

第五章 遥感勘查技术

前 言

遥感技术以其远距离、大范围、快速高效等优势成为现代地质研究和地质勘查的一种重要手段,在我国地质找矿与地质环境调查等工作中发挥了越来越大的作用。随着高空间与高光谱分辨率遥感技术的不断提高,对地物几何形状及光谱特征的识别能力大大增强,使遥感地质发生了由粗到细,由定性到半定量乃至定量反演的飞跃度。

本届矿业大会上对遥感技术装备的宣传较少。最重要的有美国 ASD 公司 FieldSpec® 4 HI-RES 地物光谱仪,这是该系列的最新一代产品;德国 microdrones 公司 MD4 四旋翼无人机,该公司是全球领先的垂直起降微型无人机系统开发商;以色列的 Icaros 公司 IDM200™/IDM600™航空摄影测量系统。另外还有两款三维激光扫描仪,即美国 FARO 公司的 FOCUS^{3D}S 高精度大空区三维激光扫描仪和澳大利亚 Maptek 公司的 I-Site 系列超长距离三维激光扫描仪。

美国 ASD 公司 FieldSpec® 4 HI-RES 地物光谱仪

一、内容概述

FieldSpec® 4 HI-RES 高分辨率地物光谱仪是美国 ASD 公司的最新旗舰产品,操作简单,软件功能强大。其产品优势在于:更快的光谱采集速度,使用者用更少的时间去测量更多的目标;新一代便携、耐用分光辐射谱仪使得可见/近红外全范围拥有了最高的光谱分辨率;扩展的无线区域允许使用人员可在更远的距离外监控仪器;全新耐用的光缆和更小、更轻质牢固的包装箱使仪器非常便携。

1. 特点:

高光谱分辨率

使用 512 阵元阵列 PDA 探测器和两个独立的 InGaAs 探测器

实时测量并观察反射、透射、辐射度(可选)光谱曲线

可以实时显示绝对反射比(需要定标的

白板数据)

高信噪比,高可靠性,高重复性

大视场角光纤接收端

重量轻,可电池供电,真正的便携式仪

器

宽带无线通讯功能

可选附件齐全,包括:反射探头、透射

或反射式余弦接收器、积分球、叶片探头、不同视场角镜头、不同长度的光纤等

2. 规格:

探测器: 350-1000nm, 低噪声 512 阵元 PDA

1000-1800nm 及 1800-2500nm, 两个 InGaAs 探测器单元, TE 制冷恒温;

波长范围: 350-2500 nm

扫描时间: 100ms

光谱平均: 高达 31,800 次;

色散元件: 一个固定的两个快速旋转的全息反射光栅

波长精度: 0.5 nm

波长重复性: 0.1 nm

光谱分辨率: 3nm@700nm

8nm@1400/2100

NeDL: VNIR $1.0 \times 10^{-9} \text{ W/cm}^2/\text{nm}/\text{sr}@700\text{nm}$

SWIR $1.4 \times 10^{-9} \text{ W/cm}^2/\text{nm}/\text{sr}@1400\text{nm}$

SWIR $2.2 \times 10^{-9} \text{ W/cm}^2/\text{nm}/\text{sr}@2100\text{nm}$

杂散光: VNIR 0.02%

SWIR 1 & 2 0.01%



通道数：2151

高次吸收滤色片，内置光闸和漂移锁定自动校准功能均设置为标准配置

内置光闸及 DriftLock™ 自动漂移修正

1 米长标准光纤探头，25° 前视场，带有可安装在三角架上的手枪式手柄

可选择 1° , 5° 或 8° 视场角的镜头

可测量的最大辐射值超过 2 倍 0° 天顶角处 100% 反射白板的辐射

RS3 标准软件包：可实时测量原始数据, 反射, 透射, 辐射和辐照度光谱曲线

ViewSpec 数据后处理软件，可进行简单数据处理及数据格式转化

电池一次充电后平均工作时间为 6 小时

外形尺寸： 12.7×35.6×29.2 cm

重量： 5.44kg

10/100M 以太网卡接口和无线宽带技术传输距离最远达到 300 米

LabVIEW® 驱动，数据流自动采集

3. 最新 RS3™ 软件包介绍：

ASD 公司最新 RS3 软件包专用于 FieldSpec® 系列地物波谱仪。

RS3 是一套数据采集分析软件包，是同类型的遥感应用软件中功能最强大的。RS3 可进行实时的辐射和辐照测量，避免了耗时的后处理工作。操作者能够在 6 秒钟内调整好仪器的参数因而节省了时间。其它关键贡献包括漂移锁定暗电流校准——达到近于零的暗电流漂移和黑白屏幕选择——在阳光下可以得到更高的对比度。

获取的数据可以直接用 ENVI 软件读取。

4. 产品技术性能的最新改进

ASD 公司最新的漂移锁定功能(DriftLock)从根本上改善了仪器的性能，这是一种硬件和软件的共同创新, 由此带来了仪器在紫外到近红外波段的暗电流噪音的极大改善。在软件上 RS3 软件可以通过监视探测器暗电流漂移连续地调整暗电流噪音补偿，这样，在波长大于 1000nm 范围内常见的由于探测器暗电流造成的与热漂移相关的巨大误差得到有效的消除。

ASD 公司最新的网卡接口和宽带无线技术，可进行无线数据接收，最远可达到 300 米。新增 LabVIEW® 驱动，可进行数据流自动采集。新增光纤自检测系统 FiberChecker™，便于用户对内部每一条光纤进行检验。新型设计符合人体工学，便于不同用户左右手进行仪器操作。体积更小，电池工作时间更长达到 6 小时，等效噪声更小。

二、应用范围及应用实例

此仪器可用做测量辐射、CIE 颜色、光谱反射率和光谱透射率。适用于从遥感测量，农作物监测，森林研究到工业照明测量，海洋学研究和矿物勘察的各方面应用。在地质方面主要用于遥感地质勘探，野外现场测试矿物组成，比如地质遥感蚀变矿物填图、收集标准矿物光谱；当其与高光谱传感器可配合使用时，可用于地质高光谱成像校准和地面实况精细矿物光谱测定。

三、成果出处

北京咏归科技（STS）有限公司

美国 ASD 公司

德国 microdrones 公司 MD4 四旋翼无人机系列

一、内容概述

Microdrones md4-1000 四旋翼系统是一种全球技术领先的垂直起降小型自动驾驶无人飞行器系统，可用于执行资料收集、协调指挥、搜索、测量、通讯、检测、侦查等多种空中任务。相比 md4-200，md4-1000 拥有更大的任务载荷，更强的抗风能力，更长的续航时间，更优秀的姿态控制，是目前全世界最大型的四旋翼无人飞行器系统。

机体和云台完全采用特殊的碳纤维材料制造，制造工艺源自德国著名的无人机复合材料公司 SCHÜBELER，拥有更轻的重量和更高的强度，折叠式支臂设计更方便运输。



基于模块化的设计理念，使用户可以灵活地更换机载任务设备以适应不同的任务要求。从高分辨率的数码相机、多款视频解决方案到高端的红外热成像摄像机。由于 md4-1000 拥有更大的载重，除图像和视频设备之外，还可以搭载根据用户需要定制的更多种任务设备，如空气采样设备，空中投放设备等，从而完成更多样化的任务。

md4-1000 的地面站系统集成了 Microdrones 自主研发的 mdCockpit 座舱仪表软件，只需指尖轻点就可以实时接收并查看完整的飞行数据及飞行器所拍摄的视频影像。还可以根据客户需要定制专用的集成式地面站系统。

md4-1000 可以通过遥控器人工操控飞行，也可以借助独一无二的 GPS Waypoint 系统进行自动驾驶飞行，和 md4-200 一样，是目前全世界同类无人飞行器产品中唯一可以提供自动驾驶飞行功能的先进无人飞行器系统。

首次引入了 2.0B CAN 总线系统，AAHRS（姿态、高度及航向参考系统）集成了加速度计、陀螺仪、磁力计、气压计、湿度计、温度计等多种高精度传感器和卓越的控制算法设计，md4-1000 的操控因而变得非常简单，即使使用者毫无遥控飞行的经验，也能够很短的时间内学会安全地操控飞行。

md4-1000 拥有优秀的安全设计，任何时候只要停止遥控器操作，飞行器就会自动悬停在空中。如果时间超过 30 秒接收不到遥控器信号或者电池电量过低，飞行器就会自动缓慢迫降到地面。

做为一种小型电动无人飞行器，md4-1000 拥有极高的动力效率，一块机载电池支撑的续航时间最高可长达 70 分钟（视电池配置、任务载荷及环境如风速、环境温度等状况而定），

更换机载电池的操作不超过 1 分钟就可完成

由于 4 个 250W 无刷直驱电机工作时不需要齿轮传动，机械安全性大幅提高，电机高效率运转的同时产生的噪音却很小，在 3 米的距离悬停时噪音小于 71 dBA。

地面站

地面站系统包括了 4 路微波接收器、下传链路接收器、视频捕捉器、视频眼镜和矩阵式天线。选配的高增益定向天线的增益能达到 15dBi。地面站系统由 230V 的固定电源或 12V 的车载电源供电，一块电池可以支持地面站系统工作时间长达 10 小时。内置专业锂聚合物电池平衡充电器可以用来为机载电池充电。只需通过操作地面站的电脑便可获取飞行器的视频及飞行数据，也可轻松地把飞行记录数据拷贝到 CD 或 DVD 中。地面站系统被设计在坚固的 Pelican TM 军用安全箱内，可以在恶劣的天气或粗暴的运输中起到可靠的保护作用。

基于 Microsoft TM Windows TM 操作系统的 mdCockpit 座舱仪表软件集成了飞行规划、飞行监控、飞行数据分析等多种功能于一身。

Downlink 解码器可以实时接收并显示飞行器的各种飞行数据，包括电池电压、坐标、高度、方向、姿态、飞行时间、飞行速度、飞行路径、距起飞点的距离、环境温度、风速、电机工作状态、遥控器信号强度、GPS 状态等重要信息。飞行数据回放系统能够同步保存所有的飞行数据，用于航后的数据分析。即使在人工遥控飞行模式下，只要系统装有当前作业区域电子地图或影像地图数据，系统能够实时显示飞行器在地图上的位置。

Waypoint 软件可能帮助用户借助航点规划编辑器创建详细飞行航线规划，让飞行器按照所规划的航线自动飞行。除了规划飞行航线之外，还可以设定多种拍摄计划，例如定点 360 度全景拍摄、围着定点目标进行环绕拍摄、沿飞行航线定距、定点拍摄。规划好的飞行航线能够以 3D 方式显示在屏幕上，根据需要，还可以将飞行航线规划导入到 Google Earth TM 中显示。

二、应用范围及应用实例

该无人机应用范围广泛，比如地形测量、航空摄影、地质勘察、滑坡事故调查、环境评估、野生动物摄影、植被调查、空中监视等。

国内最早由安尔康姆公司引进的德国 Microdrones 全套技术生产的 md4 系列四旋翼无人机已经成为中国警用装备市场的热点。

三、成果出处

北京咏归科技（STS）有限公司

德国 Microdrones 公司

美国 FARO 公司 FOCUS^{3D} 高精度大空区三维激光扫描仪

一、内容概述

FARO Focus^{3D}: 小巧、轻便、用户友好。Focus^{3D} 激光扫描仪是用于复杂测量和建档的高速三维扫描仪。Focus^{3D} 采用激光技术, 只需数分钟即可产生复杂环境和几何结构的详细三维图像。Focus^{3D} 配有触摸操作屏, 用于控制扫描功能和参数。最终的图像是由数百万彩色点的点云组成, 可用来对现有环境进行数字化再现。

1 产品特点

以每秒最大 976,000 点的速率可扫描最长为 503 英尺 (153.49 米)。四种速度: 97.6 万点/秒; 48.8 万点/秒; 24.4 万点/秒; 12.2 万点/秒。

三维虚拟重现——生成由三维测量点组成的逼真虚拟现实图像

速度控制——可按应用场合调节速度和扫描质量

高精度——25 米内的系统距离误差不大于 ±2mm

视野范围大——水平 360°, 垂直 305°

模块化设计——便于系统升级和维护的可拆卸封装模块

无线可操作性——独立的网络服务器; 可以把数据记录到 32GB 的内部硬盘上; 可通过 iPod[®] 触摸笔或大多数无线 PDA 进行控制

携带方便——业界最小、最轻的激光扫描仪, 与同类产品相比, 重量轻四倍, 体积小五倍。并且所有扫描图像都存储在一个 SD 卡中, 从而可将数据简便、安全地传送到 PC。

内置相机——集成彩色照相机, 可实现零视差自动颜色叠加, 进行照片般逼真的三维扫描。

电源单元 (选件) ——小型内置电池, 每次使用平均可保持 5 小时运行时间

通用快速固定独立作业——可固定到测量三脚架上。

2 技术规格

测距单元

可视范围: 153.49m (503.58 英尺)

Range focus^{3D} 1201: 在低环境光线和正入射到 90% 反射表面上的条件下为 0.6 米—120 米室内或室外

Range focus^{3D} 20: 正入射到 >10% 不光滑反射表面上时为 0.6 米—20 米

测量速度: 122,000 / 244,000 / 488,000 / 976,000 点/秒

系统距离误差: 10m 和 25m 为 ±2mm

测量噪声:

10 米时——原始数据: 90% 反射时为 0.6mm | 10% 反射时为 1.2mm

10 米时——噪声压缩 4: 90% 反射时为 0.3mm | 10% 反射时为 0.6mm



25 米时---原始数据: 90% 反射时为 0.95mm | 10% 反射时为 2.2mm

25 米时---噪声压缩 4: 90% 反射时为 0.5mm | 10% 反射时为 1.1mm

彩色单元

分辨率: 最高 7 千万像素色彩

动态彩色特性: 自动亮度适应

数据处理

内置 PC: 工作站级别的 PC 配置, 高速 CPU+独立显卡加速

数据存储: 本地: 内置硬盘驱动器 (大多数解决方法)

远程: 通过外接 PC 机或笔记本电脑存储到以太网上

扫描仪控制: 用 PC 或 PDA 通过以太网、本地网络、互联网或独立操作

折射单元

垂直视野: 305°

水平视野: 360°

垂直步长: 0.009° (360° 时为 40,960 个三维像素)

水平步长: 0.009° (360° 时为 40,960 个三维像素)

角分辨率 (水平/垂直): $\pm 0.009^\circ$

最大垂直扫描速度: 5,820 rpm

激光 (光发送器)

激光功率 (顺时针/0slash): 20 mW (激光等级 3R)

波长: 905 nm

光束发散角: 通常为 0.16 毫弧度 (0.009°)

出口光束直径: 3.8 mm, 圆形

3 一般技术规格

电源电压: 外部供应: 19 V ; 内部供应: 14.4V

功耗: 40 W

环境温度: 5° —40° C

湿度: 无凝露

电缆接头: 位于扫描仪安装座内

重量: 5 kg

尺寸 (长×宽×高): 240mm×200mm×100mm

空间参考: 是

无视差: 是

倾斜传感器: 精确度 0.015° ; 视野范围 $\pm 5^\circ$

二、应用范围及应用案例

Focus^{3D} 激光扫描仪采用最高效的三维数据文档制作方法, 适合房屋建筑、开挖体积、建筑外立面和结构变形、犯罪现场、事故细节、产品几何结构、工厂、工艺装置等。超小的尺寸和重量以及触摸界面, 令 Focus^{3D} 使用便捷, 与常规扫描器相比可节省高达 50%扫描时间。

1. 地质调查

可用于地质填图、地质编录等。

2. 矿山采矿场

可用于巷道三维点云图、开采方量计算等。

3. 巷道测量及巷道支护厚度分析

用于多站拼接后点云图。

三、成果出处

北京咏归科技有限公司

美国 FARO 公司

澳大利亚 Maptek 的 I-Site 系列超长距离三维激光扫描仪

一、内容概述

澳大利亚 Maptek 公司创立于 1981 年，一直致力于三维激光测量设备及软件的研发和应用，其中 I-Site 系列三维激光扫描系统具备诸多行业优势——不仅简单易学，而且功能强大。从 2000 年至今，已经成为国内外众多行业用户的首选三维测量产品。

I-Site 8810 全新一代三维激光扫描系统，集成超远距激光器、高分辨率全景数码相机、后视望远镜。其各部件功能更加完善，并特别增设了 GPS 及电子罗盘等定位技术。为了达到更加快速便捷的测量效果，客户还可以选配新型车载减震支架。结合智能化 I-Site Studio 软件，为用户提供了更加完善的整体解决方案。

二、应用范围及应用实例

Maptek I-Site 8810 可广泛应用于矿业、测绘、电力、交通、水利、建筑等各个领域，高效完成矿山日常测量、地形调查、边坡滑坡预警、方量验收等工作。

产品用途

- (1) 快速高效的高精度、高密度地形激光点云坐标数据获取和计算。
- (2) 安全监测 2 公里范围外危险边坡、废土场、尾矿库的变形数据。
- (3) 获取的扫描数据可快速实现采场阶段验收图的更新及验收量计算。
- (4) 快速自动建立采场 DEM 模型图并绘制综合平面图、采剥区截面图等。
- (5) 快速自动提取采场等高线、坡顶坡底线等。
- (6) 使用系统集成的数字罗盘、电动调焦望远镜及标准 GPS 系统可进一步精简矿山日常测量工作。
- (7) 使用高分辨率激光点云拟合真彩色影像功能，识别和定位边坡异状特征，如倾斜、位移、裂缝等异状范围和位置。
- (8) 专业矿用软件可对矿山生产过程中产生的海量数据进行信息化、可视化的高效管理及三维全景展示。

应用亮点：

- (1) 使用 I-SITE8810，外业 3 分钟可以获取最远 2000 米范围的矿区全部地表信息，配合新型车载减震支架的快速安装、拆卸及转移功能，大幅缩短扫描时间，扩大扫描范围，保障测量安全，减少成本支出。

- (2) 自动快速完成扫描数据的噪点过滤

通过距离、角度、平面、多边形、边界检测、孤点、拓扑等多种方式对原始点云数据进行快速的噪点过滤抽析，有效去除由于植被等因素引起噪点，还原真实的扫描目标，便于矿区地形地物的提取及图形绘制。

- (3) 多站点云坐标数据自动配准拼接

直接导入需要拼接的坐标数据，即可通过名称、时间、角度及全球拟合的方式自动完成多站扫描数据的精确拼接。

- (4) 自动生成可直接量测的矿区表面清晰正射激光影像

矿山采区边坡激光雷达正射影像图

(5) 自动建立矿区真实三维模型

通过拓扑及球面建模方式,自动建立矿区 DEM 模型,并可在模型基础上快速截取断面图。

(6) 自动生成数字高程图,提取等高线、坡顶坡底线。

可直接在原始点云数据上进行点和距离等测量,也可通过建模进行堆体体积的自动计算。

(7) 距离、面积和体积的自动测量。

(8) 绘制平面及剖面图

可自定义剖面线的间距、段数、色彩属性

(9) 为边坡稳定性监测提供一体化解决方案

高分辨率的全景数码相机,精密远程激光测距,电动望远镜进行定向及激光导向,对同一片区域进行反复扫描和测量,对于边坡等危险区域既充分保障了测量人员的安全,同时获取精确的变形量彩色数值报告。

表 1 I-SITE8810 部分应用案例一览

项目名称	测量成果
多米尼加共和国 Barrick 露天金矿	地理信息快速更新 体积计算 边坡变形监测及分析
澳大利亚大洋路海崖测量	海岸沿线建模,岩土特征评估 三维可视化呈现,为复原原物提供可靠数据 对由于岩壁悬崖被海浪侵蚀而产生的高陡边坡,进行稳定性分析
澳大利亚阿盖尔金刚石矿山	计算土方量和喷浆量 绘制隧道截面图 校验隧道掘进方向 评估超欠挖方量
南澳 OZ 金属矿业露天铜矿	露天矿山边坡、排土场、选矿厂基础数据的获取 开采方量、排土场、选矿厂矿堆体积计算
美国科罗拉多州 Glenwood 峡谷高速公路滑坡模拟	获得的三维真实地面模型,便于识别危险区域 通过对比扫描前后的数据,及时掌握位移信息
山西中煤平朔安家岭露天矿	盘煤计算 等高线及坡顶,坡底线提取 采场验方
北京百望山森林公园	山路边坡监测 数字化旅行线路设计

三、成果出处

北京咏归科技(STS)有限公司

澳大利亚 Maptek 公司

以色列 Icaros 公司 IDM200™/ IDM600™航空摄影测量系统

一、内容概述

IDM200™/ IDM600™(Icaros Digital Mapper)是一款高端的大/中相幅面阵数字航空摄影测量系统。该系统集获取、影像数据预处理和影像数据处理功能为一体。采用最先进的元器件和中画幅传感技术,使其具备最高的几何精度和辐射分辨率,保证了系统的可靠性和精准性。该系统小巧,重量轻(仅 30 千克),可搭载任何机型的轻型飞机作业,不需要定制的相机连接埠。其惯性导航系统陀螺稳定,多种平台兼容,符合行业标准与协议模块。提供 2 种安装模式(外滑式/机舱开孔式),配备 55mm、80mm、110mm、210mm 四种可更换镜头,每个镜头都经过严格检校,确保获取数据的精度;多传感器配置:可见光、近红外、热红外波段;可见光传感器为 6000/8000 万像素,可获取条带宽度大,覆盖面积广,并可根据客户需求进行定制。高效全自动的工作流程,多源数据融合在一个模块中处理,其超大的条带宽度以及覆盖面积缩短了飞行时间;单次飞行采集多波段光谱数据,多传感器配置,获取多维数据。



系统优势:

机动灵活

体积小、重量轻,充分发挥轻小型低空飞行器的优势,对起飞和降落的条件要求比较宽松,不需专用遗产起降,运动场、大型广场、草地、公路、野外开阔地等都可以作为起降场地,并且能避开国家对高空空域的管制,便于及时抓住天气条件,根据任务需要随时起飞。

响应快

系统运载方便,设备安装快速,升空准备时间短,免去空域协调、调机等繁琐的工作,能够很快抵达目标区域。

成本低

轻小型飞行器的运行、维护费用较低。遥感系统的平台构建、日常及作业成本都较低。另外,由于能准确获取航摄影曝光时的外方位元素,从而实现无(或少)地面控制点,甚至无需空中三角测量工序,即可直接定向测图。可大大减少因外业布设地面控制点而带来的成本、缩短成图周期、节省成图费用。

时效性强

IDM200 系统可以达到当天获取数据当天处理的水平。这显著提升了我国高精度航空遥感数据获取与处理的能力，从而快速、准确地获取地理信息，有利于改善我国基础地理信息数据滞后于国民经济建设需求的现状。

集成度高

高精度 POS、高精度大负载惯性稳定平台、高精度航测相机、高效快速数据处理系统与低空飞行器的无缝集成，使得一次飞行可以获取多源数据，从而进行空中三角测量、DEM、DOM 的自动化处理，为高精度测图、快速响应、数字城市建设提供完美的解决方案。

精度高

精细航测精度可满足界址点航测、铺装路面内业测定高程、大比例尺图高程注记点的内业测定等应用的精度要求；应用高精度轻小型航空遥感系统快速生产的 DEM、DOM 符合国家规范。

应急能力强

轻小型高精度遥感系统降低了对天气的依赖。尤其是在重大自然灾害应急响应、阴云轻雾天气低空光学影像获取、局部地区及时遥感、低空大比例尺高精度测绘及分布式日常低空遥感监测等情况下，轻小型航空遥感系统拥有卫星遥感和普通航空遥感不可替代的作用。

影像获取能力精确

飞行高度低、可在云下飞行，能够获取大比例尺高精度和高重叠度的影响，增强了后期处理的可靠性，在局部信息获取方面有着巨大的优势。根据任务需要可搭载高精度数码成像设备，具备垂直或倾斜摄影能力，不但能竖起拍摄获取平面影像，还能从多角度获取目标多面的高分辨率纹理影像，在城市应用中可弥补卫星遥感和航空摄影时遇到的高层建筑物遮挡问题。

总之，其性能卓越，具备多用途、高效和灵活便携等特点，能为用户获取高精度、高分辨率的多光谱航空数字影像（可见光波段、近红外波段和热红外波段），生成高精度的地面高程模型，高分辨率的数字正摄影像以及一系列其它的数字空间地理信息产品。

二、应用范围及应用实例

应用领域：

适用于航测公司、测绘及制图公司、政府及非政府机构、国土安全及军事机构、监测公司、环境机构等，可广泛应用于石油天然气勘探、灾难应急响应等领域。

应用实例：

在墨西哥湾漏油事件中，其近红外 NIR 和热红外 TIR 成像技术发挥了重要作用。

三、成果出处

北京友好创达科技有限公司

以色列 Icaros 公司