

文章编号: 1004-8774(2008)06-32-05

水煤浆锅炉应用与系统设计

成预林,季云金,徐永前

(苏州工业设备安装集团有限公司,苏州 215128)

Application and System Design of CW S-fired Boiler

CHENG Yu-lin, JI Yun-jin, XU Yung-qian

(Suzhou Industrial Equipment Installation Group Limited Company, Suzhou 215128, China)

摘要:以煤代油是我国的一项基本能源政策,水煤浆是煤炭深加工产品——洁净煤的一种。文章以水煤浆锅炉的实际应用为例,介绍水煤浆锅炉在降低用热成本、节约能源、减少排放方面的突出表现,分析水煤浆及水煤浆锅炉的燃烧特点,总结水煤浆锅炉的选型、水煤浆锅炉系统设计以及水煤浆锅炉应用的一些经验。

关键词:水煤浆;水煤浆锅炉;选型与系统设计;特殊操作要求

中图分类号:TK229

文献标识:B



第一作者:成预林,大专,毕业于苏州第二轻工职工大学,高工,从事锅炉工作26年。

0 前言

受国家环保政策的约束,燃油、燃气锅炉得到广泛应用。但是,我国石油资源相对短缺,以煤代油是国家的一项基本能源政策,水煤浆是煤炭深加工产品——洁净煤的一种,其发展与应用得到了国家能源政策的扶持和国家领导人的关心。水煤浆在工业锅炉上的应用,近几年来得到了很大发展,在锅炉结

构、燃烧技术、环保措施等方面都得到了不断完善。

1 水煤浆锅炉应用实例及运行情况介绍

苏州工业设备安装集团有限公司锅炉分公司近几年在水煤浆锅炉的安装以及锅炉系统设计方面做了很多工作,取得了一些成功经验和实践数据,几台典型水煤浆锅炉的实际运行情况见表1,其中百福公司锅炉运行费用见表2。

表1 水煤浆锅炉运行情况

单位名称	原使用锅炉	新更换锅炉	使用情况比较	统计日期
苏州百福纺织印染有限公司	YYL(Q)W—1800Y 燃重油热载体锅炉	QXSW 2.92—1—MH 水煤浆热载体锅炉 (带蒸汽发生装置)	按月统计:燃料费降低约16.8万元,产蒸汽约1.8万元,电耗增加约2.5万元,人工费增加约0.4万元,维修、轻油等其它费用的增加1.2万元,实际运行成本降低约14.5万元(详细数据见表2)。	2006年8月
苏州华圣织染有限公司	YYW—1800Y 燃重油热载体锅炉	QXSW 2.92—1—MH 水煤浆热载体锅炉	情况与上基本相同	2007年6月
苏州日中天化纤有限公司	DZL 4—1.25—A II 燃煤蒸汽锅炉	SZS 6—1.25—J 水煤浆蒸汽锅炉	在用热相同情况下,原使用原煤约12 d/t,现使用水煤浆8 d/t	2008年4月
苏州飞龙净化设备有限公司	DZL 4—1.25—A III 燃煤蒸汽锅炉	SZS 4—1.25—J 水煤浆蒸汽锅炉	每张防火板产品燃料成本降低约6元,扣除人工、电力等增加成本,实际降低约3.5元(原锅炉每吨煤可生产100张防火板)。	2008年7月

收稿日期:2008-09-11

表 2 百福公司锅炉运行费用比较 (2006年 8月)

燃料	月消耗量 /t	燃料单价 /(元·t ⁻¹)	燃料总价 /万元	电力增加 /(kW·d ⁻¹)	人工增加 /(人·d ⁻¹)	蒸汽供应 /(t·d ⁻¹)
水煤浆	~220	750	16.5	~600	2	~5
重油	~90	3700	33.3	-	-	-

分析表 2 列举数据,水煤浆锅炉在降低用热成本、节约能源方面表现出很大的优越性,在煤、油等燃料大幅上涨的情况下,其优越性尤为突出。

图 1 所示是 2007 年 12 月苏州百福纺织印染公司在原 250 × 10⁴ kcal/h 燃水煤浆有机热载体锅炉的基础上,重新安装的 1 台 500 × 10⁴ kcal/h 燃水煤浆有机热载体锅炉,整个系统由 5 大部分组成。

(1) 锅炉本体:包括锅炉受压部件、炉墙及保温、钢架;

(2) 燃烧系统:包括水煤浆储存及供应系统、雾化用压缩空气系统、柴油助燃点火系统、燃烧器;

(3) 通风除尘系统:包括鼓、引风机、烟风道、多管除尘器、水膜除尘器等;

(4) 供热系统:包括高温循环油泵、高低位槽、输油管线,为提高锅炉热效率,锅炉烟气出口设置烟道蒸发器 1 台,根据水煤浆锅炉的特点及使用单位的用热情况,系统配置 4 t/h 导热油蒸汽发生器 1 台(蒸汽输出与热供蒸汽管道并网);

(5) 控制系统:除了正常有机热载体锅炉的控制系统外,该炉的供浆泵、引风机采用变频控制,有效地控制了锅炉的燃烧,取得明显的节电效果。

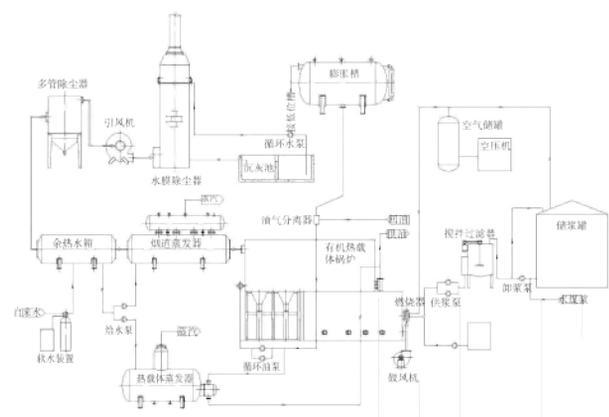


图 1 锅炉供热系统图

该锅炉供热系统的设计中,充分地考虑了节能减排及用热负荷变化对水煤浆正常燃烧的影响,烟道式蒸发器充分利用烟气余热,将锅炉排烟温度从 320 降低到 200 左右;导热油蒸汽发生器在供热系统中的配套使用,有效地保证锅炉在导热油用量变化时,始终运行在均衡的燃烧状态,导热油蒸汽

发生器所产生的蒸汽比热供蒸汽每吨可降低 20 余元。因此该锅炉具有较高的热效率,节能效果和经济效益十分明显,与原来采用重油和热供蒸汽供热系统相比,水煤浆锅炉系统运行成本每年至少可降低 180 万。

锅炉投入使用以来,始终保持正常运行,没有发生过因锅炉燃烧系统故障造成的停炉事故,锅炉运行稳定,自动控制可靠。

2 水煤浆及水煤浆燃烧特点

水煤浆是一种清洁燃料,它由煤炭 (~67%)、水 (~32%) 及少量化学添加剂组合而成,煤炭经过研磨、细化,并充分与水均匀混合,产生均匀的流动性较好的煤浆,在化学添加剂的作用下,水煤浆可保持长期不沉淀。根据水煤浆的性质和用途,水煤浆可分为:精煤水煤浆、精细水煤浆、经济性水煤浆、气化水煤浆、环保性水煤浆等,目前用于工业锅炉的是精煤水煤浆。表 3 所列是目前常用的水煤浆、II 类烟煤、III 类烟煤的一些技术指标。

表 3 水煤浆、II 类烟煤的技术指标表

名称	水煤浆	II 类烟煤	III 类烟煤
浓度 /%	67 ± 1	-	-
粘度 / (Pa·s)	1.2 ± 0.2	-	-
平均粒度 / μm	50	-	-
水分 /%	33	7 ~ 15	7 ~ 15
灰分 /%	< 10	< 40	< 25
硫分 /%	< 0.6	< 1.94	< 1.2
挥发分 /%	> 33	> 20	> 20
发热量 / (MJ·kg ⁻¹)	20	17.67	22.18

与普通烟煤相比,水煤浆的挥发分较高,灰分和硫分较低。挥发分高,保证了水煤浆的着火燃烧,灰分和硫分低,使得煤渣排放量大大减少,烟气中的含硫量得到明显降低。水煤浆采用悬浮燃烧,燃烧非常充分,锅炉热效率一般在 82% 以上。

水煤浆燃烧需经过 4 个过程:煤浆雾化、与空气混合、逸出挥发分并着火、焦碳燃烧形成灰渣。水煤浆通过雾化、与空气预混后着火并悬浮燃烧,因煤炭颗粒非常细小,正常燃烧时燃尽率可达 98% 以上,充分的燃烧降低了炉渣的含碳量,有效地减少了氮

氧化物(NO_x)的产生,从而保证了烟气的达标排放。我市有关环保部门曾对运行中的3台水煤浆锅炉进行烟气排放测试,锅炉烟气的硫含量、 NO_x 含量均符合国家《锅炉大气污染物排放标准》所规定的一类区排放要求。表4为水煤浆锅炉与燃煤锅炉在燃烧及排放方面的几个参数。

表4 水煤浆锅炉与燃煤锅炉的几个参数

参数	水煤浆锅炉	燃煤锅炉
燃尽率/%	>98	60~70
炉渣含碳量/%	~0.6	~13.7
烟气中有害气体含量	可满足一类区要求	难满足三类区要求
锅炉运行热效率/%	~83	~65

水煤浆的着火温度较高,为保证水煤浆正常燃烧,锅炉炉膛温度一般须控制在650℃以上,否则需要采用柴油助燃点火系统提高炉膛温度。水煤浆的灰熔点一般为1250℃,为防止锅炉炉墙及传热面的结焦,锅炉炉膛最高温度通常控制在1200℃以下。

3 水煤浆锅炉选型及系统设计

(1) 水煤浆锅炉选型及适用场合

随着水煤浆锅炉应用的不断发展,水煤浆锅炉产品开发已被众多锅炉生产企业所重视。但是,目前市场较多的水煤浆锅炉产品,是以链条炉排锅炉的炉膛为基础设计一个水煤浆燃烧炉膛,从而组成1台水煤浆锅炉,完全根据水煤浆特性进行设计的锅炉产品较为少见。因此一些锅炉产品在实际应用中反映出不少问题,甚至出现无法正常使用而报废的情况。

水煤浆燃烧本质上是和煤粉燃烧类似的悬浮燃烧,全部燃烧在炉膛空间内完成,煤颗粒在悬浮过程中充分燃尽取决于炉膛容积大小、燃烧火炬在炉膛中的充满度和均匀性。根据水煤浆锅炉的一些实践数据,水煤浆锅炉的炉膛热负荷应控制在543.4~836.0 MJ/m³h为宜,这要求水煤浆锅炉的炉膛容积比一般层燃燃煤锅炉炉膛容积要大50%左右。

结焦、结渣是水煤浆锅炉一个较常见的问题,形成结焦、结渣的主要因素有:煤种的选择、炉膛的最高温度、燃烧室结构及燃烧室热负荷、炉膛水冷度、燃烧器配风、炉内空气动力场等,除煤种、炉温控制以外,锅炉炉型的完善是解决水煤浆锅炉结焦、结渣的最好方法。

对流管束结灰也是水煤浆锅炉一个较常见的问

题,水煤浆锅炉约90%的灰要通过对流受热面,尽管水煤浆含灰量少,但通过对流受热面灰的绝对量仍比链条炉高很多,而目前一些锅炉的对流管束的自排灰能力很差,主要依靠压缩空气吹灰、通风系统吹扫、人工清理等方法进行处理,这也是水煤浆锅炉选型中应当注意的问题。

对多台不同炉型水煤浆锅炉的燃烧状况进行比较发现,水煤浆锅炉炉膛容积较大,炉膛较高,烟气从炉膛顶部向上流动的炉型,燃烧相对稳定并充分,且不易结焦、结渣。锅炉对流管束的自排灰能力较强的炉型,可以降低司炉人员的劳动强度,减少燃烧故障的发生。

由于水煤浆燃烧着火温度较高,要保证水煤浆的着火燃烧,锅炉炉膛温度必须保持在650℃以上,为使水煤浆的充分燃烧,必须保证水煤浆的雾化质量,燃烧所用燃烧器的使用范围应与锅炉所需的煤浆量相适应,因此水煤浆锅炉一般应用在连续燃烧且供热负荷变化不宜过大的场合,根据供热负荷采用更换浆枪的技术,可以扩大水煤浆锅炉供热范围,但一般情况下,水煤浆锅炉不易在额定功率30%以下运行,这些使水煤浆锅炉的应用受到了一定的限制。

受水煤浆燃烧技术以及锅炉供热连续性的限制,目前水煤浆锅炉的热功率一般在1.4 MW以上。对于间断供热及用热量较小的供热系统,不宜选用水煤浆锅炉。

(2) 水煤浆锅炉系统的一些配置

燃烧系统

水煤浆燃烧器由油喷嘴、煤浆喷嘴及配风系统组成。

油喷嘴用于锅炉点火助燃,锅炉点火升温时间主要取决于油喷嘴的供油量,目前大多水煤浆燃烧器的油喷嘴采用压力式机械雾化喷嘴作为柴油燃烧雾化器,其喷油量根据供油压力和喷嘴口径的大小确定,比较常用的油嘴当量口径为30.0,在油压为8 kg/cm²时其喷油量为102 kg/h。为加快速度,降低柴油耗量,在热功率>2.8 MW的锅炉燃烧器上,应当配置2支油喷嘴。

煤浆喷嘴用于锅炉正常燃烧,水煤浆燃烧是否充分,很大程度取决于煤浆喷嘴对水煤浆的雾化质量,因此,根据锅炉供热量合理选取煤浆喷嘴非常重要。在供热负荷存在按时段有较大变化的锅炉系统中,应当在燃烧器允许范围内,根据最低供热量配置备用煤浆喷嘴,以适应低供热负荷之需要。

水煤浆供浆泵为燃烧器提供燃烧所需煤浆,其规格一般按锅炉额定负荷进行选取,供浆泵采用变速电机进行供浆量的调整,以应付锅炉供热负荷的变化,为保证供浆泵的正常运转,供浆泵最低转速不宜过低,一般供浆泵的最小供浆量不得小于正常供浆量的 50%。在供热负荷按时段变化,采用不同供浆量的煤浆喷嘴的锅炉系统中,供浆备用泵应当按锅炉最低供热负荷时所需供浆量选取。

通风系统

目前水煤浆锅炉的鼓、引风机的配置,一般按相应的链条炉排锅炉的配置进行选取,其风量、风压普遍偏大。水煤浆锅炉没有炉排和煤层的阻力,还增加了高压雾化空气,因此所需鼓风机的风量、风压都低于链条炉排锅炉。水煤浆燃烧方式不同于链条炉排锅炉,燃料与空气的预混以及悬浮燃烧的特性,可以使锅炉的过量空气系数大大低于链条炉排锅炉,因此鼓、引风机的风量可以适当降低。

水煤浆锅炉系统中鼓、引风机的电耗较高,配置变频风机,可以有效地控制燃烧、降低能耗。但在锅炉供热负荷变化较大的锅炉系统中,当燃烧所需风量很低时,风机转速明显下降,由于风机的全压与风机的转速的比例关系,低速运转风机的全压严重下降,风量、风压的下降,可能导致锅炉对流管束与除尘器内严重积灰,影响燃烧并引发气爆事故。

除尘设施

水煤浆锅炉烟气中的含灰量多于链条炉排锅炉,通过除尘器的灰量增加 3% ~ 5%,水煤浆锅炉灰的颗粒较细,这些提高了除尘器的分离负荷和分离难度,对环保要求高的 I 类地区往往难以达标。采用电除尘器是较好的办法,但目前小型电除尘器市场价格昂贵,相当于 1 台 4 t/h 锅炉的价格,对于锅炉群可共用 1 台,这已有成功的经验。对于单台锅炉,较为理想的除尘器为脉冲袋式除尘器,其除尘效果十分明显,但袋式除尘器的滤袋设计温度最高不超过 260 ℃,使用寿命短、更换滤袋费用较高。本公司在水煤浆锅炉除尘系统中,大都采用陶瓷多管除尘加喷淋式水膜除尘二级除尘器进行烟气处理,其烟气排放的含尘量,一般可以满足 II 类地区的排放要求。但因灰量大,需建较大沉淀池,且处理沉淀的灰也较麻烦,还容易导致二次污染,二级除尘设备还加大了通风阻力。比较目前可选择各类除尘设备,采取必要的降温措施,袋式除尘器应当是较合理的选择。我公司在苏州东山宾馆 2 台 6 t/h、1 台 4 t/h 的锅炉房设计中,采用了袋式除尘器装置,除尘

效果十分明显,表 5 为该锅炉烟气排放浓度检测结果。

表 5 苏州东山宾馆锅炉烟气排放检测结果

检测点位	项目	均值或范围	处理效率	标准值
设施进气	烟尘	5 836	-	-
	二氧化硫	1 484	-	-
	氮氧化物	458	-	-
布袋除尘出气	烟尘	12.3	99.8	-
	二氧化硫	1.120	24.5	-
	氮氧化物	4.12	10	-
脱硫筒出气	烟尘	4.7	61.8	100
	二氧化硫	375	66.5	500
	氮氧化物	150	63.6	400

数据表明,布袋除尘效率高达 99.8%,烟尘排放浓度仅为 12.3 mg/m³,远高于国家规定的 I 类地区的排放要求。

供热系统

在水煤浆锅炉的供热系统设计中,应根据用热单位的供热情况,合理的设置二次热交换设备以平衡锅炉供热负荷,保证锅炉燃烧的连续性。例如,在有机热载体锅炉供热系统中设置蒸汽发生器,在蒸汽锅炉系统中设置蒸汽蓄热器等,都可以在供热系统热负荷较低时发挥作用,使得锅炉的燃烧均衡稳定,这对水煤浆锅炉的正常运转有很大帮助。

4 水煤浆锅炉操作的几项特殊要求

(1) 炉温与结焦

正确控制炉膛温度是防止水煤浆锅炉结焦、结渣故障发生的有效措施。较高的炉膛温度,燃烧迅速且完全,但过高的温度会造成结焦、结渣,因此控制好炉膛温度是水煤浆锅炉正常运转的保证。水煤浆锅炉的炉膛温度应根据锅炉炉膛容积大小,炉膛高低进行确定,水煤浆理想燃烧的炉膛温度在 1 300 ~ 1 500 ℃。根据目前常见的水煤浆锅炉炉型,炉膛温度一般应控制在 1 200 ℃ 以下。当发生炉膛温度超高情况时,可以停止燃烧,继续向炉膛供风,迫使炉膛温度下降。

(2) 煤浆浓度、喷嘴规格与雾化

水煤浆雾化质量是水煤浆充分燃烧的保证,在燃烧设备正常的情况下,水煤浆浓度的调整可以使浆的粘度处在利于雾化的最佳状态,因此在水煤浆搅拌罐中添加适量的水可以改善燃烧。正常水煤浆的浓度为 67 ± 1%,但实践表明,最佳燃烧的浆浓度约为 64%,根据燃烧实际情况,调整好煤浆浓度是

水煤浆锅炉操作中比较重要的工作。

高质量、合理规格的煤浆喷嘴可以提高水煤浆雾化质量,改善燃烧效果。某企业的1台6 t/h蒸汽锅炉的实际运行证明,根据供热负荷及时调整煤浆喷嘴规格,每天可以减少煤浆用量近1 t。

(3)结灰、通风与气爆

实现对流受热面管束的定期清灰有利于锅炉热效率的提高,防止气爆事故。由于水煤浆锅炉通过对流受热面烟气中粉尘含量很高,一些锅炉的自排灰能力又差,因此由于对流管束积灰而影响锅炉效率、恶化燃烧效果时有发生,甚至出现对流管束被积灰堵死而被迫停炉,积灰二次燃烧而引起气爆事故等情况。利用布置在对流管束的高压风吹扫装置进行定期吹扫,可大大提高锅炉效率。为便于观察,可加装反映烟道阻塞的负压表,以指示对流管束堵塞情况,并在适当位置应设置相的检查门。

水煤浆锅炉通风系统出现故障或操作不合理,比较容易引起炉膛气爆事故。由于水煤浆锅炉的炉膛容积较大,可存积大量气体,而锅炉点火的轻油以及锅炉正常燃烧的水煤浆与空气的混合物,都是着火迅速、燃烧激烈的燃料,这些都给气爆事故创造了条件。因此锅炉点火时,应当先打开引风机进行抽吸5~6分钟,排除炉内可燃气体,尤其在点火失败后重新点火时,更应如此操作。油、浆切换过程中,应保持轻油正常燃烧,同时缓慢打开供浆管路,并密切注意炉膛负压变化,直到煤浆正常燃烧后再切断燃油,撤除油喷嘴。在锅炉通风系统发生故障而锅炉停止运行时,应打开除尘器、烟道等上面的通大气的风门以及炉膛四周的炉门,保证炉内烟气的及时排除。

(4)水膜除尘与二次污染

多管加水膜二级除尘系统可以满足大部分地区水煤浆锅炉烟气处理排放要求,但水膜除尘循环水在反复使用后,水中酸度不断提高,且水煤浆灰颗粒很细,在水中不易沉淀,因此循环水的处理比较麻烦,采用下列2项技术,可以很好地解决上述麻烦。

在循环水中加液体碱可以降低水中的酸度,帮助细灰的沉淀,效果明显。液体碱市场有售,每桶80 kg,每公斤0.7元。1台6 t/h锅炉每24小时用2桶液碱可保证循环水始终处于弱碱性状态。碱桶底部有一个小阀,只要将阀门微开,让碱液缓慢滴入循环水沟即可。使用液碱必须注意安全操作,防止强碱伤人。

循环水的处理系统中,增加袋式配置渣水分离装置,可以及时清除循环水中的灰分,保证循环水在反复使用过程中的质量。

5 结束语

实践表明,水煤浆锅炉热效率高,节能效果明显。水煤浆含硫等污染成分低,配合合理的除尘系统,其烟气排放完全可以满足国家相应规定的要求。水煤浆锅炉的应用符合我国的燃料政策,是以煤代油、节能减排的一个有效途径。

水煤浆锅炉系统较为复杂,配套设备较多,设备投资大是该锅炉推广应用的一个瓶颈。但分析实际工程项目运行结果,与燃重油或天然气锅炉相比,水煤浆锅炉所节约的运行成本,一般只要连续运行半年到一年,就可以收还水煤浆锅炉建设的全部投资。



· 专利 ·

专利名称:滚筒式流化床锅炉冷渣器

专利申请号: CN200520078204.3

公开号: CN2859231

申请日: 2005.01.06 公开日: 2007.01.17

申请人: 西安热工研究院有限公司

本实用新型涉及一种滚筒式流化床锅炉冷渣器,其增加了系统运行的稳定性,能减小工人的劳动强度,加大锅炉运行的可靠性,提高锅炉的运行效率。本实用新型包括作为受热面的滚筒筒体和滚筒内部连接在筒体上的水冷管,筒体和水冷管由膜式管壁连接而成,滚筒内的水冷管之间可设有灰渣导向板,滚筒转动的驱动装置布置在滚筒的中间。

专利名称:真空解吸式多级除氧器

专利申请号: CN200610054811.5

公开号: CN101020127

申请日: 2006.02.13 公开日: 2007.08.22

申请人: 黄河清

真空解吸式多级除氧器,属于锅炉给水除氧,主要由圆柱型多间脱气塔、压力泵、恒水箱、喷射器、真空器、海绵铁氧化罐、液压多路阀组成,它是在较高真空条件下已脱气的水逐级多次脱气,脱出的气体一路到海绵铁氧化罐,与海绵铁氧化除氧,另一路到真空器在恒水箱上排放空;适用于大型蒸汽锅炉和各种工业锅炉的给水除氧。