

# Effect of Salt Solution and Alkali Solution on Preparation of CWS

Heping Li, Xiaobo Yan, Xuemei Wang, Wanyi Liu\*

School of Chemistry and Chemical Engineering, Ningxia University, Yinchuan Ningxia  
Email: li\_hp@nxu.edu.cn, \*liuwy@nxu.edu.cn

Received: Dec. 29<sup>th</sup>, 2016; accepted: Jan. 19<sup>th</sup>, 2017; published: Jan. 22<sup>nd</sup>, 2017

---

## Abstract

In this paper, through the use of different concentrations of NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaHCO<sub>3</sub>, CaSO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>, NaOH solution for the preparation of coal water slurry, the effects of various additives of different pulp concentration on the pulping properties of coal water slurry, and the effects of composition of coal water slurry pH value, heat of combustion were investigated. And the surface contact angle between salt water and coal, alkali water and coal was tested. The results show that the salt water and alkaline water have influences on viscosity of coal water slurry. The best adding composition for salt water is 1.0 wt% NaCl, 3.0 wt% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 0.50 wt% NaHCO<sub>3</sub>, and 1.0 wt% MgSO<sub>4</sub>. Saturated CaSO<sub>4</sub> solution and 1 wt% NaOH solution instead of water are not suitable for CWS preparation. The addition of Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> is not conducive to the preparation of coal water slurry. The contact angles of all the salts and alkali water showed a decreasing tendency compared with the contact angle of fresh water. Weak alkaline conditions are conducive to the lower viscosity of coal-water slurry and are useful for slurry preparation. Addition of less than 1 wt% saline or alkaline water does not affect the combustion characteristics of CWS.

## Keywords

Salt Solution, Alkaline Solution, PH Value, Contact Angle, Combustion Heat

---

# 盐水组分和碱性条件对水煤浆制浆的影响

李和平, 闫小波, 王雪梅, 刘万毅\*

宁夏大学化学化工学院, 宁夏 银川  
Email: li\_hp@nxu.edu.cn, \*liuwy@nxu.edu.cn

收稿日期: 2016年12月29日; 录用日期: 2017年1月19日; 发布日期: 2017年1月22日

---

\*通讯作者。

## 摘要

通过选用不同浓度的NaCl、Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>、NaHCO<sub>3</sub>、CaSO<sub>4</sub>、MgSO<sub>4</sub>、NaOH溶液制备水煤浆，考察了不同制浆浓度下各添加物对水煤浆制浆特性的影响，添加组分对水煤浆pH值、燃烧热的影响。并测试了盐水与煤、碱水与煤的表面接触角。结果表明：盐水和碱水对水煤浆的黏度有较大影响。各盐水制浆的最佳盐水添加条件为1.0 wt% NaCl溶液，3.0 wt% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>溶液，0.50 wt% NaHCO<sub>3</sub>溶液，1.0 wt% MgSO<sub>4</sub>溶液。饱和CaSO<sub>4</sub>溶液和1 wt%浓度的NaOH溶液代替清水不利于成浆。Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>的加入，不利于水煤浆的制备。各种盐水与碱水与煤的接触角都低于清水与煤的接触角。弱碱性条件有利于水煤浆黏度的降低，有利于制浆。浓度低于1 wt%盐水或碱水的加入不影响水煤浆的燃烧特性。

## 关键词

盐溶液，碱溶液，pH值，接触角，燃烧热

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

高盐废水指的是含有有机物和至少总溶解固体的质量分数  $\geq 3.5$  wt% 的废水。这些高盐、高有机废水，若未经处理直接外排，势必会对水体生物、生活饮用水和工农业生产用水产生极大的危害。目前，高盐废水处理方法主要分为物理法、物理化学法、化学法、生物法[1]。水煤浆是国家洁净煤计划发展中的一项重要技术，其作为洁净煤燃料和气化原料，一直受到国家及地方政府的重视。据不完全统计，截止到2013年底，全国燃料水煤浆的设计产能已突破5000万t/a，生产和使用量已达3000万t/a；在气化水煤浆领域，含多喷嘴、GE、多元料浆等以水煤浆进料的气化炉投产数量近300台，年耗浆量1亿t以上。目前水煤浆应用范围涵盖了电力、石油、冶金、化工、建材、轻工等多个行业，随着煤制甲醇、煤制油、煤制烯烃等多个大型煤化工项目的开工建设，气头多采用水煤浆加压气化技术，预计未来几年水煤浆气化的用煤量将突破2亿t，我国也将成为世界上水煤浆产能最大、应用行业最广泛、制备技术最为先进的国家[2]。近年来，利用工业废水(如高浓度有机废水、含酚废水、印染废水、造纸黑液等)来制备水煤浆的工艺方法逐渐多了起来，已经成为人们的研究热点。利用工业废水直接制备水煤浆，不仅能够简单可靠地处理废水，降低废水处理成本，实现废水达标排放或零排放，而且能节约大量制浆所需的工业用水，具有良好的环境、经济和社会效益[3]。本文通过实验室模拟盐水、碱水制浆的模式，探讨其组分条件对制浆特性的影响。在此基础上探索废水制浆过程中盐水组分、碱水条件对煤、水、添加剂各组分的影响规律，以判定和优化废水制浆的成本、产量、效益与可行性技术条件。

## 2. 盐水制浆实验

### 2.1. 实验试剂及原料

实验用煤样、添加剂、试剂见表1。原料煤煤质分析结果见表2。

### 2.2. 实验仪器设备

ZEISS Primotech 显微镜、球磨机、振筛机、NB-9075A 电热恒温鼓风干燥箱、NXS-4C 型水煤浆粘

**Table 1.** Raw materials and reagents**表 1.** 实验原料与试剂

名称	纯度	生产厂家	名称	纯度	生产厂家
原煤	-	银星二矿	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	AR	天津市大茂化学试剂厂
添加剂	>90 wt%	宁夏川能化工有限公司	NaHCO <sub>3</sub>	AR	天津市大茂化学试剂厂
蒸馏水	-	自制	CaSO <sub>4</sub>	AR	天津市瑞金特化学品有限公司
NaCl	AR	烟台市双双化工有限公司	MgSO <sub>4</sub>	AR	天津市大茂化学试剂厂
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	AR	北京化学试剂公司	NaOH	≥96 wt%	天津市光复科技发展有限公司

**Table 2.** Coal sample analysis**表 2.** 煤质分析

全水分 Mt%	分析水 Mad%	灰分 Aad%	挥发分 Vad%	固定碳 FCad%	硫 St, d%	发热量 Qnet, arMJ/kg	灰熔点, °C			
							DT	ST	HT	FT
9.6	5.13	12.22	31.74	50.91	0.76	23.79	1090	1100	1110	1110

度计、JJ-1 精密增力电动搅拌器、雷磁 PHS-25 PH 计、分析天平、电子天平等。

### 2.3. 实验步骤

1) 制样：取预先自行破碎过的银星二矿煤样适量，测量含水量。然后，称取 2 kg 煤样按钢球与煤粉 6:1 的配比装入球磨机 12 升的大罐内，调节频率为 20 HZ，设定时间为 1 h，开机进行磨煤。

2) 筛分：先对预先破碎过的煤颗粒进行筛分，将 8~14 目、14~40 目、40~120 目的较粗颗粒筛分出来；然后，对第一步磨出的煤粉进行细颗粒的筛分，进而将 120~200 目及 200 目以上的煤样筛分出来。

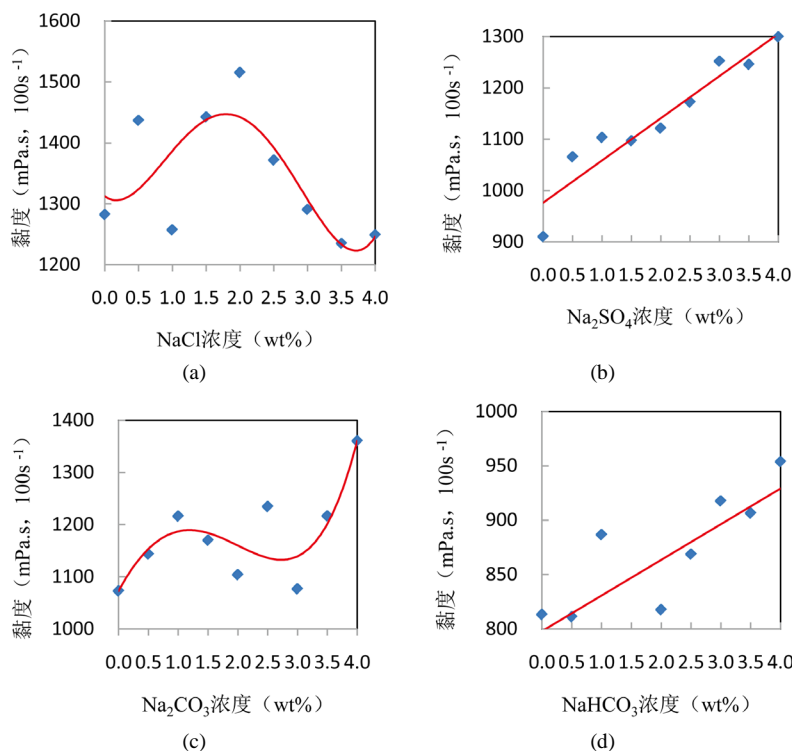
3) 煤的级配与配置试剂：依据 8~14 目为 2%、14~40 目为 3%、40~120 目为 45%、120~200 目为 10%、200 目以上为 40% 的级配比例进行配煤。依据质量分数对各种盐的不同浓度进行配制。先测定添加剂的固含量，根据固含量计算所需的添加剂水剂量(每 100 g 煤粉中对应 0.2 g 的添加剂干剂量)。

4) 配制水煤浆：按级配比例称取 100 g 煤粉，再称取相应量的添加剂水剂与清水或盐水，然后将三者混合，并用玻璃棒预先搅拌适度后，进而采用电动搅拌器搅拌并计时 5 min (在此过程中辅以玻璃棒搅拌)，5 min 后便可进行相关测试与分析评价。

5) 参数测试：黏度采用 NXS-4C 型水煤浆粘度计进行测试(测 2~3 组平行样)；浓度通过质量差法进行测试(一般测两组平行样)；流动性采用目测法(A 为连续流动，B 为间断流动，C 为不流动)；稳定性通过测 24 h 后的析水率来分析；pH 值则直接采用雷磁 PHS-25 PH 计进行测定。

### 2.4. 人工模拟单种盐水制浆

图 1(a)为 NaCl 盐水浓度与成浆黏度的关系曲线，从图中可以看出，在制浆理论浓度恒定时，当氯化钠溶液浓度增大时，浆体黏度先增大后减小，且在氯化钠溶液浓度为 1.0 wt% 时黏度较低。之后又呈增大趋势，在 2.0 wt% 处达最高值，随后又降低，在 3.5 wt% 时达最低点。从原料成本考虑，1.0 wt% 是较佳的添加点。图 1(b)为 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 盐水浓度与成浆黏度的关系曲线，从图中可以看出，随着硫酸钠溶液浓度的增大，浆体黏度整体呈线性增加趋势。说明 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 盐水的加入不利用制浆，在实际的制浆过程中，高盐废水[4]、煤中的矿物质[5]、木质素磺酸盐类添加剂[6]中都有 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 组分，因此，在制浆时，要对原料中的 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 进行检定，在成本允许的条件下，应尽量降低 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 组分对制浆结果的干扰。图 1(c)为 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 溶液浓度与成浆黏度的关系曲线，从图中可以看出，随着碳酸钠溶液浓度的增大，浆体黏度先增大后减



**Figure 1.** Relationship between salt water concentration and slurry viscosity  
**图 1.** 盐水浓度与浆体黏度的关系

小而后再增大；加入碳酸钠组分后，浆体的黏度都较清水浆黏度有不同程度增加。图 1(d)为 NaHCO<sub>3</sub> 溶液浓度与成浆黏度的关系曲线，从图中可以看出，加入 NaHCO<sub>3</sub> 组分后，在 0.5 wt% 和 2.0 wt% 处黏度低于清水浆黏度，其他浓度点都呈增加趋势。

加入饱和 CaSO<sub>4</sub> 溶液，在 64 wt% 与 65 wt% 理论制浆浓度下，饱和硫酸钙溶液的制浆黏度都高于清水的制浆黏度，其增幅分别为 26.8% 和 10.4%。加入 MgSO<sub>4</sub> 溶液，在 65 wt% 理论制浆浓度下，当硫酸镁溶液浓度增大时，浆体黏度先增大后减小，硫酸镁溶液浓度为 1 wt% 时达到最低点，此处的黏度小于清水制浆的黏度，降幅为 2.5%，之后又呈增大趋势，在硫酸镁溶液浓度为 1.1 wt% 时的增幅为达最大，为 6.5%。加入 1 wt% 的 NaOH 溶液，在 63 wt%，64 wt%，65 wt%，66 wt% 理论浓度下，1 wt% 的 NaOH 溶液的制浆黏度都高于清水的制浆黏度，且随着理论浓度的增大，浆体黏度高出的幅度也呈整体增大趋势，其增幅分别为 34.4%，37.8%，38.8%，37.1% (见图 2)。

综合以上实验，盐水和碱水对水煤浆的黏度有一定影响。1.0 wt% NaCl 溶液、0.5 wt% NaHCO<sub>3</sub> 溶液、3.0 wt% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 溶液、1.0 wt% MgSO<sub>4</sub> 溶液有助于浆体黏度的下降。Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 溶液、饱和 CaSO<sub>4</sub> 溶液和 1 wt% 浓度的 NaOH 溶液代替清水会增加浆体的黏度。

## 2.5. 人工模拟复配盐水制浆

图 3(a)为 n(NaCl):n(Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) = 1:1 比例下，64 wt% 和 65 wt% 理论制浆浓度下的制浆黏度与复配盐水的关系图。从图中可以看出，在 64 wt% 理论制浆浓度下，制浆黏度随盐水浓度的增大波动较大，在盐水浓度为 5 g/L 时达到最低点，此时的黏度值小于清水的制浆黏度，经测试计算，降幅为 7.3 wt%，同时，在盐水浓度为 10 g/L 时的增幅为 9.0 wt%；当理论浓度为 65 wt% 时，制浆黏度随盐水浓度的增大波动较大，在盐水浓度为 7 g/L 时达到最低点，此时的黏度值小于清水的制浆黏度，降幅为 13.0 wt%。

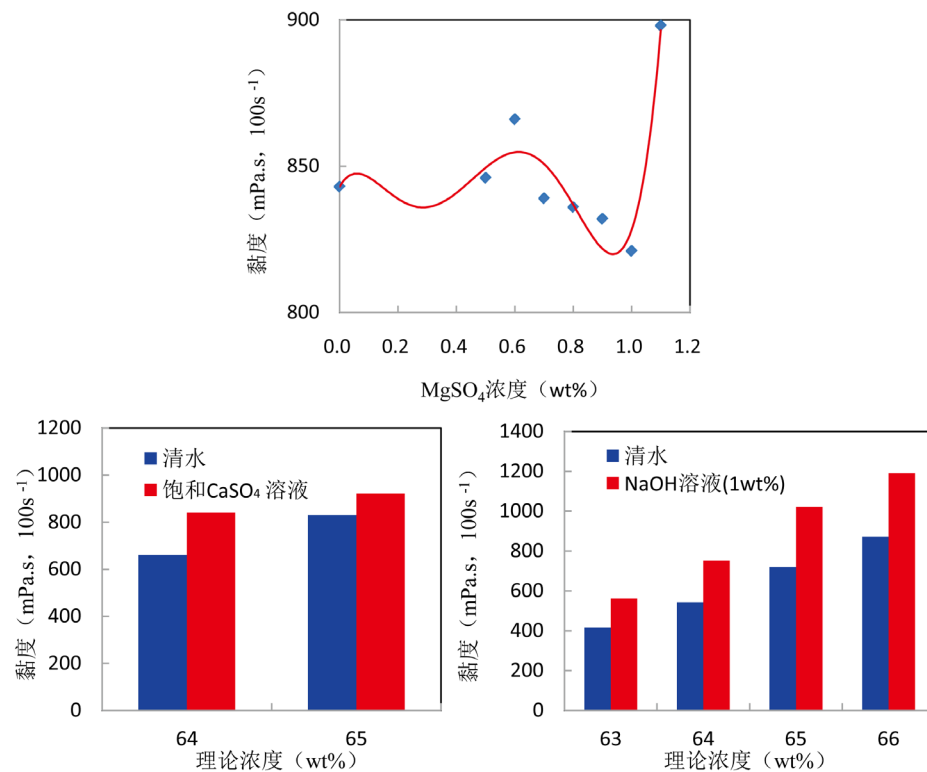


Figure 2. Effect of salt water and fresh water on slurry viscosity

图 2. 盐水与清水对浆体黏度的影响

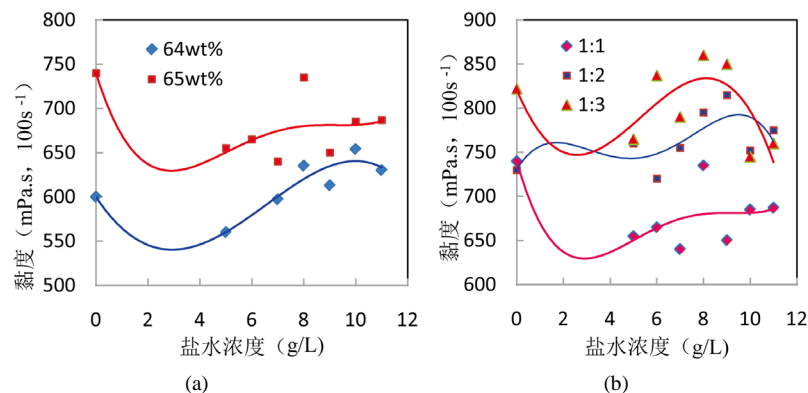


Figure 3. Relationship between complex salt water and slurry viscosity

图 3. 复配盐水与浆体黏度的关系

图 3(b)为理论制浆浓度 65 wt%条件下,  $n(\text{NaCl}):n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 1:1$ 、 $1:2$ 、 $1:3$  时, 复配盐浓度与水煤浆黏度的关系图。从图中可以看出, 各复配比例下, 制浆黏度随盐水浓度的变化趋势基本相同。随着硫酸钠溶液配比的增加, 制浆黏度呈整体增大趋势。 $\text{Na}_2\text{SO}_4$  的加入, 不利于水煤浆的制备。

### 3. 煤与盐水的接触角测试分析

对各优选条件下的盐水溶液, 测试其与煤样的接触角。结果表明: 各种盐水与碱水与煤的接触角都低于清水与煤的接触角(见图 4)。如图 5(b)所示, 在  $n(\text{NaCl})/n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 1:1$  条件下, 随着复配盐浓度的增加, 复配盐水与煤的接触角逐渐下降。



Figure 4. Contact angle test chart of salt water and coal  
图 4. 盐水与煤的接触角测试图

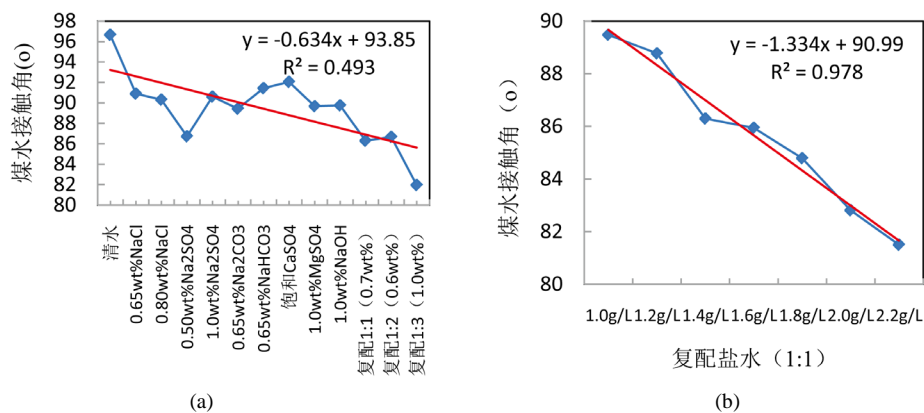


Figure 5. Change trend of contact angle of salt water  
图 5. 盐水的接触角变化趋势图

#### 4. 水的 pH 值对配置水煤浆的影响

水煤浆的酸碱性，不仅对水煤浆生产、储存运输等设备有腐蚀作用，而且对水煤浆稳定性也有一定的影响，因而水煤浆的 pH 值即水煤浆的酸碱度的测定，对水煤浆生产、储运以及水煤浆燃烧和使用过程中设备的防腐蚀性研究工作有重要指导作用[7]。水煤浆是粗分散体系，当水煤浆浓度很低时，颗粒按斯托克公式做自由沉降；随浓度增加，颗粒间的相互作用使沉降变得复杂[8]。研究认为，在煤种、粒度、水煤浆浓度及添加剂等条件基本相同的情况下，水煤浆体系的 pH 值对其静态稳定性有较大影响。通过添加适当的碱性物质，使其减缓由含氧活性基团逐渐水化、离解或小分子溶出对水煤浆体系暂时平衡状

态所造成的破坏,使所制水煤浆静态稳定性有所提高。煤表面的润湿性随水溶液的 pH 值及添加剂的浓度变化而变化。溶液 pH 的变化将影响煤表面羧基、酚羟基的电离行为,从而影响煤表面的  $\zeta$  电势[9]。以下是各种盐溶液在制浆的不同阶段中的 pH 对比情况表,见表 3。

从表 3 可以看出,0.65 wt% 和 0.8 wt% 的 NaCl 溶液制浆的 pH 略小于清水制浆的 pH。0.65 wt% 和 0.8 wt% 的  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液制浆的 pH 大于清水制浆的 pH。0.65 wt% 和 0.8 wt% 的  $\text{NaHCO}_3$  溶液制浆的 pH 大于清水制浆的 pH。饱和  $\text{CaSO}_4$  溶液制浆的 pH 略小于清水制浆的 pH。0.5 wt% 和 1.0 wt% 的  $\text{MgSO}_4$  溶液制浆的 pH 略小于清水制浆的 pH。用 1 wt% NaOH 溶液制浆的 pH 远大于清水制浆的 pH,其原因在于,水中 NaOH 的存在使得煤表面的含氧官能团被部分改变或增加。然而,随着煤表面含氧官能团的增加,煤表面的亲水性也随之增强,从而导致配制的浆体表现粘度的增大,对成浆性不利[10]。

从表 3 中可以看出,NaOH 溶液的酸碱度呈强碱性, $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液的 pH 值次之,其他溶液都表现为一定程度的弱碱性。从成浆性来看,用 NaOH 溶液配制的水煤浆的表现黏度较高;用 NaCl 溶液、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液、 $\text{NaHCO}_3$  溶液、 $\text{MgSO}_4$  溶液及三种复配盐水溶液所配制水煤浆的表现粘度都低于清水浆。说明弱碱性条件有利于水煤浆黏度的降低,有利于制浆。

从表 4 可以看出,不同复配比例的盐水水煤浆,pH 值基本没有变化,浆体整体接近中性,可以初步判断,复配组分中的各个组分与煤结构中的各个基团没有发生剧烈反应。

## 5. 盐水水煤浆的燃烧热测试分析

水煤浆作为新型的“煤代油”环保燃料,其发热量是计算水煤浆燃烧热平衡、燃烧设备设计、燃烧工艺条件设定以及热效率计算等的基础数据,因而水煤浆的发热量是评定其质量的一项重要指标[11]。燃烧热测试采用氧弹式量热仪测量。测试结果如表 5 所示。

**Table 3.** pH of salt water CWS  
**表 3.** 盐水水煤浆 pH 测试结果

理论浓度	盐溶液	盐水浓度 (wt%)	清水 pH	盐水 pH	添加剂 pH	(煤 + 清水) pH		清水浆 pH	盐水浆 pH
						初始	24 h 后		
63 wt%	NaCl	0.65	7.92	7.96	7.32	7.01	6.97	7.00	6.96
63 wt%	NaCl	0.80	7.92	8.11	7.32	7.01	6.97	7.00	6.86
64 wt%	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	0.65	7.92	11.07	7.32	7.02	6.96	7.04	7.76
64 wt%	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	0.80	7.92	11.12	7.32	7.02	6.96	7.04	8.15
65 wt%	$\text{NaHCO}_3$	0.65	7.92	8.55	7.32	7.02	6.96	7.08	7.42
65 wt%	$\text{NaHCO}_3$	0.80	7.92	8.47	7.32	7.02	6.96	7.08	7.49
64 wt%	$\text{CaSO}_4$	饱和溶液	7.92	-	7.32	7.02	6.96	7.05	6.90
65 wt %	$\text{CaSO}_4$	饱和溶液	7.92	-	7.32	7.02	6.96	7.07	6.89
65 wt%	$\text{MgSO}_4$	0.50	7.92	-	7.32	7.02	6.96	7.13	6.92
65 wt%	$\text{MgSO}_4$	1.00	7.92	-	7.32	7.02	6.96	7.13	6.87
63 wt%	NaOH	1.00	7.92	13.27	7.32	7.01	6.97	7.03	10.02
64 wt%	NaOH	1.00	7.92	13.27	7.32	7.02	6.96	7.08	9.76

**Table 4.** pH of complex salt water CWS**表 4.** 复配盐水浆 pH 值测试结果

理论浓度	盐溶液	盐水浓度 (wt%)	清水 pH	盐水 pH	添加剂 pH	(煤 + 清水) pH		清水浆 pH	盐水浆 pH
						初始	24 h 后		
64 wt%	n(NaCl):n(Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) = 1:1	0.70	7.92	9.43	7.32	7.02	6.96	7.09	6.95
65 wt%	n(NaCl):n(Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) = 1:1	0.70	7.92	9.43	7.32	7.02	6.96	7.09	6.96
65 wt%	n(NaCl):n(Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) = 1:2	0.60	7.92	9.52	7.32	7.02	6.96	7.09	6.95
65 wt%	n(NaCl):n(Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) = 1:3	1.00	7.92	9.58	7.32	7.02	6.96	7.09	6.94

**Table 5.** Combustion heat of salt water CWS**表 5.** 盐盐水煤浆燃烧热测试结果

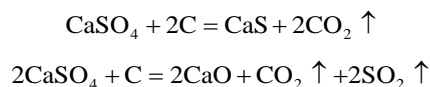
溶液	空白	NaCl	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	NaHCO <sub>3</sub>	CaSO <sub>4</sub>	MgSO <sub>4</sub>	NaOH	
浓度	0	0.65	0.8	0.5	1.0	0.65	饱和	1.0	1.0
发热量(KJ/g)	28.1	28.5	27.8	28.3	28.3	28.2	28.8	26.0	28.2

**Table 6.** Combustion heat of complex salt water CWS**表 6.** 复配盐盐水煤浆燃烧热测试结果

溶液	空白	NaCl 与 Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 复配		
		1:1	1:2	1:3
浓度	0	0.7	0.6	1.0
发热量(KJ/g)	28.1	28.2	28.3	25.9

从表 5 可以看出, 与清水制浆相比, 除了用饱和 CaSO<sub>4</sub> 溶液制备的水煤浆的燃烧热明显偏低外, 其余各盐水所制备的水煤浆的燃烧热并无明显差异性。

从表 6 可以看出, 与清水制浆相比, 在复配比 n(NaCl)/n(Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 为 1:3 的条件下, 该浓度所制备的水煤浆的燃烧热明显偏低。用饱和 CaSO<sub>4</sub> 溶液制备的水煤浆的燃烧热明显偏低的原因是: 从反应过程的热力学条件



上述反应都为吸热反应, 样品燃烧时以上反应会吸收一部分燃烧时所产生的热量。因此, 便会导致燃烧热偏低。

## 6. 结论

盐水和碱水一定程度上对水煤浆的制备有改性作用, 盐分的存在可以适当的降低水煤浆的表观粘度以及改善其稳定性。煤化工生产过程中产生的高盐废水可以部分替代或全部替代工艺用水使用。合理的控制盐水浓度和碱水浓度是解决高盐废水制浆的关键所在。废水处理过程中的能耗问题是导致处理成本较高的一个重要因素, 高昂的运行费用制约了其推广应用。因此, 开展利用高盐废水配制水煤浆的技术研究, 对于节能、环保的处理污水具有重要的意义。



## 基金项目

国家自然科学基金，编号 21266025。

## 参考文献 (References)

- [1] 农少梅, 李捍东, 张树增, 李霁. 高盐废水处理技术研究新进展[J]. 江苏环境科技, 2008, 21(3): 72-74.
- [2] 段清兵. 中国水煤浆技术应用现状与发展前景[J]. 煤炭科学技术, 2015, 43(1): 129-133.
- [3] 郑福尔, 刘以凡, 刘明华. 利用高浓度印染废水制备水煤浆的研究[J]. 煤炭工程, 2012(2): 85-87, 91.
- [4] 高书宝. 高含盐废水综合利用研究[D]: [硕士学位论文]. 天津: 天津大学, 2003.
- [5] 陈鹏. 中国煤炭性质、分类和利用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001: 98.
- [6] 中华人民共和国化工行业标准. HG/T3507-2008 木质素磺酸钠分散剂[S]. 北京: 化学工业出版社, 2008.
- [7] 傅丛. 水煤浆 pH 值的测定方法研究[J]. 洁净煤技术, 2003, 9(1): 28-30.
- [8] 朱宗军, 邓成刚, 等. pH 值对水煤浆静态稳定性的影响[J]. 洁净煤技术, 2001, 7(2): 22-23.
- [9] 何杰. 煤的表面结构与润湿性[J]. 选煤技术, 2000(5): 13-15.
- [10] 张利合, 等. 煤中矿物对水煤浆性质的影响[J]. 煤炭加工与综合利用, 2006(1): 27-28.
- [11] 李智伟. 我国水煤浆燃烧技术与工业发展前景[J]. 云南冶金, 2002, 31(6): 42-47.

### 期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [hjctet@hanspub.org](mailto:hjctet@hanspub.org)