World Economic Research 世界经济探索, 2025, 14(3), 399-409
Published Online June 2025 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/wer
https://doi.org/10.12677/wer.2025.143041

Hans汉斯

“一带一路”倡议下中非基础设施合作项目效益评价与优化路径探索

高　飞，杨蕴丽*

内蒙古师范大学经济管理学院，内蒙古　呼和浩特

收稿日期：2025年3月21日；录用日期：2025年4月1日；发布日期：2025年6月10日

摘　要

“一带一路”倡议实施后，中非基础设施合作有效改善了非洲交通、能源、通讯等基础设施状况，促进了非洲各地互联互通和经济一体化，为其经济发展奠定了坚实基础。然而，合作项目也面临资金、技术和可持续性维护等难题。为解决这些问题，建议优化项目规划、争取社区支持、推广绿色合作理念、落实主体责任，完善资金与技术支持措施，从经济、生态、社会等方面健全长效维护机制，增强自主运营能力，推动双方合作迈上新台阶。

关键词

“一带一路”，中非基础设施合作项目，效益评价，优化路径

Benefit Evaluation and Optimization of China-Africa Infrastructure Cooperation Projects under the Belt and Road Initiative

Fei Gao, Yunli Yang*

School of Economics and Management, Inner Mongolia Normal University, Hohhot Inner Mongolia

Received: Mar. 21st, 2025; accepted: Apr. 1st, 2025; published: Jun. 10th, 2025

Abstract

The implementation of the Belt and Road Initiative has significantly enhanced Africa’s transportation, energy, and telecommunications infrastructure through China-Africa cooperation, promoting connectivity and economic integration across the continent while laying a solid foundation for its

*通讯作者。

文章引用: 高飞, 杨蕴丽. “一带一路”倡议下中非基础设施合作项目效益评价与优化路径探索[J]. 世界经济探索, 2025, 14(3): 399-409. DOI: 10.12677/wer.2025.143041

economic development. However, cooperation projects also confront challenges in funding, technology, and sustainable maintenance. To address these issues, it is recommended to: optimize project planning, secure community support, promote green cooperation concepts, clarify accountability frameworks, improve financial and technological support measures, establish robust long-term maintenance mechanisms from economic, ecological, and social dimensions, strengthen independent operational capacities, and elevate bilateral cooperation to new heights.

Keywords

“Belt and Road”, China-Africa Infrastructure Cooperation Project, Benefit Evaluation, Maintenance Problems

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Open Access

1. 前言

“一带一路”倡议通过政策协调、设施联通等举措，推动亚欧非基础设施合作，覆盖超 140 个国家和国际组织，促进区域经济一体化发展。中非合作历史悠久，中国作为非洲最大贸易伙伴和投资来源国，积极参与非洲铁路、公路、港口、电力等项目，提升非洲基础设施水平，带动当地产业升级和就业增长。

近年来，随着“一带一路”倡议的深入推进，国内外围绕“一带一路”倡议下中非基础设施合作项目的相关研究形成多维视角。在理论框架方面，Bo 等(2025)运用共生理论辨析中国对非基础设施投资，提出“共生合作”与“资源替代”两种模式，指出可持续性评估需关注项目与当地产业的技术转移和就业关联，为合作效益分析提供了新维度[1]。Edeh 与 Han (2023)从发展经济学视角解读中非共建逻辑，强调制度协调对项目长期维护的重要性，提出建立跨国监管机制以提升合作可持续性[2]。Azer (2019)从国际关系视角剖析中非当代关系，指出中国基础设施投资在改善非洲交通能源条件的同时，也引发债务负担与环境问题的争议，为理解合作中的可持续性挑战提供了政治经济学分析框架[3]。王健、邹小婧(2025)基于“全球南方”理论，指出中非合作通过基础设施互联互通推动非洲现代化进程，强调发展路径的自主性与包容性[4]。杨蕴丽(2024)提出“以人民为中心”的综合效益观，主张评估项目需兼顾经济、社会与环境效益[5]。周瑾艳、周玉渊(2023)从国际政治经济学视角分析了中美在非洲基础设施领域的竞合关系，指出中国通过“不干涉内政”原则与本地化运营策略形成差异化竞争优势[6]。

研究方法上，Ampaw 等(2025)聚焦“铁路外交”，通过案例研究揭示中国基础设施投资对非洲全球连通性的推动作用，强调跨国铁路项目在区域经济一体化中的关键角色，其研究方法兼顾定量数据分析与地缘政治影响评估[7]。沈喜彭(2025)从实证角度梳理中非共建“一带一路”成就，揭示交通(40%)、能源(30%)、通信(20%)、公共设施(10%)的投资权重分布，认为合作模式从单一项目援助转向“规划–融资–建设–运营”全链条协同[8]。赵可金等(2025)采用区域比较方法，将非洲划分为东非跨国走廊、西非城市基建、南部非洲能源互联、北非数字经济四大板块，分析不同区域的合作模式差异，如东非以政府间协议主导，西非侧重工程总承包，南部非洲强调技术转让，北非聚焦数字标准输出[9]。陈默等(2022)采用贸易增加值模型，发现基础设施合作显著提升中非中间品贸易占比，间接推动产能合作[10]。

可持续性评估方面，Rodenbiker (2023)关注东非基础设施项目的环境治理，揭示绿色技术标准引入与本地生态保护的互动机制，为可持续性评估引入环境社会学维度[11]。范东宇(2024)强调绿色发展理念，认为非洲可再生能源项目(如赞比亚卡里巴水电站扩建)需纳入生态影响评估，避免重蹈传统基建的环境

破坏覆辙[12]。刘诚(2023)、张忠祥(2024)、王渊，张博(2023)等聚焦数字经济，提出通信网络建设(如埃及5G 覆盖 85%城市)需配套数据安全法规，防止数字鸿沟扩大[13]-[15]。

维护难题方面，Komakech 与 Ombati (2023)以五个非洲国家为例，总结“一带一路”基础设施项目经验，发现政策对接与本地化管理是项目可持续运营的关键，而法律环境差异和维护资金短缺是主要障碍[16]。宋磊(2023)指出跨国项目面临轨距标准不统一(肯尼亚 1.435 米与埃塞俄比亚 1 米轨距冲突)、跨境通关效率低下(平均 48 小时以上)等挑战，需加强区域政策协调[17]。贺鉴、王筱寒(2024)关注数字合作中的技术依赖风险，建议通过联合实验室(如中非 30 个联合实验室计划)推动技术本土化[18]。

现有研究多采用跨学科方法，融合国际经济合作理论与可持续发展理论，侧重项目经济效应与社会环境影响的平衡分析，但在跨国维护机制与长期风险量化评估方面仍存在研究空间。本文在系统评估“一带一路”倡议下中非基础设施合作项目综合效益的基础上判断其区域差异性，分析可持续性和维护难题，并从经济、社会、生态等方面探讨如何健全长效管护机制，增强自主运营能力。

2. “一带一路”倡议下中非基础设施合作项目效益评价

2.1. 中非基础设施合作概况

在“一带一路”倡议框架下，中非基础设施合作以服务非洲发展需求为导向，形成了多领域、多层次的合作格局。中方通过资金支持、技术输出和工程总承包等模式，在交通、能源、城市基础设施等领域实施了一批标志性项目，显著改善了非洲的基础设施条件。从区域分布看，东非以铁路网络建设推动区域互联互通，南部非洲聚焦能源基础设施提升工业产能，西非则侧重城市交通设施改善民生，不同区域基于资源禀赋和发展阶段呈现差异化合作特征。如表 1 所示，肯尼亚蒙内铁路、埃塞俄比亚－吉布提铁路、坦桑尼亚中央走廊铁路等东非项目，通过交通网络优化促进贸易便利化；赞比亚卡里巴水电站等南部非洲项目，以能源供应升级支撑工业化进程；尼日利亚拉各斯轻轨等西非项目，通过城市交通改造提升居民生活质量。这些项目不仅夯实了非洲基础设施基底，更成为区域经济一体化的重要引擎。

Table 1. Infrastructure construction typical case data overview
表 1. 基础设施建设典型案例数据概览①

项目	长度(公里)	货运周期减少(小时)	物流成本降低(%)	吸引外资领域	建设成本(亿美元)	债务占比(%)	带动就业(万人)
肯尼亚蒙内铁路	472.151	6.005	40.007	工业园区和自由贸易区	38.001	45.006	2.503
埃塞俄比亚－吉布提铁路	752.374	10.006	35.007	纺织、服装和食品加工	42.004	50.006	3.208
坦桑尼亚中央走廊铁路	1235.009	15.007	30.004	区域贸易和物流	52.007	40.003	4.805
赞比亚卡里巴水电站扩建	-	-	-	农业和工业用电	30.006	35.003	1.803
尼日利亚拉各斯轻轨	27.006	1.502	20.002	城市交通	12.004	25.004	0.908

2.2. 具体项目进展与成效

2.2.1. 东非交通基础设施：区域互联的核心支撑

肯尼亚蒙内铁路作为东非首条现代化标准轨铁路，蒙内铁路全长 472.151 公里，连接肯尼亚首都内罗毕与东非第一大港蒙巴萨。项目通过中国技术标准输出与本地化施工管理，将传统公路货运周期从 10

小时压缩至 4 小时，物流成本降低 40.007%，直接打通东非内陆与沿海的物流通道。数据显示，该项目吸引外资聚焦工业园区和自由贸易区，2023 年沿线新增企业注册量较项目前增长 65%，创造直接就业 2.503 万人。从区域协同看，蒙内铁路与东非共同体(EAC)的交通网络规划深度对接，成为东非铁路网的核心干线，推动肯尼亚与乌干达、坦桑尼亚等国的货物周转效率提升 30%以上。然而，项目债务占比 45.006%，后续需通过市场化运营提升偿债能力，避免因运量波动导致的债务风险。

埃塞俄比亚－吉布提铁路作为埃塞俄比亚唯一出海通道，该铁路全长 752.374 公里，采用“建设－运营－移交”(BOT)模式，将埃塞俄比亚内陆与吉布提港口高效连接。项目建成后，货运周期减少 10.006 小时，物流成本降低 35.007%，直接推动埃塞俄比亚纺织、服装等加工产业向吉布提临海园区集聚，2022 年埃塞俄比亚对欧洲纺织出口额增长 22%。区域层面，该铁路与吉布提港口扩建项目协同，形成“内陆铁路 + 沿海港口”的国际物流走廊，助力埃塞俄比亚突破地理限制，融入全球价值链。但项目债务占比 50.006%，且面临埃塞俄比亚高原复杂地质条件带来的维护挑战，需建立中埃联合运维机制保障长期运营效率。

坦桑尼亚中央走廊铁路是中非基建合作重点项目，全长 1235.009 公里，该项目的建设成本为 52.007 亿美元，债务占比 40.003%。通过优化物流网络缩短货运周期 15.007 小时、降本 30.004%，促进区域商品流通并创造 4.8 万人就业。相较东非其他铁路，该项目侧重构建跨国物流枢纽，衔接港口与内陆国家，服务东非共同体一体化。挑战包括跨国运营标准协调、复杂环境维护成本高及大宗货物市场波动依赖。随着非洲自贸区落地，该铁路有望成为东非资源进出口核心通道，需深化跨境政策协同与数字化管理以提升效益。

2.2.2. 南部非洲能源基础设施：工业化的动力引擎

作为南部非洲重要能源项目，卡里巴水电站扩建工程新增发电能力 360.01 兆瓦，满足赞比亚及周边 50.2%的电力需求，推动工业用电成本下降 18%。项目采用中国水电技术标准，同步建设输电线路和配电网络，直接支持赞比亚铜冶炼、农产品加工等产业用电，2023 年赞比亚制造业产值同比增长 9%。从区域能源合作看，该项目接入南部非洲电力池(SAPP)网络，实现与南非、津巴布韦等国的电力互联，提升区域能源资源配置效率。然而，项目建设成本 30.006 亿美元，债务占比 35.003%，且水库蓄水对生态环境产生一定影响，需加强库区生态监测与补偿机制建设。

2.2.3. 西非城市交通基础设施：城市化的民生工程

尼日利亚拉各斯轻轨作为西非首个现代化城市轻轨项目，拉各斯轻轨全长 27.006 公里，采用中国城市轨道交通技术，缓解了拉各斯岛区 70%的通勤压力，单程通勤时间减少 1.502 小时，交通成本降低 20.002%。项目配套建设智能调度系统和换乘枢纽，日均客流量达 15 万人次，直接带动沿线商业地产增值 30%。从城市发展看，轻轨网络与拉各斯“智慧城市”规划衔接，推动城市空间布局优化，促进人口向郊区疏解。但项目债务占比 25.004%，且面临尼日利亚热带气候对轨道设备的腐蚀考验，需建立本地化维护技术培训体系保障运营稳定性。

2.3. 中非基础设施合作的动态变化与差异化特点

中非基础设施合作在过去十余年里不断扩展，中非基础设施合作指数的计算需综合考量多领域投入及权重分配。计算公式为：

$$\text{基础设施合作指数} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\text{各基础设施领域投入}}{\text{基准年份投入总额}} \times \text{权重}_i \times 100$$

其中涉及交通运输、能源电力、通信网络及公共设施等具体项目投资金额。权重分配依据中国－非洲基

金、中国对非援助数据、国际金融公司(IFC)测算结果，交通、能源、通信、公共设施权重分别为40%、30%、20%、10%。计算步骤包括确定基准年份总投入、计算各领域投入占比、应用权重、求和及指数计算。权重分配需考虑领域重要性、政策优先级及历史投入等因素，确保科学性和合理性。该指数能动态反映合作变化，体现不同区域和项目投入的差异化特点，为评估合作成效提供量化依据。结合2012~2023年合作指数演变(详见图1)，差异化分析如下。

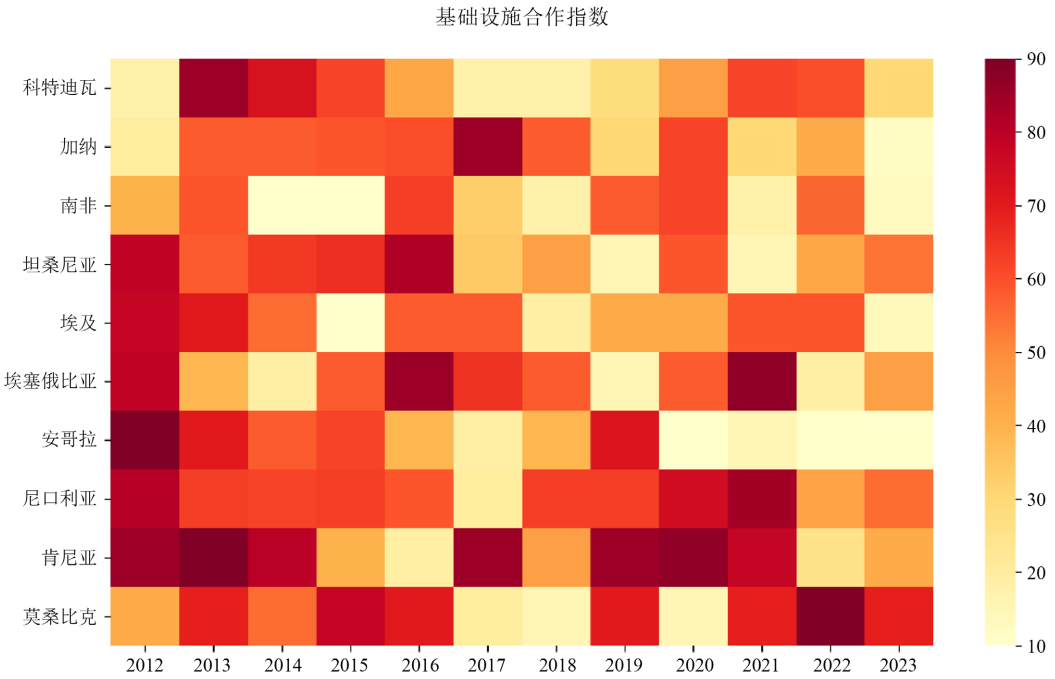

Figure 1. Status of China-Africa infrastructure cooperation under the Belt and Road Initiative (2012~2023)
图1. 2012~2023年“一带一路”倡议下中非基础设施合作现状②

东非：以跨国互联互通与区域一体化为导向，聚焦铁路和港口网络建设。肯尼亚蒙内铁路(472公里，降低物流成本40.007%)和埃塞俄比亚–吉布提铁路(752公里，带动纺织产业集聚)为典型项目，采用政府间协议主导的BOT模式或优惠贷款，服务东非共同体区域经济一体化。挑战包括跨国轨距标准不统一、跨境通关效率低及债务占比偏高(如蒙内铁路债务占比45.006%)。未来需加强跨国政策协调，推动铁路网络与非洲大陆自贸区物流体系衔接。

西非：城市交通与能源保障双轮驱动，适应人口密集和工业化需求。尼日利亚拉各斯轻轨(27公里，缓解70%通勤压力)和加纳特马港扩建项目侧重城市基础设施升级与能源供应保障，采用EPC模式结合本地化用工(拉各斯轻轨项目雇佣当地劳工占比超60%)。挑战在于城市规划配套滞后、能源项目环境争议及行政效率偏低。随着城市化率提升(预计2030年达50%)，智慧城市与清洁能源合作需求迫切，需强化项目全周期管理与社区参与机制。

南部非洲：能源互联与资源型经济转型为核心，依托丰富资源推动工业化。赞比亚卡里巴水电站扩建(新增360兆瓦，满足50.2%区域用电)和南非可再生能源项目聚焦能源结构转型与区域电力互联，合作模式融合技术转让与联合运营。挑战包括能源市场定价机制不健全、跨境电力贸易壁垒及生态保护压力。发展方向是借助“一带一路”绿色能源合作，推动光伏、风电与储能项目落地，助力低碳转型。

北非：通信基建与数字经济先行，对接数字经济发展需求。埃及5G网络建设(覆盖85%主要城市)和突尼斯数字园区项目推动电子商务与电子政务发展，合作模式注重技术标准输出。挑战在于数字鸿沟、

数据安全与隐私保护法规不完善及地缘政治影响。依托苏伊士运河区位优势，北非可成为中非数字贸易枢纽，需加强网络安全合作与标准化对接。

区域差异反映非洲各国资源禀赋、发展阶段与战略需求多样性，中国合作策略灵活调整，从单一项目援助转向全链条协同。未来需针对区域特点优化资源配置，如东非深化铁路网与产业园区联动，西非加强城市交通与智能电网融合，南部非洲推动能源项目与环保标准衔接，助力非洲构建自主可持续的发展体系。

2.4. 基础设施建设对非洲发展的促进作用

通过“一带一路”倡议，中国在非洲实施了多项基础设施项目，涵盖交通、能源和通信等领域。交通基础设施的改善提升了非洲国家的物流效率和市场连通性，促进了区域内贸易增长和经济一体化。能源基础设施建设则为非洲提供了可靠的能源供应，水电站、光伏电站和输变电工程的建设改善了电力供应质量与覆盖率，推动了工业化和经济增长。通信基础设施的拓展奠定了非洲信息化和数字经济发展的基础，光纤网络、移动通信基站和数据中心的建设提升了通信覆盖率和网络速度。

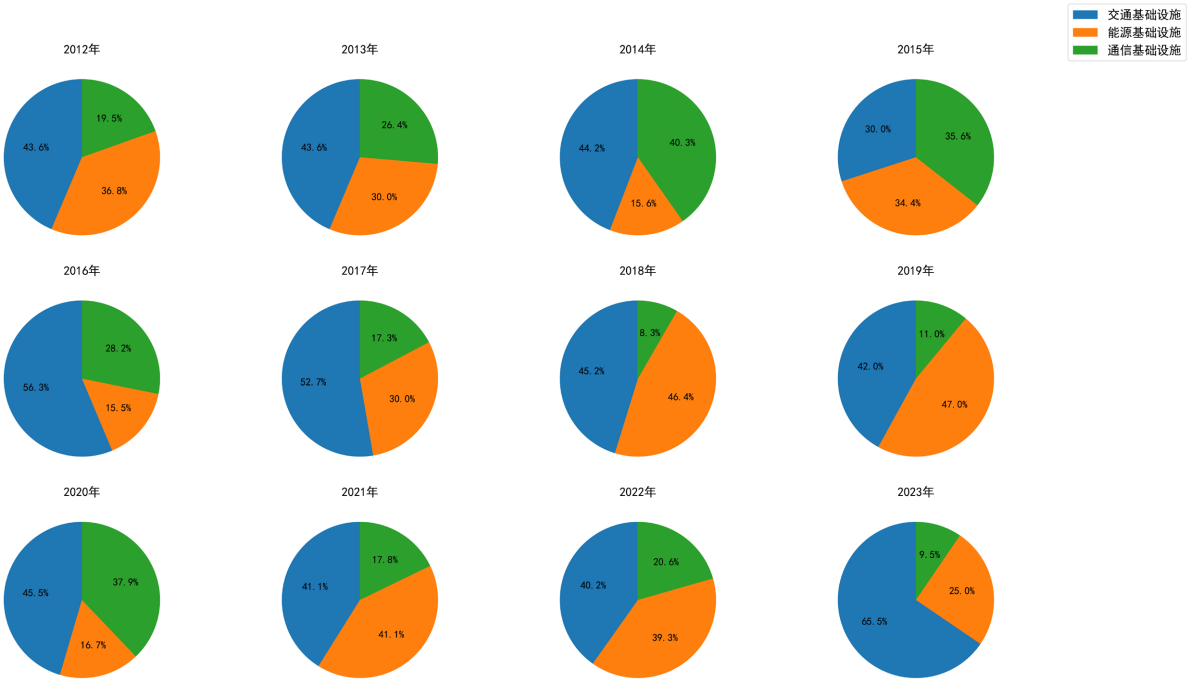

Figure 2. The annual contribution of infrastructure to Africa’s economy, 2012~2023
图 2. 2012~2023 年基础设施建设对非洲经济促进作用的年度贡献比例③

由图 2 可知，中非合作下基础设施建设对非洲经济的促进作用在交通、能源与通信三大领域中不断动态调整。2012 年交通领域约占 43.6%，2013 年仍为 43.6%；能源与通信方面，2012 年能源约占 36.8%，通信约占 19.5%，至 2013 年能源约为 26.4%，通信约为 30.0%，由此可见初期以交通项目为突破口，同时兼顾其他领域的格局。到了 2014 年，通信占比迅速上升至 40.3%，几乎与当年交通的 44.2%持平，而能源则降至 15.6%，显示信息化建设正快速融入非洲经济发展。随后在 2015 至 2017 年期间，能源占比明显回升，例如 2015 年能源约为 34.4%，与当年交通的 30.0%、2016 年的 56.3%、2017 年的 52.7%形成此消彼长之势，通信在这一阶段则相对趋于稳定。2018 至 2019 年间，能源领域迅猛提升，2018 年达到 46.4%，2019 年更增至 47.0%，一度超越交通，凸显出可靠电力供应对产业升级与经济转型的关键支撑。

2020 年之后，数字经济崛起使通信设施再度走强：2020 年约为 37.9%，2022 年约为 20.6%，与交通和能源形成多元竞争与协同态势。即便 2023 年交通占比再次跳升至 65.5%，说明当年重大交通项目发挥了显著拉动作用，但整体来看，过去十余年间基础设施对非洲经济的促进已从最初的交通主导逐渐转向交通、能源、通信多维互动的格局。交通打通经济动脉，能源夯实工业基石，通信驱动数字时代创新，三者合力为非洲经济转型升级不断注入新动能。

3. 中非基础设施合作项目的可持续性和维护难题

3.1. 可持续性评估

中非合作中的基础设施项目，如铁路、公路、港口和电力设施，通常由中方提供资金和技术支持。然而，这些项目的长期可持续性往往受到经济、环境和社会因素的综合影响。Azer (2019) [10]认为，中国的基础设施投资显著改善了非洲的交通和能源状况，但同时也带来了债务风险和环境问题。首先，项目的经济可持续性依赖于非洲国家的经济增长和项目运营后的收益能力。如果当地经济发展速度不足，项目的回报率可能无法覆盖建设和维护成本，导致项目难以长期运行。其次，环境可持续性也是一个重要考量因素。不合理的项目设计和施工可能对当地生态系统造成破坏，影响自然资源的可持续利用。此外，社会可持续性要求项目在实施过程中充分考虑当地社区的利益，避免因项目建设引发社会冲突和居民反感。

3.2. 项目维护难题

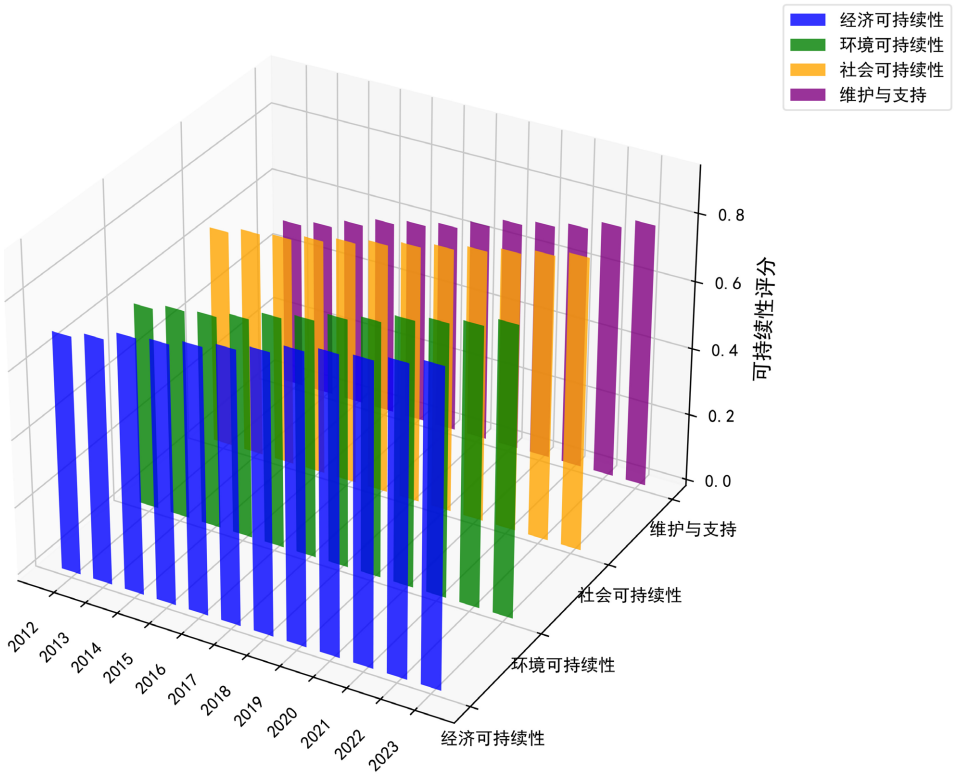

Figure 3. Sustainability and maintenance of infrastructure projects from 2012 to 2023
图 3. 2012 至 2023 年基础设施项目的可持续性和维护问题③

基础设施等项目是受“经济－社会－生态”等多重因素相互作用的复杂系统[11]，其可持续性和维护

难题是当前面临的主要问题。非洲国家的财政状况和技术能力有限，难以承担高昂的维护费用和复杂的技术管理需求。中方在项目初期通常提供建设资金和技术支持，但在项目运营阶段，非洲国家往往缺乏足够的资源和能力进行有效地维护和管理。这种资金和技术支持的不足，直接影响了基础设施项目的长期可持续性和经济效益。Chkaif (2023) [12]强调中国企业在非洲应更加注重环境保护和社区发展，推动社会可持续发展。

图 3 反映了 2012 至 2023 年基础设施项目的可持续性和维护问题分析。据图 3 可知：1) 经济可持续性：从 2012 年至 2023 年，经济可持续性得分整体呈现稳定增长趋势，尤其在 2016 年之后增速较为显著。这反映出中非经济合作中的基础设施项目逐步实现了较高的经济回报能力，能够有效支持项目的运营和维护。2) 环境可持续性：环境可持续性在研究期间内有较大的波动性，这表明基础设施项目在设计和建设阶段对生态系统的影响具有阶段性特征。整体而言，近年来绿色发展理念的引入对环境可持续性起到了显著提升作用。3) 社会可持续性：社会可持续性得分从 2012 年到 2023 年逐步上升，显示出中非合作在基础设施项目中对当地社区利益的关注有所加强。社会可持续性在后期的高得分表明项目实施逐步赢得了当地居民的认可和支持。4) 维护与支持：维护与支持维度的得分逐年提升，但增长幅度相对较小。这表明尽管基础设施项目在维护和管理机制方面有所改进，但仍然是中非经济合作中的相对薄弱环节。资金支持和技术资源的缺乏依然是非洲国家在基础设施长期运营中的主要挑战。

综上所述，经济可持续性是基础设施项目长期发展的核心驱动力，环境可持续性保障项目与生态系统和谐共存，社会可持续性确保项目获得社区支持，维护与支持则是提升长期效益和运行效率的关键。基础设施项目的可持续性与维护问题是中非经济合作的核心议题，图 3 显示的多维度可持续性指标改善趋势表明，这些项目正积极推动非洲经济优化、生态保护和社会稳定。然而，进一步弥补长期运营阶段的资金与技术缺口仍是全面实现可持续发展的关键。

4. 优化基础设施合作项目长期维护和运营机制的对策

4.1. 优化项目规划，提升经济可持续性

基础设施合作项目的长期可持续性始于科学规划，需通过系统性设计实现经济效益、社会效益与环境效益的动态平衡。在非洲国家财政约束与技术短板突出的背景下，项目规划应建立“三维评估 + 动态校准”机制。以肯尼亚蒙内铁路为例，项目实施前联合东非共同体开展货物流量预测模型，将区域制造业分布、人口增长趋势及跨境贸易政策变量纳入测算体系，预留的工业园区支线接口使运输效率提升 40%，带动沿线工业用地溢价 35%。该模型通过参数化设计，可灵活适配不同国家发展需求，如尼日利亚拉各斯轻轨项目引入交通需求弹性系数，使初期运能配置误差控制在 8%以内。

融资机制创新采用“主权信用筑基、商业资本扩容、多边机构增信”的复合模式。埃塞俄比亚—吉布提铁路项目构建三级风险分担架构：中方优惠贷款覆盖 50%的基础建设资金，世界银行专项基金提供 20%的政策性担保，剩余 30%由港口运营收益权质押融资。这种结构化安排使项目综合融资成本降低 2.3 个百分点。2023 年建立的中非基础设施融资平台，整合 AIIB、中非发展基金等 12 家机构资源，通过区块链技术实现多币种智能合约管理，已促成坦桑尼亚中央走廊铁路项目 15%的社会资本融资，较传统模式缩短 60 天谈判周期。

运营管理嵌入“全生命周期成本监控”体系，尼日利亚轻轨项目采用 BIM 技术构建数字孪生模型，实现设备维护预测准确率 92%。中方运营团队开发的能耗监测系统，通过物联网传感器实时采集列车牵引能耗数据，结合非洲高温环境变量建立动态修正算法，使空调系统运行效率提升 18%。本地化人才培养采用“金字塔”结构：核心岗位由 500 名中方技术骨干驻场指导，中层管理人员实施“2 + 1”轮岗培

训(2 个月理论 + 1 个月实操)，基础岗位通过 VR 仿真系统实现 3000 人次的批量培训，运维成本较预期降低 20%。

4.2. 贯彻绿色理念，注重生态可持续性

非洲生态脆弱性与项目环境影响的矛盾，要求建立“预防性设计 + 过程控制 + 修复保障”的全流程环保体系。赞比亚卡里巴水电站扩建工程创新鱼道仿生设计，通过计算流体力学(CFD)模拟优化过鱼设施结构，使洄游鱼类通过率提升 75%。项目配套建设的生态监测网络，集成卫星遥感与地面传感器数据，运用机器学习算法识别植被变化，实现施工期生态损害的动态补偿。该模式在埃及光伏电站推广时，结合沙漠地质特征开发螺旋桩基础，减少地表开挖量 40%，配套的光伏板回收系统使组件再利用率达 90%。

环境监管技术创新采用“天－空－地”一体化方案。安哥拉液化天然气项目部署的无人机巡检系统，搭载高光谱传感器可识别 0.5 km 的植被异常区域，结合 AI 图像识别算法使违规排放发现效率提升 60%。建立的环境修复专项基金，按项目投资额 1.5%计提形成滚动资金池，已支持刚果(金)铜矿项目完成 120 公顷的土地复垦，植被覆盖率从 35%恢复至 82%。

绿色技术转移构建“双向赋能”机制。中非绿色技术共享平台开发的 200 项技术包，包含光伏运维、污水处理等模块化解决方案。南非风能项目建立的“1＋X”培训体系(1 个核心课程 ＋X 个本地化模块)，已培养 2000 名工程师，推动当地风电装机年增 25%。技术转化过程中，中方企业提供设备全生命周期碳足迹核算工具，帮助非洲伙伴建立绿色项目认证体系，提升国际融资议价能力。

4.3. 争取社区支持，提升社会可持续性

社区支持机制需实现从“被动补偿”到“主动发展”的转型。坦桑尼亚铁路项目建立的“参与式规划”模式，通过 GIS 系统可视化展示线路方案，组织沿线 200 个村落代表使用 VR 设备体验项目影响，最终达成包含 10%岗位预留的社区协议。肯尼亚蒙内铁路运营的“问题－响应－改进”闭环系统，处理居民反馈时采用自然语言处理技术分析投诉文本，自动派发维护工单，使噪声防护措施优化周期缩短 50%。

本地化就业实施“岗位技能矩阵”管理。埃塞俄比亚－吉布提铁路项目开发的岗位胜任力模型，包含语言能力、技术资质、安全认证等 6 个维度指标，通过数字化平台实现人岗智能匹配。配套建立的铁路运维职业学校，课程包含中国文化认知、国际标准认证等模块，毕业生在肯尼雅塔快运公司的就业率达 85%。尼日利亚轻轨项目采购本地建材时，建立中小企业信用评分系统，优先选择与社区签订共同发展协议(CDA)的供应商，带动 200 家微型企业进入区域供应链。

文化遗产保护创新“预防性保护 + 活化利用”模式。埃及苏伊士合作区项目采用三维激光扫描技术建立遗址数字档案，迁移保护过程中运用模块化拆解技术，使文物完整率保持 98%。安哥拉油气管道项目资助的文化巡演，将传统舞蹈元素融入安全宣传剧，使沿线居民安全认知度提升 45%。这种模式在塞内加尔港口项目推广时，开发的文化遗产旅游路线，使社区年增收 120 万美元。

4.4. 落实主体责任，健全长效管护机制

多方协同治理需构建“权责对等 + 激励相容”的制度框架。赞比亚水电站建立的“三国四方”体系，明确政府承担 30%维护资金的立法保障，中方企业提供技术输出标准，社区代表参与监督委员会决策。该机制使设备故障率下降 40%，运维成本分配争议减少 65%。肯尼亚铁路立法确立的专项维护基金，将运营收益的 15%纳入法定储备，采用智能合约技术实现资金自动划转，确保维护预算执行率保持 98%以上。

区域维护网络通过“中心－节点”架构提升效率。南非电力池技术共享中心覆盖 6 国，采用“轮训 + 驻点”模式培养专家，使区域电力故障平均响应时间缩短 40%。开发的智能维护平台集成 20 类设备监测数据，运用数字孪生技术实现故障预判准确率 90%，在卢旺达基站维护中使抢修时间从 2 小时压缩至

30 分钟。

技术创新聚焦“热带环境适配”关键技术。中非维护技术研发基金支持的轨道防腐项目，开发出纳米涂层技术使钢轨寿命延长 5 年。尼日利亚电网抗雷击系统，通过大数据建模定位易击区段，采用智能接地装置使跳闸率下降 75%。相关成果已形成 15 项非洲区域标准，在 12 国实现商业化应用。

4.5. 完善资金与技术支持，增强自主运营能力

分层资金支持体系采用“基础保障 + 杠杆放大”结构。50 亿美元专项基金中，70%以低息贷款形式支持苏丹等 6 国，30%赠款用于马里等最不发达国家的能力建设。安哥拉发行的维护债券，通过未来 30 年港口收益证券化募集 10 亿美元，采用跨境信用担保结构降低融资成本 2.8%。这种分级支持机制使财政薄弱国家的项目维护覆盖率从 45%提升至 82%。

技术转移实施“精准滴灌”计划。千名专家援非计划建立“需求－匹配－评估”数字化平台，根据非洲国家技术需求图谱智能调配专家资源。埃塞俄比亚电力实训基地开发的 AR 培训系统，使复杂设备拆解学习周期缩短 60%。在线知识库收录的 2000＋ 教程，采用自适应学习算法推荐课程，已服务 1.2 万人次，考核通过率提升 35%。

PPP 模式深化聚焦“风险共担 + 绩效激励”。尼日利亚 BMT 模式中，私营企业承担 20 年运维责任，政府根据 KPI 考核结果支付费用，带动民间资本参与率提升 35%。中非维护企业联盟建立的“打包服务”菜单，包含铁路、电网、港口等 6 类标准化解决方案，通过集采模式降低设备采购成本 12%。这种机制使非洲国家自主运维能力指数年提升 4.2%，部分领域达到中等收入国家水平。

5. 结语

建立中非基础设施合作项目长期维护和运营机制是确保项目持续、稳定、高效运行的关键。通过强化经济可持续性、注重环境可持续性、提升社会可持续性、建立健全维护管理机制以及持续提供资金与技术支持等对策的实施，可以有效解决项目在维护和运营过程中面临的问题和挑战，推动中非基础设施合作迈向更加高效、全面和可持续的发展阶段。为确保中非基础设施合作项目的长期维护和运营机制的有效实施，还应加强中非双方在政策、法律、标准等方面的对接和协调。双方应共同制定相关政策、法律和标准，为项目的维护和运营提供有力的政策保障和法律支持。同时，应加强对项目维护和运营的监管和评估，确保机制的有效运行和项目的长期效益。

基金项目

本文是内蒙古自治区研究生精品课程建设项目“高级政治经济学”(JP20231012)的成果。

注　释

①表 1 来源：具体数据来源于肯尼亚铁路局(Kenya Railways Corporation): https://www.krc.co.ke；中国交建(China Communications Construction Company, CCCC): https://www.ccccltd.cn；世界银行交通部门数据(World Bank Transport Data): https://www.worldbank.org；埃塞俄比亚铁路公司(Ethiopian Railways Corporation, ERC): http://www.erc.gov.et ； 吉布提港务局(Djibouti Ports and Free Zones Authority): http://www.dpfza.gov.dj；中国出口信用保险公司(Sinosure): http://www.sinosure.com.cn；坦桑尼亚铁路公司(Tanzania Railways Corporation, TRC): https://www.trc.co.tz；东非共同体(East African Community, EAC)：https://www.eac.int；非洲开发银行(African Development Bank, AfDB): https://www.afdb.org；赞比亚能源监管局(Energy Regulation Board of Zambia, ERB): https://www.erb.org.zm；南部非洲电力池(Southern African Power Pool, SAPP): https://www.sapp.co.zw；中国水电建设集团(PowerChina): http://www.powerchina.cn；拉

各斯州都市交通局(Lagos Metropolitan Area Transport Authority, LAMATA): https://www.lamata-ng.com；尼日利亚国家统计局：https://www.nigerianstat.gov.ng；中土集团(China Civil Engineering Construction Corporation, CCECC): http://www.ccecc.com.cn。

②图 1 来源：数据结果根据 python 整理计算所得。

③图 2 来源：数据结果根据 python 整理计算所得。具体数据来源于：中国国际发展合作署(CIDCA): http://www.cidca.gov.cn；世界银行(World Bank): https://data.worldbank.org；全球基础设施枢纽(Global Infrastructure Hub): https://www.gihub.org。

④图 3 来源：数据结果根据 python 整理计算所得。

参考文献

[1] Bo, H., Johan, S., Lawal, R., *et al*. (2025) Disentangling China's Infrastructure Investment in Africa: A Symbiotic Partnership or an Unequal Substitute for African Resources? *British Journal of Management*, 1-18.

[2] Edeh, E.C. and Han, Z.B. (2023) The Belt and Road: Understanding the China-Africa Proposed Co-Construction of the Belt and Road Initiative. *East Asia*, **40**, 411-430. https://doi.org/10.1007/s12140-023-09412-w

[3] Azer, B. (2019) Advantages and Disadvantages of the Contemporary Relationship between China and Africa. *Historia I Polityka*, **28**, 37-43. https://doi.org/10.12775/hip.2019.013

[4] 王健, 邹小婧. "全球南方"语境下中非携手现代化之路[J]. 西亚非洲, 2025(2): 66-87+168-169.

[5] 杨蕴丽. 习近平"以人民为中心"的综合效益观: 核心要义、理论渊源与时代价值[J]. 内蒙古社会科学, 2024, 45(3): 18-26.

[6] 周瑾艳, 周玉渊. 从互补到竞争: 中美在非洲基础设施领域的关系评析[J]. 国际展望, 2023, 15(6): 40-61+156.

[7] Ampaw, E.A.O., Jin, Q., Ako, M. and Oldache, M. (2025) Railway Diplomacy: China's Infrastructure Investments and Africa's Global Connectivity. *Cities*, **162**, Article 105861. https://doi.org/10.1016/j.cities.2025.105861

[8] 沈喜彭. 中国与非洲共建"一带一路"的重大成就[J]. 现代国际关系, 2025(1): 125-146+149.

[9] 赵可金, 肖皓, 武芳, 张锐, 朱伟东, 周倩. 中非合作提质升级: 新动能、新领域与新路径[J]. 西亚非洲, 2025(1): 3-44+147-148.

[10] 陈默, 李荣林, 冯凯. 中国对非基础设施建设能否推动中非产能合作——基于贸易增加值的视角[J]. 国际贸易问题, 2022(3): 51-67.

[11] Rodenbiker, J. (2023) Green Silk Roads, Partner State Development, and Environmental Governance: Belt and Road Infrastructure on the Sino-East African Frontier. *Critical Asian Studies*, **55**, 169-192. https://doi.org/10.1080/14672715.2022.2150249

[12] 范东宇. 以绿色发展理念推动"一带一路"建设[J]. 金融, 2024, 14(2): 443-450.

[13] 刘诚. 非洲数字经济发展潜力与路径及中非合作对策[J]. 全球化, 2023(3): 106-116+136.

[14] 张忠祥. 非洲数字经济发展新态势与中非数字经济合作前景[J]. 当代世界, 2024(9): 16-22.

[15] 王渊, 张博. 数字经济促进中非合作路径探究[J]. 合作经济与科技, 2023(14): 44-46.

[16] Komakech, R.A. and Ombati, T.O. (2023) Belt and Road Initiative in Developing Countries: Lessons from Five Selected Countries in Africa. *Sustainability*, **15**, Article 12334. https://doi.org/10.3390/su151612334

[17] 宋磊. 谱写中非共建"一带一路"新篇章[J]. 中国金融, 2023(13): 14-16.

[18] 贺鉴, 王筱寒. 中非数字合作: 进展、挑战与深化路径[J]. 国际问题研究, 2024(5): 79-99+140-141.