



(45)授权公告日 2019.07.09

审查员 周强

[illegible]

1. 一种用于暂时存储气体和热量的设备,所述设备带有至少一个压力容器(10)、多个压缩机(3、8、9)、多个串联的压缩级和包括多个蓄热器(4、5、6)的蓄热装置(7),借助所述压缩机能够压缩气体(1),所述压缩级分别包括一个压缩机(3、8、9)和连接在该压缩机之后的气流路径(11、12、13),其中,在串联的最后一个压缩级之后连接有压力容器(10),在所述压力容器(10)中能够存储借助压缩机(3、8、9)压缩的气体(1),借助所述蓄热装置能够存储由于气体(1)压缩而形成的压缩热,其特征在于,蓄热装置(7)连接在每个压缩级的气流路径(11、12、13)中,蓄热器(4、5、6)配有蓄热器顺序,并且每个压缩级的气流路径(11、12、13)以蓄热器顺序依次穿过所述蓄热器(4、5、6),其中,每个蓄热器(4、5、6)都配有预设的最小温度,并且蓄热装置(7)具有至少一个加热设备(18、19、20),借助所述加热设备能够将每个蓄热器(4、5、6)加热至配给该蓄热器的最小温度,其中,配给所述蓄热器(3、4、5)的最小温度以蓄热器顺序下降。

2. 根据权利要求1所述的设备,其特征在于,蓄热器(4、5、6)的温度以所述蓄热器顺序下降。

3. 根据权利要求1或2所述的设备,其特征在于,在每个压缩级的气流路径(11、12、13)中连接有蓄热器(4、5、6)的串联,其中,蓄热器(4、5、6)在每个所述气流路径(11、12、13)中以相同的顺序依次连接。

4. 根据权利要求1或2所述的设备,其特征在于,每个蓄热器(4、5、6)具有流体的蓄热介质(22、23、24),在所述蓄热介质中能够存储压缩热的一部分。

5. 根据权利要求4所述的设备,其特征在于,顺序第一的蓄热器(4)的预设的最小温度为至少100℃,并且该蓄热器的蓄热介质(22)是丙三醇。

6. 根据权利要求5所述的设备,其特征在于,连接在顺序第一的蓄热器(4)之后的蓄热器(5、6)的预设的最小温度小于100℃,并且所述蓄热器的蓄热介质(23、24)是水。

7. 根据权利要求1或2所述的设备,其特征在于,所述气体(1)是空气。

8. 根据权利要求1或2所述的设备,其特征在于,具有多个膨胀设备(14、15)和多个串联的膨胀级,借助所述膨胀设备能够使气体膨胀,所述膨胀级分别包括一个膨胀设备(14、15)和连接在所述膨胀设备之前的气流路径(16、17),其中,在顺序第一的膨胀级之前连接有压力容器(10),在每个膨胀级的气流路径(16、17)中连接有蓄热装置(7),并且每个膨胀级的气流路径(16、17)逆向于蓄热器顺序穿过所述蓄热器(4、5、6)。

9. 根据权利要求8所述的设备,其特征在于,在顺序最后的压缩级的气流路径(13)中在蓄热装置(7)与压力容器(10)之间连接有蓄冷设备(21),所述蓄冷设备此外还连接在每个膨胀设备(14、15)之后并且能够通过膨胀的气体(1)的冷量被冷却,从而能够借助蓄冷设备(21)冷却输入压力容器(10)中的气体。

10. 根据权利要求9所述的设备,其特征在于,蓄冷设备(21)还额外地在顺序第一的膨胀级的气流路径(16)中连接在蓄热装置(7)之前,从而使输入膨胀级的气体能够借助蓄冷设备(21)被预热。

11. 一种用于暂时存储气体和热量的方法,其中,气体(1)在多个压缩级中被依次压缩并且随后存储在至少一个压力容器(10)中,并且其中,在每次压缩后由气体(1)压缩而形成的压缩热被存储在多个蓄热器(4、5、6)中,其特征在于,所述蓄热器(4、5、6)配有蓄热器顺序,并且气体(1)在每次压缩之后都以蓄热器顺序依次穿过蓄热器(4、5、6),从而使压缩热

散发到蓄热器(4、5、6)中,其中,每个蓄热器(4、5、6)配有预设的最小温度,并且每个蓄热器(4、5、6)借助至少一个加热设备至少保持配给该蓄热器的最小温度,其中,配给蓄热器的最小温度以蓄热器顺序下降。

12.根据权利要求11所述的方法,其特征在于,蓄热器(4、5、6)的温度以蓄热器顺序下降。

13.根据权利要求11或12中任一项所述的方法,其特征在于,存储在压力容器(10)中的气体(1)在多个膨胀级中依次膨胀,其中,气体(1)在每次膨胀之前逆向于蓄热器顺序依次穿过蓄热器(4、5、6)并且由此被加热。

用于暂时存储气体和热量的设备和方法

[0001] 本发明涉及一种用于暂时存储气体和热量的设备,所述设备带有至少一个压力容器、多个压缩机、多个串联的压缩级和包括多个蓄热器的蓄热装置,借助所述压缩机能够压缩气体,所述压缩级分别包括一个压缩机和连接在该压缩机之后的气流路径,其中,在串联的最后一个压缩级之后连接有压力容器,在所述压力容器中能够存储借助压缩机压缩的气体,借助所述蓄热装置能够存储由于气体压缩而形成的压缩热。本发明还涉及一种用于暂时存储气体和热量的方法,其中,气体在多个压缩级中被依次压缩并且随后存储在至少一个压力容器中,并且其中,在每次压缩后由气体压缩而形成的压缩热被存储在多个蓄热器中。

[0002] 文献DE 10 2010 050 428 A1公开了一种压力级-热量存储站,用于将能量以压力容器内可压缩介质中的压力能形式以及热量形式暂时存储,所述压力级-热量存储站带有至少一个存入压力级和至少一个转存压力级,所述存入压力级串联地具有至少一个压缩设备和至少一个换热设备,所述转存压力级串联地具有至少一个换热设备和至少一个膨胀设备,其中,存入压力级的数量不等于转存压力级的数量。

[0003] 在多种技术应用中产生过程热,所述过程热必须被排出。例如利用被排出的过程热的是中央供暖站和远距离供热。通常还应该从能源技术方面有利地再循环所述热量。直接再循环可以例如通过直流和对流方法中的热交换实现,这通常实现较高的节能。

[0004] 在机械的能量存储器中,能量再循环对于可接受的总效率不可或缺的前提。然而作为直流或对流过程的动态方法不一定是适宜的,因为能量存储器的蓄能和释能应该在时间上尽可能远地相互分开。与此相对地,市场上常见的换热器的特点在于其连续的、同时的并联或反并联的通量。存储介质的流动需要可以节约的用于循环的额外能量耗费。

[0005] 当能量以压缩空气方式被存储时,必然在压缩时形成热量(热力学第一定律)。

[0006] 最简单来说,所述热量是理想的绝热压缩机的示例。所述热量理论上约为所消耗的压缩功的1/3。实际上,所述热量通常排放至环境中,并且热量损失通常还明显较高,约为所消耗的压缩功的2/3。因此本发明尤其针对绝热压缩空气蓄能站(英文为Adiabatic Compressed Air Energy Storage,ACAES)。在此,此处的形容词“绝热”不应严格地在热动态意义上理解(完全不与环境发生热交换),而是应该表示,在压缩时形成的热量应该尽可能最多地被再循环。

[0007] 根据理想气体热力学状态方程 $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$ (实际气体范德华方程仅导致约为10%的修正值)并且根据双原子气体的热力学状态方程 $U = 5/2 \cdot n \cdot R \cdot T$ (空气中99%是双原子气体)可知,对于给定体积V的作功气体来说通过提高温度T或提高物质的量n或提高这二者能够提高压力p。这至少等于气体的内能或焓 $H = U + p \cdot V$ 的提高。R表示通用的气体常数。

[0008] 对于系统的能量获得或者说焓获得来说无关紧要的是,这种压力增加是通过提高压力容器中的摩尔数还是通过温度提高,也就是分子运动提高所致。

[0009] 通过输入或再循环压缩热,在这种几乎绝热的系统中能够实现理论上远在传统压缩机或涡轮机之上的总体效率。

[0010] 在实践中大型高压容器的绝热隔离可能无法实现的。因为要在压力容器外部设置

热绝缘部,然后还要加热容器壁。然后基于压力容器的巨大热容,压缩热仅导致容器壁略微的温度提高,然后在此极低的温度水平上基本上放丧失了切实可行的、直接的再循环。在高压容器内部设置的热绝缘部相反则处于极高的压力和温度波动下(数百bar、数百卡尔文),所述压力和温度波动时间一长就将损毁热绝缘部。因此,应该使高压容器处于其周围环境的温度水平。

[0011] 这导致压缩热的必要的中间存储。为此则出现其他的原理性问题:虽然热量在较高的温差下能良好地传递并且这种较高温差在热机中原则上是有利的(参照卡诺效率),但由于对流、管路和尤其辐射所造成的损耗(根据斯特藩玻尔兹曼定律,与温度的四次方成正比)同样相应地增加。

[0012] 因此高温蓄热器原则上并不像其在储能中所预期的那样适用于较长的时间范围。此外,已知的高温存储器的不足还在于,所述高温和高压差机械损坏存储材料(例如岩石)并且由此导致的颗粒在膨胀时会向涡轮叶片喷砂。

[0013] 相变材料或者说Phase-Change-Materials (PCM) 不适用于所产生的温差或者说尚处于研究阶段。相变材料随着时间退化,并且根据现有知识水平并不足够高效。而且已知的工业用吸收存储器硅胶和硅酸盐也不适用,因为压缩热的大部分出现在其释能温度以下,而热量传递是连续过程而非离散过程。采用所述材料则仅能再循环相对较少的热量份额,该热量份额处于其卸载温度以上。大部分的剩余热量份额就会在较低的温度水平上丧失。

[0014] 一种解决方案可以是多级式低温蓄热器。在思维实验中可以理解,这种构造的绝热或者说几乎绝热的压缩空气蓄能站则可以无关于卡诺效率,为此将压缩机布置在绝热隔离的压力容器内部。那么其余热必须传递给做功气体,从而在理论上压缩机的能量可以被完全利用。

[0015] 由此,本发明所要解决的技术问题在于,改进前述类型的设备和方法,从而能够尽可能多地将压缩热存储在蓄热装置中。

[0016] 所述技术问题根据本发明通过一种用于暂时存储气体和热量的设备和一种用于暂时存储气体和热量的方法解决。

[0017] 根据本发明的用于暂时存储气体和热量的设备具有一个或至少一个压力容器、多个压缩机、多个串联的压缩级和包括多个蓄热器的蓄热装置,借助所述压缩机能够使气体压缩,所述压缩级分别包括一个压缩机和连接在该压缩机之后的气流路径,其中,在串联的最后一个压缩级之后连接有压力容器,在所述压力容器中能够存储借助压缩机压缩的气体,借助所述蓄热装置能够存储由于气体压缩而形成的压缩热,其中,蓄热装置连接在每个压缩级的气流路径中,蓄热器配有蓄热器顺序,并且每个压缩级的气流路径尤其基于相应的气流方向以蓄热器顺序依次穿过所述蓄热器。优选地,压缩热由此能够在每个压缩级中尤其分级地散发到蓄热器中。

[0018] 根据本发明,在每个压缩级的气流路径中连接有蓄热器的串联,其中,蓄热器在每个所述气流路径中以相同的顺序依次连接。蓄热装置由此构成连接在每个压缩机之后的分级式蓄热器,所述分级式蓄热器的级别通过蓄热器构成。在此优选蓄热器的温度以蓄热器顺序下降。与传统的技术方案相比,通过根据本发明的设备使明显更高份额的压缩热存储在蓄热装置中。尤其蓄热装置能够在低温下运行,并且优选即使在低温下也运行。

[0019] 压缩级的数量优选为两个、至少为两个、三个或至少三个。压缩机的数量尤其相当

于压缩级的数量。优选地,每个压缩级包括恰好一个压缩机。优选地,每个压缩机配给和/或设置用于恰好一个压缩级。蓄热装置和/或蓄热器尤其不包括压缩机。

[0020] 每个压缩机还可以被称为压气机(Kompressor)或压缩机器。例如每个压缩机是涡轮增压机、螺旋压缩机或活塞压缩机。

[0021] 压力容器优选相对于环境不是隔热的。优选存储在所述压力容器中的气体具有环境温度或近似环境温度。压力容器可以例如包括多个依次先后连接的压力容器件(Druckbehälter)和/或由压力容器件组成。

[0022] 优选蓄热器在热力学上相互隔离和/或相对于环境隔离。由此可以避免调整在蓄热器之间的热力学平衡。

[0023] 优选地,每个蓄热器配有预设的最小温度。尤其每个蓄热器具有至少一个配给它的最小温度。配给蓄热器的最小温度以蓄热器顺序有利地下降。

[0024] 根据一种改进方式,蓄热装置具有一个、至少一个或多个加热设备。优选地,蓄热器能够通过一个或多个加热设备加热。尤其每个蓄热器能够通过一个或多个加热设备加热至配给它的最小温度和/或至少保持在所述最小温度。由此可以确保的是,每个蓄热器至少具有配给它的最小温度。优选地,每个蓄热器具有一个加热设备或多个加热设备。尤其每个蓄热器能够通过其加热设备加热至配给它的最小温度和/或至少保持在所述最小温度。由此能够迫使形成在蓄热器之间的所述温差和/或温差。加热设备尤其确保的是,压缩热向蓄热器的传递以期望的最小温度水平下或在期望的最小温度水平的区域中进行。有利地,蓄热器的温度和/或最小温度以蓄热器顺序下降。加热设备或每个加热设备尤其构造为电加热设备。

[0025] 优选地,每个蓄热器具有蓄热介质,压缩热的尤其一部分能够存储在所述蓄热介质中。优选地,每个蓄热介质是流体的。有利地,蓄热器是无源的。对此尤其应该理解为,每个蓄热器的蓄热介质不环流和/或不循环。优选地,压缩热向蓄热介质的输入尤其仅仅或优选通过对流进行。

[0026] 根据一种设计方案,顺序第一的蓄热器的预设的最小温度为100℃、接近100℃、最少100℃和/或高于100℃。尤其顺序第一的蓄热器的蓄热介质是丙三醇(也称甘油)。优选地,丙三醇仅用作顺序第一的蓄热器的蓄热介质。丙三醇(分子式: $C_3H_8O_3$)例如作为制造生物燃油的剩余产物被废弃,并且由此来说成本低廉地购得。

[0027] 对于根据基础公式 $Q=m \cdot c_p \cdot \Delta T = \rho \cdot c_p \cdot \Delta T$ 的蓄热介质的适合性来说关键在于, $c_p \cdot \rho$ 的乘积、也即热容乘以密度,丙三醇的乘积($3.06 \cdot 10^6 J/m^3 K$)是硅油树脂的乘积($1.50 \cdot 10^6 J/m^3 K$)的两倍并且达到水的数值的约70%,水的数值异乎寻常地高($4.40 \cdot 10^6 J/m^3 K$)。在此,Q是指输入或提取自蓄热介质的热量,m是指蓄热介质的质量, c_p 是指蓄热介质的热容, ρ 是指蓄热介质的密度并且 ΔT 是指蓄热介质的初始温度和最终温度的差。丙三醇的导热系数($0.286 W/mK$)同样是硅油树脂的导热系数的两倍。因此相对环保的丙三醇是相对更加合适的蓄热介质。

[0028] 顺序第一的蓄热介质和/或顺序第一的蓄热器的蓄热介质的最大温度尤其在200℃以下。一方面,该最大温度低于丙三醇的沸点(丙三醇的沸点=290℃),另一方面,在200℃的温度以下不会使丙三醇转化为有毒的丙烯醛(也称为Acrylaldehyd,分子式: C_2H_4O)。

[0029] 根据一种改进方式,蓄热器分别具有蓄热容器,相应的蓄热介质能够引入所述蓄

热容器中。每个蓄热容器可以开放或闭合地构成。

[0030] 优选地,顺序第一的蓄热器的蓄热容器或顺序第一的蓄热器的至少一个蓄热容器闭合地构成。由此可以应付丙三醇的从约150℃开始出现的雾化或蒸汽形成。通过加热设备和/或通过循序第一的蓄热器的最小温度的保持尤其还可以确保的是,在运行时不低于丙三醇的相对较高的熔点(丙三醇的熔点=18℃)。

[0031] 每个蓄热器和/或蓄热容器包括每个压缩级优选一个、至少一个或恰好一个气体输入管。优选地,气体输入管穿过相应的蓄热器和/或蓄热容器,并在此尤其被相应的蓄热介质包围。例如气体输入管在相应的蓄热器和/或蓄热容器中分别蜿蜒地、螺旋或螺纹状或直线地延伸。尤其每个压缩级的气体输入管串联,优选以蓄热器顺序串联。优选地,由每个压缩级的气体输入管组成的串联管线连接在相应的压缩级的气流路径中。每个蓄热器和/或蓄热容器的气体输入管尤其布置在相应的蓄热介质中。通过每个蓄热器和/或蓄热容器的气体输入管能够使热量在气体与相应的蓄热介质之间交换。

[0032] 优选地,蓄热装置具有两个、至少两个、三个或至少三个蓄热器。所述蓄热器或连接在每个顺序第一的蓄热器之后的蓄热器的预设的最小温度优选小于100℃。所述蓄热器或连接在每个顺序第一的蓄热器之后的蓄热器的蓄热介质尤其是水或丙三醇。

[0033] 蓄热器尤其是无压力的。对此应该理解为,蓄热器和/或蓄热介质尤其具有环境压力(“无压力”是指相对于环境“无过压”)。

[0034] 每个蓄热器可以例如通过其蓄热介质的量和/或填充度将其热容调整到期望的程度。尤其每个蓄热器的热容通过添加和/或取出相应的输入介质而提高和/或降低。例如由此可以根据需要降低和/或提高相应的蓄热器的运行温度。

[0035] 根据一种改进方式,气体是空气。空气在地球上通常是广泛可用的。因此,被压缩的气体也可以称为压缩空气。此外,压缩机也可以称为压缩空气压缩机和/或压力容器也可以称为压缩空气容器。

[0036] 每个压缩机在输出侧尤其连接在相应的压缩级的气流路径上。优选地,顺序最后的压缩级的气流路径在输出侧连接在压力容器和/或压力容器的入口处。顺序第一的压缩级的压缩机在输入侧优选连接在空气储存器或气体储存器上或朝环境敞开。但优选在顺序第一的压缩级之前连接有至少一个气体或空气制备设备,所述气体或空气制备设备例如包括气体过滤器或空气过滤器和/或除湿器。

[0037] 根据一种设计方案,在顺序最后的压缩级的气流路径中在蓄热装置与压力容器之间连接有蓄冷器设备。借助所述蓄冷器设备能够冷却优选输入压力容器的气体,尤其冷却至环境温度以下。通过冷却输入压力容器的气体能够去除湿气和/或将湿气从气体中冷凝出。这是有利的,因为由此向压力容器输入尽可能少的湿气。蓄冷设备包括优选冷却介质,通过所述冷却介质能够从输入压力容器的气体中提取热量。此外,蓄冷设备还包括优选循环泵,借助所述循环泵尤其能够使冷却介质循环。

[0038] 气体穿过压缩机、尤其在中间连接有蓄热装置和/或蓄热器的情况下穿流至压力容器所经过的路径和/或气体穿过压缩机、尤其在中间连接有蓄热装置和/或蓄热器的情况下穿流至压力容器所经过的路径优选也被称为压缩路径。

[0039] 根据一种设计方案,一个或多个或至少一个压缩机尤其还构成一个膨胀设备或分别还构成一个膨胀设备,借助所述膨胀设备能够使气体膨胀。优选地,所述压缩级或每个压

缩级、压缩级的压缩机还构造为膨胀设备，还构成膨胀级。构造为膨胀设备的压缩机例如称为组合式压缩膨胀机器。组合式压缩膨胀机器包括例如加装在气缸盖上的二冲程柴油机，所述二冲程柴油机为了进行存储和压缩而在电动机的驱动下作为压缩机工作并且产生压缩空气。在再循环和膨胀时，组合式压缩膨胀机器作为压缩气体发动机工作，并且电动机变为发电机。这允许简单且紧凑的系统。而且还能够实现涡轮压缩机。

[0040] 根据一种改进方案，根据本发明的设备具有所述一个或至少一个膨胀设备和所述一个或至少一个膨胀级，借助所述膨胀设备能够使气体膨胀，所述膨胀级包括膨胀设备和连接在所述膨胀设备之前的气流路径，其中，在所述膨胀级之前连接有压力容器，蓄热装置连接在膨胀级的气流路径中，并且膨胀级的气流路径尤其参照气流方向以相反的蓄热器顺序依次穿过所述蓄热器。因此，输入膨胀设备的气体优选被蓄热器尤其分级地加热。

[0041] 但根据本发明的设备还有利地包括所述一个或多个膨胀设备，借助所述膨胀设备能够使其他膨胀，并且包括所述或多个串联的膨胀级，所述膨胀级分别包括膨胀设备和连接在所述膨胀设备之前的气流路径，其中，在顺序第一的膨胀级之前连接有压力容器，蓄热装置连接在每个膨胀级的气流路径中，并且每个膨胀级的气流路径尤其参照相应的气流方向以相反的蓄热器顺序依次穿过所述蓄热器。因此，输入每个膨胀设备的气体优选被蓄热器、尤其分级地加热。

[0042] 根据第一变型方案，所述一个或多个或至少一个压缩机尤其还构成一个膨胀设备或分别还构成一个膨胀设备(如上所述)。由此可以节省材料。根据第二变型方案，压缩机和所述膨胀设备或多个膨胀设备构成尤其相互分隔和/或不同的设备和/或机器。由此各个相应的设备和/或机器可以在其相应的任务方面优化地设置。

[0043] 气体从压力容器开始、尤其在中间连接有蓄热装置和/或蓄热器的情况下直至穿过一个膨胀设备或多个膨胀设备所流经的路径和/或气体从压力容器开始、尤其在中间连接有蓄热装置和/或蓄热器的情况下直至穿过所述膨胀设备或多个膨胀设备所流经的路径优选也称为膨胀路径。

[0044] 根据第一备选方案，尤其当至少一个压缩机构造为膨胀设备时，膨胀路径与压缩路径完全或部分或至少部分一致。根据第二备选方案，尤其当压缩机和膨胀设备或多个膨胀设备构成相互独立和/或不同的设备和/或机器时，膨胀路径与压缩路径分离。

[0045] 因为气体在膨胀时冷却，所以一个膨胀设备或多个膨胀设备会结冰。通过连接在所述膨胀设备或每个膨胀设备之前的蓄热装置事先加热气体，从而可以克服结冰。

[0046] 膨胀级的数量为优选一个、至少一个、两个或至少两个。尤其膨胀级的数量相当于膨胀设备的数量。每个膨胀级优选包括恰好一个膨胀设备。优选地，每个膨胀设备配给恰好一个膨胀级和/或设置在恰好一个膨胀级中。蓄热装置和/或蓄热器尤其不包括膨胀设备。膨胀级的数量优选小于或等于压缩级的数量。

[0047] 根据第一备选方案，每个蓄热器和/或蓄热容器包括优选一个、至少一个或恰好一个气体回流管。气体回流管尤其串联，优选反向于蓄热器顺序串联。由气体回流管组成的串联管线优选连接在膨胀级的气流路径中。

[0048] 根据第二备选方案，每个蓄热器和/或蓄热容器包括每个膨胀级优选一个、至少一个或恰好一个气体回流管。每个膨胀级的气体回流管尤其串联，优选反向于蓄热器顺序串联。由每个膨胀级的气体回流管组成的串联管线优选连接在相应的膨胀级的气流路径中。

[0049] 根据第一变型方案,气体回流管与气体输入管尤其完全或部分或至少部分相同。根据第二变型方案,气体回流管尤其涉及与气体输入管分离的管路。

[0050] 气体回流管优选穿过相应的蓄热器和/或蓄热容器,并且在此尤其被相应的蓄热介质包围。例如每个蓄热器和/或蓄热容器中的气体回流管例如分别回形地、螺旋或螺纹状或直线地延伸。每个蓄热器的所述一个气体回路管或多个气体回流管分别尤其布置在相应的蓄热介质中和/或被蓄热介质包围。通过每个蓄热器和/或蓄热容器的所述一个气体回流管或多个气体回流管尤其能够使热量在气体与相应的蓄热介质之间交换。

[0051] 膨胀设备或每个膨胀设备优选是膨胀机器。例如膨胀设备或每个膨胀设备是涡轮机、螺旋膨胀机或活塞机器。

[0052] 每个膨胀设备在入口侧尤其连接在相应的膨胀级的气流路径上。优选地,顺序第一的膨胀级的气流路径在入口侧尤其连接在压力容器上和/或压力容器的出口处。顺序最后的膨胀级的膨胀设备在输出侧优选连接在空气存储器或气体存储器上或朝环境敞开。

[0053] 压力容器的入口和出口尤其是不同的。根据一种备选方案,尤其当至少一个压缩机还构造为膨胀设备时,压力容器的入口例如与压力容器的出口相同。

[0054] 优选地,所述一个膨胀设备或多个膨胀设备与至少一个机器,尤其是机械地耦连。借助所述一个膨胀设备或多个膨胀设备优选能够驱动至少一个机器。有利地,每个膨胀设备与一个机器尤其机械地耦连,所述机器尤其能够通过相应的膨胀设备驱动。至少一个或多个机器是或包括尤其至少一个或多个发电机。借助至少一个或多个发电机尤其可以产生电能和/或电流。

[0055] 一个电加热设备或多个电加热设备例如与一个或多个发电机相连或可相连。所述一个电加热设备或多个电加热设备尤其能够通过一个或多个发电机被供应电能。一个电加热设备或多个电加热设备优选用作一个或多个发电机的一个负载电阻或多个负载电阻。

[0056] 在根据本发明的设备中以压缩气体和热量形式存储的能量由此能够用于做功和/或用于产生电能。尤其当根据本发明的设备具有所述膨胀设备或多个膨胀设备时,根据本发明的设备是或构成优选压缩空气蓄能站或压缩空气蓄能站的一部分。

[0057] 压力容器能通过压缩机和/或压缩级以气体填充。尤其、优选在第一过程级中压力容器通过压缩级以气体填充。此外,压力容器优选能够通过一个膨胀级或多个膨胀级被排空。尤其、优选在第二过程级中压力容器能够通过一个膨胀级或多个膨胀级被排空。根据一种设计方案,压力容器在第一过程级中被压缩的空气填充,随后存储在压力容器中的压缩气体在第二过程级中膨胀。所述过程级尤其不同时进行,而是先后依次进行。例如可以在过程级之间具有较长的时间间隔、例如数小时。

[0058] 压缩级与所述一个膨胀级或多个膨胀级优选不同时运行,而是先后依次运行。

[0059] 在第一过程级中,当填充压力容器时,通过由蓄热装置导致的热量输出所造成的气体的压力减少尤其降低了压力容器中气体的压力并因此阻力,压缩机必须克服所述阻力作用。在第二过程级中,在膨胀时排空蓄热器时,由蓄热装置导致的热量输入提高了有效压力,由此压力容器尤其更缓慢地排空,并且更长时间地满足存储的气体储备。

[0060] 优选地,在顺序最后的压缩级与压力容器之间连接一个或多个第一隔离栓,借助所述隔离栓能够使压力容器相对于压缩级隔离。优选地,在压力容器与所述膨胀级或顺序最后的膨胀级之间连接一个或第二隔离栓,借助所述隔离栓能够使压力容器相对于所述一

个膨胀级或多个膨胀级隔离。优选地,在顺序最后的压缩级与压力容器之间连接一个或第一止回阀,借助所述止回阀能够避免气体从压力容器向压缩级回流。在多个压力容器与所述膨胀级或顺序第一的膨胀级之间优选连接一个或第二止回阀,借助所述止回阀能够实现气体从压力容器流出至所述一个膨胀级或多个膨胀级。如果压力容器的出口与压力容器的入口相同,则第一止回阀优选与第一隔离栓串联,并且第二止回阀优选与第二隔离栓串联,其中,这两个串联装置尤其相互并联。在此,止回阀优选反向和/或彼此相反地连接和/或定向。

[0061] 根据一种改进方案,蓄冷设备此外还连接在每个膨胀设备之后,并且优选通过被膨胀气体的冷量被冷却。通过蓄冷设备的冷却,例如能够使输入压力容器中的气体被蓄冷设备冷却。尤其能够通过膨胀的气体从冷却介质中提取热量。蓄冷设备还在顺序第一的膨胀级的气流路径中优选连接在蓄热装置之前,从而使输入膨胀级的气体能够借助蓄冷设备被预热。尤其能够通过冷却介质向输入膨胀级的气体输入热量。这例如在蓄冷设备和/或冷却介质通过输入压力容器的气体的冷却被加热之后实现。由此,从输入压力容器的气体提取的热量能够用于预热输入膨胀级的气体。蓄冷设备具有例如斯特林发动机,借助所述斯特林发动机能够驱动蓄冷设备的循环泵,尤其还不必输入额外的能量来运行循环泵。蓄冷设备例如还被称为Hypo冷却器(Hypokühler)。

[0062] 优选地,蓄冷设备尤其作为低温蓄热器使用膨胀设备之后膨胀的气体的冷量,首先用于冷却介质的温度下降。冷却介质随后则在蓄热装置之后从压缩的气体提取热量(尤其剩余热量),并且将压缩的气体以该方式冷却,尤其直至低于环境温度。由此压缩的气体还额外地被除湿,随后气体进入压力容器。反之,压缩的气体当在蓄冷设备中膨胀和/或再循环时优选已经以两级的方式被预热,随后气体穿过蓄热装置并且到达膨胀设备。优选地,蓄冷设备的冷却介质此外还用于至少一个或多个电再循环单元的冷却,所述电再循环单元尤其连接在至少一个或多个发电机之后,并且例如包括至少一个或多个电换向器。使用蓄冷设备是特别有利的,因为可以充分利用尤其所述膨胀设备或多个膨胀设备的冷却。

[0063] 概念“气流路径”尤其被理解为一个物体或由多个物体组成的装置,通过所述一个物体或装置能够导通气体和/或借助所述一个物体或装置能够建立气体导通的连接。例如每个气流路径是或包括气体管路或气体管路的串联管线。

[0064] 根据一种设计方案可行的是,所述一个或至少一个膨胀设备还构成一个压缩机,和/或一个或至少一个膨胀级还构成一个压缩级。此外还可行的,每个膨胀设备还构成一个压缩机和/或每个膨胀级还构成一个压缩级。

[0065] 此外,本发明还涉及一种用于暂时存储气体和热量的方法,其中,气体在多个压缩级中被依次压缩并且随后存储在一个或至少一个压力容器中,在每次压缩后由气体压缩而形成的压缩热被存储在多个蓄热器中,并且其中,蓄热器配有蓄热器顺序,并且气体在每次压缩之后以蓄热器顺序依次穿过蓄热器,从而使压缩热尤其分级地散发到蓄热器中。

[0066] 根据本发明的方法优选利用根据本发明的设备实施。优选地,根据本发明的设备用于实施根据本发明的方法。根据本发明的方法尤其能够根据所有结合根据本发明的设备所阐述的设计方案进行改进。此外,根据本发明的设备可以根据所有结合根据本发明的方法所阐述的设计方案进行改进。

[0067] 优选地,每个蓄热器配有所述或预设的最小温度。尤其每个蓄热器具有至少一个

配给该蓄热器的最小温度。有利地，配给蓄热器的最小温度以蓄热器顺序降低。优选地，每个蓄热器加热至配给该蓄热器的最小温度和/或至少保持在所述最小温度。

[0068] 每个蓄热器包括优选一个压缩机。例如每个压缩机是涡轮压缩机、螺旋压缩机或活塞压缩机。每个压缩机尤其压缩相应的压缩级中的气体。

[0069] 根据一种设计方案，存储在压力容器中的气体在至少一个膨胀级中膨胀，其中，气体在膨胀之前逆向于蓄热器顺序依次穿过蓄热器，并且由此尤其分级地被加热。优选地，然而存储在压力容器中的气体以多个膨胀级依次膨胀，其中，气体在每此膨胀之前逆向于蓄热器顺序依次穿过蓄热器，并且由此尤其分级地被加热。

[0070] 所述一个或每个膨胀级包括优选一个膨胀设备。所述一个或每个膨胀设备例如是膨胀机器、例如涡轮机或活塞机器。所述一个或每个膨胀机器尤其通过在所述一个或相应膨胀级中膨胀的气体被驱动。

[0071] 根据第一变型方案，所述一个或多个或至少一个压缩级尤其还构成或分别还构成膨胀级。根据第二变型方案，多个压缩级尤其与所述一个膨胀级或多个膨胀级相互分离和/或不同。

[0072] 优选地，通过膨胀的气体和/或通过所述一个膨胀设备或多个膨胀设备尤其机械地驱动至少一个或多个机器。所述至少一个或多个机器是或包括尤其至少一个或多个发电机。所述至少一个或多个发电机产生尤其电能和/或电流。

[0073] 优选在所述一个或第一过程级中，压力容器优选通过压缩机被气体填充。此外，优选在所述一个或第二过程级中，压力容器通过所述一个膨胀级或多个膨胀级被排空。尤其压力容器在第一过程级中被气体填充，随后存储在压力容器中的压缩气体在第二过程级中膨胀。所述过程级优选不是同时而是向后依次进行。第二过程级有利地在第一过程级之后进行。

[0074] 根据一种设计方案，输入压力容器的气体在最后的蓄热器穿流之后被冷却介质冷却，尤其冷却至环境温度以下。由此可以从输入压力容器的气体中去除湿气和/或使湿气从气体中冷凝出。

[0075] 根据一种改进方案，冷却介质在每次膨胀之后通过膨胀后气体的冷量被冷却。通过冷却介质的冷却，例如可以使输入压力容器的气体被冷却介质冷却。优选地，输入所述一个或第一膨胀级的气体在所述一个或第一蓄热器穿流之后借助冷却介质被预热。这例如在冷却介质被冷却输入压力容器的气体加热之后实现。由此可以使用从输入压力容器的气体中提取的热量，用于加热输入所述一个或多个膨胀级的气体。

[0076] 以下根据优选的实施例参照附图对本发明进行阐述。在附图中：

[0077] 图1示出根据本发明的实施方式的示意图。

[0078] 由图1显而易见根据本发明的一种实施方式的示意图，其中，源自环境2中的空气1借助第一压缩机3被压缩，所述空气随后依次穿过蓄热装置7的多个蓄热器4、5和6。随后，空气1被第二压缩机8额外地压缩，并且随后依次穿过蓄热器4、5和6。随后，压缩空气被第三压缩机9进一步压缩，并且随后依次穿过蓄热器4、5和6。随后，空气1存储在压力容器10中。空气1的各个流动方向通过箭头或箭头尖端指示。压缩机 (Verdichter) 3、8和9也被称为压气机。

[0079] 在每个压缩机之后连接气流路径，所述气流路径与相应的压缩机共同构成一个压

缩级。在此,在压缩机3之后连接有气流路径11,在压缩机8之后连接有气流路径12,并且在压缩机9之后连接有气流路径13。气流路径11将压缩机3的出口与压缩机8的入口相连,气流路径12将压缩机8的出口与压缩机9的入口相连,并且气流路径13将压缩机9的出口与压力容器10的入口“in”相连。压缩机3的入口朝环境敞开。在每个所述气流路径中连接有蓄热装置7,其中,蓄热器4、5和6沿每个气流路径11、12和13中的空气1的流动方向具有相同的顺序。

[0080] 如果压力容器10被充分填充,则存储在压力容器10中且处于压力下的空气1用于驱动一个或多个涡轮机14和15形式的膨胀设备。为此存储在压力容器10中的空气依次穿过蓄热器6、5和4并且输入第一涡轮机14。随后,压缩空气重新依次穿过蓄热器6、5和4并且输入第二涡轮机15。在第二涡轮机15之后空气1排放至环境2。

[0081] 在每个涡轮机之前都连接有气流路径,所述气流路径与相应的涡轮机共同地构成膨胀级。在此,在涡轮机14之前连接有气流路径16,在涡轮机15之前连接有气流路径17。气流路径16将压力容器10的出口“out”与涡轮机14的入口相连,并且气流路径17将涡轮机14的出口与涡轮机15的入口相连。涡轮机15的出口朝环境2敞开。在每个气流路径中都连接有蓄热装置7,其中,蓄热器6、5和4沿每个气流路径16和17中的空气的流动方向具有相同的顺序。然而空气1以与压缩级中相反的方向穿过膨胀级中的蓄热器。

[0082] 所阐述的过程双级式地进行。在第一过程级中,压力容器10被空气填充。在随后的第二过程级中,排空压力容器10并且使用存储在压力容器中的空气来驱动涡轮机14和15。如果压力容器10中的空气耗尽或压力容器10中的空气的压力低于极限值,则可以重复第一过程级。因此,两个过程级依次先后进行而非同时进行。

[0083] 蓄热器4、5和6分别具有加热设备18、19和20,从而使蓄热器4、5和6通过加热设备18、19和20保持在最小温度,这些最小温度以蓄热器4、5和6的顺序降低。蓄热器由此具有沿4、5和6的顺序依次降低的温度。在此,蓄热器4的温度大于蓄热器5的温度,所述蓄热器5的温度又大于蓄热器6的温度。如果没有加热器,蓄热器4、5和6的温度就会保持平衡,例如与环境保持平衡。此外,蓄热器4、5和6还分别被蓄热介质22、23和24填充。第一蓄热器4的蓄热介质22尤其是丙三醇,因为第一蓄热器4的温度最少为100℃。其他的蓄热器5和6具有低于100℃的温度,并且被作为蓄热介质23和24的水填充。

[0084] 被压缩机1、8和9压缩的空气通过压缩被加热(压缩热)。空气为了填充压力容器10在每次压缩之后依次穿过蓄热器4、5和6,由此,压缩热至少部分排放至蓄热器并且逐步分级地存储在蓄热器中。

[0085] 在存储在压力容器10中的空气输入涡轮机14中之前,空气1依次穿过蓄热器6、5和4并且在此逐步被加热。随后,压缩空气输入涡轮机15中,然而事先重新依次穿过蓄热器6、5和4并且在此逐步被加热。空气在进入涡轮机之前的加热是有意义的,以便涡轮机不结冰。

[0086] 在最后的蓄热器6与压力容器10之间连接有蓄冷设备21,所述蓄冷设备21具有冷却介质25。在利用空气填充压力容器10的过程中,冷却介质25使在最后一次压缩之后从蓄热器6中排出的空气冷却至环境温度以下,从而能使水从空气中冷凝出并且不会收集在压力容器10中。蓄冷设备21此外还连接在每个涡轮机14和15之后,从而在涡轮机14和15的运行过程中使从涡轮机中流出的冷空气冷却冷却介质25。由此,被冷却的冷却介质25可以在下次填充压力容器10时再次用于冷却输入压力容器10的空气。但通过对冷却介质25的冷

却,还可以将热量输入从涡轮机中流出的空气,这导致对从涡轮机14中流出的空气的预热。蓄冷设备21此外还连接在气流路径16中,并且在此连接在气流路径17之前。由此,冷却介质25还可以用于预热从压力容器10中排出的空气。

[0087] 所述设备的意义和目的在于,通过传统的发电站、例如风力发电设备产成的多余电能(也即在能量产成的时刻不需要的能量)以压缩气体(此处为压缩空气)和热量的形式暂时存储。如果在之后的时刻出现更高的能量需求,则又可以重新释放存储的能量并且用于驱动涡轮机14和15。涡轮机14和15又可以驱动用于产生电能的发电机。

[0088] 以下给出可能的温度和压力的示例。

[0089] 第一蓄热器4的最小温度为100℃。第一蓄热器4的实际温度为100℃和120℃之间。第二蓄热器5的最小温度为65℃。第二蓄热器6的实际温度为65℃和90℃之间。第三蓄热器6的最小温度为30℃。第三蓄热器4的实际温度为30℃和60℃之间。

[0090] 第一过程级:

[0091] 第一压缩机3将源自环境的空气1压缩至3.4bar。压缩的空气基于压缩热则具有150℃的温度。随后,空气依次穿过蓄热器4、5和6。因为在进入蓄热器之前压缩的空气的温度高于所述蓄热器的温度,所以压缩的空气将热量散发到蓄热器中。在从蓄热器排出时,空气的温度比环境温度 T_u 高出大约15℃。

[0092] 第二压缩机8将空气进一步压缩至11.6bar,所述空气则具有120℃的温度。随后,空气依次穿过蓄热器4、5和6,并且将热量散发到蓄热器中。在从蓄热器中排出时,空气的温度比环境温度 T_u 高出大约15℃。

[0093] 第三压缩机9将空气附加地压缩至40℃,所述空气则具有150℃的温度。随后,空气依次穿过蓄热器4、5和6,并且将热量散发到蓄热器中。在空气从蓄热器中排出之后,空气穿过蓄冷设备21并且在蓄冷设备中冷却至环境温度以下。随后,空气以40bar的压力存储在压力容器10中。因为压力容器10相对于环境不是绝热的,所以存储在压力容器中的空气的温度与环境温度 T_u 平衡。

[0094] 在填充压力容器10之后,蓄热器4具有120℃的最终温度,蓄热器5具有90℃的最终温度,并且蓄热器6具有60℃的最终温度。

[0095] 第二过程级:

[0096] 为了运行涡轮机14和15,空气从压力容器10中排出,在蓄冷设备21中被预热并且随后依次穿过蓄热器6、5和4。由此空气加热至100℃并且输入涡轮机14。在涡轮机14之后空气在蓄冷设备21中预热并且随后依次穿过蓄热器6、5和4。由此空气加热至100℃并且输入涡轮机15。随后空气排放至环境。

[0097] 附图标记清单

[0098]	1	空气
[0099]	2	环境
[0100]	3	压缩机 (Verdichter) / 压气机 (Kompressor)
[0101]	4	蓄热器
[0102]	5	蓄热器
[0103]	6	蓄热器
[0104]	7	蓄热装置

[0105]	8	压缩机 (Verdichter) / 压气机 (Kompressor)
[0106]	9	压缩机 (Verdichter) / 压气机 (Kompressor)
[0107]	10	压力容器
[0108]	11	气流路径
[0109]	12	气流路径
[0110]	13	气流路径
[0111]	14	膨胀设备/涡轮机
[0112]	15	膨胀设备/涡轮机
[0113]	16	气流路径
[0114]	17	气流路径
[0115]	18	加热设备
[0116]	19	加热设备
[0117]	20	加热设备
[0118]	21	蓄冷设备
[0119]	22	蓄热介质 (丙三醇)
[0120]	23	蓄热介质 (水)
[0121]	24	蓄热介质 (水)
[0122]	25	冷却介质
[0123]	in	压力容器的入口
[0124]	out	压力容器的出口

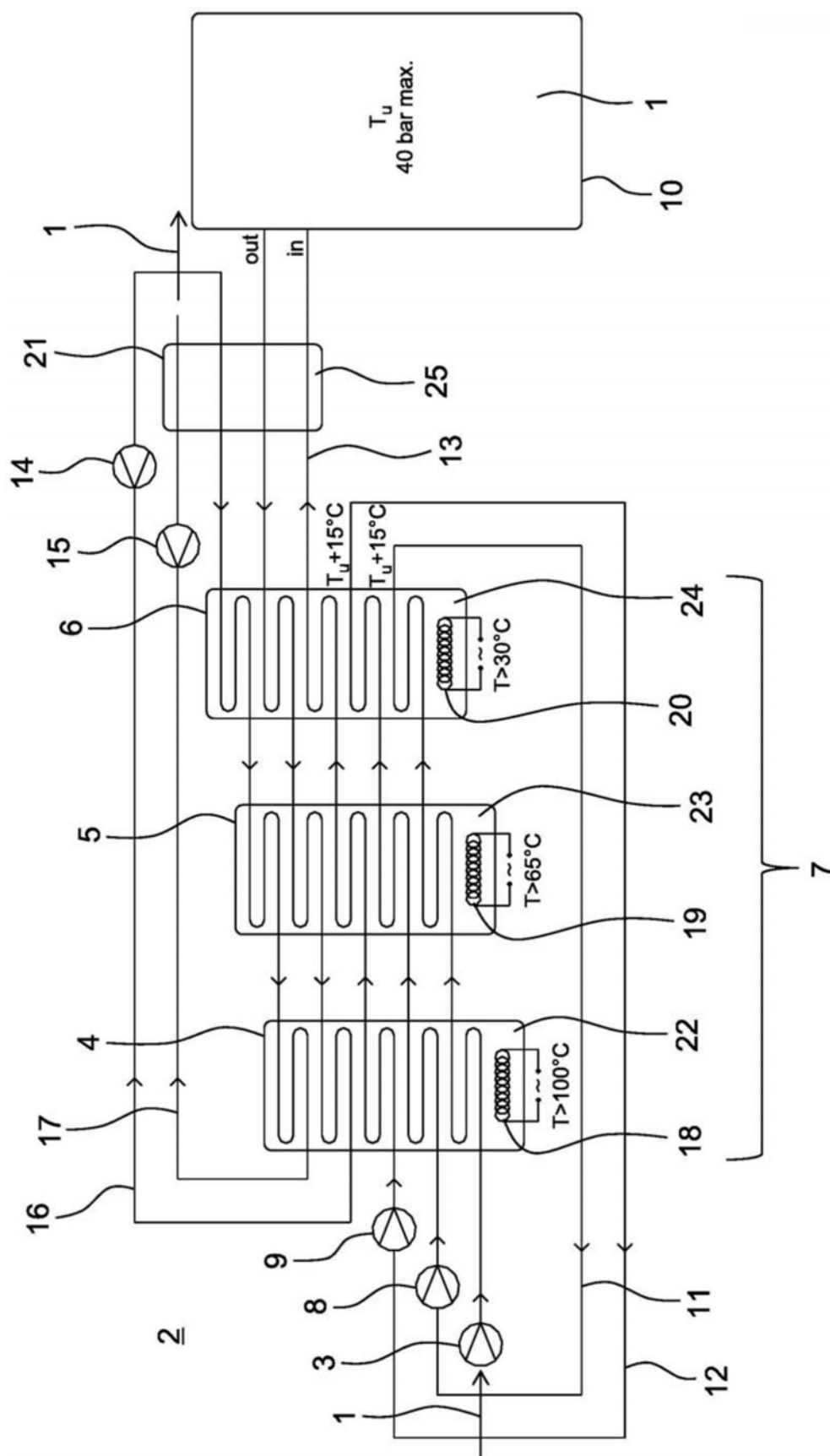


图1