



水利水电国际资讯摘要

IWHR International Digest

中国水利水电科学研究院 主编：孟志敏 责编：孟圆 刘一帆

2022
3
总317期

滥砍滥伐加剧西非沿海城市的山洪风险

碳抵消项目纷纷上马，助力水电能源重拾发展动力

探究气候和生态系统变异的变化趋势

澳大利亚“国家水网”计划

浅谈水韧性



滥砍滥伐加剧西非沿海城市 的山洪风险



在过去30年里, 非洲多个沿海城市的雷暴发生频率增加了一倍。例如, 2017年8月, 塞拉利昂首都弗里敦发生泥石流灾害, 导致1,100人死亡。研究发现, 其主要原因与森林砍伐活动对当地气候造成影响有关。

众所周知, 植被破坏会增加雨水径流和泥石流风险。英国生态与水文研究中心(UKCEH)的最

新研究揭示, 森林砍伐活动也可能增加沿海地区的风暴发生频率, 进而加剧洪水风险, 这一间接因果关系由此变得更加清晰。

该研究分析了西非南部地区30年的卫星数据, 以探究森林砍伐活动如何通过改变大气升温和降水过程, 进而改变天气模式。砍伐大片林地极大加剧了西非南部沿海地区的全球变暖效应, 位于这一

地区的国家有几内亚、塞拉利昂、利比里亚、科特迪瓦、加纳和尼日利亚等。自1991年以来,未遭砍伐的林区风暴发生频率上升了40%,而毁林地区的风暴发生频率则增加了一倍之多。

被砍伐的林地变为耕地,林木则被用作燃料,以支撑附近地区不断增加的人口活动,如此一来风暴及其带来的降雨的影响也波及了城市和农村地区。

该项研究发表在《美国科学院院报》(PNAS)上,研究的主要负责人Chris Taylor教授(UKCEH)称,“沿海风暴发生频率的增加幅度因地区而异,具体取决于当地气候;但据研究分析,森林砍伐活动会对其他沿海毁林地区产生类似影响。”

近年来,西非地区雨季山洪灾害越来越频繁。Taylor教授在2017年开展的一项研究发现,全球变暖是导致萨赫勒地区的极端风暴频率在短短35年内增加3倍的始作俑者。

非洲和东南亚的大片沿海热带森林已经遭到严重破坏,全球气候变化已经对当地社区造成影响,而这些地区的防洪排涝系统和其他基础设施往往不足

以应对大型洪水。其中,弗里敦受到的影响尤为严重。在此之前,这座城市已接连遭遇气候变化的多重破坏性影响,包括极端气温和风暴引发的山洪。

研究人员称,当地天气模式主要受到海风影响,毁林地区风力变强,将更多水分输送至内陆,引发更多暴雨。森林砍伐活动正在加剧气候变化对一些抗灾韧性低的城市的影响,进一步削弱这些社区应对极端天气事件的能力。

之前已有研究将森林砍伐与亚马逊地区的区域降雨量减少联系起来。然而,海洋也会强烈影响当地天气模式,而这项新研究首次探究了森林砍伐活动对沿海地区风暴活动的影响。全球约40%的人口居住在距海岸100公里以内的地区。因此,山洪频率增加将直接威胁数百万人的生活。这项研究也为其他快速发展的沿海城市敲响了警钟。

碳抵消项目纷纷上马， 助力水电能源重拾发展动力

自《京都议定书》下的清洁发展机制实施以来，数百个碳抵消项目的问世使得2000多个水电项目得以上马。

水力发电生产可再生能源

水力发电利用水流产生机械能，再用这些机械能为机器提供动力或发电。水电站将从高处落下或从山上流下的湍急的水流所携带的动能通过涡轮机和发电机转化为电力。由于水力发电所用的水来自水循环这一天然的回补系统，因而水电是一种可再生能源。

在2018年至2030年间，可再生能源年均新增装机容量必须达到300吉瓦(GW)以上，才能实现联合国成员国一致通过的可持续发展目标和《巴黎协定》目标。根据国际能源署(IEA)的可持续发展愿景，水电供应占全球电力的15%和全球可再生能源总量的71%，居全球可再生能源发电量之首。

2016年，在《京都议定书》的清洁发展机制(CDM)之下注册的水电项目占有所有减排项目的27%。而截至2021年5月，清洁发展机制下的一揽子减排项目中已有1700多个水电碳抵消项目，如印度尼西亚的哈桑水电站、格鲁吉亚的达里亚利水电项目等。

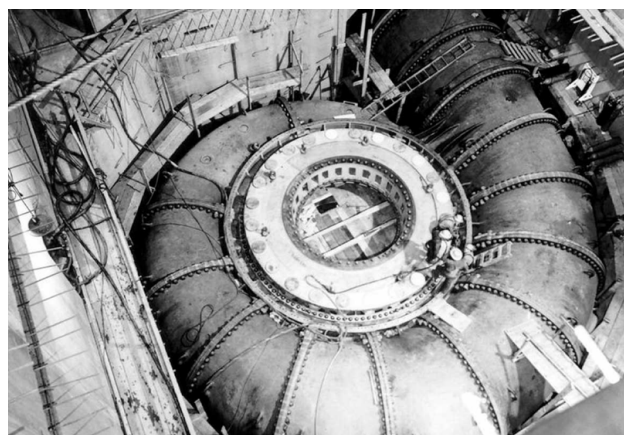
追溯水力发电发展

水车是有记录以来最早的水力发电形式。这种机械装置利用叶轮拍打流水或从高处落下的水，从而获取水的能量。早在公元前四世纪，西亚地区就用上了水力磨坊和水车；根据古罗马作家、建筑师和工程师维特鲁威的记录，罗马帝国自公元前一世纪以后也开始使用这些装置；而西汉学者史游在

其于公元前40年左右撰写的字书和常识课本《急就篇》中，也提到了水碓。

在伊斯兰黄金时代(公元8至14世纪)，伊斯梅尔·贾扎里等穆斯林工程师制造了萨基亚(saqiyas，水车)；阿拉伯农业革命(公元8至13世纪)时期，诺丽亚(noria，戽水车)借助开挖的沟渠为农业用地和城市供水。哈马的诺丽亚位于叙利亚哈马市的奥龙特斯河沿岸，自中世纪伊斯兰时期建成之后一直存续到现在。水车在叙利亚内战期间破损失修，2020年修复工作开始。

1837年，法国发明家富尔内隆·伯努瓦研制出一台6马力的水轮机。1895年，富尔内隆水轮机安装在了尼亚加拉瀑布的美国一侧。英裔美国工程师詹姆斯·比切诺·弗朗西斯发明了弗朗西斯水轮机。这种结合径向和轴向流概念的混流水轮机成为当今世界上使用最广泛的水轮机。美国第一个出售电力的水电站——鹰溪的阿普尔顿发电站——于1882年9月建成于威斯康星州阿普尔顿的福克斯河沿岸。



大古力水坝上安装的弗朗西斯水轮机



| 瑞士的莫瓦辛拱坝，高 250 米

水电站全球概览

水电站的工作原理是，水流经引水管道流向涡轮机，推动涡轮机的叶片转动，随后涡轮机的主轴带动发电机工作，生产的电力通过连接到发电机组的长距离电缆传输到城市、建筑群和千家万户。水电站的发电量由流经系统的水量和水头决定。2019年，全球可再生能源装机容量约为2.6太瓦，水电贡献了约1.15太瓦。2000年至2017年间，全球的水电装机容量增加了约500吉瓦。

巴西、加拿大、中国和俄罗斯、美国是全球五大水电生产国。2020年，水电占美国电网级可再生发电总量的37%，占电网级总发电量的7.3%。美国目前有1450个常规水电站和40个抽水蓄能电站。美国大部分水电都来自建在大江大河上的发电站。位于哥伦比亚河上，总发电量为6765兆瓦的大古力水电站是美国发电量最大的发电站。

欧洲水电概览

根据“水电欧洲(Hydropower Europe)”项目的数据，在正常水文年度，欧洲水电的年发电量接近650太瓦时，约占欧盟27国和土耳其经济可开发水电潜力的65%。2019年，包括抽水蓄能在内，欧洲的总装机容量为251,405兆瓦。2011年以来，欧洲在建的兆瓦级装机容量一直在下滑。欧洲巨大的产能导致投资水平低迷，其他的影响因素还包括欧洲对其他可再生能源的补贴、获取二氧化碳减排证书所需的成本微乎其微，以及欧洲相对低廉的电价。

洛桑联邦理工学院(EPFL)名誉教授，欧盟地平线2020计划“水电欧洲”项目的协调员安东·J·施里斯表示：

“欧洲大多数水电站都建于地形陡峭的丰水地区，例如斯堪的纳维亚地区和阿尔卑斯山脉，以及莱茵河和多瑙河等主要河流上。新发电站大部分都建在南欧，主要用途是发电、提供灌溉和抗旱

用水,在巴尔干国家也是如此。欧洲水电行业的焦点不在于建设新的电站,而是提高现有水电站的发电灵活性,能够迅速响应用电高峰的需求。可以通过创新的水力机械设备、增加蓄水来对现有水电设施加以完善。”

水电碳抵消项目

据国际能源署的详细测算,到2040年,东南亚的耗电量将翻一番。近年来,东亚和太平洋区域经济地位和收入都有所提升,拉动了能源需求。自2000年以来,东盟成员国的耗电量增长了6%。自本世纪初以来,东南亚的水电产量翻了两番。中国是世界上最大的水力发电国。世界上装机容量最大的发电站(22,500兆瓦)——三峡水电重力坝——就位于中国中部湖北省境内的长江河段上。根据国际水电协会(IHA)的《2020年水电现状报告》,中国的总水电待开发潜力约为600吉瓦。

何谓碳抵消(carbon offset)?碳抵消指减少某处的温室气体排放量或增加碳储存以抵消在其他地方的温室气体排放。碳额度(carbon credits)是对低碳经济的直接投资,是由独立认证机构或政府认证的一种可以转让的工具,以吨二氧化碳当量为单位。将碳额度让渡出去之后,购买方可以将这一额度算作其实现温室气体减排目标的一部分。国际或政府监管机构和独立的非政府组织(NGO)可以对碳抵消计划进行监督。清洁发展机制(CDM)和美国加州的强制碳抵消计划都是由政府机构运行的强制性碳抵消计划。

国际上的自愿碳抵消项目

核证减排标准(The Verified Carbon Standard)和黄金标准(The Gold Standard)是由非

政府组织运行的国际自愿碳抵消计划。专业数据、分析和顾问公司Trove Research称,2021年第一季度发放的碳额度达74兆吨。能够增加碳封存或减少温室气体排放的项目都可以发放碳额度,例如代替化石燃料发电的可再生能源开发项目。

作为可再生能源开发项目,水电项目可以提供碳抵消额度。到2016年,《京都议定书》确立的清洁发展机制(CDM)已为2000多个水电碳抵消项目筹集了资金,占能源行业清洁发展机制项目的30%以上。其中近百个项目位于中国,比如云南泗南江水电项目,位于云南省那哈乡泗南江畔。

云南泗南江水电项目

该水电站装机容量201兆瓦,设计年上网发电量825.6吉瓦时,相当于每年实现减排696,245吨二氧化碳当量。

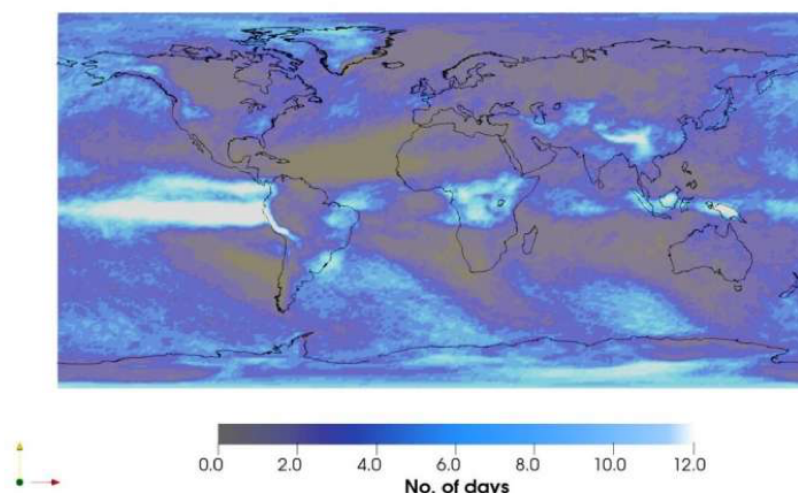
“水电不直接排放二氧化碳,从理论上讲是一种可再生能源。其能效可以根据需求在80%-90%之间调整,有出色的能源回报。抽水蓄能发电厂技术寿命为50-80年,期间可以产生的能源是建造它所需能源的200到300倍。”安东·J·施里斯教授表示。他还进一步表示,建造水库或水坝会影响周边地貌和河流,改变水的流态和河道,从而产生大量残流。工厂无法利用这些水量,导致产能降低。目前的行业趋势是减少取水,这对鱼类有利,也需要大量投资。挑战在于如何实现协同作用,尽可能减轻这一产业对环境的不利影响。

安东·J·施里斯教授毕业于土木工程专业,并在苏黎世联邦理工学院获博士学位。2015年到2018年,安东·J·施里斯教授担任国际大型水坝委员会(ICOLD)主席。他是欧盟地平线2020项目“水电欧洲”的协调员。

本文摘译自:

<https://lampoonmagazine.com/article/2022/02/05/hydropower-carbon-offsetting-projects/>

探究气候和生态系统变异的变化趋势



温室效应将引发的极端降水天数（以 10 年为单位）。绘制上图的第一步需要确认 100 次模拟中，在 2000-2009 年期间发生的 10 年一遇最大降水事件。研究选择的阈值为前 100 个降水值中的最低值。第二步是计算 2090-2099 年期间降水量高于这一阈值的天数，因此刻度上的数值 1（天数单位）表示未来没有发生变化，而数值 6 则表示未来极端降水天数增加 5 天。需要注意的是，由于赤道太平洋东部变化幅度极大，数值 12 对应的色标趋于饱和，以突出陆地上的变化。

公众日益意识到，气候变化对社会的影响不仅局限于 21 世纪平均气温和降水的变化，还会引发更令人担忧的极端事件，并且将普遍增加地球系统的自然变异性。这些变化也可能对陆地和海洋栖息地等脆弱生态系统产生重大影响。《地球系统动力学》(Earth System Dynamics) 上发表的一项新研究针对气候和生态系统变异性的未来变化趋势展开了科学探究。

该研究团队基于“一切照旧”情景(即整个 21 世纪的温室气体排放量处于相对较高水平)对 1850-2100 年运行了 100 次全球地球系统模式模拟。研究人员为这些模拟赋予不同的初始条件，利用蝴蝶效应，全面涵盖 1850-2100 年期间可能发生的气候状态，从而能够对地球系统随着时间推移的变化进行精细

的分析。模式的标称分辨率为 1 度(约 100 公里)，运行次数为 100 次，这代表着研究团队必须解决一系列前所未有的技术难题，否则无法评估人类活动造成的气候系统持续变化将会如何影响气候变异性。

研究的主要发现是，气候变化几乎对气候变异性的所有方面都具有明显影响，包括地面温度和极端降水事件，加州愈发频繁的野火，以及北大西洋浮游植物水华范围的变化。这些变化都对可持续资源管理带来巨大挑战。例如，21 世纪(2000-2009 年与 2090-2099 年，见图 1)极端降水事件的发生频率表明，许多地区未来将遭遇更频繁的极端事件。极端降水事件的预期变化实际上代表了未来广泛气候和生态系统变量普遍发生的极端变化，这一发现对制定适应战略具有重要意义。

“除了极端事件发生的大规模变化之外, 研究还发现21世纪的季节周期结构也发生了大规模变化, 北纬50度以北大陆地区的生长季节明显延长。”来自ICCP的Keith Rodgers博士称。他是该研究的第一作者, 也是CESM2大型集合项目的共同负责人。气候平均态变暖及其导致的冬季积雪形成和消退时间的变化导致到21世纪末, 生长季节预计将延长三周。

综上所述, 计算机模拟结果显示, 全球气候变异性将发生普遍变化, 并且包含不同时间尺度的变化, 例如季节性风暴和跨越数十年的厄尔尼诺现象。研究人员认为, 了解更全面的潜在社会影响以及对适应战略的影响应是下一步工作的重点方向。

本文摘译自:
<http://www.ibs.re.kr/en/>

Groundwater: making the invisible visible





每年3月22日是世界水日, 这一节日的设立为了增进公众对水的重要性的认识。2022年世界水日的主题是“地下水”, 旨在敦促公众关注这一容易被忽视的水资源。地下水一直以来都发挥着至关重要的作用, 但其重要性并未在可持续发展政策制定过程中得到充分认可。

2022年地下水日的主题是“**地下水——使不可见变成可见**”, 旨在宣传地下水在供水和卫生系统、农业、工业、生态系统和气候变化适应等诸多领域发挥的重要作用。

今年世界水日传达的核心信息是: 开发、保护和以可持续的方式利用地下水, 这对适应和应对气候变化, 以及满足不断增长的人口的用水需求来说至关重要。

除了世界水日之外, 地下水也是2022年其他多个国际活动的重要主题。以下是将于2022年举办的一些与地下水有关的活动:

- **第九届世界水资源论坛: “水资源安全促进和平和发展”** 3月21-26日
- **国际会议: “地下水, 实现可持续发展目标的关键”** 5月18-20日
- **联合国水行动十年高级别水会议, 杜尚别** 6月
- **高级别政治论坛(HLPF)周边会议: “从冰冻圈到地下水的气候影响”** 7月
- **世界水周** 8月29日-9月2日
- **第77届联合国大会: 法律委员会关于《跨界含水层法》的辩论** 9月13日
- **2022年世界厕所日** 11月19日
- **联合国地下水峰会** 12月7-8日

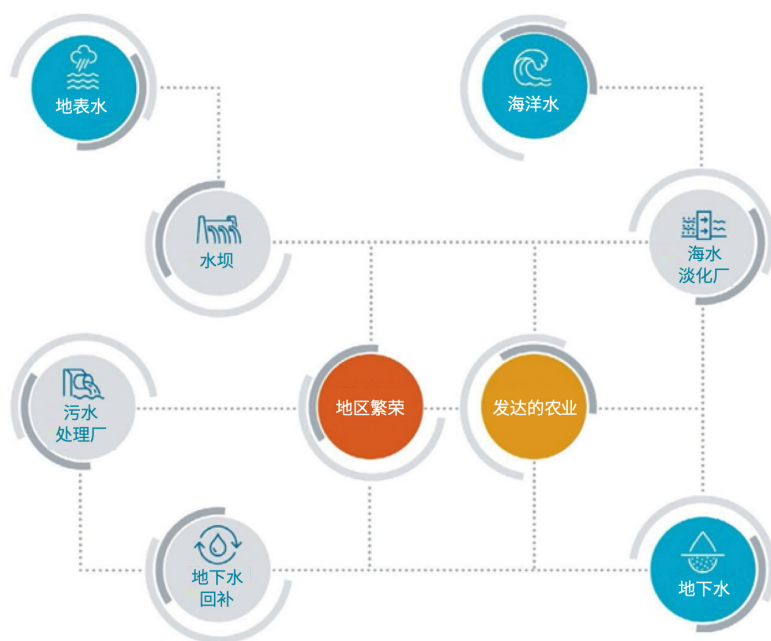
本文摘译自:
<https://www.worldwaterday.org>

澳大利亚“国家水网”计划

澳大利亚未来水资源的长期愿景

澳大利亚“国家水网”是澳大利亚政府为保障未来水安全而制定的计划。成立国家水网管理局的目的,是使其在国家水基础设施政策制定及投资决

策中发挥关键作用。具体包括:领导建设由一系列区域系统构成的国家水网,推动本国农业发展,提升干旱适应能力,支持地区繁荣。



澳大利亚国家水网示意图

国家水网管理局积极汇集世界一流科技,协同州和准州政府对水坝、堰坝、管道、水循环利用工厂及其他构成国家水网的项目进行审核、规划和投资,为澳大利亚农村和边远地区提供安全可靠的水资源。

澳大利亚国家水网将释放更多农业发展机遇。

澳大利亚政府未来投资计划

澳大利亚政府将向其新一代水基础设施——国家水网——再追加投资20亿澳元,以满足澳大利亚边远地区的需求。此外,在原有的15亿澳元投资的基础上,澳大利亚又投资35亿澳元优先用于建设

水基础设施。该计划为期10年,旨在确保对澳大利亚边远地区经济的长期扶持和投资。

蓄水和输水官网相结合将进一步保障用水需求。建设国家水网所需的配套基础设施包括水坝、回收再利用、海水淡化、地下水、自然水道、沟渠和管道等。

各地采用的具体方法需结合当地自然环境、地理、气候和现有的水基础设施综合考量,并要有相应的科技支撑。

国家水网的成功建设将有助于开辟新的,尤其是位于澳大利亚北部的农业区,加强现有农业区的用水安全,推动澳大利亚农业发展和地区繁荣。

本文摘译自:

<http://www.nationalwatergrid.gov.au>

浅谈水韧性

水问题错综复杂,涉及能源、农业和食品安全、工业、人类健康、生物多样性和生态系统健康、和平和稳定、人权以及其他诸多需要优先考虑的问题。水也是在2030年以前实现联合国可持续发展目标的关键。然而,我们面临着全球性的水危机,表现为淡水资源竞争日益激烈、水质迅速下降、生态系统被破坏并持续恶化、生物多样性遭遇空前丧失,以及基本用水和公共卫生用水需求得不到满足。人口增长、不可持续的用水模式以及气候变化都加剧了水危机。

在本简报中,太平洋研究院(Pacific Institute)提出了“水韧性”在实操层面的定义。由于人们越来越认识到未来的多变和不确定,水韧性概念应运而生。虽然人们对水韧性的关注起初源于因为气候变化,但这一概念也反映了水问题所面临的广泛的环境、社会、经济和政治压力。

本简报中对水韧性的定义体现了太平洋研究院的2030年的机构目标和相关工作。此外,该定义也可以帮助太平洋研究院以外的企业、政府、非政府组织、政策制定者以及其他水问题政策和实践人员加深对水韧性的理解,并在这方面有进一步的成就。

定义水韧性

太平洋研究院将“水韧性”定义为:水系统得以发挥其功能,使自然和人类(包括那些住在沿海和滨水区的人和脆弱无保障人群)在水相关的冲击、压力和变化当中依然强健发展。

其他相关术语

水系统:人类生存有赖于自然系统的生态完整性。因此,太平洋研究院对水系统的定义包括自然环境和建成环境,以及支持这些环境的社会和治理体系。

功能:同样,太平洋研究院对“功能”的定义,包括为人类提供的服务,以及维护自然环境的各种机理和架构。太平洋研究院认为人和自然界都需要这种韧性,本简报中将自然界视为水韧性的关键角色。

压力和冲击:“压力”是指影响系统机理和功能的慢性事件或长期趋势,而“冲击”是指影响系统机理和功能的突发事件。这些压力和冲击可能是人口增长、城市化、气温上升、有毒物质泄漏、热浪/寒潮、干旱和野火等。虽然供水系统的设计可以处理一定程度的压力和冲击,但它们现在面临更频繁和更强烈的干扰和更不确定的未来,需要新的策略和方法来确保长期良好运行。

韧性的三个维度

韧性有三个维度:

1. 持久性:维持功能和结构,并且在受到干扰后尽快恢复到稳定状态或冲击前状态的能力;
2. 适应性:伴随缓慢的和可预见的干扰随时间流逝发生变化,对功能和结构进行调整的能力;
3. 可转变性:当发生难以预见的变化时,能够对功能和结构进行根本性转变的能力。

韧性水系统的六大特征

韧性是非二元的,辐射了广泛的系统要素。要注意的是,任何一个系统或系统要素不可能做到百分百的韧性;只不过具备的韧性特征越多,这个系统或系统要素的韧性就越大。太平洋研究院认为,韧性的水系统和系统要素通常具备6个特征:

1. 强健:系统适应广泛的环境条件,能够可靠有效地运行;
2. 冗余:系统具备备用的能力,在必要时应对干扰、极端压力或需求急增;

3. 灵活:系统可以进行改变或调整,以应对干扰或抓住有利机会实现升级;

4. 集成:系统的要素之间相互关联、协调运作;

5. 包容:系统具有广泛磋商和参与机制,保障各种不同背景的个人和群体(包括那些首当其冲受到气候变化影响的人和脆弱无保障人群)的参与;

6. 公正公平:系统内的所有人和环境享受公正公平的对待和保护。

水韧性、安全性和可持续性相辅相成

本简报主要定义了水韧性。但除了韧性外,水系统还必须安全和可持续,确保所有的人和环境能够得到发展所需的水。水安全和水可持续性概念都是在20世纪后期提出的,而水韧性这一概念则是近年来才出现,很大程度上是由于人们认识到气候变化对水带来的影响。

水安全:“水安全”概念首次被提出,是因为人们认识到水资源匮乏加剧了地缘政治和跨境冲突。虽然人们起初关注的是冲突,但新的概念采用了更加全面和体系化的角度,包含了水在提供生态系统服务,支持生物多样性,提升气候适应性,以及支持可持续发展等方面的作用。

水的可持续性:水的可持续性指群体或系统可以满足当前水需求,同时不损害后代满足自身需求的能力。人们广泛认为,水的可持续性是通过达到水的经济、社会和环境目标来实现的远期目标,这一目标体现了代际内和跨代际公平的理念。

水韧性:水韧性的定义不一而足,但所有的定义都明确提到冲击和压力。虽然是气候变化首先引起人们对水韧性的关注,但这些定义通常都认为压力和冲击包括广泛的环境、社会、经济和政治的变化。

政策制定者和倡导者关注的经常是水安全和可持续发展。太平洋研究院则坚定地认为,必须在原有的基础上向水韧性转型,确保水韧性、安全性和可持续性三者缺一不可。

水的韧性、安全性和可持续性之间的动态关系

人们越来越认识到,为实现水韧性、水安全和水可持续发展所采取的行动是相辅相成的。不过,如果不做充分的计划,这些行动有可能相互冲突。可能有下面3种情况:

水系统可能是安全的,但不是可持续的或有韧性的。水系统目前可以保证居民安全用水,但却可能对环境 and 当地经济产生不利影响。例如,把水从一处引入到另一处可以为受水区提供更安全的水供给。不过,如果给流出地的社会生态系统带来负面影响或者是需要巨大的引水能源消耗,就不具备可持续性。此外,如果基础设施不够灵活有弹性,过度依赖引入水也会使水系统难以承受压力和冲击。

水系统可能是可持续和安全的,但没有韧性。可持续的系统可以提供足够的优质水源,以支持地方经济、社区和环境。不过,当前可持续的系统,可能无法承受未来未知的冲击和压力。例如,在纳米比亚,地下蓄水层在高降雨量年份补水,干旱时抽水。抽取时要持续监测地下水水位,以保证在提供社区和经济发展用水时不对环境造成破坏。然而,如果遇到长期干旱,就没有足够的水回补地下蓄水层。此外,依赖单一水源使系统难以应对压力,比如蓄水层的水质降低。

水系统可能具有韧性和安全性,但不够可持续。例如,一个严重依赖海洋淡化水和大型水库的水系统可以适应干旱但不可持续(比如,生产淡化水代价昂贵、能源损耗大,并且对海洋环境有很大破坏)。因此,水系统必须既可持续又可以应对未来的冲击和压力。

太平洋研究院提出的提高水韧性的目标,必须与水安全和水可持续性的目标相辅相成。

在实践中建立水韧性

水韧性的实现路径并非是单一的。有些情况下,增强水韧性要求对用水效率和水的回收再利用加大投资,减少对能源密集或不可靠水源的依

赖。还有的情况,需要综合基于自然的解决方案和灰色基础设施。在任何情况下,水的韧性都必须考虑所有的利益相关者,包括首当其冲受到影响的群体和环境。具体而言,这些包括因环境和经济分配不公而承受巨大压力,在发生环境灾难中最先且遭受最大影响的群体和环境。这些群体包括有色人种、低收入人群、郊区居民、移民和土著,他们持续遭受着深刻的,很大程度上是由种族歧视带来的不平等待遇,进而影响到他们的生计、工作、生活质量和经济前景。

尽管具体实施办法因情况而异,但太平洋研究院提倡通过三个领域有计划地提高水的韧性、安全性和可持续性:**用水效率和回收再利用;基于自然的解决方案;以及水、气候和社会平等**。太平洋研究院希望通过在这些领域的工作,使关键的水管理策略能够主导政策和实践,打造水的长期韧性。



欢迎关注中国水科院微信公众号
地址:北京市海淀区复兴路甲一号
本刊联系方式:中国水科院国际合作处
联系邮箱: dic@iwhr.com
2022年2月21日

本文摘译自:
<https://www.pacinst.org>