

专题策略报告

室温超导时代来了吗？

——科技创新“新视界”系列报告（一）

方正证券研究所证券研究报告

分析师

曹柳龙

登记编号：S1220523060003

联系人 徐嘉奇

相关研究

《方向比节奏重要，继续“降维进攻”！——策略周末谈（8月第1期）》2023.08.05

《风起“小鹏”——策略周末谈（7月第4期）》2023.07.29

《再平衡：顺周期的“反转契机”！——“大安全当立”系列报告（五）》2023.07.26

《日本通缩30年！中国可以摸着日本过河吗？——“新扩表黎明”系列报告（一）》2023.07.20

《多少钱才能实现“算力自由”？——“大安全当立”系列报告（四）》2023.07.19

报告摘要：

- **韩国“炼”出室温超导体，人类即将进入超导时代？** 7月22日上午，韩国研究团队在 arXiv 网站连续提交 2 篇论文，声称在世界上首次成功合成了在常压下工作的室温超导体（LK-99）。全球顶尖实验室争先验证，资本市场的概念股也应声上涨。目前的低温和高温超导材料，要求极低温、超高压的工作环境，在商业化应用中存在诸多限制。韩国研究团队对于室温常压超导的突破，有望从根本上解决当前超导产业所面临的技术困境，与“电”相关的领域，都会被超导材料革命，将对制造业及整个人类社会将带来巨大的变革性的影响。
- **全球实验室急复现，是历史突破还是研究乌龙？** 自 7 月 22 日韩国研究团队发布论文，全球顶尖实验室纷纷根据论文进行验证和复现。中国华中科技大学团队验证迈斯纳效应（抗磁性），美国顶尖实验室表示理论可行。由于室温超导论文所给出的合成步骤较为简单，未来将有越来越多的复现实验，室温超导究竟是研究乌龙还是历史突破，我们预计较短时间内将有定论。
- **室温超导具有无限可能，能否引领第四次工业革命？** 目前高温/低温超导技术的应用存在诸多缺陷，核心问题是所需工作温度极低，通过制冷系统降温导致成本过高，且应用场景局限。室温超导解决工作环境的严苛限制，在电力（电力电缆/超导储能）、能源（核聚变）、交运（磁悬浮）、医疗（核磁共振）、电子（量子计算机/精密仪器）等多领域应用场景广阔。
- **室温超导产业链包括上游资源、中游材料和下游终端应用。** 上游：矿产资源，LK-99 主要材料为改性铅磷灰石，对应铅、铜矿产；中游：超导带材、线材等材料；下游：电缆、磁体等各类终端设备制造，并衍生应用场景如超导电力领域、磁悬浮技术、医疗领域等。
- **中下游门槛相对更高，投资建议优先布局中下游优质企业。** 中游材料工艺和下游产品的研发与检测存在较高技术壁垒，领先的企业能够维持先发优势。基于产业链，我们建议关注的标的如下——（1）**上游（铅/铜/稀有金属）**：铅锌矿资源丰富的金徽股份，铅冶炼技术领先的资源企业豫光金铅，以及主营稀有金属的东方钽业等；（2）**中游（超导带材/线材）**：主营超导带材和线材的永鼎股份、百利电气等；（3）**下游（超导设备制造商）**：超导线缆检测引领者国缆检测，超导电缆的创新新材、宝胜股份、中超控股等。
- **风险提示：**策略观点不代表行业、宏观经济下行压力超预期、盈利环境发生超预期波动等。

正文目录

1 韩国“炼”出室温超导体，人类即将进入超导时代？	4
2 全球实验室急复现，是历史突破还是研究乌龙？	5
3 室温超导具有无限可能，能否引领第四次工业革命？	6
4 产业链全景透视，建议关注中下游	8

图表目录

图表 1: 超导技术发展历程	4
图表 2: 全球顶尖实验室对于室温超导的复现实验.....	5
图表 3: 室温超导潜在应用场景	6
图表 4: 室温超导产业链	8
图表 5: 室温超导建议关注标的	9

1 韩国“炼”出室温超导体，人类即将进入超导时代？

韩国“炼”出室温超导体，引燃学术界和资本界。7月22日上午，韩国研究团队在arXiv网站连续提交2篇论文，声称在世界上首次成功合成了在常压下工作的室温超导体(LK-99)，并公布简便可行的合成步骤，所需铜、铅等材料极为常见。全球顶尖实验室争先验证，资本市场的概念股也应声上涨。

超导，是一种特殊的物质状态，具有零电阻、完全抗磁性、量子隧穿效应的特性，在能源传输、电子和电磁技术等领域有巨大的应用空间。而所谓室温超导体，指的是在相对较高的温度下（例如在室温下）表现出超导性质的物质。

目前的低温和高温超导材料，要求极低温、超高压的工作环境，在商业化应用中存在诸多限制。自1911年超导现象在实验室被发现以来，超导技术的产业化发展已历经百年，从低温超导($T_c < 25K$, $-248.15^\circ C$)发展到高温超导($T_c \geq 25k$ 且 $T_c < 250K$ ，被证实最高临界温度250K，约 $-23^\circ C$)，临界温度逐渐提升，但目前对于工作环境和生产设备要求较高，成本高昂也约束产能扩张，导致超导技术现有的应用场景较为局限。

韩国研究团队对于室温常压超导的突破，有望从根本上解决当前超导产业所面临的技术困境，从而带来超导技术的大规模商业化。超导技术的应用空间非常广阔，几乎与电相关的场景都需要超导，若韩国论文的研究成果被证实，能够采用简便的方法和常见的材料合成在室温常压工作的超导体，将意味着，与“电”相关的领域，都会被超导材料革命，将对制造业及整个人类社会将带来巨大的变革性的影响。

图表1: 超导技术发展历程



资料来源：方正证券研究所

2 全球实验室急复现，是历史突破还是研究乌龙？

7月22日韩国研究团队连发2篇论文，声称合成世界上首个室温常压超导体(LK-99)，并公布所需材料和合成步骤。7月22日，韩国高丽大学教授在预印本网站arXiv上传一篇题为《首个室温常压超导体》的研究文章，声称“我们在世界上首次成功合成了在常压下工作的室温超导体($T_c \geq 400\text{ K}$, 127°C)，其结构为改性铅磷灰石(LK-99)”，“临界温度(T_c)、零电阻率、临界电流、临界磁场和迈斯纳效应证明了LK-99的超导性”。而在上述论文发表的2.5小时后，同一主题的另一篇更为严谨的论文也被提交至arXiv网站，给出LK-99(铜掺杂的铅磷灰石)详细的制备步骤，材料体系有氧、磷、铅、铜等。为表明实验结果可靠，7月26日第二篇论文的作者上传视频，显示“部分悬浮”的影像。

中国华中科技大学团队验证迈斯纳效应(抗磁性)，美国顶尖实验室表示理论可行。自7月22日韩国研究团队发布论文，全球顶尖实验室纷纷根据论文进行验证和复现。部分实验团队的结果显示并非室温超导，而也有团队取得突破性进展。中国华中科技大学研究团队称，已制出LK-99并验证其迈斯纳效应(抗磁性)，其零电阻特性需进一步研究。美国劳伦斯伯克利国家实验室(LBNL)的研究员表示，已从理论上证实韩国团队的“室温常压超导材料”具有可行性。由于室温超导论文所给出的合成步骤较为简单，未来将有越来越多的复现实验，室温超导究竟是研究乌龙还是历史突破，我们预计较短时间内将有定论。

图表2: 全球顶尖实验室对于室温超导的复现实验

时间	来源	内容
23年8月1日	华中科技大学常海欣团队	华中科技大学常海欣团队成员发视频宣布：已合成了可以磁悬浮的LK-99晶体，该晶体悬浮的角度比韩国量子能源研究中心的CEO Sukbae Lee等人获得的样品磁悬浮角度更大。该团队也指出，目前只验证了迈斯纳效应(抗磁性)，该材料是否为零电阻还要进一步研究
23年7月31日 17时	美国劳伦斯伯克利国家实验室	美国顶尖实验室劳伦斯伯克利国家实验室(LBNL)纳米结构材料理论研究员西妮德·格里芬(Sinead Griffin)发文表示，其使用了密度泛函理论(DFT)和GGA+U方法进行了计算，为近期韩国团队所谓的“室温常压超导材料”提供了理论依据
23年7月31日 16时	北京航空航天大学	北航研究人员在arXiv上提交论文《Pb2SO5和Cu3P烧结的Pb10-xCux(PO4)6O的半导体传输》，称实验结果未发现LK-99的超导性，它的室温电阻不为零，也没有观察到它发生磁悬浮。材料表现出的特征类似半导体，而非超导体
23年7月31日	印度国立实验团队	Kapil Kumar等人发表论文《可能的室温超导体LK-99: Pb9Cu(PO4)6O》，结果显示并未复现出超导材料，而是顺磁绝缘体
23年7月30日	上海市超导材料及系统工程中心	上海市超导材料及系统工程研究中心主任、超导应用研究专家洪智勇表示，近期韩国研究团队公布的超导体极大概率不是室温超导。从目前呈现的数据来看，他们还只是通过合成和掺杂，在本不具备明显电磁特性的铅磷灰石化合物中，发现在室温下具有了一定的导电性和弱抗磁性，实验结果离证明样品是超导体或者说样品中含有超导成分还相差甚远
23年7月29日	北京航空航天大学中科院沈阳材料科学国家实验室	研究人员在arXiv上提交论文《Pb10-xCux(PO4)6O(x=0, 1)电子结构的第一性原理研究》，该论文称，尽管他们合成的LK-99与韩国团队先前报道的LK-99的结构数据一致，但他们没有检测到其超导性，相反，反而发现了类似半导体的特性
23年7月28日	南京大学物理学院教授闻海虎	南京大学物理学院教授闻海虎表示，从三个方面——电阻、磁化和所谓的磁悬浮，都不足以说明它是超导现象(材料)，(所谓的超导)极有可能是个假象
23年7月22日 10时	美国威廉玛丽学院物理学研究教授金铉德	美国威廉玛丽学院的物理学研究教授金铉德(Hyun tak Kim)在arXiv网站提交《超导体Pb10-xCux(PO4)6O在室温和大气压力下的悬浮现象及其机理》，这篇文章被认为更严谨，对材料样品的制备过程描述更为详尽、充分
23年7月22日 7时	韩国高丽大学教授权永万	韩国高丽大学教授权永万在预印本网站arXiv上传论文《首个室温常压超导体》，称“我们在世界上首次成功合成了在常压下工作的室温超导体($T_c \geq 400\text{ K}$, 127°C)，其结构为改性铅磷灰石(LK-99)。”

资料来源：财联社、华尔街见闻、新浪财经等，方正证券研究所

3 室温超导具有无限可能，能否引领第四次工业革命？


目前高温/低温超导技术的应用存在诸多缺陷，核心问题是所需工作温度极低导致成本过高。目前低温超导技术已较为成熟，占超导市场份额 90%以上，在核磁共振、通用超导、核聚变等领域已实现商业化。高温超导尚在产业化初期，下游应用主要包括超导变压器、超导电缆和电机等。但目前高温/低温超导材料要求的工作温度都极低，通过制冷系统降温导致成本过高，且应用场景局限。

室温超导解决工作环境的严苛限制，具有无限可能，在电力、能源、交运、医疗、电子等多领域应用场景广阔，或将引领第四次工业革命——

- (1) **电力（电力电缆/超导储能）**：室温超导材料可以大幅降低电力传输和存储中的损耗，对于超导储能系统的检测和保护也将更加简单经济；
- (2) **能源（核聚变）**：目前的超导磁铁需要大量的液态氦来制冷，而液氦资源稀缺，我国以进口为主，导致成本过高，室温超导将极大降低成本；
- (3) **交运（磁悬浮）**：目前制冷系统是高温超导磁悬浮系统的关键，导致过高的成本，室温常压超导材料能够大幅降低成本，推动磁悬浮运输的发展；
- (4) **医疗（核磁共振）**：目前核磁共振多使用液氮+液氮制冷，成本较高，室温常压超导材料能起到降低成本的作用，推动医疗设备的小型化和便携化；
- (5) **电子（量子计算机/精密仪器）**：目前的量子计算需要足够低的温度和足够长时间的冷却，成本较高，室温超导材料将大幅降低量子计算机的运行成本，届时量子计算机有望像今天的数字计算机一样广泛使用，极大推动人工智能等前沿技术的进步。

图表3: 室温超导潜在应用场景

涉及行业	应用	高温/低温超导缺陷	室温超导优势
 电力	电力电缆	高温超导电缆在运行时会产生诸多损耗，如在传输交流电流时将产生交流损耗，电缆终端的电流引线有热传导与焦耳热损耗等	室温超导材料可以大幅降低电力传输和存储中的损耗，实现更高效的能源传输与存储
	超导储能系统 (SMES)	对高温超导储能磁体而言，如果温度超过临界值，超导磁体都会发生失超，进而难以正常工作。为防止失超，需要花费较大成本用于超导磁体的失超检测与保护	室温超导磁体的临界温度 T_c 处于室温，这意味着常规的工业环境即可使用，失超检测与保护也变得更加简单和经济
 能源	核聚变装置	当前的磁约束核聚变需要将氘氚气体约束在一个特殊的磁容器中并加热至数亿摄氏度高温，实现聚变反应。同时，超导磁铁需要在极低温度下工作，需要大量的液态氦来制冷，导致运行成本居高不下	如果实现室温超导，也就是室温条件下材料也可以保持超导状态，将极大降低核聚变反应堆的运行成本
 交运	磁悬浮运输	超导块材的悬浮特性随着温度降低明显提升，制冷系统是高温超导磁悬浮系统的关键，采用制冷系统导致过高的成本	室温常压超导材料能够大幅降低成本，进一步推动磁悬浮列车的发展，深刻影响未来远距离交通的模式
 医疗	核磁共振 (MRI 和 NMR)	目前核磁共振多使用液氮+液氮制冷，成本较高。液氮资源稀缺，我国每年都需要进口	室温常压超导材料能起到降低成本的作用，推动医疗设备的小型化和便携化，进而助力医疗技术的发展进步

	<p>量子计算机 精密测量仪表等</p>	<p>量子计算具有超越传统计算体系的优越性能，超导约瑟夫森结是超导量子计算机方案中的关键器件，但超导约瑟夫森结在计算时需要在足够低的温度。因此，目前的量子计算需要足够低的温度和足够长时间的冷却，消耗大量液氮，成本较高</p>	<p>采用室温超导材料后，量子计算机就能在室温下稳定工作，不再需要大量液氮消耗。这将大幅降低量子计算机的运行成本，届时量子计算机有望像今天的数字计算机一样广泛使用，极大推动人工智能等前沿技术的进步</p>
---	--------------------------	--	--

电子

资料来源：中国知网，方正证券研究所

4 产业链全景透视，建议关注中下游

室温超导产业链包括上游资源、中游材料和下游终端应用：

- (1) **上游：矿产资源**，主要包括铋 (Bi)、锶 (Sr)、钇 (Y)、钡 (Ba)、镧 (La) 等稀土元素，而近日韩国团队宣称合成的 LK-99 超导体主要材料为改性铅磷灰石，对应铅、铜矿产；
- (2) **中游：超导带材**，如 YBCO 带材、BSCCO 带材，以及 MgB₂ 线材和铁基超导体等；
- (3) **下游：电力、交通、医疗、电子等广阔应用场景**，室温超导可用于于电缆、磁体等各类终端设备制造，并衍生出丰富的潜在应用场景，如超导电力领域、磁悬浮技术、医疗领域等。

图表4:室温超导产业链



资料来源：方正证券研究所

从整条产业链来看，中下游进入门槛相对更高，投资建议优先布局中下游优质企业。中游材料工艺存在较高技术壁垒，下游产品的研发与检测亦需要研发投入和技术创新，领先布局的企业能够维持先发优势。基于产业链，我们建议关注的标的如下——

- (1) **上游（铅/铜/稀有金属）**：铅锌矿资源丰富的金徽股份，铅冶炼技术领先的资源企业豫光金铅，以及主营稀有金属的东方钽业等；
- (2) **中游（超导带材/线材）**：主营超导带材和线材的永鼎股份、百利电气等；
- (3) **下游（超导设备制造商）**：超导线缆检测引领者国缆检测，超导电缆的创新新材、宝胜股份等。

图表5: 室温超导建议关注标的

产业链位置	股票代码	公司名称	公司属性	所属一级行业	PB (LF)	PE (TTM)	ROE (TTM)	主营业务
上游	603132.SH	金徽股份	民企	有色金属	4.6	36.5	12.6%	有色金属及贵金属产品的冶炼及贸易
	000603.SZ	盛达资源	民企	有色金属	3.2	27.6	11.5%	铅锌铜等有色金属的采矿、冶炼和深加工一体化生产
	000962.SZ	东方钨业	央企	有色金属	3.9	34.5	11.5%	铅锌冶炼及稀土分离技术处于国内领先地位
	600531.SH	豫光金铅	国企	有色金属	1.9	16.3	10.9%	主要产品包括铅、锌、锗三大系列20余个品种
	000060.SZ	中金岭南	国企	有色金属	1.6	18.3	8.0%	主营有色金属锌、铅冶炼及深加工产品
	601020.SH	华钰矿业	民企	有色金属	2.7	45.1	5.9%	单一矿山铅、锌精矿产量均位居全国前列
	000688.SZ	国城矿业	民企	有色金属	6.1	104.3	5.5%	有色金属勘探、采矿、选矿及贸易业务
	600497.SH	驰宏锌锗	央企	有色金属	1.9	41.1	4.5%	从事有色金属矿山资源开发利用
	000758.SZ	中色股份	央企	有色金属	2.1	76.8	2.7%	主要经营含银铅精粉(银单独计价)和锌精粉
000751.SZ	锌业股份	民企	有色金属	1.7	81.8	2.4%	主营钨钼及其合金制品、国内超导钨材的主要供应基地	
000506.SZ	中润资源	民企	有色金属	7.2	-88.7	-8.1%	投资开发贵金属(金、银等)、有色金属	
中游	688122.SH	永鼎股份	国企	国防军工	5.9	31.4	17.3%	研制生产应用于高强磁场工况下的高载流超导带材
	600522.SH	中天科技	民企	通信	1.7	17.7	9.5%	高温超导限流器、电缆、变压器、电机研制
	600105.SH	西部超导	民企	通信	3.6	45.1	7.8%	超导材料研发与工程化, 提供量子计算机用NbTi超导线缆
	600577.SH	百利电气	民企	电力设备	2.2	27.3	7.4%	子公司英纳超导从事纵系高温超导线材研发生产
	600468.SH	精达股份	国企	电力设备	4.3	67.9	6.1%	特种电磁线行业的龙头企业
下游	600361.SH	创新新材	民企	有色金属	3.1	18.8	16.3%	全球唯一高温超导感应设备供应商
	002533.SZ	金杯电工	民企	电力设备	1.7	14.1	11.0%	电磁线、各类电线电缆等, 研发超导线缆相关技术
	600363.SH	联创光电	民企	电子	4.5	57.2	7.9%	电缆试验检测技术与条件建设等
	301289.SZ	国缆检测	国企	社会服务	6.5	79.9	7.9%	有色金属冶炼和加工, 参与国家高强超导线缆标准制定
	600595.SH	中孚实业	民企	有色金属	1.2	17.9	6.7%	控制和仪表、高频数据和网络、电磁线等电线电缆
	600973.SH	宝胜股份	央企	电力设备	1.9	111.7	1.7%	电力电缆、电气装备用电线电缆和裸电线等
002471.SZ	中超控股	民企	电力设备	2.8	-60.2	-4.7%	铝产品及火力发电等, 承担国家高温超导电缆示范工程	

资料来源: Wind, 方正证券研究所注: 分位数指标为2010年以来, 数据截至23/08/07

分析师声明

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，保证报告所采用的数据和信息均来自公开合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解，本报告清晰准确地反映了作者的研究观点，力求独立、客观和公正，结论不受任何第三方的授意或影响。研究报告对所涉及的证券或发行人的评价是分析师本人通过财务分析预测、数量化方法、或行业比较分析所得出的结论，但使用以上信息和分析方法存在局限性。特此声明。

免责声明

本研究报告由方正证券制作及在中国（香港和澳门特别行政区、台湾省除外）发布。根据《证券期货投资者适当性管理办法》，本报告内容仅供我公司适当性评级为 C3 及以上等级的投资者使用，本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。若您并非前述等级的投资者，为保证服务质量、控制风险，请勿订阅本报告中的信息，本资料难以设置访问权限，若给您造成不便，敬请谅解。

在任何情况下，本报告的内容不构成对任何人的投资建议，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需求，方正证券不对任何人因使用本报告所载任何内容所引致的任何损失负任何责任，投资者需自行承担风险。

本报告版权仅为方正证券所有，本公司对本报告保留一切法律权利。未经本公司事先书面授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、转发或公开传播本报告的全部或部分内容，不得将报告内容作为诉讼、仲裁、传媒所引用之证明或依据，不得用于营利或用于未经允许的其它用途。如需引用、刊发或转载本报告，需注明出处且不得进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

评级说明：

类别	评级	说明
公司评级	强烈推荐	分析师预测未来12个月内相对同期基准指数有20%以上的涨幅。
	推荐	分析师预测未来12个月内相对同期基准指数有10%以上的涨幅。
	中性	分析师预测未来12个月内相对同期基准指数在-10%和10%之间波动。
	减持	分析师预测未来12个月内相对同期基准指数有10%以上的跌幅。
行业评级	推荐	分析师预测未来12个月内行业表现强于同期基准指数。
	中性	分析师预测未来12个月内行业表现与同期基准指数持平。
	减持	分析师预测未来12个月内行业表现弱于同期基准指数。
基准指数说明		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，美股市场以标普500指数为基准。

方正证券研究所联系方式：

北京：西城区展览馆路 48 号新联写字楼 6 层

上海：静安区延平路71号延平大厦2楼

深圳：福田区竹子林紫竹七道光太银行大厦31层

广州：天河区兴盛路12号楼隼峰苑2期3层方正证券

长沙：天心区湘江中路二段36号华远国际中心37层

网址：<https://www.foundersc.com>

E-mail：yjzx@foundersc.com