



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410060547.7

[45] 授权公告日 2007年9月19日

[11] 授权公告号 CN 100338424C

[22] 申请日 2004.9.30

[21] 申请号 200410060547.7

[73] 专利权人 中信重型机械公司

地址 471039 河南省洛阳市建设路206号

[72] 发明人 王继生 彭岩 叶长虹 王新建

仝伟峰 陈付平 张凯 张晓玲

[56] 参考文献

US6019070A 2000.2.1

CN1512127A 2004.7.14

JP5-203103A 1993.8.10

JP7-167401A 1995.7.4

CN1274830A 2000.11.29

JP8-42803A 1996.2.16

浅谈水泥窑中低温余热发电业主所关心的问题 胡观利, 黄劝根, 殷东良, 水泥工程, 第4期 2003

水泥回转窑国产纯低温余热发电技术 方伟, 中国水泥, 第12期 2003

我国水泥窑余热发电技术的现状发展趋势及存在的问题 唐金泉, 水泥, 第11期 2000

预分解水泥窑纯低温余热发电技术应用 杨鸿基, 江西能源, 第1期 2001

审查员 孟丽燕

[74] 专利代理机构 洛阳市凯旋专利事务所

代理人 陆君

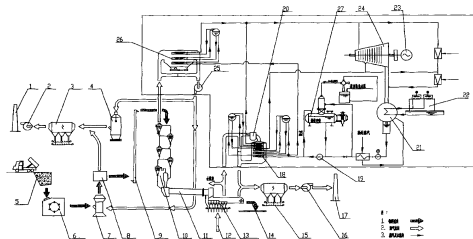
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

[54] 发明名称

大型干法水泥生产线纯低温余热发电设备系统及工艺流程

[57] 摘要

一种大型干法水泥生产线纯低温余热发电设备系统, 具有设置在窑头的全部承担公共加热功能和生成全部低压蒸汽, 同时又承担生成部分高压蒸汽的窑头双压余热锅炉(18)以及设置在窑尾的承担生成高压蒸汽的窑尾余热锅炉(26); 两台余热锅炉所产生的高压主蒸汽混合后通过管道进入补汽凝汽式汽轮机(24)、所产生的低压蒸汽经补汽管道补入汽轮机(24); 汽轮机尾部乏汽进入凝汽器(21), 凝结水通过凝结水泵和管道进入真空除氧器(27), 在除氧器内除氧后的水通过锅炉给水泵(19)进入窑头双压余热锅炉(18); 水泥生产线窑尾预热器产生的废气经改造后的管路引入窑尾余热锅炉, 该系统投资少, 发电效率高。



1、一种大型干法水泥生产线纯低温余热发电设备系统，其特征在于：所述的纯低温余热发电设备系统，具有设置在窑头的全部承担公共加热功能和生成全部低压蒸汽，同时又承担生成部分高压蒸汽的窑头双压余热锅炉（18）以及设置在窑尾的承担生成高压蒸汽的窑尾余热锅炉（26）；两台余热锅炉所产生的高压主蒸汽混合后通过管道进入补汽凝汽式汽轮机（24）、所产生的低压蒸汽经补汽管道补入汽轮机（24）；汽轮机尾部乏汽进入凝汽器（21），凝结水通过凝结水泵和管道进入真空除氧器（27），在除氧器内除氧后的水通过锅炉给水泵（19）进入窑头双压余热锅炉（18）；水泥生产线窑尾预热器产生的废气经管路引入窑尾余热锅炉，换热后的废气经管路进入原料磨（7），再经窑尾电收尘器(3)从窑尾烟囱（1）排出；冷却水泥熟料产生热空气的抽风口位于窑头篦冷机(13)的中部；窑头篦冷机产生的热空气经管道进入窑头双压余热锅炉（18），换热后经管路进入窑头电收尘器(15)，经窑头烟囱(17)排出。

2、如权利要求 1 所述的大型干法水泥生产线纯低温余热发电设备系统，其特征在于：所述的纯低温余热发电设备系统，其设置在窑头的窑头双压余热锅炉（18）采用立式自然循环，膜式受热面，带有两个汽包；烟气管路自上而下通过锅炉，先后经过布置在锅炉内部的高压过热器、高压蒸发器，低压过热器、低压蒸发器和公共加热器；窑头双压余热锅炉前设置了相应的自然沉降除灰装置（20）；窑头双压余热锅炉的传热管为螺旋翅片管。

3、如权利要求 1 所述的大型干法水泥生产线纯低温余热发电设备系统，其特征在于：所述的纯低温余热发电设备系统，其设置在窑尾的窑尾余热锅炉（26）采用立式自然循环，膜式受热面，带有一个汽包，烟气在锅炉换热管外流动，自上而下通过锅炉；窑尾余热锅炉的传热管为蛇形管；还设置有机械振打除尘装置。

4、如权利要求 1 所述的大型干法水泥生产线纯低温余热发电设备系统，其特征在于：其 350° C 左右的废气经窑头篦冷机（13）中部的抽风口，由抽气管路进入窑头双压余热锅炉（18），换热后的约 95° C 的烟气进入窑头电收尘器（15），通过窑头烟囱（17）排入大气。

5、用权利要求 1 所述的大型干法水泥生产线纯低温余热发电设备系统发电的方法，其特征在于：所述的纯低温余热发电的工艺流程：从窑头篦冷机（13）抽取的约 350°C 的废气

进入窑头双压余热锅炉（18）；从预热器抽出烟气进入窑尾余热锅炉（26），窑尾余热锅炉排出的废气进入原料磨（7）烘干原料，窑尾余热锅炉和窑头双压余热锅炉产生的中温中压过热蒸汽通过进汽速关阀进入汽轮机（24）；窑头双压余热锅炉产生的低压蒸汽则通过汽轮机的补汽口送入汽轮机；蒸汽在汽轮机内进行能量转换，汽轮机拖动发电机进行发电；做功后的乏汽进入凝汽器（21），凝结水则通过轴封加热器进入真空除氧器（27），然后通过给水泵（19）送入窑头双压余热锅炉；窑头双压余热锅炉产生的大部分主蒸汽和窑尾余热锅炉产生的部分主蒸汽与低压蒸汽分别从不同部位进入汽轮机；窑头双压余热锅炉和窑尾余热锅炉排污通过排污管道分别进入定排扩容器及连排扩容器，定排扩容器及连排扩容器内污水进入降温池；汽轮机尾部乏汽经冷凝器冷却后变为冷凝水，经轴封加热器加热成约 56℃ 的给水经给水泵进入窑头双压余热锅炉，给水先后经过公共加热器、低压蒸发器、低压过热器、高压蒸发器、高压过热器，与烟气进行逆向对流换热；给水在公共加热器被加热成为饱和热水后，分成三路经管路分别进入窑头双压余热锅炉低压汽包，窑头双压余热锅炉高压汽包和窑尾余热锅炉加热器；进入窑头双压余热锅炉低压汽包的饱和水经过低压蒸发器、低压过热器后被加热成低压过热蒸汽；进入窑头双压余热锅炉高压汽包的饱和水经过高压蒸发器、高压过热器后变成高压过热蒸汽；进入窑尾余热锅炉加热器的饱和水经过窑尾余热锅炉内部的加热器、蒸发器、过热器时与烟气进行逆向对流换热后被加热成高压过热蒸汽；两台锅炉的高压过热蒸汽经管路混合后进入汽轮机主汽门；窑头双压余热锅炉产生的低压过热蒸汽进入汽轮机补汽。

大型干法水泥生产线纯低温余热发电设备系统及工艺流程

技术领域

本发明涉及纯低温余热发电技术领域，适用于水泥、钢铁、建材、化工和陶瓷利用生产线低温烟气余热进行发电，特别是大型干法水泥生产线纯低温余热发电设备系统及工艺流程。

背景技术

众所周知，在水泥、钢铁、建材、化工、陶瓷等工业企业内有大量的每天 24 小时向外排放的低于 400° C 的中低温烟气、废蒸汽、废热水等余热资源。它们携带的能量属于中、低温余热。如果不加以利用，则大量的余热资源就要白白的浪费掉。

目前，对于如上所述的生产线余热资源的利用大致有两种方式：一种是热利用，直接利用其热能供生产或生活需要，其利用率非常低；另一种是利用生产线余热资源将其转换成使用方便输送灵活的电能，目前主要采用的是带补燃锅炉的蒸汽动力循环余热发电技术，这是最方便的工业余热发电技术。其特点是利用换热器产生饱和蒸汽或热水，然后用燃料把饱和蒸汽或热水在补燃锅炉中加热到比较高的参数，再通过常规的汽轮发电机组发出电来。这种技术的缺点很明显：①由于使用了补燃锅炉，因此整个系统比一个小型的火力发电厂还要复杂，运行起来比较麻烦；②小型的火力发电厂效率低，污染大，煤耗大，浪费资源。仅仅为了利用低品位的余热不得不附加上一个小型的火力发电厂在经济上是不划算的。

发明内容

为克服如上所述技术上存在的缺陷，本发明的目的是提供一种大型干法水泥生产线纯低温余热发电设备系统及工艺流程，使水泥、钢铁、冶金、石油、化工、陶瓷等工业生产领域的低温烟气余热能得以充分利用，更具有投资小、运行成本低、日常管理简单的特点。

为实现上述这种发明目的，本发明采用如下技术方案：

所述的大型干法水泥生产线纯低温余热发电设备系统，具有设置在窑头的全部承担公共加

热功能和生成全部低压蒸汽，同时又承担生成部分高压蒸汽的窑头双压余热锅炉；设置在窑尾的承担生成高压蒸汽的窑尾余热锅炉；两台余热锅炉所产生的高压主蒸汽经混合后通过管道进入补汽凝汽式汽轮机，所产生的低压蒸汽经补汽管道补入汽轮机；汽轮机尾部乏汽进入凝汽器，凝结水通过凝结水泵和管道进入真空除氧器，在除氧器内除氧后的水通过锅炉给水泵进入窑头双压余热锅炉；水泥生产线窑尾预热器产生的废气经管路引入窑尾余热锅炉，换热后的废气经管路进入原料磨，再经窑尾电收尘器从窑尾烟囱排出；冷却水泥熟料产生热空气的抽风口位于窑头篦冷机(13)的中部；窑头篦冷机产生的热空气经管道进入窑头双压余热锅炉，换热后经管路进入窑头电收尘器，经窑头烟囱排出。

所述的大型干法水泥生产线纯低温余热发电设备系统，其设置在窑头的窑头双压余热锅炉采用立式自然循环，膜式受热面，带有两个汽包；烟气管路自上而下通过锅炉，先后经过布置在锅炉内部的高压过热器、高压蒸发器，低压过热器、低压蒸发器和公共加热器；窑头双压余热锅炉前设置了相应的自然沉降除灰装置；窑头双压余热锅炉的传热管为螺旋翅片管。

所述的大型干法水泥生产线纯低温余热发电设备系统，其设置在窑尾的窑尾余热锅炉采用立式自然循环，膜式受热面，带有一个汽包，烟气在锅炉换热管外流动，自上而下通过锅炉；窑尾余热锅炉的传热管为蛇形管；还设置有机振打除尘装置。

所述的大型干法水泥生产线纯低温余热发电设备系统，350° C左右的废气经窑头篦冷机中部的抽风口，由抽汽管路进入窑头双压余热锅炉，换热后的约95° C的烟气进入窑头电收尘器，通过窑头烟囱排入大气。

所述的大型干法水泥生产线纯低温余热发电的工艺流程，从窑头篦冷机抽取的约350° C的废气进入窑头双压余热锅炉；从预热器抽出烟气进入窑尾余热锅炉，窑尾余热锅炉排出的废气进入原料磨烘干原料，窑尾余热锅炉和窑头双压余热锅炉产生的中温中压过热蒸汽通过进汽速关阀进入汽轮机；窑头双压余热锅炉产生的低压蒸汽则通过汽轮机的补汽口送入汽轮机；蒸汽在汽轮机内进行能量转换，汽轮机拖动发电机进行发电；做功后的乏汽进入凝汽器，凝结水则通过轴封加热器进入真空除氧器，然后通过给水泵送入窑头双压余热锅炉；窑头双压余热锅炉产生的大部分主蒸汽和窑尾余热锅炉产生的部分主蒸汽与低压蒸汽分别从不同部位进入汽轮机；窑头双压余热锅炉和窑尾余热锅炉排污水通过排污管道分别进入定排扩容器及连排扩容

器，定排扩容器及连排扩容器内污水进入降温池。

汽轮机尾部乏汽经冷凝器冷却后变为冷凝水，经轴封加热器加热成约 56℃的给水经给水泵进入窑头双压余热锅炉，给水先后经过公共加热器、低压蒸发器、低压过热器、高压蒸发器、高压过热器，与烟气进行逆向对流换热；给水在公共加热器被加热成为饱和热水后，分成三路经管路分别进入窑头双压余热锅炉低压汽包，窑头双压余热锅炉高压汽包和窑尾锅炉加热器；进入窑头双压余热锅炉低压汽包的饱和水经过低压蒸发器、低压过热器后被加热成低压过热蒸汽；进入窑头双压余热锅炉高压汽包的饱和水经过高压蒸发器、高压过热器后变成高压过热蒸汽；进入窑尾余热锅炉加热器的饱和水经过窑尾余热锅炉内部的加热器、蒸发器、过热器时与烟气进行逆向对流换热后被加热成高压过热蒸汽；两台锅炉的高压过热蒸汽经管路混合后进入汽轮机主汽门；窑头双压余热锅炉产生的低压过热蒸汽进入汽轮机补汽。

由于采用了如上所述技术方案，本发明具有如下优越性：

该大型干法水泥生产线纯低温余热发电设备系统，由于其采用了双压技术，可以降低窑头双压余热锅炉排气温度，从而提高锅炉效率，如果低压蒸汽参数提高，则可以提高汽轮机功率，但窑头双压余热锅炉排烟温度则相应提高，余热利用率降低；如果低压蒸汽参数低，则吸收热量多，蒸汽量大，进入汽轮机后，发电量增加，余热利用率增加，窑头双压余热锅炉排烟温度相应降低；但进入汽轮机后，对汽轮机的体积和末级叶片的要求会进一步提高，另外凝汽器的循环水量就要增大，从而增加厂用电量。因此需根据设备配置，优化了系统参数设计，从而选择最佳参数。

该大型干法水泥生产线纯低温余热发电设备，其窑尾余热锅炉带汽包，设蒸发器和过热器，烟气在管外流动，受热面为蛇形光管，保证锅炉管束免受烟气颗粒的冲刷、磨损及腐蚀，以防止高速高温含尘气体对对流管束的韧性、强度、耐磨性造成影响；设置机械振打装置来解决废气的粉尘附着问题；锅炉受热面布置合理。

该大型干法水泥生产线纯低温余热发电设备，其窑头双压余热锅炉的锅炉管束免受烟气颗粒的冲刷、磨损及腐蚀，以防止高速高温含尘气体对对流管束的韧性、强度、耐磨性造成影响；保证锅炉的换热效率；合理布置锅炉受热面，使排烟温度降至 95℃ 左右；在窑头双压余热锅炉中，由于废气粉尘为熟料颗粒，粘附性不强；另外为增大换热面积，强化换热效果，设置了

沉降室。

该大型干法水泥生产线纯低温余热发电设备，对预热器烟气系统进行改造。原预热器排出高温烟气，一部分经过喷水减温后，再引入部分冷风，混合后成为 225° C 左右的烟气进入原料磨烘干原料，另一部分烟气则直接排放掉；现将高温烟气直接引入窑尾余热锅炉，利用窑尾余热锅炉吸收其热量后，降为 225° C 左右的烟气进入原料磨烘干原料，然后通过窑尾电收尘器进行除尘，最后通过窑尾烟囱排放。

该大型干法水泥生产线纯低温余热发电设备，其采用补汽凝汽式汽轮机可以使低压蒸汽甚至是饱和蒸汽进入汽轮机做功，从而提高汽轮机的发电量。根据系统特点，进行参数优化，合理确定窑头双压余热锅炉蒸汽参数、汽轮机主蒸汽及补汽参数，从而合理设计汽轮机的结构及补汽点；其调节系统采用电液调节，自动化程度高；汽轮机转速采用 3000r/min，不用减速机，减少故障点。

该大型干法水泥生产线纯低温余热发电设备，其除氧则采用真空除氧系统，降低锅炉给水温度，从而降低窑头双压余热锅炉的排烟温度，提高锅炉效率。

由于不设置补燃锅炉且利用废烟气发电，降低了热污染和水泥生产企业的生产成本，以 5000T/D 干法水泥生产线配套建设纯低温余热发电项目为例，相当于每年少烧 3 万多吨煤，少向大气中排放 4 万多吨二氧化碳等气体，利于环境保护，同时提高了企业的竞争力。

由于设置烟气、汽轮机旁路系统，即使在锅炉或汽轮机发生故障时，也可做到基本上不干扰原来的水泥工艺生产线的稳定生产。

新型干法水泥窑配套余热发电装置，充分利用了水泥生产过程中产生的大量废气余热进行发电回收，由于优化了系统配置，提高了系统的效率，整个系统的发电效率在 21% 左右。

余热回收过程中对水泥生产过程基本没有影响。该余热发电系统全部采用国产设备，设备投资低，具有很好的推广价值，随着我国实施产业结构调整战略，在陆续淘汰众多的小水泥厂而新建干法水泥生产线的过程中，水泥余热发电设备具有很好的前景。

附图说明

图 1 是大型干法水泥生产线纯低温余热发电设备系统及工艺流程图

如图 1 中所示：1—窑尾烟囱，2—窑尾排风机，3—窑尾电收尘器，4—增湿塔，5—原料，

6-破碎设备, 7-原料磨, 8-选粉机, 9-提升机, 10-预热器, 11-回转窑, 12-冷却风, 13-窑头篦冷机, 14-熟料, 15-窑头电收尘器, 16-窑头排风机, 17-窑头烟囱, 18-窑头双压余热锅炉, 19-给水泵, 20-自然沉降除灰装置, 21-凝汽器, 22-冷却塔, 23-发电机, 24-一汽轮机, 25-耐热风机, 26-窑尾余热锅炉, 27-真空除氧器。

具体实施方式

如图1中所示: 大型干法水泥生产线纯低温余热发电设备系统, 具有设置在窑头的全部承担公共加热功能和生成全部低压蒸汽, 同时又承担生成部分高压蒸汽的窑头双压余热锅炉(18); 设置在窑尾的承担生成高压蒸汽的窑尾余热锅炉(26); 两台余热锅炉所生成的高压主蒸汽混合后通过管道进入补汽凝汽式汽轮机(24), 低压蒸汽经补汽管道补入汽轮机; 汽轮机尾部乏汽进入凝汽器(21), 凝结水通过凝结水泵和管道进入真空除氧器(27), 在除氧器内经除氧后的水通过锅炉给水泵(19)进入锅炉; 水泥生产线窑尾预热器产生的废气经改造后的管路引入窑尾余热锅炉, 换热后的废气经管路进入原料磨(7), 再经窑尾电收尘器(3)从窑尾烟囱(1)排出; 冷却水泥熟料产生热空气的窑头篦冷机(13)的抽风口由头部后移; 窑头篦冷机产生的热空气经管道进入窑头双压余热锅炉, 换热后经管路进入窑头电收尘器, 经窑头烟囱(17)排出。

将预热器(10)排出的废气抽至窑尾余热锅炉(26), 废气在窑尾余热锅炉内放出部分热量, 温度降至225°C左右, 然后通过耐热风机(25)进入原料磨(7)烘干原料。从窑头篦冷机(13)中部抽出废气进入窑头双压余热锅炉(18), 烟气在窑头双压余热锅炉(18)内放出热量后, 排出90-95°C的废气, 进入原管路系统。

除盐水通过给水泵(19)进入窑头双压余热锅炉(18)和窑尾余热锅炉(26), 窑头双压余热锅炉和窑尾余热锅炉产生的蒸汽分别进入补汽凝汽式汽轮机(24), 蒸汽做功后进入凝汽器(21)内凝结成水, 凝结水通过给水泵(19)进入窑头双压余热锅炉和窑尾余热锅炉。

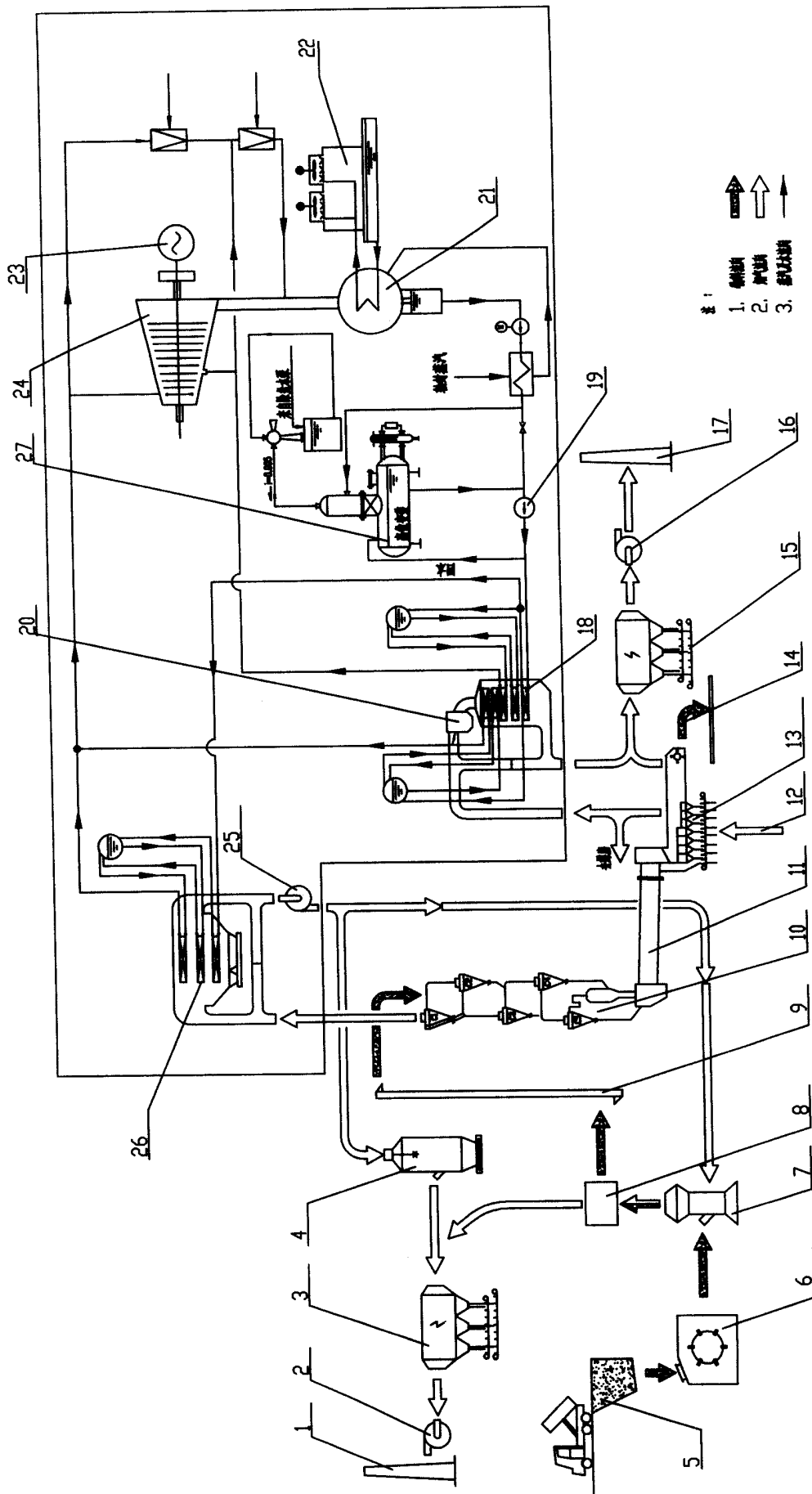


图 1