



能源和经济安全的关键矿产 可追溯性

International
Energy Agency



国际能源署

国际能源署 (IEA) 考察了能源问题的全面范围，包括石油、天然气和煤炭的供需，可再生能源技术，电力市场，能源效率，能源获取，需求侧管理等等。通过其工作，IEA倡导在32个成员国、13个协会国家以及更广泛的地区，增强能源的可靠性、可负担性和可持续性。

IEA成员国：

澳大利亚 奥地利 比利时
加拿大 捷克共和国 丹麦
爱沙尼亚 芬兰 法国 德国
希腊 匈牙利 爱尔兰
意大利 日本 韩国 拉脱维亚
立陶宛 卢森堡 墨西哥
荷兰 新西兰 挪威
波兰 葡萄牙 斯洛伐克共和国
西班牙 瑞典 瑞士
土耳其共和国 英国 美国

accession IEA A国家：

巴西
智利 哥伦比亚 哥斯达黎加
以色列 罗马尼亚

IEA协会成员国：

阿根廷 中国 埃及 印度
印度尼西亚 肯尼亚 摩洛哥
哥 塞内加尔 新加坡 南非
泰国 乌克兰 越南

本出版物以及其中包含的任何数据和地图，均不影响任何领土的地位或主权、国际边界的划定以及任何领土、城市或地区的名称。

欧洲委员会也参与国际能源署的工作。

来源：国际能源署 (IEA) 网站
：www.iea.org



致谢

本报告由国际能源署（IEA）法律顾问办公室、可持续发展、技术和展望司首席能源经济学家办公室以及其他IEA部门共同编制。主要作者为：**费利克斯·加农**，**亚历山德拉·赫加蒂** 并且 **Joyce Raboca** 在K.C. Michaels和Tae-Yoon Kim的宝贵指导下。

尼古拉斯·莫伊尼耶作出了宝贵的贡献。祖扎娜·诺霍娃提供了关键支持。该报告由亚当·迈约进行校对。还要感谢国际能源署通讯与数字办公室在报告制作中的帮助，尤其是杰特罗·穆伦、库尔特斯·布莱恩德、阿斯特里德·杜蒙特、利夫·冈特、朱莉亚·霍维茨、奥利弗·乔伊、波利·博约尔克、伊琳娜·包恩和格雷丝·戈登。

本报告借鉴了由国际能源署（IEA）和经济合作与发展组织（OECD）共同设计和实施的调查结果。就本报告而言，IEA的分析包括2025年10月至12月收集的回应。OECD将调查延长至2026年1月，并将发布一份关于可追溯性在支持弹性且负责任的供应链中的作用的独立报告。本报告是在IEA关键矿产工作组（CMWP）的参与下准备的。

许多来自IEA之外的专业人士提供了重要的意见和建议，或审阅了报告的初稿。他们的评论和建议极具价值。他们包括：

梅根·巴恩哈特 梅拉妮·布兰克 克里斯蒂·迪士尼 布鲁克纳 艾伦·凯里 罗兰·沙夫塞 斯苏珊娜·菲茨杰拉德 詹妮莎·格林 科林·汉密尔顿 劳瑞·海利 法妮·赫拉德维尔 爱尔米拉·伊曼尼 安德鲁·雅各布 埃尔·拉莫特 卢卡·马约蒂

美国政府 瑞士政府 负责采矿保证倡议 桥点合作伙伴 国际锂业协会 自然资源治理研究所 杰西卡·格林顾问 泰克资源 加拿大政府 法国政府 戈尔康公司 BHP 加拿大政府 经济合作与发展组织 资源问题 特斯拉

马蒂娜·马塔拉佐 弗朗西斯·莫布雷

Susannah McClaren, Kanishk Negi, Paula Dinis, Ana Palma, Kotaro Shimizu, Yuna Taae, Kaisa Toroskainen, Ning Wang

钴业研究所 施耐德电气 葡萄牙政府 三菱电机 谷歌 全球电池联盟 中国有色金属进出口商会

目录

执行概要	5
背景	8
高浓度 mineral supply chains.....	8 理解可追溯性.....
性.....	9 追溯性在能源和经济安全方面潜在的
好处.....	10
产业对追溯实践的看法	12
使用可追溯性作为政策工具：现状	21
由生产国使用	23 由消费国使用.....
.....	28
挑战与采用障碍	31
实施成本.....	32 技术基础设施和数
据处理标准不一.....	33 供应链中的信息传递.....
35 复杂且地理上集中的供应链.....	37
机遇，提高能源和经济安全可追溯性	39
加强创建收集和共享验证信息的激励政策的政策工具	
数据贯穿供应链.....	40
提供可追溯性基础设施的财务支持.....	43
在国际层面上协作，以协调可追溯性标准。	43
增强上游与下游区域的合作关系.....	45
采取逐步且务实的策略，重点关注较为简单的供应链和	
核心数据元素.....	46
附件	49
附件一.....	49
附件II.....	

执行摘要

2025年，关键矿物供应链中高度集中的风险对能源和经济安全成为现实。 所有IEA的六种重点矿产——铜、锂、镍、钴、石墨和稀土元素——预计将看到强劲的需求增长，这主要归因于它们在能源和战略工业应用中的核心作用。然而，多元化进程落后于需求增长，加工和提炼环节仍然高度集中。2025年，由于新的出口管制措施威胁到对战略和经济重要行业至关重要的材料供应，集中带来的风险变得现实。

近年来，为应对这些安全风险，出台了一系列新政策和战略。 政策方法各国不同，反映了他们在战略优先事项上的差异。生产国往往采取鼓励国内项目或加强国内对矿产资源使用的监督的政策。相比之下，消费国更专注于减少集中度，促进多元化，并在全球矿产资源供应链中推广负责任的做法，通常通过引入采购要求来实现。

可追溯性是实施有效政策的基石工具。 它使政府和公司能够追踪矿产的来源、其在供应链中的移动情况、谁负责它们以及它们的转换过程。可追溯材料可以附加更多数据——例如可持续性 or 质量属性——这些数据可以根据政策目标变得相关。这些数据共同构成了根据来源或性能而采取的措施的基础，例如多元化采购激励措施、与负责任生产相关的要求和与公共财政及采购条件相联系的要求。

IEA和OECD联合对超过80家活跃在关键矿产供应链中的受访者公司开展了可追溯性调查。

根据调查的见解，本报告概述了当前状况，并确定了优先行动，以加强可追溯性在支持能源和经济安全中的作用。经合组织（OECD）将发布一份关于可追溯性在支持弹性且负责任供应链中的作用的单独报告。

企业已经开始实施可追溯性系统，但在矿物、地区和供应链各环节的采用仍不均衡。 根据IEA-OECD联合调查，三分之二的公司受访者表示拥有某种形式的可追溯性系统——其中30%覆盖全面，40%针对选定的矿物或供应链。上游公司正在实施

可追溯性系统在下游和上游参与者中的采用率为两倍。在所有供应链环节中，钴供应链的采用率最为先进，这反映了长期以来提高透明度的努力，其次是石墨和铜。锂和镍供应链在上游的采用率最高，大约50%的企业报告称已拥有可追溯性系统。在稀土供应链中运营的公司表现出强烈的未来实施可追溯性的意向，这受到不断增长的地缘政治担忧的推动，尽管实施至今仍受制于持续的结构挑战。

尽管可追溯性系统的采用相对较高，但其深度和端到端覆盖范围仍然有限。 几乎所有拥有可追溯系统的公司都报告了收集原产国数据，而更详细的原产地信息则覆盖范围较小。企业透明度或环境数据收集的收集率大约是后者的一半。中游和下游环节的公司报告的环境指标比率高于上游，反映出在关键消费国家面临更大的监管压力。然而，端到端的可追溯性仍然有限，覆盖范围通常在公司的直接供应商之外急剧下降，凸显了在供应链多个层级扩展实施的持续挑战。

企业采用可追溯性的原因各不相同，反映了它们在价值链中的位置和面临的风险暴露。 将近三分之二受访公司的头三大驱动因素包括品牌或声誉考量和客户需求，超过40%的公司提到遵守监管要求。下游公司主要受产品销售所面临的市场压力驱使，而上游公司则更多地受到遵守监管的驱使。这反映了供应链中消费者监督、风险和市场监管条件存在的差异。调查回应还表明，可追溯性可以作为降低风险机制，以吸引投资，尤其在更初级的供应链中，如石墨、稀土和锂，受访者更常将地缘政治风险管理及投资者义务视为关键驱动因素。

可追溯性正开始支持市场差异化，但价格信号仍然较弱。 只有四分之一的公司在调查报告中称收到了某种形式的溢价，这些溢价与差异化材料相关，无论是与验证的来源相关还是与特定与性能相关的属性相关，如低排放生产和社交审计认证。这表明，尽管可追溯性已经能够支持差异化的采购，但价格信号尚未足够广泛或一致，无法在规模上推动基于市场的采购决策。这种模式在当前的追溯性数据收集实践中得到了反映。大多数受访公司收集关于来源和所有权的基本数据元素，这些元素为基于来源的政策工具提供了基础，例如（例如）：

(采购要求)。收集环境、社会或企业透明度数据的机构远远较少，而这些数据对于支持更广泛的政策方法至关重要，例如基于标准的市场。

成本、缺乏互操作性以及信息共享的激励有限是继续制约溯源系统扩展的重要障碍。 超过一半的被调查公司将高实施成本选为主要障碍，这反映了在数字基础设施、系统集成和人员能力方面所需的大量前期投资。公司还指出系统间互操作性有限、商业机密性担忧以及信息共享激励不足是关键挑战。这些挑战在供应链中并不均匀分布：在中游阶段，瓶颈尤为突出，因为混合、聚合和商业敏感性经常成为数据传输和供应链中保管链的障碍。

政府行动有助于支持更广泛地采用追溯系统。 近四分之三接受调查的公司表示，他们愿意在未来三年内增加对可追溯性的投资。分阶段的做法有助于将增长的势头转化为实际成果，将最初的努力集中在一些易于实施的供应链上。这有助于识别挑战并实施改进。随着时间的推移，可以将更复杂的供应链和其他数据领域引入措施。随着可追溯性系统的成熟，政府可以利用经验证的供应链数据，使奖励多元化和负责任的生产的机制得以实现。本报告提出了五个面向政策制定者的建议：

- 1. 加强供应链中收集和共享验证数据的激励措施。** 结合监管和金融或基于市场的措施。
- 2. 提供追踪性基础设施的财政支持** 降低前期和运营成本，尤其是上游和较小的参与者。
- 3. 在国际层面上协作，以协调追溯标准**
提高市场参与者之间的互操作性、可比性和信任，以及跨地区的信任。

增强上下游地区的合作
包括通过技术援助和共享平台。

- 5. 采取务实的方法，重点关注较简单的供应链和一组核心数据元素。** 逐步扩展到更复杂的供应链和额外的数据字段。

背景

高浓度的矿产资源供应链

关键矿产对于能源和经济安全至关重要。国际能源署（IEA）确定的六种重点矿产——铜、锂、镍、钴、石墨和稀土元素——在能源和战略领域都发挥着至关重要的作用，其需求预计将在未来几年内迅速增长。

多元化是能源安全的核心。然而，关键矿产供应链的集中度从未如此之高，尤其是在加工和精炼领域。到2024年，[市场份额](#) 在全球排名前三的关键能源矿产精炼国中，中国的精炼比例达到了86%，比2020年的82%有所上升。中华人民共和国（以下简称“中国”）是20种战略性材料中的19种的主要精炼国。¹ 以70%的市场份额。预计采矿和提炼将集中 [维持高位](#) 对于未来十年内的大多数能源矿物来说，相关的风险越来越难以忽视。

高浓度的采矿和精炼作业对能源和国家安全构成风险，因为它增加了对供应冲击的脆弱性，尤其是在主要生产国因自然灾害、社会动荡、贸易措施或地缘政治紧张而中断供应时。与治理相关的冲击将进一步放大这些风险。对非法采矿、监管不合规或腐败的执法行动可能引发 [突然关闭的设施](#) 暂时从市场中撤出大量供应。潜在的干扰可能会对战略领域，如能源、汽车、国防和人工智能数据中心产生重大影响，并对技术价格、通货膨胀、制造业竞争力和整体经济产生连锁反应。

这是一项不再是假设的关注点。 [一半的20种战略矿产](#) 已经受到某种形式的出口管制。稀土出口管制 [在2025年4月推出](#) 已经迫使全球一些汽车工厂削减利用率，甚至暂时关闭。如果随后宣布 [并于2025年10月暂停的出口管制措施](#) 得到全面实施，受影响的下生产的经济价值将达到 [6500亿美元/年](#) 对于中国以外的国家，几乎占到了他们合计年度国内生产总值近10%。

¹ 这些矿物包括铍、石墨、锰、稀土、硅、钼、钴、碲、铋、锗、镓、铟、锂、钛、钒、钽、钨、铜、镍、铬和锆。

了解可追溯性

可追溯性指的是能够 **追踪和核实** 一个产品的来源通常理解为追踪四个要素的能力：（1）起源；（2）地理路径；（3）保管链条；（4）物理演变。如果一个实体能够以合理的信心追踪特定产品的这四个要素，则该产品可以称为“可追溯”。

与这四个核心数据要素平行，可追溯机制还可以用于获取产品性能指标信息。这些性能指标可以对应可持续性因素（例如，温室气体排放、符合劳动标准或遵守税收规定）或产品质量（例如，工程规格或净化水平）。在追踪产品时，可持续性或质量的数据可以被附加，以提供产品性能更完整的视图。例如，在追踪嵌入到电池中的矿物产品时，可以沿供应链附加大气排放信息，这提供了与市场上其他电池相比电池环境表现的指标。可追溯系统也可以扩展到包括关于产品是否包含回收材料的信息，从而支持二次供应，并减少对密集的原材料供应的依赖。

可追溯性可以采取多种形式。一些方法要求将材料完全分离到批次的水平（例如产品隔离），而另一些方法则允许与未追踪材料进行不同程度的混合（例如质量平衡和受控混合）或将物理供应与其属性解耦（例如账本和索赔）。

追踪一个产品通常需要实施一个可追溯性系统，该系统应明确规定记录和分享供应链中信息的流程。一个有效的可追溯性系统应基于四个核心标准：稳固的技术基础设施、定义明确且标准化的数据收集、供应链合作以及治理和验证。

在整个报告中，“可追溯性”一词用于指代能够追踪上述四个核心数据元素（来源、地理路径、保管链条和物理演变）之一或多个的机制。它不用于涵盖诸如供应链映射、产品透明度或尽职调查等不同但相关的做法。

潜在的可追溯性对能源和经济安全的好处

可追溯性可以使政府和公司实现一系列安全、韧性和可靠性目标。在本报告中，能源和经济安全主要与支撑能源技术和其他战略工业应用部署的矿物质供应链的韧性相关。能源和经济安全包括几个要素，包括能源和战略技术以可负担的价格不间断可用，并基于可靠的矿物获取。实现安全需要供应链对供应链集中的暴露度低，已采取措施减轻中断风险（地缘政治、环境、社会或市场驱动），并已纳入确保能源、汽车、国防和数字基础设施等行业生产连续性的措施。可追溯性可以直接和间接地有助于实现这些目标。

首先，可追溯性可以直接通过支持实施增强供应链安全和促进多元化的政策措施，为能源和经济安全做出贡献。今天，在许多情况下，下游公司面临在确定其矿物投入来源上相当大的困难。构建必要的可追溯性基础设施可以使下游运营商获取关于其矿物投入的详细信息，包括原产地、地理路径和保管链条。这种增强的透明度可以使公司更高效或更有效地遵守旨在解锁替代供应来源的政策措施。例如，如果政府引入政策措施来促进多元化供应链（例如，基于原产地的税收减免或贸易措施），拥有可追溯性系统的公司可以使用收集到的数据证明合规并获取激励措施，从而刺激多元化供应，有助于保障能源安全。

其次，可追溯性可以通过提供发展的必要基础，间接促进能源和经济安全。[可\[可持续和负\]\(#\)责任供应链](#) 这对于加强安全至关重要，因为它可以在非现任国家解锁供应，[减少供应链集中度，同时减轻与不良做法相关的供应链中断风险。](#)² [可追溯性通过实现支持可\[可持续和负\]\(#\)责任供应链。](#)

² 环境、社会和治理实践不足可以以多种方式影响供应安全。例如，社区对水资源使用和生物多样性影响的担忧可能导致当地反对，减缓项目开发或干扰运营。同样，腐败可能导致延误或增加项目成本。劳动标准差可能导致罢工、抗议和示威，甚至来自政府当局的停工令。侵犯人权和原住民权利以及温室气体排放可能会在消费国市场准入方面产生法律或监管障碍。

集合性能指标。这可以使中游和下游公司对采购材料的影響和質量有更為全面的了解，同时使上游生產商能够将自己與那些與不良做法（包括在可能被指定为更高风险的国家和地区的高性能上游生产者）相关联的产品区分开来。通过实现与绩效相关的数据的收集和披露，可追溯性因此为中游和下游公司基于绩效的采购提供了坚实的基础。反过来，这可能会支持“高性能溢价”或“低性能灰色折扣”的出现，有助于负责任和可持续矿物产品市场的开发（尽管在某些行业的运营利润率紧张和价格波动可能限制了溢价，可能需要通过监管干预来支持）。作为其中的一部分，[G7关键矿产行动计划](#)，各国承诺推动以反映责任的开采、加工和贸易的真实成本为标准的市场，包括通过加强可追溯性作为一项必要措施。

尽管这份报告主要关注可追溯性对能源安全和供应链韧性的贡献，但重要的是要认识到可追溯性在关键矿产供应链中的更广泛治理和基于权利的功能方面也同样有用。

产业对可追溯实践的看法

国际能源署和经济合作与发展组织（OECD）于2025年10月联合发起了一项调查，作为对2025年报告的后续跟进。

[The Role of Traceability in Critical Mineral Supply Chains](#) 并且为了更深入地了解可追溯性系统如何在公司内部以及关键的矿物供应链中得到应用。³ 该调查探讨了在关键矿物供应链中公司在可追溯性方面的普及和实施情况，以及公司目前面临的障碍和挑战。本报告基于这项联合设计和实施的调查结果。

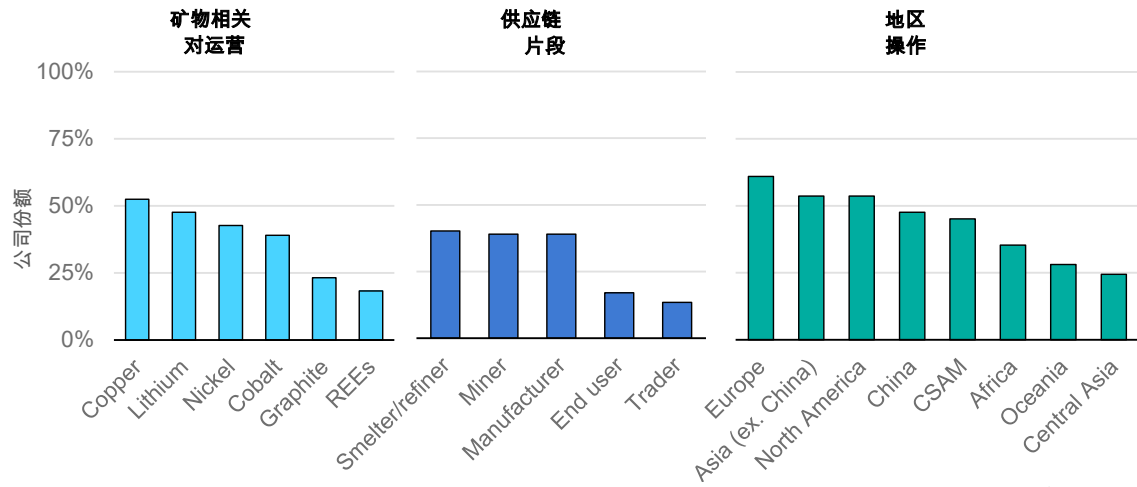
共有82家公司参与了调查，涵盖所有大洲。调查参与者代表了矿产资源供应链的所有阶段，包括采矿人员（约40%）、冶炼/精炼商（40%）、制造商（约40%）和终端用户（约20%）。许多受访公司活跃在供应链的多个阶段，并承担不同的角色，例如同时作为采矿者和冶炼/精炼商，或同时作为制造商和终端用户。

受访公司主要存在于铜供应链，其次是锂、镍和钴。调查的上游公司大多在锂、铜、镍和钴供应链内部运营。在制造、终端用户和回收领域的公司，其业务在所有矿产之间分布更加均匀，反映了多种矿产常常被用于终端应用，如电池化学成分的事实。

在欧洲运营的公司地理分布上最为集中，主要作为制造商、冶炼/精炼企业和终端用户公司。其次是亚洲（不包括中国）运营的公司、北美、中国以及中美洲和南美洲运营的公司。

³ 该调查在线发放给了500家个体公司和行业网络。本报告的目的在于，IEA的分析覆盖了2025年10月至12月收集到的回应，共计收到82份回应，使用四种语言（英语：63份；西班牙语：9份；普通话：8份；印尼语：2份）。经合组织将调查延长至2026年1月，其分析基于90份回应。与任何基于调查的数据一样，结果受限于方法论。样本不一定能代表全球关键矿产行业的统计特征，不应如此解读。回应反映了自愿参与，因此可能存在选择偏差。在某些情况下，受访者可能是政府事务代表，而不是其组织内的技术专家，这可能会在回应中引入偏差。因此，应将这些发现解读为反映当前趋势和观点，而不是对整个行业追踪实施情况进行全面或确定的评估。

图1.1 被调查公司按矿物、供应链细分领域和运营区域所占份额

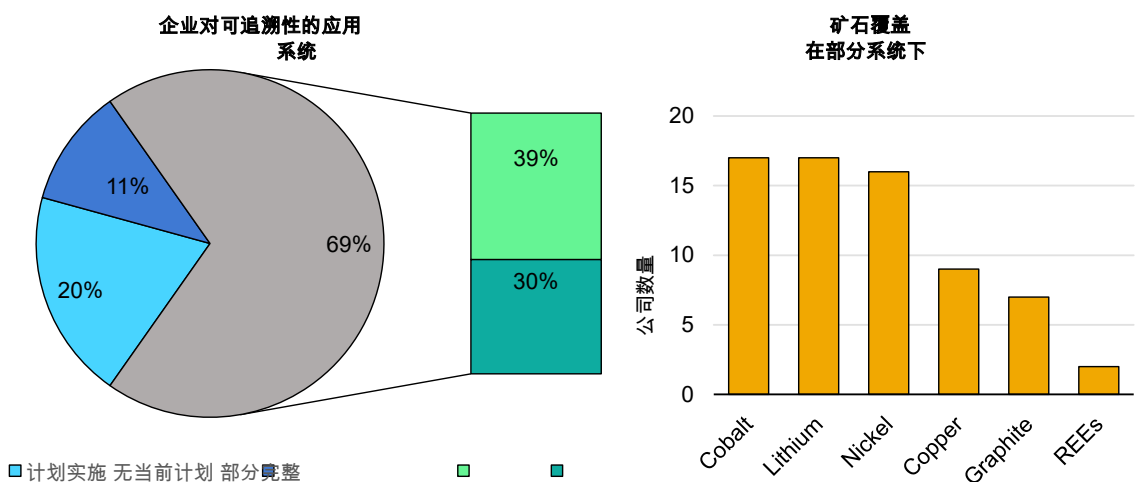


国际能源署。署名权 Creative Commons Attribution 4.0 International License

注释：CSAM = 中南美洲。REEs = 稀有稀土元素。公司可以挑选多种矿产、供应链段和地区。百分比反映选择每个选项的受访者的份额。来源：基于IEA/OECD调查的IEA分析。

超过三分之二的公司已实施追溯系统。⁴ 在这些公司中，30%覆盖了其运营相关的所有矿物、客户或供应商，而40%只覆盖了所选的矿物、客户或供应商。似乎只进行部分覆盖的公司优先考虑钴、锂和镍供应链，这可能反映了不同矿物实施可行性的差异，以及不同的风险特征。在表明其追溯系统只覆盖所选矿物的公司中，大约三分之一报告称其矿物投入量覆盖超过60%。

图1.2 公司对部分体系下可追溯性和所涉及的矿产的使用



国际能源署。署名权 Creative Commons Attribution 4.0 International License

备注：REEs = 稀有地球元素。公司可以选择其追溯系统涵盖的多种矿物。来源：基于IEA/OECD调查的IEA分析。

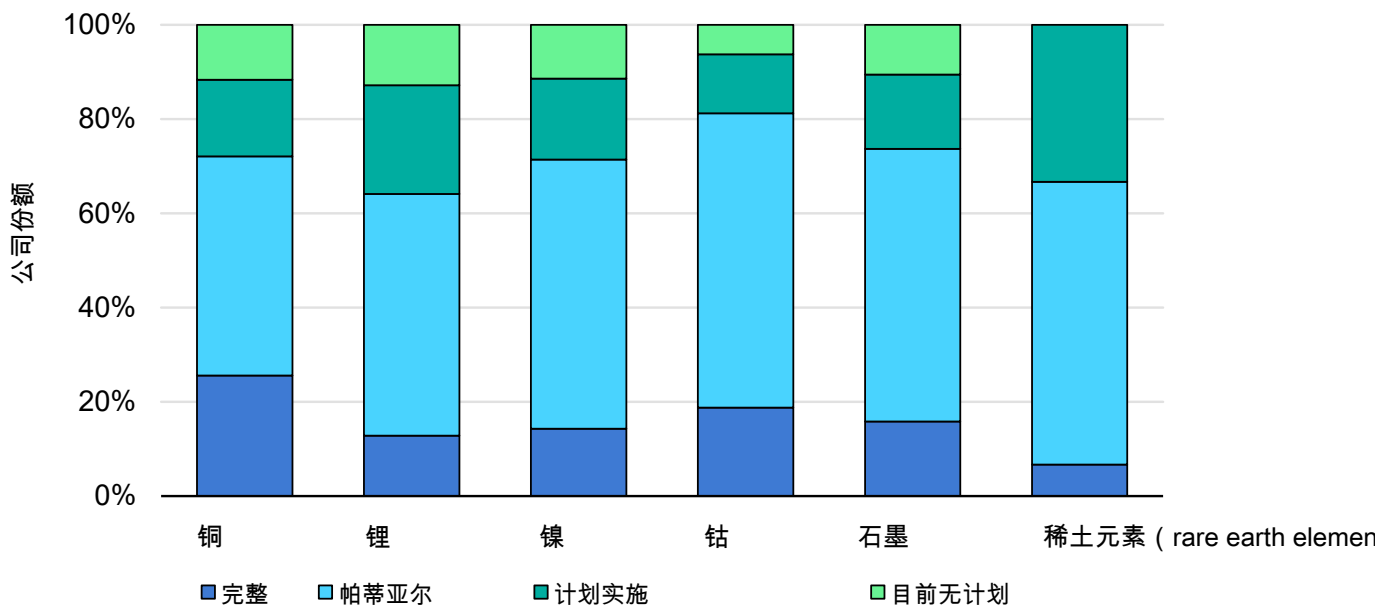
⁴ 在调查中，受访者被提供了本报告中所使用的可追溯性的定义。

在IEA的六个重点矿物中，参与钴供应链的公司在全或部分可追溯性系统方面的应用率最高。这反映出长期以来在钴供应链中提高透明度的努力。在提供全球约70%钴的刚果民主共和国，人权问题，特别是在手工艺和小规模（ASM）采矿部门，引起了持续的法律、法规和民间社会压力。这促进了如负责任矿物倡议和负责任关键矿物倡议等正式标准的制定。[钴精炼供应链尽职调查标准](#)，2018年发布。这些进展奠定了基础和基础设施，下游公司随后在此基础上建立了可追溯性。与此同时，早期的可追溯性倡议也开始出现，如RCS Global的[更好的采矿倡议](#)。这是由下游公司寻求改善其钴供应链透明度驱动的。

2020年之后，可追溯性计划的范畴开始扩大，涵盖了更多与能源技术相关的矿产。这些供应链面临下游压力的增加导致原始设备制造商（OEMs）和原材料供应商之间建立合作伙伴关系，例如特斯拉与多家上游公司之间。[资源](#) 在2021年和[沃尔沃和SQM](#) 2023年。在参与调查的公司中，六种能源矿物的可追溯系统采纳率都很高，石墨、镍和铜的系统占比在钴之后最大。

即使是那些在供应链中全或部分可追溯系统不那么普遍的公司也报告了建立这些系统的计划。在稀土供应链中运营的公司显示出最大的意愿建立可追溯系统——在调查的六种重点矿物中最高——没有人表示他们没有这样的计划。这或许反映了降低稀土供应链中地缘政治风险日益增长的需求，这促使公司建立可追溯系统，同时也反映了到目前为止已复杂化了实施的结构限制，包括组件中稀土的小量存在、作为副产品的生产、通用或非特定标签以及商业机密问题的担忧。

图1.3 六大能源矿物供应链中公司的可追溯系统应用情况



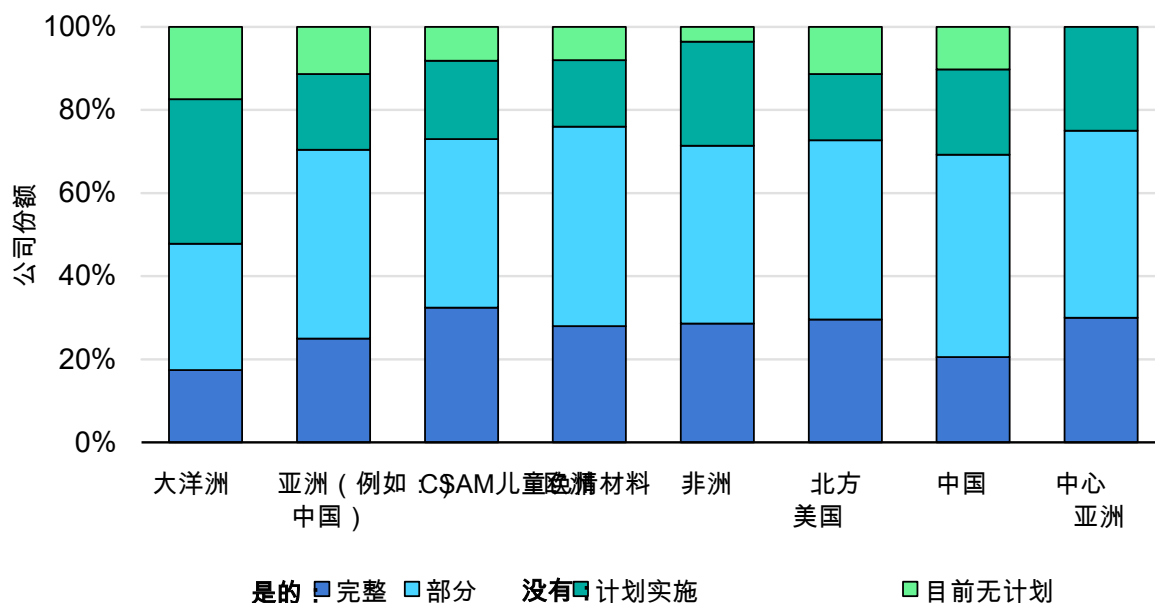
国际能源署。署名权 Creative Commons Attribution 4.0.

注释：REEs = 稀土元素。公司可以选择多个他们运营的矿产资源供应链。来源：基于IEA/OECD调查的IEA分析。

在欧洲、中东和南美洲、北美以及中亚运营的公司报告了采用全或部分可追溯系统的最高比例，尽管这一数据受到受访者数量在区域间的差异所影响。欧洲、中东和南美洲以及北美地区的采用率显著上升可能反映了对这些系统实施的日益增加的监管或原始设备制造商的压力，以及这些地区企业战略位置的需求。

相比之下，在大洋洲运营的公司报告的追溯系统明显较少。虽然这很可能反映了该地区受访者数量的显著减少，但值得注意的是，在太平洋地区运营的大多数公司都表示计划建立这些系统。在没有任何追溯系统的情况下运营的公司中，非洲和中亚的公司表达了最强的发展追溯系统的意愿。这不仅仅反映了这些地区对发展关键矿物供应链的兴趣日益增长，也可能表明了吸引投资和推进全球多元化目标和区域增值目标的战略努力。这也可能反映了希望通过减少非法矿石洗钱、逃税和其他形式的腐败，最大限度地提高当地捕获的价值。此外，这可能还表明，追溯性越来越被视为进入某些市场和使用越来越与验证来源和性能挂钩的政策激励措施的先决条件。

图1.4 各地区公司对追踪系统的使用



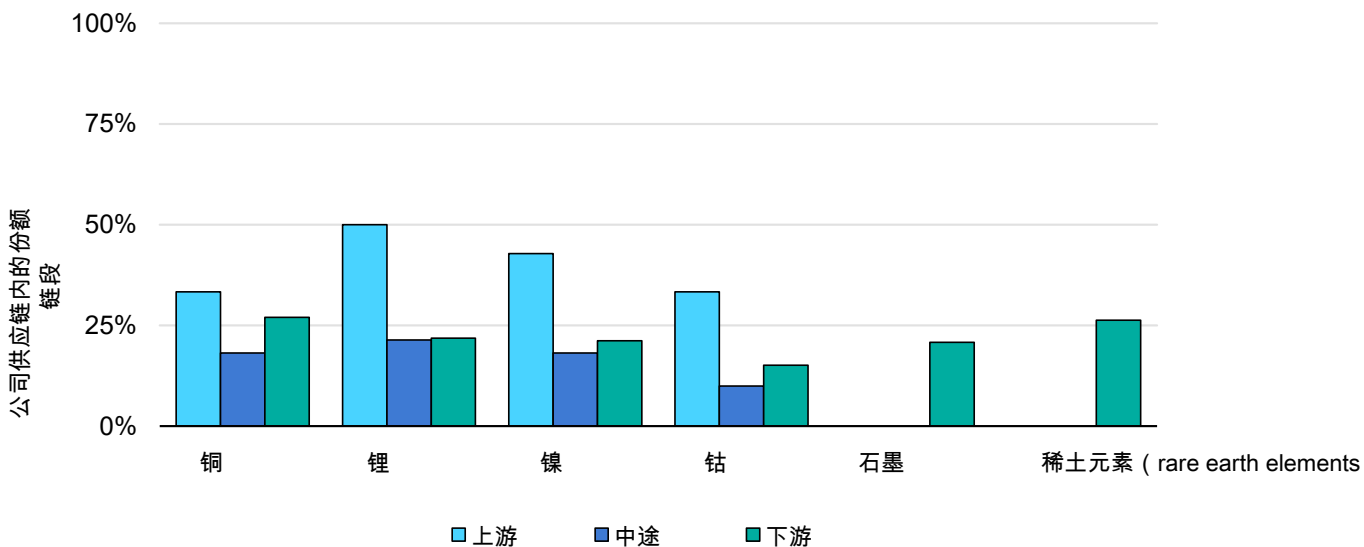
国际能源署。署名权 Creative Commons Attribution 4.0.

注意：CSAM = 中南美洲。公司可以选择他们运营的多个地区。来源：基于IEA/OECD调查的IEA分析。

调查结果还揭示了公司在供应链各个细分市场的分布存在明显差异，无论是按地区还是按矿产划分，这对实践中可追溯性的实施具有重要意义。在所有受访者中，上游公司中有80%表示他们拥有某种可追溯性系统，而中游和下游公司中这一比例约为40%。

在矿物领域，可追溯性系统在锂和镍供应链运营的公司中具有显著的存在，尤其是在上游，约有50%的公司表示拥有可追溯性系统。钴和铜也在上游显示出明显的存在，这与刚果民主共和国在矿山层面的审查历史一致。对于石墨和稀土元素（REEs），受访的公司主要集中在下游，上游和中游的受访者（5人）没有建立可追溯性系统。这表明，对于这些矿物，对供应链早期阶段公司的可见性和影响力尤其受限，而最有可能推动可追溯性系统采用的是下游制造商和终端用户。

图1.5 按供应链分段统计，拥有全面或部分可追溯系统的公司占比



国际能源署。署名权 Creative Commons Attribution 4.0 International License

注意事项：“上游”指矿工；“中游”指冶炼/精炼商、贸易商和回收商；“下游”指制造商和最终用户。公司可以在多个矿产和供应链环节中运营；百分比是在每个矿产-环节子集中计算的，并非累加。来源：基于IEA/OECD调查的IEA分析。

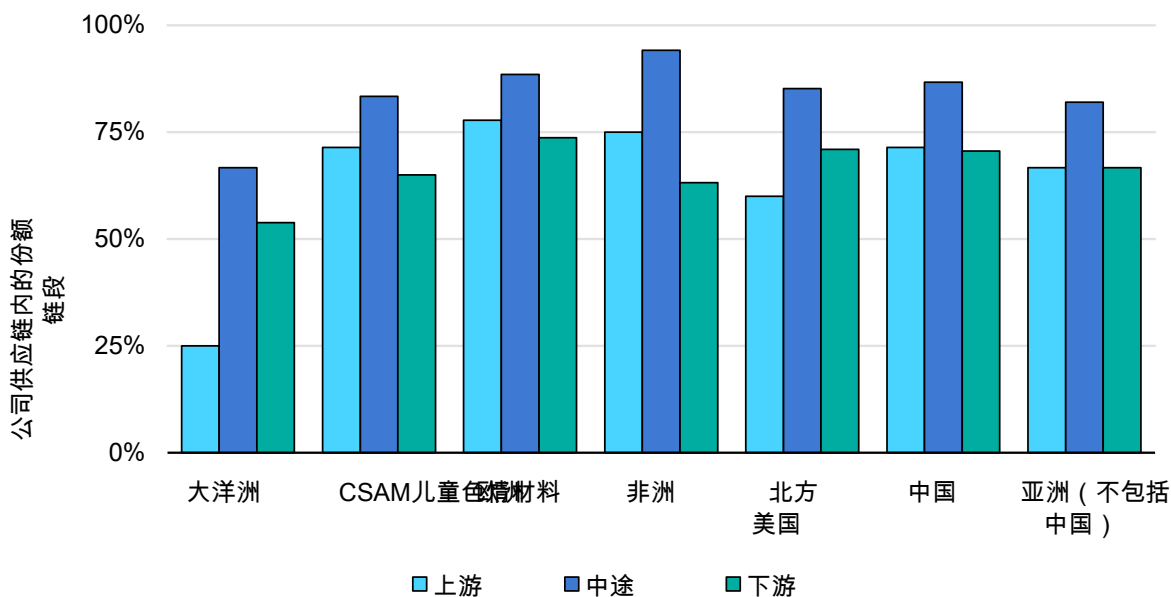
几个地区模式也显现出来。在所有地区，运营在中游的公司始终报告了最高的可追溯系统采用率，平均采用率约为85%，而上游和下游的采用率均低于70%。各地区中游采用率较高很大程度上反映了调查的结构，公司可以选择多个运营地区。中游公司更有可能跨越多个司法管辖区运营，并从多元化的上游供应商处采购。因此，这些公司在地区类别中更频繁地被代表，从而在地区比较中持续保持高采用率。

这与广泛认可的下游在溯源中的结构性瓶颈作用相一致，在此处多个上游来源汇聚，混合可能发生。在欧洲和中国，具有溯源系统的公司在下游的参与度尤其强，这与它们相对较大的加工部门以及较低的采矿水平相一致。这可能反映了政府法规和市场参与者审计计划的影响，这些计划通常基于 [OECD尽职调查指南](#)，通常将尽职调查期望置于炼油商和加工商作为供应链的关键控制点。

地区内可追溯性的采纳差异在上游比下游更为明显。欧洲和中国在上游覆盖率方面相对高于大洋洲和北美，这可能突显了在数据收集可能具有挑战性的提取阶段存在的差距。与此同时，非洲和中东和南亚的采纳率相对较低。

南美洲国家在采用可追溯性的企业中展现出更高的上游参与度，这与它们显著的采矿活动和更高的实际或感知风险相一致。欧洲、北美和中国的下游企业报告了更高的可追溯性覆盖率，这可能反映了更高的监管或原始设备制造商的压力。

图1.6 按供应链分段的公司跨区域拥有全程或部分可追溯系统的份额



国际能源署。署名权 Creative Commons Attribution 4.0.

注意：CSAM = 中南美洲。“上游”指采矿者；“中游”指冶炼/精炼商、贸易商和回收商；“下游”指制造商和最终用户。公司可能在多个地区和供应链环节中运营；百分比是在每个地区-环节子集中计算的，不是累加的。来源：基于IEA/OECD调查的IEA分析。

根据调查，质量平衡方法是应用最广泛的追溯模型，约40%的公司选择了该方法，其次是身份保持（28%）。这种模式在六大能源矿物中均保持一致，表明大多数现有系统更重视对流动的整体追踪，而不是完整的隔离。这在涉及众多参与者和复杂生产流程的供应链中尤为如此，在此过程中，材料经常混合，完整隔离难以维持。

账本索赔系统是跨能源矿产运营公司第三大选择的方法，但在矿产方面的采用率不均：石墨和稀土的使用明显较高，而镍和锂的使用则明显较低。这很可能反映了供应链结构的差异，以及追踪混合或高度加工材料的更大技术和物流挑战。

在供应链各环节中，中游公司报告的实物平衡使用率最高，这反映了在这个价值链阶段的混合和汇总的普遍性。身份保持的使用则远不如实物平衡一致：大约三分之二的交易者选择了这种方法，而矿工和终端用户的比例仅为大约20%。

批量商品方法使用较少，不到10%的矿工、回收商、冶炼/精炼商和终端用户报告使用该方法。交易商除外，大约三分之一依赖批量商品方法。对于账本与索赔系统，观察到一个类似但不那么明显的模式，约10%的矿工、冶炼/精炼商和回收商使用，相比之下，终端用户、交易商和制造商的比例为20%。

从调查结果来看，企业通常因应外部压力实施矿物追溯系统，无论来自客户或原始设备制造商的需求，还是监管要求。几乎三分之二的企业表示，品牌或声誉是推动追责的三大主要动力之一，与客户/原始设备制造商需求（61%）、符合监管要求（41%）、道德采购承诺（41%）和可持续风险降低（38%）并列。金融激励措施很少被列为主要动力，这暗示当前激励结构可能是不充分的、针对性差的或者没有与追溯投资明确挂钩。

考察公司在矿产、供应链环节和地区的溯源动机，揭示了显著的不同之处。在所有六个矿产供应链运营的公司，其前三大驱动因素保持一致，除了铜以外，所有公司的首选驱动因素都是遵守监管要求，而在铜供应链中，品牌/声誉被选为首要驱动因素。在铜、锂、镍和钴供应链中的公司，比石墨和稀土元素（REE）供应链中的公司更倾向于选择品牌/声誉和客户/OEM需求作为驱动因素。

相比之下，在石墨和稀土元素（REE）供应链中活跃的公司，样本中属于下游运营商，似乎更受道德采购承诺和可持续风险管理的驱动（尽管石墨和稀土元素公司的数量大约是其其他矿物的半数）。它们下游的位置可能使它们更容易受到声誉审查、监管期望和面向消费者的压力，这些压力塑造了它们的优先事项。

有趣的是，石墨、稀土和锂公司比铜、镍和钴公司更频繁地选择地缘政治风险管理以及投资者义务。这很可能反映了这些行业更为初生的本质，其中

关于将可追溯性作为政策工具的应用：现状

确保关键矿产供应链的安全和可持续性已成为政府关注的焦点问题。这一点在以下方面得到了体现：[戏剧性增长](#)。近年来，在矿产资源政策和法规方面。这些政策旨在实现一系列目标，包括促进勘探、生产和创新；确保供应的可靠性和安全性；[鼓励可持续和负责任的做法](#)；以及提高矿产回收率。政府越来越多地将可追溯性作为一种工具来支持这些目标，这在以下方面有所体现。[G7关键矿产行动计划](#)。许多国家已出台政策措施，要么直接要求公司实施追溯系统，要么要求公司提供特定追溯信息以获取经济激励。一些政策措施作为更广泛政策的一部分被引入。[尽职调查框架](#)，而其他人则更具体地关注[能源安全与降低集中度](#)（参见附件I）。

本节概述了可追溯性作为政策工具在生产国和消费国经济中的应用。它还整合了调查结果，展示了行业如何通过采用、设计和运营可追溯性系统来响应这些政策。然而，由于调查样本有限，结果不应被视为详尽的。

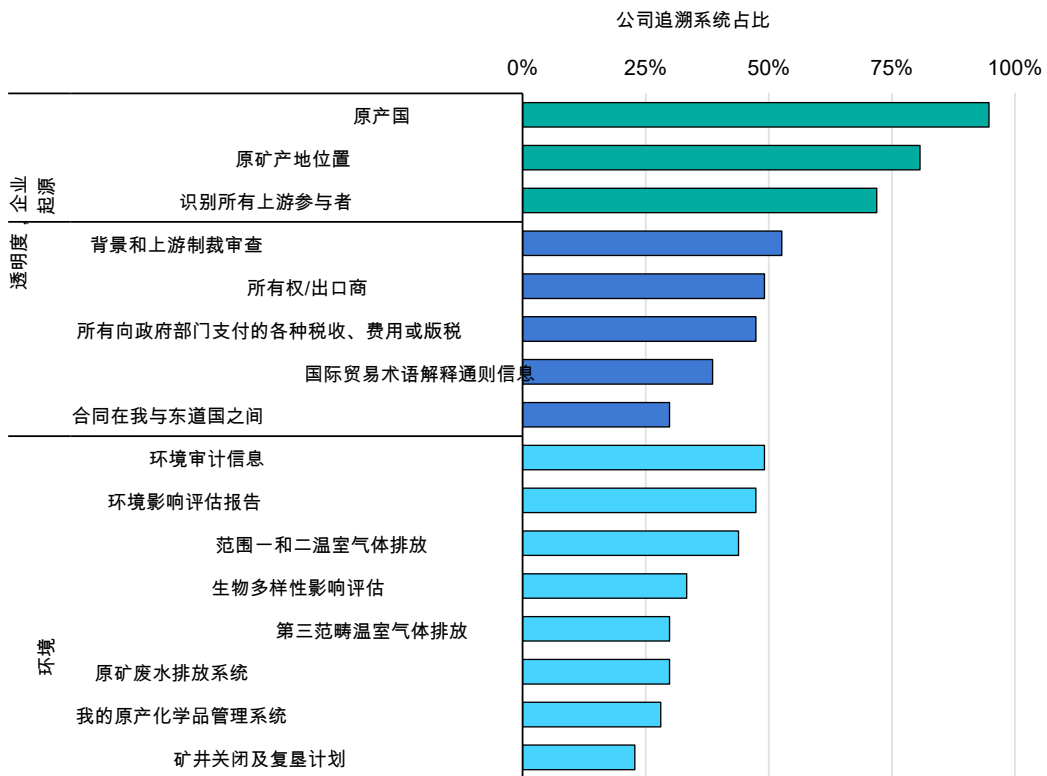
为了本报告的目的，对当前的追溯性政策进行了审查和分类，按经济类型进行区分，区分了生产和消费经济体。生产经济体是指通过初级矿石提取或对这些材料进行专门化学加工和精炼成技术级产品，在全球供应链中保持显著市场份额的国家。这些包括澳大利亚、加拿大、中国、刚果民主共和国和印度尼西亚。消费经济体是指推动对关键矿产的巨大需求，用于制造和部署电动汽车（EV）电池、风力涡轮机和电网等技术。这些包括欧盟、韩国、日本、英国和美国。还应注意的是，许多国家既是生产国又是消费国，尽管他们的政策优先级往往更接近于一个角色，这取决于他们在全全球供应链中的位置。

在很多情况下，追溯体系反映了设计和实施这些体系的国家的战略重点。从广义上讲，生产经济体利用追溯体系来限制非法采矿，加强对国内矿产资源的监管，并提升高效率生产者的机会。相比之下，消费经济体利用追溯体系来减少供应链中断，促进多元化，并在矿产供应链中减轻负面影响。以下将对此进行更详细的探讨。

在消费国和生产国在可追溯性的战略运用上存在差异的情况下，当前的方法可能为寻求利用可追溯性实现其政策目标的国家提供有用的经验。例如，生产国（尤其是那些生产产能处于早期发展阶段的国家）可以从其他生产国学习并合作，加强源头可追溯性，加强对国内矿产资源的监管，并提升国内生产商的市场准入机会。同样，消费国可以从在其他消费国实施可追溯性系统方面经验更为丰富的国家学习，帮助他们减少对供应链的依赖。更广泛地，生产和消费经济体之间在减少碎片化和建立更协调的数据收集和验证标准方面有日益增长的合作空间。

生产国与消费国在政策方法上的差异体现在行业实践中。调查结果显示，大多数公司已经收集来源信息，尤其是原产国信息，而收集企业透明度或环境数据的公司则较少。在收集额外信息的情况下，所有权和环境影响数据似乎得到了最一致的覆盖，反映出这些数据正日益成为满足监管要求和跨司法管辖区的激励措施的公司所需满足的条件。

图2.1 调查公司追溯体系中收集到的信息



备注：国际贸易术语 (Incoterms)。拥有完全或部分追溯系统的公司总数为57家 (在总共82家被调查的公司中)。来源：基于IEA/OECD调查的IEA分析。

由中国生产国使用

在已建立追溯框架的生产国，追溯要求通常嵌入在国家关于采矿、精炼和出口的法规中。追溯数据用于执行符合监管要求，如生产配额、税收或特许权使用费支付和许可证。生产国通过追溯追求的目标可以大致分为三类：（1）防止非法采矿和税收欺诈；（2）加强政府对国内矿产供应的监管；（3）改善高绩效生产者的市场准入机会。

防止非法采矿和税务欺诈

主要目标之一，生产国，尤其是新兴市场和发达经济体，通过可追溯性希望实现的是遏制非法采矿、限制非法贸易和防止税收欺诈。⁵ 在我国许多生产国中，包括 [中国](#)，[哥伦比亚](#)，[刚果民主共和国](#) 并且 [印度尼西亚](#) 可追溯框架正在实施，以跟踪供应链各阶段（包括采矿、提炼和出口）的矿物流动。

这些可追溯系统通常要求受覆盖的公司收集有关产量和矿物交易的数据。采矿公司往往需要记录生产和销售矿石的量，而精炼公司需要报告运送给他们多少矿石或浓缩物，它们的来源地（例如原始矿山的位置）以及生产了多少精炼材料。

例如，根据中国最近实施的稀土管理规定，活跃在稀土供应链中的中国公司，包括采矿和提炼企业，必须实施公司级可追溯性系统，记录生产量、销售数量、销售日期、批号、产品规格和发票等数据。同样，在哥伦比亚，采矿运营商需要记录生产量和矿物交易。加工厂和矿物贸易商也必须这样做，并且必须验证他们购买材料的运营商的身份，包括通过生物识别验证。

为了使收集到的数据对政府机构更有用，许多生产国正在建立集中式数字平台，旨在整合公司提交的数据。事实上，如果没有集中化，收集到的数据可能

⁵ 在这份报告中，非法采矿是指超出适用许可、财政或监管框架进行的采矿和交易活动。非法采矿不一定指代手工和小规模采矿（ASM）；相反，ASM通常在正式和非正式之间运营，追溯努力可以支持其正规化并将其纳入合法供应链。

保留在不同政府部门或公司中。因此，一些生产国已设立规定，要求公司把数据上传到政府运营的数字平台。

例如，根据中国新的稀土可追溯体系，中国工业和信息化部负责建立政府级别的可追溯体系，由专门的第三方实体运营。稀土公司必须注册到政府级别的可追溯体系中，并按月上传所需信息。在哥伦比亚，公司必须将矿物交易和生产量数据上传到中央数字化平台。在印度尼西亚，已经建立了一个名为SIMBARA的数字化平台，该平台结合了多个政府部门的监控系统，并纳入了采矿配额、版税支付、生产量和采购地等信息。在赞比亚，已经创建了一个名为矿产产出统计评估系统（MOSES）的中央平台，以监控矿物从开采到出口的流程。

对公司参与矿产资源供应链的强制数据报告要求的引入，以及集中式数字平台的创建，可以使生产国监管机构更好地发现非法采矿。例如，访问集中数据可以让官员将报告的信息与官方记录（例如，采矿生产配额）进行交叉核对，并发现发送给炼油厂的矿石量（一方面）与炼油厂生产的精炼材料量（另一方面）之间的不匹配。这种不匹配表明采矿公司生产的矿石量超过了官方报告的数量，这指向了可能违反采矿生产配额的行为，并允许国家当局对此类违规行为采取执法行动。

非法采矿的发现增加可能导致生产配额的执行更加严格。对生产配额的更严格遵守可以减少过剩供应并支持价格稳定，尤其是在一个玩家控制大部分生产的市场中。它还可以通过更好地检测采矿生产的未缴税收和特许权使用费来限制税务欺诈，从而导致国家收入增加。例如，印度尼西亚政府声称，SIMBARA到目前为止已使政府当局避免 **3.47万亿印尼盾** 约2亿美元（约合）的潜在损失来自未缴税款和版税。减少非法采矿也可以限制环境破坏，这是一个问题，**中国面临着** 多年来。

调查结果显示，可追溯性系统在限制非法采矿和税收欺诈方面的潜力得到了支持。公司报告称，他们的可追溯性系统收集了与遏制非法采矿和税收欺诈相关的各种信息。这包括应缴给政府的税收、费用或特许权使用费信息，国际贸易术语信息，原产地矿山与东道国政府之间的合同，以及对上游参与者的背景和制裁检查。在调查中，拥有可追溯性系统的公司中，47%的公司

报告称收集有关支付给政府的税收、费用或版税的数据，同时28家或约50%拥有追溯系统的公司表示，他们收集有关矿山或出口商的所有权和受益所有权结构的信息。

提升对国内矿产资源监管的有效性

通过可追溯性追求的次要目标是增加国家对矿产资源的监管。正如所提到的，许多生产国正在实施可追溯性系统，要求在矿产资源供应链中活跃的公司收集与矿产相关的数据，包括来源地、运输、生产量和矿产交易等信息，并将这些数据上传到政府管理的数字平台。

获取生产和定价数据可以使政府行动者对其辖区内的矿产产品生产、销售和出口有更好的可见性。增强对矿产流动的可见性可以使得国家当局追求一系列的产业政策目标，无论是国内还是出口方面。

在国内层面，一个集中的追溯平台可以允许国家当局几乎实时获取对下游参与者的销售信息。这可以使他们优化规划，根据需要调整生产配额，并确保国内供应能够满足国内需求。

可见售货交易情况也可支持政府设定的基准价格的执行。例如，在印度尼西亚，政府已经建立了一个

[地板价](#) 关于镍，国内运营商在矿物交易中必须遵循的规定。由能源和矿产资源部每月更新的[地板价](#)旨在平衡矿工的盈利性与保持国际竞争力的需求。印度尼西亚的SIMBARA系统可以允许政府当局核实国内矿工和冶炼厂是否遵守政府设定的底价，支持印度尼西亚镍产业的发展。

要求国内演员在矿物交易中记录数据，也可以支持创建由国家支持的商品交易所和相关价格指数。例如，在[中国的稀土溯源体系](#)，中国公司必须收集和报告价格和发票数据。这些数据与交易数据一起，已被用于启动[包头稀土产品交易所稀土价格指数](#)。到2025年12月，有助于提高[中国稀土元素（REEs）](#)市场的价格透明度，并巩固中国REEs基准价格的形成。

从出口角度来看，可追溯性可以使国家当局更好地检测非法出口和矿产资源走私。包括中国和印度尼西亚在内的许多生产国的可追溯性平台，整合了矿石生产量、精炼材料生产量和矿物出口的数据。例如，如果精炼商报告收到的矿石少于采矿公司根据上传到数字平台的数据正式生产的数量，这可能会引起国家当局对可能的非法矿石出口的警觉。

改进非法矿石出口的检测可以允许国家当局加强制裁和出口控制执行力度，防止受限实体获得战略材料，并支持外交政策目标。例如，中国政府已经 [明确声明](#) 其目标之一是实现“对战略矿产出口的全面控制”，以“防止战略矿产非法流出”并保障国家安全。

此外，加强对非法矿石出口的检测可以确保更多的矿石在国内加工处理，而不是走私出境，从而支持当地价值增值。例如，印度尼西亚，[逐步禁止镍矿石出口](#) 在整个2010年代，为了支持国内镍加工工业。通过其SIMBARA系统，印度尼西亚旨在加强可能非法镍矿石出口的检测。[该问题所面临的](#) 自从实施其下流政策以来。

可追溯性还可以帮助国内参与者在全球市场中更加有效地竞争。正如所提到的，许多生产国的可追溯性系统整合了矿物销售和定价的数据。例如，在 [中国的稀土溯源体系](#) 中国公司必须收集并报告价格和发票数据，包括中国稀土产品销售给下游制造商的数据。获取销售和价格数据可以帮助政府机构深入了解供应链不同阶段的价值增值和利润率。[这些见解可用于支持国内下游加工企业（例如国内磁铁制造商）在国际市场上竞争。](#)

调查结果显示，可追溯性系统可以为政府提供对国内矿产资源流动的实质性可见度，尤其是在供应链的上游和中期环节。受访者最常报告的是他们的可追溯性系统覆盖了加工或精炼（45位受访者），矿山现场（43位），而较少的受访者将可追溯性扩展到最终制造商（22位）和回收商（20位）。大多数受访者还报告说，他们通过体积追踪了其大部分矿产资源输入，大约有20位受访者表示，超过90%的输入都由可追溯性系统覆盖。

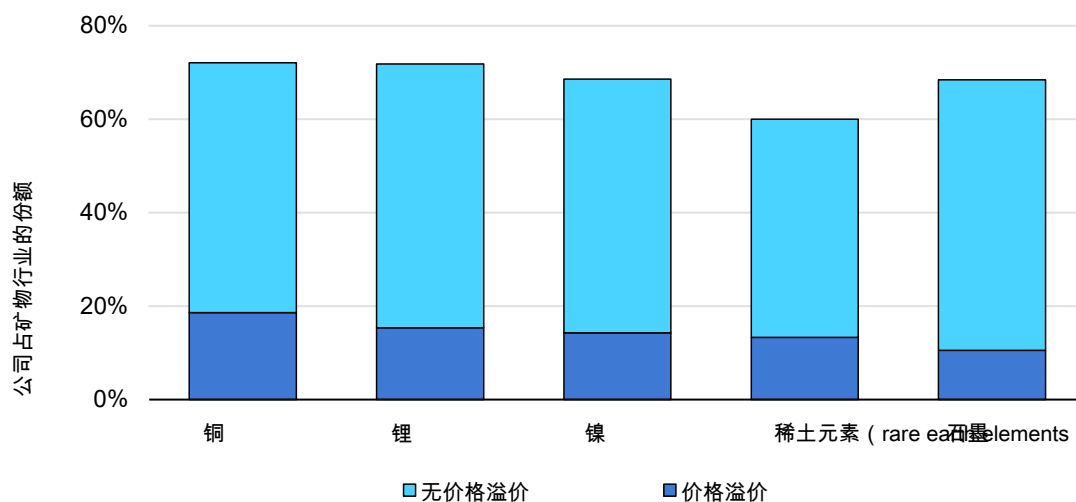
提高市场准入机会，奖励表现优异的生产者

在一些生产国，追溯性也正在被用来提高高绩效运营商的市场准入机会。正如所指出，追溯性可以用来获取关于矿物产品性能的信息，这些信息可能对应于与可持续性相关的因素或与质量相关的因素。一些生产国，尤其是那些拥有更高环境、社会和治理标准的国家，正在将追溯性作为国内生产商展示其产品高性能的一种方式。例如，在加拿大，不列颠哥伦比亚省政府 [启动了一项试点](#) 这允许采矿运营商使用数字凭证来证明其产品的来源和可持续性。

[芬兰](#) 一项价值5800万欧元（6800万美元）的项目已启动，旨在开发追溯方法以验证电池原材料的来源并证明其性能。

发展可追溯性系统，使国内运营商能够展示高性能，可以使这些运营商进入那些偏爱或要求更高绩效的市场。这还可以潜在地使表现优异的运营商为其绩效获得溢价。尽管60%接受调查的公司表示他们目前尚未为高性能材料获得任何溢价，但反馈表明溢价已经开始出现：略超过四分之一的公司表示他们获得了某种形式的溢价，这源于包括社会审计证书、温室气体（GHG）排放材料和基于原产地的差异化等因素在内的多种因素。

图2.2 六大重点矿物价格溢价公司占比



注释：REEs = 稀有地球元素。由于公司被允许选择与其运营相关的多种矿物，数据可能包含重复计算的情况。“价格溢价”包括以下公司：价格差异仅取决于产地；温室气体排放材料的溢价；以及/或具有社会审计证书材料的溢价。剩余的百分比反映的是报告了非认证材料折扣的公司，提供了自己的回答（例如，“n/a”或“尚未跟踪”）或未回答的公司。

来源：基于IEA/OECD调查的IEA分析。

加强追溯系统和收集的信息，以及创造适当的下游激励措施，对于构建一个更强大的差异化商品市场至关重要。作为其中的一部分，[G7关键矿产行动计划](#) 发布于2025年6月，以及 [路线图：推动关键矿产标准化市场发展](#) 2025年10月发布，G7国家认识到可追溯性是构建基于标准的市场的基础，并承诺逐步提高供应链可追溯性。

各国使用

消费国，通常是发达经济体，对确保获取对能源技术、国防能力和工业竞争力至关重要的关键矿产表示越来越大的担忧。他们也越来越关注其消费可能对上游利益相关者造成的负面影响。面对这些担忧，消费国正将可追溯性作为一种工具，以揭示矿产供应链，特别是上游行为者和影响。总的来说，消费国通过可追溯性追求的目标可以分为两大类：（1）实现供应链多元化，降低供应链风险；（2）鼓励可持续和负责任的做法。

推动供应链多元化，降低供应链风险

考虑到当前能源矿产开采和提炼活动的高度集中，消耗国的主要关注点是供应链的弹性：确保关键原料的获取不会因地缘政治紧张、市场操纵或自然灾害而中断。在这种情况下，许多消耗国正在实施或考虑实施旨在减少集中度和提高多元化的政策措施。可追溯性系统可以通过追踪原料来源、监控供应路线和评估对战略依赖性的暴露来直接支持这些目标，包括提供有关矿物原料是从主导生产商还是非在位供应商处获得的信息。这些信息反过来又可以用来解锁替代供应来源，从而推动多元化并降低对地缘政治风险的暴露。

在某些情况下，政策措施可能直接要求公司追溯产品来源。例如，自2023年以来，向美国政府提供含有关键矿物的磁铁的防务承包商需要 [披露磁铁的来源](#) 包括矿产开采国家的信息、将矿产提炼成氧化物所在的国家、将矿产制成金属或合金所在的国家以及矿产所在国家，以及

磁体经过烧结或粘合并进行磁化。如果承包商无法提供此类信息，政府可以要求承包商建立和实施一个供应链追溯系统，以获取所需信息。在与这些追溯要求并行的同时，美国政府在2024年以来 [被禁止采购特定磁铁](#) (i.e. samarium-cobalt magnets and neodymium-iron-boron magnets) produced in China. As another example, the European Union's [关键原材料法](#) 大型战略技术制造商需要至少每三年进行一次供应链测绘练习。强制性的溯源系统和测绘练习能帮助公司和政府角色识别供应链的漏洞，促进实施旨在增强多元化的政策措施。

在其他情况下，政策措施可能提供经济激励（例如，税收抵免、贷款或补助）作为产品原产地证明的先决条件，促使公司实施追溯方案以满足法律法规要求并获取支持。这可以刺激非现任国家供给，但这种激励措施的有效性取决于能够验证公司报告信息准确性的稳健保证机制。

一个此类激励的例子是 [美国通胀削减法案](#)，以前曾提供7500美元的消费税收抵免，用于电池动力电动汽车。其中，3750美元的抵免取决于电池矿物中的最低比例必须在美国或与我国有自由贸易协定的国家提取、加工，或在北美回收。此外，如果电池矿物由“[境外关注实体](#)”这促使汽车制造商追踪矿物原料的来源，以确保他们的车辆有资格获得信贷。然而，在清洁汽车税收信贷已经停止实施的情况下。[一大美丽账单法案](#) 截至2025年，该法案将“关注的境外实体”限制扩大到六个额外的清洁能源税收抵免。根据这些规定，寻求申报某些清洁能源税收抵免（例如，电池制造）的公司，如果其组件来源超过规定的份额，将无法从中受益。[禁止的外国实体](#)”。

鼓励负责任和可持续的做法

消费国越来越意识到采矿和精炼活动的潜在影响以及这些影响对供应安全可能产生的含义。为此，消费国正在逐步采取政策措施，旨在促进全球供应链中的可持续和负责任的做法。尽管最近一些政策有所缩减，[欧洲联盟](#) 并且 [美国](#) 公司持续面临防止或最小化其供应链中不利影响的监管期望。

在某些经济体中，例如：[欧洲联盟](#)，[法国](#)，[德国](#) 并且 [挪威](#)，已通过法律要求大型公司在其供应链中进行尽职调查，通过识别、评估和减轻负面影响。在其他国家，例如 [墨西哥](#) 并且 [美国](#)，正在实施措施禁止或限制与某些不良影响相关的产品的入境（例如，禁止进口完全或部分使用强迫劳动生产的商品）。在欧洲联盟中，[电池规范](#) 要求将电池投放欧盟市场的经济运营商进行尽职调查，包括通过运营溯源或保管链系统来识别供应链中的上游参与者。

近期对可持续性相关法规要求的增加，正在推动全球矿产资源供应链中活跃的公司加强追溯。为了满足新要求，消费国的下游参与者越来越多地推行追溯系统。追踪矿物产品有助于下游参与者通过识别和减轻其供应链中的潜在负面影响，进行适当的尽职调查。它还可以使上游参与者通过提供进口产品（或其组件）不与负面影响（如强制或童工）相关的证据，保持市场准入。

Just over 40% of the survey participants reported that their traceability systems collect information on responsible and sustainable practices. While this reflects a growing industry focus on potential adverse impacts from mining and refining activities, it also reflects increasing regulatory pressure on companies active in global mineral supply chains. Companies operating in the midstream and downstream segments report environmental indicators at higher rates than those in the upstream, perhaps reflecting their more direct exposure to regulatory pressures, particularly in key consuming countries.

略超过40%的调查参与者表示，他们的追溯系统收集有关责任和可持续实践的信息。这反映了行业越来越关注采矿和提炼活动可能带来的负面影响，同时也反映了全球矿产供应链中活跃的公司日益增加的监管压力。在中游和下游业务运营的公司报告的环境指标率高于上游，这或许反映了它们更直接地暴露于监管压力之下，尤其是在关键消费国。综合考虑，政策目标和调查结果表明，追溯系统并非中立工具，而是反映国家政策优先级的适应性机制，这对互操作性、数据可比性和国际合作具有重要意义。

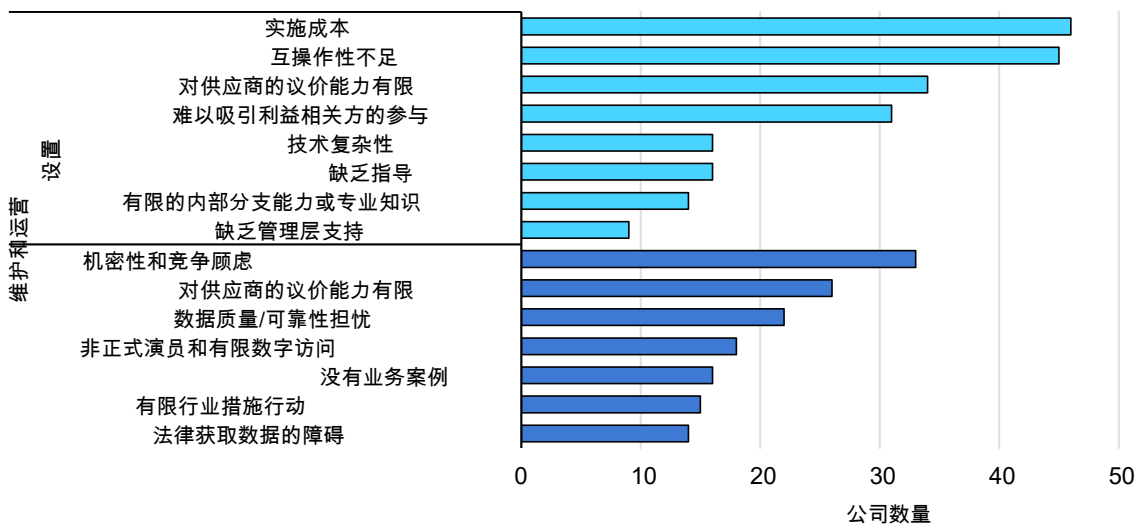
挑战与采纳的障碍

可追溯性有可能通过促进供应链多元化，并有助于可持续和负责任供应链的发展来增强能源安全。然而，可追溯性系统的实施面临着众多挑战。根据调查，公司表示设立新可追溯性系统的前三大障碍是实施成本（56%的公司将其列为前三大挑战之一），供应链中可追溯性系统之间的互操作性缺乏（55%），以及对供应商的影响力有限（41%）。

公司也面临着维护和运营可追溯性系统的挑战。调查的公司发现，维护和运营可追溯性系统的三大主要障碍是商业机密和竞争担忧（46%的公司将此列为前三大挑战之一），对供应商获取信息的有限影响力（40%），以及收集数据的有限质量或可信度（32%）。本节将详细探讨这些挑战。

尽管实施的主要障碍以及维持和操作系统的挑战在矿产品、各行业和各地区之间广泛存在，但也有一些明显的差异。以下将对这些差异进行详细探讨。

图3.1 建立和维护有效追溯系统的主要挑战



国际能源署。署名权 Creative Commons Attribution 4.0.

请注意：要求企业选择前三个与a) 建立新的追溯体系及b) 维护和运行追溯体系的挑战。来源：基于IEA/OECD调查的IEA分析。

实施成本

追踪矿物产品通常成本高昂，尽管 [费用可能有所不同](#)

根据所使用的技术以及公司供应链的复杂性和具体要求。在调查中，实施成本被选为建立新追溯系统的主要障碍，46家公司（56%）将其列为他们最大的三个障碍之一。所有重点矿产、供应链环节和地区的公司都一致地将成本列为最大的障碍之一。有趣的是，供应链交易环节的公司几乎都将成本作为障碍，82%的公司将其列为他们最大的三个挑战之一，远高于终端用户，其中只有36%的公司这样做。这很可能反映了交易商必须在其追溯系统中捕获的上游和下游公司数量更多。

建立追溯性系统可能需要大量的前期投资，包括实物和人力资本，例如新的技术基础设施、额外的人力资源和员工培训。对于数据基础设施薄弱或根本不存在的公司，如手工艺和中小企业，前期成本可能尤其高昂。类似挑战也影响了行政或技术能力有限的中小企业，它们可能难以投资于专门的追溯性系统。在调查中，27%的受访者（82家公司中的22家）表示，上游参与者中的非正式性和/或供应商缺乏数字基础设施访问是维持和运营追溯性系统前三大障碍之一。交易者再次将其选为供应链其他环节中最具挑战性的前三大问题之一：45%与矿工和冶炼/精炼商以及约20%相比，以及约30%的制造商和终端用户相比。

可追溯产品还可能涉及相当大的持续运营成本，如计算能力、定期维护和专业技术支持。在调查中，17%的受访者（82家公司中的14家）表示他们面临内部能力或可追溯性专业知识不足的问题。上游和中游运营的公司比下游用户更频繁地将这列为三大挑战之一，这表明应该优先考虑在供应链的早期阶段建立能力。针对早期发展阶段或尚未达到大规模生产水平的产品链的项目也可能会很有用，因为在这些阶段建立可追溯性系统在项目或行业扩张时可以更加经济高效。

公司还被要求报告是否已经对实施可追溯性进行了成本估算，如果是的话，还需要报告每吨跟踪材料的估算成本（以美元计）。有趣的是，尽管大约一半的公司将成本视为最大的障碍，但大多数（83%）公司表示他们尚未进行此类成本估算。

只有少数公司报告了量化的成本估计，这些估计大多分布在每吨1至10美元和超过10美元之间。这些差异似乎反映了系统设计、范围和验证强度的差异，尽管样本非常有限，只有八家公司提供了任何估计。

尽管可追溯性可能涉及显著的前期和持续成本，但提供详细信息的系统，如矿石来源或材料特性，可以支持提高运营和产品性能。例如，如果一家公司发现来自特定矿场的输入与增强的终端使用性能（例如，电池效率）相关联，它可以调整其采购策略以优化性能并减少生产变异性或成本。在调查中，近50%的公司报告称，他们从可追溯性项目中观察到明显的收益（例如，性能优化和降低采购风险），而只有20%的公司没有。当被要求描述收益时，公司最频繁强调的是改善了供应链的可见性、增强了风险管理能力、更加强有力的合规性和审计流程支持、更高的运营效率和品牌信誉度的提高。其余公司表示，现在下结论还为时尚早。提高运营效率也有可能扩大成本利润率，可能使公司收回对可追溯性系统的投资。

不一致的技术基础设施和数据报告标准

追踪矿物产品需要供应链中的各方记录并相互共享数据。目前，供应链上的运营者常常使用不同的系统 为了存储和交换数据，从纸质方法到信息技术系统，这一多样的选择意味着系统并不总是互操作，即它们可能无法无缝地相互“交流”。系统间的碎片化可能会增加成本、造成效率低下并阻碍供应链中可追溯性的广泛应用。这一问题由于近期政府运营的数字可追溯平台增多而加剧，这些平台并不一定与其它司法管辖区内的数据系统兼容，可能会加剧小规模非在位玩家的成本。此外，近年来自愿性标准、倡议和框架的激增也加剧了这一问题。

在调查中，55%的受访者（82家公司中的45家）将互操作性缺乏列为建立可追溯系统的前三大障碍之一，使其成为最常见的实施障碍之一。在铜供应链运营的公司相比其他能源-矿物供应链的公司更频繁地将此选为首要挑战，这可能反映了

特别大量公司在铜矿运营中活跃。上游和中游公司也更频繁地选择它，可能是因为在采矿和加工阶段，传统报告系统的普及率更高，以及由于需要与可能使用不同系统的多个中游和下游参与者互动，数据系统更加碎片化。

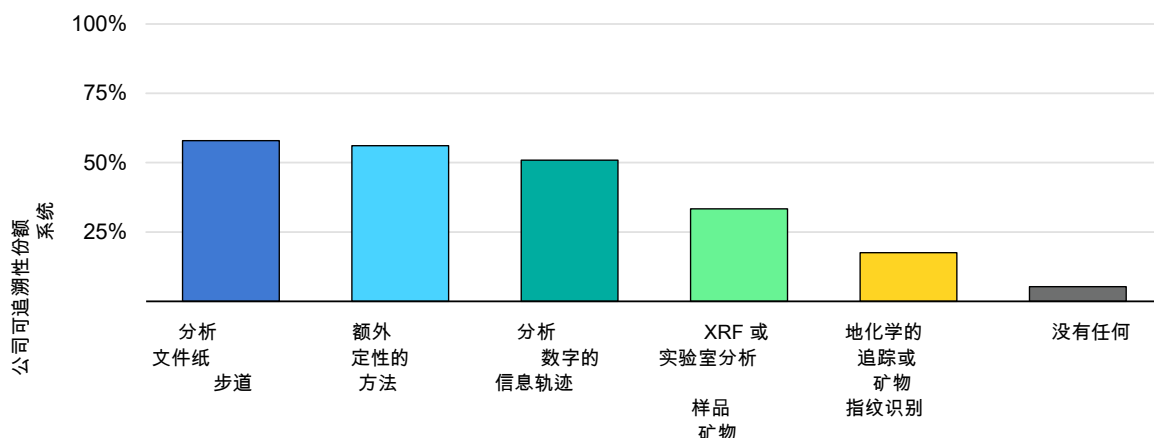
一个相关的挑战是不一致的数据报告标准。目前，对于需要收集哪些数据和以何种格式收集，没有共享的理解。不同的行为者可能会收集不同的信息，而没有对应该记录什么或如何记录的共识。这个问题因缺乏验证方法的共同标准而加剧，这影响了收集数据的可靠性：在调查中，32%的受访者（82家公司中的26家）表示，数据质量和可信度有限是他们维护和运营有效追溯系统的前三大挑战之一。这在所有六个重点矿产供应链运营的公司中都是一致的。然而，几乎三分之二的家回收公司将其视为前三大障碍，而其他所有供应链环节中只有三分之一的公司如此，这与该环节数据收集标准相对有限的情况相符。

为了实现可追溯性，操作者收集和分享的信息必须准确、可靠和可信。可追溯性系统必须包括适当的保障措施以防止欺诈。缺乏适当的验证机制可能导致数据不准确或伪造，从而损害建立可追溯性系统的目标。

有多个工具和策略可以用于追溯系统验证所收集的信息。这些方法可以包括定性的方法（如地面利益相关者参与或审计）到数字方法，以及从人工分析到更复杂的科技方法，如地球化学追踪。根据调查，拥有追溯系统的公司大约以相同的比例使用定性和定量方法，如下面的图表所示。仅有5%（3家公司）的拥有追溯系统的公司表示他们没有使用任何方法来验证信息。

尽管当前系统间互操作性存在困难，但仍有一些努力正在进行中，旨在协调可追溯性框架。特别是，[联合国透明度协议 \(UNTP\)](#)及相关的 [关键矿物原料](#) 扩展旨在通过提供一个互操作性工具包来解决差距，以便在供应链、行业和司法管辖区之间进行数据交换。已有几个项目正在使用联合国贸易便利化计划 (UNTP) 的架构，例如，[全球电池联盟](#) 's 电池护照和 [责任矿物倡议](#)。

图3.2 用于验证公司追溯系统收集到的信息的系统或方法



国际能源署。署名权 Creative Commons Attribution 4.0.

注释：XRF = X射线荧光。图表仅包括具有完整或部分可追溯性系统的公司。来源：基于IEA/OECD调查的IEA分析。

信息在供应链中的传递

有效的可追溯性要求在全球矿产资源供应链中活跃的公司与其他参与者交换信息。目前，供应链上的操作者可能并不总是有明确的激励或影响力来推动供应链中的数据共享。

中游和下游生产商以商业机密顾虑为由，限制与客户和其他利益相关者的数据共享，尽管具体的竞争风险并不总是明确界定。特别是中游环节，由于其技术、商业和有时政治的约束，数据共享和供应链实施特别具有挑战性，因此被一致视为瓶颈。中游运营商可能不愿意分享上游供应商的信息，以免被购买者忽略。一些中游运营商也可能不愿意提供某些数据点的详细信息，担心竞争对手或客户可能会利用这些信息更有效地竞争或要求降价。

除了商业机密方面的顾虑，下游市场的买家可能也没有充分动力向供应商索要可追溯性数据，尤其是如果这导致价格上涨且没有明确好处的情况下。下游买家也可能难以向供应商索要可追溯性信息，特别是在供应商较少、市场集中的情况下。

在调查中，46%的受访者（82家公司中的38家）将商业机密和竞争顾虑视为维护和运营追溯系统的首要限制因素，这是最频繁报告的运营障碍。这一情况在所有焦点矿产和地区都是一致的。回收商选择将其作为首要关注点的比例远高于贸易商和终端用户，分别为四分之三和三分之二，而矿工、冶炼商和制造商则接近一半。这或许反映了行业的结构，其中回收商和下游参与者往往依赖有关原料采购、材料成分、回收收益率和商业关系的专有信息，因此面临更高的数据泄露感知风险。相比之下，上游参与者如矿工和冶炼商往往采用更标准化的生产流程和公众已知的资产，这可能减少了关于追溯相关数据的竞争敏感性担忧。

许多公司将供应商的有限影响力也选为建立追溯系统的主要障碍。在受访者中，40%的人强调了识别和与供应商互动的困难是最主要的问题。在石墨供应链中运营的公司尤为突出，80%的人将其选为首要关注的问题，而稀土业为60%，其他所有行业则约为50%。这很可能反映了石墨供应链的结构，其特点是有许多小型、地理上分散的生产商和中间商，以及高度集中的加工，这使得供应商的可视化和互动更加具有挑战性。

下游公司选择的杠杆率也仅是上游和中游公司的三分之一以上，这可能反映了它们与初级生产距离较远，依赖多个供应商层级，以及在上游参与者中拥有更有限的合同杠杆，以要求数据共享或参与追溯系统。下游行业间合作倡议已经开始出现，以填补这一差距。例如，全球电池联盟的 [电池护照](#) 与电池制造商及其一级供应商共同开发。

调查结果显示，可追溯性系统覆盖范围在公司直接供应链层级之外急剧下降。矿工、贸易商和冶炼厂或精炼厂在矿山现场和精炼或加工阶段往往具有强烈的可见性，但这种可见性在最终制造阶段会显著减弱。例如，虽然74%的采矿公司报告覆盖了价值链中的精炼或加工阶段，但只有大约20%将可追溯性扩展到最终制造阶段。同样，不到15%的贸易商或冶炼厂或精炼厂报告在这一阶段有覆盖。相比之下，制造商和终端用户在供应链下游部分的可见性更强，覆盖率从精炼或加工阶段的约80%下降到矿山现场的仅55%。

表3.1 拥有追溯系统的公司供应链层级之外的追溯程度

在/运营 可追溯性 覆盖	我的网站	Refining/优化 流程 进行	最终 制造- 在...期间	回收利用/ 再利用	Trans- 港口/ 物流	没有 追踪 超出 一级 供应商
矿工	95%	74%	21%	11%	21%	0%
交易员	80%	90%	10%	40%	20%	0%
熔炼厂/ 精炼师	95%	90%	15%	45%	10%	0%
制造商	63%	83%	54%	29%	0%	17%
终端用户	50%	80%	70%	50%	0%	20%
回收者	71%	86%	29%	57%	0%	0%

国际能源署。署名权 Creative Commons Attribution 4.0.

备注：蓝色表示供应商的层级，深蓝色表示层级更近。行表示公司运营的供应链环节，而列显示公司追溯系统覆盖的环节。许多受访公司参与供应链的多个阶段，这也是为什么公司自身层级内的追溯性并不总是达到100%的原因。来源：基于IEA/OECD调查的IEA分析。

复杂且地理上集中的供应链

关键矿物供应链可能非常复杂，涉及众多在不同供应链阶段运营的参与者。例如，石墨的供应链中就有近300家公司活跃其中。然而，不同供应链公司在生产集中度上存在差异。在一些关键矿物供应链中，产出高度集中在少数几个大型生产商手中。以钴矿开采和精炼为例，虽然大约有155家公司活跃，但低于平均生产水平的企业只占约10%的公司，这表明大部分生产被有限的一组主导企业所控制。

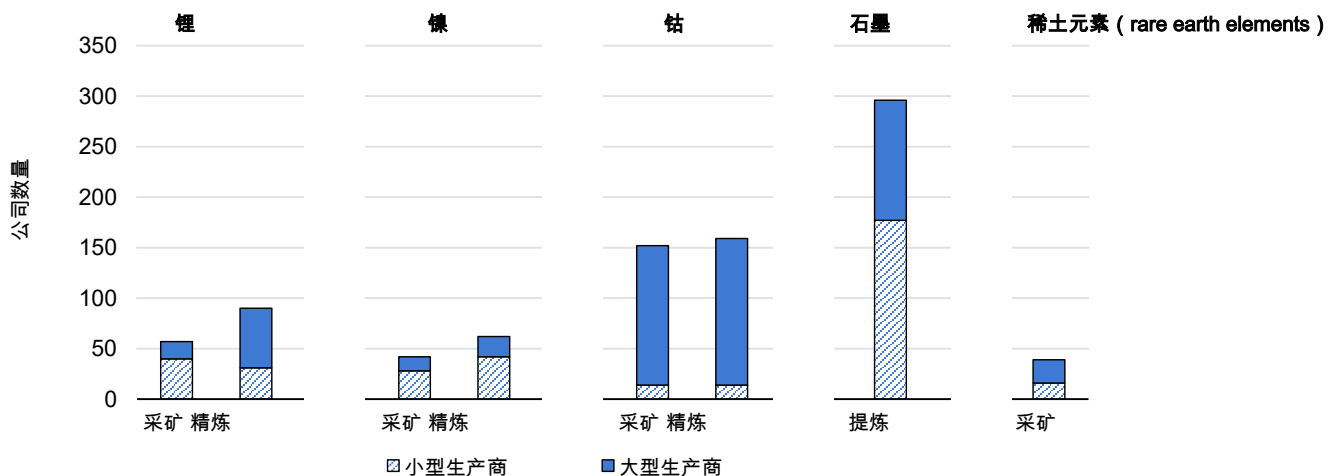
矿物市场结构的差异也是确定建立追溯系统难度的一个重要因素。对于如铜这样的交易商品，大量参与者和精炼阶段的频繁混合使得从头到尾的透明度变得更加复杂。相比之下，电池矿物市场上游和下游参与者之间的直接合同更为普遍，使得实施追溯相对更容易。在调查中，20%的受访者（82家公司中的16家）将技术复杂性列为建立追溯系统的三大障碍之一。这一挑战在铜、锂、镍和钴供应链中最为突出，可能反映了更高的材料混合程度和更多的供应商数量。值得注意的是，没有一家贸易公司将其选为首要障碍，这可能

反映他们在中间人的角色，相较于生产和加工阶段的可追溯性实施所面临的运营和系统集成挑战，他们较少直接暴露。上游公司比下游公司更频繁地选择技术复杂性。

与他们的复杂供应链平行，几种矿物还以其地理集中度高的特点而著称。在某些情况下，采矿和精炼集中在数据可能受限的司法管辖区。这可能是由于当地的数据保护法禁止国内生产商与外国客户之间共享追溯数据，或者是由于特定地区手工和小规模采矿（ASM）水平很高，这可能使追踪矿物产品回溯到其原始矿山变得复杂。在ASM存在的情况下，追溯挑战通常源于生产碎片化、数字基础设施有限和在中游阶段的复杂汇总，而不是ASM的法律地位。例如，钴在刚果民主共和国高度集中。在过去十年中，ASM占该国钴矿开采产出的平均5-15%。

在透明度低的司法管辖区高度集中的采矿和提炼业务，结合大量公司参与的关键矿产供应链以及关键矿产的处理复杂性，会加剧追踪矿物产品所面临的挑战。与此同时，一些供应链相对较为简单和集中。例如，锂的供应链中活跃的公司较少（约60家活跃采矿公司和90家活跃提炼公司），相较于其他矿产供应链，其多元化程度更高，这有助于在供应链中实施追溯措施。

图3.3 2024年关键矿物供应链企业集中度



国际能源署。署名权 Creative Commons Attribution 4.0.

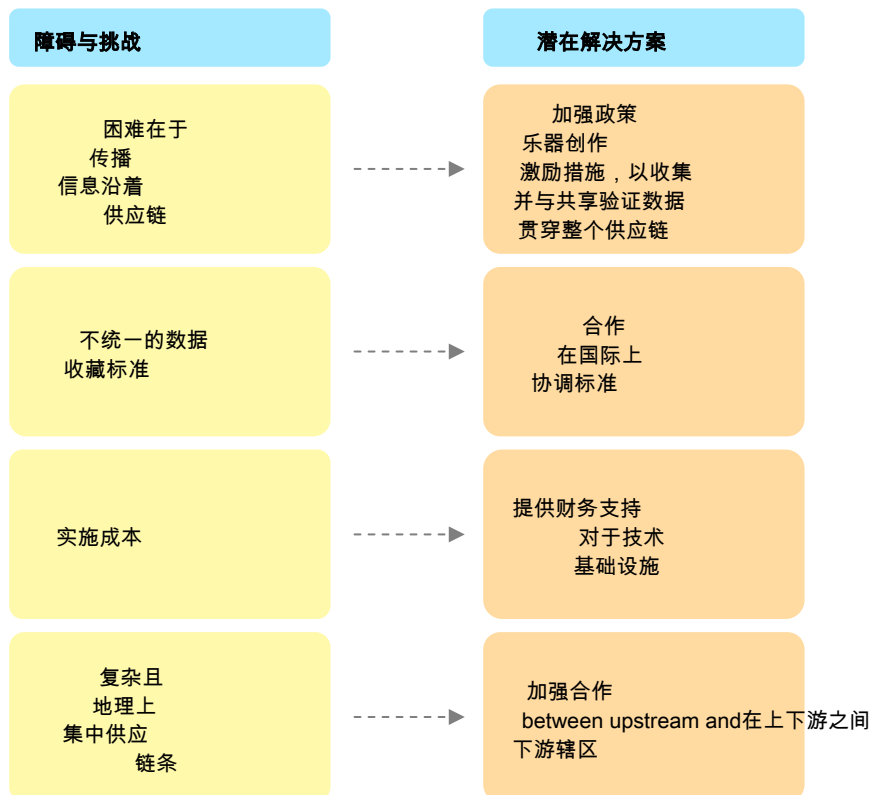
请注意：小规模生产商是指产量低于平均水平的小公司。镍和钴考虑所有者数量，而锂、稀土元素和石墨考虑操作者数量。对于某些矿产，数据仅覆盖总产量的百分比：锂采矿，100%；锂精炼，90%；镍采矿，43%；镍精炼，91%；石墨，100%；稀土元素采矿，95%。

机会提升能源和经济安全的可追溯性

根据IEA/OECD的调查，大约四分之三的受访公司非常可能或可能增加他们在未来三年内对可追溯性的投资。按照重要性顺序，受访者认为将可追溯性扩展的最大助力是跨辖区更加一致的法规或标准、行业范围内的数据基础设施、成本分摊或财务激励、技术接入以及能力建设或培训。

基于这些见解，并结合更广泛的国际能源署分析，以下建议概述了政府如何加强可追溯性在支持能源和经济安全目标中的作用。

图4.1 增强矿物可追溯性的当前挑战及提出解决方案



国际能源署。署名权 Creative Commons Attribution 4.0.

加强创建激励供应链上下游收集和共享核实数据的政策工具。

在矿产资源供应链中活跃的公司，无论是在上游、中游还是下游环节，目前可能缺乏收集、共享或要求核实溯源信息的动力。政府可以通过将溯源激励直接嵌入关键矿产政策工具来解决这个问题。结合监管、金融和市场化的措施可以加强供应链中的采用率，而“推”和“拉”机制的战略组合可以显著提高效果。

在“推动”方面，政府可以通过直接资金或相关的税收优惠等途径，提供减少采矿和冶炼运营商在其领土上实施和维护可追溯性系统成本的激励措施。政府还可以要求接收出口信贷融资或公共采购合同（例如为储备目的）的公司建立和运营可追溯性系统。此外，政府还可以向采矿和冶炼运营商发放可验证的数字凭证（例如企业识别号、许可证和证明及原产地证书），从而增强供应链中共享信息的可信度。

[不列颠哥伦比亚省政府（加拿大）](#) 自2024年起开始试点。此类证书可以支持进入以可持续性为重点的市场以及符合下游司法管辖区的要求。

在“拉动”方面，政府可以推出措施，激励下游公司从上游和中游运营商那里索要可追溯性信息。在这方面的一个途径是，对含有来自非主导生产商的矿产品的产品提供税收抵免或减免，类似于美国之前所做的那样。[通货膨胀减少法案](#) 另一个途径是实施监管措施，要求追踪矿物投入（如欧盟所做的那样）。[电池规范](#) 或者那些阻碍或惩罚采购不可持续产品（例如尽职调查法规或进口措施）的措施。然而，政府应谨慎实施此类措施，以免破坏市场效率或引发供应链问题。

消耗型经济体也可以与下游公司合作，共同开展行业范围的联合行动。联合行动可以聚集下游公司的力量，促进从中游运营商那里收集追踪相关的数据。此类行动可以汇集资源，并实现参与公司的成本分担。消耗型经济体的政府也可以鼓励下游公司与上游矿产生产商优先签订直接合同，以更好地控制材料并减少中游阶段的瓶颈。

如何通过可追溯性加强关键矿物政策工具

政策工具可以同时激励采用可追溯性并从中受益，因为可追溯性数据可以加强旨在多元化和安全化关键矿物供应链的措施的实施。

各国正越来越多地调动公共财政来多元化和强化关键矿产供应链，采用包括采购协议、补助金和优惠贷款、税收激励、担保和直接股权参与的多种政策工具。虽然这些工具有助于降低项目风险和吸引私人投资，但它们的有效性在很大程度上取决于有关矿产生产、流动以及遵守政策条件信息的质量和可靠性。

通过提供生产量、矿产品规格、交货履行和政策条件符合性的验证数据，可追溯系统减少了信息不对称，并在私营部门合作伙伴和政府利益相关者之间建立了信心。当与融资机制相结合时，它们使政策合规的监督更加有效，定价和补偿计算更加准确，并降低政府机构的行政负担。

可追溯性系统，通过追踪矿产从开采到加工和贸易的过程，可以加强政策工具，用于降低风险和为关键矿产项目提供资金，从采掘协议到战略储备。

表4.1 可追溯性在强化关键矿物供应链政策工具中的作用

类别	仪器	如何通过可追溯系统提高效率
摘牌协议或者价格支持	地板价	<ul style="list-style-type: none"> 验证是否符合国内生产适用最低限价的原产地或来自特定司法管辖区的产品 核实合格的物料来源，以防替换
	合同差异	<ul style="list-style-type: none"> 验证特定管辖权协议的来源 核实合格材料来源，防止用非合格材料替换。符合运输或储存要求的物料
	取或付	<ul style="list-style-type: none"> 验证承诺数量来源 核实合格材料来源，防止用非合格材料替换。已签合同的资源
	直接提取协定	<ul style="list-style-type: none"> 验证原产地，防止替换 如有政府采购要求，请核实责任来源。标准 提供从矿山到政府购买者的监管链（例如，到支持采购 将可追溯性要求嵌入到合同设计阶段以确保系统从首次生产便投入运营并减少升级改造成本

类别	仪器	如何通过可追溯系统提高效率
贷款或 现金拨款	可原谅的 贷款	<ul style="list-style-type: none"> 确认负责责任的采购来源，并跟踪与条件的绩效对比。 验证任何来源或加工地点的符合性要求
	现金补助	<ul style="list-style-type: none"> 验证赠款来源和处理要求资格（例如：国内处理） 如有必要，验证责任来源
	无风险 贷款利率	<ul style="list-style-type: none"> 验证符合原产地或加工要求 确认输出符合合格生产和质量标准
与税收相关的 激励	企业 税率降低	<ul style="list-style-type: none"> 验证国内加工和本地内容要求以核实符合税收优惠资格 验证特定管辖区域税收优惠的来源
	可退还的 税收抵扣	<ul style="list-style-type: none"> 核实生产活动和产量，以确定信贷资格 验证是否符合本地内容或国内加工要求要求
风险 吸收	直接股权 参与	<ul style="list-style-type: none"> 为政府股东提供透明、经核实的生产情况并且运营数据 验证是否符合负责任采购承诺（如适用）
	保证	<ul style="list-style-type: none"> 验证溯源和负责责任的原材料采购以评估保证风险，如适用 支持贷款担保索赔，并提供有文件证明的生产和派送记录
	法规 促进	<ul style="list-style-type: none"> 核实环境和社会合规性，以支持加速允许 向当局提供实时监控数据，以持续合规与负责任采购资质
其他	储备	<ul style="list-style-type: none"> 验证战略物资的来源和矿物规格预留稿件 核实政府采购标准的责任来源 支持与库存积聚挂钩的采购协议，通过验证的方式交付数据及透明的供应链信息

国际能源署。署名权 Creative Commons Attribution 4.0.

当融入融资框架时，可追溯性也可以支持更广泛的政策目标，如负责任采购、环境合规和供应链韧性，前提是融资框架被故意设计为纳入特定的可持续性和责任标准以及执行机制。战略储备倡议提供了一个相关但不相同的应用案例：虽然可追溯性可以提供关于物料质量和规格的验证数据，以确保储备的物料在供应中断时满足部署的技术要求，但这种功能与验证负责任采购目标相关的性能是分开的。

为溯源基础设施提供财务支持

建立一个有效的追溯系统通常需要大量的前期投资和持续的运营支出。在调查中，受访公司认为实施成本是建立追溯系统的最大障碍。政府可以通过提供对追溯系统的财政支持来帮助降低这些成本。

upfront expenditure (例如，新的IT基础设施、额外的人力和员工培训)可以通过向当地公司、行业协会或技术提供商提供补助金来降低。例如，加拿大政府推出了补助金计划。 [CAD 675,000项目](#) (USD 490,000)在2023年用于资助矿物质供应链的商业阶段试点追溯项目，同时，而.....

[魁北克省政府 \(加拿大\)](#) 已宣布将建立一个支持计划，以推动采矿公司采用可追溯性系统。资金可以针对特定的试点项目，从而促进可追溯性解决方案在整个行业的扩展。

持续运营成本 (例如计算能力、常规维护和专业技术支持)可以通过向实施和运营可追溯性系统的本地公司提供税收抵免或减免来降低，尤其是在运营初期。

政府还可以资助旨在开发追溯技术解决方案的研究和创新项目，正如欧盟所做的那样。 [通过其11亿欧元](#) (1300万美元)旨在开发用于关键原材料可追溯性的数字、地球化学和人工智能方法的关键原材料认证项目。

与国际层面合作，使追溯性标准一致化

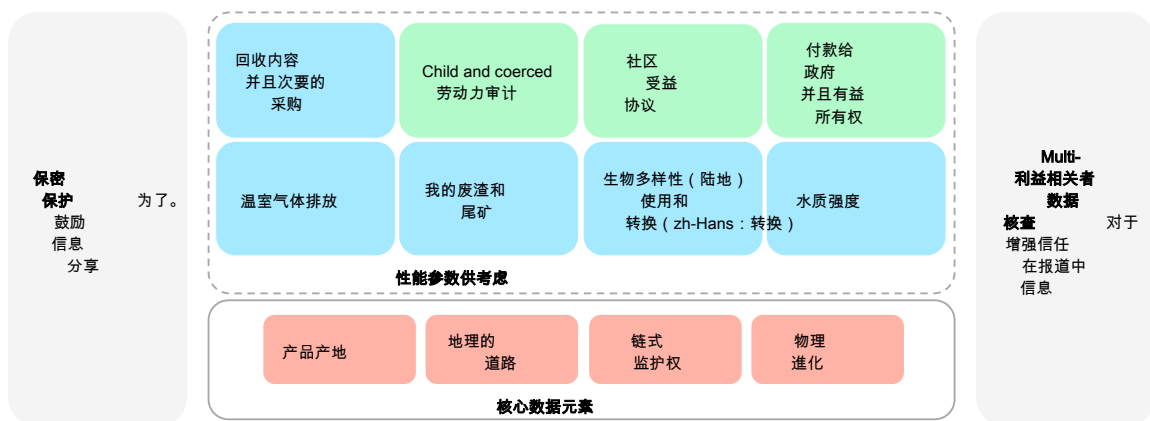
目前，在全球矿物供应链中活跃的公司通常拥有不兼容的溯源相关技术基础设施和数据收集标准。数据系统分散且缺乏标准化的“数据握手”，阻止了供应链中各方之间信息的无缝流动。这种碎片化可能导致效率低下并加剧成本。同时，它也可能降低收集的溯源信息和性能属性的可比性和可靠性，阻碍可持续和责任矿物产品市场的开发。

为了加强供应链的可追溯性，各国政府可以开展国际合作，协调可追溯性实践并设定共同标准。可以启动讨论，以创建一个共同框架，用于收集、共享和验证矿物供应链中的可追溯性相关信息，包括标准化的数据定义和报告预期。这可以在现有国际倡议的基础上进行，例如：[联合国透明度协议](#) 或国际标准化组织的 [质量平衡标准](#)。

在建立共同框架时，政府应确保其涵盖技术基础设施（即数据收集、存储和交换的方式）和数据收集（即收集并沿供应链传递的数据）。需要考虑的关键数据点包括产品来源、地理路径、保管链和物理演变，以及与性能相关的指标。已实施强制报告要求并建立集中化数字平台的国家也应审视如何将这些要求与共同框架相协调。

政府还应采取措施确保根据共同框架共享的商业机密信息得到保护，鼓励在供应链中进一步传递信息。保护商业敏感信息的选项包括使用匿名敏感数据的绩效评分、供应商和客户之间签订的保密协议，以及限制敏感数据在公司内部责任采购团队中披露的安排。相关事项还包括明确收集的数据是否会与政府共享，或者数据是否会保留在公司以保护商业机密。还应特别注意如何验证收集的数据，以提高对报告信息的信任度。

图4.2 考虑实施一致化可追溯性标准的关键数据点



请注意：性能参数仅为建议的起始点，既非规定亦非唯一；因此，它们依赖政府优先事项和相关利益相关者的相互同意。

国际能源署。署名权 Creative Commons Attribution 4.0.

标准化标准应避免强制规定必须使用哪种技术或软件来收集和共享信息，而应保留操作员选择其首选技术或软件的灵活性，只要它们符合标准。

为了促进行业参与者对框架的更大接受度，应在与行业协会和活跃在矿产资源供应链中的公司协商的情况下进行协调讨论。现有的行业主导的倡议——包括全球电池联盟的 [电池护照](#) 并且负责任的商业联盟的 [企业责任透明度协议](#) 可在制定共同框架时得到利用，但应谨慎行事，避免持续推广多个并行框架，这可能导致进一步碎片化并增加运营商的成本（参见附件II）。

和声化讨论还应涉及多元利益相关方，包括民间社会组织（CSO）和原住民代表。政府可以利用现有的CSO工具和框架，例如：
[提取产业透明度倡议标准](#) 为核实公司说法并提高所报告数据的可信度。

国际论坛，涉及主要生产国和消费国（如国际能源署的关键矿产工作组或G7），可以用来推进统一可追溯框架的讨论。一个具有共同技术基础设施和数据收集标准的协调一致的可追溯框架，有可能促进供应链中信息的更大共享，提高收集数据的可靠性和可信度，并促进可追溯信息和相关性能特征的比较。这些要素共同为基于标准的市场的形成铺平道路（为表现优异的运营商提供潜在激励），从而导致供应链多样化增强和能源安全提升。这样的框架将与G7的 [路线图：推动关键矿产标准化市场发展](#) 发布于2025年10月，呼吁逐步提高可追溯性，并开发全球互操作性框架。

加强上下游管辖区域的合作

一个有效的追溯系统需要供应链中不同参与者之间的信息交换。下游公司寻求追溯其产品时，通常会需要与位于外国司法管辖区的参与者进行合作。一些上游参与者可能位于司法管辖权有限的地区。

获取数字技术（尤其是在新兴市场和发展中国家）或受到阻碍数据可追溯性披露的数据保护法律。

协作上游和下游行政区划可以降低壁垒并促进数据共享，推动在矿产资源供应链中更广泛地采用可追溯性。不同行政区划间的合作可以采取多种形式，包括双边合作机制、生产国技术援助倡议以及为相关商品搭建的多利益相关者对话平台。

各国拥有多种工具来提高溯源系统方面的合作。例如，下游管辖区可以将公共资金导向上游管辖区溯源系统的实施，尤其是那些数字基础设施获取有限的地方。下游管辖区还可以向上游运营商提供溯源技术援助和培训。此外，上游和下游管辖区可以共同努力建立合作框架，其中下游公司将相关技术（例如硬件和软件基础设施）转移给上游生产商，以换取长期可验证的数据。

采取逐步和务实的策略，重点关注简化供应链和核心数据要素

全球矿产供应链高度复杂，涉及众多分布在各个司法管辖区中的参与者，其中一些位于信息不透明、手工业和小规模采矿（ASM）水平较高的环境中。这些现实情况可能会给下游企业追溯供应链上游信息的能力带来复杂化，尤其是在下游企业被要求收集多个数据元素的情况下。

为了适应这些现实，志同道合的国家可以采取务实的、渐进的方法，重点关注最简单的供应链和最基本的数据要素。关注那些在模糊法域不那么集中的供应链可以降低下游运营商无法从上游参与者收集追溯信息的风险。同样，在某个步骤中参与者较少的供应链可能证明在建立和运营追溯系统方面更简单或成本更低，尤其是在中游阶段，混合、混合和保密问题可能造成瓶颈。在可能的情况下，应尽早引入追溯要求。

发展，包括许可和初始的采购谈判，以确保从一开始就能实现可追溯性效益，并避免昂贵的追溯性系统设计。

思想观念相同的国家可以集中精力通过关注一种矿物和几个核心数据要素来提升矿物可追溯性。例如，他们可以通过聚焦于特定的矿物来启动协调一致讨论，并通过对该矿物供应链中可追溯性系统的实施提供协调的公共资金来补充。此类渐进式方法允许政府和运营商识别挑战并实施改进。然后，这种经验可以用于逐步在其他更复杂供应链和数据领域推广可追溯性。现有的行业主导的举措，如 [链式-X](#)，该机构已为汽车供应链开发标准化数据交换框架，可提供构建共享数据基础设施的实用模式，逐步覆盖多个利益相关方（参见附件二）。

为了选择集中初始追溯努力的矿物供应链，政府可以根据地理集中度、公司集中度、司法透明度、ASM程度、终端应用多样性、市场透明度、现有追溯实施范围和处理复杂性等因素，优先考虑最易于实施实施的矿物。从最简单的矿物供应链开始，最大程度地提高取得具体进展的可能性，并为扩展到其他矿物供应链提供可复制的模式。除了实施便利性之外，矿物的战略重要性和风险水平也是选择首先目标矿物相关的重要考虑因素，这应指导中期和长期的工作顺序。

一个可能的选项是将初始政策努力集中在锂供应链上。锂是电池生产的关键，包括电动汽车、电网存储和防御应用所需的电池。在锂供应链中实施可追溯性系统可能比其他矿物供应链相对简单。与IEA关注的其他矿物相比，锂的供应链相对多元化，其中相当一部分采矿产位于具有高司法透明度的经合组织成员国（例如澳大利亚和智利）。与其它矿物相比，ASM的参与度较低，活跃在锂采矿和精炼领域的公司数量也相对有限。作为主要产品，锂的生产量是独立跟踪和报告的，而不是作为另一种矿石的副产品。与其它电池金属相比，锂市场相对流动和透明，其终端应用也相对单一（预计到2035年，80%的需求将来自电动汽车电池）。

与关注锂供应链的同时，协调讨论可以针对原产地、地理路径、保管链和产品转化等核心数据要素。初步讨论还可以纳入与可持续性相关的数据，例如水消耗。锂主要来源于拉丁美洲的卤水（主要是阿根廷和智利）以及澳大利亚的硬岩，这两者共同占2024年生产的约60%。这两种来源在电池供应链中都发挥着关键作用：卤水锂被广泛应用于各种应用，而硬岩锂辉石仍然是用于长续航电动汽车中高镍正极材料中氢氧化锂的首选前驱体。

降低盐水浓度是卤水锂生产的关键问题之一，因为卤水提取可能是一个高度 **高耗水工艺**，通常发生在水资源稀缺已经成问题的干旱地区。相比之下，硬岩锂生产所面临的更大可持续性挑战与

温室气体 (GHG) 排放强度 部分由将锂辉石转化为电池级氢氧化锂所需的高能耗精炼工艺推动。因此，追踪锂供应链中的水消耗和温室气体排放是评估锂的可持续性能的有效起点，政策制定在发展可追溯框架时应调整以捕捉每种生产类型的独特可持续性特征。

随着可追溯性系统的成熟，政府可以利用经过验证的供应链数据，实现基于标准的市场机制，奖励负责任的采购。可追溯性为根据环境、社会和治理标准认证矿产提供了基础性基础设施，在负责任采购和传统材料之间创造了市场差异化。通过为可追溯和认证的矿产创造市场价值，这些机制为运营商参与可追溯性系统提供了商业激励，与监管要求相结合，以经济奖励的形式进行补充。例如，寻求满足日益严格的可持续性标准的电池制造商可能愿意为经过验证的低碳加工和道德采购的锂支付溢价，这种溢价只能通过强大的可追溯性系统得到可信的证明。

附件

附件一。

选定的追溯政策与法规

国家/地区	政策标题	战略目的	措施 (复数形式)	所需数据	适用的关键矿物
哥伦比亚	矿产品追溯交易控制系统 (2024)	价值实现	国家平台，矿山检查注册集成，旨在最终导入哥伦比亚的国内采矿信息平台 (创世门户)	<ul style="list-style-type: none"> 原产地声明 生产量 ASM验证 版税支付 	所有矿物
加拿大	反抗强迫劳动与儿童劳动力供给链条 (2023)	可持续的负责的供应	需进行尽职调查以符合人权要求环境风险	**	所有矿物
The 民主的 中华人民共和国 刚果	钴出口配额系统 (2025)	价值实现	新规定要求出口材料需满足验证证书，一次性颁发样品已被取走。由政府称重和分析实验室	<ul style="list-style-type: none"> 历史出口量 起源或销售申报 实物检查结果 版税预付 物品保管链 	钴
欧洲 联盟	关键原材料行动 (CRMA) (2024)*	供应安全 可持续的负责的供应	供应链战略与关键矿物	**	所有战略原材料材料，包括钴、锂、镍铜，天然石墨，稀土元素

国家/地区	政策标题	战略目的	措施 (复数形式)	所需数据	适用的关键矿物
欧洲联盟	电池规范 (2023)	供应安全 尽职调查	数字化产品护照和尽职调查为电池矿物	<ul style="list-style-type: none"> • 电池标识符，型号，类型，化学 • 制造地 植物 生命周期碳足迹 舞台 材料成分 回收比例 钴、锂、镍和天然石墨 第三方审计认证 	钴，天然石墨，锂，镍
德国	执行企业尽职调查 勤奋义务 供应链 (2021)	可持续的 负责的 供应	需进行尽职调查以符合人权要求 环境风险	**	所有矿物
印度	国家关键矿物 使命 (2025)*	价值实现	政府开发的国家追溯系统 系统属于国家关键矿物 使命	<ul style="list-style-type: none"> • 生产或勘探数据 可追溯性 (待定) 决心的 	所有矿物
印度尼西亚	(2023) RA	价值实现	跨部门镍监测平台 并且锡产量，跟踪 政府收入	<ul style="list-style-type: none"> 生产配额 库存报告 矿石源登记 版税支付 装运/运输数据 	镍，锡
联合国国家	维吾尔族强迫劳动 预防法案 (2021)	供应安全 可持续的 负责的 供应	<p>进口商要求例外情况的需遵守规定 提交供应链文件 展示每个实体的作用，追溯 从原材料到产品供应的整个供应链 进口货物，表明了该 供应链在新疆之外 与列出的实体无关，或者是指 进口商品不涉及强制劳动</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 产地 完整的供应链映射 劳动实践证据 	所有矿物

国家/地区	政策标题	战略目的	措施 (复数形式)	所需数据	适用的关键矿物
联合国国家	第857 (a) 节 国家国防授权行动(2023)	供应保障	稀有地球元素的来源追踪 永磁体	• 原产地声明 磁铁来源	稀土元素 并且策略 原材料 永磁体
中华人民共和国 (of)	Regulations on the management of rare earths (2024)	供应安全 非法采矿	产品流程记录和稀有品追踪 地球	月度产品流转记录 配额执行数据 出口申报	稀土元素 具体提及 磁铁在 回收的背景
中华人民共和国 (of)	《临时规定》可追溯性电力管理电池回收在新能源汽车 (2018)	供应保障	通过电池对电动汽车电池的生命周期进行跟踪 代码	电池编码 生产/安装数据 • 生命周期结束处理 重新定位记录	电动汽车 (Diànrē diànzúochē)
乌干达	矿产资源许可改革战略	可持续的 负责的 供应；价值 捕捉	政策改革以提高许可水平 透明度与效率	尚未实施	所有矿物
赞比亚	矿物产量统计评估系统 (摩西) (2016)	非法采矿	贸易与生产监控系统 财政收入规模	月度生产回报 销售/采购数据 出口许可证数据	所有矿物 (主要是) 铜 (tóng)

国际能源署。署名权 Creative Commons Attribution 4.0.

注意：*印度的追溯性系统已启动，但具体数据要求仍由政府界定；乌干达的许可改革战略已宣布，但尚未立法实施；而对于欧盟的CRMA，大多数公司级别的数据要求将通过仍在最终确定的委托和实施法案进行具体规定。**尽职调查框架 (加拿大、德国、UFLPA) 要求披露流程和发现，而非标准化数据提交，具体数据点由报告实体确定。来源：基于IEA的分析 [IEA关键矿产政策追踪器](#)。

附件二。

关键矿产最终用途的运营多利益相关方可追溯倡议

主动出击	建筑	行业关注	描述	互操作性方法	成熟
<p>链式-X / EcoPass 案件 链式-X 汽车工业 网络协会</p>	<p>联邦的 平台</p>	<p>汽车工业 制造业 并且电池 组件</p>	<p>开源平台，有...的参与 OEM网络、供应商、服务提供商 废物回收者等以交流运营和 生命周期数据覆盖整个汽车行业 价值链 目标使用案例，如质量 管理、供应链风险与中断 管理，产品碳足迹 循环性，以及符合监管要求（例如： 可追溯性，数字产品护照</p>	<p>The Catena-X Automotive Network链式-X 汽车网络 e.V. 制定并发布标准 为了互操作性，数据主权·灵活且可扩展，拥有超过 并且安全，以及协调释放180名成员 周期和认证。 • 参与者通过认证连接 应用和连接器， 实施Catena-X标准，截至2025年3月 参考架构和模块化 用例构建模块。</p>	<p>跨境互操作性 与日本的乌拉诺斯 生态系统展示在</p>
<p>GBA电池护照 全球电池 联盟 (GBA)</p>	<p>去中心化 资质证明</p>	<p>完整的电池值· GBA温室气体规则手册定义了电池透明度协议 链条从全球统一规则“摇篮至大门” 用于回收利用</p>	<p>可持续性报告与认证 电池方案，构建为一个旨在可互操作的数字产品模型 护照，制造供应链 transparent, and aggregates, verifies and透明，并聚合，兼容其他链 environmental, social and 治理 (ESG) 绩效 供应链 加上回收电池的碳足迹 包括数据质量、分配和更新 频率，使得PCFs可比较 可靠的 GBA 将演进试点项目 000法规和自愿标准 The Battery Benchmarks contains harmonized</p>	<p>大规模平衡的链式存管 跨司法管辖区；可予以 兼容其他链 监护标准与可追溯性 方法论 GBA是联合国认可的扩展者 护照。开放数据交换 协议，与内部完全兼容 住宅或商业数字解决方案 以及其它协议。 • 电池基准测试浓缩了超过4 条款转化为300多项ESG基准和显著风险尽职调查指标。 精简且可在电池供应链中互操作，由以下支撑 跨标准报告</p>	<p>2024年，第二次试点 完成于10个联盟领导 由代表制造商 超过80%的全球电动汽车电池 市场份额 更深入地发展供应链 监护要求通过 持续运营试验。 ESG基准框架 正在基于...确定 试用和公众咨询 反馈 • 进入一个全球可扩展的电池 护照和电池 认证方案将于2027年实施。</p>

主动出击	建筑	行业关注	描述	互操作性方法	成熟
<p><u>负责的</u> <u>商业</u> <u>透明</u> <u>协议</u> (RBTP) 负责的 商业 联盟 (RBA)</p>	<p>去中心化 资质证明</p>	<p>电子与 电气 产品 汽车 (完整) 供应链公司 关键矿产</p>	<p>启用多级供应链透明度</p> <p>机构和系统</p>	<p>在电池和相关领域 • RBTP是特定行业的</p> <p>联合国扩展 透明协议 (联合国透明协议)</p> <ul style="list-style-type: none"> 使用可验证的凭证和相关开放标准表示索赔 (例如: 来源证明, 通过便携式数字凭证追溯) 可持续性, 可发行、验证和重复使用的尽职调查 在加密ographically安全、机器可读的方式。 平台无关且支持供应将演员捆绑在一起以保持控制他们的数据。 	<p>最近完成的大型协作试点项目专注于铜、钴和锂的使用</p> <p>申请展示用概念验证真实、复杂的平台供应链</p> <p>数字资格证书可供使用。对于所有由RBA和RMI领导的评估并且进行了适用所有600多款RBA成员设施和供应商网站。进一步开发工具资源与召集行业工作小组支持公司及软件实施者, 在采用领域实施。</p>

国际能源署。署名权 Creative Commons Attribution 4.0

附注: 所列示例仅限于实施有试点项目的跨行业可追溯性系统。全球区块链技术联盟 (GBA) 涵盖上游采矿和精炼环节, 区域区块链技术与产品 (RBTP) 优先考虑关键矿产, 并正在通过印刷电路板和半导体进行实施测试, 而猫链-X则聚焦于制造和装配环节。

缩写和首字母缩略词

ANM

国家矿业局 (Agencia Nacional de Minerada)

ASM

手工和小规模采矿CAD 加拿大元

CRMA

关键原材料法

CSAM

儿童色情材料 中美洲和南美洲

CSO

首席销售官 (Chief Sales Officer) 公民社会组织

CSDDD

企业可持续发展尽职调查指令

刚果民主共和国 刚果民主共和国

欧盟 欧洲联盟

EUR : 欧元 欧元

EV 电动汽车

G7 七国集团

GBA 全球电池联盟

GHG (温室气体) 温室气体

IDR

(印尼盾, 印度尼西亚货币单位) 印尼盾

IT 信息技术

ISO

(在中文文本中ISO通常保持原样, 因其为国际化标准组织International Organization for Standardization的国际简称。) 国际标准化组织

摩西 矿物产出统计评估系统

《国家国防授权法案》 国家国防授权法

OEM 原始设备制造商

经济合作与发展组织 经济合作与发展组织PCF 产品碳足迹

RBA. 负责任的企业联盟

RBTP.

企业责任透明度协议

RCI 负责任的关键矿物倡议

REE

稀土元素

RMI

责任矿物倡议

SIMBARA 部际/机构矿产和煤炭信息系统 联合国 联合国

UNTP

联合国透明度协议

美元 美国美元

美国 美国

维吾尔族强迫劳动预防法案。

XRF X射线荧光

国际能源署 (IEA)

这项工作反映了IEA秘书处的观点，但并不一定反映IEA各成员国或任何特定资助者或合作者的观点。该工作不构成对任何特定问题或情况的职业建议。IEA不对工作内容的完整性或准确性做出任何明示或默示的保证，也不对任何使用或依赖该工作的行为承担责任。



受国际能源署 (IEA) 的 [通知：关于CC许可内容的](#) 这项工作受以下许可协议保护：[创意共享署名4.0国际许可证](#)。

本文件以及其中包含的任何数据和地图，均不影响任何领土的现有状况或主权，不影响国际边界和边界的划定，也不影响任何领土、城市或地区的名称。

除非另有说明，所有以图表形式呈现的材料均源自国际能源署 (IEA) 的数据和分析。

[WEA出版物](#) 国际能源署网站：
联系信息：www.iea.org/联系

排版于法国由IEA——2025年2月封面设计：I
EA摄影鸣谢：©Getty Images

