

数字孪生黄河数据治理体系构建与实践

李自尊, 李欢, 崔晨晨

(水利部黄河水利委员会信息中心, 450004, 郑州)

摘要:为满足数字孪生黄河建设对全流域数据资源高效治理与服务的迫切需求,针对黄河流域在多源异构数据汇聚、治理效率及融合共享方面存在的核心挑战,构建了一套覆盖“汇数、治数、建仓、用数、管数、智数”六大环节的数据治理技术体系,分为数据汇聚与治理、数据构建与赋能、数据运营与升华三个阶段开展建设。该体系设计了汇聚层、存算层、治理层、服务层与应用层五层功能架构,融合自适应汇聚、智能清洗、知识图谱关联等关键技术,实现数据从采集到应用的全流程管理。基于微服务架构与国产化技术栈,以黄河数据服务门户和水利对象主题数据仓库为例,成功整合多类数据资源,形成规模化、标准化数据资产,黄河数据服务门户汇聚31大类水利对象4.29亿条业务数据,水利对象主题数据仓库形成1561万条高质量成果数据,有效支撑多项核心业务系统运行,显著提升数据共享效率与服务能力。从顶层设计、机制健全、设施夯实、智能融合及人才与资金保障五个方面提出发展建议,为数字孪生流域数据治理体系建设提供可借鉴的实践路径与示范案例。

关键词:数字孪生黄河;数据治理体系;数据服务门户;主题数据仓库;数据资产;智慧水利

Construction and practice of the data governance system for Digital Twin Yellow River

LI Zizun, LI Huan, CUI Chenchen

(Information Center, Yellow River Conservancy Commission of the Ministry of Water Resources,
Zhengzhou 450004, China)

Abstract: To address the urgent need for efficient governance and services for data resources across the entire basin in the construction of the Digital Twin Yellow River, this paper established a comprehensive data governance technology system covering six key stages: “data aggregation, data governance, data warehousing, data utilization, data management, and intelligent data”. This system was designed to tackle the core challenges faced by the Yellow River Basin in aggregating multi-source heterogeneous data, improving governance efficiency, and promoting data integration and sharing. The system was developed in three stages: data aggregation and governance, data construction and empowerment, and data operation and enhancement. The system was designed with a five-layer functional architecture comprising a convergence layer, a storage and computing layer, a governance layer, a service layer, and an application layer. By integrating key technologies such as adaptive convergence, intelligent cleaning, and knowledge graph association, the system achieved full-process data management from acquisition to application. Using a microservice architecture and a domestic technology stack, this paper took the Yellow River Data Service Portal and the Water Conservancy Object Thematic Data Warehouse as examples. These platforms successfully integrated various types of data resources and created large-scale, standardized data assets. The Yellow River Data Service Portal has aggregated 429 million business data entries of 31 major categories of water conservancy objects, and the Water Conservancy

收稿日期:2025-10-17 修回日期:2026-01-13

作者简介:李自尊,高级工程师,主要研究方向为水利信息化、数据汇聚治理及云数据中心建设。E-mail:lizizun@foxmail.com

基金项目:河南省重点研发与推广专项(262102210139)。

Object Thematic Data Warehouse has formed 15.61 million pieces of high-quality result data, effectively supporting the operation of multiple core business systems and significantly improving data sharing efficiency and service capabilities. Finally, development suggestions were proposed from five aspects: top-level design, mechanism improvement, facility consolidation, intelligent integration, and talent and financial support, providing a practical path and demonstration case for the construction of data governance systems in digital twin river basins.

Keywords: Digital Twin Yellow River; data governance system; data service portal; thematic data warehouse; data asset; smart water conservancy

中图分类号: TV+TP39 文献标识码: A 文章编号: 1000-1123(2026)09-0047-08

DOI: 10.3969/j.issn.1000-1123.2026.09.007

一、问题的提出与现状

2023年,中共中央、国务院印发《数字中国建设整体布局规划》,提出夯实数字基础设施和数据资源体系“两大基础”,构建以数字孪生流域为核心的智慧水利体系。水利部大力推进数字孪生流域、数字孪生水网、数字孪生工程建设。

数字孪生流域构建的核心在于实现对物理流域全要素和水利治理管理活动全过程的数字映射、智能模拟、前瞻预演,其基础前提是全流域数据资源的充分汇聚、高效治理与融合共享。水利部黄河水利委员会(以下简称黄委)在长期信息化建设实践中积累了海量多源(包括基础数据、监测数据、业务数据、地理空间数据、跨行业共享数据等)异构(涵盖结构化、半结构化、非结构化数据)数据,数据分布在不同的业务系统和部门,数据标准各异、共享壁垒高、服务支撑薄弱,无法满足数字孪生黄河建设对数据时空性、关联性与实时性的严苛要求。为此,亟需构建集数据汇聚、治理、服务与应用于一体的数据治理体系,打通数据共享壁垒,实现对多源异构数据的“一盘棋”管理,为数字孪生黄河建设提供高质量的数据底板支撑。

1. 数字孪生黄河建设现状

(1) 政策要求

随着数字中国、数字孪生水利建设纵深推进,多项标准规范陆续印发推动数据资源共建共享。比如,以国务院令形式发布《政务数据共享条例》;国家发展改革委等部门发布《国家数据标准体系建设指南》,水利部印发《数字孪生流域共建共享管理办法(试行)》《水利信息资源共享管理办法(试行)》;黄委印发了《黄河一张图数据共享与使用管理办法(试行)》《数字孪生黄河数据底板处理与融合办法》《黄委信息资源共享

管理办法》等。

(2) 发展现状

数字孪生黄河建设在上述政策引领下已具备良好的基础。早在2001年,黄委就已启动“数字黄河”工程,提出构建“1+7+N+1”的数据存储与管理架构,即建立1个黄河数据中心、7个专业数据分中心、N个基层数据汇聚中心和1个数据灾备中心,初步形成以黄河数据中心为核心的数据存储与管理架构,为数据整合与系统部署提供了重要支撑。

近年来,黄委秉持“数据是核心、共享是关键”理念,持续推进黄河全流域数据资源整合。制定《黄委数据资源目录及元数据标准》等技术标准与管理制度,依托数据交换、系统填报等技术手段,汇聚存储了涵盖水旱灾害防御、水资源管理、水土保持、政务管理等领域的水利业务数据;建立了覆盖江河湖泊、水利工程、监测站(点)、管理对象、涉水组织等水利对象的数据资源体系;开发了黄河数据交换与共享服务平台,一定程度提升了黄委业务系统的数据支撑能力;构建了“黄河一张图”,统一集成于黄委综合信息门户,初步实现了综合政务、防汛减灾、水资源调度与水土保持等信息资源的整合与展示。

2. 存在的主要问题

数字孪生黄河建设目前主要有以下问题:

①多源异构数据汇聚难,数据孤岛现象突出。数据来源涉及多部门与多类传感器,通信协议(MQTT、HTTP等)与数据格式(JSON、XML等)繁杂,缺乏统一的接口规范,导致存在大量封闭、不互通的“接入烟囱”,难以实现全域感知数据的实时统一接入。

②数据质量参差不齐,治理难度大。历史数据存在计量单位不统一、记录缺失等“旧账”,实时数据面临异常值多、重复录入等控制难度较大的“流沙”问

题。缺乏自动化的数据质量评估与修复手段,难以保障数据底板的高保真度。

③时空关联弱,深层次融合分析不足。数据时空标签不同步,难以在同一时空框架下融合。降水、工情等强关联数据因缺乏统一的水利对象编码与关联图谱,导致跨维度关联分析困难,无法支撑复杂的水利专业模型计算。

④动态更新机制缺失,运营受阻。静态数据更新依赖人工普查,动态数据更新周期长且缺乏闭环通知机制,导致上下游系统数据不一致。从“项目式建设”向“常态化运营”转变过程中,缺乏长效的数据全生命周期管理策略。

⑤共享壁垒高,安全管控难。部门间存在“数据壁垒”,缺乏信任机制与便捷的共享渠道,线下拷贝效率低且风险高。同时,对于敏感数据的精细化权限控制(如“谁能看、看多久”)技术手段不足,制约了数据的安全流通。

⑥投入成本高,见效周期长。数据底板建设需要投入大量资金购买设备、开发平台软件、处理历史数据、制作大量的BIM/GIS模型并做系统集成,是一项投资巨大、周期漫长的复杂工程,同时需要既懂水利业务又掌握信息技术的复合型人才。

二、黄河数据治理体系构建总体设计

1. 建设思路

立足数字孪生流域整体架构,确定多源数据汇聚治理及服务体系定位为数据底板核心层,向下承接感知体系多源数据,向上为模型平台、知识平台与业务应用提供标准数据服务。围绕“汇数、治数、建仓、用数、管数、智数”全生命周期,构建以数据资产为中心的汇聚治理体系。整体可分为数据汇聚与治理、数据构建与赋能、数据运营与升华三个阶段(见图1)。

(1) 数据汇聚与治理

本阶段是数据资产的“原料”入库与“精炼”过程,包括“汇数”与“治数”。

汇数:作为数据价值链的起点,核心任务是实现多源异构数据的广泛接入与统一汇聚。重点围绕流域防洪、水资源管理等“2+N”治黄核心业务,基于数据同步工具、API接口、物联网采集等方式,制定数据采集接入标准规范,系统梳理并整编来自业务系统、监测设备、地理空间数据库,以及自然资源、气象等部门的数据资源,形成覆盖全要素、全周期的原始数

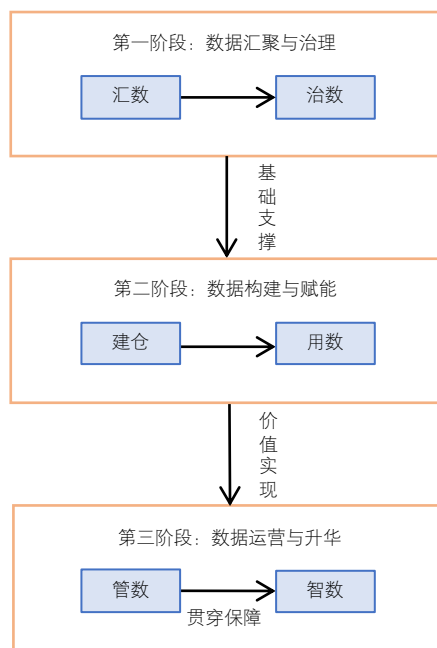


图1 数字孪生黄河数据治理体系建设总体思路

据资源池,为后续数据治理、分析挖掘和业务应用打下坚实基础。

治数:基于“汇数”对数据进行精炼与增值的关键环节。旨在打破历史形成的业务共享壁垒,对汇集的原始数据进行统一的标准规范与口径定义;通过数据清洗、整合、关联与质量提升,形成标准、可信的数据资产,确保数据在全生命周期内的一致性、准确性与可用性,以满足数据高效流通与利用需求。

(2) 数据构建与赋能

本阶段将治理后的数据有序组织并直接服务于业务应用,包括“建仓”与“用数”。

建仓:围绕打造一体化数据资产体系构建载体,以经过治理后符合标准的数据为基础,搭建数据仓库,并且结合相应的主题域(如防洪、水资源、水利工程等),开展建模工作,最终构建体系化的数据资产,为上层应用提供一致性的数据服务及API接口调用。

用数:释放数据价值、直接赋能业务的核心环节。面向数字孪生黄河建设中的各类业务场景,提供便捷的数据服务、共享接口、分析工具等,支撑流域防洪、水资源调度等业务场景的数据应用,实现数据向业务价值的转化,驱动业务创新与效率提升。

(3) 数据运营与升华

本阶段确保数据体系的可持续运行,包括“管数”与“智数”。

管数:保障数据资产体系安全、稳定、可持续运行的基石。贯穿数据从创建到消亡的全生命周期,建立覆盖数据标准、质量、安全、隐私与合规的管控体系,确保数据在汇聚、治理、应用过程中的规范性、安全性与可靠性,促进数据生态健康发展。

智数:数据能力发展的高级阶段,代表智能化与高级分析方向。基于高质量数据资产,运用人工智能与机器学习技术,开展智能分析、预测预警与优化决策,从数据应用进入智能应用,进而赋能智慧水利建设。

2. 功能架构

数字孪生黄河多源数据汇聚治理功能架构包括汇聚层、存算层、治理层、服务层、应用层(见图2)。

汇聚层:整个数据体系的数据源,负责从多源汇集数据,整合“上下共享”(水利部平台数据)、“左右共享”(流域省区交换数据)、“内部汇聚”(黄委内部业务系统数据)、“监测感知”(物联网实时数据)及“空间数据”(基础地理信息与业务空间数据),为整个数据体系奠定坚实基础。

存算层:作为数据体系的技术核心,提供数据处理与存储能力。通过“多模态数据处理引擎”支持离线批处理与实时流处理,满足不同业务场景的时效性要求;通过“多模数据存储”,支撑分析型、时空、时序、图数据及非结构化数据等不同类型数据,打造适合各种场景的融合存储能力。

治理层:作为数据体系的“大脑”,确保数据有序、可信与可用。从数据标准、质量、安全等多维度来构建数据全治理管理体系,采用贴源层、标准层、主题层、专题层的经典数据仓库分层设计,对数据进行逐层细化与整合,建立面向业务的高质量数据资产。

服务层:作为数据体系的“服务总线”,满足数据的多场景服务。以“黄河数据服务门户”作为统一入口,将底层数据进行封装,形成目录服务、专题服务、地图服务、共享服务等多种服务,通过接口方式灵活支撑上层应用;基于服务层实时监测、可视化地展现“上下左右”全过程的数据共享、流通,释放数据的内外部价值。

应用层:作为数据价值的最终体现,直接赋能业务智慧化决策。一方面支撑水旱灾害防御、水资源管理等核心业务应用;另一方面,利用“黄河一张图”进行综合可视化与决策支持。

三、关键技术路线

为支撑数字孪生黄河多源数据汇聚治理功能架构,构建分布式大数据处理技术体系,在融合微服务管理、容器化技术、分布式资源调度等应用层技术的基础上,充分考虑数据汇聚治理对“大数据、大并发、大吞吐”的处理需求,融合多种数据存储技术、计算引擎、消息队列服务以及多元化数据集成技术,确保系统的

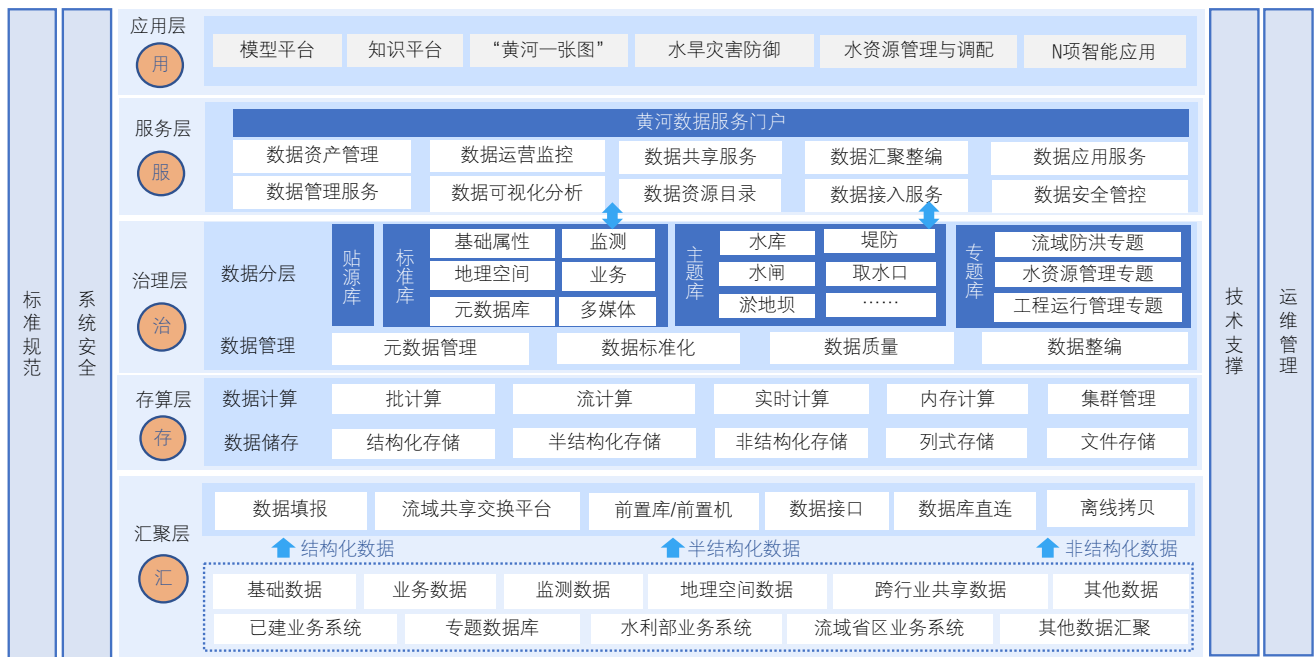


图2 数字孪生黄河多源数据汇聚治理功能架构

稳定高效运行。具体采用了以下关键技术。

1. 面向多源异构数据的自适应汇聚技术

针对物联网数据协议繁杂、业务系统接口各异的问题,研制自适应多协议解析引擎。通过配置化插件支持MQTT、HTTP、FTP等多种协议的实时解析,并部署分布式消息队列(如Kafka)进行高并发缓冲。同时,采用CDC(Change Data Capture)技术实时捕获数据库变更日志,实现业务系统数据与数据底板的毫秒级同步,解决“实时流沙”接入难题。

2. 基于AI规则引擎的数据智能清洗与融合技术

针对“历史旧账”与数据质量问题,构建基于机器学习的数据质量规则引擎。通过训练优质历史数据样本,自动识别异常值(如水位突变、逻辑错误)并生成修复建议。针对不同高程基准(吴淞、黄海)、不同计量单位的历史数据,建立自动转换映射库,实现数据的标准化清洗与融合,大幅提升数据治理效率与准确率。

3. 基于知识图谱的数据关联与全链路血缘追踪技术

为解决关联分析困境与难题,引入水利知识图谱技术。以水利对象(如水库、堤防)为实体,建立基于时空拓扑与物理属性的复杂关联网络,实现多源数据在同一时空框架下的深度融合。同时,利用元数据追踪技术构建全链路数据血缘图谱,记录数据从采集、清洗到服务的完整流转路径,确保数据变动可追溯、可定责,为模型平台提供可信的数据输入。

4. 面向数字孪生的时空多模数据组织技术

针对数字孪生对时空数据的特殊需求,采用时空索引技术对矢量、栅格、三维BIM模型及动态监测数据进行统一组织。通过建立统一的时空参考基准,实现静态地理信息与动态监测数据的精准叠加,支撑数字孪生场景的“实景化”复刻与动态推演。

四、应用实践

1. 黄河数据服务门户

黄河数据服务门户是推动数据流通、促进数据共享的重要窗口,面向数据供给方、数据需求方、建设运维方,提供统一的数据服务入口,实现汇聚治理后成果数据的“一体化”展示、“一键式”查询、“一站式”申请,有力推动了数据资源跨层级、跨系统、跨部门、跨业务共享。

(1) 功能架构

黄河数据服务门户采用微服务架构,基于Vue+

Spring Boot前后端分离技术及国产芯片、国产操作系统、国产数据库、高性能分布式对象存储系统等,针对历史积累及实时更新的数据资源目录、数据接口、数据库信息、综合文档信息、水利对象成果数据,按照不同层级用户权限,提供资源发布、资源查询、资源申请、审核授权等管理与服务能力,并基于Spring Boot与ELK的无缝集成、统一身份认证等技术,提供全文检索、模糊匹配、多维度数据聚合、共享情况统计分析等功能。黄河数据服务门户功能架构如图3所示。核心模块包括:

①门户首页:综合展示水利数据仓库概况、数据资源发布与使用情况,提供全局检索、综合统计数据、水利数据仓库视图、数据动态、热门领域(数据资源目录)、各单位数据资源发布统计等功能。

②水利数据仓库:基于数据治理、整合和建模,按照主题水利对象把多源数据归集、融合,面向多部门、跨系统提供全局数据视图。可以查看数据仓库的整体情况(比如表的数量、数据量、仓库的数量),并可跳转至具体水利对象(如水库、堤防、水闸等)的详细页面,便于快捷准确地开展决策分析。

③综合检索:整合数据资源目录、数据接口、标准规范、数据库信息、综合信息等全部门户资源,提供“一站式”综合检索功能,方便用户快速定位所需数据。

④数据资源目录:依据《黄委数据资源目录分类及元数据标准》,多维度展现数据资源的管理属性与特征信息,提供目录展示、多维检索、资源申请与收藏等功能,是数据互联互通与共享交换的基础。

⑤数据接口服务:实现数据接口信息的发布与管理、申请与审批、服务调用与统计,支持接口展示、多维度检索与在线申请,推动数据资源共享。

⑥综合信息:为各单位(部门)提供综合文档信息发布窗口,文档可与数据资源目录中的“非结构化文档”关联,也可独立发布,支持用户全文检索、在线预览与下载。

⑦数据资源管理:实现对数据资源目录、数据接口、数据库信息共享访问等的后台集中管理,涵盖数据资源目录管理、数据接口管理、共享访问管理、日志审计等功能。

⑧国产数据库:系统底层核心基础设施,兼容达梦、人大金仓、神通等自主可控数据库,可保障水利核心数据安全存储与访问管控;同时适配国产芯片、国产操作系统,构建全栈信创技术体系,实现关键技术自主

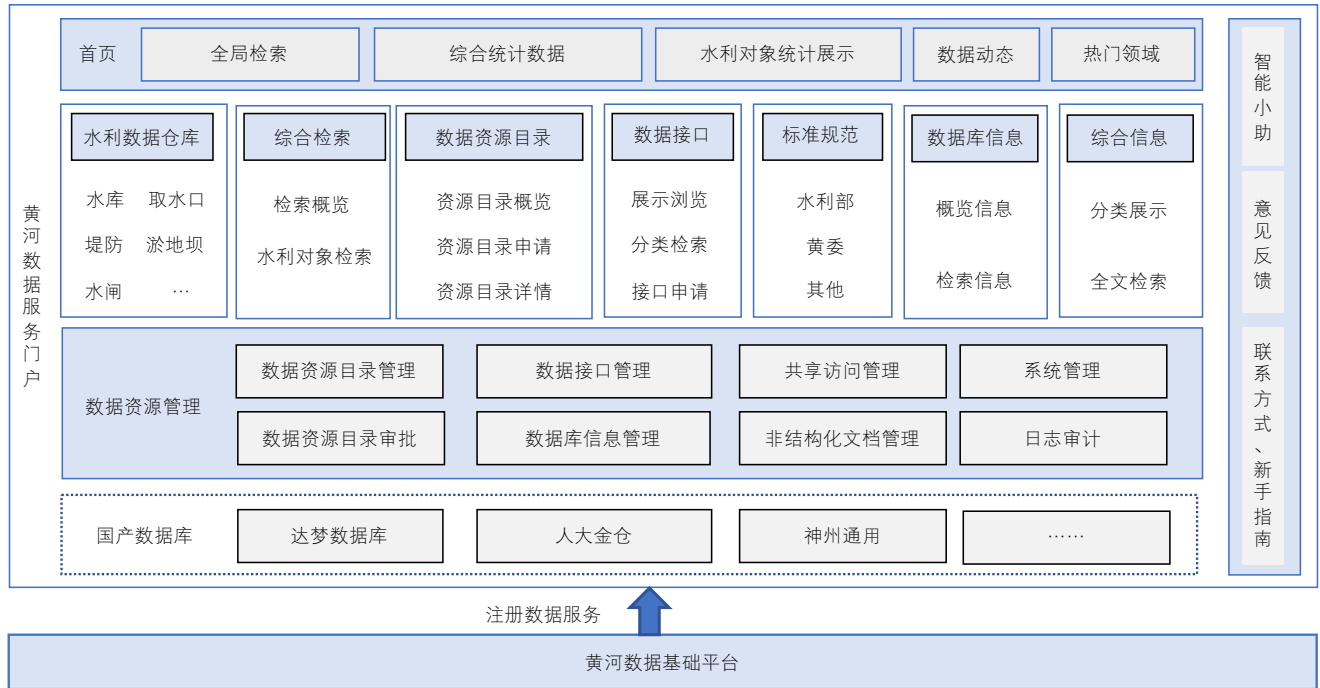


图3 黄河数据服务门户功能架构

可控，满足国家网络与信息安全合规要求。

系统集成能力方面，平台具备良好开放性，支持与水利对象主题数据仓库集成，实现分权限数据展示；集成数据中台，获取接口调用情况；实现与综合信息门户的单点登录，提升用户体验与系统协同效能。

(2)应用效果

目前，黄河数据服务门户已汇聚整编4大类57小类数据资源目录1382项，汇聚31大类水利对象4.29亿条业务数据，建设面向防汛减灾、水资源管理与调度、水土保持、水政监察、工程管理维护等业务的数据库67套，累计提供数据服务超万次，数据存储总量达530 TB。

2.水利对象主题数据仓库

水利对象主题数据仓库通过对不同来源的数据进行汇聚、整合与建模，围绕特定主题整合多业务部门数据，侧重于从多维度进行数据分析，提供跨部门、跨系统的全局数据视图，服务于管理决策。主题数据仓库分层架构如图4所示。

(1)功能架构

在数据仓库建设实践中，采用贴源层、标准层、主题层、专题层四层架构实现数据的逐层加工与价值提升。

贴源层：直接接入原始数据，保留数据初始状态。针对不同水利对象的属性数据，明确其来源系统与单

位，确保数据可追溯。

标准层：对贴源层数据进行清洗、转换，剔除异常与重复数据，实现数据的融合。以水库为例，对全国水库管理系统、小水库安全风险预警系统、水旱灾害防御“四预”（预报、预警、预演、预案）系统等不同来源的水库属性数据进行融合汇聚，确保数据的一致性与准确性。

主题层：构建面向不同水利主题的标准化数据模型。例如，对于水库数据，明确定义库容、水位、入库流量、出库流量等关键指标，并确保这些指标在不同系统间能够对应与交换。

专题层：将主题层数据应用于具体业务场景，根据不同的业务需求（如水资源调度、水旱灾害防御），提供定制化的数据服务与应用接口，为决策提供精准数据支撑。

(2)应用效果

目前，已开展水库、堤防、水闸、取水口、河流等9类水利对象主题数据仓库试点建设，累计汇聚6866万余条数据，经过标准化治理流程，形成1561万条高质量成果数据，实现了关键基础数据与防汛、水资源等核心业务数据的有效融合，为“黄河一张图”、小水库安全风险预警系统、防汛“四预”系统等提供数据服务，初步实现了数据“一数一源一路径”的管理目标。



图4 水利对象主题数据仓库分层架构系统界面

以水库主题数据仓库为例,结合黄河流域特点,对水库数据模型进行了完善与优化,汇聚了水库名称、编码、类型、管理单位等基础数据,水位、入库流量、出库流量等监测数据,水库安全管理、水库调度和病险水库管理等业务数据,并对各类属性数据逐项进行汇聚、清洗、融合与质量控制,建立其与所在河流、行政区及同河流堤防、水闸等的关联关系,实现了与“黄河一张图”的融合集成。同时,支持按水库所在河流、工程规模、水库类型、所在省区、超预警水位状况等多个维度进行统计分析,提供便捷的数据服务。通过规范化治理,初步形成覆盖黄河流域片3675个水库、黄河流域内2784个水库、83个病险水库的标准化水库成果数据,为水旱灾害防御“四预”系统、小水库安全风险预警系统等提供了坚实的数据支撑。

五、结论与展望

针对数字孪生黄河建设面临的数据难题,本文构建多源数据汇聚治理及服务体系。通过引入自适应汇聚、智能清洗、知识图谱关联等关键技术,构建统一的黄河数据服务门户与主题数据仓库,初步实现了黄河数据资源“一盘棋”管理、标准化治理与“一站式”服务,有效打通了数据壁垒,形成了高质量的数据底板,为数字孪生流域的模拟仿真与智慧决策提供了坚实支撑。

为纵深推进黄河数据要素价值释放,今后需在以下五个维度持续攻坚:

加强顶层设计与统筹协调。坚持“统一领导、统一规划、统一标准”原则,健全数据全生命周期管理的组织架构和责任机制;核心是打破部门壁垒,树立“共享为常态、不共享为例外”的协同理念,在体制机制上保证数据工作协调有力、运转顺畅。

完善数据治理与共享机制。健全数据分类分级、质量评价、安全审计、授权使用的规范和技术要求,重点是完善公允、可控的数据授权运营机制,筑牢安全底线前提下充分挖掘黄河数据的经济和社会价值,健全完善黄河数据可持续开发利用激励机制,以引导各方积极参与黄河大数据开发。

夯实数据基础设施与平台能力。持续完善数据资源目录体系,深化“一数一源一路径”的治理实践,加快打造集数据汇聚、治理、分析、服务与可视化于一体的智能数据引擎,并不断拓展水利对象主题数据仓库的广度与深度,形成敏捷、高效、安全的数据供给与服务能力。

促进数据智能与业务深度融合。在夯实数据根基的基础上,大力推动大数据、人工智能与水利业务的深度融合。重点开发以“智数”为核心的模拟仿真、预测预报、优化调度等高阶能力,驱动数据应用从“事后感知”向“事前预警、事中决策、事后评估”的全链条智能化,全面提升数字孪生黄河的智慧化水平。

充实人才梯队与资金保障。实行更精准的引才育才政策,着力集聚一批懂水利业务、信息技术的应用

型、复合型人才;建立健全长效稳定投入保障机制,把更多资金投向数据基础设施建设、核心平台迭代升级及创新应用研发等方面,为数字孪生黄河的可持续发展注入动力。

参考文献:

- [1] 蔡阳. 数字孪生水利建设中应把握的重点和难点[J]. 水利信息化, 2023(3):1-7.
- [2] 郭亮亮, 麻观胜, 王茂洋, 等. 数字孪生水利数据共建共享技术研究[J]. 吉林水利, 2025(10):1-7.
- [3] 崔培. 数字孪生水利多维时空数据模型构建方法探讨[J]. 水利信息化, 2025(3):1-6+30.
- [4] 林镇阳, 胡鑫, 郭明军, 等. 可信数据空间协同治理下的高质量数据集建设与长效运营路径[J]. 图书情报知识, 2025, 42(5):19-30.
- [5] 邹晓涛, 金思凡, 黄天称, 等. 水利数据要素构建与乘数效应激活路径[J]. 中国水利, 2025(5):15-28.
- [6] 钱峰, 周逸琛. 数字孪生流域共建共享相关政策解读[J]. 中国水利, 2022(20):14-17+13.
- [7] 钱峰, 成建国, 夏润亮, 等. 数字孪生水利“天空地水工”一体化监测感知体系构建与应用初探[J]. 中国水利, 2024(24):39-47.
- [8] 张勇, 宋倍, 强君, 等. 数字孪生奴尔水利枢纽工程建设构想[J]. 水利信息化, 2024(3):8-12+17.
- [9] 于海泓, 许志辉, 陈峰. 数字孪生黄河数据治理管理研究与实践[J]. 人民黄河, 2025, 47(8):5-9.
- [10] 廖晓玉, 高远, 金思凡, 等. 松辽流域智慧水利建设方案初探[J]. 中国防汛抗旱, 2022, 32(2):40-43+53.
- [11] 陈捷, 郑国. 浙江省水利基础数据标准研究[J]. 测绘科学, 2023, 48(3):70-77.
- [12] 冯建. 黄河水利信息化的发展和研究[J]. 河南科技, 2014(20):190-191.
- [13] 金思凡. 以数据资源化推进松辽流域治理管理新发展[J]. 水利信息化, 2025(4):69-73+98.
- [14] 朱一洲, 吴莉珊, 谭英嘉. 基于数据中台的企业数据治理路径研究[J]. 信息技术与标准化, 2024(5):75-79.
- [15] 浦发银行南京分行财务会计核算中心课题组. 我国商业银行数据资源的管理与应用[J]. 金融纵横, 2024(12):57-61.
- [16] 赵松鹏, 潘锦豪, 聂庭焜. 基于数据仓库的水利数据治理实践[J]. 人民珠江, 2025, 46(S1):112-114.
- [17] 李国良, 周焯赫. 面向AI的数据管理技术综述[J]. 软件学报, 2021, 32(1):21-40.
- [18] 陈言樑, 彭如强. 一种政务数据共享交换平台设计与实现方法研究[J]. 电子元器件与信息技术, 2023, 7(8):123-127.
- [19] 雍熙, 华东, 陈德清, 等. 水库基础数据治理工作的研究与实践[J]. 水利信息化, 2022(6):49-53+69.
- [20] 张亚兰. 甘肃水务节水科技公司智慧水务业务竞争战略研究[D]. 兰州:兰州大学, 2022.
- [21] 司林波, 萧欣茹. 数字孪生何以破解黄河流域数字化治理的“碎片化”困境——基于整体性治理的运行框架[J]. 学习论坛, 2024(1):58-66.

责任编辑 杨文杰