

2025年联合国世界水发展报告

# 山脉和冰川 各地的水塔

执行摘要



为响应联合国相关机构将2025年确定为“国际冰川保护年”以及联合国大会2022年关于山地可持续发展的决议，在山地冰冻带正在迅速变化的背景下，本报告强调全球山地各种水体（包括高山冰川）在山地可持续发展以及下游社会依赖于山地水体的重要性。

## 世界水资源现状

根据最新的全球数据估计（2021年），农业用水在全球淡水取用量中占主导地位（占比为72%），其次是工业（占比为15%）、生活或市政用水（占比为13%）。各个行业淡水取用量因国家经济发展水平不同有很大差异。高收入国家将更多的水用于工业，而低收入国家将90%甚至更多的水用于农业灌溉。

2000年至2021年，全球淡水取用量增加了14%，相当于年均增长约0.7%。这一增加主要发生在经济快速发展的城市、国家和地区。人口增长似乎并非导致用水需求增加的主要因素。事实上，人均用水量最低的国家，包括撒哈拉以南非洲的几个国家，往往也是人口增长最快的国家。

全球四分之一人口所在的25个国家每年面临“极高”的水资源压力。大约有40亿人或者说全球一半的人口每年至少有一部分时间经历严重的水资源短缺。

气候变化正在加剧大多数地区水资源供应的季节性变化和不确定性。污染、土地和生态系统退化以及自然灾害等将进一步危及水资源的可用性。

## 实现可持续发展目标6的进展

可持续发展目标6旨在确保人人享有水和卫生设施并对其进行可持续管理。

可持续发展目标6的所有指标进展都低于预期——有些甚至严重偏离。

例如，据估计，2022年有22亿人（占全球人口的27%）无法获得安全有保障的饮用水，其中五分之四人口生活在农村地区，甚至缺乏基本的饮用水服务。



作为世界的“水塔”，山脉是淡水的重要来源

卫生安全状况更不乐观，2022年全球仍有35亿人无法获得有安全保障的卫生服务。在拉丁美洲、加勒比地区、中亚和南亚地区，只有一半的人口能够获得这些服务。在撒哈拉以南非洲地区，有安全保障的卫生服务覆盖率仅为24%。

数据缺失和监测不足持续阻碍对可持续发展目标6其他指标的准确评估，包括水资源、水质、水生态系统和有利环境的管理等方面。

## 山区

作为世界的“水塔”，山脉是淡水的重要来源，对满足供水和卫生等人类基本需求至关重要。山区水资源对保障生活在山区及其周边地区以及下游地区的数十亿人口的粮食和能源安全也至关重要。

山区的主要经济活动包括农业、畜牧业、林业、旅游业、采矿业、跨境贸易和能源生产。山区提供许多高价值产品，如药用植物、木材和其他林产品，独特的山地牲畜，以及特色农产品。同时，山区还是全球农业生物多样性的热点地区，世界上大部分农业和药用植物基因库都蕴藏保存于此。

山区具有多样化的生态区，每种生态区都是由海拔、地貌、孤立和微气候条件（如日照）等因素的特定组合作用下形成的。因此，与低海拔地区相比，山区往往具有更多的特有生物多样性，包括重要的农作物和动物遗传品种等。同时，山区还有着同样多样化的人类文化。

## 冰川和山地冰冻带

山地冰冻带是地球系统中对全球气候变化最敏感的组成部分之一。由于降水量较高和蒸发量较低，山地的单位面积地表径流产流能力通常比低海拔地区高。同时，高山冰川也在更长的时间范围内储存和释放水资源。在许多高山地区，季节性积雪的形成提供了大部分的淡水储存。

包括山地冰川在内的世界上大多数冰川正在加速融化。然而，在大多数含冰冻带的流域中，融雪径流的占比更大，且通常远大于冰川融化。

●●●  
全球变暖正在加速冰川融化、减少积雪覆盖、增加永久冻土解冻，并引发更多极端降雨事件和自然灾害

全球变暖正在加速冰川融化、减少积雪覆盖、增加永久冻土解冻，并引发更多极端降雨事件和自然灾害。山区径流将变得更加不稳定、不确定且多变。洪水和枯水期的时间和流量的变化、侵蚀加剧和泥沙负荷的增加，都将从水量、水质和时间分布上影响下游的水资源。

由于沙尘暴、空气污染和野火等事件的频率和/或强度增加，雪面和冰川表面的灰尘、与燃烧有关的烟尘沉积物（包括黑碳）以及微生物和藻类的生长变得越来越普遍。在下一次降雪来临之前，这些物质会通过降低地表反照率来加快积雪和冰川的融化速度。

气温升高、冰川消退、永久冻土解冻和降水模式变化等气候变化的影响，会增加洪水和山体滑坡的风险。与这些风险相关的灾害，如山洪泥石流、雪崩、岩崩和冰崩、堰塞湖溃决洪水和冰川湖溃决洪水等，都会对居民社区、野生动物和基础设施构成重大威胁。

## 粮食和农业

农业和畜牧业是山区农村居民的主要生计来源。在发展中国家，50%的山区农村居民容易面临粮食不安全风险问题。地处偏远、交通不便、土地退化（导致土壤贫瘠）和季节性供水的剧烈波动，共同给山区农业带来了重大挑战。

山地社区保留了许多最稀有的作物品种和药用植物。当地人在耕种、畜牧生产和集水方法等方面积累了宝贵的传统知识和技术，这有助于维系整个生态系统。

山区原住民拥有的独特而宝贵的地方知识、传统和文化习俗，有助于可持续的粮食系统、土地管理和生物多样性保护。梯田农业可以适应当地的坡度条件，其多种效益包括减少地表水径流、促进水源涵养、减少水土流失、稳定斜坡、改善栖息地和生物多样性繁育以及保护文化遗产等。

应对气候变化对山区的影响的情况，因多种因素而差别较大，如目标和优先事项确定、实施速度、治理和决策模式以及实施措施所需资金和其他资源方面投入等均会产生重要作用。适应性的应对措施通常包括改变耕作方式，发展包括蓄水设施在内的基础设施建设、本地知识的应用、基于社区的能力建设和基于生态系统的适应行为等。

●●●

山区地处偏远、地形复杂且易受自然灾害影响，这往往导致交通、基础设施、商品和服务的成本高昂

●●●

除了工业和能源生产，水还被用于山区矿产加工、木材生产和旅游业发展

## 人居与减轻灾害风险

大约有11亿人生活在山区，其中三分之二居住于乡镇和城市。山区地处偏远、地形复杂且易受自然灾害影响，这往往导致交通、基础设施、商品和服务的成本高昂。这些困难也对供水和卫生系统、排水网络和其他水利基础设施的融资、开发和维护带来了特殊挑战。

快速和缺乏相应规划的山区城市化，还对脆弱的山区生态系统带来压力，进而影响水的可获取性、质量和安全。分散式供水和卫生系统在山区尤为有效，可降低复杂地形下山体滑坡对基础设施破坏的风险。

山体滑坡、地震、洪水、冰湖溃决和雪崩等自然灾害会破坏供水和卫生基础设施，扰乱人们获得水、卫生设施和个人卫生服务的途径。这些灾害加剧了本已脆弱且常常处于边缘化的山地社区的脆弱性，也冲击了农业、旅游业和生物多样性等可产生财富收入的稳定性。

对比山区适应对策实例包括：开展修建应急存蓄空间、备用通路和冰湖可控性泄放的可行性研究；优化流域综合管理和规划；监测冰川时空变化；在有冰川的江河流域建立冰湖溃决洪水风险降级与早期预警系统。

## 工业和能源

水资源和其他资源相对丰富的山区，发展了依赖水资源的产业。除了工业和能源生产，水还被用于山区矿产加工、木材生产和旅游业发展。

水力发电是山区主要产业之一。借助山区陡峭的坡度和高山峡谷的形态，无需修建大型水库大坝就能进行水力发电。然而，大坝和水库、输电线路和变电站的建设和运行会对脆弱的山区生态系统造成重大负面影响。

除了水资源可用性外，工业和能源面临的一个重大挑战是高海拔运行维护的问题。高海拔条件下，工业和能源产业面临巨额投资和运营成本，因此，当前的工业活动通常局限于投资回报率相对较高的项目。

工业和能源开发会影响水质。由于山区较为偏远，监管难度大，可能导致取排水和污染物排放失控。

为使山区的工业和能源生产更具可持续性，目前已有或正在开发相关的应对措施。循环经济提倡减少用水、循环再利用废水和重复利用水资源。环境友好型技术包括使用污染较少技术、优化资源管理和高效废物回收利用等做法。绿化灰色基础设施或以绿色基础设施替代灰色基础设施在山区尤其有效。

## 环境

山区和高地生态系统为生活在山区的人们以及与此相连的低海拔地区的数十亿人提供了基本的生态系统服务。其中，水的调蓄（包括蓄水和洪水调节）是其最重要的服务之一。

其他关键的生态系统服务包括降低侵蚀和山体滑坡风险、降低当地气温、固碳、提供食物和纤维，以及保存适应当地环境的作物和牲畜基因资源库。

森林覆盖约40%的山区，通过稳定陡坡、调节水流成为地下水、减少地表径流和土壤侵蚀，以及减轻山体滑坡和洪水的概率，发挥着抵御自然灾害的保护作用。不可持续的植树措施则会导致土壤侵蚀增加和土壤水分渗透量减少。

山区土壤是在恶劣的气候条件下形成，这与低海拔地区土壤有很大不同。山区土壤层更浅薄且更易受到侵蚀。这类土壤易受到人类各种活动的影响而退化，特别是植被减少造成裸土暴露，使得山区土壤更易退化。高海拔地区的退化土壤和生态系统，恢复的进程较为缓慢。

在生态系统层面，应对冰冻带和高山地区变化影响的大多数选项都涉及通过基于自然的解决方案或基于生态系统的适应措施来保护或恢复生态系统功能，以在本地至区域层面维持或增强生态系统的相关服务。这些方法被公认为世界上许多山地国家在适应气候变化方面所做出的国家自主贡献。

## 区域视角

### 撒哈拉以南非洲地区

在非洲大陆的陆地面积中，20%属于海拔超过1 000米的山地，5%沿岸海拔超过1 500米。东非是非洲山区最多的地区。山区特点是生物多样性丰富，为数百万人提供水资源等生态系统服务。在撒哈拉以南非洲的热带和亚热带地区，相比周围普遍较为干燥的低海拔地区，山区拥有良好的环境条件和资源。

山地和下游低海拔地的农业生产和粮食安全严重依赖于山地多种水体。山地生态系统的退化削弱了其储水和向下游供水的能力，这种情况在至关重要的山地森林受到砍伐的区域尤为明显。

考虑到农业是撒哈拉以南非洲山区的主要生计来源，改进农业生产方式以减少土地退化（采取水土保持措施）至关重要。推进基于生态系统的适应措施（如植树造林和保护山地森林以减少水土流失等）可以增加水源涵养和含水层补给，降低自然灾害风险。

该区域山地人口增长快、人口密度大，贫困现象普遍存在，同时缺乏具有可替代性和可恢复性的生计方式。许多地方的山地人口比低海拔地区人口更为稠密。

### 欧洲和中亚地区

山脉是欧洲和中亚地区许多河流的水源地。高山积雪和冰川融化确保了水缓慢释放到下游地区。然而，气候变化导致季节性积雪提前融化、冰川变小，从而威胁夏季供水，对下游流域的人口造成严重影响。

阿尔卑斯山的水对欧洲大部分地区至关重要。对水的利用主要是水力发电，还有工业用水、农业灌溉和人工造雪等其他用途。

喀尔巴阡山脉拥有欧洲约30%的植物群。这里的高山牧草地、草甸是植物的半自然栖息地，对生态和文化都具有重要意义。

在中亚山地，上游国家冬季能源短缺，希望扩大水力发电生产，而下游国家夏季农业生产高度依赖山地水资源。这种季节性需求的冲突往往导致沿岸国家间的政治关系紧张。

●●●  
高山冰川正在以惊人的速度消失

我们需要加强知识与信息交流，促进区域合作，提升本国对冰冻带和山区水资源管理的能力，提高主要利益相关方对制定和实施行动计划的认识和参与度。

### 拉丁美洲和加勒比地区

在拉丁美洲和加勒比地区，山地约占国土面积的三分之一。这些地区单位国土面积的产水量比其他地区都高。整个地区的冰川体积正大幅减少，有一些冰川已完全消失。

源自山区的水对于生产咖啡和可可等高价值农作物十分重要。山地水体还产生了该地区大部分的水力发电，为下游的城市和小型社区以及偏远村庄提供能源。

气候变化和人类活动正越来越多地影响拉丁美洲和加勒比地区的山地。安第斯国家的高海拔地区发生过与水有关的社会冲突，其中许多冲突源于采矿活动，这些活动会对下游用水产生不利影响。

为此，一些国家颁布了保护关键生态系统的政策和法律。然而，有些生态系统已经超过了临界阈值，亟需推广基于自然的解决方案（如重新造林等）、改良种植技术和扩大集水基础设施等适应性措施。为有效实施这些措施，需要定性资金、健全监测体系、加强能力建设和包容性治理框架体系建设，促进当地社区的对话和普遍参与，从而应用适合山区当地背景的最佳实践。

### 亚太地区

亚太地区拥有世界上最高的一些山脉和最广阔的冰川系统。这里被称为地球“第三极”，储存着比南北极以外的任何其他地区都要多的冰雪。这里是十多条大江大河水系的发源地，对维持中亚、东北亚、南亚和东南亚江河流域近20亿人的生存至关重要。“第三极”是多种文化的家园，也是世界上生物多样性最丰富、生态最脆弱的地区之一。

该地区的高山冰川正在以惊人的速度消失，其速度经常超过全球平均水平。从长远来看，河川径流量减少和干旱风险加剧将危及兴都库什-喜马拉雅地区的粮食、水、能源和生计安全。

能源利用、环境退化和人类活动还在以其他方式增加该地区的风险，黑碳、重金属和持久性有机污染物在“第三极”的显现日益增多。

受这些趋势影响的各利益相关方和产业部门有必要加强协同合作。应对冰川融化和水相关危机，通过跨界合作、区域对话、意识提升来强化适应措施、水资源综合管理，以及气候—自然—污染协同解决方案。

## 阿拉伯地区

阿拉伯地区的山地经常被忽视，尽管它们在提供水资源和其他生态系统服务方面发挥着重要作用。这些山区是繁荣的社区以及旅游业、农业和工业等经济活动中心的家园，这些社区和产业常常依赖于可利用量不断减少的淡水资源，并致使人均可更新水量出现下降。

冰雪融水对农业部门起着至关重要的作用，特别是在降水有限的夏季，对于维持作物生长尤其重要。阿拉伯地区一些含水层泉水的补给主要来自融雪。在黎巴嫩山脉和阿特拉斯山脉，季节性降雪和总降水量预计将会减少，从而影响积雪覆盖持续时间、厚度以及淡水资源可用数量。积雪减少预示着供水量总体呈减少趋势，特别是在最需要灌溉的旱季。从长远来看，水资源总体减少也可能影响供水、环境卫生和个人卫生服务。

做好含水层回补的管理或许是一种可被采用的适应措施。可以利用冬季收集的水资源来缓解气候变化影响下阿拉伯地区山区夏季可用水量的减少（包括积雪量的减少）。

## 知识和能力建设

山地气候、地形、地质和植被的高度易变性——所有这些因素都会通过地理景观影响水的运动，这就亟需建设有代表性的水文气象网络和强大的信息系统。

山区冰冻带监测稀少，加剧了水文冰川学预测的不确定性，也加大了水资源管理的风险。为了解冰冻带的变化，提高缓解和适应措施的可持续性，亟需扩大高山地区的观测基础设施，并使数据能够开放获取。

在原住民和当地社区事先知情同意的情况下，与之进行接洽和有意义的合作，愿意学习其历经世代演化的水系统管护经验，可提升集体应对山地冰冻带和下游水文条件变化的能力。

### ●●● 亟需扩大高山地区的 观测基础设施

机构的能力，包括将多样化的人群和观点汇聚在一起所需要的时间和资源。协作治理模式往往意味着需要在短期利益与长期社会效益之间进行取舍，这可能不是当前既得利益者所想要做的事。

参与公民科学项目可以为公众介入当地环境、提高科学素养和鼓励从事研究工作提供宝贵的途径。研究机构与社区团组合作，由研究人员制定方法、开展教育和培训，是保障让公众参与项目的常用做法。在这一过程中，当地社区则需要就项目范围提供可输入的信息，以确保产出的知识成果符合当地需求。

## 治理和融资

山地水资源治理并未获得与低海拔地区的同等重视，低海拔地区已经开展了包括实施水资源综合管理在内的大量工作。

国际政策框架为山地水治理和适应气候变化影响提供了有力支持。条约和公约是促进山地区域合作与实施的重要工具。

大多数大江大河发源于山区，并经常跨越多国边界。基于“流域视角”考虑山地诸多水体的问题来开展跨境水治理研究与实践可为沿岸国家带来益处。各国之间的区域合作，包括流域治理倡议，是推进山地气候适应的重要机制。然而，跨境水资源协议中国家利益之间的冲突以及相关机构在本地背景下从事合作效果不佳等问题，阻碍了合作的有效开展。

山地水体管理主要在各国边境内进行，通过本国的国家立法、政策和战略制定等予以实施。在某些情况下，国家制定了水、农业、工业和能源等领域政策，以支持流域的低海拔区域，例如为人口较多的地区服务。国家政策可能往往不能充分反映山区的水行业问题，相反，人们通常将山地作为下游用户的水源地。

由于地形崎岖、交通不便、规模经济受限、远离海港和经济中心以及工业和服务业不发达等因素，山区的发展成本和难度通常高于低海拔地区。与交通、基础设施、商品和服务有关的成本随着海拔升高和地理位置的偏僻而增加。这些问题需要在政策和融资中加以考虑，并呼吁在国家 and 全球发展计划中制定针对山区的政策和方案。

●●●  
在某些情况下，国家制定了水、农业、工业和能源等领域政策，以支持流域的低海拔区域

适应气候变化的融资以及私营部门的参与是实现山地适应潜力的关键。大额资金虽然可以有潜力投资于山区可持续发展，但实际获得资助和大型项目支持的机会仍然相对有限。这表明应对山地气候变化的重大方案尚未充分利用起来，更具体地说，应动员创新且负担得起的国际、区域、国家和地方等不同层面资金，用以支持山区水、农业和能源规划及基础设施投资。

## 结束语

山脉为数十亿人和无数生态系统提供了维持生命的淡水。作为世界的“水塔”，它们在可持续发展中的关键作用不容忽视。

我们必须采取行动，更好地理解并保护这些脆弱的环境，它们正日益受到气候变化和不可持续人类活动的威胁。

山中出万物，皆非山中留。

水道或陆路，我等居下游。

世界水评估计划 | 理查德·康纳  
(Richard Connor) 编写

本出版物由世界水评估计划代表联合国水机制发布。

封面插图: 大卫·博纳齐 (Davide Bonazzi)

设计和排版: 马可·托西尼 (Marco Tonsini)

翻译单位: 中国水利水电科学研究院、中国水资源战略研究会暨全球水伙伴中国委员会、中国水利水电出版传媒集团有限公司

译者: 周毓彦、沈东亮、蒋云钟

<https://doi.org/10.54679/MOQE6266>



© 联合国教科文组织2025年版权所有

本出版物所使用的名称和资料并不代表联合国教科文组织对任何国家、领土、城市或地区或其当局的法律地位, 或对其边界或界线划分的任何意见。本出版物所表述观点仅代表作者本人的观点, 并不一定是联合国教科文组织的观点, 亦不代表本组织。

有关版权和许可的更多信息, 请参阅  
<https://en.unesco.org/wwap>上的完整报告。

联合国教科文组织世界水评估计划  
(UNESCO World Water Assessment Programme)  
全球水评估计划办公室  
(Programme Office for Global Water Assessment)

联合国教科文组织水科学司  
(Division of Water Sciences, UNESCO)

地址: 意大利佩鲁贾科伦贝拉 (Colombella)  
邮编: 06134

电子邮箱: [wwap@unesco.org](mailto:wwap@unesco.org)

网址: <https://en.unesco.org/wwap>



**unesco**  
World Water  
Assessment Programme

感谢意大利政府和翁布里亚大区政府提供财政支持。



**Regione Umbria**

