



The CLEAN PAPER

WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

采矿清除的不只是矿区——资源开采周边隐藏的森林损失

一项 *Nature* 研究分析了撒哈拉以南非洲的 16,627 个矿区集群，发现 2001 至 2020 年间，茂密森林中的采矿直接造成约 187,000 公顷毁林，但更大的问题在矿区之外。与未开矿地区相比，矿山建成十年后，1 公里范围内的毁林在 0 到 100 尺度上高出 8 个百分点，而且影响一直延伸到 20 公里。平均而言，矿山每直接清除一公顷森林，五年内还会伴随 33.9 公顷额外矿区外森林损失。这不意味着能源转型是坏事，而是意味着矿物供应链有自己的地理，而森林代价往往比矿坑更大。

Written by Laura Nesso · Cross-checked by Lucio Vaglio · Edited by Michele Renda · Figures by Laura Nesso
· AI-assisted, human-reviewed

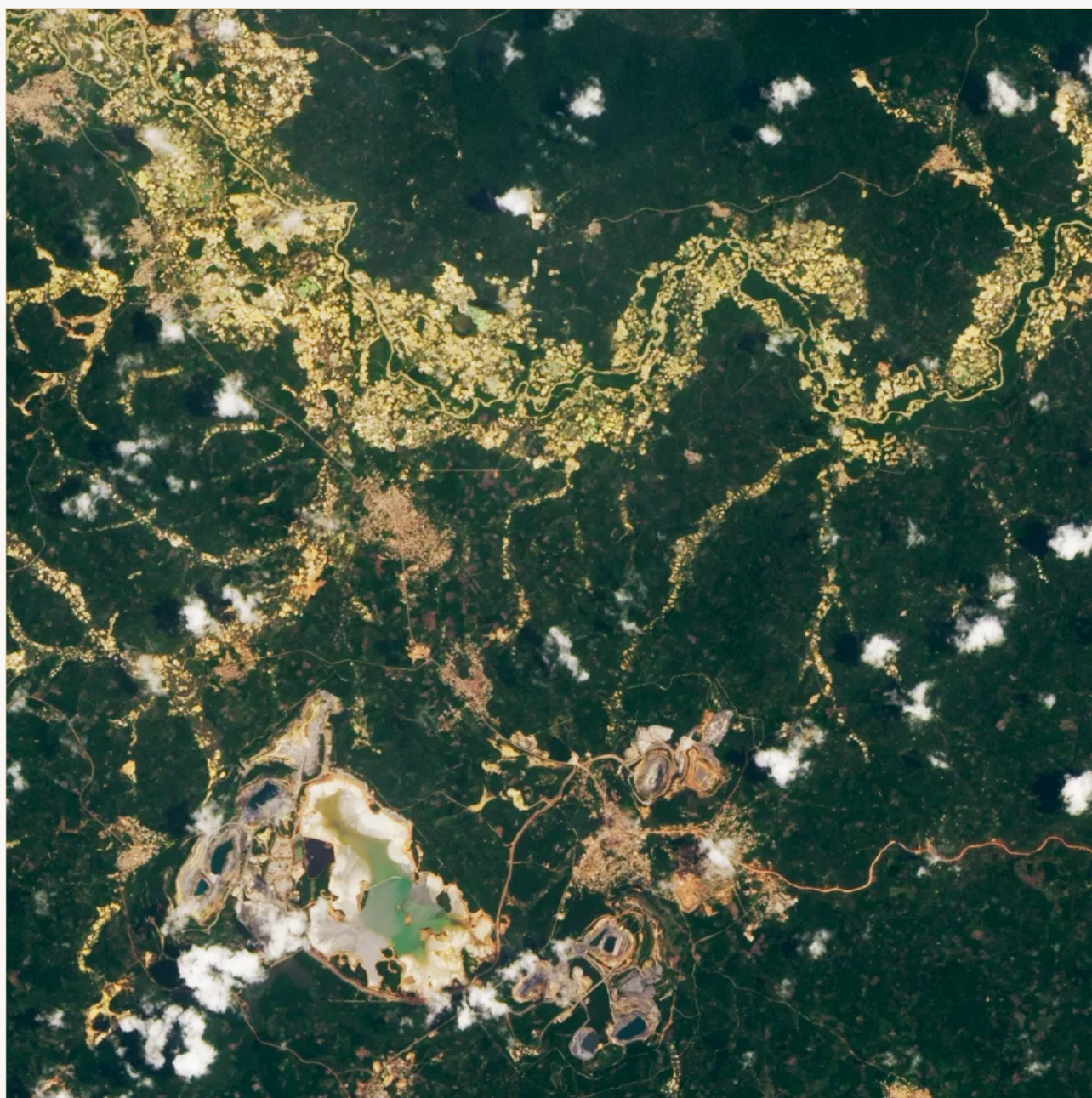
Paper: *Mining triggers extensive additional deforestation in sub-Saharan Africa*, Oscar Morton, Christopher G. Bousfield, Prince Dégny Valé, Ieuan Lamb, Victor Maus, Robert G. Bryant, and David P. Edwards, *Nature* (2026) · DOI: [10.1038/s41586-026-10551-2](https://doi.org/10.1038/s41586-026-10551-2)

留在森林里的足迹，不只是那个矿坑

矿山有一个显而易见的形状：露天矿坑、尾矿池、废石堆，以及切入森林的道路。这些痕迹卫星看得见，监管机构也能圈出边界。

但资源开采还会改变周围的土地。人群涌入，道路让人们更容易进入森林，聚落扩张，农业拓展。矿山不只是地图上的一道伤疤；它还可能成为新的引力中心。

一篇发表于 *Nature* 的论文量化了撒哈拉以南非洲各地的这种差异。作者估算 2001 至 2020 年间茂密森林中由采矿直接造成的毁林，然后追问：与尚未开矿的相似地点相比，矿山周围还出现了多少额外的森林损失？结论简单而令人不安：矿山的直接占地只是看得见的部分。



一幅自然色 Landsat 影像显示了加纳阿散蒂黄金带的大规模和手工采金痕迹。本文讨论的研究追问：与采矿有

关的森林损失，究竟会超出矿区本身多远。

NASA Earth Observatory / Lauren Dauphin Public domain

这个结果对气候和生物多样性政策很有用，因为它把两件事放在同一个画面里。现代基础设施和能源转型需要矿物，但矿物不会凭空出现。清晰的问题不是用一句口号判断采矿是好是坏，而是：我们是否诚实地计算了全部森林代价？

作者做了什么

这项研究把洲际尺度的森林和土地利用数据，与因果推断设计结合起来。作者绘制了 2001 至 2020 年撒哈拉以南非洲森林地区的 **16,627 个矿区集群**，并区分两种森林损失。

第一种是**采矿直接驱动的毁林**：矿区本身内部的清理，包括矿坑、尾矿池、废石堆、矿井，以及其他与采矿作业直接相关的设施。

第二种是**矿区外毁林**：矿山周边并非矿坑本身的森林损失，但矿山建设可能通过附带活动触发它——农业、聚落、道路和其他交通通道。

为估计第二部分，作者采用了双重差分框架。通俗地说，他们把开矿前后矿山周围的森林损失，与相似但尚未开矿地点周围的森林损失进行比较。随后，他们考察了以矿山中心为圆心的同心距离带：1 公里以内、1-5 公里、5-10 公里和 10-20 公里。

这一设计很重要，因为论文并不只是在统计矿山附近损失了多少森林。它试图估算与未开矿地区的反事实趋势相比，可以归因于矿山建设的额外损失。

他们发现了什么

直接采矿损失规模很大。作者估计，2001 至 2020 年间，撒哈拉以南非洲的茂密森林共有 **187,070 公顷**因采矿直接遭到清除。刚果民主共和国、加纳和科特迪瓦合计占直接损失的 **45%**。

周边损失大于矿区占地。矿山建成十年后，与未开矿地区相比，1 公里范围内的累计毁林在 0 到 100 的尺度上**高出 8 个百分点**。这是毁林率的绝对差值，不是相对增加 8%。影响随距离减弱，却没有消失：十年后，研究估计 1-5 公里处额外高出 3.6 个百分点，5-10 公里处高出 1.9 个百分点，10-20 公里处高出 1.1 个百分点。

这些数字与时间点相关。它们是十年效应，不是即时损失。

矿区外损失与直接损失之比十分惊人。在另一项计算中，作者估计，矿区占地每直接清除一公顷森林，五年内还会有额外 **33.9 公顷**茂密森林在矿区外消失。大部分额外损失与矿山建设触发的农业扩张有关，聚落扩张同样重要，道路在其分解结果中所占比例较小。

这个数字也与时间点相关：它是五年期的矿区外/直接损失比，不能和十年期、0 到 100 尺度上的效应混在一起。

各地影响并不相同。研究认为刚果民主共和国的情况尤其令人严重担忧，因为那里既有大规模的直接采矿占地，也有大量额外矿区外损失。其他国家的相对矿区外影响很高，但直接占地较小。按矿种看，开采钴和铜的矿山——这些矿物对电池、电力基础设施和能源转型至关重要——在研究估算中造成的额外毁林总量最高。

为什么矿区外部分重要

环境评估通常从项目的直接边界开始，这可以理解。矿坑看得见，许可证有明确周界，企业也能描述计划建设的基础设施。

但森林不会只对法律边界作出反应。它们会对交通条件和经济激励作出反应。矿山可能带来道路、工人、资金、聚落和粮食需求，从而让附近森林变得更容易清除、更有利可图，或更有必要被清除。

因此，论文最有力的思想不是某一个数字，而是**直接损失与触发损失**之间的区别。

如果供应链只计算矿区占地，可能会低估资源开采造成的土地利用变化。如果环境影响评估止步于矿权边界，可能会漏掉项目促使其更可能发生的森林损失。如果某种产品因支持可再生能源而被宣传为清洁产品，也不意味着它的原材料链自动变得清洁。

这项研究没有证明什么

- 它**没有**表明能源转型是坏事。它表明，现代基础设施所用矿物，包括能源转型矿物，可能带来巨大的土地利用代价。
- 它**不意味着**每座矿山每直接损失一公顷森林，就一定造成 33.9 公顷矿区外损失。这是对大量矿区集群的平均估计，不是对某个具体项目的预测。
- 它**没有**证明矿山附近每一棵消失的树都是因为那座矿山而被砍伐。研究采用准实验设计，在群体尺度上估计额外损失。
- 它**没有**把责任归于个别公司、许可证持有人或买方。那需要超出本文范围的项目级追踪。
- 它**没有**涵盖采矿的全部影响。水污染、劳动条件、生物多样性破碎化、权利冲突和社会迁移，都不在这里主要衡量的森林损失之内。
- 它**没有**覆盖全世界。分析聚焦撒哈拉以南非洲的茂密森林。

证据有多强？

对于直接毁林估计，洲际尺度上的证据很强。研究使用已发表的土地利用和森林覆盖数据集，识别与采矿设施直接相关的森林损失。

对于额外的矿区外损失，证据同样相当充分，但依赖模型。双重差分旨在从观察数据中估计因果效应，特别适用于无法进行随机实验的情形。作者使用了近期能够稳健处理异质性的方法，并以其他估计量检验结果稳健性。这是良好做法。

不过，结果应在正确尺度上解读。论文提供了有力证据，表明在整个研究系统内，矿山建设与超出矿区占地的额外毁林有关。它不是每一棵树通过卫星交出的“供词”。

因此，对公众最有用的解读既不是恐慌，也不是否定，而是测量纪律：如果采矿打开了一个地区，影响评估就应越过围栏看得更远。

为什么重要

“清洁能源”这个词组可能遮住一个物质世界。太阳能板、电池、输电线路、电动汽车和数据中心都需要开采出来的材料。其中一些材料来自拥有全球重要森林和生物多样性的地区。

这并不使脱碳成为错误。另一种选择——继续依赖化石燃料——同样会带来巨大的土地、空气、水和气候代价。但这确实意味着，一场转型可以比化石能源体系更清洁，却仍不会自动成为清洁的体系。

这篇论文的价值，在于让隐藏的地理更难被忽略。它说：不要只计算矿坑。要计算矿坑周围森林发生的变化，计算资源开采之后出现的道路、农田和聚落。把矿区外毁林纳入环境影响评估、无净损失承诺和零毁林供应链。

这比“绿色矿物是好的”或“绿色矿物是坏的”更成熟。真实的说法是：转型的物质基础会带来后果，而供应链在自称清洁之前，必须先让这些后果变得可见。

清晰摘要

一项发表于 *Nature* 的研究分析了 2001 至 2020 年撒哈拉以南非洲茂密森林中的 16,627 个矿区集群。研究估计，矿坑、尾矿池和废石堆等采矿设施直接造成了 **187,070 公顷** 毁林。作者还利用双重差分框架，估算矿山周围相对于未开矿地区的额外毁林：十年后，1 公里内的累计毁林在 **0 到 100 的尺度上高出 8 个百分点**，而且影响一直延伸到 20 公里。在另一项五年期计算中，每一公顷采矿直接毁林，平均伴随额外 **33.9 公顷** 矿区外茂密森林损失，主要通过农业和聚落扩张发生。开采钴和铜的矿山在研究中造成的额外毁林总量最高。结果并不表明能源转型是坏事，而是表明矿物供应链存在土地利用代价，而且这种代价会超出矿区本身。

不绕弯核查

论文证明了什么：2001 至 2020 年间，撒哈拉以南非洲茂密森林中的采矿造成了大量直接森林损失；与未开矿地区相比，矿山建设之后周边出现了额外毁林；矿区外损失可能大幅超过矿区直接占地；而在这套数据中，一些能源转型矿物与很高的额外毁林总量相关。

什么合理但尚未证明：许多个别矿山的矿区外影响超过其许可证边界所显示的范围；更严格的环境影响评估和供应链规则能够减少其中部分损失；其他热带采矿地区也可能存在类似的隐性矿区外效应。

它没有证明什么：所有采矿的破坏程度都相同；附近每一次森林损失都由某座具体矿山造成；能源转

型是坏事；在没有项目级追踪的情况下，个别企业或买方应为特定损失负责；森林损失是唯一重要的环境或社会代价。

主要局限：采用观察性因果推断，而不是随机证据；提供洲际尺度估计，而不是项目级归因；聚焦撒哈拉以南非洲的茂密森林；直接和矿区外效应取决于数据质量、矿山识别和模型假设。

普通读者应该有多大信心？可以高度确信研究地区由采矿直接造成的毁林规模可观。可以较有信心地认为，群体尺度上矿山建设与额外矿区外毁林有关。把平均 33.9:1 的比率套用到任何一座具体矿山上，信心应低得多。恰当态度是：矿物供应链可能是必要的，但仍需对矿坑之外的代价如实核算。

来源

Nature (2026)

<https://doi.org/10.1038/s41586-026-10551-2>

White Rose Research Online —published version

<https://eprints.whiterose.ac.uk/id/eprint/241799/>

Processed outputs and analysis code —GitHub

https://github.com/OMorton/AFR_MiningForestLoss

Post-deforestation land-use dataset —Zenodo

<https://doi.org/10.5281/zenodo.11065705>