

Knife River 采石场的无人机水深测量： 在 30 英尺深处探测到沉积层

2025年10月6日



2025 年 5 月，Westward Geology Group 在 Knife River 的石灰岩采石场进行了基于无人机的水深测量和激光雷达 (LiDAR) 勘测。他们使用双频回声测深仪绘制了深达三十英尺 (30 ft) 的池塘地图，并探测到了坚硬的底层，克服了悬浮沉积物和植被带来的挑战。

项目概况

- **成果：** 探测到三十英尺 (30 ft) 的池塘最大深度；在高浊度下识别出固结的沉积物
- **行业：** 采矿与骨料
- **应用：** 结合无人机与 LiDAR 的水深测量
- **地点与日期：** 美国德克萨斯州，2025 年 5 月
- **硬件设备：** 大疆经纬 350 RTK 无人机 (DJI Matrice 350 RTK)、大疆禅思 L2 激光雷达 (DJI Zenmuse L2 LiDAR)、SPH Engineering 的 **Bathymetry Kit**
- **软件：** UgCS 飞行规划软件、SkyHub 机载计算机固件
- **规模：** 两阶段工作流程；一次 LiDAR 飞行 (10 分钟)，一次水深测量任务
- **成果：** 2025 年 5 月在德克萨斯州 Knife River 进行的无人机水深测量实现了 30 英尺的最大深度探测，并在没有船只进入的情况下于浑浊水体中绘制了沉积层地图。

客户与目标

Knife River 是美国领先的骨料和建筑材料生产商，需要精确的池塘深度和沉积物测绘数据，以维持德克萨斯州一处石灰岩采石场的运营效率。为了提供支持，他们聘请了 [Westward Geology Group](#) 来提供基于无人机的勘测解决方案。其目标是在不部署船只的情况下，安全地测量水深和沉积物结构。



在 Knife River 采石场，配备 SPH Engineering 双频回声测深系统的大疆经纬 350 无人机

环境与限制

采石场池塘正在持续接收排放物，产生了严重的浊度和悬浮细颗粒。陡峭的河岸使得船只无法进入，而水下障碍物和正在运行的泵增加了安全风险。池塘边缘的植被进一步限制了地面人员的通道。此次勘测需要一种非接触式的数据采集方式，并且能够在水体中存在干扰的情况下有效运行。

解决方案架构

为了实现这些目标，[Westward Geology Group](#) 部署了分为两阶段的无人机工作流程。

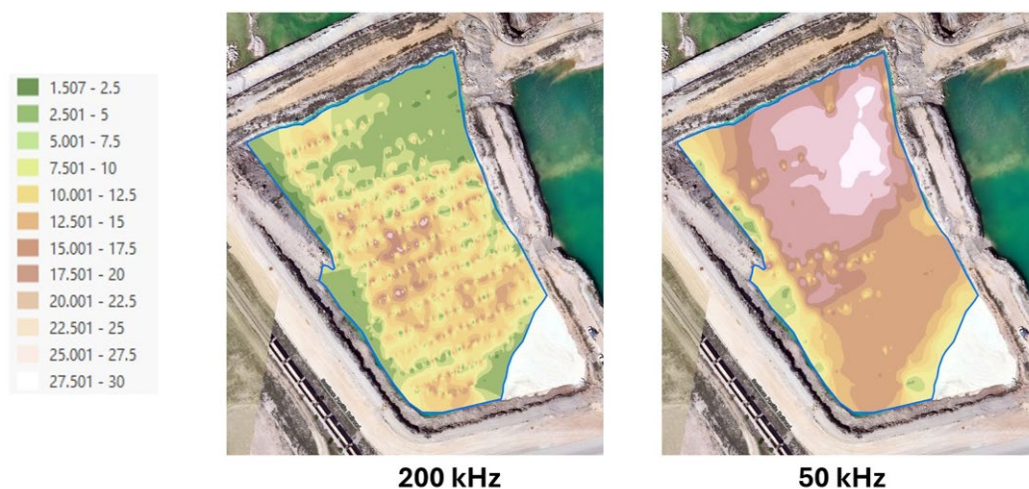
- **无人机平台**：具备 RTK 高精度定位功能的大疆经纬 350 RTK
- **有效载荷 1 (第一阶段)**：大疆禅思 L2 激光雷达 (密度约为 400 点/m²，飞行 10 分钟)
- **有效载荷 2 (第二阶段)**：SPH Engineering 的无人机水深测量套件 [Bathymetry Kit](#) (200 kHz 和 50 kHz)
- **机载计算机**：用于控制有效载荷和记录数据的 [SkyHub](#) 固件
- **任务规划软件**：具备自动化网格飞行路径功能的 [UgCS](#)
- **工作流程**：激光雷达获取高程和池塘几何形态 → 无人机水深测量用于深度和沉积物测绘
- **理论依据**：选择无人机工作流程而非船只测量，是为了保证安全性、作业速度 (勘测时间 <1 小时) 以及能够进入陡峭/植被茂密的池塘边缘。



在 Knife River 采石场进行无人机水深测量期间，在 UgCS 中规划并执行了网格飞行路径

实施步骤

1. **计划**：在 UgCS 中规划任务：网格布局、六英寸（15 厘米）的拖曳深度、RTK 精度、根据池塘大小优化的线间距。
2. **准备**：配置 SkyHub，校准声纳，完成无人机安全检查表。将陡峭的河岸标记为禁区。
3. **执行**：一次激光雷达飞行（约 10 分钟）获取高程数据；一次水深测量任务绘制池塘内部地图。无人机保持仿地飞行；操作人员留在岸上。
4. **处理**：激光雷达点云处理为数字高程模型 (DEM)；声纳日志（200 kHz 和 50 kHz）处理为深度网格。质量保证 (QA) 确认了数据集之间的对齐情况。交付成果：水深图、沉积物分析。



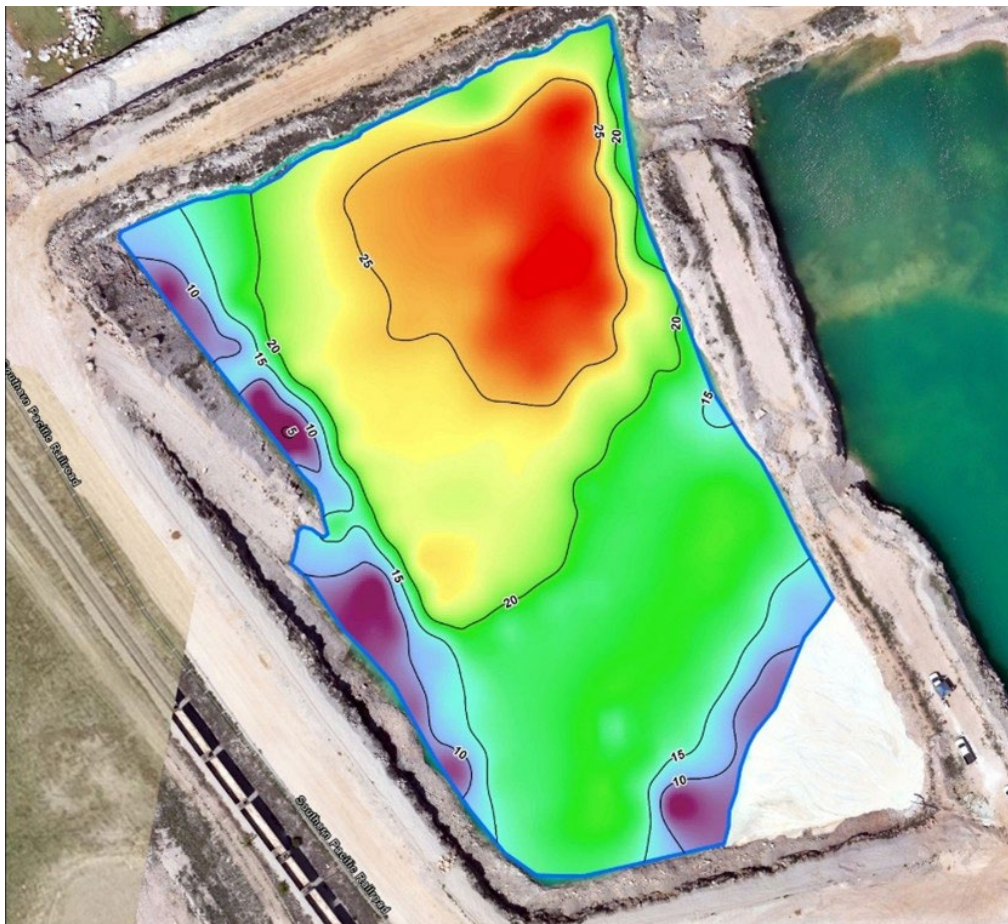
水深图：200 kHz 信号（左）主要从悬浮沉积物反射，而 50 kHz 信号（右）穿透下去揭示了池塘坚实的底部

结果

该工作流程交付了高分辨率的高程和深度数据集。

关键指标 (KPI) :

- **最大深度** : 三十英尺 (30 ft)
- **沉积物探测** : 尽管浊度阻挡了 200 kHz 信号, 但在 50 kHz 下仍识别出固结的底层 (100% 探测率, 高频则为 0%)
- **勘测时间** : 一次 LiDAR 飞行 (10 分钟) + 一次水深测量任务 (20 分钟)。总计 <1 小时 (相比之下, 船载勘测需要数小时)
- **安全性** : 零下水作业 (相比高风险的船只部署)



基于 50 kHz 数据的最终深度模型, 显示东北部区域的池塘最大深度约为 30 英尺

指标	传统方法 (船只)	无人机工作流程
水上作业人员	2-3	0
准备时间	2-3 小时	<0.5 小时
深度探测	受浊度限制	完整深度 (30 ft)

验证与方法论

线间距与池塘大小相匹配，并带有重叠部分以确保完全覆盖。RTK GNSS 确保了位置精度。对双频声纳输出的致性进行了交叉检查；200 kHz 反射了悬浮的细颗粒，50 kHz 穿透至坚实的底层。数据在 UgCS 中进行处理，并根据预期的沉积物分层模式进行了验证。

没有任何船只或人员下水，从而彻底消除了溺水风险。

结论

Knife River 池塘勘测案例证明了，基于无人机的水深测量解决方案能够克服在活跃、满载沉积物的工业环境中进行沉积物测绘时的典型限制。集成兼容无人机的声纳系统，使 Westward 能够探测到池塘的可见深度和地下的沉积物结构，即使在具有挑战性的高浊度条件下也能顺利完成。该方法实现了安全、快速且高精度的数据采集，无需下水或部署船只。

阅读完整案例研究：[UAV-Based Echo Sounder Survey at a Texas Quarry](#)