

无人机载叶绿素荧光成像系统

① 叶绿素荧光成像光谱仪系统介绍

日光诱导叶绿素荧光 SIF(Sun/Solar-induced Chlorophyll Fluorescence)是植物在太阳光照条件下，由光合中心发射出的光谱信号(650—800 nm)，具有红光(690 nm左右)和近红外(740 nm左右)两个波峰，能直接反映植物实际光合作用的动态变化。

SIF遥感是近年迅速发展起来的植被遥感技术，可弥补当前植被遥感观测的不足，为陆地生态系统碳循环和植被监测等提供了新的思路和技术。

以基于“绿度”观测的植被指数(如NDVI)为代表的植被遥感在过去30年极大地促进了从宏观尺度上来理解和认识地球生物圈，但其只能通过“绿度”来探测植物“潜在光合作用”。

叶绿素荧光在植被光合生理探测方面具有独特的技术优势，是“实际光合作用”的直接探测方法。

可以说植被叶绿素荧光遥感是近10年来植被遥感领域最具突破性的研究前沿。随着研究和技术的发展，SIF遥感最近10几年来得到了长足的进步。

SIF是光下测量叶绿素荧光的典型代表，通过测量上行辐亮度对下行太阳光谱Fraunhofer暗线的填充来反演植被发出的叶绿素荧光强度，通常会得到如下的光谱曲线。

吸收线内外上行辐亮度可分别表示为：

$$\left. \begin{aligned} L_{in} &= I_{in} \cdot R_{in} + FS_{in} \\ L_{out} &= I_{out} \cdot R_{out} + FS_{out} \end{aligned} \right\}$$

假设在吸收线附近荧光、反射率是定值，即：

$$R_{in} = R_{out}, FS_{in} = FS_{out}$$

由此可以解算出荧光：
$$FS = \frac{I_{out} \cdot I_{in} - I_{in} \cdot L_{out}}{I_{out} - I_{in}}$$

图 反演植被发出的叶绿素荧光强度



主要功能：

- Shutter快门
- 辐射度、均匀性、镜头、反射率校准
- 太阳光实时采集（余弦校正器）
- 镜头推扫成像
- 辅助摄像监控（实时观察测试区域）
- 增稳云台
- 自动航点规划采集

技术指标：

- 成像光谱范围：670-780nm（650-800nm）
- 成像传感器：SCMOS
- 光谱分辨率：0.35nm
- 自动曝光、自动扫描速度匹配

系统硬件及软件界面：



图 系统硬件及软件界面

技术特点：

原始数据展示：

反射率校正功能：利用标准白板、灰布等可作为参考板，对采集的原始DN值数据进行反射率校准，也可进行批量数据处理

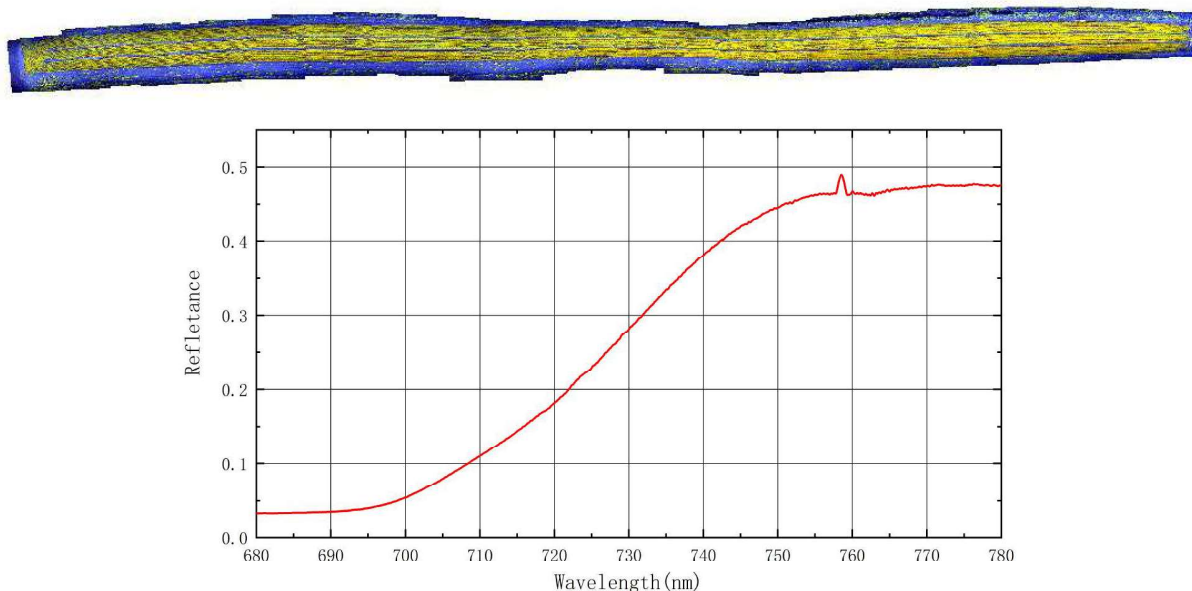


图 SIF 高光谱图像及光谱数据

数据反演应用：

首先，需要对原始的DN值数据进行实时反射率校正处理，系统软件设置有存储对应白帧和暗背景数据的文件夹，在执行采集之后，进行反射率校准；其次，结合选择的数学模型，可输出对应的模型指标的反演结果。

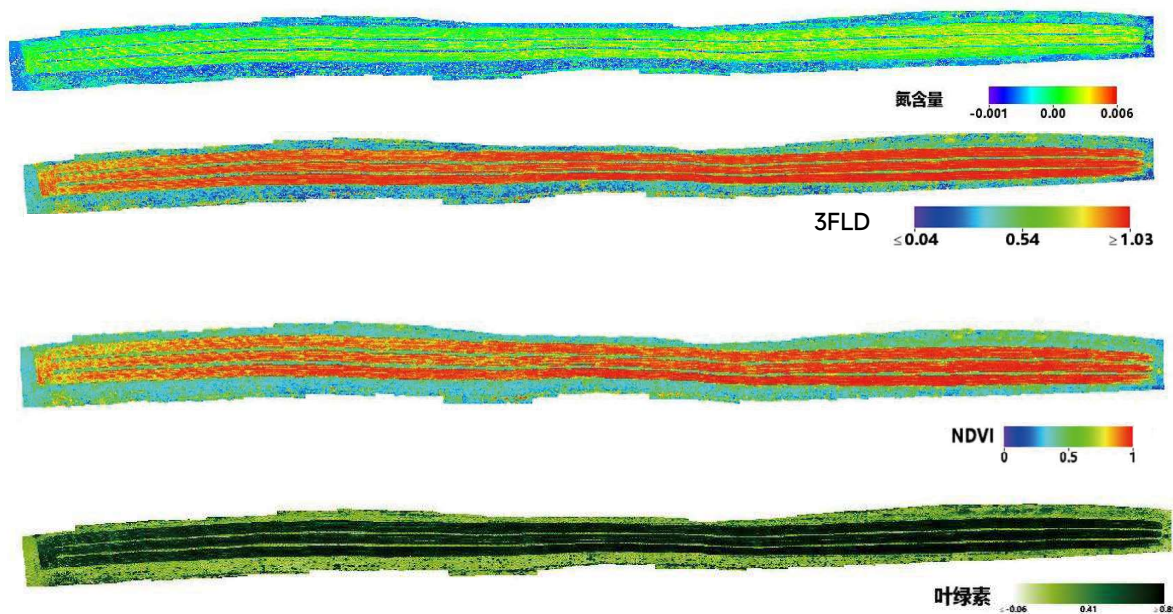


图 反演结果