



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：蒋云钟 执行主编：王妍炜 责编：何鑫 李文洋

2025
11
总369期

有关家庭饮用水、卫生
与清洁的进展报告

国家自主贡献中的水议题：
面向更高远的未来

植被影响河流走向



有关家庭饮用水、卫生 与清洁的进展报告



2000-2024 | 聚焦不平等问题



世界卫生组织/联合国儿童基金会供水、卫生与清洁联合监测方案

本文摘编自：世界卫生组织报告《有关家庭饮用水、卫生与清洁的进展报告》(Progress on household drinking water, sanitation and hygiene)

重点内容

引言

世界卫生组织 / 联合国儿童基金会供水、卫生与清洁联合监测方案(以下简称“联合监测方案”)于 1990 年制定。35 年来, 该方案一直致力于对全球范围内水、卫生与清洁(WASH)方面进展情况做出可比性的估计, 目前用于监测全球范围内与 WASH 相关的可持续发展目标具体指标。2024 年, 联合监测方案发布了关于 WASH 在学校和医疗保健设施方面的最新估算数据(2000-2023 年)。本报告重点关注 2000-2024 年间家庭水、卫生与清洁状况的最新国家、区域和全球估算数据。

联合国 2030 年可持续发展议程 (SDG) 设定了宏大的全球性目标, 包括确保人人享有基本服务(SDG1.4) 以及普遍获得安全水(SDG 6.1)、卫生与清洁(SDG6.2)。

目前, 全球与 WASH 指标相关联的数据已覆盖世界 50% 以上的人口(一级数据), 且趋于对各国间的进展和变化速度进行基准测定与比较分析。然而, 随着可持续发展目标最后五年临近, 全球离实现到 2030 年前人人享受基本水、卫生与清洁服务的目标还有一定差距, 同时人人获取安全管理的水和卫生服务的目标更是愈发难以实现(图 1)。

2030 年可持续发展议程还承诺联合国成员国要逐步减少国家之间和国家内部的不平等现象, 明确指出“可持续发展目标的具体指标应酌

情按收入、性别、年龄、种族、族裔、移民身份、残疾状况、地理位置或其他特征进行分类”。本报告特别关注不平等问题。每一章节分析了当前可获取的国家数据中有关 WASH 服务最常见的几方面不平等问题, 包括从地理、社会经济及个体层面, 并结合实例着重列举了不同情境下不平等现象的新数据。



要实现2030年消除露天排便、普遍获得水、卫生与清洁基本服务的目标,需加快推进步伐,人人获取安全管理的水和卫生服务的目标更是愈发难以实现。

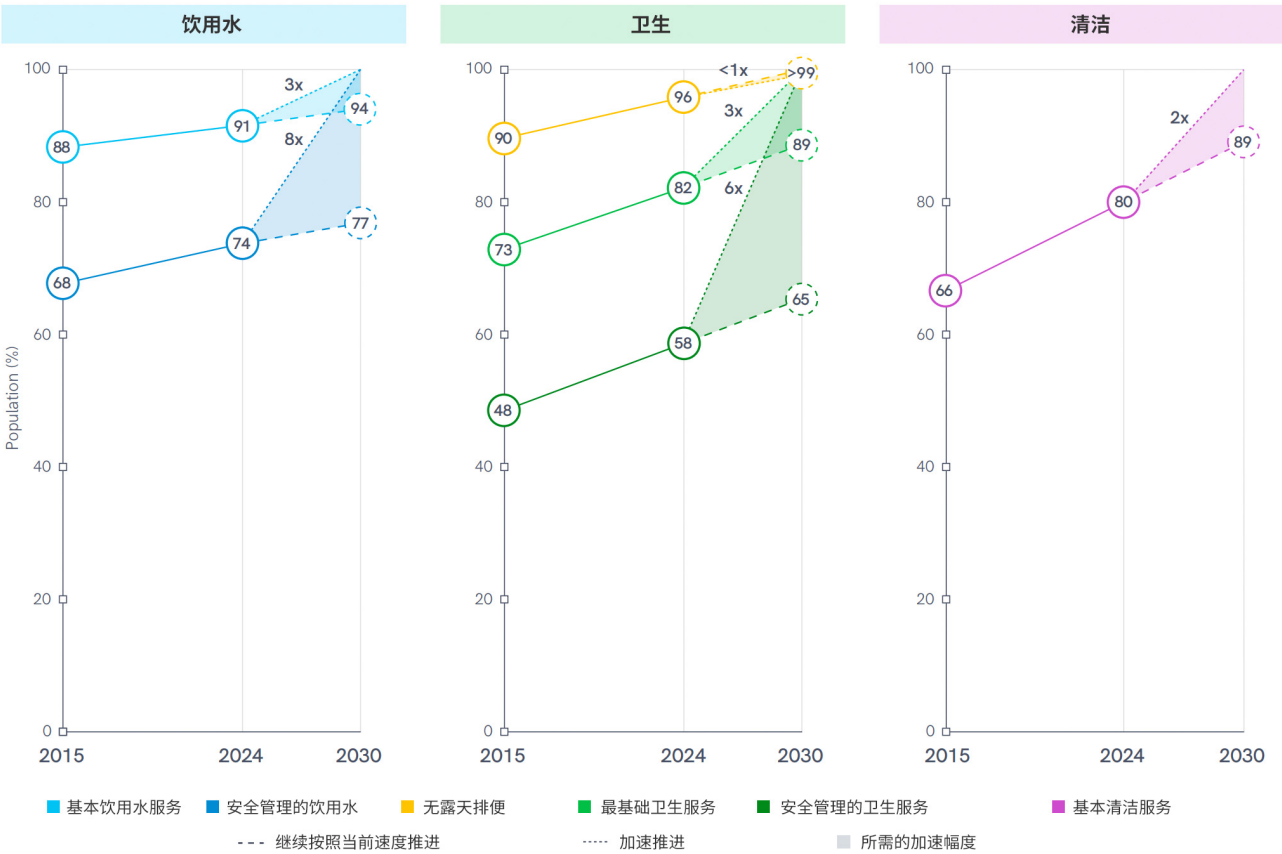


图 1 2015-2024年全球饮用水、卫生与清洁覆盖率 (%) 及到2030年实现全覆盖 (>99%) 所需的加速幅度

饮用水

- 自2015年以来,已有9.61亿人获得了安全管理的饮用水服务。覆盖率从68%提升至74%,其中农村地区从50%提高到60%,而城市地区则一直保持在83%。以地表水作为饮用水的人数减少了6100万。
- 2024年,有89个国家¹已实现了基本饮用水服务的普遍获取(覆盖率>99%)。31个国家已实现了安全管理的饮用水服务的普遍获取。若当前趋势持续,到2030年将有38个国家实现普遍获取这一服务的目标。
- 澳大利亚和新西兰地区已实现普遍获得基本饮用水服务,拉丁美洲和加勒比地区正按计划推进,有望在2030年实现目标,但整体推进速度需提升至当前的三倍,才能达成SDG1.4。没有任何一个SDG区域能够按计划实现普遍获得安全管理的饮用水,且整体进展速度需提升至当前的八倍,才能实现SDG6.1。
- 2024年,仍有21亿人缺乏安全管理的饮用水服务,其中包括14亿人仅享有基本服务,2.87亿人享有有限服务,3.02亿人得到的服务有待改善,还有1.06亿人饮用地表水。
- 本报告包含了160个国家以及八个SDG区域中六个区域的安全管理饮用水服务估算数据,至此已获取全球72%人口的数据。

¹联合监测方案针对235个国家和地区(包括所有联合国会员国)整理出了具有国际可比性的估算数据。

2024年,全球四分之三的人口享有安全管理的饮用水服务,但最不发达国家人口缺乏此类服务的风险要高出两倍多

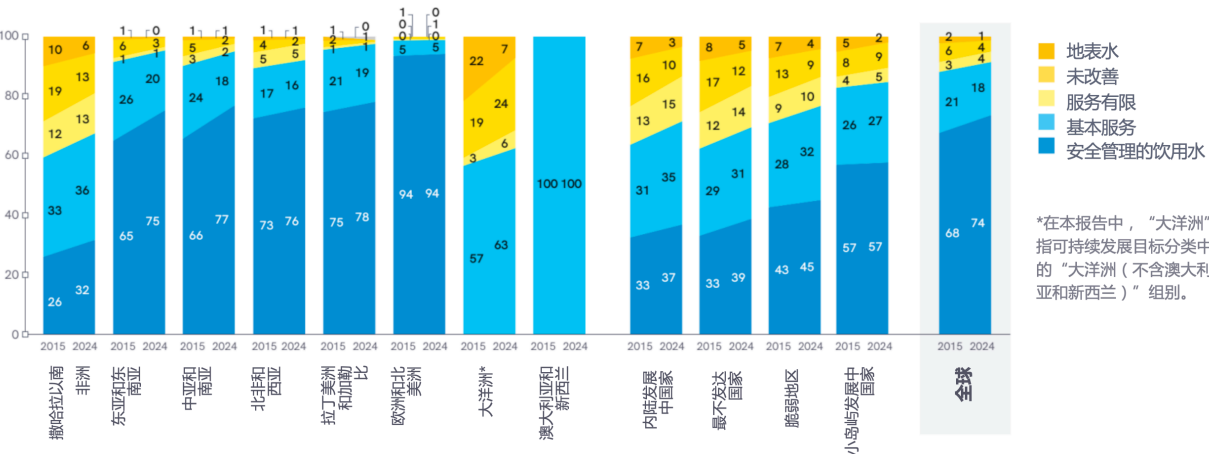


图 2 2015-2024年全球及区域饮用水覆盖率(%)

2024年,可获取160个国家关于安全管理饮用水服务的估算数据

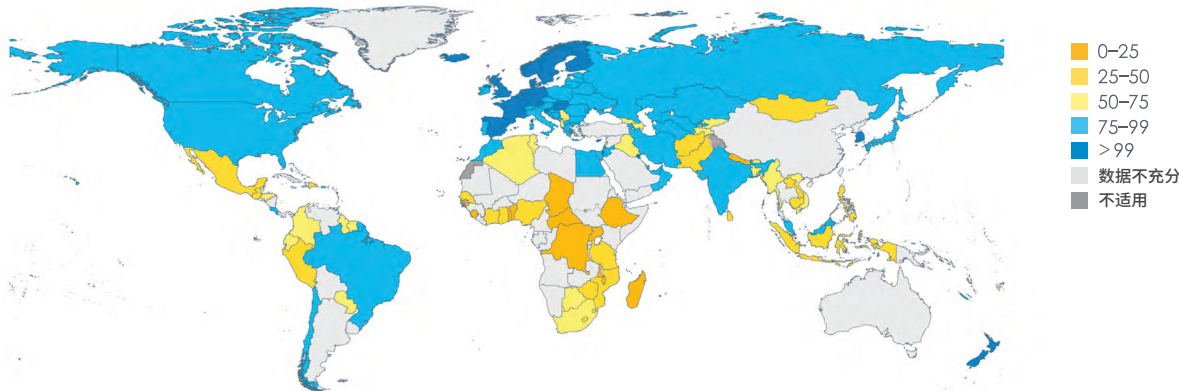


图 3 2024年享有安全管理的饮用水服务的人口比例(%)

卫生

- 自2015年以来,已有12亿人获得了安全管理的卫生服务。覆盖率从48%提升至58%,其中农村地区从36%提高到49%,城市地区则从59%提升至66%。露天排便人口减少了4.29亿,且在城市地区露天排便现象已基本消除(比例<1%)。
- 2024年,已有64个国家实现了普遍获得基本卫生服务(覆盖率>99%)。9个国家已实现了普遍获得安全管理的卫生服务(覆盖率>99%),若当前趋势持续,到2030年将共有18个国家实现这一目标。
- 澳大利亚和新西兰地区已实现普遍获得基本卫生服务,东亚和东南亚地区正按计划推进,有望在2030年实现普遍获得,但整体进展速度需提升至当前的三倍,才能实现SDG1.4。目前,没有任何一个SDG区域能够按计划到2030年实现普遍获得安全管理的卫生服务,且整体进展速度需提升至当前的六倍,才能达成SDG具体目标6.2a。
- 2024年,仍有34亿人缺乏安全管理的卫生服务,其中包括19亿人仅享有基本服务,5.6亿人享有有限服务,5.55亿人得到的服务有待改善,还有3.54亿人露天排便的问题尚未解决。
- 本报告包含了145个国家以及全部八个SDG区域的安全管理卫生服务估算数据,至此已获取全球86%人口的数据。

2024年,全球五分之三的人口享有安全管理的卫生服务,但居住在最不发达国家的人口缺乏此类服务的风险几乎是其他地区的两倍

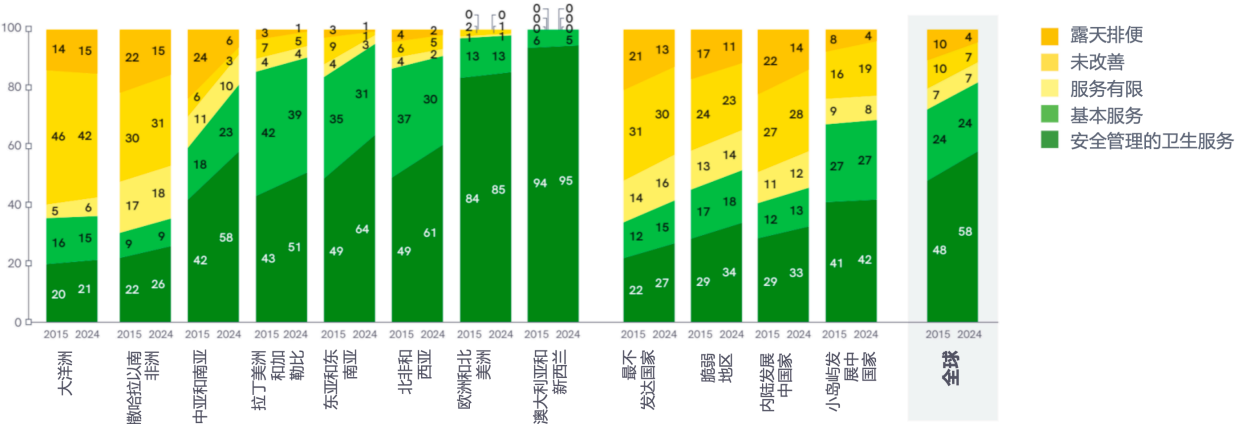


图 4 2015-2024年全球及区域卫生服务覆盖率 (%)

2024年,可获取145个国家关于安全管理的卫生服务的估算数据

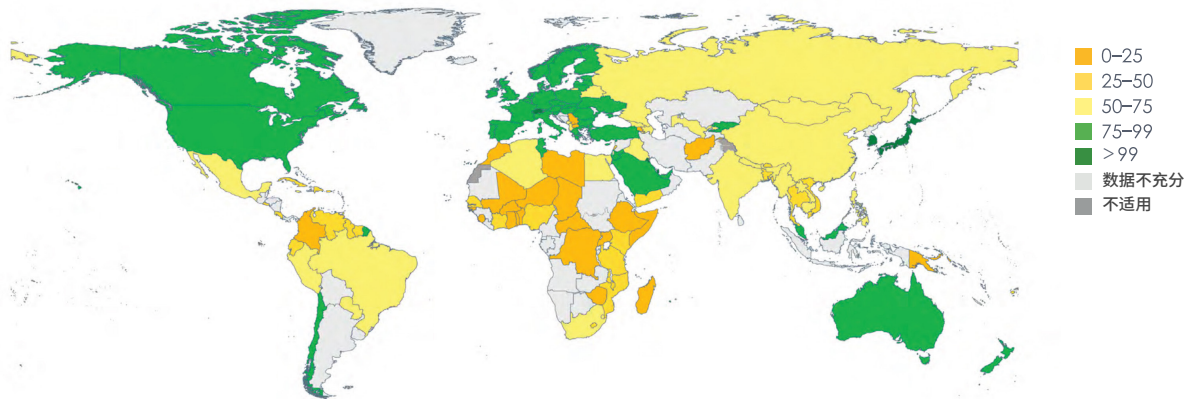


图 5 2024年享有安全管理的卫生服务的人口比例 (%)

清洁

- 自2015年以来,已有16亿人获得了基本清洁服务。覆盖率从66%提升至80%,其中农村地区从52%提高到71%,而城市地区则基本保持不变,仍为86%。
- 2024年,已有四个国家实现了基本清洁服务的普遍获得(覆盖率>99%),另有九个国家正按计划推进,有望到2030年实现目标。
- 中亚和南亚地区正按计划推进,有望到2030年实现基本清洁服务的普遍获得,但整体进展速度需提升至当前的两倍,才能实现SDG具体目标1.4和6.2b。
- 2024年,仍有17亿人无法获得基本清洁服务,其中包括10亿人仅享有有限服务,6.11亿人完全无法获取相关服务。
- 本报告包含了91个国家以及八个SDG区域中五个区域的基本清洁服务估算数据,至此获取到了全球71%人口的数据,但仍需进一步努力,以确保所有国家都能在2030年前报告可持续发展目标全球指标。

2024年,全球五分之四的人口享有基本清洁服务,但居住在最不发达国家的人口无法获得此类服务的风险是其他地区的三倍以上

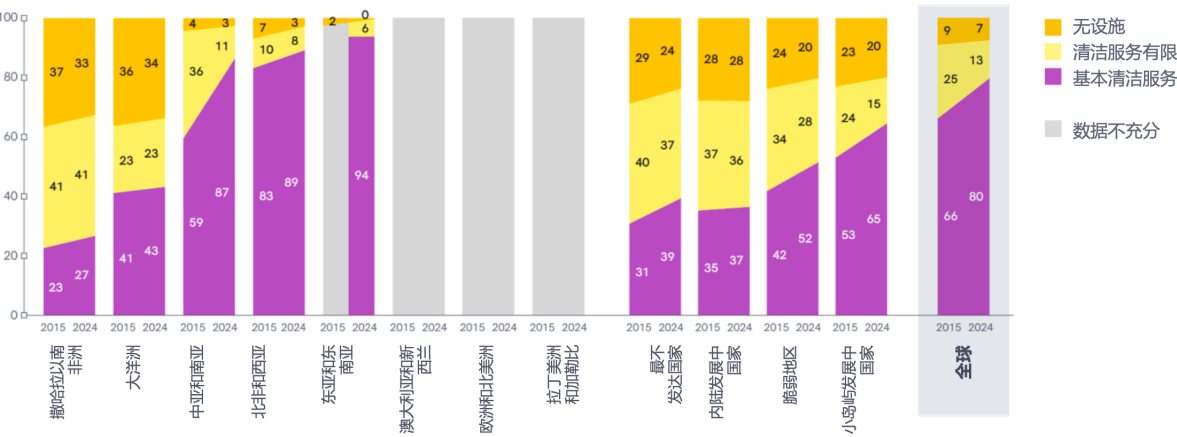


图 6 2015-2024年全球及区域清洁服务覆盖率 (%)

2024年,可获取91个国家基本清洁服务方面的估算数据

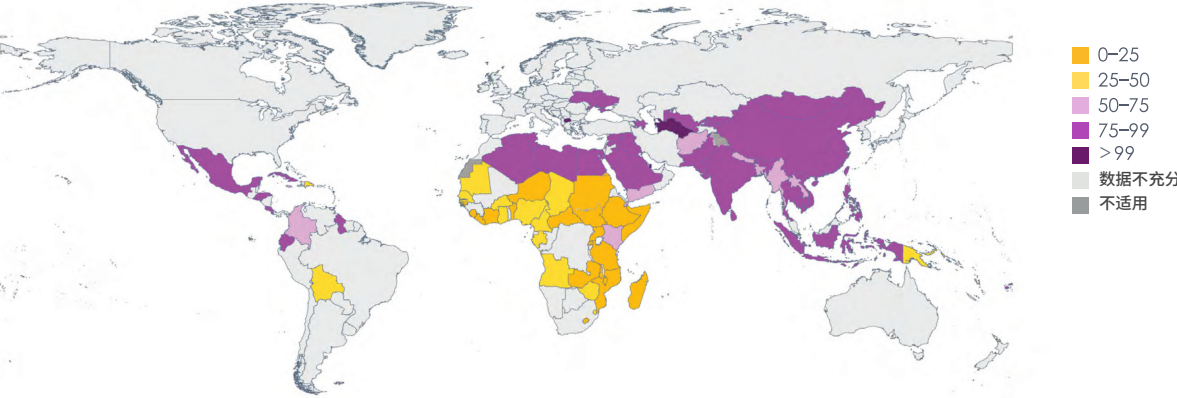


图 7 2024年享有基本清洁服务的人口比例 (%)

经期健康

- 本报告涵盖了70个国家、横跨七个SDG区域的15至49岁青春期女孩和女性的经期健康指标估算数据。
- 生活在低收入国家和农村地区的青春期女孩和女性更可能重复使用经期用品，而这类群体其住所内配备改善型供水设施的可能性更低。
- 虽然大多数青春期女孩和女性表示能够使用月经用品，但仅有极少数人有充足的用品以及及时更换。
- 在有分类数据可查的国家中，每个国家不同地区间，女性在家中是否有更换经期用品的私密场所这一情况有时存在巨大差异。
- 与20至49岁的女性相比，15至19岁的青春期女孩在月经期间参与工作、校园和社交活动的可能性更低。
- 关于新指标的数据能更全面地反映各收入群体中青春期女孩和妇女所面临的挑战，这在此前的全球监测中并未被捕捉到，比如经期用品是否充足、缓解经期疼痛的能力以及就医舒适度等方面的指标。

大多数国家的青春期女孩和女性都能获取月经用品并有私密场所进行更换，但新的指标揭示出各收入群体在经期健康方面面临挑战

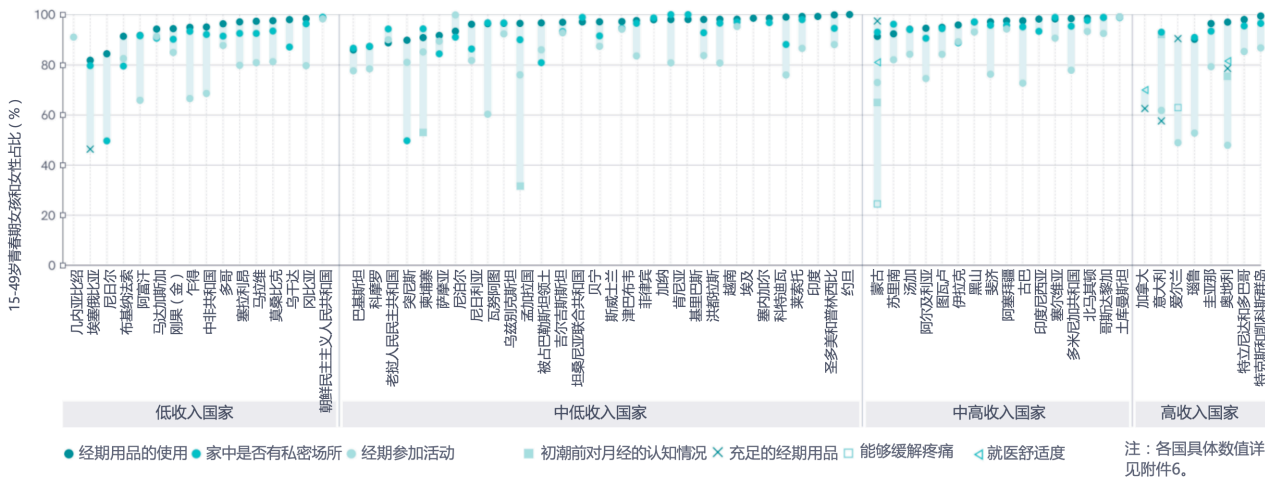


图 8 2019-2024年按收入群体划分选定的国家中，根据经期健康指标划分的15-49岁青春期女孩和女性比例 (%)

过去五年中,70个国家至少有一项经期健康指标的估算数据

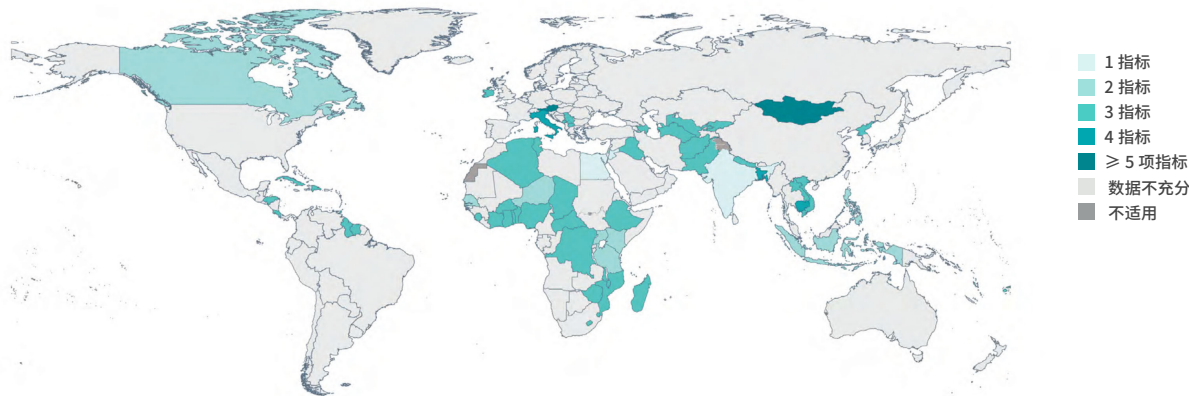


图 9 2019-2024年按国家划分、按照国家数据统计的经期健康指标数量

不平等现象

- 低收入国家的露天排便率仍比全球平均水平高出四倍，是唯一一个无法在2030年前消除露天排便现象的群体。
- 要实现SDG1.4，中低收入国家需将当前进展速度提升一倍，而低收入国家则需在基本供水方面实现七倍的增速，在基本卫生与清洁方面实现十八倍的增速。
- 在脆弱地区，安全管理的饮用水覆盖率比其他国家低38个百分点，安全管理的卫生覆盖率低33个百分点，基本清洁服务覆盖率低37个百分点。
- 地区数据表明，水、卫生与清洁服务水平在城乡之间、地方区域之间、最富裕与最贫困群体之间以及不同族裔群体之间往往差异巨大。关于取水耗时的个人数据凸显了女性、女童与男性、男童之间的不平等。
- 新的数据揭示了其他不平等问题，显示WASH服务水平在有路与无路社区之间、不同类型家庭之间、少数族裔与原住民群体和普通人群之间，以及有功能障碍残疾人士和无功能障碍人士之间也存在差异。

过去的进展速度不足以在2030年前实现全民普及目标，尤其是在低收入国家和脆弱地区



*缺乏充分数据，无法估算中高收入和高收入国家基本个人卫生服务普及率的当前进展速度。

图 10 根据收入划分的WASH指标年度变化率，以及到2030年实现全民普及(>99%)所需的平均年度变化率(百分点/年)

国家自主贡献中的水议题： 面向更高远的未来

回顾水议题在国家自主贡献中的发展，确定关键趋势、差距，并相应提出建议



本文摘编自：斯德哥尔摩国际水研究所报告《国家自主贡献中的水议题：面向更高远的未来》(Water in the Nationally Determined Contributions: Increasing Ambition for the Future)

执行摘要

国家自主贡献(NDC)是落实《巴黎协定》目标的主要行动工具。根据《巴黎协定》要求,各国须在气候变化减缓、气候韧性与适应力增强方面实现宏大的目标,而国家自主贡献则是各国阐述其承诺的关键文件。自2015年生效以来,多数国家已多次更新国家自主贡献,且每次更新都设定了更高的目标。许多国家都按全球既定时间节点推进,但大多进度受到了疫情的影响,导致发布周期延长。本报告旨在剖析全球及区域层面在现有更新版国家自主贡献中纳入水及涉水议题的趋势与现存差距,并跟踪非附件一¹国家首版与第二版国家自主贡献间的总体变化。此类分析有助于政策制定者与资助方确定国家自主贡献中的关注领域或不足,并为伙伴国家的实施工作提供支持。

在涉及气候变化减缓和适应两大议题时,水是连结气候脆弱性与应对举措的关键纽带。本报告旨在评估这一关于水及涉水活动活动的核心认知是否已充分体现在2021年至2022年提交的最新版国家自主贡献中,尤其是在全球水资源挑战日益严峻的当下。若要实现《巴黎协定》目标,需各国做出坚定且明确的国家自主贡献承诺。第26届联合国气候变化大会上通过的《格拉斯哥气候公约》明确指出,多数国家须在2022年重新审视并进一步强化其国家自主贡献。

因此,了解国家自主贡献的现状与进展,并明确未来可能的改进方向,对于实现气候目标而言既恰逢其时又至关重要。本报告对比了过去五年非附件一国家国家自主贡献中涉水议题的发展情况,确定了关键趋势与差距,并就支持未来国家自主贡献活动的规划提出了建议。国家自主贡献同时涵盖气候变化适应与减缓措施,因此有助于我们了解到水所带来的影响、所产生的相互

作用、所造成的制约因素是如何被纳入多个气候变化规划进程。

作为规划进程的一部分,报告对2019年1月1日至2022年1月4日期间非附件一国家中共计114个国家所提交的国家自主贡献规划进行了评估,其中包括在2021年在格拉斯哥举行的第26届联合国气候变化大会(COP26)后至2022年1月提交的国家自主贡献。选择非附件一国家是因为其中许多国家属于中低收入国家,且极易受到气候变化的影响。这意味着这些国家更倾向于在国家自主贡献中提及大量有关气候变化适应的内容。鉴于各行业间可能涉及到水的相关议题十分广泛,因此在国家自主贡献中使用了不同的关键词来表明不同章节的衡量指标与目标。比如植树造林等林业领域术语、基于自然的解决方案等生态系统相关术语,以及与水资源管理相关的词汇等。

报告分析得出的主要见解如下:

总体而言,在大多数国家自主贡献中,水仍是适应气候变化的优先领域,其中多数均提及气候变化对水资源产生的总体影响,以及水资源作为经济发展的基石在众多领域中发挥的重要作用。评估结果显示,在第二轮国家自主贡献中,水及涉水措施在适应气候变化方面的作用有所提升。约85%被评估的国家自主贡献在气候适应章节中扩充了与水相关的气候影响与脆弱性应对措施与详细信息,并将涉水措施的覆盖范围拓展至更多领域。然而,提升用水效率、提升获取和分配水资源的能源效率等直接或间接的涉水议题仍未被单独列入气候变化减缓的优先事项,尽管大多数气候减缓措施要么依赖水资源,要么会

¹ 根据《联合国气候变化框架公约》的规定,不同国家依据其预期承诺被划分到不同类别。非附件一国家主要是发展中国家,其承诺侧重解决自身特有的脆弱性问题。

对当地水文资源(如林业)产生影响。

与初版国家自主贡献相比,更新版扩充了水资源管理方面的支持措施,例如水资源综合管理(IWRM)、流域或集水区规划、水、卫生与清洁(WASH)活动、水资源能力建设投资以及其他综合方法等。然而,尽管涉水措施总数有所增加,但大多数国家自主贡献中纳入的具体涉水目标却非常少,无论是适应目标还是减缓目标均是如此,不过基于减缓的目标除外,例如林业的减缓目标。

加大对国家自主贡献进程与内容的投入反映出其在全球政策议程中的成熟度与被认可程度日益提升、作为战略规划工具的应用愈发广泛,尽管未来仍有改进空间。《巴黎协定》已逐步成为国际气候变化治理体系中一项“成熟”特征且日趋制度化,国家自主贡献作为关键的适应沟通策略得到了认可,同时国家自主贡献对气候减缓措施的关注有潜力引领未来的投资导向,越来越多的国家开始投资制定国家自主贡献规划,也有众多国家目前正专注推动其目标的实施。国家自主贡献的“成熟”趋势还体现在非政府组织、政府间组织及区域性利益相关方在其更新进程中的参与度提升、角色日益多元化,多个国家自主贡献均列出了在其制定过程中所咨询的利益相关方群体。

就涉水内容的广度与深度而言,大多数地区的国家自主贡献文件中涉水内容的数量和质量均有所提升,其中拉丁美洲和加勒比地区及撒哈拉以南非洲地区的表现尤为突出。例如,拉丁美洲和加勒比地区的大多数国家自主贡献均有大量篇幅和具体措施针对解决当地水安全问题,加强流域层面的规划,纳入蓝色经济措施,并采用基于生态系统和自然的解决方案。拉丁美洲和加勒比地区初版国家自主贡献对水及涉水议题关注不足,凸显出了现今对水资源的重视。

在撒哈拉以南非洲国家制定的大多国家自主贡献中,水资源综合管理仍是重点优先事项,同时与水、卫生与清洁相关的活动以及支持气候

韧性建设的水治理或体制建设也日益受到重视。其他地区的涉水内容比例也有所上升,但并不那么显著。在中东和北非地区,大部分涉水内容聚焦于技术改进和基础设施投资,而非治水能力或体制建设等“软措施”,不过也存在一些明显例外,如约旦。

在更新后的国家自主贡献中,围绕水及涉水的议题呈现出了若干趋势:其一,各方开始认可生态系统在应对气候变化挑战中的作用,具体体现为对基于自然的解决方案、基于生态系统的适应、生态系统服务,以及湿地、泥炭地和红树林等特定类型生态系统作用的认可。尽管大部分关注点聚焦于气候缓解潜力,但生态系统在增强气候韧性方面的作用也愈发重要;其二是纳入了更多水资源管理相关问题或方法,如流域规划、集水区规划或水资源综合管理等。

尽管国家自主贡献中涉水内容已明显提升,尤其是在适应气候变化的层面,但以下关键领域仍有显著提升空间:

- **考量水资源在气候减缓活动与规划中的作用。**减缓活动往往依赖于水资源的获取与供应可靠性,或可能对水资源产生影响,因此水资源可能成为制约气候减缓行动的因素之一。未来要进一步了解减缓承诺所产生的影响,尤其是在涉及跨部门协作的流域层面。
- **统筹国家承诺中的地方贡献。**国家层面的承诺往往掩盖了各地在水资源禀赋、区域水资源压力及行动拟开展地区方面的差异。许多气候变化应对措施实际在地方层面实施效果最佳,因此纳入地方层面信息颇有益处。部分国家自主贡献已开始专门纳入地方信息,例如阿根廷、哥伦比亚和多哥,应进一步倡导此类做法。
- **须更详细地说明基准条件,并更多使用定量目标和衡量指标。**这有助于凸显投资适应活动相较于减缓活动的商业价值。尽管许多国家自主贡献纳入了适应措施,但往往不清楚实施这些措施需要多少投资,也并未充分理

解所提建议, 无论其承诺是有条件还是无条件的。与更专注于具体目标的减缓措施相比, 适应措施会处于不利地位。此外, 前者已采用统一衡量指标, 因此更容易评估其投资有效性, 而可用基准信息的缺失可能进一步加剧适应措施的这一劣势。

- **须在国家及区域层面实现水资源承诺的部门内和跨部门深度融合, 并加强与其他全球进程的协同。**水资源治理与利用往往是许多环境与发展挑战的核心, 无论是在应对气候变化影响、增强社区韧性, 还是推动可持续发展方面。然而, 鲜有国家自主贡献能将水资源需求与其他领域的进程紧密关联。许多泛泛提及可持续发展目标及其他发展指标, 但并未尝试深入剖析并强化这些目标与发展指标间的关联性, 这一点对评估适应措施至关重要。
- **须更详细地阐述国家所受影响、脆弱性与国家自主贡献中所列措施之间的关联。**新一轮国家自主贡献在描述气候变化可能带来的各类影响和脆弱性方面已有所提升, 但仍须进一步确保所列措施能直接针对并回应已提出的影响和脆弱性。
- **须加强跨境流域国家间的交流。**若对跨国交流合作的投入不足, 国家自主贡献中的措施可能仍会局限于本国, 在阐述承诺时极少考虑周边国家的需求。纳入这类内容往往会受阻于政治敏感性, 但也可能由国家自主贡献编制准备时间不足所致, 各方无法充分共享

现有或未来的承诺。

- **须进一步开展工作, 深入理解并详细阐述水质、淡水生态系统与气候变化之间的关联, 无论是在适应还是减缓气候变化层面。**尽管在最新一轮国家自主贡献中, 多数都指出, 生态系统在应对气候变化中发挥着日益重要的作用, 但水质或淡水生态系统的环境退化等议题仍未得到充分关注。
- **须更加重视水资源治理。**约 12% 的国家自主贡献提及了水资源治理, 约三分之一涉及水利部门的体制建设。尽管这一趋势令人鼓舞, 但其实并未充分体现水在应对气候变化中的核心作用, 也未反映出各国在气候变化背景下必须妥善管理共享水资源、平衡不同用水方利益的迫切需求。

植被影响河流走向

植物的演化可能改变了古代河流的轨迹



蜿蜒河流上的植被改变了河湾内侧的沉积方向,致使河湾向外扩张。

河谷中的植被减缓了洪泛区的侵蚀率(1),缩小了河道宽度(2),并推动了从辫状多通道河流到单通道蜿蜒河流的转变(3)。这些变化还控制着河道沿线的碳封存及其他生物地球化学过程(4)。在本期期刊第 915 页,哈森(Hasson)研究团队发布的报告中指出了洪泛区植被控制河流动态的一种新方式(5),此处所提及的植被即

生长在河流邻近平坦土地上的植物群落。无植被洪泛区的蜿蜒河流往往向下游迁移——与河流总体流向平行,而有植被洪泛区的蜿蜒河流则更可能向外扩张、横跨河谷。这一发现解决了对早期古生代(>4.19 亿年前)河流沉积物的矛盾解释,这些沉积物形成于陆生植物演化之前,并挑战了当前对地球及其他星体上河流蜿蜒现象的理解。

本文摘编自:《科学》(Science)期刊 2025-08-28 Vol. 161, 作者为Jim Pizzuto

在一条河流流动时,河床上的沙砾和卵石会被携带至下游。这些泥沙在沙洲(由泥沙堆积形成的隆起区域)及其他沉积物中聚集、移动,并形成反映河流流向的特征。河流沉积物会转变为沉积岩,成为保存下来的古河流流向及特征的标志。辫状多通道河流往往沿河谷直线下流。相比之下,蜿蜒的单通道河流流向多变,如上页照片所示,反映了其曲折的河道。对古代岩石的分析表明,古生代无植被洪泛区的河流主要呈直线向下游流动(6)。这些研究结合植被抑制多河道辫状河形成的观察结果引出了一种观点:单通道 蜿蜒河流是在古生代陆生植物出现后才在地球上广泛分布的。

这一观点受到了挑战,原因是在地球上无植被的干旱地区发现了成熟的蜿蜒河道(或河湾),并且在火星和土卫六(泰坦星)上也发现了无植被的蜿蜒河道。如果植被并非河流形成蜿蜒形态的必要条件,那么蜿蜒河道应当贯穿于地球的整个历史。既然如此,又该如何解释古生代之前河流流向始终保持直线向下游顺流这一现象呢?

哈森团队通过分析卫星图像,记录了现代有植被覆盖与无植被覆盖的蜿蜒河流的迁移方向。研究发现,这些河流的迁移方向并非主要受气候、洪泛区沉积物抗侵蚀能力、或河流携带泥沙总量的影响。研究者提出假设,认为植被改变了关键河流迁移过程。河湾通过侵蚀外岸、在内岸沉积形成曲流沙坝的沉积物而发生迁移。当这两个过程达到平衡时,河湾在迁移过程中会保持恒定的宽度。在近岸水流被导向内岸而非沿下游方向流动时,曲流沙坝上的泥沙堆积会加速。哈森团队指出,植被会改变曲流沙坝的淤积方向,使得河湾横向跨越河谷迁移,而非沿下游方向迁移。此外,在河流迁移过程中,植被还能稳定河道,抑制因河流改道(河流突然改道至新位置)(7)或裁弯取直(河湾因侵蚀而突然变直)导致的河湾废弃现象。研究者进一步提出,以往研究忽视了指向曲流沙坝近床流的沉积标志,而这类标志正是判断曲流河沉积物的特征,因此导致过高估计了古地球时

期直流辫状河的广泛程度。

尽管哈森团队的假设尚需进一步验证,但其研究可激发后续探索,帮助厘清河湾迁移的潜在机制——这一话题已在地貌学界引发了数十年的激烈争论。部分学者认为,河湾迁移首先需要外岸遭受侵蚀,随后曲流沙坝发生沉积(8)。这一所谓的“外岸牵引”假说,常与“曲流沙坝推挤”假说相对立,后者认为曲流沙坝的沉积通过“推挤”水流使其冲向外岸,进而引发侵蚀(9)。另有学者提出,这两种机制协同作用,河湾迁移既非完全受外岸侵蚀主导,也非完全由曲流沙坝沉积控制。然而,若植被在控制曲流沙坝推进方向上发挥关键作用,则“沙坝推挤”机制必然占据主导地位。

哈森团队的研究还对现有河流蜿蜒的数学理论提出了挑战(11)。这些理论结合地貌学和流体力学原理,为河湾的形成、典型形态及时间演化提供了基于物理学的解释。尽管理论上取得了一定进展(12),但大多数模型无法明确呈现内岸沉积过程。因此,现有理论无法解释哈森团队的观测结果。要将内岸沉积过程和植被因素纳入数学模型,需要生态学家、植物学家和理论研究者合作开展研究。

对有植被覆盖和无植被覆盖的蜿蜒河流的进一步认识会推动重大科学进展。例如,该研究可揭示地球早期历史中的河流动态及生物地球化学循环,同时增进了解干旱地区研究不足的河流。此外,这一研究还能够为地球以外的天体研究提供启示,如推断火星上的蜿蜒水流(13)和土卫六上的弯曲液态甲烷流动(14)。河流修复与生态工程这一蓬勃发展的领域也将从中受益,因为河流修复工作常涉及在人工构建的弯曲河道周围种植植被(15)。深入研究河湾与植被间的相互作用,有助于优化河流修复方案,构建具有自我修复能力的河流生态环境,提升河流水质,并促进周边动植物的繁衍生息。

参考文献

1. A. Ielpi, M. G. A. Lapôtre, *Nat. Geosci.* 13, 82 (2020).
2. R. D. Hey, C. R. Thorne, *J. Hydraul. Eng.* 112, 671 (1986).
3. M. Tal, C. Paola, *Water Resour. Res.* 35, 1014 (2010).
4. M. Repasch et al., *Nat. Geosci.* 14, 842 (2021).
5. M. Hasson, A. Finotello, A. Ielpi, M. G. A. Lapôtre, *Science* 389, 915 (2025).
6. M. R. Gibling et al., *Proc. Geol. Assoc.* 125, 524 (2014).
7. J. H. Gearon et al., *Nature* 634, 91 (2024).
8. W. I. van de Lageweg, W. M. van Dijk, A. W. Baar, J. Rutten, M. G. Kleinhans, *Geology* 42, 319 (2014).
9. J. A. Constantine, T. Dunne, J. Ahmed, C. Legleiter, E. D. Lazarus, *Nat. Geosci.* 7, 899 (2014).
10. J. Mason, D. Mohrig, *Geology* 47, 1136 (2019).
11. G. Seminara, *J. Fluid Mech.* 554, 271 (2006).
12. E. Eke, G. Parker, Y. Shimizu, *J. Geophys. Res. Earth Surf.* 119, 1455 (2014).
13. M. G. A. Lapôtre, A. Ielpi, *AGU Adv.* 1, e2019AV000141 (2020).
14. M. Malaska et al., *42nd Lunar Planet. Sci. Conf.* 1608, 1562 (2011).
15. I. Costaz-Puyou, R. Williams, A. Black, C. Spray, C. MacDonell, *J. Environ. Manage.* 388, 125672 (2025).



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
 2025年11月25日