

GLOBAL CHINA INITIATIVE



王燕 (Yan Wang) 是波士顿大学全球发展政策中心全球中国倡议高级学术研究员, 北京大学新结构经济学研究院高级访问学者。她曾在世界银行担任高级经济学家和团队负责人, 时间长达20年, 并在2009-2011年担任经济合作组织-发展援助委员会 (OECD-DAC) 中国研究小组协调员。她是四本书的作者或合著者, 曾两度获得享有盛誉的孙冶方经济学奖。

直接影响和空间溢出效应 中国基础设施项目对撒哈拉以南 非洲经济活动的影响

作者：王燕 (YAN WANG)、徐印印 (YINYIN XU)

摘要

本工作论文重点研究中国基础设施项目对撒哈拉以南非洲 (SSA) 国家地区经济活动的影响。基于经济地理学和公共经济学理论, 作者构建了研究的理论框架。本研究涉及的中国基础设施项目是指由中国两大开发金融机构 (即国家开发银行和中国进出口银行) 向东道国出资建设的基础设施项目, 涉及电力、交通、电信、供水和污水处理等领域。夜间灯光遥感数据被用于估测地区经济活动。作者使用ArcGIS Pro 软件中的空间分析工具汇编了2008年至2021年间撒哈拉以南非洲48个国家4385个二级行政区 (相当于市) 的面板数据集。非空间和空间计量分析表明, 中国基础设施项目的存在与由夜间灯光亮度所估测的经济活动增加存在相关性, 并在当地和邻近地区产生显著的正溢出效应。在撒哈拉以南非洲地区的二级行政区 (或同等行政区域) 中, 如果至少存在一个中国基础设施项目, 会使该地区的夜间灯光亮度直接增加约5个百分点, 夜间灯光亮度间接增加约10-15个百分点。在对多种因素进行控制后, 这些影响在统计上呈显著的正相关, 而世界银行在该地区的项目与微观地区夜间灯光亮度的增加未被发现存在显著的统计学上的相关性。

致谢：作者感谢Kevin Gallagher、Bill Kring、Rebecca Ray、Hongbo Yang、John Carruthers、Ding Fei以及波士顿大学全球发展政策研究中心的同事们提出的意见和建议, 并感谢杨颜泽 (Yanze Yang) 在早期阶段提供的研究协助。任何错误或遗漏均由两位作者承担全部责任。

关键词：中国基础设施投资、撒哈拉以南非洲、夜间灯光亮度、空间溢出效应





徐印印 (Yinyin Xu) 是康奈尔大学城市与区域规划系区域科学研究生项目研究生。她曾协助Dr. Yan Wang撰写多篇研究论文, 研究领域包括从新结构经济学角度下的主权债务和中非债务重组历史研究、能源经济学及空间经济学研究。

引言

在全球南部经济复苏乏力且不平衡的情况下, 区域发展和基础设施投资似乎对可持续发展至关重要。尤其是在撒哈拉以南非洲地区 (SSA), 基础设施建设被视为“不可或缺的发展动力” (世界银行, 2019)。除制度原因外, 实体基础设施对于促进市场一体化和助力落后地区摆脱贫困陷阱也至关重要 (Sachs, 2003)。因此, 在许多撒哈拉以南非洲国家, 区域发展目标往往与公共基础设施供给相关, 以期提高生产力和福祉, 使落后地区受益。由于这些低收入国家储蓄不足, 大多数基础设施都是由多边或双边开发金融机构 (DFIs) 共同出资建设。

过去20年来, 中国已发展成为撒哈拉以南非洲地区最大的基础设施融资方和建设方。国际货币基金组织 (IMF) 一份报告指出, 在过去20年里, 中国对撒哈拉以南非洲地区的贷款迅速增加, 主要用于公共基础设施项目融资 (IMF, 2023)。然而, 由于中国海外基础设施项目的设计和交付不同于西方援助国和多边开发银行 (MDBs), 中国参与撒哈拉以南非洲地区 (SSA) 的项目往往伴随着争议和误解。西方国家常批评中国给东道国制造“债务陷阱”, 且由于承诺项目规模巨大, 中方项目常被认为是“逐利”。

然而, 直到近期, 针对这些基础设施投资的足迹和影响的相关空间分析仍有限, 主要原因是项目层面的详细数据透明度低。近期发布的两个有关中国海外发展融资的基于地理位置实证数据集为中国海外基础设施投资足迹的空间分析提供了基础: 即波士顿大学全球发展政策中心管理的中国海外发展融资 (CODF) 数据库¹和威廉玛丽学院管理的AidData全球中国发展融资数据集。相对而言, 中国海外发展融资数据库 (CODF) 的可信度更高, 而AidData数据库则缺乏双重验证。由于中国海外行为主体存在“分类模糊”², 以及信息披露透明度低导致部分数据库存在重复统计情况, 因此在中国海外发展融资的背景下, 有必要实行双重验证。(Brautigam, 2011; Xu, 2023) 由于缺乏官方数据, 中国基础设施项目的实证影响研究相对有限。大多数研究侧重于与西方援助国进行国别分配模式的比较 (见Horn等, 如2021)。

本工作论文利用非空间和空间计量经济学两种模型, 重点研究中国基础设施项目对撒哈拉以南非洲国家地区经济活动的影响。我们的理论框架以经济地理学和公共经济学为基础。根据中国海外发展融资数据库 (CODF) 数据集的定义, 中国基础设施项目是指: 由中国两大开发金融机构 (国家开发银行和中国进出口银行) 在东道国出资的基础设施项目, 涉及电力、交通、电信、供水和污水处理等行业。我们使用ArcGIS Pro空间分析工具, 汇编2008至2021年间撒哈拉以南48个非洲国家的4385个二级行政区 (ADM2, 相当于市) 的大型面板数据集。

我们此前的研究探讨了这些投资项目是否解决了相关东道国的基础设施瓶颈问题 (Wang和Xu, 2023), 在此我们提出两个问题: 这些基础设施项目是否直接影响了撒哈拉以南非洲国家当地的经济活动? 这些基础设施项目是否产生了跨越地区边界的空间溢出效应?

¹ 两个数据库涵盖的时期不同。AidData数据库涵盖2000-2014年, 而CODF数据库涵盖 2008-2021年。

² 这些企业通常包括国有企业、省级支持企业和私营企业。这种分类并不符合西方援助国建立的传统发展融资的定义和体系。



本工作论文在三个方面为现有的研究文献做出贡献。首先，本文提供了中国基础设施投资对撒哈拉以南非洲地区二级行政区经济活动直接影响的实证证据。其次，基于空间模型，本研究阐释了这些基础设施投资对微观区域影响的空间溢出效应。第三，本研究使用了经过双重验证的项目层面空间数据，提高了研究结果的可信度。此外，我们的实证分析涵盖了“一带一路”倡议实施十年间的超大型项目的影响。

在简要回顾文献之后，本文借鉴新经济地理学，在空间上考虑了当地和其它相邻地区间的联系，并就此形成本文的概念框架。第三节阐述数据和方法，回顾与方法相关的文献，并进行描述性分析；第四节讨论实证策略，重点关注直接影响和空间溢出效应的验证，并估算影响幅度。第五节介绍了非空间分析和空间计量两种模型的实证分析结果，第六章节总结实证结果并分析政策影响。

文献综述和概念框架

在国别研究层面，2000至2014年间，中国发展合作项目改善了东道国在当地的经济表现。鉴于CODF数据库数据集近期才发布，虽然AidData数据集存在潜在缺陷，但此前大多数研究都使用该数据集进行实证分析。这些研究侧重于中国发展合作项目对国家层面经济发展的整体影响，并发现两者间存在正相关（Dreher 等，2021；Xu和Zhang，2022）。另一些研究人员则从结构转型的角度，通过研究贸易、援助、就业和外国投资之间的相互联系来了解其深层机制（Zafar，2017；Guo等，2022）。然而，这些论文并未研究微观区域层面（即次国家级区域及以下行政区）的空间影响。

针对地方区域（即次国家级区域或更低级别行政区）的投资影响研究较少。《非洲城市化动态报告》（Africa's Urbanisation Dynamics Report）认为，“非洲的城市化有助于改善经济成果和提高生活水平”（非洲开发银行，2022）。中国基础设施的存在是否会增加地方的经济活动？与大多数侧重于评估东道国国家层面总体影响的研究不同，本工作论文主要关注次国家级以下二级行政区的分布效应。出于可比性考虑³，我们选择使用二级行政区（ADM2）作为分析的空间单位。除了下一章节将讨论理论原因外，我们使用二级行政区作为空间单位还出于下列技术原因。

中国项目的空间定位精度以行政区划为分类基础。根据CODF数据库数据集方法阐述（Ray等，2021），空间数据精度等级以行政区划（国家以下一级和国家以下二级）为基础。最高级别的空间精度显示精确的项目位置，下一精度级别显示半径25公里范围内可能存在的定位误差。二级行政区划代表三级精度。表1列出了中国基础设施项目地理定位的不同空间精度等级。如果我们使用单元格或六边形网格作为空间单位，那么除了有精确位置记录的项目（295个项目中有223个项目有准确定位记录）外，我们将不得不忽略所有其他无精确位置记录的项目。忽略25%的项目可能会导致实证检验中出现严重的遗漏变量偏差。

³ 各国对城市和农村地区的定义大相径庭，阻碍了可比性分析。此外，行政级别相同也可能是公共产品或服务（即基础设施）同质化的原因。



表1：中国基础设施项目地理定位的精度等级

精度等级代码	空间精度描述
1	精确
2	25 公里以内
3	二级行政区划
4	一级行政区划
5	跨越多个一级行政区划
6	国家
7	未知

来源：作者根据Ray 等2021 年进行阐述。

为本文研究目的服务，我们仿效Henderson等（2012）的做法，将卫星收集的夜间灯光亮度空间分布作为二级行政区经济活动指标。许多研究人员利用夜间灯光亮度数据的初衷是为了衡量统计能力较弱地区的收入水平（Sutton等，2007；Henderson等，2012，2018）。然而，考虑到近期研究发现夜间灯光亮度增长与许多社会经济变量之间的相关性在次国家级分析中较低且不稳定（Addison和Stewart，2015），我们认为夜间亮度可以代表经济活动的空间分布，但无法作为经济发展严格意义上的衡量标准。⁴

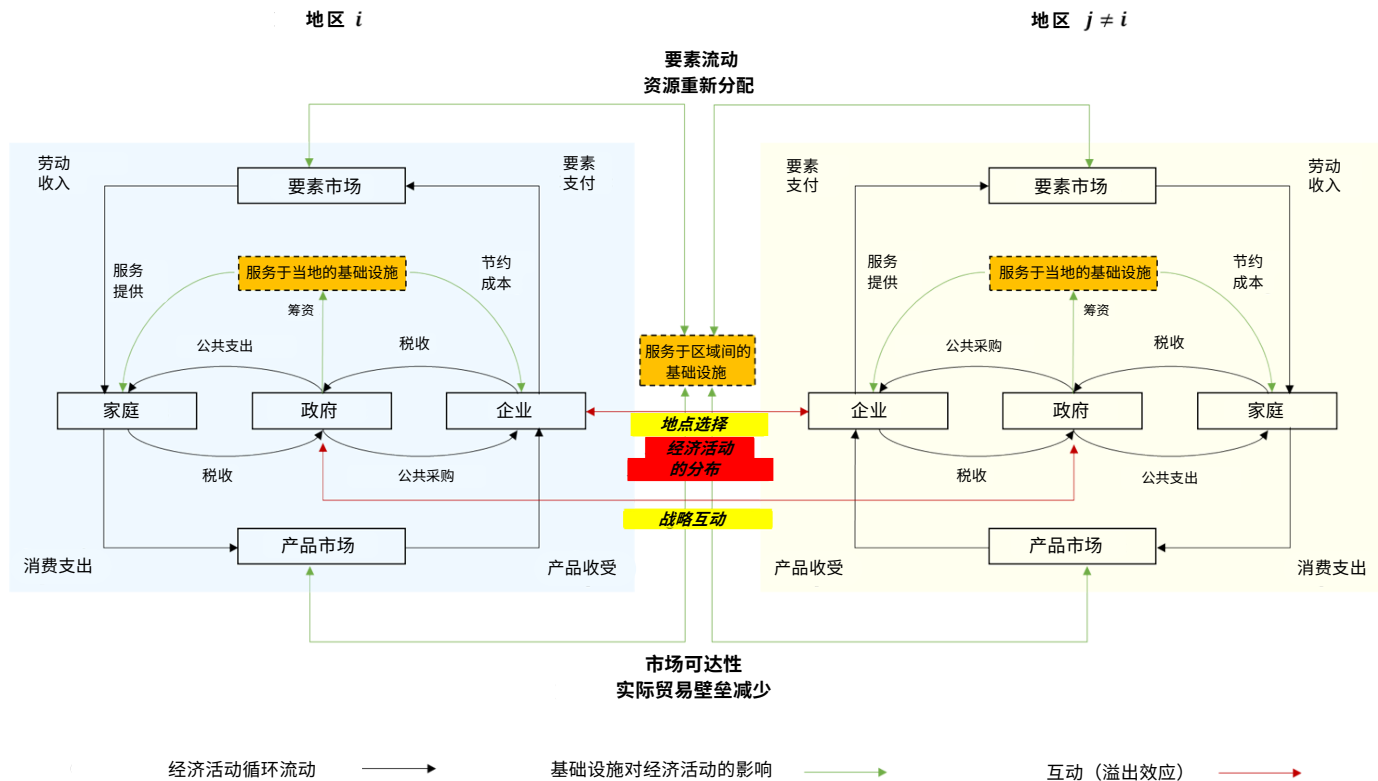
二级行政区是使用遥感数据捕捉经济活动影响的合适的地理单位。本研究中使用关键的因变量，即夜间光亮度指数，常被建议在二级及以上行政区空间单位中使用。遥感领域的一些学者指出，夜间灯光亮度数据（尤其是依靠卫星收集的数据）可能存在内生性的底层数据采集问题。在较小的地理单位中，弱光信号可能难以得到记录，而在越小的地理范围中，这种问题更容易出现。这种“测量误差”在横截面分析中可能会更加严重（Chen和Nordhaus, 2015；Gibson等，2021）。然而，这一点尚未被经济学家广泛认识到。此外，在更高空间分辨率水平上，控制其他混杂因素更为困难，因为这本质上需要更高分辨率的空间数据。此外，大多数传统的社会经济指标都是通过人口普查收集，其空间单位也是基于行政区划的。

为了研究对微观区域经济活动分布的直接和间接影响，本文根据新经济地理学（NEG）理论（Krugman，1991a和b）建立了理论模型，如图1所示。根据新经济地理学，空间上呈分散状态的市场的可达性决定了家庭(消费者)和企业的区位选择。这种可达性由经济主体在交换过程中所面临的成本来衡量（Fujita和Thisse，2002，2009）。与新古典主义模型相反，考虑到经济活动并非完全可分割，进入空间分散市场的成本不可避免。因此，空间最终是异质的，集聚可以观察到(Starrett，1978)。诚如Fujita和Thisse (2009, p.109)所总结的：“经济活动集聚与地区不平等自然相关。”

⁴ 我们的实证设计思路与Bluhm 等人（2020 年）相似，他们的研究重点是中国交通基础设施项目导致一级行政区经济活动在空间上出现分散。



图1: 两地间经济活动的直接影响和空间溢出效应图示



来源：受Behrens等人2007年研究启发，本文作者绘制。

基础设施通过两条途径影响企业的空间选择进而提升地方经济活动集聚效应：节约成本和市场寻求。（Krugman, 1998）基础设施可以通过提高地区对企业吸引力和可达性，从而使该地区受益。例如，交通基础设施促进生产要素（如劳动力和资本）流动，降低运输成本，促进贸易和市场一体化，增加经济活动（Rietveld, 1999）。因此，基础设施的变化可以提高特定地区的市场潜力，从而吸引经济活动。同时，基础设施与区域发展关系涉及多个维度。基础设施的改善并不保证该地区会变得更具吸引力，因为随着竞争加剧，市场流失，网络外部性可能呈负面。此外，在现实环境中，不同类型的基础设施往往形成体系共存并产生协同效应。最终，各地区企业均衡分布是集聚和分散两种作用的结果，而这一平衡受到基础设施供给影响。

地方政府在促进基础设施融资方面起着至关重要的作用。基础设施投资是公共支出的一种形式，地方政府常常保留基础设施资产的所有权。基础设施对于提供地方公共产品至关重要。同时，基础设施项目是昂贵的资产，需要“购买”和建设，地方政府必须谨慎平衡这种借款与其伴随的财政责任。尽管出于承担风险考虑，中国海外基础设施项目交付中出现了“建设与运营一体化”的新趋势（Zhang, 2023），这些基础设施项目仍归地方和国家政府所有。中国基础设施项目选址可以是地方政府自下而上合并，也可以是中央政府自上而下的战略规划。大多数承诺项目都是通过“主权担保”贷款⁵或在东道国公开竞标进行。

5 “主权担保”贷款通常发生的形式：受援国某基础设施项目需要资金，某中国公司提出建设该项目，中国某银行为该项目提供融资。该过程类似于“设计——建设——融资”（DBF）项目交付模式。

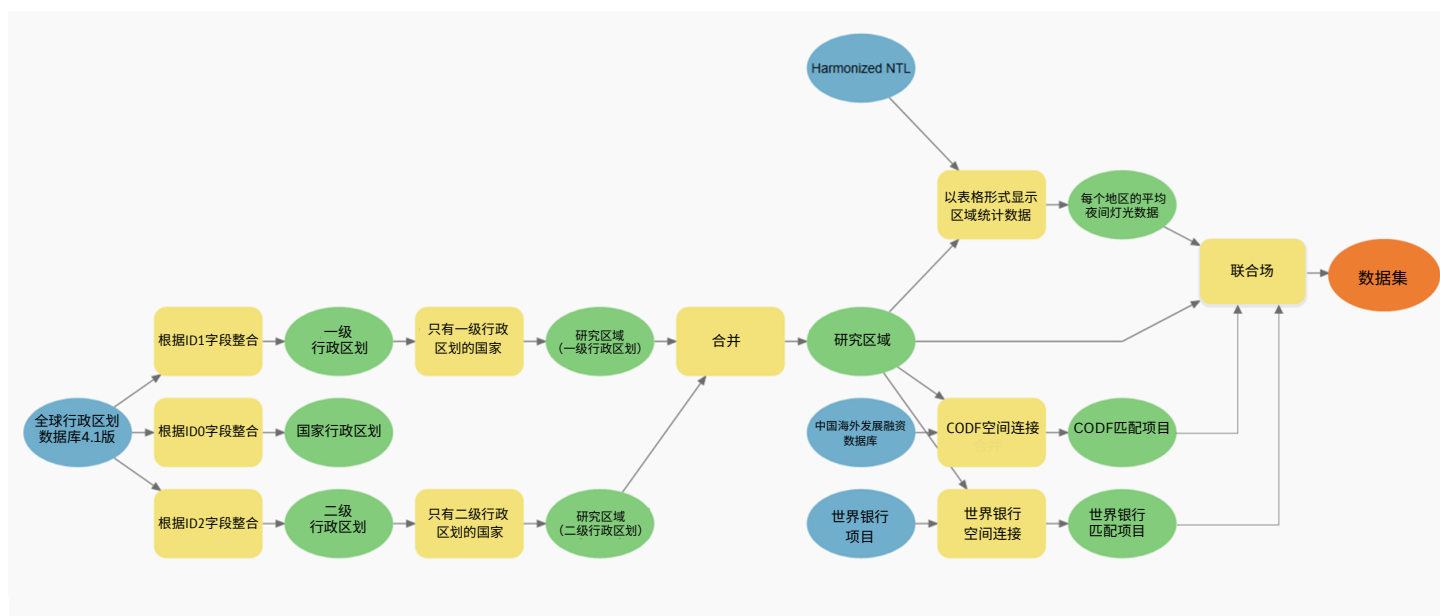


地方政府之间的战略互动也促进了“跨境”溢出效应。根据公共支出理论，地方政府之间之所以会发生战略互动，是因为地方政策决策所处的市场环境会受到其他地方政府行为的影响。换句话说，政策选择相互依存，地方政府经常相互竞争和学习。实证研究一般从税收竞争、福利竞争和利益溢出的角度证明了这种战略互动的存在。(Brueckner, 1998, 2003)就我们对基础设施的研究兴趣而言，地方政府基础设施融资决策会直接影响邻近辖区居民福祉，也会影响公共产品和服务支出，其收益跨越地区边界。

数据描述

为使2008-2021年面板数据集正规化，我们采取了三个空间地理处理步骤。第一步，确定研究的空单位，并为分析建立矢量数据存储文件（shapefile）。第二步，将卫星采集的栅格数据、关键因变量夜间灯光亮度转化为每个研究区域的可计算数据。第三步，将中国的基础设施项目与预先确定的研究区域进行匹配。此外，我们还收集了世界银行融资发展项目的空间信息数据和其他变量数据，用于实证研究和稳健性检验。所有空间投影均为世界大地测量系统-1984（WGS 1984）。空间地理数据处理方法如图 2⁶所示。

图2: 空间地理数据处理步骤，简化图



来源：作者绘制，使用ArcGIS Pro ModelBuilder开发，为便于说明略有编辑。

⁶ 空间相关性未在图示中显示，但已在空间建模准备中进行了测试。此外，由于许多较大项目位于不同区域内，因此使用了一对一空间连接。



空间单位。本研究中，空间单位是撒哈拉以南非洲国家48个二级行政区（ADM2），即低于国家级两个级别，相当于大多数发展中国家的市级。研究的空间范围如图A1所示。行政区域边界原始数据来自全球行政区划数据库（GADM）矢量数据集（4.1版），该数据集于2022年7月16日发布，是本次实证分析时最新版本。全球行政区划数据库原始数据集中，每条记录都处于各国可用的最低行政级别。通过分解，得到了国家级（ADM0）、国家一级（ADM1）和国家二级行政区划（ADM2）形状文件，以供分析。此外，GADM仅包含五个国家（佛得角、科摩罗、莱索托、毛里求斯和塞舌尔）的ADM1级边界数据⁷，本研究沿用 Dreher等（2019）的方法，采用这些国家ADM1区域进行研究。所有边界形状文件涵盖48个撒南非洲国家708个ADM1区划中的4358个研究区域。

因变量。本研究使用夜间灯光亮度代表地方经济活动。数据来自Li等人（2020）整理的全球夜间灯光数据集最新版本8.0。该数据集结合了国防气象卫星计划（DMSP）/操作线扫描系统（OLS）和苏奥米国家极地轨道伙伴卫星可见红外成像辐射仪套件（VIIRS）数据。该数据集全面覆盖1992年至2021年，分辨率为30弧秒，通过每月观测数据，去除极光和临时灯光造成的噪声后合成。然而，研究人员也指出，这些数据缺乏全面的地面实况验证手段（Ru等，2022）。数据生成过程使用ArcGIS Pro软件和空间分析工具“分区统计”完成。根据Henderson等（2018）的方法，使用了均值统计。因此，每个研究区域的夜间灯光亮度，等于人口分布与人均夜间灯光亮度的乘积，即：

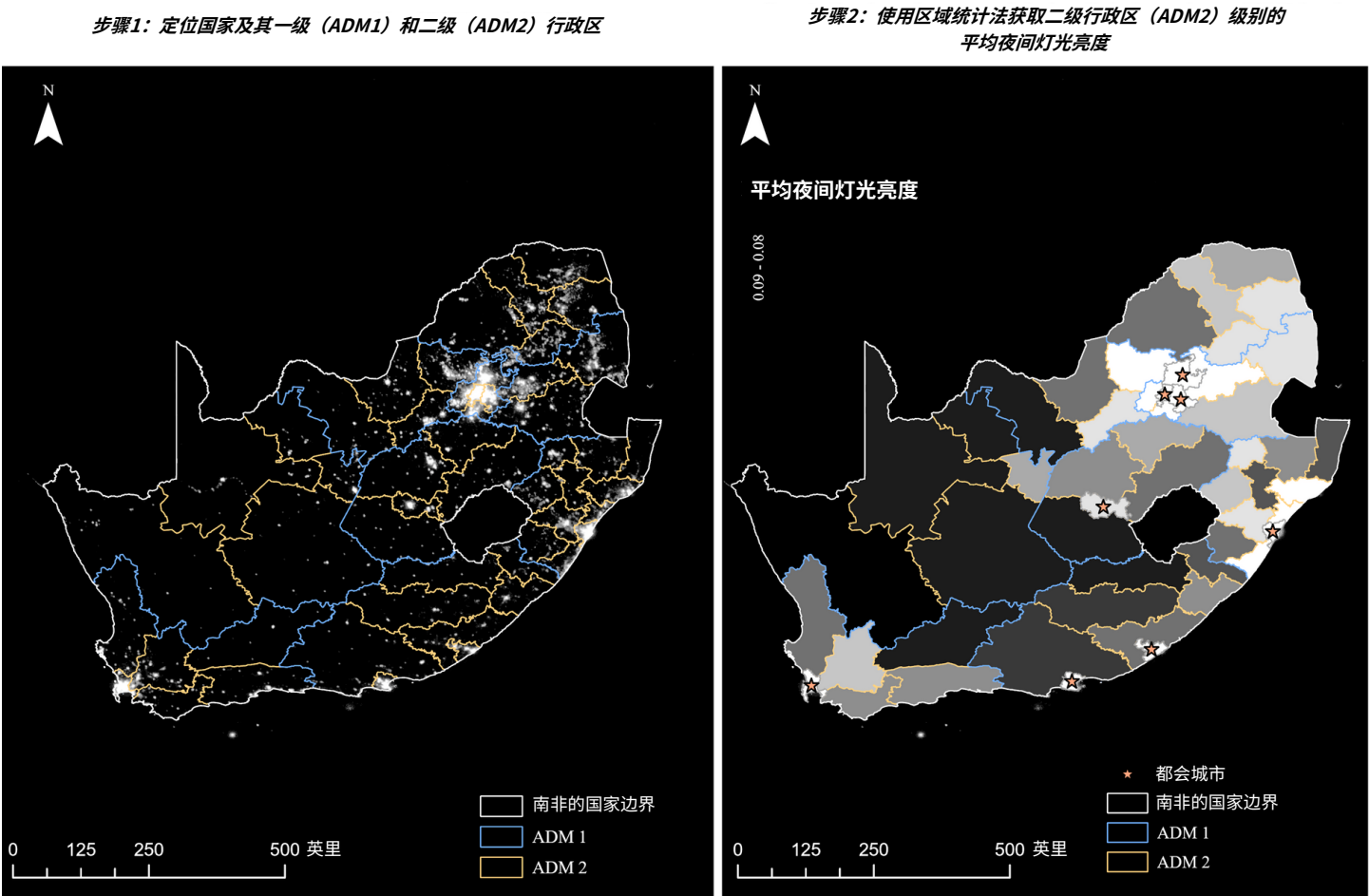
$$\text{灯光亮度} = \frac{\text{夜间灯光亮度}_i}{\text{地区}_i} = \frac{\text{人口}_i}{\text{地区}_i} \times \frac{\text{夜间灯光亮度}_i}{\text{人口}_i}.$$

图3为南非2000年空间地理处理示例，附录图A5为选定年份研究区域的夜间灯光亮度示例。

⁷ 早期文献没有合并其他来源的形状文件。通常，研究人员会选择在分析中忽略这些国家。



图3：利用分区统计数据量化夜间灯光亮度：南非2000年



来源：作者根据 Li 等（2020）和 GADM 4.1 编制。投影为WGS 1984。

在过去20中，以夜间灯光亮度作为估算，该地区经济活动分布逐渐发生了变化。在2000年至2010年的第一阶段，非洲南部地区经济活动最为活跃。在2011至2020年第二阶段，空间分布变得相对更加分散，在西非和东非有了更“亮”的地区（见附录图A5）。

解释变量。关键解释变量为中国在撒哈拉以南非洲国家的基础设施项目。本研究利用具有空间地理信息的CODF数据库数据集来追踪中国在撒哈拉以南非洲地区基础设施项目。只有地理定位精度为1-3级，即空间定位误差不超过二级行政区（ADM2）的项目才会被纳入实证分析，这也是本研究选取的空间单位（关于该数据集技术信息，见Ray等，2021）。2008年至2020年间，共有295个基础设施项目在36个撒哈拉以南非洲国家承诺实施，涉及电力、电信、交通以及水和废水处理等领域，如表2和图3所示。这些基础设施项目的总贷款承诺金额超过670亿美元。这些项目的空间分布如附录图A2所示，按行业分布情况如图A3所示。



表2：中国在撒哈拉以南非洲地区精度为 1-3 级的基础设施项目，按行业分列

行业	项目数量	贷款额（百万美元）
电力 ^a	76	25764.82
电信	23	2560.60
交通运输	165	35460.02
水与废水	31	3760.40
总计	295	67545.84

来源：作者根据CODF数据库2.0版分析得出。

然后，所有项目都通过分析工具“空间连接”匹配到4,358个研究区域边界形状文件。需要注意的是，中国基础设施项目位于不同地区，在观察期，一些地区内接收了多个项目。295个承诺项目涉及929个研究地区。鉴于本研究中承诺年份和完成年份之间采用三年滞后时间（将在下述章节中详细讨论），经济计量分析只能探究2008年至2017年间258个项目产生的影响，涉及272个研究地区，包括69个电力项目、18个电信项目、143个交通项目和28个水和废水处理项目，在观察期间涉及727个研究地区，如表3所示。

表3：本文所分析的中国在撒哈拉以南非洲地区的基础设施项目，精度等级 1-3，按行业分列

行业	项目数量	贷款额（百万美元）
电力	69	22298.82
电信	18	1689.6
交通运输	143	31649.02
水与废水	28	3129.4
总计	258	58766.84

来源：作者根据CODF数据库2.0版分析得出。

世界银行已出资项目。中国并不是撒哈拉以南非洲地区唯一的发展合作伙伴。学者们发现，在整体国家层面，中国捐助方与传统的西方捐助方在合作开发项目选址上存在互动（Kilama, 2016; Hernandez, 2017; Zeitz, 2021）。无论这些互动的性质是竞争还是合作，都有必要考虑到该地区传统捐助方的参与。由于个别西方捐助方项目地理定位数据不可用，考虑到世界银行项目具有代表性和相似援助资格标准，研究中我们使用了具有空间信息的世界银行项目。与CODF数据库基础设施项目相似的处理也适用于世界银行项目（Yang等，2023）⁹，其空间分布如附录图 A4 所示。

空间加权。受 LeSage（2014）距离衰减识别问题的启发，本研究在定义空间权重矩阵时使用了稀疏权重矩阵，即k近邻权重矩阵。首先，使用1984年世界大地测量系统作为空间参考系，生成每个研究区域的内部点和坐标。其次，以公里为单位计算每个研究区域对的弧距。最后，根据最近距离确定k近邻。本研究使用空间权重矩阵为

^a 卢旺达“Nyabarongo 2 水电站（43.5 兆瓦）；输电线（110 千伏）”项目在 CODF 当前 2.0 版中空间信息存在错误，因此未纳入分析。

⁹ 感谢 Hongbo Yang 分享世界银行的项目数据。



$N \times N$ 矩阵, $w_{ij} = 1$ (若 i 和 j 被定义为近邻), 反之则 $w_{ij} = 0$, 因为单个空间单位不能成为自己的近邻。

表4提供了描述性统计数据。

表4：统计摘要

	平均值	标准差	最低值	最大值	样本量
夜间灯光亮度	4.733	9.950	0	63	61,012
$\Delta \ln(NTL_{ist} + 0.01)$	0.217	1.034	-6.8	6.7	61,012
$CHN_{ijs,t-3}$	0.305	1.276	0	10	61,012
$\Delta CHN_{is,t-3}$	0.073	0.260	0	1	61,012
$WB_{ijs,t-4}$	0.599	1.681	0	9	61,012
$\Delta WB_{is,t-4}$	0.152	0.359	0	1	61,012
Δ 电力 $_{is,t-3}$	0.014	0.118	0	1	61,012
Δ 电信 $_{is,t-3}$	0.039	0.194	0	1	61,012
Δ 交通 $_{is,t-3}$	0.022	0.147	0	1	61,012
Δ 水 $_{is,t-3}$	0.006	0.079	0	1	61,012

来源：作者阐述。

缩略语：NTL：夜间灯光；CHN：中国；WB：世界银行。

实证策略

步骤 1：广义双重差分模型

中国基础设施项目是否会增加撒哈拉以南非洲国家二级行政区经济活动，为了回答这一问题，我们建立了一个广义双重差分（DID）模型。实证模型如下：

公式 1：

$$\ln(NTL_{ist} + 0.01) = \alpha CHN_{is,t-3} + \beta WB_{is,t-4} + \theta_i + \vartheta_p \times T + \delta_i \times T + \omega_{st} + \varepsilon_{ist} \quad (1)$$

其中, NTL_{ist} 是国家s内地区p内所研究地区i在时间t的夜间灯光亮度。根据经验, 灯光亮度指数有可能为0, 出于技术考量, 我们在对数变换之前在 NTL_{ist} 中加入了0.01。 $CHN_{is,t-3}$ 是在 $t-3$ 时至少有一个中国基础设施项目承诺年数。三年时滞是指项目完成年与承诺年之间的差异。CODF数据库数据集没有提供完成年份的信息, 而根据AidData全球中国发展融资数据集3.0版, 在2008-2020年观察期内, 基础设施项目竣工年份与承诺年份之间平均差值为三年半。与之类似, $WB_{is,t-4}$, 指在 $t-4$ 时, 至少有一个世界银行承诺项目的间隔年数。四年时滞是为了考虑项目完成年和承诺年之间的差异, 根据子样本平均值四年半确定。 $WB_{is,t-4}$ 是为了控制西方捐助者的开发合作活动对所研究地区的潜在影响。 θ_i 是所研究地区固定效应。 T 是线性时间趋势, $\vartheta_p \times T$ 和 $\delta_i \times T$ 分别是国家一级行政区和所研究地区特定线性时间趋势。 ω_{st} 是国家年份固定效应, 用于解释所有地区在特定年份受到的影响。 ε_{ist} 是误差项。

为了在面板设置中估算相关参数, 我们使用以一阶差分模型 (公式 2) 进行分析：

$$\Delta CHN_{is,t-3} = CHN_{is,t-3} - CHN_{is,t-4},$$



根据公式，它是一个二进制变量，表示地区*i*在 $t-3$ 年至少有一个承诺项目。世界银行出资项目的阐述与此相同， $\Delta WB_{is,t-4}$ ，如果地区*i*在 $t-4$ 年至少有一个承诺项目，则该变量等于1。然而，由于每个项目缺乏规模（即目标受益人口）信息，该模型无法确定不同规模不同项目的异质性影响。

公式 2：

$$\Delta \ln(NTL_{ist} + 0.01) = \alpha \Delta CHN_{is,t-3} + \beta \Delta WB_{is,t-4} + \vartheta_p + \delta_i + \omega_{st} + \tilde{\varepsilon}_{ist} \quad (2)$$

所研究区域的固定效应ijs在一阶差分进行了差分。

$\theta_{ijs} \vartheta_p = \vartheta_p \times T - \vartheta_p \times (T-1)$ 和 $\delta_i = \delta_i \times T - \delta_i \times (T-1)$ 现在分别捕捉次国家级地区固定效应和研究地区固定效应。 $\tilde{\omega}_{st} = \omega_{st} - \omega_{st-1}$ 是一组新的国家年份固定效应。如果“中国基础设施项目的存在增加了SSA二级行政区经济活动”这一假设成立，则的预期符号为正，且在统计上有意义。

此外，我们还估算了另一组模型，以研究中国基础设施项目对经济活动的行业影响。行业异质性研究的第一个差异模型如下：

公式 3：

$$\Delta \ln(NTL_{ist} + 0.01) = \alpha_s \Delta Sector_{is,t-3} + \alpha_o \Delta Other_{is,t-3} + \beta \Delta WB_{is,t-4} + \vartheta_p + \delta_i + \tilde{\omega}_{st} + \tilde{\varepsilon}_{ist} \quad (3)$$

其中， $\Delta Sector_{is,t-3}$ 是二元变量，表示在 $t-3$ 年，所研究地区*i* 某一行业至少有一个已承诺项目。 $\Delta Other_{is,t-3}$ 表示其他行业之前已存在项目情况，行业包括电力、电信、水和废水处理以及运输。

步骤 2：空间溢出效应：空间计量经济学模型

本研究首先探讨了是否存在非空间模型无法捕捉的空间溢出效应。为验证空间溢出效应的存在，进行了两组检验（见Chi和Zhu，2008）。首先，根据预定义的邻接规则，即k近邻，计算 2008-2021年结果变量的莫兰指数（公式4）。统计意义上的莫兰指数表明因变量存在空间自相关性。其次，统计分析后会得到一阶差分模型（公式 3）的残差。计算残差的莫兰指数。同样，假设残差的莫兰指数在统计上是显著的。在这种情况下，非空间模型未能捕捉到模型中的空间溢出效应，这可能会由于遗漏变量而导致估计偏差。

公式 4：

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} z_i z_j}{\sum_{i=1}^n z_i^2} \text{ where } S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \text{ and } z_i = x_i - \bar{X} \quad (4)$$

鉴于本研究特别关注中国基础设施投资的空间溢出效应，因此采用了空间杜宾线性模型（SLX模型）进行实证分析（技术原因见Rüttenauer，2022）：

公式 5：

$$\Delta \ln(NTL_{ist} + 0.01) = \alpha \Delta CHN_{is,t-3} + \alpha_s \sum_{j \neq i}^N W_{ij} \times \Delta CHN_{is,t-3} + \beta_s \sum_{j \neq i}^N W_{ij} \times \Delta WB_{is,t-4} + \vartheta_p + \delta_i + \tilde{\omega}_{st} + \tilde{\varepsilon}_{ist} \quad (5)$$

如果假设成立，即中国基础设施项目对撒哈拉以南非洲国家二级行政区经济活动具有积极的空间溢出效应，则 α_s 预期符号为正，且在统计上显著。



结果

非空间 DID 模型

表5显示了中国基础设施项目与撒哈拉以南非洲地区经济活动之间关系的普通最小二乘法（OLS）基线估计结果。第1列是所有项目的结果，而第2-5列是各行业的异质性影响。在基线分析中，我们对标准误差在国家层面进行了聚类，容许一个国家内不同研究地区之间在空间上存在相关性。

表5：公式 (2) 和 (3) 估计结果

	行业异质性				
	(1) 全部	(2) 电力	(3) 电信	(4) 运输	(5) 水
中国项目	0.063** (0.025)	0.019 (0.038)	0.095*** (0.027)	0.066** (0.033)	0.133*** (0.040)
世界银行项目	-0.003 (0.014)	-0.001 (0.014)	-0.002 (0.014)	-0.001 (0.014)	0.000 (0.014)
控制其他行业	-	Y	Y	Y	Y
国家年份固定效应	Y	Y	Y	Y	Y
一级行政区固定效应	Y	Y	Y	Y	Y
研究地区固定效应	Y	Y	Y	Y	Y
调整后 R ²	0.385	0.385	0.385	0.385	0.385
观察	61012	61012	61012	61012	61012

来源：作者阐述。

注释：*** p<.01, ** p<.:05, * p<.:1; 标准误差在国家层面聚类，显示在括号中。

总之，以夜间灯光亮度为指标，中国基建项目的存在增加了经济活动。在撒哈拉以南非洲地区的二级行政区（或同等行政区域）如有至少一个中国基础设施项目存在，与夜间灯光亮度增加6.3个百分点有关。然而，必须注意的是，由于此模型尚未控制间接空间溢出效应，非空间模型估算的系数可能会出现偏差。

不同行业的项目影响大小存在差异。与其他行业项目相比，电力项目的影响相对有限。部分原因可能是实证分析考察的69个电力项目中，有27个是输电项目。此外，可再生能源发电厂可能位于非居民区或人口较少地区，地理位置优越。与其他行业相比，水利项目的影响最大。造成这种重大影响的原因可能是该地区缺水，地方上迫切需要与水有关的项目。在撒哈拉以南非洲国家二级行政区，如果当地至少有一个供水和污水处理项目，其夜间灯光亮度就会增加13.3个百分点；如果当地至少有一个电信和运输项目，其夜间亮度就会分别增加9.5和6.6个百分点。



空间溢出

空间溢出的识别。在基础的非空间模型中，我们对标准误差在国家层面进行聚类，以考虑国家内部的空间相关性。然而，使用不同空间关系定义，计算所得的夜间灯光亮度的全球莫兰指数证明了因变量的空间相关性。此外，非空间模型所得残差的莫兰指数在统计上显著为正，表明非空间模型存在遗漏变量偏差（表6），即没有考虑空间溢出效应。

表6：因变量和非空间模型残差莫兰指数，指定各种邻近规则，估计方法：公式 4

年份	近邻规则：最近5个近邻		近邻规则：最近10个近邻	
	夜间亮度	残差	夜间亮度	残差
2008	0.7776***	0.1061***	0.6505***	0.0908***
2009	0.7781***	0.0999***	0.6548***	0.0919***
2010	0.7758***	0.0977***	0.6501***	0.0984***
2011	0.7800***	0.0810***	0.6575***	0.0765***
2012	0.7828***	0.0836***	0.6613***	0.0739***
2013	0.7821***	0.0772***	0.6607***	0.0772***
2014	0.7702***	0.1520***	0.6519***	0.1288***
2015	0.7694***	0.0644***	0.6510***	0.0587***
2016	0.7735***	0.0473***	0.6550***	0.0439***
2017	0.7796***	0.0678***	0.6669***	0.0544***
2018	0.7816***	0.0935***	0.6740***	0.0803***
2019	0.7691***	0.1332***	0.6630***	0.0952***
2020	0.7677***	0.0817***	0.6618***	0.0596***
2021	0.7670***	0.0421***	0.6660***	0.0361***

来源：作者阐述，用GeoDa计算。
注释：对于每个指定的近邻规则场景，p值是通过蒙特卡洛方法进行999次排列计算得出。距离依据内部点计算得出的。由于在投影WGS 1984中，距离矩阵被设置为弧度距离（公里）。所使用的残差来自于非空间模型，使用了稳健标准误差。*** p<.01, ** p<.:05, * p<.:1.

空间溢出效应的大小。表7显示不同空间毗邻条件下SLX模型（即公式 5）的估计结果。采用了两种邻近规则，即5个近邻（表7第2列）和10个近邻（表7第3列），由每个研究区域内部点的距离确定。经空间加权的中国基础设施项目的系数在统计上显著且呈正向。即使改变邻接规则，估计结果都是稳健的。实证结果验证了中国基础设施项目对SSA二级行政区具有正溢出效应的假设。实证估计没有提供足够的证据来断定世界银行资助项目的空间溢出效应。在撒哈拉以南非洲（SSA）二级行政区（或等同的行政区域）内，如果当地至少有一个中国基础设施项目的存在，直接导致该区域的夜间灯光亮度增加约5个百分点，并且作为间接影响，夜间灯光亮度增加约10-15个百分点。



表7：公式(2)和(5)估计结果

	非空间	空间杜宾线性模型	
	(1)	(2)	(3)
中国项目	0.063** (0.025)	0.048*** (0.012)	0.048*** (0.012)
世界银行项目	-0.003 (0.014)	-0.003 (0.011)	-0.003 (0.011)
空间加权中国项目	-	0.107*** (0.025)	0.146*** (0.033)
空间加权世界银行项目	-	-0.018 (0.022)	-0.019 (0.028)
国家年份固定效应	Y	Y	Y
一级行政区划固定效应	Y	Y	Y
研究地区固定效应	Y	Y	Y
调整后 R ²	0.385	0.424	0.424
观察	61012	61012	61012
近邻规则	-	最近的 5 个	最近的 10 个

来源：作者阐述。

注释：*** $p < .01$, ** $p < .05$, * $p < .1$; 标准误差在非空间模型中按国家层面聚类，空间模型中使用稳健标准误差，括号内为标准差。第1列报告非空间模型，第2-3列报告使用最近5个近邻作为近邻规则的空间模型，第4-5列报告使用最近10个近邻作为近邻规则的空间模型。空间权重经过行标准化。

结论和政策建议

我们的实证结果证明，中国的基础设施项目通过直接影响和空间溢出效应增加了撒哈拉以南非洲国家二级行政区的经济活动。在控制世界银行项目、国家、一级和二级行政区和时间效应之后，这些影响仍然呈正向且具有统计显著性。定量结果与该地区面临严重的基础设施缺口这一现实相吻合。中国的基础设施项目在缩小缺口方面发挥了关键作用，进一步促进了城市发展，释放了发展潜力，并有潜力在长期内维持经济增长。必要的基础设施是一种重要的公共产品，对于降低企业的生产和交易成本至关重要，同时还能支持当地就业。

为了准确评估中国在东道国的基础设施项目的影响，必须考虑到空间溢出效应。实证研究结果证实，在控制了西方捐助方在该地区的行为、严格的固定效应等因素后，不同空间模型规范下这种溢出效应的存在。以前的研究如果未在实证估计模型中包含空间因素，可能会低估了基建项目的总体影响。

本研究存在的一个局限是仅仅通过夜间灯光亮度一个维度来评估经济活动。本文的研究结果不能替代在项目竣工时和竣工五年后的详细监测和评估。为确保质量与效率实现最佳平衡，对这些项目进行监测和评估至关重要，尤其是对于基础设施领域重大项目，必须进行事后、事中和影响评估。未来研究可以使用其他社会环境指标。值得注意且应被记住的是，基础设施项目既产生本地效应，也会产生“跨境”



效应。本研究目的并非检验这些项目是否促进经济活动的集聚或分散，这显然超出了本研究的范围。

诚然，中国在实施高质量发展合作项目方面仍处于不断学习的上升阶段，其相关机构尚需建立，能力也需要加强。作为一个负责任的开发合作伙伴和融资方，中国应充分利用其资源，并在高质量的合作项目管理中提升能力。中国政府和开发金融机构（DFIs）需要与现有的多边开发银行（MDBs）进行监测和评估合作，并在独立评估方面提高意识和技术能力。

考虑到今年早些时候即将举办的中非合作论坛，此时正是认识基础设施投资直接影响和溢出效应的时机。中非利益相关方应当有动力将促进以成果为导向的项目管理问题纳入议程，完善项目供应链的质量控制并加强问责制。从实际角度来看，我们建议推动中非国际咨询行业的发展，可作为推动“一带一路”倡议全新高质量增长引擎的措施，为中国和非洲大学毕业生受过高等教育的青年创造就业机会，并服务于全球绿色可持续的未来发展议程。



参考文献

- AfDB. 2022. *Africa's Urbanisation Dynamics 2022—The economic power of Africa's cities*. African Development Bank Group. Available at: <https://www.afdb.org/en/documents/africas-urbanisation-dynamics-2022-economic-power-africas-cities>.
- AidData. 2023. *Global Chinese Development Finance Dataset, Version 3.0*. Retrieved from <https://www.aid-data.org/data/aiddatas-global-chinese-development-finance-dataset-version-3-0>.
- Behrens, K., Ottaviano, G.I.P., Mion, G., 2007. Industry Reallocations in a Globalizing Economy. *SSRN CORE Discussion Paper #2007/12*.
- Boston University Global Development Policy Center. 2023. *China's Overseas Development Finance Database*. Retrieved from <http://www.bu.edu/gdp/chinas-overseas-development-finance/>.
- Brautigam, D. 2010. *The Dragon's Gift: The Real Story of China in Africa*. Oxford University Press.
- Brueckner, J.K., 2003. Strategic Interaction Among Governments: An Overview of Empirical Studies. *International Regional Science Review*, 26, 175–188.
- Brueckner, J.K., 1998. Testing for Strategic Interaction Among Local Governments: The Case of Growth Controls. *Journal of Urban Economics*, 44, 438–467.
- Chen, X., & Nordhaus, W. 2015. A Test of the New VIIRS Lights Data Set: Population and Economic Output in Africa. *Remote Sensing*, 7(4), Article 4.
- Chi, G., Zhu, J., 2008. Spatial Regression Models for Demographic Analysis. *Population Research and Policy Review*, 27, 17–42.
- Dreher, A., Fuchs, A., Hodler, R., Parks, B. C., Raschky, P. A., & Tierney, M. J. 2019. African leaders and the geography of China's foreign assistance. *Journal of Development Economics*, 140, 44–71.
- Dreher, A., Fuchs, A., Parks, B., Strange, A., & Tierney, M. J. 2021. Aid, China, and Growth: Evidence from a New Global Development Finance Dataset. *American Economic Journal: Economic Policy*, 13(2), 135–174.
- Fujita, M., Thisse, J.-F., 2009. New Economic Geography: An appraisal on the occasion of Paul Krugman's 2008 Nobel Prize in Economic Sciences. *Regional Science and Urban Economics*, 39, 109–119.
- Fujita, M., Thisse, J.-F., 2002. *Economics of Agglomeration: Cities, Industrial Location, and Regional Growth*. Cambridge University Press.
- Gibson, J., Olivia, S., Boe-Gibson, G., & Li, C. 2021. Which Night Lights Data Should We Use in Economics, and Where? *Journal of Development Economics*, 149, 102602.
- Guo, S., An, J., & Jiang, H. 2022. Chinese Aid and Local Employment in Africa. *SSRN 3718578*.
- Henderson, J. V., Squires, T., Storeygard, A., & Weil, D. 2018. The Global Distribution of Economic Activity: Nature, History, and the Role of Trade¹. *The Quarterly Journal of Economics*, 133(1), 357–406.
- Henderson, J. V., Storeygard, A., & Weil, D. N. 2012. Measuring Economic Growth from Outer Space. *American Economic Review*, 102(2), 994–1028.



IMF. 2023. *Regional Economic Outlook*. IMF. Retrieved 8 December, 2023, available at: <https://www.imf.org/en/Publications/REO>.

Krugman, P. 1991a. *Geography and Trade*. Cambridge: MIT Press.

Krugman, P. 1991b. Increasing Returns and Economic Geography. *Journal of Political Economy*, 99, 483-499.

Krugman, P., 1998. What's new about the new economic geography? *Oxford Review of Economic Policy*, 14, 7-17.

LeSage, J.P., 2014. What Regional Scientists Need to Know About Spatial Econometrics. SSRN 2420725.

Li, X., Zhou, Y., Zhao, M., & Zhao, X. 2020. A harmonized global nighttime light dataset 1992–2018. *Scientific Data*, 7(1), Article 1.

Ray, R., Gallagher, K. P., Kring, W., Pitts, J., & Simmons, B. A. 2021. Geolocated dataset of Chinese overseas development finance. *Scientific Data*, 8(1), Article 1.

Rietveld, P. 1989. Infrastructure and regional development. *The Annals of Regional Science*, 23(4), 255–274.

Ru, Y., Haile, B., & Carruthers, J. I. 2022. Urbanization and child growth failure in Sub-Saharan Africa: A geographical analysis. *Journal of Geographical Systems*, 24(3), 441–473.

Rüttenauer, T., 2022. Spatial Regression Models: A Systematic Comparison of Different Model Specifications Using Monte Carlo Experiments. *Sociological Methods & Research*, 51, 728–759.

Xu, Z., & Zhang, Y. 2022. Lightning up Africa: The effects of Chinese aid on the economic development in Africa. *China Economic Quarterly International*, 2(3), 178–189.

Xu, Y. 2017. *China, Africa and Responsible International Engagement*. Routledge.

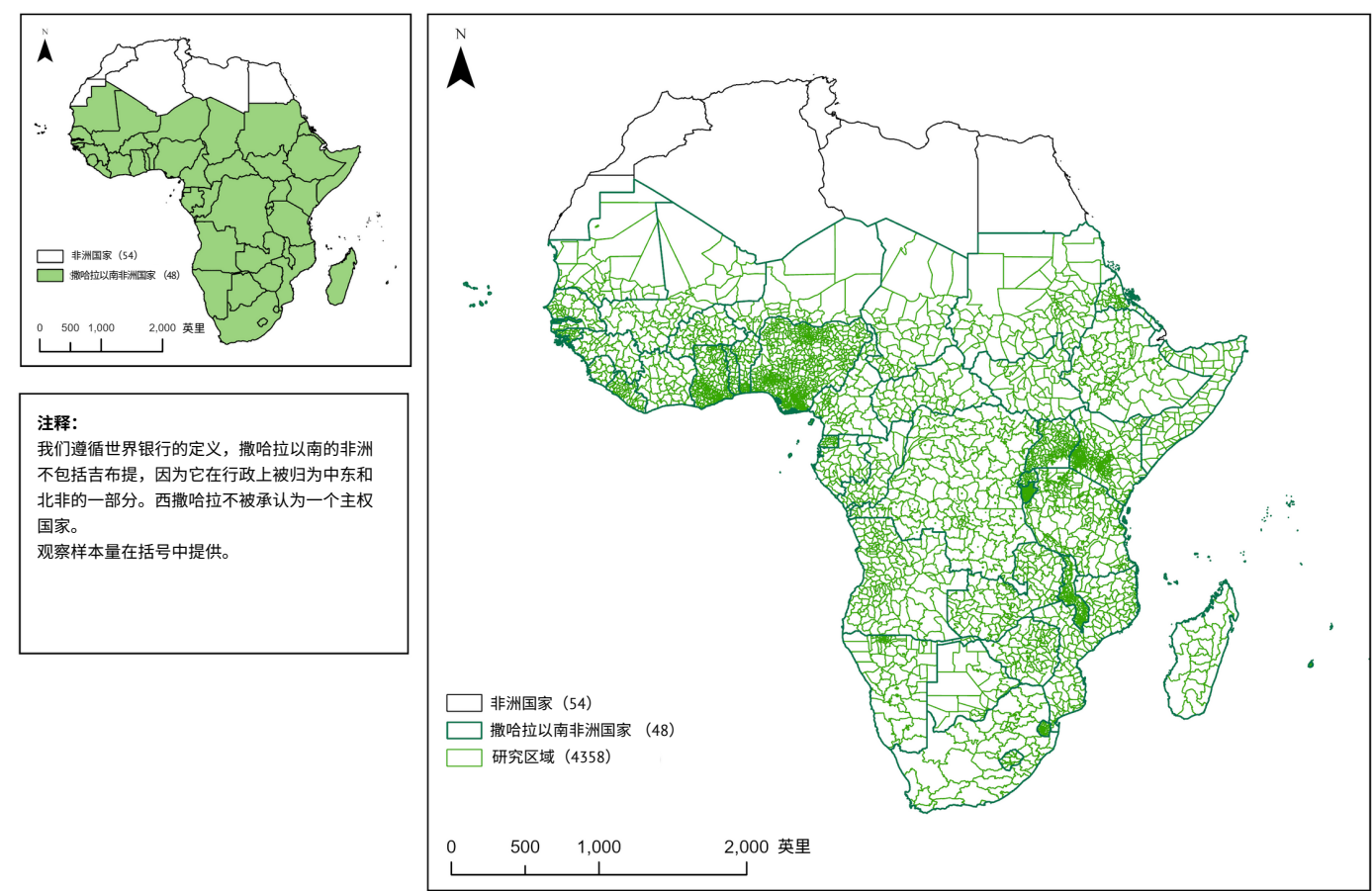
Yang, H., Simmons, B. A., Ray, R., Nolte, C., Gopal, S., Ma, Y., Ma, X., & Gallagher, K. P. 2021. Risks to global biodiversity and Indigenous lands from China's overseas development finance. *Nature Ecology & Evolution*, 5(11), Article 11.

Zafar, A. 2007. The Growing Relationship Between China and Sub-Saharan Africa: Macroeconomic, Trade, Investment, and Aid Links. *The World Bank Research Observer*, 22(1), 103–130.

Zhang, Z. 2023. From Contractors to Investors? Evolving Engagement of Chinese State Capital in Global Infrastructure Development and the Case of Lekki Port in Nigeria. *Working Paper No. 2023/53*. China Africa Research Initiative, School of Advanced International Studies, Johns Hopkins University, Washington, DC. Available at: <http://www.sais-cari.org/publications>.



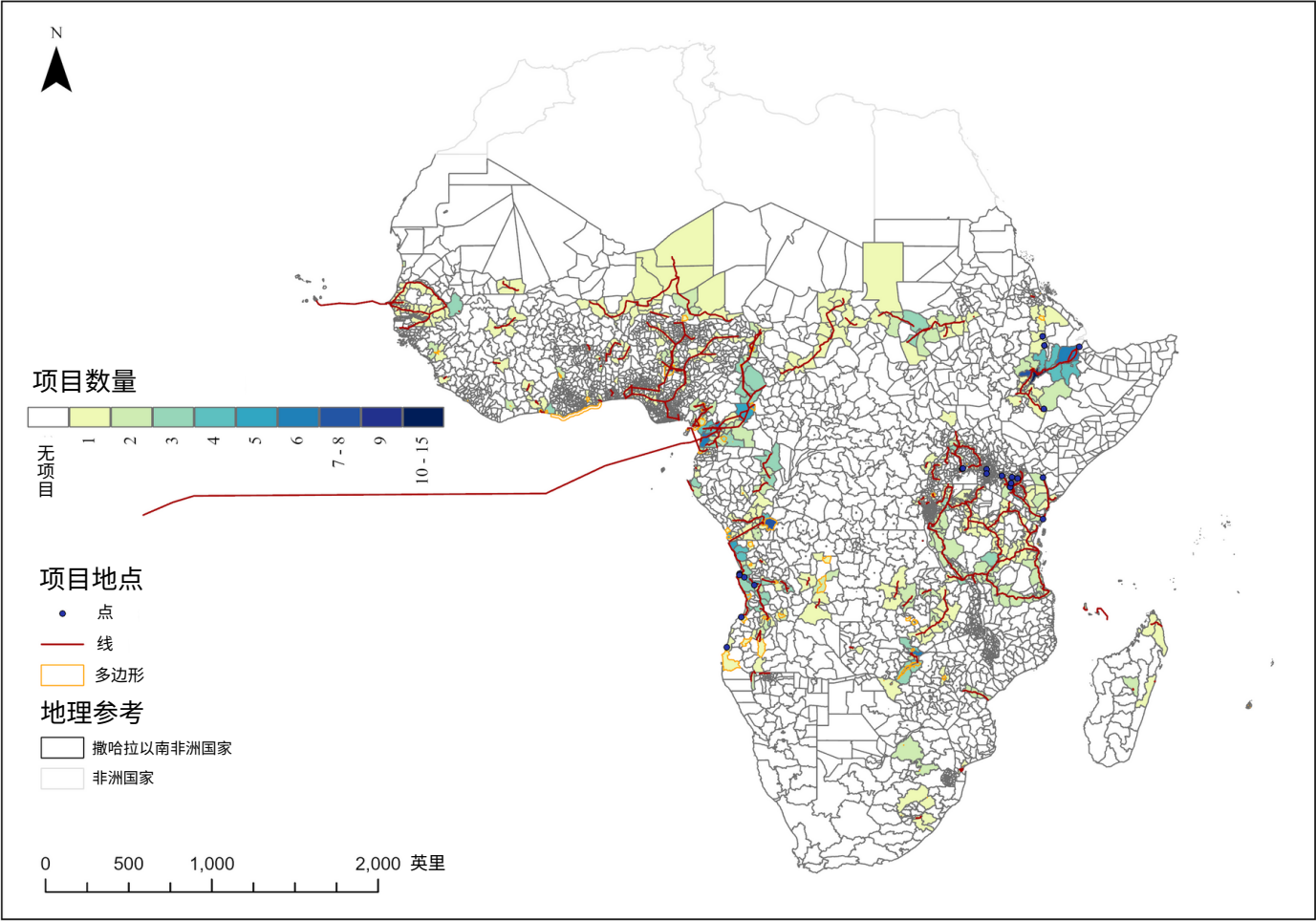
图A1：研究空间范围：撒哈拉以南非洲国家地区



来源：作者阐述，GADM 4.1版。投影为WGS 1984。



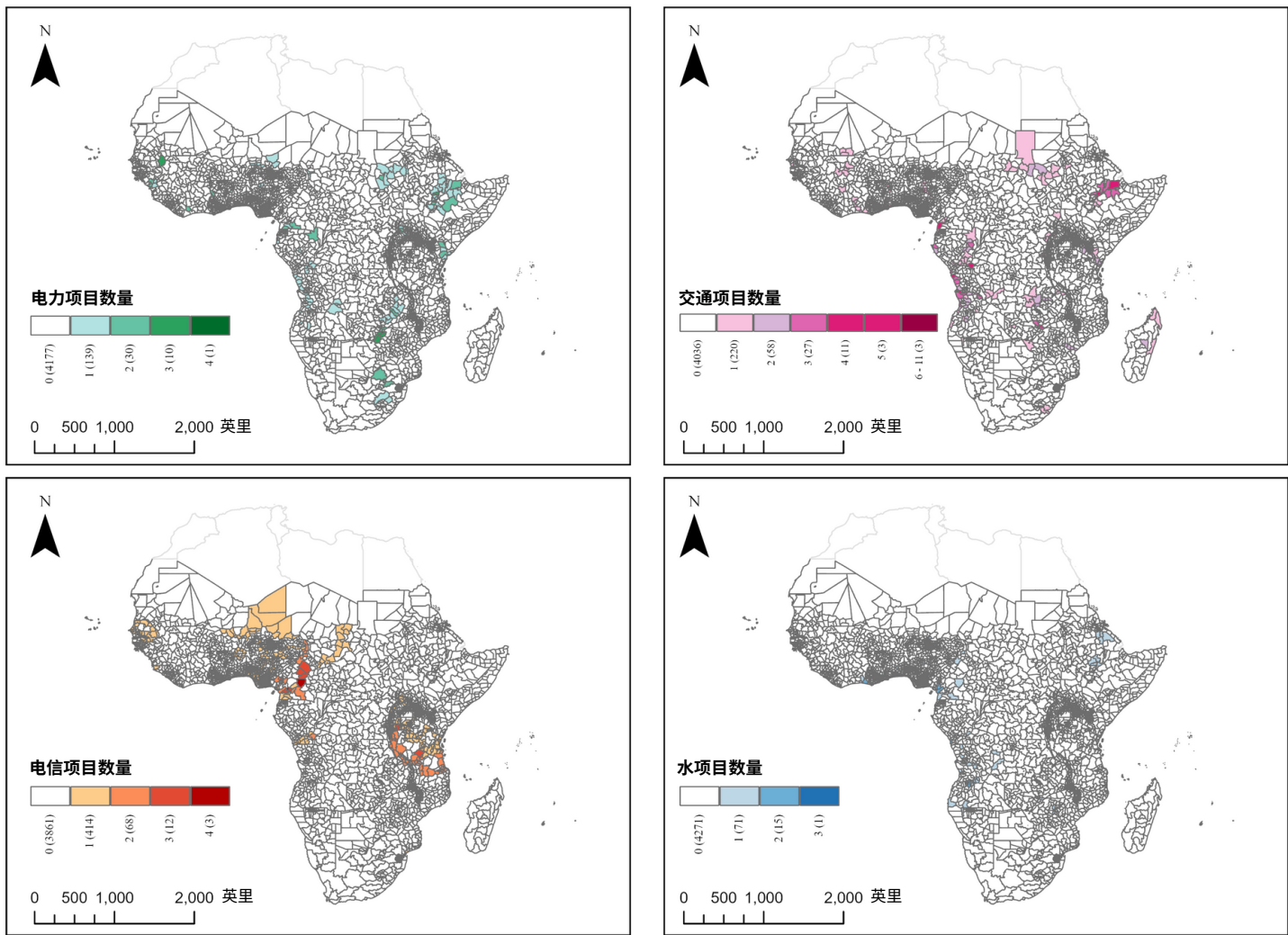
图A2：撒哈拉以南非洲国家精度为1-3级CODF硬件基础设施项目



来源：作者阐述，GADM 4.1版，CODF 2.0版。投影为 WGS 1984。



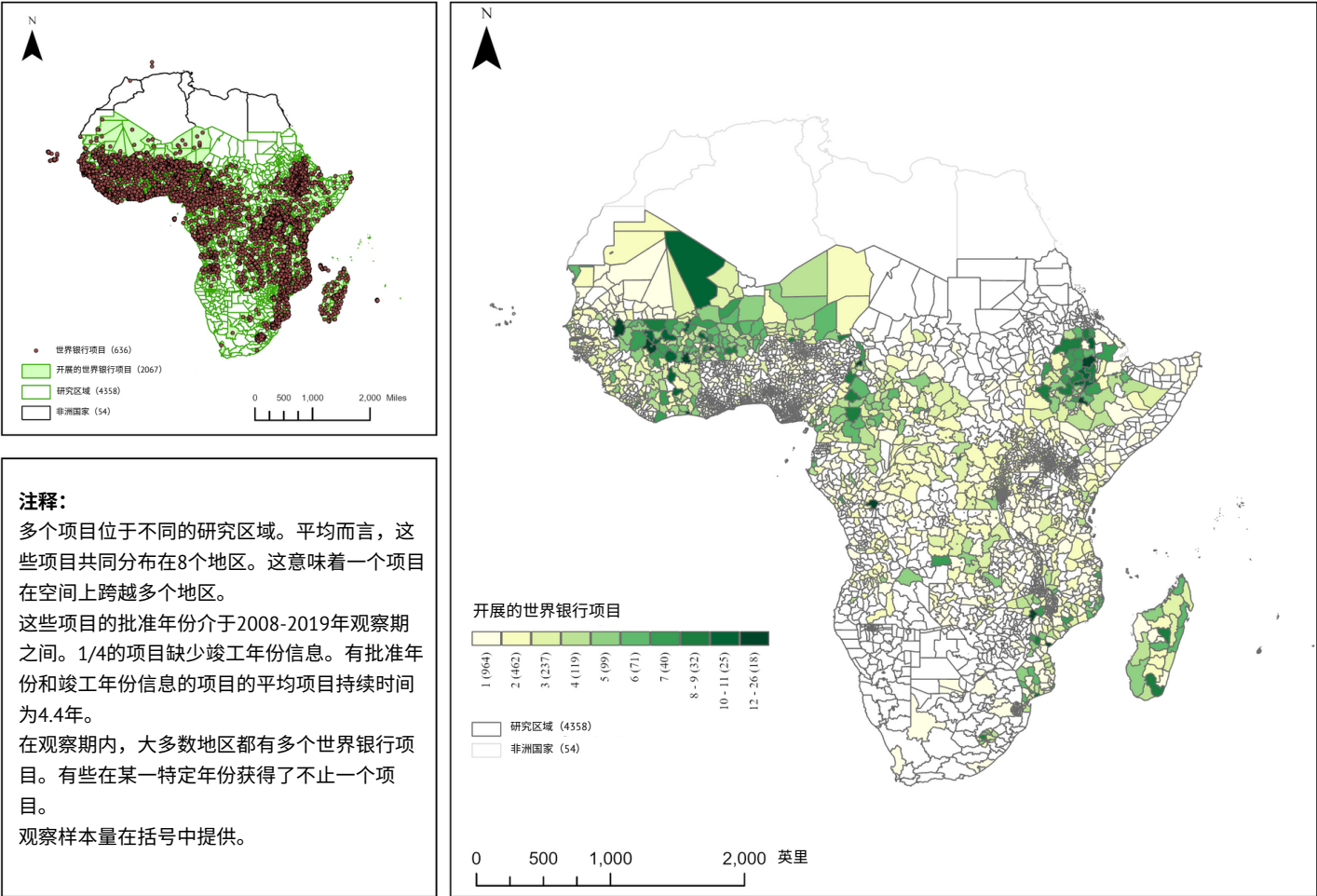
图A3：按行业分类，撒哈拉以南非洲国家CODF硬基础设施项目



来源：作者阐述，GADM 4.1版，CODF 2.0版。投影为 WGS 1984。



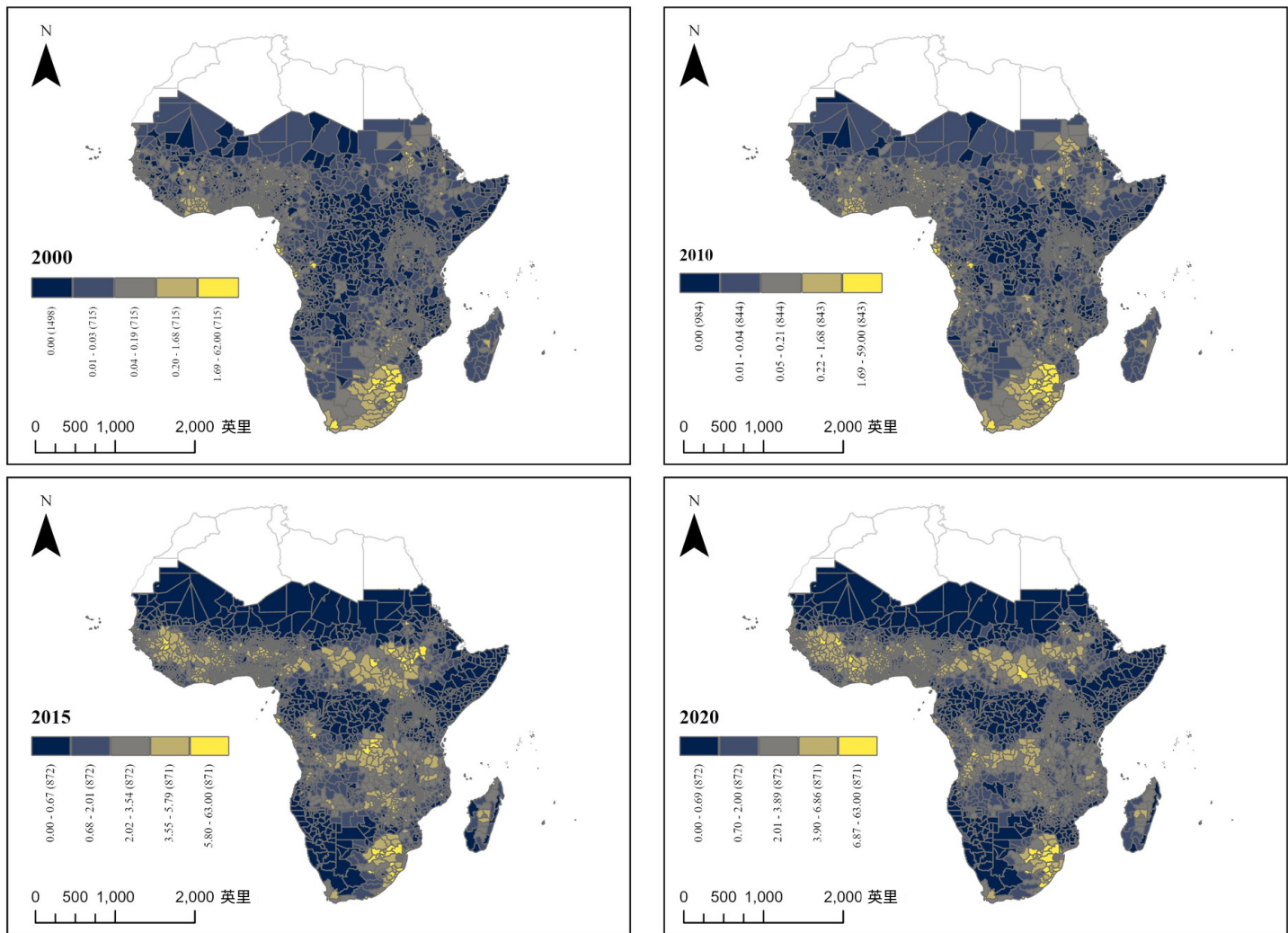
图A4：世界银行在撒哈拉以南非洲国家开展的项目



来源：作者阐述，GADM 4.1版；Yang 等收集的世界银行项目(2021)。WGS 1984。



图A5：撒哈拉以南非洲国家夜间光照度，研究地区，选定年份



来源：作者阐述，GADM 4.1版；夜间灯光亮度计算基于Li等（2020）和在线资料存档8.0版。投影为WGS 1984。





GLOBAL CHINA INITIATIVE

The Global China Initiative (GCI) is a research initiative at Boston University Global Development Policy Center. The GDP Center is a University wide center in partnership with the Frederick S. Pardee School for Global Studies. The Center's mission is to advance policy-oriented research for financial stability, human wellbeing, and environmental sustainability.

www.bu.edu/gdp

The views expressed in this Working Paper are strictly those of the author(s) and do not represent the position of Boston University, or the Global Development Policy Center.

