

电子行业深度报告

颠覆性创新黑科技-高温超导：行业迎来规模化商业化

增持（维持）

2023年04月09日

证券分析师 马天翼

执业证书：S0600522090001

maty@dwzq.com.cn

证券分析师 唐权喜

执业证书：S0600522070005

tangqx@dwzq.com.cn

研究助理 王润芝

执业证书：S0600122080026

wangrz@dwzq.com.cn

关键词：#新需求、新政策 #新产品、新技术、新客户

投资要点

■ **颠覆性创新黑科技-高温超导，迎来规模化商业化：**超导指的是在特定的低温条件下呈现出电阻等于零的特性以及具备完全抗磁性的材料，一直被称为“当代科学的明珠”。低温超导体（-269℃，液氮温区下工作的材料）早在1980年代已经商业化，但由于液氮的稀缺性和高成本，仅在医疗磁共振MRI设备中展开规模商业化应用。高温超导体（-196℃，液氮温区下工作的材料）近几年在材料大规模制备方面逐步成熟，成本下降和良率提升都明显加速。高温超导技术在超导线缆（电网）、可控核聚变、高温超导感应加热设备等下游领域展开了规模化商业应用，并且呈现加速放量趋势。随着材料的成熟和下游应用领域的不断开展，高温超导行业已经迎来了规模商业化。

■ **高温超导技术突破磁场上限，多领域开花打开市场空间：**相较于传统的低温超导产品运行时需要用液氮保持低温，高温超导产品只需要用液氮即可实现，大幅降低了运转成本，叠加上游高温超导带材生产技术成熟，高温超导技术在多个领域商业化应用落地。**1) 电网领域：**上海、深圳两地超导线缆示范工程于2021年试点成功，并规划进一步规模化铺设。**2) 能源领域：**多个基于高温超导磁体的商业化可控核聚变项目于2022年获得数亿元融资，并于今年开始逐步落地。**3) 商业设备领域：**联创光电生产的高温超导感应加热设备于2020年交付首台，并于今年进入规模化批量交付阶段。同时高温超导技术在熔炼炉、磁控晶硅生长炉、磁储能、磁悬浮等领域的应用研发也正加速推进，将进一步打开高温超导技术的应用空间，整体高温超导应用市场规模数百亿元。

■ **技术迭代、带材成本降低、政策驱动三重因素共振，驱动高温超导行业迎来向上加速拐点：**高温超导技术一直未大规模商业化应用主要是受限于高温超导带材产品不成熟且成本较高，因此多停留在实验室和市场拓展阶段，当前在带材成本下降、技术成熟且迭代加速以及政策驱动三重利好下，高温超导行业迎来向上加速拐点。**1) 技术成熟：**2020年上海超导带材良率已经达到90%左右且产品性能大幅提升；**2) 成本降低：**国内外高温超导带材厂商均在加速扩产，随着规模化和良率的提升，超导带材的价格已经下降到百元/米。**3) 政策驱动：**高温超导零电阻特性使得下游产品应用更节省能耗，符合“双碳”目标，政策驱动下，超导电缆正从示范工程走向规模化铺设，高温超导感应加热设备迎来规模化放量，2023年成为高温超导应用规模化放量元年。

■ **投资建议：**超导技术目前在电网、能源和商业设备等下游领域正加速实现应用拓展与规模化放量，行业迎来加速向上拐点。首先建议关注设备和带材公司，未来随着高温超导技术在各个应用领域带来的颠覆，逐步需要关注下游应用领域。重点推荐国内首个实现高温超导商业化设备规模化放量的龙头公司联创光电，建议关注高温超导带材供应商永鼎股份和上海超导（未上市）以及布局低温超导业务的西部超导。

■ **风险提示：**高温超导带材厂商扩产速度不及预期；高温超导技术商业化应用拓展不及预期；高温超导新应用技术研发进展不及预期；

行业走势



相关研究

《联创光电(600363)：2022年业绩快报点评：22年全年业绩符合预期，激光+超导驱动长期成长》
2023-03-30

《联创光电(600363)：传统光电龙头转型蓄力，激光+超导开启成长第二曲线》
2022-12-13

表 1: 重点公司估值

代码	公司	总市值 (亿元)	收盘价 (元)	EPS			PE			投资评级
				2021A	2022E	2023E	2021A	2022E	2023E	
600363	联创光电	159.56	35.05	0.52	0.62	1.05	67.40	56.53	33.38	买入

数据来源: 东吴证券研究所

内容目录

1. 超导技术迎来规模商业化	6
2. 高温超导技术突破磁场上限，开启规模化产业应用	11
2.1. 高温超导感应加热设备开启放量元年	12
2.2. 超导电缆多个示范工程正式投运，批量化铺设指日可待	15
3. 高温超导多领域开花，静待市场爆发	18
3.1. 超导磁体在磁控直拉晶硅生长炉中优势明显	18
3.2. 高温超导技术突破，可控核聚变商业化成为可能	20
3.3. 高温超导技术在磁储能、磁选矿等下游领域的应用正持续打开	24
4. 高温超导下游应用壁垒较高，抢先布局企业将充分受益	26
5. 投资建议	29
5.1. 联创光电：国内光电器件领军企业，高温超导技术领跑全球	29
5.2. 永鼎股份：深耕光电领域数十年，高温超导发展加速	31
5.3. 西部超导：高端钛合金行业龙头，低温超导线材商业化生产企业	32
6. 风险提示	33

图表目录

图 1: 超导技术产业化历程.....	6
图 2: 超导现象三种特性.....	7
图 3: MRI 磁共振成像仪.....	8
图 4: 更高磁场强度扫描更快、更稳定、成像效果更好.....	8
图 5: 低温超导技术应用产业链.....	9
图 6: 低温超导技术和高温超导技术对比.....	9
图 7: 第二代 REBCO 高温超导带材结构示意图.....	11
图 8: 高温超导带材产业链正加速成熟.....	11
图 9: 高温超导技术产业化应用路径图.....	11
图 10: 铝型材挤压工艺流程.....	12
图 11: 传统燃气炉.....	12
图 12: 高温超导感应加热设备.....	12
图 13: 超导加热与传统加热示意图.....	13
图 14: 高温超导感应加热设备国内市场空间.....	14
图 15: 我国铝材产量前十省份.....	14
图 16: 铝材产量前五省份节能技术补贴政策.....	14
图 17: 设备在中铝集团东北轻合金产业化应用.....	15
图 18: 联创光电下游客户.....	15
图 19: 超导电缆结构示意图.....	15
图 20: 具有同等载流能力的超导带材（扁带）及铜电缆（多股圆形电缆）的比较.....	15
图 21: 超导线缆技术优势.....	16
图 22: 超导电缆项目运转示意图.....	16
图 23: 上海高温超导电缆示范工程成功投运.....	16
图 24: 直拉单晶硅生长炉原理图.....	18
图 25: 磁控直拉单晶硅生长炉.....	18
图 26: 超导磁体相较于传统磁体在磁控晶硅生长炉中的优势.....	19
图 27: 2020 年全球半导体硅片产品结构.....	19
图 28: 中国大陆 12 寸晶圆厂增量预测（单位：座）.....	19
图 29: 磁约束可控核聚变装置示意图.....	20
图 30: 可控核聚变原理.....	20
图 31: 可控核聚变的优点.....	20
图 32: 几种可控核聚变技术路径.....	21
图 33: 我国正在推进以及即将推进的可控核聚变项目.....	22
图 34: 2020 年以来部分可控核聚变项目获得融资情况.....	23
图 35: 全球商业化可控核聚变企业数量高速增长.....	24
图 36: 采用高温超导磁体的核聚变装置 SPARC.....	24
图 37: 高温超导电动悬浮试验系统.....	24
图 38: 悬浮技术对比.....	24
图 39: 磁储能示意图.....	25
图 40: 高温超导磁选示意图.....	25
图 41: 高温超导行业迎来向上加速拐点.....	25
图 42: 超导行业产业链.....	26

图 43: 高温超导带材国内外厂商梯队及部分厂商扩产规划.....	27
图 44: 超导产业国内布局公司.....	28
表 1: 超导材料的类型和应用.....	8
表 2: 高温超导设备的进入壁垒.....	28

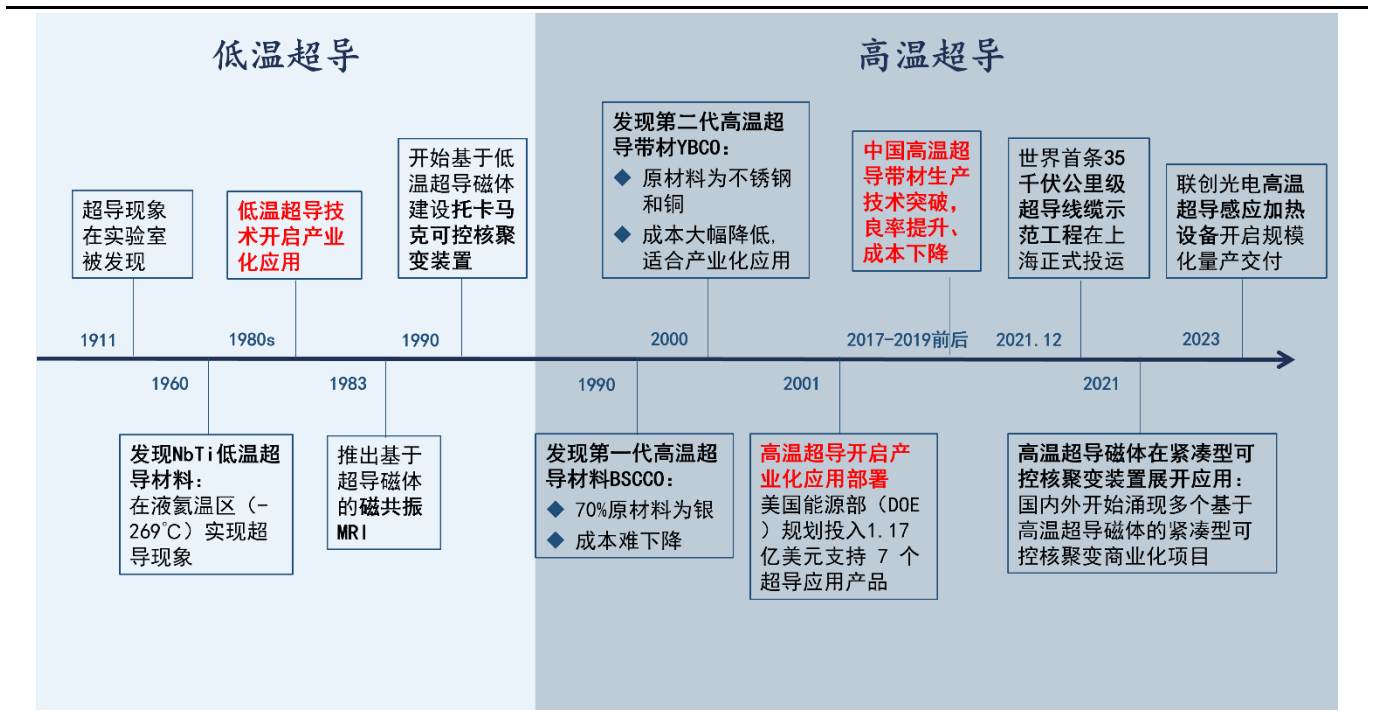
话题引爆：2023年3月8日，在美国物理学年度会议上，罗彻斯特大学 Ranga Dias 教授宣布团队在 1GPa（约等于 1 万个大气压）压强下实现了约零上 21℃ 的室温超导，自此引发了学术界以及金融界对超导行业的关注，但从后续国内外科研团队的实验结果来看，室温超导现象的可重复性和可验证性依旧存疑；而且室温超导是在近常压环境下实现，即使室温超导技术真的实现突破，其大规模产业化应用的可能性也极低。

真实场景：室温超导引爆超导话题，引发大家对超导行业的关注，其实，超导技术早已在 20 世纪末就已经从实验室走向了小规模产业化应用，今年将是高温超导技术规模化产业应用放量的元年，借助此次“室温超导”事件让超导行业真正进入公众视野，我们将在此篇报告中对超导行业当前的发展情况以及相关的投资标的进行梳理：

1. 超导技术迎来规模商业化

超导技术早已从实验室走向规模化商业应用。超导指的是在特定的低温条件下呈现出电阻等于零的特性以及具备完全抗磁性的材料，一直被称为“当代科学的明珠”。低温超导体（-269℃，液氮，以上温度工作的材料）早在 1980 年代实现商业化，但由于液氮的稀缺性和高成本，仅在医疗磁共振 MRI 设备中展开规模商业化应用。高温超导体（-196℃，液氮，以上温度工作的材料）近几年在材料大规模制备方面逐步成熟，成本下降和良率提升都呈现明显加速。高温超导技术在超导线缆（电网）、可控核聚变、高温超导感应加热设备等下游领域展开了规模化商业应用，并且呈现加速放量。随着材料的成熟和下游应用领域的不断开展，高温超导行业已经迎来了规模商业化。

图1：超导技术产业化历程

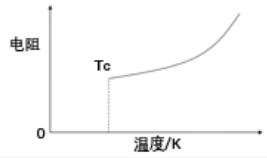

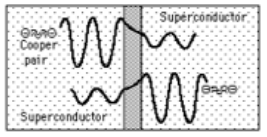


数据来源：新材料在线，器械之家，东吴证券研究所整理

超导现象是指超导材料在低于某一极低温度时表现出的零电阻、完全抗磁性。超导现象是指材料在低于某一温度（这一温度称为超导转变温度 T_c ）时电阻变为零的现象，这种状态下，材料进入超导态，材料电阻突降为零，同时所有外磁场磁力线被排出材料外，材料同时出现零电阻态和完全抗磁性。

超导材料零电阻及完全抗磁性特性，让相应设备不仅仅节能效果显著而且性能显著提升。零电阻特性不仅仅可以有效降低长距离输电带来的电损耗，由于超导材料还具备完全抗磁性和宏观量子效应等常规导体所不具备的特性，这些性质使超导体能够实现大电流传输、获得强磁场、实现磁悬浮、检测微弱磁场信号等还可以多种应用，使其除了满足最基本的导电需求外，还可以被广泛应用在电子通信、电力能源、交通运输、国防军事、医疗器械等诸多领域。由于超导材料和技术涉及领域之广，发达国家不惜投入巨资开展前期研究和产业化应用实验。高温超导产业目前国内正在迎来规模商业化。

图2: 超导现象三种特性

特性	图示	特性描述	应用示例
零电阻		当温度降至临界温度 T_c 以下时，超导材料电阻变为零	输电、制造大型磁体
完全抗磁性		将超导体置于外磁场中时，超导体会把原来处于体内的磁场排挤出去，其内部的磁感应强度为零	超导磁悬浮列车
量子隧穿效应		在薄绝缘层隔开的两种超导体之间有电流通过，即有“电子对”能“穿过”薄绝缘层（量子隧穿），而超导结上并不出现电压	检测弱电磁信号如超导量子干涉仪

数据来源：西部超导，东吴证券研究所

按照超导体的临界温度，可以将超导体分为低温超导体和高温超导体。临界温度低于 $25K \sim 30K$ ($-248^\circ C$ 至 $-243^\circ C$) 超导体为低温超导体，临界温度高于 $25K \sim 30K$ ($-248^\circ C$ 至 $-243^\circ C$) 为高温超导体。低温超导材料一般都需在昂贵的液氮环境下工作，液氮制冷的方法昂贵且不方便，故低温超导体的应用长期得不到大规模的发展，更多应用于核聚变工程、核磁共振等领域。高温超导材料因为临界温度的提高，可以在液氮环境中工作，工业液氮制冷已经非常成熟，一吨液氮的价格稳定在 1 千元以下，适用范围广且价格低廉，在 2000 年 YBCO 第二代高温超导带材问世之后，高温超导得到了实质性发展。

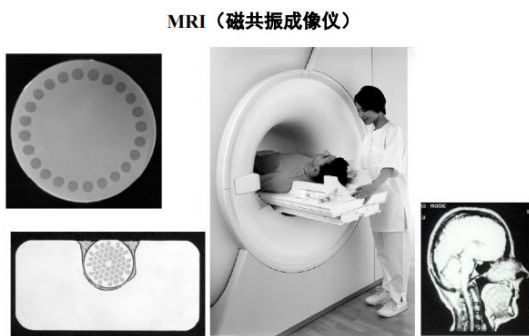
表1: 超导材料的类型和应用

超导类型	临界温度	典型超导材料	冷却方式	下游应用
低温超导	低于 25k (约-248℃)	NbTi、Nb3Sn、Nb3Al	液氮	加速器磁体、核聚变工程用超导磁体、核磁共振 (MRI 和 NMR) 磁体、通用超导磁体
高温超导	高于 25k (约-248℃)	第一代高温超导材料 BSCCO 第二代高温超导材料 YBCO	液氮	超导电缆、超导变压、超导感应加热、可控核聚变、超导磁悬浮、电磁探测设备
	可达-218℃	铁基超导体		超导储能系统 (SMES)、核磁共振谱仪 (NMR)、下一代高能物理加速器、未来核聚变装置

数据来源:《超导材料及其应用现状与发展前景》肖立业, 东吴证券研究所

低温超导技术实验室发现以及起步较早, 已在医疗等特殊领域开启应用。MRI 是当前低温超导技术最主要的应用领域, MRI 磁共振成像仪是一种生物磁自旋成像技术, 它利用原子核自旋运动的特点, 在外加磁场内, 经射频脉冲激发后产生信号, 经过计算机处理转换后获得图像。相比于传统的 CT 成像等技术, MRI 不仅没有辐射, 还可以实现三维立体扫描、成像图像分辨率高、对肿瘤早期诊断有较高的临床价值, 已经广泛运用于全身各部位脏器的疾病诊断中。与永磁型 MRI 相比, 超导 MRI 成像区磁场高, 所以可以获得更高的分辨率, 通过闭环运行方式实现磁场空间和时间稳定性更高, 一般可达 10 年以上而不变化, 这就决定了超导 MRI 具有永磁型 MRI 无可比拟的优势。

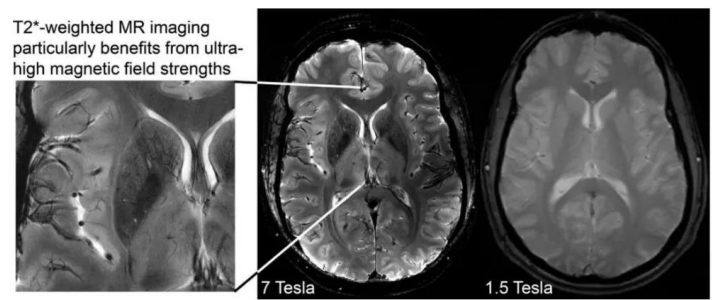
图3: MRI 磁共振成像仪



注: 左图为 MRI 用超导材料, 中图为 MRI 扫描仪, 右图为头部成像

数据来源: 西部超导, 东吴证券研究所

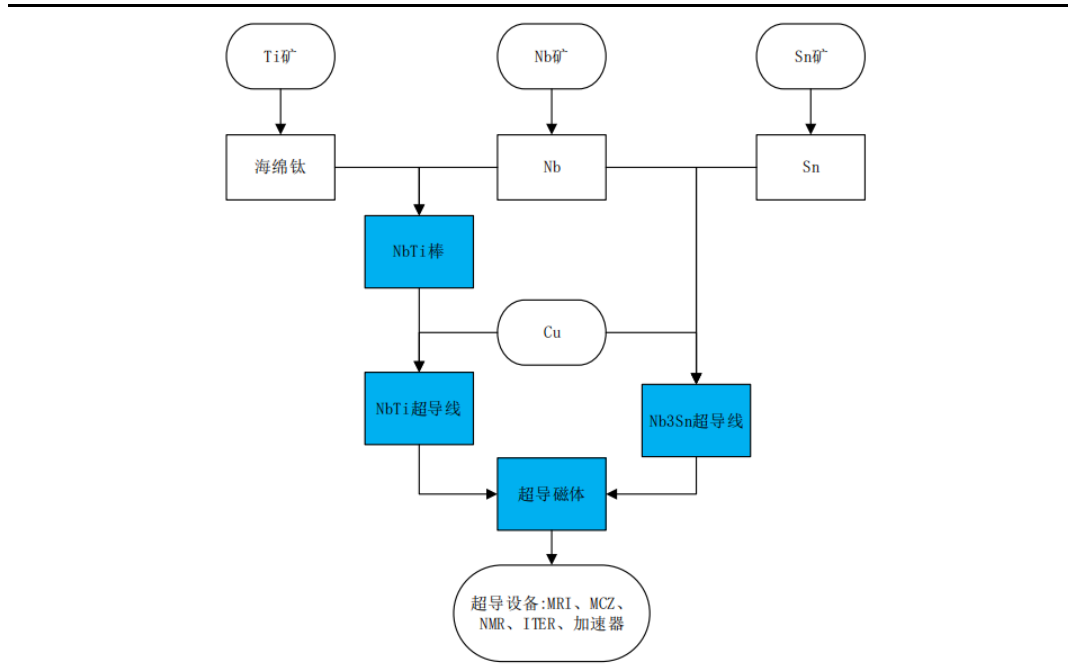
图4: 更高磁场强度扫描更快、更稳定、成像效果更好



数据来源: LUSTER, 东吴证券研究所

低温超导磁体需要使用液氮冷却, 受限于液氮资源稀缺等因素, 目前低温超导技术主要应用于医疗、大科学装置等成本相对不敏感高精尖领域, 未能实现大规模商业化应用。目前, 低温超导材料主要应用于医疗、高能物理、能源、电力等强电领域方面。在医疗方面, 主要是核磁共振人体成像仪 (MRI); 在高能物理研究方面, 是大型质子对撞机 (如 LHC); 在能源方面, 主要是受控核聚变 (如 ITER)。

图5: 低温超导技术应用产业链



数据来源: 西部超导, 东吴证券研究所

低温超导能够产生的磁场强度有限, 叠加需要使用昂贵的液氮制冷因此限制其应用场景, 而高温超导技术可突破低温超导磁场强度上限而且制冷成本大幅降低, 打开超导技术大规模商业化应用空间。低温超导带材需要在液氮温区下才能维持超导态, 液氮资源稀缺极难获得, 而且通常低温超导磁体通常会在内部磁感应强度高于 25 特斯拉时停止工作, 这也限制了低温超导磁体的磁场强度。高温超导带材仅需在液氮温区下即可维持超导态, 而且能够产生的稳定磁场强度更高, 赋予其更广的商业化应用前景。

图6: 低温超导技术和高温超导技术对比

	常规导体磁体	低温超导磁体	高温超导磁体
电能消耗 (产生 1 特斯拉的稳态强磁场)	3.5MW 的电能	极少的电能	极少的电能
运行温度	室温 300K 左右	25K 以下	25K 以上
制冷方式	大量冷却水	液氮浸泡或者制冷机传导冷却	液氮浸泡或者制冷机传导冷却
材料	铜等常规导体	NbTi 和 Nb3Sn 等低温超导材料	MgB2, BiSrCaCu0 和 YBCO 高温超导材料
磁场强度	最高不超过 2 特斯拉	稳定运行最高磁场强度在 15 特斯拉左右	稳定运行最高磁场强度目前最高可达 45.5 特斯拉

<p>产业链成熟度</p>	<p>产业链成熟度很高</p>	<p>产业链成熟度高，量化加工技术成熟、成本低、使用稳定性高</p>	<p>产业成熟度较低，带材成本较高，产业链正处于快速成长阶段</p>
<p>材料价格</p>	<p>极为便宜</p>	<p>价格已经稳定在较为便宜的区间</p>	<p>高温超导带材价格是低温超导带材价格的 10 倍左右，但是目前正在加速下降</p>
<p>磁体体积及重量</p>	<p>体积很大</p>	<p>需要大量制冷系统维持低温，磁体体积及重量较大</p>	<p>需要的制冷系统相对较小，磁体体积及重量较小</p>

数据来源：《中国超导材料及应用发展战略研究》，东吴证券研究所整理

2. 高温超导技术突破磁场上限，开启规模化产业应用

高温超导带材产业链加速成熟，推进超导技术产业化应用放量。REBCO 高温超导带材主要由金属基带、缓冲层、超导层和保护层构成，其中在低温环境下导电的只有中间的 REBCO 超导层，基带层、缓冲层和保护层的存在主要是为了让 REBCO 超导层具备更强的机械性能和稳定性。高温超导技术早期受限于带材的价格过高以及带材质地较脆难以加工等因素限制，规模化应用推进速度较慢，当前高温超导带材生产工艺经过近十年的积淀已经成熟，良率大幅度提升，例如 2020 年上海超导带材成品率从不足 50% 提升至 90% 左右。规模化逐步显现：2020 年上海超导的年产量终于从 3 年前的十几公里增至 400 公里。随着技术进步及规模化效应，带材价格持续大幅下降，并且中下游的超导磁体中带材绕制工艺不断进步，推动高温超导技术产业化应用进一步加速。

图7：第二代 REBCO 高温超导带材结构示意图

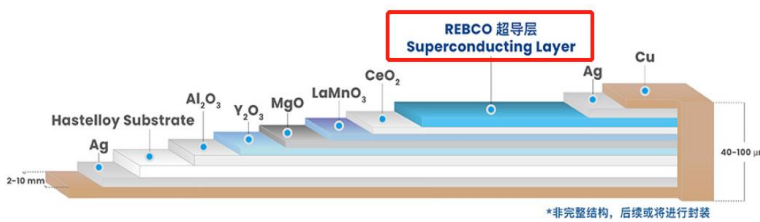
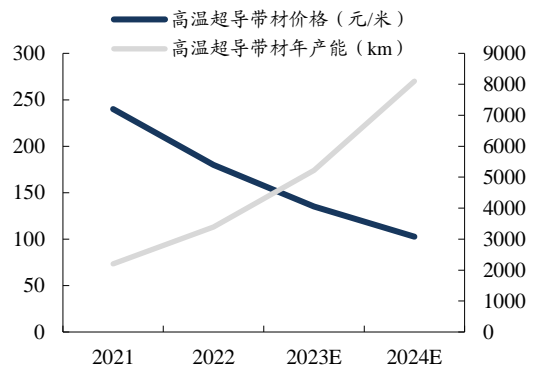


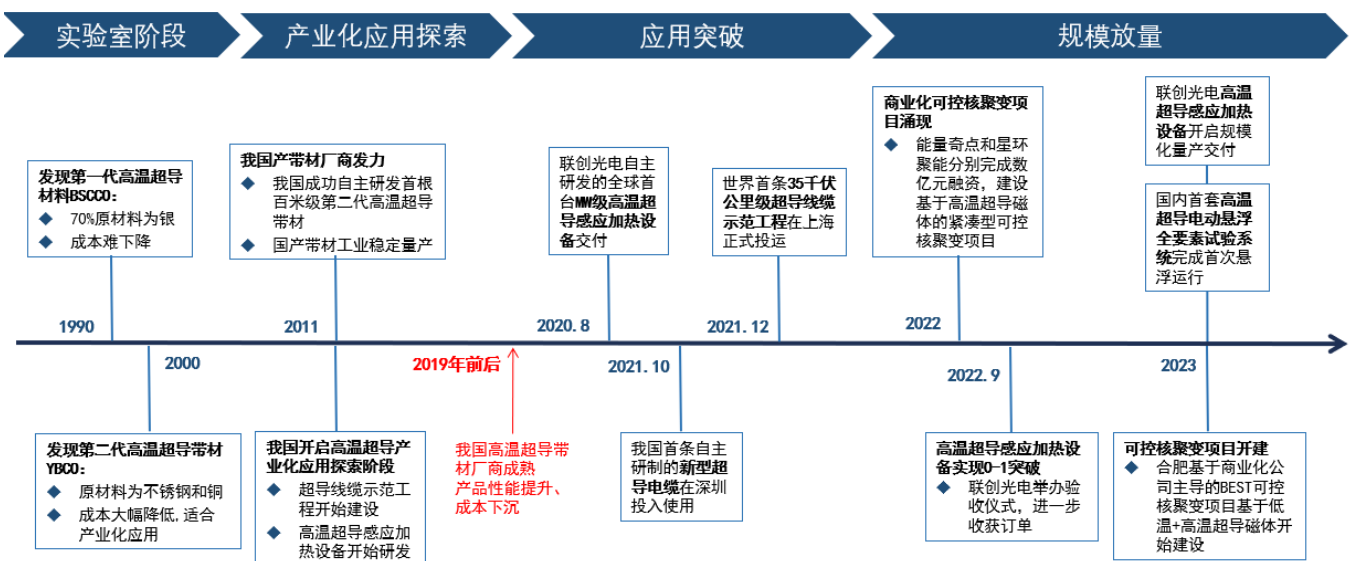
图8：高温超导带材产业链正加速成熟



数据来源：上海超导，东吴证券研究所

数据来源：澎湃科技，东吴证券研究所

图9：高温超导技术产业化应用路径图

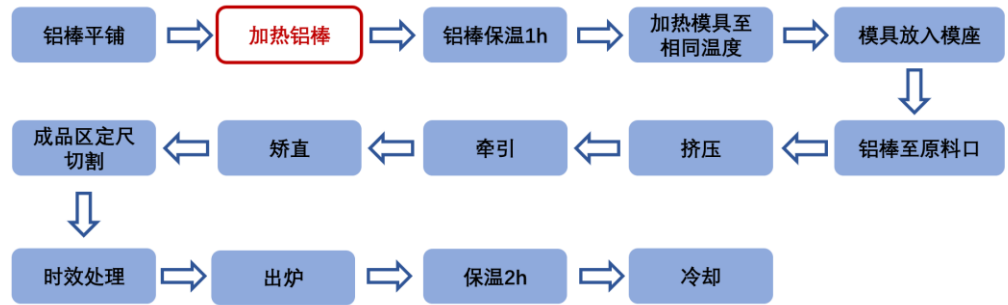


数据来源：《超导技术的应用》，东吴证券研究所整理

2.1. 高温超导感应加热设备开启放量元年

金属挤压成型之前需要预热，传统方式是采用工频炉或者燃气炉进行预热，高温超导感应加热设备凭借其节能、加热均匀性高等优势将对传统加热方式形成替代。设备可应用于铝、镁、钛、高温合金、特种钢等金属的加工，以铝挤压产线为例，铝挤压型材终端产品主要应用于建筑门窗、轨道交通、汽车等领域。

图10: 铝型材挤压工艺流程



数据来源：知乎，东吴证券研究所

图11: 传统燃气炉



数据来源：精业集团，东吴证券研究所

图12: 高温超导感应加热设备



数据来源：联创光电，东吴证券研究所

高温超导感应加热设备由于其超导特性产生磁场无损耗，相较于传统加热方式具备损耗低、透热性好等优点，未来有望大规模替代传统加热设备。感应加热是利用电磁感应的方法使被加热的材料的内部产生电流，依靠这些涡流的能量来为金属加热。高温超导加热方式相较于传统的加热方式存在多重优势：

- 1) **高效，显著节省电费(节能):** 传统感应加热方式利用交变的磁场在静止坯料中产生感应涡流，实现坯料加热。因为集肤效应，产生的涡流主要分布在锭料表面，锭料的幅向加热效果的均匀性不佳，且铜圈自身会因为电阻产热，铜线

圈会损耗 50%，拉低整体的能效。超导直流感应加热采用的接近零电阻的带材，在超导直流感应加热技术中，超导线圈中功率损耗可忽略。

- 2) **高穿透、高均匀、高品质加热，显著提升工件良率(增效)**: 高温超导设备可以通过调整锭料的速度和增大磁场的强度，增大涡流效应的透入深度以实现更均匀的幅向温度，相对于传统加热炉可以得到更深入、更均匀的轴向温度分布，使得加热更有效率。高温超导设备可以通过改变磁场的密度来进行加热温度的分布，进行梯度加热，实现不同部位的加热需求。

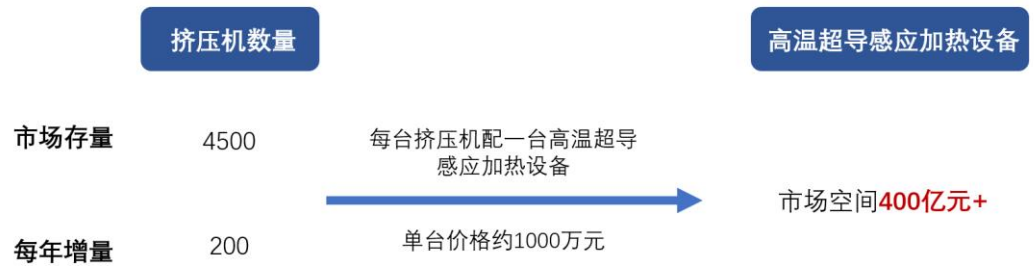
图13: 超导加热与传统加热示意图

	传统交流感应加热	高温超导感应加热	高温超导设备优点
加热效率	<p>加热效率40%</p>	<p>加热效率85%</p>	<p>高能效 每年节省800万度电， 节省电费约450万元/年</p>
加热效果	<p>透热深度<1cm</p>	<p>透热深度>10cm</p>	<p>高穿透、高均匀性、高品质 防止工件由于加热不均匀而开裂</p>
加热速度 (加热至200度)	24h	8min	加热更快
价格	~300万元	1500万	
使用年限	10年	25年	使用年限更长
采购补贴	无	设备投资额10%-30%的补贴，最高可达40%	通过节能认证，可享受节能设备补贴
设备特点	无	可实现梯度加热	高梯度性 方便下工序根据不同温度加热成不同的工件

数据来源：江西联创超导官网，东吴证券研究所

综合国内超导感应加热设备市场需求看: 一台高温超导感应加热设备可以替换 2 台传统工频炉，以每台挤压机配套 1 台高温超导感应加热设备计算，国内高温超导感应加热设备市场容量约为 4500 台，每年新增市场需求数量为 200 台。国内高温超导感应加热设备市场空间超 400 亿元。

图14: 高温超导感应加热设备国内市场空间



数据来源: 联创光电, 东吴证券研究所整理测算

高温超导感应加热设备已经通过节能认证, 符合双碳发展趋势, 有望加速设备替代进程。公司高温超导设备成功通过“上海市节能减排产品”专家评审, 后续全国各地企业购买公司设备均可以依据地区政策和设备价格获取节能补贴, 如广东省各地可给予设备投资额 20%-30%不等的补贴, 且部分省市县区的扶持政策可以叠加实施, 实际补贴总额最高地区可接近设备投资额的 40%。

图15: 我国铝材产量前十省份

省份	2021 年铝材产量 (万吨)
山东省	1341
河南省	1006
广东省	510
江苏省	442
浙江省	266
广西壮族自治区	262
内蒙古自治区	240
重庆市	218
新疆维吾尔自治区	189
四川省	173

数据来源: 中商产业研究院, 东吴证券研究所

图16: 铝材产量前五省份节能技术补贴政策

省份	2021 年铝材产量 (万吨)	节能技术改造项目补贴政策示例
山东	1341	济南市: 不超过项目总额 20%
河南	1006	郑州市: 不超过项目总额 15%, 不超过 500 万元
广东	510	东莞市: 不超过设备总额 20%, 不超过 5000 万元
江苏	442	苏州市工业园区: 不超过设备总额 15%, 不超过 1500 万元
浙江	266	宁波市北仑区: 不超过项目 50%, 单企业不超过 300 万元

数据来源: 中商产业研究院, 政府网站, 东吴证券研究所

联创光电推出的全球首台兆瓦级高温超导感应加热设备顺利实现 0-1 市场拓展, 即将迎来规模化放量元年。目前国内仅有联创光电一家公司具备高温超导感应加热设备生产能力, 且构筑起全面专利壁垒, 技术领先全球数年。同 2021 年末, 公司首台大容量超导感应加热器正式交付中铝东轻, 2022 年投入生产, 验收节能效果显著并于哈尔滨举行产品验收仪式, 验收仪式上公司进一步收获其他意向客户订单, 标志着高温超导感应加热设备顺利实现市场 0-1 突破。公司已经与广亚铝业、南平铝业等客户进一步签订合作协议, 对客户现有及未来新增铝挤压、锻压生产线进行全面节能技改, 公司当前在手订单超 60 台, 预计于今年逐步开启批量化交付。

图17: 设备在中铝集团东北轻合金产业化应用



数据来源: 公司官网, 东吴证券研究所

图18: 联创光电下游客户

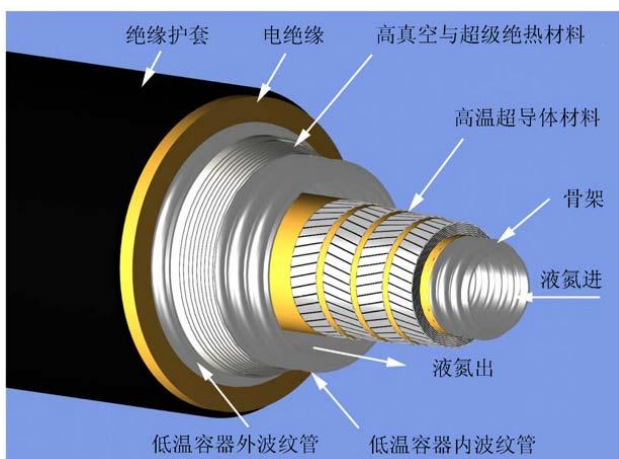


数据来源: 公司官网, 东吴证券研究所

2.2. 超导电缆多个示范工程正式投运, 批量化铺设指日可待

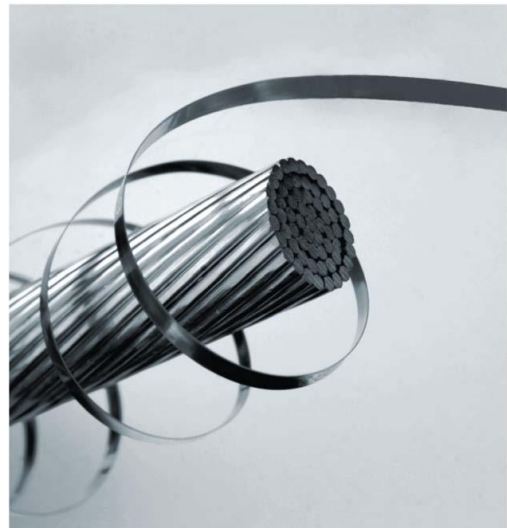
基于高温超导材料的超导电缆导电能力是相同横截面铜线的 200 倍, 且输电损耗接近于零。超导电缆, 是指用超导体代替铜和铝等常规导体来输电的电缆。超导输电的原理是在零下 196 摄氏度的液氮环境下, 利用超导材料的导电特性, 使电力传输介质接近于零电阻, 电能传输损耗接近于零, 从而实现低电压等级的大容量输电。使用电阻接近于零的超导线可以大幅降低送电时产生的电力损失。超导线的导电能力是相同横截面铜线的约 200 倍。

图19: 超导电缆结构示意图



数据来源: 《超导电力技术》, 东吴证券研究所

图20: 具有同等载流能力的超导带材(扁带)及铜电缆(多股圆形电缆)的比较

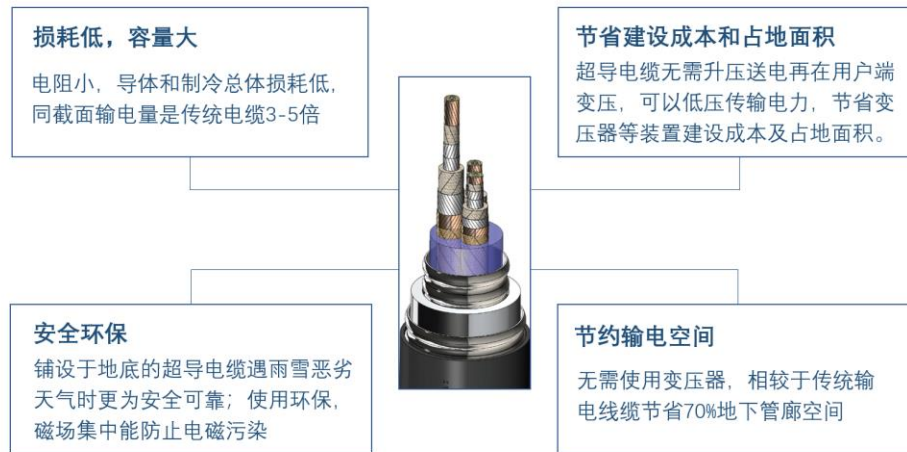


数据来源: 《超导电力技术》, 东吴证券研究所

超导电缆相较于传统电缆具备多重优势: 1) 输电损耗极低。超导线缆由于自身超导特性, 相较于传统的线缆无损耗, 一条 35 千伏超导电缆可替代 4 到 6 条相同电压等

级的传统电缆。2) **节省建设成本和占地面积**。超导电缆无损耗，无需升压送电再在用户端变压，因此可以低压传输电力，节省变压器等装置建设成本及占地面积。3) **相较于传统电缆节省 70% 地下管廊空间**。地下综合管廊是城市地下用于集中敷设电力、通信、广播电视、给水、排水、热力、燃气等市政管线的公共隧道，随着 5G 通信等技术的进一步发展，地下综合管廊中线路铺设将愈发拥挤，超导线缆可以有效解决窄通道大容量输电的难题，消除负荷热点地区的供电“卡脖子”现象。

图21: 超导线缆技术优势



数据来源: 电缆网, 东吴证券研究所

超导线缆已经在国内试点成功, 正开启规模化应用。近两年, 我国已经有两条超导线缆分别在深圳和上海实现顺利铺设并且持续供电。2021年9月, 深圳试点400米长超导电缆成功为标志性建筑平安大厦供电, 标志着我国的超导电缆开始走入普通百姓的生活中。同年12月, 国家电网建设成功中国首条35千伏公里级高温超导电缆示范工程, 全长1.2公里, 为上海徐家汇地区4万多户家庭和核心商业街供电, 是目前世界上用户数量最多的超导电缆。目前, 国内奥盛正集结长三角超导产业链联盟, 谋划推进5公里级超导电缆输电工程。

图22: 超导电缆项目运转示意图

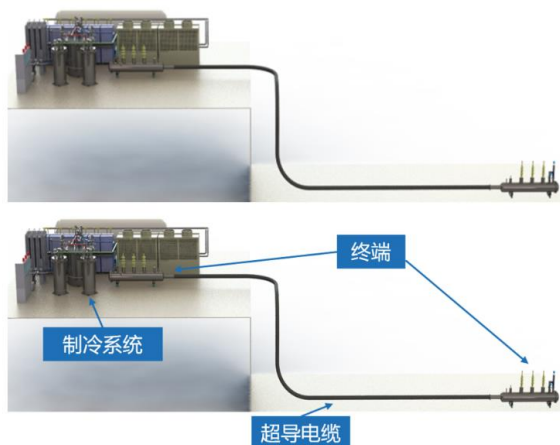


图23: 上海高温超导电缆示范工程成功投运



数据来源：上海超导，东吴证券研究所

数据来源：央视新闻，东吴证券研究所

我国城市密集度加速提升，地下走廊空间有限，进一步开发新的电缆沟成本高企，显著节省空间的超导线缆正逐步开启大规模应用。全球 AI 技术商业化加速推进、国内数字经济政策加速落地多重催化下，对数据流量以及电能消耗将加速上升，作为数据流量的管道光纤光缆以及输电通道的电缆建设将同步加速，挤压地下综合管廊空间。长三角超导产业链联盟正积极申报上海中心城区和五个新城的 5 公里级超导电缆工程立项，推动超导电缆规模化产业应用。我国 10 千伏及以上电力电缆的年需求量约为 10 万公里，假设其总量的 1% 使用高温超导电缆，则高温超导电缆在我国每年的需求总量将会达到 1000 公里，市场空间可达千亿元。

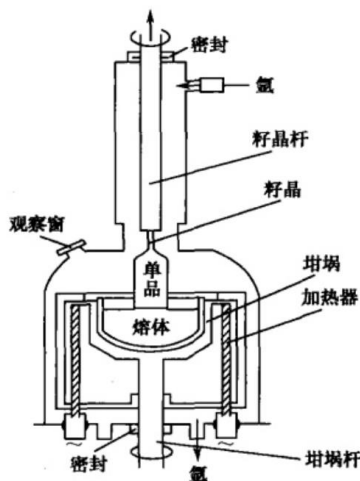
3. 高温超导多领域开花，静待市场爆发

3.1. 超导磁体在磁控直拉晶硅生长炉中优势明显

硅材料根据晶胞的排列方式不同，分为单晶硅和多晶硅，单晶硅光电转换效率优势明显，光伏领域多采用单晶硅，半导体行业要求更高因此全部使用单晶硅。单晶硅按晶体生长方法的不同，分为直拉法（CZ）、区熔法（FZ）两种。其中直拉法可实现大尺寸单晶硅的生长，适合大规模集成电路和大面积太阳能电池的制备，广泛应用于半导体集成电路、二极管、外延片衬底。综合成本和性能的因素，直拉法是目前主要的单晶硅规模化量产技术。MCZ 技术的物理基础是通过磁场对导电硅流体的热对流形成抑制作用，抑制单晶硅生长过程中杂质和缺陷的产生，晶体完整性、均匀性得到极大改善，可实现高质量大尺寸单晶硅快速生长。当前磁控单晶硅生长法（MCZ）产品占总产量的 70%-80%。MCZ 是目前国际上生产 300mm 以上大尺寸半导体级单晶硅的最主要方法。

超导磁体优势明显，目前国际上 12 英寸及以上单晶硅制备全部采用超导磁场直拉单晶技术完成。对于 8 英寸以下单晶硅片制备设备，一般可采用永磁体或铜线圈导流产生磁场。但是由于磁场强度低、功耗高，永磁体或铜线圈导流产生磁场无法用于 12 英寸及以上大尺寸晶体生长设备。而超导磁体具有低功耗、高场强、重量轻、体积小等优势特点(功率仅十几千瓦，磁场强度从几千到十几万高斯)，使材料凝固液面更加稳定，材料纯度更高，更能够保证大尺寸晶体生长品质。超导磁体和常规磁体相比，其体积和运行成本大幅度减小，能够降低 300mm 单晶硅制造能耗 20%、提高成品率 30%。

图24：直拉单晶硅生长炉原理图



数据来源：知乎，东吴证券研究所

图25：磁控直拉单晶硅生长炉

磁控直拉单晶硅生长炉



超导磁体

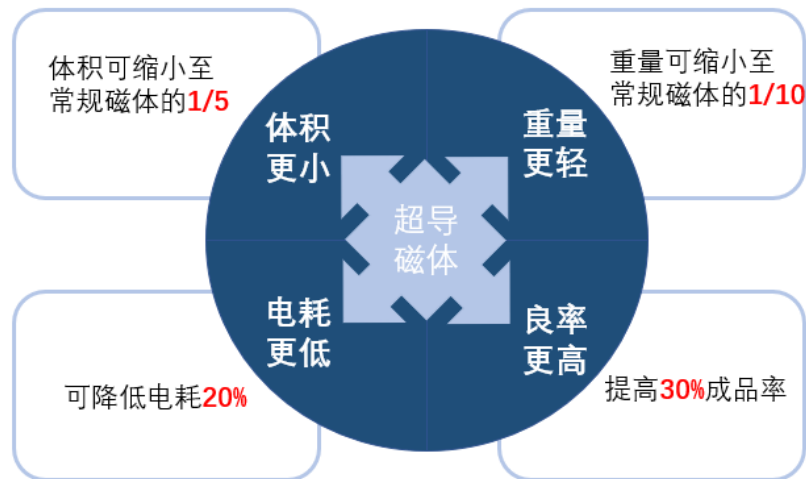


数据来源：中国粉体网，东吴证券研究所

低温超导磁体实际应用受到液氮资源严重限制，高温超导磁体技术突破将逐步展开在磁控晶硅生长炉中的应用。当前 12 寸以上晶硅生长炉使用的超导磁体均为低温超导磁体，低温超导磁体需要浸泡在液氮中，而液氮资源紧张，供应链不稳定性极高。使用高温超导材料制备的磁体体积更小且磁场强度更强，而且产品使用过程中仅需使用液氮

或者制冷机制冷，替代优势高。当前高温超导带材价格正加速下降，随着国内联创光电为首的高温超导设备厂商加速相关应用研发，预计几年后高温超导磁体将在超导磁控单晶硅生长炉中开启规模化应用。

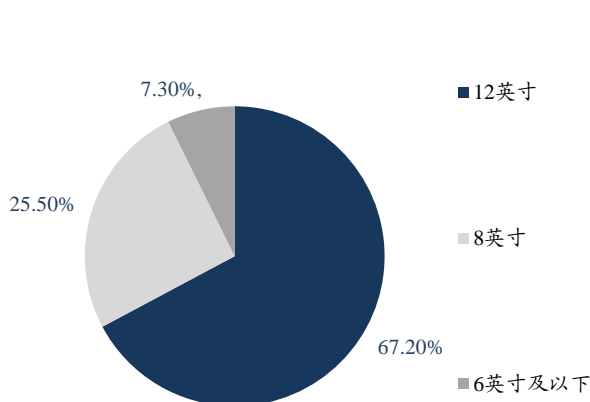
图26: 超导磁体相较于传统磁体在磁控晶硅生长炉中的优势



数据来源:《超导技术的应用》，东吴证券研究所

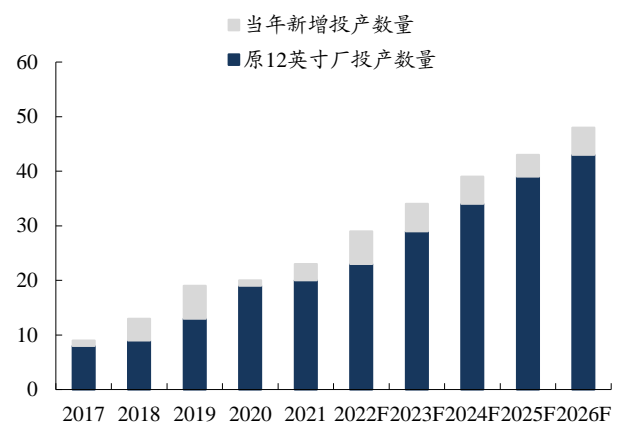
12 寸晶圆自主化生产将是国内未来发力重点，将对国内磁控直拉晶硅生长设备提出更大需求量，核心超导磁体自主化生产诉求强烈。当前半导体硅片产品结构已经过半采用 12 寸硅片，而国内 12 寸硅片当前国产化率仅 13%。集微咨询预计中国大陆 2022 年-2026 年还将新增 25 座 12 英寸晶圆厂，截至 2026 年底，中国大陆 12 英寸晶圆厂的总月产能将超过 276.3 万片。国内 12 寸晶圆厂的大规模扩产将强力带动对国产 MCZ 晶硅生长炉的需求。当前 MCZ 设备的低温超导磁体主要从国外厂商采购，国内高温超导磁体替代空间大。

图27: 2020 年全球半导体硅片产品结构



数据来源: 前瞻产业研究院, 东吴证券研究所

图28: 中国大陆 12 寸晶圆厂增量预测 (单位: 座)

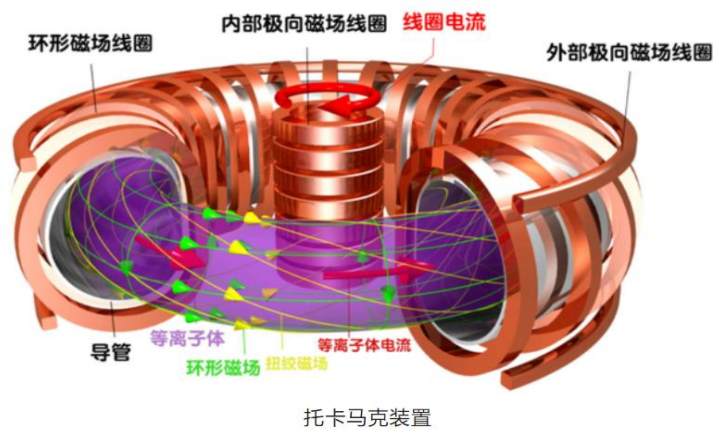


数据来源: 集微咨询, 东吴证券研究所

3.2. 高温超导技术突破，可控核聚变商业化成为可能

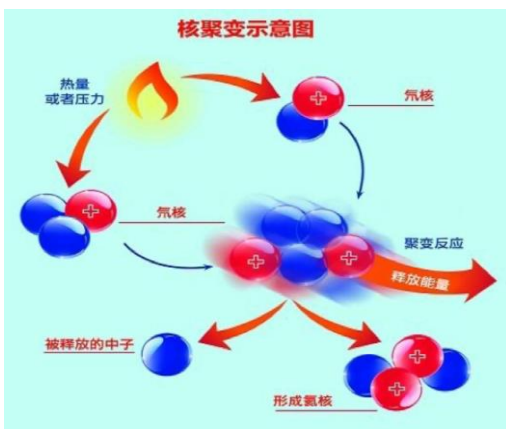
可控核聚变产生的能量巨大，安全无污染，一旦技术成熟将彻底改写目前的能源版图。核聚变指的是由质量小的2个原子（主要指氘和氚）在极高的温度和压力下，两个原子核相互吸引、碰撞、聚合，使核外电子摆脱原子核的束缚，生成新的质量更重的原子核氦的过程，聚变反应过程中由于中子不带电，能够在碰撞过程中逃离原子核的束缚而被释放出来。大量的电子和中子摆脱束缚所表现出来的巨大能量释放，就是一种核的聚变反应形式。理论上，1千克铀235进行核裂变所释放的能量是燃烧1千克煤释放的能量的270万倍；而1千克氘、氚混合物聚变所释放的能量比1千克铀235的裂变所释放的能量还要多4.14倍。可控核聚变释放的能量巨大、原料储备丰富、开采成本低廉、使用安全。

图29：磁约束可控核聚变装置示意图



数据来源：宇宙解码，东吴证券研究所

图30：可控核聚变原理



数据来源：国际原子能机构，东吴证券研究所

图31：可控核聚变的优点

优点	概述
产生的能量巨大	1千克铀核裂变所释放的能量是燃烧1千克煤释放的能量的270万倍；而1千克氘、氚混合物聚变所释放的能量比等质量铀核裂变释放的能量还要多4.14倍。
原料储备丰富	氘可以直接从海水中提取，储量非常丰富；氚可以通过锂吸收中子的方法得到，地球锂储备丰富
安全	热核反应堆万一发生故障，只要向它停止供应聚变材料，反应就会因变冷而停止，不会产生爆炸等一些严重的事故
无污染	聚变反应的生成物是稳定的氦核，既没有放射性，也不污染环境

数据来源：百度百科，东吴证券研究所

磁约束核聚变是主流可控核聚变实现路径，主要通过托卡马克装置实现，全球约一半的可控核聚变装置采用的是磁约束方案。核聚变反应需要同时满足三个条件：足够高的温度、一定的密度和一定的能量约束时间。原子核只有在极高温（1 亿摄氏度以上）下才具有足够的能量克服彼此间的库仑势垒^②，以启动和维持核聚变反应；保持一定的密度（粒子浓度）才能提高原子核的碰撞效率，以获得足够的有效反应；高能量约束时间意味着良好的隔热性能，以保持反应物高温。核聚变反应的实现需要可控核聚变通常采用三种方式：一是重力场约束；二是惯性约束；三是磁约束。磁约束条件下，带电的原子核与电子在垂直于磁场的方向上不再自由，受到磁场作用力的带电粒子只能沿着磁场方向做螺旋运动，核聚变反应的可控性和持续性更优，因此受到更为广泛的采用。目前全球 33 个可控核聚变装置中，有 15 个采用的是磁约束方案。

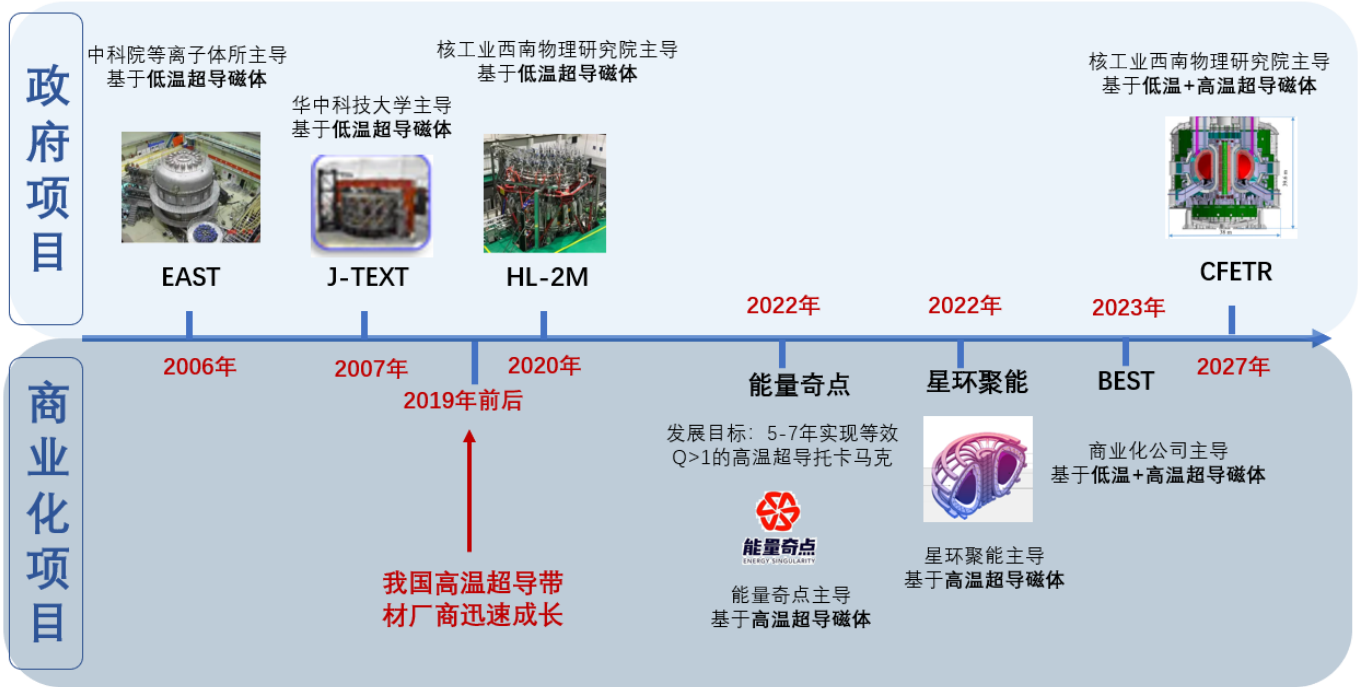
图32：几种可控核聚变技术路径

技术路径	原理	主流实现装置	典型代表
惯性约束	在极短时间内，以多束高能脉冲激光，同时照射在一个固态球状核燃料（通常是混合了氘与氚）上。当激光照射在燃料层的外层时，将燃料球外层加热至等离子体化，并产生爆裂。根据牛顿第三运动定律，外层爆裂所出现的反作用力，形成震波向内传播，造成内爆，压迫内部的氘与氚，形成高压高温，造成自发性的燃烧，产生链式反应，最终诱发核聚变反应	高功率激光作为驱动器的惯性约束核聚变	美国国家点火装置
磁约束	先加热燃料，使它成为等离子体形态，再利用磁场，拘束住高热等离子体中的带电粒子，使它进行螺旋运动，进一步加热等离子体，直到产生核聚变反应	托卡马克装置	法国国际热核聚变实验堆（ITER）
重力约束	依靠自身引力（约为 3000 亿个大气压）将核聚变束缚在核心	无	只能在太阳这种巨大的恒星上依靠自身引力实现，地球上无法实现

数据来源：维基百科，科普中国，东吴证券研究所

高温超导技术成熟，高性能高温超导材料可助力获得更强磁场，推动可控核聚变装置小型化，加速商业化核聚变系统开发。现在已有一些核聚变研究装置，但其体积庞大且建造成本高昂，限制其商业化推广与应用。可控核聚变装置中，磁场越强等离子体与普通物质隔离的越好，需要更少的空间保持等离子体，因此更强的磁体意味着更小、更快、更便宜的可控核聚变装置。高温超导磁体相较于同体积下的低温超导产生的磁场更强，突破低温超导材料磁体磁场上限，推动了可控核聚变装置小型化与成本降低，成本的大幅降低点燃了市场对可控核聚变商业化的热情，越来越多的创业公司入局可控核聚变领域。2015 年托卡马克能源公司就推出了世界首台完全高温超导磁体的托卡马克装置 ST25，首次实现连续 29 小时输出等离子体，创下世界纪录。近几年新增的紧凑型、小型化托卡马克可控核聚变装置均采用高温超导磁体。

图33: 我国正在推进以及即将推进的可控核聚变项目



数据来源：投中网，能量奇点，星环聚能，东吴证券研究所整理

可控核聚变商业化进程加速，项目频出受到资本强烈追捧。据核聚变工业协会 (FIA) 统计，以 CFS 为代表的全球有超过 30 家公司正在致力于实现核聚变的商业化，目前这些公司已共计获得了超过 50 亿美元的融资。其中，2022 年核聚变领域的私人投资额已经接近 30 亿美元，一年的投资额超过了此前的投资总和。2022 年我国也有两个商业公司先后布局商业化可控核聚变，获得国内知名机构红杉种子、蔚来资本、米哈游等投资，分别获得数亿元投资。

图34：2020年以来部分可控核聚变项目获得融资情况

年份	公司	所属国家	融资轮次	融资金额	知名投资机构
2020年	TAE (Tri Alpha Energy)	美国	战略投资	1.3 亿美元	谷歌、雪佛龙等
2020年	Tokamak Energy	英国	B 轮	6700 万英镑	未知
2021年	CFS (Commonwealth Fusion Systems)	美国	B 轮	18 亿美元	老虎基金、比尔·盖茨、谷歌、Coatue、DFJ Growth 等
2021年	General Fusion	美国 / 加拿大	E 轮	1.3 亿美元	Bezos Expeditions 等
2021年	Helion Energy	美国	E 轮	5 亿美元	Sam Altman、Capricorn Investment Group 等
2021年	Zap Energy	美国	B 轮	2750 万美元	Valor, Addition 等
2022年	First Light Fusion	英国	C 轮	4500 万美元	腾讯投资等
2022年	EX-Fusion Inc	日本	种子轮	1.3 亿日元	ANRI, Osaka University Venture Capital 等
2022年	Kyoto Fusionering	日本	B 轮	1860 万美元	Mitsubishi UFJ Capital 等
2022年	HB11 Energy	澳大利亚	战略投资	1580 万美元	无投资, 来自于捐款和赠款
2022年	能量奇点	中国	天使轮	4 亿元人民币	米哈游, 蔚来资本, 红杉中国等
2022年	星环聚能	中国	天使轮	数亿元人民币	顺为资本、红杉中国、元禾原点等

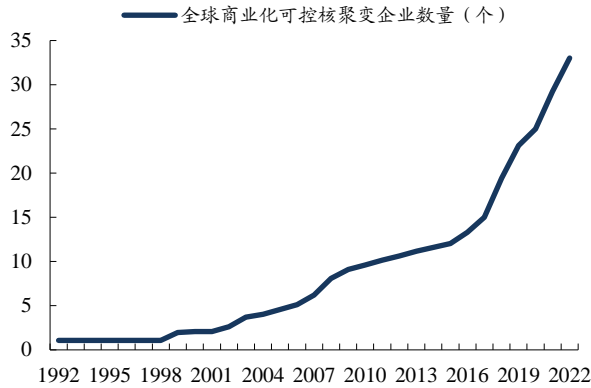
数据来源：南方都市报，投资界，东吴证券研究所

可控核聚变实现 0-1 突破，有望加速商业化可控核聚变进程。2022 年 12 月 13 日，美国加州国家实验室首次成功在核聚变反应中实现“净能量增益”，即聚变反应产生的能量大于促发该反应的辐射能量，能量增益达到 153%，意味着可控核聚变在理论上具备了落地的可行性，是一项“里程碑式的成就”。我国去年开始发力商业化紧凑型可控核聚变装置建设，领跑全球争取首个实现可控核聚变发电。2022 年底合肥聚变堆主机园区工程建成交付使用，合肥先进光源、空地一体量子精密测量试验设施获批建设。在全国首创以商业化方式建设紧凑型聚变能实验装置 (BEST)，争取 2027 年演示聚变发电。

可控核聚变商业化项目建设加速，将强势带动高温超导磁体需求量。根据核聚变工业协会 (FIA) 统计，全球商业化可控核聚变项目在近两年呈现高速增长，截至 2022 年，全球已有 33 家从事可控核聚变商业化研究的私人企业，其中近一半选择磁约束路径，近两年，在第二代高温超导带材产业链逐步成熟驱动下，商业化可控核聚变项目多利用磁场更强的高温超导磁体建设成本较低的紧凑型托卡马克装置，对上游高温超导磁体和带材供应诉求强烈。对于相较之下重研发、成本与体积要求较低的国家与世界级可控核聚变项目，多选择低温超导与高温超导磁体结合的方式，在磁场高的地方采用高温材料，磁场低的地方用低温材料。以 CFS 公司的商业化可控核聚变 SPARC 项目为例，该项目

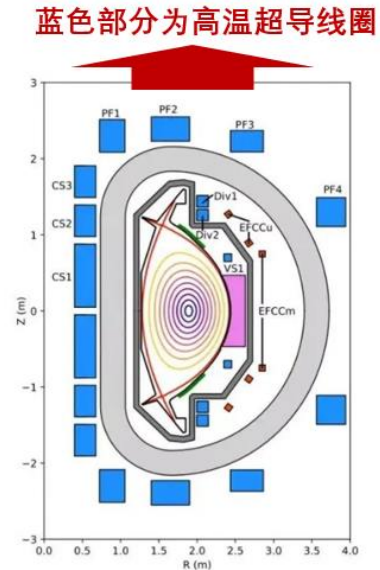
百亿研发预算中，高温超导磁体的支出预计占比 50%。

图35: 全球商业化可控核聚变企业数量高速增长



数据来源: FIA, 东吴证券研究所

图36: 采用高温超导磁体的核聚变装置 SPARC

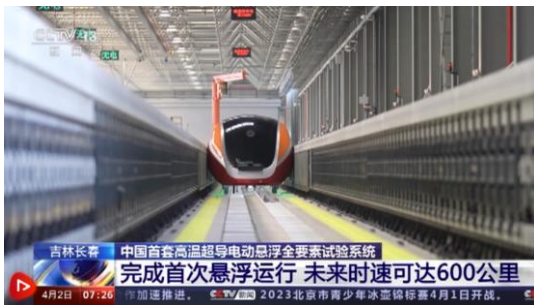


数据来源: LUSTER, 东吴证券研究所

3.3. 高温超导技术在磁储能、磁选矿等下游领域的应用正持续打开

高温超导技术在磁悬浮领域展开示范应用。在环境温度降至零下 196 摄氏度后，样车底部的超导体电阻消失，轨道是永磁体，电流在超导体中产生强大磁场，车体自然悬浮起来。该磁悬浮技术具有“钉扎”特性，使得悬浮和导向不需要主动控制、不需要车载电源，系统相对简单，不仅能保证车辆运行安全，还能保持车体上下左右稳定，实现其他任何交通工具都难以达到的平稳性。2023 年 1 月 13 日我国自主研发设计、自主制造的世界首台高温超导高速磁浮工程化样车及试验线正式启用。3 月 31 日，中国中车自主研发的国内首套高温超导电动悬浮全要素试验系统完成首次悬浮运行。

图37: 高温超导电动悬浮试验系统



数据来源: 央视网, 东吴证券研究所

图38: 悬浮技术对比

	优点	缺点
超导钉扎悬浮	技术上时速可达 603km; 可同时实现悬浮、导向和推进; 重量轻, 耗电少。	列车须轮作低速运行、并且使用磁屏蔽; 造价成本昂贵, 但后续随着超导材料成本加速下沉, 成本将下降。
电磁力悬浮	技术上时速可达 500km; 没有车轮或二级推进系统需要; 造价成本低廉。	由于系统固有的不稳定性和外部系统需要不断修正, 振动可能导致系统出现问题。

数据来源: 维基百科, 东吴证券研究所

超导磁选是将超导技术应用到磁选领域的一种新的磁分离方法。超导磁选机采用超导材料作线圈，线圈通入电流后，可在较大的选分空间产生 $2 \times 10^7/47r$ 安/米(2 万奥

斯特)以上的强磁场,且线圈不消耗电能,磁场长时间不衰减,其体积小、重量轻、单机处理高,为磁选开辟了新的应用前景。

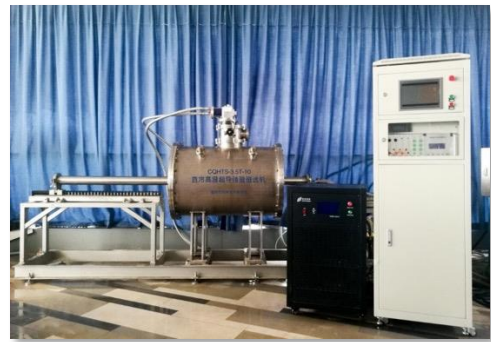
超导磁储能其原理是利用多组由超导带材绕制的超导线圈,以串并联相结合的方式做成环形核心部件,当电流通过时会产生强度很高的磁场,由于超导零电阻高密度载流特性,储能密度可以长时间无损耗储存,据研究表明,低温闭合超导线圈内电流衰减时间可长达十万年之久,基本可认为能量实现了无损耗储存。

图39: 磁储能示意图



数据来源:《超导技术的应用》, 东吴证券研究所

图40: 高温超导磁选示意图



数据来源:《超导技术的应用》, 东吴证券研究所

技术加速迭代、带材成本下降及双碳政策三重因素驱动下,高温超导行业迎来向上加速拐点。高温超导技术自身零电阻特性,使其相较于传统应用大幅节约能耗,“双碳目标”下,我国各企业及科研院所均在加速对高温超导技术在产业化应用的研究,同时上游的高温超导带材企业正处于加速扩产阶段,成本加速下降,多重因素共同驱动下游高温超导应用迎来向上加速拐点。

图41: 高温超导行业迎来向上加速拐点

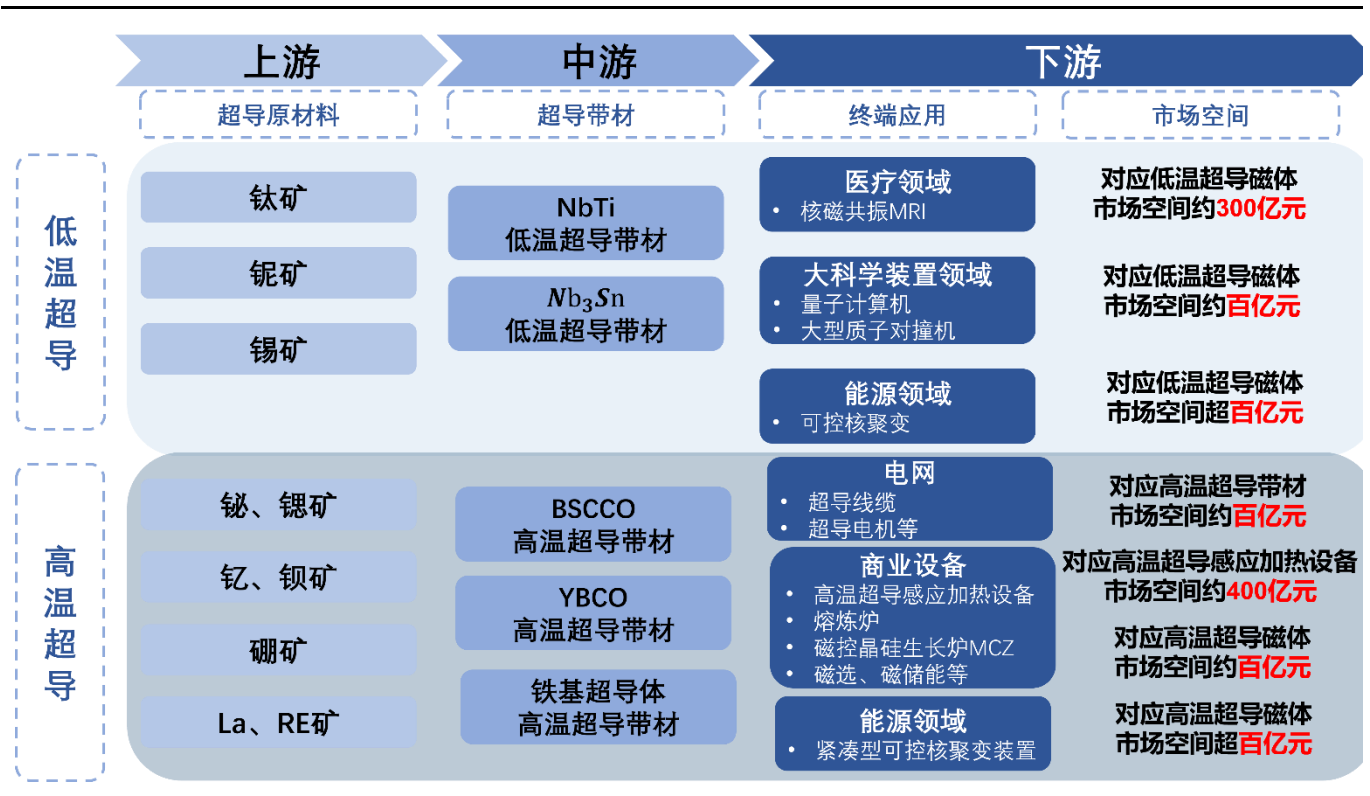


数据来源:《超导技术的应用》, 澎湃新闻, 东吴证券研究所整理

4. 高温超导下游应用壁垒较高，抢先布局企业将充分受益

纵览超导行业，高温超导技术当前商业化应用场景更广，商业化程度更高，下游空间近千亿元。超导行业产业链主要由三部分组成，上游的矿产资源钛矿、铌矿、锡矿、钇钽矿等，中游的超导带材厂商，包括低温超导带材厂商和高温超导带材厂商，下游的超导磁体以及终端设备制造商。当前高温超导技术由于制冷成本相对较低，目前商业化程度相对较高，当前主要应用是电网、高温超导感应加热设备，近两年紧凑型可控核聚变装置的加速建设也对高温超导磁体提出更大需求量。

图42: 超导行业产业链



数据来源：前瞻产业研究院，荣宜电缆，中国科学院，东吴证券研究所整理

高温超导带材行业相对较为成熟，下游应用场景持续扩张驱动上游带材厂商扩产加速。当前全球高温超导带材行业发展较为成熟，国内外涌现出多家高温超导带材厂商，全球高温超导带材厂商主要分为三个梯队，第一梯队厂商有 SuperPower（日本古河的公司）、SuperOx（美资俄罗斯企业）和中国的上海超导，第二梯队厂商由韩国 SuNAM、俄罗斯 Theva 和老牌企业美国超导，第三梯队厂商每年在下游需求驱动下不断涌现出新的企业。核心的高温超导带材厂商近两年也正加速扩产。超导产业链条中，高温超导材料在设备中的成本占比仍处于较高水平，近两年国内高温超导带材生产工艺加速成熟，产能稳健扩张，带材价格正迅速下降，推动高温超导技术商业化应用落地。

图43: 高温超导带材国内外厂商梯队及部分厂商扩产规划



数据来源: Theva, 各公司官网, 东吴证券研究所

高温超导下游应用还处于发展初期，市场正逐步打开，抢先布局企业将充分受益。从整条超导产业链条来看，越往下游走产品研发需要的时间、资金和人才投入越多，技术壁垒越高，抢先布局的企业可以构筑较高的专利壁垒保障自身的行业领先地位。当前国内布局高温超导终端设备的企业主要是联创光电，公司的高温超导感应加热设备已经在市场实现 0-1 突破，收到下游客户正向反馈，市场需求旺盛，目前公司在手订单超 60 台，今年开启规模化批量交付。

图44：超导产业国内布局公司



数据来源：前瞻产业研究院，各公司官网，东吴证券研究所

下游应用的壁垒相对较高，高温超导磁体下游产品试错成本较高，存在较高的资金和技术壁垒。以高温超导设备为例，公司设立专利障碍，加深技术护城河。高温超导加热技术前景广阔，但是相应的进入难度同样很大。联创光电作为全球领先的高温超导感应设备供应商，构建了较高的技术壁垒。已申请获批 43 项授权专利，其中发明专利 17 项，形成了全方位自主性的知识产权体系，并将已获权的中国专利通过 PCT 进入国际专利，扩大保护地域范围。并且由于公司早在 10 年前就开始布局，进行技术团队、生产团队的培养，以及研发过程、关键技术的摸索、试错过程以及研发投入，即使有后来竞争者，也必须付出高额的资金和较长的时间。

表2：高温超导设备的进入壁垒

行业壁垒	内容简介
技术壁垒	拥有大口径磁体线圈的绕制工艺和全球范围内口径最大的传导式制冷高温超导体，拥有在强磁场驱动下的重载和机械传动机制，能解决工件的偏心 and 振动，扭力变化不均匀等问题
专利壁垒	申请获批 43 项授权专利，其中发明专利 17 项，形成了全方位自主性的知识体系，并将已获权的中国专利通过 PCT 进入国际专利，扩大地域范围
资质壁垒	公司在 10 前就开始布局，进行技术团队、生产团队的培养，以及研发过程、关键技术的摸索、试错过程以及研发投入，后来者必须付出大量的时间和资金投入
资金壁垒	高温超导磁体的研发存在较高的试错成本，高温超导感应加热设备的研发投入就高达十几亿元，需要持续的资金投入进行前期实验。

数据来源：公司公告，东吴证券研究所

5. 投资建议

5.1. 联创光电：国内光电器件领军企业，高温超导技术领跑全球

国内光电器件领军企业，聚焦三大主业推进产业优化升级。近年来，背光源和低端线缆业务的市场收窄，业绩不佳，公司正逐步剥离相关资产，将业务中心放在智能控制器、激光产品和高温超导三大业务板块。公司的智能控制器产品从高端家电智能控制器拓展至新能源汽车、工业控制领域的智能控制器、高端光耦等。激光产品系列由公司与中国中物院十所合作成立中久激光经营，公司将中物院十所的先进激光技术科研成果产业化，现已具备国内功率最高的泵浦源和高质量光纤激光器生产能力，目前激光武器“光刃 I”已通过验收，等待列装，“光刃 II”也已临近验收。公司是全球唯一的高温超导感应设备供应商，在该领域构建了极高的技术壁垒，产品目前主要应用于铝、铜等非金属热加工领域，未来将向金属熔炼，晶硅生长炉等领域拓展业务。

图45：联创光电重点业务布局情况



数据来源：联创光电，东吴证券研究所

公司具备全球唯一的兆瓦级感应加热设备生产能力，产品技术遥遥领先。目前全球仅有德国和韩国各有一台工业级超导感应加热装置，分别为 720kW 和 300kW。这些设备的工业生产效率高落后于公司的产品。公司的设备功率是其他产品的 1.5 倍以上；可

加热铝锭的最大直径是韩国设备 1.9 倍，是德国设备的 2.5 倍；可加热锭坯的长度为韩国设备的 2.14 倍，为德国设备的 2.17 倍；产能是韩国设备的 3.9 倍，是德国设备的 2.6 倍。工业生产效率上的巨大差异，保障了公司产品的竞争优势。

图46: 设备在中铝集团东北轻合金产业化中应用



数据来源: 联创光电, 东吴证券研究所

图47: 联创光电高温超导合作客户与科研院所



数据来源: 联创光电, 东吴证券研究所

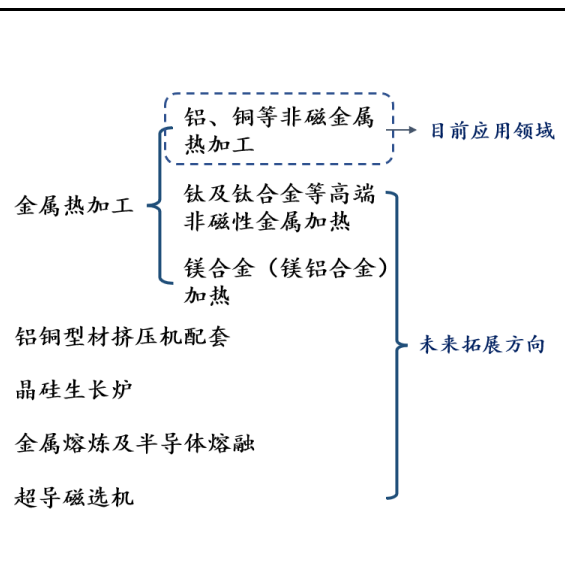
产品矩阵加速完善, 提前布局产能扩张蓄力长期成长, 布局新领域应用研发打开长期成长空间。公司规划布局单工位、双工位、四工位、八工位的超导加热装置。每台设备的使用寿命在 25 年左右, 公司目前销售产品以单工位产品为主, 正重点打磨多工位产品, 提升公司盈利能力。公司目前超导设备产能在 50 台左右。后期公司计划在铝产业集中的区域附近布局超导产业园, 预计在年内完成选址明年开工投建, 最终计划在 2025 年实现年产能 200 台的目标。应用领域方面, 目前主要应用于铝、铜等非磁性金属热加工领域, 积累行业经验后将逐步拓展至铝铜型材挤压机配套、金属熔炼、晶硅生长炉、钛及钛合金等高端非磁性金属加热、镁合金(镁铝合金)加热等领域。

图48: 联创光电不同工位超导加热装置布局规划

参数	额定功率	工件尺寸 (长度)	工件尺寸 (直径)	示例
单工位	500-800kW	600-1500mm	400-680mm	
双工位	800-1500kW	600-1500mm	300-680mm	
四工位	800-1500kW	800-1200mm	300mm	
八工位	800-1500kW	200mm	400-800mm	

数据来源: 联创光电, 东吴证券研究所

图49: 联创光电高温超导技术应用领域规划



数据来源: 联创光电, 东吴证券研究所

5.2. 永鼎股份：深耕光电领域数十年，高温超导发展加速

国内老牌光通信重点企业，业务拓展聚焦光电产业。公司历经数十年发展，产业链不断拓展，目前已形成“光电交融、协同发展”的战略布局。1) **光通信产业**：聚焦“新基建”，提供 5G/固网宽带“双千兆”网络、DCI(数据中心互联)综合解决方案，以及数据收集与信息服务解决方案，未来将持续加大对“光模块、光器件和光芯片”的研发投入，顺应“双千兆”提速与数据中心扩容的发展趋势。2) **电力传输产业**：聚焦“新能源”，重点发展汽车高压线束、海底电缆与超导电力等新能源相关业务，并保持海外工程稳中有进、可持续发展。

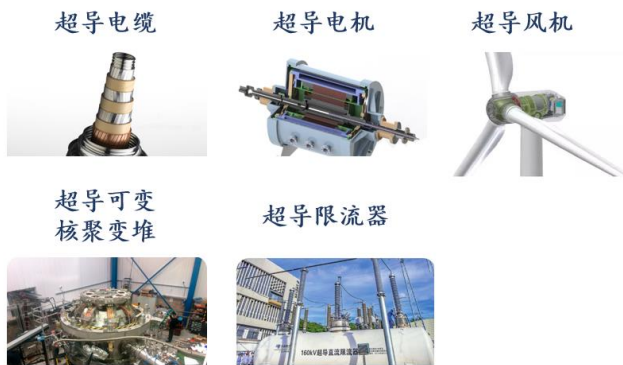
表3: 永鼎股份产品布局情况

	产品分类	应用场景
光通信产业	棒纤缆	主要应用于国家重点工程如：中国电信、中国移动、中国联通、中国广电等投资的通信网络建设，通信设备公司的通信设备，专网市场和海外市场的公路交通、地铁、轻轨、航空等工程项目等
	光芯片、光器件、光模块	骨干网、城域网、接入网、数据网络、广电网、光纤传感等领域
	大数据与网络安全	政务、汽车、航空、物流、教育等行业
电力运输产业	电线电缆	工业控制、汽车及军工领域
	海外电力工程	海外国家电力工程项目
	超导产业	风电、核电、电网、交通、医疗、军事、重大科学工程等领域
	汽车线束	涵盖整车应用，主要包括：车身总成线束、仪表板线束、门控系统线束、安全气囊线束、车顶线束、车前线束、电喷发动机线束、新能源高压线束等多个产品类型。

数据来源：永鼎股份，东吴证券研究所

高温超导发展进入加速期，关键应用领域取得重要进展，公司发展有望再上新台阶。公司积极布局高温超导市场，以业内独有的磁通钉扎技术，不断研制应用于高强磁场工况下的高载流超导带材，积极推进高温超导材料在超导感应加热和可控核聚变堆的应用，产业化发展进入加速期。超导金属感应加热设备方面，已完成大批量特种高场高温超导带材的供货工作；可控核聚变反应堆应用方面，顺利通过前期测试评估工作，获得高温超导带材合同，首批超导带材已完成交货；超导电力方面，与国网合作落地实施的“高温超导直流电缆示范工程”，已完成试验工作。目前公司已和众多科研院所如中科院电工所、702所、核工业585所，以及众多企业如联创光电建立联系，随着产业化应用逐渐落地，公司发展有望再上新台阶。

图50: 超导带材可替代传统铜材的应用产品



数据来源: 永鼎股份, 东吴证券研究所

图51: 高温超导产业化应用进程

应用领域	进展情况
超导金属感应加热设备	已完成大批量特种高场高温超导带材的供货工作。
可控核聚变反应堆	顺利通过前期测试评估工作, 获得高温超导带材合同, 首批超导带材已完成交货。 与国网合作落地实施的“高温超导直流电缆示范工程”, 已完成厂区内收放卷、运输、铺设模拟试验工作。
超导电力	

数据来源: 永鼎股份, 东吴证券研究所

5.3. 西部超导: 高端钛合金行业龙头, 低温超导线材商业化生产企业

高端钛合金行业龙头, 产品谱系全面。公司主要从事高端钛合金材料、高性能高温合金材料和超导材料及其应用的研究、生产和销售, 是目前国内唯一实现超导线材商业化生产的企业, 也是国际上唯一的铌钛铸锭、棒材、超导线材生产及超导磁体制造全流程企业。其中高端钛合金材料包括棒材、丝材等, 超导材料包括铌钛锭棒、铌钛超导线材、铌三锡超导线材和超导磁体等, 高性能高温合金材料, 包括变形高温合金和高温合金母合金等。公司产品以“国际先进、国内空白、解决急需”为定位, 始终服务国家战略, 补上了我国新型战机、大飞机、直升机、航空发动机、舰船制造所需关键材料的“短板”。

图52: 西部超导产品概况

主要业务	主要产品	主要用途	代表客户
高端钛合金材料	<ul style="list-style-type: none"> 棒材 丝材 锻坯 	飞机结构件、航空发动机和燃气轮机部件、舰船、兵器、航空航天紧固件、航空用焊丝	CSIC, AVIC
超导产品	<ul style="list-style-type: none"> NbTi 锭棒 NbTi、Nb₃Sn 超导线 超导磁体 	磁共振成像仪、核磁共振谱仪、磁控直拉单晶硅、加速器、磁悬浮、核聚变、核聚变、国防军工、磁控直拉单晶硅等	GE, SIEMENS
高性能高温合金材料	变形高温合金、铸造和粉末高温合金母合金等	航空发动机和燃气轮机部件、核电设备	军工相关客户

数据来源: 西部超导, 东吴证券研究所

低温超导线材商业化生产企业, 研究成果丰富, 构筑核心竞争力。公司自主开发全套低温超导产品的生产技术, 业务涉及 NbTi 锭棒和线材、Nb₃Sn 线材(包括“青铜法”和“内锡法”)和超导磁体的生产, 是全球唯一的铌钛(NbTi)锭棒、超导线材、超导磁

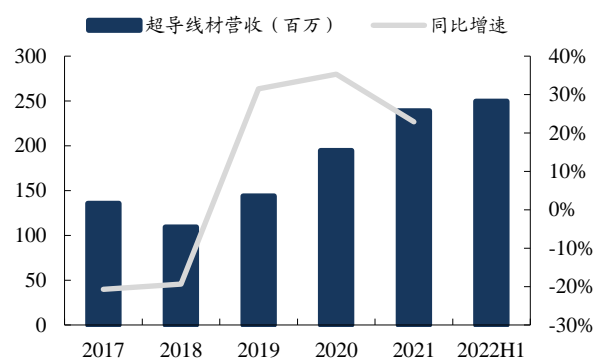
体的全流程生产企业。在高温超导材料方面，专注 Bi 系和 MgB₂ 的研发和产业化，已掌握核心制备技术；重点发展 20T 以上全超导磁体、高性能核磁共振 MRI/NMR 用超导线材、低成本千米级高温超导涂层导体织构化基带及功能层沉积技术、高性能 Bi 系和铁基超导线材制备技术。公司的超导线材目前主要应用于磁约束核聚变、人体核磁共振成像仪（MRI）、核磁共振谱仪（NMR）、磁控直拉单晶硅（MCZ）磁体等领域，未来有望拓展至核聚变工程堆、大科学工程、半导体、高速磁悬浮列车、新概念武器装备等领域，发展前景广阔。

图53: 低温超导产业链相关的企业业务布局

公司名称	NbTi		Nb ₃ Sn		超导磁体	超导设备	
	锭棒	线材	青铜法	内锡法		MRI	NMR
西部超导	●	●	●	●	●		
宁波健信					●	●	
潍坊新力					●		
成都奥泰					●	●	
苏州安科						●	
东软医疗						●	
上海联影						●	
鑫高益						●	
美国 ATI	●						
英国 Oxford		●	●	●	●		
德国 Bruker		●	●	●	●		●
英国 Luvata		●	●	●			
日本 JASTEC		●	●		●		
美国 GE					●	●	
德国 Siemens					●	●	
荷兰 Philips					●	●	
日本 JEOL							●
美国 Varian							●

数据来源：西部超导，东吴证券研究所

图54: 西部超导超导线材营收及同比增速



数据来源：wind，东吴证券研究所

6. 风险提示

- 1) 高温超导带材厂商扩产速度不及预期:** 高温超导下游应用依赖于对超导带材的采购，带材的产能及价格很大程度上影响下游设备的价格和出货量，如果国内高温超导带材厂商产能扩产速度较慢，将在一定程度上影响高温超导技术的产业化落地。
- 2) 高温超导技术商业化应用拓展不及预期:** 当前商业化应用落地的高温超导感应加热设备仍处于市场拓展阶段，若产品交付量及客户反馈不及预期，可能会对后续高温超导技术的其他产品市场拓展造成一定阻力。
- 3) 高温超导新应用技术研发进展不及预期:** 当前高温超导技术在很多新领域的应用正处于研发阶段，如果研发进展不及预期，将影响高温超导技术的进一步商业化落地及后续的市场空间。

免责声明

东吴证券股份有限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。

本研究报告仅供东吴证券股份有限公司(以下简称“本公司”)的客户使用。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，本公司不对任何人因使用本报告中的内容所导致的损失负任何责任。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。如引用、刊发、转载，需征得东吴证券研究所同意，并注明出处为东吴证券研究所，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。

东吴证券投资评级标准:

公司投资评级:

- 买入: 预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘在 15% 以上;
- 增持: 预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘介于 5% 与 15% 之间;
- 中性: 预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘介于 -5% 与 5% 之间;
- 减持: 预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘介于 -15% 与 -5% 之间;
- 卖出: 预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘在 -15% 以下。

行业投资评级:

- 增持: 预期未来 6 个月内，行业指数相对强于大盘 5% 以上;
- 中性: 预期未来 6 个月内，行业指数相对大盘 -5% 与 5%;
- 减持: 预期未来 6 个月内，行业指数相对弱于大盘 5% 以上。

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>

