

(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
2015 年 7 月 2 日 (02.07.2015)



(10) 国际公布号
WO 2015/096768 A1

- (51) 国际专利分类号:
C10B 47/00 (2006.01) C10B 57/10 (2006.01)
C10B 47/02 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2014/094934
- (22) 国际申请日: 2014 年 12 月 25 日 (25.12.2014)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201310728650.3 2013 年 12 月 26 日 (26.12.2013) CN
- (72) 发明人: 及
- (71) 申请人: 聂红军 (NIE, Hongjun) [CN/CN]; 中国辽宁省朝阳市双塔区凌河街四段 172 号 2202, Liaoning 122000 (CN)。
- (74) 代理人: 北京律和信知识产权代理事务所 (普通合伙) (BEIJING LAWSING IP FIRM); 中国北京市海淀区知春路 108 号豪景大厦 A 座 401 室, Beijing 100086 (CN)。

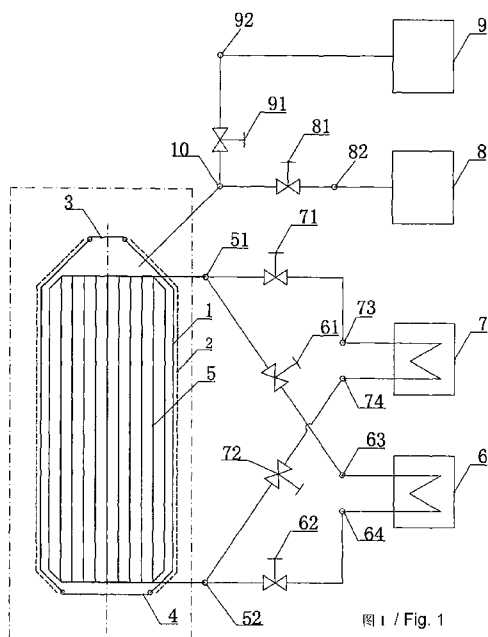
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, 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)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

(54) Title: PROCESS AND SYSTEM UTILIZING FIXED BED LIGNITE DRYER FOR DRY DISTILLATION OF LIGNITE

(54) 发明名称: 一种利用固定床褐煤干燥器干馏褐煤工艺及系统



(57) Abstract: A process and system utilizing a fixed bed lignite dryer for dry distillation of lignite. Lignite is loaded into a fixed bed lignite dryer; a low-temperature working medium of a temperature between 105 °C and 260 °C is introduced into a recuperator of the fixed bed lignite dryer; the lignite is dried to a subsequent process requirement; the medium is either replaced or heated; a high-temperature working medium of a temperature between 400 °C and 1000 °C is introduced into the recuperator of the fixed bed lignite dryer; the lignite is carbonized to a process requirement; and then, the hot lignite is unloaded. Also, a system composing the process utilizing the fixed bed lignite dryer for dry distillation of lignite. In the present invention, the fixed bed lignite dryer is without any moving part, drying and dry distillation processes are completed on one bed, operation is greatly simplified, a special requirement for dry distillation of lignite is satisfied, the quality of a dry distillation product of lignite is increased, also, total moisture content of lignite is greatly reduced after deep drying, clean and highly efficient separation of a dry distillation gas is facilitated, tar collection rate is increased, and the economy of dry distillation of lignite is increased.

(57) 摘要: 一种利用固定床褐煤干燥器干馏褐煤工艺及系统, 将褐煤装入固定床褐煤干燥器内, 通入温度介于 105°C-260°C 的低温工作介质至固定床褐煤干燥器的间壁换热器内, 干燥褐煤至达到下一工艺要求, 更换或加热介质, 通入温度介于 400°C-1000°C 的高温工作介质至固定床褐煤干燥器的间壁换热器内, 干馏褐煤至达到工艺要求, 然后卸出热褐煤, 以及组成实现利用固定床褐煤干燥器干馏褐煤工艺的系统, 在本发明中, 固定床褐煤干燥器没有

任何运转部件, 在一个床体上完成干燥和干馏过程, 大大的简化了操作, 满足褐煤干馏的特殊性要求, 提高褐煤的干馏产品质量, 并且, 褐煤在深度干燥后的全水很低, 对干馏气的洁净高效分离有利, 提高焦油收油率, 提高褐煤干馏的经济性。

WO 2015/096768 A1

一种利用固定床褐煤干燥器干馏褐煤工艺及系统

技术领域

本发明涉及一种用于褐煤干馏的利用固定床褐煤干燥器干馏褐煤工艺，以及实施该工艺所使用的系统，主要用于褐煤等颗粒状物料的干馏。

背景技术

褐煤是一种高水分、高灰分、高挥发分、低热值、低灰熔点、污染重且利用率相对较低的煤炭资源。褐煤含水量为 25%-55%，分为外在水、毛细水、吸附水和结晶水。对褐煤的处理在 105℃-110℃ 条件下，可以脱除褐煤的外在水、毛细水以及部分吸附水，再升高温度至 150℃ 以上，可以脱除结晶水，并引起褐煤结构改变，上述为褐煤的干燥过程；温度升高到 260℃ 时，褐煤内所含焦油质和甲烷、氢气开始分解析出，这个过程一直持续到 1000℃ 以上，此为褐煤的干馏过程。

脱除水分后，褐煤是干燥的，挥发分留存在干燥褐煤里，干燥褐煤接触空气，挥发分的活性较高，氧化反应加快，在散热不利的情况下，容易自燃。抑制褐煤自燃要对褐煤进行干馏，降低褐煤挥发分含量，特别是活性较高部分的挥发分含量，安定褐煤，同时提高干馏褐煤的热值，并将褐煤里所含焦油提出，用于化工和生产燃油，这是褐煤提质的最终目的。

褐煤干馏工艺有：鲁奇炉类工艺、固体载热干馏工艺、气体载热干馏工艺、外加热干馏工艺等。所有褐煤处理工艺，均设有干燥、干馏、冷却三步工艺部分。干燥工艺部分的常规干燥方法在申请号为 201320166864.1 中国专利（该专利公开的内容通过引用并入本文）的背景技术中有阐述，主要有热烟气直接干燥和蒸汽干燥两种方法。经这两种干燥工艺完成后进入干馏工艺部分的褐煤，全水含量均较高，即没有达到干燥工艺应达到的干燥程度。而专利 201320166864.1 所公开的固定床褐煤干燥器的干燥工作温度也偏低，应提高干燥工作温度，尽可能在少损失挥发分的情况下降低干燥褐煤全水，这样有利于干馏工艺的干馏质量和焦油析出量。

褐煤干馏时，褐煤性质发生很大改变，包括缩聚、毛细孔倒塌，以及其他焦化反应。并且由于褐煤为不粘结煤，所以干馏褐煤易发生褐煤崩解粉碎甚至粉化，若工艺有外力施加（如加压、移动物料）或气流冲刷，将加剧褐煤粉化。粉化的褐煤煤粉随干馏气体或载热气体排出，加大气-固分离难度，并且由于煤粉的强吸附作用，将大大减少焦油收油率，

极大的影响经济性，并加大污染。

褐煤干馏工艺应避免外力施加或气流冲刷，上述所列出的褐煤干馏工艺，均不可避免的有外力施加（例如滚筒）和气流冲刷（例如流化床）或因干燥程度不够而加大气流冲刷的问题，导致褐煤干馏后形体崩解和粉化，带来最终产品的可用性和质量降低以及焦油收油率的降低，并且工艺操作环节多，设备复杂。

专利 201320166864.1 记载的固定床干燥器的结构适合褐煤，但是使用温度低，应用范围窄。

综上所述，已有的干馏工艺均存在褐煤干馏后形体崩解和粉化、最终产品的质量降低和焦油收油率的降低、工艺操作环节多、设备复杂等缺点，以及专利 201320166864.1 应用范围窄。

发明内容

本发明目的是提供一种利用固定床褐煤干燥器干馏褐煤工艺及系统，以解决现有技术干馏工艺及装置均存在的褐煤干馏后形体崩解和粉化、最终产品的质量降低和焦油收油率的降低、以及工艺操作环节多、设备复杂等缺点，拓宽专利 201320166864.1 应用范围。

本发明的技术方案是：一种利用固定床褐煤干燥器干馏褐煤工艺，包括以下工艺步骤：

(1)、将褐煤装入固定床褐煤干燥器内，通入温度介于 105℃-260℃的低温工作介质至固定床褐煤干燥器的间壁换热器内，干燥褐煤至达到下一工艺要求；蒸发水分引出固定床褐煤干燥器。

(2)、更换或加热介质，通入温度介于 400℃-1000℃的高温工作介质至固定床褐煤干燥器的间壁换热器内，干馏褐煤至达到工艺要求；干馏气引出固定床褐煤干燥器。

(3)、卸出热褐煤至冷却装置或热褐煤处理装置。

组成实现利用固定床褐煤干燥器干馏褐煤工艺的系统，包括专利 201320166864.1 的固定床褐煤干燥器、低温热源、高温热源、干馏气处理装置、蒸汽冷凝装置或放散装置以及相适应的连接管道，所述的低温热源和高温热源的工作介质出口和入口并联连接于固定床褐煤干燥器的间壁换热器加热工作介质入口和出口，干馏气处理装置与蒸汽冷凝装置或放散装置的入口并联连接于固定床褐煤干燥器的气态产物引出口，低温热源和高温热源的工作介质出口和入口、干馏气处理装置与蒸汽冷凝装置或放散装置的入口均装有切换阀门。

所述的高温热源采用有压的惰性气体为工作介质。

本发明的有益效果是：

- 1、在干燥、干馏褐煤时，在一个设备完成工艺过程，褐煤不需要翻动，工艺过程延长，工艺温和，保持了褐煤粒度的完整，干馏褐煤质量高；
- 2、干燥蒸汽和干馏气通过褐煤孔隙排出的量不大，气体流速低，并可通过加热速度控制气体排出速度，煤粉夹带轻微，对后续处理影响很小，冷凝水洁净、焦油收油率高；
- 3、固定床结构，一个工艺循环褐煤装卸一次，对换热器结构磨损极小，设备简单、寿命长。

换句话说，本发明一方面公开了一种干燥干馏系统。所述干燥干馏系统包括至少一个固定床反应器、低温热源、高温热源、干馏气处理装置以及蒸汽冷凝装置或放散装置，其中，所述固定床反应器包括反应器主体，所述反应器主体具有固定床外壳和安装在所述外壳限定的空间内的间壁换热器，在所述固定床反应器的上部设置有进料口和气态产物引出口，下部设置有出料口；

所述低温热源的工作介质出口和入口和高温热源的工作介质出口和入口分别并联连接于所述固定床反应器的间壁换热器的工作介质入口和出口；

所述干馏气处理装置的入口与蒸汽冷凝装置或放散装置的入口并联连接于所述固定床反应器的气态产物引出口；

所述固定床反应器还包括：分别布置在所述气态产物引出口连接所述干馏气处理装置的入口以及所述蒸汽冷凝装置或放散装置的入口的管线上的切换阀门，和分别布置在所述间壁换热器的工作介质入口和出口分别连接所述低温热源和高温热源的工作介质出口和入口的管线上的切换阀门。

根据一种实施方式，所述系统包括 2 个或更多个相互并联的固定床反应器。

高温热源和低温热源可采用任何适宜的加热装置。高温热源优选可以采用蓄热式燃烧装置，这样降低排出高温热源的排烟温度，提高热效率。

固定床反应器的外壳可以是任何适宜的形状，例如圆形或矩形，由内侧金属层和外侧保温层构成。

所述间壁换热器可采用列管式换热器或膜式管屏换热器。

所述列管式换热器的两个相邻列管之间的间距 a 为 25-200 mm，优选为 60-160 mm。加热介质入口和出口分别与各列管的上端和下端以任意方式并联。

所述膜式管屏换热器的每片管屏由多个列管和连接相邻两列管之间的膜片构成。每片

管屏可包括多个列管，各列管间距离为 30-300，优选为 80-240 mm。各膜式管屏应相互平行排列，间距 b 为 30-300 mm，优选为 100-300 mm。每一片膜式管屏中的各列管的两端分别由一根并联管联通，并通过上下两根并联管分别与加热介质入口和出口连接。

上述列管的外径可为 10-50 mm，优选 20-40 mm，更优选 25-35mm，例如 32mm。

优选地，所述列管内还可装有节流装置，例如节流孔板，也可以是为将换热管缩颈加工形成的结构，或者采用更细的、通流面积更小的管段接入列管内或列管一端。

根据一种实施方式，本发明的系统中还包括用于检测干燥和/或干馏工艺进行程度的装置。

具体的例子为，在所述固定床反应器主体内部还安装有温度检测装置，安装位置在任意相邻的 4 个列管的中间或任意相邻的 2 个膜式管屏的中间。当检测到温度为 100-260℃ 时，干燥工艺结束；当检测到温度为 350-650℃ 时，干馏工艺结束。

另一种方式为，在气态产物引出口处设置挥发分热解物检测装置，所述检测装置例如是氢气、甲烷、二氧化碳或一氧化碳等的检测装置。当检测到相应热解物的量发生符合工艺要求的变化时，干燥工艺结束；当检测到相应的热解物的量发生符合工艺要求的变化时，干馏工艺结束。

再一种方式为，可在气态产物引出口处设置流量检测装置，检测排出的气态物质的流速。当干燥工艺中检测到气态产物如水蒸汽的排出速率低于 $0.02\text{m}^3/\text{t}\cdot\text{min}$ 时，干燥工艺结束；当检测到气态产物，如挥发分热解物的排出速率低于 $0.03\text{m}^3/\text{t}\cdot\text{min}$ 时，干馏工艺结束。

以上检测装置可以安装任何一种，也可安装多种。根据一种实施方式，也可不安装任何检测装置，而是根据预先进行的实验获得的干燥和干馏工艺时间来判定各工艺的终点。

该系统在一个设备中完成对含挥发分的物料干燥和干馏两步工艺，特别是像褐煤这种易破碎和/产生粉尘的物料，可保持物料颗粒的完整度好，几乎不产生粉尘。因此，对干燥产生的蒸汽以及干馏产生的挥发分热解物的处理变得简单，易于回收；而且焦油的收率也相应提高，从而达到物料经济价值的最大化利用。此外，该设备结构简单，操作简便。一个工艺仅装卸物料一次，对设备磨损小，寿命长。

本发明另一方面公开了一种利用上述干燥干馏系统处理含挥发分的物料的工艺，包括以下工艺步骤：

(1)、干燥步骤：将含挥发分的物料装入固定床反应器主体内，通入温度为 105℃-280℃ 的低温工作介质至固定床反应器的间壁换热器内，间接换热加热所述物料以进行干燥，将

干燥所蒸发的水分引出所述固定床反应器主体后冷凝回收或直接排放；

(2)、干馏步骤：更换固定床反应器的间壁换热器内的低温工作介质为温度在 400℃-1000℃的高温工作介质，或继续加热所述低温工作介质至 400℃-1000℃高温，间接换热加热所述物料以进行干馏，将干馏气态物质引出所述固定床反应器后冷却分离各组分；

(3)、卸出经处理的含挥发分的物料。

所述含挥发分的物料是指不粘煤、油砂、油页岩及生物质中的一种或多种。其中不粘煤例如褐煤、长焰煤等，生物质例如生活垃圾、秸秆、木质、腐植物等。

根据一种实施方式，所述低温热源的工作介质的温度优选为 105℃-260℃，更优选为 150℃-260℃，又优选为 180℃-260℃。低温工作介质可为蒸汽（如水蒸汽）、导热油、熔盐等。

所述高温热源的工作介质的温度优选为 400℃-800℃，更优选 450℃-700℃。所述高温工作介质可以与所述低温工作介质相同或不同。例如可为蒸汽（如水蒸汽），或为加压的惰性气体，例如二氧化碳、氮气等。

通过安装在反应器主体内部的温度检测装置、安装在气体产物引出口处的挥发分热解物检测装置和/或安装在气体产物引出口处的流量检测装置可以监测干燥工艺是否完成。当达反应器主体内物料温度达到 100℃-260℃时、当检测到挥发分热解物（如氢气、甲烷、二氧化碳或一氧化碳等）的量发生符合工艺要求的变化时和/或检测到气态产物如水蒸汽的排出速率低于 0.02m³/t·min 时，干燥工艺完成。

或者依据物料干燥实验得出的对应工艺参数的干燥时间，达到时间后即确定反应器内温度达到 100℃-260℃，干燥工艺完成。

所述蒸汽冷凝装置或放散装置将干燥工艺中排出的水蒸汽冷凝回收或者直接排放。

这时排空换热器中的工作介质，关闭低温热源的工作介质入口和出口的阀门，同时开启高温热源的工作介质出口和入口的阀门，将高温工作介质引入固定床干燥器的换热器中，开始干馏工艺；如果高温和低温工作介质相同，则关闭低温热源的工作介质入口和出口的阀门，同时开启高温热源的工作介质出口和入口的阀门，将低温工作介质引入高温热源进行加热；通入工作介质至固定床反应器的间壁换热器内，间接换热加热物料进行干馏。

所述干馏气态物质的处理方式可以采用冷却的方式来分离焦油和可燃气体，也可以设置分段冷却温度进行焦油不同馏分的分段收集。

通过安装在反应器主体内部的温度检测装置、安装在气体产物引出口处的挥发分热解

物检测装置和/或安装在气体产物引出口处的流量检测装置可以监测干馏工艺是否完成。

当反应器主体内物料的温度达到 350℃-650℃时、当检测到挥发分热解物（如氢气、甲烷、二氧化碳或一氧化碳等）的量发生符合工艺要求的变化时和/或检测到气态产物如挥发分热解物的排出速率低于 0.03m³/t·min 时，干馏工艺完成。

或者依据物料干馏实验得出的对应工艺参数的干馏时间，达到相应时间后即确定反应器内温度达到 350℃-650℃，干馏工艺完成。

通过反应器主体下部的出料口将物料卸出。热物料进行热压型或进行冷却后可用于相应的用途或进行其他加工处理。

该工艺方法只需进行一次物料的装卸，且整个工艺中不需转移或翻动物料，也没有气流冲刷，工艺简单、容易控制，而且最终物料颗粒完整，质量高。也因此减少了因物料粉化而带来的粉尘，有利于物料干馏副产物的回收利用，提高了物料的经济利用价值。因此，该工艺不仅适用于含挥发分的褐煤、长焰煤为代表的低挥发分煤，以及油砂、油页岩等，也适用于生物质，例如生活垃圾、秸秆、木质、腐植物等的利用和处理。处理工艺简单，成本低，且尽可能地对物料中有利用价值的成分进行回收利用。

附图说明

图 1 是本发明系统示意图，框线内是中国专利 201320166864.1 的说明书附图内容。

图 2 是固定床反应器结构示意图。

图 3 是固定床反应器中列管换热器的截面示意图。

图 4 是本发明另一实施例示意图，其中采用多个并联固定床反应器。

具体实施方式

以下通过对本发明具体实施方式的说明来更详细地说明本发明。本领域技术人员应理解，以下具体实施方式仅为说明性的，而非对本发明的限制。

参见图 1，框线内专利 201320166864.1 的固定床褐煤干燥器，更具体如图 2 所示包括外壳和安装在外壳内的间壁换热器 5，外壳由内侧金属层 1 和外侧的保温层 2 复合而成。在外壳的上端和下端分别设有进料口 3 和出料口 4，间壁换热器 5 的两端设有穿出外壳的加热工作介质入口（管）51 和出口（管）52；在固定床褐煤干燥器外壳设有穿出外壳的气态产物引出口（管）10。外壳的形状可以是圆形或矩形。

参见图 1，低温热源 6 和高温热源 7 的工作介质出口（管）63、73 和入口（管）64、

74 并联连接于固定床褐煤干燥器的间壁换热器 5 加热工作介质入口（管）51 和出口（管）52，干馏气处理装置 8 入口（管）82 与蒸汽冷凝装置或放散装置 9 的入口（管）92 并联连接于固定床褐煤干燥器的气态产物引出口（管）10；低温热源 6 和高温热源 7 的工作介质出口（管）63、73 和入口（管）64、74、干馏气处理装置 8 入口（管）82 与蒸汽冷凝装置或放散装置 9 的入口（管）92，与间壁换热器加热工作介质入口（管）51 和出口（管）52、气态产物引出口（管）10 的连接管道均装有切换阀门 61、62、71、72、81、91，各连接选择相适应的连接管道。

高温热源 7 采用有压的惰性气体为工作介质，如二氧化碳气体，压力大小根据需要调节。

工艺过程：

在固定床褐煤干燥器内装入褐煤，封闭干燥器，关闭高温热源 7 的切换阀门 71、72，关闭干馏气处理装置 8 的切换阀门 81，开启低温热源 6 的切换阀门 61、62，开启蒸汽冷凝装置或放散装置 9 的切换阀门 91，低温热源 6 向间壁换热器 5 通入温度介于 105℃-260℃ 的低温工作介质，对固定床内褐煤进行干燥；干燥产生的蒸汽经过气态产物引出口（管）10 排入蒸汽冷凝装置或放散装置 9，冷凝蒸汽为液态水或排向大气。

在通过其他技术措施判断干燥褐煤至达到下一工艺要求，则停止低温热源 6，关闭低温热源 6 的切换阀门 61、62，关闭蒸汽冷凝装置或放散装置 9 的切换阀门 91，开启高温热源 7 的切换阀门 71、72，开启干馏气处理装置 8 的切换阀门 81，高温热源 7 向间壁换热器 5 通入温度介于 400℃-1000℃ 的高温工作介质，对固定床内褐煤进行干馏；干馏产生的干馏气经过气态产物引出口（管）10 排入干馏气处理装置 8，对干馏气进行分离和处理。

在通过其他技术措施判断干馏褐煤至达到工艺要求后，关闭高温热源 7 的切换阀门 71、72，关闭干馏气处理装置 8 的切换阀门 81，卸出热褐煤至冷却装置或热褐煤处理装置。

低温热源 6 采用蒸汽为工作介质，可以使干燥温度均匀，温度易于控制，不发生在干燥时出现局部超温而出现挥发分和焦油损失。

高温热源 7 采用有压的惰性气体为工作介质，可以减轻管路腐蚀。

低温热源 6 和高温热源 7 的工作介质循环均可改变，即可以从间壁换热器 5 的下部进入间壁换热器 5。

重复以上工艺过程，进行连续化生产。

高温热源 7 在加热工作介质时，因进入高温热源 7 的循环工作介质初温较高，可以采用蓄热式燃烧技术，降低排出高温热源 7 的排烟温度，提高热效率。

在通过其他技术措施判断干燥和干馏褐煤的工艺要求时，可以通过安装在固定床里的温度检测装置检测温度来判定，或通过检测气态产物引出口（管）10的气态产物的排出速率来判定。或者依据物料干燥和干馏实验得出的对应工艺参数的干馏时间，达到时间后即确定反应器内温度达到工艺要求。

干馏气处理装置8的处理方式采用冷却的方式来分离焦油和可燃气体，可以设置不同冷却温度段，对于焦油各馏分温度设定分段冷却温度，进行焦油各馏分分段收集。

本发明和已有技术的明显区别是：组成系统的固定床褐煤干燥器没有任何运转部件，在一个床体上完成干燥和干馏过程，大大的简化了操作，满足褐煤干馏的特殊性要求，提高褐煤的干馏产品质量，并且，褐煤在深度干燥后的全水很低，对于干馏气的洁净高效分离有利。在实际应用中，可以多个系统并联工作，使高、低温热源处于连续工作中，对于节能是有利的。

本发明的一个变形是一种干燥干馏系统。该系统除了可以对褐煤进行干燥干馏处理，还可对任何含挥发分的物料进行类似处理提取物料中的挥发分热解物，并获得相应的气体产物、液体产物和固体产物。含挥发分的物料可以是矿物燃料，如以褐煤、长焰煤为代表的低挥发分煤，以及油砂、油页岩等；也可以是生物质，例如生活垃圾、秸秆、木质、腐植物等。

本文提及的挥发分是指物料中可热解的有机质，主要是以碳氢组分为主有机化合物，还含有氮、硫、氧等元素，其热解产物除甲烷、氢气、一氧化碳、二氧化碳和硫化氢等气体外，还有极为复杂的液态有机化合物，例如烷类、烃类、酚类、酯类等。

参考图1，所述干燥干馏系统包括至少一个固定床反应器、低温热源6、高温热源7、干馏气处理装置8以及蒸汽冷凝装置或放散装置9，其中，所述固定床反应器包括反应器主体，所述反应器主体具有固定床外壳和安装在所述外壳限定的空间内的间壁换热器，在所述固定床反应器的上部设置有进料口3和气态产物引出口（管）10，下部设置有出料口4。

所述低温热源的工作介质出口（管）63和入口（管）64和高温热源的工作介质出口（管）73和入口（管）74分别并联连接于所述固定床反应器的间壁换热器的工作介质入口（管）51和出口（管）52。

所述干馏气处理装置的入口（管）82与蒸汽冷凝装置或放散装置的入口（管）92并联连接于所述固定床反应器的气态产物引出口（管）10。

所述固定床反应器还包括：分别布置在所述气态产物引出口（管）10 连接所述干馏气处理装置的入口（管）82 以及所述蒸汽冷凝装置或放散装置的入口（管）92 的管线上的切换阀门 81, 91, 和分别布置在所述间壁换热器的工作介质入口（管）51 和出口（管）52 分别连接所述低温热源和高温热源的工作介质出口（管）63, 73 和入口（管）64, 74 的管线上的切换阀门 61, 62, 71, 72。

根据一种实施方式，所述低温热源的工作介质为温度在 105°C – 280°C ，优选 150°C – 260°C ，更优选 180°C – 260°C 的低温工作介质。低温热源的温度过低则干燥不充分，过高则会损失部分挥发分热解物。低温工作介质例如可为蒸汽（如水蒸汽）、导热油等。采用蒸汽时干燥温度均匀、温度易于控制，不容易出现局部超温导致的挥发分热解物，如甲烷、焦油的损失。

所述高温热源的工作介质的温度为 400°C – 1000°C ，优选 400°C – 800°C ，更优选 450°C – 650°C 的高温工作介质。所述高温工作介质可以与所述低温工作介质相同或不同。例如可为蒸汽或为加压的惰性气体，例如二氧化碳、氮气等。采用惰性气体可以减轻管路腐蚀。采用与低温工作介质相同的工作介质时，可免除切换介质的操作，只需用高温热源将工作介质加热至干馏温度即可。

高温热源和低温热源可采用任何适宜的加热装置。高温热源优选可以采用蓄热式燃烧装置，这样降低排出高温热源的排烟温度，提高热效率。

固定床反应器的主体的放大及内部结构见图 2 和 3。反应器的外壳可以是圆形或矩形，由内侧 1 金属层和外侧 2 保温层构成。其中的间壁换热器 5 可采用列管式换热器或膜式管屏换热器。

固定床反应器主体的长径比没有限制，可根据场地和实际需要确定。例如可为 1:1–10:1。

所述列管式换热器 5 的列管 53 的排列方式可根据具体需要确定，例如可以以各排相互对齐排列（见图 3A），也可以各排相互错位排列（见图 3B）。优选地，两个相邻列管 53 之间的间距 a 为 25–200 mm，优选为 60–160 mm。换热器 53 中加热介质入口（管）51 和出口（管）52 分别与各列管的上端和下端以任意方式并联。

所述膜式管屏换热器包括多片膜式管屏（见图 3C），每片管屏由多个列管 54 和相邻两列管之间的膜片 55 连接。每片管屏可包括多个列管，各列管 54 间距离为 30–300，优选为 80–240 mm。各膜式管屏相互平行排列，间距 b 为 30–300 mm，优选为 100–300 mm。每一片膜式管屏中的各列管的两端分别由一根并联管联通，并通过上下两根并联管分别与换热

器中加热介质入口（管）51 和出口（管）52 连接。

上述列管的外径可为 10-50 mm，优选 20-40 mm，更优选 25-35mm，例如 32mm。无论是列管式换热器还是膜式管屏换热器中的列管内还可装有节流装置，例如节流孔板，也可以是为将换热管缩颈加工形成的结构，或者采用更细的、通流面积更小的管段接入列管内或列管一端，以使换热器内各个列管中的工作介质流量均衡。

根据一种实施方式，在所述固定床反应器主体的物料内部还安装有温度检测装置，安装位置为任意 4 个列管的中间或任意相邻的 2 个膜式管屏的中间。也可在气态产物引出口（管）处设置挥发分热解物检测装置，例如氢气、甲烷、二氧化碳或一氧化碳等的检测装置。还可以通过在气态产物引出口（管）处设置流量检测装置，如流量计。通过所述温度检测装置、挥发分热解物检查装置和/或流量检测装置可以监测干燥工艺是否完成。

具体来说，当达反应器内温度达到 100-260℃时，或者检测到挥发分热解物（例如氢气、甲烷、二氧化碳或一氧化碳）发生符合工艺要求的变化（即，某种热解物的释放量发生某种改变时，意味着相应的工艺阶段的结束，这种变化对于不同的含挥发分的物料来说是不同的，但是容易通过实验确定）时，或者检测到气态产物的排出速率低于 0.02m³/t/min 时，干燥工艺完成。这时排空换热器中的工作介质，关闭控制低温热源的工作介质入口（管）64 和出口（管）63 的阀门 62，61，同时开启高温热源的工作介质出口（管）74 和入口（管）73 的阀门 71，72，将高温工作介质引入固定床干燥器的换热器中，开始干馏工艺。如果高温和低温工作介质相同，则关闭低温热源的工作介质入口和出口的阀门，同时开启高温热源的工作介质出口和入口的阀门，将低温工作介质引入高温热源进行加热。

所述蒸汽冷凝装置或放散装置 9 将干燥工艺中排出的水蒸汽冷凝回收或者直接排放。所述干馏气处理装置 8 的处理方式可以采用冷却的方式来分离焦油和可燃气体，也可以设置不同冷却温度段，对于焦油各馏分温度设定分段冷却温度，进行焦油各馏分分段收集。

通过上述检测装置可判断干馏工艺是否完成。当反应器主体内的温度达到 350-650 时，或者当检测到挥发分热解物（如氢气、甲烷、二氧化碳或一氧化碳等）的量发生符合工艺要求的变化时，或者检测到气态产物的排出速率低于 0.03m³/t/min 时，干馏工艺完成。

通过反应器主体下部的出料口 4 将物料卸出。

当然，上述温度检测装置、挥发分热解物检测装置或流量检测装置不是必须的，可以根据预先进行的相应物料的干燥-干馏实验获得各工艺所需的时间，从而根据工艺持续时间来判断干燥、干馏工艺是否完成。

以上按照褐煤的处理方式对本发明的一种实施方式进行了详细描述。然而本领域的普

通技术人员应理解，本发明的干燥干馏系统并不仅限于干燥和干馏两个工艺过程，根据具体被处理的物料以及具体需要，可以增加其他在所述固定床反应器中进行的其他工艺过程或减少某些不必要的工艺过程或步骤。这些变形均在本发明的范围之内。

根据另一种实施方式，本发明的干燥干馏系统可包括 2 个或更多个相互并联的固定床反应器。固定床反应器的数量原则上没有上限，但是考虑场地以及动力系统的供给能力，合适地为，例如 3、4、5、8、10 直至 20 个互为并联的固定床反应器。具体数目可根据生产场地以及生产需要选择。

图 4 为本发明一种实施方式的示意图，其中采用多个并联固定床反应器（图中仅示出两个）。如图所示，本实施例所述的固定床干馏系统，包括多个，例如可以是 2-100 或更多个并联的固定床反应器，固定床反应器的各工作介质的入口（管）、出口（管）并联接入低温热源 6 和高温热源 7 的出口（管）63、73 和入口（管）64、74。各固定床反应器的气态产物引出口（管）10 并联连接于干馏气处理装置 8 入口（管）82 与蒸汽冷凝装置/放散装置 9 的入口（管）92。本实施方式的其他结构与上一实施例的结构相似，不再赘述。

该系统在一个设备中完成对含挥发分的物料干燥和干馏两步工艺，特别是像褐煤这种易破碎和/产生粉尘的物料，可保持物料颗粒的完整度好，几乎不产生粉尘。因此，对干燥产生的蒸汽以及干馏产生的挥发分热解物的处理变得简单，易于回收；而且焦油的收率也相应提高，从而达到物料经济价值的最大化利用。此外，该设备结构简单，操作简便。一个工艺仅装卸物料一次，对设备磨损小，寿命长。

所用工艺方法中只需进行一次物料装卸，且整个工艺中不需转移或翻动物料，也没有气流冲刷，工艺简单、容易控制，而且最终物料颗粒完整，质量高。也因此减少了因褐物料化而带来的粉尘，有利于物料干馏副产物的回收利用，提高了物料的经济利用价值。

根据以上实施方式，具体采用不同干燥和干馏温度进行褐煤的干燥干馏。

实施例：

本实施例的干燥干馏系统，包括固定床反应器的主体为长 3m、宽 2m、高 12m 的矩形反应器。其中，换热器为列管式换热器，列管为直径 32mm 的无缝管，如图 3A 所示方式排列，管间距为 100mm。反应器中部有热电偶温度检测器。低温工作介质为水蒸汽，高温工作介质为二氧化碳，循环为驱动循环，热源为多用途锅炉，燃料为燃气。

将 15 吨褐煤(购自内蒙古白音华煤矿褐煤、含水量(Mt, 全水重量百分比含量)=32.3%，灰分 A=19.7%，挥发分(Vdaf, 干燥无灰基挥发份)=46.5%，余量为固定碳)从固定床反应

器主体上部的进料口装入反应器中。关闭进料口，通入低温工作介质（热源出口处工作介质温度为 220℃）开始干燥工艺。蒸发的水分直接排放进入大气。干燥 5 小时后测得反应器中温度为 195℃，停止干燥。通入 625℃的高温工作介质，干馏 4 小时。分别取干燥工艺结束后的褐煤样品和干馏工艺结束后的褐煤样品测定其中所含的水分和挥发分的量。结果见下表 1 和表 2。

表 1 褐煤经干燥后的各项指标：

工作介质温度(℃)	加热时间 (h)	褐煤含水量 Mt	挥发分含量 Vdaf
220	5	2.2%	46.3%

褐煤是否已达到干燥要求，主要通过安装在固定床里的温度检测装置检测温度来判定，或通过气态产物引出口处的挥发分热解物检测装置来判定，或通过气态产物引出口处的流量计来检测气态产物的排出速率来判定。在本实施例中，当反应器中的褐煤温度达到 195℃时，表明本实施例的褐煤已完成干燥目的，此时含水量为 2.2%，可进行干馏步骤。

表 2 褐煤经干馏后的各项指标

工作介质温度 (℃)	加热时间 (h)	挥发分 Vdaf
625	4	19.2%

褐煤是否已达到干馏要求，主要通过安装在固定床里的温度检测装置检测温度来判定，或通过气态产物引出口（管）10 的挥发分热解物检测装置来判定，或通过检测气态产物的排出速率来判定。在本实施例中，当反应器中的褐煤温度达到 520℃时，分析褐煤中的挥发分 Vdaf 为 19.2%，在 15%–25%的范围内，表明褐煤已完成干馏目的。

干馏工艺结束后，从反应器主体下部的出料口将热褐煤卸出，冷却。最后获得处理后的褐煤 8 吨；挥发分热解物经分步冷凝后获得焦油 0.82 吨，可燃气体 1200 立方米。

权利要求书

1、一种利用固定床褐煤干燥器干馏褐煤工艺，其特征是：包括以下工艺步骤：

(1)、将褐煤装入固定床褐煤干燥器内，通入温度介于 105℃-260℃ 的低温工作介质至固定床褐煤干燥器的间壁换热器内，干燥褐煤至达到下一工艺要求；蒸发水分引出固定床褐煤干燥器；

(2)、更换或加热介质，通入温度介于 400℃-1000℃ 的高温工作介质至固定床褐煤干燥器的间壁换热器内，干馏褐煤至达到工艺要求；干馏气引出固定床褐煤干燥器；

(3)、卸出热褐煤至冷却装置或热褐煤处理装置。

2、一种实现权利要求 1 所述的利用固定床褐煤干燥器干馏褐煤工艺的系统，包括固定床褐煤干燥器、低温热源、高温热源、干馏气处理装置、蒸汽冷凝装置或放散装置以及相适应的连接管道，其特征是：低温热源和高温热源的工作介质出口和入口并联连接于固定床褐煤干燥器的间壁换热器加热工作介质入口和出口，干馏气处理装置与蒸汽冷凝装置或放散装置的入口并联连接于固定床褐煤干燥器的气态产物引出口，低温热源和高温热源的工作介质出口和入口、干馏气处理装置与蒸汽冷凝装置或放散装置的入口均装有切换阀门。

3、根据权利要求 2 所述的利用固定床褐煤干燥器干馏褐煤系统，其特征是：高温热源采用有压的惰性气体为工作介质。

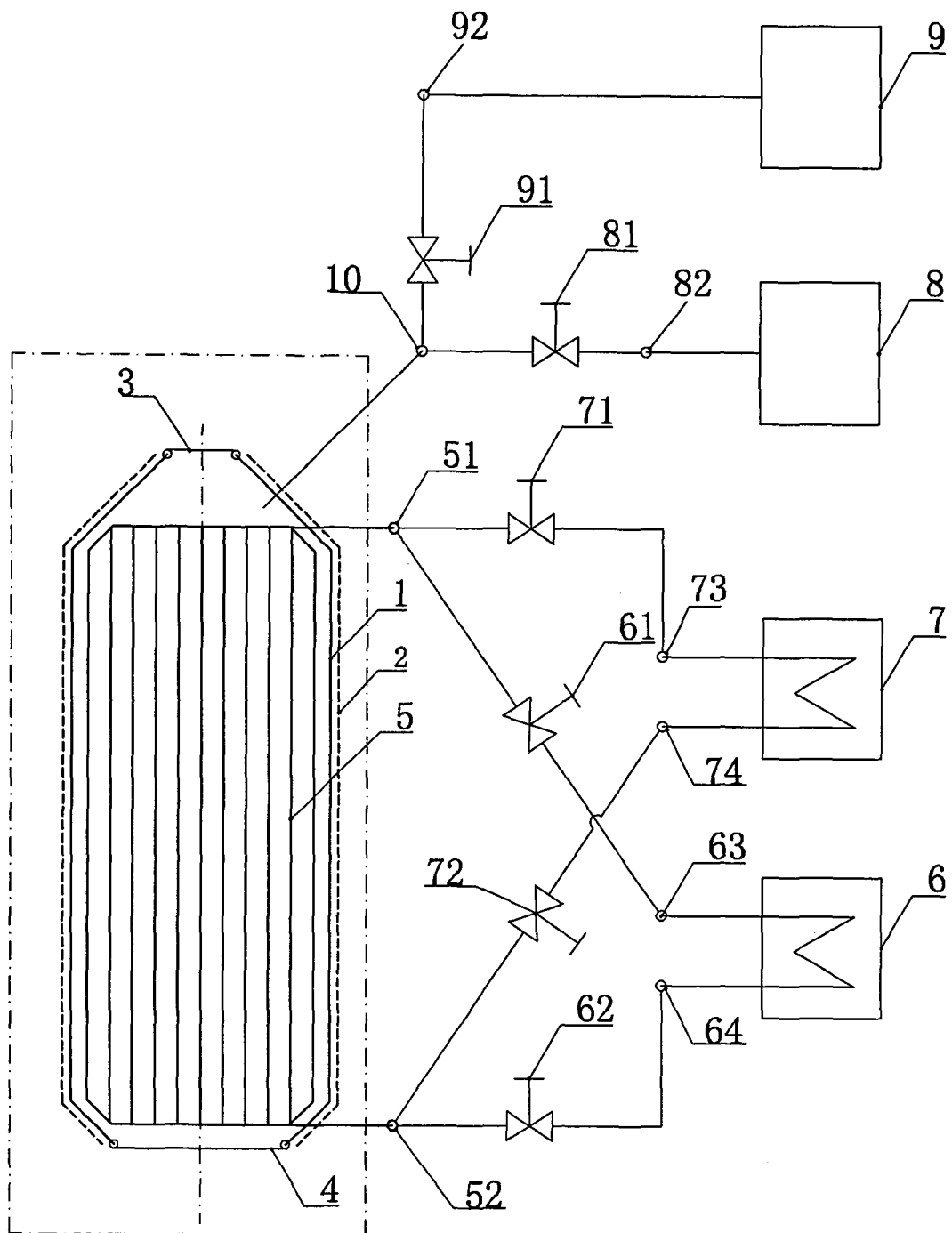


图 1

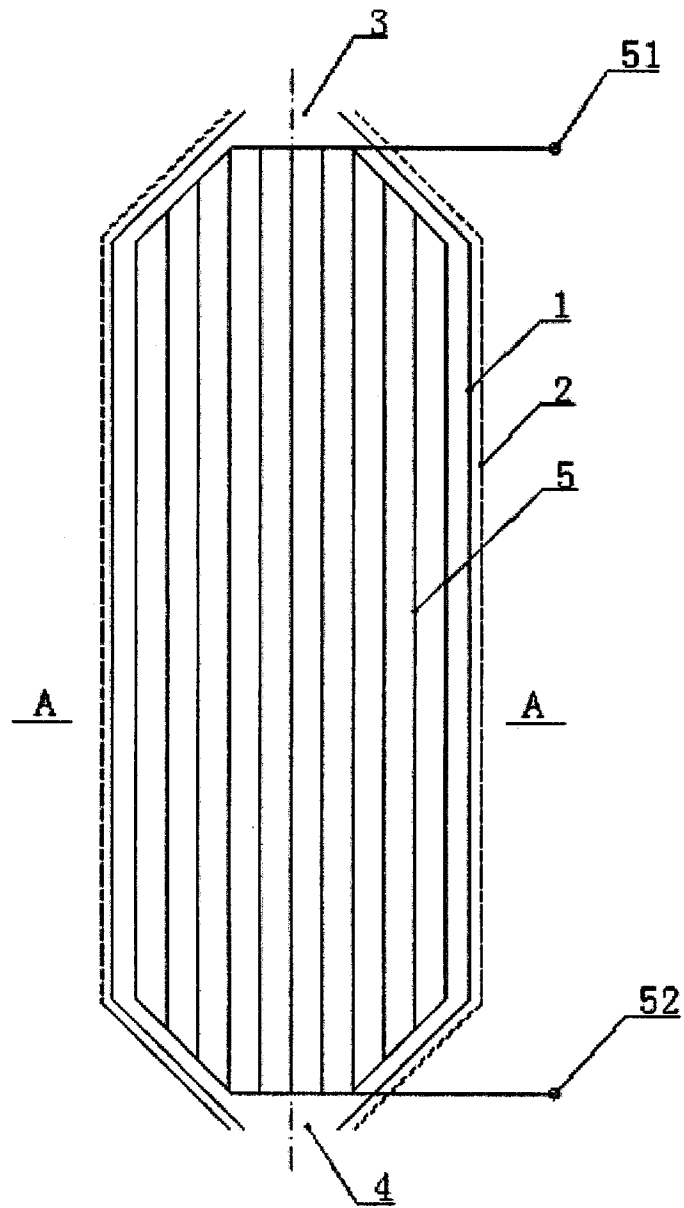


图 2

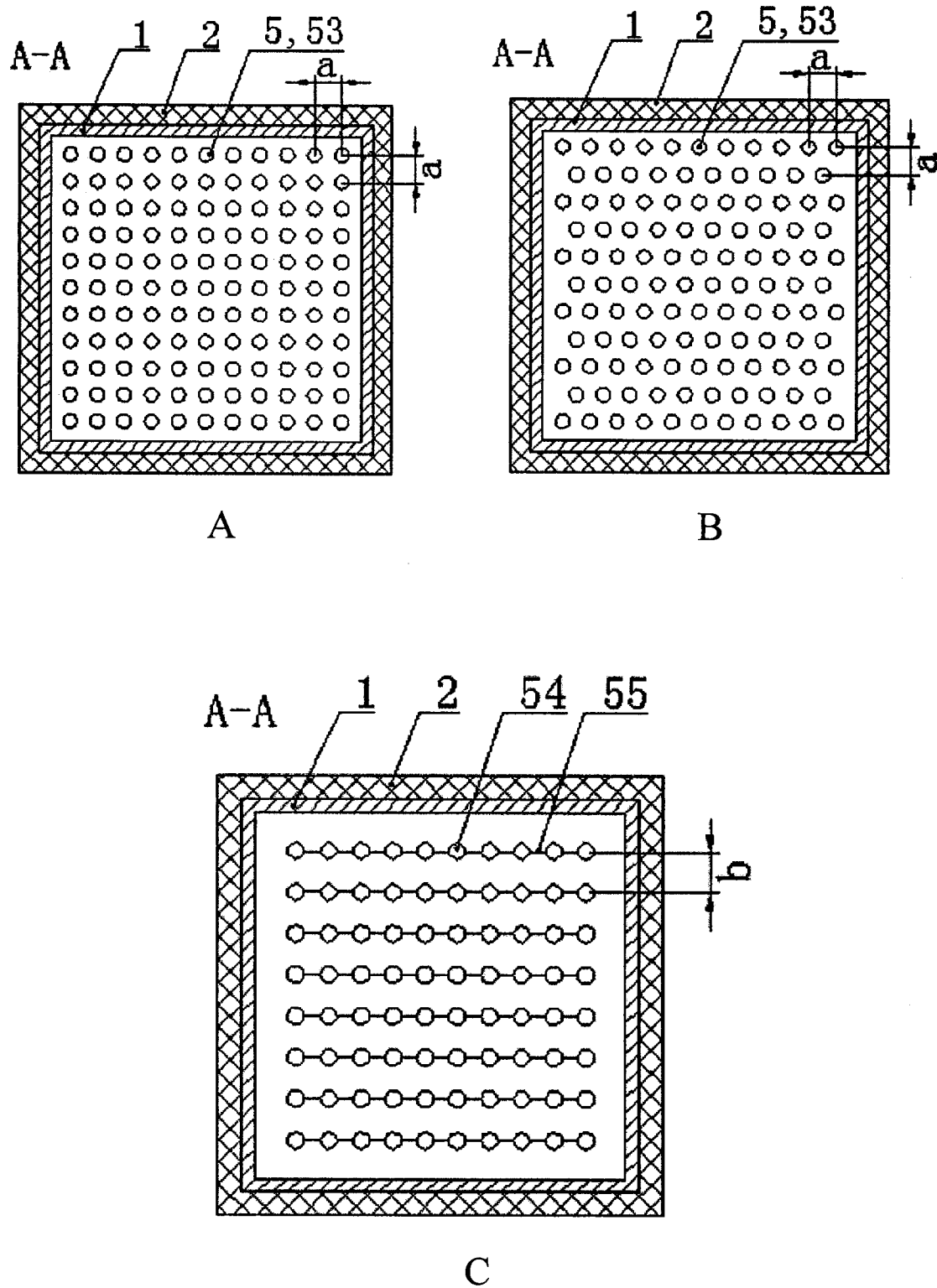


图 3

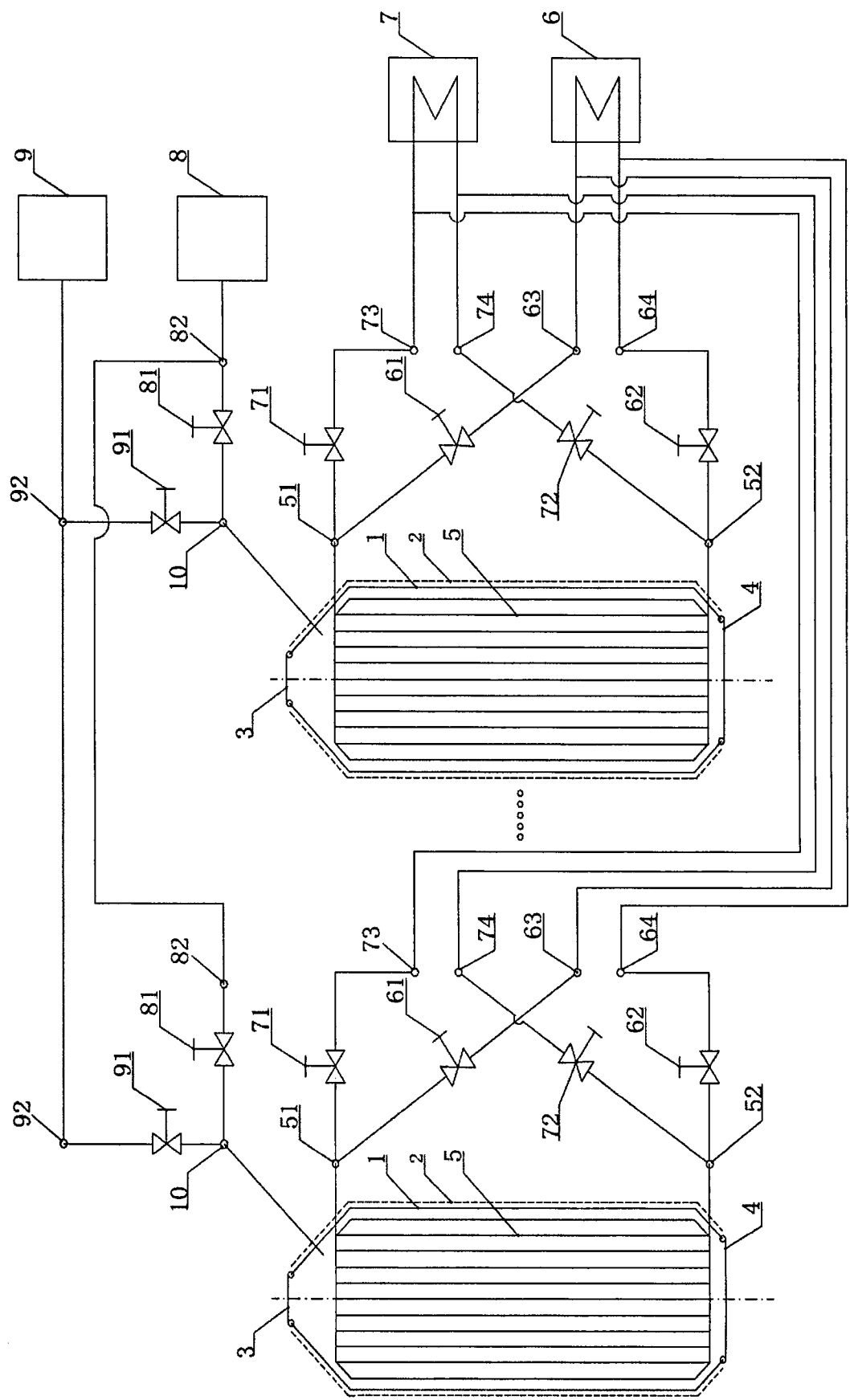


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2014/094934

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

~~C10B 47/00 (2006.01)~~; ~~C10B 47/02 (2006.01)~~; ~~C10B 57/10 (2006.01)~~; ~~C10B 57/12 (2006.01)~~

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)

C10B 47/-; C10B 57/-

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)

CNKI, EPODOC, WPI, CNABS, SpringerLink, ISI Web of Knowledge: coal, lignite, brown coal, dry+, dried, dry distill+, retort+, carboniz+, carbonis+, fixed bed, pyrolysis, inert gas, noble gas, indirect, heat+, nitrogen, N₂, upgrad+, cool+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 104046371 A (NIE, Hongjun) 17 September 2014 (17.09.2014) claims 1-3	1-3
A	US 5639353 A (CALDERON A) 17 June 1997 (17.06.1997) description, column 2, line 11 to column 3, line 40, claim 1, figures 1 and 2	1-3
A	JP H08134465 A (MITSUBISHI CHEM CORP.) 28 May 1996 (28.05.1996) the whole document	1-3
A	CN 101787291 A (QUJING ZHONGYI FINE CHEM CO LTD) 28 July 2010 (28.07.2010) the whole document	1-3
A	CN 103090642 A (NIE, Hongjun) 8 May 2013 (08.05.2013) the whole document	1-3

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 20 March 2015	Date of mailing of the international search report 13 April 2015
Name and mailing address of the ISA 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 HU, Xiuwen Telephone No. (86-10) 62085015

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2014/094934

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 104046371 A	17 September 2014	None	
US 5639353 A	17 June 1997	WO 9810034 A1	12 March 1998
		ZA 9704674 A	29 April 1998
		AU 3142797 A	26 March 1998
		JP 2001500545 A	16 January 2001
		AU 3295895 A	16 May 1996
		WO 9615208 A1	23 May 1996
		CA 2205047A1 C	23 May 1996
		AU 4271996 A	06 June 1996
		JP H08209148 A	13 August 1996
		JP 2758383 B2	28 May 1998
		US 5607556 A	04 March 1997
		EP 0791039A1 A4	27 August 1997
		MX 9703379 A	30 August 1997
		PL 320193 A1	15 September 1997
		PL 184382 B1	31 October 2002
		CZ 9701379 A3	12 November 1997
		BR 9509631 A	06 January 1998
		CN 1171807 A	28 January 1998
		CN 1078233 C	23 January 2002
		SK 58397 A3	04 March 1998
		AU 689942 B2	09 April 1998
		RU 2144555 C1	20 January 2000
		RO 119309 B1	30 July 2004
JP H08134465 A	28 May 1996	None	
CN 101787291 A	28 July 2010	CN 101787291 B	24 April 2013
CN 103090642 A	08 May 2013	CN 103090642 B	17 September 2014

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2014/094934

A. 主题的分类

C10B 47/00(2006.01)i; C10B 47/02(2006.01)i; C10B 57/10(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)

C10B 47/-, C10B 57/-

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))

CNKI, EPODOC, WPI, CNABS, SpringerLink, ISI Web of Knowledge:煤, 褐煤, 干燥, 干馏, 炭化, 碳化, 固定床, 热解, 惰性气体, 间接, 加热, 氮气, N₂, 提质, 冷却, lignite, brown coal, dry+, dried, dry distill+, retort+, fixed bed, upgrad+, pyrolysis, indirect, heat+, inert gas, noble gas, nitrogen, carnoniz+, carbonis+, cool+

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
PX	CN 104046371 A (聂红军) 2014年 9月 17日 (2014 - 09 - 17) 权利要求1-3	1-3
A	US 5639353 A (CALDERON A) 1997年 6月 17日 (1997 - 06 - 17) 说明书第2栏第11行-第3栏第40行, 权利要求1, 附图1-2	1-3
A	JP H08134465 A (MITSUBISHI CHEM CORP) 1996年 5月 28日 (1996 - 05 - 28) 全文	1-3
A	CN 101787291 A (曲靖众一精细化工股份有限公司) 2010年 7月 28日 (2010 - 07 - 28) 全文	1-3
A	CN 103090642 A (聂红军) 2013年 5月 8日 (2013 - 05 - 08) 全文	1-3

☐ 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

2015年 3月 20日

国际检索报告邮寄日期

2015年 4月 13日

ISA/CN的名称和邮寄地址

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

授权官员

胡修文

电话号码 (86-10)62085015

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2014/094934

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	104046371	A	2014年 9月 17日	无			
US	5639353	A	1997年 6月 17日	WO	9810034	A1	1998年 3月 12日
				ZA	9704674	A	1998年 4月 29日
				AU	3142797	A	1998年 3月 26日
				JP	2001500545	A	2001年 1月 16日
				AU	3295895	A	1996年 5月 16日
				WO	9615208	A1	1996年 5月 23日
				CA	2205047A1	C	1996年 5月 23日
				AU	4271996	A	1996年 6月 6日
				JP	H08209148	A	1996年 8月 13日
				JP	2758383	B2	1998年 5月 28日
				US	5607556	A	1997年 3月 4日
				EP	0791039A1	A4	1997年 8月 27日
				MX	9703379	A	1997年 8月 30日
				PL	320193	A1	1997年 9月 15日
				PL	184382	B1	2002年 10月 31日
				CZ	9701379	A3	1997年 11月 12日
				BR	9509631	A	1998年 1月 6日
				CN	1171807	A	1998年 1月 28日
				CN	1078233	C	2002年 1月 23日
				SK	58397	A3	1998年 3月 4日
				AU	689942	B2	1998年 4月 9日
				RU	2144555	C1	2000年 1月 20日
				RO	119309	B1	2004年 7月 30日
JP	H08134465	A	1996年 5月 28日	无			
CN	101787291	A	2010年 7月 28日	CN	101787291	B	2013年 4月 24日
CN	103090642	A	2013年 5月 8日	CN	103090642	B	2014年 9月 17日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)