

文章编号: 1004-8774(2005)02-17-07

水煤浆及其在工业锅炉中的应用

卜银坤¹,王绍华²,汪景武³

(1. 北京合鼎动力技术有限责任公司,北京 100012; 2 北京虹鼎基业科技发展有限公司,北京 100012; 3. 北京煤炭设计研究院,北京 100014)

摘要:文章通过对型 QXS4.2-1.25/95/70-A^S 水煤浆热水锅炉的设计实践,阐述了笔者对水煤浆有关特性参数的理解和确认原则,认为有效控制和利用水煤浆的特性参数对水煤浆成功应用于工业锅炉具有非同小可的影响,提出了设计水煤浆工业锅炉应当注意的问题,认为水煤浆将是一些工业锅炉走向环保的捷径。

关键词:水煤浆;特性参数;工业锅炉;应用

中图分类号:TK229.92 **文献标识码:**B



作者简介:卜银坤,毕业于西安交通大学锅炉专业,高级工程师。从事锅炉、压力容器设计三十多年,拥有专利技术六项。现任北京合鼎动力技术有限责任公司总工,主要负责水煤浆工业锅炉的研究和开发。

Coal Water Mixture and its Application in Industrial Boiler

BU Yin-kun¹, WANG Shao-hua², WANG Jing-wu³(1. Beijing Hedong Power Technology Co., Ltd, Beijing 100012, China;
2. Beijing Hongding Jiye Science and technology, Co., Ltd, Beijing 100012, China;
3. Beijing Coal Designing and Research Institute, Beijing 100014, China)

Abstract: By practice of design QXS4.2-1.25/95/70-A^S coal water mixture fuel hot-water boiler. Set forth writers understand and affirmative principle of characteristic parameter on coal water mixture; Think effective control and use characteristic parameter on coal water mixture, be there determining influence of succeeded application on coal water mixture in industrial boiler; Put should notice question in design of coal water mixture industrial boiler; Think coal water mixture will be a shortcut of industrial boiler bring environmental protection

Key words: coal water mixture; characteristic parameter; industrial boiler; application

1 前言

水煤浆作为一种洁净煤燃料,虽然问世已有近百年的历史,但是真正受到重视和发展的时间应当算是 20 世纪 70 年代初。当时美国、瑞典、意大利、英国、日本和俄罗斯等国家,投入大量的人力、物力和财力,对水煤浆的制浆、贮运和燃烧技术进行了研究和开发,并首先使水煤浆在一些电厂获得了成功应用^[1,2]。

中国研究开发水煤浆技术始于 20 世纪 80 年代初,经过 20 多年的努力,目前我国的水煤浆技术已经达到国际先进水平。水煤浆具有成本低、燃烧效

率高、容易实现低排、环保要求,还可以替代油燃料。因此,推广应用水煤浆燃料,对于富煤贫油的我国经济建设,具有非常重要的意义,如今,我国的水煤浆厂数量和总设计能力均居世界第一位,水煤浆已经成为商品化的洁净燃料。

水煤浆的制浆和燃烧技术虽然比较成熟,在一些电厂和工业炉窑中也获得过成功应用,但是在量大面广的中小型工业锅炉中的应用实例却很少,而且存在一些有待改进和完善的技术问题^[3]。对此,笔者通过对型 QXS4.2-1.25/95/70-A^S 水煤浆热水锅炉的系统设计实践,浅谈对水煤浆及其在工业锅炉中的应用的认识,旨在进行技术交流。

2 水煤浆及其特性

收稿日期: 2004-07-19

2.1 水煤浆简介

水煤浆是将煤研磨(通常为湿法研磨)成一定粒度(平均粒度为 $50\mu\text{m}$ 左右),与水按一定的质量比例混合[煤:水=(65~70):(34~29)],再添加少量的添加剂(1%左右),经过强力搅拌而形成的煤水两相流浆体^[4]。因为整个过程是在常温下进行的,所以它不仅保持了煤炭原有的物理特性,而且具有良好的流动性和稳定性,能够像燃料油那样易

于装卸、贮存、管道输送及雾化空间燃烧,可以广泛应用于工业炉窑、工业锅炉及电站锅炉中,其中超低灰水煤浆还可以直接代替油燃料而应用于柴油机和燃气轮机。

水煤浆一般由低灰、高发热量、高挥发分的原煤或洗选精煤加工而成,不但燃烧效率高、节能和环保,而且价格低廉。水煤浆在燃料家族中的环保性、经济性和政策支持性如表1^[5]。

表1 常用燃料的环保性、经济性及政策支持性(其中价格是按2000年北京地区市场价格)

	水煤浆	标准煤	重油	轻柴油	煤气	天然气	电
发热量(MJ/kg, MJ/m ³ , MJ/kWh)	20.91	29.31	39.28	41.91	15.91	35.59	3.60
价格(元/kg, 元/Nm ³ , 元/kWh)	0.35	0.30	1.70	3.20	0.90	1.80	0.47
价格/单位热值(元/MJ)	0.02	0.01	0.04	0.08	0.06	0.05	0.13
燃烧效率(%)	98~99	80~90	98~99	99	99	99	99.5
环保达标性	达标	不达标	达标	达标	达标	达标	达标
政策支持性	鼓励	限制	不鼓励	不鼓励	不鼓励	鼓励	不鼓励

由表1可见:在等热值条件下,价格从低往高的燃料依次为标准煤、水煤浆、重油、天然气、煤气、轻柴油、电;水煤浆是性价比较好的环保洁净燃料。

2.2 水煤浆的特性

水煤浆的特性除了常规燃料中的碳(C)、氢(H)、氧(O)、氮(N)、硫(S)、灰分(A)、水分(W)、发热量(Q)、挥发分(V)、灰熔点(t)外,还应当包括固体浓度、粒度、粘度和稳定性。为了便于水煤浆燃烧计算从而合理进行锅炉结构设计,便于运输、储存、管道供浆及压力雾化设计,必须提供水煤浆的上述特性数据。表2是我们公司用于设计型QXS4.2-1.25/95/70-A^s水煤浆热水锅炉的水煤浆收到基有关特性数据,严格地讲,它的准确性将直接关系到锅炉结构设计的合理性,锅炉运行的良好性。因为水煤浆目前尚无完善的可供设计的特性数据,所以有必要对表2中有关数据的确认作进一步说明。

2.2.1 水煤浆的固体浓度

水煤浆的固体浓度就是水煤浆中含煤的质量百分比。提高水煤浆的浓度虽然能够提高水煤浆的发热量,但通常浓度每增加1%,粘度将增加数百mPa·s^[2]。粘度过大,不利于水煤浆的雾化和完全燃烧,也不利于运输和管道输送。因此,水煤浆的浓度通常要控制在65%~70%,水煤浆锅炉正常运行时,其在线水煤浆浓度通常不超过66%,当然,理想实用的水煤浆浓度还受到煤质和制浆技术的影响。

表2 QXS4.2-1.25/95/70-A^s水煤浆热水锅炉水煤浆燃料收到基特性数据

名称	符号	单位	依据	数据
收到基碳	C_{ar}	%		49.28
收到基氢	H_{ar}	%		2.16
收到基氧	O_{ar}	%	1.采用山西大同A原煤作为水煤浆的原煤,并视为设计用代表性燃料;	5.52
收到基氮	N_{ar}	%		0.55
收到基硫	S_{ar}	%	2.水煤浆浓度为66%,水分	0.82
收到基灰分	A_{ar}	%	为33%,添加剂为1%; 3.数值来源为原煤成分之间的百分数乘以水煤浆的浓度。	7.68
收到基水分	W_{ar}	%		33.00
干燥无灰基挥发分	V_{daf}	%	按原煤的干燥无灰基挥发分的数值	31.25
固体浓度	C_{sm}	%	由水煤浆制作设备及工艺技术确定	66.00
粒度上限	d_{max}	μm	由水煤浆制作设备及工艺技术确定	300.00
平均粒径	d_{pj}	μm	由水煤浆制作设备及工艺技术确定	50.00
粘度	v_{sm}	Pa·s	由水煤浆制作设备及工艺技术确定的出厂状态粘度,即静粘度	1.20
灰熔点(变形温度)	t_{hr}		取用原煤的灰锥变形温度DT	1120~1280
稳定性	h_{min}^d	d(天)	按用户要求及水煤浆制作工艺确定	60
收到基低位发热量	$Q_{net,ar}$	MJ/kg	按[8]式(3-13): $Q_{net,ar} = 339C_{ar} + 1105.1H_{ar} - 108.8(O_{ar} - S_{ar}) - 25.1W_{ar}$;也可按原煤26.95×66%	17.15

2.2.2 水煤浆的粘度

水煤浆的粘度分表态粘度和动态粘度。制备水煤浆时,希望其表态粘度大些,以防止储存时产生沉淀,动态粘度希望较小些以利于运输、雾化和燃烧。由于水煤浆具有剪切变稀效应——触变性,所以在水煤浆锅炉的供浆系统中设置炉前搅拌罐是十分必要

的,通过搅拌剪切浆体而降低其粘度,从而有利于管道输送和雾化,达到良好燃烧的目的。另外,由于水煤浆的粘度还随温度的升高而降低,所以在有条件的情况下,再在水煤浆管道外部对水煤浆进行雾化前的预热,将会使雾化燃烧效果更加良好。一般情况下,出厂水煤浆粘度应控制在 $1.2 \pm 0.2 \text{ Pa} \cdot \text{s}$,在线雾化燃烧前的粘度应当保证低于 $1000 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ ^[2,4]。

2.2.3 水煤浆中煤的粒度

水煤浆中煤的粒度大小和级配关系到煤浆的粘度,直接影响煤浆的触变性、稳定性和雾化燃烧效果。合格的水煤浆平均粒度应为 $50 \sim 55 \mu\text{m}$,最大粒度应控制在 $300 \mu\text{m}$ 以内,且最大粒度不应超过总量的 2%,75%的粒度应当小于 $74 \mu\text{m}$, $10 \mu\text{m}$ 的粒度含量应为 20%左右^[2,4]。

2.2.4 水煤浆中的水分

水分是水煤浆成浆的重要成分,它包含煤中的内在水分和制浆过程中外加的水分,它的多少将直接影响水煤浆的特性参数,通常为 33%左右,而且,同等情况下,适当提高水煤浆体系 pH 值,会改善其静态稳定性。

2.2.5 水煤浆的稳定性

水煤浆是一种固液两相混合物,很容易出现固液分离,形成硬沉淀或软沉淀。硬沉淀是底部为粗颗粒、顶部为细颗粒的高度分级沉淀物,由于沉淀物颗粒由大到小有序堆积,结构密度大,很难被分散;软沉淀是颗粒之间的絮凝所形成的多孔疏松集团,没有高度分级现象,很容易被分散,因而,这种软沉淀在水煤浆技术中被认为是允许的。水煤浆在静态储存期间,能够维持不产生硬沉淀的时间长短,称为水煤浆的稳定性,一般应达到 3 个月时间。

显然,稳定性是反映水煤浆质量的重要指标,通常分为 A、B、C、D 四个等级^[2]。

A 级:稳定性最好,在有效期内,浆体能够保持初始状态,固液分布均匀,固液分布无析水和沉淀现象;

B 级:比 A 级稍差,在有效期内,允许有少量析水和软沉淀存在;

C 级:浆体稳定性较差,存在较多的析水和软沉淀,但能通过剪切搅拌基本恢复初始状态,从而满足使用要求;

D 级:稳定性最差,极易产生硬沉淀,一般视为不合格水煤浆,应当禁止销售出厂。

2.2.6 水煤浆的挥发分

因为煤中的挥发分并非煤中固有的物质,而是

在特定条件下,将燃料煤加热到 300 左右(在大气状态下的挥发物析出温度)^[6]或 900 (在与大气隔绝情况下)^[7]时所释放出来的 CO_2 、 CO 、 H_2 、 $\text{C}_m \text{H}_n$ 等气态产物,所以,煤在常温下的研磨、搅拌等物理加工制浆过程中,完全不具备析出挥发物的条件,挥发物在制浆过程中应当没有任何丢失。据此,水煤浆中的干燥无灰基(可燃基)挥发物质量份额应当和制浆原料煤的干燥无灰基挥发分完全相同。

2.2.7 水煤浆的化学元素成分

水煤浆中的碳、氢、氧、氮、硫化学元素成分是实现燃烧计算和核定其发热量的必要数据,其收到基数据的准确性对锅炉结构设计的合理性具有直接的因果关系,所以要推广应用水煤浆,必须提供水煤浆收到基的上述元素质量百分比份额。然而,国内目前还没有公开可供设计商品水煤浆权威的收到基化学元素成分数据资料或确定原则,在这种情况下,笔者在进行 XQS4.2-1.25/95/70-A^S 水煤浆热水锅炉设计时,对上述数据的确定,是按以下方法进行的:选择我国山西优质类烟煤原煤作为制浆煤,它的化学元素成分有公开的权威资料可查^[1];制成的水煤浆收到基固体浓度按我们公司水煤浆生产线成熟技术取为 66%;由于成浆过程是在常温下完成的,它的化学元素成分在理论上不应有任何改变,所以水煤浆收到基化学元素应当是制浆煤干燥基成分与水煤浆收到基固体浓度的乘积。

2.2.8 水煤浆的发热量

水煤浆的发热量通常指 1kg 应用状态(收到基)水煤浆低位发热量,它是反映水煤浆质量的重要指标之一。水煤浆发热量的多少决定于煤浆中可燃物质的多少,由于水煤浆是在常温下制作出来的,没有挥发分的减少,更没有可燃化学物质的丢失,故其发热量理论上应当是制浆原料煤收到基低位发热量与水煤浆收到基固体浓度的乘积,然后减去因制浆而增加水分在 1 个大气压力下的气化潜热。当然也可根据水煤浆收到基化学的元素成分及全水分按资料^[8]式(3-13)直接计算。

3 水煤浆在工业锅炉中的应用

水煤浆在国内外大型动力锅炉中成功应用的先例很多,究其原因,笔者认为,除了水煤浆得到了良好的压力雾化外,主要是锅炉的结构型式、其受热面布局以及连续等负荷运行的方式,均适应了水煤浆的着火燃烧特点,其次是燃烧空气得到了很好的预热。

实践表明,能正常雾化燃烧的水煤浆,其全水分

一般为 35%左右,所以水煤浆尤其是挥发分较少的水煤浆,具有着火慢、燃烧难、相对烟气体积大等特点。因此,要想使水煤浆燃料能够在量大面广的相对启停频繁、负荷变化较大的工业锅炉中得到成功应用,必须认真考虑锅炉的结构设计、燃烧器的选型、点火方法的选择、合理的供浆系统、煤浆气化介质系统以及环境保护的可靠性。

3.1 水煤浆锅炉的结构设计

虽然水煤浆在炉内和干煤粉一样同属于悬浮空间燃烧,但是燃烧的过程却具有明显的不同:由于含水 35%左右的水煤浆,要吸收一定热量并经过一定时间才能完成蒸发过程,因此,水煤浆表现出着火慢、燃烧难的现象;水煤浆水分蒸发、着火、燃烧及燃尽过程的快慢以及燃烧效率,决定于浆体起初压力雾化特性和蒸发着火区的环境温度以及后期的火焰烟气的离散走向;由于水煤浆燃烧后生成的烟气中,水蒸气分压力较大,所以水煤浆锅炉的安全经济排烟温度相对要高些。据此,水煤浆锅炉结构设计应注意以下几个问题。

3.1.1 按水煤浆收到基参数进行设计

严格按具有代表性的水煤浆的应用状态化学元素等特性参数(收到基参数)进行燃烧计算,同时选

择针对性较强的热力计算方法进行锅炉结构设计、受热面积的布局和安全经济排烟温度的确定。鉴于 QXS4.2-1.25/95/70-A^s 强制循环水煤浆热水锅炉,完全模拟了大型动力锅炉的型结构,非常接近资料^[9]有关计算公式的原始计算模型^[9,10],因此,按资料^[9]进行热力计算并确认锅炉的结构尺寸和受热面积的布置,理论上会使锅炉设计得更加合理,运行更加可靠。表 3 为其热力计算结果汇总表。

3.1.2 优先采用型锅炉结构

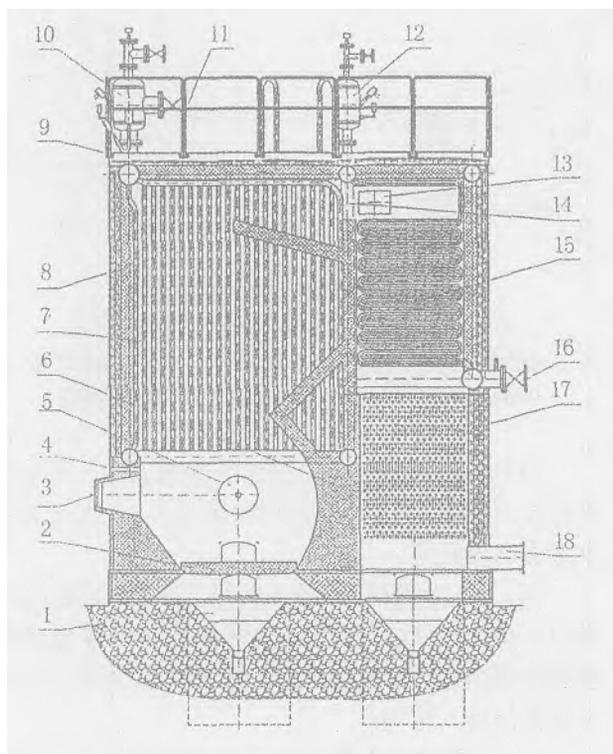
型锅炉结构在大型动力锅炉中应用较多,非常适合煤粉的空间悬浮燃烧,不但便于受热面布置,容易系列化设计,而且运行中受热面不易污染、能够使锅炉一次排放降到最低程度,同时便于检修。水煤浆在这种锅炉中运行情况良好的国内外许多先例足以证明,水煤浆在这种炉型中相对容易获得好的运行效果。需要强调的是:在锅炉炉膛下部的煤浆着火区,水冷度应接近于 0,同时在煤浆喷射前方一定距离应有热反射墙,使热烟气得以卷吸回流,以便于水煤浆预热、蒸发和着火;燃烧室的几何形状,应有利于火焰对炉膛的充满度;燃烧室的高度,应保证燃料在其出口前完全燃尽。

表 3 型 QXS4.2-1.25/95/70-A^s 水煤浆热水锅炉热力计算典型数据汇总表

项目	符号	单位	燃烧辐射室	蛇形管对流区	空气预热器对流区
换热管规格	d	mm	$\phi 51 \times 3.0; \phi 51 \times 4.0; \phi 63.5 \times 4.0;$	$\phi 32 \times 3.0;$	$\phi 32 \times 3.0;$
换热面积	H^f	m^2	29.95	126.0407	115.68
烟气流通截面积	F^y	m^2	5.9049	2.2224	2.1564
烟气流速	w^y	m/s	1.6992	2.3419	4.9279
空气流通截面积	F^k	m^2	—	—	0.1359
空气流速	w^k	m/s	—	—	16.0777
有效容积	V	m^3	26.42	—	—
入口烟温			1778.5269(理论燃烧温度)	913.6308	290.0000
出口烟温			913.6308	290.0000	168.0000
入口介质温度	t		80	70	30
出口介质温度	t		95	80	146.7674
吸热量	Q^x	kW	2533.1944	1611.5475	255.1373
热流密度	q	kW/m^2	84.5808	12.7859	2.3604

图 1 是型 QXS4.2-1.25/95/70-A^s 水煤浆热水锅炉的结构示意图。图 1 中旋焰墙,它不但能将其储热的一部分 Q_r 快速反射给刚喷入的煤浆,以满足水煤浆预热、蒸发、着火所需要的着火热 Q_z ,而且能够使煤浆着火后的高温火焰和烟气旋转上升,使燃烧空气和可燃物充分混合,从而提高燃烧速度和燃烧效率,同时也大大提高了火焰对炉膛的充满度。当然,煤浆着火后,其释放热量的一部分 Q_c

将辐射并储存于旋焰墙中。在稳定燃烧情况下,旋焰墙的温度为 800 左右,而且在任一 t 时间段内, $Q_c = Q_r = Q_z$ 。只有 Q_c 、 Q_r 、 Q_z 处于热平衡状态时,水煤浆才能不断喷入,不断及时着火和燃烧,锅炉才能维持正常和安全运行。图 1 中的折焰墙是将高温火焰或烟气逼向燃烧室前顶部,防止走近路离开炉膛,进一步提高了火焰和烟气对炉膛的充满程度,对燃料燃尽和炉内换热都是十分有利的。

图 1 QXS4 2-1.25/95/70-A^S

水煤浆热水锅炉结构示意图

- 1全密封出灰装置 2非金属固定炉排 3水煤浆燃烧器接口
4点火温度传感器安装孔 5观火孔 6旋焰墙 7辐射受热面
8折焰墙 9平台扶梯 10主集气罐 11热水出口阀门
12副集气罐 13防爆门 14炉膛烟气出口 15对流受热面
16回水入口阀门 17空气预热器 18烟气出口

3.1.3 设置空气预热器

空气预热器无疑有助于燃料的着火和燃烧,对于水煤浆这种含水 35%,难着火、燃烧不易稳定的具体情况,空气预热器的存在是十分重要的,甚至是必要的。大型型结构锅炉的空气预热器,通常均为管式纵置分体结构。在中小型工业锅炉中,为了便于检修、减少磨损、延长修理周期,我们采用了图 1 中所示的整体横置式空气预热器,其本体和锅炉底座一体化,空气在管内走,烟气在管外走,换热管端完全置于锅炉后部的左、右两侧。这种结构不但便于检修,而且由于横向冲刷换热,所以还可以获得较高的换热系数。

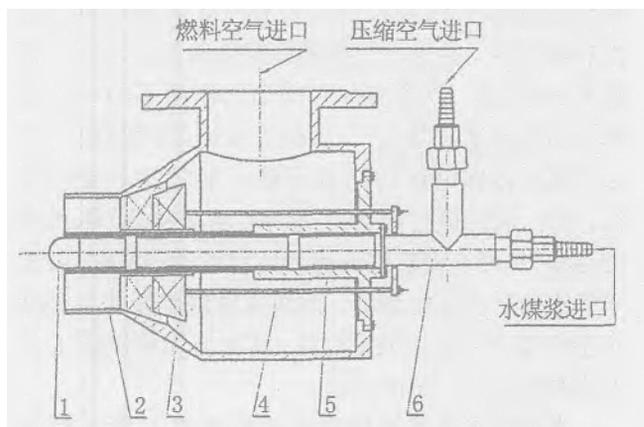
3.2 水煤浆燃烧器的设计或选型

水煤浆燃烧器的作用是将煤浆在浆泵压力和压缩空气或压力蒸汽的共同作用下,通过专用喷嘴雾化成无数个彼此独立的直径为 $75\mu\text{m}$ 左右(最大不超过 $300\mu\text{m}$,且不应超过总量的 2%)的水煤浆液滴悬浮于一定范围的空间,同时配以旋流或直流的燃烧空气,在煤浆喷口由近及远适当混合,从而确保雾

化的煤浆液滴,在一定的温度下进行着火和燃烧,因此,水煤浆燃烧器主要包括煤浆雾化喷嘴和可调配风装置两部分组成。

对煤浆喷嘴的要求主要是:雾化水煤浆液滴应尽可能细些;雾化范围尽可能大些;喷嘴耐磨性要好、寿命要长且不易被堵塞、能雾化的煤浆量要满足设备的功率要求。对配风装置的要求则主要是:具有可调的旋流送风强度。在喷嘴出口处设置一定尺寸的喇叭口,以便于在燃烧器根部能形成一定宽窄的高温烟气回流区,用以加强对水煤浆雾化矩的对流传热,从而有利于煤浆的蒸发、着火。

图 2 是原华煤水煤浆技术联合中心、北京科技大学、江苏常熟喷嘴厂共同研制的 CW S₁ 型水煤浆燃烧器结构示意图^[11,12],在小型工业锅炉及炉窑中应用较多,情况良好。为了满足锅炉负荷的可调性,每台锅炉至少应选用两台同型号的水煤浆燃烧器。

图 2 CW S₁型水煤浆燃烧器结构示意图

- 1水煤浆喷嘴 2壳体 3旋流导向叶轮
4叶轮调节装置 5喷枪室 6水煤浆喷枪

3.3 关于水煤浆锅炉的点火

水煤浆锅炉的点火是个大问题,一般情况有柴油和木柴两种点火方式。

3.3.1 柴油点火

柴油点火是将柴油雾化后先在水煤浆锅炉着火区燃烧,待着火区特别是着火区的反射墙温度达到 $600\sim 800$ 时(视具体水煤浆挥发分多少而异)即喷入水煤浆,此时水煤浆和油同时燃烧,根据炉膛火势情况,逐渐加大水煤浆喷入量,同时也逐渐减少油的喷入量,在保证水煤浆连续、良好着火燃烧的情况下,直至将油路彻底关闭、煤浆喷入量调至额定燃烧量。

这种点火方法虽然方便,容易实现全自动控制,但是需要配备价格较高的油燃烧机及其油路系统。

3.3.2 木柴或原煤点火

木柴或原煤点火比较简单,在图1中,我们设置了非金属耐高温固定炉排,将木柴或块状原煤置于炉排上,用少量易燃物将其点着后,打开引风机并适当打开炉排下部的炉门,同样在较短的时间内可使炉膛着火区达到水煤浆着火温度,这一点可以通过相关温度计的显示得到确认。如此,同样可通过设置的点火温度传感器实现点火、燃烧等全自动的控制。

这种点火方法虽然相对比较麻烦一些,要有一些准备时间,需要一些人工手动操作,对于启、停频繁的锅炉显得有些不便,但是它的初次投资却少了许多,每次点火费用也较低,炉前系统比较简单。实践证明,木柴或原煤点火是水煤浆锅炉行之有效的点火方法,受到了许多用户的欢迎。

3.4 关于供浆系统的设计

供浆系统是水煤浆锅炉的辅助系统之一。正确设计供浆系统对于锅炉的连续正常运行十分重要。笔者认为,设计供浆系统应充分注意水煤浆的稳定性和触变性。关于水煤浆的稳定性前面已述及。水煤浆的触变性,就是流体在剪切力作用下的一种结构破坏或恢复的效应^[12]。利用水煤浆的触变性可以借其胶体网络结构而被存储一定时间不发生沉淀;另外,利用搅拌器对其进行剪切搅拌,破坏其网络结构,从而获得较好的流动性和较小的粘度,以便于管道输送和雾化燃烧。水煤浆的触变性能主要决定于剪切速度及其维持时间,其次与煤浆制备工艺及煤种等也有一定的关系。

典型的水煤浆燃烧供浆系统如图3,图4是我们公司设计的水煤浆热水锅炉房设备系统图,其中供浆系统的原理和图3基本相同。我们认为,鉴于水煤浆的稳定性和触变性,设计供浆系统应当注意以下几个问题。

(1)储浆罐应设搅拌装置,根据水煤浆的稳定性,定期对罐内煤浆进行全方位搅拌,以保持原有的流变性,防止发生“硬沉淀”。

(2)为将煤浆正常输送到炉前并被良好雾化,储浆罐内的煤浆需要进行炉前搅拌和在过滤。

(3)供浆管道除粗细设计合理外,安装时应尽量减少弯头,必要时可采用盲板、法兰连接;所有接点焊缝的钢管内侧,应平滑并不高于母材;管线应尽可能短而简单,管道低处设置的阀门应能够放净管内的流体。

(4)在锅炉前方的燃烧器进口和给浆泵入口或炉前搅拌罐之间,必须设置自身封闭的循环系统,以便有效实现锅炉点火前的供浆准备和锅炉负荷的调节。

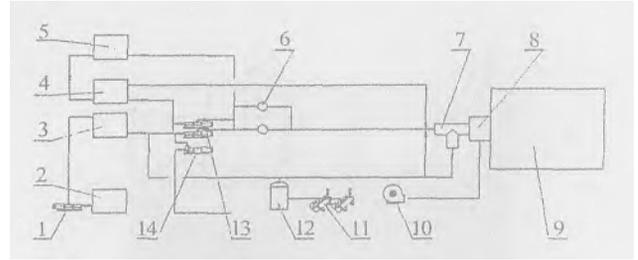


图3 典型的水煤浆燃烧供浆系统

- 1卸浆泵 2移动储浆罐 3卸浆槽 4炉前搅拌罐
5储浆罐 6在线过滤器 7水煤浆喷枪 8水煤浆燃烧器
9锅炉 10鼓风机 11空气压缩机 12空气压缩罐
13输浆泵 14清水水泵

(5)管道上所有阀门的安装位置,都应当考虑管内介质被吹扫干净的可能性,具体说,在吹扫过程中不应出现死角。

(6)为了节约燃料,减少污染,供浆管道还应具有以下功能:气吹扫能将管内浆体吹回储浆罐或炉前搅拌罐内;水冲洗能将所有管道冲洗干净并通过有关阀门排入地沟。

(7)供浆管道系统中除了应有的浆泵外,还应有一台水泵,以便对管道在供浆前进行水润湿和停止供浆后进行水冲洗的保养。

3.5 关于煤浆雾化介质系统

水煤浆的雾化介质是压力蒸汽或压缩空气。在中、小型工业锅炉中,通常采用空气雾化喷嘴,空气压力一般为0.3~0.7MPa,比煤浆喷射压力小0.05MPa。如图3所示,水煤浆雾化介质是由空气压缩机制得,一般空气压缩机应选用同型号两台,其中一台为备用;空气压缩机的压力应为实际使用压力的1.5倍,排气量应不低于锅炉额定负荷时的用气量;为了使煤浆能够稳定良好地雾化,压缩空气应通过减压阀(稳压阀)从空气压缩罐内引出;压缩空气管路除了通向炉前水煤浆燃烧器的煤浆喷嘴外,还应有一路通向煤浆管道的源头,以便于在停炉和其它特殊情况时,将管道内的煤浆吹扫进入炉前搅拌罐或卸浆槽内。

3.6 关于水煤浆锅炉的环保问题

环保是国民经济的主题,是国策,设计生产任何产品,都需要受到环保政策的制约,锅炉产品更是如此。所以,更大限度地降低锅炉一次排放、对排放烟气可靠地脱硫和除尘将是锅炉应用水煤浆特别是原煤水煤浆的关键。

图1中的全密封出灰装置,采用了密封漏斗和“十字链柔性间断出灰专利技术,其终端出灰口采用密封现场装袋、定量现场封口移储技术,锅炉尾部

排放的烟气采用了新型可以固液分离的湿法脱硫除尘器,真正做到了全密封出灰。总之,图 1 系统不但

解决了锅炉达标排放问题,而且把原本是污染废弃的灰尘变成了价格不菲的建筑材料,可谓一举两得。

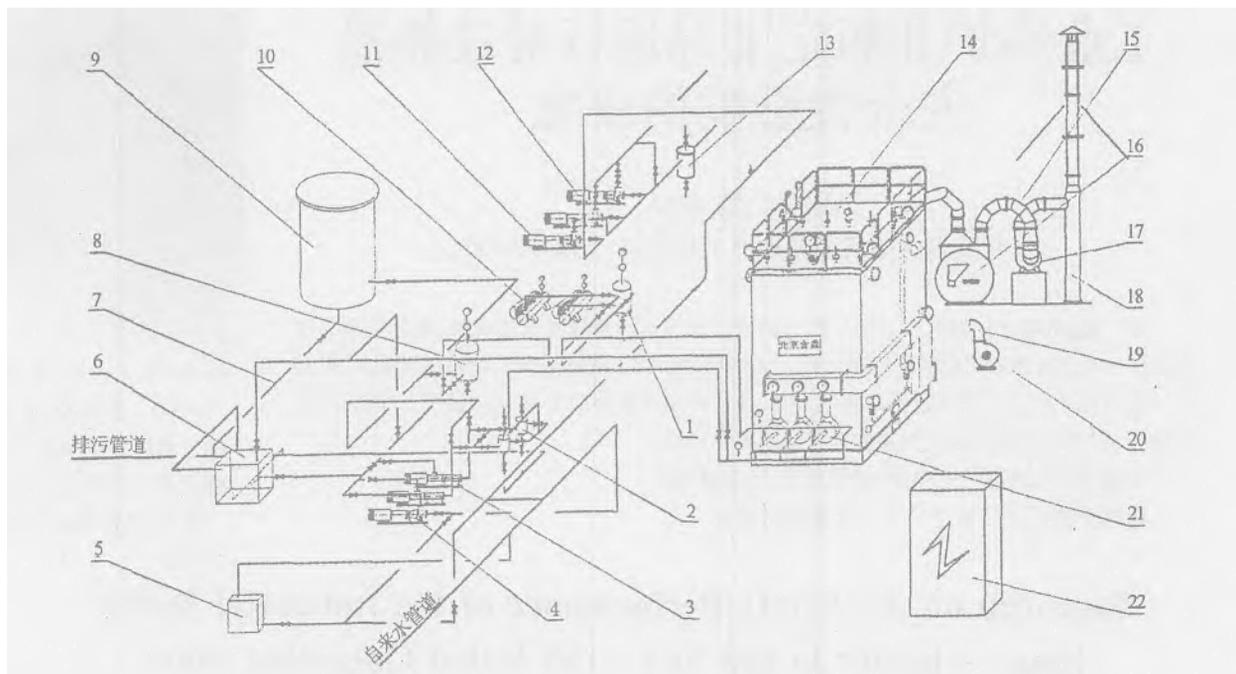


图 4 QXS4.2-1.25/95/70/A 水煤浆热水锅炉房设备系统图

1分气缸 2在线过滤器 3螺杆泵 4清水泵 5软化水系统 6卸浆槽 7管道阀门仪表系统 8搅拌罐
9储浆罐 10空气压缩机 11补水泵 12循环泵 13除污器 14型水煤浆锅炉 15烟道
16脱硫除尘器 17引风机 18烟囱 19冷风道 20鼓风机 21水煤浆燃烧机 22电器控制箱

4 结束语

(1)水煤浆是煤炭高效与洁净利用技术的产物,了解并掌握它的特性,利用它可以使一些锅炉廉价走向环保,可以替代一些燃油锅炉和燃油炉窑的油燃料,其社会效益和经济效益都是不容忽视的。

(2)设计水煤浆锅炉,应以水煤浆收到基参数作为设计依据。鉴于水煤浆中煤的含量仅有 60%~70%,且有 35%左右的水分,用于设计中小型工业锅炉的水煤浆燃料,其制浆煤应当选用发热量高、挥发分多、且具有代表性的 A 类烟煤。水煤浆锅炉型号的编制,除应遵守 JB/T 1626-1992《工业锅炉产品型号编制方法》的原则外,建议在 A 类烟煤代号 A 上加上上角标 S; S 型结构锅炉适合粉体悬浮空间燃烧,不但能使燃料高效燃烧、高效换热,而且燃料燃烧后的灰尘沉降相对集中,便于密封清除,应当是水煤浆锅炉设计的首选结构。

(3)笔者通过设计实践认为,水煤浆锅炉系统的设计,能够做到高效燃烧、高效换热、密封出灰除尘、安全连锁、全自动控制,对于贫油富煤的我国,目前也许是一些中小型工业锅炉走向环保的捷径。

参考文献

- [1] 岑可法,等. 煤浆燃烧、流动、传热和气化的理论与应用技术 [M]. 杭州:浙江大学出版社,1997.
- [2] 崔秀玉. 水煤浆制浆、燃烧、应用 [J]. 洁净煤技术,水煤浆专刊,2002
- [3] 汪善武. 中国工业锅炉行业现状分析及前景展望 [J]. 工业锅炉,2004,(1).
- [4] 张荣曾. 水煤浆制浆技术 [M]. 北京:科学出版社,1996
- [5] 卜银坤. 浅谈使用天然气的安全性、环保性、经济性、方便性 [J]. 工业锅炉,2002,(1).
- [6] 冯维君. 有机热载体炉安全技术 [M]. 北京:中国锅炉压力容器安全杂志社,1994
- [7] 哈尔滨工业大学热能工程教研室. 小型锅炉设计与改装(第二版) [M]. 北京:科学出版社,1987.
- [8] 林宗虎,张水照. 锅炉手册 [M]. 北京:机械工业出版社,1989.
- [9] 北京锅炉厂设计科译. 锅炉机组热力计算标准方法 [S]. 北京:机械工业出版社,1976
- [10] 宋贵良. 锅炉计算手册 [M]. 辽宁:辽宁科学出版社,1995.
- [11] 科学技术成果鉴定证书. 编号:(91)中煤总技术鉴字第 121 号.
- [12] 赵立合,等. 煤水浆触变性的试验研究 [J]. 北京钢铁学院学报,1987,(1).