

风云一号气象卫星在气象和农业 遥感中的应用

方宗义 江吉喜

(国家气象局卫星气象中心, 北京, 100081)

摘要——本文对FY-1气象卫星运行期间所获得的资料作了简要分析, 利用一些较典型的图片, 说明此卫星在天气分析和灾害性天气监测、气候研究和监测、洪涝监测、作物估产等方面的应用。

关键词——气象卫星、天气分析、自然灾害监测。

1. 引 言

自从1960年4月1日美国发射了第一颗专用气象卫星以后, 随着卫星探测技术的发展

表1. FY-1卫星VHRSR和NOAA卫星AVHRR仪器的主要性能比较
Table 1 Comparison of major characteristics between VHRSR of FY-1 and AVHRR of NOAA meteorological satellites.

	FY-1					NOAA				
	通道1	通道2	通道3	通道4	通道5	通道1	通道2	通道3	通道4	通道5
光谱范围 (μm)	0.58 -0.68	0.725 -1.10	0.48 -0.53	0.53 -0.58	10.5 -12.5	0.58 -0.68	0.725 -1.10	3.55 -3.93	10.3 -11.3	11.5 -12.5
探测器	Si	Si	Si	Si	HgCdTe	Si	Si	HgCdTe	HgCdTe	HgCdTe
瞬时视场 (μrad)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
星下点空间分辨率 (km)	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
主要用途	白天 区分 云图, 水陆, 冰雪 植被 图象 估产					白天 区分 云图, 水陆, 冰雪 植被 图象 估产				
	海岸 海岸 水色 水色					夜间 昼夜 云图, 海面 温度, 云顶 温度				
						土壤 湿度				
						洋面 洋面 温度, 火山 尘埃, 海面 温度				

和地面接收处理系统功能的增强,气象卫星探测的资料已经成功地应用于天气预报、气象研究、气候监测和自然灾害监测等许多领域,成为世界天气监视网(WWW)的重要组成部分。今后,随着世界气候计划和全球变化研究的深入开展,以极轨平台为主体的空间对地观测系统将具有其它手段无法取代的重要地位。

1988年9月7日我国发射的第一颗FY-1气象卫星,为气象、水文、海洋等有关部门提供了有力的监测工具。FY-1卫星装载的主要遥感仪器是甚高分辨率扫描辐射计(VHRSR)。表1给出了美国NOAA卫星的先进的甚高分辨率扫描辐射计(AVHRR)和VHRSR辐射计的通道数、光谱宽度、空间分辨率,探测元件和主要应用。

根据表1和FY-1卫星发射成功后获得的资料的实际应用表明,以前有关NOAA卫星AVHRR资料在天气分析和预报、地球资源环境监测等方面的研究成果^[1~3]都适用于FY-1卫星。

2. 天气系统的监测和分析

由FY-1卫星的1、5通道可以探测到可见光和红外图像,并可以分析出诸如锋面,气旋和切变线等大尺度天气系统。尤其是在包括有中亚地区和印度洋的多轨拼图上,可以分析出来自阿拉伯海和孟加拉湾的云涌和青藏高原上空的天气系统;延时云图(APT资料)则可用于分析世界上任何地区的天气系统,这对我国的天气预报是很有意义的。

图1是我国东北地区发展到锢囚阶段的一个温带气旋云系,云型类似于逗点状。图1左上方为逗点头部,云区密实、白亮,内部还有两个十分清晰的沿逆时针方向旋转的小涡旋云系,与气旋的锢囚锋相对应。图1右侧准南北向的破碎条状云带与头部云区相联结,是温带



图1 1988年9月9日06 GMT 温带气旋云系可见光云图

Fig. 1 The visible color picture for the cloud system of extratropical cyclone at 06 GMT 9 September 1988.

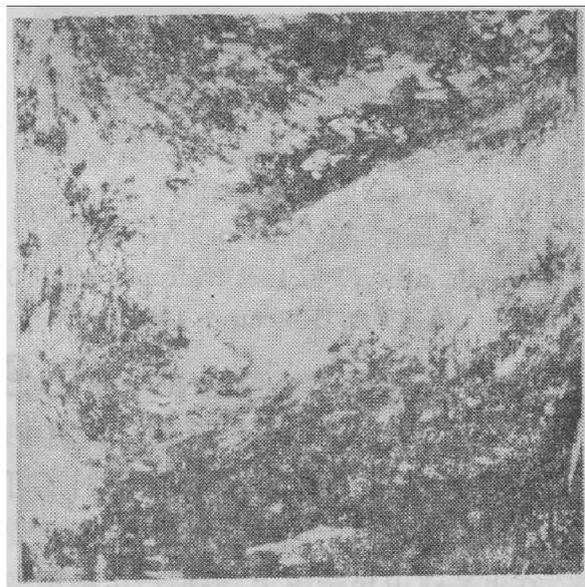


图2 1988年9月10日08 GMT冷锋云系可见光云图

Fig. 2 The visible color picture for the cloud system of cold front at 08 GMT 10 September 1988.

气旋的尾部输入云带, 与温带气旋减弱的冷锋相对应。温带气旋云系的主要降雨出现在头部, 尾部附近则常伴有阵雨和大风。

图 2 是一幅冷锋云系的云图。一条准东西走向的宽冷锋云系位于江南南部至华南北部一带, 冷锋云系主体中有多条无云区裂缝。东段内出现了一条条小而短的纵向波动云带, 表明冷锋云系强度较弱。但在冷锋云系的西半段, 主要由两个大而较密实的云团组成, 其前部的暖区中还有多个相对孤立的小云团, 色调最为白亮。可以判断, 在冷锋云系的西段有中到大雨伴随出现, 锋前局部地区还会有暴雨产生。另外, 在冷锋云系后部的长江中下游一带, 还有一条条准东西走向的不均匀云线, 它们是冷锋后部晴空区中的积云线。

我国黄海北部至朝鲜半岛北部的短波槽云系云图见本期彩色插页图 j。云系中云的厚薄很不均匀, 其中西南部分和中部附近云层较厚, 是主要的降雨出现处; 另外, 在朝鲜半岛中南部的东半部分, 还可以清晰地见到两条白色西南至东北走向的晴空区中的弧状积云线。在合适的条件下, 积云线上色调更白的活跃小对流单体可以发展成较大的降雨云团。



图 3 1988 年 9 月 26 日 09 GMT
可见光延时云图

Fig. 3 The visible color picture selected from the delayed picture transmission at 09 GMT 26 September 1988.



图 4 1988 年 9 月 7 日 08 GMT 西南
低涡云系可见光云图

Fig. 4 The visible color picture for the cloud system of southwest vortex at 08 GMT 7 September 1988.

图 3 是南半球南印度洋上的一幅延时云图。在图 3 中的左侧和右下侧, 共有三个云系呈顺时针方向旋转的温带气旋云系。从图中云带和云线的走向, 可以分析出流场中气流的走向, 即可以确定出洋面上的风向; 同时还可以根据辐合中心和云带或云线边界的光滑程度, 大致估计出出现降雨区和大风的位置。

在 FY-1 卫星云图上, 根据产生暴雨、雷暴、强对流云团和台风的特定云型, 不仅能识别这类天气系统的存在和位置, 而且还能识别它们的发展阶段。所以, FY-1 卫星可用来监测暴雨、雷暴和台风等强对流灾害性天气。

图 4 是我国四川省东北部地区的一个西南低涡云系。它位于图中下方的中部, 表现为一个强对流云团。云区密实、白亮, 云内多起伏的特征表示云的对流性质, 其中凸起部分为

对流发展最旺盛处。由这张云图,可以分析出降雨范围和其中的强降雨出现区。

1988年我国20号台风(国外命名AELSON)的云图见本期彩色插页图1。台风中心(准圆形小黑色晴空区)位于菲律宾吕宋岛东北方洋面上,一个宽的圆环状密实白亮云墙围绕着中心,这里风大、雨最大,洋面上狂风巨浪,是台风破坏力最强处。从云墙往外,是一条条沿逆时针方向旋入台风云墙中的螺旋形白色强对流云带,它们也造成强降雨。用这张云图,可以确定出台风中心所在位置和台风强度、洋面上大风大雨和强浪区的分布。根据此台风的几张连续云图,还可以作出台风移动方向、强度变化的预报,从而可以为航运和渔业部门提供这一带洋面短期天气预报。

3. 气候研究和监测

地球大气的射出长波辐射、洋面温度、地球表面的冰雪复盖和地表状况以及大气中的云量分布等,都与地球、海洋和大气之间所进行的复杂的能量交换密切相关。大气运动既是这些能量交换的一种形式,也是其能量交换的结果。气象卫星为研究和监测气候变化,提供了探测全球范围内上述地球物理参数的唯一手段。

由FY-1卫星的原始探测信息,已经加工出上述地球物理参数。除洋面温度外,其余参数的精度与国外卫星加工出来的参数精度相当。当然,作为气候研究和监测,需要长时间的和全球范围的资料。尽管由FY-1卫星已经加工出可用于气候研究的一些物理参数,但作为一颗实验卫星,要在这些方面发挥实效,则在星体的寿命和作为一个业务系统等方面还有差距。

图5是我国西北地区的区域放大图。图中下方中间的黑块是青海湖,图中形状与大小不同的白色云团和云块是高原上午后发展起来的对流云;绿色和浅绿色部分为高原上的植被状况。图中右上部分,是祁连山和河谷,巴丹吉林沙漠,沙漠中沙丘十分清晰。这样的地表特征和云参数,是区域气候甚至大尺度气候研究很有用的信息。

4. 洪涝监测、农作物估产和近海泥沙监测

图6是几种不同下垫面的反射率随波长的变化曲线。它表明在可见光波段($0.5 \sim 0.7 \mu\text{m}$),湖面、植被复盖面和潮湿土壤等的反射率都很小,且湖面反射率略大于后者。但在近红外波段($0.7 \sim 1.0 \mu\text{m}$),后者的反射率明显增大,而湖面的反射率却显著下降,因而它们之间的反射率差异相当大。从表1中也可以看到,在FY-1卫星中通道2光谱范围($0.725 \sim 1.10 \mu\text{m}$)的图像上,由于陆面和水面的反射率不同,使得水体的边界特别清楚,据此,可以用它监测湖泊面积和河流宽度的变化,从而在洪水泛滥时能够及时准确地确定洪泛区,

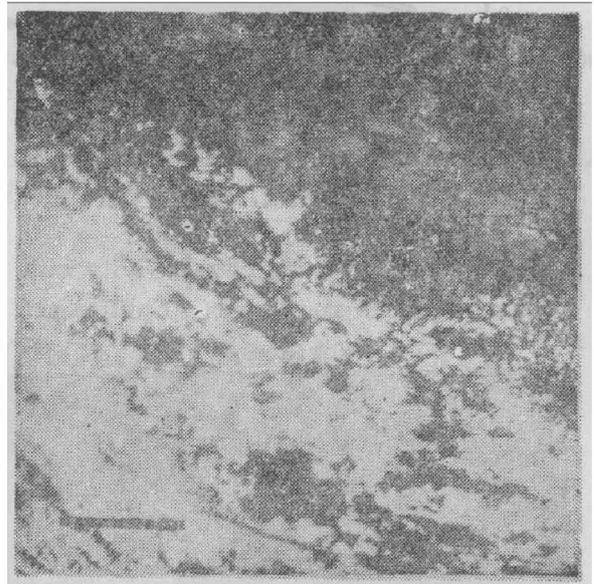


图5 1988年9月10日08 GMT CH₁和CH₂合成的沙丘图

Fig. 5 The CH₁ and CH₂ composite image for dune at 08 GMT 10 September 1988.

可为防洪抢险提供十分重要的依据。

图 7 是我国东北地区嫩江和松花江洪水期间的图像。图中右半部分为白色细胞状和块状积云，左半部分和中部的黑色树枝状为嫩江和松花江及其支流，天兰色的小块是与支流相连的浅滩或沼泽地。从图中可以测量出各段江面的宽度，再同洪水出现前的江面宽度比较，可以迅速地推算出洪水泛滥的情况。

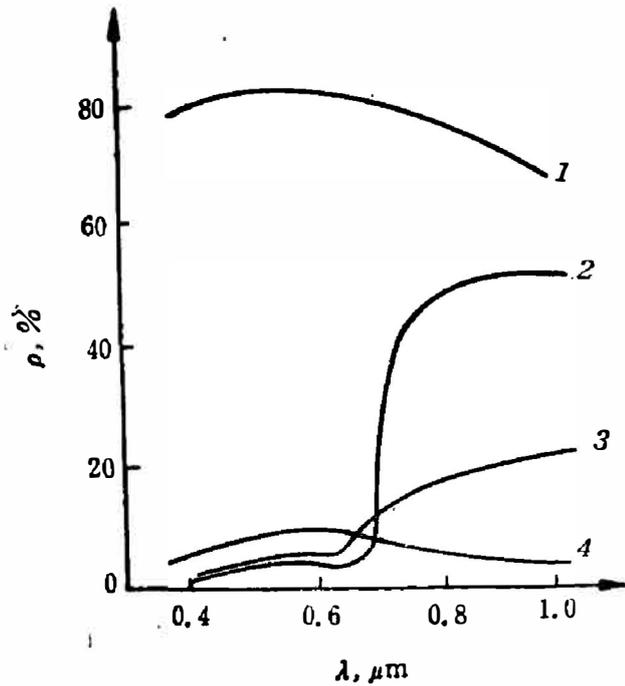


图 6 不同地表特征的反射率随波长的变化
 1. 复盖在冰上的雪面, 2. 植被复盖面,
 3. 湿土壤, 4. 湖泊

Fig. 6 The variation of reflectivity with wavelength for four kinds of different surfaces.

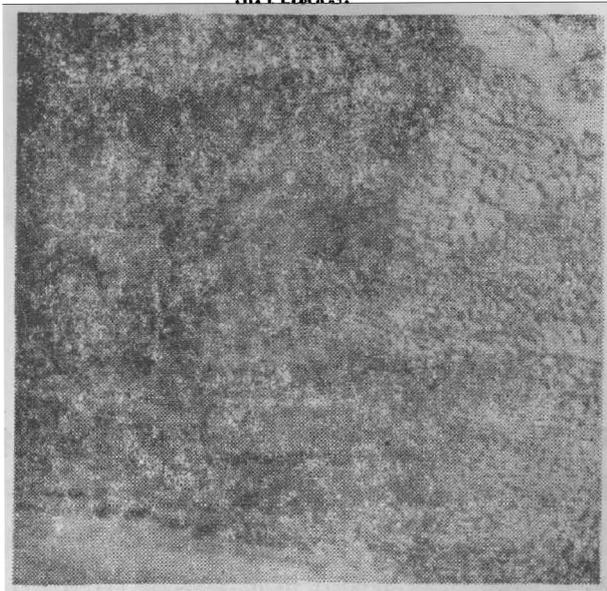


图 7 1988 年 9 月 9 日 06 GMT CH_1 和 CH_2 合成的嫩江、松花江洪水泛滥图
 Fig.7 The CH_1 and CH_2 composite image for flood monitoring. over Nen Jiang River and Songhua Jiang River at 06 GMT 9 September 1988.

FY-1 卫星的通道 1、2 分别为可见光和红外通道，用它们测量出来的反射辐射差值 ($CH_2 - CH_1$) 就是所谓的植被指数，它能够相当好地反映植被的生长状况。而农作物的产量或草原牧场的产草量，都与前期植被状况有关。如果能由过去的前期植被指数值及其变化，建立起与后期实际产量之间的较好统计关系，则可以利用 FY-1 卫星的植被指数测值，预测作物和草场产量。

我国 FY-1 卫星的通道 1、2，在光谱响应范围、灵敏度和空间分辨率等方面都与 NOAA 卫星相当。由 FY-1 卫星已经获得的资料计算出的植被指数和图像表明，它与 NOAA 卫星的能力完全相同。

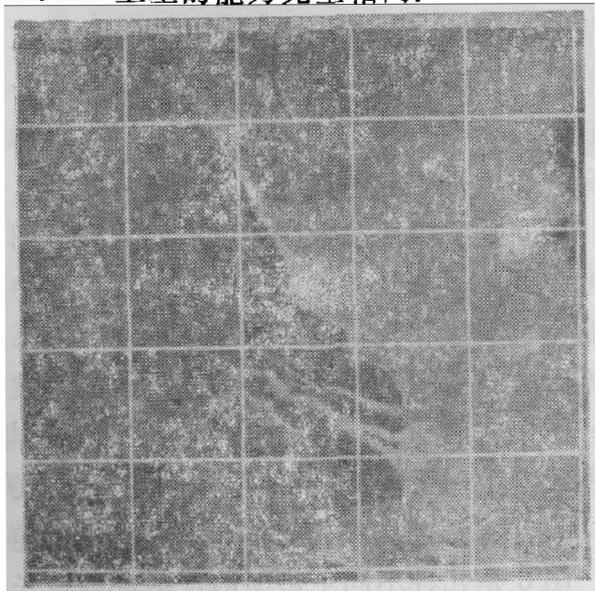


图 8 1988 年 9 月 7 日 06 GMT CH_1 和 CH_2 合成的华东地区植被及长江口附近泥沙含量图
 Fig.8 The CH_1 and CH_2 composite image for the vegetation coverage in the Eastern China and the amount of silt near the end of Chang Jiang River on 7 September 1988.

图 8 是 FY-1 卫星两个探测通道的资料合成处理后的图像。图中浅绿色部分,为我国华东地区植被状态的图像。色调的差异反映了植被指数的不同,即农作物的长势不一样。

此外,长江口的地理特征十分清晰,长江口内及沿岸地区的不同水色,表明了水中的不同含沙量。兰白色表示泥沙含量很大,往外的兰色表示泥沙含量少一些,再往外的深兰色则反映泥沙含量最少或几乎不含泥沙。从图中还可以看到泥沙向近海流出的情况。这些信息对港口设计、建设和维护很有意义。

把 1、2 通道的图像作合成处理,可以得到表征海洋表面水层中叶绿素含量分布的图像。利用这种图像和洋面水温分布图,还可以作海洋渔场预报,提高捕鱼量。

致谢——本文所用的图像资料,取自卫星气象中心资料处理系统的 7350 和 MCIDAS 处理终端,特向有关同志表示深切谢意。

参 考 文 献

- [1] 陶诗言等,大气科学,3(1979),3:239~246.
- [2] 肖乾广等,环境遥感,1(1986),4:260~269.
- [3] Fang Zongyi et al, *Some Uses of Meteorological Satellite Data P277~288, Proceeding of Development and Applications of Remote Sensing for Planning, Management*, 1985.
- [4] 范天锡,气象,14(1988),10:6~9.
- [5] Levin Lauritson, Gary J. Nelson, Frank W. Porto *Data Extraction and Calibration of TIROS-N/NOAA Radiometer*, NOAA Technical Memorandum NESS 107 Nov, 1979.

APPLICATIONS OF FY-1 METEOROLOGICAL SATELLITE IN THE FIELDS OF METEOROLOGY AND AGRICULTURAL REMOTE SENSING

FANG ZONGYI, JIANG JIXI

(Satellite Meteorology Center, State Meteorological Administration, 100081, Beijing, China)

ABSTRACT

This paper presents the applications of FY-1 Meteorological Satellite in the fields of weather system analysis, monitoring of disastrous weather and study of climate, monitoring of climate and flooding, and estimating of agricultural yield by analyzing some typical images obtained from FY-1.