



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116262192 A

(43) 申请公布日 2023.06.16

(21) 申请号 202111535425.9

B01D 53/78 (2006.01)

(22) 申请日 2021.12.15

(71) 申请人 山西潞安煤基清洁能源有限责任公司

地址 046200 山西省长治市襄垣县王桥工业园区

(72) 发明人 邵应平 李俊 李慧鹏 李国峰
金俊杰 李陆山 郭晓东 王上
韩琦

(74) 专利代理机构 北京轻创知识产权代理有限公司 11212
专利代理人 朱晓彤

(51) Int.Cl.

B01D 53/14 (2006.01)

B01D 53/52 (2006.01)

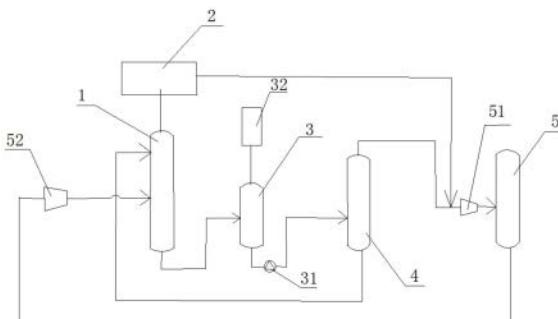
权利要求书1页 说明书7页 附图1页

(54) 发明名称

一种低温甲醇洗酸性尾气处理系统及方法

(57) 摘要

本发明涉及煤化工技术领域，具体而言，涉及一种低温甲醇洗酸性尾气处理系统及方法。该系统与低温甲醇洗主洗塔连通；有机胺吸收塔与硫回收装置连通，低温甲醇洗主洗塔与有机胺吸收塔连通；有机胺吸收塔还与热再生装置连通，热再生装置分别与有机胺吸收塔以及低温甲醇洗主洗塔连通。有机胺吸收塔中的有机胺溶液吸收低温甲醇洗酸性尾气中除硫化氢外的气体，提高酸性尾气中的硫化氢浓度，提高硫回收率；热再生装置可以使吸收气体后的有机胺溶液再生为气体和有机胺溶液，使有机胺溶液可再次使用，再生的气体进入低温甲醇洗主洗塔内继续参与低温甲醇洗的过程，实现闭环回收和近零排放，简单易操作、环保、能耗低。



1. 一种低温甲醇洗酸性尾气处理系统,该系统与低温甲醇洗主洗塔(5)连通;其特征在于,包括有机胺吸收塔(1);

所述有机胺吸收塔(1)的出气口与硫回收装置(2)的进气口连通,所述低温甲醇洗主洗塔(5)的尾气出口与所述有机胺吸收塔(1)的进气口连通;

所述有机胺吸收塔(1)还与热再生装置连通,所述热再生装置分别与所述有机胺吸收塔(1)以及所述低温甲醇洗主洗塔(5)的进气口连通。

2. 根据权利要求1所述一种低温甲醇洗酸性尾气处理系统,其特征在于,所述热再生装置包括闪蒸缓冲罐(3)和再生塔(4);

所述有机胺吸收塔(1)的出液口与所述闪蒸缓冲罐(3)的进液口连通,所述闪蒸缓冲罐(3)的出液口与所述再生塔(4)的进液口连通;

所述再生塔(4)的出液口与所述有机胺吸收塔(1)的进液口连通,所述再生塔(4)的出气口与所述低温甲醇洗主洗塔(5)的进气口连通。

3. 根据权利要求2所述一种低温甲醇洗酸性尾气处理系统,其特征在于,所述闪蒸缓冲罐(3)的出液口与所述再生塔(4)的进液口连通的管道上设有泵(31)。

4. 根据权利要求2所述一种低温甲醇洗酸性尾气处理系统,其特征在于,所述闪蒸缓冲罐(3)的出气口与尾气闪蒸气回收装置(32)的进气口连通。

5. 根据权利要求2所述一种低温甲醇洗酸性尾气处理系统,其特征在于,所述再生塔(4)的出气口和所述低温甲醇洗主洗塔(5)的进气口连通的管道上设有分支管道,所述分支管道与所述硫回收装置(2)的出气口连通;

所述分支管道与所述低温甲醇洗主洗塔(5)之间的管道上设有第一压缩机(51)。

6. 根据权利要求1~5任意一项所述一种低温甲醇洗酸性尾气处理系统,其特征在于,所述有机胺吸收塔(1)与所述低温甲醇洗主洗塔(5)的尾气出口之间的管道上设有第二压缩机(52)。

7. 一种采用权利要求1~6任意一项所述的处理系统进行低温甲醇洗酸性尾气处理的方法,其特征在于,

采用所述有机胺吸收塔(1)中的有机胺溶液吸收所述低温甲醇洗主洗塔(5)排出的酸性尾气中的杂质气体,得到含有高浓度硫化氢的酸性尾气;

所述含有高浓度硫化氢的酸性尾气进入所述硫回收装置(2),其中的硫化氢被回收;

所述有机胺吸收塔(1)中,吸收所述杂质气体的有机胺溶液进入所述热再生装置,使所述杂质气体和所述有机胺溶液分离并再生;

再生的所述有机胺溶液回到所述有机胺吸收塔(1)中,再生的所述杂质气体进入所述低温甲醇洗主洗塔(5)中。

8. 根据权利要求7所述一种低温甲醇洗酸性尾气处理的方法,其特征在于,所述有机胺溶液为有机胺组分和添加剂;其中,以质量百分数计,所述有机胺组分包括50%~70%的乙醇胺和30%~50%的甲基二乙醇胺;所述添加剂为氨基酸盐与三乙醇胺的混合溶液。

9. 根据权利要求7所述一种低温甲醇洗酸性尾气处理的方法,其特征在于,所述杂质气体包括二氧化碳、氮气、氩气或一氧化碳。

10. 根据权利要求7所述一种低温甲醇洗酸性尾气处理的方法,其特征在于,所述含有高浓度硫化氢的酸性尾气中,硫化氢的浓度大于或等于95%。

一种低温甲醇洗酸性尾气处理系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及煤化工技术领域,具体而言,涉及一种低温甲醇洗酸性尾气处理系统及方法。

背景技术

[0002] 低温甲醇洗工艺,是以冷甲醇为吸收溶剂,利用甲醇在低温下对酸性气体溶解度极大的优良特性,脱除原料气中的酸性气体的工艺。

[0003] 以煤为原料的化工生产中,粗合成气中含有大量多余的CO₂、少量的H₂S等酸性气体,这些酸性气体不利于生产,其中的硫化物会造成下游生产中的触媒中毒,必须将其脱除和回收。因此低温甲醇洗的技术核心就是酸性气脱除技术。

[0004] 一般而言,H₂S可进行回收再利用。然而,在低温甲醇洗工艺的酸性尾气中,H₂S的含量较低,一般在25~35%,这样低浓度的H₂S的回收难度较高、回收效率较低,导致回收装置的成本和运行能耗均较高。

[0005] 在现有技术中,对于低温甲醇洗工艺的酸性尾气中硫化氢回收,一般的原理是通过先对酸性尾气进行处理,使其中的硫化氢通过化学反应进行转化生成其他气体,再经过处理实现硫元素的回收。

[0006] 例如,专利号为CN201210104834的专利“与低温甲醇洗酸性气处理相结合的零排放硫回收工艺”公开的回收工艺中,采用克劳斯硫回收单元对低温甲醇洗酸性尾气进行处理,克劳斯回收单元的回收原理主要是通过氧气对硫化氢气体进行氧化,并经过各种相关的反应,最终实现硫元素的回收。

[0007] 可以看出,上述的低温甲醇洗酸性尾气的处理回收工艺虽然能够实现零排放的环保效果,但是回收过程复杂,回收成本较高,同时能耗也比较高。

[0008] 而其他的处理方法难以实现零排放的回收效果。

发明内容

[0009] 本发明所要解决的技术问题是提供一种低温甲醇洗酸性尾气处理系统及方法。

[0010] 本发明解决上述技术问题的技术方案如下:

[0011] 本发明提供一种低温甲醇洗酸性尾气处理系统,所述有机胺吸收塔的出气口与硫回收装置的进气口连通,所述低温甲醇洗主洗塔的尾气出口与所述有机胺吸收塔的进气口连通;所述有机胺吸收塔还与热再生装置连通,所述热再生装置分别与所述有机胺吸收塔以及所述低温甲醇洗主洗塔的进气口连通。

[0012] 本发明的上述技术方案的有益效果在于:通过设置有机胺吸收塔,可以使其中的有机胺溶液吸收低温甲醇洗酸性尾气中除硫化氢外的气体,从而提高酸性尾气中的硫化氢浓度,使酸性尾气中的硫在硫回收装置中的回收更加完全;同时,通过设置热再生装置,可以使吸收气体后的有机胺溶液再生为互相分离的气体和有机胺溶液,并且再生的有机胺溶液能够循环回有机胺吸收塔中被再次使用,分离的气体进入低温甲醇洗主洗塔内继续参与

低温甲醇洗的过程,从而实现对酸性尾气的闭环回收。

[0013] 本发明的上述技术方案还可通过以下进一步技术方案实施:

[0014] 进一步,所述热再生装置包括闪蒸缓冲罐和再生塔;所述有机胺吸收塔的出液口与所述闪蒸缓冲罐的进液口连通,所述闪蒸缓冲罐的出液口与所述再生塔的进液口连通;所述再生塔的出液口与所述有机胺吸收塔的进液口连通,所述再生塔的出气口与所述低温甲醇洗主洗塔的进气口连通。

[0015] 采用上述进一步技术方案的有益效果在于:可以将闪蒸和再生分别在不同的装置内完成,既能保证闪蒸过程的完全,还能保证再生过程有足够的空间,使有机胺溶液和气体的分离更加完整。

[0016] 进一步,所述闪蒸缓冲罐的出液口与所述再生塔的进液口连通的管道上设有泵。

[0017] 采用上述进一步技术方案的有益效果在于:通过设置泵,可以将有机胺溶液和气体同时泵送至再生塔内,提高传输效率,防止有机胺溶液与气体同时被送至再生塔的过程中,气体再次被吸收。

[0018] 进一步,所述闪蒸缓冲罐的出气口与尾气闪蒸气回收装置的进气口连通。

[0019] 采用上述进一步技术方案的有益效果在于:可对尾气闪蒸气进行回收。

[0020] 进一步,所述再生塔的出气口和所述低温甲醇洗主洗塔的进气口连通的管道上设有分支管道,所述分支管道与所述硫回收装置的出气口连通;所述分支管道与所述低温甲醇洗主洗塔之间的管道上设有第一压缩机。

[0021] 采用上述进一步技术方案的有益效果在于:通过设置分支管道,可以使经过硫回收装置进行硫回收后产生的气体与有机胺溶液吸收并再生的气体混合,并使两者能够同时在第一压缩机的作用下被输送进入低温甲醇洗主洗塔内,继续参与低温甲醇洗过程,从而实现低温甲醇洗酸性尾气的近零排放。

[0022] 进一步,所述有机胺吸收塔与所述低温甲醇洗主洗塔的尾气出口之间的管道上设有第二压缩机。

[0023] 采用上述进一步技术方案的有益效果在于:通过第二压缩机,可以为低温甲醇洗主洗塔排出的酸性尾气进行加压,使其能够快被送入有机胺吸收塔内。

[0024] 本发明提供一种采用上述的处理系统进行低温甲醇洗酸性尾气处理的方法,

[0025] 采用所述有机胺吸收塔中的有机胺溶液吸收所述低温甲醇洗主洗塔排出的酸性尾气中的杂质气体,得到含有高浓度硫化氢的酸性尾气;所述含有高浓度硫化氢的酸性尾气进入所述硫回收装置,其中的硫化氢被回收;所述有机胺吸收塔中,吸收所述杂质气体的有机胺溶液进入所述热再生装置,使所述杂质气体和所述有机胺溶液分离并再生;再生的所述有机胺溶液回到所述有机胺吸收塔中,再生的所述杂质气体进入所述低温甲醇洗主洗塔中。

[0026] 进一步,有机胺组分和添加剂;其中,以质量百分数计,所述有机胺组分包括50%~70%的乙醇胺和30%~50%的甲基二乙醇胺;所述添加剂为氨基酸盐与三乙醇胺的混合溶液。

[0027] 进一步,所述杂质气体包括二氧化碳、氮气、氩气或一氧化碳。

[0028] 进一步,所述含有高浓度硫化氢的酸性尾气中,硫化氢的浓度大于或等于95%。

[0029] 本发明的低温甲醇洗酸性尾气处理方法的有益效果在于:通过有机胺溶液对酸性

尾气中的杂质气体进行回收,实现硫化氢浓度的提高,从而使硫回收率得到提高;同时,杂质气体还能够在热再生后与有机胺溶液分离,从而使其能够回到低温甲醇洗主洗塔中,实现近零排放的回收过程。该方法具有回收率高、简单易操作、环保、成本能耗低的优点。

附图说明

- [0030] 图1为本发明的低温甲醇洗酸性尾气处理系统的结构示意图。
- [0031] 附图中,各标号所代表的部件列表如下:
- [0032] 1、有机胺吸收塔;2、硫回收装置;
- [0033] 3、闪蒸缓冲罐;31、泵;32、尾气闪蒸气回收装置;
- [0034] 4、再生塔;
- [0035] 5、低温甲醇洗主洗塔;51、第一压缩机;52、第二压缩机。

具体实施方式

[0036] 以下结合附图对本发明的原理和特征进行描述,所举实例只用于解释本发明,并非用于限定本发明的范围。

[0037] 如图1所示,本发明的低温甲醇洗酸性尾气处理系统,与低温甲醇洗主洗塔5连通;包括有机胺吸收塔1;有机胺吸收塔1的出气口与硫回收装置2的进气口连通,低温甲醇洗主洗塔5的尾气出口与有机胺吸收塔1的进气口连通;有机胺吸收塔1还与热再生装置连通,热再生装置分别与所述有机胺吸收塔1以及所述低温甲醇洗主洗塔5的进气口连通;上述的连通方式均通过管道连通。

[0038] 本发明的低温甲醇洗酸性尾气处理系统,通过设置有机胺吸收塔1,可以使其中的有机胺溶液吸收低温甲醇洗酸性尾气中除硫化氢外的杂质气体,从而提高酸性尾气中的硫化氢浓度,使酸性尾气中的硫在硫回收装置2中的回收更加完全;同时,通过设置热再生装置,可以使吸收气体后的有机胺溶液再生为互相分离的气体和有机胺溶液,并且再生的有机胺溶液能够循环回有机胺吸收塔1中被再次使用,分离的气体进入低温甲醇洗主洗塔5内继续参与低温甲醇洗的过程,从而实现对酸性尾气的闭环回收。

[0039] 在本发明中,杂质气体溶解于有机胺溶液中,并不发生化学反应。

[0040] 本发明的硫回收装置2为多级氢氧化钠吸收装置,在多级氢氧化钠吸收装置中,包含有至少两个互相连通的吸收容器,每个吸收容器中盛有氢氧化钠溶液,高浓度硫化氢的酸性尾气依次经过至少两个吸收容器,使其中的硫化氢气体能够与氢氧化钠溶液充分反应,提高硫元素的回收率。

[0041] 上述实施例中,优选的,每个吸收容器中的氢氧化钠溶液浓度可以相同,也可以不同。

[0042] 上述实施例中,优选的,每个吸收容器中的氢氧化钠溶液浓度为32%。

[0043] 低温甲醇洗酸性尾气中,主要包含硫化氢和二氧化碳,其中,硫化氢的浓度为25~35%;另外,还含有少量的氮气、氩气和一氧化碳。

[0044] 本发明的热再生装置可以包括多种能够提供热量并使有机胺溶液与杂质气体分离的装置。在本发明的一个实施例中,热再生装置为闪蒸塔,吸收杂质气体后的有机胺溶液进入闪蒸塔后,经过蒸汽闪蒸,使有机胺溶液与其吸收的气体分离。然而,单独使用闪蒸塔

进行热再生，分离后的杂质气体中容易夹杂闪蒸尾气，这样难以对分离后的气体进行收集和再利用；另外，在闪蒸塔中直接进行闪蒸和分离，会导致闪蒸效果差、分离效果差等问题。

[0045] 因此，在本发明的一个实施例中，热再生装置包括闪蒸缓冲罐3和再生塔4；有机胺吸收塔1的出液口与闪蒸缓冲罐3的进液口连通，闪蒸缓冲罐3的出液口与再生塔4的进液口连通；再生塔4的出液口与有机胺吸收塔1的进液口连通，再生塔4的出气口低温甲醇洗主洗塔5的进气口连通；有机胺溶液在有机胺吸收塔1中吸收杂质气体后，先进入闪蒸缓冲罐3中进行闪蒸，使有机胺溶液与溶解与其吸收的杂质气体分离，有机胺溶液和分离的杂质气体再同时进入再生塔4中；在再生塔4内，分离的杂质气体上升，并由位于其上侧的出气口排出再生塔4，分离后的有机胺溶液下降，并由位于其下侧的出液口离开再生塔4；这样，可以将闪蒸和再生分别在不同的装置内完成，既能保证闪蒸过程的完全，还能保证再生过程有足够的空间，使有机胺溶液和杂质气体的分离更加完整。

[0046] 上述实施例中，优选的，闪蒸缓冲罐3的出液口与再生塔4的进液口连通的管道上设有泵31；通过设置泵31，可以将有机胺溶液和杂质气体同时泵送至再生塔4内，提高传输效率，防止有机胺溶液与杂质气体同时被送至再生塔4的过程中，气体再次被吸收。

[0047] 上述实施例中，优选的，闪蒸缓冲罐3的出气口与尾气闪蒸气回收装置32的进气口连通；蒸汽在对有机胺溶液进行闪蒸后，会产生尾气闪蒸气，尾气闪蒸气中主要包含的是水蒸气和少量有机胺溶液中的气体；通过设置尾气闪蒸气回收装置32，可以对尾气闪蒸气进行回收，防止闪蒸后的尾气闪蒸气对后续的闪蒸过程造成影响。

[0048] 上述实施例中，优选的，再生塔4和低温甲醇洗主洗塔5连通的管道上设有分支管道，分支管道与硫回收装置2连通；分支管道与低温甲醇洗主洗塔5之间设有第一压缩机51；通过设置分支管道，可以使经过硫回收装置2进行硫回收后产生的气体与有机胺溶液吸收并再生的气体混合，并使两者能够同时在第一压缩机51的作用下被输送进入低温甲醇洗主洗塔5内，继续参与低温甲醇洗过程，从而实现低温甲醇洗酸性尾气的近零排放。

[0049] 上述实施例中，优选的，有机胺吸收塔1与低温甲醇洗主洗塔5的尾气出口之间的管道上设有第二压缩机52；通过第二压缩机52，可以为低温甲醇洗主洗塔5排出的酸性尾气进行加压，使其能够快被送入有机胺吸收塔1内。

[0050] 上述实施例中，优选的，第一压缩机51和第二压缩机52的可施加的压力范围为0.6~1.0MPa。

[0051] 上述实施例中，优选的，第一压缩机51和第二压缩机52的可施加的压力范围为0.8MPa。

[0052] 上述实施例中，优选的，闪蒸缓冲罐3中的闪蒸蒸汽压力为0.3~0.7MPa。

[0053] 上述实施例中，优选的，闪蒸闪蒸缓冲罐3中的闪蒸蒸汽压力为0.5MPa。

[0054] 本发明的低温甲醇洗酸性尾气处理的方法，采用上述处理系统进行。该方法采用有机胺吸收塔1中的有机胺溶液吸收低温甲醇洗主洗塔5排出的酸性尾气中的杂质气体，得到含有高浓度硫化氢的酸性尾气；含有高浓度硫化氢的酸性尾气进入硫回收装置2，其中的硫化氢与所述硫回收装置2中的氢氧化钠溶液反应；有机胺吸收塔1中，吸收杂质气体的有机胺溶液进入热再生装置，并经过蒸汽闪蒸处理，使杂质气体和有机胺溶液分离；分离后的有机胺溶液回到有机胺吸收塔1中，分离后的杂质气体进入所述低温甲醇洗主洗塔5中。

[0055] 通过有机胺溶液对酸性尾气中的杂质气体进行回收，实现硫化氢浓度的提高，从

而使硫回收率得到提高；同时，杂质气体还能够在热再生后与有机胺溶液分离，从而使其能够回到低温甲醇洗主洗塔5中，实现近零排放的回收过程。该方法具有回收率高、简单易操作、环保、成本能耗低的优点。

[0056] 本发明的酸性尾气处理方法中，有机胺溶液包括有机胺组分和添加剂。有机胺组分为含有伯胺结构的乙醇胺类溶液和含有叔胺结构的醇胺类溶液。

[0057] 优选的，以质量百分数计，有机胺组分包括50%~70%的乙醇胺(MEA)和30%~50%的甲基二乙醇胺(MDEA)；添加剂为氨基酸盐与三乙醇胺的混合溶液，能够维持有机胺溶液稳定，防止有机胺溶液在进行闪蒸时被热分解。

[0058] 需要说明的是，由于乙醇胺和甲基二乙醇胺具有吸收二氧化碳等气体的功能，因此上述有机胺溶液中，两者的浓度为市售的常规浓度；而添加剂的含量采用本领域的常规用量即可。

[0059] 本发明的酸性尾气处理方法中，杂质气体包括二氧化碳、氮气、氩气或一氧化碳。

[0060] 需要说明的是，在实际操作中，杂质气体还包括少量的硫化氢气体，这些硫化氢气体仅占杂质气体总浓度的1%，属于实际操作中的损耗；由于经过有机胺溶液的吸收后，酸性尾气中的硫化氢浓度大于或等于95%，这些被有机胺溶液吸收的少量硫化氢可以忽略不计。

[0061] 在本发明的方法中，进入有机胺吸收塔1的酸性尾气、进入低温甲醇洗主洗塔5的再生后的杂质气体可被加压至0.6~1.0MPa，优选为0.8MPa。

[0062] 在本发明的方法中，闪蒸蒸汽的压力为0.3~0.7MPa，优选为0.5MPa。

[0063] 以下通过实施例对本发明的技术方案及工作过程进行具体说明：

[0064] 实施例1

[0065] 本实施例采用本发明的酸性尾气处理系统对低温甲醇洗工艺中产生的酸性尾气进行处理。为了能够准确验证本发明的系统和方法的良好效果，本实施例还在有机胺吸收塔1的进气口处、再生塔4的出气口处分别设置了硫化氢浓度传感器，以测试处理前后的酸性气体中的硫化氢浓度。

[0066] 本实施例的酸性尾气处理系统中，各装置的进液口、出液口、进气口和出气口的具体位置如下：

[0067] 有机胺吸收塔1的出液口位于其底部，出气口位于顶部，进气口和进液口均位于侧壁，并且进液口在竖直方向上位于进气口的上侧。

[0068] 闪蒸缓冲罐3的进液口位于闪蒸缓冲罐3的侧壁，出液口位于闪蒸缓冲罐3的底部，出气口位于顶部。

[0069] 再生塔4的进液口位于再生塔4的侧壁，出液口位于再生塔4的底部，出气口位于再生塔4的顶部。

[0070] 具体的工作过程为，先将低温甲醇洗主洗塔5产生的酸性尾气通过第二压缩机52加压至0.8MPa，并通入有机胺吸收塔1内，有机胺吸收塔1内的有机胺溶液对酸性尾气中的杂质气体进行吸收，吸收后，含有高浓度硫化氢的酸性尾气进入硫回收装置2中，与氢氧化钠溶液反应，并生成硫氢化钠晶体，实现硫元素的回收。

[0071] 吸收杂质气体的有机胺溶液进入闪蒸缓冲罐3中，在0.5MPa的蒸汽闪蒸后，通过泵31输送至再生塔4中。在再生塔4中，有机胺溶液与杂质气体分离再生；再生的杂质气体通过

再生塔4顶部的出气口进入低温甲醇洗主洗塔5内，再生的有机胺溶液通过再生塔4底部的出液口循环回有机胺吸收塔1内，继续参与对酸性尾气中杂质气体的吸收。

[0072] 硫回收装置2中的少量尾气通过分支管道与再生的杂质气体混合后，同时在第一压缩机51加压至0.8MPa后，进入低温甲醇洗主洗塔5内。

[0073] 将有机胺吸收塔1的进液口设置在进气口的上侧，可以使回有机胺吸收塔1内的再生有机胺溶液由上至下流动，增加了有机胺溶液与酸性尾气的接触面积，有效提高了杂质气体的吸收率。

[0074] 经过测试，本实施例中，处理前的酸性尾气中，硫化氢的浓度为30%，在有机胺吸收塔1中经过有机胺溶液吸收杂质气体后，硫化氢的浓度提高至96%；可见，本发明的系统和方法能够大幅度提高酸性尾气中的硫化氢浓度。

[0075] 本实施例中，由再生塔4排出的再生的杂质气体中，CO₂的浓度为85%、N₂的浓度为12%，Ar₂与CO的总浓度为2%；另外，再生的杂质气体中还含有少量的H₂S，浓度为1%。

[0076] 本发明的低温甲醇洗酸性尾气处理系统和方法，能够实现低温甲醇洗酸性尾气中硫化氢浓度的提高，解决硫回收困难问题；同时，再生的杂质气体可返回低温甲醇洗主洗塔5中，实现闭环操作，从而实现酸性尾气的近零排放。本发明具有环保、安全风低、能耗低等优点。

[0077] 在本发明的描述中，需要说明的是，术语“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“顶”、“底”、等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明的限制。

[0078] 此外，术语“第一”、“第二”仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此，限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括至少一个该特征。在本发明的描述中，“多个”的含义是至少两个，例如两个，三个等，除非另有明确具体的限定。

[0079] 在本发明中，除非另有明确的规定和限定，第一特征在第二特征“上”或“下”可以是第一和第二特征直接接触，或第一和第二特征通过中间媒介间接接触。而且，第一特征在第二特征“之上”、“上方”和“上面”可是第一特征在第二特征正上方或斜上方，或仅仅表示第一特征水平高度高于第二特征。第一特征在第二特征“之下”、“下方”和“下面”可以是第一特征在第二特征正下方或斜下方，或仅仅表示第一特征水平高度小于第二特征。

[0080] 在本说明书的描述中，参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中，对上述术语的示意性表述不必须针对的是相同的实施例或示例。而且，描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外，在不相互矛盾的情况下，本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和组合。

[0081] 在本发明的描述中，需要说明的是，除非另有明确的规定和限定，术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解，例如，可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或一体地连接；可以是机械连接，也可以是电连接；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连，可以是

两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言，可以具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0082] 以上所述仅为本发明的较佳实施例，并不用以限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

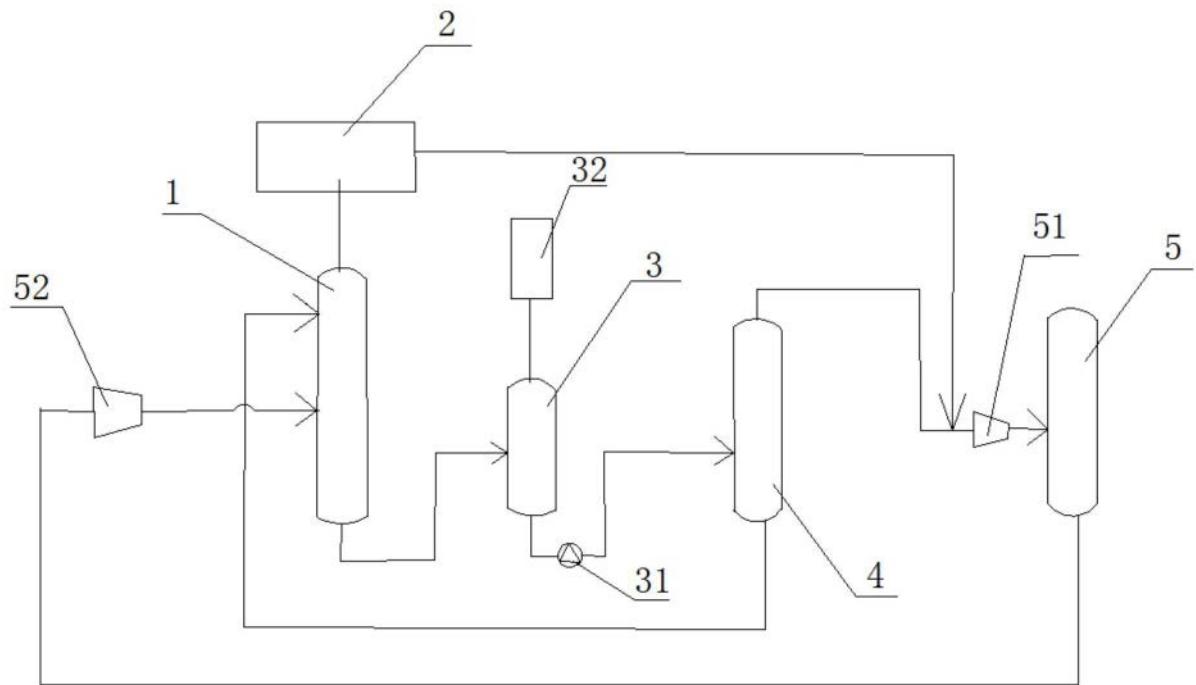


图1