

# FY-3/MERSI 卫星资料监测淮河水体方法及应用

姚建国<sup>1</sup>, 郑伟<sup>2</sup>, 邵佳丽<sup>2</sup>

(1. 淮河水利委员会水文局(信息中心), 安徽 蚌埠 233001; 2. 国家卫星气象中心, 北京 100081)

**摘要:** 在考虑水体与其它地物光谱特征差异及 FY-3/MERSI 通道光谱和空间分辨率特点的基础上, 介绍了利用 FY-3/MERSI 进行水体识别及水体变化信息检测的方法。以淮河流域为例, 利用 FY-3/MERSI 对 2016 年 6 月底至 7 月中旬降水过程前后水体变化信息进行了监测, 并利用相近时间成像的 50m 空间分辨率的高分四号卫星对水体监测结果进行了对比分析, 说明了本文方法的有效性。最后给出了利用我国卫星遥感资料进行水体变化监测需要进一步研究的方向。

**关键词:** 风云三号气象卫星; 水体变化; 淮河

中图分类号: PT79

文献标识码: A

文章编号: 1000-0852(2018)03-0066-03

## 1 引言

淮河流域内降水、径流时空分布不均, 流域地形、水系不对称, 气候复杂多变, 加上黄河长期夺淮的影响, 使得淮河流域洪涝灾害频发。防御洪涝灾害、减少灾害损失, 关系到该区域社会的安定、经济的发展<sup>[1]</sup>。气象卫星具有观测频次高、成像范围广等特点, 在洪涝灾害监测评估中可以发挥重要的作用。利用遥感技术监测洪涝, 其关键技术在于水体空间分布变化的准确提取, 风云三号(FY-3)极轨气象卫星是我国现阶段气象卫星观测水平的代表, 它共搭载有 11 种观测仪器<sup>[2]</sup>, 其中中分辨率光谱成像仪 MERSI(Medium Resolution Spectral Imager)空间分辨率达到 250m, 适合快速、大范围获得水体信息。自 2008 年 FY-3A 星发射以来, 目前在轨运行的 FY-3 卫星已经达到了 3 颗, 包括 FY-3A, FY-3B 和 FY-3C, 一天可以对同一地区水体信息进行多次监测, 大大的提高了卫星遥感水体监测能力。

## 2 水体变化监测方法

利用光学卫星遥感资料进行水体提取是基于水体的光谱特征和空间位置关系分析, 排除其他非水体信

息从而得到水体信息的技术, 可分为单波段法和多波段法。单波段法是选取遥感图像中的一个波段来提取水体信息。这种方法可以通过确定水体与非水体阈值来提取水体。因为水体在近红外波段具有强吸收性, 而植被和干土壤在此波长范围内表现为强反射特性, 因此通常选择的单波段位于近红外波段<sup>[3-4]</sup>。多波段法是利用多波段的综合信息提取水体<sup>[5]</sup>, 可分为谱间分析法和波段运算法。谱间分析法是基于水体与背景地物的波谱曲线特征差异及变化规律, 用逻辑判别表达式将水体提取出来; 波段运算是根据不同地类在不同波段中的波谱特点, 利用波段运算增加水体与其他地物的差异, 进而提取水体信息, 包括差值法、比值法等<sup>[6-7]</sup>。本文根据 FY-3/MERSI 资料的通道特点, 结合水体与其它地物光谱特征差异, 提出 FY-3/MERSI 水体识别及水体变化信息检测方法。

### 2.1 基于 FY-3/MERSI 的水体识别

水体在可见光和近红外波段的反射光谱特性与植被和土壤有着明显的差异, 水体对于 0.4~2.5 $\mu\text{m}$  电磁波的吸收明显高于其它地物, 其在近红外和中红外波段的反射能量很少, 即使是很浅的水体, 也几乎全部吸收红外波段的入射能量, 而植被和土壤在这两个波段的吸收能量较小, 这就使得水体在近红外及中红

收稿日期: 2017-08-28

基金项目: 国家自然科学基金项目(41571425; 40901231)

作者简介: 姚建国(1970-), 男, 安徽怀远人, 硕士, 高级工程师, 主要从事水文水资源方面研究与应用工作。E-mail: yjg@hrc.gov.cn

外波段与植被和土壤有着明显的差别。FY-3/MERSI 中有 5 个通道为 250 m 分辨率，其中 1~3 通道在可见光范围内，分别在可见光蓝光、绿光和红光波段，4 通道为近红外通道，5 通道为红外通道。依据水体光谱特性和 FY-3/MERSI 空间分辨率的特点，在晴空的情况下可以选择 MERSI 的 4 通道确定水体判识阈值，提取水体信息，公式如下：

$$R_{Nir} < T_{R_{Nir}} \quad (1)$$

式中： $R_{Nir}$  为 MERSI 的 4 通道，即近红外通道的反射率； $T_{R_{Nir}}$  为用于区分水体和陆地的近红外通道反射率阈值。

在薄云影响下，有部分水体的信息被传感器获取，通过适合算法也可以获取到水体信息<sup>[7-8]</sup>。可以通过近红外通道和红通道的比值运算，再利用合适的阈值提取水体信息，公式如下：

$$\frac{R_{Nir}}{R_{Red}} < T_{Ratio} \quad (2)$$

式中： $R_{Nir}$  为 MERSI 的 4 通道（近红外通道）的反射率； $R_{Red}$  为 MERSI 的 3 通道（红通道）的反射率； $T_{Ratio}$  为用于区分水体和陆地的近红外通道与红通道比值的阈值。

### 2.2 水体变化信息检测

水体变化信息检测是对两个不同时期获得的遥感影像进行水体空间分布信息提取，然后对两个结果进行比对，从而找出两个时期水体空间分布的差异，这一方法在旱涝事件评估中得到广泛的应用。对于洪涝灾害，洪涝灾害发生后通常会出现异常增大水体，通过比较洪涝灾害发生前后的卫星遥感水体空间分布信息，可以获得洪涝水体的空间分布<sup>[9]</sup>。水体变化检测可以用如下方法计算：

$$S_c = W_a \cap \overline{W_b} \quad (3)$$

式中： $S_c$  为水体变化信息； $W_a$  为待进行水体变化检测时间的水体空间分布； $W_b$  为背景水体范围，可用待检测时间的前期（例如：一次降水过程前）水体空间分布表示； $\overline{W_b}$  为研究区中除去背景水体以外的区域。

### 3 应用结果分析

淮河流域在 2016 年 6 月份的降水量为 152.4mm，较历史同期偏多近 3 成。6 月份，淮河息县到王家坝段

来水量偏多三成，润河集到蚌埠段偏多五成到一倍。6 月 30 日~7 月 5 日，受冷暖空气共同影响，淮河流域出现了持续性强降水过程；后续几天，淮河流域降雨一直持续；受副高增强北抬、低涡切变线和低空急流等天气系统共同影响，7 月 18~20 日，淮河流域出现了一次强降雨过程，淮河上游、淮河中游北部、南四湖区雨量在 50mm 以上，其中淮干王家坝以上、洪汝河上游、沙颍河上游局部、涡河上游、南四湖大部超过 100mm。淮河流域面平均雨量 49.2mm，其中王家坝以上 100.1mm。受强降雨影响，淮河干流王家坝水文站水位迅速上涨，7 月 22 日 1 时达到警戒水位 27.50m，为 2016 年首次达到警戒水位。7 月 22 日 14 时，淮河 2016 年第 1 号洪水洪峰通过王家坝水文站，洪峰水位为 27.86m，超过警戒水位 0.36m，洪峰流量 3 570m<sup>3</sup>/s。

为及时对 6 月底到 7 月中旬这几次降水过程造成的淮河地表水体变化进行评估，利用 FY-3/MERSI 在降水过程后的 2016 年 7 月 22 日资料和降水过程前的 6 月 29 日的卫星资料对淮河干流及周边区域水体进行了监测。利用本文的方法对 FY-3/MERSI 资料进行水体信息提取和水体变化检测分析，结果见图 1。图 1 中可以清楚的看到淮河蒙洼至颍上段以及王家坝上游河段水体范围明显增大，通过估算可知 7 月 22 日水体面积约为 620km<sup>2</sup>，较 6 月 29 日水体面积增大了 60% 以上，说明了这几次降水过程对淮河干流及周边区域地表水体空间分布的影响。为了验证本文监测方法的准确性，利用获取到的高分四号（50m）2016 年

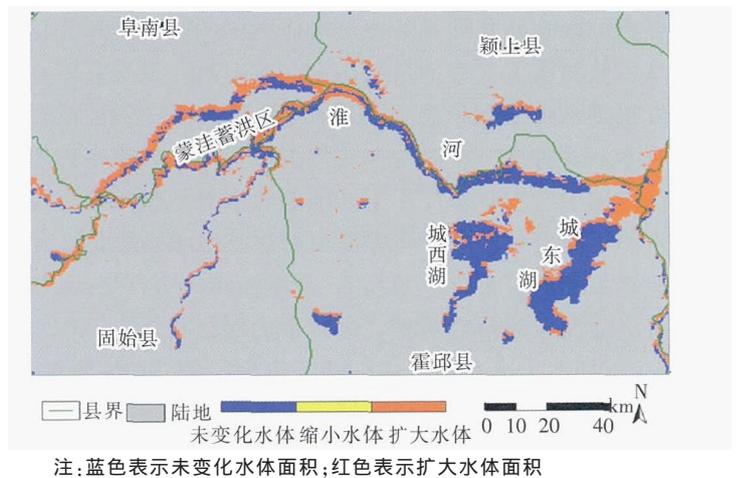


图 1 风云三号气象卫星淮河蒙洼至颍上段水体变化图（2016 年 7 月 22 日/6 月 29 日）

Fig.1 The water body change in Mengwa-Yingshang reach of the Huaihe River (22 July 2016/ 29 June 2016)

7月22日资料制作了蒙洼蓄洪区水体多通道监测图(见图2)、城东湖和城西湖水体多通道监测图(见图3),并提取了水体信息作为验证FY-3/MERSI水体信息的参考值。通过对比分析可知,250m分辨率的FY-3/MERSI资料提取的水体空间分布与50m的高分四号水体空间分布有很好的吻合,FY-3/MERSI估算的蒙洼蓄洪区域(图2范围)水体面积约为235km<sup>2</sup>,城东湖和城西湖区域(图3范围)水体面积约为338km<sup>2</sup>,与高分四号资料提取面积对比,精度达到了90%以上,说明了利用FY-3/MERSI进行水体信息提取的有效性。

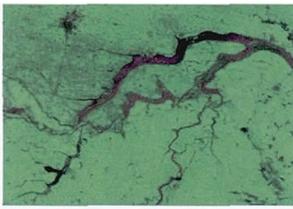


图2 高分四号淮河蒙洼蓄洪区监测图

Fig.2 The monitored image of the Mengwa detention area based on GF-4 data

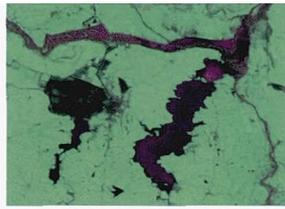


图3 高分四号城东湖区域水体监测图

Fig.3 The monitored image of the Chengdonghu area based on GF-4 data

#### 4 结论与讨论

本文提出的FY-3/MERSI卫星资料水体监测方法精度较高,与高分辨率卫星资料监测水体结果在空间分布上有较好的一致性,水体面积精度达到90%以上,可以满足实际业务中对水体面积和空间分布等信息的监测需求。特别是利用FY-3/MERSI卫星资料在大尺度水体变化信息检测方面,具有快速、准确、运行成本低等特点,可以发挥其他卫星资料在开展水体监测应用中的不可替代作用。随着我国对地空间信息技术的不断发展,进一步提高卫星遥感技术在水体变化检测方面的定量化应用水平,开展洪涝灾害评估、预警等更加深入的研究还需要进一步的探讨:

(1)我国已经逐步建立起了包括气象、海洋、资源、环境和减灾等多个对地观测卫星遥感系列,高空间分辨率卫星遥感资料获取途径便捷性和时效性在不断提高。开展综合利用风云气象卫星和其他系列卫星资源在水体监测中的应用方法研究和监测评估新产品研发,发挥各自的优势,必将进一步提高卫星遥感在洪涝灾害监测评估的精细化水平。

(2)气象卫星资料反演与陆面模型同化技术的结合以及其应用的不断深入,将提高地表环境要素的估算精度,提高水体变化、洪涝灾害监测评估精度,可为洪涝灾害的预测提供信息支撑、为决策提供更加科学准确的依据。

参考文献:

- [1] 水利部水文局,水利部淮河水利委员会. 2003年淮河暴雨洪水[M]. 北京:中国水利水电出版社,2006. (Bureau of Hydrology, MWR, Huaihe Water Conservancy Commission, MWR. Rainstorm Flood of Huaihe River Basin in 2003 [M]. Beijing: China WaterPower Press, 2006. (in Chinese))
- [2] 杨军,董超华. 新一代风云极轨气象卫星业务产品及应用[M]. 北京:科学出版社,2012. (YANG Jun, DONG Chaohua. A New Generation of Polar Orbiting Meteorological Satellite Products and Applications [M]. Beijing: Science Press, 2012. (in Chinese))
- [3] Rundquis, D., Lawson, M., Queen, L., et al. Relationship between the timing of summer season rainfall events and lake surface area [J]. Water Resources Bulletin, 1987,23(3):493-508.
- [4] SHENG, Y.w, SU, Y.f., XIAO, Q.g. Challenging the cloud-contamination problem in flood monitoring with NOAA/AVHRR imagery [J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1998,64(3):191-198.
- [5] 周成虎,杜云艳,骆剑承. 基于知识的AVHRR影像的水体自动识别方法与模型研究[J]. 自然灾害学报, 1996,5(3):100-108. (ZHOU Chenghu, DU Yunyan, LUO Jiancheng. A description model based on knowledge for automatically recognizing water from NOAA/AVHRR [J]. Journal of Natural Disasters, 1996,5(3):100-108. (in Chinese))
- [6] 彭定志,徐高洪,胡彩虹,等. 基于MODIS的洞庭湖面积变化对洪水水位的影响[J]. 人民长江, 2004,35(4):14-17. (PENG Dingzhi, XU Gaohong, HU Caihong, et al. Analysis of the influence of Dongting lake's area variation measured by MODIS on flood level [J]. Yangtze River, 2004,35(4):14-17. (in Chinese))
- [7] Wei ZHENG, Jiali SHAO, Meng WANG, et al. A thin cloud removal method from remote sensing image for water body identification [J]. Chinese Geographical Science, 2013,23(4):460-469.
- [8] 盛永伟,肖乾广. 应用气象卫星识别薄云覆盖下的水体[J]. 环境遥感, 1994,9(4):247-255. (SHENG Yongwei, XIAO Qianguang. Waterbody identification in cloud-contaminated NOAA/AVHRR image [J]. Environment Remote Sensing, 1994,9(4):247-255. (in Chinese))
- [9] 张王建,刘诚. 卫星遥感监测大气与环境科学原理和技术——2002年度卫星遥感监测与分析[M]. 北京:气象出版社,2004. (ZHANG Wenjian, LIU Cheng. Principles and Techniques of Satellite Remote Sensing Data Monitoring Atmospheric and Environmental Sciences: 2002 Satellite Remote Sensing Monitoring and Analysis [M]. Beijing: Meteorological Press, 2004. (in Chinese))

(下转第96页)

山水面蒸发量为最大值,沙坪坝为最小值。库区水面蒸发空间差异较大,最高极值比出现在12月份为2.58;最小极值比出现在7月份为1.23。年蒸发量的空间变化趋势与月水面蒸发量不一致,库区上流站点年蒸发量偏小,沿程变化从上游沙坪坝站到下游巫山站逐渐增大,然后从巫山站到下游巴东站逐渐变小。

参考文献:

- [1] 张祎. 各种型式蒸发器(皿)水面蒸发量的统计相关分析[J]. 水文, 1998,(2). (ZHANG Yi. Statistical correlation analysis of water evaporation in various types of evaporators (pan) [J]. Hydrology, 1998, (2).(in Chinese))
- [2] 张祎,张年洲. 宜昌站蒸发器折算系数分析[J]. 水资源研究, 1997,(3). (ZHANG Yi, ZHANG Nianzhou. Evaluation coefficient of evaporator in Yichang station [J]. Water Resources Research, 1997,(3). (in Chinese))
- [3] 张祎,李红卫. 宜昌地区水面蒸发量的时空分布探讨[J]. 人民长江, 2006,(12). (ZHANG Yi, LI Hongwei. Spatial and temporal distribution of water surface evaporation in Yichang area [J]. Yangtze River, 2006,(12). (in Chinese))

## Distribution and Trend Analysis of Surface Evaporation in Three Gorges Reservoir in Recent 20 Years

ZHANG Yi<sup>1</sup>, LIU Yang<sup>1</sup>, ZHANG Shijin<sup>2</sup>

- (1. Three Gorges Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Yangtze River Water Resources Commission, Yichang 443000, China;  
2. Jingjiang Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Yangtze River Water Resources Commission, Jingzhou 434000, China)

**Abstract:** The surface evaporation is the main part of the water loss of the Three Gorges Reservoir, and it is the basic factor to study the water balance of the reservoir. This paper collected the data of surface evaporation from 7 meteorological bureaus around the Three Gorges Reservoir, and analyzed the spatial-temporal distribution and surface evaporation of water bodies evaporation capacity in the Three Gorges Reservoir. The results show that the evapotranspiration at the various stations are consistent with each other; there is a significant decrease trend in fluctuates of annual surface evaporation and change of annual evaporation. The annual variation is that the evapotranspiration of the upper reaches of the reservoir is small and the change gradually increases from the upstream to downstream while the surface evaporation is increasing from the upstream to downstream.

**Key words:** Three Gorges Reservoir; surface evaporation; characteristics analysis; Yangtze River

(上接第 68 页)

## Application of FY-3/MERSI Monitoring Water Body Change Method in Huaihe River Basin

YAO Jianguo<sup>1</sup>, ZHENG Wei<sup>2</sup>, SHAO Jiali<sup>2</sup>

- (1. Hydrology Bureau (Information Center) of Huaihe River Commission, Bengbu 233001, China;  
2. National Satellite Meteorological Center, Beijing 100081, China)

**Abstract:** Considering difference between water and the other spectral characteristics and FY-3/MERSI channel spectral and spatial resolution characteristics, this paper presented a method of detecting water and water change information using FY-3/MERSI. Taking Huaihe River Basin as a case, FY-3/MERSI was used to monitor the water body change before and after the precipitation process at the end of June to the middle of July, 2016. The monitored results were verified using 50m-spatial-resolution GF-4 satellite. At last, the further development direction by using satellite remote sensing technology for monitoring water body change was given.

**Key words:** FY-3/MERSI; water body change; Huaihe River Basin