

一种新型高等级生物安全实验室 智能化管理系统

王琳锋

(中国中元国际工程公司)

【摘要】文章主要阐述了一种新型的高等级实验室智能化管理系统(下文均简称“新型管理系统”):基于感知层技术,将实验室建筑信息、生物安全设施、实验设备、智能设备、人员、物资、实验活动、自控系统等形成数据及边算,基于网络层传输形成数据层,基于数据层分析、处理形成信息支撑应用层,构建BIM控制运维系统和实验业务仿真系统。文章旨在解决现有中控系统+实验活动LIMS系统无智能研判决策、动态响应的问题,提升高等级生物安全实验室动态安全、管理效率、运行能耗、智能决策的水平。

【关键词】智能高等级生物安全实验室;全要素;动态安全;管理数据库

中图分类号:TU17

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2023.08.039

A New Intelligent Management System for High-level Biosafety Laboratories

WANG Lin-feng

(China IPPR International Engineering Co., Ltd.)

【Abstract】This paper mainly describes a new type of high-level laboratory intelligent management system (hereinafter referred to as "new management system"): Based on perception layer technology, the laboratory building information, biosecurity facilities, experimental equipment, intelligent equipment, personnel, materials, experimental activities, automatic control systems and so on will be formed into a data and edge calculation. Data layer is formed based on network layer transmission, and information support application layer is formed based on data layer analysis and processing, so as to build BIM control operation and maintenance system and experimental business simulation system. It aims to solve the problem that the existing central control system + experimental activity LIMS system does not have intelligent research and judgment decision-making and dynamic response, and improve the level of dynamic safety, management efficiency, operation energy consumption and intelligent decision-making of high-level biosafety laboratories.

【Keywords】intelligent high-level biosafety laboratory; total elements; dynamic security; managing database

1 引言

为维护国家安全,有效应对生物有害因子及相关因素威胁,提高生物安全实验室风险感知能力,控制意外威胁发生,本文拟提出一种新型高等级实验室智能实验室管理系统,提升我国高等级生物安全实验室风险防范和应对核心能力。

从目前国内外的趋势研究可知,智能高等级生物安全实验室(the smart heightened-containment biological laboratory, sHCBL)正在从概念走向现实,然而,这一转变所涉及的关键技术仍处于探索阶段。我国已有高等级生物安全实验室的管理是通过不同系统分别独立运行堆砌而成,且独立运行的各系统智能化、信息化、自动化程度较低。HCBL通常使用传统的实验室信息管理系统(LIMS)进行管理,实验室经常遇到以下问题:仪器仪表,数据库灵活性有

限;设施运行的可追溯性不足;数据保护不足;整个生命周期的管理效率低下。

通过分析目前国内现有几个已建成的高等级生物安全实验室,分析上述项目智能管理体系的缺陷,笔者认为高等级生物安全实验室现有管理体系缺乏安全可靠数据支撑、缺乏高效人机交互,缺乏节能控制、缺乏可靠决策等一系列难题。为了解决上述难题,基于实验室管理体系底层数据资源的全面支撑,构筑人员、物资、环境和电力、通风、供水、供热、供气等的全面数字化。通过感知层、网络层、数据层、应用层四个层级6大任务的建立,构建一套新型高等级实验室智能实验室管理系统。

2 新型管理系统目标及技术架构

针对新时期高等级生物安全实验室智能化管理需求,构建智能化实验室管理体系,解决驱动实验室

三维仿真管理系统的全要素数字化融合管理机制。

采用基于实验室感知数据模型分析的三维仿真智慧管理技术,以BIM模型三维可视化集成技术、大数据模型算法和数据库技术为基础,通过对高级别生物安全实验室数据和智能化管理体系的深度融合研究,完善包括过程的智能化研判、人员的智能化记录和管理、物品的保存期限提示、样本溯源、生理状态监测、暖通空调、活毒废水等设备高精度节能自动控制、过滤器预期寿命分时段预警,高等级生物安全实验室应急预案的智能化联动,高等级生物安全实验室各种生物安全风险、网络风险和预警智能化风险评估和预警联动等数据模型的分析应用。以数字孪生技术、VR技术为基础,构建适用高级别生物安全实验室的基于BIM的三维可视化监控平台及实验室仿真平台,实现高级别生物安全实验室的集中管理自动化、全数字可视化,并实现虚拟仿真教培、人员健康自动化管理、人员活动和设备操控的全周期监控(见图1)。

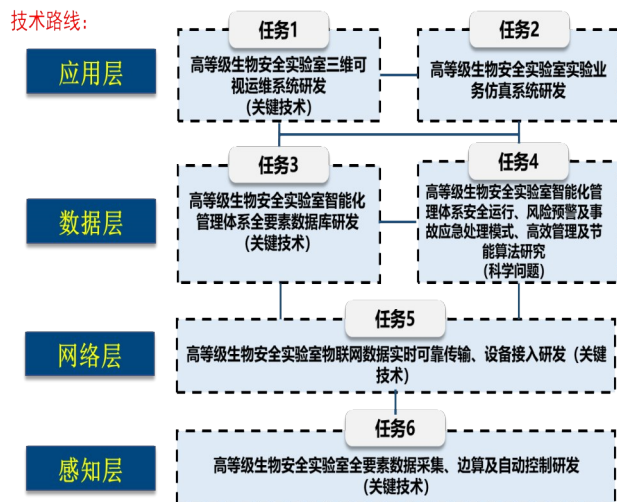


图1 基于BIM的三维可视化监控平台及实验室仿真平台
技术路线示意图

3 新型管理系统内容

3.1 管理用底层数据的形成

底层采集的数字化要素包括:人员、物资(实验仪器设备、防护服、实验样本试剂、废弃物等)、环境和电力、实验室预约信息、实验室巡检信息、视频分析信息、建筑设备等。数据主要依托感知物联技术、集成通信技术实现,以实时感知的特定参数数据和开放的接口数据为输入,通过物联网主要应用技术,包括但不限于射频识别、传感器网络、嵌入式系

统、无线通信(Zigbee、Wi-Fi、蓝牙)等,完成对实验室内部底层数据采集。底层数据形成架构:搭建物联网软件框架(物联网中台),框架由各种通信协议程序构成。如RS485(Modbus、Profibus)、CAN协议(Canopen、Devicenet)和基于以太网的各种协议或用户自定义协议程序。数据处理模块主要进行将网关从无线传感网络和以太网获取的数据包进行提取有效负载和重新封装等相关处理。在数据处理部分需要同时处理上行数据(data和event)和下行数据(command),采用多线程的方式进行实现处理,分类存储,并对数据采用分级和降维处理。

3.2 基于关键要素数据模型算法及管理数据库的形成

以大数据模型算法和数据库技术为基础,通过对实验室数据和智能化管理体系的深度融合,形成任务过程的智能化研判、人员智能化记录和管理、物品的保存期限提示、样本溯源、生理状态监测、暖通空调、活毒废水等设备高精度节能自动控制、过滤器预期寿命分时段预警,实验室应急预案的智能化联动,实验室各种生物安全风险、网络风险和预警智能化风险评估、预警联动等数据模型的分析应用。数据中台首先采集、引入实验室全业务、多终端、多形态的数据,经过对采集引入数据的计算与处理,通过数据指标结构化、规范化的方式实现数据的标准化,并存储到各类数据库、数据仓库中,以实现数据资产化管理。开发对应的数据接口向上提供各类数据服务,面向业务构建统一的数据服务接口与数据查询逻辑,提供数据的分析与展示。

3.3 BIM平台、仿真平台的形成

通过BIM模型、实验设备与实验室全方位数据(多源异构数据)的结合,BS架构:基于浏览器3D技术(WebGL),创建实验室BIM模型,通过模型轻量化引擎将BIM模型压缩后导入,并将模型与多源异构数据联通实现实验室数字孪生。CS架构:采用3D可视化引擎(UE或Unity)实现高品质高还原度,创建实验室BIM模型,通过模型轻量化引擎将BIM模型压缩后导入,并将模型与多源异构数据联通实现实验室数字孪生。构建一个整体的研发环境,建立基于同一数据源的研发链,为生物安全实验室的培训、模拟提供协同手段,能够有效提高安全和管理效率。

4 新型管理系统的重大科学问题及关键技术

4.1 高级别生物安全实验室管理用底层数据的形成机制

通过物联网传感器、RFID 标签等方式,实现人员、物资、环境和电力、通风、供水、供热、供气等的数字化;通过物联网主要应用技术,包括但不限于射频识别、传感器网络、嵌入式系统、无线通信(Zigbee、Wi-Fi、蓝牙)等,完成对实验室内部底层数据采集,具有较高的安全性、极大的网络容量、时延短、距离近、速率低、成本低和功耗低,能对智慧实验室的要求给予充分满足。

4.2 高级别生物安全实验室基于关键要素数据模型算法的全新管理数据库形成机制

通过对实验室的大数据建模分析,从各类数据(人员、物资、环境、建筑设备以及LIMS信息等)中挖掘有价值信息。并将实验室数据纳入实验室管理体系内的数据管理模块。通过大数据模型分析硬件+实验室管理体系内的数据管理模块,实现大数据的深度开发利用及数据的高效管理。大数据模型分析硬件中主要包括数据库、分布式系统、数据仓库、计算引擎、LINUX 集群等内容。通过实验室管理体系内的数据管理模块实现数据分析、数据处理以及数据管理功能。

4.3 构建适用高级别生物安全实验室的基于BIM的三维可视化监控平台及实验室仿真平台

依托虚实融合三维可视化平台,在三维场景中对人员、物资、环境、电力实现可视化管理,提供设备设施全生命周期管理。采用数字孪生技术,通过该平台实现底层数据和管理应用的有机融合,实现多系统间的协同,信息网络体系统一化、成熟化,为实验室网络平台运作过程中自主化判断、调控提供平台支撑。通过对大数据网络模型的训练实现各系统管理AI化、自主化。

基于实验室仿真数据管理系统,通过异构系统的集成,打通实验、仿真和管理的流程通道和数据通道。在物联网技术的基础上,通过数据共享和自动化控制技术,实现实验数据、仿真数据、管理数据的交互,构建成实验、仿真、管理的一体化闭环管理环境。实现透明化与可视化管理,进而有效提升资产

管理与监控管理的效率,实现立体式、可视化的新一代实验室运行管理。同时借助VR技术可让实验人员更贴近真实情况进行学习和操作。

5 新型管理系统主要创新点

针对传统实验室态势感知及可视化程度低、自动化程度低、无法远程自动控制、自主分析判断等诸多问题,提出基于人工智能辅助模型分析及结合BIM模型三维可视化技术的实验室数字孪生管理系统,在三维模型中实现基于安全、高效、节能低碳的人员、物资、环境、电力的自动化管理,通过数字孪生技术实现对智能化设备的自动操控,对前端视频画面中的人体、动物、物体进行实时监测和识别,通过直观的进行实验室状况的呈现、管理,让管理人员和研究人员更便利高效管理和使用实验室的可视化平台。提出基于智能化实验室BIM设计的仿真系统(VR)的构建方法,探索仿真、实验和管理系统之间流程的有效协同和数据的传输交互机制。

6 新型管理系统意义

生物安全装备的研究对于保障科研人员安全,提高实验室安全水平,打破国外垄断,促进我国生物安全实验室智能化建设,提高我国生物安全自主保障能力具有重要意义。

高等级生物安全实验室智能化管理体系,有效解决了高级别生物安全实验室智能化管理体系缺乏安全可靠数据支撑、缺乏高效人机交互,缺乏基于可靠算法的节能控制、缺乏科学决策支撑等一系列难题,提升了生物安全实验室整体管理体系的动态安全、管理效率、运行节能、智能决策能力。

参考文献

- [1] GB 50346-2011. 生物安全实验室建筑技术规范[S].
- [2] CNAS-CL05: 2009. 实验室生物安全认可准则[S].
- [3] GB 19489-2008. 实验室生物安全通用要求、病原微生物实验室生物安全管理条例[S].