

· 信息技术 ·



长江南京以下深水航道野外观测 数据服务平台建设*

徐 华¹, 夏明嫣¹, 温永宁², 夏云峰¹, 张益铭², 韩玉芳¹

(1. 南京水利科学研究院, 河流海岸研究所, 江苏 南京 210029;

2. 南京师范大学 地理科学学院, 江苏 南京 210023)

摘要: 为提升深水航道数据资源的采集、融合、分析及应用能力, 在南京长江深水航道水沙环境与工程安全交通运输行业野外科学观测研究基地进行长江深水航道野外观测数据服务平台建设。服务平台采用 B/S 架构, 通过物联网、分布式建构等技术手段结合常用网络传输协议连接各数据集群, 实现多源异构历史资料的整合与治理、实时监测数据的接入和第三方数据的聚合, 开发了数据门户、水运一张图、工程专题、监测大屏、水位预测等专题应用。平台建设实现了以深水航道为主题的数据聚合与共享。

关键词: 长江; 深水航道; 野外观测; 数据聚合; 数据服务

中图分类号: U611; TP391

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2024)09-0197-07

Construction practice of deep-water navigation channel field observation data service platform of the Yangtze River below Nanjing

XU Hua¹, XIA Mingyan¹, WEN Yongning², XIA Yunfeng¹, ZHANG Yiming², HAN Yufang¹

(1. River Harbor Engineering Department, Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China;

2. School of Geography, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China)

Abstract: To enhance the collection, integration, analysis, and application capabilities of deep-water navigation data, a construction practice of the Deep-water Navigation Channel Field Observation Data Service Platform is conducted at the Observation and Research Base of Transport Industry and of Water-Sediment Environment and Engineering Safety of Nanjing Yangtze Deep-water Channel. The service platform adopts a B/S architecture, connects various data clusters through technologies such as the Internet of Things (IoT) and distributed construction, combined with commonly used network transmission protocols, and realizes the integration and governance of heterogeneous historical data from multiple sources, the access of real-time monitoring data and the aggregation of third-party data. Furthermore, it develops special applications such as the data portal, waterway “One Map”, engineering application, monitoring dashboard, and the water level prediction application. The platform realizes the aggregation and sharing of data, with a thematic focus on deep-water navigation channels.

Keywords: the Yangtze River; deep-water navigation channel; field observation; data aggregation; data service

长江深水航道是我国交通运输的重要水运通道, 贯穿长三角经济区, 辐射苏、沪、浙、皖,

其运行关乎我国社会经济绿色安全 and 高质量发展^[1-2]。历经 40 余年研究, 形成了一整套我国独

收稿日期: 2023-12-01

*基金项目: 国家重点研发计划项目(2022YFC3204504, 2021YFC3000100); 江苏省水利科技项目(2021004)

作者简介: 徐华(1980—), 男, 博士, 正高级工程师, 从事港口航道工程研究。

通讯作者: 夏云峰(1965—), 男, 博士, 正高级工程师, 从事港口航道工程研究。E-mail: yfxia@nhri.cn

创的包括科研、设计、施工和管理等在内的深水航道建设的先进技术方法体系^[3-4]。长江南京以下 12.5 m 深水航道上起南京新生圩港,下迄出海口,全长约 431 km,1998 年开工建设,2019 年全线正式贯通。

南京水利科学研究院是长江南京以下深水航道建设的重要科研单位,持续参与了交通运输部专项“长江福姜沙、通州沙和白茆沙深水航道系统治理研究”^[5],国家重大工程项目“长江南京以下深水航道整治一期、二期工程”河演分析、数模计算、物模试验、防洪评价等专题研究,以及长江航道整治建筑物技术状况年度分析评价,长江下游 12.5 m 深水航道年度维护项目设计等工作^[6-8]。持续的研究与工程服务积累了大量的相关数据与资料,但相关资源的管理仍采用传统方式,没有相应的数据规范与支撑系统。

科学监测数据共享服务的核心目标是实现科研历史资料的整合、建立可持续积累的科研数据平台,聚合相关数据,形成持续的科研数据服务能力^[9-10]。数据在科学研究中起关键支撑作用,其共享的价值与意义得到了普遍重视^[11-13]。发达国家的科学数据共享工作起步早,共享范围、能力及政策策略等发展完备,美国的科学数据共享工程始于 20 世纪 90 年代末,美国航空航天局(National Aeronautics and Space Administration,NASA)、美国国家海洋和大气管理局(National Oceanic and Atmospheric Administration,NOAA)、美国地质勘探局(United States Geological Survey,USGS)等都对其遥感和监测数据进行开放式共享。我国科技部在国家科技资源共享服务平台工程框架下,构建了包括国家地球系统科学数据共享平台在内的多个数据中心^[14-15],当前该服务体系包括对地观测、极地、青藏高原、气象、地震、海洋等多个数据中心^[16]。

2015 年 9 月国务院印发《促进大数据发展行动纲要》,明确了我国大数据发展的指导思想和主要任务^[17]。2020 年南京水利科学研究院联合上海河口海岸科学研究中心、长江航道局测量中心牵

头成功申报组建了“南京长江深水航道水沙环境与工程安全交通运输行业野外科学观测研究基地”,将以新一代信息技术与行业深度融合为主线,构建数据服务平台,着力提升深水航道数据资源的采集、融合、分析及应用能力,实现以深水航道为主题的多学科多行业数据聚合与共享。

1 服务平台数据内容与功能体系设计

深水航道数据服务平台主要解决 3 个问题:

1) 历史资料数据的整合治理。传统上,研究设计单位积累的大量深水航道相关数据以项目为单位进行组织维护,数据存储、管理缺乏规范,不能适应大数据背景下科学与工程研究的需求。2) 多源监测数据的接入。监测数据包括自动监测、日常监测以及面向工程或者主题的监测,这些监测数据使用不同的数据传输形式与存储格式,需要梳理形成统一的监测数据存储体系。3) 第三方数据聚合。南京以下深水航道贯穿长三角区域,涉及苏沪浙皖 4 省市,多部门有不同的长江监测数据发布,如各省水利局的水情数据、气象部门的气象预报预警数据、海事部门的通行航行数据等。

平台建设以数据资源整合治理与专题服务为目标,采用 B/S 模式开发,按照数据存储层、服务接口层与应用系统层 3 个层次进行设计,如图 1 所示。1) 数据存储层提供以基础地理数据为底板,为其他数据提供空间基准,聚合各种监测数据、工程专题数据及第三方数据。2) 服务接口层为数据管理和应用提供不同粒度与风格的接口,包括目录服务、监测数据存储服务、专题数据导入与整合服务,以及数据查询、订阅服务。此外,还提供面向专题应用的专业分析服务,具有水沙相关的在线分析功能;基础地理信息服务提供面向用户信息呈现的地图可视化服务。3) 应用系统层以水运一张图建设为牵引,系统围绕二维地图显示和三维虚拟显示 2 个主要视图进行开发,面向不同主题和应用,构建高级分析和专题可视化系统,支撑数据的高级应用分析和数据下载共享。

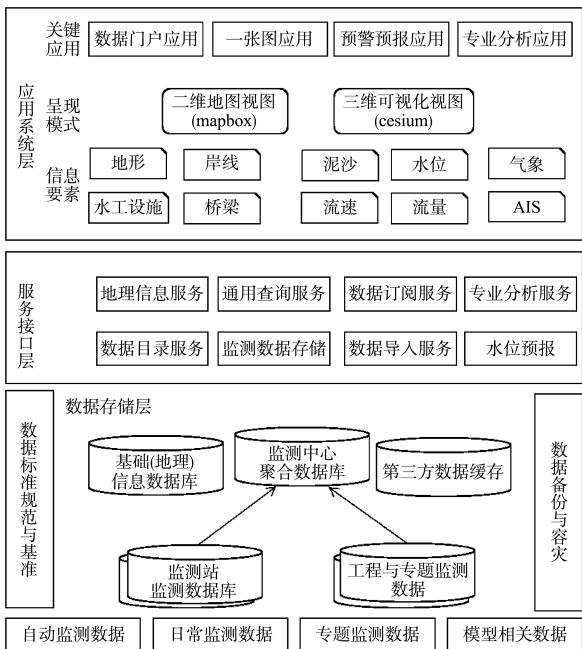


图 1 系统数据内容与功能体系

1.1 数据存储层设计

深水航道的任何监测与科研活动都与地理位置相关, 基于地理信息技术实现对各种形式的数据组织与管理是数据库设计的出发点。数据存储层以地理实体和地理位置为基础, 对各种监测数据进行聚合。

1.1.1 数据空间基准与监测数据规范化

依托地理信息等领域的相关标准, 以 CGCS2000 为基础, 对各种空间数据进行标准化。首先, 建立平台的坐标基准, 形成监测数据的空间框架。以此框架为准, 在存储各种原始数据的基础上, 提供符合规范标准的数据副本。其次, 梳理日常监测、工程监测等活动, 建立监测数据标准化存储与入库码规范, 建立监测数据字典, 形成完备数据资源目录。梳理不同监测目标和监测数据之间的逻辑关系, 完成数据清洗, 形成监测数据的统一存储。

1.1.2 数据的组织与存储模式

以基础地理数据为参照, 整合工程数据、监测数据与第三方数据资源, 共同构成深水航道数据资源库。基础地理数据是监测数据空间化的参

照和基准, 既包括区域地图矢量、卫星影像数据, 也包括监测目标、监测站场的空间几何形态, 还包括深水航道区域的岸线、水下地形、水工建筑、港口码头以及桥梁等相关专题数据。

监测数据包括泥沙、流量、水位、流速等, 涉及不同的监测设备和采样模式。为了兼顾原始数据的完整性和管理查询分析的统一高效, 监测数据将按照原始数据和聚合数据 2 个层次进行设计, 2 种数据独立存储, 提供冗余安全性。

原始监测数据具有不同的数据形态, 包括物联网 (Internet of Things, IoT) 设备的自动监测数据、站点的日常测量和定期监测、以及面向工程和应急任务的监测数据等, 在保持数据原始内容的基础上, 导入到整合数据库。自动监测数据基于监测设备的传输协议与格式, 开发自动监测数据的快速适配模块, 实现配置式入库。

中心聚合数据库是对监测数据和工程数据在统一的时空框架下的整合, 根据监测内容和频率, 对测站、测点的监测数据进行抽取和清洗, 形成整合视图。第三方数据包括政府部门发布的水位、流量数据、气象数据以及船舶自动识别系统 (Automatic Identification System, AIS) 船舶交通数据等, 系统将对这部分数据进行缓存处理。

1.2 数据与应用服务接口

系统将以服务的形式暴露监测数据等内容, 避免对外直接暴露数据库的原始结构, 数据应用服务接口包含 2 个层次的接口形式。第 1 层是面向数据资源的导入和管理层, 包括数据目录服务、数据存储和数据导入服务。数据目录服务为所有数据提供统一的编目和登记, 是数据的元数据信息; 数据存储服务由监测设备的数据输入触发, 经过引擎处理记录监测数据; 数据导入服务是专题和工程数据的服务端入口, 供数据导入程序使用。第 2 层是专题应用服务, 包括基础的地理信息服务, 通用查询服务, 数据订阅服务和高级分析服务。地理信息服务提供符合开放

地理空间信息联盟 (Open Geospatial Consortium, OGC) 标准的数据发布功能, 包括各种监测站点的位置和几何结构; 通用查询服务支持水位、流速/流量、泥沙数据, 按照站点、区域、时间范围等统计口径进行查询。数据订阅服务为应用系统转发实时监测数据; 专题分析服务提供数据的高级分析功能, 实现冲淤分析、坡度计算、等深线制图等。

2 历史数据整合治理与监测数据聚合

2.1 历史资料数据的整合治理与入库

历史资料数据具有多源异构特性, 根据数据自身结构与数据组织方式进行整合治理。数据治理的内容包括工程相关数据如工程边界、工程监

测断面、泥沙、流速、流量等, 还有水下地形数据、施工图件图片、遥感影像等类别, 每类数据根据其数据语义与表达内容, 生成面向可视化的衍生数据。

系统通过可扩展数据标签对数据进行管理和索引, 标签类型包括描述时间、数据空间位置的标签以及描述数据为矢量、表格的属性标签等, 见图 2。系统采用空间数据库 PostGIS 存储岸线、高程、断面等空间数据。针对历史资料数据模型灵活、数据量大的特点, 系统采用非关系数据库进行备份存储。对于照片、视频及其他以文件形式存在的不易入库的数据, 系统采用数据库记录文件索引的方式, 不破坏数据本身的组织结构, 且为数据的迁移与更新提供方便。



图 2 整合数据库中的数据与标签

2.2 第三方监测数据聚合

政府相关部门会定期在长江流域开展各种监测并发布数据, 如水位、水文气象、水质、生态监测等。由于长江南京以下河段流经苏沪、辐射浙皖, 涉及多个行政部门, 无统一发布模式, 有的还存在额外的技术壁垒, 使得数据的聚合难度加大。系统设计了统一的缓存数据存储模式, 针对不同部门的数据配置定制化的处理脚本, 将数

据标准化后入库。

2.3 实时自动监测数据的接入

野外观测站参与单位拥有自建的自动化监测系统, 涉及不同的监测设备、监测模式和数据内容, 如声学多普勒流速剖面仪 (ADCP)、浊度仪、罗经等。为此, 系统采用自动监测数据的配置化接入。在数据传输过程中, 采取适当的数据加密和访问控制措施, 防止未经授权的访问。存储服

务网关负责收集来自不同监测设备的数据, 并通过合适的通信协议(如 MQTT、UDP、TCP 等)将数

据传输到服务器, 驱动数据入库处理脚本, 按照监测要素、监测模式, 存储相关数据。

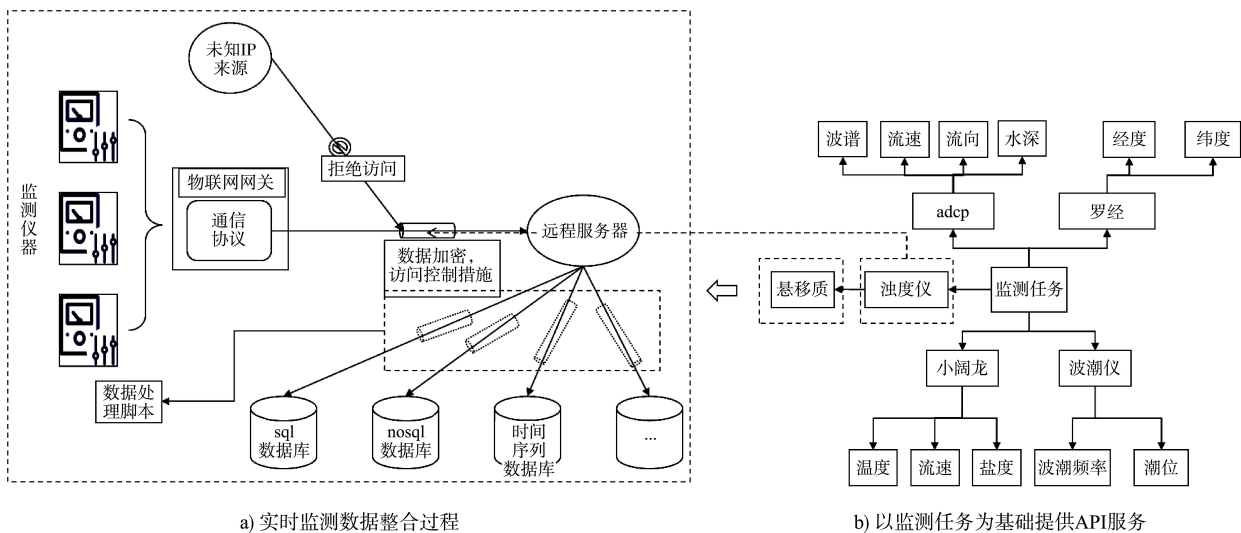
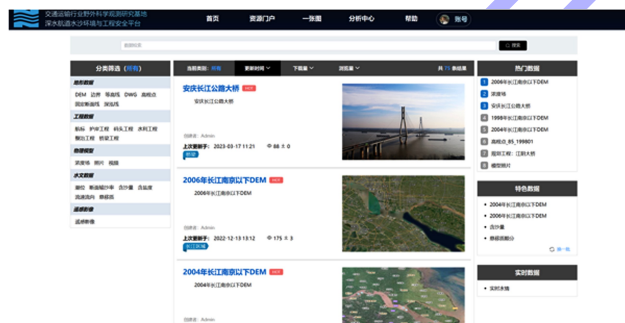


图3 实时监测数据服务模型

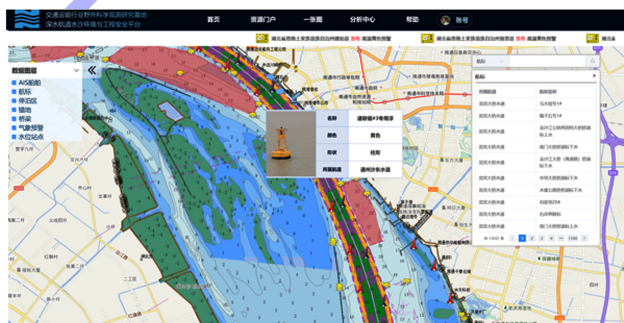
3 专题应用系统

在数据服务的基础上充分有效利用数据, 建

立数据门户应用、水运一张图应用、工程专题应用、监测数据大屏应用、水位预测应用, 见图4。



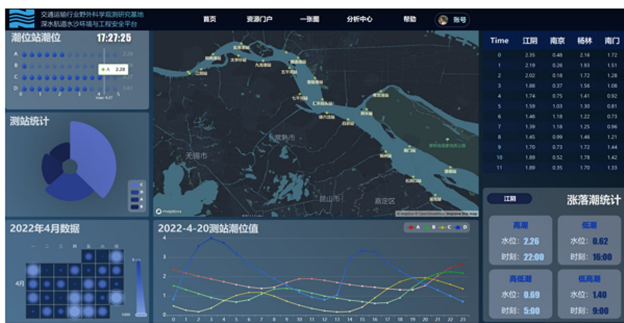
a) 数据门户应用



b) 水运一张图应用



c) 工程专题应用



d) 监视大屏应用

图4 专题应用系统

3.1 数据门户应用

数据门户应用是用户查找和利用数据的入口,数据门户包含了全部历史资料数据、监测数据与第三方数据,用户可根据数据种类、更新时间、下载量等进行分类筛选,系统设置热门数据、特色数据、实时数据供用户参考。数据门户以条目形式展示检索结果,通过数据条目可进入数据详情界面。数据详情界面提供数据的内容、提供方、空间位置、数据缩略图等信息,并为有权限的用户提供下载链接。数据门户为不同类型的数据提供个性化的预览功能和相似数据的用户跳转链接,方便用户对数据的查找和利用。

3.2 水运一张图应用

水运一张图应用基于 Web 地图技术聚合展示深水航道水运相关的基础信息和实时监测信息,为决策者提供最直观的长江航道状态。基础信息通过地图图层进行展示,包括航道、浮标信息、桥梁信息图层;各河段的水深、流速以及天气等监测信息通过浮动图标和注记叠加在地图上,灾害性天气等预警信息通过滚动播报形式显示;系统通过传感器与互联网接入 AIS 信息,通过动态地图图层实时跟踪船舶航行状态。水运一张图实现了航道水运相关信息的多层次展示,航道、浮标、桥梁等要素通过交互可以进一步获取详细信息,比如权属、状态以及图片视频等;点击船舶可以获取船舶的名称、航向、航速,并可进一步获取船舶的轨迹数据。

3.3 工程专题应用

长江南京以下河段深水航道工程是国家打造黄金水道、建设长江经济带的重点工程,工程专题应用对于长江南京以下河段相关工程及其工程过程所涉及的数据资源进行组织与管理。工程专题应用可以通过管理界面进行工程专题的创建以及工程数据资料的添加、更新及删除。系统按照竣工验收、正在实施和项目规划等阶段进行分类管理,通过地图交互展示各个工程的具体信息,并可以对不同工程方案进行对比显示。

3.4 监测数据大屏应用

监测数据大屏应用通过大屏风格的界面对监测数据进行集中动态展示,主要展示长江南京以下河段水沙相关的数据如潮位、流速、含沙量等。监测大屏集成了地图、H5 图表控件,通过调用监测大屏数据服务接口将各类监测数据进行集中呈现。大屏应用不能直接将监测数据进行制图和可视化,因为不同数据源的原始监测数据的监测频率、数据组织有所差异。系统通过调用潮位、含沙量和表面流轨迹数据等监测数据服务接口获取原始数据,进行预处理、再组织和缓存。

3.5 水位预测应用

长江南京以下河段是典型的感潮河段,长期以来对该段水位过程的预报受到广泛关注和重视。水位预测应用模块基于历史和实时监测数据进行滚动预报,模型包括考虑上游径流和外海潮差的日平均水位预报模块和以传统天文潮水位预报为基础、综合径流量和天文潮水位预报模型的潮波水位预报模型,最终得到感潮河段水位预报模型。模型采用 Python 语言实现,构建可视化界面展示预测结果。验证预测结果表明,其对于长江南京以下河段水位测站的预测平均误差在 10 cm 以内,具有良好的效果预测精度。图 5 是预测模型基本结构与用户界面。

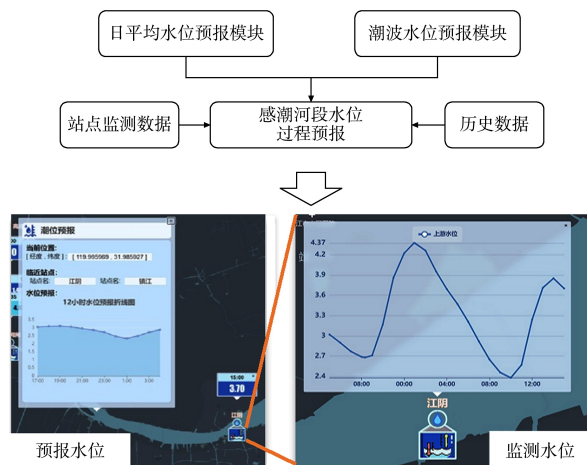


图 5 水位预报模型与界面

4 结语

1) 长江深水航道野外观测数据服务平台依托南京长江深水航道水沙环境与工程安全交通运输行

业野外科学观测研究基地进行建设,完成了历史资料的整合治理、实现了自动监测数据的接入与存储,支持第三方数据的聚合,形成了持续积累的数据库。

2) 平台系统按照3层结构进行开发建设,通过服务接口连接数据存储层和应用系统层,服务接口层提供地理信息服务、通用查询服务、水位预报等服务功能。

3) 在数据和服务接口基础上,系统开发了多个专题应用系统,包括数据门户应用、水运一张图应用、工程专题应用、监测大屏应用和水位预测应用。专题应用提供专业的使用界面,实现数据共享、水运信息聚合浏览和工程信息对比展示等功能,更好地发挥数据价值。

参考文献:

- [1] 刘怀汉,杨胜发,曹民雄.长江黄金航道整治技术研究构想与展望[J].工程科学与技术,2017,49(2):17-27.
- [2] 赵德招.长江南京以下沿江港口对12.5 m深水航道的效益响应[J].水运工程,2019(6):8-14.
- [3] 刘德进,杜璐,曲俐俐.长江深水航道整治技术研究及发展[J].海岸工程,2022,41(4):351-373.
- [4] 曹民雄,汪路瑶,申霞,等.长江南京以下12.5 m深水航道工程的技术难点与建设特点分析[J].水运工程,2019(10):1-8.
- [5] 夏云峰,徐华,闻云呈,等.长江福姜沙、通州沙和白茆沙河段深水航道整治关键技术[M].北京:人民交通出版社股份有限公司,2015.
- [6] 闻云呈,夏云峰,吴道文,等.长江南京以下12.5 m深水航道一期工程总平面方案优化[J].水运工程,2015(2):202-212.
- [7] 杜德军,夏云峰,吴道文,等.通州沙西水道整治对12.5 m深水航道影响研究及对策分析[J].水运工程,2014(8):101-106,118.
- [8] 徐华,刘桂平,吴道文,等.潮汐多汊河段滩槽水沙交换特性研究与应用:以长江通州沙河段为例[J].人民长江,2015,46(7):12-15,25.
- [9] 促进大数据发展行动纲要.中国政府网[EB/OL].(2015-09-05)[2023-11-10]https://www.gov.cn/zhengce/content/2015-09/05/content_10137.htm.
- [10] 郭华东.科学大数:国家大数据战略的基石[J].中国科学院院刊,2018,33(8):768-773.
- [11] LIU W J. Government information sharing: Principles, practice, and problems: An international perspective[J]. Government information quarterly, 2010, 28(3): 363-373.
- [12] 王瑞丹,高孟绪,石蕾,等.对大数据背景下科学数据开放共享的研究与思考[J].中国科技资源导刊,2020,52(1):1-5,26.
- [13] 王卷乐,石蕾,王玉洁,等.科学数据汇聚的模式分析及对我国的发展建议[J].地球科学进展,2020,35(8):839-847.
- [14] 肖志远,陈雅莉,陈春华.面向Web的长江水文数据“一站式”服务系统[J].人民长江,2018,49(12):111-116.
- [15] 杨雅萍,王伟,白燕,等.国家地球系统科学数据中心发展与实践[J].农业大数据学报,2019,1(4):5-13.
- [16] 杨雅萍,姜侯,孙九林.科学数据共享实践:以国家地球系统科学数据中心为例[J].地球信息科学学报,2020,22(6):1358-1369.
- [17] 王卷乐,王玉洁,张敏,等.2020年地球数据科学与共享热点回眸[J].科技导报,2021,39(1):105-114.

(本文编辑 王传瑜)

(上接第196页)

- [3] 李志松,吴卫,陈虹,等.内河航道中船行波在岸坡爬高的数值模拟[J].水动力学研究与进展(A辑),2016,31(5):556-566.
- [4] 潘宝雄.波浪作用下护面块体稳定重量的探讨[J].水利水运科学研究,1983(4):82-95.
- [5] 李贺青,柳玉良.斜坡堤护面块体的安全度分析[J].水运工程,2014(3):13-17.
- [6] 交通运输部规划研究院.平陆运河(兰海高速钦江大桥以下段)工程环境影响报告书(征求意见稿)[R].北京:交通运输部规划研究院,2022.
- [7] 吴惠宇.自由面格林函数与船行波的实用解析近似研究[D].上海:上海交通大学,2019.
- [8] 中交第一航务工程勘察设计院有限公司.防波堤与护岸设计规范:JTS 154—2018[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2018.

(本文编辑 王璁)