



内河航运工程 GIS 平台建设技术与应用

王俊刚, 卢军民

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 京杭运河黄河以北复航工程涉及山东、河北、天津、北京 4 个省市, 线路长度 800 km, 建设周期 5~10 a。项目研究过程中存在资料庞杂、规划方案变更及参建各方人员变动等情况, 传统的设计与管理软件难以实现多源数据的融合及各阶段数据的有效利用。介绍了一种基于三维 GIS 技术解决上述问题的方法及其应用场景, 该内河航运工程规划设计软件平台将模型数据、影像数据、矢量数据、属性数据和设计文件进行集成, 实现规划设计一体化地理大数据管理, 实现信息的快速查询与统计分析、数据的共享等。对平台建设过程中的技术及规划阶段设计者关注的功能点进行阐述, 为 GIS 技术在水运行业应用提供可借鉴的方法与思路。

关键词: 地理信息系统; 三维实景; 轻量化; 多源数据

中图分类号: U 612

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2021)10-0341-06

Technology and application of GIS platform construction for inland water transportation engineering

WANG Jun-gang, LU Jun-min

(CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China)

Abstract: The resumption project of the Beijing-Hangzhou Grand Canal to the north of the Yellow River, involves Shandong, Hebei, Tianjin and Beijing, with a length of 800 km and a construction period of 5~10 a. In the process of project research, there are complicated data, planning scheme changes and personnel changes of all parties involved in the construction, etc., so it is difficult for traditional design and management software to achieve the integration of multi-source data and the effective use of data at various stages. The paper introduces a method and its application scenarios to solve the above problems based on 3D GIS technology. The planning and design software platform of inland waterway project integrates model data, image data, vector data, attribute data and design files to realize management integration of geographic big data in planning and design stage, realizes the rapid query and statistical analysis of information, data sharing, etc. This paper expounds the technologies in the process of platform construction and functions that designers pay attention to in the planning stage to provide reference methods and thoughts for the application of GIS technology in the water transportation industry.

Keywords: GIS; 3D scene model; lightweight; multi-source data

“十四五”规划以来内河治理与开发速度加快, 围绕智慧航道、绿色航道、水运信息化方面取得大量成果, 如“数字港口”三维可视化系统^[1]、长江电子航道图生产管理系统等^[2]。内河

航运管理系统往往根据项目需求独立建设, 采用的数据库建设软件多种多样, 导致数据标准难以统一、运行管理效率不高^[3]。在针对京杭大运河黄河以北复航工程的前期研究中发现, 目前内河

收稿日期: 2021-06-08

作者简介: 王俊刚(1984—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事摄影测量、GIS等工作。

航运工程信息化建设和应用仍存在一定的局限性，主要表现在以下几个方面：1)数据量较大，数据加载和渲染效果差；2)受规划方案变更及参建各方人员变动等情况影响，基础数据现时性差、内容不完整，历史数据资料的信息化管理薄弱；3)项目独立建设，数据标准各异，数据共享程度低；4)目前主要采用 CAD 进行相关规划设计和资料管理，无法实现多源数据的融合及数据的有效利用。

利用 GIS+BIM 技术辅助项目生产已经在市政交通工程中得到广泛应用^[4]。BIM 关注正向设计、细颗粒度；GIS 关注现有地理环境的孪生与再现，地理信息与设计信息的融合、交互、分析。发挥各自优势，可以使交通行业全生命可视化管理成

为可能。水运行业 GIS 技术已经应用在智慧航道、船舶调度、航运动态监测和导航等领域。本文从 GIS 平台总体设计架构、数据存储及数据发布出发，依据规划设计项目的生产特点、京杭运河黄河以北复航工程规划要求，介绍了内河航运 GIS 平台的设计思路。

1 系统设计

1.1 总体框架设计

内河航运工程 GIS 平台基于安全、高效和稳定的软硬件基础设施运行环境，采用标准的体系结构^[5]，分为基础设施层、数据层、平台支撑层、应用层、用户层，见图 1。



图 1 系统架构

1)基础设施层。系统平台的运行环境所需的软硬件设施，包含网络设备、服务器、存储设备、安全运行环境、输入/输出终端。

2)数据层。项目生产过程中的多源数据，根据统一的数据标准，将栅格数据、矢量数据、文本文件、照片及视频文件进行分类存储，构建数

据服务中间件，为上层提供统一的数据服务接口。

3)平台支撑层。本研究以 Skyline 三维 GIS 软件作为开发平台，采用微服务技术，实现平台的基础服务精细划分，采用中间件技术实现微服务的逻辑封装，实现应用层功能模块开发的积木式

封装, 提高平台的灵活性。

4)应用层。根据业务需求, 开发相应的功能, 包括浏览展示、空间分析、查询定位、方案设计、方案对比、项目管理等功能模块。

1.2 系统功能设计

平台功能一级菜单主要包括基本功能、查询功能、分析功能、工具、系统设置和项目管理6 个

模块, 见图 2。1)基本功能模块实现多源数据的加载和显示。2)查询功能模块实现项目统计和空间范围查询。3)分析模块实现地形剖面分析、选线分析和方案对比分析等功能。4)工具模块实现常用三维绘制和量算功能。5)系统设置实现系统主题设置等功能。6)项目管理模块实现项目全过程资料 and 人员的管理等。

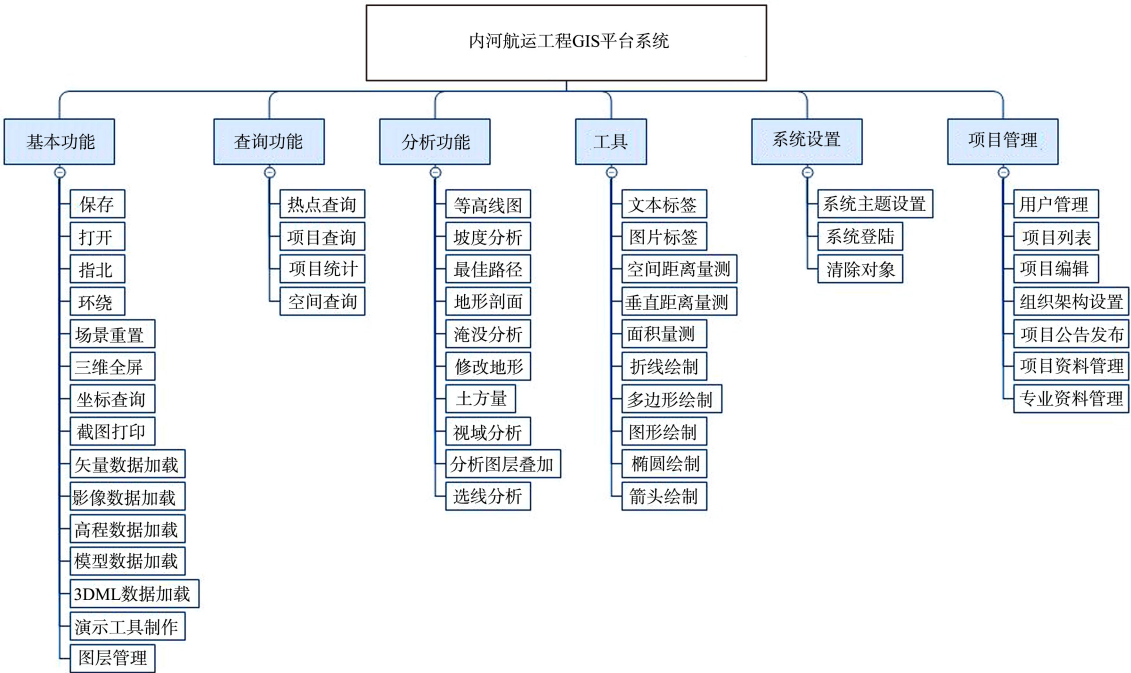


图 2 内河航运工程 GIS 平台功能模块设计

2 系统开发的关键技术

2.1 多源数据混合存储技术

内河航运工程数据包括地形地貌、遥感影像、三维实景、数字高程模型、水系、水文、经济、项目成果等多专业成果, 数据类型涉及 shp 矢量、栅格、表格、瓦片、文件、图片及视频等, 表现为数据多源、多类型、多时序、海量数据等显著的大数据特征。需要充分结合内河航运工程数据特点、管理特点、应用特点, 从数据存储模式、数据管理模式等多个层面进行综合设计(图 3), 以实现多源数据融合、快速稳定数据加载和高效

数据管理。本文采用 SAN+NAS 的混合存储模式, 采用 SAN 实现高频调用数据的存储, 利用 NAS 进行大数据量、低频调取数据的存储。同时根据不同数据类型的特点, 综合采用关系型数据库、空间数据库、NoSQL 数据库、文件数据库等多种存储技术, 隐藏数据的存取细节, 向用户提供统一的访问接口。在满足数据存储要求的情况下, 最大优化数据的存储效率, 并最小化存储成本, 实现时空数据资源的统一高效存储和一体化管理, 确保数据应用高性能及高并发。

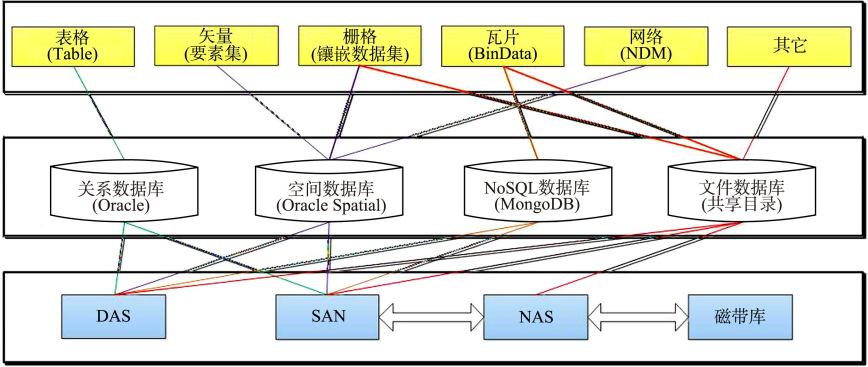


图 3 多源数据混合存储模型

2.2 基于分布式的矢量/栅格瓦片服务存储技术

为了实现以矢量/栅格瓦片技术为基础的地图服务具有高效的瓦片检索和存取效率，采用分布式并行数据计算和处理技术，基于 Map/Reduce (分布式计算) 技术模型实现时空数据的分析处理。在数据计算过程中，Map 操作在集群中的每个阶段进行执行，操作的数据对象主要为分布式文件系统在各节点的数据，Reduce 操作则是在集群中部分节点对 Map 操作的结果进行运算以得到最终结果。部署架构见图 4。

例，按矢量瓦片分层级别对矢量元素显示进行抽稀和化简，构建矢量瓦片 LOD 模型，并将 LOD 模型的要素信息和属性信息保存到空间索引对应级别的索引节点中，存放在非关系型的 MongDB 数据库中 (图 5)。在瓦片数据检索的过程中，快速将视图区域的要素坐标转化为整数瓦片坐标^[6]，并通过空间索引快速检索对应的瓦片 LOD 模型和属性信息。采用矢量瓦片技术能够在提高要素对象渲染效率的同时，实现要素属性的查询和筛选，并且能够根据服务端渲染方案的配置实现 Web 前端符号可视化效果的随意切换。

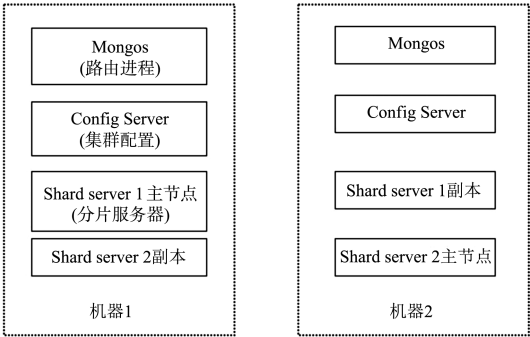


图 4 MongoDB 部署架构

2.3 矢量瓦片轻量化技术

针对内河航运工程大量的矢量地图数据服务需求，本系统采用矢量瓦片技术满足平台信息高效查询和综合分析的需求，并基于视觉综合分级构建矢量瓦片的 LOD 模型和空间索引，在满足视觉的同时，降低数据存储量，提高检索和渲染效率。

系统采用特定算法，按照视图显示地图的比

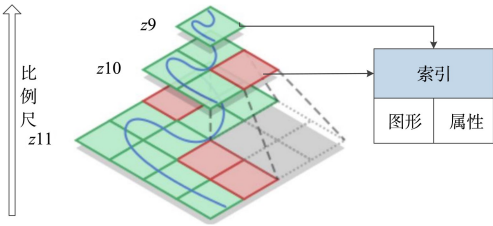


图 5 矢量索引构建

3 系统应用

3.1 项目管理模块

根据设计院项目生产流程，项目立项、下达任务、安排项目参与人员、校核、审核、提交成果全环节在平台上快速流转。系统平台设置管理员、主管院总、主管所长、主管所总、项目经理、各专业负责人，对项目实行多级管理，同时对各级用户设定不同的项目权限，实现项目进度、中间文件流转、基础资料上传与下载的一体化管理。

创建的每一个工程文件都具有空间位置属性, 可用于项目空间索引和分析、可视化展示、图与表互查等操作。

此项功能模块解决了规划前期资料庞杂、受

规划方案变更及参建各方人员变动等情况影响资料现时性不足问题, 同时也解决了基础数据体系、内容不完整, 历史数据资料的信息化管理薄弱的问题。项目管理模块见图 6。

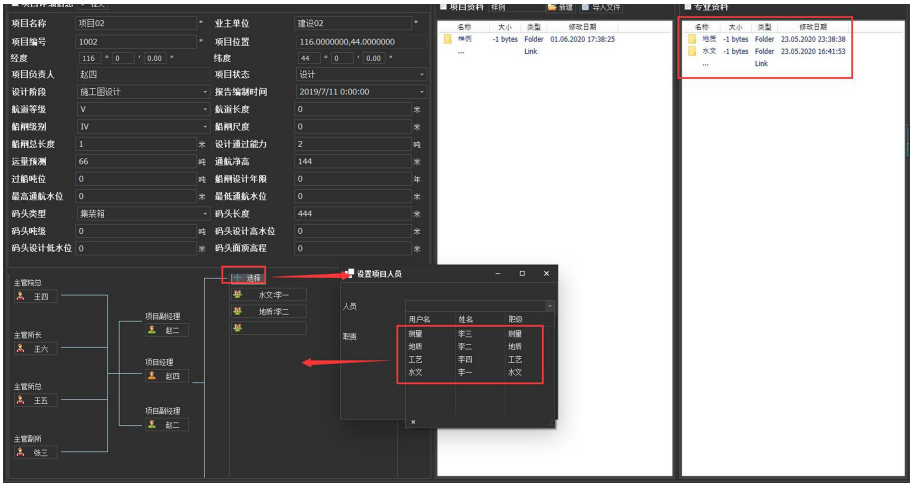


图 6 项目管理模块

3.2 三维实景的可视化展示

将获取的正射影像(DOM)、数字高程(DEM)、倾斜实景模型、激光点云数据等多源数据进行有

序整合, 还原真实的三维可视化场景(图 7), 建立多源数据组成的时空数据共享平台。

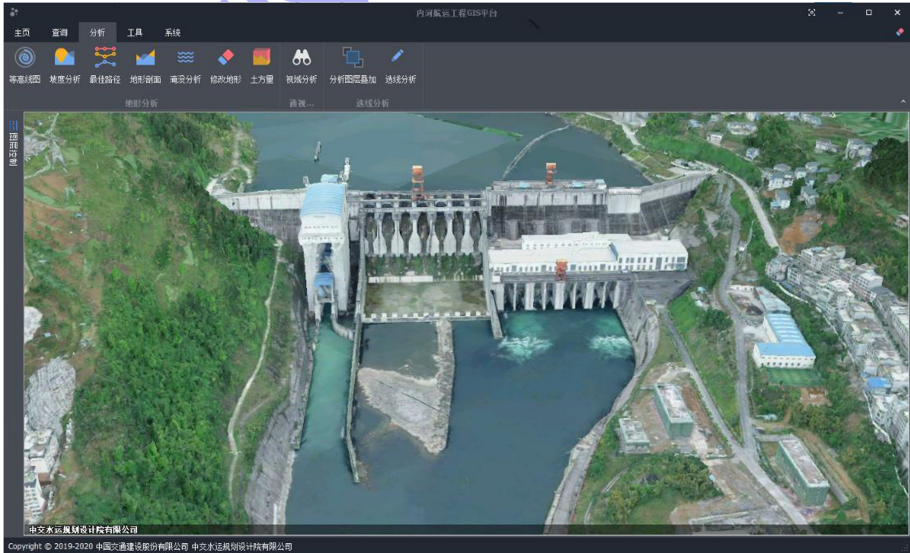


图 7 三维实景的可视化展示

3.3 CAD 设计成果的三维可视化显示

由于规划阶段没有 BIM 模型，设计基本采用 CAD 进行线划图设计，表达设计成果不够直观。

本系统创建一套对设计资料可视化及规范化导入程序，可以实现在真实三维环境中展示设计成果（图 8），对设计成果进行优化。

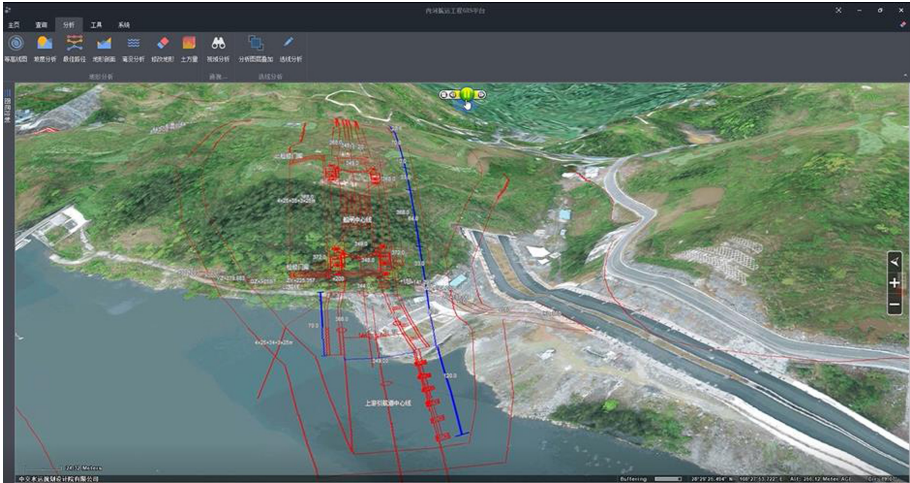


图 8 设计资料的三维可视化显示

3.4 建设方案的三维可视化设计

多源数据建立的数字孪生场景是一个公用平台，各个专业及项目相关方可以在三维可视化环境中，将规划设计方案进行场地布置模拟，进行多方案对比分析，进一步提高决策分析水平。本

系统采用 C/S 架构，各个专业人员均可在三维环境中展示自己的专业成果，同时可以了解其他配套专业设计成果，三维环境提供了创造性的设计条件。该功能解决了数据共享问题。建设方案的可视化显示见图 9。

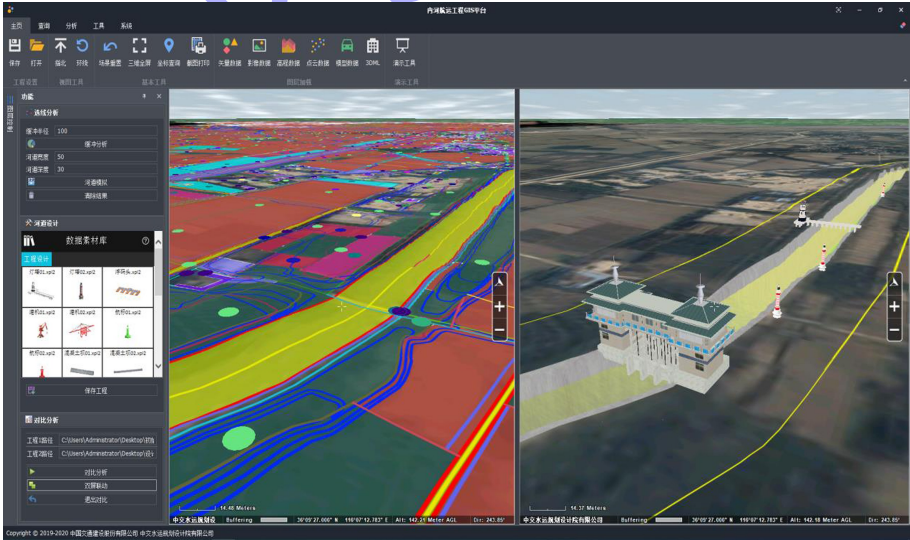


图 9 建设方案的可视化显示

4 结语

1) 本系统选用 SAN+NAS 的混合存储模式，按使用频率、大小分类存储数据，采用关系型数据库、空间数据库、NoSQL 数据库、文件数据库等

多种存储技术，实现数据的轻量化和快速访问。对矢量瓦片分层级抽稀，构建 LOD 模型，并在索引构建过程中对要素轻量化处理，提高实时渲染速度。（下转第 385 页）