

# 评估无人机磁力测量技术在露天矿区探测掩埋铁磁性碎屑（杂散金属）的应用

2026年3月31日



露天采矿作业经常面临设备反复损坏的困扰，其根源往往是铁磁性碎屑进入碎石机，这不仅会中断生产，还会导致高昂的停机成本。本案例研究展示了 Altomaxx 如何利用搭载 MagDrone R3 磁力仪的大疆 M300 无人机平台以及 UgCS 飞行计划软件，成功识别出威胁露天采矿作业的金属碎屑。

## 项目概览

- 合作伙伴：Altomaxx
- 应用领域：活跃矿区内的铁磁性碎屑探测与隐患测绘
- 挑战：金属碎屑混入碎石机，导致设备损坏和生产停滞
- 解决方案：使用搭载于大疆 M300（配备 DJI RTK 基站）、集成 SkyHub 机载计算机与 UgCS 无人机飞行计划软件的 MagDrone R3 执行基于无人机的磁力勘测。
- 核心成果：成功探测到埋藏在厚度达 3.5 米的碎石（从小如钱包的石块到巨石大小不等）下方的微小铁磁性目标。

## 背景：活跃露天矿区中威胁设备的金属碎屑

在该矿区，反复发生的生产停滞最终被追溯到混入碎石机的金属碎屑。由硬化钢制成、大小如棒球的装载机铲斗轮齿混入了物料流中，严重损坏了关键的加工设备。矿方亟需一种方法，能够在不中断日常采矿作业的前提下，对石堆进行扫描，在物料进入碎石机前识别出掩埋的铁磁性碎屑。

## 挑战：探测活跃采矿作业区内的掩埋铁磁性碎屑

作业区域面临着巨大的实际限制。崎岖的岩石地形和持续运转的重型机械使得人工巡检既危险又不切实际。团队曾评估过手持式金属探测器，但最终将其否决：碎屑分布的范围之广以及大量碎石的存在，使得人员进行扫描既低效又存在极大的安全隐患。

核心的技术挑战在于：在附近持续进行采矿作业的同时，精准探测埋藏在广阔区域、不同深度且密实碎石下的微小铁磁性物体。该解决方案不仅需要提供单纯的探测信号，还必须提供精确的位置坐标，以便在碎屑进入碎石机之前进行目标清除。

## 解决方案：使用无人机搭载磁力仪和 RTK 定位系统进行自动化网格勘测

在全面评估了现场布局、施工作业和碎屑样本后，团队设立了集结区，并组装了无人机磁力测量系统准备飞行。

关键组件包括：

- **大疆 M300 无人机**：搭载磁力仪有效载荷的无人机平台，能够确保人员远离危险的碎屑区进行数据采集，并支持在整个作业区域内执行精确的自动化飞行计划。
- **DJI RTK 基站**：提供增强的 GPS 定位精度，用于精准测绘探测到的目标位置。
- **SENSYS MagDrone R3 磁力仪**：一款搭载于无人机的磁通门磁力仪有效载荷，安装后几分钟内即可完成配置并投入运行。
- **SkyHub 机载计算机**：机载处理单元，负责管理飞行期间的传感器数据采集和地理参考定位。
- **UgCS**：飞行计划与任务控制软件，用于执行自动化网格勘测。

团队创建了覆盖 X 和 Y 象限的网格飞行计划，并将其上传至无人机基站。借助**激光高度计**，无人机导航至第一个航点，并在贴合地形高程的同时飞完了整个网格。任务完成后，M300 自动返回起点。

初步测试将钢制碎屑样本埋藏在 6 英寸（约 15 厘米）深处，以确认基本的探测能力。

随后进行了更严苛的测试：重型装载机将目标样本埋藏在多个位置，深度在 1 到 5 米之间。覆盖在目标上方的是从小如钱包的石块到巨石大小不等的碎石，以完美模拟真实的作业条件。随后在扩大的测试区域内执行了相同的飞行计划。



图片说明：被厚重碎石掩埋在 1 到 5 米深度的碎屑样本。



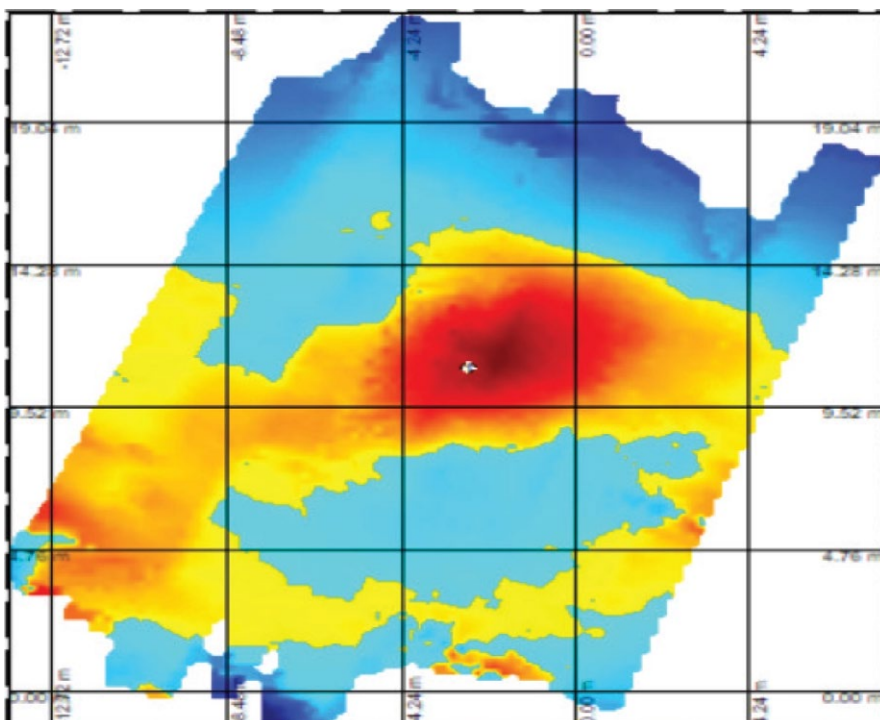
图片说明：埋藏在不同深度的铁磁性目标用于性能评估。

## 成果：成功探测深达 3.5 米的铁磁性目标

在完成网格飞行后，团队检查了数据集。在最初的 6 英寸埋藏测试中，系统顺利确认并绘制了目标位置、深度和磁场强度，未出现任何问题。

在更严苛的测试中（目标被埋藏在厚重碎石下 1 到 5 米深处），基于无人机的磁力勘测成功探测到了深达 3.5 米的相对较小的铁磁性目标。报告指出，鉴于传感器在较小测试物品上的优异表现，体积更大的铁磁性目标的探测深度将突破 3.5 米的阈值。

RTK 基站的集成确保了整个勘测区域内精确到点的位置精度。SENSYS 软件输出了清晰、易于解读的数据集，为每个探测到的目标提供了精准的磁力位置坐标和信号回波值。



图片说明：显示磁力位置和信号回波的数据集。

## 结论：无人机磁力测量被证明是工业碎屑探测的可靠方案

本项目证实了，基于无人机的磁力测量是在活跃的露天采矿环境中探测掩埋铁磁性碎屑的一种切实可行的方法。该方法彻底消除了在活跃工业区进行人工扫描所带来的安全风险，同时一举解决了设备保护和人员安全两大难题。

该工作流程为采矿及其他重工业环境中的碎屑探测和隐患识别提供了一个极具推广价值的标准化模板。