(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109925839 A
(43)申请公布日 2019.06.25

(21)申请号 201910270603.6

(22)申请日 2019.04.04

(71)申请人 华北水利水电大学
地址 450011 河南省郑州市金水区北环路36号

(72)发明人 王为术 刘军 徐维晖 杨智峰 李全功 罗晓宇 郑毫楠

(74)专利代理机构 郑州联科专利事务所(普通合伙) 41104
代理人 刘建芳 刘绍杰

(51)Int.Cl.
B01D 53/00(2006.01)
B01D 53/81(2006.01)
B01D 53/50(2006.01)
B03C 3/017(2006.01)

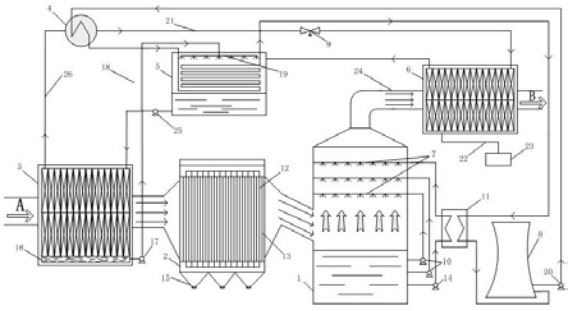
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种利用烟气余热深度冷凝除雾系统

(57)摘要

本发明公开了一种利用烟气余热深度冷凝除雾系统，包括依次连接设置的发生室、脱硫塔和蒸发室，还包括冷凝器和吸收器；发生室和蒸发室与其两者之间的冷凝器和吸收器共同构成余热制冷循环系统；发生室内设有发生换热器，烟气由发生换热器内通过，发生室的腔室内还充有制冷剂-吸收剂溶液；蒸发室内设有蒸发换热器，烟气由蒸发换热器内通过消除过饱和水蒸气并降低烟温。本发明利用工业低质余热制取冷源，适应性强、稳定性高，受季节影响较小，且制取的冷能用于对脱硫后湿烟气的深度冷凝，达到烟囱除雾消白的效果，可广泛应用于电站锅炉及工业锅炉烟囱湿烟羽治理。



CN 109925839 A

1.一种利用烟气余热深度冷凝除雾系统,其特征在于:包括依次连接设置的发生室、脱硫塔和蒸发室,还包括冷凝器和吸收器;发生室和蒸发室与其两者之间的冷凝器和吸收器共同构成余热制冷循环系统;

发生室内设有发生换热器,烟气由发生换热器内通过,发生室的腔室内还充有制冷剂-吸收剂溶液;

蒸发室内设有蒸发换热器,烟气由蒸发换热器内通过消除过饱和水蒸气并降低烟温,蒸发室的顶部设有向蒸发换热器喷淋的布液器;

发生室的顶部连接有高压制冷蒸汽管路,高压制冷蒸汽管路与冷凝器的进汽口连接,冷凝器的出液口与蒸发室内的布液器通过制冷剂管路连接,制冷剂管路上配设有膨胀阀;发生室的底部连接有制冷剂-吸收剂浓溶液输送管道,制冷剂-吸收剂浓溶液输送管道与吸收器的布液器进口连接;

蒸发室上部还连接有低压制冷剂蒸汽管路,低压制冷剂蒸汽管路与吸收器汽体进口连接,进入吸收器中低压制冷剂蒸汽被制冷剂-吸收剂浓溶液吸收,在吸收器下方形成制冷剂-吸收剂稀溶液;吸收器底部设有吸收器溶液出口,吸收器溶液出口与发生室通过制冷剂-吸收剂稀溶液输送管道连接。

2.根据权利要求1所述的一种利用烟气余热深度冷凝除雾系统,其特征在于:所述蒸发换热器上分别设有冷凝水出口,冷凝水出口通过导流管与收水池连接,将烟气侧冷凝水由导流管引入收水池。

3.根据权利要求1所述的一种利用烟气余热深度冷凝除雾系统,其特征在于:所述制冷剂-吸收剂浓溶液输送管道上配设有溶液循环泵。

4.根据权利要求1所述的一种利用烟气余热深度冷凝除雾系统,其特征在于:所述制冷剂-吸收剂稀溶液输送管道上配设有溶液循环泵。

5.根据权利要求1-4任一项所述的一种利用烟气余热深度冷凝除雾系统,其特征在于:所述吸收器和冷凝器共用冷却水管路,冷却水管路先通过冷凝器之后再进入吸收器中,冷却水管路内的冷却水由冷却塔提供,冷却水经冷却塔流出后经过冷却水管路,后再回流到冷却塔。

6.根据权利要求5所述的一种利用烟气余热深度冷凝除雾系统,其特征在于:所述脱硫塔为湿法烟气脱硫结构,脱硫塔的底部设有塔底浆液池,塔底浆液池由浆液循环管路与设于脱硫塔上部的脱硫塔浆液喷淋装置连接,且浆液循环管路与冷却水管路的回流部分之间设有管路换热器进行热量交换。

7.根据权利要求6所述的一种利用烟气余热深度冷凝除雾系统,其特征在于:所述发生室和脱硫塔之间还设有除尘器。

一种利用烟气余热深度冷凝除雾系统

技术领域

[0001] 本发明涉及电站锅炉及工业锅炉烟囱烟羽治理技术领域，尤其涉及一种利用烟气余热深度冷凝除雾系统。

背景技术

[0002] 为响应国家燃煤电厂环保工作要求，电站锅炉或工业锅炉通常对烟气进行脱硫脱硝处理后才会排放至烟囱。由于目前所使用的大多为湿式脱硫方式，导致排放至烟囱的为过饱和湿烟气。烟气经烟囱直接排放到大气中，与温度较低的环境空气接触，烟气在降温的过程中，烟气所含的过饱和水蒸气凝结成水滴，对光线产生折射和散射，从而在烟囱出口形成雾状的白色或者灰色的烟羽。

[0003] 湿烟羽的形成不仅造成视觉污染和环境污染，恶化城市景观，还会加剧雾霾的形成。热电厂烟囱的除雾消白不仅要取得城市景观方面的环境效益，还要收集烟气中含有的粉尘颗粒、硫酸盐、硝酸盐等等，对除尘和脱硫脱硝效率有极大的提高。

[0004] 燃煤电厂在治理环境污染的同时，有效利用能源也是重中之重。在工业生产中，余热回收利用是提高电厂经济运行，节约燃料的一条重要途径。热电厂的生产过程中存在各种余热，譬如烟气的余热，通常工业锅炉的空气预热器和省煤器是利用烟气的热量来加热燃烧所需要空气和加热给水，通过省煤器后的烟气余热就很少再利用。燃煤电厂热系统中存在着各种能级的余热，选择合适的余热利用场所，对提高能源利用效率起到至关重要的作用。

[0005] 目前，对于烟囱湿烟羽的治理，由湿烟羽的形成机理总结出三种解决方法：烟气加热法、烟气降温冷凝法、烟气冷凝再加热法。结合工业余热利用技术，利用低质余热作为热源的吸收式制冷循环制取冷源的方法可以为燃煤电厂的湿烟羽治理提供新的解决方案。

[0006] 公告号CN109045953A的发明专利公开了一种烟气冷却降温冷凝除湿脱污再热消白系统，该系统由烟气深度冷却器、烟气冷凝换热器、烟气再热器和冷源等组成；烟气深度冷却过程为烟气再热提供热源，加热主凝结水，降低脱硫塔出口烟温；烟气冷凝过程可加热主凝结水，为热泵提供热源，回收水资源，降低烟气含湿量；烟气再热过程降低排烟的相对湿度，从视觉上消除白烟。该系统创新冷凝换热器结构，采用316L代替氟塑料、钛合金等，引入机械通风盐水塔和智能调控系统，降低装置及系统的造价和能耗，在视觉上消除白烟的同时，梯级回收烟气中的余热，脱除50％以上的PM2.5、SO_3和15％以上的NO_x，兼顾环保效益与经济利益。

[0007] 但是上述技术方案仍然存在消雾不够彻底、节能和环保效果不好、能源利用率低的缺陷。

发明内容

[0008] 本发明的目的在于提供一种利用烟气余热深度冷凝除雾系统。

[0009] 为解决上述技术问题，本发明采用如下技术方案：

一种利用烟气余热深度冷凝除雾系统，包括依次连接设置的发生室、脱硫塔和蒸发室，还包括冷凝器和吸收器；发生室和蒸发室与其两者之间的冷凝器和吸收器共同构成余热制冷循环系统；

发生室内设有发生换热器，烟气由发生换热器内通过，发生室的腔室内还充有制冷剂-吸收剂溶液；

蒸发室内设有蒸发换热器，烟气由蒸发换热器内通过消除过饱和水蒸气并降低烟温，蒸发室的顶部设有向蒸发换热器喷淋的布液器；

发生室的顶部连接有高压制冷蒸汽管路，高压制冷蒸汽管路与冷凝器的进汽口连接，冷凝器的出液口与蒸发室内的布液器通过制冷剂管路连接，制冷剂管路上配设有膨胀阀；发生室的底部连接有制冷剂-吸收剂浓溶液输送管道，制冷剂-吸收剂浓溶液输送管道与吸收器的布液器进口连接；

蒸发室上部还连接有低压制冷剂蒸汽管路，低压制冷剂蒸汽管路与吸收器汽体进口连接，进入吸收器中低压制冷剂蒸汽被制冷剂-吸收剂浓溶液吸收，在吸收器下方形成制冷剂-吸收剂稀溶液；吸收器底部设有吸收器溶液出口，吸收器溶液出口与发生室通过制冷剂-吸收剂稀溶液输送管道连接。

[0010] 所述蒸发换热器上分别设有冷凝水出口，冷凝水出口通过导流管与收水池连接，将烟气侧冷凝水由导流管引入收水池。

[0011] 所述制冷剂-吸收剂浓溶液输送管道上配设有溶液循环泵。

[0012] 所述制冷剂-吸收剂稀溶液输送管道上配设有溶液循环泵。

[0013] 所述吸收器和冷凝器共用冷却水管路，冷却水管路先通过冷凝器之后再进入吸收器中，冷却水管路内的冷却水由冷却塔提供，冷却水经冷却塔流出后经过冷却水管路，后再回流到冷却塔。

[0014] 所述脱硫塔为湿法烟气脱硫结构，脱硫塔的底部设有塔底浆液池，塔底浆液池由浆液循环管路与设于脱硫塔上部的脱硫塔浆液喷淋装置连接，且浆液循环管路与冷却水管路的回流部分之间设有管路换热器进行热量交换。

[0015] 所述发生室和脱硫塔之间还设有除尘器。

[0016] 本发明的有益效果：

1．本发明基于工业低质余热制冷与湿烟气除雾消白处理结合的方式，利用工业低质余热制取冷能，用于燃煤电厂湿烟羽的有效治理，达到既实现环保工作要求又有效利用工业余热的目的。

[0017] 本发明利用工业低质余热制取冷源，且制取的冷能用于对脱硫后湿烟气的深度冷凝，达到烟囱除雾消白的效果，可广泛应用于电站锅炉及工业锅炉烟囱湿烟羽治理，且实现了烟气余热回收利用。

[0018] 本发明利用烟气低质余热做热源驱动，利用吸收式制冷制取冷能，用于脱硫后湿烟气冷凝，收集过饱和湿烟气中的水蒸气，实现低质余热的有效利用，并完成排放烟气除雾消白任务。

[0019] 2．本发明采用烟气降温冷凝法，除雾消白效果显著，不仅节约能源降低生产成本，而且充分有效地利用工业余热，对电站锅炉和燃煤电厂工业生产中湿烟羽治理，提出了创新性的技术方案。

[0020] 与传统的烟气降温冷凝法不同，本发明载取工业生产中低质烟气余热制冷，用获取的冷能替代传统烟气降温中的冷却水，对消除电站锅炉或工业锅炉脱硫脱硝后湿烟气产生的有色烟羽有更加显著的成效。

[0021] 3.本发明的技术方案适应性强、稳定性高，载取工业余热为热源的吸收式制冷方式，受季节影响较小。

[0022] 4. 本发明的设计简洁明确，为工业余热回收、吸收式制冷和烟气除雾消白联合应用，可实现工业节能消白一体化，且实施安装方便，只需在锅炉原有设备的基础上加装制冷循环系统即可。

[0023] 5.本发明从有效利用工业余热的角度出发，利用吸收式制冷循环制取冷能，用于对锅炉尾部过饱和湿烟气进行冷凝，消除烟气中过饱和水蒸气，达到工业污染治理中烟囱除雾消白的目的。

附图说明

[0024] 附图1为本发明实施例的系统示意图。

[0025] 图中个部件的附图标记：1—脱硫塔；2—除尘器；3—发生室；4—冷凝器；5—吸收室；6—蒸发室；7—脱硫塔浆液喷淋装置；8—冷却塔；9—膨胀阀；10—直接浆液循环泵；11—管路换热器；12—电晕线；13—电极板；14—间接浆液循环泵；15—积灰处理装置；16—浓溶液池；17—溶液循环泵；18—制冷剂-吸收剂浓溶液输送管道；19—布液器；20—冷却水循环泵；21—制冷剂管路；22—导流管；23—收水池；24—排烟通道；25—溶液循环泵；26—高压制冷蒸汽管路。

具体实施方式

[0026] 以下结合附图对本发明的具体实施方式进行详细说明。应当理解的是，此处所描述的具体实施方式仅用于说明和解释本发明，并不用于限制本发明。图1中箭头A为烟气入口，箭头B为烟气出口。

[0027] 如图1所示，本实施例的一种利用烟气余热深度冷凝除雾系统，包括依次连接设置的发生室3、除尘器2、脱硫塔1和蒸发室6，还包括冷凝器4和吸收器5；发生室3和蒸发室6与其两者之间的冷凝器4和吸收器5共同构成余热制冷循环系统。

[0028] 发生室3内设有发生换热器，烟气由发生换热器内通过，发生室3的腔室内还充有制冷剂-吸收剂溶液。发生室3的烟气进出口管道进行防磨防腐处理。

[0029] 除尘器2为电除尘器，烟气经发生室内的发生换热器降温后进入除尘器2，由电晕线12产生强大电场使烟气中灰尘带电，在通过除尘器的过程中，被电极板13吸附沉降，达到除尘目的。除尘器2的底部还设有积灰处理装置。

[0030] 脱硫塔1为湿法烟气脱硫结构，除尘后的烟气进入脱硫塔1进行烟气脱硫处理，烟气湿式脱硫法脱硫是目前应用广泛且效果显著的脱硫方法。

[0031] 脱硫塔1的底部设有塔底浆液池，塔底浆液池由浆液循环管路与设于脱硫塔上部的脱硫塔浆液喷淋装置7连接，浆液循环管路上还设有直接浆液循环泵10、间接浆液循环泵14。脱硫塔1上还设有脱硫废水排放管路和处理装置。

[0032] 蒸发室6内设有蒸发换热器，烟气由蒸发换热器内通过消除过饱和水蒸气并降低

烟温，且蒸发室的顶部设有向蒸发换热器喷淋的布液器。蒸发换热器大小由蒸发室的实际尺寸及排烟量确定，蒸发换热器可由单个换热结构或多个换热结构构成，换热面进行强化换热及防磨防腐处理。

[0033] 脱硫后湿烟气含有大量过饱和水蒸气，是造成热媒电厂烟囱排烟形成雾状烟羽的根本原因。本发明在湿烟气进入排烟通道24后和引入烟囱前加设吸收式制冷的蒸发室6，蒸发室6内设用于冷凝烟气中水蒸汽的蒸发换热器，蒸发室6内产生的冷量，用于湿烟气的冷凝并回收烟气中的过饱和水蒸气，烟气侧冷凝水由导流管22引入收水池23。经过蒸发室6对烟气冷凝处理，可以降低烟气中的绝对含湿量，保证烟气含湿量，在烟气通过烟囱时的降温过程中始终低于饱和含湿量值，保证烟气中的水蒸气始终处于气相状态，不会发生相变析出冷凝水。

[0034] 余热制冷循环系统为闭式循环，不涉及工质掺混，便于实现精准控制，可达到更好的制冷效果。因该制冷循环是闭式循环，制冷循环中的制冷剂-吸收剂工质对可为多种，根据本发明的一个实施例，以水为制冷剂，以溴化锂溶液为吸收剂。

[0035] 发生室3的顶部连接有高压制冷蒸汽管路26，高压制冷蒸汽管路26与冷凝器4的进汽口连接，冷凝器4的出液口与蒸发室6内的布液器通过制冷剂管路21连接，制冷剂管路上配设有膨胀阀9。发生室3的底部形成浓溶液池16，浓溶液池16处连接有制冷剂-吸收剂浓溶液输送管道18，制冷剂-吸收剂浓溶液输送管道与吸收器5的布液器19进口连接，制冷剂-吸收剂浓溶液输送管道18上配设溶液循环泵17。

[0036] 蒸发室6上部还连接有低压制冷剂蒸汽管路，低压制冷剂蒸汽管路与吸收器5汽体进口连接，进入吸收器5中低压制冷剂蒸汽被制冷剂-吸收剂浓溶液吸收，在吸收器下方形成制冷剂-吸收剂稀溶液；吸收器5底部设有吸收器溶液出口，吸收器溶液出口与发生室3通过制冷剂-吸收剂稀溶液输送管道连接，制冷剂-吸收剂稀溶液输送管上配设有溶液循环泵25。

[0037] 本实施例中，吸收器5和冷凝器4共用冷却水管路，冷却水管路先通过冷凝器4之后再进入吸收器5中，冷却水管路内的冷却水由冷却塔8提供，冷却水经冷却塔8流出后经过冷却水管路，后再回流到冷却塔8。冷却水管路上设冷却水循环泵20。

[0038] 本实施例中，浆液循环管路与冷却水管路的回流部分之间设有管路换热器11进行热量交换，完成冷却水对浆液循环管路的冷却。

[0039] 本发明中余热制冷循环系统的工作原理如下：吸收室5中的溴化锂稀溶液用溶液循环泵25输送到发生室3中，在发生室3中利用烟气余热的热量蒸发溶液中的制冷剂，形成高压制冷蒸汽，蒸发出来的高压制冷蒸汽进入冷凝器4，未被蒸发的溶液汇集在发生室3底部的溶液池16形成制冷剂-吸收剂浓溶液，经膨胀阀降压后输送到吸收室5顶部的布液器19，喷淋出的制冷剂-吸收剂浓溶液吸收从蒸发室6出来的低压制冷剂蒸汽，并由吸收室5中的冷却装置带走浓溶液吸收低压制冷剂蒸汽时所产生的热量，吸收过制冷剂蒸汽的制冷剂-吸收剂溶液变为稀溶液，再由溶液循环泵25输送至发生室3；进入冷凝器4的高压制冷蒸汽被冷却水冷凝成制冷剂液体，再经膨胀阀9膨胀到低压状态，然后送至蒸发室6的布液器中喷淋至蒸发室6中的换热换热器上吸收脱硫后湿热烟气的热量，湿烟气降温冷凝，制冷剂升温蒸发形成低压制冷剂蒸汽，烟气侧冷凝水由导流管22引入收水池23并与脱硫塔1中塔底浆液池中水一同处理再循环利用，蒸发室6内产生低压制冷剂蒸气通入吸收室5，被制冷

剂-吸收剂浓溶液吸收形成稀溶液，恢复到起始状态，完成循环。

[0040] 本发明基于工业低质余热制冷与湿烟气除雾消白处理结合的方式，利用工业低质余热制取冷能，用于燃煤电厂湿烟羽的有效治理，达到既实现环保工作要求又有效利用工业余热的目的。

[0041] 本发明利用工业低质余热制取冷源，适应性强、稳定性高，受季节影响较小，且制取的冷能用于对脱硫后湿烟气的深度冷凝，达到烟囱除雾消白的效果，可广泛应用于电站锅炉及工业锅炉烟囱湿烟羽治理，且实现了烟气余热回收利用。

[0042] 本发明利用烟气低质余热做热源驱动，利用吸收式制冷制取冷能，用于脱硫后湿烟气冷凝，收集过饱和湿烟气中的水蒸气，实现低质余热的有效利用，并完成排放烟气除雾消白任务。

[0043] 本发明采用烟气降温冷凝法，除雾消白效果显著，不仅节约能源降低生产成本，而且充分有效地利用工业余热，对电站锅炉和燃煤电厂工业生产中湿烟羽治理，提出了创新性的技术方案。

[0044] 与传统的烟气降温冷凝法不同，本申请载取工业生产中低质烟气余热制冷，用获取的冷能替代传统烟气降温中的冷却水，对消除电站锅炉或工业锅炉脱硫脱硝后湿烟气产生的有色烟羽有更加显著的成效。

[0045] 本发明从有效利用工业余热的角度出发，利用吸收式制冷循环制取冷能，用于对锅炉尾部过饱和湿烟气进行冷凝，消除烟气中过饱和水蒸气，达到工业污染治理中烟囱除雾消白的目的。

[0046] 本发明的设计简洁明确，为工业余热回收、吸收式制冷和烟气除雾消白联合应用，可实现工业节能消白一体化，且实施安装方便，只需在锅炉原有设备的基础上加装余热制冷循环系统即可。

[0047] 以上实施例仅用以说明而非限制本发明的技术方案，尽管参照上述实施例对本发明进行了详细说明，本领域的普通技术人员应当理解：依然可以对本发明进行修改或者等同替换，而不脱离本发明的精神和范围的任何修改或局部替换，其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

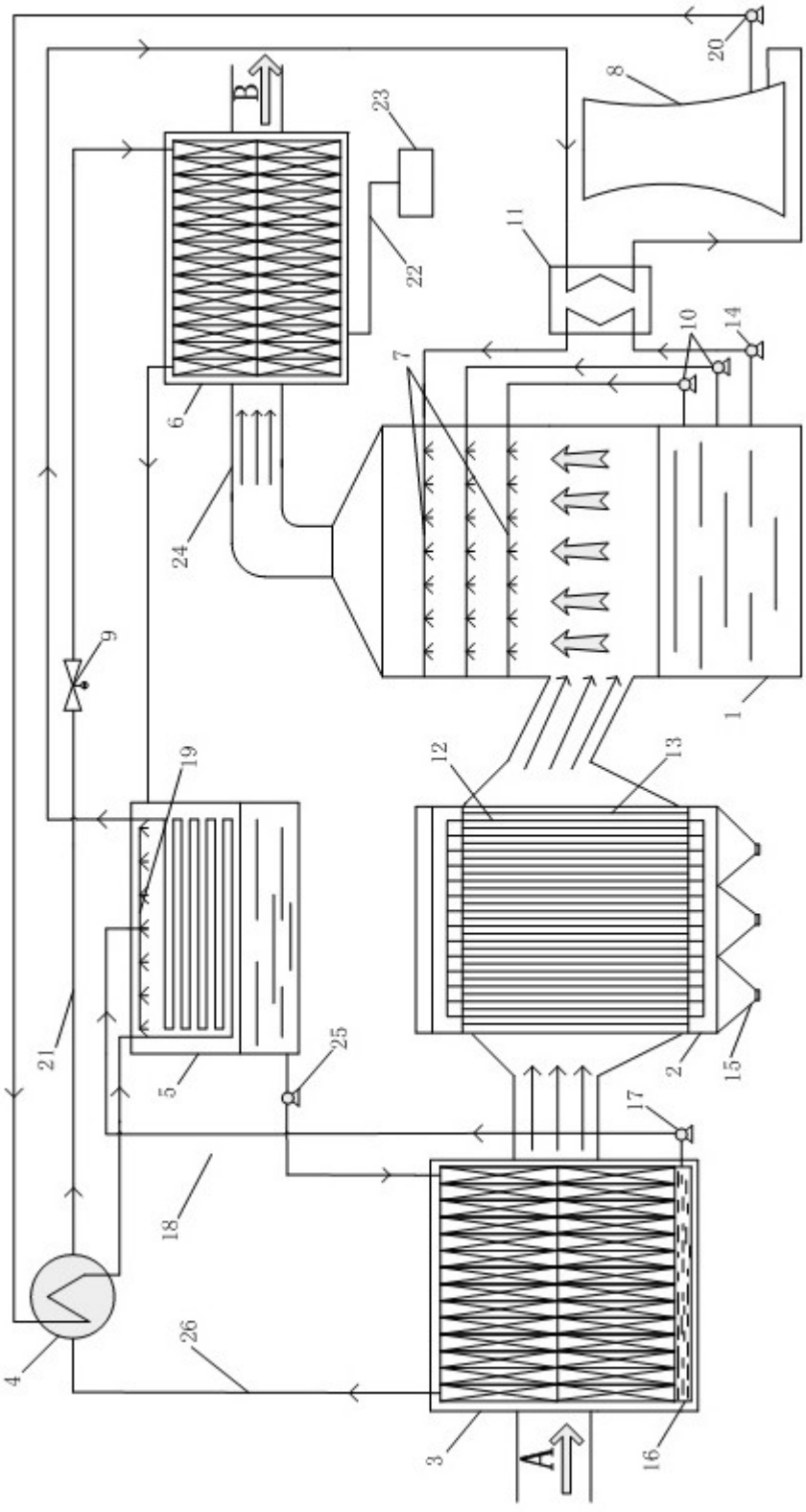


图1