



东兴证券
DONGXING SECURITIES

铷铯行业深度（IV）：航天、6G 及智慧电网发展推动铷原子钟需求爆发，铷盐战略资源要素价值凸显

2026 年 4 月 17 日

看好/维持

有色金属

行业报告

| | | |
|------|--|-----------------------|
| 分析师 | 张天丰 电话：021-25102914 邮箱：zhang_tf@dxzq.net.cn | 执业证书编号：S1480520100001 |
| 研究助理 | 闵泓朴 电话：021-65462553 邮箱：minhp-yjs@dxzq.net.cn | 执业证书编号：S1480124060003 |

投资摘要：

原子钟是国家授时系统的核心，具有重大战略意义。原子钟分为铷原子钟、铯原子钟和氢原子钟三类。原子钟的精度可以达到每 2000 万年误差 1 秒以下，是目前世界上最准确的时间获得和测量工具。原子钟行业的发展对国家时间频率体系建设有重要意义。从我国“两弹一星”的研发，到现代军舰、飞机和导弹的导航定位与精准打击，以及民用领域 5G/6G 基站、汽车自动驾驶定位等方面，原子钟都发挥着重要作用。

全球原子钟市场规模进入结构性的高速扩张，2025-2030 年间 CAGR 或达 29%。据 Mordor Intelligence 最新数据，从原子钟种类观察，2023 年全球原子钟市场中，铯、铷、氢原子钟市场份额分别为 42.10%、40.50%和 17.40%；从应用领域观察，国防领域原子钟应用占比达 73.60%，航天领域应用占比为 26.40%。据 QYResearch 数据，2025 年全球原子钟市场规模约为 3.4 亿美元且呈现寡头垄断特征（CR5 达 65%）。其中，Microchip 占据全球原子钟市场主要份额，产品系列覆盖军用、航天到工业级。从地区消费分布观察，2025 年北美为全球最大原子钟市场（占比 35%），而后为欧洲与亚太市场，三大地区合计占全球原子钟市场份额的 90%。结合 QYResearch 和贝哲斯咨询的数据与市场预测，2025-2030 年间，全球原子钟市场规模或由 21.78 亿元升至 78.02 亿元，期间 CAGR 或达 29.07%。

芯片原子钟—原子钟行业微型化、量产化的关键突破。芯片（铷）原子钟相较传统原子钟具有微型化、超低功耗、低成本等明显优势。通过上市公司公告的产品信息测算，一颗芯片原子钟的体积约为 16.8 立方厘米（含外包装壳），仅为传统星载铷原子钟的 0.3%。同时，芯片原子钟是目前唯一能够用电池或太阳长期供电的原子钟。受益于核心组件的微型化，芯片原子钟的材料、制造和维护成本均较传统原子钟大幅降低，这有助于其在航空航天、卫星导航、通信、海底勘探、物联网等领域应用前景的拓展及全面普及。

我们将通过对航空航天（商业航天、卫星导航、深空探测）、通信（5G/6G 通信、量子通信）、海底勘探和智慧电力电网四大新兴应用领域深度分析，研究铷原子钟的需求变化并形成该行业对应铷盐需求的量化拟合。考虑到铷盐供给侧的结构性增长（金银河千吨级铷盐产线投产），以及以铷原子钟为主的芯片原子钟渗透率的持续攀升（具有微型化、低功耗、低成本优势），我们认为铷原料供给稳定性的增强将有助于铷原子钟市场展现持续且强劲的增长动能。其中，考虑到中国商业航天发展中星载（铷）原子钟的大量利用以及中国 5G/6G 基站建设占全球比例持续高企，中国需求或成为全球铷原子钟市场的核心增量。从实际的铷盐需求增速角度观察，经我们测算，**2026-2030 年间，中国四大原子钟新兴应用领域对应铷盐需求 CAGR 或达 32%。**

商业航天发展推动铷原子钟需求提升，2026-2030 年间中国低轨卫星对应铷盐需求 CAGR 或高达 94%。星载铷原子钟物理系统及整钟、时间双向比对设备等产品均已为中国星网“GW”配套，用于实现卫星间的精准同步和授时服务。根据中国航天科工二院 203 所公开信息，国内低轨卫星中，每颗卫星或配套两台星载铷原子钟。同时，卫星导航系统的建设以及深空探测的持续进行亦将提振铷原子钟需求，如天奥电子的星载原子钟物理系统已应用于北斗三号导航卫星系统。此外，卫星补网需求亦将转化为原子钟的存量市场。结合中国原子能科学研究所和橡树岭国家实验室的公开数据测算，单台铷原子钟对应铷盐需求量约为 10 克。考虑到导航卫星及深空探测发射量较少，对原子钟的需求影响较低，因此我们在测算中暂不计入铷盐

需求量预测。在商业航天领域，根据中国低轨卫星发射量、补网量及单位铷原子钟、铷盐需求量测算，中国低轨卫星发射对应铷原子钟需求量或由 2026 年的 2043 台升至 2030 年的 28989 台，对应铷盐需求量或由 20 千克升至 290 千克，期间 CAGR 或达 94%。

5G 基站全球部署或至 2030 年完成，2026-2030 年间全球 5G 宏基站对应铷盐消耗量合计或达 38.4 吨。据工信部官方数据，2020-2025 年间，中国 5G 基站由 72.8 万个升至 483.8 万个（期间 CAGR 达 47%），占全球 5G 基站比例由 49% 升至 67%，全球 5G 基站数量由 150 万个升至 725 万个（期间 CAGR 达 37%）。以近年来全球及中国 5G 基站建设进度拟合，至 2030 年，全球或建成 1400 万座 5G 基站，而中国或建成近 1000 万座 5G 基站。结合 5G 基站建设数量预测、5G 宏基站占比预测、单座宏基站铷原子钟需求量、单台铷原子钟对应铷盐需求量等数据，我们认为至 2030 年，全球或累计建成 590.8 万个 5G 宏基站，中国或累计建成 386.8 万个 5G 宏基站，**2026-2030 年间，全球 5G 宏基站对应铷盐消耗量合计或达 38.4 吨，而中国 5G 宏基站对应铷盐消耗量合计或达 24.1 吨。**

6G 商业化落地或推动芯片原子钟需求空间大幅增长，2030-2035 年间全球 6G 宏基站对应铷盐消耗量合计或达 254 吨。由于 6G 基站使用超高频段（太赫兹频段），其信号波长极短，单个 6G 基站的覆盖范围有限（200 米或更短），因此其密集程度或远超 5G 网络（谨慎预测约为 3 倍）。参考 5G 基站的建设速度，考虑到全球及中国当前的 6G 发展时间表，以及 6G 基站与 5G 基站的密度差，我们认为，2028-2029 年间，全球每年或建成 30 万个 6G 基站以进行技术试验；2030 年起，6G 商业化或正式落地，全球 6G 基站数量或由 2030 年的 450 万座升至 2035 年的 2175 万座（期间 CAGR 或为 37%），中国 6G 基站数量或由 2030 年的 218 万座升至 2035 年的 1451 万座（期间 CAGR 或为 46%）。结合 6G 宏基站占比预测、单座宏基站铷原子钟需求量、单台铷原子钟对应铷盐需求量等数据，我们认为 **2030-2035 年间，全球 6G 宏基站对应铷盐消耗量合计或达 254 吨，中国 6G 宏基站对应铷盐消耗量合计或达 171 吨。**

原子钟在量子通信中起到重要的时间同步作用，2025-2030 年间全球量子通信对应铷盐需求量 CAGR 或达 33%。量子通信网络对时间同步的精度要求达亚纳秒级，其运行需要经典通信网络的辅助来传输协议信息和同步信号。铷原子钟是量子通信地面站、中继站的核心时频设备，每站需配置 2—3 台铷原子钟（主钟+备份）。参考《2025-2030 中国量子通信行业市场发展现状及竞争策略与投资发展研究报告》，2025 年全球量子密钥分发设备及网络节点数量合计约为 3060 个，其中，中国量子密钥分发设备及网络节点数量合计约为 1285 个（占全球比例约为 42%）。至 2030 年，全球量子密钥分发设备及网络节点数量合计或达 13509 个，中国或达 7700 个（占比 57%）。综合分析，**2025-2030 年间，全球量子通信对应铷盐需求量或由 85.3 千克升至 270.2 千克（期间 CAGR 或达 33%），中国量子通信对应铷盐需求量或由 38.4 千克升至 154 千克（期间 CAGR 或达 42%）。**

原子钟是数据中心实现时间同步的核心元件，2025-2030 年间全球数据中心数量 CAGR 或达 6.5%。每个单独的数据中心内需放置两台与卫星信号同步的原子钟（主钟+备份），从而在卫星信号被太阳风暴或蓄意的信号干扰等事件中中断时提供所需的偏差水平。据 ABI Research 数据，2025 年全球超大型数据中心有 567 个，主体托管数据中心达 5544 个，中国数据中心数量达 756 个。综合考虑，**2025-2030 年间，全球数据中心数量或由 6111 个升至 8378 个（期间 CAGR 达 6.5%）；中国数据中心数量或由 756 个升至 942 个（期间 CAGR 达 4.5%）。**

芯片原子钟在海底节点（OBN）石油勘探中的应用规模或逐渐从万台级升至十万台级以上。OBN 是一种独立部署在海底的地震数据采集设备，通过记录地震波信号来勘探海底地质结构和油气资源。芯片原子钟已成为 OBN 的核心器件，每个 OBN 均配备芯片原子钟。据华信泰表示，在大型海底石油勘探项目中，OBN 以及芯片原子钟投入量或达上万个。据 QYResearch 统计及预测数据，2025-2031 年间，全球海洋地震勘探震源市场规模或由 4.95 亿美元升至 7.35 亿美元，期间 CAGR 或达 6.8%。考虑到 OBN 石油勘探市场的增长，以及芯片原子钟量在 OBN 石油勘探市场中渗透率的提升，海底石油勘探对应的芯片原子钟需求或逐渐从万台级升至十万台级。

“十五五”电网投资再创新高，期间变电站对应原子钟需求或累计新增 2.7 万台。现代变电站内，尤其是智能变电站内，均设有电力时钟同步系统(内置原子钟)，通过接收 GPS、北斗等卫星信号及 IRIG-B 码等外部时间基准实现微秒级时间同步。根据《国家电网公司发展战略纲要》，“十四五”期间，国家电网共计新增及改造 7700 座智能变电站。“十五五”期间，国家电网固定资产投资总额或较“十四五”增长 40%达 4 万亿元，年均投资总额或达 8000 亿元。通过投资规模的变化，我们线性拟合出“十五五”期间国家电网及南方电网合计新增及改造智能变电站数量或达 13509 座，五年间合计新增原子钟需求 27020 台，对应年均铷盐需求量约为 270 千克，较“十四五”期间增长 40%。

中国铷盐需求增速或高于全球，铷盐战略价值或持续强化。综合对航空航天（商业航天、卫星导航、深空探测）、通信（5G/6G 通信、量子通信、数据中心）、石油勘探、电网投资四大新兴应用领域研究、分析，我们预测 **2026-2030 年间，中国四大新兴领域对应原子钟需求或由 84.3 万台升至 258.5 万台，对应铷盐需求量或由 8.4 吨升至 25.8 吨，期间 CAGR 或达 32%，高于全球增速**（据贝哲斯咨询预测，2025-2030 年间全球原子钟市场规模 CAGR 或为 29%）。2025-2030 年间，原子钟市场的主要增量在于 6G 基站的建设，2030 年 6G 基站对应铷盐需求占比达 87%。2030 年后，随着 6G 通信商业化落地，以及商业航天等领域的进一步发展，铷原子钟及铷盐需求量或维持增长趋势。

原材料供应商的成长弹性有望与铷铯行业需求扩张共振。考虑到原子钟行业的持续发展，结合钙钛矿电池行业的高速扩张（参考我们于 2026 年 2 月 5 日外发的《铷铯行业深度（III）：钙钛矿电池渗透率提升及太空光伏发展将推动铷盐市场进入结构性扩张新周期》），我们认为全球铷铯盐市场开始进入结构性消费的新扩张周期，以铷盐为代表的铷铯消费空间从 1 至 N 的变化将推动产业链相关企业成长弹性的显著优化。考虑到全球铷铯行业供给端的强刚性化特征（具体请参考我们于 2025 年 9 月 29 日外发的《铷铯行业深度（I）：上游矿端及原料供给显现强垄断性寡头特征》报告以及 2025 年 9 月 29 日发布的《铷铯行业深度（II）：消费结构改善叠加新兴需求爆发，全球铷铯盐需求曲线或持续右移》），行业需求曲线的显著右移将推动商品定价重心的持续性上移，行业发展中核心生产要素的垄断性、稀缺性及定价权将在公司的成长弹性及估值弹性中持续计入。

原材料铷盐推荐公司：金银河、中矿资源。

原子钟相关公司：天奥电子、海格通信。

风险提示：卫星发射进度不及预期，6G 通信发展进度不及预期，电网投资不及预期，地缘政治冲突加剧，供给侧投产不及预期，铷价格超预期下跌等。

目 录

| | |
|--|---|
| 1. 原子钟：国家授时系统的核心，具有重大战略意义..... | |
| 2. 全球原子钟市场规模或持续高速扩张..... | |
| 3. 商业航天产业加速，卫星导航迭代升级..... | |
| 3.1 全球商业航天产业全面加速..... | |
| 3.2 北斗系统持续迭代升级..... | 1 |
| 3.3 深空探测高频次持续推进..... | 1 |
| 3.4 航空航天发展推动铷原子钟需求提升..... | 1 |
| 4. 新兴通信系统商业化落地或大幅提升芯片原子钟量产规模..... | 1 |
| 4.1 6G 商业化落地或推动芯片原子钟需求空间大幅增长..... | 1 |
| 4.2 量子通信建设提升原子钟需求量..... | 1 |
| 4.3 原子钟是数据中心实现时间同步的核心元件..... | 1 |
| 5. 芯片原子钟或在海底石油勘探中实现大规模应用..... | 1 |
| 6. 智能电网投资推动原子钟需求增长..... | 1 |
| 7. 中国铷盐需求增速或高于全球市场..... | 1 |
| 7.1 2026-2030 中国原子钟四大新兴应用领域对应铷盐需求 CAGR 或达 32%..... | 1 |
| 7.2 核心生产要素供应商的成长弹性有望大幅优化..... | 1 |
| 7.3 金银河：全球最大千吨级铷铯生产基地达产，重构公司成长及估值属性..... | 1 |
| 7.4 中矿资源：全球铷矿端资源及铷盐精细化工领域龙头..... | 1 |
| 8. 风险提示..... | 2 |

插图目录

| | |
|---|---|
| 图 1：传统星载原子钟..... | |
| 图 2：芯片原子钟..... | |
| 图 3：2023 年全球原子钟市场份额分布（按种类）..... | |
| 图 4：2023 年全球铷原子钟市场份额分布（按应用领域）..... | |
| 图 5：2025—2030E 全球原子钟市场规模（亿元）..... | |
| 图 6：2026—2030 年中国铷原子钟市场需求预测（万台）..... | |
| 图 7：2025 年全球卫星发射次数占比（次）..... | |
| 图 8：2025 年全球入轨卫星数量占比（颗）..... | |
| 图 9：SpaceX 星链 V2 mini 卫星..... | 1 |
| 图 10：中国“G60 星座”首批卫星发射升空..... | 1 |
| 图 11：2025-2030E SpaceX 卫星发射数量..... | 1 |
| 图 12：2026-2030 年间中国三大低轨卫星互联网星座发射量预测（颗）..... | 1 |
| 图 13：2020-2025 年间全球及中国 5G 基站数量变化..... | 1 |
| 图 14：美国 Next G 联盟发布 6G 发展线路图..... | 1 |
| 图 15：密钥分发设备产品图..... | 1 |
| 图 16：2025-2030E 全球及中国量子通信节点数量预测..... | 1 |

| | |
|---|---|
| 图 17: 2024-2030E 全球超大型数据中心数量..... | 1 |
| 图 18: 2024-2030E 全球主机托管数据中心数量..... | 1 |
| 图 19: OBN 节点式海底地震仪..... | 1 |
| 图 20: 2025-2031E 全球 OBN 海洋勘探市场规模变化（亿美元）..... | 1 |
| 图 21: “十四五”期间国网智能变电站新增及改造数量统计..... | 1 |
| 图 22: “十四五”和“十五五”期间国家电网及南方电网固定资产投资总额变化（亿元）..... | 1 |
| 图 23: 2021-2028E 公司铷铯板块营收及利润变化..... | 2 |
| 图 24: 2021-2028E 公司铷铯盐产量及甲酸铷销量变化..... | 2 |

表格目录

| | |
|--|---|
| 表 1: 2026-2030 年间全球主要星座低轨卫星发射量预测（颗）..... | 1 |
| 表 2: 2026-2030 年间中国深空探测计划..... | 1 |
| 表 3: 2026-2030 年间中国低轨卫星对应铷盐需求量预测..... | 1 |
| 表 4: 2026-2030 年间全球及中国 5G 基站建设对应铷盐需求量预测..... | 1 |
| 表 5: 2028-2035 年间全球及中国 6G 基站建设对应铷盐需求量预测..... | 1 |
| 表 6: 2026-2030 年间全球及中国 5G 基站建设对应铷盐需求量预测..... | 1 |
| 表 7: 2026-2030 年间中国四大新兴应用领域（航天、通信、石油勘探、电网投资）对应原子钟需求及铷盐需求量预测... 1 | 1 |
| 表 8: 低温硫酸法与高温硫酸盐法对比..... | 1 |
| 表 9: 铷铯盐重结晶生产工艺与传统铷铯盐萃取生产工艺对比..... | 1 |
| 表 10: 中矿资源稀贵金属储量（截至 2025 年底）..... | 2 |

1. 原子钟：国家授时系统的核心，具有重大战略意义

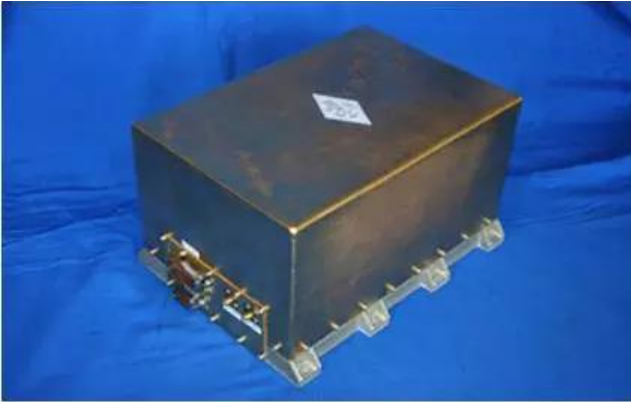
原子钟是国家授时系统的核心，具有重大战略意义。原子钟分为铷原子钟、铯原子钟和氢原子钟三类。铷铯原子能级跃迁产生的微波信号极为精准、确定，可用来定义时间。1967 年，第十三届国际度量衡大会将秒定义为铯 13 原子振荡 9192631770 次。原子钟的精度可以达到每 2000 万年误差 1 秒以下，是目前世界上最准确的时间获得和测量工具。经过 70 余年的攻坚克难，中国已掌握国际上最先进的原子钟技术，实现授时技术的全链条自主可控，依托原子钟测量的“北京时间”能够达到每 6000 万年误差 1 秒以下。原子钟行业的发展对国家时间频率体系建设有重要意义。从我国“两弹一星”的研发，到现代军舰、飞机和导弹的导航定位与精准打击，以及民用领域 5G/6G 基站、汽车自动驾驶定位等方面，原子钟都发挥着重要作用。2025 年 10 月 19 日，国家安全机关披露美国国家安全局对中国国家授时中心实施了长达两年左右的系统性网络攻击，企图窃取核心技术数据并破坏“北京时间”的稳定运行。授时系统一旦出现偏差，或引发导航失效、大面积停电、股市巨震、导弹失效、航天任务失败等严重后果。原子钟作为国家授时系统的核心，其国产化、前沿化的持续深入对维护国家安全、稳定发展至关重要。

星载原子钟是导航卫星的“心脏”，它的性能直接决定了卫星导航系统定位和授时精度。星载原子钟是导航卫星的主要有效载荷，其精度、可靠性、寿命、质量等均有较高要求。据中国科学报，铷原子钟体积小、重量轻、功耗低、可靠性高、寿命长，制造和使用成本也最低，因此被各国导航系统普遍采用。1960 年起中国便开始了铷原子钟的理论和地面研究；1997 年我国开始了第一个星载原子钟预研项目；2006 年我国第一台星载铷钟搭载验证取得成功；如今中国星载铷钟的精度、稳定度已达全球领先水平。星载铷钟的研究深入对我国航空航天产业的发展、低轨资源的争夺以及下一代全球数字基础设施的建设具有重要意义。

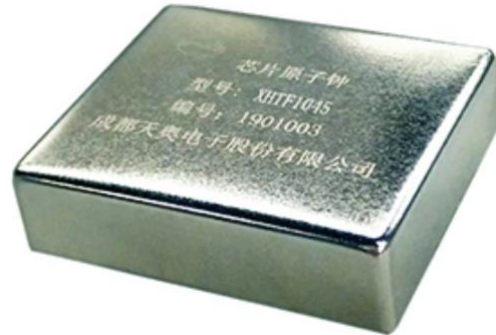
芯片原子钟—原子钟行业微型化、量产化的关键突破。芯片（铷）原子钟利用量子物理学的相干布局囚禁（CPT）原理制造，采用微电子机械系统（MEMS）等先进工艺进行集成化设计，将铷原子气室、光学元件、微波电路等高度集成在一块小小的芯片上，相较传统原子钟具有微型化、低功耗、低成本等明显优势。通过上市公司公告的产品信息测算，一颗芯片原子钟的体积约 16.8 立方厘米（含外包装壳），仅为传统星载铷原子钟的 0.3%。同时，芯片原子钟是目前唯一能够用电池或太阳能长期供电的原子钟。此外，受益于核心组件的微型化，芯片原子钟的材料、制造和维护成本均较传统原子钟大幅降低，这也为其产业量产化落地提供了基础条件。天津华信泰科技有限公司的全国首条万台芯片原子钟产线（年产能 3 万台）已于 2023 年投产；2026 年，天奥电子宣布其芯片原子钟亦已进入量产销售阶段，并可实现 100% 国产替代（其芯片原子钟性能与美国 Microsemi 同类产品相当）。考虑到芯片原子钟在航空航天、卫星导航、通信、海底勘探、物联网等领域均有极佳的应用前景，微型化、低功耗、低成本的产品特性或推动原子钟应用在各领域的产业全面化普及。

图1：传统星载原子钟

图2：芯片原子钟



资料来源：华星智控，东兴证券研究所



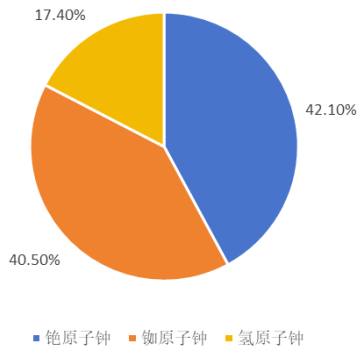
资料来源：天奥电子，东兴证券研究所

2. 全球原子钟市场规模或持续高速扩张

全球原子钟市场规模或持续高速扩张，2025-2030 年间 CAGR 或达 29%。据 Mordor Intelligence 最新数据，从原子钟种类观察，2023 年全球原子钟市场中，铯、铷、氢原子钟市场份额分别为 42.10%、40.50% 和 17.40%；从应用领域观察，国防领域原子钟应用占比达 73.60%，而航天领域应用占比达 26.40%。据 QYResearch 数据，2025 年全球原子钟市场规模约为 3.4 亿美元，且呈现寡头垄断特征。2025 年全球原子钟市场 CR5 达 65%，市场集中度较高，主要厂商包括 Microchip（收购 Microsemi）、Spectratime、Oscilloquartz SA、Teledyne 和 AccuBeat 等。其中，Microchip 占据全球原子钟市场主要份额，产品系列覆盖军用、航天到工业级。从地区分布观察，2025 年北美为全球最大的原子钟市场（占比 35%），而后为欧洲与亚太市场，三大地区合计占全球原子钟市场份额的 90%。结合 QYResearch 和贝哲斯咨询的数据与市场预测，2025-2030 年间，全球原子钟市场规模或由 21.78 亿元升至 78.02 亿元，期间 CAGR 或达 29.07%。

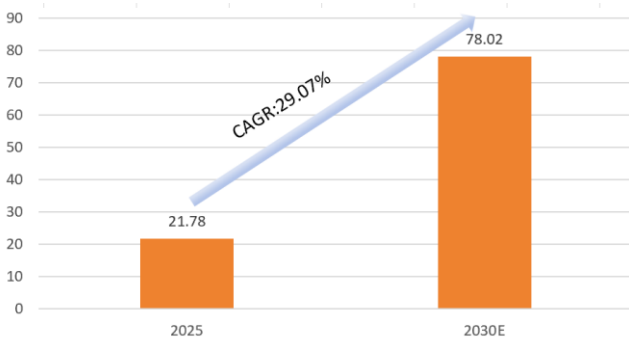
本文我们将从航空航天（商业航天、卫星导航、深空探测）、通信（5G/6G 通信、量子通信）、海底勘探和电力电网四大新兴应用领域，研究分析铷原子钟的需求变化，并形成该行业对应铷盐需求的量化拟合。考虑到铷盐供给侧的结构性增长（金银河千吨级铷铯盐产线投产），以及以铷原子钟为主的芯片原子钟的量产（具有微型化、低功耗、低成本优势），我们认为铷原子钟市场或展现出持续且强劲的增长动能。其中，鉴于中国商业航天发展中星载（铷）原子钟的大量利用以及中国 5G/6G 基站建设占全球比例或持续高企，中国铷原子钟市场增速或优于全球。经我们测算，2026-2030 年间，中国四大原子钟新兴应用领域对应铷盐需求 CAGR 或达 32%。

图3：2023 年全球原子钟市场份额分布（按种类）
图4：2023 年全球铷原子钟市场份额分布（按应用领域）

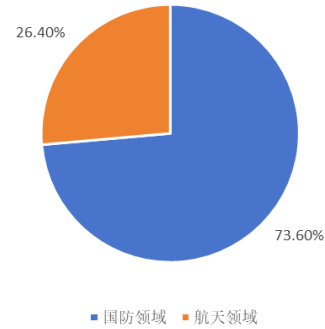


资料来源：Mordor Intelligence，东兴证券研究所

图5：2025—2030E 全球原子钟市场规模（亿元）

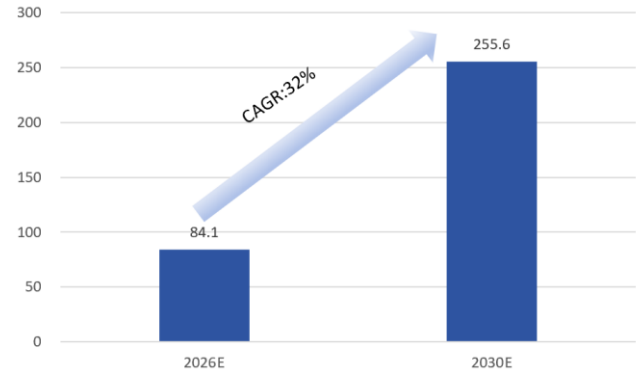


资料来源：贝哲斯咨询，东兴证券研究所



资料来源：Mordor Intelligence，东兴证券研究所

图6：2026—2030 年中国铷原子钟市场需求预测（万台）



资料来源：新华网，工信部，国际标准化组织，ABI Research，QYResearch，国家电网，南方电网，华经产业研究院，东兴证券研究所

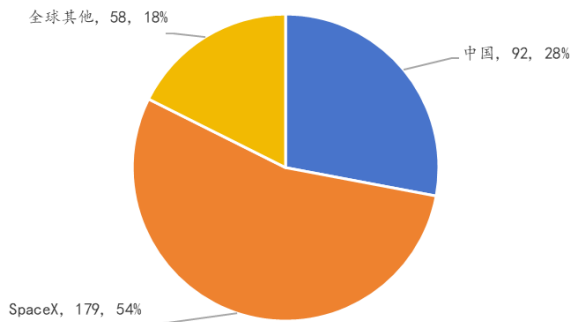
3. 商业航天产业加速，卫星导航迭代升级

3.1 全球商业航天产业全面加速

全球商业航天产业全面加速，低轨资源争夺激烈。根据泰伯智库《2025 中国商业航天产业进展数据年报》，2025 年全球共进行了 329 次航天发射，入轨卫星 4517 颗。其中，中国发射 92 次，入轨卫星 367 颗。从企业端观察，SpaceX 在全球商业航天产业中占据先发优势。2025 年 SpaceX 完成 170 次发射（包括 165 次猎鹰 9 号和 5 次星舰），创下新的历史纪录；其中，星链卫星发射 122 次，SpaceX 全年共发射 3190 颗星链 V2 mini（占 2025 年全球卫星发射量 71%，发射数量同比+63%），平均每次发射 26.16 颗。截至 2025 年底，星链在轨工作卫星数量超过 9400 颗，是全球最大的低轨卫星星座，占全球在轨活跃卫星总数（约 12600 颗）的 75%。SpaceX 的高速发展背后，不乏地缘政治因素的推动。美国政府是 SpaceX 最重要的客户之一，SpaceX 已从美国宇航局（NASA）和美国空军等政府机构获得了超过 90 亿美元的合同与资金支持。2026 年 1 月，美国联邦通信委员会（FCC）已批准 SpaceX 新增发射 7500 颗星链 V2 卫星（其中 50% 需在 2028 年 12 月前完成发射并投入运营），目前其累计获批星链 V2 卫星总数已达 15000 颗。除 SpaceX 外，亚马逊公司亦推出了柯伊伯计划，计划建造一个大型低地轨道卫星星座，通过近地轨道上 3000 多颗卫星组成的星

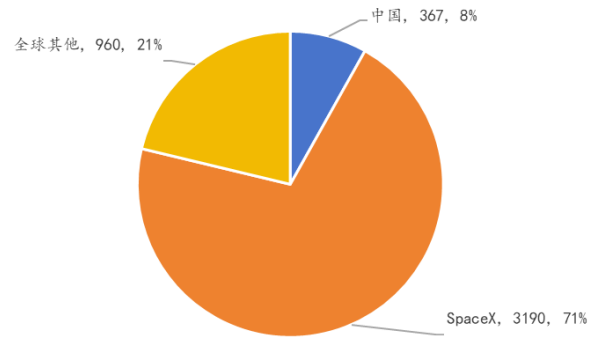
座提供宽带互联网；欧洲通信卫星公司（Eutelsat）亦已订购 550 颗卫星以维持 OneWeb 卫星星座运行，这批卫星预计将于 2026 年底开始交付；俄罗斯“黎明”星座计划 2026 年发射首批 16 颗卫星，2035 年前发射超过 900 颗低轨卫星。低轨资源具有稀缺性，对于下一代全球数字基础设施建设具有重大战略意义。在国际电信联盟（ITU）“先登先占，先占永得”规则下，全球商业航天产业已全面加速，各国围绕低轨资源的争夺更加激烈。

图7：2025 年全球卫星发射次数占比（次）



资料来源：泰伯智库，东兴证券研究所

图8：2025 年全球入轨卫星数量占比（颗）



资料来源：泰伯智库，东兴证券研究所

中国商业航天进入爆发元年。“十五五”规划中，商业航天被明确纳入战略性新兴产业集群重点方向。2025 年 11 月，国家航天局发布《国家航天局推进商业航天高质量发展安全发展行动计划（2025—2027 年）》，提出到 2027 年形成不少于 3 个国际竞争力商业航天产业集群，建立覆盖卫星制造、发射服务等全产业链协同机制，实现卫星应用服务市场规模突破 5000 亿元的目标。同期，国家航天局设立商业航天司，中国空天信息产业已进入制度化、系统化发展新阶段。2026 年初，中国向国际电信联盟集中申报 20.3 万颗中低轨卫星频段资源，抢先完成未来十年中关键频段和轨道位置的战略占位。据 ITU 规则要求，申报后 7 年内（2032 年底前）必须发射首星，14 年内（2039 年底前）需完成全部星座部署，即 2026-2040 年间，中国年均卫星发射数量需达约 1.5 万颗。其中，中国现阶段的低轨卫星互联网星座规划包括“GW 星座”“G60 星座”和“鸿鹄-3 星座”，三大星座 2026-2030 年间合计发射规划近 3.8 万颗。结合当前及规划数据测算，2025-2028 年间，中国卫星发射量或由 367 颗升至 6500 颗，三年间需实现近 18 倍的量级跃升，年均复合增长率达 161%。参考 2026-2030 年间 SpaceX、亚马逊柯伊伯及中国三大低轨卫星互联网星座的发射量预测，全球主要星座低轨卫星发射量或由 2026 年的 6430 颗升至 2030 年的 26400 颗（期间 CAGR 达 42%），期间中国发射量占比或由 12.9% 升至 43.2%（期间中国发射量 CAGR 或达 93%）。

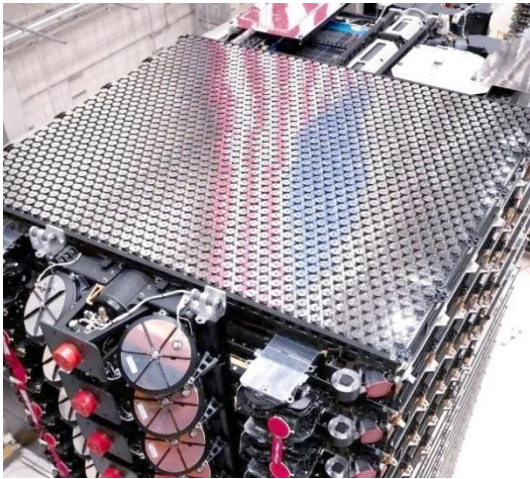
表1：2026-2030 年间全球主要星座低轨卫星发射量预测（颗）

| | 2026E | 2027E | 2028E | 2029E | 2030E |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SpaceX | 4800 | 6500 | 11000 | 12000 | 14000 |
| 亚马逊柯伊伯 | 800 | 800 | 800 | 1000 | 1000 |
| 中国“GW 星座” | 250 | 450 | 2300 | 3300 | 3800 |
| 中国“G60 星座” | 500 | 1000 | 3300 | 3800 | 4300 |
| 中国“鸿鹄-3 星座” | 80 | 280 | 900 | 2300 | 3300 |

| | | | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 合计 | 6430 | 9030 | 18300 | 22400 | 26400 |
| 中国占比 | 12.9% | 19.2% | 35.5% | 42.0% | 43.2% |

资料来源：SpaceX，新华网，东兴证券研究所

图9：SpaceX 星链 V2 mini 卫星



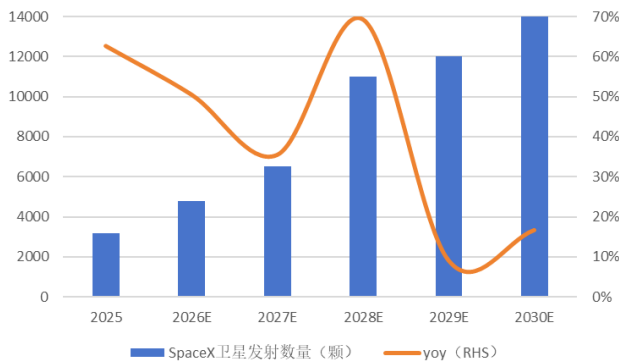
资料来源：SpaceX，东兴证券研究所

图10：中国“G60 星座”首批卫星发射升空



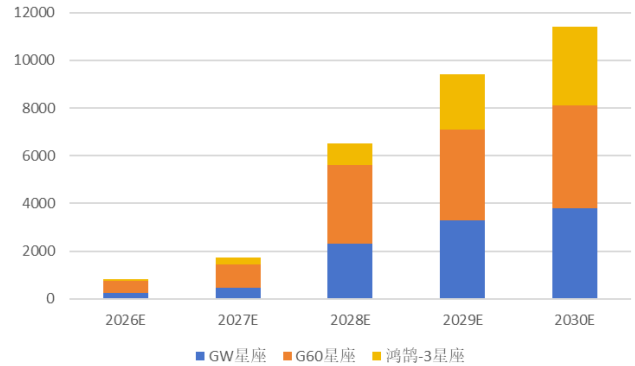
资料来源：视觉中国，东兴证券研究所

图11：2025-2030E SpaceX 卫星发射数量



资料来源：SpaceX，东兴证券研究所

图12：2026-2030 年间中国三大低轨卫星互联网星座发射量预测 (颗)



资料来源：新华网，东兴证券研究所

3.2 北斗系统持续迭代升级

我国计划于 2035 年前完成下一代北斗系统建设。在商业航天中，普遍航天发射场景为低轨卫星发射。低轨卫星轨道高度一般为 500-2000 公里，需数十至数万颗卫星组成星座以实现全球覆盖，单星覆盖范围小但信号延迟低 (<20 毫秒)，主要应用侧重宽带通信及导航增强方面。另一方面，中高轨导航卫星，如中国的北斗卫星及美国的 GPS 卫星，轨道高度约为 20000-35786 公里，仅需少量卫星（如第三代北斗卫星在轨运行数量为 35 颗）即可覆盖全球，信号稳定但传输延迟较高（约 50-100 毫秒），主要应用方向为全球导航、授时服务和短报文通信等。与商业航天不同，北斗卫星等导航卫星系统是由政府主导的国家级卫星导航系统。考

考虑到低轨卫星具有导航增强功能，其部署的逐渐成熟亦将有益于下一代北斗系统建设。根据《北斗卫星导航系统 2035 年前发展规划》，我国计划 2025 年完成下一代北斗系统关键技术攻关；2027 年左右发射 3 颗先导试验卫星，开展下一代新技术体制试验；2029 年左右开始发射下一代北斗系统组网卫星；2035 年完成下一代北斗系统建设。

3.3 深空探测高频次持续推进

深空探测将高频次持续推进。深空探测以太阳系内的行星、小行星、彗星等天体为探测目标，探测器需脱离地球引力影响，飞行数亿至数十亿公里。除发射深空探测器外，深空探测任务还需在超高空轨道部署深空探测中继卫星，使超高空轨道为探测任务提供轨道支持。由于地球与其他天体围绕太阳公转的周期不同，而只有当两者运行到特定的相对位置时，才能以最节省燃料的方式将探测器送至目标天体，因此深空探测任务具有固定的发射窗口，如火星探测的发射窗口约为每 26 个月 1 次。当前，中国已制定多项深空探测计划，2030 年前或将发射嫦娥七号/八号、天问三号/四号、长征九号和羲和二号等多个深空探测器，对月球、火星、太阳（日地 L5 点）、木星/天王星等多项目标进行探测。其中，2028 年长征九号的发射或帮助中国实现首次载人登月。深空探测有严格的时间窗口，确定性较高，当前高频次、高目标的深空探测计划亦标志着中国在太空探测的国际竞争中的领先地位。

表2：2026-2030 年间中国深空探测计划

| 深空探测 | 计划时间 | 探测对象 |
|------|--------|-------------|
| 嫦娥七号 | 2026 年 | 月球 |
| 嫦娥八号 | 2028 年 | 月球 |
| 天问三号 | 2028 年 | 火星 |
| 长征九号 | 2028 年 | 月球 |
| 羲和二号 | 2028 年 | 太阳（日地 L5 点） |
| 天问四号 | 2029 年 | 木星/天王星 |

资料来源：央视网，东兴证券研究所

3.4 航空航天发展推动铷原子钟需求提升

航空航天行业的持续发展推动铷原子钟需求提升。参考天奥电子的公开信息，星载铷原子钟物理系统及整钟、时间双向比对设备等产品均已为中国星网“GW”配套，用于实现卫星间的精准同步和授时服务。根据中国航天科工二院 203 所公开信息，国内的低轨卫星中，每颗卫星或配套两台星载铷原子钟。另一方面，由于 SpaceX 的星链系统功能以通信服务为主，而非导航增强，因此对定位精度要求不高，并未安装原子钟，而是利用通信信号中固有的“同步序列”，通过地面设备反向推算位置，其定位精度约为 30 米左右。此外，卫

星导航系统的建设以及深空探测的持续进行亦将提振铷原子钟的需求量，如天奥电子的星载原子钟物理系统已应用于北斗三号导航卫星系统。

卫星补网转化原子钟存量市场。低轨卫星设计寿命通常在 8~12 年，中高轨卫星设计寿命普遍在 15 年左右。已有卫星出现故障、寿命终结或需要增强网络能力时，星座需要进行补网，进行发射以替换或补充星座中卫星，从而保障整个网络服务的连续性和稳定性。通过卫星寿命测算，低轨卫星年度补网率在 8%~13% 左右，中高轨卫星年度补网率则低于 7%。截至 2025 年 12 月，全球低轨卫星在轨数量达 16881 颗，其中星链卫星在轨数量 9300 颗，中国在轨卫星数量 1083 颗。以 10% 补网率测算，2026 年全球低轨卫星补网数量或为 1688 颗。2026-2030 年间，随着中国星座部署持续发展，中国低轨卫星年度补网数量或由 2026 年的 191 颗升至 2030 年的 3094 颗，期间 CAGR 或高达 101%。

原子钟需求增长带动铷盐需求量提升。参考中国原子能科学研究院《电磁法分离高丰度铷-87 及其应用》一文中的数据，单台铷原子钟中，铷-87 同位素需求量约为 20 毫克。根据同位素生产商——橡树岭国家实验室（ORNL）的公开数据，为了稳定获得完整的一克高纯铷-87，至少需要准备 300~500 克的铷盐作为起始原料（若以价格为参考，同质量铷-87 价格为铷盐的 43000 倍）。结合两组数据测算，单台铷原子钟对应铷盐需求量约为 10 克。考虑到导航卫星及深空探测发射量较少，对原子钟的需求影响较低，因此暂不计入铷盐需求量预测中。在商业航天中，根据中国低轨卫星发射量、补网量及单位铷原子钟、铷盐需求量测算，中国低轨卫星发射对应铷原子钟需求量或由 2026 年的 2043 台升至 2030 年的 28989 台，对应铷盐需求量或由 20 千克升至 290 千克，期间 CAGR 或高达 94%。

表3：2026-2030 年间中国低轨卫星对应铷盐需求量预测

| | 2026E | 2027E | 2028E | 2029E | 2030E |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 中国低轨卫星新增发射量（颗） | 830 | 1730 | 6500 | 9400 | 11400 |
| 中国在轨卫星存量（颗） | 1913 | 3643 | 10143 | 19543 | 30943 |
| 中国低轨卫星补网数量（颗） | 191 | 364 | 1014 | 1954 | 3094 |
| 中国低轨卫星合计发射量（颗） | 1021 | 2094 | 7514 | 11354 | 14494 |
| 铷原子钟需求量（台） | 2043 | 4189 | 15029 | 22709 | 28989 |
| 铷盐需求量（千克） | 20 | 42 | 150 | 227 | 290 |

资料来源：新华网，东兴证券研究所

4. 新兴通信系统商业化落地或大幅提升芯片原子钟量产规模

4.1 6G 商业化落地或推动芯片原子钟需求空间大幅增长

5G 基站全球部署或至 2030 年完成，2026-2030 年间全球 5G 宏基站对应铷盐消耗量合计或达 38.4 吨。据工信部官方数据，2020-2025 年间，中国 5G 基站由 72.8 万个升至 483.8 万个（期间 CAGR 达 47%），占全球 5G 基站比例由 49% 升至 67%，全球 5G 基站数量由 150 万个升至 725 万个（期间 CAGR 达 37%）。以近年来全球及中国 5G 基站建设进度拟合，至 2030 年，全球或建成 1400 万座 5G 基站，而中国或建成近 1000 万座 5G 基站。其中，5G 宏基站主要负责提供大范围的无线信号覆盖，是构建 5G 网络基础架构的主体设备。每座 5G 宏基站需配置 1—2 台铷原子钟作为时间同步源，以保障网络时延<1ms 的精度要求。2025 年及之前，宏基站占比在 5G 基站总数的 60% 左右，而 2026 年之后，随着宏基站的部署大部分完成，小基站的建

设将成为主流, 宏基站占比或逐渐降至 40% 左右。结合 5G 基站建设数量预测、5G 宏基站占比预测、单座宏基站铷原子钟需求量、单台铷原子钟对应铷盐需求量等数据, 我们认为至 2030 年, 全球或累计建成 590.8 万个 5G 宏基站, 中国或累计建成 386.8 万个 5G 宏基站, 2026-2030 年间, 全球 5G 宏基站对应铷盐消耗量合计或达 38.4 吨, 而中国 5G 宏基站对应铷盐消耗量合计或达 24.1 吨。

6G 商业化落地或推动芯片原子钟需求空间大幅增长, 2030-2035 年间全球 6G 宏基站对应铷盐消耗量合计或达 254 吨。由于 6G 基站使用超高频段(太赫兹频段), 其信号波长极短, 单个 6G 基站的覆盖范围有限(200 米或更短), 因此其密集程度或远超 5G 网络(谨慎预测约为 3 倍以上)。东京早稻田大学研究显示, 6G 基站尺寸约等于一部手机, 全球或需要高达 1000 亿个 6G 基站。原子钟凭借其高精度时频同步的特点, 或成为 6G 网络的“心脏”, 为 6G 基站、卫星互联网提供纳秒级时间同步, 满足 6G 太赫兹通信与空天地一体化网络的超低时延需求(端到端延迟 $\leq 0.1\text{ms}$)。同时, 芯片原子钟的微型化特征及量产化发展或使其在 6G 基站的建设中具有极强适应性, 千亿量级 6G 基站建设对应的芯片原子钟需求量或达千万级别乃至更高。国际标准化组织已确定 6G 标准化时间表和研究重点: 2025 年启动 6G 标准研究, 2027 年上半年启动 6G 标准制定, 形成 6G 系统总体架构以及具体技术规范, 指导设备研发; 2029 年上半年完成 6G 国际标准, 预计 2030 年前后启动商用部署。截至 2026 年 1 月, 据工信部介绍, 我国 6G 研发已完成第一阶段技术试验, 形成了超 300 项关键技术储备, 近期已启动了第二阶段 6G 技术试验。海外方面, 高通计划于 2028 年推出 6G 预商用设备, 加速 6G 战略卡位。参考 5G 基站的建设速度, 考虑到全球及中国当前的 6G 发展时间表, 以及 6G 基站与 5G 基站的密度差, 我们认为, 2028-2029 年间, 每年全球或建成 30 万个 6G 基站以进行技术试验; 2030 年起, 6G 商业化或正式落地, 全球 6G 基站数量或由 2030 年的 450 万座升至 2035 年的 2175 万座(期间 CAGR 或为 37%), 中国 6G 基站数量或由 2030 年的 218 万座升至 2035 年的 1451 万座(期间 CAGR 或为 46%)。结合 6G 宏基站占比预测、单座宏基站铷原子钟需求量、单台铷原子钟对应铷盐需求量等数据, 我们认为 2030-2035 年间, 全球 6G 宏基站对应铷盐消耗量合计或达 254 吨, 中国 6G 宏基站对应铷盐消耗量合计或达 171 吨。

表4: 2026-2030 年间全球及中国 5G 基站建设对应铷盐需求量预测

| | 2026E | 2027E | 2028E | 2029E | 2030E |
|--------------------|---------|--------|--------|--------|--------|
| 中国 5G 宏基站累计数量 (万个) | 307.2 | 335.2 | 357.2 | 373.7 | 386.8 |
| 中国铷原子钟需求量 (万台) | 82.2 | 56.2 | 44.0 | 33.0 | 26.1 |
| 中国铷盐需求量 (千克) | 8215.7 | 5615.8 | 4397.1 | 3297.7 | 2613.1 |
| 全球 5G 宏基站累计数量 (万个) | 455.3 | 500.9 | 539.5 | 566.7 | 590.8 |
| 全球铷原子钟需求量 (万台) | 113.0 | 91.2 | 77.2 | 54.4 | 48.1 |
| 全球铷盐需求量 (千克) | 11303.1 | 9124.9 | 7724.3 | 5437.6 | 4811.4 |

资料来源: 工信部, 东兴证券研究所

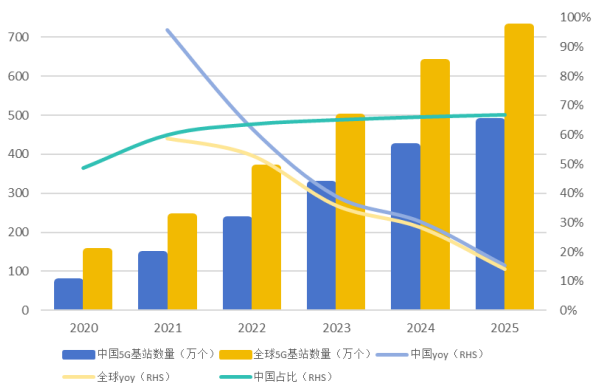
表5: 2028-2035 年间全球及中国 6G 基站建设对应铷盐需求量预测

| | 2028E | 2029E | 2030E | 2031E | 2032E | 2033E | 2034E | 2035E |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 中国 6G 宏基站累计数量 (万个) | 9 | 18 | 131 | 257 | 416 | 579 | 754 | 871 |
| 中国铷原子钟需求量 (万台) | 18 | 18 | 226 | 251 | 319 | 325 | 351 | 233 |
| 中国铷盐需求量 (千克) | 1800 | 1800 | 22608 | 25092 | 31932 | 32508 | 35136 | 23292 |
| 全球 6G 宏基站累计数量 (万个) | 18 | 36 | 270 | 428 | 655 | 890 | 1143 | 1305 |
| 全球铷原子钟需求量 (万台) | 36 | 36 | 468 | 317 | 454 | 470 | 505 | 324 |

全球铷盐需求量（千克） 3600 3600 46800 31680 45360 47022 50538 32400

资料来源：工信部，国际标准化组织，东兴证券研究所

图13：2020-2025 年间全球及中国 5G 基站数量变化



资料来源：工信部，东兴证券研究所

图14：美国 Next G 联盟发布 6G 发展线路图



资料来源：Next G Alliance，东兴证券研究所

4.2 量子通信建设提升原子钟需求量

原子钟在量子通信中起到重要的时间同步作用，2025-2030 年间全球量子通信对应铷盐需求量 CAGR 或达 33%。量子通信使用量子计算为通信双方进行加密，提供了无法被窃听、计算、破解的绝对安全性保证，为金融、政务、国防等领域的通信安全提供保障。量子通信网络对时间同步的精度要求达亚纳秒级，其运行需要经典通信网络的辅助来传输协议信息和同步信号。铷原子钟是量子通信地面站、中继站的核心时频设备，每站需配置 2—3 台铷原子钟（主钟+备份）。量子密钥分发设备（QKD）中的每个量子比特传输都会被打上精确的时间戳，发送端和接收端使用各自高精度的原子钟为这些事件计时。参考《2025-2030 中国量子通信行业市场发展现状及竞争策略与投资发展研究报告》，2025 年全球量子密钥分发设备及网络节点数量合计约为 3060 个，其中，中国量子密钥分发设备及网络节点数量合计约为 1285 个（占全球比例约为 42%）。美国已出台《国家量子倡议法案》，计划在七年内累计投资达 60.78 亿美元；欧盟通过“量子技术旗舰计划”，累计计划投入约 11 亿美元；日本定调 2025 年为“量子产业化元年”，拟投资 1.05 万亿日元；韩国亦计划投入 1980 亿韩元于量子科技研发；中国“十五五”规划中，亦将量子科技纳入国家新兴产业和未来产业标准体系建设。至 2030 年，全球量子密钥分发设备及网络节点数量合计或达 13509 个，中国或达 7700 个（占比 57%）。综合分析，2025-2030 年间，全球量子通信对应铷盐需求量或由 85.3 千克升至 270.2 千克（期间 CAGR 或达 33%），中国量子通信对应铷盐需求量或由 38.4 千克升至 154 千克（期间 CAGR 或达 42%）。

表6：2026-2030 年间全球及中国 5G 基站建设对应铷盐需求量预测

| | 2026E | 2027E | 2028E | 2029E | 2030E |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 全球量子密钥分发设备及网络节点（个） | 4267 | 5583 | 7549 | 9907 | 13509 |
| 全球铷原子钟需求量（台） | 8533 | 11167 | 15098 | 19815 | 27018 |
| 全球铷盐需求量（千克） | 85.3 | 111.7 | 151.0 | 198.1 | 270.2 |
| 中国量子密钥分发设备及网络节点（个） | 1920 | 2680 | 3850 | 5350 | 7700 |
| 中国铷原子钟需求量（台） | 3840 | 5360 | 7700 | 10700 | 15400 |
| 中国铷盐需求量（千克） | 38.4 | 53.6 | 77.0 | 107.0 | 154.0 |

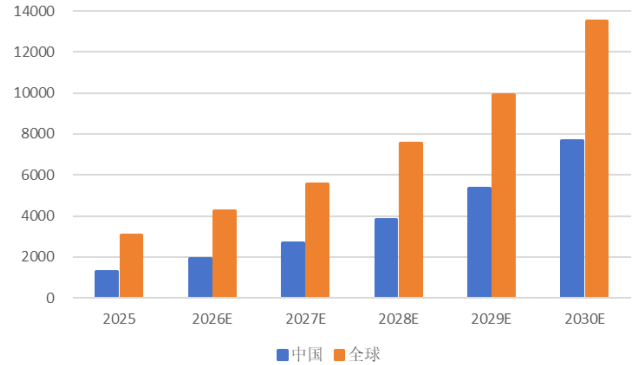
资料来源: 工信部, 东兴证券研究所

图15: 密钥分发设备产品图



资料来源: 启科量子, 东兴证券研究所

图16: 2025-2030E 全球及中国量子通信节点数量预测



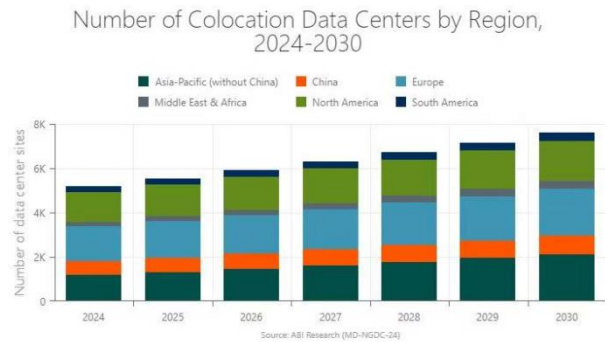
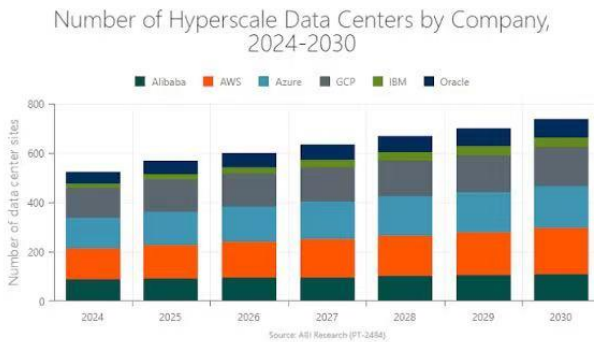
资料来源: 人人文库, 东兴证券研究所

4.3 原子钟是数据中心实现时间同步的核心元件

原子钟是数据中心实现时间同步的核心元件, 2025-2030 年间全球数据中心数量 CAGR 或达 6.5%。数据中心是现代计算和存储的核心基础设施, 跨数据中心的数据一致性、金融交易时序、AI 训练同步等对时间精度要求已提升至微秒/纳秒级。数据中心通过全球导航卫星系统 (GNSS) 进行 UTC (世界标准时间) 同步, 从而获得精准授时 (5 纳秒范围内的时间偏差), 以此实现每秒 1 亿个时间包络。每个单独的数据中心内需放置两台与卫星信号同步的原子钟 (主钟+备份), 从而在卫星信号被太阳风暴或蓄意的信号干扰等事件中中断时提供所需的偏差水平。据 ABI Research 数据, 2025 年全球超大型数据中心有 567 个, 主体托管数据中心达 5544 个, 中国数据中心数量达 756 个。基于对全球 19 家主要云和互联网服务公司数据中心布局的分析, Synergy 预测 2025-2030 年间每年将有 130 到 140 个新的超大规模数据中心投入使用。其中, 亚马逊、微软和谷歌的规划项目合计占全球超大规模数据中心总容量的 59%, 生成式 AI 技术是推动数据中心规模扩大的主要因素。综合考虑, 2025-2030 年间, 全球数据中心数量或由 6111 个升至 8378 个 (期间 CAGR 达 6.5%); 中国数据中心数量或由 756 个升至 942 个 (期间 CAGR 达 4.5%)。

图17: 2024-2030E 全球超大型数据中心数量

图18: 2024-2030E 全球主机托管数据中心数量



资料来源：ABI research，东兴证券研究所

资料来源：ABI Research，东兴证券研究所

5. 芯片原子钟或在海底石油勘探中实现大规模应用

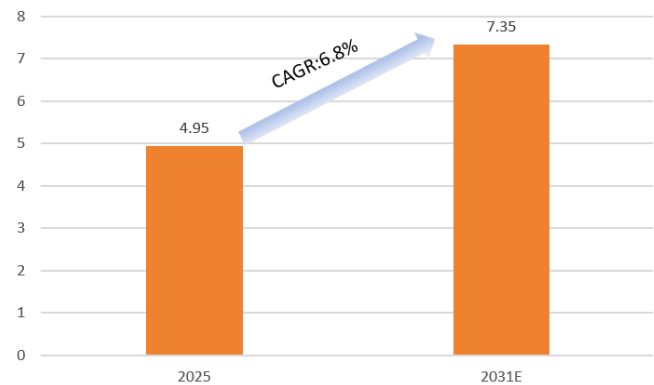
芯片原子钟在海底节点（OBN）石油勘探中的应用规模或逐渐从万台级升至十万台级以上。OBN 是一种独立部署在海底的地震数据采集设备，通过记录地震波信号来勘探海底地质结构和油气资源。水下节点设备的时间同步精度直接决定地震波数据的准确性和油气资源定位效率，每一个节点都严格要求时间同步，1 个月漂移不能超过 1 毫秒。同时，OBN 海底布放时间较长，对电池的依赖性较大，与芯片原子钟的低功耗特性适配。因此芯片原子钟已成为 OBN 的核心器件，每个 OBN 均配备芯片原子钟。据华信泰表示，在大型海底石油勘探项目中，OBN，以及芯片原子钟投入量或达上万个。据 QYResearch 统计及预测数据，2025-2031 年间，全球海洋地震勘探震源市场规模或由 4.95 亿美元升至 7.35 亿美元，期间 CAGR 或达 6.8%。由于 OBN 石油勘探中，芯片原子钟相关数据较少，其对应的实际原子钟需求量较难量化，但考虑到 OBN 石油勘探市场的增长，以及芯片原子钟在 OBN 石油勘探市场中渗透率的提升，海底石油勘探对应的芯片原子钟需求或逐渐从万台级升至十万台级。

图19：OBN 节点式海底地震仪



资料来源：中国地质装备集团有限公司，东兴证券研究所

图20：2025-2031E 全球 OBN 海洋勘探市场规模变化（亿美元）



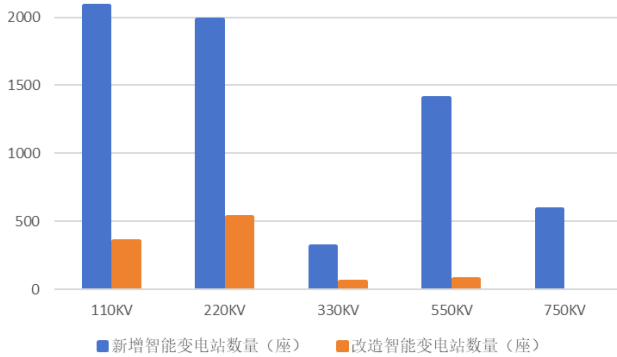
资料来源：QYResearch，东兴证券研究所

6. 智能电网投资推动原子钟需求增长

“十五五”电网投资再创新高，期间变电站对应原子钟需求或累计新增 2.7 万台。现代变电站内，尤其是智能变电站内，均设有电力时钟同步系统（内置原子钟），通过接收 GPS、北斗等卫星信号及 IRIG-B 码等外部时间基准实现微秒级时间同步。电力时钟同步系统能够帮助分析故障发生时的准确顺序，确保不同设备采集的电力和过程数据在同一时间基准下，以满足 IEC 61850 标准对数字化变电站的时间同步精度要求（通常不小于 1 微秒）。智能变电站采取双重化的主时钟系统，每个变电站配备两台原子钟。根据《国家电网公司发展战略纲要》，“十四五”期间，国家电网共计新增及改造 7700 座智能变电站。“十五五”期间，国家电网固定资产投资总额或达 4 万亿元，较“十四五”增长 40%，年均投资总额或达 8000 亿元。南方电网则披露其

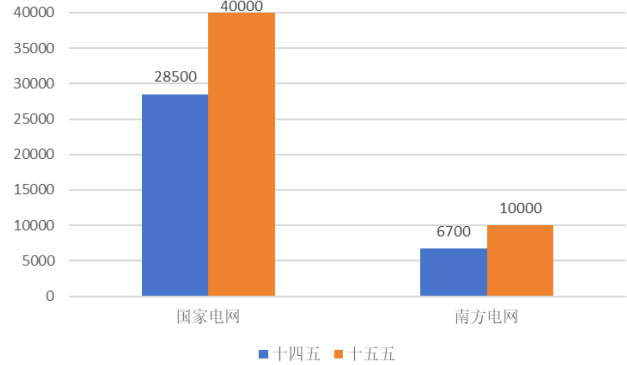
2026 年投资规模为 1800 亿元，行业预计其“十五五”期间总投资或达 1 万亿元左右。通过投资规模的变化，我们线性拟合出“十五五”期间国家电网及南方电网合计新增及改造智能变电站数量或达 13509 座，五年间合计新增原子钟需求 27020 台，对应年均铷盐需求量约为 270 千克，较“十四五”期间增长 40%。

图21：“十四五”期间国网智能变电站新增及改造数量统计



资料来源：国家电网，华经产业研究院，东兴证券研究所

图22：“十四五”和“十五五”期间国家电网及南方电网固定资产投资总额变化（亿元）



资料来源：国家电网，南方电网，东兴证券研究所

7. 中国铷盐需求增速或高于全球市场

7.1 2026-2030 中国原子钟四大新兴应用领域对应铷盐需求 CAGR 或达 32%

综合对航空航天（商业航天、卫星导航、深空探测）、通信（5G/6G 通信、量子通信、数据中心）、石油勘探、电网投资四大新兴应用领域的研究、分析，我们预测 2026-2030 年间，中国四大新兴领域对应原子钟需求或由 84.3 万台升至 258.5 万台，对应铷盐需求量或由 8.4 吨升至 25.8 吨，期间 CAGR 或达 32%，高于全球增速（据贝哲斯咨询预测，2025-2030 年间全球原子钟市场规模 CAGR 或为 29%）。2025-2030 年间，原子钟市场的主要增量在于 6G 基站的建设，2030 年 6G 基站对应铷盐需求占比达 87%。2030 年后，随着 6G 通信商业化落地，以及商业航天等领域的进一步发展，铷原子钟及铷盐需求量或维持增长趋势。

表7：2026-2030 年间中国四大新兴应用领域（航天、通信、石油勘探、电网投资）对应原子钟需求及铷盐需求量预测

| | 2026E | 2027E | 2028E | 2029E | 2030E |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| 商业航天 (台) | 2043 | 4189 | 15029 | 22709 | 28989 |
| 5G 基站 (台) | 821571 | 561580 | 439711 | 329765 | 261306 |
| 6G 基站 (台) | / | / | 180000 | 180000 | 2260800 |
| 量子通信 (台) | 3840 | 5360 | 7700 | 10700 | 15400 |
| 数据中心 (台) | 74 | 70 | 72 | 74 | 82 |
| OBN 石油勘探 (台) | 10000 | 10680 | 11406 | 12182 | 13010 |
| 电网投资 (台) | 5404 | 5404 | 5404 | 5404 | 5404 |
| 合计原子钟需求 (万台) | 84.3 | 58.7 | 65.9 | 56.1 | 258.5 |
| 对应铷盐需求量 (吨) | 8.4 | 5.9 | 6.6 | 5.6 | 25.8 |

资料来源：新华网，工信部，国际标准化组织，ABI Research，QYResearch，国家电网，南方电网，华经产业研究院，东兴证券研究所

7.2 核心生产要素供应商的成长弹性有望大幅优化

原材料供应商的成长弹性有望与铷铯行业需求扩张共振。考虑到原子钟行业的持续发展，结合钙钛矿电池行业的高速扩张（参考我们于 2026 年 2 月 5 日外发的《铷铯行业深度（III）：钙钛矿电池渗透率提升及太空光伏发展将推动铷盐市场进入结构性扩张新周期》），我们认为全球铷铯盐市场开始进入结构性消费的新扩张周期，以铷盐为代表的铷铯消费空间从 1 至 N 的变化将推动产业链相关企业成长弹性的显著优化。考虑到全球铷铯行业供给端的强刚性化特征（具体请参考我们于 2025 年 9 月 29 日外发的《铷铯行业深度（I）：上游矿端及原料供给显现强垄断性寡头特征》以及 2025 年 9 月 29 日发布的《铷铯行业深度（II）：消费结构改善叠加新兴需求爆发，全球铷铯盐需求曲线或持续右移》），行业需求曲线的显著右移将推动商品定价重心的持续性上移，行业发展中核心生产要素的垄断性、稀缺性及定价权将在公司的成长弹性及估值弹性中持续计入。

从原子钟行业的核心金属生产要素角度，我们建议关注：金银河及中矿资源。

原子钟生产制造相关公司：天奥电子、海格通信。

7.3 金银河：全球最大千吨级铷铯生产基地达产，重构公司成长及估值属性

全球首家千吨级高纯铷铯盐重结晶法生产项目正式达产。金银河年产千吨级铷铯盐项目基于公司掌握的二段硫酸低温矿相重构技术，该技术是全球首条全密闭式连续生产工艺及装备生产线，有效实现锂云母中锂、铷、铯、钾、钒和硅等全元素高值化利用，重构了国内低品位锂云母行业的资源价值。该项目包括低温硫酸法云母提锂及铷铯盐重结晶两条主要产线，主要产品包括电池级碳酸锂、工业级碳酸锂、铷盐（99.9%）、铯盐（99.9%）、钾明矾、硫酸钾和硅砂等。随着公司 25 年 10 月千吨级高纯铷铯盐重结晶法生产项目正式达产，公司铷铯盐业务叠加碳酸锂业务的有效开展将推升公司业绩规模的结构性扩张并强化公司 Alpha，公司在 2026 年将正式进入强业绩弹性的高速增长期。而公司自主创新的锂云母全元素清洁化提取技术的应用将解锁稀缺金属供给价值链并重构公司的成长属性及估值属性。

技术及设备生产壁垒构筑公司护城河，即便是最顺利情况下，竞争者也需要至少 36-54 个月才能进入该行业。公司的低温硫酸法提锂技术与铷铯盐重结晶生产工艺均为自研，在行业中拥有大规模量产化、绿色环保及低成本的显著技术及生产优势，公司的自有技术及有效实现低温多元化提锂的自产设备是公司最为夯实的护城河。从护城河的夯实程度观察，我们假设当前行业内相关公司已完全掌握低温硫酸法提锂技术、有足够资金支持且实验室中试已获成功：从正式工厂搭建计算，建设产线及调试成功至少约 24-36 个自然月（假设新竞争者已具备相关设备完全生产能力）；考虑到项目建设好后申请铷铯加工工厂环评，至少需要额外 12-18 个月。依据这个节奏推算，该行业的新进入者至少 36-54 个月才能形成竞争。这意味着公司的技术壁垒已转化为公司在铷铯行业的绝对优势。

公司铷铯盐与下游已达成战略合作，核心高端金属资源供应链稳定性支持或助力公司持续拓展销售空间。公司已与天恩锂业等多家公司签署高纯铷铯盐战略合作协议。此外，考虑到中国铷铯资源的高进口依赖度及铷铯盐作为高精尖制造与军工业无法替代的核心生产要素，不排除行业后期的隐性库存会有持续性放大的可能，这意味着公司的铷铯盐产品销售仍有巨大且持续性的拓展空间。

表8：低温硫酸法与高温硫酸盐法对比

| 指标 | 低温硫酸法 | 高温硫酸盐法 |
|-------------|--|---|
| 反应温度 | 300℃以下 | 800-1000℃ |
| 冶炼渣量（每吨碳酸锂） | 少于0.3吨 | 30吨以上 |
| 铷铯元素提取率 | 铷铯盐生产采取结晶工艺，提取率85%以上 | 冶炼段采用硫酸盐工艺，铷铯浸出率低，铷铯分离采用萃取工艺，需要新增萃取装置，收率较低、萃取剂消耗高且萃取后废液难处置 |
| 锂回收率 | 85%以上 | 70%-85% |
| 副产品/副产物 | 铷铯矾、明矾、硫酸钾、硅砂等，其中硫酸钾可以直接出售，其他副产品可以进一步进行深加工 | 硫酸钾钠混合盐、仅少量铷铯，锂渣 |
| 环保性 | 1、无废水、固废少2、焙烧环节只有硫酸 | 1、锂渣的处置方式主要是堆放在消纳场，占用土地不可持续，二次污染环境隐患大。2、硫酸盐焙烧辅料中加入硫酸钾、硫酸钠等，导致提锂后的尾渣中硫酸根和钾、钠等碱金属超标等。 |
| 其他 | 铷铯矾在建设提取高纯铷铯盐产线副产品明矾、硅砂可以进一步深加工 | / |

资料来源：金银河2024年年度报告，东兴证券研究所

表9：铷铯盐重结晶生产工艺与传统铷铯盐萃取生产工艺对比

| | 金德锂铷铯盐重结晶生产工艺 | 传统铷铯盐萃取生产工艺 |
|------|---|---|
| 简介 | 金德锂的锂云母高值化利用项目包括锂云母提锂项目及利用提锂副产品进一步深加工系列项目，具有低温环保、全元素提取、生产过程自动连续化等技术优势。 基于锂云母提锂项目副产品之一的铷铯钾矾，独立研发、设计制造的适合锂云母材料提取铷铯元素的工艺及产线，主要采用重结晶技术路线。 | 在传统工艺中，普遍采用萃取法来提取铷铯元素，是基于溶液中混杂了过多的金属杂质，通过多次除杂、浓缩富集之后，在强碱性环境中，把铷铯从水溶液转入有机溶液中，再通过反萃取的方式提取铷铯元素，适合水溶液中性或碱性溶液。 |
| 原料来源 | 锂云母提锂的副产品—铷铯钾矾进一步提取铷、铯、钾金属元素。 | 盐湖提锂、锂云母提锂、锂辉石提锂富集母液 |
| 优点 | 1、适合大规模提取锂云母中的铷铯元素，能够获得固态铷盐、铯盐化合物，突破了以往的重结晶不利于大规模生产的实践经验； 2、铷、铯、钾元素充分提取利用，锂云母中价值元素进一步有效提取； 3、生产过程环保，提取铷铯后富集铍、铊等稀有金属元素的剩余物可以继续下一步分离提取。 | 1、萃取法可以梯度提取铷、铯、钾、钠； 2、适用提取范围广，盐湖提锂、锂云母提锂、锂辉石提锂富集铷铯元素溶液都可使用。 |
| 缺点 | 目前仅适用于锂云母提锂工艺下生产铷铯盐化合物，对盐湖、锂辉石提锂工艺涉及的铷铯提取尚无研究。 | 虽然萃取工艺在稀土、镍钴等行业应用成熟，但铷铯盐生产用萃取工艺的缺点主要包括以下几个方面： 1、有机溶剂的毒性和易燃性：有机溶剂可能具有毒性、易燃性、易爆性或腐蚀性，增加了储存、操作过程中的安全风险； 2、成本较高：有机溶剂的成本较高，包括溶剂的消耗和回收成本； 3、环境污染：使用有机溶剂可能导致环境污染，废溶剂需要专门处理； 4、步骤繁琐：步骤较为复杂，需要多次萃取或结合其他方法才能达到理想效果； 5、存在残留风险：萃取过程中可能存在溶剂残留的风险，影响产品的纯度和安全性。 |

资料来源：金银河铷铯展厅资料，东兴证券研究所

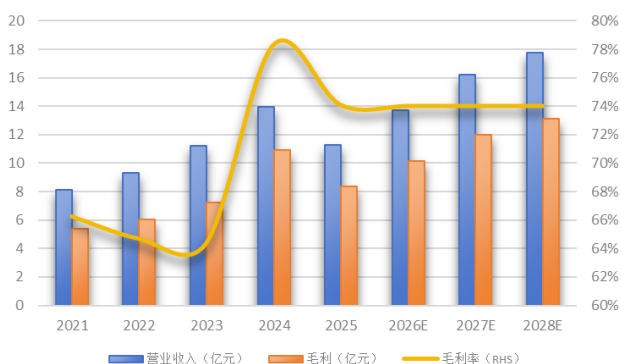
7.4 中矿资源：全球铷矿端资源及铷盐精细化工领域龙头

公司为全球铯资源龙头企业，在铯行业拥有垄断性的资源优势。公司控制了全球 80% 以上的铯榴石矿产资源，并有大量伴生铷资源。公司名下的加拿大 Tanco 矿山是全球现有在产的唯一以铯榴石为主矿石的矿山，也是世界上储量最大的铯榴石矿山。截至 2025 年底，Tanco 矿山合计保有 Cs₂O 金属量 5.3 万吨，其中露天开采方案下保有铯矿石储量 44.74 万吨（含 Cs₂O 金属量 2.64 万吨，平均品位 5.91%），铯尾矿矿石量 356 万吨（含 Cs₂O 金属量 2.66 万吨）。Bikita 矿山锂矿床共生有铯榴石，历史上为全球三大经济可采铯矿之一，目前矿区内仍发育有多条未经验证的 LCT 型（锂-铯-铷型）伟晶岩体，具备进一步扩大铯铷铷矿产资源储量的潜力。

公司是铯盐精细化工领域的全球龙头，拥有完备的铯产业链一体化制造能力。公司拥有加拿大温尼伯、江西省新余市两大铯铷盐生产基地，和英国阿伯丁、挪威卑尔根两大甲酸铯回收基地。截至 2025 年底，公司拥有铯铷盐产能约 1500 吨，占全球铯铷盐产能 50% 以上。公司甲酸铯业务采用生产、租售+技术服务、回收和提纯的生态产业链模式，为众多世界知名的油服企业和世界级石油公司提供了甲酸铯产品和技术服务。公司甲酸铯回收再利用率可达 80% 以上，且回收后的基液性能不发生变化。截至 2025 年底，公司全球储备甲酸铯产品 16760bbI（折合密度 2.3t/m³ 的甲酸铯溶液），折合铯金属当量 3804.68 吨。

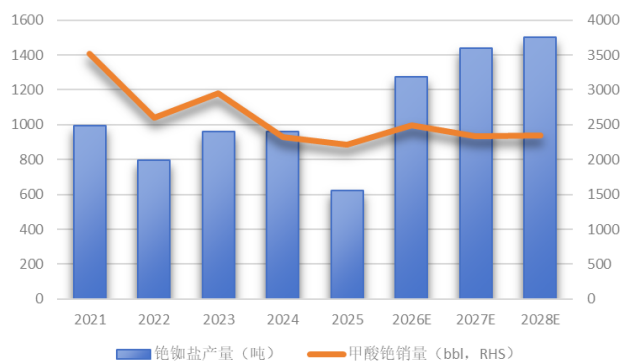
铯铷产能改扩建项目推进，加强稀有金属战略布局。公司铯铷板块 2025 年盈利水平仍维持高位，但营收及盈利规模明显下滑。公司 25 年铯铷板块营收同比-19.34% 至 11.25 亿元，毛利同比-23.70% 至 8.34 亿元，毛利率同比下降 4.23PCT 至 74.07%。我们认为铯铷产销量的下滑是影响板块业绩弱化的主要原因。从产销量观察，25 年公司铯铷精细化工产品产量同比-35.17% 至 622.66 吨，销量同比-11.50% 至 746.95 吨，库存同比-33.57% 至 245.91 吨，甲酸铯销量同比-4.74% 至 2209.75bbI。公司新增铯榴石采选线的建设（25 年一季度未开启建设，计划将铯榴石产能由 1000 吨升至 1500 吨）或对公司 25 年内铯铷盐的生产造成负面影响。公司加强铯铷稀有金属战略布局，持续推动铯铷产能改扩建项目建设。一方面，公司加拿大 Tanco 矿山 1500 吨铯榴石采选线或于 2026 年建成并投产（较 24 年产能+50%）；另一方面，公司江西省新余市年产 2000 吨铯铷产品项目的节能报告已于 26 年 2 月顺利通过节能评审，项目建成后公司铯铷盐产能或增至 3500 吨（较 24 年产能+250%）。考虑到钙钛矿、军工等行业的发展或推动铯铷盐需求结构性增长（我们预计 2025-2028 年间全球铯铷盐需求 CAGR 或达 37%），我们认为公司铯盐板块业绩表现及盈利能力仍有较强增长空间。

图23：2021-2028E 公司铯铷板块营收及利润变化



资料来源：iFinD，东兴证券研究所

图24：2021-2028E 公司铯铷盐产量及甲酸铯销量变化



资料来源：iFinD，东兴证券研究所

表10：中矿资源稀贵金属储量（截至 2025 年底）

| 矿山名称 | Cs ₂ O金属量 (万吨) | Ta ₂ O ₅ 金属量 (吨) |
|------------|---------------------------|--|
| 津巴布韦Bikita | / | 3814 |
| 加拿大Tanco | 5.3 | 2146 |
| 合计 | 5.3 | 5960 |

资料来源: 中矿资源公司公告, 东兴证券研究所

8. 风险提示

卫星发射进度不及预期, 6G 通信发展进度不及预期, 电网投资不及预期, 地缘政治冲突加剧, 供给侧投产不及预期, 铷价格超预期下跌等。

分析师简介

张天丰

大周期组组长，金属与金属新材料行业首席分析师。英国布里斯托大学金融与投资学硕士。具有十五年以上金融衍生品研究、投资及团队管理经验。曾担任东兴资产管理计划投资经理（CTA），东兴期货投资咨询部总经理。曾获得中国金融期货交易所（中金所）期权联合研究课题二等奖及三等奖；曾为安泰科、中国金属通报、经济参考报特约撰稿人，上海期货交易所注册期权讲师，中国金融期货交易所注册期权讲师，Wind 金牌分析师及 iFinD 卓越金属产业研究，中国东方资产评估专家库成员，中国东方资产股票专家组委员。

研究助理简介

闵泓朴

东兴证券金属与金属新材料行业助理研究员，对有色金属各个二级子行业均进行跟踪覆盖。美国哥伦比亚大学生物统计硕士，专攻数据科学方向。本科毕业于美国加州大学圣塔芭芭拉分校，应用数学与经济双专业。曾获得同花顺 iFinD “2025 年度卓越金属产业研究” 奖项。

分析师承诺

负责本研究报告全部或部分内容的每一位证券分析师，在此申明，本报告的观点、逻辑和论据均为分析师本人研究成果，引用的相关信息和文字均已注明出处。本报告依据公开的信息来源，力求清晰、准确地反映分析师本人的研究观点。本人薪酬的任何部分过去不曾与、现在不与、未来也将不会与本报告中的具体推荐或观点直接或间接相关。

风险提示

本证券研究报告所载的信息、观点、结论等内容仅供投资者决策参考。在任何情况下，本公司证券研究报告均不构成对任何机构和个人的投资建议，市场有风险，投资者在决定投资前，务必要审慎。投资者应自主作出投资决策，自行承担投资风险。

免责声明

本研究报告由东兴证券股份有限公司研究所撰写, 东兴证券股份有限公司是具有合法证券投资咨询业务资格的机构。本研究报告中所引用信息均来源于公开资料, 我公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证, 也不保证所包含的信息和建议不会发生任何变更。我们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, 报告中的信息或意见并不构成所述证券的买卖出价或征价, 投资者据此做出的任何投资决策与本公司和作者无关。

我公司及报告作者在自身所知情的范围内, 与本报告所评价或推荐的证券或投资标的的存在法律禁止的利害关系。在法律许可的情况下, 我公司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头寸并进行交易, 也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。本报告版权仅为我公司所有, 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。如引用、刊发, 需注明出处为东兴证券研究所, 且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。

本研究报告仅供东兴证券股份有限公司客户和经本公司授权刊载机构的客户使用, 未经授权私自刊载研究报告的机构以及其阅读和使用者应慎重使用报告、防止被误导, 本公司不承担由于非授权机构私自刊发和非授权客户使用该报告所产生的相关风险和法律责任。

行业评级体系

公司投资评级 (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):
以报告日后的 6 个月内, 公司股价相对于同期市场基准指数的表现为标准定义:

强烈推荐: 相对强于市场基准指数收益率 15% 以上;

推荐: 相对强于市场基准指数收益率 5%~15% 之间;

中性: 相对于市场基准指数收益率介于-5%~+5% 之间;

回避: 相对弱于市场基准指数收益率 5% 以上。

行业投资评级 (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):
以报告日后的 6 个月内, 行业指数相对于同期市场基准指数的表现为标准定义:

看好: 相对强于市场基准指数收益率 5% 以上;

中性: 相对于市场基准指数收益率介于-5%~+5% 之间;

看淡: 相对弱于市场基准指数收益率 5% 以上。

东兴证券研究所

| 北京 | 上海 | 深圳 |
|--------------------------|--------------------------|------------------------|
| 西城区金融大街 5 号新盛大厦 B 座 16 层 | 虹口区杨树浦路 248 号瑞丰国际大厦 23 层 | 福田区益田路 6009 号新世界中心 46F |
| 邮编: 100033 | 邮编: 200082 | 邮编: 518038 |
| 电话: 010-66554070 | 电话: 021-25102800 | 电话: 0755-83239601 |
| 传真: 010-66554008 | 传真: 021-25102881 | 传真: 0755-23824526 |