

地下水监测数据质量控制与运行维护标准化体系构建

任广智^{1,2}, 赵冬冬^{1,2}, 陈海涛^{1,2*}

1. 中国地质调查局哈尔滨自然资源综合调查中心, 黑龙江 哈尔滨 150086

2. 自然资源部哈尔滨黑土地地球关键带野外科学观测研究站, 黑龙江 哈尔滨 150086

DOI:10.61369/WCEST.2025030015

摘 要 : 本文聚焦地下水监测数据质量控制与运行维护标准化体系构建, 由于地下水监测的复杂性, 需建立数据质量控制标准化体系。从总体要求出发, 在监测前期准备、数据采集、实验室分析、数据处理与审核各阶段实施严格质量控制, 以确保数据准确、完整、一致、及时和可靠。同时构建运行维护标准化体系, 明确总体要求, 规范日常巡检与维护、定期维护与保养、故障诊断与应急维修及设备全生命周期管理。此外, 从组织、技术、人员、制度方面提供保障, 并建立持续改进机制, 旨在为地下水监测和管理工作提供有力支撑。

关 键 词 : 地下水监测; 数据质量控制; 运行维护; 标准化体系

Construction of Standardization System for Groundwater Monitoring Data Quality Control and Operation Maintenance

Ren Guangzhi^{1,2}, Zhao Dongdong^{1,2}, Chen Haitao^{1,2*}

1. Harbin Natural Resources Comprehensive Survey Center of China Geological Survey, Harbin, Heilongjiang 150086

2. Harbin Black Soil Earth Critical Zone Field Scientific Observation and Research Station of Ministry of Natural Resources, Harbin, Heilongjiang 150086

Abstract : This paper focuses on the construction of a standardization system for groundwater monitoring data quality control and operation maintenance. Due to the complexity of groundwater monitoring, it is necessary to establish a standardization system for data quality control. Starting from the overall requirements, strict quality control is implemented in various stages of monitoring preparation, data collection, laboratory analysis, data processing, and review to ensure that the data is accurate, complete, consistent, timely, and reliable. Simultaneously, a standardization system for operation and maintenance is constructed, clarifying the overall requirements and standardizing routine inspection and maintenance, regular maintenance and servicing, fault diagnosis and emergency repairs, and equipment lifecycle management. Furthermore, support is provided in terms of organization, technology, personnel, and systems, and a continuous improvement mechanism is established to provide strong support for groundwater monitoring and management.

Keywords : groundwater monitoring; data quality control; operation and maintenance; standardization system

引言

随着水资源保护与管理要求的不断提高, 高质量的监测数据和稳定高效的监测设备运行成为开展地下水研究、保护及利用工作的前提。在此背景下, 构建科学完善的地下水监测数据质量控制与运行维护标准化体系显得尤为迫切。通过明确数据质量控制的核心要求, 规范监测各环节操作, 建立健全运行维护机制及保障与持续改进措施, 不仅能确保监测数据的准确性、完整性、一致性、及时性和可靠性, 还能提升设备运行效率、延长使用寿命, 为地下水的科学管理、合理开发及可持续利用提供坚实支撑。基于此, 本文围绕地下水监测数据质量控制与运行维护标准化体系的构建展开深入探讨。

一、数据质量控制标准化体系构建

（一）数据质量控制总体要求

由于地下水运动变化规律的复杂性和不可见性，地下水的监测和管理工作一直极具挑战性。传统的地下水监测方法往往受限于采样点选择、监测周期长等问题，不能保证监测的准确性和效率^[1]。数据质量控制标准化体系构建，旨在确保数据满足准确性、完整性、一致性、及时性和可靠性，为决策、分析及应用提供支撑。其中准确性指数数据能真实反映客观情况且无错误偏差；完整性意味着数据包含必要信息且无缺失遗漏；一致性要求不同时间、地点、来源的数据标准格式统一且无矛盾；及时性强调数据在规定时间内完成采集、处理和传递以满足实时需求；可靠性则是数据在多次使用传递中质量稳定且不受外界干扰。为实现上述要求，需建立完善的组织架构与责任体系以明确职责权限，制定统一的数据标准规范，同时建立健全数据质量监督和评估机制，定期对数据质量进行检查评估并改进问题。

（二）监测前期准备阶段质量控制

监测前期准备是保障数据质量的首要环节，其质量控制直接影响后续数据采集与分析的准确性。需依据监测目的制定科学方案，明确指标、范围、频率及方法，经专家论证评审后完善；监测点位布设要遵循代表性、科学性和可行性原则，综合考虑自然与社会因素以确保合理有效；按监测需求选择高精度、稳定性好的仪器设备，使用前严格校准检定，并建立档案管理制度；同时对监测人员开展培训考核，使其熟悉相关知识技能，保障监测顺利进行。

（三）监测数据采集阶段质量控制

监测数据采集是数据质量控制的关键环节，直接关乎原始数据质量。采集时需严格遵循监测方案和操作规程，确保规范准确，监测人员要认真填写含时间、地点、指标、数据、仪器型号、操作人员等信息的记录，保证完整真实，同时实时检查核对数据，异常时及时复查验证以保障可靠性^[2]。现场监测需关注环境影响，避开暴雨、大风等恶劣条件，做好仪器和人员防护，对数据加密存储备份以防丢失损坏；实验室分析要严守操作规程，在样品采集、运输等环节防污染损失，定期维护实验仪器，通过空白、平行、加标回收等实验验证结果准确性。此外，需建立质量追溯制度，记录跟踪采集全过程，确保数据可追溯，以便及时定位和解决质量问题。

（四）实验室分析阶段质量控制

实验室分析阶段的质量控制对分析结果的准确性和可靠性至关重要，需建立完善质量管理体系，制定严格制度和操作规程，确保分析工作规范标准；实验室人员需具备专业知识技能，经培训考核上岗，并定期接受业务培训与技能考核以提升水平^[3]。实验样品管理中，样品接收、登记、存储、处理和分析需严格依规进行，接收时核查数量、状态等，不符合要求的拒绝接收，存储时依样品性质选合适条件防止变质损失。实验方法应结合监测指标和样品性质选择，具备科学、准确等特点，经验证确认后使用，实验中严格按方法操作以保证结果重复性和再现性。实验仪器设备需建立台账管理制度，定期维护保养，使用前检查校准，做好使用记录。此外，要加强内部质量控制和外部质量控制，及时发现并改进问题。

（五）数据处理与审核阶段质量控制

数据处理与审核是数据质量控制的最后防线，目的是确保数据准确、完整、一致，为应用和决策提供可靠依据^[4]。处理时需科学方法和软件进行整理、录入、计算及统计分析，录入实行双人核对，同时检查数据逻辑性与合理性，异常数据及时核实修正，计算和统计要严守公式与方法以保结果可靠。数据审核需建立自检、互检、专检的多级制度，自检由处理人员自查，互检为人员间互查，专检由专业人员全面细致审核，重点关注数据逻辑、合理、准确、完整及处理规范；发现问题及时与采集分析人员沟通核实，不合格数据按规定处理，同时建立审核记录制度^[5]。此外，要建立数据存储和备份制度，采用安全方式存储，定期备份且存于不同地点，保障数据安全完整。

二、运行维护标准化体系构建

（一）运行维护总体要求

运行维护标准化体系构建的核心目标是保障设备、系统或设施长期稳定高效运行，降低故障发生率、延长使用寿命，同时确保运行安全与经济。该体系需建立统一规范的标准和流程，覆盖日常操作到全生命周期管理各环节，要求相关人员严格遵守以保障工作有序开展^[6]。安全性上，需优先制定安全管理制度和规程，定期培训考核维护人员，配备防护与应急物资；经济性上，要合理配置资源、优化方案，在保证质量的前提下降低成本，提高设备效率以减少能耗和浪费。此外，体系还需具备可操作性和可追溯性，标准流程应贴合实际便于执行，并建立详细记录制度以评估和追溯维护效果。

（二）日常巡检与维护标准化

日常巡检与维护是保障设备正常运行的基础，通过标准化操作可及时发现潜在问题、预防故障^[7]。需制定详细巡检计划，明确时间、路线、内容和方法，巡检人员按计划检查设备运行状态、仪表指示、温度等及周边环境，异常情况及时记录上报并处理，巡检记录采用标准化表格，整理归档为后续维护提供依据。日常维护以清洁、润滑、紧固、调整为主，需制定标准化规程明确要求，如用合适清洁剂清洁、按规定润滑等，同时要培训相关人员，使其熟悉标准流程、掌握技能，提升工作质量效率。

（三）定期维护与保养标准化

定期维护与保养是按固定周期对设备进行的系统性工作，旨在全面检查修复潜在故障、恢复设备性能。需结合设备类型、使用环境和运行时间制定科学计划，明确周期、内容、方法，确保计划具备可操作性和针对性；保养内容主要包括测井仪器的检查、零部件更换、性能校准、井台喷漆翻新等，工作中要严守规程，使用规定型号零部件和材料以保证质量；对维护中发现的问题隐患需及时上报处理，并详细记录相关信息为全生命周期管理提供依据；同时要定期评估调整计划，根据设备运行和维护效果优化周期与内容，提高效率和经济性。

（四）故障诊断与应急维修标准化

故障诊断与应急维修旨在设备发生故障时，快速准确判断原因并有效维修，减少对设备运行的影响，保障生产连续^[8]。故障诊断需采用标准化方法流程，结合设备运行记录、故障现象等信息，运用专业工具技术分析判断，同时建立知识库积累经验以提

高效率；应急维修要制定完善应急预案，明确组织机构、职责分工等，确保针对性和可操作性，维修中严守安全规程，优先用成熟技术尽快恢复设备运行，完成后需试运行和性能测试。此外，要详细记录故障及维修相关信息，通过分析总结完善诊断方法和应急预案，提升设备故障处理能力。

（五）设备全生命周期管理标准化

设备全生命周期管理是对设备从规划、采购、安装、调试、运行、维护、改造到报废全过程的系统性管理，旨在实现最佳利用效率和经济效益^[9]。规划阶段需依生产需求制定采购计划，明确技术参数、性能要求及预算；采购要遵循公开公平公正原则，选优质供应商并签订规范合同，到货后严格验收；安装调试按说明书和标准操作，做好记录；运行中加强管理，记录运行情况，制定维护计划以延长寿命；报废时按程序处理，做好残值回收和环保工作。此外，需建立管理信息系统，集中管理分析设备信息，为决策提供支持，提升管理科学性和信息化水平。

三、保障与持续改进机制

（一）组织保障

组织保障是各项工作顺利开展的重要基础，需通过健全组织架构和明确职责分工支撑体系有效运行^[10]。应成立专门管理机构，统筹协调相关工作，制定目标计划并监督评估，且配备专业人员确保决策科学；同时明确各部门岗位职责权限，形成联动协作格局，推动机制实施。此外，需建立有效沟通机制，通过会议、信息平台等实现信息传递共享，为决策提供依据。

（二）技术保障

技术保障是体系高效运行与持续改进的关键支撑，需采用先进技术手段提升工作质量和效率。要加强技术研发创新，引进应用新技术、设备和工艺以提升系统性能稳定性，比如用物联网监控设备、大数据分析数据辅助决策；建立含咨询、服务、培训的技术支持体系，组建专业团队提供技术支持，定期培训员工以确保新技术有效应用；同时加强技术标准规范建设，制定统一标准和规程并定期修订，适应技术发展和实际需求。

（三）人员保障

人员是工作执行者，人员保障对保障与持续改进机制的有效实施至关重要。需建立科学的招聘选拔机制，吸纳具备相关专业知识、技能和经验的人才，注重考察综合素质与职业道德；加强人员培训发展，制定系统计划提供全方位培训，内容涵盖专业知识、技能等，同时建立职业发展通道以激发积极性；建立合理的

绩效考核与激励机制，全面客观评价工作表现并奖惩，还要关注员工身心健康，提供良好工作环境和福利，增强归属感与忠诚度。

（四）制度保障

制度保障是保障与持续改进机制有效运行的重要依据，需通过健全规章制度规范工作开展。要制定涵盖组织、人员、技术、设备、安全、质量管理等方面的完善制度，明确职责、流程、标准和要求，确保工作有章可循；加强制度执行与监督，建立监督机制定期检查评估，对违规行为及时纠正处理以维护制度严肃性，同时加强宣传教育提升员工制度意识和自觉性；还要定期修订完善制度，根据实际和外部变化调整优化，提高适应性和有效性。

（五）持续改进机制

持续改进机制是保障体系优化提升的重要手段，通过发现、分析、解决问题推动工作持续改进。需建立多渠道问题发现机制，分类登记并建立台账；用科学方法深入分析问题，找准根源；针对根源制定具体可行的改进措施，明确责任、时限和目标；跟踪监督改进执行，完成后评估验证效果并优化措施。此外，要营造持续改进文化，鼓励人员参与，通过交流表彰激发创新热情，推动工作深入开展。

四、结束语

地下水监测数据质量控制与运行维护标准化体系的构建，是应对地下水监测复杂性、提升监测管理水平的关键举措。本文从数据质量控制的全流程规范，到运行维护各环节的标准化建设，再到组织、技术、人员、制度等多方面的保障及持续改进机制的建立，形成了一套较为完整的体系框架。该体系的有效实施，能够显著提高地下水监测数据的质量，确保数据的准确性、完整性和可靠性，为地下水的科学研究、资源管理和生态保护提供有力的数据支撑；同时通过标准化的运行维护管理，可保障监测设备长期稳定高效运行，降低故障风险，延长设备使用寿命，提升监测工作的经济性和安全性。随着技术的不断进步和管理要求的持续提升，还需不断优化和完善该体系，结合新兴技术如大数据、物联网等的应用，进一步增强体系的适应性和有效性。期望通过本体系的构建与实践，为推动地下水监测工作的规范化、科学化发展贡献力量，助力实现地下水资源的可持续利用与生态环境的协调发展。

参考文献

- [1] 魏军, 李清海. 浅析数字孪生技术在地下水监测中的应用 [J]. 内蒙古水利, 2024, (06): 75-76.
- [2] 李一岑. 土壤与地下水监测数据在环境保护与资源管理中的综合应用 [J]. 清洗世界, 2024, 40(05): 155-157.
- [3] 马宝强, 王潇, 汤超, 等. 甘肃省地下水环境监测进展、存在问题和对策建议 [J]. 甘肃水利水电技术, 2024, 60(04): 30-33. DOI: 10.19645/j.issn2095-0144.2024.04.006.
- [4] 张平, 刘菲, 赵爱华, 等. 基于大数据的地下水环境监测系统研究 [J]. 资源节约与环保, 2024, (02): 51-54. DOI: 10.16317/j.cnki.12-1377/x.2024.02.011.
- [5] 王卓然, 卢洪健, 高攀. 国家地下水监测系统数据治理技术和体系 [J]. 水利信息化, 2023, (06): 32-38. DOI: 10.19364/j.1674-9405.2023.06.006.
- [6] 文婷, 巴淑萍, 丁润梅. 论地下水监测中大数据技术的应用 [J]. 清洗世界, 2023, 39(07): 84-86.
- [7] 赵伟玲, 唐立强, 刘煜. 关于地下水监测数据质量管理办法制定的思考和建议——以河北省为例 [J]. 水利发展研究, 2023, 23(02): 31-35. DOI: 10.13928/j.cnki.wrd.2023.02.007.
- [8] 康彩琴. 统计检验与处理在地下水监测数据中的应用 [J]. 海河水利, 2022, (04): 105-107.
- [9] 吴逊, 郭建琴. 天津市地下水位数据过滤方案分析比较 [J]. 海河水利, 2021, (05): 82-84.
- [10] 邱磊, 孙龙, 于钊, 等. 水利行业地下水监测系统水位埋深数据质量评估与对比 [J]. 水资源与水工程学报, 2021, 32(03): 58-63.