



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
4
总318期



| 2050年水电行业发展展望

| 水电



2050年水电行业发展展望

明确下一个850+ GW, 实现净零排放目标

执行摘要

2050年, 全球可持续水电装机容量只有实现跨越式增长, 才能逐步摆脱对化石燃料的依赖, 推动清洁能源转型, 有效应对气候变化。这一结论基于独立能源机构的对净零排放路径模拟展开的评估, 也充分考虑了当前和未来计划内的水电装机容量。

水电是目前全球最大的可再生电力来源, 全球水电总装机容量超过1,300 GW, 满足全球超过15%的电力需求。在发展和气候变化双重挑战下, 我们既要提高总发电量, 同时也注重大力提升低碳电力所占比重。推进清洁能源转型至关重要, 刻不容缓。

对未来电力系统的预测是一项不小挑战, 国际能源署(IEA)和国际可再生能源机构(IRENA)等主要国际机构给出的分析结果却非常明确, 为了应对愈演愈烈的气候变化, 需要在当前基础上将可再生能源发电量提高10倍。

尽管大部分新开发的可再生能源装机容量集中在风能和太阳能领域, 但其自身的间歇性意味着电力系统对灵活低碳电力来源的需求将进一步增加。因此, 根据IEA和IRENA的评估, 要将全球气温上升幅度控制在2°C以内的同时追求成本效益, 至少需要850 GW的新增水电装机容量。要想进一步实现更加雄心勃勃的净零排放目标(将气温上升幅度控制在1.5°C以内), 新增水电装机容量至少需要2,500 GW(大约是当前装机容量的两倍)。由此看来, 水电即是可再生能源的一种, 又能

成为可再生能源升级的推动者, 在未来的能源系统中具有关键作用。

利用新建水电项目来替代其他可调度能源是一项艰巨任务, 在短时间内必然无法实现。到2050年, 水电将进一步增强电力系统灵活性。目前其他低碳方案无法实现所需的部署规模, 而如果采用碳排放强度较高的天然气替代水电, 由此产生的额外排放量将大致相当于世界第三大经济体日本一年的排放量。

国际水电协会(IHA)对其全球水电数据库开展的一项新分析表明, 目前的计划装机容量(即未来装机容量)至少已达500 GW。然而, 其中仅有156 GW为在建装机容量; 165 GW已获核准, 但尚未开始修建; 138 GW正在等待监管机构核准; 另有89 GW仍仅处于计划阶段。为实现更为经济地应对气候变化, 需加快这些水电项目的建设及投产运行。

这项分析点明了未来水电发展的趋势, 比如区域发展差异和抽水蓄能装机容量的增长。从区域计划装机容量来看, 东亚和太平洋地区、非洲、南亚和中亚未来的增幅更大, 分别为240 GW、118 GW和91 GW。这也体现出水电开发程度较低地区的巨大潜力, 以及水电在推动多国向可再生能源转型, 协助它们为不断增长的人口提供电力服务方面发挥的核心作用。

该分析还强调了抽水蓄能电站日益增长的重要性。抽水蓄能电站是目前世界上应用最广的储

能容量来源。数据显示,如果所有计划项目均按预期竣工,未来抽水蓄能容量几乎翻上一番。这些新增储能容量对于间歇性可再生能源(如风能和太阳能)比重较高的能源体系尤为重要。

如果加上其他类型的抽水蓄能电站,我们的新增装机容量可能更接近IEA和IRENA净零排放路径中设定的1200-1300 GW目标。

与其他电力来源一样,水电也受到诸多物理条件的限制。例如,常规的水电站(径流式和水库式)所选场址必须存在可以利用的水流。常规水电站技术成熟,目前已经在世界各地,尤其是欧洲和北美,得到广泛建设开发。此外,许多在理论上可行的场址可能因为实际操作、经济、社会和环境考虑因素而变得不适合。

区域水电潜力差异巨大,非洲、亚洲和南美洲的开发程度较低。欧洲和北美可以通过现有电站的现代化升级或改造非发电大坝来增加装机容量。而目前,除了中国以外,其他国家的水电行业发展均较为缓慢。因此,要想充分挖掘水电潜力,实现水电项目的落地开发,离不开强烈的政治意愿和有利的市场机制的支持。

展望未来,保障新建水电站的可持续性是一必要之举——IHA正在制定新《水电可持续发展标准》,引领可持续水电开发。水电开发商应运用水电可持续发展工具和《水电可持续发展标准》来确保项目符合标准,力求把对当地环境和社区的影响降至最低。

为促进到2050年实现850 GW+新增装机容量, IHA建议了一系列政策措施。首先,政府应当利用金融机制来激励在水电领域的投资。为确保技术的合理配置,必须为水电项目的灵活性提升和储能服务向投资者提供适当报酬,并且需要确保投资者收益的长期可靠性。此类机制包括补贴、补助和容量市场。此外,在所有发电技术中,只有水电能够提供广泛的非能源效益,如防洪抗旱和灌溉。在对水电进行全面评估时,应当考虑到这些效益。

其次,在规划和运营新水电项目时,须充分考虑项目的可持续性和气候变化适应力。

决策者应鼓励对现有水电项目进项现代化升级和改造(棕地开发)。可以通过升级老旧水电站来增加发电容量。此外,在非发电大坝安装涡轮机也是另一种充分利用现有基础设施的方法,可增加低冲击水力发电容量。

水电的作用

展望未来,可持续水电是唯一的答案

水电项目生命周期内每单位能源温室气体排放量最低。因此,与其他高污染、不可再生的发电方案相比,水电对于清洁能源的生产至关重要。世界银行在一份关于水电行业的工作文件中明确指出“支持水电的发展能够减少对化石燃料的依赖,进而减缓气候变化”,文件还提及了巴基斯坦塔贝拉(Tarbela)水电站四期扩建项目:通过在现有大坝上增建一个机组厂房,可以将巴基斯坦总排放量减少约1%。

报告强调,可持续水电能够促进经济发展,提高能源获取机会,以及有效应对气候变化。世界银行在《气候变化行动计划(2021-2025)》中将水电视为一种“关键清洁能源”,它将帮助我们摆脱对煤炭等化石燃料的依赖,促进实现能源转型的“公正过渡”。战略强调,未来水电项目必须具备可持续性,包括协调一致的规划和管理,以减轻水电项目对生态系统的负面影响,确保项目“适合当地条件、适应气候变化”。

水电可持续发展工具为水电行业、政府和民间社会提供了一种通用语言,用以评估水电部门的可

持续发展问题。目前我们可以结合三项互补的工具，对照良好实践和经过验证的国际最佳实践来衡量项目并设定基准：

● **水电可持续发展指南：水电行业国际良好实践(HGIIP)**——确定哪些属于良好国际实践的关键文件。

● **水电可持续发展评估协议(HSAP)**——对照确定的良好实践和经过验证的最佳实践来衡量项目绩效。

● **水电可持续发展ESG短板分析工具(HESG)**——对照关于环境、社会和治理(ESG)的良好实践来核查项目的短板，该工具还包含一项短板管理计划。

水电可持续发展标准

IHA水电可持续发展委员会负责管理水电可持续发展工具，并通过制定《水电可持续发展标准》引领可再生能源部门的发展。根据《水电可持续发展标准》，新建水电项目须对照标准进行独立认证，以确保项目的可持续发展能力。《水电可持续发展标准》设定了具体环境、社会和治理(ESG)标准的最低预期绩效，并为达到标准项目授予银级和金级认证。

《水电可持续发展标准》呼吁水电项目应促进实现以下目标：

● **生态系统健康**——水电项目应管理其对生态系统的影响，保护重要栖息地。

● **社区繁荣**——水电项目与受影响社区共享项目收益。

● **基础设施韧性建设**——水电项目充分考虑区域用水需求和水资源可利用量。

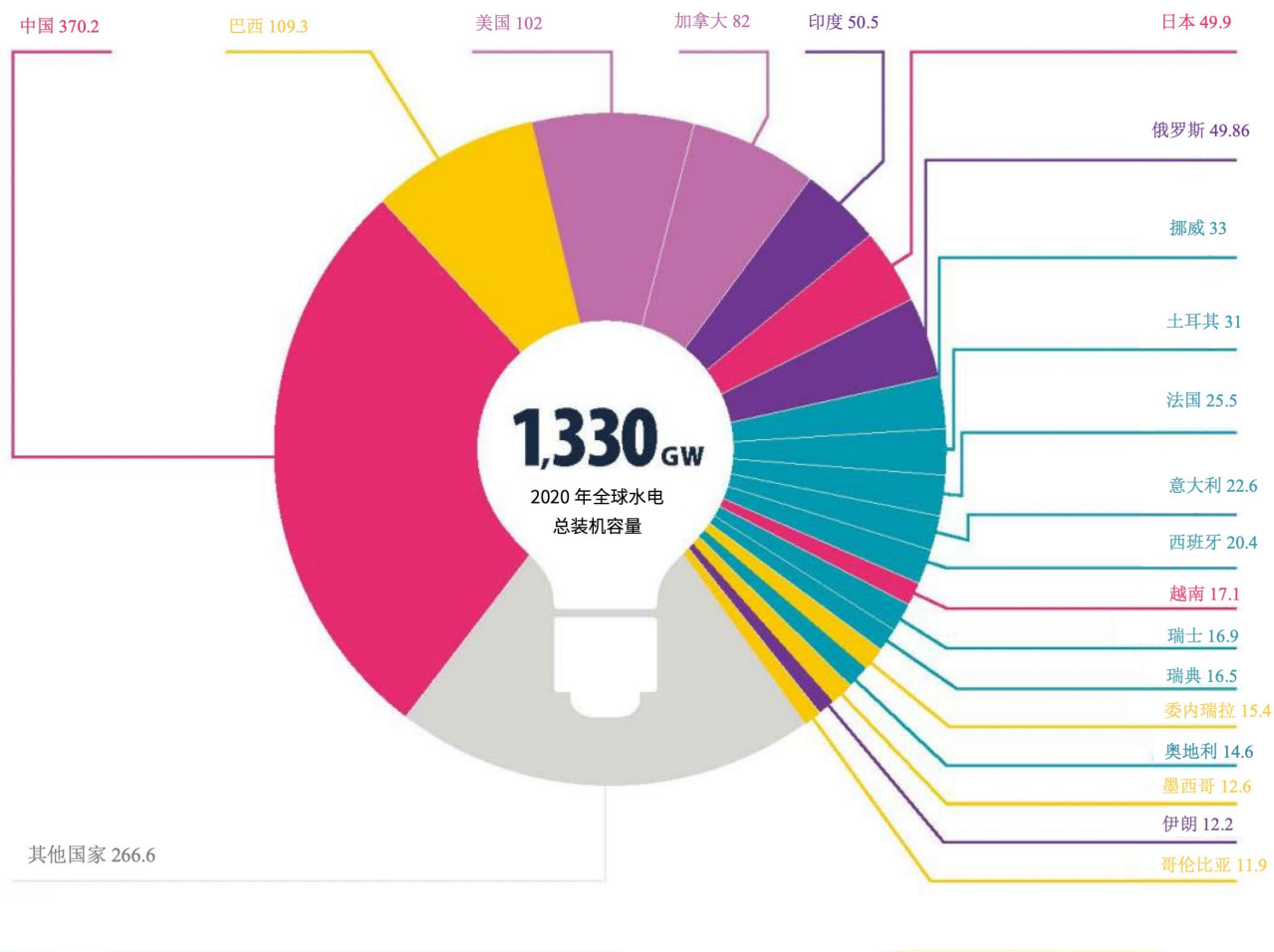
● **良好治理**——水电项目实施合乎伦理和透明政策和实践。

水电促进间歇性可再生能源发展

所有2050年净零排放模拟情景都要求大幅提高太阳能光伏发电和风电装机容量。例如，IEA路径要求将风能和太阳能光伏发电量在总发电量中所占比例从9%提升至68%，这意味着，从2030年到2050年，平均每年需要新增34 GW风能和600 GW太阳能光伏发电容量。

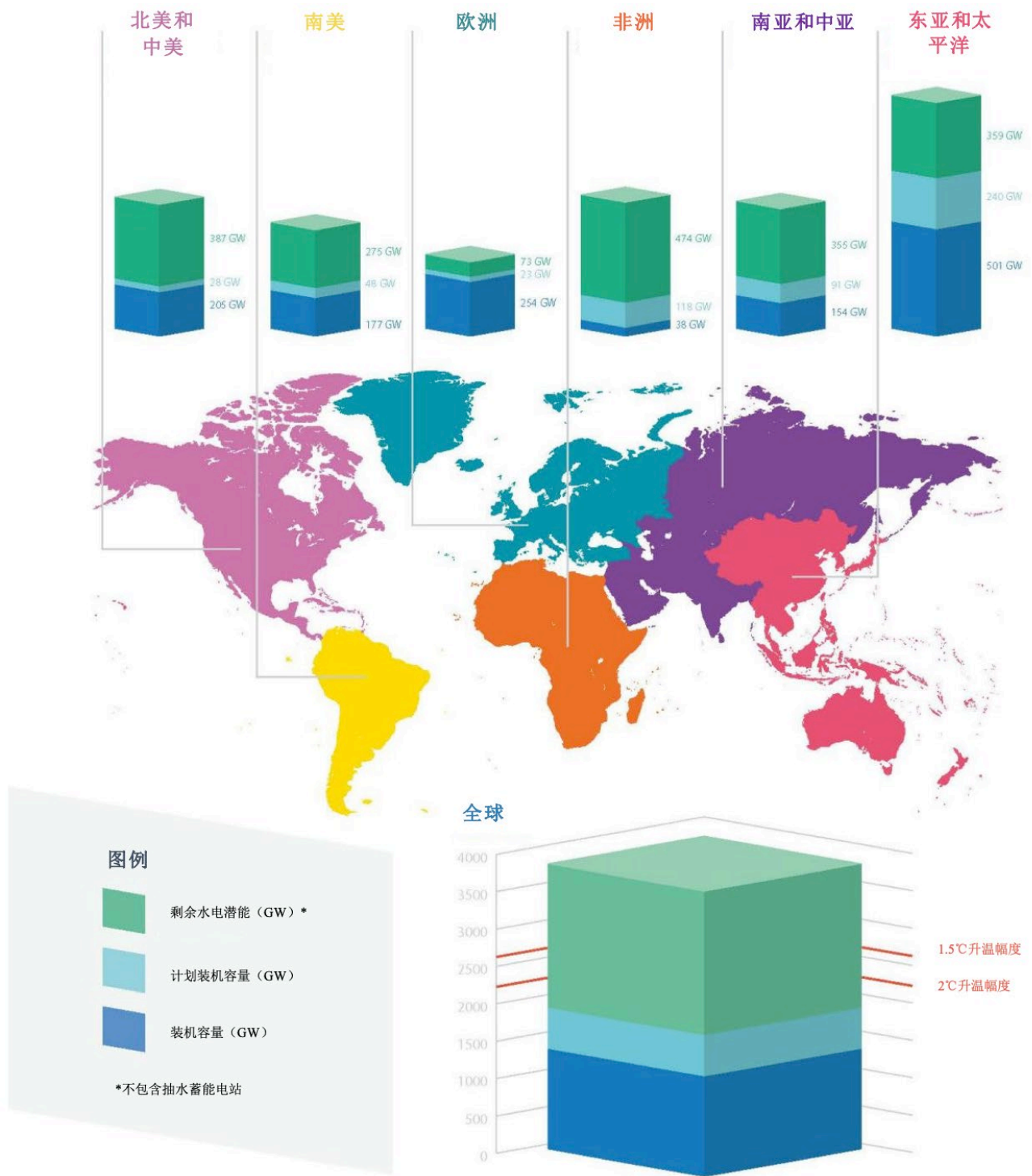
近年来，由于成本下降，风电和太阳能发电装机容量快速增长，并将保持增长态势。由于风能与太阳能都是间歇性可再生能源，确保未来电力生产的安全性和灵活性至关重要。目前，水库式水电站和抽水蓄能电站在确保全球电力灵活性方面发挥着重要作用，提供了30%的灵活电力容量(与煤炭和天然气的贡献相近)。许多水电站能够迅速增减发电量，满足不断变化的用电需求，消纳或补充风能和太阳能的间歇性发电量。如此一来，投资于新增水电将促进风电和太阳能光伏发电，并作为它们的补充电力来源，在天气条件不断变化的情况下提供更可靠的备用电力。

当前水电形势



水电发电量排名前 20 位的国家和其他国家的水电装机容量，包括抽水蓄能装机容量（2020 年）





政策建议

谋划低碳未来

决策者须立即着手规划未来电力系统。大多数国家的未来电力系统将以风能和太阳能等间歇性电力来源为主。如果电力系统缺乏灵活性,可能存在电力供应无法满足用电需求,或者电网依赖天然气和煤炭等高碳电力来源的风险。而能够增强电力系统灵活性和韧性,且最具成本效益的低碳项目(如水电)交付周期较长,这意味着必须立即开始规划。

融资

目前水电开发面临的一个阻碍是长期收益和未来能源生产的不确定性。政府应当制定针对水电的财政政策,提高投资者长期收益的确定性,降低投资风险。自20世纪50年代以来,超过90%的水电站都是在收益稳定的条件下建设投产的,无论是通过长期合同还是电力购买来担保。同样,开发商——通常是政府、国有企业或事业单位——能够全面而系统地考虑水电提供的广泛效益。

政府可以通过补贴和补助来鼓励私营部门投资。为了确保水电在遏制危险气候变化方面发挥作用,应当大力扶持私营部门绿色融资机制,为获取必要资金提供更多渠道。

提升收益的可见性

目前已有多种市场化机制来支持私营部门投资低碳发电。这些机制包括上网电价补贴、差价合约、上限和下限市场以及容量市场。这些机制的作用方式是让投资者清楚了解未来的收益来源。开发商及其投资者将承担交割风险,但他们在交付后可以获得适当补偿。

简化许可过程

监管审批时间过长可能会阻碍投资,尤其是考虑到水电站的建造时间相较于其他项目已经比较长,在有些情况下,水电站的监管框架并不合适。例如,印度将抽水蓄能电站视为“河谷工程”,即使这类项目并不需要修建一座新的水坝。这导致抽水蓄能项目需要获得印度环境、森林和气候变化部的审批,而这一审批过程可能耗时3到5年。

应当将水电项目归类为可再生能源资源项目,并鼓励监管机构提高许可过程的灵活性,加快项目审批进度。当然,项目仍然必须满足必要的环境、社会和经济标准。

促进和投资现代化升级

全球水电机组日益老化。无论是以旧换新,更换老旧设备,还是进行大刀阔斧的设备升级,投资于水电项目现代化升级改造都将显著增加发电量,并且可以避开新建基础设施可能面临的挑战。

然而,这类现代化投资需要提高未来收益的可见性,以鼓励投资者。在某些情况下,现行监管框架可能并不明确,也会因此而削弱水电投资的吸引力。

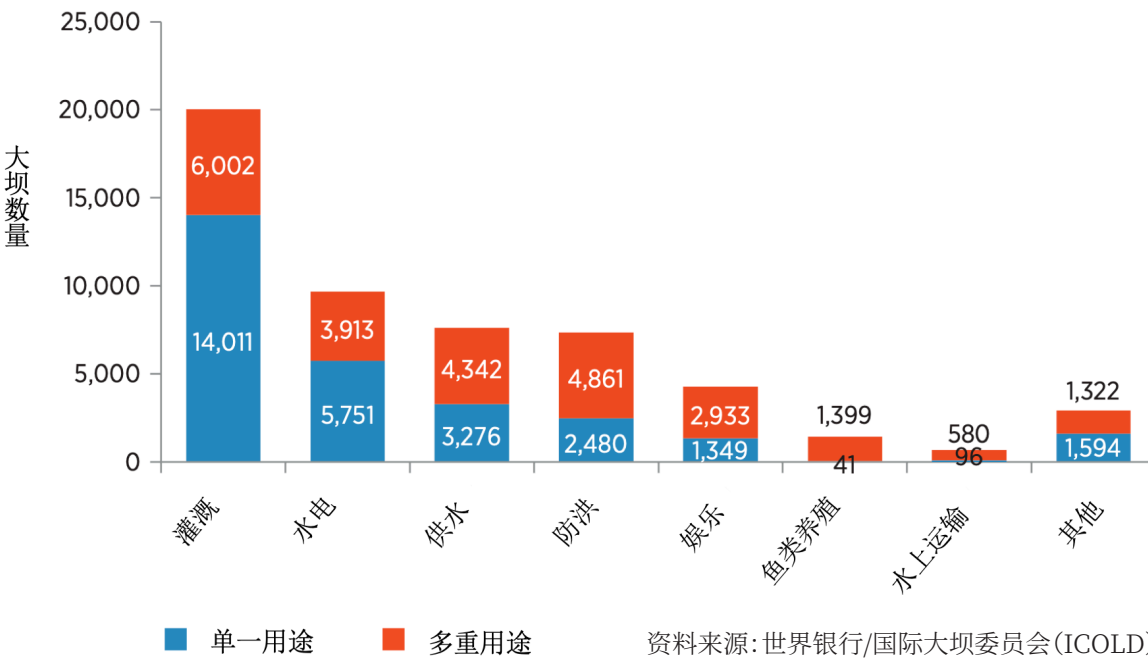
水电

水电作为可再生能源是一种可靠、用途广泛、低成本的清洁电力来源，也是实现高效水管理的重要途径。现代水电站正在帮助社会加快推进清洁能源转型，提供重要电力、储能服务，增强电力系统灵活性以及助力减缓气候变化。水电也是建设安全、清洁电力系统和促进实现全球净零排放目标的助推器。



水电的类型

目前主要有四种类型的水电站：径流式、水库式、抽水蓄能和离岸式水电站。全球仅一小部分水坝是专为水力发电而建，大部分水坝还可实现灌溉、供水、防洪以及其他多种用途。



助力实现水资源管理

除发电以外,许多水电站大坝也被用于其他多种用途,包括为居民、工业和农业提供清洁水资源,以及提供娱乐和水上运输服务。随着气候变化导致

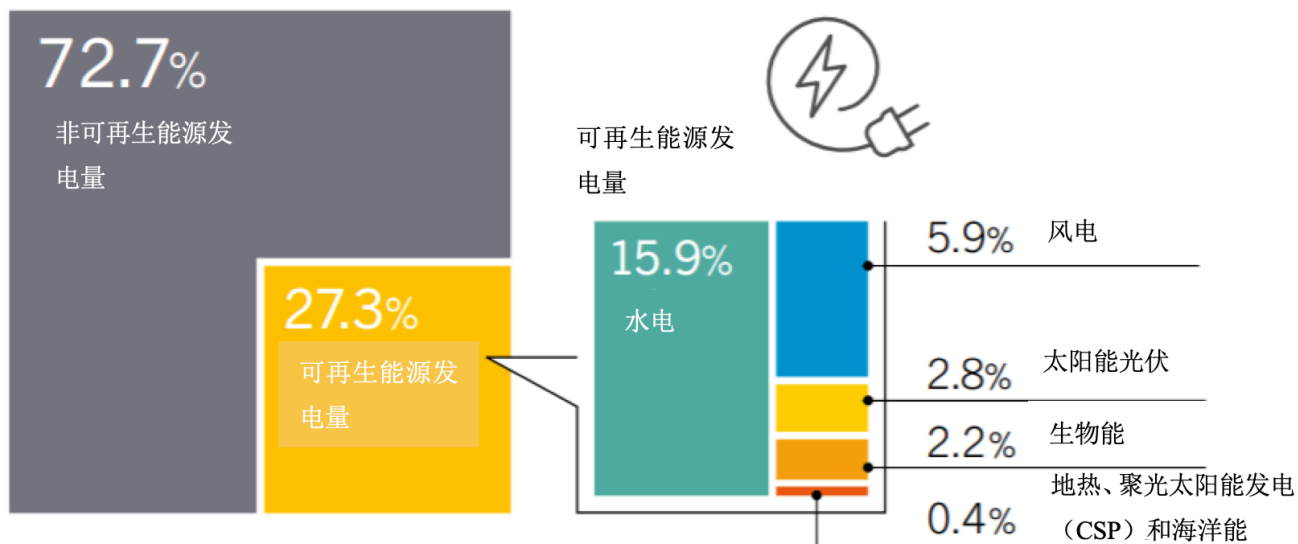
极端天气事件频发,水电项目可用于调节水量和蓄水,帮助减轻洪水和干旱等极端天气事件的影响。



贡献最大的单一可再生能源

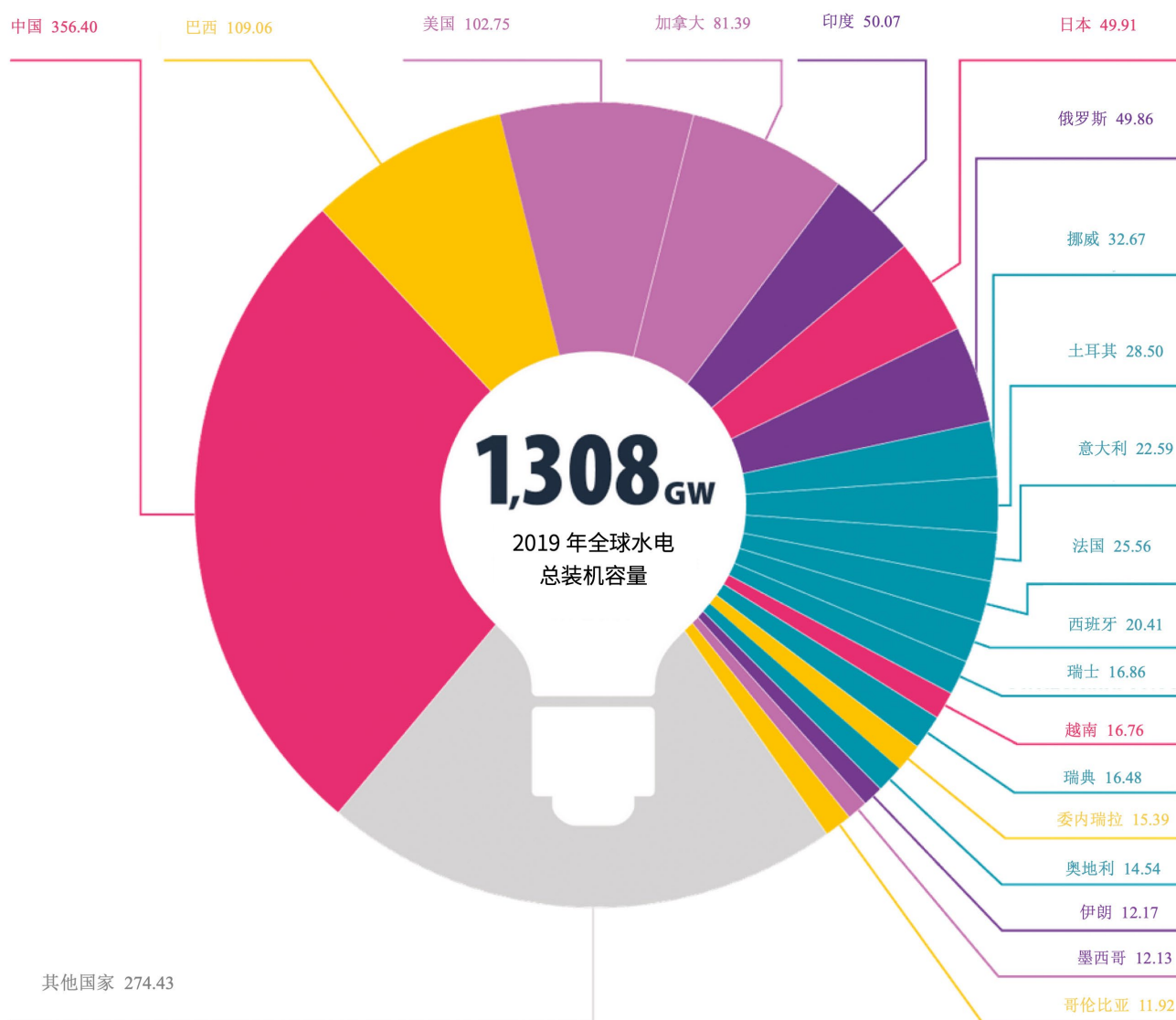
全球约60%的可再生能源来自于水力发电。水电发电量占总发电量的16%左右。国际能源署(IEA)在2021年《水电特别市场报告》中指出,全球近三分

之一的灵活供电容量来自水电,这一比重未来可能进一步攀升。任何国家要实现100%可再生能源当以将水电纳入能源结构为前提。



2019年预计可再生能源在全球发电量中的比重(资料来源:21世纪可再生能源政策网络,2020年)





从装机容量来看, 中国、巴西、美国、加拿大和印度是最大的水电生产国。

应对间歇性可再生能源供应不稳定的挑战

水电兼具灵活性和储能服务, 因此是风能和太阳能等波动性可再生能源的理想补充。在这些间歇性可再生能源不可用的情况下, 水电可以满足用电需求。抽水蓄能电站类似一个绿色、可充电电池, 在电力供大于求时吸收多余能源。

低碳、无污染

水电是最清洁的能源之一, 其温室气体排放强度低于其他能源。研究表明, 仅过去50年里, 采用水电替代化石燃料发电已经帮助减少了超过1000亿吨的二氧化碳排放, 减排量甚至超过了核电站, 大致相当于美国20年的碳足迹总量。

从全生命周期的温室气体排放量来看, 水电站的单位能源排放量最低——且能提供多重环境效益。据IHA估计, 如用煤炭替代水电, 每年将额外排放多达40亿吨温室气体, 导致全球化石燃料和工业排放量增加10%。此外, 每年还会多排放1.5亿吨大气颗粒污染物。

未来预测

根据国际可再生能源机构(IRENA)的数据, 到2050年, 为将全球升温幅度控制在2°C以内, 需要将装机容量在现有基础上提升60%, 增至2,150 GW。国际能源署(IEA)则报告称, 为将全球升温幅度控

制在1.5°C以内, 需要新增1,300 GW水电装机容量。与此同时, 未来十年内该领域有望创造约600,000个技术工作岗位, 涉及近1.7万亿美元的投资。

IEA报告称, 2019年全球水电投资为500多亿美元, 远低于IEA预计的为实现可持续发展每年所需的1000亿美元资金。

长期成本低

尽管前期建设成本相对较高, 但水电项目的生命周期较长, 并且能够在生命周期内提供成本极低的电力。2018年, 全球水电站电力加权平均成本为每千瓦时0.047美元, 是大多数市场中成本最低的电力来源(IRENA)。

各国可以向邻国出口电力, 获得可观收入。全球水电行业从业者约200万人, 此外还有更多在与水电相关的供应链上下游的员工。



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3月7日