

# 飞马 D2000 在智慧水库中的应用

王庆海, 樊轩呈, 薛唱, 包楠楠, 王亚龙, 刘杨, 曲欣然  
辽宁千星北斗测绘科技有限公司

**摘要** 近几年, 无人机低空遥感技术逐渐成熟, 无人机倾斜摄影测量技术逐渐成为研究热点, 同时给三维实景模型应用带来广阔空间。本项目以飞马 D2000 作为获取数据平台, 在不同高度分别获取影像, 进行三维实景建模。将模型与 GIS 平台有机结合起来, 实现水库水位自动识别、无线视频融合、实时图传等功能, 为智慧水库管理提供有力途径。

**关键词** 飞马 D2000 三维实景模型 水库水位监测

联系人: 王庆海 电话: 18809833652 单位: 辽宁千星北斗测绘科技有限公司

## 1 项目背景

近年来, 我省较大洪涝灾害虽不常发生, 但由于我省地处欧亚大陆东岸、中纬度地区, 属于温带大陆性季风气候区, 境内雨热同季, 雨量不均, 东湿西干。一旦发生汛情, 山区河流暴雨以其坡度大、流速大、水位涨落快、涨落幅度大、洪峰形状尖瘦、传播时间短等特点, 会给社会带来不可估量的灾难。水库是拦洪蓄水和调节水流的水利工程建筑物, 用来灌溉、发电、防洪, 是我国防洪广泛采用的工程措施之一, 水库的安全与否决定着下游居民是否安全。如何实时直观的监测水库水位, 防止洪涝灾害发生是水库管理者当前急需解决的问题。

针对以上问题, 我团队积极思考、攻坚克难, 提出采用飞马 D2000 航测系统获取项目区高精度原始数据, 通过三维建模软件建立三维实景模型, 采用我团队自主研发的水库水位监测系统, 直观的体现出实时监测水位变化的情况。为水库管理者在制定管理制度、现场指挥调度、防洪防汛等方面提供有力支撑。

## 2 技术路线

根据已有基础资料, 具体技术路线实施如下: (1) 实地踏勘, 了解项目区实际情况; (2) 航线规划、像控点布设; (3) 七参数求算、像控点采集; (4) 使用飞马 D2000 飞行平台搭载倾斜摄影模块 D-OP3000 传感器获取项目区原始数据 (5) 空三解算、控制点及检查点精度验证; (6) 三维实景模型建立; (7) 水位监测传感器实地位置优选; (8) 系统平台研发。

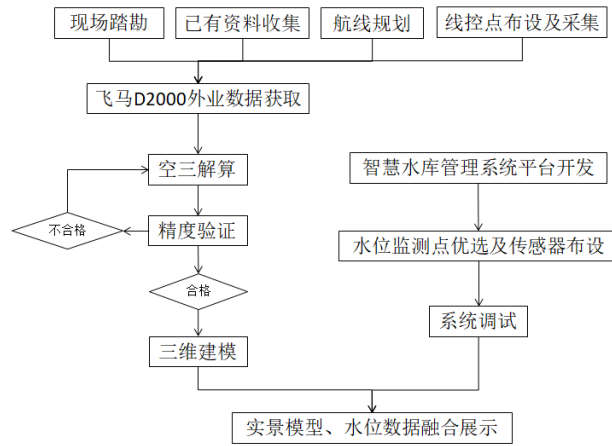


图 1 技术路线图

### 3 实际作业流程

#### 3.1 现场踏勘、已有资料收集

本项目水库库容大于 1 亿立方米，属于大（二）型水库，具有很强的研究意义。为了更深入了解水库的运行情况，搜集了水库所在位置的地质勘察报告、水库安全鉴定资料、设计资料、工程建设管理资料、历史上洪涝灾害损失情况、洪涝灾害防御现状等相关资料。为了确定最优的影像成果、最优像控点布设方案，调查了水库周边建筑情况、道路情况。

#### 3.2 外业数据获取

本项目外业航飞采用飞马 D2000 搭载倾斜摄影模块 D-OP3000 传感器进行数据获取。飞马 D2000 系统标准起飞重量 2.8kg，标准载荷 200g，续航时间 74min，可变高飞行，机臂可快速折叠，整机可收纳在专用包装箱中，采用创新的电池保护方案，可轻松查看电池电量等参数，了解电池工作状态。该飞行平台飞行稳定，影像质量极佳。本项目在 4cm、10cm 不同分辨率下获取不同航高的影像数据。

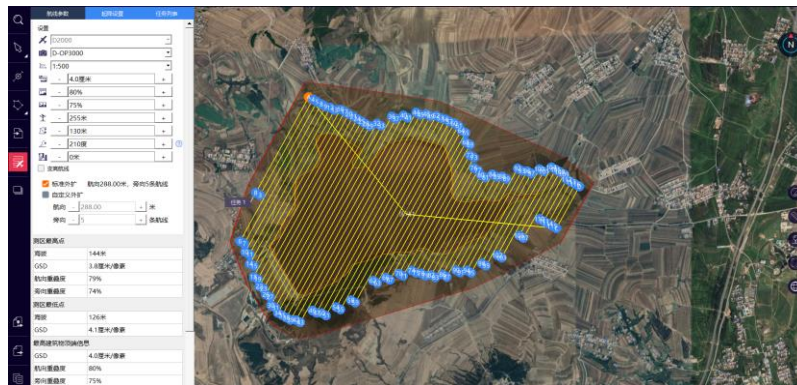


图 2 4cm 分辨率航线规划图

为了保证相控点的采集精度，采集方式使用控制点测回 3 次；每次平滑 60 点；采集间

隔 1s；延时等待 60s 的参数设置。相控点标志布设成 L 形，长度不小于 40cm，宽度不小于 20cm，采用采集外角的方式进行像控点采集。



图 3 像控点采集图

### 3.3 内业数据处理

将外业获取的影像数据、POS 数据、像控点原始坐标数据、像控点点之记等数据进行整理，在三维建模软件中经过原始数据导入、空三加密、控制点及检查点精度检查、三维实景模型建立等几个步骤，建立研究区三维实景模型。水库四周共布设 116 个控制点、18 个检查点。

Control Points Errors							
Name	Category	Accuracy [meters]	Number of Calibrated Photos	RMS of Reprojection Error [pixels]	RMS of Distances to Rays [meters]	3D Error [meters]	Vertical Error [meters]
47	3D	Horizontal: 0.01; Vertical: 0.010	12 (12 marked photos)	0.72	0.0306	0.0111	X: 0.0008; Y: 0.0084
46	3D	Horizontal: 0.01; Vertical: 0.010	14 (14 marked photos)	1.77	0.0691	0.0644	X: 0.0271; Y: 0.058
45	3D	Horizontal: 0.01; Vertical: 0.010	12 (12 marked photos)	1.19	0.0569	0.0375	X: 0.0074; Y: -0.0357
44	3D	Horizontal: 0.01; Vertical: 0.010	15 (15 marked photos)	1.58	0.0769	0.0607	X: -0.0519; Y: -0.0315
43	3D	Horizontal: 0.01; Vertical: 0.010	14 (14 marked photos)	1.16	0.0513	0.0392	X: -0.0044; Y: 0.0387
20	3D	Horizontal: 0.01; Vertical: 0.010	12 (12 marked photos)	1.35	0.0493	0.0472	X: -0.0465; Y: -0.0067
69	3D	Horizontal: 0.01; Vertical: 0.010	12 (12 marked photos)	1.29	0.0552	0.0466	X: -0.0286; Y: 0.0363
70	3D	Horizontal: 0.01; Vertical: 0.010	15 (15 marked photos)	0.86	0.0447	0.023	X: -0.0198; Y: 0.003

图 4 部分控制点空三精度图

Check Points Errors for Control Points							
Name	Category	Accuracy [meters]	Number of Calibrated Photos	RMS of Reprojection Error [pixels]	RMS of Distances to Rays [meters]	3D Error [meters]	Vertical Error [meters]
29	3D	Horizontal: 0.01; Vertical: 0.010	15 (15 marked photos)	2.37	0.0933	0.0978	X: -0.0293; Y: -0.0857
39	3D	Horizontal: 0.01; Vertical: 0.010	11 (12 marked photos)	1.83	0.0676	0.0676	X: -0.0314; Y: 0.058
50	3D	Horizontal: 0.01; Vertical: 0.010	11 (11 marked photos)	1.09	0.047	0.0289	X: -0.016; Y: 0.0241
72	3D	Horizontal: 0.01; Vertical: 0.010	12 (12 marked photos)	1.35	0.0527	0.0417	X: -0.0222; Y: -0.0286
81	3D	Horizontal: 0.01; Vertical: 0.010	17 (17 marked photos)	1.14	0.0535	0.0362	X: 0.0282; Y: 0.0024
56	3D	Horizontal: 0.01; Vertical: 0.010	13 (13 marked photos)	3.54	0.1358	0.1425	X: -0.1042; Y: 0.0688

图 5 部分检查点空三精度图

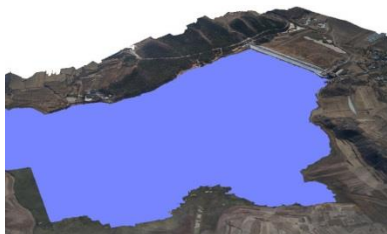


图 6 三维实景模型 (1)



图 7 三维实景模型 (2)

### 3.4 水位监测点位置优选及布设

根据实况调查资料及三维实景模型，本项目共布设 23 个水位监测点，大致均匀分布在

水库四周，力争监测数据能准确的反应实际的水位位置。



图 8 水位监测点位置图

### 3.5 系统平台开发

该平台是我团队自主设计研发的系统，完善的平台可实现水位监测预警功能、无线视频融合功能、湿度温度监测功能、雨量监测功能、路径规划功能、数据统计功能等。可通过监测实时降水量、实时水位、实时库容进行收集分析、容错，最后参照预警阈值生成风险三色图。

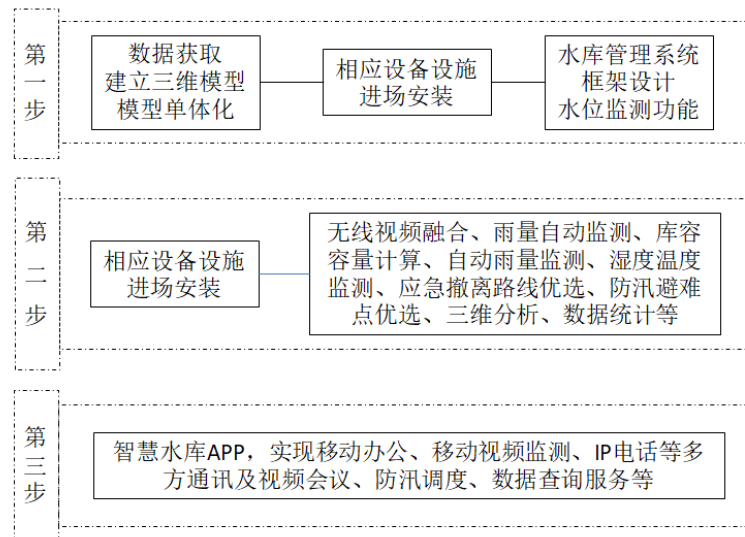


图 9 总体项目实施计划图

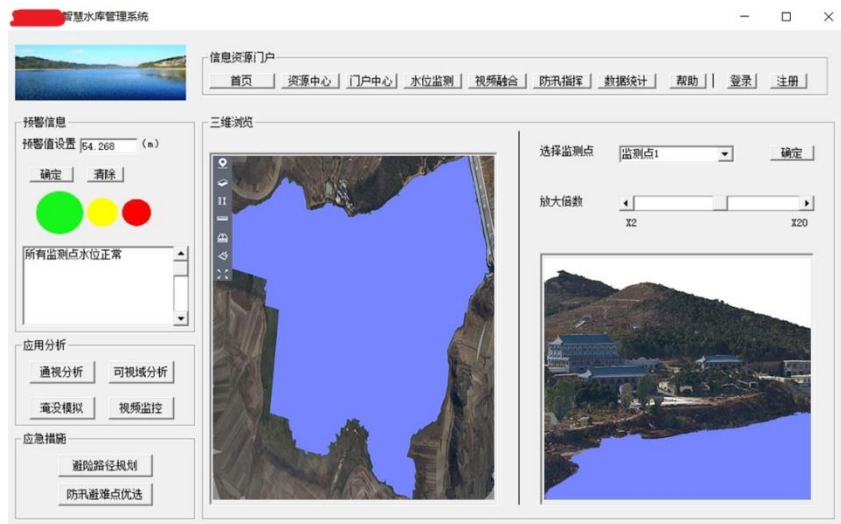


图 10 水位监测图

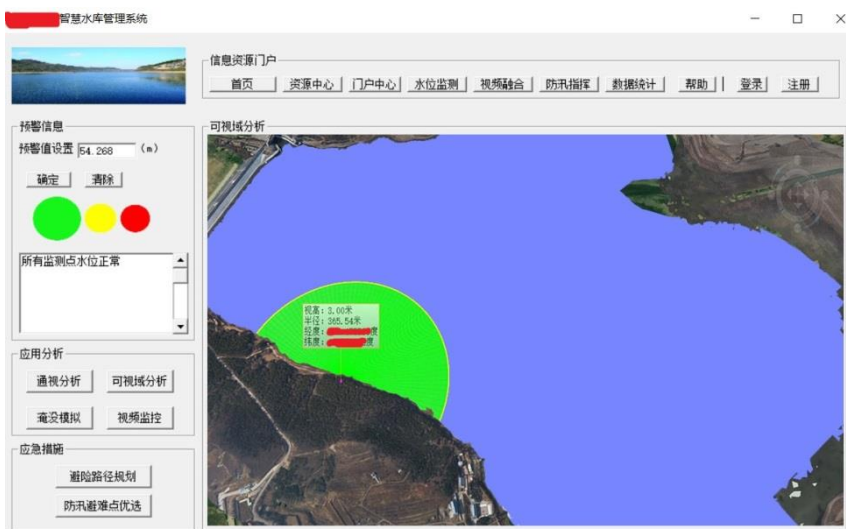


图 11 可视域分析图



图 12 淹没模拟动画图

#### 4 解决的生产问题

现阶段水库管理多是由大坝安全监测系统、水雨情测报系统等组成，由于各系统单独建

立，缺少统一的水库信息管理服务中心平台，无法实现信息统一、综合、高效的查询、发布与可视化展示。因此基于飞马 D2000 航测系统结合智慧水库管理系统是统一的信息管理服务中心平台，实现信息资源集中共享、有效利用和直观展示，为水库信息查询和决策服务提供丰富的信息来源，满足不同用户的应用需求。

成熟的技术体系完成水库感知数据的采集、数据交换以及数据的加工与应用，可高效的实现智慧水利工程监控、智慧水资源配置、智慧办公等业务，可达到优化服务环境、简化管理、提高工作效率的效果。

## 5 创新型应用介绍

(1) 智能化、集成化程度较高的飞马 D2000 航测系统搭载倾斜摄影模块 D-OP3000 传感器并结合飞马无人机管家实用工具大大提高了数据获取及数据整理效率。

(2) 可在三维模型上标注监控设备、硬件设施的空间位置和属性信息。

(3) 可实现三维地图与水库周边空地、未建模地区（二维地图）衔接，形成完整的水库及周边地图。

(4) 在三维场景中提供查询定位、超阈值报警闪烁、实时监控水位功能。

(5) 本项目是三维实景模型结合 5G 在智慧水库中的应用，为三维实景模型应用提供一个新方向。为水库科学的构建预警指标体系、建立长效机制、研究保障措施提供新的解决途径。

## 6 项目特点及优势总结

(1) 应用集成化、智能化较高的飞马 D2000 航测系统可实现变高飞行，搭载 1.2 亿分辨率的倾斜摄影模块 D-OP3000 传感器可获取高质量影像，在不同航高下获取数据保证了模型质量。飞马无人机管家的实用型工具，操作十分简单、便捷。

(2) 智慧水库管理系统将为水库的防洪、抗旱、水资源分配、环境保护以及推动水库管理信息化、现代化、智能化、可持续发展提供全新的综合管理模式。

(3) 新一代航测系统、5G 技术、GIS 平台为智慧水库建设提供可行性。

(4) 本项目是三维实景模型应用的方向之一，将其速度快、成本低、周期短，高效生成三维实景模型应用到具体的行业之中，具有较强到的代表性。

## 7 现阶段不足之处

目前项目处于第一阶段，完成了倾斜摄影数据获取、三维实景模型建立、局部模型单体



化精修、水库管理系统研发、水位传感器接入等工作，实现水位自动监测功能、可视域分析、淹没模拟等功能。

第二阶段，将完成视频监控、自动雨量监测、温度湿度监测等设备设施进场安装。结合 5G 实现无线视频融合、雨量自动监测、库容容量计算、自动雨量监测、湿度温度监测、应急撤离路线优选、防汛避难点优选、三维分析、数据统计等功能。

第三阶段，针对智能终端（手机、平板电脑）开发智慧水库 APP，实现移动办公、移动视频监控、IP 电话等多方通讯及视频会议、防汛调度、数据查询服务等功能。