

近66年四子王旗沙尘天气变化趋势及成因分析

郭宏力

(内蒙古自治区四子王旗气象局, 内蒙古 四子王旗 011800)

摘要: 沙尘天气是四子王旗春秋季节经常发生的一种灾害性天气, 每年3—5月频发, 对生态环境及人们生产生活造成一定影响。本研究基于四子王旗1959—2024年共66年的气象数据, 系统分析沙尘天气的长期变化趋势并深入剖析其驱动因素, 旨在为区域生态保护政策的制定和风沙灾害的防治提供科学依据。研究表明, 近36年, 由于全旗植被覆盖率明显提高, 生态环境显著改善, 该旗出现沙尘暴天气的日数较前30年呈减少态势, 其成因包括自然因素和人为因素。此研究对理解干旱半干旱区人地系统相互作用、巩固防沙治沙成果具有重要的理论与实践意义。

关键词: 沙尘天气; 变化趋势; 生态环境改善; 植被覆盖率; 成因分析

中图分类号: P423

文献标识码: A

文章编号: 2096-2177(2026)01-123-05

沙尘天气是内蒙古自治区四子王旗春秋季节频发的典型灾害性天气现象, 不仅对当地生态环境造成破坏, 还直接影响农牧业生产、居民健康和经济社会发展。作为内蒙古中西部的重要生态屏障区, 四子王旗的沙尘活动长期受到气候变化和人为干预的双重作用, 其变化趋势不仅关系到区域可持续发展, 还为北方生态安全屏障建设提供关键科学依据^[1]。然而, 四子王旗北部草原生态环境仍显脆弱, 未来需强化植被恢复和防风固沙措施。本研究通过66年数据分析, 旨在为地方政府制定生态政策提供科学基础, 并为类似干旱半干旱地区的沙尘治理提供经验积累。

1 1959—2024年四子王旗沙尘暴日数变化分析

1959—2024年四子王旗沙尘暴日数整体呈下降趋势(见图1)。近36年(1989—2024年)四子王旗沙尘暴出现日数与前30年相比(1959—1988年)平均偏少9.4 d。近36年, 2006年是沙尘天气的高发年份。1959—1988年全旗平均沙尘暴天气为11.6 d; 1989—2024年平均沙尘暴天气仅为2.2 d, 并且1989年、1991年、1993—1997年、2003年、2012—2013年、2015年和2020年11年都未出现沙尘暴天气^[2]。

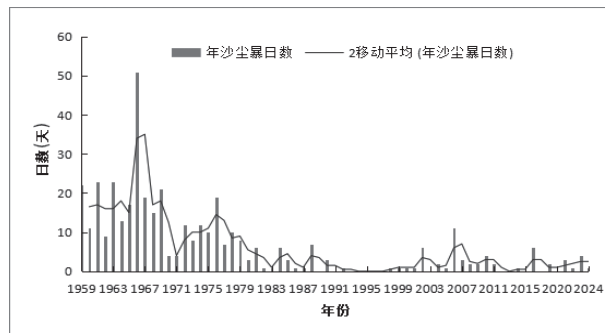


图1 1959—2024年四子王旗沙尘暴日数变化趋势图

Fig. 1 Trend chart of the number of sandstorm days in Siziwang Banner from 1959 to 2024

2 四子王旗沙尘天气高发年份沙尘暴日数月变化分析

2006年四子王旗沙尘暴出现在3—6月, 其余月份均未出现沙尘暴, 其中沙尘暴日数4月出现最多为6 d(见图2)。

3 四子王旗沙尘天气成因分析

四子王旗沙尘天气的发生并非偶然, 而是特定地理环境、气候背景和人类活动共同作用的必然结果。其成因是一个复杂且相互关联的系统, 需从自

收稿日期: 2025-10-15

基金项目: 内蒙古自治区气象局2025年基层创新专项—典型沙尘频发区四子王旗大气能见度影响机理及预测研究(nmqxjccx202508)

作者简介: 郭宏力(1992-), 女, 汉族, 山西偏关人, 工程师, 硕士研究生, 研究方向: 气候与气候变化。

然与人文2个维度进行深入解析。

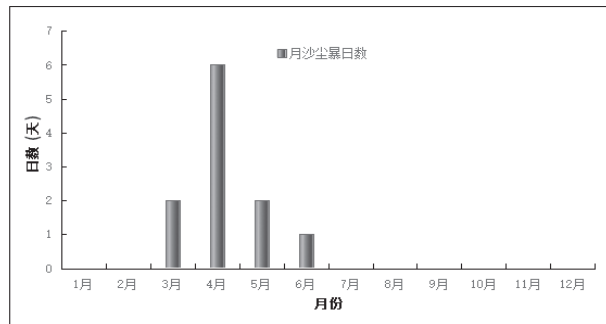


图2 四子王旗2006年1—12月沙尘暴日数变化

Fig.2 Variation of sandstorm days in Siziwang Banner from January to December 2006

3.1 自然因素—沙尘发生的先天基础

首先,特殊的地理位置与地貌格局是沙尘形成的先天条件。四子王旗地处蒙古高原南部,位于我国北方典型的农牧交错带。其北部与蒙古国接壤,直接暴露于蒙古高压南下的路径之上。全旗地势由南向北逐渐降低,地形以波状高原为主,间有丘陵。这种地形条件对气流产生显著影响。当大风经过开阔平坦的高原面时,阻力小,风速得以保持甚至增强;而当其越过丘陵时,易产生“狭管效应”,进一步加剧风力的破坏力和侵蚀能力。四子王旗虽然不存在明显的沙尘源地,但北部较低的植被覆盖率对表层土壤的保护能力十分脆弱,易被强风刮起形成沙尘天气,这也是该旗大部地区沙尘天气多发的原因^[3]。其次,独特的大气环流与气候特征是沙尘发生的动力引擎。该地区属于中温带大陆性季风气候,其显著特点是干旱少雨、蒸发强烈、风大且频繁。年均降水量不足300 mm,而年蒸发量却高达2 000 mm以上,这种严重的水分亏缺导致土壤常年处于干旱状态,植被难以茂盛生长,地表覆盖度低,抗风蚀能力极弱。从环流形势看,冬春季节,强大的蒙古-西伯利亚高压盘踞,冷空气活动频繁。当冷锋过境时,锋后强劲的偏北风或西北风成为沙尘输送的主要动力。特别是蒙古气旋和冷锋的配合,是引发强沙尘暴的关键天气系统。蒙古气旋的发展能够造成大面积的水平气压梯度,产生强风;而其前方的冷锋则作为触发机制,在过境瞬间造成风向突变、风速猛增,将地面沙尘剧烈卷起,形成遮天蔽日的沙尘暴。春季(3—5月)正是蒙古气旋发展最为活跃、冷暖空气交锋最剧烈的时期,

因此成为沙尘天气的“高发季”。同时,在形成沙尘的诸多因素中,沙尘源、天气系统、下垫面状况是3个最重要的因子。对全旗近36年沙尘天气过程进行统计分析,结果表明蒙古南部、内蒙古西部是四子王旗主要沙尘源地,出现扬沙或沙尘暴天气的沙源大多数来自上述地区。沙尘的移动路径以北路为主,发源于蒙古国南部或内蒙古西部,沿偏东方向移动,从内蒙古西部到达河套附近和内蒙古中部,进而影响四子王旗^[4](见图3)。

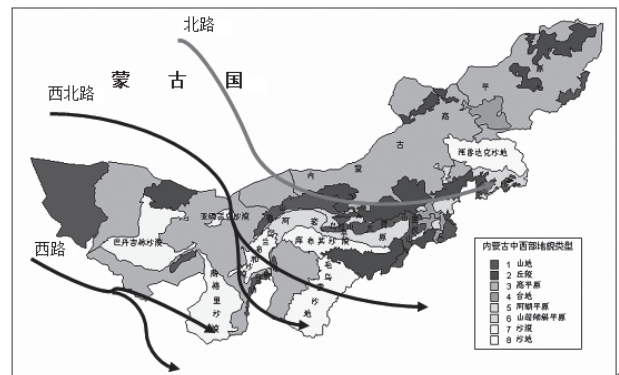


图3 内蒙古中西部地貌类型及沙尘移动路径

Fig.3 Topographic types and dust movement paths in the central and western Inner Mongolia

3.2 人为因素—加剧风蚀的后天扰动

在自然禀赋的基础上,历史上不合理的人类活动对地表覆盖的破坏,显著加剧了沙尘发生的频率和强度。20世纪中后期,随着人口增长和经济发展的需求,四子王旗经历了多次大规模的土地利用变化。过度开垦将原本具有稳定表层的天然草场转变为农田,在作物生长间歇期,土壤直接暴露于风力作用下。超载过牧则导致草场植被被反复啃食,无法完成自然更新,群落结构退化,优质牧草减少,毒杂草增多,地表盖度持续下降,土壤结构遭到破坏。樵采滥伐(如砍伐固沙植物作为燃料)进一步移除了固定沙丘的最后屏障。这些活动共同导致了严重的土地荒漠化,原本固定的沙地被活化,为沙尘天气提供了更多、更近的沙源,这使得在同等风力条件下,沙尘启动的阈值降低,起沙量增大,形成了“人口压力→过度利用→植被破坏→土地沙化→沙尘加剧”的恶性循环。尽管这一趋势在近几十年已得到有力扭转,但其历史遗留的影响是深远的,部分区域的生态修复仍需漫长的时间。

4 生态环境明显改善，有效减少和抑制风沙灾害

研究表明，生态环境改善通过植被恢复有效抑制沙尘天气：植被增加地表粗糙度，提高起沙风速阈值，减少中小风力扬沙；根系和枯落物固定本地沙源，削弱强风起沙能力；防护林和灌草拦截、过滤过境沙尘，降低沙尘暴强度与范围；植被还改善局地小气候，增加湿度、减少蒸发，形成更湿润稳定的环境，从而多重协同抑制沙尘。

近年，四子王旗采取一系列重要的生态保护和建设工程来改善生态环境，加快生态文明建设，实现了从“沙进人退”到“绿进沙退”的转变。2000年至今全旗植被覆盖率呈明显上升趋势（见图4），植被生态质量显著改善，良好的生态环境有效减少和抑制了风沙灾害，不仅提升了生态环境质量，也促进了地方经济发展和农牧民增收，为北方生态安全屏障建设提供重要支撑^[5]。

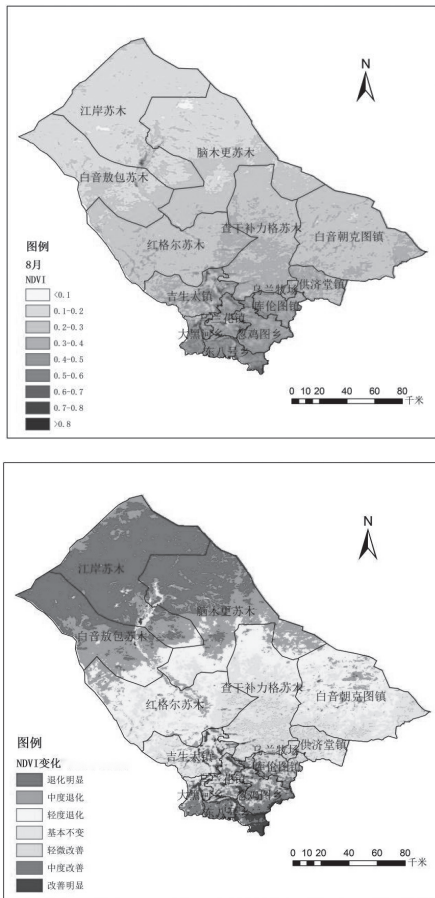


图4 2000—2024年四子王旗8月和年NDVI（归一化植被指数）变化空间分布

Fig.4 Spatial distribution of august and annual NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) changes in Siziwang Banner from 2000 to 2024

5 关注及建议：巩固成果，应对未来

尽管四子王旗的防沙治沙工作取得了举世瞩目的成就，但必须清醒地认识到，该区域的生态本底依然脆弱，生态修复成果仍具有不确定性，面临气候变化和人为压力的双重挑战。为巩固来之不易的绿色成果，构筑更为稳固的北方生态安全屏障，特提出以下建议。

5.1 坚持科学治理，推动精准施策

未来生态建设需从“规模扩张”转向“质量提升”，更加注重科学性和精准性。①水资源约束下的植被建设。严格遵守“以水定绿”原则，科学评估区域水资源承载力，优先选择耐旱、节水、乡土植物物种，避免盲目引种高耗水树种导致地下水位下降。在水源条件较好地区推广节水灌溉技术。②差异化治理。根据不同区域的荒漠化程度、立地条件和生态功能，进行精细化分区，采取自然恢复、人工辅助自然恢复和人工重建等差异化措施。对于极度干旱的硬梁区，应以封育保护为主；对于滩川地和沙地，可适度进行人工干预。

5.2 优化产业结构，推动绿色发展

减少经济发展对生态资源的直接压力，是实现长治久安的根本路径。①发展高效生态农牧业。大力推进舍饲圈养、优质饲草种植，减轻天然草场压力。发展特色产业，如有机畜产品生产、中药材种植、生态旅游等，将“生态资本”转化为“发展资本”，实现生态与生计的共赢。②探索生态补偿机制。积极争取和完善横向生态补偿制度，让受益于生态改善的下游地区通过资金、项目等方式反哺上游的保护者，使生态保护成为可持续的经济行为。

5.3 加强监测预警，提升应对能力

构建“空-天-地”一体化的综合监测预警体系。①完善监测网络。利用遥感卫星、无人机和地面监测站，动态监测植被覆盖、土壤湿度等情况，对重点风沙传输路径进行实时监测。②强化预报预警。加强气象、生态、环保部门的联合会商，提高对沙尘天气，特别是极端沙尘暴事件的预报精准度和预警提前量，为公众防护和应急响应提供充足时间。③建立评估体系。定期对生态工程的固沙效益、水资源影响等进行综合评估，为政策调整和项目优化提供数据支撑。

6 结论

(1) 沙尘天气呈现稳定下降趋势: 近66年, 沙尘暴日数整体大幅减少, 近36年(1989—2024年)年均沙尘暴日数仅2.2 d, 较前30年(1959—1988年)减少9.4 d。这一趋势在高发年份如2006年(集中于4月)也呈现弱化, 反映沙尘灾害频率和强度显著降低。沙尘减少的直接证据来自历史数据对比。

(2) 成因与生态改善协同驱动变化: 沙尘天气源于自然因素, 如蒙古高原地理、干旱气候及沙尘源地, 历史人为扰动, 如过度开垦导致土地沙化。但近36年, 植被覆盖率提升通过增加地表粗糙度和固定沙源, 有效抑制风蚀。生态环境从“沙进人退”转向“绿进沙退”, 显著提升区域生态韧性。

(3) 未来需巩固成果并科学应对: 尽管成效显著, 生态本底仍脆弱。建议坚持“以水定绿”治理、发展生态产业, 并强化监测预警, 以应对气候变化挑战, 确保可持续发展, 为干旱半干旱地区提供可复制经验。

参考文献

- [1] 郭晓丽, 付志强. 近十年内蒙古乌兰察布市沙尘天气变化趋势分析[J]. 内蒙古科技与经济, 2020(7): 60.
GUO Xiaoli, FU Zhiqiang. Analysis of the trend of sandstorm weather in Ulanqab City, Inner Mongolia in the past decade[J]. Inner Mongolia Science and Technology and Economy, 2020(7): 60.
- [2] 孙逸涵, 潘进军, 俞立政, 等. 刚察县湖盆区气候变化特征分析[J]. 甘肃科学学报, 2017, 29(2): 48-57.
SUN Yihan, PAN Jinjun, YU Lizheng, et al. Analysis of climate change characteristics in the lake basin area of Gangcha County[J]. Gansu Science Journal, 2017, 29(2): 48-57.
- [3] 任远哲, 白雪, 黄海梅, 等. 乌兰察布市沙尘天气对环境空气质量的影响及来源分析[J]. 环境与发展, 2025, 37(4): 69-76.
REN Yuanzhe, BAI Xue, HUANG Haimei, et al. Impact of Sand-Dust weather on ambient air quality and source analysis in Ulanqab city[J]. Environment and Development, 2025, 37(4): 69-76.
- [4] 王蕾, 杨震, 刘笑, 等. 关中地区沙尘输送路径及潜在源区分析[J]. 干旱区资源与环境, 2023, 37(10): 109-117.
WANG Lei, YANG Zhen, LIU Xiao, et al. Analysis of dust transport pathways and potential source regions in the Guanzhong area[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2023, 37(10): 109-117.
- [5] 李启森. 黄土高原西北部地区草原生态环境特征及其发展演变[J]. 草业科学, 1998(2): 8.
LI Qisen. Characteristics of the grassland ecological environment in the northwestern Loess Plateau region and its developmental evolution[J]. Grassland Science, 1998(2): 8.

Analysis of the Trends and Causes of Sandstorm Weather Changes in Siziwang Banner over the Past 66 Years

GUO Hongli

(Meteorological Bureau of Siziwang Banner, Inner Mongolia Autonomous Region, Siziwang Banner Inner Mongolia 011800, China)

Abstract: Dust weather is a hazardous weather phenomenon that frequently occurs in the Spring and Autumn seasons in the Siziwang Banner. From March to May each year, our region experiences frequent dust weather, which has certain impacts on the ecological environment and people's production and daily lives. This study aims to analyze meteorological data from Siziwang Banner spanning 66 years (1959—2024) to elucidate the long-term trends of dust weather and thoroughly investigate its driving factors, thereby providing a scientific basis for formulating regional ecological protection policies and preventing and controlling wind-blown sand disasters. The results show that over the past 36 years, due to a significant increase in vegetation coverage and notable improvements in the ecological environment, the number of days of dust storm weather in our region has decreased compared to the previous 30 years. The causes of dust storms include natural factors and human factors. This research holds significant theoretical and practical importance for understanding the human-land system interactions in arid and semi-arid regions and for consolidating the achievements in desertification control.

Keywords: dust storm weather, change trends, ecological environment improvement, vegetation coverage rate, cause analysis

Fund project: Inner Mongolia Autonomous Region Meteorological Bureau 2025 Grassroots Innovation Special—Research on the Mechanism and Prediction of Atmospheric Visibility in Typical Sandstorm Frequent Areas-Siziwang Banner (nmqxjccx202508)

Correspondence author: GUO Hongli (1992-) , female, Han nationality, from Pianguan, Shanxi, engineer, master candidate, research direction: climate and climate change.