

# Analysis on the Air Pollution Status and Its Relationship with Meteorological Factors in the Southern Xinjiang Basin from 2015 to 2018

Ting Huang

School of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu Sichuan  
Email: [huangtingcuit@outlook.com](mailto:huangtingcuit@outlook.com)

Received: Nov. 16<sup>th</sup>, 2019; accepted: Nov. 29<sup>th</sup>, 2019; published: Dec. 6<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

In this paper, air pollutant observation data and ground routine meteorological observation data of key cities in southern Xinjiang from 2015 to 2018 were used to explore the temporal and spatial distribution of atmospheric pollution through various statistical analysis methods, analyze the correlation between meteorological elements and pollutants and explore the influence of various meteorological factors on atmospheric pollution, at the same time, focusing on the analysis of the impact of meteorological conditions before and after a heavy pollution weather in Hetian. The main conclusions are as follows: 1) The pollution seasonal distribution is high in spring and low in summer in southern Xinjiang. 2) PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> are “spring high summer low” type, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> and CO are “winter high summer low” type and O<sub>3</sub>-8h is “winter low summer high” type in key cities of southern Xinjiang. 3) In southern Xinjiang, the air pollution in the west is heavier than the east and the south is heavier than the north. 4) For the typical heavy pollution process in Hetian from February 15th to 20th, 2016: the stable weather situation is not conducive to the development of vertical movement, the inversion layer inhibits the diffusion of contaminants in the vertical direction, and the ground high pressure suppresses the vertical ascending motion, which hinders the vertical diffusion of pollutants. The static and stable weather with small wind speed near the surface and stable atmospheric stratification lead to a longer air pollution time.

## Keywords

Air Pollution, Southern Xinjiang, Time Distribution, Spatial Distribution, Meteorological Factor, Correlation Analysis

---

## 2015~2018年南疆盆地大气污染状况及其与气象因子关系研究

## 黄 婷

成都信息工程大学大气科学学院, 四川 成都

Email: huangtingcuit@outlook.com

收稿日期: 2019年11月16日; 录用日期: 2019年11月29日; 发布日期: 2019年12月6日

## 摘 要

本文利用2015~2018年南疆地区重点城市的大气污染物观测数据及地面常规气象观测资料, 通过多种统计分析方法, 探明南疆重点城市的大气污染时空分布规律; 分析气象要素与污染物间的关联性, 探究各类气象因素对污染的影响; 并着重分析和田一次重污染天气过程前后, 气象条件对其的影响。主要结论如下: 1) 南疆污染整体呈“春季高夏季低”的季节分布; 2) 南疆重点城市的 $PM_{2.5}$ 、 $PM_{10}$ 呈“春高夏低”型,  $SO_2$ 、 $NO_2$ 、 $CO$ 呈“冬高夏低”型,  $O_3$ -8h呈“冬低夏高”型。3) 南疆主要大气污染物的空间分布呈现出: 西部重于东部、南部重于北部。4) 就2016年2月15日~20日和田一次典型重污染过程而言: 稳定的天气形势不利于垂直运动发展; 逆温层的存在抑制污染物在垂直方向上的扩散; 地面高压抑制垂直上升运动, 使污染物垂直扩散受阻。近地面风速小、大气层结稳定的静稳天气导致空气污染时间持续较长。

## 关键词

大气污染, 新疆南疆, 时间分布, 空间分布, 气象因素, 相关分析

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

近些年, 大气污染逐渐成为研究热点, 不少学者提出了多种研究方法、获得了丰富的研究成果, 为大气污染防治提供了科学依据。目前进行的有关大气污染的研究分析主要集中在一些经济较发达地区, 涉及北京、上海、广州、西安、成都等主要大城市和京津冀、环渤海、长江三角洲的城市群, 关于南疆地区大气污染的研究报告较少, 更多的是研究沙尘方面。改革开放以来, 在西部大开发的政策推动下, 南疆的经济得到快速发展, 尤其是国家正在推动的“一带一路”国际合作, 对南疆城镇化的开发建设具有重大战略意义。南疆作为连接“一带一路”沿线国家贸易往来的核心区, 已成为我国开拓中亚、南亚和东欧工农业产品市场的前沿阵地。其中南疆地区矿产资源储量巨大, 走上了一条以资源开发为主的重化工业发展之路。但是长期以经济和物质建设为基础的快速城镇化发展, 人口与资源、环境矛盾越发凸显; 此外, 南疆塔里木盆地存在我国最大的沙漠、世界第二大流动性沙漠——塔克拉玛干沙漠, 其面积可达  $3.776 \times 10^7 \text{ hm}^2$ , 为沙尘暴的产生提供了充足的物质条件[1], 是我国沙尘暴发生频率最高的区域, 也是重要的物源区, 同时被认为是北太平洋粉尘沉积物来源最遥远的地区[2], 这些都使得大气污染问题雪上加霜。

近年来, 许多学者对北方大气污染情况进行了分析。其中在新疆地区, 除了乌鲁木齐等少数城市受人造污染和自然因素影响外, 大多数城市环境空气质量总体水平尚好, 但恶化趋势普遍存在, 只是尚未

因量变引起质变而已[3]。占据北疆主要城市大气污染物排放主导地位的是  $\text{PM}_{10}$ 、 $\text{SO}_2$ ， $\text{NO}_2$  含量相对较低[4]。此外，呼和浩特市大气污染有明显的季节变化规律，颗粒物的极端污染事件主要发生在采暖期与沙尘高发期，紫外线照射最强季节易于出现  $\text{O}_3$  的轻度污染事件[5]。此外，阿克苏市、喀什市、和田市、阿图什市 4 市降水少、蒸发量大，日照时数长，浮尘、扬沙频发，属于典型的“沙漠-绿洲”生态脆弱城市；4 个城市的空气质量较差，首要污染物是  $\text{PM}_{10}$ ，其次是  $\text{PM}_{2.5}$  [6]。

本文主要对 2015~2018 年南疆地区主要城市的 AQI 及污染物含量的变化趋势进行分析，揭示大气污染状况的变化规律；进行污染物与气象因素的相关性分析，探究重污染过程中气象条件对污染的影响，以为南疆地区开展重污染防治提供科学依据和参考。

## 2. 资料与方法

### 2.1. 资料

本文所用 2015~2018 年南疆地区重点城市的 AQI 数据及其所包含的 6 种大气污染物( $\text{PM}_{2.5}$ 、 $\text{PM}_{10}$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{O}_3$ -8h ( $\text{O}_3$  8 小时浓度日平均值))数据均来源于国家环境保护部网站。南疆地区包括 5 个地州，分别是：巴音郭楞蒙古自治州、阿克苏地区、喀什地区、和田地区、克孜勒苏柯尔克孜自治州。本文所指的南疆重点城市为南疆 5 个地州的中心城市：库尔勒市、阿克苏市、喀什市、和田市和阿图什市，本文后续出现的巴州和克州分别是巴音郭楞蒙古自治州和克孜勒苏柯尔克孜自治州的简称。

地面常规观测资料来源于中国气象数据网提供的 5 座城市各自的气压、气温、相对湿度、风速、最大风速(10 分钟平均风速)、日照时数等。

### 2.2. 方法

采用相关分析法探究各类气象要素对污染的影响。相关分析是研究两个或两个以上处于同等地位的随机变量间的相关关系的统计分析方法，相关系数计算公式如下所示

$$r_{kl} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{x_{ki} - \bar{x}_k}{s_k} \right) \left( \frac{x_{li} - \bar{x}_l}{s_l} \right) \quad (1)$$

其中  $s_k$  和  $s_l$  分别表示第  $k$ ，第  $l$  个变量的标准差， $r_{kl}$  的绝对数值越大，表示两者的关系越密切。

## 3. 气象要素与主要大气污染物间的关联分析

### 3.1. 6 种污染物浓度间的相关分析

表 1 至表 5 分别给出了南疆地区 5 个重点城市阿克苏、和田、喀什、库尔勒、阿图什的 6 种主要大气污染物浓度间的相关分析。

表 1 给出的是阿克苏 6 种污染物浓度之间的相关系数，从中可以看出： $\text{PM}_{2.5}$ 、 $\text{PM}_{10}$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{CO}$  5 种污染物之间均呈正相关关系，与  $\text{O}_3$ -8h 均呈显著负相关。其中， $\text{PM}_{2.5}$  与  $\text{PM}_{10}$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{O}_3$ -8h 显著相关，与  $\text{PM}_{2.5}$  相关系数最大的是  $\text{PM}_{10}$ ，达到了 0.820，其次是  $\text{CO}$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{SO}_2$ ； $\text{PM}_{10}$  与  $\text{PM}_{2.5}$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{O}_3$ -8h 显著相关，与  $\text{PM}_{10}$  相关系数最大的是  $\text{PM}_{2.5}$ ，其次是  $\text{CO}$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{SO}_2$ ； $\text{SO}_2$  与  $\text{PM}_{2.5}$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{O}_3$ -8h 显著相关，与  $\text{SO}_2$  相关系数最大的是  $\text{NO}_2$ ，其次是  $\text{CO}$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{SO}_2$ ； $\text{NO}_2$  与  $\text{PM}_{2.5}$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{O}_3$ -8h 显著相关，与  $\text{NO}_2$  相关系数最大的是  $\text{CO}$ ，其次是  $\text{SO}_2$ 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 $\text{PM}_{10}$ ； $\text{CO}$  与  $\text{PM}_{2.5}$ 、 $\text{PM}_{10}$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{O}_3$ -8h 显著相关，与  $\text{CO}$  相关系数最大的是  $\text{NO}_2$ ，其次是  $\text{SO}_2$ 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 $\text{PM}_{10}$ ； $\text{O}_3$ -8h 与  $\text{CO}$  负相关最明显，其次是  $\text{NO}_2$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 $\text{PM}_{10}$ 。

表 2 给出的是和田 6 种污染物浓度之间的相关系数，从中可以看出： $\text{PM}_{2.5}$ 、 $\text{PM}_{10}$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{CO}$  5

**Table 1.** Correlation analysis between six pollutants in Aksu  
**表 1.** 阿克苏 6 种污染物之间的相关分析

| 污染物                | PM <sub>2.5</sub> | PM <sub>10</sub> | SO <sub>2</sub> | NO <sub>2</sub> | CO       | O <sub>3</sub> -8h |
|--------------------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|----------|--------------------|
| PM <sub>2.5</sub>  | 1.000             | 0.820**          | 0.173**         | 0.251**         | 0.290**  | -0.148**           |
| PM <sub>10</sub>   | 0.820**           | 1.000            | 0.008           | 0.048           | 0.080**  | -0.082**           |
| SO <sub>2</sub>    | 0.173**           | 0.008            | 1.000           | 0.661**         | 0.592**  | -0.447**           |
| NO <sub>2</sub>    | 0.251**           | 0.048            | 0.661**         | 1.000           | 0.762**  | -0.491**           |
| CO                 | 0.290**           | 0.080**          | 0.592**         | 0.762**         | 1.000    | -0.531**           |
| O <sub>3</sub> -8h | -0.148**          | -0.082**         | -0.447**        | -0.491**        | -0.531** | 1.000              |

注：\*、\*\*分别表示通过了  $\alpha = 0.05$ 、 $\alpha = 0.01$  水平的相关性检验，下同。

**Table 2.** Correlation analysis between six pollutants in Hetian  
**表 2.** 和田 6 种污染物之间的相关分析

| 污染物                | PM <sub>2.5</sub> | PM <sub>10</sub> | SO <sub>2</sub> | NO <sub>2</sub> | CO       | O <sub>3</sub> -8h |
|--------------------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|----------|--------------------|
| PM <sub>2.5</sub>  | 1.000             | 0.881**          | 0.021           | -0.154**        | -0.016   | -0.104**           |
| PM <sub>10</sub>   | 0.881**           | 1.000            | -0.016          | -0.238**        | -0.079** | -0.039             |
| SO <sub>2</sub>    | 0.021             | -0.016           | 1.000           | 0.201**         | 0.607**  | -0.224**           |
| NO <sub>2</sub>    | -0.154**          | -0.238**         | 0.201**         | 1.000           | 0.475**  | -0.354**           |
| CO                 | -0.016            | -0.079**         | 0.607**         | 0.475**         | 1.000    | -0.318**           |
| O <sub>3</sub> -8h | -0.104**          | -0.039           | -0.224**        | -0.354**        | -0.318** | 1.000              |

种污染物之间正相关、负相关关系都存在，但与 O<sub>3</sub>-8h 均呈负相关。其中，PM<sub>2.5</sub> 与 PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub> 正相关、与 NO<sub>2</sub>、CO、O<sub>3</sub>-8h 负相关，PM<sub>2.5</sub> 与 PM<sub>10</sub> 正相关最明显、与 NO<sub>2</sub> 负相关最明显，并且 PM<sub>2.5</sub> 与 PM<sub>10</sub>、NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>-8h 显著相关；PM<sub>10</sub> 除了与 PM<sub>2.5</sub> 呈明显正相关外、与其他的 4 种污染物都呈负相关，与 PM<sub>10</sub> 负相关最明显的是 NO<sub>2</sub>，PM<sub>10</sub> 与 PM<sub>2.5</sub>、NO<sub>2</sub>、CO 显著相关；SO<sub>2</sub> 除了与 PM<sub>10</sub>、O<sub>3</sub>-8h 呈负相关外、与其他的 3 种污染物都呈正相关，与 SO<sub>2</sub> 正相关最明显的是 CO，并且 SO<sub>2</sub> 与 NO<sub>2</sub>、CO、O<sub>3</sub>-8h 显著相关；NO<sub>2</sub> 与 SO<sub>2</sub>、CO 呈显著正相关、与 PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、O<sub>3</sub>-8h 呈显著负相关，与 SO<sub>2</sub> 正相关最明显的是 CO、负相关最明显的是 O<sub>3</sub>-8h；CO 与 SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub> 呈显著正相关、与 PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、O<sub>3</sub>-8h 呈负相关，与 CO 正相关最明显的是 SO<sub>2</sub>、负相关最明显的是 O<sub>3</sub>-8h；O<sub>3</sub>-8h 与 PM<sub>2.5</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO 负相关显著，与 O<sub>3</sub>-8h 负相关最明显的是 NO<sub>2</sub>，其次是 CO、SO<sub>2</sub>、PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>。

表 3 给出的是喀什 6 种污染物浓度之间的相关系数，从中可以看出：PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO<sub>5</sub> 种污染物之间基本上呈正相关关系，只有 PM<sub>10</sub> 与 NO<sub>2</sub> 呈不太明显的负相关而且没有通过显著性检验；与 O<sub>3</sub>-8h 均呈显著负相关。其中，PM<sub>2.5</sub> 与 PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO 显著正相关，与 PM<sub>2.5</sub> 相关系数最大的是 PM<sub>10</sub>，其次是 CO、NO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>；PM<sub>10</sub> 与 PM<sub>2.5</sub>、CO 显著正相关、与 NO<sub>2</sub> 呈不太明显的负相关，与 PM<sub>10</sub> 相关系数最大的是 PM<sub>2.5</sub>，其次是 CO、SO<sub>2</sub>；SO<sub>2</sub> 与 PM<sub>2.5</sub>、NO<sub>2</sub>、CO 显著正相关，与 SO<sub>2</sub> 相关系数最大的是 CO，其次是 NO<sub>2</sub>、PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>；NO<sub>2</sub> 与 PM<sub>2.5</sub>、SO<sub>2</sub>、CO 显著正相关、与 PM<sub>2.5</sub> 呈不太明显的负相关，与 NO<sub>2</sub> 相关系数最大的是 CO，其次是 SO<sub>2</sub>、PM<sub>2.5</sub>；CO 与 PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub> 显著正相关，与 CO 相关系数最大的是 NO<sub>2</sub>，其次是 SO<sub>2</sub>、PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>；O<sub>3</sub>-8h 与 CO 负相关最明显，其次是 NO<sub>2</sub>、PM<sub>2.5</sub>、SO<sub>2</sub>、PM<sub>10</sub>。

**Table 3.** Correlation analysis between six pollutants in Kashgar  
**表 3.** 喀什 6 种污染物之间的相关分析

| 污染物                | PM <sub>2.5</sub> | PM <sub>10</sub> | SO <sub>2</sub> | NO <sub>2</sub> | CO       | O <sub>3</sub> -8h |
|--------------------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|----------|--------------------|
| PM <sub>2.5</sub>  | 1.000             | 0.896**          | 0.118**         | 0.186**         | 0.287**  | -0.357**           |
| PM <sub>10</sub>   | 0.896**           | 1.000            | 0.022           | -0.007          | 0.060*   | -0.179**           |
| SO <sub>2</sub>    | 0.118**           | 0.022            | 1.000           | 0.329**         | 0.448**  | -0.237**           |
| NO <sub>2</sub>    | 0.186**           | -0.007           | 0.329**         | 1.000           | 0.697**  | -0.545**           |
| CO                 | 0.287**           | 0.060*           | 0.448**         | 0.697**         | 1.000    | -0.647**           |
| O <sub>3</sub> -8h | -0.357**          | -0.179**         | -0.237**        | -0.545**        | -0.647** | 1.000              |

表 4 给出的是库尔勒 6 种污染物浓度之间的相关系数，从中可以看出：PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO<sub>5</sub> 种污染物之间均呈显著正相关关系，与 O<sub>3</sub>-8h 均呈显著负相关。其中，PM<sub>2.5</sub> 与 PM<sub>10</sub> 的相关系数最大，其次是 SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO；PM<sub>10</sub> 与 PM<sub>2.5</sub> 的相关系数最大，其次是 SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO；与 SO<sub>2</sub> 相关系数最大的是 NO<sub>2</sub>，其次是 CO、PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>；NO<sub>2</sub> 与 CO 的相关系数最大，其次是 SO<sub>2</sub>、PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>；CO 与 NO<sub>2</sub> 的相关系数最大，其次是 SO<sub>2</sub>、PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>；与 O<sub>3</sub>-8h 负相关最明显的是 NO<sub>2</sub>，其次是 CO、SO<sub>2</sub>、PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>。

**Table 4.** Correlation analysis between six pollutants in Korla  
**表 4.** 库尔勒 6 种污染物之间的相关分析

| 污染物                | PM <sub>2.5</sub> | PM <sub>10</sub> | SO <sub>2</sub> | NO <sub>2</sub> | CO       | O <sub>3</sub> -8h |
|--------------------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|----------|--------------------|
| PM <sub>2.5</sub>  | 1.000             | 0.886**          | 0.339**         | 0.282**         | 0.179**  | -0.280**           |
| PM <sub>10</sub>   | 0.886**           | 1.000            | 0.233**         | 0.090**         | 0.076**  | -0.121**           |
| SO <sub>2</sub>    | 0.339**           | 0.233**          | 1.000           | 0.489**         | 0.364**  | -0.354**           |
| NO <sub>2</sub>    | 0.282**           | 0.093**          | 0.489**         | 1.000           | 0.592**  | -0.472**           |
| CO                 | 0.179**           | 0.076**          | 0.364**         | 0.592**         | 1.000    | -0.381**           |
| O <sub>3</sub> -8h | -0.280**          | -0.121**         | -0.354**        | -0.472**        | -0.381** | 1.000              |

表 5 给出的是阿图什 6 种污染物浓度之间的相关系数，从中可以看出：PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO<sub>5</sub> 种污染物之间基本上呈正相关关系，只有 PM<sub>10</sub> 与 SO<sub>2</sub> 呈不太明显的负相关而且没有通过显著性检验；与 O<sub>3</sub>-8h 均呈显著负相关。PM<sub>2.5</sub> 与 PM<sub>10</sub>、NO<sub>2</sub>、CO 显著正相关，与 PM<sub>2.5</sub> 相关系数最大的是 PM<sub>10</sub>，其次是 NO<sub>2</sub>、CO、SO<sub>2</sub>；PM<sub>10</sub> 与 PM<sub>2.5</sub>、NO<sub>2</sub> 显著正相关、与 SO<sub>2</sub> 呈不太明显的负相关，与 PM<sub>10</sub> 相关系数最大的是 PM<sub>2.5</sub>，其次是 CO、NO<sub>2</sub>；SO<sub>2</sub> 与 NO<sub>2</sub>、CO 显著正相关、与 PM<sub>10</sub> 呈不太明显的负相关，与 SO<sub>2</sub> 相关系数最大的是 CO，其次是 NO<sub>2</sub>、PM<sub>2.5</sub>；NO<sub>2</sub> 与 PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、CO 显著正相关，与 NO<sub>2</sub> 相关系数最大的是 CO，其次是 PM<sub>2.5</sub>、SO<sub>2</sub>、PM<sub>10</sub>；CO 与 PM<sub>2.5</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub> 显著正相关，与 CO 相关系数最大的是 NO<sub>2</sub>，其次是 SO<sub>2</sub>、PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>；O<sub>3</sub>-8h 与 NO<sub>2</sub> 负相关最明显，其次是 PM<sub>2.5</sub>、CO、PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>。

**Table 5.** Correlation analysis between six pollutants in Atushi  
**表 5.** 阿图什 6 种污染物之间的相关分析

| 污染物               | PM <sub>2.5</sub> | PM <sub>10</sub> | SO <sub>2</sub> | NO <sub>2</sub> | CO     | O <sub>3</sub> -8h |
|-------------------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|--------|--------------------|
| PM <sub>2.5</sub> | 1.000             | 0.693**          | 0.036           | 0.174**         | 0.066* | -0.246**           |
| PM <sub>10</sub>  | 0.693**           | 1.000            | -0.015          | 0.006*          | 0.024  | -0.112**           |

Continued

|                    |          |          |          |          |          |          |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| SO <sub>2</sub>    | 0.036    | -0.015   | 1.000    | 0.067*   | 0.107**  | -0.068** |
| NO <sub>2</sub>    | 0.174**  | 0.006*   | 0.067*   | 1.000    | 0.246**  | -0.384** |
| CO                 | 0.066*   | 0.024    | 0.107**  | 0.246**  | 1.000    | -0.239** |
| O <sub>3</sub> -8h | -0.246** | -0.112** | -0.068** | -0.384** | -0.239** | 1.000    |

通过上述分析发现：南疆地区的 5 个重点城市中，6 种主要大气污染物之间的相关性并不一致。其中 PM<sub>2.5</sub> 与 PM<sub>10</sub> 之间的正相关最显著，这与尚可政等[7] [8] [9]、尚子澍[10] [11] [12]的研究结论一致，原因是二者都是颗粒污染物，并且排放源基本相同。PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub> 和 CO 这 5 种污染物与 O<sub>3</sub>-8h 之间均呈显著负相关，与 O<sub>3</sub>-8h 负相关最显著的是 NO<sub>2</sub> 和 CO。这是由于氮氧化物(NO、NO<sub>2</sub>)通过一系列的光化学反应过程生成 O<sub>3</sub>，NO<sub>2</sub> 作为 O<sub>3</sub> 的前体物之一，白天 O<sub>3</sub> 的生成伴随着 NO<sub>2</sub> 的不断消耗，所以两者负相关明显；而适量 CO 的存在可以促进 NO 向 NO<sub>2</sub> 的转化，所以 CO 与 O<sub>3</sub> 呈负相关关系，同时这也解释了上述分析中 CO 和 NO<sub>2</sub> 正相关显著的原因。

3.2. 气压与 AQI、污染物的相关分析

表 6 列出了 2015~2018 年南疆地区重点城市气压与 AQI、污染物的相关系数，发现气压与 AQI、PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO 基本呈显著正相关，与 O<sub>3</sub>-8h 呈显著负相关。地面高压的存在会减弱垂直上升运动，使得污染物垂直扩散受阻。

Table 6. Correlation coefficient between pressure and AQI and pollutants in key cities in southern Xinjiang from 2015 to 2018

表 6. 2015~2018 年南疆重点城市气压与 AQI、污染物的相关系数

| 城市  | AQI      | PM <sub>2.5</sub> | PM <sub>10</sub> | SO <sub>2</sub> | NO <sub>2</sub> | CO      | O <sub>3</sub> -8h |
|-----|----------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|---------|--------------------|
| 阿克苏 | 0.098**  | 0.141**           | 0.054*           | 0.452**         | 0.480**         | 0.506** | -0.579**           |
| 和田  | -0.190** | -0.080**          | -0.143**         | 0.084**         | 0.334**         | 0.328** | -0.485**           |
| 喀什  | 0.193**  | 0.170**           | 0.063*           | 0.073**         | 0.321**         | 0.486** | -0.564**           |
| 库尔勒 | 0.144**  | 0.211**           | 0.128**          | 0.299**         | 0.409**         | 0.397** | -0.670**           |
| 阿图什 | 0.122**  | 0.162**           | 0.109**          | 0.006           | 0.347**         | 0.170** | -0.476**           |

3.3. 温度与 AQI、污染物的相关分析

表 7 列出了 2015~2018 年南疆地区重点城市温度与 AQI、污染物的相关系数，从中可得出：温度与 AQI、PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO 间基本上呈负相关，与 O<sub>3</sub>-8h 均呈正相关；并且相关性大都通过了显著性检验。这与徐丽娜等[13] [14] [15]研究发现的温度高、辐射强烈利于 O<sub>3</sub> 形成并积累的结论一致，并且高温可能会加速大气对流从而降低空气污染水平。

Table 7. Correlation coefficients between temperature and AQI and pollutants in key cities in southern Xinjiang from 2015 to 2018

表 7. 2015~2018 年南疆重点城市温度与 AQI、污染物的相关系数

| 城市  | AQI      | PM <sub>2.5</sub> | PM <sub>10</sub> | SO <sub>2</sub> | NO <sub>2</sub> | CO       | O <sub>3</sub> -8h |
|-----|----------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|----------|--------------------|
| 阿克苏 | -0.100** | -0.173**          | -0.064*          | -0.663**        | -0.643**        | -0.699** | 0.727**            |
| 和田  | 0.144**  | 0.069*            | 0.142**          | -0.234**        | -0.475**        | -0.510** | 0.698**            |

Continued

|     |          |          |          |          |          |          |         |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|
| 喀什  | -0.228** | -0.225** | -0.056*  | -0.228** | -0.448** | -0.770** | 0.739** |
| 库尔勒 | -0.160** | -0.283** | -0.136** | -0.420** | -0.510** | -0.495** | 0.838** |
| 阿图什 | -0.100** | -0.184** | -0.087** | -0.102** | -0.475** | -0.246** | 0.600** |

4. 结论

此文通过分析南疆地区主要城市的污染物之间、气象要素与 AQI 及各类污染物的相关性，探究各类气象因子对污染的影响，得出的主要结论总结如下：

1) 南疆西部地区的污染轻于东部、北部地区的污染轻于南部；位于南疆西南部的和田，其空气污染状况尤为严重，PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>的年均含量分别为 102 μg/m<sup>3</sup>、336 μg/m<sup>3</sup>；即使是夏季，PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>的季节平均含量也分别达到了 98 μg/m<sup>3</sup>、351 μg/m<sup>3</sup>。6 种主要大气污染物中，PM<sub>2.5</sub>与 PM<sub>10</sub>呈“西高东低、南高北低”的分布；SO<sub>2</sub>含量的大值区一年四季都集中在和田及周边地区；克州是 NO<sub>2</sub>含量的低值区、阿克苏是 NO<sub>2</sub>含量的大值区；冬、春季南疆西部地区的 CO 含量高于东部地区，夏季南疆东部的 CO 含量高于西部地区；O<sub>3</sub>-8h 的含量呈“东南低西北高”的分布特征。

2) 污染物中，PM<sub>2.5</sub>与 PM<sub>10</sub>之间的正相关最显著，PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>和 CO 这 5 种污染物与 O<sub>3</sub>-8h 均呈显著负相关，与 O<sub>3</sub>-8h 负相关最显著的是 NO<sub>2</sub>和 CO。

基金项目

成都信息工程大学本科教学工程项目(BKJX2019007, BKJX2019013, BKJX2019042, BKJX2019056, BKJX2019062, BKJX2019081, BKJX2019089, BKJX2019120 和 JY2018012)支持。

参考文献

[1] Goudie, A.S. (1983) Dust Storm in Space and Time. *Process in Physical Geography*, 7, 502-508.  
<https://doi.org/10.1177/03091338300700402>

[2] 霍文. 新疆沙尘暴天气演变特征及成因分析[D]: [硕士学位论文]. 乌鲁木齐: 新疆师范大学, 2011.

[3] 田雨. 新疆城市大气污染治理情况及思考[J]. 地下水, 2014, 36(5): 248.

[4] 王蕾, 孜比布拉·司马义, 杨胜天, 张兆永, 于苏云江·吗米提敏. 北疆主要城市的大气污染状况分析[J]. 干旱区资源与环境, 2018, 32(6): 182-186.

[5] 徐丽娜, 李兴华, 冯震, 黄琦, 郝玲玲. 呼和浩特市大气污染特征及气象影响因子研究[J]. 干旱区资源与环境, 2019, 33(6): 150-157.

[6] 吴梅, 汤万龙, 何亚平. 南疆典型城市环境质量与风向特征分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2018, 12(1): 37-43.

[7] 尚可政. 中国大陆代表站空气污染物浓度特征分析[C]//中国气象学会. 第 35 届中国气象学会年会 S13 大气物理学与大气环境. 北京: 中国气象学会, 2018: 14.

[8] 周斌, 刘文清. 差分吸收光谱法测量大气污染的浓度反演方法研究[J]. 物理学报, 2001, 50(9): 1818-1823.

[9] 刘永, 郭怀成. 城市大气污染物浓度预测方法研究[J]. 安全与环境学报, 2004, 4(4): 60-62.

[10] 尚子激. 不同气候区代表城市空气污染与气象条件的关系及其预报研究[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 兰州大学, 2018.

[11] 康娜, 高庆先, 周锁铨, 等. 区域大气污染数值模拟方法研究[J]. 环境科学研究, 2006, 19(6): 20-26.

[12] 王玮, 汤大钢, 刘红杰, 等. 中国 PM<sub>2.5</sub> 污染状况和污染特征的研究[J]. 环境科学研究, 2000, 20(1): 1-5.

[13] 周意子. 大气污染问题的环境监测及对策分析[J]. 南方农业, 2017, 11(9): 113+115.

[14] 徐茜, 赵景波. 新疆沙尘暴活动与气候条件的关系[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(12): 116-120.

[15] 张志刚, 高庆先, 韩雪琴, 等. 中国华北区域城市间污染物输送研究[J]. 环境科学研究, 2004, 17(1): 14-20.