



太阳照耀的地方

可再生能源（尤其是太阳能）是满足非洲用电需求的理想选择

格里高尔·施维尔霍夫、穆哈马杜·西

目前，撒哈拉以南非洲地区约有半数人口用不上电，而能用到电的居民支付的平均电费几乎是世界其他地区消费者的两倍。电力短缺给非洲大陆造成的损失每年可达国民生产总值（GDP）的2%—4%。

在可预见的未来，电力需求持续增长已是大势所趋。鉴于撒哈拉以南非洲地区的人口预计将从2018年的10亿增长到2050年的20多亿，用电需求预计将以每年3%的速度增长。这是在电力供应稳定增长、能效不断提高的基础上计算得到的结果。

依靠现有能源满足上述需求将对健康和环境造成严重后果。目前非洲的能源结构主要基于燃煤、石油和传统生物质燃料（木材、木炭、干粪燃料）。这不仅体现了该大陆拥有的能源资源，而且

还反映了曾经使用的技术。尽管这种能源结构相对便宜，但仍不足以满足当前的需求，也未能解决对环境造成的负面影响。因此，改变非洲大陆的能源结构势在必行，如果非洲各国的政府想为公民创造健康的环境，并实现2015年《巴黎协定》（Paris Agreement）设定的温室气体限排目标，则更需如此。

形成合理的能源结构

幸运的是，受益于技术的日新月异，非洲不用重蹈发达经济体的覆辙，在处于非洲目前的发展阶段时，发达经济体曾依赖大量的化石燃料。非洲可以选择设计一种以可再生能源为主的能源结构，这



样既能助力强劲增长，又能支持较低排放。而且，投资可再生能源在确保生态可持续发展的同时，还可以创造新的就业机会（IMF 2019）。

合理的能源结构既能促进非洲快速发展，又能让非洲实现 2015 年《巴黎协定》所规定的排放水平。在《巴黎协定》中，各国政府承诺将全球变暖的幅度控制在比工业化前水平高 2°C 以内。图 1 就是根据基于各种技术形成的能源结构而做出的这样一种预测。

该图以 2013 年的预测为基础，建议人们使用现代生物质，种植高能量植物，利用作物残茬生产合成燃料，使用碳捕获与封存技术（CCS），即将二氧化碳排放封存在地下。其他研究人员也都基于这些技术提出了不同的能源结构方案（Schwerhoff 和 Sy, 2019）。然而，这些技术也会带来风险。生物质的生产会与粮食种植和自然保护形成竞争。碳捕获与封存技术尚未进行工业规

模测试。这两种技术都可能遭到当地居民的抵制。若要避免对不可持续技术的严重依赖，非洲必须向经济和环境友好型能源结构转型。这将需要在应对可再生能源装机容量带来的财政挑战的同时抓住价格下跌和技术进步带来的机遇。

成本不断下降

可再生能源的价格在过去几年里大幅下跌，尤其是太阳能的价格。国际可再生能源机构的数据显示，太阳能发电的成本在 2010—2018 年下降了 77%（见图 2）。虽然生物质能、地热能和水力发电的成本最低，但其潜力也相对有限。

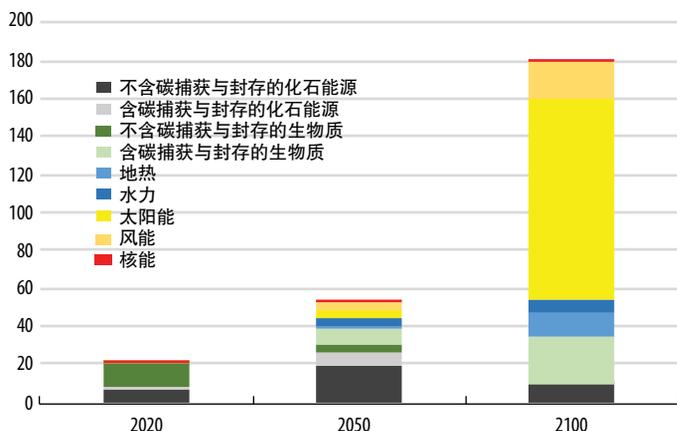
如图 1 所示，地热能和水力发电的产值可能是目前发电量的几倍。然而，能源需求却远超这个发电量。尽管地热能的能效可以达到很高水平（如肯尼亚），却只能在部分地区得到利用。水力

图1

向可再生能源转型

非洲目前的能源结构几乎完全依赖于燃烧化石燃料和生物质，这种能源结构可以向可再生能源转型。

(一次能耗，艾焦耳/年)



资料来源：作者利用LIMITS数据库计算所得结果。

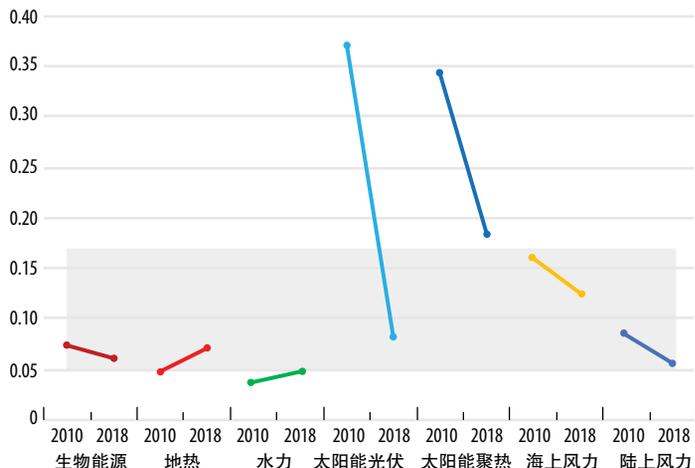
注：“化石能源”包括煤、石油和天然气所产生的能源。CCS代表碳捕获与封存。

图2

成本不断下降

2010至2018年，使用可再生能源发电的成本大幅下降，目前与化石燃料发电的价格范围相当（每千瓦时0.05到0.17美元）。

(2018年，美元/千瓦时)



资料来源：国际可再生能源机构，可再生成本数据库（2019）。

注：国际可再生能源机构的数据显示，2010—2017年，二十国集团的化石燃料发电价格估计介于每千瓦时0.05—0.17美元。我们假设2018年化石燃料发电的价格范围同上。

发电则需要谨慎平衡环境、社会和经济目标，而且开发出水电的全部技术潜力是不可能的，因为大片地区会因此被淹没，从而给当地的生态系统带来威胁，还往往会导致当地人口的迁移。当前，非洲南部地区持续的干旱给水力发电造成障碍，而在赞比亚和津巴布韦，由于大坝水位处于危险低位，相关能源的发电也遭到严重限制。与此相反，在西非、刚果民主共和国和埃塞俄比亚，大型水电项目却已经投入或正准备投入运营。

更有希望助力大幅扩大可再生能源发电的是太阳能和风能，二者目前的价格范围与化石燃料相当。此外，非洲的太阳能条件非常优越，这里不仅日照充足，而且比其他地区稳定得多。实际上，非洲的可再生能源投资正在不断增加。南非、乌干达和赞比亚已举行过可再生能源拍卖，不仅价格颇具竞争力，而且还吸引了私人投资者。南非已有几家太阳能发电厂，发电容量逾100兆瓦。肯尼亚的图尔卡纳湖风力发电项目也是一个成功案例。

尽管许多国家都有成功案例，但从整个非洲来看，太阳能和风能的发电量仅占该大陆2018年发电量的3%，而在世界其他地区，太阳能和风能的发电量占比达到7%。非洲的电力供应仍然主要依赖化石燃料，其次是水力发电，二者占比分别为79%和16%。

可再生能源的症结在于供应不稳定，这对依赖可再生能源发电构成了挑战。在稳定电力供应方面取得的技术进步，有望促进可再生能源成为能源供应的主角。相关的技术进步包括在用电高峰期使用水电进行缓冲，通过互联网调集不同地区的电力，调整电力供需关系，使用液流电池和电解氢储存能源。目前，不稳定的可再生能源在总能源生产中占比很低，因此不稳定还不是主要的顾虑。但是，随着这一占比的增加，可以逐步引入这些能源。更新后的图1显示，在这些技术的加持下，到2050年，非洲有望在不放缓发

展的前提下实现完全依靠可再生能源发电。

克服金融挑战

然而，目前最大的挑战是融资。化石燃料发电厂的修建成本较低，但运营成本较高，而且需要持续购买燃料。相比之下，可再生能源的运营成本较低，但安装成本较高，必须预付资金。因此，为非洲发展打造优质能源基础需要运用综合性的融资手段 (Schwerhoff 和 Sy, 2017)。如果非洲希望采取新型的低碳方式进行发展，非洲各国必须动员公共、私人以及多边和双边捐助的资金，为可再生能源项目筹集所需资金。

在公共融资方面，非洲各国政府可以通过减少因化石燃料补贴造成的低效情况来大幅增收，这些补贴主要针对煤炭和石油。当前，化石燃料补贴估计占撒哈拉以南非洲地区 GDP 的 5.6% (Coady 等人, 2019)。逐步取消补贴可以为可再生能源项目筹措资金，但同时也要保护弱势群体。此外，非洲各国的政府还可以调动更多国内资源来支付可再生能源所需的初始资金。例如，2017年，撒哈拉以南非洲国家的税收占 GDP 的比例平均约为 14%，这些国家有充足的空间提高税收收入。征收碳税可以增加税收收入，同时减少化石燃料的二氧化碳排放 (IMF 2019)。

在私人投资方面，非洲各国必须大力吸引私人投资流入可再生能源行业。调查发现，与治理相关的风险，比如复杂的官僚主义和多变的监管，是目前阻碍私人投资非洲地区可再生能源项目的最大威胁。要想吸引私人投资，必须提高治理能力，降低政治风险。此外，通过金融业改革推动初级绿色债券市场的发展，向公共部门转移部分风险来降低金融风险，也有助于吸引私人投资。

在国际层面，多边金融机构在促进长期融资以支持对减缓气候变化的投资方面发挥着重要作用。这些机构不仅能找到替代资金来源，还能为

有效利用气候融资提供针对性建议。

可再生能源的症结在于供应不稳定，这对依赖可再生能源发电构成了挑战。

2015 年《巴黎协定》的缔约基础是发达经济体承诺到 2025 年，每年动员全球 GDP 的 0.12% 的当量来满足发展中经济体的需求。履行上述资金承诺有利于为非洲向低碳能源经济转型铺平道路 (非洲大陆对全球变暖的“贡献”最低)。2018 年，在与全球能源相关的二氧化碳排放中，只有 4% 来自非洲 (IEA 2019)，但非洲却是气候变化的最大受害者。在这两种情况交织之下，国际社会为非洲大陆提供更多支持实属合情合理。FD

格里高尔·施维尔霍夫 (Gregor Schwerhoff) 是世界银行宏观经济、贸易与投资部的经济学家，穆哈马杜·西 (Mouhamadou Sy) 是 IMF 财政事务部的经济学家。

参考文献：

Coady, D., I. Parry, Nghia-N.-P., and B. Shang. 2019. "Global Fossil Fuel Subsidies Remain Large: An Update Based on Country-Level Estimates." IMF Working Paper 19/89, International Monetary Fund, Washington, DC.

International Energy Agency (IEA). 2019. *Africa Energy Outlook 2019*. Paris.

International Monetary Fund (IMF). 2019. *Fiscal Monitor: How to Mitigate Climate Change*. Washington, DC, October.

International Renewable Energy Agency (IRENA). 2019. *Renewable Power Generation Costs in 2018*. Abu Dhabi.

Schwerhoff, G. and M. Sy. 2017. "Financing Renewable Energy in Africa—Key Challenge of the Sustainable Development Goals." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 75 (August): 393–401.

———. 2019. "Developing Africa's Energy Mix." *Climate Policy* 19 (1): 108–24.