



联合国
工业发展组织



国际小水电中心
(ICSHP)



世界小水电发展报告 2022

综合摘要

免责声明

联合国工业发展组织和国际小水电中心版权所有（2022）

《世界小水电发展报告2022》由联合国工业发展组织（UNIDO）和国际小水电中心（ICSHP）联合编辑出版，提供全球小水电发展信息。

文中的意见、统计数据和预测等都由作者负责，不应视为联合国工业发展组织或国际小水电中心的意见或立场。联合国工业发展组织、其成员国和国际小水电中心已经竭尽所能确保本报告内容的准确性，但不对使用相关信息引发的任何后果承担任何法律责任。

本报告未经联合国正式编辑。报告内采用的名称和文件资料并不代表联合国工业发展组织的秘书处关于各国、领土、城市、地区或其当局的合法地位，以及关于国土、边界的界定、或对经济体系及其发展程度等问题的任何意见和立场。例如“发达的”、“工业化的”和“发展中”等一类词汇只为方便统计，未必表示一个国家或者地区的真实发展程度。该报告中提及的公司名称或者商业产品并非联合国工业发展组织为其代言。

本报告内容可以自由引用或转载，但是必须注明出处。

推荐引文：

UNIDO, ICSHP (2022). World Small Hydropower Development Report 2022. United Nations Industrial Development Organization, Vienna, Austria; International Center on Small Hydro Power, Hangzhou, China. Available at www.unido.org/WSHPDR2022.

ISSN: 2406-4580 (打印版)

ISSN: 2706-7599 (电子版)

电子版也可从www.unido.org/WSHPDR2022下载。

设计：red not 'n' cool

序

《世界小水电发展报告2022》序言： 联合国工业发展组织总干事 格尔德·穆勒



在面对新冠肺炎疫情所带来大规模、复杂的系统性挑战时，世界没有做好准备。全球各地的民生、经济发展和社会稳定受到严重影响。新冠肺炎疫情也减缓了人类实现可持续能源目标的进展。在这样一个多重危机交织的关键时刻，我们需要果断地共同努力，以实现国际社会商定建立的可持续能源系统目标。我们必须确保把发展可再生能源作为各级决策的首要任务。

面对这一挑战，继续收集和分享可再生能源技术和知识尤为重要。小水电就是其中一种解决方案。长期以来，它为世界各地提供可持续和可靠的电力发挥了关键作用。小水电是一种简单、适应性强、成本低的技术，因此特别适合偏远和边缘化社区。在考虑环境和社会经济因素进行的科学规划下，它提供了获得可持续的可再生能源机会，这是任何发展的基础，同时也增强了社区的能力，改善了民生，提供了更多发展的机会。新冠疫情流行、气候危机和能源转型等问题给人类实现《巴黎协定》的承诺带来挑战，小水电提供了一种解决的选项。

全球60%以上的小水电潜力尚未开发。全球仍有大量机会利用它造福当地社区和世界。为了支持决策者、社区、潜在开发商和对开发小水电项目感兴趣的其他利益相关方，联合国工业发展组织（UNIDO）与国际小水电中心（ICSHP）合作推出了第四版《世界小水电发展报告》。前三版表明，该报告作为小水电的知识产品，在世界各地都有着巨大需求。我感到自豪的是，这已经是该报告的第四版，联合国工业发展组织和国际小水电中心正在继续这项重要的知识收集和传播工作。当前版本经全球200多位专家以及组织共同努力精心编写完成的。中华人民共和国水利部和国际小水电中心为这份报告的编写提供了慷慨支持和智慧领导。

我相信这份报告将有助于建设全球可持续能源体系，帮助缓解气候危机并增强社区能力。

A handwritten signature in blue ink, reading "Gerd Müller". The signature is fluid and cursive, with the first name "Gerd" and the last name "Müller" clearly distinguishable.

鸣谢

《世界小水电发展报告2022》是在联合国工业发展组织(UNIDO)脱碳与可持续能源司司长Tareq Emtairah、联合国工业发展组织(UNIDO)气候与技术伙伴关系司司长Petra Schwager-Kederst、国际小水电中心(ICSHP)刘德有主任的指导下编制。

本专题出版物的编写工作由联合国工业发展组织高级技术顾问刘恒教授牵头、国际小水电中心多边发展处处长胡晓波提供咨询,在国际小水电中心Oxana Lopatina和联合国工业发展组织Eva Kremere的具体协调下,经国际小水电中心尖端人才和研究团队以及小水电领域专家历经三年努力研究、密切合作取得的成果。

《世界小水电发展报告2022》编制团队:

牵头 刘恒, 联合国工业发展组织, 高级技术顾问
协调 Oxana Lopatina, 国际小水电中心
Eva Kremere, 联合国工业发展组织
团队 联合国工业发展组织: Eva Kremere、Sanja Komadina. 实习生: LIU Fangjie、REN Wenxuan
国际小水电中心: 胡晓波、Oxana Lopatina、Danila Podobed、Alicia Chen Luo、Veronika Spurna、Tamsyn Lonsdale-Smith、Bilal Amjad、Oluwatimilehin Paul Olawale-Johnson、Davy Rutajoga、Laura Stamm、Ruize Yuan、包丽娜

编辑委员会

Jesse Benjaman (PCREEE), Alfonso Blanco-Bonilla (OLADE), Cristina Diez Santos (Open Hydro), Tareq Emtairah (UNIDO), Geraldo Lúcio Tiago Filho (CERPCH), Guei Guillaume Fulbert Kouhie (ECREEE), Dirk Hendricks (EREF), Wim Jonker Klunne (Hydro4Africa), Arun Kumar (IIT Roorkee), LIU Deyou (ICSHP), LIU Heng (UNIDO), LIU Hongpeng (UNESCAP), Eddy Moors (IHE Delft Institute for Water Education), Niels Nielsen (Kator Research Services), Mohamedain Seif Elnasr (COMESA), María Ubierna (Open Hydro), XING Yuanyue (Ministry of Water Resources of China)

同行评审

Joan Cecilia C. Casila, Choten Duba, Mohammad Hajilari, Michela Izzo, Annabel Johnstone, Dimitar Kisliakov, Wim Jonker Klunne, Arun Kumar, Sarah Kwach, Kristian Dahl Larsen, Charlene Monaco, Niels Nielsen, Victor Odundo Owuor, Emanuele Quaranta, Nicolae Soloviov, Fujimoto Tokihiko, Leandro Zelaya

贡献专家

Arturo Alarcon, Sameer Algburi, Alsamaoal Almoustafa, Gabriel Anandarajah, Vicky Ariyanti, Fredrick Arnesen, Engku Ahmad Azrulhisham, Ayurzana Badarch, BAO Lina, Mathieu Barnoud, Alexis Baúles, Sow Aissatou Billy, Alaeddin Bobat, Frank Charles Ramírez Bogovich, Ejaz Hussain Butt, Abou Kawass Camara, Jose Campos, Joan Cecilia C. Casila, Piseth Chea, Julian Chin, Salim Chitou, Gift Chiwayula, Brenda Musonda Chizinga, Nouri Chtourou, Romao Grisi Cleber, Ryan Cobb, Poullette Faraon Chaul Corona, John Cotton, Slobodan Cvetkovic, Manana Dadiani, Asger Dall, Bassam Al Darwich, Denise Delvalle, Tobias Dertmann, Gabriel Chol Dhieu, Jonas Dobias, Aurélie Dousset, Choten Duba, José Rogelio Fábrega Duque, Nadia Eshra, Cayetano Espejo Marín, Paola Estenssoro, Soukaina Fersi, Geraldo Lúcio Tiago Filho, Danilo Frás, Fujimoto Tokihiko, Patrick Furrer, Camila Galhardo, Ramón García Marín, Adnan Ghafoor, Gaëlle Gilboire, Zelalem Girma, Mohammad Hajilari, Geon Hanson, Richard Hendriks, Mabikana Voula Boniface Hervé, Yan Huang, Chinedum Ibegbulam, Michela Izzo, Jamal Jaber, Gordana Janevska, Sergio Armando Trelles Jasso, Rim Jemli, Marco Antonio Jimenez, Annabel Johnstone, Julien Jomiaux, Wim Jonker Klunne, Abdoul Karim Kagone, John K. Kaldellis, Bryan Karney, Raul Pablo Karpowicz, Egidijus Kasiulis, Shorai Kavuu, Eleonora Kazakova, Joseph Kenfack, Dong Hyun Kim, George Kimbowa, Dimitar Kisliakov, Maris Klavins, Ioannis Kougiyas, Rastislav Kragic, Arun Kumar, Sarah Kwach, Kristian Dahl Larsen, Seung Oh Lee, Jean-Marc Levy, Bryan Leyland, Laura Lizano, Galina Livingstone, Kimberly Lyon, Sarmad Nozad Mahmood, Ewa Malicka, Pedro Manso, Andrés Teodoro Wehrle Martínez, Anik Masfiqur, Mareledi Gina Maswabi, Hamid Mehinovic, Juan José García Méndez, Luiza Fortes Miranda, Guram Mirinashvili, Julio Montenegro, Bastian Morvan, Reynolds Mukuka, Béla Munkácsy, Patricio Muñoz, Wakati Ramadhani Mwaruka, Thet Myo, N'guessan Pacôme N'Cho, Sea Naichy, Niels Nielsen, Gilbert Nzobadila, Emna Omri, Karim Osseiran, Sok Oudam, Victor Odundo Owuor, Grant Pace, Aung Thet Paing, Hok Panha, Sotir Panovski, Ahmet Penjiev, Georgy Petrov, Alexandra Planas, Bogdan Popa, Cecilia Correa Poseiro, Sunil Poudel, Ravita D. Prasad, Kenneth Bengtson Tellesen Primdal, Leonardo Peña Pupo, Thoeung Puthearum, Emanuele Quaranta, Samira Rasolkhani, Atul Raturi, Thomas Buchsbaum Regner, António Carmona Rodrigues, Jorge Saavedra, Najib Rahman Sabory, Victor Sagastume, Esmina Sahic, Alberto Sanchez, Karine Sargsyan, Vahan Sargsyan, Goran Sekulić, Ozturk Selvitop, Shamsuddin Shahid, Stafford W. Sheehan, Manish Shrestha, Sangam Shrestha, Mundia Simainga, Gjergji Simaku, Martin Sinjala, Seming Skau, Nicolae Soloviov, Amine Boudghene Stambouli, Dmytro Stefanyszyn, Pavel Štípský, Jean Sumaili, Dinesh Surroop, Areli Sutherland, Alberto Tena, Pierre Kenol Thys, Anastasiya Timashenok, Panagiotis Triantafyllou, Alexander Urbanovich, Joelinet Vanomaro, Goran Vasilic, Ciza Willy, Ernesto Yoel Fariñas Wong, Gendensuren Yondongombo, Saida Yusupova

前言

提供普遍可及的能源仍然是当今世界面临的最关键的经济、环境和发展方面的挑战之一。2020年世界仍有7亿多无电人口，占全球人口的9.5%（主要集中在农村地区）。获得可靠且负担得起的电力对生活质量具有直接和变革性的影响，这对于确保获得医疗保健和教育等基础服务至关重要。与此同时，面对气候危机和环境退化，发展中国家和发达国家对清洁和可持续能源的需求日益迫切。因此在包括消除贫困和提供公共服务，以及缓解气候危机和防止环境退化的领域里，可持续的可再生能源是实现更多发展目标的关键组成。

作为成本最低的可再生能源技术，水电依然是国际社会应对气候危机和保障清洁能源未来的不可或缺的一部分。小水电能适应当地需求，适合需要低密度能源的偏远农村地区，此外小水电能减少温室气体排放和改善能源依赖，因此成为全球发展战略的关注焦点之一。如果经过科学有效的规划，小水电站还可以为激发当地社区活力创造机会，包括帮助女性和青年等在内的弱势群体增加收入，促进社会平等。

小水电作为重要的可再生能源和农村能源的组成部分，为了更有效地推动其发展，克服现有障碍，必须明确当前技术的发展状况并让利益相关者分享现有知识和经验。早在2013年发布第一版《世界小水电发展报告》时，显而易见的是决策者、利益相关者和潜在投资者就亟需这样一份综合参考出版物。目前《世界小水电发展报告》是全球唯一致力于传播小水电发展的深度信息的出版物。

作为小水电领域的全球知识领导者，联合国工业发展组织和国际小水电中心第四次携手合作发布《世界小水电发展报告2022》。新版本包含了20个地区概览报告、166个国家报告、12个案例研究、3个主题出版报告以及已建和待建小水电项目的全球数据库。《世界小水电发展报告2022》是联合国工业发展组织和国际小水电中心以及来自全球的200多名小水电专家（包括工程师、学者和政府官员）之间合作努力的结果。本期报告不仅旨在按国家/地区提供小水电状况的最新信息，还不断完善数据准确性并结合深入分析，提供相比于前三版更全面的行业总览。

新增内容

与前几版相比，《世界小水电发展报告2022》按国家对小水电现状进行了更详细的分析，包括已建、在建和待建的项目、开发成本、可用的融资机制、气候危机对小水电的影响以及进一步有利于发展小水电的因素。此外，新增三份主题出版报告，探讨了性别平等、青年参与和气候变化问题，以及第一个按国家整理的包含已建和待建项目的全球数据库。最后，当前版本包括了一系列新的案例研究，展示了小水电实施的成功案例，重点关注小水电项目的社会效益和新技术解决方案。

全球概述

根据《世界小水电发展报告2022》，全球小水电（若无特殊说明，本报告中的小水电定义均为10MW及以下）装机容量约为79.0 GW。小水电已知潜能（包括已开发的装机）合计为221.7 GW。因此，尽管小水电解决方案具有吸引力和益处，但世界上的大部分小水电潜力仍未开发（64%）。需要说明的是，一些国家，包括一些小水电行业较发达的国家（例如印度），由于使用了不同的当地定义，暂时无法获得相应的小水电数据而没有计入统计。因此，可以推测全球小水电装机容量和潜能应略高于上述的数据。

与《世界小水电发展报告2019》相比，全球小水电装机总量增加了1%（图1）。不过，根据来自包括挪威、土耳其以及菲律宾在内的众多国家的更新数据，加上个别国家小水电数据缺失的情况，小水电潜能总量下降了3%（图2）。

图1.2013年/2016年/2019年/2022年《世界小水电发展报告》小水电站的全球装机容量 (GW)

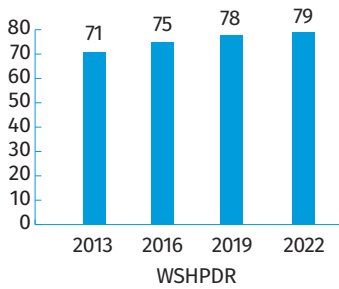
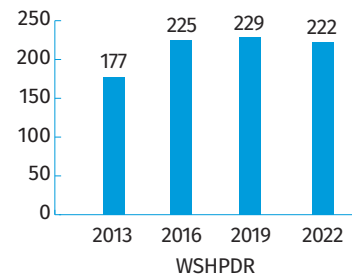
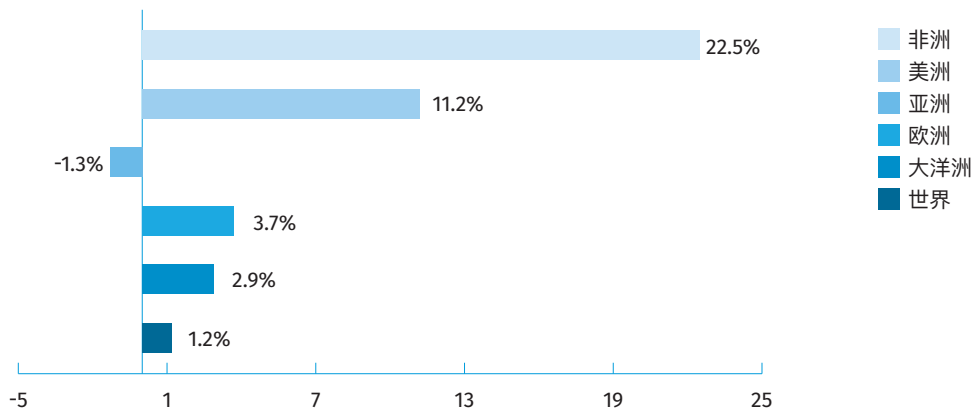


图2.2013年/2016年/2019年/2022年《世界小水电发展报告》小水电的全球潜在装机 (GW)



与《世界小水电发展报告2019》相比，装机增长最快的地区是非洲，其小水电装机容量增加了近23%（图3）。美洲、欧洲和大洋洲分别增加了约11%、4%和3%。就绝对值而言，欧洲的装机容量增长最大，为734MW，其次是美洲的698MW和非洲的134MW。不过，由于土耳其的数据更新以及一些国家缺乏相应的小水电数据，亚洲的小水电装机容量下降了约1%。

图3.《世界小水电发展报告2019》和《世界小水电发展报告2022》各洲小水电装机容量变化 (%)



小水电约占本报告包含国家电力总装机容量的1%，占其水电总容量的6%。亚洲的小水电装机容量和潜力仍然最大，分别占全球装机容量的64%和63%（图4和图5）。欧洲的小水电开发比例最高（小水电为52%），西欧已知潜力中有83%得到了开发。已知的待开发小水电潜力主要集中在中亚、东亚和东南亚（图6）。

图4.按区域划分的全球小水电装机容量比重(%)

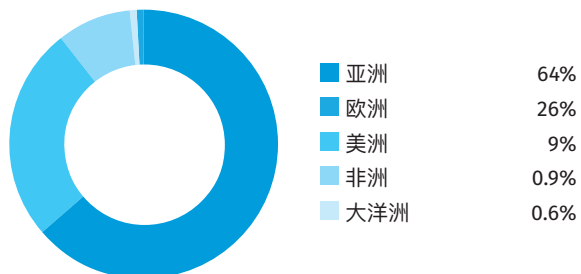


图5.按区域划分的全球小水电总潜力比重(%)

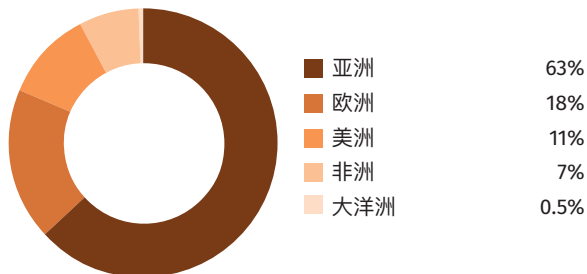
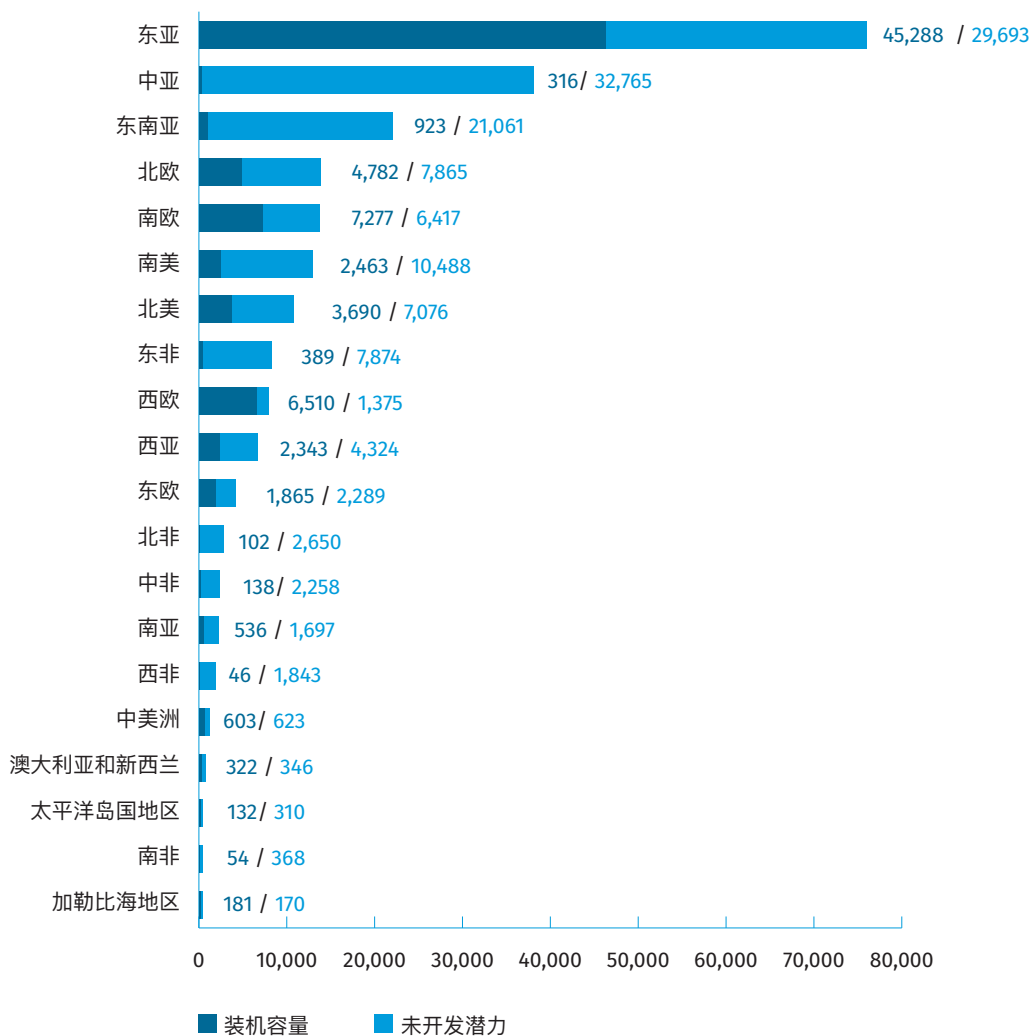
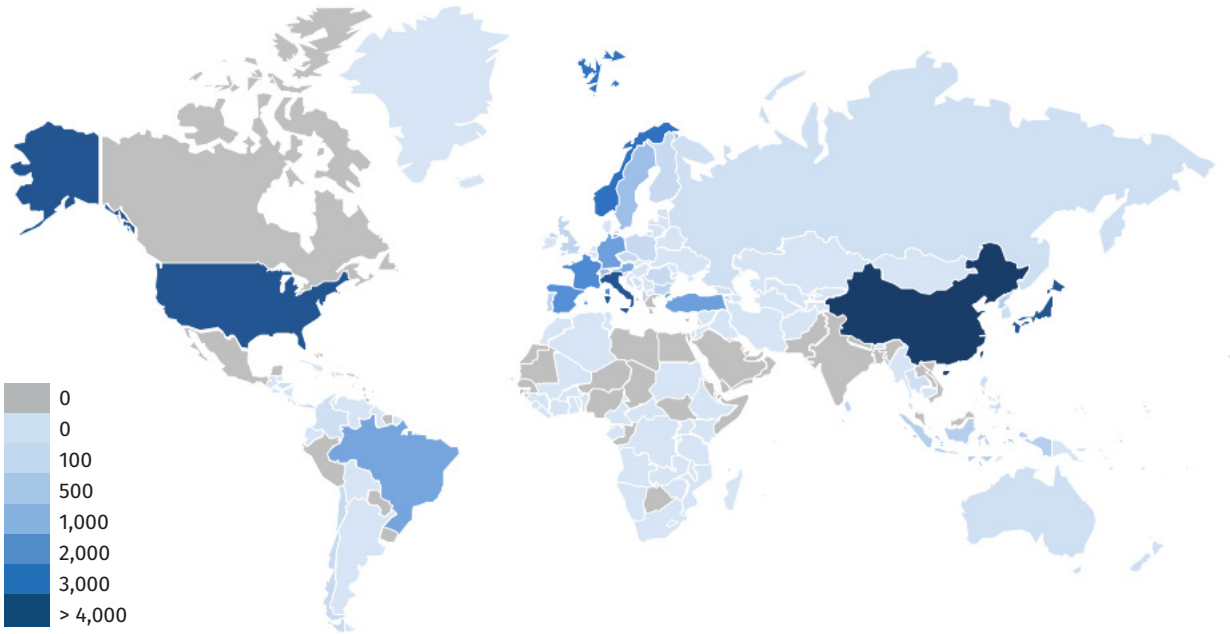


图6.各地区已开发和潜在待开发的小水电装机(MW)



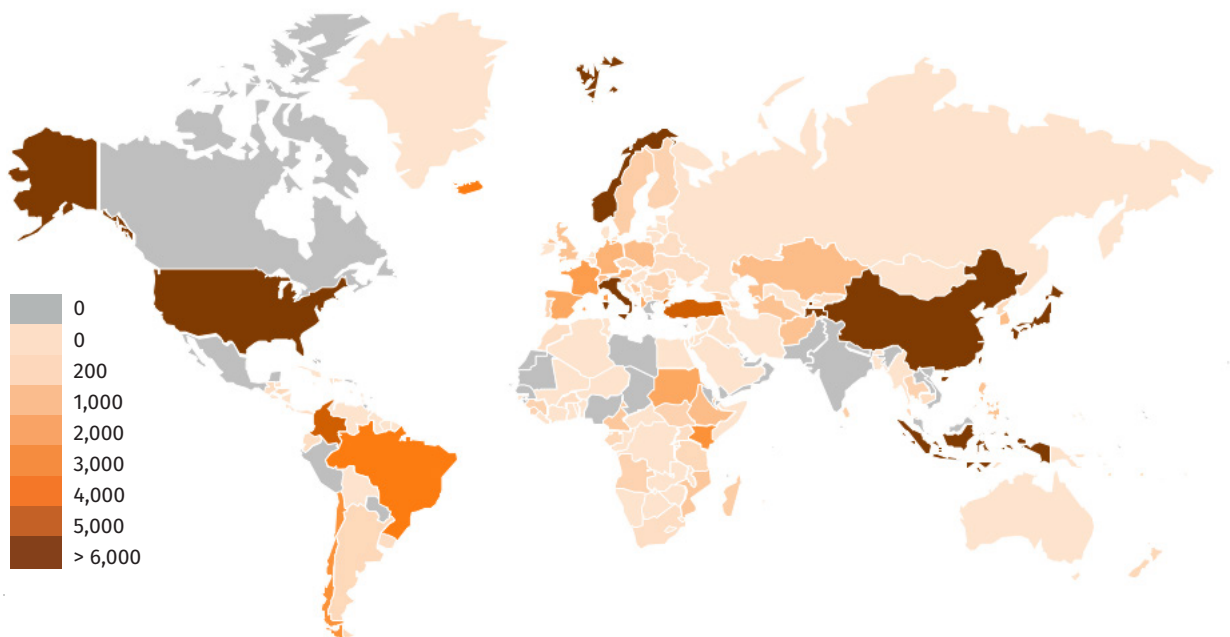
中国继续主导全球小水电生态，小水电装机占世界的53%，同时拥有约占世界已知小水电待开发总量的29%。美国、意大利、日本和挪威的装机次之。这五个国家合计占全球小水电装机总量的71%。

图7.各国小水电装机容量



注：以灰色显示的是没有小水电的相关数据或未开发小水电站的国家

图8.各国小水电的潜在容量



注：以灰色突出显示的是没有小水电相关数据的国家。

非洲

非洲小水电的特点是装机容量相对较低，但具有相当大的发展潜力。整个大陆的气候和地形特征差异很大，与东部和西部相比，北部和南部的小水电潜力差别很大。在非洲，小水电总装机容量为729MW，估计总潜力为15,714MW。这表明到目前为止，在已知的小水电待开发潜在容量中，只有不到5%的开发量。

东非的小水电装机容量为非洲最高(占非洲装机总量的53%)，其次是中部和北部非洲地区。已知小水电潜力也集中在东非(也占非洲总潜力的53%)，而南部非洲小水电潜力最小。就国家而言，乌干达的小水电装机容量最高，达108MW，而肯尼亚的小水电潜力最高，达3,000MW。

美洲

美洲北部和南部的小水电在整个美洲占据主导地位，巴西和美国的装机容量处于领先地位，美国和哥伦比亚在小水电潜力上占据主导地位。加勒比地区国家的待开发潜力要小得多。然而，如果开展进一步的研究可能会发现该地区以及美洲大陆其他国家的更大潜力。

美洲的小水电装机总量为6,937MW，而小水电的潜能总量约为25,294MW。一些国家预计有较大的小水电潜力，但尚未进行可行性研究以确定其确切的潜在待开发装机容量。例如，墨西哥可能具有大量小水电潜力，但尚未开展相关研究。此外，美洲的待开发潜力与上一版本相比明显下降，主要是由于更新了哥伦比亚的待开发潜在容量。根据现有数据，美洲小水电开发率约为27%。

亚洲

亚洲拥有丰富的小水电资源，但在地理上分布不均。亚洲的小水电总装机容量为50,406MW，估计潜力总量为139,946MW。这表明到目前为止已经开发了大约36%。与《世界小水电发展报告2019》相比，本版的小水电装机和潜能下降主要是由于重新估计了土耳其的数据。

中国不仅在亚洲也在全球的小水电领域占据主导地位，占亚洲装机容量的83%以上和已知待开发潜能的45%。小水电开发是许多亚洲国家的优先选项之一。驱动小水电发展的主要因素是减少对能源进口和化石燃料的依赖，尤其是在农村地区，同时可以改善电力供应。

欧洲

欧洲的小水电开发历史悠久，其装机容量和待开发潜力都较高。欧洲的装机总量为20,434MW，而潜在容量估计为39,607MW，已开发率约为52%。与《世界小水电发展报告2019》相比，欧洲小水电装机容量的增加主要来自于挪威、意大利和阿尔巴尼亚。

由于欧洲大陆有各种各样的气候和地貌，各地区的小水电潜力各不相同。最大的剩余潜力集中在北欧，主要在挪威。就小水电装机容量而言，意大利是欧洲大陆的领导者，其次是挪威和法国。

大洋洲

就本报告中包含的国家数量以及小水电装机容量和潜能而言，最小的均是大洋洲地区。装机总量为454MW，与《世界小水电发展报告2019》相比增加了3%。预计潜能总量为1,106MW，迄今已开发率约为36%。

大洋洲的小水电潜力非常多样化。虽然所有国家降雨量丰沛，能够保证常年小水电发电的需要，但只有少数岛屿有山区地形，这通常是开发小水电的关键因素。澳大利亚和新西兰是大洋洲小水电潜力最丰富的国家，但预计不会进一步开发小水电。另一方面，太平洋岛国地区(PICTs)大多是平坦的岛屿，几乎没有小水电发展潜力或潜力很小。因此，该地区开发小水电的最大挑战是地形条件。

主题出版物

与以往版本相比，《世界小水电发展报告2022》新增了三大主题报告，探讨了小水电发展的三个重要方面：性别赋权、青年参与和气候变化。小水电开发的社会和环境层面往往没有得到应有的重视，此外针对可再生能源技术或水电的分析通常较为笼统，小水电技术的独特性可能会被忽略。这三个报告旨在通过探讨小水电行业与性别赋权、青年参与和气候变化方面的相互影响及其特殊性，来加深对小水电行业的理解。此次出版的报告基于文献回顾以及专家和利益相关者的访谈收集的信息，突出了各个主题的关键点，并概述未来可以进一步研究和分析的方向。

“小水电如何赋予女性权力、缩小性别差距并做得更多”

赋予女性权力并缩小性别差距对于实现可持续发展目标(SDG)和确保所有人享有良好的生活质量至关重要。能源行业，尤其是小水电等分散式系统可以促进这些目标的实现。小水电不仅可以提供可持续能源，还能保证稳定的基本电力负载，为小水电站所在及相邻社区的女性生活带来积极变化。

在通电率较低的国家，女性从小水电站发电中受益，包括通过使用电器做家务和经济活动可以减少时间贫困和单调繁重的劳动，直接改善女性的福利，同时如果将节省的时间投入到学习、创收和其他改善生活的活动中，还会带来许多连锁效益。小水电开发还可以创造直接和间接的就业机会，推动生产性应用和增加收入，并改善包括教育和卫生服务在内的关键社会服务。将性别平等纳入项目设计和实施，对于确保小水电项目帮助增强全球女性的能力并缩小性别差距方面至关重要。报告讨论了小水电发展赋予女性的权力并缩小男女之间性别差距的一些方式。此外，它还讨论了女性参与小水电行业的障碍，并就解决这些障碍提出了一些关键建议。

“青年在小水电领域的前景”

世界各地的年轻人可以在创造全球能源系统转型所需的变革中发挥关键作用，从而为区域和国际发展目标做出贡献，同时为自己的职业和个人发展寻找和创造机会。虽然世界上大部分小水电潜力尚未开发，但小水电行业为年轻的专业人士和企业家提供了为世界各地社区提供清洁能源的良好机会。青年人积极参与小水电对实现可持续能源系统发挥至关重要的作用，因为他们可以带来快速实现能源转型所需的创造性和前瞻性思维。然而，年轻人在获得参与该行业所需的技能方面继续面临着多重障碍，往往很难获得所需的政策、制度和资金支持。

本报告探讨了小水电行业青年人的不同机会，并列出了来自世界各地的例子。它还分析了考虑加入或过渡到该行业的年轻专业人士面临的主要障碍，以及已经涉足小水电行业的年轻专业人士（包括年轻女性）面临的挑战。报告还提供了如何克服现有障碍的相关建议。

“小水电与气候变化”

水电与气候变化有着双重关系—它有助于减轻气候变化的影响，但也容易受到气候脆弱性的影响，因为它依赖于受气候条件影响的水文状况。水电项目有助于取代化石能源燃料（对小水电来说主要是取代石油、煤炭和生物质能）并减缓全球变暖。同时，气候变化导致的径流变化可能在短期（数天、数月）以及长期显著影响电站的生产性应用。气候变化也会诱发其他部门的影响，最终传递并叠加影响到电站的运营，比如用水竞争以及电网的不同要求。不过，气候变化对于发电的影响主要取决于地区差异。此外，规模大小会影响项目在减缓和适应气候变化方面的作用。由于蓄水和防洪能力有限，径流式小水电站特别容易受到水文形势变化的影响。

本报告按区域概述了气候变化对小水电的预期影响，就小水电应考虑的气候变化适应措施提出了建议，提出了该主题进一步研究的关键方向。

全球小水电数据库

作为新版《世界小水电发展报告》的一部分，与当地专家合作，联合国工业发展组织和国际小水电中心创建了第一个全球小水电数据库，旨在将全球小水电项目的详细信息集中在一个地方并提供容易获得的详细信息。该数据库由两部分组成：1)已建小水电站和2)待建小水电项目。目前，数据库包括了例如来自五大洲129个国家和地区，列出了6,249座已建小水电站和8,860座待建项目，作为各国小水电发展现状以及正在开发或可供投资的项目的信息来源。

该数据库基于能获取的最准确数据，但是数据的完整性因国家和地区而异。此外，一些国家对公开电站数据有法律限制，因此这些国家未包含在数据库中。为了更全面地了解全球小水电行业，在可能的情况下，需要地方和国际层面进一步努力汇编有关小水电项目的详细信息，希望今后能够进一步完善。

案例研究

《世界小水电发展报告2022》的案例研究包括12个案例报告。案例研究分享了来自部分国家的最佳实践和经验，突出了小水电生产性应用和社区发展的潜力，实例证明如果科学规划并且根据社区需求，考虑当地的能力、基础设施和环境开发小水电，能够提供可靠和负担得起的电力，为农村地区百姓生活带来变革。

报告通过发展小水电改善中获益的真实案例，以及在项目实施过程中遇到的挑战和找到的解决方案。案例还分享了经验教训，总结了在成功规划、开发和实施小水电项目时应牢记的因素。这些信息对决策者、学生、工程师和公司管理者可能非常有用。

案例研究聚焦以下三个主题：

小水电促进社会和社区发展：世界上仍有许多人无法获得负担得起、可靠和清洁的电力。缺电给人类、社会和社区发展带来重大障碍，尤其影响到包括妇女和年轻人在内的弱势群体。本组介绍的案例研究（巴西、加纳、日本、肯尼亚、坦桑尼亚和赞比亚）显示了小水电可以为目标社区带来的好处。如通过小水电项目创造了就业机会，提高了公共服务的提供标准，改善了安全和教育条件。在这些案例中，小水电帮助社区提高自治，激发了当地的商业活力和企业家精神，明显改善了生活质量。

小水电的技术解决方案：小水电的开发和运营可能受到不同因素的影响，如市场、天气、场地位置和严格的环境法规。通过一系列技术解决方案，可帮助小水电技术适应当地条件，并改善对不同因素的控制，使小水电管理更加高效和可预测。其中包括对现有土建进行改造（意大利案例），紧凑型径流式低水头水力发电概念（Hydroshaft），使用创新的软件解决方案，如HYDROGRID的小水电自动数据驱动优化以及多能互补发电站的智能运行控制和调度系统（中国案例），或Fichtner的综合配置软件，帮助设计混合动力发电站并分析其技术和财务影响。

绿色小水电：小水电开发如果缺乏适当的监管可能会导致严重的生态影响，包括河流脱水、河流生态变化、河流连通性降低以及洄游鱼类和其他水生物种受到影响。缺乏可持续做法也会增加社会环境冲突的风险。为了维护行业的生态安全，小水电未来应面向绿色小水电发展，并得到法规、指南、激励政策和实践的支持。乌克兰案例研究概述了根据生态可持续性原则建设和运营小水电的重要性。

结论与建议

小水电是一项成熟的通用技术，可有效帮助发展中国家和发达国家，特别是农村地区获得清洁、可持续电力。通过发展小水电，很多国家已经或准备开始采取措施来减轻贫困并普及供电。小水电同时可帮助发达国家实现可再生能源发展和减少温室气体排放的目标。

《世界小水电发展报告》旨在阐述各地区小水电行业取得的进步以及与其带来的重大积极影响。自2013年第一版报告发布以来，全球小水电装机总量增长了12%，达到了79GW。同时，已知的小水电待开发潜力估计为221.7GW。根据报告中收集的数据，世界许多地方的小水电行业仍有进步的空间。总体而言，尽管过去几年小水电发展取得了进展，但存在的障碍，以及对行业进一步发展的建议仍与前几版报告所列类似。

以下关于如何面对小水电发展挑战的建议是总体建议，不应被视为完整的建议。

1. 进行详细的资源评估

发展中国家应该对其自身的小水电潜在资源开展详细分析，以降低开发成本并鼓励私有投资参与。同样，发达国家也应详细重新评估其小水电潜力，包括新技术、生态条件、法规以及现有基础设施改造和旧站修复所产生的潜力。

2. 制定适当的政策和法规

为其它可再生能源制定的政策和资金激励措施应可适用于小水电发展，尤其需要强调绿色技术，并应为小水电的发展制定明确的目标。这些政策和激励措施的设计应适当考虑当地的情况，并充分利用水资源、环境和电力机构之间的合作。各国政府机构还应该通过创建标准化许可证和合约的一站式服务，简化许可流程。

3. 促进获得可持续融资来源

应制定能降低投资者财务风险的总体战略。为了使项目开发商能够成功地提供资金，需要为项目开发商解决启动资金高的问题，提供更方便的融资准入门槛。其中一个方法便是提高当地银行机构或小额信贷机构对小水电的认识，以改善风险评估，提供更有利的贷款条件。

4. 促进小水电行业获得设备和技术

建设或改进小水电站配套行业，将有助于小水电行业的全面发展。在本地技术不足的国家，可以通过设立优惠关税和减少进口税来获得外国进口。

5. 提供可靠的基础设施

发展稳定、有合适容量和覆盖率且能进行新连接的电网有助于连接小水电站，并对吸引私人投资至关重要。在配电损耗高的国家，配电系统的投资应与发电量相匹配，以提高小水电项目的整体效率。利用小型水电站提供基本负荷的电力，建立微型电网，也可以为偏远地区和缺电社区提供短期到中期甚至永久的电力解决方案。

6. 提高本地技能和专业知识

通过加强当地开展小水电站可行性研究、建设、运行维护等方面的能力建设，各国的整体小水电行业将更好实现自给自足、长效运行。

7. 加强国际和地区间合作

国际和区域机构对小水电的推广对于推动小水电作为重要的可再生能源解决方案纳入主流至关重要。在更具体的层面上，则表现为需要更多关于小水电新技术、小水电项目融资和所有权的可持续模式、小水电发展资金激励的有效性以及气候变化对小水电影响等议题的信息。在发展中国家、发达国家和国际组织之间发展南南合作和三边合作，国际和区域机构可以促进小水电试点项目向小水电整体规划成功过渡。

参考文献

1. World Bank (2020). Access to electricity (% of population). Available at <https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.ACCS.ZS>. Accessed on 16 August 2022.
2. UNIDO, ICSHP (2022). World Small Hydropower Development Report 2022. United Nations Industrial Development Organization, Vienna, Austria; International Center on Small Hydro Power, Hangzhou, China. Available at www.unido.org/WSHPDR2022.
3. UNIDO, ICSHP (2019). World Small Hydropower Development Report 2019. United Nations Industrial Development Organization, Vienna, Austria; International Center on Small Hydro Power, Hangzhou, China. Available at www.unido.org/WSHPDR.
4. UNIDO, ICSHP (2016). World Small Hydropower Development Report 2016. United Nations Industrial Development Organization, Vienna, Austria; International Center on Small Hydro Power, Hangzhou, China. Available at www.unido.org/WSHPDR.
5. UNIDO, ICSHP (2013). World Small Hydropower Development Report 2013. United Nations Industrial Development Organization, Vienna, Austria; International Center on Small Hydro Power, Hangzhou, China. Available from www.unido.org/WSHPDR.

附录

非洲

国家	当地小水电定义 (MW)	装机容量(MW) (按当地定义)	潜力(MW) (按当地定义)	装机容量(MW) (<10 MW)	潜力(MW) (<10 MW)
阿尔及利亚	≤10	47.1	-	47.1	-
安哥拉	≤10	46.1	600.0	46.1	600
贝宁	≤30	0.5	95.0	0.5	-
博茨瓦纳	-	0.0	-	0.0	1.0
布基纳法索	-	-	-	5.0	246.0
布隆迪	≤1	2.2	30.5	17.4	61.0
喀麦隆	≤5	1.5	-	1.5	970.0
中非共和国	≤10	18.8	41.0	18.8	41.0
刚果	-	-	-	0.0	70.5
科特迪瓦	<10	5.0	45.7	5.0	45.7
刚果民主共和国	≤10	56.0	101.0	56.0	101.0
埃及	-	-	-	0.0	120.0
赤道几内亚	-	-	-	7.5	31.9
斯威士兰	-	8.2	16.2	8.2	16.2
埃塞俄比亚	≤10	12.9	1500.0	12.9	1500.0
加蓬	-	-	-	6.0	518.1
冈比亚	≤30	0.0	-	0.0	19.5
加纳	≤1	0.1	9.9	0.1	17.4
几内亚	≤1.5	-	-	11.2	751.8
肯尼亚	≤3	-	-	66.3	3000.0
莱索托	≤10	3.8	38.2	3.8	38.2
利比里亚	≤30	4.9	592.0	4.9	-
马达加斯加	-	-	-	37.0	836.0
马拉维	≤5	4.7	150.0	12.9	-
马里	≤30	5.7	154.7	5.7	-
毛里塔尼亚	-	0.0	-	0.0	-
毛里求斯	-	-	-	19.7	19.7
摩洛哥	≤10	30.5	300.0	30.5	300.0
莫桑比克	≤10	4.8	1000.0	4.8	1000.0
纳米比亚	-	0.1	120.0	0.1	120.0
尼日尔	-	0.0	-	0.0	8.0
尼日利亚	≤30	57.2	734.3	-	-
留尼汪岛	≤10	10.6	16.6	10.6	16.6
卢旺达	≤5	34.4	111.1	-	-
圣多美和普林西比	≤10	1.9	63.8	1.9	63.8
塞内加尔	≤10	0.0	0.0	0.0	0.0
塞拉利昂	≤30	12.2	-	12.2	639.0
索马里	-	-	-	0.0	4.6
南非	≤40	-	-	42.0	247.0
南苏丹	-	-	-	0.0	688.1
苏丹	≤5	-	-	7.2	2228.6
坦桑尼亚	≤10	30.5	480.0	30.5	480.0
多哥	-	-	-	1.6	137.0
突尼斯	-	-	-	17.0	56.0
乌干达	≤20	186.0	400.0	107.9	214.1
赞比亚	≤20	-	-	18.7	62.0
津巴布韦	≤30	31.4	-	16.1	120.0

美洲

国家	当地小水电定义 (MW)	装机容量(MW) (按当地定义)	潜力(MW) (按当地定义)	装机容量(MW) (<10 MW)	潜力(MW) (<10 MW)
阿根廷	≤50	510.0	-	97.0	430.0
伯利兹	-	-	-	10.3	21.7
玻利维亚	≤5	-	-	99.1	-
巴西	≤30	6324.6	35765.0	1608.2	3737.8
加拿大	≤50	4504.0	15000.0	-	-
智利	≤20	618.0	5145.0	304.0	2995.0
哥伦比亚	≤20	900.8	-	234.6	4946.0
哥斯达黎加	-	-	-	126.5	-
古巴	-	-	-	21.0	77.0
多米尼克	≤10	6.6	-	6.6	-
多米尼加共和国	≤10	59.7	-	59.7	-
厄瓜多尔	≤10	112.7	356.3	112.7	356.3
萨尔瓦多	≤5	21.7	-	21.7	119.6
法属圭亚那	≤10	5.5	34.5	5.5	34.5
格陵兰	≤5	-	-	9.0	183.1
格林纳达	-	-	-	0.0	7.0
瓜德罗普岛	≤10	11.6	33.0	11.6	33.0
危地马拉	≤5	123.0	204.9	-	-
圭亚那	≤5	0.0	24.2	0.0	92.0
海地	-	-	-	6.8	37.6
洪都拉斯	≤30	288.6	-	148.0	385.0
牙买加	-	-	-	30.6	76.2
墨西哥	≤30	699.3	-	-	-
尼加拉瓜	≤10	26.6	104.7	26.6	104.7
巴拿马	-	-	-	147.2	263.5
巴拉圭	≤50	0.0	116.3	0.0	-
秘鲁	≤20	503.8	3500.0	-	-
波多黎各	-	-	-	39.3	43.9
圣卢西亚岛	-	-	-	0.0	2.7
圣文森特和格林纳丁斯	≤10	5.7	7.5	5.7	7.5
苏里南	-	-	-	0.0	2.7
美国	-	-	-	3681.0	10583.0
乌拉圭	≤50	0.0	231.5	0.0	208.0
委内瑞拉	-	-	-	1.4	49.7

亚洲

国家	当地小水电定义 (MW)	装机容量(MW) (按当地定义)	潜力(MW) (按当地定义)	装机容量(MW) (<10 MW)	潜力(MW) (<10 MW)
阿富汗	≤25	-	-	83.2	1200.0
亚美尼亚	≤30	382.0	431.0	340.0	-
阿塞拜疆	≤10	49.5	520.0	49.5	520.0
孟加拉国	-	-	-	0.0	60.0
不丹	≤25	32.4	23296.0	8.4	8.9
柬埔寨	≤10	1.7	300.0	1.7	300.0
中国	≤50	81300.0	128000.0	41985.0	63500.0
朝鲜	-	-	-	522.1	-
格鲁吉亚	≤15	263.0	723.9	212.2	491.8
印度	≤25	4787.0	21134.0	-	-
印度尼西亚	≤10	543.0	19385.0	543.0	19385.0
伊朗	≤10	19.5	90.8	19.5	90.8
伊拉克	-	-	-	6.0	62.4
以色列	-	-	-	7.0	-
日本	≤10	3577.0	10330.0	3577.0	10330.0
约旦	≤10	12.0	-	12.0	-
哈萨克斯坦共和国	≤35	255.0	2354.4	118.0	1380.9
吉尔吉斯斯坦	≤30	53.8	-	53.8	311.8
老挝共和国	≤15	162.0	2287.0	-	-
黎巴嫩	≤10	31.2	144.8	31.2	144.8
马来西亚	≤30	296.0	1500.0	-	-
蒙古	≤10	4.7	129.5	4.7	129.5
缅甸	≤10	42.9	114.0	42.9	114.0
尼泊尔	≤25	662.5	4000.0	-	-
巴基斯坦	≤50	445.0	3190.0	-	-
菲律宾	≤10	145.0	1265.0	145.0	1265.0
韩国	≤5	-	-	199.5	1500.0
沙特阿拉伯	-	-	-	0.0	130.0
斯里兰卡	≤10	425.0	873.0	425.0	873.0
叙利亚	≤10	23.0	67.6	23.0	67.6
塔吉克斯坦	≤30	142.1	-	54.7	30000.0
泰国	≤6	190.4	700.0	-	-
东帝汶	≤50	0.4	-	0.4	219.8
土耳其	≤10	1662.2	4891.5	1662.2	4891.5
土库曼斯坦	-	-	-	1.2	1300.0
乌兹别克斯坦	≤30	303.6	1392.0	87.8	-
越南	≤30	3600.0	7200.0	-	-

欧洲

国家	当地小水电定义 (MW)	装机容量(MW) (按当地定义)	潜力(MW) (按当地定义)	装机容量(MW) (<10 MW)	潜力(MW) (<10 MW)
奥地利	≤10	1521.6	1780.0	1521.6	1780.0
阿尔巴尼亚	≤15	482.0	-	432.0	1963.0
白俄罗斯	≤10	17.3	250.0	17.3	250.0
比利时	≤10	76.0	103.4	76.0	103.4
波斯尼亚和黑塞哥维那	≤10	172.2	1005.0	172.2	1005.0
保加利亚	-	-	-	494.7	580.7
克罗地亚	≤10	45.7	100.0	45.7	100.0
捷克共和国	≤10	353.0	465.0	353.0	465.0
丹麦	≤10	7.0	9.8	7.0	9.8
爱沙尼亚	≤10	8.0	10.0	8.0	10.0
芬兰	≤10	297.5	585.5	297.5	585.5
法国	≤10	2200.0	2615.0	2200.0	2615.0
德国	-	-	-	1674.0	1830.0
希腊	≤15	247.2	2000.0	-	-
匈牙利	≤5	17.1	28.0	-	-
冰岛	≤10	66.1	3742.0	66.1	3742.0
爱尔兰	≤10	58.5	70.7	58.5	70.7
意大利	≤10	3648.4	7073.0	3648.4	7073.0
拉脱维亚	≤10	28.0	96.0	28.0	96.0
立陶宛	≤10	26.9	57.9	26.9	57.9
卢森堡	≤10	25.3	44.0	25.3	44.0
摩尔多瓦	-	-	-	0.3	7.2
黑山	≤10	34.7	97.5	34.7	97.5
荷兰	≤10	13.0	-	13.0	-
北马其顿	≤10	111.4	258.0	111.4	258.0
挪威	≤10	2924.0	7162.0	2924.0	7162.0
波兰	-	-	-	291.7	1500.0
葡萄牙	≤10	415.0	750.0	415.0	750.0
罗马尼亚	≤10	321.0	730.0	321.0	730.0
俄罗斯	≤30	852.9	825844.6	168.4	-
塞尔维亚	≤30	-	-	109.0	-
斯洛伐克	≤10	81.6	145.0	81.6	145.0
斯洛文尼亚	≤1	-	-	164.0	180.0
西班牙	≤10	2145.0	2158.0	2145.0	2158.0
瑞典	≤10	961.0	-	961.0	-
瑞士	≤10	1000.0	1500.0	1000.0	1500.0
乌克兰	≤10	119.6	280.0	119.6	280.0
英国	≤10	405.0	1179.0	405.0	1179.0

大洋洲

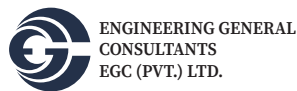
国家	当地小水电定义 (MW)	装机容量(MW) (按当地定义)	潜力(MW) (按当地定义)	装机容量(MW) (<10 MW)	潜力(MW) (<10 MW)
澳大利亚	≤10	175.0	-	175.0	-
密克罗尼西亚联邦	-	-	-	0.7	9.0
斐济	≤10	11.3	43.2	11.3	43.2
法属波利尼西亚	≤10	48.6	98.0	48.6	98.0
新喀里多尼亚	≤10	13.0	100.0	13.0	100.0
新西兰	≤50	475.0	-	146.8	489.8
巴布亚新几内亚	≤10	41.0	153.0	41.0	153.0
萨摩亚群岛	-	-	-	15.5	22.0
所罗门群岛	-	-	-	0.4	11.0
瓦努阿图	-	-	-	1.3	5.4

Contributing organizations

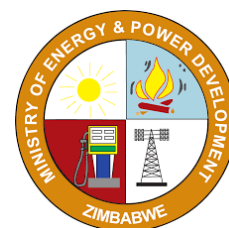




Punjab Power Development Board
Energy Department



Национальная Академия наук Республики Таджикистан
тадж. Академияи миллии илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон





联合国
工业发展组织

维也纳国际中心
奥地利维也纳邮箱300, 1400
电话: +(43-1) 26026-0
电子邮箱: renewables@unido.org
网址: www.unido.org



国际小水电中心
(ICSHP)

中国浙江省杭州市南山路136号
邮编: 310002
电话: +(86-571)87132780
电子邮箱: report@icshp.org
网址: www.icshp.org