

## 水煤浆产业化发展与展望

詹隆

[摘要] 水煤浆作为洁净的煤基流体燃料，它的代油(代煤)节能、环境效益已被越来越多的企业所认识。水煤浆技术趋于成熟，并达到国际先进水平；水煤浆经济运行可行，环境效益显著，具备了产业化发展条件，水煤浆产业化有着良好发展前景。

[关键词] 水煤浆 产业化 发展

水煤浆作为洁净的煤基流体燃料，经过二十多年科技工作者的不懈努力和众多企业的实践应用，水煤浆的各项技术趋于成熟，经济可行，环境效益较好；水煤浆产业化已具备了发展条件。

### 一、水煤浆产业化技术趋于成熟

“六五一九五”20年来的水煤浆国家科技攻关和技术应用研究，先后取得了国家及省部级研究成果数十项，其中有20余项成果得到了工程化应用和推广。水煤浆制备技术理论与工艺设备、水煤浆专用锅炉制造与燃油锅炉改烧水煤浆成套技术等不仅具有中国特色，也达到了国际先进水平。

#### 1. 水煤浆制备工艺技术适用于国情

我国丰富的煤炭资源，为水煤浆制浆工艺发展提供了广阔的舞台，由于原料煤性质不同，用户对煤浆质量要求不同，我国现有水煤浆厂(车间)的制浆工艺因煤制宜、多种多样，如：浮选精煤高浓度制浆、水洗精煤中、高浓度联合制浆、中浓度磨矿双峰级配制浆、间隙磨矿制浆及干法制浆工艺、高填充自平衡磨浆等，尽管工艺技术不尽相同，但生产出的水煤浆产品质量如煤浆浓度、粘度，稳定性、浆体粒度、流变性能等指标均能符合用户锅炉要求。

水煤浆品种及特性应用多样化。根据水煤浆性质和用途划分，水煤浆品种主要有：精煤水煤浆、经济型水煤浆、气化水煤浆、环保型水煤浆、水焦炭、固态煤浆等。

#### 2. 添加剂的生产具有一定规模

水煤浆添加剂直接关系着水煤浆产品的质量和性能，多年来科技人员本着添加剂性能价格比最优化原则开发出了多种系列的添加剂产品，如阳离子型的羧酸盐系列、焦油系列、腐植酸类系列，木质素系列及复配型系列等，并相继建成了具有一定规模的添加剂生产线，建成了1.2万t/a能力的NDF系列生产线，0.5万t/a羧酸盐系列生产线等。添加剂能根据煤种成浆性能难易，起着促进煤水亲合、煤粉分散，提高煤浆稳定性和流动性的作用。国产添加剂的性能和价格，完全可满足水煤浆生产的需求。

### 安全科普知识

- ◆ 不断发展的三维地震勘探技术
- ◆ 钻探勘查技术
- ◆ 中国煤炭能源新产业发展现状
- ◆ 中国煤炭煤质特征
- ◆ 中国煤炭煤质特征1
- ◆ 中国煤炭分类国家标准中各类煤
- ◆ 怎样做好煤矿新工人安全教育培训
- ◆ 我国煤矿职业危害的防治对策
- ◆ 数字解读山西煤炭
- ◆ 数字化矿井筑起安全保障线

更多>>

### 专家答疑

- ◆ 主巷道的风力
- ◆ 煤矿启封密闭的安全技术措施
- ◆ 主井的防腐处理
- ◆ 上隅角瓦斯治理
- ◆ 请问有没有办法让烟煤变成无烟煤变无烟煤
- ◆ 请问缺失挥发份的值怎么计算
- ◆ 证件
- ◆ 皮带断带的问题
- ◆ 抽出式局部风机的用途

更多>>

### 3. 制浆专用设备趋向系列化、大型化

水煤浆专用制浆设备是保证水煤浆合理粒度级配和稳定运行的关键。多年来科技人员由小到大对破碎机、球(棒)磨机、振动磨机等磨矿设备的总体结构、主要部件结构,磨介材质等开展了大量的研究,其中新型高效、节能高填充磨机(填充率达70~80%)可使生产能力提高一倍,电耗降低一半。对于制造大型化磨机(单机能力50万t/a、60万t/a)的技术和工艺已趋于成熟。浆厂专用的各类泵、阀、滤浆器、搅拌罐、储罐等设备使用性能和可靠程度不断改进,并朝着系列化、大型化方向发展。

### 4. 燃烧技术达到国际先进水平

水煤浆燃烧技术应用正在逐步推广。近些年来,从杭州、青岛海众等锅炉厂家1t/h、4t/h、20t/h水煤浆专用锅炉开发应用到230t/h、410t/h燃油锅炉改造投入稳定运行;从轧钢(锻造)加热炉、隧道式干燥窑、陶瓷干燥喷雾塔等10多种类型炉窑的成功燃用到多家煤矿的10~35t/h链条炉、流化床锅炉燃烧煤泥浆取得好的效果,说明了我国水煤浆燃烧技术(包括改炉技术)应用范围广。开发的0.5~6t/h多种型式的喷嘴,燃烧器以及输浆泵、过滤器等已达到国际先进水平。

## 二、水煤浆产业化经济可行

水煤浆产业化的经济性应包括制浆厂建设、生产运行、水煤浆储、运及锅炉改造燃烧等整个应用系统。

### 1. 水煤浆厂建设投资与生产成本

水煤浆厂通常分中央型,区域型和用户型。用户型不需建置大型储罐,浆的稳定性要求不高,工艺简单,建设投资少;中央型要具有经济规模(300万吨以上),虽然建厂一次性投次大,但生产运行成本较低;若浆厂建设依附于煤矿或以洗煤厂为依托,则建厂投资会省,若用浮选精煤作原料则还会省去煤破碎工段。根据对国内现有浆厂建设投资统计,吨浆水煤浆基建费为120~200元。近几年,开发出的高效节能制浆工艺,简化了流程,设备效率高,吨浆基建投资可在80元左右。水煤浆厂生产成本构成,经对国内几家浆厂的运行成本分析,各项构成比例为:原料50%~65%,添加剂10%~20%,水、电5%~8%,大修、折旧3%~9%,工资福利3%~4%,管理及财务费用3%~4%,吨浆耗电量38~50kwh,加工费用约为80~120元。据对几个浆厂建设的可研报告分析,投资利润率40~50%(税后),投资利税率在80%左右,投资回收期为1~3年(含建设期)。

### 2. 水煤浆储运的经济性

水煤浆作为产品,存放在储罐内,储罐从300m<sup>3</sup>~10000m<sup>3</sup>容积不等。水煤浆运输方式有汽车罐车、铁路罐车、船舶运输及管道输送等。其中管道输送是水煤浆产业化发展的优势。3. 锅炉(含窑炉)燃用水煤浆的经济、社会效益水煤浆与燃油、燃天然气以单位热值价格相比最为经济,其比约为1:2:3。若按产生每吨蒸汽耗用燃料成本比较,从表可以看出:水煤浆与燃煤费用几乎相当,燃重油是燃水煤浆的1.69倍,燃柴油是水煤浆的2.94倍。燃用水煤浆可为用户降低成本,经济效益显著。

## 每吨蒸汽耗用燃料成本比较

项目炉型	热效率%	燃烬率%	单价元/t	耗量/吨蒸汽	蒸汽成本元/t	水煤浆与之成本比
水煤浆锅炉	83~84	98	550	145kg	79.8	1
燃煤锅炉	67	80	470	160kg	75.2	1 : 0.94
重油锅炉	84	98	1800	75kg	135	1 : 1.69
柴油锅炉	85	99	3350	70kg	234.5	1 : 2.94

此外，燃用水煤浆与燃油，燃煤相比，还具有以下优势：

(1) 水煤浆含有百分之三十的水分，为非易燃体，安全。

(2) 水煤浆为流体燃料，负荷在40%~100%区间内调节、方便灵活，与燃油类似，而优于燃煤的低负荷稳燃性能和调峰能力。

(3) 燃用水煤浆与燃煤相比，由于取消了制粉、上煤贮运系统、简化了生产流程，减少了操作人员和繁重的劳动。

(4) 水煤浆的低灰特性使除尘、出灰和排灰渣量比常规燃煤要下降75%，节省了灰场占地。

### 三、水煤浆产业化环境效益显著

水煤浆作为一种清洁燃料是由于水煤浆的生产制备、储存运输及燃烧利用等全过程是清洁的。

#### 1. 水煤浆的生产制备是清洁的

制备水煤浆所选用的原料煤通常是洗精煤或低灰原煤，灰分、硫分含量低，国内现有的制浆厂原料煤灰分为5%~10%，硫分为0.3~0.8%。水煤浆是物理方法加工，煤、水及添加剂是在密闭条件下经过湿法磨制成浆。水煤浆制备生产过程能真正做到固、液污染物的零排放。

#### 2. 水煤浆储、运过程是清洁的

水煤浆是一种粘稠的流体，具有一定的稳定性，可以用储罐贮存。水煤浆又具有较好的流动性，可以用管道、槽罐汽车、铁路罐车和船舶运送。水煤浆的储运都是在密闭状态下，不会产生泄露。

#### 3. 水煤浆燃烧的污染物排放少，可有效控制

水煤浆燃烧与其它燃料燃烧一样，会产生污染物，但它与直接燃煤相比，污染物排放少。水煤浆燃烧产生的污染物

(1) 飞灰：指由水煤浆燃烧时产生的烟气所带走的灰分中的分散得很细的粒子。由于水煤浆是选用低灰分煤制备，水煤浆燃烧产生的飞灰量会少；水煤浆是采用雾化燃烧方式，雾化颗粒一般在100um左右，但在燃烧中存在着大

量结团现象，造成的飞灰平均粒径颗粒大，飞灰易沉降，利于脱除。水煤浆燃烧产生的飞灰对大气污染会大大减少。

(2) 黑烟：指水煤浆燃烧产生的可见气溶胶。通常用林格曼级表示其黑度。水煤浆燃烧由于燃烬率高，烟囱排放呈白色，林格曼级黑度在1级或0.5级以下。

(3) 含氮化合物( $\text{NO}_x$ )：水煤浆由于含有30%多的水分，其火焰温度要比同煤种的煤粉低 $100\sim 200^\circ\text{C}$ ，可实现低温 $\text{NO}_x$ 燃烧；同时，蒸汽在燃烧过程中有还原作用，会使部分 $\text{NO}_x$ 还原成 $\text{N}_2$ ；水煤浆燃烧火焰高温区相对分散，空气过剩系数小。这些因素都会对 $\text{NO}_x$ 生成有所抑制。试验得出：水煤浆燃烧时 $\text{NO}_x$ 的排放比煤粉要低 $100\sim 200\text{ppm} / \text{Nm}^3$ ，比油低得更多。(4) 含硫化物( $\text{SO}_2$ )： $\text{SO}_2$ 来源于煤浆燃料中所含的硫分，水煤浆中的硫含量约为0.3%~0.5%，是低硫燃料；水煤浆制备时煤粉磨得很细，有条件加入钙系或镁系等脱硫剂与细煤粉均匀混合，进行有效脱硫。经国内外试验研究表明：水煤浆中加入适量脱硫剂燃烧，硫的脱除率可达30%。

#### 4. 应用实例

水煤浆燃烧技术已经在各种炉型上得到应用。

电站锅炉燃用水煤浆已有8台，其中已成功改造的5台 $220\text{t} / \text{h}$ 、1台 $410\text{t} / \text{h}$ 锅炉均运行良好，并取得了很好的效益。

汕头万丰电厂2号平底燃油炉改烧水煤浆后，满负荷时 $\text{SO}_2$ 排放浓度为 $157.3\text{mg} / \text{Nm}^3$ 、飞灰含碳量为 $2.05\sim 3.65\%$ ，炉渣含碳量为 $1.92\sim 2.4\%$ 。锅炉燃烧效率达99.6%以上。锅炉热效率达 $91\sim 92.11\%$ 。茂名热电厂1号 $220\text{t} / \text{h}$ 燃油炉改烧水煤浆，烟气排放物中的 $\text{SO}_2$ 和 $\text{NO}_x$ 含量均达到环保要求，燃烧效率在99%以上。

在国内，已有一批工业锅炉和窑炉在燃用水煤浆，青岛海众实业公司研发的 $1\sim 35\text{t} / \text{h}$ 工业锅炉已有近百台在正常运行，如：安装在青岛海尔丰彩包装有限公司的SZS6.1.6-A型燃水煤浆锅炉在运行中排放的烟气监测结果为：烟尘浓度 $39.2\text{mg} / \text{m}^3$ ，排放量 $0.44\text{kg} / \text{h}$ ； $\text{SO}_2$ 浓度 $364\text{mg} / \text{m}^3$ ，排放量 $4.09\text{kg} / \text{h}$ ，烟气林格曼黑度1级。北京燕山石化公司星城供热站一台QXS14-1.25-Y2燃油锅炉改烧水煤浆，经北京市节能环保服务中心检测，粉尘排放浓度为 $23\text{mg} / \text{m}^3$ ， $\text{SO}_2$ 排放浓度为 $42\text{mg} / \text{m}^3$ ，烟气黑度林格曼小于1级，锅炉效率为87.97%。

#### 四、水煤浆产业化发展展望

水煤浆作为一种新型代油环保燃料，具有广阔的市场前景。国内的电站锅炉、工业锅炉及窑炉应用证明，水煤浆代油(约2t水煤浆替代1t油)或代煤运行平稳可靠，燃烧效率高，完全可达到国家环保排放标准，取得了显著的经济效益、节能效益和环境效益，国内外的燃油企业和燃煤用户对水煤浆燃烧表现出了浓厚的兴趣。

##### 1. 水煤浆产业化符合国家能源发展政策



根据我国富煤、油、气相对贫乏的能源资源特点，及资源利用率较低、环境污染和浪费严重的现状，国家建立资源节约型能源体系将十分重要。水煤浆作为节约和替代石油及洁净煤利用技术，既符合国情要求，又可维护国家能源安全和能源战略。在当前国家重点鼓励发展的产业、产品和技术目录(2000年修订)中明确列出了“水煤浆技术开发”作为重点鼓励发展的技术和产业。

## 2. 水煤浆产业化有利于产业结构的优化升级

我国以煤为主的能源结构正面临着需求增长和环境保护的双重压力，煤炭工业可持续发展需要以煤的洁净技术为战略主攻方向，重视发展煤的洁净技术既是市场的需要，更是环境保护的需要。从环保和经济效益看：我国大气环境长期以煤烟型污染的特征及当前国际原油价格持续在高价位徘徊，不仅为以煤代油的最现实产品——水煤浆发展提供了契机；同时，水煤浆作为一项高新技术还将会促进煤炭产业和产品结构优化，从而为煤炭行业带来一些经济效益。再一方面，水煤浆燃料的推广也将会改变电力、石油、石化等工业部门燃料(原料)结构的变化，同样也可以增加可观的效益，促进工业部门产业结构的优化升级。

## 3. 水煤浆产业化已具备了工业化推广条件

水煤浆代油市场潜力巨大。据统计，企业锅炉烧油量约为40mt / a，用户分布在电力、石油、化工、冶金等行业，如果能够推广水煤浆技术，则经济效益和社会效益都是巨大的。目前我国已成为世界锅炉生产和使用最多的国家，工业锅炉拥有49万台，但多是容量小、能耗高，而且污染严重，如果有少部分中小型(35t / h以下锅炉)燃烧水煤浆，发挥水煤浆燃烧效率高、污染物排放少的优势，对节约能源改善环境都是非常必要的。工业锅炉推广燃烧水煤浆，市场将会更大。

## 4. 水煤浆产业化发展应注意的问题

水煤浆技术是一项系统工程，在产业化发展中应注意：

(1) 建立和完善水煤浆及其配套技术的规范条例，如制定统一的水煤浆产品质量标准，规范水煤浆厂的设计；做好锅炉改造及其配套系统改造的统一性；注意水煤浆厂建设既要遵循市场规律又要有统一规范，尽量避免项目的重复建设和无序竞争；鼓励煤矿与用户合资建设水煤浆制备，配送公司，发展制浆——输送——燃烧应用一体化工程。

(2) 水煤浆产业化有着良好发展前景，但要使其有序健康发展，仍需重视水煤浆技术的进一步完善和提高，不断加强技术开发和创新。要研究用低阶煤种制浆的工艺技术；研究新型添加剂；注意制浆厂工艺选择的灵活性；以满足不同煤种和不同性质煤的制浆要求；锅炉燃烧应重点研究，提高燃烧器、喷嘴效率和水煤浆在炉内燃烧过程中的固硫、脱硫技术、烟尘排放量中pm10、pm2.5的控制技术。

[作者简介] 詹隆，教授级高工，国家水煤浆工程中心原主任

协办单位：北京嘉诚禾力广告有限公司

联系地址：北京市海淀区恩济庄18号院4号楼 邮政编码：100036

电话：010-88124838 88127046 传真：010-88127046

E-mail: master@mtsbxxn.com mtsbxxn@163.com

网站备案号：京ICP备05035317号

