



# 珠海一号

## 高光谱卫星数据及应用概况

文 | 李先怡 范海生 潘申林 蒋晓华 吴佳奇  
珠海欧比特宇航科技股份有限公司

**摘要：**珠海一号高光谱卫星是由珠海欧比特宇航科技股份有限公司发射并运营的商业遥感卫星星座中的第2组卫星，该组5颗卫星（4颗高光谱+1颗高分辨率）于2018年4月26日在酒泉卫星发射中心成功发射并正常运行。高光谱卫星数据设计传输32个波段，空间分辨率可达到10m，扫描带宽可达150km。本文介绍了珠海一号高光谱卫星，描述了不同级别的高光谱卫星数据产品，分析了珠海一号高光谱卫星在农业、林业、环境监测及海洋监测等方面的应用前景。

**关键词：**珠海一号；高光谱遥感卫星；卫星数据产品；高光谱应用

基金项目：珠海市引进创新创业团队项目（ZH0111-0405-170027-P-WC）资助

## 一、引言

随着成像光谱技术的出现, 高光谱遥感已经成为国际遥感技术研究的热门课题和光学遥感的最主要手段<sup>[1]</sup>。高光谱遥感技术作为对地观测技术的重大突破<sup>[2]</sup>, 其发展潜力巨大。高光谱遥感(Hyperspectral Remote Sensing)是指用很窄且通常连续的光谱通道对地物遥感成像的技术。高光谱遥感在可见光到短波红外波段的光谱分辨率高达纳米(nm)数量级, 通常具有波段多的特点, 光谱通道多达数十甚至数百个, 且各光谱通道间往往是波长连续的<sup>[3]</sup>。高光谱遥感数据最主要的特点是将传统的图像维与光谱维信息融合为一体, 在获取地表空间图像的同时, 得到每个地物的连续光谱信息, 从而实现依据地物光谱特征的地物成份信息反演与地物识别。高光谱遥感克服了传统单波段、多光谱遥感在波段数、波段范围、精细信息表达等方面的局限性, 以较窄的波段区间、较多的波段数量提供遥感信息, 能够从光谱空间中对地物予以细分和鉴别,

在资源、环境、城市、生态等领域得到了广泛应用。然而, 现阶段全世界高光谱卫星较少, 高光谱数据缺少, 且分辨率低、幅宽较窄。空间分辨率、时间分辨率以及光谱分辨率都很难满足用户的需求, 利用高光谱数据在各行业推广应用就更难以全面开展。从高光谱遥感技术诞生以来, 数据获取一直是高光谱遥感发展的瓶颈<sup>[4]</sup>。

珠海一号高光谱卫星(OrbitaHyperSpectral, 简称OHS)是珠海一号卫星星座的第2组卫星, 于2018年4月26日在酒泉卫星发射中心通过长征十一号运载火箭以“一箭五星”方式成功发射并已正常使用(见图1)。按计划后续将继续发射6颗高光谱卫星, 到时10颗高光谱卫星组网成星座, 可以缩短重访周期, 提高动态观测效率, 实现地表环境监测的快速响应。本文介绍了珠海一号高光谱卫星参数、数据产品及数据处理流程, 分析了该卫星在自然资源调查、生态环境监测、海洋监测、农业生产等方面的主要应用, 以此展望珠海一号高光谱卫星的应用前景。

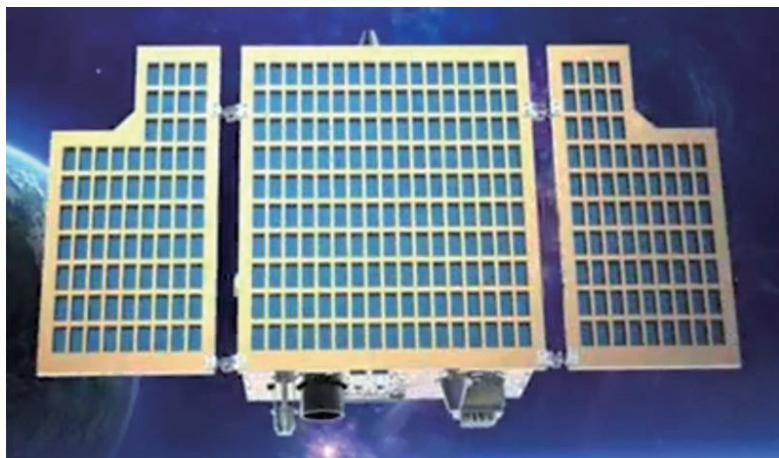


图1 珠海一号星座高光谱卫星

## 二、珠海一号高光谱卫星简介

珠海一号高光谱卫星(OHS)采用推扫成像方式, 单次成像范围 $150\text{km} \times 3200\text{km}$ , 空间分辨率 $10\text{m}$ , 光谱分辨率 $3 \sim 8\text{nm}$ (与积分级数/镀膜变

化率相关), 波长范围 $400 \sim 1000\text{nm}$ , 由于受压缩和存储限制, 波段数设计传输32个(可以上注指令, 重新选择其他波段进行下传); 卫星体积约 $600\text{mm} \times 600\text{mm} \times 800\text{mm}$ , 重量为 $71\text{kg}$ , 在轨寿命

5年。单颗高光谱卫星每天可绕地球约15.16轨，每轨单次数据采集时间不超过8min。目前，单星重访周期为6天，4颗卫星重访周期缩短为2天。

卫星载荷为基于渐变滤光片的镀膜型高光谱探测器，光线经过连续渐变的窄带滤光片后形成一系

列离散的光谱条带，探测上的每一行对应一窄带光谱，通过选择不同的探测器的行像元输出（在轨实际选择1级到8级积分，与太阳高度角、大气窗口和镀膜穿透能力相关），即可实现不同的光谱波段组合的光谱成像。卫星主要性能指标见表1。

表1 珠海一号高光谱卫星主要技术指标

项目		指标
姿控系统	控制方式	三轴稳定，整星对地定向
	测量精度	20" (3 $\sigma$ )
	三轴指向精度	优于0.02°
	三轴稳定度	优于0.002°/s
	姿态机动	俯仰滚转均优于 $\pm 45^\circ$ /80s
轨控系统	运行轨道	97.4° 太阳同步轨道，轨道高度510km
	轨道控制	具备轨道维持能力
测控系统	测控体制	USB/UV
	码速率	上行2000bps/下行9600bps
数传系统	通信频段	X频段
	码速率	300Mbps
高光谱成像仪	成像方式	推扫成像
	空间分辨率/幅宽	10m/150km
	光谱范围	400nm ~ 1000nm
	探测波段中心波长/nm	B01:466, B02:480, B03:500, B04:520, B05:536, B06:550, B07:566, B08:580, B09:596, B10:610, B11:626, B12:640, B13:656, B14:670, B15:686, B16:700, B17:716, B18:730, B19:746, B20:760, B21:776, B22:790, B23:806, B24:820, B25:836, B26:850, B27:866, B28:880, B29:896, B30:910, B31:926, B32:940;
	光谱分辨率	3-8nm
	信噪比	不小于300
	标定方式	支持在轨标定

珠海一号高光谱卫星星座具备独特优势：卫星体积小，星上存储大，成本低；空间分辨率最高，幅宽大，星座规模多，重访周期短。通过建设国内首家自主运营高光谱卫星星座，可解决我国在高光谱数据上的缺乏问题，开展高光谱遥感数据在农林

牧草、生态环境等相关领域的应用研究。

### 三、珠海一号高光谱卫星数据产品

依据国家标准 GB-T 32453-2015《卫星对地观测数据产品分类分级规则》，珠海一号高光谱遥感卫星数据产品进行了分级，数据处理流程详见图2。

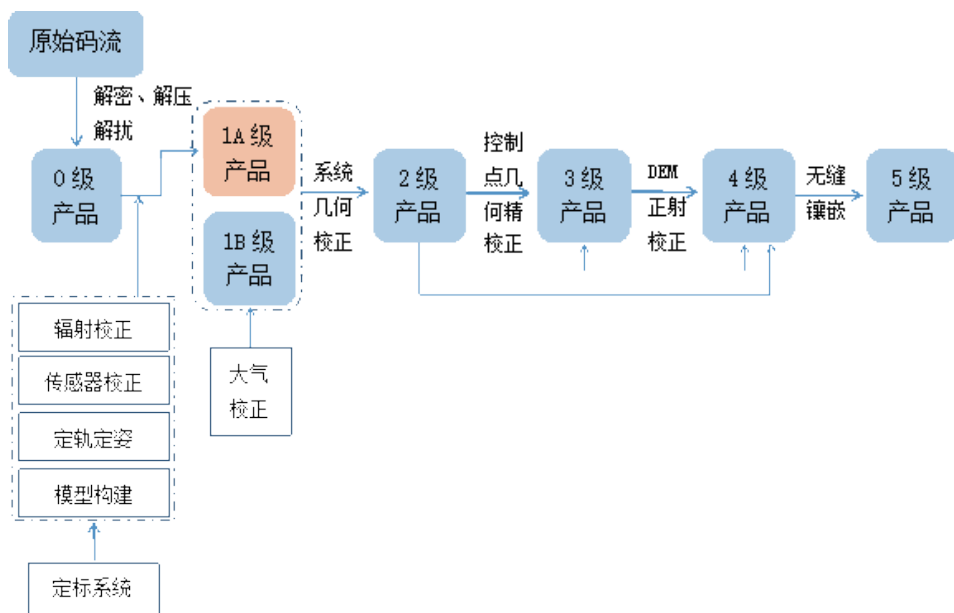


图2 卫星数据预处理及产品示意图

L0级产品，卫星执行拍摄指令、获取地球表面数据后，通过卫星接收站向地面传输数据；接收到的原始数据为码流形式，对原始码流进行解压、解扰、解密等操作后，生成0级产品数据。

L1A级标准产品，0级产品推送到数据中心，进行辐射校正、传感器校正、定轨定姿和模型构建等处理后，生成标准L1A级产品提供给用户使用。降低或消除影像的辐射不均匀性，去除影像中出现的条带噪声、坏线等，并对各波段进行配准，提供绝对辐射定标系数，方便进行绝对辐射定标，将无量纲的DN值转换成有量纲的遥感器入瞳辐射亮度值，该产品经过系统性的几何定标，提供RPC文件。

L1B级大气校正产品，通过优化积分级数提高影像质量，对L1A级产品进行大气校正，消除大气对阳光和来自目标的辐射产生吸收和散射的影响，生成地表反射率影像产品。

L2级系统几何校正产品，在标准产品的基础上，按照一定的地球投影，以一定地面分辨率投影在地球椭球面上的几何产品，故影像带有了相应的投影信息。该产品附带RPC模型参数文件。

L3级几何精校正产品，在系统几何纠正产品

或标准产品的基础上，采用地面控制点或者标准参考影像来改进影像的几何定位精度；消除了部分轨道和姿态参数误差，将产品投影到地球椭球面上的几何产品。

L4级高程（正射）校正产品，利用精细的DEM和控制点进行正射纠正，由于在正射纠正时，改正了由于地形起伏而造成的像点位移，因此不再提供RPC参数文件，但影像带有地理编码。

L5级标准镶嵌影像产品，对L4级产品进行无缝拼接消除接边线，并进行影像匀色处理，生成无缝镶嵌影像产品。

用户可以在欧比特的遥感数据服务平台（<http://www.obtdata.com>）下载免费样例数据或申购框选所需地区影像数据的L1A级标准数据，需注册账号后登录账号进行下载。

#### 四、珠海一号高光谱卫星应用前景

珠海一号高光谱卫星利用卫星规模多的优势实现对地表覆盖和监测服务，其数据可以广泛应用在自然资源调查、生态环境监测、城市建设管理、农业生产、灾害预报与灾情评估、海洋环境调查等领域。

## 1. 农业生产应用

农业遥感是以高光谱数据为核心，综合反演农作物理化参数，在作物种植面积估算、作物识别、作物长势监测和农业灾害监测预警、作物产量估算等方面发挥重要作用。

作物识别主要是利用不同作物独特的波谱反射特征，结合抽样训练、光谱信息提取和分类技术进行处理，此外，不同区域、不同类型作物间物候历的差异，可利用遥感影像信息的时相变化规律进行不同作物类型的识别，从而进行作物种植分布统计。农作物生长周期监测根据作物光谱反射特征随时间的变化，反映作物生长的空间信息；通过对农作物时序 NDVI 曲线的分析，可以了解实时作物的生长周期和生长状况，而且还能够反映作物生长的趋势。农作物长势监测通过作物的反射光谱特征间接地分析作物长势信息，通过分析不同时期的作物生理参数的变化得出长势的量化分析数据。作物产量估算利用作物长势监测数据和估产模型对作物进行遥感估产，利用遥感影像处理方法计算出种植面积，最后估算总产量。珠海一号高光谱影像农作物识别如图 3 所示。

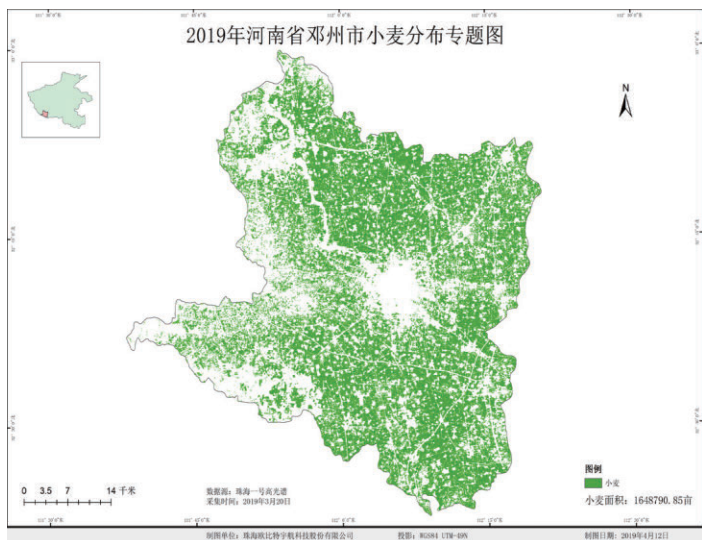


图3 珠海一号高光谱农作物识别

作物由于感染病虫害或因污染等变化会产生“蓝移”现象，这为高光谱遥感的应用提供了理论

基础。通过高光谱卫星影像计算的作物病虫害遥感监测指数与地面实测病虫害受灾程度建立回归统计模型，获得区域尺度反演的农作物病虫害受灾程度，并监测农作物病虫害发生面积。结合时间序列数据分析技术和气象数值预测技术可对农作物病虫害监测进行预警。

## 2. 自然资源调查

在土地利用/覆盖遥感分类中，地物（特别是植被）类型丰富且光谱相似，高光谱数据能够更为全面、细致地获取地物光谱特征及其差异性，从而大幅度提高地物分类的类别精细度和准确度。采用高光谱有关数据及其生成的植被指数，经图像处理 and 定量分析，可以对全球各地区的植被和土地状况进行分类，监测土地沙漠化、森林砍伐、城市化等环境变化进程（见图 4）。

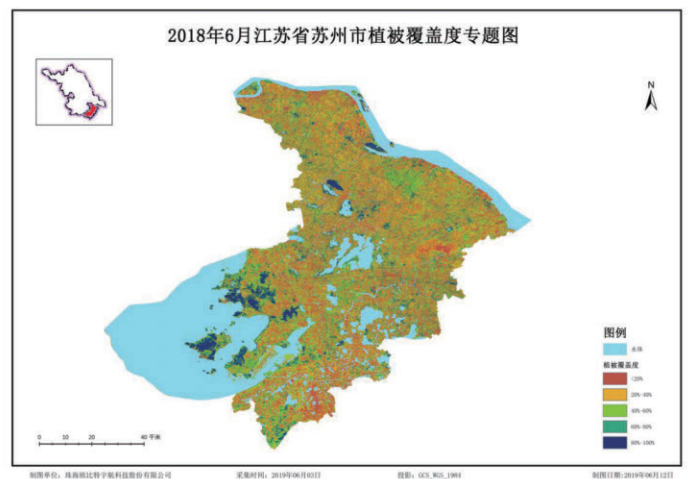


图4 珠海一号高光谱影像植被覆盖度专题图

在林业、草原等生态方面，高光谱遥感应用于植被参数反演主要包括：生化组分参数反演，如叶绿素、类胡萝卜素以及氮素等；生物物理参数反演，如叶面积指数（LAI）；植被与环境相互作用因素反演，如光合有效辐射（FPAR）。应用遥感技术测量和分析叶子乃至冠层的生物化学信息在时间、空间的变化，可以了解植物的生产率、

凋落物分解速度及营养成分有效性；根据各种化学成分浓度变化可以评价植被的长势状况。植被病虫害高光谱遥感监测主要通过测定植物生活力，如叶绿素含量，植物体内化学成分变化来完成。由于受病虫害影响，森林植被中叶绿素含量减少时，光谱曲线中强反射波段向短波方向偏移，当森林植被因缺水而发生叶子枯萎时，光谱曲线中强反射波段将向长波方向偏移。

### 3. 生态环境监测

在内陆水环境方面，利用高光谱遥感影像可以对湖库水表层的光学参数进行反演（如水温、溶解氧、悬浮物、叶绿素、化学需氧量、氨氮、总氮），从而确定包括浊度、真光层厚度等一系列理化参数。结合地面实测的采样点，适用于对湖库水理化参数的分布进行科学的制图。通过分析生态要素状况、变化趋势、空间分布特征，从而监控区域的生态环境状况与动态变化，并在此基础上实现对监测湖库富营养化程度的评价（如图5所示）及对发展趋势进行预测预报，对监测湖库水污染灾害发生进行评估。

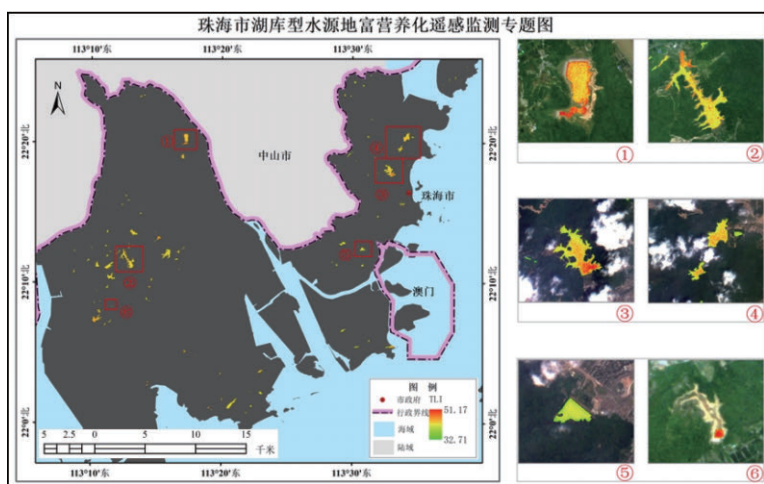


图5 珠海市湖库型水源地富营养化遥感监测专题图

#### (1) 叶绿素 a 遥感监测

在水体总吸收光谱中，675nm 附近具有强烈的浮游植物吸收而形成反射谷值，与叶绿素 a 浓度成

反比，700nm 附近出现的反射峰值与叶绿素 a 成正比。利用两者的比值可以提高与叶绿素 a 浓度的相关性，且这两波段的波长比较接近，受悬浮物和黄色物质的影响相似，通过波段比值运算可以很大程度上抵消这部分影响，此外，通过波段比值还可以消除量纲和反射率大小的影响，从而降低大气校正误差带来的影响。

#### (2) 悬浮物遥感监测

悬浮物的光谱特征比较宽，700 ~ 850nm 的反射率可以较高精度反演悬浮物浓度。高光谱遥感数据在 700 ~ 850nm 范围内有多个波段可以选择，从而可以避开 760nm 氧气吸收通道、720nm 和 820nm 水汽吸收通道。

#### (3) 蓝藻水华遥感监测

在含有蓝藻水华的内陆水体反射率光谱中，625nm 附近有藻蓝素强烈的吸收峰进而形成反射谷，645nm 附近的反射峰是藻蓝素最主要的光谱特征。利用 645nm 附近反射峰与 625nm 附近反射谷的发射率比值，可以有效提取蓝藻水华分布。

### 4. 海洋环境调查

利用高光谱卫星遥感技术，可以对海表参数进行精确反演，结合环境评估模型，对海洋生态环境进行科学评估。

#### (1) 近海水质遥感监测

基于卫星的近海水质遥感监测，连续动态监测近海海域水环境要素。通过收集近海水质历史资料、采集现场水质与光谱数据，构建基于不同季节的近海海域尤其是一二类水体复合区卫星遥感反演模型，主要包括海表温度、叶绿素浓度、悬浮泥沙含量、

氮磷浓度等反演模型。

#### (2) 赤潮监测

叶绿素的吸收带分布在 440 ~ 450nm 和 670nm

附近,叶绿素 a 最大吸收峰在 420nm 和 660nm (b13) 附近,叶绿素 b 最大吸收峰在 450nm 和 640nm (b12) 附近,叶绿素 c 最大吸收峰在 450nm 和 640nm (b12) 附近,从赤潮水体的光谱曲线中可以看出正常水体在 400 ~ 900nm 中存在一个反射峰,赤潮水体存在

两个反射峰,以此可以判断海域中是否发生赤潮。珠海一号高光谱影像 b1-b16 可用于赤潮水体的识别。另外,在大洋浮游植物的检测中,利用高光谱影像 709nm 处离水辐亮度锋的反射率可以计算出海水中的最大叶绿素指数 (MCI)。监测结果详见图 6。

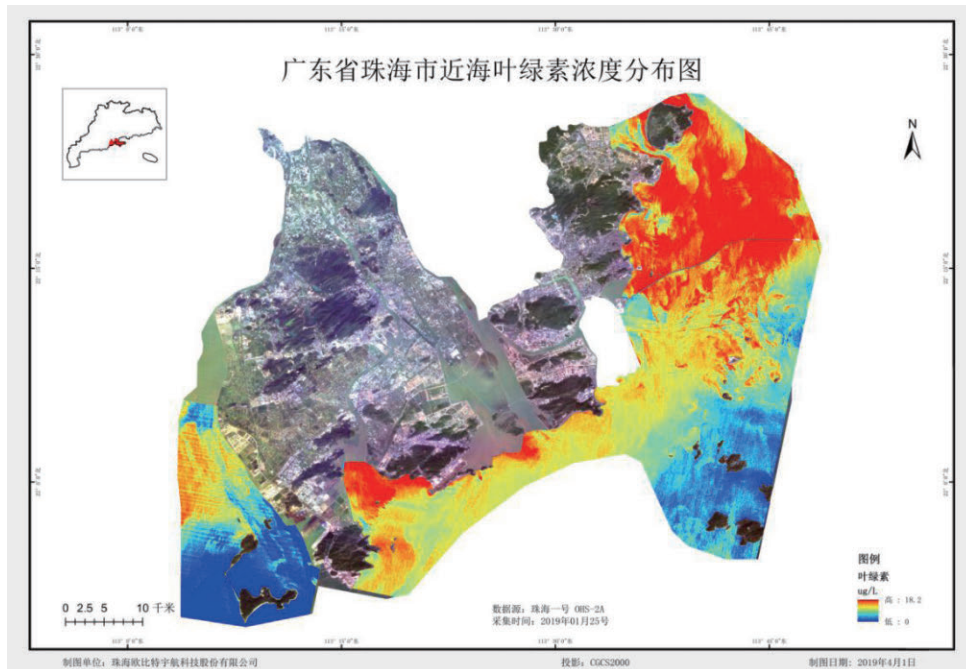


图 6 珠海一号高光谱影像近海叶绿素浓度分布图

### (3) 海上溢油污染

一般对影像预处理后选取感兴趣区,提取出地物光谱曲线,可以对该地区的溢油情况进行分析,包括对油膜厚度等的分析。厚油膜和中等厚度油膜在低于 530nm (b1-b5) 区间反射率明显低于海水,甚薄油膜在该范围内反射率高于海水,薄油膜在 520 ~ 910nm (b4-b30) 范围内波段的反射率比水体略低。

## 五、结束语

珠海一号高光谱卫星是目前我国空间分辨率最高、卫星规模最多的高光谱卫星星座,它的发射提升了我国高光谱遥感信息获取能力,实现了对地综合观测,为各行各业各部门提供所需了的高光谱遥感数据。

(感谢欧比特公司领导的支持,感谢卫星大数据事业部一数据产品与应用部全体同事的贡献与帮助。)

## 参考文献

- [1] 钱乐祥, 泮学芹, 赵芊. 中国高光谱成像遥感应用研究进展 [J]. 国土资源遥感, 2004(2): 1-6.
- [2] 陈述彭, 童庆禧, 郭华东. 遥感信息机理研究 [M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [3] 张兵, 李俊生, 王桥, 等. 内陆水体高光谱遥感 [M]. 科学出版社, 2012.
- [4] 童庆禧, 张兵, 张立福. 中国高光谱遥感的前沿进展 [J]. 遥感学报, 2016, 20(05): 689-707.