引文格式：雷苏琪, 魏伶芸, 陶鹏杰, 等. 多源异构数据在水利监测信息化中的应用[J]. 地理空间信息, 2023, 21(4): 34-38. doi:10. 3969/j. issn. 1672-4623.2023.04.009

多源异构数据在水利监测信息化中的应用

雷苏琪[1]，魏伶芸[2,3,4]，陶鹏杰[5]，张　敏[2,3]

（1. 国家能源集团江西电力有限公司万安水力发电厂，江西 万安 343800；2. 长江空间信息技术工程有限公司（武汉），湖北 武汉 430010；3. 长江卫星遥感应用研究中心，湖北 武汉 430010；4. 湖北省水利信息感知与大数据工程技术研究中心，湖北 武汉 430010；5. 武汉大学遥感信息工程学院，湖北 武汉 430079）

摘　要：在水利工程监测的工作中，随着自动化、信息化等技术的发展渗透，带来了愈发多样及更高精度的数据源，对多源数据进行综合处理分析并进行有效整合，是提高数据利用效率、实现大坝监测快速处理与反应的关键手段之一。通过研究基于多源数据融合的大坝监测技术，根据数据类型和内容的差异，建立标准化的数据管理框架，研究多源数据融合及应用方向，消除信息孤岛，打通信息壁垒，提高多源异构数据感知及利用效率。为大坝监测管理工作探索了更加方便的信息感知汇集、数据分析处理等新的手段及方向，为相关工程和应用提供有益参考。

关键词：多源数据融合；数据感知；大坝监测；三维联合展示

中图分类号：P237　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）04-0034-05

Application of Multi-source Heterogeneous Data in Water Conservancy Monitoring Digitalization

LEI Suqi[1], WEI Lingyun[2,3,4], TAO Pengjie[5], ZHANG Min[2,3]

(1. Wan'an Hydropower Plant of Jiangxi Electric Power Co., Ltd.,Wanan 343800, China; 2. Changjiang Spatial Information Technology Engineering Co., Ltd., Wuhan 430010, China; 3. Changjiang Satellite Remote Sensing Application Research Center, Wuhan 430010, China; 4. Hydroinformation Perception and Big Data Engineering Technology Research Center of Hubei Province, Wuhan 430010, China; 5. School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

Abstract: In the monitoring of water conservancy projects, with the development and penetration of automation and information technology, more and more diverse and higher precision data sources are brought. Comprehensive processing, analysis and effective integration of multi-source data is one of the key means to improve the data utilization efficiency and realize the rapid processing and response of dam monitoring. In this paper, we studied the dam monitoring technology based on multi-source data fusion. According to the differences of data types and contents, we established a standardized data management framework, and studied multi-source data fusion and applicationdirections to eliminate information islands, break through information barriers, and improve the perception and utilization efficiency of multi-source heterogeneous data. In this paper, we explored new means and directions for dam monitoring and management, such as more convenient information perception collection and data analysis and processing, and provided useful reference for related projects and applications.

Key words: multi-source data fusion, data perception, dam monitoring, 3D joint display

对多源异构数据进行综合处理分析并进行有效、高效整合，是提高数据利用效率、实现水电站监测快速处理与反应的关键手段之一[1-3]。从已有的水电站监测实践来看，各类监测设施和监测方法差异性较大，既有先进的自动化智能监测采集设备，也有必不可少的人工辅助监测数据。各类监测数据源从简单的文档数据，到周期性的影像数据，再到更复杂多样的监测数据库，大都为分散分布存在，呈现较典型的多源异构特点[4]。本文在智慧监测顶层设计的框架下，提出构建统一的多源异构数据一体化管理平台，根据数据类型和内容的差异，监理标准化的数据管理框架，研究多源异构数据一体化管理及应用方向，并以万安水电站大坝为例，进行多源异构数据的整合、转换及处理，最终完成三维联合展示，实现大坝监测信息综合表达及可视化，全方位提升三维漫游视觉感受及数据分析展示能力，提高水电站监测的效率和全面性。

1　多源异构数据一体化管理平台建设

1.1　多源异构数据现状分析

在大坝安全监测的日常管理工作中，往往会涉及

收稿日期：2022-07-14；修回日期：2022-09-19。
项目来源：国家重点研发计划（2018YFC0407904）。
第一作者简介：雷苏琪（1983—），工程师，主要从事主要从事万安水库汛限水位动态控制研究及应用，E-mail：348261616@qq.com。

到大量结构不同、来源各异的数据信息，如空间信息中的影像栅格数据与矢量数据，非空间信息中的文档数据、监测资料等，且各种数据的数据属性、存储方式等也各有区别，呈现典型的多源性和异构性特征。

1）数据来源和结构多样性。由于数据获取方式的不同，数据可来源于历史监测数据、文档资料、卫星遥感影像、无人机航摄影像等各种资源[5]。并且数据结构多样，异构的数据不仅有结构化的属性表格数据等，还有半结构化或非结构化的三维数据、图片数据、视频数据等。

2）数据属性和存储方式多样性。不同类型的数据所含的属性信息一般不同，即使是不同卫星获取的遥感影像，所含属性信息也不完全相同[6]。数据的存储和管理根据不同类型数据结构特点采用结构化、半结构化或非结构化方式，存储格式也有txt、jpg、tiff、mpeg等各种类型。

3）数据标准和组织方式多样性。数据源所依赖的应用系统、数据库管理系统和操作系统之间都具有较大的不一致性[7]。数据处理和数据库建设不具备统一的标准，不同来源的数据对同一对象的描述也会产生语义多样性。相同数据资源组织方式不同，如遥感影像可以按分幅、景、测区等不同划分组织方式，坐标系统也各异。

数据组织处理技术水平制约了数据应用的效率及发展，数据之间无法进行有效的汇聚、综合分析及有序管理。因此，对多源异构数据进行一体化管理，解决数据分散性问题、降低数据之间互联互通的复杂性、打通信息壁垒并进行综合展示，就显得非常必要。本文从多源异构数据的整合、存储、展示、服务等方面着手，根据不同数据的来源及应用，综合考虑数据结构、数据精度、数据采集周期及数据存储方式等，结合水电站监测业务需求，研究一体化管理应用及平台。

1.2　多源异构数据一体化管理框架

多源异构数据一体化管理按照数据感知、整合、服务、应用等方面进行分层设计。研究多源异构数据多模式多时态分析处理方法，实现底层“数据整合”的支持；研究异构数据的高效存储和索引技术，实现对存量及增量多源数据关联及查询对比的支持；通过多功能数据服务，保障业务持续性和数据可视化，形成多源异构数据一体化管理技术体系（图1）。



图1　多源异构数据一体化管理框架图

1.3　数据感知汇集技术

在大坝安全监测中的数据主要可以分为结构化数据和非结构化数据两大类，结构化数据即常说的属性表格数据（安全监测数据、水文水情监测数据等），非结构化数据主要是空间数据（矢量、栅格影像、三维地形模型等）、建筑物模型、照片、视频，和以word、pdf、excel形式保存的设计文档、以AutoCAD等形式保存的各类设计图纸[8]。

对于结构化及文本图片类型数据，根据源系统数据类型，采用不同的数据感知方式及汇集机制，利用矢量化、赋予特定标识字段、添加管理属性等处理手段[9]，将多来源、多类型的异构数据资源映射到标准化的逻辑空间，以构建一体化管理体系。

对于遥感空间地理数据和三维模型数据等，采

用关系型数据+空间数据引擎的方式进行存储管理，空间和非空间数据通过关联字段进行连接[10]。根据空间数据类型及比例尺的不同建立不同数据集，地形及影像数据采用水平分区的方式进行组织，基础地理要素及专题地理要素采用水平分区垂直分层的方式进行组织管理。对于三维地形模型，建立“横向分块、纵向分级”的LOD模型，并对每一层中的各数据块进行编号，通过层号和数据块号可以确定唯一的分块数据，实现对模型数据结构化和分区索引。

1.4 数据存储技术

根据数据不同的特点、格式及用途，采用不同的数据库进行存储操作，并保证数据的安全性及可靠性。对于结构化数据，通过关系型数据库存储与管理，并能根据数据修改或更新要求，方便对数据库中的数据进行录入、修改、删除等功能。对于非结构化和半结构化以及历史数据，可以使用分布式文件系统作为数据存储与管理，空间地理数据采用关系型数据库与空间数据引擎结合的方式存储[11]。比如历史监测数据、视频数据、文件数据等非结构化数据，可以采用分布式文件系统存储。空间数据（矢量、栅格）以空间数据库方式存储，三维地形模型及建筑物三维模型，以文件方式存储和管理。

数据存储采用“存量数据+增量数据”的模式进行，完成对基础数据、历史数据及增量监测数据的更新与存储，以满足大坝长期监测需求。

1.5 多源异构数据一体化管理平台建设方案

本文中多源异构数据一体化管理平台的建设，主要涉及到基础地理信息发布平台和GIS+BIM三维可视化平台支撑两部分内容。基础地理信息发布平台实现传统GIS数据的管理发布，GIS+BIM基础支撑平台实现GIS+BIM基础数据加载、调度与显示功能。多源异构数据一体化管理平台以OpenGL为基础，采用了OSG技术，同时对该技术进行了优化，创新性地解决了若干技术难点，提升了整体性能，解决了海量数据集成与调度、水工建筑与三维地形的无缝镶嵌，多维模型集成与融合等问题，增加了新的分支模块、离线渲染的三维场景特效、海量点云数据动态调度与显示支持，实现了室内外一体化漫游，建设管理信息无缝集成与展示分析，基于模型化，实时动画模拟等。BIM数据作为GIS平台的数据源之一，通过数据交换、属性集成、几何轻量化等技术手段，将BIM数据与三维GIS无缝集成，为工程建设管理与可视化分析提供科学决策平台。

2 实例应用与展示

2.1 万安水电站概况

万安水电站位于中国江西省万安县、赣江中游，距赣州市90 km，是江西省目前最大的水力发电厂站，电站以发电为主，兼防洪、灌溉、养殖、航运等综合效益，是江西电力南北交换的枢纽。水库控制面积36 900 km^2，总库容22.16亿m^3。坝址以上流域面积3.69万km^2，多年平均流量947 m^3/s，正常蓄水位100 m，死水位90 m，调节库容10.19亿m^3。

2.2 三维联合展示与漫游

为了直观展示万安水电站枢纽区大坝安全监测工作内容，对大坝、电站主要建筑物及安全监测仪器进行三维模型构建，在感知汇集大量相关数据之后，形成多源异构数据一体化管理平台，完成各类建设及监测数据的坐标统一、天空地遥感影像数据整合、监测仪器模型信息管理与展示，集成上述对象为三维实景场景，搭建万安大坝安全监测地上地下真三维场景，链接内外观安全监测信息及监测数据等各类属性信息，做到三维联合展示，全方位提升三维漫游视觉感受，多层次多角度地展现安全监测工作的重要性与合理性（图2）。



图2 真实三维模型集成图

为保证多源异构数据一体化管理平台功能的数据兼容性、使用灵活性与功能完整性能够满足项目应用的需要，针对三维模型转换、模型轻量化、数据更新等关键技术问题进行优化，同时针对二、三维模型的集成应用能力进行建设，实现多维模型关联、数据统一发布、图层化管理与集成可视化。同时针对各类模型的不同层级、不同专业、不同区域，可进行图层式管理，并在三维GIS场景中集成展示。如下图中的建筑物，可按照建筑物中的不同构筑物进行分图层展示，点击任意一个楼层按钮，可展示对应楼层的三维模型，点击整体，可加载全部的BIM模型。通过分图层的管理，为用户实现按需的分层分类加载定位。

在三维可视化方面，构建安全监测业务三维模型场景，直观形象地表现整个监测管理区域，实现安全

监测管理全要素、全方位、全过程可视化。实现室内外、地上下无缝衔接和一体化的三维场景漫游，支持自动漫游、手动漫游。在三维场景中，支持鼠标、键盘控制。图3为三维可视化导航栏展示，包含了基础三维模型及场景可视化、结构建筑及部件可视化、监测仪器及数据可视化等等。



图3　多源异构数据可视化导航栏

2.3　数据实时调度查询

多源异构数据一体化管理平台不仅包含几何层面的三维模型，还包含有各类基础数据、监控监测数据等，各类数据的更新和维护支持系统内的各模块的数据编辑、修改和变更，为整体监测工作提供了信息支撑，其更新和维护为数据的准确性和现势性提供了技术保障，并提供信息交换、数据实时调度服务，做到快速查看三维模型信息、三维场景中监测仪器设备的布置浏览及信息展示等（图4）。

平台实现了测点监测仪器状态（正常、异常）二三维展示，自动化监测仪器正常率查询展示，异常告警等功能，可进行整体、部位分级分类统计分析及展示。自动化采集系统可视化模块提供了基于安全监测专题图的测点人工及自动化观测数据展示功能（图5）。

平台结合传统的过程线图、分布图、相关图等，实现安全监测数据模型计算分析、对比分析和关联分析成果可视化展示，快速定位异常监测数据的建筑物部位；并且提供测点特征值图表查询及展示功能，包括成果最大值、最小值、出现时间，月变幅、月变化量，年变幅、年变化量等重要信息（图6）。

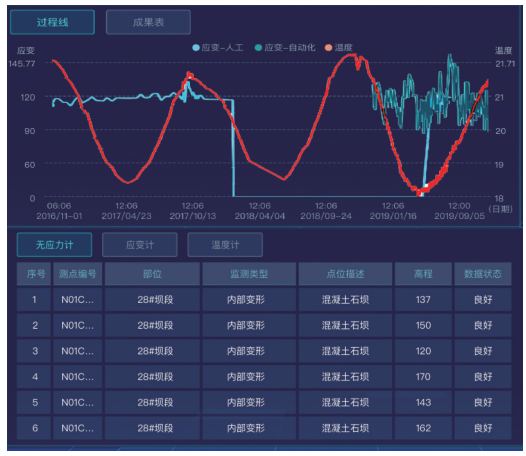


图4　监测点状态分析展示图



图5　自动化采集系统可视化展示图

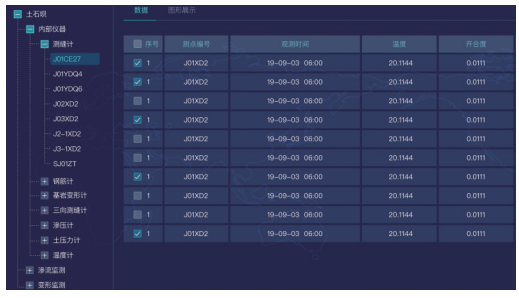


图6　监测数据查询图

3　结　语

本文通过研究并建立多源异构数据一体化管理框架，消除信息孤岛，打通信息壁垒，提高多源异构数据感知及利用效率。通过对多源异构数据的交叉分析，实现对各类数据的关联性分析处理；通过对存量及增量数据的高效存储、更新及三维展示，全方位提升三维漫游视觉感受。多源异构数据一体化管理，为大坝安全监测管理工作探索了更加方便的信息感知汇

集、数据分析处理、三维综合展示等新的手段及方向，为相关工程和应用提供有益参考。

参考文献

[1] 宋书克,尤相增,薛恩泽,等. 小浪底工程多源异构监测数据融合应用[C]//中国大坝工程学会. 水库大坝高质量建设与绿色发展:中国大坝工程学会2018学术年会论文集,2018

[2] 张伟,张恩东,魏永长. 多源异构大数据汇聚共享平台技术研究[C]//第十五届中国航天电子技术研究院学术交流会优秀论文集,2018

[3] 陈书贞. 浅述水电站大坝安全监测现状及其自动化动态[J]. 门窗,2019(16):245-247

[4] 薛娇,胡平昌,卢刚,等. 基于元数据的多源异构遥感影像管理技术研究与实现[J]. 地理信息世界,2020,27(2):110-113

[5] 刘顺凤. 基于GIS技术的多源异构数据整合共享方法研究[J]. 数字通信世界,2020(7):90,105

[6] 许钦亚. 多源遥感元数据集成技术研究与应用[D]. 秦皇岛:燕山大学,2018

[7] 林瑀,陈日成,金涛. 面向复杂信息系统的多源异构数据融合技术[J]. 中国测试,2020,46(7):1-7

[8] 傅琦. 基于数据融合的机载SAR任务适应性评估方法的研究[D]. 成都:电子科技大学,2020

[9] 廖小罕,师春香,王兵. 从无人机遥感、数据融合、生态价值谈自然资源要素综合观测体系构建[J]. 中国地质调查,2021,8(2):4-7

[10] 陈星,忻渊中,赵文渊,等. 电网建设智慧前期平台多源异构数据融合模型[J]. 电力学报,2022,37(1):76-8

[11] 侯慧,于士文,肖祥,等. 基于空间多源异构数据的台风下输电杆塔风险评估[J]. 电力系统自动化,2020,44(10):127-134

（上接第26页）

依据图5可知，所研究的影像绝对定向方法的定向精度基本在80%以上，而传统方法的定向精度较低，最高仅为76%左右。

5.3 定向效率对比

对比3种方法对区域1的定向时间，如表2所示。

表2 定向时间对比

区域	文献[2]方法定向时间/min	文献[3]方法定向时间/min	所设计方法定向时间/min
1	5	5	4
2	6	4	3
3	5	6	2
4	7	5	4

依据表2发现，所研究方法在定向过程中，仅在4 min内就能够实现绝对定向，而传统方法所花费的时间大于4 min，实际应用效率较差。

6 结 语

本文基于摄影测量原理，设计了一种近景影像绝对定向方法，通过模拟影像建立空间坐标，获取实际空间与平面模型间存在的属性关系，依据复杂地形空间参数，建立投影模型，完成无人机倾斜摄影测量近景影像绝对定向，提高了定位精度，简化了定位过程，优化了近景影像绝对定向效果。

参考文献

[1] 邓非,杨璐宏,颜青松. 一种直线特征的近景影像绝对定向算法[J]. 测绘科学,2019,44(9):23-32

[2] 张平,王竞雪. 直线对几何特征约束的近景影像特征匹配[J]. 遥感信息,2020,35(4):128-136

[3] 丁影,李浩,刘亚南,等. 平面约束的近景影像绝对定向方法及其精度[J]. 测绘科学,2020,45(3):74-80

[4] 袁家明,张卡,陈辉,等. 基于几何规则的车载近景立体影像道路交通标线自动提取[J]. 测绘通报,2020(4):30-36

[5] 王明明,王佳,冯仲科,等. 一种结合已有DOM和DEM的高精度自动刺像控点方法[J]. 测绘通报,2019(3):116-120

[6] 郑守住,汪本康,陈绍杰,等. 高速影像中圆形标志点的自动识别与定向[J]. 测绘科学技术学报,2020,37(4):54-61

[7] 何腕营,王竞雪. 结合特征编组与局部描述的直线匹配算法[J]. 测绘科学,2020,45(6):130-137

[8] 刘肃艳,王竞雪. 结合同名点及核线约束的近景影像直线匹配[J]. 测绘科学,2019,44(10):132-139

[9] 刘雪玲,胡金春,佟浩,等. 基于图像灰度信息的直线位移测量[J]. 光学学报,2019,39(4):191-197

[10] 郭宋静,吴文福. 一种面向建筑物提取的极化雷达影像分解方法[J]. 遥感信息,2020,35(2):74-79

[11] 宋颖超,胡理,梁猛. 不同多重比较校正方法在脑功能影像数据分析中的有效性[J]. 中华行为医学与脑科学杂志,2019,28(10):941-946

[12] 徐辛超,李旭佳,马钰,等. 一种适合航空影像的直线匹配方法[J]. 测绘科学,2020,45(2):96-101

[13] 靳欢欢,姚继锋,钟裕标,等. 一种适用于航空影像的无参考模糊探测方法[J]. 测绘科学,2019,44(6):204-209

[14] 孙新博,李英成,王恩泉,等. 一种无人机视频影像快速配准方法[J]. 测绘通报,2019(6):85-88

[15] 王建,姚吉利,赵雪莹,等. 一种基于线基元的单张影像与点云配准方法[J]. 测绘科学,2020,45(2):77-82