

# 碳酸盐缓冲溶液性质对栲胶脱硫的影响

李逢玲<sup>1</sup> 李晋萍<sup>2</sup> 凌开成<sup>1</sup> 牛艳霞<sup>1</sup> 张卫帅<sup>1</sup> 申峻<sup>1</sup>

(1. 太原理工大学 化学化工学院, 山西 太原 030024;

2. 太原煤气化股份有限公司 焦化厂, 山西 太原 030024)

**摘要:**研究了  $\text{Na}_2\text{CO}_3 - \text{NaHCO}_3$  缓冲液的 pH 值和总碱度对  $\text{HS}^-$  与  $\text{V}^{5+}$  氧化还原反应的影响, 以及  $\text{Na}_2\text{CO}_3 - \text{NaHCO}_3$  缓冲液的性质。研究表明, 缓冲液的 pH 值越高,  $\text{HS}^-$  的转化率越低, 缓冲液的总碱度对  $\text{HS}^-$  的转化率影响不大。缓冲液的 pH 值随  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  质量浓度的增加而变大, 随  $\text{NaHCO}_3$  质量浓度增加而降低; 缓冲溶液的缓冲能力随溶液中  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{NaHCO}_3$  的质量浓度增加而增加; 缓冲溶液的最佳浓度值为:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  质量浓度 5.0 g/L,  $\text{NaHCO}_3$  质量浓度 30.0 g/L。

**关键词:** 栲胶脱硫; 缓冲液;  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ;  $\text{NaHCO}_3$

中图分类号: TQ546.5; TD849

文献标识码: A

文章编号: 1006-6772(2011)04-0077-05

栲胶脱硫工艺是一种脱除煤气中  $\text{H}_2\text{S}$  气体的湿法脱硫工艺, 具有硫容高、副反应少、传质速率快、脱硫效率高且稳定、原料消耗低、腐蚀轻、硫磺回收率高、不堵塞设备管道等优点<sup>[1]</sup>。

栲胶法脱硫的本质是将煤气中的  $\text{H}_2\text{S}$  转化为固态的单质硫。由栲胶脱硫机理<sup>[2]</sup>可知: 首先,  $\text{H}_2\text{S}$  气体是用  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  吸收的, 即  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  的浓度越高越有利于  $\text{H}_2\text{S}$  气体的吸收<sup>[3]</sup>。其次,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  与  $\text{H}_2\text{S}$  反应转化为  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$  与生成的  $\text{NaOH}$  反应又可转化为  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 即在整个脱硫过程中从理论上讲不会消耗  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 。

pH 值是湿法脱硫技术中最关键的工艺参数, 不仅决定着元素硫和催化剂钒的赋存形态, 而且影响  $\text{H}_2\text{S}$  气体吸收及  $\text{HS}^-$  与离子转化。碱性缓冲溶液是控制脱硫液 pH 值稳定的有效方法。栲胶脱硫工艺中的新鲜碱液是  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{NaHCO}_3$  构成的碱性缓冲体系, 控制其 pH 值恒定在 8.50~9.50。总碱度由缓冲液中  $\text{NaHCO}_3$  折算成  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  后, 与  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

加和得到。栲胶脱硫的第一步吸收过程为酸碱中和反应, 故缓冲液的 pH 值和总碱度是吸收过程的主要影响因素<sup>[4]</sup>。

脱硫液的 pH 值越小, 越不利于  $\text{H}_2\text{S}$  的吸收, 脱硫效率也就越低<sup>[5]</sup>。实验表明, 较高的 pH 值对吸收反应有利, 但会增加副产物生成量, 而且脱硫液的 pH 值过高会使脱硫液浓度增大,  $\text{NaHCO}_3$  的溶解度减小, 碱耗增大<sup>[6]</sup>。

长期以来, 栲胶脱硫缓冲液的配制往往依靠经验数据, 没有进行过深入的理论研究。笔者拟通过实验研究  $\text{Na}_2\text{CO}_3 - \text{NaHCO}_3$  缓冲溶液的性质, 并探讨碳酸盐缓冲溶液对栲胶脱硫过程的影响。

## 1 实验部分

### 1.1 试剂与仪器

$\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{NaVO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaOH}$ , 抗坏血酸, 硫酸亚铁铵, 高锰酸钾, N-苯基邻氨基苯甲酸指示剂均为分析纯, 实验用二次蒸馏

收稿日期: 2011-04-12

基金项目: 山西省科技攻关项目(2007032039); 山西省归国留学人员资助项目(2008-27)

作者简介: 李逢玲(1987-), 女, 湖北荆州人, 在读硕士, 主要从事湿法脱硫技术方面的研究。通讯作者: 凌开成。

水; pH S-3C 型精密 pH 计, 上海雷磁仪器厂; 314A 型复合硫离子选择电极(与 pH 计配合使用), 江苏江电分析仪器有限公司; 85-2 型恒温磁力搅拌器, 常州国华电器有限公司; 电子天平, 北京赛多利斯仪器系统公司; HWY-501 数显循环恒温水浴, 上海昌吉地质仪器有限公司, 控温精度  $\pm 0.1$   $^{\circ}\text{C}$ 。

## 1.2 溶液配制

### 1.2.1 $\text{HS}^-$ 与 $\text{V}^{5+}$ 反应溶液的配制

#### (1) 反应缓冲溶液的配制

用新煮沸的蒸馏水溶解一定量的  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{NaHCO}_3$ , 备用; 用 pH 计测定配制好的缓冲液 pH 值。所配制缓冲液的 pH 值分别为 8.57、8.84、9.40 及 9.97。

#### (2) $\text{HS}^-$ 溶液配制

称取一定量的分析纯  $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  晶体于表面皿, 用蒸馏水冲洗除去表面氧化层后, 用上述缓冲液溶解并定容, 碘量法<sup>[7]</sup> 标定后, 备用; 用相应的缓冲液稀释。

#### (3) $\text{V}^{5+}$ 溶液配制

称取一定量的分析纯  $\text{NaVO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , 用相应缓冲液溶解并定容, 用硫酸亚铁铵标定<sup>[8]</sup> 后, 用相应的缓冲液稀释至浓度为 40.0 mmol/L。

### 1.2.2 缓冲液性质的研究过程溶液配制

#### (1) 浓溶液的配制

准确称取  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  50.0 g 于 200 mL 的烧杯中, 用蒸馏水溶解, 转移并定容到 1000 mL 容量瓶中, 制成质量浓度为 50.0 g/L 的  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液备用, 同样方法制成 50.0 g/L 的  $\text{NaHCO}_3$  溶液。

#### (2) 缓冲液的配制

取 2 mL 50.0 g/L 的  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  浓溶液于 100 mL 容量瓶中, 并加入一定量的 50.0 g/L 的  $\text{NaHCO}_3$  浓溶液, 用蒸馏水稀释至刻度。最后制成  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  质量浓度为 1.0 g/L,  $\text{NaHCO}_3$  质量浓度分别为 1.0、2.0 和 3.0 g/L 直至 30.0 g/L 的缓冲液。

$\text{Na}_2\text{CO}_3$  质量浓度由 1.0 g/L 增大至 30.0 g/L,  $\text{NaHCO}_3$  质量浓度同上。

以上溶液配制后, 静置, 并用 pH S-3C 型精密 pH 计测定溶液的 pH 值。

## 2 结果与讨论

### 2.1 缓冲液 pH 值对 $\text{HS}^-$ 与 $\text{V}^{5+}$ 反应的影响

选择 1.2.1 中配制的溶液进行  $\text{HS}^-$  与  $\text{V}^{5+}$  的

反应,  $\text{HS}^-$  的初始浓度为 4.8 mmol/L,  $\text{V}^{5+}$  的初始浓度为 40.0 mmol/L, 反应温度为 35  $^{\circ}\text{C}$ 。实验考察了缓冲液 pH 值对  $\text{HS}^-$  和  $\text{V}^{5+}$  之间氧化还原反应的影响, 结果如图 1 所示。

由图 1 可知,  $\text{HS}^-$  与  $\text{V}^{5+}$  反应分为 2 个阶段: 在前 5 s 内, 溶液中的  $\text{HS}^-$  浓度迅速降低, 为反应的快速阶段; 之后  $\text{HS}^-$  浓度随反应时间的延长而缓慢下降, 为反应的慢速阶段; 当反应至 30 s 时, 反应基本达到平衡。

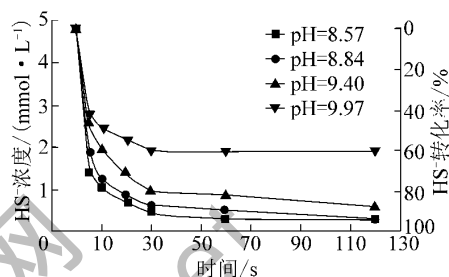


图 1 缓冲液 pH 值对  $\text{HS}^-$  与  $\text{V}^{5+}$  反应的影响

由图 1 可知, 缓冲液的 pH 值对  $\text{HS}^-$  与  $\text{V}^{5+}$  反应的影响很大。当缓冲液的 pH 值不断升高时, 参与反应的  $\text{HS}^-$  逐渐减少, 即  $\text{HS}^-$  的转化率逐渐降低。当 pH 由 9.40 上升至 9.97 时,  $\text{HS}^-$  的转化率明显下降, 在反应达到平衡时,  $\text{HS}^-$  的转化率由 90% 降至 60%。

由以上分析可知, 脱硫液的 pH 值对脱硫过程影响很大。  $\text{H}_2\text{S}$  气体的吸收按反应式  $\text{H}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{NaHS} + \text{NaHCO}_3$  进行, 要求脱硫液的 pH 值大一些; 而  $\text{HS}^-$  与  $\text{V}^{5+}$  的反应实验表明, 当脱硫液的 pH 值增大到一定值后,  $\text{HS}^-$  的转化率明显下降。因此选择合适的脱硫液 pH 值对栲胶脱硫过程至关重要, 为了获得较高的  $\text{HS}^-$  转化率, 脱硫液的 pH 值不应高于 9.40。

### 2.2 缓冲液总碱度对 $\text{HS}^-$ 与 $\text{V}^{5+}$ 反应的影响

栲胶脱硫工艺中经常会提到总碱度的概念, 总碱度是指脱硫液中  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{NaHCO}_3$  折算成  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  后两者的总量, 决定着  $\text{H}_2\text{S}$  的吸收速度, 也是影响溶液 pH 值稳定的因素。因而研究缓冲液的总碱度对反应的影响十分必要。

实验配制不同总碱度的缓冲液, 分别为 6.82、13.62、27.24、40.86、54.48 g/L。经实验测定, 以上 5 种缓冲液 pH 值均在 8.80 左右。

选择上述的缓冲液配制  $\text{HS}^-$  和  $\text{V}^{5+}$  溶液,  $\text{HS}^-$  的初始浓度为 4.8 mmol/L,  $\text{V}^{5+}$  的初始浓度为 40.0 mmol/L, 反应温度为 35  $^{\circ}\text{C}$ , 考察了碳酸盐缓冲液总

碱度对反应的影响 结果如图 2 所示。

由图 2 可知,在  $\text{HS}^-$  和  $\text{V}^{5+}$  的反应中,缓冲液的总碱度分别为 6.82、13.62 g/L 时,缓冲液总碱度越小,  $\text{HS}^-$  转化率也越低。而当缓冲液的总碱度分别为 27.24、40.86 及 54.48 g/L 时,溶液中  $\text{HS}^-$  的浓度随反应时间的变化曲线几乎重合,说明在这些碱度下  $\text{HS}^-$  与  $\text{V}^{5+}$  的反应速率几乎相等。

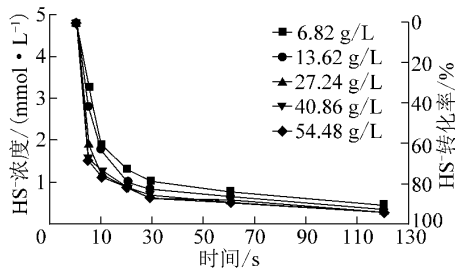


图 2 缓冲液总碱度对  $\text{HS}^-$  与  $\text{V}^{5+}$  反应的影响

另外,实验的  $\text{HS}^-$  储备液由  $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  配制。当向缓冲液中加入一定量的  $\text{Na}_2\text{S}$ ,缓冲液总碱度太小时,会导致最终配制的  $\text{HS}^-$  储备液 pH 值增大。这是因为  $\text{Na}_2\text{S}$  是强碱性物质,其水溶液的 pH 值可高达 14 以上,如果使用总碱度过小的缓冲液配制  $\text{HS}^-$  储备液时,会因  $\text{Na}_2\text{S}$  碱性过大而超出缓冲液的缓冲能力,造成最终配制的  $\text{HS}^-$  储备液的 pH 值高于 8.80。而由图 1 可知,当缓冲液的 pH 值不断升高时,  $\text{HS}^-$  的转化率会不断降低。

当缓冲液中的总碱度大于 27.24 g/L 时,实验所给出的  $\text{HS}^-$  浓度未超出缓冲液的缓冲范围,缓冲液已起到稳定 pH 值的作用,最终配制的  $\text{HS}^-$  储备液的 pH 值可以维持在 8.80。此时溶液中  $\text{HS}^-$  的浓度随反应时间的变化曲线几乎重合,即  $\text{HS}^-$  与  $\text{V}^{5+}$  的反应速率几乎相等。

通过以上分析可知,缓冲液总碱度会对  $\text{HS}^-$  储备液 pH 值的稳定性产生影响。若起始缓冲液总碱度太小,当缓冲溶液受到强碱性物质冲击时,会造成  $\text{V}^{5+}$  与  $\text{HS}^-$  反应体系的 pH 值增大,最终导致  $\text{HS}^-$  转化率降低。当总碱度足够大时,即可达到维持  $\text{HS}^-$  和  $\text{V}^{5+}$  溶液 pH 值稳定不变的效果。

### 2.3 $\text{Na}_2\text{CO}_3 - \text{NaHCO}_3$ 缓冲液的性质

实验采用 1.2.2 中缓冲液的配制方法配制出缓冲液,用 pHS-3C 型精密 pH 计测定缓冲液的 pH 值,可以得到不同  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{NaHCO}_3$  质量浓度下的缓冲液 pH 值,图 3 为  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{NaHCO}_3$  对  $\text{Na}_2\text{CO}_3 - \text{NaHCO}_3$  缓冲液 pH 值的影响。

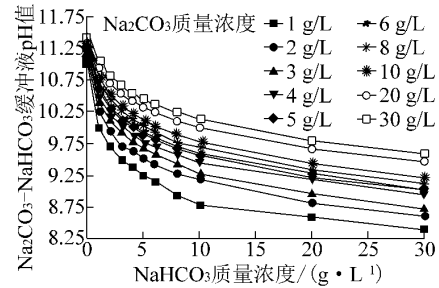


图 3  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{NaHCO}_3$  对  $\text{Na}_2\text{CO}_3 - \text{NaHCO}_3$  缓冲液 pH 值的影响

由图 3 可以得到  $\text{Na}_2\text{CO}_3 - \text{NaHCO}_3$  缓冲液性质如下:

(1) 所有曲线具有相同的变化规律。当  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  质量浓度一定时,  $\text{Na}_2\text{CO}_3 - \text{NaHCO}_3$  缓冲液 pH 值随  $\text{NaHCO}_3$  质量浓度的增加而降低。 $\text{NaHCO}_3$  的质量浓度对缓冲液 pH 值的影响是分阶段的,变化规律如下:当  $\text{NaHCO}_3$  的质量浓度较低时(小于 2.5 g/L),缓冲液 pH 值随  $\text{NaHCO}_3$  质量浓度的增加而迅速下降,其质量浓度的改变对缓冲液 pH 值的影响很大;随着  $\text{NaHCO}_3$  质量浓度的增加,在 2.5 ~ 10.0 g/L 的范围内,pH 值下降也很快,其变化程度随  $\text{NaHCO}_3$  质量浓度的增加而降低的速度较第一阶段开始变缓,但  $\text{NaHCO}_3$  质量浓度的改变对缓冲液 pH 值仍有较大的影响;当  $\text{NaHCO}_3$  的质量浓度大于 10.0 g/L 时,虽然缓冲液 pH 值随着  $\text{NaHCO}_3$  质量浓度的增加仍然在下降,但是下降趋势已变得很缓慢,趋于稳定。故可称该阶段为  $\text{Na}_2\text{CO}_3 - \text{NaHCO}_3$  缓冲液 pH 值的稳定区。

为了维持缓冲液 pH 值的稳定,缓冲液应选择 pH 值的稳定区域内配制。栲胶脱硫吸收液的 pH 值一般为 8.50 ~ 9.50,为了使  $\text{Na}_2\text{CO}_3 - \text{NaHCO}_3$  缓冲液落入稳定区,在  $\text{Na}_2\text{CO}_3 - \text{NaHCO}_3$  缓冲液的配制过程中, $\text{NaHCO}_3$  的初始投加量一般应大于 10.0 g/L。

$\text{NaHCO}_3$  的投加量也不宜太高,否则缓冲液浓度会变高,导致溶液的密度和粘度不断增加。溶液密度增大,会增加泵的轴功率和脱硫成本。

(2)  $\text{NaHCO}_3$  质量浓度一定时,随着缓冲液中  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  质量浓度的增加,缓冲液 pH 值增加。缓冲液的 pH 值增加对  $\text{H}_2\text{S}$  气体的吸收是有利的。但是,由 2.1 的实验可知,当溶液的 pH 值大于 9.40 时,  $\text{HS}^-$  与  $\text{V}^{5+}$  反应的转化率降低很多。参考工业脱硫液的 pH 值,缓冲液 pH 的最大值不应大于

9.50。为了使缓冲液 pH 值小于 9.50,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  的最大质量浓度为 10.0 g/L, 这样才能使缓冲溶液落入 pH 值稳定区。

综合以上分析, 为了满足栲胶脱硫工艺 pH 值的要求,  $\text{Na}_2\text{CO}_3 - \text{NaHCO}_3$  缓冲液的 pH 值稳定区范围为  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  质量浓度 1.0 ~ 10.0 g/L;  $\text{NaHCO}_3$

表1  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{NaHCO}_3$  质量浓度不同时缓冲液 pH 值变化量

$\text{Na}_2\text{CO}_3 /$ ( $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ )	$\text{NaHCO}_3$ (0 g/L) pH 值	$\text{NaHCO}_3$ (10.0 g/L) pH 值	$\text{NaHCO}_3$ (20.0 g/L) pH 值	$\text{NaHCO}_3$ (30.0 g/L) pH 值	$\text{NaHCO}_3$ (0 ~ 30.0 g/L) pH 值变化量
1	10.94	8.79	8.59	8.39	2.55
2	11.08	9.18	8.81	8.60	2.48
3	11.14	9.27	8.96	8.72	2.42
4	11.18	9.44	9.18	8.94	2.24
5	11.23	9.56	9.21	9.01	2.22
6	11.26	9.59	9.29	9.03	2.23
8	11.28	9.70	9.34	9.12	2.16
10	11.32	9.78	9.44	9.21	2.11
20	11.39	10.00	9.67	9.47	1.92
30	11.44	10.13	9.79	9.59	1.85

由表 1 可知, 随着缓冲液中  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  质量浓度的增加,  $\text{NaHCO}_3$  质量浓度由 0 g/L 增加到 30.0 g/L 时, 缓冲液 pH 值的变化量是逐渐减小的, 缓冲液 pH 值的变化量由 2.55 降至 1.85。pH 值的变化量可反映缓冲液的 pH 值随  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  质量浓度变化而改变的趋势, 高浓度的  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  缓冲液有利于缓冲液 pH 值的稳定。即缓冲液的缓冲能力随缓冲液中  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  质量浓度的增加而增强。

由上可知,  $\text{H}_2\text{S}$  的吸收反应要求高浓度的  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  缓冲液, 而  $\text{HS}^-$  与  $\text{V}^{5+}$  的反应又要求缓冲液的 pH 值不应大于 9.50, 即  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  的浓度不能太高, 目前栲胶脱硫液采用的 pH 值范围一般为 8.50 ~ 9.50。若以该 pH 值范围分析表 1 可知, 当溶液中  $\text{NaHCO}_3$  质量浓度为 0 g/L 时, 没有数据点落入该范围; 当溶液中  $\text{NaHCO}_3$  质量浓度为 10.0 g/L 时, 有 4 个数据点落入该范围; 当溶液中  $\text{NaHCO}_3$  质量浓度为 20.0 g/L 时, 有 9 个数据点满足 pH 值要求; 当溶液中  $\text{NaHCO}_3$  质量浓度为 30.0 g/L 时, 也有 9 个数据点满足要求。由此可知, 缓冲液的缓冲能力也是随  $\text{NaHCO}_3$  质量浓度增加而增强的。

高浓度的  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{NaHCO}_3$  都有利于缓冲液 pH 值的稳定。若使碳酸盐缓冲液的 pH 值稳定在 9.00 附近, 又要求缓冲液具有较好的缓冲能力, 缓冲液的最佳浓度值为:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  质量浓度 5.0 g/L,  $\text{NaHCO}_3$  质量浓度 30.0 g/L,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  与  $\text{NaHCO}_3$  的质量比为 1:6。

质量浓度 10.0 ~ 30.0 g/L。

(3) 由实验 2.2 可知, 为了使碳酸盐缓冲液 pH 值较为稳定, 需要维持溶液具有一定的总碱度, 但这个范围是多少并不确定。为了分析  $\text{Na}_2\text{CO}_3 - \text{NaHCO}_3$  缓冲液的缓冲能力, 研究了  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{NaHCO}_3$  质量浓度不同时缓冲液 pH 值变化情况, 具体见表 1。

### 3 结 论

(1)  $\text{HS}^-$  与  $\text{V}^{5+}$  的反应与缓冲液的 pH 值有关。缓冲液的 pH 值越高,  $\text{HS}^-$  与  $\text{V}^{5+}$  的反应速度越慢, 平衡时  $\text{HS}^-$  的转化率也越低。为了获取较高的  $\text{HS}^-$  转化率, 缓冲液的 pH 值不应大于 9.50。

(2) 在实验条件下, 缓冲液的总碱度对  $\text{HS}^-$  与  $\text{V}^{5+}$  的反应影响不大。但是当缓冲液总碱度太小时, 加入  $\text{Na}_2\text{S}$  会引起  $\text{HS}^-$  储备液 pH 值的变化, 表明缓冲液总碱度是影响缓冲液缓冲能力的指标。

(3) 通过研究  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{NaHCO}_3$  浓度对  $\text{Na}_2\text{CO}_3 - \text{NaHCO}_3$  缓冲液 pH 值的影响发现, 缓冲液 pH 随  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  质量浓度的增加而变大, 随  $\text{NaHCO}_3$  质量浓度增加而降低; 当  $\text{NaHCO}_3$  质量浓度大于 10.0 g/L 后, 缓冲液的 pH 值趋于稳定; 为了使缓冲液的 pH 值不大于 9.50,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  的最大质量浓度不应超过 10.0 g/L。故满足栲胶脱硫工艺 pH 值要求的  $\text{Na}_2\text{CO}_3 - \text{NaHCO}_3$  缓冲液浓度范围为  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  质量浓度 1.0 ~ 10.0 g/L,  $\text{NaHCO}_3$  质量浓度 10.0 ~ 30.0 g/L。

(4) 缓冲溶液的缓冲能力随溶液中  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{NaHCO}_3$  的质量浓度增加而增加。为了使碳酸盐缓冲液的 pH 值稳定在 9.00 附近, 且具有较好的缓冲能力, 其最佳浓度值为:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  质量浓度 5.0 g/L,  $\text{NaHCO}_3$  质量浓度 30.0 g/L,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  与  $\text{NaHCO}_3$  质量比 1:6。

## 参考文献:

- [1] 任秀蓉, 张宗友, 常丽萍, 等. 气体净化中的硫化氢脱除技术研究[J]. 洁净煤技术, 2007, 13(6): 70-71.
- [2] 王少卿. 栲胶脱硫机理的研究及分析方法的改进[D]. 太原: 太原理工大学, 2006.
- [3] 黄子衍. 栲胶法在焦炉气脱硫中的应用[J]. 煤化工, 2004(2): 52-55.
- [4] 黄澎, 凌开成. 栲胶法脱除硫化氢影响因素的研究[J]. 煤炭转化, 2005, 28(2): 64-66.
- [5] 牛艳霞. 栲胶脱硫工艺中氧化栲胶溶液表面性质的研究[J]. 煤炭转化, 2010, 33(2): 48-51.
- [6] 权世矿, 贾冉阳. 栲胶法脱硫塔堵原因分析及预防措施[J]. 化工设计通讯, 2005, 31(2): 9-11.
- [7] 天津大学化学系分析化学教研室. 分析化学实验[M]. 天津: 天津大学出版社, 1995: 22.
- [8] 大连理工大学无机化学教研室. 无机化学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1990: 92.

## Effect on tannin extract desulfurization of carbonate buffer solution

LI Feng-ling<sup>1</sup>, LI Jin-ping<sup>2</sup>, LING Kai-cheng<sup>1</sup>, NIU Yan-xia<sup>1</sup>, ZHANG Wei-shuai<sup>1</sup>, SHEN Jun<sup>1</sup>

(1. College of Chemistry and Chemical Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China;

2. Coking Plant, Taiyuan Coal-gasification Company, Taiyuan 030024, China)

**Abstract:** The effect of pH value and total alkalinity of  $\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-NaHCO}_3$  buffer solution on the reaction between  $\text{HS}^-$  and  $\text{V}^{5+}$  and the properties of the  $\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-NaHCO}_3$  buffer solution are studied. The results show that the conversion and reaction rates of  $\text{HS}^-$  decrease with increase of the pH value of the buffer solution. The total alkalinity of the  $\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-NaHCO}_3$  buffer solution has barely effect on the conversion of  $\text{HS}^-$ , but the larger the total alkalinity of the buffer solution is, the stronger the buffer capacity is. In addition, when the concentration of  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  increase or the concentration of  $\text{NaHCO}_3$  decrease, the pH value of the buffer solution increase gradually. The buffer capacity of the buffer solution enhance with increase of the concentration of  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  and  $\text{NaHCO}_3$ . The proper combination is that the concentration of  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  is 5.0 g/L, while the  $\text{NaHCO}_3$  is 30.0 g/L.

**Key words:** tannin extract desulfurization; buffer solution;  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ;  $\text{NaHCO}_3$

(上接第 57 页)

## Development and application of low volatile pulverized coal combustion technique

ZHOU Jian-ming

(Energy Conservation and Engineering Technology Research Institute, China Coal Research Institute, Beijing 100013, China)

**Abstract:** Introduce the development and application of low volatile pulverized coal combustion technique. The representative burners and framework of boilers were demonstrated and the key techniques, including strengthening hot gas back flow, keeping adopting pulverized coal concentration and extending length of flame, were also analyzed and these techniques can help pulverized coal ignite quickly and keep stable ignition. The suitable combustion system should be strictly chosen for low volatilization pulverized coal, such as tangentially firing, opposed firing, W-shape flame and CUF firing and so on. Meanwhile, being the superior stability in anthracite combustion to tangential firing and opposed firing, W-shape boilers are mainly used. Having the strongpoint of stable combustion, high combustion efficiency, stepped firing in recirculation and low  $\text{NO}_x$  emission, the high-temperature combustion technique for low volatilization coal will have wide application foreground.

**Key words:** low volatile; coal; pulverized coal burner; stable combustion; framework of boiler