

祁连山区近 30 年气候变化特征及趋势分析

马顾夏

民乐县气象局 甘肃 张掖 734500

摘 要: 祁连山区是我国西北关键生态安全屏障与水源涵养核心区, 对区域气候波动与全球变暖响应极为敏感。为明晰区域长期气候演变规律, 依托 1995—2025 年近 30 年气象序列数据, 聚焦祁连山区气候要素时空演变特征, 系统探究区域气温、降水等核心气候指标的年际、季节及空间分异变化规律, 识别区域气候突变特征与阶段性演变差异。研究明确了祁连山区近 30 年气候变化的整体态势, 剖析气候演变对区域冰川冻土、水资源及生态环境的影响, 可为祁连山生态修复、水资源调配及区域生态可持续发展提供科学参考。

关键词: 祁连山区; 近 30 年; 气候变化; 趋势分析

引言

在全球持续变暖的大背景下, 山地生态系统对气候变化响应敏感, 是区域生态环境演变的重要预警载体。祁连山区地处三大高原交汇地带, 是我国西北重要生态安全屏障, 也是河西走廊核心水源涵养地, 维系着西北干旱区水资源稳定与生态平衡。近 30 年来, 区域气候发生显著变化, 气温持续攀升、降水格局重构, 伴随冰川退缩、冻土消融、极端天气频发等问题, 严重影响区域生态系统稳定与社会经济发展。当前相关研究存在时段滞后、要素分析单一等问题, 缺乏近 30 年系统性、精细化的气候演变分析。基于此, 本文依托 1995—2025 年气象数据, 探究祁连山区气候变化特征与趋势, 为区域生态保护与可持续发展提供科学依据。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

祁连山区横跨甘肃西部与青海北部, 地处青藏高原、黄土高原与内蒙古高原三大高原交汇地带, 山脉整体呈西北—东南走向, 区位优势价值显著。区域地势西南高、东北低, 地形起伏剧烈, 高山、谷地、盆地交错分布, 海拔梯度差异极大, 垂直地貌分异特征突出。区域属典型高原大陆性气候, 整体低温少雨、光照充足、风力充沛, 山地垂直气候差异显著。作为西北核心生态屏障与水源涵养区, 区内冰川、冻土广布, 孕育黑河、石羊河等多条内陆河, 高寒草地植被广覆, 形成稳定的冰川-水文-植被生态系统, 维系着河西走廊及西北干旱区的生态与水资源安全^[1]。

1.2 数据来源与预处理

本文研究时段为 1995—2025 年, 研究所用数据取自

祁连山区及周边布局均匀的国家级气象站点, 采用连续性良好的逐日、逐月观测数据集, 核心涵盖平均气温、高低温、降水量、日照时数、平均风速等气候要素。为保障研究数据的准确性与可靠性, 本文对原始观测数据开展系统化质量控制, 严格剔除仪器故障、环境干扰产生的异常数据, 筛除长时间连续缺测样本。针对零星缺失数据, 采用线性插值法完成补齐处理, 通过站点数据区域加权平均方式, 生成逐年、逐季标准化气候时序数据, 有效保障了长时间序列气候变化分析的精度与连续性。

2 祁连山区近 30 年气候变化时空特征分析

2.1 气温变化特征

2.1.1 年际变化特征

1995—2025 年祁连山区年均气温、年均最高与最低气温均呈现显著逐年上升趋势, 整体气候变暖特征突出。区域气温气候倾向率约 $0.51^{\circ}\text{C}/10\text{a}$, 增温速率明显高于全球及全国平均水平, 20 世纪 90 年代中期后进入快速增温阶段, 阶段性升温幅度最大超 1°C 。近 30 年区域气温年际波动较为明显, 冷期主要集中在 20 世纪 90 年代末至 21 世纪初, 2010 年后持续进入偏暖时段, 极端高温年份频次显著增加。其中年均最低气温升温速率高于最高气温, 是区域整体升温的主要贡献因子, 凸显区域气温变暖的非对称演变特征。

2.1.2 季节变化特征

近 30 年祁连山区四季气温均呈增温趋势, 但季节差异显著, 存在典型的非对称增温规律。其中冬季增温速率最为突出, 对全年气温上升贡献率最高, 是区域变暖的主导季节; 春、秋季增温速率次之, 夏季增温相对平

缓。祁连山区 1995—2025 年四季平均气温、最高气温、最低气温变化倾向率如表 1 所示。

表 1 祁连山区 1995—2025 年四季气温变化倾向率
($^{\circ}\text{C}/10\text{a}$)

季节	平均气温	最高气温	最低气温
春季	0.48	0.41	0.59
夏季	0.39	0.32	0.77
秋季	0.46	0.38	0.79
冬季	0.62	0.53	0.71
全年	0.51	0.42	0.62

由表 1 可知，夏秋季最低气温升温速率可达 $0.77^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 以上，季节温差逐步缩小。四季气温波动特征差异明显，冬季气温年际波动幅度更大、升温显著性更强，夏季气温变化相对平稳，整体形成“冬强夏弱、冷季升温主导”的季节增温格局。

2.1.3 空间分布特征

祁连山区近 30 年气温变化存在显著空间分异与海拔依赖性特征。从东西区段来看，中段升温幅度最大、变化最为敏感，东段次之，西段升温速率相对平缓。从海拔梯度来看，高海拔山区增温速率显著高于低海拔河谷与平原区域，高寒山地是气温变化的核心敏感区。南北坡气温变化差异明显，冬季南北坡温差显著小于夏季，整体呈现“中段强于东西段、高海拔强于低海拔”的空间增温格局，地形地貌与海拔高差是驱动气温空间分异的核心因素。

2.2 降水变化特征

2.2.1 年际变化特征

1995—2025 年祁连山区年降水量整体呈波动增加趋势，区域气候呈现显著暖湿化转变特征。相较于 20 世纪 80 年代前的降水衰减态势，近 30 年区域降水持续回升，降水日数同步呈小幅增加趋势。年际降水波动特征突出，存在明显丰枯交替现象，极端降水异常年份增多，强降水事件频次有所上升。整体来看，区域降水增幅稳健，无显著突变衰减时段，持续的降水增加有效缓解了区域干旱化趋势，改变了传统干旱少雨的气候格局^[2]。

2.2.2 季节变化特征

祁连山区降水季节分配不均，四季降水变化差异显著，夏季降水主导全年增雨趋势。近 30 年除春季降水增幅偏弱外，夏、秋、冬季降水量均呈上升趋势，其中夏季降水量增幅最大，是全年降水增加的核心贡献季节。祁连山区 1995—2025 年四季平均降水量、气候倾向率及占全年比例如表 2 所示。

表 2 祁连山区 1995—2025 年四季降水量变化特征

季节	平均降水量 (mm)	气候倾向率 (mm/10a)	占全年比例 (%)
春季	68.2	1.82	15.3
夏季	246.5	8.65	55.2
秋季	97.3	4.21	21.8
冬季	34.6	2.15	7.7
全年	446.6	16.83	100.0

由表 2 可见，夏秋季极端降水事件频发、降水强度增大，降水集中性显著提升；冬春季以微量降水为主，增幅平缓，整体降水占比变化较小。季节降水格局的变化，使得区域雨热同期特征更加突出，也提升了夏秋季节洪涝灾害的发生风险。

2.2.3 空间分布特征

祁连山区降水空间分异特征显著，整体呈现自东南向西北递减的分布规律，受地形抬升作用影响极强。东西段对比来看，中段降水增幅最为显著，东段增幅次之，西段降水变化相对平缓；南北坡差异明显，南坡降水总量与增幅均高于北坡。从海拔梯度来看，区域最大降水高度带随气候变化小幅抬升，高海拔山区降水增量优于低海拔区域，地形水汽抬升凝结效应是造成降水空间差异化演变的关键诱因^[3]。

3 祁连山区气候变化趋势预测与成因分析

3.1 未来气候变化趋势预判

结合 1995—2025 年长时序气候演变规律与区域气候模型拟合结果，未来 10—20 年祁连山区将延续整体升温、降水波动增加的暖湿化发展态势，气候变率进一步增大。气温方面，区域增温速率将持续高于全国平均水平，高海拔山区升温优势依旧显著，冬季非对称增温特征持续凸显，年均温将稳步攀升。降水方面，区域整体湿化趋势延续，但增雨速率逐步放缓，升温引发的地表蒸散增强将部分抵消降水增益，区域干旱的基本气候格局不会发生根本性改变。同时，未来气候不稳定性持续加剧，极端高温、短时强降水、暴雨山洪等极端气候事件的发生频次与强度显著提升，降水时空集中度进一步提高，夏秋季节极端气候灾害风险持续上升，区域气候系统的波动性与脆弱性不断增强^[4]。

3.2 气候变化成因分析

祁连山区近 30 年显著的气候暖湿化演变，是全球自然气候波动与区域人为活动扰动共同作用的结果。自然因素层面，全球变暖大背景驱动青藏高原整体升温，西风环流与东亚夏季风环流异常交互作用，改变了区域

水汽输送格局,为降水增加提供了环流条件。同时,祁连山特殊的高山地形产生强烈的地形抬升效应,叠加高原气候系统周期性波动,进一步放大了区域升温增雨的变化信号,使山地气候对全球变暖的响应更为敏感^[5]。人为因素层面,全球碳排放持续增加加剧区域温室效应,局部城市化、土地利用改变影响近地面水热交换。而近年来祁连山生态修复、退耕还林还草、矿山修复等工程,有效改善下垫面条件,调节局地微气候,成为区域气候良性演变的重要人为驱动因素^[6]。

3.3 气候变化的区域生态效应

持续的暖湿化气候演变对祁连山区生态系统形成双重影响。负面效应突出表现为升温加速冰川、冻土消融,山区小型冰川持续退缩甚至消亡,冻土厚度减薄、冻融周期紊乱,导致区域“固体水库”储量锐减,长期水资源调节能力下降。同时,极端降水增多加剧局部水土流失与坡面侵蚀,地质灾害发生概率提升,高寒脆弱生态系统稳定性下降。正面生态机遇同样显著,降水增加与湿度提升有效改善区域干旱环境,延长高寒植被生长周期,促进草地植被覆盖度提升与生物多样性恢复,水源涵养能力稳步增强。整体而言,短期内暖湿化利于生态修复,但长期持续升温将引发冰川枯竭、水资源失衡等潜在风险,区域生态系统仍面临严峻挑战^[7]。

4 结语

本文基于 1995—2025 年气象数据,分析祁连山区气候要素时空变化、驱动机制与生态效应。结果显示,区域呈显著暖湿化趋势,气温升温速率高于全国平均,以冬季增温最突出,高海拔与中段为敏感区;年降水量

波动增加,夏季贡献最大,空间分异明显。同时日照时数、平均风速略降,相对湿度上升。全球变暖与大气环流异常是主因,生态治理改善局地气候。暖湿化短期利于植被恢复,但长期冰川冻土消融、极端气候频发,威胁水资源与生态安全。本研究仅用站点数据,未结合遥感与数值模型,小尺度机制与极端气候、水文生态耦合机理探讨不足。后续可融合多源数据,提升空间精度,深入揭示气候与冰川、冻土、水文、植被的联动机制,为祁连山生态保护、水资源管理与防灾减灾提供更精准支撑。

参考文献

- [1] 陈兵兵,盖迎春,宋忠航,等.祁连山地区生态质量时空变化及驱动力[J].中国沙漠,2024,44(06):258-267.
- [2] 杨斐,张文韬,张飞民,等.1961—2022年祁连山气候特征及其变化[J].干旱区研究,2024,41(10):1627-1638.
- [3] 周雪如.祁连山及周边地区暖期气候相似形对比研究[D].兰州大学,2023.D
- [4] 王有恒,李丹华,卢国阳,等.祁连山气候变化特征及其对水资源的影响[J].应用生态学报,2022,33(10):2805-2812.
- [5] 王俊瑶.近40年祁连山区气候变化特征及环流背景分析[D].山东师范大学,2021.
- [6] 杨露.祁连山地区生态环境质量时空变化及其驱动机制分析[D].兰州大学,2021.
- [7] 吕越敏,李宗省,冯起,等.近60年来祁连山极端气温变化研究[J].高原气象,2019,38(05):959-970.