

电力行业管理与执法实务全书

锅炉运行与维护 (四)

卢炳瑞 主编

中国言实出版社

图书在版编目(CIP)数据

电力行业管理与执法实务全书 / 卢炳瑞主编 .

—北京 : 中国言实出版社 , 2004.9

ISBN 7-80128-321-6

. 电...

. 卢...

. 电力工业 - 法规 - 中国 - 汇编

. F407.616

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 103281 号

中国言实出版社出版发行

(北京市西城区府右街 2 号 邮政编码 100017)

中铁十六局印刷厂

787 × 1092 32 499.125 印张

2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月第 1 次印刷

印数 : 1 ~ 1 000 册

定价 : 2560.00 元(本卷 16.00 元)

目 录

ABB ~ CE 公司的循环流化床燃烧锅炉	1
ABB ~ CE 德洲—新墨西哥州电力公司 (TNP)的 150MWE 的 CFBC 锅炉	2
35T/H 循环流化床锅炉的研制与推广	5
加大技术改造力度发挥流化床锅炉的巨大效益	12
循环流化床锅炉在热电联产中的应用与发展	22
对 B&WB75/5.3M(F)循环流化床锅炉应用的剖析	36
关于循环流化床锅炉热平衡、灰平衡问题	49
循环流化床锅炉燃煤制备系统	57
循环流化床锅炉内衬的性能要求及其应用	69
谈风水联合冷渣器及 L 阀的使用与改进	74
FW 技术导向风帽式循环流化床锅炉磨损问题 分析及技术改造方案	85
清洁能源技术——循环流化床(CFB)电站锅炉	95
一种新型防粘堵专利技术的笼式滚筒筛	106
锅炉大气污染物排放标准	116
监护制不落实工作人员坠落	122
安全措施不全电除尘内触电	124
安全措施不到位热浪喷出酿群伤	127
违章接电源触电把命丧	129

锅炉过热汽温的预测智能控制.....	131
锅炉给煤系统落煤管新型振动器	136
淮北电厂 #1 炉磨煤机润滑油系统油温偏高原因 分析及处理	139
锅炉减温器联箱内壁裂纹的超声波检验.....	142
KZL4 ~ 13 ~ A 锅炉改造	147
600WM 锅炉 FSSS 的基本功能要求.....	151
KZL4 ~ 13 ~ A 锅炉的除垢与保养.....	159
29MW 流化床锅炉机组运行五年来故障、事故 分析、防范及总结.....	165
锅炉受热面管道事故分析.....	169
淮北发电厂典型事故汇编(锅炉篇).....	174

ABB ~ CE 公司的循环流化床燃烧锅炉

ABB ~ CE 公司的 CFBC 锅炉技术是从德国鲁奇 (Lurgi) 化工公司引进的, 自 1986 年按此技术制造的第一台 295.5t/h, 101bar, 5100 的 CFBC 锅炉在费城附近的 scott 造纸厂投运后, 到 1992 年已制造了 22 台。CFBC 锅炉, 其中最大的为 150Mwe 500T/H, 137.1bar, 540.6/540.60 再热 CFBC 锅炉。

ABB ~ CE 的 CFBC 锅炉的结构, 固体燃料的循环流动, 完全采用典型的鲁奇系统, 如图 4 所示。烟气携带的固体物料被旋风分离器收集后靠重力流入密封箱或称密封釜 (sealpot)。然后一部分流入换热床 (fluidized bed heatexchange—fbhe) 在床中被低速流化风 (约 1M/S 上下) 流化, 将一部分热传给埋在床中的受热管排, 受到一定冷却后流入主床, 一部分通过机械调节水冷直接流入主床。通过调节两者流量即可调节主床温度。

大颗粒的煤或其它燃料一般经过两级破碎, 最后破碎到 1/4 寸以下的颗粒 (注意: 1/4 寸 (6MM) 的极少量), 平均直径 600 ~ 800MM 时送入炉中, 有时与直接入炉的固体颗粒混合后入主床。有时分数点送入主床, (破碎系统与 FW 类似)。

燃料灰份少时, 或烧天然气时, 为了保持循环物

料的平衡,设有惰性物送入系统,惰性物一般为球形石英砂,或储存的能自由流动的灰粒。用气力输送送入密封箱或直接入主床。

排灰可由密封箱排掉,主床中大颗粒灰经水冷蛟龙冷却后送至出灰系统。

ABB ~ CE 德洲一新墨西哥州电力公司(TNP)的 150MWE 的 CFBC 锅炉

两台 ABB ~ CE 公司的 150MWe 的 CFBC 锅炉装于 TNP 公司在德州的 Waco 电厂中。锅炉结构与一般大型 Iurgi 式 cfbc 锅炉相同,燃烧室下部分成两个密相床,与其上县浮段形成裤叉形。密相床部分成斜漏斗形,水冷壁上涂有耐火材料以防磨损及腐蚀。一次风从水冷风箱送入,风量占总风量的 60%。二次风分两级在不同高度送入。密相区流入风速 5.0M/S 喷入两次风后,上部风速为 6.0M/S。

为了使结构紧凑,两个密相床外侧贴炉墙各装一换热床,内置蒸发、过热、再热埋管受热面,汽水系统示于图 6 中,蒸汽产量 500t/h 压力 138Bar, 540.60 给水温度 230.60 。再热蒸汽流量 448.9t/h, 331.10 。再热至 540.60 。

所燃为褐煤,工业分析为:水份 30.7%,挥发份 27.0%,固定碳 26.8%;灰份 15.5%,高位发热量为

15661KJ/Kg(3741Kcal/kg)过热蒸汽,再热汽温的调节由:喷水、调节换热床传热情况,改变燃烧室温度而改变蒸发受热面吸热量来完成。

受热面吸热分配如下。给水加热及蒸发:燃烧室 60%,换热床 20%。省煤器 20%,过热能为,换热床 40%,对流过热器 60%,再热热换热床 50%,对流再热器 50%。由于采用了分段送风,同时燃烧温度也低,NOX 排放远低于环保许可值。所燃褐煤含硫较高,燃烧中加石灰石脱硫,在钙镁加量比为 $Ca/S = 2.2$ 时,脱硫效率达 90%,SO₂ 排放低于环保允许值,但 Ca/S 却超过原设计的 $Ca/S = 1.5$ 。由于脱硫后烟气导电系数低,不宜用静电除尘,故采用布袋除尘,效果也满足了环保要求。

旋风分离器未采用水冷或汽冷因此耐火材料较厚。启动时升温不得过快,否则会裂开而下落,因此启动时间达 20 小时。

该炉设计时留有较大裕量,实际运行负荷可达 165Mwe,超过设计值 150Mwe10%。

考察了 FW 公司,ABB ~ CE 公司的 CFBC 锅炉之后,虽然未窥全貌,也大致了解了 CFBC 锅炉在美国的发展情况,主要。

1、CFBC 锅炉在美国的发展相当快,原因是烧高硫煤时,采用 CFBC 锅炉在燃烧中加石灰石脱硫比煤粉炉

加烟气脱硫(FGD)经济得多。

2、CFBC 适于烧灰份多低发物含量、难于燃烧的燃料,如无烟煤矸石、无烟煤、石焦油、褐煤废渣等。

3、除可脱硫外,NO,CO 等污染气体排放量低。

4、CFBC 锅炉单位容量在不断扩大,目前已达到 100 ~ 150MC 正在向 230 ~ 250Mwe 发展。

5、锅炉结构复杂,分离器尺寸庞大,使锅炉造价高于煤粉炉。

6、不同型式的 CFBC 在平行地发展,发挥优点、克服缺点、正如煤粉炉,发展至今已七,八十年仍,存在不同流派,CFBC 锅炉恐怕也将如此。

最后对我国发展 CFBCA 锅炉的一些想法,分述如下,我国同硫煤较多,难燃的无烟煤,低质煤也将增多,有必要发展 CFBC 锅炉。目前我国已发展到容量 75T/H 正在开发 220T/H(50MWE)的 CFBC 锅炉,电力工业应给予更大支持和合作,以使其容量尽快提高达到 100,200,甚至 300MWe。

我国在流化燃烧研究开发上起步较早,但因人力物力不足,虽然在数量上 FBC 锅炉已达 3000 台以上,为世界之冠,但在 CFBC 方面却落在西方之后。

我国在 CFBC 设计上有独特的想法,如副床与 Intrex 相同,但国外却投入大量人力使之完善化,既

简化了锅炉结构,运行了又灵活方便可靠。通道方式分离器(即 S 型分离器)也是我国首先想出的,据了解国外有关厂家都在开发它。希望我国投入人力物力开发它,使之尽早完善化,在国际上领先,并使锅炉造价与煤粉炉相同或更低。

我国应大力开发 CFBC 锅炉的主要辅机,如高压头风机、钢棍滚筒磨的生产。

35t/h 循环流化床锅炉的研制与推广

一、前言

35 吨/时循环流化床发电锅炉的研究,开发和定型推广,是中国科学院工程热物理研究所牵头承担的国家七五科技攻关任务,它被列入七五国家重点科技攻关计划重点项目的四百项新产品中,由济南锅炉厂进行施工设计和加工制造,安装在明水热电厂的 35T/H 循环流化床锅炉 4 号炉於 1989 年 12 月通过了部级技术鉴定,它是我国第一台并网发电的循环流化床锅炉,填补了国内发电锅炉应用循环流化床技术的空白。不少单位到明水参观,实习,这台锅炉的运行对促进循环流化床技术在中国的发展和推广起到一定作用。目前国内已有数十家研究单位和制造厂进行循环流化床锅炉的研制和技术开发,已有多种型投入运行,两种结构的 75T/H 分级循环流化床锅炉通过了部

级产品鉴定,由中国科学院承担的国家八五攻关课题研究 220T/H 循环流化床电站锅炉的任务在顺利实施中。

二、35T/H 循环流化床发电锅炉

1、背景

1986 年工程热物理研究所与煤炭部科技司签定了承担研制 35T/H 循环流化床发电锅炉的“七五”科技攻关合同,经过一段时间的酝酿和组织,工程热物理所分别与济南锅炉厂、明水热电厂、中科院沈阳金属研究所、广州能源研究所、自动化研究所、化工冶金专题合同,明确了各单位承担的任务根据安排由工程热物理所提出的锅炉总体技术方案,在该所参与下济南锅炉厂负责设计和加工制造。经过调查研究和总结 2.8MW 循环流化床燃烧装置的试验结果及 10T/H 循环流化床锅炉的设计的经验,提出了采用分级循环的流化床燃烧系统的 35T/H 炉的设计方案。

2、分级循环流化床燃烧系统

循环流化床燃烧系统中由于快速运动的物料颗粒与壁面相碰撞,使得壁面材料受到磨损,物料自身经受粉化,磨损率 M 除了与碰撞材料的物性等因素有关外,相碰时的速度 V 和物料粒径 DP 是两个重要因素,近似有 $MCPP2V3$ 为了减轻发生的磨损和粉化,对循环

物料按其粒径粗细进行分离收集和返料是一个途径。即可以先通过一个低速的惯性分离室,由于速度比较低,其磨损和粉化可显著减为了得到必要的循环物料量和较好的燃尽,再用一个旋风分离器来分离收集更细的物料,使其循环再燃,因为这里是细颗粒,磨损和损化也较轻微,构想的这种物料分级循环的燃烧系统,应用于 35T/H 循环流化床锅炉,取得了较好的效果。惯性分离器的分离效率 η_X 为旋风分离器的效率为 η_g 因而分级循环燃烧系统的分离效率为 $\eta = \eta_g + (1 - \eta_g) \eta_X$ 分离效率得到提高,物料的循环量有加大的可能,由于粉化情况的改善,使燃烬状况变好,锅炉原始排放浓度降低。

表征循环流化床燃烧性能的一年重要参数是循环倍率 $R = MS/MF$,它是循环物料质量流率 MS 和加煤率 MF 的比值。在同样的循环物料量 MS 条件下,随煤种和煤的发热量不同,给煤量 MF 有很大差异,则循环倍率也发生很大变化,测量 R 值又比较困难,尤其是在热态条件下就更不容易了,反应炉膛换热情况的应是炉膛内烟气中携带的固体物料的平均浓度。

在 2.8MW 试验装置上实测的物料浓度于换热系数的关系,随着炉膛内固体物料浓度的增高,换热加强。目前在循环流化床锅炉设计中,由于对其工作过程的

认识尚不够深入,没有制定设计计算方法,一般根据试验数据凭经验选取传热系数,来确定水冷壁受热面,若传热系数选得低了,炉膛受热面必然增加,流速一定时必然使炉体加高,增加设备投资和厂房的基建费。若传热系数选得高了,则炉内物料必须到很高的浓度才能达到额定出力。如果燃料中含灰量少,又分离器效率不高时,将发生达不到预期的较高的物料浓度,发生锅炉出力不足,或运行中需不断向炉内加炉渣或加砂,这会导致炉内磨损加剧,因而在燃烧系统设计时,选取适当的传热系数是至关重要的。

3、锅炉结构

该锅炉是中温中压发电锅炉,单汽包自然循环。燃烧室下部采用风帽结构的矩形布风板,中心略微陷,以利于排渣,布风板上约 2 米处,炉膛逐渐扩大,燃烧室上部四周为膜式水冷壁受面。挟带固体颗粒的烟气,经炉膛出口烟窗先进入第一级分离器—惯性分离器,使较大颗粒的物粒度收集下来,过返料器且送到燃烧室,通过惯性分离器的烟气再进入旋风分离器,这里收集到的较细物料,经过返料器送回流化床底部循环再燃,返料器为 U 型阀结构,该锅炉的对流受热面与常规锅炉相同,即有高温过热器,面式减温器,低温过热器,省煤器和两级空气预热器。

燃烧空气分一、二次风分级供应,一次风通过布风板进入燃烧室,供物料的流化和燃烧。二次风在布风板上都不同高度的 8 个,135 风管引入。其风量各占约 50%这样扩展了负荷调节范围,也减少了风机电耗。燃烧系统设置了观察窗、测温、测压点。以便对炉内燃烧状况进行监测和控制。考虑到意外事故发生,在惯性分离器处设置了防爆门。

4、锅炉的调试与运

明水热电厂的 4 号炉于 1988 年 11 月 3 日一次点火成功,在试运过程中出现的主要故障与问题如表一所示。它是设计,安装施工材料等方面存在问题总暴露。经多次分析研究、现场考察、向相关技术的专家请教,找出了故障原因和解决办法,经完善性大修和操作人员运行经验的积累,从开始的时断续中,小负荷运行到能够连续稳定的大负荷运行,经过了艰难曲折的路程。

5、热工测试与污染物排放

于 1989 年 9 月 23 ~ 27 日由上海发电设备成套设计研究所按国家标准 GB10184 ~ 88,对明水 4 号炉进行了热工测试。经过改进的 YG ~ 35/3.82 ~ M3 型循环流化床锅炉,在河南焦窑矿电厂和河击滑县热电厂也分别进行了热工测试,锅炉的总体性能如表二,其燃

煤的煤质分析见表三。明水4号炉在燃用高硫烟煤时,热效率为86.3%达到了攻关指标,滑县热电厂的YG~35/3.82~M,炉燃用贫煤时,热效率提高到89.2%焦窑矿电厂燃用劣质无烟煤时热效率达到80.4%。在明水的4号炉上还进行了锅炉的变负荷性能测试,负荷从50~110%变化,锅炉实测热效率大于83%,燃烧稳定,蒸汽参数满足汽机要求。

明水4号炉尾部配有文丘里水膜除尘器,由济南市环保监测站对除尘器效率、烟尘排放进行了测试,其结果示于表四,在燃用烟煤时,满负荷运行时,烟尘排放浓度为360.4mg/NM³;脱硫试验结果见表五,当CA/S=1.9时脱硫效率为82.16%,当床温900℃时NO_x排放为391.1mg/NM³(a=1.8时),可见循环流化床锅炉为高效低污染的燃烧设备。

三、技术经济状况

35吨/时循环流化床锅炉的运行和推广表明,这种炉型在技术上是可行的,燃烧经济性好,目前我国供应的煤质量多变又多碎屑,采用这种炉型是很适宜的,在脱硫和降低NO_x方面较链条炉和煤粉炉优越。与同容量锅炉相比,金属耗量相当,造价相差不多,但优质抗磨耐火材料用量多,安装费用较高。下面我们通过几个方面进行技术经济分析。

1. 锅炉自身电耗

流化床锅炉电耗高是众所周知的。35 吨/时循环流化床锅炉采用分级送风,一次风机电机功率为 135KW 二次风机电机功率为 55kW,引风机和给煤机与鼓泡相当,而鼓泡床锅炉只有一次风机,电机功率约 400kW,所以,35 吨/时循环流化床锅炉比同容量的鼓泡床锅炉电耗要少的多,明水热工测试满负荷运行时,实测锅炉自用电 ~4%(不包括水泵用电),比链条炉电耗高,但热效率提高 1%就可以补偿。

2. 烟尘排放浓度

热工测试燃用烟煤时,锅炉了口含尘小于 10 克/标米³,而燃有贫煤时,则含尘 ~17 克标米³,比链条炉排炉尘浓度高,但低于煤粉炉,若初投资经费允许,可选用静电除尘器或袋式除尘器。

3. 煤种适应性

循环流化床锅炉煤种适应性好,效率高,使用户得到很好的经济效益。明水热电厂的 35 吨/时循环流化床锅炉从投运到 92 年 6 月已燃用约 6 万吨炉渣和 3 万吨矸石,该炉排出的炉渣又全部作为水泥的掺合料加以利用,节省燃料费约 360 万元。河北焦窑坑口电厂安装了两台 35 吨/时循环流化床锅炉,燃用本矿自产的无烟煤没有销售市场堆积如山锅炉热效率达到

80%, 两台炉年运行均在七千小时以上, 年盈利约 89% 河南滑县热电厂安装的循环流化床锅炉运行稳定环境洁净锅炉热效率达 8% 与该厂的链条炉相比, 每天可节省煤原 40 吨, 是国内目前循环流化锅炉运行最好的一例。济南锅炉厂已签定销售合同约 50 吨, 有十多台已投入运行。多数用户因选用循环流化床锅炉而取得较好的效益。由于各种原因有些循环流化床锅炉未能达到较好的运行状态, 相信随着设计、安装、运行、管理经验的积累和水平的提高, 问题会得到逐步解决的。

四、结语

国家“七五”科技攻关研制 35 吨/时循环流化床锅炉的任务, 经三年多的努力, 达到了预定的攻关目标和性能指标, 得到一定的推广应用, 取得了较好的社会效益和经济效益, 这一技术具有广阔的应用前途。

加大技术改造力度发挥流化床锅炉的巨大效益

1. 前言

流化燃烧技术是在 60 年代发展起来的一种洁净燃烧技术。它的最大特点是燃料在炉内通过物料循环系统循环反复燃烧, 使燃料颗粒在炉内滞留时间大大

增加;直至燃烬。燃烧效率显著提高,不仅如此,循环流化床锅炉还具有适用煤种广、负荷调节性能好、灰渣综合利用性能好等一般常规锅炉所不具备的优点,因此得到了广泛的应用和推广,特别受到中小型热电厂的青睐。临沂热电厂于 98 年 3 月投产运行一台济南锅炉厂生产的 466 型 75t/h 循环流化床锅炉,该炉是中科院工程热物理研究所与济南锅炉厂共同研制开发的新型产品,型号为 YG~75/3.82~M1,该炉采用高温旋风分离器,炉膛为膜式水冷壁结构,过热器分高、低温两级,中间设喷水减温器,尾部设三级省煤器和一、二次风空气预热器,采用床下油点火,入炉煤粒度 0~13mm,设计烟煤发热量 3000kcal/kg。

2. 通过技术改造和设备治理,提高锅炉的运行的经济效益

流化燃烧是一门新的燃烧技术,需有一个认识和熟练的过程才能掌握其规律,在理论上尚有许多不成熟和不完善的地方,加之国内开发、研制的流化床锅炉,由于资金投入不足,开发力量分散,试验手段欠缺等因素的制约,新研制的锅炉推上市场后,必然会出现这样或那样的问题。

我厂 75T/循环流化床锅炉投产运行以来,发现在设计上和结构上许多不甚合理之处,经过不断的探索