

应用 FY-1D 气象卫星监测雾

梁益同¹ 张家国² 刘可群¹ 黄 靖¹

(1. 武汉区域气候中心, 430074;
2. 武汉中心气象台)

提 要: 简要介绍了 FY-1D 气象卫星的特点。利用典型的 FY-1D 资料, 通过直方图分析法, 探讨了雾在 FY-1D 不同通道的光谱特征。分析结果表明, 可见光通道 1 和红外通道 4 是 FY-1D 卫星监测雾的代表通道。通道 1 图像上, 雾的反照率在 20%~48% 之间, 且纹理均匀, 顶部光滑, 边缘清晰, 而通道 4 图像上, 雾的亮温在 272~289K 之间, 与地表温差不超过 6K。

关键词: 雾 FY-1D 气象卫星 光谱特征

Application of FY-1D Meteorological Satellite to Monitoring of Fog

Liang Yitong¹ Zhang Jianguo² Liu Kequn¹ Huang Jing¹

(1. Wuhan Regional Climate Center, Wuhan 430074; 2. Wuhan Central Meteorological Observatory)

Abstract: The characteristics of FY-1D meteorological satellite are briefly introduced. Based on the typical case of FY-1D data, the spectral characteristics of fog in the different channels of FY-1D are analyzed by using the histogram analysis method. The results indicate that the channel 1 and 4 are the representative channels of FY-1D for the identification of fog. In the channel 1, fog is with uniform texture, smooth top, and clear-cut boundary, and its albedo is about 20%~48%. In the channel 4, the brightness temperature of fog is 272~289K, and the difference value between the fog and the ground surface is no more than 6K.

Key Words: fog FY-1D meteorological satellite spectrum characteristics

引 言

雾是一种灾害性天气现象。雾、特别是大雾对能见度的影响很大, 会严重影响到航

海、航空及公路运输和军事活动, 常引发灾难性的事故。有关雾监测的方法研究已有多多年, 并取得了重要的进展^[1-3]。常规的监测方法通常是在陆海表面布设站点进行人工或仪器的观测。这种方法不仅耗费大量的人力

物力,而且观测站点的设置密度和观测密度也难以满足监测的需要,特别是在监测和预报雾的生消动态方面,常规方法困难更大。而具有宏观、快速和直观等特点的卫星遥感监测技术在这一方面具有独特的优势。国外从 1970 年代开始从卫星遥感图像上进行云雾识别^[4-5]。国内这方面的研究起步相对稍晚,但也取得了不少成果,刘健等^[6]用 NOAA 卫星的 AVHRR 的通道 3、4 资料,分析了云和雾顶部粒子的尺度特征和分布状况,得到了通道 3 反射率的大小与云雾覆盖区有良好的对应性;居为民等^[7]用 NOAA 和 GMS 卫星对沪宁高速公路大雾进行初步监测应用;李亚春等^[8]使用 GMS-5 卫星资料进行了白天遥感雾的研究;孙涵等^[9]用频谱分析方法研究了气象卫星遥感图像上云雾的可见光和红外光谱特征,阐述了雾在 NOAA 各通道的光谱响应特征及相关指标;薄冰等^[10]利用 GOES-9 卫星红外通道亮温差来反演低层云雾;马慧云等^[11]则研究了用 EOS-MODIS 数据检测平流雾。而应用我国气象卫星监测雾的研究比较少见。本文分析了雾在我国气象卫星 FY-1D 各通道图像上的光谱特征,并提出利用 FY-1D 监测雾的方法。

1 FY-1D 气象卫星的特点

FY-1D 是我国第二颗业务极轨气象卫星,于 2002 年 5 月 15 日发射,已连续稳定运行至今。FY-1D 已广泛应用于气象、农业、林业、水利、海洋、军事等部门之中,已被世界气象组织列入世界气象业务应用卫星序列,为世界诸多国家提供了大量的气象和地球环境观测数据。FY-1D 拥有 10 通道可见光和红外扫描辐射计(表 1),运行过程中,实时向当地发送 10 通道、星下点分辨率 1.1km 的高分辨率图像数据,提供更多的地表灾情和环境监测信息。FY-1D 在我国的每天过境

的时次有两个,一个大约在北京时间 7—10 时,这个时段非常有利于监测早上大雾;另一个大约在 19—22 时,而这个时段则出现雾的概率很小。

表 1 FY-1D10 通道可见光和红外扫描辐射计观测波段

通道	波长/ μm	应用范围
1	0.58~0.68	白天云、冰雪、植被
2	0.84~0.89	白天云、植被、水陆区界、大气状况、冰雪
3	3.55~3.93	昼夜图像、高温热源、地表温度、森林火灾
4	10.3~11.3	昼夜图像、海表和地面温度
5	11.5~12.5	昼夜图像、海表和地面温度
6	1.58~1.64	白天图像、云雪判别、干旱监测、云相区分
7	0.43~0.48	低浓度叶绿素(大洋水体)
8	0.48~0.53	中浓度叶绿素、泥沙、海水衰减系数、海冰
9	0.53~0.58	高浓度叶绿素(近海水体)、海流、水团
10	0.900~0.905	水汽

2 FY-1D 气象卫星雾的识别

2.1 雾的可见光特征

雾由靠近地面、漂浮在空中的极细小的水滴或冰晶粒子组成。雾滴的半径一般在几个到十几个微米之间。雾中常含有大量半径小于 1 微米的微粒,其密度可达每立方厘米几千个,这些微粒对雾的光学特性及大气能见度有很大影响。雾滴一般比云中水滴小得多,因此雾与云的辐射特性有较大的差异。这些差异在 FY-1D 卫星可见光图像上会有相应的表现。以 2003 年 1 月 22 日 9 时 45 通道 1 图像(图 1)为例进行分析,图中“*A*”为湖北省江汉平原的雾区、“*B*”是湖北与江西交界处的云区,“*C*”为陕西秦岭的雾区。由图可见,与下垫面相比,雾和云在图像中呈现较高亮度,说明它们在可见光波段上表现出较高的反射率。另外,分别在雾区“*A*”和云区“*B*”取一个 50 像元 \times 50 像元的区域(图 1 中的矩形“1”和“2”),分析其直方图,可以发现,雾区频谱较窄,反射率在 30%~48%之间,而云区较宽,反射率从 30%~88%(图 2),可见,云区的反射率要明显高于雾区。

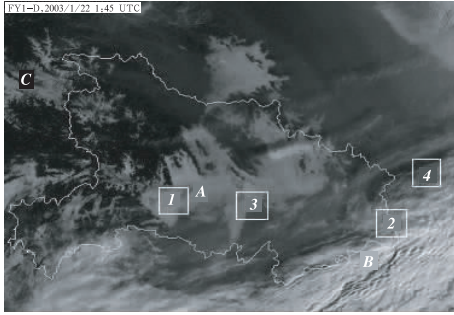


图1 2003年1月22日9时45分
FY-1D可见光(通道1)图像

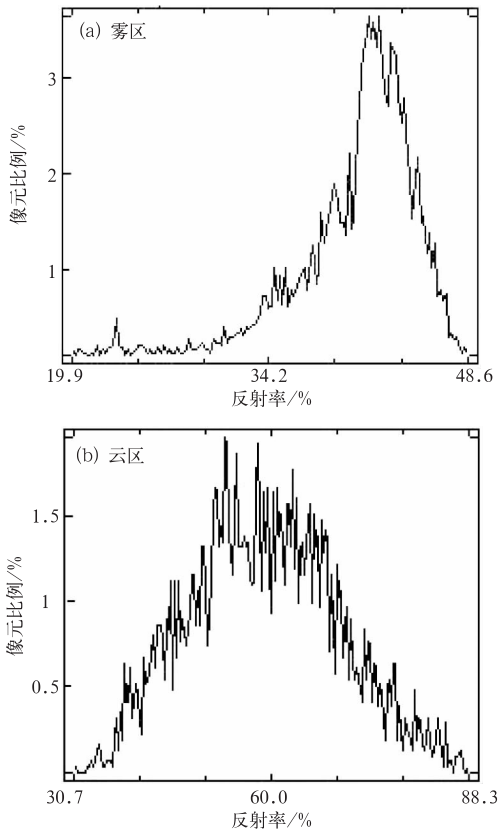


图2 通道1雾区和云区反射率频谱比较

可见光图像上,雾区还表现出纹理均匀、边界整齐的特征,有时与地形等高线吻合(如图1中的“C”),而云区则纹理丰富,边界模糊。这是因为,雾与云相比,其粒子小而均匀,顶部较光滑,而云顶则较为粗糙。这些差异导致了雾和云反射性质有所不同。在图1

图像中再分别选取两个 $50\text{ 像素}\times 50\text{ 像素}$ 的区域,一个为雾与地表混合区(图1中矩形“3”),另一个为云与地表混合区(图1中矩形“4”),比较它们频谱分布(图3)可以发现,雾与地表混合区的直方图有两个明显的波峰,雾区和地表界限分明,而云与地表混合区的直方图则没能将云区与地表明显分开。

雾在FY-1D其它可见光通道也有以上光谱特征,这里不再赘述。

2.2 雾的红外特征

雾离地面相对较近,因此其温度与地表温度非常接近,在红外云图上的热对比很小,所以与可见光通道相比,红外通道雾的特征不太明显,特别是没有明显区分地表的特征。因此,FY-1D红外图像雾识别难度要更大一些。

FY-1D通道4和5均属热红外波段,太阳辐射能量很小,地物和云雾发射辐射是该

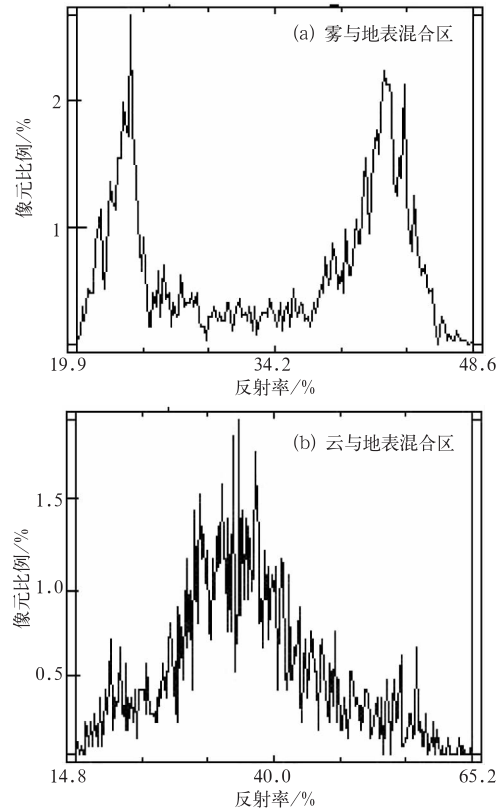


图3 通道1不同区域反射率频谱比较

波段的主要能量来源,其辐射随温度的变化很明显,在该波段内,传感器响应的主要是地物和云雾自身的热辐射。所以,在通道 4 和 5 上,雾区亮温接近或略低于地表(图 4a),而云区亮温却明显低于地表(图 4b)。

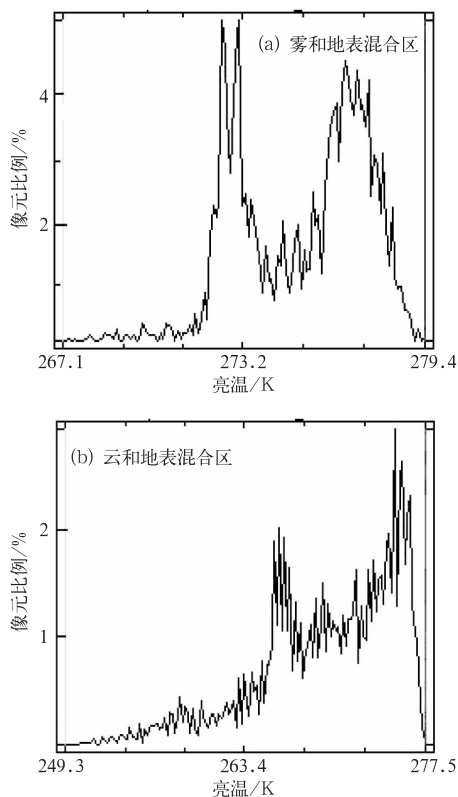


图 4 通道 4 图像不同区域亮温比较

FY-1D 通道 3 为中红外波段,介于太阳辐射峰($0.5\mu\text{m}$)与地物辐射峰($10.0\mu\text{m}$)之间,位于太阳辐射光谱曲线与地球大气辐射光谱曲线重叠处,既有太阳辐射又有地物辐

射。当太阳没有升起来时,通道 3 上只反映地物辐射,此时雾和云在通道 3 图像上的特征类似通道 4。随着太阳的升起,太阳辐射逐步增强,雾和云在通道 3 图像上的亮温逐渐升高,二者反而不易区分。因此通道 3 对雾的识别作用不大。

3 应用 FY-1D 监测雾的方法和应用实例

3.1 监测方法

综上所述,FY-1D 的通道 1 和 4 是识别雾的两个代表通道。将雾、云和地表在通道 1 和 4 图像上的特征进行概括(见表 2),根据三者的特征差异可得到应用 FY-1D 监测雾的方法。

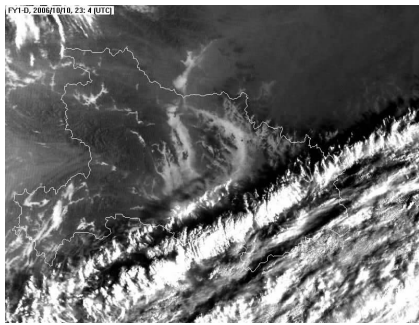
3.2 应用实例

2006 年 10 月 11 日早上,湖北省各地出现了不同程度的雾。7 时 04 分 FY-1D 卫星通道 1 图像(图 5a)上,在江汉平原和鄂西北出现两条南北向的灰白带状区域,反射率约在 20%~30%之间,且纹理较均匀,边界轮廓清楚,而鄂东南和鄂东北则出现西南-东北的亮白带状区域,反射率在 25%~70%之间,且纹理粗糙,边界模糊。而通道 4 图像(图 5b)上,灰白带状区域的亮温和周围地表非常接近,大约 286~289K 之间,亮白带状区域则具有较低亮温,在 270~224K 之间。根据表 2 中的雾、云和地表的特征差异可以断定,灰白带状区域为雾区,而亮白带状区域

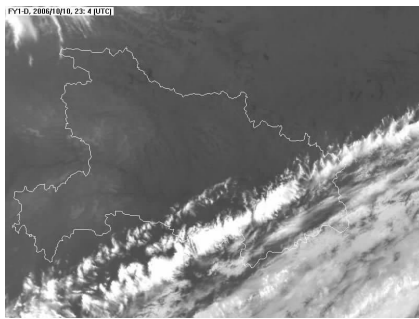
表 2 雾、云和地表在 FY-1D 可见光和红外通道图像上的特征差异

目标	通道 1	通道 4
雾	反射率在 20%~48%之间;纹理均匀,顶部光滑,雾区内亮度起伏较小,变化不明显;边缘清晰可见,从雾区到地表亮度急促过度	亮温一般在 272~289K 之间,接近或略低于周围地表,与地表差值不超过 6K
云	反射率在 25%~92%之间;纹理丰富,顶部粗糙,云区内亮度起伏较大,变化明显;边缘模糊,从云区到地表亮度平稳过度	亮温一般在 270K 以下,明显低于周围地表,与地表差值一般大于 10K
地表	反射率一般小于 20%	亮温一般在 274K 以上

为云。同样分析,可以发现鄂东南、鄂西南局部有雾。FY-1D 监测结果与实况基本一致。



(a) 通道1图像



(b) 通道4图像

图 5 2006 年 10 月 11 日 07 时
04 分 FY-1D 图像

4 结 语

本文主要利用直方图分析法,通过典型案例,对雾在 FY-1D 卫星各通道的光谱特征进行分析,并提出了应用 FY-1D 卫星监测雾的方法,并在实际业务中得到很好应用。另外需要指出两点:(1) 前面所提及的“云”一般指中、高层云,这是因为低层云和雾的光谱特征非常相似,有时二者本身就是一个母体,这时就要参考当地的气象台站能见度观测数

据和具体的天气实况;(2) 本文所用 FY-1D 资料的地域范围只在湖北省及其附近,所以表 2 中雾、云和地表的分割阈值特别是通道 4 亮温的分割阈值可能只适用于该范围。总的来说,应用 FY-1D 气象卫星监测雾,要综合考虑各通道图像光谱特征,还要了解当地的天气形势和地理背景等相关信息,才能准确了解雾的时空分布。

参考文献

- [1] 李子华. 中国近 40 年来雾的研究[J]. 气象学报, 2001, 59 (5): 616-624.
- [2] 程戴晖, 杨美川. 上海浦西地区雾持续时间的统计释用预报[J]. 气象, 2001, 27(7): 16-20.
- [3] 毛冬艳, 杨贵名. 华北平原雾发生的气象条件[J]. 气象, 2006, 32(1): 78-83.
- [4] Gurka J J. Using Satellite Data for Forecasting Fog and Stratus Dissipation [C]. 5th Conference on Weather Forecasting and Analysis, 1974: 54-57.
- [5] Gustafson A V. Wasserman S E. Use of satellite information in observing and forecasting fog dissipation and cloud formation[J]. Mon Wea Rev, 1976, 104(3): 323-324.
- [6] 刘健, 许健民, 方宗义. 利用 NOAA 卫星的 AVHRR 资料试分析云和雾顶部粒子的尺度特征[J]. 应用气象学报, 1990, 10(1): 28-33.
- [7] 李亚春, 孙涵, 徐萌. 卫星遥感在大雾生消动态监测中的应用[J]. 灾害学, 2001, 16(1): 45-49.
- [8] 居为民, 孙涵, 张忠义, 等. 卫星遥感资料在沪宁高速公路大雾监测中的初步应用[J]. 遥感信息, 1997 (3): 25-27.
- [9] 李亚春, 孙涵, 李湘阁, 等. 用 GMS-5 气象卫星资料遥感监测白天雾的研究[J]. 南京气象学院学报, 2001, 24(3): 342-349.
- [10] 孙涵, 孙照勃, 李亚春, 等. 雾的气象卫星遥感光谱特征[J]. 南京气象学院学报, 2004, 27(3): 289-301.
- [11] 马慧云, 李德仁, 刘良明, 等. 基于 MODIS 卫星数据德平流雾检测研究[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2005, 30(2): 143-145.