

基于哨兵数据的洱海水华时空变化与驱动因素分析

陈莉琼, 王佳琳, 陈晓玲

武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室, 湖北武汉, 430079

近年来, 湖泊环境及其生态系统受到了气候变化和人类活动的巨大影响^[1]。洱海位于云南省西北部, 是全省第二大高原淡水湖泊, 也是大理市不可或缺的饮用水资源。随着区域的经济的发展, 人类活动日益增多, 洱海面临着巨大的环境问题, 例如水体富营养化, 重金属污染问题等^[2]。水质恶化及其富营养化会导致蓝藻水华的爆发, 从而进一步影响湖泊生态系统^[3]。因此, 如何有效实现水华监测, 从而达到预防蓝藻水华的目的是当前洱海水环境保护研究的重点。当蓝藻水华发生时, 水体中叶绿素 a 的含量会相应增加, 导致水华和非水华水域的光谱特性出现明显差异, 可通过遥感的技术手段来监测蓝藻水华的发生。

“哨兵”2号(S2)卫星携带多光谱成像仪(MSI), “哨兵”3号(S3)卫星携带海陆色度仪(OLCI)和海陆表面温度辐射计(SLSTR), 它们的成功发射和运行为水环境遥感的研究打开了一扇新的大门^[4]。由于缺乏实测数据, 以及存在复杂的气象及水环境条件的干扰, 验证和评估“哨兵”2号和3号数据质量存在一定挑战。对“哨兵”2号与3号卫星的结合使用, 可为各类监测提供高、中、低分辨率的数据, 以满足不同的研究需求。

本研究的目标: 1) 评估“哨兵”2号卫星长时序监测洱海水华的能力; 2) 研究洱海水华和水温的时空分布规律; 3) 评价“哨兵”3号卫星对洱海水华监测的贡献, 并结合“哨兵”2号数据分析水华发生的驱动因素。

在本研究中, 我们使用了2016年11月到2017年12月的22景“哨兵”2号MSI影像(云量少于50%)和同时段的13景Landsat8 OLI遥感影像(云量少于50%)。我们利用虚拟基线高度浮藻指数(VB-FAH), 从“哨兵”2号和Landsat8遥感影像中识别并提取洱海水华。采用分裂窗算法从84景“哨兵”3号遥感数据中提取水体温度信息^[5], 同时结合MODIS 14年水温数据, 分析其与蓝藻水华爆发的联系。

结合Landsat OLI和“哨兵”2号水华分布图, 可分析得出2016年10月至2017年12月水华的发生过程。研究表明, 水华第一次爆发是在2016年10月, 位于湖心, 从2016年10月到2017年春末向洱海北部迁移。为了描述蓝藻水华爆发的持续过程, 对于水华发生次数和持续时间进行如下设定, 认为在若两景水华爆发影像时间间隔在3-5日以内, 且该段时间内气象条件较稳定, 认为两日水华同属一次水华, 且该次水华持续时间为有影像记录的首末时间差。据上述规则, 由“哨兵”2号卫星在2016年11月22日、24日和Landsat8在2016年11月(11月20日, 11月23日, 11月27日)的三个水华观测应合成为一个大规模的水华, 凸显出了“哨兵”2号卫星对洱海水华长期监测研究的贡献^[6,7]。

洱海水体表面温度呈现出典型的季节变化, 最低温出现在2016年12月, 最高温出现在2017年4月。70景月均水体表面温度图揭示了南北水温差异: 洱海南部水温比北部低0.03K。根据SLSTR L1B的结果, 2016年十月相对较冷, 这与中国气象中心的气象数据记录相一致。

基于MOD11A和“哨兵”3号卫星, 我们计算得出2016年至2017年洱海月均水体表面温度分布数据。与MOD11A卫星计算得到的14年(2003-2017年)月均水体温度相比, “哨兵”3号卫星计算得到的月均水体温度高出了0.9-2.5°C。在2016年秋季和初冬, 洱海爆发了大面积的水华, 表明较高的水体温度是导致水华爆发的一个重要因素。此外, 在2017年, “哨兵”3号卫星计算得到的月均水体温度比MOD11A卫星计算得到14年(2003-2017年)月均水体温度高出了0.5-3.5°C。在水华爆发的一月和二月, 其水体表面温度均较高。

“哨兵”3号(S3)卫星海陆表面温度辐射计(SLSTR)有助于寻找洱海水华爆发和水

体表面温度之间的联系，结果显示当水体表面温度升高时，水华更容易爆发。

参考文献

- [1] Gao Y, Wang H, Zhou X, et al. Remote Sensing Monitoring and Analyses of the Dynamic Change of Balkhash Lake in the last 30 years[J]. Environment & Sustainable Development, 2016.
- [2] Gagneten A M, Gervasio S, Paggi J C. Heavy Metal Pollution and Eutrophication in the Lower Salado River Basin (Argentina)[J]. Water Air & Soil Pollution, 2007, 178(1-4):335-349.
- [3] Howarth R W, Schlesinger W H, Vitousek P M, et al. HUMAN ALTERATION OF THE GLOBAL NITROGEN CYCLE: SOURCES AND CONSEQUENCES[J]. Ecological Applications, 1997, 7(3):737-750.
- [4] Drusch M, Bello U D, Carlier S, et al. Sentinel-2: ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services[J]. Remote Sensing of Environment, 2012, 120(1):25-36.
- [5] Sobrino J A, Jiménez-Muñoz J C, Sòria G, et al. Synergistic use of MERIS and AATSR as a proxy for estimating Land Surface Temperature from Sentinel-3 data[J]. Remote Sensing of Environment, 2016, 179:149-161.
- [6] Duan H T, Ma R H, Xu X F, et al. Two-decade reconstruction of algal blooms in China's Lake Taihu.[J]. Environmental Science & Technology, 2009, 43(10):3522-3528.
- [7] 张娇, 陈莉琼, 陈晓玲, 等. HJ-1B 和 Landsat 卫星蓝藻水华监测能力评估——以洱海为例 [J]. 水资源与水工程学报, 2016, 27 (4) :38-43.