



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110715504 B

(45) 授权公告日 2021. 03. 30

(21) 申请号 201910803945.X

(22) 申请日 2019.08.28

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110715504 A

(43) 申请公布日 2020.01.21

(73) 专利权人 中国科学院工程热物理研究所
地址 100190 北京市海淀区北四环西路11号

(72) 发明人 常学煜 张雪辉 李文 陈海生
朱阳历 王超

(51) Int. Cl.
F25J 1/02 (2006.01)
F01D 15/10 (2006.01)
F03B 13/00 (2006.01)

审查员 顾维维

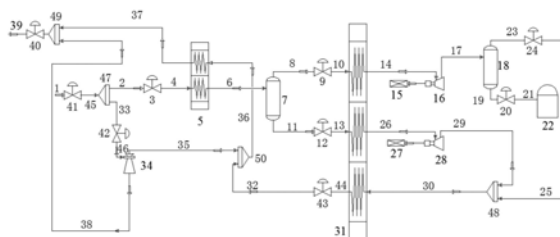
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种高压天然气的余压发电液化系统

(57) 摘要

本发明公开了一种高压天然气的余压发电液化系统,能够实现能量梯级利用,包括涡流管、预冷换热器、深冷换热器、气液分离器、气体膨胀机、液体膨胀机和发电机。高压天然气进入系统后分成两部分,一部分经过涡流管,涡流管中流出的冷流作为预冷冷剂;另一部分经过预冷换热器初步降温,然后进入分离器分离为气液两相进入深冷换热器继续降温,降温后通过膨胀机回收压力能并进一步降温,一股物流生产LNG,气相以及另一股流汇合作为深冷冷剂。所述系统充分利用天然气长输管道剩余压力能,不需要压缩机等动力设备,通过压力能的梯级利用实现天然气液化以及余压发电,适合应用于天然气调压站等。



1. 一种高压天然气的余压发电液化系统,包括涡流管、预冷换热器、深冷换热器、第一气液分离器、第二气液分离器、气体膨胀机组、液体膨胀机组、第一发电机和第二发电机,所述气体膨胀机组、液体膨胀机组分别与所述第一发电机、第二发电机传动连接,其特征在于,

天然气长输管道末端的高压天然气经过一分流器后分为两路,一路经所述预冷换热器的热侧后与所述第一气液分离器的进口连通,另一路与所述涡流管的进口连通;

所述涡流管包括冷流出口和热流出口,所述冷流出口通过管路与第一汇流器的一进口连通,所述热流出口通过管路与第二汇流器的一进口连通;

所述第一气液分离器包括气体出口和液体出口,所述气体出口通过管路依次经所述深冷换热器的第一热侧、气体膨胀机组后与所述第二气液分离器的进口连通,所述液体出口通过管路依次经所述深冷换热器的第二热侧、液体膨胀机组后与第三汇流器的一进口连通;

所述第二气液分离器的气体出口通过管路与所述第三汇流器的另一进口连通,所述第二气液分离器的液体出口通过管路与一LNG储罐连通;

所述第三汇流器的出口通过管路经所述深冷换热器的冷侧后与所述第一汇流器的另一进口连通;

所述第一汇流器的出口通过管路经所述预冷换热器的冷侧后与所述第二汇流器的另一进口连通,所述第二汇流器的出口通过管路与天然气用户管网连通。

2. 根据权利要求1所述的高压天然气的余压发电液化系统,其特征在于,所述分流器的进口管路上、所述预冷换热器的热侧进口管路上、所述涡流管的进口管路上、所述第二汇流器的出口管路上、所述深冷换热器的第一热侧进口管路上、所述深冷换热器的第二热侧进口管路上、所述第二气液分离器的气体出口管路上、所述第二气液分离器的液体出口管路上、所述深冷换热器的冷侧出口管路上均设有控制阀门。

3. 根据权利要求2所述的高压天然气的余压发电液化系统,其特征在于,所述涡流管上设有调节阀,所述调节阀用以调整冷热流体产生的比例。

4. 根据权利要求3所述的高压天然气的余压发电液化系统,其特征在于,当所述系统处于预冷循环模式时,依次逐渐打开所述分流器的进口管路上的控制阀门、所述涡流管的进口管路上的控制阀门、所述第二汇流器的出口管路上的控制阀门,并关闭所述预冷换热器的热侧进口管路上的控制阀门、所述深冷换热器的冷侧出口管路上的控制阀门,通过调节所述涡流管上的调节阀,使开始时所述涡流管产生的冷气流量最大,所述涡流管产生的冷流气体经过管路通入所述预冷换热器的冷侧使其建立低温环境。

5. 根据权利要求4所述的高压天然气的余压发电液化系统,其特征在于,当所述预冷换热器的冷侧建立低温环境后,逐渐打开所述预冷换热器的热侧进口管路上的控制阀门、所述深冷换热器的第一热侧进口管路上的控制阀门、所述第二气液分离器的气体出口管路上的控制阀门、所述深冷换热器的冷侧出口管路上的控制阀门,在不影响所述预冷换热器的低温环境条件下使整个循环运行。

6. 根据权利要求5所述的高压天然气的余压发电液化系统,其特征在于,当所述第一气液分离器中建立一定的液位高度后,打开所述深冷换热器的第二热侧进口管路上的控制阀门,并运行所述液体膨胀机组以及第二发电机。

7. 根据权利要求6所述的高压天然气的余压发电液化系统,其特征在于,当所述第二气液分离器中建立一定的液位高度后,开启所述第二气液分离器的液体出口管路上的控制阀门,通过所述LNG储罐收集LNG。

8. 根据权利要求1所述的高压天然气的余压发电液化系统,其特征在于,所述分流器、第一汇流器、第二汇流器、第三汇流器均为三通管件。

9. 根据权利要求1所述的高压天然气的余压发电液化系统,其特征在于,所述预冷换热器、深冷换热器均为板翅式换热器或绕管式换热器。

10. 根据权利要求1所述的高压天然气的余压发电液化系统,其特征在于,所述气体膨胀机组、液体膨胀机组均采用单级膨胀或多级膨胀,当膨胀机为两级或以上时,采用分轴并联或者单轴串联,同时各级膨胀机间设有换热器。

11. 根据权利要求1所述的高压天然气的余压发电液化系统,其特征在于,所述气体膨胀机组、液体膨胀机组均采用向心透平膨胀机。

12. 一种上述权利要求3所述的高压天然气的余压发电液化系统的操作方法,其特征在于,

首先使所述系统处于预冷循环模式,具体为:依次逐渐打开所述分流器的进口管路上的控制阀门、所述涡流管的进口管路上的控制阀门、所述第二汇流器的出口管路上的控制阀门,并关闭所述预冷换热器的热侧进口管路上的控制阀门、所述深冷换热器的冷侧出口管路上的控制阀门,通过调节所述涡流管上的调节阀,使开始时所述涡流管产生的冷气流量最大,所述涡流管产生的冷流气体经过管路通入所述预冷换热器的冷侧使其建立低温环境。

13. 根据权利要求12所述的方法,其特征在于,当所述预冷换热器的冷侧建立低温环境后,逐渐打开所述预冷换热器的热侧进口管路上的控制阀门、所述深冷换热器的第一热侧进口管路上的控制阀门、所述第二气液分离器的气体出口管路上的控制阀门、所述深冷换热器的冷侧出口管路上的控制阀门,在不影响所述预冷换热器的低温环境条件下使整个循环运行。

14. 根据权利要求13所述的方法,其特征在于,当所述第一气液分离器中建立一定的液位高度后,打开所述深冷换热器的第二热侧进口管路上的控制阀门,并运行所述液体膨胀机组以及第二发电机。

15. 根据权利要求14所述的方法,其特征在于,当所述第二气液分离器中建立一定的液位高度后,开启所述第二气液分离器的液体出口管路上的控制阀门,通过所述LNG储罐收集LNG。

一种高压天然气的余压发电液化系统

技术领域

[0001] 本发明属于天然气输送技术领域,涉及一种高压天然气的余压发电液化系统,主要目的是为了充分利用天然气长输管道剩余压力能,不需要压缩机等动力设备,通过压力能的梯级利用实现天然气液化以及余压发电,适合应用于天然气调压站等。

背景技术

[0002] 全球范围内天然气的长距离输送基本全部采用高压管道的方式,国外天然气的长输压力通常大于10MPa,国内的天然气长输压力一般为10MPa左右。长输天然气通常在进入城市燃气系统之前需要在天然气调压站进行调压,将高压调节为低压,达到用户能够使用的压力。目前的天然气调压站在调压过程中并未将这部分压差充分利用起来,通常采用节流阀节流的方式将压力能释放,这种方式会造成管道压力能浪费,同时产生巨大的噪音和低温,对于天然气调压站的运行和安全带来隐患。而这部分压力能回收后,则可以进行冷库制冷、压力能发电以及天然气液化等,实现管输压力能的再利用。

[0003] 天然气液化作为压力能回收的一种方式,同时可以作为城市燃气调峰的有效手段。由于城市燃气用户用气受习惯、时段、天气和季节影响较大,存在很大的不均匀性,对城市燃气调峰提出了较高的要求。液化天然气相比于地下储气,其对地质等条件要求不高,大小城市均适应,可以实现大规模应用;相比于管网储气或者球罐储气,投资费用仅为其十分之一左右,且液化天然气通常采用常压储存,安全性较高,所产LNG同样也可以用作对外销售,经济效益显著。

[0004] 目前国内外对于管道压力能的利用已经开展了部分研究,英国国家电网等在天然气管道中布置了微型膨胀机实现管道压力能的回收。美国的一些现有技术中所设计的天然气管道压力能利用工艺存在流程复杂,设备多,采用压缩机作为增压动力设备,增加了系统的投资和功耗,此外虽然一些现有技术实现了原料气的全部液化,但是增加了系统外的冷源换热环节;俄罗斯的Lentransgaz公司研发的NGGLU装置无运动部件,利用自身压力能进行液化,投资低可靠性高,目前已有应用,但液化率较低。

[0005] 国内对于长输天然气压力能利用方式主要有以下几种:一是将剩余压力能直接膨胀生产LNG,但是这种方式压力能利用效率较低;二是带有压缩系统的,先将压力能用来驱动膨胀机,膨胀机产生的轴功输出给压缩系统使气体增压,但这种方式增加了压缩机系统,设备较多投资大,增加能量转化过程会增加能量损耗;三是利用剩余压力产生的冷能来合成天然气水合物、冷库制冷、粉碎橡胶等,这种方式对天然气管道压力能利用率较低,且另外需要冷能接收用户,安全、管理及选址等原因更加限制了其大规模利用。

[0006] 上述天然气压力能回收方式普遍存在流程复杂,设备多,投资和系统操作费用高,能量利用率低和压力能利用方式单一的问题。仅仅转化为液化天然气或者电能,并未实现能量的梯级利用,会造成部分压力能的浪费。

发明内容

[0007] 针对现有技术的上述缺陷和不足,为了充分利用天然气长输管道剩余压力能,本发明提出了一种高压天然气的余压发电液化系统,不需要压缩机等动力设备,通过压力能的梯级利用实现天然气液化以及余压发电,从而解决传统天然气长输管道末端余压浪费以及能量利用方式单一的问题,同时解决了上述方法中流程复杂,设备多,投资和系统操作费用高的问题,实现压力能的高效回收和梯级利用,可广泛应用于天然气调压站等场合。

[0008] 本发明为解决上述技术问题所采用的技术方案为:

[0009] 一种高压天然气的余压发电液化系统,包括涡流管、预冷换热器、深冷换热器、第一气液分离器、第二气液分离器、气体膨胀机组、液体膨胀机组、第一发电机和第二发电机,所述气体膨胀机组、液体膨胀机组分别与所述第一发电机、第二发电机传动连接,其特征在于,

[0010] 天然气长输管道末端的高压天然气经过一分流器后分为两路,一路经所述预冷换热器的热侧后与所述第一气液分离器的进口连通,另一路与所述涡流管的进口连通;

[0011] 所述涡流管包括冷流出口和热流出口,所述冷流出口通过管路与第一汇流器的一进口连通,所述热流出口通过管路与第二汇流器的一进口连通;

[0012] 所述第一气液分离器包括气体出口和液体出口,所述气体出口通过管路依次经所述深冷换热器的第一热侧、气体膨胀机组后与所述第二气液分离器的进口连通,所述液体出口通过管路依次经所述深冷换热器的第二热侧、液体膨胀机组后与第三汇流器的一进口连通;

[0013] 所述第二气液分离器的气体出口通过管路与所述第三汇流器的另一进口连通,所述第二气液分离器的液体出口通过管路与一LNG储罐连通;

[0014] 所述第三汇流器的出口通过管路经所述深冷换热器的冷侧后与所述第一汇流器的另一进口连通;

[0015] 所述第一汇流器的出口通过管路经所述预冷换热器的冷侧后与第二汇流器的另一进口连通,所述第二汇流器的出口通过管路与天然气用户管网连通。

[0016] 优选地,所述分流器的进口管路上、所述预冷换热器的热侧进口管路上、所述涡流管的进口管路上、所述第二汇流器的出口管路上、所述深冷换热器的第一热侧进口管路上、所述深冷换热器的第二热侧进口管路上、所述第二气液分离器的气体出口管路上、所述第二气液分离器的液体出口管路上、所述深冷换热器的冷侧出口管路上均设有控制阀门。

[0017] 进一步地,所述涡流管上设有调节阀,所述调节阀用以调整冷热流体产生的比例。

[0018] 进一步地,当所述系统处于预冷循环模式时,依次逐渐打开所述分流器的进口管路上的控制阀门、所述涡流管的进口管路上的控制阀门、所述第二汇流器的出口管路上的控制阀门,并关闭所述预冷换热器的热侧进口管路上的控制阀门、所述深冷换热器的冷侧出口管路上的控制阀门,通过调节所述涡流管上的调节阀,使开始时所述涡流管产生的冷气流最大,所述涡流管产生的冷流气体经过管路通入所述预冷换热器的冷侧使其建立低温环境。

[0019] 进一步地,当所述预冷换热器的冷侧建立低温环境后,逐渐打开所述预冷换热器的热侧进口管路上的控制阀门、所述深冷换热器的第一热侧进口管路上的控制阀门、所述第二气液分离器的气体出口管路上的控制阀门、所述深冷换热器的冷侧出口管路上的控制

阀门,在不影响所述预冷换热器的低温环境条件下使整个循环运行。

[0020] 进一步地,当所述第一气液分离器中建立一定的液位高度后,打开所述深冷换热器的第二热侧进口管路上的控制阀门,并运行所述液体膨胀机组以及第二发电机。

[0021] 进一步地,当所述第二气液分离器中建立一定的液位高度后,开启所述第二气液分离器的液体出口管路上的控制阀门,通过所述LNG储罐收集LNG。

[0022] 优选地,所述分流器、第一汇流器、第二汇流器、第三汇流器均为三通管件。

[0023] 本发明的上述高压天然气的余压发电液化系统中,来自天然气长输管道的高压天然气进入系统后分为两部分,一部分通过涡流管后作为预冷冷剂,另一部分经过预冷换热器后降温,在第一分离器中分为气液两相,之后进入深冷换热器中降温,气相、液相天然气降温后分别通入气体膨胀机组、液体膨胀机组继续膨胀降温,并通过第一发电机、第二发电机对外输出电能;预冷气相通过第二气液分离器得到LNG产品,气体与另一股流汇合后作为深冷换热器的冷剂;深冷换热器冷剂与涡流管的冷流汇合后作为预冷换热器冷剂;预冷换热器冷剂与涡流管热流汇合,返回天然气用户管网供气。

[0024] 本发明的上述高压天然气的余压发电液化系统中,涡流管产生气体分别进入高温气体管线和低温气体管线,调节涡流管的控制阀可调整冷热流体产生比例,涡流管中产生的冷流与深冷冷剂汇合作为预冷冷剂冷却天然气,涡流管中产生的热流可调整系统中天然气返回管网温度,使用涡流管代替传统压缩机、节流阀等设备,能够产生冷热两股流体,同时实现制冷和制热;预冷换热器用以对原料气进行预冷,原料气经过预冷换热器后通过分离器产生气液两股流,单相流体利于后续换热;第一气液分离器用以对预冷后的物流进行气液分离;第二气液分离器用以对深冷后的物流进行气液分离,得到气液两股流;深冷换热器用以对原料气进行进一步降温;气体进入气体膨胀机降压降温,液体进入液体膨胀机降压降温,气液两股流分别进入气体和液体膨胀机中进行膨胀,使用膨胀机代替节流阀能够在降温的同时回收压力能;发电机将膨胀机输出轴功转化为电能,供给调压站自用或者并网;LNG储罐用以存储液化后的天然气。返回管网天然气通过调节进入涡流管的流量以及涡流管控制阀来控制冷热流体比例,使其温度与系统入口温度基本一致,避免对管网产生影响。

[0025] 本发明的上述高压天然气的余压发电液化系统中,预冷循环中的主要设备为涡流管和预冷换热器。高压气体进入涡流管后从两端出气,分别为冷端和热端。涡流管结构简单、紧凑,无运动部件即可产生冷热流体,可靠性高,维护方便,且投资低,产生的冷热流体可用于调节系统温度。

[0026] 优选地,所述预冷换热器、深冷换热器均为板翅式换热器或绕管式换热器。预冷换热器为两股流,深冷换热器为三股流。板翅式换热器质量轻便于运输安装,其结构紧凑、换热系数大且具有较高的传热效率。

[0027] 优选地,所述气体膨胀机组、液体膨胀机组均采用单级膨胀或多级膨胀,当膨胀机为两级或以上时,采用分轴并联或者单轴串联,同时各级膨胀机间设有换热器。

[0028] 优选地,所述气体膨胀机组、液体膨胀机组均采用向心透平膨胀机。向心透平膨胀机效率更高,级焓降大且有较高的效率。膨胀机的效率超过80%,膨胀机输出的功通过发电机转化为电能,供给调压站自用或者用于并网。液体膨胀机可实现液体的降压膨胀降温。

[0029] 根据本发明的另一方面,本发明还提供了一种上述高压天然气的余压发电液化系

统的操作方法,其特征在于,

[0030] 首先使所述系统处于预冷循环模式,具体为:依次逐渐打开所述分流器的进口管路上的控制阀门、所述涡流管的进口管路上的控制阀门、所述第二汇流器的出口管路上的控制阀门,并关闭所述预冷换热器的热侧进口管路上的控制阀门、所述深冷换热器的冷侧出口管路上的控制阀门,通过调节所述涡流管上的调节阀,使开始时所述涡流管产生的冷气流量最大,所述涡流管产生的冷流气体经过管路通入所述预冷换热器的冷侧使其建立低温环境。

[0031] 进一步地,当所述预冷换热器的冷侧建立低温环境后,逐渐打开所述预冷换热器的热侧进口管路上的控制阀门、所述深冷换热器的第一热侧进口管路上的控制阀门、所述第二气液分离器的气体出口管路上的控制阀门、所述深冷换热器的冷侧出口管路上的控制阀门,在不影响所述预冷换热器的低温环境条件下使整个循环运行。

[0032] 进一步地,当所述第一气液分离器中建立一定的液位高度后,打开所述深冷换热器的第二热侧进口管路上的控制阀门,并运行所述液体膨胀机组以及第二发电机。

[0033] 进一步地,当所述第二气液分离器中建立一定的液位高度后,开启所述第二气液分离器的液体出口管路上的控制阀门,通过所述LNG储罐收集LNG。

[0034] 本发明的高压天然气的余压发电液化系统,相对于现有技术具有如下优点:无压缩机等动力输入设备,依靠管网剩余压力能进行工作,通过压力能的梯级利用实现天然气液化以及余压发电,节省了设备投资以及运营操作费用;流程可靠,占地面积小,可根据需要进行撬装化布置,便于迁移;利用管道压力能将天然气液化储存,可实现天然气门站的调峰;可进行发电,回收的电能实现调压站自用和发电并网;利用涡流管产生冷热两股流体,热流可用来调节天然气回管网流体温度,避免对管网正常运行产生较大影响;系统生产LNG的同时可发电并网,实现能源的梯级利用。

附图说明

[0035] 图1为本发明的高压天然气的余压发电液化系统示意图。

[0036] 图中:

[0037] 涡流管34,预冷换热器5,第一气液分离器7,深冷换热器31,气体膨胀机组16,液体膨胀机组28,第一发电机15,第二发电机27,第二气液分离器18,LNG储罐22,分流器47,汇流器48、49、50,阀门3、9、12、20、24、40、41、42、43,管线1、2、4、6、8、10、11、13、14、17、19、21、23、25、26、29、30、32、33、35、36、37、38、39、44、45、46。

具体实施方式

[0038] 根据本发明的总体发明构思,利用高压天然气的余压进行发电液化,高压天然气通过涡流管产生冷热两种流体;原料气通过预冷换热器被预冷降温;第一气液分离器对预冷后的物流进行气液分离;深冷换热器对第一气液分离器中流出的气体和液体进行进一步降温;深冷后的气体进入气体膨胀机降压降温,然后进入第二气液分离器中进行气液分离,得到气液两股流;深冷后的液体进入液体膨胀机降压降温;第二气液分离器中流出的液体进入LNG储罐,存储液化后的天然气。本发明通过采用预冷循环和深冷循环双循环系统,建立温度梯度,对原料气进行逐步降温,提高系统液化率;并利用膨胀机带动发电机发电能实

现压力能回收利用。

[0039] 为使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下参照附图1对本发明进一步详细说明。

[0040] 本发明的高压天然气的余压发电液化系统,包括涡流管34、预冷换热器5、深冷换热器31、第一气液分离器7、第二气液分离器18、气体膨胀机组16、液体膨胀机组28、第一发电机15和第二发电机27,气体膨胀机组16、液体膨胀机组28分别与第一发电机15、第二发电机27传动连接。

[0041] 天然气长输管道末端的高压天然气经过一分流器47后分为两路,一路经预冷换热器5的热侧后与第一气液分离器7的进口连通,另一路与涡流管34的进口连通;涡流管34包括冷流出口和热流出口,冷流出口通过管路与第一汇流器50的一进口连通,热流出口通过管路与第二汇流器49的一进口连通;第一气液分离器7包括气体出口和液体出口,气体出口通过管路依次经深冷换热器31的第一热侧、气体膨胀机组16后与第二气液分离器18的进口连通,液体出口通过管路依次经深冷换热器31的第二热侧、液体膨胀机组28后与第三汇流器48的一进口连通;第二气液分离器18的气体出口通过管路与第三汇流器48的另一进口连通,第二气液分离器18的液体出口通过管路与一LNG储罐22连通;第三汇流器48的出口通过管路经深冷换热器31的冷侧后与第一汇流器50的另一进口连通;第一汇流器50的出口通过管路经预冷换热器5的冷侧后与第二汇流器49的另一进口连通,第二汇流器49的出口通过管路与天然气用户管网连通。

[0042] 分流器47的进口管路上、预冷换热器5的热侧进口管路上、涡流管34的进口管路上、第二汇流器40的出口管路上、深冷换热器31的第一热侧进口管路上、深冷换热器31的第二热侧进口管路上、第二气液分离器18的气体出口管路上、第二气液分离器18的液体出口管路上、深冷换热器31的冷侧出口管路上均设有控制阀门。

[0043] 更具体地,长输天然气管网中的天然气通过管线1、阀门41进入系统中;阀门41经管线45、33、46以及阀门42和涡流管34相连;通过管线45、2、4和阀门3与预冷换热器5连接;预冷换热器5通过管线6与第一气液分离器7相连;第一气液分离器7通过管线8、10、11、13以及阀门9、12与深冷换热器31相连;深冷换热器31经管线14与气体膨胀机组16相连;深冷换热器31经管线26与液体膨胀机组28相连;气体膨胀机组16与第一发电机15共有的传动轴连接;液体膨胀机组28与第二发电机27共有的传动轴连接;气体膨胀机组16经管线17与第二气液分离器18相连接;第二气液分离器18通过管线19、21及阀门20和LNG储罐22相连接;第二气液分离器18通过管线23、25、30及阀门24和深冷换热器31相连接;液体膨胀机组28经管线29、30和深冷换热器31连接;深冷换热器经管线44、32、36以及阀门43与预冷换热器5连接;涡流管34经管线35、36与预冷换热器5相连;涡流管34经管线38和阀门40相连;预冷换热器5经管线37和阀门40相连;阀门40经总管线39与天然气管网连接。

[0044] 系统运行时,打开阀门41、42天然气开始进入系统,调节涡流管34的调节阀,使开始时冷气流量最大,通过管线35、36进入预冷换热器5中对换热器整体降温;热流气体通过管线38与管线37中冷流体汇合通过阀门40和管线39返回系统中。当预冷换热器5中温度降低后,打开阀门3、10,天然气通过管线2、4以及阀门3进入预冷换热器5中被初步降温,然后通过管线6进入第一气液分离器7中。第一气液分离器7中气体经过管线8、10以及阀门9进入深冷换热器31;当第一气液分离器7中建立起液位高度时,打开阀门12,液体通过管线11、13

和阀门12进入深冷换热器31;打开阀门24、43,被深冷换热器31冷却后的气体经管线14进入气体膨胀机组16膨胀降温并带动第一发电机15发电,然后通过管线17进入第二气液分离器18;被深冷换热器31冷却后的液体经过管线26进入液体膨胀机组28中降温降压并带动第二发电机27发电。第二气液分离器18中气体经过管线23、25阀门24与经过管线29的流体汇合,通过管线30进入深冷换热器31作为深冷冷剂。深冷冷剂经过管线44、32阀门43与涡流管34中冷流汇合,经过管线36进入预冷换热器5中作为预冷冷剂。

[0045] 正常情况下,首先运行预冷循环,依次逐渐打开41、42、40,阀门3、43关闭,通过调节涡流管34控制阀建立预冷循环低温系统。预冷换热器5中建立低温环境后,逐渐打开阀门3、9、24、43,并调节阀门42开度,在不影响预冷循环低温环境条件下使整个循环运行。当第一气液分离器7中建立一定的液位高度后,打开阀门12并运行液体膨胀机组28以及第一发电机27;当第二气液分离器18中建立一定的液位高度后,开启阀门20通过LNG储罐22收集LNG。

[0046] 上述具体实施示例能够帮助相关领域中的人员实施,但是本发明可以通过其他方式实施,或者在此基础上做一些改动或者优化,并不仅限于上述实例。上述基于本发明所作的相关改动仍在本发明的专利保护范围内。

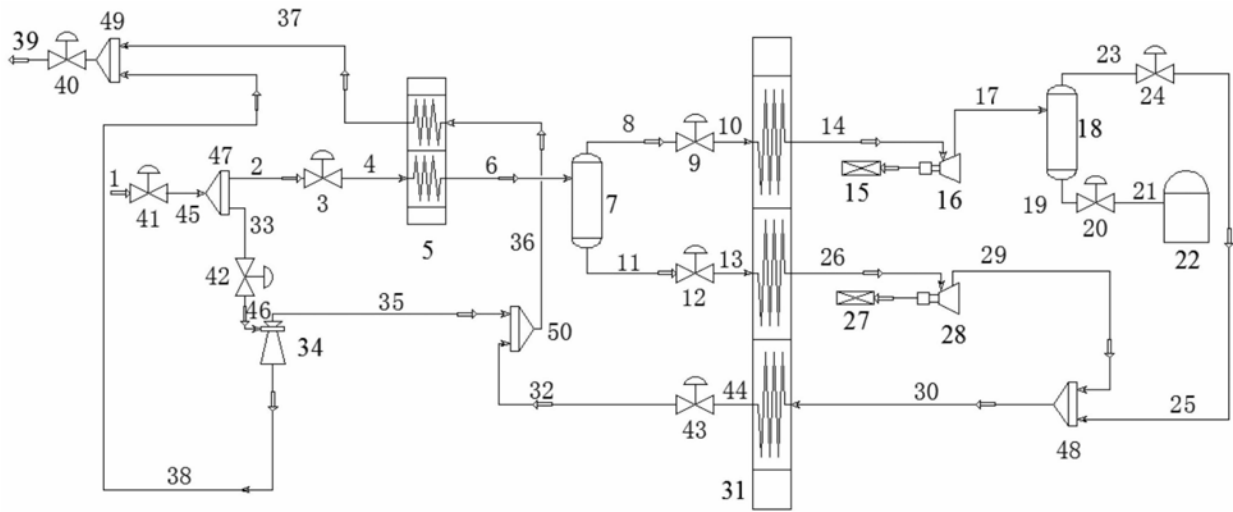


图1