



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105371590 A

(43) 申请公布日 2016.03.02

(21) 申请号 201410440647.6

(22) 申请日 2014.09.02

(71) 申请人 李均伦

地址 610211 四川省成都市双流县航空港长
江路2段5号25-3-12

(72) 发明人 李均伦

(51) Int. Cl.

F25J 1/02(2006.01)

权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

全回收冷量的天然气带预冷及混合制冷液化
工艺

(57) 摘要

本发明公开了一种全回收冷量的天然气带预冷及混合制冷液化工艺,本工艺将预冷系统和混合制冷系统提供的冷量全回收,降低天然气或含甲烷气体液化的整体能耗,预冷压缩机和制冷压缩机入口气体温度在0~40℃,同普通压缩机进气条件一致,有利于液化设备的国产化。本工艺具有流程简单、操作方便、效率高、运行费用低、适应性强等优点。

1. 全回收冷量的天然气带预冷及混合制冷液化工艺,其特征在于包括预冷循环、混合制冷循环、以及天然气液化循环。

2. 根据权利要求1所述的预冷循环、混合制冷循环、以及天然气液化循环,其特征在于预冷剂为丙烯、丙烷或其他物质,混合制冷剂为氮气和C1~C4的烃类混合物。

3. 根据权利要求1所述的预冷循环,其特征在于预冷剂经预冷压缩机增压至适合压力,增压后预冷剂先经过循环冷却水冷却或风冷等降温至小于40℃,此时预冷剂已经全部或部分液化,再经预冷冷量回收换热器降温,然后经至少一次节流降压至适合压力,预冷剂作为天然气和制冷剂的冷源,然后,预冷剂再回预冷冷量回收换热器作为预冷冷量回收换热器的冷源,出预冷冷量回收换热器的预冷剂温度约0~40℃,进预冷压缩机。

4. 根据权利要求1所述的预冷循环,其特征在于预冷剂经过预冷冷量回收换热器降温后再经不同节流次数后降压后,预冷剂压力不同,经过向天然气和制冷剂等需冷却的介质供冷量后再回预冷冷量回收换热器的回收冷量,不同压力的预冷剂气体进预冷压缩机的与预冷剂压力相对于入口。

5. 根据权利要求1所述的混合制冷循环特征在于混合制冷剂经制冷压缩机增压至适合压力,增压后混合制冷剂先经循环冷却水冷却或风冷等降温至小于40℃,再经制冷冷量回收换热器降温后进预冷器降温,降温后的混合制冷剂经过节流后作为混合制冷剂自身冷却、液化和天然气冷却、液化、过冷的冷源。

6. 根据权利要求1所述的混合制冷循环特征在于混合制冷剂经过制冷冷量回收换热器进行冷量回收,混合制冷剂温度升至0~40℃进制冷压缩机。

7. 根据权利要求1所述的天然气液化循环特征在于净化后天然气先经制冷冷量回收换热器和预冷器降温,再经换热器液化、过冷。

8. 根据权利要求1所述的预冷循环、混合制冷循环、以及天然气液化循环,其冷量回收可采用多种组合形式,其目的是回收预冷系统和制冷系统剩余冷量。

9. 本全回收冷量的工艺可推广到阶级式制冷循环工艺。

全回收冷量的天然气带预冷及混合制冷液化工艺

1、技术领域

[0001] 本发明涉及天然气或含甲烷气的液化领域,全回收冷量的带预冷系统的混合制冷液化天然气工艺。

2、背景技术

[0002] 天然气液化后,体积为原来的 1/625,对天然气的储存、运输及合理运用十分有利。而气体液化部分的投资约占总投资的 25% -50%,因此,选择合理的天然气液化工艺,对节约总投资,降低能耗,提高液化装置的经济运行指标具有重要的意义。

[0003] 在天然气液化领域中成熟的液化工艺主要有以下三种:阶级式制冷循环工艺、混合制冷循环工艺和膨胀机制冷循环工艺。

[0004] (1) 阶级式制冷循环阶级式制冷循环由三个独立的制冷系统组成。阶级式制冷循环的优点是采用了 3 种制冷剂、9 个制冷温度梯度(丙烷、乙烷或乙烯、甲烷各 3 个温度等级),使各级制冷温度与原料气的冷却曲线接近,比能量消耗接近于理论的热力学效率的上限。而且该工艺操作灵活,开停车快捷,易于初期开车投产。

[0005] 但是阶级式制冷也存在一些缺点,需要三个循环压缩机,以及相当数量的冷换设备;流程长、设备多、控制复杂等。

[0006] (2)、混合冷剂循环有鉴于阶级式制冷循环装置复杂、投资高,为此开发了混合制冷循环(Mixed Refrigerant Cycle, MRC)。用一种制冷剂(一般是烃类混合物,如 N₂、C₁ ~ C₅ 等),其 Q-T 曲线与原料天然气接近一致。利用混合物部分冷凝的特点来达到所需的不同温度水平,既保留了阶式制冷循环的优点,而且又只有 1 台压缩机,使流程简化,造价也可降低。从原则上讲,由 N₂、C₁ ~ C₅ 等组成的混合物,其组成比例应依照原料天然气组成、工艺流程、工艺压力而异。一旦确定后组成不易调整,即使能作到这一点,要使整个液化过程(从常温到 -162℃)都按冷却曲线来提供所要求的冷量也是很困难的,充其量只能局部或一部分做到贴近原料天然气的 Q-T 曲线。因此 MRC 的流程是简单了,但它的效率要比阶级式制冷循环低。

[0007] 在混合冷剂循环的基础上,发展成有带丙烷预冷的 MRC 工艺,简称 C₃/MRC 工艺,它的效率接近阶级式循环。

[0008] 此法的原理是分两段供给冷量:高温段用丙烷压缩制冷,按 3 个或 4 个温度水平预冷原料天然气到 ~ -40℃;低温段的换热采用混合制冷工艺。充分体现了热力学上的特性,从而使效率得以最大限度的提高。

[0009] (3) 膨胀机制冷循环膨胀机制冷循环是指利用高压制冷剂通过透平膨胀机绝热膨胀的克劳德循环制冷来实现天然气的液化。气体在膨胀机中膨胀降温的同时,能输出功,可用于驱动流程中的压缩机。与阶式制冷循环和混合冷剂制冷循环工艺相比,氮气膨胀循环流程非常简单、紧凑,造价略低。起动快,热态起动 2 ~ 4 小时即可获得满负荷产品,运行灵活,适应性强,易于操作和控制,安全性好,放空不会引起火灾或爆炸危险。制冷剂采用单组分气体,因而消除了像混合冷剂制冷循环工艺那样的分离和存储制冷剂的麻烦,也避免了

由此带来的安全问题,使液化过程更简化和紧凑。但能耗要比混合冷剂液化流程高 40%左右。

[0010] 带丙烷预冷的 MRC 工艺,由于它的效率接近阶式循环,且流程较简单、机组少、能耗低、投资少。但该工艺丙烷预冷循环采用一次压缩三级或四级节流循环,控制复杂。预冷压缩机气体进口温度约 $-30 \sim -40^{\circ}\text{C}$,混合制冷压缩机气体进口温度约 -40°C ,且丙烷冷量和混合制冷剂冷量没有完全回收。

[0011] 本发明将预冷和混合制冷系统产生的冷量充分利用,控制简单、操作方便,能耗低,预冷压缩机和制冷压缩机进口温度控制在 $0 \sim 40^{\circ}\text{C}$ 。

3、发明内容

[0012] 本发明采取的措施之一是天然气经压缩和循环水冷却后首先进制冷冷量回收换热器降温,再进预冷器,然后再经换热器液化、过冷。

[0013] 本发明采取的措施之二是经压缩和循环水冷却后的预冷剂首先进预冷冷量回收换热器,然后经至少一次节流降压至适合压力,预冷剂作为天然气和制冷剂的冷源,然后,预冷剂再回预冷冷量回收换热器作为预冷冷量回收换热器的冷源,出预冷冷量回收换热器的预冷剂温度约 $0 \sim 40^{\circ}\text{C}$,进预冷压缩机。

[0014] 本发明采取的措施之三是混合制冷剂经压缩和循环水冷却后进制冷冷量回收换热器降温,再进预冷器降温,降温后的混合制冷剂经过节流后作为混合制冷剂自身冷却、液化和天然气冷却、液化、过冷的冷源,然后,混合制冷剂回制冷冷量回收换热器进行冷量回收,混合制冷剂温度升至 $0 \sim 40^{\circ}\text{C}$ 进制冷压缩机

4、附图说明

[0015] 图 1 是全回收冷量的天然气带一次节流的预冷及混合制冷液化工艺示意图。

[0016] 图 2 是全回收冷量的天然气带二次节流的预冷及混合制冷液化工艺示意图。

[0017] 图中各记号如下:1 制冷压缩机、2 循环冷却水冷却器、3 循环冷却水冷却器、4 制冷冷量回收换热器、5 预冷器、6 换热器、7 换热器、8 节流阀、9 节流阀、10 气液分离器、11 预冷压缩机、12 循环冷却水冷却器、13 预冷冷量回收换热器、14 混合器、15 节流阀、16 预冷气液分离器、17 二级预冷器、18 二级预冷冷量回收换热器、19 混合器、20 节流阀、21 二级预冷气液分离器。

5、具体实施方式

[0018] 下面结合附图对本发明做进一步说明,但本发明并不局限于以下实施例。

[0019] 实施例 1

[0020] 如图 1 所示,每天 12 万标准立方米天然气液化装置采用全回收冷量的天然气带一次节流的预冷及混合制冷液化工艺,天然气经压缩机增压至 5.0MPa,然后经 MDEA 法脱碳、分子筛脱水、脱汞等净化、干燥、精滤后进入本专利所述的全回收冷量的天然气带一次节流的预冷及混合制冷液化工艺,得到液化天然气产品。

[0021] 原料天然气组分为 92.5% 甲烷,3.6% 乙烷,2.2% 丙烷,0.5% 丁烷,0.7% 异丁烷,0.2% 异戊烷、0.3% 戊烷。

[0022] 具体说明如下：

[0023] 天然气经压缩机增压至 5.0MPa，然后经 MDEA 法脱碳、分子筛脱水、脱汞等净化、干燥、精滤后进入制冷冷量回收换热器 4 与从换热器 6 来的混合制冷剂换热降温。降温后的天然气在预冷器 5 中与预冷剂换热降温至 $\sim -35^{\circ}\text{C}$ 。然后在换热器 6 中与混合制冷剂换热降温、液化，温度约 -95°C 。

[0024] 液化天然气在换热器 7 中过冷到 $\sim -159^{\circ}\text{C}$ 后经节流降压至适合压力进液化天然气储罐。

[0025] 混合制冷循环系统说明，混合制冷剂经制冷压缩机 1 增压至约 2.8MPa，增压后混合制冷剂先经循环冷却水 2、3 冷却至 35°C ，再经制冷冷量回收换热器 4 降温后进预冷器 5，将温度降至 $\sim -35^{\circ}\text{C}$ ，预冷器 5 的冷源由丙烷预冷系统提供，降温后的混合制冷剂进制冷气液分离器 10，从制冷气液分离器 10 来的液体经换热器 6 冷却和节流阀 8 后与换热器 7 来的混合制冷剂混合一起作为换热器 6 的冷源。从制冷气液分离器 10 来的气体经换热器 6 和换热器 7 降温及节流阀 9 后作为换热器 7 的冷源。从换热器 6 出来的混合制冷剂进制冷冷量回收换热器 4 作为冷源，混合制冷剂温度升至 $\sim 32^{\circ}\text{C}$ 进制冷压缩机 1。

[0026] 预冷循环系统说明，预冷剂丙烷经预冷压缩机 11 增压至 1.4MPa，增压后的预冷剂先经循环冷却水 12 冷却至 35°C ，再经预冷冷量回收换热器 13 降温，然后经节流阀 15 降压至约 0.12MPa 进预冷气液分离器 16，分离后的液体预冷剂进预冷器 5 作冷源。出预冷器 5 的预冷剂与预冷气液分离器 16 来的气体预冷剂同进混合器 14，混合后的预冷剂作为预冷冷量回收换热器 13 的冷源，出预冷冷量回收换热器 13 的预冷剂温度约 $\sim 33^{\circ}\text{C}$ ，进预冷压缩机 11。

[0027] 实施例 2

[0028] 如图 2 所示，每天 30 万标准立方米天然气液化装置采用全回收冷量的天然气带二次节流的预冷及混合制冷液化工艺，天然气经压缩机增压至 4.6MPa，然后经 MDEA 法脱碳、分子筛脱水、脱汞等净化、干燥、精滤后进入本专利所述的全回收冷量的天然气带二次节流的预冷及混合制冷液化工艺，得到液化天然气产品。

[0029] 原料天然气组分为 95.3% 甲烷，2% 乙烷，1.5% 丙烷，0.6% 丁烷，0.3% 异丁烷，0.2% 异戊烷、0.1% 戊烷。

[0030] 具体说明如下：

[0031] 天然气经压缩机增压至 4.6MPa，然后经 MDEA 法脱碳、分子筛脱水、脱汞等净化、干燥、精滤后进入制冷冷量回收换热器 4 与从换热器 6 来的混合制冷剂换热降温。降温后的天然气在预冷器 5 中与预冷剂换热降温至 $\sim -12^{\circ}\text{C}$ ，再与二级预冷器 17 中的预冷剂换热降温至 $\sim -40^{\circ}\text{C}$ 。然后在换热器 6 中与混合制冷剂换热降温、液化，温度约 -95°C 。

[0032] 液化天然气在换热器 7 中过冷到 $\sim -159^{\circ}\text{C}$ 后经节流降压至适合压力进液化天然气储罐。

[0033] 混合制冷循环系统说明，混合制冷剂经制冷压缩机 1 增压至约 3.0MPa，增压后混合制冷剂先经循环冷却水 2、3 冷却至 35°C ，再经制冷冷量回收换热器 4 降温后进预冷器 5 及二级预冷器 17，将温度降至 $\sim -40^{\circ}\text{C}$ ，预冷器 5、二级预冷器 17 的冷源由丙烯预冷系统提供，降温后的混合制冷剂进制冷气液分离器 10，从制冷气液分离器 10 来的液体经换热器 6 冷却和节流阀 8 后与换热器 7 来的混合制冷剂混合一起作为换热器 6 的冷源。从制冷气液

分离器 10 来的气体经换热器 6 和换热器 7 降温及节流阀 9 后作为换热器 7 的冷源。从换热器 6 出来的混合制冷剂进制冷冷量回收换热器 4 作为冷源,混合制冷剂温度升至 $\sim 30^{\circ}\text{C}$ 进制冷压缩机 1。

[0034] 预冷循环系统说明,预冷剂丙烯经预冷压缩机 11 增压至约 1.8MPa,增压后的预冷剂先经循环冷却水 12 冷却至 35°C ,一部分预冷剂经预冷冷量回收换热器 13 冷却,另一部分预冷剂经二级预冷冷量回收换热器 18 降温,以上两部分预冷剂混合后经节流阀 15 降压至约 0.35MPa 进预冷气液分离器 16,分离后的液体预冷剂部分进预冷器 5 作冷源。出预冷器 5 的预冷剂与预冷气液分离器 16 来的气体预冷剂同进混合器 14,混合后的预冷剂作为预冷冷量回收换热器 13 的冷源,出预冷冷量回收换热器 13 的预冷剂温度约 $\sim 31^{\circ}\text{C}$,进预冷压缩机 11 二级入口;从预冷气液分离器 16 来的另一部分预冷剂再经节流阀 20 降压至约 0.12MPa 进二级预冷汽液分离器 21,分离后的液体预冷剂进二级预冷器 17 作冷源。出二级预冷器 17 的预冷剂与二级预冷汽液分离器 21 来的气体预冷剂同进混合器 19,混合后的预冷剂作为二级预冷冷量回收换热器 18 的冷源,出二级预冷冷量回收换热器 18 的预冷剂温度约 $\sim 30^{\circ}\text{C}$,进预冷压缩机 11 一级入口。

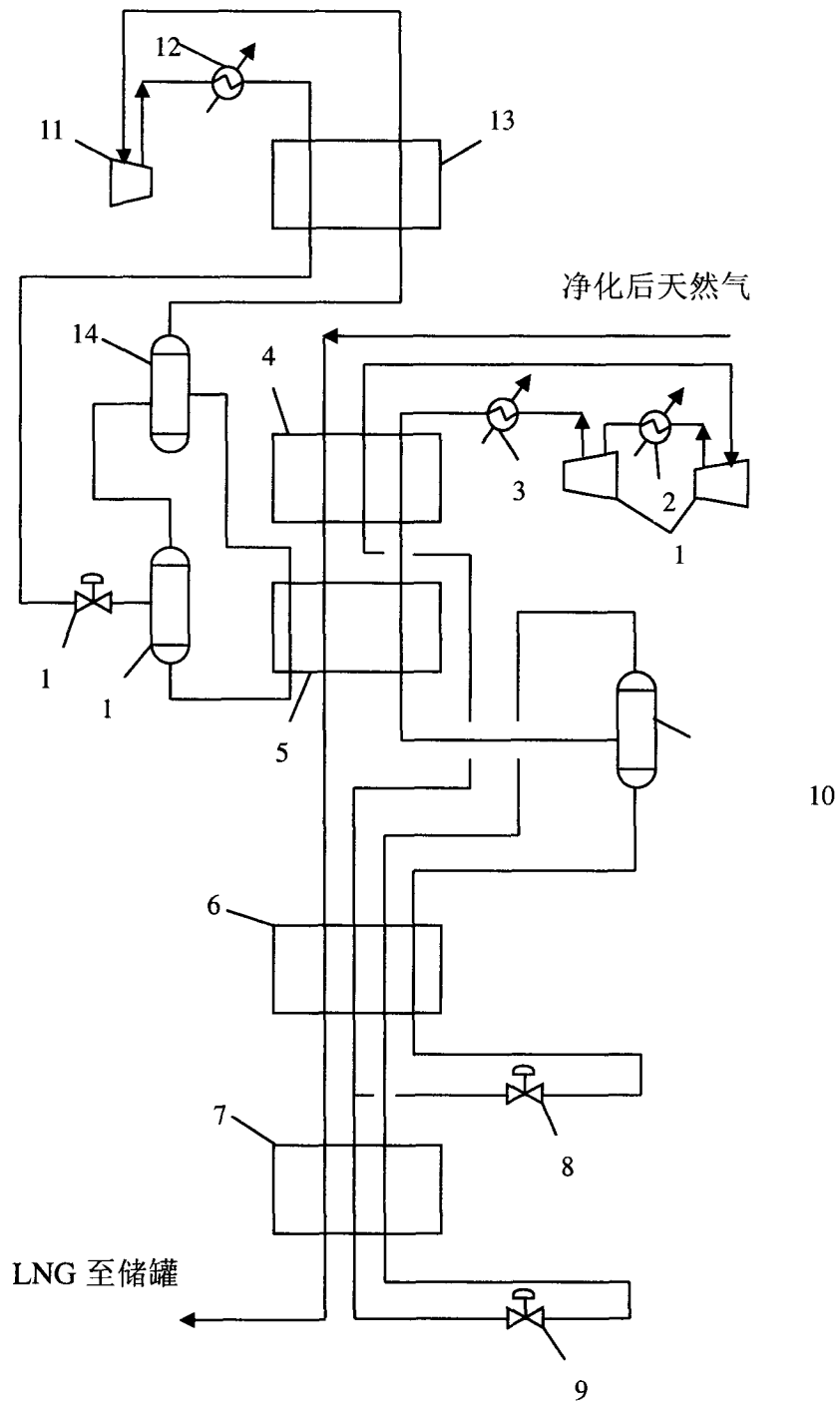


图 1

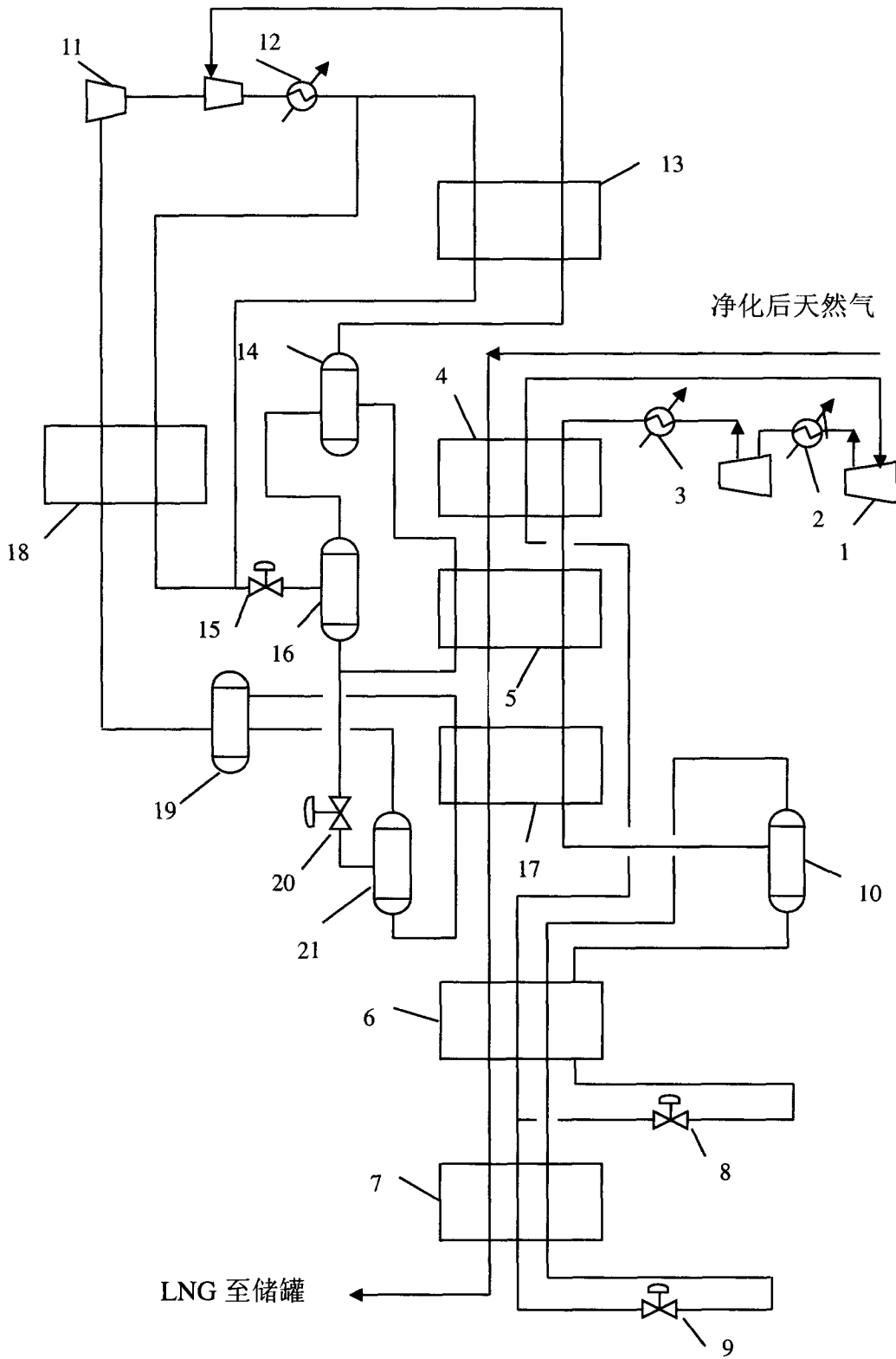


图 2