技术要求

1. 服务内容

服务内容为大溪水库智能界桩建设和沙河、塘马水库高性能无人机巡检建设，包括智能界桩、无人机等硬件设备采购安装和相应管理系统软件等内容，具体如下：

（1）智能界桩等设备建设及维护

在大溪水库管理范围线拐点等能够体现管理范围线特征的点位安装电子界桩 240 个（其中靠近大坝的 80 个为红外版），管理所、主要出入路口安装智能界桩 2 个，关键部位建设电子围栏及语音告警 1 套，溢洪道西侧利用原有立杆安装智能高清球机 1 个。包括电子界桩电池更换服务 1 次，及运维期电子界桩信号调试服务。

（2）智能化界桩与界线管理系统建设

基于 B/S 架构开发界桩管理系统，包括界桩点位信息、水库管理范围线等数据标准化处理，水库流域范围、水库管理范围等图层信息管理功能，电子界桩编号、类型、位置、状态等界桩管理功能，智能界桩、电子界桩告警功能，配合水库矩阵系统接入。开发界桩与界线管理系统手机移动端程序，展示界桩信息、人员入侵、实时监控等界线管理信息。

（3）无人机及机场安装部署

在沙河水库安装部署无人机 3 套、塘马水库安装部署无人机 1 套。合计设备包括无人机机场 4 个、无人机机身 4 架、信号中继站 4 个以及无人机巡检需要配套的探照灯、喊话器、备用电池、保险等。

（4）无人机巡检系统建设

定制化开发溧阳市级管理平台和水库本地巡检平台，实现无人机巡检业务分离、权限分级、流程闭环的建设目标。市级平台涵盖数据汇总交互、业务管理、设备管理等功能；水库本地采购成品巡检平台服务，涵盖首页、标注管理，设备管理、航线管理、记录管理、任务管理、媒体文件管理、应用管理等核心功能模块。

（5）计算机服务器采购

服务器资源考虑 AI 算法算力和系统平台运行需求配置，采购业务系统服务器 1 台，AI 算力服务器 1 台，系统访问工作站 4 台，将业务系统和 AI 计算分别

部署，保障 AI 算力服务器满负荷运行时不影响业务系统流畅性。

2.技术要求

2.1 沙河、塘马水库无人机巡检建设

2.1.1 硬件设备

无人机巡检建设涉及的硬件设备主要包括无人机机身、机场、信号中继站以及设备部署所需的电路和网络。

2.1.1.1 无人机机身

无人机机身采用高性能巡检型号。机型为智能巡检、建筑监测等场景设计，具备全天候作业能力和多传感器融合技术。配置广角、中长焦、长焦（4800 万像素，112 倍混合变焦）、激光测距仪及 640x512@30Hz 热成像相机（支持红外超分至 1280x1024），IP55 防护。关键优势：夜视（全彩/黑白+近红外补光）、温度异常检测（坝体渗漏点）、远距离细节观测（裂缝、设施状态）。

核心功能与技术参数：

硬件配置：搭载 4800 万像素主相机、热成像相机及激光测距模块，支持五向智能摆拍及实时仿地飞行。

环境适应性：IP55 防护等级，配备静音抗结冰桨叶，可在-20℃至 50℃环境中稳定运行，最高抗风等级达 12m/s。

智能化功能：内置车辆/船只检测模型，支持 AI 实时分析，结合无人机巡检平台实现全自动航线规划与数据回传。

2.1.1.2 无人机机场

机场整机重量约 55kg，占地小于 0.37 平方米。采用全新一体化、轻量化设计，集成了气象站、图传模块、RTK 模块、4G Dongle 接口和边缘计算模块接口。支持固定部署（水库管理区/关键点位）与车载移动部署（应急、库周长距离灵活补点）。只需将产品固定、接入电源和网络，即可完成安装。内置无线快充模块。

支持快速起飞，无需等待自身 RTK 收敛。满电状态下续航时间长达 54 分钟，使机场的有效作业半径可达 10km。可自动完成起飞、降落、充电、作业，实现无人化、网格化的测绘与巡查作业。配合无人机智能巡检系统，支持云端建模、指点飞行、AI 智能识别等多种智能功能。IP56 防护等级，宽温工作（-30℃至 50℃），

抗风 12 米/秒。安全起降。

2.1.1.3.信号中继站

在与机场距离 1 公里范围内选择高点部署信号中继站增强机场与无人机之间信号连接。信号中继站可以在不接入网络情况下，增加无人机图传距离，也可以给飞行器提供 RTK 定位。

中继器通过私有链路链接无人机与机场，为两者提供信号传输的中继服务，最终经机场网络与系统平台连接。为了保证机场、无人机、中继器之间能够有效作业，拟选择高点部署中继站，考虑中继站和机场之间信号传输稳定性，通常中继器与机场之间的距离不超过 1KM，具体部署位置根据现场情况确定。

2.1.1.4.无人机配件

根据水库巡检需求配件，主要包括实时喊话器（警告非法捕鱼、游泳等）、随动式探照灯（夜间作业）、备用电池等。

2.1.2 软件平台建设

2.1.2.1.平台架构

无人机巡检平台建设包括市级管理平台和水库本地无人机巡检平台两部分。平台主要服务于水库运管人员，用于智能巡检业务，具备人工操控无人机能力。市级平台主要用于市管水库无人机巡检的统一管理，主要功能包括数据的汇总和巡检发现问题的筛选，同时具备调用飞控平台能力。平台采用分层、模块化的现代软件架构设计，具备高度的开放性与集成能力，能够支撑水利、公安等多场景，多行业应用。

2.1.2.2.市级管理平台定制开发

针对溧阳市现有无人机设备和拟建无人机，定制化开发服务于水利局水库运行管理业务的市级平台。市级平台主要用于市管水库无人机巡检的统一管理，同时具备调用飞控平台能力，实现对巡检工作的全面、高效掌控。主要功能包括数据的汇总交互、业务管理、设备管理等模块。数据交互主要功能涉及数据集成、数据治理、数据导出、数据汇交等；业务管理模块主要功能涉及巡检问题汇总、问题智能筛分、工单派出闭环、飞控系统调用等；设备管理模块主要功能包括设备台账、设备状态、运维记录、设备责任人管理等功能。

平台具备统一管理、智能处理、高效协同、设备保障等优势：

（1）统一管理：实现市管水库无人机巡检工作的集中统一管理，打破信息

孤岛，提高管理效率。

（2）智能处理：借助数据治理和问题智能筛分等功能，提高数据处理和问题解决的智能化水平，减少人工干预，提升工作准确性和效率。

（3）高效协同：工单派出闭环管理和飞控系统调用功能，促进各部门之间的协同工作，确保巡检任务的顺利执行和问题的及时解决。

（4）设备保障：完善的设备管理模块，保障无人机及相关设备的正常运行，为巡检工作提供可靠的硬件支持。

2.1.2.3.水库本地无人机巡检平台部署服务

水库本地采购无人机巡检平台部署服务，提供买断式软件服务。智能巡检系统平台采用模块化架构设计，主要由首页、标注管理、设备管理、航线管理、记录管理、任务管理、媒体文件管理、应用管理八大核心功能模块构成，共同集成为统一的智能运维与决策指挥中枢。

（1）首页

无人机巡检平台支持 GIS 一张图，叠加倾斜摄影、正射影像、KML、KMZ 矢量文件、全景图等，页面显示当前登录用户、地图、标注按钮、多画面直播入口、设备信息列表。

（2）标注管理

平台支持标注记录功能，包括点标注、线标注和面标注，可通过标注工具在地图上圈画标注。点标注的信息主要有名称、颜色、经纬度、ASL、AGL；线标注的信息主要有名称、颜色、水平距离、直线距离；面标注的信息主要有名称、颜色、水平面积、水平周长、高度差，可以通过新建文件夹来管理标注，文件夹内标注支持单个删除，也可以整体清空文件夹，通用标注支持导入、导出文件夹的功能。

（3）设备管理

设备管理模块主要用于机场、飞行器以及空气监测设备管理。

（4）航线管理

航线管理模块支持用户设置无人机自动巡检路线，设定航线支持二次编辑修改，平台提供 kmz 等格式的多航线导出/导入功能。

（5）记录管理

记录管理模块支持无人机作业记录详情查询，用户可通过巡检记录列表调取

历史巡检成果和影像。

（6）任务管理

任务管理模块支持无人机任务派发，包括立即执行、定时执行和重复定时等任务模式。任务管理页面的任务列表主要分机场任务和无人机任务两种，当任务数据较多时，用户可以通过最左侧的日期滚动条选择指定日期查看对应的任务，也可以用右侧的设备信息筛选框进行对任务的筛选查看。

（7）媒体文件管理

媒体库是存储着所有执行过的任务中拍摄的照片和视频页面最左侧会统计媒体库的使用情况，显示照片/视频/其他三种数据的大小，列表中一级文件名是以飞机 SN 号命名；二级文件名是由任务名称＋第几次计划＋第几个架次组成。若是不在任务下飞行拍摄的媒体文件，此时会以上传的当天日期为文件名储存。用户点开文件夹，可以点开照片或者视频进行翻页查看，此页面的照片视频支持点击下载删除。

（8）应用管理

应用管理集成问题清单、摄影成图管理、图层管理等功能。在问题清单应用中用户可调取问题清单查看、编辑、删除、地图标注和推送问题图片。成图管理功能主要用于正射和倾斜影像生成。图层管理功能支持影像图层的添加和删除。

（9）AI 智能识别

此模块是平台的“智慧大脑”，将原始数据转化为可直接行动的洞察。

①自动化 AI 识别

在无人机巡检过程中，视频流与图片被实时回传，后台自动调用 AI 算法模型进行分析识别，并将识别结果（如问题类型、置信度）与原始影像一同存储。

②洞察结果可视化

所有 AI 识别出的问题点，均可在地图上进行精确标注和分类展示，形成问题分布热力图，一目了然地呈现重点关注区域，为精准治理提供直观依据。

（10）测量测绘功能

具备无人机测量测绘功能，可指定范围派出无人机执行自动测绘作业，测绘路线由平台自动生成，支持测绘作业断点续飞。

①正摄影像

沙河水库、塘马水库在管辖区域内存在土地管理、环境监测等业务需求。在

日常巡检工作中，可通过机场无人机在无人机管理系统中选定需获取正射影像的目标区域，系统将自动生成该区域的航点航线规划。无人机管理系统会将正射影像采集任务下发至机场无人机，由其自动执行影像拍摄作业。当目标区域面积超出单次飞行覆盖范围导致无人机电量不足时，设备将自动返回机巢进行充电。充电完成后，机场无人机具备断点续飞功能，可继续执行未完成的正射影像采集任务。

②倾斜摄影

采购人如需获取管理区域三维实景数据，可通过无人机管理平台智能选定倾斜摄影区域，系统将自动规划最优航点航线。任务指令下达后，机场无人机即刻开展自主航拍作业。针对大面积摄影区域，无人机具备智能电量管理功能，可自动返航充电并实现断点续飞，确保作业连续性。

（11）业务应用场景

此模块将平台能力与水库业务深度结合，提供开箱即用的场景化解决方案。

①工程全周期管理

支持水库地形测绘，为运行管理提供基础数据；通过定期航拍进行水库周边地形复核，利用正射影像与实景三维模型进行土方量算与进度比对。

②设施自动化巡检

可对水库坝体（裂缝、风化、位移监测）、水利设备（水泵、水轮机外观状态）、河道水域（水尺读数、“四乱”巡查、水质观感）进行标准化、自动化巡检。

③安全与应急保障

执行放水前安全巡查，通过摄像头监控与喊话器预警，保障下游安全；利用AI 能力进行非法钓鱼、人员入侵等安全事件智能识别。

2.1.3.水库巡检

2.1.3.1.巡检场景

为精准应对传统水库巡检中“效率低、风险高、盲区多、数据管理粗放”等核心痛点，并紧密结合溧阳市水利局对沙河、塘马水库的精细化、智能化管理需求，规划设计一套以任务场景为驱动的无人机智能巡检体系。

2.1.3.2.巡检路线

（1）沙河水库部署

由于沙河水库周长 28 公里左右，考虑沙河水库的地理环境，选出溧阳市沙

河水库管理处为 1 号部署点、三胜村为 2 号部署点、水库东岸电站为 3 号部署点。

沙河水库周边有山，为了确保无人机与机场之间的信号传输良好，此处需要为两台机场各配置一套信号中继站，信号中继站部署在相应机场安装部署点位的 1KM 通视范围内，具体部署位置可以根据现场情况为定。

（2）塘马水库部署

塘马水库的周长为 10 公里，考虑周边地理环境，选出溧阳市塘马水库管理处为部署点，具体以现场情况为定。

塘马水库周边有山，为了确保无人机与机场之间的信号传输良好，此处需要为机场配置一套信号中继站，信号中继站部署在相应机场安装部署点位的 1KM 通视范围内，具体部署位置可以根据现场情况为定。

2.1.4.智能 AI 识别

智能 AI 识别包括算法服务和水库实地数据补充训练等内容。溧阳市水利局下属沙河水库管理所及塘马管理所对于管辖区域、水库大坝、水利设施、河道两岸、河道水域等区域有管理需求，根据需求为溧阳市水利局定制 AI 智能算法，提供 AI 算法本地部署和实地数据补充训练服务，建成后可显著提高管理人员业务效率。

2.2.大溪水库智能界桩建设

在大溪水库管理范围线拐点等能够体现管理范围线特征的点位安装电子界桩 240 个（其中靠近大坝的 80 个为红外版），管理所、主要出入路口安装智能界桩 2 个，关键部位建设电子围栏及语音告警 1 套，溢洪道西侧利用原有立杆安装智能高清球机 1 个。

2.2.1.硬件设备

2.2.1.智能界桩

2.2.1.1.功能简介

智能界桩可集成多种功能模块，包括 AI 视频、边缘计算、语音对讲、声光报警、AI 语音交互、智慧屏幕等，根据水库实际需设计界桩功能模块。智能界桩主要安装在人员进出频繁的关键点位，运用 AI 视频识别记录进出人员，通过声光报警提示进入库区人员注意保护水源地和自身安全。具体功能点如下：

AI 视频识别：运用红外入侵、可见光图像传感等复合传感与 AI 技术和数学模型技术实现人员闯入识别与报警；

声光报警：人员闯入自动声光报警警示;

IP 广播：管理中心可以远程播放提示信息；

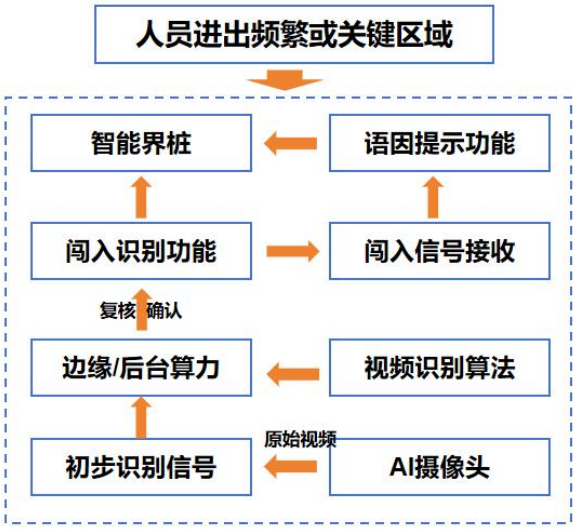
边缘计算：内置边缘计算模块，用于闯入识别，可根据需求加装水库洪水预报边缘计算模型，提供预报调度服务；

SOS 求助：通过按 SOS 按钮，后台系统会实时接收求助信息，并通过语音对讲和求助人员取得联系；

LCD 显示：界桩面板安装智慧屏幕，智能界桩通过内部集成的边缘计算设备，可实现基本的 AI 人机交互功能，包括在智慧屏上展示水库介绍、当天天气、水库水位预报（预报模型计算）等信息。

可扩展性：可外接雨量计、温湿度计、空气质量监测等模块。

固定方式：化学螺栓固定安装



2.2.1.2.智能界桩设计

（1）智能界桩外观

下图为大溪水库拟安装的智能界桩外观示意图，智能界桩主要包括不锈钢外壳、边缘计算机、高清摄像头等模块，外观根据水库实际运用需求可选配颜色，智能界桩立杆连接在底座上，底座采用 C25 混凝土浇筑，界桩顶部安装 AI 摄像头。



图 3.1-2 智能界桩效果图

（2）规格参数

项目	说明
桩体	304 不锈钢桩体，喷涂材料具有防水、防晒、防蚀、防冻、坚固、耐用的特性
AI 视觉识别	支持在感应到人、车辆进入时自动抓拍图片并进行识别
IP 语音广播	检测到人员车辆进入时，自动语音警示宣传，实现 P 语音喊话
紧急求助	现场人员可以通过界桩上的求助按钮，向管理中心申请可视通话进行求助
声光报警器	人员闯入声光报警提醒
LCD 显示	10.1 寸 LCD 显示屏
电源管理	支持设备电池电压和电量监测，支持定时上传电量电压监测数据
CPU	工业级 32 位超低功耗处理器
存储	视频录像机+2T 硬盘
远程通信	以太网光纤通信/4G 通信 任选其一
蓝牙通信	支持手机 APP 对终端参数进行本地运维
雨量计	支持雨量计接入，可选择是否配置雨量计采集降雨量数据
边缘计算模块	实现模型计算结果推送到库区管理中心
电压采集	采集供电电压、电池电压并上报
供电方式	1、太阳能+电池组，120W 光伏板+65AH12V 胶体电池　　2、市电供电方式
工作温度	-20~80℃
防水等级	IP67

2.2.1.3.界桩安装

采用基坑浇筑地笼安装，底座采用化学螺栓固定，根据安装条件尽可能就近安全取电，确保电力供应稳定，室外线缆使用 PVC 管铺设，并埋地处理。无法实现埋地的位置，使用镀锌钢管铺设后紧固至地面，并将钢管良好接地。

（1）安装位置

智能界桩安装在水库坝顶、溢洪道等重要部位，或人员出入频繁不易管理部位，具体安装位置选择大坝两端、溢洪道进行安装，初步选定下图所示 2 个点位，安装时结合现场情况进一步核实安装条件确定。

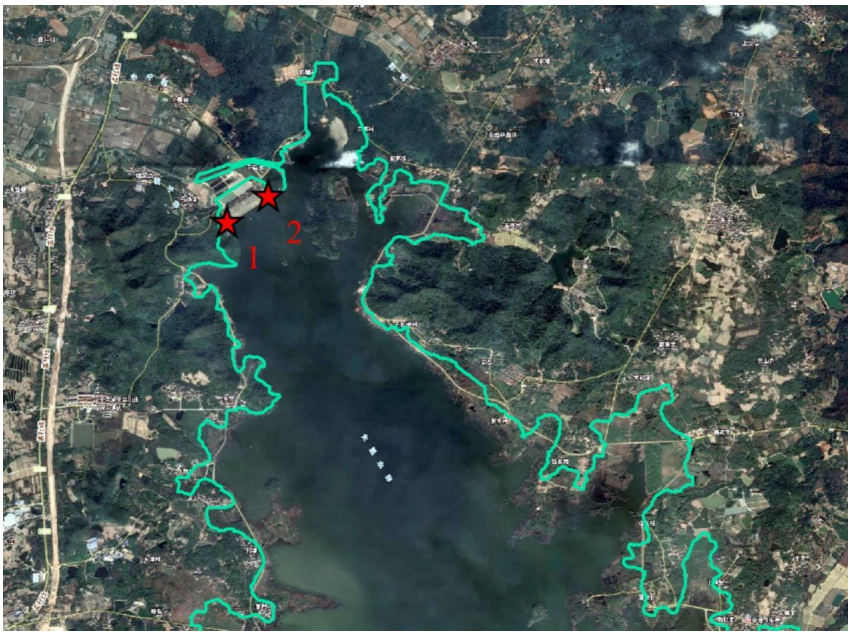


图 3.1-4 智能界桩安装位置图

1）1 号智能界桩

1 号智能界桩安装在大坝的左肩位置，能够全面而有效地监控所有进入坝顶的人员和车辆动态。其主要功能在于严格防止任何人员翻越围栏，非法进入水库区域进行钓鱼活动，从而保护水库的生态环境和水质安全，同时也确保了人员自身的安全，采用市电供电。

2）2 号智能界桩

2 号智能界桩设立在大坝的右肩，与 1 号智能界桩形成呼应，共同建设起一道严密的监控网络。同样承担着监控进入坝顶区域的人员和车辆的重要任务，通过实时监控，确保任何可疑行为都能被及时发现并处理，为水库的安全管理提供有力支持，采用市电供电。

表 3.1-2 智能界桩安装坐标

编号	经度	纬度
1	119.3572	31.3920
2	119.3609	31.3944

（2）基坑开挖

基础开挖前，现场施工人员应清楚基坑开挖的尺寸及要求。立杆基础的坑深应以设计的施工基面为基准。若设计无施工基面要求时，应以立杆中心桩顶面为基准。

基坑开挖按设计及施工要求，先降基后进行基坑开挖；对于降基量较小，可与基坑开挖同时完成。杆件基础采用明挖法施工，根据现场浇筑条件，尺寸不小于 500*500*500，对基底及基础四周应先整平、夯实，浇筑前应确保基层基坑内无淤泥杂物及积水。

开挖过程中，对开挖出的泥土、石块等要及时清理，尽量减少对周边绿化、路面的损坏。

基坑开挖遇土体强度较弱时应用模板固定四周，防止四周土体倾覆，保证坑壁四周有足够的强度和稳定性，时刻注意并检查开挖过程土体情况。

（3）设备供电

智能界桩根据安装位置采用 2 种供电模式。对靠近水库管理所，具备接入市电条件的区域，采用市电方式保障供电稳定。对远离水库管理所的水库上游，采用风电+光电组合方式供电，尽可能保障阴雨天持续运行。

（4）综合接地系统

由于前端设备安装于室外，易遭到雷电打击；前端设备的电源一般在现场就近取用或采用太阳能供电方式，易受雷电波影响产生高压或浪涌电流；如果没有必要的防雷、避雷措施，前端设备的运行将得不到保障，有可能导致设备短期内大量损坏，使系统瘫痪。为了前端设备能可靠、长久地运行，设备主体、前端机箱及相应设备须接地。

2.2.2.电子界桩

拟在坝址周边及水库上游人员进出频繁的重要区域，沿水库管理范围线安装 240 个电子界桩（其中靠近大坝的 80 个为红外版），具备倾斜震动感知、精准定位、人员进出红外识别等功能。

2.2.2.1.功能简介

电子界桩符合江苏省地标 DB32/T 4402-2022《河湖和水利工程管理范围划定技术规程》标准，主要作用是替换水库管理范围线布设的传统界桩，实现防丢失损毁和周边进出监管功能。（1）界桩内部集成了加速度传感器、振动传感器，能够实时监测界桩的倾斜角度以及周边的振动情况，能够实现定位信号稳定传输和震动感知报警等功能，监测结果可通过 4G 信号或 LoRa 物联传输等方式上传

至云端服务器，进行实时预警监测，确保了界桩不易丢失，损毁有迹可循。（2）针对钓鱼、游泳频繁发生区域，在界桩顶部加装红外热感知探头，初步判断是否有人员闯入，结合无人机定点巡查可实现业务闭环。电子界桩采用超低功耗设计，可使用 5 年。

2.2.2.2.电子界桩设计

（1）电子界桩设计方案

界桩主机上，内置温湿度传感器、姿态传感器、能够监测主机的工作状态、界桩姿态以及界桩周边环境状况。

界桩内置蓝牙通信功能，通过手机 app 实现界桩的安装调试。

界桩的无线通信模块设计的时候兼容 4G/LoRa 通信模块，可在生产的时候根据需要选装所需模块。

界桩天线均可内置在界桩主机壳体内，无需外引天线。

电子界桩主体采用不锈钢方管，外表面喷塑处理，方管上方固定主机箱体，箱体正上方放置天线。

电子界桩可选用太阳能或电池供电，针对本项目综合界桩安装位置的光照条件，拟采用内置电池供电，以降低因光照，锂电池损坏导致的运维工作，尽量达到免维护的目标。

（2）电子界桩设计图纸

下图以塘马、王母坝水库实施的智能界桩项目为例展示界桩涉及图纸，电子界桩主要包括不锈钢外壳、锂亚电池、电子元件模块、顶部防水盖板等模块。外观方面依据 DB32/T 4402-2022《河湖和水利工程管理范围划定技术规程》刻制丝印。

界桩尺寸为 150×100×1000mm(长×宽×高)，在向水库面喷涂“严禁破坏”（竖排，字规格为 50mm×50 mm），背向水库面喷涂“严禁移动”（竖排，字规格为 50mm×50 mm），字体为黑体，颜色为蓝色，字间距 20mm。

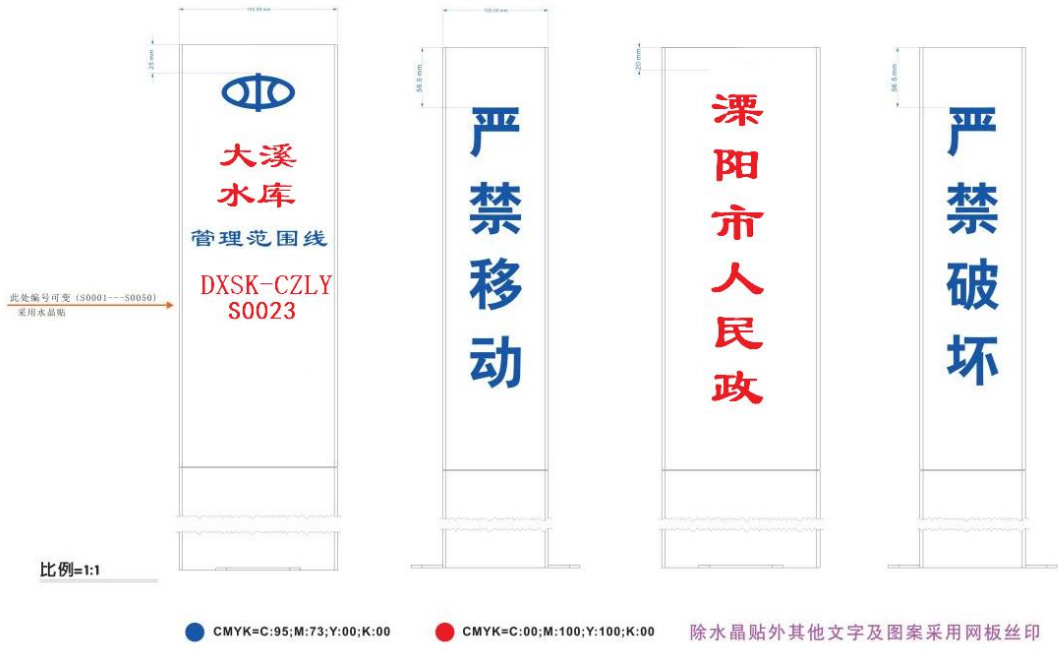
向水库面左侧面从上至下分别刻注水利标志（蓝色，长 50mm×宽 25mm）、大溪水库（红色，字规格为 30mm×30mm，字间距 5mm，字数超过 4 个排两行、行间距 10mm）、管理范围线（蓝色，字规格为 22mm×22mm，字间距 5mm，与水库名称行间距 20 mm），并留出部分空间喷涂编号（字体长仿宋、规格 10mm×20mm）。

在向水库面右侧面刻注“溧阳市人民政府”（红色，竖排，字规格为

40mm×40mm 字距顶面 20mm，字间距 5mm，行政区名字长的其高度可适当调整，字体宽度不变），以上字体（除喷涂编号外）均为阴文，字体为隶书。

整个管理界桩盖顶刷亮蓝色（共桩为红色），厚度 15mm。以上设计中，数量较多的文字，可适当缩小其大小，以美观、清晰为宜。

界桩外露地面采用白色油漆喷涂，喷涂长度 0.4m。



电子界桩设计图纸

（3）电子界桩规格参数

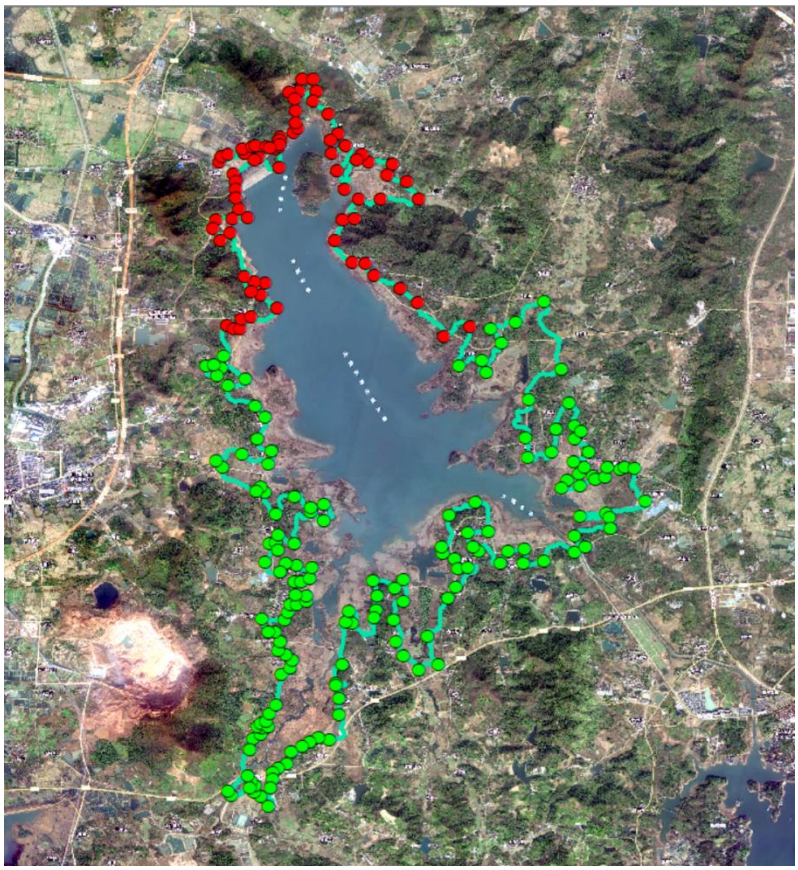
项目	说明
CPU	工业级 32 位超低功耗处理器
远程通信	可以选择 4G/LORA 中的一种通信模式
蓝牙通信	支持 BLE5.0 蓝牙通信，通过手机 APP 可以本地运维
通信天线	内置天线，一体安装内部安装
定位方式	GPS+北斗双模定位，误差 10 米
姿态监测	XYZ 三轴 90°，倾角精度 0.1°
振动监测	XYZ 三轴监测，振动分辨率±0.1G
红外识别	红外识别界桩周边人员经过，识别半径 5 米
温湿度采集	内置温湿度传感器，对机壳内部工作环境进行监控
电压采集	采集电池电压并上报
供电方式	内置电池供电，电子界桩标配 19AH7.2V，红外界桩标配 38AH7.2V 电池，可使用 5 年以上
工作温度	-20~80℃
防水等级	IP68
设备材质	304 不锈钢+PC 面板

2.2.2.3.界桩安装

（1）安装位置

电子界桩安装按照 DB32/T 4402-2022《河湖和水利工程管理范围划定技术规程》的要求施工，基础采用 35cmC25 混凝土，上覆 25cm 回填土，确保电子界桩不易发生倾斜或位移。水库原有混凝土界桩 522 个，部分点位安装条件差或周边属于荒山，几乎无人员进出，根据实际需求拟在坝址周边及水库上游人员进出频繁的重要区域，沿水库管理范围线安装 240 个电子界桩，其中靠近大坝的 80 个为红外版。

按照 DB32/T 4402-2022《河湖和水利工程管理范围划定技术规程》要求，在非城市段界桩间距宜小于 250 米，生产、生活活动较少的荒山、森林处，可根据实际情况加大间距，应小于 1000 米。本项目界桩点位布设重点考虑管理范围线拐点等能够描绘水库界线形状的特征点位，水库管理所及大坝周边布设间距按不小于 250 米控制，水库上游以荒山、森林为主，按小于 1000 米布设。本次根据规范要求充分利用已有混凝土界桩选定安装点位。在管理范围线上设有传统界桩，此次将在管理范围线拐点及村庄人员生活密集区域，将传统界桩替换为电子界桩。现场安装位置根据管理范围线和实施过程现场情况调整确定，实际安装存在困难的适当调整安装位置，安装后记录经纬度。



电子界桩安装位置图（红色为红外功能电子界桩）

电子界桩安装坐标表

编号	经度	纬度	界桩类型
DXSK-CZLY-S0508	119.3553	31.37412	红外界桩
DXSK-CZLY-S0509	119.3561	31.37362	红外界桩
DXSK-CZLY-S0510	119.357	31.37361	红外界桩
DXSK-CZLY-S0510-1	119.3572	31.37498	红外界桩
DXSK-CZLY-S0512	119.3584	31.37518	红外界桩
DXSK-CZLY-S0539	119.3544	31.38519	红外界桩
DXSK-CZLY-S0545	119.3539	31.38788	红外界桩
DXSK-CZLY-S0548	119.358	31.38819	红外界桩
DXSK-CZLY-S00O3	119.3566	31.39323	红外界桩
DXSK-CZLY-S00O3-1	119.3561	31.39398	红外界桩
DXSK-CZLY-S00O4-1	119.3594	31.39603	红外界桩
DXSK-CZLY-S00O5	119.3622	31.39479	红外界桩
DXSK-CZLY-S0005-2	119.3576	31.39667	红外界桩
DXSK-CZLY-S00O5-1	119.3543	31.39555	红外界桩
DXSK-CZLY-S00O6	119.3546	31.39625	红外界桩
DXSK-CZLY-S0009	119.3573	31.39718	红外界桩
DXSK-CZLY-S0015	119.3617	31.39717	红外界桩
DXSK-CZLY-S0016Y	119.3622	31.39748	红外界桩
DXSK-CZLY-S0018-1	119.362	31.3982	红外界桩
DXSK-CZLY-S0019	119.3625	31.3984	红外界桩
DXSK-CZLY-S0020	119.3623	31.39872	红外界桩
DXSK-CZLY-S0021-1	119.364	31.39929	红外界桩

编号	经度	纬度	界桩类型
DXSK-CZLY-S0022	119.3646	31.39989	红外界桩
DXSK-CZLY-S0025Y-1	119.3642	31.4043	红外界桩
DXSK-CZLY-S0028	119.3647	31.40484	红外界桩
DXSK-CZLY-S0030	119.3651	31.40629	红外界桩
DXSK-CZLY-S0033	119.367	31.40479	红外界桩
DXSK-CZLY-S0037	119.3665	31.40343	红外界桩
DXSK-CZLY-S0039	119.3686	31.40184	红外界桩
DXSK-CZLY-S0042	119.3698	31.39916	红外界桩
DXSK-CZLY-S0043	119.3689	31.39833	红外界桩
DXSK-CZLY-S0043-1	119.3691	31.3967	红外界桩
DXSK-CZLY-S0045	119.3709	31.39764	红外界桩
DXSK-CZLY-S0085-1	119.3735	31.38227	红外界桩
DXSK-CZLY-S0084	119.3716	31.38229	红外界桩
DXSK-CZLY-S0081	119.3694	31.38525	红外界桩
DXSK-CZLY-S0079	119.3704	31.38787	红外界桩
DXSK-CZLY-S0078-1	119.372	31.38811	红外界桩
DXSK-CZLY-S0075	119.3726	31.3907	红外界桩
DXSK-CZLY-S0071	119.3754	31.39061	红外界桩
DXSK-CZLY-S0066	119.3803	31.39061	红外界桩
DXSK-CZLY-S0063	119.3788	31.39287	红外界桩
DXSK-CZLY-S0060-1	119.377	31.39517	红外界桩
DXSK-CZLY-S0061Y	119.3763	31.39375	红外界桩
DXSK-CZLY-S0058	119.3738	31.39545	红外界桩
DXSK-CZLY-S0057	119.373	31.39655	红外界桩
DXSK-CZLY-S0055	119.3722	31.39576	红外界桩
DXSK-CZLY-S0092	119.3803	31.37712	红外界桩
DXSK-CZLY-S0097	119.3837	31.37271	红外界桩
DXSK-CZLY-S0517	119.3619	31.37633	红外界桩
DXSK-CZLY-S0520	119.3597	31.37801	红外界桩
DXSK-CZLY-S0523	119.3603	31.37965	红外界桩
DXSK-CZLY-S0524	119.3589	31.37974	红外界桩
DXSK-CZLY-S0526	119.3584	31.37852	红外界桩
DXSK-CZLY-S0528	119.3576	31.38046	红外界桩
DXSK-CZLY-S0537	119.3557	31.38624	红外界桩
DXSK-CZLY-S0050	119.3707	31.39197	红外界桩
DXSK-CZLY-S0048-1	119.3697	31.39435	红外界桩
DXSK-CZLY-S0101	119.3872	31.37394	红外界桩
DXSK-CZLY-S0090	119.3779	31.37889	红外界桩
DXSK-CZLY-S0087	119.3746	31.38064	红外界桩
DXSK-CZLY-S0547	119.356	31.38814	红外界桩
DXSK-CZLY-S0027	119.3634	31.40457	红外界桩
DXSK-CZLY-S0031	119.3665	31.40635	红外界桩
DXSK-CZLY-S0541Y	119.3534	31.38681	红外界桩
DXSK-CZLY-S0007	119.3554	31.39651	红外界桩
DXSK-CZLY-S0004	119.3589	31.39574	红外界桩
DXSK-CZLY-S0023Y	119.3643	31.40067	红外界桩
DXSK-CZLY-S0024Y	119.3642	31.40217	红外界桩
DXSK-CZLY-S0025Y	119.3642	31.40371	红外界桩

编号	经度	纬度	界桩类型
DXSK-CZLY-S0018	119.3621	31.39833	红外界桩
DXSK-CZLY-S0017Y	119.3622	31.39784	红外界桩
DXSK-CZLY-S0002	119.3564	31.39297	红外界桩
DXSK-CZLY-S0001	119.3564	31.39198	红外界桩
DXSK-CZLY-S0549	119.3568	31.38941	红外界桩
DXSK-CZLY-S0550	119.3564	31.39079	红外界桩
DXSK-CZLY-S0011	119.3586	31.39744	红外界桩
DXSK-CZLY-S0012	119.3591	31.39757	红外界桩
DXSK-CZLY-S0013	119.3604	31.39746	红外界桩
DXSK-CZLY-S0014	119.3609	31.39733	红外界桩
DXSK-CZLY-S0173-1	119.3998	31.35379	电子界桩
DXSK-CZLY-S0175-1	119.3991	31.35285	电子界桩
DXSK-CZLY-S0178	119.4016	31.35305	电子界桩
DXSK-CZLY-S0179-1	119.4033	31.35432	电子界桩
DXSK-CZLY-S0179-2	119.4035	31.354	电子界桩
DXSK-CZLY-S0179-3	119.4049	31.35423	电子界桩
DXSK-CZLY-S0181	119.4052	31.35555	电子界桩
DXSK-CZLY-S0184-1	119.4068	31.35523	电子界桩
DXSK-CZLY-S0184	119.4074	31.35553	电子界桩
DXSK-CZLY-S0185	119.4086	31.35535	电子界桩
DXSK-CZLY-S0196-1	119.4016	31.34907	电子界桩
DXSK-CZLY-S0195-1	119.405	31.34953	电子界桩
DXSK-CZLY-S0197	119.4055	31.34892	电子界桩
DXSK-CZLY-S0236	119.4008	31.34432	电子界桩
DXSK-CZLY-S0245	119.3942	31.34291	电子界桩
DXSK-CZLY-S0247	119.3943	31.34476	电子界桩
DXSK-CZLY-S0249	119.3922	31.34454	电子界桩
DXSK-CZLY-S0251	119.3912	31.34301	电子界桩
DXSK-CZLY-S0256	119.3883	31.34457	电子界桩
DXSK-CZLY-S0257	119.3876	31.34512	电子界桩
DXSK-CZLY-S0259-1	119.3869	31.34702	电子界桩
DXSK-CZLY-S0261-1	119.3896	31.34707	电子界桩
DXSK-CZLY-S0275	119.3835	31.34425	电子界桩
DXSK-CZLY-S0274	119.3834	31.34508	电子界桩
DXSK-CZLY-S0276	119.3851	31.34354	电子界桩
DXSK-CZLY-S0278-1	119.3855	31.34224	电子界桩
DXSK-CZLY-S0279	119.3869	31.34245	电子界桩
DXSK-CZLY-S0283	119.3852	31.3398	电子界桩
DXSK-CZLY-S0285	119.3842	31.33832	电子界桩
DXSK-CZLY-S0300	119.3784	31.33086	电子界桩
DXSK-CZLY-S0302	119.3775	31.33273	电子界桩
DXSK-CZLY-S0320	119.3745	31.34061	电子界桩
DXSK-CZLY-S0322	119.375	31.3387	电子界桩
DXSK-CZLY-S0325	119.3748	31.33679	电子界桩
DXSK-CZLY-S0326	119.3746	31.33588	电子界桩
DXSK-CZLY-S0332	119.3718	31.33517	电子界桩
DXSK-CZLY-S0336	119.3708	31.33524	电子界桩
DXSK-CZLY-S0334	119.3713	31.3367	电子界桩

编号	经度	纬度	界桩类型
DXSK-CZLY-S0345	119.3695	31.32721	电子界桩
DXSK-CZLY-S0346	119.3696	31.32696	电子界桩
DXSK-CZLY-S0348	119.37	31.3253	电子界桩
DXSK-CZLY-S0350	119.37	31.32307	电子界桩
DXSK-CZLY-S0354-1	119.3687	31.31976	电子界桩
DXSK-CZLY-S0358	119.3672	31.32015	电子界桩
DXSK-CZLY-S0359	119.3661	31.31956	电子界桩
DXSK-CZLY-S0360	119.3652	31.31895	电子界桩
DXSK-CZLY-S0361-2	119.3638	31.31827	电子界桩
DXSK-CZLY-S0363	119.3632	31.31664	电子界桩
DXSK-CZLY-S0363-1	119.362	31.31616	电子界桩
DXSK-CZLY-S0365	119.3612	31.31554	电子界桩
DXSK-CZLY-S0365-1	119.3613	31.31476	电子界桩
DXSK-CZLY-S0367	119.361	31.31359	电子界桩
DXSK-CZLY-S0368	119.3608	31.31118	电子界桩
DXSK-CZLY-S0369	119.3597	31.3124	电子界桩
DXSK-CZLY-S0370	119.3589	31.31303	电子界桩
DXSK-CZLY-S0370-1	119.359	31.31388	电子界桩
DXSK-CZLY-S0371	119.3585	31.31442	电子界桩
DXSK-CZLY-S0371-1	119.3582	31.31352	电子界桩
DXSK-CZLY-S0374	119.3558	31.31249	电子界桩
DXSK-CZLY-S0374-1	119.3555	31.31311	电子界桩
DXSK-CZLY-S0385	119.3587	31.32002	电子界桩
DXSK-CZLY-S0386	119.3598	31.32054	电子界桩
DXSK-CZLY-S0387-1	119.3598	31.32134	电子界桩
DXSK-CZLY-S0387-2	119.3593	31.32158	电子界桩
DXSK-CZLY-S0387-3	119.3597	31.322	电子界桩
DXSK-CZLY-S0388	119.3606	31.32159	电子界桩
DXSK-CZLY-S0388-2	119.3605	31.32225	电子界桩
DXSK-CZLY-S0390	119.3609	31.32326	电子界桩
DXSK-CZLY-S0391	119.3617	31.3244	电子界桩
DXSK-CZLY-S0396	119.3625	31.32834	电子界桩
DXSK-CZLY-S0397-1	119.3636	31.32923	电子界桩
DXSK-CZLY-S0398-1	119.3638	31.33022	电子界桩
DXSK-CZLY-S0399	119.363	31.33101	电子界桩
DXSK-CZLY-S0400	119.362	31.33158	电子界桩
DXSK-CZLY-S0401	119.3623	31.33261	电子界桩
DXSK-CZLY-S0402-1	119.3615	31.33395	电子界桩
DXSK-CZLY-S0402-2	119.3607	31.33393	电子界桩
DXSK-CZLY-S0405	119.3599	31.3357	电子界桩
DXSK-CZLY-S0407	119.3629	31.33558	电子界桩
DXSK-CZLY-S0408	119.3632	31.33652	电子界桩
DXSK-CZLY-S0410-1	119.3635	31.33749	电子界桩
DXSK-CZLY-S0411	119.3644	31.33749	电子界桩
DXSK-CZLY-S0412-1	119.3657	31.33792	电子界桩
DXSK-CZLY-S0412-2	119.3658	31.33861	电子界桩
DXSK-CZLY-S0413	119.3642	31.33884	电子界桩
DXSK-CZLY-S0415	119.3641	31.34049	电子界桩

编号	经度	纬度	界桩类型
DXSK-CZLY-S0416	119.365	31.34053	电子界桩
DXSK-CZLY-S0417-1	119.3661	31.34093	电子界桩
DXSK-CZLY-S0418	119.3665	31.34235	电子界桩
DXSK-CZLY-S0419	119.3644	31.34263	电子界桩
DXSK-CZLY-S0420	119.363	31.34297	电子界桩
DXSK-CZLY-S0421	119.3622	31.34179	电子界桩
DXSK-CZLY-S0430	119.3609	31.3456	电子界桩
DXSK-CZLY-S0431	119.3617	31.34573	电子界桩
DXSK-CZLY-S0431-1	119.362	31.34672	电子界桩
DXSK-CZLY-S0435	119.3641	31.34551	电子界桩
DXSK-CZLY-S0441	119.3663	31.34964	电子界桩
DXSK-CZLY-S0444	119.3679	31.34852	电子界桩
DXSK-CZLY-S0447	119.368	31.35061	电子界桩
DXSK-CZLY-S0449	119.3663	31.35028	电子界桩
DXSK-CZLY-S0460	119.3603	31.35218	电子界桩
DXSK-CZLY-S0461	119.3596	31.35291	电子界桩
DXSK-CZLY-S0462	119.3591	31.35235	电子界桩
DXSK-CZLY-S0467	119.3547	31.35554	电子界桩
DXSK-CZLY-S0469	119.3538	31.35634	电子界桩
DXSK-CZLY-S0474	119.3573	31.3572	电子界桩
DXSK-CZLY-S0479	119.3607	31.35598	电子界桩
DXSK-CZLY-S0480	119.3611	31.35766	电子界桩
DXSK-CZLY-S0482	119.3593	31.35923	电子界桩
DXSK-CZLY-S0485Y	119.3603	31.36202	电子界桩
DXSK-CZLY-S0486	119.359	31.36354	电子界桩
DXSK-CZLY-S0490	119.3555	31.36627	电子界桩
DXSK-CZLY-S0492Y	119.3577	31.3671	电子界桩
DXSK-CZLY-S0496	119.3546	31.36851	电子界桩
DXSK-CZLY-S0497	119.3539	31.36744	电子界桩
DXSK-CZLY-S0499	119.3526	31.3688	电子界桩
DXSK-CZLY-S0500	119.3536	31.36895	电子界桩
DXSK-CZLY-S0502	119.3549	31.3701	电子界桩
DXSK-CZLY-S0172	119.4014	31.35463	电子界桩
DXSK-CZLY-S0169-1	119.4021	31.35557	电子界桩
DXSK-CZLY-S0168-1	119.4007	31.35625	电子界桩
DXSK-CZLY-S0167-1	119.4026	31.35751	电子界桩
DXSK-CZLY-S0164	119.4009	31.3593	电子界桩
DXSK-CZLY-S0161-1	119.4008	31.36091	电子界桩
DXSK-CZLY-S0158	119.4001	31.36396	电子界桩
DXSK-CZLY-S0154	119.3984	31.36048	电子界桩
DXSK-CZLY-S0152	119.3978	31.35755	电子界桩
DXSK-CZLY-S0147	119.3947	31.35686	电子界桩
DXSK-CZLY-S0145	119.3944	31.35932	电子界桩
DXSK-CZLY-S0139	119.3948	31.36432	电子界桩
DXSK-CZLY-S0105	119.3857	31.36884	电子界桩
DXSK-CZLY-S0108	119.3888	31.36957	电子界桩
DXSK-CZLY-S0110	119.3892	31.36789	电子界桩
DXSK-CZLY-S0116	119.3913	31.37185	电子界桩

编号	经度	纬度	界桩类型
DXSK-CZLY-S0118	119.3899	31.3736	电子界桩
DXSK-CZLY-S0122	119.3932	31.37457	电子界桩
DXSK-CZLY-S0126	119.3968	31.37727	电子界桩
DXSK-CZLY-S0133-1	119.3991	31.3683	电子界桩
DXSK-CZLY-S0265	119.3878	31.35096	电子界桩
DXSK-CZLY-S0269	119.3844	31.34921	电子界桩
DXSK-CZLY-S0295-1	119.383	31.32971	电子界桩
DXSK-CZLY-S0292	119.3816	31.33334	电子界桩
DXSK-CZLY-S0315	119.3773	31.33962	电子界桩
DXSK-CZLY-S0313	119.3784	31.34076	电子界桩
DXSK-CZLY-S0309	119.3785	31.33795	电子界桩
DXSK-CZLY-S0306	119.3772	31.33551	电子界桩
DXSK-CZLY-S0343	119.3704	31.32969	电子界桩
DXSK-CZLY-S0242	119.3969	31.34323	电子界桩
DXSK-CZLY-S0298-1	119.3804	31.32895	电子界桩
DXSK-CZLY-S0378	119.358	31.31506	电子界桩
DXSK-CZLY-S0383	119.3583	31.31858	电子界桩
DXSK-CZLY-S0162-1	119.4017	31.36027	电子界桩
DXSK-CZLY-S0456	119.3617	31.34934	电子界桩
DXSK-CZLY-S0452	119.3641	31.35169	电子界桩
DXSK-CZLY-S0424	119.3603	31.34307	电子界桩
DXSK-CZLY-S0428	119.362	31.34465	电子界桩
DXSK-CZLY-S0191	119.4102	31.35108	电子界桩
DXSK-CZLY-S0204	119.4023	31.34507	电子界桩
DXSK-CZLY-S0203	119.4008	31.34657	电子界桩
DXSK-CZLY-S0198	119.4055	31.34759	电子界桩

（2）基坑开挖方式

基础开挖前，现场施工人员应清楚基坑开挖的尺寸及要求。立杆基础的坑深应以设计的施工基面为基准。若设计无施工基面要求时，应以立杆中心桩顶面为基准。

基坑开挖按设计及施工要求，先降基后进行基坑开挖；对于降基量较小，可与基坑开挖同时完成。杆件基础采用明挖法施工，必须垂直下挖，规格为400*400*600，四方有形，对基底及基础四周应先整平、夯实，浇筑前应确保基层基坑内无淤泥杂物及积水。

开挖过程中，对开挖出的泥土、石块等要及时清理，要尽量减少对周边绿化、路面的损坏。

基坑开挖遇土体强度较弱时应用模板固定四周，防止四周土体倾覆，保证坑壁四周有足够的强度和稳定性，时刻注意并检查开挖过程土体情况。

按照省标DB32/T 4402-2022《河湖和水利工程管理范围划定技术规程》的要求施工。

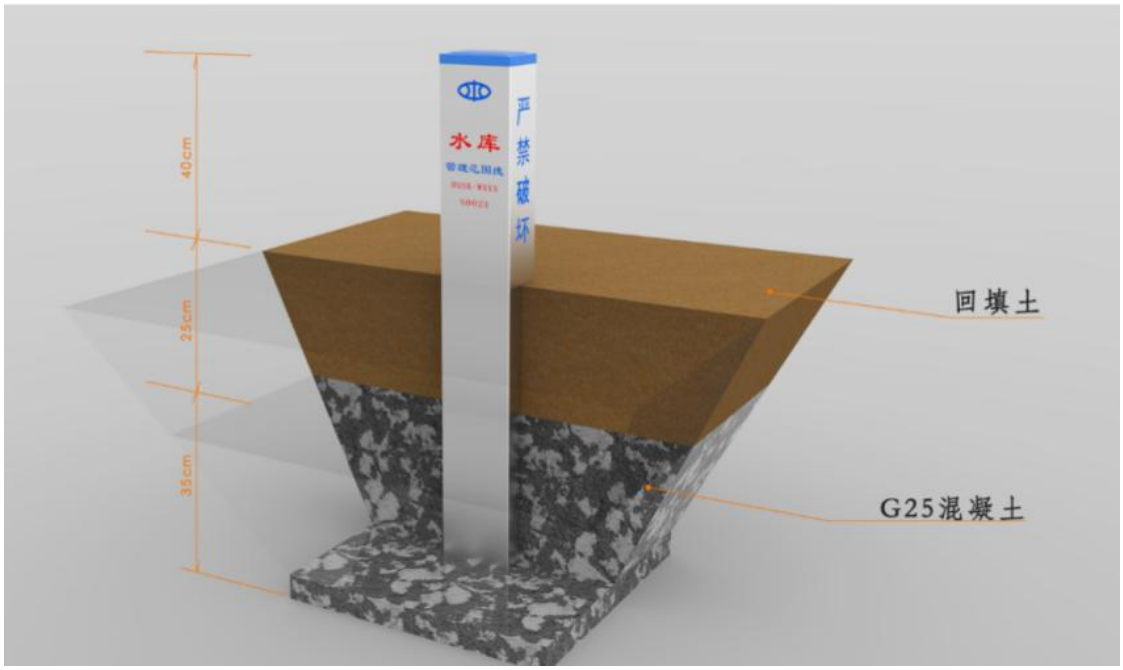


图 3.1-11 界桩安装示意

2.2.3.智能高清球机

2.2.3.1.功能简介

在水库溢洪道处结合原有电源和网络安装智能高清球机，通过深度学习算法对视频内容进行分析和识别，提供更为直观和准确的监控信息。包括对人物、车辆、动物等目标的识别，以及对异常行为的检测。当有人试图非法闯入水库界线时，智能高清球机能够立即捕捉该行为，并通过管理平台向管理人员发送预警信息。管理人员可根据报警情况及时通过实时监控了解目标的运动轨迹进行实时追踪，为管理人员提供了更为全面和准确的监控数据。同时，布设智能球机也是对水库监控死角的补充，泄洪闸放水前能够更好观察是否存在人员安全隐患，并结合无人机、喊话器及时提醒驱离，保障水库运行管理安全。

智能高清球机参数表

项目	说明
立杆支架	利用原有立杆
供电及网络	利用原有线路
通信网关	4G 工业级通信网关
4G 物联网卡	3 年备用通信流量，5G/月
智能控制系统	智能界桩系统控制接入
智能高清球机	传感器类型：1/1.8 "　progressive scan CMOS

项目	说明
	最低照度：彩色：0.0002 Lux @（F1.0，AGC ON），0 Lux with Light 宽动态：120dB 超宽动态 焦距：4 mm 视场角：水平视场角：89° 垂直视场角：45° 对角视场角：107.0° 补光灯距离：柔光照射距离：最远可达 30 m 水平范围：水平 350° 垂直范围：垂直 0°-90° 主码流帧率分辨率：50 Hz：25 fps（2560 × 1440，1920 × 1080，1280 × 960，1280 × 720） 60 Hz：30 fps（2560 × 1440，1920 × 1080，1280 × 960，1280 × 720） 视频压缩标准：H.265，H.264，MJPEG 电源输出：DC12V;电流小于 60mA 网络接口：RJ45 网口，自适应 10M/100M 网络数据 音频输入：内置麦克风，1 路音频输入，音频峰值：2~2.4 V[p-p]，输入阻抗：1 KΩ ± 10% 电源：PoE（802.3at），DC12 V 设备功耗：最大功耗：14 W 工作温湿度：-30℃-65℃；湿度小于 90% 防护：IP66; 6000V 防雷、防浪涌、防突波，符合 GB/T17626.5 四级标准

2.2.3.2.安装施工

高清摄像头位于溢洪道西侧，充分利用原有立杆和线路安装。摄像头通过实时监控，能够及时发现并阻止任何未经授权的进入行为，确保溢洪道的畅通无阻，从而保障水库安全运行，安装位置如下图所示。



智能高清球机安装位置图

智能高清球机安装坐标表

编号	经度	纬度
1	119.3617	31.3970

2.2.4.电子围栏

2.2.4.1.产品功能

通过产生和接收脉冲信号，并在前端探测围栏处于触网、短路、断路状态时能产生报警信号，并把入侵信号发送到安全报警中心，达到非法闯入监管作用。

电子围栏属于主动入侵探测器类，又称激光对射，主要由激光发射器和激光接收器组成。发射器可向接收器发射单束或多束经过调制的激光光束，方向性好，相位一致，形成单束或多束不可见的激光警戒线。激光对射采用遮挡激光光束的方式，实现报警功能。若激光发射器和激光接收器两者之间激光光束未被遮挡，设备不报警；若两者之间激光光束被遮挡，设备就会立即触发报警。

电子围栏具有探测距离远，灵敏度高，误报率低，安全可靠，隐蔽性好，检修调试方便，适应各种恶劣自然气候情况等优点。可广泛用于监狱、军事单位、住宅、厂房、仓库、变电站、石油化工等场所的安全防范预警。

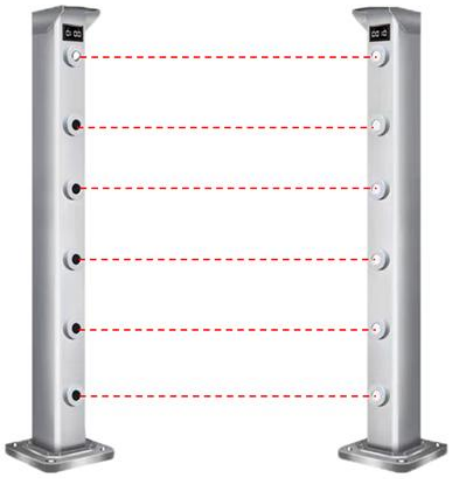


图 3.1-14 电子围栏效果图

2.2.4.2.规格参数

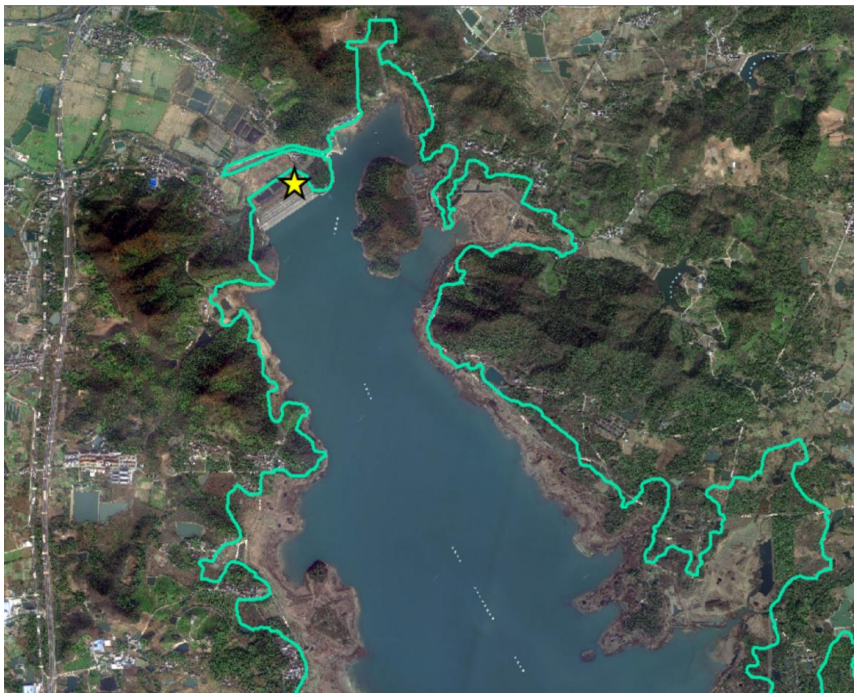
项目	说明
室外警戒距离	0~200m
报警方式	相邻 1、2、3、4 光束遮挡模式可调
激光波长	980nm

项目	说明
电源电压	DC/AC12V~24V
激光光源等级	为 ClassI
工作电流	90~200mA
MTBF	>150000 小时
报警输出	常闭常开可选 触点容量 AC125V/0.5A、DC24V/1A max
两个光束间的距离	15cm
发射器发散角度	<8'
接收器接收角度	>10°
光轴调整角度	水平+15°垂直±15°
响应时间	50ms/100ms/300ms/700ms 可调
报警时间	1.5s
射束频率	每个光束都唯一的频率
材质	壳体，304 不锈钢;中心支撑柱，铝合金;底座，压铸铝
防护等级	IP67
工作环境	温度-25℃~70℃/湿度:95% max
安装孔尺寸	4 个$10 孔均匀分布
安装位置	室内/室外，墙体/杆柱安装

2.2.4.3.安装部署

电子围栏安装在水库防汛物资仓库，初步选定下图所示 1 个点位，安装时结合现场情况进一步核实安装条件确定。就近接入仓库电源，采用市电供电。

该仓库存储了大量关键防汛物资，如沙袋、抽水泵、救生衣等，在水库面临汛情时起着至关重要的作用。安装电子围栏可以有效防止无关人员进入仓库区域，避免物资被盗取、破坏或因人为疏忽而受损，确保在紧急情况下防汛物资能够完好无损且及时投入使用，从而保障水库在面对汛情时的应对能力和安全稳定运行。



电子围栏安装位置图

电子围栏安装坐标表

编号	经度	纬度
1	119.3596	31.3950

2.2.5 智能化界桩与界线管理系统平台建设

2.2.5.1.总体架构设计

水库界线管理与运行保障示范应用系统采用 B/S 架构进行设计，系统设计以满足界桩定位监测、水库界线管理、人员闯入报警等业务需求。平台总体架构设计包括基础设施层、数据中心层和业务应用层。

（1）基础设施层

采用 4G/5G，光纤、水利专网、互联网等途径进行数据信息的采集。

（2）数据中心层

制定数据资源目录，形成数据资源管理规范，按照标准化的数据结构进一步补充数据库。

（3）业务应用层

管理水库界桩与界线管理业务应用系统，制定统一的系统展示模式和统一的登录方式，便于集成和扩充。

2.2.5.2.平台大厅

能够动态展示界桩与界线管理的各类信息，包括界桩概览、界桩分类、在线监测、告警统计、实时告警、界桩模型等功能模块。

2.2.5.3.界线管理后台

包括界桩基本信息管理、告警信息统计分析、历史告警查询等功能模块。

2.2.5.4.移动端程序开发

开发界桩与界线管理系统手机移动端程序，展示界桩信息、人员入侵、实时监控等界线管理信息。包括界桩状态的实时监控和报警处理两个主要功能模块，辅助管理人员远程管理。

2.3.系统部署和网络架构

为满足无人机巡检和智能界桩系统部署需要的算力、存储等资源，拟采购AI 算力服务器 1 台、系统部署服务器 1 台、平台访问工作站 4 台。为保障系统运行稳定，将业务系统和 AI 算力分开部署，可以保障 AI 算力服务器满负荷运行时不影响业务系统流畅性。根据系统访问流畅性需求，在大溪、沙河、塘马水库管理所和溧阳市水利局部署 4 台平台访问工作站。

2.3.1.业务系统服务器

业务系统服务器用于部署无人机巡检系统和智能化界桩与界线管理系统，主要负责数据存储和系统管理，对算力资源依赖较低，拟采用配置如下表。

类别	配置参数
CPU	不低于 2 块 Inter6330,28Core 2.0GHz 性能
GPU	不低于 1 块 4090 24G 显卡性能
内存	128GB 内存(4x32G)
网口	4*千兆网口
系统	国产系统
硬盘	2*960GB 固态硬盘+4 块 8T 机械硬盘
电源	1600 双电源（含国标电源线）/导轨

2.3.2.算力服务器

算力服务器用于部署 AI 识别算法，为 AI 模型的识别、训练和推理提供强大、高效且稳定的计算能力。无人机 AI 识别算法与机组数量相关，本项目拟新建 3 套无人机，接入大溪水库无人机 1 台，综合考虑算力富余和未来新建无人机统一接入，拟配置服务器参数如下，该配置下最多具备 5 台无人机 AI 识别算力。

无人机巡检对服务器的算力需求主要是内存和 GPU。64G 双通道共 128G。其中主要是视频流缓冲池占用和 AI 后台服务占用，尤其是在高帧率高分辨率多路视频接入的情况下，资源占用更为明显。具体来说，系统以及常驻后台中间件约占 20-24GB，加上每路视频流按 1080P@30Hz 标准 RGB 视频计算，约每路 2GB 的缓冲池，按 5 路输入计算，缓冲池约 12GB 左右。此外，为加速数据处理，需开辟 shm(shared memory)共享内存池以提供高频文件的快速访问，shm 约占总物理内存的 50%约 64GB。

以 L20 算力卡计算性能为例，单卡峰值约 119.5 TFLOPS，为满足 5 路无人机实时识别算力需求，并为后期新建无人机巡检预留一定算力空间，取利用系数 $\eta \approx 0.6$，则单卡有效算力约为 $119.5 \times 0.4 = 71.7$ TFLOPS。项目使用的算法模型多为 yolov8，5 路 AI 识别需求推理的持续算力需求就约为 $660.8B \times 125 = 82.6$ TFLOPS，已显著超过单张 L20 的 71.7TFLOPS，并且还要叠加解码/预处理、NMS、跟踪与跨帧事件评估（钓鱼行为/违法施工的时序判定）、规则引擎与告警聚合等工程开销与峰值冗余，因此需要不低于两张 L20 分摊负载（有效算力约 $2 \times 71.7 = 143.4$TFLOPS**）才能稳定做到不丢帧、低时延，并为后期无人机扩建提供算力空间。

类别	配置参数
CPU	不低于 2 块 Intel Xeon Gold 5318Y 性能
服务器	机架式服务器
内存	DDR4 64GB*2（共 128GB）
GPU	不低于 2*NVIDIA Tesla L20 性能
电源	2*1200W（以上）
存储	2*960G SSD +1*8TB HDD （SATA）
操作系统	Ubuntu—server 22.04 LTS（amd64 位）

2.3.3.平台访问工作站

平台访问工作站用于大溪、沙河、塘马三座水库管理所和溧阳市水利局系统访问。确保文件上传下载、数据查询、报表生成等操作流畅无卡顿；存储方案兼顾速度与容量，满足日常办公及数据归档需求，显卡与显示器配置保障系统访问显示要求。服务器最低配置要求如下：I7-13700/32GB/512G/2THHD/无光驱/GT730-4G/260W 电源/WIN11+27 寸显示器。

2.3.4.部署架构

本项目采用“市局中心机房集中部署+水库分站访问+前端分布式感知”三级部署架构，所有核心业务系统、算力设备统一部署于溧阳市水利局机房，终端访问设备、前端感知设备分区部署至三座水库，具体划分如下：

（1）水利局中心机房（核心部署区）

系统部署服主要软硬件设备考虑部署在溧阳市水利局专用机房，借助机房建设的环境、电力、网络、安全等条件，为项目提供核心算力、存储、业务等资源。机房符合政务机房建设标准，场地布局规整，地面承重、防尘防静电等基础条件良好，实现恒温恒湿的设备运行环境，同时配备人脸门禁、全域监控、消防系统，搭建起完善的物理安防与消防体系；机房采用双路独立市电供电方案，辅以分级配电、综合防雷设施，电力供应安全可靠，再结合标准化分区管理与常态化运维机制，整体运行环境优良，能够为本项目业务服务器、AI 算力服务器及整套软硬件提供 7×24 小时稳定运行保障，可充分支撑本项目落地部署、调试运行及长期运维工作。

项目部署硬件设备主要包括：

1）业务系统服务器 1 台：承载溧阳市级无人机巡检管理平台、智能化界桩与界线管理系统、数据汇总服务、省级矩阵平台对接服务；

2）AI 算力服务器 1 台：提供 AI 识别算法、模型推理等服务，实现算力与业务物理隔离，避免高负载影响常规业务运行；

项目部署软件系统主要包括：

1）市级无人机管理平台

2）水库无人机巡检平台

3）智能化界桩与界线管理系统

4）AI 算法套件、数据治理工具、接口服务程序、日志审计系统、权限管理系统、省级矩阵平台对接接口、跨部门数据共享接口等。

（2）水库分站访问端

主要在大溪、沙河、塘马三座水库管理处和溧阳市水利局部署系统平台访问工作站用于管理人员日常系统访问与使用。

溧阳市水利局：供市局管理人员、运维人员日常操作、数据查看、工单派发、远程调度使用；

沙河水库管理处：负责本地无人机巡检任务管理、实时监控、问题处置；

塘马水库管理所：承担本地无人机设备管控、巡检成果查看、告警处置；

大溪水库管理处：负责智能界桩、电子围栏等界线管理的全流程操作与告警处理。

（3）前端感知设备

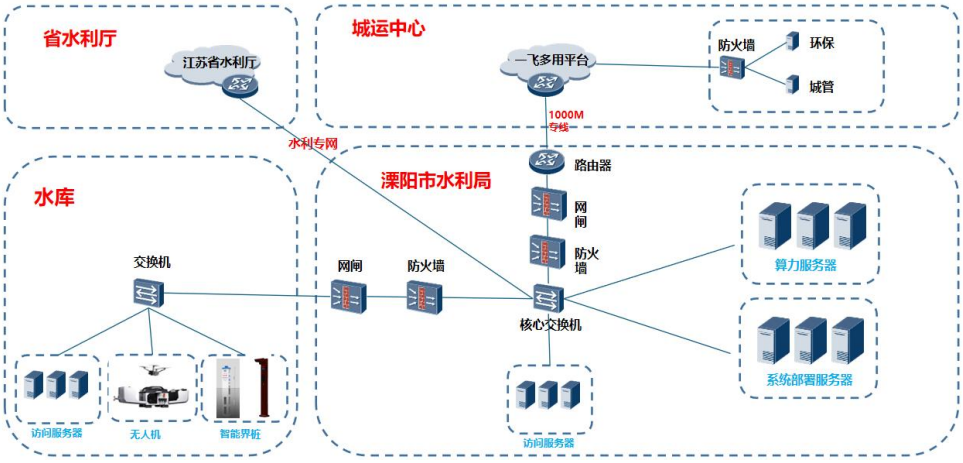
沙河水库：包括无人机机场、架无人机、信号中继站、喊话器、探照灯等配套硬件；

塘马水库：包括无人机机场、无人机、信号中继站及附属配件；

大溪水库：包括电子界桩、智能界桩、电子围栏以及高清球机等。

2.3.5.网络架构

网络架构采用分层设计方式，分为水库本地边缘层、水利局核心层，根据应用需求设计网络架构，并在水利局以专网形式为水利厅或城运中心等上级或平级单位提供数据调用服务。将业务系统服务器与算力服务器部署于溧阳市水利局机房，4 台平台访问工作站分别部署在大溪、沙河、塘马水库管理所和溧阳市水利局，为系统平台访问提供硬件保障。水库本地采用内网+外网结合方式，便于设备和软件远程维护和手机端 APP 访问，无人机机场与水库本地采用有线网络连接方式，智能界桩设备通过 4G 流量形式将数据上传至云端，经外网将数据传输至水库本地工作站。水库与水利局之间以水利专网方式连接，使水库无人机和智能界桩数据能够传输至水利局服务器，并结合溧阳市水利局网络安全建设补充网闸和防火墙，确保市局网络安全。溧阳市水利局无人机巡检数据通过专网形式为水利厅和城运中心提供数据调用接口，水利厅可调用无人机巡检视频，城运中心可申请水库无人机使用权，实现一飞多用。



网络架构图

2.3.6.共享对接

（1）已有平台对接。配合水利局水库矩阵等其他平台对接，提供数据接口、平台跳转等服务。本项目涉及的软硬件与水利局矩阵等已建成平台对接费用包含在项目实施经费内，应根据溧阳市水利局需求提供数据对接服务，包括但不限于提供标准化数据接口和相关说明文件，并配合相关单位开展数据对接工作，若涉及矩阵等非本项目平台页面功能修改，则由平台建设单位承担。

（2）跨部门共享。本项目整套系统部署在水利专网内，通过网络安全设备实现与市级政务外网的合规互通，严格遵循全市政务信息化及大数据共享管理相关规定，可按需向市大数据局、城运中心、生态环境局、城管局等部门推送水库巡检、智能界桩监测、隐患告警、现场视频等业务数据，实现跨部门数据流转与业务协同，满足市级政府对信息化项目的数据共享要求。