(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106986561 B
(45)授权公告日 2023.05.02

(21)申请号 201710346004.9
(22)申请日 2017.05.17
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106986561 A
(43)申请公布日 2017.07.28
(73)专利权人 江苏中圣园科技股份有限公司
地址 211102 江苏省南京市江宁区燕湖路185号
(72)发明人 庞焕军 谢斌 刘行 贾法强 曲思民 沈浩 张林进 余明柱 陈小娟 唐丹
(74)专利代理机构 青岛泽为知识产权代理事务所(普通合伙) 37237
专利代理师 姚继伟 邵桂礼
(51)Int.Cl.
C04B 2/12(2006.01)
(56)对比文件
CA 2098861 A1,1993.12.24
审查员 罗洁

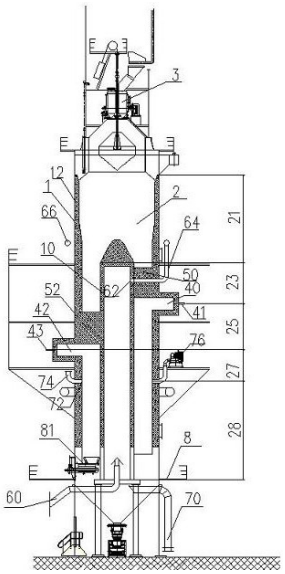
权利要求书2页 说明书7页 附图1页

(54)发明名称

环形石灰竖窑

(57)摘要

本发明提供一种环形石灰竖窑，包括窑体、布料器、多个上下燃烧室、多个上下烧嘴、多个上下拱桥、冷却风系统等，其中窑体具有同心布置且间隔形成有环形通道的内筒和外筒，布料器位于环形通道的上端；冷却风系统包括内筒冷却风系统和料层冷却风系统，内筒冷却风系统设置成使得冷却风从内筒的底部流入、顶部流出用于冷却内筒并通入上烧嘴作为其助燃空气，料层冷却风系统设置成使得冷却风对环形通道内煅烧后的料层进行冷却并为下烧嘴提供助燃空气；其中环形通道从上至下构成为预热带、上部逆流煅烧带、中部逆流煅烧带、下部无流调质带以及冷却带。本发明能够稳定生产出高质量的活性石灰、燃气适应性强、环境污染小。



CN 106986561 B

1.一种环形石灰竖窑,其特征在于包括:

窑体,其具有同心布置的内筒和外筒,内筒和外筒之间形成有环形通道;

布料器,其装设于环形通道上端;

多个上燃烧室和多个下燃烧室,其沿外筒的外圆周上下间隔分布;

多组上烧嘴和多组下烧嘴,其一一对应地分别装设于多个上燃烧室和多个下燃烧室上;

多个上拱桥和多个下拱桥,其位于外筒和内筒之间,用于一一对应地将多个上燃烧室和多个下燃烧室分别与内筒连接;

内筒冷却风系统,其包括内筒冷却风进口管和位于内筒上与多个上烧嘴一一对应的多个内筒冷却风出口,并设置成使得冷却风从内筒的底部流入、顶部流出;

料层冷却风系统,其包括料层冷却风进口管和位于外筒上与多个下烧嘴一一对应的多个料层冷却风出口,并设置成使得冷却风对环形通道内煅烧后的料层进行冷却;

其中,所述环形通道从上至下构成为位于布料器和内筒顶部之间的预热带、位于内筒顶部和多个上燃烧室之间的上部逆流煅烧带、位于多个上燃烧室和多个下燃烧室之间的中部逆流煅烧带、位于多个下燃烧室和多个料层冷却风出口之间的下部无流调质带、以及位于多个料层冷却风出口下方的冷却带。

2.根据权利要求1所述的环形石灰竖窑,其特征在于,所述内筒冷却风系统还包括至少一个内筒冷却风机、多个内筒冷却风支管以及一个内筒冷却风环管,其中,内筒冷却风机与所述内筒冷却风进口管相连用于将冷却风送入所述内筒内,多个内筒冷却风支管的一端一一对应地连接到所述多个内筒冷却风出口,另一端都连通到内筒冷却风环管上,该内筒冷却风环管与所述多个上烧嘴连通以为其提供助燃空气。

3.根据权利要求1或2所述的环形石灰竖窑,其特征在于,所述多个料层冷却风出口一一对应地连接到多个料层冷却风出口支管,所述料层冷却风系统还包括多个料层冷却风机,该多个料层冷却风机与该多个料层冷却风出口支管一一对应并用于将所述冷却带内热交换后的冷却风抽吸到多个料层冷却风出口支管内,该多个料层冷却风出口支管一一对应地与所述多个下烧嘴连通以为其提供助燃空气。

4.根据权利要求3所述的环形石灰竖窑,其特征在于,还包括用于从所述预热带向外抽吸烟气的主排烟风机系统,该主排烟风机系统包括位于所述外筒顶部上的烟气抽吸口、与烟气抽吸口连通的烟气沉降管以及与烟气沉降管连通的主排烟风机,其中,主排烟风机和所述多个料层冷却风机设置成使得所述多个下燃烧室内的负压和所述多个料层冷却风出口处的负压一致,从而在所述下部无流调质带内无气流流动。

5.根据权利要求4所述的环形石灰竖窑,其特征在于,所述多个上燃烧室和所述多个下燃烧室设置成燃气与所述助燃空气在其内充分燃烧。

6.根据权利要求1所述的环形石灰竖窑,其特征在于,所述多个上燃烧室和所述多个下燃烧室均采用燃料/空气分级燃烧方式,和/或所述多个上烧嘴和所述多个下烧嘴都采用低NOx烧嘴。

7.根据权利要求1所述的环形石灰竖窑,其特征在于,还包括出灰平台和位于出灰平台上的出灰机,所述料层冷却风进口管设置于出灰平台底部并利用所述窑体内的负压将外界空气吸入所述窑体内。

8.根据权利要求7所述的环形石灰竖窑，其特征在于，还包括位于所述出灰机上方的多个分料板，其中，所述多个上拱桥与所述多个下拱桥之间、所述多个下拱桥和所述多个分料板之间，均是错位布置。

环形石灰竖窑

[0001] 技术领域：

[0002] 本发明涉及一种煅烧石灰石的工业窑炉，特别涉及一种环形石灰竖窑。

[0003] 背景技术：

[0004] 目前用于煅烧石灰的竖窑，主要包括环形套筒窑、双膛窑、双梁窑及机械化立窑等。

[0005] 双膛窑、双梁窑及机械化立窑的共同特点是：没有独立的燃烧空间，燃料的燃烧在料层内进行。这种燃烧方式进一步影响到：第一，为了尽可能使得燃料在料层内燃烧充分，必须采用较大的空气过剩系数，导致无谓燃烧产物的增加，相应地增加了系统的无谓热耗；第二，一次空气、二次空气与燃料在料层内的结合有序性较差，为了达到煅烧带的石灰石分解所需的必要温度，要求燃料的热值较高；第三，或者当燃料较低时，由于一次空气、二次空气与燃料在料层内的结合有序性较差，煅烧带燃烧温度偏低，为了达到要求的煅烧程度，必须增加物料在煅烧带的停留时间，即意味着窑的煅烧空间利用系数降低，无法达到设计产量。

[0006] 环形套筒窑在燃烧上的最大特征是：设置有上、下两层独立的燃烧空间；在下燃烧室，至少有两种助燃空气参与燃烧：石灰冷却空气及驱动空气，必要时补充烧嘴助燃空气，从保证基本工艺的角度，即使仅石灰冷却空气及驱动空气参与燃烧，下燃烧室已经达到很高的空气过剩系数；在上燃烧室，一般仅烧嘴助燃空气参与燃烧，从控制燃烧温度的角度，上燃烧室内一般为欠氧燃烧，剩余未燃烧的燃料与下燃烧室上升烟气中多余的氧结合，并继续在上燃烧室附近的料层燃烧。所以：对于高热值燃料，燃料在上燃烧室内的燃烬程度极低，热值越高燃烬程度越低，这样势必有大量的燃料进入上燃烧室附近料层继续燃烧，如前所述，料层内燃烧的方式无法保证燃料的充分燃烬。对于低热值燃料，一方面，由于下燃烧室本身很高的空气过剩系数，燃烧后的烟气温度难以达到物料分解所需的温度；另一方面，在上燃烧室势必通过提高空气系数来实现上燃烧室理想的燃烧温度，此时虽然上燃烧室内燃料的燃烬程度提高，但是整个套筒窑的空气系数将变得极高。

[0007] 总之，对于目前用于煅烧石灰的竖窑，存在问题包括：

[0008] 第一，燃料热值要求较高，双膛窑、双梁窑及机械化立窑一般要求在6690kJ/Nm3以上，环形套筒窑一般要求在5020kJ/Nm^3以上。

[0009] 第二，或者当燃料热值较低时，窑必须降产运行，同时物料的生烧率将明显增加。

[0010] 第三，双膛窑、双梁窑及机械化立窑的空气系数偏高，双膛窑、双梁窑及机械化立窑一般在1.4以上，意味着无谓热耗偏高。

[0011] 第四，对于套筒窑：当采取高热值燃料时，空气系数较低，但同时燃料的燃烬率降低；当采取低热值燃料时，空气系数较高。总之均存在无谓热耗高的问题。

[0012] 发明内容：

[0013] 为克服上述问题，本发明提供一种能够稳定生产出高质量的活性石灰并且燃气适应性强、环境污染小的环形石灰竖窑将是有利的。

[0014] 为此，本发明提供一种环形石灰竖窑，其包括：

[0015] 窑体，其具有同心布置的内筒和外筒，内筒和外筒之间形成有环形通道；

[0016] 布料器，其装设于环形通道上端；

[0017] 多个上燃烧室和多个下燃烧室，其沿外筒的外圆周上下间隔分布；

[0018] 多个上烧嘴和多个下烧嘴，其一一对应地分别装设于多个上燃烧室和多个下燃烧室上；

[0019] 多个上拱桥和多个下拱桥，其位于外筒和内筒之间用于一一对应地将多个上燃烧室和多个下燃烧室分别与内筒连接；

[0020] 内筒冷却风系统，其包括内筒冷却风进口管和位于内筒上与多个上烧嘴一一对应的多个内筒冷却风出口，并设置成使得冷却风从内筒的底部流入、顶部流出；

[0021] 料层冷却风系统，其包括料层冷却风进口管和位于外筒上与多个下烧嘴一一对应的多个料层冷却风出口，并设置成使得冷却风对环形通道内煅烧后的料层进行冷却；

[0022] 其中，上述环形通道从上至下构成为位于布料器和内筒顶部之间的预热带、位于内筒顶部和多个上燃烧室之间的上部逆流煅烧带、位于多个上燃烧室和多个下燃烧室之间的中部逆流煅烧带、位于多个下燃烧室和多个料层冷却风出口之间的下部无流调质带、以及位于多个料层冷却风出口下方的冷却带。

[0023] 在本发明中，由于在环形通道的空间内可同时完成逆流煅烧和无流调质，因此能稳定地生产出高质量的活性石灰；

[0024] 由于取消了现有技术中的换热器、喷射器等复杂结构，并增加了无流调质带，从而使得燃料在燃烧室内的燃烧更易控制，因此对燃气的适应性更强，且减少了投资费用并降低了设备故障率；由于内筒冷却风系统和料层冷却风系统的设置，使得排烟温度较低，因而在烟气排入大气前进除尘器时无需兑入冷风，这一方面降低了电耗，另一方面可以降低除尘器内的过滤风速，进一步延长布袋的使用寿命以及保证除尘效率。

[0025] 进一步，上述内筒冷却风系统还包括至少一个内筒冷却风机、多个内筒冷却风支管以及一个内筒冷却风环管，其中，内筒冷却风机与上述内筒冷却风进口管相连用于将冷却风送入上述内筒内，多个内筒冷却风支管的一端一一对应地连接到上述多个内筒冷却风出口，另一端都连通到内筒冷却风环管上，该内筒冷却风环管与上述多个上烧嘴连通以为其提供助燃空气。

[0026] 由于上述结构，使得在冷却内筒的同时将自身温度预热至200℃左右的冷却风再去参与上燃烧嘴的助燃，这样充分利用了余热，减少了能耗。

[0027] 再进一步，上述多个料层冷却风出口一一对应地连接到多个料层冷却风出口支管，上述料层冷却风系统还包括多个料层冷却风机，该多个料层冷却风机与该多个料层冷却风出口支管一一对应并用于将上述冷却带内热交换后的冷却风抽吸到多个料层冷却风出口支管内，该多个料层冷却风出口支管一一对应地与上述多个下烧嘴连通以为其提供助燃空气。

[0028] 通过上述结构设置，冷却风可与烧成石灰进行热交换后温度提高至400℃左右，然后通过料层冷却风机将预热后冷却风抽出作为下燃烧嘴的助燃空气，并使得烧成石灰经过冷却风的冷却后温度可降低至100℃左右，这样充分利用了余热，减少了能耗。

[0029] 又进一步，还包括用于从上述预热带向外抽吸烟气的主排烟风机系统，该主排烟风机系统包括位于上述外筒顶部上的烟气抽吸口、与烟气抽吸口连通的烟气沉降管以及与

烟气沉降管连通的主排烟风机，其中，主排烟风机和上述多个料层冷却风机设置成使得上述多个下燃烧室内的负压和上述多个料层冷却风出口处的负压一致，从而在上述下部无流调质带内无气流流动。

[0030] 由于上述结构，经过中部逆流煅烧带后煅烧程度已经较高石灰石继续向下至下部无流调质带时，虽然没有烟气对其继续供热，但是依靠物料本身所含的热量，继续为物料进行缓和分解及调质创造时间和空间条件，从而能够稳定地生产出高质量的活性石灰。

[0031] 又再进一步，上述多个上燃烧室和上述多个下燃烧室设置成燃气与上述助燃空气在其内充分燃烧。

[0032] 通过上述设置，可使得燃料在燃烧室内即实现完全燃烧，燃料的燃烬率大大提高，不会造成燃料的浪费；另外，由于冷空气在完成对内筒和料层的冷却后通过烧嘴而参与到燃烧室的燃烧中来，因此不必担心燃烧室会因充分燃烧的高温而造成对燃烧室和拱桥耐材的影响。

[0033] 再又进一步，当上述燃气为高炉煤气时，过剩空气系数控制在1.05-1.2。

[0034] 通过上述设置，可使得高炉煤气和空气在燃烧室内充分燃烧，当然，过剩空气系数按照燃气的热值略有不同，即过剩空气系数的控制可根据参与燃烧的燃气的种类进行略微改变，以保证充分燃烧的效果。

[0035] 进一步，上述多个上燃烧室和上述多个下燃烧室均采用燃料/空气分级燃烧方式，和/或上述多个上烧嘴和上述多个下烧嘴都采用低NOx烧嘴。

[0036] 上述结构都能够极大地降低NOx排放指标。例如，在采用低NOx烧嘴时，在燃烧室内可形成局部的烟气回流区，降低燃烧空间的氧浓度，并且创造NOx的还原条件，从而抑制了热力型NOx的产生，因此，本发明能够严格保证NOx的排放远低于100mg/Nm^3(以NO_2计)。

[0037] 进一步，还包括出灰平台和位于出灰平台上的多个出灰机，上述料层冷却风进口管设置于出灰平台底部并利用上述窑体内的负压将外界空气吸入上述窑体内。

[0038] 进一步，还包括位于上述出灰机上方的多个分料板，其中，上述多个上拱桥与上述多个下拱桥之间、上述多个下拱桥和上述多个分料板之间，均是错位布置。

[0039] 通过错位布置，使得物料在环形通道内至上而下运动的过程中，多次以一定角度侧向再分配，即进行二次布料，使物料分布更均匀，提高了物料受热均匀度。

[0040] 进一步，对于同一座环形石灰竖窑，上述多个的数量为大于或等于4的同一数字，并且都沿圆周方向均匀布置。

[0041] 通过本发明的环形石灰竖窑上的多个上燃烧室、多个下燃烧室、多个上烧嘴、多个下烧嘴、多个上拱桥、多个下拱桥、多个内筒冷却风出口、多个料层冷却风出口、多个出灰机、多个分料板，等等，使得无论是布料、烟气、还是冷却风都能够在圆周方向上分布均匀。

[0042] 通过参考下面所描述的实施例，本发明的上述这些方面和其他方面将会得到更清晰地阐述。

[0043] 附图说明：

[0044] 发明的结构以及进一步的目的和优点将通过下面结合附图的描述得到更好地理解，其中，相同的参考标记标识相同的元件：

[0045] 图1是根据本发明的一个具体实施方式的环形石灰竖窑的结构示意图。

[0046] 附图标记说明：

[0047] 1窑体 10 内筒

[0048] 12外筒 2 环形通道

[0049] 21预热带 23 上部逆流煅烧带

[0050] 25中部逆流煅烧带 27 下部无流调质带

[0051] 28冷却带 3 布料器

[0052] 40上燃烧室 41 上烧嘴

[0053] 42下燃烧室 43 下烧嘴

[0054] 50上拱桥 52 下拱桥

[0055] 60内筒冷却风进口管 62 内筒冷却风出口

[0056] 64内筒冷却风支管 66 内筒冷却风环管

[0057] 70料层冷却风进口管 72 料层冷却风出口

[0058] 74料层冷却风出口支管 76 料层冷却风机

[0059] 8出灰平台 81 出灰机

[0060] 具体实施方式：

[0061] 下面将结合附图描述本发明的具体实施方式。

[0062] 图1示出了根据本发明的一个具体实施方式的环形石灰竖窑。在本实施方式中，环形石灰竖窑包括窑体、布料器、燃烧室、烧嘴、拱桥、冷却风系统等，其中，窑体1具有同心布置的内筒10和外筒12，在内筒10和外筒12之间形成有环形通道2；布料器3装设于环形通道2的上端；燃烧室包括9个上燃烧室40和9个下燃烧室42，上燃烧室40和下燃烧室42沿外筒2的外圆周上下间隔分布，并且9个上燃烧室40在圆周方向上均匀分布，9个下燃烧室42也在圆周方向上均匀分布；烧嘴包括9个上烧嘴41和9个下烧嘴43，它们分别一一对应地装设于9个上燃烧室40和9个下燃烧室42上；拱桥包括9个上拱桥50和9个下拱桥52，它们位于外筒12和内筒10之间，用于一一对应地将9个上燃烧室40和9个下燃烧室42分别与内筒10连接。

[0063] 需要说明的是，尽管在本实施方式中上燃烧室、下燃烧室等结构都是9个，并不意味着该数字不可改变，实际上，这些结构的数量是根据环形石灰竖窑的产量来定的，例如，产量相对较高时，这些结构的数量可以设计为9个，产量稍低一点，也可以设置为7个、5个等。

[0064] 再如图1所示，在本实施方式中，环形石灰竖窑还包括内筒冷却风系统，其中，该内筒冷却风系统包括内筒冷却风机(图未示)、与内筒冷却风机相连的内筒冷却风进口管60、位于内筒10上部的9个内筒冷却风出口62、一一对应地连接到该9个内筒冷却风出口62上的9个内筒冷却风支管64、以及一侧连通该9个内筒冷却风支管64另一侧连通上述9个上烧嘴41的内筒冷却风环管66，内筒冷却风进口管60和9个内筒冷却风出口62设置成使得冷却风从内筒10的底部流入、顶部流出，内筒冷却风环管66连通到9个上烧嘴41来为上烧嘴提供助燃空气。

[0065] 在图1所示的本实施方式中，环形石灰竖窑还包括设置成使得冷却风对环形通道2内煅烧后的料层进行冷却的料层冷却风系统，其包括料层冷却风进口管70、位于外筒12上的9个料层冷却风出口72、与该9个料层冷却风出口72一一对应地连接的9个料层冷却风出口支管74、与该9个料层冷却风出口支管74一一对应设置的9个料层冷却风机76，其中，该9个料层冷却风机用于将在环形通道3内完成了热交换的冷却风抽吸到9个料层冷却风出口

支管74内，该9个料层冷却风出口支管74一一对应地与上述9个下烧嘴43连通从而为其提供助燃空气。

[0066] 再如图1所示，在本实施方式中，环形通道2从上至下包括预热带21、上部逆流煅烧带23、中部逆流煅烧带25、下部无流调质带27、以及冷却带28，其中，预热带21形成于位于布料器3和内筒10顶部之间，上部逆流煅烧带23位于内筒10顶部和上燃烧室40之间，中部逆流煅烧带25位于上燃烧室40和下燃烧室42之间，下部无流调质带27位于下燃烧室42和料层冷却风出口72之间，冷却带28位于料层冷却风出口72的下方。

[0067] 尽管在图1中未示出，但需要说明的是在本实施方式中，环形石灰竖窑还包括用于从上述预热带21向外抽吸烟气的主排烟风机系统，该主排烟风机系统包括位于上述外筒顶部上的烟气抽吸口、与烟气抽吸口连通的烟气沉降管以及与烟气沉降管连通的主排烟风机。应当理解的是，在本实施方式中，主排烟风机和上述9个料层冷却风机76设置成使得9个下燃烧室42内的负压和上述9个料层冷却风出口72处的负压一致，从而在下部无流调质带27内无气流流动。

[0068] 另外需要说明的是，在本实施方式中，内筒10包括钢内壳和围绕内筒1的外壁砌成的耐火衬层，外筒12也包括钢外壳和围绕外筒12的内壁砌成的耐火衬层；燃烧室内设置耐火内衬，拱桥由耐火材料砌筑。环形石灰竖窑煅烧所用的热量由烧嘴提供，燃料经烧嘴喷射进入燃烧室，燃烧产生的高温气体经过拱桥下部形成的与燃烧室相通的空间进入料层，为窑体1内的煅烧提供热量。

[0069] 下面就物料在窑体1内特别是在预热带21、上部逆流煅烧带23、中部逆流煅烧带25、下部无流调质带27以及冷却带28中的流程进行简要说明：

[0070] 合格的石灰石经称量斗称量后装入料车内，卷扬机将料车提升至环形石灰竖窑的窑顶，将料车内的石灰石加入窑顶上的布料器3，通过布料器3进入窑体1内。然后，物料，在本实施方式中为石灰石，经过窑体1内的预热带21、上部逆流煅烧带23、中部逆流煅烧带25、下部无流调质带27和冷却带28，然后进入窑底料仓，最后排出窑外，被输送机送至成品仓贮存。

[0071] 下燃烧室42的燃烧烟气由于主排烟风机的抽吸，向上流动进入中部逆流煅烧带25，并与上燃烧室40的燃烧烟气在上拱桥50附近混合后一起进入上部逆流煅烧带23。由于在这两个煅烧带中，燃烧气流方向与物料的运行方向相反，所以称为逆流煅烧带。

[0072] 物料向下流动至中部逆流煅烧带25底部时，煅烧程度已经较高(为70%-90%左右)。继续向下至下部无流调质带27时，虽然没有烟气对其继续供热，但是依靠物料本身所含的热量，继续为物料进行缓和分解及调质创造时间和空间条件，从而能够生产出高活性石灰。

[0073] 上燃烧室40、下燃烧室42燃烧的高温烟气流经料层并为石灰石的分解提供热量后，在主排烟风机的作用下向上流动，全部进入预热带21，并与预热带21内的石灰石进行热交换，到达窑体1顶部的烟气温度为90-120℃。预热带21顶部的烟气经由烟气抽吸口被均匀抽吸进入烟气沉降管并进一步进入主排烟风机。

[0074] 在环形通道2内料层冷却风出口72以下为冷却带28。本实施方式的环形石灰竖窑还包括出灰平台8和位于出灰平台上的出灰机81，在出灰平台8底部，设置1根自吸式的上述料层冷却风进口管70，利用窑体1的负压将外界空气(称为冷却风)抽吸进入窑底料仓(图未示)内，并流经出灰机8进入冷却带28。冷却风与烧成石灰进行热交换后温度提高至400℃左

右。

[0075] 在下部无流调质带27内，每个料层冷却风出口72由1台变频控制的料层冷却风机76抽吸，将预热后的冷却风抽出，作为下烧嘴43的助燃空气。煅烧完成的石灰经过冷却带28后的温度降低至100℃左右，通过出灰机81进入窑底料仓贮存。

[0076] 下面介绍一下窑体1内的燃气及助燃空气情况：

[0077] 来自于煤气平台(图未示)的煤气进入上、下共18个烧嘴。上烧嘴41、下烧嘴43供给的燃料量是不一样的，分配比率约为：上/下=1/1.8。上烧嘴41的助燃空气来自于内筒10的冷却风，具体是内筒冷却风机鼓出的环境空气进入内筒10，对内筒钢壳体进行冷却的同时，自身温度预热至200℃左右，然后从内筒顶部的9个内筒冷却风出口62排出，并经内筒冷却风支管64、内筒冷却风环管66收集后，大部分进入9个上烧嘴41的助燃空气支管(图未示)，作为上燃烧室40的助燃空气。小部分多余的冷却风则通过内筒冷却风环管66上的放散管(图未示)排入大气环境中。

[0078] 在上燃烧室40内，燃气与空气是充分燃烧的，过剩空气系数按照燃气的热值略有不同，当采用高炉煤气时，本实施方式的过剩空气系数控制在1.2。

[0079] 下烧嘴42的助燃空气来自于冷却石灰后的冷却风。如前所述，9台独立控制调节的料层冷却风机76将冷却带28的预热后的冷却风抽出，作为下烧嘴42的助燃空气。在下燃烧室42内，燃气与空气也是充分燃烧的，过剩空气系数按照燃气的热值略有不同，当采用高炉煤气时，本实施方式的过剩空气系统也控制在1.2。

[0080] 相比于现有技术，本发明具有如下技术效果：

[0081] 1)环形石灰竖窑在同一个环形空间内即可完成逆流煅烧和无流调质，因此能稳定地生产出高质量的活性石灰；

[0082] 2)燃气适应性强，可以采用最低热值为3000 kJ/Nm^3的高炉煤气，也可采用高热值的高转混合煤气、转炉煤气、焦炉煤气、天然气等气体燃料及煤等固体燃料，必要时也可采用气煤双燃料混烧；

[0083] 3)能耗较低：上燃烧室和下燃烧室内燃气及空气均按各自的温度控制需求进行独立调节并完全燃烧，燃气燃烬率极高；并且，内筒冷却风、料层冷却风等余热得到了充分利用；

[0084] 4)窑尾气经布袋除尘后，废气颗粒物排放可达到≤10mg/Nm^3，具有良好的环保性能；特别地，环形石灰竖窑由于排烟温度低，其烟气进除尘器前无需兑入冷风，一方面降低了电耗，另一方面，可以降低除尘器内的过滤风速，进一步延长布袋的使用寿命以及保证除尘效率；

[0085] 6)极低的NOx排放指标：首先，上燃烧室和下燃烧室均采用燃料/空气分级燃烧方式；其次，采用低NOx烧嘴，在燃烧室内形成局部的烟气回流区，降低燃烧空间的氧浓度，并且创造NOx的还原条件；再者，因烟气回流区的存在，燃烧室内的温度分布相对均匀，降低火焰峰值温度，抑制了热力型NOx的产生。因此，该窑严格保证NOx的排放远低于100mg/Nm^3(以NO_2计)；

[0086] 7)窑体设备简单，设备故障率低；

[0087] 8)环形石灰竖窑处于负压操作下的生产过程，很好的减少了因窑工作给周边环境带来的污染，改善了操作人员的工作环境，也方便了操作人员对整座窑系统的设备工作状

况的掌握，设备的检查、维护、维修工作也便利，操作人员能及时发现对正常生产潜在的故障，保证了活性石灰的质量；

[0088] 9)环形石灰竖窑上拱桥与下拱桥之间、下拱桥与出灰机上方的分料板之间，均是错位布置，使得进入窑内的物料在向下运动的过程中，多次以一定角度侧向再分配——二次布料，使物料分布更均匀，提高了物料受热均匀度。

[0089] 本发明的技术内容及技术特点已揭示如上，然而可以理解，在本发明的创作思想下，本领域的技术人员可以对上述结构作各种变化和改进，包括这里单独披露的或要求保护的技术特征的组合，以及明显地包括这些特征的其它组合。这些变形和/或组合均落入本发明所涉及的技术领域内，并落入本发明权利要求的保护范围。

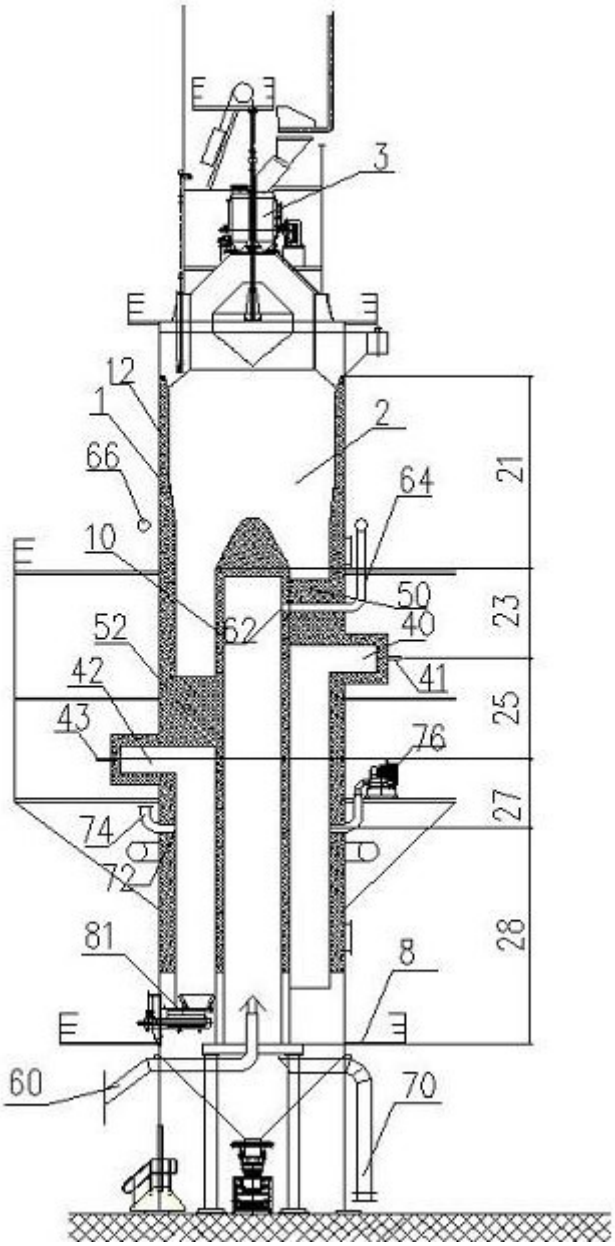

E
E
3
E
E
12
1
2
66
64
21
10
50
23
52
62
40
42
41
25
43
76
27
74
72
28
81
8
E
E
60
70

图1