

基于 WebGIS 的南海区海底电缆管道 信息管理系统设计与开发

周海英^{1,2}, 王蕾^{1,2}, 马华栋^{1,2}, 刘胜文^{1,2}, 邵先成^{1,2}

(1. 国家海洋局南海信息中心 广州 510310;

2. 自然资源部海洋环境探测技术与应用重点实验室 广州 510310)

摘要:为促进我国海底电缆管道工程建设的高质量发展,文章基于相关业务需求和框架技术,设计与开发南海区海底电缆管道信息管理系统。研究结果表明:南海区海底电缆管道信息管理系统主要包括项目审批、项目监管、数据管理、综合展示、统计分析和后台管理 6 个模块,实现海底电缆管道审批流程标准化、审批过程信息化、线上和线下监管一体化、空间数据可视化以及综合统计分析图表化等功能,可为海底电缆管道审批全过程管理和建设全过程监管提供全面的技术支撑和辅助决策支持。

关键词:海底电缆管道;审批流程;全过程监管;数据库;可视化

中图分类号:P756.1;P756.2;G203

文献标志码:A

文章编号:1005-9857(2022)06-0098-05

Design and Development of Submarine Cable and Pipeline Information Management System in South China Sea Based on WebGIS

ZHOU Haiying^{1,2}, WANG Lei^{1,2}, MA Huadong^{1,2}, LIU Shengwen^{1,2}, SHAO Xiancheng^{1,2}

(1. South China Sea Information Center, SOA, Guangzhou 510310, China;

2. Key Laboratory of Marine Environmental Detection Technology and Application, MNR, Guangzhou 510310, China)

Abstract: In order to promote the high-quality development of submarine cable and pipeline engineering construction in China, this paper designed and developed the submarine cable and pipeline information management system in the South China Sea based on relevant business requirements and framework technology. The results showed that the South China Sea submarine cable and pipeline information management system mainly included 6 modules: project approval, project supervision, data management, comprehensive display, statistical analysis and background management. It realized the functions of standardization of submarine cable and pipeline approval process, informatization of approval process, integration of online and offline supervision, visualization of spatial data and chartization of comprehensive statistical analysis. It could provide comprehensive technical support and auxiliary decision support for the whole process management of submarine cable and pipeline approval and the whole process supervision of construction.

收稿日期:2021-11-10;修订日期:2022-05-06

作者简介:周海英,研究方向为海洋资源管理与开发利用

Keywords: Submarine cable and pipeline, Approval process, Whole process supervision, Database, Visualization

0 引言

海底电缆管道是解决海上水电和油气等资源长距离输送的重要海底基础设施^[1]。我国海上风能和石油化学能等资源丰富,国家“十三五”和“十四五”规划都明确提出大力进行海上风电和海上油气等资源的开发,海底电缆管道为海上资源的高效开发利用提供重要支撑和保障^[2]。随着海上风电和海上油气等国家重点开发项目的推进,海底电缆管道从数量和长度上都取得显著成果^[3],各类海底电缆管道密集布置并相互影响,亟须设计和开发海底电缆管道信息管理系统,实现对海底电缆管道数据集成和铺设审批的全过程监管,为相关决策提供技术支持。

目前关于海底电缆管道信息管理的研究不多。谭萌等^[4]基于 World Wind 三维地理信息平台,采用 B/S 软件设计架构,开发查询、统计和管理一体化的海底电缆管道业务管理综合信息系统;王佳润^[5]采用光纤传感、OPC 接口和数据库等技术设计海底电缆综合监测平台,可及时监测海底电缆的故障并定位故障点;王新新等^[6]采用面向服务的软件架构、模型驱动的系统设计和开发以及 MVC 技术框架等关键技术,实现海上油气平台和海底电缆管道数据的标准化、共享化以及二、三维可视化等功能。已有文献对海底电缆管道审批全过程管理和建设全过程监管的研究不够全面,存在对海底电缆管道铺设流程不清晰以及对海底电缆管道“未批先建”情况监管不到位等问题。

本研究根据南海区海底电缆管道业务工作实际,设计和开发基于 WebGIS 的南海区海底电缆管道信息管理系统,借助信息化手段梳理海底电缆管道审批流程,开展线上和线下一体化监管,为主管部门决策提供技术支持,统筹推进南海区海底电缆管道审批管理和建设监管工作。

1 系统建设思路

1.1 建设需求

海底电缆管道审批流程主要包括选划、勘察、

铺设、备案和变更。南海区海底电缆管道信息管理系统以海洋基础地理信息、海洋功能区划和海底电缆管道审批等相关数据为基础,以具备易用性、实用性和安全性为原则,以海底电缆管道审批为主线,按照海底电缆管道审批全过程管理和建设全过程监管 2 个业务方向进行设计与开发(图 1)。

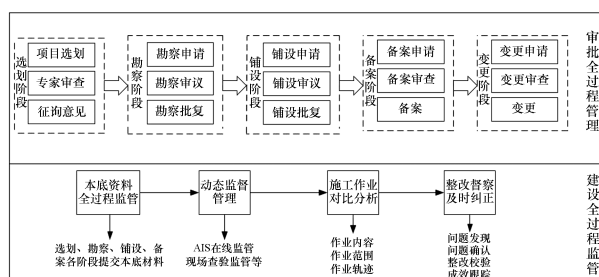


图 1 系统建设需求

其中,海底电缆管道审批全过程管理针对海底电缆管道审批中的选划、勘察、铺设、备案和变更等各阶段制定标准数据规范和制度规范,并对相关数据的录入、存储和审核等进行全过程流转管理;海底电缆管道建设全过程监管针对海底电缆管道建设全过程尤其是勘察、施工和运营阶段进行持续性监管,采用 AIS 在线监管和现场查验监管相结合的线上和线下一体化的监管方式,对于违规建设的企业进行整改督查并持续追踪。

1.2 建设内容

系统建设内容主要包括数据建库和平台开发。

(1)数据建库。设计海底电缆管道的路由勘察、铺设施工、维修改造和废弃、综合管理、数据监管和后台管理等数据库表结构;整理现有海底电缆管道的原始数据、审批数据和监管数据等,并进行数据格式转换、数据清洗和数据融合等处理,根据统一的建库标准实现现有海底电缆管道数据的统一入库和综合管理,并实现后续海底电缆管道相关数据的有序入库。

(2)平台开发。基于计算机和 WebGIS 等技术,设计集数据管理、数据审批、数据展示和数据监管等功能于一体的南海区海底电缆管道信息管理

系统,开发项目审批、项目监管、数据管理、综合展示、统计分析和后台管理等功能,为海底电缆管道主管部门的决策提供可视化支撑。

2 系统设计

2.1 总体架构

南海区海底电缆管道信息管理系统以南海区海底电缆管道监管职能为指导,设计与开发海底电缆管道审批全过程管理和建设全过程监管平台,为相关主管部门的决策提供信息化技术支撑(图2)。

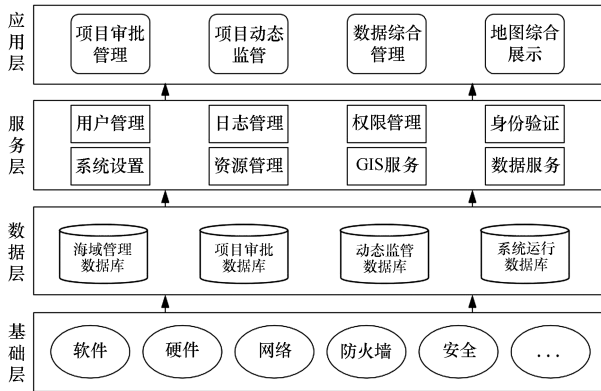


图2 系统总体架构

南海区海底电缆管道信息管理系统分为基础层、数据层、服务层和应用层。①基础层统一管理、按需分配和集中调用系统的各项基础设施资源,做到资源利用最大化;②数据层采用高效的数据访问和存储技术,集聚海域管理、项目审批、动态监管和系统运行等众多资源,为整个系统的数据互通和数据流转提供统一的数据支撑;③服务层通过GIS服务等为系统各项功能的应用提供服务支撑;④应用层通过项目审批管理、项目动态监管、数据综合管理和地图综合展示等功能,为海底电缆管道审批全过程管理和建设全过程监管提供应用平台。

2.2 开发框架

南海区海底电缆管道信息管理系统采用前、后端分离的MVVM软件架构模式和B/S系统架构。其中,后端开发采用Spring Boot框架,该框架在Spring框架的基础上使用特定的方法进行配置,简化开发过程中的繁琐配置^[7-8];前端开发采用Vue.js框架,该框架能够更好地处理页面交互和渲染。

数据库采用Oracle12c数据库系统。二维地图开发采用Open Layers平台,该平台是轻量级的开源WebGIS开发平台,具有操作简单、成本低廉和支持多种格式地图等特点^[9];三维地图开发采用Cesium平台,该平台是基于WebGL的开源引擎,具有无插件、可跨平台开发和支持多种格式地理空间数据等特点,在三维可视化领域的应用非常广泛^[10-12]。

2.3 数据库设计

数据是南海区海底电缆管道信息管理系统的核心。海底电缆管道审批和建设涉及数据种类繁多,须对不同类型的数据进行清洗加工、分类组合和入库处理。

模块化建库有助于数据的更新、检索、管理和维护。根据数据类型和数据结构特性,将系统数据库分为路由勘察库、铺设施工库、维修改造和废弃库、综合管理库、数据监管库和后台管理库,各数据库既相互独立又相互关联。①路由勘察库主要包括路由勘察的基本申请信息、线路空间位置信息、批复材料信息和勘察成果信息,其中勘察成果信息通常包括地形地貌测量、浅地层剖面测量、底质取样、工程钻探和水文气象调查等;②铺设施工库主要包括铺设施工的基本申请信息、线路空间位置信息、批复材料信息和完工备案信息,其中完工备案信息通常包括铺设线路的真实坐标图表和所在区域水深等水文信息;③维修改造和废弃库主要包括维修改造和废弃的基本申请信息、空间位置信息和完工备案信息;④综合管理库存储已经审批并铺设完成的海底电缆管道数据,主要包括海底电缆管道的审批信息(基本申请信息、各阶段批准文号和相关附件等)、所有者信息、施工单位信息、施工船舶信息和空间位置信息;⑤数据监管库存储内、外业一体化监管的相关数据,其中内业监管数据主要包括施工单位上交的施工材料信息和AIS船位轨迹信息,外业监管数据主要包括登陆点监管信息和登船监管信息;⑥后台管理库是保障系统正常运行的基础数据库,主要包括用户基本信息、权限管理信息和操作日志信息。

3 系统功能

南海区海底电缆管道信息管理系统主要包括

项目审批、项目监管、数据管理、综合展示、统计分析和后台管理六大功能模块。其中,项目审批模块包括海底电缆管道选划至变更的审批全过程;项目监管模块包括基于 AIS 和现场查验的线上和线下一体化监管;数据管理模块主要对海域管理数据、项目管理数据和监管数据等进行管理;综合展示模块基于 WebGIS 等技术实现海底电缆管道相关数据的二、三维可视化展示;统计分析模块主要对海底电缆管道相关数据进行汇总统计,并以丰富的图表进行展示,便于主管部门实时掌握情况并做出科学决策;后台管理模块主要对系统用户信息、用户权限信息和操作日志信息等进行管理,保障整个系统的安全和平稳运行。

3.1 项目审批

项目审批主要包括选划、勘察、铺设、备案和变更 5 个阶段。

(1)选划。海底电缆管道审批前须对其所属区域进行选划,确定该区域处于可用状态且与其他项目不冲突。主管部门受理作业单位的项目选划申请后,会同有关专家召开桌面报告审查会,经审查通过并征询相关单位意见取得协调一致后,出具同意项目选划的批复。

(2)勘察。主管部门受理作业单位的路由勘察申请后,经专家审查和会议审议通过,出具同意路由勘察的批复,并明确路由勘察的时间、范围、船舶和主要内容等信息。作业单位在路由勘察结束后须及时将地形地貌测量、浅地层剖面测量、底质取样、工程钻探和水文气象调查等成果数据上报至主管部门。南海区海底电缆管道信息管理系统可实现海量多源异构勘察数据的存储、管理和三维可视化。

(3)铺设。主管部门接收作业单位提交的路由勘察报告以及相关海洋勘察的原始数据和成果数据后,经综合审查和会议审议通过,出具同意铺设施工的批复,明确铺设施工的时间、范围和船舶等信息,并对铺设施工过程中涉及的海岸线保护和海洋生态环境保护提出具体要求。

(4)备案。海底电缆管道铺设施工完毕后,作业单位须将海底电缆管道的相关说明材料上报主

管部门备案,如铺设线路的真实坐标图表和所在区域水深等信息。

(5)变更。对海底电缆管道实施维修改造和废弃等状态变更作业,须根据不同类型分别处理。

①维修改造:主管部门受理作业单位的维修改造申请并进行审查。若改动较小,则直接变更注册备案信息;若改动较大,则须重新进行路由勘察审议。

②废弃:主管部门受理作业单位的废弃申请并审查通过后,作业单位实施废弃操作并提交报告。

3.2 项目监管

海底电缆管道建设监管贯穿于海底电缆管道申请、审批、施工、完工和运营的全过程。南海区海底电缆管道信息管理系统基于 AIS 和现场查验实现线上和线下一体化监管。

(1)AIS 在线监管。在勘察申请和铺设申请阶段,作业单位须提交一系列相关信息。主管部门在接收相关信息后即开展 AIS 在线监管,通过路由和船舶空间位置的叠加情况,对疑似“未批先建”的违规行为进行分类定级。①高度疑似:当勘察和铺设船舶在路由区域驻留超过 7 d 时,须立即开展现场查验监管辅助判断;②疑似:当勘察和铺设船舶在路由区域驻留超过 1 d 但未达 7 d 时,须密切关注勘察和铺设船舶,并与作业单位沟通;③轻度疑似:当勘察和铺设船舶在路由区域驻留 1 d 以内或短暂通过时,须密切关注勘察和铺设船舶。

(2)现场查验监管。现场查验监管包括登陆点监管和登船监管 2 个类型:①登陆点监管通常采取现场踏勘、测量定位、拍摄取证和调查问询等方式,主要核实登陆点位置是否偏移、是否“未批先建”以及是否破坏自然岸线和海洋生态环境等情况,并做好文字、照片和视频等形式的记录;②登船监管须登船定位和查验作业范围是否与批复相一致,查验船舶的作业方式和作业内容是否与批复相一致,并对实际作业情况进行拍摄取证,重点监管船舶是否开展批复内容以外的作业活动。

3.3 数据管理

数据管理模块支持对海域管理数据、项目管理数据和监管数据进行集中和统一的浏览、查询、统计、展示和管理。其中,海域管理数据主要包括海

洋功能区划和生态红线;项目管理数据主要包括实际用海坐标、保护措施、维修和事故记录以及相应审批情况;监管数据主要包括贯穿于海底电缆管道建设全过程的各项监管文件,如受理文书、专家审查意见、会议审议结论、批复、检查通知书、行政处罚决定书和整改意见书。

3.4 综合展示

南海区海底电缆管道信息管理系统基于 Open Layers 二维平台,将海底电缆管道审批各阶段的空间位置和属性信息进行定制化分层并在地图上叠加,为主管部门提供可视化数据支撑。其中,海底电缆管道路由勘察成果主要包括侧扫数据、钻孔数据、浅剖数据、底质数据和水深数据,为更直观地展示海底电缆管道路由勘察数据,南海区海底电缆管道信息管理系统基于 Cesium 三维平台将路由勘察数据加载到系统中并实现三维可视化(图 3)。

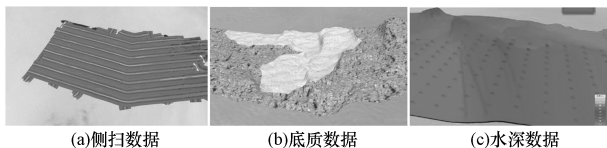


图 3 海底电缆管道综合展示的三维可视化效果

3.5 统计分析

统计分析模块支持对海底电缆管道相关数据进行汇总,在不同统计指标下对数据进行统计,并以丰富的图表进行展示,包括海底电缆管道审批各阶段的申请数量、审批数量和批复数量,受理情况、审查和审议情况和批复情况,以及审批时长和审批通过率等。

此外,该模块支持柱状图、条形图、折线图和饼图等形式的图表联动和动态切换以及控件联动、信息详情浮动和可视化分析等操作,并提供图表打印和导出功能,为主管部门的科学决策提供精准和清晰的数据支撑。

3.6 后台管理

后台管理模块包括系统用户管理、用户权限管理和操作日志管理,保障整个系统的稳定运行,同时保障各级用户按照相应权限有序参与海底电缆管道审批全过程管理和建设全过程监管的各项工作。

4 结语

本研究设计与开发的南海区海底电缆管道信息管理系统通过项目审批、项目监管、数据管理、综合展示、统计分析和后台管理 6 个模块,实现海底电缆管道审批流程标准化、审批过程信息化、线上和线下监管一体化、空间数据可视化和综合统计分析图表化等功能,为海底电缆管道审批全过程管理和建设全过程监管提供全面的技术支撑和辅助决策支持,有利于强化南海区海底电缆管道审批管理和建设监管机制,有效提升用海信息归集的覆盖率和完备率。

参考文献

- [1] 黄潘阳,来向华,胡涛骏,等.海底电缆管道廊道规划初步构想[J].海洋开发与管理,2020,37(3):8-11.
- [2] 张震,唐伟,段康泓,等.海洋石油天然气管道保护条例立法问题探究[J].海洋开发与管理,2015,32(9):40-44.
- [3] 张彦昌,郑佳.海底管线调查综合物探作业方法研究[J].海洋技术,2010,29(1):78-81.
- [4] 谭萌,王金磊,杨丽芬,等.基于 World Wind Java 的海底电缆管道业务管理信息系统设计与实现[J].海岸工程,2015,34(2):81-88.
- [5] 王佳润.海底电缆综合监测平台设计与应用[J].技术前沿,2021(7):166-167.
- [6] 王新新,宋德瑞,赵建华,等.海上油气平台和海底电缆管道信息化系统的设计与应用[J].海洋开发与管理,2018,35(8):86-90.
- [7] 陈涛,叶荣华.基于 Spring Boot 和 Mongo DB 的数据持久化框架研究[J].电脑与电信,2016(1):71-74.
- [8] REDDY K S P. Beginning spring boot 2 [M]. Berkeley: Apress,2017.
- [9] 李明建.基于 Open Layers 的突出事故报警系统设计与实现[J].煤炭工程,2017,49(5):27-30.
- [10] 蔡周平.基于 Cesium 的三维智慧社区开发[J].北京测绘,2020,34(2):160-163.
- [11] 马洪成,张玉驹,刘为民.基于开源 Cesium 框架的智慧街道三维可视化平台的研究与应用[J].测绘与空间地理信息,2019,42(8):121-123.
- [12] 刘绮姮,关月芝,李可欣,等.基于 B/S 架构的广东省海岛保护管理信息平台建设[J].海洋开发与管理,2021,38(8):31-35.