



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112408557 A

(43) 申请公布日 2021.02.26

(21) 申请号 202011249504.9

(22) 申请日 2020.11.11

(71) 申请人 浙江浙能技术研究院有限公司

地址 311121 浙江省杭州市余杭区五常街道余杭塘路2159-1号1幢5楼

(72) 发明人 冯向东 徐浩然 张贺 陈彪

(74) 专利代理机构 杭州九洲专利事务所有限公司 33101

代理人 张羽振

(51) Int. Cl.

C02F 1/469 (2006.01)

C02F 1/46 (2006.01)

权利要求书1页 说明书4页 附图2页

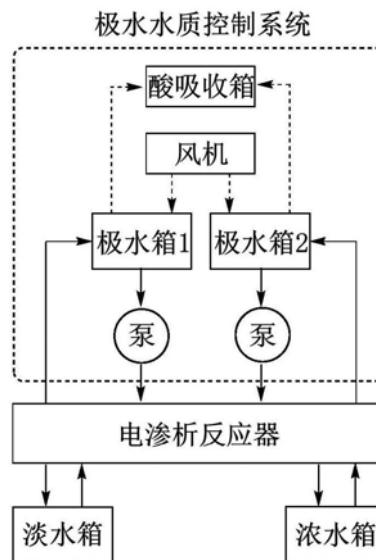
(54) 发明名称

一种多极水循环电渗析系统及处理工艺

(57) 摘要

本发明涉及多极水循环电渗析系统,包括电渗析反应器、淡水箱、浓水箱和极水水质控制系统;电渗析反应器依次由阳极板、膜堆和阴极板组装而成;膜堆中靠近极板的两侧分别设有N个选择性阳离子交换膜,形成N个极水通道;膜堆中部由阳离子选择性交换膜和阴离子选择性交换膜间隔排列组成;极水水质控制系统主要由N个极水循环和排气系统组成,每个极水循环主要由极水箱和极水循环泵组成;极水循环设置排气系统,排气系统主要由风机和酸吸收箱组成。本发明的有益效果是:利用本发明中基于多极水循环的电渗析系统,能够大幅减缓极板和离子交换膜的结垢速率,提高了系统的安全性,保证了电渗析系统对高盐废水的处理效率。

CN 112408557 A



1. 一种多极水循环电渗析系统,其特征在于:包括电渗析反应器、淡水箱、浓水箱和极水水质控制系统;电渗析反应器依次由阳极板、膜堆和阴极板组装而成;膜堆中靠近极板的两侧分别设有N个选择性阳离子交换膜,形成N个极水通道,其中N为大于等于2的自然数;膜堆中部由阳离子选择性交换膜和阴离子选择性交换膜间隔排列组成,形成间隔排列的淡水通道与浓水通道;极水水质控制系统主要由N个极水循环和排气系统组成,每个极水循环主要由极水箱和极水循环泵组成;极水循环设置排气系统,排气系统主要由风机和酸吸收箱组成。

2. 根据权利要求1所述的多极水循环电渗析系统,其特征在于:浓水箱和膜堆的浓水通道连接组成浓水循环。

3. 根据权利要求1所述的多极水循环电渗析系统,其特征在于:淡水箱和膜堆的淡水通道连接组成淡水循环。

4. 根据权利要求1所述的多极水循环电渗析系统,其特征在于:膜堆的极水通道出口连接至极水箱进口,极水箱出口通过极水循环泵连接至膜堆的极水通道进口,形成极水循环。

5. 根据权利要求4所述的多极水循环电渗析系统,其特征在于:极水循环之间相互独立设置。

6. 根据权利要求1所述的多极水循环电渗析系统,其特征在于:风机出口连接至极水箱进口,极水箱出口连接至酸吸收箱进口。

7. 根据权利要求1所述的多极水循环电渗析系统,其特征在于:N个极水循环共用一个排气系统,或者每个极水循环单独设置排气系统。

8. 根据权利要求1所述的多极水循环电渗析系统,其特征在于:N个极水通道之间通过阳离子选择性交换膜作为隔膜。

9. 根据权利要求1所述的多极水循环电渗析系统,其特征在于:极水箱底部设有排污口。

10. 一种如权利要求1所述的多极水循环电渗析系统的处理工艺,其特征在于,包括以下步骤:

S1、极水从极水箱进入膜堆的极水通道,在电驱动下通过离子交换膜与邻近通道发生离子交换;

S2、电渗析系统连续运行期间,淡水循环、浓水循环和极水循环保持各通道压力相当,每隔一段时间取样检测各循环极水中多价金属离子浓度;若极水N中钙离子、镁离子或某种重金属离子浓度大于预警值时,则从极水箱N底部排出一部分杂质浓度较高的极水,并补充与初始极水溶液相同浓度的配置溶液;若极水1中钙离子、镁离子或某种重金属离子浓度大于预警值时,则停运系统并更换极水1;在这种运行模式下,通过定期排污使极水N中杂质浓度稳定;

S3、通过极水1循环和极水N循环的排气系统,排出氧化性气体。

## 一种多极水循环电渗析系统及处理工艺

### 技术领域

[0001] 本发明属于环保水处理技术领域,具体涉及一种多极水循环电渗析系统及处理工艺。

### 背景技术

[0002] 电渗析是一种基于选择性离子交换膜的电驱动膜分离技术,具有效率高、能耗低、操作方便、选择性高、原水回收率高等优点,被广泛地用于电子、医药、食品、化工、环保、工业等领域。电渗析技术在处理高盐难处理废水时优势显著,在苦咸水脱盐、海水制盐、脱硫废水浓缩等方面的应用渐趋成熟。

[0003] 当电渗析系统处理对象为高盐废水时,通常会发生电极极板和离子交换膜结垢问题。电渗析系统结垢主要可分为两部分:钙镁结垢和氧化性结垢。电渗析极水一般为配置的钠盐溶液,二价离子含量极低,自身几乎不会结垢。但高盐废水中常含有较高浓度的钙离子、镁离子等二价易结垢杂质离子,这些二价易结垢离子会在电场力的驱动下,通过渗透过程逐渐进入电渗析极水循环,并在电极极板表面或极水侧膜表面结垢。电渗析正常运行过程中,阴极极板表面能够生成OH<sup>-</sup>,因此阴极极水通道结垢主要为Ca(OH)<sub>2</sub>和Mg(OH)<sub>2</sub>;阳极极板表面能够生成多种活性氧(ROS),部分ROS(主要由Cl<sub>2</sub>产生)能够穿透离子交换膜进入临近的浓水通道,与浓水通道中富集的低价重金属离子(例如Fe<sup>2+</sup>和Mn<sup>2+</sup>)发生氧化反应,生成难溶的重金属高价氧化物(例如Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>和MnO<sub>2</sub>)并附着于离子交换膜表面。附着于电极和膜表面的结垢将引起电极腐蚀、电极电阻增大、电极表面结构破坏、膜电阻增大、膜透过率下降、电渗析效率下降、额外能耗增加等问题,因而需要解决因杂质离子迁移以及ROS穿透而导致的结垢问题。常规电渗析极水通道结垢原理如图1所示,其中M<sup>2+</sup>泛指各种重金属离子。

[0004] 目前电渗析结垢问题的主流解决方法是预处理和定期酸洗。其中预处理指的是待处理高盐废水进入电渗析系统前先进行“加药-混凝-沉淀-过滤”处理,去除废水中大部分的钙离子、镁离子和重金属离子,该方法需要大量使用化学药剂并产生大量金属离子沉淀物,环保性较差。定期酸洗即定期使用强酸对电渗析系统进行全面酸洗,该方法对于低杂质浓度的废水处理较为有效,但不适合用于高盐废水的电渗析处理。这是因为高盐废水中的杂质金属离子浓度较高,酸洗频率也会随之大幅提高,导致酸洗成本过高、酸洗废水处理难度增加、设备频繁停运等问题。因此,有必要开发一种新型电渗析系统,能够及时分离多价金属离子杂质,维持极水中的多价离子浓度在较低水平,从而大幅降低极水通道的结垢倾向,保证电渗析系统的安全连续稳定运行。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是针对现有电渗析技术中阴极板在输电过程中的结垢问题,提供一种多极水循环电渗析系统及处理工艺。

[0006] 这种多极水循环电渗析系统,包括电渗析反应器、淡水箱、浓水箱和极水水质控制系统;电渗析反应器依次由阳极板、膜堆和阴极板组装而成;膜堆中靠近极板的两侧分别设

有N个选择性阳离子交换膜,形成N个极水通道,其中N为大于等于2的自然数;膜堆中部由阳离子选择性交换膜和阴离子选择性交换膜间隔排列组成,形成间隔排列的淡水通道与浓水通道;极水水质控制系统主要由N个极水循环和排气系统组成,每个极水循环主要由极水箱和极水循环泵组成;极水循环设置排气系统,排气系统主要由风机和酸吸收箱组成。

[0007] 作为优选:浓水箱和膜堆的浓水通道连接组成浓水循环。

[0008] 作为优选:淡水水箱和膜堆的淡水通道连接组成淡水循环。

[0009] 作为优选:膜堆的极水通道出口连接至极水箱进口,极水箱出口通过极水循环泵连接至膜堆的极水通道进口,形成极水循环。

[0010] 作为优选:极水循环之间相互独立设置。

[0011] 作为优选:风机出口连接至极水箱进口,极水箱出口连接至酸吸收箱进口。

[0012] 作为优选:N个极水循环共用一个排气系统,或者每个极水循环单独设置排气系统。

[0013] 作为优选:N个极水通道之间通过阳离子选择性交换膜作为隔膜。

[0014] 作为优选:极水箱底部设有排污口。

[0015] 这种多极水循环电渗析系统的处理工艺,包括以下步骤:

[0016] S1、极水从极水箱进入膜堆的极水通道,在电驱动下通过离子交换膜与邻近通道发生离子交换;

[0017] S2、电渗析系统连续运行期间,淡水循环、浓水循环和极水循环保持各通道压力相当,每隔一段时间取样检测各循环极水中多价金属离子浓度;若极水N(其中N为大于等于2的自然数)中钙离子、镁离子或某种重金属离子浓度大于预警值时,则从极水箱N底部排出一部分杂质浓度较高的极水,并补充与初始极水溶液相同浓度的配置溶液;若极水1中钙离子、镁离子或某种重金属离子浓度大于预警值时,则停运系统并更换极水1;在这种运行模式下,通过定期排污使极水N中杂质浓度稳定;

[0018] S3、通过极水1循环和极水N循环的排气系统,排出氧化性气体。

[0019] 本发明的有益效果是:

[0020] 1、利用本发明中基于多极水循环的电渗析系统,能够大幅减缓极板和离子交换膜的结垢速率,提高了系统的安全性,保证了电渗析系统对高盐废水的处理效率。

[0021] 2、本发明通过设置多极水循环,能够优化稳定极水水质,降低极水更换频率,也无需频繁拆卸膜堆检查内部结垢情况。

[0022] 3、本发明的防结垢系统能够大幅降低电极酸洗频率,有利于延长电极寿命,并减少酸洗废水的产生。

## 附图说明

[0023] 图1为电渗析系统钙镁结垢和氧化性结垢原理示意图;

[0024] 图2为多极水循环电渗析膜堆工作原理图;

[0025] 图3为多极水循环电渗析系统示意图。

## 具体实施方式

[0026] 下面结合实施例对本发明做进一步描述。下述实施例的说明只是用于帮助理解本

发明。应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以对本发明进行若干改进和修饰,这些改进和修饰也落入本发明权利要求的保护范围内。

#### [0027] 实施例一

[0028] 本发明提高一种多极水循环电渗析系统,通过增设多通道极水水质控制系统,维持阴极板表面多价金属离子浓度和料液通道ROS浓度在较低水平,大幅降低钙镁结垢和氧化性结垢的结垢速率。在电渗析膜堆中并列设置N对极水通道(N为大于等于2的自然数),使用阳离子选择性膜作为隔膜,该通道内由配置而成的钠盐溶液(例如3%氯化钠溶液)形成循环。每对极水循环均为独立循环并配有排气装置,用于降低该极水循环中的Cl<sub>2</sub>浓度。图2展示了N=2时的多极水循环电渗析膜堆工作原理图。在电渗析系统正常运行过程中,阴极侧极水2通道中的循环盐水多价金属离子浓度增大,这些杂质离子主要来自临近淡水通道的离子迁移;阳极侧极水2通道中的循环极水多价金属离子浓度减小,在电场力驱动下迁移至临近的浓水通道。阴极侧极水2通道和阳极侧极水2通道的盐水混合后,整体离子浓度会缓慢升高,需要通过定期排污的方式维持通道内多价金属离子浓度稳定。此外,大量钠离子和极少量多价金属离子会从阴极侧极水2通道进入阴极侧极水1通道,几乎等量的钠离子和多价金属离子也会从阳极侧极水1通道进入阳极侧极水2通道。该策略能够有效控制极水中多价金属离子(主要是钙离子和镁离子)浓度,增设的极水通道数量越多,极水1循环中多价金属离子的富集速率就越低。此外,阳极极板表面产生的部分活性氧会从阳极侧极水1通道进入阳极侧极水2通道,在经过极水2排气系统的进一步处理后,从阳极侧极水2通道进入临近浓水通道的活性氧浓度将大幅降低。增设的极水通道数量越多,进入料液循环的活性氧浓度就越低,离子选择性膜表面的氧化性结垢速率也将大幅降低。

[0029] 本发明中的防结垢电渗析系统在常规电渗析系统的基础上增加了极水水质控制系统,该系统由N个(N为大于等于2的自然数)极水循环和排气系统组成。每个极水循环由极水箱、极水循环泵和其他配套设备组成,能够保证极水经由电渗析反应器中的极水通道形成循环,并且不同极水循环分别独立;风机和酸吸收箱等组成排气系统,可以是多个极水循环共用,也可以每个极水循环单独设置。极水从极水箱进入膜堆极水通道,在电驱动下通过离子交换膜与邻近通道发生离子交换。极水箱设置排污口,通过间断式定期排污控制循环极水中的杂质离子浓度。多极水循环电渗析系统如图3所示,图中极水循环的数量为2。

[0030] 电渗析系统连续运行期间,淡水循环、浓水循环、极水循环保持各通道压力相当,每隔24小时取样检测各循环极水中多价金属离子浓度。发现极水N(N为大于等于2的自然数)中钙离子、镁离子或某种重金属离子浓度大于预警值(例如500mg/L或10mg/L),则从极水箱N底部排出一部分(例如该循环极水体积的20%)杂质浓度较高的极水,并补充与初始极水溶液相同浓度的配置溶液。发现极水1中钙离子、镁离子或某种重金属离子浓度大于预警值(例如500mg/L或10mg/L),则停运系统并更换极水1。在这种运行模式下,极水N循环中的杂质(主要是多价金属离子)会缓慢富集,通过定期排污保持极水N循环杂质浓度稳定。极水1长期处于低杂质水质下循环,极板和极水通道不易结钙镁垢。极水1循环和极水N循环排气系统保持常开,能够高效排出Cl<sub>2</sub>等氧化性气体,使料液通道中活性氧浓度也得到了有效控制,极大降低了离子交换膜表面的氧化性结垢速率,确保电渗析系统的高效安全稳定运行。

[0031] 实施例二

[0032] 某燃煤电厂脱硫废水浓缩减量工艺中包含电渗析系统。该厂脱硫废水含盐量高，钙离子浓度达4137mg/L，镁离子浓度达1513mg/L，锰离子浓度达到11mg/L。原电渗析系统阴极极板钙镁离子结垢严重，阳极侧浓水通道的阳离子交换膜表面锰氧化物结垢严重，每隔3天需进行一次酸洗，不仅步骤繁琐还会产生大量高硬度、低pH的酸洗废水。此外，电渗析系统运行过程中电流效率衰减速率较快，膜堆放热较为严重，影响到了对脱硫废水的处理效果。

[0033] 为解决结垢问题，该电厂对原有电渗析系统进行设备改造，在膜堆增加了2个极水通道，形成了3套极水循环，并完善了配套设备。初始极水均采用配置得到的3%氯化钠溶液。系统连续运行3天后，极水3循环的钙离子浓度超过了1000mg/L，置换了20%极水1循环中的盐水；此时极水2循环的钙离子浓度约为220mg/L，极水1循环的钙离子浓度只有10mg/L。系统连续运行1个月后：极水3循环中每2天置换少量极水，钙离子浓度始终维持在1000mg/L以内；极水2循环中的钙离子浓度始终维持在300mg/L以内，未见明显上升；极水1循环中的钙离子始终维持在50mg/L以内，未见钙离子快速富集；电极板和离子交换膜未见明显结垢，也无需频繁酸洗电极。新系统的电流效率明显提高，离子分离效果较原先更好，膜堆放热现象大幅减弱。

[0034] 该电厂新型电渗析系统正常投运3个月以来，电极极板未发生明显钙镁离子结垢现象，离子选择性膜也未发生重金属氧化物附着，整个电渗析系统没有进行过彻底酸洗，极水仅更换过1次，原先存在的问题均得到了很好的改善。此外，电渗析系统对脱硫废水的处理效果较之前有小幅提升，系统运行方式得到了优化。以上结果表明，这种多极水循环电渗析系统具有很好的应用性。

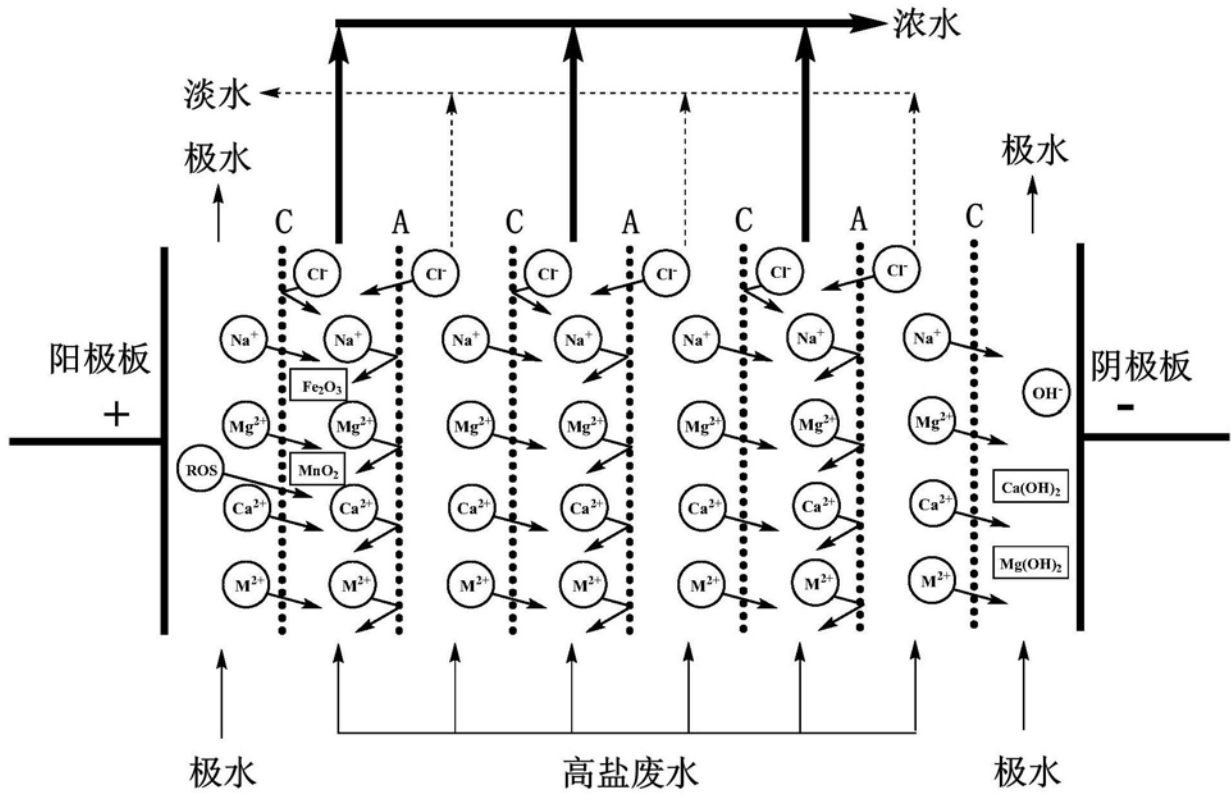


图1

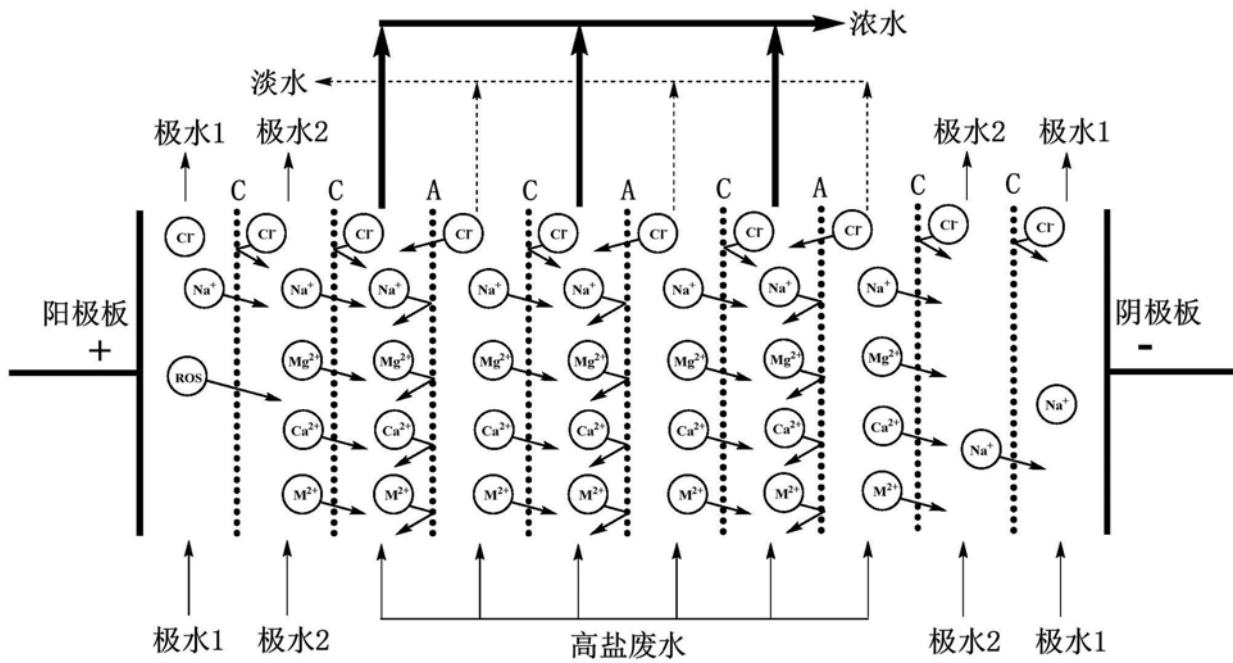


图2

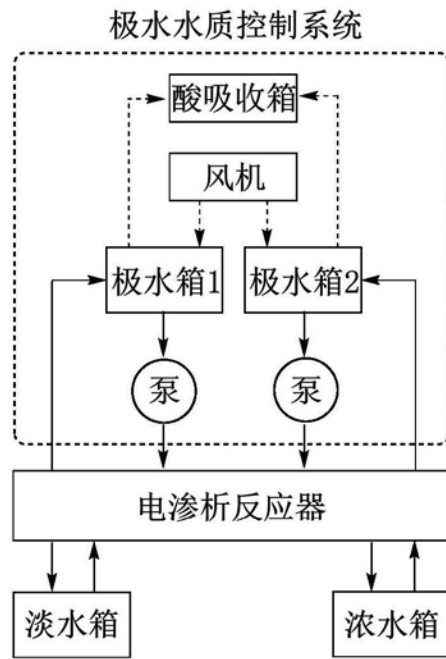


图3