

# 有色金属行业

## 金属新材料系列之六：钇钡铜氧高温超导的应用

分析师： 巨国贤

分析师： 黄礼恒



SAC 执证号: S0260512050006



SAC 执证号: S0260519080005



0755-82535901



0755-88286912



juguoxian@gf.com.cn



huangliheng@gf.com.cn

请注意，黄礼恒并非香港证券及期货事务监察委员会的注册持牌人，不可在香港从事受监管活动。

### 核心观点：

#### ● 超导材料：百年积淀新材料

超导材料是一种在一定低温条件下，能排斥磁力线且呈现出电阻为零的特性的新型节能材料。超导材料是 1911 年荷兰物理学家昂内斯首先发现的，经过百年的发展，目前以铌钛（NbTi）和铌锡（Nb<sub>3</sub>Sn）为主的低温超导材料已实现商业化生产。但由于低温超导材料临界转变温度低，成本高，其工程应用受到限制。而高温超导可以在更高的工作温区下工作，能降低其制冷成本，应用更为广泛。目前一代 BSCCO 高温超导已实现商业化生产，二代 YBCO 高温超导处于商业化前期，但联创光电 MW 级超导感应加热装置已研发成功，有望短期内实现商业化生产。

#### ● 钇钡铜氧（YBCO）高温超导更具优势

第一代高温超导以 Bi 系材料为代表，有着相对容易制备的特点，但和二代 YBCO 高温超导相比，Bi 系在强磁场条件和液氮温区（77K）下的应用受限，YBCO 具有高载流能力，使用范围更加广泛。同时，YBCO 结构相对简单，更容易大批量生产。因此在所有的高温超导材料中，YBCO 二代高温超导材料的优势日益凸显，商业价值更大。

#### ● YBCO 高温超导感应加热技术趋近商业化

超导感应加热挤压设备是一种颠覆性的铝/金属挤压技术，是通过超导材料制成的电磁体实现对铝或其他金属进行直流感应加热的设备。与现有交流感应加热技术相比具有高效、节能省电及透热深且均匀等优势，MW 级超导感应加热装置与传统工频感应炉相比，可使铝锭的加热成本从约 260 元/吨降低至约 130 元/吨（联创光电公告）。目前国内掌握该设备研制技术的公司主要有联创光电和上海超导。2019 年 7 月，联创光电和北京交通大学等单位历时六年研发成功了 MW 级 YBCO 超导感应加热技术及装置，短期内有望实现商业化生产。

#### ● 相关公司：联创光电

联创光电成立于 1999 年，2001 年上市，现已发展成为集 LED、线缆、智能控制模块三大支柱产业和军工产业于一体的光电子骨干企业。据公司 2019 年 7 月 2 日公告，由公司组织研制的 MW 级超导感应加热装置和该装置用的大口径高温超导磁体研发成功，打破了国外对二代高温超导带材的产品垄断，促进了我国高温超导电工装备及其产业化发展，也成功带动国产化高场用 YBCO 超导带材发展，2019 年产值已超过 5000 万元，并实现出口外销。

#### ● 风险提示

高温超导感应加热技术级设备商业化进度低预期；技术不成熟等问题导致实际应用中资本投入过高、成本过高等。

### 相关研究：

有色金属行业:金属新材料系列之五：5G 时代的 GaAs 衬底机会

2019-09-05

识别风险，发现价值

请务必阅读末页的免责声明

**重点公司估值和财务分析表**

股票简称	股票代码	货币	最新	最近	评级	合理价值 (元/股)	EPS(元)		PE(x)		EV/EBITDA(x)		ROE(%)	
			收盘价	报告日期			2019E	2020E	2019E	2020E	2019E	2020E	2019E	2020E
西部超导	688122.SH	CNY	31.00	2019/7/7	-	-	0.37	0.46	83.78	67.39	48.62	37.23	5.60	6.60

数据来源: Wind、广发证券发展研究中心

备注: 表中估值指标按照最新收盘价计算

## 目录索引

超导材料：百年积淀新材料 .....	5
超导材料主要分为低温超导和高温超导 .....	5
超导材料依据不同的特性有不同的应用 .....	6
超导产业材料是基础，技术是核心 .....	6
超导材料市场规模庞大 .....	7
高温超导：钇钡铜氧（YBCO）高温超导为主 .....	8
YBCO 是二代高温超导 .....	8
YBCO 带材是主要应用形式 .....	9
商业应用：YBCO 高温超导感应加热技术即将商业化 .....	10
高温超导感应加热原理 .....	11
高温超导感应加热优势 .....	11
高温超导感应加热设备 .....	12
高温超导感应加热装置经济效益 .....	13
相关公司：联创光电 .....	14
风险提示 .....	15

## 图表索引

图 1: 超导材料发展史 .....	5
图 2: 超导材料的零电阻现象 .....	6
图 3: 超导材料的完全抗磁性 .....	6
图 4: 超导材料产业链 .....	7
图 5: 超导体临界温度研究进展 .....	8
图 6: 二代高温超导 YBCO 带材结构示意图 .....	9
图 7: 高温超导感应加热原理图 .....	11
图 8: 可均匀加热铝棒的 3D 超导线圈结构图 .....	11
图 9: 高温超导感应加热设备 .....	13
表 1: 全球高温超导主要生产企业 .....	10
表 2: 超导感应加热与传统交流感应加热的性能对比分析 .....	11
表 3: 铝挤压机分类及加热装置功率计算 .....	13
表 4: 不同功率大小的超导感应加热装置的成本预算 .....	14

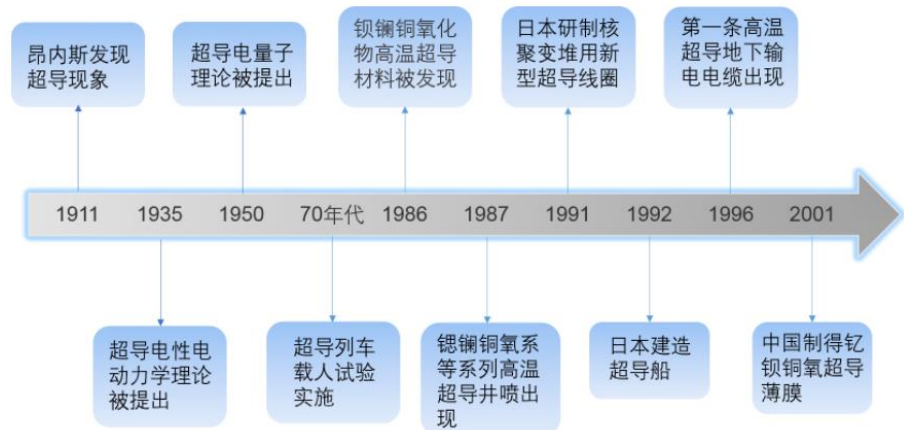
## 超导材料：百年积淀新材料

### 超导材料主要分为低温超导和高温超导

超导材料是一种在一定低温条件下，能排斥磁力线且呈现出电阻为零的特性的新型节能材料。目前，已发现有46种元素和几千种合金和化合物可以成为超导材料。

超导材料是1911年荷兰物理学家昂内斯首先发现的，因其具有零电阻、完全抗磁和通量量子化等优异特性，从被发现之日起就获得了广泛的关注和研究。经过百年的发展，目前以铌钛（NbTi）和铌锡（Nb<sub>3</sub>Sn）为主的低温超导材料已实现商业化生产，其应用规模已占到超导材料市场的90%左右。但由于低温超导材料临界转变温度低，必须在液氮温区下才能实现超导特性，而液氮液冷的成本又非常高，所以其工程应用受到限制。高温超导材料因为可以在更高的工作温区（如液氮温区、液氮温区）下工作，能降低其制冷成本，受到美、日、德等主要发达国家的高度重视。目前具有实用价值的高温超导材料有以下几种：已实现商业化生产的铋系（Bi2223、Bi2212）和二硼化镁（MgB<sub>2</sub>），处于商业化前期的钇钡铜氧（YBCO）涂层导体，以及处于实验室阶段的2008年刚发现的铁基超导材料。

图 1：超导材料发展史



数据来源：新材料在线，广发证券发展研究中心

超导材料根据组成和转变温度的不同可分为低温超导材料和高温超导材料。一般认为， $T_c < 25K$ 的超导材料称为低温超导材料，目前已实现商业化的包括NbTi（ $T_c = 9.5K$ ）和Nb<sub>3</sub>Sn（ $T_c = 18K$ ）； $T_c \geq 25K$ 的超导材料称为高温超导材料，有实用价值的高温超导材料主要有：第一代铋系BSCCO高温超导材料，已得到商业化应用；第二代钇系YBCO高温超导材料、硼化镁(MgB<sub>2</sub>)、铁基超导材料(FeSe)。目前，基于低温超导材料的应用装置一般工作在液氮温度（4.2K及以下），基于高温超导材料的应用装置一般工作在液氮温度（约20K）至液氮温度（约77K）之间。探索出更高临界温度乃至室温的超导体是超导技术的主攻方向。

目前各国研究人员研发和生产的重点是YBCO超导材料，并认为其是未来超导材料发展的主要方向。

## 超导材料依据不同的特性有不同的应用

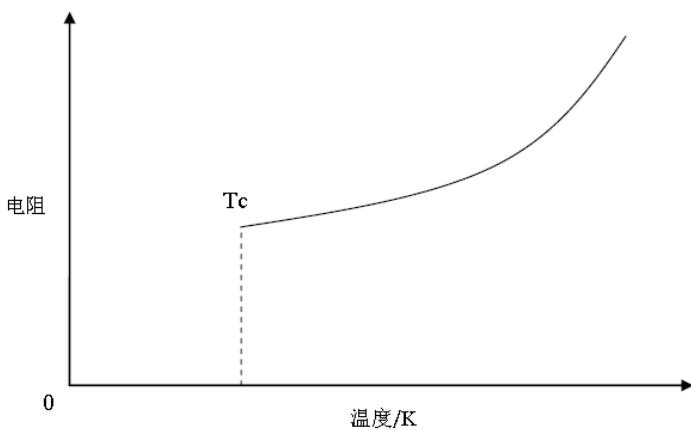
1) 零电阻: 这是超导材料最基本的性质, 即当温度降至临界温度 $T_c$ 以下时, 其电阻变为零, 能够无损耗地传输电能。如果用磁场在超导环中引发感生电流, 这一电流可以毫不衰减地维持下去。利用该特性可制作磁体、电力电缆、通信电缆和天线, 其性能优于常规材料。

2) 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, 人们将此种现象称为“迈斯纳效应”。利用超导材料的完全抗磁性, 可以制造超导磁悬浮列车。

3) 量子隧穿效应: 1962年, 剑桥大学的约瑟夫森预言, 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, 随后安德森和罗厄耳等人从实验上证实了约瑟夫森的预言, 这一现象被称为“约瑟夫森效应”。超导材料的量子隧穿效应可用于弱电磁信号的检测, 超导量子干涉仪(SQUID)是目前人类所掌握的能测量弱磁场的手段中最灵敏的仪器, 可以探测强度为地磁场十亿分之一到百亿分之一的磁信号。还可用于制作微波发生器、逻辑元件等。

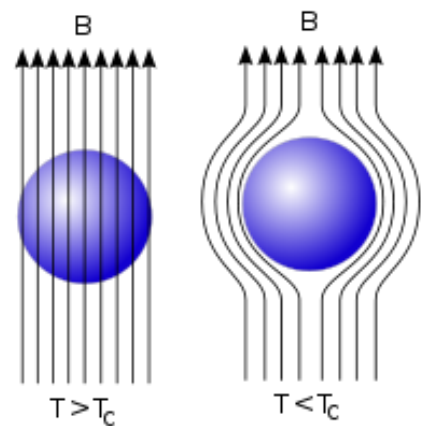
4) 同位素效应: 超导体的临界温度 $T_c$ 与其同位素质量 $M$ 有关,  $M$ 越大,  $T_c$ 越低。通常可以用同位素效应来鉴别材料的超导电性。

图 2: 超导材料的零电阻现象



数据来源: 西部超导招股书、广发证券发展研究中心

图 3: 超导材料的完全抗磁性



数据来源: 维基百科、广发证券发展研究中心

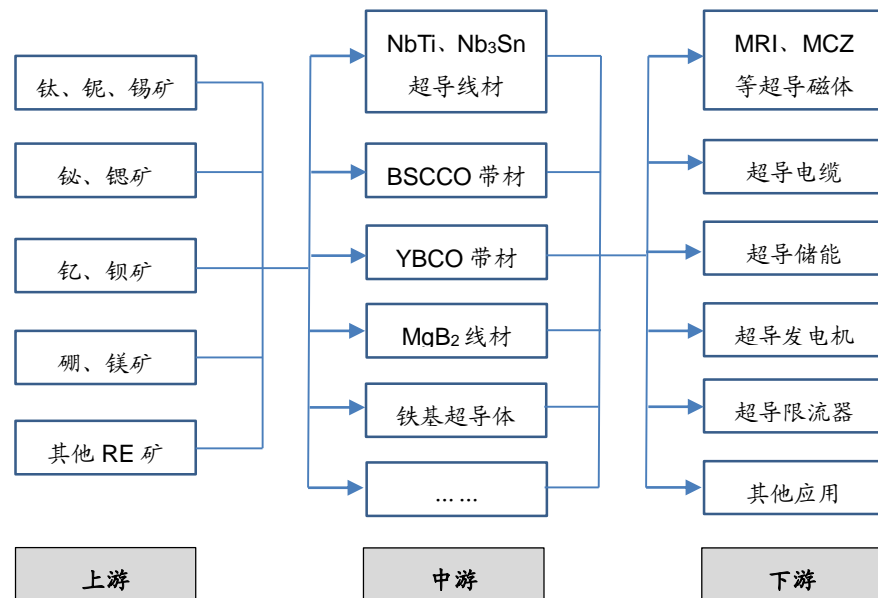
## 超导产业材料是基础, 技术是核心

超导材料产业链上游行业主要是 Nb、Ti、Sn、Y、Ba、Cu 等金属矿产资源, 稀有金属为主, 消耗量并不大, 但却是产业发展的基础, 使用不同的金属对超导体的性能影响较大。中游行业主要为 NbTi、Nb<sub>3</sub>Sn 超导线材、BSCCO 和 YBCO 超导带材

等，该环节的发展决定了超导材料的商业化应用领域和进程，核心关注技术的进步和成本的下降。下游应用领域根据超导材料不同的性能用途较为广泛，可应用于国防军事、电子通信、医疗设备、电力能源、交通运输、机械工程等领域，如超导电缆、超导限流器、超导储能、超导发电机等。

根据《今日科技》杂志中刊登的科技舆情分析研究所文章《超导体：2020年潜在市场规模达1万亿元》，上游我国有较为明显的优势，不论是第一代超导材料还是第二代超导材料，都需要使用中国具有优势资源的稀有小金属为主要原材料。特别是第二代YBCO中的稀土钇是中国具有战略性资源的重稀土主要成份。中游的超导材料是超导产业链中毛利率最高的环节，毛利率水平达到50%以上；目前国内超导材料主要是依赖于美国和日本进口，价格昂贵，占超导应用产品50%左右的成本。从整个产业链价值看，超导材料占超导设备40%-50%的成本。我国在超导材料及其应用领域总体上处于国际先进行列，基本掌握了各种实用化超导材料的制备技术，在多个应用方面也取得了良好的发展。

图 4：超导材料产业链



数据来源：广发证券发展研究中心

### 超导材料市场规模庞大

根据《今日科技》杂志中刊登的科技舆情分析研究所文章《超导体：2020年潜在市场规模达1万亿元》，国际超导产业研究中心预测，到2020年，超导产业将会形成总量为 1500-2000亿美元的巨大国际市场。美国应用超导会议预测，预计到2020年,全世界超导电缆应用的总市场将达到2440亿美元,约占全球电缆市场的5%。Market Research 最新发布的研究报告显示，预计到2022年，全球超导技术市场规模将增至58亿美元，期间年复合增长率高达12.8%。随着技术的不断改进，高温超导需求将不断增加，尤其是在电力领域。从应用领域来说，磁共振成像将成为消费者

应用需求最多的一个领域。从区域市场来看，随着工业发展步伐加快，亚太地区将成为最大的超导技术需求市场，尤其是中国、日本和印度这3个国家。

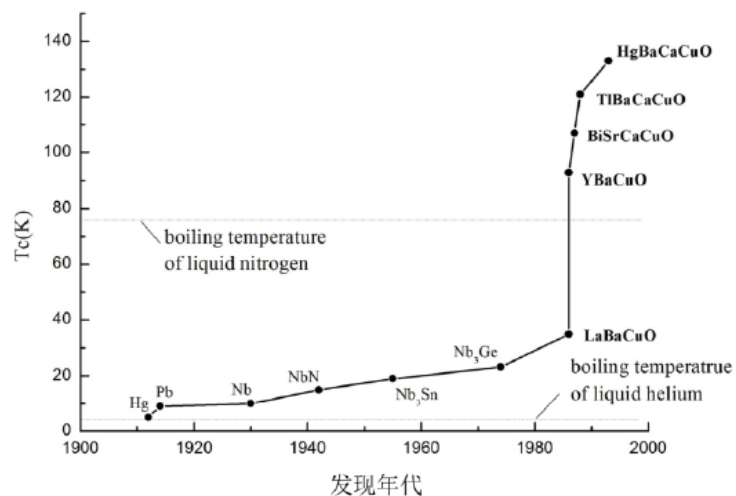
## 高温超导：钇钡铜氧（YBCO）高温超导为主

### YBCO 是二代高温超导

在新型超导材料方面，人们一直希望能够获得低成本和高临界转变温度的材料。在20世纪的上半叶，科学家们在Pb、Nb、NbC、NbN、Nb<sub>3</sub>Sn和Nb-Al-Ge等各种元素、上千种合金材料和化合物中发现了超导特性，到了20世纪60年代后期，超导温度已经从Hg的4K上升到20K。到了20世纪80年代，超导材料飞跃式发展。首先是1986年4月，贝德罗兹（J. G. Bednorz）和缪勒（K.A. Muller）在La-Ba-Cu-O系氧化物超导体中验证了其临界温度达到了35K，比之前的超导温度上升了10K多，这项工作在1998年被评为诺贝尔奖。此后，La-Ba-Cu-O体系被大力发展。一年后的12月，朱经武等公开说明他们发现了一种新的可工作在液氮温区内的超导材料，其临界温度超过了90K，至此，超导物理迈进了高温超导的时代。

1987年，来自中国科学院北京物理所的赵忠贤等公布了Y-Ba-Cu-O（YBCO）超导体系，它拥有92.8K的中点转变温度而且当温度降低到78.5K时，该超导体中出现电阻为零的现象。YBCO超导体化学式为YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7</sub>，具有层状结构，堆叠Y-BaO-CuO<sub>2</sub>-CuO-CuO<sub>2</sub>-BaO。此后的数十年间，超导物理的主要工作就变成了在此结构下的元素替换。特别是稀土元素Re（Re=La、Nd、Sm、Eu、Gd、Ho、Er和Lu）的替换。一系列的ReBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-x</sub>超导体在80、90年代被制备出来。此后，一些复合材料的超导特性也被人发现，包括Bi-Sr-Ca-Cu-O，Tl-Ba-Ca-Cu-O和Tl-Pb-Sr-Ca-Cu-O，他们的超导温度都超过了100K。

图 5：超导体临界温度研究进展



数据来源：CNKI，广发证券发展研究中心



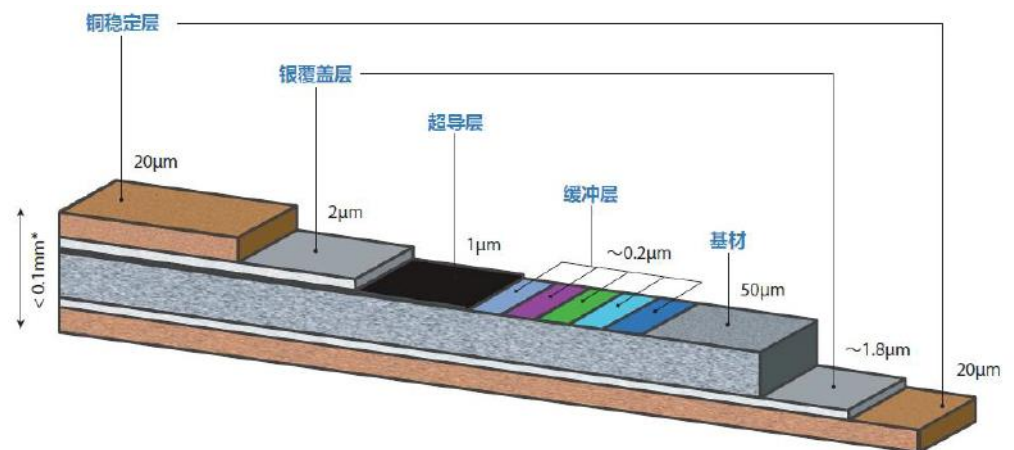
第一代高温超导材料以Bi系材料为代表，有着相对容易制备的特点，但和YBCO高温超导材料相比，Bi系不可逆场小了至少一个量级，导致了其在强磁场条件和液氮温区（77K）下的应用被局限。YBCO的高载流能力在液氮温区和高磁场条件下都非常突出，这使得YBCO被称为使用范围更加广泛的第二代高温超导材料。同时，YBCO因其结构相对简单的特点，可通过各种制备手段大批量生产。因此，在所有的高温超导材料中，YBCO第二代高温超导材料的优势日益凸显，奠定了YBCO薄膜在通信、电子、雷达等领域的广泛应用基础，挖掘了其巨大的商业价值。

## YBCO 带材是主要应用形式

高温超导材料有着不同于半导体材料的特殊性质，使其在包括强电领域、弱电领域等不同的领域内应用前景都非常的普遍。强电领域方面，高温超导在电力工程方面的应用发展无与伦比，包括在电能输送、输电线路和微弱信号检测方面的都取得了成功，而在通信设备的应用、磁流体发展方面，特别是对超导磁悬浮列车的研究发展与应用，彻底改变了现有的人类生活，并对未来电子、通信、交通、电力等方面进行了革命性的创新。弱电领域方面，超导量子干涉器、微波器件、数字电路等的研制成功，使其成功应用于军事、矿业、灾害预警等方面。

高温超导材料使用形式多样，而带材是其最主要的使用形式。YBCO高温超导带材的结构通常由基带层、织构化隔离层、YBCO涂层、保护层等组成。YBCO第二代带材的性能优于第一代带材BSCCO，交流损耗也低。另外YBCO带材的原材料中不包含贵金属银，随着制备工艺逐渐成熟，具有潜在的成本竞争力。YBCO高温超导带材不仅在电力电缆、强磁场磁体、电力限流器、超导变压器、超导电机、超导储能、等强电应用中得到了充分的使用，也应用于科研医疗等不同的场合。并且在有色金属加热领域，基于感应加热工作原理，利用超导磁体损耗低、效率高、加热均匀等特点对金属进行高温超导直流感应加热。

图 6：二代高温超导YBCO带材结构示意图



数据来源：CNKI，广发证券发展研究中心

表 1: 全球高温超导主要生产企业

公司	国家	高温超导材料	主要产品	主要应用
美国超导 (AMSC)	美国	钇钡铜氧 (YBCO)	绝缘栅双极晶体管、散热器、电感器、变压器和印刷电路板	输电网, 配电网, 城市电网基础设施建设, 海军军舰上的安全系统、船载电力输送系统、电力发动、以及推进系统
Superpower (古河道子公司)	美国	稀土氧化铜钡 (REBCO)	超导储能系统、HTS 马达和发电机、HTS 传输电缆、HTS 变压器、故障电流限制器、以及高磁场磁体	储能、工业、航空、交通、军用
SuNAM	韩国	钆钡铜氧 (GdBCO)	高温超导体导线、涂层超导体	电力供应、低温制冷机、超导磁铁系统
d-nano	荷兰	钇钡铜氧 (YBCO)	超导电缆, 总线连接, 故障电流限制器, 马达和发电机。	能源传输
Fujikura	日本	钇钡铜氧 (YBCO)	超导电缆、变压器、超导体、储能系统、工业发电马达、故障电流限制器	风力发电、船用电动机、工业、储能
Bruker	美国	钇钡铜氧 (YBCO)	马达、发电机、电缆和变压器	电网侧、能源传输、
THEVA	德国	钆钡铜氧 (GdBCO)	高温超导体导线、超导带、超导线圈	工业、能源传输、风力发电

数据来源: 各公司官网, 广发证券发展研究中心

## 商业应用: YBCO 高温超导感应加热技术趋近商业化

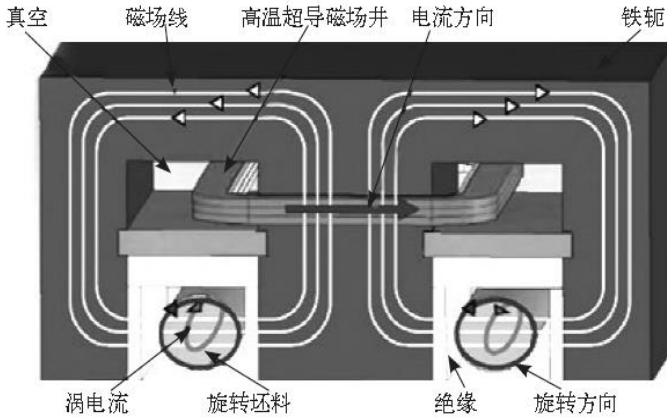
高品质工业铝型材产品正成为实现大飞机、汽车、轨道交通列车、航天、军工、船舶等工业先进装备技术升级和国产化目标的关键基础材料。随着汽车、航空、军工等高端应用领域对所使用的几何结构铝型材、钛型材等机械性能和表面质量要求也越来越高, 传统的交流感应加热和燃气加热的精密加工能力受限, 除了挤压模具精度不足外, 型材挤压前加热工序中铝锭加热的幅向均匀性和轴向梯度分布要求也不能满足要求。目前, 我国很多高端铝型材依然要依靠进口。而超导直流感应加热技术对提高挤压型材产品的机械性能和表面光洁度方面有着很大的帮助, 是企业产品升级换代的有效技术路径。

另外, 从节能降耗方面来看, 高温超导直流感应加热技术的意义更大。根据《前沿》杂志刊登的《高温超导感应加热技术及应用浅谈》, 国内铝型材企业年耗电费超过6亿元人民币, 加热工序所占的能耗占全厂能耗的60%以上。一台1MW的加热炉如果采用超导直流感应技术年节电可达200万kwh, 直接减少电费开支100万元人民币, 同时相当于节约0.8万t标煤, 减少二氧化碳排放2万t, 减少氮氧化物排放300t。

## 高温超导感应加热原理

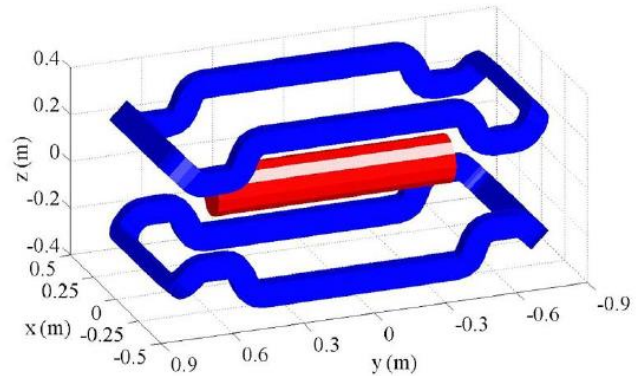
高温超导感应加热现在通常是采用如钇钡铜氧（YBCO）等高温超导带材绕制的超导磁体在铁芯中产生背景磁场，由机械传动系统带动如铝锭等金属工件在磁场中旋转，工件切割磁力线形成涡流并产生焦耳热，实现对工件的热处理。

图 7：高温超导感应加热原理图



数据来源：CNKI、广发证券发展研究中心

图 8：可均匀加热铝棒的3D超导线圈结构图



数据来源：CNKI、广发证券发展研究中心

## 高温超导感应加热优势

高温超导感应加热技术与现有交流感应加热技术相比，具有以下明显优势：

- 1) 高效、节能省电。采用超导感应加热设备取代传统感应加热设备，每年可节省电费约700万元（超导感应加热每吨铝锭耗电量160度，常规感应加热耗电量400度/吨）。（上海超导官网）
- 2) 透热深且均匀。超导感应加热透热深度可达10-20厘米，可实现对直径400毫米以上铝圆铸锭几乎整体均匀加热，芯表温差小于 $\pm 1.2^{\circ}\text{C}$ 。如需实现均匀加热，沿铝圆铸锭长度方向的温度均匀度可达 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。
- 3) 温度梯度线性可控。可实现铝圆铸锭轴向梯度加热，最大梯度可达每米100 $^{\circ}\text{C}$ 。更适用于大型薄壁复杂型材、高性能挤压材等。
- 4) 工件尺寸适应性好。该技术适用于各种尺寸铝圆铸锭的加热，尤其适合直径200-600毫米、长度0.8-1.5米铝圆铸锭的加热。

表 2：超导感应加热与传统交流感应加热的性能对比分析

性能参数	高温超导感应加热	传统交流感应加热	燃气加热
加热频率/Hz	4~12 (240~720rpm)	大于 50	—
电流穿透深度/mm	50	15	—
加热效率/%	80~85	40~45	35~40
能耗/(kWh/t)	140	280 (含冷却)	370 (含冷却)

芯表温差/°C	±5	±20	> 20
加热工艺	可双根加热	可双根加热	连续加热
无功补偿	不需要	需要	—
电力谐波污染	无	严重	无
适合钨锭挤压场景	大于 36MN 热 挤压机	大于 36MN 热 挤压机	适合 30MN 以下的中小挤 压线，加热质量低

数据来源：CNKI，广发证券发展研究中心

## 高温超导感应加热设备

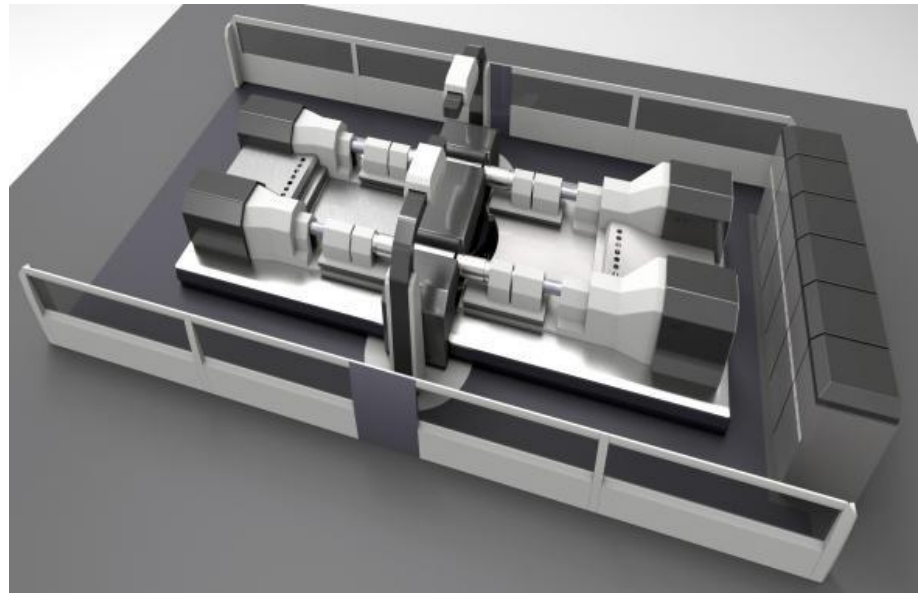
超导感应加热挤压设备是一种颠覆性的铝/金属挤压技术，是通过超导材料制成的电磁体实现对铝或其他金属进行直流感应加热的设备。目前国内掌握该设备研制技术的公司主要有联创光电和上海超导。

联创光电和北京交通大学等单位历时六年研发成功了MW级超导感应加热技术及装置，2019年7月经有色协会鉴定各项技术性能指标处于国际领先水平。目前全球超导感应加热装置仅有三套，另外两套分别是2008年德国Zenergy Power公司建成的720kW超导感应加热装置（全球首台）和2015年韩国国立昌原大学建成的300kW超导感应加热装置。

联创光电的MW级超导感应加热技术及装置具有以下明显优势：

- 1) 技术创新程度高。该技术及装置是目前国际上功率最大的MW级超导磁体感应加热装置，可实现对大尺寸工件的快速高效加热。
- 2) 技术经济指标先进。该技术可实现二工位、四位、八工位等模式，加热能效超过80%，是目前国际上被加热工件尺寸最大的超导感应加热装置。
- 3) 技术可靠性和成熟度高，经济效益好。铝圆铸锭加热成本照比产量相同的传统工频感应炉可降低50%。

图 9: 高温超导感应加热设备



数据来源: 联创光电官网, 广发证券发展研究中心

### 高温超导感应加热装置经济效益

高温超导直流感应加热装置在铝型材企业的实际应用将会出现两个方面的变化: 一方面是加热设备投入费用的增加; 另一方面是电费投入的显著减少和空气质量的提高。因选择高温超导直流感应加热装置而节约的电力费用及环境污染物的减排收入能否补贴增大的装置采购费用及运行维护成本, 将需要结合使用企业本地电力价格、减排补贴等信息数据, 对超导感应加热方案的经济可行性对比研究, 然后决定。一般而言, 兆瓦级高温超导直流感应加热系统具有初投资大、运行成本低的特点。

上海交大杨平在博士论文《兆瓦级高温超导直流感应加热装置的关键技术研究》中, 选取某大型铝加工企业所使用的铝加热改造升级作为参比系统, 对兆瓦级高温超导感应加热系统进行经济性分析, 研究了系统年运行费用和总投资成本, 发现与传统的交流感应加热装置相比, 兆瓦级高温超导感应加热装置的总投资成本较高, 但运行费用低。总体来说, 高温超导直流感应加热装置的经济性较好, 若充分发挥装置的最大性能, 避免降功率运行, 可提高系统的经济效益。

表 3: 铝挤压机分类及加热装置功率计算

铝挤压机吨位 (吨)	8000	6000	2000	1000
支持最大铝锭直径规格 (mm)	440	400	203	127
加热功率装置计算值 (KW)	1200	600	480	200

数据来源: 杨平博士论文《兆瓦级高温超导直流感应加热装置的关键技术研究》、广发证券发展研究中心

**表 4: 不同功率大小的超导感应加热装置的成本预算**

成本项	不同功率的超导感应加热装置的成本 (万元)		
	480 KW	600 KW	800 KW
初始投资成本	517.2	583.1	693.0
设备总成本			
现场改造成本	23.51	36.73	45.92
运维成本			
运行维护成本	10.34	11.66	13.86
年运行费用	158.61	236.41	307.96
总投资成本	7,998	10,553	13,898

数据来源: 杨平博士论文《兆瓦级高温超导直流感应加热装置的关键技术研究》、广发证券发展研究中心

据联创光电2019年7月2日公告, MW级超导感应加热装置如果在铝挤压行业中投产, 与传统工频感应炉相比, 可使铝锭的加热成本从约260元/吨降低至约130元/吨, 设备运行安全, 对用户和电网友好, 具有良好经济效益和节能环保社会效益。

## 相关公司: 联创光电

江西联创光电科技股份有限公司成立于1999年6月, 现已发展成为集LED、线缆、智能控制模块三大支柱产业和军工产业于一体的光电子骨干企业, 建立了涵盖LED芯片、器件、背光源、全彩显示屏、照明光源的较完整LED产业链。2001年3月于上海证券交易所上市。公司现控股股东和实际控制人为伍锐。另外, 公司专注高温超导材料应用相关技术研发和产业化, 研发并量产高效、节能大功率高温超导感应加热设备, 为企业新一轮跨越式发展奠定基础。

据公司2019年7月2日公告, 由公司组织研制的兆瓦(MW)级超导磁体感应加热装置和该装置用的大口径高温超导磁体研发成功。7月1日, 中国有色金属工业科技成果评价办公室组织以赵忠贤院士、陈仙辉院士、桂卫华院士及国内从事超导、低温、电机等高层次专业技术人员组成的成果评价专家委员会对兆瓦级超导磁体感应加热装置及该装置大口径传导式高温超导磁体系统进行了科技成果评价。认为该项目整体技术达到了国际领先水平, 建议加大产品推广力度, 拓展高温超导感应加热装置在多种金属加工领域的应用。

同时, 公司研制成功了国际上最大功率MW级超导磁体感应加热装置用的大口径高温超导磁体, 在国内首次开发出面向高场磁体应用的第二代高温超导带材。通过YBCO超导带材制备技术自主创新以及大型超导磁体设计和制造技术突破及应用, 打破了国外对第二代高温超导带材的产品垄断, 促进了我国高温超导电工装备及其产业化发展。也成功带动国产化高场用YBCO超导带材发展, 2019年产值已超过5000万元, 并实现出口外销, 为高温超导磁体广泛应用打下了基础。

根据公司2019年9月5日公告, 公司与中国工程物理研究院应用电子学研究所(十所)签署了《战略合作框架协议》, 双方联合成立一家研究院和一家合资公司,

其中研究院主要开展光电产品与激光技术研发，合资公司负责科技成果转化、形成批产。合资公司设立时的股东为十所(股权占比45%)和联创光电(股权占比55%)，标注册资本5亿元，十所将知识产权、科技成果等作价入股，联创光电按照上述股权结构匹配现金出资。

## 风险提示

高温超导感应加热技术级设备商业化进度低预期；技术不成熟等问题导致实际应用中资本投入过高、成本过高等。

## 广发有色金属行业研究小组

- 巨国贤：** 首席分析师，材料学硕士，21年有色金属及新材料产业、上市公司研究经验，带领有色金属研究团队荣获四届（2013年、2014年、2016年、2017年）新财富最佳分析师第一名、水晶球第一名、金牛第一名、最受保险信赖分析师评选第一名。
- 赵鑫：** 联席首席分析师，CFA，上海交通大学材料学硕士，2年国际铜业公司工作经验，7年证券从业经历，2015年加入广发证券发展研究中心。2016年、2017年新财富最佳分析师第一名、水晶球第一名、金牛第一名、最受保险信赖分析师评选第一名。
- 娄永刚：** 资深分析师，中南大学冶金学硕士，8年行业管理协调工作经验，2016年加入广发证券发展研究中心。2016年、2017年新财富最佳分析师第一名、水晶球第一名、金牛第一名、最受保险信赖分析师评选第一名团队成员。
- 官帅：** 资深分析师，对外经济贸易大学金融学硕士，4年有色金属行业工作经验，2016年加入广发证券发展研究中心。2016年、2017年新财富最佳分析师第一名、水晶球第一名、金牛第一名、最受保险信赖分析师评选第一名团队成员。
- 黄礼恒：** 资深分析师，中国地质大学（北京）地质学硕士，2017年加入广发证券发展研究中心。2017年新财富最佳分析师第一名、水晶球第一名、金牛第一名、最受保险信赖分析师评选第一名团队成员。

## 广发证券—行业投资评级说明

- 买入：** 预期未来12个月内，股价表现强于大盘10%以上。
- 持有：** 预期未来12个月内，股价相对大盘的变动幅度介于-10%~+10%。
- 卖出：** 预期未来12个月内，股价表现弱于大盘10%以上。

## 广发证券—公司投资评级说明

- 买入：** 预期未来12个月内，股价表现强于大盘15%以上。
- 增持：** 预期未来12个月内，股价表现强于大盘5%-15%。
- 持有：** 预期未来12个月内，股价相对大盘的变动幅度介于-5%~+5%。
- 卖出：** 预期未来12个月内，股价表现弱于大盘5%以上。

## 联系我们

	广州市	深圳市	北京市	上海市	香港
地址	广州市天河区马场路 26号广发证券大厦35楼	深圳市福田区益田路 6001号太平金融大厦 31层	北京市西城区月坛北 街2号月坛大厦18层	上海市浦东新区世纪 大道8号国金中心一 期16楼	香港中环干诺道中 111号永安中心14楼 1401-1410室
邮政编码	510627	518026	100045	200120	
客服邮箱	gfyf@gf.com.cn				

## 法律主体声明

本报告由广发证券股份有限公司或其关联机构制作，广发证券股份有限公司及其关联机构以下统称为“广发证券”。本报告的分销依据不同国家、地区的法律、法规和监管要求由广发证券于该国家或地区的具有相关合法合规经营资质的子公司/经营机构完成。

广发证券股份有限公司具备中国证监会批复的证券投资咨询业务资格，接受中国证监会监管，负责本报告于中国（港澳台地区除外）的分销。广发证券（香港）经纪有限公司具备香港证监会批复的就证券提供意见（4号牌照）的牌照，接受香港证监会监管，负责本报告于中国香港地区的分销。

本报告署名研究人员所持中国证券业协会注册分析师资质信息和香港证监会批复的牌照信息已于署名研究人员姓名处披露。



## 重要声明

广发证券股份有限公司及其关联机构可能与本报告中提及的公司寻求或正在建立业务关系，因此，投资者应当考虑广发证券股份有限公司及其关联机构因可能存在的潜在利益冲突而对本报告的独立性产生影响。投资者不应仅依据本报告内容作出任何投资决策。

本报告署名研究人员、联系人（以下均简称“研究人员”）针对本报告中相关公司或证券的研究分析内容，在此声明：（1）本报告的全部分析结论、研究观点均精确反映研究人员于本报告发出当日的关于相关公司或证券的所有个人观点，并不代表广发证券的立场；（2）研究人员的部分或全部的报酬无论在过去、现在还是将来均不会与本报告所述特定分析结论、研究观点具有直接或间接的联系。

研究人员制作本报告的报酬标准依据研究质量、客户评价、工作量等多种因素确定，其影响因素亦包括广发证券的整体经营收入，该等经营收入部分来源于广发证券的投资银行类业务。

本报告仅面向经广发证券授权使用的客户/特定合作机构发送，不对外公开发布，只有接收人才可以使用，且对于接收人而言具有保密义务。广发证券并不因相关人员通过其他途径收到或阅读本报告而视其为广发证券的客户。在特定国家或地区传播或者发布本报告可能违反当地法律，广发证券并未采取任何行动以允许于该等国家或地区传播或者分销本报告。

本报告所提及证券可能不被允许在某些国家或地区内出售。请注意，投资涉及风险，证券价格可能会波动，因此投资回报可能会有所变化，过去的业绩并不保证未来的表现。本报告的内容、观点或建议并未考虑任何个别客户的具体投资目标、财务状况和特殊需求，不应被视为对特定客户关于特定证券或金融工具的投资建议。本报告发送给某客户是基于该客户被认为有能力独立评估投资风险、独立行使投资决策并独立承担相应风险。

本报告所载资料的来源及观点的出处皆被广发证券认为可靠，但广发证券不对其准确性、完整性做出任何保证。报告内容仅供参考，报告中的信息或所表达观点不构成所涉证券买卖的出价或询价。广发证券不对因使用本报告的内容而引致的损失承担任何责任，除非法律法规有明确规定。客户不应以本报告取代其独立判断或仅根据本报告做出决策，如有需要，应先咨询专业意见。

广发证券可发出其它与本报告所载信息不一致及有不同结论的报告。本报告反映研究人员的不同观点、见解及分析方法，并不代表广发证券的立场。广发证券的销售人员、交易员或其他专业人士可能以书面或口头形式，向其客户或自营交易部门提供与本报告观点相反的市场评论或交易策略，广发证券的自营交易部门亦可能会有与本报告观点不一致，甚至相反的投资策略。报告所载资料、意见及推测仅反映研究人员于发出本报告当日的判断，可随时更改且无需另行通告。广发证券或其证券研究报告业务的相关董事、高级职员、分析师和员工可能拥有本报告所提及及证券的权益。在阅读本报告时，收件人应了解相关的权益披露（若有）。

本研究报告可能包括和/或描述/呈列期货合约价格的事实历史信息（“信息”）。请注意此信息仅供用作组成我们的研究方法/分析中的部分论点/依据/证据，以支持我们对所述相关行业/公司的观点的结论。在任何情况下，它并不（明示或暗示）与香港证监会第5类受规管活动（就期货合约提供意见）有关联或构成此活动。

## 权益披露

(1) 广发证券（香港）跟本研究报告所述公司在过去12个月内并没有任何投资银行业务的关系。

## 版权声明

未经广发证券事先书面许可，任何机构或个人不得以任何形式翻版、复制、刊登、转载和引用，否则由此造成的一切不良后果及法律责任由私自翻版、复制、刊登、转载和引用者承担。