

阿勒泰地区阿尔泰山脉融雪期积雪参数与洪水特征的关联性研究

钟超

新疆维吾尔自治区阿勒泰水文勘测中心，新疆阿勒泰，836500；

摘要：针对阿勒泰地区阿尔泰山脉融雪期内，洪水灾害频发，且灾害成因与积雪状态动态变化关联极为紧密的问题，专项开展积雪参数与洪水特征的关联性研究。通过明确积雪参数对洪水特征的影响路径与内在规律，为该区城融雪洪水的前期预判与主动防控工作提供科学依据，进而保障区域生态系统的稳定发展，维护居民生产生活的安全有序。

关键词：阿勒泰地区；阿尔泰山脉；融雪期；积雪参数；洪水特征；关联性

DOI：10.69979/3060-8767.26.02.022

引言

阿勒泰地区阿尔泰山脉地处高纬度、高海拔的特殊地理区域，该区域的融雪期以春季为主要时段。在这一时期，山地积雪的逐步消融，既是区域地表水资源与地下水补给的重要来源，同时也是引发融雪型洪水灾害的核心诱因，二者呈现出相互关联又相互制约的关系。基于这样的区域现状与现实需求，开展阿勒泰地区阿尔泰山脉融雪期积雪参数与洪水特征的关联性研究，对提升该区域融雪洪水的综合防控能力，具有重要的科学意义与实践价值。

1 阿勒泰地区阿尔泰山脉融雪期核心积雪参数梳理

1.1 积雪厚度与分布范围

积雪厚度是量化积雪总量、评估积雪资源规模的基础参数，其数值大小直接反映积雪的积累程度。在阿尔泰山脉融雪期内，受地理条件差异影响，不同海拔高度、不同坡向区域的积雪厚度，呈现出显著的空间异质性。其中，高海拔区域因气温更低、积雪消融更慢，积雪厚度普遍大于低海拔区域；阴坡因日照时间短、接收太阳辐射少，积雪厚度也优于日照充足、辐射较强的阳坡，这种厚度差异直接决定了区域内积雪的总储量规模。积雪分布范围则用于表征积雪覆盖的空间广度，其覆盖形态与范围大小，主要受地形条件（如山地起伏、河谷走向）与区域气候特征的共同制约，在阿尔泰山脉区域整体呈现“山地密集、河谷稀疏”的典型特征。

1.2 积雪密度与含水率

积雪密度指单位体积内积雪所具有的质量，是衡量

积雪紧实程度与含水量潜力的关键指标。进入阿尔泰山脉融雪期后，随着气温逐步回升，原本松散的积雪会在温度作用下逐步压实，积雪密度也随之逐步升高。积雪密度与融水量存在直接关联，密度越大，单位厚度积雪中包含的固态水量越多，积雪消融后可转化的液态水量也相应越多，进而直接影响积雪的整体消融速率。积雪含水率则特指积雪中液态水所占的比例，是反映积雪消融进程的重要参数。在融雪期前期，气温回升幅度较小，积雪消融程度较轻，含水率普遍处于较低水平；进入融雪期后期，气温持续升高，积雪消融进程不断加剧，积雪中的液态水占比也随之升高。

1.3 积雪消融速率

积雪消融速率是指单位时间内，积雪厚度减少的数值或积雪储量降低的规模，是衔接积雪参数与洪水形成的核心桥梁参数，直接决定了融雪径流的产生节奏。在阿尔泰山脉融雪期内，积雪消融速率的变化并非恒定，其数值大小主要受三大因素影响：一是气温条件，气温水平与消融速率呈正相关，气温越高，积雪吸收的热量越多，消融速率就越快；二是光照条件，阳坡因日照时间长、光照强度充足，积雪吸收的辐射热量多于阴坡，消融速率也显著高于阴坡；三是风力作用，适度的风力可加速积雪表面的热量交换与水分蒸发，对积雪消融起到辅助推动作用。

2 阿勒泰地区阿尔泰山脉融雪期洪水核心特征分析

2.1 洪水发生时间特征

阿勒泰地区阿尔泰山脉的融雪洪水，其发生时间并非随机，而是具有显著的季节性与规律性，整体集中于

春季积雪消融最为旺盛的时段，这一规律与区域气温回升、积雪消融的周期高度契合。该区域融雪洪水的具体发生时间，并非固定不变，而是受当年春季气温回升速度的直接影响：若当年气温回升速度较快，积雪消融进程会相应提前，融雪洪水的发生时间也会随之提前；若当年气温回升速度平缓，无明显骤升现象，积雪消融进程则会放缓，洪水发生时间也会相应推迟。此外，若在融雪期内叠加降雨天气，会打破洪水发生的常规时间规律，形成“融雪+降雨”的复合型洪水，这种洪水不仅会导致洪水发生时间进一步提前，还会延长洪水的整体持续时长，增加灾害应对难度。

2.2 洪水流量与峰值特征

在阿尔泰山脉融雪期内，融雪洪水的流量变化呈现“渐进增长、骤降缓慢”的典型过程特征，这一特征与积雪消融的节奏高度同步。在融雪初期，气温回升幅度有限，积雪消融速度较慢，地表径流量增长平缓，洪水流量也随之逐步上升，增长过程较为温和；进入融雪旺盛期，气温大幅升高，积雪消融速度达到峰值，地表径流量快速累积，洪水流量也随之快速增长至最大值，即洪水峰值，峰值流量的大小可直接反映洪水灾害的强度等级，峰值越高，灾害破坏力越强；进入融雪后期，区域内积雪储量因持续消融而大幅减少，地表径流量逐步降低，洪水流量也随之逐步下降，且流量下降的过程相较于增长过程更为缓慢，这一特点直接导致融雪洪水的整体持续时间较长，对区域的影响周期也相应延长。若在融雪期内叠加降雨，雨水会直接补充地表径流，使洪水流量峰值大幅升高，同时缩短峰值出现的时间，加剧洪水灾害的强度。

2.3 洪水影响范围特征

阿尔泰山脉融雪期洪水的影响范围，并非均匀分布，而是主要受区域地形条件与积雪分布格局的双重制约，整体呈现“核心区域集中、周边区域分散”的特征，其核心影响区域集中于阿尔泰山脉的山麓地带及河谷沿线地带。其中，山麓地带因地势相对平缓，且是周边山地积雪消融径流的主要汇集区域，径流在此集中后易形成大范围洪水，影响范围较广；河谷地带虽有河道作为径流疏导通道，但受河道宽度、深度及淤积情况限制，疏导能力存在上限，当径流量超出河道疏导能力时，洪水易漫溢至河道两侧，影响周边的天然草地、农田耕地及居民聚居点。而高海拔山地区域，因人口分布稀少、人类活动痕迹较少，且地表植被以耐寒草原为主，洪水在此区域的影响范围相对较小，主要对区域内的生态系

统（如草原植被、土壤结构）产生影响，对人类生产生活的影响较低。

3 阿勒泰地区阿尔泰山脉融雪期积雪参数与洪水特征的关联机制

3.1 积雪厚度、分布范围与洪水流量、影响范围的关联

积雪厚度与洪水流量之间，存在显著的正相关关系，二者变化趋势高度一致。当积雪厚度越大时，区域内积雪的总储量相应越多，在相同消融速率条件下，积雪消融后可形成的地表径流量也随之增大，进而推动洪水流量持续上升，洪水峰值也会相应升高，洪水灾害的潜在强度随之增强；反之，当积雪厚度较小时，区域积雪总储量有限，融雪后形成的径流量也相对较少，洪水流量与峰值则会相应偏低，灾害强度也随之减弱。积雪分布范围与洪水影响范围之间，同样存在紧密的关联，二者的空间匹配度较高。当积雪分布范围越广，尤其是在山麓地带与河谷周边区域的积雪覆盖面积较大时，融雪后地表径流的汇水面积会随之扩大，径流汇集量也相应增多，洪水漫溢的范围会进一步拓宽，灾害影响的区域也随之扩大；若积雪分布主要集中于高海拔山地，受地形限制，融雪径流难以大范围汇集成灾，洪水影响范围则会受到明显限制，灾害影响程度也相应降低。

3.2 积雪密度、含水率与洪水峰值、发生时间的关联

积雪密度、积雪含水率与洪水峰值之间，均呈现正相关关系，二者共同决定洪水峰值的高度与出现节奏。当积雪密度较高、含水率较大时，单位体积积雪中包含的总水量（固态+液态）更多，且其中液态水占比高，积雪消融后可快速转化为即时地表径流，无需额外的固态水融化时间，这会显著加快地表径流量的增长速度，不仅使洪水峰值的数值大幅升高，还会缩短峰值从开始形成到达到最大值的时间，即峰值出现时间提前。此外，若在融雪期内，积雪密度与含水率未按常规节奏变化，而是出现提前升高的情况，会直接推动积雪消融进程整体提前，进而导致融雪洪水的发生时间也相应提前；同时，高密度、高含水率的积雪消融速度快、持续时间短，也会使洪水峰值的持续时长相应缩短，最终形成“高峰值、短持续”的特殊洪水特征，增加洪水灾害的突发性。

3.3 积雪消融速率与洪水流量变化、峰值时间的关联

积雪消融速率是影响洪水流量变化趋势、决定洪水

流量动态特征的核心驱动因素，其变化直接主导洪水的形成节奏。当积雪消融速率较快时，单位时间内可转化的液态水量大幅增加，地表径流量也随之快速增长，洪水流量会呈现“快速上升”的趋势，洪水峰值的出现时间也会相应提前，且峰值流量的数值会更高，洪水灾害的突发性与强度也随之增强；当积雪消融速率保持平缓时，单位时间内转化的液态水量稳定且有限，地表径流量增长速度缓慢，洪水流量也呈现“缓慢上升”的趋势，洪水峰值的出现时间会相应推迟，峰值流量的数值也偏低，灾害风险相对较低。在阿尔泰山脉融雪期内，气温骤升是导致积雪消融速率突然加快的主要诱因，这种骤升会引发“突发性峰值”，洪水流量在短时间内急剧升高，灾害应对难度极大；而若气温保持持续温和的回升趋势，积雪消融速率会维持在稳定水平，洪水流量变化也相应平缓，峰值持续时长会进一步延长，可大幅降低洪水的突发风险，为灾害应对预留充足时间。

4 阿勒泰地区阿尔泰山脉融雪期积雪参数与洪水特征关联研究的实践应用价值

4.1 为融雪洪水预判提供科学依据

掌握阿勒泰地区阿尔泰山脉融雪期积雪参数与洪水特征的关联机制，可构建“积雪参数监测-洪水特征预判”的联动体系，为融雪洪水的前期预判提供坚实的科学依据。通过部署专业监测设备，实时跟踪积雪核心参数（如积雪厚度、积雪消融速率等）的动态变化数据，结合二者的关联规律，可精准推算出融雪洪水的发生时间、预测洪水流量峰值的大致数值，以及洪水可能影响的空间范围，有效避免传统预判方式中存在的滞后性问题。这些预判结果可直接为区域防汛管理部门提供决策支撑，助力其提前制定针对性的防汛计划，科学调配防汛物资（如沙袋、抽水设备）与防汛人员，大幅提升融雪洪水预判工作的精准度与前瞻性，为后续防控工作奠定基础。

4.2 助力优化洪水防控措施

基于积雪参数与洪水特征的关联规律，可打破“一刀切”的传统洪水防控模式，实现防控措施的精准化与差异化优化。在实际防汛工作中，若通过监测发现区域内积雪厚度偏大、积雪分布范围较广，结合关联规律可预判洪水流量与影响范围会相应增大，此时可提前开展河谷堤防加固工程，修补堤防薄弱部位，同时清理河道内的淤积物（如泥沙、杂物），提升河道的洪水疏导能力，减少洪水漫溢风险；若监测数据显示积雪消融速率

突然加快，结合关联规律可预判洪水峰值会提前出现且强度较高，此时可优先组织山麓及河谷周边居民的转移工作，同步搬运粮食、农机等重要物资，最大限度减少洪水灾害造成的人员伤亡与财产损失，实现“因参数施策、因风险防控”的优化目标。

4.3 保障区域生态与生产生活安全

依托阿勒泰地区阿尔泰山脉融雪期积雪参数与洪水特征关联研究的成果，可提升融雪洪水防控的精准性与有效性，进而从生态保护与民生保障两个维度，为区域发展提供安全支撑。在生态保护层面，精准的洪水防控可减少洪水对区域河谷天然草地、农田耕地的冲刷与淹没，避免植被退化、土壤侵蚀等生态问题，保护阿尔泰山脉山麓区域生态系统的结构稳定与功能完整，维护区域生态平衡；在民生保障层面，通过前期精准预判与及时防控措施，可有效避免洪水对居民聚居点的威胁，保障居民的生命安全与房屋、财产安全；同时，稳定的防汛效果可为区域农业生产（如春耕播种、作物生长）与畜牧业发展（如草场利用、牲畜放牧）提供稳定的环境，减少洪水灾害对生产活动的干扰，推动区域生态保护与经济发展的协调统一。

5 结语

阿勒泰地区阿尔泰山脉融雪期积雪参数与洪水特征的关联性研究，从实际价值来看，该研究既能够保障阿尔泰山脉周边区域生态系统的稳定发展，也能够维护居民生产生活的安全有序，为该区域科学应对融雪洪水灾害、实现生态保护与经济发展协同推进的可持续发展目标，提供有力支撑。

参考文献

- [1] 张良祥, 张建楠. 冰天雪地转化成金山银山的产业发展途径: 以黑龙江省冰雪装备设备为例[J]. 知与行, 2017(10): 50-59.
- [2] 吴天明. 我国冰雪产业发展路径选择[J]. 冰雪运动, 2018(03): 41-47.
- [3] 王帅, 陈洪. 新质生产力赋能冰雪产业高质量发展研究[J]. 沈阳体育学院学报, 2024, 43(04): 110-116+130.
- [4] 郭晓雨, 张慧妍, 李新月. 黑龙江省冰雪旅游产业结构升级路径研究[J]. 对外经贸, 2024, (06): 100-103.
- [5] 袁沫汐, 文佐时, 何利杰, 李鑫鑫, 赵林. 中国温带草地物候对气候变化的响应及其对总初级生产力的贡献[J]. 生态学报, 2024, 44(1): 354-376.