(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2016 年 4 月 21 日 (21.04.2016)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2016/058141 A1

(51) 国际专利分类号:
B01D 50/00 (2006.01) *B01D 53/46* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2014/088632

(22) 国际申请日: 2014 年 10 月 15 日 (15.10.2014)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(71) 申请人: **北京中科净原环保科技有限公司 (BEIJING CHINA SCIENCE PURIFICATION ECO-TECHNOLOGIES CO., LTD)** [CN/CN]; 中国北京市海淀区安宁庄东路 18 号, Beijing 100085 (CN)。

(72) 发明人: **尹应武 (YIN, Yingwu)**; 中国北京市海淀区安宁庄东路 18 号, Beijing 100085 (CN)。 **翁慧超 (WENG, Huichao)**; 中国北京市海淀区安宁庄东路 18 号, Beijing 100085 (CN)。 **赖永华 (LAI, Yonghua)**; 中国北京市海淀区安宁庄东路 18 号, Beijing 100085 (CN)。 **李大川 (LI, Dachuan)**; 中国北京市海淀区安宁庄东路 18 号, Beijing 100085 (CN)。 **吴延庆 (WU, Yanqing)**; 中国北京市海淀区安宁庄东路 18 号, Beijing 100085 (CN)。 **叶李艺 (YE, Liyi)**; 中国北京市海淀区安宁庄东路 18 号, Beijing 100085 (CN)。 **赵玉芬 (ZHAO, Yufen)**; 中国北京市海淀区安宁庄东路 18 号, Beijing 100085 (CN)。 **孙开林 (SUN, Kailin)**; 中国北京市海淀区安宁庄东路 18 号, Beijing 100085 (CN)。 **许列奎 (XU, Liekui)**; 中国北京市海淀区安宁庄东路 18 号, Beijing 100085 (CN)。 **孙佳奎 (SUN, Jiakui)**; 中国北京市海淀区安宁庄东路 18 号, Beijing 100085 (CN)。 **徐先海 (XU, Xianhai)**; 中国北京市海淀区安宁庄东路 18 号, Beijing 100085 (CN)。 **冯泽民 (FENG, Zemin)**; 中国北京市海淀区安宁庄东路 18 号, Beijing 100085 (CN)。 **杨兆斌 (YANG, Zhaobin)**; 中国北京市海淀区安宁庄东路 18 号, Beijing 100085 (CN)。

(74) 代理人: **北京三聚阳光知识产权代理有限公司 (SUNSHINE INTELLECTUAL PROPERTY INTERNATIONAL CO., LTD.)**; 中国北京市海淀区海淀南路甲 21 号中关村知识产权大厦 A 座 503 室, Beijing 100080 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明，要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,

[见续页]

(54) **Title**: METHOD AND DEVICE FOR DEDUSTING AND DESULPHURIZING FLUE GAS

(54) **发明名称** : 一种烟道气除尘脱硫方法和设备

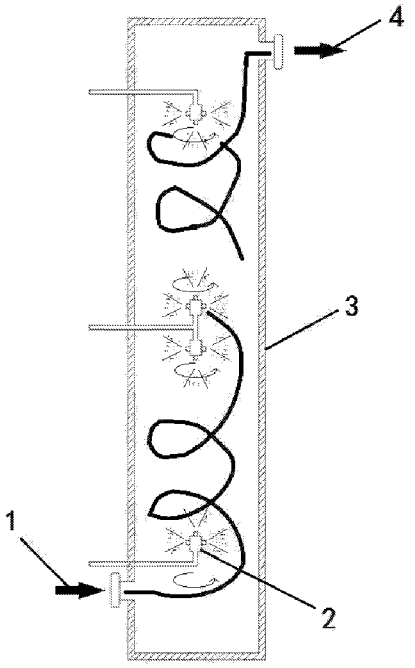


图 1 / FIG. 1

(57) **Abstract**: A method and apparatus for dedusting and desulphurizing flue gas. An arc-shaped guide plate is arranged at the fuel gas inlet to introduce the flue gas (1) tangentially into the column (3). According to specific situation and requirements, one or more rotating nozzles (2) are mounted on the bottom part, middle part and upper part of the column (3) and desulfurization liquid are sprayed from the nozzles (2). The nozzles (2) are automatically rotated under the reaction force generated when the liquid is sprayed. The gas flow rises spirally and rapidly inside the column (3). Driven by the moving force thereof and the centrifugal force generated by the rotation flow, the dusts, SO2 and NO2, etc. which are carried by the flue gas may be contacted and reacted with or captured by the fully atomized alkalescent water suspended in the flue gas. The method and apparatus may be used in various fields of chemical engineering, machining and environmental protection, such as in the fields of reaction, absorption, tail gas cleaning, drying, further dedusting, concentration, desiccation, etc.

(57) **摘要**:

[见续页]

WO 2016/058141 A1

BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) **指定国** (除另有指明，要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

根据细则 4.17 的声明:

— 发明人资格(细则 4.17(iv))

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种烟道气除尘脱硫方法和装置。在烟道气入口处增设弧形导流板，引导烟道气（1）切向进入塔体（3），根据具体情况和要求在塔体（3）底部、中部、上部安装一个或多个旋转喷嘴（2），脱硫液通过喷嘴（2）喷出，喷嘴（2）依靠喷液体时产生的反作用力自动旋转，气流在塔体（3）内快速螺旋上升，烟道气中夹带的灰尘、二氧化硫和二氧化氮等在自身动力和旋流产生的离心力的推动下可与悬浮其中的充分雾化的弱碱水接触反应或被捕获。该方法和装置可用于反应、吸收、尾气净化、烘干、再除尘、浓缩、干燥等各种化工、加工、环保领域中。

一种烟道气除尘脱硫方法和设备

技术领域

本发明涉及烟道气等废气净化技术与装置，涉及环保领域。

背景技术

PM 是大气中的固体或液体颗粒状物质，PM2.5 以及 PM10 是大气中的细微可吸入颗粒物，其粒径小，可夹带有毒、有害物质，在大气中的停留时间长、输送距离远，因而对人体健康和大气环境质量的影响很大。

各种工业过程是 PM2.5 与 PM10 的主要固定来源，尤其是煤等化石燃料燃烧时候会产生二氧化硫、氮氧化物、挥发性有机物等严重污染环境的烟道气，并夹带大量的细小颗粒，对周围环境造成严重的危害。

机械除尘、电除尘、过滤除尘、洗涤除尘等是目前几种常见的除尘方式。机械除尘依靠机械力将尘粒从气流中除去，其结构简单，设备费和运行费均较低，但除尘效率不高。电除尘利用静电吸引力从大量气流中分离尘粒，特点是气流阻力小，除尘效率可达 99%以上，但投资高，设备尺寸大。过滤除尘器使含尘气流通过滤料捕集尘粒，除尘效率一般为 90%～99%，但不适用于温度高的含尘气体，上述几种除尘方式需要再进行单独脱硫。水洗涤除尘脱硫是最常采用的尾气净化方式，，它是通过喷淋稀碱水的方式使尘粒、二氧化硫、氮氧化物等污染物与液滴或液膜在空间中或填料表面充分接触被俘获，除尘效率为 80%～95%，可以同时脱除二氧化硫等有害气体，但存在净化效果差、成本较高的问题。由于除尘难度较大，而且情况复杂，因此国家排放标准并不高，而且差异性大（表一为不同行业的尾气颗粒物排

放标准)。尽管如此，仍有很多企业难以达到排放标准。宽松的排放标准、企业排放的不达标及对形成雾霾的 PM2.5 没有明确标准，已经在我国多地导致严重的、频繁的、长时间的雾霾天气，对人们的健康和日常生活造成严重影响。因此开发高效节能的烟道气脱硫除尘技术已迫在眉睫。

表一 不同行业的颗粒粉尘排放国家标准

标准	最高排放值
GB16297-1996 大气污染物综合排放标准	颗粒物：22mg/m³（炭黑尘、染料尘）80mg/m³（玻璃棉尘、石英粉尘、矿渣棉尘） 150mg/m³（其他）
GB13271-2001 锅炉大气污染物排放标准	烟尘排放浓度：燃煤锅炉 250mg/m³，燃油锅炉 150mg/m³，燃气锅炉 50mg/m³
DB11/237-2004 冶金、建材行业及其它工业炉窑大气污染物排放标准（北京市）	颗粒物排放浓度：炼焦 10mg/m³，炼铁 30mg/m³，炼钢 80mg/m³，轧钢 10mg/m³，铁合金 50mg/m³，铸造 50mg/m³
DB31/387-2007 锅炉大气污染物排放标准（上海市）	烟尘排放浓度燃煤锅炉 120mg/m³，燃油锅炉 50mg/m³，燃气锅炉 30mg/m³

*国家对燃料油和燃煤锅炉的二氧化硫最高允许排放标准为 900mg/m³，对轻柴油、煤油锅炉的二氧化硫最高允许排放标准为 500mg/m³，对燃气锅炉的二氧化硫排放标准为 100mg/m³，对燃油锅炉和燃气锅炉的氮氧化物的最高允许排放标准为 400mg/m³。

发明内容

烟道气中的雾滴和灰尘由于静电排斥，往往形成难以捕获的气溶胶，简单过滤和静电除尘效果都不佳。水洗法兼具消除静电、除尘、脱硫和余热利用几大优势，因此高效水洗尾气净化技术值得深入研究。

仔细分析烟道气和水洗除尘脱硫过程可以发现，高温烟道气由于产生量大，二氧化硫浓度低，洗涤水雾化效果差，洗涤水量受限，导致除尘和脱硫效果不理想。由于高温烟道气进入水洗塔接触循环冷却水后会迅速冷却导致体积会急剧收缩，形成负压，这种有效能并没有被很好利用，而是形成复杂湍流造成能量耗散。

自然界的龙卷风直径大约几十米，气速为十几米到两百米。它是由于大气局部的遇冷导致的体积收缩和大范围周边大气的快速补充，形成的大气旋流现象。旋流产生的动力和升力，可以夹带大量固体和分散液体，产生巨大的破坏作用。龙卷风可否小型化，应用于工业生产中？

烟道气的一般进塔气速大于十米，温度在 160℃～180℃，在水洗过程中，气温可以下降 100 摄氏度以上，气体至少收缩 1/4，因此具备形成龙卷风的基本条件。利用形成龙卷风的原理可能破解烟道气等废气净化难题，合理的方案应该是使进入烟道的热烟道气沿着水平切线方向旋转并螺旋上升，同时利用泵施加了动能的循环洗水从喷嘴喷出时产生的反作用力推动活动喷嘴顺气流方向旋转，旋转的雾化喷嘴可将水获得的势能有效转化为推动喷嘴和气体旋转的动能以及促进液滴进一步分散的表面能，可大大增加气液接触的机会和时间，强化烟道气脱硫除尘反应及传质传热过程，小流量的旋转水雾，可以实现快速汽化降温，使高温烟道气体积骤降形成负压，在合理设置的旋流导流板导引下可能产生类似龙卷风的快速旋流效果，使烟道气在洗

涤塔内产生螺旋上升运动，从整体向上运动方向改变为螺旋上升运动，烟道气中夹带的灰尘、二氧化硫和二氧化氮等在自身动力和旋流产生的离心力推动下有更多机会与悬浮在体系中雾化的弱碱水充分接触反应或被捕获，潮湿的环境和弱碱性的水雾可以显著消除体系静电，增强捕捉和沉降灰尘和有害气体效果。快速运动的气液旋流加速和促进了比重大的灰尘、液体朝着壁面富集，可显著增强除尘效果。此外，富含水蒸汽的烟道气在旋转和冷却过程中会产生二次水雾，也可以协助吸尘和被有效分离。采用多塔串联和多位置的上下方向的旋喷雾装置可以进一步确保效果。

本发明具体技术方案为：在原有的水除尘装置中取消麻石等辅助填料，利用原有的设备采取喷雾塔一次或多塔串联的模式进行除尘脱硫。在烟道气入口处增设与处理塔弧度相匹配的弧形导流板，引导烟道气切向进入脱硫洗塔，根据具体情况和要求可在每一段除尘塔底部、中部、上部（或每隔 3-5m）安装一个或多个旋转喷嘴，脱硫液通过喷嘴喷出，喷嘴依靠喷水时产生的反冲力自动旋转（在压力为 5 公斤，流量为 $3m^3/h$ 的情况下，转速可达 300r/min 以上）。安装导流板虽然使气体出口横截面缩小 20%~80%，烟道气进口后急速冷却形成的负压会增加气体流速，实际情况也证明合理设置旋流导流板不会导致气流不畅。

常见的旋风除尘、旋液分离、旋流塔等设备是完全依靠进塔流体的初始动能，因此作用的强度和距离有限，设备尺寸受限，本技术的最大不同在于：本技术是以气体旋流为诱导，主要利用了体积收缩产生的自身的有效能，促使流体更强、更快、作用范围更大的定向旋流运动，不受设备大小限制，这项组合技术不但考虑气体的进塔初始动能的利用和气体的导向作用，同时充分利用了体系温差、压力、体积

变化的自生有效能，可以形成大范围长距离的高效旋流体系，对于烟道气等废气的净化、余热的利用等领域能发挥巨大的作用。

附图说明

图 1 是一种典型的高效净化装置

入塔气流（1）、旋转喷嘴（2）、塔体（3）、出塔气流（4）

图 2 是高效净化装置简单示意图

进气管道（1）、旋流导流板（2）、旋转喷嘴（3）、塔体（4）

图 3 是一种典型的旋转喷嘴示意图

液体入口（1）、轴承（2）、提供力矩的小喷嘴（3）、顶部小喷（4）

图 4 是一种简易旋流发生器

气体进口（1）、轴承（2）、气体出口（3）

图 5 是喷雾塔中气体旋流的传热效果比较结果

图 6 是喷雾塔中气体旋流的传质效果比较结果

图 7 是黄磷尾气洗磷工段流程示意图

洗磷塔塔 1（1）、洗磷塔塔 2（2）、洗磷塔塔 3（3）、受磷塔（4）

图 8 是黄磷尾气净化工段流程示意图

净化塔塔 1（1）、净化塔塔 2（2）、净化塔塔 3（3）

图 9 是各条件下的温度变化数据

图 10 是各塔脱氟效果

具体实施例

一、实验效果证明

实施例 1：喷雾塔中气体旋流的传热效果比较

在直径 300mm，高度为 1000mm 的塔中用流量为 200L/h、61℃的热水从塔顶部喷淋，空气从塔底部的活动导气管两端相反方向喷出，气体的反作用力导致喷气头旋转，形成气体旋流，简易旋流发生器详

见附图 4。

用同样温度的热水从塔顶雾化喷淋，通过塔顶和塔底收集液体的温差变化，可以判断雾化水液滴表面汽化进入气相的趋势大小，评估传热效果。

如图 5 所示，混合气旋流情况下的温度下降值趋势明显大于无旋流情况， 在同样 5min 循环喷淋情况下，无旋流的实验体系中热水温度从 61℃降到 48℃，有旋流的实验体系的热水温度从 62℃降到 42℃；当两者同时降到 40℃，无旋流的实验体系需要 8min，而有旋流的实验体系只需要 6.5min。证明气体旋流对于对流状态下的气液传热也有明显的提升效果。

实施例 2：喷雾塔中气体旋流的传质效果比较

在直径 300mm，高度为 1000mm 的塔中用 0.1%浓度，流量为 200L/h 的 NaOH 溶液从塔顶部喷淋，CO_2～空气混合气从塔底部的活动导气管两端相反方向喷出，气体的反作用力导致喷气头旋转，形成气体旋流，简易旋流发生器详见附图 X。

用同样浓度具有相同的初始电导值的 NaOH 溶液从塔顶雾化喷淋，通过测量塔底收集液的电导值变化，根据旋流和未旋流 CO_2～空气混合气与碱反应的电导值变化，可以判断气体旋流与否在液膜控制情况下的传质提升效果。

如图 6 所示，混合气旋流情况下的电导值下降趋势明显快于无旋流状态，在气量为 40m^3/h 时，无旋流发生器的电导稳定值为 4.95，有旋流发生器的电导稳定值为 4.84；在气量为 100m^3/h 时，无旋流发生器的电导稳定值为 4.63，有旋流发生器的电导稳定值为 4.52。

二、现场黄磷尾气净化实施效果评价

黄磷生产包括配料工段、反应工段、水洗工段、尾气净化工段和

黄磷精制工段。其中，水洗工段（附图 7 所示）一般由三个水洗塔（1-3）串联，冷却水从塔顶进行喷淋冷磷，冷凝的黄磷直接流入底部受磷槽中。反应炉气经过第一个水洗塔后温度从 140-150℃下降到 55℃左右，经过第二塔后温度从 55℃下降到 40℃左右，经过第三个塔温度从 45℃下降到 30℃左右。尾气净化工段（附图 8 所示）由三个串联的洗涤塔（1-3）组成，利用水对尾气进行再次洗涤，但效果不佳。强化水洗工段的传热和传质效果，可以提高黄磷回收率，脱除粉尘，促进氟硅化合物的水解与脱除。但磷化氢和硫化氢在尾气净化工段通过化学方法除去。

进塔流量为 3200Nm^3/h,温度约为 140℃，塔径 2 米，塔高 14 米，在塔底气体入口处装有导流板，开口截面积为气体管道截面积的 70%，塔底装有 1 个 6m^3/h 流量的旋转喷嘴，方向朝上；塔中部装有 2 个 3m^3/h 流量的旋转喷嘴，方向一个朝上，一个朝下；塔顶装有 1 个 3m^3/h 旋转喷嘴，方向朝下。

通过连续 10 天分析塔顶的粉尘含量、磷含量、温度变化和脱硫效果评价，在液体流量较低或基本不变的情况下，旋流塔可以显著提高净化和降温效果，特别是对粉尘的脱除效果显著，具体结果分析如下：

实施例 3 除尘效果评价

黄磷副产尾气的主要成分为一氧化碳、二氧化碳、硫化氢、磷化氢和氟化硅等。每 4t、140℃黄磷尾气会带出 1t 黄磷蒸汽，还夹带大量氧化钙、氧化硅粉尘。该体系是气液固三相的复杂体系，考察旋流塔对其净化效果更具代表性。10 天连续跟踪和现场监测 PM2.5 和 PM10 的结果表明，改进后的旋流塔，特别是塔 1 的除尘效果显著，经塔 1 处理后的尾气，PM10 在 1mg/m^3 以下（PM2.5 的含量占 PM10

的一半，表明粒径越小越难脱除），经过其他塔脱尘后的 PM10 数据大约再降低一半，其脱除效果远不及塔 1，充分证明旋流效果强的塔 1 的除尘效果明显。仅塔 1 的除尘效果已经远低于国家最高的粉尘允许排放标准。净化后的尾气经燃气锅炉燃烧后，其排出的气体的 PM10 也仅在 1mg/m^3 左右，相对稳定。同时环境监测的 PM10 环境数据受温度、风、雨影响很大，有时高于或有时低于测定值。

实施例 4 洗磷效果评价

该装置每小时黄磷产能为 1.2t，产生 4000Nm^3 黄磷尾气，磷蒸汽遇冷水变成液态的磷，被水冲洗到塔底收磷槽。塔 1 顶部夹带磷化物的量多次测定结果低于 1g/m^3，因此塔 1 顶部尾气带出的黄磷量最多为 1g/m^3 左右，所以每小时带出量仅为 4kg，可见大于 99.6%的黄磷可在第一个旋流塔中被充分收集。脱磷效果也从侧面证明了旋流塔的高效除尘性能。

实施例 5 降温效果评价

气体温度为 140℃、每分钟流量 50Nm^3 以上的黄磷尾气在塔 1 中同时或单独用塔底、塔中或塔顶喷嘴，用 1/1000~2/1000 喷淋液进行旋转喷淋的情况下塔 1 底部的温度可以迅速被降温到 55℃左右，塔 1 顶部温度可以被降低到 40℃左右，通过塔 2、塔 3、塔 4 后的温度只下降 10℃，降到 30℃左右。可见，降温和余热利用主要在塔 1，特别是旋流最剧烈的塔 1 底部，温度可骤降 85℃左右。到塔顶可再降 15℃左右。进一步实验表明，只用 6m^3/h 液量的单独使用底部或中部喷嘴，就有很好的降温效果，特别是单独使用中部喷嘴的效果最佳。因此，在烟道气进口的上部适当位置安装上下旋流喷嘴，只需要很少的喷液量效果最佳，大流量和多喷嘴的换热效果不是能取得最好的降温效果。各条件下的温度变化数据可参见图 9。因为降温幅度的大小

能够反应液体的分散、旋流和气液的充分混合状况，这说明了气体旋流装置引导了气体的旋流，而旋转喷嘴产生水雾可以有效冷却黄磷蒸汽并迅速蒸发降温，产生类似龙卷风眼的降温和负压作用。这一结果可以推广到有较大体积变化的化工吸收、冷凝、反应和蒸发浓缩等余热利用过程。

实施例 6 脱氟效果评价

由于磷矿石主要以氟磷酸钙的形式存在，在还原成黄磷的过程中，氟以四氟化硅或氟化氢的形式随黄磷尾气带出，尾气中氟化物含量高达 0.5～2g/m3。氟化硅可水解，但现有设备未能很好地使氟化硅水解，导致整个送气管道堵塞，作为燃料气，会导致锅炉的结垢和腐蚀，作为原料气导致催化剂的中毒和表面覆盖而失活。因此，气体在塔内的 2 分钟左右停留时间内尽可能除掉氟化物是黄磷尾气资源化的另一个关键。利用氟化硅与水反应生成氟化氢，生成的氟化氢可以与溶液中的钙盐生成难溶于水的氟化钙，被水洗入受磷槽，从而除去绝大部分氟化物。旋流塔作为高效反应器可保持气液充分接触和较高反应温度，促进高温烟道气和雾化的水蒸汽在短时间内充分反应有效脱氟。10 天连续跟踪和现场监测结果表明脱氟效果极佳，数据如下：

平均含氟量为 1g/m^3 左右的黄磷尾气，140℃左右的尾气通过塔 1 的有效接触和旋流充分反应可以去掉 50％以上的氟，通过塔 2 到塔 6 进一步脱氟后，氟的含量会降调 30mg/m^3 左右，氟的脱除率大于 97％，各塔脱氟效果参见图 10。说明旋流塔也是个高效的气液反应器。

三、烟道气脱硫效果评价

为了进一步验证旋流塔的效果，我们另外进行了燃煤锅炉中二氧化硫脱除效果评价。

实施例 7 燃煤锅炉烟道气脱硫效果评价

在 4t 的燃煤锅炉中进行了双碱法脱硫实验。相关条件和结果如下：

烟道气流量 55000 Nm^3/h，烟气温度 180℃，进口 SO_2 浓度为 2000mg/Nm^3。塔径 1.2m，塔高 9m，液气比为 2/1000，脱硫液为饱和石灰水和 1％的氢氧化钠的混合液。改造前脱硫效率为 90％，出口硫含量在 200mg/Nm^3，改造后脱硫率在 95％左右，出口硫含量小于 100mg/Nm^3。说明旋流塔也能有效提高脱硫效率。

权 利 要 求 书

1. 一种烟道气除尘脱硫新技术，其特征在于：通过旋流导流板（3）使气体沿切线方向进入前置的除尘水洗塔或直接进入烟道中，促使热烟道气沿着水平切线方向旋转并螺旋上升，同时利用泵施加了动能的循环洗涤液从喷嘴喷出时产生的反作用力推动活动喷嘴顺气流方向旋转，利用雾化喷嘴或可以活动的旋转喷嘴充分雾化洗涤液，小流量的旋转水雾，可以实现快速汽化降温，使高温烟道气体积骤降形成负压，在合理设置的旋流导流板导引下可能产生类似龙卷风的快速旋流效果，使烟道气在洗涤塔内产生螺旋上升运动，从整体向上运动方向改变为螺旋上升运动，烟道气中夹带的灰尘、二氧化硫和二氧化氮等在自身动力和旋流产生的离心力推动下有更多机会与悬浮在体系中雾化的弱碱水充分接触反应或被捕获，潮湿的环境和碱弱性的水雾可以显著消除体系静电，增强捕捉和沉降灰尘和有害气体效果。快速运动的气液旋流加速和促进了比重大的灰尘、液体朝着壁面富集，可显著增强除尘效果。此外，富含水蒸汽的烟道气在旋转和冷却过程中会产生二次水雾，也可以协助吸尘和被有效分离。采用多塔串联和多位置的上下方向的旋喷雾装置可以进一步确保效果。

2. 根据权利要求 1 所述，首先使进塔气体产生旋流，可在气流入塔处安装旋流导流板（3），旋流导流板（3）可以是弧形等任意形状，优选弧形；也可以改变管道以切线方式进气形成旋流。根据具体情形，气体出口横截面可以缩小到原来的 5%~95%，优选 30%～70%。

3. 根据权利要求 1 所述，塔内安装雾化喷头、旋转喷嘴或者其他能够产生气液旋转提高分散效果的装置，优选旋转喷嘴。可以通过控制流体压力和流量，

达到不同的净化要求。甚至在较高气速的情况下，可以不使用喷嘴或旋转喷嘴。

4. 根据权利要求 1 所述的旋转喷嘴，可以是任何可以转动的喷嘴，也可以是转动喷嘴和雾化喷嘴的结合。其材质可以是不锈钢、塑料、聚四氟乙烯、玻璃、陶瓷等。

5. 根据权利要求 1 所述的喷嘴，根据具体情况和要求可在水洗塔、串联水洗塔、烟道的底部、中部、上部（或每隔 3-5m）安装一个或多个。旋转喷嘴，可以喷射液体或者气体。可以是扇形喷嘴、锥形喷嘴或者射流喷嘴等各种液体雾化或溅射装置。

6. 根据权利要求 1 所述的烟道气，可以是燃煤锅炉尾气、燃气锅炉尾气、燃油锅炉尾气、黄磷尾气、炼铁炼钢尾气、焦炉尾气、水泥厂尾气等各种需要除尘、脱硫、脱硝、脱臭的外排尾气。

7、根据权利要求 1 所述的烟道气净化技术，可以拓展应用于反应、吸收、尾气净化、烘干、再除尘、浓缩、干燥及其它余热利用等各种化工、加工、环保领域。

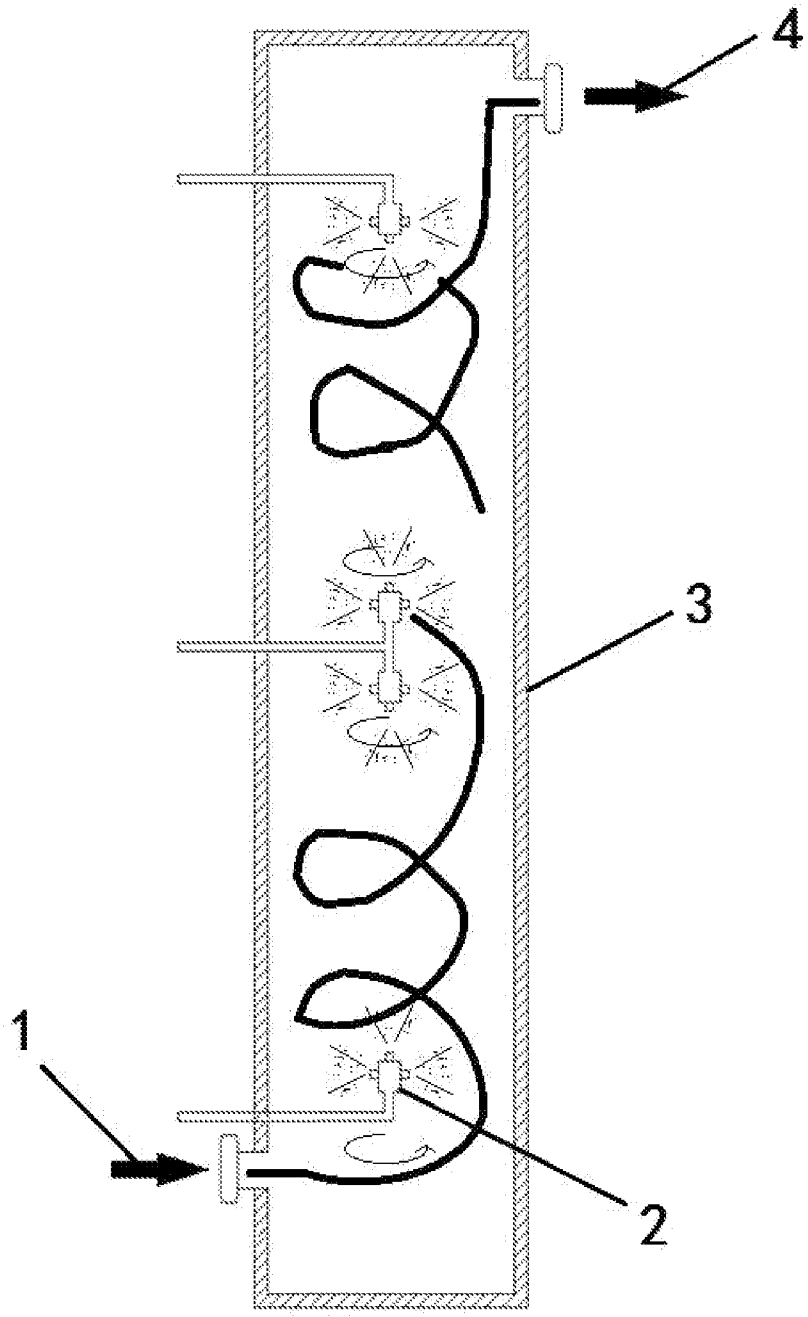


图 1

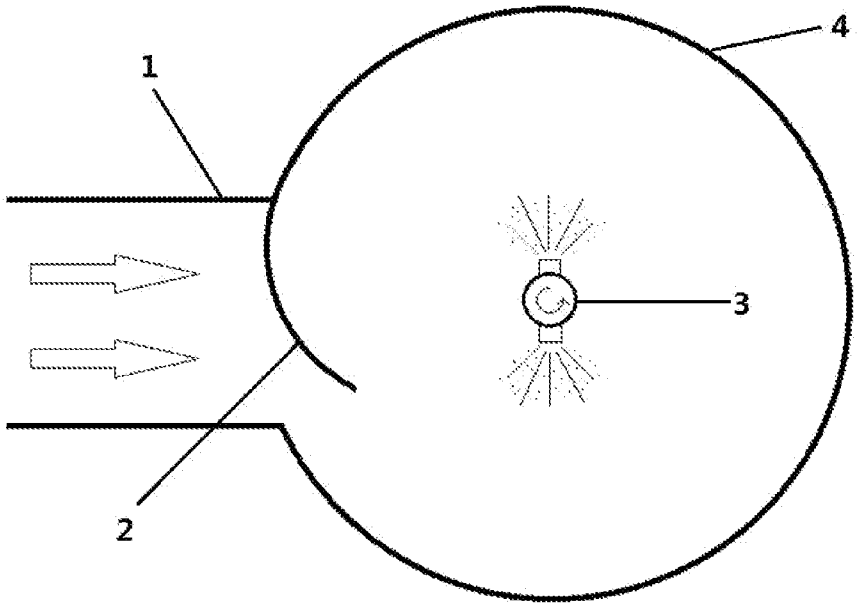


图 2

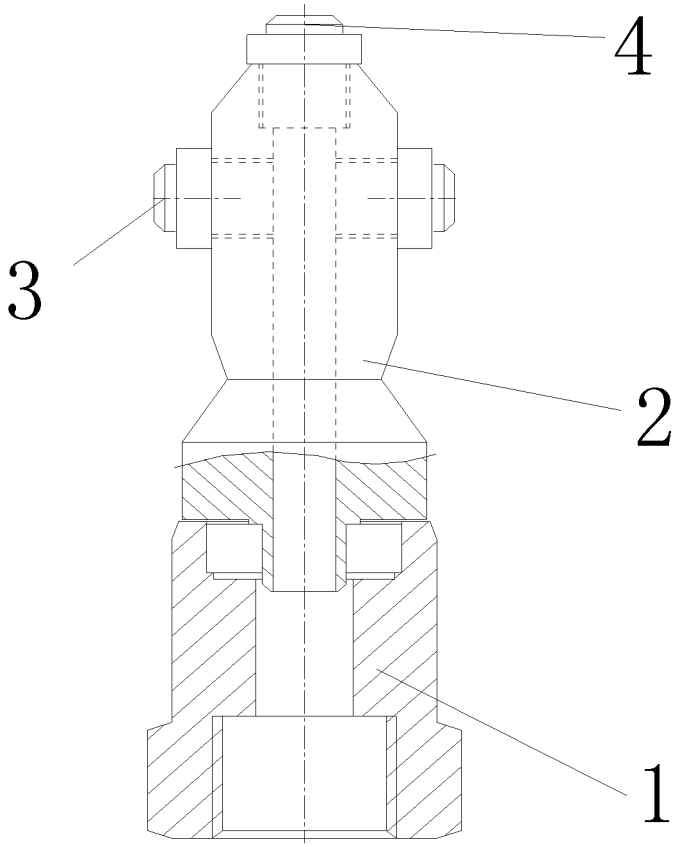


图 3

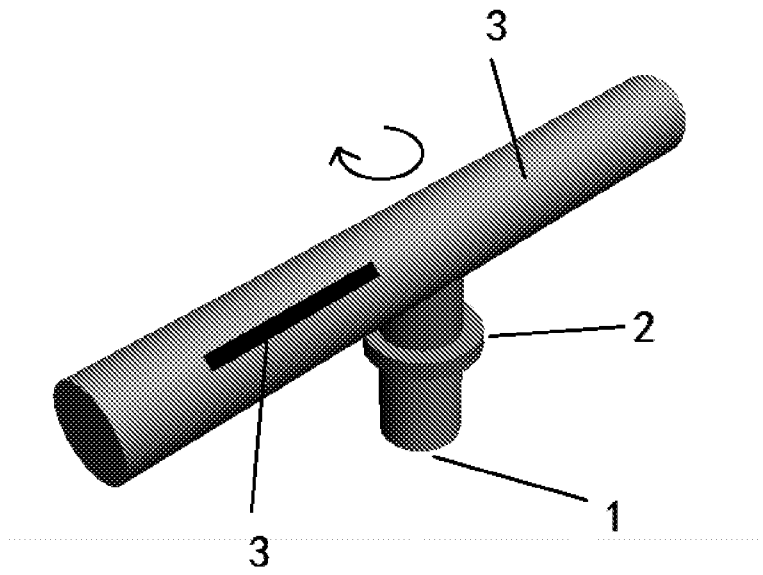

3
2
1
3

图 4

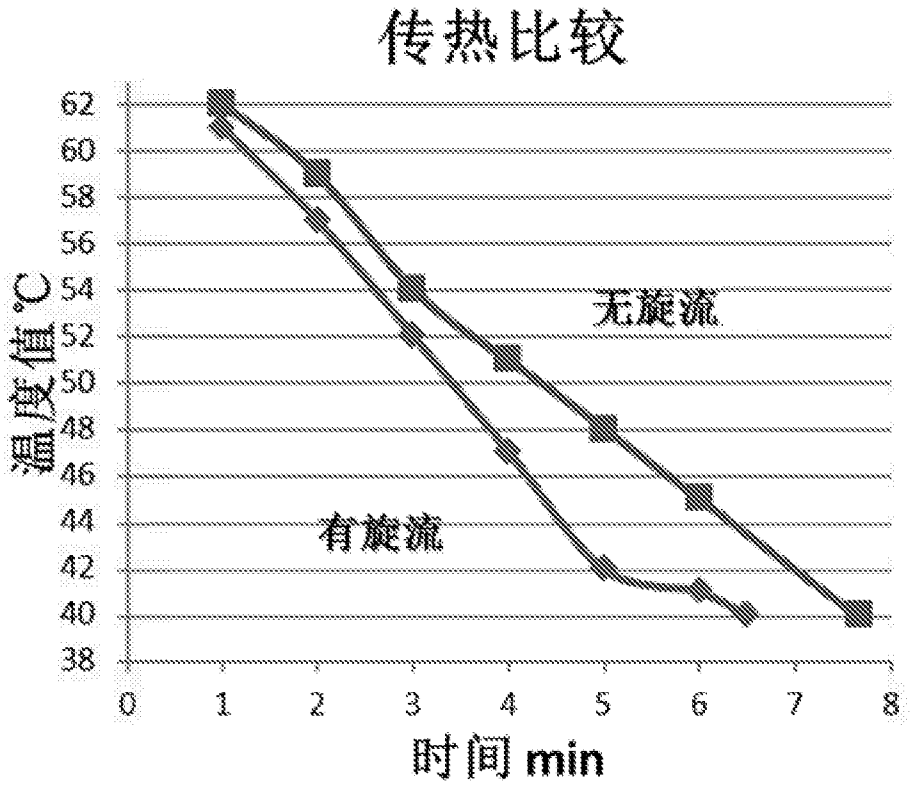

传热比较
温度值℃
62
60
58
56
54
52
50
48
46
44
42
40
38
0
1
2
3
4
5
6
7
8
时间 min
无旋流
有旋流

图 5

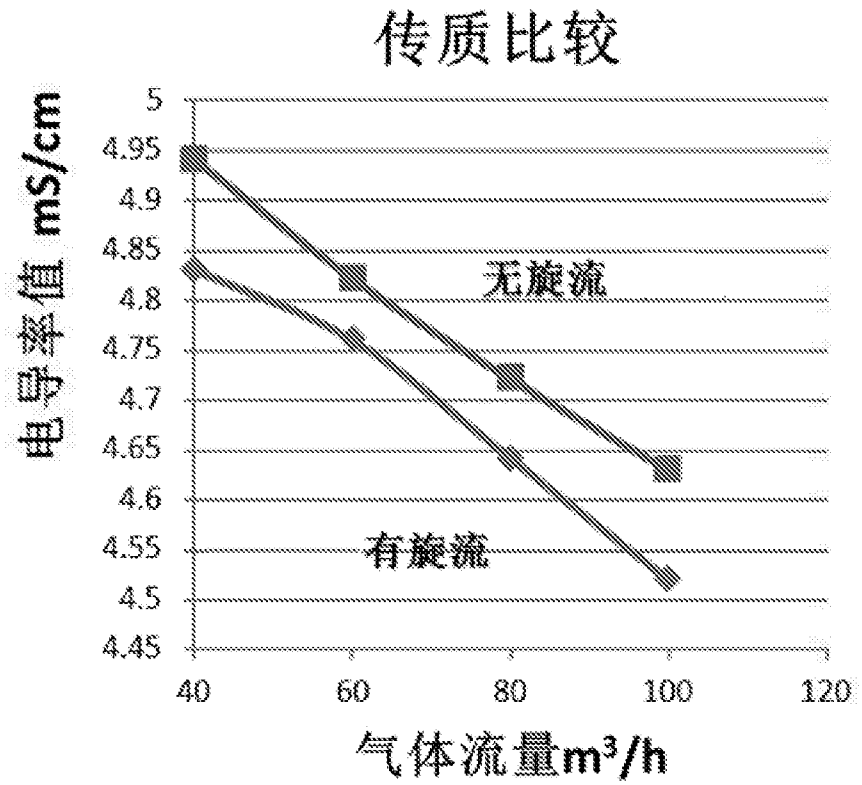

传质比较
电导率值 mS/cm
5
4.95
4.9
4.85
4.8
4.75
4.7
4.65
4.6
4.55
4.5
4.45
无旋流
有旋流
40
60
80
100
120
气体流量m³/h

图 6

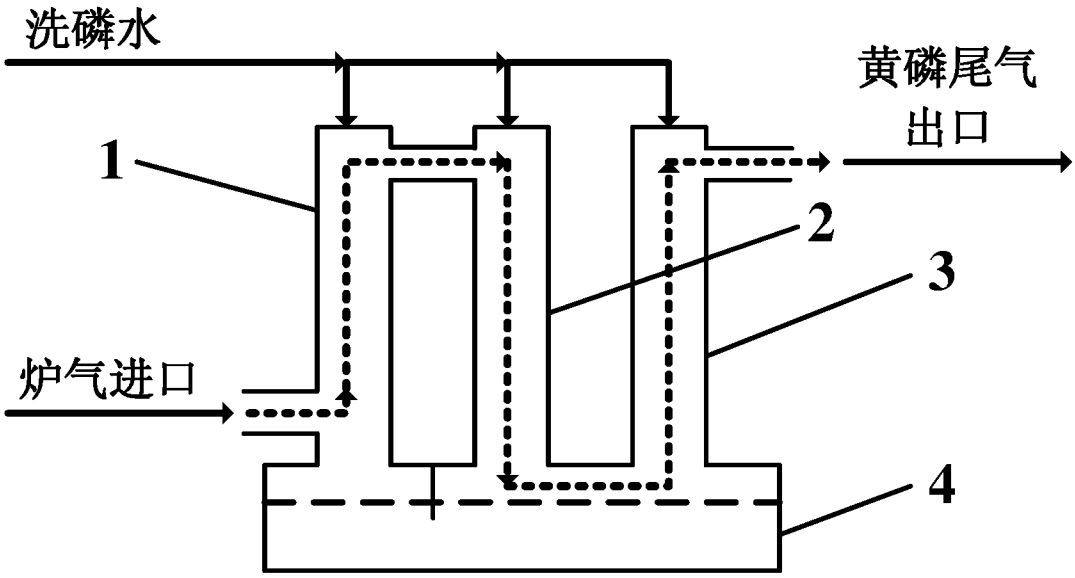

洗磷水
黄磷尾气
出口
1
2
3
炉气进口
4

图 7

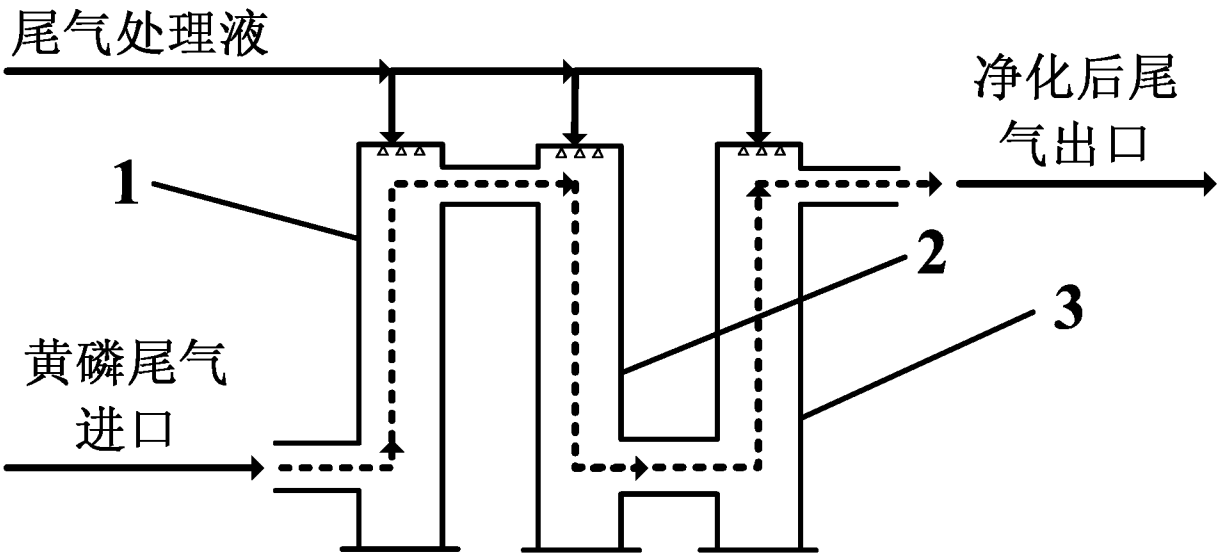

尾气处理液
净化后尾气出口
1
2
3
黄磷尾气进口

图 8

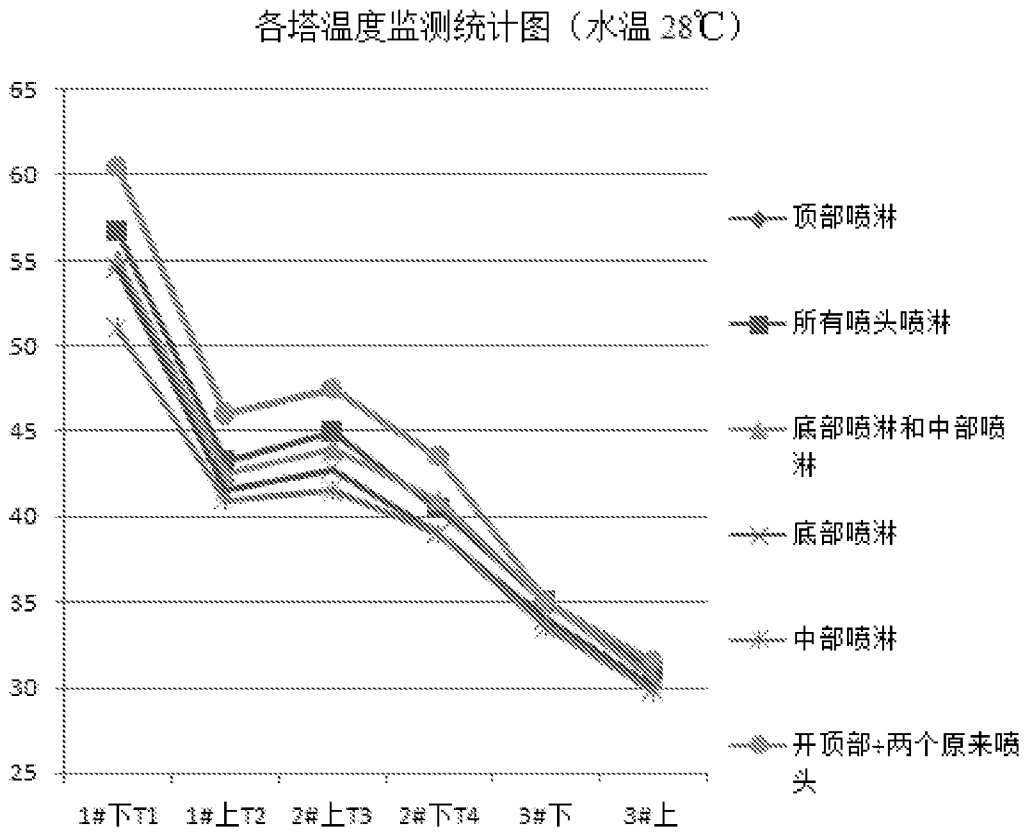

各塔温度监测统计图（水温 28℃）
65
60
55
50
45
40
35
30
25
1#下T1
1#上T2
2#上T3
2#下T4
3#下
3#上
顶部喷淋
所有喷头喷淋
底部喷淋和中部喷淋
底部喷淋
中部喷淋
开顶部+两个原来喷头

图 9

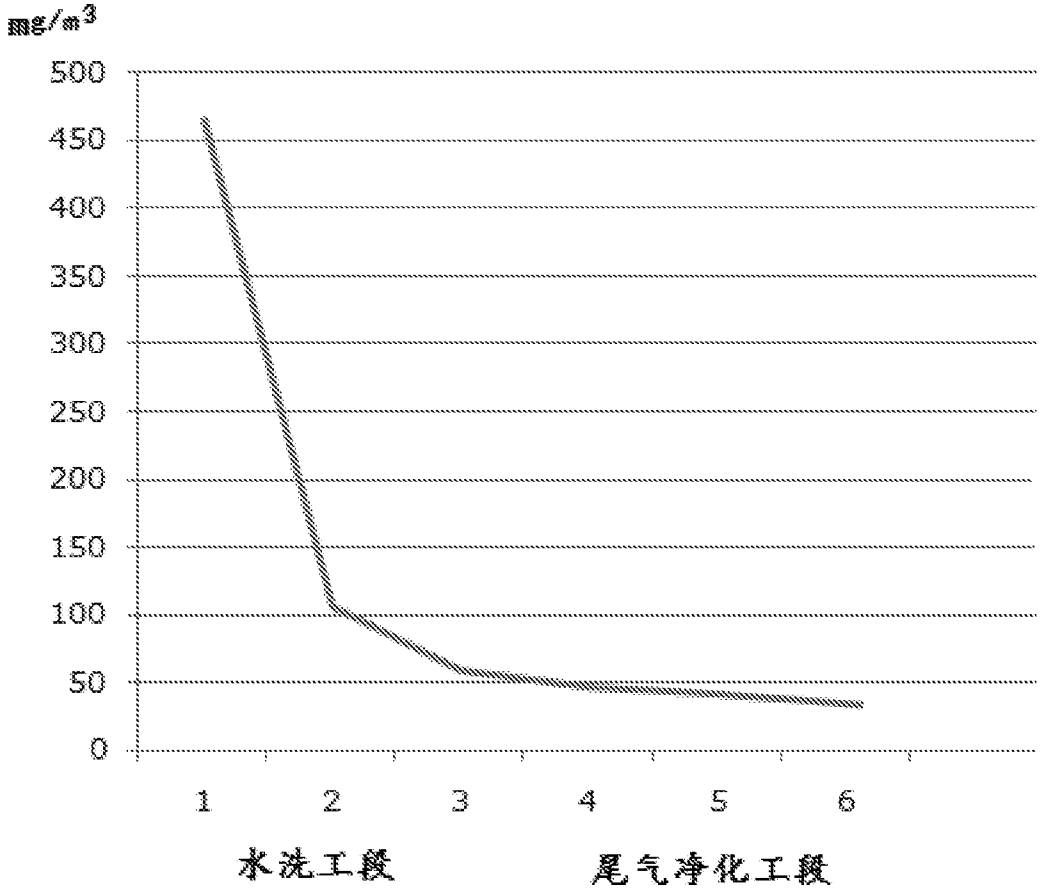

mg/m3
500
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
1
2
3
4
5
6
水洗工段
尾气净化工段

图 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2014/088632

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B01D 50/00 (2006.01) i; B01D 53/46 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
WPI, EPODOC, CNPAT, CNKI: desulfuration, swirling flow, flue gas, dedust, dust removal, SOx removal, spiral, rotation, tangent, sprayer, nozzle

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E	CN 104096434 A (XIAMEN UNIVERSITY et al.), 15 October 2014 (15.10.2014), claims 1-7	1-7
X	CN 201329247 Y (XU, Ruifeng et al.), 21 October 2009 (21.10.2009), description, page 2, line 10 to page 3, line 9, and figures 1-2	1-7
X	CN 202289795 U (CHENG, Derong), 04 July 2012 (04.07.2012), description, paragraph [0022], and figures 1-2	1-7
X	CN 2510149 Y (YANG, Zhenkun), 11 September 2002 (11.09.2002), description, page 2, lines 19-30, and page 3, lines 2-8, and figures 1-3	1-7
X	CN 2779257 Y (FUJIAN XINZE ENVIRONMENTAL PROTECTION EQUIPMENT AND ENGINEERING CO., LTD.), 10 May 2006 (10.05.2006), description, page 2, line 1 to page 3, line 2, and figures 1-3	1-7
X	CN 101642670 A (SHI, Jianwu), 10 February 2010 (10.02.2010), description, page 3, line 17 to page 4, line 17, and figures 1-3	1-7
X	CN 102085450 A (QINHUANGDAO SHUANGLUN ENVIRONMENTAL PROTECTION TECHNOLOGY CO., LTD.), 08 June 2011 (08.06.2011), description, paragraphs [0038]-[0041]	1-7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
01 July 2015 (01.07.2015)	**29 July 2015 (29.07.2015)**
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer **GUO, Yanhua** Telephone No.: (86-10) **62084842**

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2009)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2014/088632

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 202555164 U (HARBIN WEILAN ENVIRONMENTAL PROTECTION EQUIPMENT MANUFACTURING CO., LTD.), 28 November 2012 (28.11.2012), the whole document	1-7
A	CN 2230609 Y (RONG, Xinghan et al.), 10 July 1996 (10.07.1996), the whole document	1-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2014/088632

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 104096434 A	15 October 2014	None	
CN 201329247 Y	21 October 2009	None	
CN 202289795 U	04 July 2012	None	
CN 2510149 Y	11 September 2002	None	
CN 2779257 Y	10 May 2006	None	
CN 101642670 A	10 February 2010	CN 101642670 B	26 September 2012
CN 102085450 A	08 June 2011	CN 102085450 B	29 May 2013
CN 202555164 U	28 November 2012	None	
CN 2230609 Y	10 July 1996	None	

国际检索报告

国际申请号 PCT/CN2014/088632

A. 主题的分类

B01D 50/00(2006.01)i; B01D 53/46(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

B01D

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用）)

WPI,EPODOC,CNPAT,CNKI: 烟气，烟道气，除尘，脱硫，螺旋，旋流，旋转，切线，切向，喷嘴，flue gas,dedust, dust removal,SOx removal,spiral,rotation,tangent,sprayer,nozzle

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
E	CN 104096434 A (厦门大学等) 2014年 10月 15日 (2014-10-15) 权利要求1-7	1-7
X	CN 201329247 Y (徐瑞丰等) 2009年 10月 21日 (2009-10-21) 说明书第2页第10行至第3页第9行和附图1-2	1-7
X	CN 202289795 U (程德荣) 2012年 7月 4日 (2012-07-04) 说明书第[0022]段和附图1-2	1-7
X	CN 2510149 Y (杨振坤) 2002年 9月 11日 (2002-09-11) 说明书第2页第19-30行，第3页第2-8行，附图1-3	1-7
X	CN 2779257 Y (福建鑫泽环保设备工程有限公司) 2006年 5月 10日 (2006-05-10) 说明书第2页第1行至第3页第2行，附图1-3	1-7
X	CN 101642670 A (史剑武) 2010年 2月 10日 (2010-02-10) 说明书第3页第17行至第4页第17行，附图1-3	1-7
X	CN 102085450 A (秦皇岛双轮环保科技有限公司) 2011年 6月 8日 (2011-06-08) 说明书第[0038]-[0041]段	1-7

☑ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：

"A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

"E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

"L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件，或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件（如具体说明的）

"O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

"P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

"T" 在申请日或优先权日之后公布，与申请不相抵触，但为了理解发明之理论或原理的在后文件

"X" 特别相关的文件，单独考虑该文件，认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

"Y" 特别相关的文件，当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时，要求保护的发明不具有创造性

"&" 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2015年 7月 1日	2015年 7月 29日

ISA/CN的名称和邮寄地址	受权官员
中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 中国 传真号 (86-10)62019451	郭彦华 电话号码 (86-10)62084842

表 PCT/ISA/210 (第2页) (2009年7月)

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 202555164 U（哈尔滨蔚蓝环保设备制造有限公司）2012年 11月 28日（2012 - 11 - 28） 全文	1-7
A	CN 2230609 Y（戎兴汉等）1996年 7月 10日（1996 - 07 - 10） 全文	1-7

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2014/088632

检索报告引用的专利文件			公布日（年/月/日）	同族专利			公布日（年/月/日）
CN	104096434	A	2014年 10月 15日	无			
CN	201329247	Y	2009年 10月 21日	无			
CN	202289795	U	2012年 7月 4日	无			
CN	2510149	Y	2002年 9月 11日	无			
CN	2779257	Y	2006年 5月 10日	无			
CN	101642670	A	2010年 2月 10日	CN	101642670	B	2012年 9月 26日
CN	102085450	A	2011年 6月 8日	CN	102085450	B	2013年 5月 29日
CN	202555164	U	2012年 11月 28日	无			
CN	2230609	Y	1996年 7月 10日	无			