



1. 一种高硬度废水软化处理装置,其特征在于,包括顺次连接的格栅机、废水调节池、搅拌反应池、澄清池、管式超滤装置和产水池;所述管式超滤装置的浓水出口与澄清池相连;还包括第一加药装置、第二加药装置和第三加药装置;所述第一加药装置与搅拌反应池相连;所述第二加药装置与澄清池的出水槽相连;所述第三加药装置与产水池相连;

所述高硬度废水的硬度 $>500\text{mg/L}$ ,碱度 $>200\text{mg/L}$ ,总硅 $>20\text{mg/L}$ 。

2. 根据权利要求1所述的高硬度废水软化处理装置,其特征在于,还包括污泥浓缩池和污泥脱水装置,所述澄清池的排泥口与污泥浓缩池相连,所述污泥浓缩池与污泥脱水装置相连;所述污泥脱水装置的出水口与废水调节池相连。

3. 根据权利要求1所述的高硬度废水软化处理装置,其特征在于,所述搅拌反应池为四级搅拌池。

4. 根据权利要求1所述的高硬度废水软化处理装置,其特征在于,所述澄清池设置有斜管填料、刮泥装置和压力提升装置;所述澄清池的池体设置有结晶区。

5. 根据权利要求1所述的高硬度废水软化处理装置,其特征在于,所述管式超滤装置设置有自清洗过滤器、管式超滤膜组件、循环提升装置、加药装置和自动化学清洗装置。

6. 根据权利要求5所述的高硬度废水软化处理装置,其特征在于,所述管式超滤膜组件由直径为 $6\sim 12\text{mm}$ 的超滤膜管组成。

7. 利用权利要求1~6任一项所述高硬度废水软化处理装置处理高硬度废水的方法,其特征在于,包括以下步骤:

将高硬度废水流经格栅机后,进入废水调节池,进行缓冲调节,得到第一出水;

将所述第一出水通入搅拌反应池,通过第一加药装置进行加药,进行沉淀反应,得到含有絮体的第二出水;

将所述含有絮体的第二出水通入澄清池,进行沉降,得到沉淀物和第三出水;

将所述第三出水通过第二加药装置将pH值回调至 $8\sim 9$ 后,通入管式超滤装置,进行超滤,得到第四出水和浓水;

所述第四出水进入产水池,通过第三加药装置进将pH值回调至 $6\sim 7$ ,输送至用水点;所述浓水回流至澄清池的进水口。

8. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,所述沉淀物通入污泥浓缩池,进行浓缩,所得浓缩物进入污泥脱水装置,进行脱水,得到污泥产水;所述污泥产水通入废水调节池。

9. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,所述第一加药装置所用药物包括 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、聚合氯化铝和聚丙烯酰胺中的一种或几种,还包括 $\text{NaOH}$ 或 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 。

10. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,所述第二加药装置和第三加药装置所用药物均为盐酸。

## 一种高硬度废水软化处理装置及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及废水处理技术领域,尤其涉及一种高硬度废水软化处理装置及方法。

### 背景技术

[0002] 水是工业生产中不可或缺的重要资源,随着地表水、地下水资源的日益紧张,部分高硬度、高碱度的水,如高硬度地下水、循环水排污水和市政中水等都被用于工业生产。而硬度和碱度是制约这些水资源得以回用的重要限制因素。

[0003] 工业生产中将硬度 $>500\text{mg/L}$ (以 $\text{CaCO}_3$ 计)的水称为高硬度水,高硬度水的软化一直是工业水处理中的重点和难点,而化学沉淀法是最可靠的方法之一,但由于澄清效果不稳定,出水常常需要加入过滤处理才能满足进入后续反渗透装置等深度处理的要求。

[0004] 目前,化学软化出水常用的过滤处理方法有如下几种:1、砂滤,传统的过滤处理方法,通过装填一种或几种过滤介质(如石英砂、无烟煤等),使进水以重力流或压力流的方式通过过滤介质完成过滤,常见的有砂滤池、无阀滤池或多介质过滤器等;2、中空纤维超滤,典型的超滤膜技术的应用,膜元件由直径 $1\text{mm}$ 以下的中空纤维组成,集成度较高,采用聚偏氟乙烯或聚醚砜材质,出水稳定,出水浊度一般 $<0.1$ ;3、浸没式超滤:与中空纤维类似,区别是将膜元件浸入水中,采用抽滤的方式进行过滤,相较传统中空纤维超滤纳污和清洗效果更好,抗污染能力更强。

[0005] 化学软化+砂滤方法的耐污染冲击较好,但存在以下缺点:砂滤对悬浮物拦截能力有限,出水浊度仍然较高,进入反渗透系统前往往仍需增加超滤装置;化学软化出水仍携带部分未反应完全的硬度,极易造成石英砂板结使装置失效,难以清洗回复;砂滤类装置普遍集成度低,占地面积大。化学软化+中空纤维超滤方法出水水质较好,但存在以下缺点:耐污染性能较差,对于化学软化出水极易污堵;抗冲击能力差,若化学软化反应不完全极易造成结垢;反洗频率高,约有 $10\%$ 的反洗废水排放,若回流进入前段化学软化澄清池,会造成冲击,影响化学软化和絮凝沉淀的稳定。化学软化+浸没式超滤方法的抗污染性能较好,但存在以下缺点:抗冲击能力差,若化学软化反应不完全极易造成结垢;反洗频率高,约有 $10\%$ 的反洗废水排放,若回流进入前段化学软化澄清池,会造成冲击,影响化学软化和絮凝沉淀的稳定。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供一种高硬度废水软化处理装置及方法,所述高硬度废水软化处理装置能够适应化学软化出水水质波动导致的沉淀反应不完全,同时保证系统整体出水的品质和稳定。

[0007] 为了实现上述发明目的,本发明提供以下技术方案:

[0008] 本发明提供了一种高硬度废水软化处理装置,包括顺次连接的格栅机、废水调节池、搅拌反应池、澄清池、管式超滤装置和产水池;所述管式超滤装置的浓水出口与澄清池相连;还包括第一加药装置、第二加药装置和第三加药装置;所述第一加药装置与搅拌反应

池相连;所述第二加药装置与澄清池的出水槽相连;所述第三加药装置与产水池相连;

[0009] 所述高硬度废水的硬度 $>500\text{mg/L}$ ,碱度 $>200\text{mg/L}$ ,总硅 $>20\text{mg/L}$ 。

[0010] 优选的,还包括污泥浓缩池和污泥脱水装置,所述澄清池的排泥口与污泥浓缩池相连,所述污泥浓缩池与污泥脱水装置相连;所述污泥脱水装置的出水口与废水调节池相连。

[0011] 优选的,所述搅拌反应池为四级搅拌池。

[0012] 优选的,所述澄清池设置有斜管填料、刮泥装置和压力提升装置;所述澄清池的池体设置有结晶区。

[0013] 优选的,所述管式超滤装置设置有自清洗过滤器、管式超滤膜组件、循环提升装置、加药装置和自动化学清洗装置。

[0014] 优选的,所述管式超滤膜组件由直径为 $6\sim 12\text{mm}$ 的超滤膜管组成。

[0015] 本发明提供了利用上述技术方案所述高硬度废水软化处理装置处理高硬度废水的方法,包括以下步骤:

[0016] 将高硬度废水流经格栅机后,进入废水调节池,进行缓冲调节,得到第一出水;

[0017] 将所述第一出水通入搅拌反应池,通过第一加药装置进行加药,进行沉淀反应,得到含有絮体的第二出水;

[0018] 将所述含有絮体的第二出水通入澄清池,进行沉降,得到沉淀物和第三出水;

[0019] 将所述第三出水通过第二加药装置将pH值回调至 $8\sim 9$ 后,通入管式超滤装置,进行超滤,得到第四出水和浓水;

[0020] 所述第四出水进入产水池,通过第三加药装置进将pH值回调至 $6\sim 7$ ,输送至用水点;所述浓水回流至澄清池的进水口。

[0021] 优选的,所述沉淀物通入污泥浓缩池,进行浓缩,所得浓缩物进入污泥脱水装置,进行脱水,得到污泥产水;所述污泥产水通入废水调节池。

[0022] 优选的,所述第一加药装置所用药物包括 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、聚合氯化铝和聚丙烯酰胺中的一种或几种,还包括 $\text{NaOH}$ 或 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 。

[0023] 优选的,所述第二加药装置和第三加药装置所用药物均为盐酸。

[0024] 本发明提供了一种高硬度废水软化处理装置,包括顺次连接的格栅机、废水调节池、搅拌反应池、澄清池、管式超滤装置和产水池;所述管式超滤装置的浓水出口与澄清池相连;还包括第一加药装置、第二加药装置和第三加药装置;所述第一加药装置与搅拌反应池相连;所述第二加药装置与澄清池的出水槽相连;所述第三加药装置与产水池相连;所述高硬度废水的硬度 $>500\text{mg/L}$ ,碱度 $>200\text{mg/L}$ ,总硅 $>20\text{mg/L}$ 。

[0025] 本发明所提供的高硬度废水软化处理装置在澄清池的出水槽进口和产水池分别设置加药装置,能够实现二次pH值调节,从而更加精确地调节化学软化部分,且管式超滤装置的浓水出口与澄清池相连,采用浓水连续回流至澄清池辅助调节的方式立体式地对pH值进行调节,可以稀释搅拌反应池来水的波动,从而达到辅助调节和稳定pH值的作用,增加化学软化部分的稳定性,使整个系统更加可靠,优化其耐冲击能力,能够适应化学软化出水水质波动导致的沉淀反应不完全(现有高密度澄清池为追求池体小而牺牲了停留时间,造成对水质波动的缓冲能力不足),同时保证系统整体出水的品质和稳定。

[0026] 本发明所提供的高硬度废水软化处理装置能够采用浓水连续回流至澄清池辅助调

节的运行方式,从而解决中空纤维超滤工艺中超滤反洗冲击的问题,使水的利用率大大提高(中空纤维超滤产生的浓水量很小甚至几乎没有,污染物基本全靠反冲洗冲出,反冲洗瞬时流量大、冲击性强,极易对脆弱的中空纤维膜丝造成损伤,同时浪费大量超滤产水)。

[0027] 本发明采用管式超滤装置,纳污能力强,且能采用大流量循环的运行方式,进一步降低化学软化出水可能出现的结垢污堵。

[0028] 本发明提供的高硬度废水软化处理装置能使高硬度废水中的硬度、碱度、硅得到有效去除,还能显著降低悬浮物,仅排放少量化学清洗水,整体回收率大于98%,出水硬度小于30mg/L(以CaCO<sub>3</sub>计)。

## 附图说明

[0029] 图1为本发明高硬度废水软化处理工艺流程图。

## 具体实施方式

[0030] 本发明提供了一种高硬度废水软化处理装置,包括顺次连接的格栅机、废水调节池、搅拌反应池、澄清池、管式超滤装置和产水池;所述管式超滤装置的浓水出口与澄清池相连;还包括第一加药装置、第二加药装置和第三加药装置;所述第一加药装置与搅拌反应池相连;所述第二加药装置与澄清池的出水槽相连;所述第三加药装置与产水池相连;

[0031] 所述高硬度废水的硬度>500mg/L,碱度>200mg/L,总硅>20mg/L。

[0032] 在本发明中,若无特殊说明,所需设备或部件均为本领域技术人员熟知的市售商品。

[0033] 本发明所述高硬度废水的硬度>500mg/L,碱度>200mg/L,总硅>20mg/L。本发明对所述高硬度废水的来源没有特殊的限定,按照本领域熟知的方式获取即可。

[0034] 本发明提供的高硬度废水软化处理装置包括格栅机,本发明利用格栅机拦截废水中的固体垃圾。

[0035] 本发明提供的高硬度废水软化处理装置包括废水调节池;所述废水调节池与格栅机相连。作为本发明的一个实施例,所述废水调节池内设置有压力提升装置。本发明利用废水调节池调节废水流量,稳定进水水质。

[0036] 本发明提供的高硬度废水软化处理装置包括搅拌反应池;所述搅拌反应池与废水调节池相连。作为本发明的一个实施例,所述搅拌反应池为四级搅拌池;所述搅拌反应池连接有第一加药装置。本发明通过第一加药装置向搅拌反应池中加药,进行废水的沉淀反应,去除废水中Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>和SiO<sub>2</sub>。

[0037] 本发明提供的高硬度废水软化处理装置包括澄清池;所述澄清池与搅拌反应池相连。在本发明中,所述澄清池设置有斜管填料、刮泥装置和压力提升装置;所述澄清池的池体设置有结晶区,能够增加诱导结晶区,保证澄清反应,减少出水进入管式超滤装置后再结晶引起膜元件污染和机械损伤。在本发明中,所述澄清池优选为中国专利(CN201821392272.0一种高效高密度澄清装置)公开的澄清装置。在本发明中,所述澄清池的出水槽连接有第二加药装置用于调节出水的pH值;本发明利用澄清池将搅拌反应池产生的絮体进行澄清。在本发明中,所述第二加药装置所用药物为盐酸。本发明对所述盐酸没有特殊的限定,本领域熟知的市售商品即可。

[0038] 本发明提供的高硬度废水软化处理装置包括管式超滤装置；所述管式超滤装置与澄清池的出水口相连。在本发明中，所述管式超滤装置设置有自清洗过滤器、管式超滤膜组件、循环提升装置、加药装置和自动化学清洗装置。在本发明中，所述管式超滤膜组件由直径为6~12mm的超滤膜管组成。本发明利用管式过滤装置除去沉淀物。

[0039] 本发明提供的高硬度废水软化处理装置包括产水池；所述产水池与管式超滤装置相连。作为本发明的一个实施例，所述产水池内设置有压力提升装置。在本发明中，所述产水池连接有第三加药装置，用于调节产水池的pH值；本发明利用产水池储存处理后废水，可输送至用水点。在本发明中，所述第三加药装置所用药物为盐酸。

[0040] 本发明提供的高硬度废水软化处理装置还包括污泥浓缩池和污泥脱水装置，所述澄清池的排泥口与污泥浓缩池相连，所述污泥浓缩池与污泥脱水装置相连；所述污泥脱水装置的出水口与废水调节池相连。在本发明中，所述污泥浓缩池设置有搅拌机、加药装置和压力提升装置；所述污泥脱水装置设置有压力提升装置、加药装置、污泥传送带和泥斗。本发明利用污泥浓缩池将澄清池产生的污泥进行浓缩，并利用污泥脱水装置进行脱水，得到脱水污泥。

[0041] 如图1所示，本发明提供了利用上述技术方案所述高硬度废水软化处理装置处理高硬度废水的方法，包括以下步骤：

[0042] 将高硬度废水流经格栅机后，进入废水调节池，进行缓冲调节，得到第一出水；

[0043] 将所述第一出水通入搅拌反应池，通过第一加药装置进行加药，进行沉淀反应，得到含有絮体的第二出水；

[0044] 将所述含有絮体的第二出水通入澄清池，进行沉降，得到沉淀物和第三出水；

[0045] 将所述第三出水通过第二加药装置将pH值回调至8~9后，通入管式超滤装置，进行超滤，得到第四出水和浓水；

[0046] 所述第四出水进入产水池，通过第三加药装置进将pH值回调至6~7，输送至用水点；所述浓水回流至澄清池的进水口。

[0047] 本发明将高硬度废水流经格栅机后，进入废水调节池，进行缓冲调节，得到第一出水。在本发明中，所述高硬度废水优选为电厂循环水排污水、反渗透浓水或达标排放废水。本发明对所述高硬度废水的来源没有特殊的限定，按照本领域熟知的方式获取即可。

[0048] 本发明对所述缓冲调节的过程没有特殊的限定，按照本领域熟知的过程调节废水流量，能够顺利处理污水即可。本发明对所述废水调节池调节废水的流量没有特殊的限定，根据实际处理废水的需求进行调整即可；在本发明的实施例中，废水调节池缓冲调节流量为 $26\text{m}^3/\text{h}$ 。

[0049] 得到第一出水后，本发明将所述第一出水通入搅拌反应池，通过第一加药装置进行加药，进行沉淀反应，得到含有絮体的第二出水。在本发明中，所述第一加药装置所用药物优选包括 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、聚合氯化铝(PAC)和聚丙烯酰胺(PAM)中的一种或几种，优选还包括NaOH或 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ；以所述第一出水量为基准，所述 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 的添加量优选为0~500mg/L(根据进水硬度、碱度确定具体数值)，所述NaOH或 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的添加量优选为0~2000mg/L，根据实际进水硬度、碱度确定具体数值，更优选为1100mg/L；PAC添加量优选为20~200mg/L，根据实际进水硬度、悬浮物含量及波动幅度确定具体数值，更优选为120mg/L；PAM添加量优选为0.2~2mg/L，根据实际进水硬度、悬浮物含量及波动幅度确定具体数值，更优选为0.8mg/L。本发

明利用所述药物中 $\text{CO}_3^{2-}$ 和 $\text{OH}^-$ 与第一出水中的 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{SiO}_2$ 发生化学反应形成沉淀物 $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 和 $\text{SiO}_2$ 胶体,去除废水中的钙镁和二氧化硅。

[0050] 在所述沉淀反应过程中,形成的上述沉淀物在PAC和PAM的共同作用下逐渐形成絮体。本发明对所述沉淀反应的时间没有特殊的限定,根据废水实际处理量进行调整,实现充分沉淀即可。

[0051] 得到含有絮体的第二出水后,本发明将所述含有絮体的第二出水通入澄清池,进行沉降,得到沉淀物和第三出水。在本发明中,澄清池内水流速度急剧下降,由20~30m/h降至2~3m/h,更优选为由28m/h降至2.9m/h,进入斜管填料,絮体开始沉降;澄清池的出水(第三出水)溢流进入出水槽,通过第二加药装置加入盐酸将pH值回调至pH8~9,经压力提升装置进入管式超滤装置。

[0052] 本发明通过澄清池将第二出水中的絮体去除。

[0053] 在本发明中,所述沉淀物沉降至澄清池底部,由刮泥装置刮至排泥口,经压力提升装置进入污泥浓缩池,进行浓缩,所得浓缩物经压力提升装置进入污泥脱水装置,进行脱水,得到污泥和产水;所述产水通入废水调节池。在本发明中,所述污泥脱水装置优选为板框压滤或离心式;所述浓缩物进入污泥脱水装置之前,优选加入聚丙烯酰胺,以增加污泥脱水效率。在本发明中,所述污泥的含水率优选 $\leq 70\%$ ,所述污泥经污泥传送带输送至泥斗中暂存。

[0054] 得到第三出水后,本发明将所述第三出水通过第二加药装置将pH值回调至8~9后,通入管式超滤装置,进行超滤,得到第四出水和浓水。

[0055] 在本发明中,所述第三出水优选经管式超滤装置的自清洗过滤器进入循环提升装置,进入管式超滤膜组件,自清洗过滤器前定期冲击加入高浓度 $\text{NaClO}$ (50~100ppm)控制微生物污染。在本发明中,所述第三出水在管式超滤膜管内的流速优选为4~6m/s。

[0056] 本发明将pH值回调至8~9,从而沉淀未澄清完全的 $\text{CaCO}_3$ 和 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,并兼顾反应速率和经济性;本发明通过超滤截留澄清池内形成的沉淀物( $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 、 $\text{SiO}_2$ 胶体)和原有悬浮物,所得浓水的成分包括 $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 和PAC、PAM,悬浮物20~50g/L,pH8~9;所述第四出水(管式超滤出水)的成分包括悬浮物 $\leq 3\text{mg/L}$ ,二氧化硅 $\leq 10\text{mg/L}$ ;所述第四出水的pH8~9,硬度 $\leq 0.5\text{mmol/L}$ ,碱度 $\leq 1\text{mmol/L}$ 。

[0057] 得到第四出水和浓水后,本发明将所述第四出水进入产水池,通过第三加药装置进将pH值回调至6~7,输送至用水点;所述浓水回流至澄清池的进水口。本发明再次将pH值回调至6~7,从而减缓 $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 反应速度,防止其在后续设备中继续沉淀造成后续设备污堵。

[0058] 在本发明中,所述第四出水(管式超滤出水)进入产水池,通过第三加药装置采用盐酸将pH回调至pH6~7,然后经产水池的压力提升装置输送至用水点。

[0059] 在本发明中,所述管式超滤装置所得浓水回流至澄清池进口,起到辅助调节澄清池污泥浓度与pH的作用。

[0060] 在本发明中,采用自动化学清洗装置定期(12~24h)对管式超滤装置进行化学清洗以控制无机结垢污染。

[0061] 下面将结合本发明中的实施例,对本发明中的技术方案进行清楚、完整地描述。显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实

施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0062] 以下实施例中,所用管式超滤装置的管式超滤膜组件由直径为6~12mm的超滤膜管组成。

[0063] 实施例1

[0064] 将高硬度废水(硬度1200mg/L,碱度1000mg/L,总硅70mg/L,悬浮物80mg/L)经格栅机拦截固体垃圾后,进入废水调节池缓冲调节流量为26m<sup>3</sup>/h,溢流进入搅拌反应池,加药搅拌池共设置四级搅拌池,通过第一加药装置依次加入NaOH、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>、PAC和PAM(以进水量为基准,加药量分别为NaOH1100mg/L,Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>0mg/L,PAC120mg/L和PAM0.8mg/L),充分反应产生絮体后,溢流进入澄清池,澄清池内水流速度由28m/h降至2.9m/h,进入斜管填料,絮体开始沉降,澄清池出水溢流进入出水槽,澄清池出水槽入口加入盐酸进行一次pH回调(调至pH=9),得到澄清池出水;絮体沉降至澄清池底部,由刮泥装置刮至排泥口,经压力提升装置进入污泥浓缩池;然后经压力提升装置进入离心式污泥脱水装置,PAM加药,进行脱水,使得脱水后污泥含水率降低至70%以下,经污泥传送带输送至泥斗中暂存;

[0065] 澄清池出水经管式超滤装置的自清洗过滤器进入循环提升装置,以流速为6m/s进入管式超滤膜组件,进行超滤,管式超滤出水进入产水池,采用盐酸进行二次pH回调至pH=6,然后将所得处理后产水经压力提升装置输送至用水点;管式超滤装置浓水回流至澄清池进口。

[0066] 对管式超滤装置产水进行成分测试,结果表明,产水的硬度0.3mmol/L,碱度0.6mmol/L,二氧化硅10mg/L,悬浮物1mg/L。

[0067] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,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,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

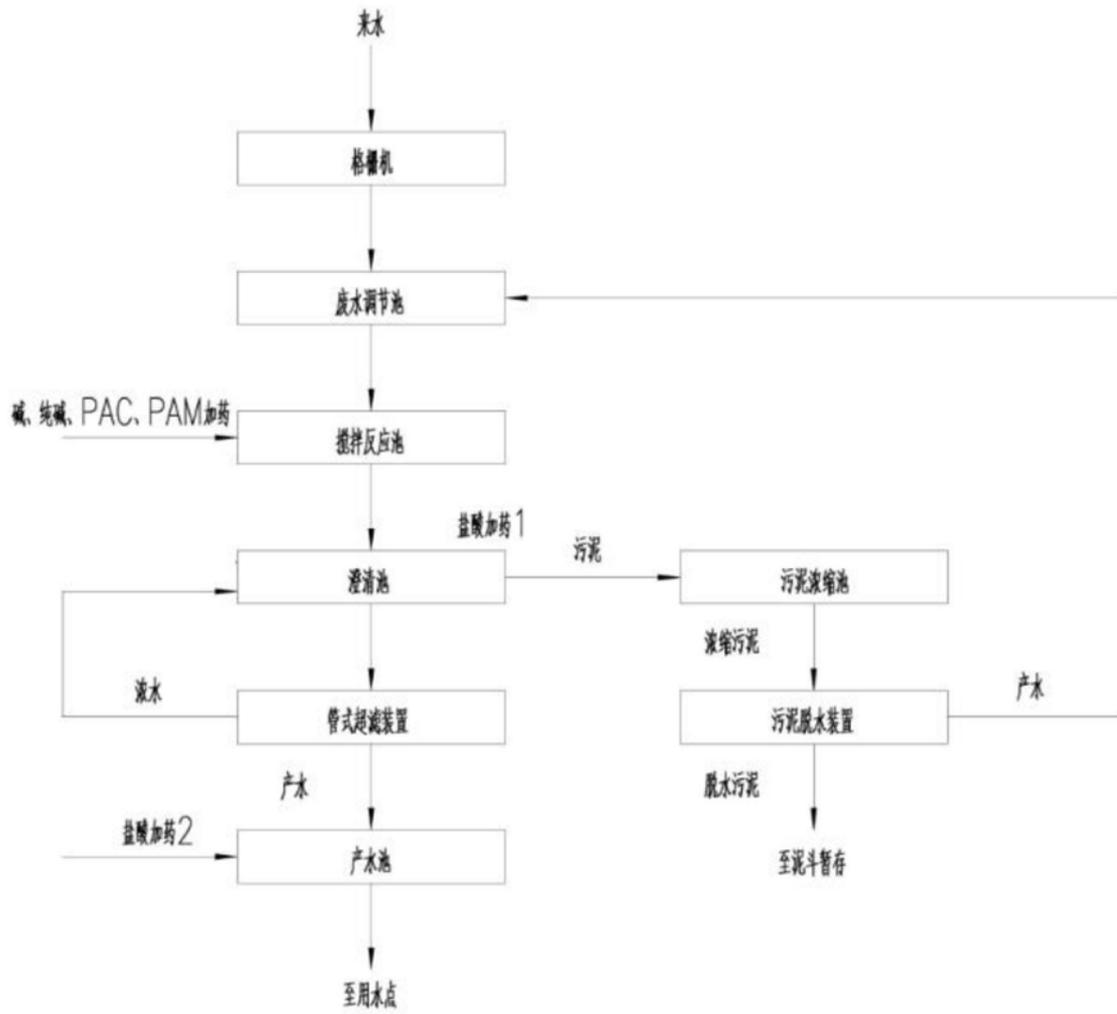


图1