(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 102423593 A
(43)申请公布日 2012.04.25

(21)申请号 201110251067.9

(22)申请日 2011.08.29

(71)申请人 浙江富春江环保热电股份有限公司
地址 311418 浙江省杭州市富阳市灵桥镇春永路 188 号
申请人 浙江工商大学

(72)发明人 吴祖良 张岳平 孙培德 施啸奇 谢德援 彭宇成

(74)专利代理机构 杭州天勤知识产权代理有限公司 33224
代理人 胡红娟

(51)Int.Cl.
B01D 50/00(2006.01)
B01D 53/75(2006.01)
B01D 53/60(2006.01)

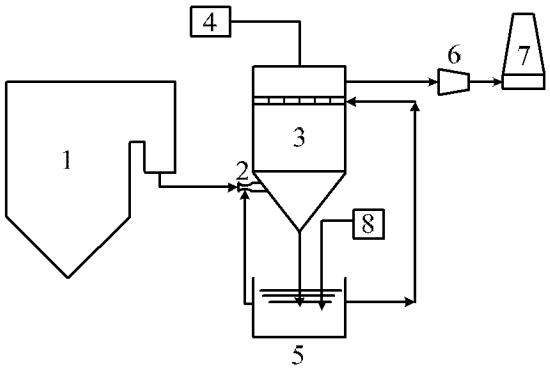
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 3 页

(54)发明名称

一种燃煤工业锅炉烟气中同时除尘脱硫脱硝的方法

(57)摘要

本发明公开了一种燃煤工业锅炉烟气中同时除尘脱硫脱硝的方法，包括将待处理烟气依次通过文丘里喷雾段和湿式静电除雾段使烟气得到净化，在文丘里喷雾段高速流动的气体在喉管处将吸收剂雾化，实现烟气中粉尘的初次沉降和SO_2的初步吸收，湿式静电除雾段内部设有多个湿式静电放电通道，所述的湿式静电放电通道由放电极板和放电电极构成，所述的放电电极接负高压，与接地的放电极板之间产生湿式静电场，捕集烟气中被荷电后的含尘液滴和SO_2液滴，并实现NO_x氧化吸收。本发明方法可以实现烟气中粉尘、SO_2和NO_x等多种污染物的同时脱除，烟气污染物的脱除效率高，工艺简单可靠，能大大节省投资和运行成本。



CN 102423593 A

1. 一种燃煤工业锅炉烟气中同时除尘脱硫脱硝的方法，其特征在于：包括以下步骤：

1）文丘里喷雾：将待处理烟气通入文丘里管，所述的烟气在文丘里管内被提升流速，高速流动的烟气将喷入的液体吸收剂雾化、加速，烟气中的粉尘和液滴发生碰撞、凝并团聚，之后烟气中含有粉尘的液滴得到初次沉降，同时烟气中的 SO_2 和雾化的液体吸收剂发生反应，实现 SO_2 的初步吸收脱除；

2）湿式静电除雾：经步骤（1）文丘里喷雾处理后的烟气通入湿式强静电场中，所述的湿式强静电场由接地的放电极板（15）和接负高压的放电电极（16）构成的放电通道产生，所述的湿式强静电场捕集烟气中被荷电后的含尘液滴和 SO_2 液滴，并实现 NOx 的氧化吸收。

2. 如权利要求 1 所述的燃煤工业锅炉烟气中同时除尘脱硫脱硝的方法，其特征在于：步骤 1）中所述的的烟气被提升后的流速为 90 ～ 110m/s。

3. 如权利要求 1 所述的燃煤工业锅炉烟气中同时除尘脱硫脱硝的方法，其特征在于：步骤 1）中所述的液体吸收剂的喷入量即液气比为 8 ～ 15L/m^3。

4. 如权利要求 1 所述的燃煤工业锅炉烟气中同时除尘脱硫脱硝的方法，其特征在于：步骤 1）中所述的液体吸收剂为 NaOH 溶液或氨水。

5. 如权利要求 1 所述的燃煤工业锅炉烟气中同时除尘脱硫脱硝的方法，其特征在于：步骤 2）中所述的烟气在湿式强静电场内的流速为 0.2 ～ 0.4m/s。

6. 如权利要求 1 所述的燃煤工业锅炉烟气中同时除尘脱硫脱硝的方法，其特征在于：在步骤 2）中对所述的放电电极（15）和放电极板（16）进行间断喷水清洗，喷水量为 3 ～ 4kg/(m^3.h)，供水压力为 0.2 ～ 0.3MPa。

7. 如权利要求 1 所述的燃煤工业锅炉烟气中同时除尘脱硫脱硝的方法，其特征在于：在步骤 2）中对所述的放电电极（15）和放电极板（16）所施加的高压为 45 ～ 65kV。

8. 如权利要求 1 所述的燃煤工业锅炉烟气中同时除尘脱硫脱硝的方法，其特征在于：步骤 2）中所述的放电极板（16）为正方形或圆形。

9. 如权利要求 1 所述的燃煤工业锅炉烟气中同时除尘脱硫脱硝的方法，其特征在于：步骤 2）中所述的放电电极（15）为缠绕螺旋线的不锈钢管。

一种燃煤工业锅炉烟气中同时除尘脱硫脱硝的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种烟气处理方法，尤其涉及一种利用文丘里喷雾复合湿式静电，用于燃煤工业锅炉烟气中多种污染物同时脱除的方法及装置。

背景技术

[0002] 我国是一个工业锅炉生产和使用大国，据统计，2008 年我国在用工业锅炉 50 多万台，数量大，分布广，其中 80％以上是燃煤锅炉。目前，我国燃煤工业锅炉具有如下特点：(1) 单台锅炉平均容量小，锅炉总体能耗水平高，节能减排管理水平低，能源浪费和环境污染严重。(2) 锅炉用煤种多变、煤质差，燃烧恶化，且燃烧方式落后，以层燃锅炉为主，燃烧效率较低，污染物排放强度高。(3) 锅炉烟囱低矮、排烟温度高、污染大。(4) 在用锅炉量大面广，布局相当分散，污染治理减排难度大。作为重要的能源转换设备，目前我国燃煤工业锅炉的年总耗煤量近 5 亿吨，约占全国煤炭消费总量的 1/5，是除发电锅炉以外的第二大耗能设备，我国燃煤工业锅炉状况令人堪忧，2010 年工业锅炉燃煤排放二氧化硫约 1000 万吨、氮氧化合物约 200 万吨、粉尘约 100 万吨，废渣约 9000 万吨，是我国仅次于燃煤发电的第二大煤烟型污染源。目前，国外发达国家对燃煤污染物的控制主要集中在除尘、脱硫和脱硝，且这些高效的污染物控制技术重点用于燃煤电站锅炉的污染物减排。针对燃煤工业锅炉，国外发达国家和地区主要从洁净煤技术角度，从源头控制燃煤污染的生成和排放。发达国家和地区对燃煤烟气污染物的逐步控制已经历了近百年的时间，已拥有了成熟的大型燃煤电站锅炉烟气除尘、脱硫和脱硝技术，但在工业锅炉污染治理方面没有成熟的技术可供借鉴。

[0003] 在国内，燃煤工业锅炉多数容量较小，且基本燃用未经净化的原煤，煤种又多变，末煤比例大，加上管理和自动控制水平低，在用锅炉的平均运行效率大大低于设计效率，不仅耗煤量大，而且污染物排放强度大。但是，由于我国一般工业企业的经济实力较差和现有烟气污染控制技术较为落后，大多数燃煤工业锅炉除尘脱硫设备依然比较落后，有些甚至无除尘脱硫装置，极少有脱硝装置。目前，国内燃煤工业锅炉烟气污染治理主要集中在除尘，配套使用的除尘设备绝大部分为旋风除尘器，但 50％的旋风除尘器未正常运行，正逐步淘汰。究其原因主要是旋风除尘器易堵塞，易漏风，使得除尘效率显著下降；我国于 90 年代初开始研发燃煤工业锅炉的烟气脱硫技术，目前能稳定运行的烟气脱硫方法大约有 10 余种，但真正进入市场也就是几种，且投资及运行费用比较昂贵，推广应用较为困难。一些棘手的技术问题，如运行效率低、腐蚀、结垢、堵塞、二次污染、汽水分离及灰水分离等仍未得到很好解决，使燃煤工业锅炉烟气脱硫的发展举步维艰；而对于燃煤工业锅炉的烟气脱硝，目前国内尚属空白。

[0004] 传统的燃煤烟气污染物控制，是一种污染物采取一套烟气净化装置的控制方式，当需要同时控制多种污染物时，势必导致系统复杂、占地面积大、成本高等问题。目前普遍采用静电除尘投资费用大约 50 ～ 80 元 /kw，能耗接近 1Wh/Nm^3；而我国火电机组普遍采用的湿法石灰石石膏法脱硫技术，系统复杂，脱硫过程压力降较大，初期投资达到 100 ～ 150 元 /

kW，能耗甚至达到了 10Wh/Nm^3，运行费用在 2 分 /kWh 以上；烟气脱硝采用的选择性催化还原 (SCR) 技术由于催化剂价格昂贵，且要定期更换致使投资和运行费高，初期投资达到 100 ～ 150 元 /kw，运行费用也达到 2 分 /kWh 以上。若将多项技术同时使用，即使是发达国家也难以完全承受。所以，根据当前及今后燃煤工业锅炉烟气污染控制发展的市场需求，研究开发高效新型的多种污染物同时脱除技术并实现工业化示范，逐步推广应用，是未来一段时期内燃煤工业锅炉烟气污染控制技术发展重点和趋势。

[0005] 近年来，美国、日本等发达国家对燃煤多种污染物一体化脱除技术的研究较为活跃，其中一些技术已处于早期商业化阶段。目前，研究较多的一体化脱除技术有氧化吸收技术（如等离子体法，光催化法，过氧化氢氧化吸收技术），还原技术（如尿素同时脱硫脱硝技术）和湿式络合吸收技术等。但这些技术都还不是十分成熟，大都处于示范阶段，未实现大规模工业化应用。虽然燃煤烟气污染物一体化控制技术研究已经取得了初步进展，但离工业化应用尚需时日，需解决系统设计、工艺控制、技术集成等关键技术问题。

发明内容

[0006] 本发明的目的是提供一种利用文丘里喷雾复合湿式静电，可同时脱除燃煤工业锅炉烟气中粉尘、SO_2 和 NOx 等多种污染物的方法和装置，以解决现有技术中投资大、运行效率低、推广应用困难等问题。

[0007] 一种燃煤工业锅炉烟气中同时除尘脱硫脱硝的方法，包括以下步骤：

[0008] 1) 文丘里喷雾：将待处理烟气通入文丘里管，所述的烟气在文丘里管内被提升流速，高速流动的烟气将喷入的液体吸收剂雾化、加速，烟气中的粉尘和液滴发生碰撞、凝并团聚，之后烟气中含有粉尘的液滴得到初次沉降，同时烟气中的 SO_2 和雾化的液体吸收剂发生反应，实现 SO_2 的初步吸收脱除；所述的液体吸收剂优选为 NaOH、氨水，这些吸收剂和烟气中酸性气体反应生成可溶性物质。

[0009] 2) 湿式静电：经步骤 (1) 文丘里喷雾处理后的烟气通入湿式强静电场中，所述的湿式强静电场由接地的放电极板 (15) 和接负高压的放电电极 (16) 构成的放电通道产生，所述的湿式强静电场捕集烟气中被荷电后的含尘液滴和 SO_2 液滴，并实现 NOx 的氧化吸收。

[0010] 本发明方法可通过文丘里喷雾复合湿式静电反应器实现，所述的文丘里喷雾复合湿式静电反应器内分为文丘里喷雾段和湿式静电除雾段，所述的文丘里喷雾段包括文丘里管，所述的文丘里管分为收缩管、喉管和扩散管三段，所述的喉管入口处设有吸收剂喷嘴。所述的湿式静电除雾段与文丘里喷雾段的扩散管端连通，湿式静电除雾段内部设有多个由放电极板和放电电极组成的单元放电通道组，所述的放电极板上方设有喷水管，用于对放电电极和放电极板进行间断喷水清洗。

[0011] 采用文丘里喷雾复合湿式静电反应器实现本发明方法时，待处理的燃煤工业锅炉烟气进入文丘里喷雾段收缩管后流速逐渐增大，形成高速流动的气体，吸收剂沿喉管周边均匀分布的喷嘴进入，吸收剂液滴在喉管被高速的烟气气流雾化和加速，吸收剂液滴和粉尘颗粒之间存在惯性碰撞，实现粉尘的凝并团聚；在扩散管中，气流速度的减小和压力的回升，使以粉尘颗粒为凝结核的凝聚速度加快，形成直径较大的含尘液滴，大大有助于捕集脱除。同时由于烟气流速的减少，停留时间增大，SO_2 和液滴之间的吸收反应将得到进一步强化，SO_2 的脱除效率进一步提高。烟气经过文丘里喷雾段后，大的液滴在重力沉降作用下流

入湿式静电除雾段底部的灰斗。在湿式静电除雾段，在放电电极上施加 45 ～ 65kV 的负高压后，在放电电极和极板之间产生湿式强静电场，细小的含尘液滴经过放电通道时被荷上负电荷，在电场力的作用下向放电极板运动，最后被放电极板捕集，自上而下沿着放电极板流入灰斗，最后在出水口汇集排出。同时，SO_2 在湿式静电除雾段与液滴的传质吸收反应仍在进行，而且液滴中的粉尘对亚硫酸根具有催化氧化作用，能够进一步提高 SO_2 的吸收效果。另外，在高湿度下电晕放电过程能够产生较多的氧化性自由基 OH、HO_2 等等，能够氧化烟气中的 NO 成为 NO_2、HNO_2 和 HNO_3，而且液滴中的粉尘具有催化氧化作用，能够促进这些氧化物质被液滴吸收，最终实现 NOx 的有效脱除。这样就实现了粉尘、SO_2 以及 NOx 的同时脱除。

[0012] 在文丘里喷雾段，喉管处烟气流动能够有效雾化液体吸收剂，而雾化的效果则取决于喉管处的烟气流动速度，烟气速度越大雾化效果越好，但是阻力也同时增加，所以从实际应用考虑出发所述的喉管处烟气流动速度一般在 90 ～ 110m/s。另外，为了获得高效的粉尘捕集和 SO_2 的吸收效果，吸收剂的喷入量至关重要，在传统的湿法烟气脱硫技术基础上，本发明中所述的吸收剂喷入量即液气比控制在 8 ～ 15L/m^3。

[0013] 在湿式静电除雾反应段，反应器的横截面积可根据所处理的烟气量和烟气流速来确定，为了获得较好的液滴捕集效果，与传统的干式静电除尘相比，需要降低湿式静电除雾段的烟气流速，所以本发明中所述的烟气流速控制在 0.2 ～ 0.4m/s。在本发明中由于在文丘里喷雾段注入了较多的液体吸收剂，所以在湿式静电除雾段中放电极板上能够形成一层薄液膜，有助于 SO_2、NOx 的吸收，同时这能够避免干式静电除尘中的粉尘返混、反电晕等问题的出现，改善细微颗粒物的脱除。由于长期运行粉尘颗粒会粘结在放电极板上，影响电晕放电，所以在放电极板上方布置喷水管，定期向电极和极板喷水进行清洗。清洗方式采用大流量间断喷水清洗，喷水量为 3 ～ 4kg/(m^3.h)，供水压力为 0.2 ～ 0.3MPa。由于湿式静电除雾段的运行温度一般在 90℃以下，所以喷水管材料为 PPR。

[0014] 湿式静电除雾段壳体内的放电极板采用正方形或者圆形结构，结构紧凑，加工方便，反应器容易放大适应不同的锅炉容量；湿式静电除雾段壳体内的放电电极采用缠绕螺旋线的不锈钢管，这是因为：由于放电空间湿度较大，放电时容易发生火花放电，导致放电电压整体下降，从而降低除雾效果，所以不适合采用常规的芒刺状电极。螺旋线型的放电电极，不易击穿，能够提高放电电压，从而提高液滴的捕集效果。放电极板和放电电极由于在结露的状态下运行，为了防止 SO_2 和 NOx 的腐蚀性，保证稳定运行，所以放电极板和放电电极的材料均为不锈钢。

[0015] 本发明方法使用复合技术解决了燃煤锅炉烟气中多种污染物粉尘、SO_2 和 NOx 的同时脱除，大大节省烟气净化投资和运行成本，工艺简单可靠；并且烟气污染物的脱除效率高，其中粉尘的脱除效率达到 99％以上，SO_2 脱除效率可以达到 95％以上，NOx 的脱除效率也可以达到 50％左右，适应烟气净化领域的发展趋势。

附图说明

[0016] 图 1 是利用本发明方法对烟气进行处理的一种可实施的工艺流程简图；

[0017] 图 2 是本发明方法中文丘里喷雾复合湿式静电反应器的结构示意图；

[0018] 图 3 是湿式静电除雾段放电极板喷水管的布置图；

[0019] 图 4 是湿式静电除雾段螺旋线放电电极的结构示意图。

[0020] 图中各附图标记说明：

[0021] 1- 锅炉 2- 文丘里喷雾段 3- 湿式静电除雾段 4- 高压电源

[0022] 5- 吸收剂循环池 6- 引风机 7- 烟囱 8- 吸收剂仓

[0023] 9- 收缩管 10- 喉管 11- 扩散管 12- 壳体

[0024] 13- 进气口 14- 出气口 15- 放电极板 16- 放电电极

[0025] 17- 喷水管 18- 灰斗 19- 气流均布板 20- 出水口

[0026] 21- 绝缘子 22- 绝缘板 23- 放电通道 24- 螺旋线

具体实施方式

[0027] 如图 1 所示的一种可用于实施本发明方法的工艺流程简图，锅炉 1、文丘里喷雾复合湿式静电反应器、引风机 6 和烟囱 7 依次连接，所述的文丘里喷雾复合湿式静电反应器包括文丘里喷雾段 2 和湿式静电除雾段 3，所述的湿式静电除雾段 3 底部可连接吸收剂循环池 5，所述的湿式静电除雾段 3 上部外接高压电源 4。所述的吸收剂循环池 5 通过吸收剂仓 8 定期补充吸收剂。

[0028] 所述的文丘里喷雾复合湿式静电反应器如图 2 所示，包括水平布置的文丘里喷雾段 2 和垂直布置的湿式静电除雾段 3。文丘里喷雾段 2 依次由收缩管 9、喉管 10 和扩散管 11 组成。收缩管 9 的收缩角为 25 ～ 30° 。喉管 10 内的烟气流速控制在 90 ～ 110m/s，喉管 10 长度为 1 ～ 1.2 倍的喉管直径，喉管 10 入口处沿周边均匀布置 4 个喷嘴，喷入液气比为 8 ～ 15L/m^3 的 NaOH 溶液或者氨水。扩散管 11 的扩散角为 6 ～ 8° 。湿式静电除雾段 3 包括壳体 12，壳体 12 下端设有进气口 13，与扩散管 11 连接，连接段的长度在 2m 以上。湿式静电除雾段 3 上端设有出气口 14，与引风机 6 连接。同时进气口 13 上部设有多孔气流均布板 19，开孔率为 30 ～ 50％。

[0029] 如图 3 所示，壳体 12 内部由多个单元放电通道 23 组合而成，可根据烟气量的大小和污染物脱除的要求进行放大。单元放电通道 23 为正方形或者圆形，正方形边长或者圆形直径均为为 300 ～ 400mm。单元放电通道 23 内的烟气流速控制在 0.2 ～ 0.4m/s。单元放电通道 23 由放电极板 15 和放电电极 16 组成，放电电极 16 设在放电通道的中心位置。所述的放电极板 15 即构成放电单元通道壁，放电极板 15 接地，放电电极 16 接 45 ～ 65kV 的负高压，形成强烈的负电晕。绝缘子 21 布置在湿式静电除雾段 3 的顶部并采用绝缘板 22 与出口烟气隔离，所述的绝缘板 22 位于单元放电通道上方、高于出气口位置。电晕放电过程中捕集的液滴自上而下沿着放电极板 15 流动，流入湿式静电除雾段 3 的灰斗 18，最后在出水口 20 汇集，流入吸收剂循环池 5 并进行水封。

[0030] 放电极板 15 上方设有喷水管 17，喷水管 17 定期喷水，清洗极板和电极。喷水管布置如图 3 所示。喷水管 17 材料为 PPR，直径为 6 ～ 8mm。喷水管 17 正下方每隔 100mm 开设喷水口，并比放电极板 15 高 10mm。由于长期运行粉尘颗粒会粘结在放电极板 15 上，所以在放电极板 15 上方布置喷水管，定期向极板和电极喷水进行清洗。清洗方式采用大流量间断喷水清洗，喷水量为 3 ～ 4kg/(m^3.h)，供水压力为 0.2 ～ 0.3MPa。由于湿式静电除雾段 3 的运行温度一般在 90℃以下，所以喷水管材料为 PPR。

[0031] 如图 4 所示，放电电极 16 为不锈钢管，不锈钢管直径为 6 ～ 8mm。不锈钢管表面缠绕螺旋线 24，螺旋线 24 间距 25mm，螺旋线 24 直径 2 ～ 3mm。由于放电空间湿度较大，采用

螺旋线型的放电电极 16，放电时不易击穿，能够提高放电电压，从而提高液滴的捕集效果。

[0032] 从锅炉 1 出来的烟气首先进文丘里喷雾复合湿式静电反应器的文丘里喷雾段 2，烟气在文丘里喷雾段 2 的收缩管 9 内被提升流速，高速流动的烟气在文丘里管喉管 10 将喷入的吸收剂雾化、加速，烟气在与雾化后的吸收剂液滴碰撞反应后，实现粉尘的初步沉降和 SO_2 的初步脱除。之后烟气经文丘里喷雾段 2 的扩散管 11 进入湿式静电除雾段 3，大的液滴在重力沉降作用下流入湿式静电除雾段 3 底部的灰斗 18。湿式静电除雾段 3 连接高压电源 4，放电极板 15 接地，放电电极 16 接负高压。细小的含尘液滴经过放电通道 23 时被荷上负电荷，在电场力的作用下向放电极板 15 运动，最后被放电极板 15 捕集，自上而下沿着放电极板 15 流入灰斗 18，最后在出水口 20 汇集排出至吸收剂循环池 5。吸收剂仓 8 定期向吸收剂循环池 5 补充吸收剂。同时，SO_2 在湿式静电除雾段 3 与液滴的传质吸收反应仍在进行，而且液滴中的粉尘对亚硫酸根具有催化氧化作用，能够进一步提高 SO_2 的吸收效果。另外，在高湿度下电晕放电过程能够产生较多的氧化性自由基 OH、HO_2 等等，能够氧化烟气中的 NO 成为 NO_2、HNO_2 和 HNO_3，而且液滴中的粉尘具有催化氧化作用，能够促进这些氧化物质被液滴吸收，实现 NOx 的脱除。最后，经过文丘里喷雾复合湿式静电反应器净化后的烟气通过引风机 6，最后从烟囱 7 排出。

[0033] 应用例 1

[0034] 采用如图 1 所示的脱除方法，喉管内的烟气流速控制 100m/s，湿式静电除雾段通道内烟气流速为 0.3m/s。处理 3000m^3/h 的燃煤工业锅炉烟气，以 NaOH 碱液作为吸收剂，施加 55kV 的直流高压，经环保部门监测，除尘效率 99.15％，脱硫效率 96.91％，脱硝效率 47.57％。

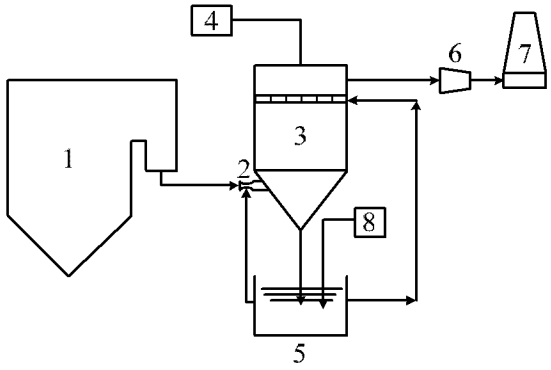


图 1

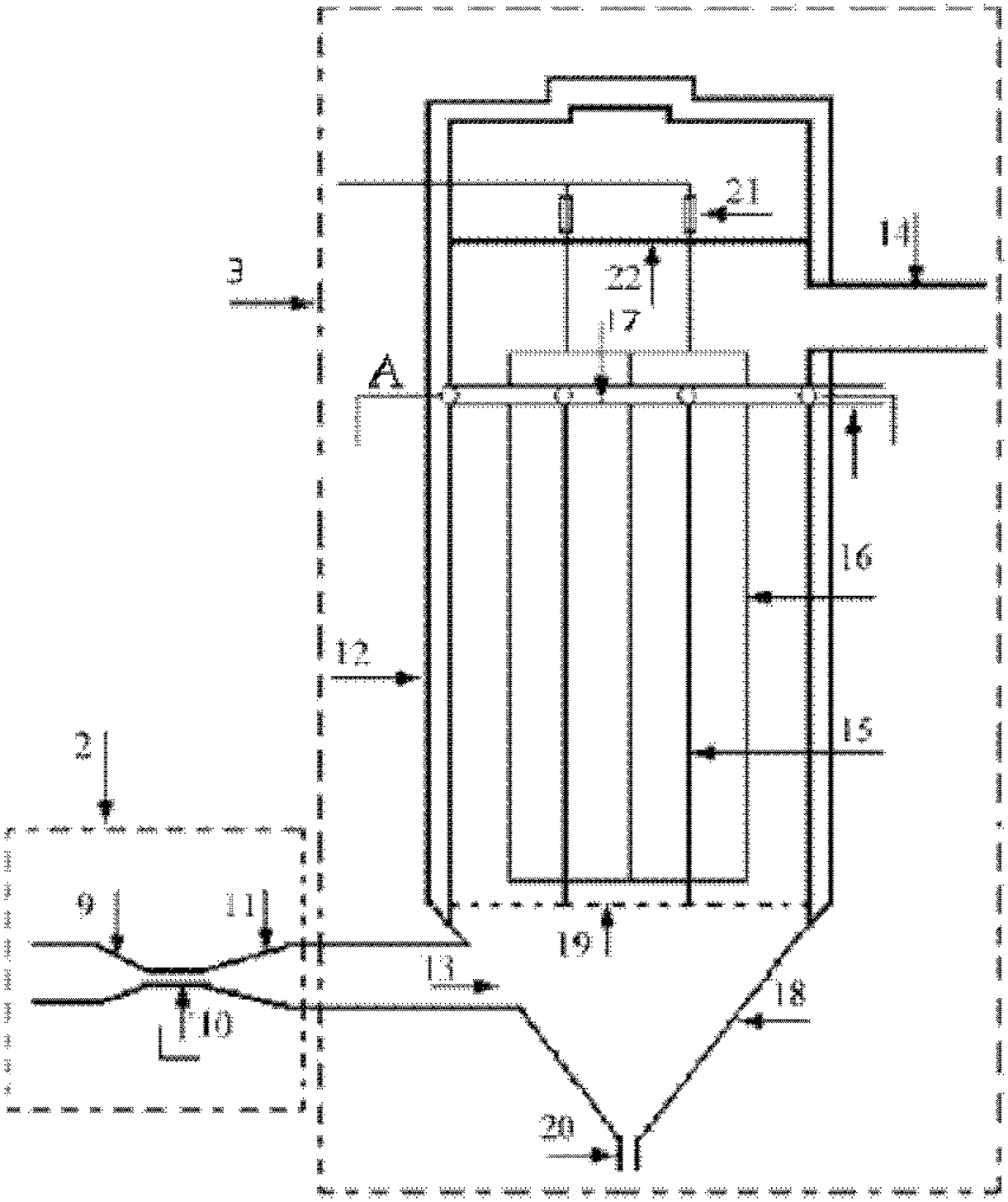


图 2

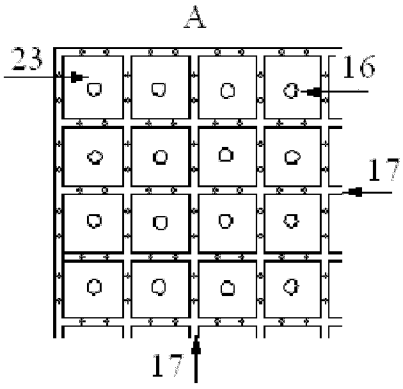


图 3

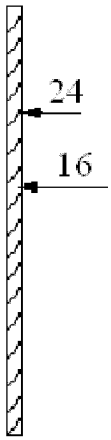


图 4