

战略性矿产系列报告——铋：供需收敛，半导体等需求打造第二增长曲线

有色金属

评级：看好

日期：2025.08.22

分析师 王小芃

登记编码：S0950523050002

☎：021-61102510

✉：wangxiaopeng@wkzq.com.cn

行业表现

2025/8/21



资料来源：Wind，聚源

相关研究

- 《关税风云下的铜铝》(2025/8/21)
- 《矿业巨头启示录系列之四：广积粮，筑高墙——日本财团资源布局分析》(2025/8/7)
- 《美国锑产业支持政策是否会复刻稀土产业政策趋势？》(2025/7/28)
- 《有色月跟踪：掘金亚欧大陆腹地，中亚金属矿产资源全景解析》(2025/7/16)
- 《新疆“找矿行动”聚焦南疆，国内锑资源接续有望提速》(2025/7/10)
- 《战略性矿产系列报告——钾：粮食保障，资源为王》(2025/7/10)
- 《钨价创出历史新高，短期回调不改长期向好》(2025/7/2)
- 《海外锑资源热点新项目进度几何？》(2025/7/1)
- 《易涨难跌的铜价，降息预期打开上行空间》(2025/6/30)
- 《钨业系列一：或跃在渊，钨产业变局中的出海机遇》(2025/6/26)

报告要点

短期看，铋供需呈弱平衡态势，原料供给偏紧是铋价高位运行的重要支撑因素，但出口走弱以及高库存水平限制回暖空间，短期铋价或将维持震荡态势。**中长期看**，随着国内环保形势趋紧，冶炼原料供应紧张局面难以改变，叠加库存水平仍较高，铋供给增速或仅保持在 2-4% 左右；而随着电子及光伏焊料、半导体热电材料等应用需求的高增长，全球铋消费量增速或达 8-10% 左右，供给过剩逐渐收敛，未来 2-3 年供需或达平衡状态。铋在超导、核工业等高科技领域的应用突破，有望优化其需求结构，驱动长期价格中枢上移。

铋为重要战略金属，广泛应用于医药、冶金、半导体等领域。铋位于元素周期表第六周期 VA 族，具有一系列优良的物理化学特性，被美国、欧盟、日本等列为战略性矿产，也是我国的关键矿产之一。2025 年 2 月，我国商务部、海关总署公布对铋相关物项实施出口管制。铋行业的上游为采选冶炼，中游为金属铋、铋基合金等铋产品加工，下游为冶金、医药化工、电子及半导体等应用领域。

供给端，中国供给端全球主导地位难以撼动，产能扩张瓶颈在于原料短缺。2023 年全球铋产量 23,940 吨，中国产量占比 75%，占全球主导地位。美欧没有完全能够替代中国的铋进口来源。目前精铋冶炼原料持续紧缺，限制产能扩张，且国内铋显性库存呈去库状态，库存压力减弱。未来铋供给或小幅上升，增量主要来自大型有色冶炼企业和回收企业的铋产能提升，增长率约为 2%-4%。

需求端，国内铋消费仍以传统领域为主，半导体等高科技需求打开铋第二增长曲线。2023 年以来铋消费量整体稳中有升，我国铋消费仍以传统领域为主。我国是最大的铋出口国，超 60% 铋金属用于出口，长期看铋金属出口总量或回归至正常水平。未来铋需求增量主要来自电子及半导体、新能源下游需求增长，全球铋消费量或保持 8-10% 速度增长。

随着铋电子材料、铋基纳米材料等领域的研究和应用不断进步，我国铋产业加速向高附加值产品领域转型升级，呈现高纯化、高质化和化合物化。目前，我国铋产品仍以精铋、氧化铋等初级原料为主，应用领域以铋合金、铋药等传统领域为主，而高纯铋、高端铋合金、铋化合物等高附加值、技术前沿产品仍较欧美日存在技术差距，是未来需要重点关注的投资环节。

风险提示： 1、铋多作为铅、铜、钨等金属的伴生矿存在，铋冶炼原料受主矿产品产量影响；2、铋价格抬升或导致材料应用性价比受限，铋下游部分应用存在被替代风险；3、铋作为超导、量子计算材料等前沿应用的研发及产业化不及预期。

内容目录

一、铋为重要战略金属，广泛应用于医药、冶金、半导体等领域	3
1) 上游：采选冶炼	3
2) 中游：铋产品深加工	4
3) 下游：医药、冶金、电子及半导体等	4
二、供给端：中国供给端全球主导地位难以撼动，产能扩张瓶颈在于原料短缺	5
三、需求端：国内铋消费仍以传统领域为主，半导体、新能源等高科技需求打造铋第二增长曲线	6
1、铋当前需求现状	6
2、铋未来应用潜力	7
1) 超导材料	7
2) 核反应堆冷却剂	8
3) 电子及量子器件	8
4) 其他前沿领域应用	8
三、铋产业技术发展趋势与重点关注投资环节	9
1、高纯铋	9
1) 技术壁垒：	10
2) 客户认证壁垒：	10
2、高附加值、技术前沿的铋基材料	10
风险提示	12

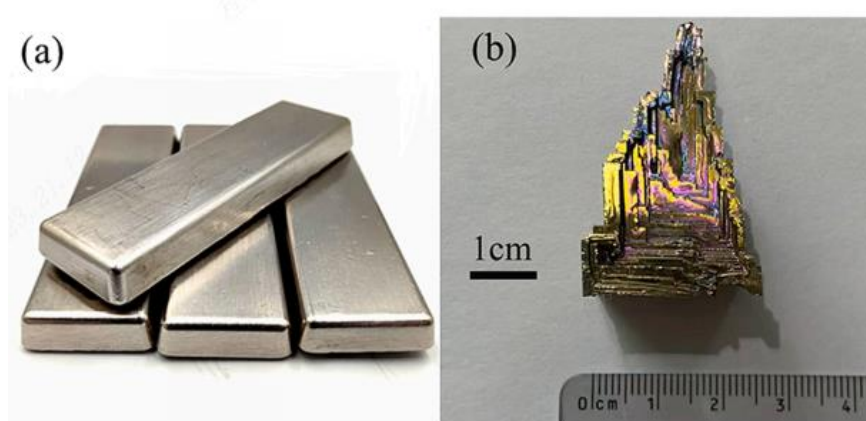
图表目录

图表 1：铋锭和铋晶体	3
图表 2：铋产业链	4
图表 3：全球铋储量分布（吨）	4
图表 4：我国主要精铋生产企业	4
图表 5：我国主要高纯铋、氧化铋及铋相关产品生产企业	4
图表 6：铋下游主要应用领域	5
图表 7：中联金铋锭月度库存量变化（吨）	6
图表 8：中国及全球铋产量趋势预测	6
图表 9：我国铋消费仍以传统领域为主	7
图表 10：我国近 10 年铋产品出口情况（吨）	7
图表 11：2024 年我国铋产品出口氧化铋占七成	7
图表 12：铋在高新技术领域的应用前景	8
图表 13：全球铋供给过剩逐渐收敛，供需结构逐渐平衡	9
图表 14：国外企业仍占据高纯铋市场	10
图表 15：目前高纯铋制备技术的优缺点对比	10
图表 16：全球 Bi-2223 超导带材主要生产生产商技术水平对比	11

一、铋为重要战略金属，广泛应用于医药、冶金、半导体等领域

铋（Bismuth），元素符号为 Bi，位于元素周期表第六周期 VA 族，原子序数为 83，相对原子质量为 208.98，具有一系列优良的物理化学特性。纯铋为银白色固体，带有淡粉色金属光泽，易被氧化形成超薄氧化层。铋晶体在不同波长光照照射时会发生变色折射，表面呈现彩虹色外观。纯铋密度大（9.84 g/cm³），质地柔软，便于加工，机械性能优越；常温下性质稳定，不与碱、非氧化性酸反应，可溶于热的浓硫酸；熔点（271℃）低，沸点（1564℃）高，具有最强的抗磁性、最低的热导率（除汞外），常被用来制作易熔合金；铋的硒化物与碲化物具有半导体性质，是优良的半导体材料。金属铋及其化合物毒性小，不易被人体吸收且对环境破坏能力弱，常用于取代铅、锑等有毒金属，被公认为健康环保的“绿色金属”。

图表 1：铋锭和铋晶体



资料来源：《Advancements in the separation, purification, and smelting technology of bismuth: A review》Changwei Wang etc., 五矿证券研究所；注：a 为铋锭、b 为铋晶体

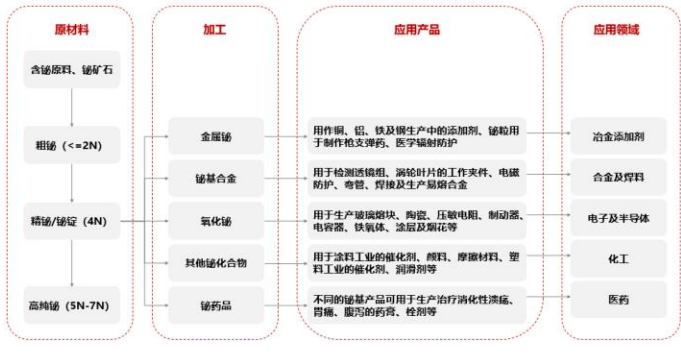
铋是重要的战略稀有金属，被美国、欧盟、日本等列为战略性矿产，也是我国的关键矿产之一。早在 2009 年，日本出台《稀有金属保障战略》，将铋列为现代工业以及未来伴随着技术革命所形成的新型工业所必需的金属；欧盟在 2017、2020 年将铋列入关键原材料清单；美国在 2018 年将铋列入关键矿产目录。为了维护国家安全和利益、履行防扩散等国际义务，2025 年 2 月，我国商务部、海关总署公布对钨、锑、铋、钼、铟相关物项实施出口管制。其中，铋相关物项包括金属铋及制品（包括但不限于锭、块、珠、颗粒、粉末等形态）、锑酸铋、三苯基铋、三对乙氧基苯基铋以及生产以上相关物项的技术及资料。

铋行业的上游为采选冶炼，中游为铋产品深加工，下游为医药化工、冶金、电子及半导体等应用领域。

1) 上游：采选冶炼

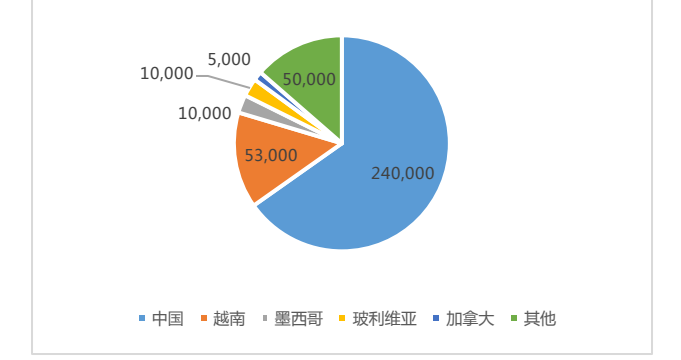
通过综合回收方式从含铋原料、铋矿石中提取粗铋（ $\leq 2N$ ），含铋原料主要包括废铋、铋渣等。铋在地壳中的丰度与银相当，主要以伴生矿的形式存在于铅、钨、铜、锡等金属矿床中，在中国和越南，铋主要作为铅、钨冶炼的副产品生产；在日本和韩国，铋主要作为锌冶炼的副产品生产。我国铋储量世界第一，约占全球总储量的 65%。根据 USGS，截至 2016 年底，全球铋储量为 37 万吨，其中，中国铋储量为 24 万吨，集中在湖南、广东、江西等地，湖南郴州更被誉为“世界铋都”，其铋储量占据全球的半壁江山。除此之外，越南、墨西哥和玻利维亚等国也有部分铋储量。

图表 2：铋产业链



资料来源：株洲科能招股书，先导科技官网，五矿证券研究所

图表 3：全球铋储量分布（吨）



资料来源：USGS，五矿证券研究所

2) 中游：铋产品深加工

经过电解精炼得到精铋（4N），进一步提纯去杂可生产出高纯铋（5N-7N），进一步精深加工则生产出铋基合金、氧化铋、铋药等系列产品。依托充足的铋原料资源，我国是精铋及铋相关产品的主要生产国。精铋生产企业市场集中度较高，主要企业包括靖远高能、贵溪大三元集团等，其中，靖远高能隶属于上市公司高能环境，随着二期产能全面释放，预计 2025 年精铋产能将达 6000 吨，精铋生产规模在全国乃至全球居于领先；而中钨高新铋储量居世界前列，柿竹园公司拥有全球最大的铋单体矿山，占全球储量的 35%，预计 2027 年柿竹园公司技改完成后，铋金属产量将相应增加。高纯铋、氧化铋及铋相关产品生产企业集中度更高，先导科技集团 2024 年 11 月获得上市公司万业企业控股权后加速整合铋业务，2024 年铋金属及产品产量达 10,000 吨，全球市占率约 50%，预计 2025 年完成新增产能建设，金属铋粉、氧化铋、氢氧化铋等铋产品产能将进一步稳定提升。

图表 4：我国主要精铋生产企业

公司	产量	公司基本情况
靖远高能环境新材料技术有限公司	4469吨（2024）	隶属于上市公司高能环境，精铋生产规模在全球领先，外采原料占比例60%，剩余40%来自一期项目的铅冶炼副产品（如冰铜、粗铅）循环利用
贵溪大三元（集团）股份有限公司	约4000吨	国内主要精铋生产商之一，是一家集有色金属的生产、加工、贸易为一体的综合性中型企业集团，主要产品包括精铋、精碲、冰铜、氧化铋、电铅、银锭等，精铋年产量达4000吨，贸易量2000吨
太谷盛德有色金属有限公司	1500-2000吨（2024E）	专业铋金属生产商，铋锭主要原料来源于外购的铋精矿、铋合金（占比70%）等
河南济源金利金铝有限公司	约2000吨	全国领先的铅冶炼商，铅产量约占全国总产量的25%，从铅冶炼废渣中回收铋，精铋年产能约为2000吨
湖南宇腾有色金属股份有限公司	约2000吨	主要产品为电解铋，综合回收黄金、白银、次氧化砷、冰铜、铋、铋、碲等副产品，精铋年产能约为2000吨
河南豫光金铅集团有限责任公司	1675吨（2023）	精铋产量与公司购买的原材料和精矿中铋的含量密切相关，铋产品占公司总收入及营业收入中不超过10%，采用铅铋冶炼“强化还原熔炼-连续蒸馏”短流程回收铋技术，有效提高铋提取效率和纯度
柳州雄风环保科技有限公司	1500吨（2023）	隶属于上市公司东江环保，精铋产量基于从上游客户购买的物料量和物料结构不同存在较大波动，铋年产量约在650-1500吨区间
中钨高新材料股份有限公司	产量约1500吨	铋金属储量位居世界前列，柿竹园公司拥有全球最大的铋单体矿山，铋金属储量24.3万吨，占全球总储量的35%，自产铋产量为约精矿伴生矿产品，受铋精矿开采配额限制，其高纯铋最高纯度达99.997%
合计产量		约1.9万吨

资料来源：公司公告，株洲科能招股书，SMM，上期所，亚洲金属网，五矿证券研究所；注：五矿证券与中钨高新同受中国五矿集团有限公司实际控制

图表 5：我国主要高纯铋、氧化铋及铋相关产品生产企业

公司	产业链环节	产量	公司基本情况
先导科技集团	高纯铋、氧化铋及其它铋相关产品	10000吨	全球领先的铋金属生产商，主要产品包括铋、碲、银、铋、铋、铋和钴等，广泛应用于半导体、显示、电子、光伏等领域。2024年11月先导科技集团获得上市公司万业企业控制权，加速整合铋业务。2024年铋金属及产品产量约10000吨，全球市占率约50%。公司预计2025年上半年完成新增产能建设，主要产品为金属铋粉、氧化铋、氢氧化铋等，产能和销量预计稳步提升
株洲科能新材料股份有限公司	高纯铋、氧化铋及其它铋相关产品	5000吨	专注于4N以上铋、银、铋、碲等高纯铋金属提纯技术开发及生产，铋系列产品主要包含铋制品及氧化铋等，具有铋相关产品年5000吨的生产规模，产品在国内以及亚洲、欧洲、美洲的多个国家实现销售，广泛应用于电子、化工及冶金等领域
合计产量			约1.5万吨

资料来源：公司公告，株洲科能招股书，五矿证券研究所

3) 下游：医药、冶金、电子及半导体等

目前，铋主要以氧化物及铋盐的形式广泛应用于医药、冶金、电子及半导体等领域。铋单质可用作制备易熔合金、合金添加剂和焊料等；氧化铋可用于制备颜料、电子陶瓷、医药等；铋盐则主要用于医药和催化剂。由于铋对铅等有毒金属的替代作用，其应用领域也不断延伸至蓄电池、半导体、阻燃剂、化妆品、核工业等领域。

图表 6：铋下游主要应用领域

材料特性	应用领域	用途	潜在替代材料
抗菌、抗辐射、抗肿瘤	医药	1) 铋亚砷酸盐、铋亚硝酸盐用于治疗十二指肠溃疡、消化不良和腹泻；2) 能够衰减、屏蔽X射线或γ辐射，可用于医学成像中的造影或防护；3) 放射性铋 (²¹³ Bi 和 ²¹⁵ Bi) 作为新型小体肿瘤治疗剂显示出巨大潜力	铋化合物可被氧化铝、抗生素、碳酸钙和氧化镁替代
熔点低沸点高、冷胀热缩	合金及焊料	1) 与铅、锡、铜等制成二元或多元易熔合金，广泛用于汽车和航空工业、灭火系统中的安全装置等；2) 用于制作低熔点焊料，如伍德合金用于透镜定位、玻璃密封、电子元件焊接等，铋锡合金焊料应用于手机芯片、微型传感器、光伏电池低温焊接等；3) 与锡、铜、铅等组成印刷合金、精密铸造合金等	铜、银、铅和锡可部分替代低温焊料中的铋；甘油填充的玻璃管可替代铋合金用于消防喷淋系统的触发装置；树脂可替代铋合金用于加工过程中保持金属形状
延展性强、机械性能优越	冶金添加剂	在金属冶炼中添加少量金属铋可显著提高工件性能，例如在易切削不锈钢中添加0.1%~0.4%的铋可提高钢的切削能力；在铝、镁和青铜中加入铋，可改善机械加工性能和耐磨性能	-
热电性能、热稳定性	电子及半导体	1) 碲化物、碲化物是优良的半导体热电材料，广泛应用于热电制冷和电子器件控温，在近室温热电致冷市场占主导地位；2) 氧化铋作为电子陶瓷粉体材料中的重要添加剂，主要应用于氧化铟锡压敏电阻、陶瓷电容、铁氧体磁性材料等；3) 高纯铋作为半导体探测器靶材	-
金属光泽、低毒	化妆品及颜料	1) 氢氧化铋具有珠光效应和平滑效果，用于配置安全无毒的眼影等化妆品；2) 钼酸铋和钼酸铋折光率高、粘合力极强，色泽光亮、不易褪色、抗腐蚀性良好，用于替代传统毒性铬黄材料	二氧化钛涂层云母片和鱼鳞提取物可在某些颜料中作为替代品
光和光电响应	光电探测器	氧化铋、硫化铋等能在紫外、可见或近红外光区域被激发并表现出一定的光吸收、光致发光和光电响应，被广泛应用于光电探测器、场发射显示器等领域，如碲化铋晶体用于核辐射探测器、X射线层面扫描仪、电光、压电激光等器件制造	-
热稳定性、阻燃性能	阻燃剂	作为塑料中的阻燃添加剂，氢氧化铋替代锑系阻燃剂的前景广阔，铋系阻燃剂燃烧时发生的烟气致死性极小，且不影响阻燃剂稳定性	-

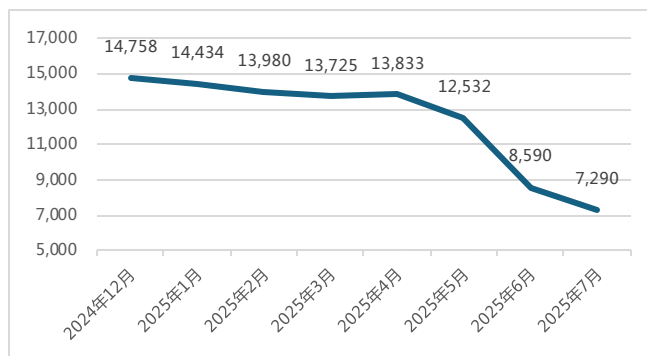
资料来源：《Advancements in the separation, purification, and smelting technology of bismuth: A review》Changwei Wang etc., 《铋的特殊性质及其在高新技术领域的应用前景》辛艳梅等，《铋深加工产品的应用及其发展前景》秦毅红等，American Elements 官网，USGS，五矿证券研究所

二、供给端：中国供给端全球主导地位难以撼动，产能扩张瓶颈在于原料短缺

中国供给端全球主导地位难以撼动，美欧没有完全能够替代中国的铋进口来源。根据安泰科，2021-2023 年全球铋产量基本维持稳定，2023 年全球铋产量 23,940 吨，其中，中国产量占比 75%，占全球主导地位。除中国外，老挝、韩国、日本和哈萨克斯坦等国也有部分精铋产量，但受限于资源品位下降与开采冶炼成本攀升等因素，海外铋供给弹性持续收缩。美国于 1997 年停止初级铋生产，回收铋仅占国内表观消费量的 3%-10%，高度依赖进口；且美国国内最后一个铅精矿冶炼厂也于 2013 年关闭，作为铋生产原料的所有铅精矿也都需出口冶炼。因此，美国对中国铋供应依赖度极高，2020-2023 年，其近七成的进口量来自中国。欧盟则完全依赖进口纯度至少为 99.8%的精铋。受限于提纯成本高、环保等因素，回收铋也无法替代初级铋抵消欧美铋供应短缺——回收铋的提纯成本达 18-22 美元/公斤，远高于初级铋 14-16 美元/公斤的提纯成本。

铋产能扩张瓶颈在于冶炼原料短缺，库存压力逐渐减弱。精铋生产原料主要为铋矿石以及铜、铅、钨等金属生产过程中产生的综合回收物料，目前精铋冶炼原料持续紧缺：1) 铋矿石方面，只有柿竹园公司、江钨、厦钨等少数企业能够供应铋精矿，且铋精矿的品位下降明显；2) 含铋废料方面，受国家开采配额管控、环保监管趋严以及在产矿产品位自然下降等多因素影响，含铋冶炼废渣供应持续受限。从库存水平看，目前国内铋显性库存呈去库状态。由于生产商原料库存不足，铋锭产量下降，叠加部分参与者对后市乐观，采货量有所增加。截至 2025 年 7 月末，溧阳中联金铋仓单库存为 7,290 吨，较出口管制前下降明显，但需注意的是社会隐形库存仍然存在，整体库存压力或仍较大。

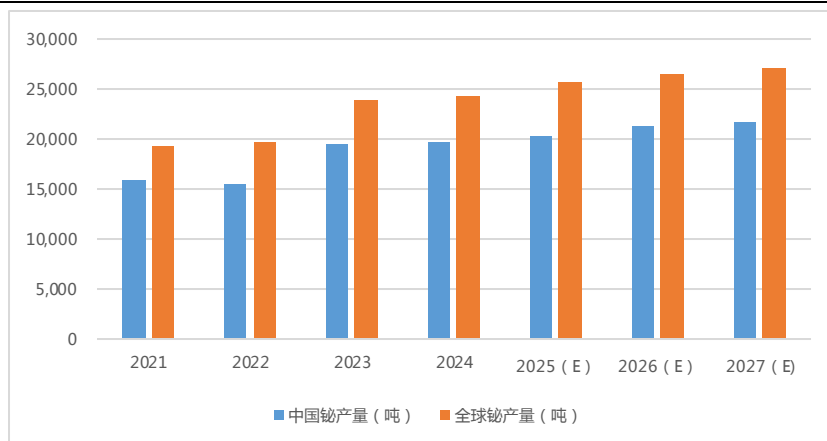
图表 7：中联金铋锭月度库存量变化（吨）



资料来源：中联金信息网，五矿证券研究所

未来铋供给或小幅上升，增量主要来自大型有色冶炼企业和回收企业的铋产能提升，增长率约为 2-4%。我们认为，2025-2027 年全球精铋产量或将微增至 2.5-2.7 万吨，新增产能主要来自 1) 靖远高能二期产能的全面释放，预计精铋年产能将增加约 1500 吨至 6000 吨，成为全球最大精铋供应商；2) 中钨高新柿竹园公司技改项目预计 2027 年底前完成，项目完成后钨精矿年产量将提高约 30%，铋等伴生金属产量将相应增加；3) 江西铜业、铜陵有色等铜冶炼企业也愈发重视稀散金属开发，预计铋综合回收产量将进一步提高。

图表 8：中国及全球铋产量趋势预测



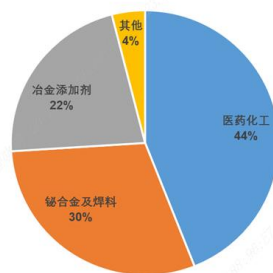
资料来源：安泰科，公司公告，五矿证券研究所测算

三、需求端：国内铋消费仍以传统领域为主，半导体、新能源等高科技需求打造铋第二增长曲线

1、铋当前需求现状

2023 年以来铋消费量整体稳中有升，我国铋消费仍以传统领域为主。随着经济和工业生产复苏，2023 年起铋市场供需格局迎来改善，全球铋整体消费呈现较强韧性。全球铋消费主要集中在美国、欧洲、日本等国家和地区，各国铋消费领域有所侧重。我国铋消费仍以医药化工、合金及焊料和冶金添加剂等传统领域为主，美国铋消费主要用于化妆品、工业和制药等，欧洲以医药、化工为主，日韩铋消费则以电子行业为主。

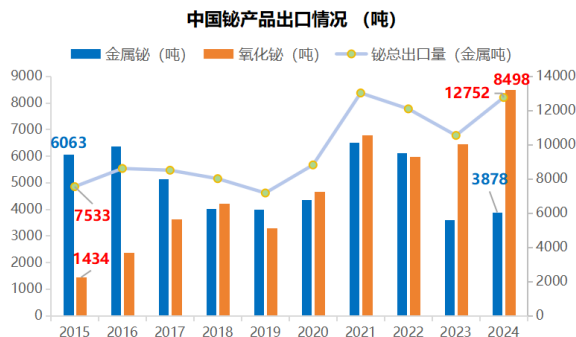
图表 9：我国铋消费仍以传统领域为主



资料来源：安泰科，五矿证券研究所

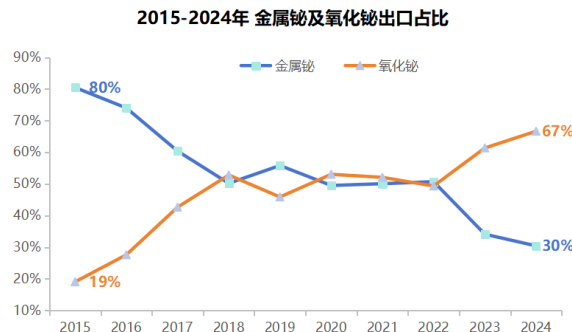
我国是最大的铋出口国，超 60% 铋金属用于出口，长期看铋金属出口总量或回归正常水平。根据海关数据和中联金，2024 年中国共出口铋产品约 12,752 金属吨，其中金属铋出口 3,878 吨，占总出口的 30%，氧化铋出口 8,498 吨，占比 67%。2022 年以后，中国铋产品主要出口形式从金属铋转化为氧化铋，而作为出口大头的氧化铋并未受到出口管制的影响。短期看，出口管制对铋出口总量有一定扰动，根据海关数据，2025 年 1-6 月铋相关物项月均出口 872.4 金属吨，同比下降 22%，主要出口至荷兰、印尼、墨西哥、比利时和德国；但中长期看，金属铋主要用于生产氧化铋，对金属铋的管制会相应刺激国内氧化铋的产量，氧化铋出口量或将继续增长，2025 年 1-6 月，氧化铋出口同比增长 18%，一定程度上弥补了金属铋出口量下降。随着铋相关物项出口管制政策长期化，国内生产商或进一步转型为高附加值产品出口，铋出口总量或将回归至正常水平。

图表 10：我国近 10 年铋产品出口情况（吨）



资料来源：中联金信息网，五矿证券研究所

图表 11：2024 年我国铋产品出口氧化铋占七成



资料来源：中联金信息网，五矿证券研究所

2、铋未来应用潜力

凭借超导、量子效应等特质，铋已超越其传统应用领域成为支撑高新技术发展的关键材料。铋晶体具有超导电性，铋基超导材料是最具代表性的高温超导材料之一；高纯铋导热系数低，被用于制作液态铅铋共晶合金，是第四代铅冷快堆冷却剂的首选材料；硒化铋、碲化铋为拓扑绝缘体，在自旋电子器件、光电子器件和量子计算领域有广泛应用场景。除此以外，铋在柔性可穿戴设备、光催化剂、钙钛矿太阳能电池等领域也有巨大应用潜力。

1) 超导材料

铋基超导材料是最具代表性的高温超导材料之一，包括 Bi-2223 ($\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10}$)、Bi-2212 ($\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$) 等。超导材料具有零电阻、完全抗磁性以及量子隧穿效应，主要应用

于高能加速器、磁约束核聚变、医用磁共振成像仪、超导储能、超导量子计算机等领域。Bi-2223 带材是首个实现批量化制备的实用化高温超导材料，日本住友电工是全球 Bi-2223 带材的垄断龙头，国内西北有色金属研究院、英纳超导、西部超导等已掌握核心制备技术，但带材性能及具体场景应用等方面较日本住友电工仍有较大差距。Bi-2212 线材则是制备管内电缆导体的理想材料，已有多家公司和研究机构具备批量化制备能力，包括美国牛津仪器公司 (BOST)、欧洲耐克森公司 (Nexans)、日本昭和电线电缆株式会社等，国内西北有色金属研究院研制的线材性能接近国际领先水平。由于使用银或银合金包套，铋基超导材料产业化的关键在于降低成本、提高机线带材的机械性能，若能突破则有极大潜力在超导储能装置、超导变压器、超导输电电缆等领域起主导作用。

2) 核反应堆冷却剂

高纯铋用于制作液态铅铋共晶合金 (LBE)，是第四代铅冷快堆载热体或冷却剂的首选材料。铅冷快堆具有固有安全、易小型化、可持续性好等特点，在热电联产、供热、浮动核电站、开拓海洋资源等应用场景有独特优势，是第四代先进核能系统发展的主力堆型之一。液态铅铋共晶合金具有低熔点、高沸点、载热和传热能力强等优点，是铅冷快堆和加速器驱动核嬗变系统重要的冷却剂和散裂靶材料。2019 年 10 月，国产首座铅铋合金零功率反应堆“启明星 III 号”首次临界，标志着我国在铅铋快堆领域进入工程化阶段，并跻身国际前列。中核集团预计 2025 年将建成小型铅铋快堆示范堆。

3) 电子及量子器件

硒化铋、碲化铋等被广泛用于量子器件原型开发与探究，在自旋电子器件、低能耗器件和量子器件领域有广泛应用潜力。当铋厚度减小到纳米级时，从半金属转变为拓扑绝缘体。拓扑绝缘体是近年来被发现的新型电介质材料，由于存在强自旋轨道耦合作用呈现内部绝缘而表面导电的独特电学特性，是新一代电子器件的核心候选材料。硒化铋、碲化铋作为拓扑绝缘体，在自旋电子器件、光电子器件和量子计算等领域都有潜在应用前景；钠铋化物为三维拓扑狄拉克半金属材料，可用于制作拓扑晶体管，实现功耗更低、运行效率更高的电子器件。

4) 其他前沿领域应用

除此以外，铋还在柔性可穿戴设备、环保及新能源等领域也有巨大应用潜力。如将铋沉积到聚酰亚胺和聚二醚酮的聚合材料上可以制备柔性超薄的霍尔传感器，有望应用在电子皮肤、可穿戴生理监测治疗装置等，目前已从起步阶段迈入实质性发展阶段；由于铋的光电催化、环境友好特性，铋基复合氧化物作为光催化剂，在有害气体处理、新兴污染物处理等领域有很大潜力。铋的卤化物具有钙钛矿结构，有潜力替代钙钛矿太阳能电池中的有毒铅。

图表 12：铋在高新技术领域的应用前景

材料特性	应用领域	用途	当前发展阶段
超导电性	超导材料	铋材料 ($\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8-x}$, $\text{Ba}_{0.51}\text{K}_{0.49}\text{BiO}_3$) 具有良好的超导性能	目前 BSCCO 超导材料已被制成公里级多芯超导线缆，产业化的关键在于降低成本、提高机线带材的机械性能
导热系数低、抗辐射	核工业	1) 高纯铋被用于制作液态铅铋共晶合金 (LBE)，是第四代铅冷快堆 (LFR) 冷却剂的首选材料； 2) 用作测射靶材，在核反应实验中，高能粒子 (如质子、中子或电子) 轰击铋靶材，从而产生所需的放射性同位素或其他核反应产物	中核集团计划 2025 年建成小型铅铋快堆示范堆
量子自旋霍尔效应	量子材料	1) 硒化铋、碲化铋为拓扑绝缘体，在自旋电子器件、光电子器件和量子计算等领域都有潜在应用前景； 2) 钠铋化物 (Na_3Bi) 为三维拓扑狄拉克半金属材料，可用于制作拓扑晶体管，实现功耗更低、运行效率更高的电子器件	目前主要用于量子器件原型开发和基础研究，下游应用多处于实验室或产业化早期阶段
导热系数低、霍尔系数最高、质地柔软	柔性可穿戴设备	将铋沉积到聚酰亚胺和聚二醚酮的聚合材料上可以制备柔性超薄的霍尔传感器，从而实现可穿戴电子产品装置，有望应用在电子皮肤、可穿戴生理监测治疗装置、柔性导电织物、薄膜晶体管和透明薄膜柔性门电路等	目前已从起步阶段迈入实质性发展阶段，仍需攻克价格高昂且制备工艺复杂等问题
光电催化、环境友好	环保及新能源	1) 铋基复合氧化物 (BiVO_4 , Bi_2WO_6 , BiMO_3 , CuBiO_3 , FeBiO_3) 作为光催化剂，在有害气体处理、新兴污染物处理、染料废水处理以及抗菌应用等领域有很大潜力； 2) 铋的卤化物 ($\text{C}_6\text{H}_5\text{NBi}_4\text{BiI}_3$, AgBiI_2) 具有钙钛矿结构，有潜力替代钙钛矿太阳能电池中的有毒铅	理论研究阶段，商业化应用仍需突破器件性能和稳定性等问题

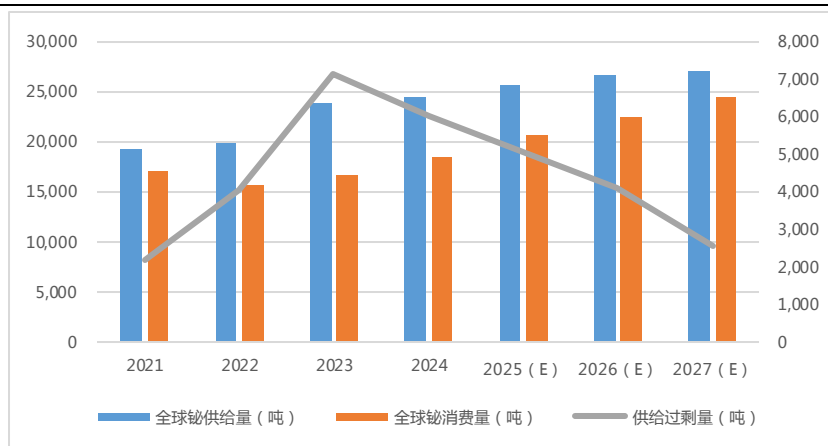
资料来源：《Advancements in the separation, purification, and smelting technology of bismuth: A review》Changwei Wang etc.,

《铋的特殊性质及其在高新技术领域的应用前景》辛艳梅等，《铋基三维拓扑绝缘体高效制备及输运和极化行为研究》郑玥乾，《柔性可穿戴碲化铋基热电器件的研究进展》张彤等，五矿证券研究所

整体来说，未来铋需求增量主要来自电子及半导体、新能源等应用需求增长，预计全球铋消费量保持 8-10% 速度增长，高于供给增速。1) 合金及焊料领域，在欧洲《有害物质限制指令》(RoHS)、美国《有毒物质控制法》(TSCA) 等环保政策催化下，铋作为绿色金属加速对铅等有毒金属在电子、医疗、汽车制造、光伏等领域的替代。如铋锡合金替代铅锡合金用于手机芯片、微型传感器、光伏电池等精密电子元件的低温焊接；铋基合金替代铅基合金用作放射治疗中的防辐射护板；铋黄颜料替代传统毒性铬黄颜料用作汽车外壳喷漆等。尤其在光伏领域，由于铋锡合金焊料抗热疲劳性能好，主要适配于 HJT 电池组件，随着 HJT 技术在成本端、工艺端的突破，其在终端市场应用的逐渐放量将拉动铋需求快速增长，或成为铋下游需求增长的最大来源之一；2) 电子及半导体领域，硒化铋、碲化铋仍是近室温区最好的商用化热电材料，受益于下游 5G 芯片制冷、红外探测器制冷、高精度温控等需求，其终端应用领域会更加宽广。除此以外，铋在超导、核工业和量子材料的应用多处于产业化初期或理论研究阶段，需求增量虽较为远期，但战略意义显著。

综上，从供需基本面分析，短期看，铋供需呈弱平衡态势，原料供给偏紧是铋价高位运行的重要支撑因素，但出口走弱以及高库存水平限制回暖空间，短期铋价或将维持震荡态势。中长期看，随着国内环保形势趋紧，冶炼原料供应紧张局面难以改变，叠加库存水平仍较高，铋供给增速或仅保持在 2-4% 左右；而随着电子及光伏焊料、半导体热电材料等应用需求的高增长，全球铋消费量增速或达 8-10% 左右，供给过剩逐渐收敛，未来 2-3 年供需或达平衡状态。铋在超导、核工业等高科技领域的应用突破，有望优化其需求结构，驱动长期价格中枢上移。

图表 13：全球铋供给过剩逐渐收敛，供需结构逐渐平衡



资料来源：安泰科，SMM，长江有色金属网，同享科技招股书，中国光伏行业协会，QYResearch，华经情报网，五矿证券研究所测算

三、铋产业技术发展趋势与重点关注投资环节

随着铋电子材料、铋基纳米材料等领域的研究和应用不断进步，我国铋产业不断通过技术升级和结构调整加速向高附加值产品领域转型升级，呈现高纯化、高质化和化合物化。目前，我国铋产品仍以精铋、氧化铋等初级原料为主，应用领域以铋合金、铋药等传统领域为主，而高纯铋、高端铋合金、铋化合物等高附加值、技术前沿产品仍较欧美日存在技术差距，是未来需要重点关注的投资环节。

1、高纯铋

铋在高科技领域的应用对材料纯度有更高的要求，但 6N 级以上高纯铋生产仍为发达国家主导。高纯铋指纯度为 5N 及以上的金属铋，5N 高纯铋要求其中杂质银、铝、砷、金等总

含量不超过 10ppm，6N 高纯铋要求其中杂质总含量不超过 1ppm。高纯铋的品质直接影响下游产品的关键性能属性，目前主要用于化合物半导体、高纯合金、核反应堆冷却剂和高纯化学试剂等高科技领域，如半导体热电材料硫化铋、碲化铋需使用高纯铋以减少杂质元素引起的晶格缺陷，有效提高电荷载流子迁移率，从而提高半导体材料的稳定性和使用寿命。因此，虽然高纯铋绝对用量较小，但在产业链上有不可替代的作用。国内制备粗铋和精铋的方法较为成熟，但生产高纯铋的工艺仍处于起步阶段，大规模工业化生产仍面临着严峻的挑战，主要体现在技术壁垒和客户认证壁垒两个方面。

1) 技术壁垒：

国外企业仍占据高纯铋市场主导地位，国内高纯铋规模化制备仍存在挑战。高纯铋制备过程中的提纯、电解、定向结晶等环节中均存在较高的技术和工艺门槛，企业一方面需攻克制备和量产环节的关键技术，另一方面还需通过大量生产实践提升生产工艺、完善生产流程、升级生产设备。目前国内 6N 及以上高纯铋制备主要工艺为区域熔炼法，已应用于锗、铜、铝等高纯金属的制备，但该工艺要求原材料纯度超 99%，且对平衡分配系数接近 1 的杂质去除效果并不明显，铋中的 Mg、Ca、Fe、Sb 等杂质需多次熔炼（10-20 次）才能实现深度分离，生产周期长、能耗高。我国先导科技、中国有研、湖南有色等企业已在工艺技术上攻破 6N 级高纯铋的制备，但仍停留在小型化或实验室阶段，规模化生产仍存在诸多挑战。

图表 14：国外企业仍占据高纯铋市场

公司	所属国家	铋制品纯度指标	氧化铋纯度指标
ALB Materials	美国	4N-6N	5N
5N Plus	加拿大	4N-5N	-
American Elements	美国	6N	4N-5N
先导科技集团	中国	5N-6N	5N-6N
株洲科能材料股份有限公司	中国	4N-5N	4N-5N
贵溪大三元实业（集团）股份有限公司	中国	4N-5N	4N-5N

资料来源：公司官网，株洲科能招股书，五矿证券研究所

图表 15：目前高纯铋制备技术的优缺点对比

高纯铋制备工艺	纯度	优缺点
电解精炼法	5N	应用普遍但过程缓慢且不易强化，深度净化能力差，提纯极限低；电解液基本为强酸、氟化物、氯化物，环境污染严重，并非 5N 以上的高纯铋生产最佳选择
真空蒸馏法	5N	工艺普适性广，已应用于镁、铜、锌、镉和铟等金属，具有流程短、消耗少且环境友好等优点，但目前仅适用于高纯铋实验和小规模生产，实际工厂生产仍面临挑战，如添加剂硫需分批多次添加、铋需研磨为粉末状以确保与硫充分融合等
区域熔炼法	6N及以上	已应用于锗、铜、铝、锌等金属提纯，能够生产超高纯金属且环境友好。但要求原材料纯度超 99%，需对原材料进行预处理：对平衡分配系数接近 1 的杂质去除效果较差，如铋中的 Mg、Ca、Fe 等；需在低熔区移动速率下多次熔炼，生产周期长、能耗高等，规模化生产存在难度

资料来源：《Advancements in the separation, purification, and smelting technology of bismuth: A review》Changwei Wang etc., 《区域熔炼制备高纯金属研究进展》田庆华等，五矿证券研究所

2) 客户认证壁垒：

高纯稀散金属下游客户供应商往往准入门槛极高，验证周期长。企业必须要做到持续、稳定供应可满足全球一流企业原材料要求的高品质产品，才有资格成为下游龙头企业的供应商。高纯稀散金属目前最主要的下游应用为化合物半导体等高端制造行业，下游客户会先对特定杂质含量、各批次产品质量稳定性、产品形状等方面提出定制化要求，然后对供应商产品进行多次、小批量的验证，产品通过验证之后再根据供应商的工艺水平、产能及交期选择建立长期的合作关系并开始大规模采购，供应商认证的时间跨度可长达 1-5 年。

2、高附加值、技术前沿的铋基材料

我国铋在尖端应用的布局仍不足，高端铋基材料被欧美日公司垄断。以铋基合金为例，目前中国生产的铋合金产品仍多凭借成本优势占据低端市场，如株洲科能 Bi-Sn-Cd 合金与欧洲铋合金相比成本低近 30%，在亚洲地区的管道焊料市场占据主导地位，但欧美日公司垄断高端铋基合金市场：1) 加拿大 5N Plus 公司在高纯铋合金领域占据主导地位，专注于生

产医学成像、电子和核屏蔽的铋基先进材料；2) 美国 Belmont Metals 公司能够针对精密铸造用等铋基合金进行定制，并加快与航空航天公司合作以取代卫星部件中的铅基焊料；3) 日本 DOWA Electronics Materials 公司瞄准消费电子领域用的铋锡焊料，其开发的 Bi-Ag-Cu 合金的耐热循环性比 SAC305 焊料高 30%，已被多家汽车供应商采用；4) 美国 AmeriTi Manufacturing 公司专注于核医学辐射屏蔽的铋基复合材料，并积极开发用于便携式射线设备的轻质铋钨聚合物复合材料，目标占据医疗辐射防护市场 15% 的份额。

我国高端铋基材料性能较欧美日公司差距仍较明显。以铋基超导材料为例，目前国内高温超导材料 Bi-223 带材的载流性能基本稳定在 150A 左右，仍与行业龙头住友电工生产的带材性能存在较大差距。日本住友电工开发出可用于千米长带制备的可控高压热处理技术，其批量化提供的千米带材在 77K 自场的临界电流稳定在 200A 以上。

图表 16：全球 Bi-2223 超导带材主要生产生产商技术水平对比

公司	技术水平 (77K, 自场)
日本住友电工	100~2000m, $J_c > 200A/mm^2$
美国超导公司	100~1000m, $J_c > 150A/mm^2$
德国布鲁克公司	100~2000m, $J_c > 100A/mm^2$
中国英纳超导	100~2000m, $J_c > 120A/mm^2$
中国西北有色金属研究院	100~2000m, $J_c > 110A/mm^2$

资料来源：《实用化超导线材简介 | 超导材料及其应用》陈震宇等，五矿证券研究所

随着国内铋企业加大高端铋产品的研发投入，中国铋企业或逐渐提高在铋行业话语权。如先导科技集团作为全球精铋龙头，凭借在材料、器件到模组、系统的完整产业链优势，积极推动铋在半导体行业深加工产品的产能布局。我们认为，国内铋企业高端产品布局还需加大在铋基纳米材料、铋基电子材料等领域投入，如在纳米材料方面，加大布局纳米级铋锡合金颗粒、纳米级铁酸铋颗粒等用于微电子封装、光催化等领域；在电子材料方面，深化布局硒化铋、碲化铋、锗酸铋等，满足量子器件、高能物理等前沿需求。

风险提示

- 1、铋多作为铅、铜、钨等金属的伴生矿存在，铋冶炼原料受主矿产品种产量影响；
- 2、铋价格抬升或导致材料应用性价比受限，铋下游部分应用存在被替代风险；
- 3、铋作为超导、量子计算材料等前沿应用的研发及产业化不及预期。

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

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

深圳

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

北京

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 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.	Ratings		Definitions
	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