

近60年新疆主要气象灾害变化特征及其防灾减灾对策建议

■ 杨涛 张晋茹 杨莲梅 李建刚

在全球变暖和新疆干旱气候特征背景下,未来新疆气象灾害呈现加剧趋势,建议以工程性和非工程性防灾减灾建设相结合为原则,完善强有力的防灾指挥中心和防灾减灾体系建设,其中加强非工程性防灾减灾体系建设,预防为主,防治结合,实现“从减少社会经济损失向减轻灾害风险转变”。

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2022.06.017

当前,气候变化正对世界各国产生日益重大而深远的影响,受到国际社会的普遍关注。中国是易受气候变化影响的发展中国家,我国政府高度重视气候变化问题,并采取了一系列措施积极应对。科学研究表明,人类活动导致了近60年来以全球变暖为主要特征的气候变化,20世纪的变暖在全球(或北半球)和中国都可能是近千年中最显著的,IPCC第六次评估报告指出全球平均地表温度2001—2020年比1850—1900年增加了 $0.99[0.84\sim 1.10]$ °C,中国主要极端天气气候事件的频率和强度也出现了明显变化,这种变化已经并将继续对自然生态系统和人类社会经济系统产生重大影响,成为人类可持续发展最严峻的挑战之一。

新疆地处欧亚大陆腹地,属大陆性干旱半干旱气候,生态与环境极其脆弱,抵御自然灾害的能力较低。新疆气象灾害种类繁多、危害大,主要有干旱、大风、沙尘暴、暴雨、短时强降水、冰雹、暴雪、高温、干热风、寒潮、霜冻等。这些灾害不仅直接给新疆经济和人民生命财产造成严重损失,而且也使得水资源短缺、区域不平衡和生态环境恶化进一步加剧,还间接地引发了泥石流、山体滑坡、病虫害、生物疫病和交通事故等,因而成为影响新疆国民经济发展的制约因素。受全球气候变化的影响,新疆的气象灾害近年来也发生了显著变化,本文综合分析近60年来观测资料,总结归纳新疆主要气象灾害的变化特征,并给出气象防灾减灾对策与建议,为生态文明建设提供科学参考。

1 新疆近60年来主要气象灾害变化特征

1.1 资料

应用1961—2020年新疆105个气象站逐日观测资料,资料经过新疆气象信息中心迁站归一化处理,避免因迁站造成观测资料不连续和突变,大风、沙尘暴、扬沙、浮尘、冰雹标准为气象观测国家标准,暴雪、暴雨为新疆干旱气候背景地方标准^[3],在气象业务和服务中广泛应用。干旱指数用SPEI指数,该指数综合考虑降水、温度和蒸发等,可以反映干湿变化趋势,对气温变化敏感,在变暖背景下表征干湿变化具有明显优势^[4-5],具体计算见文献。

1.2 干旱化加剧

干旱是新疆经常发生的、危害最严重的气候灾害,危害极大,表现为发生频繁、持续时间长、区域性强、影响范围广、春旱严重。干旱是降水、温度、辐射、风速、蒸发等多种要素共同驱动的结果,诸多学者应用各类表征干旱的指数研究指出新疆地区在1987年由普遍干旱期变为相对湿润期,但从20世纪90年代后期由于气温显著增加引起蒸发增加新疆存在变干的趋势。气象观测数据表明1961—2020年新疆年平均气温呈显著上升趋势,增温速率为 $0.31\text{ °C}\cdot(10\text{a})^{-1}$,通过0.05显著性检验,仅次于青藏高原($0.37\text{ °C}\cdot(10\text{a})^{-1}$)和华北地区($0.32\text{ °C}\cdot(10\text{a})^{-1}$),1997年之前新疆年平均气温大多低于气候平均值,之后出现了明显增暖,明显高于气候平均值(图1a),但1997—2020年气温却无显著变化趋势。年降水量呈显著增加趋势(图1b),每

收稿日期: 2021年8月8日; 修回日期: 2022年4月18日

第一作者: 杨涛(1969—), Email: yd_yang@sina.com

通信作者: 杨莲梅(1969—), Email: yanglm@idm.cn

资助信息: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(IDM2022001)

10年增加8.1 mm, 1987年之前新疆年降水量以偏少为主, 之后明显增多, 但1987—2020年降水无显著变化趋势。从SPEI指数变化(图1c), 新疆表现为干旱化趋势特征, 从年代际看20世纪80年代中后期至90年代有明显的“暖湿化”特征, 表现为气温明显增高, 降水量显著增多, 干旱指数增加, 1997年以后随着温度增高, 潜在蒸散量加剧, 而降水量增加趋势减缓甚至微弱减少, 导致较明显的暖干化趋势, 即发生了“湿干转换”的现象。

由于降水增加存在空间上的差异, 当代绿洲农业规模的急剧扩张以及生态环境建设(植树种草保护绿洲)的迫切需求, 水资源供需矛盾近年来越来越尖锐。尽管近年来新疆的河流径流量增大, 但这种增大主要是以暴雨或冰雪融水洪水的形式出现的。由于缺乏大型控制性水库, 这一部分水量往往流失于河流尾间湖泊或荒漠, 实际上只起到了生态作用, 而对于缓解春季农业干旱意义不大, 所以干旱化也出现了加剧。1982—1997年新疆植被指数NDVI有明显的增加趋势, 植被趋于“变绿”; 1997年之后, 植被NDVI下降明显, 且较前一阶段植被覆盖波动较大, 说明1997年后

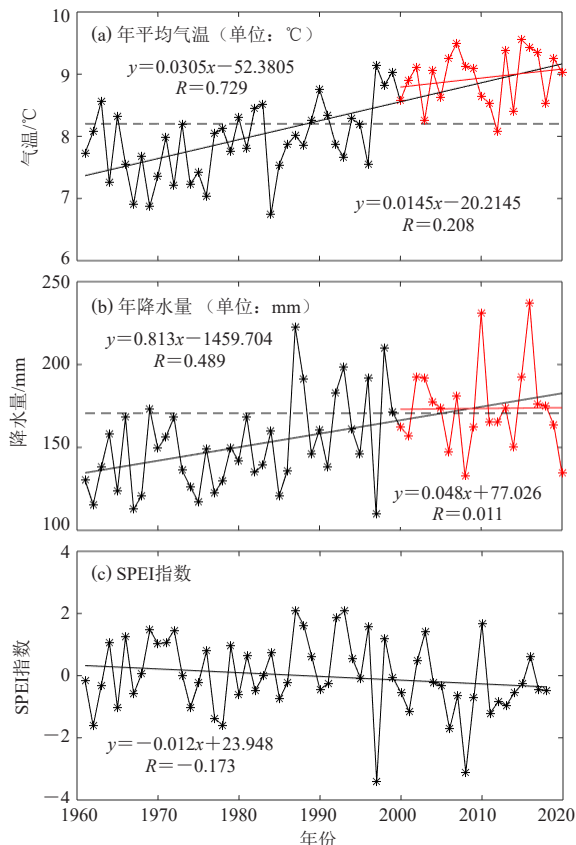


图1 1961—2020年新疆年平均气温(a, 单位: °C), 年降水量(b, 单位: mm), SPEI指数(c)

① 1千公顷=10 km²。

植被长势迟滞, 有较为明显退化, 在干旱地区, 潜在蒸散量增加可以加剧土壤水分蒸发, 诱导干旱发生, 进而影响到植被退化。

1.3 单次风灾损失加剧

新疆年平均大风日数为16.8 d, 1961—2020年大风日数呈明显减少趋势(图2), 减少速率为 $3.3 \text{ d} \cdot (10\text{a})^{-1}$, 减少趋势显著, 通过0.05显著性检验。1985年以前大风偏多, 1985年以后明显减少, 1998—2001年、2006—2010年为近20年相对多发时段, 但仍然远远少于历年平均值; 2010年代比1960年代减少了18.09 d。1966年大风日数最多, 比历年平均偏多17.22 d, 2016年最少比历年平均值偏少5.72 d。阿克苏、喀什地区风灾次数较多, 强度最大, 巴州重大风灾受灾次数最多, 是风灾防范和灾后救助的重点地区, 和田、吐鲁番因次数较多, 强度较大, 哈密强度较大, 是风灾防范和灾后救助的次重点地区。

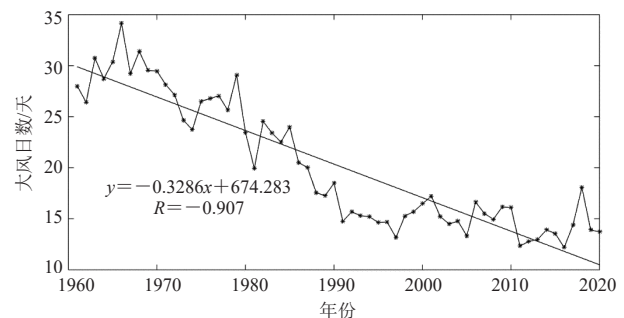


图2 1961—2020年新疆区域平均年大风日数年际变化(单位: d)

虽然新疆大风日数呈减少趋势, 但大风造成的灾害损失与当地社会经济发展状况密切相关, 据研究1980—2000年新疆风灾每年平均造成2.4亿元的经济损失^[12], 而现在一次大风天气造成的损失就可达近5亿元, 如2019年7月25—26日, 新疆巴音郭楞蒙古自治州库尉轮和若羌地区出现8级以上的大风, 风口风力达到12级, 导致正处于果实膨大和迅速增糖期的香梨大面积落果, 部分玉米、桃树等农作物倒伏、落果, 4.6万人受灾, 农作物受灾面积为20.7千公顷^①, 直接经济损失达4.9亿元。

随着新疆经济的快速发展, 同样一次大风造成的灾害损失加剧, 尤其对农业、交通、电力和工程设施以及人民生活等影响显著。由于风灾造成的损失各行业统计和评估存在诸多困难, 每年总的风灾损失无法客观定量给出, 但一次大风造成影响可以较清楚的获得, 2007年3月1日在新疆三十里风区出现大风, 吐鲁番境内一列火车客车遭遇11级极端大风, 瞬间风力达

13级, 11节车厢被大风刮翻, 3名旅客死亡, 2名旅客重伤, 32名旅客轻伤, 南疆线被迫中断9 h, 六七千人出行受阻, 风区最高风速记录为 $64 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。从1960年至今, 兰新铁路新疆段共发生大风将列车掀离路轨事故30余起。2021年12月21日百里风区出现大风, 瞬间风力达到14级, 沿途21辆客运列车停轮避风, 全部晚点到达目的地。新疆春季大风破坏性很大, 对棉花和林业常常造成巨大的经济损失。

1.4 沙尘减少

1961—2020年新疆平均年沙尘暴日数呈明显减少趋势(图3), 减少速率为 $1.47 \text{ d}\cdot(10\text{a})^{-1}$, 通过0.05显著性检验, 南疆塔里木盆地西部和哈密东部减少速率大于 $4 \text{ d}\cdot(10\text{a})^{-1}$ 。1990年以前沙尘暴多发, 平均年沙尘暴日数为7.27 d, 以后沙尘暴减少明显, 除2001年以外所有年份均明显少于历年平均值, 平均年沙尘暴日数为2.28 d; 2010年代比1960年代减少了6.31 d。

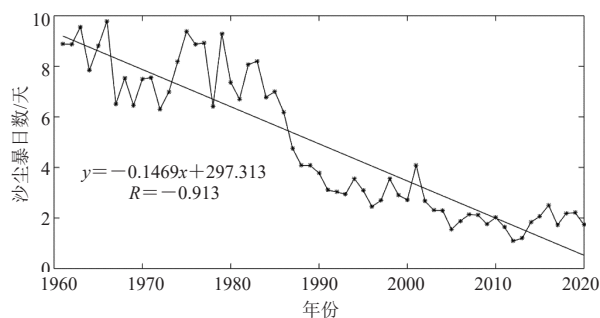


图3 1961—2017年新疆区域平均年沙尘暴日数年际变化(单位: d)

1961—2020年新疆平均年扬沙日数为13.22 d, 呈明显减少趋势, 减少速率为 $2.5 \text{ d}\cdot(10\text{a})^{-1}$, 通过0.05显著性检验。1991年以前为扬沙多发期, 所有年份均多于历年平均值, 平均年扬沙日数为19.79 d; 1991年以后明显减少, 所有年份均少于历年平均值, 平均年扬沙日数为9.92 d, 前者约为后者2倍; 2010年代比1960年代减少了10.42 d。年际变化明显, 1979年出现最多, 比历年平均值偏多12.78d; 2013年最少, 比历年平均值偏少7.22 d。

1961—2020年新疆平均年浮尘日数为25.33 d, 呈明显减少趋势, 减少速率为 $3.93 \text{ d}\cdot(10\text{a})^{-1}$, 通过了0.05显著性检验。1989年以前为浮尘多发期, 所有年份多于历年平均值, 平均年浮尘日数为37.69 d; 1989年以后明显减少, 多数年份均少于历年平均值, 平均年浮尘日数为20.91 d, 前者为后者的1.8倍; 2010年代比1960年代减少了14.75 d。年际变化明显, 1979年出现最多, 比历年平均值偏多26.47 d; 2011年最少, 比历年平均值偏少12.83 d。

1.5 冰雹灾害

新疆是冰雹灾害多发区, 区域特征显著, 1961—2020年新疆平均年冰雹日数呈显著减少趋势(图4), 平均每10 a减少0.17 d。1994年之前以偏多为主, 之后明显减少。阿克苏地区雹灾频次最多、受灾面积及经济损失最大, 年平均雹灾6~7次, 平均每年有34.5万亩农田受雹灾, 是雹灾重点防御地区, 喀什、塔城、伊犁、博州、石河子等地因雹灾频次较多, 受灾面积及经济损失较大, 为次重点防御地区, 重大雹灾平均2年发生一次。雹灾主要集中在4—9月, 雹灾发生频次6月最多, 受灾面积5月份最多, 可比经济损失值以7月份最大。一次雹灾虽然影响范围不大, 持续时间短, 但其强度大, 常常使受灾地区作物遭到毁灭性打击。新疆雹灾频次、受灾面积、经济损失从1970 s开始增长较快, 受灾面积、频次1990 s达到最大, 尤其强对流天气造成的局地性强冰雹灾害次数明显增加, 2009年阿克苏地区出现了有气象记录以来最严重冰雹灾害。

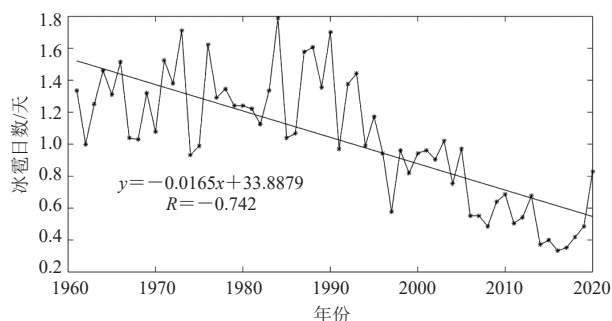


图4 1961—2020年新疆区域平均年冰雹日数年际变化(单位: d)

1.6 洪灾次数增多、强度增强

新疆为干旱半干旱区, 年降水量仅为170.6 mm, 但降水分布极不均匀, 呈现山区多、平原少分布特点, 天山山脉新疆境内长1700 km, 南北平均宽250~350 km, 最宽处达800 km, 是世界上最大的独立纬向山系, 是世界干旱区的多雨山地之一, 随海拔和地形差异年降水量为300~900 mm, 是新疆暴雨频发区, 降水量西部多东部少、北坡多南坡少, 源于天山的河流约占新疆水资源的70%。1961—2020年随着降水量增加, 新疆平均年暴雨日数呈明显增加趋势(图5), 增加速率为 $0.03 \text{ d}\cdot(10\text{a})^{-1}$, 通过0.05显著性检验。1960年代至1990s中期新疆暴雨日相对较少, 1990s中期以后相对较多, 具有显著年代际变化, 2010s比1960年代增加了0.21 d, 1997—2020年暴雨日无显著变化趋势且年际变化加剧。天山山区年平均暴雨日数为1.3 d, 呈现明显增加趋势, 增加速率为 $0.13 \text{ d}\cdot(10\text{a})^{-1}$, 暴雨局地性强, 其中天池年平均暴雨

日数4.1 d、小渠子2.6 d。

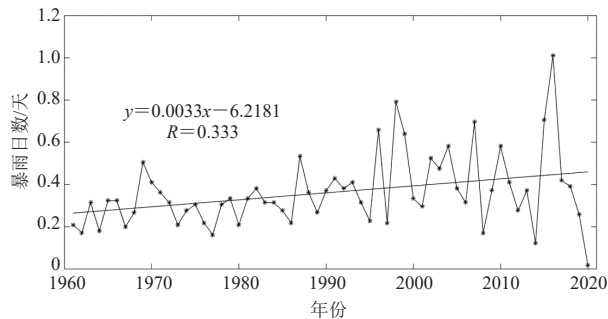


图5 1961—2020年新疆区域平均年暴雨日数年际变化(单位:d)

新疆洪水有暴雨洪水、融雪(冰)洪水、混合型洪水及溃坝性洪水等四类,春季主要是融雪型洪灾,夏季以暴雨洪灾为主,冬季主要是冰洪灾,夏季是洪灾的多发季节,占全年的88.4%,暴雨型洪水因来势凶猛、洪峰大、陡涨陡落,破坏性极强,致灾比例极大,其形成灾害概率占52.9%,造成损失的比例更是高达63%,因此,新疆洪灾损失的自然因素主要是暴雨洪水,平均每年发生重大洪水灾害16县次。

阿克苏、喀什和昌吉地区是新疆各级洪灾次数最多的地方,是重洪灾区。阿勒泰、塔城、博州和伊犁地区融雪型洪水较多,南疆巴州仅在中低山区有暴雨洪水,是次重洪灾区。特级洪灾平均每2年发生1次,一级洪灾平均每2年3次。1987年开始,新疆气候趋暖、夏季降水显著增多,且天山及其两侧暴雨发生高频区暴雨频次呈显著增加趋势,使得发源于天山南北两侧河流的暴雨洪水和冰雪融水洪水灾害自80年代以来呈显著增多趋势,且超标准洪水变率明显增强,洪灾次数增多,量值增大。

1.7 雪灾加剧

新疆天山及其以北是中国冬季降雪和雪灾的高频区,1961—2020年新疆平均年暴雪日数呈明显增加趋势(图6),增加速率为0.02 d/10a,通过0.05显著性检验。2000 s中期以前以偏少为主,变化趋势不大,2000 s中期以后偏多年份增加,特别是2010年代后期呈大幅增加趋势。新疆平均每年发生雪灾5.3次,重大和一般雪灾发生概率分别为39.8%和60.2%。春季雪灾最多最重占54.1%,冬季次之占28.4%。雪灾是制约新疆畜牧业持续发展的重要致灾因子,其中阿勒泰、塔城、伊犁牧区是雪灾最重、损失最大的区域。雪灾对新疆畜牧业的影响最为严重占42.8%,其次对交通、农业、建筑、通信等也有严重影响。新疆天山以北是雪灾的高发区,随着气候变化新疆降雪量和降雪次数呈现显著增多趋势,且阿勒泰、塔城、伊犁地区这些暴雪多发区暴雪次数也显著增多,使得新疆雪

灾次数、强度和灾害损失出现明显增加趋势,建国以来最严重的五次特大雪灾依次为2009年11月—2010年3月、2016年11月、2015年12月、2011年3月和2013年11月,均发生在2009年以后,2009、2010、2016、2015和2013年暴雪日居历史前5位,与最严重五次特大雪灾对应,严重的暴雪严寒天气给新疆北部地区的交通、基础设施、农业、畜牧业等带来严重的灾害损失。如2009年11月5日至2010年3月21日,新疆出现六次持续性暴雪过程,由此导致新疆出现有气象记录以来冬季最大降水量和最严重雪灾,其中阿勒泰、塔城、伊犁和乌鲁木齐冬季降水量分别达223.8 mm、234.2 mm、269.1 mm和123.2 mm。新疆维吾尔自治区民政厅灾情报告,2009年12月22日—2010年1月8日的暴雪严寒天气导致新疆141.73万人(次)受灾,因灾死亡13人,16.1856万人(次)的受灾群众紧急转移安置,因灾伤病1168人,倒塌房屋7125间,损坏房屋21856间,受损棚圈及蔬菜大棚8911座(间),死伤大小牲畜10.1万头(只),有371万头(只)牲畜觅食困难,至2010年2月初暴雪灾害造成直接经济损失达6.5亿元。

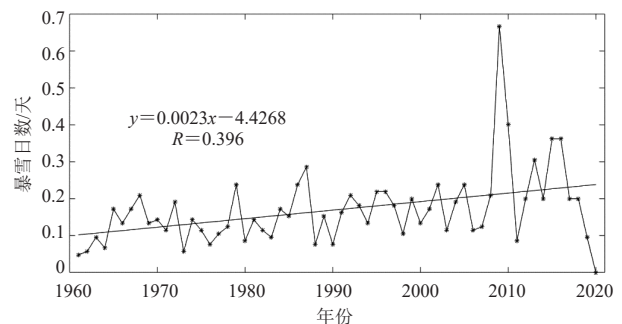


图6 1961—2020年新疆年暴雪站日数年际变化(单位:d)

2 未来新疆气象灾害变化趋势预估

据全球变化趋势预测和我国气候专家的气候预测,从目前至本世纪中期,新疆气候变化将继续保持变暖增湿趋势,到2050年年平均气温增加1.5℃以上。届时天山山地的众多小冰川将有可能消失,这将增大新疆众多靠小河流养育的小绿洲的干旱风险。国际政府间气候变化专门委员会(IPCC)报告早就指出,有迹象表明全球增暖导致冬季风减弱,夏季风增强。因此,目前的雨区将向我国西北扩展,使位于西北内陆的新疆获得更多的降水机会。根据气候模式,IPCC对未来100年的气候极端事件及其影响进行了预测,其主要预测结果是:①几乎所有地区的陆地最高温度上升,热日和高温天气更多;最低温度上升,冷日与寒潮更少;②降水极值将比平均值增加,强度增加;极端降水事件的频率增加;③夏季中纬度大陆腹地将出

现干旱化趋势。这主要是由于增温和潜在蒸发共同作用的结果，而同期降水的增加不能补偿潜在蒸发的增加。由于全球变暖所造成的海洋蒸发量的加大，海洋对陆地水汽输送将增多，新疆继续增湿的可能性将增大，但由于距海洋遥远，水汽输送量有限，因而增湿的幅度不会很大，也就是说，新疆总的干旱气候格局将不会有大的改变。在全球变暖和新疆干旱气候特征背景下，未来新疆气象灾害可能呈现加剧趋势。

3 新时代防灾减灾指导方针和措施

新时代中国特色防灾减灾救灾要坚持以防为主、防抗救结合方针，坚持常态减灾和非常态救灾相统一，努力实现从注重灾后救助向灾前预防转变，从应对单一灾种向综合减灾转变，从减少灾害损失向减轻灾害风险转变，全面提升全社会抵御自然灾害的综合防范能力。气象灾害作为自然灾害中最常见、出现最频繁的灾害种类，也应遵照党中央新时代防灾减灾救灾指导方针。从工程措施来说，加强气象灾害监测、预测预报预警、评估系统建设，加强灾害预测预警能力是需要持续开展并不断完善的工作，随着经济社会发展，人类开发地域、生产方式、生态影响、交通运输、高质量公共服务等方方面面的变化导致承灾体的暴露度、脆弱性时刻发生变化，也要求监测、预测预报预警、评估不断适应变化，所以系统建设要持续进行以满足需求；从非工程措施来说，开展气象灾害科学基础研究，包括灾害普查、机理研究、基于对特定承灾体影响的预警等也是应对灾害的基础工作，还有防灾减灾科普、防灾减灾法规也是非常重要的。

从工程性和非工程性防灾减灾措施结合来看，以监测预测系统为支撑，以防御机制建设为核心，应急联动、统一指挥、预警传播、灾害保险等等方面工作举措统筹是防灾减灾的重点；以预估评估技术为支撑，规划开展人工影响天气、重点区域防护工程也是减轻灾害风险的有效措施。

从新疆区域来说，近年来持续推进气象灾害防御机制，自治区人民政府指出完善政府主导、部门联动、社会参与的气象灾害防御机制，构建以县级气象灾害防御指挥机构为主体，以自然村、气象灾害防御重点单位、气象次生灾害易发区网格的基层气象防灾减灾体系。具体来说通过气象灾害普查，摸清灾害风险分布，加强高风险地区监测，持续开展灾害影响评估，机理研究，加强风险预测预警能力，包括科学预测能力、预警发布能力、风险决策能力等，就是防御机制和防灾减灾体系的系统性建设工程。新疆已经在人工增雨雪和防雹、山区水库及防洪工程、工矿

企业防雷设施、交通线路防风墙、经济林果防雹网等各类工程措施方面始终在广泛开展。贯彻新疆气候资源保护和开发利用条例以及在生态、大气污染防治等方面开展的保护性工作，也是减轻灾害风险的重要举措。还需要进一步加强预警、应急能力，加强公众的灾害知识科普。

4 气象防灾减灾提升路径

新疆位于干旱、半干旱区，自然地理复杂，生态环境脆弱，气候条件多变，天气灾害随地域和季节变化有较大差异，随着全球变暖，各种天气灾害次数和强度呈现加剧的趋势，给国民经济建设和生态环境保护带来严重危害。为了应对各种气象灾害，建议进行工程性和非工程性防灾减灾建设相结合的原则，其中加强非工程性防灾减灾体系建设，预防为主，防治结合。

4.1 完善强有力的防灾指挥中心和防灾减灾体系建设

防灾指挥中心负责统一领导，指挥和协调各方面力量，发挥各职能部门的优势，加强气象、水利、农业、牧业、林果业、交通、电力、自然资源、生态环境监测等相关领域科学数据、计算机算力和人才等资源共享，实现各部门间减灾信息资源共享，发挥群体优势，以有效减轻因各种气象灾害造成的损失。加强和完善“政府主导、部门联动、社会参与”的气象灾害防御机制，形成区域联防、上下联动、部门联合的气象灾害及其次生灾害应急处置机制，提高气象灾害监测预报、预警服务、应急处置和应对防范水平。对突发的重大气象灾害，采取应对措施，做到预警有手段，转移有路线，避灾有地点，安置有方案，生活有着落，防疫有保障，全面提高气象灾害指挥快速反应能力。

4.2 进一步加强各种气象灾害科学基础研究

新疆干旱、大风、冰雹、洪水和雪灾防治工作综合性强、区域性强、学科跨度大，应加大对区域天气灾害形成机理和预警预报技术研究，深化防灾减灾系统工程及工程、非工程措施的研究，综合各相关部门制定出科学合理的气象防灾减灾规划和灾害风险评估模型，为气象灾害预防和抵御提供理论基础和科学指导作用。

4.3 开展气象灾害的影响预报研究

基于气象灾害科学、精细化的预报预警，结合灾害风险影响评估和研究，开展多部门、多学科交叉的基于气象灾害影响的预报和基于影响的风险预警，是气象工作落实“从减少社会经济损失向减轻灾害风险

转变”的有效途径，在灾害防御链条中，气象灾害的影响研究和预报可以令防御建议更精准、更直观，也是极有挑战性的工作，目前处于起步阶段，需要开展和加强各种气象灾害天气对那些行业能造成什么样的影响、损失会有多大，这是要重点关注和研究的，也是气象预报服务工作进一步发展的目标，可能孕育一种新的业态。

4.4 完善和优化气象灾害监测、预警预报预测和评估系统建设

利用较完善的综合监测网和先进的科学技术，气象与相关部门协调合作，探索多因子多灾种综合预报途径，不断提高灾害的精细化监测、预警预报预测水平，并使气象灾害信息采集及时，分析加工准确、自动化程度高、综合能力强、效率高，反应迅速，为减轻和防御气象灾害的影响赢得宝贵时间。根据灾情的最新评估情况，提出对减灾预案的修改和补充意见，以便有的放矢解决问题。

4.5 强化各种灾害的具体应急预案和灾害保险

在调查研究基础上，制定多学科、合理的应急对策预案。一旦有紧急事件，通过电视、广播、短信、微信、视频公众号、网络等多种媒体告诉公众真实的情况，按预定的应急方案执行。大力开展灾害保险，减轻天气灾害造成的经济负担，使灾后的经济得以尽快恢复，是一项安定民心、灾后重建和恢复生产的有效措施。

4.6 加强全民防灾减灾的宣传教育工作和防灾减灾法规建设

进行各种自然灾害发生先兆、发展特征和紧急避险知识的普及和宣传，充分利用学校教育、电视传媒、报刊杂志、网络平台等开展人民群众防灾减灾的教育，提高个人、企业、部门在面临气象灾害时的自我保护能力，以减少不必要的伤亡和损失。以法律法规为依据补充制定一些必要的地方性法规和管理条例，努力防御和减轻气象灾害造成的损失。

5 小结

通过近60年新疆主要气象灾害变化特征分析、气象灾害防灾减灾措施及对策思考，本文小结如下：(1)表明大风、沙尘、冰雹呈显著减少趋势，干旱、暴雨、暴雪呈显著增加趋势。(2)未来新疆总的干旱气候格局将不会有显著改变，在全球变暖和新疆干旱气候特征背景下，未来新疆气象灾害呈现加剧趋势。(3)为了应对全球变化背景下各种气象灾害，建议以工程性和非工程性防灾减灾建设相结合为原则，完善强有力的防灾指挥中心和防灾减灾体系建设，进一步加强各种气象灾害科学基础研究，开展气象灾害的影响预报研究，完善和优化气象灾害监测、预警预报预测和评估系统建设，强化各种灾害的具体应急预案和加强保险，加强全民防灾减灾的宣传教育工作和防灾减灾法规建设等，预防为主，防治结合，实现“从减少社会经济损失向减轻灾害风险转变”。

深入阅读

陈亚宁, 王怀军, 王志成, 等, 2017. 西北干旱区极端气候水文事件特征分析. 干旱区地理, 40(1): 1-9.
 陈洪武, 辛渝, 陈鹏翔, 等, 2010. 新疆多风区极值风速与大风日数的变化趋势. 气候与环境研究, 15(4): 479-490.
 姜大膀, 苏明峰, 魏荣庆, 等, 2009. 新疆气候的干湿变化及其趋势预估. 大气科学, 33(1): 90-98.
 秦大河, 翟盘茂, 2021. 中国气候与生态环境演变: 2021, 第一卷: 科学基础. 北京: 科学出版社.
 热苏力·阿不拉, 牛生杰, 王红岩, 2013. 新疆冰雹时空分布特征分析. 自然灾害学报, 22(2): 158-164.
 石英, 高学杰, Giorgi F, 等, 2010. 全球变暖背景下中国区域不同强度降水事件变化的高分辨率数值模拟. 气候变化研究进展, 6(3): 164-169.
 施雅风, 沈永平, 李栋梁, 等, 2003. 中国西北气候由暖干向暖湿转型的特征和趋势探讨. 第四纪研究, 23(2): 152-164.
 王秋香, 任宜勇, 2006. 51 a新疆雹灾损失的时空分布特征. 干旱区地理, 29(1): 65-69.
 王秋香, 崔彩霞, 姚艳丽, 2008. 新疆不同区域洪灾受灾面积变化趋势及多尺度分析. 地理学报, 63(7): 769-779.
 王秋香, 任宜勇, 张静, 2006. 新疆近53年洪灾研究. 新疆气象, 29(6): 1-3.
 王秋香, 李红军, 2003. 新疆近20 a风灾研究. 中国沙漠, 23(5): 545-548.
 谢培, 顾艳玲, 张玉虎, 等, 2017. 1961—2015年新疆降水及干旱特

征分析. 干旱区地理, 40(2): 332-339.
 杨红龙, 许吟隆, 张镭, 等, 2010. SRES A2情景下中国区域21世纪末平均和极端气候变化的模拟. 气候变化研究进展, 6(3): 157-163.
 轩俊伟, 郑江华, 刘志辉, 2016. 基于SPEI的新疆干旱时空变化特征. 干旱区研究, 22(2): 338-344.
 姚俊强, 毛炜峰, 陈静, 等, 2021. 中国新疆气候“湿干转折”的信号和影响探讨. 地理学报, 76(1): 57-72.
 张家宝, 苏起元, 孙沈清, 等, 1986. 新疆短期天气预报指导手册. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社.
 张俊兰, 张莉, 2011. 新疆阿克苏地区50a来强冰雹天气的气候特征. 中国沙漠, 31(1): 236-241.
 翟盘茂, 周佰铨, 陈阳, 等, 2021. 气候变化科学方面的几个最新认知. 气候变化研究进展, 17(6): 629-635.
 翟盘茂, 余荣, 周佰铨, 等, 2017. 1.5 °C增暖对全球和区域影响的研究进展. 气候变化研究进展, 13(5): 465-472.
 Vicente-Serrano S M, Begueria S, López-Moreno J I, 2010. A multiscale drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. Journal of Climate, 23(7): 1696-1718.
 Vicente-Serrano S M, Lopez-Moreno J I, Begueria S, et al, 2014. Evidence of increasing drought severity caused by temperature rise in southern Europe. Environmental Research Letters, 9(4), DOI: 10.1088/1748-9326/9/4/044001.

(作者单位: 杨涛、张晋茹、杨莲梅、李建刚, 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所; 杨涛, 新疆气候中心)