(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110937735 A
(43)申请公布日 2020.03.31

(21)申请号 201911381482.9

(22)申请日 2019.12.27

(71)申请人 华能国际电力股份有限公司
地址 100031 北京市西城区复兴门南大街丙2号
申请人 西安热工研究院有限公司

(72)发明人 胡大龙 余耀宏 黄倩 李亚娟 许臻

(74)专利代理机构 西安通大专利代理有限责任公司 61200
代理人 房鑫

(51)Int.Cl.
C02F 9/06(2006.01)

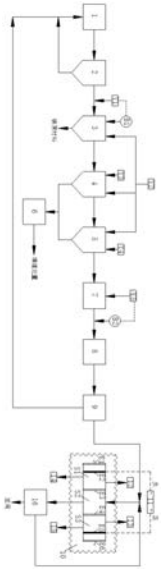
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种燃煤电厂脱硫废水资源化处理系统及方法

(57)摘要

本发明公开了一种燃煤电厂脱硫废水资源化处理系统及方法，包括浓缩电解三室反应器、脱硫系统、预沉池、镁资源化反应澄清池、重金属反应澄清池、硫酸根深度去除反应澄清池、中和池、超滤系统、纳滤系统、反渗透系统、氢氧化钙加药系统、混凝剂和助凝剂混合加药系统、硫酸根复合沉淀剂加药系统及盐酸加药系统；浓缩电解三室反应器内依次设置有电渗析阴极、电解惰性电极阴极、电渗析阳膜、电渗析阴膜、电解惰性电极阳极及电渗析阳极，该系统及方法能够降低投资和运行费用，并且实现脱硫废水资源化制酸及制碱。



CN 110937735 A

1.一种燃煤电厂脱硫废水资源化处理系统，其特征在于，包括浓缩电解三室反应器(10)、脱硫系统(1)、预沉池(2)、镁资源化反应澄清池(3)、重金属反应澄清池(4)、硫酸根深度去除反应澄清池(5)、中和池(7)、超滤系统(8)、纳滤系统(9)、反渗透系统(16)、氢氧化钙加药系统(Y1)、混凝剂和助凝剂混合加药系统(Y2)、硫酸根复合沉淀剂加药系统(Y4)及盐酸加药系统(Y5)；

浓缩电解三室反应器(10)内依次设置有电渗析阴极(E1)、电解惰性电极阴极(E2)、电渗析阳膜(E3)、电渗析阴膜(E4)、电解惰性电极阳极(E5)及电渗析阳极(E6)，其中，电渗析阴极(E1)与电渗析阳膜(E3)之间形成阴极电解池(S1)，电解惰性电极阴极(E2)位于阴极电解池(S1)内，电渗析阳膜(E3)和电渗析阴膜(E4)之间形成离子迁移池(S2)，电渗析阳极(E6)与电渗析阴膜(E4)之间形成阳极电解池(S3)，电解惰性电极阳极(E5)位于阳极电解池(S3)内，电解电源系统(11)与电解惰性电极阴极(E2)及电解惰性电极阳极(E5)相连接；

脱硫系统(1)的出口依次经预沉池(2)、镁资源化反应澄清池(3)、重金属反应澄清池(4)、硫酸根深度去除反应澄清池(5)、中和池(7)、超滤系统(8)及纳滤系统(9)与离子迁移池(S2)顶部的入口相连通，离子迁移池(S2)底部的出水口与反渗透系统(16)的入水口相连通；

氢氧化钙加药系统(Y1)与镁资源化反应澄清池(3)的药剂入口相连通，混凝剂和助凝剂混合加药系统(Y2)与镁资源化反应澄清池(3)的药剂入口、重金属反应澄清池(4)的药剂入口及硫酸根深度去除反应澄清池(5)的药剂入口相连通，硫酸根复合沉淀剂加药系统(Y4)与硫酸根深度去除反应澄清池(5)的药剂入口相连通，盐酸加药系统(Y5)与中和池(7)的药剂入口相连通。

2.根据权利要求1所述的燃煤电厂脱硫废水资源化处理系统，其特征在于，预沉池(2)底部的污泥出口及纳滤系统(9)的浓水出口均与脱硫系统(1)相连通。

3.根据权利要求1所述的燃煤电厂脱硫废水资源化处理系统，其特征在于，重金属反应澄清池(4)的底部出口及硫酸根深度去除反应澄清池(5)的底部出口与污泥压滤系统(6)的入口相连通。

4.根据权利要求1所述的燃煤电厂脱硫废水资源化处理系统，其特征在于，还包括用于检测镁资源化反应澄清池(3)内液体pH值的第一pH计(B1)以及用于检测中和池(7)出水口处水的pH值的第二pH计(B2)。

5.根据权利要求1所述的燃煤电厂脱硫废水资源化处理系统，其特征在于，反渗透系统(16)的浓水出口与离子迁移池(S2)的入口相连通。

6.根据权利要求1所述的燃煤电厂脱硫废水资源化处理系统，其特征在于，阴极电解池(S1)顶部的排气口与氢气收集利用系统(12)相连通，阴极电解池(S1)底部的出口与氢氧化钠收集利用系统(14)相连通。

7.根据权利要求1所述的燃煤电厂脱硫废水资源化处理系统，其特征在于，阴极电解池(S1)底部的出口与盐酸收集利用系统(15)相连通，阴极电解池(S1)顶部的出口与氯气收集利用系统(13)相连通。

8.一种燃煤电厂脱硫废水资源化处理方法，其特征在于，基于权利要求1所述的燃煤电厂脱硫废水资源化处理系统，包括以下步骤：

脱硫系统(1)输出的脱硫废水在预沉池(2)中进行沉降，预沉池(2)输出的上清液进入

镁资源化反应澄清池(3)中，通过氢氧化钙加药系统(Y1)向镁资源化反应澄清池(3)中加入石灰，以调节镁资源化反应澄清池(3)中脱硫废水的pH值，继而去除脱硫废水中的Mg^{2+}、F^-、SO_4^{2-}、SiO_2以及部分Ca^{2+}和重金属；

镁资源化反应澄清池(3)的排水进入重金属反应澄清池(4)中，通过重金属螯合剂加药系统(Y3)向重金属反应澄清池(4)中加入重金属螯合剂，重金属反应澄清池(4)中的脱硫废水在重金属螯合剂的作用下进一步去除其中的重金属；

重金属反应澄清池(4)的排水进入硫酸根深度去除反应澄清池(5)中，通过硫酸根复合沉淀剂加药系统(Y4)向硫酸根深度去除反应澄清池(5)中加入硫酸根复合沉淀剂，硫酸根深度去除反应澄清池(5)中的脱硫废水在硫酸根复合沉淀剂作用下进一步去除其中的硫酸根；

硫酸根深度去除反应澄清池(5)的排水进入中和池(7)中，并通过盐酸加药系统(Y5)输出的盐酸调节pH值，中和池(7)输出的水经超滤系统(8)处理后进入纳滤系统(9)中，通过纳滤系统(9)对脱硫废水中的一价离子与二价离子进行分离，使得脱硫废水中的钙离子截留在纳滤系统(9)的浓水侧，纳滤系统(9)输出的产水进入离子迁移池(S2)中；

在浓缩电解三室反应器(10)中，在电渗析阴极(E1)的作用下，Na^+穿过电渗析阳膜(E3)进入到阴极电解池(S1)中，并在电解惰性电极阴极(E2)的作用下，阴极电解池(S1)内发生以下反应：

$4H_2O+4e^-\rightarrow 2H_2\uparrow+4OH^-$

$Na^++OH^-\rightarrow NaOH$

阴极电解池(S1)中的反应产物为H_2及NaOH，其中，H_2及NaOH分别进行回收利用；

在电渗析阳极(E6)作用下，Cl^-穿过电渗析阴膜(E4)进入到阳极电解池(S3)中，阳极电解池(S3)内发生以下反应：

$2Cl^--2e^-\rightarrow Cl_2\uparrow$

阳极电解池(S3)中的反应产物为Cl_2及HCl，其中，Cl_2及HCl分别进行回收利用；

离子迁移池(S2)的出水经反渗透系统(16)进行脱盐，其中，反渗透系统(16)输出的产水进行回收再利用。

一种燃煤电厂脱硫废水资源化处理系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种脱硫废水处理系统及方法，具体涉及一种燃煤电厂脱硫废水资源化处理系统及方法。

背景技术

[0002] 燃煤电厂脱硫废水水质特征悬浮物、氯离子、硫酸根、钙离子和镁离子浓度高，此外还有一定浓度的重金属。目前，脱硫废水处理技术包括，①传统的“三联箱”达标处理工艺，使车间排放口出水水质满足《火电厂石灰石-石膏湿法脱硫废水水质控制指标》(DL/T 997-2006)要求；②目前正在燃煤电厂推广的“预处理-蒸发结晶”“预处理-浓缩-蒸发结晶”“预处理-烟气蒸发”“预处理-浓缩-烟气蒸发”等工艺，实现脱硫废水中盐分从水中以结晶盐形式析出，实现零排放，但是这些工艺均存在投资和运行成本高的问题，且蒸发结晶工艺存在结晶盐处置问题，烟气蒸发工艺存在结晶盐影响灰综合利用等风险。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于提供一种燃煤电厂脱硫废水资源化处理系统及方法，该系统及方法能够降低投资和运行费用，并且实现脱硫废水资源化制酸及制碱。

[0004] 为达到上述目的，本发明所述的燃煤电厂脱硫废水资源化处理系统包括浓缩电解三室反应器、脱硫系统、预沉池、镁资源化反应澄清池、重金属反应澄清池、硫酸根深度去除反应澄清池、中和池、超滤系统、纳滤系统、反渗透系统、氢氧化钙加药系统、混凝剂和助凝剂混合加药系统、硫酸根复合沉淀剂加药系统及盐酸加药系统；

[0005] 浓缩电解三室反应器内依次设置有电渗析阴极、电解惰性电极阴极、电渗析阳膜、电渗析阴膜、电解惰性电极阳极及电渗析阳极，其中，电渗析阴极与电渗析阳膜之间形成阴极电解池，电解惰性电极阴极位于阴极电解池内，电渗析阳膜和电渗析阴膜之间形成离子迁移池，电渗析阳极与电渗析阴膜之间形成阳极电解池，电解惰性电极阳极位于阳极电解池内，电解电源系统与电解惰性电极阴极及电解惰性电极阳极相连接；

[0006] 脱硫系统的出口依次经预沉池、镁资源化反应澄清池、重金属反应澄清池、硫酸根深度去除反应澄清池、中和池、超滤系统及纳滤系统与离子迁移池顶部的入口相连通，离子迁移池底部的出水口与反渗透系统的入水口相连通；

[0007] 氢氧化钙加药系统与镁资源化反应澄清池的药剂入口相连通，混凝剂和助凝剂混合加药系统与镁资源化反应澄清池的药剂入口、重金属反应澄清池的药剂入口及硫酸根深度去除反应澄清池的药剂入口相连通，硫酸根复合沉淀剂加药系统与硫酸根深度去除反应澄清池的药剂入口相连通，盐酸加药系统与中和池的药剂入口相连通。

[0008] 预沉池底部的污泥出口及纳滤系统的浓水出口均与脱硫系统相连通。

[0009] 重金属反应澄清池的底部出口及硫酸根深度去除反应澄清池的底部出口与污泥压滤系统的入口相连通。

[0010] 还包括用于检测镁资源化反应澄清池内液体pH值的第一pH计以及用于检测中和

池出水口处水的pH值的第二pH计。

[0011] 反渗透系统的浓水出口与离子迁移池的入口相连通。

[0012] 阴极电解池顶部的排气口与氢气收集利用系统相连通，阴极电解池底部的出口与氢氧化钠收集利用系统相连通。

[0013] 阴极电解池底部的出口与盐酸收集利用系统相连通，阴极电解池顶部的出口与氯气收集利用系统相连通。

[0014] 本发明所述的燃煤电厂脱硫废水资源化处理方法包括以下步骤：

[0015] 脱硫系统输出的脱硫废水在预沉池中进行沉降，预沉池输出的上清液进入镁资源化反应澄清池中，通过氢氧化钙加药系统向镁资源化反应澄清池中加入石灰，以调节镁资源化反应澄清池中脱硫废水的pH值，继而去除脱硫废水中的Mg^{2+}、F^-、SO_4^{2-}、SiO_2以及部分Ca^{2+}和重金属；

[0016] 镁资源化反应澄清池的排水进入重金属反应澄清池中，通过重金属螯合剂加药系统向重金属反应澄清池中加入重金属螯合剂，重金属反应澄清池中的脱硫废水在重金属螯合剂的作用下进一步去除其中的重金属；

[0017] 重金属反应澄清池的排水进入硫酸根深度去除反应澄清池中，通过硫酸根复合沉淀剂加药系统向硫酸根深度去除反应澄清池中加入硫酸根复合沉淀剂，硫酸根深度去除反应澄清池中的脱硫废水在硫酸根复合沉淀剂作用下进一步去除其中的硫酸根；

[0018] 硫酸根深度去除反应澄清池的排水进入中和池中，并通过盐酸加药系统输出的盐酸调节pH值，中和池输出的水经超滤系统处理后进入纳滤系统中，通过纳滤系统对脱硫废水中的一价离子与二价离子进行分离，使得脱硫废水中的钙离子截留在纳滤系统的浓水侧，纳滤系统输出的产水进入离子迁移池中；

[0019] 在浓缩电解三室反应器中，在电渗析阴极的作用下，Na^+穿过电渗析阳膜进入到阴极电解池中，并在电解惰性电极阴极的作用下，阴极电解池内发生以下反应：

[0020] $4H_2O+4e^-\rightarrow 2H_2\uparrow+4OH^-$

[0021] $Na^++OH^-\rightarrow NaOH$

[0022] 阴极电解池中的反应产物为H_2及NaOH，其中，H_2及NaOH分别进行回收利用；

[0023] 在电渗析阳极作用下，Cl^-穿过电渗析阴膜进入到阳极电解池中，阳极电解池内发生以下反应：

[0024] $2Cl^--2e^-\rightarrow Cl_2\uparrow$

[0025] 阳极电解池中的反应产物为Cl_2及HCl，其中，Cl_2及HCl分别进行回收利用；

[0026] 离子迁移池的出水经反渗透系统进行脱盐，其中，反渗透系统输出的产水进行回收再利用。

[0027] 与现有技术相比，本发明具有以下有益的技术效果：

[0028] 本发明所述的燃煤电厂脱硫废水资源化处理系统及方法在具体操作时，通过镁资源化反应澄清池、硫酸根深度去除反应澄清池及重金属反应澄清池去除硫酸根离子，然后利用纳滤系统实现钙离子的回收，以实现钙离子的资源利用，同时降低脱硫废水软化的药剂费用，另外，本发明中浓缩电解三室反应器利用电解与电渗析技术相结合，实现钠离子与氯离子的资源化，经处理后的脱硫废水主要为NaCl溶液，浓缩电解三室反应器中生成H_2、Cl_2、NaOH和HCl分别进行回收利用，以实现钠离子和氯离子资源化。需要说明的是，本发明

相比于蒸发结晶和烟气蒸发技术，具有投资低、运行费用低，同时实现了脱硫废水的资源化制酸及制碱，且无结晶盐固废处置问题。

附图说明

[0029] 图1为本发明的结构示意图。

[0030] 其中，1为脱硫系统、2为预沉池、3为镁资源化反应澄清池、4为重金属反应澄清池、5为硫酸根深度去除反应澄清池、6为污泥压滤系统、7为中和池、8为超滤系统、9为纳滤系统、10为浓缩电解三室反应器、11为电解电源系统、12为氢气收集利用系统、13为氯气收集利用系统、14为氢氧化钠收集利用系统、15为盐酸收集利用系统、16为反渗透系统、Y1为氢氧化钙加药系统、Y2为混凝剂和助凝剂混合加药系统、Y3为重金属螯合剂加药系统、Y4为硫酸根复合沉淀剂加药系统、Y5为盐酸加药系统、B1为第一pH计、B2为第二pH计、E1为电渗析阴极、E2为电解惰性电极阴极、E3为电渗析阳膜、E4为电渗析阴膜、E5为电解惰性电极阳极、E6为电渗析阳极、S1为阴极电解池、S3为阳极电解池、S2为离子迁移池。

具体实施方式

[0031] 下面结合具体的实施例对本发明做进一步的详细说明，所述是对本发明的解释而不是限定。

[0032] 参考图1，本发明所述的燃煤电厂脱硫废水资源化处理系统包括浓缩电解三室反应器10、脱硫系统1、预沉池2、镁资源化反应澄清池3、重金属反应澄清池4、硫酸根深度去除反应澄清池5、中和池7、超滤系统8、纳滤系统9、反渗透系统16、氢氧化钙加药系统Y1、混凝剂和助凝剂混合加药系统Y2、硫酸根复合沉淀剂加药系统Y4及盐酸加药系统Y5；浓缩电解三室反应器10内依次设置有电渗析阴极E1、电解惰性电极阴极E2、电渗析阳膜E3、电渗析阴膜E4、电解惰性电极阳极E5及电渗析阳极E6，其中，电渗析阴极E1与电渗析阳膜E3之间形成阴极电解池S1，电解惰性电极阴极E2位于阴极电解池S1内，电渗析阳膜E3和电渗析阴膜E4之间形成离子迁移池S2，电渗析阳极E6与电渗析阴膜E4之间形成阳极电解池S3，电解惰性电极阳极E5位于阳极电解池S3内，电解电源系统11与电解惰性电极阴极E2及电解惰性电极阳极E5相连接；脱硫系统1的出口依次经预沉池2、镁资源化反应澄清池3、重金属反应澄清池4、硫酸根深度去除反应澄清池5、中和池7、超滤系统8及纳滤系统9与离子迁移池S2顶部的入口相连通，离子迁移池S2底部的出水口与反渗透系统16的入水口相连通；氢氧化钙加药系统Y1与镁资源化反应澄清池3的药剂入口相连通，混凝剂和助凝剂混合加药系统Y2与镁资源化反应澄清池3的药剂入口、重金属反应澄清池4的药剂入口及硫酸根深度去除反应澄清池5的药剂入口相连通，硫酸根复合沉淀剂加药系统Y4与硫酸根深度去除反应澄清池5的药剂入口相连通，盐酸加药系统Y5与中和池7的药剂入口相连通。

[0033] 预沉池2底部的污泥出口及纳滤系统9的浓水出口均与脱硫系统1相连通；重金属反应澄清池4的底部出口及硫酸根深度去除反应澄清池5的底部出口与污泥压滤系统6的入口相连通。

[0034] 本发明还包括用于检测镁资源化反应澄清池3内液体pH值的第一pH计B1以及用于检测中和池7出水口处水的pH值的第二pH计B2，其中，氢氧化钙加药系统Y1与第一pH计B1连锁控制；盐酸加药系统Y5与第二pH计B2连锁控制。

[0035] 反渗透系统16的浓水出口与离子迁移池S2的入口相连通;阴极电解池S1顶部的排气口与氢气收集利用系统12相连通,阴极电解池S1底部的出口与氢氧化钠收集利用系统14相连通;阴极电解池S1底部的出口与盐酸收集利用系统15相连通,阴极电解池S1顶部的出口与氯气收集利用系统13相连通。

[0036] 本发明所述的燃煤电厂脱硫废水资源化处理方法包括以下步骤:

[0037] 脱硫系统1中脱硫废水的含固率一般很高,固体主要是未完全饱和的石膏,脱硫系统1输出的脱硫废水在预沉池2中进行沉降,预沉池2的排泥返回脱硫系统1的吸收塔中再利用,预沉池2输出的上清液进入镁资源化反应澄清池3,通过氢氧化钙加药系统Y1加入向镁资源化反应澄清池3中加入石灰,使得镁资源化反应澄清池3中脱硫废水的pH调至11.0±0.5,以去除Mg^{2+}、F^-、SO_4^{2-}、SiO_2和部分Ca^{2+}及重金属,镁资源化反应澄清池3底部的排泥主要是$Mg(OH)_2$,可满足《菱镁矿质量标准》(YB321-81)的规定作为镁原材料资源化利用。

[0038] 镁资源化反应澄清池3的排水进入重金属反应澄清池4,通过重金属螯合剂加药系统Y3加入向重金属反应澄清池4中加入重金属螯合剂,重金属反应澄清池4中的水在重金属螯合剂的作用下进一步去除其中的重金属。

[0039] 重金属反应澄清池4的排水进入硫酸根深度去除反应澄清池5中,通过硫酸根复合沉淀剂加药系统Y4向硫酸根深度去除反应澄清池5中加入硫酸根复合沉淀剂,硫酸根深度去除反应澄清池5中的水在硫酸根复合沉淀剂作用下进一步去除其中的硫酸根。

[0040] 重金属反应澄清池4和硫酸根深度去除反应澄清池5底部的排泥进入污泥压滤系统6中,并通过污泥压滤系统6脱水后外运,重金属螯合剂与重金属生成的污泥热稳定性高,浸出毒性低,可作为一般工业固体废弃物填埋。

[0041] 硫酸根深度去除反应澄清池5的排水进入中和池7,通过盐酸加药系统Y5向中和池7中加入盐酸,使得中和池7中水的pH调节至7.0±0.2,中和池7输出的水经超滤系统8处理后进入纳滤系统9中,通过纳滤系统9对水中一价离子与二价离子进行分离,使得脱硫废水中的钙离子截留在纳滤系统9的浓水侧,纳滤系统9输出的浓水作为脱硫剂进入到脱硫系统1中,纳滤系统9的产水则进入到离子迁移池S2中;

[0042] 在浓缩电解三室反应器10中,在电渗析阴极E1的作用下,Na^+穿过电渗析阳膜E3进入阴极电解池S1中,并在电解惰性电极阴极E2的作用下,阴极电解池S1中发生如下反应:

[0043] $4H_2O+4e^-\rightarrow 2H_2\uparrow+4OH^-$

[0044] $Na^++OH^-\rightarrow NaOH$

[0045] 阴极电解池S1中的反应产物为H_2及NaOH,其中,H_2进入氢气收集利用系统12中,可作为燃料利用或去氢站再利用,NaOH进入氢氧化钠收集利用系统14,可作为电厂用碱;

[0046] 在电渗析阳极E6的作用下,Cl^-穿过电渗析阴膜E4进入阳极电解池S3中,阳极电解池S3中发生如下反应:

[0047] $2Cl^--2e^-\rightarrow Cl_2\uparrow$

[0048] 阳极电解池S3中的反应产物为Cl_2和HCl,其中,Cl_2进入到氯气收集利用系统13中,可作为循环水杀菌剂利用,HCl进入盐酸收集利用系统15,可作为电厂用酸。

[0049] 离子迁移池S2的出水经反渗透系统16进行脱盐,其中,反渗透系统16排出的浓水进入到离子迁移池S2中,反渗透系统16输出的产水作为电厂锅炉补给水系统水源资源化利用。

[0050] 以上所述仅是本发明的实施步骤的举例，应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明技术原理的前提下，还可以做出若干改进和变型，这些改进和变型也应视为本发明的保护范围。

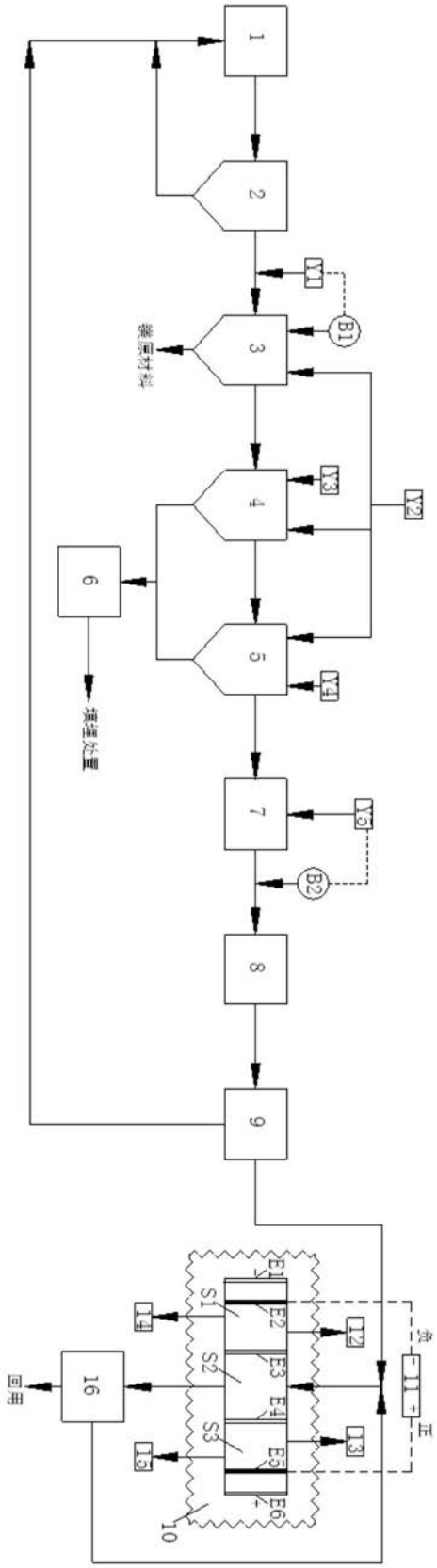

1
2
M1
B1
3
4
M3
V2
6
5
M4
7
M2
B2
8
9
E1
S1
E2
T1
T2
S2
E3
E4
16
S3
E5
T3
E6
10
回用
T

图1