



## (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107151072 B

(45)授权公告日 2020.10.09

(21)申请号 201610118473.0

JP H05220334 A,1993.08.31

(22)申请日 2016.03.02

W0 2009039655 A1,2009.04.02

(65)同一申请的已公布的文献号

审查员 卢士燕

申请公布号 CN 107151072 A

(43)申请公布日 2017.09.12

(73)专利权人 江苏八达科技股份有限公司

地址 214201 江苏省无锡市宜兴市高塍镇  
赛特路3号

(72)发明人 周顺明 胡学文

(51)Int.Cl.

C02F 9/10(2006.01)

(56)对比文件

CN 105174580 A,2015.12.23

CN 204310901 U,2015.05.06

CN 103979729 A,2014.08.13

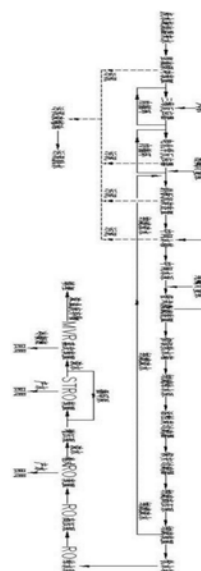
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种脱硫废水的处理工艺

(57)摘要

本发明公开了一种脱硫废水的处理工艺,包括脱硫废水预处理工序、脱硫废水膜浓缩处理工序、脱硫废水盐析处理工序,所述脱硫废水预处理工序包括两级电化学处理工序和两级软化处理工序;膜浓缩处理段设计成两级膜处理,包括卷式RO装置及网管式STRO装置;盐析处理段采用MVR蒸发器结合喷雾蒸发器,整个工艺流程不添加任何有机药剂。



1. 一种脱硫废水的处理工艺,包括以下处理工序:

1) 脱硫废水预处理工序:所述脱硫废水预处理工序包括两级电化学处理工序和两级软化处理工序;脱硫废水由竖流缓冲装置进入三维反应器内进行初级电化学处理,除去废水中的酸性物质并使得废水中的胶体物质因电荷作用而失稳完成一级电化学处理;经一级电化学处理的废水进入二级电化学反应器发生电化学反应,二级电化学处理使废水中的氯离子将以气体的形式逸出,废水中的有机物在阳极表面被氧化分解,经二级电化学反应器处理的废水经斜板沉淀装置进入中间水箱和中间水泵,由水泵打入管式微滤装置进行过滤,过滤后得初级软化水,初级软化水硬度可降低至50ppm以下;所述初级软化水流经初级软水箱、纳滤给水泵,然后经活性炭过滤器过滤,活性炭过滤后的滤液经纳滤高压泵进入纳滤装置,纳滤装置截留的浓水返回至斜板沉淀装置内,经纳滤装置处理后产水进入软水箱;

2) 脱硫废水膜浓缩处理工序:经纳滤装置处理后的产水进入软水箱后经RO给水泵、RO高压泵进入卷式RO装置,经卷式RO装置处理的浓水经增压泵进入STRO装置,完成浓缩处理工序;

3) 脱硫废水盐析处理工序:STRO装置处理后的浓水经MVR蒸发装置蒸发,蒸发后的浓盐废弃物填埋处理,实现含硫废水零排放。

2. 根据权利要求1所述的一种脱硫废水的处理工艺,其特征在于:所述三维反应器废水停留时间大于2小时,三维反应器内有一台内循环泵,循环水量为进水水量的2倍。

3. 根据权利要求1所述的一种脱硫废水的处理工艺,其特征在于:所述电化学反应器内有一台内循环泵,循环水量与进水水量相同。

4. 根据权利要求1所述的一种脱硫废水的处理工艺,其特征在于:还结合电气参数传感器对系统电气设备、控制阀门的运行状态进行数据采集,然后通过远程通信模块发送到云计算平台实现远程监控,并结合在线分析仪表,对系统水量、水位、水质、电耗、药耗、设备状态这样的实时生产数据信息通过远程通信模块发送到云计算平台,通过云计算平台进行收集、整合、分析和处理,实现系统运行情况的远程实时监督、故障诊断及设备管理,从而能掌握设备运行情况并及时预测和发现问题。

## 一种脱硫废水的处理工艺

### 技术领域

[0001] 本发明属于环保技术领域,具体涉及一种脱硫废水零排放处理工艺。

### 背景技术

[0002] 湿法烟气脱硫技术在国内火力发电厂应用及发展已有十多年的历史,已日趋成熟及稳定,与之配套的废水处理工艺目前仍沿用烟气脱硫技术引进时的三联箱传统处理工艺。设备在运行过程中,由于存在腐蚀、磨损及堵塞等情况,系统故障率较电厂其他系统而言高出许多,脱硫废水系统停运,脱硫废水偷排至灰场情况普遍存在。目前随着国家环保要求的日益严格,执法措施的日益严厉,电力行业正在宣起一股脱硫废水处理系统的改造之风,也有电厂开始尝试零排放处理技术。

[0003] 国外零排放处理工艺及设备由于系统复杂,运行费用高,电厂无法承受高运行费用。现有技术中正渗透处理工艺及设备对脱硫废水进行零排放改造处理,具体工艺流程为:原废水通过石灰-苏打软化、高效澄清及过滤后,采用超滤膜、高压反渗透膜技术进行预浓缩,可将原水预浓缩至盐含量5-7万ppm,再采用正渗透处理工艺进一步浓缩至盐含量20-25万ppm,通过结晶器获得干燥的结晶盐。由于预处理系统工艺不完备,该系统存在结垢问题,且系统进水氯离子含量在3000ppm,与常规要求的脱硫废水氯离子含量在10000-20000ppm相去甚远,因此该处理工艺系统设备还尚不具备推广的意义。

### 发明内容

[0004] 本发明克服了现有技术中的不足,提供一种成本低廉适合产业化的脱硫废水处理工艺。

[0005] 本发明提供了一种脱硫废水的处理工艺,包括以下步骤:

[0006] 1) 脱硫废水预处理工序:所述脱硫废水预处理工序包括两级电化学反应工序和两级软化处理工序;脱硫废水由竖流缓冲装置进入三维反应器内进行初级电化学反应除去废水中的酸性物质并使得废水中的胶体物质因电荷作用而失稳完成一级电化学反应;经一级电化学反应的废水进入二级电化学反应器发生电化学反应,二级电化学反应使废水中的氯离子将以气体的形式逸出,废水中的有机物在阳极表面被氧化分解;经二级电化学反应器处理的废水经沉淀装置进入中间水箱和中间水泵,由水泵打入管式微滤装置进行过滤,过滤后得初级软化水,初级软化水硬度可降低至50ppm以下;所述初级软化水流经初级软水箱、纳滤给水泵,然后经活性炭过滤器过滤,活性炭过滤后的滤液经纳滤高压泵进入纳滤装置,纳滤装置截留的浓水返回至斜板沉淀器内,经纳滤装置处理后未截留的废水进入软水箱;

[0007] 2) 脱硫废水膜浓缩处理工序:经纳滤装置处理后未截留的废水进入软水箱后经R0给水泵、R0高压泵进入卷式R0装置,经卷式R0装置处理的浓水经增压泵进入STR0装置,完成浓缩处理工序;

[0008] 3) 脱硫废水盐析处理工序:STR0装置处理后的浓水经MVR蒸发装置蒸发,蒸发后的

浓盐废弃物填埋处理,实现含硫废水零排放。

[0009] 本发明拟采用两级电化学方法对脱硫废水进行絮凝、澄清及降低COD处理,缩短脱硫废水悬浮物及胶体处理所需时间,并减少设备占地,为后续膜法工艺创造有利条件。

[0010] 采用两级软化工艺(采用纯碱/管式微滤膜过滤进行初步软化,采用纳滤工艺进行深度软化),使进入RO膜装置的废水硬度小于2.5mg/l,从而使整个零排放工艺系统能长期稳定可靠运行。

[0011] 采用两级膜法浓缩处理工艺,对脱硫废水进行浓缩减量处理,提高系统设备自动化水平,降低蒸发系统的处理规模及运行费用。

[0012] 采用机械压缩蒸发处理结合喷雾蒸发工艺,对浓缩后的脱硫废水进行蒸发处理,形成零排放系统最终的固废。

[0013] 本工艺采用先进的物联网、云计算技术,结合电气参数传感器对系统电气设备、控制阀门的运行状态进行数据采集,然后通过远程通信模块发送到云计算平台实现远程监控,并结合在线分析仪表,对系统水量、水位、水质、电耗、药耗、设备状态这样的实时生产数据信息通过远程通信模块发送到云计算平台,通过云计算平台进行收集、整合、分析和处理,实现系统运行情况的远程实时监督、故障诊断及设备管理,从而能掌握设备运行情况并及时预测和发现问题,使管理更规范化、精细化。

[0014] 整个流程可分为三个工艺段,即预处理段、膜浓缩处理段及盐析处理段。

[0015] 预处理段包括从竖流缓冲装置直至软水箱整个工艺流程,其主要功能是除硬、去浊、降低有机物、氯离子及硫酸根离子浓度,包括两级电化学处理,两级软化处理。

[0016] 来自脱硫吸收塔的废水,由于在吸收塔内多次循环,其中含有大量胶体物质,很难通过重力自然沉降,而投加化学药剂则增加了废水盐含量,增加了后续脱盐工艺处理难度。本发明工艺采用两级电化学处理,可缩短脱硫废水中悬浮物质沉降时间。脱硫废水首先在三维反应器中进行初级电化学处理,一方面可消耗废水中的酸性物质,另一方面因微电池反应使得废水中的胶体物质因电荷作用而失稳。废水在二级电化学反应器的电极表面发生电化学反应,废水中的氯离子将以气体的形式逸出,废水中的有机物在阳极表面被氧化分解。

[0017] 向电化学反应器的产水中投加液碱,提高废水pH值。在碱性条件下,废水中不溶型悬浮物进入斜板沉淀装置,得到初步沉降,经过沉降后的废水在纯碱作用下产生碳酸钙沉淀,通过管式微滤膜进行过滤。这种纯碱/管式微滤膜过滤及初步软化,可使脱硫废水的硬度得以大幅度降低,管式微滤膜产水硬度可降低至50ppm以下。

[0018] 管式微滤膜产水通过高压泵进入纳滤装置,由于纳滤膜对二价阴离子的去除率高达95%,根据电中性原理,纳滤产水的阳离子电荷也相应减少,从而使得废水得到了深度软化,深度软化后的废水硬度值可降低至2.5mg/l以下,而常规的石灰/纯碱软化工艺处理后水的硬度也只能达到3-4mg/l。本发明专利设计的这种纯碱/微滤工艺初步除硬和纳滤工艺深度除硬,采用逐渐递进的方式,使去除硬度工艺更加稳定可靠,而且管式微滤膜的产水在浊度方面又满足纳滤装置进水对悬浮物要求。

[0019] 纳滤装置截留的浓水回流至斜板沉淀器进水,由于纳滤浓水中的硫酸根离子浓度大幅度提高,与进入斜板沉淀装置的脱硫废水中的钙离子反应,可形成硫酸钙沉淀,在斜板沉淀装置中予以沉降去除。

[0020] 由于两级电化学处理后的废水氧化性较高,在废水进入纳滤膜装置之前,通过活性炭还原,从而确保膜元件的安全稳定运行。

[0021] 经过预处理后,进入RO膜装置的废水,硬度可小于2.5mg/l,浊度小于0.1NTU,COD小于10mg/L,氯离子去除率大于30%,硫酸根离子去除率大于95%。

[0022] 膜浓缩处理段设计成两级膜处理,包括卷式RO装置及网管式STRO装置。

[0023] 盐析处理段采用MVR蒸发器结合喷雾蒸发器,整个工艺流程不添加任何有机药剂。

[0024] 本发明涉及的设备简介如下:

[0025] 1) 竖流缓冲装置

[0026] 系统首段设置竖流缓冲装置,对脱硫废水进行初步沉淀,以降低后续工艺段污泥处理负荷,可设计成钢筋混凝土结构,这种装置应用普遍,技术成熟。

[0027] 2) 三维反应器

[0028] 三维反应器内部设置有催化电解填料,对脱硫废水进行一级电化学处理,同时可消除废水中部分酸性物质,为强化处理效果,该设备设置有空气搅拌装置。三维反应器废水停留时间不小于2小时,空气搅拌装置所需气量按照气水比15:1进行设计。为了促进废水与三维反应器内部填料充分接触,本装置设置有一台内循环泵,循环水量为进水水量的2倍。

[0029] 3) 电化学反应器

[0030] 给多组并联的极板通入直流电,在阳、阴极板之间产生电场,使待处理的水流入极板的空隙。此时通电的极板会发生电化学反应,在水中发生絮凝反应,在此过程中,同时发生电气浮、氧化还原等其他作用,这些作用的结果,使水中溶解性、胶体和悬浮态污染物得到有效转化和去除。为了促进废水与电化学反应器内极板充分接触,本装置设置有一台内循环泵,循环水量与进水水量相同。

[0031] 4) 管式微滤装置

[0032] 斜板沉淀装置出水投加纯碱,生成的碳酸钙微小沉淀物通过管式微滤装置得以分离,产水中硬度得以大幅度降低,微滤装置浓水错流回至斜板沉淀装置进水,这种纯碱+管式微滤膜分离工艺在降低硬度及浊度方面有广泛的应用。管式微滤膜内废水流速高达4.6m/s,从而在膜表面不存在结垢现象。

[0033] 5) 纳滤装置

[0034] 进一步将二价离子从水中分离,起到深度软化作用,纳滤装置的浓排水返回至斜板沉淀池进水端,可与脱硫废水中的钙离子形成沉淀物,纳滤膜对硫酸根离子的截留效率高达95%以上,从而也能截留二价阳离子,达到进一步去除硬度的作用。

[0035] 6) 卷式RO装置

[0036] 采用海水淡化膜元件作为初步浓缩分离用膜元件。

[0037] 7) 网管式RO装置(STRO)

[0038] 对海水淡化膜元件浓排水采用STRO装置进一步进行浓缩分离。相对于卷式RO膜元件,网管式RO膜元件采用34密尔平行进水流道,以尽量减少进水与膜表面高结垢趋势的可能性。设计的进水流动,其几何特性确保膜壳内低压降;STRO膜元件可耐受250mg/l TSS高固体和30000ppm COD有机物污染的进水;相对于DTRO膜元件,1个STRO膜元件的膜面积比1个DTRO膜面积高出3倍,从而系统造价相应要低很多。

[0039] 8) 机械压缩蒸发器

[0040] 采用MVR装置对STRO装置的浓排水进行蒸发浓缩,MVR装置较单效蒸发器,多效蒸发器而言,其能耗较低,且设备占地面积较小,具有较强的市场竞争力。

[0041] 由于STRO浓排水压力高,在MVR闪蒸罐中设置有喷嘴,通过压力释放使进入闪蒸罐的膜浓排水产生雾状小水滴,强化蒸发效果,产生的水雾在机械压缩机的抽吸作用下离开闪蒸罐,在无需加热的条件下即能实现浓盐水的初步蒸发浓缩功能。

[0042] 通过机械压缩作用,从闪蒸罐抽出的低温低压蒸汽转化成较高压力较高温度的蒸汽,在加热室与循环的浓缩液进行热交换,被压缩的较高温度较高压力的二次蒸汽被浓缩液冷凝变成冷凝水排出,同时浓缩液被压缩后的二次蒸汽加热继续蒸发。

[0043] 与现有技术相比本发明具有如下优点:

[0044] 1、采用两级电化学方法对脱硫废水进行絮凝、澄清及降低COD处理,缩短脱硫废水悬浮物及胶体澄清处理所需时间,并减少设备占地,为后续膜法工艺创造有利条件。

[0045] 2、采用管式微滤膜代替常规超滤系统,为后续反渗透系统提供悬浮物浓度极低的进水,结合纯碱及液碱的投加,可有效降低废水中硬度,为纳滤装置深度去除硬度及COD创造了条件。

[0046] 3、设计的纳滤系统浓排水返回至微滤膜处理工艺前端,提高了废水中二价阴离子的浓度,从而提高了与废水中的钙离子结合生成硫酸钙沉淀的效率,有效降低废水中硫酸根浓度。

[0047] 4、系统设计两级电化学反应装置,为防止管式微滤膜有机物污堵创造了有利条件;纳滤装置前设置有活性炭过滤器,可有效防止有机膜被氧化降解。

[0048] 5、由于整个处理工艺不添加有机药剂,且整个处理工艺能有效降低废水COD,因此MVR蒸发装置无需添加消泡剂。

[0049] 6、本工艺中STRO装置浓排水压力高,为充分利用这一潜在的能量,在MVR闪蒸罐中设置有喷嘴,通过压力释放浓排水进入闪蒸罐后产生雾状小水滴,水雾在机械压缩机的抽吸作用下离开闪蒸罐,在无需加热的条件下即能实现浓盐水的初步蒸发浓缩。

[0050] 7、本工艺采用先进的物联网技术,对系统电气设备、控制阀门的运行状态进行远程监控,并结合在线分析仪表,对系统运行情况进行远程诊断及控制,从而能掌握设备运行情况并及时进行故障诊断。

## 附图说明

[0051] 图1为本发明工艺流程图

## 具体实施方式

[0052] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明了,下面结合具体实施方式,对本发明进一步详细说明。应该理解,这些描述只是示例性的,而并非要限制本发明的范围。

[0053] 实施例

[0054] 脱硫废水经过钢筋混凝土结构的竖流缓冲装置,对脱硫废水进行初步沉淀,以降低后续工艺段污泥处理负荷,然后经三维反应器进行一级电化学处理;三维反应器内部设置有催化电解填料,对脱硫废水进行一级电化学处理,同时可消除废水中部分酸性物质,为强化处理效果,该设备设置有空气搅拌装置。三维反应器废水停留时间不小于2小时,空气

搅拌装置所需气量按照气水比15:1进行设计。为了促进废水与三维反应器内部填料充分接触,本装置设置有一台内循环泵,循环水量为进水水量的2倍。

[0055] 流经三维反应器的废水进入电化学反应器,给多组并联的极板通入直流电,在阳、阴极板之间产生电场,使待处理的水流入极板的空隙。此时通电的极板会发生电化学反应,在水中发生絮凝反应,在此过程中,同时发生电气浮、氧化还原等其他作用,这些作用的结果,使水中溶解性、胶体和悬浮态污染物得到有效转化和去除。为了促进废水与电化学反应器内极板充分接触,本装置设置有一台内循环泵,循环水量与进水水量相同。

[0056] 流经电化学反应器的废水进入斜板沉淀装置,斜板沉淀装置出水投加纯碱,生成的碳酸钙微小沉淀物通过管式微滤装置得以分离,产水中硬度得以大幅度降低,微滤装置浓水错流回至斜板沉淀装置进水,这种纯碱+管式微滤膜分离工艺在降低硬度及浊度方面有广泛的应用。管式微滤膜内废水流速高达4.6m/s,从而在膜表面不存在结垢现象。

[0057] 经管式微滤装置过滤的废水经初级软水管、纳滤给水泵,通过活性炭处理,然后流经保安过滤器、纳滤高压泵进入纳滤装置,进一步将二价离子从水中分离,起到深度软化作用,纳滤装置的浓排水返回至斜板沉淀池进水端,可与脱硫废水中的钙离子形成沉淀物,纳滤膜对硫酸根离子的截留效率高达95%以上,从而也能截留二价阳离子,达到进一步去除硬度的作用。

[0058] 经过纳滤装置过滤的废水通过软水槽、RO给水泵、RO高压泵进入卷式RO装置,卷式RO装置采用海水淡化膜元件作为初步浓缩分离用膜元件,经卷式RO装置处理的浓水经增压泵进入网管式RO装置(STRO)。

[0059] 经STRO装置处理的废水进入机械压缩蒸发器(MVR装置)对STRO装置的浓排水进行蒸发浓缩,MVR装置较单效蒸发器,多效蒸发器而言,其能耗较低,且设备占地面积较小,具有较强的市场竞争力。由于STRO浓排水压力高,在MVR闪蒸罐中设置有喷嘴,通过压力释放使进入闪蒸罐的膜浓排水产生雾状小水滴,强化蒸发效果,产生的水雾在机械压缩机的抽吸作用下离开闪蒸罐,在无需加热的条件下即能实现浓盐水的初步蒸发浓缩功能。通过机械压缩作用,从闪蒸罐抽出的低温低压蒸汽转化成较高压力较高温度的蒸汽,在加热室与循环的浓缩液进行热交换,被压缩的较高温度较高压力的二次蒸汽被浓缩液冷凝变成冷凝水排出,同时浓缩液被压缩后的二次蒸汽加热继续蒸发。经MVR蒸发装置蒸发后的浓盐废弃物填埋处理,实现含硫废水零排放。

[0060] 本工艺还采用先进的物联网、云计算技术,结合电气参数传感器对系统电气设备、控制阀门的运行状态进行数据采集,然后通过远程通信模块发送到云计算平台实现远程监控,并结合在线分析仪表,对系统水量、水位、水质、电耗、药耗、设备状态这样的实时生产数据信息通过远程通信模块发送到云计算平台,通过云计算平台进行收集、整合、分析和处理,实现系统运行情况的远程实时监督、故障诊断及设备管理,从而能掌握设备运行情况并及时预测和发现问题,使管理更规范化、精细化。

[0061] 尽管已经详细描述了本发明的实施方式,但是应该理解的是,在不偏离本发明的精神和范围的情况下,可以对本发明的实施方式做出各种改变、替换和变更。

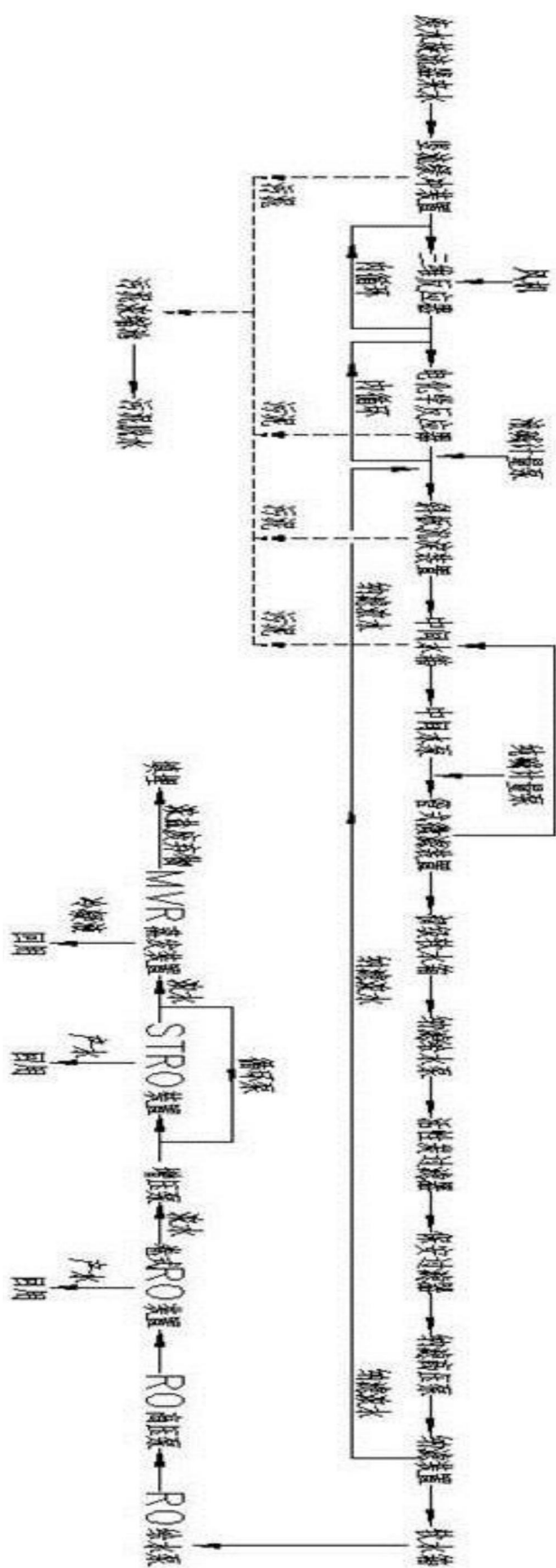


图1