



“一带一路”绿色发展国际联盟
2024年政策研究专题报告

“一带一路”框架下 非洲主要国家 可再生能源投资合作 机遇与挑战





“一带一路”绿色发展国际联盟（以下简称联盟）于 2019 年第二届“一带一路”国际合作高峰论坛期间由中外合作伙伴共同启动，是由全球生态环境与可持续发展相关领域的非政府组织、研究机构和企业等共同发起成立的国际性社会团体。截止目前，联盟已有来自 40 余个国家的 170 多家合作伙伴，包括 42 家会员单位。

联盟宗旨：凝聚“一带一路”绿色发展国际共识，开展开放、包容、共赢的“一带一路”绿色发展国际合作和行动实践，助力共建“一带一路”国家实现绿色、低碳、可持续发展。

“一带一路”绿色发展国际联盟 李盼文女士

电话：+86-10-82268281

传真：+86-10-82200535

地址：北京市西城区后英房胡同 5 号

邮编：100035

网址：<http://www.brigc.net/>

邮箱：secretariat@briggc.net



微信公众号



研究团队*

（一）中方

张建宇 “一带一路”绿色发展国际联盟 首席发展总监

王 强 “一带一路”绿色发展国际联盟 高级项目主管

杨晓瑜 水电水利规划设计总院国际部非洲处 工程师

（二）外方

朱莉萌 美国环保协会北京代表处 传播主任

冉 泽 美国环保协会北京代表处 技术创新主任

林徽东 美国环保协会北京代表处 “一带一路”项目专员

*本报告由“一带一路”绿色发展国际联盟及合作伙伴美国环保协会、水电水利规划设计总院共同编写。研究团队成员以其个人身份参加研究工作，报告中表达的观点不代表其所在单位及“一带一路”绿色发展国际联盟观点。

目 录

执行摘要	i
第一章 前言	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究目标	2
1.3 研究内容	2
第二章 非洲社会经济及能源概况	4
2.1 自然地理	4
2.2 社会经济	8
2.3 中非关系	9
第三章 非洲电力市场现状及趋势	27
3.1 电力市场现状	23
3.2 电力市场发展趋势	34
第四章 中非可再生能源合作	37
4.1 中非能源合作历程	37
4.2 中国投资趋势	39
4.3 对非能源结构影响	41
第五章 非洲可再生能源投资挑战	45
5.1 技术壁垒	45
5.2 政策壁垒	47
5.3 融资壁垒	51
第六章 创新机会与商业模式	56
6.1 技术创新机会	56
6.2 商业模式	59
第七章 投资建议	70
7.1 加强政策协调与战略对接，提供更多融资支持和保障	70
7.2 分区实施做好重点市场跟踪，因地制宜推动项目开发	70
7.3 增强境外风险防范意识，完善风险过程管控机制	75
7.4 结合多元化融资模式，推进项目成功实施和可持续发展	72
参考文献	74

执行摘要





执行摘要

非洲经济增长潜力大、能源资源开发潜力高，是实现全球“可再生能源三倍目标”背景下，可再生能源投资、开发和部署的重点区域。长期以来，中国同非洲国家在政治、经济等诸多领域建立并保持了良好合作关系，尤其在能源合作领域。中非能源合作历经多个阶段，形成了合作共赢的良好局面，极大促进了非洲能源转型和绿色发展。但即便如此，鉴于非洲经济总量较小且结构不平衡，可再生能源开发程度仍然有限，严重制约其转型发展进程。2024 年 9 月 5 日，习近平主席在中非合作论坛北京峰会开幕式上提出，中方愿在非洲实施绿色发展伙伴行动，实施 30 个清洁能源项目，助力非洲实现绿色发展；中方愿帮助非方打造“绿色增长引擎”，缩小能源可及性差距，坚持共同但有区别的责任原则，共同推动全球绿色低碳转型。上述表态为中非在“一带一路”框架下持续开展可再生能源投资合作提供了指引。

在上述背景下开展“一带一路”框架下非洲主要国家可再生能源投资合作研究，旨在基于推进“一带一路”倡议和全球应对气候变化的大背景，分析非洲电力市场现状及趋势，研判非洲可再生能源投资挑战及潜在的创新机会与商业模式，并为推动中资企业在非洲的可再生能源投资提出政策建议。

本研究主要结论如下：

第一，本研究从电源、电网、用电等三方面，探讨了非洲电力市场发展现状。其中，电源方面，尽管非洲可再生能源电源装机容量发展迅速，但受制于电力基础设施不足、电网建设薄弱、电力供应不稳且价格较高等因素，可再生能源装机容量占比依旧较低，且电源类型仍主要以火电为主。电网方面，当前非洲电网覆盖率较低，仅约 1/6 的国家电网覆盖率超过 30%，且五大电力池发展程度差异较大，彼此间联系有限。用电方面，当前非洲约 43% 的人口缺少可靠电力供应，且人均年用电量处于较低水平，居民用电价格长期保持高位，制约电力推广进程。在上述背景下，预计至 2030 年，在不同发展情景下，非洲可再生能源总装机容量将达 127.7~170.2 吉瓦，新增可再生能源装机容量将达 74~116.5 吉瓦。非洲在可再生能源领域的增长潜力将释放大量商业和投资契机。鉴于中非在可再生能源领域的合作基础，以及中国在可再生能源领域的技术、资金优势及已有合作成果和商业模式等，非洲在可再生能源领域的投资和开发潜力将为中资企业提供巨大商业和市场机遇。

第二，非洲可再生能源投资在技术、政策和融资等三个层面存在壁垒。其中，技术壁垒表现为电网基础设施不足，限制和阻碍了电力输送；因自然和气候因素，可再生能源装

备技术适配性低，对可再生能源设备设计与运行构成挑战；缺乏可再生能源技术维护与本地制造，抬高了可再生能源设备采购、运营及维护成本等。政策壁垒表现为政策不稳定且缺乏持续性，降低了可再生能源项目投资的长期可预见性；政策执行与审批存在障碍，降低了可再生能源项目开发和投资速度；缺乏跨区域合作与协同，导致各国可再生能源相关法律框架和技术标准等差异较大，增加了项目整合难度。融资壁垒表现为资金短缺问题突出且获取条件苛刻，尤其是用于非洲可再生能源项目初步可行性评估（prefeasibility facilities）的资金不足，限制了初始成本较高的可再生能源项目的孵化和启动；金融市场发展不成熟，缺乏完善的融资机构、工具、产品和模式，增加了可再生能源项目融资难度；出于对非洲政治、经济及政策稳定性的担忧，一定程度制约了可再生能源投资者的投资意愿。

第三，非洲可再生能源领域在发展太阳能、风能、水能、生物质能、储能等方面存在技术创新机会。例如，在利用集热技术和储能解决方案发展太阳能，通过电池技术革新和智能电网建设推广储能技术等方面，非洲存在大量技术发展机遇。基于上述技术发展机遇，非洲可通过分布式能源模式、能源即服务模式、混合融资模式、国际合作模式等，推进可再生能源部署。其中，分布式能源模式包含微电网系统模式、社区能源项目模式、太阳能家庭系统模式，能源即服务模式包含订阅与租赁模式、基于区块链的能源交易平台模式，混合融资模式包含公私合营模式、众筹与绿色债券融资模式，国际合作模式包含跨国公司与本地企业合作模式、国际资金支持模式。

第四，针对非洲可再生能源投资的现状和挑战，本研究围绕在“一带一路”框架下推动非洲主要国家可再生能源投资合作，促进非洲绿色转型和可持续发展，提出以下建议：一是围绕可再生能源发展战略、评估体系、金融支持等领域，加强中非政策协调与战略对接，为非洲可再生能源项目开发提供融资支持和保障。二是结合非洲不同区域的自然因素及经济水平，分区实施重点市场跟踪，因地制宜推动多元项目开发，并与发达国家及多边金融机构合作开展在非三方合作。三是增强境外风险防范意识，运用项目保险、尽职调查、债务预警等多种工具，建立基于多环节和多流程的项目风险防范机制，有效规避可再生能源项目风险。四是结合多元化融资模式，尤其是探索设立初步可行性评估资金和发展国际碳融资机制，提高可再生能源企业投资积极性，推进项目成功实施和可持续发展。

1

前言



第一章 前言

1.1 研究背景

能源是人类文明进步的基础和动力，攸关国计民生、国家安全，以及人类生存和发展，对于促进经济社会发展、增进人民福祉至关重要。

从全球看，在《联合国气候变化框架公约》第二十八次缔约方大会上，占全球经济总量三分之二的130多个国家共同承诺，为将全球升温幅度控制在1.5°C以内，需要在2030年将全球可再生能源装机容量增至三倍^[1]。该目标以2022年底全球可再生能源装机容量为基准线，即从约3400吉瓦增至2030年的11000吉瓦。上述目标为全球可再生能源发展注入了动力，势必将进一步号召全球加速能源转型的行动部署，为全球可再生能源项目投资按下了“加速键”。

从中国视角看，“一带一路”倡议下能源合作成果丰硕，特别是在非洲等重点地区，能源投资贸易便利化程度显著提升，产业合作不断深化，能源绿色转型步伐加快，利用效率明显提高，形成了更加包容的全球能源治理体系，打造了合作共赢的区域能源共同体。2021年9月，习近平主席在第七十六届联合国大会一般性辩论上提出，中国将大力支持发展中国家能源绿色低碳发展，不再新建境外煤电项目。上述承诺所释放的信号表明，未来“一带一路”能源合作将主要集中在可再生能源领域。同时，2024年9月，习近平主席在中非合作论坛北京峰会开幕式上提出，中方愿在非洲实施30个清洁能源项目，帮助非方打造“绿色增长引擎”，缩小能源可及性差距，表明能源领域将成为未来中非合作的重点。基于此，结合“一带一路”沿线国家的资源禀赋、经济发展水平、市场空间以及近年的政策导向，从今后的发展趋势来看，非洲将成为“一带一路”能源合作的重点地区。

从非洲视角看，非洲是全球可再生能源资源最丰富的大洲，水能、风能、太阳能资源量分别占全球的12%、32%、40%^[2]，地热能、海洋能和生物质能资源也十分丰富，大规模开发可再生能源是实现非洲经济社会可持续发展的必然选择。绝大多数国家已经发布了清洁能源开发和节能减排等发展目标，坦桑尼亚、卢旺达和尼日尔等国设立了2050年前清洁能源利用率达到100%的宏伟目标。近30个国家设定了明确的电力可及率发展目标，埃及、摩洛哥、突尼斯已基本实现100%电力可及率，安哥拉、加纳、埃塞俄比亚等10个国家决心在2030年前后消除无电人口。同时，非洲各国政府迫切希望发展清洁能源。为实现



这些目标，非洲各国也出台了一系列政策，鼓励清洁能源电源发展及输配电网建设，如提供电价补贴、举行装机容量拍卖、支持可再生能源独立发电商、开展农村电气化行动计划，以及推行政府和公用事业在配电网建设方面的合作模式等。非洲国家的整体经济发展不平衡，特别是撒哈拉以南地区，可再生能源产业基础薄弱，电网基础设施有待完善。

在上述背景下，开展可再生能源投资潜力识别，有利于为非洲国家发展可再生能源提供资金保障，改善非洲国家可再生能源投资环境，助力“一带一路”沿线非洲国家吸引投资，为可再生能源产业进一步发展注入活力。

1.2 研究目标

本研究聚焦“一带一路”沿线非洲国家，从经济总量、经济增速、政治稳定性、能源禀赋等维度综合评价非洲影响可再生能源投资的技术性壁垒和政策挑战。

(1) 探讨非洲可再生能源禀赋、分布及电力市场状况，分析非洲可再生能源开发潜力。

(2) 探讨非洲可再生能源投资壁垒与机遇，推动中资企业在非洲可再生能源领域投资。

(3) 探讨在“一带一路”框架下，可推动中国与非洲在可再生能源领域开展合作的政策建议。

1.3 研究内容

本研究通过分析非洲的能源资源情况，结合对电力需求和市场空间的研究，分析重点国家可再生能源领域的投资环境与投资机会，明确市场机遇和合作机会，并在此基础上提出具有针对性的国别开发建议。主要研究内容包括：

(1) 分析非洲社会经济及能源资源概况。

(2) 分析非洲电力市场现状、趋势以及中国清洁能源投资对非洲能源供应的影响。

(3) 评估中国与非洲在可再生能源领域合作的机遇，以及技术、政策等方面的主要挑战。

(4) 讨论提出在非洲进行可再生能源投资及技术创新的机会和适用的商业模式。

(5) 提出在非洲重点国家进行可再生能源投资和技术创新的建议。

2

非洲社会经济及能源概况





第二章 非洲社会经济及能源概况

2.1 自然地理

2.1.1 地理位置

非洲位于东西半球之间，地跨赤道南北两侧，东濒印度洋，西临大西洋，北隔地中海和直布罗陀海峡与欧洲相望，东北隅以狭长的红海与苏伊士运河紧邻亚洲。非洲大陆东至哈丰角，南至厄加勒斯角，西至佛得角，北至吉兰角，在地理上习惯分为北部非洲、东部非洲、西部非洲、中部非洲和南部非洲五个区域，面积约3022万平方千米，约占世界陆地总面积的20.2%，仅次于亚洲，为世界第二大洲。非洲共有60个国家和地区，其中主权国家54个，海外属地及其他特殊政区共6个。非洲国家地理位置如图2.1所示。



图 2.1 非洲国家地理位置示意图

2.1.2 气候条件

非洲大部分地区位于南北回归线之间，全年高温地区的面积广大，有“热带大陆”之称，其气候特点是高温、少雨、干燥，气候带分布呈南北对称。赤道横贯非洲大陆中央，气温一般从赤道向南北两侧随纬度增加而降低。非洲年平均气温在20°C以上的地区约占全洲总面积的95%，其中一半以上的地区终年炎热，有将近一半的地区有着炎热的暖季和温暖的凉季。非洲的降水量从赤道向南北两侧逐渐减少，分布极不平衡。北非以亚热带草原和沙漠气候为主，年降水量多在200毫米以下；撒哈拉以南非洲以热带草原气候和热带雨林气候为主，大部分地区的降水量在1 000毫米以上；地中海沿岸一带夏热干燥，冬暖多雨，属地中海气候；其他广大地区夏季多雨，冬季干旱，多属热带草原气候。乞力马扎罗山位于赤道附近，因海拔高，山顶终年积雪，属高原山地气候。埃塞俄比亚东北部的达洛尔年平均气温为34.5°C，是世界年平均气温最高的地区之一。利比亚首都的黎波里以南的阿齐济耶是非洲高温纪录的保持者，极端最高气温达57.8°C。非洲气候分布如图2.2所示。

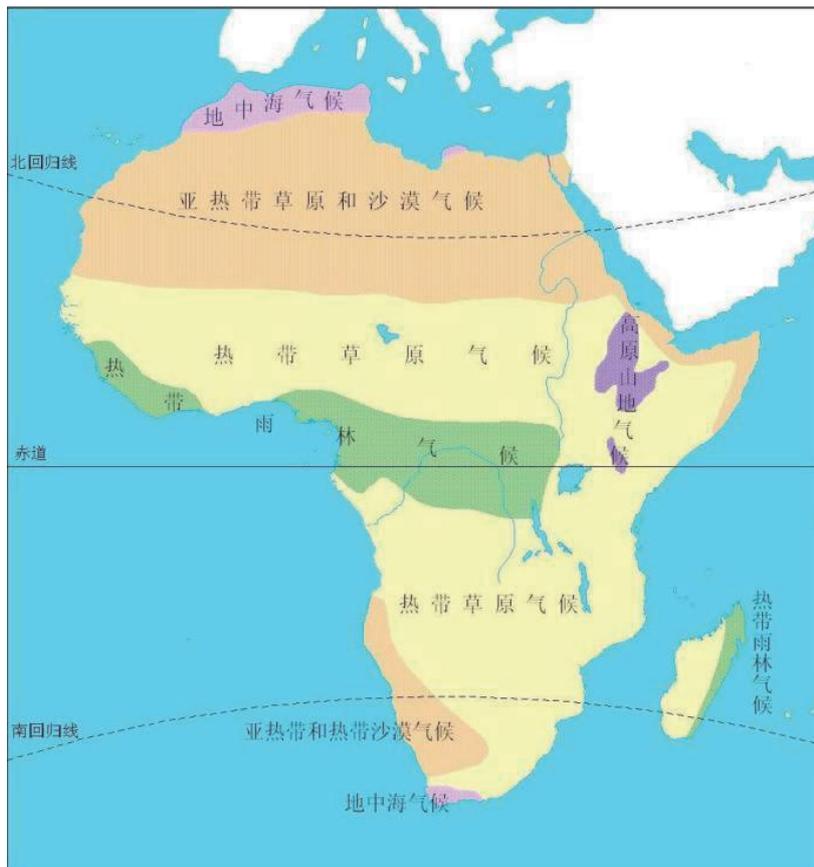


图 2.2 非洲气候分布图



2.1.3 自然资源

非洲大陆地域辽阔，物产丰富，被誉为“世界资源宝库”，也是全球资源尚未得到充分开发的少数地区之一，拥有丰富的农业资源、矿产资源和能源资源。

(1) 农业资源

农业在非洲国家国民经济中占有重要地位，是大多数国家的经济支柱。非洲农业资源丰富，农业用地和耕地面积都是中国的两倍以上。非洲南部地区日照充裕，大部分地区的农作物可以一年两熟或三熟。非洲水资源蕴藏量占世界总量的 $\frac{2}{5}$ ，而实际开发不到 $\frac{1}{10}$ ，农业发展潜力巨大。但是，由于历史原因，非洲的农业技术和农业产出水平较低，仍以小农经济为主，95%的耕地由小农户用落后的传统方法耕作。非洲的粮食作物种类繁多，除了小麦、稻谷、玉米、小米、高粱、马铃薯等，还有特产木薯、大蕉、椰枣、薯芋、食用芭蕉等。非洲的经济作物（特别是热带经济作物）在世界上占有重要地位，棉花、剑麻、花生、油棕、腰果、芝麻、咖啡、可可、甘蔗、烟叶、天然橡胶、丁香等的产量都很高。乳香、没药、卡里特果、柯拉果、阿尔法草是非洲特有的作物。非洲森林和草原十分广阔，热带森林占绝对优势，森林面积占大陆总面积的21%，生长着许多名贵树种。

(2) 矿产资源

非洲的矿产资源丰富，素有“世界原材料仓库”之称。世界上已探明的地下矿产资源在非洲都有储藏，尤其是与高科技产业密切相关的50多种稀有矿产资源在非洲储量巨大，其中至少有17种矿产资源储量居世界首位，铂、锰、铬、钒、铌等的储量约占世界总储量的80%，磷酸盐、钽、金、金刚石、锆、钴和钷等的储量占世界总储量的50%以上，铀、钽、铯、铝矾土、氟石、锆、石墨和钪等储量的占世界总储量的30%以上。摩洛哥的阿特拉斯地区是世界三大磷酸盐产地之一，刚果（金）、博茨瓦纳和南非的金刚石储量丰富，赞比亚铜储量丰富，约占世界总储量的15%，素有“铜矿之国”的美称，利比里亚铁储量丰富，几内亚铝土储量居世界首位。非洲主要矿产分布如图2.3所示。

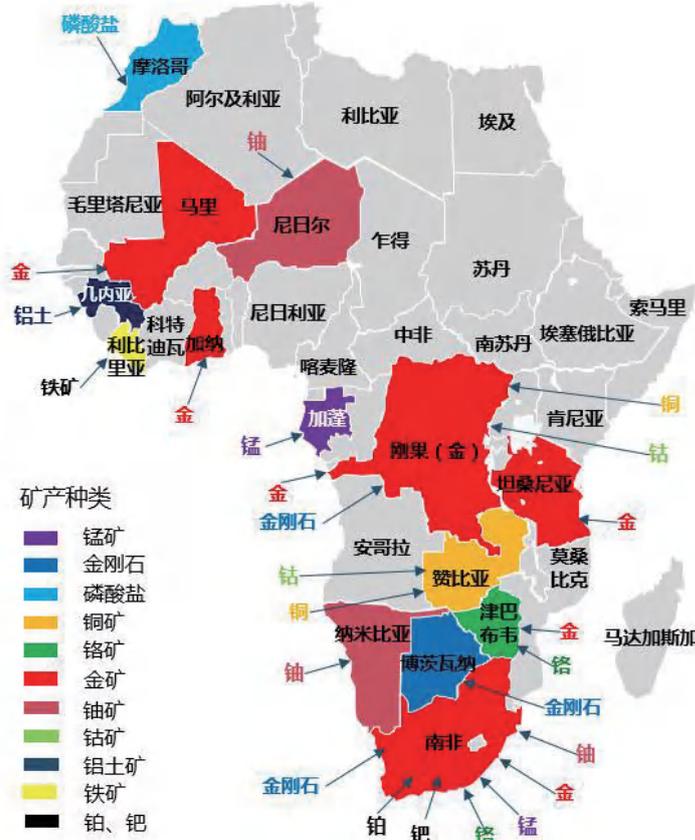


图 2.3 非洲主要矿产资源分布图

(3) 能源资源

非洲拥有丰富的能源资源，水能、风能、光能以及化石燃料等均比较丰富。

油气资源方面。非洲在世界油气市场占有重要地位，油气分布总体上呈现“油多气少、北多南少、西多东少”的特点。根据国际能源署（IEA）的数据，2022年，非洲探明石油储量为1257亿桶，约占世界总储量的7%；非洲探明天然气储量达14.6万亿立方米，约占世界总储量的7%。非洲石油资源丰富的国家是尼日利亚和利比亚，天然气资源丰富的国家是尼日利亚和阿尔及利亚。根据IEA数据，撒哈拉以南非洲的石油储量只占非洲石油总储量的23%，但石油产量和出口量占比则分别达到63%和72%；同时，北非的天然气储量占非洲天然气总储量的77%，但天然气产量和出口量占比则分别仅为37%和28%^[3]。

清洁能源方面。非洲清洁能源资源总量丰富、种类多样、分布广泛，多种能源跨时区、跨季节互补效益显著，被誉为清洁能源资源的“聚宝盆”，水能、风能、太阳能资源丰富，



但开发量较低，开发潜力巨大。根据IRENA最新统计数据^[4]，非洲水能资源丰富，理论蕴藏量占全球总蕴藏量的12.3%，2023年非洲水电装机容量为40.3吉瓦，占世界水电装机总量的2.9%；非洲风能资源非常丰富，技术可开发风能占全球总量的 39.8%，2023年非洲风电装机容量为8654兆瓦，占全球风电装机总量的0.9%；非洲太阳能光伏资源潜力巨大，技术可开发光伏占全球总量的 51.9%，集中开发条件非常优越，广泛分布于北部撒哈拉区域以及西南部沿海地区，但2023年非洲太阳能发电装机容量仅为13.5吉瓦，占世界太阳能发电装机总量的1%。

2.2 社会经济

由于历史、地理、政治、民族等原因，非洲是世界上经济最为落后的一个洲，大部分国家社会发展较为落后，经济总量较小，产业结构以传统农业为主，经济基础薄弱，基础设施落后。

近二十年来，非洲经济持续增长，是全球发展最快的地区之一，但目前总体仍处于较为落后状态，并且各国之间发展也极为不平衡。国际货币基金组织（IMF）^[5]数据显示，2023年非洲GDP总量约为2.7万亿美元，“非洲三巨头”依次是尼日利亚、南非、埃及。近年来，尼日利亚一直保持非洲第一大经济体地位，GDP总量为5066亿美元，在全球范围内排名第32位。非洲五大经济体（尼日利亚、南非、埃及、阿尔及利亚、安哥拉）GDP之和占非洲GDP总量的60%以上。

整体来看，非洲经济呈现以下特点：

（1）经济结构不平衡

非洲大部分国家依赖原材料出口，导致经济结构相对较为单一且不平衡。同时，由于政策制定者缺乏经济规划，所以非洲很难摆脱单一经济发展模式的困境。

（2）贫富差距大

由于政治不稳定、内战等原因，非洲大多数国家贫富差距非常大。据统计，非洲70%的人口生活相对贫困。

（3）外资和债务问题

非洲国家吸引了大量外资，但这些外资大多集中在采矿、钻探和出口领域，导致非洲国家的净收益非常低。同时，非洲国家也累积了大量的债务，不仅拖累了经济发展，而且让非洲国家陷入了长期的还债危机。

2.3 中非关系

中非关系源远流长，在“一带一路”倡议提出的10年间，中非合作不断深化拓展、提质升级，沿着构建更加紧密的中非命运共同体方向不断前行，中非全面战略合作伙伴关系迈入新时代，中非经贸合作日益密切、贸易规模稳步扩大。中国以行动为导向，在中非合作论坛框架下先后宣布对非“十大合作计划”“八大行动”和“九项工程”，支持非洲国家提升自主可持续发展能力，切实破解非洲基础设施滞后、人才不足、资金短缺三大瓶颈。

2.3.1 中非政治关系

2013年，中国国家主席习近平提出共建“丝绸之路经济带”和“21世纪海上丝绸之路”的重大倡议。非洲是共建“一带一路”的历史和自然延伸，是重要参与方。截至目前，52个非洲国家以及非洲联盟与中国签署了共建“一带一路”合作谅解备忘录，阿尔及利亚、吉布提、埃塞俄比亚、毛里塔尼亚、摩洛哥、莫桑比克等国和非洲联盟与中国签署了共建“一带一路”合作规划，非洲成为共建“一带一路”最重要的方向之一。

2015年12月，《中非合作论坛约翰内斯堡峰会宣言》明确提出，要积极探讨中方建设“丝绸之路经济带”和“21世纪海上丝绸之路”倡议与非洲经济一体化和实现可持续发展的对接，为促进共同发展、实现共同梦想寻找更多机遇。2018年9月，中非合作论坛北京峰会发布《关于构建更加紧密的中非命运共同体的北京宣言》，中非双方一致同意将“一带一路”同联合国《2030年可持续发展议程》、非洲联盟《2063年议程》和非洲各国发展战略紧密对接，为中非合作共赢、共同发展注入新动力。2021年11月，中非合作论坛第八届部长级会议在塞内加尔首都达喀尔举行，习近平主席就构建新时代中非命运共同体提出4点主张。其中，第3点主张“推进绿色发展”的主要内容为：要倡导绿色低碳理念，积极发展太阳能、风能等可再生能源，推动应对气候变化《巴黎协定》有效实施，不断增强可持续发展能力。同时，《达喀尔行动计划（2022—2024）》指出，中方将同非方在中国—非盟能源伙伴关系框架下加强能源领域务实合作，共同提高非洲电气化水平，增加清洁能源比重，逐步解决能源可及性问题，推动双方实现能源可持续发展。2023年8月，《中非领导人对话会联合声明》提出，双方将继续促进中非高质量共建“一带一路”合作同非洲联盟《2063年议程》和非洲各国发展战略紧密对接，推动中非合作提质升级。



2024 年 9 月 4—6 日，中非合作论坛北京峰会期间，习近平主席宣布将中国同所有非洲建交国的双边关系提升到战略关系层面，中非关系整体定位提升至新时代全天候中非命运共同体。

2.3.2 中非经贸关系

（1）贸易联系不断加深

中国已连续14年稳居非洲第一大贸易伙伴国地位，中非贸易额在非洲整体外贸总额中所占的比重稳步上升。2022年，中非贸易额达2820亿美元，同比增长11.1%。非洲优质农产品日益受到中国消费者欢迎。2017年以来，中国自非洲进口服务年均增长20%，每年为非洲创造近40万个就业岗位。

（2）贸易新业态蓬勃发展

中非“丝路电商”合作扎实推进，合作层次和内涵不断丰富，已成为双边贸易深化发展的新亮点。埃塞俄比亚的咖啡、肯尼亚的红茶、喀麦隆的白胡椒、塞内加尔的花生、卢旺达的辣椒酱等商品通过“丝路电商”直接进入中国市场。中国企业还积极赴非洲投资建设海外仓和物流中心，举办“把直播间开到非洲去”等活动，助力更多非洲优质商品走进中国。

（3）贸易促进机制持续完善

中非在海关、检查和检疫标准、进出口核查认证及管理等方面的合作机制不断完善，为促进相关产品进入对方市场提供了良好的制度保障。中国设立了100亿美元支持非洲出口贸易融资额度，为非洲产品来华建立“绿色通道”，并对非洲国家参加中国国际进口博览会、中国进出口商品交易会等提供了诸多优惠和便利措施。中国积极落实对非洲最不发达国家的零关税待遇承诺，已对原产于21个最不发达非洲国家的98%税目产品实施零关税。

2.3 投资营商环境

（1）对非贸易和投资量质齐升

中国商务部发布的数据显示：贸易方面，2023年中非贸易额达2821亿美元，与2021年相比增长近11%，连续第二年刷新历史峰值，中国连续15年保持非洲第一大贸易伙伴国地位，且中国与近半数非洲国家贸易额同比增幅超过10%。投资方面，截至2023年底，中国对非直接投资存量超过400亿美元，是非洲最主要的外资来源国之一。在非中国企业在实现自身发展的同时，通过积极开展技术转移、加强本地采购、雇用当地员工等方式，支

持非洲国家提升工业化水平、完善产业配套体系、增强出口创汇能力。

(2) 投资促进机制持续完善

中非在降低投资壁垒、促进投资自由化便利化方面形成多项合作成果，有效惠及了双方企业。截至目前，34个非洲国家和中国签署了双边促进和保护投资协定，19个非洲国家和中国签署了避免双重征税协定，17个非洲国家加入了“一带一路”税收征管合作机制。在贸易促进、投资驱动等工程带动下，中非投资贸易合作稳步发展，南非光伏电站、埃及家电工厂等一批基础设施和制造业项目落地见效。2023年10月，埃及在中国银行间市场成功发行35亿元人民币可持续发展熊猫债，期限3年，票面利率3.51%，进一步拓宽了中非经贸合作金融支持渠道。

(3) 产能合作扎实推进

目前，中国与15个非洲国家建立了产能合作机制，中国企业在非洲国家参与规划、建设、运营的各类产业园区超过50个，吸引包括中国在内的世界各国企业赴非洲投资，非洲本地员工聘用比例超过80%，直接和间接创造了数百万个就业机会。截至2023年第三季度，中国设立的中非发展基金对非洲39国累计出资54亿美元，撬动中国对非洲投融资超过310亿美元，投资项目涉及基础设施、农业、制造业等多个领域，有力带动了非洲国家产业发展。尤其是近年来，在绿色发展、数字创新等工程带动下，中国企业在非洲实施了一大批清洁能源项目，对非出口锂电池、光伏产品等显著增加。中非卫星遥感应用合作中心在北京揭牌成立。中非数字合作论坛成功举办。中方与非洲国家共建10余个双边联合实验室或联合研究中心，在资源遥感、可再生能源、生态农业等领域开展联合研究。

2.4 能源环境

非洲是世界古人类和古文明的发源地之一，拥有丰富的能源资源。其中，水能资源技术可开发量为1.75万亿千瓦时，约占世界总储量的12.3%，拥有世界第一长河尼罗河及世界第二大水系刚果河（扎伊尔河）；风能资源蕴含的电力资源为5000万亿~7000万亿千瓦时/年，约占世界总储量的30%，主要分布于非洲沿海地区以及撒哈拉地区；太阳能资源非常充沛且分布均匀，3/4的土地可接受太阳垂直照射，太阳辐射量约占地球陆地总辐射量的51%；煤炭、石油和天然气储量分别约占世界总储量的1.2%、7.0%和7.0%。

2.4.1 化石能源

(1) 石油



根据能源研究院《世界能源统计年鉴》（2024 年版）^[6]，2023 年非洲石油产量比 2022 年增长了 2.3%，达到 722.8 万桶/日，占全球同期产量的 7.5%，主要分布在利比亚、尼日利亚、阿尔及利亚、安哥拉、南苏丹、埃及、刚果（布）、加蓬、乍得、苏丹、赤道几内亚、突尼斯等国家。其中，利比亚、尼日利亚、阿尔及利亚、安哥拉四国的石油储量约占非洲石油总储量的 84%，与此形成鲜明对比的是超过一半的非洲国家几乎没有石油资源。非洲石油资源分布主要国家如图 2.4 所示。

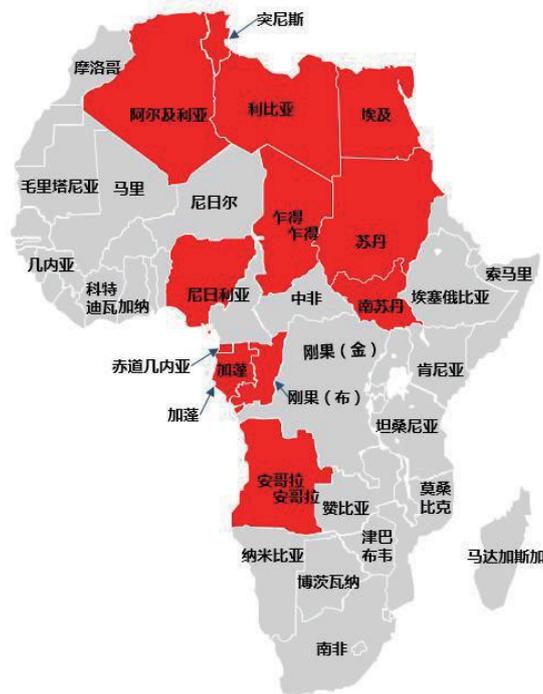


图 2.4 非洲石油资源分布主要国家

（2）天然气

截至目前，世界天然气探明储量为 188.1 万亿立方米，非洲天然气探明储量共计 12.9 万亿立方米，占世界总储量的 7%，主要分布在尼日利亚、阿尔及利亚、埃及、利比亚等国。非洲天然气资源分布主要国家如图 2.5 所示。

2.4.2 水能

非洲最重要的河流有世界第一长河尼罗河、世界第二大水系刚果河（扎伊尔河），以及尼日尔河、赞比西河等。非洲主要河流分布如图 2.7 所示。

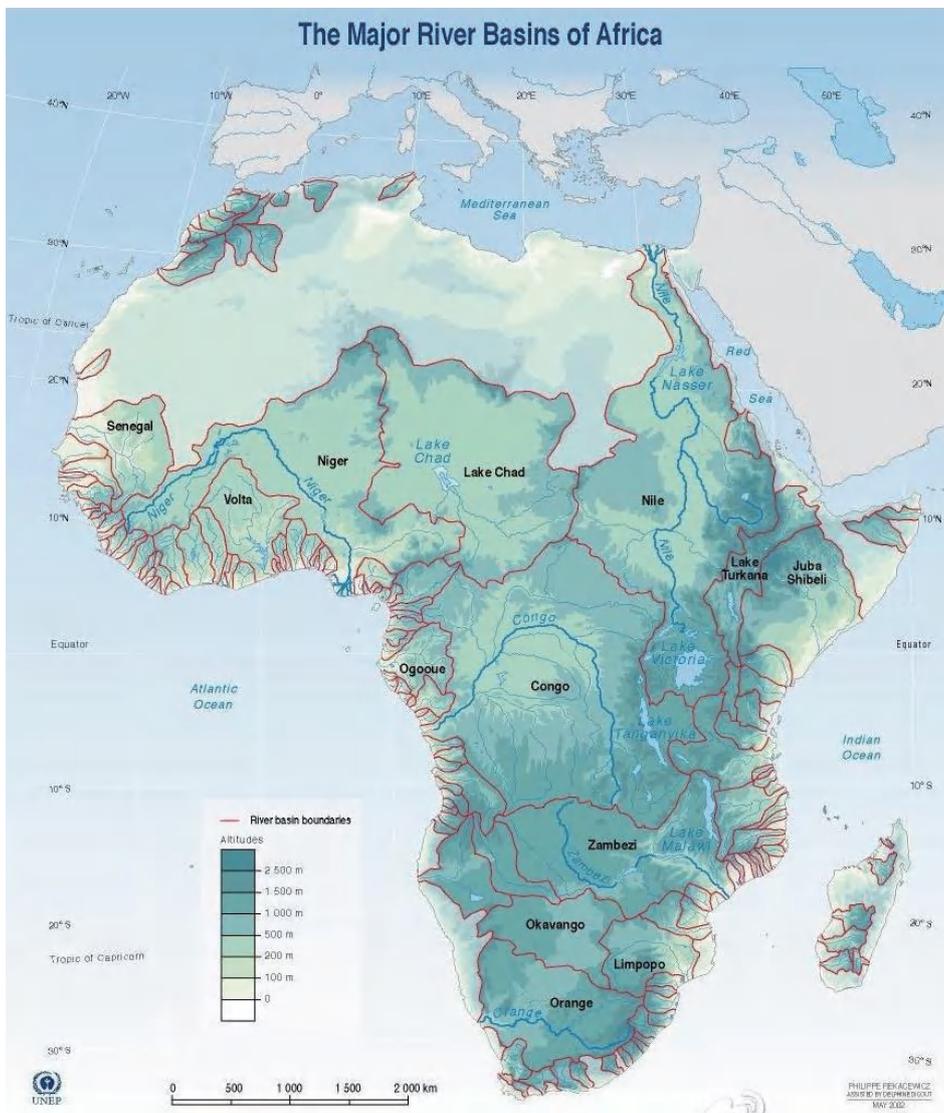


图 2.7 非洲主要河流分布图

尼罗河位于非洲东北部，全长约 6670 千米，流域面积 287 万平方千米，年径流量约 840 亿立方米。刚果河位于非洲中西部，全长约 4640 千米，流域面积 370 万平方千米，年径流量达到 1.3 万亿立方米，居非洲首位。尼日尔河位于赤道以北的地区，全长约 4200 千米，流域面积 209 万平方千米，年径流量约 2000 亿立方米。赞比西河位于非洲东南部，全长约 2660 千米，流域面积 135 万平方千米，年径流量约 2232 亿立方米。

非洲拥有丰富的水能资源。非洲河流水能资源理论蕴藏量为 4 万亿千瓦时，约占全球总量的 10.0%。技术可开发水能资源为 1.75 万亿千瓦时，约占世界总量的 12.3%。经济可开发水能资源为 1 万亿千瓦时，约占世界总量的 12.4%。总体来看，非洲水能资源丰富，但目前利用率仍然很低，只有 9% 左右。

尼罗河水能资源比较丰富，仅埃塞俄比亚境内青尼罗河流域水能资源理论蕴藏量就达 1720 亿千瓦时，经济可开发水能资源为 380 亿千瓦时。刚果河水能资源理论蕴藏量约 2.5 万亿千瓦时，水电技术可开发装机容量约 1.5 亿千瓦，其中，干流下游金沙萨—马塔迪约 360 千米河段水能资源最为富集，河口年平均流量约 4.1 万立方米/秒，理论蕴藏量约 8500 亿千瓦时。非洲水能资源国家分布如图 2.8 所示。

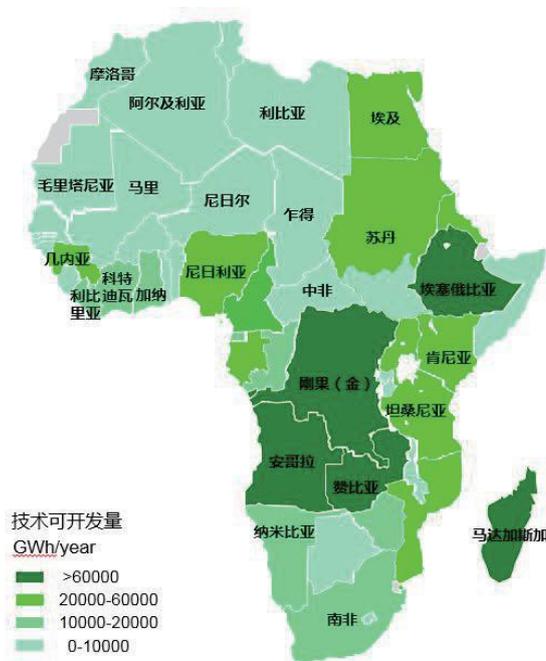


图 2.8 非洲水能资源国家分布图

根据 IRENA 统计数据^[4]，2023 年全球水电装机总量为 1407.75 吉瓦，其中非洲水电装机总量为 40.28 吉瓦，占比为 2.86%。水电装机容量达 2000 兆瓦以上的非洲国家有埃塞俄比亚、安哥拉、南非、刚果（金）、赞比亚、尼日利亚、埃及和莫桑比克，装机容量分别为 4883 兆瓦、3729 兆瓦、3484 兆瓦、3172 兆瓦、3165 兆瓦、2851 兆瓦、2832 兆瓦及 2192 兆瓦。非洲安装抽水蓄能电站的国家是南非和摩洛哥，装机容量分别为 2732 兆瓦和 464 兆瓦。

2.4.3 风能

非洲风能资源技术可开发量约为 67 万亿千瓦时/年，约占全球风能资源总量的 32%。根据 Global Wind Atlas 网站提供的 100 米高度风速和功率密度分布数据，非洲风能资源丰富地区主要分布在撒哈拉沙漠及其北部地区、南部沿海和中东部沿海地区，如图 2.9 和图 2.10 所示。图中用不同颜色表示风速指标好坏，蓝色表示风速指标差，红色表示风速指标好，风能资源最为丰富的国家是索马里、摩洛哥、毛里塔尼亚、南非、马达加斯加，部分区域 100 米高度平均风速均在 8m/s 以上。

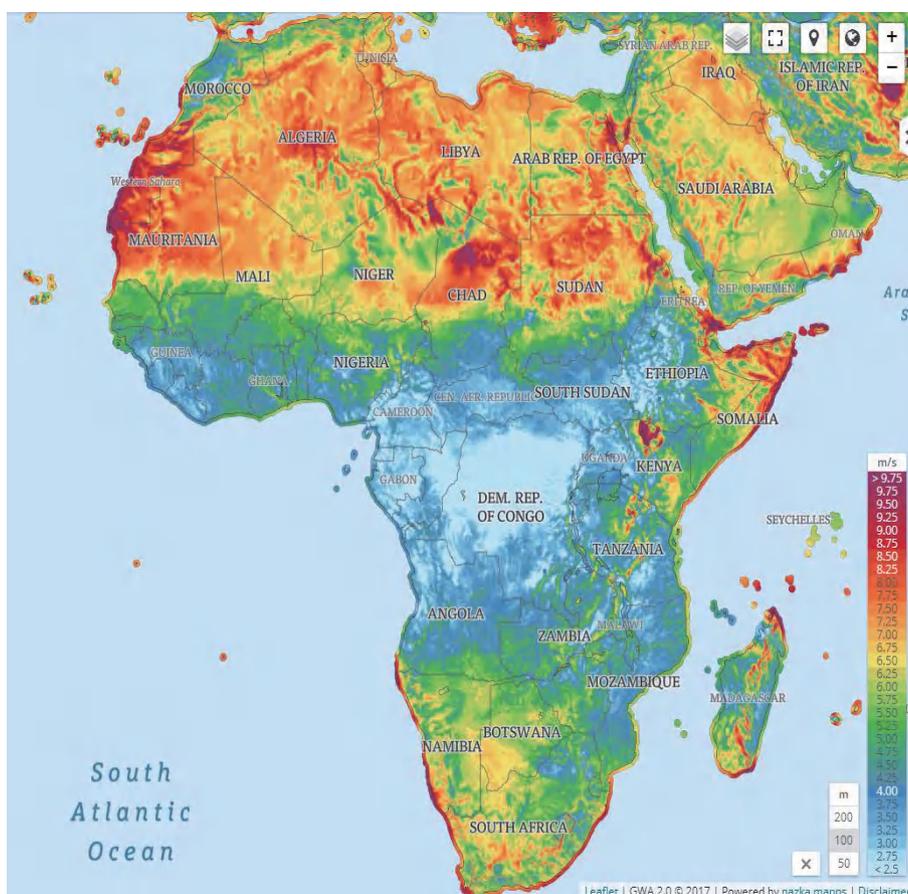


图 2.9 非洲 100m 高度风速分布图（来源 Global Wind Atlas）

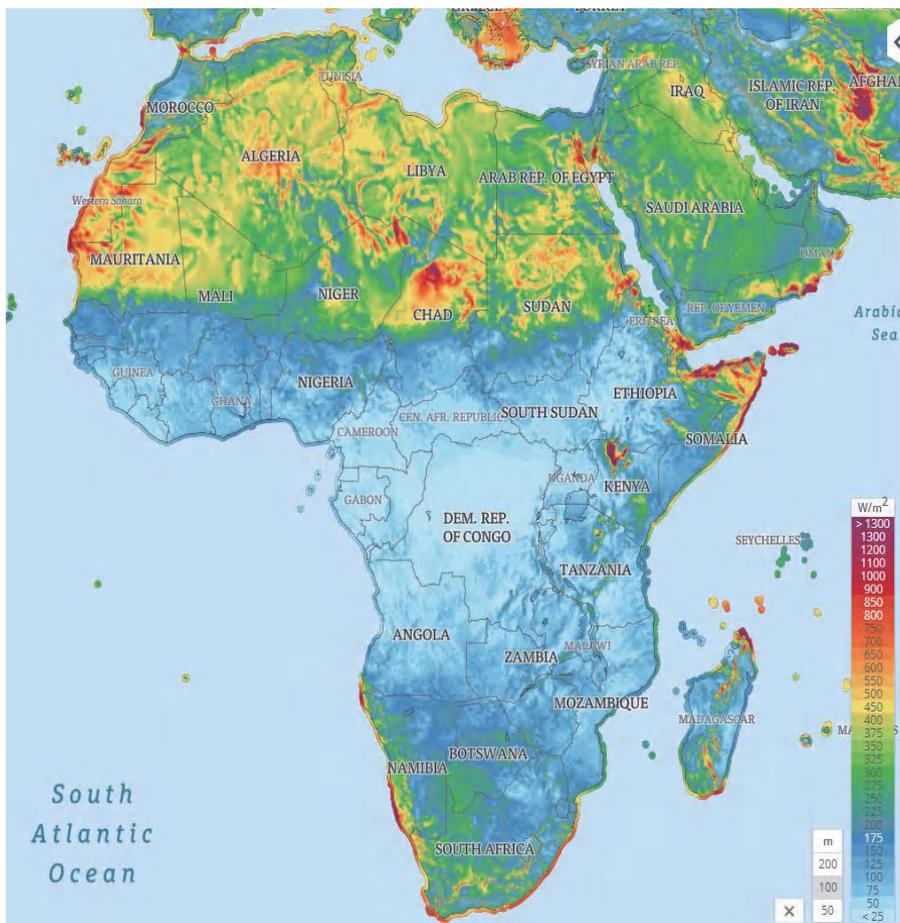


图 2.10 非洲 100m 高度风功率密度分布图（来源 Global Wind Atlas）

根据 IRENA 统计数据^[4]，2023 年全球累计风电装机容量达到 1017.2 吉瓦，非洲风电装机容量为 8.66 吉瓦，仅占全球风电装机容量的 0.85%。风电装机容量达 1000 兆瓦以上的非洲国家有南非、埃及和摩洛哥，装机容量分别为 3442 兆瓦、1890 兆瓦和 1858 兆瓦。

2.4.4 太阳能

非洲全境太阳能资源都非常丰富且可用度高，太阳能资源最为富集的地区是撒哈拉地区、埃塞俄比亚高原和南非高原。非洲太阳能资源技术可开发量约为 665 亿千瓦时/年，约占全球太阳能资源总量的 40%，且分布均匀，3/4 的土地可接受太阳垂直照射。根据 IRENA 统计数据，非洲太阳能资源可开发规模约 13750 亿千瓦，超全球总量的 50%，除小岛国之外的几乎所有非洲国家均适合开发太阳能发电站，非洲中北部的撒哈拉沙漠及周边地区、南部的大西洋沿岸地区和东部的部分内陆地区适宜建设大型太阳能发电基地。非洲太阳能资源空间分布如图 2.11 所示。

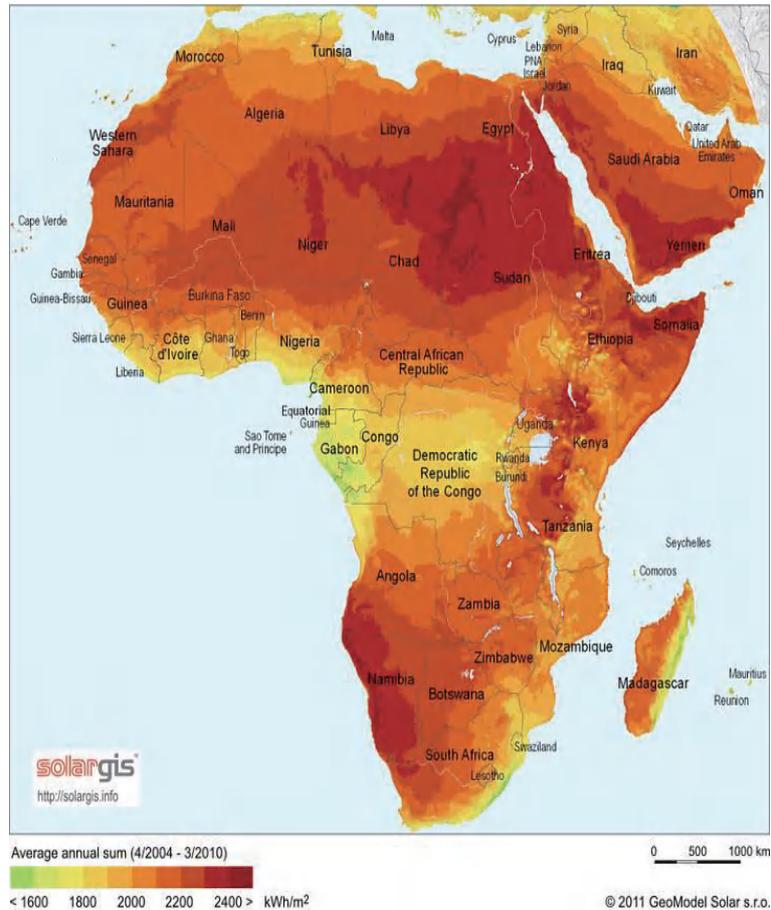


图 2.11 非洲太阳能资源空间分布图

根据 IRENA 统计数据^[4]，2023 年全球太阳能发电装机容量达到 1418.97 吉瓦，其中非洲光伏发电装机容量为 13.48 吉瓦，仅占全球太阳能发电装机容量的 0.95%。太阳能发电装机容量达 400 兆瓦以上的非洲国家有南非、埃及、摩洛哥、突尼斯和阿尔及利亚，装机容量分别为 6164 兆瓦、1856 兆瓦、934 兆瓦、506 兆瓦和 451 兆瓦。

2023 年全球光伏发电装机容量达到 1412.09 吉瓦，其中非洲光伏发电装机容量为 12.39 兆瓦，仅占全球光伏发电装机容量的 0.88%，光伏发电装机容量达 400 兆瓦以上的非洲国家分别为南非、埃及、突尼斯和阿尔及利亚，光伏发电装机容量分别为 5664 兆瓦、1836 兆瓦、506 兆瓦和 426 兆瓦。

2023 年全球光热发电装机容量达到 6876 兆瓦，其中非洲光热发电装机容量达 1085 兆瓦，占全球光热发电装机容量的 15.8%。在非洲，开发太阳能光热资源的国家有 4 个，分别为摩洛哥、南非、阿尔及利亚和埃及，光热发电装机容量分别为 540 兆瓦、500 兆瓦、25 兆瓦和 20 兆瓦。

2.4.5 地热能

非洲地热资源主要分布在东非大裂谷带、红海及西地区，其中肯尼亚、埃塞俄比亚、坦桑尼亚地热资源最为丰富，乌干达、卢旺达、吉布提、赞比亚已开始规划使用新的地热产能。非洲地热资源分布如图 2.12 所示。肯尼亚位于红海—亚丁湾—东非裂谷地热带，地热资源丰富，是非洲地热资源最丰富的国家，也是全球第八大地热资源国，据中非贸易研究中心分析，其潜在地热资源发电装机容量达到 7000 兆瓦。肯尼亚国家统计局 (KNBS) 数据显示，截至 2017 年底，地热能发电首次成为该国第一大发电来源，占肯尼亚全国总发电量的 45.9%。

根据 IRENA 统计数据^[4]，2023 年全球地热能发电装机容量达到 15.03 吉瓦，其中非洲地热能发电装机容量为 991 兆瓦，仅占全球地热能发电装机容量的 6.68%。在非洲，开发建设地热能资源的国家有 2 个，分别为肯尼亚和埃塞俄比亚，地热发电装机容量分别为 984 兆瓦和 7 兆瓦。



图 2.12 非洲地热资源分布图

2.4.6 生物质能

生物质能是指利用具有能源价值的植物和有机废弃物等生物质作为原料生产出的各种形式的能源。非洲拥有丰富的生物质能资源，生物质能在非洲能源结构中占比高达 55%。

根据 IRENA 统计数据^[4]，2023 年全球生物质发电装机容量达到 150.26 吉瓦，非洲生物质发电装机容量为 1901 兆瓦，仅占全球生物质发电装机容量的 1.27%。生物质发电装机容量达 100 兆瓦以上（含）的非洲国家有埃塞俄比亚、南非、苏丹、斯威士兰和津巴布韦，装机容量分别为 310 兆瓦、265 兆瓦、199 兆瓦、106 兆瓦和 100 兆瓦。

2.5.7 核能

核能在非洲具有非常大的开发潜力。铀是最重要的天然核燃料，非洲铀矿储量占世界铀矿储量的 30% 以上，其产量在世界上占有重要地位，主要分布在尼日尔、南非和纳米比亚三国，苏丹、乌干达、阿尔及利亚、科特迪瓦、中非、乍得、喀麦隆、安哥拉、津巴布韦、马拉维均有铀矿蕴藏。其中，纳米比亚和南非铀矿储量位居全球前列。非洲铀矿资源分布如图 2.13 所示。



图 2.13 非洲铀矿资源分布图

南非铀矿储量丰富，在科贝赫（Koeberg）运营着总装机容量达 1860 兆瓦的核电机组，

是非洲唯一运营的核电站。2022 年南非核能消费量达到 0.09 艾焦，核电发电量达 10.4 太瓦时，占全国总发电量的 4%。科贝赫核电厂 1、2 号机组分别于 1984 年和 1985 年投运，当前运行许可证有效期至 2024 年 7 月 24 日和 2025 年 11 月 9 日。南非国家电力公司(Eskom)于 2021 年 5 月向南非国家核监管机构(NNR)提交申请，拟为两台机组在 40 年初始寿期基础上延寿 20 年。2024 年 7 月，NNR 批准将科贝赫核电站 1 号机组使用寿命延长 20 年至 2044 年 7 月 21 日，目前对 2 号机组安全情况的评估仍在进行中，预计将在 2025 年底决定是否延长 2 号机组使用寿命。

国际原子能机构数据显示，目前全球考虑发展核电的近 30 个国家中，有三分之一在非洲。其中，埃及、加纳、肯尼亚、摩洛哥、尼日尔、尼日利亚和苏丹已经与国际原子能机构进行了接触，以评估其是否准备好开始核计划。阿尔及利亚、突尼斯、乌干达和赞比亚也在考虑开发核能的可能性^[7]。

3

非洲电力市场现状及趋势



第三章 非洲电力市场现状及趋势

3.1 电力市场现状

3.1.1 电源现状

非洲整体电力发展现状较为落后，普遍受到电力基础设施不足、电网建设薄弱、电力供应难以保障等制约影响，用电难、用电贵成为非洲经济社会发展的主要困难之一。根据 IRENA 发布的最新报告数据^[4]，截至 2023 年底，非洲电源总装机容量为 255.91 吉瓦，其中火电装机容量为 188.67 吉瓦，占比约为 73.7%；水电装机容量为 40.28 吉瓦，占比约为 15.7%；太阳能发电装机容量为 13.48 吉瓦，占比约为 5.3%；风电装机容量为 8.65 吉瓦，占比约为 3.4%；生物质与地热能发电装机容量为 2.89 吉瓦，占比约为 1.1%。核电装机容量为 1.9 吉瓦，占比约为 0.8%。非洲各类电源装机容量占比如图 3.1 所示。

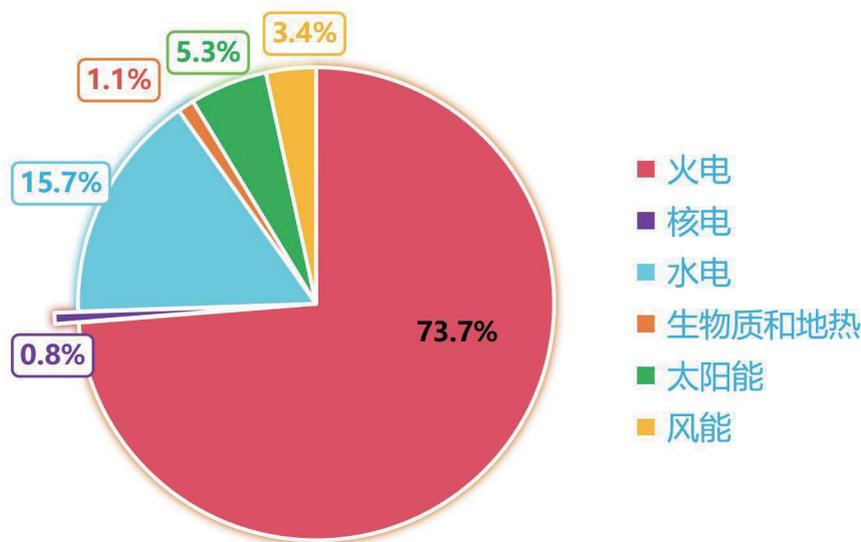


图 3.1 非洲各类电源装机容量占比图

近年来，非洲可再生能源电源装机容量发展迅速，2019 年至 2023 年间，非洲可再生能源装机容量从 50.4 吉瓦增加到约 62.1 吉瓦，其中，南非、摩洛哥、埃塞俄比亚、埃及可再生能源装机容量较多。非洲国家可再生能源装机容量情况详见表 3.1。非洲可再生能源装机容量中，水电规模最大，截至 2023 年装机规模达 40.28 吉瓦，其中抽水蓄能发电装机容量为 3196 兆瓦，仅分布在摩洛哥和南非两国。非洲国家水电装机容量情况以及抽

水蓄能发电装机容量情况详见表 3.2 和表 3.3^[4]。

表 3.1 非洲国家可再生能源装机容量情况

单位：MW

五大区域	国别	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年
北部非洲	阿尔及利亚	604	585	505	590	590
	埃及	5690	5934	6258	6322	6709
	利比亚	5	5	6	6	8
	摩洛哥	3272	3522	3638	3725	4105
	南苏丹	1	1	1	15	28
	苏丹	1761	1798	1817	1817	1817
	突尼斯	391	406	406	508	817
中部非洲	中非	19	19	19	19	44
	喀麦隆	826	827	827	828	864
	乍得	4	4	4	5	5
	赤道几内亚	378	604	829	830	830
	加蓬	332	332	332	332	332
	刚果（金）	2632	2632	2632	2961	3201
	刚果（布）	226	227	227	227	227
	圣多美和普林西比	2	2	2	2	2
南部非洲	南非	8014	9523	9827	10505	10623
	安哥拉	3448	3782	3782	4066	4091
	博茨瓦纳	6	6	6	6	6
	津巴布韦	1192	1194	1208	1221	1221
	科摩罗	3	3	2	5	5
	莱索托	75	75	75	251	252
	马达加斯加	198	197	197	197	197
	马拉维	472	472	551	592	592
	毛里求斯	262	270	272	270	270
	马约特岛	17	19	30	30	31
	莫桑比克	2307	2310	2310	2351	2351
	纳米比亚	504	508	508	533	533
	斯威士兰	169	169	179	179	179
	赞比亚	2531	2532	2838	3297	3332
西部非洲	贝宁	3	3	3	28	28
	布基纳法索	91	91	92	123	214
	科特迪瓦	883	885	887	888	925
	多哥	72	74	124	124	124
	佛得角	54	54	61	76	76
	几内亚	378	604	829	830	830
	几内亚比绍	1	1	1	1	1
	冈比亚	3	3	3	3	3
	加纳	1676	1700	1758	1761	1761
	利比里亚	96	96	96	96	96
	马里	367	418	449	593	593

五大区域	国别	2019年	2020年	2021年	2022年	2023年
	毛里塔尼亚	122	122	122	123	260
	尼日尔	27	27	27	62	92
	尼日利亚	2157	2216	2245	2274	2984
	塞内加尔	253	357	423	446	446
	塞拉利昂	99	99	99	104	104
东部非洲	吉布提	0	0	20	20	80
	布隆迪	54	54	61	76	76
	厄立特里亚	27	27	26	26	26
	埃塞俄比亚	4451	4713	4759	5589	5545
	肯尼亚	2085	2297	2472	2660	2736
	留尼汪	436	445	463	470	474
	卢旺达	135	145	145	150	150
	塞舌尔	10	13	19	20	20
	索马里	11	19	27	51	54
	坦桑尼亚	682	686	686	687	687
	乌干达	1178	1196	1198	1224	1224
非洲合计		50429	53812	55665	59398	62107

表 3.2 非洲国家水电装机容量情况

单位：MW

五大区域	国别	2019年	2020年	2021年	2022年	2023年
北部非洲	阿尔及利亚	228	209	129	129	129
	埃及	2832	2832	2832	2832	2832
	摩洛哥	1770	1770	1770	1770	1770
	苏丹	1482	1482	1482	1482	1482
	突尼斯	62	66	66	66	66
中部非洲	中非	19	19	19	19	19
	喀麦隆	812	812	812	814	814
	赤道几内亚	127	127	127	127	127
	加蓬	331	331	331	331	331
	刚果（金）	2608	2608	2608	2932	3172
	刚果（布）	214	214	214	214	214
	圣多美和普林西比	2	2	2	2	2
南部非洲	南非	3480	3480	3484	3484	3484
	津巴布韦	781	1081	1081	1081	1081
	安哥拉	3395	3729	3729	3729	3729
	莱索托	74	74	74	74	74
	马达加斯加	164	164	164	192	193
	马拉维	373	373	392	392	392
	毛里求斯	61	61	61	61	61
	莫桑比克	2191	2192	2192	2192	2192
	纳米比亚	347	351	351	351	351
	斯威士兰	62	62	62	62	62
西部非洲	赞比亚	2398	2398	2399	2400	2705
	贝宁	1	1	1	1	1



五大区域	国别	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年
	布基纳法索	35	35	35	35	37
	科特迪瓦	879	879	879	879	879
	多哥	67	67	67	67	67
	几内亚	364	589	814	814	814
	加纳	1584	1584	1584	1584	1584
	利比里亚	93	93	93	93	93
	马里	315	315	315	455	455
	尼日利亚	2111	2151	2151	2151	2851
	塞拉利昂	61	61	61	61	61
东部非洲	埃塞俄比亚	3817	4071	4071	4821	4883
	科摩罗	1	1	1	1	1
	布隆迪	48	48	48	63	63
	肯尼亚	852	854	858	858	859
	留尼汪	133	133	133	134	134
	卢旺达	109	119	119	124	124
	坦桑尼亚	596	598	598	599	599
	乌干达	1004	1011	1011	1033	1033
非洲合计		36187	37047	37527	39273	40278

表 3.3 非洲国家抽水蓄能发电装机容量情况

单位：MW					
装机容量 (MW)	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年
摩洛哥	464	464	464	464	464
南非	2732	2732	2732	2732	2732
非洲合计	3196	3196	3196	3196	3196

相比之下，风电和太阳能发电等新能源发电装机容量在非洲可再生能源中的占比相对较低。截至 2023 年，非洲风电装机容量为 8654 兆瓦，主要集中在南非、摩洛哥、埃及和肯尼亚等国家；太阳能发电装机容量为 13479 兆瓦，主要集中在南非、埃及、摩洛哥和阿尔及利亚，其中光伏发电装机容量为 12394 兆瓦，光热发电装机容量 1085 兆瓦，主要集中在阿尔及利亚、南非、埃及、摩洛哥^[4]。非洲国家风电、光伏发电、光热发电装机容量情况详见表 3.4、表 3.5、表 3.6。生物质能发电也是非洲国家日益重视的能源品种之一，截至 2023 年底，非洲国家生物质能发电装机容量为 1901 兆瓦，装机容量情况详见表 3.7。其他可再生能源方面，非洲地热资源较为丰富，主要集中在东部非洲地区，地热可开发潜力超过 15 吉瓦，但目前整体开发利用程度较低。其中，肯尼亚拥有丰富的地热资源，装机容量为 984 兆瓦，另外，埃塞俄比亚、吉布提、厄立特里亚、坦桑尼亚和乌干达等东部非洲国家也正在积极筹备开发地热资源。非洲国家地热能装机容量情况详见表 3.8^[4]。

表 3.4 非洲国家风电装机容量情况

单位：MW

五大区域	国别	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年
北部非洲	阿尔及利亚	10	10	10	10	10
	埃及	1132	1380	1640	1643	1890
	摩洛哥	1225	1435	1471	1558	1858
	突尼斯	245	245	245	245	245
中部非洲	乍得	1	1	1	1	1
南部非洲	南非	2094	2516	2495	3163	3442
	纳米比亚	5	5	5	5	5
	毛里求斯	11	11	11	11	11
西部非洲	佛得角	27	27	27	27	27
	塞内加尔	55	159	159	159	159
	冈比亚	1	1	1	1	1
	毛里塔尼亚	34	34	34	34	34
东部非洲	厄立特里亚	1	1	1	1	1
	埃塞俄比亚	324	324	324	404	324
	肯尼亚	336	336	436	436	436
	留尼汪	17	17	17	15	15
	索马里	4	4	4	4	4
	塞舌尔	6	6	6	6	6
	吉布提	0	0	20	20	80
	坦桑尼亚	0	2	2	2	2
非洲合计		5528	6514	6909	7745	8654

表 3.5 非洲国家光伏发电装机容量情况

单位：MW

五大区域	国别	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年
北部非洲	阿尔及利亚	341	341	341	426	426
	埃及	1627	1623	1643	1704	1836
	摩洛哥	194	234	314	314	394
	利比亚	5	5	6	6	8
	南苏丹	1	1	1	15	28
	苏丹	80	117	136	190	190
	突尼斯	80	95	95	197	506
中部非洲	喀麦隆	14	14	14	14	50
	刚果（金）	22	22	22	25	25
	刚果（布）	0	1	1	1	1
	加蓬	0	0	1	1	1
	中非	0	0	0	0	25
	乍得	1	1	1	2	2
南部非洲	南非	4408	5494	5816	5826	5664
	安哥拉	1	1	1	285	310
	博茨瓦纳	6	6	6	6	6
	津巴布韦	12	14	28	41	41
	马达加斯加	33	33	33	59	59



五大区域	国别	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年
	马拉维	80	80	140	181	181
	马约特岛	17	19	30	30	31
	毛里求斯	99	108	110	108	108
	莫桑比克	41	42	42	83	83
	纳米比亚	151	151	151	176	176
	斯威士兰	1	1	11	11	11
	赞比亚	89	89	89	89	124
	莱索托	0	0	1	1	29
西部非洲	贝宁	3	3	3	28	28
	布基纳法索	55	56	57	87	177
	科特迪瓦	4	6	8	9	46
	多哥	5	7	57	57	57
	佛得角	14	15	17	23	26
	几内亚	14	15	15	16	16
	几内亚比绍	1	1	1	1	1
	冈比亚	2	2	2	2	2
	加纳	83	108	165	169	169
	利比里亚	3	3	3	3	3
	马里	11	62	93	97	97
	毛里塔尼亚	88	88	88	89	123
	尼日尔	27	27	27	62	92
	尼日利亚	37	53	73	102	112
	塞内加尔	173	173	240	263	263
塞拉里昂	4	4	4	9	9	
东部非洲	布隆迪	2	2	9	9	9
	厄立特里亚	26	26	25	25	25
	埃塞俄比亚	12	20	21	21	21
	肯尼亚	126	146	216	318	358
	留尼汪	199	207	224	234	239
	卢旺达	25	25	25	25	25
	塞舌尔	4	7	13	14	14
	索马里	7	16	24	47	51
	坦桑尼亚	16	16	16	16	16
	乌干达	78	88	90	95	95
	科摩罗	1	1	0	4	4
非洲合计		8327	9671	10550	11617	12394

表 3.6 非洲国家光热发电装机容量情况

单位：MW

国别	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年
阿尔及利亚	25	25	25	25	25
埃及	20	20	20	20	20
摩洛哥	540	540	540	540	540
南非	500	400	500	500	500
非洲合计	1085	1085	1085	1085	1085

表 3.7 非洲国家生物质能发电装机容量情况

单位：MW

五大区域	国别	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年
北部非洲	埃及	79	79	123	123	131
	摩洛哥	7	7	7	7	7
	苏丹	199	199	199	199	199
中部非洲	加蓬	1	1	1	1	1
	刚果（金）	3	3	3	3	3
	刚果（布）	12	12	12	12	12
	乍得	2	2	2	2	2
南部非洲	南非	265	265	265	265	265
	安哥拉	51	51	51	51	51
	津巴布韦	100	100	100	100	100
	马拉维	19	19	19	19	19
	莫桑比克	75	75	75	75	75
	斯威士兰	106	106	106	106	106
	赞比亚	43	43	43	43	43
	毛里求斯	91	91	91	91	91
西部非洲	布基纳法索	1	1	1	1	1
	马里	41	41	41	41	41
	尼日利亚	9	13	21	21	21
	加纳	8	8	8	8	8
	塞内加尔	25	25	25	25	25
	塞拉利昂	34	34	34	34	34
东部非洲	布隆迪	4	4	4	4	4
	坦桑尼亚	70	70	70	70	70
	乌干达	96	96	96	96	96
	卢旺达	1	1	1	1	1
	埃塞俄比亚	290	290	335	335	310
	肯尼亚	88	99	99	99	99
	留尼汪	87	87	87	86	86
非洲合计		1807	1821	1919	1918	1901

表 3.8 非洲国家地热能发电装机容量情况

单位：MW

国别	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年
埃塞俄比亚	7	7	7	7	7
肯尼亚	684	863	863	949	984
非洲合计	691	870	870	956	991

3.1.2 电网现状

非洲电网整体发展较为落后，输电基础设施不足是撒哈拉以南非洲电力供应不足的一

个重要原因。目前，非洲仅有约 1/6 的国家电网覆盖率超过 30%，许多国家低于 10%，撒哈拉以南非洲更有约 6 亿无电人口^[8]，生活在农村地区的非洲居民中，只有大约 5% 的人能够获得电力服务，主要原因是居民点分布稀疏、经济活动水平低、距离现有电网较远和人口密度低等。非洲电网现状图如图 3.2 所示。

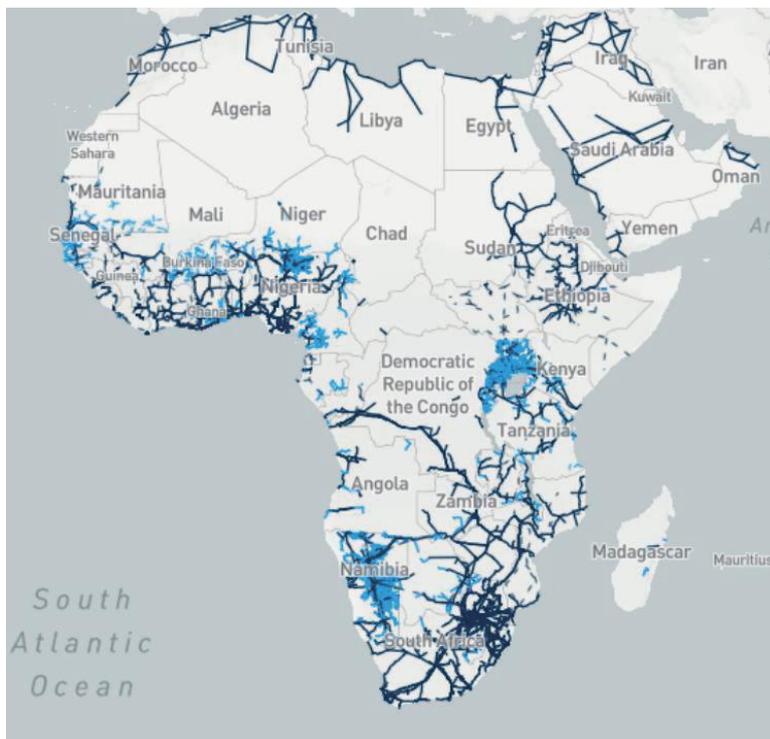


图 3.2 非洲电网现状图

非洲目前有五个电力联合体（亦即电力池），分别为东部非洲电力池（EAPP）、北部非洲电力池（也称马格里布电力池，COMELEC）、中部非洲电力池（CAPP）、西部非洲电力池（WAPP）和南部非洲电力池（SAPP），覆盖除索马里、厄立特里亚、南苏丹、毛里求斯、科摩罗以外的 49 个非洲国家^[9]。东部非洲电力池成立于 2005 年，共覆盖了 27 个非洲国家。马格里布电力池成立于 2000 年，是非洲五大电力池组织中唯一与其他大洲实现联通的电力系统。中部非洲电力池成立于 2003 年，共覆盖 15 个非洲国家。西部非洲电力池成立于 2000 年，共覆盖 14 个国家。西部非洲国家电力产能普遍较为充足，各国集中富余电力资源开展如福米水电站、苏阿皮蒂水电站等大型跨国基础设施建设工程。南部非洲电力池成立于 1995 年。非洲五大电力池示意图如图 3.3 所示。

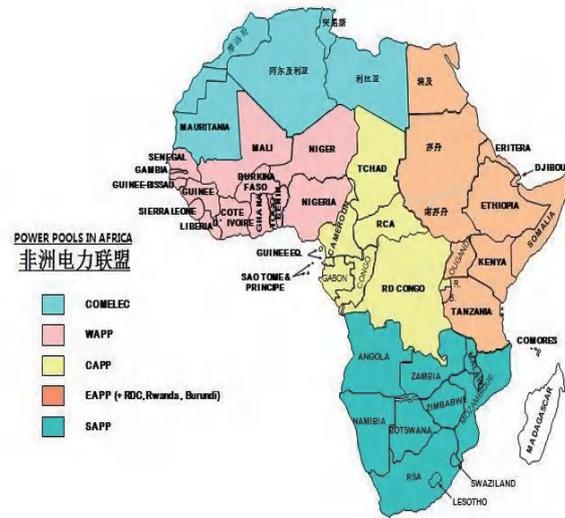


图 3.3 非洲五大电力池示意图

电力池内成员国间以及各电力池之间均建成或规划有电力线路进行电能交换。另外，毛里求斯、马达加斯加、佛得角等岛国运行有独立电网。目前，非洲电力池组织主要承担两项任务：一是协调电力富余国向电力赤字国输送电力资源，实现区域电力资源合理配置；二是集中区域内人力、物力和电力资源，为区域内能源基础设施重点项目建设服务。

根据世界银行报告^[10]，到 2050 年，非洲人口预计将达到近 24 亿，用电需求快速增长，电力问题亟须解决。目前，非洲各大电力池组织以水力、风力、光伏等清洁能源为主要发电途径，不仅为非洲绿色发展提供助力，也为非洲各区域合理利用电力资源提供了便利。在清洁能源的获取和推广方面，非洲国家拥有后发优势，未来应坚持通过电力池组织加强区域电力能源合作，凝聚共识，把握市场短期增长效益与长远发展的思维方式，合理配置资源，造福非洲大陆。

案例 3.1：埃塞俄比亚—肯尼亚高压输电线路

为更加合理地利用区域内电能资源，2006 年 5 月，埃塞俄比亚和肯尼亚两国政府签署谅解备忘录，决定建设埃塞俄比亚—肯尼亚高压输电线路。该项目被称为“东非电力高速公路”，是非洲大陆首条跨国直流输电联网工程，也是东部非洲电力互联规划主干线路。

2022 年 11 月，中国国家电网公司所属中国电力技术装备有限公司总承包实施的埃塞俄比亚—肯尼亚±500 千伏直流输电工程进入试运行阶段。项目完工后，不仅两国内部的电能资源得到了更加充分的开发利用，用电缺口问题得到缓解，同时将实现东部非洲电力基础设施与电网互联协调发展，为未来纵向连接北部非洲和南部非洲电网打下基础。



案例 3.2：几内亚苏阿皮蒂水电站

在西部非洲电力池 14 个成员国中，几内亚也曾是电力短缺国，需要从周边国家进口电力能源。尽管十分缺电，几内亚的电能储备却十分丰富。受赤道多雨气候影响，几内亚每年平均降雨量为 150 英寸，被称为“西非水塔”，水电潜力预估超过 6000 兆瓦。

为改善几内亚及周边国家电力紧缺的局面，2016 年 4 月，中国电建三局承建的苏阿皮蒂水利枢纽工程正式开工。该项目是中几两国双边经贸合作下最大的投资项目，也是几内亚乃至西部非洲地区坝体最高、库容最大、装机规模最大的水利枢纽工程，更是中国“一带一路”重点工程，也被誉为几内亚的“三峡工程”。

2021 年 11 月，首台机组顺利发电。截至目前，苏阿皮蒂电站累计发电量约 19.08 亿千瓦时，创造直接经济效益 1.75 亿元。该项目不仅促进了几内亚经济发展，还将几内亚盈余电力产能输送至塞内加尔、几内亚比绍、塞拉利昂、利比里亚和马里等周边国家，使几内亚正式成为西部非洲电力输出国。

2023 年，该项目荣获中国建设工程“鲁班奖”（境外工程）。

案例 3.3：摩洛哥—西班牙电力联网工程

1997 年 8 月，首个摩洛哥—西班牙电力联网工程正式投入运行，非洲与欧洲电网实现互联。该项目年输送能力为 2.5 亿千瓦时，相当于一座 300 兆瓦的热电厂的年发电能力，占摩洛哥一年电力产能的 20%。

为进一步扩大能源交换市场，两国之间的第二条海底电缆于 2016 年夏季投入使用；第三条电缆正在建设，预计于 2026 年之前投入使用。

3.1.3 用电现状

非洲电力发展水平较低，电力供应不足已成为制约其经济发展的关键。非洲国家人均用电量世界最低，发电量不足、电气化发展与人口增长不协调、供电服务频繁中断、新能源开发程度较低、电力投资严重不足等问题较为突出。

（1）电力系统情况

目前，非洲电力工业主要集中在南部非洲和北部非洲的埃及、利比亚、阿尔及利亚、摩洛哥等国家，合计发电量占非洲总发电量的 3/4 以上，电源类型以火电为主。其他国家的电力工业基本上都由中小水电支撑，电网规模也较小。非洲总体人均年用电量不足 550

千瓦时，许多国家人均年用电量低于 100 千瓦时。非洲 54 个国家中，电气化水平较高只有南非、埃及、突尼斯、利比亚、阿尔及利亚、摩洛哥、毛里求斯、加纳、科特迪瓦等国，非洲整体电力系统亟待发展。

(2) 电力可及情况

根据 IEA 数据^[11]，2022 年非洲大陆约有 6 亿人口（占总人口的 43%）缺少电力供应，其中大部分人口生活在撒哈拉以南非洲国家。无电人口主要集中在刚果（金）、埃塞俄比亚、尼日利亚、坦桑尼亚和乌干达。非洲无电人口趋势如图 3.4 所示。

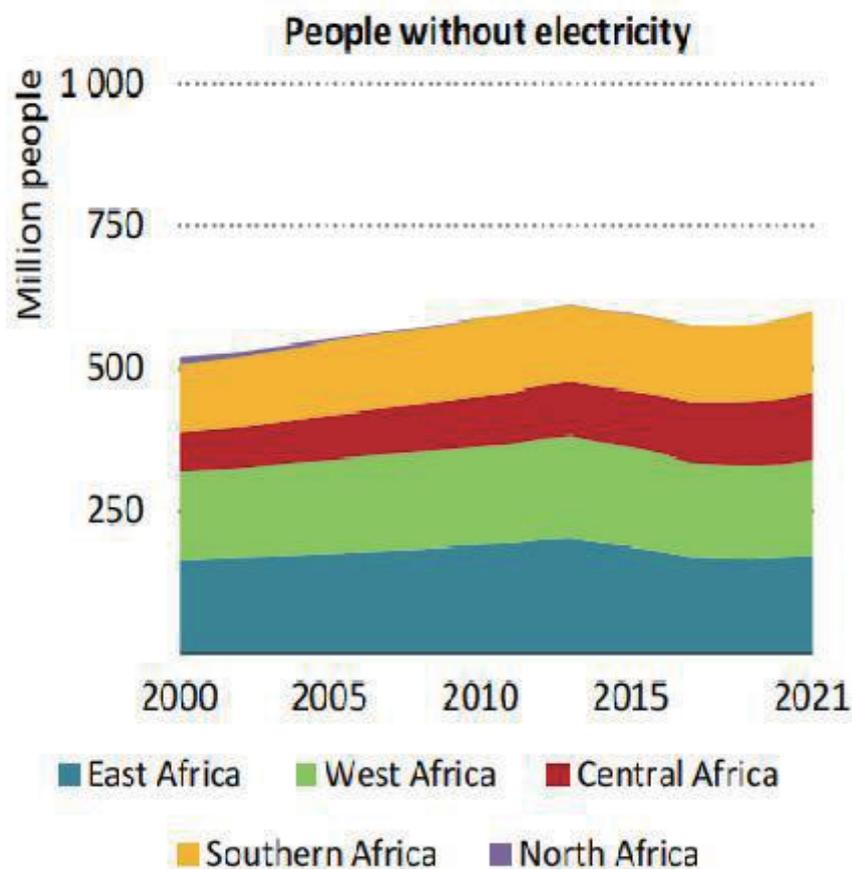


图 3.4 非洲无电人口趋势图

(3) 电力消费情况

当前非洲人均年用电量约 550 千瓦时，相比之下，全球人均年用电量约 3300 千瓦时，中国人均年用电量约 5364 千瓦时，美国人均年用电量约 10984 千瓦时，非洲整体用电情况还处在一个很低的水平^[9]。同时，由于非洲大部分国家电源紧缺，无法满足社会经济发展对用电负荷的需求，且输电网和配电网设施存在不同程度的陈旧与老化情况，输配电损



耗较高，加上盗电行为频发，导致非洲整体电价长期保持在较高水平，居民用电价格基本是中国现行电价标准的 2~4 倍，这也给当地经济发展带来一定阻碍。

非洲能源转型面临解决电力可及性与实现能源转型的双重挑战。非洲居民用电困难已经成为各国政府亟须解决的首要问题之一，城市化的快速发展，以及人口和经济的增长，都对非洲的发电能力和输配电网建设水平提出了更高要求，各类基础设施建设、工业化进程对电力供给的需求也都在逐步增大，未来非洲电力市场消纳能力将逐年提高。

3.2 电力市场发展趋势

近期，IRENA 发布了关于非洲电力系统及可再生能源发展现状的报告^[12]，报告按照现有发展情景、积极发展情景和跨越式发展情景三种情景，对非洲可再生能源发展进行了规划和预测分析，预测结果见表 3.9。随着非洲经济的发展和当地居民生活水平的提高，到 2030 年，非洲的电力需求预计将增长为 2020 年的 2 倍。按这一发展水平，到 2030 年，非洲电力部门每年平均需要投资 700 亿美元，其中可再生能源领域的投资每年高达 320 亿美元，这将为非洲可再生能源的开发和部署提供巨大动力。

表 3.9 非洲可再生能源发展需求

发展情景	情景假设	项目	单位	2025 年	2030 年	2050 年
现有发展情景	参照现状数据，考虑未来增速水平	可再生能源占比	%	25	30	45
		可再生能源总装机容量	GW	79.2	127.7	289.6
		新增可再生能源装机容量	GW	25.5	74	171
		新增可再生能源电量	TWh	48.8	155.4	316
积极发展情景	利好政策影响	可再生能源占比	%	30	35	50
		可再生能源总装机容量	GW	95.1	148.9	321.8
		新增可再生能源装机容量	GW	41.4	95.2	202.8
		新增可再生能源电量	TWh	58.5	181.3	375
跨越式发展情景	非洲各国积极开发，占比大幅增加	可再生能源占比	%	35	40	55
		可再生能源总装机容量	GW	110.9	170.2	353.9
		新增可再生能源装机容量	GW	57.2	116.5	235.1
		新增可再生能源电量	TWh	68.2	207.2	435

(1) 现有发展情景

现有发展情境下，参照当前区域可再生能源装机容量及发电量在该区域总装机容量和

发电量中的占比，以及当前可再生能源装机容量增速水平。2025年非洲可再生能源总装机容量为79.2吉瓦，其中新增可再生能源装机容量为25.5吉瓦；2030年非洲可再生能源总装机容量为127.7吉瓦，其中新增可再生能源装机容量为74吉瓦；2050年非洲可再生能源总装机容量为289.6吉瓦，其中新增可再生能源装机容量为171吉瓦。

（2）积极发展情景

积极发展情景下，区域可再生能源在积极发展情景的基础上，加大可再生能源发展鼓励政策优惠力度，并参考IEA、IRENA相关能源政策研究及预测成果。2025年非洲可再生能源总装机容量为95.1吉瓦，其中新增可再生能源装机容量为41.4吉瓦；2030年非洲可再生能源总装机容量为148.9吉瓦，其中新增可再生能源装机容量为95.2吉瓦；2050年非洲可再生能源总装机容量为321.8吉瓦，其中新增可再生能源装机容量为202.8吉瓦。

（3）跨越式发展情景

跨越式发展情景下，参照各国制定的NDC自主减排目标，以促进可持续发展为目标，积极开发可再生能源，提升区域可再生能源消费在最终能源消费总额中的占比，考虑区域可再生能源在现有发展水平的基础上，稳步提高开发速度，增加可再生能源电力装机容量及发电量占比。2025年非洲可再生能源总装机容量为110.9吉瓦，其中新增可再生能源装机容量为57.2吉瓦；2030年非洲可再生能源总装机容量为170.2吉瓦，其中新增可再生能源装机容量为116.5吉瓦；2050年非洲可再生能源总装机容量为353.9吉瓦，其中新增可再生能源装机容量为235.1吉瓦。

3.3 中国可再生能源投资机遇及对非影响

过去十年，中国已成为非洲可再生能源项目的重要投资者。非洲太阳能、风能、水能资源丰富，可再生能源发展潜力巨大。与此同时，大多数非洲国家面临严重的能源短缺，严重依赖化石燃料发电。这种能源需求和资源禀赋结合，使非洲大陆对中国而言，成为了极具吸引力的可再生能源投资目的地。中国对非洲可再生能源的投资正处于快速发展阶段，这一趋势预计在未来几年将持续上升。随着全球对低碳经济转型的需求加大，以及非洲自身能源需求的增长，中国的可再生能源企业将在非洲的能源发展中发挥越来越重要的作用。这种合作不仅有力推动非洲的可持续发展进程，也有助于中国在全球能源市场中更好地实施战略布局，并加速实现其绿色发展目标。

4

中非可再生能源合作



第四章 中非可再生能源合作

4.1 中非能源合作历程

中非能源电力合作历史源远流长，经历了国家对外援助、油气合作为主、电力工程承包、清洁能源合作四个阶段。

第一阶段（国家对外援助）：20世纪50年代以来，中国对坦桑尼亚、埃塞俄比亚、苏丹、尼日利亚等多个非洲国家开展了电力援助，涵盖了发电、送电、配电、用电等四个环节。进入新世纪以来，我国鼓励各类企业实施“走出去”战略。

第二阶段（油气合作为主）：从1995年到2004年，以中石油为主的中国石油企业在苏丹（包含现在的南苏丹）、阿尔及利亚等北部非洲国家进行大规模的油气投资与建设运营活动。从2005年至2010年，以中石化、中海油、中石油为主的中国三大石油行业的中央企业在西部非洲地区实现了“多点突破”。从2010年至2015年，ENI（意大利国家石油公司）、安纳达科（美国独立石油公司）在南部非洲的莫桑比克和东部非洲的坦桑尼亚发现了世界级的天然气田，中石油于2013年3月斥资42亿美元，成功收购了ENI运营的关键区块20%的权益。

第三阶段（电力工程承包）：中国从事非洲基础设施建设的历史要追溯到改革开放前的对外援助，习近平主席于2013年提出了建设“一带一路”国际合作倡议，标志着中非电力合作进入了能源领域全面合作新时期。

第四阶段（清洁能源合作）：2015年12月，在南非举行的约翰内斯堡中非合作论坛上，习近平主席首次提到了中非“十大合作计划”，支持非洲实施100个清洁能源项目。为确保计划顺利实施，中方决定提供600亿美元的资金支持。据初步统计，“十大合作计划”实施以来，中资企业在非洲已建成和在建项目将帮助非洲新增近2万兆瓦的发电能力和3万多千米的输变电路。

2018年，中非能源合作中心提出中方将同非洲国家在中国-非盟能源伙伴关系框架下加强能源领域务实合作，共同提高非洲电气化水平，增加清洁能源比重，逐步解决能源可及性问题，推动双方实现能源可持续发展。中方将尽快根据中国-非盟能源伙伴关系的谅解备忘录及其他相关文件，向非洲联盟派遣技术团队，继续加强双方在能源领域的政策对话和技术交流，对接能源发展战略，开展联合研究。中方将支持非洲国家开展水资源规划、



流域综合规划等专业规划编制工作。

2018 年 9 月，中非合作论坛北京峰会提出中非双方一致决定构建更加紧密的中非命运共同体，实施中非合作“八大行动”，其中“设施联通行动”强调要加强在能源领域的合作。2019 年，在第二届“一带一路”国际合作高峰论坛期间，“一带一路”能源合作伙伴关系成立，截至目前，该多边机制已有 33 个成员国，其中包括阿尔及利亚、乍得、赤道几内亚、尼日尔、刚果（布）、苏丹、佛得角、冈比亚等多个非洲国家。

2021 年 11 月，国家主席习近平在中非合作论坛第八届部长级会议上提出中国将同非洲国家密切配合，制定了《中非合作 2035 年愿景》，共同实施“九项工程”。会议通过《中非合作论坛——达喀尔行动计划（2022—2024）》和《中非应对气候变化合作宣言》。中方将与非方共同倡导绿色低碳理念，大力发展太阳能、风能等可再生能源，为非洲援助实施绿色环保和应对气候变化项目，在非洲建设低碳示范区和适应气候变化示范区，在技术、能力建设等方面提供切实支持。中国将支持非洲提高水能、核能等清洁能源利用比例，基于各国发展水平和能源需求，积极开发可再生能源，通过分布式供电技术为非洲偏远地区提供稳定、可负担的电力供应，支持光伏产业发展。

2023 年 8 月，《中非领导人对话会联合声明》提出，双方将继续促进中非高质量共建“一带一路”合作同非洲联盟《2063 年议程》、非洲各国发展战略紧密对接，推动中非合作提质升级。在第三届“一带一路”国际合作高峰论坛上，中国商务部与南非总统府电力部签署了关于推动新能源电力投资合作的框架协议，中非双方共同启动实施“一带一路”生态环保人才互通计划和“非洲光带”项目。

2024 年 9 月 4—6 日，中非合作论坛北京峰会上，习近平主席在题为《携手推进现代化，共筑命运共同体》的主旨讲话中指出：中方愿帮助非方打造“绿色增长引擎”，缩小能源可及性差距，坚持共同但有区别的责任原则，共同推动全球绿色低碳转型，中方愿在非洲实施 30 个清洁能源项目。为推动“十大伙伴行动”实施，未来 3 年，中国政府愿提供 3600 亿元人民币额度的资金支持。

中非在能源领域的合作历程表明，中国和非洲历来是休戚与共的命运共同体，是合作共赢的利益共同体。中国长期致力于帮助非洲解决电力开发及供应问题，在政府、企业等不同层面逐步建立了合作平台及通道，极大地促进了非洲经济发展和民生改善。目前，中国同非洲各国在能源、电力等领域展开了广泛而深入的合作，项目涵盖水电、火电、风电、

光伏发电、地热发电、核电等电源建设项目，以及电网建设、电网升级改造等一系列合作项目，见表 4.1。上述项目的成功实施，不仅为我国企业创造了效益，同时也极大地促进了非洲各国经济社会发展，最终造福了非洲各国人民。

表 4.1 中非可再生能源相关国际合作机制

时间	合作机制名称	主要内容
2015 年	中非合作论坛约翰内斯堡峰会	提出未来 3 年同非方重点实施的“十大合作计划”，中方提供总额 600 亿美元资金支持。公布的第二份《中国对非洲政策文件》，要求以“绿色、可再生”原则创新中非能源合作模式，可再生能源开发合作被正式列为中国对非洲政策的优先议程
2017 年	中非可再生能源合作与创新联盟（CARECIA）	中非签订谅解备忘录，同意通过新能源合作增加非洲新能源发电量。中国智能电网专家、新能源设备制造商将提供所需技术和金融支持
2018 年	中非合作论坛北京峰会	中国将同非洲共同实施产业促进、设施联通、贸易便利、绿色发展、能力建设、健康卫生、人文交流、和平安全“八大行动”
2020 年	《中华人民共和国政府与非洲联盟关于共同推进“一带一路”建设的合作规划》	将有效推动共建“一带一路”倡议同非洲联盟《2063 年议程》深度对接，为中非高质量共建“一带一路”开启了崭新篇章
2021 年	中非合作论坛第八届部长级会议	中国将同非洲国家密切配合，共同实施“九项工程”。其中，绿色发展工程将为非洲援助实施 10 个绿色环保和应对气候变化项目，支持“非洲绿色长城”建设，在非洲建设低碳示范区和适应气候变化示范区
2021 年	《中非合作 2035 年愿景》	确立中长期合作方向和目标，推动构建更加紧密的中非命运共同体
2021 年	《中非应对气候变化合作宣言》	提出建立新时代中非应对气候变化战略合作伙伴关系，开启中非推进绿色低碳发展新篇章
2024 年	中非合作论坛北京峰会	中国愿同非方共同发表《中非关于在全球发展倡议框架内深化合作的联合声明》，共建全球发展促进中心网络，援助实施 1000 个“小而美”民生项目

4.2 中国投资趋势

中国是非洲清洁能源领域最大的公共融资来源国，根据 IRENA 的统计，2010—2019 年非洲清洁能源领域（含项目开发、项目规划、技术转移等）共获得 647 亿美元的公共资金支持，中国是第一大出资方，提供了 51% 的金额。这有力保障了非洲各类清洁能源项目的顺利落地，破解各国开发缺资金的燃眉之急。非洲气候基金会和自然资源保护委员会以及波士顿大学全球发展政策中心联合发布的报告显示，自 2000 年以来，中国已在非洲提供了超过 130 亿美元的资金，并开发了超过 10 吉瓦的清洁能源产能。2010 年至 2020 年，



非洲可再生能源利用率年均增长 26%，其中太阳能发电、水电和风电是排名前三的技术。

（1）政策驱动

2021 年，中国已承诺不再新建境外煤电项目，大力支持发展中国家能源绿色低碳发展，并将在 2030 年基本形成共建“一带一路”绿色发展格局，这一转向将直接加速中国海外能源投资向低碳化转变，有望为包括非洲国家在内的发展中国家清洁能源开发提供更多公共资金。可再生能源海外投资已成为中资国际工程投资商、承包商及设备制造商等相关方关注和布局的热点领域。近年来相关部门发布的《2030 年前碳达峰行动方案》《对外投资合作绿色发展工作指引》，以及《“一带一路”绿色能源合作青岛倡议》等相关政策，进一步指明了推进“一带一路”绿色发展建设的重要方向。中国将深度参与全球气候治理，加快“一带一路”在绿色能源、绿色金融等领域的合作。

（2）市场规模

中国对非洲可再生能源领域的投资规模正日益增长，且覆盖面广泛，尤其是在资源丰富的国家，如埃塞俄比亚、肯尼亚和南非。IRENA 统计数据显示，2000—2009 年，中国对非洲可再生能源领域的平均年投资额不到 5 亿美元，但 2010—2020 年间，该数字增长了十倍，年均约 50 亿美元。投资形式也逐步趋于多样化，虽然太阳能和风能项目占据了中国在非洲可再生能源投资的大部分，但水电和地热能等其他形式的可再生能源项目也在逐步增加。中国企业不仅投资于能源生产，还涉足能源基础设施建设，如电网建设和改造项目。

（3）技术进步

投资趋势不仅仅局限于资金注入，还包括技术转移和能力建设。近年来，中国在可再生能源技术（特别是太阳能和风能）领域取得了显著进展。中国企业在光伏组件和风力涡轮机制造方面处于世界领先地位，并且在成本控制和规模化生产方面具有竞争优势。这些技术的出口不仅有助于中国企业拓展国际市场，也有助于非洲国家建立更为环保和经济的能源系统。此外，中国在电池存储技术和智能电网解决方案方面的创新，也为非洲解决电网不稳定和电力覆盖不足等问题提供了有效手段。

（4）合作领域

中国对非洲可再生能源的投资领域不断拓展，从传统的水电、光伏、风电等领域向氢能、智能电网等前沿技术领域延伸。中国企业在非洲不仅建设了大量的光伏电站和风电场，

还积极参与氢能项目的开发和智能电网的建设。这些前沿技术项目的实施，不仅有助于提升非洲能源供应的可靠性和稳定性，还有助于推动非洲能源结构的优化和升级。

（5）合作模式

中国企业对非洲可再生能源的投资呈现出多样化的特点，合作模式不断创新。一方面，中国企业通过 EPC（工程、采购、施工）总承包等模式，为非洲国家提供一站式能源解决方案；另一方面，中国企业还与非洲本地企业、金融机构等建立合作伙伴关系，共同开展可再生能源项目的投资和运营。这些模式不仅有助于分担风险和分享资源，还有助于结合各方的优势，提高项目的成功率和效率。此外，中国企业常常通过提供项目融资和技术支持，与非洲国家建立长期的合作关系，这有助于中国在全球能源治理中发挥更大的影响力。

4.3 对非能源结构影响

中国的投资极大地改变了非洲的能源结构，并帮助许多国家向可再生能源电力转型。自 2000 年以来，中国已资助和开发了撒哈拉以南非洲约三分之一的新增并网可再生能源发电能力。目前，中非可再生能源合作主要领域是水电、太阳能发电和风电，合作方式以项目投资和工程总承包为主。近年来，中国企业也以绿地投资方式在非洲开展可再生能源项目。据国际投资数据库统计，截至 2022 年 3 月，中国企业以绿地投资方式在非洲共投资了 15 个可再生能源项目，金额合计约 45 亿美元，主要集中在赞比亚、埃及、加纳、摩洛哥、南非等国家。

但当前非洲各国的能源转型并不均衡。中国企业与非洲国家的合作项目主要聚焦在南非等部分重点国家，依托其他项目合作基础拓展项目总承包业务。同时，非洲可再生能源产业在投融资、政策、监管和制度框架、技术能力等方面面临着挑战和机遇。尤其需要指出的是，非洲多数国家财政资金相对匮乏，因此合作过程中还需充分考虑项目融资渠道，并融资资本充足。非洲经济社会呈现多样化、差异化，在此背景下，对非洲的可再生能源投资应重视非现行制度要素的利用。

（1）中非水电领域合作概况

非洲水力资源丰富，水电在许多非洲国家的能源消费中占主导地位。其中，8 个国家 90% 的电力消费依靠水电，22 个国家电力消费的 50% 以上都来自水电。

中国在水电领域拥有较为领先的技术水平，在非洲最早投资布局的可再生能源项目主要集中在水电领域，因此非洲可再生能源领域（含水电）公共投资的主要来源国是中国。



2010—2019 年，中国为加纳阿科松博水电站大坝、乌干达卡鲁玛水电站、加纳布维水电站等 20 多个非洲水电项目投资约 190 亿美元，约占非洲可再生能源领域吸收公共投资总额的 38%。

（2）中非太阳能发电领域合作概况

非洲光伏产业正加速发展，南非、摩洛哥、埃及等国处于领先地位。中国江西国际经济技术合作有限公司建设的肯尼亚加里萨光伏电站，装机容量达 50 兆瓦，是迄今东部非洲地区规模最大的光伏电站。该光伏电站由中国进出口银行提供 130 亿肯尼亚先令（约合人民币 8.6 亿元）优惠贷款，是中国优惠贷款在肯尼亚支持的第一个发电项目，建成后将成为肯尼亚及东部非洲地区最大的并网光伏电站及非洲最大的光伏电站之一，年均发电量 8754 万千瓦时，可满足 7 万户家庭共计 38 万多人口的用电需求，惠及东北省首府加里萨郡一半的人口。

（3）中非风电领域合作概况

非洲之所以拥有丰富的风能资源，主要得益于其绵延广阔的海岸线，风能资源潜力最大的五个国家分别是埃及、摩洛哥、肯尼亚、埃塞俄比亚和南非。据联合国商品贸易统计数据库统计，2020 年中国共向 19 个非洲国家出口了风力发电机，金额共计 9844 万美元，占中国风力发电机出口总额的 8.87%。其中，最主要的出口国为南非和埃塞俄比亚，出口南非的风力发电机金额为 5390.4 万美元，占对非洲出口总额的 54.75%，出口埃塞俄比亚的风力发电机金额为 4443.7 万美元，占对非洲出口总额的 45.14%。

德阿风电项目是南非与中国在新能源领域合作共赢的标杆项目，由国家能源集团龙源南非公司于 2017 年建成投运，是中国在非洲第一个集投资、建设、运营于一体的风电项目。该项目装机容量为 24.45 万千瓦，每年可为当地供应稳定的清洁电力约 7.6 亿千瓦时，相当于节约标准煤 21.58 万吨，减排二氧化碳 61.99 万吨，满足当地 30 万户居民的用电需求，可以有效优化当地能源结构，推进清洁低碳发展。

案例 4.1：埃塞俄比亚阿达玛风电项目

埃塞俄比亚阿达玛风电项目是该国第一个风电项目，也是中国第一个技术、标准、管理、设备整体走出去的风电项目，由中国水电工程顾问集团有限公司总承包，中国进出口银行提供 85% 的出口买方信贷，新疆金风科技公司提供风机设备，建设装机容量 53 吉瓦的阿达玛一期风电场。三一集团将埃塞俄比亚作为其非洲地区的风电基地，已投资建设一座装机容量 120 吉瓦的风电场，三一集团还将在埃塞俄比亚开展相应的人才培训项目，为当地培养可再生能源方面的工程技术人员，与该集团在埃塞俄比亚的产能形成对接。

5

非洲可再生能源投资挑战



第五章 非洲可再生能源投资挑战

可再生能源具有诸多优势，包括资源丰富、环保清洁、可再生、可持续等。在非洲，可再生能源的利用可以减少对化石能源的依赖，提高能源安全性，同时也有助于减少碳排放，应对气候变化。此外，可再生能源技术还可以促进经济增长和就业创造，推动社会可持续发展。但是，非洲可再生能源发展也存在一些局限性，IEA 在联合国气候变化大会期间发布的年度能源投资报告显示^[13]，预计非洲 2024 年将获得 1100 亿美元的能源投资，但只有不足 40% 的资金被用于清洁能源。非洲可再生能源投资挑战体现在技术、政策、融资三个方面。在技术层面，非洲国家在获得先进的可再生能源技术方面存在障碍，技术转移常受限于高昂的成本、复杂的进口政策和知识产权问题，这导致本地采用新技术变得困难。在政策层面，尽管非洲部分国家已开始推出支持可再生能源的政策，但往往缺乏连贯性和长远视角。此外，政策执行力度不足，以及政策变动的不确定性，对投资者的决策也有一定的影响。在融资层面，初始投资成本高昂、金融市场不成熟以及国际资金获取困难等，均限制了非洲可再生能源项目的融资能力。

5.1 技术壁垒

5.1.1 基础设施不足

非洲许多国家的电网基础设施老化严重，容量不足，电网覆盖范围有限，导致可再生能源电力输送受阻。德国 Statista 数据平台发布的数据显示^[14]，截至 2021 年，突尼斯等北部非洲国家的电力覆盖情况较好，达 98%；毛里求斯、南非等东部非洲、南部非洲和西部非洲国家的电力覆盖率在 52% 到 56% 之间；而津巴布韦等非洲中部国家只有不到三分之一的人能用上电。对 39 个非洲国家的电网设施进行统计后发现，非洲农村和城市地区的电力覆盖率分别为 35% 和 86%，整体覆盖率约 60%。

非洲大部分无电人口居住在偏远的农村地区，他们普遍贫困、居住分散且交通不便，给电网建设带来了极大的挑战和高昂的经济成本。要解决这一问题，一方面需要加大对电网基础设施的投资，同时采取智能电网技术和储能技术，提高电网的稳定性和可靠性，另一方面可以发展不依赖主网的可再生能源微网或离网发电技术。



5.1.2 技术适配性不足

非洲气候条件多样，极端气候事件频发，对可再生能源设备的设计和运行提出了更高的要求，需要针对不同气候条件进行技术适配。例如，太阳能设备需要能够耐受高温、高湿和沙尘暴等极端天气条件，但目前许多太阳能设备的设计和制造并未考虑到这些特殊气候条件，导致设备性能下降、寿命缩短，早早损坏。国际太阳能能源学会（ISES）数据显示^[15]，由于非洲气候条件的多样性，企业需要对太阳能设备进行特殊设计和适应性测试。然而，目前只有约 30% 的太阳能设备企业针对非洲的气候条件进行了充分测试和适配。

为了解决技术适配性问题，非洲国家需要加强技术研发和定制化设计。通过与国际合作伙伴合作，开展针对非洲气候条件的研究和测试，制定符合当地气候条件的技术标准和规范。同时，非洲国家应鼓励和支持本地企业参与太阳能设备的制造和定制化设计，满足不同地区和不同气候条件下的能源需求。例如，撒哈拉沙漠地区的太阳能项目不仅需要考虑高温给太阳能设备带来的影响，还要处理沙尘暴对太阳能设备的磨损问题。摩洛哥的诺尔太阳能项目（Noor Solar Project）通过引入清洁和冷却技术解决这一问题，保证了设备的高效运行。

专栏 5.1：非洲可再生能源技术类型与应用现状

太阳能：非洲大陆日照充足，太阳能发电潜力巨大。虽然太阳能技术在非洲取得了一定的进展，但在某些地区仍存在挑战。例如，在撒哈拉以南的一些地区，太阳能技术虽然具有潜力，且技术成本已经大幅下降，但太阳能电池板的成本仍然较高，仍然面临着初期投资高、电网接入能力不足等挑战。此外，光伏板材料的耐久性和性能在高温高湿的气候条件下可能会受到影响，企业需要针对非洲的气候特点进行定制化设计。

风能：非洲拥有丰富的风能资源，尤其是东部非洲和南部非洲的沿海地区，但风能技术在非洲的应用仍受到地理位置限制。非洲风能资源分布不均匀，往往集中在一些偏远或地形复杂地区，增加了输电线路建设成本和技术难度，以及建设和维护风力发电场的难度。此外，风力发电的间歇性特点给电网稳定性带来了挑战，需要配套储能设施，以缓解风电波动带来的影响。

地热能：东非裂谷地区是全球最重要的地热资源聚集区之一，开发利用潜力巨大。根据非洲开发银行（AfDB）的数据^[16]，东非裂谷地区的地热资源可满足非洲大陆 90% 以上的能源需求。但由于地热资源通常位于地下深处，需要进行复杂的地质勘探和钻探工作，增加了项目开发

成本和风险，导致难以开发。此外，地热能开发还面临技术不成熟及环境保护和地质安全等方面的挑战，需要进行科学、合理的开发规划和管理。

生物质能：非洲拥有丰富的生物质资源，包括农作物残留物、木材废弃物和城市固体废弃物等。根据 IEA 的数据，生物质能在非洲的能源供应中占比不足 1%，尚未充分发挥其潜力。主要原因在于非洲生物质能技术仍然相对滞后，大部分采用简单燃烧的传统生物质能利用方式，存在能源利用效率低、环境污染严重等问题，需要进行技术改进和设备更新，并制定合适的政策和措施，以提高能源利用效率和经济效益，解决环境污染等问题。

5.1.3 缺乏技术维护与本地制造

非洲偏远地区交通不便，技术设备的维护和更换成本较高，缺乏维护专业人员。根据 IRENA 的数据，非洲约有 70% 的可再生能源项目存在技术设备维护不及时问题，导致项目运行效率下降。另外，非洲大多数可再生能源设备需要从国外进口，缺乏本地制造和技术支持，增加了设备采购成本和项目运营、维护成本，也限制了可再生能源在非洲的推广和应用。

为了解决技术维护与操作挑战，非洲国家需要加强对技术人员的培训和技术支持，提高其对可再生能源设备的维护和修复能力，并建立更多技术培训中心，与国际组织和机构合作开展技术转移和人员培训，培养更多本地技术人员，提高其维护和操作技能。同时，非洲国家应采取合适的维护和保养措施，延长技术设备使用寿命，降低维护成本。

5.2 政策壁垒

5.2.1 政策稳定性和持续性问题

非洲的政治环境复杂，54 个国家的政治环境各不相同，既带来了潜在机会，也造成了重大挑战。例如，南非、摩洛哥和肯尼亚等国家政治稳定，政策框架较为明确，能够吸引更多投资。但与此同时，利比亚、南苏丹和刚果（金）等国家则长期面临政治动荡，极大地限制了能源基础设施发展。尤其是利比亚，自 2011 年内战爆发以来，政治分裂导致该国能源政策无法有效实施，且外资陆续因安全问题撤出，太阳能发电项目等多个新能源项目发展停滞，导致从 2004 年到 2022 年，该国太阳能发电的增长一直是零。这意味着，



多年来利比亚没有在太阳能发电上取得任何实质性进展。

政策缺乏一致性和持续性是影响非洲国家可再生能源发展的另一因素。许多非洲国家的能源政策频繁变动，导致项目不确定性增加。例如，尼日利亚的能源政策在过去十年中经历了多次修订，缺乏连续性，使得投资者对长期投资持谨慎态度。尼日利亚虽是非洲最大的经济体之一，但其政治不稳定，严重影响了可再生能源发展。2018 年，尼日利亚政府为减轻财政压力，削减了对太阳能项目的直接财政支持，导致太阳能项目遭遇政策变更，多个项目被迫延期或取消，这种政策的不确定性显著削弱了可再生能源投资者的信心。

5.2.2 政策执行与审批障碍

政府部门间协调困难与效率低下是影响非洲可再生能源项目实施的关键问题。很多非洲国家的政府部门在政策制定和执行过程中缺乏协调，导致项目审批程序繁琐且时间长。例如，在肯尼亚发展地热能项目需要经过多个部门审批，平均审批时间长达 18 个月，极大地拖延了项目进程。同时，政府部门之间缺乏协调和沟通，常常导致项目在审批过程中遇到重复和冗余环节，增加了项目复杂性和成本。

治理结构不完善和问责机制缺乏使得政策执行过程中遇到的问题难以解决。例如，位于奥莫河流域的吉布 3 号水电项目是埃塞俄比亚最大的水电工程之一，曾因政府部门之间协调不畅问题而多次推迟工期。此外，一些国家的地方政府缺乏有效的执行能力和资源支持，使得国家政策难以在地方层面得到有效落实。许多项目在地方政府层面遇到了土地征用困难、社区抗议频繁等问题，进一步拖延了项目的工期。

复杂的审批程序是阻碍可再生能源项目实施的重要原因之一。许多非洲国家的可再生能源项目审批需要经过多个政府部门，每个部门的流程和要求各不相同，增加了项目审批时间和成本。此外，在项目融资方面，关于申请初步可行性资金的条款和条件，南部非洲发展共同体内的 7 家开发性金融机构之间，甚至南非本国的两家开发性金融机构——南部非洲开发银行和南非工业发展公司之间都未能达成一致。例如，南非的风能项目审批流程涉及环境评估、土地使用许可、电网接入等多个环节，平均审批时间超过两年。繁琐的审批程序不仅增加了项目的时间成本，也增加了项目的不确定性。

5.2.3 跨国合作和区域一体化的挑战

尽管非洲区域合作有较大的潜力，但实际操作中面临诸多问题，如政策标准不一致、

跨境电网协调难度大等。西部非洲电力池（WAPP）和东部非洲电力池（EAPP）虽然在推动区域电网互联方面做出了大量努力，但进展缓慢。政策标准不一致和各国利益冲突使得合作推进困难。例如，西部非洲电力池的成员国在电力法规、标准和定价机制上存在显著差异，显著增加了跨国电力交易的成本和复杂程度。具体而言，部分国家（如尼日利亚）正在向市场化定价机制过渡，逐步减少政府补贴，使电价真实反映发电成本和市场供需状况，但另一些国家（如马里和尼日尔等）仍通过高额政府补贴维持高电价，导致电力价格与市场实际成本脱节。

跨国合作还可能面临法律和技术障碍，不同国家在电网的互操作性、数据共享和管理标准等方面的法律框架和技术标准差异较大，均需要进行复杂的协调工作和技术整合，增加了项目整合难度。例如，西部非洲电力池在协调成员国之间的电力法规和标准方面面临巨大挑战，导致跨国电力交易和电网互联项目的推进速度缓慢。其中，西部非洲国家的电网电压等级和管理模式各不相同，加纳主要采用 330 千伏和 161 千伏输电线路，尼日利亚电网电压等级为 330 千伏和 132 千伏，布基纳法索主要使用 225 千伏和 90 千伏输电线路，不符合跨国互联要求。同时，各国电网稳定性和故障管理能力差距较大，影响了跨境电力传输质量和效率。因此，尽管西部非洲电力池制定了区域电力市场的整合计划，但由于各国政策和技术标准不一致，项目推进仍然缓慢。非洲国家可再生能源相关政策情况统计见表 5.1。非洲可再生能源区域计划和机构见表 5.2。

表 5.1 非洲国家可再生能源相关政策情况统计

区域	国别	法规和价格机制	税收激励	金融激励
北部非洲	阿尔及利亚	√	√	
	埃及	√	√	√
	利比亚		√	
	摩洛哥	√		
	苏丹			√
	突尼斯	√	√	√
西部非洲	贝宁	√	√	
	布基纳法索	√	√	√
	佛得角	√	√	√
	科特迪瓦		√	
	冈比亚	√	√	√
	加纳	√	√	
东部非洲	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			
南苏丹				
乌干达	√	√	√	



区域	国别	法规和价格机制	税收激励	金融激励
非洲	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	√	√	
	安哥拉	√		
中部非洲	喀麦隆			√
	中非			
	乍得		√	
	刚果（布）			
	刚果（金）	√	√	
	赤道几内亚			
	加蓬			√
	圣多美和普林西比			

区域	国别	法规和价格机制	税收激励	金融激励
南部非洲	坦桑尼亚	√	√	√
	博茨瓦纳	√		
	斯威士兰			√
	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	√	√	

表 5.2 非洲可再生能源区域计划和机构

地区	可再生能源区域计划和机构
北部非洲	<p>北部非洲各国已在国家层面制定了目标，并与其他阿拉伯国家成员共同成立了阿拉伯地区可再生能源和能源效率区域中心（RCREEE），以支持整个阿拉伯地区的可再生能源发展和能源效率提升。2018 年，《2010—2030 阿拉伯可再生能源发展战略》得到扩展，成为《2030 阿拉伯可持续能源战略》，并纳入了能源效率和能源获取等内容</p> <p>该战略旨在使可再生能源在电力结构中的占比达 12.4%，并制定了 17 个项目（6 个为区域级项目，11 个为国家级项目）的实施计划，上述项目建立在各国努力基础上，包括区域和国际合作。该战略建议提高了可再生能源在阿拉伯国家电力市场中的占比，确保必要的公共和私人投资，降低与电网规划、扩张和运营相关的大部分风险和挑战，并整合智能服务和质量保证方案。该战略的实施工具包括政策、法规、标准、技术和能力建设，为阿拉伯国家提供定制模板，指导各国根据自身情况制定国家可再生能源行动计划</p>
西部非洲	<p>2013 年 7 月，西非国家经济共同体（ECOWAS）各国国家元首和政府首脑通过 ECOWAS 可再生能源政策（EREP），旨在到 2020 年将该地区可再生能源在电力结构中的占比提高到 35%，到 2030 年提高到 48%（不包括大型水电）。ECOWAS 能源效率政策与可再生能源政策相辅相成，旨在通过提高能源效率，提供 2000 兆瓦发电能力，并最终将能源效率改善速度翻倍</p> <p>在通过了区域政策之后，所有 ECOWAS 成员国在 2014 年至 2015 年间制定了国家可再生能源行动计划、国家能源效率行动计划和人人享有可持续能源行动议程。因此，ECOWAS 成员国在国家可再生能源行动计划中表达的综合</p>

	目标与在 EREP 中宣布的区域目标相一致 ECOWAS 可再生能源和能源效率中心 (ECREEE) 成立于 2010 年, 旨在为区域内的可再生能源和能源效率市场创造有利条件
东部非洲	东非共同体于 2016 年建立了东非可再生能源和能效卓越中心 (EACREEE), 以促进可再生能源发展, 为能效市场和投资创造有利环境 虽然所有国家都在国家层面制定了可再生能源发展目标, 但直至 2021 年还未制定区域计划或目标
中部非洲	2021 年 6 月, 中非国家经济共同体 (ECCAS) 的 11 位能源部长批准了可中部非洲再生能源路线图, 并创建了中非可再生能源和能源效率中心 (CEREEAC) 中部非洲可再生能源路线图明确, 到 2030 年可再生能源可提供 77% 的电力 (包括大型水电)
南部非洲	2017 年 7 月, 南部非洲发展共同体通过《可再生能源和能源效率战略与行动计划》。该地区的目标是到 2030 年将可再生能源装机容量在该地区电力结构中的份额提高到 39%。至 2030 年, 可再生能源发电量占电网总发电量的比例将提高到 7.5%。 南部非洲可再生能源和能源效率发展社区中心 (SACREEE) 成立于 2015 年, 旨在通过促进可再生能源、能源效率和能源服务的市场化利用, 获得现代能源服务和能源安全

5.3 融资壁垒

5.3.1 高初始成本与资金短缺问题

(1) 用于非洲可再生能源项目初步可行性评估 (prefeasibility facilities) 的资金不足

波士顿大学全球发展政策研究中心的研究报告^[17]指出, 项目可行性评估是非洲可再生能源项目生命周期的重要组成部分, 对于项目融资、施工、运营及维护等后续环节具有重要作用。但是, 当前整个非洲仅南部非洲开发银行 (DBSA) 的项目准备资金、南部非洲开发银行管理的南部非洲发展共同体项目准备发展基金 (SADC PPDF), 以及南部非洲电力联盟项目咨询部 (SAPP PAU) 管理的项目准备资金支持在非洲项目开展初步可行性评估, 且无任何专门支持可再生能源项目的准备金。这导致非洲国家可再生能源项目开发过程中, 用于初步可行性评估的资金不足, 无法在项目开发的早期阶段为项目开发商提供充分支持。例如, 尼日利亚的可再生能源发展受限于高昂的初始投资资金需求, 尽管政府出台了多项政策以吸引投资, 如提供税收优惠和制定上网电价, 但实际效果有限。由于缺乏足够的财政支持和国际资金, 许多计划中的太阳能和风能项目无法启动。据统计, 尼日利亚目前的可再生能源发电量不足全国总发电量的 5%, 而政府的目标是到 2030 年实现 40% 的可再生能源占比。



（2）非洲可再生能源项目投资初始成本高昂

可再生能源项目（特别是大规模太阳能和风能设施）通常需要高额的前期投资，但对于许多非洲国家来说，这种高额投资难以通过国内融资获得，限制了项目的启动和发展。根据 IEA 发布的数据^[18]，非洲的太阳能项目平均需要每兆瓦 100 万至 150 万美元的初始投资，而风能项目的平均投资成本在每兆瓦 150 万至 200 万美元之间，远高于亚洲和欧洲国家同类项目的投资成本。高昂的初始投资成本对许多非洲国家构成巨大挑战，特别是对于资本市场不发达、融资渠道有限的国家。由于非洲电力项目投资通常以美元或欧元等计价，而项目收入和资产以各国当地货币计价，导致可再生能源项目还款可能面临较高的外汇风险和当地货币贬值风险。

（3）非洲可再生能源项目面临较大资金缺口

由于政府预算限制和私营部门投资不足，很多非洲国家难以为可再生能源项目筹集足够的资金。这导致许多项目只能依靠国际援助和贷款，进一步增加了项目的复杂性和风险。世界银行数据显示，撒哈拉以南非洲每年需要约 300 亿美元的能源投资，但实际投资仅为这一数额的三分之一。资金短缺导致项目难以顺利推进，许多计划中的项目被迫延期或取消，影响了可再生能源的发展速度和规模。

5.3.2 缺乏成熟的金融市场和融资服务

（1）非洲国家金融市场发展程度有限

许多非洲国家的金融市场尚不发达，缺乏支持大规模可再生能源项目融资的金融工具和机构，导致商业银行对可再生能源项目的贷款额度有限，且利率较高，增加了企业融资成本。例如，肯尼亚的商业贷款利率通常在 12%至 15%之间，而发达国家的贷款利率则普遍低于 5%。高利率环境显著增加了项目融资成本，降低了项目的经济性和吸引力。尽管肯尼亚政府通过设立国家绿色能源基金和提供税收优惠等措施，试图改善融资环境，但由于国内金融市场的局限性，许多项目仍难以获得足够资金支持。

（2）非洲金融市场缺乏多样化的融资产品和服务

非洲金融市场缺乏长期债券、绿色债券和股权融资等融资产品，限制了项目融资选择和灵活性。尽管绿色债券在全球市场上日益普及，但在非洲的发行量仍然很低。据国际金融公司（IFC）统计，非洲绿色债券市场的规模仅占全球市场的 1%左右，远远落后于亚洲和拉丁美洲等地区。上述融资工具的不足，使得可再生能源项目在获取长期稳定的资金支

持方面面临重大挑战。

（3）项目融资模式僵化

由于非洲信贷市场不成熟，中国金融机构针对海外清洁能源项目普遍采用内保外贷方式，中国投资企业须以国内资产为担保，获得境内银行开具的保函或备用信用证，才能向境外银行申请贷款，一旦出现违约，境外银行可以向中国投资企业发起追索。此模式会占用企业大量担保资源，制约其后续融资能力。尤其新能源领域的企业多为缺乏银行授信额度的民营企业，很难承担此种担保式融资，导致众多中国光伏、风电装备企业在非洲仅从事设备供应，无法进行项目开发。

5.3.3 风险与收益不匹配

（1）信用风险溢价抬升融资成本

出于对非洲政治和经济环境的担忧，许多国际投资者对非洲市场持谨慎态度，限制了国际资本的流入。国际投资者通常要求较高的风险溢价以补偿政治和经济不稳定带来的风险，这增加了项目的融资成本。例如，国际金融机构对非洲项目的贷款利率通常高于其他地区，投资者要求的回报率也较高，进一步限制了项目的融资能力。

（2）政策和市场不稳定，增加了项目收益的不确定性

由于政策和市场不稳定，许多非洲国家的电力购买协议（PPA）条款也经常发生变化，增加了项目收益的不确定性。PPA的不确定性主要体现在价格调整、合同期限变化和支付保障不足等方面。例如，政府可能会因财政压力调整上网电价，影响项目的预期收益；合同期限变化增加了项目的长期风险；支付保障不足增加了资金回收的风险。

5.3.4 严格的资金获取条件

（1）资金获取成本较高

非洲可再生能源项目的资金获取要求分为四大类：共同融资要求、业绩记录和/或资产负债表证明、证明概念的需要以及作为发展资本支付的股权出售^[19]。开发商至少需要获得项目土地使用权，才能从金融机构获得预可行性资金。叠加发展融资机构和其他金融机构经常要求开发商共同资助项目开发工作，这意味着开发商在从金融机构获得资金之前的项目早期阶段，就要为项目获得下一步资金进行必要支出。尽管这一阶段的资金支出在项目总成本中所占比例很小，但由于项目为资本密集型项目，此项支出的绝对金额依旧较大，



特别是对于当地开发商和可再生能源市场的初创企业而言更是如此。这通常将导致开发商对项目开发资金的吸收率低，并阻碍项目开发过程。

（2）审批流程复杂

非洲多国在基础设施开发领域日益强调环境、社会层面的责任，相关要求不断增多，部分中国企业难以适应东道国复杂的审批流程和合规性要求。例如，根据南非《黑人经济赋权法案》要求，电力企业以绿地或收购模式进入南非市场，均需在当地寻找黑人组建合作伙伴，组成联合体开展工作，并符合该法案的多项指标。但中国企业在竞标该国新能源项目时，往往较为重视技术经济指标，而忽略社会责任和本地化经营，因此不但中标概率较低，而且企业形象较差。再如，全球环境基金（GEF）和绿色气候基金（GCF）的资金申请过程复杂，且对项目的可持续性和环境影响有严格要求，许多非洲国家难以满足相关条件。

案例 5.1：摩洛哥诺尔太阳能项目

摩洛哥诺尔太阳能项目是一个典型的依靠国际资金支持的大型可再生能源项目。项目通过与世界银行、欧洲投资银行和非洲开发银行合作，获取了超过 30 亿美元的资金支持。但项目在资金申请和审批过程中面临复杂的条件和严格的环境评估要求，导致资金到位时间延长，项目实施受到一定影响。尽管如此，摩洛哥政府通过积极的国际合作和有效的项目管理，成功克服了资金获取过程中的困难，确保了项目顺利推进。

6

创新机会与商业模式





第六章 创新机会与商业模式

6.1 技术创新机会

6.1.1 太阳能技术

太阳能技术在非洲的广泛应用得益于其资源丰富和技术进步，尤其是在撒哈拉以南地区，太阳能的利用潜力极大。近年来，太阳能技术取得了显著进展，极大地提高了发电效率并降低了成本。

(1) 光伏技术

光伏技术是太阳能利用的主要形式之一。近年来，随着新材料和制造工艺的发展，光伏电池的效率不断提升。钙钛矿太阳能电池因其高效低成本的特性，引起了广泛关注。研究表明，钙钛矿太阳能电池的实验室效率已突破 25%，这预示着未来几年内，其商业化生产的成本有望进一步降低。具体而言，钙钛矿太阳能电池的光电转化效率从 2010 年的 3.8% 提升至 2023 年的 25.7%，显著缩小了与传统硅基光伏电池之间的效率差距。此外，双面光伏电池技术也在快速发展，该技术可以同时利用正反两面的光照，大幅提高了单位面积的发电量。根据 IRENA 统计数据，双面光伏电池的使用可以使发电量提升 10%~20%，特别是在沙漠地区等高反射率的地表条件下，其优势更为显著。

(2) 集热技术和储能解决方案

集热技术通过集中的太阳能热量发电，是另一种重要的太阳能利用形式。近期的技术进步集中在高温熔盐储能系统，这种系统可以储存大量热能，并在需要时释放，显著提高了太阳能发电的稳定性和可靠性。高温熔盐储能系统的热效率可以达到 90% 以上，有效解决了太阳能发电的间歇性问题。利用先进的材料（如石墨烯）改进集热管的导热性，也有效提升了系统效率。石墨烯材料具有优异的导热性能和耐高温特性，成功使集热管的热损失降低了 20% 以上，从而显著提高了系统的整体效率。

(3) 新材料和制造工艺的创新

新材料的开发是推动光伏技术进步的关键因素。除了钙钛矿太阳能电池，硅异质结电池和有机光伏电池也在实验中显示出巨大的潜力。硅异质结电池通过传统硅基电池上加上一层硅薄膜，显著提高了电池的光电转化效率，最高可达 26%。制造工艺方面，印刷电子技术的应用使得太阳能电池的生产更加灵活，成本也更低，有望在偏远地区大规模普及。

这项技术不仅使太阳能电池的生产速度提高了 30%，还成功降低了 50%的生产成本，极大地推动了太阳能技术的普及。

6.1.2 风能技术

风能在东部非洲和南部非洲的沿海地区具有显著潜力，技术创新主要致力于改善风力涡轮机的设计和效率。

(1) 改善风力涡轮机的设计与效率

现代风力涡轮机越来越注重大型化和高效化设计。例如，新型的直驱永磁同步发电机减少了机械损耗，提高了发电效率。数据显示，直驱永磁同步发电机的发电效率可提高约 5%，并且由于减少了齿轮箱的使用，降低了维护成本。此外，气动优化设计、主动控制技术和新型复合材料的使用，大大延长了风力涡轮机的整体效率和寿命。气动优化设计使得风轮的能量捕获效率提高了 10%~15%，而新型复合材料如碳纤维的使用，则使得风轮叶片的重量减轻了 20%以上，提高了结构强度和耐用性。

(2) 海上风电技术的潜力

由于海风风速稳定且强度大，海上风电被认为是未来风电发展的重要方向。浮动式风力发电机组的研发解决了深水区域的安装难题，扩大了风能利用范围。数据显示，浮动式风力发电机组的成本自 2010 年以来下降了约 40%，并且预期到 2030 年将进一步降低 30%。自动化和智能化的维护系统也在逐步应用，提高了海上风电的运行可靠性和经济性。例如，使用无人机和机器人进行风力发电机组的维护和检测，可以减少 50%以上的维护时间和成本，显著提升风电项目的经济效益。

6.1.3 水能技术

水能是非洲传统的可再生能源形式之一，小型水电站和微水电技术尤为适合偏远山区和农村地区。

(1) 小型水电站和微水电技术

小型水电站由于建设周期短、成本低，适合在河流资源丰富的地区推广。新型涡轮机和智能控制系统的应用，提高了水能利用效率。数据显示，现代小型水电站的能量转化效率可以达到 90%以上比传统水电站提高了约 15%。微水电技术通过创新的设计（如便携式涡轮和水流量调节系统），实现了在小河流和山泉中的高效发电，助力偏远社区实现能源



自给。便携式涡轮的设计使得微水电系统的安装和维护更加便捷，平均可以减少 30% 的安装成本和时间。

（2）海洋能技术创新

海洋能包括潮汐能和波浪能，尽管在非洲的应用尚处于初期阶段，但技术潜力巨大。先进的波浪能转换装置和潮汐涡轮技术逐渐成熟，有望在未来大规模应用于非洲的沿海地区。波浪能转换装置的能量转化效率在过去十年中提高了 50% 以上，达到了约 40%，并且随着技术的进一步发展，预计未来五年内将进一步提高 10%~15%。

6.1.4 生物质能技术

生物质能在非洲的农业大国具有广泛的资源基础，其高效转化技术正在不断发展。

（1）生物质高效转化技术

高效转化技术（如热解和气化）可以通过热化学处理将生物质转化为高能气体或液体燃料。研究表明，生物质气化技术的能源转化效率可达 60% 以上，是传统技术的两倍。新型催化剂和反应器设计进一步提升了生物质能转化效率，降低了碳排放。例如，利用纳米催化剂的生物质热解过程，不仅提高了转化效率，还将减少约 30% 的碳排放。

（2）生物质燃料

生物乙醇和生物柴油等生物质燃料是替代化石燃料的重要产品。通过遗传工程改良植物原料和优化发酵工艺，生物质燃料的生产成本逐渐降低。例如，基因编辑技术的应用使得油料作物的生长周期缩短了 20% 以上，显著提高了产量，进而增强了生物质燃料的经济性。此外，生物质燃料的分布式生产和利用模式，非常适合非洲广泛的农村地区，推动了农村能源的多样化和可持续发展。数据显示，与集中式生物质燃料生产系统相比，分布式生物质燃料生产系统的建设成本降低了约 25%，提高了非洲农村地区的能源自主性。

6.1.5 储能技术

储能技术是可再生能源系统稳定运行的关键，尤其在太阳能和风能领域。

（1）电池技术的创新

锂电池技术在过去十年中取得了显著进展，其能量密度提高了三倍以上，成本则降低了约 80%。数据显示，锂电池的能量密度从 2010 年的 100 瓦时/千克提高到 2023 年的 300 瓦时/千克，成本则从 1000 美元/千瓦时降至 200 美元/千瓦时以下。新型电池如钠离子电

池和固态电池，因其资源丰富和安全性高，受到广泛关注。钠离子电池的材料成本比锂电池低约 30%，并且在低温环境下表现更为稳定。超大容量电池系统（如锂空气电池）的开发，有望显著提升储能系统的容量和稳定性。锂空气电池的理论能量密度可以达到 3500 瓦时/千克，是传统锂电池的十倍，未来有望大幅提高储能系统的能量密度。

（2）智能电网和微电网技术

智能电网通过先进的控制和通信技术，实现了电力的高效传输和分配，支持大量分布式能源的接入。数据显示，智能电网技术的应用可以使电力传输效率提高约 15%，减少 10% 以上的电力损耗。微电网技术结合储能系统，为偏远地区提供了独立可靠的电力供应方案。微电网系统可以在主电网故障时独立运行，提高了电力系统的可靠性和韧性。区块链技术在能源交易中的应用，提高了能源管理的透明度和效率。通过区块链技术实现的 P2P 能源交易，可以使交易成本降低约 20%，提高能源资源的利用效率。

6.2 商业模式

6.2.1 分布式能源模式

分布式能源模式在非洲具有广阔的应用前景，特别是在电网未覆盖的偏远地区。

（1）微电网系统模式

微电网系统通过集成多个分布式能源和储能单元，形成一个独立的电力网络，能够为小型社区和村庄提供稳定的电力供应。数据显示，微电网系统的电力供应稳定性较传统电网提高了约 20%，特别是在自然灾害频发地区，展现了较高的抗风险能力。微电网被认为是非洲 1 亿人最便宜的电气化选择。波士顿大学（Boston University）研究人员发布的一份白皮书显示，微型电网项目可以在支持非洲电网方面发挥重要作用，非洲需要大约 1 万亿美元的投资。

目前，非洲各国纷纷制定微电网发展计划。例如，加纳政府计划到 2030 年新增 1000 个离网项目，总装机容量为 244 兆瓦；乌干达能源与矿产部出台“分散式可再生能源发展计划”，计划启动维多利亚湖岛屿电气化的离网规划；肯尼亚能源部 2017 年发起“离网光伏行动”，旨在为公共电网无法覆盖的东北和北部大片地区约 130 万户家庭提供电力保障；2020 年起，非洲开发银行向尼日利亚投资 2 亿美元，在全国各地建造微电网/离网，改善尼日利亚电力供应；南非能源需求较为分散，微电网主要用于偏远地区的电力供应；



阿尔及利亚政府将微电网和离网作为优先发展项目，计划 2022 年至 2024 年进行三次离网项目招标；摩洛哥国家水利电力总局(ONEE)计划到 2030 年，在 1000 余个村庄建设 19438 户离网项目；JUMEME 公司（德国、奥地利和坦桑尼亚合资）计划在 2022 年之前，为坦桑尼亚部署 300 个太阳能微电网系统，重点解决该国农村地区 100 多万人口的用电问题；科特迪瓦政府计划到 2030 年新增离网装机容量 462 兆瓦；埃塞俄比亚政府规划到 2030 年实现电力普及，其中 35%由离网系统覆盖。

（2）社区能源项目模式

社区能源项目模式是指在特定社区内，利用可再生能源技术为当地居民提供能源服务的一种发展模式。这种模式通常由社区成员、地方政府、非政府组织和企业等共同参与，以提高能源可获取性、降低能源成本，并促进可持续发展。其基本特征包括整合社区人员参与，利用可再生能源技术制定适合的能源解决方案，建立多元融资渠道确保项目经济可行，通过培训和知识转移提升社区人员技能等。

案例 6.1：肯尼亚 Solar Sister 项目

该项目由非营利组织 Solar Sister 创立，通过采用直销和分销模式，为女性提供小额贷款和全面培训，使其能够建立太阳能小型企业，并成为太阳能灯、太阳能充电器和家庭太阳能系统等太阳能产品的销售和服务提供者，这些女性被称为 Solar Sister。

数据显示，该项目已培训超过 5000 名女性企业家，使许多女性获得就业机会并实现经济独立；使许多家庭减少了化石燃料利用，有效提升了社区能源自主性和经济活力，每年减少约 1 万吨二氧化碳排放；同时，该项目改善了儿童教育条件，减少了与木材等燃料相关的健康风险，提高了居民生活质量和经济收入。

（3）太阳能家庭系统（SHS）模式

屋顶太阳能系统结合储能装置，能够实现家庭和小型商业用户的独立供电。案例研究表明，采用屋顶太阳能系统的家庭能源支出可减少 30%以上。太阳能家庭系统（SHS）凭借其低廉的造价，改变了数百万非洲人的生活，使他们能够获得基本的生活服务和更多的舒适与便利。与电网电力相反，SHS 及其配套电器依赖于直流电运行，因此过去经常被认为提供电力质量和标准较低。然而，如今 SHS 在改善组件和服务质量方面取得了显著进步，同时，可接入 SHS 系统的应用程序和设备业日趋多样化，取得了重大进展。目

前，SHS 制造商提供功率范围从 5 瓦到 1 千瓦不等的屋顶太阳能与微电网系统产品，广泛满足非洲各地的电力需求。据估计，非洲大陆约有 10 万个医疗保健设施，其中大约一半位于农村地区，提供包括孕产妇护理和疫苗接种在内的初级医疗保健服务。对于这些设施而言，SHS 在技术层面和商业层面都能提供完美的解决方案。如今，包括电灯、疫苗冷藏设备、医疗仪器和通信设备在内的整套直流电器，都可以接入一个成本不到 1000 美元的 300W SHS 系统。相比之下，一个功能相同但基于交流电的系统，其成本要高出 3 到 5 倍。

案例 6.2: Zola Electric 项目

Zola Electric 是一家提供离网太阳能解决方案的公司，主要活跃在坦桑尼亚、卢旺达和加纳等国家，目标是为偏远社区提供清洁、可靠的电力供应，帮助用户摆脱对煤油和柴油的依赖。

Zola Electric 的太阳能家庭系统包括太阳能板、电池储能设施、LED 照明电器、USB 接口，以及电视和收音机等小型电器。该系统有多种配置，可根据家庭需求提供定制化服务。

Zola Electric 已经为超过 20 万户家庭和小企业提供了电力服务，减少了有害的燃料使用，带来了清洁的照明和电力服务，为非洲能源贫困问题提供了可行的解决方案。

6.2.2 能源即服务 (EaaS) 模式

能源即服务是一种创新的商业模式，核心是通过提供能源解决方案而不是单纯的能源产品，满足用户多样化的需求。EaaS 模式通过创新的支付方式和交易平台，提供了更为灵活和高效的能源解决方案，有效推动了可再生能源在非洲的普及和应用。EaaS 不仅为用户提供了经济实惠的能源解决方案，还通过技术创新和商业模式优化，提高了能源系统的整体效率和可持续性。

(1) 订阅和租赁模式

订阅和租赁模式使得用户无须一次性高额投资即可享受太阳能设备和储能系统的使用权，极大降低了太阳能普及的门槛，特别是对资源有限的社区而言，这种模式大大促进了太阳能的普及。该商业模式特别适合非洲电网覆盖不足、资金有限，但对能源的需求日益增长的广大农村地区。通过订阅和租赁模式，相关地区的居民可以获得稳定的能源供应，显著改善生活质量。订阅和租赁模式通常包括以下几个关键特点：



初装成本低：用户只需支付少量的初装费，避免了一次性大额投资的负担。例如，M-KOPA 的租赁模式要求用户支付相当于每月少量电费的租金，使得太阳能系统的使用变得经济实惠。

支付方式灵活：订阅和租赁模式通常采用灵活的支付方式，如按月支付、按使用量支付等，方便用户根据自身需求选择最适合的方案。例如，M-KOPA 的系统允许用户通过移动支付平台进行支付，且每月仅支付少量费用，支付过程简便快捷。

设备维护和升级有保障：服务提供商负责设备的维护和定期升级，确保系统始终处于最佳运行状态，用户无须担心维护成本和技术问题。数据显示，采用这种模式的太阳能系统的用户满意度和设备使用寿命均显著提高。

案例 6.3：肯尼亚 M-KOPA 平台

M-KOPA 成立于 2021 年，旨在通过提供可再生能源装备，为无电力接入的家庭提供清洁、可负担的能源解决方案。

该模式之下，用户只需支付少量的初装费和月租费，即可获得完整的太阳能系统，极大降低了进入门槛，促进了太阳能系统的普及。数据显示，M-KOPA 已为超过 100 万户家庭提供了太阳能服务，年均增长率达到 30%。用户通过分期付款方式，显著降低了能源使用成本，提高了能源获得的便利性。

M-KOPA 通过创新租赁模式，使超过 100 万户家庭获得了太阳能电力。项目利用物联网技术实现了设备远程监控和支付管理，实时跟踪用户用电情况，确保设备正常运行，并提供远程服务和维护，降低了运营成本，提高了客户满意度。数据显示，自该项目启动以来，用户的平均电费减少了 40%，生活质量得到了极大改善。项目已在肯尼亚、乌干达和坦桑尼亚部署了超过 50 万个太阳能系统，每年减少了超过 10 万吨的二氧化碳排放。

M-KOPA 项目不仅提供了清洁能源，还创造了大量就业机会，特别是为女性提供了创业机会。该项目的成功表明，创新的商业模式和技术结合，能够有效推动可再生能源在发展中国家的普及。数据显示，项目直接和间接创造了超过 1 万个就业机会，提高了当地居民的收入和生活水平。

（2）基于区块链的能源交易平台模式

区块链技术的去中心化和不可篡改特性，为能源交易提供了透明和高效的解决方案。基于区块链的能源交易平台允许用户直接交易剩余能源，优化资源利用，提高了可再生能源的经济性和市场活跃度。这种模式具有以下优势：

一是具有较高的透明度和安全性。区块链技术的透明度和安全性确保了交易公开、公正和防篡改。每笔交易记录都公开可查，减少了交易纠纷，提高了用户信任度。

二是降低交易成本。该模式通过去中心化的交易平台，省去了传统中介环节，显著降低了交易成本。数据显示，基于区块链的能源交易平台的交易成本比传统能源交易平台低约 15%。

三是资源分配高效。用户可以通过平台自由买卖剩余能源，实现了能源资源的高效分配和利用。南非的 Sun Exchange 平台通过区块链技术连接太阳能项目投资者和能源消费者，简化了交易流程，降低了成本。数据显示，Sun Exchange 的用户数量年均增长率超过 25%，大大提高了能源利用率。

四是调动市场积极性。区块链技术促进了能源市场多样化和竞争性，吸引了更多投资者和消费者参与。该模式不仅推动了非洲可再生能源市场发展，还为全球能源转型提供了有价值的经验和借鉴。随着技术不断进步和市场逐步成熟，EaaS 模式有望在未来发挥更大作用，助力非洲乃至全球可再生能源发展。

案例 6.4：南非区块链可再生能源平台 Sun Exchange

南非 Sun Exchange 成立于 2015 年，致力于通过众筹投资方式和区块链技术，解决非洲太阳能项目融资难题，推动可再生能源在非洲的普及，并为个人投资者提供可持续投资机会，以获得可观回报。其基本运作模式如下：

1. 项目发布：平台发布可供投资的太阳能项目，详细说明所需资金、发电能力和投资者的预期收益。

2. 众筹购买太阳能电池板：全球投资者可以通过 Sun Exchange 平台购买太阳能电池板，或购买太阳能电池板的一部分。每块太阳能电池板或其部分被“出租”给最终用户，如学校或社区中心。投资者不需要购买整个太阳能电池板，可以按比例投资，降低了进入门槛。

3. 合同租赁：太阳能电池板一旦安装到项目中，最终用户将根据电力生产和使用情况支付租金给投资者。租赁合同通常为长期协议，确保稳定的现金流。



4. 收益与回报：投资者根据所拥有的电池板数量及其发电量，定期获得租金收益。收益以加密货币（如比特币）或当地货币支付，方式灵活。

该平台通过区块链技术连接太阳能项目投资者和能源消费者，允许用户在全球范围内投资太阳能项目，分享项目收益，简化了交易流程，降低了成本，激励了更多人参与可再生能源发展。通过区块链平台，投资者可以方便地追踪其投资的实际效果，提升了投资透明度和安全性。

数据显示，Sun Exchange 的交易成本比传统能源交易平台低约 15%，用户数量年均增长率超过 25%。

EaaS 模式的成功在于其创新的商业模式和技术应用，解决了传统能源系统中的诸多问题，为非洲可再生能源的发展提供了强有力的支持。订阅和租赁模式降低了太阳能技术的进入门槛，使更多人能够享受清洁能源带来的便利和经济效益。基于区块链的能源交易平台则通过提高交易透明度和效率，优化了能源资源的分配方式，促进了市场的活跃和多样化。

6.2.3 混合融资模式

混合融资模式通过整合多种资金来源，为非洲可再生能源项目提供了灵活而有效的资金支持。这种模式通常结合公共资金、私人投资和国际援助，形成了多元化的融资结构，为项目的实施和可持续发展提供了强有力的保障。

（1）公私合营模式（PPP）

公私合营模式（Public-Private Partnership, PPP）在大型基础设施项目中广泛应用，结合了政府的政策支持与私营部门的资金和技术优势，不仅提高了项目的融资能力，还提高了项目的管理和运营效率。

政府支持与政策激励：政府在 PPP 项目中通常提供土地、政策优惠和部分资金支持，降低了项目的前期投入风险。埃塞俄比亚政府在其风电项目中，通过提供土地和减免税收，吸引了大量国际投资者的参与。

私营部门的资金与技术优势：私营部门提供先进的技术和管理经验，提高了项目的建设效率和运营效率。数据显示，私营部门的参与使得项目的建设周期平均缩短了 20% 以上，成本降低了约 15%。

风险分担与收益共享：PPP 模式通过合同明确政府与私营部门的权责分担，有效降低了单方的投资风险，并通过收益共享机制激励双方共同努力提高项目效益。

案例 6.5：埃塞俄比亚阿萨巴风电场（Ashegoba Wind Farm）

该项目位于埃塞俄比亚北部的提格雷州，为该国最大的风力发电项目之一。该项目始建于 2009 年，于 2013 年通过 PPP 模式引入国际投资，成功建设了多个大型风电场，显著提高了该国风电装机容量，预计年发电量可达 400 吉瓦时，可为数十万户家庭提供清洁电力，并减少二氧化碳年排放量 25 万吨。

该模式下，埃塞俄比亚政府与法国开发署以及其他国际金融机构通过合作与风险共担，提高了项目融资能力和实施效率，总投资约 2.9 亿欧元。

阿萨巴风电场的成功不仅展示了公私合营模式的有效性，也为其他发展中国家提供了宝贵经验。该项目将政府政策支持与国际资本的技术及资金优势相结合，成功克服了融资、技术和管理等多方面挑战，实现了可再生能源的可持续发展。项目的成功实施，显著提高了埃塞俄比亚的风电装机容量，推动了当地经济发展，并对环境保护做出了积极贡献。

（2）众筹和绿色债券融资模式

众筹和绿色债券为中小型可再生能源项目提供了新的融资渠道。众筹平台通过集聚小额投资者的资金，实现了项目的快速启动和推广，推动了更多可再生能源项目的实施。众筹和绿色债券融资为非洲可再生能源项目提供了灵活多样的资金支持，特别是在中小型项目中表现尤为突出。通过众筹平台，项目发起人能够快速筹集到启动资金，并增强项目的社会影响力；通过绿色债券，项目方能够获得低成本的长期资金支持，推动更多可持续发展项目的实施。

①众筹平台：通过众筹平台，项目发起人可以通过互联网集聚大量小额投资者的资金，快速启动和推广项目。众筹模式具有灵活、透明和参与度高的特点。数据显示，非洲的众筹平台在过去五年中，累计筹集资金超过 1 亿美元，支持了数百个中小型可再生能源项目。

灵活的融资渠道：众筹平台允许个人投资者通过小额投资参与大型项目，降低了投资门槛。通过互联网，项目发起人可以直接与投资者沟通，提高了项目的透明度和可信度。

增强社会参与感：众筹模式鼓励公众参与可再生能源项目，不仅筹集了资金，还提高了公众对可再生能源的认知和支持。



案例 6.6: 埃及的太阳能项目 (Infinity Solar Project)

该项目位于埃及南部的 Benban 太阳能园区，由埃及本土的可再生能源企业 Infinity Solar 牵头实施。

项目实施初期，通过 Crowd Fund Energy 众筹平台筹集了 500 万美元，成功建设了一座 10 兆瓦的太阳能电站。众筹过程中，该项目吸引了超过 5000 名个人投资者参与，为项目筹集了足够的启动资金，并大大提高了项目的社会影响力。

数据显示，该项目 2019 年进入全面运营阶段，每年为超过 10000 户家庭提供清洁电力，显著提高了当地的电力供应能力，建设和运营期间创造了超过 200 个就业机会，提高了当地居民的收入水平，同时，该项目每年可减少约 10000 吨二氧化碳排放，有助于当地的可持续发展。

该项目的成功展示了众筹融资在可再生能源项目中的巨大潜力。该项目通过线上融资平台，吸引了大量的个人投资者参与，不仅解决了资金问题，还提高了项目的社会认可度和影响力。项目的成功实施，显著提高了当地的太阳能装机容量，带动了当地的经济发展，并为环境保护做出了积极贡献。

②绿色债券：该模式通过向投资者发行债券，筹集资金用于环保和可持续发展项目，可吸引大量国际资本投入非洲可再生能源领域。绿色债券市场的迅速发展，为非洲可再生能源项目提供了重要的资金支持。

低息贷款与税收优惠：绿色债券通常享有政府低息贷款和税收优惠政策，降低了融资成本，提高了项目经济性。数据显示，非洲绿色债券市场的规模在过去五年中增长了 200% 以上，为多个可再生能源项目提供了重要资金支持。

国际投资的吸引力：绿色债券因其环保和可持续发展的定位，吸引了大量国际投资者的关注和参与。例如，南非通过绿色债券为可再生能源项目成功筹集了 2 亿美元，该笔资金用于建设多个风电和太阳能项目，显著提高了南非的可再生能源装机容量。

案例 6.7：南非以绿色债券支持可再生能源项目

相关项目涵盖风电和太阳能项目，总装机容量约为 250 兆瓦，位于南非多个省份，包括西开普省（Western Cape）和豪登省（Gauteng）。

相关债券发行方为南非发展银行，由国际金融机构和私人投资者联合投资，各地方政府和可再生能源开发公司为该项目的合作方。上述机构于 2018 年初成功发行绿色债券，共筹集 2 亿美元资金。项目在建设和运营期间创造了约 1000 个就业机会，提升了当地居民的收入水平。项目为超过 200000 户家庭提供了清洁电力，显著改善了当地的电力供应稳定性和可靠性。

发行绿色债券取得了以下效果：一是项目方能够快速筹集到所需资金，提高了项目透明度和可信度；二是吸引了大量国际资本，解决了资金问题，并提高了项目影响力；三是积极与当地社区合作，解决了土地使用和生态保护问题，赢得了社区的支持和参与；四是多方在合作中建立了有效的沟通和管理机制，确保项目的顺利推进。

6.2.4 国际合作模式

跨国公司和国际资金援助在非洲可再生能源项目发展过程中发挥着至关重要的作用。跨国公司与当地企业的合作，以及国际援助和投资的支持，可以保证项目获得充足的资金和技术支持，同时还可以实现技术转移和助力当地能力建设，推动非洲可再生能源项目市场扩展。

（1）跨国公司与本地企业合作模式

跨国公司利用其技术和资金优势，与本地企业合作，共同开发和推广可再生能源项目。具体而言，跨国公司与本地企业合作具有以下优势：一是促进技术转移和本地化生产，二是提供资金支持和风险共担，三是联合管理和共同运维。



案例 6.8：西门子承建的埃及风电项目

2015 年 6 月，埃及政府宣布与西门子合作，引进风力电厂为主体的发电项目，该项目装机容量为 200 万千瓦，将由德国西门子承建，通过技术转让和本地化生产，提升本地企业技术水平和竞争力。

数据显示，西门子在该项目中发挥了以下作用：一是为项目开展提供了强有力的资金支持；二是通过技术培训和合作开发，将最新的直驱风力涡轮技术传授给本地企业，提高了本地技术人员的专业水平；三是在埃及本地制造风电设备组件，使得该项目的本地化生产比例超过 60%，为当地创造了 5000 多个就业机会，并推动了相关产业的发展。

同时，该项目成立了联合管理委员会，定期评估项目进展和运营状况，确保项目顺利推进。项目进入运营阶段后，西门子提供长期技术和培训，确保项目高效运行和可持续发展。

（2）国际资金支持模式

国际援助机构和发展银行在非洲可再生能源项目中也发挥着重要作用，通过提供低息贷款、技术援助和能力建设，推动项目顺利实施和可持续发展。具体而言，其作用体现为：一是提供低息贷款和资金支持，降低项目融资成本，提高项目经济性；二是提供技术援助和能力建设，帮助当地企业和政府提高技术水平和管理能力。

案例 6.9：世界银行 Lighting Africa 项目

Lighting Africa 项目由世界银行与国际金融公司（IFC）联合发起，目标在世界银行和国际金融公司的领导下，通过世界各国（尤其是非洲国家）的政府、相关机构组织、离网照明生产和营销企业等共同努力，推动采用小型太阳能产品，在非洲形成一个可自持续发展的离网照明市场，为非洲农村地区提供清洁、可负担的电力解决方案。

该项目提供低成本的离网照明和能源解决方案，通过市场调研与需求分析、技术支持和产品开发、产品标准化、融资支持和市场推广、能力建设和合作伙伴建立等多个环节工作，帮助多个非洲国家推广了太阳能电力。

数据显示，该项目已在 20 个国家实施，累计推广超过 250 万套小型太阳能系统，累计装机容量超过 200 兆瓦，为数百万户家庭提供了清洁能源，改善了大量家庭的生活条件。

7

投资建议





第七章 投资建议

7.1 加强政策协调与战略对接，提供更多融资支持和保障

一是能源政策对话。中非政府间应定期举办高级别能源政策对话，通过高层次的政策对话，就能源发展战略、政策导向及合作方向等进行深入探讨，确保双方在清洁能源领域的合作与各自的国家发展战略和国际承诺相一致，为可再生能源领域合作凝聚高层共识。建立可再生能源领域专家组，围绕能源转型、技术创新、资金筹措等议题，开展联合研究与技术交流。共同制定清洁能源发展的路线图和行动计划，明确合作的目标、原则和优先领域，为可再生能源项目开发擘画长远图景。开展经验交流与案例分享，共同总结和推广中资企业在非洲承担的可再生能源项目成功经验和最佳实践，进一步加深双方在可再生能源领域的合作。

二是项目资金支持。发挥绿色发展投融资合作伙伴（GIFP）的积极作用，调动非洲国家、中国可再生能源企业、多边开发银行、国际非政府组织等多方力量，共同承担风险，积极撬动资金，通过多种渠道为非洲清洁能源项目提供支持，为非洲各国可再生能源项目开发提供多样化的务实解决方案。加大中非发展基金等金融机构及中国进出口银行、国家开发银行等政策性银行对非洲可再生能源项目的支持力度，支持中国可再生能源企业赴非洲投资兴业。

三是项目规则对接。合作建立可再生能源项目风险评估体系，指导中国可再生能源企业对投资项目进行全面的风险评估，包括政治风险、商业风险、环境风险等，并制定相应的风险缓解措施。合作加强可再生能源领域技术标准对接，推动中非双方在可再生能源项目设计、建设、运营等方面遵循共同的规则和标准；同时，加强法律法规沟通协调，确保项目在合法合规的前提下顺利推进。

7.2 分区实施做好重点市场跟踪，因地制宜推动项目开发

一是因地制宜开发可再生能源项目。非洲国家经济发展水平各异，电力工业化发展程度不均衡，自然地理条件亦存在差异，中国可再生能源企业需根据各国风险可控程度、项目管理和发展难易程度、市场开发潜力程度等因素，因地制宜开发可再生能源项目。其中，撒哈拉以南区域最不发达国家及部分国家偏远地区的电力工业发展尚处于起步阶段，尚未形成全国性电网，不具备大型电源接入和消纳条件，建议积极参与微电网和分布式可再生

能源建设，以满足基本生活需求，打造民心工程。对于政治局势稳定、经济基础较好、市场潜力大的国家，建议进一步加大以水、风、光为主的可再生能源合作，同时积极参与政府间能源合作机制，推动项目顺利落地。具体而言，建议水电开发重点关注尼日利亚、埃塞俄比亚等国家，风电开发重点关注埃及、南非、阿尔及利亚等国家，光伏开发重点关注埃及、阿尔及利亚等国家，地热能开发重点关注肯尼亚等国家。

二是**联合发达国家在非洲开展三方合作**。目前，欧盟“全球门户战略”(Global Gateway)、美国“重建美好世界”(B3W)等，均将非洲国家视为重点合作对象，并将可再生能源视为重要合作领域，相继在非洲部署了多个可再生能源项目。中国企业可加强与欧美等发达国家企业及国际金融机构的三方合作，联合在非洲国家开展可再生能源项目，实现风险共担、利益共享。

7.3 增强境外风险防范意识，完善风险过程管控机制

一是**做好项目过程风险管控**。具体包括以下4个方面：风险识别方面，辨别投资风险种类，预见风险表现与后果，建立风险预警机制；风险分析评价方面，分析各类风险概率及可能造成影响的深度与广度；风险应对方面，坚持可规避性和可接受性原则，制定应对措施，常用措施包括风险回避、风险自留、风险转移和风险控制；风险监控方面，对已经识别的风险要进行监控，努力将其遏制在萌芽状态，对已发生的风险，则要根据事先制定的风险应对措施，将风险损失降至最低。

二是**针对项目实际开展尽职调查**。为进一步摸清项目实际情况，可再生能源企业可依托“一带一路”绿色发展国际联盟等深耕绿色领域的国际机构，或聘请专业市场调查人员对项目所在地的政治、社会、经济、民生等基本情况进行实地调查，或与中国驻东道国经济商务机构及对当地情况更加熟悉的中资企业座谈交流，从而全面掌握项目基本背景情况。针对东道国政府提出的项目评估、金融保险、退出机制、多元化参与等准入条件进行复核，并依据前期可行性研究成果对项目的潜在风险进行预判，拟订相应的风险控制策略。

三是**加强项目财务风险防控**。针对非洲项目投资风险复杂多变的特点，应该强化风险防范意识。政治风险方面，购买海外投资保险，为因东道国战争及政治暴乱、违约等政治风险造成的经济损失提供风险保障。汇率风险方面，约定有利的合同条款，利用好远期结售汇（与银行协商签订远期结售汇合同，约定将来办理结汇或售汇的外汇币种、金额、汇率和期限）、外汇掉期保护（与银行签订合约，约定两笔金额一致、买卖方向相反、交割



日期不同、交割汇率不同的人民币对同一外币的买卖交易，并在两笔交易的交割日按照掉期合约约定的币种、金额、汇率办理结汇或购汇业务）、远期外汇买卖（与银行协商签订远期外汇买卖合同，按约定汇率在约定期限进行交割）等避险工具，适应汇率双向波动风险，保持财务中性。融资风险方面，与金融机构建立战略合作伙伴关系，尽量利用主权担保融资。消纳风险方面，尽量聘请当地咨询机构开展尽职调查，全面评估项目投资可能面临的市场风险、管理风险、技术风险和资金风险。价格风险方面，做好市场分析与设备价格预测，在开展投资与采购时锁定合适价格，留出收益率安全余量，合理控制成本并提高效率。业主支付风险方面，及时跟进国家债务变化及通货膨胀情况并提前预警，避免因各类因素造成项目资金的实际支付能力发生重大变化。

7.4 结合多元化融资模式，推进项目成功实施和可持续发展

在非洲可再生能源项目的投资中，结合多元融资模式是提升项目成功率和可持续性的关键。

一是加强绿色金融创新。中国开发性金融机构应率先提升绿色投资标准，提供更加便利的绿色信贷、绿色债券、绿色保险等产品，引导公共资金更多流向清洁能源领域，改进对海外清洁能源项目（尤其是光伏、风电项目）的风险评估机制，避免过分强调国别风险而忽视对具体行业和项目风险的客观评价。

二是设立初步可行性资金。借鉴多边金融机构和欧美政策性银行的经验，尝试在项目前期开发阶段设立初步可行性资金，支持可再生能源企业或开发商对环境、并网、可再生能源资源和发电厂容量、能源成本和电价以及相关风险进行整体评估。此项资金可由政府机构或捐助机构提供，以支持项目开展初步可行性评估，为下一阶段银行融资可行性评估奠定基础。一旦项目取得进展，初步可行性资金将会按照商业价格被中期建设基金购买，转化为对项目的股权投资。

三是创新资金协同机制。创新“援助+贷款+投资+贸易”的协同融资机制，为有需求的非洲国家制定“一国一策”援助方案，引导有偿债能力的受援国使用此协同融资机制，以援外资金带动私人资本和企业参与，减轻东道国主权债务负担，达到以少量官方发展援助撬动重大项目落地的杠杆作用，为共建国家长期发展提供经济增长机会。

四是发展国际碳融资机制。《巴黎协定》第6条为非洲国家参与全球碳市场并出售可再生能源项目产生的碳信用提供了新契机。其中，各国可依据《巴黎协定》6.2条款，相

互交换或与其他双边伙伴交易国际转让减缓成果（internationally transferred mitigation outcomes, ITMO），或依据《巴黎协定》6.4 条款，在新的《联合国气候变化框架公约》管辖的国际碳市场可持续发展机制（Sustainable Development Mechanism, SDM）中发放碳信用。在该机制下，所有的缔约国都可以向他国提供资金和技术减排，产生的减排量用于本国履行《巴黎协定》下的国家自主贡献目标（NDC）。IEA 发布的《2022 年非洲能源展望》^[11]中，就《巴黎协定》第 6 条可对非洲国家产生的经济潜力进行了评估，评估结果显示，至 2030 年，碳信用交易可为非洲国家产生 225 亿~2450 亿美元收入，可以提供超过非洲清洁能源投资需求 20% 的资金流，有助于将清洁能源项目转变为银行可担保的项目。



参考文献

- [1] IRENA, GRA. Tripling renewable power and doubling energy efficiency by 2030: Crucial steps towards 1.5°C[R/OL]. (2023) . <https://www.irena.org/Digital-Report/Tripling-renewable-power-and-doubling-energy-efficiency-by-2030>.
- [2] IEA. Electricity Market Report 2023[R/OL]. (2023) . <https://www.iea.org/reports/electricity-market-report-2023>, Licence: CC BY 4.0.
- [3] IEA. Oil 2023[R/OL]. (2023-06) . <https://www.iea.org/reports/oil-2023>, Licence: CC BY 4.0.
- [4] IRENA. Renewable capacity statistics 2024[R/OL]. (2024-03) . <https://www.irena.org/Publications/2024/Mar/Renewable-capacity-statistics-2024>.
- [5] International Monetary Fund. World Economic Outlook Database[EB/OL].(2024-10) . <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2024/October>.
- [6] 能源研究院.世界能源统计年鉴（2024 年版）[R/OL]. (2024) . <https://www.energyinst.org/statistical-review/about>.
- [7] International Atomic Energy Agency. Is Africa Ready for Nuclear Energy?[R/OL]. (2018-09-03) . <https://www.iaea.org/newscenter/news/is-africa-ready-for-nuclear-energy>.
- [8] 朱源.非洲数据中心行业快速成长[J].中国投资（中英文），2021，（Z5）：78-79.
- [9] Africa Energy Portal. Updated Regional Power Status in Africa Power Pools Report[R/OL]. (2016-11-01) <https://africa-energy-portal.org/reports/updated-regional-power-status-africa-power-pools>.
- [10] World Bank Group. Africa’s Pulse[R/OL]. (2024) .
- [11] IEA. Africa Energy Outlook 2022[R/OL]. (2022) . <https://www.iea.org/reports/africa-energy-outlook-2022>, Licence: CC BY 4.0.
- [12] IRENA. Africa 2030: Roadmap for a Renewable Energy Future[R/OL]. (2015) . www.irena.org/remap.
- [13] IEA. World Energy Outlook 2023[R/OL]. (2023) . <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023?language=zh>, Licence: CC BY 4.0 (report) ; CC BY NC SA 4.0 (Annex A) .

- [14] Statista. Access to the electric grid in Africa in 2021/2023, by country[EB/OL]. (2024) .https://www.statista.com/statistics/1315272/access-to-the-electric-grid-in-africa-by-country/.
- [15] Samuel Gyamfi, Bernard Aboagye, Michael Obeng, et al. Criticality and severity of adverse effects of the sun on performance of solar PV systems, Solar Energy Advances, Volume 4, 2024, 100058, ISSN 2667-1131.
- [16] Africa Development Bank. The African Statistical Yearbook 2021[EB/OL]. (2021) . https://ideas.repec.org/s/adb/adbasy.html.
- [17] The Boston University Global Development Policy Center. Evaluating Regional Prefeasibility Facilities: Expanding Renewable Energy and Energy Access in the SADC Region[R/OL]. (2024-6-20) [2024-7-21].https://www.bu.edu/gdp/2024/06/20/evaluating-regional-prefeasibility-facilities-expanding-renewable-energy-and-energy-access-in-the-sadc-region/.
- [18] IEA. World Energy Investment 2023[R/OL]. (2023) https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2023, Licence: CC BY 4.0.
- [19] IEA. Financing Clean Energy in Africa[R/OL]. (2023) https://www.iea.org/reports/financing-clean-energy-in-africa, Licence: CC BY 4.0.