(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109057892 B
(45)授权公告日 2020.10.09

(21)申请号 201810892365.8

(22)申请日 2018.08.07

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109057892 A

(43)申请公布日 2018.12.21

(73)专利权人 内蒙古科技大学
地址 014000 内蒙古自治区包头市昆区阿尔丁大街7号

(72)发明人 张智羽 陈伟鹏 马建福 汪欣魏 郭少鹏 张凯 肖卓楠

(74)专利代理机构 重庆信航知识产权代理有限公司 50218
代理人 吴彬

(51)Int.Cl.
F01K 7/22(2006.01)
F01K 11/02(2006.01)
F03G 6/06(2006.01)
F22B 1/00(2006.01)
F22B 33/00(2006.01)
F22D 11/06(2006.01)
F22D 1/00(2006.01)
F23J 15/06(2006.01)
F23J 15/08(2006.01)
F23J 15/02(2006.01)

(56)对比文件
CN 106194293 A,2016.12.07
CN 201714432 U,2011.01.19
CN 103883400 A,2014.06.25
CN 108180125 A,2018.06.19

审查员 姚放

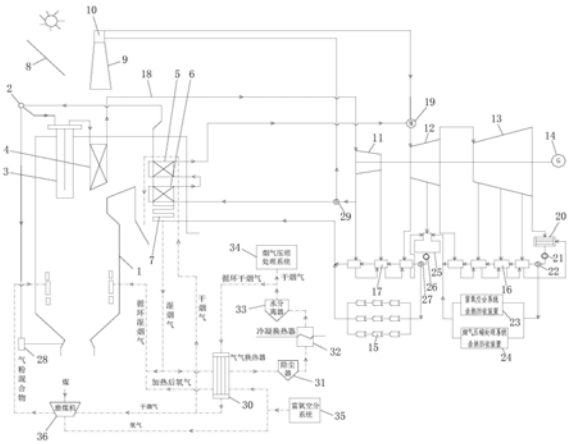
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种塔槽结合太阳能光热与富氧燃煤机组耦合发电系统

(57)摘要

本发明公开了一种塔槽结合太阳能光热与富氧燃煤机组耦合发电系统，包括锅炉系统、塔式太阳能集热系统、汽轮机系统、槽式太阳能集热系统、富氧空分系统余热回收装置、烟气压缩处理系统余热回收装置和富氧烟气循环系统。本发明通过将塔式太阳能与富氧燃煤锅炉耦合、将槽式太阳能集热场与高压加热器组并联、将空分系统余热回收装置和烟气处理余热回收装置与低压加热器组并联，实现能量的梯级利用，降低了燃料消耗，有利于进行二氧化碳的捕集，同时弥补了单纯太阳能发电稳定性差的问题；且将槽式太阳能集热系统与高压加热器组并联能减少高压缸的抽气量，将空分余热回收装置和烟气处理余热回收装置与低压加热器组并联能减少中低压缸的抽气量，有利于保证系统稳定运行，增大用于发电的蒸汽量，提高系统电能输出。



CN 109057892 B

1.一种塔槽结合太阳能光热与富氧燃煤机组耦合发电系统，包括锅炉系统、塔式太阳能集热系统、汽轮机系统、槽式太阳能集热系统、低压加热器组、高压加热器组和除氧器，其特征在于：还包括富氧空分系统余热回收装置、烟气压缩处理系统余热回收装置和烟气循环系统；

所述锅炉系统包括锅炉、汽包、屏式过热器、高温过热器、高温再热器、低温再热器和省煤器，所述汽包、屏式过热器、高温过热器、高温再热器、低温再热器和省煤器依次设置在锅炉烟气排出路径上；

所述塔式太阳能集热系统包括太阳能镜场、塔式太阳能集热塔和塔式太阳能集热器，塔式太阳能集热器设置在塔式太阳能集热塔上，太阳能镜场将阳光反射到塔式太阳能集热器上；

所述汽轮机系统包括高压缸、中压缸、低压缸和发电机，所述高压缸、中压缸和低压缸的叶轮轴依次连接，所述低压缸的叶轮轴与发电机的转轴连接；

所述槽式太阳能集热系统包括若干个槽式太阳能集热器；

所述低压加热器组包括若干个依次串联的低压加热器；

所述高压加热器组包括若干个依次串联的高压加热器；

所述屏式过热器中的蒸汽进入高温过热器，所述高温过热器中的蒸汽经主蒸汽管道进入高压缸做功；

经高温再热器加热后的蒸汽和经塔式太阳能集热器加热后的蒸汽进入蒸汽混合器混合，经混合后的蒸汽再进入中压缸做功，从中压缸后端上部排出的蒸汽再进入低压缸做功；

蒸汽进入低压缸后，部分蒸汽在做功后从低压缸排出进入凝汽器，凝汽器产生的凝结水被凝结泵送入第一给水分流器；第一给水分流器将凝结水分成两部分，第一部分凝结水进入低压加热器组，第二部分凝结水分别进入富氧空分系统余热回收装置和烟气压缩处理系统余热回收装置进行余热利用；部分进入中压缸和低压缸的蒸汽被抽出送入低压加热器组，用于加热进入低压加热器的凝结水；低压加热器产生的疏水被送入凝结器；经低压加热器组、富氧空分系统余热回收装置和烟气压缩处理系统余热回收装置加热的凝结水被送入除氧器；

所述除氧器排出的水被给水泵送入第二分流器，第二分流器将给水分成两部分，第一部分给水进入高压加热器组，第二部分给水进入槽式太阳能集热系统进行加热给水；进入高压缸和中压缸的部分蒸汽被抽出送入高压加热器组，用于对第一部分给水加热；高压加热器组产生的疏水进入除氧器；经高压加热器组和槽式太阳能集热系统加热的给水被送入省煤器；

经省煤器加热后的给水直接进入汽包；所述汽包内的水先进入锅炉下方的下联水箱，再从下联水箱进入锅炉水冷壁，水冷壁排出的水和蒸汽再进入到汽包中；所述汽包内进行分离后的蒸汽进入到屏式过热器中；

进入高压缸做功后的蒸汽还有部分被抽出后进入第三分流器，第三分流器将该部分蒸汽分成两部分，第一部分先进入低温再热器、再进入高温再热器，第二部分进入塔式太阳能集热器；

所述烟气循环系统包括气气换热器、除尘器、冷凝换热器、水分离器、烟气压缩处理系统和富氧空分系统；

从锅炉排出的湿烟气一部分进入气气换热器;气气换热器排出的湿烟气进入除尘器除尘,除尘器排出的湿烟气进入到冷凝换热器降温,冷凝换热器排出的湿烟气进入水分离器除湿;水分离器排出的干烟气一部分进入烟气压缩处理系统进行压缩纯化得到液态CO_2,一部分进入到气气换热器被加热;气气换热器排出的干烟气一部分进入磨煤机,一部分进入高温再热器所处烟道中用于降温;富氧空分系统分离出的氧气一部分进入气气换热器被加热,一部分氧气进入磨煤机;进入磨煤机的干烟气和氧气与磨煤机制得的煤粉一起进入锅炉;从锅炉排出的湿烟气还有一部分与从气气换热器排出的氧气一起进入锅炉。

一种塔槽结合太阳能光热与富氧燃煤机组耦合发电系统

技术领域

[0001] 本发明涉及发电设备技术领域，特别涉及一种集合太阳能发电和燃煤发电的综合发电系统。

背景技术

[0002] 火力发电和太阳能光热发电是两种广泛应用的发电方式。

[0003] 火力发电存在能耗高、污染大的问题。虽然我国能源结构调整在逐步推进，逐步减少对化石燃料的依赖，但燃煤发电在发电结构中占比重很大这一情况短期难以改变。随着技术水平的提高，传统的节能改造对于火电机组减排的潜力日益减小，因此如何改进技术，进一步增大火电机组的减排成为新的难题。

[0004] 而太阳能光热发电相对于火力发电在对环境影响方面存在明显优势，但是太阳能发电受天气情况影响大，因此单纯的太阳能光热发电稳定性差，存在对电网的冲击大的技术问题。

发明内容

[0005] 有鉴于此，本发明的目的是提供一种塔槽结合太阳能光热与富氧燃煤机组耦合发电系统，以解决采用火力发电存在的能耗高、二氧化碳排放大，以及太阳能发电稳定性差、对电网冲击大的技术问题。

[0006] 本发明塔槽结合太阳能光热与富氧燃煤机组耦合发电系统，包括锅炉系统、塔式太阳能集热系统、汽轮机系统、槽式太阳能集热系统、低压加热器组、高压加热器组、除氧器、富氧空分系统余热回收装置、烟气压缩处理系统余热回收装置和烟气循环系统；

[0007] 所述锅炉系统包括锅炉、汽包、屏式过热器、高温过热器、高温再热器、低温再热器和省煤器，所述汽包、屏式过热器、高温过热器、高温再热器、低温再热器和省煤器依次设置在锅炉烟气排出路径上；

[0008] 所述塔式太阳能集热系统包括太阳能镜场、塔式太阳能集热塔和塔式太阳能集热器，塔式太阳能集热器设置在塔式太阳能集热塔上，太阳能镜场将阳光反射到塔式太阳能集热器上；

[0009] 所述汽轮机系统包括高压缸、中压缸、低压缸和发电机，所述高压缸、中压缸和低压缸的叶轮轴依次连接，所述低压缸的叶轮轴与发电机的转轴连接；

[0010] 所述槽式太阳能集热系统包括若干个槽式太阳能集热器；

[0011] 所述低压加热器组包括若干个依次串联的低压加热器；

[0012] 所述高压加热器组包括若干个依次串联的高压加热器；

[0013] 所述屏式过热器中的蒸汽进入高温过热器，所述高温过热器中的蒸汽经主蒸汽管道进入高压缸做功；

[0014] 经高温再热器加热后的蒸汽和经塔式太阳能集热器加热后的蒸汽进入蒸汽混合器混合，经混合后的蒸汽再进入中压缸做功，从中压缸后端上部排出的蒸汽再进入低压缸

做功；

[0015] 蒸汽进入低压缸后，部分蒸汽在做功后从低压缸后端排出进入凝汽器，凝汽器产生的凝结水被凝结泵送入第一给水分流器；第一给水分流器将凝结水分成两部分，第一部分凝结水进入低压加热器组，第二部分凝结水分别进入富氧空分系统余热回收装置和烟气压缩处理系统余热回收装置；部分进入低压缸和中压缸的蒸汽被抽出送入低压加热器组，用于加热进入低压加热器的凝结水；低压加热器产生的疏水被送入凝结器；经低压加热器组、富氧空分系统余热回收装置和烟气压缩处理系统余热回收装置加热的凝结水被送入除氧器；

[0016] 所述除氧器排出的水被给水泵送入第二分流器，第二分流器将给水分成两部分，第一部分给水进入高压加热器组，第二部分给水进入槽式太阳能集热系统；进入高压缸和中压缸的部分蒸汽被抽出送入高压加热器组，用于对第一部分给水加热；高压加热器组产生的疏水进入除氧器；经高压加热器组和槽式太阳能集热系统加热的给水被送入省煤器；

[0017] 经省煤器加热后的给水直接进入汽包；所述汽包内的水先进入锅炉下方的下联水箱，再从下联水箱进入锅炉水冷壁，水冷壁排出的水和蒸汽再进入到汽包中进行汽水分离；所述汽包内的蒸汽进入到屏式过热器中；

[0018] 进入高压缸做功后的蒸汽还有部分被抽出后进入第三分流器，第三分流器将该部分蒸汽分成两部分，第一部分进先进入低温再热器、再进入高温再热器，第二部分进入塔式太阳能集热器；

[0019] 所述烟气循环系统包括气气换热器、除尘器、冷凝换热器、水分离器、烟气压缩处理系统和富氧空分系统；

[0020] 从锅炉排出的湿烟气一部分进入气气换热器；气气换热器排出的湿烟气进入除尘器除尘，除尘器排出的湿烟气进入到冷凝换热器降温，冷凝换热器排出的湿烟气进入水分离器除湿；水分离器排出的干烟气一部分进入烟气压缩处理系统，一部分进入到气气换热器被加热；气气换热器排出的干烟气一部分进入磨煤机，一部分进入高温再热器所处烟道降温；富氧空分系统分离出的氧气一部分进入气气换热器被加热，一部分氧气进入磨煤机；进入磨煤机的干烟气和氧气与磨煤机制得的煤粉一起进入锅炉；从锅炉排出的湿烟气还有一部分与从气气换热器排出的氧气一起进入锅炉。

[0021] 本发明的有益效果：

[0022] 1、本发明塔槽结合太阳能光热与富氧燃煤机组耦合发电系统，其通过将高温过热器排出的过热蒸汽送入高压缸做功，将高温再热器和塔式太阳能集热器产生的过热蒸汽送入中压缸做功，并将中压缸后端上部排出的蒸汽送入低压缸做功，从而实现了能量的梯级利用，能量利用效率高，有利于减少锅炉化石燃料消耗，减少有害气体排放。且将富氧空分系统制得的氧气送入锅炉实现富氧燃烧，使得化石燃料的燃烧更充分，同时能有利于二氧化碳的捕集，进一步提高了节能减排效果。

[0023] 2、本发明塔槽结合太阳能光热与富氧燃煤机组耦合发电系统，其通过将塔式太阳能集热器与燃煤锅炉并联、将槽式太阳能集热场与高压加热器组并联、将空分系统余热装置和烟气处理余热装置与低压加热器组并联，利用太阳能集热和余热回收能降低锅炉化石燃料消耗和有害气体排放，同时锅炉发电和太阳能发电配合又能弥补太阳能发电稳定性差的问题。

[0024] 3、本发明塔槽结合太阳能光热与富氧燃煤机组耦合发电系统，将槽式太阳能集热器与高压加热器组并联能减少高压缸的抽气量，将空分余热回收装置和烟气处理余热回收装置与低压加热器组并联能减少低压缸的抽气量，有利于再热器安全稳定运行，有利于保证锅炉侧和各级汽轮机进气量、温度、压力等各项参数安全稳定，使系统稳定工作；且减少抽取量使得进入高压缸、中压缸和低压缸中的蒸汽更多的被用于做功发电，可增大发电量，能弥补富氧空分系统在工作过程中的电量损耗，提高系统电能输出。

[0025] 4、本发明塔槽结合太阳能光热与富氧燃煤机组耦合发电系统，其将气气换热器排出的干烟气的一部分送入高温再热器所处烟道中，能降低高温再热器的温度，避免在进入高温再热器的蒸汽量减少的情况下高温再热器温度升高过而造成再热器管损坏的问题。

附图说明

[0026] 图1为实施例中塔槽结合太阳能光热与富氧燃煤机组耦合发电系统的结构示意图。

具体实施方式

[0027] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步描述。

[0028] 如图所示，本实施例中塔槽结合太阳能光热与富氧燃煤机组耦合发电系统，包括锅炉系统、塔式太阳能集热系统、汽轮机系统、槽式太阳能集热系统、低压加热器组、高压加热器组、除氧器、富氧空分系统余热回收装置、烟气压缩处理系统余热回收装置和烟气循环系统。

[0029] 所述锅炉系统包括锅炉1、汽包2、屏式过热器3、高温过热器4、高温再热器5、低温再热器6和省煤器7，所述汽包、屏式过热器、高温过热器、高温再热器、低温再热器和省煤器依次设置在锅炉烟气排出路径上。

[0030] 所述塔式太阳能集热系统包括太阳能镜场8、塔式太阳能集热塔9和塔式太阳能集热器10，塔式太阳能集热器设置在塔式太阳能集热塔上，太阳能镜场将阳光反射到塔式太阳能集热器上。

[0031] 所述汽轮机系统包括高压缸11、中压缸12、低压缸13和发电机14，所述高压缸、中压缸和低压缸的叶轮轴依次连接，所述低压缸的叶轮轴与发电机的转轴连接。

[0032] 所述槽式太阳能集热系统包括若干个槽式太阳能集热器15；

[0033] 所述低压加热器组包括四个依次串联的低压加热器16；

[0034] 所述高压加热器组包括三个依次串联的高压加热器17；

[0035] 所述屏式过热器中的蒸汽进入高温过热器，所述高温过热器中的蒸汽经主蒸汽管18道进入高压缸做功。

[0036] 经高温再热器加热后的蒸汽和经塔式太阳能集热器加热后的蒸汽进入蒸汽混合器19混合，经混合后的蒸汽再进入中压缸做功，从中压缸后端上部排出的蒸汽再进入低压缸做功。

[0037] 蒸汽进入低压缸后，部分蒸汽在做功后从低压缸后端排出进入凝汽器20，凝汽器产生的凝结水被凝结泵21送入第一给水分流器22；第一给水分流器将凝结水分成两部分，第一部分凝结水进入低压加热器组，第二部分凝结水分别进入富氧空分系统余热回收装置

23和烟气压缩处理系统余热回收装置24。部分进入低压缸和中压缸的蒸汽被抽出送入低压加热器组，用于加热进入低压加热器的凝结水；低压加热器产生的疏水被送入凝结器；经低压加热器组、富氧空分系统余热回收装置和烟气压缩处理系统余热回收装置加热的凝结水被送入除氧器25。

[0038] 富氧空分系统和烟气压缩处理系统在工作过程中都会产生大量的热量，本实施例利用富氧空分系统余热回收装置和烟气压缩处理系统余热回收装置对回收这部分热量加热冷凝水，以减少低压缸的抽气量。富氧空分系统余热回收装置和烟气压缩处理系统余热回收装置通常采用换热器。

[0039] 所述除氧器排出的水被给水泵26送入第二分流器27，第二分流器将给水分成两部分，第一部分给水进入高压加热器组，第二部分给水进入槽式太阳能集热系统；进入高压缸和中压缸的部分蒸汽被抽出送入高压加热器组，用于对第一部分给水加热；高压加热器组产生的疏水进入除氧器；经高压加热器组和槽式太阳能集热系统加热的给水被送入省煤器。

[0040] 经省煤器加热后的给水直接进入汽包；所述汽包内的水先进入锅炉下方的下联水箱28，再从下联水箱进入锅炉水冷壁，水冷壁排出的水和蒸汽再进入到汽包中进行汽水分离；所述汽包内的蒸汽进入到屏式过热器中。

[0041] 进入高压缸做功后的蒸汽还有部分被抽出后进入第三分流器29，第三分流器将该部分蒸汽分成两部分，第一部分进先进入低温再热器、再进入高温再热器，第二部分进入塔式太阳能集热器。

[0042] 所述烟气循环系统包括气气换热器30、除尘器31、冷凝换热器32、水分离器33、烟气压缩处理系统34和富氧空分系统35。

[0043] 从锅炉排出的湿烟气一部分进入气气换热器；气气换热器排出的湿烟气进入除尘器除尘，除尘器排出的湿烟气进入到冷凝换热器降温，冷凝换热器排出的湿烟气进入水分离器除湿；水分离器排出的干烟气一部分进入烟气压缩处理系统，一部分进入到气气换热器被加热；气气换热器排出的干烟气一部分进入磨煤机，一部分进入高温再热器所处烟道中；富氧空分系统分离出的氧气一部分进入气气换热器被加热，一部分氧气进入磨煤机36；进入磨煤机的干烟气和氧气与磨煤机制得的煤粉一起进入锅炉；从锅炉排出的湿烟气还有一部分与从气气换热器排出的氧气一起进入锅炉。

[0044] 富氧空分系统作用在于制氧，制出的氧气与循环烟气一起进入锅炉燃烧，富氧燃烧可以提高燃料燃烧率和尾气排放中二氧化碳浓度，使二氧化碳易于捕集。烟气压缩处理系统的作用是将高浓度的二氧化碳烟气进行压缩纯化处理得到纯净的液态二氧化碳。

[0045] 由于从高压缸抽出的部分蒸汽被送入塔式太阳能集热器10，这使得进入高温再热器5的蒸汽量减少，由于进入高温再热器的蒸汽量减小会造成高温再热器温度升高过多，进而导致高温再热器管高温损坏问题。因此本实施例中将气气换热器排出的干烟气的一部分送入高温再热器所处烟道中，目的在于调节高温再热器的温度，避免高温再热器温度升高过多造成再热器管损坏的问题。

[0046] 本实施例中塔槽结合太阳能光热与富氧燃煤机组耦合发电系统，其通过将高温过热器排出的过热蒸汽送入高压缸做功，将高温再热器和塔式太阳能集热器产生的过热蒸汽送入中压缸做功，并将中压缸后端上部排出的蒸汽送入低压缸做功，从而实现了能量的梯

级利用，能量利用效率高，有利于减少锅炉化石燃料消耗，实现二氧化碳的捕集。

[0047] 本实施例中塔槽结合太阳能光热与富氧燃煤机组耦合发电系统，其通过将塔式太阳能集热场与燃煤锅炉并联、将槽式太阳能集热场与高压加热器组并联、将空分系统和烟气处理系统与低压加热器组并联，利用太阳能集热和预热回收能降低锅炉化石燃料消耗和有害气体排放，同时锅炉发电和太阳能发电配合又能弥补太阳能发电稳定性差的问题。

[0048] 本实施例中塔槽结合太阳能光热与富氧燃煤机组耦合发电系统，将槽式太阳能集热场与高压加热器组并联能减少高压缸的抽气量，将空分系统和烟气处理系统与低压加热器组并联能减少低压缸的抽气量，有利于再热器安全稳定运行，有利于保证锅炉侧和各级汽轮机进气量、温度、压力等各项参数安全稳定，使系统稳定工作；且减少抽取量使得进入高压缸、中压缸和低压缸中的蒸汽更多的被用于做功发电，可增大发电量，能弥补富氧空分系统在工作过程中的电量损耗，提高系统电能输出。

[0049] 最后说明的是，以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制，尽管参照较佳实施例对本发明进行了详细说明，本领域的普通技术人员应当理解，可以对本发明的技术方案进行修改或者等同替换，而不脱离本发明技术方案的宗旨和范围，其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

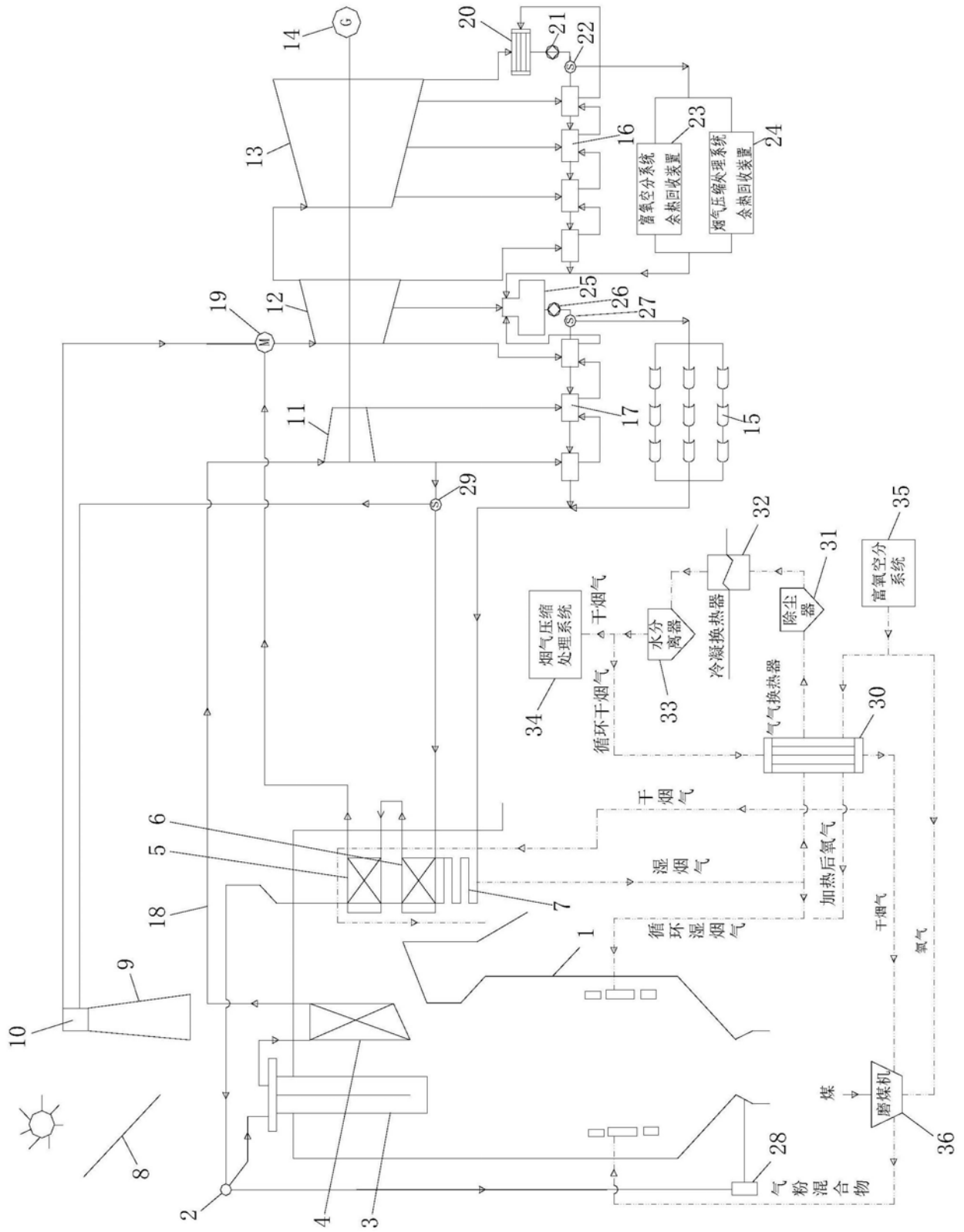

G
M
S
富氧空分系统
余热回收装置
烟气压缩处理系统
余热回收装置
烟气压缩处理系统
干烟气
水分离器
冷凝换热器
除尘器
富氧空分系统
循环干烟气
气气换热器
干烟气
湿烟气
加热后氧气
循环湿烟气
干烟气
氧气
煤
磨煤机
气粉混合物
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36

图1