

# 未来材料巡礼之深海采矿新材料 2：经济性、资本开支结构特征与产业价值量

有色金属

评级：看好

日期：2026.07.08

分析师 黄梓钊

登记编码：S0950523120001

☎：0755-2835316

✉：huangzizhao@wkzq.com.cn

## 报告要点

深海采矿作为重资产、高风险的前沿产业，其经济性一直是市场关注的核心。我们以行业中产业化步伐领先的公司为例，围绕该产业经济性、资本开支结构特点与产业价值量估算三个领域，总结深海采矿产业具备以下特征：

### 经济性：

- 1) **高品位、多金属共采带来的成本优势明显。**低成本优势主要来自副产品抵扣。按照矿业项目常用的副产品抵扣法，在将铜、钴、锰等副产品收入抵扣运营成本后，TMC 项目以镍为主导商品计算的 C1 现金成本约为 1,065 美元/吨镍，折合约 0.48 美元/磅镍。居全球镍行业成本曲线左端。
- 2) **轻资产合作开发模式降低项目启动门槛。**TMC 并未采取全链条重资产自建模式，而是通过“前端海工外包+后端加工代工”降低早期资本压力。该模式将传统矿业项目中集中爆发的前期 CAPEX，拆分为“首套系统验证—多船扩产—运营期支付”的节奏，使资源方能够以更低初始投入推进商业化落地。
- 3) **项目资本回报率可观。**根据 TMC 披露的 PFS 文件，其标杆项目的财务模型，在 8%折现率下的税后 NPV 为 55.08 亿美元，内部收益率（IRR）为 26.8%，静态投资回收期 7 年。**PFS 文件的压力测试显示核心产品价格下跌 20%，项目具备一定安全垫。**

### 资本开支结构特点：

不仅做海底资源的“收运”者，而要做全链条的运营者。TMC 全生命周期资本支出 65.83 亿美元，其中美国湿法精炼厂开支 44.26 亿美元，占比 67%，体现了项目“探—采—扬—船—运—冶—监”全链条布局；全生命周期营运支出 399.78 亿美元，加工成本+收集成本两项科目合计支出 256.66 亿每年，合计占运营支出约 65%，体现了 TMC 的将部分冶炼加工、海工扩产和系统使用支出转移到外部合作方和运营期成本中确认的轻资产合作模式。

### 远期市场空间测算：

行业空间具备千亿美元潜力。基于 TMC 披露的 DPS 中提到的资本开支结构，我们基于全球 19 份结核合同测算，对应的市场空间将有望达 1067 亿美元。

（注：该测算基于合同面积线性外推的理论上限，实际释放节奏取决于监管推进、合同区开发进度等因素。）

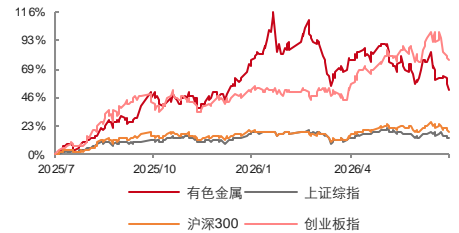
### 展望产业趋势与节奏：

合规进程加速落地，产业在 2027 有望实现商业化生产。当前，制约行业的《开发规章》已具备不可逆的法理与现实推力，叠加美国实质性绕开多边程序、以单边快速审查（NOAA）松绑审批，构筑了极强的政策托底预期。产业端，以 TMC 为代表的头部矿企计划 2027 年启动商业化生产。

- 风险提示：**
- 1.政策多边合规进度不及预期风险。
  - 2.核心工艺闭环未经工业级验证风险。
  - 3.副产品消纳不及预期风险。
  - 4.终端技术路线更迭风险。
  - 5.核心装备可靠性不及预期风险。

### 行业表现

2026/7/8



资料来源：Wind，聚源

### 相关研究

- 《有色月跟踪：供需共振，驱动“算力金属”钽价值重塑》(2026/7/6)
- 《矿业巨头启示录之七：惠顿贵金属，金属流模式的极致演绎》(2026/6/12)
- 《津巴布韦锂矿干股博弈：以税换股或为中性感——津巴布韦战略矿产事件点评》(2026/6/8)
- 《盈利跃升，资源为王——2025 年及 2026 年 Q1 有色金属板块财报分析》(2026/6/8)
- 《镁电驱技术迭代突破 产业消费规模扩容——新能源汽车新材料研究之九》(2026/5/26)
- 《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》(2026/5/26)
- 《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)

## 内容目录

一、 经济性：以 TMC 项目为样本勾勒深海采矿的商业化基础.....	3
高品位、多金属共采带来的成本优势 .....	3
轻资产合作开发模式：海工系统与冶炼加工通过租赁/合作模式，降低项目前期资金压力 .....	4
项目回报：产品去化、现金流回正与压力测试共同支撑可观的项目回报.....	5
二、 资本开支结构特点：不仅做海底资源的“收运”者，而要做全链条的运营者.....	8
硬件制造端：首套生产船系统 4.68 亿美元，三大核心硬件占近七成.....	11
长周期运营端：环保监管催生 5.7 亿美元海洋环境监测与智能科考服务需求.....	13
三、 远期市场空间测算：基于全球 19 份合同外推，具备千亿级美元市场空间.....	14
四、 产业趋势研判：合规进程加速落地，2027 年投产节点倒逼实体订单前置 .....	15
风险提示 .....	16

## 图表目录

图表 1：原矿金属价值占比，镍占比最高，副产品价值占比超过一半.....	3
图表 2：深海采矿镍 C1 成本仅 0.48 美元/磅，位于成本曲线左侧.....	4
图表 3：TMC 合作模式 .....	5
图表 4：TMC 项目核心财务指标 .....	6
图表 5：三阶段产品与销路.....	6
图表 6：三阶段单吨营收.....	7
图表 7：TMC 项目产能扩张路径，3、4 年后续系统陆续投产，产能爆发.....	7
图表 8：第 7 年开始现金流回正，累计自由现金流约 200 亿美元.....	7
图表 9：敏感性分析，硫酸镍与锰产品价格波动影响最大.....	8
图表 10：TMC 项目支出结构总览 .....	9
图表 11：陆地精炼厂支出前置，占项目资本九成.....	10
图表 12：运营支出构成与收集成本拆解，加工与收集合计占 65%，后续系统回收费占收集成本约 39%.....	11
图表 13：首套生产船系统价值构成，三大核心硬件占比近七成 .....	12
图表 14：子系统维保成本构成（单位:亿美金） .....	13
图表 15：仅考虑生产船系统设备的千亿美元产业链规模外推表（单位：亿美元） .....	14

## 一、经济性：以 TMC 项目为样本勾勒深海采矿的商业化基础

TMC (The Metal Company) 是目前全球深海采矿商业化推进较快的公司之一，其 NORI-D 项目为观察深海多金属结核的经济性提供了较好的样本。从该项目披露的财务模型看，深海采矿的经济性主要体现在三点：一是高品位、多金属共生带来较充沛的单位矿石收入，副产品抵扣后，整体项目的成本位于行业较低成本区间；二是轻资产合作开发模式降低了公司前期资本压力，提高了项目启动可行性；三是整个项目的经济性模型，体现出较强资本回报能力，NPV、IRR、投资回收期等核心指标均具备吸引力。

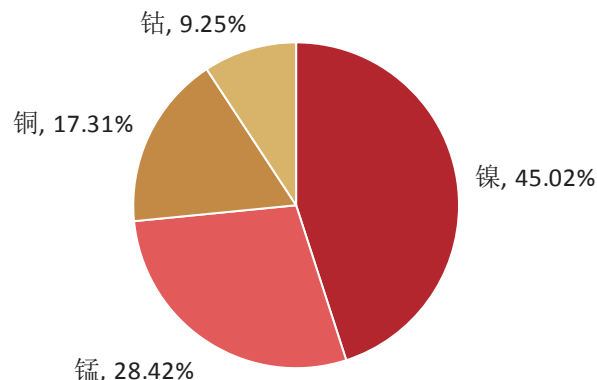
### 高品位、多金属共采带来的成本优势

深海采矿天然面临原矿含水率高、运输距离远和作业环境复杂的成本压力，TMC 项目的经济性突破口在于用高品位和多金属收入覆盖这部分劣势。深海多金属结核并不是开采成本天然更低的资源，相反，由于矿体位于远海深水区域，项目需要承担海底采集、垂直提升、远洋运输和海上作业等成本。因此，深海采矿能否跑通，关键不在于“采矿环节便宜”，而在于单位矿石中能够变现的金属价值是否足够高。TMC 项目的资源基础是多金属结核，同一套采集、提升和运输系统可以同时对应镍、锰、铜、钴四类金属收入，这是其摊薄深海作业成本的核心前提。

**高品位：**虽然湿结核含水率约 28%，但较高的干基品位使每湿吨原矿仍能对应较可观的可变现金属量。采出的湿结核天然含有较高水分，模型中按 28% 含水率测算，即 1 湿吨原矿需要折算为约 0.72 吨有效干物质，这会增加运输和处理压力。但 TMC 项目结核干基品位较高，模型中锰、镍、铜、钴干基品位分别约为 31.15%、1.40%、1.14% 和 0.14%。在扣除含水率、冶金回收率和早期中间品折价后，全生命周期平均每湿吨原矿仍可对应约 8.95 公斤镍、6.44 公斤铜、0.68 公斤钴和 221.8 公斤锰。这说明，项目的单位经济性不仅建立在单一镍含量上，而是建立在多金属共同变现的基础上。

**多金属共采：“一主多副”的收入结构使 TMC 项目不孤立依赖镍价，锰、铜、钴合计贡献超过一半单吨价值。**从单吨金属价值贡献看，镍仍是项目最主要的利润来源，贡献约 45.02% 的单吨价值，决定了项目的主要盈利弹性；但锰、铜、钴同样是收入结构中的重要组成部分，分别贡献约 28.42%、17.31% 和 9.25%，三者合计贡献超过一半。锰提供较稳定的基础收入，铜和钴则与电气化、新能源和储能需求相关。因此，TMC 项目更接近一个多金属组合项目，而不是传统意义上的单一镍矿。这种收入结构一方面提高了单位矿石价值，另一方面也降低了项目对单一金属价格波动的依赖。

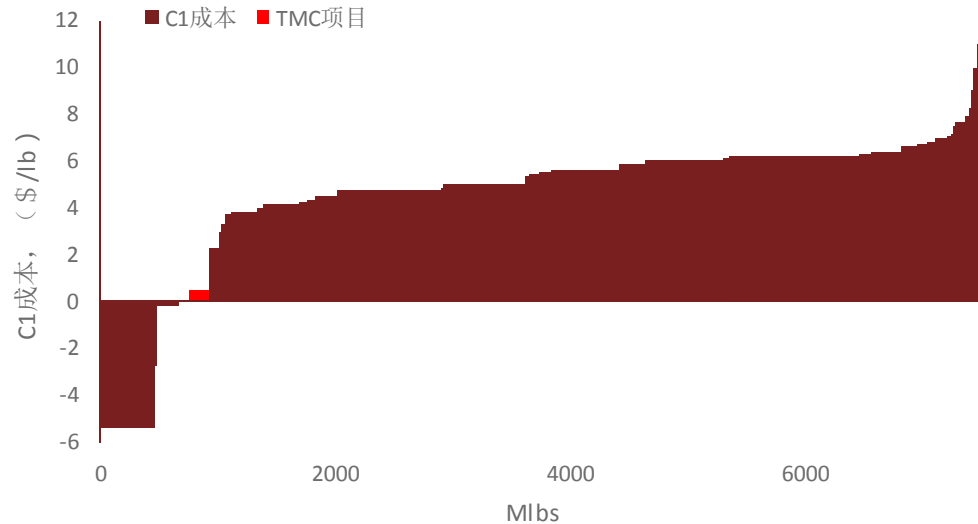
图表 1：原矿金属价值占比，镍占比最高，副产品价值占比超过一半



资料来源：TMC 项目预可行性研究报告，五矿证券研究所

在副产品抵扣后，TMC 项目以镍计的 C1 现金成本约 0.48 美元/磅，有望处于全球镍成本曲线左侧。深海采矿的低成本优势来自副产品抵扣。按照矿业项目常用的副产品抵扣法，在将铜、钴、锰等副产品收入抵扣运营成本后，TMC 项目以镍为主导商品计算的 C1 现金成本约为 1,065 美元/吨镍，折合约 0.48 美元/磅镍。作为对比，印尼红土镍中采用高压酸浸工艺生产 MHP 的综合性工厂 C1 成本约为 9,800 美元/吨镍，而 NPI 和高冰镍路线由于副产品收益较少，C1 成本普遍接近甚至超过 14,700 美元/吨镍。由此看，项目跨越合规和工程验证阶段实现量产，深海多金属结核在产业内具备较强竞争力。

图表 2：深海采矿镍 C1 成本仅 0.48 美元/磅，位于成本曲线左侧



资料来源：TMC 项目预可行性研究报告，Wood Mackenzie，五矿证券研究所\*负成本源于铂钯贵金属产品的抵扣

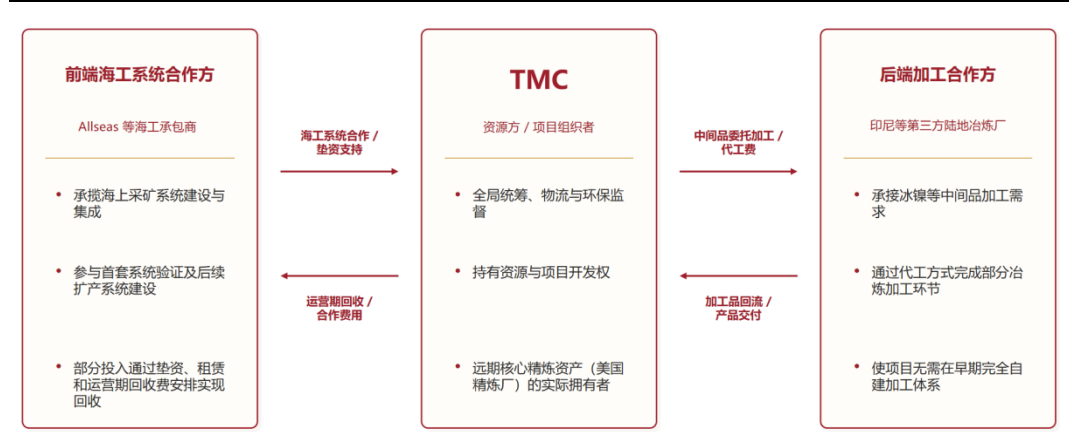
副产品抵扣后的低成本位置，是 TMC 项目区别于传统单一镍矿的重要优势，也使后续产品去化成为验证项目经济性的关键。深海采矿的低成本并不是来自单点采矿环节便宜，而是来自同一套系统同时获取镍、锰、铜、钴等多种金属收入，并通过副产品收入抵扣主产品成本。因此，在确认资源品位和成本位置后，还需要进一步观察这些产品能否在不同阶段顺利进入市场。

### 轻资产合作开发模式：海工系统与冶炼加工通过租赁/合作模式，降低项目

#### 前期资金压力

TMC 的“租赁/合作开发模式”本质上是将前端海工系统和后端冶炼加工交由专业外部方承担，从而降低资源方早期全链条资本开支压力。与传统矿山由资源方自建矿山、加工厂和配套基础设施不同，TMC 更接近“资源方 + 海工承包商 + 第三方冶炼厂”的合作开发模式。前端海上采矿系统由 Allseas 等海工承包商深度参与，部分设备和系统建设通过垫资、租赁和运营期回收收费安排完成；后端加工环节则依赖印尼等第三方陆地冶炼厂承接冰镍代工需求。由此看，TMC 的轻资产特征不是简单“少买设备”，而是把项目启动阶段的大额资本压力分摊到海工承包商、加工代工方和运营期支出中。

图表 3: TMC 合作模式



资料来源: TMC 项目预可行性研究报告, 五矿证券研究所

**前端海工外包使 TMC 可以先完成首套系统验证, 再逐步进入扩产阶段。** 深海采矿商业化早期的核心不确定性, 是海上采矿系统能否稳定完成采集、提升、运输和初步销售验证。如果资源方在尚未完成工程验证前就一次性投入全部采矿系统, 项目风险会集中暴露在建设期。通过与 Allseas 等海工承包商合作, TMC 可以先以首套系统验证工程可行性, 再通过后续系统扩编进入规模化阶段。这种安排相当于将项目推进拆成“先验证、再扩产、运营期回收”的路径, 有助于降低早期融资压力, 也引入了专业海工企业的系统集成和深水作业经验。

**后端加工外包使项目不必在商业化早期完全自建冶炼加工体系。** 深海结核采出后仍需要通过陆地冶炼和精炼环节转化为可销售产品, 而完整自建加工体系会显著抬高项目前期资本压力。TMC 通过第三方冶炼厂承接部分中间品加工需求, 将加工环节的资金压力更多体现为运营期代工费用, 而不是全部前置为资源方自建产能。

### 项目回报: 产品去化、现金流回正与压力测试共同支撑可观的项目回报

**TMC 项目在模型层面体现出较强资本回报能力, NPV、IRR 和投资回收期等核心指标均具备吸引力。** 根据项目财务测算, 在 8% 折现率假设下, TMC NORI-D 项目税后净现值(NPV) 约为 55.08 亿美元, 内部收益率 (IRR) 约为 26.8%, 静态投资回收期约为 7 年。项目全生命周期约 19 年, 预计未折现总收入约为 729.58 亿美元, 其中包含约 31 亿美元资产残值收益; 全生命周期 EBITDA 约为 323.21 亿美元, 对应 EBITDA 利润率约 44%。对于矿业项目而言, 单纯给出高 NPV 和高 IRR 并不足够, 关键还要看收入能否落地、产能能否释放、现金流能否回正。TMC 项目的回报吸引力, 正是建立在前文提到的高品位、多金属收入和低成本位置基础上, 并进一步由产品去化和产能爬坡共同支撑。

图表 4: TMC 项目核心财务指标

指标	数值	说明
税后净现值 (NPV)	55.08 亿美元	基于 8% 折现率
内部收益率 (IRR)	26.80%	基于无杠杆现金流模型
静态投资回收期	7 年	按 2027 年 10 月投产计算
未折现总收入	729.58 亿美元	含约 31 亿美元资产残值收益
全生命周期 EBITDA	323.21 亿美元	反映项目经营现金创造能力
EBITDA 利润率	约 44%	EBITDA / 未折现总收入

资料来源: TMC 项目可行性评估报告, 五矿证券研究所

**三阶段均有较明确的产品去化方案。**TMC 的产品路径采取了“分步走”的收入端兑现路径: 投产前 18 个月, 项目主要产出硅酸锰和镍铜钴初级合金, 其中硅酸锰可以直接外销, 且能够兼容传统硅锰合金配矿和电池材料方向; 镍铜钴初级合金则作为过渡期中间品直接销售, 虽然计价系数相对较低, 但全生命周期产量占比较小, 对整体收益影响有限。第 3 至第 5 年, 项目进入镍铜钴冰镍销售阶段, 该产品可接入现有精炼体系, 项目计划对接淡水河谷、嘉能可、金川集团等具备精炼能力的企业, 并已有嘉能可包销协议作为支撑。第 6 年起, 项目利用自建精炼厂进一步产出阴极铜、电池级硫酸镍和硫酸钴, 产品更接近终端材料, 可直接面向电动车、储能、电网和电池材料需求。由此看, TMC 在不同阶段均设置了相对清晰的商业变现路径。

图表 5: 三阶段产品与销路

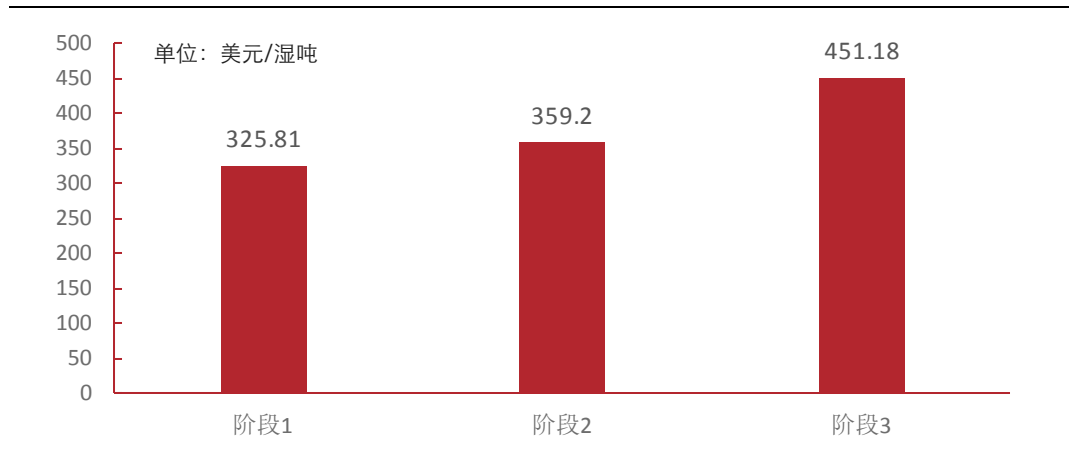


资料来源: TMC 项目预可行性研究报告, 五矿证券研究所

**产品形态分阶段调整, 带动单吨收入提升。**从测算结果看, TMC 项目全生命周期平均每湿吨结核毛收入约为 425.7 美元。分阶段看, 第一阶段主要销售硅酸锰和镍铜钴初级合金, 单吨收入约为 325.81 美元/湿吨; 第二阶段销售镍铜钴冰镍等中间品, 单吨收入提升至约 359.2 美元/湿吨; 第三阶段产出电池级硫酸镍、硫酸钴和阴极铜后, 单吨收入进一步提升至约

451.18 美元/湿吨。扣除远洋物流、采集、加工等运营支出后，每湿吨结核 EBITDA 约为 197 美元。因此，三阶段产品路径不仅说明“产物卖得出去”，也说明随着产品从早期间品升级为更接近终端需求的材料形态。

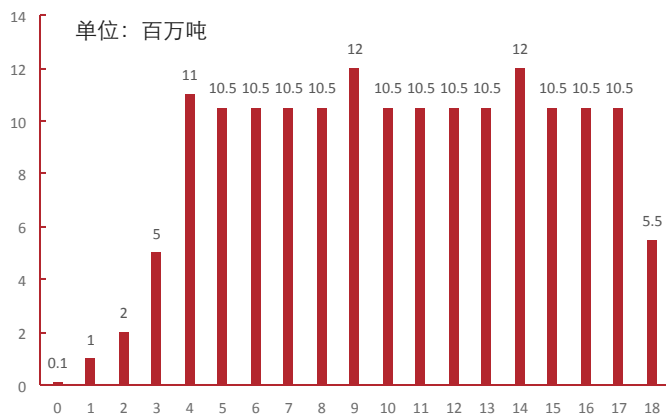
图表 6：三阶段单吨营收



资料来源：TMC 项目预可行性研究报告，五矿证券研究所

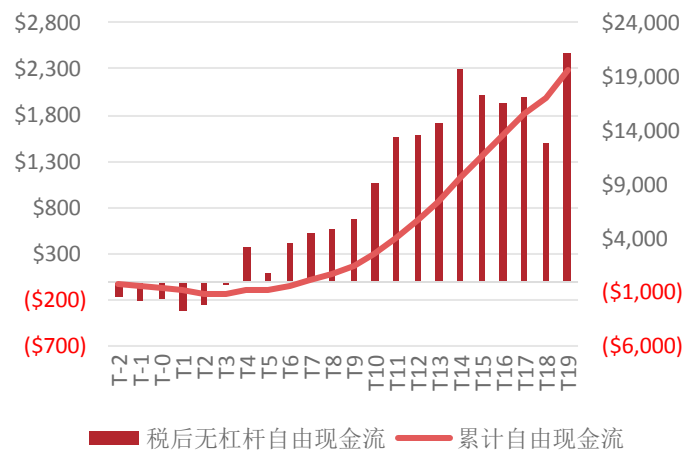
**产能爬坡推动现金流改善，第 4 年放量和第 7 年累计回正是项目回报兑现的关键节点。** TMC 项目与传统矿业项目类似，采取采矿系统分阶段投放的方式。投产前三年，项目主要完成首套系统验证和产能爬坡，年采掘量逐步提升至约 500 万湿吨；第 4 年，随着后续系统投入，年采掘量提升至 1000 万吨以上，稳态运行区间约为 1050 万至 1200 万湿吨/年。现金流也随产能节奏变化：投产初期，受首套系统投入、运营成本和产能爬坡压力影响，项目累计自由现金流短期承压，并在第 3 年触底，资金缺口约为 12.1 亿美元；随着第 4 年产能放量，项目当期现金流开始转正，并在第 7 年左右实现累计现金流回正。进入稳态运行后，项目单年最高自由现金流一度超过 22 亿美元，至第 19 年项目期末及残值清算后，累计税后无杠杆自由现金流约为 195.3 亿美元。

图表 7：TMC 项目产能扩张路径，3、4 年后续系统陆续投产，产能爆发



资料来源：TMC 项目预可行性研究报告，五矿证券研究所

图表 8：第 7 年开始资金流回正，累计自由现金流约 200 亿美元

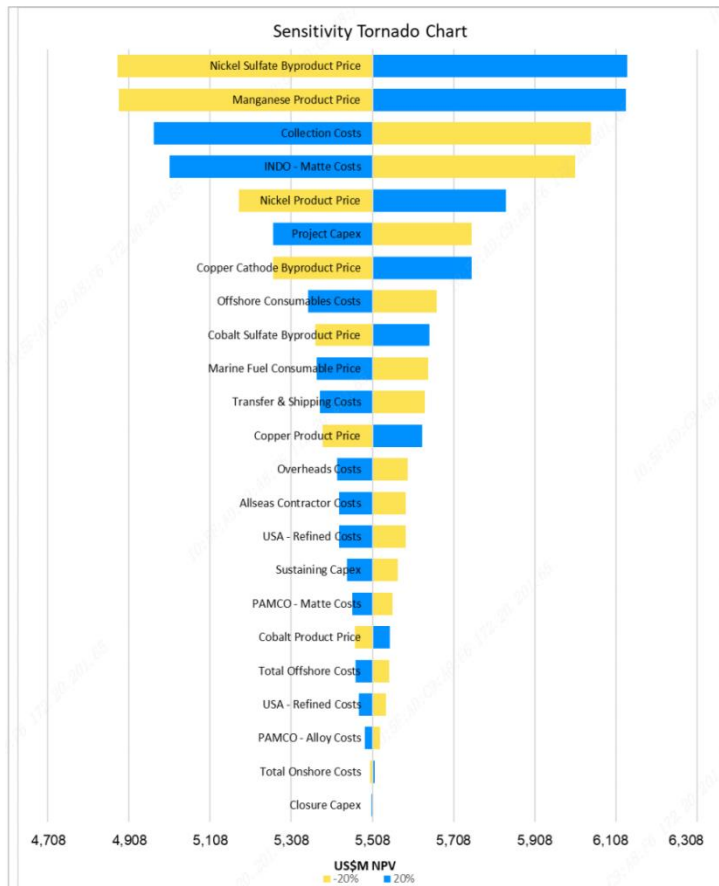


资料来源：TMC 项目预可行性研究报告，五矿证券研究所

**压力测试显示核心产品价格下跌 20%，项目仍然具备一定安全垫。** TMC 项目敏感性分析显示，项目对硫酸镍和锰产品价格最为敏感，这与其收入结构相符：镍贡献主要利润弹性，锰贡献重要基础收入，因此二者价格变化会显著影响项目净现值。不过，即使在核心产品价格下跌 20% 的压力情景下，项目税后 NPV 仍能维持在 49 亿美元以上，尚未触及盈亏平衡红线。相较部分 C1 成本处于较高位置的 NPI 和高冰镍产能，TMC 项目由于副产品抵扣后

成本较低，价格下行时抗压能力相对更强。这一结果说明，在现有模型假设范围内，项目并非只在乐观价格情景下才具备投资吸引力。

图表 9：敏感性分析，硫酸镍与锰产品价格波动影响最大



资料来源：TMC 项目预可行性研究报告，五矿证券研究所

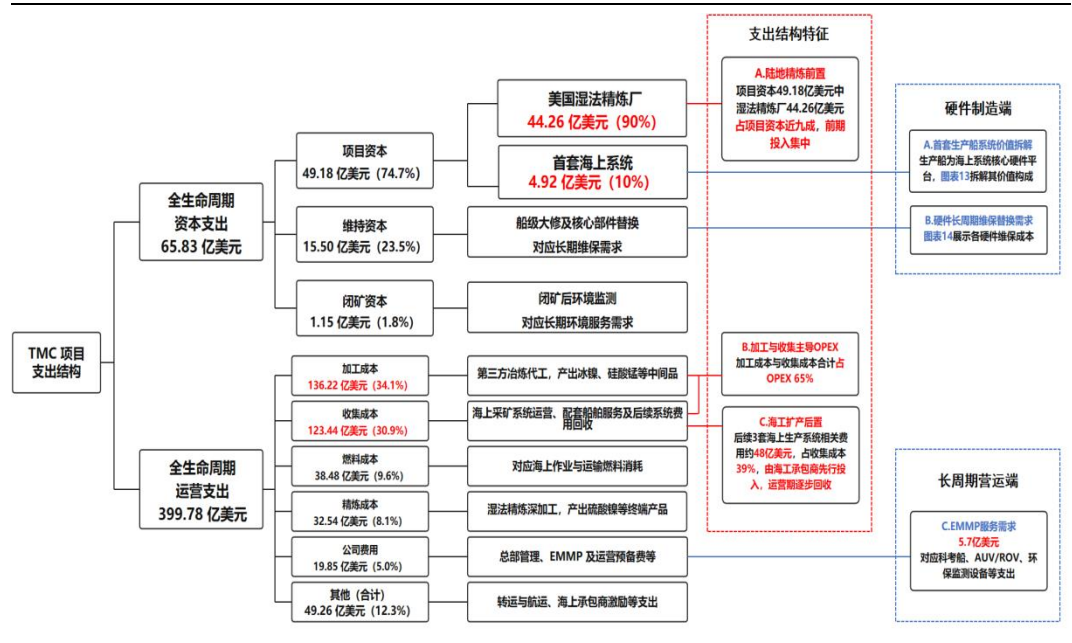
## 二、 资本开支结构特点：不仅做海底资源的“收运”者，而要做全产业链的运营者

深海采矿是典型的海陆协同工程，作业链条可概括为“探—采—扬—船—运—冶—监”：前期勘探确定资源覆盖率与品位，海底采集系统完成结核采集，立管和提升系统将矿浆送至海面，生产船完成脱水、暂存和作业控制，转运船和散货船负责海陆运输，陆地冶炼与精炼体系将中间品进一步转化为可销售产品，环境监测则贯穿项目全生命周期。相比传统陆地矿山，深海采矿的支出结构不只是矿山建设投入，而是由海工系统、船舶运输、陆地加工精炼、设备维保和环保监测共同构成。

从支出口径看，TMC 项目主要由两类资金流构成：一类是全生命周期资本支出，包括项目资本、维持资本和闭矿资本；另一类是全生命周期运营支出，包括加工成本、收集成本、燃料成本、精炼成本、公司费用及其他支出。

下文将先从项目资本和全生命周期运营支出的总量结构出发，说明 TMC 支出结构中的陆地精炼前置、海工扩产后置以及加工与收集主导运营支出三个特征；随后进一步拆解生产船系统价值构成与 EMMP 费用，穿透到硬件制造端和长周期运营端两个映射方向。

图表 10: TMC 项目支出结构总览



资料来源: TMC 项目预可行性研究报告, 五矿证券研究所

## 全生命周期资本开支: 美国本土陆地精炼厂项目建设与投入是核心

全生命周期资本支出中, 项目资本主要投入于陆地精炼厂建设, 该项目占全生命周期资本开支超 6 成。TMC 项目全生命周期资本支出约 65.83 亿美元, 其中项目资本约 49.18 亿美元, 占全生命周期资本支出的约 74.7%。在项目资本中, 美国湿法精炼厂投入约 44.26 亿美元, 占项目资本近九成; 首套海上系统约 4.92 亿美元, 占项目资本约一成。从建设期项目资本口径看, TMC 项目全生命资本开支重头, 并不是主要集中在海上采矿系统, 而是集中在美国湿法精炼厂建设上。

这种结构与 TMC 的三阶段产品路径契合。项目早期可以通过第三方冶炼代工销售硅酸锰、镍铜钴初级合金和冰镍等中间品; 但第 6 年以后, 项目计划通过自建湿法精炼厂进一步产出阴极铜、电池级硫酸镍和硫酸钴等更接近终端需求的产品。陆地精炼厂的前置投入, 实质上是在为后期产品从中间品向电池材料和阴极铜升级做准备, 经过后端精炼加工, 单吨收入将从第二阶段的约 359.2 美元/湿吨提升至第三阶段的约 451.18 美元/湿吨。

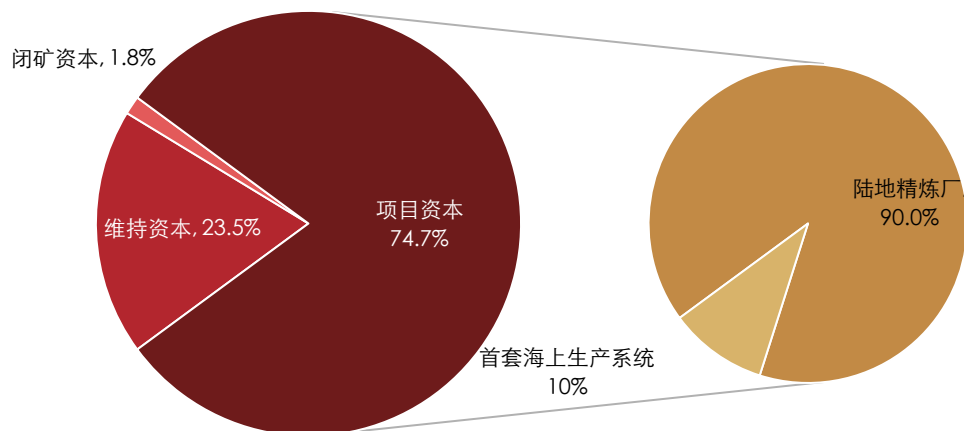
图表 11：陆地精炼厂支出前置，占项目资本九成

母图：全生命周期资本支出结构

分母：65.83 亿美元

子图：项目资本拆分

分母：49.18 亿美元

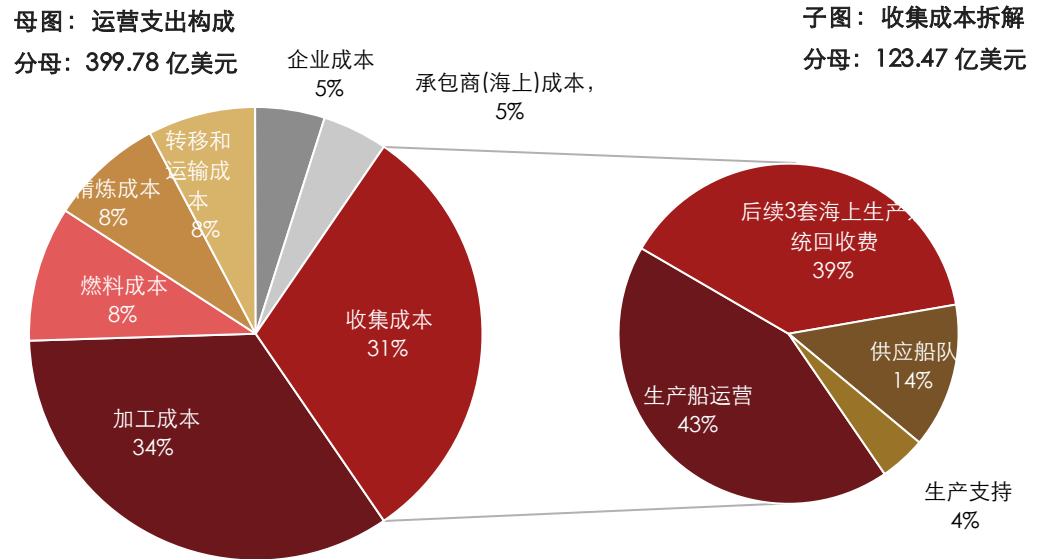


资料来源：TMC 项目预可行性研究报告，五矿证券研究所

海工扩产并未完全体现在初始项目资本中，海工承包商先行承担，后续系统通过收集成本回收。首套海上系统投入约 4.92 亿美元，只对应项目早期的首套系统验证，并不代表后续多船扩产所需的全部海工投入。项目由单船系统向四船满产扩张过程中，后续 3 套海上生产系统并未作为 TMC 初始项目资本一次性投入，而是由海工承包商先行承担，再在运营期通过收集成本中的系统资本回收费逐步回收。按 PFS 测算，后续 3 套系统资本回收费合计约 48 亿美元，占收集成本约 39%。

这意味着，TMC 的海工投入不能只看项目资本中的首套海上系统金额。首套系统更多承担工程验证和商业化启动功能；后续扩产系统则通过承包商矿山模式进入运营期成本。该安排降低了资源方在项目初期一次性承担全部海工系统建设的资金压力，但并不意味着海工设备价值量较低。相反，从产业链角度看，只要项目要实现四船满产，就仍然需要生产船、转运/支持船、立管与空压机组、水下采集车、收放系统、脐带缆等完整海上生产系统。差异在于，这部分支出从资源方前期项目资本中部分后移至运营期收集成本确认。

图表 12: 运营支出构成与收集成本拆解, 加工与收集合计占 65%, 后续系统回收费占收集成本约 39%



资料来源: TMC 项目预可行性研究报告, 五矿证券研究所

加工与收集成本合计占运营支出约 65%，是运营期资金流出的两大主要科目。TMC 项目全生命周期运营支出约 399.78 亿美元。其中，加工成本约 136.22 亿美元，占运营支出 34.1%；收集成本约 123.44 亿美元，占运营支出 30.9%；两者合计约 259.66 亿美元，占运营支出约 65%。相比 65.83 亿美元的全生命周期资本支出，接近 400 亿美元的运营支出是项目资金流出的更大部分，而加工和收集则是其中最核心的两项。

加工成本主要对应第三方冶炼代工，即将采集后的结核处理为冰镍、硅酸锰等中间品。它和精炼成本需要区分：加工成本更偏向“结核到中间品”的代工处理，贯穿项目全生命周期；精炼成本约 32.54 亿美元，占运营支出约 8.1%，更偏向后端湿法精炼深加工，对应硫酸镍、硫酸钴和阴极铜等终端产品。收集成本则对应海上采集系统运营、配套船舶服务和后续系统费用回收。因此，加工与收集成本占据运营支出主导地位，体现了 TMC 的将部分冶炼加工、海工扩产和系统使用支出转移到外部合作方和运营期成本中确认的轻资产合作模式。

### 硬件制造端：首套生产船系统 4.68 亿美元，三大核心硬件占近七成

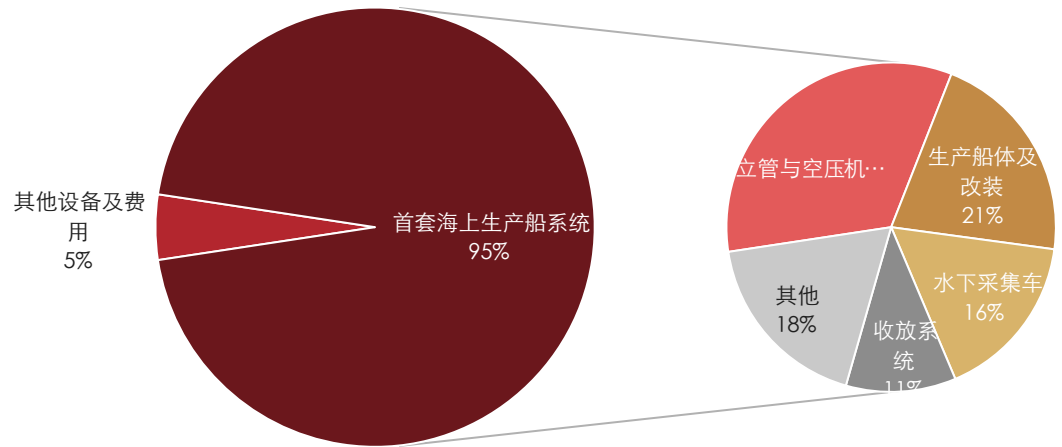
硬件制造端通过拆解生产船系统价值构成，识别深海采矿资本支出最容易外溢到哪些高壁垒装备和工程能力。首套生产船系统总价约 4.68 亿美元，其中立管与空压机组占系统价值约 33.4%，对应金额约 1.56 亿美元，是单项价值量最高的环节；生产船体改装占比约 21.2%，对应金额约 1 亿美元；水下采集车占比约 16.5%，对应金额约 0.77 亿美元。三者合计占首套系统价值量的七成左右，说明前端海工硬件支出并非平均分布，而是集中在深水提升、海工平台集成和水下智能装备三类能力上。

(注：首套系统生产船体由现有生产船改造因而占比较低，后续单套生产船系统价格在 6.7 亿美元左右，生产船占比可能超过立管与空压机组)

图表 13: 首套生产船系统价值构成, 三大核心硬件占比近七成

母图: 首套海上系统构成  
分母: 492M 美元

子图: 首套生产船系统拆分  
分母: 468.4M 美元

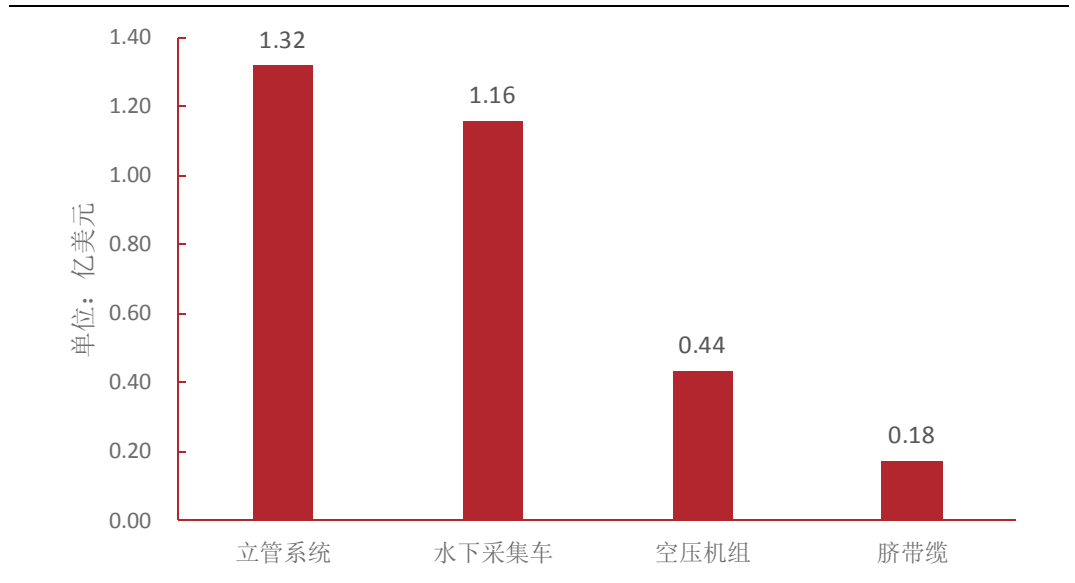


资料来源: TMC 项目预可行性研究报告, 五矿证券研究所

三大核心环节分别对应深水提升、海工系统集成和水下智能装备三类高壁垒能力。立管与空压机组对应数千米水深下的连续提升能力, 对材料强度、密封、抗疲劳和动力系统稳定性要求较高; 生产船体改装对应海上作业平台的系统集成能力, 需要将提升、收放、脱水暂存、动力控制等多套系统集成到远海作业平台; 水下采集车对应深海机器人和水下作业装备能力, 对控制系统、传感器、耐压耐腐材料和复杂海底环境可靠性要求较高。由此看, 这三类环节是前端海工硬件最主要的资金入口, 也为后续筛选产业链受益方向提供了依据。

维保替换数据进一步说明, 核心硬件具备较大的产业后市场价值。除首套系统采购和后续扩产复制外, 深海严苛工况还会带来持续性的设备大修、替换和备件需求。TMC 模型中单列约 15.5 亿美元维持资本, 用于 4 艘生产船每 5 年一次的船级大修总包, 单次单船大修成本约 1.55 亿美元。进一步看, 设计寿命约 5 年的立管系统与脐带缆, 全生命周期综合替换成本分别约为 1.32 亿美元和 1750 万美元; 设计寿命约 10 年、每 5 年需强制大修的水下采集车与空压机组, 对应维保包成本分别约为 1.16 亿美元和 4350 万美元。由此看, 立管、脐带缆、水下采集车和空压机组等核心部件的价值并不止于初始采购, 还会通过定期大修、替换和备件供应持续释放。

图表 14：子系统维保成本构成（单位:亿美金）



资料来源：TMC 项目预可行性研究报告，五矿证券研究所

### 长周期营运端：环保监管催生 5.7 亿美元海洋环境监测与智能科考服务需求

海洋环保监测在 TMC 单体项目中并非最大支出项，但其独立预算和全周期属性，使其成为深海采矿区别于传统矿业的新增支出环节。与陆地矿山相比，深海采矿需要持续评估海底扰动、沉积物羽流、生物影响和水体变化等问题，相关工作贯穿资源调查、试采、商业化生产和后续复核。对项目方而言，环保监测不是可选项，而是获得许可、维持运营和扩大产能的合规前提。因此，虽然其金额低于加工成本和收集成本，但它对应的是一套独立于采矿、运输和冶炼之外的长期服务体系。

TMC 项目单列约 5.70 亿美元 EMMP (环境管理与监测计划)预算，资金主要流向科考船、环境监测人员、AUV/ROV 和深海探测设备。这部分支出不直接参与金属采掘，却决定项目能否满足 ISA 等监管机构对环境基线、生产扰动和生态影响评估的要求。具体来看，EMMP 预算覆盖专用科考船长期租赁、海上燃料、环境监测团队、AUV、ROV、传感器及其他深海探测设备部署。相比一次性设备采购，环保监测更偏“设备 + 人员 + 船舶 + 数据服务”的综合服务包，具有持续发生、周期较长和监管驱动的特点。

若深海采矿从单个项目走向规模化开发，环保监测和智能科考服务有望从项目合规成本扩展为长周期服务。单个 TMC 项目已经对应数亿美元级别 EMMP 预算，未来随着更多矿区进入环境基线调查、试采验证和商业化运营阶段，科考船运营、AUV/ROV、水下传感器、声学探测、生态数据平台和第三方环境评估需求将同步增加，带来海洋装备、智能探测和环境数据服务等增量方向。

### 三、远期市场空间测算：基于全球 19 份合同外推，具备千亿级美元市场空间

**还原真实设备需求，单一标准合同区块需要 12 套海工系统。** 在前文支出结构中，TMC 通过承包商垫资、系统资本回收等方式，将一部分海工扩产投入从前期 CAPEX 转入运营期 OPEX。但从产业链角度看，财务处理方式并不改变底层设备需求。只要项目要实现满产，就必须配置相应数量的生产船、立管与空压机组、水下采集车、收放系统、脐带缆等海上生产设备。以 TMC 标杆项目为基准，仅 NORI-D 矿区实现千万吨级满产就需要 4 套完整海上生产系统。与此同时，NORI-D 矿区实际面积仅约占 TMC 持有的 ISA 单份标准勘探合同面积的三分之一。据此推算，如果一份标准合同区块要实现全面商业化满负荷开发，大致需要 12 套独立海上生产系统。

**按照首套系统全口径造价约 4.68 亿美元测算，单份标准勘探合同对应约 56.2 亿美元前端硬件采购需求，全球 19 份结核合同对应的海上生产系统理论空间约 1,067.95 亿美元。** 具体计算上，一套海上生产系统造价约 4.68 亿美元，一份标准合同区块对应 12 套系统，因此单份合同区设备空间约 56.2 亿美元；若按现有牌照面积进行线性外推，仅 CCZ 核心区域 17 份多金属结核合同，就对应约 955 亿美元的海上设备初始需求；放眼全球 19 份结核合同，整体海上生产系统 TAM（理论物理资本开支上限）约为 1,067.95 亿美元。进一步按首套系统价值构成比例拆分，立管与空压机组对应空间超过 356 亿美元，生产船体改装对应空间超过 226 亿美元，水下采集车对应空间超过 176 亿美元，三者合计超过 750 亿美元，是海上生产系统设备空间中价值量最高、技术壁垒最突出的部分。需要注意的是，该测算只覆盖海上生产系统设备，不包括陆地精炼厂建设、加工代工费和环保监测服务等其他支出，反映的是全球结核合同充分开发情景下的长期设备空间上限，并不代表短期订单预测。

（注：1、首套系统生产船体由现有生产船改造因而占比较低，后续单套系统价格在 6.7 亿美元左右，但没有具体设备资本支出构成，因此采用首套系统价格测算，相对保守。注 2：该测算基于合同面积线性外推的理论上限，实际释放节奏取决于监管推进、合同区开发进度等因素。）

图表 15：仅考虑生产船系统设备的千亿美元产业链规模外推表（单位：亿美元）

初始资本支出	1 套系统	1 矿区（4 套系统）	1 份合同（按面积×3）	CCZ 区域 17 份合同	全球 19 份合同
立管与空压机组	1.563	6.252	18.756	318.852	356.364
生产船体及改装	0.994	3.976	11.928	202.776	226.632
水下采集车	0.774	3.096	9.288	157.896	176.472
收放系统	0.506	2.024	6.072	103.224	115.368
间接费用与调试	0.485	1.94	5.82	98.94	110.58
备件	0.241	0.964	2.892	49.164	54.948
脐带缆	0.12	0.48	1.44	24.48	27.36
总计	4.684	18.736	56.208	955.536	1067.952

资料来源：TMC 项目预可行性研究报告，五矿证券研究所，注：该测算基于合同面积线性外推的理论上限，实际释放节奏取决于监管推进、合同区开发进度等因素。

**环保监测与智能科考服务的远期空间在百亿美元级别。** 深海采矿涉及海底扰动、沉积物羽流、生物影响和水体变化等环境问题，项目从环境基线调查、试采验证到商业化运营和后续复核，都需要持续投入科考船、AUV/ROV、水下传感器、环境监测人员、海上燃料和数据评估服务。以 TMC NORI-D 项目为例，其 EMMP 预算约为 5.70 亿美元；但在另一份 2037 年项目规划中，NORI-A、NORI-B、NORI-C 以及 TOML-A 至 TOML-F 共 9 个区块、总

面积达到 124,381 平方公里，对应全生命周期海上活动/EMMP 预算总额为 8.29 亿美元。这说明环保监测成本并不随合同区面积简单线性放大，而更取决于实际作业区、监测方案、船期安排、设备共享和监管要求。因此，保守估计，以 NORI-D 矿区 EMMP 预算作为单份合同环保支出参考，外推全球 19 份结核合同，海洋环境综合监测与智能科考服务远期空间约为 108 亿美元。相比海上生产系统设备，环保监测服务单项目支出占比不高，但其由监管框架驱动、贯穿项目全生命周期，且需求形态更偏“船舶租赁 + 水下装备 + 人员服务 + 数据平台”的综合服务包。该测算反映的是全球合同区充分开发情景下的长期服务市场上限，实际释放节奏仍取决于 ISA 监管推进、合同区开发进度和商业化项目数量。

## 四、产业趋势研判：合规进程加速落地，2027 年投产节点倒逼实体订单前置

**政策端正在从长期不确定逐步具备商业化时间表，多边规章推进与美国单边审批松绑共同抬升行业落地预期。**深海采矿过去长期受制于国际海底管理局（ISA）《开发规章》迟迟未定，行业虽具备资源和工程储备，但商业化许可始终是最大约束。当前，随着“两年规则”触发后形成的程序压力持续存在，ISA 已难以无限期拖延商业开采规则制定，《开发规章》落地具备更强的法理和现实推力。与此同时，美国出于关键矿产供应链安全考虑，正尝试通过 NOAA 等单边快速审查机制为本国深海采矿项目松绑审批。多边框架加速成型与美国单边“抢跑”并行，使行业从过去的远期主题讨论，逐步进入合规路径可观察、项目节点可跟踪的新阶段。一旦首批项目获得实质性许可，前期积压的海工制造、深水设备、环境监测和陆地配套需求将具备更清晰的释放基础。

**产业端最重要的锚点是 TMC 明确指向 2027 年商业化试产。**以 TMC 为代表的头部矿企若要在 2027 年实现商业化试产，前端海工系统、特种管材、深水动力设备、水下装备和环境监测服务就需要在投产前提前锁定供应、完成制造排产和系统集成。因此，2027 年并不只是项目投产时点，更是产业链订单前置兑现的倒逼节点。未来 2—3 年，行业重点将从“深海采矿能否商业化”的概念验证，转向“首套系统能否交付、能否稳定运行、能否支撑千万吨级项目落地”的实体产业验证。

## 风险提示

**政策多边合规进度不及预期风险：**国际海底管理局（ISA）立法滞后，可能导致全行业规模化放量显著延期。

**核心工艺闭环未经工业级验证风险：**火法冶炼中炉渣循环闭环若失效，可能导致高经济价值的伴生金属大量流失。

**副产物消纳不及预期风险：**受除硅技术瓶颈与传统钢铁需求见顶影响，副产物硅酸锰的经济转化与计价面临显著不确定性。

**终端技术路线更迭风险：**磷酸铁锂（LFP）等无镍钴电池路线的持续渗透，可能引发底层核心金属价格出现结构性下挫。

**核心装备可靠性不及预期风险：**极端深海高压与腐蚀环境可能导致设备连续无故障运行时间（MTBF）缩短，致使维保成本激增。

## 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研究所获得许可后,再注明出处为五矿证券研究所,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情范围内,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

	Ratings	Definitions
<b>The rating criteria of investment recommendations</b> 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.	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