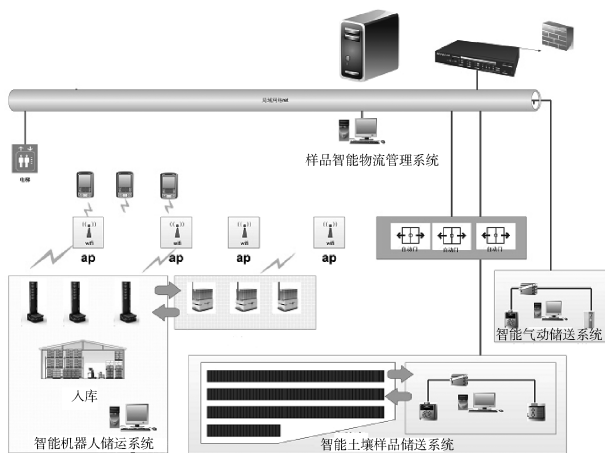


图3 样品智能物流管理系统架构

4.1 样品信息管理模块

该模块提供样品信息手动或者自动录入功能,包括样品名称、样品地、来源、监管类型等信息,信息维护管理、数据库备份、自动更新以及样品与实验任务、实验员以及存储载体进行关联,该功能是智能物流系统信息流的入口,样品管理员收样的同时,将样品信息通过读码等方式在系统中创建样品身份信息,然后选择相应的存储载体写码关联。

4.2 智能机器人仓储管理模块

智能机器人仓储管理模块包括样品库信息管理、叉车机器人管理、任务出入库管理、报警与数据查看管理、机器人实时监控管理以及历史记录管理。系统自动调度机器人将存储载体进行上架存储及下架发运,可查看样品库存信息和设备运转情况,通过时间或者样品信息模糊查找历史出入库信息。统计结果可以用列表或专题图形式展示。

4.3 智能机器人派送管理模块

智能机器人派送管理模块提供任务管理、设备管理、实时监控管理、样品管理、数据字典管理、页面路线管理、用户管理以及故障管理等模块,通过无线网络与中央管控服务器进行数据交互。可以通过系统实时界面直接查看当前楼层设备运行状态、当前地图中设备信息和运行轨迹、当前任务列表以及其他历史信息。

4.4 智能气动传输管理模块

智能气动传输管理包括传输与存储模块,提供工作站客户端操作管理、实时状态操作管理、传输瓶入库管理、传输历史数据查找管理、任务列表查找管理、工作站传输瓶信息记录、用户权限管理以及系统设置功能。系统读取存储载体内RFID芯片信息,将存储载体通过管道自动发送到实验室智能工作站内暂存,实验室工作人员通过刷卡授权方式,取出系统指定的样品,完成样品交接。智能工作站设有客户端,可以通过界面进行库存、实时状态、任务列表、传输和交接历史记录查询,统计结果可以用数据表或专题图的形式展示。

4.5 土壤库管理模块

土壤库管理模块提供实时界面管理、留样审批、传输瓶入库管理、样品库管理、传输历史数据查找、任务列表查找、历史存取记录、报警信息列表等功能。实验室土壤留样样品制备完成后,放入存储载体内,系统进行审批留样操作后,将存储载体通过管道自动发送到土壤留样库内自动留存。可以通过系统操作界面直接调取土壤留样库的样品并可查询信息。

4.6 统计管理模块

统计管理模块提供仓储、气动、土壤的日、周、月、年传输量以及自定义统计管理。提供多种类型的样品数据专题图回执功能(包括饼状图、柱状图等),以及专题图的自定义功能。

4.7 系统角色管理模块

该模块包括添加用户工号、姓名、登录密码、权限分配等信息,提供用户管理、日志管理、菜单管理以及系统监控等功能。

5 结语

实验室样品智能物流管理系统在设计和开发上充分考虑了环境监测样品管理过程中的各个需求场景,以样品属性为基准进行系统设计,同时结合自动化和信息化技术,使系统具有良好的实用性、创新性,有效地解决了样品管理过程中运送、交接、存储与溯源等方面的问题,改变了传统实验室样品管理模式,使得实验室样品在流转交接过程中不混淆、不丢失,始终处于受控状态,实现了实验室样品“管理规范化、信息集成化、物流自动化、过程可视化”的管理目标。高效、智能、规范的实验室是未来实验室的发展趋势,随着现代信息技术、物联网技术迅速发展,智能实验室的建设一定要考虑新技术的使用及实验室升级需求^[10],智能物流系统建设要与监测实验室大楼同步设计,同步施工,并预留扩展空间,与其他业务系统有效对接,使其在环境监测实验室管理中发挥更大的作用。

[参考文献]

- [1] 陈娟英. 环境监测样品管理中存在的主要问题和对策[J]. 低碳世界, 2013(12): 195-197.
- [2] 俞梁敏, 严闪军. 环境监测实验室样品特点及管理对策[J]. 污染防治技术, 2013, 23(2): 61-63.
- [3] 黄晶, 姚佳, 朱君. 浅谈环境监测实验室的样品管理与质量保证[J]. 污染防治技术, 2016, 29(2): 70-72.
- [4] 王庆燕, 张勇. 实验室信息管理系统在环境监测站的应用浅析[J]. 新疆环境保护, 2017, 39(4): 13-17.
- [5] 林秋平. 基于物联网的高校智能物流实验室建设研究[J]. 实验技术与管理, 2013, 30(6): 201-204.
- [6] 米树华, 陈炎, 苗永旗, 等. 燃料管理智能化的实现路径与应用价值研究[J]. 现代管理, 2017, 7(6): 349-356.
- [7] 成刚, 祝起龙, 王涛涛. 火电厂燃料智能化管理系统构建及自动识别技术的应用[J]. 煤质技术, 2013(A01): 38-41.
- [8] 徐家俊, 周亚峰. 医院物流自动化传输系统[J]. 医疗卫生装备, 2003(8): 44-45.
- [9] 周洪波. 物联网: 技术、应用、标准和商业模式[M]. 北京: 电子工业出版社, 2010: 19-23.
- [10] 林燕奎, 熊贝贝, 王丙涛, 等. 现代智慧实验室的设计和应用[J]. 实验室研究与探索, 2014, 33(6): 231-234.