

300MW 机组镁法脱硫浆液制备箱 工艺设计计算

张 昱^{1,2,3}, 吴 江², 许金秀², 徐立新^{1,3}

(1.岳阳市钾盐科学研究所,湖南岳阳 414000;2.惠州粤华电力有限公司,
广东惠州 516023;3.岳阳市威尔机器有限公司,湖南岳阳 414000)

摘要: 氧化镁湿法烟气脱硫技术已在许多企业开始推广应用,氧化镁浆液制备是镁法脱硫的一个重要操作单元,其关键设备为浆液制备箱,本文以 300MW 机组镁法脱硫工程为例,简述浆液制备箱物料热量衡算及设备工艺计算,为脱硫设计提供参考。

关键词: 烟气脱硫;氧化镁;氢氧化镁;浆液制备箱。

中图分类号:X701.3 文献标识码:A 文章编号:1006-8759(2013)03-0046-03

1 前言^{[1][2][3]}

氧化镁脱硫技术目前已在我国开始推广应用,氧化镁浆液制备是镁法

脱硫的重要操作单元之一,主要功能是制备合格的氢氧化镁吸收剂浆液,并根据吸收塔系统的需要为其提供足够的用量,以达到要求的脱硫效率。

氧化镁浆液制备系统包括氧化镁粉仓、下料装置、制浆箱、浆液泵等,它是将 200~250 目氧化镁粉通过气力输送至氧化镁粉仓,在粉仓下部分出两个出口,随着运行要求卸入制浆箱,并加入热水搅拌制成 20%氢氧化镁溶液,再由浆液供给泵送入吸收塔。制备箱是氧化镁浆液制备系统的关键设备,在已发表的文献中,浆液制备箱工艺设计还没有报道过,本文以某电厂 300 MW 机组镁法脱硫工程为例,介绍镁法脱硫浆液制备箱工艺设计计算,为镁法脱硫设计提供参考。

2 制备箱物料衡算

2.1 300MW 机组工艺条件与基础数据^{[4][5][6][7]}

收稿日期:2012-11-06

第一作者简介:张昱(1965-),男,汉族,湖南省岳阳市湘阴县人,本科,教授级高级工程师,主要从事化工技术研究开发与设计工作,湖南省新世纪 121 人才,中国化工学会无机酸碱盐专业委员会专家组成员,中国无机盐工业协会钾盐分会专家,已发表论文 82 篇,获得中国发明专利 10 项,主持与参与国家、省、市科研项目 8 项。

引风机出口干烟气量(标况):793 569 Nm³/h
(设计任务书给定);

烟气中 SO₂ 浓度(标况,干基,6%O₂):4 786 mg/Nm³(设计任务书给定);

脱硫效率:≥98%;

镁硫摩尔比:1.02;

氧化镁:分子量 40.31,氧化镁比热 0.25(kj/kg·°C),氧化镁含量≥85%,氧化镁活性含量≥70%;

氢氧化镁:分子量 58.32,氢氧化镁密度 2.39 kg/l,平均粒径 0.7~2.5 μm;氢氧化镁比热 1.5(kj/kg·°C);

20%氢氧化镁浆液:密度 1150 kg/m³;粘度 0.5~2(Pa·S);

室温:30 °C;

水比热:4.18 kj/kg·°C;

计算基准:连续反应操作过程以 kg/h 作为基准。

2.2 制备箱氧化镁加入量

烟气中的二氧化硫量 SW 为:

$$SW=793569 \times 4786 \times 10^{-6} = 3798(kg/h)$$

需脱除二氧化硫量为:

$$DSW=SW \times \eta = 3797 \times 98\% = 3722(kg/h)$$

$$DSW = \frac{DSW}{64} \times 10^3 = 58156(mol/h)$$

则制浆箱每小时需加入氧化镁量为:

$$WMg = \frac{58156 \times 1.02 \times 40.31}{70\% \times 1000} = 3416 (\text{kg/h})$$

2.3 制备箱加入水量

要求制备氢氧化镁浆液含氢氧化镁 20%，则制浆箱每小时需加入水量为：

$$W = 3416 \times \left(\frac{58.32 \times 70\%}{40.31 \times 20\%} - 1 \right) = 13948 (\text{kg/h})$$

2.4 制备氢氧化镁浆液质量与体积流量

$$M = 3416 + 13948 = 17364 (\text{kg/h})$$

$$V_M = \frac{17364}{1150} = 15.1 (\text{m}^3/\text{h})$$

3 制备箱热量衡算^{[6][7][8]}

氧化镁与水反应为吸热反应，总反应化学方程式：



氧化镁与水在室温下比较容易发生反应生成氢氧化镁。升高水合温度和增加搅拌速度，都会增加反应分子的能量，增加活化分子百分数，使反应速率加快。所以随着反应温度和搅拌速度的升高，过烧的氧化镁逐渐能达到化学反应所需的活化能，生成氢氧化镁，然后扩散到溶液中去，综合考虑，选择水合温度为 45℃。氢氧化镁浆液平均比热为：

$$C_M = 1.5 \times 20\% + 4.18 \times 80\% = 3.644 (\text{kJ/Kg} \cdot \text{K})$$

已知氧化镁活性含量为 70%，则氧化镁与水反应吸热量为：

$$Q_1 = 1000 \times \frac{3416 \times 70\%}{58.32} \times 37 = 1517050 (\text{kJ/h})$$

反应原料与水温为 30℃，在不考虑热损条件下，反应所需热量为：

$$Q_1 = 1517050 + 3.644 \times 17364 \times (45 - 30) = 2466166 (\text{kJ/h})$$

采用加入热水反应与加热升温，已知制浆箱每小时需加入热水量为 13 948 kg/h，则所需热水温度为：

$$t = \frac{2466166}{4.2 \times 17364} + 30 = 63.8 \approx 64 (\text{℃})$$

故可采用 65 热水加入制浆箱反应与加热升温。

4 制浆箱设备计算及选型^{[9][10][11]}

4.1 设计数据

设计温度：釜内 100℃；

设计压力：釜内 0.1 MPa；

水合反应时间为 4 h；

材质：Q235-B 衬玻璃鳞片防腐

操作形式：满釜连续操作；

4.2 制浆箱容积与几何结构参数确定

每小时需制备氢氧化镁浆液体积量为：15.1，氢氧化镁与水最佳水合时间为 4 h。制浆箱按设计煤种 BMCR 工况运行下 24 h 的浆液量设计，取充填系数为 85%，备用系数为 10%，制浆箱容积为：

$$V = \frac{15.1 \times 24 \times (1 + 10\%)}{85\%} = 467 (\text{m}^3)$$

按径高比 1:1.2 计算，制浆箱直径 D 为：

$$D = \left(\frac{4 \times 467}{3.14 \times 1.2} \right)^{\frac{1}{3}} = 7.9 (\text{m}) \approx 8 (\text{m})$$

制浆箱结构尺寸为直径 D×高 H=8m×9.6m，实际全容积近似 482。

4.3 制浆箱搅拌器选型^{[9][10]}

根据已有经验，选用四叶折叶涡轮式搅拌器，它能形成径向流和轴向流两种，对混合与悬浮操作较好。

桨叶直径一般取 $d = (0.3 - 0.4) \times D$ (D 为槽罐内径)，取桨叶 $d = 0.3 \times 8 = 2.4 \text{m}$ 。在有挡板的情况下，一个叶轮的有效作用高度约与槽罐直径相当。由于液层深度与槽罐内直径基本相等，故设置一层桨叶。

要使固体颗粒完全离底悬浮，浆与罐底间的间隙越小能耗越小，但间隙太小，则由于罐底的节流作用，悬浮效率降低，固体含量高时还会造成启动困难，据经验制浆箱桨叶离罐底距离 1 m。

4.4 挡板数量和宽度

挡板是指长条形的竖向固定在制备箱壁上的板，主要是在湍流状态时

为了消除制备箱中央的“圆柱状回转区”而增设的。根据全挡板安装条件，挡板宽度 w 与挡板数量 z 有以下关系：

$$\left(\frac{w}{D} \right)^{1.2} \times z = 0.35, \text{ 亦即 } l_{gw} = l_{gD} - 0.8333 l_{gz} - 0.3799$$

式中 D 为制备箱直径。取挡板数量 z=4，则可计算得 $W = 1.051 \text{ m}$ ，取 $W = 1 \text{ m}$ 。

4.5 搅拌器转速

从理论上讲，只要搅拌液流的上升流速等于或大于固体颗粒的沉降速度，就可使固体颗粒悬浮。反应初期，固体颗粒主要是氧化镁，要完成固液悬浮操作，氧化镁固体颗粒的极端沉降速度越大，所需搅拌转速也越大。搅拌器转速可按下列式确定：

$$\varphi = \frac{n^{3.75} \times d^{2.81}}{ud}$$

$$\text{即: } \lg n = \frac{1g\varphi u - 28.11gd}{3.75} = 2.671g\varphi u - 0.7491gd$$

式中: φ 系数;

ud 为固体颗粒的设计沉降速度 (ft/min); $1ft = 0.3048 \text{ m}$, $ud = fu$;

u 为固体颗粒的极端沉降速度(ft/min);

n 为搅拌器转速, r/min;

d 为搅拌器直径(in).

f 为校正系数

氧化镁固体颗粒密度与水密度之差计算为 1.94 克/毫升, 氧化镁固体颗粒粒径取 200 目数 = $74\mu\text{m} = 0.074 \text{ mm}$, 从文献^[10]查得固体颗粒的极端沉降速度 $u = 0.4 \text{ (ft/min)}$, 氧化镁固体质量分数按 20%, 查得校正系数约 $f = 1.0$, 故固体颗粒的设计沉降速度 $= 0.4 \text{ (ft/min)}$, 如按 8-9 级搅拌级别, 查得, $= 60 \times 1010$ 代入上式计算得:

$$\begin{aligned} \lg n &= \frac{1g\varphi u - 28.11gd}{3.75} = \frac{1g60 \times 10^{10} \times 0.4 - 28.11g2.4 \times 39.37}{3.75} \\ &= \frac{1g2.4 \times 10^{11} - 28.11g(9.4488 \times 10)}{3.75} = \frac{11.3802 - 2.81 \times 1.9754}{3.75} = 1.5545 \\ n &= 35.85 \text{ (r/min)} \approx 38 \text{ (r/min)} \end{aligned}$$

4.6 制浆箱搅拌器功率的计算

在有挡板条件下, 搅拌器的功率存在以下关系:

$$P = \lambda \rho n^3 d^5 \quad (1)$$

式中: λ 为功率准数; ρ 为浆液的密度, 单位为 kg/m^3 ; n 螺旋桨转速, 单位为 r/s ; d 为桨叶直径, m 。

对于有挡板装置的搅拌槽, 功率准数为搅拌雷诺数的函数:

$$\lambda = \varphi(\text{Re}) \quad (2)$$

$$\text{Re} = \rho n d^2 / \mu \quad (3)$$

式中 Re 为搅拌雷诺准数, 表征液体流动类

型; μ 为液体的粘度, $\text{Pa} \cdot \text{s}$

先求搅拌雷诺准数为:

$$\text{Re} = \frac{1150 \times 38 \times 2.4^2}{60 \times 2} = 2098$$

查图得功率准数 $\lambda = 1.6$, 计算得搅拌器的功率:

$$P = 1.6 \times 1150 \times \left(\frac{38}{60}\right)^3 \times 2.4^5 = 37180 \text{ (W)} = 37.18 \text{ (kw)}$$

取总传动效率 85%, 则电机功率选用 45kw。

5 结束语

本文以某电厂 300 MW 机组镁法脱硫工程为例, 对镁法脱硫浆液制备箱进行了物料衡算与热量衡算, 并在此基础上对制备箱进行了结构尺寸及搅拌选型设计计算, 为脱硫设计与制备箱合理设计提供参考。

参考文献

- [1] 吕天宝. 镁法脱硫技术在 2×330 MW 机组上的应用[J]. 电力科技与环保, 第 27 卷第 4 期, 2011(4): 45-47.
- [2] 柴明, 崔可, 徐康富等. 氧化镁湿法烟气脱硫回收工艺的技术经济可行性初步分析[J]. 环境污染治理技术与设备, 2006(4): 38-40.
- [3] 刘美芹, 范成. 氧化镁烟气脱硫废液回收七水硫酸镁技术工程应用[J]. 北方环境第 23 卷第 12 期, 2011 年 2 月: 57-58.
- [4] 马沛生. 石油化工基础数据手册续编(M). 北京: 化学工业出版社, 1993: 01-60.
- [5] 刘光启, 马走湘, 邢志有. 化工物性算图手册(M). 北京: 化学工业出版社, 2001: 594-643.
- [6] 孙庆国. 高分散氢氧化镁的制备[J]. 盐湖研究, 1999(2): 35-41.
- [7] 金永成. 溶液组成对氢氧化镁水热改性的影响[J]. 海湖盐与化工, 2002(1): 21-24.
- [8] 郑丹星, 冯流, 武向红. 化工热力学教程(M). 北京: 中国石化出版社出版, 2000: 28-48.
- [9] 陈已棠编. 化工设备设计全书[M]. 上海科学出版社, 1985 年.
- [10] 中国石化集团上海工程有限公司. 化工工艺设计手册(第 3 版)[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [11] 裴元焘编. 基本有机化工过程及设备[M]. 化学工业出版社, 1981 年.

(上接第 45 页)

(6) 对于该工程的设计, 并不局限于污水处理站, 而是将其与周边的其它建筑物、景观和绿化协调处理, 回用水池与景观饮水池相融为一体具有很强的可视性。

(7) 根据污水处理站所建地理位置的要求, 本工程行中无二次污染。由于在运行中所产生的污泥大部分被消化, 因此仅有少量的剩余污泥, 并且也作了相应的处理措施, 因此不会对环境造成二次污染。

参考文献

- [1] 沈曼. 深圳某屠宰及肉制品加工废水处理的设计[J]. 水工业市场, 2009, 11: 71-72.
- [2] 毕征云, 邓建文. 絮凝沉淀-SBR 组合工艺处理屠宰加工废水工程应用[J]. 环境保护科学, 2005, 31(128): 36-40.
- [3] 桑磊, 周丽娜, 邓欢. 养猪污水处理工程实例及分析[J]. 中国给水排水, 2005, 26(24): 81-84.