

撒哈拉以南非洲电力供应： 进展、问题与展望

张 锐 张云峰

内容提要 电力供应是撒哈拉以南非洲亟待解决的民生议题、追求可持续发展的必要前提。近年来，尽管电力供应整体规模不断扩大、发电能力有所提升，但撒哈拉以南非洲仍是全球无电人口数量最多、最集中的区域，在电力可及性、可靠性、可负担性、可持续性上存在诸多不足，无电问题很可能成为区域特有的困境。展望未来，撒哈拉以南非洲电力供应面临积极的促进因素，包括各国政府扩大供电的战略、能源资源开发的新优势、跨国电力互联趋势和国际社会的支持。同时，一系列阻碍因素也十分显著，包括各国落后的治理效能、电力市场的长期积弊、新冠肺炎疫情的冲击和气候变化挑战。中国与区域国家的能源合作应以大型电力基础设施为优先事项，以大项目、大互联助力非洲电力供给大提升，同时促进不同产业联动，增强电力援助可持续性，创新投融资模式。

关键词 撒哈拉以南非洲 电力供应 无电人口 可再生能源

作者简介 张锐，全球能源互联网发展合作组织经济技术研究院研究员（北京 100031）；张云峰，中国航天科技集团有限公司北京卫星环境工程研究所国际业务主管（北京 100094）

电力供应普及是推动非洲经济社会发展的必要前提，也是联合国 2030 年可持续发展议程的重要目标。在现代社会，通电意味着对普遍人权的尊重，确保每个人有权获得维持基本福祉所需要的能量，实证研究显示，在当前非洲一国人均用电量每提高 1 个百分点，其人均 GDP 将提高 0.09 个百分点，电力的基础性带动作用十分突出。^① 近年来，全球电力普及事业取得显著进展，2010—2019 年，

^① 王健、张锐：《“一带一路”产能合作中的能源电力投资分析——基于 23 个非洲国家的面板数据》，《经济论坛》2021 年第 5 期，第 88—95 页。

全球通电率从 83% 上升为 90%，无电人口数量从 12 亿人下降为 7.59 亿人。可令人担忧的是，撒哈拉以南非洲成为这一发展进程中的落后者，^① 区域通电率仅为 46.8%，无电人口高达 5.7 亿人，占到现有全球无电人口总数的 3/4，且各国扩大电力开发、实现普惠电力的前景并不乐观。^② 在不远将来，无电人口问题很可能从一个全球挑战变为一个非洲特有的“老大难”问题。

目前，国内学界对非洲能源转型的探讨已经形成了一定成果，但较少涉及电力供应这一基本民生议题。^③ 本文根据笔者调研与相关文献，总结撒哈拉以南非洲电力供应的主要进展与突出问题，探讨其未来发展面临的动能与阻碍，并就中非能源电力合作提出政策建议。^④

撒哈拉以南非洲电力供应进展

在过去十余年，撒哈拉以南非洲在提升电力供应方面取得一定进展。通电率方面，2010—2019 年期间，区域通电率增长了 13 个百分点，有 2.4 亿人获得电力供应，其中，区域城市通电率从 67.9% 上升到 77.9%，区域乡村通电率从 18% 上升到 28.1%，均实现了 10 个百分点的增长（见图 1）。^⑤ 同期，少数国家取得了突飞猛进的成果，如肯尼亚的通电率从 19.2% 跃升到 70%，乌干达从 12.1% 上升到 41%，莱索托从 17% 上升到 45%。2019 年，域内有 11 国的通电率达到或超过 70%，分别是毛里求斯（100%）、佛得角（96%）、加蓬（91%）、南非（85%）、科摩罗（84%）、加纳（84%）、斯威士兰（77%）、圣多美和普林西比（75%）、博茨瓦纳（70%）、肯尼亚（70%）、塞内加尔（70%）。

-
- ① 本文聚焦撒哈拉以南非洲而非整个非洲，原因是除利比亚外，北非国家均已实现全民电力供给，且具有相对较强的能源开发能力。
- ② 通电率指获得电力供应的人口占总人口的比例。本段数据均引自：世界银行数据库，<https://data.worldbank.org/> [2021-08-11]。
- ③ 相关研究参见：王涛、崔媛媛：《非洲风能开发利用的潜能、现状及前景》，《中国非洲学刊》2020 年第 2 期，第 117—136 页；张建新、朱汉斌：《非洲的能源贫困与中非可再生能源合作》，《国际关系研究》2018 年第 6 期，第 43—57 页；王涛、赵悦晨：《非洲太阳能开发利用与中非合作》，《国际展望》2016 年第 6 期，第 110—131 页；李智彪：《中非能源合作热的冷思考》，《西亚非洲》2014 年第 6 期，第 110—126 页；王南：《电力：非洲工业化的挑战与机遇》，《亚非纵横》2014 年第 6 期，第 74—82 页；张永宏：《非洲新能源发展的动力及制约因素》，《西亚非洲》2013 年第 5 期，第 73—89 页。
- ④ 笔者曾于 2018 年 11 月在几内亚、刚果（金）、刚果（布）展开实地调研，也于 2019 年 11 月全球能源互联网暨中非能源电力大会期间，与非洲能源电力部门的从业人员进行深入交流。
- ⑤ 本段数据均引自世界银行数据库。

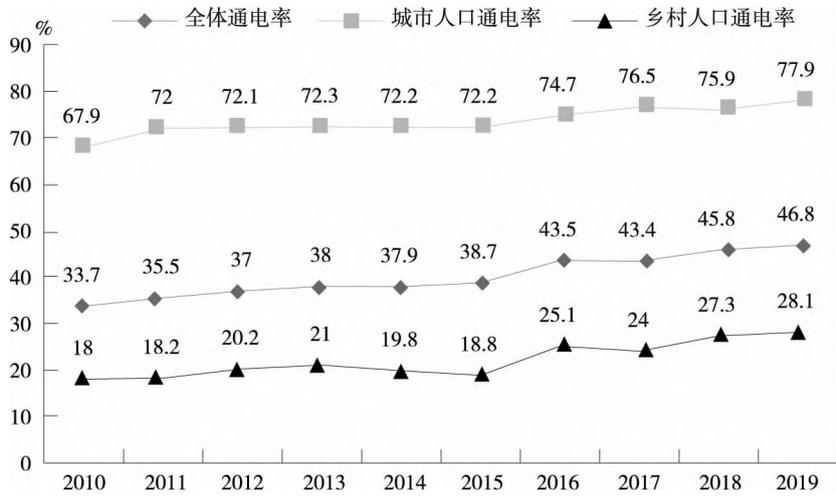


图 1 2010—2019 年撒哈拉以南非洲通电率情况

资料来源：笔者根据世界银行数据库相关年份数据整理而成。

在发电能力方面，2010—2020 年，撒哈拉以南非洲的发电量从 425.9 太瓦时上升到 507.1 太瓦时。^① 由燃煤、燃气、燃油组成的火电是最主要的电力来源，常年占发电量的 70% 以上，据牛津大学一项对非洲规划中和在建的 2500 余家发电厂的评估，即使到 2030 年，化石燃料仍将贡献区域发电量的 2/3 以上。^② 水电是区域最主要的可再生能源，2010—2020 年，装机容量从 19.4 吉瓦增长到 35.3 吉瓦，发电量从 96 太瓦时增长到 126 太瓦时。2020 年前后，区域多个大型水电基础设施取得重大进展：埃塞俄比亚兴建的复兴大坝开始蓄水，2023 年建成后装机容量将达 6000 兆瓦，满足该国 1.1 亿人的用电需求；安哥拉 2071 兆瓦的拉乌卡水电站投入运营，现为非洲第二大水电站；被誉为“西非三峡”的几内亚苏阿皮蒂水电项目全面投入运营，为西非多国提供充裕电力。非水清洁能源的发电量从 2010 年的 4.3 太瓦时上升到 2020 年的 25 太瓦时，各国立足资源条件发展光伏、风电，前者的装机容量从 0.2 吉瓦增长到 7.2 吉瓦，后者的装机容量从 0.1 吉瓦增长到 3.4 吉瓦。

另外，区域民众通过太阳能家庭发电系统、太阳能微型电网等离网设施，获取基本电力服务，尤其加速了偏远乡村地带的通电进程，促使更多人使用上电灯

① 本段数据由以下来源整理而成：国际能源署数据库，<https://www.iea.org/data-and-statistics> [2021-08-13]；BP, *Statistical Review of World Energy*, July 2021, <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html> [2021-08-13].

② Galina Alova, Philipp Trotte and Alex Money, “A Machine-learning Approach to Predicting Africa’s Electricity Mix based on Planned Power Plants and their Chances of Success,” *Nature Energy*, Vol. 6, No. 2, 2021, pp. 158-166.

和小功率家用电器。2017—2019年，太阳能家庭发电系统在撒哈拉以南非洲的销售量翻了三番，仅2019年就有5100万人购买了此类设备，目前最为普及的国家包括肯尼亚、埃塞俄比亚和乌干达。^① 太阳能微型电网在区域的在建和投运数量预计已超过1000个，项目集中在塞内加尔、喀麦隆和尼日利亚等国。

撒哈拉以南非洲电力供应存在的问题

尽管实现了一些积极进展，撒哈拉以南非洲的电力供应在可及性、可靠性、可负担性、可持续性等方面仍存在诸多问题，亟需引起区域各国与国际社会的重视。

（一）可及性偏低

无电人口问题仍然十分严峻。由于区域庞大的无电人口基数和较高的人口增长率，2010—2019年期间，域内无电人口的数量不降反增，从5.56亿人上升为5.7亿人，在全球无电人口中的占比从48.2%上升到75%。^② 与世界其他存在无电人口挑战的区域相比，撒哈拉以南非洲的治理业绩与改善速度明显滞后，2019年区域城市通电率（78%）、乡村通电率（25%）分别落后全球平均水平21和51个百分点。从各次区域看，东部非洲、中部非洲、西部非洲和南部非洲的无电人口分别为1.9亿、1亿、1.8亿和1亿。在新冠肺炎疫情肆虐的背景下，撒哈拉以南非洲的卫生事业无法得到基本的电力保障，域内25%的医疗机构没有通电，超过70%的医疗机构不能获得稳定电力，电力的缺失成为区域国家抗击疫情、促进复苏的巨大阻碍。

在国家层面，尼日利亚（9000万人）、刚果（金）（7000万人）和埃塞俄比亚（5800万人）是全球无电人口数量最多的三个国家。域内有6个国家的通电率仍低于20%，分别是南苏丹（7%）、乍得（8%）、布隆迪（11%）、布基纳法索（18%）、尼日尔（19%）和刚果（金）（19%）。部分国家扩大电力供给的进程十分缓慢，如2010—2019年期间，布基纳法索的通电率从13.1%增长到15%，津巴布韦从39.8%增长到41%，赤道几内亚从66.1%增长到67%。

^① The GOGLA, *Global Off-Grid Solar Market Report Semi-Annual Sales and Impact Data*, December 2019, https://www.gogla.org/sites/default/files/resource_docs/global_off_grid_solar_market_report_h22019.pdf [2021-08-15].

^② 本段与下段数据由以下来源整理而成：世界银行数据库，IEA, IRENA, UNSD, *2021 Tracking SDG7 Report*, June 2021, https://trackingsdg7.esmap.org/data/files/download_documents/2021_tracking_sdg7_report.pdf [2021-08-15].

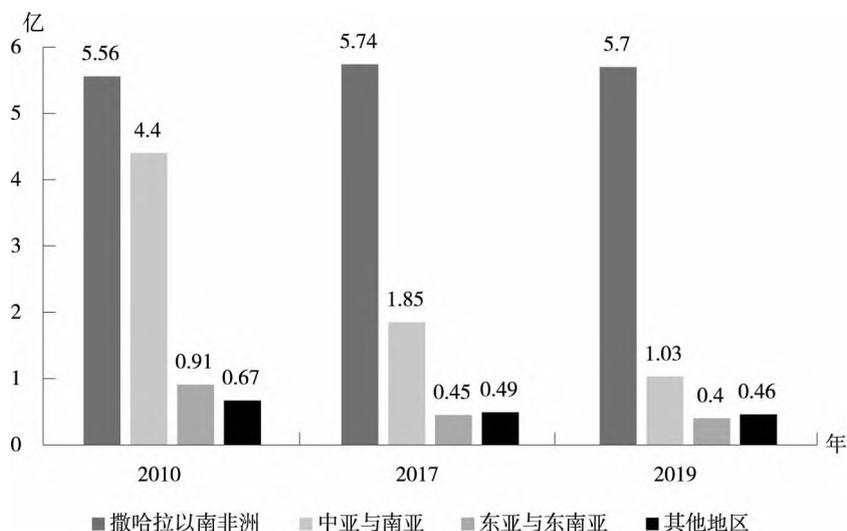


图 2 2010—2019 年全球与区域无电人口数量

Source: IEA, IRENA, UNSD, etc., 2021 Tracking SDG7 Report, p. 29.

(二) 可靠性较差

由于能源资源缺乏、电力设施老旧、电力运维水平低、盗窃和破坏电力设施等原因，各国电力供应的可靠性较差，无预警的停电、断电事故频发。根据泛非研究网络“非洲晴雨表”（Afrobarometer）2019 年对 34 个撒哈拉以南非洲国家通电民众的民意调查，仅 47% 的受访者表示能从公共电力系统获得持续稳定的电力供应。马拉维、几内亚和乌干达的通电率分别为 40%、32% 和 41%，但三国受访者中表示能在一天内多数时间获得电力的比例仅为 5%、7% 和 13%。^① 电力供应不稳定直接影响经济活动正常开展，2019 年非洲范围内的企业平均每月停电 50 小时以上，相当于每年损失 25 天运营时间，而东亚和太平洋地区的企业平均停电时间为 20 小时/月，拉美地区仅为 5 小时/月。在这种情况下，工矿企业往往需要支付购买进口备用发电设备和发电燃料（一般为柴油）的额外费用，如在尼日尔、马里和肯尼亚，自备发电机的企业比例分别高达 70.7%、66.8% 和 65.6%。^②

电力可靠性问题还集中体现在撒哈拉以南非洲薄弱的电网系统。各国普遍存

① Afrobarometer, “Progress toward ‘Reliable Energy for All’ Stalls across Africa, Afrobarometer Survey Finds,” December 5, 2019, https://afrobarometer.org/sites/default/files/press-release/ab_r7_pr_progress_toward_reliable_energy_stalls_across_africa-.pdf [20 21 -08 -16].

② KfW, GIZ, IRENA, etc., *The Renewable Energy Transition in Africa: Powering Access, Resilience*, March 2021, https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/March/Renewable_Energy_Transition_Africa_2021.pdf [2021 -08 -16].

在电网覆盖程度低、输送能力弱、设施老化严重、输配电损耗大等严重问题，除南非等少数国家外，多数国家未实现全国联网，最高电压等级在 330 千伏及以下，部分面积较大的国家甚至没有高压输电网。电网线损率问题尤其严重，全球这一指标的平均值为 8.25%，撒哈拉以南非洲为 11.7%，部分国家的电网损耗大幅削减了电力生产的成果，多哥、贝宁和刚果（金）的线损率分别高达 71%、61% 和 45%。^① 另外，对于绝大多数国家而言，其电网尚不具备大规模吸纳间歇性可再生能源的能力，更缺乏整合电力储存的能力，随着大规模光伏、风电项目的落地，一些国家的电网运行将面临很大的安全挑战。

（三）可负担性问题严重

撒哈拉以南非洲的电力开发成本高、销售电价高。由于化石燃料和电力装备依赖进口，多数国家的单位电力成本为全球平均成本（14 美分/千瓦时）的两倍以上。在这种情况下，即使政府对电力事业给予财政支持、对电费进行直接补贴，最终的销售电价对当地民众而言仍然十分高昂。例如，利比里亚的电价（39 美分/千瓦时）是美国平均电价（13 美分/千瓦时）的三倍，而 2019 年利比里亚的人均国民收入（580 美元）不及美国（65910 美元）的 1/100。^② 再如，莫桑比克的居民电价为 14.1 美分/千瓦时，而该国居民的平均最低月薪仅为 59 美元，一户普通家庭 250 千瓦时左右的月用电量将耗费其月收入的四到六成。^③ 电力所产生的经济负担导致区域很多民众主动维持无电状态，或将电力消费保持在最小限度，许多无电人口其实生活在已通电的区域内。高电费还直接限制产业的发展，据非洲开发银行统计，区域制造企业的平均电力成本达到 20 美分/千瓦时，约为世界其他地区工业电费的 4 倍，推高了制造产业的整体成本，降低了非洲廉价劳动力和资源赋予的优势。^④

与大型电力基础设施相比，太阳能微型电网系统的单套开发成本尽管不高，但受限于对设备的进口依赖与技术能力的缺乏，该系统仍是一个相当昂贵的解决

-
- ① 电网损耗率指电力网络中损耗的电能（线路损失负荷）占向电力网络供应电能（供电负荷）的百分比。数据引自：世界银行数据库。
- ② CDC Group, *Decarbonising Africa's Grid Electricity Generation*, May 2021, p. 10, <https://assets.cdcgroup.com/wp-content/uploads/2021/05/25111607/Decarbonising-Africas-grid-electricity.pdf> [2021-08-16].
- ③ Daniela Salite, Joshua Kirshner and Matthew Cotton, "Electricity Access in Mozambique: A Critical Policy Analysis of Investment, Service Reliability and Social Sustainability," *Energy Research & Social Science*, Vol. 78, 2021, p. 3.
- ④ 丁蕾：《非洲电力供应不够，拿什么来凑？》，新华丝路网，2021 年 5 月 31 日，<https://www.imsilkroad.com/news/p/454609.html> [2021-08-16]。

方案，在撒哈拉以南非洲的平均开发成本高达 49 美分/千瓦时到 68 美分/千瓦时。^① 在目前的开发条件下，区域一户农村家庭安装与接入此类系统的费用很可能超过 1000 美元，这意味着在缺乏足够外援的情况下，普通民众根本无法承担。太阳能家庭发电系统尽管通过“即用即付”商业模式，^② 大幅降低了无电少电民众自主获得电力的经济门槛，但很多使用者基于成本压力，只能选择质次价低的产品，用电体验、用电质量很差。

（四）可持续性不足

在撒哈拉以南非洲，由于缺乏必要的后续资金和运维人员，各类电力基础设施在投运后的故障发生率偏高、使用寿命较短，电力供应事业的可持续性不足。例如，塞内加尔在 1996—2011 年期间安装的微型电网目前仅有 30% 左右仍在运行。^③ 尤其在偏远乡村地带，域外国家实施的电力援助项目在出现故障后，很难找到相关技术人员和须更换的配件，项目荒废的情况屡见不鲜；一些民众缺乏改善处境的远见，宁肯贩卖乃至偷盗设施硬件获利，也不愿投入资金、精力维护电力设备。另外，多国购买太阳能家庭设备的消费者无法获得售后的质保服务，在故障出现后只能任由设施报废，进而重归缺电乃至无电的状态。

综上所述，撒哈拉以南非洲的电力供应绝不仅仅旨在解决当地民众、企业、机构“用上电”的需求，还应确保他们能够用上充足电、便宜电与稳定电，为经济社会发展提供坚实且有韧性的保障。

撒哈拉以南非洲电力供应的促进因素

整体而言，撒哈拉以南非洲的电力供应规模将持续扩大，这本身是一个与区域现代化、工业化、城市化齐头并进、相互驱动的过程。结合近期发展动向，本文认为区域电力供应具有以下显著的促进因素：

-
- ① Marian Willuhn, “Sub-Saharan Solar Minigrid Market Worth \$128 Billion by 2030,” *PV Magazine*, July 3, 2020, <https://www.pv-magazine.com/2020/07/03/sub-saharan-solar-minigrid-market-worth-128-billion-by-2030/> [2021-08-16].
 - ② “即用即付”模式是指用户可以通过支付少量预付款获得家用太阳能设备，再按月付或周付的形式支付余款。
 - ③ Baptiste Possémé, “AFRICA: Universal Electrification Needs Solar Off-grid Mini-grids,” *Afrik 21*, April 14, 2020, <https://www.afrik21.africa/en/africa-universal-electrification-needs-solar-off-grid-mini-grids/> [2021-08-18].

（一）各国政府扩大供电的战略

域内国家政府普遍意识到电力普遍供应是一个事关政权合法性、争取民众支持、奠定国家长远发展基础的关键议题。针对棘手的无电人口问题，一些国家出台和落实相关战略，尝试在近中期寻求突破性解决。埃塞俄比亚计划在2025年前实现全国通电，让65%的人口通过电网获得电力，35%人口通过离网技术获得电力。肯尼亚于2018年底启动了国家电气化战略，旨在2022年前实现全国通电，同时配套提出离网太阳能接入计划，在2030年在乡镇地区建设25万个离网太阳能系统。坦桑尼亚规划在2021年内实现全国1.2万余个村庄通电，到2020年中期已完成目标的3/4。安哥拉提出2025年通电率达到60%的目标，正在通过“太阳能村庄”计划提升乡村地区的通电率。西非经济共同体制定了2030年电力全覆盖的目标，15个成员国还制定了国家层面的可再生能源行动计划，根据当前预测，所有成员国2018—2033年将注入的总金额约为3640万美元，其中2590万美元用于电力生产，1048万美元用于电力输送。^①

（二）能源资源开发的新优势

撒哈拉以南非洲正在实现天然气本土供应的多元化，燃气发电规模有望迅速提升。长期以来，尼日利亚、莫桑比克、安哥拉是区域主要的天然气生产国与出口国；近十余年，刚果（布）、坦桑尼亚、博茨瓦纳、塞内加尔、毛里塔尼亚、加纳、南非等国均发现储量丰富、可供商业开发的天然气资源。域内各国积极吸引投资、开发本土气田；各次区域正在规划和建设规模各异的跨国天然气管道，促进资源更大范围的优化配置，使一些无气国可以就近进口价格低廉的天然气。据非洲能源商会预测，到2040年，区域天然气产量有望翻番，天然气在能源结构中的比重将上升至24%左右。^② 基于资源优势，一些国家业已确定燃气发电的优先地位。例如，尼日利亚将燃气发电作为解决电力短缺的主要手段，在可预见的未来，燃气发电在该国发电量中的占比有望保持80%以上；南非能源部提出在2040年前新增6000兆瓦的燃气发电，以替代该国占比过高的煤电；加纳于2021年1月启动建设撒哈拉以南非洲首个液化天然气发电项目，投资额为3.5亿

① 中国驻马里共和国大使馆经济商务处：《西共体致力实现地区电力基础设施互联互通》，中国商务部网站，2020年3月20日，<http://ml.mofcom.gov.cn/article/jmxw/202003/20200302948276.shtml> [2021-08-18]。

② Terje Osmundsen, “What does It Take to Eliminate Energy Poverty in Africa?” *Power for All*, December 9, 2019, <https://www.powerforall.org/insights/impact/what-does-it-take-to-eliminate-energy-poverty-africa> [2021-08-18]。

美元；科特迪瓦计划 2030 年前将燃气发电的装机提升到总装机规模的四成。

随着技术的不断成熟、开发成本的迅速下降，依托丰富的资源禀赋，撒哈拉以南非洲可再生能源的开发潜力更加凸显。^① 根据全球能源互联网发展合作组织的系统评估，非洲水能理论蕴藏量为 5668 太瓦时/年，占全球的 12.3%，资源开发条件较好的国家包括刚果（金）、赞比亚、安哥拉、埃塞俄比亚、刚果（布）、苏丹等国，以 2018 年经济成本计算，非洲水电开发成本为 6.5 美分/千瓦时，远低于 9.6 美分/千瓦时的全球平均值。风能技术可开发量为 52.2 太瓦，占全球的 39.8%，集中式陆上风电的平均开发成本为 4.12 美分/千瓦时，接近 4.08 美分/千瓦时的全球平均值，肯尼亚、南非、乍得、埃塞俄比亚等国的最低开发成本可以降至 2.5 美分以下。光伏技术可开发量为 1374.8 太瓦，占全球的 51.9%，集中式光伏的平均开发成本为 2.89 美分/千瓦时，接近 2.79 美分/千瓦时的全球平均值，南非、纳米比亚、尼日利亚、乌干达、马拉维等国的平均开发成本可以低至 2.2 美分左右。具有全球优势的单位开发成本有望激发域内外投资者对可再生能源部门的兴趣，进一步扩大清洁无碳能源对非洲电力供给的贡献。

核能的开发门槛不断下降，域内多国表现出开发核电的兴趣。非洲拥有十分丰富的铀矿资源，占全球探明储量的约 20%，呈现储量巨大、分布广泛、开采潜力大的特点，主要分布在尼日尔、纳米比亚、南非、坦桑尼亚和博茨瓦纳等国，区域的资源量与开采量均可支撑非洲核电开发的需求。^② 根据国际原子能机构的统计，非洲 2018 年的铀矿产量达 8744 吨，占全球产量的 16.3%，而非洲本土的铀矿需求仅为 515 吨。^③ 目前，南非是非洲唯一拥有核电站的国家，核电仅占其总发电量的 5% 左右，2020 年南非政府开始规划新建 2500 兆瓦装机容量的核电开发路线图，重点发展规模较小的模块化核电站，并计划于 2024 年前完成新核电厂的招标采购工作。区域四国正在采取准备性举措：加纳拥有一个供研究使用的在役核反应堆，持续与中国、俄罗斯、韩国的核电企业接触，寻求在 2029 年前建成核电站；肯尼亚原子能机构于 2021 年 1 月向政府提出投资额 50 亿美元的核电开发计划，计划在 2030 年前生产核电；尼日利亚与俄罗斯国家原子能公司达成协议，在该国建设研究中心、启动项目预可研；苏丹政府于 2016 年

① 本段数据由以下来源整理而成：全球能源互联网发展合作组织：《全球清洁能源开发与投资研究》，中国电力出版社 2020 年版；全球能源互联网发展合作组织：《非洲清洁能源开发与投资研究》，中国电力出版社 2020 年版。

② 吴磊、曹峰毓：《非洲核电工业发展热潮的冷思考》，《西亚非洲》2016 年第 6 期，第 145 页。

③ IAEA, NEA, *Uranium 2020: Resources, Production and Demand*, December 2020, https://www.oecd-neo.org/upload/docs/application/pdf/2020-12/7555_uranium_-_resources_production_and_demand_2020_web.pdf [2021-07-20].

与中国核工业集团签署框架协议，共同制定该国核电开发的路线图。据“能源为增长”中心（Energy for Growth Hub）的研究，撒哈拉以南非洲另有17个国家具有在2050年前开发核能的潜力，这些国家的政府已经与国际原子能机构和域外核电企业开展接触，启动前期的能力培养和监管体制建设。^①

（三）跨国电力互联趋势

跨国电力互联指“两个或两个以上的国家围绕电力跨境运输而开展的集体行动”^②，既包括硬件层面的跨国电网开发，也包括跨国电力市场构建，为各方的电力交易提供相对稳定的制度保障。跨国电力互联对提升撒哈拉以南非洲国家的供电实力有重要意义：一是有利于推动建设大型发电基础设施。由于多数非洲国家工业化程度低、个体的电力需求较小，大型发电项目的开发面临缺乏国内消纳市场的困局，无法吸引投资，例如刚果（金）大英加水电项目由于有限的国内市场，40多年只开发了两期，三期工程始终未能落地。通过跨国电力互联，大型项目产生的充沛电力可以输送到更广阔的国际市场，形成良好的收益预期，激发投资者的兴趣。二是有利于实现能源资源的优化配置，节省各国尤其小国“单打独斗”开发电力或进口化石燃料的支出，全面降低政府、民众的能源成本。有研究以大英加水电外送进行了估算，由于该地水电的开发成本十分低廉（即2~3美分/千瓦时之间），即使包含电力输送的建设运营成本，其电力送至尼日利亚、南非的落地电价仍比当地上网电价分别低4美分和2.9美分。^③三是有利于平衡可再生能源的出力波动，促进联网国家电力系统的安全。

当前，非盟高度重视跨国电力互联。2021年6月3日，非盟宣布启动建设非洲单一电力市场（African Single Electricity Market），旨在通过搭建所有成员国参与的政策框架和治理架构，整合区域发电、输配电规划，争取在2040年前建成一个高度互联互通、常态化电力贸易的大洲电力网络。同时，非盟通过非洲基础设施发展规划（Program for Infrastructure Development in Africa），资助30余个跨国电力互联项目的规划或建设。各次区域切实推进跨国电网建设进程。在东非区

① 17个国家分别是：埃塞俄比亚、乌干达、坦桑尼亚、刚果（金）、卢旺达、布基纳法索、尼日尔、马拉维、乍得、安哥拉、科特迪瓦、塞内加尔、津巴布韦、赞比亚、毛里塔尼亚、博茨瓦纳、纳米比亚。报道参见：Jacob Kincer, Jessica Lovering, “Who in Africa is Ready for Nuclear Power,” *Energy for Growth Hub*, January 12, 2021, <https://www.energyforgrowth.org/memo/who-in-africa-is-ready-for-nuclear-power/> [2021-07-20].

② 张锐、王晓飞：《中国东盟电力互联的动力与困境》，《国际关系研究》2019年第6期，第72页。

③ 倪煜、宋福龙、邬炜：《英加水电消纳市场和外送方案研究》，《全球能源互联网》2018年第S1期，第226页。

域，坦桑尼亚、乌干达、卢旺达、肯尼亚和埃塞俄比亚五国已制定东非电力互联网络建设计划，埃塞俄比亚—肯尼亚 ± 500 千伏直流输电工程即将投运，埃塞俄比亚充沛水电送往肯尼亚，肯尼亚—坦桑尼亚联网工程正在施工，未来这条线路有望延伸至南部非洲电力池。在西非区域，已有十国实现电力互联，目前正在建设尼日利亚—尼日尔—多哥/贝宁—布基纳法索电网项目、科特迪瓦—塞拉利昂—利比里亚—几内亚电网项目，电力互补互济格局将更加紧密。在南部非洲，九国已实现电力互联互通，南非政府长期推动建设与刚果（金）的高压电网，以带动大英加三期项目的开发，进而引进丰富的水电。

（四）国际社会支持

撒哈拉以南非洲的电力事业离不开域外国家持续的援助与投资。近年来，一些大国和区域组织不断加强电力领域的援助，并将其作为在非开展双多边合作、扩大影响力与话语权的重要内容。美国时任总统奥巴马于 2013 年提出“电力非洲倡议”，由美国国际开发署牵头，重点推动太阳能家庭发电系统、微型电网在非洲的推广，促进美国电力企业“走出去”；特朗普政府于 2018 年提出“电力非洲倡议 2.0 版”，侧重援建燃气电站和输配电系统，推出新型金融产品，尝试引导美国和非洲本土的私人资本进入电力领域。^① 根据美国官方的统计，该倡议自实施以来，2013—2021 年上半年，共达成 133 个融资关闭项目，其中，发电项目规模达 12.5 吉瓦，输电项目长度达 2300 公里，58 个发电项目已启动并运行，新增发电量 4883 兆瓦，1.03 亿人获得并网或离网电力连接。即使上述成果有夸大、“注水”之嫌，不可否认，美国的行动产生了一定积极效应，也带动了一些国家持续改善电力领域的监管体系和营商环境。拜登政府表示将在全球气候治理的框架内继续推动这一倡议，优先发展以光伏为重点的可再生能源，并将扩大医疗机构的电气化作为新冠肺炎疫情背景下的工作重点。^② 欧盟创设了一套对非电力援助的政策工具箱（见表 1），2014—2020 年期间共计拨款约 30 亿欧元，帮助 1800 万人获得电力，实现 10 吉瓦可再生能源开发。^③ 欧盟于 2021 年 1 月发

① 需要指出的是，第一，该倡议从提出至今，从未涉及北非地区，所以这是一个专门面向撒哈拉以南非洲的政策；第二，从实际执行情况来看，援助资源主要流向在南非、尼日利亚、肯尼亚、坦桑尼亚、加纳、喀麦隆、科特迪瓦、塞内加尔等国，域内其他国家其实较少甚至从未获益。相关研究参见：马汉智：《美国“电力非洲倡议”新进展》，《国际问题参考》2020 年第 5 期，第 45—51 页。

② USAID, *Power Africa Newsletter*, August 2021, <https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/Power-Africa-Newsletter-August-2021.pdf> [2021-07-20].

③ European Commission, “Energising Africa,” https://ec.europa.eu/international-partnerships/topics/energising-africa_en [2021-07-21].

布的《气候与安全决议》表示，将启动“非欧绿色能源倡议”，支持可持续的电力接入目标，同时兼顾非洲地区的生态保护与就业促进。印度通过其创建的国际太阳能联盟，面向非洲国家提供光伏项目的援建、融资与能力培养，推广印度的清洁能源装备和技术。^①

表 1 欧盟对非电力援助的政策工具箱（2014—2020）

政策名称	内容/成果
非欧可持续投资和工作联盟	在联盟中设立“非洲可持续能源投资”高级别论坛，增强电力领域的公私合作。
欧盟技术援助设施	共在 34 个国家实施了超过 100 个技术援助项目，重点帮助非洲国家改善能源领域的监管制度。
欧盟对外投资计划	通过调动欧盟财政资金，帮助企业和私人投资者分担非洲可再生能源项目的投资风险。
电气化融资倡议	通过提供资金与能力支持，帮助非洲国家获得了超过 1 亿欧元的电力项目融资。
非洲可再生能源倡议	运用 4.88 亿欧元资金，资助了 24 个可再生能源项目的规划、建设，撬动 45 亿欧元的投资。
撒哈拉以南非洲市长盟约	促进区域 140 个城市围绕普遍电力供应开展交流。
“妇女与可持续能源”倡议	运用 1810 万欧元资金，促进非洲妇女在能源领域的能力建设。
“数字能源设施”基金	承诺将向非洲开发银行设立的这一金融基金捐款 2300 万欧元，为非洲供电领域的中小企业提供融资。

Source: European Commission, “Energising Africa.”

撒哈拉以南非洲电力供应的阻碍因素

目前来看，撒哈拉以南非洲的电力供应前景很难达到国际社会的期望、很难满足区域民众的需求。按照联合国 2030 年可持续发展议程、非盟等国际组织提出的目标，非洲大陆应在 2030 年“确保人人都能获得负担得起、可靠的现代能源服务”，换言之，要彻底解决无电人口问题，实现全域的电力接入。然而，许多观察认为，上述目标将很难实现。根据国际能源署的预测，到 2030 年，撒哈拉以南非洲区域约有 5.3 亿人无法获得电力，域内 20 个国家的通电率仍然无法

① 张锐：《印度清洁能源外交：能源革命与大国战略驱动下的外交实践》，《印度洋经济研究》2020 年第 6 期，第 148 页。

超过 50%。^① 据荷兰环境评估署的分析, 鉴于撒哈拉以南非洲面临的巨大投资缺口, 区域在 2030 年仍有 3.5 亿~5 亿左右的无电人口, 其中 90% 居住在乡村, 区域供电量仅能满足用电需求的 35%。^②

电力供应从来不是一个单纯的能源产业议题、技术普及工作, 始终表现出“基于具体地域背景和历史连贯性的本土特征”, 电力系统的塑造“不仅立足于物质组织部分(包括基础设施、技术工具等), 也受制于多元行为体及其身份、文化与实践。”^③ 要考察目前电力供应的阻碍, 需要超越能源系统的单一视角, 从政府、产业、民间、内外环境多个维度进行探讨, 才能解释区域电力供应仍然步履维艰的原因。

(一) 各国落后的治理效能

非洲国家的能源决策普遍高度政治化, 涉及内外部政治压力、国家安全、政治秩序维护、政治家个人的政治利益、土地所有权或使用权等因素。这意味着电力供给有赖于各国政府的治理, 但现实是不少国家的治理效能存在短板或问题, 具体表现为以下三方面。

第一, 很多政策空有目标, 缺乏改善局面的有效内容。首先, 域内很多国家提出了本国的电气化目标, 但实际上只是迎合国际组织和援助国的一种姿态, 在行动上基本放任自流。以塞内加尔为例, 从 2005 年开始, 该国历届政府反复重申“2022 年实现乡村地区 60% 的通电率”的目标, 但从未提出系统性的行动方案; 政府花费了很多精力争取外国援助, 最终使“电气化主要作为一个政治项目(而非技术项目)而存在, 与其说是解决该国的实际问题, 不如说是为了获得外部资金”。^④ 笔者在与非洲一些能源领域的政府官员沟通时, 他们也坦承很难落实全民通电目标, 基于有限的财政资金, 政治决策者倾向于优先确保城市地区的电力供应, 保障精英阶层与重点产业的用电需求, 这样可以有力巩固当局的执政地位, 而乡村地区的电力普及往往是一个在政治上、经济上“性价比很低”的

① IEA, *Africa Energy Outlook 2019*, November 2019, p. 118, <https://www.iea.org/reports/africa-energy-outlook-2019> [2021-07-21].

② Paul Lucas, Anteneh Dagnachew and Andries Hof, “Towards Universal Electricity Access in Sub-Saharan Africa,” *Netherlands Environmental Assessment Agency website*, 2017, p. 6, https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2017-towards-universal-electricity-access-in-sub-saharan-africa-1952_3.pdf [2021-07-21].

③ Idalina Baptista, “Space and Energy Transitions in Sub-Saharan Africa: Understated Historical Connections,” *Energy Research & Social Science*, Vol. 36, 2018, p. 31.

④ Hilton Simmet, *Lighting a Dark Continent: Imaginaries of Energy Transition in Senegal*, *Energy Research & Social Science*, Vol. 40, 2018, p. 74.

事情，所以通电率在某些国家难以提升并非由于“不能为之”，而是“不愿为之”。其次，某些促进政策存在自相矛盾之处，将个别群体利益置于全民利益之上。例如，南非国家能源监管机构（NERSA）出台了鼓励企业自行安装离网发电设施的规定，但规定一家企业的自发电量不能超过1兆瓦，其动机仍然在于维护国家电力公司（Eskom）在输配电领域的垄断地位。再次，一些国家的政府试图兼顾多重的政策目标，为电力事业设置较高的投资门槛。例如，在肯尼亚、南非等国，大型发电和输电项目面临漫长、繁琐的环境影响评估过程，尽管环境保护是必要且重要的，但政府未能在社会公正与发展效率之间提供一个平衡两者的营商环境。

第二，电力项目的招投标环节不规范、不透明，存在普遍的权力寻租现象。在撒哈拉以南非洲大多数国家，电力基础设施的招投标（特别是非邀约投标）往往缺乏标准化的作业流程、明晰的规则。例如，在肯尼亚，一个项目的购电协议经常超过1000页，需要阐明诸多琐碎事宜，而印度类似的电力承购协议只需要20余页。同时，不少政府部门、公务人员常通过有意的拖延、设限或信息不对称优势，以此向投标单位牟利，使开发商需要付出额外的、大量的成本。有非政府组织估算，在东非区域，电力基础设施在前期投标规划环节的成本可以达到项目总成本的10%，因为外来投资者常需付出高额资金去争取各级官员的支持及其提供的关键信息，而在OECD国家此类成本在总成本中的比例常能控制在1%以下。^①

第三，多国对电力设备缺乏监管。很多国家的政府由于缺乏专业人才和技术实力，未能建立产品认证、质量检测、消费者权益保护的政策体系。区域市场充满大量无生产日期、无生产出处、无质量检验的“三无”产品，根据全球离网太阳能协会（GOGLA）的评估，未经任何产品认证的离网光伏产品占到撒哈拉以南非洲在售产品的72%。^②这意味着民众很大概率会购买到质量有缺陷的产品。同时，在消费者权益保护体系缺失的状态下，不少民众在遭遇产品质量问题后无法寻求退货、换货或维修服务，经销商多以“消费者使用不当”为由拒绝承担退换货的责任，进而影响民众持续使用离网设备的意愿。

① Julian Gregory, Benjamin K. Sovacool, “The Financial Risks and Barriers to Electricity Infrastructure in Kenya, Tanzania, and Mozambique: A Critical and Systematic Review of the Academic Literature,” *Energy Policy*, Vol. 125, 2019, pp. 147 – 149.

② 需要指出的是，由于一些固有成见和错误观点，不少民众会将价格贵、口碑好的产品自动认定为欧美产的产品，将价格便宜、质量不佳的产品认定为中国产的产品，这也是目前中国产业界需要关注的问题。数据引自：GOGLA, *Off-Grid Market Trend Report 2020*, February 2020, p. 5, <https://www.lightingglobal.org/wp-content/uploads/2020/02/14005VIV-OFF-GRID-SOLAR-REPORT-V13-Exec-Sum-AW4vis.pdf> [2021-07-23].

（二）电力市场的长期积弊

从能源经济学角度看，电力市场是电力买方和卖方相互作用以决定电价和电量的过程，其实质是通过一个完善健全的电力系统运营环境以保持电力正常供应，并实现经营目标。^① 在撒哈拉以南非洲，大多数国家的电力市场存在诸多顽固问题，导致电力供应成为一个成本高昂、风险较大、事倍功半、难以为继的艰巨事业，流向电力部门的公共资金很多时候只能用于“填窟窿”，诸多困难也压制了域内外投资者的信心与兴趣。这些积弊主要表现为：

第一，电力领域的公共事业公司普遍经营不善。这类企业在域内国家常被视作特定集团实施政治酬庸、谋取垄断经济利益的工具，往往回避建立现代的经营管理制度，存在组织臃肿、人浮于事、效率低下、成本虚高等问题。2016 年的一项研究显示，在撒哈拉以南非洲，仅乌干达和塞舌尔两国的国有电力公司能够实现自负盈亏，其余国家的此类公司长期处于入不敷出或“准财政赤字”（quasi-fiscal deficit）状态。^② 经营层面的不良状况导致企业恶劣的财务状况，自然也限制它们开展基础设施投资、扩大电力生产输送的能力。

第二，电价设置过低。合理的电价是确保电力企业得到收益、开展再投资的前提。由于区域民众普遍将电力视为政府理应低价甚至免费提供的公共产品，所以绝大多数国家的政府为了执政合法性，将电价设置到一个低于开发成本的水平，国有电力公司即使在获得大量补贴的情况下，仍难以收回投资和运营成本，更无法具备再投资能力。而且，越是电网覆盖范围扩大、获得电力的人口越多，企业亏损的规模就可能越大，这导致一些企业不愿扩展通电区域。

第三，电费收缴困难。各国政府部门、公共部门常常“带头拖欠”，不少民众对电费单采取“能拖则拖、能躲则躲”的策略，全社会普遍存在一种“政府会兜底电力开支”的心态。例如，喀麦隆能源公司于 2021 年 7 月表示，该公司有 2070 亿中非法郎（约 3.69 亿美元）的电费未能收缴，其中喀麦隆政府部门的欠费达到 1630.5 亿中非法郎，个人用户中有一半存在欠账的情况。尼日利亚国内的配电公司目前仅能从用户收取到 50% 的电费，政府部门、公共事业机构和军事单位已拖欠 930 亿奈拉（约 2.26 亿美元），国内尚有 409 万个通电用户因各

① 周东：《能源经济学》，北京大学出版社 2015 年版，第 182 页。

② Manfred Hafner, Simone Tagliapietra and Lucia de Strasser, *Energy in Africa: Challenges and Opportunities*, Cham: Springer Open, 2018, p. 80.

种原因未安装电表。^①

第四，电力盗窃严重。最主要行为是私接电线盗电，例如，莫桑比克电力公司表示偷电行为每年至少造成该公司超过1亿美元的财务损失；南非国家电力公司于2020年夏季晚间对索韦托、西兰德等多地采取削减供电的措施，因为这些地方的偷电现象过于严重，导致电网线路严重过载、威胁电力系统安全。对于很多乡村地区的微电网项目，村民拒绝安装智能电表或预付电表，直接私搭线路盗取电力，导致项目缺乏维护、维修的必要资金，运行一段时间后便彻底停用。

（三）新冠肺炎疫情的冲击

撒哈拉以南非洲的发展事业本身存在较大的脆弱性，易受到内外复杂局势的冲击。自新冠肺炎疫情在非洲暴发以来，截至2021年7月初，非洲地区总感染人数已超过600万，总死亡人数超过15万，而且疫情反弹严重，新增病例处于高位，疫苗接种推进缓慢。在这种不利背景之下，疫情对区域电力事业造成诸多负面影响：第一，政府用于能源电力事业的资金锐减。疫情迫使各国将原用于基础设施建设的公共资金转移到医疗卫生领域，应对燃眉之急。例如，乌干达电力接入计划的公共补贴已被搁置，南非政府则暂停了扩大农村电气化的行动。第二，国家债务压力不断上升。2020年撒哈拉以南非洲地区的公共债务占GDP的比重升至66%以上，创下近15年以来的最高水平。^②根据花旗公司2020年底的评估，域内有6个国家的负债率超过100%，15个国家的负债率介于65%和100%之间。^③截至2021年中期，近20个非洲国家请求国际货币基金组织提供紧急支持，非洲国家普遍呼吁富裕的债权国同意延迟还款。越来越多国家面临债务危机的风险，难以获得国外各种渠道的融资，各国通过大型公共投资计划促进经济增长的空间受到限制，电力开发的进度很可能出现延缓或停滞。第三，电力领域的公用事业公司面临更大财务压力。不少国家当局采取了免收、少收、缓收电费的政策，虽服务公共利益，但使电力公司的资金流更加紧张；疫情期间出现的

① 中国驻喀麦隆共和国大使馆经济商务处：《喀麦隆全国拖欠电费达2070亿非郎》，走出去导航网站，2021年7月27日，<https://www.investgo.cn/article/gb/tjsj/202107/553064.html> [2021-08-25]；《尼日利亚电网概况》，能源界网站，2018年9月14日，<http://www.nengyuanjie.net/article/18471.html> [2021-07-20]。

② 国际货币基金组织（IMF）非洲部：《撒哈拉以南非洲面临的挑战》，IMF中文网，2021年4月14日，<https://www.imf.org/zh/News/Articles/2021/04/12/na041521-six-charts-show-the-challenges-faced-by-sub-saharan-africa> [2021-07-25]。

③ 中国驻马里共和国大使馆经济商务处：《国际社会担心非洲债务危机发生连锁反应》，中国商务部网站，2020年11月10日，<http://www.mofcom.gov.cn/article/i/jyjl/k/202011/20201103014605.shtml> [2021-07-25]。

停工、停产也会直接降低电力需求、减少电力行业的收入规模。第四，疫情影响了区域电力装备供应链的正常运转。由于上游供应链的中断、港口封锁等原因，域内不少离网电力开发企业无法进口设备，大量在建项目的进度出现延误。在埃塞俄比亚等东非国家，社会隔离政策阻碍了太阳能家庭发电系统的销售与安装，2020 年上半年的销售额比前一年同期减少 20%。目前形势下，国际能源署担忧非洲无电人口可能进一步增至 5.9 亿人。^① 世界银行估计区域内近 3000 万人将无力支付电力费用，3% 的通电人口将可能变回无电人口。^②

（四）气候变化挑战

撒哈拉以南非洲是全球最易受气候变化影响的地区，电力供应的安全性、持续性也遭遇严重威胁。首先，多地因干旱陷“水电荒”。水电对区域电力供应的重要意义不言而喻，域内至少 11 个国家的水电发电量占到本国总发电量的一半以上，其中刚果（金）、纳米比亚、赞比亚、埃塞俄比亚的水电占比更是高达九成以上。近年来日益频繁的高温、干旱天气导致降水量严重不足，不少国家的水电站常面临“无水可用、无电可发”的状况。例如，2017 年上半年，肯尼亚遭遇严重干旱，水电产能大幅被削弱，该国电力系统备用容量达到七年来的最低值（4.4%），远低于避免停电风险的规定值（15%），全国各地拉闸限电现象更加普遍。^③ 再如，2019 年底，由于持续干旱，赞比亚、津巴布韦两国交接的卡里巴水库出现 23 年以来最低水位，水电站停运导致两国采取了每天 18 个小时限电的措施，并引发了两国严重的通货膨胀。水电的气候风险也将会限制其未来扩大产能的决策预期，使更多大型项目的开发面临撤资风险。其次，各种气候灾害容易损害电力基础设施。太阳能电池的理想工作温度为 25 摄氏度，电池板的功率随着温度的升高而降低，撒哈拉以南非洲的极端高温天气不仅使光伏系统供电不足，还会产生热斑效应，缩短光伏组件的使用寿命或造成系统故障。同时，沿海地区的强风暴雨天气也增大维护电力供应的难度。例如，莫桑比克的沿海城市在

① IEA, “The Covid – 19 Crisis is Reversing Progress on Energy Access in Africa,” November 20, 2020, <https://www.iea.org/articles/the-covid-19-crisis-is-reversing-progress-on-energy-access-in-africa> [2021-07-25].

② World Bank, “Universal Access to Sustainable Energy Will Remain Elusive Without Addressing Inequalities,” June 7, 2021, <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2021/06/07/report-universal-access-to-sustainable-energy-will-remain-elusive-without-addressing-inequalities> [2021-07-25].

③ “Spare Power Capacity Falls to 7-year Low,” *Business Daily*, May 15, 2017, <https://www.businessdailyafrica.com/news/Spare-power-capacity-falls-7-year-low--/539546-3927358-pxwuk2/index.html> [2021-07-25].

2019、2021 年多次遭遇热带气旋袭击，造成大面积的电网中断和长时间的停电。

中非电力合作的政策探讨

本文充分揭示了撒哈拉以南非洲的电力供应是一个任重道远的过程，也是一个系统性的社会工程，不仅需要能源电力产业的持续发展，也有赖于域内各国政治经济体制的改革、民众对电力事业的观念革新与行动调整、国际社会的有力支持。

中国与撒哈拉以南非洲国家在电力领域的合作有着较长历史和牢固基础。从二十世纪六七十年代开始，中国向该区域的很多国家援建电力工程，为民众的生产生活创造了巨大便利，一些早期兴建的项目（如几内亚金康水电站、赤道几内亚的毕科莫水电站、喀麦隆的拉格都水电站等）至今仍在发挥作用，成为中非友谊的重要历史见证。近年来，在“一带一路”倡议的带动下，中国在非洲电力行业的投资规模超过任何域外国家，中国规划、中国装备、中国技术加速“走出去”。^①目前，中国对非的电力合作呈现以下显著特点：一是重视政治引领，促进发展战略对接。在 2015 年中非合作论坛约翰内斯堡峰会上，习近平主席提出中方将坚持政府指导、企业主体、市场运作、合作共赢的原则，支持非洲增强绿色、低碳、可持续发展能力。2018 年《中非合作论坛—北京行动计划（2019—2021 年）》进一步指明方向，鼓励和支持中非企业按照互利共赢的原则开展能源贸易、能源项目投资、建设和运营，探索绿色、可持续的能源合作方式。中国领导人多次在外交场合见证中国在非洲投建电力项目的签约仪式、投运仪式，给予政治上有力支持。二是尊重非洲国家发展意愿，因地制宜促进电力来源多元化。国际能源署的研究显示，2010—2020 年，中国企业在撒哈拉以南非洲承建的发电项目中，水电装机占总装机容量的 49%，其他可再生能源占 7%，化石能源装机占剩余比例，为区域国家提供了符合资源禀赋实际、具有较高性价比的电力解决方案。三是投身电网建设，促进电力“发得出来、送得出去”。2010—2020 年，中资企业在撒哈拉以南非洲承建了至少 2.8 万公里电网线路。^②项目涵盖跨国电网、国家骨干电网、城乡配电网乃至微电网，确保区域发电能力、输配电能力齐头并进。例如，国家电网公司建设的埃塞俄比亚复兴大坝 500 千伏送出国

① 参见张锐：《中国对非电力投资：“一带一路”倡议下的机遇与挑战》，《国际经济合作》，2019 年第 2 期，第 91—100 页。

② 国际能源署：《促进撒哈拉以南非洲电力发展：中国的参与》，IEA 网站，2016 年 7 月，第 24 页，<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/PartnerCountrySeriesBoostingPowerinSubSaharanAfricaChinasInvestmentinElectricityChineseVersion.pdf> [2021-07-25]。

程是东非地区输电线路最长、容量最大的输变电工程，有效解决了非洲最大水电项目的开发外送问题。四是坚持“授之以渔”，支持非洲能源电力领域的能力建设。中国政府、企业通过各种渠道，为区域相关决策人员、从业人员提供培训、创建技术转移机制，促进当地可持续发展能力。例如，中国电建为非洲 38 个国家培训了 400 多名电力领域的官员，在赞比亚、乌干达修建水电站的过程中资助当地雇员前往中国留学。尽管中非电力合作整体呈现良好的发展势头，但也面临本文业已提到的内外阻碍，而且西方发达国家和一些新兴市场国家（如韩国、印度）利用历史联系、地缘优势和优势技术不断开拓非洲市场，激化了电力领域的国际竞争，中国企业要获得优质项目往往具有难度，或需付出比他国企业更多的成本。

基于非洲电力供应和中非电力合作的现实情况，本文尝试就加强中非电力合作提出以下政策建议：

第一，以大型电力基础设施的规划建设为优先事项，深化中非电力合作。解决撒哈拉以南非洲的电力供应问题，需要同时推进开发大型集中式项目与小型离网项目。当前非洲民众的电力需求不仅仅旨在满足日常的生活用电，更期待通过电力创造现代化、工业化的强劲动能，获得更好工作、更多收入。在现有经济技术条件下，这样的变化必须依靠大型发电厂、大型输配电网。近年来，一些发达国家的政府和机构基于观念上的偏见和商业利益，一味向撒哈拉以南非洲推广离网电力供应方案，宣扬“大型项目不适合非洲、经济和环境代价高、只服务精英阶层利益”等错误论调，刻意忽视“不同国家在减缓气候变化上的道义责任差异和不同社会空间下行为体的实际能源愿景”^①，而且也无视离网电力无法支撑工矿业巨大用电需求的现实。中国具有全球公认的、先进的大型电力基础设施开发实力，而且建立完备的水电、核电、风电、太阳能发电等清洁能源装备制造产业链，众多电力企业在非洲形成了地域涵盖多国、领域广泛多元的业务布局。基于这样坚实的基础，我国应在“中非基础设施合作计划”等政策框架内，帮助域内国家制定因地制宜、操作性强的能源发展规划，加快大型水电、风电、太阳能、天然气发电基地开发，加强各国电网建设和跨国跨洲互联，推动中国企业以投建营一体化等模式参与大型电力基础设施建设，引导中国企业优势互补、“抱团出海”及积极实施第三方合作，以大项目、大互联实现电力供应的大飞跃，寻求从根本上解决撒哈拉以南非洲的无电少电问题。

第二，将对非电力合作置于对非经济合作的全局之中，加强不同产业的联

^① Festus Boamah, “Desirable or Debatable? Putting Africa’s Decentralised Solar Energy Futures in Context,” *Energy Research & Social Science*, Vol. 62, 2020, p. 7.

动。一是鼓励中国企业在“走出去”过程中打通产业间壁垒，促进电力规划与产业规划相结合，推动电力开发与采矿业、冶金业、制造业、农业等生产性行业的协同发展与良性循环，扩大能矿工领域的全产业链合作，既激发社会对生产性用能的旺盛需求，也提高各类初级产品的附加值，提升社会各部门的支付能力，确保电力项目的投资收益。例如，在几内亚，特变电工公司于2019年5月投资11.54亿元建设300兆瓦的阿玛利亚水电站，同时积极布局该国的铝业，准备在电力充分供给的情况下投资建设400万吨氧化铝厂、100万吨电解铝厂，使电力开发、矿产开发相互促进、相互保障。二是帮助非洲国家发展电力装备制造能力。在撒哈拉以南非洲，多国本身具有制造可再生能源发电装备所需的关键矿产资源，我国政府与企业可帮助有意愿的国家加强光伏、风电设备的本土制造能力，推动“中国制造”向“中国智造”转型，帮助更多区域国家建立本土的清洁能源制造业供应链、产业链。

第三，针对撒哈拉以南非洲的新情况、新问题，扩大实施电力援助，更加重视受援国的自主发展能力、援助项目的可持续性。一是对于无电、缺电的乡村地区，应充分借鉴中国“光伏扶贫”的经验。一方面，积极推广“受援方自建”的形式，培育当地技术人员安装和维护离网光伏系统，另一方面结合各地农业、牧业、林业的实际情况，开展多种形式的“光伏+”应用（如“光伏+农业大棚”“光伏+电商”“光伏+牧舍”及光伏治沙等），促进贫困人口稳收增收，促进民众自觉维护电力设施、寻求可持续用电的意识与能力。二是针对区域在设备质量监管上的短板，帮助区域国家政府建立相关质量认证和监测体系，助力提升电力供应的可靠性，顺势推动中国标准体系的国际化。三是在新冠肺炎疫情的背景下，对非电力援助应优先关注受援国医疗卫生机构的用电需求，为各国抗疫提供直接有力的能源支持。

第四，创新融资模式。中国企业在投资非洲电力项目时比较依赖国内政策性银行和国有商业银行，大型项目比较依赖投资对象国的主权担保，融资方式较为单一，且目前越来越多非洲国家政府由于高企的债务风险，不愿为大型基础设施的融资提供主权担保。在这种情况下，中国企业应积极开拓“多边机构混合融资”方式，依托各种类型的国际金融机构，包括较少接触的他国主权基金、国际大型保险公司、国际养老退休基金等，拓宽融资渠道，摊薄商业资本走出去的政治、经济、社会风险。

（责任编辑：李若杨）

Strategic Competition between Major Powers and US Science Diplomacy in Africa*Zhang Jiaolong*

Abstract: The new scientific and technological revolution accelerates the evolution of the international structure and has played a larger role in shaping the global order. Science diplomacy has become a means and manifestation of strategic competition among major powers. Driven by the competition strategy of great powers in the United States, science diplomacy is more competitive and confrontational. Both “Diplomacy for Science” and “Science for Diplomacy” have become increasingly convergence, and developing countries have become the main battlefield of science diplomacy among major powers. The United States’ science diplomacy with Africa has become an important part of the United States’ great power competition strategy. U. S. State Department formulates the overall strategy of science diplomacy with Africa, and U. S. Agency for International Development, U. S. Export – Import Bank, U. S. International Financial Development Corporation, and U. S. Trade and Development Agency are specifically responsible for implementation. To this end, the various agencies of the U. S. government have reorganized their governance structures, innovated plans for science diplomacy with Africa, and strives to increase investment in science diplomacy with Africa in terms of government agency coordination, financial support, project implementation, and corporate participation, in an effort to improve the influence of United States in Africa. In the United States’ science diplomacy with Africa, strengthening technological competition with China is the main strategic goal, the acceleration of the expansion of U. S. companies in Africa is the market driving force, and public – private cooperation and government – enterprise interaction are the main models.

Keywords: Strategic competition, America science diplomacy, technology competition, Africa Market

Author: Zhang Jiaolong, Assistant Research Fellow of International Institute for Strategic Studies, China Institute of International Studies (Beijing 100005) .

Electricity Supply in Sub – Saharan Africa: Progress, Problems and Prospects*Zhang Rui and Zhang Yunfeng*

Abstract: Electricity supply is an urgent livelihood issue in sub – Saharan Africa and a prerequisite for sustainable development. In recent years, despite the increase in power supply scale and power generation capacity, sub – Saharan Africa is still the region having the biggest population without electricity. There are many deficiencies in

the accessibility, reliability, affordability and sustainability of electricity, and the problem of no electricity is likely to become a unique dilemma in the region. Power supply in sub – Saharan Africa is facing positive factors, including governments’ energy strategies, new advantages in energy resource development, the trend of transnational power interconnection, and the support of international community. Meanwhile, Africa is also facing a series of significant obstacles, including the backward governance of various countries, the long – term accumulated drawbacks of the electricity market, the impacts of the COVID – 19 pandemic and the challenges from climate change. Energy cooperation between China and sub – Saharan Africa should prioritize large – scale power infrastructure, and use large – scale projects and extensive interconnections to boost the remarkable increase of power supply. China also needs to promote the interactions of different industries, enhances the sustainability of electricity assistance, and innovates investment and financing models.

Keywords: Sub – Saharan Africa, electricity supply, population without electricity, renewable energy

Authors: Zhang Rui, Research Fellow of Global Energy Interconnection Development and Cooperation Organization (Beijing 100031) ; Zhang Yunfeng, international business manager of Beijing Institute of Spacecraft Environment Engineering, China Aerospace Science and Technology Corporation (Beijing 100094) .