

# 中钢国际工程技术股份有限公司(简 称"中钢国际")董事长陆鹏程指 4.0 出,创新力的高低,直接决定着生产 力和竞争力的强弱。我们在"十三 五"期间提出了"以科技创新为驱动 力,不断提高核心竞争力,保持国内 领先, 打造国际一流的冶金工程技术 公司"的企业愿景,坚持培育崇尚创 新的氛围、厚植鼓励创新的土壤。 1.0

# 打造 中钢国际 创新生态4.0

当下世界瞬息万变,全球产业链 布局和贸易格局调整,昨日可行 的方式未必在明日、或更远的将 来仍然有效。创新,已在全球范 围内成为促进社会发展、经济增 长的重要动能。

创新绝非单一领域的发展命题, 它关平全社会的发展方向与创新 生态。作为企业经营最重要的品 质,创新,也是中钢国际发展的 源动力。

与大多出身设计院的同行企业不

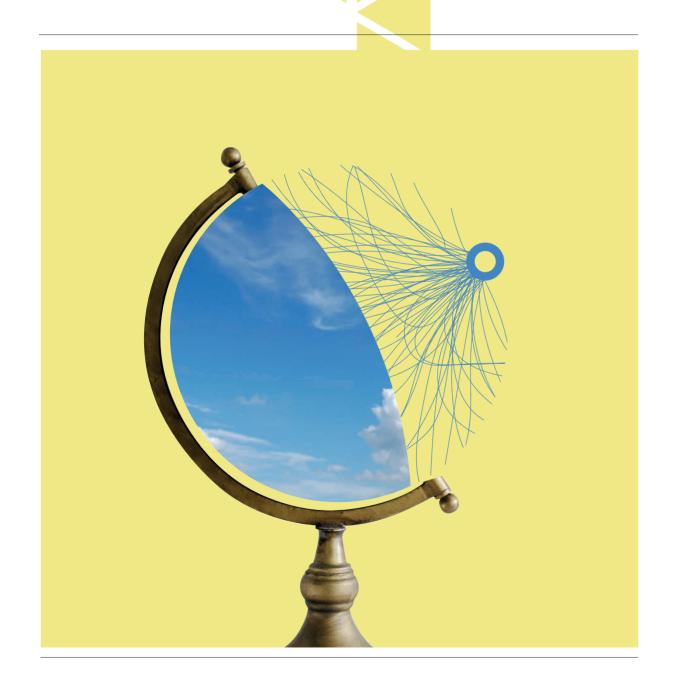
同, 出身于冶金工业部设备供应 公司的中钢国际, 技术基础薄 弱。在成功褪去浓厚计划经济色 彩、积极向市场化经营转型的基 础上, 2002年前后, 中钢国际首 次将创新,特别是科技创新摆到 了极重要的高度。在之后的十余 年里,公司先后经历了以单体设 备、技术的集成为特征的科技创 新1.0阶段、以涉足并具备国际、 国内工程总承包管理能力为特征 的科技创新2.0阶段和以拥有自 主知识产权与核心成套技术与装 备为特征的科技创新3.0阶段。 步入十四五, 中钢国际开启了科 技创新4.0阶段。

中钢国际董事长陆鹏程指出, 创 新力的高低, 直接决定着生产力 和竞争力的强弱。我们在十三五

期间提出了"以科技创新为驱动 力,不断提高核心竞争力,保持 国内领先, 打造国际一流的冶金 工程技术公司"的企业愿景,坚 持培育崇尚创新的氛围、厚植鼓 励创新的十壤。"

中国, 作为世界第二大经济体作 出碳达峰、碳中和的庄严承诺, 彰显了我国坚持绿色低碳发展的 战略定力和积极应对气候变化的 大国担当, 更奠定了钢铁行业绿 色发展的主基调。十四五开局, 凭借敏锐的洞察力和前瞻性布 局. 中钢国际聚焦绿色低碳转型 创新,坚持对传统工艺以节能降 碳为目标的改造优化,推进颠覆 性低碳技术工程化验证, 唱响 了"低碳冶金服务商,绿色发展 先行者"的新发展阶段宣言。

# 科技创新再启新<mark>征程</mark> 中钢国际召开科<mark>技创</mark>新研讨会



2022年1月27-28日, 中钢国际成功召开

66

# 创新发展

# 共谋未来

77

科技创新研讨会。 中钢国际董事长陆鹏程, 中钢设备党委书记董达, 中钢设备总经理化光林 和班子成员, 各部门负责人、 所属企业领导班子成员 通过现场及 视频参加会议, 会议由中钢设备 专务副总经理姜永民主持。



嬲

中钢设备总经理化光林致开幕 词。他表示, 当今世界正经历百 年未有之大变局, 我国正处于实 现中华民族伟大复兴的关键时 期,科学技术的影响从未像今天 这般深刻。中钢国际坚持以创新 为驱动,科技创新历经了三个阶 段取得了一系列成果。化光林表 示: "在中国宝武提供钢铁及先 进材料综合解决方案和产业生态 圈服务的高科技企业定位的指引 下,中钢国际已进入科技创新4.0 阶段,聚焦钢铁行业绿色低碳转 型、参与颠覆性低碳技术工程化 验证、推广自有知识产权的工程 化应用, 是公司在新发展阶段的 必然选择。"

会议上,各业务部门和所属企业 分别进行主题报告,内容涉及能 效提升技术攻关、颠覆性低碳技 术工程化、数字化创新与实践、 减污降碳协同、智慧安全、科研 院校合作、人才梯队建设、知识 产权申请及保护、技术标准编制 等多个方面。

在研讨环节,参会人员围绕数字 化平台建设、科技研发投口电流 作、知识产权保护与奖项电新 科技人才队伍建设、科技创新 励和考核等主题进行了深 讨,献言献策、聚智聚力。。 证对2021年度在专利申请、 证对2021年度在专利申请 申报、科技奖项等方面取 出成绩的团队进行表彰、 奖励。

化光林对2022年科技创新工作进行了部署安排。他表示,科技创新任重道远,要以科技创新催生发展新动能,用科技创新赋能钢铁生态圈。"各级管理者务必进一步提高对科技创新工作重要性的认识,担起责任;务必不断理





中钢设备 专务副总经理 姜永民

# 科技兴则民族兴,科技强则国家强。

强化科技创新的

以更敏捷的速度、

推进科技成果工程化、

更显著的成效

用更多优质产品

为客户创造价值。

市场导向,



中钢国际董事长陆鹏程

顺优化科技创新体系、能力以及 队伍建设,全面推进科技创新机 制体制的改革深化; 务必强化科 技创新的市场导向, 以更敏捷的 速度、更显著的成效推进科技成 果工程化,用更多优质产品为客 户创造价值。"

中钢国际董事长陆鹏程做总结发 言。他对公司科技创新工作取得 的成绩给予充分肯定,并表示科 技创新研讨会促进了交流、开拓 了思路, 为营造公司崇尚创新的 良好氛围、厚植鼓励创新的土壤 打下了良好基础。陆鹏程表示, 习近平总书记在多个场合指出"

科技兴则民族兴, 科技强则国家 强。面向世界科技前沿、面向 经济主战场、面向国家重大需 求,加快各领域科技创新,掌握 全球科技竞争先机"。中钢国际 必须将科技创新放在公司发展战 略的首要位置,坚定不移以创新 为引领, 抓住机遇、深化变革、 持续不断提升公司的创新力, 以丰硕的创新成果, 为钢铁行 业、为宝武生态圈高质量持续发 展创造价值。

## 陆鹏程要求:

### 统一思想 凝心聚力

将创新放在战略首要位 置。全面彰显创新价 值、传播创新文化、 营造创新氛围。

### 抓好顶层设计

全面推进科技创新机制 体制的改革深化, 持续 优化创新体系、提升体 系能力。抓紧筹备成立 科技创新委员会, 知识 产权、财务体系、人力 资源、科技政策、品牌 推广联动发力。

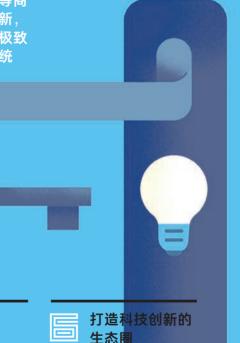
### 不断拓展创新的 深度和广度

加快技术攻关及转化、 构筑集成创新和改善 型创新竞争优势。瞄准 落地。 新赛道新领域, 重点推 进氢冶金、富氢碳循环 高炉等低碳冶金技术创 新:加快推进棒线材直 轧、薄带连铸连轧等商 业化:通过集成创新, 加快推出数智化、极致 效率的网络钢厂系统 技术。

### 抓好平台建设 抓好协同增效

打造大数据中心, 推进 数字化工厂示范项目

将科技创新放在公司发 展战略的首要位置,坚 定不移以创新为引领, 抓住机遇、深化变革、 持续不断提升公司的创 新力、以丰硕的创新成 果、为钢铁行业、为宝 武生态圈高质量持续发 展创造价值。



### 抓好人才 队伍建设

创新之道, 唯在得人: 要加大培养和引进力 度,形成合理梯队, 积极为人才松绑。

# 生态圏

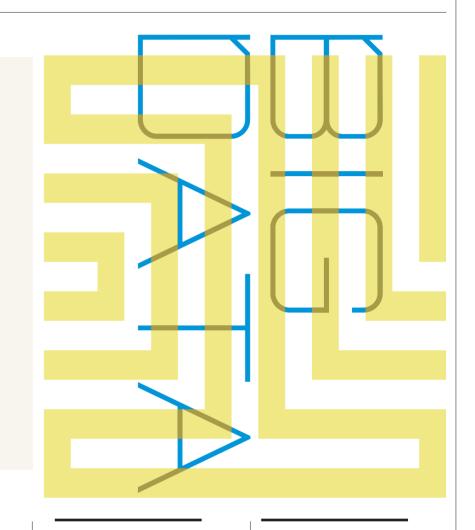
统筹规划与科研院校 合作,充分调动、激发 科技人员的创新活力。



# 家高新技术企业 家科改示范企业 国家科技部 "国家工业烟气除尘 工程技术研究中心"

有效专利共计286项,其中2021年取得103项

# 重要 数据



生态环境部

"国家环境保护工业烟 气控制工程技术中心" 依托单位

与清华大学等单位 共建国家发改委

"烟气多污染物控制技术 与装备国家工程实验室" 院士专家 工作站

国内唯一以钢铁行业超低 排放技术为主攻方向

金属非金属矿山

职业病危害分析鉴定实 验室(国家级)

国家劳动防护用品

质量监督检测中心 (武汉)

国家重点研发计划

海洋领域专业 唯一的监理团队

# 重要数据 参与8个国家 级研发课题, 1个发改委课题 环保领域国家 主编/参编国家 及行业标准制 标准100+项 修订46项 100 +安全法规起草

# 齐备的资质

覆盖冶金、建筑、通信铁塔、 非金属矿物及原料处理、 环境工程等行业和领域

### 工程设计甲级

一一冶金行业、建筑行业(建筑工程),电子通信广电行业(通信铁塔),环境工程(固体废物处理处置工程),市政行业(排水工程、环境卫生工程),环境工程(水污染防治工程、大气污染防治工程)

### 工程设计乙级

——环境工程(物理污染防治工程),市政行业(给水工程), 消防设施工程

生态建设与环境工程、市政公用 工程咨询甲级,冶金(含钢铁、 有色)工程咨询乙级

环保工程专业承包壹级,消防设 施工程专业承包贰级

特种工程(结构补强)专业承包

湖北省环境污染治理(水污染治理、环境修复工程)甲级

除尘脱硫脱硝设施运营服务(除 尘设施、脱硫设施、脱硝设施) 一级,污染治理设施运行服务( 工业废水)二级

安全生产检验检测机构资质证书

建筑工程质量检测机构(主体 结构、钢结构检测)

安全评价机构资质

安全生产标准化(二级,金属与 非金属矿山、危险化学品和工 贸行业)

职业卫生技术服务机构第一类

中国国家认证认可监督管理委员会检验检测机构资质认定证书(CMA)

湖北省质量技术监督局检验检 测机构资质认定证书(CMA) 螁

中钢协"钢铁行业 低碳工作推进委员会" 专家委员会 低碳标准专家委员

中国金属学会理事单位

中国冶金建设协会理事单位

中国机电产品进出口商会理事单位

中国对外承包工程商会理事单位

中国勘察设计协会理事单位

中国国际工程咨询协会理事单位

中国环境保护产业协会袋式除尘 委员会秘书长单位

中国环境保护产业协会电除尘 委员会秘书长单位

中国环境科学学会理事单位

中国石油和石化工程研究会理事单位

机械工业环境保护机械标准化技术委员会大气净化设备分委会副主任单位

全国安标委冶金有色安全分标委

中国职业安全健康协会工业 防尘专业委员会

# 荣获众多重要奖项

### Ⅲ 国家科学技术 ■ 进步奖

- 2020年度国家科技进步 奖一等奖-中钢天澄《工 业烟气多污染协同深度治 理技术及应用》
- 2020年度国家科技进步 奖二等奖-中钢天澄《钢 铁行业多工序多污染物超 低排放控制技术与应用》

### ENR)-美国《工 程新闻纪录》

● 2008年起,中钢设备连续多年入选ENR全球最大 250家国际承包商和最大 250家全球承包商, 2019 年排名创新高, 位列第 107名

### 国家优质工程奖

- 中钢设备EPC总承包建设的河北旭阳焦化搬迁项目煤气净化工程荣获2020-2021年度国家优质工程奖
- EPC总承包建设的中 东SISCO年产250万吨带 式焙烧机球团项目荣获 2020-2021年度国家优质 工程奖
- EPC总承包建设的中东 ZISCO年产250万吨球团 项目荣获2018-2019年度 国家优质工程奖
- EPC总承包建设的澳大利亚Cudeco300万吨铜矿选矿厂项目荣获2018-2019年度国家优质工程奖

- EPC总承包建设的土耳 其ICDAS BIGA 2x600MW 电站2号机组工程荣获 2016-2017年国家优质工 程奖
- EP承建的印度MSPL年 产120万吨球团项目荣获 2014-2015年度国家优质 工程奖
- EPC总承包建设的土耳 其ISDEMIR 4#高炉项目荣 获2012-2013年度国家优 质工程奖
- EP承建的土耳其TO-SYALI OSMANIYE钢厂 950mm热轧带钢项目荣获 2011-2012年国家优质工程 银质奖

## 삌

### 国家生态环境部

- ●《2021年度国家先进 污染防治技术目录(大气 污染防治领域)》—中 钢天澄催化裂化再生烟 气袋式除尘+湿式脱硫净 化技术
- 2019年度环境保护科学技术奖一等奖-中钢天 澄钢铁行业多工序污染物 超低排放控制技术与应用

- ●《2018年度国家先进污染防治技术目录(大气污染防治领域)》—中钢天澄预荷电袋式除尘技术、催化裂化再生烟气除尘脱硫技术
- 2017年度环境保护科学技术奖二等奖-中钢天澄钢铁窑炉烟尘细颗粒物超低排放技术与装备

# S

### 国家工信部

●《国家鼓励发展的重大 环保技术装备目录(2020 年版)》-中钢天澄预荷 电袋式除尘器、焦炉烟气 多污染物干法协同处理装 备、催化裂化再生烟气处 理装备

# 層

### 国家教育部

● 2019高等学校科学研究 优秀成果奖特等奖-中钢 天澄烟气多污染物深度治 理关键技术及其在非电行 业应用

# al 🗉

### 国家发改委

●《绿色技术推广目录 (2020年)》—中钢天澄 钢铁窑炉烟尘细颗粒物超 低排放预荷电袋滤技术



### Fastmarkets "全 球钢铁卓越奖"

● 自主研发的长材系统轧制技术之"控轧控冷工艺及配套装备"入围Fast-markets"2020年度全球钢铁卓越奖",是唯一入用的中国工程技术公司



# 中国勘察设计协会

● 中钢设备连续入选 2019、2020年度全国勘 察设计行业海外工程标 杆企业名录



# 中国科学技术协会

● 2019年度中国生态环境 十大环境科技进展-中钢 天澄参与"我国钢铁行业 超低排放核心技术取得重 大突破"、"工业烟气多 污染物协同深度治理关键 技术"



● 2021年度科技进步二等 奖一中钢安环院企业安全 生产标准化管理体系研究 及国家标准的制定和应用

中国安全

生产协会

### **一** 中华全国总工会

● 2021全国工人先锋号-中钢天澄冶金建材事业 部 "863"技术成果推广 (团队)

# 《世界金属导报》

- "2021年世界钢铁工业十大技术要闻" —中钢设备EPC总承包建设的中国宝武八钢富氢碳循环高炉试验项目、自主研发的烧结智能控制系统
- "2020年世界钢铁工业十大技术要闻"一中钢设备EP总承包建设的湖南华菱涟源钢铁公司双高棒项目作为全国首个国产化双高棒项目

### 《中国冶金报》

- 2021钢铁及产业链绿色榜单"绿色低碳好技术"—中钢设备带式焙烧机球团技术、直接还原铁、长材系统轧制,中钢天澄钢铁窑炉烟气细颗粒物超低排放预荷电袋滤技术
- 2021钢铁产业链绿色标杆企业—中钢设备有限公司、中钢集团天澄环保科技股份有限公司

# 技术引领· 赋能高质量发展



中钢国际作为提供全流程、全生命周期系统解决方案的工程技术服务商。实现了冶金工程全 流程优势技术覆盖,在冶金工程、节能环保、智慧安全等方面具有多项拥有自主知识产权的 突出技术和行业领先技术。在"双碳"目标驱动下,已构建了以高炉低碳化、带式焙烧机球 团、高效长材轧制、直接还原铁、氢冶金、减污降碳协同增效、碳资产管理与咨询为核心的 低碳冶金工程技术体系,为打造低碳冶金技术领军企业奠定了坚实基础。

### 类别

### 技术名称

# 技术描述



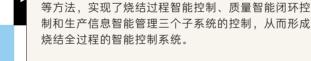


烧结机及环冷机 烟气综合利用技术





烧结智能控制系统



智慧型。

带式焙烧机球团 (200-700万吨)



7.5米低能 耗低排放 顶装焦炉 (ZG7.5x3-1型) 自主研发的带式焙烧机球团工艺技术是实现传统高炉 炼铁能效提升和生产低碳化的关键技术之一。该工艺 技术的全磁铁矿生产时工序能耗低于18Kace/t. 是高 炉炉料造块最清洁的工序。同时, 作为替代烧结矿的 高炉炉料, 带式焙烧机球团在减少铁前污染排放和降

低二氧化碳排放方面具有显著优势; 若高炉入炉球团

比例从10%提升到50%, 铁前降碳近10%。

通过采用烧结烟气循环、环冷机烟气微动力循环,

环冷机烟气梯级利用、烟气余热高效综合利用等我

司专有技术,实现了低能耗烧结的目标:通过对 新型烧结机和环冷机设备的持续改进、专家系统

的不断创新和应用,提升了烧结生产的稳定性和

采用数学模型、知识库、大数据分析和人工神经网络

系统集成了大型焦炉的洁净高效先进工艺技术及自动 化智能化的控制技术,关键经济技术指标达到同类炉 型先进水平。开发了焦炉直行温度机器人红外成像自 动测温技术和焦炉加热智能控制系统,实现了焦炉加 热智能、优化、稳定运行。

### 技术描述 类别 技术名称 热回收焦炉 其工艺从炼焦工艺上解决了常规焦炉高污染、高排放 的难题:可实现炼焦产生的所有挥发物质全部燃烧. 并充分利用所产生的高温烟气热量,用于发电或供 热,实现高热效率。针对绕烟气燃烧系统、吸力调节 系统等进行技术优化和升级,以提高焦炉高向温度均 匀和提供热效率。 富氢碳循环高炉 具备全氧冶炼、炉身热煤气喷吹、风口热煤气喷吹等 功能的低碳化高炉,不仅可以减少30%的二氧化碳排 放,还能大幅度提高冶炼炉的利用系数,承担着为传 统高炉低碳冶炼探索新路的崇高使命。 铁合金 铬铁和硅锰合金热料入炉技术运用RKEF工艺路线,并 自主研发新型高效节能环保型热风炉, 回转窑一次风 预热技术。矿热炉烟气余热利用技术以及矿热炉全自 动上料系统。 电炉炼钢 电炉连续加料工艺技术:全废钢顶装料、直接还原铁 热装及冷装、水平加料式废钢预热以及兑铁水: 感应 炉融化DRI工艺技术: HDRI热装热送技术, 直接还原铁 直接还原铁技术被认为是钢铁行业实现碳达峰碳中和 目标的主要技术途径, "DRI+电炉"炼钢比传统"高 炉+转炉"炼钢降低50-60%的二氧化碳排放。已承建 了世界最大规模的两个直接还原铁项目——阿尔及利 亚Tosyali250万吨直接还原铁、阿尔及利亚AQS(卡 塔尔钢铁公司)250万吨直接还原铁工程,目前均已 高效长材轧制 自主开发了线棒材热机轧制工艺技术,通过免加热直 轧技术、多级控轧技术以及配套开发相关轧机及柔性 水冷装置,推出了高速棒材上钢,自主开发了核心设 备模块轧机及水冷装置,可以实现减少合金添加量 降成本。技术国内领先: 填补国内首条国产双高棒业 绩,最高轧制速度达45m/s,未来逐步提升到50m/s。 整个高端长材轧制技术,在满足综合性能情况下.降 低合金使用量、进行稳定精准的负公差轧制提高成材 率、提高轧件直轧率。 氢冶金 钢铁行业低碳发展的一个终极解决方案, EP承建的 的宝钢湛江钢铁氢基竖炉是中国首套百万吨级氢基竖 炉, 也是首条集成氢气和焦炉煤气进行工业化生产的 直接还原铁生产线,投产后对比传统铁前全流程高炉 炼铁工艺同等规模铁水产量,可减少二氧化碳排放50 万吨以上。

类别

### 技术名称

### 技术描述

### 减污降碳 协同增效

控制技术及装备

PM2.5预荷电微细粒子 作为国家十二五"863"科研课题成果,该技术是控制 微细粒子的有效手段, 公司自主研发的预荷电袋滤器在 国内完成了"首台套"示范工程建设,成果鉴定其核心 指标达到国际领先水平。

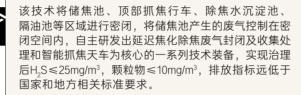


大型烧结机头烟气袋式 除尘技术及装备

自主研发出适应干烧结机头烟气的专用垂直顶部讲风袋式 除尘结构、抗腐蚀专用滤料以及保障袋式除尘系统安全运 行的防结露、防腐蚀和抗结露等核心技术,填补了烧结机 头烟气袋式除尘技术实现粉尘超低排放的空白, 技术指标 可达到颗粒物排放浓度 < 10mg/m³, 设备阻力800~1000Pa, 运行能耗较传统袋式除尘器降低了40%以上。



延迟焦化储焦池无组织 排放废气控制及协同治 理技术





催化裂化再生烟气 袋式除尘+湿式脱硫 净化技术

该自有技术打破了国内外常规湿法洗涤除尘的局限 性,实现了颗粒物治理"湿改干"的革新,在国内外 属首创。经"高效袋式除尘器"除尘,中钢天澄自主 研发的湿法脱硫、梯度"吸收+水洗"和模块化吸收 除雾工艺,实现烟气超低排放指标。



加热炉热风炉除尘 脱硫脱硝技术

自主研发的"中高温SCR脱硝+SDS小苏打干法脱 硫+布袋除尘"组合工艺,对加热炉排放烟气中的 NO.、SO。、颗粒物进行净化,达到超低排放指标。中 钢关澄成功开发了间接加热方式对加热炉煤烟侧烟气进 行升温脱硝、煤烟空烟联合升温、SDS脱硫与除尘一体 化工艺,实现了加热炉烟气安全、节能以及高效净化。



钢渣资源化 综合利用技术 国家"十二五"科技支撑计划项目课题。建立了"冶 金流程回用→有价元素提取→末端利用"的Ⅲ级钢渣 梯级利用模式和钢渣综合利用评价数学模型,并在湖 南华菱湘潭钢铁集团公司成功运用。该技术可促进钢 铁企业钢渣利用和显热回收水平的提升, 实现较好的 经济效益和环境效益。



高浓度难降解有机 废水处理技术

开发了垃圾焚烧厂渗滤液深度处理及资源化技 术、Fe<sub>2</sub>O<sub>2</sub>协同脉冲电解处理有机废水RO浓液技术, 成果达到了国际先进水平。开发了大量的填埋场渗滤 液以及焦化厂焦化废水处理工艺及技术设备,完成了 30余个城市垃圾卫生填埋场和垃圾焚烧场渗滤液处理 工程设计与承包任务。



智慧安全管控平台与 安全咨询一体化技术 "安全状态透彻感知、安全数据全面整合、监管业务 深度打通、安全管理高度智能"四大特色的智慧安全

管理方式。





以科学的顶层设计和前沿的信息技术,完成安全智能 感知网络、安全风险管控图、安全应急大数据中心、 安全风险防控与应急指挥中心等建设任务, 实现具有 类别

### 技术名称

### 技术描述



智慧安全、智慧 丁地安全预警系统 涵盖相关方管理、作业人员安全智能管控、设备智能安 全监管、现场安全智能管控、现场便捷智能管理、安全 绩效考核自动化、安全可视化中心、专家会诊等模块, 通过VR体验、智能管控、职能监管、量化考核、可视化 等工具,助力安全智慧化管理。



职业健康个体防护装备 智慧云管理研发系统

以智慧安全的技术手段,实现个体防护装备的自主管 理、领用及使用培训,实现基于大数据分析的个体防 护装备供应链配送, 员工使用习惯及效果分析, 企业 管理人员、供应链商家、作业人员等多用户终端智慧 管理等,实现个体防护装备管理的智慧化,将极大的 保障个体防护装备使用的可靠性, 同时降低企业不必 要的成本支出。



基于"互联网+"的 交互式安全教育培训 系统平台和安全教育 培训体验中心

运用云计算技术建立在线培训实施管理平台,以互联 网为载体, 电脑、移动通信设备、虚拟现实交互设备 等为客户终端, 向客户提供企业安全生产培训实施、 管理一站式服务。



冶金行业安全事故 大数据平台

研发形成具有事故素材收集、导入与上传、预处理、 自动检索(爬虫功能)、数据清理、事故数据库建 立、基于主流网络电子地图的在线地址解析服务(二 维——冶金生产工艺全流程;三维——炼铁、炼钢、 热轧(一期))、安全生产事故的热力图与相关图表 的一套软件系统。



高温熔融金属吊运 作业过程监测及防 **倾翻控制系统** 

采用分布式系统结构,现场仪表通过远程I/O实现数 据交换; 在吊运高温熔融金属时实现对起重机大小车 电机运行参数、钢丝绳摆角及摆频实时、高可靠性在 线监测及控制,防止吊运容器发生倾翻,保证安全。



金属非金属矿山智 能通风调节控制系统

作为矿山十四五规划重点建设工程之一,是矿山信息 化、智能化建设的具体体现,主要包括矿井三维通风 仿真模拟系统、矿井通风系统运行参数实时监测预警 系统、矿井通风系统智能决策系统、井下通风构筑物 远程智能调节、矿井灾变情况智能应对、矿井电力线 数据传输系统.



丁贸企业可燃件 粉尘防爆技术

可有效节约企业粉尘爆炸风险评估的成本, 在饲料加 工、机械加工粉尘爆炸风险评估软件开发方面都是专 业上的首创。



发挥专业技术团队和人才培养平台优势, 为政企提供 专业的、贯穿全生命周期的碳资产管理与 助力实现"双碳"目标。

# 最新进展



达到国际先进水平: 中钢国际两项自主技术 通过技术鉴定



2021年12月17日,由中钢设备自主研发的"双高速棒材高效高精度控制轧制成套装备及关键技术"以及"7.5米低能耗低排放顶装焦炉的研发与应用"通过了科技成果评价(鉴定)会。会议由中国钢铁工业协会主持。

由中国工程院毛新平院士领衔的 11位行业资深专家组成的评价 员会一致认为:中钢设备制定 发的"双高速棒材高效 制和制成套装备及关键技术" 果显著提高了生产公益或是 是和质果整体技术产和制 展和质果整体技术达到至重载 进水平,其中中265顶交重载模块 和达兴平。中中统 和达兴平。中中级 程院院士毛新平:"预记 备的该项成果在后续 面,以 来自中国金属学会、中国炼焦 行业协会、北京科技大学及钢 铁牛产行业焦化领域一线工厂 组成的评价委员会一致认为: 中钢设备自丰开发的ZG7.5X3-1 型焦炉, 在柳钢防钢基地成功 投用, 实现了低能耗低排放的 稳定运行,填补了特大型焦炉 的炉型系列。该成果经济效益 明显, 社会效益显著, 推广前 景广阔。项目成果整体技术达 到国际先进水平。中国金属学 会专家表示: "希望中钢设备 不仅要出优秀的设计,还要出 优秀的技术成果, 为焦化行业 的转型助力。"

# 急

应对气候变化领域再发力:中钢安环院参与的国家研发项目正式启动

2021年12月,由华中科技大学牵头、中钢安环院参与的国家科学技术部重点研发项目《引领典型行业率先碳达峰的质量基础协同控制技术体系研究与应用》正式立项。

该项目(简称"碳达峰研究与应用")是36个项目中唯一一个聚焦碳达峰的项目,实施周期为5年,下设5个子课题,中钢安环院将参与其中两个子课题:课题1《火电、钢铁、建材等典型行业率先碳达峰的技术路线图研究》,课题4《典型行业碳达峰的关键技术标准体系及质量基础协同控制研究》。中钢安环院将发挥其在

## 行业标准、规范编制 碳资产管理与咨询方面的突出能 力, 达到以下目标:



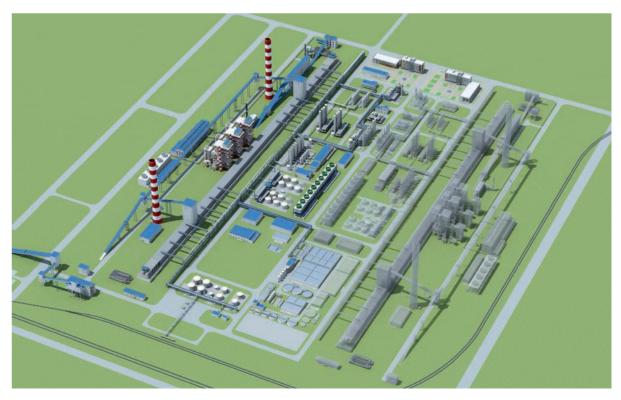
➤ 完成典型行业碳排放清单及 分析专题报告至少1份:

- ➤ 开展6家以上企业碳达峰路 线图试点:
- ➤ 完成2个钢铁行业标准草 案,并进行标准立项答辩。

上述研究成果将有效指导、推进钢铁企业的绿色低碳发展,促进企业建立和完善碳排放数据监测监控管理制度;帮助企业合理制定低碳发展目标和技术路径;为企业加速落实和适时调整碳中和实施路径提供参考。

2021年12月6日,由中钢设备有限公司主导申报并牵头主编的《细晶粒线棒材控轧控冷技术规范》获批立项。中钢设备深耕长材领域研发、设计及工程化长达20余年,已在长材控轧控冷技术、高速上钢装置、智能化系列化模块轧机、智能柔性水冷技术等方面形成了自己独特的核心优势。由中钢安环院主编的《桥式起重机远程智能运维监测系统技术要求》标准正式发布,将于2022年1月1日起实施。

同时,由中钢安环院作为唯一委托单位、牵头起草的《工贸企业粉尘防爆安全规定》自2021年9月1日起正式实施,满足了进一步促进工贸行业安全生产形势稳定好转的需要。这是中钢安环院第6次受国家部委委托起草规章,也是其在安全生产领域作出的又一重大贡献。





中钢国际: 筑牢钢铁数字化平台底座 打造数字化与智慧化的工程技术公司

# 智慧 設铁· 数字化 数能



# 数字化转 型工作的 背景

全球工业正经历一场由传统制造 转向数字化智能制造的变革。把 握数字化、网络化、智能化发展 机遇,无疑将是钢铁行业加速升 级的新动能、高质量发展的新引 擎,推动数字经济和钢铁业融合 发展, 加快推进数字化转型势在 必行。

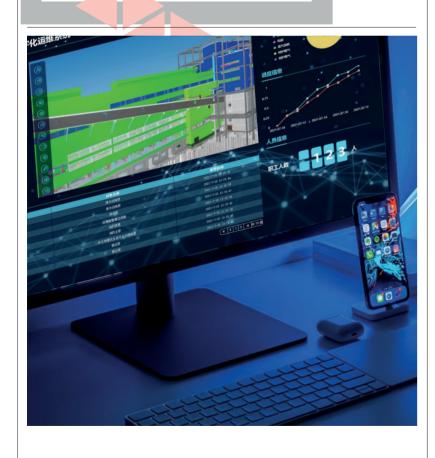
中钢国际顺势而为、积极探索, 正在加快推进数智化建设, 充分 发挥数字技术在钢铁产业发展中 的赋能引领作用,有效提升企业 产品和服务的质量和效率。夯 实"专精特新"企业发展根基, 中钢国际围绕"低碳冶金新技术 开发、传统钢铁生产工艺降碳、 钢化联产的工程技术开发、数字 化转型工作的推进"等重点工 作, 夯实智能制造发展的底座。

>>>



# 数字化在钢铁行业 发展的作用与意义

钢铁行业作为我国国民经济的支柱性产业, 是关系国计民生的基础性行业,在我国工业 现代化进程中发挥了不可替代的作用。





因其具有生产过程复杂、工序间 耦合强、全局优化困难等特征, 钢铁行业面临资源利用效率偏 低、能耗物耗较高、生产成本 高、环境污染等诸多问题。

近年来,钢铁行业积极推进工业 互联网建设与实践, 提质、增 效、降本、绿色、安全发展成效 初显; 但同时, 钢铁行业的工业 互联网融合应用仍以点状探索为 主,尚未形成可复制、可推广的 经验模式。



# 传统工厂

人工依赖程度高

导致质检效率难管控、

精确度存疑等问题。



数字化工厂

全面的质量管控能力: 全产业链协同、在线分析优化。

规模化生产,以产定销。 产能过剩造成资源浪费现 象严重。





规模定制化生产, 以用户需求为中心的柔性生产, 提升资源利用效率。

渠道建设能力各异, 缺乏市场洞察能力, 导致产品滞销等问题。





客户需求实时感知, 市场变化敏感响应, 精准营销提升产品销量。

产品研发周期长、实物试 验或中期方案修改等导致 研发成本高。



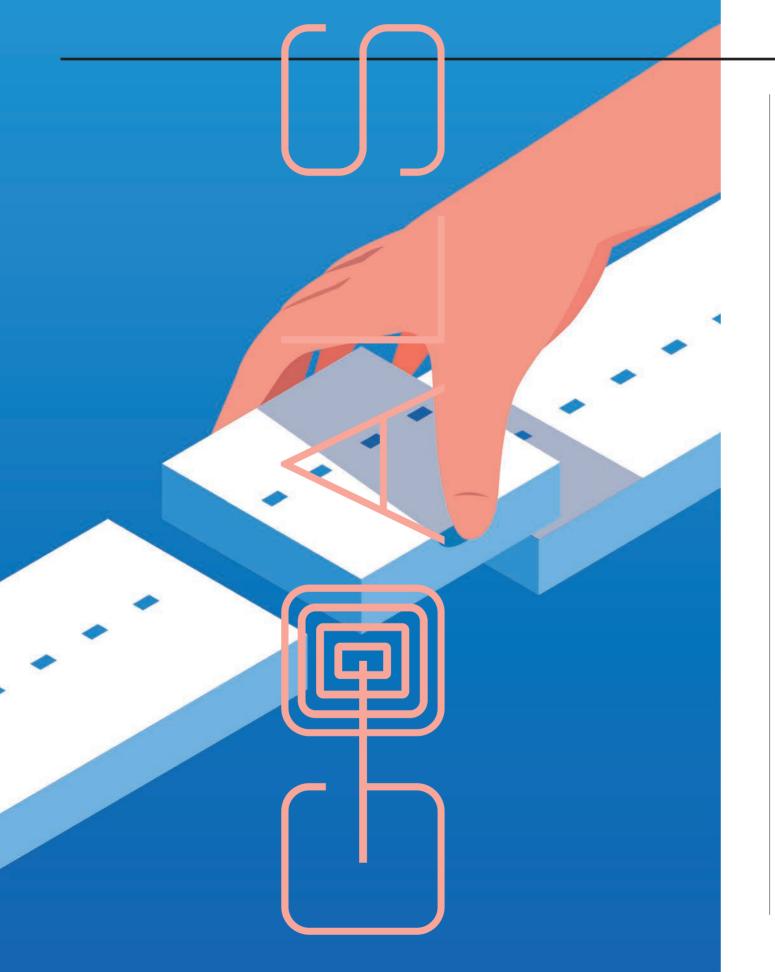


研发模式转变: "大设计、 小实验"代替"试错研发", 显著提升研发效益。

原材料成本动态变化且不 确定性高、人员成本逐年 提升等问题。



成本精细化管理, 自动化、智能化、在线化 运维等减少人员参与等。



# 中钢国际数字化 转型的目标

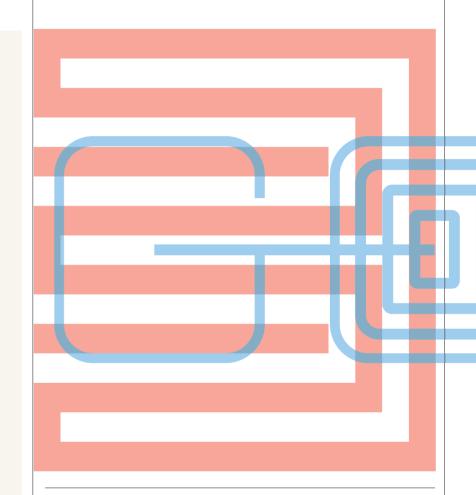
 $\rightarrow$ 

- 3.1 愿景
- 3.2 主要目标
- 3.3 实施策略
- 3.4 模式
- 3.5 举措



# 3.1 愿景

打造自主可控的数字建造平台, 实现工程项目的绿色建造、助力 钢铁企业绿色制造,助力公司成 为世界一流工业工程技术服务公 司。



# 3.2 主要目标

以工程项目EPC总承包业务为例,项目管理需要事前分析,过程中需要以动态眼光、定性的数据来预测、分析工程实际情况;还需要对成本、进度、质量进行管控,在三者之间做出平

衡与抉择。同时,工程项目作为钢铁企业生产和经营活动的业务原点,其成功与否决定着企业的发展。基于上述迫切需求,中钢国际设定了数字化转型工作的目标——以数字技术驱动,实现工程项目全过程、全要素、全参与方的数字化,提升项目执行的精细化水平的同时,为客户乃至行业创造价值。

# 3.3 实施策略

要树立数字化转型"增量、融合、创新"的新理念;

围绕钢铁产业绿色低碳转型 发展的需求,明确利用打造 数字化工厂实现绿色建造、 助力绿色制造的新方向;

打造贯穿建设工程项目全生命周期、打通虚拟现实、连接项目建设各方的数字孪生新平台:

各方不断协作迭代, 形成数字建造的新生态。



# 3.4 模式

管理体系数字化:基于数据驱动和大数据分析,助力项目进度、成本、质量、安全等业务的精细化管理;

运作流程数字化:通过设计、采购、施工等主要环节的数字化,提升效率和质量,保障高效实施项目建设:

研发创新数字化:基于现场 实时数据、管理活动数据以 及历史数据,对生产要素和 作业过程实施全面智能的监 控和管理,为研发创新提供 丰富的大数据和验证手段:

增值服务数字化: 利用数字化技术, 拓展业务范围和模式, 为客户提供更多服务。

# 3.5 举措

### ① 商业模式的变化

交付模式上不只工厂实体,增加以定制化服务以创造 更高附加价值;交易模式 改为提供产品及服务的功 能和使用;服务周期以提 供产品全生命周期服务,缩短与客户间的距离, 让互动更加密切。

### ② 提高数字化设计能力、 让数字化交付为业务赋能

建立工程主数据系统, 在工厂设计源头注入数字 化基因;

从可视化协同正向设计、碰撞检验、限额优化设计、渐进式数字化交付等方面提升EPC项目各个环节的精细化程度,实现降本增效、提高客户满意度等目标:

建立工程大数据中心, 数字化设计和交付体系在绿色低碳冶金项目中落地, 抢占钢铁行业低碳技术转型 市场。

# ③ 加快中钢国际数字孪生平台产品化步伐

在关键技术取得突破的基础上,为客户提供存量工厂的数字化升级服务,打造全生命周期数据、全运维数据、全业务管理数据的数字孪生工厂。

### ④ 加强才队伍建设, 奠定数字化发展基础

为加快数字化转型升级的 步伐,通过对外公开招 聘和内部培养相结合的 方式,扩充数字化专业 人才,打造与公司"智慧 化"战略相匹配的数智人 才队伍;

为充分了解国内外数字化交付标准发展、数字化交付系统功能及应用场景,组织开展BIM三维设计技能培训、数字化交付软件和数字化交付标准等培训:

组建数字化交付服务团队 及配套软硬件设施,形成 中钢国际数字化交付团队 管理梯队、人才梯队,初 步建立数字化建设配套软 硬件设施环境。

### (5) 持续提升网络安全 防护能力,保障信息网络 环境稳定

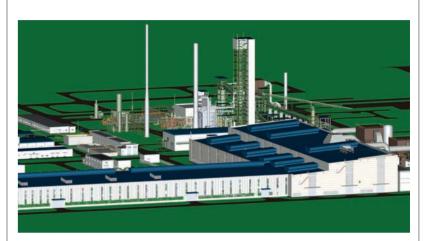
成立中钢国际网络安全保障分指挥部,建立快速应急响应机制;

全面梳理信息化资产、 落实风险排查、完善应急 预案、加快风险点整改;

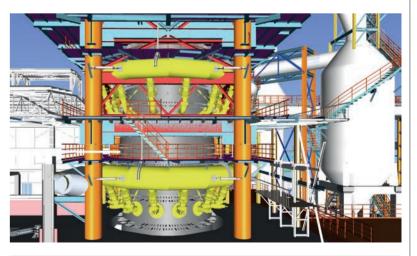
强化化解重大风险事件能力,完善应急防护制,加强基础信息基础设施保障;

加强员工网络信息安全防范意识,落实网络安全培训,积极做好网络安全宣贯。

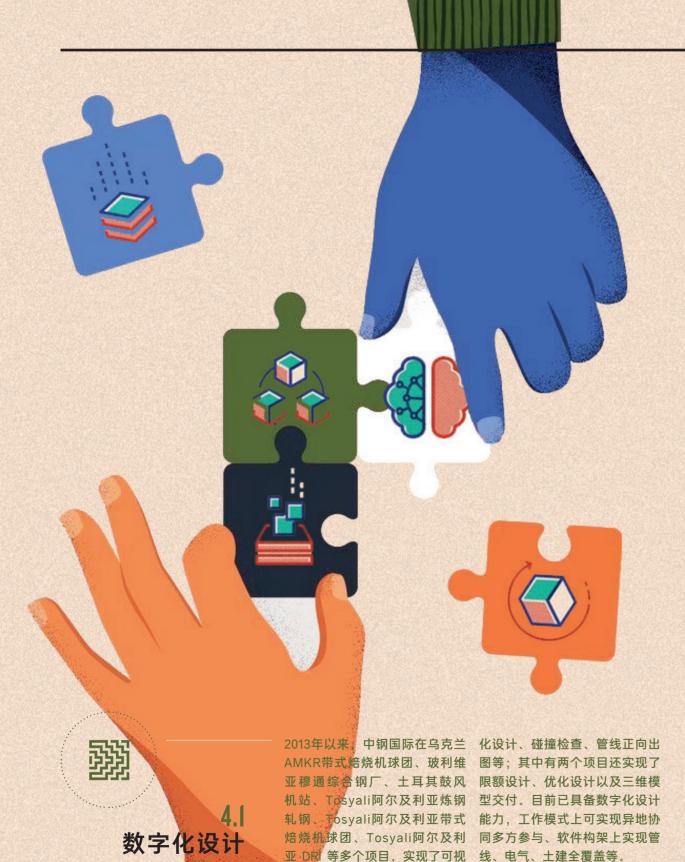
# 数字化转型的目标







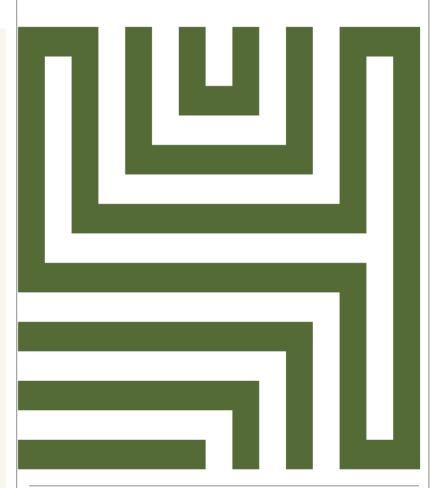




# 中钢国际数字化转型 工作内容及成效

 $\rightarrow$ 

- 4. 数字化设计
- 4.2 数字化交付
- 4.3 智能化
- 4.4 亮点与能力



螁

# 4.2 数字化交付

通过引入成熟数字化交付产品+自主研发,架设数字交付平台网络服务器,开发中钢国际自有数字化交付平台。

编制数字化交付规定,建立项目 级数字化制度、流程,逐步建立 数字化交付项目专有制度和管理 流程。

建设数字化标准体系基础,深入研究国内外数字化交付标准,完善中钢编码体系,建立编码规定、数据字典、采集规范、移交规范等标准。

研发实景三维平台,利用倾斜摄影、激光扫描设备生成现场数字 化场地及旧厂区模型。

结合宝武马钢带式焙烧机球团、 乌克兰AMKR带式焙烧机球团、 宝武八钢富氢碳循环高炉等项目 实践数字化交付,初步形成数字 化交付能力。

>>>

# 4.3 智能化

以"双碳"目标为指引,充分发挥带式焙烧机绿色低碳球团技术优势。采用CFD模拟技术对带式焙烧机进行数值计算与仿真,构建球团工业互联网架构,以大数据运维中心为基础,通过数据采集支撑数字孪生功能,建立运营"驾驶舱"形成二级专家控制模型,实现智能决策、智能运维

不断探索烧结、高炉等传统工艺的数字化转型。建立数字化工厂,结合产品设计需求形成解决方案,基于烧结、炼铁工艺构建数字化产品模型。由中钢设备自主设计、开发的"烧结智能控制系统",将人工智能与烧结生产过程的自动化、对烧结生产过程的自动化、对烧结生产进行控制。

深度融合数智化设计与高端长材 轧制。实现了从工艺及管线、钢 结构和建筑到高线车间、棒材车间的数字化设计。通过智能化生产指挥集控系统,建立一线一室或一线两室,实现各轧线全线无人或少人操作。

充分利用数字化手段,高效推进 在手执行低碳冶金工程项目通过 信息化手段进行项目进度管理量 化分析,为项目执行决策提供科 学严谨的信息支撑。



# 4.4 亮点与能力

### 川.川.1 中钢数字化孪生平台

中钢国际集成了数十年国内外工程项目建设经验以及数字化设计、交付实践经验,构建了自有的数字孪生平台。该平台包括数字化设计平台、数字化交付平台、实景三维平台三大部分,具有如下功能:

≥ 互联。它作为工业互联网平台,通过数字化设计平台,将工程主数据、工厂对象位号、物料编码的数字基因内置到数字化工厂中,实现了纵向业务流、信息流、资金流的打通;通过数字化交付平台和实景三维平台,实

现工程项目全过程、全要素、全参与方的远程协同,"人、机、料、法、环"等工程项目全要素的实时在线;通过数字化定制等系统,实现供给方和需求方的全面互联,最终形成数据驱动项目、企业与产业之间弹性互补和高效配置的数字生态,构建B/S架构的钢铁生态圈。

▶ 协同。提供虚拟建造服务和虚实结合的孪生运维服务,满足各阶段多方协作需求,全面贴合客户与业务需求。在设计阶段,设计各方通过平台进行协同设计,自动生成设备材料采购清单,并交付数字化工厂;在建设阶段,通过现场需求驱动工厂生产与现场安装,实现建设资源的有效配置;运维阶段,利用可视化平台为客户提供运维和决策所需的个性化精准数据服务。

➤ 数智。数字孪生平台将成为工程项目的智慧大脑和调度中心,通过部署物联网设备和现场作业,各种应用系统对项目产生对象的全过程、全要素的感知与识别,通过"数据+算法",实现智慧建造。

➤ 安全。部署在公司私有云服务器,确保各工程项目的数据的安全性。

### 41.41.2 数字工厂具备的能力

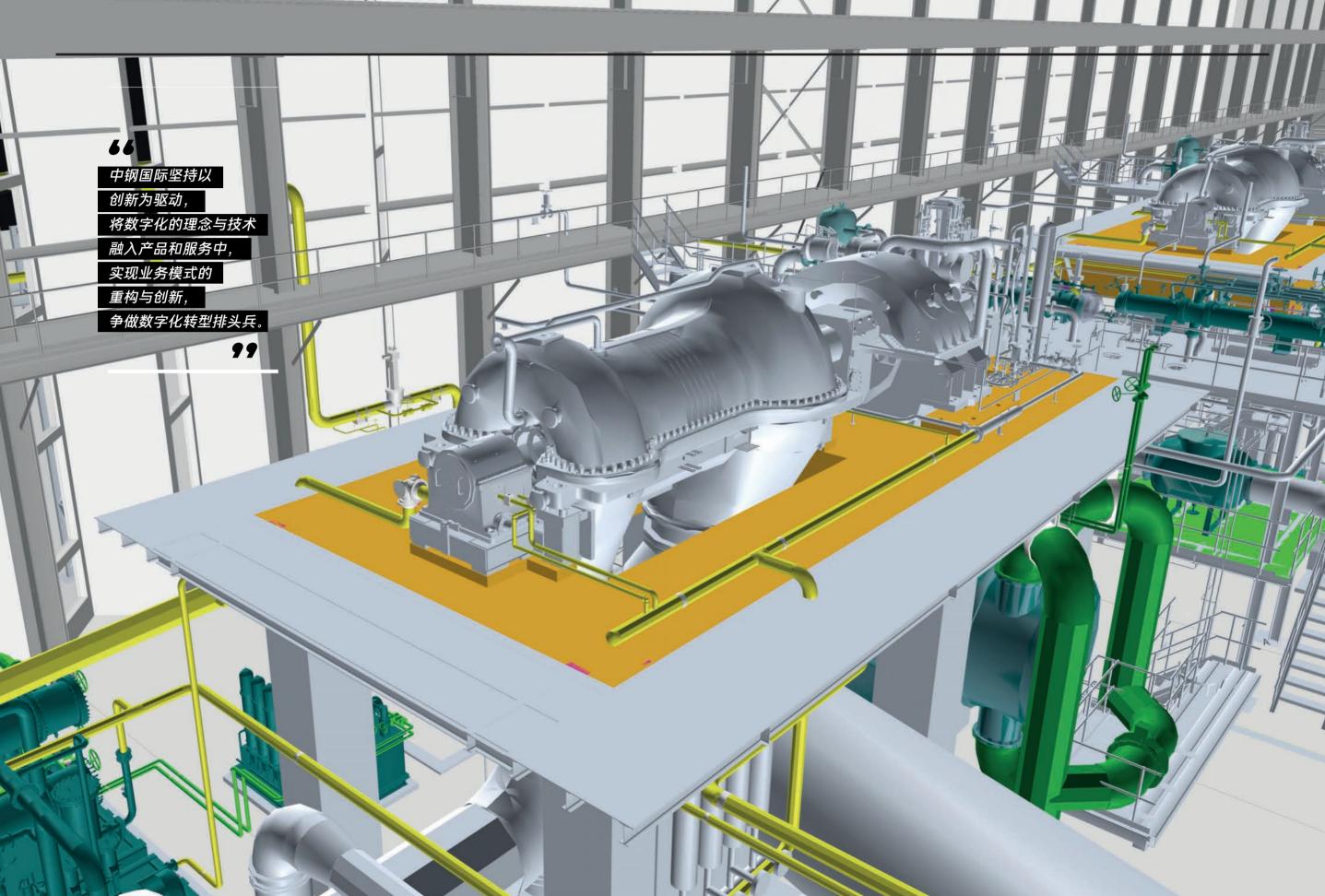
▶ 多方参与,高效协同。通过 数字化转型和平台赋能,公司充 分优化企业资源配置效率,基功 数据驱动进行科学决策,实现 项目集约化管理,在多个大型 项目上同时开展数字化应用。 利用数字交付平台,让设计方。 客户方、施工方、监理方在同 平台上实现项目对接和协调, 提前解决矛盾以减少返工,大幅 提高工作效率。 ▶ 加快进度,缩短工期。公司 通过实景三维平台,快速精准收 集建设场地信息,建立改造前数 字模型,交付给设计及施工使 用;通过数字化设计,先模拟再 施工,零成本试错,实现设计方 案最优、施工方案可行和经济方 案合理,提升效率,减少误工、 返工和变更;按实现按期交付甚 至提前交付的目标。

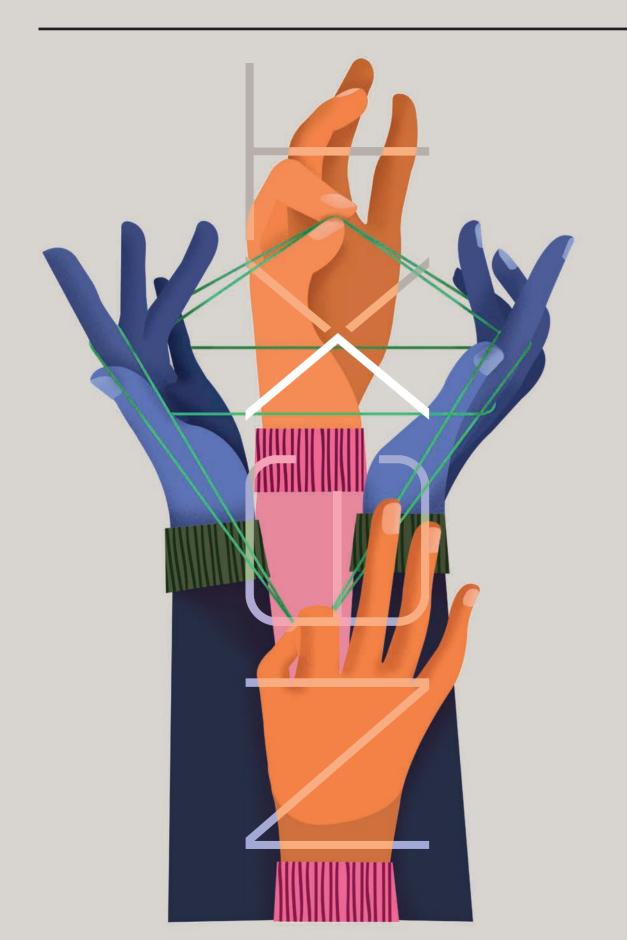
➤ 提高质量,降低风险。公司 利用数字化工具和平台,践行精 细化设计、精细化采购、精细化 施工、精细化项目管理,提升工 程质量,降低安全事故。实现建造过程中"零质量缺陷、零安全事故",向客户交付高品质的质质。最为之,成少或非放。公司利用数字的治金数字和实体工厂。绿色建造,减少破排放。公司利用数字信息为不通畅造成的窝工,避免了因质量的。以程中节本降耗最大化,减少碳排放,实现绿色建造。

# 互 联

通过数字化交付平台和实景三维平台, 实现工程项目全过程、全要素、全参与方的远程协同, "人、机、料、法、环"等工程项目全要素的实时在线







# 下一阶段目标

螁

66

在中国宝武"提供钢铁 及先进材料综合解决方案 和产业生态圈服务的 高科技企业"定位指引下,

77

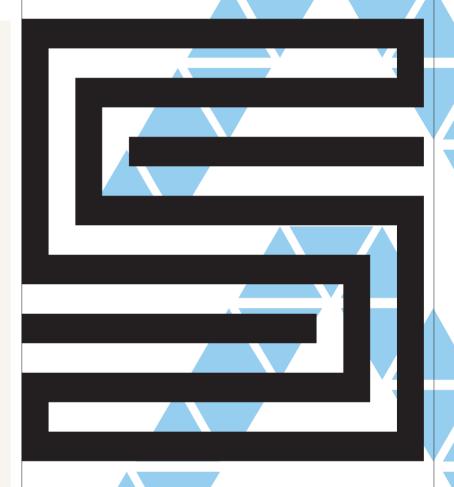
中钢国际已进入 科技创新4.0阶段,

聚焦钢铁行业 绿色低碳转型、

参与颠覆性低碳 技术工程化验证、

推广自有知识产权的工程化应用。





在经历了摸索尝试、局部改造阶段后,中钢国际在数字化转型上取得了一定的成果,即将进入模式创新阶段。中钢国际坚持以创新为驱动,将数字化的理念与技术融入产品或服务中,实现业务模式的重构与创新,争做数字化转型的排头兵。我们以加快推进数字化设计、数字化交付、数字孪生工厂能力的建设及提升为抓手,形成带式焙烧球团、氢基直接还原竖炉、富氢碳循环高炉为代表的看得见、摸得着、用得好、可推广的数字化工厂,夯实数字化平台底座,为中国宝武智慧工厂建设作出贡献。



中钢国际企业通讯 issue 2022

# 富氢碳循环高炉实践

01

中钢设备有限公司, 炼铁工程部, 副总工程师殷欢

2020年9月、习近平主席在第75届联合 国大会提出:中国力争于2030年前碳达 峰、努力争取2060年前实现碳中和目标。

### 前言

2020年中央经济工作会议明确将做好碳 达峰、碳中和工作列为今年八项重点任 务之一。2021年3月15日、习近平总书记 在中央财经委员会第九次会议上提出, 实现碳达峰、碳中和是一场广泛而深刻 的经济社会系统性变革, 要把碳达峰、 碳中和纳入生态文明建设总体布局。

2020年我国粗钢产量10.65亿吨产生CO。 排放量占我国碳总排放量的16.02%(图 1). 其中高炉炼铁消耗大量煤基化石能 源,是钢铁生产最大的碳排放源(占钢 铁行业碳总排放73%,图2),占我国碳 总排放11.7%。

在2030年"碳达峰"和2060年"碳中 和"的目标约束下,各行业均在积极 制定本行业的碳达峰、碳中和战略, 作 为仅次于发电、交通行业位于我国工业

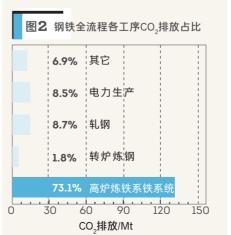
CO。排放第三位的钢铁行业, 其低碳化 势在必行,且备受瞩目。2021年3月,中 钢协在官方微信上发文指出, 《钢铁行 业碳达峰及降碳行动方案》已经形成修 改完善稿,提出初步目标和五大路径。 行业碳达峰目标初步定为: 2025年前, 钢铁行业实现碳排放达峰;到2030年, 钢铁行业碳排放量较峰值降低30%,预 计将实现碳减排量4.2亿吨。实现目标有 五大路径,分别是推动绿色布局、节能 及提升能效、优化用能及流程结构、构 建循环经济产业链、应用突破性低碳技 术。2021年11月,中国宝武发布《中国 宝武碳中和行动方案》: 2023年力争实 现碳达峰, 2025年具备减碳30%工艺技 术能力, 2035年力争减碳30%, 2050年 力争实现碳中和。碳中和冶金技术主要 包括极致能效、富氢碳循环高炉、氢基 竖炉、近终形制造、冶金资源循环利用 和碳回收及利用等六方面的内容。



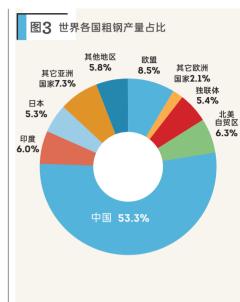
绿色发展水平与生态环境需求不匹配成为 钢铁工业面临的主要矛盾, 重点是减少碳 排放强度。控制钢铁生产中的碳排放,正 成为全球钢铁工业发展面临的最大挑战。

对于占世界钢产量50%以上(图3),铁 产量60%以上的我国钢铁工业,如何选 择适合于我国条件的低碳钢铁生产合理 路径, 是关系到未来我国钢铁产品国际 竞争力和行业能否持续健康发展的重大 问题。我国粗钢生产仍旧以长流程生产 模式为主,技术成熟,节能减排几乎接 近瓶颈, 因此继续追寻大幅度节能减排 唯有突破现有生产模式。

"富氢碳循环高炉"技术是一项前瞻性 的低碳炼铁新工艺,国际上尚未进行过 规模化工业试验,中国宝武将其列为 2025年具备减碳30%能力的低碳关键技 术,为实现2050年碳中和奠定基础。中钢 设备有限公司作为该技术工程化的实施单 位, 具有先发性优势, 通过工艺研究、设 计、核心设备研发、生产操作经验总结、 安全技术标准等全方位布局,将逐步形成 具有完整核心技术的工艺包。



**2050**<sub>#</sub>



# 技术背景

高炉仍是未来我国炼铁的主流装备,高 炉低碳化是实现我国钢铁工业低碳化 熟. 传统高炉热效率极高(~93.5%). 的先进指标被认为已接近热力学极限。 径: 降低过程耗能,减少煤气化学能, 的目的。

的首要路径。但高炉工艺发展已极为成 但碳利用效率仅有65~70%, 其能耗水平 高炉低碳炼铁的本质就是突破传统高炉 热量平衡的限制,设计新的高炉减碳路 寻求碳的替代品。富氢碳循环高炉是氧 气高炉与富氢还原的结合, 利用两种工 艺的技术优势,通过全氧冶炼、炉顶煤 气循环; 喷吹富氢气体, 充分利用煤气 化学能和氢替代碳还原达到减少碳排放

66 隆低过程耗 能,减少煤 气化学能. 寻求碳的替 代品。

**30**% ∠

2025年具备减碳30%工艺技术能力

30%

### 2.1. 氧气高炉发展历程

氧气高炉的概念及最早的氧气高炉流程在1970年由德国Wenzel和Gudenau等人提出,并进行了半工业试验。试验以失败而告终!遇到的主要问题是"上冷下热",一方面,炉缸煤气量大幅度水少,炉料加热不足,严重阻碍炉身一方面理论燃烧温度提高,Si及其它元素发原蒸发,最终导致高炉燃料比强强,国内外学者先后提出多种氧气高炉流程,如1978年德国Fink流程、1984年加拿大Lu流程、1987年日本NKK俄罗斯Tula流程、1987年中国秦民生FOBF流程及2004年欧盟ULCOS等。

### 这些工艺的主要区别包括:

- ① 煤气中的CO。脱除与否;
- 2 煤气喷入高炉前是否预热:
- ③ 煤气喷吹的位置:
- 4 是否采用全氧鼓风;
- 5 风口是否喷吹富氢介质等。

上世纪九十年代初俄罗斯Tula公司和日本NKK公司分别进行了氧气高炉工业化试验,理论分析和试验研究表明全氧鼓风和大量喷吹煤粉在工艺上是可行的,但是由于当时制氧和CO<sub>2</sub>脱除等技术尚不成熟,生产成本较高,最终没有实现工业化生产。近几年,随着温室气体对环境影响和国际社会对CO<sub>2</sub>减排的呼声,国内外又开始了新一轮氧气高炉炼铁技术研究,企图大幅度降低炼铁生产CO<sub>2</sub>排放。欧盟和日本分别启动了"ULCOS"项目和"COURSE50"项目,都将氧气高炉炼铁流程作为钢铁企业炼铁中长期发展方向。我国2009年钢铁研究总院进行了全氧鼓风炼铁半工业化试验,推进了我国氧气高炉研究工作。

直接还原度

0.1

煤气温度

983°c

炉身循环煤气量

480Nm3

炉缸循环煤气

379Nm<sup>3</sup>

最低燃料比

385.6

在当下脱碳减排的大趋势下,氧气高炉的目的已经由最初的以煤代焦,提高生产率转向低碳冶炼。其基本特征是:以现有高炉为基础,采用纯氧代替空气鼓风、炉顶煤气循环、大量喷吹煤粉,核心是煤气循环。煤气循环氧气鼓风高炉(TGR-BF)流程设计上,为了获得低的燃料比,需要将炉顶煤气CO₂脱除后加热循环,要求温度>900℃,设计炉缸、炉身双排风口,有利于降碳。

循环煤气加热,可以弥补常温全氧鼓风造成的热收入减少(约1.8GJ),在氧气高炉中主要起到两个作用: 首先循环煤气作为热载体,把下部多余热量带到上部,以缓解氧气高炉"上冷下热"的状况。

其次,循环煤气在高炉中上部作为还原 剂参与到矿石的间接还原当中。作为热 载体的一部分,循环煤气在高炉风口回 旋区被加热后随煤气流上升,上升过程 当中并不参与铁氧化物的还原反应,仅 仅把下部过多的热量带到了高炉上部, 增加了上部热交换区煤气的有效热量, 随着循环煤气量的增加,燃料比降低, 冶炼吨铁所需要的氧气减少。

计算表明:直接还原度0.1, 煤气温度983℃, 炉身循环煤气量480Nm³, 炉缸循环煤气379Nm³, 最低燃料比385.6kg/tHM。

### 2.2. 富氢还原

氢冶金似乎成为低碳钢铁生产的终极解 决方案。氢作为还原剂的最终产物是 水,可达到二氧化碳的零排放。因此, 用氢气取代碳作为还原剂的氢冶金技术 的研究,有望为钢铁工业的可持续发展 带来希望,其大规模制备技术将有望在 本世纪得以实现,氢能应用于冶金是冶 金行业绿色转型的有效途径之一。

与CO比较用氢气还原铁矿石有以下特点:

- 小热力学来看,在高炉上部CO比氢还原性更强,是放热反应;而氢还原只在高温区有优势,是吸热反应。
- ② 氢作为最活泼的还原剂,其还原效率和还原速率均比碳高,因此,富氢煤气具有更出色的扩散性和渗透性,气体与炉料之间的热交换更好,还原动力学条件更佳,还原过程也更快,从而提高生产率。
- 3 H<sub>2</sub>的导热系数远大于CO的导热系数,采取富氢还原传热速度更快,加速气固间对流换热。

但氢促进矿石还原的作用受到以下水煤 气反应的制约:

H<sub>2</sub>O+CO=H<sub>2</sub>+CO<sub>2</sub> 41.3kJ/mol

H<sub>2</sub>还原生成的H<sub>2</sub>O被高炉内的CO置换成CO<sub>2</sub>和H<sub>2</sub>,这个平衡反应在限制了H<sub>2</sub>的利用率的同时,又提高了CO利用率,尤其是随着下部炉缸煤气中氢含量增加而更明显。因此需考虑氢在高炉有效利用率(还原FeO的比率)仅有约30%的技术障碍。

当前公认的未来大量氢气来源的最可靠方法是电解水。而电解水所消耗的电能只能依靠于核能或太阳能等清洁能源。在绿氢能够实现经济使用之前,为减少焦炭消耗和CO<sub>2</sub>排放,向高炉喷吹富氢介质以取代部分焦炭,可以取得显著成果。喷吹燃料包括天然气、焦炉煤气,国内外均有成熟业绩,受资源限制,中国高炉喷吹焦炉煤气更多一些,包括

本钢、承钢、鞍钢、济钢等,技术上可 行,工艺路线成熟可靠。

### 2.3. 富氢碳循环高炉的技术特点

煤气循环+全氧+富氢的低碳炼铁新技术 具有以下特点:

- 氧冶炼条件下,由于煤气中没有N<sub>2</sub>, 技术上可以实现碳循环,达到减排 目的。
- ② 矿石的间接还原度大幅度提高。传统高炉间接还原区间受限,理论最低碳消耗:直接还原度为0.45,燃料比为452kg/t,煤气利用率为57%。炉顶煤气循环和富氢还原可以降低直接还原率接近0,碳的利用率理论上可达到100%。
- 3 全氧鼓风后,还原性气体浓度接近 100%,矿石最终还原度可达到90% 以上,会产生一个位置低、厚度窄 的软熔带,甚至软熔带完全消失是 可能的,可以消除传统高炉的限制 环节进而获得较高的生产率。

用氢气的究 术员 大有实的 大切 大狗 大人有 实的 大规模 大规模 大规模 不望 不知,的可以来都看 技规模在本 氢治 全的 一。

# 3 =

### 生产实践

国际上开展过富氢煤气循环工业试验的相对较少,2013年瑞典LKAB8.9m³高炉和2015新日铁住金公司君津厂12m³的高炉,进行了相关试验验证富氢煤气循环构想,结果表明在一定程度团将在一定程度了节碳作用。中国宝武集团将支上超级循环高炉列为宝武低碳炼铁技富路线之一,在八钢建立了世界最大的络线之一,在八钢建立了世界最大的第一、二阶段工业试验,预计2022年实施第三阶段工业试验,最终实现减被30%的目标。中钢设备有限公司为该技术工程化的实施单位。

**50**%

本次试验重点检验高

富氧与煤气喷吹的可

行性,在喷吹煤气的

情况下, 富氧达到

### 表1 欧冶炉高还原性煤气化学成分

组分	СО	CO2	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
含量 %	65.9	1.0	15.3	0.5	16.1	1.1

### 表2 焦炉煤气成分指标

组分	CO <sub>2</sub>	CnHm	<b>O</b> <sub>2</sub>	СО	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
含量 %	4	1.2	0.6	7.4	21	57	7.0

### 3.1. 前期验证试验(第一、二阶段)

### 3.1.1 试验装置

八钢原 $400\,\mathrm{m}^3$ 高炉,风 $\square$ 14个,铁 $\square$ 1个,炉缸直径 $5.2\,\mathrm{m}$ 。借助欧冶炉已投运的脱碳装置,具有 $\mathrm{CO}_2$ 脱除、富氢冷煤气风 $\square$ 喷吹功能,完成高富氧条件下喷吹脱碳富氢煤气的验证试验,为第三阶段全氧脱碳富氢煤气加热循环工业试验提供依据。喷吹煤气成分见表一、表二。

### 3.1.2 试验过程及结果

2020年完成第一阶试验,实现35%鼓风 氧含量目标,探索高富氧下高炉操作技术,燃料比600kg/t,煤比170kg/t,风 温900℃。氧气从风口内置的氧气通道加入。

2021年完成第二阶段试验,实现50%超高富氧、风口喷吹脱碳富氢煤气目标。6月11日开始喷吹欧冶炉脱碳还原气(CO实际含量70~75%)。7月30日鼓风含氧达到50%。8月7日,脱碳煤气喷吹量突破14000m³/h,吨铁250m³/h,燃料比较实验前基准值降低85kg/t,下降14%。8月8日焦炉煤气喷吹,至8月25日高炉停炉。喷吹煤气增加后,富氧率提升,顺行状况改善,高炉煤气利用率一度降至35%,通过调整料制,恢复至原有40%水平左右。

本次试验重点检验高富氧与煤气喷吹的可行性,在喷吹煤气的情况下,富氧达到50%,这是之前未达到的。从富氢碳循环高炉喷吹脱碳煤气及富氢冶金第二阶段试验看,喷吹脱碳煤气置换比0.35kg/(m³/t),喷吹焦炉煤气置换比0.45ka/(m³/t)。

### 3.2. 后期工业试验(第三阶段)

第三阶段工业试验的目标是实现炉顶煤 气加热循环利用目标。需要解决的关键 技术问题:

- ① 全氧鼓风风口前理论燃烧温度很高,需要研制耐高温、耐磨损的长寿氧枪、煤枪,长寿风口及其冷却参数。
- 至 氧气高炉的喷吹方式不同,炉内煤 气流分布差异很大,气固反应会受 到影响,需要研究不同喷吹方式下 合理的高炉炉型设计参数、循环煤 气喷吹量及煤气流分布状态。
- ③ 循环煤气加热。高炉热风加热技术已经很成熟,但煤气加热要比热风加热困难得多。一方面由于循环煤气中CO含量远远高于H<sub>2</sub>,所以煤气加热过程中会析碳,会造成管道堵塞(Midrex和HYL的煤气加热技术比较成熟,但主要加热富氢气体,基本没有析碳的问题);另一方面煤气加热存在安全隐患,加热过程中容易发生爆炸和煤气泄漏等事故。
- ④ 喷吹煤气装置的密封问题。因喷吹煤气中CO含量高达60~70%,一旦泄露将对人身安全造成致命威胁。
- ⑤ 高炉内大量H<sub>2</sub>参与还原反应时热量 供给的匹配。

为此,中钢设备与北京科技大学及设备 供应商开展深度合作,对试验高炉装置 及流程进行了重新设计,最终实现三大 目标:全氧冶炼、风口热煤气喷吹、炉 身热煤气喷吹,风口喷吹煤气量700m3/ tFe,煤气温度1200℃;炉身喷吹煤气量 250m³/tFe,煤气温度950℃。

# 4

结语

现有高炉炼铁流程的全面降碳改造是亟待开展的工作,也是企业参与未来降碳生存竞争的前提条件。富氢碳循环高炉技术,突破传统高炉碳资源高效利用的技术瓶颈,开辟了氢冶金新的应用场景,是炼铁行业绿色转型的重要途经,有望成为未来高炉炼铁的主流工艺,值得期待。

### · 梅女朱

[1]高建军,齐渊洪,氧气高炉炼铁技术分析. 钢铁钒钛,2012,33(2):40-

[2] 张伟, 郁肖兵, 李强等氧气高炉工艺研究进展及新炉型设计. 重庆大学学报, 2016, 39(4): 67-79

[3] 沙永志,我国低碳钢铁生产路径之思考. 2020年全国炼铁生产技术会暨炼铁学术年会

[4] 储满生,我国开展氢冶金的适宜工艺路线初探. 2020年全国炼铁生产技术会暨炼铁学术年会

# 中钢国际带式球团数字生态 洞见钢铁未来——智慧钢铁的贡献者

02

中钢设备有限公司, 矿物加工工程部, 部长韩基科

近年来,以人工智能、5G、云计算、大数据等为代表的新技术迅猛发展。随着国家一系列鼓励产业转型升级的政策出始的政策出行各业都放起了数字经济革命浪潮。在"钢铁大国"迈向"钢铁强国"的道路上,绿色化和智能化已然成为行业转型升级的两大主旋律。随着钢厂数字化、智能化水平的提高,工业互联网在钢厂生产中的应用场景逐步丰富,对实现钢铁企业生产的高效化、协同化运行、提高钢铁企业生产的高效化、协同化运行、提高钢铁企业生产的高效化、协同化运行、提高钢铁企业生产的高效化、协同化运行、提高

中钢国际秉承"成为'一带一路'的排头兵、绿色发展的先行者、智慧钢铁的贡献者"的新发展阶段使命,进行了数字化转型的积极探索,而带式焙烧机球团工艺在数字化转型中更是"先行一步"。

### 前瞻性决策

 化等等,最终帮助客户实现降低运营成本、提高生产效率、提升产品质量、降低资源能源消耗、改善员工工作环境以及综合竞争力的提升,为钢铁行业智能化升级贡献力量。

### 创新设计是基石

钢铁产品的竞争力追根溯源,深层次地延伸到设计层面。设计是起点,也是决定钢铁终端产品竞争力的根本要表为的根本是决定钢铁产品,不仅是钢铁制造流程程,不仅是钢铁的关键环节之一,也发挥和引领作用。通过数字化设计,可以高效的新、优化钢铁制造流程的物理系统,为整个流程的智能化提供数字化基础和模型系统。

在中钢国际的带式球团数字生态中,设计尤为重要,其核心由自顶向下设计、界面参数化设计和工厂三维布局设计"三大法宝"构成。它们是保证设计质量、提升设计效率、乃至实现数字化工厂交付和智慧工厂运营的重要技术组成部分。

自顶向下设计应用在设备方案设计阶段,将整体方案设计和每一个部件设计进行高度关联,当方案架构变动时,部件也随之变动。

界面参数化设计作为自顶向下设计的延伸,使设计自动化得以实现。"我们将整个设计联通、关联部件存储于数据库中,并进行平台化管理。借此,新项目设计可以在调用数据库相应方案的基础

极大提升效率、压缩时间成本,可节约耗时

**40**%

自顶向下设计、 界面参数化 设计和工厂 三维布局设计 "三大法宝" 上进行修改,在定制化界面输入参数,部件同步联动调整,即可满足设计要求。"韩基祥介绍到。这样的设计模式不仅减少了设计建模、修改以及纠错的时间,还大幅提升了系列化产品的复用效率,极大提升效率、压缩时间成本。以中钢国际当下开发的某项新产品耗时为例,比以前节省了约40%的时间。

在零部件组装完成后,通过数字化平台可实现带式焙烧机立体呈现,通过计算机便可直观获取内部设计细节以及相关信息



风、物料、热平衡模拟仿真



在零部件组装完成后,通过数字化平台可实现带式焙烧机立体呈现,通过 计算机便可直观获取内部设计细节以 及相关信息。

# 数字交付赋能

完成数字化工厂3D设计后,下一个重点就是项目管理。通过数字化4D工厂,中钢国际帮助客户高效、便捷地进行项目管理。

将数字化工厂建设节点与项目现场建设工期节点进行衔接,从而实现进度状态的同步。在现场的设备可以通过虚拟化的手段进行虚拟联调,减少了实物工厂联调的时间、提升效率。项目建设管理者还可通过数字化工厂随时查看项目进度,或检查配套资源是否有效协作,设备安装是否合理等等。

中钢国际EPC总承包建设的河钢集团唐钢新区2x480万吨/年带式焙烧机球团项目,完成了物工厂和数字化工厂的设计,现世界上单位面积生产球团最多、工序最全的项目,包括两个圆形原料库(每个仓储存20万吨精粉)、以及世界最大的成品钢板仓(单个仓储存10万吨球团矿)。

截至目前,中钢国际可为客户提供LOD100、200、300、400四种产品,且已具备制定LOD500模型的技术能力。

# 1

### 智慧运营上台阶

钢铁业发展多年,生产过程一直是"黑盒子"状态。得益于大数据、人工智能等技术和手段的迅猛发展,这个过程将逐步变得透明化。同时,客户端个性

在计算机上组装起来的一个400万吨/年带式焙烧机球团厂,给国内客户交付数字化工厂的全暑图

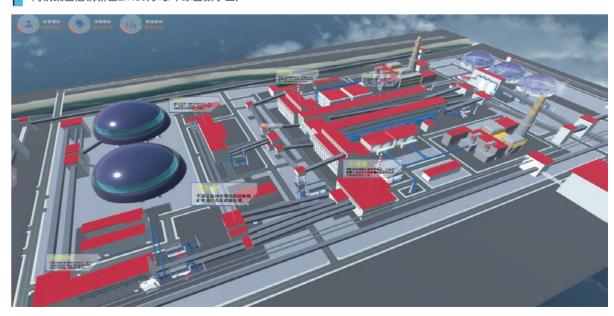


化、定制化需求日益强烈,钢企柔性制造理念日益突出,这也对生产过程的管控提出了更高要求。

中钢国际通过球团厂大数据中心,以球团厂从设计到运营全生命周期的海量数据为基础,以人工智能分析为引领,搭建全局数据平台和智能分析系统,让智慧运营在指导微观生产中发挥更重要的作用,为运营管理各个环节提供分析洞察,让管控科学、高效、精细。

通过大数据,可以实现质量异常原因追溯、设备实时检测、多工序协调智能优化,甚至是全过程的生产工艺优化,以保证质量的精准控制、设备的全周期维护。以造球为例,这是生产中最关键的工序之一。通过智能摄像机捕捉到造球的画面,加以图像识别,并根据水分、转速、加料量等关键参数,在大数据中心根据预设算法进行分析,作出判断、

河钢集团唐钢新区2x480万吨/年球团数字工厂



通过球团厂 大数据中心, 搭建全局 数据平台和 智能分析系统 进而反馈到实际的生产中进行调整、控制、实现智能造球。

再比如,设备的诊断维护。通过摄像与图像识别,实现设备健康状态诊断与智能维护,特别是对设备异常状态做出有效预警和报警,在有效规避风险的基础上,同时为备品备件预留更充分的准备时间,提高周转以及更换效率,增强库存流转,减少对资金的占有用、优化成本。

从"钢铁是怎样炼成的"到"智慧钢铁如何炼成",在中钢国际构建的智慧蓝图中,现代数字技术正与传统钢铁制造加速相遇相融。凭借打造的数字生态系统,中钢国际助力客户实现资源全局优化配置,解决不确定性问题,推进定制化和预测式制造,持续为客户创造价值。

在全面打造国际一流的技术型工程公司的战略定位引领下,中钢国际将以"智慧化"为支撑,为钢铁企业及相关行业提供更可信的优质数字化产品与服务,与客户携手共建坚强的"钢铁高科技长城"!

### 球团工厂运营数字化平台



# 中钢设备自主创新的 烧结智能控制系统

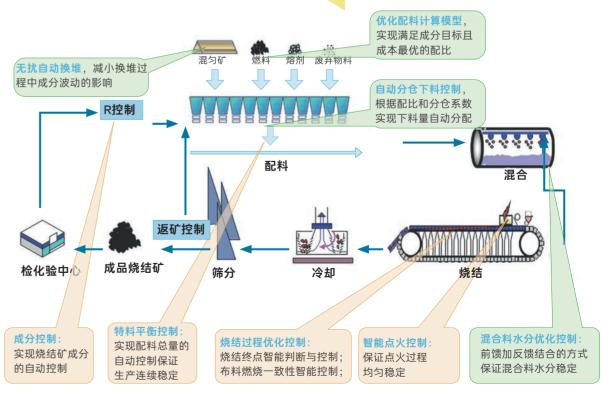
03

中钢设备有限公司,炼铁工程部,副高级工程师周卫

本文介绍了中钢设备自主创新的烧结智能控制系统,该系统包括配料计算模型、碱度控制模型、终点控制模型、点火模型等。该系统的成功应用极大地提高了烧结过程的自动化和智能化水平,降低了人员配置,实现了烧结矿的高产、优质和生产过程的低能耗。

### 背景

2015年国务院提出的《中国制造2025》,是中国版的工业4.0。实现钢铁工业智能制造是其中重要一环。烧结是钢铁生产中一个工序,就是把粉状的物料变为人造块矿的过程。烧结生产过程的特点是流程长、环节多,从控制论的观点看,烧结过程具有复杂性、非线性、时变性



中钢国际企业通讯 — issue 2022

烧结智能控制系统 的应用已成为追求 烧结生产"优质、 高产、低耗"的 重要手段. 并成为 国内外烧结厂提高 技术水平的主攻方 向。

和不确定性,属于典型的复杂被控制对 象。传统的烧结生产更多的是靠操作工 人凭借经验去判断、调整,智能化程度 低,控制不够精确。

烧结智能控制系统的应用已成为追求烧 结生产"优质、高产、低耗"的重要 手段,并成为国内外烧结厂提高技术水 平的主攻方向。中钢设备在承接烧结工 程项目过程中发现,越来越多的业主 方对烧结过程的智能化提出了具体的、 更高的要求。为了提升技术水平和竞争 力,2020年中钢设备进行科研立项,组 织专业的团队开始研发烧结智能控制系 统. 为实现《中国制造2025》贡献出一 份力量。

### 系统功能

该系统是立足干钢厂牛产实践自主研发 且具有自主知识产权的智能控制系统。 系统功能框架如图 1 所示:

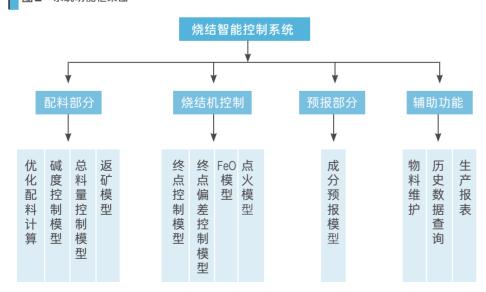
软件平台是根据烧结一级PLC系统、数 据实时件以及更好地完成模型计算的 具体要求设计的。软件体系结构如图2 所示:

该系统主要根据烧结生产过程建立数学 模型并进行控制。该系统主要功能模块 如下。

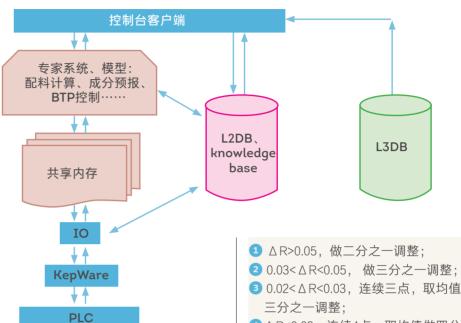
### 2.1 配料计算模型

行业现行的配料方法采用的是人工计算 方法,需要进行反复的验算,计算量

### 图1 系统功能框架图



### 图2 软件系统结构



大, 计算过程复杂, 计算精度也不能满 足现代烧结生产的需要: 而且配料过程 很少考虑成本最优的问题。该模型的主 要依据是物料平衡原理, 根据烧结矿的 目标成分和目标产量,在限定的料种的 使用范围内, 求出各种原料使用的最优 配比。

实现目标: 根据原燃料的成分及配料目 标采用线性规划方法进行计算, 给出满 足目标成分和成本最优的混合料配比, 实现烧结过程的优化配料。减少了人为 计算的不确定性并提高了劳动生产率。

### 2.2 碱度控制模型

首次配料, 根据原料成分, 计算出满足 目标R的原料配比。在生产过程中,对 成品矿的检化验信息进行跟踪, 当检测 结果与配料目标R发生偏差时,对配料 的目标R进行修正。修正量 ΔR-Re 根据 偏差大小决定,分多种情况进行控制:

- 3 0.02< △R<0.03. 连续三点. 取均值做
- 4 Δ R<0.03, 连续4点, 取均值做四分之 一调整。

模型自动计算出熔剂配比的修正值,并 通过一级粉尘下料模型改变下料量,最 终实现烧结矿碱度的自动控制。

### 2.3 总料量控制模型

小矿槽作为烧结整个生产流程的缓冲环 节,对于调整生产节奏,起着至关重要 的作用。小矿槽料位变化受多方面因素 影响,其中包括配料量、泥辊系数、烧 结机速等工艺参数。通过对这一环节的 合理调控,可以保证烧结过程的连续稳

小矿槽料位控制是烧结过程控制中的难 点,受进料、出料两方面不定因素的影 响成非线性变化;同时料量调节又存在 滞后的特点。因此多数情况采用手动调 整总料量的方式。此模型实时跟踪小矿 槽料位的变化率,综合考虑机速、料厚 等影响烧结机吃料的各种因素, 合理计 算总的上料量。

66

该系统是立 足于钢厂生 产实践自主 研发月具有 自主知识产 权的智能控 制系统。

实现目标:合理控制总的上料量,保持生产的连续稳定,提高劳动生产率。

### 2.4 返矿控制模型

返矿控制的指导思想是"多有多用、少有少用"。

B=RA/RF。

式中, B-平衡系数:

RA-筛分后所得返矿:

RF-加入混和料的返矿。

生产平衡时B=1,根据实际工况的基本返矿率 $RF_Ration$ 和烧损,计算出实际返矿配比 $RF_Ration_SM$ ,根据返矿仓位调整返矿配比。

实现目标:根据返矿率和返矿仓位实现 了返矿的自动控制,实现了烧结生产过 程中返矿的动态平衡。

66

在满足牛产要

求的同时. 最

大限度地节省

煤气用量,为

企业创造了可

观的经济效

益。

### 2.5 点火控制模型

点火模型通过合理控制空、煤气流量, 保证合适的点火温度和点火强度,满 足烧结生产的要求。综合考虑机速、煤 气热值等因素,通过合理控制空煤气流 量实现点火过程的智能化。系统最终和 现了在操作人员给定目标点火温度和 标点火温度的条件下,自动调节过剩至 点火温度的智能控制。在满足生产要 点火过程的智能控制。在满足生产要 的同时,最大限度地节省煤气用量,为 企业创造了可观的经济效益。

### 2.6 终点控制模型

该模型主要实现如何准确判断烧结终点(BTP)和温度上升点(BRP),并合理控制烧结终点,实现烧结机的智能控

制,稳定生产以实现优质高产。此处采用对废气温度进行曲线回归拟和的办法进行分析。曲线拟和效果**如图3**所示,由烧结工艺理论可知:X1点对应燃烧带前沿接近台车箅条的位置,而X2点对应燃烧带最高温度抵达台车箅条的位置,燃烧过程即将完成。

实现目标:通过对废气温度场的分析,进行曲线拟和,实现了BRP和BTP准确判断,合理而准确地控制烧结终点的位置和温度,稳定了烧结生产过程,使终点的稳定率大大提高,对提高烧结矿的产量和质量大有裨益。

### 2.7 终点偏差控制模型

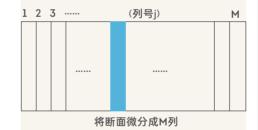
该模型解决了在烧结机宽度方向上如何合理布料才能使垂直烧结速度趋于一致的问题,合理布料会消除台车宽度方向上终点(BTP)位置的偏差。

造成BTP偏差的原因是由于宽度方向上的垂直烧结速度不一致,为此对宽度方向上的垂直烧结速度进行研究。

针对360m<sup>2</sup>烧结机,建立风箱平面温度场,从11号风箱开始每个风箱装有6个温度测点,直到24号风箱。这样可以对每个风箱的温度测量值取平均,拟和出一条曲线;对宽度方向上的烧结情况进行更细的研究。

具体的模型建立方法是,沿烧结断面宽度方向将烧结混合料床等分为M(j=1, 2, ···, M)个区域,并认为烧结混合料床宽度方向上除密实度外无其他偏析,如果第 j 区域的垂直烧结速度为Vj,各等分区域的混合料平均垂直烧结速度√。如下图所示:

### 图 4 烧结宽断面微分示意图



为了便于研究,定义了燃烧速度一致性指数  $\lambda=V_j/V$  式中,

Vj-某列的燃烧速度; V-平均燃烧速度。

本模型所涉及的燃烧速度一致性指数,是台车宽度方向上垂直燃烧速度的一致,使各列的烧结终点趋于同时出现,定量给出了烧结机宽度方向上的布料厚度,实现了精确合理布料,使风量合理分布,烧结过程均匀一致,使燃烧带同时到达台车篦条,消除 BTP 位置偏差,对提高烧结矿的产量和质量、降低返矿大有益处。

### 2.8 信息管理

信息管理包括报表管理、物料维护、参数修改和历史数据查询。报表管理实现了各类生产数据管理,比如能源消耗、开停机率等实现自动跟踪。本系统的检化验数据来自公司的三级系统,保证了实时性和准确性,同时也保留了手动修改的功能。系统在运行过程中各类参数是不断优化的,为此专门设计了参数修改界面。

3 结论

整个系统自2021年1月投产以来,运行稳定可靠,实现了烧结生产的智能化控制,系统运行稳定率在99%以上,主要技术经济指标均达到和超过项目研发目标,烧结生产水平得到明显提高。烧结智能控制系统的应用,使生产操作过程更加合理、均匀、一致,避免了由人为因素带来的影响。

烧结智能控制系统的应用,优化了烧结 生产过程,提高了劳动生产率,降低 了能耗,实现了烧结生产的智能闭环控 制。该系统的研制成功,填补了中钢设 备在烧结智能化控制领域的空白,提高 了企业形象和竞争力,在行业内具有广 泛的推广应用价值。 制,系统运行稳定率

运行稳定可靠,实现

烧结生产智能化控

99%以上

# 在役原料厂数字孪生体的 构建与应用

04

中钢设备有限公司,技术支持部,副总工程师耿超

钢铁行业是国民经济支柱之一,在新时代的发展要求和新技术的推动下,智能制造和绿色低碳已成为钢铁企业转型升级的主流方向。钢铁工业是典型的流程工业,具有生产过程复杂、工序间耦合强、全局优化困难等特点,面临资源利用效率偏低、能耗物耗较高、生产成本

高、环境污染较严重等问题。中钢设备为解决行业痛点,构建了包含数字化协同设计平台、数字化交付平台、实景三维平台为主体的中钢数字孪生平台(图1),倾力打造工厂级数字孪生产品,有效赋能钢铁企业实现更敏捷、高效、精细的生产、培训和经营管理。

图1 中钢数字孪生平台



实景三维平台

66

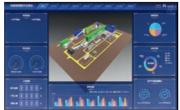


### 中钢数字孪生平台









数字化交付平台

数字孪生(Digital Twin)以数字化的方式建立物理实体的多维、多时空尺度、多学科、多物理量的动态虚拟模型来仿真和刻画物理实体在真实环境中的属性、行为、规则等。时间维数字孪生体的建立,包括按照时间跨度划分的三个阶段:设计阶段、施工阶段、交付运维阶段。

### 设计阶段

设计阶段是数字孪生体的形成阶段,本项目构建了点云模型与BIM模型集成的可视化多元异构数字孪生体。

### 1.1 点云模型

本项目为改造项目,原始资料多以CAD和PDF文件形式存放;由于经历多次技改,图纸资料与现场实际情况之间误差很难控制,这种数据精度的不可信将极

ZZ

有效赋能 钢铁企业 实现更敏捷、 高效、 精细的生产、 培训和经营 管理。 大降低数据的应用范围。三维激光扫描 技术可快速复制出被测工厂表面的三维 模型及其空间位置信息。

本项目选择利用三维激光扫描仪,建立包含对象几何信息的点云模型。实施过程中,测绘人员在改造区域内利用激光扫描仪收集现场信息,通过GIS技术对扫描文件进行处理、定位,构建了场地现状的点云三维模型。

### 1.2 BIM 模型

BIM模型能够连接建筑项目生命期不同阶段的数据、过程和资源,是对工程对象的完整描述,可被建设项目各参与方普遍使用。各专业设计人员在中钢数字化协同设计平台上进行设计方案优化、正向三维协同设计等工作,创建BIM模型。

### 1.3 点云模型与 BIM 模型的集成

激光扫描模型可进行大场景的三维模型的构建,从宏观的角度对整体环境进行表达,但存在模型与信息相互分离的问题,BIM模型侧重于在微观角度上的表达。三维激光扫描技术与BIM技术进行整合,可以实现从宏观角度到微观角度对在役原料厂的虚拟实体进行构建。

本项目点云模型文件容量为199G,利用桌面端软件对该文件进行使用时,对电脑配置要求较高,同时也存在数据安全及保密问题。本项目现场情况复杂,设计阶段就需要考虑避免新建构筑物与现有构筑物的干涉、施工机具操作条件、施工工法的可行性等问题,需要将点云模型与BIM模型进行集成验证。

中钢设备自主研发了采用B/S架构模式

中钢国际企业通讯 issue 2022

### 图2 点云模型与BIM模型的集成



的实景三维平台,实现了点云模型轻量 化、使设计人可以在Web端、App端对模 型进行访问和查询;实现了点云模型与 BIM的集成与一键更新。平台能够满足项 目不同参与方根据设定的权限,设计人 可在平台上对设计方案进行优化及检验 (图2),业丰方也可进行模型浏览、数 字孪牛体在此过程中得到了及时快捷的 更新迭代。

施工阶段

### 2.1 数字孪生体的应用

设计阶段形成的数字孪生体,上传到中 钢数字化交付平台,可实现施工阶段的 按需、精准服务, 提升用户全生命周期 响应能力, 具体有:

●施工进度可视化:模型与计划或实际 进度关联,结合项目计划进度数据与 实际进度数据,实现项目进度状态可 视化:

- 2 施丁方案可视化: 通过三维设计模 型,以及相关机具,实现施工组织方 案的可视化模拟:
- ③ 施丁现场可视化:施丁现场视频接 入,对现场预制实现实时监控。

### 2.2 数字孪生体的验证与更新

在施工阶段的验收节点,将三维激光 扫描仪建立包含对象几何信息的点云 模型,作为施工阶段物理对象的实时映 射. 对照设计阶段BIM模型. 利用实景三 维平台的质量保证和质量控制管理工具 进行验证,准确反映真实施工情况,确 保交付给业主的数字孪生模型与物理工 厂的一致性。

# 交付运维阶段

数字孪牛体在施工阶段得到讲一步完 善,通过信息物理数据的融合来实现信 息空间与物理空间的实时交互、一致性 与同步性,从而具备了提供更加实时精 准应用服务的数据基础。

数字孪生体流转到中钢数字化交付平台 的运维沙盘系统中, 既包含了原料厂建 筑、车间结构、设施设备等三维模型, 直观、真实、精确地展示各种设施、 设备形状及生产工艺的组织关系;也包 含了该项目的工程档案, 如各专业施工

图、设备厂家资料等二维图纸文档. 三 维模型与二维图纸以主数据系统编码进 行关联,便于业主访问查询。

### 3.2 运维

运维沙盘系统能从原料厂实时监测系统或 者对应数据库中获取实时监测数据, 在轻 量化三维模型或全景图中进行展示。

交付系统将三维模型、工程档案资料、 现场实时运行数据等基础数据集成并 可视化展示,形成各类数据面板(驾驶 舱), 使生产状况一日了然(图3)。

### 图3 原料厂生产数据驾驶舱



通过工厂级数字孪生体的构建和应用. 业主以较低的投入提高工厂运营效率和 管理水平, 受益于动态基础数据和其他 信息系统的协作功能,并在工厂的生命 周期内为工厂节省大量的费用和资源。

公司将进一步提升

色制造提供坚实的

数据基座。

中钢数字化孪生平 台赋能水平, 助力 本项目诵讨应用云计算、人工智能、数 业主打造工厂级数 字孪生等新一代信息技术, 在项目全生 字孪生体、为钢铁 命周期过程中,构建现役原料厂的数字 孪生体,特点有: 行业智能制造和绿

结语

- ①使用B/S架构实现数字孪生的创建、更 新与迭代, 以实现数字化应用不依赖 固定终端,规避C/S架构软件对业务 应用有局限性和安全性的问题:
- 2数字孪生体底层采用多元异构数据库 方式, 各类模型、数据导入平台后形 成模型数据库,可以自由调取和组 合:
- 3数字孪生体支持高并发数,满足各阶 段多方协作与使用需求:
- 4数字孪生体具有良好的兼容性,保证 在数字化移交和可视化应用中做到全 面贴合业主需求的目标:
- 5数字孪牛体存储在云端服务器。可实 现多终端共用同一数据源,并保证多 终端操作的数据能够在同一数据源中 更新存储:
- 6数字孪生体具有良好的安全性, 主要 体现在: 客户端的本地不存储数据、 数据传递中加密、核心代码自主化、 用户访问权限多层次授权。

本项目属于升级改造项目,原料厂数字 孪生体的构建流程与方法,同样适用于 存量钢厂的数字化、智能化升级转型。 公司将进一步提升中钢数字化孪生平台 赋能水平, 助力业主打造工厂级数字孪 生体,为钢铁行业智能制造和绿色制造 提供坚实的数据基座。

66 在工厂的 牛命周期内 节省大量的

费用和资源。

\_ 55

### 3.1 交付

中钢国际企业通讯 issue 2022

# 生物质秸秆在冶金辅料中的 应用与实践

05

中钢设备有限公司,低碳冶金与能源工程部,工程师王振林、副总工程师程立、部长金锋

摘要:分析了当前国内生物质秸秆资源的 应用,探索了生物质秸秆在冶金工业的应 用. 利用秸秆灰开发出几种冶金辅料, 不 仅技术上满足使用要求, 也对推进固废资 源利用、钢化联产、区域能源整合、构建 循环经济产业具有重大意义。

### 前言

我国是一个农业大国, 人们赖以食用的 粮食生于土地,土地不休耕,部分地区 一年两季,甚至三季,会产生大量的水 稻、小麦、玉米等秸秆。根据国家统计 局公布数据, 我国的秸秆资源每年接近 8亿吨。之前传统农业时期,秸秆主要 用于肥料、饲料、燃料和建筑材料,但 是随着农业的现代化进程, 很多传统的 农业生产要素被工业农用生产要素所替 代,造成了秸秆资源大量过剩。还田的 秸秆由于不能及时降解,影响下一茬的 耕种和墒情,因此农民选择就地焚烧秸 秆。秸秆焚烧时会产生大量的的CO。、

可吸入颗粒物,不仅危害人体健康,还 严重影响了农村和周边城区的环境,导 致有的地方乡镇连年在春夏双抢之季派 人严防死守, 甚至无人机侦查焚烧秸秆

其实, 农作物秸秆属于农业生态系统中 一种十分宝贵的生物质能资源。是地球 上的可再生的碳资源, 在环境保护、资 源利用等方面具有特殊优势,被认为是 人类未来能源和化学燃料的重要来源, 极具开发潜力。根据国外应用情况,特 别是发达国家,通过科技进步与创新, 为农作物秸秆的综合开发利用找到了多 种用涂,除传统的将秸秆粉碎还用作有 机肥料外, 还走出了秸秆饲料、秸秆汽 化、秸秆发电、秸秆乙醇、秸秆建材等 新路子,大大提高了秸秆的利用值和利 用率,值得我们借鉴。

生物质秸秆具有很好的燃烧性能,最简 单的应用是燃烧放热,广泛用作农村分 散供热、供暖、供能的新能源,成为调 整农村能源结构的有效手段。但由于秸 秆比重轻, 体积大, 运输不方便, 售价 低, 热值低, 燃烧后灰多, 不易处理, 并没有提起工业企业和农民的热情。本 文作者经过多年的研究和实践, 利用生 物质秸秆成功开发出各种冶金辅料,可 广泛应用于钢铁冶金企业, 大大提高 了生物质秸秆的综合利用效率, 变废为 宝, 降低综合碳排放, 对促进农民增 收、环境保护、资源节约以及农业经济 CO、二氧化硫、氮氧化物等有害气体及可持续发展都具有重大意义。

### 生物质秸秆的处理

目前国内很多地区已实行工业化收割, 边收割边打捆(如图1所示),打捆后 的秸秆集中堆垛存放。后续进行工业化 加工,首先通过机器将秸秆原料切碎, 得到长度为20~100mm的碎秸秆;碎秸 秆进入到青贮池进行青贮发酵堆存处 理,由于发酵热能的聚集,青贮后的碎 秸秆进行自身干燥处理,得到含水量为 9~15%的碎秸秆;将干燥后的碎秸秆通 过粉碎机进行细粉碎, 并通过风送系统 进入料仓贮存,得到粒度为40~150目 的秸秆纤维: 将秸秆纤维输送至环模造

粒机,采用环模和压辊压制成型,压制 过程中产生80~130℃的温度可使物料 熟化,得到密实的棒状秸秆颗粒,直径 为8~10mm, 长度为20~50mm; 压制 后的秸秆颗粒进入冷却机,通过风冷降 温至室温,得到表面光滑成型颗粒(如 图2所示)。

经过对成型颗粒进行检测,结果如表1。

热值根据秸秆的种类不同而不同,以玉 米秸秆为例:热值约为煤的0.7~0.8倍, 即1.25t的玉米秸秆成型燃料块相当于1t煤 的热值。生物质秸秆还可以讲一步碳化 处理,制成生物质煤,作为一种高效、 可再生、环保的生物质燃料,可用于各 种燃烧机、生物质锅炉、熔解炉、生物 质发电等。

玉米秸秆热值约

0.7~ 0.8



### 图2 成型颗粒



### 表1 成型颗粒相关检测结果

参数	密度g/cm³	灰分%	水分%	热值cal/g
数值	1 ~ 1.2	1~20	≤15	3700 ~ 4500

我国的秸秆资源每

### 在冶金辅料中的应用探索

根据钢铁工业碳排放达峰及降碳的专项行动方案,所有短流程电炉炼钢企业要全面达到超低排放要求, 充分发挥大宗社会废弃物的消纳处理和再资源化功能。

经过作者多年的研究与实践,生物质秸 秆在钢铁工业中的使用,不但能充分利 用其热能,还能将其燃烧后残留的灰分 (俗称草木灰)进一步制作成各类冶金 辅料进行再次利用,延长了碳资源的应 用路径。图3是作者研究的生物质秸秆在 冶金工业的应用示例图。 生物质秸秆在钢铁工业中的使用,不但能充分利用其燃烧后残留的灰分(给不可放放力,进一步制作成各类治力用,延长了碳资源的应用路径。

# 图3 生物质秸秆在冶金工业的应用示例图 产生热量 烘干秸秆 枯秆 枯秆 枯秆 燃烧发电 烘铸保护渣 连铸保护渣

### 表2 新型颗粒保温剂原料配比

原料	秸秆灰	活性石灰	粘结剂
比例 w%	60-70%	30-40%	0.5%

### 3.1 制作冶金保温剂

作者针对冶金熔炼和浇铸过程的保温情况,进行了大量的调研分析。目前国内外均采用酸性材质的矿物原料生产保温剂或酸性的碳化稻壳,这些产品具有保温效果,但均有不同程度的缺陷,保温不良、浪费资源、钢水增碳、不利于钢水洁净等。我们借鉴食品行业的加工工艺,将各类生物质灰做基料,通过实验选配试制,添加适量的添加剂制成一种优质微碳碱性颗粒炼钢保温剂。

制作加工工艺步骤如下:

- ①将所需原料粉碎研磨:
- 2 将所需原料碳化秸秆60%-70%、石灰 30%-40%、粘结剂CMC 0.5%按比例混 合均匀,见表2;
- 3将混合均匀的物料加入造粒设备;
- 4 通过造粒设备将物料压成条状或圆柱 状物料,见图4;

### 图4 造粒后



⑤ 将块状料导入破碎机粉碎,经过振动 筛筛分成所需粒度的成品,见图5。 经过对成品的成分进行检测,理化性 能指标如表3.

### 图5 成品



图6 碳化生物质



从表2可见,秸秆灰和石灰的使用能够保证保温覆盖剂的高碱度,有利于净化钢水;碳含量低,不会造成钢水增碳;时,碳含量低并不影响覆盖剂的高强性,或是由于一方面碳化秸秆少热,或是由于一方面碳化秸秆少热,有效,是到一个人,是到一个人,是有水水。如果,可以迅速在钢水表面,是较少,可以迅速在钢水表面铺积少,是有水水。是大小,可以迅速在钢水表面铺积少,是大中包探索性试用后,温降、铺皮、中包探索性试用后,温降、地要求能力等方面完全满足现场要求。

### 3.2 制作电炉泡沫渣

生物质秸秆在炭化过程中释放的能量可用来进行颗粒烘干,产生的碳化生物炭再经过加工,制成0.5~3mm的颗粒,可作为添加剂加入到碳粉中,用作短流程电炉炼钢的泡沫渣,起到埋弧、供热、节能、保护电极、避免钢水裸露氧化的作用,碳化生物质见图6。实验表明,碳化秸秆可添加到总量的1/3。纯废钢的电

碳化秸秆可添加到 总量的

1/3

纯废钢的电炉冶炼 吨钢用量可以达到

2~6kg/t

### 表3 保温剂成品颗粒理化性能指标

项目	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	C	熔点	熔速	容重g/cm <sup>3</sup>
指标	28.9	3.89	47.69	1.8	0.5	≥1300℃	≥60s	0.5-0.8

### 表 4 铸造保护渣化学成分及物理性质

项目	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	C	熔点	熔速	容重g/cm <sup>3</sup>
指标	44.33	5.19	22.71	3.15	0.5	980℃	68s	0.58

炉冶炼,吨钢用量可以达到2~6kg/t,由于其残余的灰分只有总量的5~15%,且呈碱性,可以确保钢水洁净,不增加石灰的消耗。

### 3.3 制作模铸保护渣

对于部分钢种、铸件,模铸依然是最佳的选择。模铸保护渣之前采用电厂灰、蛭石、漂珠、石墨、酸化石墨等添加一定的萤石和碳酸钠研磨而成。借鉴此方案,我们开始采用秸秆灰研制铸造用保护渣,主要使用纯碱、碳化秸秆(100目细粉)、萤石三种料进行配置,其测试结果见表4

研磨后的成品在山西、内蒙、浙江等地

### 66

通过现场跟踪 试验,产品性 能达到用户使 用要求,完全 可以替代其现 有的产品。 的不锈钢、车轴钢、高锰钢、低碳合金 钢的铸造中使用中表明,避免分熔、消除粘模、避免增碳、冒口保温均达到工艺使用要求,只要根据锭模大小。浇铸温度等改变配比结构,变速度、浇铸温度等改变模铸工艺要求。 锭尾、锭身、冒口光滑整洁,无均均跟完成,成渣速度匹配,渣衣厚薄均跟污流,成渣速度匹配,渣水。通过现场跟院上流,产品性能达到用户使用要求,完全可以替代其现有的产品。实验过程及效果如图7:

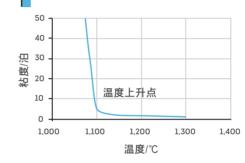
### 3.4 制作连铸保护渣

连铸保护渣是上世纪发展起来的技术创新产品,尽管单耗量不足0.5kg/t钢,对

### 表5 保护渣成分及性能指标

项目	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C	熔点℃	熔速
指标	34.30	6.49	29.44	3.02	2.99	4.80	1020	28s

### 图8 保护渣温度粘度曲线



### 图9 铸坯表面质量



成品连铸保护渣 经内蒙某不锈钢企 业连续100t的 试用, 铸坯表面质量 与采用非秸秆灰的 保护渣相当, 修磨率、成材率 无明显差异。

### 图7 实验过程及效果













连铸比的提升,钢的成材率起到重要的 促进作用。连铸保护渣经历了粉料、实 心、空心、烧结、预熔等阶段与形态, 或者其组合, 具有润滑、保温、防氧化 基本功能。而将生物质秸秆灰作为连铸 保护渣的基料具有天然的特质: 秸秆灰 比重轻, 微观结构呈网状, 保温效果其 它矿物原料无法比拟; 含有较高的碱 性氧化物,熔点较低,不用添加太多的 助熔剂就可以调到需要的熔化温度:物 料的疏松的结构致使熔化过程中小液滴 组合变慢,因此不需要添加太多的C质 材料,就能确保熔渣的熔化模型结构, 避免对碳敏感钢的增碳; 物料本身就是 CaO-SiO<sub>3</sub>-Al<sub>3</sub>O<sub>3</sub>为基础的三元结构,配 方设计变得容易。

作者经过不间断的调试检测试用,采用以60%左右的生物质秸秆灰为基料,添加10~20%的碱性氧化物,配加20%左右的黏度调节剂,以及适量的半步强炭黑和中超炭黑,经过研磨,制得-300目的粉料,制浆后经喷雾造粒做成如表5成分的保护渣,性能曲线见图8。

成品连铸保护渣经内蒙某不锈钢企业连续100t的试用,铸坯表面质量与采用非秸秆灰的保护渣相当,修磨率、成材率无明显差异。在连铸浇铸过程中,结晶器内液面状况稳定,无结团、渣条现象,渣面活跃;结晶器热流密度曲线平滑,结晶器热像图、摩擦力曲线稳定;铸坯振痕规整,铸坯表面平整,见图9。

一年将消耗

150元吨

生物质秸秆灰制成品

消纳

1500万吨

生物质秸秆

创港

37.5亿元

直接产值

### 生物质秸秆的应用前景

2021年是"十四五"的开局之年、国家 发改环资[2021]381号文《大宗固体 废弃物综合利用的指导意见》指明方向 和要求,强调完善生物质能等发展扶持 政策,大力推进秸秆综合利用,推动秸 秆综合利用产业提质增效。在农用优 先的基础上,扩大秸秆清洁能源利用规 模, 鼓励利用秸秆等生物质能供热供气 供暖, 优化农村用能结构, 推进生物质 天然气在工业领域应用。不断拓宽秸秆 原料化利用途径,鼓励利用秸秆生产环 保板材、炭基产品、聚乳酸、纸浆等. 推动秸秆资源转化为高附加值的绿色产 品。建立健全秸秆收储运体系, 开展专 业化、精细化的运管服务, 打通秸秆 产业发展的"最初一公里"。因此, 牛物质秸秆的综合利用开发具有广阔 的前景。

我国目前粗钢产量每年10亿吨,大中包 保温剂、保护渣工序总计消耗量按每吨 钢1.5kg计算. 一年将消耗掉150万吨的 生物质秸秆灰制成品,将消纳1500万吨 的生物质秸秆。秸秆灰平均按2500元/吨 计算,将创造37.5亿元的直接产值,这 其中还不包括节约的碳交易费用,节省 的120万吨标煤费用,矿物使用费等。生 物质在燃烧的过程中所发的电能价值未 计入。在碳达峰、碳中和的行动中成为 发展的利器,对推动产业循环,经济结 构联动、生态布局起到纽带促进不可或 缺的作用,不仅促进了冶金工业中的发 展,而且对推进固废资源利用、钢化联 产、区域能源整合、构建循环经济产业 链具有重大意义。

## 5 结论

- ① 利用生物质秸秆制造冶金辅料,从技术上满足工艺要求:
- ②利用生物质秸秆制造冶金辅料,具有 重要的环保效益;
- 3 利用生物质秸秆制造冶金辅料,具有 重大的经济效益。

在碳达峰、碳中和的行 动中成为发展的利器, 对推动产业循环,经 结构联动,生态不可 到纽带促进不可或治 是 有工业中的发展,而且对 推进固废资源利用、额 化联产、区域 经 高 、构建循环之义。 链具有重大意义。

# 宝钢<mark>湛江钢</mark>铁三高炉系统项目 冷轧工程

06

### ——引领世<mark>界超高</mark>强钢发展的低<mark>碳、绿色</mark>、智慧工程

宝钢工程技术集团有限公司、轧钢事业部、主任设计师王海东

### 66

业的发展,燃油经济性、低碳排放和更加注重安全性对车身轻量化提出了新的要求和挑战。

伴随着汽车工

### 前言

伴随着汽车工业的发展,燃油经济性、低碳排放和更加注重安全性对车身轻量化提出了新的要求和挑战。轻量化、节能降耗是未来汽车工业发展的主要方向,而超高强钢的发展和应用依然是未来汽车用钢发展方向和钢铁企业的核心竞争力。目前,钢铁在国内整车重量中的比例约为65-70%,即使考虑非钢轻量化材料的替代作用,钢铁在今后相当长的时间内仍将是我国汽车生产最主要的材料。

先进高强钢可使汽车制造厂商满足日益 严格的安全、减排和性能目标,同时具 备成本优势。汽车先进高强钢研制及轻 量化应用技术,是实现汽车节能减排、 提高汽车被动安全的重要途径,是世界 各大钢铁和汽车企业竞相开发的技术制 高点。

### 中国宝武超高强钢发展

中国宝武一直将汽车板作为公司最主要的战略产品之一,在行业内最先批量生产了一代、二代及三代高强钢,率先通过了大众、通用及日系车企等汽车制造厂的高强汽车板认证工作,具有成熟的超高强钢一贯制生产工艺,同时持续跟踪和研究世界上最先进的汽车板生产技术,形成汽车用板产品为核心的专业生产技术自主集成能力,使中国宝武在国内汽车板应用技术领域持续保持领先。

中国宝武超高强钢制造技术研发始于2002年,至今已有18年的历史。由于国外技术封锁,中国宝武始终立足自主研发与装备自主集成,在国内率先开发出超高强钢成套制造技术并于2009年实现产业化。在近些年的自主研发及生产实践中,不仅培养了研发与应用发验验市、技术水平国际一流的科研队伍,而且形成了先进、完善的超高强钢新产品开发、制造与应用新技术研究、生产管理及用户服务的体系与平台。

吉帕钢®(X-GPa®)是宝钢股份汽车 用超高强钢,引 领、示范全球车身 轻量化选材新趋势,是中国宝武践 行"双碳"路径的 绿色典范。 2013年中国宝武在国际上率先开发并量产了第三代超高强度钢——QP钢,即淬火延性钢。

2015年2月,中国宝武QP1180GA先进汽车高强钢全球首发,首次实现了980MPa强度以上级别高强钢的锌层合金化,为实现汽车的轻量化发展提供了有力支撑。

2015年6月,中国宝武第三代汽车用钢中锰钢,实现了材料和零件双全球首发。该材料包括了冷轧CR980MPa级、热镀锌Gl980MPa级和热镀锌Gl1180MPa级等系列钢种。

2019年,抗拉强度达1500MPa的高性能冷轧淬火延性钢QP1500在中国宝武成功下线。其全球首发,意味着助推中国宝武成为全球钢铁业引领者的道路上,中国宝武超高强钢又迈出了坚实的一步。

2021年12月,高耐蚀、良涂装、高级表面冷轧吉帕钢®(X-GPa®)CR1310DP普冷产品在宝钢湛江基地制造成功!标志着中国宝武在吉帕钢®(X-GPa®)产品研发与制造领域又取得新突破!吉帕钢®(X-GPa®)是宝钢股份汽车用超高强钢,引领、示范全球车身轻量化选材新趋势,是中国宝武践行"双碳"路径的绿色典范。

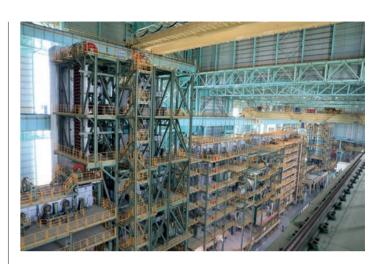


# **3** 宝钢湛江三冷轧高强钢产线自主集成与工程创新实践

宝钢湛江钢铁三高炉系统项目冷轧工程 共分两步建设,第一步已先行建设一条 年产38万吨的连退/热镀锌超高强钢机组 等产线,已于2019年10月9日投产。第二 步即本工程,新建一个年产128万吨的汽 车板和高强钢产品生产车间以及配套的 公辅设施,包括一条热卷运输系统、一 条酸轧机组、一条连退机组、两条热镀 锌机组、两条重卷机组、两条包装机组 及磨辊间等,本工程已于2019年6月11日 开工建设,于2021年年底全面投产。

本工程由中国宝武自主集成设计, 由宝 钢工程技术集团有限公司承担技术总 成、设备设计供货和工厂设计任务, 贯 彻"简单、高效、低成本、高质量"的 设计理念, 充分吸收和借鉴湛江一期、 二期冷轧的建设经验以及积累的工艺技 术优势和生产经验, 选配合理的工艺装 备,践行智慧制造理念,推进自动生 产,配置自动拆捆、自动捞渣、电磁 撇渣、自动取样、自动贴标、自动包 装、无人化行车、自动化磨辊间等智能 装备,不断优化产品结构和提高产品质 量,形成和构建一批特色产品,全面提 升系统效率和经营效益,建设成装备水 平先进、产品质量优良,能源消耗低、 劳动生产率高、环境保护好、工程投资 合理的低碳、绿色、智慧冷轧工程。

本工程在满足生产工艺和产品方案的前提下,优化配置,做到设备选型与工艺需求融为一体,优化工程投资。根据超高强钢的强化机理、冷却模式和可镀



性,在自主集成设计与工程实践中形成了以下技术创新及亮点:

- ① 产品定位于汽车用先进高强钢,工 艺设计和设备配置合理,采用世界 上生产超高强钢的先进生产工艺, 具有较高的前瞻性。
- ② 大酸洗能力配置,采用紊流式酸洗 工艺,酸洗效率高、质量好,满足 超高强钢的酸洗要求。
- ③ 采用激光焊机,以满足超高强钢的 焊接要求。
- ④ 采用六机架轧机,解决超高强难轧的问题,可满足1500MPa产品的生产要求。将成为首条专业化超高强钢冷连轧生产机组。
- ⑤ 退火炉配置明火加热,解决可镀性、提高通板稳定性。

已先行建设一条年产

38万吨

连退/热镀锌超高强 钢机组等产线

第二步新建一个年产

128元吨

汽车板和高强钢产 品生产车间以及配 套公辅设施



- 6 退火炉配置横磁感应加热装置,解决870℃以上退火温度温度的快速加热问题。
- 退火炉配置纵磁加热,满足QP钢低温时效后的升温要求。
- 8 配置合金化炉,满足超高强钢GA产品的生产需求。
- 配置双冷却快冷技术装备,高氢冷却满足汽车板、QP钢的生产要求,强力水雾冷却实现低成本DP钢的生产,实现垂直并联布置,两种工艺石不干涉。
- 配置冷后纵磁感应再加热,满足QP 钢的生产要求,精确控制DP钢的时效温度。可以优化QP钢和DP钢等先 进高强钢性能,实现更加灵活的退 火工艺曲线配置。
- 为满足强力水雾冷却工艺的生产需求,改善部分钢种的表面质量,改

善汽车厂表面涂漆的可涂性,在炉 子段后面配置了闪镀镍段,以解决 水雾冷却引起的表面氧化问题。

- 在超高强钢带温检测和控制、炉内 气氛检测和控制方面做综合改进。
- 退火炉废气系统设置余热回收装置,有利于节能。
- 践行智慧制造,推进自动生产,配置了自动拆捆、自动捞渣、电磁撇渣、自动取样、自动贴标、自动包装、无人化行车、自动磨辊间等智能装备。
- (15) 保证工程装备水平先进、产品质量优良,能源消耗低、劳动生产率高、环境保护好,工程投资合理。
- 注重工程投资及运行成本的经济合理性。采用成熟可靠的技术并注重研究加快建设进度的措施,以成熟实用的技术为基础,采用自主集成设计的模式,最大程度的降低投资,缩短工程建设周期。
- 即 重视节能、环保和清洁生产,符合节能和清洁生产要求,力求能耗低、物耗低、综合利用好,废弃物少;工艺和设备选型上重视环境保护,努力把污染降到最低水平,排放指标不低于国内先进水平,实现清洁生产;贯彻循环经济发展理念,推进节能减排和资源综合利用,实现绿色制造、清洁生产。

# 1

结论

界超高强钢的发展方向。

宝钢湛江三高炉系统项目冷轧工程的建设,充分考虑了超高强钢生产的工艺和设备配置要求,形成规模化、专业化生产第三代超高强钢QP钢的生产能力,湛江三冷轧必将建成最先进、最高效、最具竞争力的超高强钢生产单元、引领世

工程建成后,宝钢湛江钢铁将成为一个"最先进、最高效、最具竞争力"的百万吨级超高强钢生产单元,达到世界

66

湛江三冷轧 必将建成 最先进、最更 力的超高 力的单元, 引领强的 是产世界 超高强的 发展 发展方向。 一流水平,引领世界超高强钢制造技术 发展方向。具体体现在以下三个方面:

- ① 领先"工艺、技术、装备",实现" 先进、高效、低成本、高竞争力", 推行"智慧制造、节能环保、知识 产权",实现行业引领。
- ② 通过"引进、自主集成"相结合, 消化、吸收、掌握超高强钢生产的 核心工艺技术,实现技术引领。
- ③ 将"传统超高强钢生产、第三代超高强钢的生产、超高强钢新品种的拓展"三者并重,满足市场轻量化、差异化、专业化的需求,实现产品引领。



# 浅谈先进彩涂板发展现状 与工程创新实践

07

宝钢工程技术集团有限公司, 轧钢事业部, 主任设计师王海东

摘要:本文介绍了先进彩涂板的发展现状与趋势,并简要论述了典型先进彩涂板产线自主集成与工程创新实践。中国宝武典型先进彩涂板产线的建设对于对于后续建设或改造同类产线,具有很好的借鉴价值和示范引领作用。

产迅速发展,产量不断增加,尤其在北美、欧洲和日本等国[1-3]。

众所周知,彩色涂层钢板简称彩涂板是一种有机涂层钢制材料,具有耐蚀性好、经济实用、色彩鲜艳、外观美丽、易于成型加工及具有钢板原有强度等优点,它给建筑业、造船业、车辆制造业、家电行业、电气行业等提供了一种新型原材料,起到了以钢代木、高效施工、节约能源、防止污染等良好效果。

# 2

### 彩涂板发展现状及趋势

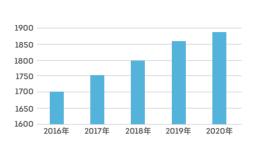
### 2.1 国内彩涂板近年来发展现状

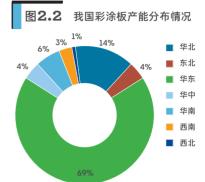
自2002年开始,随着大量民间资本的进入,彩涂板产线数量快速增加,行业进入高速发展期,产能年均增长速度超过10%。国内从事彩涂板生产的企业主要集中在沿海发达地区,目前已形成长三角、珠三角和环渤海地区三个产业集群地带。国内彩涂板的生产企业数量众多,但多数企业规模偏小,产品价格的市场化程度较高,单个企业对价格的影响能力有限,价格走势具有一定波动性。(见图2.1)

### 前言

彩涂钢板技术于1927年首创于美国, 并于1936年建成第一条涂层钢板生产 线,1955年又建成世界第一条带钢连续 涂层线,之后,迅速传至西欧和日本等 国。自20世纪60年代以来,彩涂板生

### 图2.1 国内彩涂板近年来产量情况





截至2020年,国内彩涂板产能为4300万 t,2020年产量为1900万吨,全国平均 产能利用率为44%。从生产分布情况来 看,华东是彩涂板最主要的生产区域, 产能和产量全国占比均接近70%;其次 是华北地区,彩涂板产能和产量占比均 在14%上下。

我国彩涂板的下游需求主要以建筑行业需求为主,彩涂板用于建筑(房地产、钢结构)的消费占比最大,达到了86%,在钢结构企业较为集中,且建筑施工比较旺盛的地区,彩涂的消费占比也较大,比如华东地区,同时,在家电业、汽车业和其他新兴领域的应用呈逐步上升趋势。

整体上看,受益于国家产业结构升级和战略新兴产业的建设,国内彩涂板市场需求呈现上升趋势。本世纪初的几年,建筑业、装饰业、家电业等下游行业的发展带动了彩涂板需求的高速增长。"十三五"期间,我国彩涂板行业加大了结构调整力度和技术升级速度,在加强产品开发、转变增长方式方面取得了显著成效。近年来,随着国内部分优

势企业在技术、研发、产品质量等方面的不断提升,大部分产品已实现了进口替代,进口总量在不断减少。随着下游客户对彩涂板各方面性能要求的不断提高,具有节能性、环保性、高洁净性、高耐热性、高抗腐蚀性、抗静电性等特殊性能的功能型彩涂板的需求量将会持续攀升。

### 2.2 彩涂线部分新技术发展

### 2.2.1 镀锌彩涂联合线

80年代末以来,一种镀锌彩涂联合线问世。这种镀锌彩涂联合线其产品多用于建材及家电领域,已投产的联合线有的是全新机组,有的是在现有镀锌机组改造增设彩涂工艺段。

### 镀锌彩涂联合线具有以下优势:

- ① 热镀锌线、彩涂线入口及出口段设备配置基本相同,因而镀锌彩涂联合线可节省一套入口及出口段设备。
- ② 带钢在联合线一次完成镀锌与彩涂 工序,节省了二次拆卷、卷切、缝

截至2020年 国内彩涂板产能

4300万吨

2020年产量

1900万吨

全国平均产能 利用率

44%

- 合、分卷捆轧等相关设备及操作环 节.节省了劳动定员。
- ③ 节省了镀锌线与彩涂线间的钢卷库 及起重运输设备。
- 4 一次完成镀锌及彩涂,缩短了生产周 期
- 5 降低了投资及生产成本。

### 但镀锌彩涂联合线也存在以下丞待解决 的问题:

- 彩涂品种、规格较单一,质量要求 略低,适合批量生产优势型的普通 建筑用彩涂板。
- ② 涂料要求高,由于普通涂料的烘 烤固化时间在18-25s内,而立式感 应加热炉较短,烘烤固化时间在 6-12s.
- 3 需要综合考虑生产安排彩涂成品与 镀锌成品。彩涂切换时,不停机直 接镀锌出成品。
- 4 彩涂产品表面质量较普通彩涂机组 略差。

### 2.2.2 辐射固化技术

辐射固化,是一种借助能量照射实现无溶剂涂料瞬间(ms-s)常温固化的过程。根据波长的不同,能量照射存在多种形式,如无线电波、微波、红外、可见光、紫外、高能电子束(X射线、γ射线)等;随着波长的减小,能量逐渐变大;业内习惯上将能量最大紫外光(UV)和电子束(EB)固化统称为辐射固化技术。

### 这种技术具有以下优势:

- ① 高效: UV固化1~2s: EB固化 < 1s:
- 2 **环保**:溶剂几乎无VOCs;能源为电,无CO<sub>2</sub>排放;
- 3 节能: UV能耗约为常规热风周化的1/5.

EB 约为常规热风固化的1/100;

- 4 紧凑:装备体积小:
- 5 可形成差异化涂层表面:辐射固化 涂层交联密度高,可形成高硬度、 高耐磨、高光泽等差异化特性。

### 但也存在以下丞待解决的问题:

- ① 涂料粘度较大,施工性一般;
- ② 涂料体积收缩率较大,与底材的结合需特殊设计;
- 3 涂层柔韧性差:
- 4 需惰性气体保护等。

### 2.2.3 喷墨打印技术

印花技术经历了以下发展变化:

### 1 单辊刻辊印花

在辊子表面进行刻花的方式实现 有规律和周期的花纹,速度在 60mpm,花纹较为单一,需换辊, 且刻花厂家受限。此外,油墨中存 在一种特殊溶剂对身体有害,需配 置净化装置,投资配置较高。

### 2 组合印花

多组配合,带钢稳定性好,位置精确,图案配置高,墨对人体无害,最快达到100mpm,使用橡胶辊,比钢辊刻花便宜,但是需初涂后增加基层涂料。

### 3 喷墨打印技术

不需報子,分辨率高,不需要溶剂,不需要停机切换,可远程进行图案切换。目前快速发展的喷墨打印技术,在美国、韩国、欧洲等均有应用研究,主要是低速小批量的定制化图案彩涂产品生产。

# **3** 典型先进彩涂板产线自主集成与工程创新实践

宝钢湛江钢铁有限公司新建彩涂机组, 产品目标市场是高端建材,年产能21 万吨,产品规格为0.35-1.0mm\*800-1250mm。

本工程坚持高效、智慧、低成本的设计理念,立足于自主集成创新,宝阳 工程技术集团有限公司凭借长期积 的技术优势和工程经验,承接了处。在大战力,负责不工程设计和设备供货。在大战力,负责后湛江钢铁具有优异防腐,在大战,位于一步得到释放。

本工程在自动化水平、智能化水平、安全环保水平以及劳动效率提升上,充分借鉴吸收中国宝武多条产线建设、生产实践经验,结合彩涂新工艺新技术和自主创新建设,做到效率提升、盈利水平提升,为宝武集团现有彩涂机组改造或新建彩涂机组作前瞻实践并提供样板。本工程的实施对于后续建设或改造同类产线,具有很好的借鉴价值和示范引领作用。

本工程由宝钢工程技术集团有限公司 承担技术总成、设备设计供货和工厂 设计任务,贯彻"简单、高效、低成 本、高质量"的设计理念,在自主集 成设计与工程实践中形成了以下技术 创新及亮点:

### 66

本工程坚持高 效、智慧、低 成本的设计理 念,立足于自 主集成创新。

- 本工程定位于拓展湛江钢铁的产品 结构,新建一条以热镀锌和锌铝镁 基板为特征的年产能21万吨建筑用 彩涂机组:
- ② 入口段设置双开卷设备,具有自动 上卷、自动开卷功能,极大缩短了 机组入口上料辅助时间:
- ③ 入口采用横剪,能快速切除钢卷头 尾的超厚及损坏部分,减少入口段 停机准备时间:
- ④ 采用缝合机,双排缝合,可缝合单层最大厚度为1.0mm的2层带钢;
- 5 清洗段采用"碱喷淋+热水漂洗+复合氧化+热水漂洗+烘干"的串联清洗工艺,去除带钢表面的粉状杂质、油脂,使带钢具有清洁的表面;
- 化学報涂机和油漆報涂机采用自动操作,均为二辊式,可实现位置或压力闭环控制;
- 7 烘烤炉采用干净热风+区段小烧嘴补热的加热工艺,供给烘烤炉的热量来自配置在RTO后的热交换器及配置在烘烤炉每一区混合室的小烧嘴;
- 8 废气处理系统采用RTO(蓄热式热力焚化)型式,能耗低。此装置能够充分回收烘烤炉排出的废气中的VOC再分解时所放出的热量,正常运行时不消耗燃料,净化效率达到99%以上;
- 机组配备在线色差仪、在线膜厚仪、粘度仪、自动取样、自动带头

# 辐射固化,是一种借助能量照射实现无溶剂涂料瞬间(ms-s)常温固化的过程。

重视节能、环保 和清洁生产, 符合节能和清洁 生产要求。 贴胶带机、自动贴签等智能装备:

- 注重工程投资及运行成本的经济合理性。采用成熟可靠的技术并注重研究加快建设进度的措施,以成熟实用的技术为基础,采用自主集成设计的模式,最大程度的降低投资,缩短工程建设周期:
- 重视节能、环保和清洁生产,符合节能和清洁生产要求,力求能耗低、物耗低、综合利用好,废弃物少;工艺和设备选型上重视环境保护,努力把污染降到最低水平,排放指标不低于国内先进水平,实现清洁生产。

随着国内彩涂板行业近几年的迅速发展, 化工和冶金行业强强联合的彩涂板产业

# 4 结论

链已逐渐形成, 给彩涂板行业的振兴带来了新的希望。同时随着彩涂板的应用领域不断扩展, 用户对彩涂板质量的要求也越来越高。

国内彩涂板市场仍将以建筑市场为主,且薄规格、高强度、耐腐蚀性的彩板将占据主导市场;另外,厚规格的大跨度板也将有一定市场空间;开发高耐候性能彩涂板和功能性彩涂板将成为最具竞争潜力的研究方向。

量大程度 最大程度 降低投资, 缩短工程建设 周期。

# 轧钢加热炉烟气脱硫脱硝除 尘协同治理技术及应用

08

中钢集团天澄环保科技股份有限公司,能源市政事业部,副部长余建华、研究院院长马晓辉

### 背景

\_\_

轧钢加热炉排放的污染物为煤气(天然气、高炉煤气等)燃烧后产生的烟气,温度在90-150℃,颗粒物粒径小,工况波动大。随着煤气的品质和压力波动,烟气中颗粒物的排放浓度在30-100mg/m³之间变化,SO₂的排放浓度在100-300mg/m³之间变化、NOχ的排放浓度处于300-500mg/m³范围内,此外,还产生少量CO。这些污染物排放对环境造成一定破坏。

2019年4月,生态环境部、发改委等部门联合发布《关于推进实施钢铁行业超低排放的意见》(以下简称:《意见》为: 轧钢加热炉污染物排放指标在基准含氧量8%,颗粒物、二氧化硫、氮氧化物小时均值排放浓度分别不高于 $10mg/m^3$ 、 $50mg/m^3$ 、 $200mg/m^3$ 。目前,我国还缺乏加热炉烟气的颗粒物、 $SO_2$ 、 $NO_x$ 协同治理技术与转备。据不完全统计,全国有5000多台规模以上的轧钢加热炉均需要新建或边上的轧钢加热炉均需要新建或边上的轧钢加热炉均需要新建或边域流量,应用前景广阔。轧钢加热炉烟气脱硫脱硝除尘协同治理技术具有较好的经济效益和社会效益,可为实现我国钢铁行业烟气颗粒物、 $NO_x$ 、 $SO_x$ 

超低排放控制和总量控制,为改善城市空气质量提供技术和装备上的支撑,可以改善钢铁企业和相应工业区的环境和空气质量,能够提高城市的文明形象,促进钢铁企业绿色发展。

2 "中高温SCR脱硝+SDS脱硫+布袋除尘"轧钢加热炉烟气协同治理技术

① 安全、节能的联合升温工艺 加热炉烟气分空烟和煤烟,针对煤 烟一氧化碳浓度最高达30000ppm 的情况,采用了安全、节能的联合

采用了安全、节能的联合升温工艺,该工艺既高效利用了热能,又保证了煤烟侧烟气净化过程的安全性要求,最终达到节能、环保的目的。

升温工艺,该工艺既高效利用了热能,又保证了煤烟侧烟气净化过程的安全性要求,最终达到节能、环保的目的。

### 2 采用中高温催化剂进行脱硝

本项目采用适用于加热炉烟气的中高温催化剂,在适宜的烟气温度喷入气氨,与烟气中的NO<sub>x</sub>进行反应,达到脱除NO<sub>x</sub>的目的,同时可以有效避免硫酸氢铵的生成,减少设备结垢堵塞。

### 3 采用SDS小苏打干法脱硫工艺

该工艺是将磨制的小苏达粉在烟气中喷射后迅速分解膨化,增加了比表面积,活性增加,提高脱硫效率。脱硫后烟气无废水产生,脱硫灰随烟气由袋式除尘器收集。具有节能、运行费用低、固废产生量小等优点,适用于加热炉的烟气脱硫治理。

4 高效节能的直通式脉冲袋式除尘器 针对加热炉烟气脱硫后粉尘特性, 选用由中钢天澄自主研发的直通式 袋式除尘器,具有净化性能高、设 备运行阻力低、滤袋使用寿命长、 排放指标先进等优点。



直通式脉冲袋式除尘器

除此之外,整个项目还具有无废水排放,系统简单、维护管理方便、所需定员少,脱硫系统能耗低,不产生废水等二次污染物,无"白烟"现象,下游设备无腐蚀现象;系统及烟囱无需防腐处理等优势。

### **?**

### 应用案例

### 3.1 项目名称

沧州某公司轧钢厂1250mm加热炉烟气脱硫脱硝除尘项目。



### 3.2 项目概况

沧州某公司轧钢厂1250mm加热炉烟气净 化采用"中高温SCR脱硝+SDS脱硫+布 袋除尘"的组合工艺,该1250mm轧钢加 热炉烟气脱硫脱硝除尘项目是中钢天澄 与沧州某公司广泛合作中的重点示范项 目。从2020年4月5日签订合同之日起, 中钢天澄高度重视。项目团队处处为客



户着想,精心组织,克服现场施工场地 狭小、施工人员来往受限等各种困难, 加班加点保证项目的施工安全质量进 度,全力推进项目建设。

该项目于2020年9月顺利投产。自投运以来,系统运行稳定,装置运行可靠,投运率达到100%,排放指标均低于河北省极为严苛的最新超低排放标准,真正做到超低排放,见表1。

44

排放指标均 低于河北省 极为严苛的 最新超低, 放标准, 直 放标准, 直 正做到超低排放。

# 1

### 结语

作为国内首台套轧钢加热炉烟气同时脱硫脱硝项目,1250mm轧钢加热炉烟气脱硫脱硝除尘项目的投产和顺利达标,为国内钢铁行业轧钢加热炉烟气脱硫脱硝超低排放的治理起到重大示范作用。该项目的顺利投产和稳定运行,是中钢天澄运用新技术助力客户为打赢蓝天保卫战做贡献、实现经济效益和环保效益"双丰收"的又一次实践。

作为中国环保产业的骨干企业,中钢天 澄在钢铁行业全流程多污染物环保节能 综合治理上具有突出技术优势,是国家 科技部"国家工业烟气除尘工程技术研究中心"、生态环境部"国家环境保护 工业烟气控制工程技术中心"两个国家 级工程技术中心的依托单位,与清华大 学等单位共建国家发改委"烟气多污染 物控制技术与装备国家工程实验室", 还设有国内唯一以钢铁行业超低排放技术为主攻方向的院士专家工作站。

### 表1 中钢天澄首台套轧钢加热炉烟气脱硫硝除尘项目排放指标

_		
指标	中钢天澄首台套	河北省标准
NO <sub>x</sub> , mg/Nm³	< 100	< 150
SO <sub>2</sub> , mg/Nm <sup>3</sup>	< 35	< 50
粉尘颗粒物, <b>mg/Nm</b> <sup>3</sup>	< 8	< 10

# 起重机安全监控管理系统在冶金企业的应用实践

09

中钢集团武汉安全环保研究院有限公司,研发中心,高级顾问喻青

### 44

结在现用开起监统技以恶确定合治场状发重控采术适劣保运年行程,冶安理多施现境期。来业应所金全系种,场,稳

结合近年来在冶金行业<mark>现场工程应</mark>用状况,所开发的冶金起重机安全<u>监控</u>管理系统采取多种技术措施,以适应现场恶劣环境,确保长期稳定运行。

### 系统的抗干扰技术手段及措 施

在冶金企业,影响起重机监控系统正常运行的电磁干扰源主要产生于以下几个方面:

- 1 起重机变频系统电动机主回路,特别是起升电机回路(较大功率电机产生射频干扰),主要原因是现有起重机的变频驱动回路普遍没有采取防干扰辐射措施,易对周边其它设备运行产生干扰。主要部位:电气室内(变频器和变频电缆集中部位)、小车悬挂电缆或拖链电缆(起升电机主电缆经由部位)。
- 2 起重机供电电源:主要是大型动力设备的启动、操作停止引起的高次谐波及电压波动对监控系统供电的干扰。
- 3 现场其它设备产生的干扰(电焊、 大型动力系统)。

### 针对性的抗干扰或避免干扰措施:

### 1 无线通讯技术

在小车等移动机构上设置就地信息采集设备,信息采集设备与监控系统计算机通过无线局域网或现场总线设备交互信号,仅设备电源经小车悬挂电缆或拖链电缆连接。该技术已应用于首钢冷轧厂、武钢热轧二分厂。

### 2 光通讯技术

移动机构如小车和移动司机室安装的 采集或显示设备与监控系统间的通讯 采用柔性光缆。该技术已应用于武钢 四硅钢厂。

### 3 复合屏蔽双绞电缆技术

这是一种多对双绞线电缆,采用了 每对双绞线铝箔屏蔽+电缆全铝箔屏 蔽的复合屏蔽技术,具有良好的电 磁屏蔽性能,主要用于传感器的连 接和近距离串行通讯。

### 4 系统供电电源净化

采用隔离变压器及具有EMC抑制功能的开关电源装置,净化供电电源;配置DCUPS,避免起重机主电源电压波动对系统的影响。

### 5 传感器信号抗干扰

模拟量检测采用输出为4~20mA电流信号的传感器,信号传输采用前述复合屏蔽双绞电缆,必要时采用数字滤波对信号进行预处理,保证信号的稳定;开关或数字量检测采用光耦合器件隔离现场强电和干扰,当监控系统用于传统的继电器+接触器控制方式的起重机时,通过该方式检取操作及各种保护装置动作信号,安全可靠。

### 6 控制系统电控柜屏蔽

监控系统设备安装于全金属屏蔽盘 箱中,不采用起重机普遍使用的开 放式结构电控屏。

此外,在采用PLC控制系统和变频调速驱动的起重机上安装起重机安全监控管理系统设备时,还须防止监控系统本身对起重机控制设备的干扰,所选用的系统部件必须具有良好的电磁兼容性能,电控盘柜具有良好的屏蔽功能,不对周边设备辐射电磁干扰,避免因电磁辐射造成程序运行错误引发不良后果。

### 2 现场环境对系统运行的影响 及应对措施

在冶金企业生产现场,影响监控系统正常运行的环境因素主要有以下几个方面:

### 1 高温

几乎存在于冶金生产的全工艺过程,主要表现为冶炼环节液态金属的高温热辐射、板坯库高温板坯集中堆垛存放、热轧生产板坯加热炉热辐射、轧钢系统各厂高温钢卷热辐射等,上述因素将造成热源所在区域的环境温度升高及起重机吊运高温物体过程中的集中受热造成局部温升高。

### 2 粉尘、烟气、腐蚀气体

粉尘、烟气主要产生于冶炼、热轧制等工序环节,腐蚀气体主要产生 于冷轧酸洗工序环节,这些都对暴露于上述外部环境下的传感器、成验备和电气线路的稳定造造成脉;现有起重机防碰撞一般采用激光、红外、超声波等基于回波和影光、红外、超声波等基于回波和发音,影响测量结果的稳定和精确性,传感器表面粉尘附着将使传感器无法正常工作。

### 3 振动

起重机运行时产生的机械振动,主要会影响采用硬盘存储程序和数据的计算机系统的稳定,甚至造成损坏;长期振动还可能造成电缆防护层磨损,引起线路接地或短路。

中钢国际企业通讯 ——— issue 2022

### 针对性防护措施和方法:

### 1 部器件耐温及高温防护

暴露于高温环境下的部器件均选用工业级温度(-40~85℃)范围产品,各型电缆选用耐高温产品;系统设计阶段做好现场调查工作,在规划确定现场设备安装部位时,应避免高温热源直接辐射,必要时采取隔热措施(如隔热毡、隔热套管、热辐射反射材料等);监控系统计算机选用适应-10~60℃温度范围产品。

### 2 提高设备防护等级

对暴露于粉尘、烟气和腐蚀气体环境下的传感器及系统设备选用不低于IP67防护等级产品;电控盘箱防尘等级不低于IP5并辅以定期吹扫管理措施;采用免风扇计算机设备,避免强制风冷形成粉尘局部累积引起的器件和线路污染。

### 3 非回波距离测量

采用基于绝对值编码器大车位置检测 及无线局域网位置信号交互的相邻起 重机测距及防碰撞技术,避免采用易 受烟尘干扰的测距传感器,该技术主 要应用于铸造起重机大车定位和防碰 撞,短行程测距(如主副小车位置检 测)则采用拉线式编码器。

### 4 抗振动设计及设备选型

监控系统计算机(包括视频监控录像设备)采用固态存储设备;编码器选型采用具有较高抗振动性能产品及非刚性联轴器;规范电缆敷设,可能造成电缆磨损的部位采取适当防护措施。

上述防护措施在冶金起重机上普遍采用,工程应用与实践证明行之有效。

集群化使用起重机的冶金企业普遍希望通过对起重机关键设备运行状况的实时监控,预防重大设备和人身事故,提升起重机的

本质安全。

# 冶金起重机运行安全适用技术的研发和应用

2012年5月国家质检总局发布了《起重机械 安全监控管理系统》(GBT 28264-2012),我院在原成果基础上,进行了系统优化和升级。同时,集群化使用起重机的冶金企业普遍希望通过对起重机关键设备运行状况的实时监控,预防重大设备和人身事故,提升起重机的本质安全。我院通过对相关事故案例分析研究,有针对性的研发并实际应用了多项适用技术和装置。

### 契具自动识别和额定载荷动态调整 技术

现代冶金起重机的发展趋势是吊车型式普通化、吊具型式专用化,同一台起重机配备多种吊具以用于不同作业需求,要求安全监控系统具有适应不同吊具的载荷限制功能,而非单一的总载荷限制,以避免吊夹具超载造成事故。

当起重机使用工况发生变化时,对 起升载荷的限制往往会随之改变, 如在使用吊具时,额定载荷取决于 吊具的允许载荷。为避免起重机使 用工况变化而造成的超载事故,必 须要设置相应工况条件下的载荷保 护参数,参数的设置依据用户提供 的工况条件。

夹具自动识别装置包括安装在夹具上的信号发生装置和安装在车载监控系统的信号识别装置,通过监控软件对不同吊(夹)具的额定载荷进行设置,当起重机更换吊(夹)

具时,监控系统根据识别的吊( 夹)具调整超载限制参数。系统设 置参数调整权限及参数的调整限于 具有相应权限人员。

### ② 振动检测

在长期恶劣环境下运行,将造成起重机机电设备故障不可避免的发生,温度和振动的在线监测和趋势分析有利于设备隐患的早期发现,引导用户实施预防性维修,真正防患于未然。

机械振动监测用于起重机各机构旋转机械的早期故障预警,该方案包括起重机各机构减速机、行走机构车轮的振动在线监测,拟采用振动加速度和温度双输出传感器,传感器安装部位:减速机机体和输入/输出端轴承座、车轮箱上部或轴承座,传感器通过M6x1螺钉固定安装在被测机械测点位置。

振动测量用于对起重机传动机构(如 减速机)进行连续监测,可为各种机 械故障的早期判别提供重要信息。

### ③ 起升机构制动距离的实时监测

起重机起升机构下降制动距离是衡量起重机械安全性能的一项重要指标,对制动距离的实时监测和制动性能变化趋势的在线分析可以及时发现制动下滑超标,做到制动性能劣化的早期预报,避免灾难性事故,有效保障起重机械运行安全。

该技术可提供一种基于位移量测量 和起升机构运行状态实时监测的 起重机起升机构制动过程参数检测 装置及制动性能分析方法,上述测 量、记录和分析均在起重机日常运行过程中进行。通过实时测量和记录起重机起升机构制动过程参数,为评估起升机构的制动性能提供依据,实现制动性能劣化自动预报。制动过程参数包括:起升机构运行指令信号、制动器动作信号、机构位移量。

依据《GB6067.1-2010 起重机械安全规程 第1部分:总则》4.2.6.3规定,确定下滑超标判断基准值,获取制动距离后,可对起升机构的制动性能进行判断。

该技术已分别应用于湘钢二炼钢厂、武钢二炼钢厂铸造起重机,拟计划应用于武钢一热轧成品吊运起重机和武钢金资公司冶金渣车间铸造起重机。

### 4 人体探测及人身事故防范

冶金企业起重机设备维护和检修过程中均涉及人员登车进入各机构现场,起重机安全监控系统如何保障登车人员的人身标准规定在登车的问题。现有标准规定在登车部位和司机室分别安全请求。这度有关的安全保障,但存在安全漏洞,主要是司机并不知道人员下车、人员离开时是在安全漏洞,主要是司机并不至全部人员的安全,由此造成人为伤害事故时有发生。

为解决上述问题,监控系统增加了 人体探测功能,目前主要采用红外 被动人体感应技术,通过在起重机 各机构布置人体感应传感器探测现 冶金起重机结构关键部位应力状态监测可以实时掌握起重机在规定工况或机构动作中的局部应力分布状态以及长周期内的变化情况。

场人员部位,相关信息通过司机室 显示屏显示,让司机知晓车上人员 状况,谨慎操作,避免人身伤害。

红外被动人体感应技术存在局限性,主要是在存在移动热源的场合易造成误检测。拟研发漫反射激光扫描人体探测和定位装置,克服上述局限并解决人员探测定位问题。

### 5 结构应力状态监测

冶金起重机工作过程为高频次的长 周期性活动,其金属结构极易产生 疲劳裂纹。裂纹的萌生和扩展,降 低了金属结构的受力抗性和整机的 完整性,极大的影响了冶金起重机 的安全运行,同时也给重大事故的 发生埋下了隐患。

冶金起重机结构应力健康监测主要包括对以下部分的应力监测:

- 1 应力热点区域
- 2 结构不连续区域
- 3 检验检测中经常出现裂纹的区域

冶金起重机结构关键部位应力状态监测 可以实时掌握起重机在规定工况或机构 动作中的局部应力分布状态以及长周期 内的变化情况。通过对冶金起重机结构 关键部位的应力监测可以测定关键受力 部位和较大应力点应力状况,不仅可以 确定其在指定工况和动态最恶劣工况等 状况下的结构承载能力,计算实际全 系数,验证设计计算结果的正确性、也 可以为通过实时应力谱的采集采用雨流 计数法计算其测点部位的疲劳寿命。

基于上述实践以及对钢铁生产智能化、无人操作及远程集中控制的现状及发展趋势的研究,2020年,由中钢武汉安全

标准编制遵循先进行原则, 系统结构设计、系统配置、 系统管理方式等采用国际上 先进成熟技术,为大型冶金 起重机运行维护提供先进的 业务管理手段。



