

## 一种水泥预分解窑系统及制备水泥熟料的方法

### 技术领域

本发明属于水泥生产设备技术领域，具体涉及一种水泥预分解窑系统及制备水泥熟料的方法。

### 背景技术

作为一种主要的温室气体，CO<sub>2</sub>的大量排放加剧了全球温室效应，世界各国均普遍面临着实现碳减排、缓解全球气候变化的艰巨任务。为更好发展全球经济和保护自然环境，世界各国都相继制定了碳减排战略目标。在中国，水泥行业已成为仅次于电力行业的第二大CO<sub>2</sub>排放源。据统计，2018年全国水泥熟料产量接近19亿吨，在现有技术水平下，每生产1吨水泥熟料的CO<sub>2</sub>排放量约为0.84吨，CO<sub>2</sub>排放量在2018年已达到15.96亿吨。因此，减缓水泥工业高CO<sub>2</sub>排放问题刻不容缓。

对碳减排技术的研究，国内外已有不少报导，但这些研究主要面向电力、煤炭和钢铁等行业，水泥行业相关的碳减排技术报导相对较少。目前水泥行业可采用的碳减排技术方案为燃烧前捕集、燃烧后捕集。其中燃烧前捕集是指对燃料在燃烧前进行预处理，分离出燃料中的碳。由于水泥熟料生产工艺特点，燃烧前CO<sub>2</sub>捕集的一个显著缺点是仅能分离出燃料燃烧产生的CO<sub>2</sub>，而生料煅烧产生的约60%的CO<sub>2</sub>随烟气排放了，这部分的CO<sub>2</sub>没有得到任何处理。此外，燃烧前捕集技术相比其他CO<sub>2</sub>捕集技术熟料煅烧过程对氢燃烧的条件非常苛刻，需要对回转窑燃烧器进行特殊设计，因此该技术在水泥行业中可行性较低，可以被排除。水泥行业燃烧后捕集技术主要是指对燃烧后的烟气进行捕集或者分离出CO<sub>2</sub>，主要的技术包括吸

# 说明书

收法、吸附法、膜吸收法和矿物碳化法等。由于水泥工业窑尾烟气的压力小、体积流量大、CO<sub>2</sub>浓度低，且含有大量的粉尘和 N<sub>2</sub>，上述方法均存在碳捕集效率低、捕集流量小、系统复杂、设备投资大或者运行成本偏高的问题。

因此，亟需研发一种系统简单、设备投资小、运行成本低且具有富集 CO<sub>2</sub> 功能的水泥预分解窑系统。

## 发明内容

为改善上述缺陷，本发明提供一种水泥预分解窑系统，包括第一列旋风预热器、第二列旋风预热器、分解炉、烟室、回转窑、冷却机、热交换器；

第一列旋风预热器的进风口连接分解炉，第一列旋风预热器的出料口连接烟室；第二列旋风预热器的进风口连接烟室，第二列旋风预热器的出料口分为两路，一路连接分解炉，另一路与烟室相连接；

烟室连接回转窑；回转窑与冷却机连接；

冷却机上设置有三次风管，所述三次风管通过切换部件分为两路，一路是三次风管连接热交换器，热交换器通过管道连接分解炉；另一路是三次风管不经热交换器直接连接分解炉。

根据本发明的实施方案，第二列旋风预热器的出料口处设置分料阀，分料阀的一端与分解炉相连接，分料阀的另一端与烟室相连接。

根据本发明的实施方案，分料阀将经过第二列旋风预热器出料口的生料分至分解炉、烟室；所述分料阀调节由第二列旋风预热器的出料口进入分解炉、烟室的生料量。

根据本发明的实施方案，所述切换部件选自阀门，例如闸板阀或蝶阀

# 说明书

---

等。

根据本发明的实施方案，所述阀门包括第一阀门、第二阀门、第三阀门；所述第一阀门、第三阀门设置在三次风管上，第二阀门设置在连接热交换器与分解炉的管道上；

第一阀门设置在连接冷却机与热交换器的三次风管上，第二阀门设置在连接热交换器与分解炉的管道上；第三阀门设置在连接冷却机与分解炉的三次风管上。

根据本发明的实施方案，所述第一阀门为阀门 B，所述第二阀门为阀门 C，所述第三阀门为阀门 A。

根据本发明的实施方案，所述第一列旋风预热器、第二列旋风预热器的级数选自 3~7 级。

根据本发明的实施方案，所述热交换器上设置有一个以上的气体入口、一个以上的气体出口；其中一个气体入口将氧气与循环烟气的混合气体或氧气输送至热交换器；

其中一个气体出口连接余热利用或处理系统，所述气体出口将完成热量交换的三次风输送至余热利用或处理系统；所述余热利用或处理系统包括余热锅炉发电、烘干物料或其他进行余热利用或处理的装置；

所述冷却机选自篦式冷却机、单筒冷却机、多筒冷却机中的一种。

本发明还提供使用上述水泥预分解窑系统制备水泥熟料的方法，所述方法包括：

将生料分别加入第一列旋风预热器、第二列旋风预热器，生料在旋风预热器内与烟气进行换热；

第一列旋风预热器预热后的生料通过一点或多点进入分解炉，第二列

## 说明书

---

旋风预热器预热后的生料可分为两路，其中一路通过一点或多点进入分解炉，另外一路通过烟室进入回转窑；

分解炉内分解完成的热生料离开分解炉进入第一列预热器的最后一级旋风分离器，经过气固分离后通过烟室进入回转窑，在回转窑内煅烧形成熟料，熟料由回转窑出口进入冷却机，随后经冷却机冷却，得到水泥熟料；

回转窑内形成的窑气经第二列旋风预热器的气固换热后由最上面一级旋风分离器的出口排出；分解炉内形成的烟气经第一列旋风预热器的气固换热后由最上面一级旋风分离器的出口排出；

三次风通过切换部件分为两路，通过调节切换部件选择以下任意一路：一路是三次风通过三次风管进入热交换器，三次风与氧气与循环烟气的混合气体或氧气通过热交换器进行热量交换，热量交换完成的循环烟气和氧气的混合气体或氧气进入分解炉，热量交换完成的三次风进入余热利用或处理系统，另一路是三次风通过三次风管不经热交换器直接进入分解炉，三次风管内的热空气进入分解炉。

根据本发明的实施方案，生料喂入点为第一列旋风预热器、第二列旋风预热器的最上面一级旋风分离器的进风管，或者为第一列旋风预热器、第二列旋风预热器最上面二级旋风分离器的进风管。

根据本发明的实施方案，当切换部件转换至三次风管连接热交换器，热交换器通过管道连接分解炉时，循环烟气和氧气的混合气体或氧气通过热交换器与三次风管内的热空气进行热量交换，热量交换完成的三次风进入余热利用或处理系统，热量交换完成的循环烟气和氧气的混合气体或氧气进入分解炉，分解炉内为富氧燃烧或全氧燃烧。

根据本发明的实施方案，第三阀门关闭、第一阀门和第二阀门打开时，

## 说明书

三次风经过热交换器加热循环烟气和氧气的混合气体或氧气，循环烟气和氧气的混合气体或氧气进入分解炉，分解炉内为富氧燃烧或全氧燃烧，此时所述系统为 CO<sub>2</sub> 自富集型预分解窑；

第三阀门打开、第一阀门和第二阀门关闭时，三次风管直接连接分解炉，三次风管内的热空气进入分解炉，此时所述系统为离线型预分解窑；

第一阀门、第二阀门、第三阀门均关闭时，第一列旋风预热器不再喂入生料，分解炉内燃料不再供应，通过分料阀将第二列旋风预热器中预热完成的热生料全部分配到烟室中，随后热生料进入回转窑，在回转窑内煅烧形成熟料，熟料由回转窑出口进入冷却机，随后经冷却机冷却，得到水泥熟料，此时所述系统为预热器窑。

根据本发明的实施方案，第三阀门关闭、第一阀门和第二阀门打开时，三次风经过热交换器加热氧气进入分解炉，分解炉内为全氧燃烧；

第三阀门关闭、第一阀门和第二阀门打开时，三次风经过热交换器加热循环烟气和氧气的混合气体进入分解炉，分解炉内为富氧燃烧。

根据本发明的实施方案，按气体流向而言，空气经冷却机对高温熟料进行冷却，换热完成的空气分为以下三路：第一路高温空气作为二次风直接进入回转窑内供燃料燃烧；当第三阀门全关，第一阀门和第二阀门全开时，即系统作为 CO<sub>2</sub> 自富集型预分解窑时，第二路高温空气作为三次风通过热交换器对氧气与循环烟气的混合气或氧气进行预热，预热完成的三次风进余热利用或处理系统，预热完成的氧气与循环烟气的混合气或氧气进分解炉；当第三阀门全开，第一阀门和第二阀门全关时，即系统作为离线型预分解窑时，第二路高温空气作为三次风直接进分解炉内供燃料燃烧，分解炉内不再供入氧气与循环烟气的混合气体或氧气；第三路空气进入余

## 说明书

---

热利用或处理系统。

进一步地，冷却机的出风可以为第一路、第二路、第三路；或为第一路单独出风，第二路和第三路组合出风。

进一步地，所述第二路和第三路组合出风为第二路和第三路共用一个出风管；

第一阀门、第二阀门、第三阀门均关闭时，第一列旋风预热器不再喂入生料，分解炉内燃料不再供应，分料阀将第二列旋风预热器中预热完成的热生料全部分配到烟室中时，即系统作为预热器窑时，第一路单独出风，第二路和第三路组合出风。

根据切换部件的转换和调节分料阀，本发明的水泥预分解窑系统可以具有 CO<sub>2</sub> 自富集型预分解窑、离线型预分解窑或预热器窑不同用途，当系统切换为 CO<sub>2</sub> 自富集型预分解窑时，第一列旋风预热器出口排出的气体 CO<sub>2</sub> 浓度大于 70%，第二列旋风预热器出口排出的气体 CO<sub>2</sub> 浓度为 25% 左右；

当系统切换为离线型预分解窑时，此时水泥预分解窑不进行 CO<sub>2</sub> 自富集，第一列旋风预热器出口烟气中 CO<sub>2</sub> 浓度为 35% 左右，第二列旋风预热器出口烟气中 CO<sub>2</sub> 浓度为 25% 左右。

当系统切换为预热器窑时，水泥预分解窑不进行 CO<sub>2</sub> 自富集，第一列旋风预热器不喂入生料，第一列旋风预热器出口无烟气，生料从第二列旋风预热器喂入，第二列旋风预热器出口烟气中 CO<sub>2</sub> 浓度为 30% 左右。

根据本发明的实施方案，所述第一列旋风预热器、第二列旋风预热器包括旋风分离器、连接风管；生料在旋风预热器内进行换热和气固分离。

根据本发明的实施方案，经冷却机冷却后的物料温度可以为 65°C+环境温度。

## 说明书

---

根据本发明的实施方案，所述第一路空气的温度为 900~1200℃；

所述第二路空气的温度为 800~1000℃；

所述第三路空气的温度为 250~450℃。

根据本发明的实施方案，当所述系统作为 CO<sub>2</sub> 自富集型预分解窑时，分解炉内燃料燃烧环境为全氧燃烧或富氧燃烧，氧气可以直接进入分解炉，或者氧气与第一列旋风预热器出口排出的部分烟气按一定比例混合后进入分解炉。当水泥预分解窑作为离线型预分解窑时，分解炉内燃料燃烧介质为高温三次风。煤粉燃烧和生料分解在分解炉内释放出大量 CO<sub>2</sub>，随后分解炉内燃料燃烧和生料分解形成的烟气离开分解炉进入第一列旋风预热器，随后对第一列生料进行多次预热和气固分离，最终从第一列旋风预热器出口离开。

任选地，可以将第一列旋风预热器出口排出的烟气的一部分作为循环烟气与氧气混合进分解炉。

所述分解炉内生料受热分解离开分解炉的温度为 800~950℃；

所述氧气可通过本领域的已知方法进行制备，例如，可以通过空气分离系统对空气处理而分离获得氧气。

根据本发明的实施方案，循环烟气与氧气的混合气体或氧气也可以不经过热交换器直接进入分解炉。

本发明的原理为：

在工艺过程中，当水泥预分解窑系统作为 CO<sub>2</sub> 自富集型预分解窑时，氧气与循环烟气的混合气体或氧气送入分解炉，供分解炉内燃料燃烧释放大热量，由第一列旋风预热器和第二列旋风预热器加入的生料经多次换

## 说明书

---

热和分离后在分解炉内吸热分解释放出大量  $\text{CO}_2$ ，分解炉出口烟气为高浓度  $\text{CO}_2$  的烟气，经第一列旋风预热器的最下一级旋风分离器进入第一列旋风预热器，对第一列旋风预热器中的生料多次预热最后从第一列旋风预热器最上一级旋风分离器出口离开，在保证第一列旋风预热器密封性能的前提下，第一列旋风预热器最上一级旋风分离器出口烟气  $\text{CO}_2$  浓度大于 70%，即  $\text{CO}_2$  自富集过程；任选地，由第一列旋风预热器出口排出的一部分烟气可以作为循环烟气，与氧气混合进入分解炉；在回转窑内燃料燃烧和少量生料分解形成的窑气经第二列旋风预热器最下一级旋风分离器与第二列旋风预热器中的生料气固分离，分离完成的烟气经第二列旋风预热器对第二列生料进行多次预热，最后从第二列旋风预热器的最上一级旋风分离器出口离开，在保证第二列旋风预热器密封性能的前提下，第二列旋风预热器的最上一级旋风分离器出口烟气  $\text{CO}_2$  浓度为 25% 左右，而后烟气进入余热利用或处理系统。

当水泥预分解窑系统作为离线型预分解窑时，三次风管中的空气不经热交换器直接进入分解炉内。

当水泥预分解窑系统作为预热器窑时，第一列旋风预热器、分解炉、热交换器不工作，第二列旋风预热器、回转窑、冷却机正常使用，第二列旋风预热器出口烟气中  $\text{CO}_2$  浓度为 30% 左右。

本发明相对于现有技术具有如下的优点及效果：

1. 本发明创造性地将  $\text{CO}_2$  自富集型预分解窑、离线型预分解窑、预热器窑集于同一系统，可根据需要将系统自由切换为  $\text{CO}_2$  自富集型预分解窑、离线型预分解窑、预热器窑。



# 说明书

2. 当系统切换为 CO<sub>2</sub> 自富集型预分解窑时，在分解炉内可实现 CO<sub>2</sub> 自富集过程，第一列旋风预热器出口烟气 CO<sub>2</sub> 浓度 >70%，极大降低了后续烟气中 CO<sub>2</sub> 捕集提纯的投资成本和运行成本。

3. 本发明无需对回转窑和冷却机进行重新设计，对现有大多数预分解窑系统进行简单改造即可得到本发明系统，大大降低了制造成本。

4. 本发明系统切换为 CO<sub>2</sub> 自富集型预分解窑时，第一列旋风预热器出口烟气 CO<sub>2</sub> 浓度 >70%，第二列旋风预热器出口烟气 CO<sub>2</sub> 浓度为 25% 左右，且烟气体积仅为现有预分解窑系统预热器出口烟气体积的 35% 左右，大大降低了预分解窑系统的 CO<sub>2</sub> 排放量。本发明系统切换为离线型预分解窑时，第一列旋风预热器、第二列旋风预热器出口烟气 CO<sub>2</sub> 浓度为 25%~35% 左右。当系统切换为预热器窑时，可满足一列旋风预热器在线检修的需要。

5. 现有技术中，回转窑内燃料燃烧介质为空气，燃烧产物中存在大量 N<sub>2</sub>，回转窑入口与分解炉底部相连，这样窑气中 N<sub>2</sub> 的存在必然会大幅降低分解炉内烟气 CO<sub>2</sub> 的浓度，也不便于后续旋风预热器出口烟气中 CO<sub>2</sub> 的净化提纯。本发明将回转窑入口与第二列旋风分离器的最下一级连接风管相连，窑气对经过第二列旋风分离器的生料进行多次预热和气固分离，不会进入分解炉，所以对分解炉内烟气 CO<sub>2</sub> 浓度没有影响，改善了现有技术中窑尾烟气 CO<sub>2</sub> 浓度低，净化提纯困难的问题。

## 附图说明

图 1 是本发明实施例中水泥预分解窑系统图。其中，1-A 列旋风预热器的生料喂入口，2-B 列旋风预热器的生料喂入口，3-分解炉，4-分解炉的燃料入口，5-分料阀，6-烟室，7-回转窑，8-三次风管，9-回转窑的燃料入口，10-冷却机，11-阀 B，12-阀 C，13-阀 A，14-热交换器，1401-气体入口，1402-

# 说明书

气体出口,15-A列旋风预热器的烟气出口,16-B列旋风预热器的烟气出口,17-风机。

## 具体实施方式

为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

在本发明的描述中,需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

如图1所示,水泥预分解窑系统包括A列旋风预热器、B列旋风预热器、分解炉(3)、烟室(6)、回转窑(7)、冷却机(10)、热交换器(14);A列旋风预热器的进风口连接分解炉(3);B列旋风预热器的进风口连接烟室(6),B列旋风预热器的出料口处设置分料阀(5),分料阀(5)的一端与分解炉(3)相连接,分料阀(5)的另一端与烟室(6)相连接。烟室(6)连接回转窑(7);回转窑(7)与冷却机(10)连接;冷却机(10)上设置有三风管(8),三风管(8)通过阀门分为两路,一路是三风管(8)连接热交换器(14),热交换器(14)通过管道连接分解炉(3);另一路是三风管不经过热交换器(14)直接连接分解炉(3);所述阀门包括阀B(11)、阀C(12)、阀A(13);所述阀B(11)、阀A(13)设置在三风管(8)上,阀C(12)设置在连接热交换器(14)与分解炉

## 说明书

---

(3) 的管道上；阀 B (11) 设置在连接冷却机 (10) 与热交换器 (14) 的三次风管 (8) 上，阀 C (12) 设置在连接热交换器 (14) 与分解炉 (3) 的管道上；阀 A (13) 设置在连接冷却机 (10) 与分解炉 (3) 的三次风管 (8) 上。分料阀 (5) 将经过 B 列旋风预热器出料口的生料分至分解炉 (3)、烟室 (6)；所述分料阀 (5) 调节由 B 列旋风预热器的出料口进入分解炉 (3)、烟室 (6) 的生料量。分解炉 (3) 上设置有分解炉的燃料入口 (4)，分解炉的燃料入口 (4) 的数量可以为 1 个以上，例如 4 个。回转窑 (7) 上设置有回转窑的燃料入口 (9)。

所述阀门可以选自闸板阀或蝶阀等；

所述热交换器 (14) 上设置有一个以上的气体入口、一个以上的气体出口；其中，气体出口 (1402) 连接余热利用或处理系统；所述余热利用或处理系统包括余热锅炉发电、烘干物料或其他进行余热利用或处理的装置；可以通过气体入口 (1401) 向热交换器 (14) 中通入氧气与循环烟气的混合气体或氧气。

所述冷却机选自篦式冷却机、单筒冷却机、多筒冷却机中的一种。

通过阀 B (11)、阀 C (12)、阀 A (13)、分料阀 (5) 的切换，可以将系统切换为以下四种情况的任一种：

第一种情况：阀 A (13) 全关，阀 B (11) 和阀 C (12) 全开，水泥预分解窑系统作为 CO<sub>2</sub> 自富集型预分解窑。

生料分别从 A 列旋风预热器的生料喂入口 (1) 和 B 列旋风预热器的生料喂入口 (2) 喂入 A 列旋风预热器和 B 列旋风预热器，生料经旋风分离器和连接风管与烟气多次换热，最终生料可预热至 700~800°C；预热完成的 A 列生料从 A 列倒数第二级旋风分离器进入分解炉 (3)，预热完成的 B 列生

## 说明书

料通过分料阀（5）分为两路，其中一路进分解炉（3），另外一路进烟室（6）。燃料经分解炉的燃料入口（4）进入分解炉（3），分解炉（3）内燃料燃烧释放大量热量供生料分解，分解完成的热生料离开分解炉（3）经 A 列最下一级旋风分离器气固分离后进入回转窑（7），在回转窑（7）内煅烧形成熟料，熟料由回转窑（7）出口进入冷却机（10），随后经冷却机（10）冷却至  $65^{\circ}\text{C} + \text{环境温度}$ ；分解炉（3）内燃料燃烧和生料分解产生的烟气从分解炉（3）出口进入 A 列最下一级旋风分离器，与热生料完成气固分离后进入 A 列倒数第二级旋风分离器，在旋风分离器和连接风管内对 A 列生料进行多次预热，最终从 A 列最上一级旋风分离器出口离开。

A 列旋风预热器的烟气出口（15）排出的烟气温度为  $300\sim 400^{\circ}\text{C}$ ，烟气中  $\text{CO}_2$  浓度大于 70%，经过净化干燥和捕集提纯等工艺可得到 99% 以上纯度的  $\text{CO}_2$ ，然后进行资源化处理或封存。环境温度下的空气经冷却机（10）对从回转窑（7）出口进入的高温熟料进行冷却，换热完成后的空气分为三路：第一路空气进入回转窑（7）内作为供燃料燃烧的高温二次风（ $900\sim 1200^{\circ}\text{C}$ ）。第二路高温空气（ $800\sim 1000^{\circ}\text{C}$ ）作为三次风进入三次风管（8），氧气通过气体入口（1401）进入热交换器（14），三次风通过热交换器（14）对氧气进行预热，预热完成的氧气通过管道进入分解炉（3），分解炉（3）内为全氧燃烧，预热完成的三次风进入余热利用或处理系统。第三路空气（ $250\sim 450^{\circ}\text{C}$ ）进入余热锅炉发电或其他余热利用或处理系统，发电完成或其他余热利用、处理系统的空气通过余风处理系统后经烟囱排入大气。

在回转窑（7）内燃料燃烧和少量生料分解形成的窑气经 B 列最下一级旋风分离器与 B 列生料气固分离，分离完成的烟气经 B 列旋风预热器对 B 列生料进行多次预热，最后从 B 列旋风预热器的烟气出口（16）离开；B

## 说明书

---

列旋风预热器出口烟气温度 300~400℃，烟气中 CO<sub>2</sub> 浓度为 25%左右，随后烟气进余热锅炉发电或其他余热利用或处理系统，发电完成或其他余热利用、处理系统的烟气通过余风处理系统后经烟囱排入大气。

第二种情况：阀 A（13）全关，阀 B（11）和阀 C（12）全开，水泥预分解窑作为 CO<sub>2</sub> 自富集型预分解窑。

与第一种情况的不同之处在于：将 A 列旋风预热器的烟气出口（15）排出的烟气的一部分作为循环烟气，将循环烟气与氧气的混合气体通过气体入口（1401）输送到热交换器（14）内，三次风与混合气体在热交换器（14）内进行热量交换，热量交换完成的混合气体通过管道输送到分解炉（3）内，分解炉（3）内为富氧燃烧。

第三种情况：阀 A（13）全开，阀 B（11）和阀 C（12）全关，水泥预分解窑作为离线型预分解窑。

此时系统内物料的流向与上述第一种情况、第二种情况相同，气体的流向与上述第一种情况、第二种情况不同。

环境温度下的空气经冷却机（10）对从回转窑（7）出口进入的高温熟料进行冷却，换热完成后的空气分为三路：第一路空气进入回转窑（7）内作为供燃料燃烧的高温二次风（900~1200℃），第二路空气作为三次风（800~1000℃）进入三次风管（8），三次风直接进分解炉（3）内供燃料燃烧。第三路空气（250~450℃）进余热锅炉发电或其他余热利用或处理系统，发电完成或其他余热利用、处理系统的空气通过余风处理系统后经烟囱排入大气。

在回转窑（7）内燃料燃烧和少量生料分解形成的窑气经 B 列最下一级旋风分离器与 B 列生料气固分离，分离完成的烟气经 B 列旋风预热器对 B

## 说明书

---

列生料进行多次预热，最后从 B 列旋风预热器的烟气出口（16）离开。

分解炉内形成的烟气经 A 列旋风预热器由 A 列旋风预热器的烟气出口（15）排出，回转窑内形成的烟气经 B 列旋风预热器由 B 列旋风预热器的烟气出口（16）排出。由 A 列旋风预热器的烟气出口（15）、B 列旋风预热器的烟气出口（16）排出的烟气温度 300~400℃，由 A 列旋风预热器的烟气出口（15）排出的烟气中 CO<sub>2</sub> 浓度为 35% 左右，由 B 列旋风预热器的烟气出口（16）排出的烟气中 CO<sub>2</sub> 浓度为 25% 左右。随后烟气进余热锅炉发电或其他余热利用或处理系统，发电完成或其他余热利用、处理系统的烟气通过余风处理系统后经烟囱排入大气。

第四种情况：阀 A（13）、阀 B（11）、阀 C（12）全关，分料阀（5）将预热完成的热生料全部分配至烟室（6）中，水泥预分解窑系统作为预热器窑。

A 列旋风预热器不再喂入生料，A 列出口无烟气；生料经 B 列旋风预热器的生料喂入口（2）喂入，生料经旋风分离器和连接风管与烟气多次换热，最终生料可预热至 700~800℃；通过分料阀（5）将预热完成的热生料全部分配至烟室（6）中，随后输送到回转窑（7）。热生料在回转窑（7）内煅烧形成熟料，熟料由回转窑（7）出口进入冷却机（10），随后经冷却机（10）冷却至 65℃+环境温度。

环境温度下的空气经冷却机（10）对从回转窑出口落入的高温熟料进行冷却，换热完成的空气分为两路：第一路空气进入回转窑内，作为供燃料燃烧的高温二次风（900~1200℃）。第二路空气（250~1000℃）进余热锅炉发电或其他余热利用或处理系统，发电完成或其他余热利用、处理系统的空气通过余风处理系统后经烟囱排入大气；其中，在回转窑（7）内燃料燃

## 说明书

---

烧和少量生料分解形成的窑气经 B 列最下一级旋风分离器与 B 列生料气固分离，分离完成的烟气经 B 列旋风预热器对 B 列生料进行多次预热，最后从 B 列旋风预热器的烟气出口 (16) 离开；B 列旋风预热器的烟气出口 (16) 排出的烟气温度 300~400°C，烟气中 CO<sub>2</sub> 浓度为 30% 左右，随后烟气进余热锅炉发电或其他余热利用或处理系统，发电完成或其他余热利用、处理系统的烟气通过余风处理系统后经烟囱排入大气。

以上所述仅为本发明的较佳实施例而已，并不用以限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等，如调整 A 列和 B 列旋风预热器级数、O<sub>2</sub> 与循环烟气的混合比例、B 列生料进回转窑部位等均应包含在本发明的保护范围之内。

# 权 利 要 求 书

---

1. 一种水泥预分解窑系统，其特征在于，

所述系统包括第一列旋风预热器、第二列旋风预热器、分解炉、烟室、回转窑、冷却机、热交换器；

第一列旋风预热器的进风口连接分解炉，第一列旋风预热器的出料口连接烟室；第二列旋风预热器的进风口连接烟室，第二列旋风预热器的出料口分为两路，一路连接分解炉，另一路与烟室相连接；

烟室连接回转窑；回转窑与冷却机连接；

冷却机上设置有三次风管，所述三次风管通过切换部件分为两路，一路是三次风管连接热交换器，热交换器通过管道连接分解炉；另一路是三次风管不经过热交换器直接连接分解炉。

2. 根据权利要求 1 所述的水泥预分解窑系统，其特征在于，第二列旋风预热器的出料口处设置分料阀，分料阀的一端与分解炉相连接，分料阀的另一端与烟室相连接。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的水泥预分解窑系统，其特征在于，分料阀将经过第二列旋风预热器出料口的生料分至分解炉、烟室；所述分料阀调节由第二列旋风预热器的出料口进入分解炉、烟室的生料量。

4. 根据权利要求 1 所述的水泥预分解窑系统，其特征在于，所述切换部件选自阀门。

5. 根据权利要求 4 所述的水泥预分解窑系统，其特征在于，所述阀门选自闸板阀或蝶阀。

6. 根据权利要求 4 所述的水泥预分解窑系统，其特征在于，

所述阀门包括第一阀门、第二阀门、第三阀门；所述第一阀门、第三阀门设置在三次风管上，第二阀门设置在连接热交换器与分解炉的管道上；



## 权 利 要 求 书

---

第一阀门设置在连接冷却机与热交换器的三次风管上，第二阀门设置在连接热交换器与分解炉的管道上；第三阀门设置在连接冷却机与分解炉的三次风管上。

7. 根据权利要求 1 所述的水泥预分解窑系统，其特征在于，所述第一列旋风预热器、第二列旋风预热器的级数选自 3~7 级。

8. 根据权利要求 1 所述的水泥预分解窑系统，其特征在于，所述热交换器上设置有一个以上的气体入口、一个以上的气体出口；

其中一个气体出口连接余热利用或处理系统；所述余热利用或处理系统包括余热锅炉发电、烘干物料；

所述冷却机选自篦式冷却机、单筒冷却机、多筒冷却机中的一种。

9. 使用权利要求 1-8 任一项所述水泥预分解窑系统制备水泥熟料的方法，其特征在于，所述方法包括：

将生料分别加入第一列旋风预热器、第二列旋风预热器，生料在旋风预热器内与烟气进行换热；

第一列旋风预热器预热后的生料通过一点或多点进入分解炉，第二列旋风预热器预热后的生料可分为两路，其中一路通过一点或多点进入分解炉，另外一路通过烟室进入回转窑；

分解炉内分解完成的热生料离开分解炉进入第一列旋风预热器的最后一列旋风分离器，经过气固分离后通过烟室进入回转窑，在回转窑内煅烧形成熟料，熟料由回转窑出口进入冷却机，随后经冷却机冷却，得到水泥熟料；

回转窑内形成的窑气经第二列旋风预热器气固换热后由最上面一级旋风分离器的出口排出；分解炉内形成的烟气经第一列旋风预热器气固换热

## 权 利 要 求 书

---

后由最上面一级旋风分离器的出口排出；

三次风通过切换部件分为两路，通过调节切换部件选择以下任意一路：一路是三次风通过三次风管进入热交换器，三次风与氧气与循环烟气的混合气体或氧气通过热交换器进行热量交换，热量交换完成的循环烟气和氧气的混合气体或氧气进入分解炉，热量交换完成的三次风进入余热利用或处理系统，另一路是三次风通过三次风管不经热交换器直接进入分解炉，三次风管内热空气进入分解炉。

10. 根据权利要求9所述的制备水泥熟料的方法，其特征在于，生料喂入点为第一列旋风预热器、第二列旋风预热器最上面一级旋风分离器的进风管，或者为第一列旋风预热器、第二列旋风预热器最上面第二级旋风分离器的进风管。

11. 根据权利要求9所述的制备水泥熟料的方法，其特征在于，当切换部件转换至三次风管连接热交换器，热交换器通过管道连接分解炉时，循环烟气和氧气的混合气体或氧气通过热交换器与三次风管内热空气进行热量交换，热量交换完成的三次风进入余热利用或处理系统，热量交换完成的循环烟气和氧气的混合气体或氧气进入分解炉，分解炉内为富氧燃烧或全氧燃烧。

12. 根据权利要求9所述的制备水泥熟料的方法，其特征在于，第三阀门关闭、第一阀门和第二阀门打开时，三次风经过热交换器加热循环烟气和氧气的混合气体或氧气，循环烟气和氧气的混合气体或氧气进入分解炉，分解炉内为富氧燃烧或全氧燃烧，此时系统为CO<sub>2</sub>自富集型预分解窑；

第三阀门打开、第一阀门和第二阀门关闭时，三次风管直接连接分解炉，三次风管内热空气进入分解炉，此时系统为离线型预分解窑；

## 权 利 要 求 书

---

第一阀门、第二阀门、第三阀门均关闭时，第一列旋风预热器不再喂入生料，分解炉内燃料不再供应，分料阀将第二列旋风预热器中预热完成的热生料全部分配到烟室中时，热生料进入回转窑，在回转窑内煅烧形成熟料，熟料由回转窑出口进入冷却机，随后经冷却机冷却，得到水泥熟料，此时所述系统为预热器窑。

13. 根据权利要求 12 所述的制备水泥熟料的方法，其特征在于，第三阀门关闭、第一阀门和第二阀门打开时，三次风经过热交换器加热氧气进入分解炉，分解炉内为全氧燃烧；

第三阀门关闭、第一阀门和第二阀门打开时，三次风经过热交换器加热循环烟气和氧气的混合气体进入分解炉，分解炉内为富氧燃烧。

14. 根据权利要求 9-13 任一项所述的制备水泥熟料的方法，其特征在于，按气体流向而言，空气经冷却机对高温熟料进行冷却，换热完成的空气分为以下三路：第一路高温空气作为二次风直接进入回转窑内供燃料燃烧；当第三阀门全关，第一阀门和第二阀门全开时，即系统作为 CO<sub>2</sub> 自富集型预分解窑时，第二路高温空气作为三次风通过热交换器对循环烟气和氧气的混合气体或氧气进行预热，预热完成的三次风进余热利用或处理系统，预热完成的循环烟气和氧气的混合气体或氧气进分解炉；当第三阀门全开，第一阀门和第二阀门全关时，即系统作为离线型预分解窑时，第二路高温空气作为三次风直接进分解炉内供燃料燃烧，分解炉内不再供入氧气或氧气与循环烟气的混合气体；第三路空气进入余热利用或处理系统。

15. 根据权利要求 14 所述的制备水泥熟料的方法，其特征在于，冷却机的出风为第一路、第二路、第三路；或为第一路单独出风，第二路和第三路组合出风。

## 权 利 要 求 书

---

16. 根据权利要求 15 所述的制备水泥熟料的方法，其特征在于，所述第二路和第三路组合出风为第二路和第三路共用一个出风管；

第一阀门、第二阀门、第三阀门均关闭时，第一列旋风预热器不再喂入生料，分解炉内燃料不再供应，分料阀将第二列旋风预热器中预热完成的热生料全部分配到烟室中时，即系统作为预热器窑时，第一路单独出风，第二路和第三路组合出风。

## 说明书摘要

---

本发明属于水泥生产设备技术领域，具体涉及一种水泥预分解窑系统及制备水泥熟料的方法。本发明将 CO<sub>2</sub> 自富集型预分解窑、离线型预分解窑、预热器窑集于同一系统，可根据需要将系统切换为 CO<sub>2</sub> 自富集型预分解窑、离线型预分解窑或预热器窑。本发明极大降低了烟气中 CO<sub>2</sub> 捕集提纯的投资和运行成本，为水泥行业实现碳减排提供有效的解决方案。而且，本发明系统无需对回转窑和冷却机进行重新设计，大大降低制造成本。当系统切换为预热器窑时，可满足一系列旋风预热器在线检修的需要。另外，本发明改善了现有技术中窑尾烟气 CO<sub>2</sub> 浓度低、净化提纯成本高的问题。

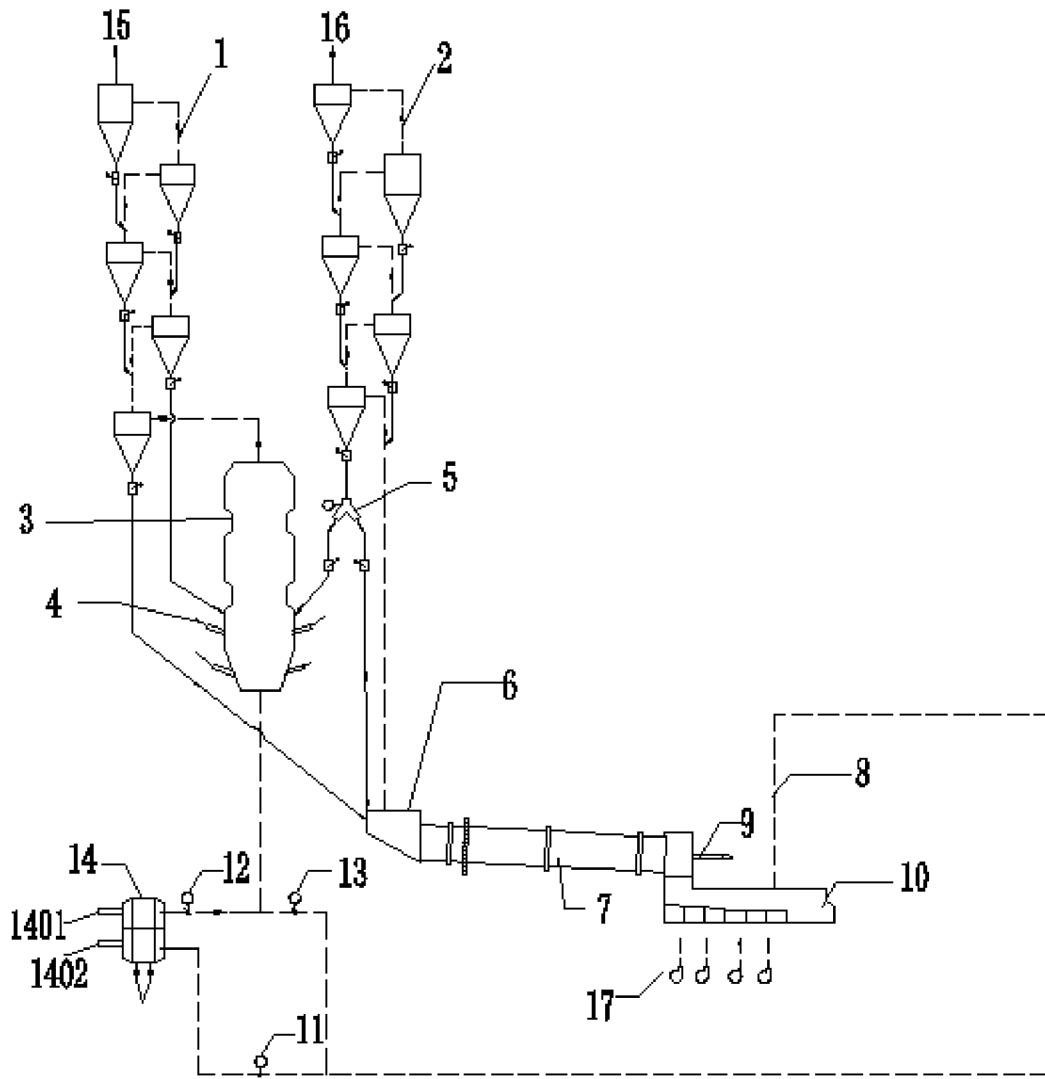


图 1