超导产业长坡厚雪，关注高壁垒+降本加速方向

中小盘研究

推荐 维持评级

分析师

赵良毕

☎：010-80927619

✉：zhaoliangbi_yj@chinastock.com.cn

分析师登记编码：S0130522030003

洪烨

☎：0755-83479312

✉：hongye_yj@chinastock.com.cn

分析师登记编码：S0130523060002

核心观点：

- **超导体具备零电阻等特性，低温超导产业相对成熟。**超导指某种材料在低于某一温度时，电阻突变为零的现象，该温度通常被称为超导临界温度。超导研究起源于 19 世纪下半叶的低温物理学，当前隶属凝聚态物理的分支，超导材料从简单金属，逐步向合金、复杂化合物、有机物转变。超导材料主要特性分为完全导电性、完全抗磁性、量子隧穿性以及临界性，相对常见的划分方式是根据临界温度分为低温超导和高温超导。低温超导 Tc<25K，具有实用价值的金属是 Nb，基于低温超导材料的应用装置，一般在液氦的温度下工作。高温超导 Tc≥25K，具有实用价值的金属主要包括 Bi、Y、La、Sm 等，常见的原子团主要包括铜基、铁基、氢基等。
- **超导属典型前沿材料重点布局明确，预计未来五年 CAGR 超 20%。**2021 年 12 月，《“十四五”原材料工业发展规划》支持科研单位联合企业，发展超导材料、智能仿生、增材制造材料等，推动新的主干材料体系化发展，强化应用领域的支持和引导，被业界视为明确了超导材料在现代产业中的定位。据欧洲超导协会 Conectus 统计，2022 年全球超导材料产品的市场规模为 68 亿欧元/+3%，2012-2022 年过去十年 CAGR=2.8%。目前全球 90%以上的超导材料属低温超导。高温超导尚处成长期，据 Global Market Insights 预测，2030 年高温超导将占据 1/4 的份额，高温超导的高速增长将驱动全球超导材料行业 2022-2027 年未来五年 CAGR=23.1%。
- **高温超导电力领域应用相对成熟，室温超导是大势所趋。**低温超导产业链主要包括上游 Nb、Ti、Sn、Cu 等原材料、中游超导线材、中游超导磁体、下游 MRI、MCZ、NMR、ITER、加速器等超导设备四个环节，上游原材料敏感度较低，NbTi 二元合金棒加工中易断裂，制备难度较大，壁垒较高。高温超导产业链主要包括上游 Bi、Ba、La、Sm、Y 等金属元素氧化物、中游超导线材带材薄膜、下游超导设备三个环节，由于高温超导具备能量损耗低、占地面积小、传输容量大、可靠性高等优点，其在电力领域的应用相对成熟，设备成套成系列，包括超导电缆、超导电机、超导变压器、超导限流器等。“LK-99”是一种掺杂铜的铅磷灰石，之所以具备室温超导特性，是因为铅原子和磷酸氧间通过结构畸变与应变产生量子阱，电子在量子阱中进行约瑟夫效应时表现为零电阻，但其复现会遇到掺杂比例与离子位置控制精确度的问题，稳定性仍有欠缺，理论→实践仍需时日。
- **投资建议：**超导产业长坡厚雪，建议关注低温超导产业链高壁垒的中游棒材线材环节+下游应用场景拓展方向，东方钽业/久立特材；高温超导技术进步降本加速+产业化纵深方向，永鼎股份/百利电气/金杯电工/宝胜股份/联创光电/沃尔核材；室温超导材料体系刚需方向，豫光金铅/中金岭南。
- **风险提示：**上游原材料价格抬升；低温超导国产替代进程不及预期；高温超导产业化纵深程度不及预期；室温超导复现难度加大或技术路径变更。

目 录

一、超导体具备零电阻等特性，低温超导产业相对成熟 4
二、超导属典型前沿材料重点布局明确，预计未来五年 CAGR 超 20% 7
三、高温超导电力领域应用相对成熟，室温超导是大势所趋 10
四：投资建议 15
五：风险提示 15

插图目录

图 1: 典型超导材料发现年代与临界温度 4
图 2: 超导体临界温度、磁场与电流密度 5
图 3: 超导材料的量子隧穿效应 5
图 4: 低温超导线 NbTi 与 Nb3Sn 的典型截面 6
图 5: 低温超导的典型应用——磁共振成像仪（MRI） 9
图 6: 高温超导的典型应用——超导电缆系统 9
图 7: 2022 年全球超导材料产品的市场规模为 68 亿欧元/+3%，2022-2027 年未来五年 CAGR=23.1% 9
图 8: 2018→2022→2030，高温超导份额 4.4%→10%→25%驱动超导材料行业高速发展 9
图 9: 低温超导产业链梳理 10
图 10: 下游超导设备 MRI 2022-2025 年国内增速超 10% 12
图 11: 下游超导设备 MCZ 将随硅片大尺寸趋势放量 12
图 12: 高温超导产业链梳理 12
图 13: 第二代高温超导带材典型生产流程 13
图 14: 永鼎股份第二代高温超导带材实现量产 14
图 15: 联创光电多工位超导感应加热装置 14
图 16: “LK-99”超导体制备过程 15
图 17: “LK-99”超导体的“温度-电阻”曲线 15

表格目录

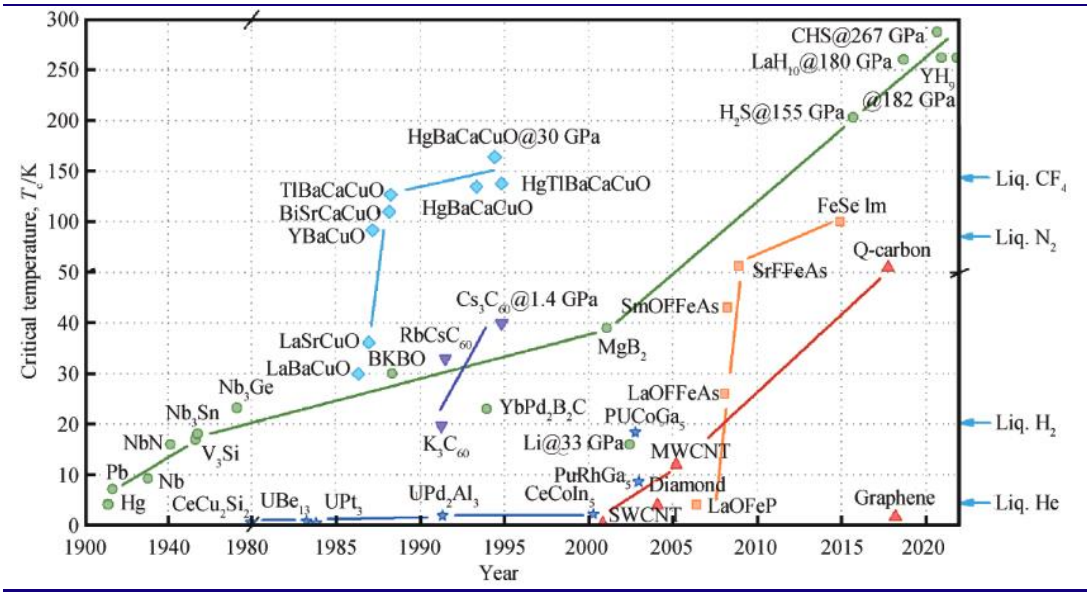
表 1: 超导材料研究发展历程简介 4
表 2: 低温超导材料和高温超导材料主要特性对比 6
表 3: 超导产业重点政策梳理 7
表 4: 超导材料的主要应用梳理 8
表 5: 低温超导产业链四大环节竞争格局 11
表 6: 第二代高温超导带材常见参数 13

一、超导体具备零电阻等特性，低温超导产业相对成熟

2023 年 7 月，韩国 Sukbae Lee 等人在 Arxiv 网站上提交题为《Superconductor $Pb_{10}-xCu_x(PO_4)_6O$ Showing Levitation at Room Temperature and Atmospheric Pressure and Mechanism》的论文，阐述了名为“LK-99”室温超导的存在，一石激起千层浪。

超导（Superconductivity，SC），全称为“超导电性”，是指某种材料在低于某一温度时，电阻突变为零的现象，该温度通常被称为超导临界（转变）温度 Tc。事实上，超导研究起源于 19 世纪下半页的低温物理学，当前隶属凝聚态物理的分支，业内的主要研究方向是寻找超导材料。1908 年，荷兰科学家 Heike Kamer-Onnes 完成了氦气的液化，获得了极低温度，三年后他发现在液氦环境下金属汞的电阻降为了零，超导就此问世。此后超导材料从简单金属，逐步向合金、复杂化合物、有机物转变。

图 1：典型超导材料发现年代与临界温度



资料来源：《实用化 Bi 系超导带材的制备工艺研究进展》，中国银河证券研究院

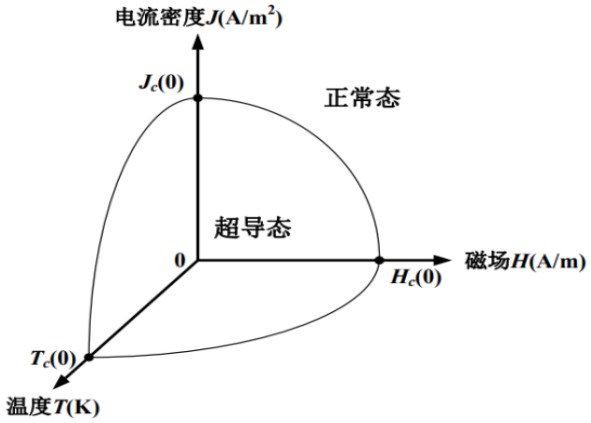
表 1：超导材料研究发展历程简介

年份	发展历程
1911 年	Heike Kamer-Onnes 在温度 4.2K（-268.97℃）时用液氦冷却汞时发现汞的电阻为零，发现了超导电性规律
1933 年	菲尔德和迈斯纳发现超导体冷却达到转变温度时，不仅电阻完全消失，还会出现抗磁性
1950 年	A.A.Abrikosov、Vitaly Lazarevich Ginzburg（俄）和 Anthony Leggett（英）提出超导热力学效应，认为超导是一种量子体系中的热力学相变
1957 年	J.Bardeen、L.V.Cooper、J.R.Schrieffer（美）提出“电声子耦合超导配对凝聚理论”（B-C-S），将超导现象看作宏观量子效应。临界温度下，两个动量与自旋均相反的电子，可通过交换原子晶格振动量子，即声子，而产生间接吸引的相互作用，从而组成具有能隙的低能稳定态，即超导态
1962 年	约瑟夫预言，在薄绝缘层隔开的两种超导体之间有电子能够穿过，且不出现电压
1968 年	麦克米兰根据 B-C-S 理论推导出超导体临界温度上限公式，认为超导体的临界温度不太可能超过 39K，该温度也被称为“麦克米兰极限”
1973 年	发现超导转变温度为 32.4K（-249.92℃）的超导合金——铌锗合金

1986 年	缪勒和柏诺兹（瑞）在贝尔实验室研究陶瓷材料 LaBaCuO 时，发现其在 30K 以下具备超导特性，打破液氢 40K 的温度障碍
1987 年	朱经武（美）赵忠贤（中）陆续把钇-钡-铜-氧转变温度提高到了 90K（-185.15℃），发现高温超导体材料
1988 年	日本实现了液氮温区超导体的理想，研发出了转变温度为 110K（-165.15℃）的超导材料 Bi-Sr-Cu-O
2007 年	日本东京工业大学细野秀雄教授和其合作者发现了转变温度为 26K（-251.15℃）的氟掺杂镧氧铁砷化合物，掀起铁基高温超导体的研究浪潮
2008 年	中科大陈晓辉研究组和中国物理所研究组采用稀土元素替代和高压合成方法获得样品，突破“麦克米兰极限”，经优化后临界温度达 55K
2014 年	吉林大学崔田教授通过计算预测在 200GPa 高压下，硫化氢的超导临界温度在 191K-204K 之间。
2018 年	MIT 曹原博士论述了双层石墨烯在重叠角度为 1.1°时会产生超导现象 德国化学家发现十氢化镧在压力 170GPa，温度 250K（-23℃）下有超导性出现
2019 年	Stanford 发现镍氧超导体，通过认真分析母体化合物的电阻率和霍尔系数随温度的依赖关系，认为母体化合物在低温下存在非相干的 Kondo 散射
2020 年	迪亚斯在金刚石压腔中合成碳质硫氢化物（CSH），将临界温度提升至 15℃，室温超导首次被观察到，但产生该现象的环境极为苛刻，压强达 2670 亿 Pa
2021 年	发现临界转变温度为 39K 的金属化合物二硼化镁超导体
2023 年	韩国合成室温超导体改性铅磷灰石（LK-99）并展现其超导特性（实验复现过程中）

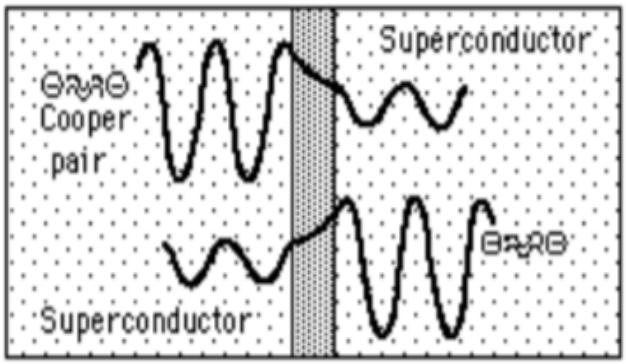
资料来源：Arvix，Wikipedia，自然-材料，国家新材料产业发展战略咨询委员会，中国银河证券研究院

图 2：超导体临界温度、磁场与电流密度



资料来源：《第二代高温超导导线在过电流冲击下的性能衰退特性研究》，中国银河证券研究院

图 3：超导材料的量子隧穿效应



资料来源：西部超导招股说明书，中国银河证券研究院

据国家新材料产业发展战略咨询委员会的资料显示，超导材料主要特性分为完全导电性、完全抗磁性、量子隧穿性以及临界性：

（1）完全导电性（“零电阻效应”）：温度下降到某一临界温度时，超导体出现电阻突变为零的特性。当然电阻完全等于零只有在实验室阶段才能做到，实际应用阶段是接近于零；

（2）完全抗磁性（“迈斯纳效应”）：只要 T 小于临界温度，外界磁场的磁力线就无法穿过超导体，超导体内的磁感应强度总和为零；

（3）量子隧穿性（“约瑟夫效应”）：电子等微观粒子具有波粒二象性，当两块金属被一层厚度为 1.5-3nm 的绝缘介质隔开时，电子等都可穿越势垒而运动。加电压后，可形成隧道电流，这种现象称为隧道效应。把上述装置中的两块金属换成超导体后，当其介质层厚度减少到 30A

左右时，由超导电子对的长程相干效应也会产生隧道效应；

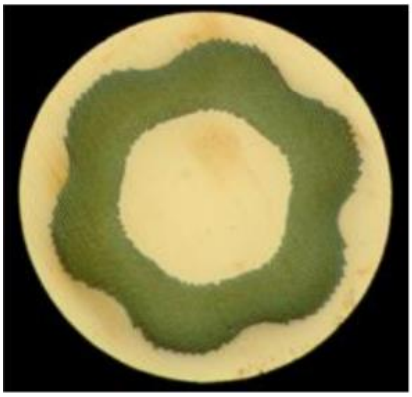
（4）临界性：超导材料具有临界温度、临界磁场和临界电流密度等，只有小于它的临界值才能体现出它的超导性能，一旦超出，就会失去超导性。此外，还有相干长度，导向只有在一定的尺度之下，才能保持住它的超导性能。

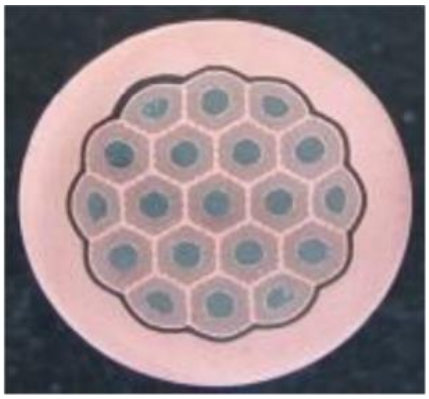
超导体的划分并没有统一的标准，相对常见的是根据临界温度分为低温超导和高温超导。此处的“低温”与“高温”并非我们的日常理解，而是相对于物理学中的绝对零度而言。很显然，高温超导较低温超导而言更具稀缺性，在超导被发现的最初 75 年内，临界温度的提升进程较为缓慢，直至 1986 年陶瓷材料 LaBaCuO 的发现才令其逐步加速，因此我们可以说超导研究自“低温”向“高温”的过渡用了 75 年时间。提升超导材料的临界温度，往往需要施加万倍于标准大气压的高压，降低电子间库仑斥力的同时减少材料晶格缺陷，促进超导电子对的形成，条件较为苛刻，应用推广阻力重重，于是 27 年后的当下大家更多地在探讨超导自“高温”向“室温”（“常温”）的转变：

低温超导：具有低临界温度的超导材料（Tc<25K，即-248℃），分为金属、合金和化合物，具有实用价值的低温超导金属是 Nb（铌），由于 NbTi（铌钛，Tc=9.5K）与 Nb3Sn（铌三锡，Tc=18K）具备优良的机械加工性能与成本优势，其制备技术与工艺已较为成熟。基于低温超导材料的应用装置，一般在液氦的温度下工作；

高温超导：具有高临界温度的超导材料（Tc≥25K），具有实用价值的高温超导金属主要包括 Bi（铋）、Y（钇）、La（镧）、Sm（钐）、Tl（铊）、Hg（汞）等，由于 Tl 与 Hg 呈高毒性，使用频率相对较低，常见的原子团主要包括铜基、铁基、氢基等，其中铋系与钇系属于氧化物陶瓷，工艺上需克服质地过脆、基体反应、氧含量控制等问题，生产成本较高，铜基较其他材料而言实用性更胜一筹，已实现规模化量产。典型的高温超导材料有 BSCCO（铋钡钙铜氧化物，Tc=110K，也被称为“第一代高温超导材料”）、YBCO（钇钡铜氧化物，Tc=90K，也被称为“第二代高温超导材料”）、TBCCO（铊钡钙铜氧化物，Tc=125K）、LBCO（镧钡铜氧化物，Tc=30K）、LOFA（镧铁砷氧化物，Tc=26K）、SOFA（钐铁砷氧化物，Tc=55K）、MgB2（二硼化镁，Tc=40K）等。基于高温超导材料的应用装置，一般在液氢与液氦的温度区间内工作。

图 4：低温超导线 NbTi 与 Nb3Sn 的典型截面





资料来源：西部超导招股说明书，中国银河证券研究院

表 2：低温超导材料和高温超导材料主要特性对比

项目	低温超导	高温超导

运行温度	<25K		55-110K
电能消耗		均极少	
工作环境	液氦（-269℃）		液氮（-196℃）
所涉材料	NbTi/Nb3Sn/Nb3Al 等		BSCCO/MgB2/YBCO/铁基等
材料价格	稳定在较低区间		约为低温超导的 8-10 倍
磁场强度	最高 15T		最高 45.5T
产业成熟度	量化加工度及稳定性高		量化加工度及稳定性低
磁体体积及重量	制冷系统较大，磁体体积及重量较大		制冷系统较小，磁体体积及重量较小

资料来源：《高温超导磁悬浮在轨道交通中的研究和应用》，《中国超导材料及应用发展战略研究》，《超导材料及其应用现状与发展前景》，华经产业研究院，中国银河证券研究院

除根据临界温度划分外，超导体还可根据完全抗磁性的表现（临界磁场的数量）分为第 I 类超导和第 II 类超导，第 I 类超导拥有一个临界磁场，主要包括常温下具备良好导电性的纯金属，如 Zn（锌）、Ga（镓）、Ge（锗）等，第 II 类超导拥有两个临界磁场，主要包括 V（钒）、Nb（铌）以及一些金属化合物、合金、陶瓷等。超导体还可根据其化学成分分为金属超导、陶瓷超导、绝缘超导、有机超导等，金属超导与陶瓷超导前文涉及较多，绝缘超导主要包括 SiC（碳化硅）、金刚石、石墨烯等，有机超导主要包括 PF6（六氟化磷）、AsF6（六氟化砷）等。事实上，超导体的多重划分依据往往揭示了其应用上的限制，例如同样是低温超导材料，NbTi 主要适用于 10T 以下磁场，而 Nb3Sn 主要适用于 10T 以上磁场。

二、超导属典型前沿材料重点布局明确，预计未来五年 CAGR 超 20%

国内超导产业在一系列政策，尤其是各类新材料政策的指引与支持下，逐步向着降低成本、提高性能、功能集成化的方向发展。早在 2015 年 5 月，《中国制造 2025》就将超导材料视作颠覆性新材料中需重点发展的项目；2016 年 11 月，《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》中明确指出积极参与国际热核聚变实验堆计划（ITER），事实上我国参与该计划要追溯到 2003 年，当时国内尚不具备 NbTi 与 Nb3Sn 超导线材的生产能力，而项目濒临完结时在 NbTi 与 Nb3Sn 上已分别承担 69%与 7%的生产任务，这为国内聚变工程实验堆项目（CFETR）奠定了坚实基础；2021 年 12 月，《“十四五”原材料工业发展规划》支持科研单位联合企业，发展超导材料、智能仿生、增材制造材料等，推动新的主干材料体系化发展，强化应用领域的支持和引导，被业界视为明确了超导材料在现代产业中的定位。

表 3：超导产业重点政策梳理

发布单位	发布时间	文件名称	内容概要
工信部、科技部、自然资源部	2021.12	《“十四五”原材料工业发展规划》	实施前沿材料前瞻布局行动，支持科研单位联合企业，把握新材料技术与信息技术、纳米技术、智能技术等融合发展趋势，发展超导材料、智能仿生、增材制造材料等，推动新的主干材料体系化发展，强化应用领域的支持和引导。
首标委	2020.01	《推动首都高质量发展标准体系建设实施方案》	鼓励制定石墨烯等低维材料、高性能纳米材料、光电子材料、量子材料、新型超导材料、超材料、增材制造材料等前沿技术标准。突破石墨烯产业化应用技术，拓展纳米材料在光电子、新能源、生物医药等领域应用范围。
科技部	2017.05	《“十三五”材料领域科技创新专项规划》	以超导材料、智能/仿生/超材料、极端环境材料等前沿新材料为突破口，抢占材料前沿制高点。
财政部、工信部	2017.05	《关于发布 2017 年工业转型升级（中国制造 2025）资金工作指南的通知》	关键基础材料重点支持高温超导材料、生物基材料、石墨烯、特种陶瓷和人工晶体等新材料。

发改委、能源局	2017.05	《能源生产和消费革命战略（2016-2030）》	开展前沿性创新研究，加快研发氢能、石墨烯、超导材料等技术。
发改委、财政部、工信部、科技部	2016.12	《新材料产业发展指南》	加强超导材料基础研究、工程技术和产业化应用研究，积极开发 新型低温超导材料，钇钡铜氧等高温超导材料，强磁场用高性能超导线材、低成本 高温超导千米长线等，在电力输送、医疗器械等领域实现应用。
国务院	2016.11	《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》	开发智能材料、仿生材料、超材料、低成本增材制造材料与新型超导材料；积极参与国际热核聚变实验堆计划（ITER），不断完善全超导托卡马克核聚变实验装置等国家重大科技基础设施。
工信部	2016.10	《关于印发产业技术创新能力发展规划（2016-2020）的通知》	开发智能材料、超导材料、纳米材料、石墨烯、超材料、生物基材料、3D 打印材料、极端环境用材料等前沿新材料。突破先进熔炼、凝固成型、气相沉积、等静压、高效合成、结构设计等核心工艺。
国务院	2015.05	《中国制造 2025》	高度关注颠覆性新材料对传统材料的影响，做好超导材料、纳米材料、石墨烯、生物基材料等战略前沿材料提前布局和研制。加快基础材料升级换代。

资料来源：国务院、发改委、财政部、工信部、科技部、自然资源部、能源局、首标委，中国银河证券研究院

超导在应用方面基本围绕其“完全导电性”与“完全抗磁性”展开，在所有涉及“电”与“磁”的领域几乎都有用武之地。（1）强电应用：超导体在低于临界温度时电阻接近于零，可大幅降低电阻热效应带来的能量损耗，提高发电、输电、储能的效率。相关研究显示，使用超导技术后，上述领域的能量损耗可从当前的 30%-60%降到 10%以下；**（2）弱电应用：**集成电路芯片上密集排列着大量的元件与连接线，散热一直是老大难问题，超导元器件不仅可以克服该问题，同时还能大幅提高设备运行速度，比较典型的有超导计算机、超导微波器件、超导天线等。《中国制造 2025》中提到，利用超导体的量子隧穿效应所制作的计算机逻辑与存储元件，其功耗仅有高性能集成电路的 1/4，运算速度却有 10 倍以上的增长；**（3）抗磁应用：**比较典型的有我们熟知的磁悬浮列车，利用超导体与磁体间产生的排斥力实现高速悬浮，替代大电流，大幅降低能源消耗。此外，在 Tokamak（托卡马克）装置中，超导体可约束核反应堆中高温等离子体的释放进程，从而实现可控核聚变。

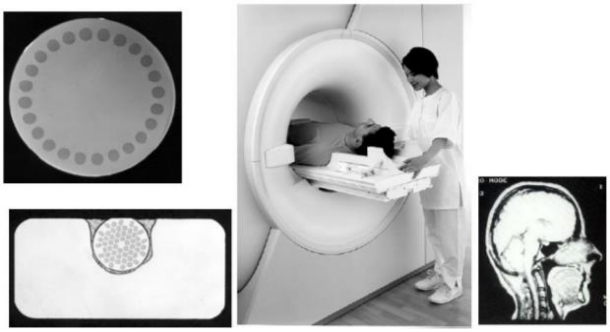
表 4：超导材料的主要应用梳理

研究方向		应用领域	应用行业	说明
电工学应用	超导电力技术	超导电力电缆	高效大容量电力输送	电力及公用事业	基于零电阻、高密度载流特性、正常态-超导态转变特性及完全抗磁性的电工学应用
		超导限流器	输电网的安全稳定性	
		超导储能系统	电力质量调节和电网稳定性	
		超导变压器	高效大容量电力变压器	
		超导电动机	船舶电力推进	
		超导发电机	大型发电机和同步调相机	
	超导磁体技术	强磁场磁体	粒子物理和核物理类的大科学工程、核磁共振、磁分离技术、磁性扫雷技术、高性能的材料制备、作物育种等	实验室/医药/国防军工/基础化工/农林牧渔	
		磁悬浮技术	磁悬浮列车和磁悬浮推进、飞轮、轴承和高精度陀螺仪等	交通运输/机械	
电子学应用	微波与单光子探测	滤波器、谐振器、延迟线	微波通信	通信	基于零电阻特性的电子学应用
		单光子探测器	精密测量	医药/国防军工	
	结型器件	量子干涉仪	用于微弱信号检测，如脑磁、心磁、大地探测、无损检测等	医药/建筑/机械	基于约瑟夫效应的电子学应用
		超导芯片	低能耗超级计算机	电子/计算机	

超导 Qubit	超导量子计算机	
高频电磁波	THz 高频电磁波的发射与接收	通信/国防军工

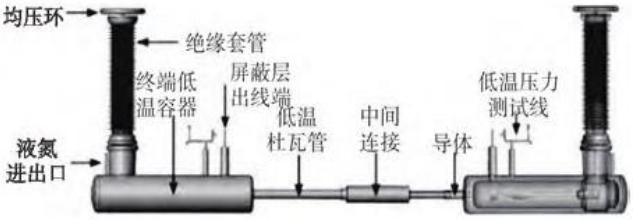
资料来源：《超导材料及其应用现状与发展前景》，中科院等离子体物理研究所，中国银河证券研究院

图 5：低温超导的典型应用——磁共振成像仪（MRI）



资料来源：西部超导招股说明书，中国银河证券研究院

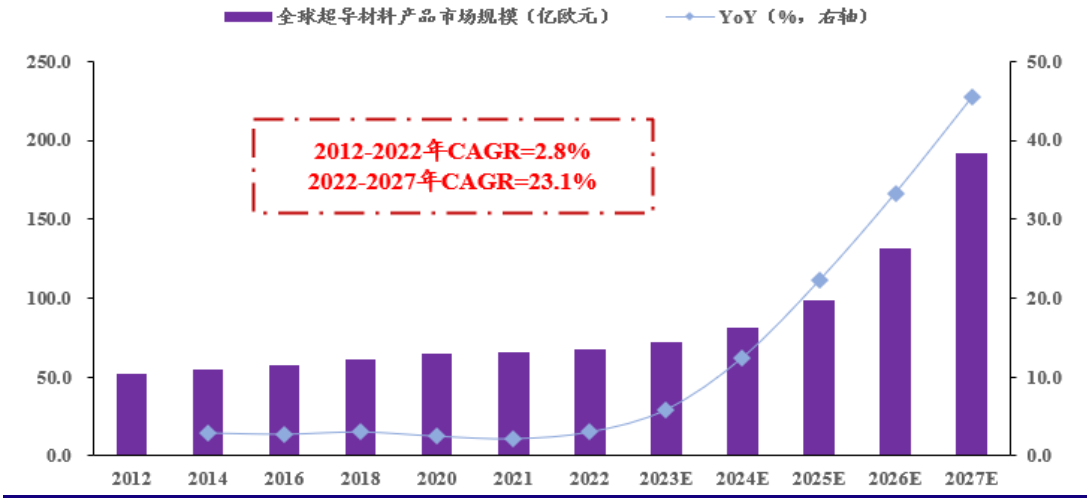
图 6：高温超导的典型应用——超导电缆系统



资料来源：《高温超导电缆研究现状及应用场景分析》，中国银河证券研究院

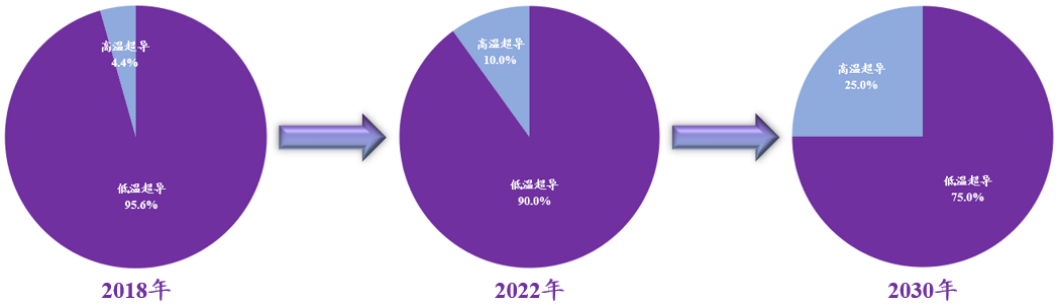
2022-2027 年预计全球超导材料 CAGR=23.1%，高温超导份额抬升驱动行业高速发展。产业化方面，低温超导的进程较高温超导还是快出不少。据欧洲超导协会 Conectus 统计，2022 年全球超导材料产品的市场规模为 68 亿欧元/+3%，2012-2022 年过去十年 CAGR=2.8%。目前全球 90%以上的超导材料属低温超导，尤其是 NbTi，较 Nb3Sn 而言具备更优良的可塑性、更高的强度、更低的临界磁场，应用较为成熟，市场份额更胜一筹，而高温超导尚处成长期，在电缆、变压器、磁悬浮、直流感应加热、可控核聚变等领域潜力初现，加速可期，据 Global Market Insights（GMI）预测，2030 年高温超导将占据 1/4 的份额，高温超导的高速增长将驱动全球超导材料行业 2022-2027 年未来五年 CAGR=23.1%。

图 7：2022 年全球超导材料产品的市场规模为 68 亿欧元/+3%，2022-2027 年未来五年 CAGR=23.1%



资料来源：Conectus，中国银河证券研究院

图 8：2018→2022→2030，高温超导份额 4.4%→10%→25%驱动超导材料行业高速发展



资料来源：Conectus，Global Market Insights，中国银河证券研究院

三、高温超导电力领域应用相对成熟，室温超导是大势所趋

低温超导产业链：主要包括上游原材料、中游超导线材、中游超导磁体、下游超导设备四个环节。

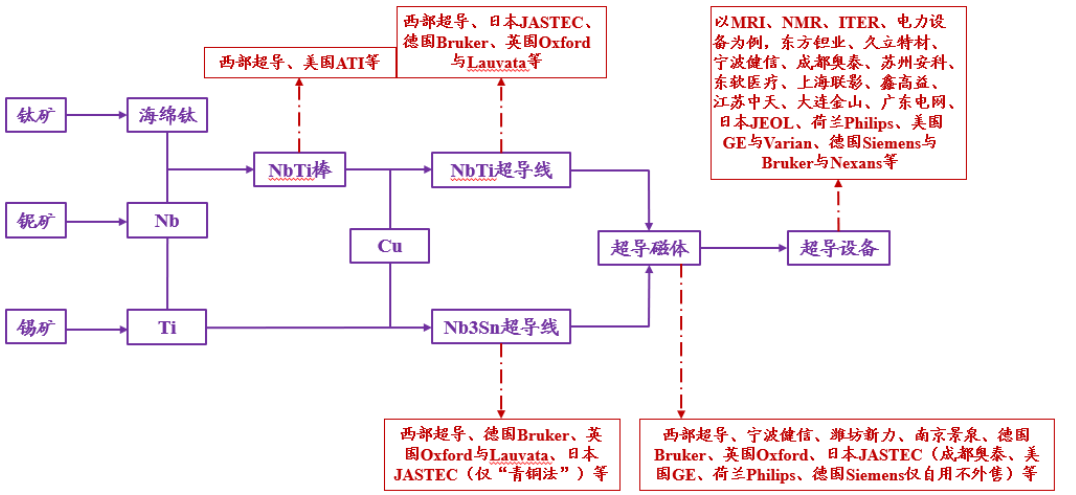
（1）上游原材料：主要包括 Nb、Ti、Sn、Cu 等金属元素，由于低温超导线材行业对原材料的消耗量并不大，因此上游原材料对超导线材行业的影响并不明显，超导线材行业的发展主要取决于技术进步；

（2）中游超导线材：主要包括 NbTi 和 Nb3Sn 超导线，国内的西部超导、美国的 Allegheny Technologies（ATI）、日本的 Japan Superconductor Technology（JASTEC）、德国的 Bruker、英国的 Oxford、Lauvata 是全球主要供应商，其中西部超导、Bruker、Oxford、Lauvata 可采用“青铜法”与“内锡法”两种方法生产 Nb3Sn 线材，JASTEC 则主要采用“青铜法”。NbTi 超导线还附加一个棒材环节，即 NbTi 的二元合金棒，由于 Nb 与 Ti 的熔点差异较大，且 NbTi 合金中 Nb 含量较多，如果控制不好熔炼技术，易产生不熔块，导致后续细芯丝 NbTi 线在加工中断裂，制备难度较大，壁垒较高，目前西部超导与 ATI 身位领先；

（3）中游超导磁体：超导线材通过绕制能够产生强磁场的超导线圈，以及结合其运行所必要的低温恒温容器来制成超导磁体，共需经过线材性能评价、线材热处理及绝缘、磁体设计及烧制、磁体固化、磁体稳定性评价、磁体系统总装、系统出厂测试等生产流程。电磁铁利用导体中通过的电流产生磁场，由于超导材料的零电阻效应，可以实现在较小的面积上通过较大的电流，获得较高的场强。磁体环节的玩家较线材稍多一些，并且例如美国的 GE、荷兰的 Philips、德国的 Siemens 等知名企业，还有国内的成都奥泰，所生产的超导磁体并不外售；

（4）下游超导设备：基于超导磁体产生的强磁场，我们可以获得 MRI、MCZ（磁控直拉单晶硅）、NMR（核磁共振）、ITER、加速器等超导设备，几乎所有设备均会用到 NbTi，ITER 设备中 NbTi 与 Nb3Sn 用料相当，NMR 设备中 Nb3Sn 的比例较高。以应用最广的 MRI 为例，高端市场基本被 GE、Philips、Siemens 三家垄断，业内合称“GPS”，其中 Siemens 已量产 7T 的超高场产品，国内主要厂商包括宁波健信、成都奥泰、苏州安科、东软医疗、上海联影、鑫高益等，目前 3T 产品已实现量产。

图 9：低温超导产业链梳理



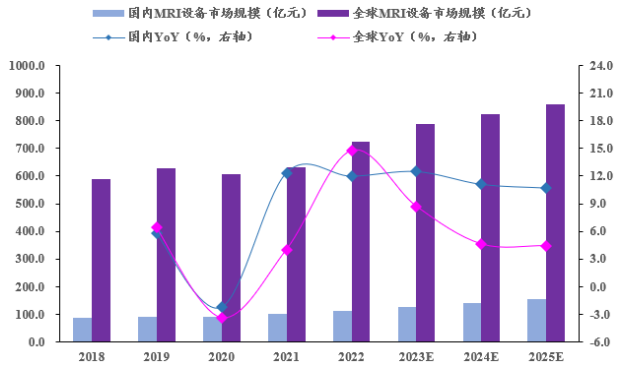
资料来源：西部超导 2021 年定增募集说明书，中国银河证券研究院

表 5：低温超导产业链四大环节竞争格局

	公司名称	NbTi		Nb3Sn		超导	超导设备			
		锭棒	线材	青铜法	内锡法	磁体	MRI	NMR	ITER	电力
国内	西部超导	✓	✓	✓	✓	✓				
	东方钽业								✓	
	久立特材								✓	
	宁波健信					✓	✓			
	潍坊新力					✓				
	南京景泉					✓				
	成都奥泰					✓	✓			
	苏州安科						✓			
	东软医疗						✓			
	上海联影						✓			
	鑫高益						✓			
	江苏中天									✓
	大连金山									✓
	广东电网									✓
海外	美国 GE					✓	✓			
	美国 ATI	✓								
	美国 Varian							✓		
	日本 JASTEC		✓	✓		✓				
	日本 JEOL							✓		
	德国 Siemens					✓	✓			
	德国 Bruker		✓	✓	✓	✓		✓		✓
	德国 Nexans					✓				✓
	英国 Oxford		✓	✓	✓	✓				
	英国 Luvata		✓	✓	✓					
	荷兰 Philips					✓	✓			

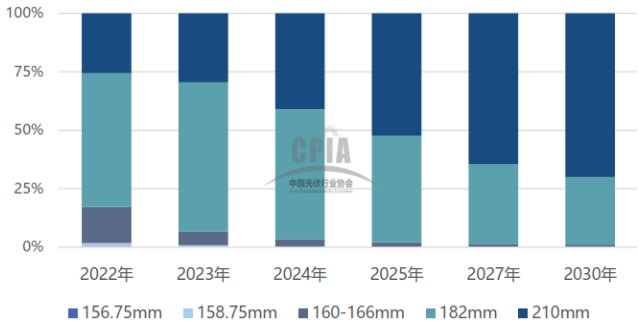
资料来源：西部超导 2021 年定增募集说明书，《中国新材料产业发展报告（2021）》，中国银河证券研究院

图 10：下游超导设备 MRI 2022-2025 年国内增速超 10%



资料来源：灼识咨询，中国银河证券研究院

图 11：下游超导设备 MCZ 将随硅片大尺寸趋势放量



资料来源：CPIA，中国银河证券研究院

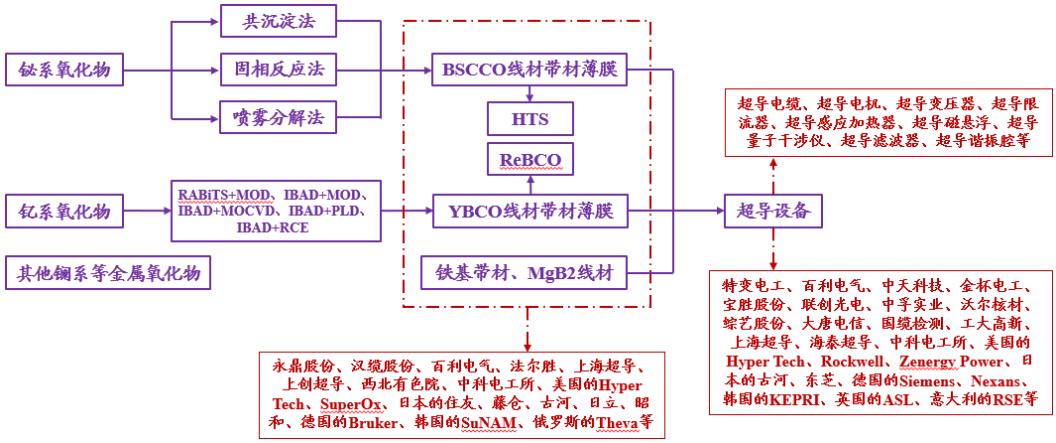
高温超导产业链：主要包括上游原材料、中游超导线材带材薄膜、下游超导设备三个环节。

（1）上游原材料：主要包括 Bi、Ba、La、Sm、Y 等金属元素的氧化物，其中镧系元素具备较强的还原能力，活性仅次于碱金属与碱土金属，其单质易与氧气发生化学反应；

（2）中游线材带材薄膜：主要包括 BSCCO 线材带材薄膜、YBCO 带材薄膜、铁基带材、MgB2 线材等的加工，其中第一代高温超导 BSCCO 线材带材薄膜的生产工艺主要有共沉淀法、固相反应法、喷雾分解法三种，可用于绕制 HTS、第二代高温超导 YBCO 带材薄膜的生产工艺主要有 RABiTS+MOD、IBAD+MOD、IBAD+MOCVD、IBAD+PLD、IBAD+RCE，可用于绕制 ReBCO。生产或研发的单位有国内的永鼎股份、汉缆股份、百利电气、法尔胜、上海超导、上创超导、西北有色院、中科电工所、美国的 Hyper Tech、SuperOx、日本的住友、藤仓、古河、日立、昭和、德国的 Bruker、韩国的 SuNAM、俄罗斯的 Theva 等，其中上海超导、古河、SuperOx 在产能建设与研究实力上稍占上风；

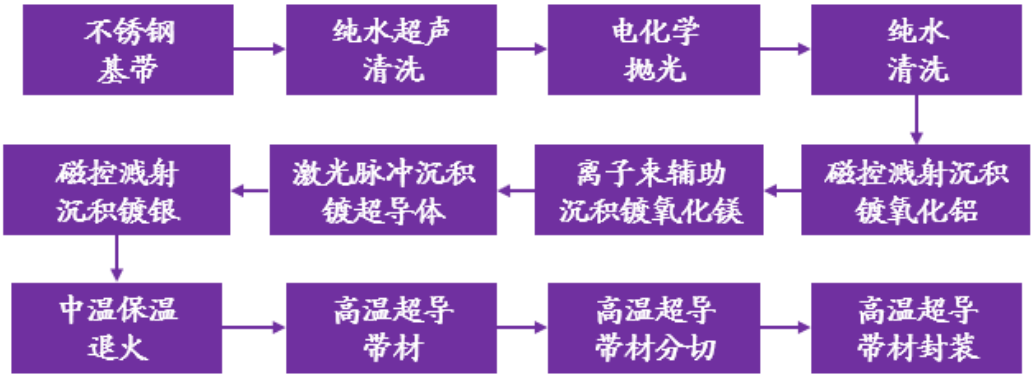
（3）下游超导设备：由于高温超导具备能量损耗低（降低约 77%）、占地面积小（减小约 53%）、传输容量大、可靠性高等优点，其在电力领域的应用相对成熟，设备成套成系列，包括超导电缆、超导电机、超导变压器、超导限流器等。此外，金属加工领域的超导感应加热器、交通运输领域的超导磁悬浮、电子领域的超导量子干涉仪（SQUID）、通信领域的超导滤波器、超导谐振腔等也不乏高温超导的贡献。生产或研发的单位有国内的特变电工、百利电气、中天科技、金杯电工、宝胜股份、联创光电、中孚实业、沃尔核材、综艺股份、大唐电信、国缆检测、工大高新、上海超导、海泰超导、中科电工所、美国的 Hyper Tech、Rockwell、Zenergy Power、日本的古河、东芝、德国的 Siemens、Nexans、韩国的 KEPRI、英国的 ASL、意大利的 RSE 等；

图 12：高温超导产业链梳理



资料来源：新材料在线，上海超导官网，中国银河证券研究院

图 13：第二代高温超导带材典型生产流程



资料来源：上海超导官网，中国银河证券研究院

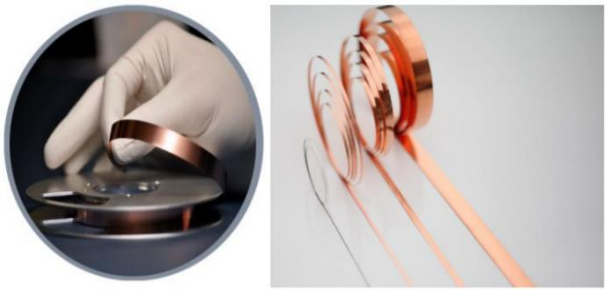
表 6：第二代高温超导带材常见参数

		超导带宽度	等级	Ic(77K, s.f.)或 Ic(4.2K, 10T)
应用领域	强电应用	3mm	常规	93-130A
			高性能	130-155A
			超高性能	155-170A
		4mm	常规	114-160A
			高性能	160-190A
			超高性能	190-210A
		10mm	常规	300-420A
			高性能	420-500A
			超高性能	500-550A
	高场应用	3.3mm	常规	217-260A
			高性能	260-303A
			超高性能	303-347A
		4mm	常规	266-320A

		高性能	320-372A	
		超高性能	372-425A	
		常规	700-840A	
	10mm	高性能	840-980A	
		超高性能	980-1120A	
可选配参数	基带厚度/材料	30 微米哈氏合金		
		50 微米哈氏合金		
	单根长度	100-1000m 可选		
	后处理		镀铜可选厚度	带材总厚度	带材总宽度
		镀铜	5 微米*2	65 微米 ± 10%	3-10mm
			10 微米*2	75 微米 ± 10%	
			20 微米*2	95 微米 ± 10%	
		紫铜封装	紫铜可选厚度	带材总厚度	带材总宽度
			75 微米*2	205 微米 ± 10%	4.8-12mm
			100 微米*2	255 微米 ± 10%	
		不锈钢封装	不锈钢可选厚度	带材总厚度	带材总宽度
			80 微米*2	215 微米 ± 10%	4.8-12mm
基本性能	后处理类型		镀铜	紫铜封装	不锈钢封装
	接头电阻率		30nΩ*cm2		
	抗拉形变		0.4%		
	临界拉应力强度		>100Mpa	>400Mpa	>800Mpa
	最小转弯直径		11-15mm	15-20mm	

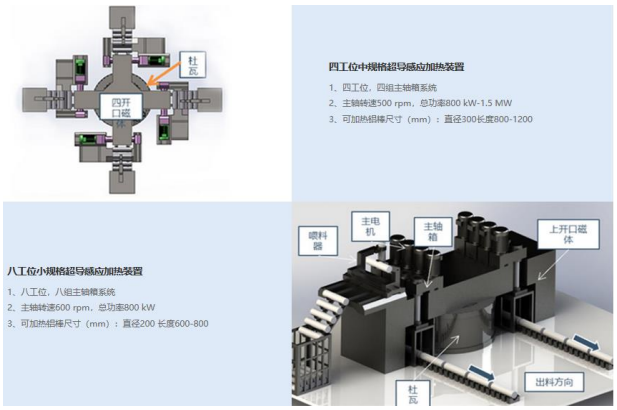
资料来源：上海超导官网，中国银河证券研究院

图 14：永鼎股份第二代高温超导带材实现量产



资料来源：永鼎股份年报，中国银河证券研究院

图 15：联创光电多工位超导感应加热装置

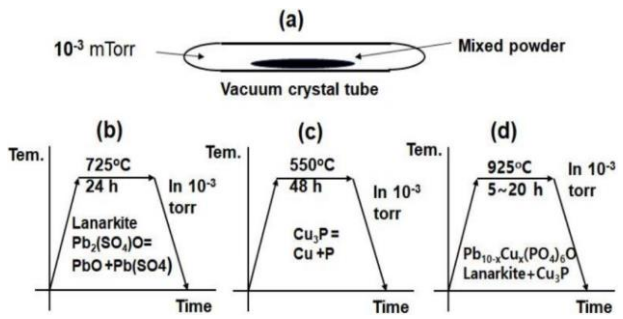


资料来源：联创超导官网，中国银河证券研究院

室温超导更有可为，理论→实践任重道远。目前 LaH10（十氢化镧）是实践中临界温度最高的高温超导体，Tc=260K（-13℃），但需施加 190 万个标准大气压方可达到，如果韩国 Sukbae Lee 等人发现的“LK-99”能够实现应用，其在常压下的临界温度 Tc=400K（127℃），远超所有已知材料，将彻底颠覆现有的超导观念。“LK-99”是一种掺杂铜的铅磷灰石，可通过Cu_3P与Pb_2SO_5进行固相反应法合成。据论文中的观点，“LK-99”之所以具备室温超导特性，是因为铅原子和磷酸氧间通过结构畸变（体积收缩）与应变产生量子阱（SQW），电子在量子阱中进行约瑟夫效应时表现为零电阻，且用 DFT 与 GGA+U 计算模拟，可以在理论上验证“LK-

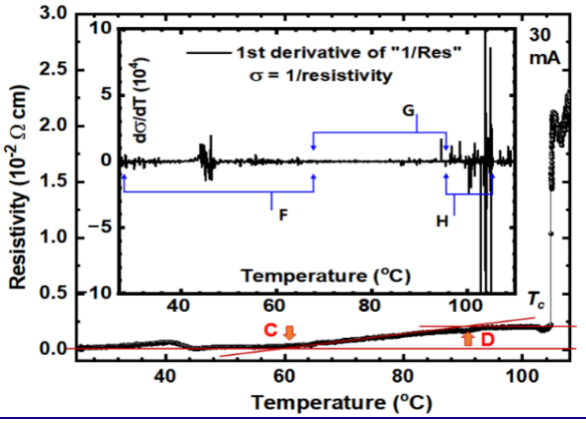
99”常温常压下存在超导的可能性，“LK-99”的材料体系中“铅”是不可或缺的金属，相关上市公司包括驰宏锌锗、豫光金铅、中金岭南等。但一方面近十年来，几乎每过一段时间就会有人宣称能够制备出室温超导体，到最后均被证伪，无形中让市场态度变得尤为谨慎，另一方面“LK-99”的复现会遇到掺杂比例与离子位置控制精确度的问题，稳定性还很欠缺。

图 16：“LK-99”超导体制备过程



资料来源：《Superconductor $Pb_{10}-xCu_x(PO_4)_6O$ Showing Levitation at Room Temperature and Atmospheric Pressure and Mechanism》，中国银河证券研究院

图 17：“LK-99”超导体的“温度-电阻”曲线



资料来源：《Superconductor $Pb_{10}-xCu_x(PO_4)_6O$ Showing Levitation at Room Temperature and Atmospheric Pressure and Mechanism》，中国银河证券研究院

四：投资建议

超导产业长坡厚雪，建议关注低温超导产业链高壁垒的中游棒材线材环节+下游应用场景拓展方向，东方钽业（000962.SZ）、久立特材（002318.SZ）；高温超导技术进步降本加速+产业化纵深方向，永鼎股份（600105.SH）、百利电气（600468.SH）、金杯电工（002533.SZ）、宝胜股份（600973.SH）、联创光电（600363.SH）、沃尔核材（002130.SZ）；室温超导材料体系刚需方向，豫光金铅（600531.SH）、中金岭南（000060.SZ）。

五：风险提示

1、上游原材料价格抬升；

2、低温超导国产替代进程不及预期；

3、高温超导产业化纵深程度不及预期；

4、室温超导复现难度加大或技术路径变更。

分析师承诺及简介

赵良毕，通信&中小盘首席分析师。北京邮电大学通信硕士，复合学科背景，2022 年加入中国银河证券。

8 年中国移动通信产业研究经验，6 年证券从业经验。曾获得 2018/2019 年（机构投资者 II-财新）通信行业最佳分析师前三名，2020 年获得 Wind（万得）金牌通信分析师前五名，获得 2022 年 Choice（东方财富网）通信行业最佳分析师前三名。

洪烨，通信&中小盘分析师。中国人民大学财务硕士，曾供职于国泰君安证券，2023 年加入中国银河证券。

本人承诺，以勤勉的执业态度，独立、客观地出具本报告，本报告清晰准确地反映本人的研究观点。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的具体推荐或观点直接或间接相关。

评级标准

行业评级体系

未来 6-12 个月，行业指数相对于基准指数（沪深 300 指数）

推荐：预计超越基准指数平均回报 20%及以上。

谨慎推荐：预计超越基准指数平均回报。

中性：预计与基准指数平均回报相当。

回避：预计低于基准指数。

公司评级体系

未来 6-12 个月，公司股价相对于基准指数（沪深 300 指数）

推荐：预计超越基准指数平均回报 20%及以上。

谨慎推荐：预计超越基准指数平均回报。

中性：预计与基准指数平均回报相当。

回避：预计低于基准指数。

免责声明

本报告由中国银河证券股份有限公司（以下简称银河证券）向其客户提供。银河证券无需因接收人收到本报告而视其为客户。若您并非银河证券客户中的专业投资者，为保证服务质量、控制投资风险、应首先联系银河证券机构销售部门或客户经理，完成投资者适当性匹配，并充分了解该项服务的性质、特点、使用的注意事项以及若不当使用可能带来的风险或损失。

本报告所载的全部内容只提供给客户做参考之用，并不构成对客户的投资咨询建议，并非作为买卖、认购证券或其它金融工具的邀请或保证。客户不应单纯依靠本报告而取代自我独立判断。银河证券认为本报告资料来源是可靠的，所载内容及观点客观公正，但不担保其准确性或完整性。本报告所载内容反映的是银河证券在最初发表本报告日期当日的判断，银河证券可发出其它与本报告所载内容不一致或有不同结论的报告，但银河证券没有义务和责任去及时更新本报告涉及的内容并通知客户。银河证券不对因客户使用本报告而导致的损失负任何责任。

本报告可能附带其它网站的地址或超级链接，对于可能涉及的银河证券网站以外的地址或超级链接，银河证券不对其内容负责。链接网站的内容不构成本报告的任何部分，客户需自行承担浏览这些网站的费用或风险。

银河证券在法律允许的情况下可参与、投资或持有本报告涉及的证券或进行证券交易，或向本报告涉及的公司提供或争取提供包括投资银行业务在内的服务或业务支持。银河证券可能与本报告涉及的公司之间存在业务关系，并无需事先或在获得业务关系后通知客户。

银河证券已具备中国证监会批复的证券投资咨询业务资格。除非另有说明，所有本报告的版权属于银河证券。未经银河证券书面授权许可，任何机构或个人不得以任何形式转发、转载、翻版或传播本报告。特提醒公众投资者慎重使用未经授权刊载或者转发的本公司证券研究报告。

本报告版权归银河证券所有并保留最终解释权。

联系

中国银河证券股份有限公司 研究院

深圳市福田区金田路 3088 号中洲大厦 20 层

上海浦东新区富城路 99 号震旦大厦 31 层

北京市丰台区西营街 8 号院 1 号楼青海金融大厦

公司网址：www.chinastock.com.cn

机构请致电：

深广地区：程 曦 0755-83471683 chengxi_yj@chinastock.com.cn

苏一耘 0755-83479312 suyiyun_yj@chinastock.com.cn

上海地区：陆韵如 021-60387901 luyunru_yj@chinastock.com.cn

李洋洋 021-20252671 liyangyang_yj@chinastock.com.cn

北京地区：田 薇 010-80927721 tianwei@chinastock.com.cn

唐嫚羚 010-80927722 tangmanling_bj@chinastock.com.cn