



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110259625 A

(43)申请公布日 2019.09.20

(21)申请号 201910468875.7

F17C 7/00(2006.01)

(22)申请日 2019.05.31

F24S 60/00(2018.01)

(71)申请人 西安交通大学

地址 710049 陕西省西安市咸宁西路28号

(72)发明人 王焕然 杨珍帅 刘明明 李丞宸

严凯 李瑞雄 李智搏 张严

(74)专利代理机构 西安通大专利代理有限责任

公司 61200

代理人 安彦彦

(51)Int.Cl.

F03B 13/06(2006.01)

F04B 35/04(2006.01)

F04B 49/22(2006.01)

F01D 15/10(2006.01)

F17C 5/06(2006.01)

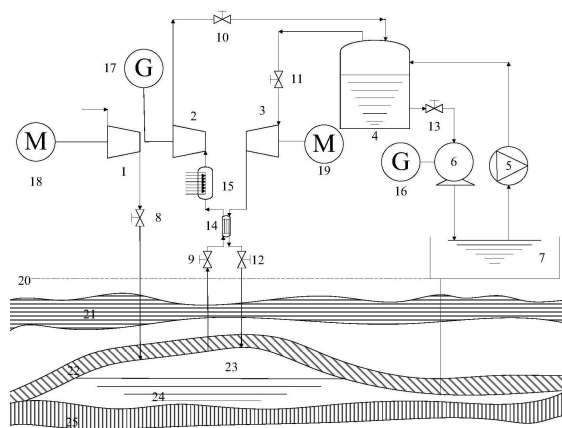
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种利用地下含水层的抽水压缩空气蓄能系统及方法

(57)摘要

本发明提供一种利用地下含水层的抽水压缩空气蓄能系统及方法,结构简单,设计合理、节能高效。所述系统包括增压机、水气共容舱、水泵、水轮机、储水池、储气库、主发电机和增压电动机;采用地下含水层作为储气库,储水池设置在地面上且通过管道与地下含水层的承压水相连通;所述的水气共容舱的水入口经水泵与储水池连通,水出口经水轮机与储水池连通,气入口经供气管路与储气库连通,气出口经增压机和排气管路与储气库连通;所述的增压机的动力输入端连接增压电动机的输出端;所述水轮机的输出端连接主发电机的输入端。



1. 一种利用地下含水层的抽水压缩空气蓄能系统,其特征在于,包括增压机(3)、水气共容舱(4)、水泵(5)、水轮机(6)、储水池(7)、储气库(23)、主发电机(16)和增压电动机(19);

采用地下含水层作为储气库(23),储水池(7)设置在地面上且通过管道与地下含水层的承压水(24)相连通;

所述的水气共容舱(4)的水入口经水泵(5)与储水池(7)连通,水出口经水轮机(6)与储水池(7)连通,气入口经供气管路与储气库(23)连通,气出口经增压机(3)和排气管路与储气库(23)连通;

所述的增压机(3)的动力输入端连接增压电动机(19)的输出端;

所述水轮机(6)的输出端连接主发电机(16)的输入端。

2. 根据权利要求1所述的一种利用地下含水层的抽水压缩空气蓄能系统,其特征在于,还包括换热器(14);换热器(14)的吸热侧供气管路,放热侧接入排气管路。

3. 根据权利要求1所述的一种利用地下含水层的抽水压缩空气蓄能系统,其特征在于,所述的供气管路上依次设置有太阳能蓄热器(15)和膨胀机(2),膨胀机(2)的动力输出端连接预发电机(17),输出端连接水气共容舱(4)的气入口。

4. 根据权利要求3所述的一种利用地下含水层的抽水压缩空气蓄能系统,其特征在于,供气管路上,连通储气库(23)的一端设置第一释能阀门(9),膨胀机(2)和水气共容舱(4)之间设置第二释能阀门(10),水气共容舱(4)和水轮机(6)之间设置第三释能阀门(13)。

5. 根据权利要求1所述的一种利用地下含水层的抽水压缩空气蓄能系统,其特征在于,还包括压缩机(1),压缩机(1)的输入端与大气连通,输出端经补气管路与储气库(23)连通,动力输入端连接压缩电动机(18)。

6. 根据权利要求5所述的一种利用地下含水层的抽水压缩空气蓄能系统,其特征在于,补气管路上设置有补气阀门(8)。

7. 根据权利要求1所述的一种利用地下含水层的抽水压缩空气蓄能系统,其特征在于,排气管路上,水气共容舱(4)和增压机(3)设置第一储能阀门(11),连通储气库(23)的一端设置第二储能阀门(12)。

8. 根据权利要求1所述的一种利用地下含水层的抽水压缩空气蓄能系统,其特征在于,地下含水层的承压水(24)上下的两个隔水层分别形成盖层(22)和底板(25),经气体压入使得承压水(24)的水位下降,在盖层(22)和承压水(24)之间形成的封闭空间作为储气库(23)。

9. 一种利用地下含水层的抽水压缩空气蓄能方法,其特征在于,包括,

储能步骤,打开供气管路,开启水泵(5)和增压机(3);向水气共容舱(4)内注水,水在水气共容舱(4)内与预压缩气体混合成为高压水,压缩水气共容舱(4)内空气回流,来自水气共容舱(4)的空气再进入增压机(3)进行进一步压缩后进入储气库(23),当储气库(23)内气体达到设定的储能压力时,关闭水泵(5)、增压机(3)和供气管路,储能过程结束;

释能步骤,打开排气管路,储气库(23)内的高压低温空气进入水气共容舱(4)后,水气共容舱(4)内的水在高压气体作用下被向外压出,然后水推动水轮机(6)运转发电;

在储能和释能时,地下含水层内的承压水与地上储水池通过管道相连,储气库(23)内气体的压力转化为液柱的重力,地上储水池的水位近似不变;在储能过程中,水位近似不

变,气体压力转化为液柱的重力,近似为等压过程;在释能过程中,水位近似不变,维持储气库中的压力不变。

10.根据权利要求9所述的一种利用地下含水层的抽水压缩空气蓄能方法,其特征在于,储气库(23)内的高压低温空气经换热器(14)预热后进入太阳能蓄热器(15)进一步加热,然后进入膨胀机(2)进行预膨胀发电,预膨胀后的气体进入水气共容舱(4)后,水气共容舱(4)内的水在高压气体作用下被向外压出;增压机(3)出口的高压空气通过换热器(14)对进入膨胀机(2)的低温高压空气进行预加热。

一种利用地下含水层的抽水压缩空气蓄能系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及物理储能领域,具体为一种利用地下含水层的抽水压缩空气蓄能系统及方法。

背景技术

[0002] 能源是人类赖以生存和发展的物质基础,同时也是影响国民经济发展的的重要因素。近年来,随着化石能源的消耗量急剧增加,由此带来的常规能源短缺、温室气体排放、环境污染等问题日益严重,因此加强风能、太阳能等具有代替作用的可再生能源的开发可用尤为重要。

[0003] 目前,国内外学者一致认为储能技术是解决上述问题的有效途径。现有的储能技术主要包括抽水蓄能、压缩空气储能、燃料电池以及超导电磁储能等,但适用于100MW级以上的大规模储能技术只有抽水蓄能技术(PHS)和压缩空气储能技术(CAES)。PHS储能容量和储能效率均较高,但是存在选址困难、建设周期长以及引起当地生态破坏等问题;CAES具有储能密度大、建设成本相对较低的优点,但是传统的CAES电能转换效率低,并且存在化石燃料燃烧等问题。

[0004] 在传统的CAES中,储气容器都是容积一定,在储能和释能阶段都是变工况过程,大大降低了系统的发电效率。目前,电能的清洁、高效、低成本储存技术仍属于世界性难题。

发明内容

[0005] 针对现有技术中存在的问题,本发明提供一种利用地下含水层的抽水压缩空气蓄能系统及方法,结构简单,设计合理、节能高效。

[0006] 本发明是通过以下技术方案来实现:

[0007] 一种利用地下含水层的抽水压缩空气蓄能系统,包括增压机、水气共容舱、水泵、水轮机、储水池、储气库、主发电机和增压电动机;

[0008] 采用地下含水层作为储气库,储水池设置在地面上且通过管道与地下含水层的承压水相连通;

[0009] 所述的水气共容舱的水入口经水泵与储水池连通,水出口经水轮机与储水池连通,气入口经供气管路与储气库连通,气出口经增压机和排气管路与储气库连通;

[0010] 所述的增压机的动力输入端连接增压电动机的输出端;

[0011] 所述水轮机的输出端连接主发电机的输入端。

[0012] 优选的,还包括换热器;换热器的吸热侧供气管路,放热侧接入排气管路。

[0013] 优选的,所述的供气管路上依次设置有太阳能蓄热器和膨胀机,膨胀机的动力输出端连接预发电机,输出端连接水气共容舱的气入口。

[0014] 进一步,供气管路上,连通储气库的一端设置第一释能阀门,膨胀机和水气共容舱之间设置第二释能阀门,水气共容舱和水轮机之间设置第三释能阀门。

[0015] 优选的,还包括压缩机,压缩机的输入端与大气连通,输出端经补气管路与储气库

连通,动力输入端连接压缩电动机。

[0016] 进一步,补气管路上设置有补气阀门。

[0017] 优选的,排气管路上,水气共容舱和增压机设置第一储能阀门,连通储气库的一端设置第二储能阀门。

[0018] 优选的,地下含水层的承压水上下的两个隔水层分别形成盖层和底板,经气体压入使得承压水的水位下降,在盖层和承压水之间形成的封闭空间作为储气库。

[0019] 一种利用地下含水层的抽水压缩空气蓄能方法,包括,

[0020] 储能步骤,打开供气管路,开启水泵和增压机;向水气共容舱内注水,水在水气共容舱内与预压缩气体混合成为高压水,压缩水气共容舱内空气回流,来自水气共容舱的空气再进入增压机进行进一步压缩后进入储气库,当储气库内气体达到设定的储能压力时,关闭水泵、增压机和供气管路,储能过程结束;

[0021] 释能步骤,打开排气管路,储气库内的高压低温空气进入水气共容舱后,水气共容舱内的水在高压气体作用下被向外压出,然后水推动水轮机运转发电;

[0022] 在储能和释能时,地下含水层内的承压水与地上储水池通过管道相连,储气库内气体的压力转化为液柱的重力,地上储水池的水位近似不变;在储能过程中,水位近似不变,气体压力转化为液柱的重力,近似为等压过程;在释能过程中,水位近似不变,维持储气库中的压力不变。

[0023] 优选的,储气库内的高压低温空气经换热器预热后进入太阳能蓄热器进一步加热,然后进入膨胀机进行预膨胀发电,预膨胀后的气体进入水气共容舱后,水气共容舱内的水在高压气体作用下被向外压出;增压机出口的高压空气通过换热器对进入膨胀机的低温高压空气进行预加热。

[0024] 与现有技术相比,本发明具有以下有益的技术效果:

[0025] 本发明所述的储能系统充分利用地下含水层作为储气库,含水层型地下储气库的目的层为承压含水层,隔水层为储气库的盖层和底板,承压含水层的承压水通过管道与地上储水池相连,在储能过程中,由于空气不断压入,承压水水位下降,由于承压水与地上储水池相通,地上储水池的水位近似不变,气体压力转化为液柱的重力,近似为等压过程,解决了储能过程的变工况问题;在释能过程中,随着空气不断输出,承压水水位回升,地上储水池的水位近似不变,维持储气库中的压力不变,解决了释能过程的变工况问题。

[0026] 进一步的,当地下含水层储气库与地上水气共容舱直接连通时,水气共容舱内水和高压空气在水气面具有相同的压力,这将使水气共容舱承受非常大的压力,从而使水气共容舱的造价大大提高,根据市场调研,地上高压罐体在承压10Mpa时,罐体每立方米造价约为2133.37元。为此,本发明通过在地下含水层储气库和地上水气共容舱之间增加了膨胀机,来自地下含水层储气库的高压空气先经过膨胀机进行预胀发电降压后,在进入地上水气共容舱,这样水气共容舱所承受的压力大大降低,降低了系统的造价成本。

[0027] 进一步的,释能阶段,由于来自储气库的高压空气温度较低,本发明所述的储能系统采用增压机的压缩热先对气体进行预热,然后再利用太阳能储热器对气体进行加热,没有化石燃料的燃烧,更加环保。

附图说明

[0028] 图1为本发明实例中所述系统的组成结构示意图。

[0029] 图中:1压缩机,2膨胀机,3增压机,4水气共容舱,5水泵,6水轮机,7储水池,8补气阀门,9第一释能阀门,10第二释能阀门,11第一储能阀门,12第二储能阀门,13第三释能阀门,14换热器,15太阳能蓄热器,16主发电机,17预发电机,18压缩电动机、19增压电动机,20地面,21地下水,22盖层,23储气库,24承压水,25底板。

具体实施方式

[0030] 下面结合具体的实施例对本发明做进一步的详细说明,所述是对本发明的解释而不是限定。

[0031] 本发明一种利用地下含水层的抽水压缩空气蓄能系统,如图1所示,其主要包括压缩机1、膨胀机2、增压机3、水气共容舱4、水泵5、水轮机6、储水池7、换热器14、太阳能蓄热器15、储气库23、主发电机16、预发电机17、压缩电动机18、增压电动机19、补气阀门8,第一释能阀门9,第二释能阀门10,第一储能阀门11,第二储能阀门12,第三释能阀门13;

[0032] 压缩电动机18、增压电动机19分别与压缩机1、增压机3的动力输入端相连,主发电机16、预发电机17分别与水轮机6、膨胀机2的动力输出端相连;

[0033] 压缩机1的空气入口直接与大气相连,出口经过补气阀门8后直接由管道输送到地下储气库23;

[0034] 储气库23内的高压空气经第一释能阀门9后进入换热器14进口,换热器14的出口与太阳能蓄热器15的进口相连,太阳能蓄热器15的出口与膨胀机2的进口相连,膨胀机2驱动预发电机17进行发电,膨胀机2的出口与水气共容舱4相连;

[0035] 水气共容舱4内的空气经注水压缩后经第一储能阀门11进入增压机3的进口,增压机3出口的空气具有较高温度,进入换热器14的热回路后冷却后再进入储气库23;

[0036] 水泵5入水口与储水池7相连,出水口与水气共容舱4相连;

[0037] 水轮机6进水口通过管道、第三释能阀门13与水气共容舱4的出水口相连,高压水驱动水轮机6带动主发电机16进行发电,水轮机的出水口通过管道与储水池7相连;

[0038] 储水池7的底部通过管道与地下含水层的承压水相连。

[0039] 在使用时,本发明包括储能回路和释能回路;利用地下含水层作为储气库,储气量大,投资省;含水层型地下储气库的目的层为承压含水层,地面20的地表以下一定深度存在地下水水面,即地下水21,地下水21水面以上为包气带;地下水水面以下为饱水带。饱水带岩层按照其透过和给出水的能力,可分为含水层和隔水层,充满于两个隔水层之间的含水层中的水为承压水24,两个隔水层为盖层22和底板25,由于气体压入导致承压水24的水位下降而形成的封闭空间即为储气库23,承压含水层的承压水24通过管道与地上储水池7相连;

[0040] 储能回路中,压缩电动机18驱动压缩机1先向储气库23内压入气体达到设定的预处理压力后,关闭压缩机1,由水泵5向水气共容舱4内注水,水气共容舱4内空气被压缩回流经过增压机3后进入储气库23,完成储能过程。

[0041] 释能回路中,来自储气库23中的高压空气经过膨胀机2的预膨胀发电后,进入水气共容舱4,水气共容舱4内的水在高压气体作用下被向外压出,然后水推动水轮机6运转发电。

[0042] 储气库23位于地下含水层,温度很低,来自压缩机1的高压高温空气无需进行冷却;

[0043] 在储气库23内起密封作用的承压水24与储水池7通过管道相连通,储水池7体积很大,储气库23内的空气压力转化为承压水面与储水池7水面之间高度液柱的重力,在储能和释能过程中,承压水面与储水池7水面之间液柱高度基本不变,所以储能和释能近似为等压过程。

[0044] 释能阶段,来自储气库23的高压空气先经过膨胀机2进行膨胀发电后在进入水气共容舱4,这样使得水气共容舱4承受的压力大大降低,减少水气共容舱4的造价。

[0045] 储能阶段,水泵5向水气共容舱4内注水,水在水气共容舱4内与预压缩气体混合成为高压水,压缩水气共容舱4内空气回流,为保证进入储气库23的空气具有更高压力,来自水气共容舱4的空气再进入增压机3进行进一步压缩后进入储气库23。

[0046] 来自增压机3的高温高压气体通过换热器14与即将进入膨胀机2的高压低温气体进行换热。

[0047] 进入膨胀机2的高压低温气体采用太阳能蓄热器15进行加热,避免化石燃料的燃烧,提高系统经济性和环保性。

[0048] 本发明一种利用地下含水层的抽水压缩空气蓄能方法,具体包括如下步骤:

[0049] 在开始储能前的预处理步骤,打开补气阀门8,压缩电动机18驱动压缩机1工作,压缩机1吸入空气,将空气压缩至设定的压力温度后,然后进入储气库23。当储气库23达到设定的预处理压力时,关闭补气阀门8和压缩机1,此后除用于补气外,压缩机1不在工作,

[0050] 在电力过剩阶段的储能步骤,开启水泵5,开启增压机3,打开第一、二储能阀门11、12,机器向水气共容舱4内注水,水在水气共容舱4内与预压缩气体混合成为高压水,压缩水气共容舱4内空气回流,为保证进入储气库23的空气具有更高压力,来自水气共容舱4的空气再进入增压机3进行进一步压缩后进入储气库23,增压机3出口的高压空气具有较高温度,可通过换热器14对进入膨胀机2的低温高压空气进行预加热。当储气库23内气体达到设定的储能压力时,关闭水泵5,增压机3和第一、二储能阀门11、12,储能过程结束。

[0051] 在用电高峰阶段的释能步骤,打开第一、二、三释能阀门9、10、13,储气库23内的高压低温空气经换热器14预热后进入太阳能蓄热器15进一步加热,然后进入膨胀机2进行预膨胀发电,预膨胀后的气体仍具有较高压力,经第二释能阀门10进入水气共容舱4后,水气共容舱4内的水在高压气体作用下被向外压出,然后水推动水轮机6运转发电。在此过程中,由于地下含水层内的承压水与地上储水池通过管道相连,储气库23内气体的压力转化为液柱的重力,地上储水池的体积很大,水位基本不变,即在释能过程中,承压水面与地上储水池水面的高度差基本不变,液柱高度不变,地下储气库内为等压环境,膨胀机为定工况工作,并且可为水轮机提供稳定的水头;储气库的高压空气经预膨胀后在进入水气共容舱,大大降低了水气共容舱所承受的压力,减少了水气共容舱的造价。

[0052] 根据我国地质的基本情况,东部经济发达地区地下广泛分布高渗透的含水层,这对开展地下含水层储气提供了良好条件。

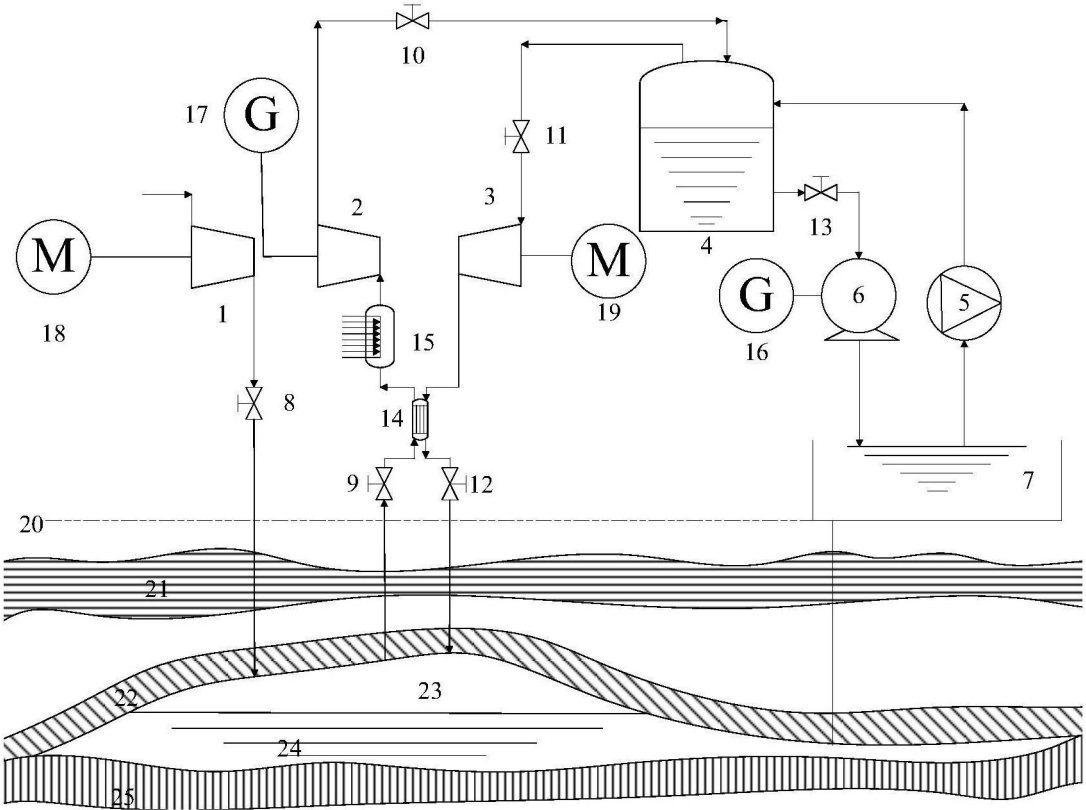


图1