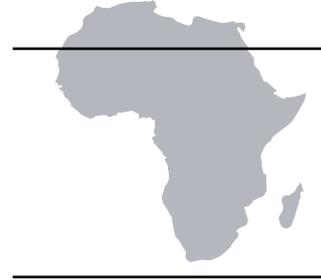


政策研究综述报告

可再生能源 市场分析

非洲及境内各地区



合作单位



AFRICAN DEVELOPMENT BANK GROUP

© IRENA 2022

除非另有说明，本出版物中的材料可以自由使用、共享、复制、印刷和 / 或存储，前提是需恰当确认 IRENA 为资料来源和版权所有。本出版物中属于第三方的材料可能受单独的使用条款和限制的约束，在使用此类材料之前，可能需要获得这些第三方的相应许可。

ISBN: 978-92-9260-434-9

引文: IRENA 和 AfDB (2022), *可再生能源市场分析: 非洲及境内各地区 - 政策研究综述报告*, 国际可再生能源机构与非洲开发银行、阿布扎比和阿比让。

本报告是“Renewable Energy Market Analysis: Africa and Its Regions - A Summary for Policy Makers”的中文译本, ISBN: 978-92-9260-416-5 (2022)。如中文译本与英文原版的内容不一致, 概以英文版为准。

下载地址: www.irena.org/publications

欲了解更多信息或向我们提供反馈, 请发送电子邮件至: info@irena.org

关于 IRENA

国际可再生能源署 (IRENA) 是国际合作的主要平台、英才中心、政策、技术、资源和金融知识库, 也是推动全球能源系统转型的动力。作为成立于 2011 年的全球性政府间组织, IRENA 推进广泛采用和可持续利用各种形式的可再生能源, 包括生物能源、地热、水电、海洋、太阳能和风能, 以追求可持续发展、能源获取、能源安全和低碳经济的发展与繁荣。

www.irena.org

关于非洲开发银行集团

非洲开发银行集团 (AfDB) 是非洲最重要的发展金融机构。该集团包括三个不同的实体: 非洲开发银行 (AFDB)、非洲开发基金 (ADF) 和尼日利亚信托基金 (NTF)。该银行在 41 个非洲国家设有办事处, 并在日本设立了对外代表处, 为其 54 个区域成员国的经济和社会进步做出了贡献。

www.afdb.org

免责声明

本出版物及所使用的资料均按“原样”提供。IRENA 已经采取了所有合理的措施, 以验证本出版物中资料的可靠性。然而, IRENA、其任何官员、代理人、数据或其他第三方内容提供者均不提供任何明示或暗示的担保, 且对使用本出版物或材料的任何后果不承担任何责任或法律责任。本出版物中包含的信息不一定代表 IRENA 或其所有成员的观点。提及特定的公司或特定的项目或产品并不意味着 IRENA 或非洲开发银行 (AfDB) 认可或推荐这些公司或产品, 认为其优先于未提及的类似性质的其他公司或产品。本出版物中使用的名称和出现的材料并不意味着 IRENA 或 AfDB 对任何地区、国家、领土、城市或区域或其当局的法律地位, 或对其边境或边界的划定发表任何意见。



致谢

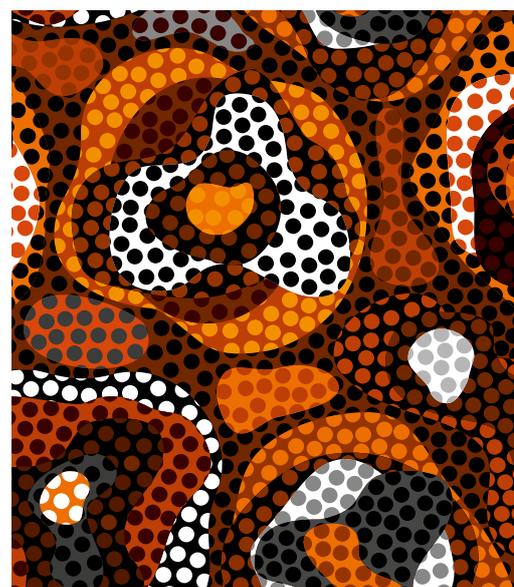
本综述是在 Rabia Ferroukhi 的指导下，与非洲开发银行 (AfDB) 合作编写，并得到了 Laura El-Katiri、Mirjam Reiner、Abdullah Abou Ali、Diala Hawila 和 Divyam Nagpal (IRENA) 等人的宝贵支持和贡献。

本综述的作者如下：Michael Renner、Laura El-Katiri、Mirjam Reiner、Diala Hawila、Divyam Nagpal、Ute Collier 和 Xavier Casals (IRENA)。

本综述吸取了以下人士的宝贵反馈和意见：Gerardo Escamilla 和 Nazik Elhassan (IRENA)、Daniel Schroth、Franklin Koffi Gbedey、Joao Duarte Cunha、Regina Oritshetemeyin Nesiama 和 Serign Cham (AfDB)。

本综述中的章节由 Steven B. Kennedy 编辑。平面设计由 weeks.de Werbeagentur GmbH 完成。本综述的主要照片由 © Nadia Ferroukhi | www.nadia-ferroukhi.com 友情提供。

本档的成功出版得益于德国政府和瓦隆政府的鼎力协助，IRENA 对此深表感激。



政策研究 综述报告



非洲的能源挑战和机会

可持续的可再生能源对非洲的未来至关重要。可再生能源可在非洲的社会经济发展和工业化进程中发挥关键作用。到 2050 年，非洲大陆的人口将达到 20 亿，世界上每五个儿童中就有两个出生在非洲。用可持续的现代能源来源满足他们的消费和生产需求，对非洲社会福利和经济发展至关重要。

本报告为多元化的非洲大陆提供了能源转型框架。非洲的情况异常多样化，无法通过一种统一的方法推动其能源发展。然而，必须努力在整个非洲大陆上建立现代、有韧性和可持续的能源系统，才能避免非洲经济和社会受累于日益陈旧的能源系统，造成资产搁浅和经济前景受限（IRENA, 2020a）。本报告为非洲大陆及其五大地区提出了一个调整后的能源转型框架，以此帮助政策制定者进行甄别和做好准备，促进能源转型和整体发展之间的良性关系。

这项任务非常艰巨，在撒哈拉以南的非洲地区最为明显，该地区 2019 年的电气化率为 46%，仍有 9.06 亿人无法获得清洁的生活燃料和技术（世界银行，2021a；世界卫生组织，2021 年）。由于缺乏可靠、经济的可持续现代能源，阻碍了农业生产、粮食安全和工业的发展。此外，这也阻碍了关键公共服务的提供（例如医疗保健和教育），损害了健康和环境，加大了城乡差距和性别不平等。



很多非洲国家仍高度依赖商品出口，包括化石燃料。

在低碳未来的背景下，依赖化石燃料的国家所面临的资产搁浅风险也日益加剧，新生的制造能力因不断变更的能源政策而陷入停滞。化石燃料仍然是非洲最主要的出口原材料之一，因此如果众多出口碳氢化合物的非洲经济体一旦错过了发展多元化经济的机会，就可能面临困难的社会经济挑战。

可再生能源可以为未来的经济发展提供动力，同时有助于恢复环境质量。糟糕的能源服务和对污染性能源的依赖进一步阻碍了非洲在应对环境退化和气候变化方面的进展，这使非洲大陆对全球碳足迹的贡献微乎其微。因此，建设高质量的能源基础设施，向可再生能源经济转型，将是非洲可持续发展的重要推动力。可持续能源发展也将对非洲走出 COVID-19 危机的阴霾产生关键影响，因此应该从政策层面给予更多的关注。

虽然能源转型给非洲经济带来了挑战，但也带来了巨大机遇，特别是在就业方面。对于很多非洲能源进口国来说，可再生能源在减少因化石燃料价格波动而造成的外部冲击方面，具有巨大的潜力。由于对能源转型技术的每百万美元投资所创造的就业机会是化石燃料的三倍，因此可再生能源还可以在创造就业方面发挥核心作用（Garrett-Peltier，2017 年）。

在可再生能源转型过程中创造的就业机会将超过因淘汰传统能源而失去的就业机会。根据 IRENA 制定的 2020-2050 年 1.5°C 方案，对可再生能源每投资一百万美元，每年至少可创造 26 个全年就业岗位；对能源效率每投资一百万美元，每年至少可创造 22 个全年就业岗位；而对于能源灵活性方面的每百万美元投资来说，这一数字为 18。这种就业岗位的增加数量将远远超出转型期间化石燃料行业就业岗位的数量。

未来能源必须与整体经济保持一致。尽管越来越多的国家和地区已将可再生能源发展纳入其结构转型计划，但我们必须更加关注能源、工业化和发展之间的反馈回路和协同作用。

区域供应链对非洲的长期稳健发展至关重要。COVID-19 危机严重扰乱了跨境供应链，突出了多样化和区域化可再生能源供应链的重要性。然而，要提高自动调整恢复的能力，从而有效抵御外来冲击，实现长期稳健发展，并支持经济多样化，就必须要有强大的区域供应链。因此，对于失业率高企的非洲大陆来说，必须在可再生能源领域建立区域供应链，才能支持能源转型、促进发展并创造就业机会。当今，全球范围内有 1,200 多万人从事可再生能源行业，但在非洲，该行业的从业者仅为约 32.3 万人（不到全球可再生能源就业岗位的 3%）（IRENA 和 ILO，2021 年）。¹



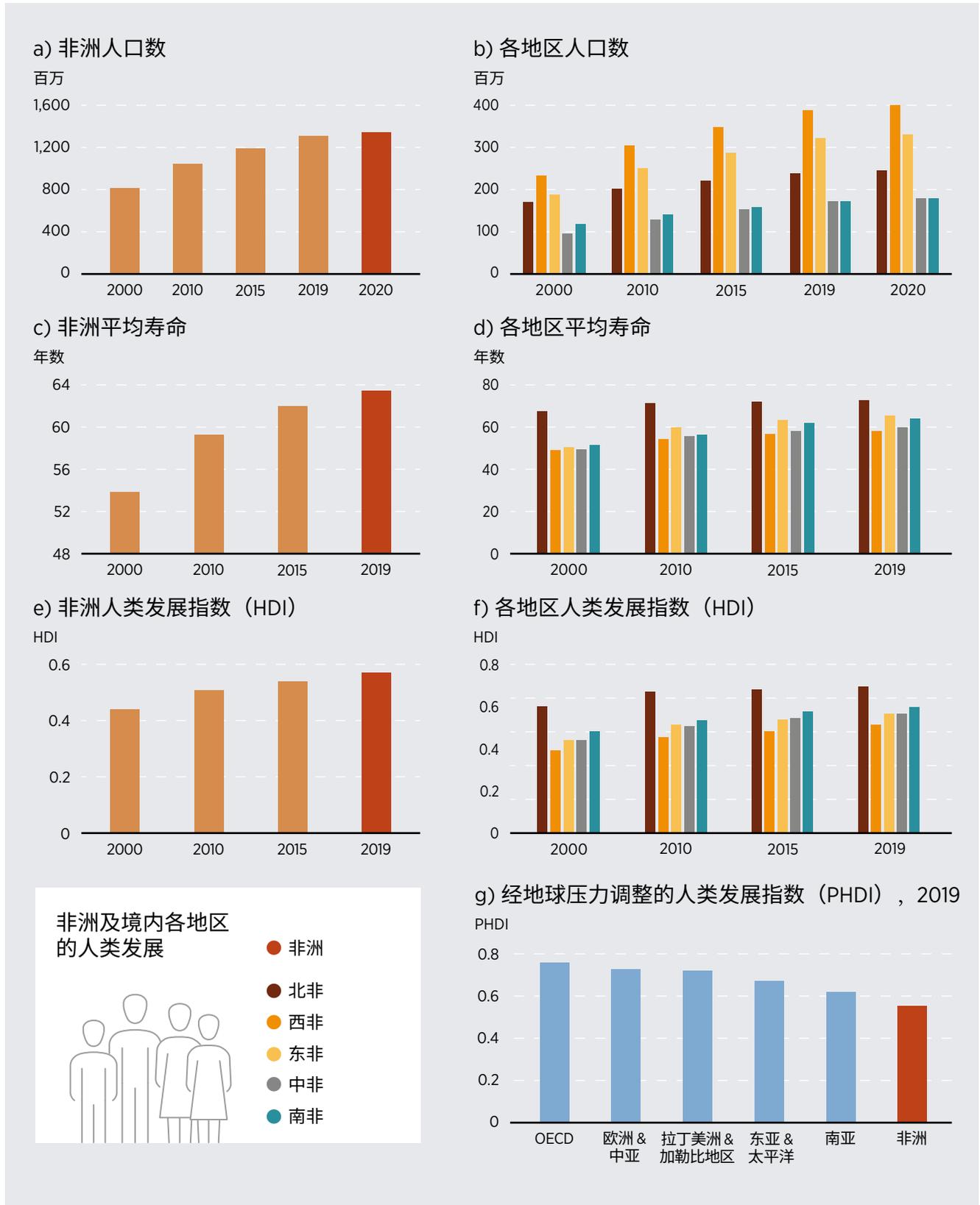
¹ 由于整个非洲就业数据的局限性，与能源有关的就业数量很有可能被低估。在提供能源的过程中还会额外出现大量的就业岗位，但所引用的参考文献中没有将其计算在内。



区域性可再生能源企业可以帮助非洲利用自身的自然资源进行发展。非洲从能源转型中获得的利益将部分取决于原材料生产商对价值链上游投资和发展加工能力的程度。只有当经济活动从单纯的原材料出口转向高价值产品时，非洲各国才能最大限度地挖掘创造当地就业和改善民生的潜力。受益于非洲大陆自贸区和最近启动的非洲单一电力市场，可再生能源还有助于促进非洲内部的清洁能源技术、服务和电力贸易发展。能否切实从中受益，取决于是否利用和加强当地的工业生产能力，制定适当的教育和培训计划，并采取有远见的工业和劳动力市场政策。这样一来，能源转型就可以在更广泛的非洲经济多元化和转型中发挥关键作用。在可再生能源部署的基础上，发展具有强大地方价值链的绿色产业将对当前经济结构带来重大改变。在当前经济结构中，非洲主要出口大宗商品，而附加值则被世界其他地方所获取。

现代可再生能源在推进社会经济和人类发展方面发挥着重要作用。在过去十年中，非洲在社会经济方面的发展并不均衡。非洲大陆的人类发展指数从 2000 年的 0.45 上升到了 2019 年的 0.57（见图 S.1），这意味着其总体取得了积极进展，包括在教育、扶贫等可持续发展目标 (SDG) 方面 (IEA、IRENA 等，2021 年)。尽管如此，与贫困和饥饿作斗争、改善受教育机会、医疗保健和经济状况，仍然是非洲许多地区所面临的基本挑战。获得经济、可靠和充足的能源是促进民生、公共服务以及社区和企业抗冲击能力的一个重要推动因素。在世界 47 个最不发达国家中，非洲就占了 33 个（根据联合国的分类）。其中有一半以上的国家，国民每人每天的收入低于 1.9 美元（按购买力平价计算），所面临挑战的困难程度可见一斑。

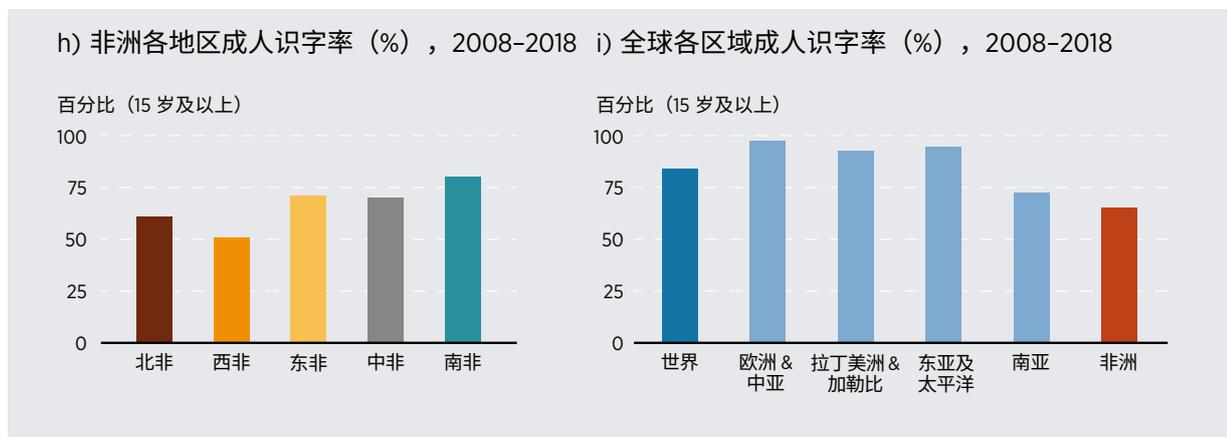
图 S.1 按非洲各地区划分的主要社会经济指标的演变情况



来源: UNECA, 2017年; UNDP, 未注明日期

▶ 图接下一页

图 S.1 按非洲各地区划分的主要社会经济指标的演变情况（接上页）



来源：UNECA，2017 年；UNDP，未注明日期

传统能源转型需要包容性规划和建立共识。现代可再生能源在管理人口和经济不断增长带来的环境影响方面发挥着重要作用，尤其能减少对化石燃料发电和利用传统生物质（木材燃料和木炭）进行烹饪和供热的依赖。有些可再生能源项目（特别是大型水电大坝）可能会干扰当地的生态系统和社区的传统土地管理方式，而且本身可能对气候产生不利影响，因此增加这些技术的部署将需要透明包容的决策，以最大限度地提高效率，并将对环境和当地社区的危害降至最低。

可持续的清洁能源开发是广泛的社会和经济发展的催化剂。非洲各国拥有大量的能源资源（包括下文所述的巨大的可再生能源潜力），可以根据国民需要推进可持续能源的部署。能源发展与非洲的核心社会经济问题息息相关，利用可再生能源可以帮助整个非洲大陆国家实现其目标。

非洲大陆的能源：综述

非洲地区能源资源丰富，但获取这些资源却受到限制。非洲的能源版图囊括丰富多样的能源资源，从碳氢化合物，到传统生物质燃料，再到各种可再生能源技术。尽管非洲大陆拥有世界上五分之一的人口，但其能源需求和电力需求仅占全球的 6% 和 3%（IEA、IRENA 等，2021 年）。在非洲大陆的很多地方，在获得现代能源方面仍然存在巨大差距，特别是在撒哈拉以南的非洲地区，而且这些地方的工业化水平和农业生产率都比较落后。综述的这一部分对非洲大陆能源行业的状况进行了全景式的介绍，重点介绍可再生能源的现状。对于扩展现代形式的能源利用这一紧迫的话题，将作为单独的章节进行讨论。

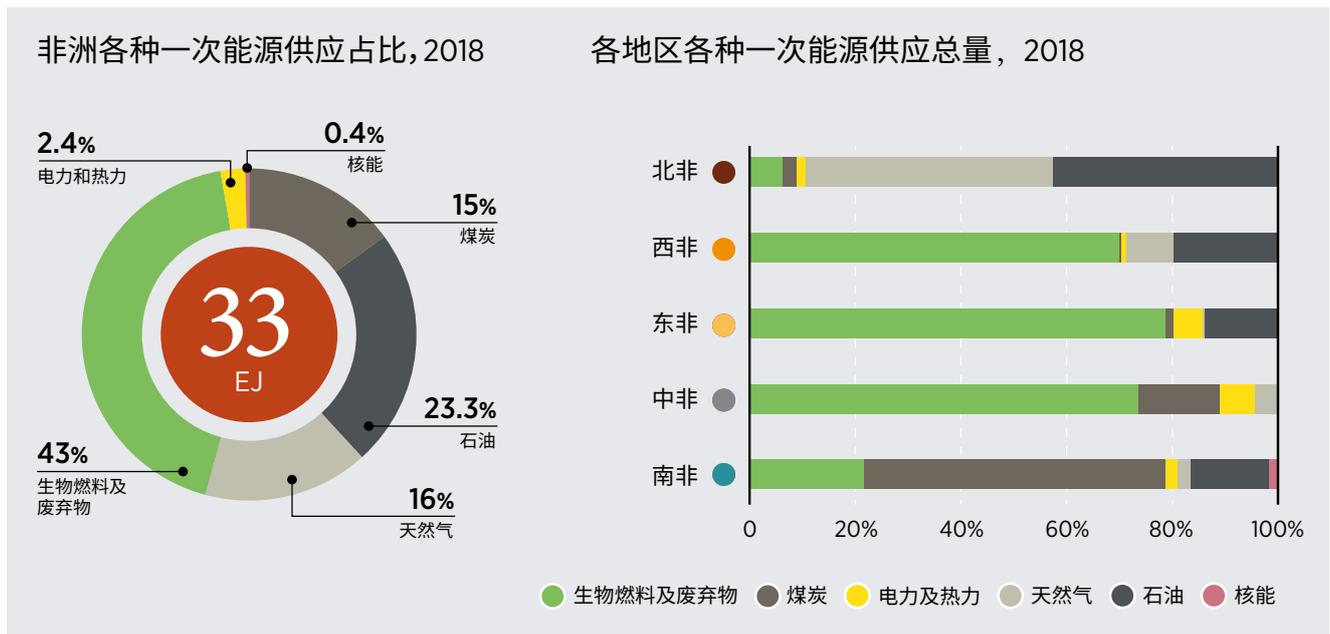


一次能源和电力供应

生物能仍然是非洲大陆上最广泛使用的能源。在过去十年（2008-2018）中，由于石油、天然气和生物质产量不断增加，非洲的一次能源供应以每年约 2% 的复合增长率（CAGR）增长（UNSD，2018 年）。生物燃料和垃圾燃烧仍然是非洲大陆上最广泛使用的能源，占能源供应的 40% 以上（图 S.2）。生物能的范围涵盖传统生物质、改良的传统生物质技术和现代生物能²，是一种重要的能源，特别适用于家庭烹饪。非洲大陆约有 9.27 亿人仍依赖传统生物质做饭和取暖（世界卫生组织，2021 年）。

除生物能外，化石燃料（石油、天然气和煤炭）为非洲提供了大部分能源供应。石油是第二大一次能源来源，特别是在运输、工业和发电方面。在生产天然气的国家，天然气也长期用于发电和工业加工。相比之下，非洲南部天然气储量缺乏，历史上一直依赖煤炭发电；该地区在非洲大陆煤炭消耗总量中占据很大份额。2019 年期间，煤炭、天然气和石油共占非洲总发电量的近 80%（IRENA，2021a）。南非、埃及、阿尔及利亚和尼日利亚等非洲最大的电力消费经济体共同推动了这些趋势。

图 S.2 2018 年非洲及其地区的一次能源供应总量（按来源划分）



来源：UNSD，2018 年。
注：EJ = 艾焦

² 改进的传统生物质技术直接燃烧生物质；改良的窑炉和炉灶就是例子。现代生物能源技术包括在生物炼制厂用甘蔗渣和其他植物生产的液体生物燃料，通过残渣厌氧消化产生的沼气，还包括将木屑颗粒燃料用于供热系统（IRENA，2020b）。

利用现有网络进行区域能源贸易有着巨大潜力。虽然非洲内部的电力交易量不大，但鉴于有几个大型跨境电网和多个电网互联项目，理论上可实现邻国共享备用电力和参与电力交易，电力交易的扩展潜力非常巨大。然而，这些互联电网的成熟度和效率差别很大，最重要的区域交易发生在南部非洲电力联营集团。现有大部分贸易为双边贸易，使用的是现有的基础设施，而不是多边贸易平台。

可再生能源

新能源技术正蓄势待发。除水电外，现代可再生能源（太阳能、风能、地热和现代生物能源）尽管潜力巨大，但对非洲能源结构的贡献仍然有限。虽然资源潜力巨大，但非洲的可再生能源发电装机容量在全球的占比还不足 3%（IRENA, 2021a）。

最近，可再生能源的部署有所增长。在过去的十年中（2010-2020），可再生能源发电量增长了 7%。增长最多的是太阳能。大部分增长由个别国家的大型项目所推动，特别是新的电站级水电和太阳能光伏项目。就地区而言，非洲南部在 2020 年的可再生能源发电总量为 17 GW，位居首位，约占非洲可再生能源发电总量的三分之一；其次是北非，发电总量为 12.6 GW，占非洲大陆总量的四分之一（IRENA, 2021a）。

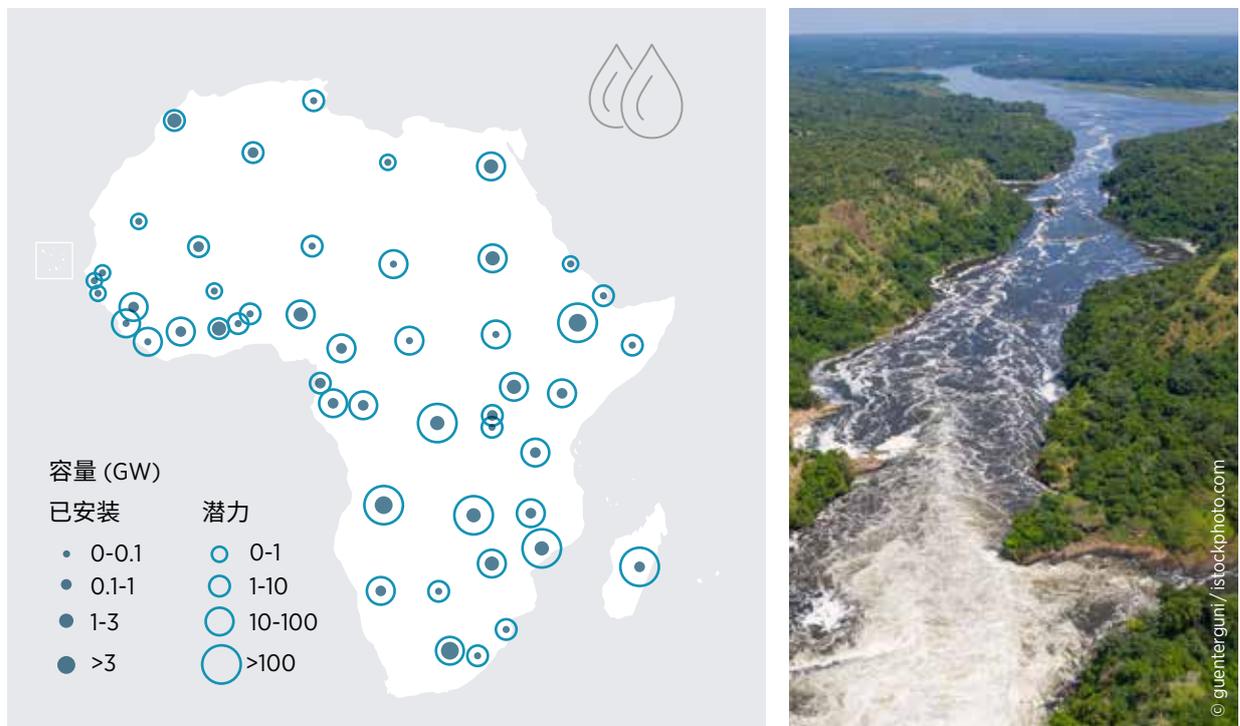


水能

非洲有多条主要河流，因此水力发电在非洲已经使用了几十年。大型水电站是非洲可再生能源电力的最大来源，在 2020 年底的发电量近 34 GW，而且还有大量潜力有待开发，几年前估计为 1753 GW（图 S.3）。

在几个有主要河流经过其境内的非洲国家，水电占发电量的一半以上。非洲最大的水电生产国有埃塞俄比亚、安哥拉、南非、埃及、刚果民主共和国、赞比亚、莫桑比克、尼日利亚、苏丹、摩洛哥和加纳。

图 S.3 非洲的水电潜力和装机容量



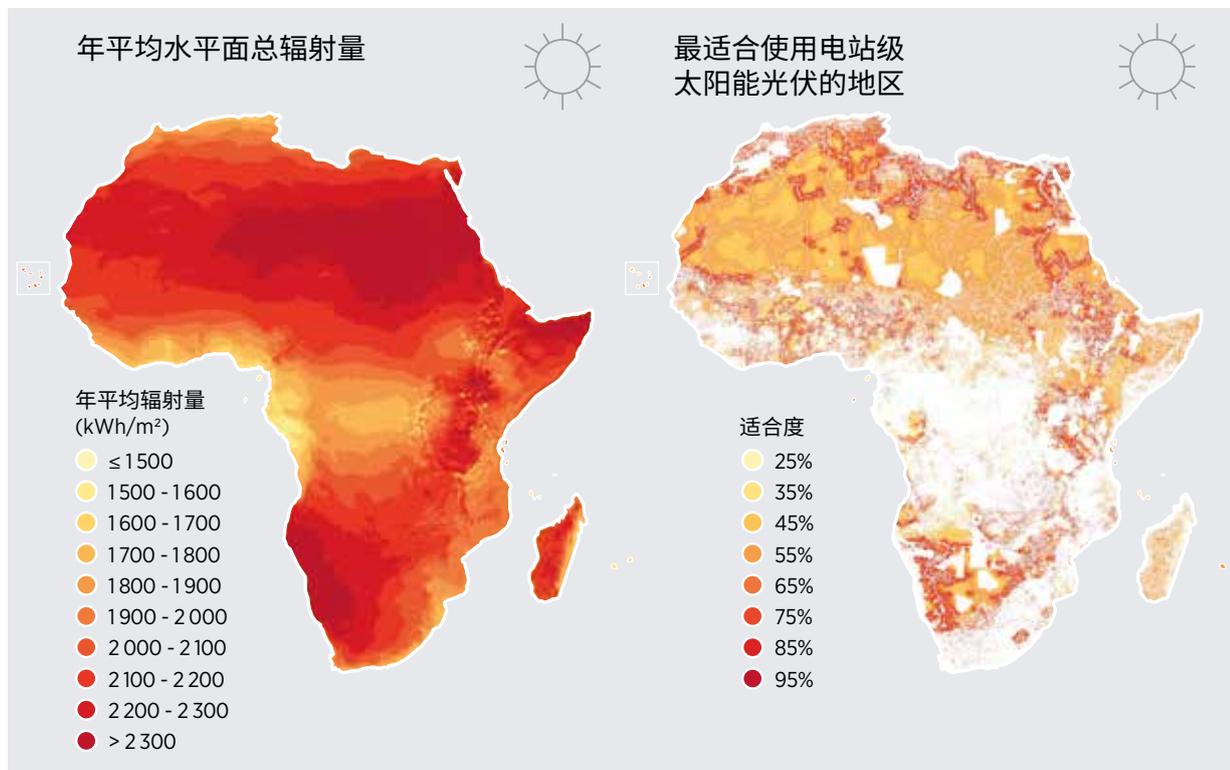
来源：水电潜力，非洲：Hoes，2014 年（代尔夫特理工大学）；水电装机容量，非洲：IRENA，2021a；基图：联合国边界。

注：包括抽水蓄能。GW = 吉瓦；km = 千米。

免责声明：此地图仅用于说明目的。该地图上显示的边界和名称并不意味着 IRENA 官方认可或接受。

3 假设土地利用系数为 1%。

图 S.4 非洲：(a) 年平均水平面总辐射量；(b) 最适合使用电站级太阳能光伏的地区



来源：(a) 全球太阳能地图集 (ESMAP, 2019 年)；(b) IRENA 全球可再生能源地图集 (IRENA, 2021e)。

注：kWh/m² = 每平方米千瓦时；PV = 光伏。

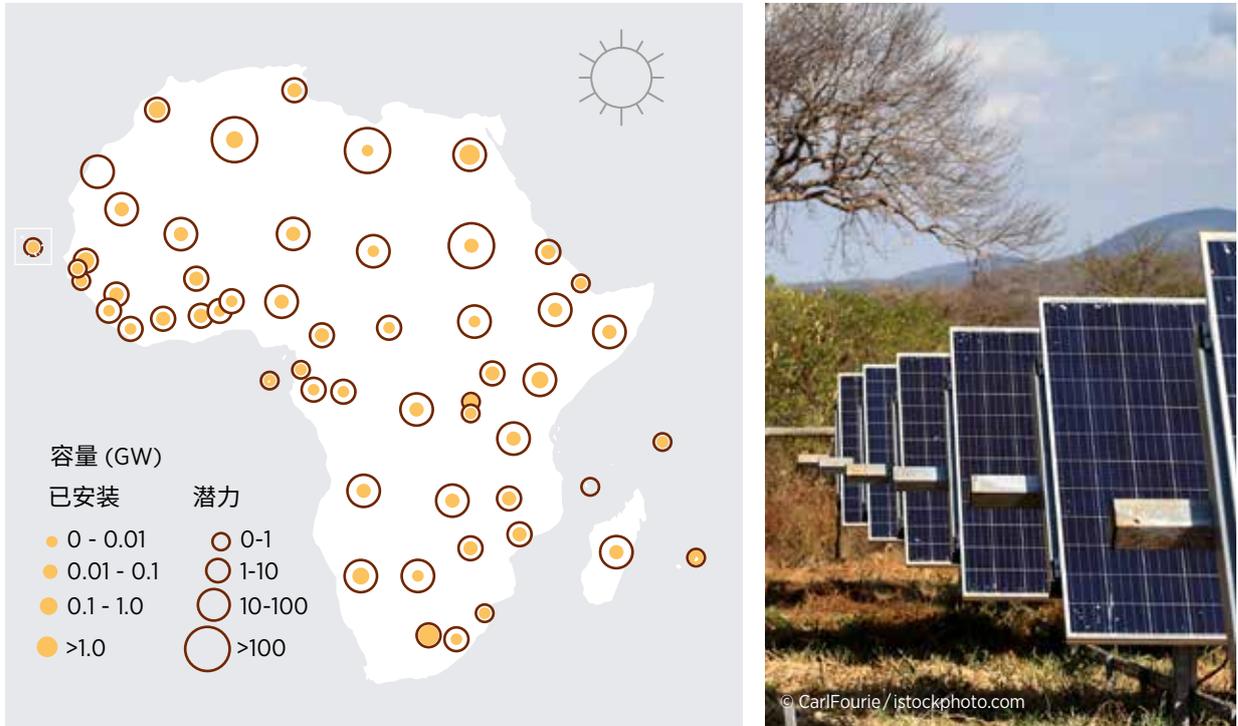
免责声明：此地图仅用于说明目的。该地图上显示的边界和名称并不意味着 IRENA 官方认可或接受。

太阳能

非洲蕴藏着全球最大的太阳能发电潜力。非洲大陆的年平均太阳辐照量为 2,119 千瓦时 / 每平方米 (kWh/m²)，其中非洲北部、西部和南部的大多数国家的年平均辐照量超出 2,100 kWh/m²。IRENA 估计非洲大陆的太阳能光伏 (PV) 技术潜力为 7,900 GW³，这表明其蕴藏着非常大的太阳能发电潜力 (图 S.4 和 S.5)。尽管潜力巨大，但只有少数国家部署了并网太阳能发电站。

太阳能目前是非洲增速最快的可再生能源。从 2011 年到 2020 年，非洲太阳能发电量的平均年复合增长率为 54%，是风能 (22.5%) 的 2.5 倍，是地热 (14.7%) 的近 4 倍，是水电 (3.2%) 的近 17 倍。过去十年 (2010-2020) 的太阳能发电装机总量增加了 10.4 GW (9.4 GW 太阳能光伏发电；1 GW 集中式太阳能发电)，2018 年新增发电装机容量最多 (2.9 GW)。新增的这些装机容量大多数来自非洲南部和北部的少数几个国家 (图 S.6)。

图 S.5 非洲的太阳能光伏潜力和装机容量

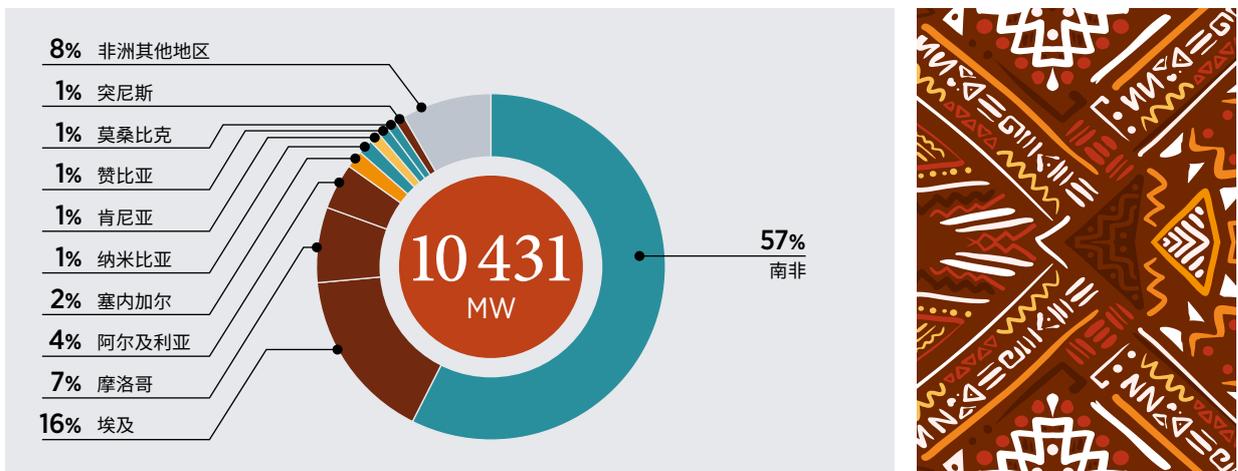


来源：太阳能潜力，非洲：IRENA；太阳能装机容量，非洲：IRENA，2021a；基图：联合国边界。

注：GW = 吉瓦；km = 千米。

免责声明：此地图仅用于说明目的。该地图上显示的边界和名称并不意味着 IRENA 官方认可或接受。

图 S.6 非洲的太阳能发电装机容量，2020



来源：IRENA，2021a。

注：MW = 兆瓦。

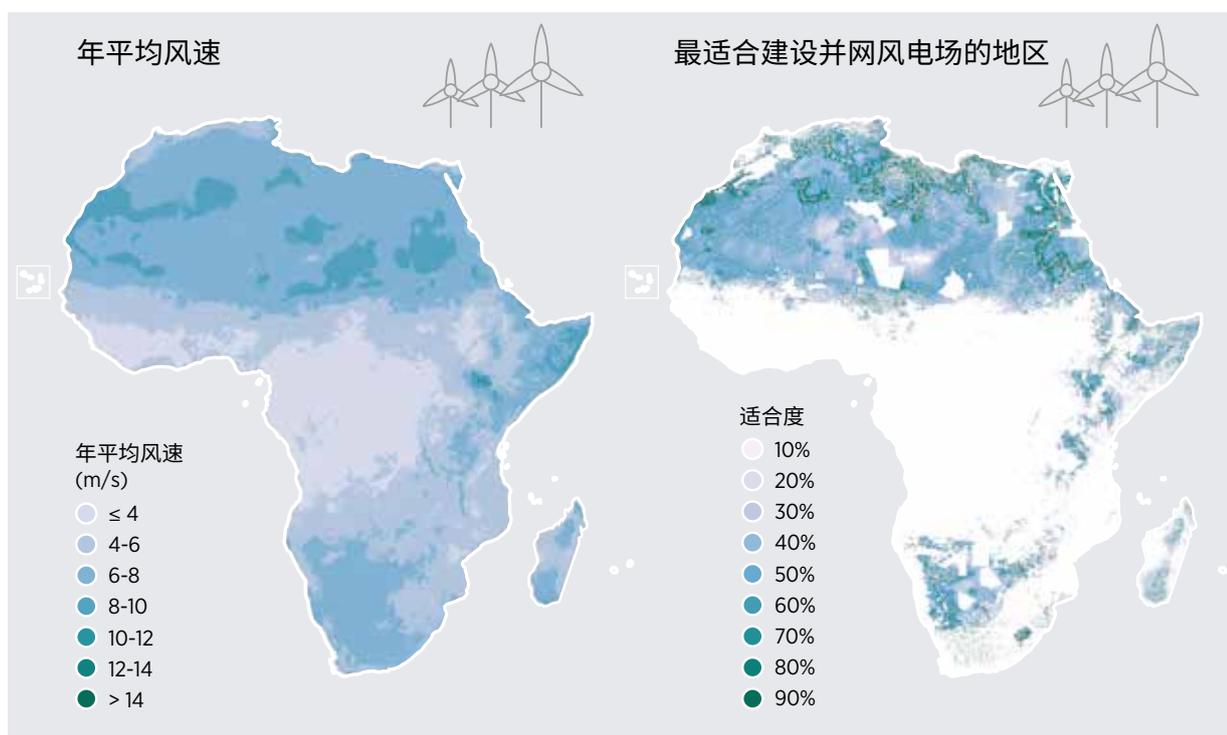
风能

非洲北部、东部和南部是最适合发展风能的地区。

IRENA 估计非洲风力发电的技术潜力为 461 GW⁴，其中阿尔及利亚、埃塞俄比亚、纳米比亚和毛里塔尼亚的潜力最大。非洲北部及南部的年平均风速可高达 7 米/每秒 (m/s) (图 S.7a)。图 S.7b 展示了适合开发电站级规模项目的区域。然而，总体而言，风能资源在非洲仍未得到充分开发，特别是在非洲北部的部分地区和萨赫勒地区 (图 S.8)。



图 S.7 非洲：(a) 年平均风速；(b) 最适合建设并网风电场的地区



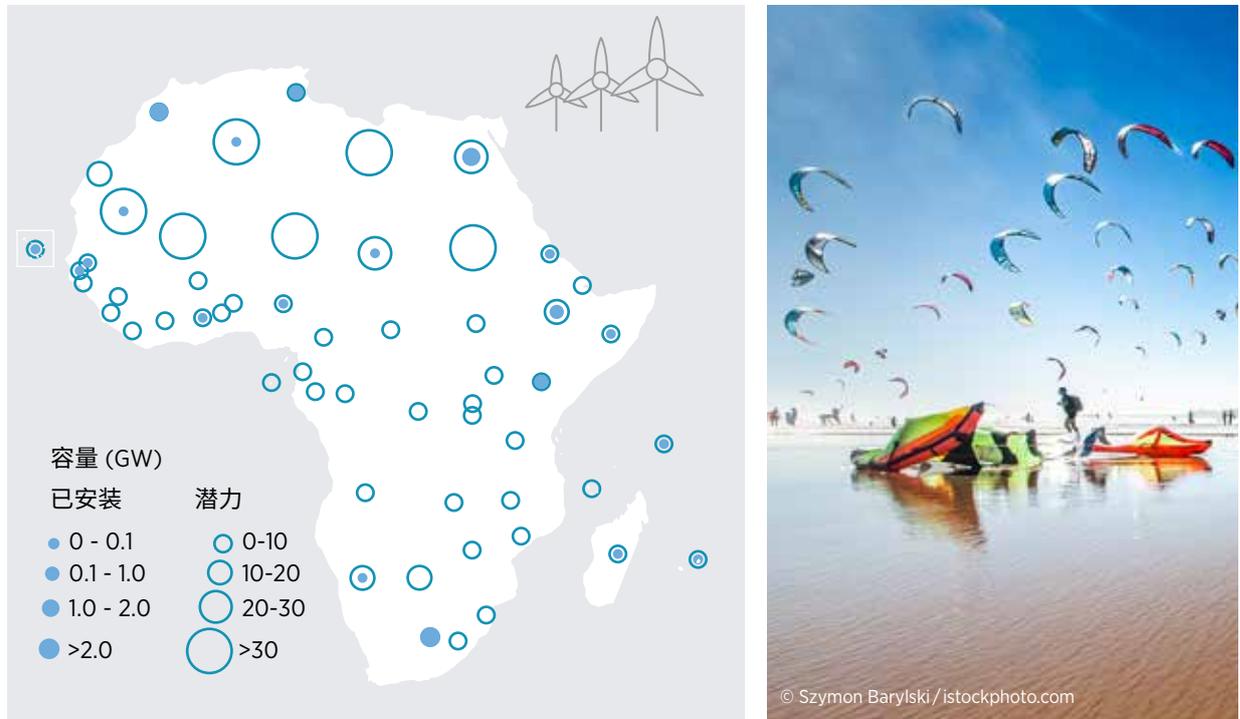
来源：(a) 全球风能地图集 (DTU, 2015 年)；(b) IRENA 全球可再生能源地图集 (IRENA, 2021e)；基图：联合国边界。

注：m/s = 米/每秒 m = 米 s：秒。

免责声明：此地图仅用于说明目的。该地图上显示的边界和名称并不意味着 IRENA 官方认可或接受。

⁴ 假设土地利用系数为 1%。

图 S.8 非洲的风能潜力和装机容量



来源：风能潜力，非洲：IRENA；太阳能装机容量，非洲：IRENA，2021a；基图：联合国边界。

注：GW = 吉瓦；km = 千米。

免责声明：此地图仅用于说明目的。该地图上显示的边界和名称并不意味着 IRENA 官方认可或接受。

风电设施在整个非洲大陆上分布并不均匀，这与风力资源的地理分布和开发这些资源的政策利益相关联。

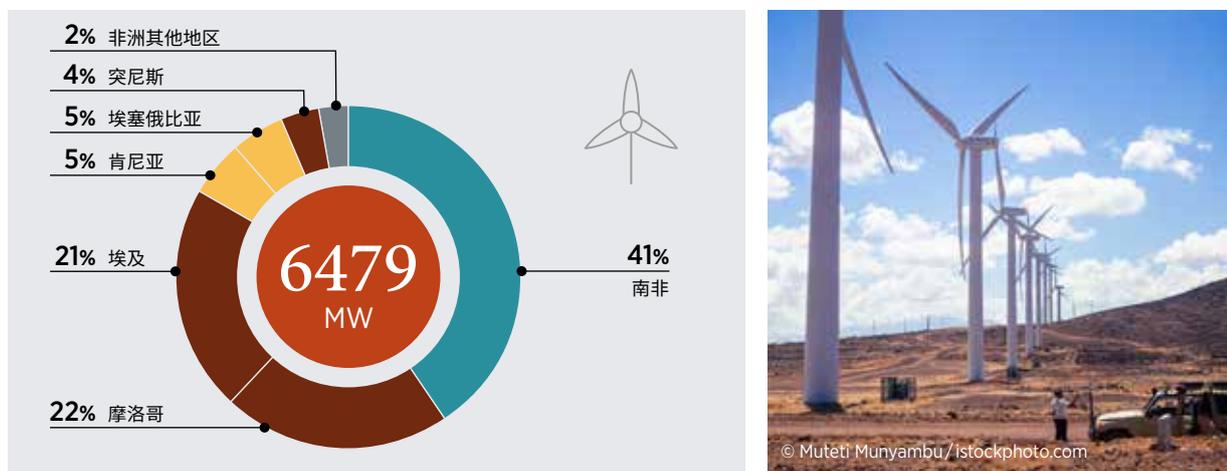
截至 2020 年底，非洲的风力发电产能为 6.5 GW，其中在 2020 年增加了约 0.7 GW。其中，发电装机容量较大的国家有南非、摩洛哥和埃及，以及肯尼亚、埃塞俄比亚和突尼斯，这些国家总共占非洲风电总装机容量的 95% 以上（图 S.9）。

地热能

非洲大陆的地热资源集中在东非大裂谷，估计有 15 GW 潜力仍未开发（BGR，2016 年）。截至 2020 年底，肯尼亚是非洲大陆唯一一个大量使用地热发电的国家，其发电装机量为 823.8 MW。埃塞俄比亚是目前另外一个生产地热能的非洲国家，该国有一个小型试验场。截至 2019 年底，乌干达、吉布提、坦桑尼亚和厄立特里亚已开始规划新的地热产能（IEA，2019 年）。



图 S.9 非洲的风电装机容量，2020



来源：IRENA, 2021a。

生物能

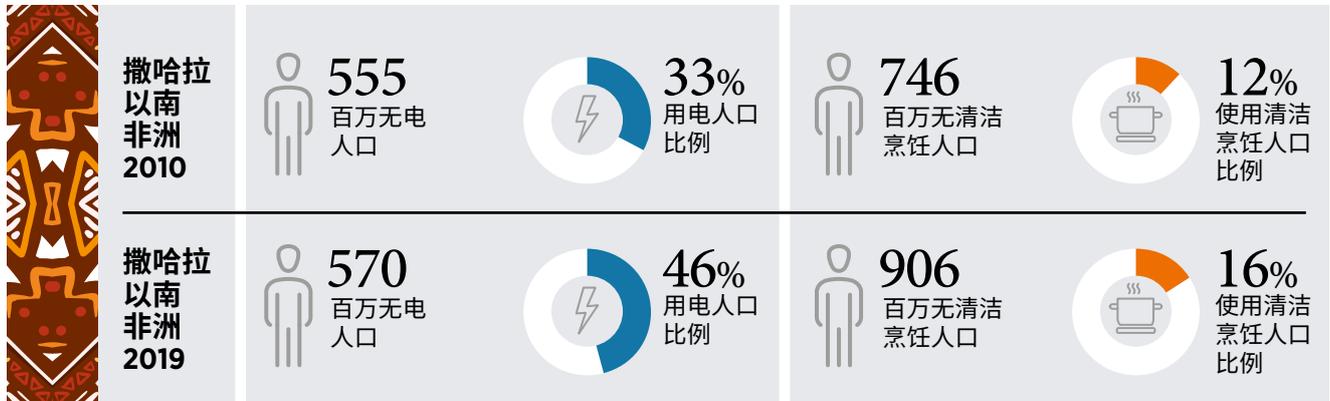
生物能的范围涵盖原始燃料、低效燃料和现代加工的燃料等。生物质是非洲大陆使用最为广泛的能源，但大部分都以低效的传统方法用于烹饪。使用现代发电方法的生物能源发电量占 2019 年所有可再生能源发电量的 1% 左右，而且不清楚其中有多少燃料具有可持续来源。现代热能发电项目包括非洲东部的甘蔗加工甘蔗渣燃烧热电联产发电厂。非洲有几个国家在运输行业中使用高级生物燃料方面也很有潜力。仅非洲西部就有可能每年生产 1 亿吨以上的农业废弃物，这些废弃物可以转化为乙醇和生物丁醇等生物燃料，也可以转化为电力（UNSD, 2018 年；EIA, 2019 年）。

扩大现代形式能源供应的迫切需要

尽管普及能源的目标有所进展，但仍困难重重。过去十年间，非洲在扩大能源供应方面取得了长足的进步。然而，在非洲大陆的许多地方，人口增长已经超过了能源扩展的速度。虽然撒哈拉以南非洲的整体通电率从 2010 年的 33% 上升到 2019 年的 46%，但 2019 年仍有 5.7 亿人无法用上电（见图 S.10），比 2010 年增加了约 2,000 万人，其中许多人住在农村地区（世界银行，2021a）。更糟糕的是，在同一时期，又多了 1.6 亿人无法获得清洁的烹饪燃料（WHO, 2021 年）。以目前的发展轨迹看，非洲大陆将在很大程度上无法实现 SDG 7.1 中设定的发展目标，即到 2030 年使非洲人民能普遍获得现代形式的能源。到 2030 年，预计撒哈拉以南非洲仍有约 5.6 亿人没电可用；超过 10 亿人仍然很难获取清洁的烹饪燃料（IEA, 2020 年；IEA、IRENA 等，2021 年）。



图 S.10 撒哈拉以南非洲地区的电力普及和清洁烹饪，2010 和 2019



来源：世界银行，2021a；世界卫生组织，2021。

实现现代形式能源的普及，是实现其他几个可持续发展目标并实现可持续、公正、和包容性疫情复苏的核心。COVID-19 危机清醒地提醒了我们，能源在医疗保健、卫生、电信和有弹性的生计方面发挥着关键作用，这也突出了非洲能源获取困难的问题仍然是可持续发展社会经济发展的主要制约因素。

城乡的能源普及差距巨大。城市中心的通电率通常很高，近几十年来，整个非洲都取得了巨大的进步，但很多时候服务质量仍然堪忧（联合国，2021 年）。相比之下，撒哈拉以南非洲的农村电气化进程并没有什么进步，这持续扩大了城乡差距：城市地区的电气化率为 84%，而农村地区仅为 29%。很多农村地区的电力供应仅限于基本照明和手机充电，并没有足够的电力来推动广泛经济发展所需的创收活动。与此同时，撒哈拉以南非洲的大部分农村地区获得的清洁烹饪燃料非常有限。



北非国家的电气化和清洁烹饪普及率是非洲大陆最高的，而非洲西部的缺口最大。尼日利亚、刚果民主共和国和埃塞俄比亚无电可用的人最多，约 2.18 亿人用不上电，3.62 亿人没有清洁烹饪燃料。就人口比例而言，南苏丹、乍得、马拉维和布基纳法索在 2019 年的通电率最低，分别为 7%、8%、11% 和 18%。在清洁烹饪燃料方面，有六个非洲国家（布隆迪、利比里亚、中非共和国、塞拉利昂、南苏丹和乌干达）的获取比例低于 1%（IEA、IRENA 等，2021 年）。

缺口维度：可负担性、可靠性、可获得性

从整个国家层面收集数据可以强化基于证据的规划。

从多个维度理解能源获取情况，可以充分掌握家庭、公共建筑和企业的能源获取数量和质量数据。能源行业管理援助计划 (ESMAP) 的能源可及性多层框架引进了其他几个能源可及性属性：电力获取的可用性、可靠性、质量和可负担性；清洁烹饪的炉灶效率、便利性、可负担性和燃料可用性 (ESMAP, 2015 年)。从国家层面收集上述各种属性数据，可以更深入了解能源可及性情况，并有可能设定目标，跟踪所有国家在能源可及性方面的重要进展。本节根据现有的数据和信息，讨论了能源可及性的某些属性。

让能源负担得起是一个根本性的挑战。能否负担得起能源的使用涉及多个方面，包括生活消费的费用占家庭总收入的比例，连网费用和清洁炉灶的可负担性，以及是否有最低保障电价。虽然非洲消费者的负担能力近年来有所提高，但与新冠疫情有关的经济冲击可能会进一步扩大负担能力的差距 (IEA、IRENA 等, 2021 年)。2020 年，无电人口的数量实际上有所增加，这是因为以前获得基本电力服务的数百万人再也负担不起电费 (UNSD, 2021 年)。要应对有关负担能力的挑战，就需要出台一系列措施，包括需求侧补贴，财政优惠政策 (例如减少增值税和进口税) 和量身定制的消费者信贷。

电力供应可靠性是非洲发展的主要制约因素。该因素妨碍家庭、公共机构和企业将电力供应充分用于消费性和生产性用途。例如，在埃塞俄比亚，有几乎 60% 的通电家庭每周面临 4-14 次断电，有 3% 的家庭面临 14 次以上的断电 (世界银行, 2018a)。非洲企业遭遇停电的比例高于世界任何其他地区，这迫使企业使用发电机，进而推高了运营成本。在接受调查的 29 个非洲国家中，有 25 个国家只有不到三分之一的企业有可靠的电力供应 (Blimpo 和 Cosgrove-Davies, 2019 年)。

能源供应和质量的差异限制了整个社会的进步。因为缺乏可靠的能源供应，家庭、企业和公共基础设施 (例如学校和诊所) 很难充分利用现代能源提供的机会，从而阻碍了社会经济发展。与可靠性密切相关的是可用性，即在需要使用时获取能源或燃料的能力。

能源可及性计划必须考虑到与可及性相关的各种障碍。由于缺乏必要的基础设施或利用这种基础设施的机会较少，各种社会和消费者群体开放能源获取的解决方案有时根本无从谈起。例如，在卢旺达，高昂的连接费使许多家庭无法接入电网。(世界银行, 2018b)。偏远地区缺乏道路，产品和燃料的分销渠道并不完善，也会阻碍人们获取能源。



© charliemarcos / istockphoto.com

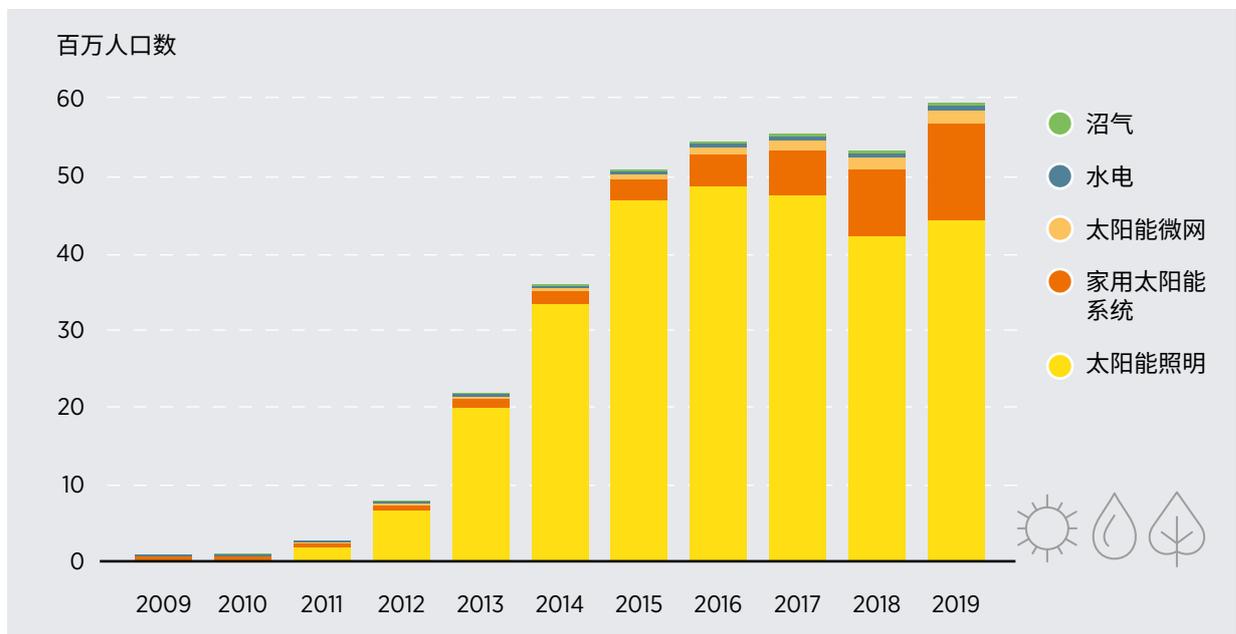
使用分布式可再生能源扩大能源获取的范围

分布式可再生能源解决方案（包括独立系统和小型电网）在扩大离网地区的电力供应和加强已联网地区的供应方面发挥着越来越重要的作用。得益于技术的改进、成本的下降以及有利的政策和监管环境，在离网的情况下，基于可再生能源的独立系统（例如太阳能灯和家庭系统）和小型电网近年来已得到普及（图 S.11）。在私营企业的积极参与下，并得益于当地的特定条件（例如非洲东部的移动支付），这些解决方案已通过电网扩展迅速成为实现电气化的助力。根据 IRENA 的数据，2019 年，非洲有近 6,000 万人通过离网解决方案用上了电，其中大部分人居住在非洲东部（IRENA, 2021b）。2016 年至 2019 年期间，非洲有超过 70 万人接入了太阳能小型电网（IRENA, 2021b）。

电网互动型分布式可再生能源还可以提高联网地区的供电质量和可靠性，尤其使商业和工业消费者从中受益。分布式可再生能源越来越多地被用来支持公共服务（如医疗保健和教育）的提供。将电力供应与创收活动和公共服务联系起来，对于最大程度提高社会效益和推进多个可持续发展目标至关重要。

实现清洁烹饪解决方案是非洲实现公平的能源转型的核心支柱。非洲大多数家庭除了在明火上或在低效的炉子里燃烧生物质燃料（主要是木柴和木炭）外，少有其他方式。推广基于可再生能源的清洁烹饪解决方案，可以帮助加速实现 SDG 7.1，并减少传统燃料的巨大社会、经济和环境成本。这将涉及更清洁的生物能解决方案（包括沼气和生物乙醇），以及使用可再生能源电力烹饪。截至 2019 年底，有近 41.2 万非洲人在家使用沼气烹饪（IRENA, 2021b）。

图 S.11 由离网可再生能源提供服务的非洲人口，2009-2019



来源：IRENA, 2021b。

发展方向包括协调发展多个优先领域。分布式能源系统现已得到各国政府以及其他公有和私有企业的认可，已成为适时、环保地提高电力可及性和推广清洁烹饪的关键因素。在目前取得的进展基础上，如果非洲大陆要想有机会实现 2030 年的能源普及目标，就必须大幅扩大分布式可再生能源发电和清洁烹饪的规模。必要的行动包括将能源可及性作为国家和地区的优先事项；针对基于可再生能源的清洁烹饪制定更大目标并做出更多投资；出台更强有力的政策和监管框架；为能源可及性提供更多的资金；加强与民生和公共服务的联系；以及采取包容性的方法，让妇女、青年和边缘化社区积极参与。

普及现代能源必将成为非洲能源转型的基石。如果每个家庭、农场、企业、学校和诊所都无法获取可靠、经济和可持续的现代能源，那么非洲大陆的社会经济发展目标将难以实现。除了要实现联合国可持续发展目标 7，非洲普及现代能源还是一个能源公平问题。在世界所有地区中，非洲大陆的人均能源消耗最低且能源缺口最大，如果不解决非洲的能源可及性问题，就无法实现公正和包容性的能源转型。这已成为国际社会关注的一个日益突出的目标。



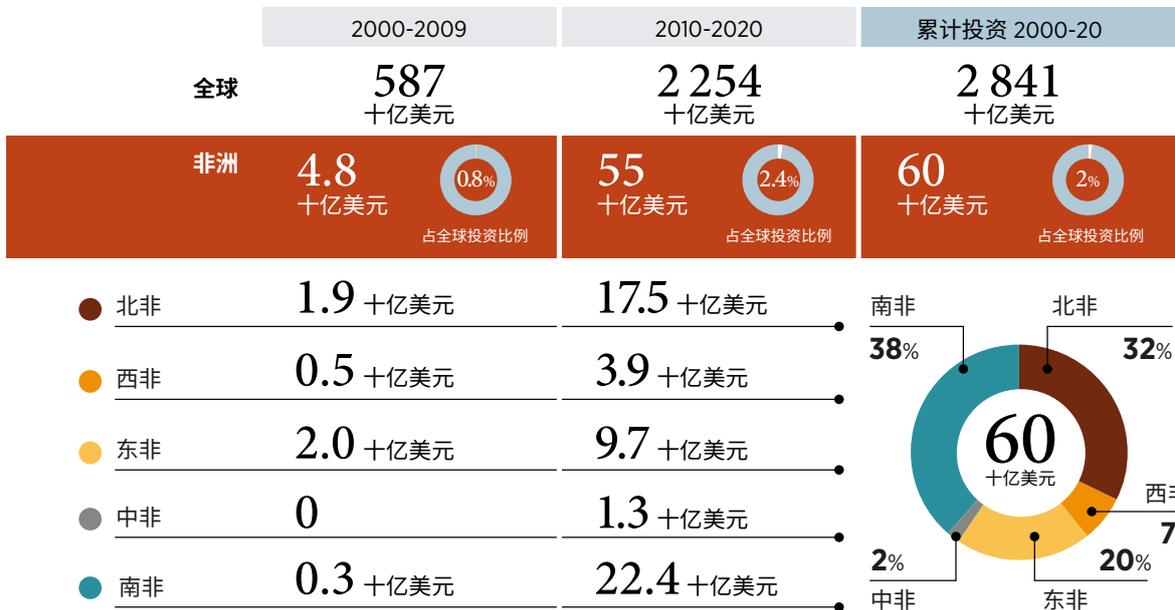
可再生能源投资

非洲对可再生能源的投资比较滞后。在 2000 年至 2020 年之间，全球在可再生能源领域共投资 2.8 万亿美元，其中只有 2% 投向了非洲，而非洲大陆在利用可再生资源生产能源方面有着巨大的潜力，而且对为仍然缺乏现代能源服务的数亿人口提供这些服务有着巨大的需求。在 2000 年至 2020 年之间，非洲吸引了近 600 亿美元的可再生能源投资（不包括大型水电）。90% 以上的投资（550 亿美元左右）发生在 2010 年至 2020 年，并集中在少数国家。在 2000 至 2009 年期间，非洲的可再生能源投资平均每年不到 5 亿美元。2010 至 2020 年，平均投资增长了 10 倍，达到了 50 亿美元（图 S.12）。



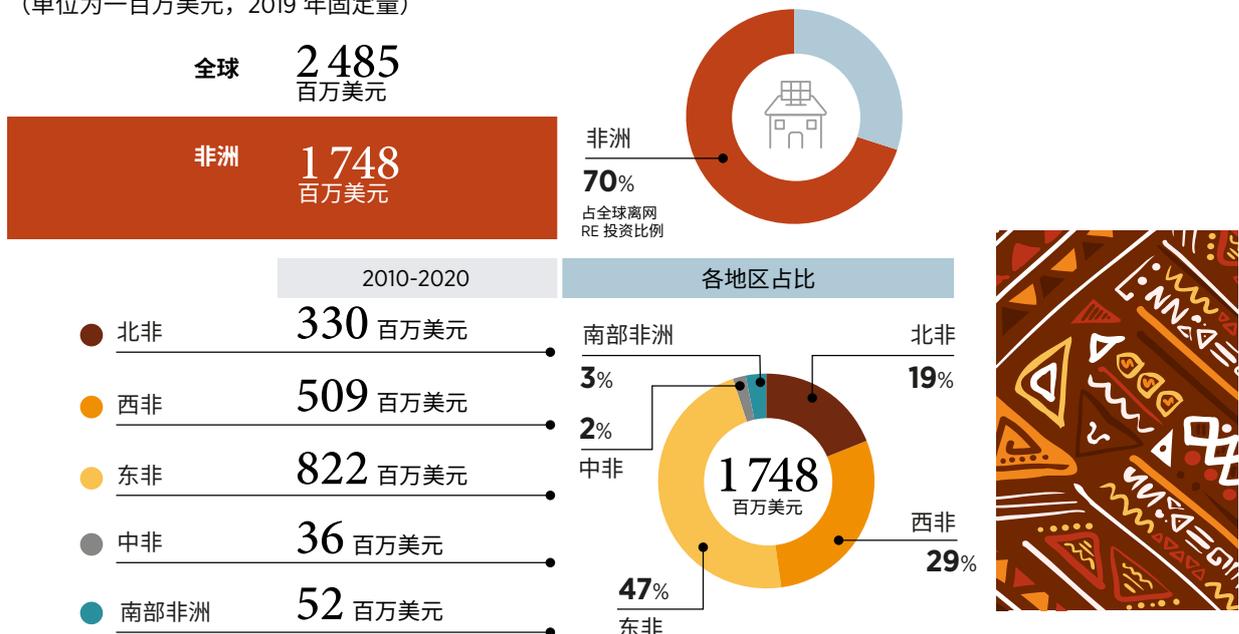
图 S.12 非洲的可再生能源投资概况，2000-2009 和 2010-2020

非洲的离网可再生能源投资，2000-2020（单位为十亿美元，2020 年当前量）



非洲的离网可再生能源投资，2010-2020

（单位为一百万美元，2019 年固定量）



注：非洲整体可再生能源投资（私营和公共）的数据来自于 Bloomberg New Energy Finance (BNEF 2021)，主要侧重于项目投资，但不包括对大型水电的投资（>50 兆瓦）。离网可再生能源的投资基于 Wood Mackenzie 的数据（2021）。由于数据提供方的方法和手段不同，因此在研究趋势时并没有对各种数据来源进行比较。

图 S.12 非洲的可再生能源投资概况，2000-2009 和 2010-2020（接上页）

非洲能源融资的公共承诺（包括可再生能源），2010-2019（单位为十亿美元，2019 年固定量）



a. 包括大型水电，以及在装机容量提升方面的非技术性投资和技术援助等。这就解释了为什么一些数值可能会超过 BNEF 数据库的数值。
b. 约 28 亿美元归入“非洲其他地区”。

非洲能源 IPP 投资（包括可再生能源），2010-2020（单位为十亿美元，2020 年当前量）



来源：Power Futures Lab (2021)；世界银行 (2021b)。

* 这相当于 2010-2020 年期间全球 IPP 能源投资总额的 12%。

注：公共投资数据来自 IRENA 和 OECD (2021)。与 BNEF 的数据不同，这些数据包括大型水电、装机容量提升、技术援助和其他非技术性投资。通过私人来源和发展融资机构对独立发电商的投资以 Power Futures Lab (2021) 的数据为依据。由于数据提供方的方法和手段不同，因此在研究趋势时并没有对各种数据来源进行比较。

资金来源和支持类型

在非洲，大多数能源投资以公共融资的形式为主。

在全球范围内，可再生能源领域的资金主要由私营企业提供，公共财政仅占可再生能源资产直接投资的 14%，主要由发展金融机构 (DFI) 提供 (IRENA, 2021c)。然而，除了在几个国家外，公共融资在非洲发挥了更大的主导作用。在非洲，由于实际或感受到的政治、法律和经济风险，相关项目无法吸引私人资本。

在 2000 年至 2019 年之间，非洲能源行业共获得 1,090 亿美元的公共融资。其中近 640 亿美元用于可再生能源行业 (包括大型水电)，这些资金中有 500 亿美元 (78%) 是来自于近十年 (2010-2019) (IRENA 和 OECD, 2021 年)。大部分资金由双边援助国和 DFI 以债务和赠款方式提供，但近年来使用股权、担保和夹层融资的情况有所增加。

积极捐助者的队伍从 2010 年的 27 个增加到高峰年 (2017) 的 45 个。在 2010 至 2019 期间的某个时间点上有 54 个捐助者，其中有 10 个国家提供了非洲 85% 的公共资金，相当于 430 亿美元。这些捐助者包括双边援助国 (如中国、法国、德国和英国)、多边开发银行 (MDB)，包括世界银行和非洲开发银行 (AfDB)，以及 FMO、KfW 和 Proparco 等发展金融机构 (IEA、IRENA 等, 2021 年; IRENA 和 OECD, 2021 年)。

发展银行机构 (DFI) 和多边开发银行通过多种形式支持独立发电商 (IPP)，包括直接投资 (股权和债务)、技术援助、风险缓解和结合所有这些手段的结构化采购方案。比较典型的例子有美国贸易发展署和非洲可持续能源基金 (由非洲开发银行管理)。该基金在 2019 年底转型为一个成熟的混合融资机制，并自那时起筹集了超过 3 亿美元的新捐助。这两个机构都为很多电站级可再生能源独立发电厂 (IPPs) 提供开发赠款，通常为 100 万美元左右。开发基金对技术和财务可行性评估以及详细的环境和社会影响研究支付相关费用，这为 IPP 提供初始融资渠道以加速可持续的市场增长方面非常关键。DFI 还提供了一揽子工具，支持参与结构化采购过程的 IPP，包括技术援助、融资和去风险工具。技术援助可能采用 IPP 预可行性研究的形式 (包括现场研究和资源分析)，支持采购过程，

或对建议书评估和合同谈判提出建议。结构化融资和风险缓解一揽子计划可提高这些方案中合同的银行可贴现性，并提高投标过程的竞争力。

公共资金在支持离网可再生能源领域发挥着重要作用。在 2010 至 2020 年期间，有 60% 以上的非洲离网可再生能源投资来自私营企业，而公共部门仅约占 34%。2020 年，有 41% 的投资承诺来自公共部门，高于 2019 年的 33%，这表明在 COVID-19 疫情期间需要对该行业给予更大的支持。投资目前集中于非洲的东部和西部，这两个地区将继续需要公共部门的支持，使服务覆盖边远地区人口，并缩小负担能力的差距。在非洲中部和南部，离网发电产业仍处于早期阶段，公共支持用于出台扶持政策，制定法律法规，并通过其他措施降低投资风险和鼓励市场发展，在促进行业增长方面发挥着重要作用。2010 至 2020 年间，公共支持占非洲中部总投资额度的 68%，占非洲南部的 49%。



融资环境

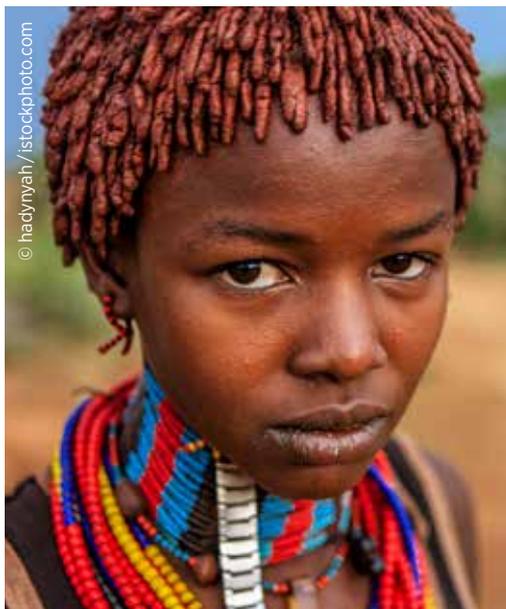
在非洲，虽然传统电力吸引的资金仍然远远多于可再生能源，但可再生能源的新投资已开始井喷。在2010年至2020年期间，可再生能源的投资速度加快了20倍，达到了550亿美元。可再生能源融资环境的特点是投资和技术在整个非洲大陆上分配不平等，资本动态不断变化，风险缓解方面有所进展。虽然太阳能光伏和风能技术已经占到所有投资的64%，但随着疫情的到来，投资的步伐急剧放缓，致使电力供应的缺口继续扩大。

投资和技术在整个非洲的不平等分配

在整个非洲大陆，对可再生能源的投资分布并不均匀。出现了投资集中的情况，非洲南部和北部成为最受欢迎投资地点。其次是非洲东部和西部；非洲中部获得的融资最少。

区域内的投资分布也不均匀：在2010至2020年期间，所有可再生能源投资有90%流入55个国家中的14个国家。南非、摩洛哥、埃及和肯尼亚吸引了75%的投资。在离网发电行业中，非洲东部（肯尼亚和坦桑尼亚）吸引了2010至2020年期间所有投资的50%，而非洲西部（包括尼日利亚和塞内加尔）近年来也开始获得更多的投资。对撒哈拉以南非洲其他地区的投资仍然很少，而且集中在少数几个国家。

投资流向更容易预测回报的地方。这些趋势表明，出于政策和制度环境、法规、融资渠道和市场特征（例如规模、前景和稳定性）等因素，投资流向了回报较高、风险较低的国家。在欠发达经济体中，这些有利因素可能不那么显而易见，从而引起实际或感受到的政治、金融、法律、运营和信贷风险。由于缺乏结构良好、风险回报高且有吸引力的项目，没有足够的资金流向那些最迫切需要的国家。



资本动态不断变化

私人和公共融资之间存在着区域性差异。非洲西部、东部和北部吸引了绝大多数的公共资金，而非洲南部和北部则是接受了最多的私人资本。这些区域的不同反映了电力行业发展水平的差异：市场越成熟，吸引的私人资金就越多。

贷款是为非洲可再生能源项目提供资金的最常见工具，占资本引入的 78%。通过股权提供资金占 20%。这些数据意味着平均债资比为 4，表明了贷款人和股权投资者可以接受的风险水平。担保工具在其中发挥了作用。在 2010 至 2019 年期间，十大投资方的投资占有公共投资承诺的 85%。中国是最大的贷款提供方，其次是 MDB（AfDB、世界银行集团和 GCF）和 DFI。债务仍然是公共投资承诺中的主导工具。

新的融资来源和工具正在改变能源项目的发展前景。

私人管理基金的出现正在加速投资方面发挥了关键作用，使资金来源从公共转为私人。最近（仍处于初期），资本市场的债务工具已经开始在运作几年后取代贷款，使释放出的资本能重新进行部署。

风险缓解的逐步改变

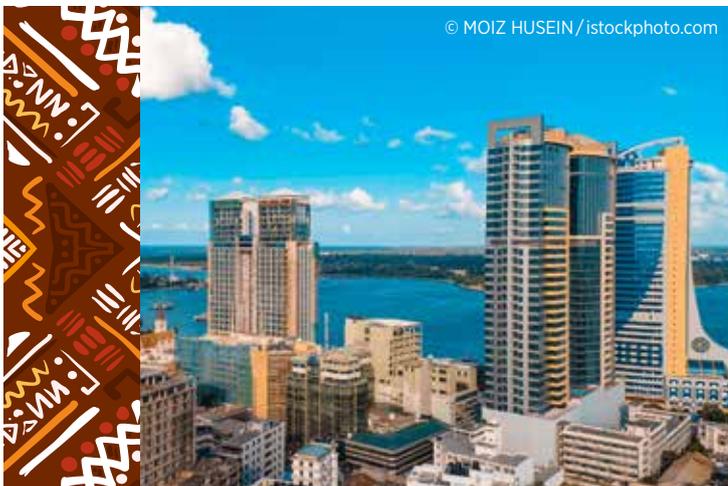
非洲的一般项目违约率低于世界其他地区，展现出在非洲大陆投资的吸引力和相对安全性。财政纪律、MDB 支持和担保对此起了很大作用。例如，AfDB 为改善公共电力公司的财务和运营能力提供支持，作为实现其“沙漠发电计划”的一部分工作（AfDB，2021 年）。然而，在项目开发中仍然存在政策和交易风险；政府当局可通过监管手段、财政激励、担保和市场开发等方式来减轻这些风险并调动私人资本。MDB、DFI（包括出口信贷机构）、担保基金和私营再保险公司采用了大量的降低风险措施。技术创新和新应用的缓解工具增加了对担保的使用，以引导资本投资于可再生能源。从部分风险担保到流动资金融资和违约处理条款，非洲大陆一直是金融创新的舞台。

大规模调动未来投资

可靠和充足的资金是实现 SDG 能源目标的必要条件。

非洲在未来几年乃至几十年中将需要大规模的投资，以支持符合 SDG 的非洲能源转型之路，包括提高可再生能源产能，以及建立支持能源转型并确保相关发展利益所需的经济结构。

贸易限制需要债务调整和风险管理。非洲受限的关税环境可能会危及项目的银行可贴现性；因此，国际金融机构已初步采取降低风险和债务成本的措施，以便能够获得资本投资。混合融资和绿色债券已对此趋势做出响应，但使用规模仍然很小。



获得气候融资是非洲国家融资的主要障碍，因此绿色融资计划可以提供一个解决方案。提高非洲投资的一个方法是确保公共部门的投资决策明确地将可再生能源项目的优先级置于化石燃料项目之上。可提高国家开发银行主导的绿色融资项目的规模，以扩大获得所需信贷的机会，以便开展可为可再生能源价值链提供支持的工业活动。到目前为止，在欧洲、北美和南美有几个绿色融资方案的例子，但这种例子在非洲很少。非洲需要来自 DFI 的支持，包括出口信贷机构、多边开发银行和担保基金，才能调动更多的资本。所有相关参与者都需要履行其承诺和保证，不论这些承诺和保证是在谋求 COVID-19 一揽子恢复计划的过程中，还是在 COP26 承诺的背景下或其他框架下提出的。

资金不仅要流向电力部门，还应流向运输、烹饪、供暖和制冷等终端应用。重要的是，非洲大大小小的社区都能从能源转型中获得切实利益。这不仅涉及到扩大基于可再生能源的电网，为目前供电不足的社区提供电力，或安装微型电网和其他分散形式的可再生能源。同样重要的是，在决策过程中要聆听社区的呼声，并将“包容的和公平的转型”这样的口号变成现实。



充分发挥能源转型的潜力

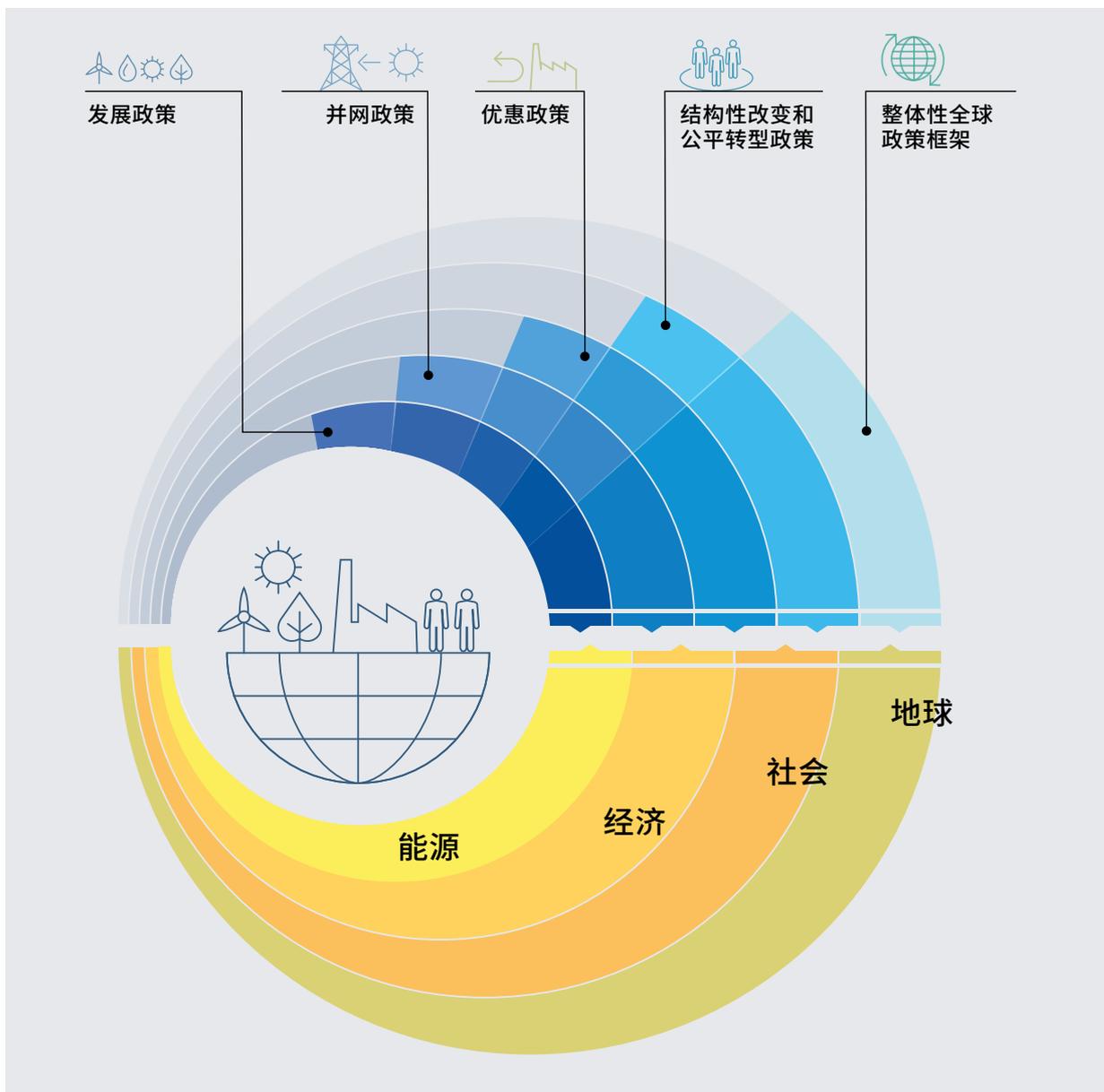
如果未做出有效的缓解和调整，气候变化将对社会经济进步构成日益严重的威胁。降雨格局的变化和干旱威胁着需要雨水滋养的农业生产、水库和水力发电。洪水和暴雨等极端天气事件对脆弱群体打击很大。非洲大陆的温度预计将比全球平均水平上升得更快，导致非洲的地表温度将在本世纪末上升 3°C 至 6°C (IPCC, 2014 年)。气候变化带来的破坏已影响经济活动，而且这种影响将一直持续。COVID-19 疫情加剧了社会、经济和财政压力，对于非洲来说尤其如此，因为非洲获得疫苗的机会有限，而且其卫生保健基础设施也不完善。要求提高人民和社区的风险抵御能力变得不可忽视。

制定一个全面的政策框架是实现公平、包容的转型的关键

IRENA 制定了一个全面的政策框架 (图 S.13)，以转型到以可再生能源和能源效率为中心的能源系统。该框架的组成部分涉及多种技术解决方案，并通过具体的部署战略将这些解决方案纳入非洲大陆的能源系统。虽然政策必须根据特定的国情和区域背景量身定制，但这种整体性方法可以帮助实现广泛的社会、经济和环境目标。



图 S.13 公正和包容的能源转型的全面政策框架



来源：IRENA (2021c)。



通过一系列政策为非洲的能源转型创造有利条件

在该框架下，适用于所有行业和终端应用的政策为加速部署转型解决方案创造了有利条件。这些有利条件包括更宏伟的国家及地区发展规划（例如，长期计划中的具体可再生能源目标）和相关措施，以此消除市场扭曲、抑制对化石燃料技术的投资、促进融资、提高能源效率和保护、发展所需的基础设施、促进创新、提高消费者和公民的意识以支持相关转型技术的采用。

地区和国家对可再生能源的承诺，支持了非洲大陆的可持续发展和工业化。非洲各国领导人在《2063年议程：我们想要的非洲》中承诺，要实现包容的、可持续的经济增长和社会发展，并通过这种战略性框架强调社会和经济、大陆和区域一体化、民主治理以及和平与安全的重要性（非洲联盟，2021年）。通过国际社会，包括双边和多边开发机构（如非洲开发银行及其非洲能源新政），寻求技术转让、融资和政策支持的附带援助。



在区域层面，通过组建专门的中心，与成员国、捐助机构和其他国际机构协调支持能源转型，进而为实现可再生能源和提高能源效率这两个目标提供支持。这些区域中心中，比较出名的有北非国家设立的可再生能源和能源效率区域中心 [RCREEE]、为非洲西部设立的非国家经济共同体可再生能源和能源效率中心 [ECREEE]、非洲东部可再生能源和能源效率卓越中心 [EACREEE]、非洲南部发展共同体可再生能源和能源效率中心 [SACREEE]，以及运营中的非洲中部可再生能源和能源效率中心 [CEREEAC]。

在国家层面，可再生能源和能源效率的承诺已在国家自主贡献预案、国家能源计划和设定目标中指出。截至2021年11月中旬，已有53个非洲国家根据《巴黎气候变化协定》提交了国家自主贡献预案。在提交预案的国家中，约有40个国家提出了可再生能源目标，其中37个国家侧重于电力行业。有13个国家提出了终端应用的目标，如供热、制冷和运输。

在实施必要措施消除有利于化石燃料的市场扭曲（包括遏制化石燃料使用的财政制度）时要格外谨慎，以免妨碍人们获得基本的能源需求。此外，埃及和南非等国家承诺不再使用煤炭。国际社会也承诺停止为非洲的燃煤发电厂提供资金，这些举措都在为清洁和可持续的能源系统铺平了道路，使可再生能源更具成本竞争力。

投资将以合理的规划为指导。在非洲部署可再生能源，将需要投资建设新的基础设施并升级现有网络。重大投资最好以国家长期能源规划为指导，以确保其不会导致搁浅资产或无法摆脱化石燃料。



提高能效是能源转型的一个主要技术解决方案，与能源可及性、可负担性和可靠性目标相辅相成。高效电器在建筑领域的应用将起到至关重要的作用，因为建筑领域的能源需求预计将随着人口增长和文化变化而上升，也就是说，随着发展，舒适标准也在不断提高。在工业中，高效的工业流程将是塑造竞争力的关键。迄今为止，对能效和节能的支持表现出多种形式，包括政策和监管措施（例如非洲北部国家的最低效率绩效标准）、补贴、能源审计（如在肯尼亚）以及依赖于具有财政或道德动机的最终消费者的自愿行动（如在南非）。

提高人们对化石燃料计划负面影响的认识已经产生了积极的结果。在肯尼亚和加纳，当地社区成功发起了淘汰燃煤发电厂的运动。继续提高人们对可再生能源和能效解决方案的潜力和优势的认知度，将在促进非洲人民接受使用可再生能源方面发挥重要作用。开展购买和使用节能设备的运动也同样重要。此外，还应实施质量标准，以确保产品的可靠性和消费者的高度信任。

创新的解决方案离不开规划、示范和标准、融资、改革和公众认同。非洲要实现跨越式发展，转向以可再生能源和能效为基础的能源系统，就需要有远远超出技术供应和基础设施范围的创新解决方案。提高可再生能源发电技术应用和产量的一些关键措施包括改善国家规划，在全国范围内采取行业标准化和认证措施，通过激励措施吸引长期投资，鼓励人们采用新技术。这些方法应结合新的融资和商业模式、设计和运营电力系统的新方法，以及有针对性的监管框架。创新的核心是在研发方面的公共投资（国内和国外）。

通过部署政策，提高可再生能源的比重、实现终端应用电气化，以及直接使用可再生能源用于供热、制冷和交通运输

直接部署政策包括为可再生能源解决方案创造市场的监管措施，以及使其更经济可行的财政和金融激励措施。这些措施在非洲得到了广泛的实施，但在有些地区相对更有效（图 S.14）。通过出台财政政策和财政激励措施（如补贴和赠款），有助于提高可再生能源技术的经济可行性，大多数此类措施已在非洲东部和西部得到实施。还可以在整个非洲推广成功的区域财政改革和激励模式。

图 S.14 各地区部署政策概览

	强制安装	法规和定价政策	税收优惠	财政激励
非洲北部				
阿尔及利亚				
埃及				
利比亚				
摩洛哥				
苏丹				
突尼斯				
非洲西部				
贝宁				
布基纳法索				
佛得角				
科特迪瓦				
冈比亚				
加纳				
几内亚				
几内亚比绍				
利比里亚				
马里				
毛里塔尼亚				
尼日尔				
尼日利亚				
塞内加尔				
塞拉利昂				
多哥				
东非				
布隆迪				
科摩罗				
吉布提				
厄立特里亚				
埃塞俄比亚				
肯尼亚				
毛里求斯				
卢旺达				
塞舌尔				
索马里				
非洲中部				
南苏丹				
乌干达				
坦桑尼亚 联合共和国				
安哥拉				
喀麦隆				
中非共和国				
乍得				
刚果				
刚果民主共和国				
赤道几内亚				
加蓬				
圣多美和 普林西比				
非洲南部				
博茨瓦纳				
埃斯瓦蒂尼				
莱索托				
马达加斯加				
马拉维				
莫桑比克				
纳米比亚				
南非				
赞比亚				
津巴布韦				

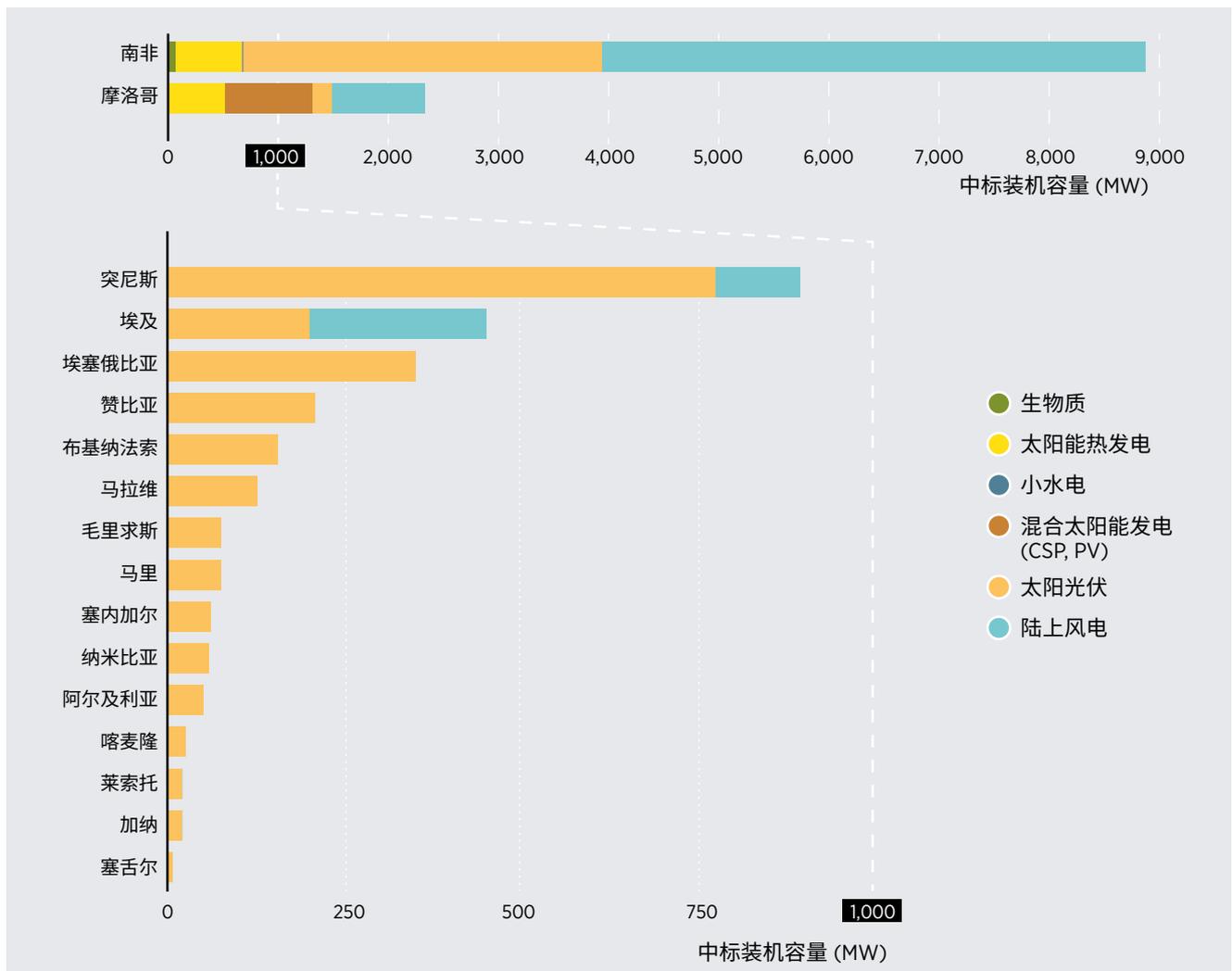
推广生物燃料添加

来源：IRENA（未注明日期）。

结构化的采购机制（如上网电价和拍卖）在吸引可再生能源电力的私人投资方面发挥了作用。这些机制通常作为一揽子工具的一部分与融资、风险缓解和技术援助联合实施。2010 年以来，至少有 25 个非洲国家宣布招标，招标发电装机容量超过 22 GW，其中超

过 13 GW 已招标成功（图 S.15）。招标越来越多地用来实现市场定价以外的目标。摩洛哥和南非最先采用招标的方法来实现社会经济发展，而在埃塞俄比亚、塞内加尔和赞比亚，招标主要体现在减轻风险的能力上。

图 S.15 非洲通过招标获得的可再生能源装机容量，2010-2020



来源：IRENA（未注明日期）；Power Futures Lab (2021)。
注：CSP = 集中式太阳能发电技术；MW = 兆瓦；PV = 光伏。

与全球趋势相似，非洲的政策侧重于电力行业，而针对供热、供冷和运输的可再生能源政策则相对滞后。

迄今为止，支持非洲供热和供冷部门使用可再生能源的政策侧重于清洁烹饪和烧水。非洲大陆要充分利用其巨大的可再生能源潜力，还需要做出更多的努力。在交通运输方面，至少有 7 个国家推出了某种形式的生物燃料混合强制政策，还有几个国家实施了电动汽车的政策或项目。

绿氢可以成为向可再生能源转型的一个重要选择。对于难以实现电气化的行业，包括埃及、毛里塔尼亚、摩洛哥、纳米比亚、尼日利亚和南非等一些非洲国家已制定了采用丰富的可再生能源生产氢气资源的策略，并证明了其具有以有全球竞争力的成本进行生产的潜力。很多非洲经济体并没有囿于以化石燃料为基础的既定产业中，因此可以跨越式地进入基于可持续能源的经济。绿氢可以帮助实现这一目标，同时吸收多余的可再生能源电力和过剩产能。绿氢的其他优势还包括，可增加能源安全和社会经济收益，并能够创造就业机会。然而，绿氢生产应遵守额外性原则，这意味着如果可再生资源电力有其他用途（如提供电力供应），就不应将其用于生产绿氢（IRENA，2020a）。

© Stephen Barnes / istockphoto.com



通过整合政策，将相关转型技术引入能源系统，并充分利用非洲电力联营集团的潜力

非洲为绿色能源未来发展提供了一个相对透明的环境。鉴于相对较低的装机容量基础和电力需求的急剧增长，非洲大陆也有其独特的优势，能够设计大量采用波动性可再生能源的电力系统（Sterl，2021 年）。

现有的电力联营集团基础设施是吸引投资的一个重要因素。如上所述，非洲有五大电力联营集团，这些集团均扮演着重要的角色。电力联营层面的区域市场可利用区域内多种可再生能源和需求状况之间的协同效应，例如埃塞俄比亚和苏丹的水电和太阳能 / 风能之间，以及几内亚和塞内加尔之间的空间协同效应。这种相同资源之间的季节性时间尺度的协同效应往往很明显，特别是在受季风强烈影响的地区（IRENA，2021d；IRENA，2018a）。拥有适当的电力联营基础设施，可使波动性可再生能源项目的投资变得更具吸引力，因为这样可以降低电网整合的成本。区域市场建立的基础电网越大，电力电量平衡的区域就越大，进而可降低波动性可再生能源的弃电风险，并允许更低的储能要求。非洲西部最近开始了大规模输电联网的建设，为非洲其他地区不断扩建的基础设施添砖加瓦。

储能技术提供了额外的灵活性，可促进非洲电力联营集团使用波动性可再生能源。目前，南非和摩洛哥是唯一使用抽水蓄能水电站的国家。然而，这种成熟的技术也为埃及和埃塞俄比亚等水力资源丰富的国家带来了希望（Hunt 等人，2020 年）。在未来几十年里，大规模的蓄电池储能可促进可再生能源的整合，进而实现整个非洲电力系统的脱碳，特别是平衡太阳能光伏的昼夜特性（Barasa 等人，2018）。对于季节性储能而言，通过电制气技术的系统集成可以发挥重要作用，例如，在使用绿氢的情况下（IRENA 和 GIZ，2021 年）。

要将可再生能源整合到能源系统之中，需要对电力系统进行妥善安排，同时制定行业联合政策以支持终端应用电气化。这些政策和安排包括合理的电价结构，如分时电价和其他支持需求侧管理的创新解决方案。还需要制定前瞻性计划，以整合额外的可再生能源电力，并通过扩大和强化电网来解决终端应用电气化所带来的负荷（IRENA，2021a）。

泛非洲电力联营和跨境互联需要广泛的合作和投资才能成功发展。在经济方面，区域市场依赖于相关输电基础设施、协调规则和一致的监管框架。遗憾的是，在实际操作中，由于缺乏统一的国家政策和法规，以及对基础设施的拨款和投资不足，非洲电力联营集团的跨境合作一直受到阻碍。因此，到目前为止，这

些集团实现目标的能力仍然有限（AfDB，2019 年；IRENA，2019a）。目前有关各方正在努力解决这个问题，包括通过启动非洲单一电力市场和 COP26 绿色电网倡议：一个太阳一个世界一个电网。

采取结构性政策，提高国内技能，利用当地资源，发展本土产业，所有这些措施都是为了使能源转型能够产生最大的社会效益。

整个社会的能源转型必须公平分配。为了扩大向可再生能源转型的经济价值，相关政策应侧重于当地的价值和劳动力、区域贸易机会、共同研究和开发，以及对能源转型技术的有力支持。社区和企业必须参与这个过程之中（图 S.16）。

图 S.16 结构更改政策概览



来源：IRENA

应在规划和政策中加强地方和区域整合。非洲的能源转型将改变公民的消费、生产和出行方式。地方和区域经济将发生转变（IRENA, 2021a）。促进结构变化的政策必须考虑各地区对资源、商品贸易的依赖关系和其他经济特征。

在劳动力方面，需要抓住机遇，建立一支技术熟练、多样化的劳动力队伍。建立这样的劳动力队伍需要职业培训，改善就业和工资，招聘女性员工进入能源部门，以及加强沟通和提高与机会相关的透明度。针对非洲能源转型相关行业的政策可促进气候智能型行业的创业精神。这些政策还必须解决可能出现的失调问题，因为在能源转型期间，传统化石燃料行业和工作岗位会遭到淘汰，而可再生能源和相关行业将出现新的工作岗位。这种失调可能会出现在以下几个方面：**时间**（如果创造新工作岗位的速度没有旧工作岗位消失的速度快）；**空间**（创造新工作岗位的地点可能与旧工作岗位不同）；**教育**（能源转型可能需要不同的技能组合）；以及**经济结构**（转型的特点可能与旧能源经济下的主要行业和供应链有所不同）。

非洲国家要想从全球能源转型中获得最大的社会经济效益，就必须制定有远见的产业政策。非洲单薄的工业基础意味着工业化仍然是可持续农业和服务业支持下的一个重要发展支柱。鉴于需要将工业化（及其相关的服务，以及可持续的农业投入）与可持续的环境管理相结合，非洲的能源结构转型将需要符合能源转型的原则。循环经济将是其中的一个重要方面。例如，在城市和农村地区，将有机废物作为能源（例如沼气）的潜力都很大。随着离网太阳能光伏和蓄电池系统的应用比例越来越高，需要解决有关可维修性和回收的问题。这也为收集废旧系统并将其送入升级和回收机制创造了新的商业和就业机会（IRENA 和 NREL，即将发表）。

产业政策是通向可持续性与社会经济发展相结合的经济的核心。这些政策包括一套激励措施和规则、企业孵化举措、供应商发展计划、中小企业支持措施，以及产业集群促进手段。这些政策可为可行的本地供应链创造结构性基础，其方式主要是通过基础设施支出（提供电力、道路和电信等基本公共产品）；支持本地公司获得资金和信息并提高其在价值链上的能力的计划；以及一套精心设计的当地成分激励措施和要求。需要通过后面几项措施来创造和促进外溢效应（边做边学和渐进式创新），克服市场准入壁垒，支持当地的价值创造。例如，摩洛哥利用现有的飞机和汽车行业来促进风电产业。



© Anton_Petrus/istockphoto.com

区域资源和大宗商品必须为可再生能源转型创造附加值。非洲中部和南部拥有丰富的矿产资源，这些资源对生产蓄电池、风力涡轮机和其他低碳技术至关重要。然而，对清洁能源行业至关重要的矿物必然会受到大宗商品价格周期的影响。为避免对大宗商品的依赖性，各大矿产生产商需要利用能源转型，进入可再生能源供应链的高附加值环节（如加工），而不是仅出口宝贵的原材料。矿产行业可以分享其提高当地价值的经验。

当地成分要求 (LCR) 和激励措施可以通过确保对国内产品和服务的需求，利用能源转型实现工业发展并创造就业岗位。为了克服整合后全球供应链带来的高市场准入壁垒，这些措施需要帮助面临这种壁垒的当地企业不断通过实践进行学习和创新。过去，有些 LCR 被认为违反了世界贸易组织的规则 (WTO, 2018 年)，但在“公平转型”辩论的背景下，鉴于应对气候变化的紧迫性，这种状况似乎已经发生了改变。COVID-19 疫情过后的经济恢复为重新思考世界贸易规则提供了机会，也许可以为 LCR 留出政策空间，例如，向可再生能源技术授予特殊地位。埃及将风电场

投入的当地成分目标从之前的 30% 提高到了 70%，此外还为集中式太阳能发电厂设定了 50% 的目标。南非在其招标中加入了发展当地太阳能光伏产业的要求，而且该要求随着时间的推移不断提高。当地成分要求刺激了努力寻求本地投入，有助于利用和开发现有本地工业能力 (IRENA 2017a、2017b、2018b、2021f)，但制造业领域的进展比项目开发或安装更具挑战性。

非洲国家之间的区域贸易协调有助于填补一揽子政策解决方案，进而创造更多的本地化产业。鉴于大多数非洲国家有限的市场阻碍了生产力的提高，市场整合和跨境合作都很有意义。更大的市场和区域集群能够使更多的非洲工业价值链实现本地化，从而降低成本并提高生产力 (Lebdioui 和 Morales, 2021 年)。对于当地企业来说，要提高生产力，避免重复工作，就务必要围绕可再生能源供应形成区域协同效应。区域合作还将提高质量标准和技术影响。非洲大陆自贸区就是一种能够促进区域内贸易和当地可再生能源生产的工具。



能源转型的社会经济足迹

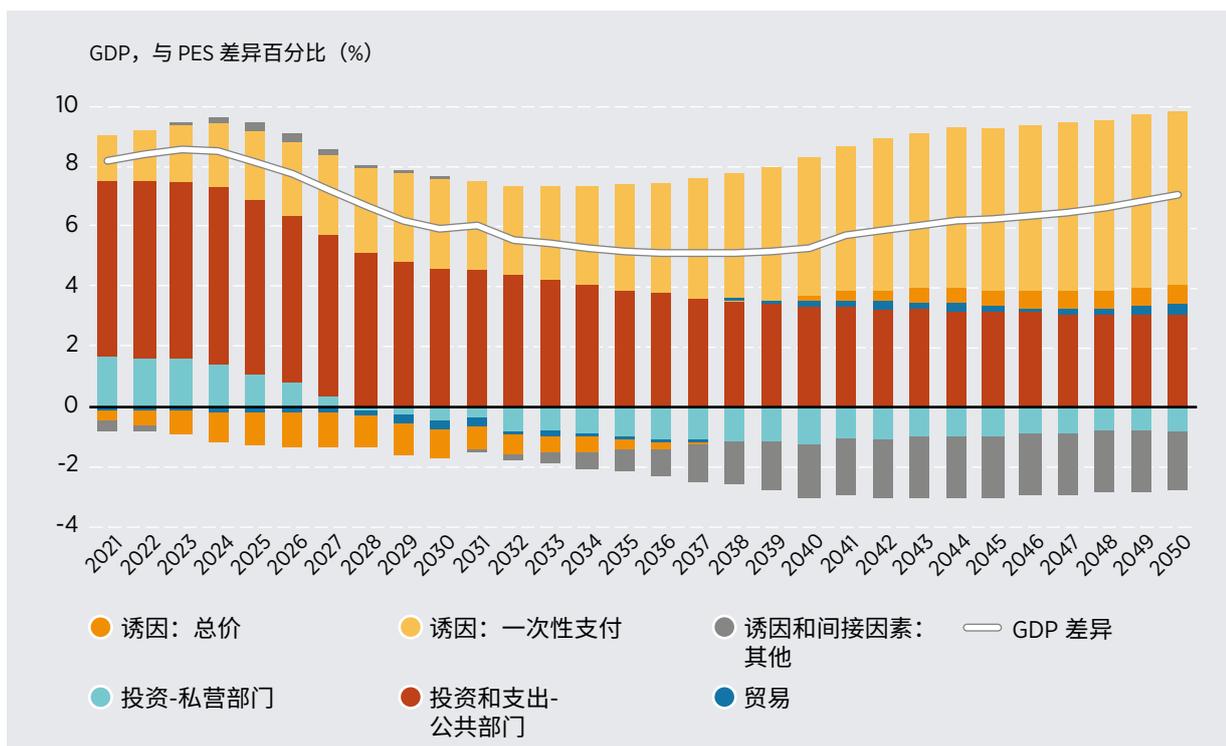
能源转型既关系到 1.5°C 全球温控目标，也关系到非洲的整体社会经济进步。IRENA 利用综合模型对能源转型路线图的社会经济足迹进行了评估，其中对 2050 年前的国内生产总值、就业和福利影响进行了量化（IRENA，2016 年、2018c、2019b、2020a、2021c；IRENA 和 IEA，2017 年）。IRENA 最新的模型对以下两种方案进行了比较：1) 雄心勃勃的能源转型方案（称为 1.5-S），旨在实现 1.5°C 全球温控目标；2) 基于现状的计划能源方案 (PES)。1.5-S 假设不仅能满足《巴黎协定》的规定，而且在转型的同时还通过一套积极的政策来最大限度地提高能源系统转型的社会经济效益。该模型表明，尽管从碳密集型能源转型很困难，但一旦实施适当的一揽子政策，能源转型可为非洲带来巨大的希望。1.5-S 预测，在整个展望期内，整个非洲的 GDP 将比在现行计划下实现的 GDP 平均高

6.4%，整个经济系统的就业岗位将多出 3.5%，福利指数将提高 25.4%。整个展望期。IRENA 的分析还显示，非洲因经济多元化、工业发展和创新、能源普及以及对环境的深远益处而蓬勃发展，所有这些因素对于整个非洲大陆实现更公平的社会经济发展来说非常重要。

GDP 的增加

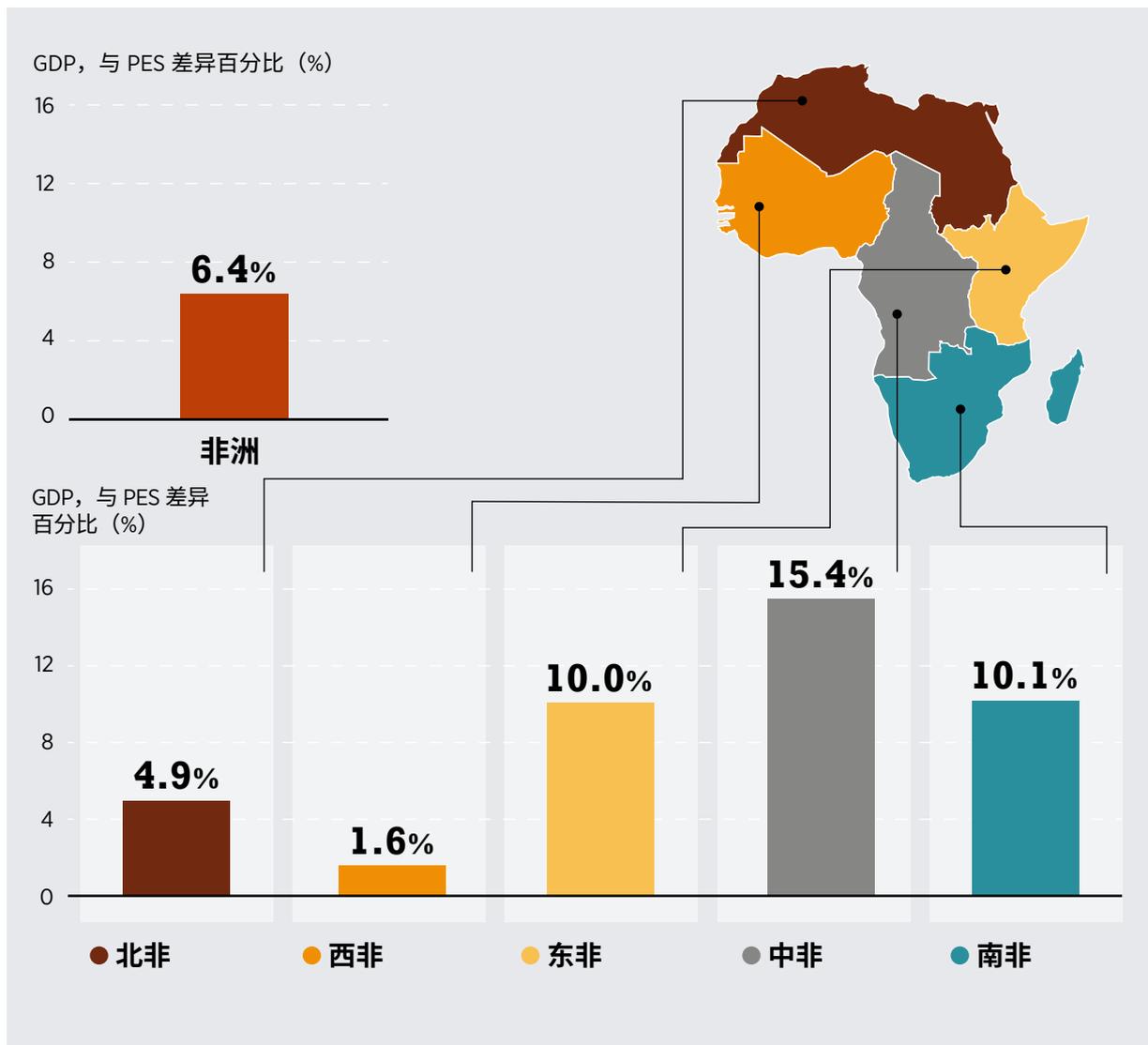
与 PES 相比，IRENA 1.5-S 路径下的能源转型可在 2050 年前大幅提升非洲的 GDP。对于非洲来说，GDP 在第一个十年将平均提高 7.5%，在 2050 年之前的近三十年将平均提高 6.4%。尽管各地区之间差异明显，但非洲所有地区的 GDP 都会经历正增长。图 S.17 以百分比形式展示了各场景下非洲的 GDP 差异及其主要驱动因素，图 S.18 展示了非洲及其五个地区在展望期内的平均 GDP 百分比差异。

图 S.17 1.5S 和 PES 在 GDP 方面的差异，及其驱动因素。非洲，2021-2050



来源：IRENA

图 S.18 非洲及各地区在 1.5-S 和 PES 背景下的 GDP 差异，以百分比表示（2021-2050 年平均值）



来源：IRENA。

免责声明：此地图仅用于说明目的。该地图上显示的边界和名称并不意味着 IRENA 官方认可或接受。



对创造就业机会有刺激

能源转型的经济承诺必须能带来就业岗位和机会。非洲是一个朝气蓬勃的大陆，大约有 4.2 亿人年龄在 15 至 35 岁之间。AfDB 预计每年将有 1,000 多万年轻人进入劳动力市场，但新创造的就业机会只有 300 万个，这使大量人员失业或处于不稳定的非正规就业状态。在未来几十年里，能源转型可帮助非洲年轻人在不同行业和价值链就业，支持推进实现经济多元化目标。IRENA 的分析表明，可再生能源投资和其他能源转型相关的技术可创造出大量就业岗位，与目前约 30 万个可再生能源就业岗位相比将有大幅增长。

可再生能源就业岗位的增长将超过化石燃料行业就业岗位的损失。IRENA 勾画的能源转型路径有望在 2019 年至 2030 年期间在整个非洲创造超过 1,200 万个与之相关的新就业岗位，到 2050 年将再创造 300 万个就业岗位，而这些岗位主要来自可再生能源、能源效率、电网和灵活性领域。这些就业岗位将足以抵消化石燃料行业就业岗位的损失（2019 至 2050 年约 220 万个就业机会），进而为整个能源行业的就业岗位带来显著的净增长。

总体来说，可再生能源可提供一个重要的就业基础。到 2050 年，仅太阳能行业就可以雇用 330 万名非洲人。可持续生物能贡献的工作岗位超过 220 万个，是 IRENA 转型方案下创造就业的另一个主要贡献领域。之所以能创造如此多的就业机会，是因为支持生物燃料生产的原料生产和加具有相对很强的劳动密集型性质。预计到 2050 年，风能行业雇用的员工将超出 180 万。大多数工作岗位来自机组零部件制造和劳动密集型的建筑和安装。图 S.19 展示了在展望期（2021-2050）内，1.5-S 和 PES 在非洲及其地区整个经济范围内平均产生的工作岗位的正增长量。到 2050 年，在整个经济范围内，1.5-S 给非洲大陆带来的工作岗位数将比 PES 多出 2,570 万个。

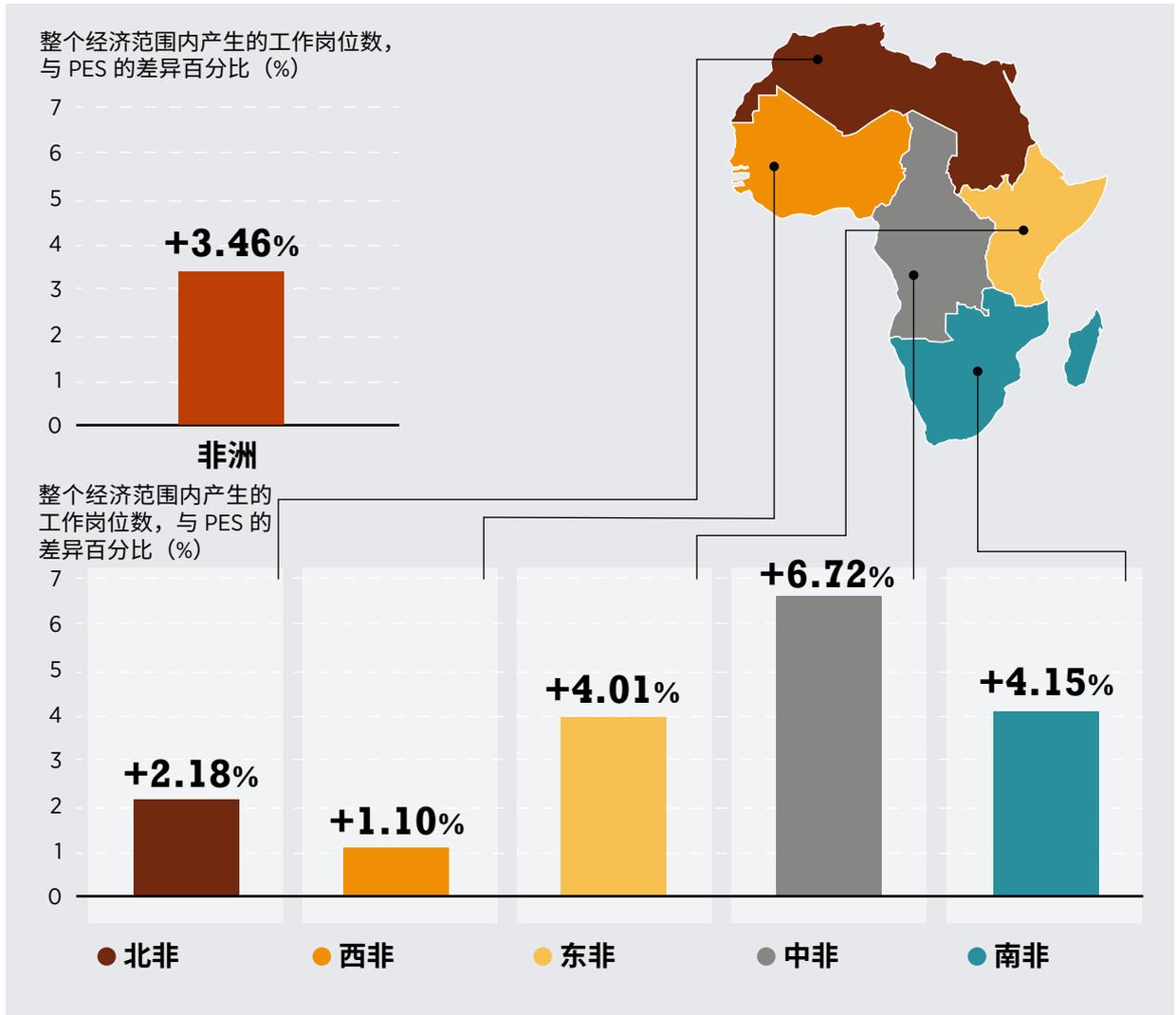


福利提高

能源转型的优势在社会经济层面上得到延伸。能源转型还拥有很大的潜力，可为非洲带来巨大的福利效益。IRENA 通过其福利指数对能源转型的福利影响进行量化，该指数是一个复合指数，旨在评估福利的多维性质（IRENA 2016 年、2018c、2019b、2020a、2021c；IRENA 和 IEA，2017 年）。IRENA 的福利指数包含五个维度：经济、社会、环境、分配和能源普及。

各地区福利均有所提高。到 2050 年，非洲大陆在 1.5-S 下的福利要比 PES 多 24.3%，从非洲北部的 14.6% 到非洲南部的 39.6%（图 S.20）。虽然各地区不同维度的相对贡献有所不同，但非常明显的是，所有非洲各地区都受益颇丰。这些福利甚至比 GDP 提升和整个经济范围内就业岗位增多带来的福利还要大，突出了能源转型对非洲的价值，超越了纯粹的经济效益。福利改善与其他社会经济效益相似，取决于积极的政府政策和可用的财政空间。这就是为什么在 1.5-S 下，气候政策一揽子计划中纳入了支持政府投资于民和更广泛经济的要素。

图 S.19 非洲及各地区在 1.5-S 和 PES 背景下整个经济范围内产生的工作岗位差异，以百分比表示（2021-2050 年平均值）

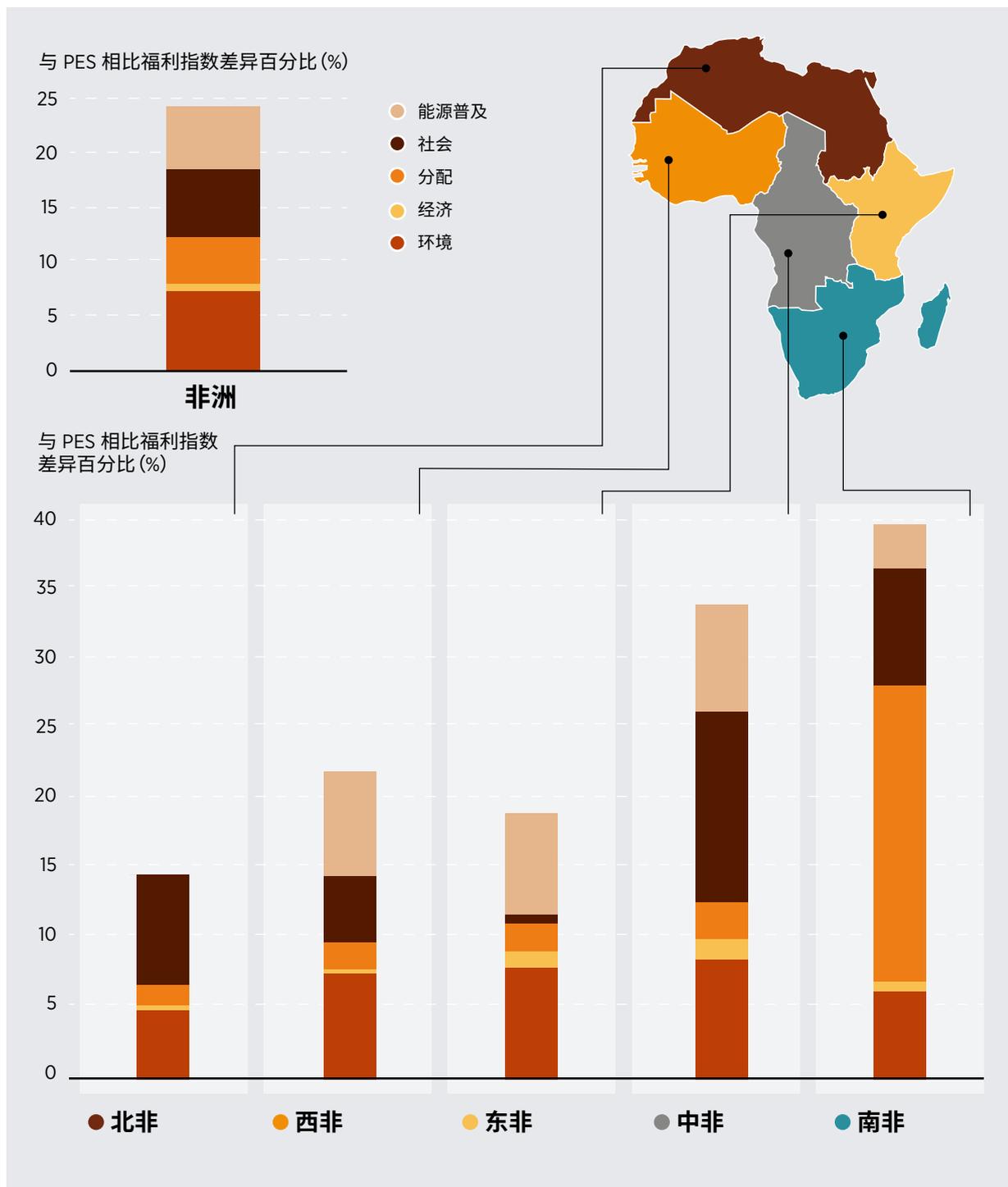


来源：IRENA。

免责声明：此地图仅用于说明目的。该地图上显示的边界和名称并不意味着 IRENA 官方认可或接受。



图 S.20 到 2050 年，非洲及其地区在 1.5-S 和 PES 背景下的福利指数差异，以百分比表示（以福利维度划分）



来源: IRENA

免责声明: 此地图仅用于说明目的。该地图上显示的边界和名称并不意味着 IRENA 官方认可或接受。

发展方向

非洲各国政府和其他行动者考虑到能源转型带来的挑战和机遇，意识到这个庞大的大陆正处于一个十字路口。为了应对广泛的社会经济和可持续发展挑战，必须改善获得经济、可靠、可持续和现代能源的途径。如果不能解决非洲大陆普遍存在的能源贫困问题，或不能纠正非洲在世界所有地区中人均能源消费最低的固有不公正现象，就无法完成公平、包容的能源转型。我们的目标是不要重蹈世界其他地区不可持续的能源使用的覆辙，因此，对于实现可持续发展目标 (SDG) 和提高非洲大陆的恢复能力来说，提高非洲目前的较低水平势在必行。

能源转型也是实现包容性发展的途径。能源系统与经济平稳运转、人民福祉和支持地球生命的生态系统的可持续性存在着内在联系。成功的能源转型为包容性发展提供了新的机遇。然而，这在很大程度上取决于是否有足够的结构和体制基础，以加强供应链，夯实技能基础，并能够创造更多的当地价值，使当地居民广泛受益。

本文中勾勒出的全面政策框架提供了广泛的原则。我们还认识到，各国应从自己的出发点进行能源转型，必须根据具体的国情和本地情况对决策进行调整，包括资源潜力、发展经验、社会人口模式和机构能力。精心设计的工业和劳动力市场政策对于工业化、经济多元化和地当地价值创造来说特别重要。

气候政策一揽子工具包括必要的财政资源和国际合作。推进能源转型政策，为发展提供动力，需要适当的财政手段。除了调动非洲各国的国内资金外，本报告的社会经济分析中提出的气候政策一揽子工具还设想出一个为此目的展开国际合作的有力因素。

实现非洲绿色协议

需要一个广泛的机构和方案框架来调动资源，并以适当的规模和速度协调政策行动。非洲绿色协议可以提供这种框架。非洲绿色协议是一揽子综合性政策，将实现气候和环境目标、经济发展和创造就业机会，以及整个社会的社会公平和福利相结合。绿色协议的系统性特点引起了包括欧盟和美国在内的很多国家和地区的重新关注。要在非洲制定这种框架，可从其他地方正在进行的讨论中得到启发，但需要根据非洲大陆自身的需求和挑战进行调整。非洲各国领导人必须清楚地阐述、规划和坚持其独特的发展和气候议程。

在一揽子综合性政策、强大的机构和国际合作（包括南南合作）的推动下，精心设计的非洲绿色协议有可能在广泛的社会、经济和可持续性发展领域中产生积极影响（见图 S.21）。其中包括普及经济、可靠、可持续的现代能源；经济多元化和价值创造；包容、体面的工作岗位；以及环境管理和气候恢复力。

除了必要的总体政治愿景之外，非洲绿色协议还要求在区域层面进行大量协调。幸运的是，这种政策方案可以利用非洲大陆和区域层面的现有机构和倡议。非洲各国领导人在非洲联盟的《2063 年议程：我们希望的非洲》中明确承诺实现包容和可持续性的经济增长和发展（非洲联盟，2021 年）。这份将非洲大陆转变为全球能源重地的蓝图和总计划确定了能源转型和工业化之间的关系（IRENA、KfW 和 GIZ，2021 年）。除了 AfDB 的非洲能源新协议之外，还有几项举措正在实施之中，旨在促进可再生能源的部署。其中包括非洲可再生能源倡议、非洲电力愿景、非洲清洁能源走廊、萨赫勒地区 11 国沙漠发电倡议以及最近启动的非洲单一电力市场）。

在绿色协议的框架下，可通过建立区域联盟来协调特定可再生能源技术的研究、生产和部署。非洲大陆和区域层面都存在与清洁能源和工业发展有关的合作机制，绿色协议可以将其纳入雄心勃勃的一揽子区域政策。通过建立将主要的区域性机构（如非洲联盟）、各国政府、多边机构、私营部门和其他发展合作伙伴聚集在一起的平台，可以促进对话并建立共识；提出可以实现的全大陆和区域目标；并确定和利用不同国家和区域能源转型战略之间的协同效应，进而推动非洲绿色协议的设计和实施。

解决更严峻的气候危机也需要国际合作。除了非洲内部合作和南南合作之外，非洲还可以从借鉴世界各国经验的积极的多边方法中受益；为气候变化减缓和适应提供所需的资金，并确保分享经验教训和解决方案，让每个地区、每个国家和各社区都受益。

图 S.21 促进经济和社会发展的非洲绿色协议



参考资料

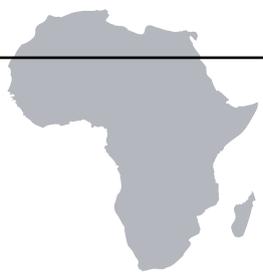
- AfDB (2021)**, *Desert to Power* (沙漠发电), African Development Bank, Abidjan, www.afdb.org/sites/default/files/news_documents/ntp-brochure-2021.pdf.
- AfDB (2019)**, *Revisiting Reforms in the Power Sector in Africa* (重新审视非洲电力行业改革), African Development Bank, Abidjan, www.afdb.org/en/documents/revisiting-reforms-power-sector-africaGroup.
- African Union (2021)**, "Agenda 2063: The Africa we want" ("2063年议程：我们希望的非洲"), African Union, www.au.int/en/agenda2063/overview.
- Barasa, M., Bogdanov, D., Oyewo, A. and Breyer, C. (2018)**, *A cost optimal resolution for Sub-Saharan Africa powered by 100% renewables in 2030* (2030年撒哈拉以南非洲地区100%可再生能源供电的成本最优方案), Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 92, pp. 440-457.
- BGR (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe) (2016)**, "Regional Project: Geothermal Energy - East Africa" ("区域项目：地热能 - 非洲东部"), Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, www.bgr.bund.de/EN/Themen/Zusammenarbeit/TechnZusammenarb/Projekte/Abgeschlossen/Afrika/2029_2016-2066-5_RegionalOstafrika_Geothermie_en.html?nn=8182502.
- Blimpo, M. P. and Cosgrove-Davies, M. (2019)**, *Electricity Access in Sub-Saharan Africa: Uptake, Reliability, and Complementary Factors for Economic Impact* (撒哈拉以南非洲的电力供应：采用、可靠性和经济影响的补充因素), Africa Development Forum series, World Bank, Washington, DC, www.doi.org/10.1596/978-1-4648-1361-0.
- BNEF (Bloomberg New Energy Finance) (2021)**, "Renewable assets" (database) "可再生能源资产 (数据库)", Bloomberg New Energy Finance, www.bnef.com/projects/search (subscription required).
- DTU (Technical University of Denmark) (2015)**, "Global wind atlas" ("全球风能地图集"), Database, DTU, Lyngby (Denmark), www.science.globalwindatlas.info/#/map.
- EIA (2019)**, "Background Reference: Angola" ("背景参考：安哥拉"), U.S. Energy Information Administration, www.eia.gov/international/content/analysis/countries_long/Angola/background.htm.
- ESMAP (2019)**, "Global solar atlas" (全球太阳能地图集), World Bank, Washington, DC, www.globalsolaratlas.info/map.
- ESMAP (2015)**, *Beyond Connections: Energy Access Redefined* (超越连接：重新定义能源普及), Energy Sector Management Assistance Program, World Bank, Washington, DC, www.mtfeenergyaccess.esmap.org/data/files/download-documents/full_report_beyond_connection.pdf.
- Garrett-Peltier, H. (2017)**, *Green versus brown: Comparing the employment impacts of energy efficiency, renewable energy, and fossil fuels using an input-output model* (绿色与棕色：使用投入产出模型比较能源效率、可再生能源和化石燃料的就业影响), Economic Modelling, Vol. 61, February, pages 439-447, www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S026499931630709X.
- Hoes (2014)**, "Global potential hydropower locations" ("全球具有潜力的水电位置"), 4TU.ResearchData, www.doi.org/10.4121/uuid:99b42e30-5a69-4a53-8e77-c954f1dbc76.
- Hunt, J., Byers, E., Wada, Y., Parkinson, S., Gernaat, D., Langan, S., van Vuuren, D. P. and Riahi, K. (2020)**, *Global resource potential of seasonal pumped hydropower storage for energy and water storage* (季节性抽水蓄能和蓄水的全球资源潜力), Nature Communications, Vol. 11, Article 947, [www.nature.com/articles/s41467-020-14555-y#:~:text=Seasonal%20pumped%20hydropower%20storage%20\(SPHS,form%20of%20freshwater%20storage%20capacity.&text=The%20estimated%20world%20energy%20storage,world%20electricity%20consumption%20in%202017](http://www.nature.com/articles/s41467-020-14555-y#:~:text=Seasonal%20pumped%20hydropower%20storage%20(SPHS,form%20of%20freshwater%20storage%20capacity.&text=The%20estimated%20world%20energy%20storage,world%20electricity%20consumption%20in%202017).
- IEA (International Energy Agency) (2020)**, *SDG7: Data and Projections* (SDG7: 数据和预测), International Energy Agency, Paris www.iea.org/reports/sdg7-data-and-projections.
- IEA (2019)**, *Africa Energy Outlook 2019* (非洲能源展望 2019), International Energy Agency, Paris, www.iea.org/reports/africa-energy-outlook-2019.
- IEA, IRENA, UNSD, World Bank and WHO (2021)**, *Tracking SDG7: The Energy Progress Report 2021* (跟踪 SDG7: 能源进展报告), International Energy Agency, International Renewable Energy Agency, United Nations, World Bank and World Health Organisation, Washington, DC.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2014)**, "Africa", In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part B: Regional Aspects* ("非洲" 气候变化 2014: 影响、适应和脆弱性, B 部分: 区域问题), Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1199-1265.
- IRENA (2021a)**, *IRENA Statistics Database* (IRENA 统计数据数据库), International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- IRENA (2021b)**, *IRENA Off-Grid Statistics Database* (IRENA 离网统计数据数据库), International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- IRENA (2021c)**, *World Energy Transitions Outlook: 1.5° C Pathway* (世界能源转型展望: 1.5° C 路径), International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- IRENA (2021d)**, *Planning and Prospects for Renewable Power: Eastern and Southern Africa* (可再生能源的规划和前景: 非洲东部和南部), International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- IRENA (2021e)**, *Global Atlas for Renewable Energy* (全球可再生能源地图集), International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- IRENA (2021f)**, *Renewable Energy Benefits: Leveraging Local Capacity for Solar Water Heaters* (可再生能源的优势: 充分利用当地太阳能热水器的生产能力), International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- IRENA (2020a)**, *Global Renewables Outlook: Energy Transformation 2050* (全球可再生能源展望: 能源转型 2050), International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- IRENA (2020b)**, "Bioenergy" ("生物能"), International Renewable Energy Agency, www.irena.org/bioenergy.
- IRENA (2019a)**, *Regional markets: Innovation landscape brief* (区域市场: 创新环境简介), International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- IRENA (2019b)**, *Global energy transformation: A roadmap to 2050* (2019 edition) (全球能源转型: 2050 年路线图 (2019 年版本)), International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- IRENA (2018a)**, *Planning and Prospects for Renewable Power: West Africa* (可再生能源的规划和前景: 非洲西部), International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- IRENA (2018b)**, *Renewable Energy Benefits: Leveraging Local Capacity for Onshore Wind* (可再生能源的优势: 充分利用当地陆上风电发电能力), Abu Dhabi.
- IRENA (2017a)**, *Renewable Energy Benefits: Leveraging Local Capacity for Solar PV* (可再生能源的优势: 充分利用当地太阳能光伏的发电能力), International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- IRENA (2017b)**, *Renewable Energy Benefits: Leveraging Local Capacity for Onshore Wind* (可再生能源的优势: 充分利用当地陆上风电的发电能力), International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- IRENA (2016)**, *Renewable Energy Benefits: Measuring the economics* (可再生能源的优势: 调查经济情况), International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

- IRENA (n.d.a)**, *IRENA's policy and measures database (IRENA 的政策和措施数据库)*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- IRENA (n.d.b)**, *IRENA's repository of knowledge: RE Auctions (quantitative) (IRENA 的知识库: 可再生能源招标 (定量))*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- IRENA and GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit) (2021)**, *The Renewable Energy Transition in Africa: Country Studies for Côte d'ivoire, Ghana, South Africa, Morocco and Rwanda (非洲的可再生能源转型: 科特迪瓦、加纳、南非、摩洛哥和卢旺达的国家研究)*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- IRENA and IEA (International Energy Agency) (2017)**, *Perspectives for the energy transition – investment needs for a low-carbon energy system (能源转型的前景 - 低碳能源系统的投资需求)*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- IRENA and ILO (International Labor Organisation) (2021)**, *Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2021 (可再生能源与就业 - 2021 年度审查)*。Special Edition: *Labour and Policy Perspectives (特别版: 劳动力和政策前景)*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- IRENA and NREL (National Renewable Energy Laboratory) (forthcoming)**, *End-of-Life Management of Solar photovoltaic: 1.5C Scenario (太阳能光伏发电的报废管理: 1.5C 方案)*, International Renewable Energy and National Renewable Energy Laboratory, Abu Dhabi and Colorado.
- IRENA and OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (2021)**, *Renewable Energy Public Investments Database (based on OECD and IRENA data) (可再生能源公共投资数据库 (基于经合组织和 IRENA 数据))*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- IRENA, KfW and GIZ (2021)**, *The Renewable Energy Transition in Africa (非洲的可再生能源转型)*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- Lebdioui and Morales (2021)**, *The Latin American Experience in Designing Local Content Policies in the Oil and Gas Sectors: Strengths, Limitations and Future Perspectives (拉丁美洲在设计石油和天然气行业的当地成分政策方面的经验: 优势、限制和未来前景)*, Cambridge University Press, www.cambridge.org/core/books/abs/local-content-and-sustainable-development-in-global-energy-markets/latin-american-experience-in-designing-local-content-policies-in-the-oil-and-gas-sectors-strengths-limitations-and-future-perspectives/0DAB90908E45BD97B3ABB86D1346DD36.
- Power Futures Lab (2021)**, “Private Database” (“私人数据库”), Power Futures Lab, University of Cape Town.
- Sterl, S. (2021)**, *A grid for all seasons: Enhancing the integration of variable solar and wind power in electricity systems across Africa (强化非洲各地电力系统中波动性太阳能和风能的整合)*, Current Sustainable/Renewable Energy Reports, Vol. 8, pp. 274–281, www.scopus.com/inward/record.url?scp=85113930425&partnerID=8YFLogxK.
- UNDP (n.d.)**, “Planetary pressures-adjusted Human Development Index (PHDI)” (“地球压力调整后的人类发展指数 (PHDI)”), United Nations Economic Commission for Africa, www.hdr.undp.org/en/content/planetary-pressures-adjusted-human-development-index-phdi.
- UNECA (2017)**, *Impact of Climate Change on Agricultural Trade Flows and Food Security in the Economic Community of West African States (气候变化对非洲西部国家经济共同体的农业贸易流动和粮食安全的影响)*, United Nations Economic Commission for Africa, Addis Ababa, www.archive.uneca.org/sites/default/files/PublicationFiles/impact_of_climate_change_on_agricultural_trade_flows_and_food_security_in_the_economic_community_of_west_african.pdf.
- United Nations (2021)**, *Leveraging Energy Action for Advancing the Sustainable Development Goals: Policy Briefs in Support of the High-Level Political Forum (利用能源行动推进可持续发展目标: 支持高级别政治论坛的政策简报)*, United Nations, New York, <https://sdgs.un.org/publications/policy-briefs-support-high-level-political-forum-33303>.
- UNSD (United Nations Statistics Division) (2021)**, *Ensure Access to Affordable, Reliable, Sustainable and Modern Energy for All (确保所有人都能获得经济、可靠、可持续的现代能源)*, United Nations Statistics Division, New York, <https://unstats.un.org/sdgs/report/2021/goal-07/>.
- UNSD (2018)**, *2018 Energy Balances (2018 能源平衡)*, United Nations Statistics Division, United Nations, New York, www.unstats.un.org/unsd/energystats/pubs/balance/.
- Wood Mackenzie (2021)**, *Off-Grid Renewable Investment (database) (离网可再生能源投资 (数据库))*, www.datahub.woodmac.com/app/main#/dashboards/5d3a151d249d18c0f001758 (subscription required).
- World Bank (2021a)**, “World development indicators” (“世界发展指标”), www.databank.worldbank.org/reports.aspx?source=2&series=EG.ELC.ACCS.ZS&country= (accessed 31 August 2021).
- World Bank (2021b)**, “Private Participation in Infrastructure (PPI) Project Database” (“私人参与基础设施 (PPI) 项目数据库”), World Bank Group, www.ppi.worldbank.org/en/ppidata.
- World Bank (2018a)**, *Ethiopia: Beyond Connections: Energy Access Diagnostic Report Based on the Multi-Tier Framework (埃塞俄比亚: 超越连接: 基于多层次框架的能源普及诊断报告)*, World Bank, Washington, DC, www.mtfenergyaccess.esmap.org/data/files/download-documents/mtf-energy-access-country-diagnostic-report_ethiopia_6.2018.pdf.
- World Bank (2018b)**, *Rwanda: Beyond Connections: Energy Access Diagnostic Report Based on the Multi-Tier Framework (卢旺达: 超越连接: 基于多层次框架的能源普及诊断报告)*, World Bank, Washington, DC, www.mtfenergyaccess.esmap.org/data/files/download-documents/mtf-energy-access-country-diagnostic-report_rwanda_6.2018.pdf.
- WHO (2021)**, “Global Health Observatory data repository” (“全球卫生观察站数据库”), World Health Organization, Geneva, Switzerland, www.apps.who.int/gho/data/view.main.HHAIRFUELSCLEANCOUNTRY.
- WTO (World Trade Organization) (2018)**, “India—Certain Measures Relating to Solar Cells and Solar Modules” (“印度 - 关于太阳能电池和太阳能组件的若干措施”), World Trade Organization, www.wto.org/english/tratop_e/dispu_e/cases_e/ds456_e.htm.

政策分析综述报告

可再生能源 市场分析

非洲及境内各地区



合作单位



AFRICAN DEVELOPMENT BANK GROUP

