

# 长江江苏段水利实景三维构建研究

冯俊<sup>1</sup>, 施建明<sup>1</sup>, 姜原<sup>1</sup>, 周旭<sup>2</sup>

(1. 江苏省防汛防旱抢险中心, 江苏 南京 211500; 2. 江苏科图测绘技术有限公司, 江苏 南京 211899)

**摘要:**充分利用地理信息、三维仿真、地图服务和时空数据库等技术,基于Cesium开源引擎,构建长江江苏段地形级实景三维场景,形成交互式水利专题三维电子沙盘系统,整合长江江苏段行政区划、管理范围、开发利用、水利设施等信息,展示与分析长江江苏段的环境保护、资源开发、排污取水、巡查整治等情况,同时实时接入水质监测信息,实现水质监测信息的时空化表达,对江苏省各类水利管理工作起到技术支撑作用。

**关键词:**地图服务; 时空关联; 信息融合

中图分类号:TV317.1

文献标识码:A

文章编号:1007-7839(2022)Sup1-0040-05

## Study on 3D construction of water conservancy real scene in Jiangsu Section of the Yangtze River

FENG Jun<sup>1</sup>, SHI Jianming<sup>1</sup>, JIANG Yan<sup>1</sup>, ZHOU Xu<sup>2</sup>

(1. Jiangsu Provincial Flood Control and Drought Relief Center, Nanjing 211500, China;

2. Jiangsu Ketu Mapping and Surveying Technology Co., Ltd., Nanjing 211899, China)

**Abstract:** Make full use of geographic information, 3D simulation, map service and spatio-temporal database and other technologies, based on the Cesium open source engine, to build a topographic-level 3D real scene in the Jiangsu Section of the Yangtze River, and form an interactive water conservancy special 3D electronic sand table system. The information on the administrative division, management scope, development and utilization, and water conservancy facilities of the Jiangsu Section of the Yangtze River is integrated, and the environmental protection, resource development, water discharge and extraction, inspection and remediation of the Jiangsu section of the Yangtze River are displayed and analyzed. The system also provides real-time access to water quality monitoring information, realizes the spatio-temporal representation of water quality monitoring information, and provides technical support for various water management work in Jiangsu Province.

**Key words:** map service; spatio-temporal correlation; information fusion

随着天地图江苏、实景三维江苏建设的深入推进,江苏已经实现了全省山水林田湖草等自然资源的时空化、数字化高精度三维场景展示,将实景三

维数据作为地理底板,叠加水利设施、排污口、取水口、开发利用、环境保护等相关信息,充分结合水利巡查、违法整治、水质监测等信息,形成水利长江江

收稿日期: 2022-05-23

收稿日期: 江苏省水利科技项目(2019058)

作者简介: 冯俊(1979—),男,高级工程师,本科,主要从事防汛抢险、河湖管理等。E-mail:108942044@qq.com

苏段三维一张图,为各级水利管理部门提供决策参考,增强水利信息化应用的现实性和时效性,满足决策者对各类时空信息状况快速掌握、辅助分析、综合研判等需求。

## 1 建设思路

根据长江流域江苏段实景三维一张图建设需求,充分利用长江流域江苏段三维地形、基础地理信息、遥感影像、其他模型等数据,集合长江江苏段各级水利管理相关业务信息,融入水质监测数据,基于分布式数据库、网络发布、三维重构和GIS相关技术,构建长江江苏段流域内的地理信息资源、设施资源、水网资源的管理系统以及各类监测信息的可视化动态展示与分析查询系统。

### 1.1 水利专题信息科学化管理

基于高精度长江流域数字化三维场景建设,有效管理各类水利专题信息,有效提升各类水利专题信息的使用效率,同时加快信息更新周期,实现专题信息管理的时空化、数字化、可视化、可扩展化,实现各类信息资源的优势互补、信息共享,为综合性决策提供依据,提升水利工作精细化管理<sup>[1]</sup>。

### 1.2 提升信息资源一数一源关联度

基于高精度长江流域数字化三维场景,将基础地理、水利专题、巡查业务、环境整治、各类监测等信息进行时空关联,进一步对现有数据组织存储体系进行升级与完善。与相关业务数据资源进行整合,构建各个信息资源之间关联关系、层次关系,进一步促进长江江苏段各类水利信息资源的整合与共享。

### 1.3 环境监测信息融入长江流域基础地理信息

依托长江流域江苏段高精度、地形级三维场景,实现各类环境监测信息的可视化管理与服务,为长江江苏段日常管护、执法巡查、水资源保护、水资源管理等提供决策支持服务,进一步推进江苏长江水利信息化发展水平。

## 2 技术路径

防汛抗旱、水资源管理和水资源监控等水利应用领域已经大量采用了二维电子地图服务,但普遍存在水利多源数据管理难、二维地图可视化效果差等问题,传统B/S架构二维地理信息方式已不能满足水利管理决策者需求。必须进一步借助数字化和信息化的手段,以地理信息数据库技术、网络技

术和3DGIS技术为支撑,基于空间数据和属性数据,构建长江流域江苏段地理时空信息库,包括基础地形、基础地理、遥感影像、水利专题等数据信息资料,通过信息资源服务发布,实现在线数据访问和离线(缓存方式)数据访问<sup>[2]</sup>。系统充分考虑后期的实用性、可靠性、安全性和先进性,主要技术路径如下:

### 2.1 基础数字准备

自然资源部发布的《实景三维中国建设技术大纲》中提出,实景三维空间数据主要包括数字高程模型(DEM)、数字正射影像(DOM)、倾斜摄影三维模型、激光点云等。

利用长江江苏段外扩50 km范围内的流域地形(DEM)数据、影像(DOM)数据,通过数据融合、分级处理、三维渲染,形成地形级实景三维场景数据,同时叠加行政区划数据(省、市界)、地名数据、河流湖泊、水利设施数据,实现各类水利专题数据的组织、加载和显示控制。

本次研究的长江江苏段实景三维图主要依靠长江江苏段流域地形(DEM)数据,这些数据能够反映长江江苏段两岸的地形特征,通过其可提取各种类型的地表形态信息,可得到等高线、坡度图、坡向图、立体透视图、立体景观图,并应用于制作Cesium三维数字场景。Cesium开源平台目前支持流式的、可视化的全球高程投影地形地势、水形数据,包括海洋、湖泊、河流、山峰、峡谷和其他能够被三维展示出来且效果比二维好的地形数据,能够更完善地将水利相关地形地貌还原出来,更好体现水利设施的特点与信息<sup>[3]</sup>。

### 2.2 高程模型切片

所有切片图块都采用“.terrain”作为文件后缀名,切片图块大小为254×254像素大小。切片数据采用的坐标系为CGCS2000大地坐标系(<SRS> EPSG:4490</SRS>),数字高程模型切片主要包括gdal和ctb两种方式,本次使用ctb处理后的地形数据,使用CTBZFileOutputStream(压缩)输出。

对于任意级别( $n$ ),该级别瓦片集的瓦片像素分辨率为 $units-per-pixel = 0.703125/2^n$ 。0级为覆盖全球的2个256×256像素大小(地理大小为180°×180°)的图块,其切片原点(Origin)为(-180,90)。

### 2.3 遥感影像切片

将各类影像数据通过数据融合,镶嵌成完整的区域影像图,将所有数据统一到CGCS2000大地坐标系,将切片原点(Origin)定义为(-180,90),采用

ARCGIS 软件统一进行切片处理,采用 JPG 与 PNG 混合模式,按照紧凑型文件类型进行切片,栅格压缩比为 75%,确保遥感影像发布后不失真。

## 2.4 数据服务发布

影像数据可通过 ArcGIS Server 发布,可支持 MapTile 数据访问地址格式,在 Cesium 开源平台中引用。数字高程模型数据发布需通过 nginx 实现网络服务,为应对数字高程模型数据的网络并发访问,可部署多台服务器实现服务反向代理,nginx 发布配置如下:

```
location /terrain {
    proxy_set_header Host $http_host;
    autoindex on;
    autoindex_exact_size on;
    autoindex_localtime on;
    add_header 'Access-Control-Allow-Origin' '*';
    add_header 'Access-Control-Allow-Credentials'
'true';
    alias E:/models/terrain/myterrain;
    location ~* \.terrain$ {undefined
        add_header Content-Encoding gzip;
        add_header 'Access-Control-Allow-Origin' '*';
        add_header 'Access-Control-Allow-Credentials'
'true'; }
}
```

## 2.5 数据服务聚合

所有数字高程、数字影像服务都采用在线图层服务形式,通过服务地址实现统一化管理与元数据匹配,在 Cesium 系统中实现数据服务的聚合管理与应用,满足实景三维一张图业务应用需求。

Cesium 主要支持的数字高程服务有:默认无高度,无须请求服务的普通椭球体地形模型(Ellipsoid Terrain Provider);最常用地形提供者,加载相关地

形数据服务模型(Cesium Terrain Provider);ArcGIS Server 发布的在线数字高程服务模型(ArcGIS Tiled Elevation Terrain Provider)。

Cesium 主要支持的数字影像服务有:ArcGIS Server 在线发布的遥感影像地图服务(ArcGIS Map Server Imagery Provider),支持 ArcGIS Online 和 Server 的相关服务;服务 WMTS1.0.0 规范的影像服务(Web Map Tile Service Imagery Provider),可实现天地图、谷歌图、百度图的接入。

此外,Cesium 还支持各类 ArcGIS Server 发布的矢量地图数据服务,OGC 标准的 WMS、WFS 服务。这些矢量数据主要是水利业务空间数据,具体包括水利普查数据、水文基础数据、水利工程数据、防汛抗旱数据、水资源管理数据、水资源监控数据、水环境治理数据和水生态文明数据等。

数字高程服务叠加数字影像服务,构架地形级实景三维数据场景,再叠加业务矢量地图数据服务,实现基础三维地理数据与水利业务矢量地图数据服务的聚合,满足多样化业务应用需求。

## 2.6 一张图业务应用搭建

根据各类水利信息管理业务需求,构建长江江苏段各类水利管理业务系统提供三维一张图数据库,实现各类信息资源分层管理,同时与其他相关业务数据库实现数据关联。

本次主要实现水质监测、水文监测等时空分布信息的可视化展示(图 1),站点基本信息查询和业务数据查询(图 2),提供一张图资源数据库的属性查询、数据分析、数据统计以及时空数据重叠分占压分析。

在一张图业务应用搭建中,将进一步提升系统开放性和扩展性,为系统后期 GIS 应用拓展提供开发接口。



图 1 水利专题信息三维化管理



图2 图上信息查询检索

### 3 关键技术

#### 3.1 多源异构数据组织

长江流域江苏段相关流域相关信息来源比较广泛,主要包括基础地理、三维地形、水文监测、水质监测、水生态监测、水利设施、行政区划、水网分布等信息,目前数据资源都存在于各自的业务信息数据库系统中。本次系统研发必须采用多源异构数据组织的方法,建立长江江苏段水利三维一张图基础信息索引数据库,构建基础信息索引与业务数据库基础信息之间的关联,实现基础信息统一组织管理。

多源异构数据组织将分散在各个业务系统中的异构信息进行服务融合,组织成统一的、整体的信息资源,又保持各类水文信息各自的独立性,通过构造相应的信息资源统一组织架构,为用户提供虚拟化的信息资源开发利用条件。信息资源统一组织架构主要由存贮、描述和资源持久性与安全控制等体系以及数据源注册、数据抽取与转换、数据源动态配置、虚拟化信息资源组成,形成海量多源异构数据共享服务体系,运用信息化手段将水利技术支持工作提高到一个新水平<sup>[4]</sup>。

#### 3.2 海量数据并发访问

系统将构建海量影像数据发布服务管理,实现整个长江流域DOM和DEM数据快速、稳定访问。数据的存储性能和访问性能对整个GIS应用的性能有着重要的影响作用,所以空间数据库引擎的功能和性能对GIS应用的功能完整性和运行效率具有重大的影响。把GIS的空间几何对象数据和属性数据一体化存储到多种关系型数据库中,能够对数据进行索引维护、追加、更新、删除等维护操作,按属性条件或空间条件来对数据进行各种查询,返回需要的数据,还具备提供长事务、版本、拓扑关系维护等高级功能。

#### 3.3 服务缓存技术

系统访问效率的优劣不仅仅体现在架构、界面和操作深度上,提高系统响应速度来提升用户体验感也是获得用户青睐的重要方法。系统通过采用缓存技术来减少请求数据服务的次数,直接从内存中获取已经缓存的数据信息来大大提高系统响应效率。系统采用Web应用模式,应用服务器从中读取数据并在浏览器中显示,但随着数据量的增大及访问的集中,就会出现应用服务负担加重、数据库响应恶化、网站显示延迟等重大影响。应用缓存技术就是为了解决上述问题,使系统能够基于高速运行的分布式缓存服务器,实现最佳的用户体验。第一次访问从数据库中取得数据存放到缓存中,第二次访问从缓存中取得数据进行页面显示。

#### 3.4 服务聚合化

系统引入各类在线化、标准化的Web应用服务,其中主要引入各类信息的GIS服务,提供深度GIS应用分析与空间表达和服务聚合,为各种信息应用提供服务聚合基础,通过这种服务聚合模式,不但可以满足系统本身需求,还可以将传统只能在C/S应用模式的空间分析功能在B/S应用模式中进行服务共享应用,同时结合自有数据信息,形成满足不同应用需求的额外服务,将复杂服务结构进一步简化,聚合形成新的应用服务需求。

### 4 功能设计

按照长江流域江苏段实景三维一张图总体建设要求,结合需求分析实现流域范围内的影像三维展示,水质监测站信息可视化查询与空间分析以及长江流域三维一张图的扩展功能。

#### 4.1 信息分类管理展示

实现基础地理、水利专题,开发利用、环境监测、巡查整治等信息在长江流域三维实景中的管理、展示、标注、检索、分析等操作。支持不同比例尺下的高密度数据分级展示,分类展示信息主要是按照不同数据类别在地图上实现分层控制展示。展示内容包括行政区划、水系图、水利设施、开发利用、水质监测站、水文监测站、巡查、整治等信息的展示,可以通过空间叠加来展示不同效果。

#### 4.2 站点信息可视化查询

信息查询包括属性查询、空间查询、监测查询等,实现各类信息的可视化表达。例如水质监测站可以查询并可显示站点的基本属性信息,包括站

名、站码、位置、站类、站别、水质测验指标、测验时间、管理单位、坐标信息等。站点监测可实现可视化查询,查询其在某一时间段的动态监测数据,并通过表格、统计图等方式进行展示(图3),如实时水质信息、历史水文数据、水环境监测数据等。

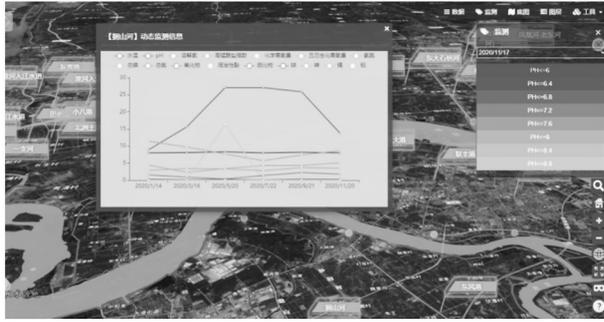


图3 水质监测信息动态分析展示

### 4.3 三维空间分析

基于长江流域地形级三维场景,可以充分利用三维模型在线分析各类专题数据,提供决策支撑信息。空间占压分析主要实现某一区域内水利专题数据的分布、密度、关联度等信息的分析判断,根据设定的参数值,实现相关区域内的空间索引检索与分析(图4),区域可以是水系、行政区域或自定义区域。

## 5 结语

长江流域江苏段实景三维一张图是长江流域



图4 三维空间分析

江苏段范围内管理水利专题数据管理、综合环境监测、巡查整治等工作的重要信息化支撑手段,也是水利业务工作成果的主要展示平台,基于多源异构数据组织技术构建了三维化的信息展示体系、决策支撑体系,通过空间占压分析等综合分析长江流域江苏段水利综合信息资源,能够为长江江苏段日常管护、执法巡查、水资源保护、水资源管理等提供决策支持服务。

### 参考文献:

- [1] 梁怀翔,寇明镜. 基于三维GIS的智能渭河综合管理平台建设[J]. 测绘技术装备, 2020(1):55-60.
- [2] 孙科委,史全全. 一种基于GIS的三维可视化管理平台:中国, CN111506645A[P]. 2020.
- [3] 李文雄. 基于GIS云技术的辽宁省水利地理信息服务平台的建设研究[J]. 黑龙江水利科技, 2019(6):91-93.