

# 利用哨兵 5P 卫星数据初探攀枝花市域大气遥感监测

周 黎<sup>1</sup> 胡海涛<sup>1\*</sup> 王晓峰<sup>2</sup>

(1. 攀枝花市生态环境信息与技术评估服务中心; 2. 攀枝花市生态环境局 四川 攀枝花 617000)

**摘 要:** 哨兵 5P TROPOMI 大气污染监测光谱仪提供了丰富的大气质量监测数据,可以从宏观的角度来监测污染物浓度水平。本文对比分析基于 TROPOMI 和地面监测点的 O<sub>3</sub>、CO、SO<sub>2</sub> 等污染气体浓度数据,对攀枝花市域的空间分布进行初步分析。结果表明 TROPOMI 数据丰富,能很好的反映污染物浓度水平,可以作为地面监测点的补充方式,为大气污染防治、生态环境管理提供可靠的数据支持。

**关键词:** 哨兵 5P; 遥感监测; 大气污染防治

**中图分类号:** X87 **文献标志码:** A

## A preliminary study on the atmospheric remote sensing monitoring in Panzhihua City using Sentinel 5P satellite data

Zhou Li<sup>1</sup>, Hu Haitao<sup>1\*</sup>, Wang Xiaofeng<sup>2</sup>

(1. Panzhihua Ecological Environment Information and Technology Evaluation Service Center;  
2. Panzhihua Ecological Environment Bureau, Panzhihua 617000)

**Abstract:** Sentinel 5P TROPOMI air pollution monitoring spectrometer provides a large amount of air quality monitoring data, which can monitor the concentration of pollutants from a macro perspective. This paper conducts a preliminary analysis of the spatial distribution of Panzhihua City by comparing and analyzing the concentrations of O<sub>3</sub>, CO, SO<sub>2</sub> and other gaseous pollutants based on TROPOMI and ground monitoring data. The results show that TROPOMI is rich in data and can well reflect the concentration of pollutants. It can be used as a supplementary method for ground monitoring and provide reliable data support for air pollution control and ecological environment management.

**Keywords:** Sentinel 5P; remote sensing monitoring; air pollution control

空气质量监测是大气污染防治工作的重要举措,可以提供大量、连续、完整的基础数据来及时反映环境空气质量的动态变化,而且能够预测空气污染发展趋势和加快应急事件的控制过程<sup>[1]</sup>。但受地形条件、城市建筑、管控重点、建设成本等因素影响,目前地面空气监测站数量有限,难以从宏观的角度全面反映一个地区的空气质量状况,比如攀枝花市地域面积 7440 km<sup>2</sup>,仅有 5 个国控监测站点且均建设在城市建成区范围内,无法覆盖广大的农

村、林地、自然保护区等地区。而卫星遥感监测技术利用高空遥感大面积覆盖的优势能很好的解决这一问题,结合地面监测站点数据,为大气污染防治、生态环境管理提供可靠的数据支持<sup>[2]</sup>。

Sentinel-5P(哨兵 5P 卫星)是欧空局于 2017 年 10 月 13 日发射的一颗全球大气污染监测卫星。搭载了对流层观测仪(Tropospheric Monitoring Instrument, TROPOMI),可以有效的观测全球各地大气中痕量气体组分,包括 NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、SO<sub>2</sub>、HCHO、CH<sub>4</sub>

收稿日期: 2022-02-16; 2022-04-11 修回

作者简介: 周黎(1977-),高级工程师,从事生态环境信息化工作。E-mail: handht@163.com

通讯作者: 胡海涛(1985-),高级工程师,从事生态环境信息化工作。E-mail: 272453823@qq.com

和 CO 等重要的与人类活动密切相关的指标,并加强了对气溶胶和云的观测<sup>[3]</sup>。本文尝试利用哨兵 5P 监测数据,探索分析遥感监测在攀枝花大气污染防治工作中的应用。

## 1 数据介绍与获取

欧空局向社会开放 TROPOMI 卫星遥感数据,可以在欧空局的哨兵科学数据中心网站(<https://scihub.copernicus.eu>)免费下载。数据分为 L1B (1B 级别)和 L2 (2 级)两种数据,对于大气污染预警预报分析使用 L2 级的数据更为便捷。L2 级数据文档见表 1<sup>[4]</sup>。

表 1 “哨兵 - 5P”卫星 TROPOMI 数据产品文档

产品型号	参数
L2_O3_(L2 级臭氧总柱含量)	O <sub>3</sub> 总柱
L2_O3_TCL(L2 级臭氧对流层含量)	O <sub>3</sub> 对流层柱含量
L2_O3_PR(L2 臭氧总剖面数据)	O <sub>3</sub> 总剖面数据
L2_NO2_(L2 级二氧化氮总柱含量)	NO <sub>2</sub> 总柱含量、对流层柱含量
L2_SO2_(L2 级二氧化硫总柱含量)	SO <sub>2</sub> 总柱含量
L2_CO_(L2 级一氧化碳总柱含量)	CO: 总柱含量
L2_CH4_(L2 级甲烷总柱含量)	CH <sub>4</sub> : 总柱含量
L2_HCHO_(L2 级甲醛总柱含量)	甲醛总柱含量
L2_CLOUD_(L2 级云层)	云量、反照率、云顶大气压
L2_AER_AI(L2 气溶胶指数)	紫外区域的气溶胶指数
L2_AER_LH(L2 气溶胶高度)	气溶胶层高度,中等气压
UV product1(紫外产品 1)	表面辐照度/红斑剂量
L2_NP_BDx, x=3,6,7(L2 云产品)	NPP 卫星 VIIRS 观测的云产品

L2 数据产品又分为了三种数据流:近实时数据流(near-real-time, NRTI),卫星成像 3 小时后即可获取,数据可能不完整或存在质量缺陷;离线数据流(Offline, OFFL),一般成像后几天即可获得;再次处理数据流(Reprocessing, RPRO),可获得的质量最佳的版本,但数据较少。本文研究使用的是 OFFL 数据。

## 2 数据处理方法

TROPOMI 下载下来的数据是 NC 格式的,有两种方法可以阅读数据。NASA(美国国家航空航天局)开发的 Panoply 软件是一个跨平台的应用程序,绘制来自 netCDF、HDF、GRIB 和其他数据集(包括 Sentinel 5)的地理网格和其他阵列,可以非常方便的读取 NC 文件<sup>[5]</sup>。但缺点是数据格式无法转换。本文利用 MATLAB 软件将 NC 文件转换成 TIF 文件后,在 GIS 工具中裁剪、重采样、出图。

## 3 基于 TROPOMI 数据分析气体浓度分布

### 3.1 臭氧监测数据分析

攀枝花市 2021 年 8 月 2 日至 8 月 5 日臭氧监测值连续超标,造成攀枝花市 AQI 日数据超标,地面测点测值分别为 174、178、192、177  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,超过标准值 160  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。表 2 显示了 2021 年 7 月 31 日至 8 月 9 日 TROPOMI 和地面测点测出的臭氧浓度值。TROPOMI 数据最高值出现在 8 月 3 日为 0.133821,当地面测点浓度为 178  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,在这 10 天中仅低于 8 月 4 日的 192  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,两个数据在浓度最高点的监测基本一致。最低点出现在 8 月 9 日为 0.11315,当地面测点浓度测试为 86  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,在这 10 天中仅高于 7 月 31 日的 84  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,在浓度最低点的监测基本一致。

表 2 攀枝花 TROPOMI 和地面监测点臭氧监测值

O <sub>3</sub> 浓度值	TROPOMI 传感器			地面测点
	最小/ (mol/m <sup>2</sup> )	最大/ (mol/m <sup>2</sup> )	平均/ (mol/m <sup>2</sup> )	测点 O <sub>3</sub> 日均 浓度/( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
7月31日	0.11333	0.126668	0.119156	84
8月1日	0.115114	0.123863	0.119998	131
8月2日	0.124815	0.133446	0.139617	174
8月3日	0.125367	0.133821	0.130017	178
8月4日	0.122271	0.132653	0.129703	192
8月5日	0.121098	0.132796	0.128502	177
8月6日	0.119257	0.129187	0.125126	153
8月7日	0.11888	0.129032	0.12329	108
8月8日	0.11735	0.125847	0.121924	90
8月9日	0.11315	0.122299	0.117856	86

图 1 显示了 7 月 31 日至 8 月 9 日攀枝花臭氧浓度趋势图,从图中可以看出 TROPOMI 监测值在 8 月 2 日达到最大,然后平缓降低,地面站监测值 8 月 2 日达到第一个高值,在 8 月 4 日达到最大值。

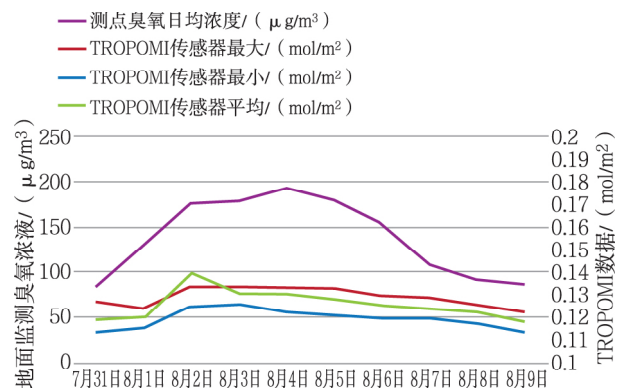


图 1 7 月 31 日至 8 月 9 日攀枝花臭氧浓度趋势图

图 2 显示了 7 月 31 日至 8 月 9 日臭氧总柱分布情况,为了进行对比,将 9 幅图色带设置相同的最高值和最低值。从 9 幅图可以明显的看出臭氧浓度

的增加,浓度较高的8月2日、3日、4日、5日与地面测点超标相对应,8月6日以后浓度逐步降低,8月8日回到一般水平。从8月3日的图来看,整个

攀枝花区域以及周边区域的浓度整体升高,可以判定臭氧的升高不是由定点的排放源产生的,是一个更大范围的整体性的升高。

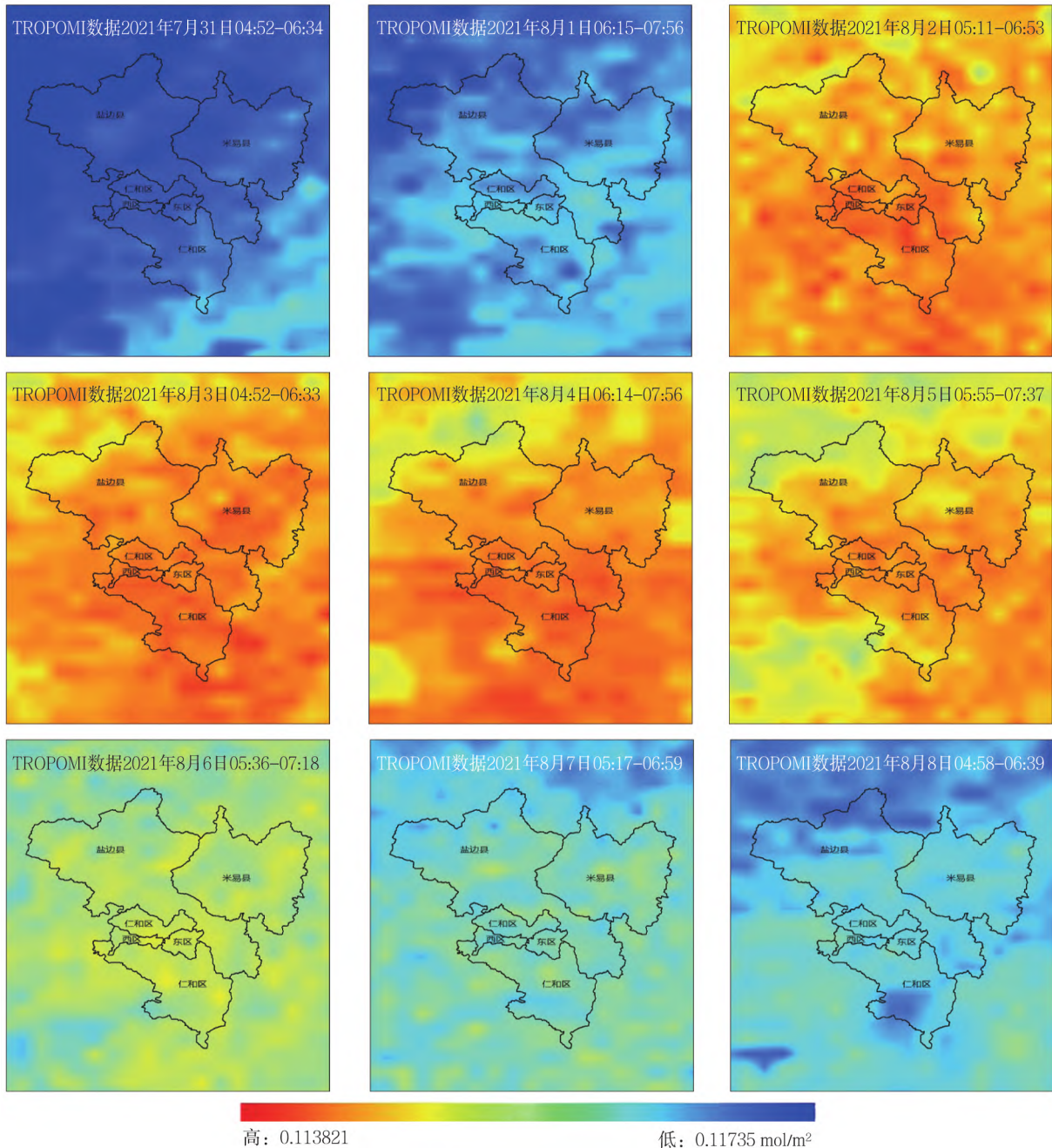


图2 7月31日至8月8日攀枝花臭氧空间分布

### 3.2 CO 监测数据分析

2021年1月份,攀枝花市PM<sub>2.5</sub>污染物浓度6次超标,导致日均数据超标,地面监测点测值分别为101、81、87、76、97、102 μg/m<sup>3</sup>,超过日均标准浓度75 μg/m<sup>3</sup>。攀枝花2020年12月至2021年2月开展了计划烧除工作,烧出产生大量颗粒物、CO<sub>2</sub>、CO、CH<sub>4</sub>和NMHC等气体。一般情况下有机物燃烧CO<sub>2</sub>占比大约63%,CO占比大约11%<sup>[6]</sup>,CO<sub>2</sub>、CO

可以作为分析烧除和空气质量之间关系的关键污染物,但TROPOMI未提供颗粒物和CO<sub>2</sub>的浓度数据,只提供了CO数据。表3显示1月1日至1月11日TROPOMI传感器和地面测点浓度值。TROPOMI传感器最大值出现在1月4日、5日,浓度为0.0989 mol/m<sup>2</sup>、0.0848 mol/m<sup>2</sup>,地面测点CO浓度最高值出现在1月5日、6日,浓度为3.6 mg/m<sup>3</sup>、3.3 mg/m<sup>3</sup>,延后一天,地面测点PM<sub>2.5</sub>浓度4日、5

日出现高值,1 日的最高值是受 2020 年 12 月 31 日影响,地面测点 PM<sub>2.5</sub> 浓度与 TROPOMICO 最大值出

现在相同时间。由此可知 TROPOMI 传感器与地面测点数据呈现相同的趋势,基本一致。

表 3 攀枝花 TROPOMI 和地面监测点 CO 监测值

	TROPOMI 传感器 CO 浓度值/(mol/m <sup>2</sup> )			地面测点/(mg/m <sup>3</sup> )		风向
	最小值	最大值	平均值	CO 日均浓度	PM <sub>2.5</sub> 日均浓度	
1 月 1 日	0.0168774	0.0641634	0.0310008	2.4	101	西风 1 级
1 月 2 日	0.0162858	0.0700639	0.0294699	1.9	53	西南风 1 级
1 月 3 日	0.0190656	0.0732675	0.0310557	2.8	53	西风 1 级
1 月 4 日	0.0178111	0.098896	0.0306431	2.7	81	南风 1 级
1 月 5 日	0.0170138	0.0848362	0.0300967	3.6	87	南风 1 级
1 月 6 日	0.0158075	0.0626416	0.0305057	3.3	62	南风 1 级
1 月 10 日	0.0148778	0.0633372	0.0325977	1.1	44	东风 1 级
1 月 11 日	0.0185929	0.0354363	0.0236820	0.9	24	东风 1 级

图 3 展示了 6 天的 TROPOMI 传感器 CO 浓度示意图,可以看出攀枝花 CO 浓度的高浓度区以主城区为主,但同时会有面上的扩散,影响到整个市域。在表 3 中,1 月 10 日 CO 浓度最大值最小值并

非最高,但平均值却达到最高的 0.0325977,从第 6 幅图来看,虽然代表最高值的红色没有其他图高,但是却扩散至了整个市域,导致了平均值的攀升。

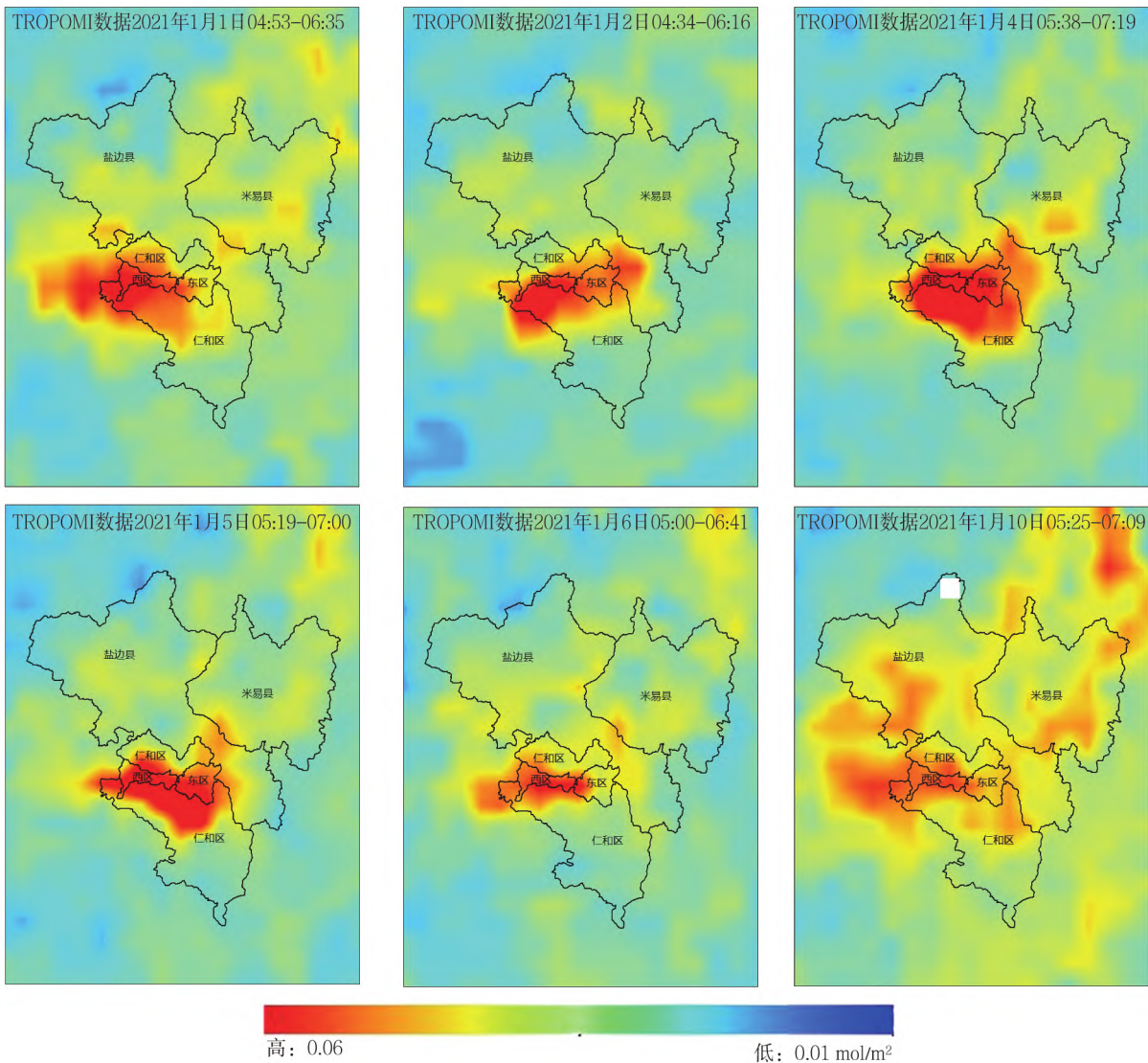


图 3 1 月 1 日至 1 月 10 日攀枝花 CO 空间分布

1月8日、9日风向由西南风转为了东北风,这可能是导致1月10日、11日浓度降低的原因,由此可以推测1月份的污染物除攀枝花市域活动产生外,很可能由西南方向传来。

### 3.3 二氧化硫监测数据分析

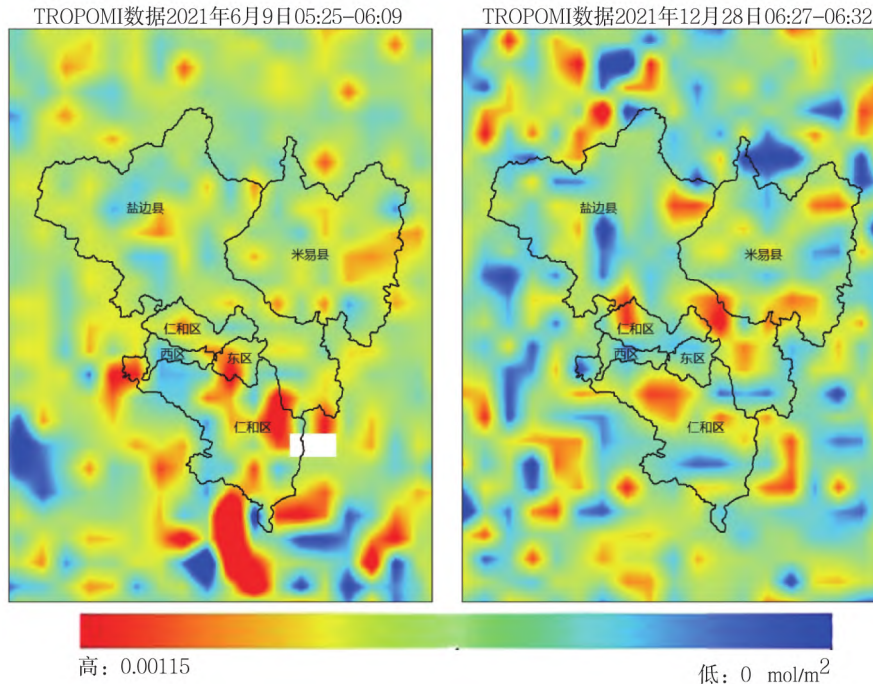


图4 攀枝花市SO<sub>2</sub>浓度空间分布图

## 4 总结

(1) Sentinel-5P卫星TROPOMI传感器离线数据流大气污染监测数据丰富,为定位大气污染源、扩散分析提供了很好的数据支撑,可与地面测点互为补充、对比分析,为管理决策提供新的依据。

(2) 利用TROPOMI传感器和地面测点数据结合风向数据,可以分析大气污染扩散,辅助预警、预测空气环境质量。对比地面监测臭氧、一氧化碳等污染物浓度数据可靠,变化趋势基本一致。二氧化硫浓度分布呈现随机性,以块状分布为主。

## 参 考 文 献

- [1] 廖乾邑,陈建文,李亮,等. 浅谈空气自动监测数据质量现状与处理方法[J]. 四川环境, 2011, 30(2): 30-32.
- [2] 王之明,母国宏. 遥感技术在贵州省生态环境质量评价体系中的应用[J]. 环保科技, 2011, 17(2): 23-27.
- [3] The European Space Agency. Satellite Description of sentinel-5 [EB/OL]. [2022-03-23]. <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-5p>.
- [4] The European Space Agency. Products and Algorithms [EB/OL]. [2022-03-20]. <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/technical-guides/sentinel-5p/products-algorithms>.
- [5] The European Space Agency. Sentinel-5P Carbon Monoxide Level 2 Product Readme File [EB/OL]. (2021-11-27) [2022-03-23]. <https://sentinel.esa.int/documents/247904/0/Sentinel-5P-Carbon-Monoxide-Level-2-Product-Readme-File/f8942626-ffb6-4951-90fc-a16b6589e39e>.
- [6] 王效科,冯宗炜,庄亚辉. 中国森林火灾释放的CO<sub>2</sub>、CO和CH<sub>4</sub>研究[J]. 林业科学, 2001, 37(1): 90-95.