

气象卫星内陆大面积湖泊水质监测能力分析^①

胡 雯

(安徽省气象局,合肥 230061)

提 要

对气象卫星水环境探测能力的分析表明,对于我国目前污染较重(浮游藻类含量较高)的内陆大面积湖泊的水质状况,气象卫星具有一定的监测能力。NOAA 卫星能够监测内陆大面积水体蓝藻水华现象,而 FY-1C 利用其特别增设的水色监测通道,还能够对蓝藻分布及叶绿素含量进行定量估算。

关键词: 气象卫星 水质 蓝藻 叶绿素

引 言

水是重要的自然资源,是人类赖以生存的必不可少的条件。近年来,日趋加剧的水污染,已对人类的生存安全构成严重威胁,成为人类健康、经济和社会可持续发展的重大障碍。目前我国重点治理的三大湖泊,其富营养化的显著特征均表现为氮、磷等营养盐严重超标,藻类物质大量孳生,湖泊生态环境严重恶化。

湖泊污染治理过程中,湖水水质状况的监测是一项十分重要而繁重的工作。常规的水质监测通过在湖面布点采集水样进行分析(巢湖湖区目前有 12 个采样点,安徽省环境监测中心每月对巢湖采样监测一次,以《巢湖流域水环境监测月报》形式发布),这是一项极费人力物力和时间的工作,采样方法也不可能对大型湖泊作全面的调查。

遥感技术具有宏观、快速等显著特点,将其应用于水环境监测,有着常规采样分析方法不可替代的优越性。利用海岸带水色扫描仪 CZCS、海洋宽视场扫描仪(SeaWiFs)等遥感资料,许多研究人员成功地开展了海水中浮游植物叶绿素、悬浮泥沙等研究工作,建立了多种算法^[1,2]。在内陆水质监测方面,中科院南京地理与湖泊研究所利用资源卫星 TM 资料对太湖水质、重点是藻类叶绿素含

量进行监测分析和估算^[3]。

本文根据作者近两年利用气象卫星资料监测分析巢湖水况的研究情况,对气象卫星监测内陆大面积湖泊水质的能力作一综合分析。

1 内陆湖泊水质遥感监测原理

我国内陆湖泊,如巢湖、太湖、滇池等,多为浮游植物响应型(藻型)湖泊^[4],其营养盐与浮游植物有较好的相关关系。这些湖泊中蓝藻为绝对优势群种,因此,通过用遥感手段对蓝藻(叶绿素)进行监测与分析,从而直观、动态地反映内陆水体的水质状况,不失为一种行之有效的办法,而且随着遥感技术的不断发展,有很好的应用前景。

用卫星遥感手段监测水环境,就是利用水中物质吸收和反射太阳辐射的光谱特征,从卫星获取的辐射数据中提取出相关物质的信息。蓝藻属低等浮游植物,靠细胞中的叶绿素进行光合作用,其光谱特征类似于陆地植物。图 1 是巢湖实地采样分析的水体反射光谱曲线,显著地反映了蓝藻叶绿素的吸收和反射特征。在蓝藻聚集的采样点,叶绿素的存在使得进入近红外波段水体反射率明显上升,甚至高于在可见光波段的反射率,表现出典型的植被的光谱特征。主反射峰在 700~1100nm,由于蓝藻的密集程度(叶绿素含

① 中国气象局“九五”重点项目“内陆大面积湖体气象卫星遥感监测研究”资助。

量)不同,在近红外波段的反射峰值表现出较大的差异。而背景水体反射光谱曲线最显著的特征是由于水在近红外波段的吸收系数迅速增大,因而反射率迅速降低。

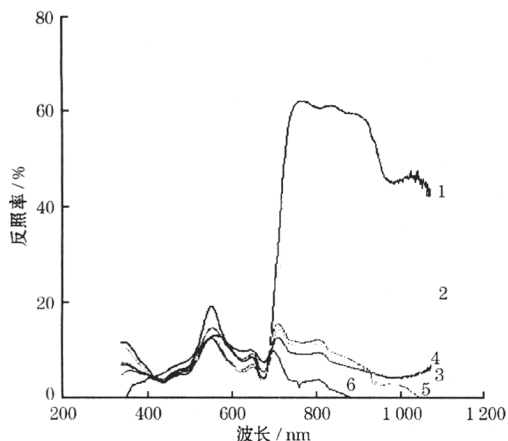


图1 蓝藻光谱特征曲线

标注数码1~6为巢湖湖面叶绿素含量采样点序号,1号采样点叶绿素含量为 $20.4\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$

此外,在绿光波段 $500\sim 600\text{nm}$ 呈现次反射峰,峰值点在 550nm 附近;而在 670nm 和 450nm 有较强的吸收,在 500nm 附近有一“节点”(即该处光谱辐射值不随叶绿素含量变化而变化)。随着叶绿素含量和组成不同,反射峰(吸收峰)值和位相有所变化。

2 气象卫星探测能力分析

目前业务应用的极轨气象卫星主要为美国的NOAA系列和我国的FY-1C气象卫星。星上传感器均为多通道可见红外扫描辐射计,通道设置见表1。

表1 极轨气象卫星通道设置与用途

通道号	波长(nm)		主要用途
	FY-1C	NOAA	
1	580~680	580~680	白天云层,冰,雪,植被
2	840~890	725~1100	白天云层,植被,水
3	3550~3930	3550~3930	热源,夜间云层
4	10300~11300	10300~11300	洋面温度,白天/夜间云层
5	11500~12500	11500~12500	洋面温度,白天/夜间云层
6	1580~1640		土壤湿度,冰雪识别
7	430~480		海洋水色
8	480~530		海洋水色
9	530~580		海洋水色
10	900~965		水汽

NOAA卫星在可见光近红外波段有两个通道,其中第二个通道落在叶绿素的强反

射区间,FY-1C除了保持NOAA卫星现有探测能力外,还特别增加了3个水色探测通道,因此FY-1C水环境探测能力明显优于NOAA卫星。虽然气象卫星在光谱分辨率、空间分辨率、辐射分辨率等方面有一定的局限性,但对于我国目前污染较重(浮游藻类含量较高)的内陆大面积湖泊具有一定的监测能力^[5]。

2.1 NOAA卫星监测蓝藻水华

NOAA卫星第二个通道对应着蓝藻叶绿素在近红外波段 $700\sim 1100\text{nm}$ 的强反射区间,由于背景水体为太阳辐射的强吸收体,一般情况下,NOAA卫星第二个通道主要反映水体信息,湖区图像均表现为与陆面呈明显反差的低值区。但是,当蓝藻水华爆发时,大量浮藻覆盖在水面上像抹了一层“绿油漆”(图略),NOAA卫星第二个通道图上,藻华区为高值区,与背景水面的低值形成明显对比,呈现典型的植被光谱反射特性。图2为水华爆发时利用NOAA14卫星资料制作的比值植被指数图, $\text{NDVI} = K * \text{CH2} / \text{CH1}$ ($K = 50$)。可以看出,巢湖西半湖区绿度信息数值差异大,且分布不均,在水华区域,绿度值高达60以上,比一般的水体($30\sim 40$ 之间)高出20以上;东湖区数值小且分布均匀,呈现出水体本身的光谱反射特性;在湖区边缘有较大梯度,这是由于水、陆交界处二者的差异所致。

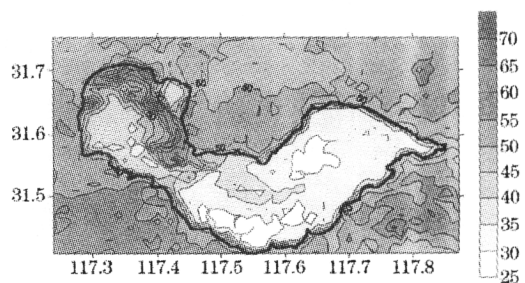


图2 NOAA14卫星监测的巢湖湖面绿度分布图

由于试验时间选在11月,陆面绿色植被较少,湖区周边绿度值一般在50左右,仅湖区东南方的一片山区绿度较大($55\sim 65$ 之间),而西湖区水华区域其绿度值也多在60左右,基本上反映了湖中绿色的蓝藻密集地“平铺”在湖面上,以典型的植被光谱反射特

性在 NOAA 卫星 AVHRR 近红外通道表现为高值区。

巢湖、太湖等内陆大面积湖泊,水域面积大,污染程度重,蓝藻分布范围广,水华爆发日渐频繁,使得 NOAA 卫星可以捕捉到一些水华事件^[6]。我们对 1995 年以来 NOAA14 卫星历史资料进行反查,由于目前安徽省气象卫星遥感业务侧重于农情、灾情等监测与服务,主要根据农事季节及重大灾害事件来存储历史资料,湖区历史卫星资料存储量有限,但仍然发现了几幅水华图像,验证了 NOAA 卫星对内陆大面积水体蓝藻水华的监测能力。

2.2 FY-1C 卫星监测估算蓝藻分布与含量

虽然 NOAA 卫星可监测内陆大面积湖泊蓝藻水华现象,但对于日常水质监测,则意义不大。FY-1C/CAVHRR 的三个水色监测波段(CH7:430~480nm、CH8:480~530nm、CH9:530~580nm)分别对应着蓝光到绿光波段的三个典型的叶绿素反射辐射特征光谱区间,波段带宽均为 50nm,这是为了增强气象卫星对水环境的光谱探测能力而特别设置的。我国几大污染严重的湖泊均以蓝藻为绝对优势藻种,这种藻中很多种群都具有伪空胞,在趋光性的驱使下,极易漂浮在水面上随风漂移,藻类大部分生产量是在 0~0.5m 的水表层形成的,可见光中的蓝—绿光在水中有一定的透射能力,因此,可以从 FY-1C/CAVHRR 的三个水色监测波段数据中提取出反映湖泊水体藻类分布与叶绿素含量的信息。

以 2000 年 4 月、6 月两个时次的巢湖区域晴空 FY-1C/CAVHRR 数据为遥感信息源,结合与卫星过境准同步的巢湖湖面叶绿素含量实地采样调查资料,进行了巢湖湖面叶绿素含量估算初步研究^[7]。结果表明, FY-1C/CAVHRR 水色监测波段数据与实测叶绿素含量之间有良好的相关性,实测 chl- α 含量与 CH9/CH7 值之间呈比较明显的线性相关,相关系数达 0.7757(图 3)。由此建立的统计估算模型与实况拟合较好。

上述研究分析是初步的。需针对具体水环境进行星地同步监测实验,建立稳定可靠

的蓝藻叶绿素含量遥感定量估算模型,从而为常规的水质采样监测提供一种客观快捷而又经济有效的补充手段。

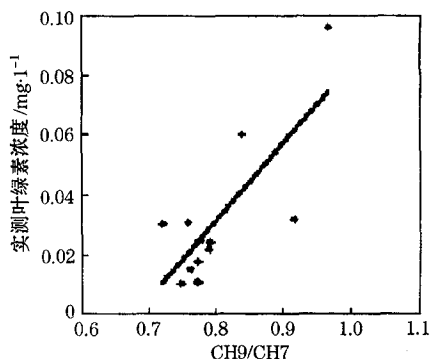


图 3 实测 chl- α 含量与 CH9/CH7 相关图

3 小结

通过对气象卫星水环境探测能力分析,可以看出,对于我国目前污染较重(浮游藻类含量较高)的内陆大面积湖泊,气象卫星具有一定的监测能力。NOAA 卫星能够监测内陆大面积水体蓝藻水华现象,而 FY-1C 利用其特别增设的水色监测通道,还能够对蓝藻分布及叶绿素含量进行定量估算。

目前我国正在对几大污染严重的内陆湖泊进行重点治理,利用遥感手段对这些污染水域进行动态监测,及时全面监测其水质状况,是一项十分有意义的工作。气象卫星遥感为水环境监测提供了新的低成本的技术手段,有必要及时开展研究与应用。

参考文献

- Gordon H R, Claek D K, Brown J W et al. Phytoplankton pigment concentrations in the middle Atlantic bight: comparison of ship determinations and CZCS estimates. *Appl. Opt.*, 1983, (22): 30—36.
- Gordon H R et al. Retrieval of water-leaving radiance and aerosol optical thickness over the oceans with SeaWiFs: a preliminary algorithm. *Appl. Opt.*, 1994, (33): 443—452.
- 蔡启铭. 太湖环境生态研究. 北京:气象出版社,1998.
- 金相灿等. 中国湖泊富营养化. 北京:中国环境科学出版社,1990.
- 许健民等译(P. K. Rao 等编). 气象卫星——系统、资料及其在环境中的应用. 北京:气象出版社,1994.
- 胡雯等. NOAA 卫星监测巢湖蓝藻水华的试验分析. *环境科学与技术*, 2002, 25(1): 16—18.
- 胡雯等. FY-1C/CAVHRR 数据用于巢湖蓝藻叶绿素含量估算的初步研究. *南京气象学院学报*, 2002, 25(1): 124—128.

(下转第 30 页)

(上接第 20 页)

Ability of Meteorological Satellite for Monitoring Water Quality in Large Inland Lake

Hu Wen

(Anhui Meteorological Institute, Hefei 230031)

Abstract

By analyzing the ability of meteorological satellite for monitoring the water quality in large inland lake, it is shown that meteorological satellite NOAA /AVHRR data can be used to monitor the blue-green algae waterbloom in large badly contaminated inland lakes, furthermore, meteorological satellite FY-1C can be used to estimate concentrations of chlorophyll in the large lakes.

Key Words: meteorological satellite water quality blue-green algae chlorophyll