

珠海一号

高光谱卫星在内陆湖泊监测中的应用

文 | 洪韬 珠海欧比特宇航科技股份有限公司

摘要：针对珠海欧比特宇航科技股份有限公司（以下简称欧比特公司）2018年4月26日发射的02组4颗高光谱卫星（OrbitaHyperSpectral, 简称OHS），本文开展了珠海一号高光谱卫星数据在内陆湖泊水质监测、富营养化状态评价、水体污染监测中的应用示范研究。研究发现，在叶绿素a、悬浮物浓度等定量遥感反演方面，高光谱分辨率的珠海一号高光谱卫星数据能够捕捉到精细的光谱特征进而提取更多水体要素的信息；在水华水草识别等精细化定量提取方面，高空间分辨率的珠海一号高光谱卫星数据占有优势。

关键词：珠海一号高光谱卫星；湖泊水质监测；富营养化评价；水华水草识别

一、引言

湖泊是地球上最重要的淡水资源之一，是人类生产、生活的重要来源。同时农业化、工业化和城市化等人类活动方式也影响着内陆湖泊环境。如今湖泊水面缩减、湖泊污染和富营养化等问题日益严重，加强对湖泊水质的监测和管理刻不容缓。卫星遥感具有快速、广泛、周期性、一次成像、成本相对较低等特点，在内陆湖泊监测中发挥着越来越重要的作用。除了能及时反映湖泊水域和湖泊水质的变化以外，还能发现常规方法无法揭示的污染源及污染物迁移的空间特征。20世纪80年代初光学遥感开始从多光谱扫描成像阶段进入高光谱遥感，传统多光谱遥感只能接收个别波段的地物反射信息，

而高光谱遥感数据能够捕捉内陆水体精细的光谱特征。对湖泊水体（或小面积水体）水质（污染）监测而言，在选择卫星传感器时，如果不能同时满足高时间分辨率、高空间分辨率和高光谱分辨率的要求，首先要考虑的是时间分辨率，其次是空间分辨率，然后才是光谱分辨率。

2018年4月26日，4颗珠海一号高光谱卫星成功发射升空，国内首次实现多颗高光谱卫星组网，开启了商业航天定量遥感的新时代。每颗珠海一号高光谱卫星的空间分辨率为10m，幅宽为150km，信噪比优于300，光谱范围为400~1000nm，具有32个波段，光谱分辨率为2.5nm，4颗珠海一号高光谱卫星组网的重访周期为2天。珠海一号高光谱

卫星具有的高空间分辨率（10m）、高光谱分辨率（2.5nm，32个波段）、高时间分辨率（2天），非常符合内陆水体水质遥感监测的需求，因为监测小型的水库和河流需要高空间分辨率遥感数据，反演光学特性复杂多变的内陆水体的水质参数需要高光谱分辨率，捕捉水体污染的快速变化需要高时间分辨率。珠海一号高光谱卫星在内陆水体遥感监测

中具有较大潜力。

二、内陆湖泊监测应用

1. 湖泊水质监测实例

对湖南省洞庭湖 2018 年 9 月 28 日珠海一号高光谱卫星影像进行叶绿素 a 浓度反演，结果如图 1 所示，相关分析如下。

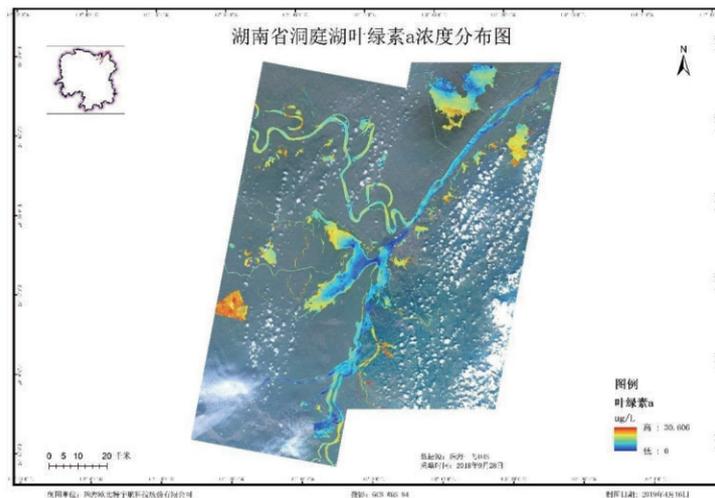


图 1 OHS 数据反演的叶绿素 a 浓度空间分布

地面高光谱建模方法是在研究区上取采样点，利用高光谱仪获取采样点上的水体反射光谱值和各水质参数值，建立水质参数值与水体反射光谱之间的定量模型。一旦模型建立，以后就只需获取采样点的水体反射光谱值，将这些反射光谱值输入得出的定量模型就可得到各水质参数值，无需实测，就可达到对湖泊监测的目的。利用地物光谱仪 ASD 测量研究区域水体的反射率，结合同步采样的水样水质参数浓度进行回归分析，选择估算水环境指标的最佳波段或波段组合，然后选用合适的数学方法建立遥感数据和水环境指标间的定量经验性算法。通过建立珠海一号高光谱卫星的反射率值与实测的叶绿素 a 数据之间的相关关系，从而对洞庭湖的叶绿素 a 浓度分布情况进行有效的反演。700nm 左右的反射率和 670nm 左右的反射率比值已经被广泛应

用于估算高生物量水体中的叶绿素浓度，叶绿素浓度和 700nm/670nm 比值相关性很高的原因是基于浮游植物的后向散射和水的强吸收之间的相互作用，两者都向红外线增加。

叶绿素是藻类重要的组成成分之一，存在于所有的藻类中，而且所有的藻类都含有叶绿素 a，水体叶绿素 a 起着中心传递体的作用，其浓度多少是表征光能自养生物量的重要指标。叶绿素 a 含量的高低与该水体藻类的种类、数量等密切相关，也与水环境质量有关，是水体理化性质动态变化的综合反映指标，为水生生态系统测定中必选项目之一。

2. 湖泊富营养化评价实例

对湖南省洞庭湖 2018 年 9 月 28 日珠海一号高光谱卫星影像进行水体营养状态评价，结果如图 2 所示，相关分析如下。

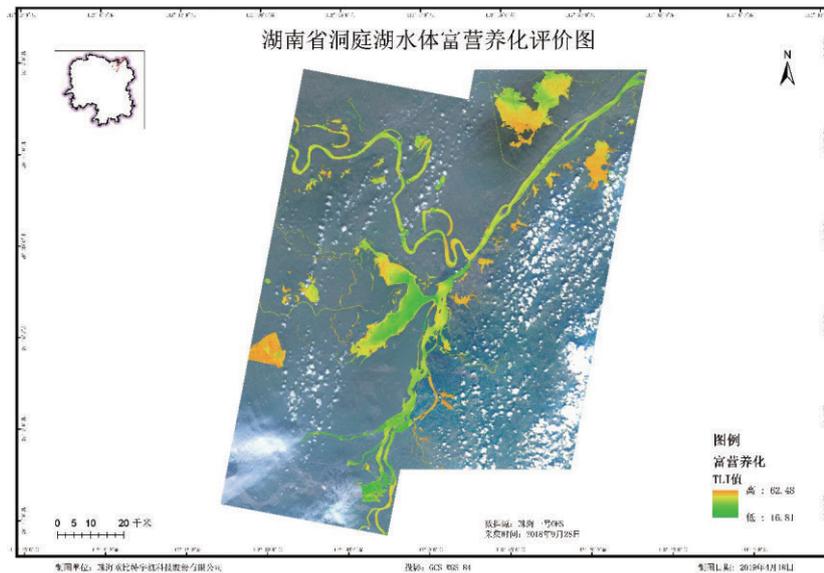


图2 OHS数据水体富营养化评价结果

采用国家环境保护部环境监测总站颁布的《湖泊(水库)富营养化评价方法及分级技术规定(总站生字[2001]090)》中的综合营养状态指数法(Trophic Level Index, TLI)来计算湖泊综合营养状态指数和分级。根据富营养化分级标准,采用0-100的数字对湖泊营养状态分成5级:贫营养(0,30),中营养[30,50],轻度富营养(50,60],中度富营养(60,70],重度富营养(70,100)。湖泊(水库)富营养化状态评价的指标为叶绿素a(Chla)、总磷(TP)、总氮(TN)、透明度(SD)、高锰酸盐指数(CODMn)。其中Chla浓度是衡量水体初级生产力和富营养化的基本指标,所以被当作基准富营养化状态评价参数。

从图2可以看出,洞庭湖富营养化情况较严重的地区主要集中在大小西湖、东洞庭湖的西部。这些地区水流交换相对缓慢,湖水中的泥沙含量较低,湖水透明度较大,水循环周期较长,TP、TN等营养物质滞留系数大导致营养程度高。而在广大外湖区域总体处于轻营养、中营养阶段。因为外湖属于过水性湖泊,年径流量大,水体扰动力大,湖水泥沙含量高,流速较快,水循环周期短,TP、TN等营养物质滞留系数小,营养物质来不及被藻类所充

分利用即被水流带走。同时,高含量的泥沙阻碍水体藻类的光合作用,从而抑制了富营养的发生发展。大通湖是洞庭湖面积最大的内湖,也是湖南省最大的内陆养殖湖泊,其水体基本处于富营养状态,以中度、重度富营养为主,可能是由于长期集约化养殖,导致总氮、总磷含量增加有关。

3. 水华水草识别

对江苏省太湖2018年8月23日珠海一号高光谱卫星影像进行水华和水草分布提取,结果如图3所示,相关分析如下。

基于高光谱数据提取水华和水草,首先要确定可以区分水华、水草和普通水体的合适的光谱指数。由于水体在近红外有强烈的吸收,而水华和水草都属于植物,在近红外是高反射平台,所以利用近红外与红光波段的反射率比值或归一化比值能够区分普通水体、水华与水草。我国长江中下游浅水湖泊水华主要是由蓝藻形成的,蓝藻中含有藻蓝蛋白色素,藻蓝蛋白色素在630nm左右存在反射谷,在655nm左右存在反射峰。水草中不含藻蓝蛋白,因此可以利用这个反射峰和反射谷构建光谱指数来区分水华和水草。计算叶绿素a光谱指数(CSI)藻蓝蛋白基线(PBL),其中CSI的两个波段分别选

用珠海一号高光谱影像的 17、14 波段，中心波长分别为 716 nm、670nm，PBL 的 3 个波段分别为波段 6、11、13，中心波长分别为 550 nm、626 nm、656nm。

使用基于叶绿素 a 光谱指数 CSI 和藻蓝蛋白基线 PBL 的水华、水草高光谱遥感识别模型对太湖水

域进行遥感反演，从反演的结果来看，水草主要分布于贡湖湾、东部沿岸区和西部沿岩区，水华主要分布于竺山湾和梅梁湾。分析太湖往年的水华水草分布规律发现，水草通常位于太湖东部湖区，水华通常位于西部和北部湖区，水草分布区域一般不易发生水华。从图 3 可以发现，反演结果与太湖水华

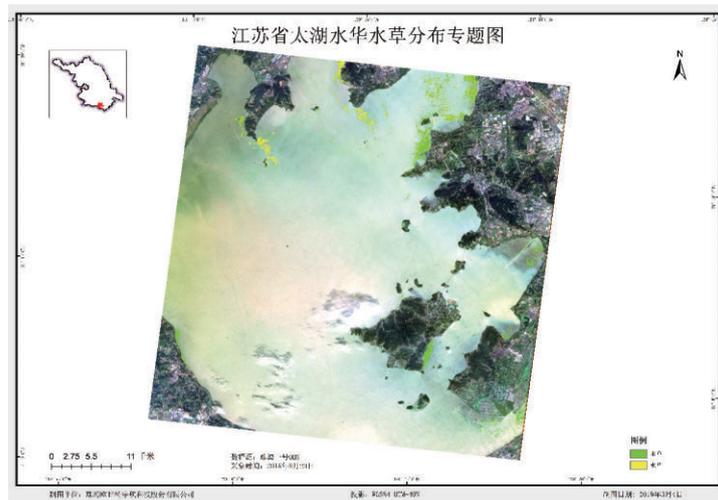


图 3 OHS 数据水华水草识别结果

水草分布规律一致。

三、结束语

利用选取的珠海一号高光谱卫星影像，对湖南省洞庭湖、江苏省太湖进行了应用评价，结果表明：珠海一号高光谱卫星空间分辨率为 10m、幅宽为 150km 能够很好地满足内陆湖泊监测对尺度上的需求，其时间分辨率和光谱分辨率（2.5nm，32 个波段）能够满足内陆湖泊监测对卫星数据质量的需求。欧比特公司计划后续再发射 6 颗珠海一号高光谱卫星，完成 10 颗珠海一号高光谱卫星组网，届时对同一地区可以实现更高的重访周期观测。

使用珠海一号高光谱数据实施水环境监测，主要是对影像数据进行处理和运算，得到可以反映水质状况的遥感特征参数，通过构建反演模型或利用空间分析方法，提取水体目标中的各项水质参数，并根据水环境评价标准，综合多种水质参数对监测

水体的富营养化程度、污染程度、水质类别等做出判别。珠海一号高光谱卫星凭借其高光谱分辨率、高空间分辨率、大覆盖范围和高时间分辨率的优势，在时间和空间上为我国内陆湖泊监测提供有效的数据支持，为管理者提供一定的决策依据，同时为内陆湖泊的水体生态环境保护提供重要的理论基础。

参考文献

- [1] 马荣华, 唐军武, 段洪涛, 等. 湖泊水色遥感研究进展 [J]. 湖泊科学, 2009, 21(2):3-18.
- [2] 朱庆, 李俊生, 张方方, 等. 基于海岸带高光谱成像仪影像的太湖蓝藻水华和水草识别 [J]. 遥感技术与应用, 2016, 31(5):879-885.
- [3] 张兵, 李俊生, 王桥, 等. 内陆水体高光谱遥感 [M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [4] 黄代中, 万群, 李利强, 等. 洞庭湖近 20 年水质与富营养化状态变化 [J]. 环境科学研究, 2013, 26(1):27-33.