

基于 MODIS 数据的广州市 光化学污染预警等级研究

夏丽华,王德辉,王 芳
(广州大学地理科学学院,广州 510006)

摘要:分析 MODIS 数据反演的大气气溶胶光学厚度(AOD)与大气环境污染的关系,结果表明:当空气没有污染时, $AOD < 0.3$;轻度污染时, $0.3 < AOD < 1.0$;污染严重时, $AOD > 1.0$ 。在分析 AOD 与地面大气污染关系的基础上,结合空气污染指数,将城市光化学污染预警等级分为无、微弱、较弱、较强和强 5 级,并结合广州市实例进行了验证分析,为进一步建设城市光化学污染预警系统提供基础。

关键词:MODIS;光化学污染;大气气溶胶光学厚度(AOD);预警系统;预警等级

中图分类号:TP 79;X 87 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-070X(2006)04-0073-04

0 引言

随着城市机动车数量的快速增加,城市光化学污染越来越严重,已经危害到了人类的健康^[1,2]。但是,对城市光化学污染的预报和预警机制还没有建立起来。随着卫星遥感监测技术的发展,利用卫星遥感技术监测大气污染已经开始逐步应用,特别是美国国家航空航天局(NASA)提供的 MODIS 数据,已有专门的大气气溶胶监测通道。研究结果表明,大气气溶胶光学厚度(AOD)与地面大气污染有着显著的正相关关系^[3,4],但利用 MODIS 提供的 AOD 数据监测城市光化学污染研究还刚刚起步^[5]。本文在分析遥感数据监测的 AOD 与地面大气污染关系的基础上,结合空气污染指数及光化学污染的特点,建立城市光化学污染的预警等级,同时,以广州市为例进行了初步验证分析,为进一步建设城市光化学污染预警系统提供基础。

1 研究区概况

广州市位于珠江三角洲的核心地区,毗邻香港和澳门。随着经济的快速发展,城市人口及机动车数量快速增加。据统计,广州市城市人口 723.19 万人,流动人口 182 万人,机动车拥有量已达到 180 万

辆,对空气质量产生影响。由于灰霾天气的加剧,珠江三角洲极易爆发光化学烟雾:2002 年广州灰霾天气为 85 d;2003 年升至 98 d;2004 年 10 月广州市内约有 13 d 出现灰霾,严重时能见度不足 2 km;2005 年 11~12 月累计已有 15 d 出现了灰霾。灰霾天气将增大光化学烟雾产生的几率,造成空气的二次污染。

2 数据源与分析方法

- 2.1 数据源
- 收集中国气象局广州热带海洋气象研究所反演的数据,进行 AOD 与地面大气污染相关关系分析。空气污染指数(API)数据来源于广州市环保局发布的数据。
- 2.2 分析方法
- 城市光化学污染预警等级主要依据 AOD 与大气污染的相关分析,结合空气污染指数及光化学污染的特点进行划分。利用 AOD 数据监测大气污染在我国典型区域已有研究,虽然 AOD 的反演方法有所差别,但与大气污染的相关关系趋势明显。本研究主要利用已有的研究成果,全面分析二者之间的相关性,提出基于 MODIS 数据的城市光化学污染预警等级,作为预警系统研制的基础。
- 以广州市为例,对城市光化学污染预警等级进

行验证分析。选择广州市干旱和灰霾较严重的 12 月份和 1 月份进行跟踪分析,利用广州市 AOD 数据与大气污染指数,根据光化学污染特点,对城市光化学污染进行等级预报。选择其中 2 天作为典型案例进行分析。

3 结果与分析

3.1 AOD 与大气污染关系分析

利用遥感监测大气污染在国内外已有广泛研究,在我国有全国范围的,也有四川盆地、北京、香港、澳门等典型地区的研究。

利用 2002 年 MODIS 气溶胶产品全年平均情况,统计中国内陆地区 AOD 的分布特征显示:全年大值区主要分布在华北平原、长江中下游平原、四川盆地等低海拔地区,AOD 在 0.7~0.8 之间;福建全省、云贵高原、青藏高原、秦岭、太行山、燕山山脉、东北地区包括黑龙江、吉林和内蒙的东部地区 AOD 全年比较低,在 0.05~0.2 之间;珠江三角洲和台湾西南部地区分别为独立的大值中心,数值也可达到 0.7^[6,7]。与我国大气污染状况进行对照分析可知,华北平原、长江中下游平原、四川盆地以及珠江三角洲地区污染程度明显高于福建、云贵高原、青藏高原、秦岭、太行山、燕山山脉及东北地区等,其 AOD 处于 0.7~0.8 之间,而其它地区一般在 0.05~0.2 之间。其中,四川盆地由于受地形及人类活动的影响,是气溶胶的高值区。四川盆地和盆地以北的广大地区 AOD 介于 1.0~1.4 之间,盆地以外东南方向贵州等省也都有显著升高,大部分地区光学厚度在 0.5~0.6 的范围。盆地以外西南方向青藏高原的东缘,AOD 仍然保持较小的数值^[8]。

北京及其周边地区 AOD 研究表明,北京地区清洁日气溶胶光学厚度为 0.08,一般污染日在 0.6~0.85 之间^[6]。通过对北京市 2000 年 9 月 23 日~24 日污染过程的观察发现,23 日空气污染指数 136,相当于地面可吸入颗粒物浓度为 222 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,AOD 在 0.85~0.95 之间;24 日 API 为 29,相当于地面可吸入颗粒物浓度为 58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,而 AOD 下降至 0.2 以下。将 2001 年北京地区由 MODIS 数据所得的 AOD 和地面可吸入颗粒物 PM10 平均质量浓度进行对比,当 PM10 达到 450 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 时,AOD 值达到了 1.3,进一步证明了 AOD 与大气污染的相关关系^[9,10]。

利用香港环保署监测资料给出的 2000 年 11 月 30 日~12 月 2 日数据,港澳地区 5 个环境监测站 PM10

质量浓度变化可知:2 d 中气溶胶浓度有了一个明显的跳跃,浓度从第 1 天的 40~50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 上升到第 2 天的 100~200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,其中,澳门的上升幅最大,达到 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,AOD 从 0.5~0.6 上升至 0.9~1.0^[4]。

以上分析表明,AOD 在一定程度上能够反应大气污染程度,其对应关系是:当空气污染指数小于 50,空气质量为优时,AOD<0.3;如果空气出现中度污染,0.3<AOD<1.0;在污染严重区,AOD>1.0。通过定量分析,AOD 可以反演空气污染状况及城市光化学污染。

3.2 城市光化学污染预警等级划分

根据 AOD 与大气污染的相关性分析,以及与空气污染指数的对应趋势,结合城市光化学污染的特点,提出了城市光化学污染预警等级的划分,如表 1 所示。

表 1 城市光化学污染预警等级

气溶胶光学厚度(AOD)	空气污染指数(API)	光化学污染预警等级	备 注
<0.3	0~50	无	空气质量优,无污染
0.3~0.79	51~100	微弱	空气轻微污染,光化学污染微弱,对人体没有危害
0.8~1.19	101~200	较弱	空气轻微污染,如遇适合的气候条件易发生光化学污染,应减少午后晴天的户外活动
1.2~1.49	201~300	较强	空气污染较重,已有一定强度的光化学污染危害,应避免户外活动,并加强机动车出行控制。应发出预警警告
≥1.5	>300	强	光化学污染较强,发出强预警警告,严格控制机动车行驶数量及工厂排放量

综合分析 AOD 及 API,将光化学污染预警等级划分为 5 级,分别为无、微弱、较弱、较强和强。利用通俗易懂的描述方式,便于发出预报预警时理解。当然,光化学污染的发生还和气象条件、地形及人类活动等密切相关,在城市光化学污染预警系统中应全面考虑这些因素。

3.3 广州市城市光化学污染预警等级验证分析

以广州市为例,对城市光化学污染的预警等级进行了验证分析,分别以 2005 年 12 月和 2006 年 1 月为基础,对 2 个月内所得到的 AOD 数据与城市空气污染指数进行对照分析。本文选择具有代表性的 2 天数据进行分析,分析结果初步证明,预警等级具有一定的合理性。

分析 2005 年 12 月 18 日广州 AOD 的分布情况(插页彩片 18),从整体上看,这天广州市大气污染情况不是很严重。在广州的东北部,即增城、从化和

花都区,AOD 全部在 0.7 以下,最北部在 0.2 ~ 0.3 之间,根据环保局发布的数据,当天这 3 个区的空气质量全部为优;广州市区 AOD 在 0.7 ~ 0.8 之间,当天的空气质量为良好;污染较严重的是番禺区,AOD 在 0.8 ~ 0.9 之间,个别区域超过 0.9,当天的空气质量为良好,但实际情况应该是有轻微污染。

插图彩片 19 为广州 2006 年 1 月 23 日 AOD 分布情况,从图像上分析,2006 年 1 月 23 日空气质量应好于 2005 年 12 月 18 日,环保局发布的空气质量也证明这一点。1 月 23 日广州市北部的增城、从化和花都区 AOD 全部在 0.5 以下,市区小范围达到了 0.7,番禺区小范围在 0.8 ~ 0.9 之间,而当天广州市发布的空气质量预报全部为优,可能与空气监测只是点监测有关。

对比城市光化学污染预警等级,从分析数据可以看出:广州市增城、从化和花都 3 个区空气质量为优,“无污染”;广州市存在“微弱”的光化学污染;而在番禺区存在“较弱”的光化学污染,在适合的气候条件下易发生光化学污染,故应减少午后晴天的户外活动。

本研究只是通过短期的对比分析验证城市光化学污染的预警等级,而此项研究需要长时间的观测,最后确定准确的结果。

4 结论与讨论

目前,城市光化学污染预警机制还没有全面开展,本文提出的 5 级预警等级只是初步研究。随着城市光化学污染预警机制研究的深入,其预警等级应不断完善,并应经多方研究与论证后,真正应用于预警系统中。基于 MODIS 数据监测大气污染的研究才刚刚起步,城市大气气溶胶的反演算法还不统

一,对于大气气溶胶厚度与大气污染的定量分析还需要长期连续的进行。本文提出的光化学污染预警等级只是考虑了大气气溶胶光学厚度和空气污染指数 2 个要素,但城市光化学污染的发生还与气象因素及地形与人为因素有关,应全面分析考虑。城市光化学污染预警系统是需要网上发布的预警与预报系统,对于其系统流程及核心模块还需要进一步分析研究。

参考文献

[1] 张远航,邵可声,唐孝炎. 中国城市光化学烟雾污染研究[J]. 北京大学学报(自然科学版), 1998,34(2): 392-400.

[2] 谢绍东,张远航,唐孝炎. 我国城市地区机动车污染现状与趋势[J]. 环境科学研究, 2000, 13(4): 23-25.

[3] 李成才,刘启汉,毛节泰,等. 利用 MODIS 卫星和激光雷达遥感资料研究香港地区的一次大气气溶胶污染[J]. 应用气象学报, 2004,15(6): 642-650.

[4] 李成才,毛节泰,刘启汉,等. 利用 MODIS 资料遥感香港地区高分辨率气溶胶光学厚度[J]. 大气科学,2005,29(3): 335-342.

[5] Xia Lihua, Wang Dehui. Analysis on Establishing the Framework of Advanced Warning Mechanism System of Urban Photochemical Smog Pollution Based on MODIS Data[A]. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering[C]. 2006.

[6] 邱金桓,潘继东,杨理权,等. 中国 10 个地方大气气溶胶 1980 ~ 1994 年间变化特征研究[J]. 大气科学,1997,21(6): 724-733.

[7] 李成才,毛节泰,刘启汉,等. 利用 MODIS 研究中国东部地区气溶胶光学厚度的分布和季节变化特征[J]. 科学通报,2003,48(19): 2094-2100.

[8] 李成才,毛节泰,刘启汉. 用 MODIS 遥感资料分析四川盆地气溶胶光学厚度时空分布特征[J]. 应用气象学报, 2003,14(1): 2-7.

[9] 李晓静,刘玉洁,邱红,等. 利用 MODIS 资料反演北京及其周边地区气溶胶光学厚度的方法研究[J]. 气象学报,2003, 61(5): 581-591.

[10] 李成才,毛节泰,刘启汉,等. 利用 MODIS 光学厚度遥感产品研究北京及周边地区的大气污染[J]. 大气科学,2003,27(5): 869-880.

RESEARCHES ON THE ADVANCED WARNING SYSTEM AND
ADVANCED WARNING GRADE OF THE PHOTOCHEMIC SMOG
POLLUTION IN GUANGZHOU CITY BASED ON MODIS DATA

XIA Li - hua, WANG De - hui, WANG Fang
(School of Geographical Sciences, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China)

Abstract : There exist increasingly serious and dangerous photochemical smog events in some cities caused by increasing motor vehicles. The prediction and early warning system, however, has not started to work. Therefore, we had better monitor the photochemical smog using remote sensing data and, at the same time, build the early warn-

万方数据

ing system. Studies reveal a distinct positive correlation between aerosol optical depth (AOD) and air pollution monitored by MODIS data. When $AOD < 0.3$, air is clean ; when $0.3 < AOD < 1.0$, there exists weak air pollution ; and when $AOD > 1.0$, air pollution becomes serious. Based on analyzing the correlation between AOD and air pollution and using data of air pollution monitors and Air pollution Index (API), this paper has divided the early warning system of Urban Photochemical Smog Pollution into five grades : nil, faint, weak, relatively strong and strong, Verification with the example of Guangzhuo has laid the foundation for the application of the Advanced Warning Mechanism System to the Urban Photochemical Smog Pollution.

Key words : MODIS ; Photochemical pollution ; Aerosol optical depth (AOD) ; Advanced warning system ; Advanced warning grade

第一作者简介 :夏丽华 (1964 -),女,副教授,博士,1986年毕业于东北师范大学地理系,目前主要从事遥感应用方面的研究。
(责任编辑 :肖继春)

=====

(上接第 62 页)

to get the numerical values of these characteristics. The results show that there has been a remarkably decreasing trend of swamp area in the past 30 years, though the decreasing speed has somewhat slowed down in recent years, and that the fragmentation of swamp landscape has been evident in this area. Furthermore, there exists a temporal - spatial pattern in the swamp degradation of this area.

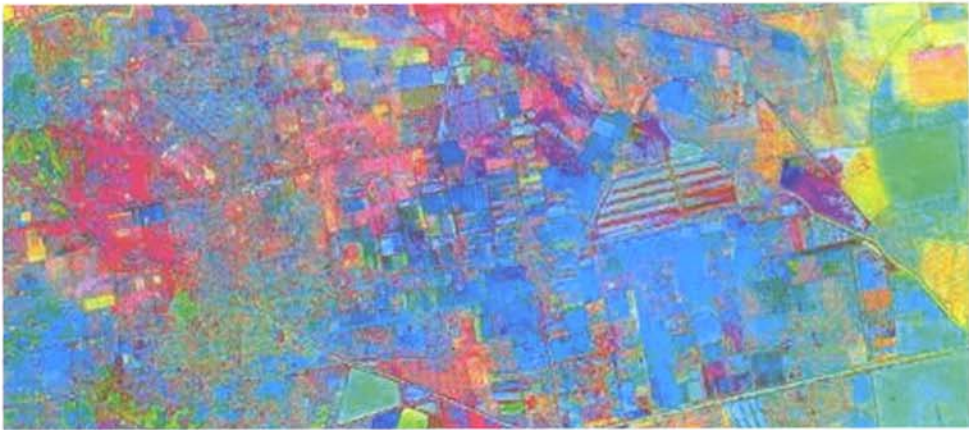
Key words : Swamp ; Zioge plateau area ; RS and GIS technology ; Characteristic parameter ; Dynamic changes

第一作者简介 :王利花 (1983 -),女,硕士研究生,目前主要从事遥感和 GIS 技术应用方面的研究工作。
(责任编辑 :肖继春)

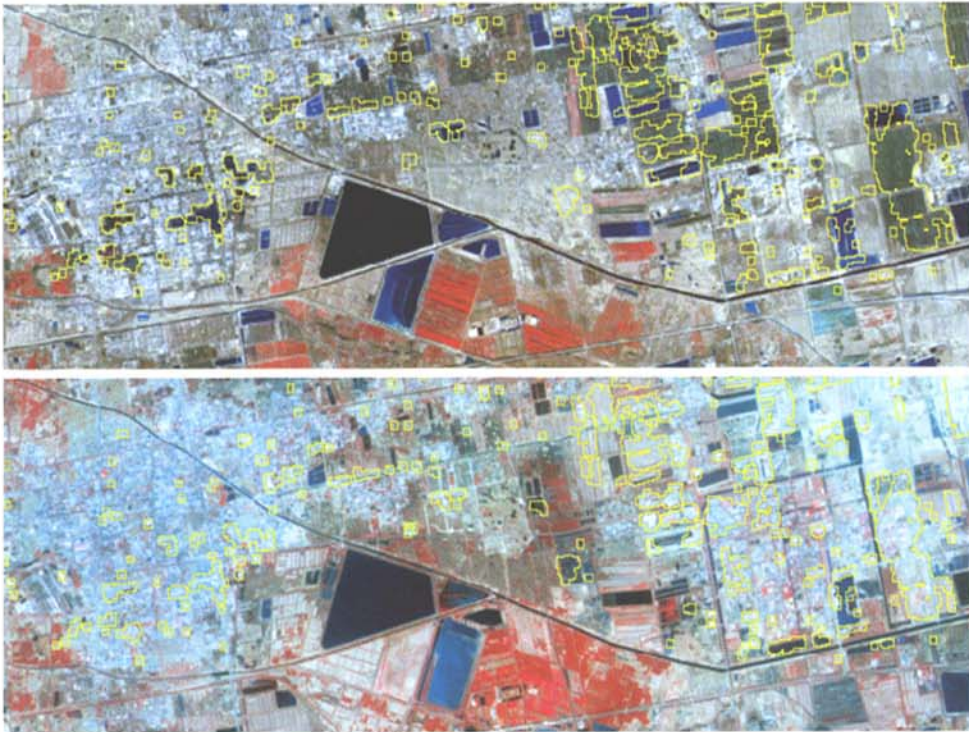
=====

《国土资源遥感》投稿须知

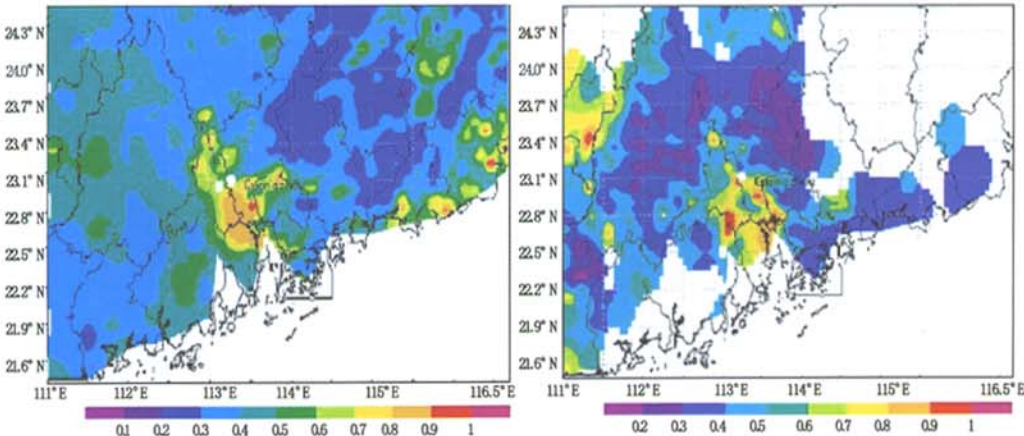
- (1) 来稿必须是未正式发表过的打印稿或电子版稿件 (一式两份,邮发、E-mail 均可),拒受手稿,避免一稿两投。
- (2) 论文项目要齐全,前置部分应包括题名、作者署名、作者单位、所在省市、邮政编码、中英文摘要、关键词 (3 - 5 个)、中图分类号等 ;主体部分包括引言、正文、结论、致谢、参考文献等。
- (3) 论文要求论点明确,层次清楚,结构严谨,术语准确,文字精练,数据可靠,图表清晰,不涉及国家的政治、经济及技术秘密,文责自负。
- (4) 论文题目不要过长 (一般在 20 个汉字以内),文内标题层次不超过 3 级,一级标题用 1、2、3,二级标题用 1.1、1.2、1.3 等表示,依次类推,顶格书写。
- (5) 作者只列出主要参加者,一般不超过 6 人,其他人可在致谢中列出。
- (6) 使用国家法定计量单位,外文字母应分清文种、大小写、正斜体、黑白色,上下角标字符的位置应区别明显,表格尽可能用三线表。
- (7) 参考文献用顺序编码制标注,只列出与本文有关的公开发表的文献,非公开出版物以脚注形式标出。参考文献的编著者不到 3 人时,全部列出,超过 3 人时,只写前 3 人,后加“等”。
- (8) 论文字数 (包括图表所占篇幅折合的字数)控制在 8 000 字之内,即 A4 纸不超过 4 面。
- (9) 文后附上第一作者简介,包括姓名、性别、出生年、籍贯、学位、职称、所从事的职业及研究方向等,提供联系电话及 E-mail。
- (10) 注明省部级以上基金项目名称和编号。
- (11) 文中只附必要的图、图像及表格,图表力求简单,有自明性,有相应的图题和表题,图中文字、符号、坐标等应与正文呼应,凡涉及国家界限的图件必须以国家地图出版社公开出版的最新地理底图为依据。双栏排图长 < 78 mm,通栏排图 < 16 mm,图内文字用 6 号字体。图像和照片要求黑白清晰、层次分明,连同图像照片说明一起拼贴在 24 mm × 18 mm 图版范围内,图像格式为 JPEG 格式。
- (12) 根据国家《著作权法》,编辑可以对来稿进行适当的删减和编辑加工,但对实质性的内容修改须征得作者同意。
- (13) 来稿一经刊用,编辑部将向作者收取版面费。文章刊出后,按规定一次性向作者支付稿费,并赠送当期刊物 2 份。
- (14) 本刊除印刷版外,还有光盘版和网络版,文章一经录用,所有版本的版权都转为本刊所有,凡不愿将自己的论文以光盘版和网络版发表的,请投稿时给予说明。



彩片16 MNF/MAD变换后前3个分量假彩色合成图像



彩片17 城区变化对比图(上图1992年, 下图2003年)



彩片18 广州市2005年12月18日AOD分布

彩片19 广州市2006年1月23日 AOD分布

(彩片18、19见夏丽华一文)