

HJ-1 光学卫星遥感应用前景分析

李传荣, 贾媛媛, 胡 坚, 李子扬

(中国科学院光电研究院, 北京 100190)

摘要: HJ-1 星座光学卫星作为我国环境与灾害监测预报小卫星星座的首发卫星, 其运行与应用状况对于后续星座的发展具有重要的理论和实践指导意义。本研究从 HJ-1 光学卫星的分辨率(时间、空间和光谱)、光谱及幅宽等数据特征入手, 综合考虑遥感应用数据要求, 全面分析评价 HJ-1 光学卫星数据可用性。研究表明, 两颗光学卫星可基本满足我国及周边国家环境监测与灾害管理方面的主要应用需求, 并在其它领域也具有广阔的应用前景。

关键词: HJ-1 光学卫星; 数据特征; 应用前景

中图分类号: TP 79 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-070X(2008)03-0001-03

0 引言

我国环境与灾害事件频发, 严重影响并威胁着人民生命与财产安全。仅 2008 年 5 月 12 日四川汶川发生的 8.0 级地震就造成近 10 万人失踪或死亡, 经济损失高达上千亿; 2008 年 5 月下旬以来, 我国南方地区又遭受严重的暴雨洪灾, 一千多万人受灾; 另外, 太湖“水华”等环境问题也严重影响了当地居民的正常生产与生活。然而, 目前我国环境与灾害监测手段相对落后, 无法及时、准确地了解环境与灾害事故的发生和发展, 应急响应能力明显不足。随着空间技术的发展, 卫星遥感技术在减灾、救灾和环境保护领域应用的必要性和迫切性越来越突出。为了满足我国灾害与环境管理工作的需求, 有效提高应对突发性自然灾害和环境事件的响应能力, 2002 年 9 月国务院正式批准“环境与灾害监测预报小卫星星座”(简称 HJ 星座)系统立项。经过多年开发与研制, 该星座“2+1”阶段(即两颗光学小卫星和一颗合成孔径雷达小卫星, 简称 HJ-1 星座)的两颗光学卫星 HJ-1A 和 HJ-1B 将于 2008 年下半年发射。为了全面认识 HJ-1 光学卫星遥感应用价值, 促进其正式运行后数据的充分有效利用, 本研究将对这两颗光学卫星数据的可用性做出评估, 以期深入发掘 HJ-1 数据的应用潜力, 为今后数据的科学合理使用提供有价值的参考。

1 HJ-1 光学卫星数据特征

HJ-1A 和 HJ-1B 采用近中午(约为 10:30

AM)太阳同步轨道, 轨道高度为 650 km, 相位呈 180°分布, 相互间过境时间间隔为 50 min 左右。两颗光学星上分别装有两台宽覆盖多光谱可见光相机(简称 CCD 相机)。另外, HJ-1A 上装有一台超光谱成像仪, HJ-1B 上装有一台红外扫描仪。

CCD 相机 96 h 对全球覆盖一次(HJ-1A 与 HJ-1B 卫星组网后为 48 h), 地面像元分辨率为 30 m, 单台 CCD 相机的幅宽为 360 km, 两台幅宽为 710 km, 其光谱范围为 0.43~0.9 μm , 分为 4 个波段。CCD 相机宽幅、中高分辨率的特点, 适用于区域的大范围中尺度覆盖监测; 4 个波段的光谱设置基本延续了美国 Landsat、法国 SPOT 及中巴资源卫星 CBERS 等系列卫星数据的光谱范围, 能够满足绝大多数业务化遥感应用对光谱信息的需求; 但由于使用的是可见光—近红外波段, CCD 相机无法在夜间和有云雾雪等天气条件下工作。

超光谱成像仪通过 $\pm 30^\circ$ 侧摆实现了对全球重复观测, 重访周期为 96 h, 其空间分辨率为 100 m, 幅宽为 50 km, 具有 115 个工作谱段, 光谱范围在 0.459~0.956 μm , 平均光谱分辨率为 4.32 nm。该传感器与目前应用广泛的 EOS MODIS、EO-1 Hyperion 等相比, 虽光谱范围窄, 但光谱分辨率有所提高, 对物体识别和信息提取能力强, 适用于开展多种专题研究, 如大气成分探测、水环境监测以及植被生长状况监测等。但受光谱范围限制, 只能进行白天无云情况下的超光谱成像。

红外相机 96 h 对全球覆盖一次, 光谱范围为 0.75~12.5 μm , 分为 4 个波段, 幅宽 720 km, 地面像元分辨率在近、中红外波段为 150 m, 10.5~12.5 μm

处为 300 m。在波段设置上,HJ-1B 上的红外相机与 Landsat、NOAA 及 FY 等系列卫星所搭载传感器的部分通道类似,利于进行森林火灾、地震、辐射及热岛等的高温异常点监测,并且波段 3 和波段 4 具

备夜间观测能力。

HJ-1 光学卫星各传感器波段及主要应用领域如表 1 所示。

表 1 HJ-1 光学卫星传感器波段设置及其应用领域

传感器	通道	波长/ μm	主要应用领域
CCD 相机	蓝	0.43~0.52	水体
	绿	0.52~0.60	植被
	红	0.63~0.69	叶绿素、水中悬浮泥沙、陆地
	近红外	0.76~0.90	植物识别、水陆边界、土壤湿度
红外相机	近红外	0.75~1.10	水陆边界定位、植被及农业估产、土地利用调查等
	短波红外	1.55~1.75	作物长势、土壤分类、区分雪和云
	中红外	3.50~3.90	高温热辐射差异、夜间成像
	热红外	10.5~12.5	常温热辐射差异、夜间成像
超光谱成像仪	可见光	0.459~0.762 (B1~B88)	自然资源与环境调查
	近红外	0.762~0.956 (B89~B115)	物体识别和信息提取能力强 植被、大气

2 HJ-1 光学卫星主要适用领域

应用对象的复杂性和多样性,加之地物电磁波谱特性的差异,使得不同遥感应用在时间分辨率、光谱谱段、空间分辨率以及全天候、全天时观测能力等方面对卫星资源具有不同的需求^[1~4]。基于遥感应用数据要求分析,结合 HJ-1 光学卫星数据特征及已有应用研究成果可知,HJ-1A/1B 对于快速、实时捕捉环境与灾害事件信息,及时掌握其发展及动态趋势具有重要作用,同时在资源、测绘等领域也具有一定的应用潜力。

2.1 环境监测与管理

环境遥感要求数据获取具有多层次、多时相和多功能的特点,通常中低分辨率序列遥感数据多用于大尺度范围的环境监测(如沙尘暴、区域植被状况及大气气溶胶状况等),而小尺度范围的环境监测,特别是量化水平要求比较高的遥感监测,则需要使用高空间、高光谱分辨率的遥感数据。因而,HJ-1 光学卫星可用于水环境、大气环境等的污染程度探测,以及植被破坏、土地退化等生态恶化现象的监测。

孙林等^[5]使用 Hyperion 数据仿真模拟了 HJ-1A

超光谱数据,利用浓密植被算法反演了模拟数据的气溶胶光学厚度,表明 HJ-1A 超光谱成像仪数据可以有效进行陆地气溶胶光学厚度反演;气象卫星、MODIS 数据等在沙尘暴监测中的应用,反映出 HJ-1 光学卫星数据具有获取更高空间分辨率的沙尘暴监测产品的能力,如同时使用超光谱数据,将增强对沙尘暴的识别力,精度将进一步提高;可见光和近红外波段是陆域水体卫星遥感最常用和最敏感的波段^①,利用 HJ-1 光学卫星 CCD 相机多光谱数据结合超光谱数据,由于空间分辨率和光谱分辨率的改善,将能获取更加准确的水华分布和面积信息,精确获取叶绿素和蓝藻素浓度,对蓝藻水华趋势做出预测,可以较好地满足水华监测的应用需求。

2.2 减灾应用

自然灾害具有突发性强、波及面广及危害性大等特点,必须借助空间技术实现灾害监测预警、应急响应、损失评估及恢复重建等。由于灾害预测、发生机制和紧急救灾的复杂性,不同区域、不同地貌形态和气候特征,以及世界各国经济、科学技术发展水平的差异,使不同灾种、不同区域对空间信息的需求不同。

以洪水监测为例,其对遥感数据需求如表 2 所示。

表 2 洪水监测对遥感数据的需求

应用	灾害阶段	最低分辨率/m	最佳分辨率/m	传感器类型	更新速度 (最低/最佳)	分发时间 (最低/最佳)
土地利用状况监测	灾前、灾后	30	4~5	多光谱	1~3 a/6 个月	数个月
基础设施状况监测	灾前、灾后	5	≤1	全色	1~3 a/6 个月	数个月
植被覆盖状况	灾前、灾后	≤250	≤30	多光谱/高光谱	3 个月/1 个月	数个月
土壤湿度	灾前、灾后	1 000	100	SAR/被动微波	1 周/1 d	1 d
洪涝动态	灾中	≤30	≤5	SAR/多光谱/全色	几小时	几小时
损失评估	灾后	2~5	0.3	多光谱/全色/SAR	-	2~3 d/<1 d

●中国气象局国家卫星气象中心. 8 月份卫星遥感全国各大江河流域水体监测分析[A]. EOS/MODIS 水情监测报告[R], 2006.

利用 HJ-1 光学卫星 CCD 相机和红外相机的几个波段可以进行水体特征信息的识别提取,有效获取地面覆盖和洪水信息。在洪灾发生前,可以利用 HJ-1 光学卫星不断提供有关洪水灾害发生背景和条件信息;在洪灾发生过程中,由于光学数据无法穿透云层,需要将其它卫星的 SAR 与 HJ-1 光学卫星数据融合进行洪峰跟踪和实时监控;洪灾发生后,HJ-1 光学卫星数据虽然由于空间分辨率不足尚无法用于灾后精准评估,但可用作洪水淹没损失的快速宏观评估。

另外,利用 HJ-1 光学卫星 CCD 相机的第 3、4 波段,红外相机的第 3、4 波段,同时辅以土地利用/土地覆盖图、基础地理信息、常年高温点数据以及 MODIS 相关波段数据,可进行火点、火烧迹地识别和提取,监测森林火灾、评估灾害损失。HJ-1 的红外遥感数据(包括亮度温度/地表温度、长波辐射及潜热通量)还可用于地震前兆异常信息提取与判别,从而进行地震综合判定;借助 HJ-1 星座光学卫星良好的几何与光谱特性,可以采用不同时相数据的对比获取台风、海啸等受灾状况。

2.3 其它应用领域

在实际生产应用中,各应用领域对遥感数据的要求也是有差异的。如,在进行区域地质调查和矿产资源评价时,通常要求光谱分辨率在 $0.65 \sim 0.75 \mu\text{m}$ 波段,波段宽度 $\leq 8 \text{ nm}$,在 $1.3 \sim 2.5 \mu\text{m}$ 波段,波段宽度最好 $\leq 10 \text{ nm}$,其空间分辨率应达到 30 m ;对敏感区域的资源进行详细研究时,在空间分辨率、时间分辨率以及数据获取时间上都有较高要求,才能精确掌握研究区域资源状况;对于作物估产这类随季节变化较为明显的应用,其数据具有较高季相要求。测绘领域对遥感数据的需求因国民经济的发展速度、经济建设各方面的需求及测绘生产单位的技术水平而有所不同;专题制图遥感资料空间分辨率的选择主要依据不同专题要素的空间尺度特征而定。

根据以上要求,由于环境光学卫星可以大范围、长时间和全天时对我国及周边地区进行综合监测,其数据具有中等尺度的时空分辨率和光谱分辨率,有助于快速全面地掌握国家资源宏观状况,保障合理利用资源,制定经济发展战略和促进可持续发展;同时,HJ-1 光学卫星超光谱数据在植被提取中具有独特优势,将其与 CCD 多光谱数据融合,可用于农作物的长势监测与估产、森林生物量的估测、植被和水系状况调查,以及工程设计、城市规划等对空间分辨率要求较高的专题制图等,直接服务于农、林、牧等经济活动领域。另外,将 CCD 数据与超光谱数据结合,可以提高影像分辨率并丰富影像信息,用于

除水库、工程设计及城市规划等对空间分辨率要求高的专题图的制作。

3 结语

我国即将发射的两颗 HJ-1 光学卫星将从一定程度上弥补我国目前自主空间资源不足的问题。由于其在设计时应用目标明确、针对性强,对于加强我国减灾与环境保护工作的科学性、客观性、准确性、时效性和系统性具有十分重要的意义。HJ-1 光学卫星数据高时间、高光谱分辨率的特点,使其能够在环境与灾害事件的灾中应急观测和灾后快速损失评估中发挥作用,并对植被、矿产资源、大气及水环境等的定量分析具有重要价值。但由于缺乏高空间分辨率有效载荷,尚不足以支持基础数据建设、高精度资源调查、灾害损失精准评估等方面的应用。

为了满足我国环境与灾害监测体系数据需求,将 HJ-1 光学卫星数据与其它多源遥感数据相结合是开展遥感应用的必然要求,这将在充分发挥 HJ-1 卫星资源优势的基础上,进一步扩大其应用范畴。另外,将 HJ-1 星座加入国际空间与重大灾害国际宪章(简称 CHARTER)等国际减灾组织,对我国空间减灾技术发展和能力提高将起到协同促进作用,并对提升我国空间领域国际影响力具有重要意义。

考虑到 HJ-1 光学卫星无法全天候观测的限制,以及环境与减灾应用中对时间和空间分辨率的更高要求,尽快实现 HJ 星座“2+1”系统,特别是“4+4”星座系统(即 4 颗光学小卫星和 4 颗合成孔径雷达)计划,将是有效提高 HJ 星座可利用性的最有效手段,也是全面增强我国环境与减灾大范围、全天候、全天时、动态监测、评估与决策支持能力,加快我国综合减灾与环境监测科学化、现代化步伐的急需。

参考文献:

- [1] 尹改,王桥,郑丙辉,等. 国家环保总局对中国资源卫星的需求与分析[J]. 卫星应用, 1999, (1): 11-20.
- [2] 刘建强. 海洋监测对遥感卫星的需求[J]. 卫星应用, 1999, (1): 35-43.
- [3] 李伟健. 国家基础测绘对卫星遥感数据的需求[J]. 卫星应用, 1999, (1): 49-51.
- [4] 郑远长. 防灾减灾部门对资源卫星的需求分析[J]. 卫星应用, 1999, (1): 52-54.
- [5] 孙林,柳钦火,陈良富,等. 环境与减灾小卫星高光谱成像仪陆地气溶胶光学厚度反演[J]. 遥感学报, 2006, 10(5): 770-776.

- [38] 陈述彭,黄 耕. 文化遗产保护与开发的思考[J]. 地理研究, 2005,24(4):489-498.
- [39] 杨瑞霞,郭仰山,王 超,等. 中原地区遥感考古研究与实践 [J]. 地域研究与开发,2004,23(2):93-96.
- [40] 张震宇,邹恺夫,郝利民,等. 数字环境考古学若干问题研究 [J]. 河南社会科学,2005,13(3):101-103.

THE ARCHAEOLOGICAL DETECTION METHODS SUPPORTED BY 3S TECHNOLOGY: A REVIEW

KAN Ai - ke^{1,2}, Wang Xu - ben¹

(1. Key Lab. of Geo - detection & Information Techniques of Ministry of Education, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China; 2. College of Land Resource, China West Normal University, Nanchong 637002, China)

Abstract: The spatial information technology with the core of 3S technology provides a scientific detection means for understanding and discovery of the formation and evolution of the cultural heritage of the mankind. Comprehensive use of the 3S technology in integrated detection is a new trend in future archaeology methods, and multi - source information fusion and intercross - integration of methods are problems that need to be studied now. This paper has discussed the latest development of the 3S technology in archaeological researches, and made a review on the application situation, hot topics, development trends of GPS, RS and GIS in the current archaeological work. On such a basis, the authors provide an integrated study architecture of archaeological information supported by 3S technology, with the emphasis placed on the central role of multi - source and heterogeneous data in the archaeological study. The research framework has considered the related scale in the constraint of diverse models, and it provides a universal and scalable research scheme for environment archaeology.

Key words: “3S” technology; Integrated archaeological detection; Quantitative analysis; Environment archaeology

第一作者简介: 阚瑗珂(1980 -),男,博士生,主要从事地球探测与信息技术研究。

(责任编辑: 肖继春)

=====

(上接第3页)

AN ANALYSIS OF THE PROSPECTS OF HJ - 1 OPTICAL SATELLITES IN REMOTE SENSING APPLICATION

LI Chuan - rong, JIA Yuan - yuan, HU Jian, LI Zi - yang

(Academy of Opto - Electronics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

Abstract: HJ - 1 optical satellites are to be launched firstly in small satellite constellation for environment and disaster monitoring and forecasting. The status of the operation and application has an important theoretical and practical significance for the development of the subsequent constellation. Based on the data characteristics of HJ - 1 optical satellites such as the temporal, spatial and spectral resolutions, the spectra and the swath width, and considering the requirements of remote sensing application, the authors have analyzed and estimated the usability of HJ - 1 optical satellites comprehensively. It is held that the HJ - 1 optical satellites can meet the principal working needs in China and its neighboring countries in remote sensing application, and will surely have a wide application potential.

Key words: HJ - 1 optical satellites; Data characteristics; Application potential

第一作者简介: 李传荣(1956 -),男,研究员,博导,主要研究方向为遥感卫星地面系统。

(责任编辑: 刁淑娟)