

# (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  
2020 年 9 月 17 日 (17.09.2020)



(10) 国际公布号  
**WO 2020/182013 A1**

- (51) 国际专利分类号:  
*C04B 7/43* (2006.01) *F27D 13/00* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2020/077540
- (22) 国际申请日: 2020 年 3 月 3 日 (03.03.2020)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:  
201910186404.7 2019年3月12日 (12.03.2019) CN
- (71) 申请人: 中国科学院工程热物理研究所 (INSTITUTE OF ENGINEERING THERMOPHYSICS, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) [CN/CN]; 中国北京市海淀区北四环西路 11 号, Beijing 100190 (CN)。
- (72) 发明人: 任强强 (REN, Qiangqiang); 中国北京市海淀区北四环西路 11 号, Beijing 100080 (CN)。蔡军 (CAI, Jun); 中国北京市海淀区北四环西路 11 号, Beijing 100080 (CN)。吕清刚 (LV,

Qinggang); 中国北京市海淀区北四环西路 11 号, Beijing 100080 (CN)。

(74) 代理人: 北京金诚同达律师事务所 (BEIJING JINCHENG TONGDA & NEAL LAW FIRM); 中国北京市朝阳区建国门外大街 1 号国贸大厦 A 座 10 层, Beijing 100004 (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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,

(54) Title: MULTISTAGE SUSPENSION PREHEATING CEMENT KILN SYSTEM AND CONTROL METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 多级悬浮预热水泥窑炉系统及其控制方法

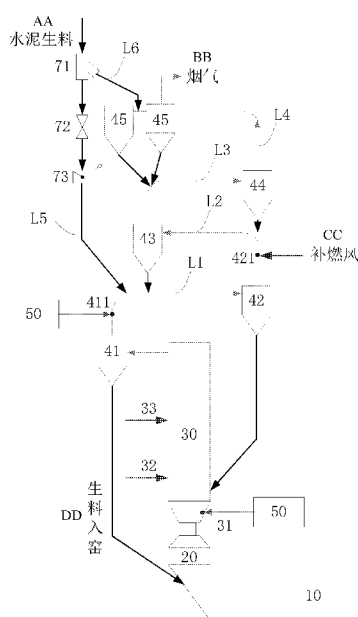


图 2

AA Cement raw material  
BB Flue gas  
CC Afterburning wind  
DD Feed the raw material into a kiln

(57) Abstract: Disclosed are a multistage suspension preheating cement kiln system, and a control method for a multistage suspension preheating cement kiln system. The multistage suspension preheating cement kiln system comprises: a rotary kiln, which has a rotary kiln flue gas chamber; a decomposition furnace, which is in communication with the rotary kiln flue gas chamber; a multistage suspension preheater for preheating a cement raw material, the multistage suspension preheater at least comprising a last-stage cyclone, a penultimate-stage cyclone, and a heat exchange pipeline between the two cyclones, wherein flue gas from the decomposition furnace is introduced into the last-stage cyclone, and between an upper-stage cyclone and a lower-stage cyclone of the multistage suspension preheater, and outlet flue gas from the lower-stage cyclone is introduced into the upper-stage cyclone through the heat exchange pipeline; a cement raw material conveying pipeline, which is in communication with the multistage suspension preheater; and a coal supply device, used for supplying coal power to the system, wherein at least one heat exchange pipeline is provided with a preheater coal supply point, and the coal supply device is suitable for supplying coal powder to the multistage suspension preheater by means of the preheater coal supply points.

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))。

---

**(57) 摘要：**一种多级悬浮预热水泥窑炉系统和多级悬浮预热水泥窑炉系统的控制方法，多级悬浮预热水泥窑炉系统包括：回转窑，具有回转窑烟室；分解炉，与回转窑烟室连通；用于预热水泥生料的多级悬浮预热器，多级悬浮预热器至少包括末级旋风筒、次末级旋风筒及两者之间的换热管道，其中：来自分解炉的烟气通入末级旋风筒，且在多级悬浮预热器的上下两级旋风筒之间，下级旋风筒的出口烟气通过换热管道通入上级旋风筒；水泥生料输送管道，与多级悬浮预热器相通；和给煤装置，用于向系统供给煤粉，其中：至少一个换热管道上设有预热器给煤点；给煤装置适于通过预热器给煤点向多级悬浮预热器供给煤粉。

## 多级悬浮预热水泥窑炉系统及其控制方法

### 技术领域

本发明的实施例涉及水泥工业氮氧化物排放控制领域，尤其涉及一种多级悬浮预热水泥窑炉系统及其控制方法。

### 背景技术

目前，国内外普遍采用的水泥生产工艺为新型干法水泥生产工艺，其中回转窑和分解炉是其工艺环节中的主要设备。

回转窑是水泥熟料最终烧成装置，由于窑内为气固堆积式传热，传热效果较差，为了得到高质量水泥熟料，窑头煅烧气体温度高达 1800℃，这造成回转窑热力型  $\text{NO}_x$  排放极高，占到所有热力型  $\text{NO}_x$  排放的 80% 以上。而且，鉴于回转窑高温煅烧工艺的特点，此部分热力型  $\text{NO}_x$  的生成无法避免。

分解炉是水泥生料分解装置，水泥生料在分解炉内分解需要吸收大量热量，这部分热量依靠煤粉燃烧提供，因此分解炉内燃烧需要的给煤量高于回转窑燃烧所需的给煤量（占有给煤量的 60% 左右），使得分解炉内的燃料型  $\text{NO}_x$  排放较高。

回转窑和分解炉是目前新型干法水泥生产工艺  $\text{NO}_x$  排放的两大主要来源，造成水泥窑炉总体  $\text{NO}_x$  排放处于较高水平，原始排放超过 1000mg/Nm<sup>3</sup>。统计数据显示，水泥工业 2017 年的  $\text{NO}_x$  排放量占到了全国  $\text{NO}_x$  排放总量的 10-12%，是我国雾霾天气的重要成因之一，严重危害大气环境和人类健康。由此可见，实现水泥窑炉低  $\text{NO}_x$  排放对于大气污染治理具有重要战略意义。

我国水泥工业  $\text{NO}_x$  排放标准（GB4915-2013）规定，重点地区  $\text{NO}_x$  排放控制水平不高于 320mg/Nm<sup>3</sup>，一般地区不高于 400mg/Nm<sup>3</sup>，一些地方省市地区甚至提出了更高的排放标准。比如江苏省规定水泥工业 2019 年 6 月 1 日前  $\text{NO}_x$  排放不能高于 100mg/Nm<sup>3</sup>；河南省规定 2018 年 10 月

前，改造后的水泥企业在基准氧含量 10%条件下  $\text{NO}_x$  浓度不高于  $150\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。

为了满足日益严苛的排放标准，目前大多数水泥企业不得不在分解炉尾部采用选择性非催化还原（SNCR）脱硝技术，即以氨水为还原剂还原  $\text{NO}_x$ ，这不仅使得水泥附加成本增加，同时存在氨逃逸，从而带来新的环境污染问题。

除了 SNCR 技术以外，分解炉燃料/空气分级燃烧技术也一直受到水泥企业的重视。分级燃烧技术，是将分解炉所用煤粉燃料或者燃料燃烧所用的空气进行分级多点配送，在保证燃料燃烧效率的情况下尽可能多的营造出还原性气氛区域，一方面降低  $\text{NO}_x$  的生成，另一方面将来自窑尾烟室中的  $\text{NO}_x$  还原成  $\text{N}_2$ ，以达到  $\text{NO}_x$  减排的目的。

不过，由于不同的水泥分解炉在结构上存在很大差异，而采用的分级燃烧方案往往千篇一律，没有根据炉型做出相应改变和调整，加之现有分级燃烧技术存在的固有缺陷，导致分级燃烧概念虽已提出多年，但在水泥生产中，实际  $\text{NO}_x$  减排效果却不甚理想，有时候甚至没有效果。

对于干法水泥生产工艺而言，分级燃烧是较为经济的  $\text{NO}_x$  减排方法，但是传统的燃料/空气分级燃烧技术概念仍然局限于分解炉本体（上部、中部或者下部锥体）及其与回转窑之间的连接烟室或烟道空间，通过营造缺氧燃烧区域构建还原气氛，从而实现  $\text{NO}_x$  还原。

传统的燃料/空气分级燃烧技术，从其技术特征来看，主要存在以下技术缺陷：

（1）燃料向下（窑尾烟室）分级，虽然可以延长还原时间，但存在煤粉沉积、随水泥生料一起落入到回转窑尾部的风险，落入的煤粉在回转窑内燃烧易造成局部温度过高，引起水泥生料结皮粘结，降低了水泥熟料质量，甚至引起回转窑故障，造成巨大的停产损失。

（2）燃料向上（分解炉上部）分级，虽然可以多次营造还原性区域，但是容易因为煤粉停留时间不够，造成煤粉燃烧不完全，影响燃烧效率，从而导致整个水泥生产工艺系统热耗增加。另外，未燃尽的煤粉颗粒极有可能被分解炉出口旋风筒收集，从而进入回转窑尾部，造成水泥生料高温

结皮粘结、甚至停窑的问题。

## 发明内容

为缓解或解决上述问题中的至少一个方面或者至少一点，提出本发明。

根据本发明的实施例的一个方面，提出了一种多级悬浮预热水泥窑炉系统，包括：

回转窑，具有回转窑烟室；

分解炉，与回转窑烟室连通；

用于预热水泥生料的多级悬浮预热器，多级悬浮预热器至少包括末级旋风筒、次末级旋风筒及两者之间的换热管道，其中：来自分解炉的烟气通入末级旋风筒，且在多级悬浮预热器的上下两级旋风筒之间，下级旋风筒的出口烟气通过换热管道通入上级旋风筒；

水泥生料输送管道，与多级悬浮预热器相通；和

给煤装置，用于向系统供给煤粉；

其中：

至少一个换热管道上设有预热器给煤点；

所述给煤装置适于通过所述预热器给煤点向多级悬浮预热器供给煤粉。

可选的，所述给煤装置还适于向分解炉供给煤粉。

可选的，所述预热器给煤点邻近对应的下级旋风筒的烟气出口。

可选的，所述预热器给煤点设置于末级旋风筒与次末级旋风筒之间的换热管道上。

可选的，通过所述预热器给煤点加入的给煤量为所述给煤装置向分解炉和换热管道加入的总给煤量的 5%-50%；

可选的，通过所述预热器给煤点加入的给煤量为所述给煤装置向分解炉和换热管道加入的总给煤量的 20%-30%。

可选的，水泥窑炉系统还包括补燃风供给装置，用于向与设有预热器给煤点的换热管道相连的对应上级旋风筒的出口烟道提供补燃风。该补燃风用于将旋风筒连通管道内煤粉热解或者气化产生的煤气燃尽，减小系统

煤耗。

可选的，所述水泥窑系统还包括水泥生料调温管道，其与设有预热器给煤点的相应换热管道相通。进一步可选的，所述水泥生料调温管道设置有给料调节装置。

本发明的实施例还涉及一种多级悬浮预热水泥窑炉系统的控制方法，

所述水泥窑炉系统包括：回转窑，具有回转窑烟室；分解炉，与回转窑烟室连通；用于预热水泥生料的多级悬浮预热器，多级悬浮预热器至少包括末级旋风筒与次末级旋风筒及两者之间的换热管道，其中：来自分解炉的烟气通入末级旋风筒，且在多级悬浮预热器的上下两级旋风筒之间，下级旋风筒的出口烟气通过换热管道连通到上级旋风筒，

所述方法包括步骤：

向至少一个换热管道供给煤粉，进入所述换热管道的煤粉在换热管道内被热解或者气化而形成煤焦和煤气。

可选的，向至少一个换热管道供给煤粉包括步骤：向位于末级旋风筒以及次末级旋风筒之间的换热管道供给煤粉。

可选的，向所述换热管道的给煤量为向分解炉和换热管道加入的总给煤量的 5%-50%；

可选的，向所述换热管道的给煤量为向分解炉和换热管道加入的总给煤量的 20%-30%。

可选的，所述方法还包括步骤：向与给煤的换热管道相连的对应上级旋风筒的出口烟道提供补燃风。该补燃风用于将旋风筒连通管道内煤粉热解或者气化产生的煤气燃尽，减小系统煤耗。进一步的，所述方法还包括步骤：向所述给煤的换热管道中通入水泥生料，以调节由于煤粉给入引起的温度变化。

本发明的实施例还涉及一种多级悬浮预热水泥窑炉系统的控制方法，

所述水泥窑炉系统包括：回转窑，具有回转窑烟室；分解炉，与回转窑烟室连通；用于预热水泥生料的多级悬浮预热器，多级悬浮预热器至少包括末级旋风筒、次末级旋风筒及两者之间的换热管道，其中：来自分解炉的烟气通入末级旋风筒，且在多级悬浮预热器的上下两级旋风筒之间，下级旋风筒的出口烟气通过换热管道连通到上级旋风筒，

所述方法包括步骤：

向至少一个换热管道供给煤粉，使得与该换热管道对应的上级旋风筒内处于还原性气氛。

## 附图说明

图 1 为根据本发明的一个示例性实施例的多级悬浮预热水泥窑炉系统的示意图。

图 2 为根据本发明的另一个示例性实施例的多级悬浮预热水泥窑炉系统的示意图。

## 具体实施方式

下述参照附图对本发明实施方式的说明旨在对本发明的总体发明构思进行解释，而不应当理解为对本发明的一种限制。

图 1 为根据本发明的一个示例性实施例的多级悬浮预热水泥窑炉系统的示意图。如图 1 所示，一种多级悬浮预热水泥窑炉系统包括：

回转窑 10，具有回转窑烟室 20；

分解炉 30，与回转窑烟室 20 连通；

用于预热水泥生料的多级悬浮预热器，多级悬浮预热器至少包括末级旋风筒 41、次末级旋风筒 42 及两者之间的换热管道 L1。图 1 的示例中包括旋风筒 41~45 共 5 级，其中初级旋风筒 45 为两个。来自分解炉 30 的烟气通入末级旋风筒 41（五级旋风筒），出口烟气通过换热管道 L1 通入到次末级旋风筒 42（四级旋风筒）；从旋风筒 42 顶部排出的出口烟气通过换热管道 L2 通入到第 3 级旋风筒 43，旋风筒 43 排出的预热后的生料通过排料管通入到 L1；旋风筒 43 的出口烟气通过 L3 通入到旋风筒 44，旋风筒 44 的排料管连通到 L2，其他同理。水泥生料输送管 L6 连通到初级旋风筒 45。

至少一个换热管道上设有预热器给煤点（如图中的预热器给煤点 411），给煤装置 50 通过预热器给煤点向多级旋风预热器供给煤粉。

可选的，给煤装置 50 还通过分解炉 31 上的给煤点向分解炉供给煤粉。

在本发明中，自水泥生料输送管首先进入的旋风筒为初级旋风筒。初级旋风筒可以为一个，也可以为并行设置的多个。

在本发明中，多级悬浮预热器中旋风筒的上级与下级，与烟气的流动方向相反：处于烟气流动方向下游的，为上级旋风筒，而处于上游的，为下级旋风筒，处于烟气流动方向最上游的旋风筒为末级旋风筒，处于末级旋风筒下游的旋风筒为次末级旋风筒。

优选的，预热器给煤点在特定换热管道上的具体位置邻近对应的下级旋风筒的烟气出口，而相对远离上级旋风筒入口，如图1中示出的预热器给煤点411邻近旋风筒41的烟气出口、远离旋风筒42。这样煤粉在换热管道中的停留时间较长，预热更加充分。

在如图1所示的示例中，预热器给煤点411设置于末级旋风筒41与次末级旋风筒42之间的换热管道L1上。需要指出的是，预热器给煤点不仅限于设置于末级旋风筒烟气出口换热管道上，只要温度合适，预热器给煤点可以位于二级旋风筒44、三级旋风筒43或者是四级旋风筒（次末级旋风筒）42的出口换热管道上。此外，在温度允许条件下，预热器给煤点不仅限于单点给煤，还可以在各级旋风筒烟气出口换热管道（初级旋风筒45除外）同时设置多个预热器给煤点，形成组合式高位给煤，多级强化 $\text{NO}_x$ 还原。

可选的，所述给煤装置向换热管道的给煤量为所述给煤装置向分解炉和换热管道加入的总给煤量的5%-50%，例如，5%、15%、35%、50%；进一步的实施例中，所述给煤装置向换热管道给煤量为给煤装置向分解炉和换热管道加入的总给煤量的20%-30%，例如20%、25%、30%。

如图1所示，水泥窑炉系统还可包括设置在旋风筒42出口的补燃风加入口421，用于向与给煤的换热管道L1相连的对应上级旋风筒42的出口换热管道提供补燃风。补燃风用于将换热管道L1内煤粉热解或者气化产生的煤气燃尽，减小系统煤耗，本发明中，也可以不设置补燃风。

如本领域技术人员能够理解的，在向换热管道的给煤点变化的情况下，补燃风的位置也做相应的变化。

下面参照图1，具体说明根据本发明的实施例的多级悬浮预热水泥窑炉系统降低 $\text{NO}_x$ 排放的实施步骤。

将整个系统除回转窑外的给煤分成两部分，一部分从分解炉底部锥体上的分解炉给煤点 31 给入，另一部分从五级旋风筒（末级旋风筒）41 出口换热管道 L1 上的预热器给煤点 411 给入。三次风从分解炉上的三次风口 32 和三次风口 33 给入，确保分解炉给煤的燃尽，其中三次风口 32 位于分解炉给煤点 31 的上方且处于分解炉的直筒段上，三次风口 33 位于分解炉中部喷腾缩口上方附近，以便于通过喷腾效应强化气固掺混。来自回转窑 10 的高  $\text{NO}_x$  浓度窑气通过烟室 20 进入分解炉 30 的底部，并且通过底部缩口产生的喷腾效应使得烟气和煤粉颗粒充分掺混，煤粉颗粒同时被预热，形成具有还原作用的高温煤焦和煤气，分解炉底部至三次风口 32 之间的区域为强还原区域，窑气中的  $\text{NO}_x$  被还原。三次风口 32 与三次风口 33 之间的区域为弱还原区域， $\text{NO}_x$  的还原强度减弱。三次风口 33 以上的区域为氧化性区域， $\text{NO}_x$  还原作用消失，此时烟气中仍然含有大量未被还原和/或分解炉燃烧产生的  $\text{NO}_x$ 。这部分烟气从五级旋风筒 41 出来以后，仍然具有例如  $850^\circ\text{C}$  左右的高温，将对预热器给煤点 411 给入的煤粉进行预热，煤粉热解或者气化形成的煤焦和煤气将在换热管道 L1 以及四级旋风筒 42 内部区域内形成强还原性气氛，从而对烟气中的  $\text{NO}_x$  进行再次还原。四级旋风筒 42 可以延长烟气与还原性煤焦/煤气的接触时间，从而大幅提高  $\text{NO}_x$  还原效率。未参与还原反应的煤气随烟气从四级旋风筒 42 出口流出，在四级旋风筒 42 出口换热管道上设置有补燃风通入口位置 421，剩余的煤气将在此处燃烧。高温煤焦则被四级旋风筒 42 分离下来，并且与水泥生料一起返回分解炉燃烧，为水泥生料吸热分解反应提供热量。

基于以上，在可选的实施例中，如图 1 所示，次末级旋风筒 42 的下部出口与分解炉 30 连通；且末级旋风筒 41 的下部出口与回转窑 10 相通。

需要指出的是，分解炉给煤点 31 的位置可调整，且不仅限于单点给煤，三次风也不仅限于单点配风，可根据分解炉具体给煤点数目和位置，相应调整三次风的配送点数和位置，以确保燃料的燃尽，降低系统煤耗。

基于以上，在可选的实施例中，根据本发明的水泥窑炉系统还可以包括：设置在分解炉上的三次风口；以及三次风供风控制装置，适于控制三次风的风量，以在三次风口下方形成还原性气氛，且在三次风口上方形成非还原性气氛。进一步的，所述三次风口包括在竖直方向上间隔开设置在

分解炉上的第一三次风口和第二三次风口；三次风供风控制装置，适于控制三次风的风量，以在分解炉底部与第一三次风口之间形成第一还原性气氛，在第一三次风口与第二三次风口之间形成弱于第一还原性气氛的第二还原性气氛，且在第二三次风口上方形成非还原性气氛。

基于以上，本发明的实施例也提出了一种上述多级悬浮预热水泥窑炉系统的控制方法，包括步骤：向至少一个换热管道供给煤粉，进入换热管道的煤粉在换热管道内被热解或者气化而形成煤焦和煤气。

可选的，向至少一个换热管道供给煤粉包括步骤：向换热管道的对应下级旋风筒的烟气出口的给煤点供给煤粉。

可选的，向至少一个换热管道供给煤粉包括步骤：向位于末级旋风筒以及次末级旋风筒之间的换热管道供给煤粉。

可选的，向所述换热管道的给煤量为向分解炉和换热管道供给的总煤量的 5%-50%；在进一步的实施例中，向所述换热管道的给煤量为向分解炉和换热管道供给的总给煤量的 20%-30%。

可选的，所述方法还包括步骤：向与被给煤的换热管道相连的上级旋风筒的出口烟道提供补燃风。

本发明的实施例还涉及一种多级悬浮预热水泥窑炉系统的控制方法，所述水泥窑炉系统包括：回转窑；分解炉，与回转窑烟室连通；用于预热水泥生料的多级悬浮预热器，多级悬浮预热器至少包括末级旋风筒、次末级旋风筒及两者之间的换热管道，其中：来自分解炉的烟气通入末级旋风筒，且在多级悬浮预热器的上下两级旋风筒之间，下级旋风筒的出口烟气通过换热管道通入到上级旋风筒，所述方法包括步骤：向至少一个换热管道供给煤粉，使得与该换热管道对应的上级旋风筒内处于还原性气氛。

图 2 所示为本发明提供的一种带温度调节的多级悬浮预热水泥窑炉系统的示例性实施例示意图。如图 2 所示，一种带温度调节的多级悬浮预热水泥窑炉系统，除了具有图 1 中所示的实施例的特征以外，还包括：

管道三通 71，用于水泥生料的分配，管道三通 71 具有第一出口和第二出口；

水泥生料调温管道 L5，用于输送参与温度调节的水泥生料，其一端连通到所述第一出口，另一端连接到末级旋风筒 41 出口的预热器给煤点

之后的换热管道 L1, 且水泥生料调温管道 L5 设置有闸阀 72 和锁风阀 73, 闸阀用于控制参与温度调节的水泥生料的流量, 锁风阀 73 用于系统的密封; 和

水泥生料输送管道 L6, 在可选的实施例中, 其一端连接在管道三通 71 的第二出口, 另一端连接到二级旋风筒 44 出口的预热烟气连通管道 L4。

由于管道 L1 中是负压状态, 因此需要防止管道 L5 进入空气, 锁风阀是一种可以到一定重量后自动打开, 小于该重量时关闭的阀门, 保证系统的密封。锁风阀给料在微观上是间断的, 但在宏观上可认为是连续的(时间间隔很短的阶跃给料)。除了锁风阀之外, 还可以采用其他保持负压状态的密封装置, 均在本发明的保护范围之内。

在图 2 中, 虽然闸阀 72 与锁风阀 73 分开设置, 但是, 两者也可以为一体设置。

所述水泥生料调温管道 L5 与末级旋风筒 41 出口的换热管道 L1 的连通点在预热器给煤点 411 之后(以烟气流动方向确定的下游), 较预热器给煤点更靠近上级旋风筒。

基于以上, 本发明的实施例也提出了一种多级悬浮预热水泥窑炉系统的温度控制方法, 包括步骤: 向至少一个换热管道供给煤粉, 进入换热管道的煤粉在换热管道内被热解或者气化而形成煤焦和煤气; 向热解或者气化形成的煤焦和煤气中通入水泥生料, 参与温度控制。

下面参照图 2 具体说明根据本发明的实施例的多级悬浮预热水泥窑炉系统的温度控制方法。在图 2 所示的示例中, 所述的管道三通 71 将提升机输送过来的常温水泥生料分成两路, 一路水泥生料通过水泥生料输送管道 L6 进入旋风分离器 44 的出口换热管道 L4, 并被烟气加热后带入旋风分离器 45; 另一路水泥生料通过水泥生料调温管道 L5 依次经过闸阀 72 和锁风阀 73 后, 进入旋风分离器 41 的出口换热管道 L1, 具体的进料位置在预热器给煤点 411 的下游。由于换热管道 L1 内为负压状态, 故在水泥生料调温管道 L5 上设置锁风阀 73, 防止空气泄露进入换热管道 L1。在实际水泥工艺中, 旋风筒 41 出口烟气中含有一定氧气, 从预热器给煤点 411 给入煤粉后, 将有部分煤粉燃烧, 从而引起烟气温度上升, 通入常

温水泥生料后,可以有效降低烟气温度,避免预热系统因为超温而结皮(一般的,水泥生料在超过 1000℃时容易发生结皮现象)。通过控制闸阀 72 的开度可以调整参与温度调节的水泥生料的流量,从而对烟气温度进行合理的调节与控制。参与温度调节的水泥生料与旋风筒 43 收集下来的水泥生料汇合后,进入旋风分离器 42,最终进入分解炉 30 内。

需要指出的是,在本发明中,虽然采用了给煤装置的表述,但是,如本领域技术人员能够理解的,给煤装置可以供给能够实现技术目的的其他燃料,例如生物质燃料,这些均在本发明的保护范围之内。

在本发明中,通过在旋风筒的烟气出口管道上设置预热器给煤点来降低  $\text{NO}_x$  排放,原理简单,也容易实施,对现有水泥生产工艺影响较小,改造成本低。

在本发明中,采用燃料高位分级的思路,代替了传统燃料分级燃烧技术采用在烟室给煤的方法,避免了煤粉颗粒落入回转窑尾部,引起回转窑局部区域超温结皮的风险。

此外,在本发明中,在多级悬浮预热器给入的煤粉,最终会回到分解炉内燃烧,为水泥生料的分解提供热量,避免了燃料向上分级带来的煤粉燃烧不完全的问题。因此,本发明在实现烟气中  $\text{NO}_x$  高效还原的同时,并没有明显增加系统煤耗(热耗),有效控制了运行成本。

需要指出的是,虽然在具体实施例以煤粉为燃料为例进行了说明,但是,本发明的权利要求中“给煤装置”除了给煤装置之外还包括了适于水泥窑炉使用的其他燃料,相应的,本发明的权利要求中的“煤粉”除了煤粉形式的燃料之外也包括了适于水泥窑炉使用的其他燃料形式。

尽管已经示出和描述了本发明的实施例,对于本领域的普通技术人员而言,可以理解在不脱离本发明的原理和精神的情况下可以对这些实施例进行变化、要素组合,本发明的范围由所附权利要求及其等同物限定。

## 权 利 要 求

1、一种多级悬浮预热水泥窑炉系统，包括：

回转窑，具有回转窑烟室；

分解炉，与回转窑烟室连通；

用于预热水泥生料的多级悬浮预热器，多级悬浮预热器至少包括末级旋风筒、次末级旋风筒及两者之间的换热管道，其中：来自分解炉的烟气通入末级旋风筒，且在多级悬浮预热器的上下两级旋风筒之间，下级旋风筒的出口烟气通过换热管道通入上级旋风筒；

水泥生料输送管道，与多级悬浮预热器相通；和

给煤装置，用于向系统供给煤粉；

其中：

至少一个换热管道上设有预热器给煤点；

所述给煤装置适于通过所述预热器给煤点向多级悬浮预热器供给煤粉。

2、根据权利要求1所述的水泥窑炉系统，其中：

所述给煤装置还适于向分解炉供给煤粉。

3、根据权利要求1所述的水泥窑炉系统，其中：

所述预热器给煤点邻近对应的下级旋风筒的烟气出口。

4、根据权利要求1所述的水泥窑炉系统，其中：

所述预热器给煤点设置于末级旋风筒与次末级旋风筒之间的换热管道上。

5、根据权利要求2所述的水泥窑炉系统，其中：

通过所述预热器给煤点加入的给煤量为所述给煤装置向分解炉和换热管道加入的总给煤量的5%-50%。

6、根据权利要求5所述的水泥窑炉系统，其中：

通过所述预热器给煤点加入的给煤量为所述给煤装置向分解炉和换热管道加入的总给煤量的20%-30%。

7、根据权利要求1所述的水泥窑炉系统，还包括：

补燃风供给装置,用于向与设有预热器给煤点的换热管道相连的上级旋风筒的出口烟道提供补燃风。

8、根据权利要求 1-7 中任一项所述的水泥窑系统,还包括:

水泥生料调温管道,其与设有预热器给煤点的相应换热管道相通。

9、根据权利要求 8 所述的水泥窑系统,其中:

所述水泥生料调温管道设置有给料调节装置。

10、一种多级悬浮预热水泥窑炉系统的控制方法,所述水泥窑炉系统包括:回转窑,具有回转窑烟室;分解炉,与回转窑烟室连通;用于预热水泥生料的多级悬浮预热器,多级悬浮预热器至少包括末级旋风筒与次末级旋风筒及两者之间的换热管道,其中:来自分解炉的烟气通入末级旋风筒,且在多级悬浮预热器的上下两级旋风筒之间,下级旋风筒的出口烟气通过换热管道连通到上级旋风筒,

所述方法包括步骤:

向至少一个换热管道供给煤粉,进入所述换热管道的煤粉在换热管道内被热解或者气化而形成煤焦和煤气。

11、根据权利要求 10 所述的方法,其中:

向至少一个换热管道供给煤粉包括步骤:向位于末级旋风筒以及次末级旋风筒之间的换热管道供给煤粉。

12、根据权利要求 10 所述的方法,其中:

向所述换热管道的给煤量为向分解炉和换热管道加入的总给煤量的 5%-50%。

13、根据权利要求 12 所述的方法,其中:

向所述换热管道的给煤量为向分解炉和换热管道加入的总给煤量的 20%-30%。

14、根据权利要求 10 所述的方法,还包括步骤:

向与给煤的换热管道相连的上级旋风筒的出口烟道提供补燃风。

15、根据权利要求 10-14 中任一项所述的方法,还包括步骤:

向所述给煤的换热管道中通入水泥生料,以调节由于煤粉给入引起的温度变化。

16、一种多级悬浮预热水泥窑炉系统的控制方法,所述水泥窑炉系统

包括：回转窑，具有回转窑烟室；分解炉，与回转窑烟室连通；用于预热水泥生料的多级悬浮预热器，多级悬浮预热器至少包括末级旋风筒、次末级旋风筒及两者之间的换热管道，其中：来自分解炉的烟气通入末级旋风筒，且在多级悬浮预热器的上下两级旋风筒之间，下级旋风筒的出口烟气通过换热管道连通到上级旋风筒，

所述方法包括步骤：

向至少一个换热管道供给煤粉，使得与该换热管道对应的上级旋风筒内处于还原性气氛。

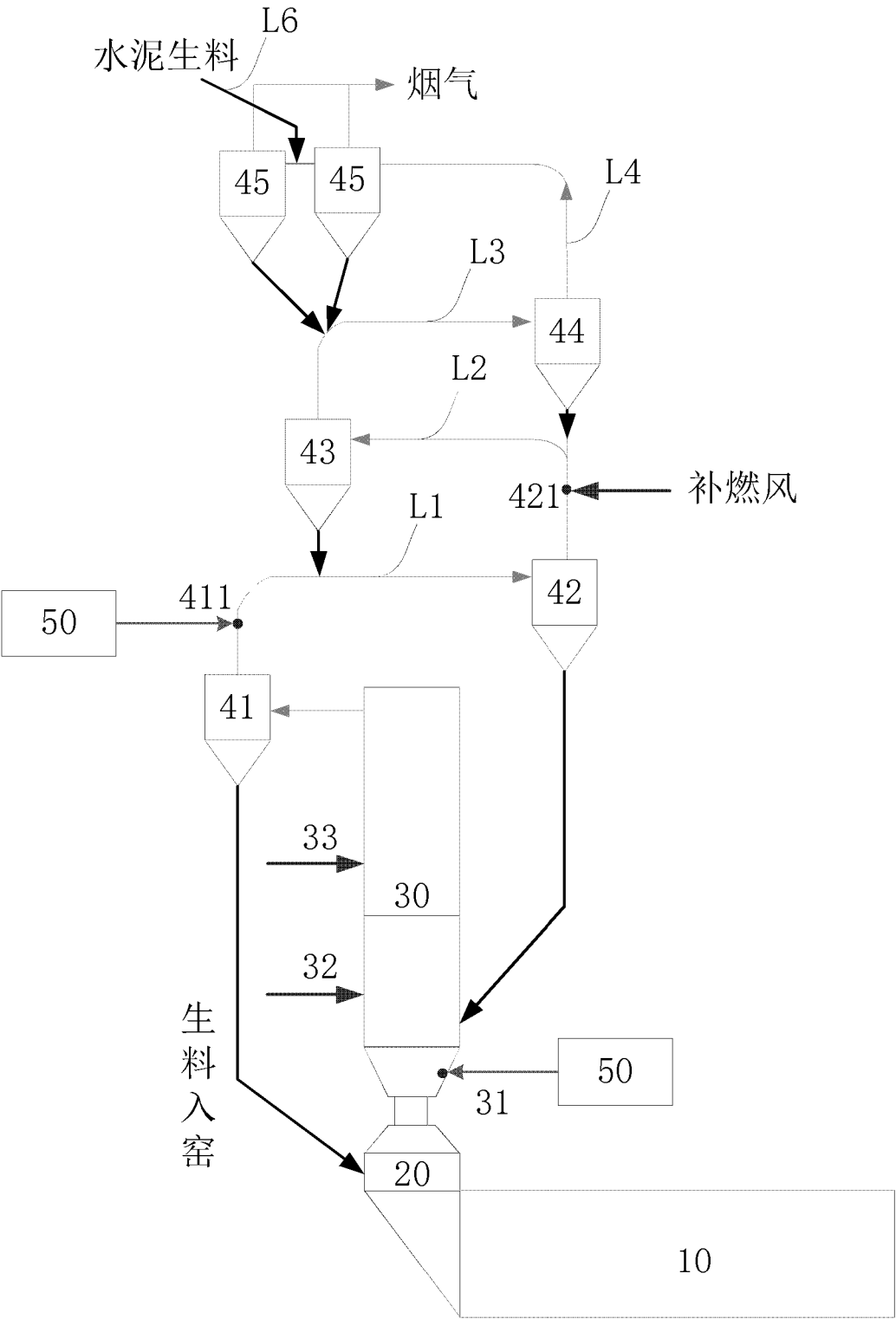


图 1

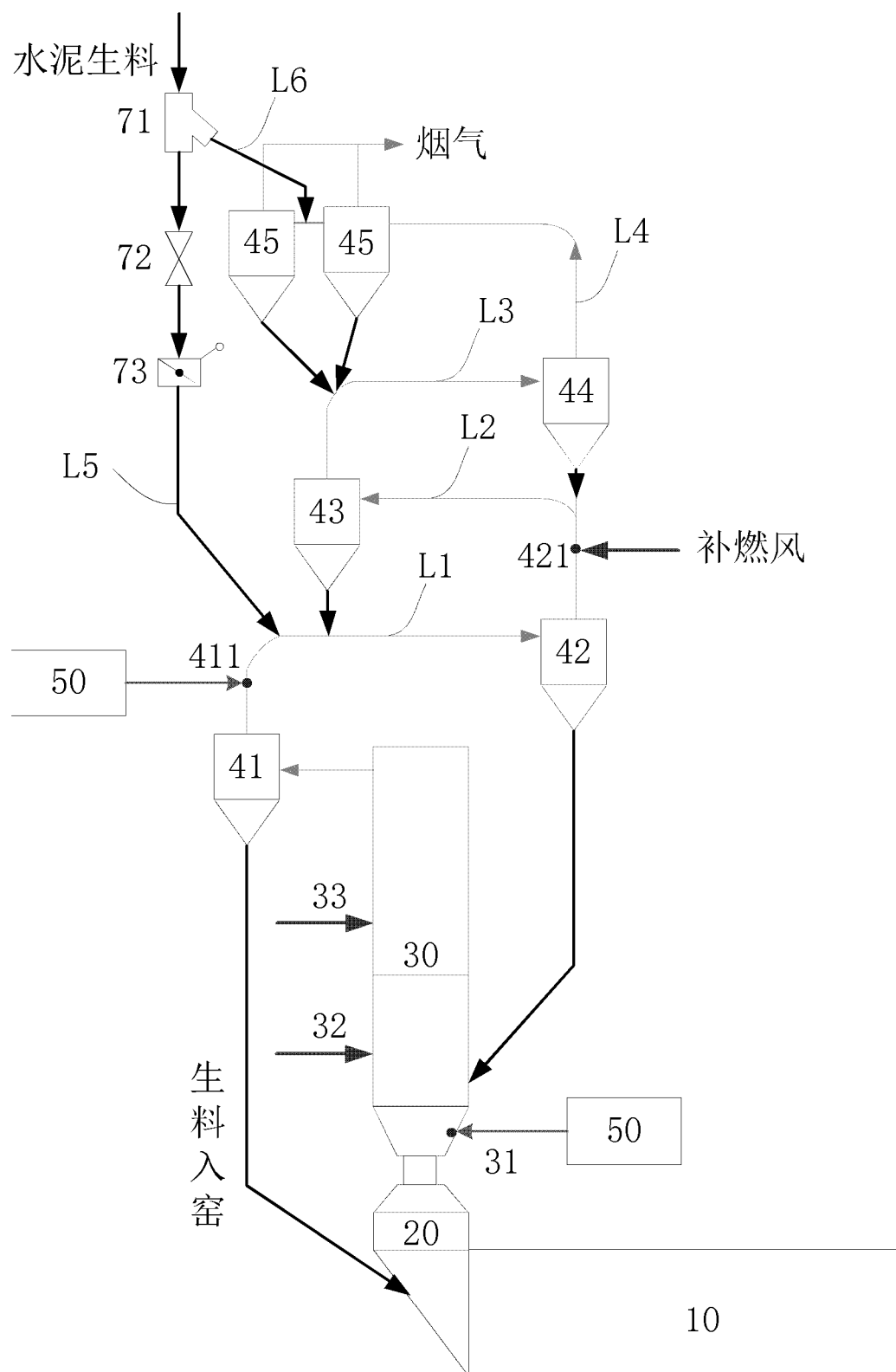


图 2

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/077540

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

C04B 7/43(2006.01)i; F27D 13/00(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)

C04B, F27D

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)

CNABS, VEN, CNKI, ELSEVIER: 水泥, 熟料, 分解炉, 回转窑, 旋风筒, 多级悬浮预热, 煤, 燃料, cement, clinker, calciner, rotary kiln, cyclone, multi-stage suspension preheater, coal, fuel

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                   | Relevant to claim No. |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Y         | CN 1418178 A (SMIDTH & CO AS FL) 14 May 2003 (2003-05-14)<br>claims 1-6, and figure 1                                                                | 1-16                  |
| Y         | CN 201281335 Y (NANJING KAISHENG CEMENT TECHNOLOGY ENGINEERING CO., LTD.) 29 July 2009 (2009-07-29)<br>claims 1-5, description, page 1, and figure 1 | 1-16                  |
| A         | CN 105444582 A (SHANGHAI SANCHENG ENERGY TECHNOLOGY CO., LTD. et al.) 30 March 2016 (2016-03-30)<br>entire document                                  | 1-16                  |
| A         | DE 10202776 A1 (KLOECKNER HUMBOLDT WEDAG) 31 July 2003 (2003-07-31)<br>entire document                                                               | 1-16                  |
| A         | DE 4123306 C2 (DEUTZ AG) 25 May 2000 (2000-05-25)<br>entire document                                                                                 | 1-16                  |
| A         | JP 2000272940 A (SUMITOMO OSAKA CEMENT CO LTD) 03 October 2000 (2000-10-03)<br>entire document                                                       | 1-16                  |



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

“&amp;” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 May 2020

Date of mailing of the international search report

29 May 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

**China National Intellectual Property Administration (ISA/CN)**  
**No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088**  
**China**

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/CN2020/077540**

| Patent document<br>cited in search report |            |    | Publication date<br>(day/month/year) | Patent family member(s) |             |    | Publication date<br>(day/month/year) |
|-------------------------------------------|------------|----|--------------------------------------|-------------------------|-------------|----|--------------------------------------|
| CN                                        | 1418178    | A  | 14 May 2003                          | PL                      | 357276      | A1 | 26 July 2004                         |
|                                           |            |    |                                      | PT                      | 1296905     | T  | 31 May 2006                          |
|                                           |            |    |                                      | MX                      | PA02008394  | A  | 12 February 2003                     |
|                                           |            |    |                                      | WO                      | 0172654     | A1 | 04 October 2001                      |
|                                           |            |    |                                      | RU                      | 2002129015  | A  | 20 February 2004                     |
|                                           |            |    |                                      | DE                      | 60116308    | T2 | 07 September 2006                    |
|                                           |            |    |                                      | CN                      | 1227179     | C  | 16 November 2005                     |
|                                           |            |    |                                      | KR                      | 100716402   | B1 | 11 May 2007                          |
|                                           |            |    |                                      | PT                      | 1296905     | E  | 31 May 2006                          |
|                                           |            |    |                                      | JP                      | 2003528793  | A  | 30 September 2003                    |
|                                           |            |    |                                      | PL                      | 201015      | B1 | 27 February 2009                     |
|                                           |            |    |                                      | EP                      | 1296905     | B1 | 28 December 2005                     |
|                                           |            |    |                                      | ZA                      | 200206493   | A  | 14 August 2003                       |
|                                           |            |    |                                      | ZA                      | 200206493   | B  | 14 August 2003                       |
|                                           |            |    |                                      | CA                      | 2403564     | C  | 23 March 2010                        |
|                                           |            |    |                                      | AT                      | 314328      | T  | 15 January 2006                      |
|                                           |            |    |                                      | BR                      | 0109587     | A  | 04 February 2003                     |
|                                           |            |    |                                      | RU                      | 2248946     | C2 | 27 March 2005                        |
|                                           |            |    |                                      | DE                      | 60116308    | D1 | 02 February 2006                     |
|                                           |            |    |                                      | TW                      | 487689      | B  | 21 May 2002                          |
|                                           |            |    |                                      | DK                      | 1296905     | T3 | 06 March 2006                        |
|                                           |            |    |                                      | CA                      | 2403564     | A1 | 04 October 2001                      |
|                                           |            |    |                                      | CZ                      | 300330      | B6 | 22 April 2009                        |
|                                           |            |    |                                      | KR                      | 20020086608 | A  | 18 November 2002                     |
|                                           |            |    |                                      | EP                      | 1296905     | A1 | 02 April 2003                        |
|                                           |            |    |                                      | AU                      | 2391301     | A  | 08 October 2001                      |
|                                           |            |    |                                      | ES                      | 2256195     | T3 | 16 July 2006                         |
|                                           |            |    |                                      | AU                      | 2001223913  | B2 | 22 April 2004                        |
| CN                                        | 201281335  | Y  | 29 July 2009                         | None                    |             |    |                                      |
| CN                                        | 105444582  | A  | 30 March 2016                        | CN                      | 105444582   | B  | 10 November 2017                     |
| DE                                        | 10202776   | A1 | 31 July 2003                         | US                      | 6626662     | B2 | 30 September 2003                    |
|                                           |            |    |                                      | DK                      | 1334954     | T3 | 28 January 2008                      |
|                                           |            |    |                                      | EP                      | 1334954     | B1 | 03 October 2007                      |
|                                           |            |    |                                      | JP                      | 2004026628  | A  | 29 January 2004                      |
|                                           |            |    |                                      | US                      | 2003143508  | A1 | 31 July 2003                         |
|                                           |            |    |                                      | EP                      | 1334954     | A1 | 13 August 2003                       |
|                                           |            |    |                                      | DE                      | 50308301    | D1 | 15 November 2007                     |
| DE                                        | 4123306    | C2 | 25 May 2000                          | EP                      | 0526770     | B1 | 05 July 1995                         |
|                                           |            |    |                                      | DK                      | 0526770     | T3 | 21 August 1995                       |
|                                           |            |    |                                      | EP                      | 0526770     | B2 | 10 July 2002                         |
|                                           |            |    |                                      | DK                      | 0526770     | T4 | 28 October 2002                      |
|                                           |            |    |                                      | DE                      | 4123306     | A1 | 21 January 1993                      |
|                                           |            |    |                                      | US                      | 5292247     | A  | 08 March 1994                        |
|                                           |            |    |                                      | EP                      | 0526770     | A2 | 10 February 1993                     |
|                                           |            |    |                                      | DK                      | 526770      | T4 | 28 October 2002                      |
|                                           |            |    |                                      | EP                      | 0526770     | A3 | 23 June 1993                         |
|                                           |            |    |                                      | DK                      | 526770      | T3 | 21 August 1995                       |
|                                           |            |    |                                      | AT                      | 124672      | T  | 15 July 1995                         |
| JP                                        | 2000272940 | A  | 03 October 2000                      | JP                      | 3550312     | B2 | 04 August 2004                       |

## 国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/077540

## A. 主题的分类

C04B 7/43 (2006.01) i; F27D 13/00 (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)

C04B, F27D

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))

CNABS, VEN, CNKI, ELSEVIER: 水泥, 熟料, 分解炉, 回转窑, 旋风筒, 多级悬浮预热, 煤, 燃料, cement, clinker, calciner, rotary kiln, cyclone, multi-stage suspension preheater, coal, fuel

## 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 |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Y    | CN 1418178 A (弗 尔 斯米德恩公司) 2003年 5月 14日 (2003 - 05 - 14)<br>权利要求1-6, 附图1               | 1-16    |
| Y    | CN 201281335 Y (南京凯盛水泥技术工程有限公司) 2009年 7月 29日 (2009 - 07 - 29)<br>权利要求1-5, 说明书第1页, 附图1 | 1-16    |
| A    | CN 105444582 A (上海三橙能源科技有限公司等) 2016年 3月 30日 (2016 - 03 - 30)<br>全文                    | 1-16    |
| A    | DE 10202776 A1 (KLOECKNER HUMBOLDT WEDAG) 2003年 7月 31日 (2003 - 07 - 31)<br>全文         | 1-16    |
| A    | DE 4123306 C2 (DEUTZ AG) 2000年 5月 25日 (2000 - 05 - 25)<br>全文                          | 1-16    |
| A    | JP 2000272940 A (SUMITOMO OSAKA CEMENT CO LTD) 2000年 10月 3日 (2000 - 10 - 03)<br>全文    | 1-16    |

☐ 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

“&amp;” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2020年 5月 20日

国际检索报告邮寄日期

2020年 5月 29日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局 (ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

授权官员

陈龙

电话号码 (86-10)62084092

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/077540

| 检索报告引用的专利文件 |            |    | 公布日<br>(年/月/日) | 同族专利 |             |    | 公布日<br>(年/月/日) |
|-------------|------------|----|----------------|------|-------------|----|----------------|
| CN          | 1418178    | A  | 2003年 5月 14日   | PL   | 357276      | A1 | 2004年 7月 26日   |
|             |            |    |                | PT   | 1296905     | T  | 2006年 5月 31日   |
|             |            |    |                | MX   | PA02008394  | A  | 2003年 2月 12日   |
|             |            |    |                | WO   | 0172654     | A1 | 2001年 10月 4日   |
|             |            |    |                | RU   | 2002129015  | A  | 2004年 2月 20日   |
|             |            |    |                | DE   | 60116308    | T2 | 2006年 9月 7日    |
|             |            |    |                | CN   | 1227179     | C  | 2005年 11月 16日  |
|             |            |    |                | KR   | 100716402   | B1 | 2007年 5月 11日   |
|             |            |    |                | PT   | 1296905     | E  | 2006年 5月 31日   |
|             |            |    |                | JP   | 2003528793  | A  | 2003年 9月 30日   |
|             |            |    |                | PL   | 201015      | B1 | 2009年 2月 27日   |
|             |            |    |                | EP   | 1296905     | B1 | 2005年 12月 28日  |
|             |            |    |                | ZA   | 200206493   | A  | 2003年 8月 14日   |
|             |            |    |                | ZA   | 200206493   | B  | 2003年 8月 14日   |
|             |            |    |                | CA   | 2403564     | C  | 2010年 3月 23日   |
|             |            |    |                | AT   | 314328      | T  | 2006年 1月 15日   |
|             |            |    |                | BR   | 0109587     | A  | 2003年 2月 4日    |
|             |            |    |                | RU   | 2248946     | C2 | 2005年 3月 27日   |
|             |            |    |                | DE   | 60116308    | D1 | 2006年 2月 2日    |
|             |            |    |                | TW   | 487689      | B  | 2002年 5月 21日   |
|             |            |    |                | DK   | 1296905     | T3 | 2006年 3月 6日    |
|             |            |    |                | CA   | 2403564     | A1 | 2001年 10月 4日   |
|             |            |    |                | CZ   | 300330      | B6 | 2009年 4月 22日   |
|             |            |    |                | KR   | 20020086608 | A  | 2002年 11月 18日  |
|             |            |    |                | EP   | 1296905     | A1 | 2003年 4月 2日    |
|             |            |    |                | AU   | 2391301     | A  | 2001年 10月 8日   |
|             |            |    |                | ES   | 2256195     | T3 | 2006年 7月 16日   |
|             |            |    |                | AU   | 2001223913  | B2 | 2004年 4月 22日   |
| CN          | 201281335  | Y  | 2009年 7月 29日   | 无    |             |    |                |
| CN          | 105444582  | A  | 2016年 3月 30日   | CN   | 105444582   | B  | 2017年 11月 10日  |
| DE          | 10202776   | A1 | 2003年 7月 31日   | US   | 6626662     | B2 | 2003年 9月 30日   |
|             |            |    |                | DK   | 1334954     | T3 | 2008年 1月 28日   |
|             |            |    |                | EP   | 1334954     | B1 | 2007年 10月 3日   |
|             |            |    |                | JP   | 2004026628  | A  | 2004年 1月 29日   |
|             |            |    |                | US   | 2003143508  | A1 | 2003年 7月 31日   |
|             |            |    |                | EP   | 1334954     | A1 | 2003年 8月 13日   |
|             |            |    |                | DE   | 50308301    | D1 | 2007年 11月 15日  |
| DE          | 4123306    | C2 | 2000年 5月 25日   | EP   | 0526770     | B1 | 1995年 7月 5日    |
|             |            |    |                | DK   | 0526770     | T3 | 1995年 8月 21日   |
|             |            |    |                | EP   | 0526770     | B2 | 2002年 7月 10日   |
|             |            |    |                | DK   | 0526770     | T4 | 2002年 10月 28日  |
|             |            |    |                | DE   | 4123306     | A1 | 1993年 1月 21日   |
|             |            |    |                | US   | 5292247     | A  | 1994年 3月 8日    |
|             |            |    |                | EP   | 0526770     | A2 | 1993年 2月 10日   |
|             |            |    |                | DK   | 526770      | T4 | 2002年 10月 28日  |
|             |            |    |                | EP   | 0526770     | A3 | 1993年 6月 23日   |
|             |            |    |                | DK   | 526770      | T3 | 1995年 8月 21日   |
|             |            |    |                | AT   | 124672      | T  | 1995年 7月 15日   |
| JP          | 2000272940 | A  | 2000年 10月 3日   | JP   | 3550312     | B2 | 2004年 8月 4日    |