引文格式：陶兰花, 李春娥, 马静, 等. 塔里木河中下游气溶胶时空变化特征研究[J]. 地理空间信息, 2023, 21(6): 39-41. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2023.06.010

塔里木河中下游气溶胶时空变化特征研究

陶兰花[1, 2]，李春娥[1, 2]，马　静[1, 2]，何　芷[1, 2]
（1. 新疆维吾尔自治区测绘科学研究院，新疆 乌鲁木齐 830002；
2. 自然资源部中亚地理信息开发利用工程技术创新中心，新疆 乌鲁木齐 830002）

摘　要：探究塔里木河中下游气溶胶分布及变化特征，准确了解塔里木河中下游气溶胶对研究大气污染、应对全球气候变化是非常重要的，因此对2017—2019年的MODIS　MAIAC气溶胶光学厚度数据从不同的时空尺度和气溶胶空间分布上分析塔里木河中下游气溶胶时空变化特征。结果表明：从年际尺度上看，1－5月AOD呈现持续上升趋势，5－12月AOD总体呈现下降趋势；从季节尺度上看，AOD季节变化呈春季整体高、夏季局部高、秋冬季略低的特点；在空间上，AOD呈现显著的西南高、东北低趋势特征。可进一步探究不同时空气溶胶分布特征，以期为塔里木河中下游环境污染治理提供更好的决策指导。

关键词：遥感；MODIS　MAIAC；AOD；时空分布
中图分类号：P237　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）06-0039-03

Spatio-temporal Change Analysis of Atmospheric Aerosols in the Middle and Lower Tarim River

TAO Lanhua[1,2], LI Chun’e[1,2], MA Jing[1,2], HE Zhi[1,2]
(1. Xinjiang Academy of Surveying & Mapping, Urumqi 830002, China;
2. Technology Innovation Center of Central Asia Geo-information Exploitation and Utilization, MNR, Urumqi 830002, China)

Abstract: Exploring the distribution and change characteristics of atmospheric aerosols in the middle and lower Tarim River is very important for studying atmospheric environment pollution and coping with global climate change. We used the MODIS MAIAC AOD data from 2017 to 2019 to analyze the spatio-temporal change characteristics of aerosol in the middle and lower Tarim River from different spatio-temporal scales and spatial distribution of aerosols. The results show that in the interannual scale, AOD shows a continuous upward trend from January to May, and AOD shows an overall downward trend from May to December. In the seasonal scale, the seasonal change of AOD is characterized by high overall in spring, partially high in summer and slightly low in autumn and winter. Spatially, AOD presents a significant trend of high in the south-west and low in the northeast. The distribution characteristics of AOD at different spatio-temporal can be further explored with a view to better decision-making guidance for environmental pollution control in the middle and lower Tarim River.

Key words: remote sensing, MODIS MAIAC, AOD, spatio-temporal distribution

目前在全球气溶胶光学特性研究运用最广泛的产品是气溶胶光学厚度产品(MODIS L6)，较少使用高分辨率气溶胶产品（MCD19A2）[1-2]，近几年才渐渐进入研究阶段，且在新疆很少进行研究。为了更好地掌握MODIS气溶胶产品在干旱半干旱地区的时空特征，重点对塔里木河中下游2017—2019年MODIS MAIAC气溶胶光学厚度数据从时间尺度和空间尺度上进行连续的趋势观测分析，并讨论气溶胶的时空分布，揭示AOD空间格局变化，以期为应对大气环境污染、全球气候变化的决策提出合理依据[3-10]。

1　数据与方法

1.1　研究区概况

尉犁县地处塔里木河中下游区，位于新疆维吾尔自治区中部的巴音郭楞蒙古自治州腹地，地势西北向东南倾斜，东北部为库鲁克山中低山；中部为塔里木河、孔雀河冲积平原，南部为塔克拉玛干沙漠及库鲁克沙漠，两沙漠被塔里木河下游绿色走廊分隔，植被稀疏，仅沟谷中生长有白榆、柽柳、蔷薇等乔、灌、草植被。

尉犁县属暖温带大陆性荒漠气候，冷热差异悬

收稿日期：2021-12-27；修回日期：2022-02-03。
项目来源：新疆维吾尔自治区自然科学基金资助项目（2022D01B178）。
第一作者简介：陶兰花（1988—），硕士研究生，高级工程师，主要从事摄影测量与遥感研究工作，E-mail：tlh1003@163.com。

殊，冬季干冷，夏季炎热，春季升温迅速而不稳定，秋季降温剧烈。尉犁县的主风向是北偏东，风力和频率均以东北风为主，其次是南偏西，8级以上大风年平均为15 d，风沙日数23.1 d，浮尘天数24.2 d。

尉犁县县域内有全国最长的内陆河—塔里木河（境内流域254 km）及孔雀河等。河流径流量随季节性变化较大，水资源在空间上北部多于南部、西部多于东部，水资源时空分布的不均衡导致尉犁县存在季节性缺水或区域性缺水问题。

1.2 数据来源

传统MODIS气溶胶产品主要基于深蓝算法（DB）与暗像元法等估算得到，然而对于地表反射率高亮的区域，例如沙漠或荒漠，会超出阈值无法反演，因此不适合干旱区的气溶胶生态效应的研究。近年来，一种新的先进的多角度辅助大气校正（MAIAC）算法被开发用于陆地上空AOD估算，MAIAC算法利用多角度和多像元信息，对改进暗地表和亮地表地区的气溶胶反演具有较大潜力。与常用的MODIS暗像元和深蓝产品相比，MAIAC反演可在精细尺度上反映较小的污染热点。故本研究选用具有高时空变异性的MCD19A2产品作为尉犁县大气气溶胶光学厚度分析的主要数据，该算法提供了一套覆盖全球高分辨率气溶胶产品（MCD19A2）。大气气溶胶产品在遥感大数据云端平台Google Earth Engine提取MODIS气溶胶月均值产品数据MCD19A2，时间分辨率为1 d，空间分辨率为1 km，计算2017—2019年月度AOD平均值和季度AOD平均值。

2 AOD的时空变化规律

2.1 AOD年内变化分析

基于MCD19A2数据，计算得到2017—2019年尉犁县每月的AOD信息，结果如图1所示。尉犁县AOD月均值变化趋势呈现单峰分布，1—5月AOD呈现持续上升趋势，其中2—3月上升趋势最为显著，4—5月也有明显抬升，并且在5月上升至历史最大值0.63。5—12月AOD总体呈现出下降趋势，其中6—7月和11—12月出现小幅度的抬升，6—7月受夏季强太阳辐射引起局部地区近地面干热粉尘对流影响AOD略有升高；而11—12月处在供暖期，供暖系统的燃煤高温等因素对气溶胶贡献巨大。5—6月下降幅度最大，7—11月AOD呈现持续下降趋势，并在11月，下降至历史最低值（0.20）。在12个月的平均AOD中，5月份AOD波动幅度最大，其次是4月份。可以发现，3、4、5月的变化幅度都远高于其他月份，这说明每年春季尉犁县都存在粉尘大量释放、气溶胶浓度大幅度增高的现象。

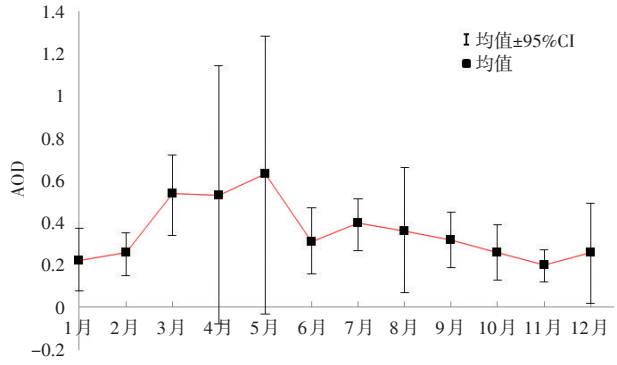


图1 尉犁县AOD年内变化特征

2.2 AOD年际季度变化分析

尉犁县近3 a的气溶胶光学厚度AOD呈现显著的季节性变化（图2）。从AOD均值上看，2017年和2019年表现为春季 > 夏季 > 秋季 > 冬季，2018年表现为春季 > 夏季 > 冬季 > 秋季。春季，AOD值达到所在年份的峰值，这是由于尉犁县西南部紧邻塔克拉玛干沙漠，沙漠地区多沙尘源，且春季时天气条件多变，沙尘天气发生频率远远高于夏、秋和冬季，导致AOD值整体上偏高。近3 a中，春季AOD最大值出现在2018年，为0.74，3 a间变化幅度较大。夏季AOD最大值出现在2019年，为0.4，但夏季AOD值明显低于春季，这是由于夏季地表空气温度较高，大气透明度极佳，同时植被覆盖率增加，使得进入大气的气溶胶数量减少。秋季AOD最大值出现在2019年，为0.27，3 a变化幅度较小。通过AOD年际变化特征可以看出，冬季AOD值明显偏低，这是因为冬季容易起尘的松散下垫面颗粒物被积雪覆盖，不易起尘，且积雪使得地表反照率增加，增大了AOD的反演难度。虽然冬季的AOD值偏低，但其变化幅度偏大，最大值在2018年达到0.30，这可能是因为冬季人类供暖、化石燃烧等活动，对研究区的AOD量值产生了一定影响。

2.3 AOD的空间分布特征

尉犁县的气溶胶光学厚度AOD四季都呈现显著的西南高、东北低趋势，这是由于尉犁县的西南方向上是中国最大流动型的沙漠——塔克拉玛干沙漠，其具有丰富的沙尘源。春季时，尉犁县主风向为东北风，沙尘气溶胶常年由东北向西南运移，西边成为了沙尘灾害的主要尘源区。东北方向为库鲁克山区，人类活动较少，故而该区域空气比较清洁，AOD的数值较低。加之春季新疆仍在供暖期，可见人类活动区域

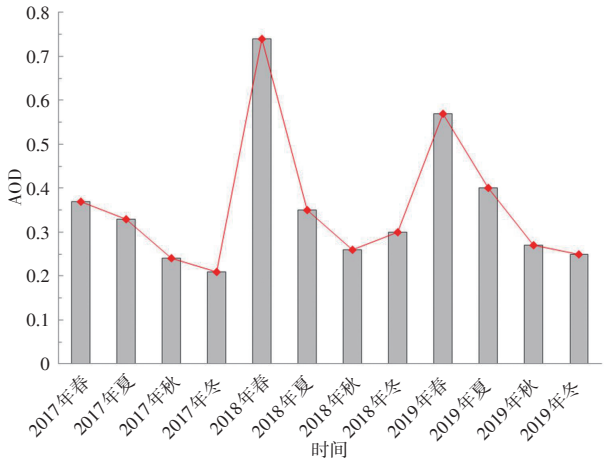


图2　尉犁县平均AOD年际变化特征

AOD值极高。夏季时，强太阳辐射引起局部地区近地面干热粉尘对流，AOD略有升高。但由于植被覆盖度较高，位于尉犁县中部的塔里木河起到了重要的阻隔作用，阻挡了AOD向东北方的运移，使尉犁县东北部AOD值较低。因此，一定程度上，塔河流域形成了一道天然的生态屏障，为保障尉犁县的生态健康起到了至关重要的作用。秋季较夏季气温降低，空气湿度降低，仅有西边局部AOD值高，南部沙漠AOD值降低，且秋季植被覆盖度降低，人类活动区域AOD升高。冬季时处于供暖期，人类活动区域AOD值极高。冬季有风，但风力较小，故西部沙漠和沙漠内部AOD较高。

3　结　论

1）从年内变化看，尉犁县AOD月均值变化趋势呈现单峰分布，1—5月AOD呈现持续上升趋势，5—12月AOD总体呈现出下降趋势，其中6—7月和11—12月出现小幅度的抬升，6—7月受夏季强太阳辐射引起局部地区近地面干热粉尘对流影响AOD略有升高；而11—12月处在供暖期，供暖系统的燃煤高温等因素对气溶胶贡献巨大。可以发现，3、4、5月的变化幅度都远高于其他月份，这说明每年春季尉犁县都存在粉尘大量释放、气溶胶浓度大幅度增高的现象。

2）从年际季度变化来看，尉犁县近3 a的气溶胶光学厚度AOD呈现显著的季节性变化。从AOD均值上看，2017年和2019年表现为春季 > 夏季 > 秋季 > 冬季，2018年表现为春季 > 夏季 > 冬季 > 秋季。每年的3—5月（春季），AOD值达到所在年份的峰值，这是由于尉犁县西南部紧邻塔克拉玛干沙漠，沙漠地区多沙尘源，且春季时天气条件多变，沙尘天气发生频率远远高于夏、秋和冬季，导致AOD值整体上偏高。近3 a中春季AOD最大值出现在2018年，为0.74，在3 a间变化幅度较大。夏季AOD最大值出现在2019年，为0.4。秋季AOD最大值出现在2019年，为0.27，在3 a间变化幅度较小。通过AOD年际变化特征可以看出，冬季AOD值明显偏低。

3）尉犁县的气溶胶光学厚度AOD四季都呈现显著的西南高、东北低趋势，春季时AOD值达到最大，表明春季整个大气受到的污染最严重，冬季时AOD值出现曲折上升，但上升幅度不大。从夏季到冬季，空气质量状况逐步改善，AOD量值也大幅度降低，局域污染明显减少。通过3 a的AOD年内和年际变化特征分析，我们发现在植被茂盛季节，塔河流域生态屏障作用明显。因此，在塔河流域生态评价中AOD是不可忽视的重要因素之一

参考文献

[1] 金健,卢远,李嘉力,等. 北部湾MODIS气溶胶光学厚度的反演[J]. 地理空间信息,2015,13(1):8-11

[2] 林楚勇,邓玉娇,徐剑波,等. 基于MODIS的广东省气溶胶光学厚度时空分布特征分析[J]. 热带气象学报,2015,31(6):821-826

[3] Zheng J. Analysis of Spatial and Temporal Variability of PM10 Concentrations Using MODIS Aerosol Optical Thickness in the Pearl River Delta Region,China[J]. Aersol &Air Quality Research,2013,13(3):862-876

[4] 关佳欣,李成才. 我国中、东部主要地区气溶胶光学厚度的分布和变化[J]. 北京大学学报(自然科学版),2010,46(2):185-191

[5] 刘状,孙曦亮,刘丹,等. 2001-2017年中国北方省份气溶胶光学厚度的时空特征[J]. 环境科学学报,2018,38(8):3 177-3 184

[6] 张磊,江洪,陈诚,等. 广东省MODIS气溶胶光学厚度时空分布及其影响因素[J]. 地理空间信息,2017,15(1):46-49

[7] Li L F,Franklin M,Girguis M,et al. Spatio Temporal Imputation of Maiac AOD Using Deep Learning with Downscaling[J]. Remote Sensing of Environment, 2020, 237(1):111 584

[8] Avinash K R, Patra A K, Gorai. Effect of Lockdown Due to SARS COVID-19 on Aerosol Optical D(AOD) over Urban and Mregions in India[J]. Science of the Total Environment,2020,745:141 024

[9] Chen X Y,Ding J L,Liu J, et al. Validation and Comparison of High-resolution Maiac Aerosol Products over Central Asia[J]. Atmospheric Environment,2021,251: 118 273