

## 高温超导技术梳理及未来应用展望

2023年05月07日

➤ **本周关注：华中数控、精测电子、卓然股份、瑞晨环保**

➤ **超导材料具备零电阻、完全抗磁性、量子隧穿效应性质。**超导现象是物质的电阻在某一低温下变为零的现象，最早于1911年由荷兰科学家昂内斯发现。超导具有3个临界值，即临界温度 $T_c$ 、临界电流 $I_c$ 和临界磁场 $H_c$ 。三者之间相互制约并形成临界值曲面，只有当温度、电流和磁场在临界值曲面上或内部时，物质才会进入超导态，拥有零电阻、完全抗磁性、量子隧穿效应等特性。低温超导是指在非常低的温度下（通常是液氮沸点以下，即 $-269^{\circ}\text{C}$ ），超导材料表现出零电阻的现象，低温超导材料主要有NbTi和Nb<sub>3</sub>Sn材料等。高温超导是指在较高的温度下（通常是液氮沸点以下，即 $-196^{\circ}\text{C}$ ），超导材料表现出零电阻的现象，高温超导材料主要有Bi-Sr-Ca-Cu-O (BSCCO) 和Y-Ba-Cu-O (YBCO) 材料、MgB<sub>2</sub> 超导材料、铁基超导材料等。

➤ **高温超导具有使用成本低、应用限制少两大优势。**高温超导材料的工作温度更高，可以使用更便宜、更容易获得的冷却剂，因此具有更广泛的应用前景。这些材料不仅比早期的超导材料工作温度高很多，而且在常压下也能实现超导。目前高温超导的代表性材料主要是BSCCO和ReBCO，其临界温度都在液氮温区（77 K）以上。BSCCO超导带材的研发和产业化进程早于ReBCO，因此被称为第一代高温超导带材，后者被称为第二代高温超导带材。相比于低温超导，高温超导可以工作在更高的温区，有更高的热惯性，因此鲁棒性更强，可以将其应用在更为复杂恶劣的环境中，这大大拓展了超导技术的应用范围。此外铁基超导体具备良好的金属性、高 $T_c$ 、极高的上临界磁场、较小的各向异性、且可采用低成本PIT法制备；MgB<sub>2</sub>超导体结构简单，制备成本低，可承载电流高，各向异性也比Bi系和Y系小得多，相关长度较大，不需要高度织构，可采用低成本的PIT工艺制备。

➤ **高温超导应用领域广泛，市场潜力较大。**超导在实际应用中，超导体被制成线材或带材使用。第二代(2G HTS) 稀土系线材采用外延法生长超导薄膜制备，工艺较复杂，但银的用量少成本低，且具有更高的载流能力和良好的机械性能，在磁场中特性几乎不变，电流密度高，交流损耗小，是实用的高温超导线材中性能最高、商业化前景最好的材料。目前，在第二代高温超导线材的研究和应用上持续投入大量时间和经费，并将其作为下一代能源、交通和医疗等领域的关键支撑技术。其重点应用包括感应加热、磁约束可控核聚变、超导储能、超导电缆、核磁共振成像、超导磁悬浮、超导电机、粒子加速器等。如高温超导感应加热与传统交流感应加热比较具备效率高、加热质量高、可加热各种有色金属材料、安装维护简单便捷等优势；超导磁储能系统将电磁能存储在超导储能线圈中，具有反应速度快、转换效率高、快速进行功率补偿等优点，在提高电能品质、改善供电可靠性及提高大电网的动态稳定性方面具有重要价值；高温超导电缆因采用了无电阻、高流通密度的超导材料作为导体，能够进行大容量输电同时降低损耗等。

➤ **投资建议：**建议关注高温超导产业链公司：永鼎股份/联创光电/国光电气等。

➤ **风险提示：**1) 高温超导带材规模化及降本不及预期风险；2) 高温超导商业化应用进展不及预期。

推荐

维持评级



**分析师 李哲**

执业证书：S0100521110006

电话：13681805643

邮箱：lizhe\_yj@mszq.com

**分析师 占豪**

执业证书：S0100522090007

电话：15216676817

邮箱：zhanhao@mszq.com

### 相关研究

- 1.一周解一惑系列：光刻机各环节国产化情况-2023/04/24
- 2.一周解一惑系列：核电设备中“低国产化”的核心环节替代机会-2023/04/16
- 3.一周解一惑系列：石化设备及产业链梳理-2023/04/10
- 4.钙钛矿设备行业深度报告：光伏 0-1 的颠覆性技术，设备跨界+多工艺并存-2023/04/06
- 5.一周解一惑系列：涂布机及涂布模头应用场景及市场空间展望-2023/04/02

# 目录

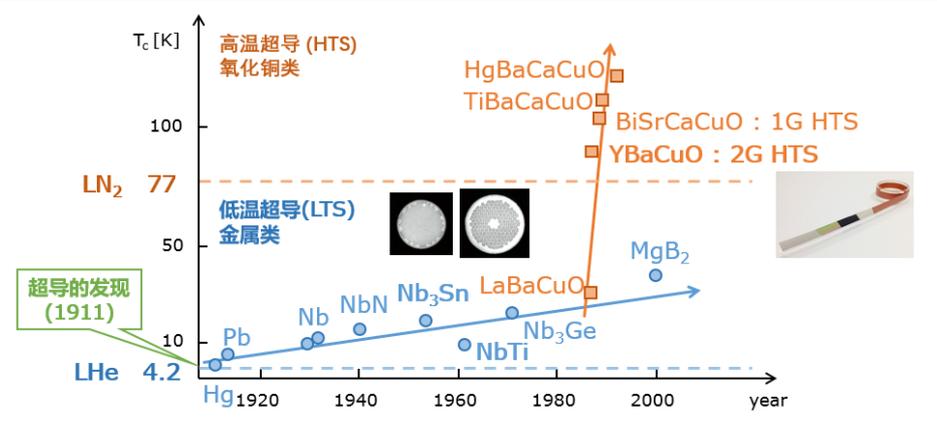
<b>1 什么是高温超导</b> .....	<b>3</b>
1.1 超导现象与超导材料特性 .....	3
1.2 低温、高温超导及对比 .....	4
<b>2 高温超导应用领域广泛，市场潜力较大</b> .....	<b>10</b>
2.1 超导产业链 .....	10
2.2 高温超导应用领域广泛，存在较大市场空间 .....	11
<b>3 相关标的</b> .....	<b>21</b>
3.1 永鼎股份 .....	21
3.2 联创光电 .....	23
3.3 西部超导 .....	24
3.4 其他企业 .....	26
<b>4 风险提示</b> .....	<b>27</b>
<b>插图目录</b> .....	<b>28</b>
<b>表格目录</b> .....	<b>28</b>

# 1 什么是高温超导

## 1.1 超导现象与超导材料特性

**超导：**是物质的电阻在某一低温下变为零的现象，最早于 1911 年由荷兰科学家昂内斯发现。由于低温超导材料对液氮工作环境的硬性要求，搭建冷却系统所需成本较高，低温超导材料应用及发展受到一定限制。直到 1986 年高温超导材料的突破性发现，可用液氮代替液氦搭建其工作环境，冷却系统成本大幅降低，超导材料得以迅速发展应用。目前，高温超导材料已在科研、电力、医疗、交通等方面得到应用。

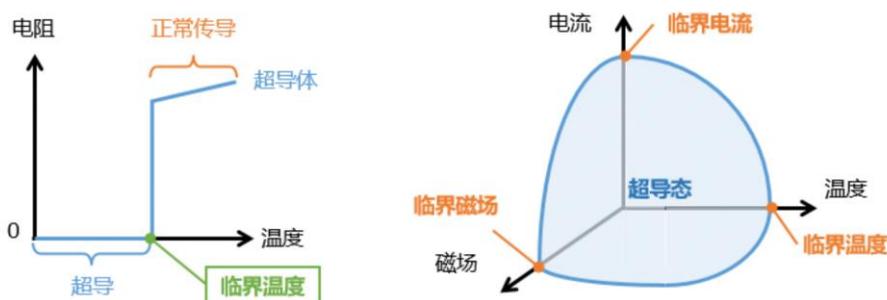
图1：超导材料的发展历程



资料来源：凌云光子，民生证券研究院

超导具有 3 个临界值，即临界温度  $T_c$ 、临界电流  $I_c$  和临界磁场  $H_c$ 。三者之间相互制约并形成临界值曲面，只有当温度、电流和磁场在临界值曲面上或内部时，物质才会进入超导态，拥有零电阻特性。

图2：超导现象及超导临界值



资料来源：凌云光子，民生证券研究院

**超导材料具有零电阻、完全抗磁性、量子隧穿效应性质：**超导材料又称为超导体，是在某一温度下电阻为零的导体。而超导材料不仅具有零电阻的特性，还

可以完全抗磁性。因此超导材料在传输过程中几乎没有能量耗损，还能在每平方厘米上承载更强的电流。在超导材料中，电子之间存在一种相互作用，使得它们能够以成对的方式运动，这些成对的电子被称为“库珀对”。超导材料被冷却到低温时，库珀对开始形成，并在材料中不受阻碍地移动，从而导致电阻为零。

表1：超导材料性质

性质	描述	示意图
零电阻	当温度降至临界温度 $T_c$ 以下时，其电阻变为零。超导材料的零电阻特性可以用来输电和制造大型磁体。	<p>超导材料的零电阻现象</p>
完全抗磁性	将超导体置于外磁场中时，超导体表现出完全抗磁性，即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，人们将此现象称为“迈斯纳效应”。	<p>超导材料的完全抗磁性</p>
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，这一现象被称为“约瑟夫森效应”。	<p>超导材料的量子隧穿效应</p>

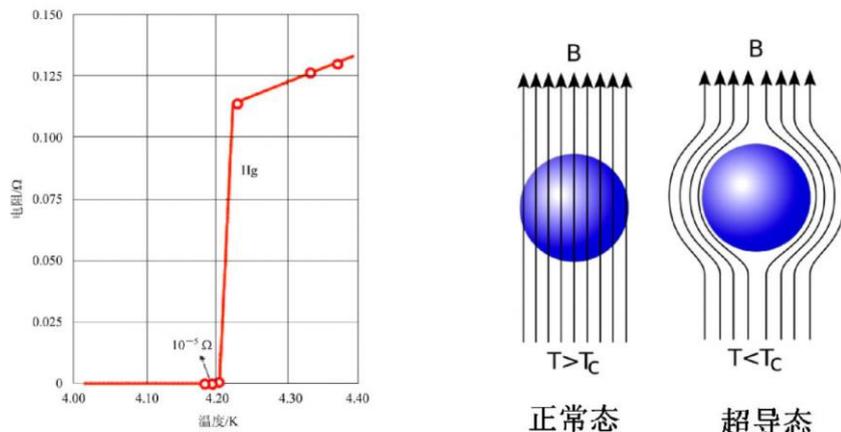
资料来源：西部超导招股说明书，民生证券研究院

## 1.2 低温、高温超导及对比

**低温超导：**低温超导是指在非常低的温度下（通常是液氮沸点以下，即  $-269^{\circ}\text{C}$ ），超导材料表现出零电阻的现象。这种超导现象最早于 1911 年被发现汞在冷却到接近绝对零度 ( $-273^{\circ}\text{C}$ ) 时，发现汞的电阻消失了。此后，其他金属如铅、铝等也被发现具有低温超导性质。虽然低温超导技术已经应用于许多领域，包括磁共振成像、粒子加速器、磁悬浮列车等，但其限制因素是需要使用昂贵的冷却

剂，这限制了其在实际应用中的推广。

图3：汞冷却到 4.2K 以下零电阻及完全抗磁性现象

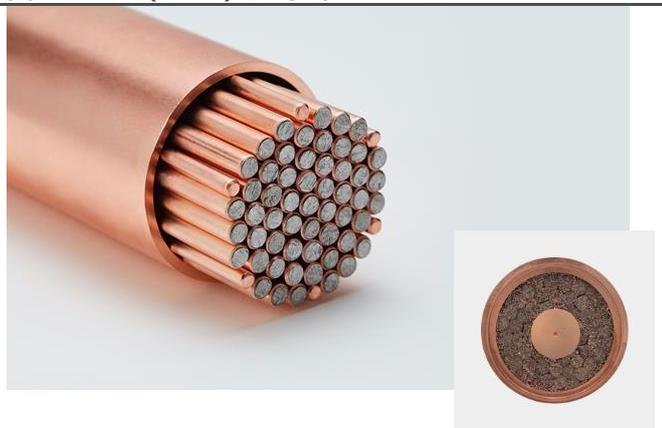


资料来源：科学网，民生证券研究院

低温超导材料主要有 NbTi 和 Nb<sub>3</sub>Sn 材料等。低温超导材料是具有低临界转变温度(T<sub>c</sub><30K)，在液氦温度条件下工作的超导材料。分为金属、合金和化合物。低温超导材料在批量化加工技术、成本、使用稳定性方面的优势无可替代。

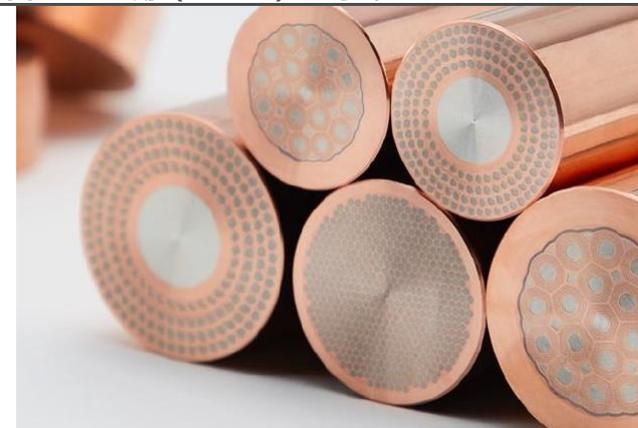
低温超导线圈主要是指用低温超导材料绕制而成的超导线圈，其通常采用液氦制冷，工作温区在 4.2 K 及以下。低温超导的代表性材料是铌钛 (NbTi) 和铌三锡 (Nb<sub>3</sub>Sn)。其中 NbTi 超导体临界温度在 10 K 左右。NbTi 超导体具有良好延展性、较高的强度、高临界电流密度和相对低的造价；Nb<sub>3</sub>Sn 的临界温度相对较高，在 18 K 左右。Nb<sub>3</sub>Sn 材料本身具有脆性，力学加工性能较差，临界电流对应变比较敏感，且制造困难、造价相对较高。相比于 NbTi，Nb<sub>3</sub>Sn 的主要优势是有比较高的临界磁场，4.2 K 下其临界磁场可达 20 T，而 NbTi 的临界磁场仅 12 T (4.2 K)。

图4：铌钛 (NbTi) 超导线



资料来源：曦合超导，民生证券研究院

图5：铌三锡 (Nb<sub>3</sub>Sn) 超导线

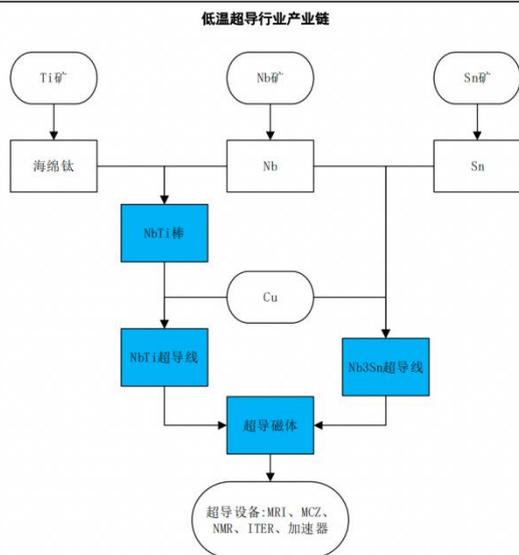


资料来源：曦合超导，民生证券研究院

低温超导行业产业链主要包括上游原材料、超导线材、超导磁体、超导设备

四个环节，其中 NbTi 线材的上游还包括 NbTi 棒材环节，由于 Nb 和 Ti 的熔点相差较大，且 NbTi 合金中 Nb 的含量较多，如果控制不好熔炼技术，易产生不熔块，导致后续细芯丝 NbTi 线加工中断线，因此 NbTi 二元合金棒的制备非常困难。

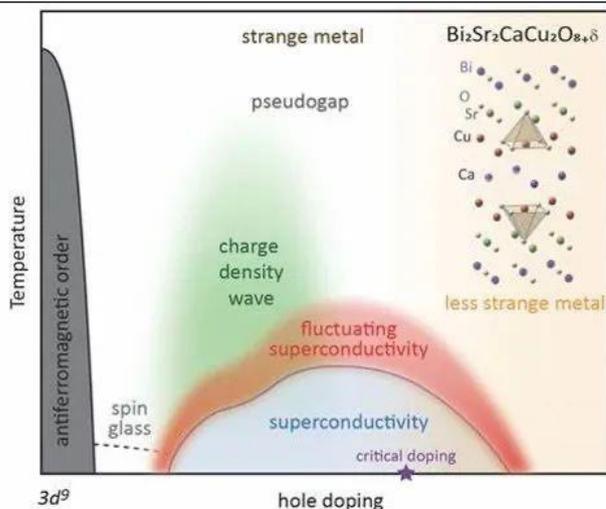
图6：低温超导行业产业链



资料来源：西部超导招股说明书，民生证券研究院

**高温超导：**高温超导是指在较高的温度下（通常是液氮沸点以下，即-196°C），超导材料表现出零电阻的现象。高温超导材料的工作温度更高，可以使用更便宜、更容易获得的冷却剂，因此具有更广泛的应用前景。这些材料不仅比早期的超导材料工作温度高很多，而且在常压下也能实现超导。虽然目前已经发现了很多种高温超导材料，但其超导机理仍然没有被完全理解。

图7：铜基超导相图



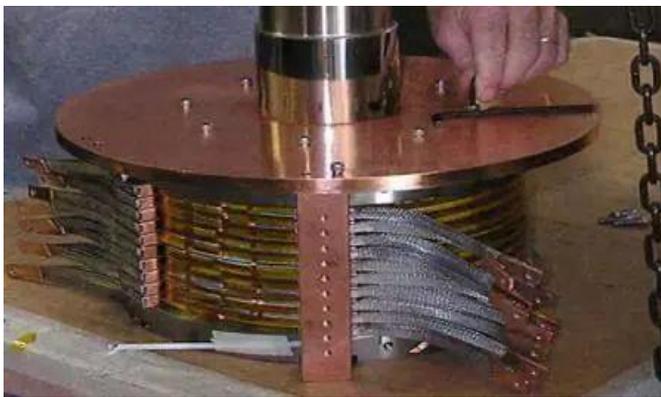
资料来源：量子材料 QuantumMaterials，民生证券研究院

**高温超导较低温超导具备更优性能。**高温超导材料主要有 Bi-Sr-Ca-Cu-O

(BSCCO) 和 Y-Ba-Cu-O (YBCO) 材料、MgB<sub>2</sub> 超导材料、铁基超导材料等。高温超导体材料(HTS)具有超导电性和抗磁性两个重要特性。要让超导体得到现实的应用，首先要有容易找到的超导材料。即主要研究方向就是寻找能在较高温度下存在的超导体材料。

目前高温超导的代表性材料主要是 BSCCO 和 ReBCO，其临界温度都在液氮温区 (77 K) 以上。BSCCO 超导带材的研发和产业化进程早于 ReBCO，因此被称为第一代高温超导带材，后者被称为第二代高温超导带材。相比于低温超导，高温超导可以工作在更高的温区，有更高的热惯性，因此鲁棒性更强，可以将其应用在更为复杂恶劣的环境中，这大大拓展了超导技术的应用范围。

图8：高温超导材料-BSCCO



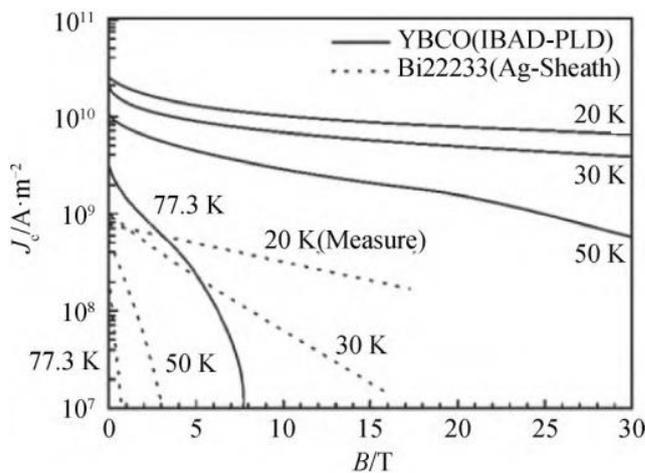
资料来源：曦合超导，民生证券研究院

图9：高温超导材料-ReBCO



资料来源：曦合超导，民生证券研究院

图10：高温超导带材临界电流密度  $J_c$  随磁场  $B$  变化

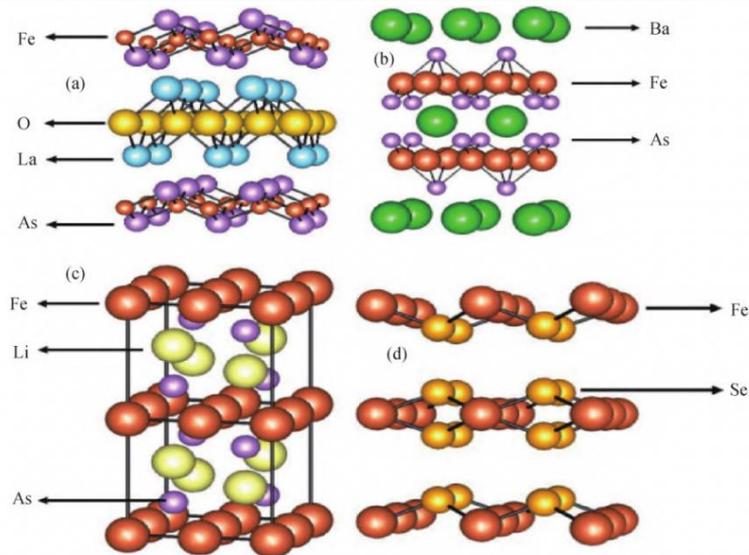


资料来源：《高温超导材料研究进展》，民生证券研究院

铁基超导体的晶体结构主要分为基于 FeAs 的“1111”体系、“122”体系、“111”体系和“11”体系，分别对应图中(a)、(b)、(c)、(d)，相较于铜氧化物

超导体，铁基超导材料因其良好的金属性、高  $T_c$ 、极高的上临界磁场、较小的各向异性、且可采用低成本 PIT 法制备等备受科学家青睐。

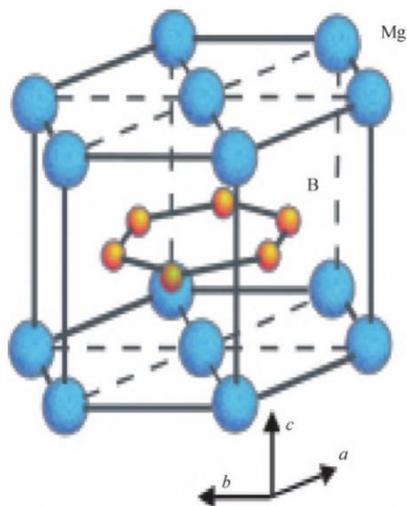
图11：铁基超导体的晶体结构类型



资料来源：《高温超导材料研究进展》，民生证券研究院

**MgB<sub>2</sub> 超导体**：MgB<sub>2</sub> 在 20 世纪 50 年代初首次合成，直到 2001 年发现 MgB<sub>2</sub> 的  $T_c$  为 39 K，表明 MgB<sub>2</sub> 具有超导性质，突破了 BCS 理论的极限。MgB<sub>2</sub> 是具有六方型晶体结构的金属间化合物，其结构简单，制备成本低，可承载电流高，各向异性也比 Bi 系和 Y 系小得多，相关长度较大，不需要高度织构，可采用低成本的 PIT 工艺制备。

图12：MgB<sub>2</sub> 结构图



资料来源：《高温超导材料研究进展》，民生证券研究院

**高温超导具有使用成本低、应用限制少两大优势。**低温超导材料临界温度均小于 25K，需要在造价高昂的液氦(4.2K)环境下工作，而高温超导体可在极为廉

价的液氮环境下工作；目前应用较广的高温超导材料 YBCO 对临界电流密度、临界磁场强度的要求相比主流低温超导材料更低，应用场景更为广泛。

表2：高温超导与低温超导比较

	临界温度	主要材料	制冷材料	下游应用场景
低温超导	25K	NbTi、Nb <sub>3</sub> Sn、Nb <sub>3</sub> Al 等	液氦	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	90K-110K	铋系(BSCCO, 第一代高温超导材料)	液氮 (造价较低)	电力电缆、磁悬浮、超导变压器、直流感应加热、大型加速器、可控核聚变用超导磁体 有望用于超导储能系统、核磁共振谱仪、下一代高能物理加速器
	90K	钇系(YBCO, 第二代高温超导材料)		
	55K	铁基超导体		

资料来源：《超导材料及其应用现状与发展前景》，民生证券研究院整理

## 2 高温超导应用领域广泛，市场潜力较大

### 2.1 超导产业链

超导材料产业链上游为矿资源，如钷、钷、铋、锶、硼等金属；中游是超导材料，如 YBCO、BSCCO 和 MgB<sub>2</sub> 等；下游是超导应用产品，如超导电缆、超导限流器、超导滤波、超导储能以及超导发电机等。

图13：超导产业链



资料来源：前瞻经济学人，民生证券研究院

整体而言，我国在超导材料领域的研究进展基本与国际同步。其中，低温超导材料、超导电子学应用以及超导电工学应用领域研究已达到或接近国际先进水平。我国 NbTi 线材性能和性价比已优于发达国家，Nb<sub>3</sub>Sn 线材综合水平与发达国家相当。

图14：我国超导产业发展历程

#### 实用化低温超导材料方面

经过十余年的努力，我国高性能NbTi和Nb<sub>3</sub>Sn超导线材制备技术取得重大突破，线材综合性能指标(临界电流、磁滞损耗和剩余电阻率)及性能稳定性达到国际领先水平。目前超导MRI正在向高磁场、短腔和开放型发展；超导NMR正在向面向大分子分析用1GHz以上高频设备商品化发展，因此对超导材料的均匀性和载流性能提出了更高要求，低温超导材料产业需要进行升级。

#### 实用化高温超导材料方面

目前高温超导材料在材料基础研究和工艺研究方面都有长足进展，材料性能已基本满足应用需求，国际上该领域发展重点是低成本、大规模的批量制备技术。我国高温超导材料大规模应用的瓶颈问题是材料价格过高，需要进一步提高技术成熟度、提升产业化能力，并改善材料综合性能，从而提高材料性价比。

#### 超导磁体方面

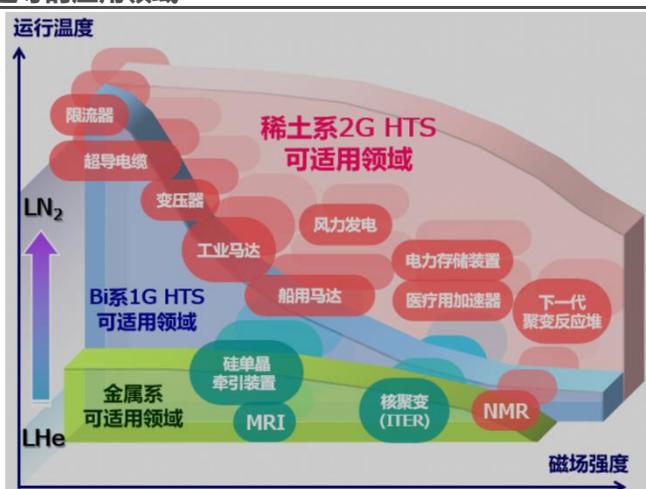
目前国际上超导磁体发展重点是高磁场水平、低使用成本的制造技术，我国在超导磁体技术方面已基本与国际同步。近年来，我国相关应用领域对超导磁体领域已形成明确市场需求

资料来源：前瞻经济学人，民生证券研究院

## 2.2 高温超导应用领域广泛，存在较大市场空间

在实际应用中，超导体被制成线材或带材使用。高温超导线材分为铋系的第一代(1G HTS)线材和稀土系的第二代(2G HTS)线材。前者使用银套管法制备，工艺成熟且具有较好的弯曲特性，但需要使用大量的贵金属银，成本较高；后者采用外延法生长超导薄膜制备，工艺较复杂，但银的用量少成本低，且具有更高的载流能力和良好的机械性能，在磁场中特性几乎不变，电流密度高，交流损耗小，是实用的高温超导线材中性能最高，商业化前景最好的材料。

图15：高温超导的应用领域



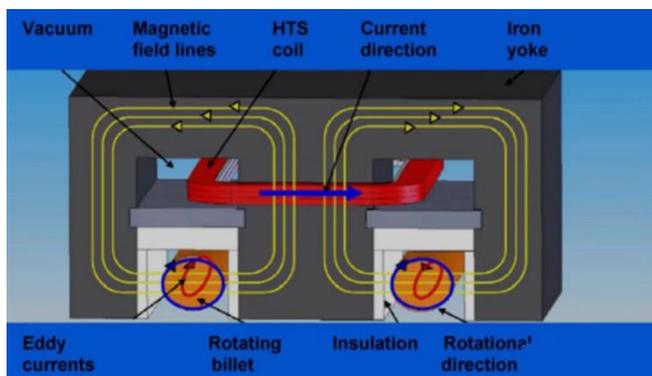
资料来源：凌云光子，民生证券研究院

目前，在第二代高温超导线材的研究和应用上持续投入大量时间和经费，并将其作为下一代能源、交通和医疗等领域的关键支撑技术。其重点应用包括感应加热、磁约束可控核聚变、超导储能、超导电缆、核磁共振成像、超导磁悬浮、超导电机、粒子加速器等。

### 1) 高温超导感应加热技术

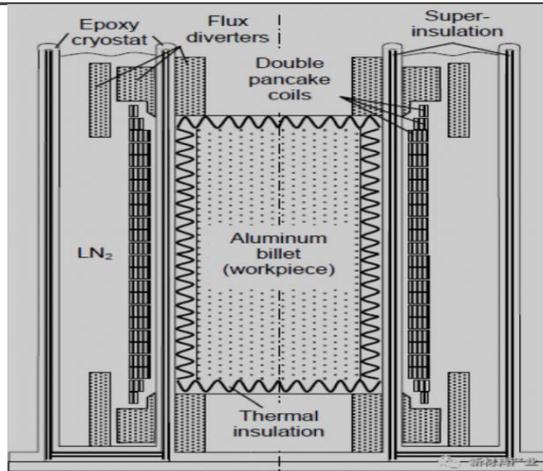
高温超导感应加热通常是采用如钇钡铜氧 (YBCO) 等高温超导带材绕制的超导磁体在铁芯中产生背景磁场，由机械传动系统带动如铝锭等金属工件在磁场中旋转，工件切割磁力线形成涡流并产生焦耳热，实现对工件的热处理。

图16: 高温超导感应加热原理图



资料来源: 新材料产业, 民生证券研究院

图17: 超导感应加热装置示意图



资料来源: 新材料产业, 民生证券研究院

超导感应加热技术利用超导材料在临界低温下呈现零电阻的特性, 建立直流磁场约 0.5~1T, 铝锭在直流磁场中通过驱动电机带动旋转, 切割磁力线, 产生感应电流, 加热铝锭。加热的基本原理与传统感应加热相同, 都是法拉第电磁感应定律、涡流效应与焦耳定律。

高温超导感应加热与传统交流感应加热比较具备效率高、加热质量高、可加热各种有色金属材料、安装维护简单便捷等优势。

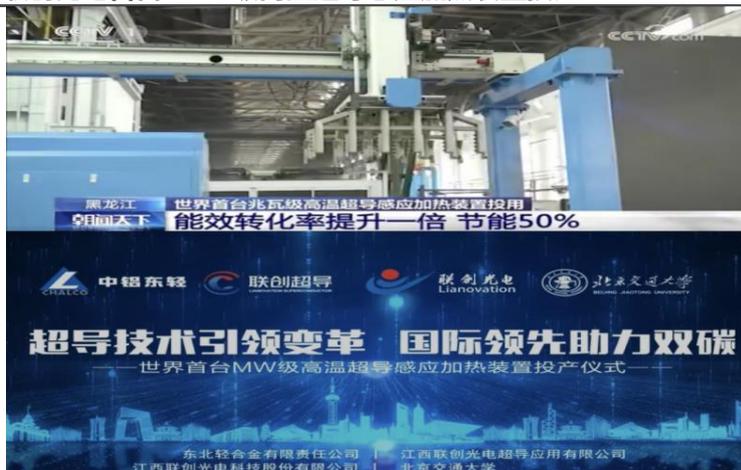
表3: 超导感应加热与传统交流感应加热的性能对比

性能参数	高温超导感应加热	传统交流感应加热
加热频率/Hz	4~12 (240~720 rpm)	大于 50
电流穿透深度/mm	50	15
加热效率/%	80~85	40~45
能耗/ (kWh/t)	140	280 (含冷却)
芯表温差/°C	±5	±20
加热工艺	可双根加热	可双根加热
无功补偿	不需要	需要
电力谐波污染	无	严重
适合铝锭挤压场景	大于 36 MN 热挤压机	大于 36 MN 热挤压机

资料来源: 新材料产业, 民生证券研究院整理

2023 年 4 月 20 日, 联创光电世界首台兆瓦级高温超导感应加热装置投产仪式完美落幕, 由联创超导自主研发的全球首台 MW 级高温超导感应加热装置的竣工投产, 标志着我国超导热加工技术率先在全球实现了重大突破, 在金属热加工行业实现了颠覆性替代应用, 将助力我国更快实现“双碳”目标, 突破国产高性能金属材料的“卡脖子”问题。

图18: 联创光电首台 MW 级高温超导感应加热装置投产



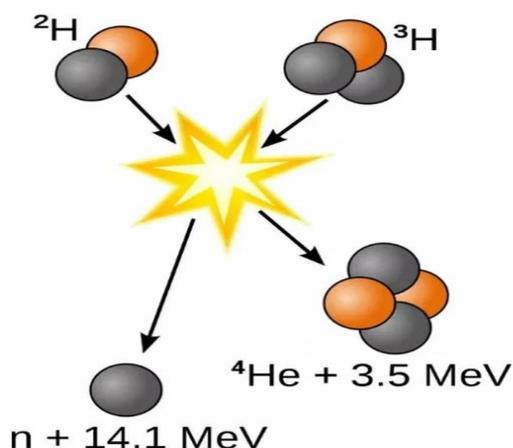
资料来源: 联创光电, 民生证券研究院

## 2) 磁约束可控核聚变

核聚变是结合原子核以产生能量的过程，其释放的能量是裂变的数倍，并且不会产生长期的放射性废物。聚变核电站的运行方式与裂变核电站类似，利用原子反应产生的热量来加热水、产生蒸汽、驱动涡轮机和发电，但要在聚变反应堆中创造发电条件，同时满足能量消耗低于能量生成，一直是个难以克服的挑战。

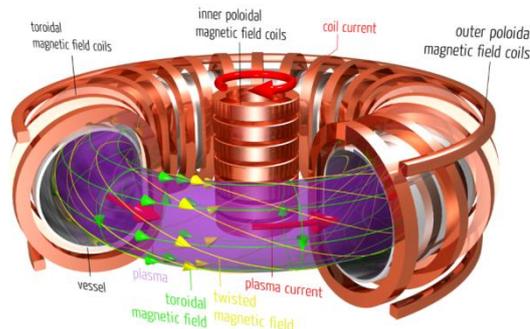
核聚变的一个技术路线是磁约束聚变，也称为“托卡马克核聚变”。磁约束核聚变，就是用特殊形态的磁场把氘、氚等轻原子核和自由电子组成的、处于热核反应状态的超高温等离子体约束在有限的体积内，使它受控制地发生大量的原子核聚变反应，释放出能量。

图19: 氘 - 氚核聚变反应产生氦与中子并释放核能



资料来源: 凌云光子, 民生证券研究院

图20: 托卡马克装置

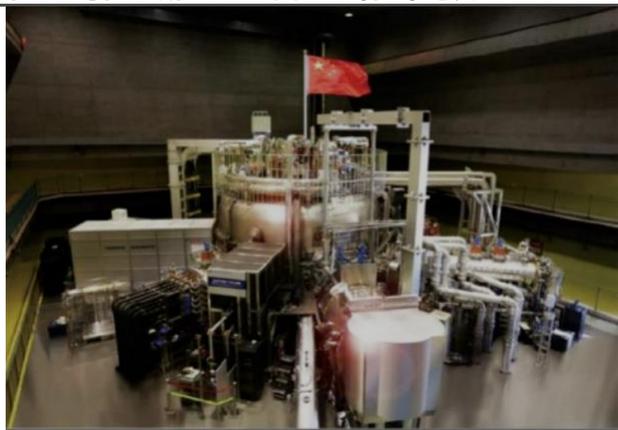


资料来源: 高端装备产业研究中心, 民生证券研究院

磁约束核聚变使用磁场将氘氚等离子体约束在磁场中，并加热到上亿摄氏度，使之发生聚变反应，最常用的约束磁场是托卡马克环，由极向磁场和环向磁场组成，用于约束和加热等离子体。国内主要是等离子体所（合肥）和中核的西南物理研究院（585，成都）在做大型托卡马克装置。等离子体所（合肥）一代先进

装置 HT-7，前身是苏联在七十年代投入使用的超导托卡马克 T-7，在升级改造数年后于 1995 年投入使用。二代先进装置 EAST，在 HT-7 的基础之上设计建造而成。西南物理研究院（成都）早期装置 HL-1M 一代先进装置 HL-2A，前身是德国的装置 ASDEX，2002 年投入使用，二代先进装置 HL-2M。

图21：等离子所 EAST 东方超环托卡马克



资料来源：《东方超环托卡马克》，民生证券研究院

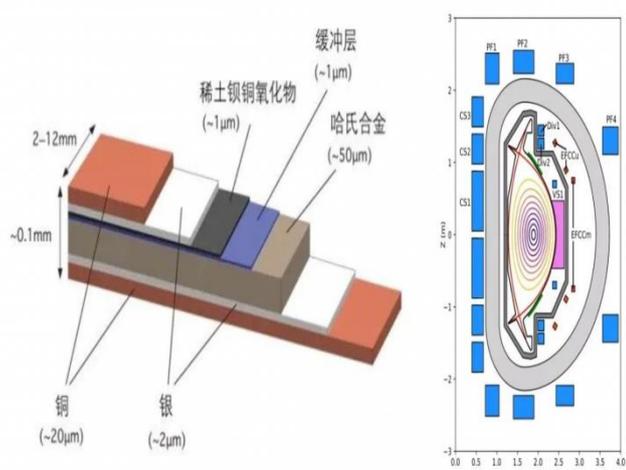
图22：西南物理研究所托卡马克



资料来源：科技日报，民生证券研究院

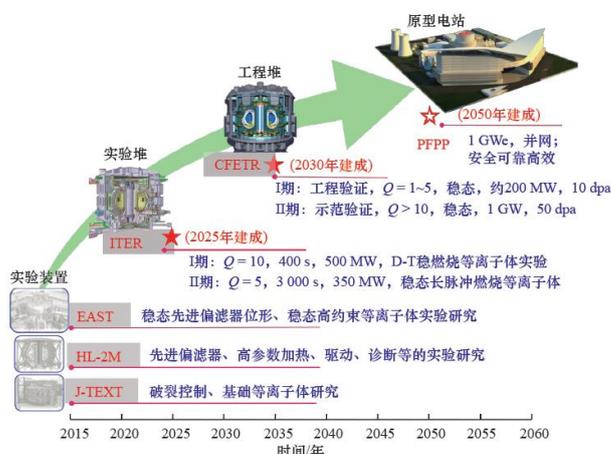
氘-氚核聚变的能量密度是铀 235 裂变能的 100 倍，可从海水中提取，燃料来源广泛，且核反应过程中几乎没有核辐射，核废料也几乎没有放射性，反应好控制，只要断电就可以终止，避免发生核事故。高性能的超导材料可助力其获得更强的磁场，减小装置体积，加速商业核聚变系统开发。中国核聚变发电的发展路线应该是明确的即：全超导托克马克。为了开展我国磁约束聚变堆总体设计研究，中国聚变工程试验堆 CFETR 项目应运而生，它是聚变堆发电从实验堆过渡到原型电站不可或缺的工程堆。

图23：高温超导线材与 SPARC 装置(蓝色部分为超导线圈)



资料来源：凌云光子，民生证券研究院

图24：我国磁约束聚变发展路线图



资料来源：高端装备产业研究中心，民生证券研究院

近年来，私人投资者已向聚变初创企业投入大量资金，且集中在小型的商用托卡马克，因为应对气候变化的紧迫性日益增加，这使得清洁能源解决方案特别

具有吸引力。

表4：聚变初创企业的融资轮次及融资金额

年份	公司	所属国家	融资轮次	融资金额
2020年	TAE(Tri Alpha Energy)	美国	战略投资	1.3 亿美元
2020年	Tokamak Energy	英国	B 轮	6700 万英镑
2021年	CFS(Commonwealth Fusion Systems)	美国	B 轮	18 亿美元
2021年	General Fusion	美国/加拿大	E 轮	1.3 亿美元
2021年	Helion Energy	美国	E 轮	5 亿美元
2021年	Zap Energy	美国	B 轮	2750 万美元
2022年	First Light Fusion	英国	C 轮	4500 万美元
2022年	EX-Fusion Inc	日本	种子轮	1.3 亿日元
2022年	Kyoto Fusioneering	日本	B 轮	1860 万美元
2022年	HB11 Energy	澳大利亚	战略投资	1580 万美元
2022年	能量奇点	中国	天使轮	4 亿元人民币
2022年	星环聚能	中国	天使轮	数亿元人民币

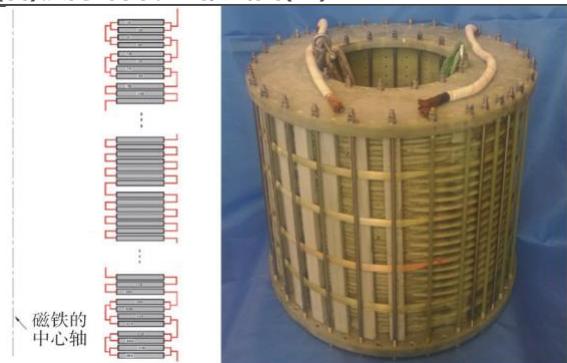
资料来源：骧子科技，民生证券研究院整理

### 3) 超导储能

超导磁储能系统将电磁能存储在超导储能线圈中，具有反应速度快、转换效率高、快速进行功率补偿等优点，在提高电能品质、改善供电可靠性及提高大电网的动态稳定性方面具有重要价值。目前，用于电网的储能方式主要有 6 种：抽水储能、压缩空气储能、飞轮储能、超导磁储能(SMES)、超级电容器储能和电池储能。SMES 利用超导线圈产生的磁场来进行能量的储存，需要时可将电磁能返回给电网或其他负载。SMES 具有响应速度快、响应功率高等优点，用于电网中可以改善电压稳定性、电能品质，并提高功率因数。

近 10 多年来，随着高温超导材料的发展和高温超导带材商业化产品的出现，韩国、日本、美国、中国等国家的高温超导储能系统的研究开发取得了很大进展。中国科学院电工研究所、清华大学、华中科技大学等均开展了高温超导储能系统的研究，取得了良好的示范或试验效果。中国科学院电工研究所研发成功的 1 MJ/0.5 MVA 高温超导储能系统，于 2011 年在 10 kV 超导变电站并网示范运行，这是国际首台并入实际电网示范运行的高温超导储能系统。

图25：超导储能—限流系统采用的混合型高温超导线圈(右)及内部自绕组接线图(左)



资料来源：《超导技术在未来电网中的应用》，民生证券研究院

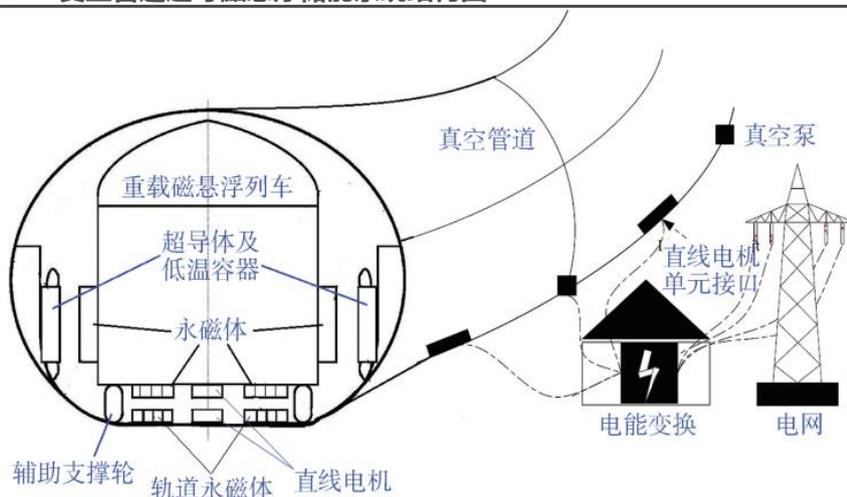
图26：1 MJ / 0.5 MVA 超导储能—限流系统在玉门风电场并网试验现场



资料来源：《超导技术在未来电网中的应用》，民生证券研究院

采用重载磁悬浮列车首尾相连组成环形，并采用直线电机驱动。通过将电能转化为重载列车的动能，能量便以动能的形式储存在真空管道内，需要的时候把动能转换为电能回馈电网。由于是物理储能，环保无二次污染，还具有功率调节灵活、调节范围大、选址方便等优势。与抽水蓄能、压缩空气储能等大规模储能技术相比，真空管道永磁—超导磁悬浮储能系统具有响应快、无任何环境污染、功率调节灵活等多方面优势，且无选址问题，除了可以用于电网大规模电力存储外，还可以用于脉冲高功率电源等，应用前景广阔。

图27：真空管道超导磁悬浮储能系统结构图



资料来源：《超导技术在未来电网中的应用》，民生证券研究院

#### 4) 高温超导电缆

高温超导电缆是高温超导材料率先应用于产业的场景之一。高温超导电缆系统主要由冷却系统、电缆本体、终端以及监控系统四个部分组成。高温超导电缆因采用了无电阻、高流通密度的超导材料作为导体，能够进行大容量输电，可以有效缓解城市电网的架空线入地策略所面临的地下廊道不足困难。在实际工程项目中，高温超导体材料一般选用 Bi-2223 以及 YBCO 涂层导体两种。Bi-

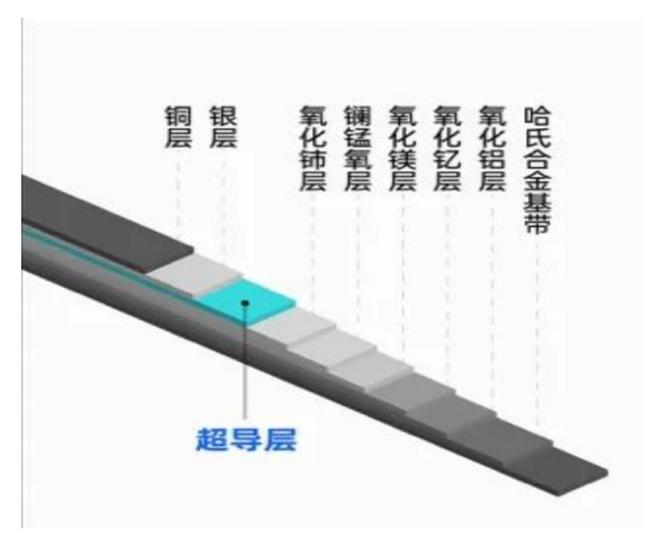
2223 为第一代高温超导带材，YBCO 涂层导体为第二代高温超导带材。二代高温超导带材相较于一代使用银材料更少，进而降低了制作成本，更容易实现商业化，与此同时，二代高温超导带材临界电流密度更大，临界磁场更高。

图28：超导电缆 5 大优势



资料来源：上海经信委，民生证券研究院

图29：第二代高温超导带材结构



资料来源：上海经信委，民生证券研究院

超导电缆实现商业化的首要前提是其必须具备很高的可靠性，但是超导电缆系统结构相当复杂，要保证其能够安全可靠运行，就必须确保其中每个环节的正确性以及出现后解决问题的及时性。目前，中国、韩国、美国、日本等国家均正在积极开展超导电缆研发项目并已有示范项目投入运行且运行时状况良好，这些示范项目的成功为实现高温超导电缆商业化目标打下了良好的基础。

表5：内外高温超导电缆实际工程项目

示范基地	投运时间	电缆类型	电缆长度	运行温度	载荷量
甘肃白银	2004	三相分相交流热绝缘 Bi-2223	75	-	10.5kV/1.5kA
云南普吉变电站	2004	三相分相交流热绝缘 Bi-2223	33.5	-	35kV/2kA
美国 Albany	2005	三相平行轴 Bi-2223	350	70	34.5kV/800A
韩国高敞	2005	三相分相交流冷绝缘 Bi-2223	100	77	22.9kV/1.25kA
日本横浜	2007	三相平行轴交流冷绝缘 Bi-2223	250	-	66kV/200MVA
美国长岛	2008	三相分相交流冷绝缘一阶段 Bi-2223 二阶段 YBCO	600	65	96MVA/13.8kV
美国 Hydra	2009	三相同轴 Bi-2223	300	72	13.8kV/4kA
河南中孚	2012	直流冷绝缘 Bi-2223	360	77	1.3kV/10kA
上海宝山	2013	交流	50	70	35kV/120MVA
韩国济州岛	2014	直流	500	69-75	80kV/500MVA
德国埃森市	2014	三相同轴交流冷绝缘 YBCO	1000	67	10kV/40MVA
俄罗斯圣彼得堡	2015	直流	2500	70	50MV/20KV
日本石狩	2015	直流	500	-	20kV/100MVA
日本石狩	2016	直流	1000	66-77	20kV/500MVA
上海宝山	2019.2 投建	三相分相交流冷绝缘	1200	-	35kV/2kA

资料来源：《高温超导电缆系统的研究》，民生证券研究院

2023年1月16日，在中国电力企业联合会组织召开的科技成果鉴定会上，上海35千伏公里级超导电缆示范工程（下称示范工程）获得了来自专家组的权威肯定，陈维江、王成山、王秋良三位院士带队的鉴定委员会一致认为，该工程在超导电缆研发、设计、敷设和运行等方面的技术成果整体达到国际领先水平。示范工程不仅是构建中国新型电力系统关键技术领域取得的一项重大突破，验证了超导电缆的技术可行性，也带动了国产高温超导带材的稳定量产，为高温超导产业形成了可持续的、市场化的发展环境。

**图30：超导电缆示范工程终端**



资料来源：上海经信委，民生证券研究院

### 5) 高温超导磁控晶硅生长炉

磁控直拉单晶硅技术（Magnetic Field Applied Czochralski Method, MCZ），是一种在传统直拉(CZ)硅单晶生长基础上，外加磁场，从而抑制晶体生长中产生的热对流，有效提高长晶成功率，降低晶体内的氧含量，从而提高晶体质量。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。

磁控直拉单晶硅用超导磁体，用于对磁控直拉法制备单晶硅提供背景磁场，是半导体单晶硅长晶炉一个重要组件。制冷机直冷超导磁体的特点是不需要用液氮，这降低了冷却成本，且磁体体积较小，操作较为方便。

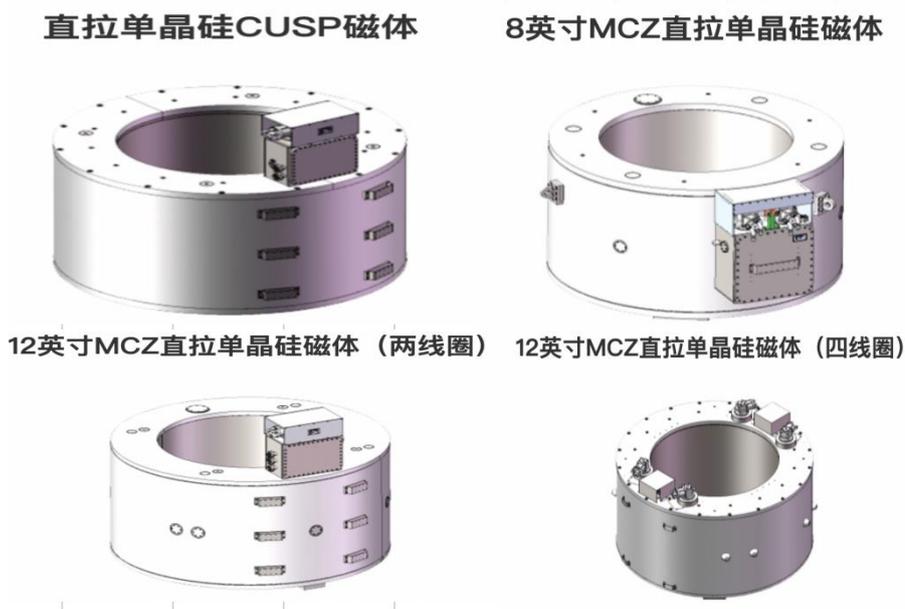
图31：超导磁体



资料来源：中国粉体网，民生证券研究院

西部超导自主研发的专门用于磁控直拉单晶硅的大型制冷机直冷超导磁体实现了批量化制造，已服务国内外多家高品质 300mm 单晶硅棒生产企业，使用效果良好。

图32：西部超导磁控直拉单晶硅超导磁体



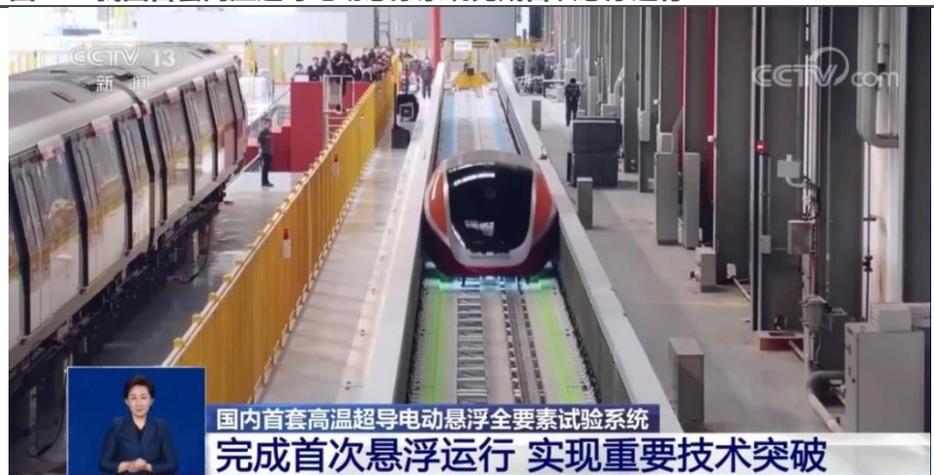
资料来源：西部超导官网，民生证券研究院

## 6) 高温超导磁悬浮

高温超导电动悬浮是一种将高温超导技术和磁悬浮技术相结合的新型交通工具。该技术利用了高温超导材料的零电阻特性，可以通入大电流，产生强磁场，再通过车载超导磁体与地面线圈磁场的相互作用，实现靠磁力驱动、导向、支撑的无接触运输方式。

高温超导电动悬浮是一种高技术、大产业的新型交通工具，它能够带动电学、电磁学、材料学等基础学科的发展，而且能够推动电力电子、通讯、基建等上下游产业链的发展。此外，时速可达 600km 以上的运行也将优化交通运行。

图33：我国首套高温超导电动悬浮系统完成首次悬浮运行



资料来源：中车长客股份磁浮研究所，民生证券研究院

相比其他交通工具的轨道，高温超导悬浮列车需要运行在 U 型、半包围的轨道之内，不存在脱轨问题。此外，车辆的悬浮导向，是通过车载超导磁体与地面线圈之间的电磁感应物理现象实现的，是被动自稳定悬浮，不需主动控制，高速运行可靠性更高。

超导磁体、感应供电、线路轨道等专用技术都受到了国外的技术封锁，但是经过几年的时间，国内的企业、高校、科研院所在各系统的关键技术研究方面都有了一定的阶段性成果。

我国首套高温超导电动悬浮系统完成首次悬浮运行之后，项目负责人表示，在此基础上，我国已经具备了设计工程样车的能力，下一步工作的重点将围绕高速悬浮工程样车开展方案设计，预计 2023 年底就能完成一些部件的制造。

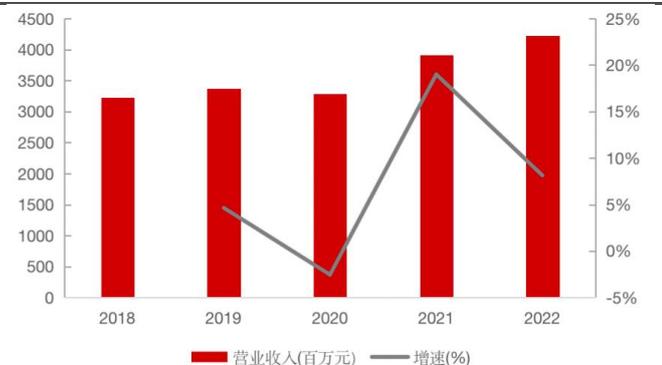
### 3 相关标的

#### 3.1 永鼎股份

**光电产业优势互补，发挥协同效应。**公司的主营业务涵盖了线缆制造、通信器件研发制造及系统集成，并向大数据产业进一步迈进，延伸了光通信产业布局。公司也从单一通信线缆制造向产业更高端延伸，同时覆盖到通信全产业链，成为集成型、一体化综合解决方案提供商。

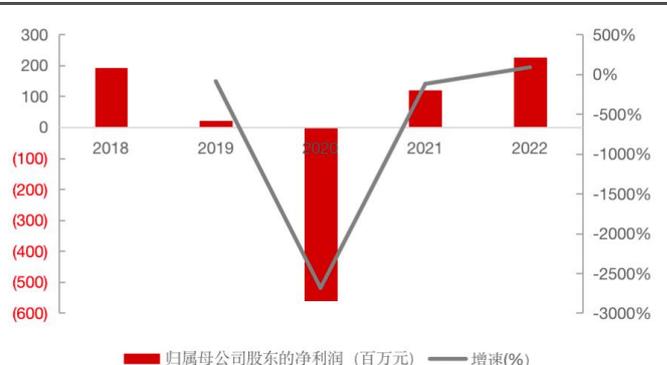
**光通信领域：**公司立足光棒、光纤、光缆等网络基础通信产品，延伸至光芯片、光器件、光模块、光网络集成系统等全产业链，实现从芯到线到设备传输、到数据采集和应用的产业布局，并将数据采集和应用业务在保持运营商市场稳定发展的同时，向行业 ICT(信息通信技术)应用和数据安全应用领域拓展。**电力传输领域：**公司持续布局“一带一路”沿线海外电力工程；加大对新能源汽车线束业务的开拓力度，做强做大汽车线束业务；高温超导产业化加速落地，下游应用市场取得多项重要进展；传统电线电缆业务稳健经营，产品品类持续丰富。2022年，公司实现营业收入42.28亿元，同比增长8.13%；实现归属于上市公司股东净利润2.26亿元，同比增长87.37%。

图34：2018-2022 营业收入及增速



资料来源：wind，民生证券研究院

图35：归属母公司股东的净利润及增速

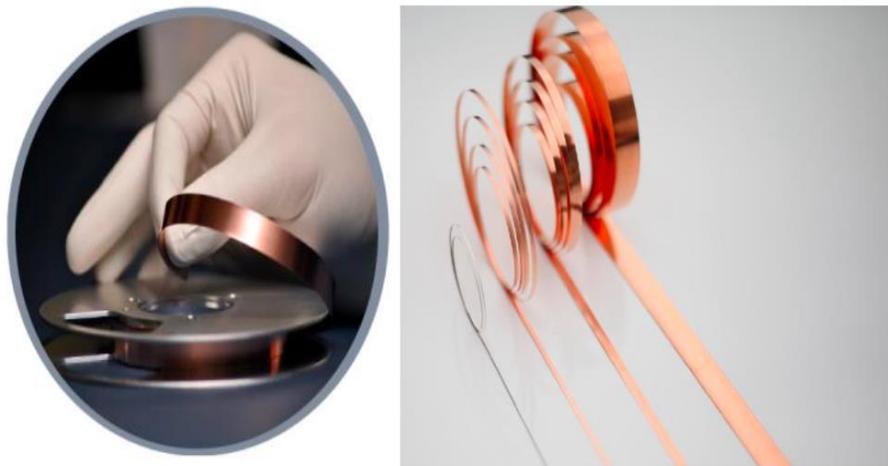


资料来源：wind，民生证券研究院

**高温超导方面：**公司主营产品是第二代高温超导带材及其应用设备，以及超导(通用)电气产品。二代高温超导带材可广泛应用于风电、核电、电网、交通、医疗、军事、重大科学工程等领域。

**高温超导带材及项目应用收入增加，产业化加速落地。**公司以业内独有的磁通钉扎技术，研制应用于高温强磁场下的高载流超导带材，进一步推进了其在超导感应加热和可控核聚变堆的应用。“冷绝缘高温超导直流电缆”项目建设继续执行，关键设备完成进场，示范性的超导电缆将在2023年正式挂网运行，为老城区综合电力升级改造和节能降耗方面提供更准确的实用比对数据，推动超导电缆的实用化进程。

图36: 永鼎股份二代高温超导带材



资料来源: 公司公告, 民生证券研究院

在超导电力板块, 公司于 2022 年成功获得国家重点研发计划“国家磁约束核聚变能发展研究专项”中“聚变 CICC 高温超导磁体关键技术发展及磁体研制”项目的子课题“高性能 REBCO 长带材工程化制备技术”的研发任务。作为合作单位主要承担千米级 REBCO 长带的批量化制备技术。2022 年度公司研发的可控核聚变用二代高温超导带材实现技术性突破, 20K10T 垂直场达到 270A/2cm, 达到国际先进水平。公司进一步提升精密超导带材电镀、包覆技术, 使公司带材产品在封闭性、低温电阻、强磁场下的电-磁-机械性能大幅提升。2022 年公司获超导方面授权专利 22 项, 其中发明专利 18 项, 实用新型专利 4 项。

图37: 永鼎股份高温超导直流电缆

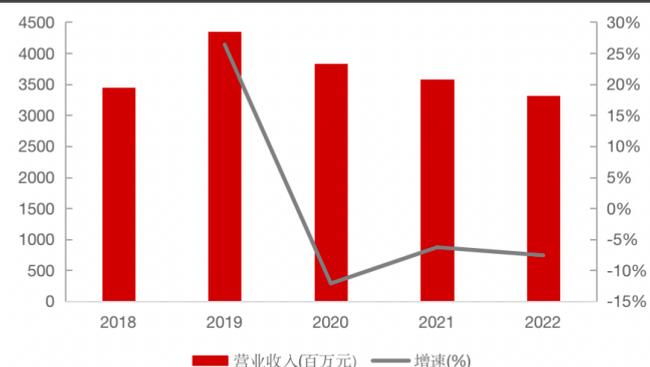


资料来源: 公司官网, 民生证券研究院

## 3.2 联创光电

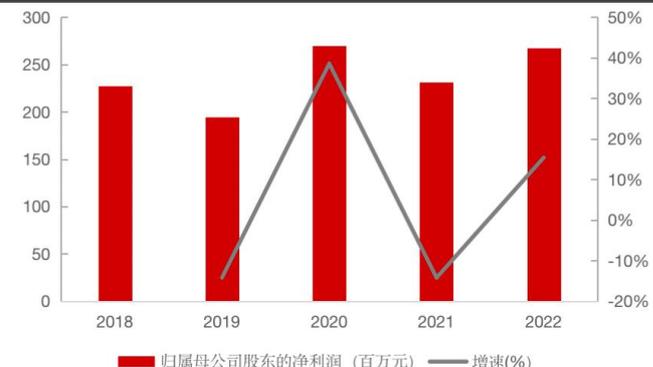
**聚焦激光、超导两大未来主业，巩固优势地位，提升发展动能。**激光产业依托技术合作方的先进激光技术，结合自身批量化产品的方案及工程开发能力，持续开发更高端、更先进激光系列产品，巩固技术优势地位，确保在特殊领域细分市场持续拥有领先优势，服务更多高端客户。子公司联创超导（公司持股40%，为第二大股东）整合上下游资源，夯实规模化生产基础，实现产能的快速提升，服务好国家节能减排贡献更多力量，加快推动高温超导设备的市场化进程。公司持续优化产业结构和产品结构，在基本稳定收入规模的基础上，不断提高收入含金量。实现营业收入33.14亿元，较上年同期减少7.59%；实现归属于上市公司股东的净利润2.67亿元，较上年同期增长15.41%。

图38：2018-2022 营业收入及增速



资料来源：wind，民生证券研究院

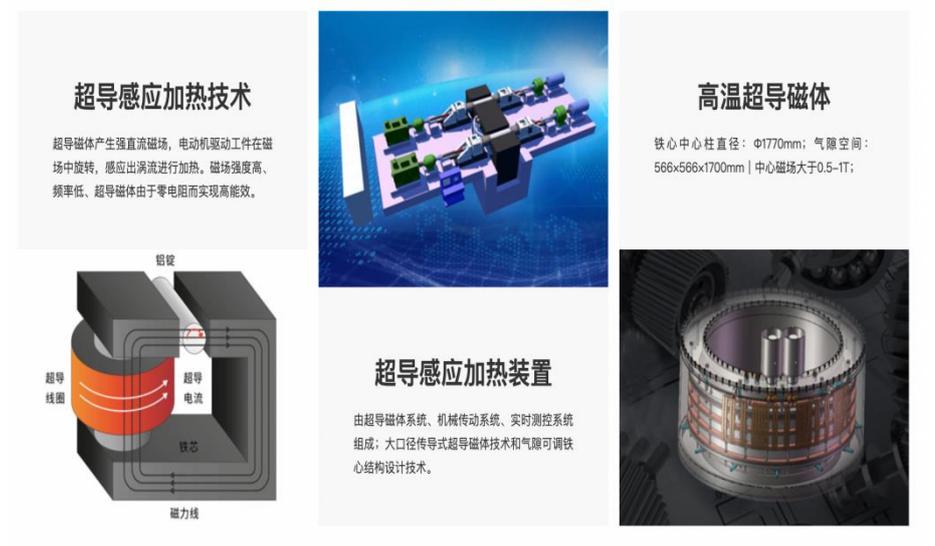
图39：归属母公司股东的净利润及增速



资料来源：wind，民生证券研究院

**联创超导发展稳健，产品实现了从0到1的突破，并进入从1到N的加速发展阶段。**公司定制的航空铝锻压用兆瓦级高温超导感应加热设备于2021年12月14日正式起运前往客户中铝集团东北轻合金有限责任公司，产品于2022年3月18日完成设备安装、调试及验收等各个流程，目前已在客户实际作业产线上稳定运行一年有余，标志着联创超导高温超导感应加热设备正式从实验室走进车间产线实现商用，产品商用化进程完成了从0到1的突破。在首台成功投产设备的示范效果下，联创超导设备订单快速增长，目前在手订单已超过60台。联创超导作为目前全球首家兆瓦级高温超导感应加热装置生产单位，牵头申报的《GB/T10067.37 电热和电磁处理装置基本技术条件第37部分：超导直流感应透热装置》推荐性国家技术标准获批立项，正式进入标准草案起草阶段，其作为全球领先的技术。目前高温超导相关业务已获授权专利44项，其中发明专利18项。

图40：联创超导感应加热

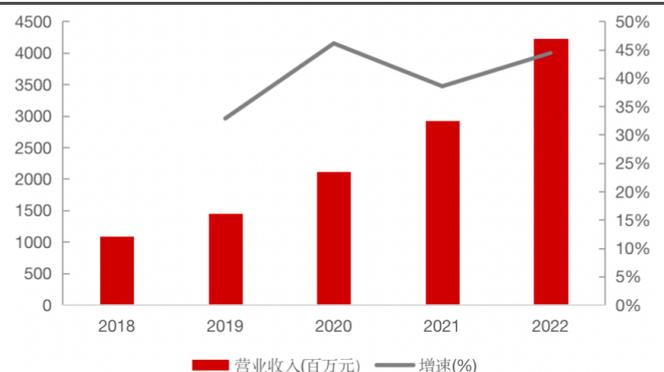


资料来源：公司官网，民生证券研究院

### 3.3 西部超导

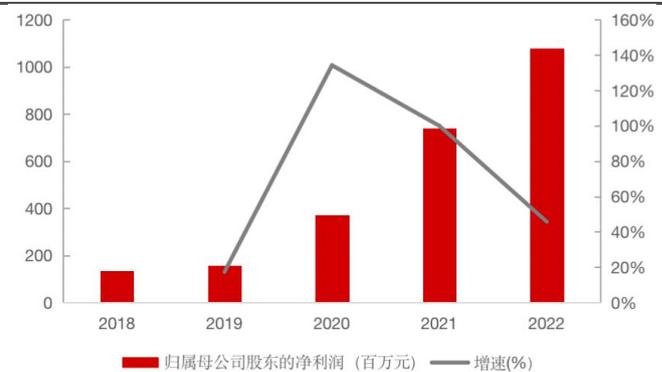
西部超导主要从事高端钛合金材料、超导产品和高性能高温合金材料及应用的研发、生产和销售。公司是我国高端钛合金棒丝材主要研发生产基地；是目前国内唯一实现超导线材商业化生产的企业，也是国际上唯一的钕钛铸锭、棒材、超导线材生产及超导磁体制造全流程企业；也是我国高性能高温合金材料重点研发生产企业之一。公司全年累计实现销售收入 42.27 亿，较同期增长 44.41%，其中高端钛合金较同期增长 30.56%；超导产品较同期增长 160.85%；高性能高温合金较同期增长 78.38%。全年公司实现归属于母公司的净利润 10.80 亿，较同期增长 45.65%。

图41：2018-2022 营业收入及增速



资料来源：wind，民生证券研究院

图42：归属母公司股东的净利润及增速

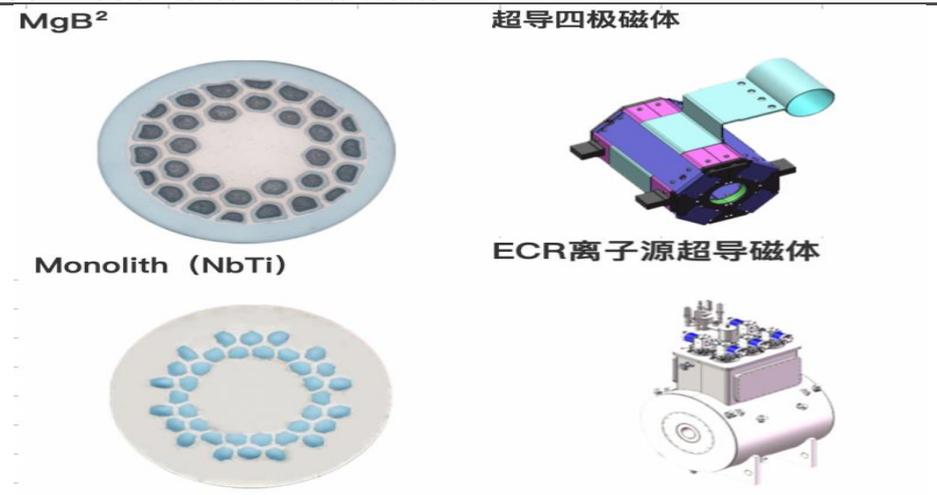


资料来源：wind，民生证券研究院

公司是国内研发生产低温和高温超导磁体的主要企业之一，相继突破了全套

的大型超导磁体绕制、固化及低温杜瓦设计和制造技术，在超导磁体的研发、生产及制造等方面已得到国内外客户的肯定与认可。广泛应用于半导体、轨道交通、国家大型科学项目及新材料研发生产等领域。在高温超导材料方面，公司侧重 MgB<sub>2</sub> 和 Bi-2223 的研发和产业化，目前已掌握上述材料核心制备技术，未来将突破并引领上述材料在智能电网中输电电缆、无液氦磁体装备等领域的运用。为我国研发的世界首台 10MJ/5MW 高温超导储能装置提供 MgB<sub>2</sub> 线材。

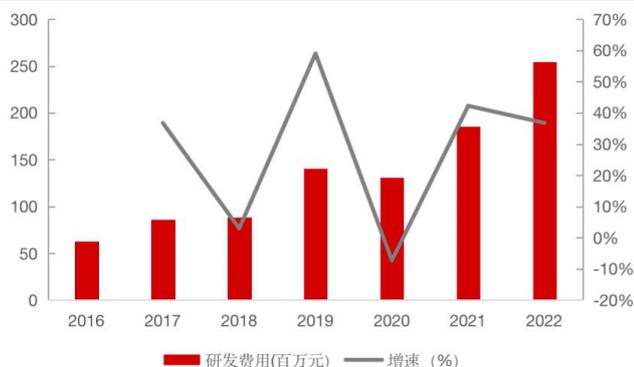
图43：西部超导部分超导线材及磁体



资料来源：公司官网，民生证券研究院

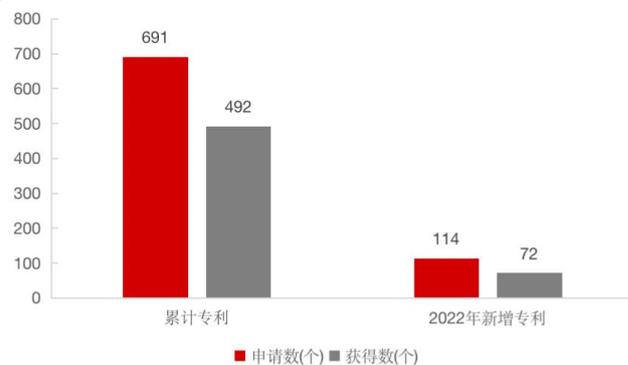
公司是我国重要的实用化超导材料与磁体技术研发与产业化基地，是目前国内唯一低温超导线材商业化生产企业，也是目前全球唯一的铌钛锭棒、超导线材、超导磁体的全流程生产企业。公司紧盯关键材料需求和新技术开展自主研发，全年累计研发投入 24,506.45 万元，申报专利及软件著作权 114 项，新获得专利及软件著作权 72 项。

图44：2016-2022 研发费用及增速



资料来源：wind，民生证券研究院

图45：西部超导专利情况



资料来源：wind，民生证券研究院

### 3.4 其他企业

根据互动平台、公司公告等市场公开资料，布局人造太阳及高温超导的企业有包括国光电气、高澜股份、炬光科技、安泰科技、东方电气、国机重装等。

表6：部分布局人造太阳及高温超导企业

公司	主营	高温超导布局情况
国光电气	<p>公司是一家专业从事真空及微波应用产品研发、生产和销售的高新技术企业。主营产品为行波管、磁控管、充气微波开关管、微波固态器件、核工业设备、压力容器真空测控组件等，广泛应用于雷达、卫星通信、电子对抗、核工业、新能源等领域，目前主要客户为我国各大军工集团下属的科研院所和企业。</p>	<p>公司为 ITER 提供配套设备，是其偏滤器、屏蔽模块热氦检漏设备、包层第一壁板（FW）供应商。</p>
高澜股份	<p>公司是目前国内领先的电力电子装置用纯水冷却设备专业供应商，目前开发和销售的主要产品包括直流输电换流阀纯水冷却设备、新能源发电变流器纯水冷却设备、柔性交流输电配电网管阀纯水冷却设备、大功率电气传动变频器纯水冷却设备以及各类水冷设备的控制系统。</p>	<p>公司参与了超导托卡马克试验装置，也称“人造太阳” EAST 项目，为其提供热管理解决方案。</p>
炬光科技	<p>公司为固体激光器、光纤激光器生产企业和科研院所，医疗美容设备、工业制造设备、光刻机核心部件生产商，激光雷达整机企业，半导体和平板显示设备制造商等提供核心元器件及应用解决方案，产品逐步被应用于先进制造、医疗健康、科学研究、汽车应用、信息技术五大领域。</p>	<p>公司生产的高功率半导体激光产品被应用于有“人造太阳”之称的国家惯性约束可控核聚变试验装置重大项目。</p>
安泰科技	<p>公司以先进金属材料为主业，服务于战略性新兴产业，在非晶/纳米晶带材及制品、难熔材料及制品、粉末材料及制品、磁性材料及制品、焊接材料及制品、过滤材料及环保工程、高速工具钢及人造金刚石工具等领域，为全球高端客户提供先进金属材料、制品及解决方案。</p>	<p>公司生产的钨铜复合偏滤器部件助力中国人造太阳创亿度百秒纪录。</p>
东方电气	<p>公司全球最大的发电设备供应商和电站工程总承包商之一，拥有中国发电设备制造行业中一流的综合技术开发能力。通过自主开发、产学研合作，形成了一批拥有自主知识产权的重大技术装备产品，具备了大型水电、火电、核电、风电、燃机及太阳能发电设备的开发、设计、制造、销售、设备供应及电站工程总承包能力。</p>	<p>公司为“人造太阳”中国环流器二号 M 装置提供关键核心部件。</p>
国机重装	<p>公司主要业务包括大型冶金成套装备、重型石化容器、能源发电设备等重大技术装备的研发、设计与制造，国内外冶金、矿山、港口、交通基础设施、能源、水务、环保等工程的设计和总承包，以及带资运营、进出口贸易等业务。</p>	<p>公司研制的与“人造太阳”相关产品的专利证书已申请成功。公司已开展多个核聚变相关项目极端条件下基础材料研究与核心装备研制。</p>

资料来源：各公司官网，V 形反转，民生证券研究院整理

## 4 风险提示

- 1) **高温超导带材规模化及降本不及预期风险。**目前超导带材的制备成本仍然较高，商业化可能较预期迟滞，同时二代高温超导带材仍存在技术进步空间。
- 2) **高温超导商业化应用进展不及预期。**高温超导由于技术尚有进步空间，下游应用还有待进一步打开，如技术研发进展及市场拓展不及预期，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。

## 插图目录

图 1: 超导材料的发展历程.....	3
图 2: 超导现象及超导临界值.....	3
图 3: 汞冷却到 4.2K 以下零电阻及完全抗磁性现象.....	5
图 4: 铌钛 (NbTi) 超导线.....	5
图 5: 铌三锡 (Nb <sub>3</sub> Sn) 超导线.....	5
图 6: 低温超导行业产业链.....	6
图 7: 铜基超导相图.....	6
图 8: 高温超导材料-BSCCO.....	7
图 9: 高温超导材料-ReBCO.....	7
图 10: 高温超导带材临界电流密度 J <sub>c</sub> 随磁场 B 变化.....	7
图 11: 铁基超导体的晶体结构类型.....	8
图 12: MgB <sub>2</sub> 结构图.....	8
图 13: 超导产业链.....	10
图 14: 我国超导产业发展历程.....	10
图 15: 高温超导的应用领域.....	11
图 16: 高温超导感应加热原理图.....	12
图 17: 超导感应加热装置示意图.....	12
图 18: 联创光电首台 MW 级高温超导感应加热装置投产.....	13
图 19: 氦 - 氚核聚变反应产生氦与中子并释放核能.....	13
图 20: 托卡马克装置.....	13
图 21: 等离子所 EAST 东方超环托卡马克.....	14
图 22: 西南物理研究所托卡马克.....	14
图 23: 高温超导线材与 SPARC 装置(蓝色部分为超导线圈).....	14
图 24: 我国磁约束聚变发展路线图.....	14
图 25: 超导储能—限流系统采用的混合型高温超导线圈(右)及内部自绕组接线图(左).....	16
图 26: 1 MJ / 0.5 MVA 超导储能—限流系统在玉门风电场并网试验现场.....	16
图 27: 真空管道超导磁悬浮储能系统结构图.....	16
图 28: 超导电缆 5 大优势.....	17
图 29: 第二代高温超导带材结构.....	17
图 30: 超导电缆示范工程终端.....	18
图 31: 超导磁体.....	19
图 32: 西部超导磁控直拉单晶硅超导磁体.....	19
图 33: 我国首套高温超导电动悬浮系统完成首次悬浮运行.....	20
图 34: 2018-2022 营业收入及增速.....	21
图 35: 归属母公司股东的净利润及增速.....	21
图 36: 永鼎股份二代高温超导带材.....	22
图 37: 永鼎股份高温超导直流电缆.....	22
图 38: 2018-2022 营业收入及增速.....	23
图 39: 归属母公司股东的净利润及增速.....	23
图 40: 联创超导感应加热.....	24
图 41: 2018-2022 营业收入及增速.....	24
图 42: 归属母公司股东的净利润及增速.....	24
图 43: 西部超导部分超导线材及磁体.....	25
图 44: 2016-2022 研发费用及增速.....	25
图 45: 西部超导专利情况.....	25

## 表格目录

表 1: 超导材料性质.....	4
表 2: 高温超导与低温超导比较.....	9

表 3: 超导感应加热与传统交流感应加热的性能对比 .....	12
表 4: 聚变初创企业的融资轮次及融资金额 .....	15
表 5: 内外高温超导电缆实际工程项目 .....	17
表 6: 部分布局人造太阳及高温超导企业 .....	26

## 分析师承诺

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并登记为注册分析师，基于认真审慎的工作态度、专业严谨的研究方法与分析逻辑得出研究结论，独立、客观地出具本报告，并对本报告的内容和观点负责。本报告清晰准确地反映了研究人员的研究观点，结论不受任何第三方的授意、影响，研究人员不曾因、不因、也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

## 评级说明

投资建议评级标准	评级	说明
以报告发布日后的 12 个月内公司股价（或行业指数）相对同期基准指数的涨跌幅为基准。其中：A 股以沪深 300 指数为基准；新三板以三板成指或三板做市指数为基准；港股以恒生指数为基准；美股以纳斯达克综合指数或标普 500 指数为基准。	推荐	相对基准指数涨幅 15%以上
	谨慎推荐	相对基准指数涨幅 5% ~ 15%之间
	中性	相对基准指数涨幅-5% ~ 5%之间
	回避	相对基准指数跌幅 5%以上
行业评级	推荐	相对基准指数涨幅 5%以上
	中性	相对基准指数涨幅-5% ~ 5%之间
	回避	相对基准指数跌幅 5%以上

## 免责声明

民生证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。

本报告仅供本公司境内客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。本报告仅为参考之用，并不构成对客户的投资建议，不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告所包含的观点及建议并未考虑个别客户的特殊状况、目标或需要，客户应当充分考虑自身特定状况，不应单纯依靠本报告所载的内容而取代个人的独立判断。在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容而导致的任何可能的损失负任何责任。

本报告是基于已公开信息撰写，但本公司不保证该等信息的准确性或完整性。本报告所载的资料、意见及预测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，且预测方法及结果存在一定程度局限性。在不同时期，本公司可发出与本报告所刊载的意见、预测不一致的报告，但本公司没有义务和责任及时更新本报告所涉及的内容并通知客户。

在法律允许的情况下，本公司及其附属机构可能持有报告中提及的公司所发行证券的头寸并进行交易，也可能为这些公司提供或正在争取提供投资银行、财务顾问、咨询服务等相关服务，本公司的员工可能担任本报告所提及的公司的董事。客户应充分考虑可能存在的利益冲突，勿将本报告作为投资决策的唯一参考依据。

若本公司以外的金融机构发送本报告，则由该金融机构独自为此发送行为负责。该机构的客户应联系该机构以交易本报告提及的证券或要求获悉更详细的信息。本报告不构成本公司向发送本报告金融机构之客户提供的投资建议。本公司不会因任何机构或个人从其他机构获得本报告而将其视为本公司客户。

本报告的版权仅归本公司所有，未经书面许可，任何机构或个人不得以任何形式、任何目的进行翻版、转载、发表、篡改或引用。所有在本报告中使用的商标、服务标识及标记，除非另有说明，均为本公司的商标、服务标识及标记。本公司版权所有并保留一切权利。

## 民生证券研究院：

上海：上海市浦东新区浦明路 8 号财富金融广场 1 幢 5F； 200120

北京：北京市东城区建国门内大街 28 号民生金融中心 A 座 18 层； 100005

深圳：广东省深圳市福田区益田路 6001 号太平金融大厦 32 层 05 单元； 518026