

华西冶金论坛成都第十八届会议
成都全国焦化学术研讨暨信息发布会

CHENGDU QUANGUO JIAOHUA XUESHU YANTAO JI XINXI FABU HUI

焦化学术论文集

JIAOHUA XUESHU LUNWENJI

(干熄焦、炼焦工艺与质量)

冶金信息情报网 YEJIN XINXI QINGBAO WANG
四川省金属学会 SICHUANSHENG JINSHU XUEHUI
重庆金属学会 CHONGQING JINSHU XUEHUI
重庆大学材料学院 CHONGQING DAXUE CAILIAO XUEYUAN
四川省金属学会炼焦 SICHUANSHENG JINSHU XUEHUI LIANJIAO
化学学术委员会 HUAXUE XUESHU WEIYUANHUI
成都华冶信息研究所 CHENGDU HUAYE XINXI YANJIUSUO

攀钢煤化工厂协办
(PANGANG MEIHUA GONGCHANG XIEBAN)

中国·成都 ZHONGGUO CHENGDU

2005 · 5

焦炭质量目录

干熄焦技术及其发展方向	李玉琴 (1)
干熄焦发展趋势浅析	丁毅 史德明 (5)
济钢干熄焦技术的研究与应用	温燕明 蔡漳平 徐文胜等 (8)
干熄焦工艺技术及其基础研究进展	张欣欣 冯妍卉 徐列 (13)
对杭钢建设干熄焦工程的效益评估	缪兆良 毛国保 (38)
干熄炉—锅炉系统质能诊断结果及其分析	王伟民 姜伟忠 王琴等 (41)
首钢干法熄焦设计报告	滕昆 (45)
济钢 1#干熄焦系统循环气流分布研究与生产能力的提高	陈传玉 王磊 (57)
干熄焦炭与湿熄焦炭的对比分析	魏玉玲 胡建军 (60)
干熄焦锅炉的设计与应用	惠建明 王平 (63)
济钢干法熄焦装置经济及环境效益分析	辛国章 吴健 (67)
浅论干熄焦技术的应用	范伯云 (70)
宝钢干熄焦内衬维护技术的进步	励军 鲍戟 (73)
为现代化高炉生产优质焦炭	郑文华 (77)
焦炉煤气燃烧机组应用于煤调湿	许铁建 (107)
焦炭质量变化对首钢高炉冶炼制度的影响	竺维春 单泊华 王颖生等 (100)
稳步提高焦炭质量 适应高炉大型化的需要	易定秀 胡建林 (108)
高炉焦炭质量对高炉冶炼的影响	胡仁云 钱敏 (113)
干熄焦工艺对焦炭质量的影响	吕劲 何亚斌 汤长庚 (115)
冶金焦在高炉内微观结构的变化	杨俊和 冯安祖 杜鹤桂 (121)
改善焦炭热性能研究	朱子宗 刁岳川 李世忠 庞先进等 (125)
焦油质量的影响因素分析	谭超 (132)
筛焦工艺对焦炭质量影响探讨	姬生杰 郑连东 (136)
提高焦炭质量的途径	王维兴 (138)
焦炭在高炉下部的降解机理	(日)山口一良等 (141)
能耗与产量、结焦时间的探讨	余明龙 沈敬良 (147)
高炉风口回旋区气流及焦炭运动规律讨论	李文忠 汪琦 邢桂菊 (149)
气相渗碳法提高焦炭强度的研究	李东涛 白宗庆 薛立民 (152)
提高工业萘收率和质量的途径	祁美良 刘建星 (163)
优化配煤炼焦试验研究	胡新亮 房克鹏 纪同森 (165)
攀钢炼焦配煤结构的优化	罗桂茹 邹力 (171)
浅探捣固炼焦对焦炭冷、热态强度的影响	李维忠 纪同森 陆永斌 (177)
提高焦炭热态性能的研究与应用	纪同森 李维忠 李训智 (179)
焦化配加无烟煤炼焦工艺的研究	盛建文 刁岳川 (182)

焦炭质量的提高与炼焦工艺的发展浅议	胡银凤 (186)
推广炼焦新技术提高焦炭质量	张孝天 (194)
焦炭质量的预测与应用	李德瑾 常宇 (198)
现行焦炭质量标准的不足及解决办法	冯亚军 张艳珍 (203)
如何稳定和提高焦炭的质量和产量	郭科 (206)
应用配型煤炼焦工艺技术的可行性研究	高哲发 (209)
昆钢焦炭抗碱性能的研究	杨雪峰 李轶 高芸祥 (211)
进一步提高首钢焦炭质量途径的探索	杨庆彬 王玉海 (215)
焦炭取样点对焦化厂焦炭机械强度指标的影响	信永健 (219)
提高焦炭实物质量的调查与建议	刘正秋 (221)
改善焦炭质量的措施及效果	郑水山 周云辉 栗莲芳 (225)
关于改善焦炭质量的几点建议	李全球 周述祥 (227)
结焦时间与焦炭反应性及反映后强度的关系	张初永 奉友之 (232)
改善焦炭质量的可能性和局限性	龙晓阳 王甘霖 徐君等 (236)
煤场均匀化操作对稳定配煤质量的效果	解宝山等 (240)
捣固焦炉煤调湿技术的应用实践	马建亮 杨洪深 梁豪云等 (243)
配合煤结焦特性与焦炭热态强度的关系	杨雪峰 李 轶 (246)
矿物质催化指数与焦炭反应性关系	杨俊和 冯安祖 杜鹤桂 (252)
冶金焦热反应性能研究与应用	温洪霞 胡新亮 陈桂英 (257)
新疆配煤对焦炭质量的影响	陈奉周 (261)
邯钢炼焦用煤及冶金焦质量分析	邵有辉 贾建成 任雪军等 (267)
快速预热对煤结构和焦炭强度的影响	廖建国译 龚根生校 (270)
炼焦最佳配合煤质量指标的确定	程启国 (278)
焦粉质量对烧结生产的影响及按质论价标准的制定	刘素丽 (282)
革新炼焦工艺 提高焦炭质量	李振波 王瑞祥 牛强国等 (286)
用回归法找出 $V_{ar}-G$ 法的经验公式用来预测焦炭强度	李兰英 (290)
特级铸造焦的研制	程春雷 (294)
焦粉配煤条件浅探	解宝山 纪同森等 (297)
矿物质催化指数与焦炭反应性关系	杨俊和 冯安祖 杜鹤桂 (300)
焦化厂优化配煤的措施及设想	纪同森 解宝山 姬长侠 (305)
石油焦和大同煤的配煤实验研究	孙红蕾 王文改 (309)
配用加拿大煤炼焦实践	张艾红 陈灵芬 (311)
分析焦炭现状 提高焦炭质量	彭陈辉 (314)
干熄炉内焦炭下降的粘性流模型及其比较研究	于 泉 冯妍卉 徐列等 (318)
焦炭的开气孔率和闭气孔率及微气孔的存在位置	廖建国译 徐志栋校 (323)
岩相分析技术在焦化生产中的开发与应用	邵有辉 贾建成 路继民 (330)
用焦粉做配煤的组分	何玉秀编译 李连洲校 (333)

瘦化剂成焦机理在配无烟煤炼焦中的应用	李国保 陈锡通 程启国 (336)
2 号焦炉实现 18 小时结焦的问题及其解决	何有林 王建林 (340)
20kg 小焦炉的试验研究	苏玲翠 栾春生 (342)
炼焦精煤结构、管理双优化及效果	施沛润 陈灵芬 张艾红等 (346)
加强采购管理, 稳定精煤质量	陈芸 (350)
柳钢焦炭热性能对高炉冶炼影响的统计模型及分析	余水生 王保林 游坚等 (352)
焦化厂炼焦煤资源优化配比试验研究	刘经耀 赵 鹏 (358)
“焦炉四项技术”在焦炉生产中的开发与运用	邵有辉 黄爱书 安占录 (363)
提高焦炭质量的技术措施	郑文华 张晓光 (366)
影响捣固炉达产因素探讨	陈文军 (370)
川威煤岩学配煤技术研究	吕贞于 (375)

干熄焦技术及其发展方向

李玉琴

(马鞍山钢铁股份有限公司)

摘要 介绍了干熄焦的技术特点、国内外技术现状、经济效益分析及其发展方向。

关键词 干熄焦 节能 环境保护

Technology of Coke Dry Quenching and Its Development Orientation

Li Yuqin

(Maanshan Iron & Steel Co. Ltd.)

Abstract Technical features of coke dry quenching, present state of this technology at home and abroad, analysis of economic benefits and the development orientation are introduced.

Key words coke dry quenching energy saving enviromental protection

1 前言

随着高炉的大型化,对焦炭质量提出了更高的要求,而我国优质炼焦煤资源相对匮乏且分布不均,同时,全球性的对生态环境保护的日益重视亦使排污大户的焦化企业面临巨大压力。因此,近年来,我国焦化行业推广应用的新技术主要集中在提高焦炭质量技术、焦炉长寿技术和环境保护技术等方面。其中干熄焦技术以其显著改善焦炭质量、大量节约能源及减少环境污染而独具特色,本文将对其技术特点、在国内应用状况及发展方向作一简述。

2 干熄焦技术概况

2.1 干熄焦概念

(1) 熄焦

熄焦即熄灭炽热的焦炭。结焦完成后赤红的焦饼从炭化室被推出时温度高达 $1000 \pm 50^\circ\text{C}$,为防止因氧化燃烧,必须将焦炭快速冷却到 200°C 左右,只有在这样的温度下,焦炭才不会自燃和阴燃,同时亦便于皮带运输和贮存^[1]。

(2) 湿熄焦

湿熄焦即湿法熄焦。其过程系在熄焦塔内用水直接喷洒在赤热的焦炭上达到熄焦降温之目的。该种工艺因设备简单、投资及运行费用低廉在过去被

广泛采用。

(3) 干熄焦

干法熄焦^[2]简称干熄焦(CDQ),又被称作CDQ技术。其是相对于湿熄焦而言,因其熄灭焦炭的介质由水变成了惰性气体,故谓之“干熄焦”。干熄焦的基本原理是利用冷的惰性气体在干熄炉中与炽热红焦进行热交换来冷却红焦。

2.2 CDQ 技术的工艺流程

(1) 焦炭的运行路径

在CDQ工艺中,从炭化室中推出的红焦经导焦棚落入运载车上的焦罐内,运载车由电机车牵引至提升机井架底部,由提升机将焦罐提至干熄炉炉顶,再用装人设备将待冷却的红焦装入干熄炉。在干熄炉中,红焦与冷的惰性气体逆向流动进行热交换,将焦炭冷却至 200°C 以下后经排焦装置卸到胶带输送机上,再经炉前焦库送筛焦系统。

(2) 惰性气体的循环路径

180°C 的惰性气体由循环风机通过干熄炉底的供气装置供入炉内,在炉内将红焦冷却后出干熄炉时,温度约 850°C 。该热惰性气体所带来的大量焦粉经一次除尘器进行沉降,使其含尘量降到 $6\text{g}/\text{m}^3$ 以下,之后进入干熄焦锅炉进行换热,换热后出锅炉的惰性气体温度降到 200°C 以下,然后经二次除尘器除

作者简介:李玉琴,高级工程师,安徽省马鞍山市(243000)马钢技术中心

尘,含尘量降到 $1\text{g}/\text{m}^3$ 以下后由循环风机送入干熄炉循环使用。整个过程气体是保持闭路循环的。

(3) 主要设备

干熄焦装置的主要设备包括:电机车、焦罐及其运载车、提升机、装料装置、排焦装置、干熄炉、鼓风机、循环风机、干熄焦锅炉、一次除尘器、二次除尘器等。

3 干熄焦的技术特点

与湿法熄焦相比,CDQ 技术的主要特点如下。

(1) 回收红焦显热

随着全球范围能源危机的加剧,节能技术与工艺显得愈来愈重要。在焦化生产中,每加热 1t 焦炭耗用燃气热能约 3200MJ ,从炭化室中推出 $1000\pm 50\text{C}$ 红焦显热在 40% 左右,它相当于炼焦煤能量的 5% ,采用湿法熄焦,红焦的显热全部随熄焦水散失。而干熄焦可回收约 80% 的红焦显热。平均每干熄 1t 焦炭可回收 3.9MPa 、 450C 之蒸汽约 0.5t ^[2]或发电约 130kW 。

(2) 减少环境污染

采用湿法熄焦,每熄 1t 红焦将产生 0.5t 含有大量酚、氰化物、硫化物、 CO 、氨等物质的腐蚀性和毒性蒸汽,同时夹带大量粉尘,这些含有多种有害物质的蒸汽排向天空,严重污染环境,造成周围构筑物、金属管线和设备的腐蚀。这部分污染占焦化厂污染总量近半,干熄焦由于使用惰性气体于密闭系统中将红焦熄灭,并配备良好的除尘设施,基本上消除了上述的严重污染。

由于干熄焦回收显热可在锅炉中转化为蒸汽并可用来发电,从而消除了生产等量蒸汽的锅炉对大气的污染($5\sim 6\text{t}$ 蒸汽需耗 1t 动力煤),尤其减少了 SO_2 、 CO_2 向大气的排放,对规模为 100万 t/a 的炼焦生产能力来说,每年可减少约 10万 t 动力煤燃烧对大气之污染^[2]。

(3) 提高焦炭质量

湿法熄焦时红焦被冷水急剧冷却,使焦炭内部产生应力而出现网状裂纹和碎裂,从而降低焦炭质量^[3]。干法熄焦,红焦被惰性气体缓慢冷却,内部产生热应力小,裂纹相应减少,故强度指标 M_{40} 较湿熄焦提高 $3\sim 8$ 个百分点, M_{10} 改善 $0.3\sim 0.8$ 个百分点^[4],大块焦减少,焦炭块度均匀,水分降低 $2\sim 5$ 个百分点,焦粉含量减少 1.35 个百分点。

(4) 提高高炉喷煤比和冶炼效果

首先,高炉喷煤量的提高必须有优质焦炭作保证,因为喷煤量达到一定程度后,焦炭负荷增加、料柱透气性趋于恶劣、煤粉燃烧不良造成炉缸堆积^[4]。因此,在我国优质炼焦煤资源相对匮乏的国情下,采用干熄焦技术不失为一良策。

其次,在高炉冶炼时使用干熄焦,由于焦炭不易破裂,可改善冶炼条件,减小悬料次数,焦比降低 2% ,高炉生产能力提高 1% 。

(5) 投资高、能耗高

与湿熄焦相比,干熄焦确实存在着投资高、自身系统能耗高的问题,这亦是制约干熄焦技术在我国发展之主要障碍,亦是待解决之问题。目前,干熄焦投资在 200元/t 焦左右,即使合理配量,实现设备国产化后能降到 140元/t 焦,但与湿法熄焦投资不足 10元/t 焦相比,仍令众多钢铁企业望而却步;干熄焦自身能耗为 $22\text{kW}\cdot\text{h/t}$ 焦,而湿熄焦均为 $2\text{kW}\cdot\text{h/t}$ 焦。但综合看,干熄焦技术带来的经济效益、环境效益及节能效果完全可以弥补上述不足。

4 国内外技术现状

4.1 CDQ 发展简史

干熄焦技术最早在1917年由瑞士人首创,因当时的技术是间歇式的,其所产生蒸汽的质量与数量均受到限制,生产不稳定。约在1940年,前苏联(乌克兰)在干熄焦技术方面获得了突破性进展,研究出稳定连续的干熄焦技术,取得专利发明权,并在切列波茨厂投产了第一台干熄焦装置。以后又连续在国内多数焦化厂推广应用。进入20世纪70年代,能源危机席卷全球,为干熄焦技术的进一步发展带来契机,日本及时地从前苏联引进该技术,并在装置大型化、自动化和环境保护等方面进行改善。目前日本已建成干熄焦装置31台,其中能力在 100t/h 以上的装置17台,占干熄焦总能力的 70% 。

20世纪80年代前西德又发明水冷壁式干熄焦装置,更有效地减少循环系统风量并降低运行成本。

目前除乌克兰、日本和德国拥有干熄焦装置外,还有十几个国家和地区已采用了干熄焦工艺。

4.2 国际 CDQ 技术现状

工业化干熄焦装置虽然由乌克兰发明,但由于其设备处理能力、自动化控制水平及环境保护措施诸方面的改进滞缓,因此其领先被日本取而代之。

目前,日本的新日铁、NKK 等公司建设的干熄焦装置单炉处理能力已达200t/h以上,且由于在循环系统增加了节能设施,使装置运行费用大大降低。在自动控制方面实现了三电一体化,做到了“全自动”无人操作。除尘方面采用了地面站,实现了无尘操作^[2]。

4.3 国内干熄焦技术现状

自1985年5月23日宝钢干熄焦装置投产以来,国内现有16套干熄焦装置在运行。另外,尚有鞍钢、首钢的日本型干熄焦装置正在建设中,马钢干熄焦装置亦将投入建设。国内钢铁企业已投产和计划建设的干熄焦装置概况如表1所示。

表1 国内干熄焦装置概况

企业	套	单元	单元能力 t/h	技术来源
宝钢	3	12	75	新日铁
济钢	1	2	70	乌克兰
浦东煤气厂	1	2	70	乌克兰
首钢	1	1	65	新日铁
武钢	1	1	140	新日铁
马钢	1	1	125	新日铁

综观上述干熄焦装置的设计建设和运行情况,我国干熄焦装置之特点为:

(1)主要技术分别从乌克兰和日本引进,差异较大。

(2)干熄焦装置套数不少但总体规格单一、处理能力小,尚未能根据焦炉的生产规模经济合理的配置干熄焦装置。

(3)宝钢是干熄焦技术成功应用的典范,经一、二、三期建设,现共有12座75t/h干熄焦装置在安全持续、正常地运行^[5]。值得一提的是,宝钢并未像其它企业那样建有应急的湿法熄焦装置。因此对其干熄焦装置运行的可靠性提出了更高要求。同时宝钢干熄焦装置在自动控制和烟气除尘方面已达到世界先进水平。

(4)济钢在干熄焦装置国产化方面进行了大胆尝试,虽然其关键设备仍需引进,但已实现了部分设备国产化,虽然投产后故障较多,还需进一步完善,但此为我国干熄焦技术的发展方向^[6]。

5 干熄焦技术综合经济效益浅析

干熄焦技术不仅因其节能、降耗、提高高炉冶炼

效果显著而深受钢铁界青睐,更因其在环境保护、节水等方面不可估量的社会效益而被作为国家推荐的新技术,现对其综合效益浅析如下。

5.1 焦炭质量改善带来的经济效益

(1)事实已证明,与湿法熄焦相比,干熄焦可显著提高焦炭强度、耐磨性能得到改善、焦炭块度均匀、焦粉含量降低、焦炭表面不易粘附细小颗粒,正因为上述因素,在高炉冶炼生产时使用干熄焦可使高炉更加平稳顺行、为高炉大喷吹、提高生产能力、降低焦比等创造前提条件。鉴于高炉冶炼条件不同,节焦量在2%~7%之间,高炉生产能力可提高1%~3%。

(2)在高炉生产中,希望进入高炉的焦炭含水量尽量低且要稳定,因含水量低意味着生产中能耗少(节省了加热水分的能量)。水分每下降1个百分点,可使高炉焦比下降3.5kg/t。显而易见,湿熄焦因其熄焦介质为水不可避免地使焦炭含水量相对较高,而干熄焦本身不含水,仅在贮运过程中吸收少量大气水分,两者相比干熄焦的含水量低2~5个百分点。

5.2 回收红焦显热带来的效益

焦化生产中若采用全干熄焦工艺,其回收的热量除能满足整个焦化厂所需蒸汽外,还能满足焦化生产中大部分(最高值可达约80%)的电力需求。这将使焦化厂能源的供用关系发生根本的改变。

5.3 节水带来的效益

湿法熄焦时每吨红焦需要4~5m³循环水,其中蒸发量为10%~15%,以年产100万t焦炭计,需耗水40~75万m³。相对于我国水资源严重不足(人均占有淡水量尚不到世界平均值的1/4)的基本国情,这一数字无疑是相当庞大的,而且随着我国水资源的进一步匮乏,日后用水成本将大幅上扬将是不争的必然趋势,因此,从这一点看,干熄焦带来的效益亦不言而喻。

5.4 环境保护带来的效益

焦化厂是钢铁企业中的污染大户,而湿法熄焦又是污染重中之重,这无疑给企业可持续发展蒙上阴影,由于干熄焦技术基本上不污染环境,使得环保排污费用大大下降。而且我国正在实施的“可持续发展战略”,将对环境保护提出更高的要求。随着对大气、水体分级指标要求的提高,日后,排放费用将持续上涨,这将使重污染企业不堪重负,甚至濒临破产的边缘。采用干熄焦技术将使企业在环境保护方面

既有显著的经济效益,又有不可估量的社会效益,实可谓利在企业、功在社会之举。

6 我国干熄焦技术的发展方向

总结以往的经验不难看出,制约干熄焦技术在我国发展的一个重要因素是其高昂的投资费用,而降低干熄焦投资的关键,一是干熄焦装置应实现大型化、系列化,使规模配置经济合理。二是干熄焦技术和设备全面国产化。

6.1 干熄焦装置的大型化、系列化

在宝钢一期引进投产后,曾出现了片面追求全干熄的倾向,即干熄焦装置的备用装置亦为干熄焦,结果造成投资惊人。如包头钢铁厂5、6号焦炉干熄焦装置,按其年产干焦100万t的生产能力、应配置126t/h干熄焦装置,但由于受到我国干熄焦装置处理能力单一的限制,又不合适地考虑了设备的热态备用而采用3×75t/h干熄焦装置,造成其处理能力超过需要近80%,使项目夭折。事实上,随着干熄焦装置所用耐火材料使用寿命的延长,装置检修的时间间隔也越来越长,日本已达到18~24个月检修一次,因此,不必要以干熄焦为备用,完全可以以湿熄焦作为备用装置。日本、德国等发达国家近年在设计干熄焦装置时,也采用湿熄焦备用,以减少基建投资。1992年底投产的德国凯泽斯图尔(Kaiserstuhl)焦化厂是世界上最现代化、也是环保和装备水平最高的焦化厂,该厂配备了一套世界上最大的250t/h干熄焦装置,其备用装置采用湿熄焦,就连世界上干熄焦技术发展最快的日本,1985年以后所建干熄焦装置均以湿熄焦为备用。

干熄焦装置系列化同样至关重要。规模单一,不能形成系列,就不能按照不同焦炉的生产规模经济合理地配置干熄焦装置,往往造成一组装置不够用,两组能力大大富余而造成浪费之局面,因此,我国现已掌握的75t/h装置远远不能满足多样化的需求,干熄焦必须根据生产能力形成系列,必须向大型化、系列化发展,形成处理能力由70t/h到110t/h的系列产品,以根据需求灵活地、有效地、经济地配置。

6.2 干熄焦技术和设备要全面国产化

我国干熄焦装置设备国产化率最高的是宝钢的二、三期干熄焦装置,其二、三期工程与一期同样是

建四组75t/h干熄焦装置,但总体采取“立足于国内”的方针,由国内负责设计和组织生产。装备中除了装焦、排焦、提升机、循环风机以及电控和部分仪表由新日铁引进外,其它均由国内供货,耐火砖、铸石板、钢结构等100%由国内供应,但引进部分所占投资比例为总投资的一半,其中循环风机因要求其耐磨性好,并能在较高温度下长期、连续、稳定地运行国内尚不能生产;提升机是干熄焦专用设备,其特点是升速快、运行速度高、对位精准、自动化程度高;排焦装置的部分部件由于以前没有用过,选国内产品替代可靠性没有把握,以上问题的重要原因是我国在干熄焦技术引进后没有系统、有效地进行消化吸收。而就我国目前机械制造水平而言,只要国家重视、投入一定的人力、物力、组织相当实力的专用厂家,将引进进行消化吸收和创新,干熄焦装置的全部设备实现国产化将指日可待,届时,干熄焦工程投资将压缩三分之一。

7 结语

干熄焦技术不仅具有显著的节能、环保效益,还可改善焦炭质量,提高高炉冶炼效果,对钢铁企业具有明显的延伸经济效益。目前国家经贸委正实施的“干熄焦国产化一条龙”项目,大大降低了干熄焦装置的投资,必将为该技术在我国的普及、完善奠定坚实的基础。

参考文献

- 1 罗克定.干熄焦—清洁生产工艺.太钢科技,2000,(2):1~6.
- 2 郑文华.为现代化高炉生产优质焦炭.钢铁工业的前沿技术.中国金属学会,2000:70~79.
- 3 黄坤池,陈桂生.干熄焦及其热能的利用.武钢技术,1989,(11):5~10.
- 4 蒋玲.从发展大喷煤角度对改善焦炭质量和采用干熄焦技术进行评价.武钢技术,1997,(3):36~39.
- 5 蒋宗艾.宝钢干熄焦技术的进步与工艺改进.宝钢技术,1999,(1):11~12.
- 6 温燕明等.济钢干熄焦技术的研究与应用.钢铁,2000,(8):1~5.

干熄焦发展趋势浅析

丁毅 史德明

(马钢股份公司设备部)

摘 要 针对干熄焦大型化、国产化、集约化发展趋势,结合国内干熄焦技术发展,提出一些个人浅见。

关键词 干熄焦 发展趋势

1 前言

干熄焦(COKE DRY QUENCHING,简称 CDQ)技术缘起于 20 世纪上半叶。传统的干熄焦技术是前苏联发明的。1973 年后,日本在经受几次世界石油危机以及节能呼声不断高涨背景之下,从前苏联引进一套 56t/h 干熄焦装置,并在完善干熄焦装置和开发研究方面做了大量的工作。随着设备大型化以及新技术的应用,功率的不断提高,因而传统的干熄技术应用比较广泛。目前传统干熄焦单槽处理能力已达 200t/h 以上,气料比由每吨焦 1500m³ 降至 1350m³。在自动控制方面实现了三电一体化,做到“全自动”无人操作。

德国干熄焦技术(TSOA)其流程同传统干熄焦基本相同。但 80 年代以后,他们成功的将冷却棚和水冷壁置于干熄炉内,使其气料比降至每吨焦 1000m³ 以下。

干熄焦设备由于它能节约大量能源,再加之操作的可靠性和生产出良好的优质焦以及改善环境的良好效果等优点而被国内外企业广泛采用。

2 马钢干熄焦项目由来

马鞍山钢铁股份有限公司是国家特大型钢铁联合企业,目前已具备年产 450 万吨铁和钢生产能力,其焦炭和燃气的供应均由马钢煤焦化公司承担。马钢煤焦化公司现有焦炉五座,年产焦炭 200 万吨,其中五、六号焦炉为 90 年代新建的 2×50 孔炭化室高 6m 焦炉。长期以来工厂生产产生的烟尘、废气(气)等有害物质产生,严重影响城市环境,尤其是焦化厂湿法熄焦产生烟、汽中夹带着大量的酚、氰、硫化物等有害物质,对人体危害很大,急需治理。目前冶金行业的工作重点是深挖企业内部潜力,节能降耗,湿法熄焦在严重污染环境的同时也造成了巨大的能量浪费(每吨红焦显热可产生 4.6MPa 的中压蒸汽 0.56t)。同时,高炉大型化也对焦炭提出了更高的要求,基于上述几点,马钢多年来一直致力于干熄焦的建设,但由于其一次性投资大,回收周期长,阻碍其在马钢应用。早在宝钢一期工程投产,马钢节能工作者就非常关注干熄焦技术,1997 年马钢就完成了 2670t/h 干熄焦的预可行性研究,2000 年呈报国家经贸委申请国债贴息贷款和“双高一优”,目前已列入“九五”国家重大引进技术消化吸收项目——干熄焦“一条龙”项目。项目批准规模 1×125t/h,年处理 101.8 万 t 能力,拉开建设干熄焦序幕。

3 干熄焦生产工艺流程

干熄焦的主要流程包括焦炭流程、惰性气体流程、锅炉汽水流程、除尘流程等,如图示:

装满红焦的焦罐车由电机车牵引至提升机底部,由提升机将焦罐提升并送到干熄焦炉顶,通过炉顶装入装置将焦炭装入干熄炉。在干熄炉中焦炭与惰性气体(TSOA 干熄焦同时与水冷棚和水冷壁)直接进行交换,焦炭冷却至 250℃ 以下,经排焦装置卸至带式输送机上,经炉前焦库送至筛焦系统。

冷却焦炭的惰性气体由循环风机通过干熄炉底的供气装置鼓入干熄炉与红焦换热,出干熄炉的热惰性气体温度为 850℃。热惰性气体经一次除尘器、除尘后进入干熄焦锅炉换热(TSOA 干熄焦无一次除尘器,气体直接进锅炉),温度降至 200℃ 以下。冷惰性气体由锅炉出来,再经二道除尘器除尘后由循环风机加压经换热器冷却至 150℃ 进入干熄炉循环使用(TSOA 干熄焦无风机后换热器)。

干熄焦主要设备有:干熄炉主体设备、装料设备、排料装置、锅炉设备、气体循环设备及其他附属设备等。

4 马钢干熄焦设计选择

马钢干熄焦与 5 号、6 号焦炉配套,年处理焦炭为 101.8 万 t,小时焦炭产量为 116.2t/h,早期方案是 2×

70t/h 干熄焦装置,目前方案是配套建设成 $1 \times 125\text{t/h}$ 干熄焦装置。

70t/h 级干熄焦技术从生产实践到设备制造,国内基本上均已掌握,技术比较成熟,维修、配件容易解决。生产组织比较灵活。缺点是控制关系复杂,基建投资、占地面积、装机容量大,定员多,运行及维修费用高。

大型化是目前国际上干熄焦技术发展趋势。日本、德国等干熄焦装置单炉处理能力已达 200t/h 、 250t/h ,技术已经成熟。大型化干熄焦装置可以明显地降低建设投资和生产成本,占地少,操作控制系统简化有利于生产管理。

4.1 设备的国产化

干熄焦基建投资较大,其中设备费约占总投资的 80% 以上,提高设备的国产化率是降低干熄焦投资的最直接手段。宝钢三期干熄焦装置和济钢干熄焦装置的投产为干熄焦技术的国产化提供了宝贵经验,在宝钢、济钢国产化基础上,借助于干熄焦“一条龙”项目中的消化、吸收、创新工程进一步消化、吸收国外先进技术,可大幅降低建设投资。

4.2 规模的大型化

干熄焦装备的大型化可以降低成本和投资,提高劳动生产率。据估算:将处理能力由 75t/h 扩大为 110t/h ,处理吨焦的运行费可降低 30%,投资降低 9%,同时设备的维护、检修费用也减少。国外已成功运行 200t/h 的干熄焦,效果良好! 下表为干熄焦主要规格性能参数比较:

指标	宝钢	中山	君津	君津
投产日期(a)	1985.5	1991.4	1982.10	1987.11
处理能力(t/h)	75	60	95	200
预存室(m^3)	200	150	220	396
冷却室(m^3)	300	183	370	707
风机(Nm^3/h)	125,000	85,000	130,000	245,000
风料比($\text{Nm}^3/\text{t}\cdot\text{c}$)	1670	1420	1370	1225
蒸发量(t/h)	31.5	31	56	103
蒸汽压力(MPa)	4.6	6.5	9.5	9.5
蒸汽温度($^{\circ}\text{C}$)	450	490	520	520

4.3 大型化技术课题

4.3.1 由于炉子直径的放大而使冷却性能变坏

可采取改进注入焦的粒度分布来解决,干熄焦冷却特性是受炉内焦的粒度分布所左右。因此,设置固定钟型的焦分散装置以后其性能得到了很大改善。为了降低冷却用气体温度来提高冷却效率,在循环风机的出口设置省煤器,因而可以降低炉子炉口气体温度约 50°C 。经过努力循环气体用量可以降低约 $400\text{Nm}^3/\text{t}\cdot\text{c}$ 。

德国(TSOA)干熄焦装置预存室为四棱锥形结构,冷却室为方形结构。冷却室内壁设有水冷壁,中间有水冷栅分成若干格,其气料比可降至 $1000\text{Nm}^3/\text{t}\cdot\text{c}$ 以下。

4.3.2 完全连续排焦装置

宝钢一期工程排焦装置采用闸门交替排焦,故障率高,操作处理困难,在二期建设时改为连续排焦,即把排出部的振动给料机和旋转密封阀组合在一起,进行排焦的完全连续化。

4.3.3 二除除尘装置的变更

改变以往单个离心除尘器型,而采用多个离心除尘器型式,可提高除尘效率,降低设置高度,方便维修和保养。

4.3.4 余热锅炉选型

干熄焦锅炉的汽水循环式有三种:强制循环、自然循环、强制与自然相结合的循环。这三种循环形式锅炉和有利弊,强制循环的锅炉要消耗电力,自循环锅炉造价高。目前,杭州锅炉厂在国家经贸委支持下,与德国公司共同合作完成自然循环干熄焦锅炉的产品开发,大大降低投资费用。由于自然循环干熄焦锅炉其运行费用低,故障少而倍受青睐。

4.3.5 关于提升机配置的问题

目前国外大多数干熄焦装置“一炉一机”的配置方式已成主流,“一炉一机”可以提高上料作业的高效性,可以缩短每炉周转时间,有利于实现程序控制。但这种布置提升机不能互为共用。若提升机故障时间较长,就有可能影响焦炉及干熄焦正常生产(老企业改造可用湿法熄焦工艺行用解决)。

4.3.6 大力推行节能型设备及技术

资料介绍每吨干熄焦电耗高达 $20\text{kW}\cdot\text{h}$ 时,大幅降低其运行费用(能耗)是我们的根本目的。干熄焦装置本峰就是为节能环保和提高焦炭质量而开发的熄焦装置。他的心脏是循环风机。因此,除采用大型化措施降低气料比外,干熄焦循环气体优化控制就是一种特殊方法,从而达到节约电力,提高焦炭质量,增加产汽量的目的。同时还应采用:焦罐加盖、用小功率导焦除尘系统,带配重的提升机,用可变速度鼓风机等节能技术。

5 结语

清洁生产、节约能源、保护环境已是关系到国家经济安全和长远发展战略问题。干熄焦装置不仅可以回收大量能源,其重要意义在于保护环境、节约水资源。国内目前有 15 年开发使用经验,基于目前上上下下对其认识充分性。干熄焦大型化、国产化、集约化将是大势所趋。

主要参考资料:《马鞍山钢铁股份有限公司煤焦化公司 5 号、6 号焦炉干熄焦工程可行性研究报告》

济钢干熄焦技术的研究与应用

温燕明 蔡漳平 徐文胜 卢元俭

(济南钢铁集团总公司)

摘要 主要介绍济钢干熄焦技术的引进消化、联合设计、实现国产化的情况,特别适合中国目前老焦化厂的改造,对节能降耗、改善工艺装备水平起到了示范作用。济钢干熄焦的建成消除了由于湿熄焦对周围环境的污染,取得了明显的环保效益。由于干熄焦的质量提高,对炼铁降低焦比起了重大作用,使经济效益显著,具有推广应用价值。

关键词 干熄焦技术 节能降耗 推广应用

1 概述

济南钢铁集团总公司干熄焦技术(以下简称济钢干熄焦)是国家经贸委、国家冶金局和山东省重点支持的节能示范项目,经过两年多的施工,1#、2#干熄炉分别于1999年3月2日和4月8日相继投入运行。1999年10月26日通过了国家经贸委、国家冶金局组织的工程验收。1999年12月25日通过了山东省科委组织的技术鉴定,并获得了山东省1999年度十大科技成果荣誉称号。济钢干熄焦技术的应用对在全国十五期间重点推广节能降耗项目具有十分重要的意义。

干法熄焦技术是国际上先进的焦化节能技术,国内上海宝钢和浦东煤气厂都是从国外全套引进,投资高,很难在国内推广。要想在国内推广,必须国内掌握该技术并实现国产化。因此国家经贸委对《济南钢铁集团总公司干熄焦节能示范工程可行性研究报告》的批复要求,该项目采用国内外共同设计、合作制造、技贸结合的方式,引进国外干熄焦技术,并配套引进部分国外关键设备。凡国内能生产制造的设备在国内加工配套解决。为落实上述原则,济钢通过中国机械进出口总公司与俄罗斯的重工业设备进出口总公司与乌克兰哈尔科夫焦化设计院、乌克兰斯拉文斯克焦化设备设计局进行了技术交流、洽谈,并签订了关于合作设计的合同和设备引进的合同。其中干熄焦主要工艺设备由乌克兰设计,国内转化制造,其它全部由济钢设计院设计,国内制造。另外,通过济钢设计院与乌克兰哈尔科夫焦化设计院和斯拉文斯克焦化设备设计局进行多次技术交流,使我们基本掌握了干熄焦技术,为在现有炼焦工艺条件下建设干熄焦打下了基础。

济钢焦化厂现有42孔4.3m焦炉4座,设计年产焦炭110万t。4座焦炉配有两组湿熄焦装置,布置在焦炉两端。湿法熄焦在生产过程中产生大量蒸汽排放到大气中,白白浪费掉宝贵的余热资源。1000℃左右的炽热焦炭所包含的余热,按年产焦炭110万t计,可产生蒸汽55万t。济钢的干熄焦装置,配备2台产汽35t/h的余热锅炉及1台6100kW的背压发电机组组成。全年可回收余热蒸汽47万t,发电3920万kW·h。工程包括干熄焦主体工艺设备,汽轮机发电系统,除盐水制备系统等,总投资2.3亿元。

2 干熄焦工艺流程

2.1 熄焦过程

由焦炉推出的红焦排入装在焦罐车上的焦罐中,焦罐车接焦后,由电机车牵引运向干熄焦装置,停在牵引装置前,由牵引装置将带中间托架的焦罐牵引到提升机井架中心。提升机用盖盖住焦罐,把它提升到装料的高度。然后,提升机将焦罐横移到干熄槽上部。此时,装焦装置将加焦口打开,装焦装置的小车将导焦斗移到槽中央。满焦罐放到专用托架上。然后焦罐底板自动开启,焦炭即放入干熄槽预存室上部。加焦完毕,焦罐提起(此时底板自动关闭)运行至提升机井架。此时,加焦斗自动离开,装料装置将盖关闭。空焦罐由提升机降落到焦罐中间托架上。再由牵引装置将焦罐推向焦罐车底盘。

在预存室内全部焦炭的温度逐步均衡。红焦在预存室内,预存1.5h左右,即下行到熄焦室。并被与其逆流的闭路系统循环气体熄灭,熄焦室上部四周布有通向集气环道的斜道。灼热气体从上环道导入余热锅炉。鼓风机装置位于干熄槽下部。

鼓风机装置下为双向动作的排焦装置,该装置设有扇形阀。焦炭借助轮番启闭扇形阀均匀排下。由排焦装置下焦室排出的单批焦炭放到槽下的运焦机,焦炭温度由装在排焦装置内的热电偶控制。预存室内的焦炭料

位由 γ 射线料位计测量,焦炭料位与排焦、加焦装置皆连锁。详见图1。

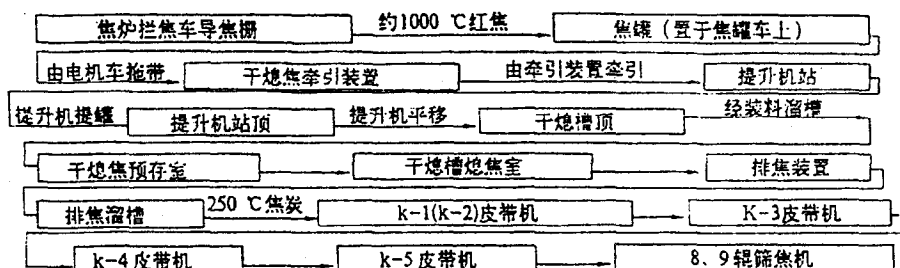


图1 焦炭运行流程图

焦炭由循环于“干熄槽——锅炉”闭路系统的气体熄灭。槽内压力通过调节风机后导出回路的气体量自动维持。

循环气体内的可燃组分由通过窥视孔向上环道送入空气的装置使这些组分燃去以降低其含量。

装置内的气体流程为:

冷却到 $170\sim 190^{\circ}\text{C}$ 的冷惰性循环气体,由风机经排气管送入熄焦室底部的鼓风装置。均匀分配到冷却室内与红焦炭逆向流动进行热交换。随着焦炭的排出,焦炭逐步从预存室降至熄焦室。气体经过斜道面以下的焦层,被加热到 $700\sim 800^{\circ}\text{C}$ 。然后进入下环道。再从下环道进入上环道,从上环道经连接管进入焦尘沉降室。大颗粒焦尘在沉降室分离出来,积聚在沉降室下部,定期由气力输送装置运送。循环气体从沉降室进入余热锅炉。惰性气体在余热锅炉内进行热交换产生余热蒸汽,热交换后的惰性气体温度降至 $170\sim 190^{\circ}\text{C}$,然后进入二次除尘器(旋风除尘器)旋风分离出细粒焦尘。旋风除尘后,循环气体就进入循环风机吸气管。再由风机送到干熄槽底部鼓风装置再次进行循环。循环气体流程见图2。

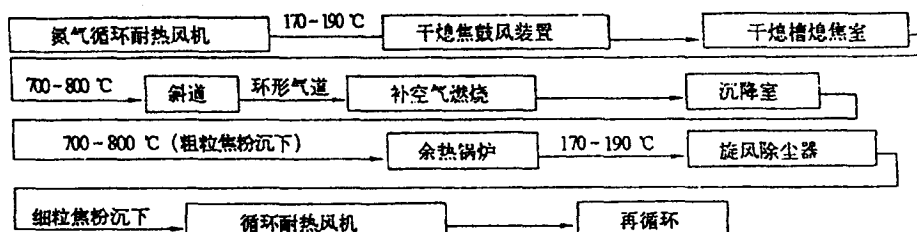


图2 干熄焦装置循环气体流程图

3 济钢干熄焦技术简介

3.1 工艺布置

济钢有 2×42 孔58-I、58-II和JN43-80型焦炉4座,其中1、2#焦炉已经服役30年,3、4#焦炉是在91、92年分别投产的,算是新焦炉,而两组焦炉的布置是“一”字型。这种布置是和烧结、炼铁平行的,是不能改变的现实。焦化厂和烧结厂只有一条道路相隔,按原苏方干熄焦的布置, $2\times 70\text{t/h}$ 的干熄焦装置的“干熄炉—锅炉”轴线需要与熄焦铁路垂直布置,在济钢现有狭长地带难于实现。济钢在充分消化干熄焦技术的前提下,经过反复论证,在和原苏方专家多次探讨后,确定了平行布置方案。这一工艺布置修改了原苏方专家的平面布置设计模式。从中国现有焦化企业看凡是具有4.3m高度以上焦炉的焦化厂都有实现干熄焦工艺的可能性,为上干熄焦企业的决策者提供了理论和实践的依据。

3.2 干熄炉耐材选择

干熄焦的最关键设备是干熄炉,它是决定干熄焦工艺是否成功及使用寿命的关键,而干熄炉中很重要的是耐火材料的选择和区域设计方案。根据原苏方的设计,干熄炉内部的耐火材料均为一般粘土制品,对砌筑施工也无特殊要求,使用寿命一年左右。为进一步提高干熄炉使用寿命,确保设备经济运行,济钢参照原苏方提供的设计资料,通过消化吸收,结合国内耐火材料使用技术,在逐步掌握了干熄炉耐火材料选用设计要求后,根据干熄炉的工作特点和工作条件,在不同部位选用了不同材质的耐火材料,成功地完成了干熄炉的砌筑设计和施

工,使干熄炉各部位经受住了生产考验,满足了生产需要,预计寿命在两年左右。

3.3 余热锅炉技术

干熄焦余热锅炉是继干熄炉后的第二套大型设备。高热的循环气体被送入余热锅炉,生产高压蒸汽,实现红焦显热的利用。我国上海宝钢是全套引进日本的设备(第二、第三期工程设备为国内生产)和技术,上海浦东煤气厂全套引进的是乌克兰技术设备。济钢的干熄焦工程是通过与杭州锅炉厂合作,引进德国技术,由杭州锅炉厂完成锅炉的设计、制造。在技术消化过程中结合济钢实际情况,主要考虑了四个因素,一是能保证干熄一吨红焦产生 0.45 吨以上的蒸汽量;二是产生的蒸汽参数能保证足够的发电量并能给化学产品回收工序提供 1.0MPa 的蒸汽;三是余热锅炉能实现国产化,便于在国内推广;四是具有经济性。根据以上原则在认真研究日本技术(宝钢)和乌克兰技术(浦东)的前提下,提出了采用次高压(即 5.4MPa,温度 450℃)、全自然循环余热锅炉的方案,并大胆引用了德国的自然循环技术,和宝钢、浦东的强制循环锅炉相比动力消耗低,简化了操作和维修,投运以后的实践证明,锅炉的选型是成功的。

经过半年多的运行,锅炉的各项指标稳定,达到了设计的产汽量,锅炉作为承前启后的心脏设备,在整个干熄焦工艺上发挥了核心作用,既保证了吞入高温气流,又吐出高温和次高压蒸汽,保证了后道工序的发电。

3.4 自动化技术

干熄焦装置是整个钢铁工业的最复杂的成套装备之一,从底层到装焦顶的高度近 50 米,方圆 20 米。这样庞大的装备,其操作的连续性和稳定性是至关重要的,原苏方的装备和日本装备相比其体积大,但自动化水平滞后,根据有关资料分析,苏方的自动化水平远不及日本,而利用我们的自动化优势完成可以实现。其实现的重点是牵引、提升、横移、装排焦、风机及循环系统。整个操作系统设计采用一套集散控制系统,完成整个工艺过程的检测与控制,包括 PLC 自动化程度控制,风机变频调速控制,蒸汽压力自动显示和高低压自动报警、电气设施自动连锁报警等。在整个干熄焦的控制软件方面已经形成了自己的特色。

3.5 设备的国产化

设备国产化是国内能否推广干熄焦的焦点和热点。根据国家有关产业政策,干熄焦工艺设备的国产化率必须达到 80% 以上,而国内上干熄焦装置主要考虑投资的大小。如果 80% 的设备从国外进口,干熄焦的总投资要比国产设备翻几番,对国内企业来讲是可望而不可及的。济钢本着 80% 的目标,除电机车、鼓风、排焦装置外基本上采用国产设备,用设备的台套或重量计算都达到了 90% 以上,为国内推广干熄焦技术积累设计和制造经验。

4 济钢干熄焦的效果

4.1 改善了环境

炼焦行业的湿法熄焦是周围环境的重要污染源,每 10 分钟湿法熄焦一炉焦炭,其所发生的废热蒸汽对大气和人类健康影响十分严重。由于干法熄焦的投产对环境有了很大改善,所测得的有关数据符合国家有关标准要求。

(1)干熄焦除尘器出口烟尘平均排放浓度为 $62.0\text{mg}/\text{m}^3$ 两个放散管烟尘平均排放浓度为 $62.4\text{mg}/\text{m}^3$ 和 $83.6\text{mg}/\text{m}^3$,符合《山东省废气污染物排放标准》DB37/006-91 的二级标准。

(2)干熄焦除尘器出口 SO_2 排放浓度未检出,两个放散管 SO_2 平均排放浓度为 $530\text{mg}/\text{m}^3$ 和 $544\text{mg}/\text{m}^3$,符合参考标准《大气污染物综合排放标准》GB16297-1996 二级标准。两个放散管 SO_2 排放速率为 $4.4\text{kg}/\text{h}$ 和 $6.91\text{kg}/\text{h}$,符合参考标准《大气污染物综合排放标准》GB16297-1996 二级标准。

4.2 有良好的经济效益

由湿法熄焦到干法熄焦的最大区别在于两个方面,一是节约能源,热量得到充分的回收和利用。替代了烧煤气和烧煤生产蒸汽的装备,给生产带来方便;二是焦炭抗碎强度和耐磨强度得到较大幅度的改善,由于焦炭强度的提高对高炉生产有较大的好处。综合以上两方面干熄焦产生的经济效益一是在干熄焦本身热量的回收,二是由于焦炭质量的改善延伸到高炉产生的效益。

4.2.1 干熄焦热量的回收效益。

(1)由于红焦显热的回收而生产蒸汽和发电对焦化厂产生的经济效益。济钢焦化厂产生的经济效益。济钢焦化厂有 4 座 4.3 米的焦炉,配合焦炉所上的干熄焦能力为 $2 \times 70\text{t}/\text{h}$ 的干熄炉和 $2 \times 35\text{t}/\text{h}$ 的余热锅炉。

从蒸汽的发生量看其效益较大,主要从以下参数计算:

①确定年焦炭生产量,按每小时焦炭生产量 132.4 吨计算。

②两座 70t/h 的干熄焦炉两年检修 1 个月(744 小时),另加平时不可预见故障时间 116 小时,实际按 7900 小时/年的干熄时间。

③根据半年多的生产实际,每吨焦炭的产汽量取 0.45 吨。

④蒸汽价格,由于干熄焦发电系统采用了背压发电,经发电后的全部蒸汽用于焦化厂的粗苯蒸馏,氨水蒸吹和轻苯蒸馏等各个工序,完全代替了原焦化厂的 4 座 10t/h 蒸汽锅炉,其蒸汽价格按市场价 85 元/t 计算。

综上计算蒸汽的全年收入 4000.79 万元。

(2)由于干熄焦炭把焦炭的热能经过余热锅炉和汽轮发电机组变成电能,所采用的参数主要有以下几个方面。

产生 1KWh 的电需要消耗的蒸汽量。根据实际运行标定,每发生 1KWh 的电,其消耗的蒸汽为 11.4kg。电的价格按市场价 0.45 元/KWh。汽轮机发电的运行时间根据工艺配置要短于余热锅炉的产蒸汽时间,故比干熄炉的运行时间缩短 400 小时即 7500 小时/年,干熄炭按 132.4t/h,电价同样按 0.45 元/KWh。

综合以上参数计算全年可收入 1763.88 万元。

(3)湿熄焦和干熄焦对比其损失的焦粉量有所不同,湿熄焦时由于采用的是水,在熄焦车进入消火塔时水和红焦炭接触产生的蒸汽把焦粉带到大气中,每年有近万吨的焦粉扩散到大气中,使降尘量增加。折合焦炭产量 1%。焦粉价格 214 元/吨,焦炭产量按 132.4t/h,干熄时间 7900 小时/年。

(4)干熄焦一年运行 11 个月,相对原来的湿熄焦装置停用,即减少了设备制造费用(主要是湿熄焦车),又节省了操作工和一套运焦装备。每年可节省费用 209.53 万元。

(5)干熄焦投运后,年运行成本 3643 万元。

对以上五项的综合分析计算,综合收入减去干熄焦的运行成本费,其效益为 2555.04 万元。

4.2.2 由于焦炭质量的改善,对炼铁产生了较高的效益。

干熄焦工艺的先进性和实用性除表现在有较大节能效益和环境效益外,由于冶金焦炭 M40 提高了 5-8%,M10 降低了 0.7%,焦炭质量明显提高,对高炉的影响同样显著,主要表现在炉况顺行,操作稳定。

(1)增产效益。由于干焦的入炉,利用系数提高了 0.099%,在增产吨铁成本 73.96 元的条件下效益 561.23 万元。

(2)节焦效益。从干焦和湿焦的对比分析,由于炼铁的入炉焦比降低了 15.8kg/t,节约焦炭效益 1554.72 万元。

(3)喷煤量提高 8.5kg,按入炉焦炭和无烟煤相比,吨铁可降低成本 80 元计,增加效益 139.40 万元。

(4)铁水一级品率提高了 11.87%,其价格比二级品率上升 30 元,可增加效益 730.00 万元。

综合以上四项反映在炼铁上的综合效益是 2985.35 万元。干熄焦总效益 5540.39 万元/年。

5 干熄焦存在的问题

济钢干熄焦于 1999 年 3 月 2 号投入运行近一年的时间,装备运行中存在的问题有:

(1)济钢 1、2# 焦炉始建于 1969 年和 1970 年,由于当时建炉的社会环境影响(文革时期建设)和随着一代炉龄到了末期,焦炉本体串漏严重,炭化室内的焦炭由于加热不均匀和个别炉室的损坏,使推出的红焦夹生,特别是炉头焦由于温度在 800℃ 左右,成熟不好、焦中带半焦,装入干熄炉时在煤气量和空气混合到一定比例时,而发生爆鸣、震动,对干熄炉顶和焦罐行车构成威胁。迫使这部分焦炭不能进行熄炉而使干熄炉的处理能力不能发挥到设计值。这是干熄焦运行中的一大缺陷。随着济钢 5# 焦炉的建设,老焦炉停用,新焦炉投产后,这一问题将从根本上得以解决。

(2)自动化水平和日本工艺比还有差距,日本从 70 年代引进干熄焦后,发明了多项专利技术,在除尘、排焦、预存室热量回收及自动化方面有重大改进,特别是自动化水平和我国水平相比有其先进性。它的主要特点是:操作简便,仪器仪表体积小,运行可靠,是今后推广干熄焦时值得我们借鉴的地方。

6 结论

根据国家经贸委委托原冶金工业部下达的立项建议书要求,济钢干熄焦工艺在济钢的落户是一个正确的

选择,已经圆满地完成了引进、消化和转化设计的任务。经一年来的运行证明干熄焦是正常的,所有技术参数符合设计要求,取得了满意的效果。特别是济钢在消化外方技术的情况下开发了自己的技术。为我国推广干熄焦工艺作出了贡献。

济钢干熄焦工艺的最大特点是适合我国的国情,特别适合于老厂改造和实现国产化。在投资方面与引进国外相比大大降低,济钢干熄焦主体工程投资 1.7 亿元(包含技术引进和少量的关键设备引进费用),经济上可行,技术上成熟。

推广干熄焦具有良好的节能效益和环境效益,通过干熄回收了红焦 80% 的热量是干熄焦的本质,而环境效益是在实现节能效益的同时同步实现的,是值得推广的焦化工艺节能技术。

由于济钢对干熄焦技术的全面掌握,目前已能从方案设计到施工设计、以至设备选型制造到设备安装调试的一条龙服务,将为中国的干熄焦技术做出我们的贡献。

干熄焦工艺技术及其基础研究进展

张欣欣¹ 冯妍卉¹ 徐 列²

(1 北京科技大学机械工程学院热能工程系 100083 2 鞍山焦化耐火材料设计研究院 114002)

摘 要 干法熄焦(CDQ)是冶金和炼焦行业的新工艺,其原理是在密闭的空间内利用惰性气体(或废烟气)冷却熄灭从炼焦炉推出的红焦。由于它具有节能、环保和提高焦炭质量的优点而越来越受到国内外大型钢铁联合企业的关注。

干法熄焦的技术核心是干熄炉内焦炭的冷却过程。为了掌握干法熄焦技术的内核、实现干法熄焦装置的国产化和系列化,本文对干熄炉内循环气体流动、焦炭的下降运动和气体与红焦之间热交换现象从理论分析、模型实验和数值计算三个方面进行了比较系统和深入的研究。

为了获得干熄炉压力损失、炉内对流换热等关键数据,采用模型实验的方法在尺度为实际干熄炉 1/7 的模型实验装置上实验研究了气体流过焦炭填充床的压力损失及其影响因素,并将实验结果整理成 Ergun 方程的形式,得到了系数 A 和 B 的值;同时采用冷却段热平衡方法,实验研究了焦炭冷却过程气体和焦炭间的对流换热系数及其影响因素,得到了冷却段平均对流换热系数公式。

根据多孔介质内热质传递理论和竖炉内固体物料运动的势流模型,分别建立了焦炭固定床内传热和流动的数学模型和干熄炉内焦炭下降运动的数学模型,并利用实验干熄炉上焦炭冷却过程和焦炭下降运动的实测数据,对以上两个基本模型进行了实验验证。

综合上述实验研究和理论研究的结果,建立了实际干熄炉内焦炭冷却过程的数学模型,并应用该模型分别讨论了干熄炉的结构参数和运行参数对焦炭冷却过程的影响。通过数值模拟分析可以得出如下结论:1) 结构参数预存段高度对干熄炉内焦炭温度场影响较小;操作参数中心供风和环缝供风风量比的变化,不能显著改变冷却段上部的气流分布特性,对焦炭温度场也不会造成大的影响。2) 结构参数冷却段高度和直径对焦炭冷却过程影响较大;冷却段高度增加,焦炭出炉温度会有所下降,但设备投资大幅增加,运行费用也会因床层压降增大而升高;在保证布料均匀的条件下,若冷却能力相同,适当降低冷却段的高径比仍可以保证焦炭冷却质量,但使设备投资和运行费用下降。3) 运行参数气焦比增大和气体的入炉温度降低,都能更好地保证焦炭冷却工艺的实现;但气焦比过大会使运行费用增大,因此无论是设计和运行,气焦比越小,效益越高;降低气体入炉温度是提高干熄焦装置效益的有效措施。4) 装料时焦炭粒度沿径向的分布基本上决定了气体质量流率和温度分布的特性,结构上增加高度和运行中增加气体流量,并不能明显地改变因焦炭粒度偏析所造成的气体质量流率和焦炭温度的偏析;要实现合理的气焦比和高径比,必须采用布料装置保证焦炭装料粒度分布的均匀性。

1 干法熄焦工艺流程

干法熄焦(Coke Dry Quenching, 简称 CDQ)是利用惰性气体(或废烟气)作为循环气体,在干熄炉中冷却红焦的一种工艺。干法熄焦工艺流程如图 1.1 所示。1000℃~1050℃的炽热红焦由装料装置从炉顶装入干熄炉的预存段,并且自上而下运动;惰性气体由干熄炉底部的中心风帽和周边环缝鼓入,且自下而上运动。二者在逆向运动中,焦炭逐渐被冷却到 250℃以下,然后由炉底的卸料装置排出;同时,惰性气体(或废烟气)被加热到 800℃左右,从干熄炉斜道口经过一次除尘器后进入干熄焦锅炉;加热水产生高压或中

压蒸汽后,气体被冷却到 200℃左右,再经二次除尘由循环风机重新送入干熄炉内循环使用。干熄焦工艺的关键设备是干熄炉。干法熄焦技术具有三大优点:提高焦炭的质量,避免湿法熄焦对环境的污染和回收红焦显热,能够起到节能与环保双重作用^[1-4]。

干熄焦工艺的关键设备是干熄炉。干法熄焦的过程主要是焦炭在干熄炉内的冷却过程。因此,干法熄焦工艺技术的核心就是干熄炉内循环气体流动、焦炭下降运动和循环气体与焦炭之间热交换的规律。显然,它们是干熄焦装置系列化和大型化要解决的关键问题。目前,日本新日铁株式