



湖南中科电气股份有限公司  
HUNAN ZHONGKE ELECTRIC CO., LTD



电磁无形——中科有道

# 中间包通道式电磁感应加热 与精炼装置

王 民

2013-5-29



我们改变品质  
品质改变世界

# 1、简介

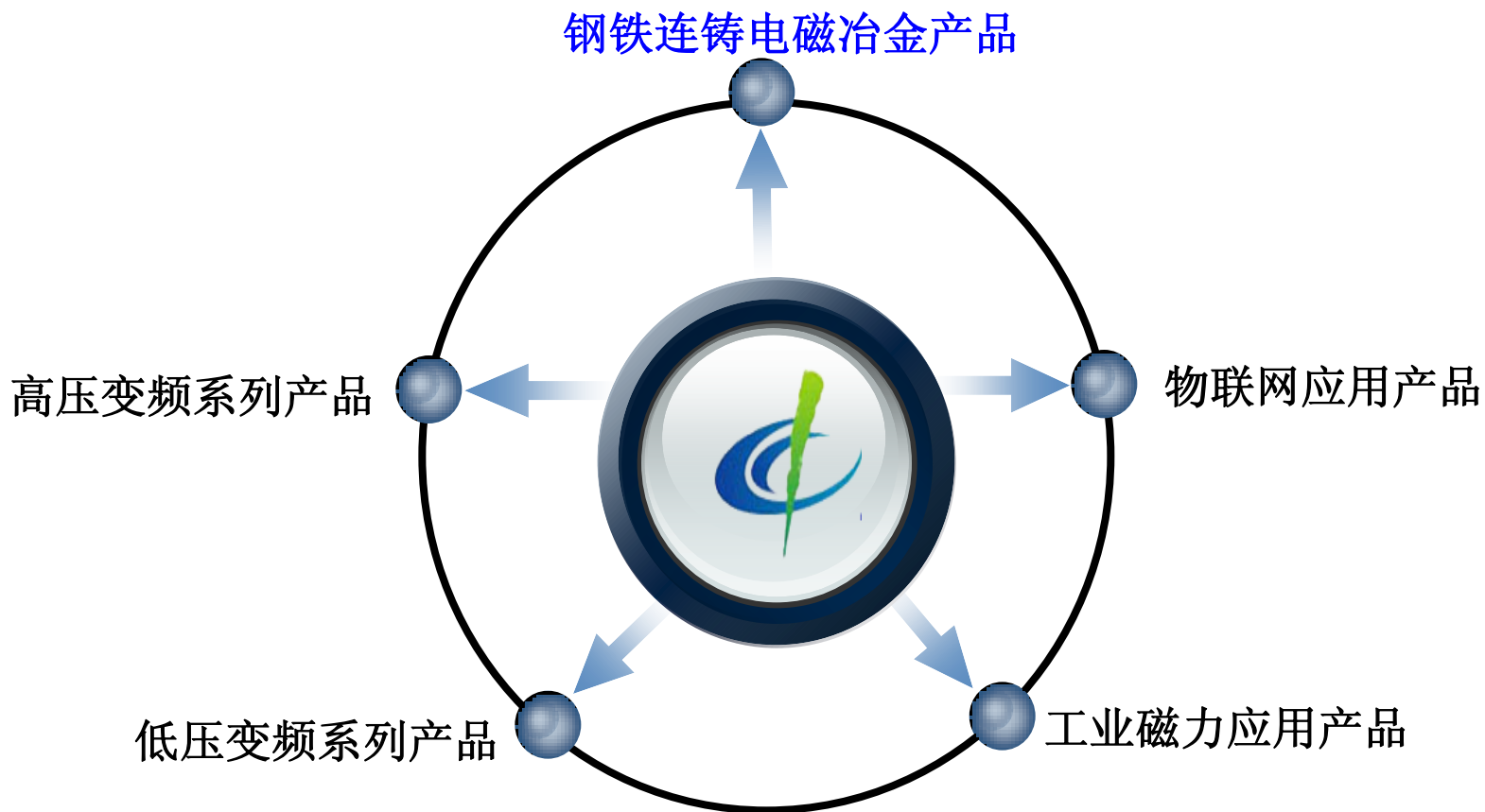


湖南中科电气股份有限公司是国内电磁行业的龙头企业，是目前国内电磁行业唯一一家上市公司，于2009年底成功登陆深圳创业板（证券代码：300035）。

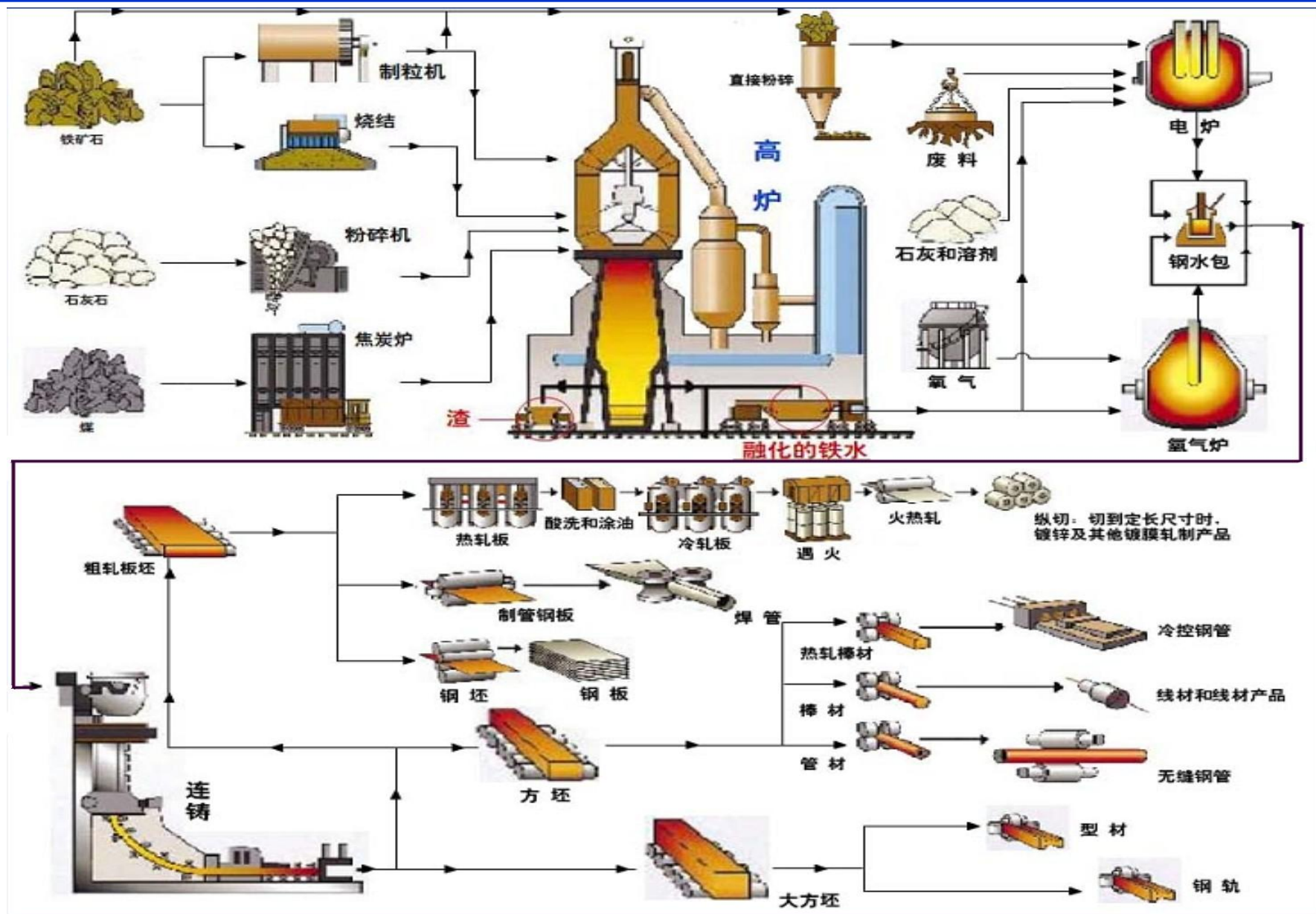
中科电气是国家级高新技术企业和软件企业、国家冶金电磁设备质量监督检验中心、湖南省冶金电磁装备工程技术研究中心、国家博士后科研工作站、北斗导航民用产品对接企业。中科电气已发展成为国内连铸EMS设备行业产品品种最齐全、技术最先进、销售总额最大的企业。

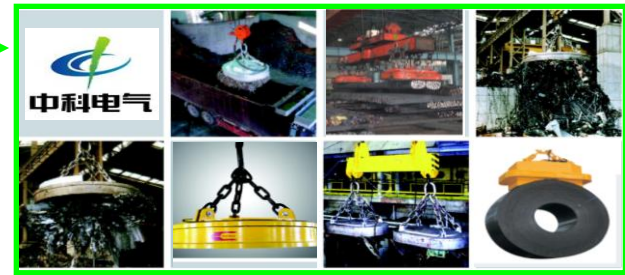
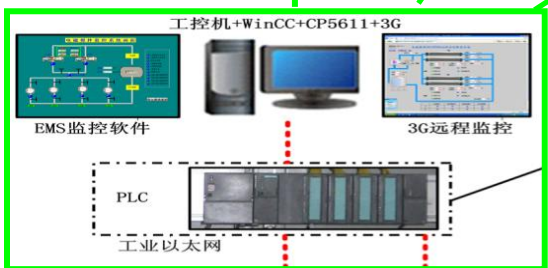
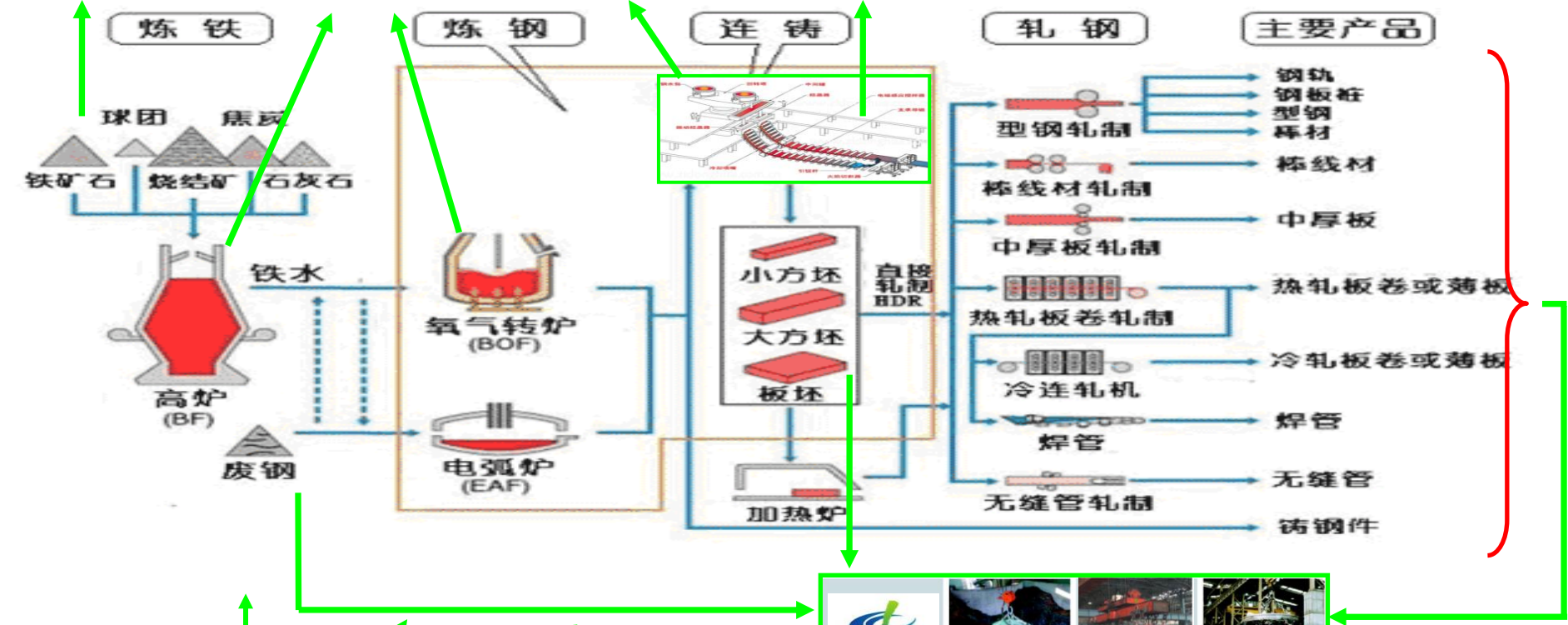
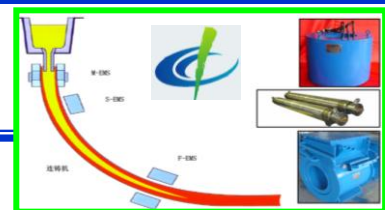
# 1、简介

➤公司主营业务及产品



# 钢铁工艺流程图





我们改善品质  
品质改善生活



# 目 录

1

中间包加热技术的应用背景

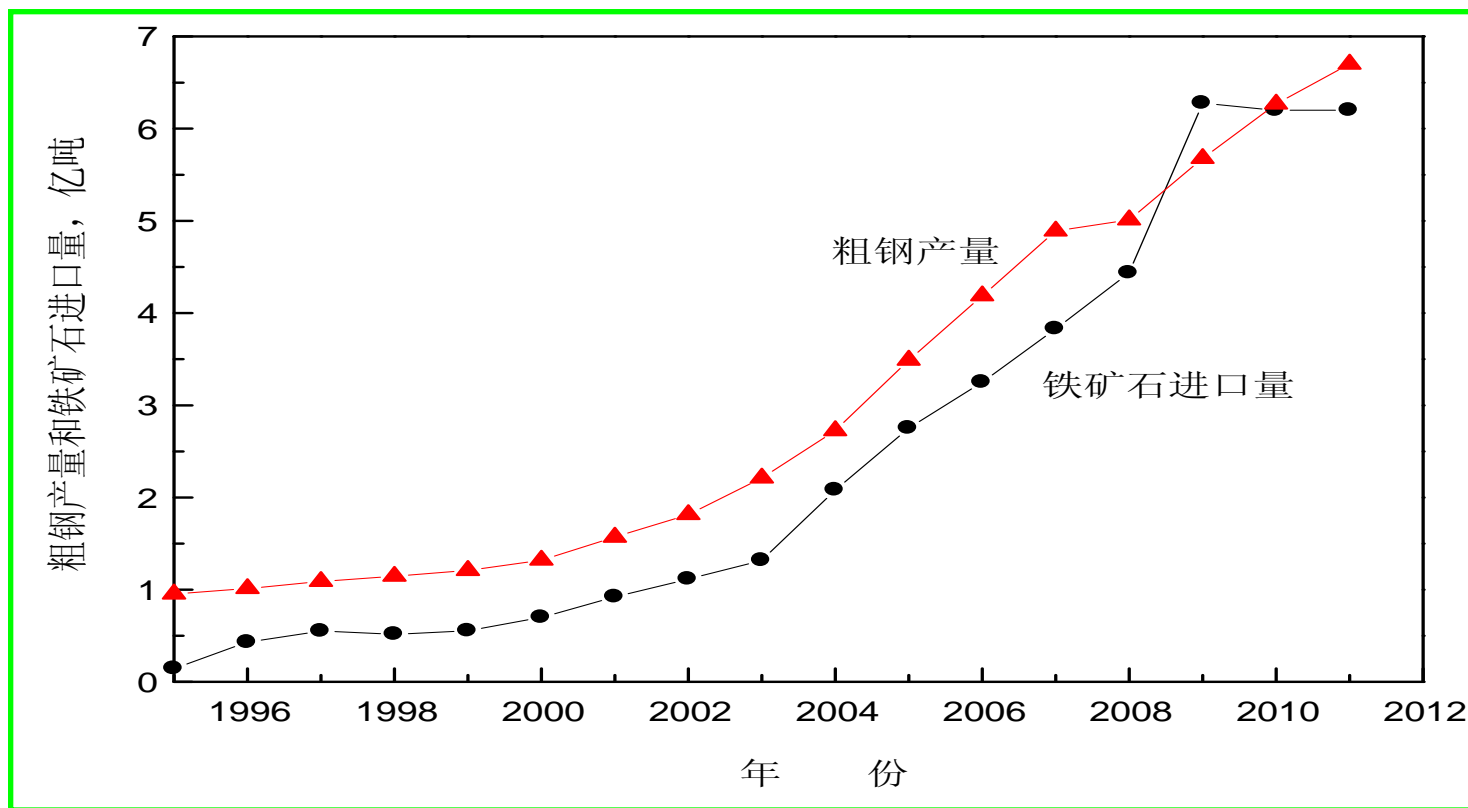
2

中间包加热技术的作用

3

中科中间包加热技术的特色

# 历年中国钢铁概况



年度	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
中国粗钢产量/亿吨	2.20	2.70	3.49	4.18	4.89	5.012	5.68	6.27	6.96
世界粗钢产量/亿吨	9.62	10.3	11.31	12.39	13.43	13.29	12.2	14.14	15.3
中国/世界粗钢/%	22.8	26.2	30.8	33.7	36.4	37.6	46.56	44.32	45.5

# 国内特钢窘境

- ◆ **高温合金**：伴随我国核电、石油、汽轮机、能源等行业的发展，我国仍然大量进口TDJ-G3、HR120等高温、耐蚀合金；
- ◆ **大型客机用超高强度钢**：大型客机所需主要钢种有300M、4340、PH13-8Mo、15-5PH等仍然以进口为主；





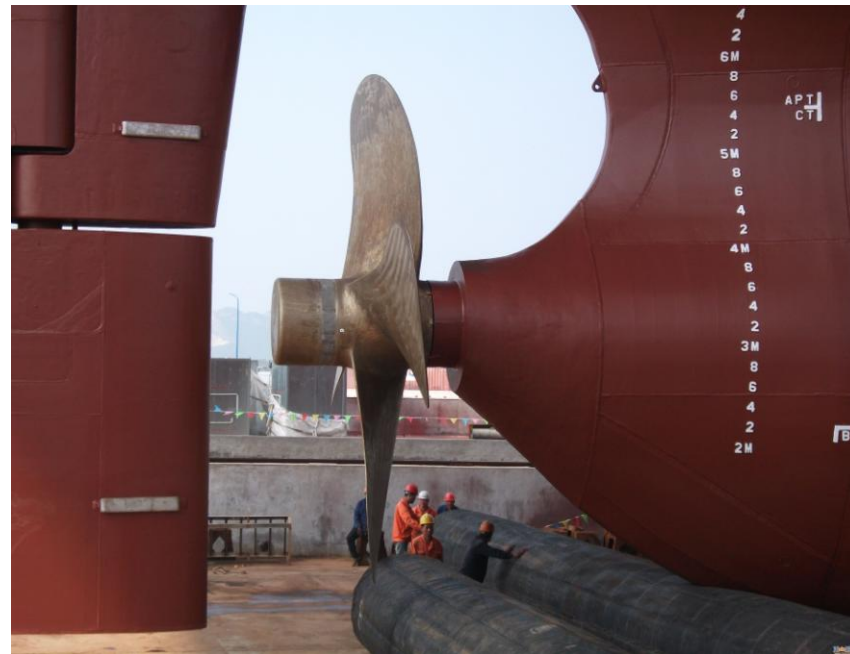
# 国内特钢窘境

- ◆ **模具钢**：国外模具钢的品质主要体现在高纯净度、高均匀度、组织细小、高尺寸精度等。高纯净度、高抛光性能、高耐蚀性能的**塑料模具钢**，超级质量水平（长寿命）的**热作模具钢**，以及**热成型马氏体模具钢**、**透气钢**、**无磁模具钢**等特殊性能要求的模具钢主要还依赖进口；



# 国内特钢窘境

- ◆ **新能源产业用特殊钢新材料**：700℃超超临界机组材料用镍基合金，如GH617、GH740等，以及超超临界汽轮机转子材料12Cr钢，超超临界汽轮机用高等向性叶片用钢与国外仍然存在明显差距；



# 国内特钢窘境

- ◆ **高速铁路用材料**：中国高速铁路用轴承以及轴承材料全部进口，高速铁路用车轴、车轮材料主要依赖进口。



# 特钢先进工艺及技术

高品质特钢重在高性能（如高强度、长寿命等）、高质量（如窄化学成分、高洁净度、高均匀度、组织精细控制、高尺寸精度等）。高品质特殊钢的主要关键技术包括以下方面：

- 高洁净度化学冶金与精确控制化学成分的技术；
- 凝固过程的洁净度与均匀度控制技术，包括板（方、圆）坯连铸、大锭型模铸、大锭型电渣的凝固控制技术；
- 高品质特殊钢的轧制（锻造）工艺技术，包括提高钢材尺寸精度与表面质量技术、在线热处理技术等；
- 后步精整热处理技术研究，含组织调控技术与缺陷检测控制技术；
- 特殊钢品种的应用技术研发；
- 建设品种、工艺流程、装备、在线检测技术集成的生产示范线，推动特殊钢技术整体的进步。

# 中间包加热技术的定位

- “十二五”期间，高品质特殊钢已被国务院正式列入“七大战略性新兴产业”，未来钢材需求不仅仅是数量型，还有功能价值型、资源节约型、低碳减排型，对钢材的要求由粗放需求转向精细化需求，一是钢材单耗下降，二是减量化的需求。
- 从“十二五”发展的需要来看，建筑设施需要高性能建筑用钢，动力系统需要耐高温特殊钢、高精度特殊钢，能源开发领域需要耐温耐蚀特殊钢，石油化工领域需要耐蚀合金，海洋开发领域需要高性能不锈钢，基础设施与零件领域需要长寿命、高性能钢和超高均匀度模具钢等等。高品质特殊钢属于钢铁行业的“朝阳产业”。
- 中间包加热技术属于特钢制备过程中的一种先进工艺与技术装备，市场的需求与政策的导向对高品质特殊钢生产的关键技术提供强力支撑。

# 目 录

1

中间包加热技术的应用背景

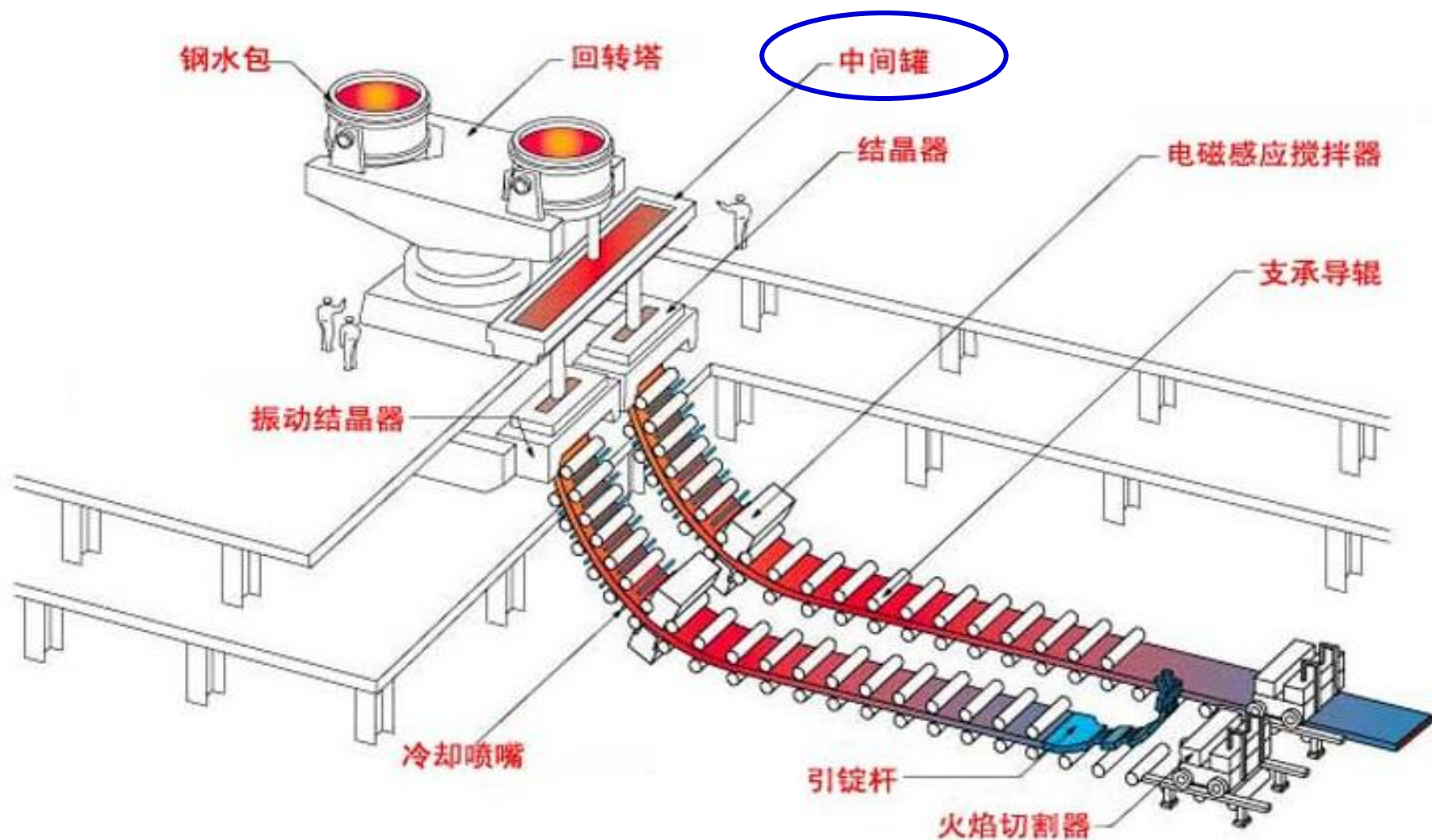
2

中间包加热技术的作用

3

中科中间包加热技术的特色

# 什么是中间包？



# 什么是中间包？

中间包：短流程炼钢中用到的一个耐火材料容器，接受从钢包浇下来的钢水，然后再由中间包水口分配到各个结晶器中去，中间包一般由注入区、稳流区、浇铸区组成。

- ◆ 随着高效连铸的发展，T型中间包的适用范围更广，数量也最多
- 稳压：降低钢水静压力，保持稳定的钢液面
- 分流：多流连铸机中，将钢水平均分配到每流结晶器
- 贮存：更换大包时使钢水不断流

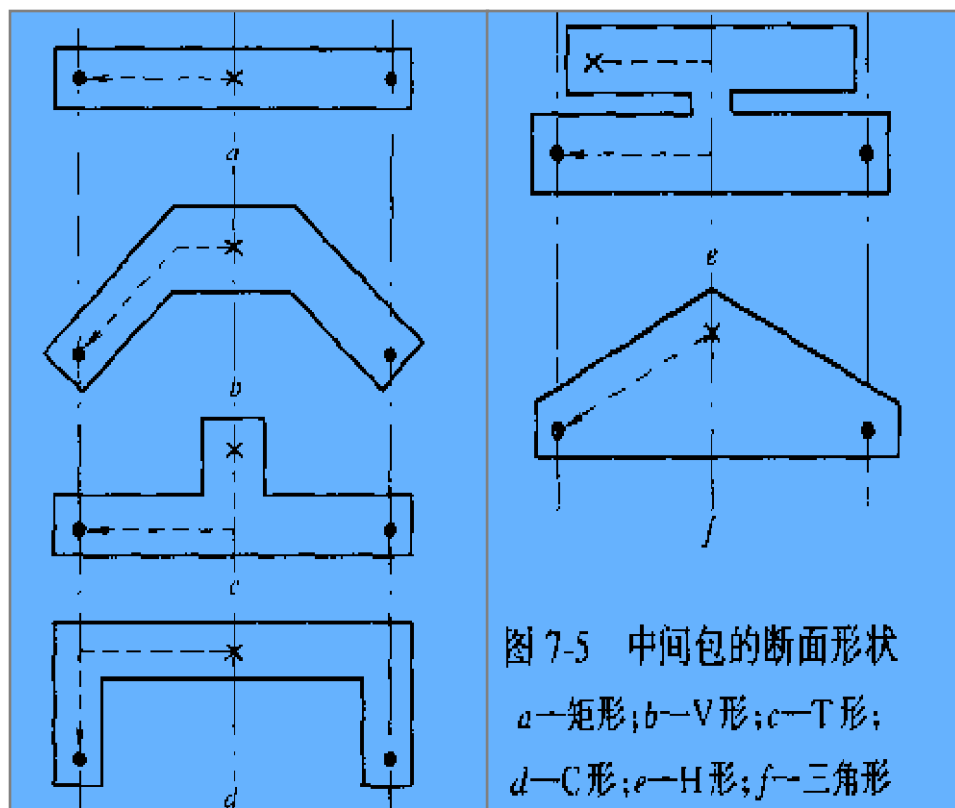


图 7-5 中间包的断面形状  
a—矩形；b—V形；c—T形；  
d—C形；e—H形；f—三角形



# 中间包冶金技术

随着对钢的质量要求日益提高，钢水需要变得“干净”，中间包则不再只是一个容器，更是一个反应器。

由此「**中间包冶金技术**」诞生！

「中间包冶金」赋予了中间包如下作用：

1. **净化功能**：为生产高纯净度的钢
2. **调温功能**：为使浇注过程中中间包内钢水温降小，扩大等轴晶区，减少中心偏析
3. **成分微调**：实现合金成分微调，提高易氧化元素收得率，避免水口堵塞
4. **精炼功能**：除钢水中上浮夹杂物，防止水口堵塞
5. **加热功能**：控制钢水浇注温度在 $-8^{\circ}\text{C}$ 到 $+8^{\circ}\text{C}$ 之间

生产优质钢要求钢液必须洁净，因此中间包冶金技术实际是去除夹杂物净化钢水。中间包内夹杂物的来源如下：  
下渣、空气再氧化、卷渣、耐火材料、吸入空气、浸入式水口堵塞（大型夹杂）、结晶器卷入保护渣

# 中间包冶金的研究目的

## 防止二次氧化污染

清除钢液再次污染的来源、减轻耐火材料侵蚀、减少钢包渣的卷入以及渣中不稳定氧化物的危害。

## 改善钢液流动条件（流场）

最大可能去除钢中非金属夹杂物；亦即防止短路流，减少死区，改进流线方向，增加钢液的停留时间。

## 控制钢液温度（温度场）

增加加热保温装置和措施，使钢液过热度保持稳定且浇铸恒温。

## 选择合适材料

材料包括合适的包衬耐火材料和熔池覆盖剂，既减轻热损失又有利于吸收分离和上浮的夹杂物。

# 中间包钢液温度控制

- 中间包是储存、分配钢液的最后一个耐火材料容器，中间包流出的钢液温度就是钢的浇铸温度；中间包钢液温度是连铸操作制度的核心，是保证连铸坯质量的重要保障。

## 高过热度

- ◆ 降低拉速
- ◆ 增加铸坯拉漏危险
- ◆ 柱状晶发达，中心等轴晶区小
- ◆ 中心偏析严重
- ◆ 夹杂物容易上浮，但二次氧化倾向严重
- ◆ 连铸收得率较低

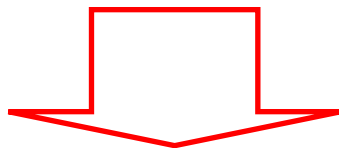
## 低过热度恒温

- ◆ 提高拉速，增加连铸效率
- ◆ 铸坯拉漏几率减小
- ◆ 柱状晶区小，中心等轴晶区大
- ◆ 中心偏析减轻
- ◆ 夹杂物不易上浮
- ◆ 恒温浇铸提高连铸收得率

低过热度恒温浇铸已成为连铸界的共识！

# 中间包冶金钢液存在的三大问题

- ◆ 流场不稳定，存在死区导致中间包内温度分布不均匀？
- ◆ 钢液温度不可控，且随浇铸时间的延长钢液温降大？
- ◆ 夹杂物来源多，调控难度大？



中间包加热技术是一种中间包钢液温度补偿技术，实现中间包温度由被动控制转变为主动控制，对钢铁连铸实现低过热度恒温浇铸意义重大。

# 目 录

1

中间包加热技术的应用背景

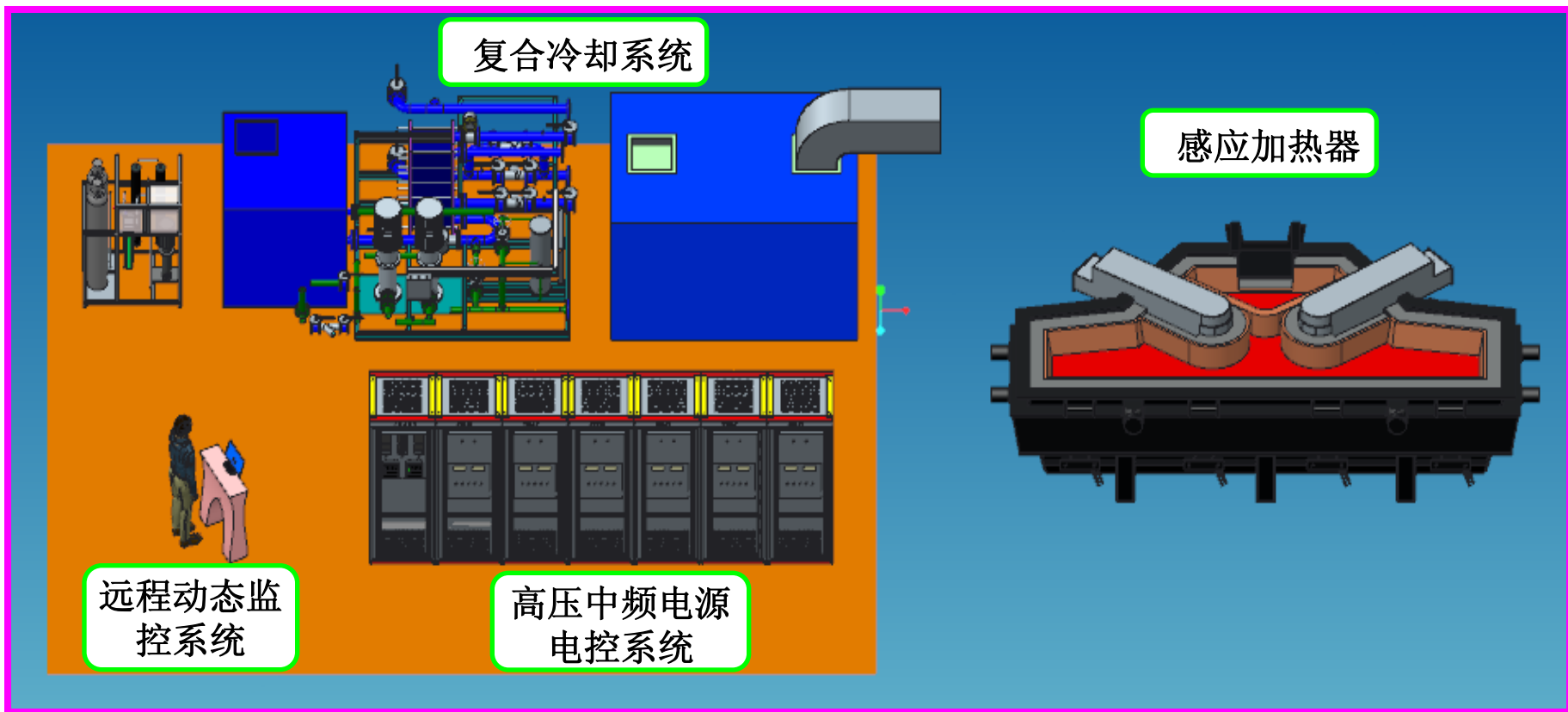
2

中间包加热技术的作用

3

中科中间包加热设备的特色

# 装置构成



# 特色技术

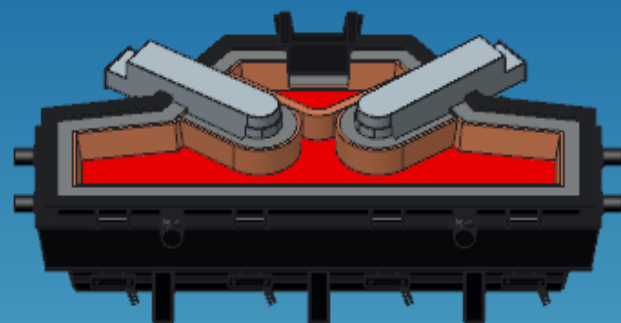
气雾混合与回收技术

风冷制冷技术

特色绝缘技术

耐材耐侵蚀防护技术

零电感专利技术



弧形通道技术

闭环动态监控  
温度技术

高压变频技术

无扰切换技术

三相-单相自  
动平衡技术

大功率专用补  
偿技术

# 特色技术



国外技术



中科学技术



# 对比分析

类别	中间包电磁感应加热技术		中间包等离子加热技术
	中科电气产品	国外产品	
电源	采用独特的高压中频电源与三相-单相电源自动平衡技术，既减小感应加热器体积50%，又无附加设备节能高效	普通高压工频电源，导致设备体积庞大	普通高压工频电源，效率低浪费资源
冷却方式	新型复合冷却：高效、安全	风冷：效率低	水冷：存在安全隐患
适用范围	由于设备体积小，故不仅适用于新的连铸线增设该装置，而且也适合于现有连铸线的改造	由于设备体积大，仅适合新连铸线增设该装置	鉴于本身的缺陷仅适用于45t以上中包，且浇铸量大和浇铸周期长的板坯和大方坯连铸

# 客户价值

## 1、实现低过热度恒温浇铸

- ◆ 提高等轴晶率，改善铸坯质量：大方圆坯、厚板坯等；
- ◆ 延长连浇时间，稳定并提高拉速，利于提高连铸收得率和生产效率；
- ◆ 恒温浇铸避免过早凝固，利于防止结瘤、冻结、回炉、停浇等事故；
- ◆ 降低裂纹几率，减小漏钢几率；

## 2、改变精炼连铸工艺

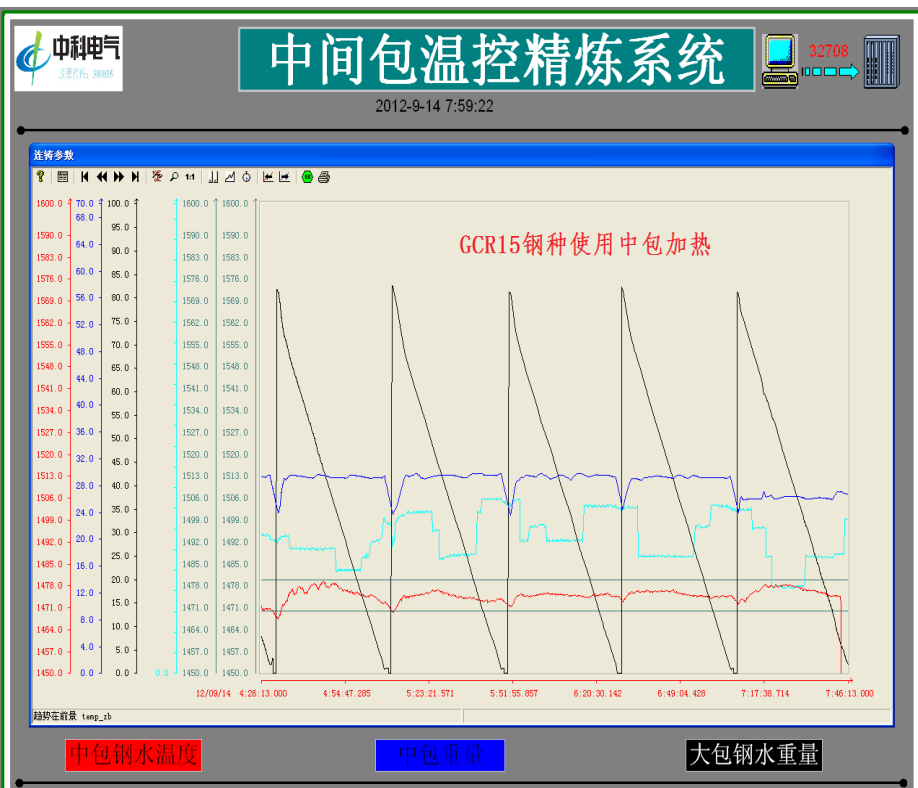
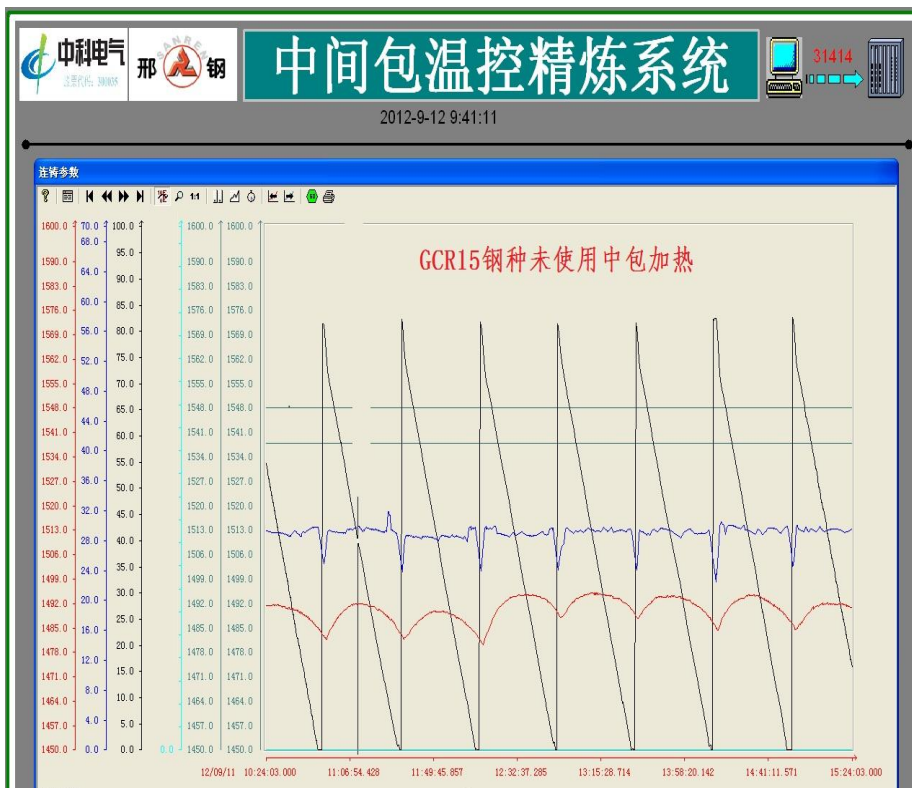
- ◆ 降低炼钢炉的出钢温度或大包上线温度约10-20℃，利于节能和节约耐材；
- ◆ 降低出钢时间，改善连铸节奏，减少大包过冷拒浇问题；

## 3、提高钢水纯净度并精炼钢水

- ◆ 降低钢水中氧含量和夹杂物总含量；
- ◆ 降低微型夹杂含量，提升钢材品质。

# 冶金效果

► 保温能力



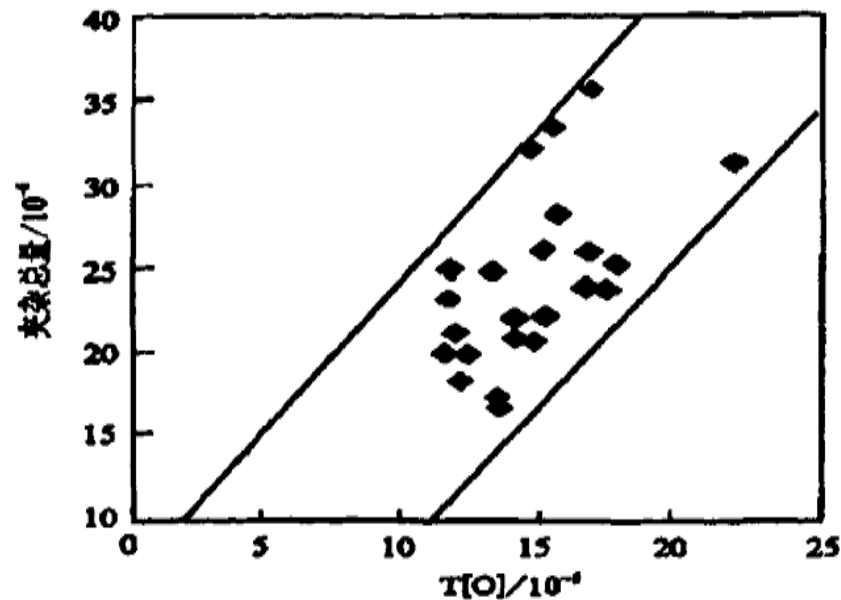
◆ 主动控制中间包钢水温度到目标温度  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，基本实现恒温浇铸！

# 冶金效果

## ▶ 精炼能力

浇次	规格 $\phi$ /mm	备注	氧含量均值/ppm
1	12	未加热	7.5
2	10	未加热	6.9
3	7	未加热	6.3
4	6.5	未加热	5.86
5	7	启用加热	5.5 (降低12.7%)
6	6.5	启用加热	5.23 (降低10.7%)

### T[O]与夹杂物总量的关系



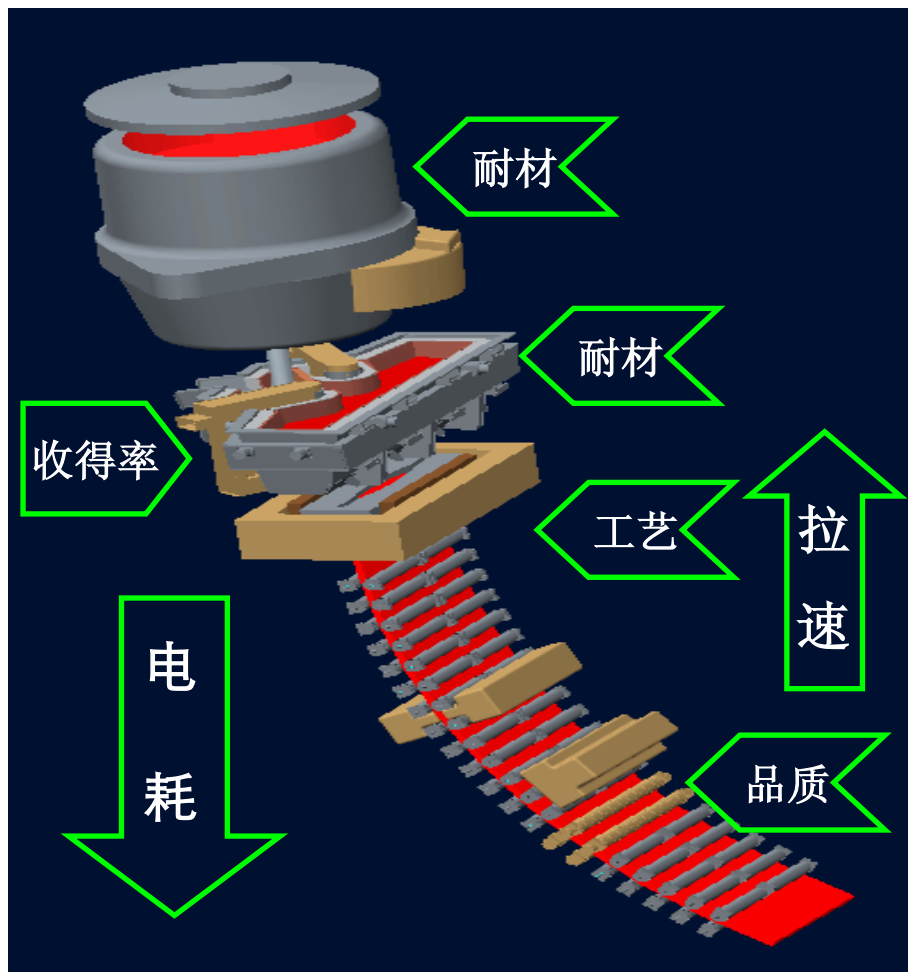
◆ 连续浇次中启用中包加热时同规格的样品氧含量降低10%以上

# 冶金效果

## 经济效益



邢台钢铁有限责任公司  
XINGTAI IRON & STEEL CORP.,LTD.



- ◆ 降低精炼电耗
- ◆ 连铸耐材消耗
- ◆ 提升钢材品质
- ◆ 提高连铸拉速
- ◆ 稳定连铸工艺
- ◆ 提高连铸收得率

# 5、冶金效果

## ▶ 降低精炼电耗

◆ 邢钢5号机精炼数据（80T大包，30T中间包）

加热电耗（LF+RH）： $0.5\text{kwh}/^{\circ}\text{C}\cdot\text{T}=0.4\text{元}/^{\circ}\text{C}\cdot\text{T}$ （假定电价0.8元/kwh）

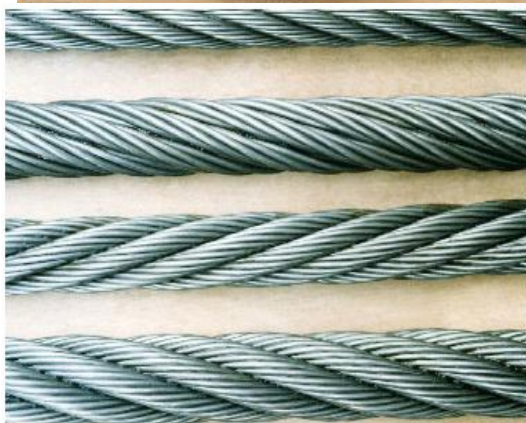
电极消耗： $0.08\text{元}/^{\circ}\text{C}\cdot\text{T}$ （16700元/T，2.05kg/min）

◆ 目前降低大包钢水上线温度 $10^{\circ}\text{C}$ ，中包加热自身电耗 $2\text{kwh}/\text{T}$

合计节约电耗**3.2元/T**

# 5、冶金效果

## 提升钢材品质



钢种	GCr15	XGLX72A	XGLX82A
普通价格 (元/吨)	4600	4300	4500
高品质价格 (元/吨)	4800	4500	4700
差价 (元/吨)	200	200	200

◆目前，高品质产品提高售价50元/T，且AA+AAA级产品销售价格比A级价格提高60元/吨，AA+AAA级所占比例由65%提升至80%，分级销售增加效益9元/T

◆合计提升钢材品质创造效益增加59元/T

# 5、冶金效果

## ➤ 提高连铸拉速

### ◆ 提高拉速10%-15%

根据耐材寿命考虑，连浇炉数至少提高1炉，邢钢大方坯中包干式料成本9600元，平均连浇10炉，可节约成本1.1元/T

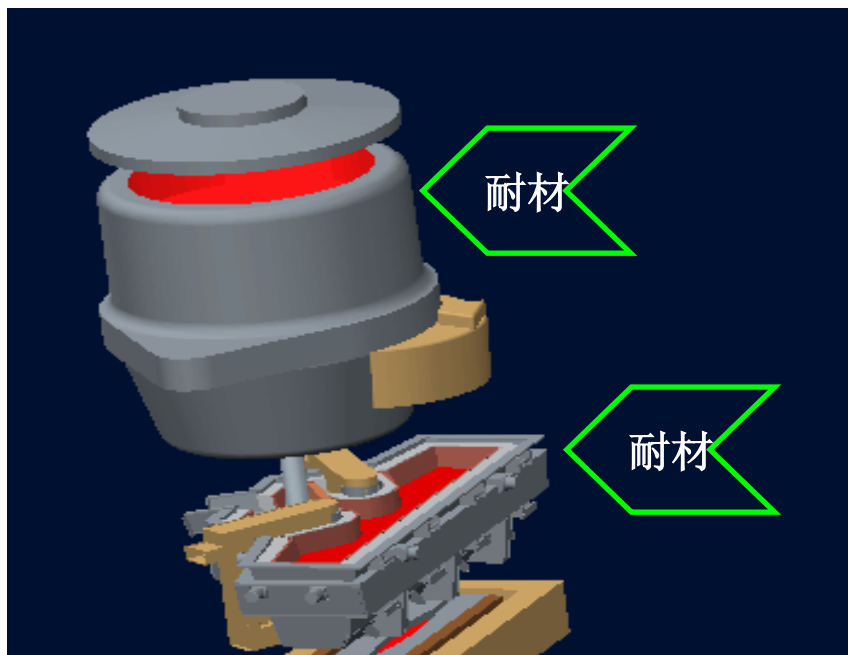
## ➤ 提高连铸收得率

◆ 中包加热使每浇次最后一包钢水剩钢由15T降低至10T，平均每浇次10炉，铸坯价格4000元/T，废钢2000元/T，合计增加效益12.5元/T



# 5、冶金效果

## 连铸耐材消耗



- ◆降低大包钢水上线温度 $10^{\circ}\text{C}$ ，大包使用寿命从100炉提高至110炉，精炼大包成本18.7万元。则节约耐材成本2.2元/T
  - ◆中包加热对应的中间包耐材消耗主要为钢水通道，消耗2.4元/T
  - ◆中包加热其他维护消耗0.5元/T
- 合计运行增加消耗0.7元/T

# 5、冶金效果

## ➤ 稳定连铸工艺

◆ 中包加热技术使水口冻结、非计划停浇率从1.2%降低至0.2%

◆ 冻棒堵流会降低连浇炉数1-2炉，按1.5炉平均值计算耐材消耗节约2.12元/T，非计划停浇成本150元/T；  
则降低停浇率1%可节约成本1.52元/T

综上，中包加热运行吨钢能增加经济效益76.62元，则每月产1万吨轴承、1万吨帘线可创造经济效益153.24万元，设备投入1500万，改造费用约180万，回收成本时间为10.9月。

# 型号选择

型号	中包容量/T	主要参数			配套电源	配套冷却
		电压/V	功率/KW	频率/Hz	高压中频电源	复合冷却系统
DGJR-20T	20	2000	800	0-2000	CSMF-800/20-V2.1	ZKFX-100
DGJR-30T	30	2400	1200	0-2000	CSMF-1200/24-V2.1	ZKFX-150
DGJR-40T	40	2800	1600	0-2000	CSMF-1600/28-V2.1	ZKFX-200
DGJR-50T	50	3200	2000	0-2000	CSMF-2000/32-V2.1	ZKFX-250



湖南中科电气股份有限公司  
HUNAN ZHONGKE ELECTRIC CO., LTD

谢谢!

我们改变品质  
品质改变世界