

宝武环科、宝武水务成功探索“治理即增效”创新路径

# 破解烧结烟气CO治理世界性难题



■记者 杨波

在钢铁行业绿色转型的浪潮中，一项名为“烧结烟气CO催化氧化协同减排降碳”的创新技术正在引发行业震动。近日，宝武环科、宝武水务大气事业部(欣创环保)宣布，其牵头并协同宝钢股份宝山基地、马钢有限、北京华电光大研发的“烧结烟气CO催化氧化协同减排降碳”技术取得重大突破，在宝钢股份、马钢有限等基地连续稳定运行超过8个月，烧结烟气CO催化氧化效率可以达到80%以上的预定效果。

这项技术的突破，正在改写钢铁行业超低排放的技术图谱。在双碳目标倒逼、环保政策趋严的背景下，宝武环科、宝武水务大气事业部用近四年攻关并完成多个烧结现场工业中试、超千万研发投入，不仅成功破解了钢铁行业烧结烟气CO治理的世界性难题，更开创了污染物治理与碳减排协同推进的全新模式，将CO从“被治理的污染物”转化为“可利用的绿色能源”，为钢铁行业开辟出一条环境效益与经济效益双赢的新赛道。

环保倒逼：

从末端治理到能源再生的技术革命

“随着国家污染防治攻坚战深入推进，治理工作已从传统的‘蓝天、碧水、净土’目标，转向更为精细化的管控。CO是中国《环境空气质量标准》中规定的六项基本控制污染物之一，国内多地已经对CO排放设置了限值，唐山2018年率先划定烧结机CO排放浓度红线，邯郸2021年将CO排放浓度限值进一步收紧，河北省于2025年4月推出烧结烟气CO排放的地方标准。在全民环保意识日益增强的现状下，对CO实施限排是必然趋势。”大气事业部总经理陈活虎指着实



时监测屏上的曲线介绍。烧结烟气中CO，约占到整个钢厂排放的70%，CO直接排放既是环境负担，更是能源浪费。当“蓝天指标”与“双碳目标”双重压力叠加，CO末端治理技术突破成为大气治理急需解决的命题。

多年前，大气事业部技术团队在大气治理实践中发现了一个矛盾现象：为满足脱硝温度要求，每台烧结机年需燃烧大量的高炉煤气补热，而随烟气排放的CO热值是煤气的4倍，CO作为能源没有得到有效利用。

“这就像守着金山要饭吃。”陈活虎的比喻直指行业痛点。2022年，凭借多年深耕钢铁工业大气治理的经验 and 专业化平台优势，大气事业部提前布局烧结烟气协同减排降碳技术，以先行者之姿启动专项攻关，目标直指CO资源化利用——通过催化氧化将其转化为CO<sub>2</sub>，用反应热替代煤气补热，实现污染物治理与能耗降低的协同治理。

技术破壁：

“四重抗疏”破解催化剂失活魔咒

“催化剂的抗硫、抗水性能及寿命稳定性曾是横亘在工业化应用前的天堑。”大气事业部副总工程师兼技术中心主任李红星坦言研发之艰，烧结烟气成分复杂、波动性大、含水率高、且有二氧化硫等污染物，对催化剂活性稳定性有很大影响，能让传统催化剂在几小时内失活。传统催化剂在烧结烟气中的“水土不服”，就像在浓硫酸里保存鲜花的活性，既要抗疏抗水，还要承受温度剧烈波动。

面对烧结烟气成分的复杂性和前端脱硫工艺的多样性所带来的挑战，大气事业部创新性地采用“筑巢引凤”的方式，分别与国内多家科研院所和专业环保科技企业开展合作，组成联合研发团队。研发团队设立了三个技术创新项目子课题，聚焦实验室核心配方研究、中试应用研究等开展创新攻关。

实验室里的灯光见证了无数个攻坚之夜。在三年多的时间里，经过无数次配方试验后，研发团队创新构建的“多元核心、原位保护、载体稳定、助剂促进”四重核心产品配方体系，确保了催化剂的高效活性和稳定性。

为开发适应于钢铁行业烧结烟气的CO氧化催化剂及系统工艺技术，研发团队将处于实验室研究阶段的CO氧化催化剂产品推向工业



中试，在马钢有限1号烧结机、宝钢股份宝山基地四号烧结机分别建设CO催化氧化工业中试平台，针对不同的工艺分别建立平台，配备了完善的试验、监测和控制设备，为催化剂的工业试验提供了真实可靠的应用环境，确保了试验结果的可信度和说服力。

在马钢有限1号烧结机轰鸣的厂房旁，一组深蓝色催化反应装置正悄然改变着钢铁行业的减排逻辑——人口处4000ppm的CO浓度，经过层层蜂窝状催化剂模块，出口浓度已降至2000ppm以下，脱除效率达50%，同时释放出的热量，直接替代了传统脱硝工艺的煤气补热系统，系统升温约20℃，真正实现“吃干榨尽”。据了解，在宝钢股份宝山基地四号烧结机的CO工业中试装置属于二代产品，其CO脱除效率高达80%，释放出的热量可完全替代脱硝工艺所需要的煤气补热系统，系统升温可高达40℃以上。

“系统已连续稳定运行超过8个月，效果良好。更令人振奋的是，在此期间，系统经历了多次烧结同步开停机试验以及低温、高SO<sub>2</sub>冲击试验，催化剂展现了对工况变化的良好适应性和寿命稳定性。”大气事业部技术中心主任研究员李丰记忆犹新，最惊心动魄的是去年的一次定修重启，现场停机几天后，系统在数小时内完成从冷态到280℃的跃升，CO脱除效率迅速恢复至停机前水平，催化剂效率始终稳定在50%以上。

中试平台交出硬核成绩单的同时，意味着该公司首次实现了烧结烟气CO高效治理与节能降碳的深度耦合。经第三方核算，以一台360m<sup>2</sup>烧结机为例，应用该技术后，一年可减排5万吨CO，节约高炉煤气超过1亿立方米，相当于减碳8万吨，节省能耗及碳交易成本逾2000万元。

份开辟了新的业务赛道。依托此次供货经验，近期宝钢股份还成功参与其他同类型盐穴储气库供货，扩大了宝钢股份在小分子输送领域的供货业绩。后期钢管条钢产销研团队还将持续关注用户需求，努力实现从单一产品销售逐步升级为技术标准输出与产业链协同。

对小分子气体的专用密封结构形式，设计出安全性更高的小分子气密封扣，确保在深地盐穴等复杂环境下储氢井、储氢库安全稳定运行。

面对该项目供货周期紧、产品质量把控严苛等挑战，钢管条钢产销研团队从合同下发之初就进入“决战”状态。钢管条钢事业部、中央研究院、宝武特冶各区域骨干成立了跨部门保供小组，在用户工期提前的严峻形势下，通过“节点前置+快速响应+风险预判”体系，精心组织排产，顺利完成保供任务。

此次供货不仅为用户在氢能产业布局中提供了关键支持，也为宝钢股

份在浙江温岭，宝康电子服务团队围绕6个考点，提前摸排考点周边信号设施和安全隐患，定制考点周报交通信号“一路口一策略”优化方案，送考路线高峰时段设置“绿波带”，信号调优团队24小时值守，下发降噪诱导信息，时刻关注考点周边路况，灵活应对突发拥堵情况，为青春考卷铺就畅通坦途！

宝康电子各地服务团队依托城市交通智慧大脑和临时中心，为江浙沪考生和家长铺就一条从家门到考场的顺畅之路。面对重大节日和重点交通保驾任务的挑战，宝康电子将深度融合智能交通技术与城市管理场景，持续优化智慧交通解决方案，为智慧城市建设贡献创新力量。

蝶变：

节能共享催生绿色转型加速度

在湖北鄂钢，管廊间穿梭的集装箱式移动测试装置引人注目。这些“会走路的实验室”已奔赴鄂钢、重钢等基地，以80%的CO氧化效率交出商业测试首份答卷。

“技术突破必须转化为商业模式创新。”大气事业部副总经理倪建东介绍，企业推出“节能效益分享”模式：大气事业部投资建设催化系统，通过BOO等模式与钢企共享8-10元/吨烧结矿的节能收益，投资回收期缩至2年以内。

为推动该技术商用示范工程的落地，大气事业部正打造“移动测试平台+定制化服务”体系——这“就像‘技术集装箱’开到哪里，现场检测、方案设计、效益测算72小时内完成。”这种敏捷服务模式，让技术适配不同脱硫工艺(SDA、CFB、湿法)，复制推广周期大大缩短。目前，移动测试装置已运往鄂钢、重钢、德盛等钢铁生产基地，鄂钢2号烧结机商业测试已于4月开启测试，目前运行良好，效率在80%左右。

站在“双碳”战略向纵深推进的历史节点，这项技术的突破具有多重战略意义。环境效益方面，如果在钢铁行业得到全面应用，则可助力钢铁行业年减排3000万吨CO<sub>2</sub>当量。经济效益层面，若在宝武全部推广，年节约能源成本将突破10亿元。更深远的是，它为中国工业探索出一条“治理即增效”的创新路径。

“绿色不应是工业文明的装饰色，而应是高质量发展的底色。”陈活虎在采访中描绘出技术进化的下一站：企业正在继续研发新一代催化剂，结合智慧控制系统可实现污染物与碳排放的协同优化。随着“双碳”战略深入推进，这场始于烧结烟气的绿色革命，正在重塑中国钢铁的全球竞争力。

(上接第1版)

在铁水运输线上，满载铁水的罐车正缓缓驶过，每个罐口都扣着密封严实的铁盖子。在铁水调度环节，“盖子必须100%完好，温度必须精准控制。”长江钢铁生产管理部部长姚振龙用“算到极致”和“盯到极致”形容生产团队的日常。他说，“铁水罐的周转率从3.4提升至6.8，在线运行罐数从21个减少到20个。每减少一个闲置罐，就能降低数万元成本，最大程度减少降温损耗，铁水调度员每天都要紧盯现场，每天都要及时汇报总结。”

钢铁闪耀间的创新价值

高炉铁水奔流，转炉钢花闪耀。炼钢厂转炉操作室内，显示屏上的“冶炼周期20分钟/炉”数据格外醒目。长江钢铁总调度室(管控中心)白班调度长朱晨睿介绍说：“过去冶炼一炉钢需要30分钟以上，现在通过各环节狠抓效率，生产节奏提升30%。”

以创新推动价值创造不仅体现在冶炼效率的提升上。经过多轮次工艺优化，钢渣返生产比例从8%提升至30%。“渣铁分离技术让每吨钢渣都能‘榨出’剩余价值。”炉台上，一位职工深有感触地说，通过改造磁选设备、降低有害元素含量，钢渣已成为变废为宝的“隐形富矿”。

采购部的零库存保供模式更令人耳目一新。长江钢铁采购部部长苏高泉以硅锰合金为例介绍说：“供应商直接把仓库

■记者 钟利红

“很好！请继续根据AED提示频率按压胸口，按压深度保持5至6厘米……”在宝钢急救中心，面对模拟的突发心脏骤停，几名“急救人员”在指导下迅速为“患者”实施心肺复苏。6月14日上午，在第24个全国“安全宣传咨询日”到来之际，宝武在上海举行安全宣传咨询日暨家庭助安活动。宝武在沪单位职工及家属代表近50人参加活动，一起了解宝武安全管理理念，学习安全应急技能，参观钢铁生产现场，用亲情编织“安全网”，筑牢安全健康防线。

今年6月全国“安全生产月”的主题为“人人讲安全、个个会应急——查找身边安全隐患”。为深入学习贯彻习近平总书记关于安全生产重要论述和重要指示批示精神，扎实推进安全生产治本攻坚三年行动，宝武结合实际组织开展“安全生产月”各项活动。本次宝武安全宣传咨询日暨家庭助安活动由集团公司工会、团委、安全生产监督部协同开展，主题为“凝聚家庭力量、共促幸福安康”，通过专题学习、安康倡议、亲情寄语、应急实训、现场参观等形式，让家属进一步了解职工的工作情况和安全责任，切实发挥家庭对职工安全健康的监督、提醒作用，推动“安康护航”行动走深走实。

“希望妈妈每天安全回家！”“要戴头盔，愿爸爸每天安全回来陪我玩。”“只要你好好的，家才会好好的！”“希望女儿时刻注意安全，每天平平安安。”“我们平安是全家的牵挂，工作时必须严守安全规程，不让隐患钻空子，高高兴兴上班，平平安安回家！”在观看安全生产警示教育片、了解学习宝武安全管理理念和家庭日常安全与应急注意事项后，职工和家属代表进行心得分享并书写安康寄语，用真情强化安康理念。

在安康倡议环节，宝钢股份宝山基地热轧厂2050轧钢工场轧钢主操来建雄作为安康代表宣读了《共筑安康防线守护家庭幸福》倡议书，倡议广大职工和家庭共同践行安全与健康的生活方式，共建共享美好生活。一是筑牢安全意识，守护家庭安全。主动学习家庭安全知识，定期排查消除家中用电线路、燃气管道等安全隐患，学习掌握火灾逃生、心肺复苏等急救技能。二是关爱身心健康，创造幸福生活。合理膳食、科学运动、规律作息，引导家庭成员培养自主自律的生活习惯。关爱心理健康，给予家人充分理解与体谅，同时践行绿色低碳生活。三是参与社会公益，宣传安康文化。积极向亲友、邻里普及安全知识，宣传家庭安全小妙招和应急处理方法，营造全民助安良好氛围。

在现场参观环节，职工及家属代表共同走进宝钢急救中心、宝钢股份宝山基地热轧2050产线和宝钢动物园。在宝钢急救中心，大家认真学习心肺复苏(CPR)和自动体外除颤器(AED)使用的急救技能，在模拟情景中体验急救过程。在宝钢股份宝山基地热轧2050产线，职工家属通过参观火红钢坯的轧制流程，切身感受宝武人的工作环境和价值创造。

“今天我们一家收获满满！儿子通过体验心肺复苏急救，学习了应急本领。我爱人来到生产现场，看到了宝武对职工安全和健康的高度重视。”集团公司运营共享服务中心客服运营师马静成长于生产一线，带着丈夫和儿子一起参加活动。她观察到宝钢股份宝山基地热轧2050产线变得越来越智能化：“现场只有工业机器人工作，这大大降低了操作人员的安全风险！”同样收获满满的还有宝武智维，宝武重工金艺检测环境监测技术工程师栾启夏一家。“一方面我对女儿的工作更放心了，另一方面我今后更要时刻叮嘱女儿把安全放第一位，每天把平安带回家。”栾启夏的父亲第一次参加宝武安全活动。他说，宝武的生产现场非常先进，安全教育和管

理也做得到位。活动不仅向职工家属普及宣传了安全知识和应急技能，还让大家有机会现场练习“健身气功——八段锦”，并推广了宝武职工心理咨询热线电话，引导大家既要守护安全，也要呵护身心健康。在互动交流中，听到儿女、父母、妻子和丈夫的期盼和叮嘱，在场职工纷纷表示，将以本次“安全宣传咨询日”活动为契机，立足岗位，深入践行“人人会安康、人人促安康、人人享安康”理念，从自己做起，从现在做起，从小事做起，做好自己安全健康的第一责任人，共筑安康防线，守护家庭幸福。

建在我们厂区，用多少结算多少，库存压力完全转移。”这种创新也让企业的资金周转率大大提高。

销售版图上的“四化”突围

走进长江钢铁营销部办公室，墙上的销售地图被密密麻麻的标记覆盖。营销部部长余钢正与团队分析数据：“市场越冷，越要主动出击。我们的策略是‘近地化、终端化、品牌化、精益化’四化并举。”

近地化，销售半径向皖苏地区聚焦，安徽及江苏近城客户订单汽运一票送到。同时提高物流服务，让客户买得省心。坚持近地化销售，在带动区域销量增长的同时，也进一步降低物流费用，提升产品净出厂价。

终端化，优化渠道和供应链管理，重点发展战略直供用户，同时公司将13个外库缩减至6个，选择性集中。“过去最高一个外库压货23万吨，现在所有外库加起来不到2万吨，直发占地比例近75%。”营销部主任助理陶理翔说，这一转变每年减少仓储成本超千万元。

品牌化，公司对外销售品牌从“长江钢铁”升级为“宝武长江”。“借助‘大树’，高端客户合作量也有所增长。”销售团队定期走访周边客户，公司主要领导带队拜访重点工程客户，直接对接终端需求，旬定价模式取代日定价，既稳定客户预期，又规避竞争对手价格狙击。

精益化，持续优化产品结构。“市场要什么，产线就调什

共筑安康防线 守护家庭幸福

宝武举行安全宣传咨询日暨家庭助安活动

在现场参观环节，职工及家属代表共同走进宝钢急救中心、宝钢股份宝山基地热轧2050产线和宝钢动物园。在宝钢急救中心，大家认真学习心肺复苏(CPR)和自动体外除颤器(AED)使用的急救技能，在模拟情景中体验急救过程。在宝钢股份宝山基地热轧2050产线，职工家属通过参观火红钢坯的轧制流程，切身感受宝武人的工作环境和价值创造。

“今天我们一家收获满满！儿子通过体验心肺复苏急救，学习了应急本领。我爱人来到生产现场，看到了宝武对职工安全和健康的高度重视。”集团公司运营共享服务中心客服运营师马静成长于生产一线，带着丈夫和儿子一起参加活动。她观察到宝钢股份宝山基地热轧2050产线变得越来越智能化：“现场只有工业机器人工作，这大大降低了操作人员的安全风险！”同样收获满满的还有宝武智维，宝武重工金艺检测环境监测技术工程师栾启夏一家。“一方面我对女儿的工作更放心了，另一方面我今后更要时刻叮嘱女儿把安全放第一位，每天把平安带回家。”栾启夏的父亲第一次参加宝武安全活动。他说，宝武的生产现场非常先进，安全教育和管

理也做得到位。活动不仅向职工家属普及宣传了安全知识和应急技能，还让大家有机会现场练习“健身气功——八段锦”，并推广了宝武职工心理咨询热线电话，引导大家既要守护安全，也要呵护身心健康。在互动交流中，听到儿女、父母、妻子和丈夫的期盼和叮嘱，在场职工纷纷表示，将以本次“安全宣传咨询日”活动为契机，立足岗位，深入践行“人人会安康、人人促安康、人人享安康”理念，从自己做起，从现在做起，从小事做起，做好自己安全健康的第一责任人，共筑安康防线，守护家庭幸福。

建在我们厂区，用多少结算多少，库存压力完全转移。”这种创新也让企业的资金周转率大大提高。

能源账本里的精益排产

在能源管控中心，长江钢铁总调度室(管控中心)总调度长唐强正在分析能源使用曲线。“蒸汽分级使用是门学问，转炉蒸汽发电，老轧钢蒸汽给转炉除氧，这环环相扣的热能利用，让我们自发电比例突破80%。”他手中的报表显示，1-4月自发电量达408.13万千瓦时/日，较上年激增近2倍。

“每天当班调度要紧盯电网负荷，峰时让不连续生产的产线停工。”唐强指着实时数据说，“采用削峰填谷战术。通过精准安排生产时序，将高耗能工序尽量安排在电价低谷时段。”1-4月份长江钢铁谷时用电占比提升至45.03%，仅避峰生产就节省电费538万元。采购电价成本更是同比下降110元/吨，创下61.89元/吨的新低。

离开厂区时，夕阳为高炉镀上一层金边，电子屏上的数据仍在跳动，营销部的订单系统又刷新了一组数字……从铁前配料到终端销售，从能源管控到智慧物流，长江钢铁正以“毫厘必争”的心态、“算到极致”的状态，落实宝武“新阶段、新战略、新模式”的要求，全体干部员工正铆足干劲，全力确保实现上半年时间过半、任务过半的经营目标。