[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
B01D 53/50 (2006.01)
B01D 53/78 (2006.01)

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200610034887.1

[45] 授权公告日 2008 年 11 月 26 日

[11] 授权公告号 CN 100435910C

[22] 申请日 2006.4.10

[21] 申请号 200610034887.1

[73] 专利权人 广州市天赐三和环保工程有限公司

地址 510600 广东省广州市寺右新马路 115 号五羊新城广场 18 层

[72] 发明人 张绍训 胡江华 王 慧 青增南 秦海波 傅远亮 李鹏举

[56] 参考文献

US4740362A 1988.4.26

CN1583230A 2005.2.23

CN1143535A 1997.2.26

US4431618A 1984.2.14

CN1475298A 2004.2.18

US4021202A 1977.5.3

钙 —钙双碱法脱硫技术及其在工业中的应用. 童志权，陈昭琼，彭朝辉. 环境科学学报，第 23 卷第 1 期. 2003

湿法烟气脱硫技术简述. 陈东，林继友. 陕西环境，第 10 卷第 5 期. 2003

双碱法脱硫技术研究. 马连元. 城市环境与城市生态，第 13 卷第 1 期. 2002

审查员 雷 军

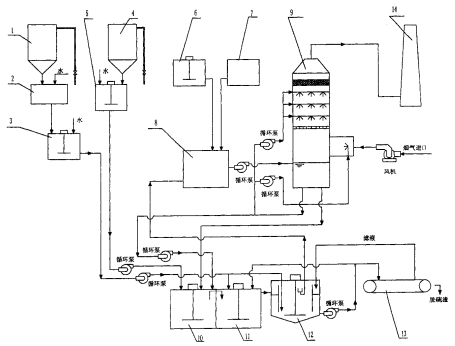
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 1 页

[54] 发明名称

多重循环稳定双碱法烟气脱硫工艺及装置

[57] 摘要

本发明涉及大气污染控制和治理的领域，尤其是涉及一种多重循环稳定双碱法烟气脱硫工艺，其特征在于：它包括脱硫吸收液内部循环、脱硫吸收液外部循环、脱硫渣内部循环、脱硫剂内部循环、脱硫渣外部循环的多重循环系统。 本发明还涉及到实现这种多重循环稳定双碱法烟气脱硫工艺的装置。 本发明的工艺可靠、投资较低，脱硫率高，运行成本低。



1、多重循环稳定双碱法烟气脱硫工艺,其特征在于:它包括脱硫吸收液内部循环、脱硫吸收液外部循环、脱硫渣内部循环、脱硫剂内部循环和脱硫渣外部循环的多重循环系统;

所述的脱硫吸收液内部循环，脱硫吸收液在吸收塔内循环，将二氧化硫废气在吸收塔内与脱硫吸收液进行三级脱硫吸收反应，完成烟气二氧化硫的吸收过程，所述的脱硫吸收液的主要有效成份为浓度稳定的亚硫酸钠、亚硫酸氢钠、氢氧化钠和阻氧剂的混合液;

所述的脱硫液外部循环将吸收塔的底部塔釜的部分脱硫液泵至一级再生反应器，经一级再生反应器、二级再生反应器、高效澄清器和混合器完成新鲜亚硫酸钠和氢氧化钠的再生，再将再生后的脱硫液从混合器抽至吸收塔内；所述的脱硫液的外部循环过程中添加阻氧剂;

所述的脱硫渣内部循环将高效澄清器的部分渣返回二级再生反应器;

所述的脱硫剂内部循环将石灰石加入到一级再生反应器，石灰加入到二级再生反应器，石灰加入到高效澄清器泥浆层中部;

所述的脱硫渣外部循环将高效澄清器底部的部分渣用真空带式脱水机完成脱水处理，滤液返回澄清器循环使用。

2、根据权利要求1 所述的多重循环稳定双碱法烟气脱硫工艺，其特征在于：所述的脱硫吸收液内部循环中的脱硫吸收液的pH 值控制为5.5~6.8, 其中亚硫酸钠溶度控制为0.2~0.02mol/L,脱硫吸收液内部循环量与烟气的比为3~4L/Nm^3。

3、根据权利要求1 所述的多重循环稳定双碱法烟气脱硫工艺，其特征在于：所述的脱硫吸收液内部循环中的三级脱硫是所述的吸收塔入口侧向急冷喷淋层将烟气进行一级脱硫，经过一级脱硫后的烟气进入吸收塔内底部格栅湍流层进行二级脱硫，经过二级脱硫后的烟气进入吸收塔内喷淋层进行三级脱硫;所述的吸收塔顶部采用两层折板式除雾器，减少雾沫夹带。

4、根据权利要求1 所述的多重循环稳定双碱法烟气脱硫工艺，其特征在于：所述脱硫液的外部循环量为脱硫吸收液内部循环量30~50%。

5、 根据权利要求 1 所述多重循环稳定双碱法烟气脱硫工艺，其特征在于：所述的阻氧剂为乙二胺四乙酸、有机胺或对苯二酚中的任何一种或几种，所述的脱硫吸收液中阻氧剂的浓度控制在15~50ppm。

6、根据权利要求 1 所述 多重循环稳定双碱法烟气脱硫工艺，其特征在于：所述的脱硫剂内部循环中，所述的脱硫剂的重量配比为30%的石灰石和70%的石灰，控制一级再生反应器的pH 值为6.0~6.5, 二级再生反应器的pH 值为9~12, 高效澄清分离器清液

pH 值9~12。

7、实现权利要求 1 所述的多重循环稳定双碱法烟气脱硫工艺的装置,其特征在于,所述的装置包括:

至少一个吸收塔(9),所述的吸收塔(9)底部的塔釜脱硫液出口通过导管和循环泵与所述的吸收塔(9)中部的入口连接;

一个石灰石溶解罐(5);

一个一级再生反应器(10),它的三个入料口分别通过导管、导管和循环泵、导管和循环泵与所述的二氧化硫吸收塔(9)底部的塔釜的两个脱硫液出料口和所述的石灰石溶解罐(5)的出料口连接;

一个石灰浆液罐(3);

一个二级再生反应器(11),它的入料口分别连通所述的一级再生反应器(10)的出料口和通过导管和循环泵与所述的石灰浆液罐(3)的出料口连通;

一个高效澄清器(12),它的入料口通过导管与二级再生反应器(11)的反应后浆料的出料口连通,它的底部的渣和浆液出料口通过导管和泵与二级再生反应器(11)的入口连通;

一个真空带式脱水机(13),它的入料口通过导管和循环泵与高效澄清器(12)的渣和浆液出料口连接,它的滤液出料口通过导管与高效澄清器(12)的浆液入料口连通,它还设有一个脱硫渣至运输的出渣口;

一个阻氧剂贮罐(6);

一个碱液罐(7);

一个混合器(8),它的三个入料口分别通过导管与所述的阻氧剂贮罐(6)的出料口、所述的碱液罐(7)出料口、所述高效澄清器(12)的清液出料口连通,它的出料口通过导管和循环泵连通吸收塔(9)。

8、根据权利要求7所述的装置,其特征在于:所述的吸收塔(9)由入口侧向急冷喷淋层、塔内底层格栅湍流层、喷淋层、顶部折板除雾层组成,所述的格栅湍流层为上下两排,格栅开孔率为30~70%,所述的格栅由异型钢管组成,所述的钢管截面为椭圆形、方形或水滴形。

9、根据权利要求7所述的装置,其特征在于:所述的高效澄清器采用圆形结构,周边设有进水孔,中间设有出水孔,中心设置一台刮渣机。

10、根据权利要求7所述的装置,其特征在于,所述的高效澄清器、一级再生反应器、二级再生反应器及混合器分上下高低布置,所述的二级再生反应器浆液通过高度差自流至高效澄清器,所述的高效澄清器清液可自流至混合器。

多重循环稳定双碱法烟气脱硫工艺及装置

技术领域

本发明涉及大气污染控制和治理的领域，尤其是涉及一种多重循环稳定双碱法烟气脱硫工艺。本发明还涉及实现这种多重循环稳定双碱法烟气脱硫工艺的装置。

背景技术

1850 年英国开始从事烟气脱硫技术的研究，1931 年开始第一项脱硫工程，目前世界上有三十几种脱硫技术。脱硫技术根据二氧化硫是否再生利用分为不再生脱硫技术和再生脱硫技术两大类，不再生脱硫技术分为湿式脱硫技术、半干式脱硫技术和干式脱硫技术。湿式脱硫技术是世界上唯一大规模商业化应用的脱硫技术，湿式脱硫技术主要指石灰石-石膏法、双碱法、氧化镁法、钠法、氨法等。双碱法由于采用钠碱和钙碱两种碱而得名，其中钠碱溶液用于吸收二氧化硫，石灰用于再生吸收二氧化硫后的溶液。

申请号为03141594.6,授权公号为CN 1212879C的中国专利公开了“浓碱双碱法烟气脱硫工艺”。双碱法脱硫工艺使用含浓度较高的亚硫酸钠溶液冲洗含二氧化硫的烟气，二氧化硫与亚硫酸钠反应生成亚硫酸氢钠，因此吸收塔广泛采用了板式塔和填料塔；反应生成的亚硫酸氢钠溶液引入到吸收塔外的容器中与石灰反应生成亚硫酸钠和亚硫酸钙，亚硫酸钠和亚硫酸钙的混合液经过脱水处理后抛弃。普通双碱法效率较高，可达70%左右，吸收塔采用板式塔或填料塔，浓碱双碱法烟气脱硫工艺由于塔内亚硫酸钠浓度很高导致氧化副反应高同时脱硫渣夹带高浓度的钠盐，因此需要在系统中补充大量钠碱，每脱除1mol 二氧化硫需要补充钠碱0.2mol,所以运行成本很高；普通双碱法还存在系统平衡容易破坏，系统运行不稳定，脱硫渣难处理，石灰利用率低，塔内件维修困难，反应池容易结垢堵塞等缺点。

发明内容

本发明所要解决的技术问题是提供一种工艺可靠、投资较低，脱硫率高，运行成本低的多重循环稳定双碱法脱硫工艺。

本发明所要解决的另一个技术问题是提供实现上述多重循环稳定双碱法脱硫工艺的装置。

本发明解决的技术问题所采用的技术方案：多重循环稳定双碱法烟气脱硫工艺,它

包括脱硫吸收液内部循环、脱硫吸收液外部循环、脱硫渣内部循环、脱硫剂内部循环和脱硫渣外部循环的多重循环系统；

所述的脱硫吸收液内部循环，脱硫吸收液在吸收塔内循环，将二氧化硫废气在吸收塔内与脱硫吸收液进行三级脱硫吸收反应，完成烟气二氧化硫的吸收过程，所述的脱硫吸收液的主要有效成份为浓度稳定的亚硫酸钠、亚硫酸氢钠、氢氧化钠和阻氧剂的混合液；

所述的脱硫液外部循环将吸收塔的底部塔釜的部分脱硫液泵至一级再生反应器，经一级再生反应器、二级再生反应器、高效澄清器和混合器完成新鲜亚硫酸钠和氢氧化钠的再生，再将再生后的脱硫液从混合器抽至吸收塔内；所述的脱硫液的外部循环过程中添加阻氧剂；

所述的脱硫渣内部循环将高效澄清器的部分渣返回二级再生反应器；

所述的脱硫剂内部循环将石灰石加入到一级再生反应器，石灰加入到二级再生反应器，石灰加入到高效澄清器泥浆层中部；

所述的脱硫渣外部循环将高效澄清器底部的部分渣用真空带式脱水机完成脱水处理，滤液返回澄清器循环使用。

上述的脱硫吸收液内部循环中的脱硫吸收液的pH 值控制为5.5~6.8, 其中亚硫酸钠溶度控制为0.2~0.02mol/L,脱硫吸收液内部循环量与烟气的比为3~4L/Nm^3。

上述的脱硫吸收液内部循环中的三级脱硫：所述的吸收塔入口侧向急冷喷淋层将烟气进行一级脱硫；经过一级脱硫后的烟气进入吸收塔内底部格栅湍流层进行二级脱硫；经过二级脱硫后的烟气进入吸收塔内喷淋层进行三级脱硫；所述的吸收塔顶部采用两层折板式除雾器，减少雾沫夹带。

上述脱硫液的外部循环量为脱硫吸收液内部循环量30~50%。

上述的阻氧剂为乙二胺四乙酸（简写EDTA）、有机胺或对苯二酚中的任何一种或几种，所述的脱硫吸收液中阻氧剂的浓度控制在15~50ppm。

上述的脱硫剂内部循环中，所述的脱硫剂的重量配比为30%的石灰石和70%的石灰，控制一级再生反应器的pH 值为6.0~6.5, 二级再生反应器的pH 值为9~12, 高效澄清分离器清液pH 值9~12。

本发明解决的另一个技术问题所采用的技术方案：

实现上述的多重循环稳定双碱法烟气脱硫工艺的装置,所述的装置包括：

至少一个吸收塔，所述的吸收塔底部的塔釜脱硫液出口通过导管和循环泵与所述的

吸收塔中部的入口连接；

一个石灰石溶解罐；

一个一级再生反应器，它的三个入料口分别通过导管、导管和循环泵、导管和循环泵与所述的二氧化硫吸收塔底部的塔釜的两个脱硫液出料口和所述的石灰石溶解罐的出料口连接；

一个石灰浆液罐；

一个二级再生反应器，它的入料口分别连通所述的一级再生反应器的出料口和通过导管和循环泵与所述的石灰浆液罐的出料口连通；

一个高效澄清器，它的入料口通过导管与二级再生反应器的反应后浆料的出料口连通，它的底部的渣和浆液出料口通过导管和泵与二级再生反应器的入口连通；

一个真空带式脱水机，它的入料口通过导管和循环泵与高效澄清器的渣和浆液出料口连接，它的滤液出料口通过导管与高效澄清器的浆液入料口连通，它还设有一个脱硫渣至运输的出渣口；

一个阻氧剂贮罐；

一个碱液罐；

一个混合器，它的三个入料口分别通过导管与所述的阻氧剂贮罐的出料口、所述的碱液罐出料口、所述高效澄清器的清液出料口连通，它的出料口通过导管和循环泵连通吸收塔。

上述的吸收塔由入口侧向急冷喷淋层、塔内底层格栅湍流层、喷淋层、顶部折板除雾层组成，所述的格栅湍流层为上下两排，格栅开孔率为30～70%，所述的格栅由异型钢管组成，所述的钢管截面为椭圆形、方形或水滴形。

上述的高效澄清器采用圆形结构，周边设有进水孔，中间设有出水孔，中心设置一台刮渣机。

上述的高效澄清器、一级再生反应器、二级再生反应器及混合器分上下高低布置，所述的二级再生反应器浆液通过高度差自流至高效澄清器，所述的高效澄清器清液可自流至混合器。

上述的石灰浆液罐通过导管连通石灰消化器和水源，所述的石灰消化器连通石灰粉贮罐。

上述的石灰石溶解罐通过导管连通石灰石粉贮罐和水源。

本发明的有益效果：

本发明采用石灰石和石灰两种钙碱，可以减少30%石灰的用量；脱硫液中加入阻氧剂，避免了循环液中亚硫酸钠溶液的氧化，大大减少了由于亚硫酸钠的氧化而需要补充的钠碱用量；将石灰喷入高效澄清器污泥层中部，高效澄清器底部的脱硫渣回流至二级再生反应器，延长了石灰的再生反应时间，提高了石灰的利用率；因此本发明的运行费用是常规双碱法的50%。吸收塔采用入口侧向急冷喷淋层+塔内底层格栅湍流层+喷淋层结构，脱硫效率高达99%，塔内不会结垢和堵塞，塔内件拆卸更换方便，设备运行可用率高达98%；吸收塔顶部采用折板式除雾器，除雾效率高，减少了烟气中的雾沫夹带，减少了脱硫系统中水的用量。脱硫液再生采用一级再生反应器+二级再生反应器+高效澄清器的串联运行模式，亚硫酸钠再生充分，高效澄清器固液分离效率高，再生后的脱硫液中钙离子浓度低，避免了塔内由于亚硫酸钙的富集导致的结垢。本发明的脱硫渣内部循环将高效澄清器的渣返回二级再生反应器，提高二级再生反应器的浓度，延长石灰的反应时间； 脱硫渣采用真空带式脱水机进行过滤，脱硫渣的含水小于10%，大大减少了脱硫渣中夹带的有用的钠碱溶液，真空带式脱水机运行操作方便，效率高。本发明通过脱硫吸收液内部循环、脱硫吸收液外部循环、脱硫渣内部循环、脱硫剂内部循环、脱硫渣外部循环的多重循环，工艺流程先进合理，运行稳定可靠，效率高，运行费用低，投资低，自动化程度高，操作方便，劳动条件好，可以广泛用于电厂、化工厂、冶炼厂等行业二氧化硫废气的净化处理。所处理烟气量10000～1900000Nm^3/h，烟气中二氧化硫浓度在500～15000mg/ Nm^3，烟气温度在50～300℃的含二氧化硫废气。

本发明的高效澄清器、一级再生反应器、二级再生反应器及混合器分上下高低布置，所述的二级再生反应器浆液通过高度差自流至高效澄清器，所述的高效澄清器清液可自流至混合器。可节省空间位置和节省能源。

下面结合附图和具体实施方式来说明本发明

附图说明

本发明工艺流程图见附图1 所示。

图中，1-石灰粉贮罐、2-石灰消化器、3-石灰浆液罐、4-石灰石粉贮罐、5-石灰石溶解罐、6-阻氧剂贮罐、7-钠碱液罐、8-混合器、9-吸收塔、10-一级再生反应、11-二级再生反应器、12-高效澄清器、13-真空带式脱水机、14-烟囱。

如图 1 的多重循环稳定双碱法烟气脱硫的装置,所述的装置包括:

一个吸收塔9，所述的吸收塔9底部的塔釜脱硫吸收液出口通过导管和循环泵与所述的吸收塔9中部的入口连接；所述的吸收塔由入口侧向急冷喷淋层、塔内底层格栅湍流

层、喷淋层、顶部折板除雾层组成，所述的格栅湍流层为上下两排，格栅开孔率为30～70%，所述的格栅由异型钢管组成，所述的钢管截面为椭圆形、方形或水滴形。

一个石灰石粉贮罐 4

一个石灰石溶解罐 5，它通过导管分别与石灰石粉贮罐 4 和水源连通；

一个一级再生反应器 10,它的三个入料口分别通过导管、或/和导管和循环泵与所述的吸收塔 9 底部的塔釜的两个脱硫液出料口和所述的石灰石溶解罐 5 的出料口连接；

一个石灰粉贮罐 1；

一个石灰消化器 2，它通过导管连通石灰粉贮罐 1 和水源；

一个石灰浆液罐 3；它通过导管连通石灰消化器 2 和水源；

一个二级再生反应器 11,它的入料口分别连通所述的一级再生反应器 10 的出料口和通过导管和泵与所述的石灰浆液罐 3 的出料口连通；

一个高效澄清器12,它的入口通过导管与二级再生反应器11的反应后浆料的出口连通,它的底部的渣和浆液出料口通过导管和泵与二级再生反应器11的入口连通；所述的高效澄清器采用圆形结构，周边设有进水孔，中间设有出水孔，中心设置一台刮渣机。

一个真空带式脱水机 13,它的入料口通过导管和循环泵与高效澄清器 12 的渣和浆液出料口连接,它的滤液出料口通过导管与高效澄清器 12 的浆液入料口连通,它设有一个脱硫渣至运输的出渣口；

一个阻氧剂贮罐 6；

一个碱液罐 7；

一个混合器 8,它的三个入料口分别通过导管与所述的阻氧剂贮罐 6 的出料口、所述的碱液罐 7 出料口、所述高效澄清器 12 的清液出料口连通,它的出料口通过泵和导管连通二氧化硫吸收塔 9。

一个烟囱 14，经脱硫后的烟气由吸收塔 9 顶部排至烟囱 14。

所述的高效澄清器、一级再生反应器、二级再生反应器及混合器分上下高低布置，所述的二级再生反应器浆液通过高度差自流至高效澄清器，所述的高效澄清器清液可自流至混合器。

具体实施方式：

我们在某电厂进行了 2×240t/h 燃煤锅炉烟气脱硫工程实验，处理烟气量 2×270000Nm^3/h,烟气中二氧化硫浓度 1600mg/Nm^3,二氧化硫吸收效率 96%,脱硫成本为每度电增加发电成本 0.6 分钱。主要设备：DN6000×23000mm 吸收塔两个，混合器 200m^3,

一级再生反应器 120m³,二级再生反应器 120m³，高效澄清器 800 m³，10m²真空带式脱水机一台。

（1）脱硫吸收液内部循环

设置DN6000×23000mm 吸收塔两个,从锅炉引风机出来的烟气经过入口侧向急冷喷淋层、塔内底层格栅湍流层、喷淋层、顶部折板除雾层完成脱硫除雾后进入烟囱，在吸收塔内进行的主要反应为：

$$2NaOH+SO_2 \Rightarrow Na_2SO_3+H_2O \quad (1)$$

$$Na_2SO_3+SO_2 \Leftrightarrow 2NaHSO_3 \quad (2)$$

副反应为：

$$Na_2SO_3+\frac{1}{2}O_2 \Rightarrow Na_2SO_4 \quad (3)$$

$$NaHSO_3+\frac{1}{2}O_2 \Rightarrow NaHSO_4 \quad (4)$$

由于在脱硫液中加入了阻氧剂EDTA，所以抑制了反应方程式（3）和（4）的副反应。

吸收塔底部设为3 米高的塔釜，每台吸收塔就地设置急冷喷淋循环泵2 台，每台吸收塔就地设置喷淋循环泵3 台，总循环量为1200 m³/h，吸收塔塔釜液pH 值为6，亚硫酸钠的浓度为0.1mol/L。抽取500 m³/h 的塔釜液至一级再生反应器10 进行吸收液外部循环。入口侧向急冷喷淋层将烟气进行一级脱硫，烟气温度由130℃降为60℃，一级脱硫效率可达20%。经过一级脱硫后的烟气进入塔内底部格栅喷淋层进行二级脱硫，格栅由上下两排组成，格栅下层开孔率为60%，上层开孔率为50%。烟气向上流动穿过格栅时，由于截面收缩，烟气流速加快，格栅表面的液体被高速向上的气流冲击，脱硫液被烟气击破形成无数的液滴，在格栅层上部产生湍流层，强化了二氧化硫吸收传质的过程。经过格栅后烟气进行了重新分布，使烟气在吸收塔中部的分布更均匀。格栅喷淋层脱硫率可达20%。吸收塔中部设置三层喷淋层，喷淋层采用200%吸收液覆盖，采用低压螺旋喷嘴，可以快速拆卸和更换，喷淋层吸收效率可达90%，吸收塔顶部采用两层折板式除雾器，减少了雾沫夹带，使烟气的含水小于100mg/m³。二氧化硫吸收塔总效率大于96%，系统阻力小于1000Pa。

（2）脱硫吸收液外部循环

从脱硫吸收塔9 塔釜液中抽取500 m³/h 的脱硫液至一级再生反应器，从混合器8 中抽取500 m³/h 的再生后的脱硫液至吸收塔塔釜，在一级再生反应器10 中加入石灰石溶

解罐5 中的石灰石浆液，反应后的浆液自流至二级再生反应器11，在二级再生反应器中加入石灰浆液罐3 中的石灰浆液，二级再生反应器的浆液自流至高效澄清器。在混合器8 中加入阻氧剂贮罐6 中的EDTA，同时加入钠碱溶液罐7 中的钠碱液。在再生反应器中设置机械搅拌器和潜水搅拌器各4 台。

一级再生反应器中进行的主要反应为：

$$CaCO_3+2NaHSO_3=CaSO_3+Na_2SO_3+CO_2+H_2O \quad (5)$$

二级再生反应器中进行的主要反应为：

$$2NaHSO_3+Ca(OH)_2 \Leftrightarrow Na_2SO_3+CaSO_3\cdot\frac{1}{2}H_2O+\frac{3}{2}H_2O \quad (6)$$

$$Na_2SO_3+Ca(OH)_2 \Longrightarrow 2NaOH+CaSO_3 \quad (7)$$

高效澄清器为圆形结构，从二级再生反应器出来的浆液从澄清器周边进入，经过充分的固液分离和澄清后，清液从澄清器中部集水槽自流至混合器8。澄清器中心设置刮渣机一台，刮渣机设置上下两个刮板，将澄清器周边的泥渣刮至底部的集泥斗，集泥斗中的刮板防止泥渣的结垢。

（3）脱硫渣内部循环

将高效澄清器12 底部的渣通过浆液泵抽至二级再生反应器，在二级再生反应器中未反应的石灰继续进行反应。控制二级再生反应器浆液浓度为20%，脱硫渣内部循环量为200 m^3/h。

（4）脱硫剂内部循环

从吸收塔9 塔釜液抽取来的pH5～6 的脱硫液至一级再生反应器10，将石灰石加入到一级再生反应器中，石灰石在酸性溶液中溶解度加大，石灰石与亚硫酸氢钠的反应激烈，产生的二氧化碳气体加快了浆液的搅动，加快了反应的速度，防止了反应器中的渣的结垢和沉淀。将石灰浆液罐3 中的浆液一部分加入到二级反应器中，一部分加入到高效澄清器12 的泥浆层，澄清器底部的渣又通过泵抽至二级反应器中不停循环，延长了石灰的反应时间。根据一级反应器10 的pH 值控制加入的石灰石的量，根据二级反应器的pH 值控制加入石灰的量。

（5）脱硫渣外部循环

高效澄清器12 底部的脱硫渣通过泵一部份回流至二级再生反应器，一部份至真空带式脱水机13 进行脱水处理，处理后的渣为含水10%的粉状固体，过滤液又返回至高效澄清器12 的浆液入口再次澄清分离。

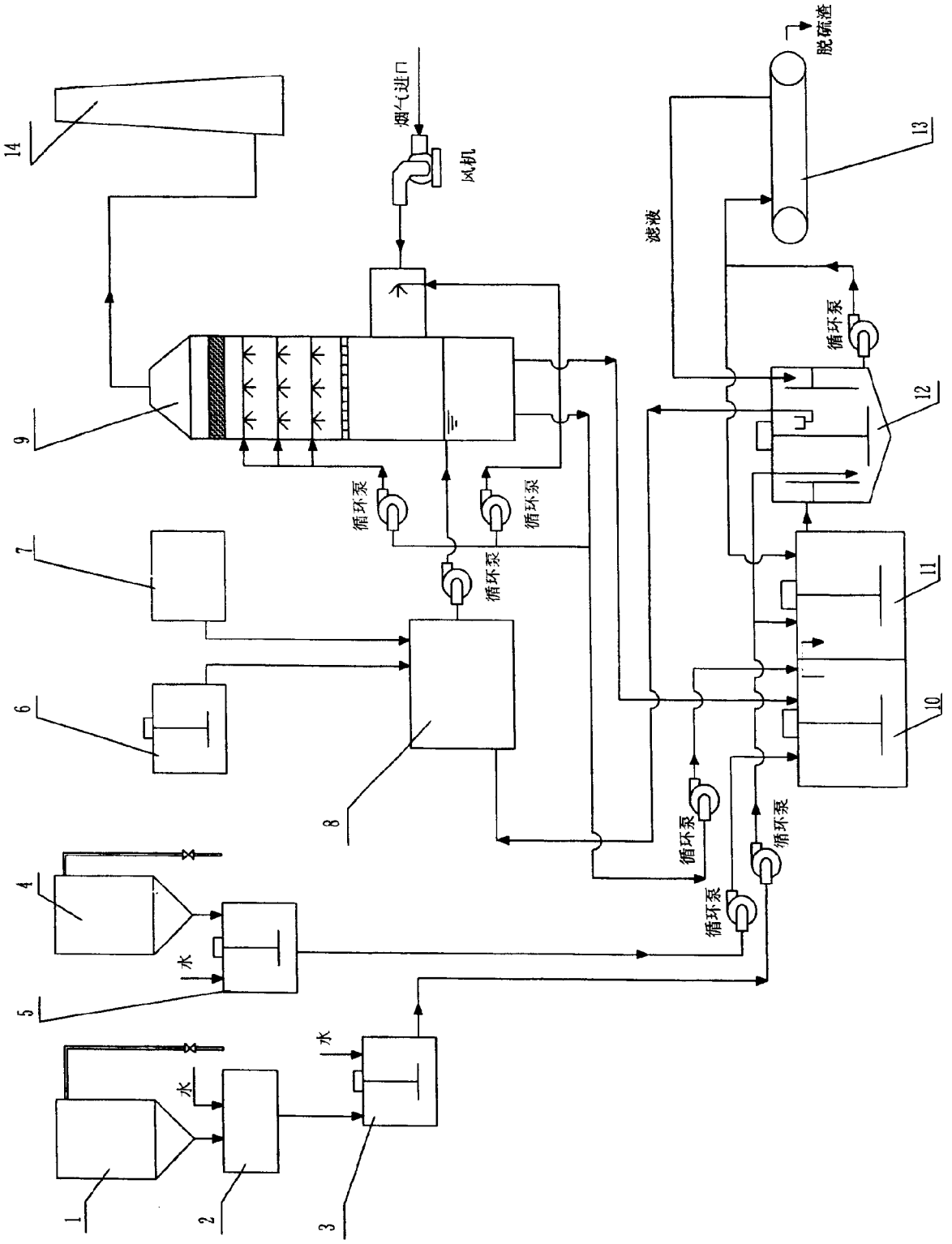


图1