

造一座大焦炉,为后代留下一片蓝天

——中冶焦耐清洁高效炼焦技术研发纪实

左中荣 徐实

2017年8月8日,是中冶焦耐工程技术有限公司(以下简称中冶焦耐)倍感骄傲的一天。中国钢铁工业协会、中国金属学会将2017年度冶金科学技术奖的特等奖颁发给中冶焦耐“超大大容积顶装焦炉技术与装备的开发和应用”项目。

尴尬的发展现实

说起焦炉,你也许陌生。但它的身影出现在几乎所有大型钢厂内。

焦炉是制造焦炭的必备设施。在焦炉炭化室内,煤炭被隔绝空气加热到1000摄氏度左右,并经过干燥、热解、软化熔融、粘结、固化、收缩等阶段,形成焦炭、煤气、煤焦油和粗苯等产品。这个过程被称作炼焦。而后,焦炭被运送到高炉,作为还原剂、热源、料柱骨架和供碳剂,参与钢铁生产。国内外绝大多数钢铁企业,都是采用“铁矿—高炉炼铁—转炉炼钢—轧钢—成品钢材”长流程生产工艺,统称为“联合企业”。一般来说,冶炼1吨生铁大约需要0.4—0.5吨焦炭。从世界范围来看,80%的焦炭都被用于炼铁,我国这一比例达到90%。可以说,焦化是钢铁生产流程中必不可少的工序。

我国作为钢铁大国,同样也是焦炭大国。据国家统计局统计,2016年我国焦炭产量为44911.5万吨,占世界焦炭总产量的69%以上,是全球最大的焦炭生产、消费和出口中心。

在支撑冶金、化工和机械制造等行业高速发展的同时,焦化行业面临着尴尬的发展现实:资源、能源消耗量大,污染物排放量大。焦炭生产排放的废水、废气、苯并芘等大量有害污染物,威胁着焦炭生产地区人民群众的健康。而焦化生产过程中排放的粉尘和氮氧化物是引起雾霾污染的元凶之一,减排压力巨大。”中冶焦耐总工程师王明登说,我国焦化行业的转型升级迫在眉睫。

焦化“国家队”探索焦化清洁生产

正是在上述背景下,中冶焦耐开始了7米级焦炉研发的攻坚之旅。

中冶焦耐创建于1953年,是技术集成、装备集成一体化的功能完善的国际化工程公司,是中国焦化工程技术的奠基者、发展者和引领者。它见证了中国焦化的起步、发展、壮大。

王明登说,作为中国焦化的“国家队”,中冶焦耐早就意识到,焦化工业实现节能减排的根本途径,是开发适合我国国情的高效清洁炼焦工艺与装备技术,并尽快应用于更新改造的焦化建设项目,使焦化工业实现高效清洁生产。

这是焦化领域的一场持续的环保革命。

上世纪80年代,中冶焦耐相继开发出具有自主知识产权的炭化室高5.5米和6米焦炉,并积累了丰富的大容积焦炉建设与生产经验。2004年,时任中冶焦耐工程技术有限公司董事长于振东提出,研发中国最新超大大容积7米焦炉,用最先进的技术引领中国焦化行业的发展。

从源头攻克焦炉污染难题

2003年初,我国焦化行业面临的现实是,平均每家焦化企业的生产规模仅25万吨,不足日本、德国的八分之一,国内企业亟须的超大大容积焦炉技术只能依赖进口。另一方面,德国等国家掌握先进技术的企业虽然向我国出售超大大容积焦炉的技术解决方案,但对设计和生产的核心技术却三缄其口。

中冶焦耐决定,不仅要研发出适合中国国情的7米级焦炉,还要解析焦炉内传热、燃烧、流动和煤高温干馏过程机理,从源头上解决焦炉氮氧化物污染的问题。以大型化、清洁化、智能化为目标,项目确定了从基础理论研究到

学术技术奖。“超大大容积顶装焦炉技术与装备的开发和应用”项目经过层层评审,最终从七十多个项目中脱颖而出。

这个奖项来之不易。它是中冶焦耐在焦化领域60多年耕耘积淀的结晶,是中冶焦耐10多年技术攻坚和推广的产物。

2004年,为有效改善大气环境质量,国家环保部着手制定炼焦化学工业污染物排放方面的标准,对焦炉烟道废气中污染物含量提出更严格的排放要求。但因焦炉烟道中氮氧化物产生机理复杂、难于治理,当时国内尚无满足新建焦炉氮氧化物排放限值的适用技术,导致该标准自2005年初步拟定以来一直无法得到业内的认同,直至2012年才最终发布。

这项标准的难产,折射出我国焦化行业的技术瓶颈。长久以来,我国炼焦技术和装备与国际先进水平相比,存在着大型焦炉产能比重小、产业集中度低、能耗高、污染严重等突出问题。

焦化大型化是世界焦化行业的共识。“应用大焦炉才能生产出高质量的焦炭,实现大规模集中化生产才能降低焦化过程中的污染物排放量。”王明登说,据中国炼焦行业协会统计,在2003年初,我国焦炉仍以中小型为主,大型焦炉产能仅占全国焦炭总产能的15%,生产能力最大的是炭化室高6米焦炉。“而在上个世纪80年代,德国、日本便开始大量建设高度超过7米的焦炉,在本世纪初,我国炼焦技术和装备与国际先进水平差距近30年。”

但2008年第一代7米焦炉投产后,它与世界一流焦炉的差距仍令人焦虑。当时国际焦化领域最先进的炼焦技术可使氮氧化物排放达到350mg/m³以下,炉组产能可达200万吨以上。“该技术由德国某公司垄断,而我们的氮氧化物排放控制水平在600—1000mg/m³,炉组生产规模仅为德国的3/4。”王明登回忆道。

中冶焦耐提出,研发具有世界先进水平的中国新一代超大大容积顶装焦炉技术,对标世界最先进的炼焦技术指标,比能耗、比产品质量、比炼焦成本、比排放标准、比自动化水平。“焦炉的炉龄在25年以上,而且建成后很难再进行技术升级。因此,新建焦炉的技术水平,决定了整个行业未来20多年的经济和环保水平。”王明登说。

2008年,中冶焦耐以“超大大容积顶装焦炉技术与装备开发”为题,正式向国家科技部申请设立国家863计划资源环境技术领域的重点项目。2009年12月,经过严格审批,该项目正式获得批准。

装备制造技术再到示范工程建设的研究路线;基于流体力学、传热学、燃烧学和炼焦化学理论,建立焦炉炭化室、燃烧室和蓄热系统一体化三维机理模型;通过数值分析与模拟,进行炉体结构优化、燃烧室贫氧均匀供热研究,达到均匀加热和降低氮氧化物生成的目的;基于固体力学和材料力学理论,优化炉体结构和护炉铁件结构;开发焦炉机械和设备、自动化控制技术,完成示范工程的

中冶焦耐工程技术有限公司(简称中冶焦耐,英文缩写ACRE)创建于1953年,是世界500强企业——中国冶金科工集团公司的控股子公司,是技术集成、装备集成一体化的功能完善的国际化工程公司。

中冶焦耐技术业务领域涵盖炼焦化学、耐火材料、石灰、市政建筑与环境工程、自动控制等,是为用户提供工程技术咨询、设计、监理、设备成套和总承包等工程建设、运行维护等全方位服务的科技型企业,是国家企业技术中心。

公司拥有工程设计,工程咨询,工程造价咨询,工程监理,建设项目环境影响评价等甲级资质,获得质量、环境和职业健康安全管理体系认证。为用户提供工程技术咨询、设计、监理、设备成套和总承包等工程建设、运行维护等全方位服务。技术业务领域包括:煤干馏、煤气化、煤气净化、煤气转化及化工产品深加工;焦炉鉴定及热修;燃气储配及管网;耐火材料和石灰;自动化工程;市政环保工程;民用建筑;环境影响评价。

截至目前,中冶焦耐在国内提供设计和工程总承包的投产工程项目有:焦炉2000余座,年产能7亿多吨;耐火材料厂300余家,年产能800多万吨;石灰窑400余座,年产能6000多万吨。

设计与建设,并在示范工程中实现全套技术集成。

科研人员面临的难题是,如何将18米长、7米高、0.5米宽的炭化室内的煤料在间接加热条件下实现适度而均匀的供热,从而在长度和高度方向实现快速均匀炼焦。这并非易事。随着焦炉尺寸的增大,要对其内部温度进行有效控制,难度更大。如果焦炉内局部火焰温度过高,不仅耗热量过高、能耗大,更重要的是氮氧化物会大量生成,无法实现源头减排,甚至会烧坏炉体;如果温度过低或者温度不均匀,则会出现生焦,不能保证产品质量。

为了这一目标,鞍山、大连、北京的无数专家走到了一起。以中冶焦耐作为工程技术创新主体,设计院、高校、生产企业紧密合作,形成了“产学研”一体的技术创新团队。研究团队从氮氧化物的生成机理入手,基于传热学、干馏理论等,开发出焦炉生产的数理模型,然后采用连续过程、多单元耦合仿真模拟,来指导炉体的结构设计,最终设计成的焦炉完全实现了大型化和清洁化的目标。研发的可控梯级供给低氮燃烧均匀加热技术使焦炉烟道废气中氮氧化物含量达到国际先进水平,污染物排放总量比6米焦炉减少20%以上;高严密性炉门密封技术、组合式炉门清扫技术及装煤烟尘治理技术的应用实现了



①攀钢西昌6.25米大容积捣固焦炉
②鞍钢鲅鱼圈钢铁项目年产255万吨焦化工程4×52孔JN70-2型焦炉
③台塑越南河静钢铁炼焦项目
④鞍钢五炼焦大修工程
⑤中冶焦耐大连办公楼
⑥宝钢湛江炼焦及煤气精制项目
⑦国家863依托项目鞍钢四期焦化总承包工程

炼焦清洁生产。

在这个过程中,研发团队研发出焦炉全过程仿真与设计软件。通过该软件平台,中冶焦耐的专业人员在远程端实时模拟焦炉运行情况,提出焦炉运行参数调整建议。此外,该平台还能根据客户需求和各项目实际情况用于新型超大大容积焦炉设计,从而大大缩短焦炉设计时间。新一代焦炉全过程仿真与设计软件为我国焦炉设计和运行的智能化提供了技术支撑。

2010年7月12日,作为863项目的依托工程,中冶焦耐工程技术有限公司与鞍山钢铁集团公司正式签订“鞍钢股份四期焦炉改造工程总承包合同”。2011年8月,该工程烘炉点火,2012年4月7日和5月7日先后投产,各项生产指标满足设计要求,且全部符合项目研发考核指标要求。863项目鉴定专家组对该项目的评价是:为促进焦化行业技术进步,提高焦化行业节能减排水平,实现焦化产业结构优化、资源综合利用提供了更新换代技术。

攻坚成果惠及海内外

4年攻坚形成了丰硕的成果。

该研究项目形成了关键技术研发、示范工程建设和生产操作等一系列具有自主知识产权的技术集群,突破了超大大容积焦炉技术瓶颈,形成了炼焦技术创新平台,申请发明专利21项,发表学术论文55篇,形成国家技术标准2项,软件著作权5项。

“截至目前,运用项目研发成果建设的超大大容积焦炉132座,年产焦炭达9800万吨,年新增销售额2300亿元(含化工副产品),年增收支总额超过31亿元,降低入炉煤成本超过35亿元,累计节约工程投资160亿元以上。”王明登说,宝武钢铁、鞍钢集团、河北钢铁等国内大型钢铁联合企业都有它的身影。

超大大容积焦炉广泛应用的社会效益是显而易见的:在项目成果引领下,我国大型焦炉占比提升了37%,平均每家焦化企业生产规模提升了3.8倍;每年节约优质炼焦煤1290万吨;每年节约焦炉煤气3.8亿m³、高炉煤气18.6亿m³(合50万吨标准煤);显著减少污染物排放,实现清洁生产,每年减排氮氧化物4500吨、二氧化碳173万吨。

以2016年为例,鞍钢股份四期2座7米焦炉年产焦炭152万吨,因炼焦能耗降低,每年节省燃料成本328万元;因焦炭质量改善,对炼铁产生的延伸效益每年增收2300万元。

最为重要的是,项目研发成功,改变了我国超大大容积焦炉只能进口、受制于人的局面。该项目研发成功之前,我国规模最大、技术水平最先进的焦炉是以首钢曹妃甸一期工

程为代表的从国外引进的7.63米焦炉。“该焦炉于2008年投产,技术由德国公司提供。在当时,在7米以上焦炉技术方案方面,我国并没有本土化方案可供选择。”王明登说。

2016年,曹妃甸二期焦炉工程开始竞标。依托最新研发成果,中冶焦耐在短时间内开发出7.65米焦炉,在与德国7.63米焦炉的竞争中胜出。与先期引进的国外技术相比,我国自主设计的焦炉优势非常明显:具有一个“中国胃”,更适应中国炼焦煤资源特征;操作、维护简单,生产运行性好;炼焦能耗低。与引进技术相比,采用国内自主研发的超大大容积焦炉技术,每个项目将节约直接投资3—4亿元人民币,同时可缩短建设周期4—5个月。

“从我们研发的技术推广以来,我国就不再需要引进国外的技术了。这一方面为中国节省了大量外汇,另一方面也让我们超大大容积焦炉更加适合本国炼焦煤资源状况,生产效益更好。”王明登表示,目前仍有超过1000万吨规模的焦炉正在紧张的工程设计和建设当中,而由于大量中小规模焦炉急需更新升级,这一技术在我国的市场超过1.5亿吨的生产规模。

一项优秀技术的市场,必然不止是限定于国内。

2016年12月29日下午3点30分,越南河静,台塑河静钢铁炼焦厂2号焦炉顺利出焦。这是由中冶焦耐设计并供货的7米大容积焦炉。它标志着台塑越南河静钢铁项目焦化工程开始投入生产,也标志着中冶焦耐研发的7米大容积炼焦技术首次输出海外并得到成功实施。

在全球绿色、低碳发展和钢铁工业原料劣质化的发展趋势下,中冶焦耐研发的清洁高效炼焦技术将具有更加广阔的应用前景。



中冶焦耐鞍山办公楼