



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114017116 B

(45) 授权公告日 2023.05.23

(21) 申请号 202111141746.0

E21B 43/28 (2006.01)

(22) 申请日 2021.09.28

F03G 4/00 (2006.01)

F01K 25/10 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 114017116 A

(43) 申请公布日 2022.02.08

(73) 专利权人 宁波大学

地址 315211 浙江省宁波市江北区风华路
818号

(72) 发明人 夏才初 徐英俊 杜时贵 周舒威

徐晨 秦世康

(56) 对比文件

CN 104459034 A, 2015.03.25

CN 106481360 A, 2017.03.08

CN 112065635 A, 2020.12.11

CN 112855265 A, 2021.05.28

CN 113187553 A, 2021.07.30

US 2018230791 A1, 2018.08.16

审查员 马池帅

(74) 专利代理机构 宁波奥圣专利代理有限公司

33226

专利代理师 谢潇

(51) Int. Cl.

E21F 17/16 (2006.01)

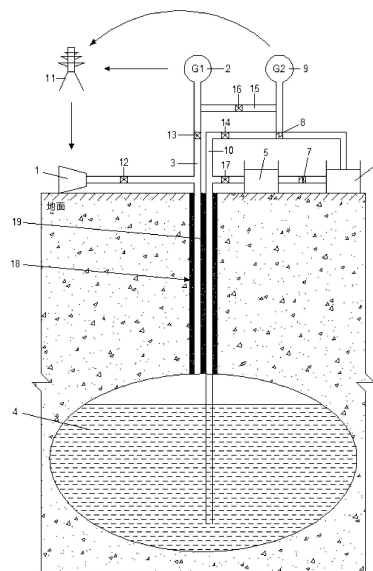
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54) 发明名称

一种常压式压气储能与采盐采热耦合系统

(57) 摘要

本发明公开的耦合系统包括压气储能系统和采盐采热系统;压气储能系统包括空气压缩机和压气储能发电机组,空气压缩机的出气口径通气管路与地下盐穴相通,通气管路与压气储能发电机组的进气口相通;采盐采热系统包括地面淡水水库、地面卤水库、盐水分离系统、热交换系统和地热发电机组,地下盐穴经通水管路与地面卤水库相通,通水管路上设置有热交换系统,热交换系统的出口分别与地热发电机组和压气储能发电机组的进气口相通,地面卤水库经盐水分离系统与地面淡水水库的入口相通,地面淡水水库的出口与地下盐穴相通;空气压缩机、压气储能发电机组和地热发电机组分别与电网相连;本发明可同时实现压气储能和采盐采热,有效提高系统的使用效率和经济价值。



1. 一种常压式压气储能与采盐采热耦合系统,其特征在於,包括压气储能系统和采盐采热系统;

所述的压气储能系统包括空气压缩机和压气储能发电机组,所述的空气压缩机的出气口经通气管路与地下盐穴相通,所述的通气管路与所述的压气储能发电机组的进气口相通;

所述的采盐采热系统包括地面淡水水库、地面卤水库、盐水分离系统、热交换系统和地热发电机组,所述的地下盐穴经通水管路与所述的地面卤水库相通,所述的通水管路上设置有热交换系统,所述的热交换系统的出口分别与所述的地热发电机组和所述的压气储能发电机组的进气口相通,所述的地面卤水库经所述的盐水分离系统与所述的地面淡水水库的入口相通,所述的地面淡水水库的出口与所述的地下盐穴相通;

所述的空气压缩机、所述的压气储能发电机组和所述的地热发电机组分别与电网相连;

在造腔阶段,通过地面淡水水库向地下盐穴中注入冷淡水造腔,地下盐穴中的固态盐溶于淡水形成卤水,在地温加热下,地下盐穴中的卤水温度上升;

在储能阶段,利用电网中富余的能量驱动空气压缩机产生高压空气,高压空气沿通气管路进入地下盐穴中,随后在高压空气的驱动下,地下盐穴中的卤水沿通水管路流入热交换系统后,进入地面卤水库,地面卤水库中的卤水经盐水分离系统处理后变成淡水流入地面淡水水库中,热交换系统收集的热量的一部分进入地热发电机组进行发电,另一部分则进入压气储能发电机组作为释能阶段压气储能系统的补热热量进行储存;

在释能阶段,释放地下盐穴中的高压空气并通过地面淡水水库向地下盐穴中注入冷淡水,此时地下盐穴中的高压空气从通气管路排入压气储能发电机组,经储存的热量补热后驱动压气储能发电机组发电。

2. 根据权利要求1所述的一种常压式压气储能与采盐采热耦合系统,其特征在於,所述的空气压缩机的出气口与所述的通气管路之间安装有第一阀门,所述的通气管路与所述的压气储能发电机组的进气口之间安装有第二阀门,所述的通水管路与所述的热交换系统的入口之间安装有第三阀门,所述的热交换系统的出口经补热管道与所述的压气储能发电机组的进气口相通,所述的补热管道上安装有第四阀门,所述的地面淡水水库的出口与所述的地下盐穴之间安装有第五阀门。

3. 根据权利要求1或2所述的一种常压式压气储能与采盐采热耦合系统,其特征在於,位于所述的地下盐穴上侧的地层开挖有竖井,所述的通气管路和所述的通水管路的地下部分分别穿过所述的竖井与所述的地下盐穴相通,所述的通气管路和所述的通水管路的外侧与所述的竖井的内侧壁之间设置有混凝土密封垫层。

一种常压式压气储能与采盐采热耦合系统

技术领域

[0001] 本发明涉及实现“碳达峰、碳中和”双目标的地下能源存储和地下资源开发领域，具体涉及一种常压式压气储能与采盐采热耦合系统。

背景技术

[0002] 实现碳达峰目标的首要措施是减少化石能源的使用，增加风电、光伏电等绿色可再生能源的利用。近年来，在国家降碳减排政策的引导下，风能、太阳能等可再生能源在能源市场上的占比持续增长，但是这类能源通常具有间歇性和波动性，其大规模并网带来的不利影响也十分突出，发展储能技术是解决这些问题的有效方法。压缩空气储能作为一种大规模物理储能技术，因其具有高效、环保等特点受到广泛关注。

[0003] 压缩空气储能需要较大规模的储气空间，地下盐穴因其气密性和稳定性都较为突出而成为储气容器的首选，目前世界上仅有的两座压气储能电站（德国Huntorf电站、美国Mcintosh电站）都是采用盐穴进行空气存储的。地下盐穴的埋深通常为几百米甚至几千米，因此，其地热资源的储量也十分可观。现有的采盐、采热和压气储能均为相对独立的技术，单独开采利用成本较大，能量利用效率不高，因此到目前为止还未得到大规模发展。如何在利用地下盐穴进行压缩空气储能的同时，将盐穴中的盐和热同步开采上来，是一个非常值得研究的问题，具有显著的经济效益。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是，针对现有技术的不足，提供一种常压式压气储能与采盐采热耦合系统，创造性地将采盐、采热和压气储能融合在一个系统内，在实现压气储能目的的同时，也能成功采盐和采热，有效地提高系统的使用效率和经济价值。

[0005] 本发明解决上述技术问题所采用的技术方案为：一种常压式压气储能与采盐采热耦合系统，包括压气储能系统和采盐采热系统；

[0006] 所述的压气储能系统包括空气压缩机和压气储能发电机组，所述的空气压缩机的出气口径通气管路与地下盐穴相通，所述的通气管路与所述的压气储能发电机组的进气口相通；

[0007] 所述的采盐采热系统包括地面淡水库、地面卤水库、盐水分离系统、热交换系统和地热发电机组，所述的地下盐穴经通水管路与所述的地面卤水库相通，所述的通水管路上设置有热交换系统，所述的热交换系统的出口分别与所述的地热发电机组和所述的压气储能发电机组的进气口相通，所述的地面卤水库经所述的盐水分离系统与所述的地面淡水库的入口相通，所述的地面淡水库的出口与所述的地下盐穴相通；

[0008] 所述的空气压缩机、所述的压气储能发电机组和所述的地热发电机组分别与电网相连；

[0009] 在造腔阶段，通过地面淡水库向地下盐穴中注入冷淡水造腔，地下盐穴中的固态盐溶于淡水形成卤水，在地温加热下，地下盐穴中的卤水温度上升；

[0010] 在储能阶段,利用电网中富余的能量驱动空气压缩机产生高压空气,高压空气沿通气管路进入地下盐穴中,随后在高压空气的驱动下,地下盐穴中的卤水沿通水管路流入热交换系统后,进入地面卤水库,地面卤水库中的卤水经盐水分离系统处理后变成淡水流入地面淡水水库中,热交换系统收集的热量的一部分进入地热发电机组进行发电,另一部分则进入压气储能发电机组作为释能阶段压气储能系统的补热热量进行储存;

[0011] 在释能阶段,释放地下盐穴中的高压空气并通过地面淡水水库向地下盐穴中注入冷淡水,此时地下盐穴中的高压空气从通气管路排入压气储能发电机组,经储存的热量补热后驱动压气储能发电机组发电。

[0012] 本发明常压式压气储能与采盐采热耦合系统一个循环内的工作原理是:向地下盐穴中注入冷淡水造腔→固态盐溶解成热的卤水→高压空气进入地下盐穴将热卤水排至地面热交换系统处理后排入地面卤水库→热卤水通过热交换系统释放热能并驱动地热发电机组发电→降温后的卤水通过盐水分离系统后变成淡水流入地面淡水水库→重新向地下盐穴中注入冷淡水并将高压空气排至压气储能发电机组发电。

[0013] 作为优选,所述的空气压缩机的出气口与所述的通气管路之间安装有第一阀门,所述的通气管路与所述的压气储能发电机组的进气口之间安装有第二阀门,所述的通水管路与所述的热交换系统的入口之间安装有第三阀门,所述的热交换系统的出口经补热管道与所述的压气储能发电机组的进气口相通,所述的补热管道上安装有第四阀门,所述的地面淡水水库的出口与所述的地下盐穴之间安装有第五阀门。通过第一阀门、第二阀门、第三阀门、第四阀门和第五阀门能够更好地控制整个耦合系统的循环运行,实现耦合系统在不同运行阶段间的自动切换。

[0014] 作为优选,位于所述的地下盐穴上侧的地层开挖有竖井,所述的通气管路和所述的通水管路的地下部分分别穿过所述的竖井与所述的地下盐穴相通,所述的通气管路和所述的通水管路的外侧与所述的竖井的内侧壁之间设置有混凝土密封垫层。混凝土密封垫层的作用是阻止地下盐穴中的高压空气沿竖井向外扩散,减小能量的损失。

[0015] 与现有技术相比,本发明具有如下优点:

[0016] (1) 本发明创造性地将采盐、采热和压气储能融合在一个系统内,在实现压气储能目的的同时,也能成功采盐和采热,有效地提高系统的使用效率和经济价值;

[0017] (2) 本发明提出的是一种能够同时实现压气储能和采盐采热的常压式压气储能与采盐采热耦合系统,其空气压力在整个循环过程中保持不变,可以有效保证地下盐穴的稳定性,并保证能量输出的稳定性。

[0018] (3) 本发明耦合系统在采盐过程中收集的热量能够用于压气储能系统释能阶段的补热,有利于提升压气储能系统的发电效率。

附图说明

[0019] 图1为实施例的常压式压气储能与采盐采热耦合系统的结构示意图(图中箭头表示电能的传递)。

具体实施方式

[0020] 以下结合附图实施例对本发明作进一步详细描述。

[0021] 实施例的常压式压气储能与采盐采热耦合系统,如图1所示,包括压气储能系统和采盐采热系统;压气储能系统包括空气压缩机1和压气储能发电机组2,空气压缩机1的出气口经通气管路3与地下盐穴4相通,通气管路3与压气储能发电机组2的进气口相通;采盐采热系统包括地面淡水水库5、地面卤水库6、盐水分离系统7、热交换系统8和地热发电机组9,地下盐穴4经通水管路10与地面卤水库6相通,通水管路10上设置有热交换系统8,热交换系统8的出口分别与地热发电机组9和压气储能发电机组2的进气口相通,地面卤水库6经盐水分离系统7与地面淡水水库5的入口相通,地面淡水水库5的出口与地下盐穴4相通;空气压缩机1、压气储能发电机组2和地热发电机组9分别与电网11相连。

[0022] 本实施例中,空气压缩机1的出气口与通气管路3之间安装有第一阀门12,通气管路3与压气储能发电机组2的进气口之间安装有第二阀门13,通水管路10与热交换系统8的入口之间安装有第三阀门14,热交换系统8的出口经补热管道15与压气储能发电机组2的进气口相通,补热管道15上安装有第四阀门16,地面淡水水库5的出口与地下盐穴4之间安装有第五阀门17。

[0023] 本实施例中,位于地下盐穴4上侧的地层开挖有竖井18,通气管路3和通水管路10的地下部分分别穿过竖井18与地下盐穴4相通,通气管路3和通水管路10的外侧与竖井18的内侧壁之间设置有混凝土密封垫层19。

[0024] 上述耦合系统的具体运行过程如下:在造腔阶段,打开第五阀门17,其余阀门保持关闭状态,地面淡水水库5中的冷淡水经通水管路10注入地下盐穴4中进行造腔,地下盐穴4中的固态盐溶于淡水形成卤水,由于地下盐穴4埋深较大,在地温加热下,地下盐穴4中的卤水温度会逐渐上升,完成之后关闭第五阀门17;在储能阶段,打开第一阀门12、第三阀门14和第四阀门16,其余阀门保持关闭状态,利用电网11中富余的能量驱动空气压缩机1产生高压空气,高压空气沿通气管路3进入地下盐穴4中,随后在高压空气的驱动下,地下盐穴4中的卤水沿通水管路10流入热交换系统8后,进入地面卤水库6,地面卤水库6中的卤水经盐水分离系统7处理后变成淡水流入地面淡水水库5中,热交换系统8收集的热量的一部分进入地热发电机组9进行发电,另一部分则通过补热管道15进入压气储能发电机组2作为释能阶段压气储能系统的补热热量进行储存,储能阶段完成后,关闭第一阀门12和第三阀门14;在释能阶段,打开第五阀门17和第二阀门13,释放地下盐穴4中的高压空气并通过地面淡水水库5向地下盐穴4中注入冷淡水,此时地下盐穴4中的高压空气从通气管路3排入压气储能发电机组2,经储存的热量补热后驱动压气储能发电机组2发电,至此,完成了一个压气储能与采盐采热的循环。

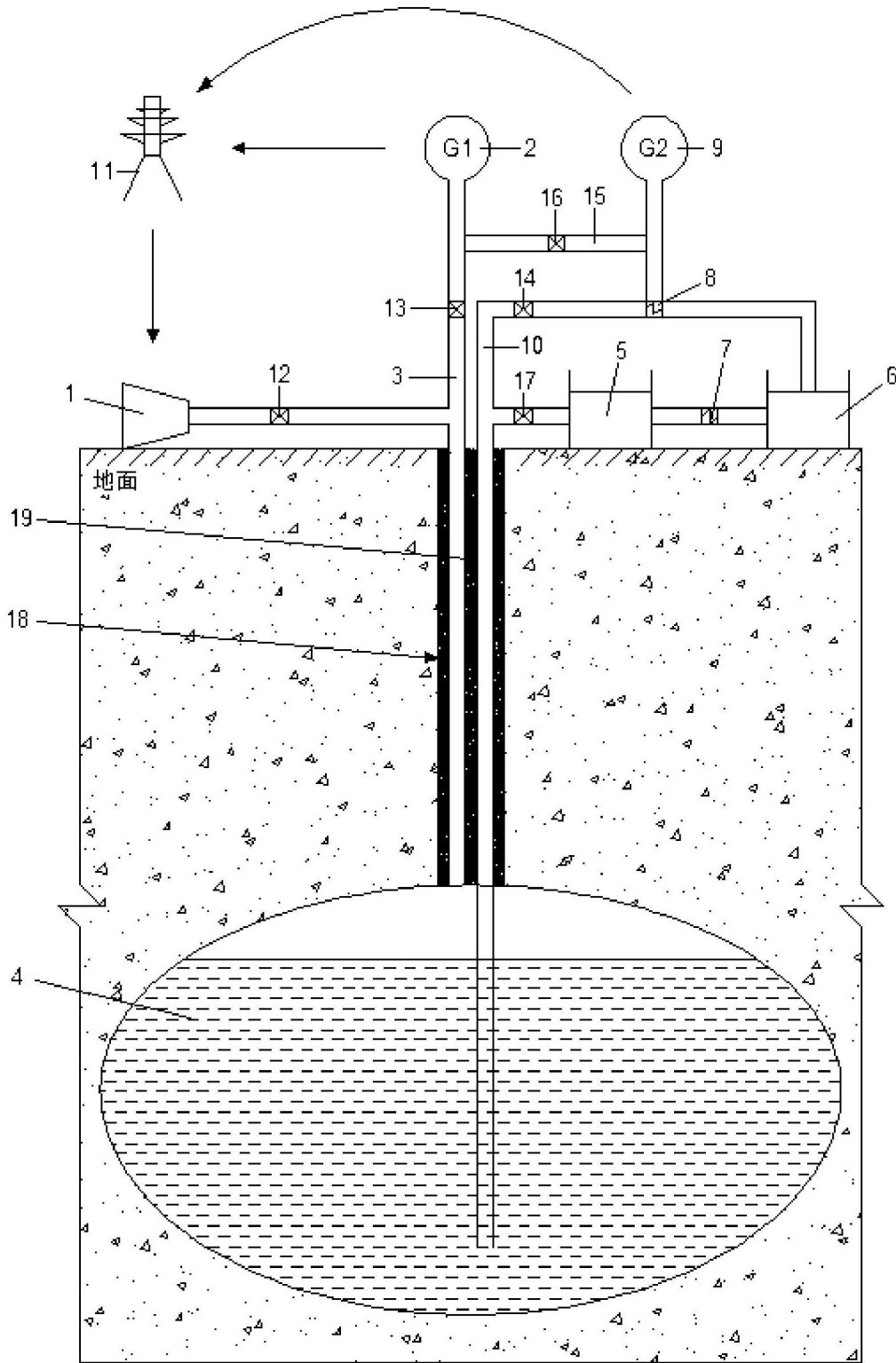


图1