Climate Change Research Letters 气候变化研究快报, 2025, 14(5), 1051-1057
Published Online September 2025 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/ccrl
https://doi.org/10.12677/ccrl.2025.145105

Hans汉斯

托克逊空气质量变化特征与气象要素的关系

马依拉·买合木提[1]，张逸飞[2]，王维祥[1]，阿地力·苏拉衣曼[1*]

[1]托克逊县气象局，新疆 托克逊
[2]吐鲁番市农业气象试验站，新疆 吐鲁番

收稿日期：2025年8月12日；录用日期：2025年9月10日；发布日期：2025年9月18日

摘　要

本文通过分析托克逊县从2019年到2022年的空气质量监测资料以及相关气象数据，探讨该地区空气品质的特性及其与气象因素间的关联。调查结果表明，托克逊县的空气状况通常保持在良好的标准，$PM_{2.5}$以及臭氧为主要的污染来源。空气质量在不同季节存在显著差异，冬季的空气质量最差，其平均空气质量指数达到105。同时，优良空气的出现比例较少，而轻度和中度污染在这个季节频繁发生。夏季和秋季的空气状况都较好，差别不明显，空气质量指数(AQI)平均值分别为71和72。在过去的9月和10月，空气质量优良的天数比例达到了97%。空气质量受到温度、气压、湿度、风速和日照等多种因素影响。空气质量指数(AQI)与气压、风速峰值及两分钟风速平均值之间表现出正相关，而与温度、湿度和日照时数则呈负相关走势。

关键词

空气质量，首要污染物，气象要素，相关关系

Characteristics of Air Quality Change and Its Relationship with Meteorological Factors of Tuokexun County

Mayila Maihemuti[1], Yifei Zhang[2], Weixiang Wang[1], Adili Sulayiman[1*]

[1]Tuokexun Meteorology Bureau, Tuokexun Xinjiang
[2]Turpan Agrometeorogical Station, Turpan Xinjiang

Received: Aug. 12th, 2025; accepted: Sep. 10th, 2025; published: Sep. 18th, 2025

Abstract

This paper analyzes the characteristics of air quality in this area and its relationship with

*通讯作者。

文章引用: 马依拉·买合木提, 张逸飞, 王维祥, 阿地力·苏拉衣曼. 托克逊空气质量变化特征与气象要素的关系[J]. 气候变化研究快报, 2025, 14(5): 1051-1057. DOI: 10.12677/ccrl.2025.145105

meteorological conditions, based on the air quality monitoring data of Tuokexun County from 2019 to 2022 and the meteorological data of the same period. The results showed that the air quality in Tuokexun County was mainly good, and $PM_{2.5}$ and O_3 were the main pollutants in the county. The seasonal difference of air quality is sharply. The air quality is the worst in winter, the average value of AQI is 105, and the excellent rate of air quality is low. Mild pollution and moderate pollution appear many times in winter. The air quality in summer and autumn was the best, and the difference was not significant. The average AQI was 71 and 72, respectively. The excellent and good rate of air quality in September and October reached 97 %. The air quality is affected by the changes of average temperature, average pressure, relative humidity, wind speed and sunshine. AQI is positively correlated with average pressure, maximum wind speed and 2-minute average wind speed, and negatively correlated with average temperature, relative humidity and sunshine hours.

Keywords

Air Quality Index, Primary Pollutants, Meteorological Elements, Correlation Relationship

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Open Access

1. 引言

随着现代社会的迅猛发展以及城市化的加速推进，经济得以迅速增长，而城市环境则显现出显著的负面结果。最近几年，随着工业的快速扩张，能源使用不断攀升，导致空气质量下降，大气污染问题越来越引起人们的重视[1]。研究显示，空气质量与大气污染物的排放关系紧密，同时，气候因素同样对其产生了影响。由于气候变化引起的温度上升和降水减少等现象，会影响大气污染物的稀释与扩散，进而对其浓度和区域分布产生影响[2] [3]。过去数十年，国内外研究人员在空气质量领域进行了广泛的研究。这些研究主要涵盖了空气质量的特性、气象因素对空气质量的影响、对严重污染天气的过程分析以及通过数学模型对污染水平进行预测等内容。我国的空气质量研究主要关注于像北京和西安这样的污染严重的主要大中城市[4]-[6]，而西部中小城市的相关研究则相对较少。最近几年，地方经济的快速发展导致了空气质量的显著下降。

托克逊县隶属于新疆维吾尔自治区吐鲁番市，位于新疆中东部，天山南麓，吐鲁番盆地西部。该地形特征为三面被山地围绕，西侧和北侧地势较高，东边较低；盆地从西北方向向东南方向倾斜，地势变化显著。该地属典型大陆性暖温带荒漠气候，拥有丰富的光热资源，全年无霜期长达 231 天。年降水量仅为 9.2 毫米，是全国降水量最少的县。此外，年平均风速达到 8 米/秒，因此被誉为“风库”。

近年来，托克逊县的环境空气质量发生了显著变化，出现了严重的污染天气。这一变化的原因在于经济的迅速发展、城市的持续建设、高速公路的普及、汽车保有量的急剧增加以及旅游业与工农业的同步发展。本研究通过分析 2019~2022 年间的空气质量数据，以及同期的主要气象要素资料，探讨托克逊县环境空气质量的变化趋势及其与天气因素的关联。这项研究旨在为地方政府和环保机构提供数据基础和科学指导，以有效应对空气污染问题。

2. 数据来源与研究方法

2.1. 数据来源

这项研究将托克逊县作为研究地点，分析了从 2019 年至 2022 年的空气质量指数(AQI)数据与同一时

期的气象观测资料之间的关联性。托克逊县生态环境局提供关于空气质量指数的相关数据。气象数据来自托克逊县气象部门，涵盖六个指标：即平均气温、平均气压、相对湿度、2 分钟平均风速、极大风速、日照时数[7] [8]。

2.2. 研究方法

对托克逊县的日空气质量指数以及同时期的气象数据进行相关性分析，利用 Pearson 相关系数计算每个气象因素与 AQI 之间的关系强度，从而评估二者的关联水平。按气象学的定义来划分，春天的月份是 3 月到 5 月，夏天则是 6 月至 8 月，秋天的时间段为 9 月到 11 月，而冬天从 12 月开始，持续到来年的 2 月。

2.3. 空气质量指数分级标准

按照最新的《环境空气质量标准》，空气质量指数(AQI)用于划分空气的等级。被评估的污染物包括硫氧化物(SO_2)、氮氧化物(NO_2)、细微颗粒物($PM_{2.5}$)、可吸入颗粒物(PM_{10})、一氧化碳(CO)和臭氧(O_3)。在中国，空气质量指数被划分为六个等级。指数上升表示等级提升，显示出空气质量恶化和污染加剧。下表 1 展示了空气质量指数(AQI)的分类标准[9]。

Table 1. Classification standards for air quality index
表 1. 空气质量指数分级标准

AQI	空气质量级别	空气质量类别
≤50	一级	优
51~100	二级	良
101~150	三级	轻度污染
151~200	四级	中度污染
201~300	五级	重度污染
≥300	六级	严重污染

3. 空气质量特征分析

3.1. 空气质量总体状况

从 2019 年到 2022 年，托克逊县的年度平均空气质量指数(AQI)为 82，这表明其空气质量总体上属于“良好”水平。AQI 的日平均值从 29 到 500 之间波动，其最低值为日均值的 35.4%，而最高值则是日均值的 6.1 倍。图 1 显示了托克逊县在 2019 至 2022 年间各个空气质量等级的分布情况。从图中可以观察到，该地区的空气质量以良好等级为主，在四年期间，共出现了 1011 d，占总体观测天数的 75%。轻微污染天气经常出现，总共有 234 d，占总天数的 17%。优良天气的天数共有 144 d，占总放假时间的 11%。空气中度污染的天气较为稀少，总共出现了 79 d，占据统计天数的 6%。严重污染和重度污染的情况极为稀少，各占总体的百分之一。在过去的四年中，托克逊县的一级和二级空气质量天数达到 1155 d，优良率为 86%。这显示该地区的空气多为优良，污染情况较少。

3.2. 空气质量年变化特征

图 2 展示了托克逊县在 2019 至 2022 年间的空气质量年变化情况。从 2019 年开始，托克逊县的空气质量指数(AQI)平均值有些下降，2020 年至 2021 年之间变化不明显，但在 2022 年呈现出显著的上升趋

势，表明空气质量有所恶化。不过，整体仍维持在良好的等级。四年间，2020 年空气质量最好，其空气质量指数平均值为 76，2022 年空气质量最差，其空气质量指数平均值为 93。主要原因可能是疫情期间引发工厂停工和企业关闭，结果明显降低了污染物的排放。

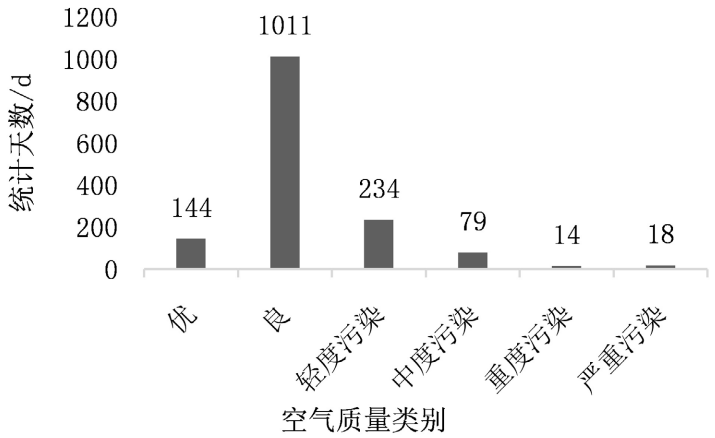

Figure 1. Distribution of different levels of air quality in Tuokexun County from 2019 to 2022
图 1. 托克逊县 2019~2022 年不同等级空气质量分布

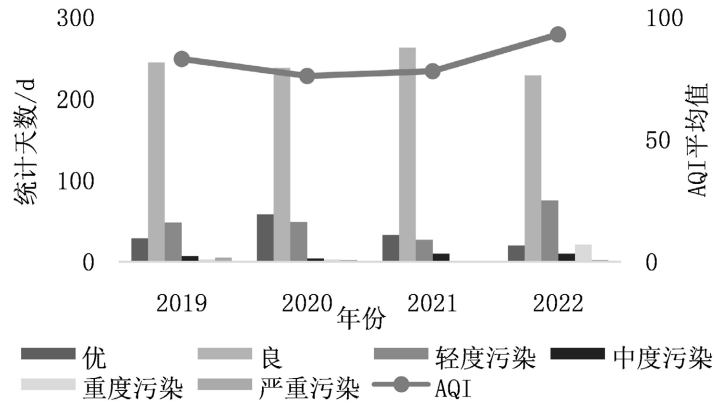

Figure 2. The number of days with different levels of air quality and the average AQI in Tuokexun County from 2019 to 2022
图 2. 托克逊县 2019~2022 年各年不同等级空气质量日数及 AQI 平均值

3.3. 空气质量季节变化特征

根据 2019 至 2022 年托克逊县四季各类天气出现的天数统计，显示出托克逊县的空气质量随季节变化显著，如图 3 所展示。冬季通常是全年中空气质量最差的季节，受到污染的几率最高。这一季节的空气质量指数(AQI)平均值为 105，居四季之首。夏、秋两季的空气质量总体较好，差异不大，但春天的空气质量稍弱一些。春季空气质量为优的天数最多，达到 55 d；夏季和秋季分别有 11 d 和 23 d，而冬季最少，仅为 3 d。秋季是空气质量较差的季节，超过轻度污染(空气质量指数高于 100)的天数达到了 270 d。冬季和春季相对较好，分别为 170 d 和 52 d，而夏季则污染最轻，只有 6 d。进入冬季，气温下降使得居民大量使用采暖设备，这可能是污染物排放明显增加的主要原因。相比之下，夏季通常气温较高，天气系统较为稳定，山区常有对流天气，降水也较为频繁，秋季则冷空气活动较少，以晴朗干爽的天气居多，这些因素有助于稀释和扩散空气中的污染物。

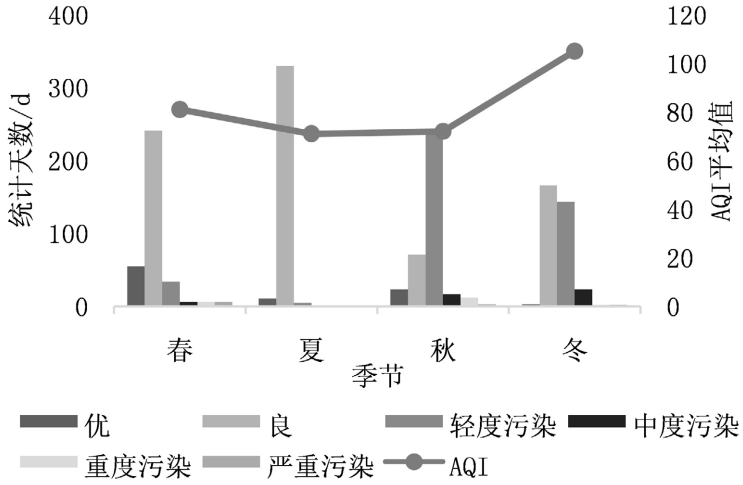

Figure 3. The number of days with different levels of air quality and the average AQI in each season from 2019 to 2022 in Tuokexun County
图 3. 托克逊县 2019~2022 年各季节不同等级空气质量日数及 AQI 平均值

3.4. 首要污染物分析

空气质量指数低于 50 时，表示空气状况为优，此时不需要记录首要污染物。根据托克逊县 2019 至 2022 年的首要污染物数据(参见图 4)，频率最高的污染物为 $PM_{2.5}$，出现了 572 d，占总天数的 46%。接下来是 O_3，出现了 487 d，占总天数的 39%。而 PM_{10} 则出现了 190 d，占总天数的 15%。如图 3 显示，二氧化氮仅在一天的监测中检测到，然而二氧化硫和一氧化碳则完全没有检测到。根据统计结果，2019 至 2022 年托克逊县首要污染物贡献率由大到小排序为 $PM_{2.5} > O_3 > PM_{10} > NO_2$。托克逊县的空气质量主要受到颗粒物的影响，此外臭氧污染也需要关注。

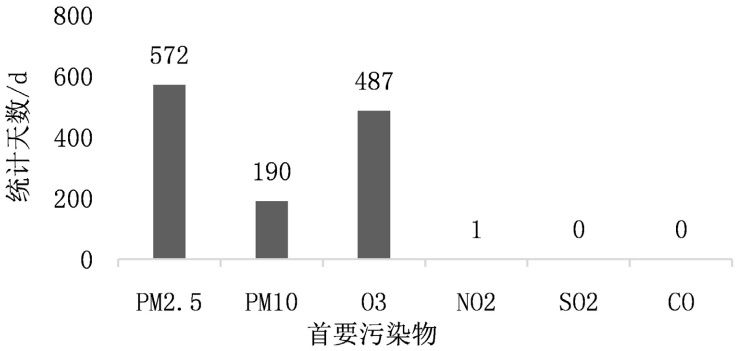

Figure 4. Days of occurrence of major pollutants in Tuokexun County from 2019 to 2022
图 4. 托克逊县 2019~2022 年首要污染物出现日数

3.5. 污染物与 AQI 月变化

根据图 5 显示，2019 年至 2022 年期间托克逊县 AQI 与污染物浓度呈现出每月的波动趋势。PM_{10} 与 $PM_{2.5}$ 的浓度变化趋势与 AQI 基本相符，其峰值主要集中在 12 月至 2 月。AQI 最高值出现在 1 月，为 121，最低值出现在 10 月，为 59。臭氧(O_3)的浓度变化趋势与污染颗粒物 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 的模式相反，通常在夏季达至峰值。一整年中，CO 浓度变动不大，通常保持在较低的范围，在冬季和春季，浓度稍有上

升。托克逊县在 9 月和 10 月的空气状况为全年度最佳，空气优良率达到了 97%。1 月的空气质量最差，优良等级的天数总共只有 43 d，而中度和重度污染日达到了 16 d，占全年此类污染的 32%。探讨其中原因，冬季气温降低，居民使用煤炭来取暖；随着汽车使用量的提升，尾气排量加大，使得二氧化硫、颗粒物 PM_{10} 和细颗粒物 $PM_{2.5}$ 的污染浓度有所增加。在夏季，由于气温上升和日照时间延长，促进了大气中的光化学反应，因此臭氧浓度显著高于其他季节。

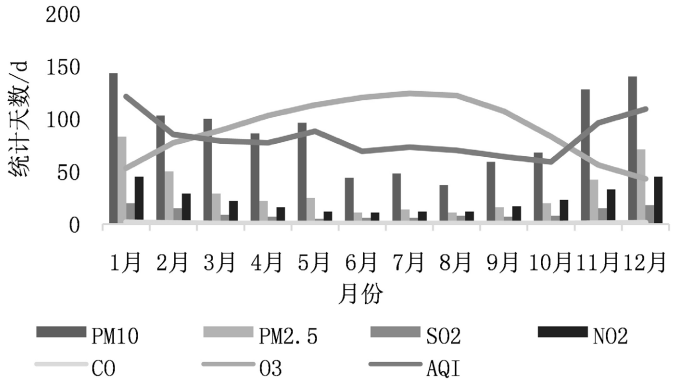

Figure 5. Monthly changes of pollutants and AQI in Tuokexun County from 2019 to 2022
图 5. 托克逊县 2019~2022 年污染物与 AQI 的月变化

4. 空气质量与气象要素的关系

根据托克逊县 2022 年的空气质量指数数据以及同期的气象要素进行了分析，全年以及各个季节的 AQI 与气象要素之间的相关性情况如下：从表 2 可观察到，全年范围内，AQI 与平均气温、湿度及日照时数都表现出负相关关系。分析原因时可以发现，在气温升高的情况下，空气对流变得更为活跃，导致风速的提升，这有助于污染物的扩散过程。当湿度增加时，空气中的水分子能够显著减少污染物，从而提升空气质量[10]-[12]。空气质量指数与气压、极大风速和两分钟平均风速之间存在正相关关系，表明当气压升高时，空气质量可能会变差。这可能是由于在高压区影响下，天气状况趋于稳定，导致污染物难以向上层大气扩散[13]。当风速较高时，地形和地貌的影响可能导致沙尘天气，使空气质量指数上升。

Table 2. Correlation between air quality index and meteorological elements
表 2. 空气质量指数与气象要素的相关关系

	平均气压	平均气温	相对湿度	极大风速	日照时数	2 分钟平均风速
春	−0.246	0.302	−0.309	0.115	−0.179	0.290
夏	−0.350	0.404	−0.225	−0.060	0.403	0.064
秋	0.247	−0.246	−0.311	0.384	−0.236	0.409
冬	0.059	−0.543	0.401	−0.202	−0.452	−0.267
全年	0.189	−0.221	−0.005	0.034	−0.212	0.149

5. 结论

(1) 自 2019 年至 2022 年，托克逊县的空气质量主要处于二级良状态，约占全年天数的 75%，其次是轻度污染，占比 17%，总体以优良为主。

(2) 托克逊县的空气质量在不同季节表现出显著差异，夏季和秋季的空气状况最为良好，这两个时期

的空气质量几乎相同。特别是 9 月和 10 月，空气质量达到优良的天数占到了 97%。冬天的空气质量通常较低，平均空气质量指数为 105。在 1 月份，空气状况良好的天数是全年最低，仅占 35%。

(3) $PM_{2.5}$ 和臭氧是全年中的主要污染源，尤其在夏季臭氧水平尤为突出。在冬季，$PM_{2.5}$ 是主要的污染源，而在其他季节，其它污染物成为主要污染物的天数明显较少。

(4) 大气状态受到多个气象因素的影响，包括气温、气压、湿度、风速以及日照时数等。空气质量指数(AQI)与气压、极大风速和平均风速具有正关联，而它与气温、湿度以及日照时数则表现出负关联。

参考文献

[1] 马筛艳, 王薇, 周孟樵, 等. 咸阳大气污染物浓度变化特征及气象条件分析[J]. 环境科学与技术, 2020, 43(S2): 47-54.

[2] 朱红蕊, 刘赫男, 张洪玲, 等. 哈尔滨市空气质量特征及其与气象要素的关系[J]. 气象与环境学报, 2019, 35(1): 53-58.

[3] 李思其, 杜海波, 吴正方, 等. 京津冀鲁豫地区空气质量变化特征及其气象驱动因素研究[J]. 环境污染与防治, 2018, 40(12): 1431-1435+1454.

[4] 王景云, 张红日, 赵相伟, 等. 2012-2015 年北京市空气质量指数变化及其与气象要素的关系[J]. 气象与环境科学, 2017, 40(4): 35-41.

[5] 高赛男. 西安市空气质量与气象要素的相关性分析[J]. 西安文理学院学报(自然科学版), 2018, 21(1): 104-110.

[6] 苏超, 田良. 海口市空气质量的特征及其与气象条件的关系[J]. 海南大学学报(自然科学版), 2016, 34(2): 185-192.

[7] 刘雅雯, 周变红, 曹夏, 等. 安康市雾霾情况及影响因素分析[J]. 环境科学导刊, 2019, 38(3): 37-40.

[8] 李秀美, 严涵, 张珍珍, 等. 信阳市城区空气质量指数变化及其与气象要素的关系[J]. 信阳师范学院学报(自然科学版), 2020, 33(2): 258-264.

[9] 环境空气质量指数(AQI)技术规定(试行) [J]. 中国环境管理干部学院学报, 2012, 22(1): 44.

[10] 张尚鹏, 廉丽姝, 张文华. 日照市空气质量变化特征及其与气象条件的关系[J]. 曲阜师范大学学报(自然科学版), 2018, 44(4): 106-110.

[11] 陈渤黎, 吴建秋, 吴晶璐, 等. 2012-2014 年常州市空气质量与气象要素关系分[J]. 气象与减灾研究, 2015, 38(3): 68-74.

[12] 周国兵, 王式功, 陈小敏. 降水对重庆主城区空气污染物清除效率研究[J]. 环境污染与防治, 2013, 35(9): 112.

[13] 郑美秀, 周学鸣. 厦门空气污染指数与地面气象要素的关系分析[J]. 气象与环境学报, 2010, 26(3): 53-57.