

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102616996 A

(43) 申请公布日 2012. 08. 01

(21) 申请号 201210097485. 1

(22) 申请日 2012. 04. 05

(71) 申请人 山西太钢不锈钢股份有限公司  
地址 030003 山西省太原市尖草坪 2 号

(72) 发明人 武彦琴 杨艾花 高俊飞 王瑞红

(74) 专利代理机构 北京市浩天知识产权代理事  
务所 11276

代理人 雒纯丹 刘惊芳

(51) Int. Cl.

C02F 9/14 (2006. 01)

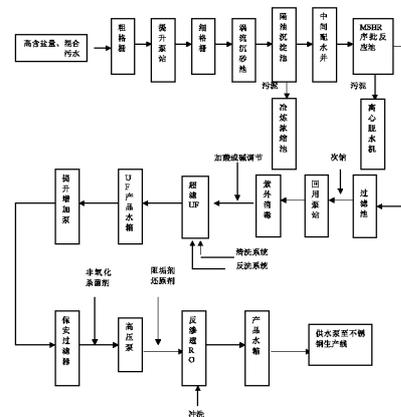
权利要求书 2 页 说明书 23 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种处理高含盐量的混合废水的方法和专用系统

(57) 摘要

本发明涉及一种处理高含盐量的混合废水的方法和专用系统,该方法将电导大于 2000 μ s/cm,水硬度大于 500mg/l 的污水净化处理为电导率小于 100 μ s/cm 的除盐水,其步骤包括:(一)将污水用序批式活性污泥法处理:污水先经过第二缺氧池(4)通过缺氧反应进行反硝化,再经过缺氧/厌氧池(5)进行缺氧反应或厌氧生物无机磷的释放反应,再经过好氧池(6)通过好氧反应完成有机物的降解、生物氨氮的硝化和磷吸收,然后进入第一序批池(1)或第二序批池(7)进行缺氧、好氧反应,然后沉淀出水,得到处理后的污水;(二)再将污水用浸没式外压超滤膜法处理;(三)然后将污水用反渗透膜法处理,以分离水中的盐分。本发明技术占地小,污泥量少,集约化程度高,自动化化水平高,吨水投资小,施工周期短,反渗透的污堵速度慢。



1. 一种处理高含盐量的混合废水的方法,其特征在于,将电导大于  $2000 \mu\text{s/cm}$ ,水硬度大于  $500\text{mg/l}$  的污水净化处理为电导率小于  $100 \mu\text{s/cm}$  的除盐水,其步骤包括:

(一) 将污水用序批式活性污泥法处理:污水先经过第二缺氧池(4)通过缺氧反应进行反硝化,再经过缺氧/厌氧池(5)进行缺氧反应或厌氧生物无机磷的释放反应,再经过好氧池(6)通过好氧反应完成有机物的降解、生物氮氮的硝化和磷吸收,然后进入第一序批池(1)或第二序批池(7)进行缺氧、好氧反应,然后沉淀出水,得到处理后的污水,其中经过第一序批池(1)或第二序批池(7)的缺氧好氧反应后的混合污泥回流至污泥浓缩池(2),污泥经污泥浓缩池(2)浓缩沉淀、空出清液,清液排至缺氧/厌氧池(5)继续进行缺氧或厌氧反应;优选地,污泥经污泥浓缩池(2)浓缩沉淀至底部连通的第一缺氧池(3),由泵送入第二缺氧池(4)循环利用;

(二) 将步骤(一)处理之后的污水用浸没式外压超滤膜法处理;其中,超滤膜元件采用偏氟乙烯材质的中空纤维膜;

以及(三)将步骤(二)处理之后的污水用反渗透膜法处理,以分离水中的盐分,其中反渗透系统的加药系统包括阻垢剂,还原剂和非氧化性杀菌剂,脱盐率大于 97%。

2. 如权利要求1所述的高含盐量污水处理方法,其特征在于,当经过第二缺氧池(4)后的污水的  $\text{NO}_3\text{-N}$  浓度为  $4\text{mg/l}$  以上时,所述缺氧/厌氧池(5)的功能通过好氧池(6)的混合液的回流实现将厌氧功能转换为缺氧功能。

3. 如权利要求1所述的高含盐量污水处理方法,其特征在于,在步骤(一)之前,还包括将污水进行以下步骤:格栅处理,沉砂处理,隔油沉淀处理。

4. 如权利要求1所述的高含盐量污水处理方法,其特征在于,在步骤(二)之前,还包括将污水进行以下步骤:过滤处理,紫外线消毒处理。

5. 如权利要求1所述的高含盐量污水处理方法,其特征在于,在步骤(三)之前,还包括将污水进行保安过滤处理步骤。

6. 实施如权利要求1~5任一项所述的高含盐量混合物水处理方法的专用系统,其特征在于,包括下述装置:

(一) 序批式活性污泥反应器及其预处理设备;

其中,序批式活性污泥反应器包括第一序批池(1)和第二序批池(7),第一缺氧池(3)和第二缺氧池(4),以及缺氧/厌氧池(5),好氧池(6),以及污泥浓缩池(2);其中,污泥浓缩池(2)通过第一缺氧池(3)与第二缺氧池(4)相连,同时污泥浓缩池(2)与缺氧/厌氧池(5)相连,其中,第二缺氧池(4)和缺氧/厌氧池(5)相连,缺氧/厌氧池(5)同时与好氧池(6)相连,好氧池(6)另外并联连接第一序批池(1)和第二序批池(7),第一序批池(1)和第二序批池(7)分别连接污泥浓缩池(2),优选好氧池(6)同时与第二缺氧池(4)和/或缺氧/厌氧池(5)相连;

其中,预处理设备包括格栅处理设备,沉砂处理设备和隔油沉淀处理设备;

(二) 浸没式外压超滤膜设备及其预处理设备,其中,预处理设备包括过滤处理设备,紫外消毒处理设备;

以及(三)反渗透膜设备及其预处理设备,其中,预处理设备包括保安过滤处理设备。

7. 如权利要求6所述的系统,其特征在于,包括格栅处理设备,沉沙处理设备,隔油沉淀设备,改良型序批式活性污泥反应器,过滤设备,紫外消毒设备,浸没式外压超滤膜设备,

保安过滤设备,反渗透膜设备。

8. 如权利要求 3 所述的高含盐量污水处理方法或如权利要求 6 或 7 所述的污水处理系统,其特征在于,所述沉沙处理设备具有备用管道连接至隔油沉淀设备。

9. 如权利要求 3 所述的高含盐量污水处理方法或如权利要求 6 ~ 8 任一项所述的污水处理系统,其特征在于,所述隔油沉淀设备在进水端增设曝气除油装置,用于强化除油功能。

10. 如权利要求 1 ~ 5 任一项所述的高含盐量污水处理方法或如权利要求 6 ~ 9 任一项所述的污水处理系统,其特征在于,所述浸没式外压超滤膜设备包括清洗装置和反洗装置。

11. 如权利要求 4 所述的高含盐量污水处理方法或如权利要求 6 ~ 10 任一项所述的污水处理系统,其特征在于,所述过滤设备中添加粒径 2 ~ 4mm 无烟煤,用于吸附部分 COD。

12. 如权利要求 1 ~ 5 任一项所述的高含盐量污水处理方法或如权利要求 6 ~ 11 任一项所述的污水处理系统,其特征在于,所述反渗透设备膜机组两段式采用 24 : 16 排列。

13. 如权利要求 1 ~ 5 任一项所述的高含盐量污水处理方法或如权利要求 6 ~ 12 任一项所述的污水处理系统,其特征在于,所述反渗透设备增加大水量冲洗步骤,在开机时,使用过程中至少一天一次进行冲洗,冲洗时间大于半小时。

14. 如权利要求 1 ~ 5 任一项所述的高含盐量污水处理方法或如权利要求 6 ~ 13 任一项所述的污水处理系统,其特征在于,所述反渗透设备进水前调节 pH 值 7.2-7.5。

15. 如权利要求 1 ~ 5 任一项所述的高含盐量污水处理方法或如权利要求 6 ~ 14 任一项所述的污水处理系统,其特征在于,所述反渗透设备压力容器元件数为 7 支。

16. 如权利要求 1 ~ 5 任一项所述的高含盐量污水处理方法或如权利要求 6 ~ 15 任一项所述的污水处理系统,其特征在于,所述反渗透设备定期进行加非氧化杀菌剂循环杀菌,夏天每周一次,冬天两周一次,每次半小时。

## 一种处理高含盐量的混合废水的方法和专用系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种处理高含盐量的混合废水的方法。

### 背景技术

[0002] 太钢是我国最大的特殊钢生产基地。经过多年的技术改造和扩建,生产能力的不断扩大和新的生产线的不断投入,产能增加 1000 万吨,对水资源的需求随之增加。但是太钢地处水资源严重匮乏的山西省,引黄入晋后对地下水将限采封井,在这种形势下,太钢公司规划通过走污水资源化的道路和采取提高太钢工业及生活用水的重复利用率的措施,实现增钢不增水和降低吨钢耗新水量的目标。公司要求吨钢新水消耗要逐年大幅度下降,减少生产成本,吨钢新水消耗 2008 年达到 3.27 吨,2009 年要达到 2.5 吨,2010 年要达到 1.95 吨,2011 年在此基础上仍要下降。而大量引进引黄水意味着吨钢新水消耗的增加,更重要的是引黄水 4.4 元/吨,将来可能更高,大大增加用水成本,不符合公司降低 EVA 指标的目标;同时由于引黄水资源有限,大量使用,给环境造成影响,不符合国家可持续发展战略要求。

[0003] 随着太钢生产发展,生产主线流程越来越长,生产过程中添加的药剂等不断增加,也由于为了节约水资源提高浓缩倍数,导致太钢生产废水水质日益劣化,水中电导增加到 3000  $\mu\text{s}/\text{cm}$  以上,水中硬度高达 1500mg/l,这部分污水与厂区及周边居民生活污水混合,流经太钢,经过简单处理后外排。

[0004] MSBR 法 (Modified Sequencing Batch Reactor,改良式序列间歇反应法) 是一种最为理想、最新的、最先进的、自动化程度最高的水处理工艺,脱氮除磷效果最好。目前,MSBR 法都是应用于处理单一的城市污水方面,在北美和南非应用较多,韩国汉城也有应用。在我国上海、深圳也有应用成功的先例,污水处理后达到外排标准排入所在城市水体。采用 MSBR 法与其他技术集成处理高含盐量污水并回用还没有先例。

[0005] 目前,反渗透技术 (RO) 在国内外水处理行业的应用日益广泛,尤其是在苦咸水脱盐领域,已逐步替代了采用离子交换树脂的复床工艺。在钢铁企业工业废水的回收应用中也逐渐增加,而现在关注的是反渗透技术应用效果,竞争的是前期预处理工艺的针对性、合理性,有效解决反渗透膜的污堵问题。

[0006] UF 技术在家庭饮用水净化方面应用很多,近年来将 UF 技术引入污水处理方面日渐增多,有外压式的和浸没式内压式超滤。以外压式的居多,浸没式内压超滤还很少。在一些污水处理领域,将超滤技术 (UF) 与反渗透技术 (RO) 联用则可以最大程度地发挥反渗透技术在污水处理方面的技术优势,并将其用于钢铁企业污水的回收再利用,保护环境,减少对地下新水的开采,实现污水资源化。

### 发明内容

[0007] 太钢不锈钢生产能力快速发展,对生产用除盐水、高品质水数量随之增加。但太钢地处缺水的太原市,同时太钢作为一个负责任的大企业,注重与城市、与环境和谐发展、绿色发展,坚决走节能减排之路,减少开采新水,减少污水外排量。为了解决上述矛盾,太钢继

续走污水资源化中之路,发明 MSBR-UF/RO 集成技术,应用于高含盐量混合污水(电导大于 2000  $\mu\text{s/cm}$ ,水中硬度大于 500mg/l)的深度加工中,产水品质达到不锈钢生产用除盐水标准,回用于不锈钢生产线。

[0008] 本发明提供一种处理高含盐量的混合废水的方法,将电导大于 2000  $\mu\text{s/cm}$ ,水硬度大于 500mg/l 的污水净化处理为电导率小于 100  $\mu\text{s/cm}$  的除盐水,其步骤包括:

[0009] (一) 将污水用序批式活性污泥法处理:污水先经过第二缺氧池(4)通过缺氧反应进行反硝化,再经过缺氧/厌氧池(5)进行缺氧反应或厌氧生物无机磷的释放反应,再经过好氧池(6)通过好氧反应完成有机物的降解、生物氨氮的硝化和磷吸收,然后进入第一序批池(1)或第二序批池(7)进行缺氧、好氧反应,然后沉淀出水,得到处理后的污水,其中经过第一序批池(1)或第二序批池(7)的缺氧好氧反应后的混合污泥回流至污泥浓缩池(2),污泥经污泥浓缩池(2)浓缩沉淀、空出清液,清液排至缺氧/厌氧池(5)继续进行缺氧或厌氧反应;优选地,污泥经污泥浓缩池(2)浓缩沉淀至底部连通的第一缺氧池(3),由泵送入第二缺氧池(4)循环利用;

[0010] (二) 将步骤(一)处理之后的污水用浸没式外压超滤膜法处理;其中,超滤膜元件采用偏氟乙烯材质的中空纤维膜;

[0011] 以及(三)将步骤(二)处理之后的污水用反渗透膜法处理,以分离水中的盐分,其中反渗透系统的加药系统包括阻垢剂,还原剂和非氧化性杀菌剂,脱盐率大于 97%。

[0012] 本发明还涉及一种实施高含盐量混合物水处理方法的专用系统,包括下述装置:

[0013] (一) 序批式活性污泥反应器及其预处理设备;

[0014] 其中,序批式活性污泥反应器包括第一序批池(1)和第二序批池(7),第一缺氧池(3)和第二缺氧池(4),以及缺氧/厌氧池(5),好氧池(6),以及污泥浓缩池(2);其中,污泥浓缩池(2)通过第一缺氧池(3)与第二缺氧池(4)相连,同时污泥浓缩池(2)与缺氧/厌氧池(5)相连,其中,第二缺氧池(4)和缺氧/厌氧池(5)相连,缺氧/厌氧池(5)同时与好氧池(6)相连,好氧池(6)另外并联连接第一序批池(1)和第二序批池(7),第一序批池(1)和第二序批池(7)分别连接污泥浓缩池(2),优选好氧池(6)同时与第二缺氧池(4)和/或缺氧/厌氧池(5)相连;

[0015] 其中,预处理设备包括格栅处理设备,沉砂处理设备和隔油沉淀处理设备;

[0016] (二) 浸没式外压超滤膜设备及其预处理设备,其中,预处理设备包括过滤处理设备,紫外消毒处理设备;

[0017] 以及(三)反渗透膜设备及其预处理设备,其中,预处理设备包括保安过滤处理设备。

[0018] 这一发明举措能使吨钢耗新水大幅下降,节约了资源。

## 附图说明

[0019] 图 1 为现有技术的改良式序批式活性污泥反应器的工艺示意图。

[0020] 图 2 为本发明的序批式活性污泥反应器工艺示意图。

[0021] 图 3 为本发明的 MSBR-UF/RO 集成技术的全套工艺流程图。

## 具体实施方式

[0022] 以下述的实例详细叙述如下,然而,本领域技术人员应当理解的是,本发明的保护范围不应当局限于此。

[0023] 结合图 3,本发明技术的工艺流程图,具体处理方法如下:

[0024] 首先,本发明的污水处理方法所处理的污水为高含盐量的混合污水,该污水的性质一般为电导大于  $2000 \mu\text{s}/\text{cm}$ ,水中硬度大于  $500\text{mg}/\text{l}$ ,且为生活污水和钢铁厂的工业废水混合的污水。一般为来自生活污水中混杂有钢铁厂的工业生产废水,产水要深度脱盐,达到除盐水标准(除盐水标准为电导率小于  $100 \mu\text{s}/\text{cm}$ )。

[0025] 本发明的污水处理方法 MSBR-UF/RO 集成污水处理技术的核心步骤为改良型序批式活性污泥法(MSBR法),超滤膜法(UF)和反渗透膜法(RO法)。并且,由于污水水质复杂,每个核心步骤均需要选用科学有效的预处理配套工艺。

[0026] 根据图 3 流程图所示,具体工艺技术路线为污水-格栅-沉砂-隔油沉淀-MSBR法-过滤-紫外消毒-UF-保安滤-RO-回用。

[0027] 1、序批式活性污泥法

[0028] MSBR 生物处理法是本发明采用的核心技术之一,用来去除污水中的有机污染物,并达到脱氮除磷的目的。

[0029] 传统的 MSBR 工艺如图 1 所示,包括厌氧池 4,第一缺氧池 3 和第二缺氧池 5,好氧池 6,第一序批池 1 和第二序批池 7,污泥浓缩池 2,其中厌氧池用来完成生物无机磷释放,缺氧池进行反硝化反应,好氧池用来完成有机物的降解、生物氨氮的硝化反应和磷吸收反应,污泥浓缩池是将序批池的回流污泥进行浓缩,两序批池交替进行缺氧、好氧反应和沉淀出水,富含磷的剩余污泥被排出。

[0030] 进厂污水经预处理工序后直接进入 MSBR 反应池的厌氧池 4,富含磷污泥在厌氧池 4 进行释磷反应后进入缺氧池 5,由好氧池 6 单元至缺氧池 5 的回流系统提供硝态氮和少量氧。缺氧池(5 单元)出水进入好氧池 6 单元经有机物降解、硝化、磷吸收反应后再进入第一序批池(1 单元)或第二序批池(7 单元)。第一序批池和第二序批池均进行缺氧、好氧、沉淀出水的反应,即,如果第一序批池作为沉淀池出水,则第二序批池首先进行缺氧反应,再进行好氧反应,或交替进行缺氧、好氧反应。在缺氧、好氧反应阶段,序批池的污泥混合液通过回流泵回流到污泥浓缩池 2,分离池上清液进入好氧池 6 单元,沉淀污泥进入与污泥浓缩池底部联通的缺氧池 3 单元,经内源缺氧反硝化脱氮后,由泵提升进入厌氧池 4 与进厂污水混合释磷,依次循环。

[0031] 本发明对 MSBR 进行了如图 2 所示的改进:本发明根据处理污水水质的不同改变了部分处理单元的功能和好氧池回流管线和流向。由于所处理污水中  $\text{NO}_3\text{-N}$  较高,工业磷即正磷含量高,生物有机磷含量少,本发明所治理的污水  $\text{NO}_3\text{-N} = 28\text{-}38\text{mg}/\text{l}$  比原本 MSBR 技术所要求的进水  $\text{NO}_3\text{-N} \leq 4\text{mg}/\text{l}$  高,原 4 单元厌氧功能的释磷反应受到制约,所以将好氧池回流管线和流向进行了如图 2 的改动,由原来的回流至缺氧池 5 单元,变为回流至图 2 的 4 单元或 5 单元,4 单元的厌氧功能改为缺氧功能,5 单元可完成缺氧或厌氧功能。进水先进行反硝化反应,降低  $\text{NO}_3\text{-N}$  的含量,好氧池的回流管线经过改进之后,使 5 单元的功能灵活起来,可以根据水质条件进行缺氧和厌氧的转换。合理调整反应 1、7 单元缺氧、好氧时间(如下表 1 中的数据)。进行缺氧好氧反应的序批池的污泥混合液回流至污泥浓缩池 2,污泥浓缩池 2 内进行沉淀,通过上清液渠(图未示)将沉淀得到的清液排入缺氧/厌氧池 5,循环利

用。原技术的污泥浓缩池的回流回好氧池，而本技术因为进水 BOD（生化需氧量）较低，改为回 5 单元缺氧 / 厌氧池，以节约 BOD 值。

[0032] 实际运行中生化反应程序：进厂污水经预处理工序后直接进入 MSBR 反应池的 4 单元缺氧池，来水中富含的  $\text{NO}_3\text{-N}$  供给 4 单元缺氧池氧源和氮源，进行的反硝化反应，生成氮气溢出，降低来水中  $\text{NO}_3\text{-N}$  的含量，起到脱氮的作用。根据实际反应效率，随时调整 3 单元的回流比，改变 4 单元进水的水力停留时间，尽量降低水中  $\text{NO}_3\text{-N}$  浓度，避免影响在 5 单元厌氧池的释磷反应，为了厌氧过程对高分子难降解有机物进行厌氧水解作用，提高污水的可生化性和好氧反应速率，5 单元厌氧池的作用尽可能保证。但是来水当中  $\text{NO}_3\text{-N}$  浓度过高，经过 4 单元反硝化后仍然在  $4\text{mg/l}$  以上，5 单元厌氧池的反应也会受到制约，所以打开 6 单元到 5 单元的回流，5 单元仍然进行缺氧反应，强化脱氮。除磷作用在序批池中通过排泥实现。5 单元出水进入好氧池 6 单元经有机物降解、硝化、磷吸收反应后再进入序批池 I（1 单元）或序批池 II（7 单元）。如果序批池 I 作为沉淀池出水，则序批池 II 首先进行缺氧反应，再进行好氧反应，或交替进行缺氧、好氧反应。缺氧运行时，利用硝酸盐作为氧源，进行微生物的自身消化反应，稳定了污泥，减少污泥产量，降低了曝气需求量。好氧反应有机物的降解，氨氮的硝化更完全。由于设置有曝气装置，可根据出水水质的指标分析灵活调整缺氧、好氧时间，实际当中出水有机物含量和氨氮的去除效果很好，反硝化反应需加强，所以适当延长缺氧时间。实际中 1、7 单元常用的反应时间如下：

[0033] 表 1 1、7 单元反应时间

[0034]

预沉	30min	序批	90min	周期	120min
----	-------	----	-------	----	--------

[0035] 序批反应时间

[0036]

时段	1	2	3
	30	30	30
缺氧	20	20	20
好氧	10	10	10

[0037] 序批式活性污泥法的预处理步骤

[0038] 经 MSBR 处理前，需要对污水进行预处理。

[0039] 预处理的第一步格栅选用粗、细两道格栅，栅距分别为 25mm 和 5mm，用来除去水中的漂浮物；粗格栅除去大的漂浮物后，经提升泵提升至细格栅，进一步去除水中小的漂浮物。细格栅选用德国汉斯琥珀公司生产圆筒式楔型格栅除污机，栅隙 5mm，栅槽宽  $B = 1400$ ，具有自清洗功能和压榨功能，栅渣通过螺旋压榨压干，经输送机送到垃圾池外运。细格栅的自清洗依据格栅前后液位差进行自动清洗，每次清洗 10-15 分钟。为了便于冬季运行，优选将自清洗时间控制的定时清洗方式，每 30 分钟清洗一次，延续 5 分钟，效果很好，格栅不堵塞，不影响污水流量。

[0040] 第二步沉砂池采用涡流沉砂方式，污水由进水渠从切线方向进入圆形沉砂池，通

过水流产生的涡流,使砂粒在离心力的作用下从水中分离,以达到除砂目的。沉砂池进口处的挡板使水流及砂子沿沉砂池的池壁流动,防止紊流并加强附壁效应。在沉砂池中间设有旋流沉砂器,使池中心的水流形成上升流。浆板、挡板和进水水流组合在一起在沉砂池内产生螺旋状环流,在重力及离心力的作用下,使砂子下沉并向池中移动。由于愈靠中心水流断面愈小,水流速度逐渐加快,最后将沉砂落入砂斗。而较轻的有机物,则在上升水流的作用下与砂子分离。池内的环流在池壁处向下,辅助附壁砂粒下沉,到池中间则向上,使有机物与砂分离且随水流上升,并随着出水水流进入后续工序。

[0041] 涡流沉砂池设两座: $\Phi = 3.05\text{m}$ ;池深:1.60m;砂斗: $\Phi = 1.00\text{m}$ ;斗深:2.40m;表面负荷: $q = 200\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ ;水力停留时间: $t = 25\text{s}$ 。

[0042] 由于沉沙池对隔油沉淀池的运行效果起关键性作用,如果沉砂池沉砂效果不佳,大量的沙砾会沉积到沉淀池底,堵塞吸泥泵,淤泥不能及时排走影响出水水质。实际运行当中为了防止沉沙池堵塞时水质立即受到污染,给吸砂泵出砂管道并连一路备用管道至隔油沉淀池的排泥渠。当砂水分离器故障检修时,可以继续抽砂到至隔油沉淀池的排泥渠。

[0043] 第三步隔油沉淀步骤,采用隔油沉淀功能一体化的高效处理单元,实现除油和降低悬浮物和金属离子含量的目的,保证后续生化处理的效果。涡流沉砂池出水自流到隔油沉淀池,沉淀池为地上平流式,主要功能是沉淀大部分悬浮物和去除水中部分油类。共2组,每组包括两池,每池平面尺寸 $38.0 \times 8.0\text{m}$ ,有效水深3.8m,水力停留时间1.5hr。隔油池排泥采用PB型桁架式吸泥机,每台吸泥机装有两台吸泥泵排走沉淀池下的泥。水表面的浮油渣通过池子出水端安装的 $\Phi 300\text{mm}$  JYG集油管撇去。能去除53%的油类。

[0044] 由于本发明中所处理污水多来自炼钢系统,连铸系统,焦化厂水处理系统排水,含油量高,达 $23\text{mg}/\text{l}$ ,为了避免大量油类进入MSBR系统,影响污泥的活性,降低生化反应效果,优选在沉淀池的进水端增设了曝气装置,促进油污更好、更快地与水分离而上浮。气源为公司空气管网所供空气,曝气装置用管式微孔曝气器,这种曝气器曝气均匀,冲击小,易于油和水的分离。去油效果由53%提高至70%以上,使油的指标稳定在 $6\text{mg}/\text{L}$ 以下,利于后续工序的反应效果。

[0045] MSBR污泥处理设备:

[0046] MSBR反应池的剩余污泥通过潜污泵排至脱水间的污泥池,利用卧螺式离心脱水机处理剩余污泥。

[0047] 安装瑞典阿法拉法公司生产的卧式离心脱水机:2台,单台处理能力 $30\text{m}^3/\text{h}$ 。

[0048] 污泥处理后含水率为50%,每天产泥约10吨,污泥外运填埋。

[0049] 2、UF超滤膜法

[0050] UF超滤采用澳大利亚Memcor公司的CS浸没式超滤。采用负压抽吸的方式过滤。污水首先进入配水渠。然后通过配水渠滤网去除纤维类悬浮物后进入膜池底部,由超滤产水抽吸泵负压驱动穿过膜壁进入膜纤维腔中,通过浸没式超滤膜进行过滤后,滤出水进入中间水箱。超滤系统主要功能是去除水中的胶体、悬浮物、大分子有机物等,产品水浊度 $\leq 0.2\text{NTU}$ ,SDI $\leq 3$ ,满足反渗透进水水质要求,保证反渗透系统的安全运行,降低反渗透系统化学清洗频率,延长反渗透膜使用寿命。

[0051] 超滤系统包括:超滤配水渠滤网、超滤单元、超滤产水抽吸泵、超滤清洗单元、超滤反洗单元、超滤药品配制投加单元、超滤产品水池、工艺用压缩空气储罐。

[0052] 超滤膜池是 CS 膜过滤系统的主要反应池,本项目采用混凝土结构形式,它具有造价低、抗腐蚀、坚固不变形等特点。

[0053] 超滤膜元件由上万根聚偏氟乙烯材质 (PVDF) 中空纤维膜组成,外包塑料网罩,两端用聚氨酯塑胶封头。膜元件上端封头可允许滤出水从中空纤维膜内腔流向集水管路,而底部封头封堵纤维膜的出口但允许低压工艺空气在反洗时候从封头上一系列的开孔穿过进入膜纤维束的外表面。膜元件又称做膜柱,膜柱可以取出进行修补和更换。

[0054] 本工程共安装 54 个超滤膜挂架 (不锈钢),每个膜挂架安装 9 组膜柱共 1944 支膜组件。每列膜池安装有 9 个膜挂架,324 支膜组件。膜挂架是可以移动的装置,可以通过膜池检修小车将膜挂架提出水面检修。

[0055] 为了超滤系统膜元件的安装方便,同时为了以后超滤系统维护方便,在膜池上方设置超滤膜池小车一台,小车可以将一列超滤膜挂架从膜池中提出,在小车上检修膜列。

[0056] 超滤产水抽吸泵提供超滤单元的过滤动力,与其他类型的超滤不同,浸没式超滤的过滤动力来自于水泵的抽吸力。超滤产水抽吸泵还有一个作用是作为化学清洗泵使用,在化学清洗时,抽吸泵通过单元内部的管道循环,使清洗药液不断透过膜丝,对膜丝内部进行深层清洗。

[0057] 超滤清洗单元:清洗的作用是防止膜结垢和膜污染,去除反洗不能洗掉的金属离子附着物和菌类。

[0058] 超滤清洗单元由超滤清洗水箱、超滤清洗加热器、超滤清洗水泵组成。

[0059] 根据时间和透膜压差由 PLC 来决定何时进行维护性清洗和化学清洗,无论维护清洗还是化学清洗过程都是全自动完成,无需人为干预。

[0060] 清洗系统设气动蝶阀、温度传感器、液位计、流量计及加热器等配套设备,清洗过程包括清洗水箱灌水、配药、加热、药液转移到超滤膜池、装置内闭路循环、超滤膜池排空、超滤膜漂洗等步骤。

[0061] 超滤反洗单元:反洗的作用是反向冲洗掉膜丝表面过滤截留的固体悬浮物,恢复膜丝过滤性能。

[0062] 反洗单元由鼓风机、反洗水泵及相关仪表组成。

[0063] 超滤鼓风机由 3 台变频罗茨风机 (2 用 1 备)、入口过滤器、进出口消音器和监测仪表组成。鼓风机根据管道上的流量计采取变频调速的方式,保证鼓风机的流量满足反洗工艺条件。

[0064] 超滤反洗水泵由 3 台变频水泵 (2 用 1 备)、和监测仪表组成。水泵根据管道上的流量计和超滤单元的压力传感器采取变频调速的方式,保证反洗水的流量、压力满足反洗工艺条件。

[0065] 超滤药品配制投加单元包括次氯酸钠,盐酸和柠檬酸配制输送装置。

[0066] 次氯酸钠配药输送装置

[0067] 因为所处理水中含有生活污水,细菌的含量高,繁殖快,需对超滤给水进行加强杀菌处理。杀菌剂采用 18% 的次氯酸钠溶液,加药量为 50PPM。

[0068] 次氯酸钠配药输送装置由 1 台  $5\text{m}^3$  次氯酸钠储罐、1 台次氯酸钠卸料泵、2 台  $2\text{m}^3$  计量箱、2 台机械计量泵 (原水杀菌用)、2 台气动隔膜计量泵 (超滤清洗用) 组成。次氯酸钠计量箱及计量泵 1 用 1 备。计量箱设高低液位报警提醒运行人员及时配药和倒换计量箱,

加药量根据流量变化按比例自动调节。超滤清洗次氯酸钠加药泵的加药量由时间控制,保证化学清洗液浓度。计量泵入口设 Y 型过滤器,加药管设止回阀和手动球阀。

[0069] 盐酸配药输送装置

[0070] 盐酸配药输送装置由 1 台盐酸储罐、1 台盐酸卸料泵、2 台 2m<sup>3</sup> 计量箱、2 台机械隔膜计量泵 (原水调 PH 用)、2 台气动隔膜计量泵 (超滤清洗用) 组成。盐酸计量箱 1 用 1 备。计量箱设低液位报警提醒运行人员及时配药和倒换计量箱,加药量根据 PH 变化 PID 自动调节。超滤清洗盐酸加药泵的加药量由时间控制,保证化学清洗液浓度。计量泵入口设 Y 型过滤器,加药管设止回阀和手动球阀。

[0071] 柠檬酸配药输送装置

[0072] 柠檬酸配药输送装置由 1 台 1m<sup>3</sup> 计量箱、1 台气动隔膜计量泵组成。柠檬酸计量箱设有搅拌器 1 台。计量箱设低液位报警提醒运行人员及时配药,加药量定量投加,由时间控制加药量保证化学清洗液浓度。计量泵入口设 Y 型过滤器,加药管设止回阀和手动球阀。

[0073] 表 2 超滤膜运行参数

[0074]

项目描述	技术参数
厂家及产地	Memcor/ 澳大利亚
膜材质	PVDF
膜型号	S10V
膜公称孔径	0.04 μ m
膜丝外径	1mm
膜丝内径	0.53mm
单体元件面积	27.8m <sup>2</sup>
常用膜通量范围	30 ~ 60L/m <sup>2</sup> · h
市政废水最高膜通量 (20℃)	50L/m <sup>2</sup> · h
本项目设计膜通量	35L/m <sup>2</sup> · h
总有效膜面积	54043m <sup>2</sup>
膜组件总数量	1944
预期膜寿命	7 年
担保的超滤膜使用寿命	5 年

膜池数量	6
单套平均产水量	312m <sup>3</sup> /h
系统最低产水量	1555m <sup>3</sup> /h
系统平均产水量	1872m <sup>3</sup> /h
跨膜压力范围	35 ~ 70kPa
过滤时最高跨膜压力	70kPa
设计 pH 操作范围	2 ~ 10
余氯耐受浓度	650000ppm · hour
进水温度范围	10 ~ 30℃
系统浓水排放量	N/A
过滤持续时间	30min
反冲洗方式	气水联合反洗

[0075] 优选地,本发明还对浸没式外压超滤膜法进行了如下改造:

[0076] (1) 膜池由原来的钢制改为钢筋混凝土制作,内壁聚脲防腐。

[0077] 由于本发明的方法中清洗时 pH 调得相对较低, pH = 2, 所用盐酸浓度偏大; 水中细菌多繁殖快, 所用杀菌剂次氯酸钠浓度高, 因此膜池需要采用防腐蚀材料制成。

[0078] (2) 触发化学清洗的压差值改变为 100KPa, 触发反洗的压差值改变为 70KPa, 原来分别为 120KPa 和 85KPa。

[0079] 由于本发明所处理的水质差, 降低触发化学清洗和反洗的压差值, 增加清洗和反洗次数, 预防清洗失效的发生。

[0080] (3) 不同于现有的与 RO 相匹配的内压式超滤 UF, 本发明所用的是外压式吸真空的浸没式超滤。

[0081] 外压式浸没超滤的纳污空间相对较大, 所以设备的抗污染能力强。采用吸真空的方式, 可以利用大气压增加超滤外部的推动力, 节约能源。

[0082] 浸没式外压超滤膜法的预处理步骤包括: 过滤和紫外消毒步骤。

[0083] 过滤: MSBR 池出水通过高差自流到滤池。为了进一步去除经过生化反应后水中仍然含有的部分细小悬浮颗粒及胶体颗粒, 使污水中的 SS、BOD、COD、TP、重金属、细菌及病毒的浓度进一步降低。为了保证过滤处理能力、节约投资, 选用重力式快滤池过滤, 在二沉池出水后, 串联一个简单的砂滤池, 获得污水的深度处理。过滤采用普通快滤池, 过滤采用普通快滤池, 水从生化反应池自流至过滤池, 共 8 个单元, 每个单元 9m × 5.5m, 滤料支撑层采用鹅卵石, 滤料为石英砂。滤池在反冲洗时, 采用气洗、气水洗和水洗的工艺, 确保滤料过滤

能力。为了确保反洗效果,布水、布气装置采用长柄滤头,材质为 ABS。每个滤池安装滤头 2201 个。每个单元的设计处理能力为 :6350t/d。

[0084] 由于来水中含有焦化厂生化反应后部分为回用的出水排入系统,携带的这部分 COD 很难再用生化反应去降解。优选的,在快滤池中再装填粒径更小的无烟煤,利用无烟煤的强吸附作用,去除水中的部分 cod,效果较为明显,使出水 COD 降低到 60mg/L 以下。经过滤池后出水水质为  $SS \leq 5\text{mg/L}$ ,  $COD \leq 60\text{mg/L}$ ,  $OIL \leq 2\text{mg/L}$ ,  $P \leq 5\text{mg/L}$ ,  $BOD \leq 10\text{mg/L}$ 。具体的,滤池滤料可选下表方案。

[0085] 表 3 滤池滤料粒径、厚度

名称	粒径(mm)	厚度(mm)	备注
卵石	18-25	100	支撑层
	8-16	100	支撑层
	4-8	100	支撑层
石英砂	1-2	350	滤料
	2-5	350	滤料
无烟煤	2-4	200	滤料

[0087] 紫外消毒 :选用紫外消毒是为了降低水中游离细菌,并且不引起二次污染。过滤后出水经回用泵加压至消毒器。由于处理后水作为中水深度处理的水源,因此选择消毒方法时,不能考虑加氯消毒,只能考虑臭氧及紫外线消毒措施,臭氧消毒比较彻底,效果好,但运行费用远高于紫外线消毒,本工程采用封闭式紫外线消毒法对生化处理后水消毒。回用泵房出水直接接入封闭式紫外反应器消毒。处理后的污水的 253.7nm 紫外线透过率  $\geq 60\%$ ; 消毒效果达到 95% —97%,本工序完成之后出水的粪大肠菌群不超过 1000 个 /L ;在使用该消毒器后,消毒器出水的细菌总数大幅下降,达到下工序超滤进水细菌总数要求。紫外消毒的主要设备 :封闭式紫外反应器 6 台。每台反应器 35 根灯管,单台反应器功率  $35 \times 260\text{W}$ 。紫外反应器配置有自清洗装置,定时清洗灯管表面,保证紫外线透过率。

[0088] 由于管道中或清水池中残留或落入的大颗粒物质,进入消毒器时打碎玻璃套管、紫外灯管,影响消毒效果。优选的,制作了不锈钢丝网过滤器,孔径为 1mm,在每个消毒器的进口管端加管道过滤器,拦截大颗粒杂质,减少对玻璃套管、紫外灯管的破坏。措施实施后,效果很好,杜绝了因颗粒物质对灯管的损坏。

[0089] 3、RO 反渗透膜法处理

[0090] RO 反渗透系统主要功能是脱除水中的盐份,反渗透系统设计脱盐率大于 97%,水回收率 75%。

[0091] 优选的,RO 的预处理工艺还配有冲洗、清洗、杀菌、阻垢、防氧化系统。

[0092] 反渗透装置共分 8 套 (7 用 1 备)。

[0093] 反渗透装置中选用美国陶氏化学公司的 BW30-400FR 产品,这种膜产品抗污染能力强,脱盐率大。

[0094] 每套压力容器数量 :40 ;排列 :26 :14 ;每只压力容器元件数 :7 ;每套膜元件总数 :280 ;反渗透膜元件总数 :2240。

[0095] 加药系统

[0096] 反渗透设有的加药系统包括阻垢剂系统,还原剂系统和非氧化性杀菌剂系统。

[0097] 阻垢剂系统

[0098] 在反渗透运行过程中,当回收率为 75%~80%时,相当于浓水含盐量比进水含盐量高 4~5 倍(忽略过反渗透膜的离子浓度)。由于浓水侧的各离子浓度增加,难溶盐类达到其溶度积,极易形成沉淀在反渗透膜表面析出(如形成碳酸钙  $\text{CaCO}_3$  沉淀等),使反渗透膜透水率和脱盐率下降,即运行时无法达到额定出力。严重时,利用化学清洗的办法无法恢复,致使膜元件损坏,设备无法运行。

[0099] 加阻垢剂可以防止  $\text{CaCO}_3$  在反渗透膜表面析出,它通过延缓盐晶体成长来推迟沉淀过程,促使晶体不会在膜内形成一定大小和足够的浓度而沉降下来,即反渗透浓水中难溶盐来不及沉积在膜表面上,以随浓水排到反渗透装置外,从而达到防垢的目的。

[0100] 本系统阻垢剂加药装置由 2 台电动搅拌计量箱和 8 台计量泵组成。计量泵选用美国米顿罗公司生产的电磁隔膜计量泵,泵头为 PVC 材质,耐腐蚀,无泄漏。计量泵按照给水流量定量投加到反渗透进水中。计量箱设液位开关保护加药泵,并提醒运行人员及时配药和倒换溶液箱。阻垢剂计量泵的启停同高压泵联锁,定量投加。

[0101] 还原剂 ( $\text{NaHSO}_3$ )

[0102] 在一级反渗透的进水中加入亚硫酸氢钠的目的是除去 CMF-S 膜滤处理工艺中残留的余氯,防止反渗透膜被氧化而导致其脱盐率的下降。因为水中游离性余氯大部分以溶解分子的形态存在,其中有约 1/3 发生水解反应,生成次氯酸,如式: $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HCl} + \text{HClO}$ ,次氯酸是一种弱酸,当  $\text{PH} > 6.5$  时,一部分电离成次氯酸根,如式: $\text{HClO} = \text{H}^+ + \text{ClO}^-$ 。因此,余氯在水中存在状态主要是次氯酸、次氯酸根、氯分子。水解生成的次氯酸有很强的氧化性,它会破坏反渗透膜的结构。

[0103] 具有还原性的亚硫酸氢钠与强氧化性的次氯酸反应生成稳定的硫酸氢钠。其反应是: $\text{NaHSO}_3 + \text{HClO} = \text{NaHSO}_4 + \text{HCl}$ 。

[0104] 本系统  $\text{NaHSO}_3$  加药装置由 2 台电动搅拌器计量箱和 2 台计量泵组成。计量泵选用美国米顿罗公司生产的电磁隔膜计量泵,泵头为 PVC 材质,耐腐蚀,无泄漏。计量箱设有磁翻版液位计,保护反渗透装置,并提醒运行人员及时配药和倒换溶液箱。计量泵的启停同提升泵联锁,根据反渗透进水量变频投加。

[0105] 非氧化性杀菌剂加药装置

[0106] 非氧化性杀菌剂加药装置由 1 台计量箱和 2 台计量泵组成。计量泵选用美国米顿罗公司生产的机械隔膜计量泵,泵头为 PVC 材质,耐腐蚀,无泄漏。计量箱设磁翻版液位计,保护加药泵,并提醒运行人员及时配药。

[0107] 冲洗 / 化学清洗系统

[0108] 反渗透自动冲洗系统

[0109] 冲洗系统设有冲洗水泵 2 台(1 用 1 备),冲洗水采用一级反渗透产品水。

[0110] 化学清洗系统

[0111] 化学清洗系统由 2 座清洗水箱(带加热装置)、2 台清洗泵(2 用 1 备)和 2 台保安过滤器组成。当反渗透膜发生污堵后,手动对其清洗。

[0112] 所有电机将配置国产指针式电流表(安装在马达控制中心 MCC 上)。

[0113] 表 4 反渗透运行参数

	项目描述	技术参数		
	反渗透膜生产厂家及产地	DOW		
	膜材质	芳香族聚酰胺		
	膜型号	BW30-365FR		
	单支膜元件面积	34 m <sup>2</sup>		
	常用膜通量范围	12 ~ 21 L/m <sup>2</sup> ·h		
	本项目设计膜通量	19.24 L/m <sup>2</sup> ·h		
	总有效膜面积	20944m <sup>2</sup>		
	膜组件总数量	616		
	膜架数量	2 列		
[0114]	每列膜架膜组件数	308 支		
	单列膜架平均产水量	200 m <sup>3</sup> /h		
	设计 pH 操作范围	2 ~ 11		
	余氯耐受浓度	< 0.1 mg/L		
	进水温度范围	10 ~ 45°C		
	各种加药清洗方法	碱+EDTA	盐酸	柠檬酸
	每种加药清洗最低时间间隔	60 天	60 天	60 天
	每种加药清洗持续时间	240 min	240 min	240 min
	每种加药清洗废水量	20 m <sup>3</sup> /次	20 m <sup>3</sup> /次	20 m <sup>3</sup> /次
	每种加药清洗废水量	240 m <sup>3</sup> /年	240 m <sup>3</sup> /年	240 m <sup>3</sup> /年
	加药清洗液最佳使用温度范围	20 ~ 30°C		
	加药清洗液加热温度	20 ~ 30°C		

#### [0115] 化学清洗

[0116] 在运行中, RO 膜可能被无机物垢、胶体、微生物、金属氧化物等污染或阻塞。这些物质沉积在膜表面上,将会引起 RO 膜透过量下降和脱盐率降低。因此,为了恢复 RO 膜的透过量和脱盐性能,需要对 RO 定期地进行化学清洗。本系统配有一套化学清洗装置,其化学清洗泵的流量为 238m<sup>3</sup>/h,扬程为 32m,化学药箱的容积为 20m<sup>3</sup>,保安过滤器的流量为 270m<sup>3</sup>/h。

[0117] RO 清洗系统由具有防腐性的溶药池、清洗过滤器 (5 μ m 保安过滤器)、清洗泵及管道组成。化学清洗采用人工配液、人工控制清洗过程的方式。

#### [0118] 清洗配方:

[0119] 碱洗适用于有机物及微生物污染,配药:EDTA1%,三聚磷酸钠 2%,十二烷 0.125%,;清洗过程中通过保证加碱保证 pH 在 11-12。

[0120] 盐酸或柠檬酸,适用于铁污染、碳酸盐结晶污堵及部分胶体,配药:盐酸或柠檬酸,清洗过程中通过加酸保证 PH 在 1.5-2.5。

[0121] 一般采用先碱洗后酸洗,根据污染原因也可先酸洗后碱洗。为防止一段污染物进入二段造成二段污染,在第一遍清洗要分段运行,先清洗二段再清洗一段。清洗前必须用反渗透出水冲洗反渗透系统 10-30 分钟。清洗二段时调整流量到 100-160m<sup>3</sup>/h,注意整个清洗过程中一定要保证 pH 在规定范围内,温度 ≤ 38°C,压差 ≤ 0.25Mpa。每根压力容器的清洗流量能达到 9m<sup>3</sup>/h,说明二段清洗效果好,可以倒入一段。

[0122] 清洗一段调整流量 200-240m<sup>3</sup>/h 注意整个清洗过程中一定要保证 pH 在规定范围内,温度 ≤ 38°C, ΔP ≤ 0.25Mpa。每根压力容器的清洗流量能达到 9m<sup>3</sup>/h,说明一段清洗效果好,可以结束。每次清洗完毕后都要用反渗透出水冲洗反渗透,到 pH 接近进水 pH 值时为

止。如果需要可以采用非氧化剂进行循环杀菌。整个清洗过程中每小时测定一次清洗液 pH 值,观察清洗的颜色,及时调整好 pH,颜色变深时应更换清洗液,每小时记录一次温度,进出口压力和压差、流量, pH 值等。

[0123] 优选的,本发明还对反渗透系统进行了如下改进:

[0124] 1. 本技术中 RO 膜机组为一级两段式,一、二段采用 24 : 16 排列,膜机组元件规范和惯例 2 : 1。

[0125] 原本膜机组分为两段,第一段的出水作为第二段的进水,由于本发明处理的水质特殊,第一段膜压差会增长相对较快,清洗周期缩短清洗时间延长,膜的处理能力即生产时间相应会缩短,影响公司生产用水量,为了解决以上问题,减少一段膜元件数量,就可以提高清洗效率,提高膜的生产率。而经过实践证明,设置为 24 : 16 是最优选的排列。

[0126] 2. 增加了大水量冲洗工艺,且冲洗时间增加到半小时。

[0127] 由于本发明所处理的污水中有大量粒径与反渗透设备膜孔径接近的污染物,最容易堵塞反渗透膜,因此在开、停机时和使用一段时间后(目前每 24 小时冲洗半小时),都要增加大水量冲洗的工序,这样才能保证机器的安全持续运行。

[0128] 3. 反渗透进水前 pH 值调节至 7.2-7.5,一般为 6.8-6.9。

[0129] 一般情况下反渗透进水前 pH 值调至 6.8-6.9,防止钙结垢于反渗透膜元件上,由于本污水中菌类有机物污染的机率更大,所以将 pH 值调节至 7.2-7.5,可以抑制菌类更快繁殖,预防膜元件有机物污染。

[0130] 4. 反渗透前安装了美国 PARKER 卧式大流量折叠式的保安过滤器。

[0131] 5. 定期加非氧化杀菌剂循环杀菌。

[0132] 夏天每周一次,冬天两周一次,每次半小时。

[0133] 6. 每只压力容器元件数为 7 支,一般为 6 支。

[0134] 膜装在压力容器中,长度变长了,7 支装用压力容器少,方便清洗,药量节省。

[0135] RO 的预处理工艺:

[0136] 包括反渗透提升泵,保安过滤器,反渗透高压泵。

[0137] 反渗透提升泵:反渗透提升泵采用耐腐蚀离心泵,泵的过流部件的材质为不锈钢材料,共 5 台水泵(4 用 1 备),反渗透提升泵提供的压力主要用于克服保安过滤器的阻力,为高压泵提供稳定的进水流量。

[0138] 在一级提升泵前进水管道上设有 PH 仪、电导率仪。用以检测反渗透系统进水水质状况。

[0139] 保安过滤器:根据大流量的过滤要求,可采用美国 Parker 公司生产的直径为 6"、长度为 40" 的大流量折叠式滤芯和材质为不锈钢的卧式过滤器。当过滤器进出口压差大于设定的值(通常为 0.15 ~ 0.2MPa)时应及时当更换滤芯。

[0140] 反渗透高压泵:保安过滤器的出水经高压泵升压后进入反渗透装置。高压泵进出口分别设有高、低压力开关,进口压力低报警停泵,出口压力高延时报警停泵,以保护高压泵。

[0141] 高压泵选用名牌卧式离心泵,泵体材质为耐腐蚀的不锈钢材料。

[0142] 4、MSBR-UF/RO 集成系统的整体说明

[0143] MSBR-UF/RO 集成技术可处理 50000 吨 / 天的高含盐量污水的主要设备、设施包

括：

- [0144] 两座 MSBR 反应池,及预处理工序粗、细格栅,沉砂池,隔油沉淀池。
- [0145] 六套超滤系统采用澳大利亚 Memcor 公司的 CS 浸没式超滤。采用负压抽吸的方式过滤。产品水浊度 $\leq 0.2$ NTU, SDI  $\leq 3$ ,满足反渗透进水水质要求,保护反渗透。
- [0146] 超滤清洗单元:由超滤清洗水箱、超滤清洗加热器、超滤清洗水泵组成。
- [0147] 超滤反洗单元:由反洗风机、反洗水泵及相关仪表组成。
- [0148] 八组反渗透机组,共八组,采用一级二段式。
- [0149] 反渗透自动冲洗系统:设有冲洗水泵 2 台(1 用 1 备),冲洗水采用反渗透产品水。
- [0150] 阻垢剂系统:阻垢剂加药装置由 2 台电动搅拌计量箱和 8 台计量泵组成。计量泵按照给水流量定量投加到反渗透进水中。
- [0151] 阻垢剂投加按照 3PPm 的原液投加,原液配比浓度按照所用计量泵的能力稀释。
- [0152] 还原剂( $\text{NaHSO}_3$ )系统: $\text{NaHSO}_3$ 加药装置由 2 台电动搅拌器计量箱和 2 台计量泵组成。计量泵的启停同提升泵联锁,根据反渗透进水量变频投加。
- [0153] 还原剂投加,理论要求每个氯根按 1PPm 的还原剂原液投加,实际运行当中为了保险起见,每个氯根按 3PPm 的还原剂原液投加,原液配比浓度按照所用计量泵的能力稀释。
- [0154] 非氧化性杀菌剂加药装置:由 1 台计量箱和 2 台计量泵组成。
- [0155] 非氧化性杀菌剂投加按照 50PPm 的原液投加,原液配比浓度按照所用计量泵的能力稀释。
- [0156] 化学清洗系统:由 2 座清洗水箱(带加热装置)、3 台清洗泵(2 用 1 备)和 2 台保安过滤器组成。当反渗透膜发生污堵后,手动对其清洗。
- [0157] 利用本发明的方法处理的污水可达指标,如下表 5 所示,完全符合国家标准,并且成为深度除盐水,可用于不锈钢生产过程中。
- [0158] 表 5MSBR-UF/RO 集成技术处理系统实际进出水水质指标与标准指标的比较
- [0159]

项目	进水	实际出水	出水标准
pH	6.5	6-9	6-9
电导率( $\mu\text{s/cm}$ )	2200	60-80	$\leq 100$
浊度(NTU)	190	0.2-0.6	$\leq 1$
悬浮物(mg/l)	200	0	$\leq 1$
总硬度(mg/l)	529	3-12	$\leq 24$
碱度(mg/l)	184.8	4-6	$\leq 6$
硫酸根(mg/l)	350	5-8	$\leq 10.5$

氯化物 (mg/l)	300	5-7	≤ 9
油 (mg/l) (重量法)	10	0	≤ 0.05
BOD(mg/l)	90	0	≤ 0.1
COD(mg/l)	380	2-8	≤ 10
硝酸盐氮 (以氮计) (mg/l)	40	0-2	≤ 3
氨氮 (mg/l)	36	0-2	≤ 3
总磷 (mg/l)	4.42	0	≤ 1
细菌总数 (个/ml)	50000	20-90	≤ 102

[0160] 本发明技术占地小,污泥量少,集约化程度高,自动化水平高,吨水投资小,施工周期短,反渗透的污堵速度慢。

[0161] 以下实施例所用仪器和设备的来源如下表所示:

[0162] 表 6 :MSBR 及预处理主要设备

[0163]

名称	型号	厂家	运行台数
粗格栅	XGC-1100	江苏一环	2
提升泵	FA 25.93D,75KW	德国威乐	2 开 1 备
圆筒式楔型格栅除污机	HUBER-R021400/5	汉斯琥珀	2
除砂搅拌机	XCS-305	江苏一环	2
吸泥机	SB-16.30	江苏一环	2
混合液回流泵	PP4670	ITT-FLYGT	6
污泥回流泵	PP4640	ITT-FLYGT	
浮筒撇渣搅拌机	DDM	AQUE	14
固定式曝气器		AQUE	8

可提升曝气器		AQUE	12
空气堰		AQUE	8
多级离心风机	C43R3624T1	美国 SPECER	3
反洗泵	300S-12	长沙水泵厂	2
回用水泵	350S-16	长沙水泵厂	3
冲洗泵	KQL65/2.35-11/2	凯泉泵业	1
消毒器	NLC-10K/60	福建新大陆	6
卧式离心脱水机	G2-50 处理能力 30m <sup>3</sup> /h	瑞典阿法拉法公司	2

[0164] 表 7 :UF\RO 配套主要设备

[0165]

名称	型号	材质	生产厂家
超滤透过液泵	PWT250-200-400S	SS316L	Pentair
盐酸卸料泵	40FSB-20L	氟塑料合金	安徽卧龙
次氯酸钠卸料泵	40FSB-20L	氟塑料合金	安徽卧龙
超滤热水泵	PWT125-80-200	SS304	Pentair
超滤反洗泵	PWT200-150-315	SS304	Pentair
取样泵	CQ40-25-160		上海
反渗透提升泵	PWT200-150-315S	SS304	Pentair
高压泵	PWT125-100-315DS	SS316	Pentair
反渗透冲洗水泵	PWT125-100-315	SS304	Pentair
反渗透化学清洗水泵	PWT125-100-200	SS316	Pentair

[0166] 表 8 :计量设备

[0167]

名称	型号	型式	生产厂家
盐酸原水计量泵	GM0025	机械隔膜泵	米顿罗

盐酸清洗计量泵	E5P	气动隔膜	威马
柠檬酸清洗	E5P	气动隔膜	威马
原水次钠计量泵	GM0090	机械隔膜泵	米顿罗

[0168]

次钠清洗计量泵	E5P	气动隔膜	威马
阻垢剂加药计量泵	P156	电磁隔膜	米顿罗
杀菌剂计量泵	GM0025	机械隔膜泵	米顿罗
还原剂计量泵	P156	电磁隔膜	米顿罗

[0169] 表 9 :反洗设备

[0170]

名称	型号	生产厂家
超滤擦洗鼓风机	HD-150	章丘鼓风机厂
反渗透清洗加热器	380V/30KW	江苏一环

[0171] 表 10 :水处理设施

名称	材质	水量 (个)	尺寸 mm	有效容积/台 m <sup>3</sup>
超滤产品水箱	砼	2		1000
超滤外排水池	砼	1	3000*1500*3800	400
反渗透冲洗水池	砼	1	4100*3000*5800	70
超滤热水池	砼	2	3000*2000*3800	20
盐酸储罐	碳钢衬胶	1	φ2020mm	5
次氯酸钠储罐	玻璃钢	1		10

[0173] 表 11 :膜元件、滤芯

设备	规格	滤芯 材质	生产厂家
RO 保安过滤器	φ6"*40"	PP	美国 Parker
膜元件	BW30-400FR	聚偏氟乙烯材质 (PVDF)	陶氏
CMF-S 滤膜材质	S10V	聚偏氟乙烯 (PVDF)	Memcor/澳大利亚

[0175] 以下实施例所用原料的来源如下表 12 所示 :

[0176] 表 12 :主要化学药剂

[0177]

化学名称	化学成分	型号	厂家或来源
UF 预处理调 pH 值所用酸	HCL		精科霞峰
UF 预处理调 pH 值所用碱	NaOH		精科霞峰
UF 次氯酸钠	NaClO		精科霞峰
UF 盐酸	HCl		精科霞峰
UF 柠檬酸	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub> ·H <sub>2</sub> O		精科霞峰
RO 阻垢剂 (补充化学成分)	有机磷酸	Higard MG 1300	Higard
RO 亚硫酸氢钠 (补充厂家)	NaHSO <sub>3</sub>		精科霞峰
RO 非氧化性杀菌剂 (补充厂家)	溴类衍生物	SW655 膜专用杀菌剂	精科霞峰
RO 化学清洗 EDTA	乙二胺四乙酸二钠		精科霞峰
RO 化学清洗三聚磷酸钠	三聚磷酸钠		精科霞峰
RO 化学清洗十二烷	十二烷基苯磺酸钠		精科霞峰
RO 化学清洗碱	NaOH		精科霞峰
RO 化学清洗盐酸	HCl		精科霞峰
RO 化学清洗柠檬酸	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub> ·H <sub>2</sub> O		精科霞峰

[0178] 实施例 (污水处理试验和性能评价实验) :

[0179] 本发明的方法所处理的污水为高含盐量的混合污水,该污水的性质一般为电导大于 2000  $\mu$  s/cm,水中硬度大于 500mg/l,且为生活污水和钢铁厂的工业废水混合的污水。实施例中处理的污水为成分含量或参数如下表 13 的污水。

[0180] 表 13 污水处理各阶段指标

[0181]

项 目	来水	隔油沉淀池	MSBR 池	过滤池	紫外消毒	超滤 UF	反渗透 RO
pH	6.5	6.5	7	7	7	7.5	6.2
电导率 ( $\mu$ s/cm)	2200	2200	2100	2100	2100	1600	60
浊度 (NTU)	190	170	19	9	1.7	0.3	0.1
悬浮物 (mg/l)	200	190	15	3	3	0	0
总硬度 (mg/l)	529	525	515	515	515	450	8.1
碱度 (mg/l)	184.8	184.8	170.3	170.3	170.3	145	3
硫酸根 (mg/l)	350	350	340	340	340	310	5
氯化物 (mg/l)	300	290	220	192.3	192.3	65	6.6
油 (mg/l) (重量法)	10	5	3	2.6	2.6	0.6	0
BOD (mg/l)	90	90	10	10	10	8	0
COD (mg/l)	380	380	40	35.8	35.8	30	3
硝酸盐氮 (以氮计) (mg/l)	40	40	18	18	18	15	1
氨氮 (mg/l)	36	36	3.2	3.2	3.2	3.2	1
总磷 (mg/l)	4.42	4.42	1.83	1.78	1.78	1.62	0
细菌总数 (个/ml)	50000	50000	35000	32000	5000	310	25

[0182] 具体处理污水的步骤如下 :

[0183] 粗格栅,提升泵站,细格栅:成分如上表的污水经过粗格栅,除去大的漂浮物后,经提升泵提升至细格栅,进一步去除水中小的漂浮物,粗格栅和细格栅的栅距分别为 25mm 和 5mm,栅渣通过螺旋压榨压干,经输送机送到垃圾池外运。细格栅的自清洗依据格栅前后液位差进行自动清洗,每 30 分钟清洗一次,每次清洗 10-15 分钟。

[0184] 涡流沉沙池:污水由进水渠从切线方向进入圆形沉砂池,通过水流产生的涡流,使

砂粒在离心力的作用下从水中分离,以达到除砂的目的。涡流沉砂池设两座,每座直径  $\Phi = 3.05\text{m}$ ,池深  $1.60\text{m}$ ,池子总高度  $4\text{m}$ ,砂斗的直径  $\Phi = 1.00\text{m}$ ,斗深  $2.40\text{m}$ 。水力停留时间  $t = 25\text{s}$ 。在每个砂斗内装一台吸砂潜污泵,将砂斗内的泥砂吸入砂水分离器进行砂水分离,挤压干的泥砂经厂内手推车运行走,压出的污水自流回到提升吸水井重新处理。每座沉砂池设一条进、出水渠:进水渠宽  $0.65\text{m}$ ,出水渠宽  $1.3\text{m}$ ,总出水渠宽  $2.0\text{m}$ 。进水渠上安装的平面钢闸门型号为:CBZ650 $\times$ 800,2台;CBZ1300 $\times$ 800,4台均配手摇启闭机。

[0185] 旋流除砂机为连续运行设备,启停在现场和 PLC 均可。吸砂机的运行根据来水含砂量设定运行周期和时间,自动开停。砂水分离器的运行与吸砂机设为连锁开停,只要吸砂机运行,砂水分离器就开始工作。

[0186] 由于沉沙池对隔油沉淀池的运行效果起关键性作用,如果沉砂池沉砂效果不佳,大量的沙砾会沉积到沉淀池底,堵塞吸泥泵,淤泥不能及时排走影响出水水质。实际运行当中为了防止沉沙池堵塞时水质立即受到污染,给吸砂泵出砂管道并连一路备用管道至隔油沉淀池的排泥渠。当砂水分离器故障检修时,可以继续抽砂到至隔油沉淀池的排泥渠。

[0187] 隔油沉淀池:采用隔油沉淀功能一体化的高效处理单元,实现除油和降低悬浮物和金属离子含量的目的,保证后续生化处理的效果。涡流沉砂池出水自流到隔油沉淀池,沉淀池为地上平流式,主要功能是沉淀大部分悬浮物和去除水中部分油类。共 2 组,每组包括两池,每池平面尺寸  $38.0 \times 8.0\text{m}$ ,有效水深  $3.8\text{m}$ ,水力停留时间  $1.5\text{hr}$ 。隔油池排泥采用 PB 型桁架式吸泥机,每台吸泥机装有两台吸泥泵排走沉淀池下的泥。水表面的浮油渣通过池子出水端安装的  $\Phi 300\text{mm}$  JYG 集油管撇去。能去除 53% 的油类。

[0188] 每组隔油沉淀池配有一台 PB 型桁架式吸泥机,跨度  $16\text{m}$ 。用于刮除池底的污泥与浮在水面上的油渣。吸泥机刮油(渣)速度  $1\text{米/分}$ ,吸泥、刮油同时进行。浮到水表面上的油类,由刮油板刮至集油管内,自流进入排泥沟。沉淀池底的污泥由刮泥集泥机构和吸泥机共同配合,吸至排泥沟。每台吸泥机安装 2 台吸泥泵,一用一备。每台吸泥泵有 4 个吸泥口,采用长方扁嘴吸口结构,不留吸泥死区。排泥沟的泥通过渠内污泥泵打到三期泥处理浓缩池内,进行处理。污泥泵的启停由为设定高液位启动设定低液位停止。沉淀池底出水上清液经锯齿堰流出,通过出水管汇集后流入 MSBR 池。

[0189] 刮泥机的运行根据来水含泥、油量来设定周期和运行次数,自动运行,初步设为每 2 小时运行一来回,保证池面基本保持清洁、无过多浮渣浮油,保证本单元出水含油小于  $2\text{mg/l}$ ,池底污泥层不超过  $80\text{mm}$ 。

[0190] 吸泥机吸泥泵运行和大车行走互为联锁,只要吸泥机开启,吸泥泵就开始吸泥,吸泥机停止运行,吸泥泵停止不吸泥。吸泵双程运行,刮油则为单程。

[0191] 由于本发明中所处理污水多来自炼钢系统,连铸系统,焦化厂水处理系统排水,含油量高,达  $23\text{mg/l}$ ,为了避免大量油类进入 MSBR 系统,影响污泥的活性,降低生化反应效果,在沉淀池的进水端增设了曝气装置,促进油污更好、更快地与水分离而上浮。气源为公司空气管网供空气,曝气装置用管式微孔曝气器,这种曝气器曝气均匀,冲击小,易于油和水的分离。去油效果由 53% 提高至 70% 以上,使油的指标稳定在  $6\text{mg/L}$  以下,利于后续工序的反应效果。

[0192] MSBR 序批反应池:设计参数:

[0193] 污泥负荷:  $F/M = 0.17 \sim 0.23\text{kg}(\text{BOD}_5)/\text{kg}(\text{MLSS}) \cdot \text{d}$

[0194] 混合液浓度 : $X = 2400 \sim 3200\text{mg/L}$

[0195] 运行周期 : $T = 2.0\text{h}$

[0196] MSBR 共 2 座,总水力停留时间 HRT 总 = 15h,总污泥龄 SRT = 8 天,每组池体总有效容积  $V_{\text{总}} = 15670\text{m}^3$ ,共 7 个单元,各单元尺寸分别为 :

[0197] 1 单元 :尺寸  $33750 \times 15000 \times 6800\text{mm}$  ;

[0198] 2 单元 :尺寸  $12000 \times 6500 \times 8800\text{mm}$  ;

[0199] 3 单元 :尺寸  $12000 \times 7000 \times 8800\text{mm}$  ;

[0200] 4 单元 :尺寸  $12000 \times 10000 \times 8800\text{mm}$  ;

[0201] 5 单元 :尺寸  $12000 \times 9500 \times 8800\text{mm}$  ;

[0202] 6 单元 :尺寸  $42900 \times 25000 \times 6800\text{mm}$  ;

[0203] 7 单元 :尺寸  $33750 \times 15000 \times 6800\text{mm}$  ;

[0204] 进厂污水经预处理工序后直接进入 MSBR 反应池的 4 单元缺氧池,来水中富含的  $\text{NO}_3\text{-N}$  供给 4 单元缺氧池氧源和氮源,进行的反硝化反应,生成氮气溢出,降低来水中  $\text{NO}_3\text{-N}$  的含量,起到脱氮的作用。根据实际反应效率,随时调整 3 单元的回流比,改变 4 单元进水的水力停留时间,尽量降低水中  $\text{NO}_3\text{-N}$  浓度,避免影响在 5 单元厌氧池的释磷反应,为了厌氧过程对高分子难降解有机物进行厌氧水解作用,提高污水的可生化性和好氧反应速率,5 单元厌氧池的作用尽可能保证。但是来水当中  $\text{NO}_3\text{-N}$  浓度过高,经过 4 单元反硝化后仍然在  $4\text{mg/l}$  以上,5 单元厌氧池的反应也会受到制约,所以打开 6 单元到 5 单元的回流,5 单元仍然进行缺氧反应,强化脱氮。除磷作用在序批池中通过排泥实现。5 单元出水进入主曝气池经有机物降解、硝化、磷吸收反应后再进入序批池 I(1 单元) 或序批池 II(7 单元)。如果序批池 I 作为沉淀池出水,则序批池 II 首先进行缺氧反应 20 分钟,再进行好氧反应 10 分钟,交替三次。缺氧好氧反应时的污泥混合液进入污泥浓缩池通过回流泵回流到泥水分离池,分离池上清液进入好氧池,沉淀污泥进入污泥浓缩池 3,经内源缺氧反硝化脱氮后提升进入厌氧池 4 与进厂污水混合释磷,依次循环。缺氧运行时,利用硝酸盐作为氧源,进行微生物的自身消化反应,稳定了污泥,减少污泥产量,降低了曝气需求量。好氧反应有机物的降解,氨氮的硝化更完全。再进行预沉 30 分钟,利用序批池配置的曝气装置,可根据出水水质的指标分析灵活调整缺氧、好氧时间,实际当中出水有机物含量和氨氮的去除效果很好,反硝化反应需加强,所以适当延长缺氧时间。预沉之后,出水进入下道工序,此时序批池 I 交替进行缺氧反应 20 分钟、好氧反应 10 分钟三次,然后预沉 30 分钟,出水则进入下道工序,剩余污泥排放处理。对于剩余污泥排放的速度可根据污泥情况调整,例如当污泥表面出现漂浮物时,则增大排出污泥的量。

[0205] 过滤池 :快速 D 型滤池为钢筋混凝土结构,作用是进一步降低水中的悬浮物与油类,使出水达到  $\text{SS} \leq 10\text{mg/l}$ 、 $\text{oil} \leq 1\text{mg/l}$ 。滤池分为 2 组,每组 4 个滤池,共 8 个滤池。单池尺寸  $9.5\text{m} \times 4.9\text{m}$ ,高  $3.4\text{m}$ 。滤池的承托层卵石自上而下高度分别为  $4\text{-}16\text{mm}$  高 300 毫米。滤层高度  $1\text{-}3\text{mm}$  粒径的石英砂  $700\text{mm}$ , $2\text{-}4\text{mm}$  粒径的无烟煤  $300\text{mm}$ 。滤速 : $23.5\text{m/h}$ ,最高滤速可达  $40\text{m/s}$ 。

[0206] 滤池在反冲洗时,采用气洗、气水洗和水洗的工艺。

[0207] 设定参数 :反冲洗水冲强度 : $6\text{L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$  ;反冲洗气冲强度 : $30\text{L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ 。滤池的反洗可以手动强制反洗,也可自动执行。自动反洗通过时间控制定时反洗。反洗程序 :气洗 20

分钟,气水洗 30 分钟,水洗 20 分钟。

[0208] 回用泵站:经过滤后的水自流入清水池,平面尺寸 18.3×7.5m,有效水深 4.5 米,半地下式。作为回用水泵和反洗泵及冲洗泵的吸水池。回用泵 3 台,型号为单级双吸离心泵,2 台根据液位变频控制,一台高液位自启工频控制。清水池内装有超声波液位计供回用泵的变频器采集数据,恒液位控制,液位设置为 3.9-4.2 米,如果来水水量波动太大液位超过 4.2m 时 3# 泵自动启动,水位降至 4.0 时自动停止。

[0209] 紫外消毒:采用紫外线对生化处理排水进行消毒。回用泵房出水直接接入封闭式紫外反应器消毒。

[0210] 污水温度变化范围 5 ~ 45℃ ;

[0211] 253.7nm 紫外线透过率  $\geq 60\%$  ;

[0212] 消毒指标 粪大肠菌群不超过 2,000 个 /L ;

[0213] 消毒间平面轴线尺寸 18600×6000。主要设备:封闭式紫外反应器 6 台。每台反应器 35 根灯管,单台反应器功率 35×260W。

[0214] 离心脱水机:MSBR 反应池的剩余污泥通过潜污泵排至脱水间的污泥池,利用卧螺式离心脱水机处理剩余污泥。

[0215] 安装瑞典阿法拉法公司生产的卧式离心脱水机:2 台,单台处理能力 30m<sup>3</sup>/h。

[0216] 污泥处理后含水率为 50%,每天产泥约 10 吨,污泥外运填埋。

[0217] 超滤 UF:过滤系统含膜组件、移动膜支架(膜挂架)、集水管、布气管等。来水经过配水渠进入膜池底部,通过过滤纤维膜进行过滤后,干净水由虹吸负压驱动穿过膜壁进入膜纤维腔中。过滤出水通过每个集水横管汇集由滤液泵送出汇合流向过滤水池。膜过滤装置的滤液泵产生抽吸提供一个最高可达到 70kpa 的跨膜压力(TMP),流量控制是通过滤液流量计和滤液泵变速驱动实现。超滤过滤一定时间后跨膜压差会逐步增加直到 70kpa 时,要进行超滤的反洗,达到 100kpa 时进行化学清洗。但是在实际运行时,考虑到水质的特殊性,防止膜丝被污染,采用时间控制反洗和清洗是为了保证膜有足够的流量即通量。每 30 分钟超滤要反洗 1 分钟,每 96 小时维护清洗一次。不管是根据时间还是透膜压差决定反洗和清洗,只要设定好后,都由 PLC 来决定反洗和维护性清洗程序,全过程都是全自动完成,无需人为干预。

[0218] 提升增加泵:反渗透提升泵采用耐腐蚀离心泵,泵的过流部件的材质为不锈钢材料,共 5 台水泵(4 用 1 备),反渗透提升泵提供的压力主要用于克服保安过滤器的阻力,为高压泵提供稳定的进水流量。

[0219] 在一级提升泵前进水管道上设有 pH 仪、电导率仪。用以检测反渗透系统进水水质状况。

[0220] 保安过滤器:根据大流量的过滤要求,本项目采用 8 套美国 Parker 公司生产的直径为 6"、长度为 40"的大流量折叠式滤芯和材质为不锈钢的卧式过滤器。

[0221] 当过滤器进出口压差大于设定的值(通常为 0.2MPa)时应及时更换滤芯。

[0222] 高压泵:保安过滤器的出水经高压泵升压后进入反渗透装置。高压泵进出口分别设有高、低压力开关,进口压力低报警停泵,出口压力高延时报警停泵,以保护高压泵。

[0223] 高压泵选用名牌卧式离心泵,泵体材质为耐腐蚀的不锈钢材料。每台高压泵配一台变频器,可以根据生产所需产量通过变频参数设置来调整高压泵的出水量。

[0224] 反渗透 RO:RO 反渗透系统主要功能是脱除水中的盐份,反渗透系统设计脱盐率大于 97%,水回收率 75%。

[0225] 优选的,RO 的预处理工艺还配有冲洗、清洗、杀菌、阻垢、防氧化系统。

[0226] 反渗透装置共分 8 套 (7 用 1 备)。

[0227] 反渗透装置中选用美国陶氏化学公司的 BW30-400FR 产品,这种膜产品抗污染能力强。

[0228] 每套压力容器数量:40;排列:26:14;每只压力容器元件数:7;每套膜元件总数:280;反渗透膜元件总数:2240。

[0229] 在反渗透运行过程中,为了防止  $\text{CaCO}_3$  在反渗透膜表面析出,它通过延缓盐晶体成长来推迟沉淀过程,促使晶体不会在膜内形成一定大小和足够的浓度而沉降下来,即反渗透浓水中难溶盐来不及沉积在膜表面上,以随浓水排到反渗透装置外,从而达到防垢的目的,要在 RO 进水前加阻垢剂,加药装置由 2 台电动搅拌计量箱和 8 台计量泵组成。计量泵选用美国米顿罗公司生产的电磁隔膜计量泵,泵头为 PVC 材质,耐腐蚀,无泄漏。计量泵按照给水流量定量投加到反渗透进水中。计量箱设液位开关保护加药泵,并提醒运行人员及时配药和倒换溶液箱。阻垢剂计量泵的启停同高压泵联锁,定量投加。

[0230] 在一级反渗透的进水中加入亚硫酸氢钠的目的是除去 CMF-S 膜滤处理工艺中残留的余氯,防止反渗透膜被氧化而导致其脱盐率的下降。本系统  $\text{NaHSO}_3$  加药装置由 2 台电动搅拌器计量箱和 2 台计量泵组成。计量泵选用美国米顿罗公司生产的电磁隔膜计量泵,泵头为 PVC 材质,耐腐蚀,无泄漏。计量箱设有磁翻版液位计,保护反渗透装置,并提醒运行人员及时配药和倒换溶液箱。计量泵的启停同提升泵联锁,根据反渗透进水量变频投加。

[0231] 非氧化性杀菌剂加药装置

[0232] 非氧化性杀菌剂加药装置由 1 台计量箱和 2 台计量泵组成。计量泵选用美国米顿罗公司生产的机械隔膜计量泵,泵头为 PVC 材质,耐腐蚀,无泄漏。计量箱设磁翻版液位计,保护加药泵,并提醒运行人员及时配药。

[0233] 由于本发明所处理的污水中有大量粒径与反渗透设备膜孔径接近的污染物,最容易堵塞反渗透膜,因此在开、停机时和使用一段时间后(目前每 24 小时冲洗半小时),都要增加大水量冲洗的工序,这样才能保证机器的安全持续运行。冲洗系统设有冲洗水泵 2 台(1 用 1 备),冲洗水采用一级反渗透产品水。

[0234] RO 运行过程中当一段压差增加到 0.30MPa,二段压差增加到 0.30MPa,或流量衰减 20%时,要进行化学清洗,清洗配方以上已描述。

[0235] 化学清洗系统由 2 座清洗水箱(带加热装置)、2 台清洗泵(2 用 1 备)和 2 台保安过滤器组成。当反渗透膜发生污堵后,手动对其清洗。

[0236] 所处理的污水为生活污水混杂有太钢工业生产废水(电导为  $3000 \mu\text{s}/\text{cm}$ ,水中硬度  $1500\text{mg}/\text{l}$ )。

[0237] 规模确定:经过各个生产单位水量平衡,需要除盐水 1200 吨/小时,因此太钢确定除盐水处理站规模 1400 吨/小时,根据超滤、反渗透的回收计算,需要水源 5 万吨/天。

[0238] 对照例

[0239] 利用现有的 MSBR 或 UF/RO 联用的方法处理本发明实施例中的含盐量高的混合污水,所得到的结果是:MSBR 处理得到的污水指标大都达不到标准,而 UF/RO 联用设备堵塞,

无法进行。

[0240] 利用现有的 MSBR 方法：

[0241] MSBR 设备如图 1 所示,包括厌氧池,缺氧池,好氧池,序批池,污泥浓缩池,其中厌氧池用来完成生物无机磷释放,缺氧池进行反硝化反应,好氧池用来完成有机物的降解和生物氨氮的硝化反应,污泥浓缩池是将序批池的回流污泥进行浓缩,两序批池交替进行沉淀出水 and 缺氧、好氧反应,富含磷的剩余污泥被排出。进厂污水经预处理工序后直接进入 MSBR 反应池的厌氧池 4,富含磷污泥在厌氧池进行释磷反应后进入缺氧池 5,缺氧池 5 主要用于强化整个系统的反硝化效果,由主曝气池至缺氧池 5 的回流系统提供硝态氮和少量氧。缺氧池 5 出水进入主曝气池经有机物降解、硝化、磷吸收反应后再进入两序批池。第一序批池作为沉淀池出水,则第二序批池首先进行缺氧反应 20 分钟,再进行好氧反应 10 分钟,循环三次,在缺氧好氧反应期间,第一序批池的污泥混合液通过回流泵回流到泥水分离池,分离池上清液进入好氧池,沉淀污泥进入污泥浓缩池 3,经内源缺氧反硝化脱氮后提升进入厌氧池 4 与进厂污水混合释磷,依次循环。接着第二序批池预沉 30 分钟,进行出水过程,而这时,第一序批池开始循环进行缺氧好氧反应,预沉,并出水,剩余污泥可排出。

[0242] 效果评价

[0243] 本发明的实施例与对照例水质数据的比较如下表所述。

[0244] 表 15 实施例与对照例的水质数据比较

[0245]

项 目	进水	实施例实际出水	对照例(传统 MSBR)实际出水	出水标准
pH	6.5	6.2	7	6-9
电导率( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	2200	60	2100	$\leq 100$
浊度(NTU)	190	0.1	19	$\leq 1$
悬浮物( $\text{mg}/\text{l}$ )	200	0	15	$\leq 1$
总硬度( $\text{mg}/\text{l}$ )	529	8.1	515	$\leq 24$
碱度( $\text{mg}/\text{l}$ )	184.8	3	170.3	$\leq 6$
硫酸根( $\text{mg}/\text{l}$ )	350	5	340	$\leq 10.5$
氯化物( $\text{mg}/\text{l}$ )	300	6.6	220	$\leq 9$
油( $\text{mg}/\text{l}$ ) (重量法)	10	0	3	$\leq 0.05$
BOD( $\text{mg}/\text{l}$ )	90	0	10	$\leq 0.1$
COD( $\text{mg}/\text{l}$ )	380	3	40	$\leq 10$
硝酸盐氮(以氮计)( $\text{mg}/\text{l}$ )	40	1	18	$\leq 3$
氨氮( $\text{mg}/\text{l}$ )	36	1	3.2	$\leq 3$
总磷( $\text{mg}/\text{l}$ )	4.42	0	1.83	$\leq 1$
细菌总数(个/ml)	50000	25	35000	$\leq 102$

[0246] 测定方法：

[0247] 水质指标的检测方法如下表 16 所示。

[0248] 表 16 水质指标的检测方法、仪器、型号及涉及的国标。

[0249]

项 目	检测方法	检测仪器	检测仪器厂家 型号	涉及的国标
pH	玻璃电极法	PH 计	上海 phs-3C	GB6920-86
电导率 (μs/cm)	电导率仪	电导率仪	上海 pps-11A	GB1576-2001
浊度(NTU)	浊度计法	浊度仪	哈希 2100AN	GB13200
悬浮物 (mg/l)	重量法	电子天平	BS124s 北京	GB11701-89
总硬度(mg/l)	EDTA 滴定法	滴定管		GB6276.1-96
碱度(mg/l)	酸碱	滴定管		GB11899
硫酸根(mg/l)	重量法	电子天平	BS124s 北京	GB11896-89
氯化物(mg/l)	硫酸银滴定法	滴定管		GB16488-96
油(mg/l) (重量法)	红外分光光度 法	红外测油仪	吉林北光 JDS-105	GB11896-89
BOD(mg/l)	稀释接种法	生化培养箱	上海 LRH-250A	GB7488-87
COD(mg/l)	重铬酸钾法			GB11914-89
硝酸盐氮 (以氮计) (mg/l)	酚二磺胺光度 法	721 分光光度计	上海 721	GB7480-87
氨氮(mg/l)	纳氏试剂法	721 分光光度计	上海 721	GB7479-87
总磷(mg/l)	钼锑抗分光光 度法	721 分光光度计	上海 721	GB11893-89
细菌总数 (个/ml)	菌落计数法	生化培养箱	上海 LRH-250A	GB5750-2006

#### [0250] 实施效果

[0251] 太钢能源动力总厂秘密地于 2007 年 6 月开始新建污水处理系统,运用 MSBR-UF/RO 的集成技术处理太钢高含盐量的混合污水,自投产以来,整个系统工艺合理,设备、设施运行稳定,自动化程度高,超滤反渗透的反洗、化学清洗均实现自动控制,出水水质优于设计水平,生产出的除盐水全部回用于太钢不锈钢生产线。每年回收处理高含盐量混合污水 1800 多万吨,明显改善太钢周边环境,大大减少污水外排量,使太原市水体不再受污染;同时制备 1000 余万吨除盐水用于太钢生产系统,节约了大量的水资源,少开采地下水,减少引黄水的使用,为太钢 2010 年吨钢新水消耗降到 1.95 吨做出了显著贡献,减少了生产成本,达到节能减排的目的,为太钢增加竞争力奠定基础。

[0252] MSBR-UF/RO 集成技术创造的经济效益:

[0253] 成本组成:以 2010 年计算,吨水电费 0.54 元,人工成本 0.05 元,吨水药剂费用 0.255 元,更换膜元件费用 1.0 元,(超滤膜元件使用寿命按照 5 年,反渗透使用寿命按照 3.0 年计算,平均到每年的水量中),其他费用 0.2 元,总吨水成本 2.05 元。

[0254] 2010 年全年生产除盐水 994.77 万吨,吨水成本 2.05 元,除盐水吨水售价 5.5 元

[0255] 除盐水效益=产量×(售价-成本)=994.77×(5.5-2.05)=3431.96 万元。

[0256] 代替工业新水效益=(产量-进深度系统量)×(引黄水价格-成本)=(3472.8-2418.8)×(4.4-0.27)=4353.02 万元。

[0257] 累计年创效 7784.98 万元。

[0258] 结论:

[0259] MSBR-UF/RO 的集成专用技术处理高含盐量的混合污水,工艺科学合理,设备运行稳定,出水水质合格,且优于钢铁企业其他类似系统的出水水质水平,所以运用于处理钢铁企业高含盐量的混合污水比较成功。

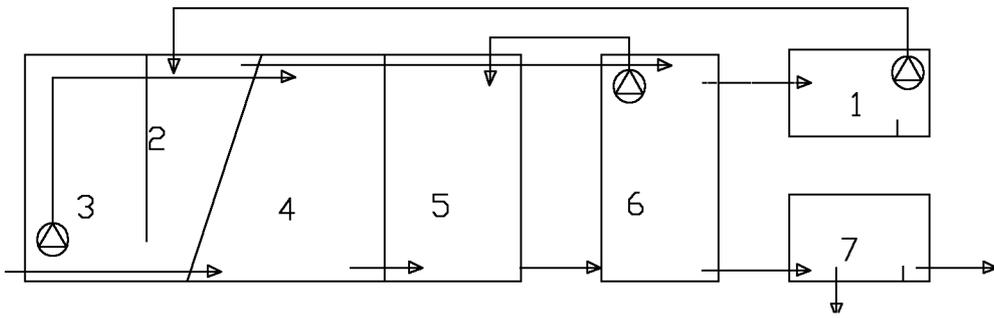


图 1

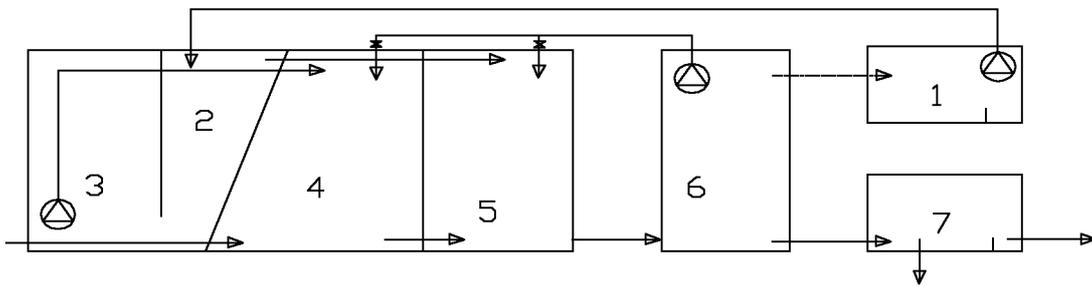


图 2

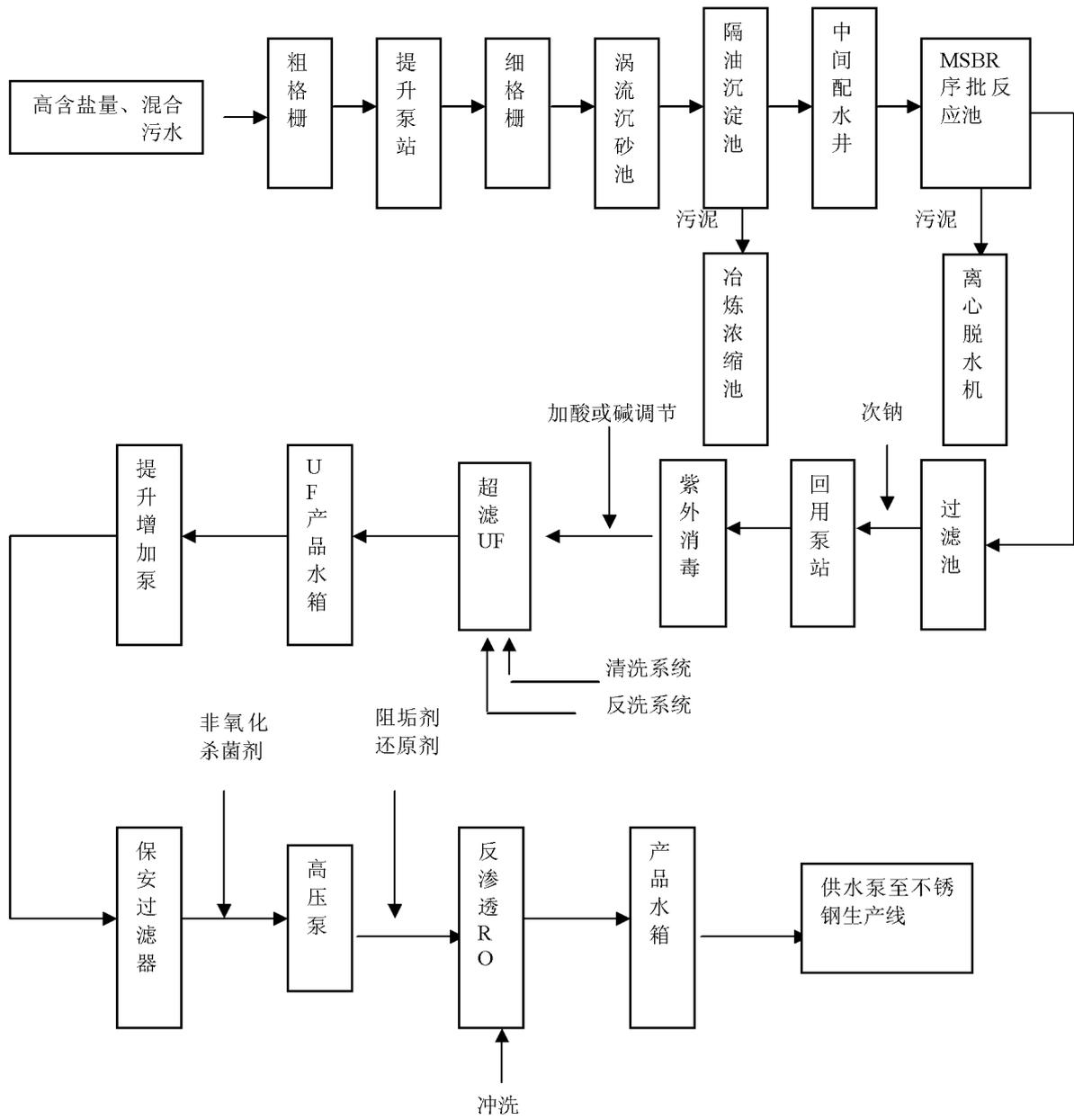


图 3