

测绘地理信息服务灌区一张图建设应用研究

文 / 潘屹 赣州市国洋地产有限公司

摘要：灌区作为农业生产的重要基础设施，承担着保障粮食安全、优化水资源利用的关键职能。本文主要以如何实现测绘地理信息服务灌区一张图建设为重点进行阐述，首先分析测绘地理信息服务的技术优势，其次从信息服务技术架构设计；多源数据整合处理；核心功能开发；应用场景落地几个方面深入说明并探讨测绘地理信息服务灌区一张图建设应用策略，旨在推动灌区管理向智慧化转型。

关键词：测绘地理信息服务；灌区一张图；数据整合；智慧灌区；工程运维

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.24.121

引言

在智慧水利建设的不断推进背景下，灌区管理对空间化、可视化、一体化信息服务的需求日益迫切。结合我国灌区管理实际情况，现有大型灌区 500 多处，中型灌区 2000 余处，这些灌区在长期运行过程中积累了海量的空间数据。然而部分灌区仍采用“分部门管理、分系统存储”的传统模式，此种模式存在数据分散、共享困难、决策支撑薄弱等问题。所以需关注农业的精准发展，通过灌区提供精细化灌溉服务，基于测绘地理信息服务构建“灌区一张图”，有效地对多源数据进行优化与整合，从而处理灌区管理困境，带动灌区的智慧化、精准化转型。

一、测绘地理信息服务在灌区一张图建设中的技术优势

测绘地理信息服务，即以测绘地理信息技术为核心支撑，融合数据采集、处理、分析及应用的综合性服务体系；“一张图”，是以地理空间框架为基础，整合灌区各类管理数据，形成可视化、一体化、动态更新的数字管理平台。新时期下，在灌区一张图建设中应用测绘地理信息服务技术，有诸多优势，具体如下。

（一）空间数据整合能力

测绘地理信息服务，具备成熟的空间数据处理技术体系，整体而言，能够对灌区的多源异构数据进行标准化处理，本质上也是处理灌区“数据孤岛”的关键。灌区数据来源比较复杂，一方面包含测绘部门提供的高精度地形数据，如 1:2000DOM 影像，另一方面包含水利部门的灌排工程矢量数据，如渠道中心线、泵站点位等，多种数据格式之间有明显差异^[1]。在灌区管理中，可利用测绘地理信息服务这一服务体系中的坐标转换技术，对坐标系数据信息统一协同纳入在国家大地坐标系框架内，体现出数据信息空间的统一性。并且，通过地理信息系统的图层管理功能，满足“逻辑关联、层次清晰”的灌区管理需求，对灌区划分多个区域，有基础地理层、灌排工程层、农业生产层、水资源层等，针对性配置多元数据。这样不仅仅可提高数据查询和应用的效率，还能够精准实现耕地灌溉范围的匹配，从而体现出灌区数据管理的全面性。

（二）可视化与空间分析支撑

测绘地理信息服务体系中涉及数字高程模型、遥感影像技术等，在灌区管理中，可借助此服务体系实现灌区的可视化场景建设，有效突破文字与表格信息传递的

约束，凸显了灌区管理的高效率。具体来讲，可通过 1 米分辨率的数字高程模型数据与 0.5 米分辨率的无人机遥感影像，将灌区地形起伏的细节进行还原处理，还可优化灌排工程结构布局，动态监测灌溉水流从水库到田间的输送路径^[2]。不需要管理人员走到灌区现场进行勘察，以三维场景调整灌区空间格局，节约了现场调研所需的时间。并且，测绘地理信息服务体系中有空间分析功能，能够为灌区管理决策提供科学依据。比如，渠道维修场景的管理，设置 50 米缓冲距离，可快速圈定维修施工可能影响的耕地范围与居民点，提前制定作物临时灌溉方案与交通疏导计划；又如，灌溉调度中，以网络分析的过程优化水流输送路径，减少输水过程中的渗漏损失，显著保障灌溉调度的及时性与有效性。

（三）数据实时更新与共享服务

测绘地理信息服务支持多源数据的实时接入与动态更新，这一特性确保可促使“灌区一张图”的数据始终保持时效性，为灌区动态管理提供保障。针对灌区管理的过程，实时统计水位、流量、土壤墒情等数据，可保障管理决策的精准性。比如，没有及时更新汛期渠道水位数据，会增加防汛调度滞后的概率；土壤墒情数据延迟，也会影响灌溉时机判断。所以，可通过测绘地理信息服务体系，在灌区渠首、分水口、田间等关键节点布设物联网设备，随后利用 5G/4G 网络对采集的数据保存到地理信息平台，平台以空间位置匹配的形式对数据信息进行实效关联，这样地理数据的管理能够凸显“即采即更、即更即用”的优势^[3]。最后，管理人员通过 PC 端或移动端 APP，能够实时查看数据变化曲线，及时发现水位骤升、流量突降等异常情况，科学启动应对措施。基于某中型灌区的数据共享，水利部门与农业部门对灌溉计划进行合理协同，提升了灌区整体灌溉水利用系数，避免有农户无法精准掌握灌溉信息所致的误灌、漏灌问题，更好地保障了灌区管理的协同性与普惠性。

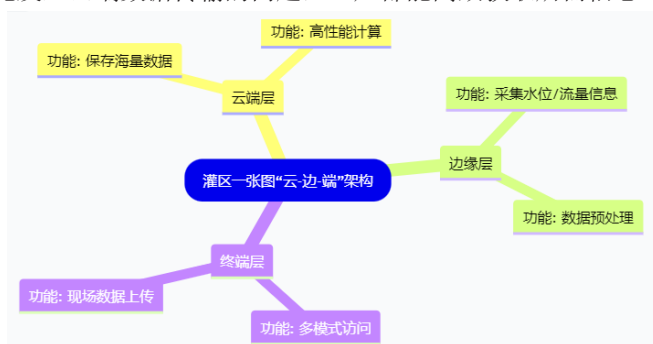
二、测绘地理信息服务灌区一张图建设应用策略

（一）信息服务技术架构设计

灌区一张图建设采用“云-边-端”三层架构，确保系统的稳定性、扩展性，图一所示为“云-边-端”三层架构图。其中云端层，其存在于政务云平台中，利用遥感影像库、矢量数据库保存海量数据，还要通过空间分析与

数据挖掘技术进行灌区一张图的高性能计算，最后借助分布式存储技术，提高灌区数据管理的安全性；边缘层，存在于灌区管理站或泵站等现场节点，主要作用是通过传感器采集灌区水位信息和流量信息^[4]。还需通过本地化计算的过程，这一阶段会自动过滤传感器因干扰产生的异常值，比如剔除超出正常范围的水位骤升骤降数据，并对采集到的碎片化信息进行初步整合，形成结构化数据片段。接下来对灌区数据进行预处理，避免发生云端数据传输的问题，

切实保障灌区管理响应时效性；终端层，对多种用户群体进行多模式访问，涵盖管理人员使用的 PC 端管理系统、运维工作人员借助移动端 APP 进行离线地图的查看分析、现场数据上传等，落实灌区管理数据的随时获取、业务操作流程。在此阶段，实现了为农户群体开放简易查询入口，通过微信小程序即可查看所在片区灌溉计划与用水定额，实现管理端、执行端、受益端的多端数据互通，让各类用户都能高效获取所需信息。

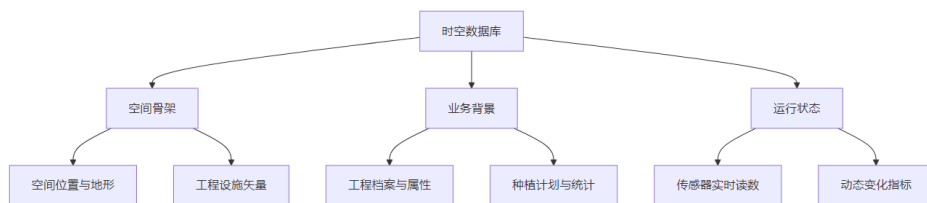


图一 “云-边-端” 三层架构图

（二）多源数据整合处理

数据整合是灌区一张图建设的核心基础，需按照“采集-清洗-融合-入库”的流程开展工作。其一数据采集的环节，利用多种方式整合灌区全部的数据信息，比如，借助无人机航测获取 1:2000DOM 影像与 DEM 数据，精度达 0.1 米；GNSSRTK 测量获取灌排工程关键点坐标，将这些数据标注为基础地理数据。通过灌区管理系统提取工程检修数据、在农业部门系统中提取作物种植数据，将这些数据标注为业务属性数据。通过 IoT 传感器采集水位、流量、土壤等数据，对采样频率设定为每次 10 分钟，将这些数据标注为实时统计数据^[5]。

其二数据清洗的环节，选取自动化检测技术，及时分析灌区数据是否存在错误和冗余的情况。举例来讲，以空间拓扑检查的形式处理矢量数据重叠情况，通过属性一致性校验剔除字段格式错误的的数据，识别和归纳传感器采集是否有数据异常波动的问题。完成了数据的清洗，基于“空间骨架-业务背景-运行状态”三个模块建立关联规则，对多源数据进行有序整合，图二所示为“空间骨架-业务背景-运行状态”的规则机制。最终对处理的数据统一保存在时空数据库中，便于灌区一张图工程展示和作物研究等的的数据支持；



图二 “空间骨架-业务背景-运行状态”的规则机制

其三数据融合与入库的环节，梳理空间数据信息与属性数据信息的内在关联，纳入统一标识符，在渠道长度、设计流程等信息体系内绑定相应的工程编号，落实“图属互查”。还需结合监测数据和站点空间的分布情况，通过地图具体呈现数据的变化趋势。最终，对数据进行入库处理，选取 PostgreSQL+PostGIS 空间数据库管理系统，实现矢量数据、影像数据、属性数据的统一存储^[6]。

不仅可以进行灌区数据的空间查询，还可进行灌区数据的属性查询，从而为后续灌区系统开发参考。

（三）核心功能开发

基于整合后的地理信息数据，开发面向灌区管理需求的核心功能模块。其一，全景可视化，涉及二维和三维两种形式，数据基础、核心功能与价值对比如表 1 所示。

表 1 全景可视化的功能对比表

对比维度	二维可视化模式	三维可视化模式
数据基础	以矢量数据为核心，叠加各要素图层	基于 DEM 数据与 DOM 影像构建三维场景
核心功能	展示灌区各要素（如渠道、泵站）空间分布；支持图层开关、缩放、漫游操作；提供空间查询功能，快速定位目标要素	模拟水流运动、渠道维修等动态过程；支持沉浸式浏览，还原灌区真实场景；直观呈现灌区整体动态，辅助决策
核心价值	快速呈现要素分布，满足基础查询与管理需求	具象化动态过程，帮助管理人员深度掌握灌区运行状态

其二, 调度管理模块。基于灌区实时水位、流量数据与作物需水量数据, 按照空间分析的过程绘制灌区调度方案。比如, 按照多个区域中土壤墒情的基本情况, 对灌溉优先级进行科学划分, 整合渠道配水数据以及流量。以此为基础在地图上标注调度路线, 再通过模拟调度方案和对比历史数据, 持续加强调度决策的合理性^[7]。

其三, 用水监管与应急响应模块。协同灌区用水台账与实时流量数据, 在地图上呈现村和农场等多个用水单元的用水情况, 统计用水量、用水效率与超欠水数据。基于时间和区域对用水数据进行比较, 绘制为完整的用水监管报表, 便于水资源费征收与节水考核。在应急响应中, 实时监测灌区是否会发生洪水、渠道渗漏、泵站故障等突发事件, 事先制定处理方案, 标注抢险队伍、物资储备点、医院等分布的位置。随后按照应急救援路线实施工作, 对预警信息传递给责任人的客户端, 持续加强灌区应急处置效率。

(四) 应用场景落地

灌区一张图的建设与应用, 如下以某大型平原灌区(灌溉面积50万亩, 涵盖3个乡镇、12条骨干渠道)为例, 将其应用效果进行深入介绍。其一, 提高了灌溉调度的精准度。在小麦拔节期, 通过灌区一张图分析了土壤墒情的数据变化, 将墒情数据小于60%的情况记作缺水。并且, 关联骨干渠道流量对数据进行监测, 优化灌区有效的灌溉方案。比如, 某片区的土壤墒情不足, 对其优先调配渠道流量达到了 $3\text{m}^3/\text{s}$; 某片区墒情适宜, 适当减少配水量至 $1.5\text{m}^3/\text{s}$ 。随后, 针对灌溉过程中可能出现的渠道跑冒滴漏问题, 结合一张图的空间定位功能, 安排巡检人员重点巡查流量异常波动的渠段, 及时修复2处小型渗漏点, 保障输水效率。最终在实践中, 灌区灌溉水资源的利用率显著得到提升, 每亩节水超过了20立方米^[8];

其二, 体现出工程运维高效化。灌区渠道检修工作中, 运维工作人员及时运用了灌区一张图, 以移动端APP的形式查看灌区一张图采集的数据信息, 将待检修渠道的具体位置进行精准定位。同时, 调取该渠道的历史检修记录与设计参数, 比如查看了2022年汛期的边坡加固工程、2024年的闸门零部件更换记录。据此优化工程设计参数, 其中渠道底宽设置为3.5米、边坡比设置为1:2.8、设计流量设置为 $4\text{m}^3/\text{s}$ 等关键信息, 判断了经过现场检修, APP的AR实景叠加功能, 将数字设计图纸与实际渠道场景对齐, 易发生管涌的粉质黏土路段, 提前备好防渗材料。最后在工程现场中, 运维工作人员通过直观比对当前渠道结构与设计标准的偏差, 记录了工程裂缝、沉降等一系列问题, 动态整合培土修整计划。再将检修信息上传到灌区一张图系统平台中, 自动化管理工程建设的状态, 从而减少了重复作业情况, 显著保障工程运维检修的成效。

其三, 提升了用水监管透明化。在灌区一张图的应

用中, 一方面实时显示各村用水量数据, 另一方面自动生成用水量对比曲线, 将各村实际用量与定额标准直观呈现。一张图体系中包含如下功能, 区域中连续3天用水量超定额20%时, 系统立即触发橙色预警, 将预警信息上传给管理人员的移动端。据了解, 本案例的灌区一张图应用期间, 在地图上定位了乡镇中2处取水口的具体坐标, 还借助时间轴功能追溯近一周的流量监测情况, 对于“每日凌晨1-3点取水口流量骤增”的问题, 利用灌区一张图系统查看取水台账, 发现存在村民私接管道夜间非法引水这一现象。最终在整改中拆除了非法管道, 健全针对性的用水监管细则, 缓解了用水不够透明与科学的困境。

结语

综上所述, 测绘地理信息服务为灌区一张图建设提供了关键技术支撑, 在灌区智能化管理的实践中, 应及时构建“云-边-端”三层架构、整合多源数据、开发核心功能模块, 直接缓解传统灌区管理实践的“数据孤岛”问题, 对灌区数据信息进行可视化与一体化管理。结合具体的应用, 灌区一张图不仅提高了灌溉调度的精准性, 促进工程运维高效, 还凸显了用水监管的透明化, 不断提高灌区水资源利用率。今后, 灌区一张图建设中, 势必更多应用先进技术, 朝向“数字孪生灌区”升级。因此, 需持续研究如何绘制数字模型, 将灌区水流运动、作物生长、工程运行进行实时模拟, 创设“预测-决策-执行-反馈”的全流程灌区管理机制, 进一步助力智慧灌区的发展和建设。

参考文献

- [1] 谭舜木. 信息化测绘技术在土地调查监测中的应用探讨[J]. 信息与电脑(理论版), 2024, 36(12): 89-91.
- [2] 饶兴元. 基于数据挖掘的智慧城市建设中测绘地理信息共享系统[J]. 西部资源, 2023, (05): 88-90.
- [3] 王超, 苏明娟, 王会. 基于ArcGIS模型构建器的多灌区一张图矢量数据批量合并方法研究[J]. 工程技术研究, 2023, 8(19): 45-47.
- [4] 兀伟, 王焕萍, 张浩, 吴宇参, 段怡红. 新型基础测绘与实景三维中国建设地理场景元数据标准化探讨[J]. 测绘标准化, 2023, 39(03): 1-9.
- [5] 马康乐. 矿山测绘中地理信息系统的建设与应用路径探索[J]. 中国金属通报, 2023, (09): 46-48.
- [6] 杨慧, 周传奇. 工程建设领域的测绘地理信息融享系统构建[J]. 吉林水利, 2023, (08): 66-69.
- [7] 赵欣. 基于EPS地理信息系统在大比例尺地形图信息化测绘中的应用[J]. 经纬天地, 2023, (02): 94-96+100.
- [8] 赵朋. 基于EPS的城市勘测院信息化测绘体系建设研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2022, 45(02): 139-141+145.