



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 202493395 U

(45) 授权公告日 2012. 10. 17

(21) 申请号 201220005523. 1

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

(22) 申请日 2012. 01. 03

(73) 专利权人 吉林大学

地址 130012 吉林省长春市前进大街 2699 号

(72) 发明人 韩永强 韩汛峰 谭满志 李小平 姜北平

(74) 专利代理机构 长春吉大专利代理有限责任公司 22201

代理人 邵铭康 朱世林

(51) Int. Cl.

F04B 39/00 (2006. 01)

F01B 23/08 (2006. 01)

F01K 27/02 (2006. 01)

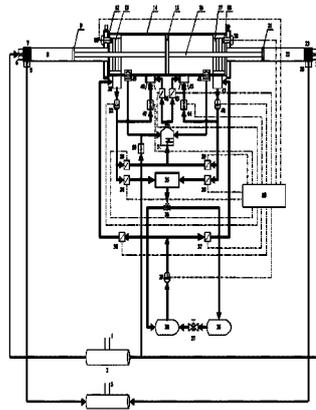
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 1 页

(54) 实用新型名称

潜能利用式自由活塞有机郎肯循环天然气压缩装置

(57) 摘要

潜能利用式自由活塞有机郎肯循环天然气压缩装置属有机郎肯循环热能利用技术领域, 本实用新型中动力活塞在工作缸内作线性往复运动, 通过连杆带动压缩活塞压缩低压天然气, 形成高压天然气; 同时向完成做功循环的汽态工质中喷入低温液态工质, 使做功后的工质放热成为液态, 低温液态工质吸收做功后工质的热量, 温度升高, 成为不饱和工质; 本实用新型通过改变动力活塞与压缩活塞的面积比, 实现改变压缩天然气的压缩比; 通过控制单元控制比例阀的开度, 可以改变低温工质与高温工质在工质混合器中的混合比例; 本实用新型可充分利用做功后工质的余热和工质的汽化潜热, 提高有机郎肯循环的热效率, 实现节约能源和保护环境的目



1. 一种潜能利用式自由活塞有机郎肯循环天然气压缩装置,由低压天然气管路进气口(1)、低压天然气管路(2)、高压天然气管路出气口(3)、高压天然气管路(4)、出气恒压阀 I(5)、进气单向阀 I(6)、缸盖组件 I(7)、压缩缸 I(8)、压缩活塞 I(9)、活塞位置传感器 I(10)、环形连接体 I(11)、密封垫 I(12)、弹性限位器 I(13)、工作缸(14)、动力活塞(15)、连杆(16)、弹性限位器 II(17)、密封垫 II(18)、环形连接体 II(19)、活塞位置传感器 II(20)、压缩活塞 II(21)、压缩缸 II(22)、缸盖组件 II(23)、进气单向阀 II(24)、出气恒压阀 II(25)、溢流平衡罐(26)、回流阀(27)、工质储存罐(28)、工质泵 I(29)、电磁阀 I(30)、工质收集槽 I(31)、工质泵 II(32)、电磁阀 II(33)、电磁阀 III(34)、冷凝器(35)、限压阀(36)、电磁阀 IV(37)、电磁阀 V(38)、电磁阀 VI(39)、工质泵 III(40)、工质收集槽 II(41)、定压汽液分离器 I(42)、工质混合器 I(43)、比例阀 I(44)、电磁阀 VII(45)、电磁阀 VIII(46)、比例阀 II(47)、工质混合器 II(48)、定压汽液分离器 II(49)、单向阀(50)、加热锅炉(51)、控制单元(52)组成,其特征在于低压天然气管路(2)上设有低压天然气管路进气口(1),低压天然气管路(2)的两端分别与进气单向阀 I(6)和进气单向阀 II(24)连接;高压天然气管路(4)上设有高压天然气管路出气口(3),高压天然气管路(4)的两端分别与出气恒压阀 I(5)和出气恒压阀 II(25)连接;进气单向阀 I(6)和出气恒压阀 I(5)都安装在缸盖组件 I(7)上;进气单向阀 II(24)和出气恒压阀 II(25)都安装在缸盖组件 II(23)上;缸盖组件 I(7)与压缩缸 I(8)连接;缸盖组件 II(23)与压缩缸 II(22)连接;压缩缸 I(8)通过环形连接体 I(11)和密封垫 I(12)与工作缸(14)内的工作腔连通;环形连接体 I(11)与工作缸(14)之间加装密封垫 I(12);压缩缸 II(22)通过环形连接体 II(19)和密封垫 II(18)与工作缸(14)内的工作腔连通;环形连接体 II(19)与工作缸(14)之间加装密封垫 II(18);压缩活塞 I(9)置于压缩缸 I(8)内部;压缩活塞 II(21)置于压缩缸 II(22)内部;压缩活塞 I(9)与连杆(16)通过球形铰链连接;压缩活塞 II(21)与连杆(16)通过球形铰链连接;动力活塞(15)与连杆(16)通过销钉连接;动力活塞(15)置于工作缸(14)内部;弹性限位器 I(13)置于工作缸(14)内部,弹性限位器 I(13)的外边缘与工作缸(14)的外边缘齐平;弹性限位器 II(17)置于工作缸(14)内部,弹性限位器 II(17)外边缘与工作缸(14)外边缘齐平;活塞位置传感器 I(10)通过环形连接体 I(11)和密封垫 I(12)与工作缸(14)内部空间连通;活塞位置传感器 II(20)通过环形连接体 II(19)和密封垫 II(18)与工作缸(14)内部空间连通;低压天然气管路(2)通过单向阀(50)与加热锅炉(51)连接;定压汽液分离器 II(49)安装在工作缸(14)的靠近环形连接体 I(11)的一侧;工作缸(14)内部靠近环形连接体 I(11)的工作腔通过定压汽液分离器 II(49)与加热锅炉(51)连接;定压汽液分离器 I(42)安装在工作缸(14)的靠近环形连接体 II(19)的一侧;工作缸(14)内部靠近环形连接体 II(19)的工作腔通过定压汽液分离器 I(42)与加热锅炉(51)连接;工质储存罐(28)与工质泵 I(29)连接;工质泵 I(29)分别与电磁阀 I(30)、电磁阀 IV(37)连接;电磁阀 I(30)、工质收集槽 I(31)、工质泵 II(32)串联连接;工质泵 II(32)与比例阀 II(47)、工质混合器 II(48)串联连接;工质泵 II(32)还与电磁阀 II(33)、加热锅炉(51)串联连接;工质泵 II(32)还与电磁阀 III(34)、冷凝器(35)串联连接;冷凝器(35)和限压阀(36)连接;限压阀(36)与工质储存罐(28)连接;限压阀(36)还与溢流平衡罐(26)连接;溢流平衡罐(26)、回流阀(27)和工质储存罐(28)串联连接;电磁阀 IV(37)、工质收集槽 II(41)、工质泵 III(40)串联连接;工质泵 III(40)与比例阀 I(44)、工质混合器 I(43)串联连接;工质泵

III(40) 还与电磁阀 VI(39)、加热锅炉(51) 串联连接;工质泵 III(40) 还与电磁阀 V(38)、冷凝器(35) 串联连接;加热锅炉(51) 与电磁阀 VII(45)、工质混合器 I(43) 串联连接;加热锅炉(51) 还与电磁阀 VIII(46)、工质混合器 II(48) 串联连接;活塞位置传感器 I(10) 和活塞位置传感器 II(20) 采集的信号向控制单元(52) 传输,工质泵 I(29)、电磁阀 I(30)、工质泵 II(32)、电磁阀 II(33)、电磁阀 III(34)、电磁阀 IV(37)、电磁阀 V(38)、电磁阀 VI(39)、工质泵 III(40)、比例阀 I(44)、电磁阀 VII(45)、电磁阀 VIII(46) 和比例阀 II(47) 均由控制单元(52) 控制。

2. 按权利要求 1 所述的潜能利用式自由活塞有机郎肯循环天然气压缩装置,其特征在于其压缩比由下列公式计算:

$$\varepsilon = p_2/p_0 \quad (1)$$

$$A_1/A_2 = \alpha (p_2/p_1) \quad (2)$$

其中: $\varepsilon$  为压缩比, $\alpha$  为大于 1.5 的常数, $p_0$  为压缩缸 I(8) 或压缩缸 II(22) 压缩初期的压力, $p_1$  为工作缸(14) 内部压力, $p_2$  为压缩缸 I(8) 或压缩缸 II(22) 压缩终了的压力, $A_1$  为动力活塞(15) 的面积, $A_2$  为缩活塞 I(9) 或压缩活塞 II(21) 的面积。

## 潜能利用式自由活塞有机朗肯循环天然气压缩装置

### 技术领域

[0001] 本实用新型属有机朗肯循环热能利用技术领域，具体涉及一种潜能利用式自由活塞有机朗肯循环天然气压缩装置。

### 背景技术

[0002] 随着世界经济飞速发展，能源消耗量急剧增加，节能已成为各国普遍关注的焦点。由于石油具有不可再生的特性，因此节约能源，减少能源消耗，成为各国争相研究的课题。

[0003] 由于传统有机朗肯循环中工质的汽化潜热没有被有效利用，工质的汽化潜热完全被浪费了。因此，采用低温热式燃气型天然气压缩机，可以将工质吸收的大部分热量利用并且能利用工质的汽化潜热，提高有机朗肯循环的热效率，同时降低燃料消耗和 CO<sub>2</sub> 排放。

### 发明内容

[0004] 本实用新型目的是提供一种潜能利用式自由活塞有机朗肯循环天然气压缩装置，该装置以有机朗肯循环为依据，充分利用工质吸收的热量和工质的汽化潜热，将热能转化为机械能，压缩低压天然气，形成所需的高压天然气，实现节约能源的目的。

[0005] 本实用新型由低压天然气管路进气口 1、低压天然气管路 2、高压天然气管路出气口 3、高压天然气管路 4、出气恒压阀 I 5、进气单向阀 I 6、缸盖组件 I 7、压缩缸 I 8、压缩活塞 I 9、活塞位置传感器 I 10、环形连接体 I 11、密封垫 I 12、弹性限位器 I 13、工作缸 14、动力活塞 15、连杆 16、弹性限位器 II 17、密封垫 II 18、环形连接体 II 19、活塞位置传感器 II 20、压缩活塞 II 21、压缩缸 II 22、缸盖组件 II 23、进气单向阀 II 24、出气恒压阀 II 25、溢流平衡罐 26、回流阀 27、工质储存罐 28、工质泵 I 29、电磁阀 I 30、工质收集槽 I 31、工质泵 II 32、电磁阀 II 33、电磁阀 III 34、冷凝器 35、限压阀 36、电磁阀 IV 37、电磁阀 V 38、电磁阀 VI 39、工质泵 III 40、工质收集槽 II 41、定压汽液分离器 I 42、工质混合器 I 43、比例阀 I 44、电磁阀 VII 45、电磁阀 VIII 46、比例阀 II 47、工质混合器 II 48、定压汽液分离器 II 49、单向阀 50、加热锅炉 51、控制单元 52 组成，其特征在于低压天然气管路 2 上设有低压天然气管路进气口 1，低压天然气管路 2 的两端分别与进气单向阀 I 6 和进气单向阀 II 24 连接；高压天然气管路 4 上设有高压天然气管路出气口 3，高压天然气管路 4 的两端分别与出气恒压阀 I 5 和出气恒压阀 II 25 连接；进气单向阀 I 6 和出气恒压阀 I 5 都安装在缸盖组件 I 7 上；进气单向阀 II 24 和出气恒压阀 II 25 都安装在缸盖组件 II 23 上；缸盖组件 I 7 与压缩缸 I 8 连接；缸盖组件 II 23 与压缩缸 II 22 连接；压缩缸 I 8 通过环形连接体 I 11 和密封垫 I 12 与工作缸 14 内的工作腔连通；环形连接体 I 11 与工作缸 14 之间加装密封垫 I 12；压缩缸 II 22 通过环形连接体 II 19 和密封垫 II 18 与工作缸 14 内的工作腔连通；环形连接体 II 19 与工作缸 14 之间加装密封垫 II 18；压缩活塞 I 9 置于压缩缸 I 8 内部；压缩活塞 II 21 置于压缩缸 II 22 内部；压缩活塞 I 9 与连杆 16 通过球形铰链连接；压缩活塞 II 21 与连杆 16 通过球形铰链连接；动力活塞 15 与连杆 16 通过销钉连接；动力活塞 15 置于工作缸 14 内部；弹性限位器 I 13 置于工作

缸 14 内部,弹性限位器 I 13 的外边缘与工作缸 14 的外边缘齐平;弹性限位器 II 17 置于工作缸 14 内部,弹性限位器 II 17 外边缘与工作缸 14 外边缘齐平;活塞位置传感器 I 10 通过环形连接体 I 11 和密封垫 I 12 与工作缸 14 内部空间连通;活塞位置传感器 II 20 通过环形连接体 II 19 和密封垫 II 18 与工作缸 14 内部空间连通;低压天然气管路 2 通过单向阀 50 与加热锅炉 51 连接;定压汽液分离器 II 49 安装在工作缸 14 的靠近环形连接体 I 11 的一侧;工作缸 14 内部靠近环形连接体 I 11 的工作腔通过定压汽液分离器 II 49 与加热锅炉 51 连接;定压汽液分离器 I 42 安装在工作缸 14 的靠近环形连接体 II 19 的一侧;工作缸 14 内部靠近环形连接体 II 19 的工作腔通过定压汽液分离器 I 42 与加热锅炉 51 连接;工质储存罐 28 与工质泵 I 29 连接;工质泵 I 29 分别与电磁阀 I 30、电磁阀 IV 37 连接;电磁阀 I 30、工质收集槽 I 31、工质泵 II 32 串联连接;工质泵 II 32 与比例阀 II 47、工质混合器 II 48 串联连接;工质泵 II 32 还与电磁阀 II 33、加热锅炉 51 串联连接;工质泵 II 32 还与电磁阀 III 34、冷凝器 35 串联连接;冷凝器 35 和限压阀 36 连接;限压阀 36 与工质储存罐 28 连接;限压阀 36 还与溢流平衡罐 26 连接;溢流平衡罐 26、回流阀 27 和工质储存罐 28 串联连接;电磁阀 IV 37、工质收集槽 II 41、工质泵 III 40 串联连接;工质泵 III 40 与比例阀 I 44、工质混合器 I 43 串联连接;工质泵 III 40 还与电磁阀 VI 39、加热锅炉 51 串联连接;工质泵 III 40 还与电磁阀 V 38、冷凝器 35 串联连接;加热锅炉 51 与电磁阀 VII 45、工质混合器 I 43 串联连接;加热锅炉 51 还与电磁阀 VIII 46、工质混合器 II 48 串联连接;活塞位置传感器 I 10 和活塞位置传感器 II 20 采集的信号向控制单元 52 传输,工质泵 I 29、电磁阀 I 30、工质泵 II 32、电磁阀 II 33、电磁阀 III 34、电磁阀 IV 37、电磁阀 V 38、电磁阀 VI 39、工质泵 III 40、比例阀 I 44、电磁阀 VII 45、电磁阀 VIII 46 和比例阀 II 47 均由控制单元 52 控制。

[0006] 本实用新型的压缩比由下列公式计算:

$$[0007] \quad \varepsilon = p_2/p_0 \quad (1)$$

$$[0008] \quad A_1/A_2 = \alpha (p_2/p_1) \quad (2)$$

[0009] 其中: $\varepsilon$  为压缩比, $\alpha$  为大于 1.5 的常数, $p_0$  为压缩缸 I (8) 或压缩缸 II (22) 压缩初期的压力, $p_1$  为工作缸 (14) 内部压力, $p_2$  为压缩缸 I (8) 或压缩缸 II (22) 压缩终了的压力, $A_1$  为动力活塞 (15) 的面积, $A_2$  为压缩活塞 I (9) 或压缩活塞 II (21) 的面积。

[0010] 本实用新型的原理是:低压天然气管路 2 向压缩缸 I 8 提供需要压缩的低压天然气,并向加热锅炉 51 提供燃烧用天然气。工质泵 I 29 和工质泵 III 40 将工质从工质储存罐 28 中输送到加热锅炉 51 中,工质吸热后,形成高温高压的过热蒸汽。过热蒸汽通过工质混合器 I 43 直接喷入工作缸 14 内部靠近环形连接体 II 19 一侧的工作腔中,或者与工质收集槽 II 41 中的工质按一定的比例在工质混合器 I 43 中混合后喷入靠近环形连接体 II 19 一侧的工作腔中,工质膨胀做功,推动动力活塞 15 向另一侧移动。动力活塞 15 通过连杆 16 带动压缩活塞 I 9 压缩低压天然气,形成高压天然气,输送至高压天然气管路 4 中。控制单元 52 通过活塞位置传感器 I 10 和活塞位置传感器 II 20 采集的信号,判断动力活塞 15 在工作缸 14 内的位置。当动力活塞 15 移动至控制单元 52 内部设定的极限位置时,控制单元 52 根据喷入工作缸 14 内部靠近环形连接体 II 19 一侧工作腔内工质的量,判断出工作后工质的所携带的热量,计算将工作缸 14 内部工作后的工质变成液态所需要喷入的低温液态工质的量。控制单元 52 控制相应的电磁阀(电磁阀 VI 39 关闭)开启或者闭

合以及比例阀 I 44 的开度,只向工作缸 14 内部的靠近环形连接体 II 19 一侧工作腔喷入经过控制单元 52 计算的低温工质的量,使做功后的工质降低温度,变成液态;低温工质吸收热量形成饱和工质,流向工质收集槽 II 41,为下一个工作循环提供工作用的工质,减少在加热锅炉 51 中燃料的消耗量。同时低压天然气管路 2 向压缩缸 II 22 提供需要压缩的低压天然气,控制单元 52 并向加热锅炉 51 提供燃烧用天然气。工质泵 I 29 和工质泵 II 32 将工质从工质储存罐 28 中输送到加热锅炉 51 中,工质吸热后,形成高温高压的过热蒸汽。过热蒸汽通过工质混合器 II 48 直接喷入工作缸 14 靠近环形连接体 I 11 一侧的工作腔中,或者与工质收集槽 I 31 中的工质按一定的比例在工质混合器 I 43 中混合后喷入工作缸 14 内靠近环形连接体 I 11 一侧的工作腔中,工质膨胀做功,推动动力活塞 15 向另一侧移动,通过连杆 16 带动压缩活塞 II 21 压缩低压天然气,形成高压天然气,输送到高压天然气管路 4 中。

[0011] 本实用新型以有机朗肯循环基本原理为依据,通过改进其基本结构,解决传统朗肯循环过程中工质热量利用率低以及工质的汽化潜热无法利用的难题,能充分利用做功工质的余热和汽化潜热,提高有机朗肯循环的热效率,实现节约能源和保护环境的目。

#### 附图说明

[0012] 图 1 为低温热式燃气型天然气压缩机的结构示意图

[0013] 其中:1. 低压天然气管路进气口、2. 低压天然气管路、3. 高压天然气管路出气口、4. 高压天然气管路、5. 出气恒压阀 I、6. 进气单向阀 I、7. 缸盖组件 I、8. 压缩缸 I、9. 压缩活塞 I、10. 活塞位置传感器 I、11. 环形连接体 I、12. 密封垫 I、13. 弹性限位器 I、14. 工作缸、15. 动力活塞、16. 连杆、17. 弹性限位器 II、18. 密封垫 II、19. 环形连接体 II、20. 活塞位置传感器 II、21. 压缩活塞 II、22. 压缩缸 II、23. 缸盖组件 II、24. 进气单向阀 II、25. 出气恒压阀 II、26. 溢流平衡罐、27. 回流阀、28. 工质储存罐、29. 工质泵 I、30. 电磁阀 I、31. 工质收集槽 I、32. 工质泵 II、33. 电磁阀 II、34. 电磁阀 III、35. 冷凝器、36. 限压阀、37. 电磁阀 IV、38. 电磁阀 V、39. 电磁阀 VI、40. 工质泵 III、41. 工质收集槽 II、42. 定压汽液分离器 I、43. 工质混合器 I、44. 比例阀 I、45. 电磁阀 VII、46. 电磁阀 VIII、47. 比例阀 II、48. 工质混合器 II、49. 定压汽液分离器 II、50. 单向阀、51. 加热锅炉、52. 控制单元

#### 具体实施方式

[0014] 以下结合附图 1 对本实用新型技术方案作进一步详细阐述:本实用新型基于有机朗肯循环开发的动力活塞式低温热式天然气压缩机的工作过程可以分为三个阶段:启动阶段、工作阶段、停止阶段。

[0015] 启动阶段:低压天然气从低压天然气管路进气口 1 进入低压天然气管路 2,低压天然气管路 2 中的低压天然气通过单向阀 50 向加热锅炉 51 提供燃烧用燃料;低压天然气管路 2 中的低压天然气还通过进气单向阀 I 6 和缸盖组件 I 7 向压缩缸 I 8 提供低压天然气;低压天然气管路 2 中的低压天然气还通过进气单向阀 II 24 和缸盖组件 II 23 向压缩缸 II 22 提供低压天然气。

[0016] 控制单元 52 控制工质泵 I 29 工作以及电磁阀 IV37 开启,工质储存罐 28 中的过冷工质经工质泵 I 29、电磁阀 IV37 进入工质收集槽 II 41 中,工质收集槽 II 41 中的工质

是过冷工质；此时，控制单元 52 控制工质泵 III 40 工作、电磁阀 VI 39 开启，工质收集槽 II 41 中的工质经工质泵 III 40、电磁阀 VI 39 进入加热锅炉 51，过冷工质在加热锅炉 51 中吸热后，成为高温、高压的过热蒸汽；控制单元 52 控制电磁阀 VII 45 开启以及比例阀 I 44 的开度；工质收集槽 II 41 中的工质经工质泵 III 40、比例阀 I 44 进入工质混合器 I 43，同时加热锅炉 51 中高温、高压的过热蒸汽经电磁阀 VII 45 进入工质混合器 I 43，两者在工质混合器 I 43 中混合后，喷入工作缸 14 内部靠近环形连接体 II 19 一侧的工作腔里，高温、高压过热蒸汽在工作腔内部膨胀做功，推动动力活塞 15 向另一侧移动，动力活塞 15 通过连杆 16 带动压缩活塞 I 9 压缩压缩缸 I 8 中的低压天然气，形成高压天然气，经缸盖出口组件 I 7 和出气恒压阀 I 5 进入高压天然气管路 4，通过高压天然气管路出气口 3 进入天然气压缩罐；同时低压天然气管路 2 中的低压天然气经进气单向阀 II 24 和缸盖组件 II 23 进入压缩缸 II 22。控制单元 52 根据活塞位置传感器 I 10 和活塞位置传感器 II 20 采集的信号，判断动力活塞 15 在工作缸 14 内部的位置，当动力活塞 15 运行至控制单元 52 内部设定的极限位置时，控制单元 52 控制电磁阀 VI 39 关闭以及比例阀 I 44 的开度，此时只向工作缸 14 内部靠近环形连接体 II 19 一侧的工作腔里喷入过冷的工质，由于做功后的工质温度高于喷入工作腔内的过冷工质的温度，因此做功后的工质放热，温度降低，成为液态；喷入工作腔内的过冷工质吸热后成为不饱和工质，这样就可以利用工质的汽化潜热给过冷工质加热，减少下一个工作循环过程中在加热锅炉 51 中加热工质所用的天然气燃料的消耗量。工作缸 14 内部靠近环形连接体 II 19 一侧工作腔内的工质由于变成液态，压力降低，减少了下一个工作循环动力活塞 15 向该侧移动时的阻力。工作缸 14 内部靠近环形连接体 II 19 一侧工作腔内的液态工质通过定压汽液分离器 I 42 流入工质收集槽 II 41 中，当工作缸 14 内部靠近环形连接体 II 19 一侧工作腔内的汽态工质变成液态工质时，控制单元 52 控制比例阀 I 44 关闭，工质泵 III 40 停止工作。同时，控制单元 52 控制电磁阀 VI 37 关闭，电磁阀 I 30 开启，工质储存罐 28 中的过冷工质经工质泵 I 29、电磁阀 I 30 进入工质收集槽 I 31 中，工质收集槽 I 31 中的工质是过冷工质；此时，控制单元 52 控制工质泵 II 32 工作、电磁阀 II 33 开启，工质收集槽 I 31 中的过冷工质经工质泵 II 32、电磁阀 II 33 进入加热锅炉 51，过冷工质在加热锅炉 51 中吸热后，成为高温、高压的过热蒸汽；控制单元 52 控制电磁阀 VIII 46 开启以及比例阀 II 47 的开度；工质收集槽 I 31 中的工质经工质泵 II 32、比例阀 II 47 进入工质混合器 II 48，同时加热锅炉 51 中高温、高压的过热蒸汽经电磁阀 VIII 46 进入工质混合器 II 48，两者在工质混合器 II 48 中混合后喷入工作缸 14 内部靠近环形连接体 I 11 一侧工作腔里，高温、高压的过热工质蒸汽在工作缸 14 内部靠近环形连接体 I 11 一侧工作腔内部膨胀做功，推动动力活塞 15 向另一侧移动，动力活塞 15 通过连杆 16 带动压缩活塞 II 21 压缩压缩缸 II 22 中的低压天然气，形成高压天然气，经缸盖组件 23 和出气恒压阀 II 25 进入高压天然气管路 4，通过高压天然气管路出气口 3 进入天然气压缩罐，同时低压天然气管路 2 中的低压天然气经进气单向阀 I 6 和缸盖组件 I 7 进入压缩缸 I 8。控制单元 52 根据活塞位置传感器 I 10 和活塞位置传感器 II 20 采集的信号，判断动力活塞 15 在工作缸 14 内部的位置，当动力活塞 15 运行至控制单元 52 内部设定的极限位置时，控制单元 52 控制电磁阀 II 33 关闭以及比例阀 II 47 的开度，此时只向工作缸 14 内部靠近环形连接体 I 11 一侧的工作腔喷入过冷的工质，由于做功后的工质温度高于喷入工作腔内的过冷工质的温度，因此做功后的工质放热，温度降低，成为液态；喷入

工作腔内的过冷工质吸热后成为不饱和工质,这样就可以利用工质的汽化潜热给过冷工质加热,减少下一个工作循环过程中在加热锅炉 51 中加热工质所用的天然气燃料的消耗量。工作缸 14 内部靠近环形连接体 I 11 一侧工作腔内的工质由于变成液态,压力降低,减少了下一个工作循环动力活塞 15 向该侧移动时的阻力。工作缸 14 内部靠近环形连接体 I 11 一侧工作腔内的液态工质通过定压汽液分离器 II 49 流入工质收集槽 I 31 中,当工作缸 14 内部靠近环形连接体 I 11 一侧工作腔内的汽态工质变成液态工质时,控制单元 52 控制比例阀 II 47 关闭,工质泵 II 32 停止工作。

[0017] 工作阶段:

[0018] 经启动阶段后,工质收集槽 II 41 收集的工质是吸收热量的不饱和工质;此时,控制单元 52 控制工质泵 III 40 工作、电磁阀 VI 39 开启,工质收集槽 II 41 中的不饱和工质经工质泵 III 40、电磁阀 VI 39 进入加热锅炉 51,不饱和工质在加热锅炉 51 中吸热后,成为高温、高压的过热蒸汽;控制单元 52 控制电磁阀 VII 45 开启以及比例阀 I 44 的开度,工质收集槽 II 41 中的工质经工质泵 III 40、比例阀 I 44 进入工质混合器 I 43;同时加热锅炉 51 中高温、高压的过热蒸汽经电磁阀 VII 45 进入工质混合器 I 43,两者在工质混合器 I 43 中混合后喷入工作缸 14 内部靠近环形连接体 II 19 一侧的工作腔里,高温、高压的过热工质蒸汽在工作腔内部膨胀做功,推动动力活塞 15 向另一侧移动;动力活塞 15 通过连杆 16 带动压缩活塞 I 9 压缩压缩缸 I 8 中的低压天然气,形成高压天然气,经缸盖组件 I 7 和出气恒压阀 I 5 进入高压天然气管路 4,通过高压天然气管路出气口 3 进入天然气压缩罐,同时低压天然气管路 2 中的低压天然气经进气单向阀 II 24 和缸盖组件 II 23 进入压缩缸 II 22。

[0019] 接下来整个系统的工作过程与启动阶段相对应的工作过程完全一致,直到工作缸 14 内部靠近环形连接体 II 19 一侧工作腔内的工质成为液态并通过定压汽液分离器 I 42 流入工质收集槽 II 41 中,工质泵 III 40 停止工作为止,节能原理也完全一致。

[0020] 工作缸 14 内部靠近环形连接体 II 19 一侧工作腔内的工质由于变成液态,压力降低,减少动力活塞 15 向右移动时的阻力。工作缸 14 内部靠近环形连接体 II 19 一侧工作腔内的液态工质流入工质收集槽 II 41 中,当工作缸 14 内部靠近环形连接体 II 19 一侧工作腔内的汽态工质变成液态工质时,控制单元 52 控制比例阀 I 44 关闭,工质泵 III 40 停止工作。同时,控制单元 52 控制工质泵 II 32 工作、电磁阀 II 33 开启,工质收集槽 I 31 中的不饱和工质经工质泵 II 32、电磁阀 II 33 进入加热锅炉 51,不饱和工质在加热锅炉 51 中吸热后,成为高温、高压的过热蒸汽;控制单元 52 控制电磁阀 VIII 46 开启以及比例阀 II 47 的开度,工质收集槽 I 31 中的不饱和工质经工质泵 II 32、比例阀 II 47 进入工质混合器 II 48;同时加热锅炉 51 中高温、高压的过热蒸汽经电磁阀 VIII 46 进入工质混合器 II 48,两者在工质混合器 II 48 中混合后喷入工作缸 14 内部的靠近环形连接体 II 19 一侧的工作腔里,高温、高压的过热蒸汽在工作缸 14 内部的靠近环形连接体 II 19 一侧工作腔内部膨胀做功,推动动力活塞 15 向另一侧移动,动力活塞 15 通过连杆 16 带动压缩活塞 II 21 压缩压缩缸 II 22 中的低压天然气,形成高压天然气,经出缸盖组件 II 23 和出气恒压阀 II 25 进入高压天然气管路 4,通过高压天然气管路出气口 3 进入天然气压缩罐;同时低压天然气管路 2 中的低压天然气经进气单向阀 I 6 和缸盖组件 I 7 进入压缩缸 I 8。控制单元 52 根据活塞位置传感器 I 10 和活塞位置传感器 II 20 采集的信号,判断动力活塞 15 在工作缸

14 内部的位置。当动力活塞 15 运行至控制单元 52 内部设定的极限位置时,控制单元 52 控制电磁阀 II 33 关闭,此时只向工作缸 14 内部靠近环形连接体 11 一侧的工作腔喷入低温不饱和工质。

[0021] 接下来整个系统的工作过程与启动阶段相对应的工作过程完全一致,直到工作缸 14 内部靠近环形连接体 I 11 一侧工作腔内的工质成为液态并通过定压汽液分离器 II 49 流入工质收集槽 I 31 中,工质泵 II 32 停止工作为止,节能原理也完全一致。

[0022] 在工作阶段中,由于工质收集槽 I 31 和工质收集槽 II 41 中的不饱和工质喷入工作缸 14 内部时不断吸收热量,工质收集槽 I 31 和工质收集槽 II 41 内的工质温度会不断升高。当工质收集槽 I 31 中的工质温度达到工质的沸点时,控制单元 52 控制电磁阀 III 34 开启以及工质泵 II 32 运转,工质收集槽 I 31 中的工质经工质泵 II 32、电磁阀 III 34 流入冷凝器 35 中。同理,当工质收集槽 II 41 中的工质温度达到工质的沸点时,控制单元 52 控制电磁阀 V 38 开启以及工质泵 III 40 运转,工质收集槽 II 41 中的工质经工质泵 III 40、电磁阀 V 38 流入冷凝器 35 中。工质在冷凝器 35 中散热后温度降低,直到成为过冷工质;过冷工质经限压阀 36 流入工质储存罐 28 中。在工质回流管路中设置 0.2MPa 的限压阀 36,保证冷凝相变可靠性。限压阀 36 上布置溢流平衡罐 26,收集溢出工质。当系统工作正常时,打开回流阀 27 将液态工质补充至工质储存罐 28 中。

[0023] 上述的工作过程是一个工作循环,在正常的工作过程中,潜能利用式自由活塞有机郎肯循环天然气压缩装置不断重复上述的工作循环,实现压缩低压天然气的过程。

[0024] 在工作阶段中,控制单元 52 要实时检测工质收集槽 31 和工质收集槽 41 中工质的量,及时保证系统正常工作所需要的工质。

[0025] 安装弹性限位器 I 13 和弹性限位器 II 17 的目的是当控制单元 52 对动力活塞 15 的位置检测不准确时,即动力活塞 15 越过控制单元 52 内部设定的极限位置时,弹性限位器 I 13 和弹性限位器 II 17 可以吸收动力活塞 15 的动能,避免动力活塞 15 通过连杆 16 带动压缩活塞 I 9 挤压缸盖组件 I 7,或者避免动力活塞 15 通过连杆 16 带动压缩活塞 II 21 挤压缸盖组件 II 23,使整个装置受到损坏。

[0026] 停止阶段:当潜能利用式自由活塞有机郎肯循环天然气压缩装置停止工作时,控制单元 52 控制工质泵 II 32、工质泵 III 40 运转,以及电磁阀 III 34 和电磁阀 V 38 开启,工质收集槽 I 31 中的不饱和工质经工质泵 II 32、电磁阀 III 34 进入冷凝器 35 中;工质收集槽 II 41 中的工质经工质泵 III 40、电磁阀 V 38 进入冷凝器 35 中;工质从冷凝器 35 流入工质储存罐 28 中的过程以及限压阀 36 的作用与工作阶段相对应的过程和限压阀 36 的作用完全一致。

[0027] 上述的工作过程是一个工作循环,在正常的工作过程中,潜能利用式自由活塞有机郎肯循环天然气压缩装置不断重复上述的工作循环,实现压缩低压天然气的过程。

[0028] 本实用新型还可应用于压缩空气以及其他的可压缩气体;潜能利用式自由活塞有机郎肯循环天然气压缩装置压缩天然气的压缩比可通过改变动力活塞 15 和压缩活塞(压缩活塞 I 9 和压缩活塞 II 21)的面积来实现,压缩比由下列公式计算:

$$[0029] \quad \varepsilon = p_2/p_0 \quad (1)$$

$$[0030] \quad A_1/A_2 = \alpha (p_2/p_1) \quad (2)$$

[0031] 其中: $\varepsilon$  为压缩比, $\alpha$  为大于 1.5 的常数, $p_0$  为压缩缸 I (8) 或压缩缸 II (22) 压

缩初期的压力,  $p_1$  为工作缸 (14) 内部压力,  $p_2$  为压缩缸 I (8) 或压缩缸 II (22) 压缩终了的压力,  $A_1$  为动力活塞 (15) 的面积,  $A_2$  为压缩活塞 I (9) 或压缩活塞 II (21) 的面积。

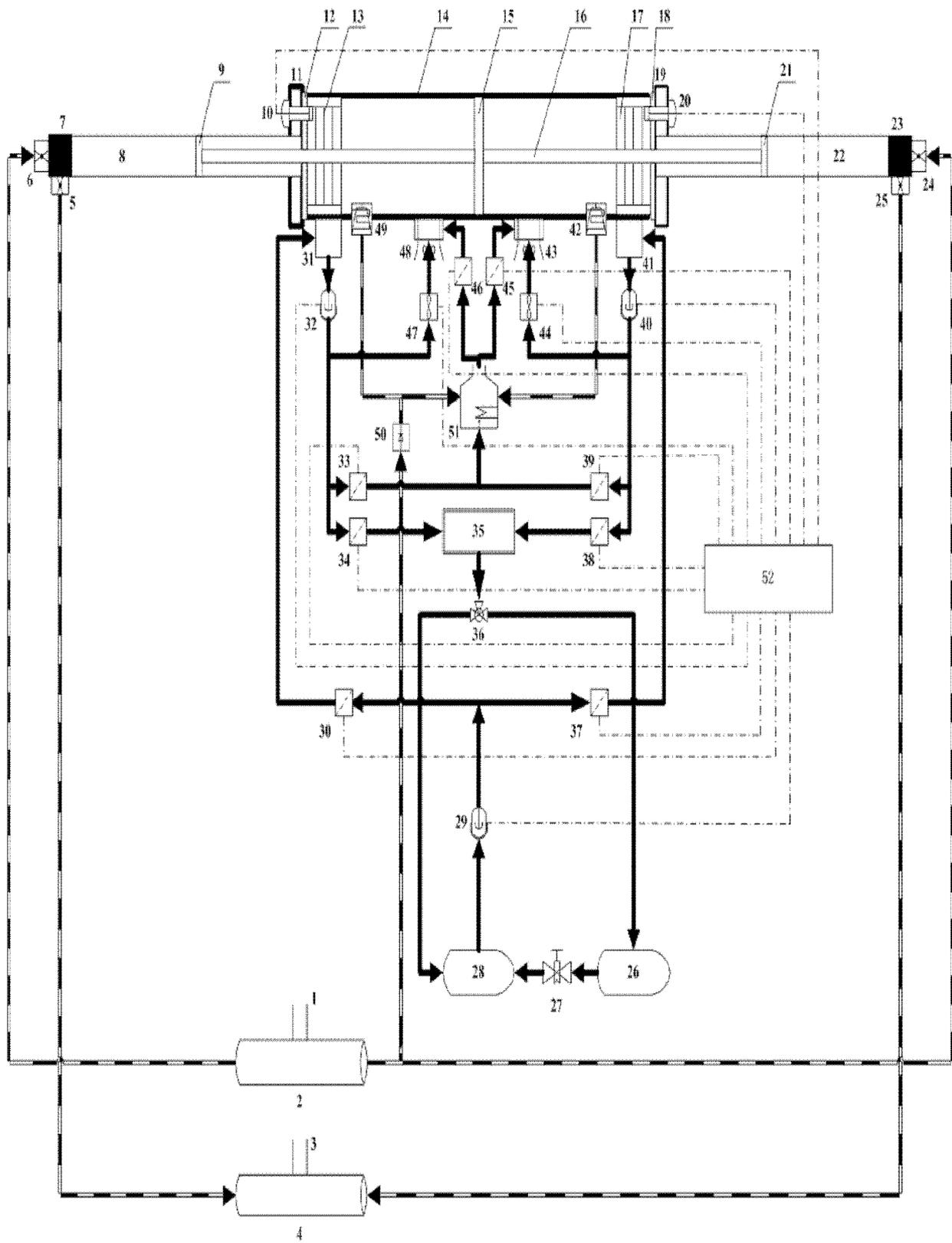


图 1