

煤调湿技术在我国的应用发展现状

郭艳玲*, 胡俊鹤, 周文涛

(鞍钢股份有限公司技术中心, 辽宁鞍山 114009)

摘要:概述了世界上煤调湿技术的类型及其应用普及情况。对比分析了4种不同类型煤调湿技术及其具体工艺特点,详述了我国现有煤调湿技术设备的实际应用情况,包括设备选型、生产能力、应用效果、遇到的问题及解决措施。扼要介绍了我国煤调湿技术的自主研发情况及技术设备优势,展望了煤调湿技术的前景。

关键词:煤调湿;发展现状;技术设备;工艺特点

中图分类号:TQ522.1

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2016)07-0008-05

DOI:10.16606/j.cnki.issn0253-4320.2016.07.003

Development and application status of CMC in China

GUO Yan-ling*, HU Jun-ge, ZHOU Wen-tao

(Technology Center of Angang Steel Co., Ltd., Anshan 114009, China)

Abstract: The types and the application status of coal moisture control technology in the world are briefly introduced. Four different kinds of coal moisture control technologies and their process characteristics are compared and analyzed. The practical application of coal moisture control technologies in China are highlighted, including equipment selection, production capacity, application effects, practical productive problems and solutions. It provides an overview about independent R&D and the advantages of technology and equipment of coal moisture control technology in China. The developing trends of coal moisture control technology in the future are also prospected.

Key words: coal moisture control; development status; technical equipment; process characteristics

煤调湿属于一种炼焦用煤预处理技术,即在炼焦原料煤装炉前利用外加热能在干燥机内对其进行适度脱水、干燥,使其水分降低并稳定至选定目标值后再装炉炼焦的技术。生产实践证明,炼焦煤调湿技术具有改善焦炭质量、提高焦炉产能、降低炼焦能耗、减少污染物排放等优点。我国现已有多家钢铁企业建成投产了煤调湿设备,并且拥有自主知识产权,为煤调湿技术的推广和应用奠定了基础。

1 世界煤调湿技术应用普及概况

1.1 煤调湿技术的类型

自从1983年世界上第一套煤调湿设备在日本新日铁大分厂投产至今,已经先后开发出了4代煤调湿技术。不同煤调湿技术具有不同的工艺特点,详见表1。其中前三代技术是日本最早开发出来的,而第四代技术是我国在引进消化吸收国外先进技术的基础上自主开发的新技术。

表1 不同煤调湿技术的工艺特点

| 技术类型 | 工艺特点 |
|--------------|--|
| 第一代导热油煤调湿技术 | 以导热油为介质,间接回收焦炉烟道废气和焦炉上升管内荒煤气的显热,当导热油温度升高至约210℃后,在多管回转干燥机内与湿煤进行间接换热,使煤料中水分的质量分数降低至6%~7%,故称作导热油煤调湿技术。该技术换热器结构复杂,设备体积庞大,投资较多,维护困难,现已被淘汰 |
| 第二代蒸汽煤调湿技术 | 以干熄焦蒸汽发电后的背压汽以及钢铁厂其他低压蒸汽为热源,在多管回转干燥机内对湿煤进行间接加热干燥,使煤料中水分的质量分数降低至6%~7%,故称作蒸汽煤调湿技术。该技术具有工艺相对简单、设备紧凑、易于操作、处理煤料水分范围大的优点 |
| 第三代流化床煤调湿技术 | 以180~230℃的焦炉烟道气为热源,利用风机将烟气抽送至流化床干燥机,直接与煤料接触换热,使煤中水分质量分数降低至6%~7%,故称流化床煤调湿技术。该技术换热效率高,工艺流程短,构造简单,投资相对少 |
| 第四代风选分级煤调湿技术 | 在第三代流化床煤调湿技术的基础上,结合俄罗斯的煤料风选技术,由我国自主开发出来的集风选破碎和煤调湿于一体的新技术。利用焦炉烟道气在流化床内对煤料进行风选分级、干燥流化,使水分的质量分数降低至6%~7%,并通过流化作用将轻质细粒煤直接分离炼焦,其余重质粗粒煤进入粉碎机粉碎后再炼焦,故称作风选分级煤调湿技术。具有效率高、流程短、节约能源、投资少、占地面积小等优点 |

1.2 煤调湿技术的应用普及情况

从煤调湿技术的成熟度和应用普及范围来看,走在世界最前列的是日本,其次是中国,美国、德国等其他国家也有应用。作为世界上煤调湿技术应用最早、最广泛的国家,日本现有16个焦化厂的51组焦炉中,已有36组焦炉配置了煤调湿设备,占焦炉总数的85%,大多为第二、第三代煤调湿技术,设备工况非常稳定。日本不仅在国内广泛推广采用该技术,还积极向国外推广和输出技术设备,例如:曾向中国无偿提供过1套第一代煤调湿设备和1套第三代煤调湿设备;向韩国浦项有偿输出1套处理能力为450 t/h的第二代煤调湿设备等。中国的煤调湿技术研究始于上世纪60年代,从90年代开始应用于工业化生产,在2010年工信部第24号文件《钢铁企业炼焦煤调湿技术推广实施方案》颁布后得以推广,历经十余年的技术完善与优化,在很多方面已经走在了世界前列。目前我国的煤调湿设备单机最大设计处理能力已达到了400 t/h,具有自主知识产权的第二代煤调湿技术的安全性已超过日本,第三代煤调湿技术有了创新性的发展,并且在世界上最早开发和应用了第四代煤调湿技术。

2 第一代煤调湿技术在我国的应用情况

我国建成投产的唯一一套第一代煤调湿技术设备,是由日本政府根据“对中国、东南亚在环保节能项目单项工程无偿援助”的政策精神无偿赠送的,

(上接第7页)

释材料是发展的重点,希望可以实现可降解、养分释放受环境因素影响小、智能控制释放的目的。同时,还要对木质素、纤维素、工农业无机和有机废弃物、草炭、风化煤类等材料进行控释改性,制作廉价高效的包膜、基质复合、胶结控释材料等。另外,筛选环境友好的土壤脲酶抑制剂、硝化抑制剂等新材料也具有较大的发展潜力。

(2) 开发连续化、大产能和智能控制的缓控释肥生产设备是提高质量和产能的关键。目前采用的多室流化床包膜设备有望大大提升包膜控释肥料的生产技术水平。

(3) 开发控释肥的专用配方,根据不同区域、不同作物,进行专用控释配方肥的开发,以适应当地情况。

总体而言,控释肥由于自身的技术和使用方面的优势,必将在我国农业生产中得到更大规模的应用。对于降低农业成本投入、节省劳动力等方面将

于1996年12月在重钢建成投产,与重钢焦化厂3号、4号、5号焦炉配套使用。该设备投入运行后,日本新日铁公司提供的主体设施基本达到设计标准,而由于项目建设场地空间狭小,造成配套设备存在明显的缺陷,最终于2001年彻底停运。

3 第二代煤调湿技术在我国的应用情况

我国的第二代蒸汽煤调湿技术设备已经实现国产化,天华化工机械及自动化研究设计院拥有自主知识产权的蒸汽多管回转干燥机被成功应用在了宝钢、太钢和攀钢,运行可靠稳定,主要工艺技术参数见表2。

表2 宝钢、太钢和攀钢的煤调湿设备主要工艺参数

| 厂名 | 设备处 理能力/ (t·h ⁻¹) | 设备 数量/ 套 | 蒸汽热源 | | 设计调 湿等级/ % | 实际控 制煤水 分/% |
|----|-------------------------------------|----------------|-----------------------------|------------|------------------|-------------------|
| | | | 流量/ (t·h ⁻¹) | 压力/ MPa | | |
| 太钢 | 400 | 1 | 36.75 | 1.2~1.6 | 6~10 | 7.5~7.8 |
| 宝钢 | 330 | 2 | 33.60 | 1.2~1.6 | 6~10 | 6.5~7.5 |
| 攀钢 | 380 | 1 | 35.80 | 1.2~1.6 | 最低6 | 最低9 |

3.1 太钢的煤调湿技术设备

3.1.1 设备概况及其运行效果

太钢现有1套煤调湿设备,设计处理能力400 t/h,实际最大处理能力450 t/h,于2008年12月建成投产,与2座7.63 m焦炉配套使用,是我国目前最大的煤调湿设备^[1]。

起到越来越重要的作用,同时引领我国化肥及农业生产资料的整体发展和升级换代。

参考文献

- [1] 张民,史衍玺,杨守祥,等.控释和缓释肥的研究现状与进展[J].化肥工业,2001,28(5):27-30.
- [2] 巨晓棠,张福锁.氮肥利用率的要义及其提高的技术措施[J].科技导报,2003,(4):51-54.
- [3] 巨晓棠,刘学军,邹国元,等.冬小麦/夏玉米轮作体系中氮素的损失途径分析[J].中国农业科学,2002,35(12):1493-1499.
- [4] Shaviv A. Advances in controlled-release fertilizers[J]. Advances in Agronomy,2001,71(1):1-49.
- [5] 樊小林,刘芳,廖照源,等.我国控释肥料研究的现状和展望[J].植物营养与肥料学报,2009,15(2):463-473.
- [6] 申亚珍,赵聪,周健民,等.基于反应成膜技术的水基丙烯酸酯乳液包衣控释肥料的研制[J]. Chinese Journal of Chemical Engineering,2015,23(1):309-314.
- [7] Han X Z, Chen S S, Hu X G. Controlled release fertilizer encapsulated by starch/polyvinyl alcohol coating[J]. Desalination,2009,240(1/2/3):21-26. ■

太钢采用煤调湿技术后,在保证焦炭质量的前提下,焦煤和肥煤的配比分别降低5%和4%,同时瘦煤和气煤的配比从16%提高到22%,弱粘煤配比提高了5%,年可节约炼焦煤采购费用400多万元;装炉煤堆密度提高了6.9%,结焦时间缩短了1 h,焦炉生产能力提高了7%,煤气产量增加了4.5%,通过增加焦炭和煤气产量可年创效益4 500多万元;焦炉标准温度降低了30℃,工序能耗约降低9%;剩余氨水量减少8~10 t/h,节约蒸氨用蒸汽1.5 t/h,全年降低能源成本70多万元;炼焦过程的酚氰污水外排量减少3.5%,环保效果显著。

3.1.2 运行问题及解决措施

太钢的煤调湿设备在运行初期,由于7.63 m焦炉采用PROven负压装煤技术,加快了细煤粉在上升管、炉口的沉积速度;同时荒煤气中夹带的细煤尘增多,造成化产系统煤气设备阻力增大,吹扫频次增加,焦油氨水分离难度加大,硫铵产品中有细煤尘等问题。为此太钢优化完善了装煤操作和煤气净化系统,基本解决了运行中出现的问题,具体措施包括:调整装煤细度为 $78 \pm 2\%$,控制 ≤ 0.5 mm 粒级质量分数不大于40%;调整上升管根部吸力至负压200 Pa,保证无烟装煤同时合理控制吸入粉尘量;在煤气系统增设除尘氨水喷头,控制调节横管冷却器的喷洒液质量,降低煤尘对管道和净化设备的影响,并在循环氨水泵出口安装过滤器,监测悬浮物含量,防止带入堵塞氨水喷头;增设焦油二级处理设备,加强焦油产品离心分离处理,并增设焦油渣破碎泵,添加破乳剂,进一步提高分离效果;防止炭化室顶部积焦,在推焦头加装空气燃烧装置及刮焦板,及时清理炉顶结焦。

3.2 宝钢的煤调湿技术设备

3.2.1 设备概况及其运行效果

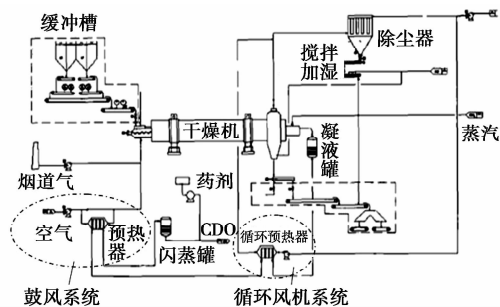
宝钢现有2套煤调湿设备,其中一期工程所建设备于2008年4月投产,与4座新日铁M型复热式6 m焦炉配套使用,装炉煤水分质量分数控制在6.5%左右;四期工程所建设备于2012年10月投产,与2座JNX70-3型复热式7 m焦炉配套使用,装炉煤水分质量分数控制在7.5%左右。

宝钢一期工程在采用煤调湿技术后,装炉煤堆比重提高了1%,焦炉产量提高了3%,焦炭M40提高了2%,焦炉煤气量增加,废水排放量减少,每生产1 t焦炭可节约能耗6 kg标煤,年降成本约4 000万元^[2]。

3.2.2 运行问题及解决措施

宝钢针对一期煤调湿设备运行中出现的问题,

在建设四期煤调湿设备时进行了相应的优化改进,结构更简单,节能效果更好,详见图1。将焦炉烟道气分为两路引入干燥机系统,一路作为载气代替预热空气进入干燥机进料端,利用烟道气的惰性降低系统氧含量,取缔了一期时采用的鼓风机系统;一路接入干燥机废气排出管道加热废气达85℃以上后,再送入干燥机除尘器,不再利用循环风机作为提高干燥机除尘袋室温度防止除尘布袋结露,取缔了一期时采用的循环风机系统。另外,对除尘系统及其内部烟气管道进行蒸汽伴热并保温,彻底消除了布袋被尘泥堵死的情况,减少了随烟气进入集气管的粉煤量,减轻了对后续工艺的煤气、焦油产品质量的影响;在干燥机除尘出口管道上设置了粉尘浓度在线检测装置,实时监控除尘布袋的粉尘泄漏情况,保证了除尘效果^[3]。



注:虚线部分是四期工程取缔的两个系统

图1 宝钢一、四期的煤调湿工艺流程对比

3.3 攀钢的煤调湿设备

攀钢现有1套煤调湿设备,设计处理能力330 t/h,于2009年7月投产,与新3号、4号5.5 m捣固焦炉配套使用。该设备利用攀钢现有管网中的低压蒸汽作为热载体,对装炉煤料进行干燥处理,使煤料水分由12%降至约9%,能够有效确保捣固煤饼的成型率。

3.4 我国第二代煤调湿技术的创新性

与日本相比,我国拥有自主知识产权的第二代煤调湿技术设备运行更可靠、更安全。以日本TSK为韩国浦项提供的450 t/h蒸汽管回转干燥煤调湿设备为例,其在使用1年多时间内发生了8次粉尘爆炸和火灾;而宝钢、太钢、攀钢的煤调湿设备,运行安全平稳,无火灾事故发生。这主要是由于我国第二代煤调湿技术采用了一系列创新成果,例如:太钢的专利技术“干燥机尾气除尘器循环加热防结露技术”有效地减少了布袋运行结露,除尘系统防堵和密封锁气技术杜绝了煤粉堆积自燃现象,进一步保障了设备的安全稳定运行;宝钢煤调湿设备新增加

了焦炉烟道气的回收利用,这也是宝钢最大的创新之处,将烟道气作为载气不但降低了干燥机低压蒸汽和氮气保护气的使用量,也有利于控制干燥机系统的氧含量等。

4 第三代煤调湿技术在我国的应用情况

我国第三代煤调湿技术经历了从引进到自主创新的过程,其中比较有代表性的是马钢引进的新日铁第三代固定流化床煤调湿技术,以及邯钢采用的我国具有自主知识产权的全沸腾旋流流化床煤调湿技术。

4.1 马钢的煤调湿设备

4.1.1 设备概况及其运行效果

马钢是我国最早采用第三代煤调湿技术的企业,建有1套日本第三代固定流化床煤调湿设备,设计能力为200 t/h,与5号、6号 2×50 孔6 m焦炉配套使用,于2011年7月建成投产。该煤调湿项目是日本新能源及产业技术开发组织与国家发改委共同选定建设的节能环保示范项目,总投资1.4亿元人民币,其中包括日本无偿提供的约0.86亿元人民币的主体设备和马钢投入0.54亿元人民币建设的配套设施。

4.1.2 运行问题及解决措施

马钢的煤调湿设备在投运初期,出现了推焦电流增大、结石墨现象严重、细煤粉影响煤气净化系统以及炉体维护量增加等问题,为此采取了相应的解决措施:在保证焦炭质量的前提下,通过提高高挥发分弱黏结煤的配比增大焦饼收缩率,减小推焦阻力,降低配煤成本;通过尽量减少备煤和炼焦环节产生的细煤粉量,减轻结石墨现象和煤气净化系统的运转负荷,设备运行情况得到了明显改善^[4]。

4.2 邯钢的煤调湿设备

4.2.1 设备概况及其运行效果

在马钢引进日本第三代煤调湿技术的基础上,中冶焦耐工程技术有限公司与长沙通发高新技术开发有限公司联合自主开发出了全沸腾旋流流化床煤调湿技术,于2012年在邯钢邯宝公司焦化厂建成投产了国内首套全沸腾旋流流化床煤调湿设备,设计能力 2×195 t/h,与 4×42 孔JNX70-2型复热式7.0 m焦炉配套使用。全沸腾旋流流化床调湿机将封闭式机壳内全沸腾旋流流化床分为干燥前段和干燥后段,干燥前段下方和干燥后段下方分别设有多个独立风室,分别与进气管道连通,并设有独立调节装置。在第一风室处设计了大颗粒物料排出装置,能将粒度 ≥ 25 mm不能流化的煤料及时排出,确保

流化床长期稳定运行。在原料煤水分质量分数为9%~14%的条件下,调湿后的煤水分质量分数降至6.5%~7.0%。

4.2.2 运行问题及解决措施

该设备在实际生产过程中,为避免空气进入造成设备氧含量超标,采取微正压操作,将调湿机烟气排出口压力设为 ± 100 Pa;为了保证煤气净化系统不受煤调湿工艺影响,在初冷器前增设了空塔对荒煤气进行洗涤;为了确保焦油质量不恶化,在焦油工序增设了超级离心机等,运行一直比较稳定^[5]。

4.3 我国第三代煤调湿技术的创新之处

我国自主创新的第三代全沸腾旋流流化床煤调湿技术,改变了传统固定流化床的结构和煤料移动方式,使煤料在设备内螺旋式前进,延长了煤料在设备内的换热接触时间,提高了调湿效果;另外,克服了固定流化床设备布风板堵塞和漏料、流化不均、干燥效果差和热效率低、刮板机结构复杂、故障率高等问题。马钢与邯钢的煤调湿技术设备主要区别详见表3。

表3 马钢和邯钢的煤调湿技术设备主要区别

| 项目 | 干燥机类型 | 煤料移动形式 | 功能 | 煤水分降低 |
|----------|----------|----------|------------|-----------|
| 马钢(日本设备) | 固定流化床 | 高速斜向气流推动 | 调湿 | 降至6% |
| 邯钢(国产设备) | 全沸腾旋流流化床 | 螺旋式前进 | 调湿、大粒度煤料排出 | 降至6%~7.5% |

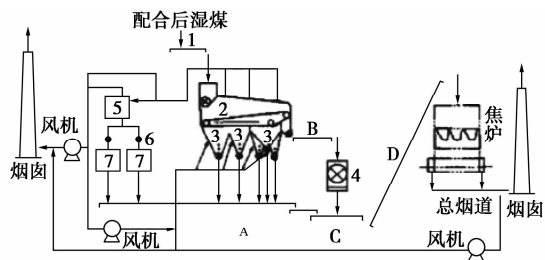
5 第四代煤调湿技术

第四代煤调湿技术是我国在日本流化床煤调湿技术的基础上,结合俄罗斯煤风选技术,自主开发出来的集分级与调湿功能于一体的新技术,目前采用该技术的主要有济钢和昆钢。

5.1 济钢和昆钢的煤调湿设备

济钢与清华大学、大连理工大学合作,自主创新开发出了固定流化床风选分级煤调湿技术,并于2007年10月在济钢焦化厂建成投产了1套300 t/h的煤调湿设备,与5座JN43-80型焦炉配套使用。其工艺流程见图2,未粉碎的配合后湿煤首先经上料皮带机进入流化床风选调湿器,与从流化床下部通入的焦炉烟道气直接接触,进行干燥调湿与分级。经风选分离出粒度 < 3 mm的煤料(占总量的30%~40%)从移动隔板式流化床底部排出,直接落到煤塔上煤皮带机,不再进入粉碎机,从而减轻粉碎机负荷;粒度 > 3 mm煤料经皮带机送至破碎机粉

碎,然后与小粒度煤料在煤塔上料煤皮带上混合,送至煤塔。布袋除尘器排出的 $<0.5\text{ mm}$ 煤粉(占总量的3%~5%)由给料机送至高压成型机压球,再经皮带机送至煤塔。



1—上料皮带机;2—流化床风选调湿器;3—排料机;4—破碎机;
5—布袋除尘器;6—给料机;7—高压成型机;
A—煤塔上煤皮带机;B—粗煤料皮带机;C、D—运煤料皮带机

图2 济钢风选分级调湿工艺流程

济钢的煤调湿设备投产后,入炉煤粒级组成明显优化,配合煤水分降低约2%,焦炉增产约11%,焦炭强度提高约1.7%,每吨煤剩余氨水减少约44 kg,炼焦耗热量降低约5%,年创效益2 670万元。

2009年济钢的煤调湿技术设备成功输出昆明焦化制气厂(该厂现隶属于昆钢),建设了1套处理能力为180 t/h的煤调湿设备,为2座JNDK43-99D型4.3 m捣固焦炉处理配合煤。设备投产后,配合煤水分降低2.2%,焦炉生产能力提高5%,年节能4 937 t标煤、减排 CO_2 约8 700 t、减少焦化废水处理量2万t,取得了良好的经济和环保效益。

5.2 我国第四代煤调湿技术的创新之处

我国自主研发的第四代风选分级煤调湿技术与前三代煤调湿技术相比,多了一个煤料风选分级功能。前三代煤调湿设备都是设置在粉碎机后,第四代煤调湿设备则是设置在粉碎机前,首先采用风动原理分选出小粒度煤料,从而减轻了粉碎机的负荷,降低了能耗。另外,济钢采用第四代煤调湿工艺还配备了高压成型机,将细粉煤制成型煤,回收利用了细粉煤。

6 结论

根据国内各钢铁企业煤调湿设备的实际运行数据,发现增设煤调湿设备后,装炉煤水分的质量分数从10%~14%降至约6.5%~9.0%,含水量每降低1%炼焦耗热量就减少62 MJ/t,炼焦能耗明显下降;随着装炉煤水分的降低,装炉煤堆密度提高,煤料干馏时间缩短,焦炉生产能力提高7%~11%,焦炭反应后强度提高1%~3%,在保证焦炭质量不变的情

况下,还可多配弱黏结煤;另外,煤料水分的降低可减少产生1/3的剩余氨水量,减轻废水处理装置的生产负荷。但是在各企业增设煤调湿设备后,也出现了一些可以解决的共性问题,主要体现在两个方面:一是原料煤经调湿后,水分减少,粉尘量较湿煤增加,必需建设专门的除尘设施,解决转运与装煤过程中的扬尘问题;二是工艺系统中的细煤粉量增加,需要增设离心机等相应的设备,避免煤气、焦油的产品质量下降。综合考虑,建设煤调湿设备是利大于弊。

从国内目前四代煤调湿技术的实际应用情况来看,第一代技术已被淘汰;第二代技术最为成熟可靠,尤其是太钢、宝钢等企业已经积累了丰富的实践经验,但是该技术有一个弱点,即采用多管回转干燥机间接加热煤料,与第三代、第四代技术相比存在能耗相对大的问题;第三代技术采用流化床直接加热煤料,节能效果优于第二代,尤其是国内自主创新开发的全沸腾旋流流化床煤调湿技术克服了日本开发的固定流化床技术的缺点;而我国自主研发的第四代煤调湿技术,新增了风选分级功能,在节约能源、提高焦炭质量、增加焦炉产量方面同第三代技术相比均有明显的优势。因此,新建煤调湿技术项目优选第三代或第四代技术,具体还需要综合考虑炼焦企业的原料煤特点和处理量、焦炉烟道废气量、现有除尘设施、甚至当地的气候特点等多方面因素。未来,随着新环保法的实施,对炼焦生产提出了更高的节能环保要求,煤调湿技术在我国的应用前景将更为广阔。

参考文献

- [1] 贺世泽,李双林. 炼焦入炉煤调湿技术在太钢的应用[J]. 煤质技术,2012,(2):66-68.
- [2] 余国普. 宝钢炼焦节能技术的成效及展望[J]. 冶金能源,2015,(1):7-9.
- [3] 程乐意,张福行,李良华. 宝钢煤调湿技术的改进[J]. 燃料与化工,2015,(1):16-18.
- [4] 李强,王水明,蒋玄. 第三代煤调湿技术在生产实践中的应用[J]. 燃料与化工,2014,(5):18-20.
- [5] 刘春雷. 邯钢烟道废气煤调湿技术的应用[A]. 见:2013年干熄焦技术交流研讨会论文集[C]. 北京:中国金属协会,2013:283-287.
- [6] 罗时政,陈昌华,齐娴,等. 济钢焦化技术进步与发展方向[J]. 山东冶金,2010,(2):4-10.
- [7] 谭豫章,赖云杰,张晓军. 昆明焦化制气有限公司煤调湿技术的应用[A]. 见:中国炼焦行业协会五届三次会员(理事)大会论文集[C]. 北京:中国炼焦行业协会,2010,219-226. ■