海洋生态预警监测全程质量管理信息系统研究

郑琳,宋晓丽,杨晓飞,周春莹,温婷婷,袁媛,韩锡锡

(自然资源部北海生态中心 自然资源部渤海生态预警与保护修复重点实验室　青岛　266033)

摘要:根据海洋生态预警监测质量管理的业务需求,运用SOA架构、移动互联网、可视化与工作流等技术建设了贯通海洋生态预警监测全业务流程的信息技术平台,研发任务管理、外业现场管理、样品管理、分析检测、记录报告管理、质量评估、资源管理与决策分析等功能模块,实现业务协同、信息自动采集与分析、数据成果自动生成及全链条数据质量可监控与可溯源,为海洋生态预警监测工作的标准化、信息化提供了技术支持。

关键词:海洋生态预警监测;信息管理系统;质量管理

中图分类号:X84;P746　　**文献标志码:**A　　**文章编号:**1005-9857(2025)07-0105-06

Research on Quality Management Information System for Marine Ecological Early Warning Monitoring Throughout the Process

ZHENG Lin, SONG Xiaoli, YANG Xiaofei, ZHOU Chunyin, WEN Tingting, YUAN Yuan, HAN Xixi

(North Sea Ecological Center, Bohai Key Laboratory of Ecological Early Warning, Protection and Restoration, MNR, Qingdao 266033, China)

Abstract: Based on operational requirements for quality management, an information technology platform is designed and developed, which covers the entire business process of marine ecological early warning and monitoring, by applying technologies such as SOA architecture, mobile internet, visualization and workflow, etc. Functional modules such as task management, field operation management, sample management, testing and analysis, record and report management, quality assessment, resource management and decision-making analysis have been researched and developed. It realizes business synergy, automatic collection and analysis of information, automatic generation of data results, and monitoring and traceability of data quality along the whole chain, providing technical support for the standardization and informatization of marine ecological early warning and monitoring work.

收稿日期:2024-09-04;**修订日期:**2025-06-22

基金项目:北海局科技创新赋能海洋事业高质量发展三年行动方案(2023-2025年)重点项目"北海局海洋生态预警监测全程质量管理信息系统建设"(2023B31-YJC).

作者简介:郑琳,正高级工程师,硕士,研究方向为生态预警监测质量管理与信息化

通信作者:杨晓飞,高级工程师,硕士,研究方向为海洋生态环境监测评价与质量管理

Keywords: Marine ecological early warning and monitoring, Information management system, Quality management

0 引言

海洋生态预警监测的高质量发展对生态预警监测手段的信息集成、数据产品的快速生成及数据质量的实时溯源提出了更高的要求。自然资源部北海局(简称北海局)以科技创新赋能海洋事业高质量发展为目标,在原实验室信息管理系统(Laboratory Information Management System,简称 LIMS 系统)的基础上建成业务管理的全流程、标准化、可溯源的海洋生态预警监测全程质量管理信息系统,并在局属 6 家单位正式运行,解决了数据产品生成滞后、数据质量评估时效性差、业务管理效能低的问题。本文介绍了系统的总体架构、主体功能设计要点与特色,总结了系统建设经验,以期为相关研究提供参考。

1 海洋生态预警监测业务质量管理内容

海洋生态预警监测业务全流程涵盖监测方案制定、外业航次准备、现场观测与监测、样品管理、分析测试、数据处理和成果生成。质量管理涉及人员资质、设备及试剂计量溯源、方法有效性管理及监测过程质量控制等方面,如检测人员需具备资质后授权上岗;设备检定/校准的有效性、标准物质的溯源性及设备使用记录、标准物质及关键试剂的质量核查;选择准确有效的标准方法。监测过程质量控制包括:监测方案中站位的代表性、监测项目的完整与准确、现场采样的到站率控制、样品标识、储存与流转的规范性控制、测试分析环境控制、样品测试分析及数据处理过程控制、数据审核控制、记录控制等。

2 全程质量管理信息系统设计与应用

全程质量管理信息系统按照北海局一体化质量标准技术体系目标与监测业务标准化流程,以《检测和校准实验室能力的通用要求》(GB/T 27025—2019/ISO/IEC 17025:2017)、《检验检测机构资质认定评审准则》(市场监管总局 2023 年第 21 号公告)等对人、机、料、法、环、测的全面质量控制与质量保证要求,在 LIMS 系统的基础上进行流程再造、功能升级。

2.1 系统总体结构设计

系统采用 B/S 的 SOA (Service-Oriented Architecture)四层架构:①数据层:利用数据库技术实现相关业务数据的集中存储与管理。②支撑层:建立与数据库的连接,实现数据获取;采用各类开发工具完成数据分析、计算、数据可视化显示,并处理应用层与数据层数据的交互任务。③应用层:围绕业务使用需求,建立各业务功能模块,实现全业务数据信息流转。④用户层:北海局监测机构人员及业务管理部门人员等系统操作用户。系统总体结构设计如图 1 所示。

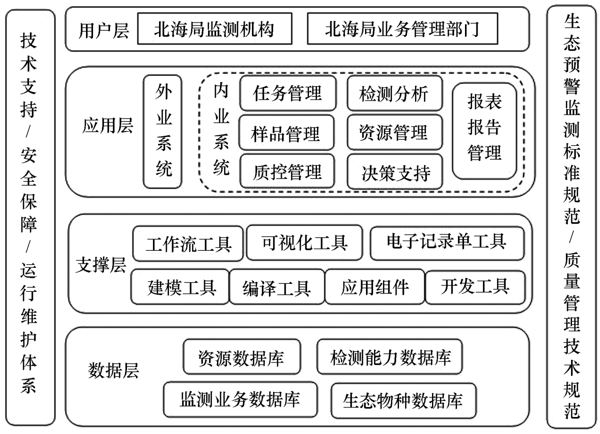

图 1 系统架构

Fig.1 System architecture diagram

2.2 基础数据库功能设计

以一体化、标准化为目标,将与监测质量控制密切相关的人员、设备、试剂等资源数据、检测项目、方法及对应的检测记录表单数据设计为全过程的规范、受控管理。将人员资质与授权检测项目、仪器设备的检定/校准状态及期间核查信息、标准物质的证书编号、标称值及不确定度等量值溯源信息、海洋生态预警监测领域检测方法、生物物种信息、监测记录等设计为动态电子台账式管理。

2.3 系统功能设计与应用

通过对业务流程进行分析,根据系统应用场景

的不同，将其设计为外业子系统和内业系统。

(1)外业子系统：用于外业监测现场，以移动客户端方式实现水文气象观测信息、站位信息及原位测试分析信息、样品的标识与预处理信息等录入、分析计算、审核，自动生成分析记录单、数据统计图表等(图 2)。

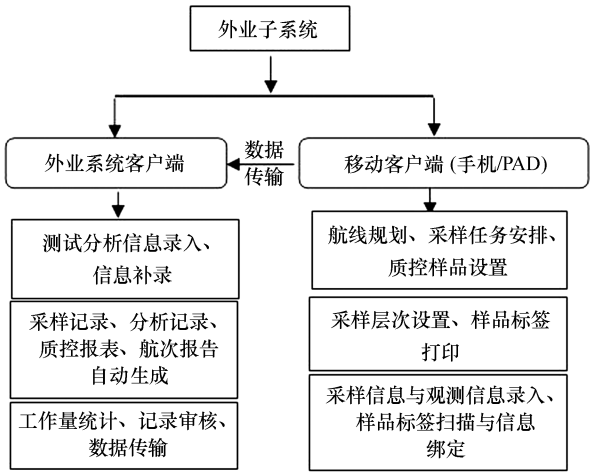

图 2　外业子系统功能结构

Fig.2　Functional structure diagram of field operation management subsystem

(2)内业系统：包括任务管理、资源管理、样品管理、分析检测、报表报告管理、质控管理、决策支持等模块(图 3)。

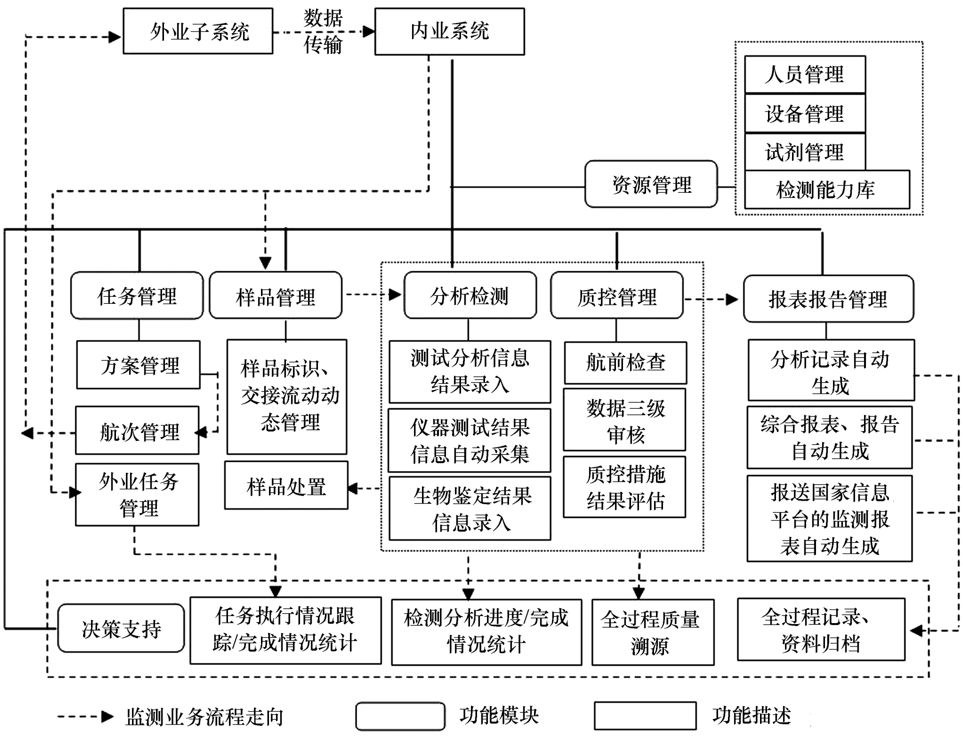

图 3　内业系统功能结构

Fig.3　Functional structure diagram of indoor operation system

任务管理模块实现方案编制、任务下达、任务管理功能。资源管理模块实现外业采样人员、船舶、现场分析设备、试剂、样品瓶等相关资源的配置,自动生成人员、仪器设备、试剂资质及质量核查等溯源信息表。样品管理模块实现样品标识、交接、处置的管理,同时具备样品动态管理台账及扫码方式的样品交接功能。分析检测模块实现海洋生态预警监测业务所涉及的水文气象、水质、沉积物、生物生态领域各项目分析/鉴定的电子数据记录、自动计算功能。系统配置可自定义的电子记录簿模板工具,实现电子记录簿中数据和数据库中数据的双向绑定,达到用户操作时所见即所得的效果。报表报告管理模块实现自动生成监测过程的任务单、监测方案、样品标签、采样记录单、样品交接单、分析/鉴定原始记录、质控样品结果评估表,自动生成自定义模板的监测报告、外业航次报告、检测报告。同时,监测过程的点位照片、摄像录像信息可以实时上传。质控管理模块实现监测过程质控样品的添加、信息录入、质控数据结果评估、数据三级审核、质量溯源与质量监控。决策支持模块通过数据可视化、智能化统计分析,将业务数据转化为有效的管理决策信息,如按照任务类型或指定时间分别动态展示内业工作量(检测样品量、检测项目数量)、外业工作量(作业天数、站位数量、采集样品数量)、任务工作动态(样品交接、分析测试、数据成果状态等)等。

2.4 数据采集与可视化展示

系统数据采集方式为:网页端录入、移动端(手机、PAD)APP 录入、具有标准输出的自动化分析仪器数据的自动采集。可视化展示形式以饼图、表格、进度条等多样式展示,同时将地理信息与监测数据相结合,在 GIS 地图中展示航行站位、路径。

2.5 用户使用方式

系统用户按照岗位角色以工作流方式进行新建、编辑、审批、查询、流转、办结等操作(图 4)。工作流可以根据需求灵活配置流向、经办人及其权限。系统提供审核记录和待办事项提醒功能,可以跟踪任务进展,自动提醒待办任务、任务超期、设备检定/校准超期、资质和样品测试的时效等。

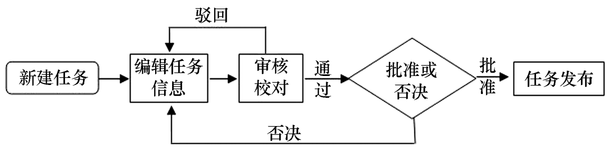

图 4 任务发布工作流示例

Fig.4 Workflow diagram of task publishing

2.6 开发环境与系统兼容性

系统基于.NET Entiy Framwork 6.0 框架开发,数据库平台为 SQL Server 2008 R2,在 Windows 7 操作系统下运行。系统采用模块化设计,并保留相应的接口以扩展实现功能的增加或模块升级。系统预留 http 协议接口,其他业务系统可从系统获取数据以及推送数据给系统。

3 系统建设经验总结

在海洋环境监测领域有不少 LIMS 系统应用实例,如原国家海洋局东海和南海 2 个海区监测中心、国家海洋环境监测中心、山东省海洋环境监测中心[1-3],北海局在 2012 年实施的 LIMS 系统也是其中之一[4]。这些 LIMS 系统由于建设时间较早,存在开发工具老旧,模块功能固化单一,C/S 架构运行维护工作量大,系统兼容性、灵活性较差,智能化水平低等问题,尤其是作为系统核心的实验室检测分析流程,未实现质量管理、任务管理、决策支持等方面的功能,不能适应新形势下监测工作高质量发展的需求。此次系统建设借鉴了早期 LIMS 系统在分析检测模块的良好基础,优化了整体业务链条,将样品主体驱动改为任务驱动,以全新的系统架构与开发工具提升了模块的扩展性与功能智能化,以工作流的方式提升了业务运行效果,创新研发决策支持、全流程质量监管功能。同时以北海局各监测机构业务管理一体化为目标,搭建监测信息的共享平台,建成北海区监测方法、人员、设备、生物物种、监测记录资源标准库,实现了北海局生态预警监测数据标准化、质量监管智能化,工作效能有了极大提升。

目前,在食品检测、生态环境监测、石化企业检测等领域有许多 LIMS 实验室信息管理系统应用案例[5-7]。总结这些案例的开发与应用经验,可以看

出在前期的系统功能设计过程中，如果需求不明确、不具体，就会出现设计和应用脱节和不适用等问题；如果开发公司经验不足、软件技术架构落后，就会出现电子化表单的逻辑性和完整性欠缺，系统扩展性不强等问题[8]。总结本次系统建设工作，有以下几点经验。①流程标准化。信息化系统的优势在于标准化，在工作标准不一致、业务流程不一致的情况下，信息化系统的实施效果普遍较差。②系统功能设计要考虑适用性与扩展性，尽量采用松耦合方式模块化设计；功能设计要突出重点，目标要明确，尽量采用分阶段或分期的方式进行。由于监测业务的复杂性、系统用户的多样性，不能依靠短时间的建设达到完全的高效、智能化。③提高一线人员的标准化、信息化工作意识与专业素养，让使用人员主动参与系统的设计，避免出现管理人员设计、一线人员使用带来的“系统不被认同、被动接受、使用效果差”的现象。

4　总结与展望

为推进海洋监测工作数字化转型，北海局构建的全程质量管理信息系统以监测过程规范化管理为中心环节、以监测数据产品为核心产品、以资质认定和实验室认可规范为质量保证，实现了海洋生态预警监测工作的全流程业务信息化、监测质量管理精细化、工作成效高效化，为建立新型、高质量的海洋生态预警监测体系提供了一定的技术基础和应用示范。

基于计算机技术，实现海洋生态环境监测质量管理的信息化、智能化是未来发展的趋势。目前完成的系统功能研发与应用只是阶段性的成果，未来将结合检验检测资质认定与实验室认可工作需求，将试剂采购与领用、环境信息自动采集与控制、内部审核与管理评审等质量活动纳入后期的功能设计与应用；同时进一步细化质量管理功能，实现质量控制图的自动判定[9]；实现与 OA 办公系统、国家海洋生态预警监测数据信息平台等信息化系统的对接等。

参考文献(References)：

[1]　高继庆，陶慧敏，苏博，等.LIMS 在海洋环境监测中的应用[J].海洋开发与管理，2018，35(10)：44－47.
GAO Jiqing，TAO Huimin，SU Bo，et al.Application of LIMS in marine environment monitoring[J].Ocean Development and Management，2018，35(10)：44－47.

[2]　赵仕兰，孙禾琳，丁丽，等.实验室信息管理系统在海洋环境监测中的应用[J].海洋开发与管理，2017，34(3)：72－75.
ZHAO Shilan，SUN Helin，DING Li，et al. Application of laboratory information managing system in marine environmental monitoring [J]. Ocean Development and Management，2017，34(3)：72－75.

[3]　李亿红，徐韧，张勇，等.LIMS 在海洋环境监测领域的创新与发展[J].国土资源科技管理，2014，31(1)：129－131.
LI Yihong，XU Ren，ZHANG Yong，et al. Innovation and development of LIMS in marine environmental monitoring [J].Scientific and Technological Management of Land and Resources，2014，31(1)：129－131.

[4]　郑琳，周春莹，袁媛，等.实验室管理信息系统 LIMS 在海洋环境监测工作中的应用[J].海洋开发与管理，2015，32(4)：82－85.
ZHENG Lin，ZHOU Chunyin，YUAN Yuan，et al.Application of laboratory information management system in marine environment monitoring[J].Ocean Development and Management，2015，32(4)：82－85.

[5]　武煊，欧阳吴莉，李小桥.实验室信息管理系统在食品检测实验室中的应用[J].计量技术，2020(1)：70－73.
WU Xuan，OUYANG Wuli，LI Xiaoqiao. Application of laboratory information management system in food testing laboratory[J].Measurement Technique，2020(1)：70－73.

[6]　陈雪，荆降龙，李国傲.实验室信息管理系统在生态环境监测行业中的应用[J].实验室研究与探索，2023，42(4)：280－283.
CHEN Xue，JING Jianglong，LI Guoao.Design and application of information management system for environment monitoring laboratory [J].Research and Exploration in Laboratory[J].2023，42(4)：280－283.

[7]　庄俊杰.基于 LIMS 系统的石化企业化验室信息管理系统[J].化工设计通讯，2023，49(2)：18－20.
ZHUANG Junjie. Information management system of petrochemical enterprise laboratory based on LIMS system [J]. Chemical Engineer-

ing Design Communications，2023，49(2)：18－20.

[8] 宋钊，刘敏，张杭君，等.环境监测实验室信息管理系统的应用评估建议[J].中国检验检测，2023(5)：60－62.

SONG Zhao，LIU Min，ZHANG Hangjun，et al. Recommendations for the evaluation of the application of an information management system in environmental monitoring laboratories [J].China Inspection Body & Laboratory，2023(5)：60－62.

[9] 陈科，姚泽平，梁培荣，等.实验室信息管理系统控制图在苯甲酸和山梨酸测定中的应用[J].实验室检测，2023，1(7)：40－46.

CHEN Ke，YAO Zepin，LIANG Peirong，et al. Application of laboratory information management system control chart in the determination of benzoic acid and sorbate [J].Laboratory Testing，2023，1(7)：40－46.