

未来材料巡礼之深海采矿新材料 1：产业价值底座与产业进程

报告要点

镍、铜、钴和锰的资源价值即为深海采矿的价值底座。能源转型驱动关键金属需求持续攀升，国际能源署（IEA）预计到2050年全球镍、钴需求将分别有望增长近一倍和80%，与需求抬升相对应的是陆地矿山质量的下行：自1991年以来全球铜矿平均品位已下降40%，该变化系统性推高了陆地开采的资本密集度与边际成本。深海多金属结核凭借极高的综合品位（富含镍、铜、钴、锰）以及无需重型硬岩剥离的赋存特征，其长期开发的财务价值正逐步凸显。镍、铜、钴、锰四种金属的未来的资源价值，即是深海采矿产业的价值底座。

资源供应链安全背景下，中美基于各自产业诉求，加大对深海采矿产业的政策推出力度。当前全球关键金属矿端供给呈现显著的地缘集中特征，刚果（金）占据全球76%的钴产量，印尼则控制了66%的镍产量。我国拥有庞大的中下游冶炼产能，但镍、铜、锰、钴的原矿对外依存度均超70%。前瞻布局多金属结核、富钴结壳、多金属硫化物及深海稀土等四大深海资源，已成为我国保障战略性矿产自主可控、对冲陆地供应链高度集中风险的战略选择。相比我国，美国电池级硫酸锰和精炼镍高度依赖进口，正推进产业链自主本土化。在此背景下，获取独立于单一主权之外的公海深海矿物资源，成为中美两国重塑供应链安全边界的共同诉求。目前，中美两国正密集出台顶层规划，深海采矿产业实质性推进已进入日程表。

产业进程：太平洋CCZ为目前重点产业推进区域，其多金属结核资源蕴藏量与品味远超陆地。全球深海资源确权高度集中，太平洋克拉里昂-克利珀顿断裂带（CCZ）凭借最优的数据完备度与极高的经济品位，成为规模化开发的首选海域。**总量上：**按ISA Technical Study No.30对CCZ的保守估算，CCZ多金属结核约211亿干吨，含锰约60亿吨、镍约2.7亿吨、钴约4400万吨；对比USGS《Mineral Commodity Summaries 2025》陆地储量，钴约4倍、锰约3.5倍、镍约2倍。**品味上：**凭借1.21%的镍、26%的锰等极优的综合原矿品位，CCZ矿区已具备支撑全球头部矿企开展数十年大规模连续开采的核心区域。

中国目前拥有5份合同领跑全球商业资本，中、美产业公司将有望在2027至2030年进入商业化拐点。在国际海底管理局（ISA）的初始确权列表中，中国目前持有5份勘探合同，稳居第一梯队。在商业化推进梯队上，深海采矿技术已实质性跨越单体论证阶段：北美标杆企业TMC已率先完成4300米全系统联动海试，明确锚定2027年四季度实现商业化试产；中国紧追其后，依托打通的“采-扬-船”全国产化重装矩阵，成功突破4102米深海采矿车重载海试等关键技术，正全力冲刺“十五五”末（2030年前后）的商业化量产目标。

风险提示： 1、政策审批与ESG风险：ISA立法严重拖延、严苛环境基线及环保抗议或致项目停滞与现金流断裂。
2、工程失效与宏观波动风险：深水设备MTBF（连续无故障运行时间）不及预期，终端需求疲软致底层金属价格大幅下挫。

有色金属

评级：看好

日期：2026.05.26

分析师 黄梓钊

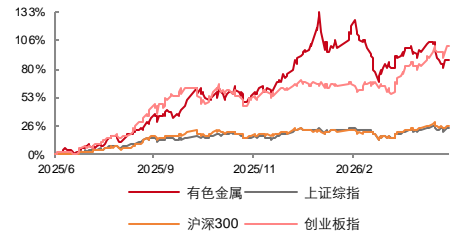
登记编码：S0950523120001

☎：0755-2876671

✉：huangzizhao@wkzq.com.cn

行业表现

2026/5/25



资料来源：Wind，聚源

相关研究

- 《周期反转，盈利修复——A股锂矿行业2025年报及2026年Q1财报梳理分析》（2026/5/21）
- 《中国铜企贡献2026年全球主要增量——中国10家年报全扫描》（2026/5/18）
- 《矿业巨头启示录系列之六：百年拓疆，力拓的全球资源版图构建之路》（2026/5/13）
- 《有色月跟踪：地缘政治冲突下，有色金属行情何去何从》（2026/4/30）
- 《航天新材料系列报告之二：如何降低火箭的制造成本？》（2026/4/20）
- 《2026年海外铜企产量预期同比持平——海外16家年报全扫描》（2026/4/20）
- 《USGS 2025年数据洞察：关注战略矿产，掌握资源主导权》（2026/4/15）
- 《2025铜矿并购趋势变化及展望》（2026/3/26）
- 《需求高增叠加供给约束，锂行业有望长期景气上行》（2026/3/26）
- 《镁合金零部件上车进展不断 镁合金产业增长有望提速》（2026/3/13）

内容目录

一、行业概览：跨越科学探索阶段，深海采矿迈入商业化前夜	4
产业背景：国际法规破局与多国政策共振，深海采矿迎产业化拐点	4
资源特征：多金属共生储量丰沛，脱碳优势与生态挑战并存	4
采矿流程：海陆高效协同，构筑“采-扬-船-冶”全链路闭环	5
采掘“矿种”的选择：多金属结核，是目前最可行的采掘对象	8
二、产业核心价值：深海采矿品种的发展前景构筑价值底座，地缘供应链安全赋予战略溢价	11
供需视角：能源转型与全面电气化，构筑产业的价值底座	11
成本视角：陆地高品位资源下行，推高开支，深海采矿经济性加速兑现	12
供应链视角：关键金属供应高集中度，深海资源开发能有效对冲地缘风险	13
政策视角：中美顶层政策共振，产业有望加速落地	15
三、商业化进度：太平洋 CCZ 成主战场，中国加速追赶	19
矿区分布：资源确权高度集中，太平洋 CCZ 成规模开发首选地	19
开采合同结构：承包主体向商业资本演进，中国合同数领跑全球	20
落地节奏：北美标杆试产在即，中国正全链路打通，加速产业化进程	22
四、结语	23
风险提示：	23

图表目录

图表 1：全球深海采矿核心法规与政策推进现状及商业化影响	4
图表 2：多金属结核中主要金属元素含量	5
图表 3：深海采矿流程	6
图表 4：中国“海星 6000”遥控水下机器人	6
图表 5：不同矿种深海采矿车	7
图表 6：气力式与水力式管道提升运输系统	7
图表 7：采矿船矿石处理系统	8
图表 8：深海三大核心矿床所处海底地形对比	9
图表 9：深海三大核心矿床海底真实赋存形态对比	9
图表 10：全球四大深海矿产工程壁垒与商业化潜力对比	10
图表 11：全球铜供需展望—能源转型重塑需求，远期面临结构性赤字	11
图表 12：全球镍供需展望—短期存在过剩，2030 年后隐现缺口	12
图表 13：全球钴供需展望—矿山产能枯竭导致供需缺口	12
图表 14：智利铜矿品位下降，超 100 处尾矿厂品位超过现有开采品位	13
图表 15：2024 至 2035 钴产量变化，主产国刚果供应大幅缩减	13
图表 16：钴储量分布，刚果（金）占比达一半	13
图表 17：钴产量分布，刚果（金）占比超七成	13
图表 18：镍储量集中于印尼，中国仅占 3%	14
图表 19：全球镍产量超一半来自印尼，我国占比仅 3%	14
图表 20：铜储量主要集中于南美，我国占比仅 4%	14
图表 21：智利为铜最大生产国，我国产量占 7.8%	14

图表 22: 锰储量分布集中在头部几个国家.....	15
图表 23: 锰产能集中在非洲, 我国仅占 3.5%	15
图表 24: 以锰、镍、铜为例, 对外依存度均超 70%.....	15
图表 25: 美国精炼产能空心化, 精炼镍锰完全依赖进口.....	16
图表 26: 美国深海采矿政策时间轴.....	17
图表 27: 深海采矿政策梳理.....	18
图表 28: 各省对深海采矿支持政策.....	18
图表 29: 深海矿产分布图,CCZ 区域商业化潜力最大.....	19
图表 30: ISA 勘探许可发放格局, 中国许可最多, 多金属结核占比约 60%.....	20
图表 31: 多金属结核承包者主体分类, 商业主体占 63%	21
图表 32: TRL 等级含义示例.....	22
图表 33: 各国技术成熟度与商业化进度.....	23

一、行业概览：从科学探索向工程化验证与商业化探索推进

产业背景：国际法规破局与多国政策共振，深海采矿进入商业化探索阶段

深海采矿是指在深海海床（海平面以下400米-6.5公里）开采矿产资源的行。该概念最初于20世纪60年代中期被提出，作为陆上采矿的替代方案。但受制于当时技术瓶颈，以及陆上新增矿床的相继开发等因素，深海采矿在过去几十年间始终未能实现商业化应用。

站在当前时间节点，深海采矿产业正经历国际规则推进、政策支持增强与工程验证加快等多重变化，行业已由早期科学论证逐步向工程化验证与商业化探索阶段推进。

法规破局：在国际规则层面，瑙鲁（TMC公司的保荐国）通过触发了国际海底管理局（ISA）的“两年规则”给目前深海采矿法律层面停滞阶段破局带来契机。

两年规则：即当一个国家准备好进行深海采矿，它可以正式要求ISA在两年内完成并通过最终的《开采规章》。如果ISA未能在两年期限内（即2023年7月）完成立法，它将在法律上丧失无限期拖延的权力。该规则的触发，为TMC转向美国等单边法律体系提供了法理依据。

政策推进：在此时间窗口，中美两国基于各自产业基础与资源安全诉求，均在深海采矿领域加强政策部署。美国通过行政令及NOAA审查流程调整，推动相关许可和精炼研究；中国则首次将‘深海科技’列入战略性新兴产业，推动其从科研探索向工程化应用示范延伸。

商业化探索：头部企业加拿大金属公司（TMC）已于2026年1月提交首个合并申请，并披露2027年四季度试产规划。考虑到深海采矿技术整体已进入较高成熟度验证阶段，叠加政策环境变化，行业有望在未来数年内取得阶段性进展；但最终商业化节奏仍取决于监管审批、环境评估、工程稳定性及资金投入等因素。

图表 1：全球深海采矿核心法规与政策推进现状及商业化影响

监管主体/国家	核心法规/政策动作	最新状态(2025-2026)	对商业化的实质影响
国际海底管理局 (ISA)	应对“两年规则”推进《开发规章》制定	“两年规则”届满； 首批商业申请进入提交窗口期	程序性倒逼 ISA 审核以锁定投产预期。 更借多边受阻之机实现监管阵地的合法转移，为单边接入美国 NOAA 审批体系提供底线对冲与估值支撑。
美国	推动海底资源法案及 NOAA 法规修订	设立单一快速审查流程； 强制推进结核精炼研究	单边突围松绑审批。 绕开多边机制缩短许可周期，拉动北美产能资本回流。
中国	“深海科技”列入新兴产业重点领域	从科研攻关全面转向采矿车等重装 的大规模应用示范	国家资本背书对冲风险。 确立国家战略储备地位，提供全产业链资金与协同支持。
挪威/日本	专属经济区 (EEZ) 深海开发法案	挪威遇环保诉讼暂时叫停； 日本启动 EEZ 深海稀土试采	主权海域试水与环保预警。 验证近海开发紧迫性，凸显严苛环评 (EIA) 的刚性约束。

资料来源：ISA 官网、NOAA 官网、各国政府工作报告，新华网，五矿证券

资源特征：多金属共生储量丰沛，脱碳优势与生态挑战并存

深海资源储量丰富，为全球提供接替资源。 深海蕴藏的多金属结核、富钴结壳、多金属硫化物和深海稀土等矿产资源储量远超陆地。仅太平洋区域的深海稀土资源总量估计就是目前陆上总量的800倍。以多金属结核为例，其潜在资源量高达约3万亿吨，按ISA Technical Study No.30对CCZ的保守估算，CCZ多金属结核约211亿干吨，含锰约60亿吨、镍约2.7亿吨、钴约4400万吨；对比USGS《Mineral Commodity Summaries 2025》陆地储量，钴约

4倍、锰约3.5倍、镍约2倍。此外，全球富钴结壳中钴金属的潜在资源量高达4亿至8亿吨，而陆地已探明量仅为710万吨；全球海底热液硫化物的资源量则是已知陆地上火山成因块状硫化物储量的600多倍。

多金属共生，综合品位优势显著。与陆地矿床相比，深海矿床具有品位高、种类多的显著优势，能在同一矿床中同时富集镍、钴、铜、锰及稀土等多种关键金属。以多金属结核为例，其中的钴含量可达0.2%至0.5%，镍达1.2%至1.5%，锰达25%至30%，钴和镍显著高于陆地矿床0.1%、1%左右的平均水平，锰资源丰度相比我国境内品位15%至20%的资源也极具开发价值。富钴结壳的钴品位尤为突出，是多金属结核的2.4至3.7倍，更是陆地原生钴矿的20倍以上。在多金属硫化物方面，部分典型矿床（如巴布亚新几内亚的Solwara 1）的铜品位更是高达7.5%，金品位超过26克/吨。

图表 2：多金属结核中主要金属元素含量

金属元素	锰 (Mn)	铁 (Fe)	镍 (Ni)	铜 (Cu)	钴 (Co)
CCZ 平均	26%	7%	1.21%	1%	0.26%
NORI D (TMC 准备开发的区域)	31.15%	6.83%	1.40%	1.14%	0.14%

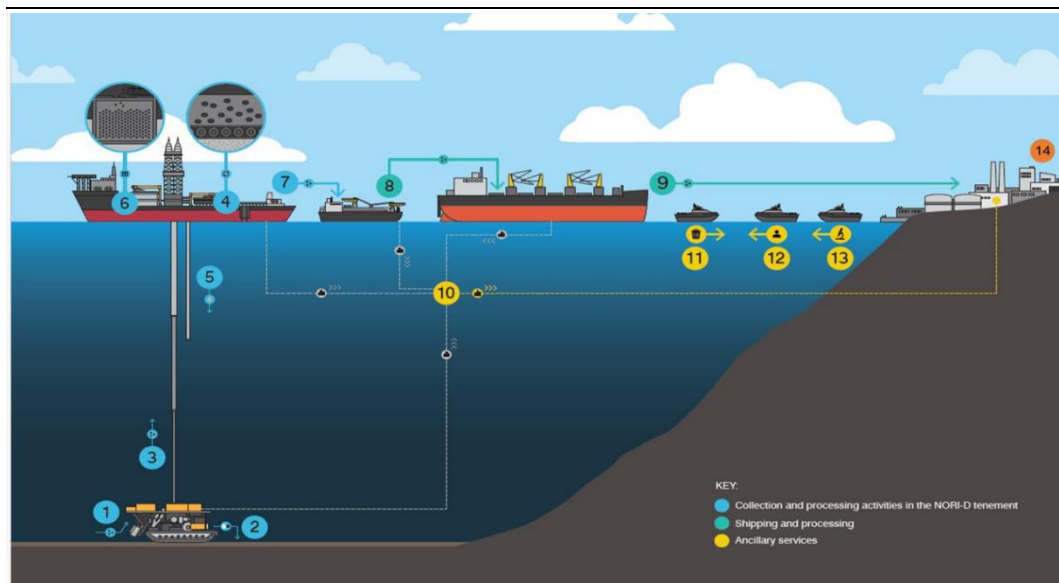
资料来源：边琳尧《深海矿产资源开发的技术经济分析》，TMC，五矿证券

独立于单一主权之外的属性，在目前地缘格局下，赋予深海采矿产业更高的战略溢价。在当前全球能源转型关键金属供应链高度集中的背景下，深海资源提供了一种全新的替代原料来源。这不仅能够有效对冲部分资源国日益收紧的出口限制，更能缓解供应链集中带来的地缘政治与断供风险，成为保障国家核心资源安全、重塑大国供应链格局的关键战略选项。

采矿流程：海陆高效协同，构筑“采-扬-船-冶”全链路闭环

整体而言，深海采矿是一个高度集成的海陆协同工程。其完整的作业链条自下而上涵盖了前期的勘探与地质调查、深海海底的矿物采集与初筛、连接深海与海面的管道提升运输、水面作业船的初步脱水与存储，以及最终的跨洋驳运与陆地选冶加工。各环节紧密咬合，共同构成了深海矿产从海底走向工业化应用的全周期流程。

图表 3: 深海采矿流程



资料来源: TMC, 五矿证券

前期勘探调查先行,为海底商业化开采锁定目标矿床并提供底层数据。 深海矿产的勘探作业主要依托载人潜水器(HOV)、自主水下航行器(AUV)及遥控无人潜水器(ROV)等先进平台展开。在实际作业中,勘探团队会结合高清光学与高频声学等间接探测技术,系统获取海底地形地貌与矿产分布轮廓。同时,利用地质取样等直接勘探手段,精准评估目标矿床的资源覆盖率、金属丰度与综合品位,为后续商业化开采的选址与可行性验证提供详实的数据支撑。

图表 4: 中国“海星 6000” 遥控水下机器人

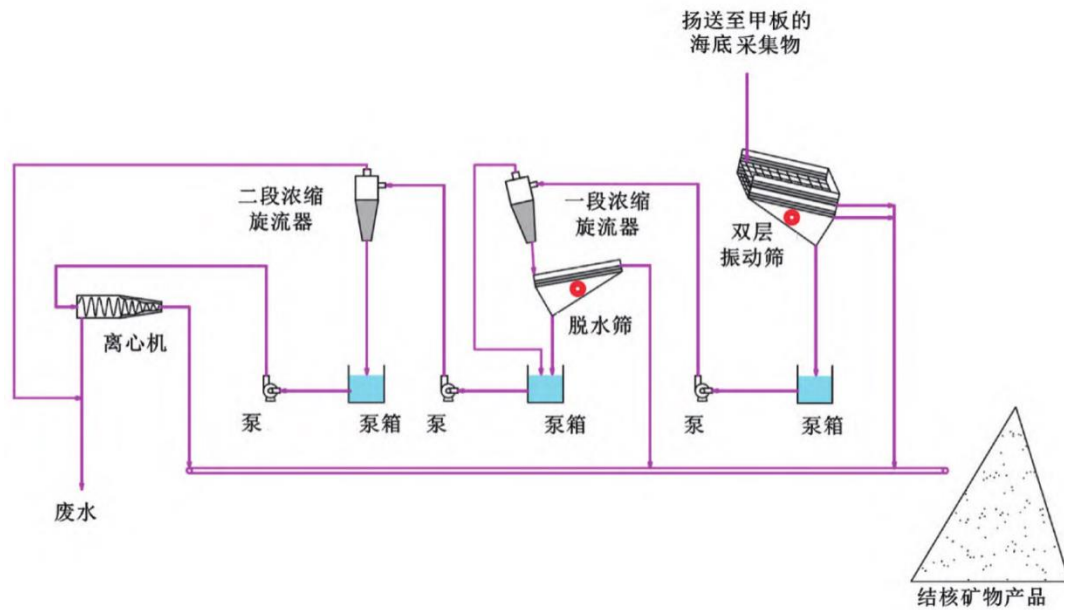


资料来源: 李硕等《水下机器人应用及展望》, 五矿证券

海底采矿车作业是开采起点,针对不同矿种特性实施定制化的采集与剥离。 作为深海开采的物理起点,重型采矿车在遥控或半自动控制下执行海底走航与采集动作。针对松散分布的多金属结核,采矿车主要利用高压水流产生的康达效应形成底部低压区,将结核与表层泥沙无损吸入车内,并在内部利用重力沉降完成第一道泥沙分离。而对于附着在坚硬基岩上的富钴结壳与多金属硫化物,则必须采用装有截齿的螺旋滚筒或盘刀等机械装置进行强力切削与破碎,筛选出符合粒径要求的矿物颗粒进入下一环节。

过专用排放管道重新回注至千米以深的无光层，以此最大程度降低悬浮羽流对海洋表层透光区及浅海食物链的生态扰动。

图表 7：采矿船矿石处理系统



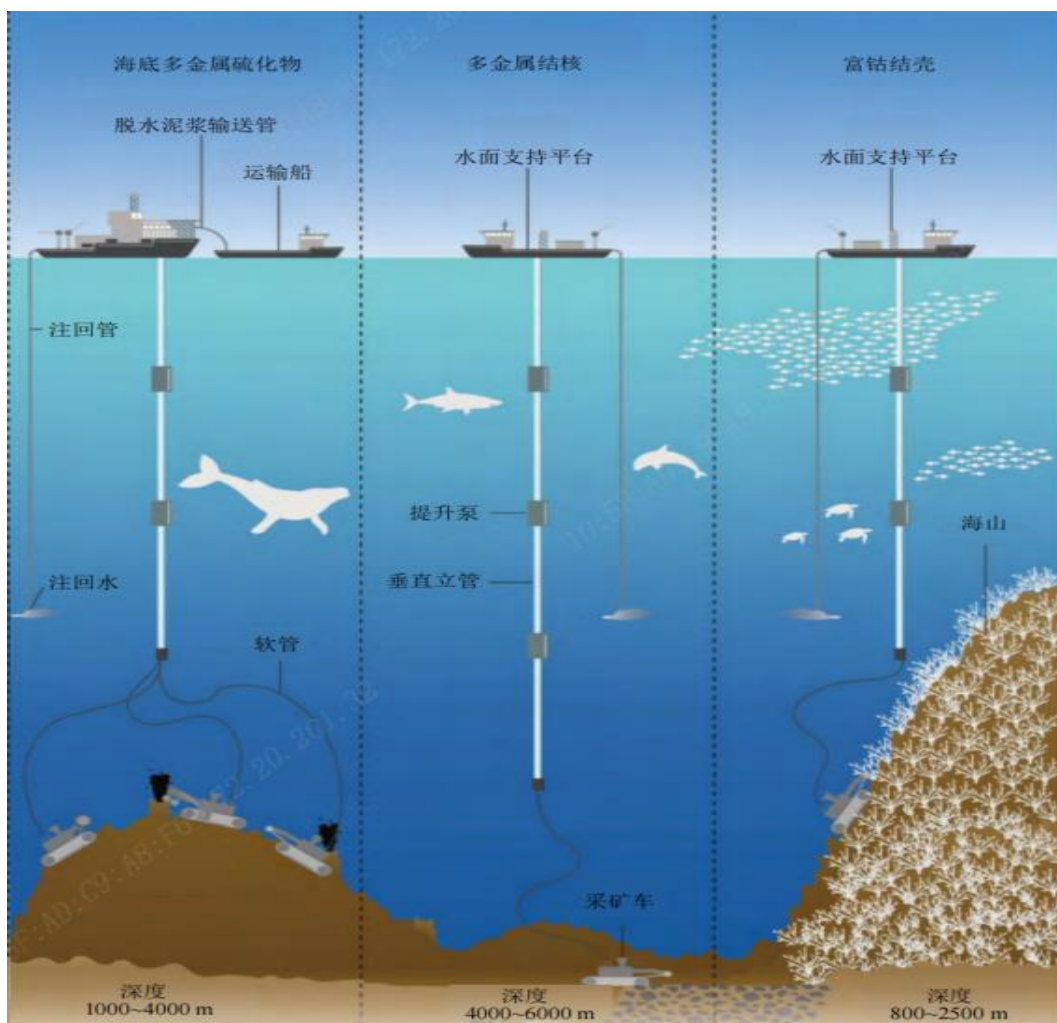
资料来源：唐首祺等《深海采矿水面支持系统总体方案设计研究》，五矿证券

海陆驳运与后端选冶加工相衔接，完成原矿石向高纯度核心金属材料的转化。当生产船储矿舱满载时，配备动态定位系统的转移船会靠泊对接，利用悬臂传送带以极高的效率进行海上矿石过驳，随后由大型散货船跨洋转运至陆上冶炼工厂。在后端的选冶环节，业内通常采用火法（如熔炼还原）与湿法（如化学添加剂浸出）相结合的联合处理工艺，高效分离并提炼出锰、镍、钴、铜等有价值金属，最终转化为新能源电池、储能系统及高端合金制造的基础材料。

采掘“矿种”的选择：多金属结核，是目前最可行的采掘对象

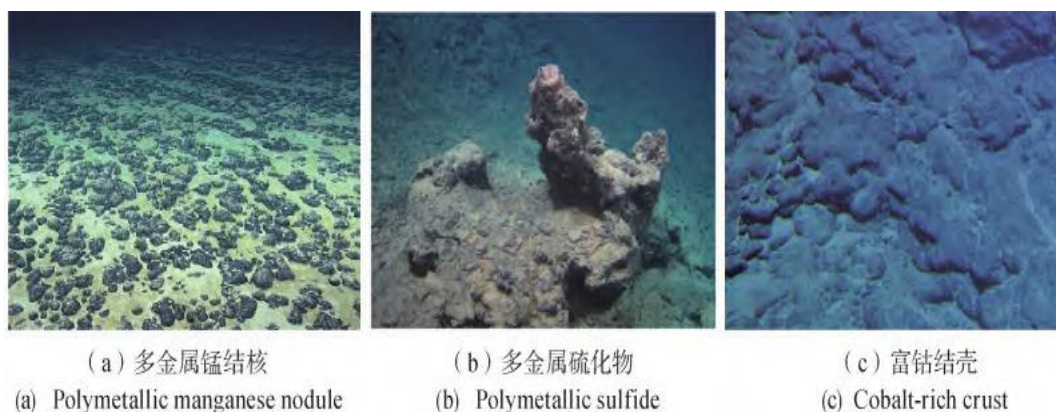
深海矿床的商业化开发难度呈现出显著的“反常识”特征：绝对水深并非核心约束，矿床赋存形态与海底地形是决定工程可行性的关键。从直觉上看，开采深度越深难度似乎越大，但实际情况恰恰相反。多金属结核尽管所处水深最深（4000至6000米），其工程可实现性反而远超水深较浅的富钴结壳与多金属硫化物。决定各大矿种商业化命运的分水岭，本质上源于两大维度的差异：一是矿床本身的赋存形态（如三维立体紧密附着于基岩对比二维散布于表层泥沙），二是矿床所处的海底地形条件（如地形陡峭的海山对比一马平川的沉积平原）。

图表 8：深海三大核心矿床所处海底地形对比



资料来源：《深海重要矿产资源开发研究进展》-李鑫海 五矿证券

图表 9：深海三大核心矿床海底真实赋存形态对比



资料来源：朱祖超等《深海矿产资源运输与装备发展现状与展望》，五矿证券

受制于陡峭地形与三维立体硬岩附着的双重约束，富钴结壳与多金属硫化物的商业化进程均陷入停滞。两者在地形与物理形态上均属于典型的“难啃骨头”。富钴结壳主要呈极薄的层状紧紧附着在地形陡峭的海山基岩表面；多金属硫化物则多以三维立体块状突起于地形极其复杂的热液喷口区。这种赋存状态要求采矿设备必须在崎岖不平的海底进行重型机械的高强度基岩切削与剥离。在水下数千米进行硬岩作业，不仅设备磨损极大、极易损毁，还会因强行

剥离时混入大量废岩而大幅拉低采出矿石的经济品位。此外，破坏性的重型切削工艺会造成严重的底栖生态破坏，极难逾越国际社会的环保评价红线。深海稀土虽同样位于深海平原，但受限于极低的原矿浓度，面临处理海量泥沙与提纯难度极高的工程化瓶颈，其经济性上短期无法于陆地稀土相竞争。

多金属结核凭借“表层散布”的地质特征，成为当前最具备商业化的深海矿产。相比于上述三类矿床，多金属结核广泛且松散地半掩埋分布于 4000 至 6000 米水深的深海沉积平原表面（如 CCZ 矿区）。这一得天独厚的物理形态，使得采矿设备无需进行重型切削，仅需通过水力吸附或轻度机械集矿的方式，在海床表面进行低扰动的“贴地收割”，随后通过立管系统泵送至水面作业船。这种免硬岩剥离的采矿模式，不仅在工程设计上大幅降低了水下设备的机械复杂性与运营成本，更将对海底地形与底栖脆弱生态的扰动降至相对可控的区间。正是凭借在工程技术可行性与环保合规性之间取得的绝佳平衡，多金属结核已成功跨越理论验证阶段，进入全系统工程化海试，成为目前最具备在短期内兑现商业化价值的深海矿产。

图表 10：全球四大深海矿产工程壁垒与商业化潜力对比

矿床类型	主产金属	赋存物理形态	开采工艺与工程壁垒	商业化成熟度评估
多金属结核	镍、铜、钴、锰	4000-6000m 沉积平原	水力吸附贴地收割	最高（唯一现实可行）
		二维表层半埋藏分布	（完全规避硬岩切削，低扰动）	已进入工程化海试阶段，ISA 正推进开采规章落地。
富钴结壳	钴、镍、铂	800-3000m 海山岩床	重型机械切削与基岩剥离	极低
		三维立体坚硬附着层	（设备磨损极大，易造成矿石贫化）	基岩分离技术尚不成熟，面临极高生态破坏风险。
多金属硫化物	铜、锌、金、银	1000-3000m 热液喷口	重型装备切削与粉碎挖掘	停滞
		三维立体块状矿床	（热液区地形复杂，破坏不可逆）	早期商业化尝试受困于成本与环保已破产。
深海稀土泥	重稀土元素	4000-6000m 海底深层	深海抽吸与原位冶金分离	极低
		泥沙混合层	（需处理海量泥沙，提纯难度高）	尚处于早期理论勘探与提取技术实验室验证阶段。

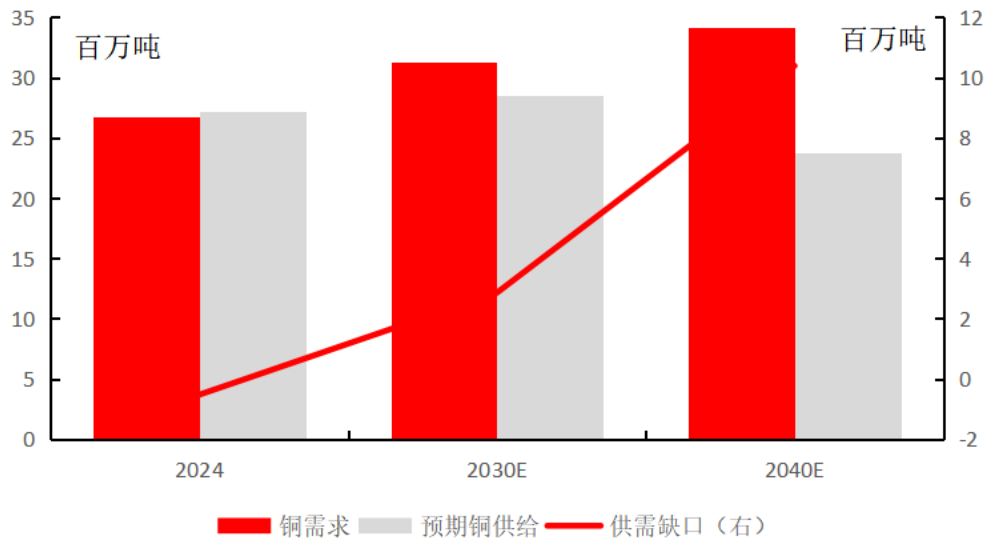
资料来源：王少峰等《深海采矿技术发展展望》、金永平等《深海金属采矿装备与技术发展现状及分析》、郑皓等《深海采矿技术现状与硬质合金需求分析》、CGTNC GTN、中国可持续发展研究会科技发展报告等，五矿证券

二、产业核心价值：深海采矿品种的发展前景构筑价值底座，地缘供应链安全赋予战略溢价

供需视角：能源转型与全面电气化，构筑产业的价值底座

能源转型与全面电气化共振，奠定铜金属长期需求基本盘，矿石品位大幅下滑加剧远期结构性短缺。铜作为电气化时代的核心原材料，其需求正迎来新一轮增长提振。根据 IEA 预测，在既定政策情景（STEPS）下，2050 年全球精炼铜需求将达到 3745 万吨，较 2024 年增长约 40%。其中，建筑和电网构筑了需求的庞大基数，而电动汽车及清洁能源装机则是最核心的增量引擎。值得重视的是，目前的矿山项目储备远无法满足激增的绿色需求。受制于自 1991 年以来全球铜矿平均品位已大幅下降 40%、资本开支攀升及新资源发现受限等供给侧压力，预计到 2035 年全球铜市场将出现高达 30% 的供应缺口。即使在最乐观的高产量假设下，缺口仍将达到 20%，凸显了寻找高质量替代资源的极端迫切性。

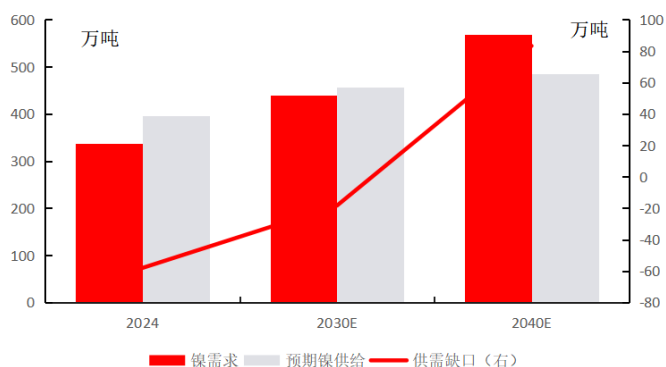
图表 11：全球铜供需展望—能源转型重塑需求，远期面临结构性赤字



资料来源：IEA 全球关键矿物展望 2025，五矿证券

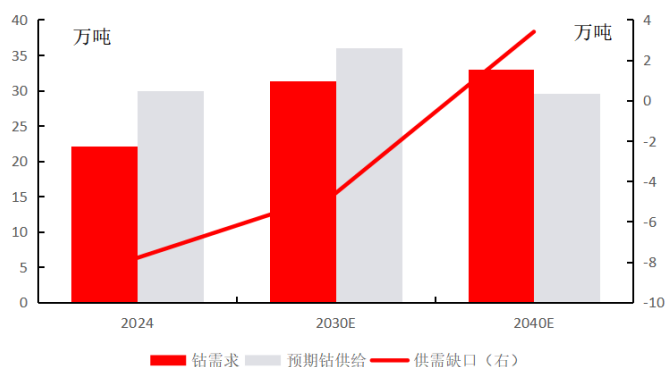
动力电池装机量持续攀升，驱动镍钴金属总体需求中长期倍增，产能出清后远期缺口隐现。伴随新能源汽车渗透率的提升，电池技术对高纯度镍、钴的依赖度居高不下。IEA 预计到 2050 年，全球镍需求将接近翻倍（达 633.7 万吨），钴需求也将大幅增长约 80%（达 39 万吨）。尽管当前受部分国家（如印尼）产能集中释放及部分市场电池化学体系转向低钴路线影响，镍钴市场在短期内呈现一定过剩态势；但随着现有高品位矿山产能的逐渐枯竭，这种过剩预计将在 2030 年之后彻底出清。在基准情景下，全球钴市场到 2040 年将面临约 3.4 万吨的实质性缺口，镍将面临超 80 万吨缺口。同时，若剔除单一最大供应国进行“N-1”压力测试，2035 年全球剩余镍供应量将不足需求的 55%。

图表 12: 全球镍供需展望—短期存在过剩, 2030 年后隐现缺口



资料来源: IEA 全球关键矿物展望 2025, 五矿证券

图表 13: 全球钴供需展望—矿山产能枯竭导致供需缺口



资料来源: IEA 全球关键矿物展望 2025, 五矿证券

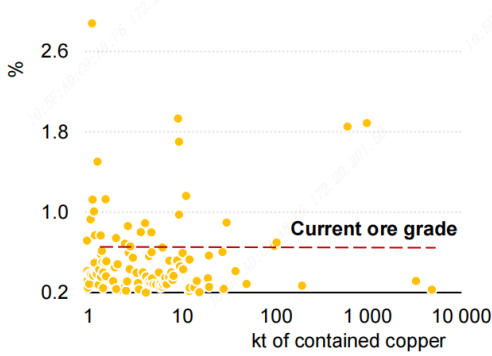
富锰化电池技术路线加速渗透, 催生电池级硫酸锰需求爆发, 结构性供应赤字或提前到来。传统上, 锰的需求基本盘由钢铁合金主导, 但新能源汽车行业的狂飙突进正在重塑锰的定价逻辑。随着三元锂电池 (NMC) 的持续放量以及更高能量密度的磷酸锰铁锂 (LMFP) 电池加速商业化, 能源技术对锰的需求有望迎来更乐观的增长。IEA 预计到 2030 年, 全球能源技术对锰的需求就将激增至目前的三倍以上; 展望至 2050 年, 这一细分需求更将抬升至目前的 20 倍。这种细分增量将导致能源技术在锰总需求中的占比, 从如今的 1% 大幅跨越至 15% 甚至近 25%。在该展望下, Fastmarkets、S&P Global Market Intelligence 等机构预计到 2030 年, 市场可能将面临电池级硫酸锰供应赤字。

成本视角: 陆地高品位资源下行, 推高开支, 深海采矿经济性加速兑现

陆地浅层高品位矿床日益下行, 正系统性推高全球矿业的资本密集度。伴随数百年的高强度开采, 矿石品位的持续下滑, 直接导致同等金属产出需要剥离、运输与处理呈指数级增长的废石及土方, 不可避免地推高了单吨金属的能源消耗、水资源占用及尾矿处理成本。据 IEA 评估, 自 2019 年以来全球大型矿企的平均废石生成量呈明显上升趋势, 这抵消了企业在提高生产效率方面的大量努力。更为严峻的是, 这种物理约束正转化为巨大的财务压力。在既定政策情景下, 到 2040 年全球矿业需新增约 5000 亿美元的巨额资本投资, 若要实现承诺目标则需高达 6000 亿美元。这笔庞大支出的核心驱动力, 已从单纯的“产能扩张”, 被迫转变为对冲“矿石质量下降”带来的边际成本抬升与深层地质勘探开销。

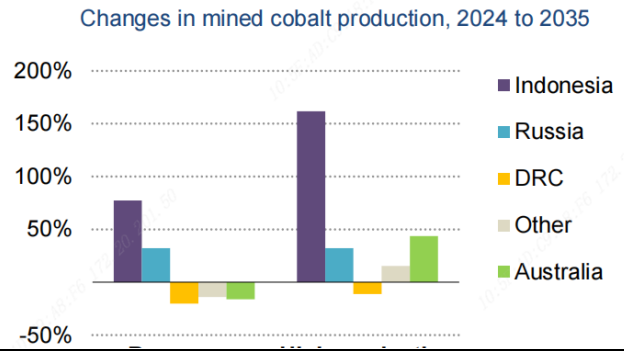
核心金属品种全面承压, 陆地开发边际成本的陡峭上升已形成实质性产能压制。这种由品位下滑引发的成本激增, 在支撑能源转型的关键金属中表现得尤为剧烈。以基本盘最大的铜矿为例, 自 1991 年以来全球铜矿平均品位已大幅下降 40%。受此拖累, 在主要供应区拉丁美洲, 自 2020 年起现有矿山扩建 (棕地项目) 的资本密集度激增了 65%, 其造价已逼近甚至等同于全新开发的绿地项目, 这使得海量劣质铜矿藏 (如智利大量品位降至 0.6% 的矿床) 彻底丧失了传统开采的经济性。在新能源金属领域, 危机同样逼近。受矿石质量下滑驱动, 预期到 21 世纪 30 年代末, 全球钴矿总开采供应量将大幅缩减三分之一, 其中核心产区刚果 (金) 的产量将急剧萎缩 45%。与此同时, 印尼红土镍矿亦因高质量储量快速消耗, 促使印尼政府出台近 2 亿吨的开采配额收紧政策, 并计划引入累进特许权使用费制度以保护高品位资源, 这进一步抬高了全球镍供应链的成本中枢。此外, 全球高品位氧化锰资源的相对稀缺与高度集中, 也持续放大了陆地矿产开发的结构性矛盾。

图表 14：智利铜矿品位下降，超 100 处尾矿厂品位超过现有开采品位



资料来源：IEA 全球关键矿物展望 2025，五矿证券

图表 15：2024 至 2035 钴产量变化，主产国刚果供应大幅缩减



资料来源：IEA 全球关键矿物展望 2025，五矿证券

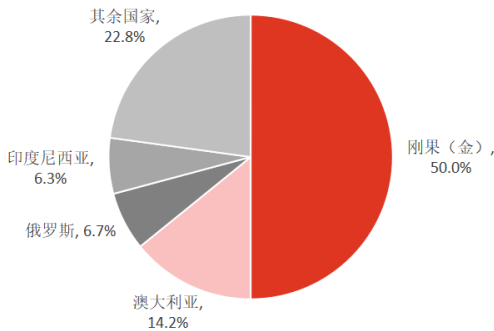
陆地资源开发经济门槛的不断抬升，构筑了深海采矿商业化落地的底层经济性。传统陆地矿山为弥补品位劣势、向更深层地层要资源所付出的高昂资本开支与运营成本，正在重塑全球矿产定价体系。这种陆地端“越来越贵”的不可逆趋势，客观上大幅降低了深海矿产开发的相对经济门槛。深海多金属结核凭借极高的原矿综合品位与无需硬岩剥离的采矿模式，在跨越早期的工程海试与设备研发阶段后，其长期开发的财务经济性与抗周期韧性，正随着陆地矿山开采成本的持续抬高而凸显。

供应链视角：关键金属供应高集中度，深海资源开发能有效对冲地缘风险

关键金属矿端供给呈现极高的地缘集中度，资源民族主义抬头显著加剧全球供应链脆弱性。全球优质的镍、钴、铜、锰开采产能正加速向少数主权国家集中，且预计未来这种地理集中度将进一步加剧。即使在宏观总量看似平衡的情况下，关键矿物供应链也非常容易受到极端天气、贸易中断或地缘政治等单一供给端冲击的影响。这种高度依赖特定陆地主权的供应格局，赋予了深海采矿打破现有地缘垄断、重塑国家资源安全边界的极高战略溢价。

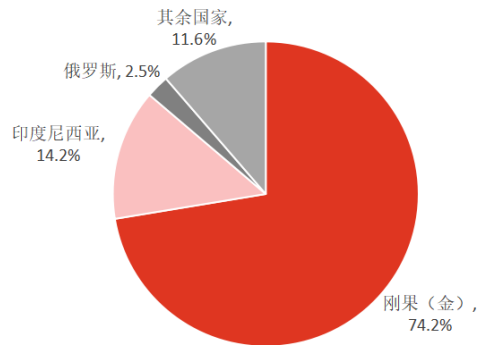
镍钴开采端呈现典型的“单一国家绝对主导”特征，面临极端的供给脆弱性。在钴矿领域，刚果（金）不仅占据全球一半的储量，其产量更是高达全球的 74%，这种绝对垄断意味着其内部政局动荡或矿业税收政策调整将直接影响全球钴价的走向。镍矿供应同样面临极端的集中化风险，印度尼西亚目前占据全球镍矿产量的近三分之二，据 IEA 测算，预计到 2040 年将进一步控制全球约 75% 的供应。同时，印尼国内对高质量储量快速枯竭的担忧，已促使其在近年来多次动用原矿出口禁令与开采配额收紧等政策工具倒逼产业链本土化，进一步放大了下游供应链的断供焦虑。

图表 16：钴储量分布，刚果（金）占比达一半



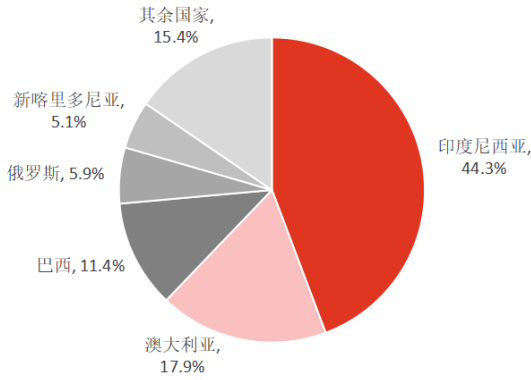
资料来源：美国地质调查局（USGS），五矿证券

图表 17：钴产量分布，刚果（金）占比超七成



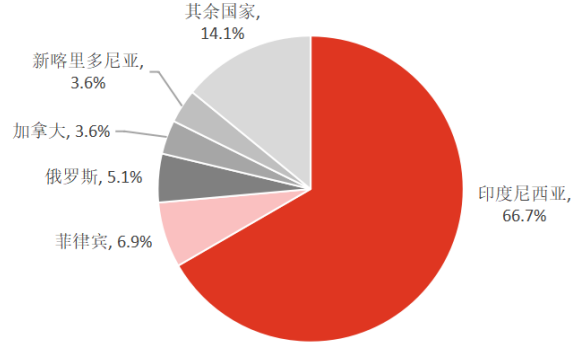
资料来源：美国地质调查局（USGS），五矿证券

图表 18: 镍储量集中于印尼, 中国仅占 3%



资料来源: 美国地质调查局 (USGS), 五矿证券

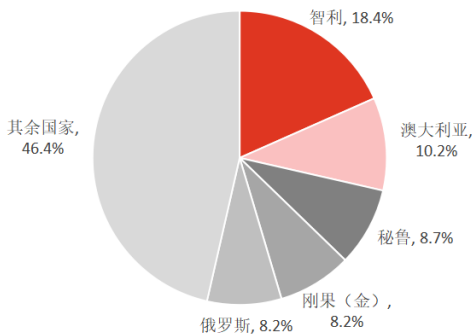
图表 19: 全球镍产量超一半来自印尼, 我国占比仅 3%



资料来源: 美国地质调查局 (USGS), 五矿证券

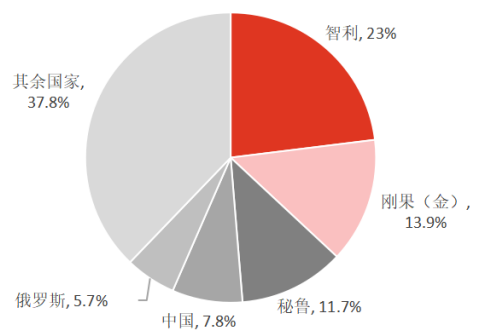
铜矿核心产区受限于品位下滑与极端气候胁迫, 存量与新增产能的稳定性面临严峻挑战。相比其他电池金属, 铜矿开采的绝对集中度略低, 但智利 (占全球产量超 20%) 和秘鲁等核心主产国合计仍占据超 30% 的市场份额。当前, 矿石品位下降和新发现资源的减少正在不可逆转地推动铜供应向少数地区集中。更为致命的是, 铜矿开采受到极高的气候与环境约束。据 IEA 测算, 目前全球超过 50% 的铜生产位于水资源高度紧张的地区, 2024 年已有近 7% 的铜供应面临洪水或干旱风险, 据估算, 这一风险到 2030 年将增加 30%, 届时将有近 200 万吨的铜供应面临中断威胁。叠加核心产区频繁的社区道路封锁抗议及矿业税负攀升等地缘摩擦, 陆地核心铜矿区产能释放的确定性正被大幅削弱。

图表 20: 铜储量主要集中于南美, 我国占比仅 4%



资料来源: 美国地质调查局 (USGS), 五矿证券

图表 21: 智利为铜最大生产国, 我国产量占 7.8%

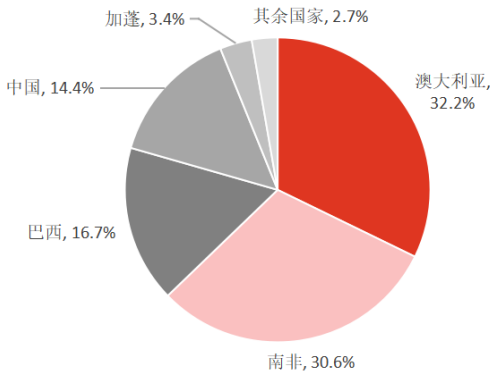


资料来源: 美国地质调查局 (USGS), 五矿证券

锰矿开采陷入“高低品位结构性错配”, 自然禀赋劣势导致我国面临严峻的“储产倒挂”困境。全球锰矿绝对储量充沛, 但优质供给高度集中, 南非、加蓬和澳大利亚三国垄断了全球近四分之三的产量。全球锰矿供应链呈现出显著的结构矛盾: 杂质少、易提纯的高品位氧化锰矿石极其稀缺且被少数头部国家把控; 而广泛分布的低品位碳酸盐矿石则面临极高的开发与环保成本。

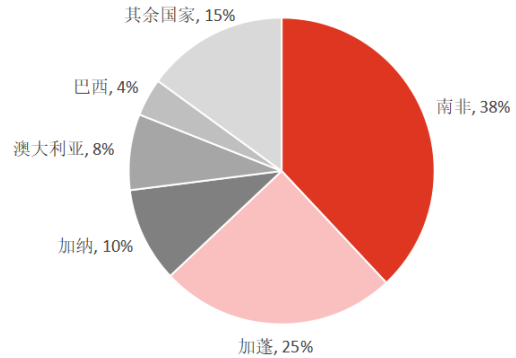
这一矛盾在我国尤为突出, 我国锰矿储量虽占全球 14%, 但产量占比仅为 3.5%。这种严重的“储产倒挂”现象源于我国锰矿“贫矿多、富矿少”的自然特征, 原矿平均品位低且杂质偏高。即便国内中下游具备庞大的精炼产能, 本土低品位原矿的开采与除杂提纯经济性依然偏弱, 导致国内高纯度电池级锰盐的生产高度依赖海外高品位矿源的进口。

图表 22：锰储量分布集中在头部几个国家



资料来源：美国地质调查局（USGS），五矿证券

图表 23：锰产能集中在非洲，我国仅占 3.5%



资料来源：美国地质调查局（USGS），五矿证券

政策视角：中美基于各自产业诉求加大深海采矿政策支持

中国作为全球精炼加工链主，深海矿产开发有望降低我国原料对外依存度。凭借显著的规模经济与成本优势，我国在关键金属的中下游冶炼环节占据了绝对的全球话语权：2024 年，我国掌握了全球 95% 的电池级硫酸锰产能、78% 的精炼钴产能，并通过中资企业出海深耕，在企业所有权层面控制了全球 65% 的精炼镍产量。然而，受制于本土关键金属绝对储量极低（如钴矿、镍矿储量分别仅占全球 1% 和 3%）或原矿品位天然处于劣势（如锰矿呈现典型的“贫矿多、富矿少”特征）等客观地质条件，以镍铜锰为例，对外依存度均超 70%。以钴和锰为例，国内极高的精炼产能几乎完全受制于刚果（金）的钴矿以及海外高品位锰矿进口。即便是国内拥有庞大精炼产能的铜，受制于占据全球半数以上的超大规模终端消费，其国内精炼铜产量仅能满足自身消费需求的 75%，而在最上游的原矿供应端更是面临高达 79% 的进口依赖。对于我国而言，大力推进深海采矿的核心战略诉求，在于将资源控制权向最上游延伸，通过获取完全自主可控的深海多金属结核，填补陆地原矿的巨大供给缺口，从根本上消除前端“卡脖子”的隐患。

图表 24：以锰、镍、铜为例，对外依存度均超 70%

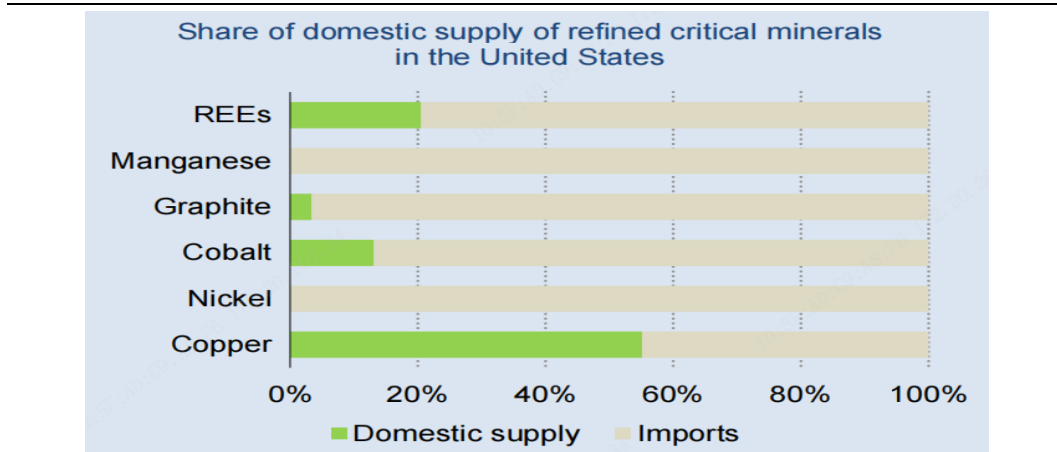
矿产种类	对外依存度（占表观消费量的百分比）
锰	90.00%
镍	84.89%
铜	78.79%

资料来源：SMM，USGS，海关总署，期货日报，五矿证券

美国面临本土精炼产能空心化现状下，意图借深海矿产重塑独立自主的供应链体系。与中国已形成较成熟的关键金属加工体系不同，美国当前面临中游冶炼加工能力相对薄弱的问题。深海采矿对美国而言，一方面有助于拓展前端资源来源，另一方面也可能为本土精炼产能建设提供原料支撑，从而提升关键矿物供应链韧性。目前，美国在电池级硫酸锰和精炼镍产品（如硫酸镍）上呈现 100% 的对外依赖，本土精炼产能为零；国内精炼钴的产量也仅勉强

满足不到 25% 的本土需求。受制于极高的环保审批门槛与高昂的资本密集度（例如美国本土新建硫酸锰项目的资本开支是中国的两倍以上），美国极难在传统陆地矿产的存量博弈中重建冶炼产能。因此，深海采矿对美国而言具有双重战略意义：一方面能够直接绕开现有的陆地地缘垄断，获取完全不受外国控制的优质前端资源；另一方面，这种高品位、富含四大金属的深海矿物将成为绝佳的产业催化剂，从源头吸引配套精炼产能回流北美，从而摆脱对中国关键矿物加工体系的高度依赖。

图表 25：美国精炼产能空心化，精炼镍锰完全依赖进口

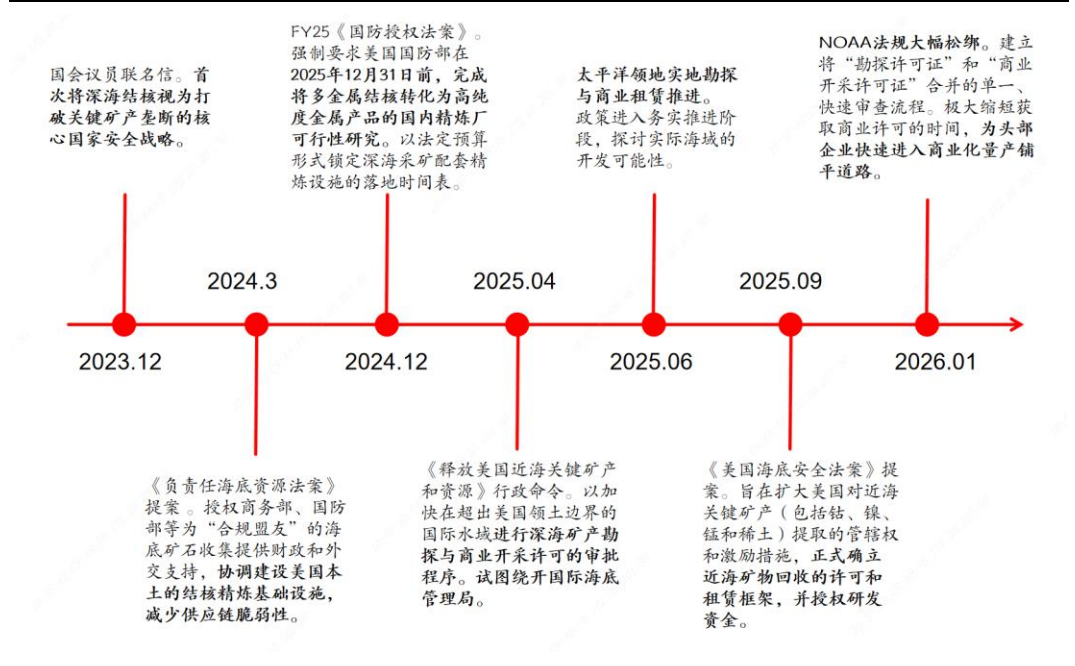


资料来源：IEA 全球关键矿物展望 2025，五矿证券

中美两国在深海采矿领域的政策关注度均有所提升。当前，中美两国正基于各自产业现状与资源安全诉求，出台深海领域的顶层规划与扶持政策。相关政策与陆地矿产供应链短板共同作用，正在推动深海采矿从前期技术与工程探索，逐步向工程化验证和商业化探索阶段推进。

美国聚焦行政法规松绑与精炼产能回流，以政策组合拳加速商业化落地进程。面对本土精炼产能的缺失，美国政策端展现出明确的供应链重塑意图。在行政与监管层面，美国正试图绕开冗长的国际海底管理局（ISA）机制，通过签署专项行政命令及 NOAA（国家海洋和大气管理局）大幅度更新法规，建立将勘探与商业开采合并的单一快速审查通道，实质性地为企业缩短获取商业许可的时间表。在立法与资金支持上，通过 2025 财年《国防授权法案》及海底资源法案，美国不仅明确向“合规盟友”的深海矿石收集提供外交与财政支持，更强制要求推进美国本土结核精炼设施的可行性研究。其核心动作在于，利用政策端为深海高品位矿产开绿灯，并以此为牵引拉动中下游精炼产能向北美本土集中。

图表 26：美国深海采矿政策时间轴



资料来源：美国国会官网、NOAA 官网、美国联邦公报，五矿证券

深海科技被正式纳入国家新兴产业重点领域，全链条商业化应用示范加速推进。 纵观近年来我国深海产业的顶层设计，其宏观定位正在发生实质性跃升。以 2025 年《政府工作报告》将“深海科技”与商业航天、低空经济并列为标志，深海开发确立了其作为国家新兴产业的重点地位。这意味着政策导向正从前期的关键技术攻关，全面转向以量产为目标的大规模应用示范。更为关键的是，近期顶层政策在资金端与产业端释放出积极信号，不仅首次在部委文件中明确将多金属结核采矿车作为牵引装备，更在中央层级定调鼓励引导社会资本入局。这些政策改善了深海采矿板块的中长期发展预期。

图表 27：深海采矿政策梳理

	时间	来源	重点内容
中央财经委员会第六次会议 议题	2025年7月	中央财经委员会	首次将“海洋经济高质量发展”列为独立议题，强调加强顶层设计，加大政策支持力度，鼓励引导社会资本积极参与海洋经济，并要求强化海洋战略科技力量。
政府工作报告（明确新兴产业重点领域）	2025年3月	国务院（政府工作报告）	首次将“深海科技”明确纳入新兴产业重点领域（与商业航天、低空经济并列）。提出开展相关大规模应用示范行动，标志深海科技实现从“工程实施”向“全链条科技驱动”的战略跨越。
《关于推动未来产业创新发展的实施意见》	2024年1月	工信部等七部门	明确提出围绕深部作业需求，以深海多金属结核采矿车等高端资源勘探开发装备为牵引，加快深海潜水器、深海作业装备、深海智能无人平台等研制及创新应用。
《“十四五”海洋经济发展规划》	2021年12月	国家 / 相关部委	加快构建现代海洋产业体系，着力提升海洋科技自主创新能力，协调推进海洋资源保护与开发
“十四五”规划	2021年3月	国家	明确提出瞄准深地深海等前沿领域，实施一批具有前瞻性、战略性的国家重大科技项目，突破深海工程、海洋资源等领域的关键核心技术。

资料来源：中国政府网，工信部、国家发改委等部委官网文件，五矿证券

沿海经济大省密集出台配套政策，跨省协同打通深海采矿“硬件-资金-环保”商业化闭环。当前地方政策已从宏观蓝图转向高靶向性的实质性落地，各省依托自身禀赋形成清晰的产业链分工。在硬件与测试端，山东锁定高性能绿色集矿机研制，浙江向下穿透攻关耐腐蚀管材等底层部件并落地国家级深海试验场，上海则动用专项资金建设国际首套“全系统中试测验平台”，三省协同打通了从核心零部件、单机到全系统联调的制造壁垒。在资本端，深圳不仅将深海采矿纳入专项直补，更设立 15 亿元海洋产业引导基金，为高壁垒初创企业注入关键的长期资本。此外，针对国际海底管理局（ISA）的环保审查红线，海南正构建海洋观测网与环评（EIA）底层数据支撑体系。整体来看，地方政策矩阵已全面覆盖装备制造、资金输血与法理基建，实质性护航深海重装产业跨越技术与合规门槛。

图表 28：各省对深海采矿支持政策

产业支持方向	核心省份及出台时间	政策文件简称	核心落地指引与催化要点
全系统陆地中试与直补	上海 (2024.08)	2024 年度上海市未来产业试验场“揭榜挂帅”深海探采项目	启动建设国际首套“深海矿产资源采掘与分选全系统中试测验平台”（中交疏浚牵头），解决全系统联合测试资金瓶颈，给予最高 800 万元专项资金奖励。
重载采矿硬件研制	山东 (2024.12)	《山东省海洋产业科技创新行动计划（2025-2027 年）》	明确突破多金属结核等高精度勘探，研发智能勘探机器人、高性能绿色集矿机。
专项资金补助与引导基金	广东/深圳 (2025.01)	《2025 年深圳市海洋产业高质量发展专项资金申报指南》等	将深海采矿商业化开发列入专项资金补助对象；并设立 15 亿元海洋产业引导基金，投资领域中加入了深海采矿及作业机器人领域。
核心部件材料与试验场	浙江 (2025.02)	《浙江省海洋科技创新能力提升行动计划》及国家级招标	明确攻关深海采矿装备、抗冲蚀柔性复合管及耐腐蚀轴承技术；自然资源部海洋二所（杭州）正式启动“深海采矿试验场”建设项目。
环境感知与数据基建	海南 (2024.11)	《海南省海洋信息化建设总体方案（2024-2030 年）》	围绕“物联海洋、智能海洋、深海智造”战略目标，构建多维一体观测网，推进深海资源探测与环境影响评价（EIA）底层数据支撑体系建设。

资料来源：上海市经信委、深圳市财政局、山东省科学技术厅、浙江省科技委员会办公室、海南省海洋厅，五矿证券

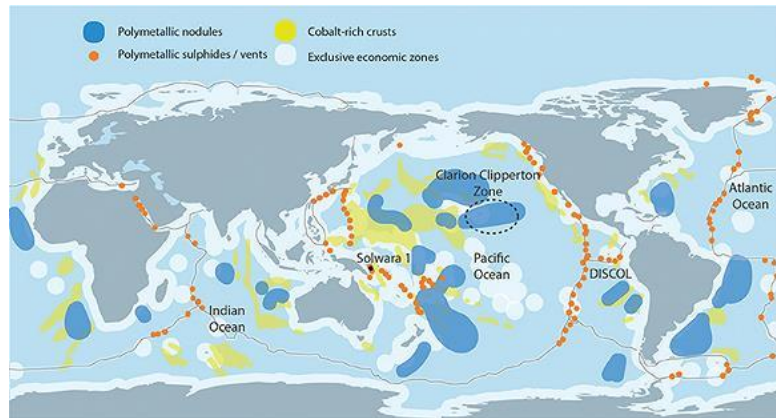
三、商业化进度：太平洋 CCZ 成重点区域，中国加速追赶

国际海底管理局 (ISA) 作为公海矿产开发的核心监管机构，其正在推进出台的《开发规章》构成了深海采矿由勘探迈向商业化开发的关键前置条件。尽管全球头部矿企在采矿车、提升系统等核心硬件上已具备海试能力，但受制于公海开采合法化规则的缺失，大规模商业化进程仍受到制约。随着 ISA 相关规则制定进入冲刺期，深海采矿正加速从前期的勘探确权阶段，向以产能兑现为核心的商业化阶段推进。

矿区分布：资源确权高度集中，太平洋 CCZ 成规模开发首选地

ISA 的勘探许可发放构成了当前全球公海矿产初始确权的核心理体系，多金属结核成为资源布局的主力方向。截至 2024 年底，ISA 共核准发放了 32 份勘探合同，覆盖国际海底矿区总面积达 148 万平方公里。在三大类核心深海矿产中，多金属结核因其地质形态最利于开采、经济性最高，共计获批 19 份合同。从全球空间分布来看，深海资源的地理集中度极高，全球约 68.75% 的获批矿区集中在太平洋克拉里昂-克利珀顿断裂带 (CCZ)。

图表 29：深海矿产分布图,CCZ 区域商业化潜力最大



资料来源：K.Brigden, et al., Frontiers in Marine Science, 2021, 五矿证券

太平洋 CCZ 矿区凭借超 211 亿干吨的结核资源禀赋、极高的品位优势与数据完备度，成为全球率先具备规模化商业开发条件的优质海域。在众多深海盆地中，克拉里昂-克利珀顿断裂带 (CCZ) 具备显著的商业开发优势。其主要优势如下：

(1) 其结核聚集密度全球领先，平均丰度高达约 15 kg/m²，显著高于秘鲁海盆 (约 10 kg/m²) 及南太平洋彭林海盆、印度洋深渊 (约 5 kg/m²) 等潜在区域，有效提升了单次作业的矿石产出率。

(2) CCZ 在核心电池金属的品位上具备比较优势，其镍品位达 1.21%、铜品位达 1.00%、锰品位达 26%，综合品位显著高于以高钴著称 (品位 0.38%) 但其他金属相对匮乏的南太平洋彭林海盆。

(3) CCZ 是目前人类掌握信息最全面、研究最深入的深海地带，包揽了 ISA 核准的 19 个结核合同中的 17 个。

(4) 从储量规模来看，按 ISA Technical Study No.30 对 CCZ 的保守估算，CCZ 多金属结核约 211 亿干吨，含锰约 60 亿吨、镍约 2.7 亿吨、钴约 4400 万吨；对比 USGS 《Mineral Commodity Summaries 2025》陆地储量，钴约 4 倍、锰约 3.5 倍、镍约 2 倍。足以支撑全球多家头部矿企数十年的大规模连续开采。

开采合同结构：承包主体向商业资本演进，中国合同数领跑全球

透过 32 份合同背后的保荐国属性，全球深海资源初始版图已然成型，中国在矿产储备上确立了第一梯队的领先地位。中国目前共持有 5 份国际海底矿区合同，控制勘探面积达 23.48 万平方公里，仅中国五矿所辖的单一多金属结核合同区，其干结核资源量就已探明高达 5.05 亿吨。中国不仅是全球获取矿区数量最多、勘探面积最大的主权国家，也是全球唯一在多金属结核、多金属硫化物与富钴结壳三大矿种上均完成前瞻性布局的经济体。俄罗斯、韩国与印度紧随其后各持有 3 份合同，其中印度近年依托地缘优势将其矿区全部集中于印度洋。相较之下，欧美部分发达国家及依托保荐通道的太平洋岛国构成了第二与第三梯队。穿透其股权与合作协议，其中太平洋与加勒比部分国家实则充当了欧美的主权代持通道，如瑙鲁、汤加、基里巴斯（25 年 1 月终止代持）背后实为加拿大深海采矿巨头 TMC 公司，库克群岛背后是比利时 GSR 公司所属的 DEME 集团，牙买加的核心工程高度绑定瑞士海工巨头 Allseas。这种主权国家正面角逐与跨国资本迂回穿透，明暗交织的资源分配格局，无疑是对深海矿产战略价值最真实的背书

图表 30：ISA 勘探许可发放格局，中国许可最多，多金属结核占比约 60%

排名	国家/实体	多金属结核	多金属硫化物	富钴结壳	合同总计
1	中国	3	1	1	5
2	俄罗斯	1	1	1	3
3	韩国	1	1	1	3
4	印度	1	2	0	3
5	日本	1	0	1	2
6	法国	1	1	0	2
7	德国	1	1	0	2
8	英国	2	0	0	2
9	波兰	0	1	0	1
10	巴西	0	0	1	1
11	比利时	1	0	0	1
12	新加坡	1	0	0	1
13	瑙鲁 (TMC)	1	0	0	1
14	汤加(TMC)	1	0	0	1
15	基里巴斯 (TMC)	1	0	0	1
16	库克群岛 (DEME)	1	0	0	1
17	牙买加(Allseas)	1	0	0	1
18	多国联合	1	0	0	1
	全市场总计	19	8	5	32

资料来源：ISA 官网，五矿证券

注：美国并未上榜，原因在于其至今未通过《联合国海洋公约》，不在 ISA 体系内，在法理上无权向 ISA 申请专属矿区。为获取深海矿产，其一方面利用其他主权国家作为保荐国在 ISA 框架内跑马圈地（如英国获取勘探合同的公司最早实为洛克希德马丁的全资子公司，后期又被其他公司收购）一方面利用国内法绕开 ISA 框架，在太平洋领地（如夏威夷近海）建立独立的海底矿物商业租赁、环境审批与本土精炼体系，意图在国际规则之外强行建立由美国主导的深海关键矿产供应链闭环。

在承包者主体层面，由纯科研导向的非企业实体向具备实质性产业运作能力的企业法人的演进，印证了深海矿产正处于商业化开发的前期。早期 ISA 的勘探合同多由缔约国政府、协会组织或官方科研机构主导，核心诉求以国家战略储备和纯地质勘探为主。随着 CCZ 矿区工程可行性的初步验证，包含国营巨头与私营企业在内的商业资本参与度显著提升。目前，商业主体在多金属结核矿区中的占比已达 63%，且自 2011 年以来新增的 11 块结核矿区承包者全部为自负盈亏、以产业化落地为目标的企业法人（部分国际商业资本正依托太平洋岛国保荐通道入局）。主体的实质性切换，表明深海采矿的行业属性正加速从单纯的地质勘探，

向以资本开支释放和经济回报为导向的商业化阶段过渡，为全产业链工程设备的大规模发包奠定了产业基础。

图表 31：多金属结核承包者主体分类，商业主体占 63%

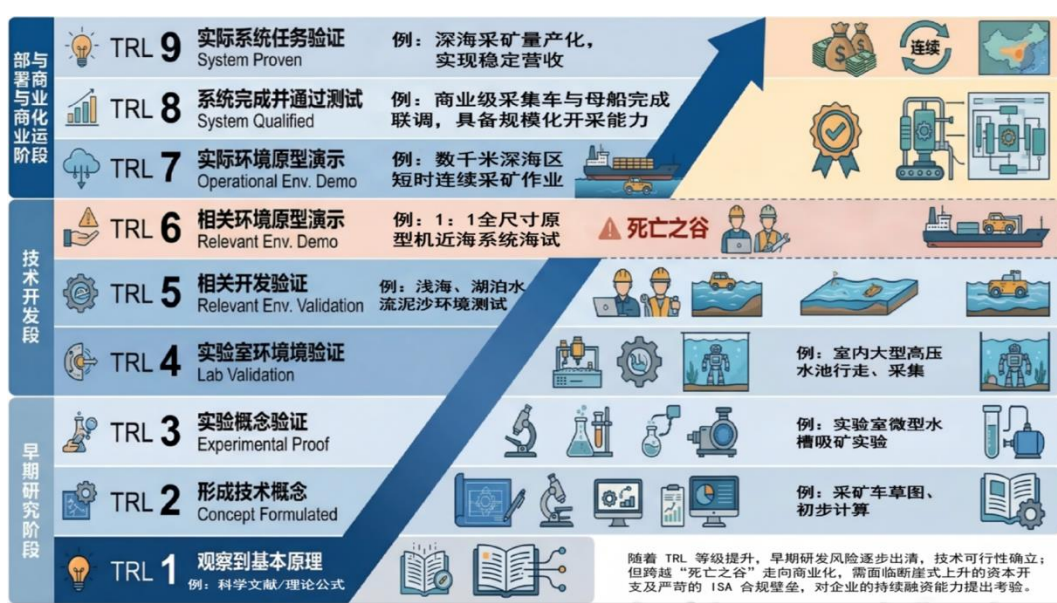
实体属性分类	核心承包者 & 保荐国	获批阶段	核心诉求与商业化特征
一、商业法人与产业资本 (当前占比 63%) 注：2011 年后新增的 11 个承包实体，100%属于此阵营	TMC (The Metals Company) 保荐国：瑙鲁、汤加	2011 年后	纯商业化运作， 预期 2027 年试产 。激进推进单边/多边合规闯关。
	GSR (DEME 集团子公司) 保荐国：比利时	2013 年	依托欧洲老牌海工巨头背景，主攻 Patania 系列深海重型采矿机器人。
	中国五矿、北京先驱 保荐国：中国	2017 年后	国家级商业重装力量。跨越纯科研，转向“全产业链采冶联动”与经济性评估。
	UKSR (现由产业资本 Glomar Minerals 接盘运作) 保荐国：英国	2013 年后	凸显深海矿权的底层资产流动性与商业并购价值 。其深海勘探资产于 2025 年经历市场化重组（由新财团 Glomar 并购接盘），表明深海采矿权已具备资产定价与流转能力。
	OMS (吉宝背景)、CIC (库克群岛与 GSR 合资) 等 保荐国：新加坡、库克群岛等	2015 年后	寻求多元化矿端供给，依托岛国专属经济区或保荐通道入局的国际资本。
二、官方机构与纯科研实体 (当前占比 37%)	中国大洋协会 (COMRA) 保荐国：中国	2001 年	早期深海大洋科考的主力军，已完成大规模环境基线摸底与资源普查。
	Yuzhmoregeologiya (俄) KIOST (韩)、MoES (印) BGR (德)、Ifremer (法) 等	2001 年至 2006 年	主权国家财政托底的官方地质机构，不以短期盈利为目的，核心诉求在于前沿深海装备的技术储备、基线数据积累，以及在全球公海资源的前瞻性战略卡位。

资料来源：国际海底管理局（ISA），各公司官网及财报，五矿证券

落地节奏：北美标杆试产在即，中国正全链路打通，加速产业化进程

深海采矿技术已跨越单体可行性验证阶段，全系统联动海试的成功标志着商业化硬件底座已然成型。从技术成熟度（TRL）演进来看，全球深海采矿正经历从单体测试向工业级全系统联动验证的实质性转变。在这一进程中，全球商业化格局呈现出显著的差异，北美与中国凭借持续的资本投入与技术突破稳步推进，而部分欧洲早期探索国则因环境评估等因素步伐放缓。

图表 32：TRL 等级含义示例



资料来源：NASA TRL 评估标准、五矿证券

北美企业占据显著的商业化先发优势，已率先跨越全系统联动海试阶段，明确锚定 2027 年四季度试产目标。加拿大金属公司（TMC）是目前全球技术成熟度较高（TRL 7 级）的代表企业之一。该公司于 2022 年完成了 4300 米水深的全系统联动采矿试验，展现了 86.4 吨/小时的生产能力。2026 年初，TMC 依托美国国家海洋和大气管理局（NOAA）更新的法规框架，提交了覆盖 6.5 万平方公里的合并申请。目前，TMC 预计在 2027 年第四季度实现商业化生产，为全球深海商业采矿提供了重要的进度参考。

中国处于深海技术第二梯队，正加速推进工业级全系统海试，全力冲刺“十五五”末商业化量产目标。面对深海矿产的战略窗口期，中国正依托核心科研院所与国资企业，迅速构筑起极深水作业的核心装备体系。从技术成熟度（TRL）演进来看，中国已全面跨越前期单机或分系统海试（TRL 4-5）阶段，稳步迈入系统原型典型环境验证（TRL 6-7）阶段。在最核心的重载采矿与扬矿环节，我国取得了极具国际竞争力的工程突破：扬矿输送方面，2021 年中国大洋协会在千米级全系统联动中，扬矿流量达 420m³/h；采矿装备方面，2024 年上海交大“开拓二号”成功突破非金属缆重载布放等关键技术，在 4102 米深海实际采集超 200 千克矿物样品；叠加福建马尾造船厂曾承建全球首艘大型专用深海采矿船（“鸚鵡螺新纪元”号），且中国船舶集团自主完成了“梦娜公主”号母船改装及水下布放回收、输送管集成等核心子系统验证，中国已实质性打通“采-扬-船”的全国产化重型装备矩阵。在合规准入层面，中国提交的《深海采矿环境影响声明》（EIS）正式通过国际海底管理局（ISA）核准，标志着中国企业已具备接轨国际高标准深海环保监管的履约能力。目前，中国五矿集团正稳步推进 5000 至 5500 米级规模化海试攻坚工作；同时，作为其核心技术平台的长沙矿冶院已明确提出，力争在“十五五”末（2030 年前后）支撑集团公司成为国内首个深海采矿商业化企业。

欧日推进节奏呈现显著分化，深海采矿面临工程延期与环境治理的双重考验。相较于北美与中国的稳步推进，其他区域的商业化进度呈现出明显的差异化。欧洲作为深海勘探的先驱，正面临技术延期与环境治理标准收紧的考验。曾位居第一梯队的比利时 GSR 公司，受制于海试工作母船高昂的改造复航成本与国际海底管理局（ISA）规则落地的延期，已将其全系统联动试验从原计划的 2024 年推迟至 2027 年，市场预期其商业化节点将顺延至 2030 年前后；曾于 2024 年初率先开放商业采矿的挪威，也在遭遇环保诉讼后于 2025 年后期实施了深海项目的战略暂停。与此同时，日本出于资源自给诉求，侧重于本国专属经济区（EEZ）内的稀土沉积物开发，已在 2026 年初成功进行了深海稀土试验性开采，计划于 2027 年扩大规模，试图建立稀土的本土供应链。

图表 33：各国技术成熟度与商业化进度

梯队与区域	核心代表实体	技术成熟度(TRL)	核心工程成果	商业化核心节点与最新进展预判
第一梯队 (北美)	加拿大金属公司 (TMC)	TRL 7(全系统作业环境验证)	打通全链条，成功完成4300米水深“采矿车-提升管-水面船”全系统联动海试，实测稳定采集产能达 86.4吨/小时。	进度领先：2026年初提交合并申请，预期 2027年Q4 实现试产。
第二梯队 (中国)	五矿集团、北京先驱等	TRL6向 TRL 7 跃升(系统典型环境验证)	完成千米级采矿系统联动试验4102米深海采矿车重载海试，以系统或分系统原型为载体完成了相关环境验证；	进入系统验证期：ISA环评(EIS)获批；于2025年下半年开展5000米级规模海试，争取 2030年末 量产。
进展分化 (欧洲)	比利时 GSR / 挪威政府	TRL 6(分系统/单机海试通过)	GSR完成集矿机4500米级海底行走与采集试验，但尚未攻克连接水面母船的深海垂直连续提升系统。	面临多重阻力 ：GSR全系统海试推迟至2027年；挪威因环保争议进入战略暂停。
特色战略 (日本)	JOGMEC	TRL 6(分系统典型环境验证)	全球首次完成1600米多金属硫化物与940米富钴结壳开采与2470米深海稀土沉积物的单体试采环境验证。	专注本国海域 ：在2026年初启动专属经济区内的稀土泥试采。

资料来源：TMC 官网、长沙矿冶院官网、ISA 官网、DEME Group 财报及公告、联合国官网、新华网、费龙等《深海多金属结核开采装备技术发展综述》、冯妮等《全球深海矿产资源开发进展与启示 以装备技术为核心》、刘成军等《基于多因素分析的深海矿产资源商业化开采时间节点研判》，五矿证券

四、 结语

镍、铜、锰、钴的资源价值就是深海采矿的核心价值底座。随着新能源产业链对镍、铜、锰、钴等关键金属的需求持续攀升，传统陆地矿山的开发面临成本边际递增与地缘集中度高企的双重约束。深海采矿，特别是具备极高商业转化价值的太平洋 CCZ 多金属结核开发，已经从前期的纯地质科研探索阶段，实质性地跃升为填补未来金属缺口、具备极高战略储备价值的现实可选项。

中美顶层政策的密集共振，佐证了深海矿产开发产业确定性与战略溢价。结合当前产业动态，美国侧重通过行政与监管工具支持本土供应链建设，中国则将深海科技纳入国家宏观规划和新兴产业培育方向。

核心企业的全产业链海试与规则制定正在同步推进，深海采矿逐步进入商业化探索阶段。目前全球深海开发的产业落脚点逐渐清晰，行业量产的时间表正加速兑现。北美 TMC 公司作为第一梯队标杆，披露了 2027 年试产计划；中国企业依托庞大的矿区储备，稳居第二梯队首位并正加速向第一梯队冲刺，积极推进规模化海试。这意味着深海采矿长期的工程瓶颈正被逐步攻克。随着国际海底管理局（ISA）开发规章的推进落地，深海采矿行业正在向商业化探索阶段推进。需注意，上述商业化时间表基于企业当前规划，实际进程存在不确定性。

风险提示:

- 1、政策审批与 ESG 风险： ISA 立法严重拖延、严苛环境基线及环保抗议或致项目停滞与现金流断裂。
- 2、工程失效与宏观波动风险： 深水设备 MTBF（连续无故障运行时间）不及预期，终端需求疲软致底层金属价格大幅下挫。

分析师声明

作者在中国证券业协会登记为证券投资咨询(分析师),以勤勉的职业态度,独立、客观地出具本报告。作者保证:(i)本报告所采用的数据均来自合规渠道;(ii)本报告分析逻辑基于作者的职业理解,并清晰准确地反映了作者的研究观点;(iii)本报告结论不受任何第三方的授意或影响;(iv)不存在任何利益冲突;(v)英文版翻译若与中文版有所歧义,以中文版报告为准;特此声明。

投资评级说明

投资建议的评级标准		评级	说明
报告中投资建议所涉及的评级分为股票评级和行业评级(另有说明的除外)。评级标准为报告发布日后6到12个月内的相对市场表现,也即以报告发布日后的6到12个月内的公司股价(或行业指数)相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准。其中:A股市场以沪深300指数为基准;香港市场以恒生指数为基准;美国市场以纳斯达克综合指数或标普500指数为基准。	股票评级	买入	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报在20%及以上;
		增持	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报介于5%~20%之间;
		持有	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报介于-10%~5%之间;
		卖出	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报在-10%及以下;
		无评级	预期对于个股未来6个月市场表现与基准指数相比无明确观点。
	行业评级	看好	预期行业整体回报高于基准指数整体水平10%以上;
		中性	预期行业整体回报介于基准指数整体水平-10%~10%之间;
		看淡	预期行业整体回报低于基准指数整体水平-10%以下。

一般声明

五矿证券有限公司(以下简称“本公司”)具有中国证监会批复的证券投资咨询业务资格。本公司不会因接收人收到本报告即视其为客户,本报告仅在相关法律许可的情况下发放,并仅为提供信息而发放,概不构成任何广告。本报告的版权仅为本公司所有,未经本公司书面许可,任何机构和个人不得以任何形式对本研究报告的任何部分以任何方式制作任何形式的翻版、复制或再次分发给任何其他人。如引用须联络五矿证券获得许可后,再注明出处为五矿证券,且不得对本报告进行有悖原意的删节和修改。在刊载或者转发本证券研究报告或者摘要的同时,也应注明本报告的发布人和发布日期及提示使用证券研究报告的风险。若未经授权刊载或者转发本报告的,本公司将保留向其追究法律责任的权利。若本公司以外的其他机构(以下简称“该机构”)发送本报告,则由该机构独自为此发送行为负责。

本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断,本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入或将产生波动;在不同时期,本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告;本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时,本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改,投资者应当自行关注相应的更新或修改。

本报告的作者是基于独立、客观、公正和审慎的原则制作本研究报告。本报告的信息均来源于公开资料,本公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证,也不保证所包含信息和建议不发生任何变更。本公司已力求报告内容的客观、公正,但文中的观点、结论和建议仅供参考,不包含作者对证券价格涨跌或市场走势的确定性判断。在任何情况下,报告中的信息或意见不构成对任何人的投资建议,投资者据此做出的任何投资决策与本公司和作者无关。在任何情况下,本公司、本公司员工或者关联机构不承诺投资者一定获利,不与投资者分享投资收益,也不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。本公司及作者在自身所知范围内,与本报告中所评价或推荐的证券不存在法律法规要求披露或采取限制、静默措施的利益冲突。

五矿证券版权所有。保留一切权利。

特别声明

在法律许可的情况下,五矿证券可能会持有本报告中提及公司所发行的证券并进行交易,也可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。因此,投资者应当考虑到五矿证券及/或其相关人员可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突,投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一参考依据。

联系我们

上海	深圳	北京
地址:上海市浦东新区陆家嘴街道富城路99号 震旦国际大厦30楼 邮编:200120	地址:深圳市南山区滨海大道3165号五矿金融大厦23层 邮编:518035	地址:北京市东城区朝阳门北大街3号五矿广场C座3F 邮编:100010

Analyst Certification

The research analyst is primarily responsible for the content of this report, in whole or in part. The analyst has the Securities Investment Advisory Certification granted by the Securities Association of China. Besides, the analyst independently and objectively issues this report holding a diligent attitude. We hereby declare that (1) all the data used herein is gathered from legitimate sources; (2) the research is based on analyst's professional understanding, and accurately reflects his/her views; (3) the analyst has not been placed under any undue influence or intervention from a third party in compiling this report; (4) there is no conflict of interest; (5) in case of ambiguity due to the translation of the report, the original version in Chinese shall prevail.

Investment Rating Definitions

The rating criteria of investment recommendations		Ratings	Definitions
The ratings contained herein are classified into company ratings and sector ratings (unless otherwise stated). The rating criteria is the relative market performance between 6 and 12 months after the report's date of issue, i.e. based on the range of rise and fall of the company's stock price (or industry index) compared to the benchmark index. Specifically, the CSI 300 Index is the benchmark index of the A-share market. The Hang Seng Index is the benchmark index of the HK market. The NASDAQ Composite Index or the S&P 500 Index is the benchmark index of the U.S. market.	Company Ratings	BUY	Stock return is expected to outperform the benchmark index by more than 20%;
		ACCUMULATE	Stock relative performance is expected to range between 5% and 20%;
		HOLD	Stock relative performance is expected to range between -10% and 5%;
		SELL	Stock return is expected to underperform the benchmark index by more than 10%;
		NOT RATED	No clear view of the stock relative performance over the next 6 months.
	Sector Ratings	POSITIVE	Overall sector return is expected to outperform the benchmark index by more than 10%;
		NEUTRAL	Overall sector expected relative performance ranges between -10% and 10%;
		CAUTIOUS	Overall sector return is expected to underperform the benchmark index by more than 10%.

General Disclaimer

Minmetals Securities Co., Ltd. (or "the company") is licensed to carry on securities investment advisory business by the China Securities Regulatory Commission. The Company will not deem any person as its client notwithstanding his/her receipt of this report. The report is issued only under permit of relevant laws and regulations, solely for the purpose of providing information. The report should not be used or considered as an offer or the solicitation of an offer to sell, buy or subscribe for securities or other financial instruments. The information presented in the report is under the copyright of the company. Without the written permission of the company, none of the institutions or individuals shall duplicate, copy, or redistribute any part of this report, in any form, to any other institutions or individuals. The party who quotes the report should contact the company directly to request permission, specify the source as Equity Research Department of Minmetals Securities, and should not make any change to the information in a manner contrary to the original intention. The party who re-publishes or forwards the research report or part of the report shall indicate the issuer, the date of issue, and the risk of using the report. Otherwise, the company will reserve its right to taking legal action. If any other institution (or "this institution") redistributes this report, this institution will be solely responsible for its redistribution. The information, opinions, and inferences herein only reflect the judgment of the company on the date of issue. Prices, values as well as the returns of securities or the underlying assets herein may fluctuate. At different periods, the company may issue reports with inconsistent information, opinions, and inferences, and does not guarantee the information contained herein is kept up to date. Meanwhile, the information contained herein is subject to change without any prior notice. Investors should pay attention to the updates or modifications. The analyst wrote the report based on principles of independence, objectivity, fairness, and prudence. Information contained herein was obtained from publicly available sources. However, the company makes no warranty of accuracy or completeness of information, and does not guarantee the information and recommendations contained do not change. The company strives to be objective and fair in the report's content. However, opinions, conclusions, and recommendations herein are only for reference, and do not contain any certain judgments about the changes in the stock price or the market. Under no circumstance shall the information contained or opinions expressed herein form investment recommendations to anyone. The company or analysts have no responsibility for any investment decision based on this report. Neither the company, nor its employees, or affiliates shall guarantee any certain return, share any profits with investors, and be liable to any investors for any losses caused by use of the content herein. The company and its analysts, to the extent of their awareness, have no conflict of interest which is required to be disclosed, or taken restrictive or silent measures by the laws with the stock evaluated or recommended in this report.

Minmetals Securities Co. Ltd. 2019. All rights reserved.

Special Disclaimer

Permitted by laws, Minmetals Securities Co., Ltd. may hold and trade the securities of companies mentioned herein, and may provide or seek to provide investment banking, financial consulting, financial products, and other financial services for these companies. Therefore, investors should be aware that Minmetals Securities Co., Ltd. or other related parties may have potential conflicts of interest which may affect the objectivity of the report. Investors should not make investment decisions solely based on this report.

Contact us

Shanghai

Address: 30/F, Zhendan International Building, No.99 Fucheng Road, Lujiazui Street, Pudong New District, Shanghai
Postcode: 200120

Shenzhen

Address: 23F, Minmetals Financial Center, 3165 Binhai Avenue, Nanshan District, Shenzhen
Postcode: 518035

Beijing

Address: 3/F, Tower C, Minmetals Plaza, No.3 Chaoyangmen North Street, Dongcheng District, Beijing
Postcode: 100010