



中国科学院

资源环境领域系列研究报告

A Series of Research Reports on
Resources and Environment

中国西北干旱区水资源与 生态环境研究报告

内 容 概 要

中国科学院新疆生态与地理研究所

中国科学院西北生态环境资源研究院

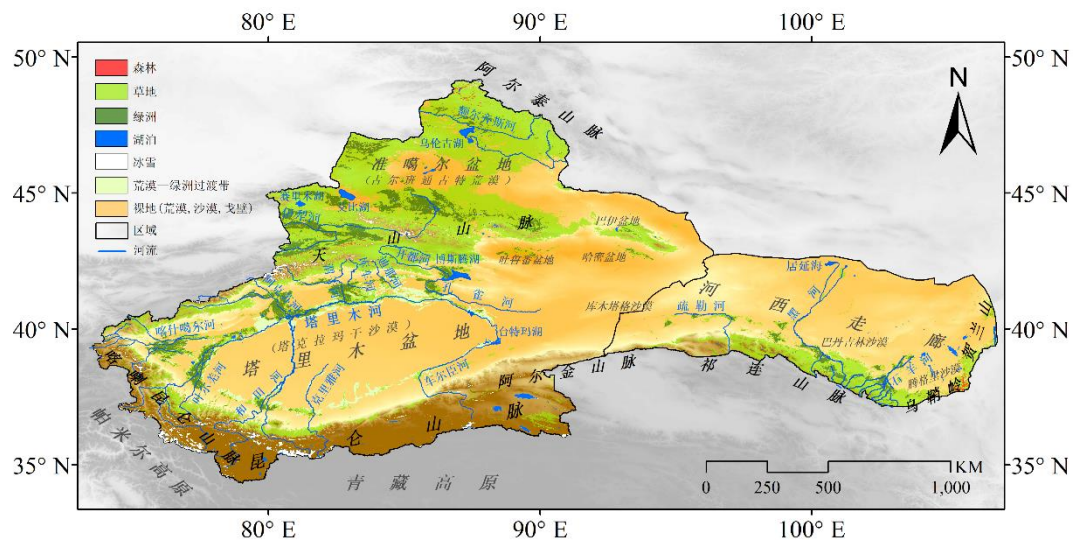
等 编制

目 录

一、报告背景	1
二、我国西北干旱区水资源与生态环境基本特征.....	3
三、我国西北干旱区水资源与生态环境变化.....	7
四、我国西北干旱区水资源与生态环境保护建议.....	11

一、报告背景

中国西北干旱区系指贺兰山—乌鞘岭以西，祁连山—昆仑山以北，包括新疆全部和河西走廊的广大西北内陆干旱区，约占中国国土面积的 1/4（如图）。西北干旱区气候干旱、植被稀疏，以山地、荒漠为主体，绿洲面积仅为 9.7%，是我国的荒漠大区，荒漠、戈壁面积占全国的 80%。西北干旱区是我国资源型缺水最严重的区域，同时存在工程型缺水、结构型缺水和 管理型缺水等问题。水资源短缺是制约西北干旱区社会经济发展的最关键自然因素。



西北干旱区概图

全球变暖对西北干旱区水资源和生态系统产生了重要影响。气候变化打破了原有的自然平衡，引起的山区冰川/积雪变化和水循环过程改变加剧了西北干旱区关键水文要素变率和水资源供给的不确定性，导致西北干旱区绿洲经济与荒漠生态两大系统的水资源矛盾更加突出。如何实现西北干旱区水-经济-生态协同发展，保障区域水、生态安全，是丝绸之路经济带建设的关键所在。

党的十八大以来，以习近平同志为核心的党中央高度重视水资源节约保护与生态文明建设。在第三次中央新疆工作座谈会上，习近平总书记强调“多谋长远之策，多行固本之举，努力建设团结和谐、繁荣富裕、文明进步、安居乐业、生态良好的新时代中国特色社会主义新疆”。为全面准确贯彻新时代党中央和习近平总书记的要求，在中国科学院的部署下，新疆生态与地理研究所和西北生态环境资源研究院等单位，组织编制了《中国西北干旱区水资源与生态环境研究报告》。

报告基于中国科学院野外站长期监测资料、实地调查以及国家公开发布的公报数据，系统分析了西北干旱

区水资源与生态环境基本特征，揭示了气候变化背景下西北干旱区冰川、积雪水资源潜力，探讨了水资源承载力及供需水风险，预估了水资源和生态环境未来变化趋势，提出了水资源可持续利用和生态环境保护建议，旨在为推进“绿色丝路”建设、实现区域经济社会高质量发展提供科技支撑。

二、我国西北干旱区水资源与生态环境基本特征

西北干旱区以山、盆相间的地貌格局、山地-绿洲-荒漠复合生态系统为基本特点，水是连接山地-绿洲-荒漠三大生态系统的纽带。山区降水较丰沛，发育有大面积现代冰川，冰川融水占西北干旱区地表总径流的 25% 以上，在河川径流构成和稳定方面起着举足轻重的作用；平原区以荒漠为主体，沙漠戈壁面积约占全国沙漠总面积的 80%，是我国的荒漠大区，生态环境极端脆弱，生产、生活、生态用水矛盾突出；人工绿洲面积不足 10%，承载了约 98% 的人口，生产了 95% 的 GDP，是西北干旱区人类活动和经济社会发展的主要载体。

（一）西北干旱区地处欧亚大陆腹地，远离海洋，是我国水资源最贫乏地区，也是世界上最干旱地区之一。

西北干旱区降水稀少，多年平均降水量约为 156.36 mm，其中，南疆塔里木盆地的多年平均降水仅为 74.2 mm。资源型缺水严重，水资源总量约 995.57 亿 m^3 (2010~2020 年水资源公报)，仅占全国的 3.46%，是我国水资源最贫乏的地区。水资源的形成、转化及水循环过程独特，水资源形成区与消耗利用区相互分离，水资源形成于山区，消耗在平原、绿洲及荒漠区；时空分布极为不均，在空间上，西部多、东部少；在年内分配上，春旱、夏洪。

（二）西北干旱区气候水文要素对气候变化响应敏感，在 1998 年出现了“跃动式”升温。

在全球变暖背景下，西北干旱区升温明显，年均气温以每 10 年 0.32°C 的速率显著上升，是全国平均水平的 2.5 倍，并在 1998 年出现了“跃动式”升温，升温后较升温前的平均气温升高了 1.13°C ，年平均气温由 1960~1997 年的 7.50°C ，升高至 1998~2021 年的 8.63°C 。与此同时，西北干旱区的降水量也表现为明显

增加趋势，每 10 年平均增加了 9.32 mm，其中，北疆地区的降水增加量明显高于南疆和河西走廊地区。但温度升高导致蒸发能力加大，实际蒸散发量以每 10 年 11.91 mm 的速率增加。

（三）西北干旱区的水资源多元构成，组分复杂，气候变化加剧了水文情势变化的复杂性。

西北干旱区以内陆河为主，几乎所有的河流都发源于山区，水资源主要由高山区冰川积雪融水、中山森林带降水和低山带基岩裂隙水等多元组成，受气候变化影响强烈。在过去 50 年间，阿尔泰山南坡、昆仑山北坡、祁连山北坡以及天山南、北坡等大部分河流伴随温度升高和降水增加，径流量表现出增加趋势。并且，天山和昆仑山一些冰川作用发育的河流，未来径流仍将处于高位震荡。与此同时，水文情势也变得更为复杂，水文波动性增强、水资源不确定性增大，河川径流丰、枯急转及交替变化频率增加。以冰川融水补给为主的河流，夏季径流更为集中；以融雪径流为主的河流，春季径流提前，而夏季径流减少；对于冰雪融水和降水混合补给的河流，夏季径流增加明显，汛期洪水风险和压力增大。

（四）西北干旱区是我国冰川拥有量最多的地区，气候变暖导致冰川、积雪加速消融，冰川对水资源的调蓄功能下降。

西北干旱区分布有天山、昆仑山、喀喇昆仑山、阿尔金山和祁连山等一系列高大山系，分布有冰川 23378 条，冰川总面积 24221.63 km²，总储量为 2155.82 km³，分别占全国冰川总量的 48.1%、46.7%和 47.8%，冰川作用强烈。在过去的 60 年，中国西部冰川面积减小了 18%，新疆境内的冰川面积缩小了 11.7%，其中，阿尔泰山冰川退缩最显著，缩小 37.2%，祁连山冰川的缩小比率为 5.5%~48.5%。随着冰川退缩，冰川的调节功能减弱。像塔里木河流域的阿克苏河、和田河和叶尔羌河，冰川融水占比大，冰川融水径流仍将呈现持续稳定的增加趋势，对河川径流的补给和调节作用也会进一步增强。然而，在本世纪中叶达到峰值后，冰川径流可能会出现降低趋势。

（五）西北干旱区以山地-绿洲-荒漠复合生态系统为基本特点，水是连接山地-绿洲-荒漠三大生态系统的纽带。

西北干旱区生态环境脆弱，干旱少雨，沙漠戈壁面积占全国的 80%；植被稀疏，主要为盐生、旱生的灌丛

和草本植被，以低矮、稀疏、覆盖度低为特点；资源型缺水严重，水-生态系统脆弱。山区冰川、积雪广布，降水相对丰富，河川径流均来源于山区，消耗于平原区，形成了山区产水、绿洲耗水、荒漠区缺水的基本格局。

三、我国西北干旱区水资源与生态环境变化

党的十八大以来，生态文明建设融入到经济社会建设的各方面和全过程，生态环境意识大幅提升，水资源节约利用与管理水平不断提高，经济社会用水结构逐步优化，结构性缺水问题在逐步改善。地表水体面积扩大，生态系统总服务价值提升，水环境质量总体向好，水环境容量显著增加，人类赖以生存的绿洲生态环境不断改善，土地生产力大幅提升。

（一）西北干旱区水资源利用方式不断优化，水资源承载力处于增强态势。

随着用水结构调整、水资源利用效率提升，以及水资源利用量外延的不断拓宽，西北干旱区的水资源承载力处在不断提升和增强态势。同时，受气候变化的影响，

自 20 世纪 90 年代中期以来，西北干旱区山区来水量增加了约 110 亿 m^3 ，水资源可利用总量大幅增加。对不同排放情景下径流预估结果显示，在 2040 年以前，西北干旱区的天山、昆仑山地区一些大型河流的径流量均会保持高位波动，大多数河流冰川融水径流将在 2040~2070 年达到峰值。

（二）西北干旱区水资源节约利用成效显著，用水效率不断提高。

近 10 年来，西北干旱区水资源节约利用成效显著，用水结构不断优化。农业用水比例由 2012 年的 95.84% 下降到 2021 年的 90.94%，其中，新疆由 96.72% 下降到 91.98%，河西走廊地区由 88.92% 下降到 82.55%；农业灌溉用水量降低，新疆农田灌溉亩均用水量由 2012 年的 642 m^3 下降至 2021 年的 545 m^3 ，河西走廊由 676.28 m^3 下降至 446 m^3 ；用水效率不断提高，新疆万元 GDP 用水量由 2012 年的 728 m^3 下降至 2021 年的 359.1 m^3 ，万元工业增加值用水量由 39 m^3 下降至 23.9 m^3 ；河西走廊地区的万元 GDP 用水量由 441 m^3 下降至 252 m^3 ，万元工业增加值用水量由 57.35 m^3 下降至 29 m^3 。

（三）西北干旱区农业生产发展迅速，节水灌溉面积不断扩大，农业水生产效率显著提高。

西北干旱区是我国重要的粮食、棉花和优质果蔬的主产区，农业生产发展迅速。近 10 年来，耕地面积由 10695 万亩增加到 12320 万亩；水利设施不断完善，灌溉定额降低，新疆和河西地区的灌溉水利用系数分别由 2012 年的 0.480 和 0.520 提高到了 2021 年的 0.575 和 0.588；灌溉保证率显著提高，灌溉面积由 2012 年的 8721 万亩增加到 2021 年的 11412 万亩。随着国家最严格水资源管理制度的实施和节水灌溉技术的大面积推广应用，新疆和河西走廊地区的节水灌溉面积分别从 2012 年的 3890 万亩和 671 万亩增加到 2021 年的 4589 万亩和 995 万亩；非常规水资源开发利用量逐年增加，从 2013 年 5.1 亿 m^3 增加到 2020 年 15.4 亿 m^3 。

（四）西北干旱区地表水体面积扩大，水质向好发展，水环境容量显著增加。

近 10 年来，西北干旱区水体面积显著增加，每年增加约 161.64 km^2 。其中，新疆南部地区的湖泊水域面积扩张迅速，平均每年扩张约 23.79 km^2 。西北干旱区平原

区水体面积的增加主要是人工生态输水所致，山区水体面积扩大与气候变化密切相关。我国最大的内陆淡水湖博斯腾湖，作为新疆生态环境保护的一张名片，湖泊水位由 2012 年的 1045.43 m 上升至 2021 年的 1047.63 m，矿化度从 1.51 g/L 下降至 0.82 g/L，水质不断向好发展。

（五）西北干旱区生态服务功能总体向好，生态系统总服务价值不断提升，生物多样性呈增加趋势。

近 10 年来，西北干旱区耕地、建设用地、高覆盖草地和水域面积呈增加态势，分别增加了 28.36%、69.79%、6.90%和 24.30%。生态系统总服务价值从 2012 年的 14147.72 亿元增加到 2021 年的 15182.80 亿元，增幅为 7.32%，其中，调节服务功能提供的价值占比最大，从 2012 年的 9559.63 亿元增加到 2021 年的 10288.16 亿元，增幅为 7.62%。从不同地区生态服务价值来看，北疆地区生态服务价值总量最大，占西北地区的 51.74%，南疆次之（占 39.57%），河西走廊最小（8.69%）。生物多样性呈增加趋势，生物丰富度指数由 2012 年的 13.78 上升到 2021 年的 14.13，过去 10 年增加了 2.53%，其中，北疆地区的生物多样性增加最为明显，生物丰富度指数由 2012 年的 21.96 上升到 2021 年的 22.82，增加了 3.92%。

四、我国西北干旱区水资源与生态环境

保护建议

在过去的半个多世纪，西北干旱区温度升高，降水增加，表现出气候“暖湿化”。然而，这种“暖湿化”现象难以从根本上改变西北地区的干旱、缺水状况和荒漠景观格局。党的二十大报告指出，“推动西部大开发形成新格局”“统筹水资源、水环境、水生态治理”。为保障西北干旱区绿色发展，服务国家生态文明建设，提出以下建议。

（一）进一步挖掘西北干旱区的水资源潜力。

针对西北干旱区资源型缺水、工程型缺水和结构型缺水等问题，进一步挖掘西北干旱区的水资源潜力，打好蓄水基础，用好调水补充，探索增水途径，优化水安全格局。建议：（1）在蓄水方面，进一步加强山区重大控制性水利工程建设，提升水资源调蓄和保障能力，切实解决区域性、季节性、工程性和结构性缺水问题；（2）在节水方面，不断推进技术革新，进一步提升水资源生产效率，优化产业用水结构，大力推广农业高效节水技

术；(3) 在调水方面，基于“空间均衡”治水理念，加快流域间和区域外调水研究，破解资源型缺水瓶颈；(4) 在增水方面，积极开展人工影响天气研究，实施山区人工增水，增强山区流域的蓄水养源能力。从节水、蓄水、增水和调水等方面，进一步加强和提升水资源管控和调配能力，为经济社会高质量发展和生态安全提供水资源保障。

(二) 进一步提升水资源管理水平。

水资源管理需要适应不断发展的经济社会和生态文明建设需求。建议：(1) 加快推进水治理体系和治理能力现代化，建立高效的监管与监测、评估、预警体系，完善区域的联防、联控、联建、联治和联修机制，以及生态补偿、长效生态保护和市场化机制；(2) 大力提升水资源精细化、数字化、智能化、规范化和法治化管理水平，加强水资源集约利用，改革用水管理制度，大力推进农业用水水价、水权等制度的创新和完善，实现农业用水安全和“水-生态-农业”协调发展；(3) 积极探索和构建水资源与能源之间的替代性经济发展模式，以能补水，抽水蓄能，加强清洁、绿色水能开发，实现水-能-粮协同发展；(4) 进一步加强生态环境保护和生态恢复的

可持续管理，优化国土空间生态保育修复与水土资源的开发管理，建立并完善“政府主导与民众参与、自然修复与人工治理、法律约束与政策激励，治理生态与产业发展、改善民生相结合”的生态修复治理体系与生态-水利工程管理模式，以水定地、以水定绿、以水定城、以水定发展。

（三）进一步加大生态保护修复力度。

干旱区脆弱生态系统的保护和生态安全保障体系建设对绿洲经济社会的高质量发展至关重要。建议：（1）系统推进荒漠-绿洲过渡带保护治理工程，优化绿洲水土资源管理，合理确定绿洲适宜规模，强化绿洲土地资源与地下水开发管控；维持荒漠-绿洲过渡带的稳定，封育促进植被自然恢复，提升荒漠-绿洲过渡带的生态屏障功能；（2）加快河-湖-库水系连通工程建设。加快河西走廊石羊河、黑河、疏勒河、昆仑山北坡诸小河流以及塔里木河“九源一干”的河-湖-库水系连通工程建设，加快水-生态系统综合监测网络体系建设，加快断流河道的水系连通和受损生态系统修复工程建设，全面提升干旱区绿色、高质量发展的生态安全保障支撑能力；（3）持续开展断流河道输水与重点胡杨林生态补水工程。优化输水

方案，扩大输水效益，构建西北干旱区人与自然和谐的山水林田湖草沙冰生命共同体。