

我国新能源产业关键金属供应全产业链安全现状调研

周宸伊 江怡瑾 蒲嘉一 罗家兴 许晓燃

重庆大学经济与工商管理学院，重庆，400044；

摘要：新能源产业是当今大国博弈的重要领域，近年来，我国新能源产业取得显著进展，但仍面临较大挑战。调研基于全产业链视角，发现上游环节存在资源综合利用率低、开采品位下降与进口依赖风险；中游冶炼加工面临产能过剩与利润挤压；下游行业技术创新不足、高端产品短缺；回收环节体系分散且技术经济性不足等问题。本文综合运用文献研究、实地调研、专家访谈及数据分析等方法，深入剖析产业链各环节存在的问题并提出政策建议，期望提高关键金属供应安全、助力新能源产业可持续发展。

关键词：新能源产业；关键金属；冶炼加工；材料生产；回收利用

DOI:10.69979/3041-0673.25.02.026

引言

党的二十大报告明确提出“双碳”目标，要求构建安全高效的新型能源体系。作为新能源产业的核心支撑，关键金属（锂、钴、镍、稀土等）的稳定供应直接关系产业链安全。然而，我国关键金属供应链存在“两头弱、中间大”的结构性矛盾：上游资源禀赋不足，中游产能过剩但附加值低，下游高端应用与回收体系薄弱。现有研究多聚焦单一环节^{[1][2]}，缺乏全产业链视角的系统性分析^[3]。本文通过多维度调研，揭示产业链各环节的潜在风险，并提出针对性优化路径，为政策制定与产业实践提供参考。

1 研究设计

1.1 研究方法

实地调研。调研深入广东、浙江、江苏、四川等新能源产业关键地区，参访光伏、风电、锂电池产业的上中下游代表企业，并在各地区发放并回收上千份问卷，重点考察资源开采、加工技术、产品应用及回收模式，进而估计我国整体情况。

半结构式访谈。设计针对性访谈提纲，对象包括政府职员、高校教授、行业专家、企业高管等。通过实地与线上结合的方式，收集关键金属供应实际情况、问题及建议，为研究提供支撑。

文献分析。整合国内外权威报告、学术论文及行业数据，结合 Comtrade 数据库与 IEA 报告进行对比分析。

1.2 样本选择

研究采用分层抽样与随机简单抽样选取样本。先将产业链各环节按地区和产业链位置划分为不同层次，确定各层次的样本容量；再将各层次总体按企业规模和实力分为大、中、小三个群体，随机共抽取 60 家企业作为样本。

2 调研结果及分析

2.1 勘探开采环节

2.1.1 部分关键金属（锂、锡、铷、铍等）综合利用率偏低

截至 2022 年，中国已发现 59 种金属。虽然我国金属矿产品种齐全，但有相当一部分没有得到充分开采和利用，可能导致供应不稳定，特点如下。

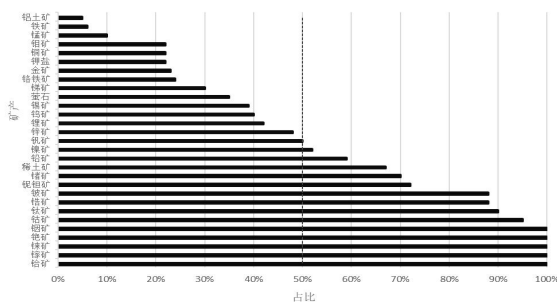


图 1 调研企业共伴生矿产资源量在企业总矿产资源占比

一是我国单一矿产少，共伴生矿产多，共伴生矿产利用率低。被调研企业中金属共伴生矿区占比超过 70%，综合平均利用率仅为 35%，比国际先进水平低 20%。其中铜铅锌矿产伴生金属冶炼利用率平均约为 50%，比发达国家低 30%；部分伴生金银矿开采利用率仅为 10%。

二是金属尾矿废石堆积量大。目前我国尾矿累计堆积量超过 200 亿吨，废石累计堆积量超过 600 亿吨，且还在上升。但我国平均废石利用率为 18%，尾矿循环利用率为 19%，远低于发达国家（60%左右），堆存资源可利用价值大大流失。这都侧面反映我国矿产综合利用潜在价值可更高。

2.1.2 矿产采出品位持续走低，生态环境维护成本升高

我国贫矿多富矿少，且目前高品位矿产资源逐渐枯竭，企业矿产资源的开采品位逐渐降低。截至 2023 年，铜矿平均品位已跌至 0.56%附近，铁矿已跌至 34.5%，比世界平均品味水平低约 10%；我国锂矿平均品位（0.8%~1.4%）低于国外锂矿品味（1.4%~3.5%）；锰矿平均品位（22%）也低于世界平均水平。

高品位、易选冶的矿产资源越来越稀缺，开采的生态环境代价增高。在此形势下，有 32%的从业者提到曾因品位降低、维护生态成本高昂和环保政策限制导致的新能源矿产资源开采受阻而中断供应，这对关键金属产业链安全产生了巨大威胁。

2.1.3 关键金属总体供需失衡、进口依赖与贸易风险

我国金属矿产资源消费量占全球 40%以上，预计锂、钴、镍等的消费量还会继续升高。但我国总体资源禀赋较差，铝、铁、锰、锡、铜等金属对外依存度已达到 50%警戒线，钴、铬、镍、铂、钨、钼对外依存度超过 90%，且这些资源的生产集中度过高，单一供应源受国际处境影响更大、资源价格波动大，我国易遭遇卡脖子风险。

表 1 2021 年中国新能源关键矿产的进口状况

关键矿产	我国基础储量（万吨）	我国储量占比	我国产量（万吨）	我国产量占全球产量比例	进口量（万吨）	进口额（亿美元）	对外依存度	进口集中度（前三国）	主要进口国
钴	8.6	1.14%	0.21	1.16%	1.9	0.9	98%	99.5%	刚果（金）（99.5%）
铬	442.1	-	10	11.3%	1491.8	26.1	98%	91.6%	南非（80.4%）
镍	443.92	3.9%	10	3.33%	4352.6	44.2	94%	97.0%	菲律宾（89.7%）
锰	21295.69	4%	100	6%	2995.8	49.0	88%	78.6%	南非（46.6%）、澳大利亚（18.1%）
铜	2600	2.95%	180	8.57%	2338.7	568.1	82%	67.9%	智利（37.9%）、秘鲁（23.7%）
锂	404.68	6%	24	19.48%	207.0	-	78%	99.4%	澳大利亚（52%）、智利、阿根廷
铝	71113.74	3.13%	8500	21.79%	10700.0	-	63%	-	-

2.2 冶炼加工生产环节

2.2.1 冶炼加工产业规模庞大与关键金属资源逆差

目前，我国已形成规模庞大、产业链完备、产能领先的冶炼加工产业。由于该产业新质生产力不高、准入门槛低、技术相对成熟，可带动周边就业和经济发展，

所以地方政府愿意扩大规模。2024 年 1-7 月，我国有色金属冶炼加工企业数量为 10036 个，同比增长 8.78%，这表明该行业规模还在不断扩大。截至 2020 年，许多关键金属精炼加工产能在全球产能占比已超过 50%，如表 2。

表 2 我国部分金属冶炼加工产能在世界占比情况

种类	锂	钴	粗铜	精炼锡	原镁	精炼铜	精炼镍	精炼铝	稀土
占比	78%	65%	51%	55%	89%	40%	36%	49%	89%

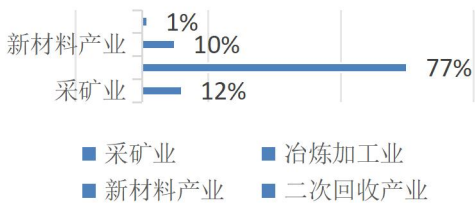


图 2 调研企业在各个环节的分布

调研企业分布如图 2 所示，规模以下的企业占 76.7%。约 80%的中游企业同意我国当下过于侧重中游产品生产出口这一高耗能部分，忽略了下游终端产品的应用开发和回收利用，导致形成“中间大、两头小”的纺锤形格局，与调研分布契合。

但是，由于我国缺乏较强的废旧金属回收竞争力，金属产品出口后往往难以回收回到国内，造成资源流失。久而久之，这将影响我国在全球金属产业链中的话语权和议价能力，增加我国关键金属供应压力，对国家经济安全和可持续发展构成威胁。

2.2.2 金属价格波动

调研发现一些竞争力较小的企业已出现长时间亏损，行业总体毛利率也较低。且国外矿业寡头还利用定价优势提升金属价格，不少企业难以抵御成本压力，利润受金属价格波动影响大；若有色金属价格持续走高，冶炼环节企业毛利率将进一步降低。

近年来，受全球能源成本增加、国际贸易环境变化以及国内经济结构调整等因素影响，冶金行业下游整体需求不振，2024 年 1-7 月，有色金属冶炼和压延加工企业中亏损企业数为 2889 个，占企业总数的 28.79%，生存环境恶劣。而冶炼加工环节作为我国关键金属产业链最庞大的部分，若竞争力下降，也会影响我国在世界关键金属领域的地位，增加供应风险。

2.3 行业使用环节

2.3.1 创新动力不足，关键金属附加价值低

创新能力不足。53%的从业者认为目前技术创新比上游原材料更值得关注，以有色金属企业为例，高端产品设备等研发经费约占主营业务收入的 1%~3%，低于国内平均水平。目前我国在新材料新工艺的开发方面，多是跟踪模仿国外先进技术^[4]，高端加工装备几乎全部依赖进口。这虽然能在短期内快速提升技术水平，但长期看会让我国研发产生惰性和钝感，制约相关产品发展速度、质量和竞争力，关键金属产业链下游面临西方国家技术封锁和市场挤压风险。

缺乏较为完备技术及应用评价体系支撑。新能源产业对新材料的性能和质量有着极高的要求，若评价体系和数据支撑不足，将难以准确评估材料的性能，影响新材料的研发和应用推广；即使有优良的性能，也会因为缺乏统一标准而和其他材料耦合度不高或产生交叉、矛盾之处，不利于企业管理。

2.3.2 高端产品短缺，产业链效益受限

调研发现我国中游产能高，但下游高端产品少，导致中上游生产的高端材料无法有效转化为下游高价值产品，进而影响产业链的整体效益。如上述，部分高端产品高度依赖进口，下游生产力不足使中游产品只能选择大量出口，受国际贸易、关税等影响，也发生了利润流失。

此外，下游市场对中游高端材料的需求往往具有定制化、多样化和多变性的特点，这就要求中游供应商能快速响应并灵活调整生产计划，但受原材料、设备和技术等的限制，及我国中下游企业之间缺乏长期稳定的合作机制，存在中上游供应不及时的情况，使得下游企业出于成本、效率等考虑而选择国外供应商合作或直接进口相关设备仪器等成品，进一步阻碍了我国下游高端加工能力的提高。

2.4 回收循环利用环节

2.4.1 回收生态体系尚未成熟

2018-2022 年电池回收企业增加了约六倍，尤其是废旧锂离子电池回收拆解与梯次利用行业同比增率 182%，整个回收体系“小、散、乱”。

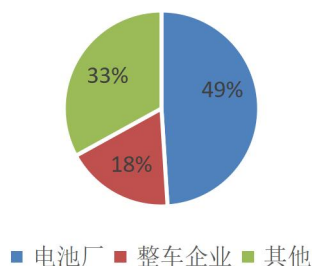


图 3 动力电池回收渠道占比情况

一是回收渠道混乱。当下废旧金属和锂电池的回收站点布局不合理，回收渠道涉及电池生产企业、整车企业、第三方回收公司、拆解破碎厂等多个主体，调研比例如图 3。现下我国超过 70% 的电池从不正规渠道被消化，新能源汽车动力电池规范化回收率不足 25%，电池回收市场秩序和价格混乱，引发小作坊中间商问题。

二是溯源管理难。由于缺乏统一的管理和协调机制，回收主体之间往往缺乏有效的信息共享和合作，降低了回收效率。且许多关键金属废弃制品流向难以追踪，不仅增加了回收成本，还可能引发安全隐患和环境污染。

2.4.2 技术、环境和经济因素限制关键金属循环再利用

目前要达到战略性新兴产业关键材料要求的回收标准难度较高。如果回收过程中金属纯度降低、杂质增多，或回收工艺无法完全恢复金属原有性能，则无法再利用。以电池为例，能源电池拆解工艺存在较大差异，许多公司仍依赖于传统回收方法，拆卸效率低，且易混入铜、铝和塑料杂质，导致部分资源达不到回收标准只能废弃，加剧资源浪费和环境污染。

也有金属的回收提取技术已较为成熟，如宁德时代锂回收率高达 91%，镍、钴、锰回收率可达 99.6%，但技术上能到达的回收率不等于产业回收率，从个别企业的高回收率到整个行业形成较完善的回收生态体系仍有很大差距，其中最重要的就是成本和资金约束，包括设备投资、能源消耗、物流管理费、处理废弃物费等，以及小金属回收成本局限性^[5]，一定程度限制了关键金属循环的推广和应用，循环利用价值大量流失。

3 政策建议

对于勘探开采，建议组建央企+高校+车企的创新联合体，加强关键金属开采技术研发，攻关成矿模型、低

碳提锂、替代材料等核心技术；建立“空-天-地”一体化监测网络，实现矿区三维建模与污染实时预警；将 ESG 评分纳入矿业权出让体系，制定吨矿能耗、金属回采率等绿色矿山标准，并推广智慧矿山示范区；重视布局多元供应战略和海外布局战略，书写更多双边合作、多边合作等实践案例。

对于冶炼加工，建议以市场精准分析为基础，以精益管理与技术升级为抓手，以绿色化、规模化、协同化方向，利用数据集成、AI 排产，提倡富氧侧吹熔炼等高效节能新技术，统一跨区域环保执法标准，整合规模生产与循环经济，最终构建“数据—生产—监管—协作”闭环体系。

对于行业使用，建议推广 AI 生产监测平台，实时预警设备故障与供应链风险，动态优化排产计划，对研发投入高的企业实施财税精准激励或对高端设备的购置定向补贴，并可按产业化成果对科研团队给予分成奖励。

对于回收利用，建议提高行业准入门槛，鼓励大企业整合中小企业，形成规模化经营；加强行业规范，并推动回收自动化；扶持龙头企业，树立行业标杆，最终

加快解决行业“小、散、乱”问题，构建集回收、分拣、提取为一体的再生资源体系。

参考文献

- [1] 刘刚, 刘立涛, 欧阳铨, 等. 绿色低碳转型背景下关键金属循环利用战略与对策[J]. 中国科学院院刊, 2022, 37(11): 1566-1576. DOI: 10. 16418/j. issn. 1000-3045. 20220830003.
- [2] 宋益, 白文博, 成金华, 等. 技术创新对清洁能源金属可持续供应影响的研究综述与展望[J]. 中南大学学报(社会科学版), 2024, 30(01): 112-125.
- [3] 梁扬扬, 刘丽丽, 贺克斌, 等. “双碳”目标下我国新能源行业关键金属供应分析[J]. 中国工程科学, 2024, 26(03): 131-141.
- [4] 成德宁. 突破“卡脖子”关键技术面临的难题与潜力分析[A/OL]. 国家治理, 2020-12-23. <http://www.rm1t.com.cn/2020/1223/602938.shtml>.
- [5] 刘刚, 刘立涛, 欧阳铨, 等. 绿色低碳转型背景下关键金属循环利用战略与对策[J]. 中国科学院院刊, 2022, 37(11): 1566-1576. DOI: 10. 16418/j. issn. 1000-3045. 20220830003.