东吴证券 SOOCHOW SECURITIES

环保行业深度报告

AI 金属回收再生深度：克级用量，吨级弹性，AI 爆发下战略小金属回收机遇

增持（维持）

2026 年 08 月 26 日

证券分析师 袁理
执业证书：S0600511080001
021-60199782
yuanl@dwzq.com.cn
证券分析师 任逸轩
执业证书：S0600522030002
renyx@dwzq.com.cn

投资要点

- **AI 需求爆发，三维度重塑 AI 金属价值。**AI 硬件的高功率、高速率、高密度演进，**需求不可替代、供给刚性、战略稀缺**三个维度重塑 AI 小金属价值。1）**需求不可替代**：铟、碲化铋、钌等虽单位用量小（克级），却核心影响光互连、温控、存储介质等性能，需求弹性直接由算力硬件拉动；2）**回收是重要增量**：供给端普遍受限于原生矿禀赋，多为铜、锌、钼等冶炼伴生副产，母金属冶炼规模决定供给天花板，回收成为关键增量；3）**战略稀缺**：多数品种已被纳入出口管制或战略矿产目录，原生渠道被资源禀赋与政策双重锁定，边际供给更依赖回收体系扩张。
- **铋/碲：算力温控核心，碲化铋锁定 AI 热管理核心地位。供应**：铋、碲均无独立矿床，供给天花板由铜、锌、钼冶炼与电解铜产量锁定，中国精炼产量分别占全球约 86%、80%。**需求**：碲化铋（Bi_2Te_3）是 AI 服务器、光模块 TEC 的核心热电材料(碲 CdTe 薄膜光伏约占 70%、热电占约 15%)，光模块向 1.6T/3.2T 演进拉动需求。**战略地位**：2025 年 2 月起中国对高纯铋实施两用物项管制，对碲实施覆盖全产业链出口管制。
- **铟：InP 衬底决定 AI 光通信身价。供应**：铟属纯伴生金属，供给天花板为锌冶炼规模，全球精炼铟约 1100 吨/年（2025），中国占约七成。**需求**：纯铟用于生产磷化铟（InP）衬底，是高速光芯片核心材料，光模块从 800G 向 1.6T/3.2T 升级带动 InP 需求倍增。**战略地位**：铟本身不受管制，受控的是 InP、TMI、TEI 三类化合物；高端 InP 衬底由日本住友、美国 AXT、日本 JX 等主导（合计约 80-90%），中国厂商份额仍低。
- **铂族：存储与被动元件隐形材料。供应**：中国原生矿禀赋薄弱，原生年产仅约 3 吨、年再生量约 31 吨（接近原生十倍）;全球储量约 7.6 万吨，南非占约 83%。**需求**：钌用于存储芯片靶材、先进制程互连，钯用于 MLCC 浆料，AI 存储与被动元件需求间接拉动铂族用量。**战略地位**：铂族不在管制清单，但中国消费占全球 30%以上、长期净进口(2024 年铂进口约 104 吨、钯约 28 吨)，原料受制于南非、俄罗斯。
- **锑：阻燃与半导体掺杂双线拉动。供应**：优质单一矿趋枯竭，增量转向金锑共生及再生回收；2025 年全球锑矿约 11 万吨，中国约 4 万吨（占比 36%），中俄塔三国合计约 86%。**需求**：2024 年全球锑消费约 16.6 万吨（同比+10.8%），阻燃剂占约 44%、光伏玻璃约 30%，AI 服务器 PCB/外壳阻燃与半导体高纯掺杂构成结构性增量。**战略地位**：战略地位在小金属中属前列。2024 年商务部对锑实施出口许可管理并阶段性收紧对美出口，2025 年 11 月经贸磋商后相关安排暂缓调整至 2026 年 11 月。
- **铼：航空航天与算力基建双驱动金属。供应**：无独立矿床，主要来自铜、钼冶炼副产回收：全球以钼精矿焙烧烟尘为主，中国则更多依托铜冶炼污酸提铼；2025 年全球产量约 81 吨(中国约 20 吨、占比约 25%，全球第二)，储量仅约 2500 吨、智利占 52%。**需求**：航空航天镍基高温合金（发动机涡轮叶片）是铼的主力需求且无替代;AI 数据中心耗电激增推动燃气轮机涡轮叶片同样需添加铼，另可用于 MOCVD 设备高温加热部件。**战略地位**：无专项管制，但供给高度集中于智利、中国。
- **投资要点：优选原料渠道、提纯技术、资质壁垒和下游客户的资源化龙头。**AI 金属回收行业成长并非简单产能扩张，而在于“收得来、提得出、卖得好、合规强”。**原料端**，需要稳定获取电子废料、工业催化剂、含贵金属废液废渣等高品位物料；**技术端**，需要具备复杂物料分离、多金属协同回收和高纯提炼能力；**资质端**，危废经营、环保合规和安全生产构成行业准入门槛；**客户端**，若下游覆盖半导体、电子材料等高端制造领域，更直接享受需求扩张红利。重点推荐【高能环境】【赛恩斯】，建议关注【浙富控股】【ST 京蓝】【飞南资源】。
- **风险提示：**AI 硬件需求不及预期；金属价格波动；回收原料获取不及预期；出口管制及产业政策变化风险；产能释放及技术验证不及预期等。

行业走势

相关研究

《26M1-7 新能源环卫装备销量同比翻倍;【高能环境】资源化量利齐升，AI 金属全面拓展》

2026-08-25

《生态环境法典正式实行，龙净矿山风光加速贡献》

2026-08-17

请务必阅读正文之后的免责声明部分

内容目录

1. AI 硬件为小金属带来新增量 4
1.1. AI 硬件外溢：一批不可替代的功能性小金属 4
1.2. 多数为伴生矿产，价格弹性高 4
1.3. 生产及出口被严格管制，依赖回收供给 5
2. 铋与碲：供给受制于母金属，碲化铋成为 AI 热管理核心材料 6
2.1. 铋与碲：铋碲同源伴生，碲化铋锁定 AI 热管理核心材料 6
2.2. 中国精炼产量占优，高端原料面临管制 7
2.3. 需求：传统需求分散，AI 驱动 TEC 精密控温成为增量核心 8
3. 铟：锌矿伴生副产，InP 衬底决定光通信地位 11
3.1. 纯伴生锌矿副产，InP 衬底带来新需求 11
3.2. 供给：中国精炼占优，高端衬底受制日美 12
3.3. 需求：ITO 需求饱和，InP 打开第二曲线 13
4. 铂族（钌/钯/铂铑）：同族性质相近，钌凭借独特物理性质成为 AI 硬件核心材料 15
4.1. 六元素性质趋同，钌凭特性卡位 AI 硬件 15
4.2. 供给：国内资源禀赋薄弱，依赖伴生与回收补位 16
4.3. 需求：汽车催化仍是主流，钌全面切入 AI 硬件 17
5. 锑：供给结构紧张，管制严格 20
5.1. 存在独立单一矿，正转向共伴生与再生 20
5.2. 供给：中俄塔三国集中，管制强度高 20
5.3. 需求：阻燃与光伏并驾齐驱，AI 打开新增量 21
6. 铼：战略金属，航空与 AI 需求双线拉动 21
6.1. 最稀有金属之一，靠铜、钼冶炼产出 21
6.2. 供给：全球供给少，供给高度集中智利 21
6.3. 需求：航空航天高温合金为刚性主力，AI 数据中心间接拉动 22
7. 投资建议 23
7.1. 建议关注具备原料渠道、提纯技术、危废资质与客户体系的资源化龙头 23
8. 风险提示 25

请务必阅读
更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

图表目录

图 1: 贸易管制与目录内金属.....6
图 2: 2025 年铋全球精炼产量（精炼端口径）.....8
图 3: 2025 年碲全球精炼产量（精炼端口径）.....8
图 4: 2022 年碲全球储量(吨，根据铜储量测算）.....8
图 5: 2025 年铋的全球主要应用.....9
图 6: 铋金属相关应用.....9
图 7: TEC 产品相关应用.....10
图 8: 2017-2026 年中国铋产品相关价格（元/吨）.....11
图 9: 2017-2026 年中国碲产品相关价格（元/千克）.....11
图 10: 2022-2027E 全球原生、再生铟供给变化（吨）.....12
图 11: 2025 年铟全球精炼产量占比.....13
图 12: 2023 年铟的全球主要应用.....13
图 13: 全球磷化铟生产分布主要集中在日美.....14
图 14: 2017-2026 年中国铟产品相关价格（元/千克）.....15
图 15: 含阻挡层互连线电阻对比，钌在小线宽下反超铜.....16
图 16: 2025 年铂族全球矿端产量占比.....17
图 17: 2025 年铂族金属全球储量.....17
图 18: 2025 年全球铂族金属回收与原生分布.....17
图 19: 2015-2024 年世界主要领域的铂族金属需求量.....19
图 20: 2017-2026 年中国铂价格（元/克）.....19
图 21: 2025 年锑全球矿端产量占比.....20
图 22: 2025 年锑全球储量占比.....20
图 23: 2025 年全球铼金属产量占比.....22
图 24: 2025 年铼金属全球储量占比.....22
图 25: 2017-2026 年中国铼价格（元/千克）.....23
图 26: 各公司产能产量一览.....25

表 1: 不同金属在 AI 领域中的应用.....4
表 2: 金属生产基本信息(2025 年，单位：吨）.....5
表 3: 主要标的盈利预测（截至 2026 年 8 月 25 日）.....25

1. AI 硬件为小金属带来新增量

1.1. AI 硬件外溢：一批不可替代的功能性小金属

算力硬件向高功率、高速率、高密度演进，催生了一批新的材料需求。它们单位用量小，但不可替代的影响硬件性能。

铋/碲：算力的温控核心材料。高纯铋与高纯碲合成碲化铋（Bi_2Te_3），是 AI 服务器、光模块 TEC（半导体微型制冷器）的核心材料，实现单点微米级温控。光模块、CPO、高功率激光器对温度极其敏感，温控直接决定信号质量与寿命。中国控制铋出口后，全球 TEC 龙头产量受限、现货价大涨，铋是少数由中国供给定价的算力金属。

铟：光互连的芯片衬底。纯铟用于生产磷化铟（InP）衬底，是高速光芯片（EML/DFB 激光器、探测器）的核心材料。随着光模块从 800G 向 1.6T、3.2T 演进，单颗模块对 InP 芯片的需求量倍数增长。

铂族（钌/钯/铂铑）：存储与被动元件的隐形材料。钌用于存储芯片靶材、HDD 磁介质，并在先进制程互连中扮演重要角色；钯用于 MLCC 浆料；铂铑合金用于电子布漏板。AI 带动存储（HBM/DRAM）与被动元件需求，间接拉动了铂族用量。中国铂族对外依存度高，原生矿极少，再生是国内供给的主力。

锑：阻燃与半导体掺杂。三氧化二锑广泛用于 AI 服务器 PCB、外壳的阻燃；高纯锑用于半导体掺杂；锑化铟用于光模块探测器。服务器出货放量直接拉动阻燃用锑。

铼：航空航天与算力基础设施金属。燃气轮机、航空航天驱动铼需求（数据中心电力配套），并可作为芯片 MOCVD 设备核心加热部件材料。

表1：不同金属在 AI 领域中的应用

类别	用途
铋，碲	TEC（半导体微型制冷器）的核心材料，负责单点微米级温控
铟	光互连芯片衬底的上游材料，纯铟用于生产磷化铟（InP）衬底
铂族金属	存储芯片靶材、HDD 磁介质、MLCC 浆料、电子布漏板
锑	PCB 阻燃、半导体掺杂、光模块探测器
铼	燃气轮机扇叶耐高温

数据来源：东吴证券研究所整理

1.2. 多数为伴生矿产，价格弹性高

供给增加缓慢，价格弹性大。AI 算力硬件需求爆发为这批小金属带来了新的需求增量，但母金属冶炼供给抬升慢、不会因小金属涨价单独扩产，因此造成需求曲线快速右移、供给曲线近乎垂直，价格弹性被放大。

请务必阅读
更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

这批金属大部分无独立矿山，是铜、锌、钼冶炼的副产物或共生物。USGS 明确指出，铋、碲等小金属系从铜及铅锌精矿加工中作为副产品回收，产量仅在冶炼环节统计。

表2：金属生产基本信息(2025 年，单位：吨）

金属	伴生/单一	统计口径	全球产量	中国产量/占比	储量（全球/中国）	最大产国	提炼方式
铋	伴生	精炼	16000	14000/86%	—	中国	铋矿很少可作为主产品开采，最常作为铅矿加工的副产品产出；中国和越南还作为钨等金属矿加工的副产/共产，日韩则作为锌矿加工副产
碲	伴生稀散	精炼	1000	800/80%	—	中国	超 90%的碲来自铜电解精炼的阳极泥副产，其余来自铅精炼撇渣以及冶炼铋、铜、铅锌矿时产生的烟尘和气体
铟	伴生稀散	精炼	1100	760/约 70%	—	中国	锌（闪锌矿）冶炼副产为主
铂族	原生伴生	矿端	钯 190 铂 170	—	>76000 吨/未披露	南非	南非是全球最大的含铂族矿端生产国，俄罗斯是最大钯生产国；钌/铑/铱/锇为铂钯开采的共/副产
锑	单一伴生	矿端	11 万	40000/36%	约 240 万吨/83 万吨	中国	原生开采（辉锑矿）为主共伴生
铼	伴生	钼副产	81	20/25%	约 2500 吨/200 吨	智利	钼焙烧（斑岩铜矿伴生的辉钼矿）烟尘回收为主、无独立矿

数据来源： USGS 、东吴证券研究所

1.3. 生产及出口被严格管制，依赖回收供给

战略金属的政策约束遵循"出口管制—制度升级—供给锁死"的递进路径：管制工具从单点的出口许可，升级为全链条的法规制度，最终将原生供给弹性锁死，边际供给只能来自回收。近三年来，管制工具从商务部逐项发布的出口管制公告，扩展至以《矿产资源法实施条例》为核心的法规体系，覆盖勘探、生产、供应、储备、销售全链条；在此格局下，目录内金属受制度约束，目录外金属受贸易管制，边际供给增量只能来自回收环节。

出口管制的品种范围逐年扩大，管制方式亦趋于严格。继 2023 年镓、锗、石墨，2024 年锑之后，2025 年 2 月 4 日商务部、海关总署发布 10 号公告，对钨、碲、铋、钼、铟相关物项实施出口管制，出口改为逐单许可，对外贸易受限。

2026 年《矿产资源法实施条例》的出台，标志着战略矿产管理由政策文件升格为法规制度。2026 年 5 月 20 日国务院总理签署国务院令，《矿产资源法实施条例》作为新版

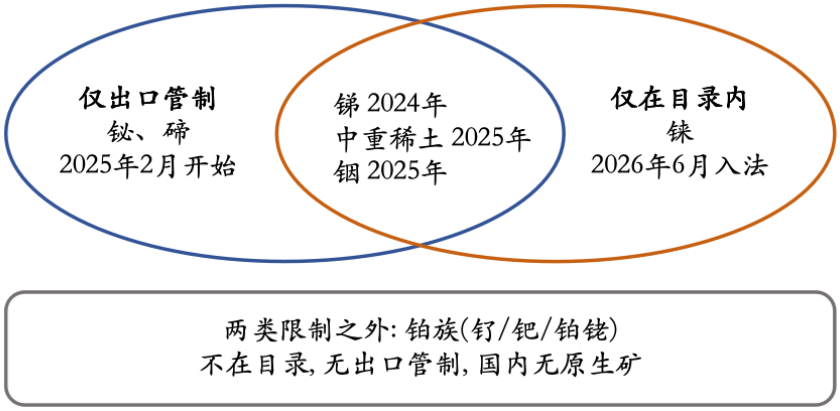
《矿产资源法》的配套细则自 2026 年 6 月 15 日起施行，将战略矿产目录由“规划清单”升格为国务院批准公布的“法规目录”，并配套审批权上收、总量控制、保护性开采、三级储备等制度安排。

相比此前政策，本次战略矿产目录一次性大幅扩容，覆盖面显著拓宽。对比《全国矿产资源总体规划（2016—2020 年）》的 24 种，本次目录扩容至 36 种，具体包括 6 种能源矿产（煤、石油、天然气、煤层气、页岩气、铀）、25 种金属矿产（铜、铝、镍、锂、稀土等）和 5 种非金属矿产（晶质石墨、磷、钾盐、硼、萤石）。

《条例》配套手段更为齐全，制度闭环更为完善。条例引入总量调控与出口管制等工具：前者意味着国家可以限制某种矿产的总产量，后者则约束部分矿产销往海外；此外，在国家急需的情形下，还可直接授予采矿权，即直接拍板将开采资格交予某家企业，无需按部就班走完招标流程。

政策双轨叠加资源禀赋约束，原生供给弹性被锁死，边际供给只能来自回收。目录内金属受《条例》约束并部分叠加出口管制；目录外的铋、碲依靠出口管制限制贸易；铂族金属的稀缺则来自资源禀赋本身。三条路径殊途同归，原生供给难以放量，回收成为供给端唯一的弹性变量。

图1：贸易管制与目录内金属



数据来源：新华网、东吴证券研究所

2. 铋与碲：供给受制于母金属，碲化铋成为 AI 热管理核心材料

2.1. 铋与碲：铋碲同源伴生，碲化铋锁定 AI 热管理核心材料

铋（Bi，原子序数 83）。低熔点（271℃）重金属，凝固时体积膨胀、抗磁性为所有金属中最强；低毒、无致癌性，被称为“绿色金属”，是铅的环保替代材料。矿床属性以伴生为主：主要作为铅锌、铜、钨钼冶炼的副产物回收，国内仅有少量钨铋共生原生矿，全球基本无具经济规模的独立铋矿。

请务必阅读
更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

碲（Te，原子序数 52）。银白色脆性类金属，典型稀散金属，具半导体性质。矿床属性为纯伴生：全球无独立碲矿，几乎全部来自铜电解精炼的阳极泥副产。

二者均无独立矿山，无法脱离母金属单独扩产，碲高度依赖铜电解精炼，铋主要来自铅锌、铜及钨等冶炼副产，二者供给均受母金属冶炼规模及回收率约束。高纯铋与高纯碲合成碲化铋（Bi_2Te_3）是室温区性能优异的商用热电材料，是 AI 服务器、光模块 TEC（半导体微型制冷器）的核心原料。铋、碲同为伴生金属，供给同受母金属冶炼锁定。

2.2. 中国精炼产量占优，高端原料面临管制

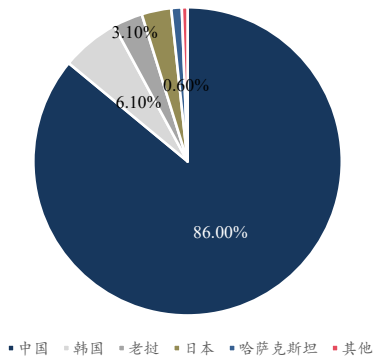
根据 2026USGS 数据，中国在铋、碲精炼环节占据全球 86%与 80%的绝对份额，国内资源与产能高度集中，供给话语权突出。中国铋资源高度集中于湖南，核心矿源是柿竹园钨矿伴生铋矿，单一矿床储量达 26.58 万吨（湖南省自然资源厅，2025 年 11 月），是世界级特大型铋矿，可随钨矿采选顺带回收；广东、江西也有分布。国内供给渠道呈现多元格局：一是钨矿伴生开采；二是铅锌冶炼副产；三是危废资源化副产。国际层面，美国自 1997 年起停产原生精炼铋，完全依赖进口，进口来源中中国占比约 56%、韩国（经锌矿副产路径）约 22%；潜在增量来自加拿大 NICO 项目，约占全球铋储量 10%以上，为中国以外最大单体铋矿床，但尚处开发阶段，短期内不构成有效供给。

碲供给由中国主导，产能天花板受制于电解铜总产量，不具备独立扩产能力。碲的载体是铜矿，国内供给并未呈现明显的省份集聚特征，而是跟随电解铜产能分布于江西、安徽、云南等地。多数碲来自铜电解精炼阳极泥副产；少量碲来自铅精炼撇渣及冶炼铋、铜、铅锌矿产生的烟尘和气体，与铋的回收环节存在交叉。国际层面，美国境内两家电解铜厂（得克萨斯州、犹他州）生产铜碲但不在本土精炼，粗产品出口至海外深加工，进口来源（2021-2024 年期间）加拿大占 64%、菲律宾 14%、日本 8%、德国 5%。

铋的出口管制精准指向高端原料环节，采用许可证制而非全面禁运。2025 年 2 月 4 日起中国对 4N 及以上金属铋、7N 高纯铋实施两用物项出口管制，管制范围明确指向高端原料环节，不涉及 TEC 制冷模块等最终制成器件，三氧化二铋等低纯度化合物出口未受明显影响。

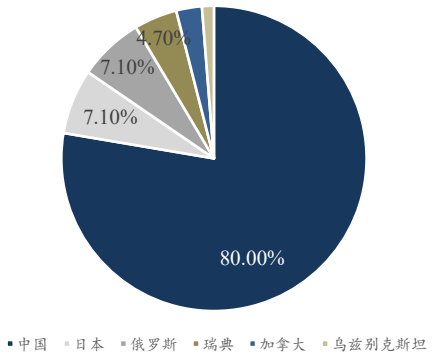
碲的出口管制全方位覆盖，管制宽度大于铋。同期商务部、海关总署 10 号公告对碲实施全方位出口管制，不仅覆盖金属碲本身，还将碲化镉（光伏核心原料）、碲化锌镉（医疗 CT、X 射线探测器核心材料）、碲镉汞（坦克热成像、导弹寻的器核心材料）等下游化合物，以及上述材料的单晶、多晶衬底、外延片与生产技术（工艺规范、参数、程序）一并纳入许可制，管制范围覆盖全产业链条。

图2：2025 年铋全球精炼产量（精炼端口径）



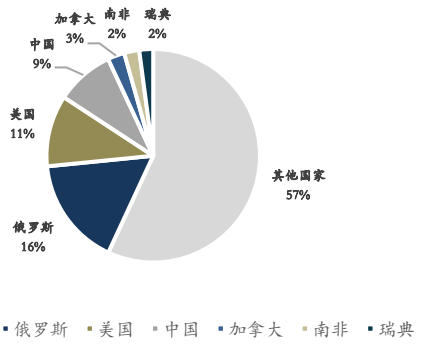
数据来源：USGS、东吴证券研究所

图3：2025 年碲全球精炼产量（精炼端口径）



数据来源：USGS、东吴证券研究所

图4：2022 年碲全球储量(吨，根据铜储量测算）



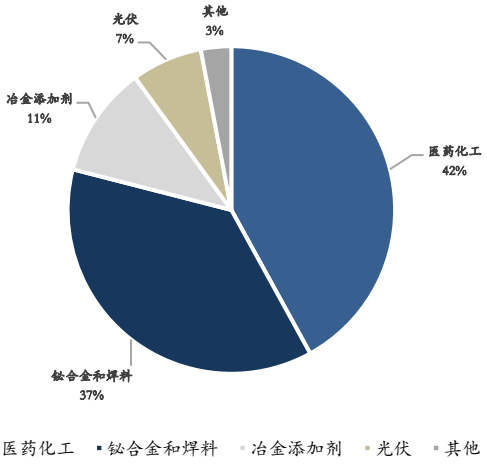
数据来源：USGS、东吴证券研究所

2.3. 需求：传统需求分散，AI 驱动 TEC 精密控温成为增量核心

传统需求分散于化学品、光伏等成熟领域，格局稳定但缺乏增长弹性。铋以化学品、医药为最大（次硝酸铋、次水杨酸铋、果胶铋等胃药与抗幽门螺杆菌制剂）、化妆品珠光颜料（氯氧化铋）、低熔点合金或焊料、易切削钢等冶金添加剂、无铅弹药钓具与催化剂。传统需求以医药化工与合金焊料为两大主力，合计占比约八成，格局成熟稳定但缺乏增长弹性。据安泰科《2025 年铋市场发展报告》，2025 年全球铋消费结构中，医药化工占 42%（次硝酸铋、次水杨酸铋、果胶铋等胃药与抗幽门螺杆菌制剂，以及化妆品珠光颜料）、铋合金与焊料占 37%（低熔点合金、易熔合金保险丝、无铅弹药钓具等）、冶金添加剂占 11%（易切削钢等）、光伏焊带占 7%、其他领域合计占 3%，传统领域合计占八成以上，年增速约 5%-8%。

请务必阅读
更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

图5：2025 年铋的全球主要应用



数据来源：安泰科《2025 年铋市场发展报告》、东吴证券研究所

碲以碲化镉（CdTe）薄膜光伏为最大（70%）、热电器件约 15%、冶金易切削添加剂约 10%，其余橡胶硫化与催化。

图6：铋金属相关应用

产品类型	代表产品	核心应用领域
铋金属制品	铋针、铋粒（珠）、铋粉、浇铸铋、氢化铋、高纯铋、铋系合金	冶金添加剂、低熔点合金、核工业
化合物	三氧化二铋、氢氧化铋、氯氧化铋、柠檬酸铋、硝酸铋、碱式硝酸铋、碱式水杨酸铋、有机铋	涂料、医药、化妆品、化工催化
半导体材料	三氧化二铋、硫化铋、铋基靶材	电子元器件/TEC 制冷片/探测器/固态电池

数据来源：2025 年先导基电年报、东吴证券研究所

AI 硬件的高功率密度使精密控温从可选项变为刚需，碲化铋 TEC 由此打开增量空间。碲化铋是 TEC（帕尔贴元件）核心半导体材料，可对 AI 服务器、光模块（尤其 CPO 封装内激光器）、高功率可调激光器实现单点微米级温控，直接决定信号质量与器件寿命。光模块从 800G 到 1.6T/3.2T 演进、CPO 渗透，将持续拉动高纯铋、高纯碲需求。

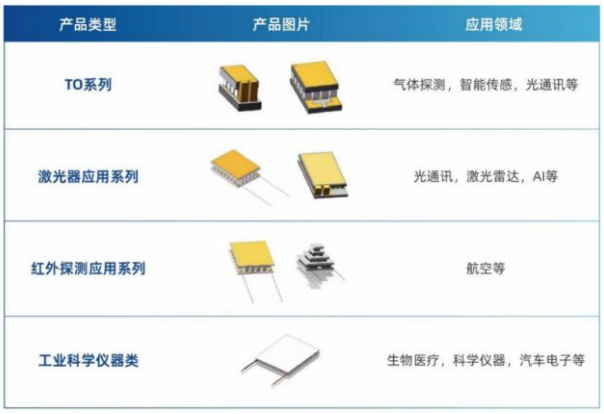
Micro-TEC 是光电子器件及集成电路芯片温度稳定性的核心元器件，其重要性随算力密度提升而放大。Micro-TEC（微型热电制冷器）基于帕尔贴效应实现主动控温。以光通讯模块中的激光器为例，其发射波长的精确锁定、输出功率的稳定性均高度依赖于工作温度的控制；而在 AI 算力芯片及车载高性能计算场景中，随着芯片功耗密度急剧攀升，精准的局部控温已成为保障算力释放的关键瓶颈。能够实现对微小区域温度的高精度控制，使 Micro-TEC 成为决定光电子、半导体器件工作特性稳定性的关键部件。

器件形态正沿“常规微型→超高制冷密度”演进，高制冷密度型逐渐成为市场主流。Micro-TEC 是一种微尺度下的主动热管理器件，通常由高性能热电材料、陶瓷基板、金属导流层及精密的封装结构组成，工作原理是通过外部电流驱动，在器件两端形成温差，

实现“点对点”的精准取热与温度维持。伴随光模块向 400G/800G 乃至更高速率演进，以及 AI 芯片算力密度持续提升，具备高制冷密度、微米级厚度精度、高可靠性的 Micro-TEC 逐渐成为市场主流。

硅光与 CPO 场景对 Micro-TEC 提出极限工艺要求，国产化率低，是 CPO 量产化的关键卡点之一。该场景由于空间、热密度要求高，需要把传统毫米级独立器件压缩成亚毫米级封装内集成的 Micro-TEC：既要在高基板温度环境下把激光器精准锁在窄温区，又要在小尺寸下维持原制冷功率，涉及碲化铋纳米化、超薄 AlN 陶瓷基板、PN 偶对微型化键合、整体封装多物理场耦合等多项核心工艺，目前国产化率低，海外被大和热电等少数厂商垄断。

图7：TEC 产品相关应用



数据来源：2025 年先导基电年报、东吴证券研究所

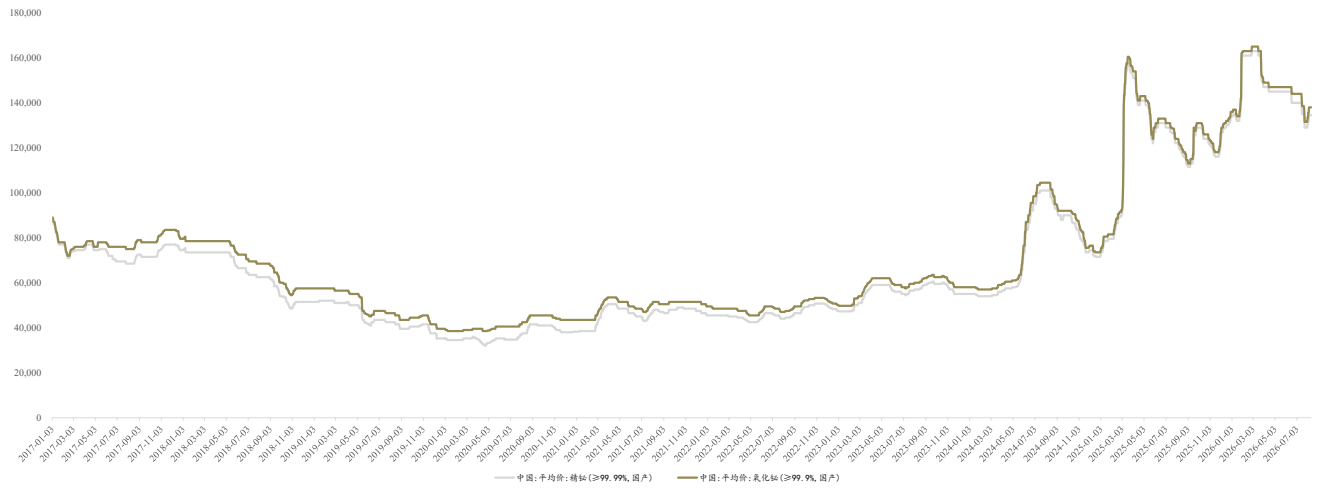
碲化铋（Bi_2Te_3）是 TEC 在室温区（约 200-400K）唯一商用的热电半导体材料，材料层面不存在替代路径。其特性在于具有目前所有商用热电材料中最高的室温热电优值 ZT（约 1.0），可在直流电驱动下高效产生帕尔贴效应、毫秒级响应实现固态制冷；同时其晶体结构允许通过微量掺杂同时获得性能匹配、热膨胀系数一致的 P 型与 N 型材料，使数十至数百对 PN 偶对可在亚毫米级尺度下稳定串联运行；再加上晶体生长、切割与焊接工艺、高加工良率与长期可靠性，AI 服务器、光模块、CPO 等工作在室温区的精密温控场景只能采用碲化铋构成 TEC 的核心 PN 柱阵列。

精铋（≥99.99%，国产）截止 2026 年 8 月 11 日报 134500 元/吨。历史最高点是 2026 年 2 月 27 日的 163000 元/吨，历史最低点是 2020 年 4 月 22 日的 32000 元/吨。今年以来上涨 0.4%，近 1 个月下跌 3.9%，近 3 个月下跌 7.2%，近半年下跌 16.5%，同比上涨 13.0%。

氧化铋（≥99.9%，国产）报 138000 元/吨。历史最高点是 2026 年 2 月 27 日的 165000 元/吨，历史最低点是 2020 年 1 月 9 日的 38500 元/吨。今年以来上涨 1.5%，近 1 个月下跌 4.2%，近 3 个月下跌 6.1%，近半年下跌 15.3%，同比上涨 14.0%。

请务必阅读
更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

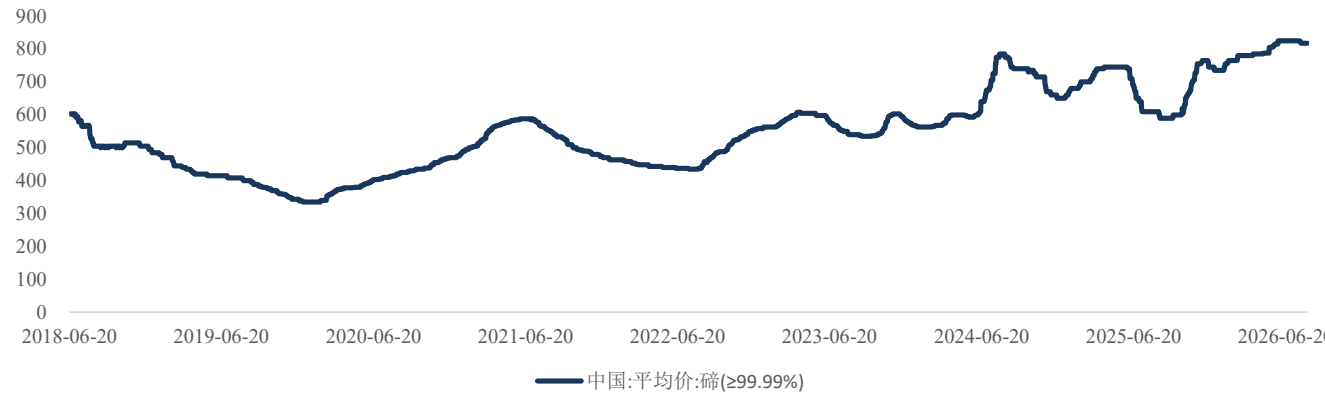
图8：2017-2026 年中国铋产品相关价格（元/吨）



数据来源：　　、东吴证券研究所

碲（≥99.99%）截止 2026 年 8 月 11 日报 818 元/千克，接近 2026 年 6 月 2 日创下的历史最高点 825 元/千克。历史最低点是 2020 年 1 月 2 日的 335 元/千克。今年以来上涨 11.3%，近 1 个月下跌 0.8%，近 3 个月上涨 1.6%，近半年上涨 6.9%，同比上涨 34.1%。

图9：2017-2026 年中国碲产品相关价格（元/千克）



数据来源：　　、东吴证券研究所

3. 铟：锌矿伴生副产，InP 衬底决定光通信地位

3.1. 纯伴生锌矿副产，InP 衬底带来新需求

铟（In，原子序数 49）为软、银白色、低熔点稀散金属，具良好延展性与导电性。矿床属性为纯伴生：几乎全部作为闪锌矿冶炼副产回收，少量来自铜硫化物冶炼；铟在锌矿中含量通常≤0.1%，须经浸出、萃取、电解多步分离，无具经济规模的独立铟矿。低熔点、高塑性、良导热的组合，使铟成为高功率芯片散热的热界面材料（TIM），以及

先进封装（倒装焊微凸点、3D 堆叠、HBM 互连）中的关键连接与导热材料。

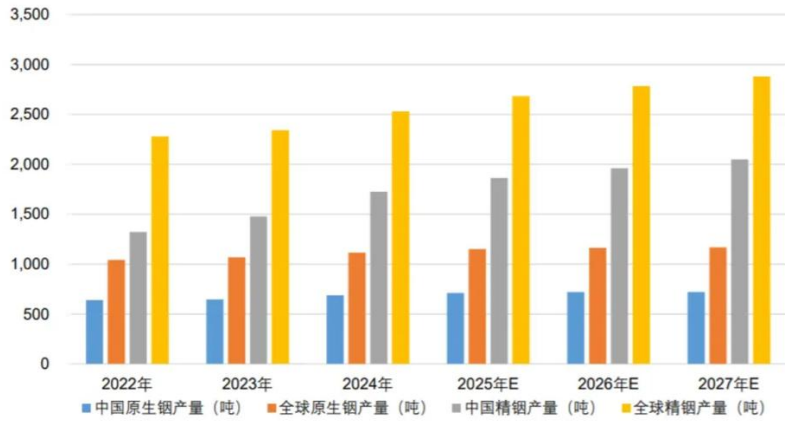
3.2. 供给：中国精炼占优，高端衬底受制日美

中国以约七成的精炼份额主导全球铟供给，掌握产业链核心供给环节与上游定价权。全球精炼产量约 1100 吨/年（2025），中国精炼占比约七成，为全球最大生产与出口国。铟在战略矿产目录内，但铟金属本身不在管制清单，受控的是磷化铟（InP）、三甲基铟（TMI）、三乙基铟（TEI）三类化合物。

铟是典型伴生金属，供给天花板锁定于锌冶炼规模，天然缺乏供给弹性。铟主要来源于锌、锡冶炼过程中的副产回收，不具备独立矿山扩产逻辑。铟供给取决于主金属冶炼规模、原料品位及回收工艺，无法依靠铟价格上涨快速释放新增供给。伴生属性决定了全球供给增长更多依赖回收率提升和冶炼体系扩张，而非独立资源开发。

高纯铟是决定供给能力的关键环节，其供给集中度高于原生铟。对于磷化铟等化合物半导体材料而言，磷化铟生产需要 7N 级高纯铟，精铟需经过多轮除杂、提纯及客户认证才能满足要求。海外补充铟主要依赖再生铟回收，但再生铟多来自 ITO 靶材，原料中含有锡等杂质，难以直接满足磷化铟对 7N 级高纯铟的需求。

图10：2022-2027E 全球原生、再生铟供给变化（吨）



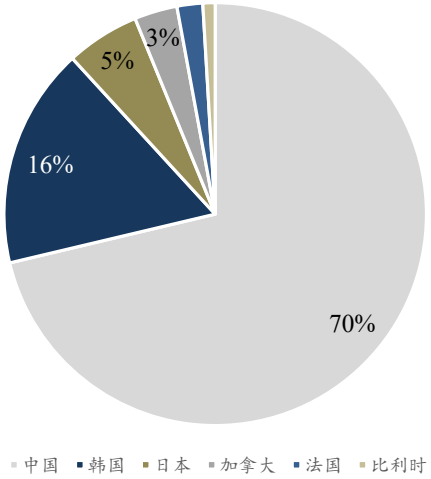
数据来源：安泰科《2025 年铟市场发展报告》、东吴证券研究所

上游原料环节由中国主导，高端制造环节被日美卡位。在传统大头 ITO 靶材环节，全球市场被 JX、三井矿业、东曹、三星等少数企业垄断，日韩合计约 80%，中国企业规模仍小、多处于试产或小批量阶段；在 AI 光通信的核心磷化铟（InP）衬底环节，日本住友、美国 AXT、日本 JX 三家控制 80-90%市场份额，中国厂商合计不足 10%。中国大量出口精铟原料，却在高端靶材与衬底上高度依赖进口。

再生铟供给是中国相对日韩的明显短板，制约产业链纵深。尽管中国铟资源储量位居世界首位、原生铟供给位居全球第一，一再被认为是中国的“优势资源”，然而中国的再生铟供给远远落后于日本、韩国，中国在铟产业链下游的高精尖产品制造上不具备优势。

请务必阅读
更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

图11：2025 年铟全球精炼产量占比

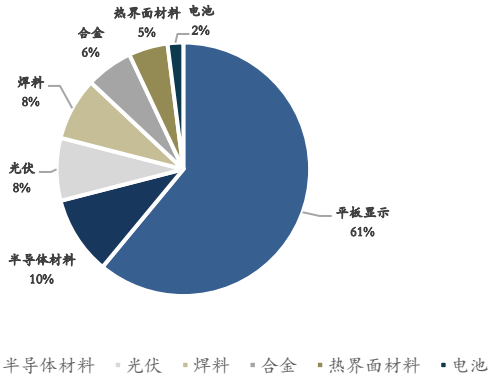


数据来源：USGS、东吴证券研究所

3.3. 需求：ITO 需求饱和，InP 打开第二曲线

传统需求以 ITO 为绝对大头，格局成熟、增长趋于饱和。铟最大用途为氧化铟锡（ITO）透明导电膜，是平板显示的关键材料，约占全球铟需求 60%。ITO 之外，铟的传统需求分散在几个小而稳定的领域：低熔点合金与焊料（铟质软、熔点低，用作易熔合金、保险丝以及高导热的热界面材料）；化合物半导体（InSb、InAs、InGaAs 等用于红外探测、LED、激光二极管）；CIGS 铜铟镓硒薄膜太阳能；以及核反应堆控制棒（银铟镉合金）、真空/低温密封垫等特种用途。

图12：2023 年铟的全球主要应用

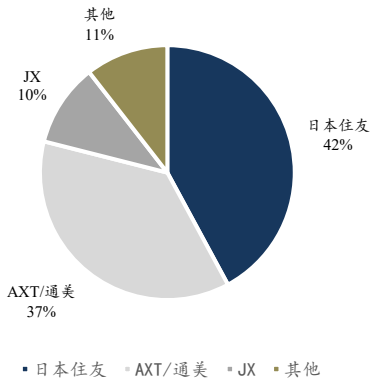


数据来源： MYB 2023、东吴证券研究所

AI 算力爆发驱动需求结构从铟走向 InP，光模块升级使 InP 衬底需求倍增，打开第二增长曲线。InP 是高速光模块与光芯片的衬底材料，支撑数据中心光通信、AI 算力

集群、5G/6G 基站与激光雷达；EML（电吸收调制激光器）、CW 激光器及新兴的 CPO 技术都高度依赖 InP 衬底。光模块从 800G 向 1.6T、3.2T 演进，单颗模块对 InP 芯片的需求量倍增，使 InP 成为 AI 光通信链条中弹性最直接的环节。InP 衬底全球高度集中（日本住友、美国 AXT 等约占 80%）。

图13：全球磷化铟生产分布主要集中在日美



数据来源：路透、东吴证券研究所

除衬底外，铟在 AI 硬件中还有两条次级需求线，构成需求弹性的补充。一是 InGaAs 光电探测器用于光模块接收端；二是据 USGS，铟以 ITO 形式用作数据中心光纤与线缆的镀层，以提升信号传输、降低损耗；此外铟基焊料/铟箔因高导热、质软，也被用作高功率芯片的热界面材料（TIM）。

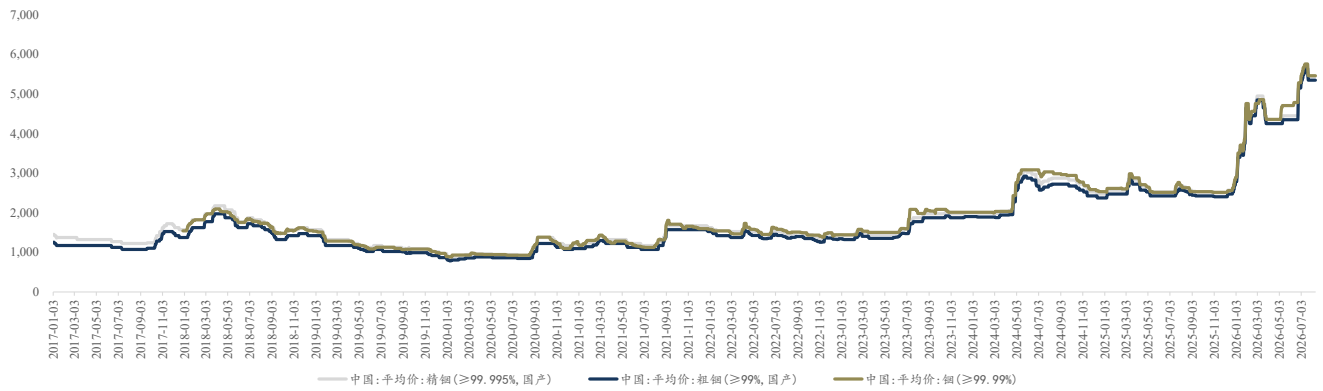
精铟（≥99.995%，国产）截止 2026 年 8 月 11 日报 5450 元/千克，较 2026 年 7 月 17 日创下的历史最高点 5750 元/千克有所回落。历史最低点是 2020 年 1 月 9 日的 875 元/千克。今年以来上涨 94.6%，近 1 个月下跌 3.5%，近 3 个月上涨 22.5%，近半年上涨 25.3%，同比上涨 105.3%。

粗铟（≥99%，国产）报 5350 元/千克。历史最高点是 2026 年 7 月 17 日的 5650 元/千克，历史最低点是 2020 年 1 月 9 日的 785 元/千克。今年以来上涨 98.1%，近 1 个月下跌 3.6%，近 3 个月上涨 23.0%，近半年上涨 25.9%，同比上涨 109.4%。

铟（≥99.99%）报 5460 元/千克。历史最高点是 2026 年 7 月 13 日的 5760 元/千克，历史最低点是 2020 年 1 月 8 日的 885 元/千克。今年以来上涨 92.6%，近 1 个月下跌 4.4%，近 3 个月上涨 15.9%，近半年上涨 25.2%，同比上涨 107.2%。

请务必阅读
更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

图14：2017-2026 年中国铟产品相关价格（元/千克）



数据来源：　　、东吴证券研究所

4. 铂族（钌/钯/铂铑）：同族性质相近，钌凭借独特物理性质成为 AI 硬件核心材料

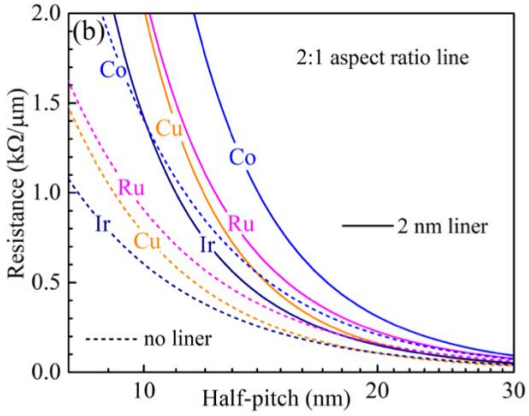
4.1. 六元素性质趋同，钌凭特性卡位 AI 硬件

铂族（PGM）由钌(Ru，44)、铑(Rh，45)、钯(Pd，46)、锇(Os，76)、铱(Ir，77)、铂(Pt，78）六元素构成，均为耐蚀、抗氧化、高熔点的稀有贵金属。矿床属性以原生开采为主、共产副产并存：南非 Bushveld 杂岩体的镍铜硫化物矿床是全球最大原生 PGM 来源俄罗斯诺里尔斯克镍铜矿伴生钯为主钌、铑、铱、锇作为铂钯开采的共、副产，无法脱离铂钯单独扩产。

钌差异于其他铂族金属的性质导致了钌在 AI 硬件领域里的关键应用。1)熔点**极高**：2334℃铂族中仅次于锇、铱，远高于钯（1555℃）、铂（1768℃）。这让它能耐受半导体高温工艺。2)硬度**高、脆性大**：钌的莫氏硬度 6.5，远高于铂（3.5）、钯（4.75）、金（2.5）。这意味着钌做成的薄膜耐磨损、抗刮擦，适合做硬盘磁介质保护层、芯片电触点。其他贵金属太软，做接触层会迅速磨损。3）电阻**率优于铜**：是钌进入芯片互连最关键的物理性质。正常环境下，铜是导电最好的金属之一，但在线宽缩小到 10 纳米以下时，电子散射效应使铜的等效电阻率急剧上升，在极小线宽下钌的电阻率低于铜。这是 2nm/sub-2nm 节点用钌替代铜钴的根本物理原因。4）化学**稳定性强、不易氧化**：钌在常温空气中稳定，800℃以下不与氧反应，优于钯。但与铂、铱相比，钌可形成稳定氧化物 RuO_2（导电氧化物），是 DRAM 电极的关键优势。

请务必阅读正文之后的免责声明部分

图15：含阻挡层互连线电阻对比，钌在小线宽下反超铜



数据来源：D. Gall， J. Appl. Phys. 127，050901（2020） Figure 5（b）、东吴证券研究所

4.2. 供给：国内资源禀赋薄弱，依赖伴生与回收补位

中国铂族资源禀赋薄弱，供给体系并非建立在原生矿之上，而是依赖伴生资源与规模化二次回收。铂族金属（钌、铑、钯、锇、铱、铂六种元素）在中国储量极少，据 USGS 2026 统计，全球铂族金属储量约 7.6 万吨，其中南非占比约 83%。

原生矿供给高度依赖单一节点，金川是国内不可替代的核心产地。国内已开发的铂族金属矿山仅有两处：金川集团旗下白家嘴子含铂铜镍矿床，以及丹巴县杨柳坪矿业的杨柳坪铂镍矿，前者占比较多。金川集团依托铜镍硫化矿伴生的铂族金属资源，是国内最大的铂族金属生产商，甘肃金川铜镍矿年产铂钯约 3 吨，占国内原生产量的 95%。

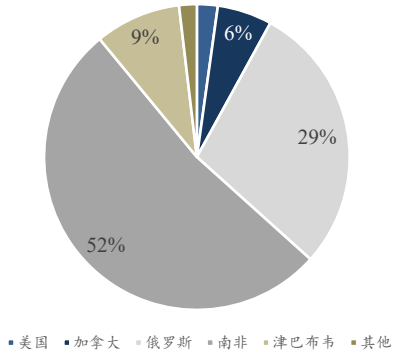
二次回收是国内供给结构中份额更大、增长更快的组成部分，规模已接近原生产量的十倍。国内铂族金属年再生量约 31 吨，其中来自报废汽车尾气催化剂的回收量约 7.7 吨，来自首饰回收的约 8.7 吨，其余来自电子废料、化工废催化剂等渠道。

全球原生供给高度集中于南非与俄罗斯，双寡头格局稳固。南非原生的 Pt、Pd 产量分别占世界的 70%、38%; 俄罗斯原生的 Pt、Pd 产量分别占世界的 12%、41%; 南非、俄罗斯合计占据全球铑（Rh）产量的绝对多数。南非依托布什维尔德杂岩体这一世界级铂族金属矿床，是全球最大的含铂族矿端生产国，原生铂供给的绝大部分来自南非各大铂族金属集团（约占全球铂产量 70%）;俄罗斯则是全球最大的钯生产国，主要产自诺里尔斯克镍业（Norilsk Nickel）开采的铜镍硫化矿伴生资源。津巴布韦作为新兴产区，近年来也在铂族金属原生供给中占据一定份额。

消费与资源的严重错配使中国长期处于净进口状态，是全球铂族贸易格局中最大的净买入方之一。由于中国原生矿资源禀赋薄弱而国内消费量占全球 30%以上，中国铂族金属长期依赖进口，2024 年铂进口约 104 吨、钯约 28 吨。

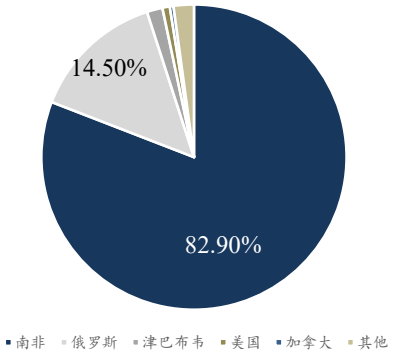
请务必阅读
更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

图16：2025 年铂族全球矿端产量占比



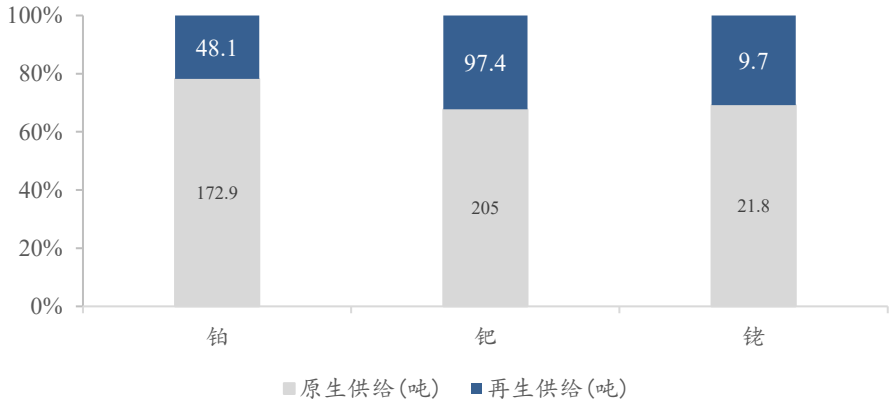
数据来源：USGS、东吴证券研究所

图17：2025 年铂族金属全球储量



数据来源：USGS、东吴证券研究所

图18：2025 年全球铂族金属回收与原生分布



数据来源：Johnson Matthey 2026 PGM Market Report、东吴证券研究所

4.3. 需求：汽车催化仍是主流，钌全面切入 AI 硬件

传统需求以汽车尾气催化剂为绝对主导，格局成熟稳定。汽车尾气催化剂为铂钯铑的最大用途，铂、钯、铑长期主要用于汽车尾气催化剂（三元催化器），约占总需求六成；其次为化工催化（石化重整、硝酸生产）、铂首饰、玻璃纤维铂铑漏板。

钌：铂族中 AI 逻辑最强、切入节点最多的品种，覆盖从芯片到存储的四个环节。钌的传统终端非常分散（化工催化、电触点），与汽车尾气催化几乎无关；但在 AI 硬件中，钌在多个关键工艺节点都需要且难以替代，具体包括以下五条线：

1）逻辑芯片先进制程：钌是 sub-3nm 节点互连金属的替代方案，解决铜在极小线宽下电阻反超的物理瓶颈。在 sub-3nm 节点，半导体进入 GAA 结构，互连（BEOL）出现两个新要求：线宽小于 10nm 时铜的电阻率上升，需更优的导体；工艺空间太小，传统铜+钽/氮化钽阻挡层+钴衬里的三明治结构无法容纳。钌的解决方案有两个：作为铜互

连的无阻挡层衬里，钌与铜的附着力较好，可省去传统阻挡层、腾出宝贵的工艺空间；或直接作为导体替代铜：在最关键的几层局部互连（M0/M1）用钌单一材料填充，既避免铜电阻率上升，又简化工艺。

2）存储芯片：钌电极在 DRAM/HBM 中的单位消耗强度显著高于传统产品。DRAM 存储单元的电容器电极此前用氮化钛（TiN），但 sub-20nm 节点 TiN 电阻率上升、漏电增大，RuO_2（钌氧化物）是导电氧化物，可同时作电极与扩散阻挡，可用于生产 DRAM。HBM 采用 3D 堆叠结构，单个封装内堆叠 8-16 颗 DRAM die（HBM3E 为 12 层，HBM4 规划 16 层），每颗 die 的电容器电极均需使用钌基材料，总钌消耗随堆叠层数线性放大；此外 HBM 特有的 TSV 硅通孔及再布线层工艺还需额外使用钌基材料——叠加使得单位容量（每 GB）HBM 的钌消耗强度显著高于传统 DDR5。

3）存储介质：AI 冷数据存储拉动 HDD 需求暴增，直接拉动钌消耗。HDD 用 CoCrPt 磁性记录层和钌作为非磁性间隔层，实现垂直磁记录（PMR）。AI 数据中心的冷数据存储对大容量 HDD 需求暴增：SSD 价格高，海量训练数据、日志、备份需要靠 HDD 替代，希捷、西部数据等公司 HDD 大幅出货直接拉动钌消耗。

4）被动元件：钌是 AI 服务器精密电阻浆料的核心原料。精密薄膜电阻用钌酸盐（RuO_2、$Bi_2Ru_2O_7$）做电阻浆料，温度系数低、稳定性好，大量用于 AI 服务器电源管理、信号链。

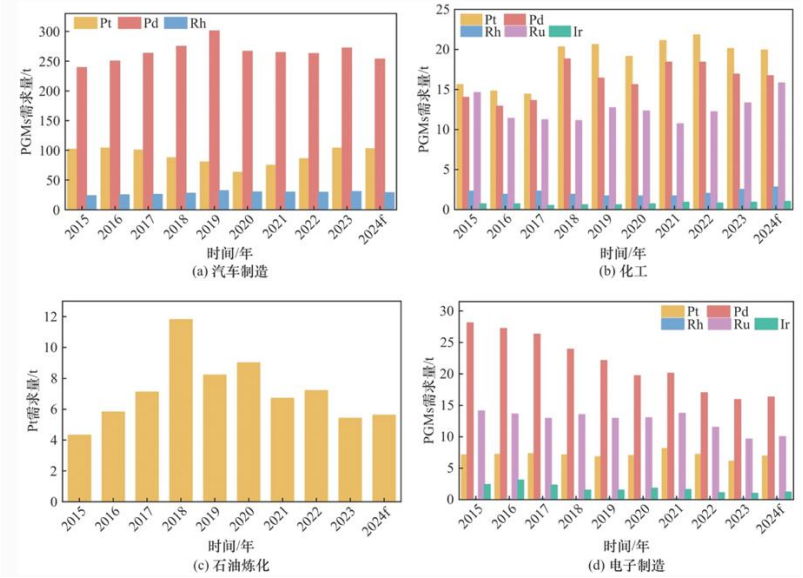
5）化工催化与电解制氢构成需求的稳定底盘，使 AI 增量直接体现为供需边际收紧。催化剂用于氨合成、铂铼石化重整、PEM 电解水制氢（钌铱阳极催化剂）。这些非 AI 用途贡献需求的稳定底盘，使 AI 增量直接体现为“在已紧的供需上再加压”。钌作为这条产业链中每一片 HBM/DRAM 晶圆都要用到的材料，无论哪种存储胜出，都将消耗钌。

钯：AI 服务器 MLCC 用量与规格双升，拉动钯浆料需求。钯是 MLCC 内电极浆料的核心贵金属原料。AI 服务器的高功率供电与高频信号链路使单机 MLCC 搭载量较通用服务器显著提升，同时高容值、高可靠性规格占比上升——钯浆主要留存于高可靠、高频细分市场，恰与 AI 服务器的需求结构重合，单位服务器的钯浆料含量随之增加。

铂铑：AI 服务器主板层数跃升，铂铑漏板作为电子布上游关键耗材受益。铂铑合金漏板是电子级玻璃纤维（电子布）拉丝环节的核心装备材料，在高温玻璃液环境下无可替代。AI 服务器主板层数较传统服务器成倍提升，高多层、高频高速 PCB 放量直接拉动上游电子布需求，电子布产能扩张对应铂铑漏板的新增投放与更换消耗。

请务必阅读
更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

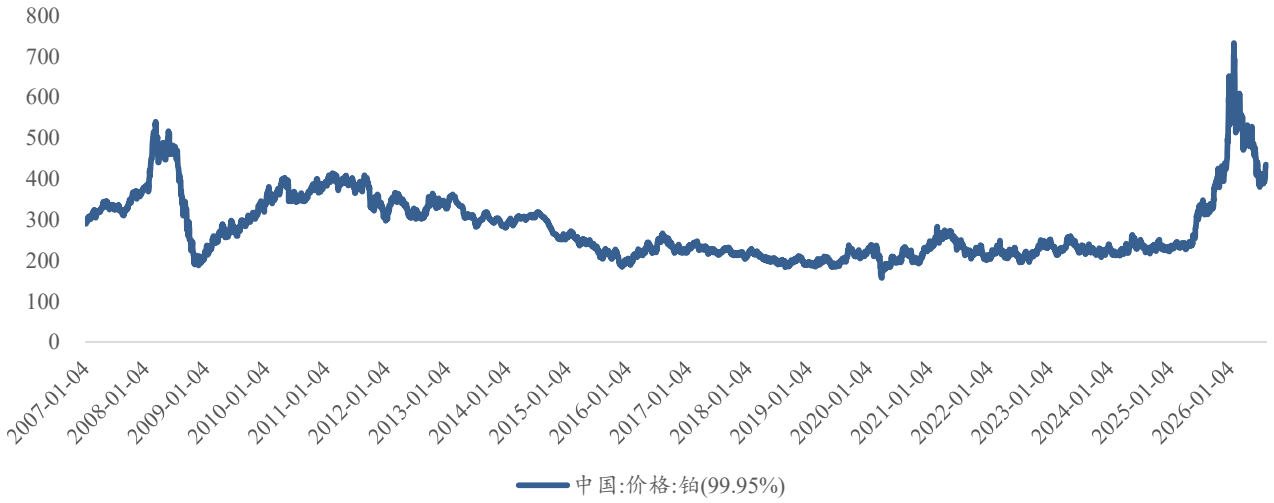
图19：2015-2024 年世界主要领域的铂族金属需求量



数据来源：《铂族金属循环利用技术开发现状及展望》、东吴证券研究所

铂（99.95%）截止 2026 年 8 月 12 日报 433 元/克。历史最高点是 2026 年 1 月 26 日的 733 元/克，历史最低点是 2020 年 3 月 23 日的 157 元/克。今年以来下跌 18.6%，近 1 个月上涨 9.6%，近 3 个月下跌 16.7%，近半年下跌 21.0%，同比上涨 36.6%。

图20：2017-2026 年中国铂价格（元/克）



数据来源：　　、东吴证券研究所

5. 锑：供给结构紧张，管制严格

5.1. 存在独立单一矿，正转向共伴生与再生

锑(Sb，原子序数 51）为银白色脆性类金属，兼具金属与非金属特征。锑是本文唯一具有大型独立单一矿的品种（湖南锡矿山曾为全球最大原生锑矿，辉锑矿 Sb_2S_3 是主要矿物形态），但优质单一矿趋枯竭，增量已转向金锑共生(澳大利亚 Hillgrove、Costerfield 及美国 Stibnite 均为金锑伴生），并叠加再生(废铅酸电池锑铅合金回收）与冶炼副产。锑正从单一矿主导过渡到“共伴生 + 再生主导”，过渡本身导致了供给端结构性偏紧。

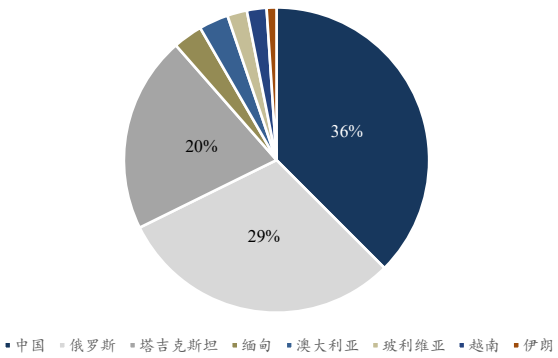
5.2. 供给：中俄塔三国集中，管制强度高

锑矿端供给高度集中于中俄塔三国，合计占全球 86%。2025 年全球锑矿约 11 万吨，中国约 4 万吨（36%）、俄罗斯约 3.2 万吨、塔吉克斯坦约 2.2 万吨，中俄塔合计约 86%的全球矿端供给。储量上，中国约占 34.7%、俄罗斯约占 14.6%，两国合计约 49%（接近一半）的全球锑储量；若计入玻利维亚（12.9%）和吉尔吉斯斯坦（10.9%），中俄玻吉四国合计约 73%的全球锑储量。

中国对锑的实际控制力远高于矿端份额，卡位在于原料与中游加工的双轨主导。即使矿端占比仅 36%，中国还进口俄、塔等国的锑精矿用于冶炼加工，因此中国的冶炼份额显著高于矿山份额；美国对锑进口依赖度超 80%，其中 63%直接来自中国，其余主要来自比利时和印度。这种原料与中游加工双轨主导的格局，使得中国对锑的卡脖子强度较高。

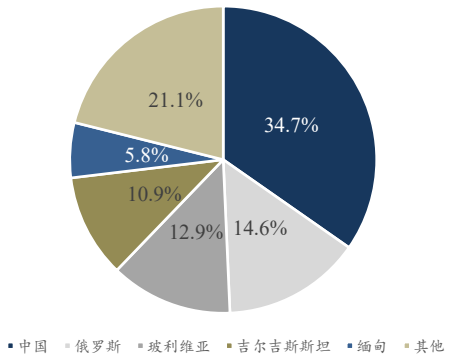
锑的出口管制经历三重叠加，管制强度在小金属中位于较高水平，且限制至今未解除。2024 年 8 月 14 日商务部宣布出口许可制度，覆盖锑矿、金属、氧化物、氢化物、锑化铟乃至金锑分离技术；2024 年 12 月 3 日对美国实施完全禁运，涵盖军事用户与用途；锑在目录内、2025 年 11 月 9 日中美贸易协议暂缓对美禁运至 2026 年 11 月 27 日，但底层许可制度完整保留，限制仍未解除。

图21：2025 年锑全球矿端产量占比



数据来源：USGS、东吴证券研究所

图22：2025 年锑全球储量占比



数据来源：USGS、东吴证券研究所

东吴证券研究所
请务必阅读
更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

5.3. 需求：阻燃与光伏并驾齐驱，AI 打开新增量

传统需求以阻燃剂为绝对主力，光伏玻璃已跃升为第二大需求且成长性最强，军工赋予其战略权重。据安泰科数据，2024 年全球锑消费量 16.6 万吨，同比+10.8%。其中阻燃剂锑消费量 7.3 万吨（占比约 44%），仍为需求占比最高部分，三氧化二锑阻燃剂广泛应用于塑料、纺织、电子（PCB/外壳）；光伏玻璃锑消费量 4.9 万吨（占比 29.6%），占比由 2023 年的 23.7%快速抬升，受益于 2024 年全球光伏新增装机同比+35.9%至 530GW 以及双玻组件渗透率不断提升，是锑下游需求中成长性最强的板块；聚酯催化 2.0 万吨（占比 12.0%）、铅酸电池 1.7 万吨（占比 10.1%）、其他（含国家收储等）0.7 万吨（占比 4.0%）。锑在军工方面也有较多的应用：锑是穿甲弹、装甲穿透弹、夜视镜、红外传感器、精确光学、推进系统等的关键输入，超过 200 种军用弹药含锑。

光伏与 AI 构成需求端的新增量曲线，正在系统性拉动锑需求。光伏方面，锑可提升太阳能电池盖板玻璃的透光率与效率，绿色能源转型正在系统性拉动需求；算力配套方面，三氧化二锑用于 AI 服务器 PCB、外壳的阻燃，随 AI 服务器出货放量；高纯锑用于半导体掺杂；**三氧化二锑主要用于阻燃材料；锑化铟则主要应用于红外探测等半导体领域。数据中心备用电力发展所带来的锑需求也存在，锑同时受益于 IT 设备放量与电力韧性投资。**锑长期用于铅酸电池板栅合金，可提升电池的高温性能与循环耐用性。AI 数据中心扩容使停机成本持续抬升，备用电力成为刚性配置；尽管锂电 UPS 增长较快，阀控式铅酸（VRLA）系统凭借成本与安全优势，在冗余配置、存量设施改造及成本敏感项目中仍不可或缺。这意味着锑的需求不仅跟随 AI 服务器出货增长，还叠加了每一座数据中心背后的备电冗余投资，需求受益面宽于单纯的阻燃逻辑。

6. 铼：战略金属，航空与 AI 需求双线拉动

6.1. 最稀有金属之一，靠铜、钼冶炼产出

铼(Re，原子序数 75）是地壳中最稀有的稳定元素之一，丰度低于 1 ppb，熔点约 3180℃，仅次于钨，为所有元素中第二高。原生铼无法直接从矿石中获取，铼资源多来自于冶炼废渣及含铼二次资源中。来源主要为钼精矿焙烧烟气淋洗液、铜污酸和高温合金废料等。铜、钼冶炼过程中铼挥发进入烟气中，回收铼的方法主要有重结晶法、离子交换法、萃取法等。其中，1）铜冶炼过程中，铼经烟气洗涤进入废酸（污酸）中，采用化学沉淀工艺富集回收铼；2）钼冶炼过程中，铼富集于钼精矿焙烧烟气淋洗液中，采用直接萃取工艺回收铼，获得纯度 99%～99.99%的铼酸铵产品。

6.2. 供给：全球供给少，供给高度集中智利

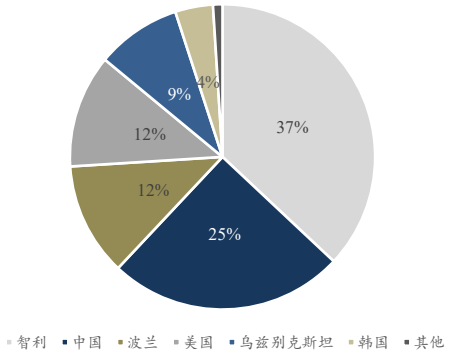
铼金属拥有全球主要战略金属中流动性最小、价格弹性最高的品种之一。2025 年

全球铼产量约 81 吨（其中中国产量约 20 吨，占比约 25%，为全球第二大产国，仅次于智利），叠加全球再生铼年产量约 20-30 吨，全球铼总供给规模合计约 100-110 吨。

储量端同样高度集中，智利一国持有全球一半资源，中国资源禀赋明显不足。全球已探明铼储量仅约 2500 吨，智利储量占比约 52%，是全球最核心的铼资源国；美国占比约 16%，俄罗斯约 12%，哈萨克斯坦约 8%。中国铼储量占比约 8%，虽已被 USGS 上修，但中国至今尚未系统开展过铼矿的专项资源评价与找矿勘查工作，现有铼资源均为勘查钼、铜钼等其他矿种矿床过程中的伴生获得。

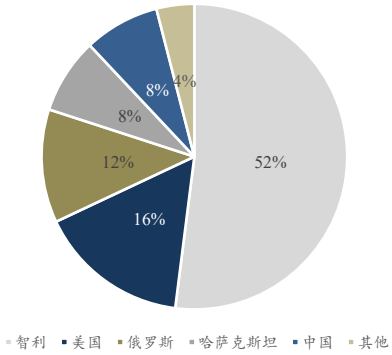
全球原生供给高度集中，中国已成为重要生产国。智利依托当地领先的钼冶炼回收技术与规模优势，贡献全球约一半的原生供给；中国凭借铜钼冶炼产业基础，已跃升为全球第二大铼生产国，产量占比约 25%，超过波兰、美国、哈萨克斯坦等传统供给国。中国钼产量占全球约 42%、自给率较高，依托钼冶炼产能这一产业基础，中国具备通过铜钼冶炼过程中的污酸回收进一步提升铼供给的潜力，污酸提铼技术已在江西铜业、大冶有色、白银有色等企业逐步开展工业化探索。

图23：2025 年全球铼金属产量占比



数据来源：USGS、东吴证券研究所

图24：2025 年铼金属全球储量占比



数据来源：USGS、东吴证券研究所

6.3. 需求：航空航天高温合金为刚性主力，AI 数据中心间接拉动

航空航天用镍基高温合金占据铼需求的绝对主导，且现阶段无可替代材料体系，构成刚性需求护城河。铼主要用于制造飞机及火箭发动机的涡轮叶片、燃烧室与排气喷嘴，这些部位需承受 1500℃以上高温与极强的力学作用而不发生形变；第二大传统用途是铂铼双金属催化重整，用于石化炼油环节将石脑油升级为高辛烷值汽油。这两大用途均无法被替代，构成了铼最核心的需求护城河。近年来，随着中国国产大飞机、军用发动机技术突破以及商业航天（卫星组网、可复用火箭）加速发展，航空航天领域对铼的需求正持续走强，需求结构性走强。

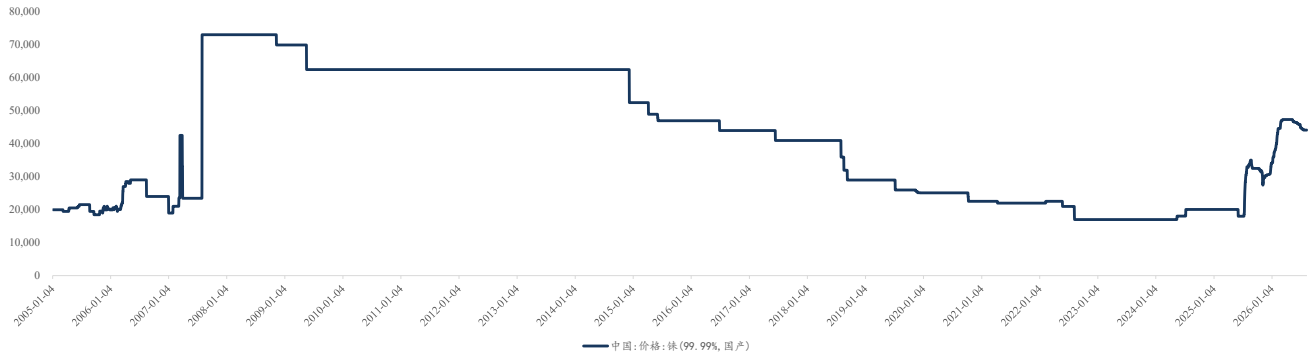
铼在 AI 硬件中的地位更多体现为算力配套基础设施建设，而非半导体性能件本身，

请务必阅读
更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

需求传导是间接的。这与钌、铟等直接嵌入芯片工艺的金属存在本质区别。AI 算力配套方面，铼在 AI 产业链中的角色并非直接用于芯片本身，而是体现为数据中心电力配套基础设施：AI 数据中心耗电量激增，推动燃气轮机的涡轮叶片同样需要添加铼，从而间接拉动铼需求；此外铼还可用作芯片制造中 MOCVD 设备的核心高温加热部件材料。

铼（99.99%，国产）截止 2026 年 8 月 11 日报 44130 元/千克。历史最高点是 2007 年 8 月 2 日的 73060 元/千克，历史最低点是 2022 年 8 月 11 日的 16970 元/千克。今年以来下跌 27.4%，近 1 个月下跌 0.8%，近 3 个月下跌 6.6%，近半年下跌 0.9%，同比上涨 31.2%。

图25：2017-2026 年中国铼价格（元/千克）



数据来源：　　、东吴证券研究所

7. 投资建议

7.1. 建议关注具备原料渠道、提纯技术、危废资质与客户体系的资源化龙头

建议关注具备原料渠道、提纯技术、危废资质与客户体系的资源化龙头。AI 硬件向高功率、高速率、高密度方向演进，推动铋/碲、铟、铂族金属、锑、铼等功能性小金属需求提升。上述金属多数为铜、锌、钼等母金属冶炼副产物，原生供给弹性有限，同时出口管制和战略矿产资源管理强化其资源安全属性，回收体系成为边际供给扩张的重要来源。资源化企业的核心壁垒并非简单产能扩张，而在于稳定获取复杂含金属物料的渠道能力、多金属协同回收和高纯提炼能力、危废经营及环保合规资质，以及面向半导体、电子材料、催化剂、高端制造等下游客户的产品导入能力。建议重点关注在关键小金属资源化方向具备产业卡位和产能兑现能力的公司。

高能环境：精铋产能领先，受益 AI 温控、服务器阻燃及铂族金属需求提升。 公司以资源循环利用为核心业务，依托含铜、含铅、含镍等工业废料回收体系，形成多金属协同回收能力。铋/碲是 AI 服务器及光模块 TEC 精密温控材料的重要上游，锑用于 AI

服务器 PCB 及外壳阻燃，铂族金属则应用于存储芯片靶材、MLCC 浆料及电子材料等环节。公司 2025 年已形成精铋 6000 吨/年、锑白 2000 吨/年、铂 3 吨/年、钯 3 吨/年、钌 3 吨/年等产能，全年精铋产量 4021 吨、氧化铋 236 吨、锑 1217 吨、铂铑合金 369 万克，是铋、锑及铂族金属资源化方向产能优势较为突出的标的。我们预计公司 2026 至 2028 年归母净利润分别为 17.94/18.54/19.18 亿元，对应 PE 为 11.6/11.3/10.9 倍（估值日 2026/8/25），2026 年业绩加速释放。

赛恩斯：矿冶环保延伸铼回收，打开稀散金属资源化第二曲线。 公司主营矿冶环保及新材料业务，围绕有色金属采选冶过程中的污酸、废水、废渣治理，进一步回收铜、铼等有价及稀散元素。铼供给高度依赖钼焙烧烟尘回收，全球供给规模较小，需求端受燃气轮机、航空航天、数据中心电力配套及 MOCVD 设备材料等领域拉动。公司已与吉林紫金铜业合作建设铼酸铵生产线，设计产能约 2 吨/年，运营期为 2025—2034 年。依托紫金体系矿冶场景和资源化技术，公司有望从传统矿冶环保向稀散金属回收延伸，形成新的成长曲线。盈利预测方面，预计公司 2026 至 2028 年归母净利润分别为 1.36/2.46/3.07 亿元，对应 PE 为 52/29/23 倍（估值日 2026/8/25）。铼回收产能市场领先。

浙富控股：危废资源化品类丰富，具备多金属资源化平台属性。 公司形成“危废资源化+清洁能源装备”双主业，其中危废资源化业务具备“收集—贮存—无害化处理—资源深加工”一体化能力，可回收铜、金、银、钯、锡、镍、锌、铅、锑、铋等多种金属。2025 年公司危废资源化业务收入 219 亿元、分部净利润 11.13 亿元；再生金属产量中，铜 18.52 万吨、钯 241 万克、锑 291 吨、铋 117 吨。公司金属品类覆盖度高，兼具基础金属回收规模优势与铋、锑、铂族等小金属价格弹性。

ST 京蓝：聚焦铟资源综合回收，受益光通信材料需求扩张。 公司已更名为铟靶新材，主营业务逐步由原环保工程转向资源回收及综合利用，铟产品成为核心看点。铟是磷化铟 InP 衬底的重要上游材料，主要应用于高速光芯片、光模块及相关光通信环节；供给端主要来自锌冶炼副产，独立扩产弹性有限。2025 年公司资源回收及综合利用收入 4.61 亿元，铟产品产量 128 吨、销量 120 吨，锌锭产量 5287 吨。公司已具备铟资源化产量基础，积极关注铟业务盈利持续性及向高附加值材料环节延伸的进展。

飞南资源：危废资源化平台，多金属副产体系具备价格弹性。 公司主要从事有色金属类危险废物处置及再生资源回收利用，随着江西巴顿、广西飞南等项目投产，产品体系由电解铜向镍、锌、锡、金、银、钯及小金属延伸。小金属供给多数依附于母金属冶炼体系，难以因单一品种价格上涨而快速扩产，再生回收在供给约束环境下具备增量价值。公司 2025 年铋产量 197 吨、碲 4.53 吨、锑 524 吨，同时具备铂、钯、钌、铱、铑等铂族金属产出。

请务必阅读
更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

图26：各公司产能产量一览

公司	金属/产品	规划或设计产能	已有产量
高能环境 (603588)	精铋	6,000吨/年（靖远高能，全球领先）	2025年生产4,021.41吨，销售3,290.23吨
	4N三氧化二铋	4,000吨/年（满产口径，2025年投产爬坡）	2025年生产235.57吨（当年未对外销售）
	锑白	2,000吨/年	2025年生产1,217.24吨，销售839吨
	铂族（铂/钯/钌各3吨,铑/铱各0.5吨）	合计约10吨/年（金昌高能满产口径）	2025年铂族合计生产3,694.74千克（约3.69吨,同比+534%）
飞南资源 (301500)	危废处置资质（总产能口径）	许可危废经营资质合计111.06万吨/年	—
	铋	未单独披露	2025年生产197.18吨，销售191.72吨
	硒	未单独披露	2025年生产4.53吨，销售6.96吨（销售含去库存）
	锑	未单独披露	2025年生产523.94吨，销售503.16吨
	铟	未单独披露	2025年生产32,130.63千克，销售31,469.85千克
	铂族（铂/钯/钌/铱/铑）	未单独披露	2025年：铂141,326.74克、钯657,317.53克、钌45,110.04克、铱17,147.27克、铑8,005.60克
浙富控股 (002266)	危废资源化（多金属）	未单独披露	2025年再生金属销量合计22.2万吨
	铋	未单独披露	2025年生产117.39吨，销售117.39吨
	锑	未单独披露	2025年生产291.10吨，销售291.10吨
	钯	未单独披露	2025年生产2,408,439.19克，销售2,587,384.92克
	铂/钌/铑/铱	未单独披露	2025年：铂1,296,753.68克、钌34,654.83克、铑79,821.09克、铱31,530.25克
ST京蓝 (000711)	精铟		2025年精铟产出超200吨（自产约121吨+加工提纯约75吨）
	高密度ITO靶材	50吨/年，2026年6月底投产	2026年年中刚投产，尚未规模化量产
赛恩斯 (688480)	铼酸铵	2吨/年（与吉林紫金共建，设计产能，运营期10年）	已产出高纯度（4N）产品，暂未对外销售

数据来源：各公司公告、东吴证券研究所

表3：主要标的盈利预测（截至 2026 年 8 月 25 日）

公司名称	股票代码	市值（亿）	归母净利润（亿）				PE			
			2025A	2026E	2027E	2028E	2025A	2026E	2027E	2028E
高能环境	603588.SH	208.68	8.38	17.94	18.54	19.18	24.90	11.63	11.25	10.88
飞南资源	301500.SZ	125.01	2.87				30.69			
浙富控股	002266.SZ	250.53	11.18	17.73	19.02	20.66	22.41	14.13	13.17	12.13
ST京蓝	000711.SZ	180.46	-2.11				-23.63			
赛恩斯	688480.SH	71.49	1.06	1.36	2.46	3.07	67.35	52.46	29.10	23.30

数据来源：　　，东吴证券研究所

注：高能环境、赛恩斯盈利预测选自东吴证券研究所报告，浙富控股、飞南资源、ST 京蓝盈利预测选自　　一致预期，“—”表明无　　一致预期

8. 风险提示

AI 硬件需求不及预期风险。 相关金属需求主要由 AI 算力扩张放量拉动，若 AI 资本开支或下游需求不及预期，金属价格及相关公司业绩弹性均可能低于预期。

金属价格大幅波动风险。 上述金属多为主金属冶炼副产物，流通盘小、价格弹性高，若供给超预期释放或需求走弱致价格回落，将直接压制资源化企业收入与利润。

回收原料获取不及预期风险。 资源化企业盈利依赖对二次资源、退役催化剂及冶炼污酸废渣等再生原料的稳定获取，若原料获取或成本控制不及预期，回收规模与利润

将受影响。

出口管制及产业政策变化风险。 战略矿产管理趋严带来准入与经营的政策不确定性；若海外出口管制或资源管理政策阶段性放松，稀缺叙事弱化亦可能压制金属价格。

企业产能释放及技术验证不及预期风险。 覆盖标的多处于回收产能建设与提纯技术验证阶段，若投产进度或技术、认证进展不及预期，影响业绩释放节奏。

请务必阅读
更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

东吴证券 SOOCHOW SECURITIES

免责声明

东吴证券股份有限公司(以下简称“本公司”)经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

本研究报告仅供符合中国证监会《证券期货投资者适当性管理办法》规定的专业投资者使用，且接收人须为本公司认定并建立服务关系的专业机构投资者使用，本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，本公司及作者不对任何人因使用本报告中的内容所导致的任何后果负任何责任。本报告不面向普通投资者发布或传播。任何非专业机构投资者收到本报告后，应立即退回并销毁，不得依据本报告内容做出任何投资决策。

在法律许可的情况下，东吴证券及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

市场有风险，投资需谨慎。本报告是基于本公司分析师认为可靠且已公开的信息，本公司力求但不保证这些信息的准确性和完整性，也不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，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。

本报告的版权归本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。经授权刊载、转发本报告或者摘要的，应当注明出处为东吴证券研究所，并注明本报告发布人和发布日期，提示使用本报告的风险，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。未经授权或未按要求刊载、转发本报告的，应当承担相应的法律责任。本公司将保留向其追究法律责任的权利。

东吴证券投资评级标准

投资评级基于分析师对报告发布日后 6 至 12 个月内行业或公司回报潜力相对基准表现的预期（A 股市场基准为沪深 300 指数，香港市场基准为恒生指数，美国市场基准为标普 500 指数，新三板基准指数为三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的），北交所基准指数为北证 50 指数），具体如下：

公司投资评级：

买入：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准在 15%以上；

增持：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准介于 5%与 15%之间；

中性：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准介于-5%与 5%之间；

减持：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准介于-15%与-5%之间；

卖出：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准在-15%以下。

行业投资评级：

增持：预期未来 6 个月内，行业指数相对强于基准 5%以上；

中性：预期未来 6 个月内，行业指数相对基准-5%与 5%；

减持：预期未来 6 个月内，行业指数相对弱于基准 5%以上。

我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重建议。投资者买入或者卖出证券的决定应当充分考虑自身特定状况，如具体投资目的、财务状况以及特定需求等，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。

东吴证券研究所
苏州工业园区星阳街 5 号
邮政编码：215021
传真：（0512）62938527
公司网址：http：//www.dwzq.com.cn