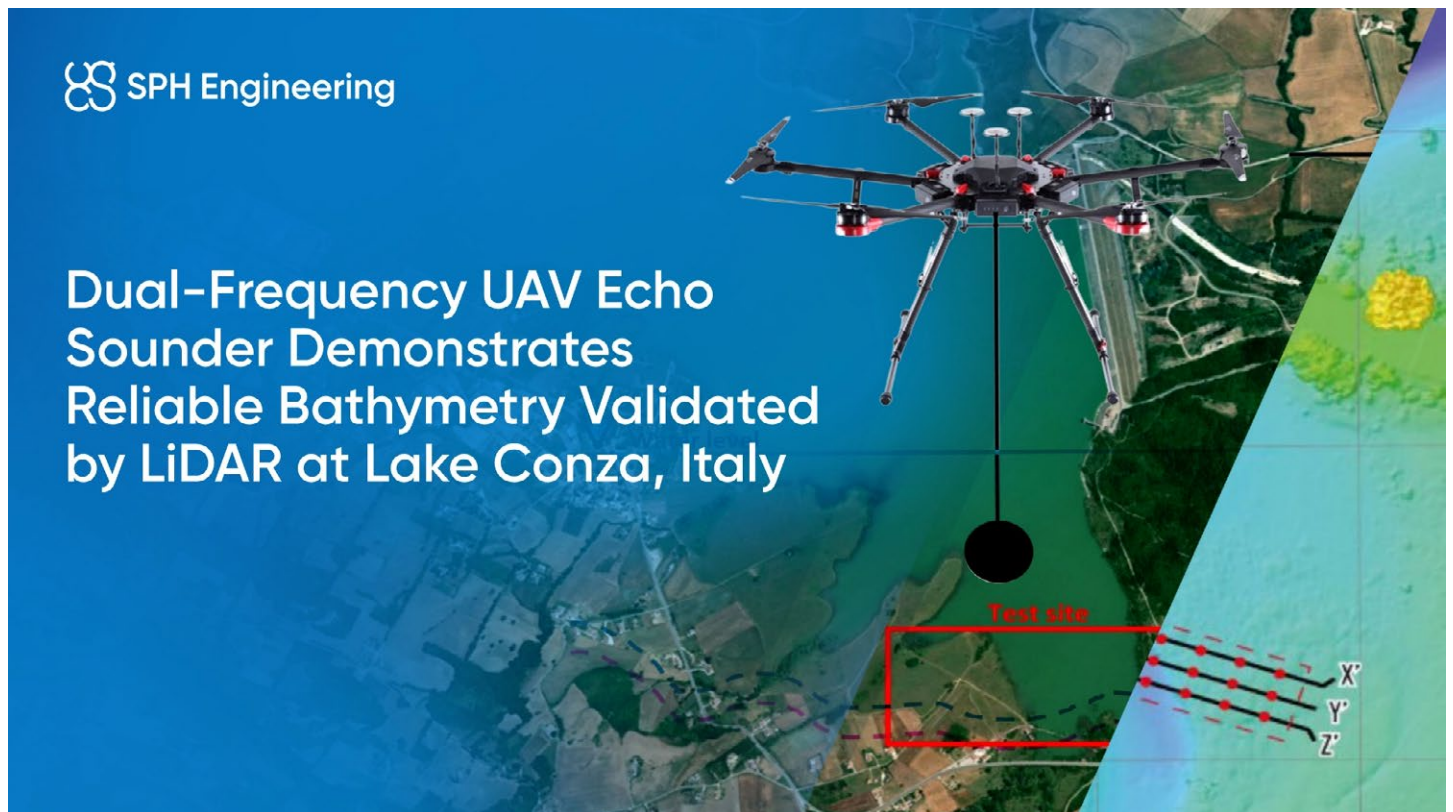


# 双频无人机回声测深仪在意大利孔扎湖展示由 LiDAR 验证的可靠水深测量

2025年11月28日



国家地球物理与火山学研究所 (INGV) 的研究人员在孔扎湖 (Lago di Conza) 进行了一项基于无人机的水深测量，使用了大疆经纬 600 Pro (DJI Matrice 600 Pro) 搭载 SPH Engineering 的双频 ECT D052S 无人机回声测深仪，并采用了 UgCS 的 Grasshopper ( 蚱蜢 ) 模式。在浑浊且充满障碍物的水域中收集的深度测量数据，直接与该盆地枯水期采集的高分辨率 LiDAR 数据进行了验证比对。

## 项目概况 (Quick Facts)

- **机构：** 国家地球物理与火山学研究所 (INGV)
- **行业：** 环境监测 / 水文测量 / 地理空间研究
- **地点：** 意大利南部，孔扎湖 (Lago di Conza / Lake Conza)
- **面临挑战：** 在无人船 ( USV ) 无法进入的浑浊、浅水且充满碎屑的水域进行水深测绘
- **解决方案：** DJI Matrice 600 Pro + SPH Engineering 的 **Bathymetry Kit** ( 水深测量套件 )
- **关键成果：** 经过 LiDAR 验证的无人机水深测量，在 4-5 米以下的深度具有极其可靠的性能

## 背景：机构与勘测动机

国家地球物理与火山学研究所 (INGV) 在意大利多样化的地球物理地貌中开展研究。孔扎湖 (Lago di Conza) 是一个人工水库，其水位随季节变化显著，使得某些区域在丰水期会被淹没，而在枯水期则会裸露。这种独特的条件为在两个不同阶段重建地形形态创造了机会。

由于以下几个因素，传统的水深测量方法效率低下且存在安全隐患：

- 卫星衍生水深测量因持续存在的浑浊而失效。
- 船只/无人船 (USV) 难以应对限制进入的水下树枝、岩石和植被。
- 人工勘测受到复杂地形和安全问题的严重限制。

INGV 需要一种能够确保安全进入、精确定位以及准确进行深度到高程转换的方法，且该方法需适用于淹没和裸露两种状态。



孔扎湖的鸟瞰图，突出显示了测试区域。

## 面临挑战：高浊度、障碍物与有限的可达性

El embalse se caracteriza por una visibilidad del agua muy baja, terreno irregular y densa vegetación sumergida. 该水库的特点是水下能见度极低、地形极不规则以及存在茂密的水下植被。这些复杂条件构成了危险的航行路线，并阻止了 USV 安全进入许多区域。

此外，光学方法无法穿透浑浊的水柱，这使得利用卫星或摄影测量技术无法进行深度估算。

面临的核心挑战是开发一种能够满足以下要求的工作流程：

- 在**浅水、浑浊、富含碎屑**的水域中捕获准确的深度数据
- 尽管存在水下障碍物，仍保持一致的传感器几何形态
- 安全到达狭窄且受阻的通道
- 使用准确的水上参考数据对水下测量结果进行验证

只有基于无人机的方法才能满足浑浊内陆水域水深测量的所有这些操作限制条件。

## 解决方案：用于内陆水深测量的基于无人机的回声测深仪工作流程

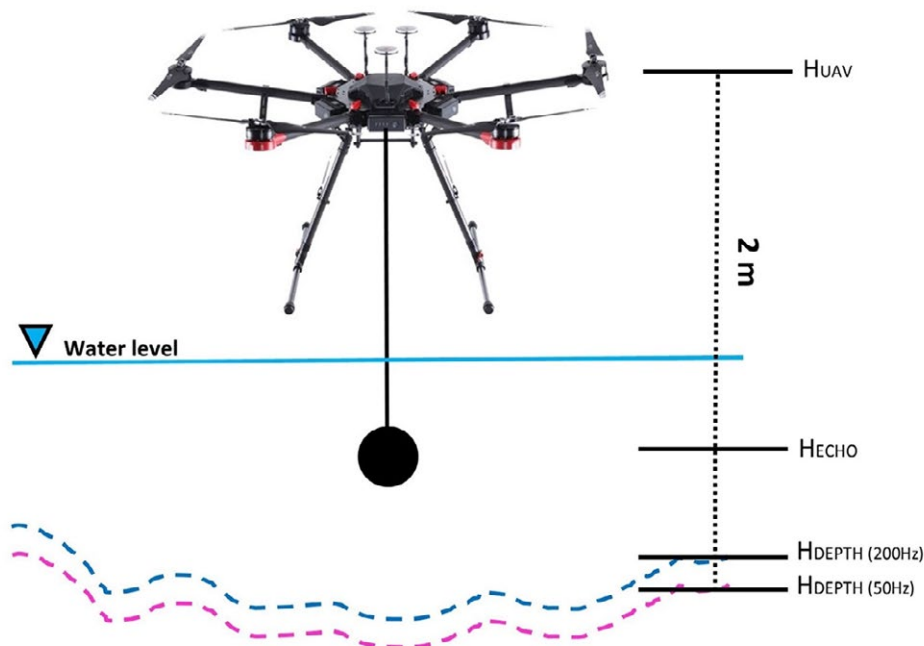
INGV 部署了一架大疆经纬 600 Pro (DJI Matrice 600 Pro)，搭载 SPH Engineering 的 **ECT D052S 双频回声测深仪** (50 kHz 和 200 kHz)。通过使用 **UgCS** 的 Grasshopper 模式，无人机在水面上方保持了精确的高度，确保了即使在水面附近的树枝或碎屑上方飞行时，也能获得稳定的测量几何形态。

该工作流程包括：

- 通过机载雷达高度计确保**稳定的高度**
- 使用 RING 网络基站 AV04 进行**准确的 GNSS PPK 校正**
- 使用已知探头几何形状 (2 米线缆) 进行**深度到高程的转换**
- 获取**双频数据**以比较稳定性与细节

在盆地的枯水期，使用基于无人机的 LiDAR 系统对同一区域进行了勘测，以创建高分辨率的 DSM (数字地表模型) 和 DTM (数字地形模型)。随后，将这些模型与在 30 个检查点收集的水下回声测深剖面进行了直接对比。

这种组合工作流程使团队能够收集一致的水下和旱相 (dry-phase) 数据集，从而使得直接将回声测深仪测量结果与 LiDAR 生成的高程模型进行对比成为可能。



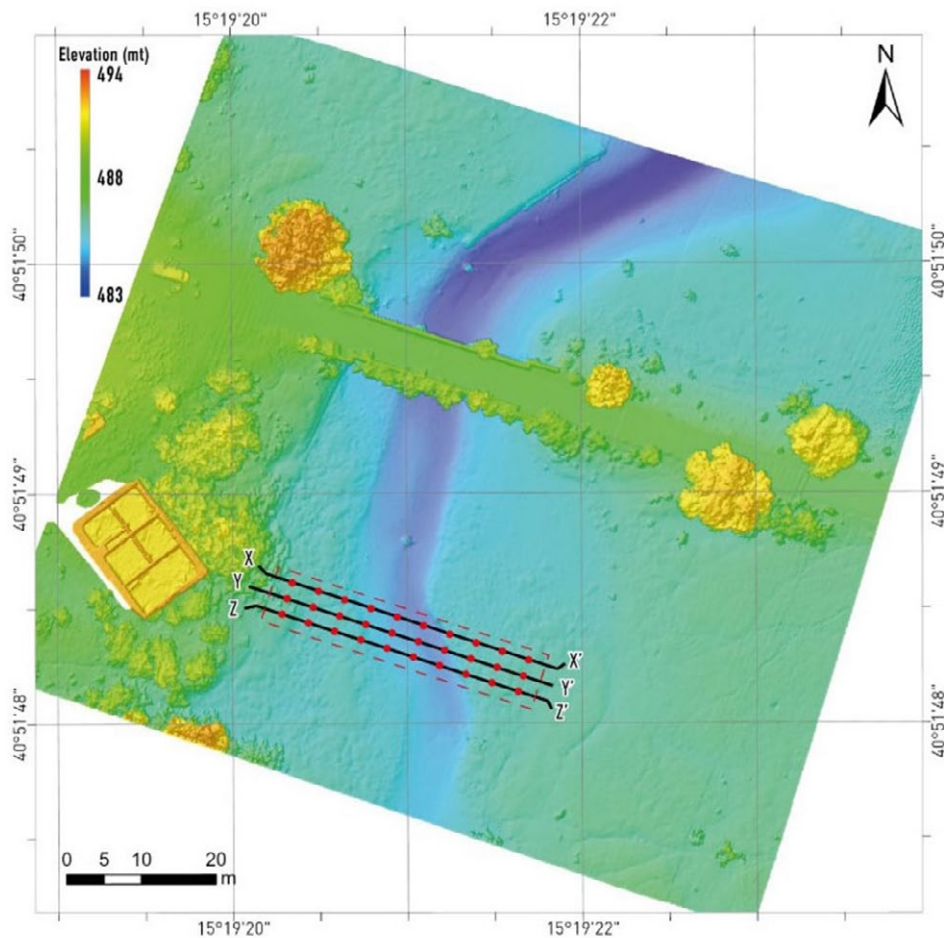
具有 50 kHz 和 200 kHz 测量路径的无人机回声测深仪设置图示

## 测量结果：在复杂的内陆水域中经过 LiDAR 验证的无人机水深测量

具有 0.1 米分辨率的 LiDAR 数据集被用作评估水下测量值的基准。在 50 kHz 和 200 kHz 下收集的回声测深数据，在三个横断面上均与 LiDAR 的高程趋势高度吻合：

- 200 kHz：高细节，对植被和水下障碍物更为敏感
- 50 kHz：细节较少，但在浑浊、充满碎屑的区域具有更稳定的底部探测能力

两种频率都成功重现了底层的形态，包括坡度、河道特征和地形过渡。这证实了基于无人机的回声测深解决方案能够可靠地绘制浅水内陆水体的地形图。无人机平台成功进入了 USV 无法安全作业的狭窄支流、受阻河道以及充满碎屑的区域，展示了关键的操作优势。



在孔扎湖，将 50 kHz 和 200 kHz 声纳剖面与作为底图的 LiDAR DSM 进行对比。

## 结论

孔扎湖的水深测量表明，搭载双频声纳的无人机是在浅水、浑浊和受阻的内陆水域进行水深测量的可靠且实用的方法。通过直接将声纳数据与枯水期收集的高分辨率 LiDAR 数据进行验证，国家地球物理与火山学研究所证明了在传统方法失效的地方，**无人机水深测量**能够取得可靠的结果。该工作流程为复杂环境下的内陆水文测量提供了一种安全、灵活且具有严谨科学依据的解决方案。

阅读完整案例研究：[利用搭载于无人机的回声测深仪在孔扎湖进行水深地形重建 \(Bathymetry Reconstruction Using a UAV-Mounted Echo Sounder at Lago di Conza\)](#)