

应用 FY-1B 气象卫星监测 1991 年 江淮洪水的研究

盛永伟 肖乾广 陈维英

(国家气象局卫星气象中心 北京 100081)

摘要 本文研究了 FY-1B VHRSR 的三个可见光通道和一个近红外通道监测 1991 年夏天中国江淮地区洪水的能力。分析该区域不同水体的各个通道的光谱状况表明, VHRSR 第二通道区别水、陆(植被)边界十分显著, VHRSR 第一通道有感应洪水泥沙含量信息的能力, VHRSR 的第三、四通道(海洋通道)则可以获得水深信息。文中针对 FY-1B 的波段的特点设计了几种信息增强方法,从而有效地识别出水陆边界,计算了洪水深度及洪水浑浊度的相对等级,精确地统计出洪水的面积。结果表明 FY-1B 在洪水监测中大有潜力。

关键词 FY-1B 卫星, 洪涝灾害, 遥感监测

1 FY-1B 的洪水监测能力

1.1 水体的光谱特性^[1,2]

水体对太阳光的反射特性如图 1 所示。

从图中可以看出,近红外波段洁净水体的反射率很低,而陆上植被的反射率很高,故在此波段上可以区别出水体与非水体。在成灾的洪水区,泥沙含量高出洁净水的数十倍到数百倍,其反射率也有所增高,反射率最大值移向红波段。这时在近红外波段洪水反射率仍比植被的反射率低。

1.2 FY-1B 气象卫星的洪水监测能力

表 1 列出了风云卫星对洪水监测的能力,从表中可以看出, FY-1B VHRSR(风云卫星扫描辐射计)与 NOAA AVHRR 的仪器性能基本一致, VHRSR 比 AVHRR 多两个可见光通道,而少一个森林火灾监测通道和一个分裂窗区的热红外通道。VHRSR 的主要特点是可以制作真彩色地表图像,可以获得海洋叶绿素含量以及水深信息,对于洪水面积的估算,两者是相当的。

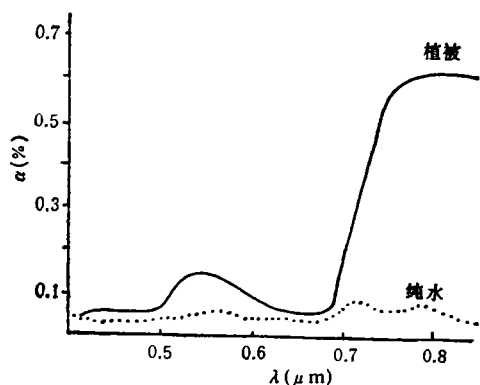


图 1 水体和植被的光谱特性

Fig. 1 Spectral Characteristics of Water and Vegetation

获得海洋叶绿素含量以及水深信息,对于洪水面积的估算,两者是相当的。

收稿日期: 1993 年 2 月 22 日;收到修改稿日期: 1994 年 2 月 2 日

表1 FY-1B 气象卫星的洪水监测能力
Table 1 Ability of FY-1B satellite in flood monitoring

项目	FY-1B/VHRSR 用途		NOAA AVHRR 用途	
	高度 (km)	900		833
每天轨道数	14图		14图	
过赤道时间	降轨 07: 30 升轨 19: 30 (地方时)		降轨 07: 30 升轨 19: 30 降轨 14: 30 升轨 02: 30	NOAA-10 NOAA-11
轨道周期 (min)	102.86		102	
纬度覆盖范围	90°N—90°S		90°N—90°S	
覆盖天数 (d)	1		1	
地面覆盖 (km)	2700		2700	
视场角	±56°		±56°	
瞬时视场 (mrad)	1.2		1.39—1.5	
星下点分辨率 (km)	1.08		1.1	
通道数及各通道范围 (μm)	①0.58—0.68	白天云图,地表图像	①0.58—0.68	白天云图,地表图像
	②0.725—1.1	白天云图,水体、 冰雪、植被	②0.725—1.1	白天云图,水体、 冰雪、植被
	③0.48—0.53	海洋水色图像	③3.55—3.93	森林火灾监测
	④0.53—0.58	海洋水色图像	④10.5—11.5	昼夜云图,地表、海 表温度、土壤湿度
	⑤10.5—12.5	昼夜云图,地表温度	⑤11.5—12.5	昼夜云图,地表、海 表温度、土壤湿度

2 用 FY-1B 极轨气象卫星影像监测淮河地区洪水灾害

2.1 卫星资料处理

2.1.1 处理流程图

为了有效地提取洪水信息,必须对卫星的原始资料进行一系列处理,主要包括几何校正、辐射校正。并按卫星资料处理流程(图2)^[3]计算出 FY-1B/VHRSR 的第一、二、三、四通道的反射率。

2.1.2 三通道合成图的制作

经过预处理以后的 FY-1B/VHRSR 各通道资料,星下点分辨率为 $1.1\text{km} \times 1.1\text{km}$,

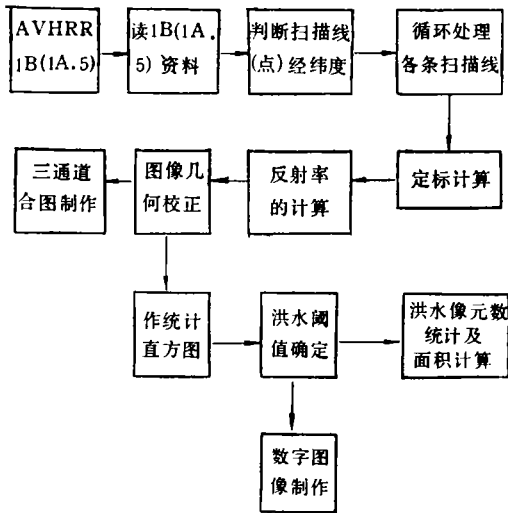


图 2 卫星资料处理流程图

Fig. 2 Processing procedures of satellite data

而远离星下点的分辨率下降为 3 到 4km, 又由于卫星的星下点的位置每天有一定的漂移, 这样每天获得的同一地点的卫星图像的分辨率是变化的。必须对图像进行精确的几何校正。我们采用等距经纬度网格投影方式, 使卫星图像的分辨率一致, 并归一化到 $0.01^\circ \times 0.01^\circ$ 的经纬网格上(只选星下点附近大约一条扫描带宽 1/3 的点), 然后用地物目标对图像进行几何校正, 在校正后的图像上再加上监测区界或省界。如需做成彩色图, 只需在图像处理机上用蓝色表示 FY-1B/VHRSR 的第一通道的灰度值, 用绿色表示第二通道的灰度值, 用红色表示第四通道的灰度值, 做成三通道合成图。在这样的图上洪水水体呈蓝色。图版 I 图 3 是 1991 年 7 月 19 日

的安徽省图像。

2.2 洪水的识别

在彩色合成图上可以直观地看出洪水变化情况, 但难以获得准确的面积信息。这就需要有效地把水体与非水体分开, 但在各单波段的图像中二者均不能得到满意的区分。图版 I 图 4 是 1991 年淮河地区 4 个通道反射率的一维直方图。一、三、四通道的直方图基本上都呈单峰分布, 高值区是水体, 低值区是植被; 而二通道的直方图, 高值区是植被信息, 低值是水体信息, 虽呈双峰分布, 但两峰较接近, 不易区分。

为此, 我们采用了一种信息增强技术来有效地识别水体。由于在第一通道是水体的反射峰, 植被反射率却不高, 而在第二通道上是植被的反射峰, 而水体的反射率极低, 即在



图 5 水陆分布图

Fig. 5 Identified waterbody map

第一、二通道上,水体和植被的反射特性相反,采用 CH2/CH1 的处理方案可以增强水体和植被信息,在比值图像上水体为低值,植被为高值,其直方图呈明显的双峰分布,并且两峰能拉得开。水体和非水体的门槛值定在两峰之间,在图像处理系统和地理信息系统的支持下,采用人机交互方式确定门槛值。所识别的水陆分布图见图 5,其中黑色为水体。

2.3 洪水面积的计算方法

在有效地识别水陆的基础上,可计算洪水面积。由于气象卫星图像覆盖面积大,像元因其所处纬度不同,其代表的地面面积也不同,所以洪水面积要逐个像元地进行统计。每个像元的面积计算公式如下:

$$S = 2b^2 * \Delta L / \rho * [A \sin(\Delta B/2) \cos(B_m) - B \sin(3\Delta B/2) \cos(3B_m) + C \sin(5\Delta B/2) \cos(5B_m) - D \sin(7\Delta B/2) \cos(7B_m) + \dots]$$

式中, $\Delta B = B_2 - B_1$, 数字像元的纬向差; $B_m = (B_1 + B_2)/2$; $\Delta L = L_2 - L_1$, 数字像元的经向差; b 为地球短半轴 (6356.863km); $\rho = 57.295^\circ$, $A = 1.003\ 363\ 605\ 7$, $B = 0.001\ 124\ 027\ 3$, $C = 0.000\ 001\ 698\ 9$, $D = 0.000\ 000\ 27$ 。

其中,对于原分辨率的 VHRSR 数据, ΔB 和 ΔL 均取 0.01° 。

据此计算出的 1991 年 7 月 19 日淮河支干流地区洪水面积为 $8\ 628\text{km}^2$, 除去发水前的水体本底,洪水泛滥面积为 $5\ 100\text{km}^2$, 这与应用 NOAA 卫星算得的同区域 7 月 20 日的洪水泛滥面积为 $5\ 081\text{km}^2$ 是一致的,另外通过与 7 月 22 日的 3m 分辨率的雷达图像对比,发现图 5 所揭示的水体在雷达图像中都有很好的对应。在实地灾情调查中也得到了验证。

2.4 洪水水深分析

洪水的水量由洪水的面积和水深这两个量决定,水深是洪水监测的又一重要参数。水深的遥感是一个非常复杂的课题,与所使用的探测波段关系很大。我们利用 FY-1B 卫星上提供的探测通道对洪水深度的相对等级进行了估计。

从可见光到近红外波段,随着波长的增加,波对水体的穿透能力减弱(图 6)。0.725— $1.1\mu\text{m}$ 的波段可以探测到深度为几厘米的水体,0.48— $0.53\mu\text{m}$ 的波段可以穿透水深 10m 以上的洁净水体^[4]。比较风云卫星的单通道图像可以发现,通道二、一、四、三所揭示的水体范围逐渐变小,这是由于通道二可识别浅水体,而通道三只能识别水深达到一定程度的水体。通道三的穿透性强,可用来探测较深水体的深度。增强方案 CH2/CH3 既可以反映较深水体的

深度信息,又可以反映出浅水体的信息,是探测水深的可行方法。(图版 I 图 7 为利用该方案估计的洪水水深的相对等级图,图中随色级的增加,水深变浅。从图中可以看出,瓦阜湖较深,城西湖次之,蒙洼蓄洪区又次之,淮河支干流更浅,这是河道较窄的缘故;成子湖较深,高邮湖较浅,洪泽湖中北深南浅,这是由于淮河河水中泥沙在这里淤积所造成的。从图中还可以看到,水体的边缘一般都比较浅,另外孤立的面积不大的水洼(安丰塘

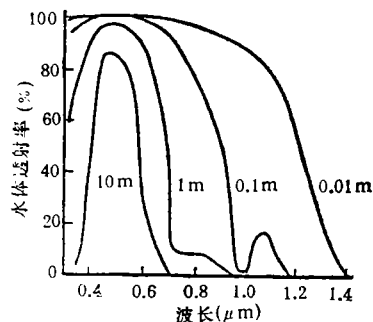


图 6 不同深度纯净水体的光谱透射率
Fig. 6 Spectral transmittance of pure water for different depth

水库除外)都很浅,这与实际情况相符合。

2.5 洪水浑浊度分析

洪水灾害发生时,洪水冲毁大面积的农田、村庄。洪水掺有大量的杂物,其浑浊度的计算,对于分析洪水的猛烈程度等有重要意义。

在风云卫星数据中,通道一(0.58—0.68 μm)最能反映水体的浑浊度信息,但该数据中也包含有其它方面的信息,通道三的数据受泥沙含量的影响不大,CH1/CH3 这种比值方案,能压抑其它方面信息,增强水体的浑浊度信息,可较好地反映出水体浑浊度的相对等级。A. 吉特尔桑等人利用光谱仪对水体中悬浮物浓度进行了研究,也得出了类似的结论^[1]。图版 I 图 8 为洪水浑浊度分级图,随着色级的增加,浑浊度也增加。从图中可以看到,蒙洼、城东湖、城西湖等蓄洪区的水体较浑浊,这是由于洪水所携带的杂物在蓄洪区内汇集所致。此外,洪泽湖和高邮湖是淮河河水入海的必经之路,当时河水以极大的流量通过,其泥沙含量较高,使得洪泽湖和高邮湖的浑浊度增高,而且分布层次清晰,与此相比,成子湖由于湖水相对平静,浑浊度也较低。当然,水体浑浊度遥感是一个难度很大的研究课题,尤其是洪水期间,水体变得复杂,影响因素多,水体浑浊度的计算尚需进一步研究。

3 结束语

FY-1B 由于其信息的时间分辨率高、动态性强、区域宏观性好、处理成本低,因此是监测洪水的重要手段,而且很有潜力。它可以估计洪水特征的一些重要参数,当然其中一些工作尚是初步的、探索性的,还有待于进一步深入下去。研究结果表明(1) FY-1B 的光谱波段,很适合于洪水监测;(2) CH2/CH1 是识别水陆界线的有效方案,在此基础上可以准确估算出洪水的面积;(3) CH2/CH3 图像可揭示出洪水水深的相对等级;(4) CH1/CH3 图像能反映洪水浑浊度的相对等级。

此外,在利用风云卫星监测洪水中,卫星资料的预处理过程非常重要,辐射订正和几何定位校正都应予以充分的重视。

参 考 文 献

- [1] 朱振福等译. 遥感定量方法. 北京: 科学出版社,1984.
- [2] 中国科学院空间科学技术中心编. 中国地球资源光谱信息资料汇编. 北京: 能源出版社,1987.
- [3] 肖乾广,陈维英等. 气象卫星影像用于松花江洪水监测. 遥感信息,1987,(4).
- [4] 陆家驹,李士鸿. TM 资料水体识别技术的改进. 环境遥感,1992,7(1).
- [5] A. 吉特尔桑等. 水质的遥感监测. 见: 欧洲遥感实验室协会第十一届国际讨论会,奥地利,1991.

Application of FY-1B Meteorological Satellite Data to Monitor the Flood Disaster in Huaihe River Basin in Summer, 1991

Sheng Yongwei Xiao Qianguang Chen Weiyang

(State Satellite Meteorological Center of China)

Abstract Since late spring of 1991, weather had become abnormal in Huaihe river basin. During the period from May to July, it universally fell heavy rain and torrential rain in this region. Hit by rainstorm continually, some local areas suffered an exceptionally serious flood disaster in the century. This paper emphasizes in describing the method of monitoring this flood disaster using cloud-free imagery in visible and near infrared channels obtained by scanning radiometer on board FY-1B polar meteorological satellite.

Firstly, the capability of monitoring flood with FY-1B/VHRSR (Very High Resolution Scanning Radiometer) was studied, especially, the spectral responses in channels of VHRSR of waterbodies in different conditions. The result shows that CH2 can be used to identify the boundary between water and land, CH1 corresponds to water turbidity, and CH3 and CH4 can be used in water depth analysis.

In accordance with the characteristics of VHRSR channels, several schemes for information enhancement were designed to estimate water depth and water turbidity, and also to identify waterbodies more effectively. Flood area was accurately calculated on an image processing system by statistics and classification method interactively.

The result shows that FY-1B data has potential in monitoring large area flood disaster.

Key words FY-1B satellite, Flood disaster, Monitoring