

高温超导感应加热设备 产品手册

金属加热领域变革技术的引领者



企业介绍

江西联创光电超导应用有限公司，是上市公司江西联创光电科技股份有限公司（600363）和江西省电子集团面相未来发展战略，于2019年6月共同投资组建，注册资金2亿元。

公司专注于大容量超导强磁极低频感应加热设备、基于高温超导磁体系统的高端电工装备的研发、设计及生产制造，从基础超导材料到设备全部国产自主化。

公司汇集了我国在超导材料、超导磁体、精密机电、高端电热等前沿领域的优势科研团队，科技创新能力卓越，持有近50项核心技术的专利申请，其中18项为国家发明专利。

超导原理及应用

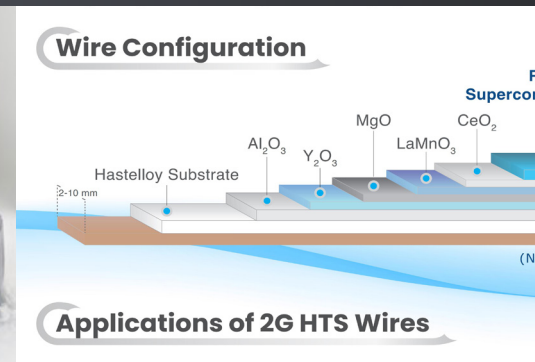
高温超导材料 (HTS)

超导体（英文名：superconductor），又称为超导材料，指在某一温度下，电阻为零的导体。高温超导材料，是具有高临界转变温度（ T_c ）能在液氮温度下工作的超导材料。因主要是氧化物材料，故又称高温氧化物超导材料。在液氮温区即能实现超导（ $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）。工业上使用液氮冷却，冷却成本比采用液氦的低温超导低100倍。因目前高温超导材料凭借优越的导电性能和相对简便的制冷要求已经应用到电力、能源、国防、大科学仪器等众多领域。

超导体悬浮



高温超导带材结构



高温超导带材



超导材料具有极高的产业化意义

大科学仪器

超导强磁体是粒子加速器等大科学仪器的核心零部件。



超导电机

可以大幅度降低超大功率（数十MW等级）电机的体积和重量。

超导军工

轻量化、高稳定无液氮的未来军工部件。



低输电损耗

高压输电仍然存在很大的电热损耗且需要升压，采用超导体可最大限度地降低损耗。

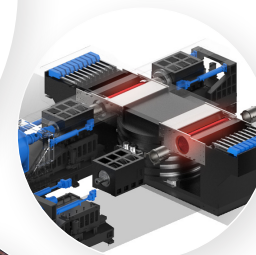


强载流能力

超导导线的载流能力是相同横截面积的铜导线的100倍以上。

产生强磁场

负载大电流并产生强磁场，因此超导材料可制作高场磁体。

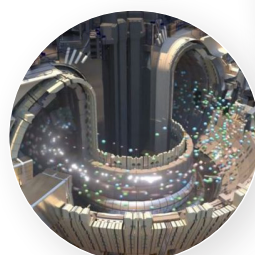


超导电网

大容量、超低损耗的下一代智能电网。

核聚变

经济、安全、取之不尽的清洁能源。



超导低空列车

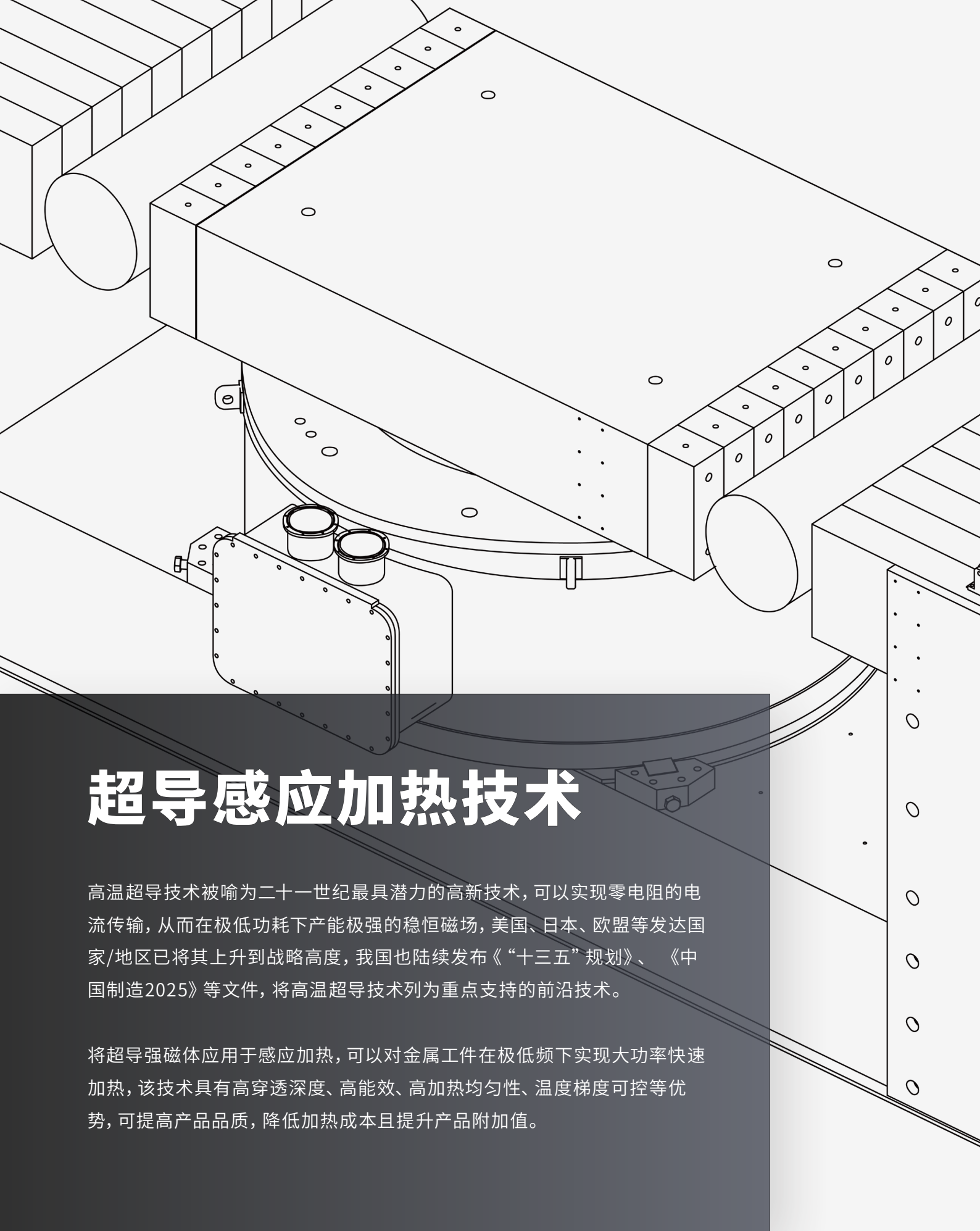
安全、超音速的未来人类交通运输主力。



高端医疗

超导磁体可应用于高场磁共振成像、质子重离子癌症治疗仪等医疗装备。





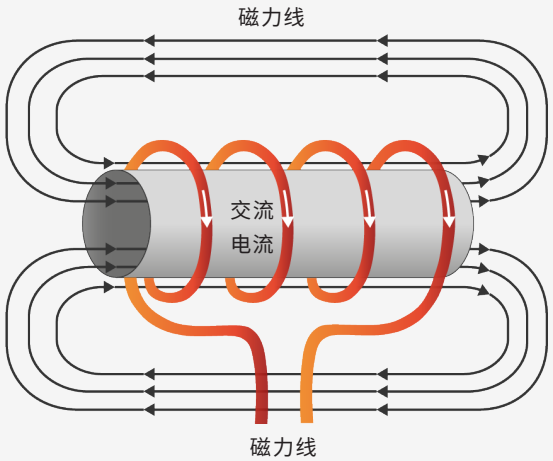
超导感应加热技术

高温超导技术被喻为二十一世纪最具潜力的高新技术，可以实现零电阻的电流传输，从而在极低功耗下产能极强的稳恒磁场，美国、日本、欧盟等发达国家/地区已将其上升到战略高度，我国也陆续发布《“十三五”规划》、《中国制造2025》等文件，将高温超导技术列为重点支持的前沿技术。

将超导强磁体应用于感应加热，可以对金属工件在极低频下实现大功率快速加热，该技术具有高穿透深度、高效能、高加热均匀性、温度梯度可控等优势，可提高产品品质，降低加热成本且提升产品附加值。

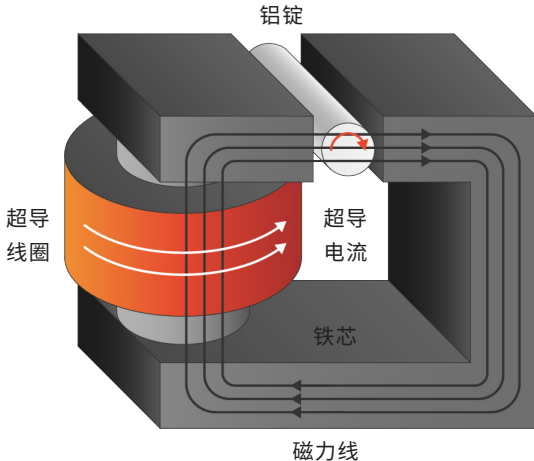
超导感应加热技术原理

传统交流工频感应加热



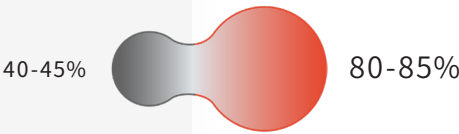
当交流电通过线圈，形成交变磁场，使静止的工件感生涡流进行加热。磁场强度低、频率高、集肤效应明显，线圈自身生热拉低能效。

超导极低频感应加热

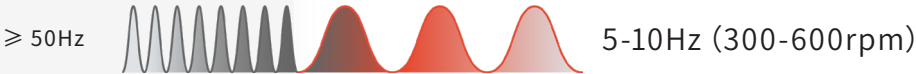


超导磁体产生强直流磁场，电动机驱动工件在磁场中旋转，感应出涡流进行加热。磁场强度高、频率低，超导磁体由于零电阻而实现高效能。

加热效率



加热频率 (工频)



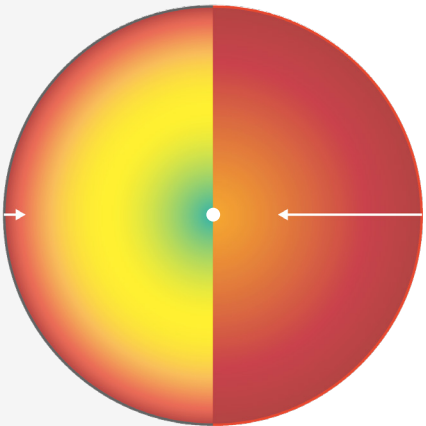
电流穿透深度



径向透热深度和加热均匀度

感应涡流仅存在于工件表层，工件内部靠传导加热。受热不均匀。

透热深度 < 10mm



感应电流可直接整体加热工件内部。芯表温差小，且不会因为内外受热不均而开裂。

透热深度 > 200mm

超导感应加热设备

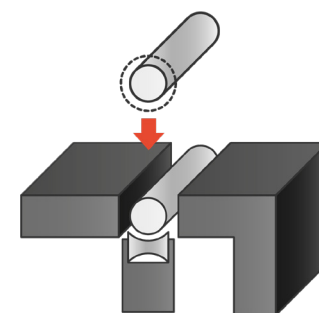
超导感应加热器，是金属电加热设备领域的革命性产品，是目前全球唯一的可以对大口径（直径300mm以上）金属工件实现通体同步快速加热的设备。

利用尖端的高温超导磁体技术建立大范围的强磁场气隙区域，采用旋转加热方式，相比传统交流感应加热，在能效和加热性能方面拥有显著优势。

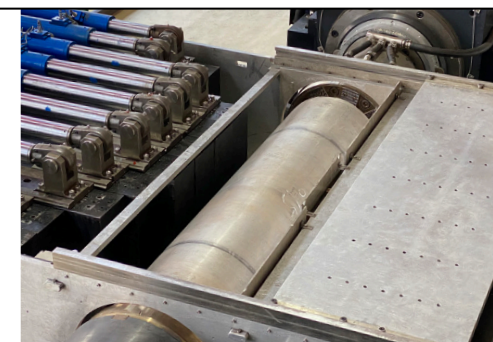
作为世界首台兆瓦级超导直流感应加热设备主要研制单位，江西联创光电超导应用有限公司用于设备的全部核心技术和设备已经形成面向不同工件材料、工件尺寸、加热节拍需求的系列化产品。

设备加热工作流程

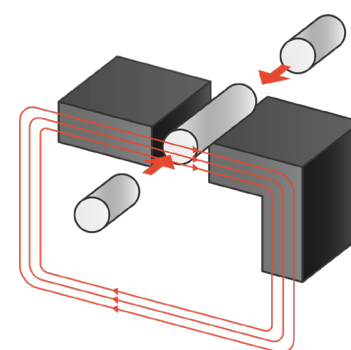
1 进料 提供上开口与侧开口两种可选进料方式。



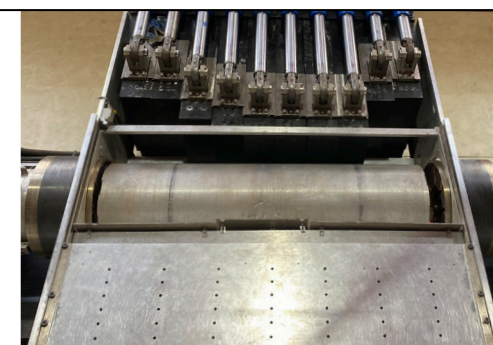
液压托架在上位接料后下降到中位，金属工件进入强磁场区域，送料位置精确可控。



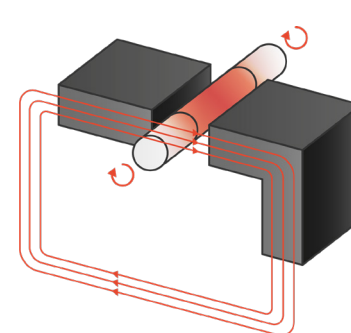
2 夹持定位 送料位置精准可控：伺服液压托架接料后，夹紧金属工件并使进入工作气隙。



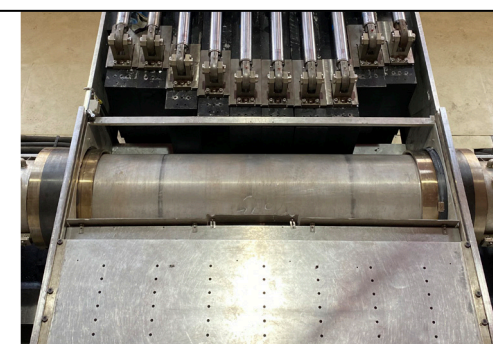
两侧液压缸推进主轴箱夹具顶紧金属工件，托架下降到下位；夹持装置自动将工件和主轴同心定位。夹持力高，定位精准。



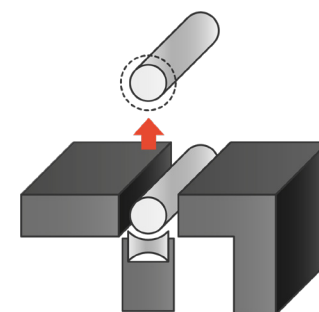
3 加热 提供均匀和梯度两种可选加热模式。



电机启动，迅速加速至额定转速，带动工件在磁场中旋转加热；预设均匀和梯度两种模式，到达目标温度后，自动减速停机。



4 出料 加热结束，工件由液压托架托出。



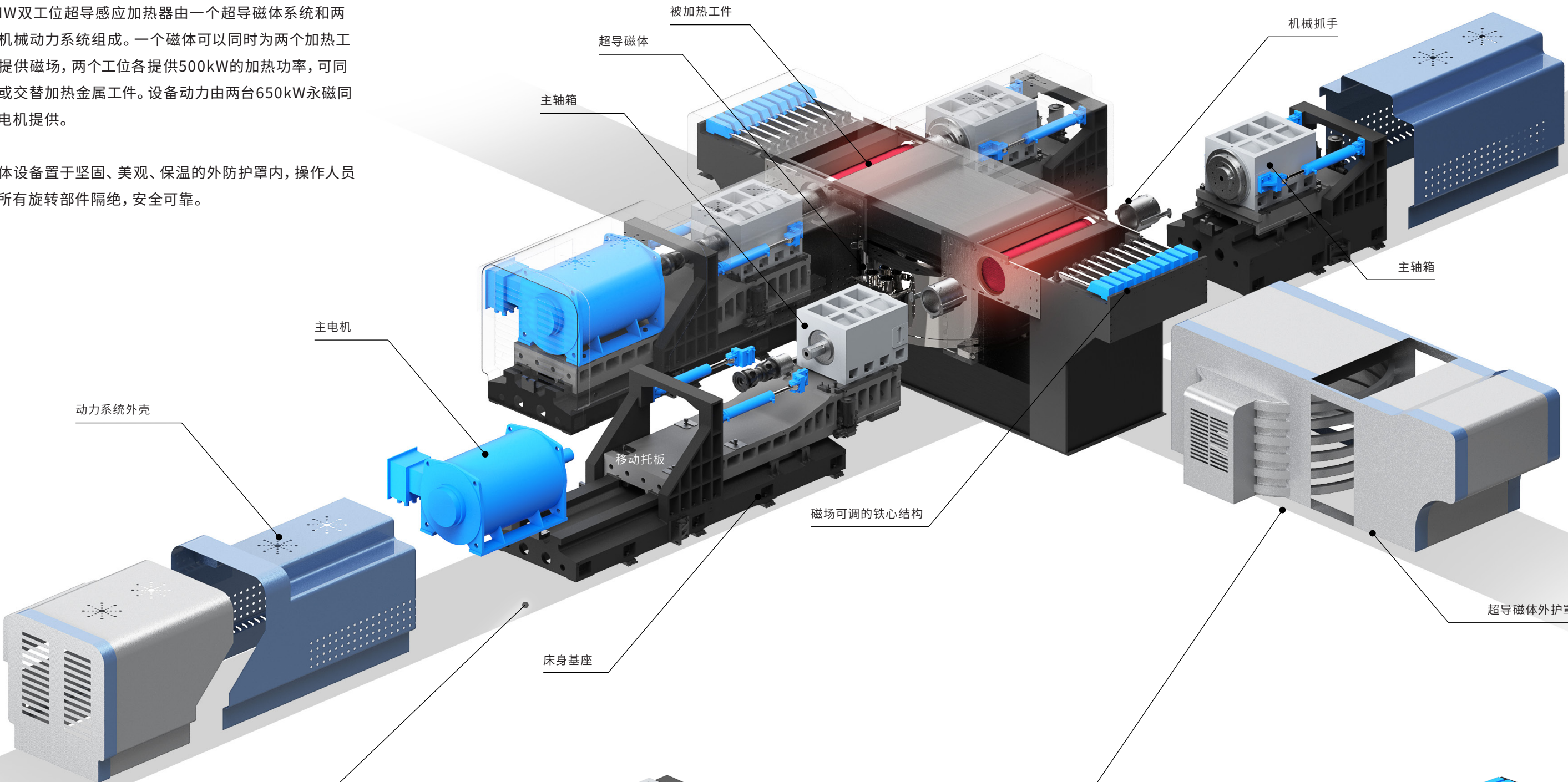
托架上升到中位，两侧液压缸带动主轴箱夹具脱开，托架上升到上位，以便工件被机械手抓取。



1MW 双工位超导感应加热器设备整体图

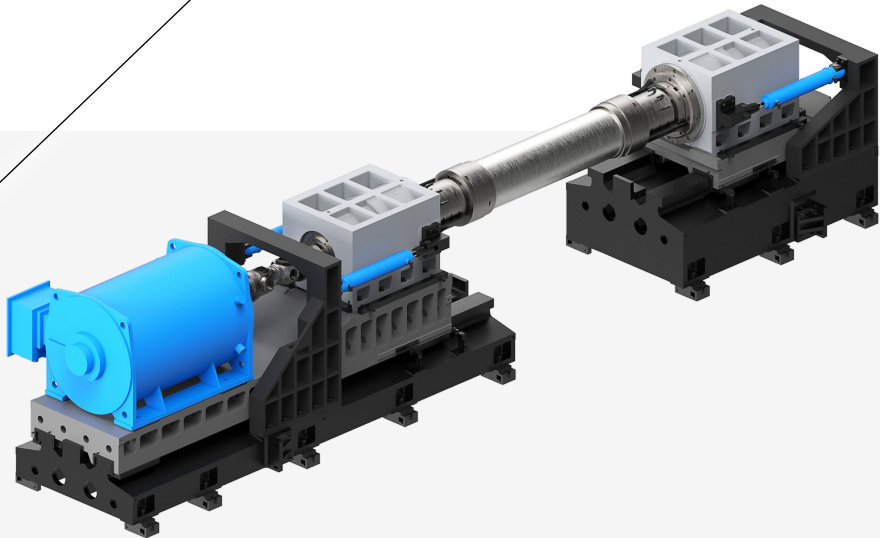
1MW双工位超导感应加热器由一个超导磁体系统和两套机械动力系统组成。一个磁体可以同时为两个加热工件提供磁场，两个工位各提供500kW的加热功率，可同时或交替加热金属工件。设备动力由两台650kW永磁同步电机提供。

整体设备置于坚固、美观、保温的外防护罩内，操作人员与所有旋转部件隔绝，安全可靠。



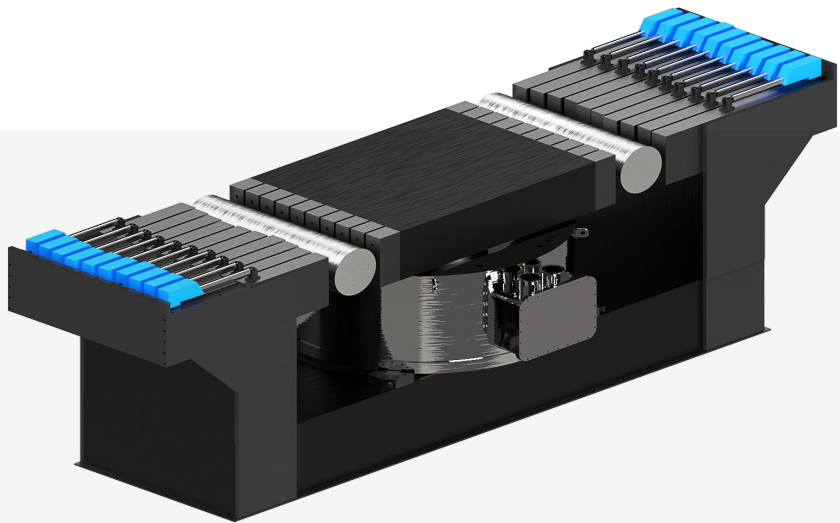
传动系统

动力系统由一个主电机、一对主轴箱/主轴和一对机械抓手组成。这些部件整体置于可精确平稳滑动的床身和托板之上，确保工件可被稳定夹持且在高转速下可将主电机扭矩施加于被加热工件。



超导磁体系统

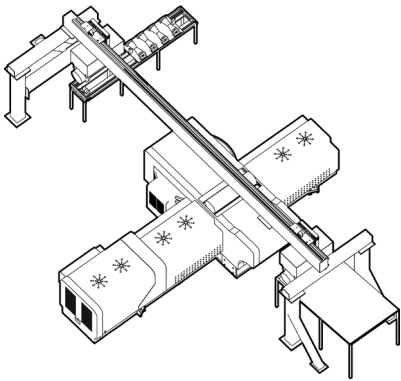
超导磁体系统由超导线圈、低温杜瓦和制冷系统、磁铁铁心组成。杜瓦和制冷系统为超导体提供低温环境，超导线圈产生磁场，磁力线通过铁心传递到被加热工件处，加热区域磁场可实现空间分布一键式可调，从而实现梯度加热。



系列化产品

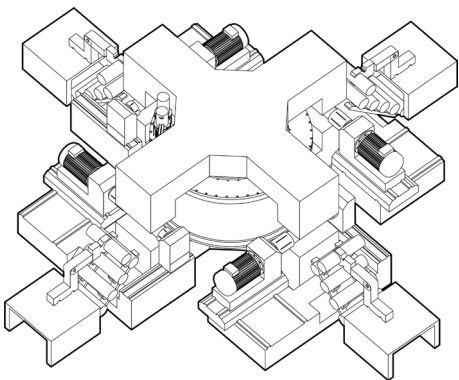
单工位设备

适合直径500mm以上的超大尺寸工件加热，一小时加热5根铝棒。



四工位设备

适合直径200mm-300mm工件的快速加热，四个工位交替出棒，一小时加热30根铝棒。

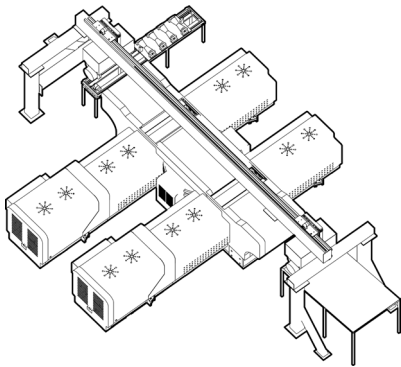


详细参数表

	技术规格	单位	单工位	双工位	四工位	八工位
1	设备额定功率	kW	500 ~ 1000	1000 ~ 2000		
2	加热能效	%	≥ 80			
3	径向透热深度	mm	≥ 200			
4	加热均匀度（径向、轴向）	℃	≤ ±5			
5	梯度温度调控范围	℃/m	20 ~ 100			
6	加热频率	Hz	4 ~ 10			
7	加热工件尺寸	直径 mm	400 ~ 680	200 ~ 680	200 ~ 330	< 200
		长度 mm	600 ~ 1500			< 1500
8	每小时产量	t	4 ~ 8			
9	吨能耗	kW/h	160			

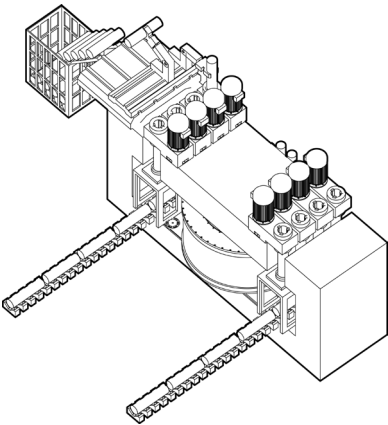
双工位设备

主流产品，适合直径300mm-500mm工件的快速加热，两个工位交替出棒，一小时加热10根铝棒。

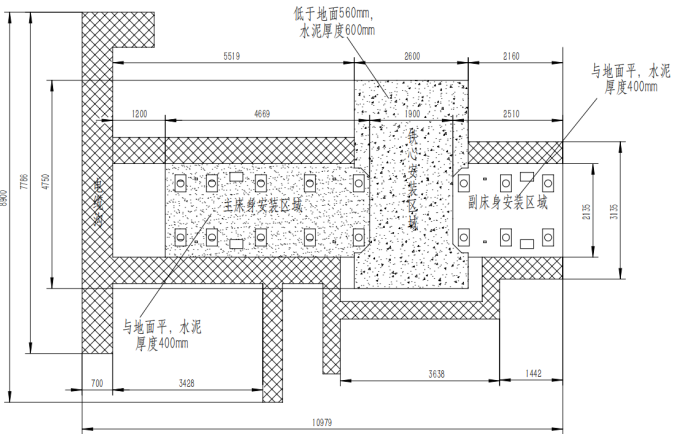


八工位设备

适合直径200mm以下工件的快速加热，八个工位交替出棒，一小时加热60根铝棒。



设备安装示范



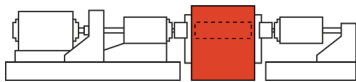
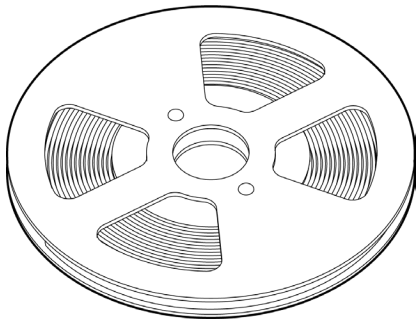
单工位设备安装图纸



设备关键技术点

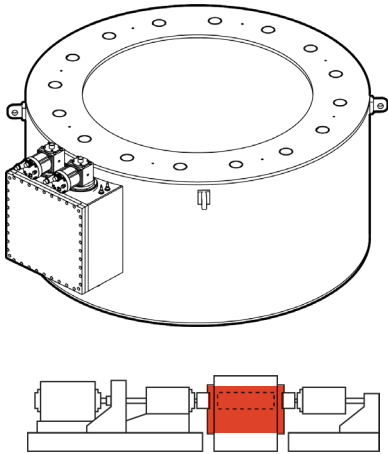
1 带材材料

采用定制化提供的高性能国产第二代高温超导带材，单根轻薄的带材在低温下可承载数百安培电流，是产生超导强磁场的關鍵基础材料，由于材料工作在极低温环境，材料性能几乎无老化，可经受长达数十年的连续运行。



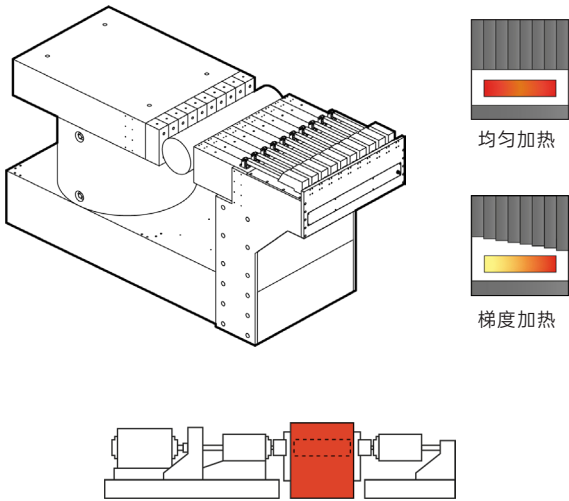
2 超导磁体技术

采用全球口径最大的导冷式高温超导磁体(直径达2.2m),在超大气隙范围(1.5m*0.5m*0.5m)产生1 T的强磁场。超导磁体具有几乎为零的电能损耗,和极低的制冷损耗。由于工作在极低温度范围(20k~30k) 磁体线圈、骨架和低温杜瓦寿命可长达50年以上。



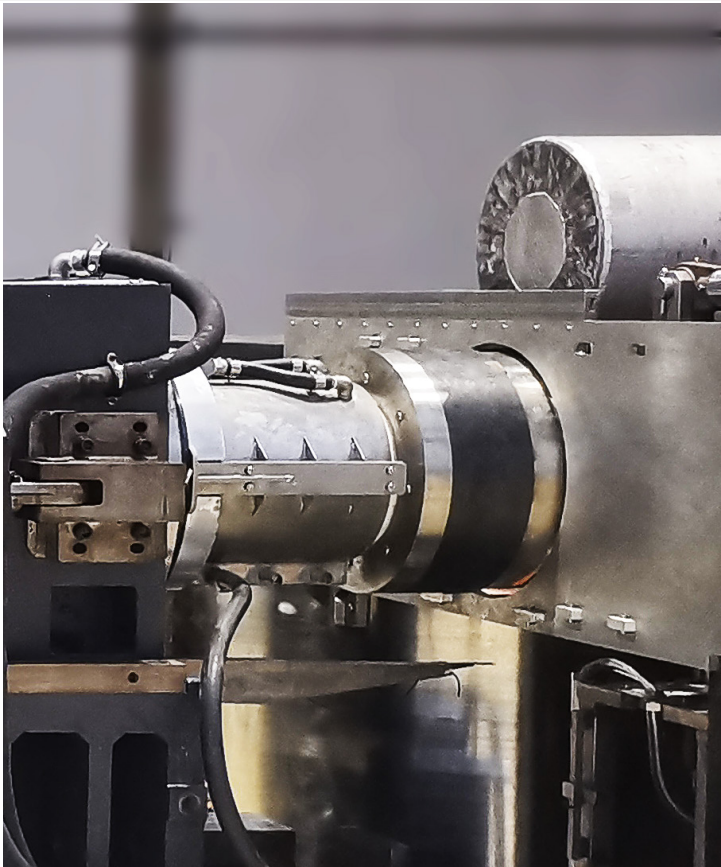
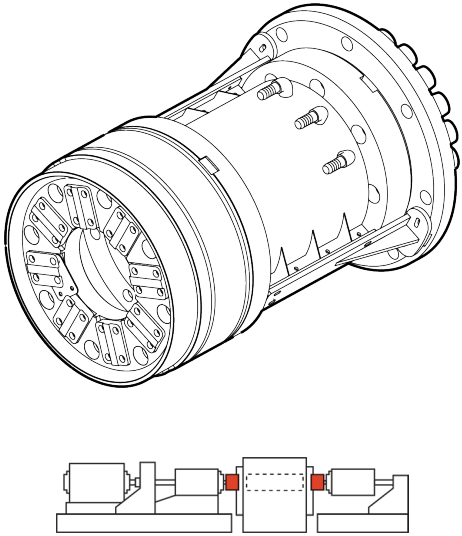
4 全自动一键式铁心调节梯度加热

采用高品质电磁纯铁厚板拼接结构,双侧铁心可调节,采用不锈钢电推缸推动活动铁心。实现加热区域磁场分布的一键式调节,从而实时控制被加热工件实现轴向不同温度梯度。



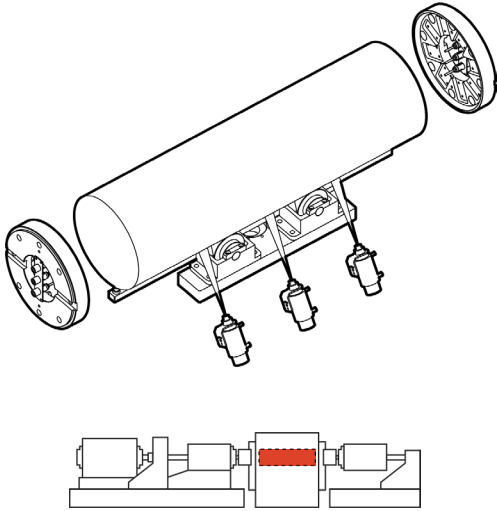
3 低生热、低导热复合材料机械夹具

采用特殊降涡流刻痕工艺,配合陶瓷材料复合工艺制备的合金滚筒及抓手,可以大幅减小其自身感应发热,确保长时间运行过程夹具不会过热。



5 精准且智能化的测温和温控系统

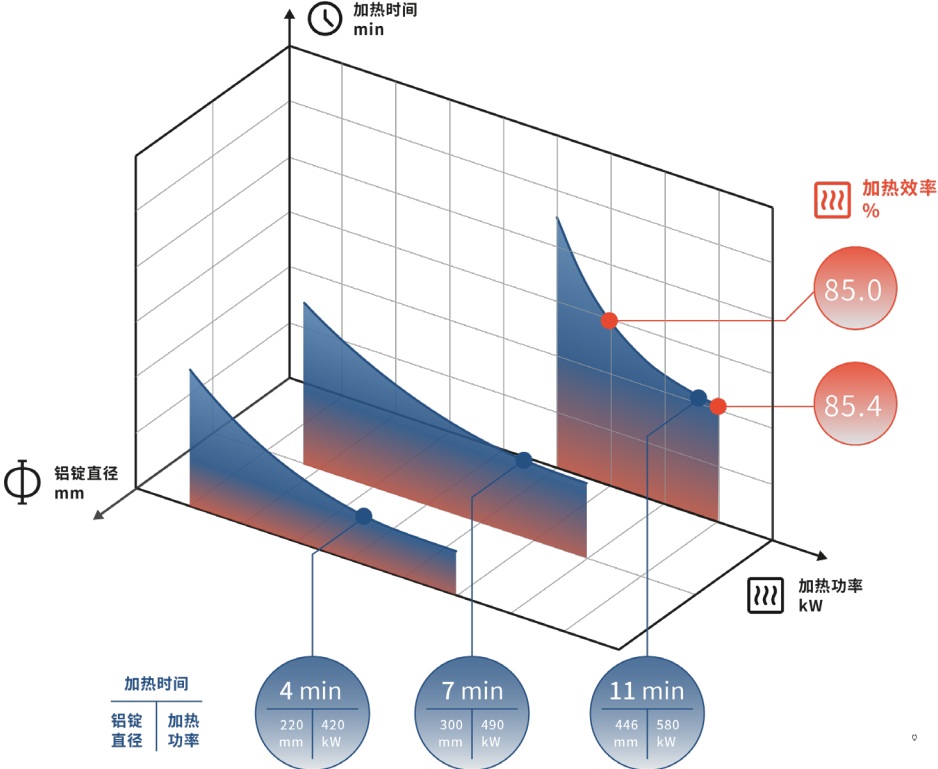
接触测温 and 红外测温相结合,温度更精确。端部接触测温,测温点集成于机械抓手上,随铝锭一起旋转。根据工件温度分布目标,通过特殊算法自动控制气隙磁场分布和加热时间,实现一键智能加热。



加热实测数据/效果

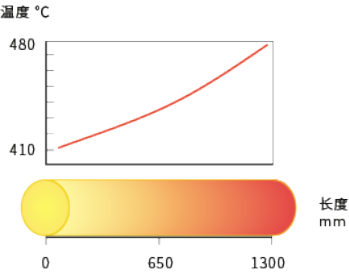
加热节拍和加热效率

下图为长度为1500mm，不同直径的铝锭，从室温加热到500℃，在不同加热功率下的加热时间和加热效率为：

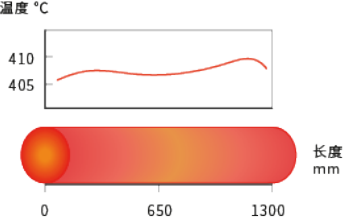


梯度加热效果

如需实现**梯度加热**，沿铝锭长度方向的温度梯度调控范围在**20度/米~100度/米。**

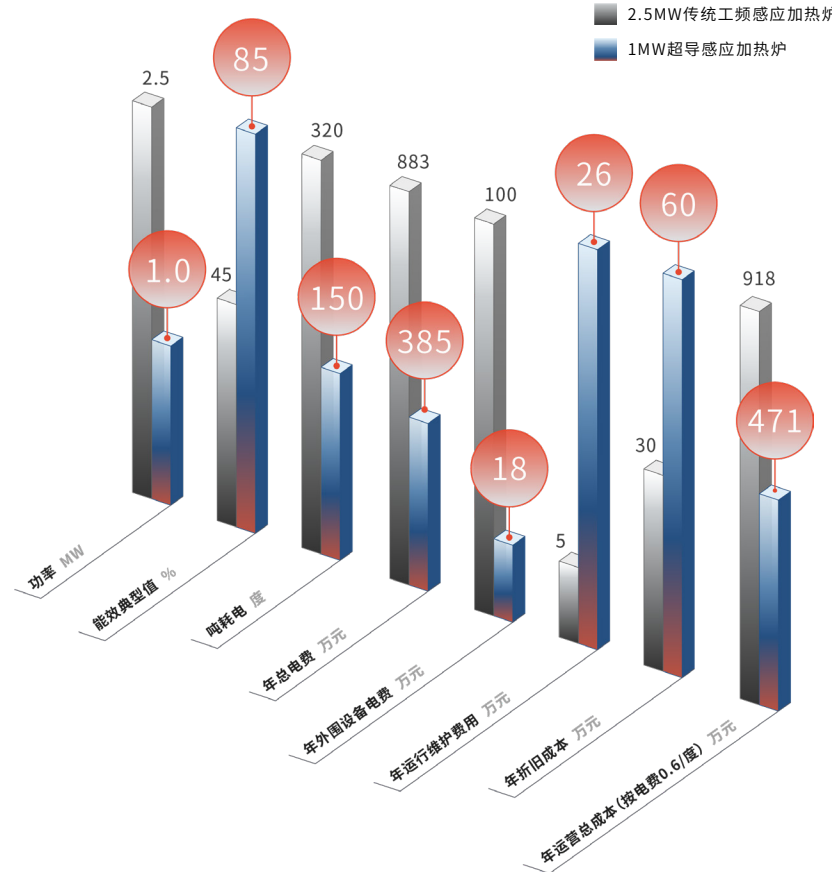


如需实现**均匀加热**，沿铝锭长度和径向的温差，可以控制在**小于5度。**



经济性分析

每小时加热节拍一致且产量相同的传统工频炉和超导感应炉的经济性比较，以每月产量3400吨，全年满负荷运行为例：



能效生产效益显著

设备的能效为传统加热设备的**2倍**左右。生产利用率越高，其效益越显著。

综合运营成本低

传统设备需配置大功率水冷机组，而超导直流感应加热器所用超导线圈**基本无能耗**，外围辅助设备电力**成本远低于传统交流感应加热设备。**

投资成本回收快

得益于优越的能效表现和较低的营运成本，只需**2-3年**，兆瓦级高温超导直流感应加热设备就可收回全部设备投资成本。

技术专利报告

科学技术成果评价报告1：MW级超导感应加热技术及装置

科学技术成果评价报告

研制出国际上功率最大的MW级超导感应加热装置。

能够为金属压延成型行业降低能耗、节约成本、提升品质、增加产能提供保障！

技术可靠性和成熟度高！

科学技术成果评价报告2：大口径传导式高温超导磁体技术

科学技术成果评价报告

国内首创应用于高层磁体的第二代高温超导材料，为国际最大功率的超导磁体感应加热设备提供了核心关键配套！

技术重现性好，成熟度高，打破了国外对第二代高温超导带材产品的垄断。

整体技术达到国际领先水平。

第三方检测报告：国家电炉质量监督检验中心

检测报告

额定功率、功率因数、温度均匀性、坯料尺寸、升温时间、温度梯度、相对效率及安全保障全部达标！

权威专家认证

技术评价会由中国有色金属工业协会组织，专家包括：国家最高科技奖获得者、中国科学院院士赵忠贤、中国科学院院士陈仙辉、中国工程院院士桂卫华、有色金属工业协会副会长贾明星以及超导、铝加工行业的权威学者。

多项国家发明专利

发明专利证书

专家媒体认可



中国造！全球首台兆瓦级高温超导感应加热设备在江西问世

—— 2019.8 人民网

六年投入一个亿 江西企业造出全球领先设备

—— 2019.8 人民网

联创光电：高温超导再获超导界泰斗肯定 首台设备交付在即

—— 2020.8 新浪财经

“兆瓦级超导感应加热技术及装置推广应用现场交流会”在南昌市江西联创光电超导应用有限公司召开，中国有色金属加工工业协会副理事长兼秘书长章吉林对该技术及装置给予了充分肯定，希望能为我国铝挤压行业节能降耗、降本增效做出贡献。

由联合科学家团队经过6年研发，投入近一个亿，研制成功了兆瓦级高温超导感应加热设备原理样机，**获得了包括国家最高科学技术奖获得者、中科院赵忠贤院士等专家的高度肯定。**赵院士表示，原认为只有国家科院所用十年才能研制出来的，没想到被一家企业用六年研制出来了。

中科院院士赵忠贤一行再赴联创光电考察调研公司高温超导感应加热项目的产业化进程，并按下全球首台兆瓦级高温超导感应加热设备交付前的可靠性测试启动键。



公司网站: www.advancedhts.com

公司地址: 南昌高新区京东大道168号联创光电科技园

联系电话: 0791-88169716

邮编: 330000