

附件 2

《数字孪生湖库水质管理系统设计技术 导则》

(☒征求意见稿 ☐送审稿 ☐报批稿)

编制说明

主编单位（签章）： 长江水利委员会长江科学院

2024 年 05 月 22 日

编制说明

一、工作简况

（一）任务来源

湖泊和水库是我国饮用水水源地的的重要组成部分，在我国的供水系统中占有重要地位。据统计，全国 1093 个市县级集中式饮用水源地中，湖库型水源地数量占比最高，达 40.6%。习近平总书记高度重视水源地保护和治理工作，始终坚持把水源涵养和水质保护作为头等大事来抓。然而，我国大部分湖库水源地监管能力不足，安全预警技术体系还不完善，导致水环境突发污染事件频发。

近年来，随着以云计算、大数据、物联网、移动互联网、人工智能、数字孪生等为代表的新兴数字技术快速发展，在全国智慧流域、数字孪生流域建设进程加快推进的大背景下，如何利用信息化技术，强化水质预报、预警、预演、预案功能，提升湖库水环境保护的数字化、网络化、智能化水平，实现更有效的安全监管、更精准的输水调度、更高效的水质保护，成为湖库水源地水质保护数字化转型的探索方向。

自 2021 年起，水利部组织编制了《关于大力推进智慧水利建设的指导意见》《智慧水利建设顶层设计》《“十四五”智慧水利建设规划》《“十四五”期间推进智慧水利建设实施方案》等系列文件，全面部署智慧水利建设，并将数字孪生流域建设作为构建智慧水利体系、实现“四预”的核心和关键。2022 年，围绕当前最迫切的数字孪生流域、数字孪生水利工程、水利业务“四预”等重点工作，水利部信息中心组织编制了《数字孪生流域建设技术大纲（试行）》《数字孪生水利工程建设技术导则（试行）》《水利业务“四预”基本技术要求（试行）》《数字孪生流域共建共享管理办法（试行）》等技

术文件，为全面开展水利数字孪生试点建设工作奠定了基础。目前，水利部印发的数字孪生系列标准办法重点针对防洪、水资源调配等业务，针对水质管理“四预”平台的规范化要求还较为薄弱，缺乏结合业务功能的整体框架设计，与实际需求存在一定差距、指导性有待加强。

2024年2月，李国英部长在“研究面向新质生产力的水利标准体系建设”专题办公会议上提出“发展水利新质生产力必须从制修订水利技术标准做起”，深刻认识水利技术标准对加快发展水利新质生产力、扎实推进水利高质量发展的导向性、引领性、推动性、基础性作用，坚持统筹高质量发展和高水平安全，统筹水利勘测、规划、设计、建设、运行全生命周期，统筹物理工程与数字孪生，具备预报预警预演预案功能的基本原则，加快建设有利于发展水利新质生产力、扎实推进水利高质量发展的水利技术标准体系。

在此背景下，为切实做好数字孪生湖库水质管理系统顶层设计，明确建设内容、建设方法、建设指标，参照水利部印发的数字孪生流域建设技术大纲、技术导则、共建共享管理办法和水利业务“四预”基本技术要求，重点依据《数字孪生水网建设技术导则（试行）》《数字孪生水利工程建设技术导则（试行）》，编制本标准。本标准旨在作为数字孪生技术在湖库水质管理领域的应用指南，为水利行业的数字孪生标准化建设提供支持和补充。

2023年7月，中国水利学会根据《中国水利学会标准管理办法》的相关规定，经过立项论证和公示后，以《关于批准<水工隧洞跨活动断层结构适应性设计规程>等13项团体标准立项的通知》（水学〔2023〕90号），批准本标准立项。

本标准由长江水利委员会长江科学院组织编制，南水北调中线水

源有限公司、水利部太湖流域管理局等单位参加编制。

（二）主要工作过程

（1）组建标准编制组

长江水利委员会长江科学院作为标准的主编单位，于 2023 年 2 月初联合南水北调中线水源有限公司，组建了标准编制组，制定标准编制方案，开展标准编制工作。

（2）文献和资料收集

标准编制组收集整理了与数字孪生、湖库水质信息化相关的国家和行业标准，如《信息技术 数字孪生 第 1 部分：通用要求》（GB/T 43441.1）、《生态环境信息化标准体系指南》（HJ 511）、《环境影响评价导则地面水环境》（HJ/T 2.3）、《水利信息分类与编码总则》（SL/T 701）等。同时编制组收集整理了湖库水质监测、水环境专业模型、水利信息化系统建设等方面相关的政策文件、学术文献、项目报告等，为标准编制打下了良好基础。

（3）初稿编制

编制组根据制定的标准编制方案和技术路线，结合收集到的资料，开展标准立项论证、标准初稿编制工作，通过多次沟通讨论和修改，于 2023 年 4 月形成本标准的初稿。

（4）立项申请

2023 年 5 月，编制组依据《中国水利学会团体标准管理办法》相关规定，编制了团体标准立项申请书，提出团体标准立项申请。中国水利学会分别于 2023 年 5 月 26 日和 2023 年 6 月 15 日，在北京市

和湖北省武汉市组织召开了 2 轮立项专家论证会议，开展了立项论证。会议指出，本标准功能定位清晰，内容设计基本合理，已有工作基础较好，立项理由充分，对支撑水利行业数字孪生发展具有重要意义。会议同意了本标准立项，并提出三个方面的修改建议：1）优化标准名称；2）内容进一步聚焦系统设计；3）注重与相关标准的协调。会后，编制组根据专家意见逐条对标准内容进行了修改完善。

（5）大纲审查

2024 年 2 月 29 日，中国水利学会在北京组织召开了《数字孪生湖库水质管理信息系统设计技术导则》团体标准大纲审查会。会议指出，本标准定位恰当，适用范围和框架结构合适，技术内容可行。专家组经过认真讨论，通过了本标准的大纲审查。同时提出三个方面的修改建议：1）进一步根据导则定位完善内容和框架结构；2）进一步规范体例格式和用词用语；3）根据工作需要适当考虑行业内外有代表性的单位参与标准编制。会后，编制组根据专家意见对标准内容进行了进一步的修改完善。

（6）征求意见稿编制

根据大纲审查会意见，编制组引入水利部太湖流域管理局作为本标准的参与单位，按照意见对标准框架、用词用语等内容进行了修改完善，并形成《数字孪生湖库水质管理信息系统设计技术导则》（征求意见稿）。

（三）各阶段意见处理情况

（1）立项论证阶段

立项论证审查意见中提出 3 点修改建议，均予以采纳，具体情况如下：

①针对论证会提出的进一步完善标准题目的意见：已根据专家意见修改标准名称为“数字孪生湖库水质管理信息系统设计技术导则”，并对应修改术语与定义的相关内容。

②针对论证会提出的进一步聚焦在信息化系统的设计的意见：已修改标准文本内容，聚焦在系统设计，将其他标准明确规定的内容（如网络安全、系统开发等）删除。

③针对论证会提出的注重与相关标准的协调的意见：新增“总体要求”一节，在“总体要求”一节中明确明了本标准编制相关要求、设计原则、及与其他相关标准的关系。本标准旨在作为数字孪生技术在湖库水质管理领域的应用指南，为水利行业的数字孪生标准化建设提供支持和补充。

（2）大纲审查阶段

大纲审查意见中提出 3 点修改建议，均同意采纳，具体情况如下：

①针对大纲审查会提出的进一步根据导则定位完善内容和框架结构的意见：完善了内容框架结构，合并了“总则”与“系统结构”2 节内容，完善了其他列项结构。

②针对大纲审查会提出的进一步规范体例格式和用词用语的意见：已按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定对标准文本内容进行了优化完善

③针对大纲审查会提出根据工作需要适当考虑行业内外有代表性的单位参与标准编制的意见：引入了水利部太湖流域管理局作为本标准的参与单位，该单位针对湖库水质治理、保护与管理有丰富的工

作经验，具有代表性。

（四）主要起草人及其所做的工作

本标准编制工作由长江水利委员会长江科学院、南水北调中线水源有限责任公司、水利部太湖流域管理局共同完成，主要起草人为：林莉、马水山、曹慧群、张金锋、唐文坚、曹俊启、靖争、郑学东、李晓萌、赵科锋、罗平安、唐见、翟文亮、金海洋、黄华伟、李勇涛、徐兆安等。具体工作安排如下：

林莉、马水山、张金锋、唐文坚、曹俊启、郑学东等，主要负责标准的进度控制、阶段性成果及最终成果的审核；

曹慧群、罗平安等，主要负责标准的框架制定、修改与审核；

靖争、李晓萌、赵科锋、翟文亮、黄华伟、金海洋等，主要负责标准的技术分析、文稿编制等；

李勇涛、徐兆安等，主要负责标准资料的收集与整理等。

二、主要内容及来源依据

（一）主要内容

本标准共分为 7 章和 1 个附录，主要内容包括：

范围—规定了本标准适用范围；

规范性引用文件—列出了本标准参照的国家标准和行业标准；

术语和定义—对本标准中一些关键词语的含义进行解释说明；

总则—规定了数字孪生湖库水质管理系统的总体框架，并对本标准与其他标准的协调性关系进行了说明；

监测感知体系—规定了湖库水文监测、水质监测断面布设、监测频次、监测方法等；

数据底板—提出了基础数据、地理空间数据、监测数据、业务管理数据、外部共享数据的建设内容及数据精度、更新频次、数据格式

等要求；

模型库——提出了水环境评价模型、水环境机理模型、数据驱动模型、智能识别模型、可视化模型的适用场景、模型分类、模型评价等要求；

知识库——提出了预警规则库、历史场景库、预案管理库的设计内容及要求；

业务应用——提出了湖库水质监测分析、预报、预警、预演、预案业务应用的设计内容及要求；

附录 A——明确了水环境评价模型、水环境机理模型、数据驱动模型、智能识别模型的具体构建方法及要求。

（二）来源依据

1）关于系统体系架构的说明

根据水利部印发的数字孪生流域/水利工程/水网相关标准文件，数字孪生系统体系架构分为信息化基础设施、数字孪生平台、业务应用、网络安全体系、保障体系等。本标准所提出的数字孪生湖库水质管理系统参考了该体系架构，但重点针对信息化基础设施中的监测感知体系、数字孪生平台、业务应用的设计工作进行规定，其他内容参考现有标准执行，在本标准中不再说明。

2）关于水质监测感知体系建设的说明

根据数字孪生平台水质业务数据需求，湖库水质监测感知体系是以自动监测为主、人工监测为辅，包含常态监测和应急监测。常态监测的建设内容以《地表水自动监测技术规范（试行）》（HJ 915-2017）、《地表水环境质量监测技术规范》（HJ 91.2-2022）、《水环境监测规范》（SL 219-2013）和《“十四五”国家地表水监测及评价方案（试行）》为依据进行补充规定；应急监测的建设内容则以《突发环

境事件应急监测技术规范》（HJ 589-2021）为依据进行补充规定。

3) 关于数据底板的说明

根据水利部印发的数字孪生流域/水利工程/水网相关标准文件，数据底板一般分为基础数据、地理空间数据、监测数据、业务管理数据、外部共享数据 5 大类数据。本标准参考数字孪生数据底板分类要求，综合国内外相关文献资料以及技术规范，以湖库水质数字化映射为主要目标，对 5 大类数据的数据内容、精度及建设要求进行进一步的说明与规定。数据治理、数据存储、数据管理、数据安全等内容参考水利部数字孪生数据底板相关技术文件要求，本标准不做说明。

4) 关于模型库的说明

根据水利部印发的数字孪生流域/水利工程/水网相关标准文件，模型库一般分为水利专业模型、智能识别模型及可视化模型。本标准参考数字孪生模型库分类要求，综合国内外相关文献资料以及技术规范，以湖库水质精准化模拟为主要目标，提出按需构建水环境专业模型（水环境评价模型、水环境机理模型、数据驱动模型）、智能识别模型及可视化模型，并对各类模型的适用场景、模型分类、模型评价等内容进行了进一步的规定。

5) 关于知识库的说明

根据水利部印发的数字孪生流域/水利工程/水网相关标准文件，知识库一般分为业务规则库、方案库、历史场景库等。本标准参考数字孪生知识库分类要求，以湖库水质智慧化决策为主要目标，综合国内外相关文献资料以及技术规范，提出按需构建水质预警规则库、历史场景库、预案管理库，并对各类知识的具体建设内容、研判规则等进行了进一步的规定。知识抽取、知识融合、知识推理、知识存储、知识服务等内容参考水利部数字孪生知识库相关技术文件要求，本标

准不做说明。

6) 关于“四预”业务应用建设的说明

根据水利部印发的数字孪生流域/水利工程/水网相关标准文件，业务应用一般应包括预报、预警、预演、预案“四预”功能。本标准参考数字孪生四预业务分类要求，以湖库水质安全为核心目标，并结合实际需求扩展和升级完善，提出构建水质监测分析以及水质预报、水质预警、水质预演、水质预案等业务应用，并对各业务设计框架、建设内容等进行了进一步的规定。

三、专利情况说明

无。

四、与相关标准的关系分析

1. 与国际、国外同类标准水平的对比情况，或与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况。

目前，国际上尚未形成针对湖库水环境数字孪生领域的成熟标准体系。本标准在数字孪生总体框架、建模方法等方面与国家标准 GB/T 43441.1《信息技术 数字孪生 第1部分：通用要求》保持一致。同时，在监测感知、模型库等具体技术要求上，充分借鉴吸收了欧美发达国家在水环境监测、模拟等领域的先进做法和技术成果。在水环境监测技术方面，国际标准如 ISO 5667 系列（水质取样）、ISO 5667-6:2014（河流和湖泊采样指南）等为本标准监测感知设计提供了指导。同时，欧盟水环境框架指令（WFD，规范了欧盟流域水环境管理）和美国清洁水法案（CWA，旨在保护和恢复美国水体）等也为本标准提供了参考和借鉴。

在监测设备方面，国外厂商在自动化、智能化水平上通常较为领先。例如德国恩德瑞斯公司的水质自动监测系统，可实现多参数在线

监测；美国哈希公司的便携式紫外分光测油仪，可快速检测水体中油类物质，但国外产品往往需要根据中国湖库的特点加以本地化适配。在数值模型和系统平台架构方面，国内标准更加注重模型与监测数据的紧密集成，更适应我国特定的湖库管理需求。

2. 与国内相关标准协调性分析

1) 国家标准规范

①本标准监测感知建设内容与《河流流量测验规范》（GB 50179）、《水位观测标准》（GB/T 50138）、《水质 湖泊和水库采样技术指导》（GB/T 14581）、《地表水环境质量标准》（GB 3838）等国家标准相协调。具体来看：

《河流流量测验规范》（GB 50179）提出了河流流量测验的基本原则、方法和技术要求。规范规定了流量测验的站点选择、断面布设、测验仪器及设备的使用、测验数据的记录与处理方法。本标准中的流量监测断面布设及测验方法符合《河流流量测验规范》（GB 50179）的相关技术要求。

《水位观测标准》（GB/T 50138）提出了水位观测的基本原则、方法和技术要求。标准规定了水位观测的站点选择、断面布设、观测仪器及设备的使用、观测数据的记录与处理方法。本标准中的水位监测断面布设及观测方法符合《水位观测标准》（GB/T 50138）的相关技术要求。

《水质 湖泊和水库采样技术指导》（GB/T 14581）提出了湖泊和水库水质采样的基本原则、方法和技术要求。标准规定了采样点位的选择、样品采集、保存及运输的方法。本标准的水质采样点位布设及采样方法符合《GB/T 14581〈水质 湖泊和水库采样技术指导〉》的相关技术要求。

《地表水环境质量标准》（GB 3838）提出了地表水环境质量评价的指标和限值，涵盖水温、pH、溶解氧、电导率、浊度、高锰酸盐指数、氨氮、总磷、总氮、叶绿素 a、透明度等常规指标以及特定污染物的浓度限值。该标准将水质划分为五类（I 类至 V 类），并为不同类别的水质设定了不同的阈值，适用于饮用水源、自然保护区、游泳区、渔业水域及一般水域等不同用途的水体。本标准中的水质评价方法、判断规则、指标限值符合《地表水环境质量标准》（GB 3838）的相关规定，确保水质监测、评价和管理的科学性和规范性。

②本标准中涉及的数字孪生相关信息技术的术语、框架及技术要求与《信息技术 数字孪生 第 1 部分：通用要求》（GB/T 43441.1）国家标准相协调，具体来看：

《信息技术 数字孪生 第 1 部分：通用要求》（GB/T 43441.1）提出了数字孪生系统的总体要求和技術框架，涵盖系统构建的基础设施、数据管理、模型构建、应用服务和安全保障等方面。标准规定了数字孪生系统应具备的功能模块和技术要素，包括数据采集与融合、数字模型与仿真、数据分析与可视化、智能决策支持等。本标准中的数字孪生湖库水质管理系统架构及技术要求符合《信息技术 数字孪生 第 1 部分：通用要求》（GB/T 43441.1）的相关规定，确保系统的整体性和先进性。

2) 水利行业标准规范

本标准所涉及的水文监测感知相关建设内容与《水文测量规范》（SL 58）、《水文调查规范》（SL 196）、《水资源水量监测技术导则》（SL 365）、《水资源水量监测技术导则》（SL 365）等标准相协调，具体来看：

《水文测量规范》（SL 58）提出了水文测量的基本原则、方法

和技术要求。标准规定了水文测量的站点选择、断面布设、测量仪器及设备的使用、测量数据的记录与处理方法。本标准中的水文监测断面布设及测量方法符合《水文测量规范》（SL 58）的相关技术要求。

《水文调查规范》（SL 196）提出了水文调查的基本原则、方法和技术要求。标准规定了水文调查的站点选择、断面布设、调查仪器及设备的使用、调查数据的记录与处理方法。本标准中的水文监测断面布设及调查方法符合《水文调查规范》（SL 196）的相关技术要求。

《水环境监测规范》（SL 219）提出了水环境监测的基本原则、方法和技术要求。标准规定了监测点位选择、监测指标、采样方法及频次、数据记录与处理方法。本标准中的水质监测点位布设及监测方法符合《水环境监测规范》（SL 219）的相关技术要求。

《水资源水量监测技术导则》（SL 365）提出了水资源水量监测的基本原则、方法和技术要求。标准规定了监测点位选择、监测仪器设备的使用、监测数据的记录与处理方法。本标准中的水量监测点位布设及监测方法符合《水资源水量监测技术导则》（SL 365）的相关技术要求。

《地表水资源质量评价技术规程》（SL 395）提出了地表水资源质量评价的基本原则、方法和技术要求。标准规定了评价指标体系、评价方法及数据处理流程，涵盖水质常规指标和特征污染物。本标准中的水质评价方法及指标体系符合《地表水资源质量评价技术规程》（SL 395）的相关技术要求。

此外，本标准规定的数字孪生湖库水质管理信息系统体系架构、数据底板、模型库、知识库、监测感知体系、业务功能等建设框架和基本要求与《数字孪生水利工程建设技术导则（试行）》、《水利业务“四预”基本技术要求（试行）》、《数字孪生流域数据底板地理

空间数据规范（试行）》、《水利数据分类分级指南（试行）》等现行数字孪生相关技术文件架相协调，并在此基础上细化深化了水质业务。

3) 生态环境行业标准规范

本标准在水质目标管控、评价模型、预警分级、应急处置等环节，全面采纳了 HJ494《水质采样指导》、HJ589《突发环境事件应急监测》等生态环境行业标准和规范的相关内容，并结合数字孪生场景对上述标准的应用方式进行了细化。同时，本标准在总体框架、模型分类、数据要求等部分，参考吸收了 HJ511《生态环境信息化体系指南》和 HJ/T416《环境信息术语》的内容，加强了与生态环境信息化体系的协调性。具体来看：

《水质 采样技术指导》（HJ 494）提出了水质采样的基本原则、方法和技术要求。标准规定了采样点位选择、样品采集、保存及运输方法，涵盖湖泊（水库）入流、出流边界及重要水域的采样要求。采样方法应确保样品的代表性和稳定性。本标准中的水质采样点位布设及采样方法符合《水质 采样技术指导》（HJ 494）的相关技术要求。

《水质 采样方案设计技术规程》（HJ 495）提出了水质采样方案设计的基本原则、方法和技术要求。标准规定了采样点位布设、采样频次、样品采集和处理方法，涵盖湖泊（水库）入流、出流边界及重要水域的采样要求。本标准中的水质采样方案设计符合《突发环境事件应急监测技术规范》（HJ 589）的相关技术要求。

《突发环境事件应急监测技术规范》（HJ 589）提出了突发环境事件应急监测的基本原则、方法和技术要求。标准规定了应急监测点位选择、监测指标、采样和监测方法，涵盖突发水环境污染事故的应急监测要求。本标准中的水质应急监测方法符合《突发环境事件应急

监测技术规范》（HJ 589）的相关技术要求。

《生态环境信息化标准体系指南》（HJ 511）提出了生态环境信息化标准体系的总体框架和要求。标准规定了信息系统建设的技术和管理要求，涵盖数据采集、处理、分析和可视化等方面。本标准中的信息化基础设施及数据管理方法符合《生态环境信息化标准体系指南》（HJ 511）的相关技术要求。

《环境影响评价导则 地面水环境》（HJ/T 2.3）提出了地表水环境影响评价的基本原则、方法和技术要求。标准规定了评价范围、评价内容和方法，涵盖水质监测、预测和评价等方面。本标准中的水质评价方法符合《环境影响评价导则 地面水环境》（HJ/T 2.3）的相关技术要求。

《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T 91）提出了地表水和污水监测的基本原则、方法和技术要求。标准规定了监测点位选择、监测指标、采样和分析方法，涵盖湖泊（水库）水质监测要求。本标准中的水质监测点位布设及监测方法符合《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T 91）的相关技术要求。

《环境信息术语》（HJ/T 416）提出了环境信息领域常用术语的定义和解释。标准规定了水质监测、环境保护、信息管理等方面的术语。本标准中的相关术语和定义符合《环境信息术语》（HJ/T 416）的相关要求，确保术语的一致性和规范性。

五、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

六、预期效益

现处于征求意见阶段，无。

七、其他说明事项

无。