



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115264977 B

(45) 授权公告日 2024. 03. 29

(21) 申请号 202210908759.4

F25B 41/20 (2021.01)

(22) 申请日 2022.07.29

F25B 41/39 (2021.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 115264977 A

(56) 对比文件

CN 105674375 A, 2016.06.15

CN 110486942 A, 2019.11.22

CN 110486943 A, 2019.11.22

CN 110513902 A, 2019.11.29

CN 110701811 A, 2020.01.17

CN 111141055 A, 2020.05.12

CN 113251698 A, 2021.08.13

(43) 申请公布日 2022.11.01

(73) 专利权人 哈尔滨工业大学

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西  
大直街92号

(72) 发明人 张承虎 杨茜茹 杨海滨 朱添奇

审查员 彭钊

(74) 专利代理机构 黑龙江立超同创知识产权代  
理有限责任公司 23217

专利代理师 杨立超

(51) Int. Cl.

F25B 1/10 (2006.01)

F25B 41/40 (2021.01)

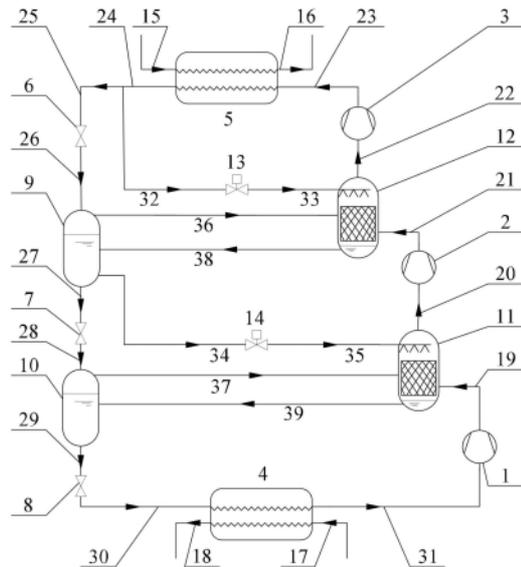
权利要求书9页 说明书25页 附图7页

(54) 发明名称

一种压缩过程中间多级冷却的高温水工质  
热泵循环系统

(57) 摘要

本发明提供一种压缩过程中间多级冷却的高温水工质热泵循环系统,属于热泵循环系统技术领域。为解决现有单级蒸气压缩式热泵系统使用的工质为温室气体,破坏大气环境,造成环境污染,高温水工质热泵过热度过大,影响系统稳定性的问题。蒸发器依次与低温压缩机、一个或两个中温级降温装置和中温级压缩机、高温级降温装置、高温级压缩机和冷凝器连接,冷凝器与高温级经济器通过节流阀和多个中温级经济器连接,中温级经济器依次与低温级经济器和蒸发器连接;每个中温级经济器均与相应的中温级降温装置和下一级的中温级降温装置连接。自然工质水无毒无害;采用多级冷却节流,减小过热度,提高热泵效率;降低应力变化,进一步增强机械安全。



1. 一种压缩过程中间多级冷却的高温水工质热泵循环系统,包括低温级压缩机(1)、中温级压缩机(2)、高温级压缩机(3)、蒸发器(4)、冷凝器(5)、高温级节流阀(6)、中温级节流阀(7)、低温级节流阀(8)、中温级经济器(9)、低温级经济器(10)、中温级降温罐(11)、高温级降温罐(12)、高温级旁通阀(13)、中温级旁通阀(14)、第一载热介质管路(15)、第二载热介质管路(16)、第一载冷介质管路(17)、第二载冷介质管路(18)、一级第一工作蒸气管路(19)、一级第二工作蒸气管路(20)、二级第一工作蒸气管路(21)、二级第二工作蒸气管路(22)、三级第一工作蒸气管路(23)、三级第一液态冷剂管路(24)、三级第二液态冷剂管路(25)、二级第一液态冷剂管路(26)、二级第二液态冷剂管路(27)、一级第一液态冷剂管路(28)、一级第二液态冷剂管路(29)、零级液态冷剂管路(30)、零级工作蒸气管路(31)、二级第三工作蒸气管路(36)和一级第三工作蒸气管路(37),其特征在于:还包括三级第三液态冷剂管路(32)、三级第四液态冷剂管路(33)、二级第五液态冷剂管路(38)、二级第三液态冷剂管路(34)、二级第四液态冷剂管路(35)和一级第三液态冷剂管路(39),

所述冷凝器(5)的载热介质出口端与第二载热介质管路(16)的入口端连接,所述冷凝器(5)的载热介质入口端与第一载热介质管路(15)的出口端连接,所述蒸发器(4)的载冷介质入口端与第一载冷介质管路(17)的出口端连接,所述蒸发器(4)的载冷介质出口端与第二载冷介质管路(18)的入口端连接,

所述蒸发器(4)的制冷剂出口端与低温级压缩机(1)的入口端通过零级工作蒸气管路(31)连接,所述低温级压缩机(1)的出口端与中温级降温罐(11)的高温工作蒸气入口端通过一级第一工作蒸气管路(19)连接,所述中温级降温罐(11)的工作蒸气出口端与中温级压缩机(2)的入口端通过一级第二工作蒸气管路(20)连接,所述中温级降温罐(11)的液态制冷剂出口端与低温级经济器(10)的液态制冷剂入口端通过一级第三液态冷剂管路(39)连接,所述中温级压缩机(2)的出口端与高温级降温罐(12)的高温工作蒸气入口端通过二级第一工作蒸气管路(21)连接,所述高温级降温罐(12)的工作蒸气出口端与高温级压缩机(3)的入口端通过二级第二工作蒸气管路(22)连接,所述高温级降温罐(12)的液态制冷剂出口端与中温级经济器(9)的液态制冷剂入口端通过二级第五液态冷剂管路(38)连接,所述高温级压缩机(3)的出口端与冷凝器(5)的制冷剂入口端通过三级第一工作蒸气管路(23)连接,

所述冷凝器(5)的制冷剂出口端与高温级旁通阀(13)的入口依次通过三级第一液态冷剂管路(24)和三级第三液态冷剂管路(32)连接,所述高温级旁通阀(13)的出口与高温级降温罐(12)的液态制冷剂入口端通过三级第四液态冷剂管路(33)连接,所述冷凝器(5)的制冷剂出口端与高温级节流阀(6)的入口端依次通过三级第一液态冷剂管路(24)和三级第二液态冷剂管路(25)连接,所述高温级节流阀(6)的出口端与中温级经济器(9)的工作蒸气入口端通过二级第一液态冷剂管路(26)连接,所述中温级经济器(9)的气态制冷剂出口端与高温级降温罐(12)的气态制冷剂入口端通过二级第三工作蒸气管路(36)连接,所述中温级经济器一(9)的液态制冷剂出口端与中温级旁通阀(14)的入口通过二级第三液态冷剂管路(34)连接,所述中温级旁通阀(14)的出口与中温级降温罐(11)的液态制冷剂入口端通过二级第四液态冷剂管路(35)连接,所述中温级经济器(9)的制冷剂出口端与中温级节流阀(7)的入口端通过二级第二液态冷剂管路(27)连接,

所述中温级节流阀(7)的出口端与低温级经济器(10)的工作蒸气入口通过一级第一液

态制冷剂管路(28)连接,所述低温级经济器(10)的气态制冷剂出口端与中温级降温罐(11)的气态制冷剂入口端通过一级第三工作蒸气管路(37)连接,所述低温级经济器(10)的制冷剂出口端与低温级节流阀(8)的入口端通过一级第二液态制冷剂管路(29)连接,

所述低温级节流阀(8)的出口端和蒸发器(4)的制冷剂入口端通过零级液态制冷剂管路(30)连接。

2.一种压缩过程中间多级冷却的高温水工质热泵循环系统,包括低温级压缩机(1)、中温级压缩机一(2-1)、中温级压缩机二(2-2)、高温级压缩机(3)、蒸发器(4)、冷凝器(5)、高温级节流阀(6)、中温级节流阀一(7-1)、中温级节流阀二(7-2)、低温级节流阀(8)、中温级经济器(9)、低温级经济器一(10-1)、低温级经济器二(10-2)、中温级降温罐一(11-1)、中温级降温罐二(11-2)、高温级降温罐(12)、高温级旁通阀(13)、中温级旁通阀一(14-1)、中温级旁通阀二(14-2)、第一载热介质管路(15)、第二载热介质管路(16)、第一载冷介质管路(17)、第二载冷介质管路(18)、一级第一工作蒸气管路(19)、一级第二工作蒸气管路一(20-1)、一级第二工作蒸气管路二(20-2)、二级第一工作蒸气管路一(21-1)、二级第一工作蒸气管路二(21-2)、二级第二工作蒸气管路(22)、三级第一工作蒸气管路(23)、三级第一液态制冷剂管路(24)、三级第二液态制冷剂管路(25)、二级第一液态制冷剂管路(26)、二级第二液态制冷剂管路一(27-1)、二级第二液态制冷剂管路二(27-2)、一级第一液态制冷剂管路一(28-1)、一级第一液态制冷剂管路二(28-2)、一级第二液态制冷剂管路(29)、零级液态制冷剂管路(30)、零级工作蒸气管路(31)、二级第三工作蒸气管路(36)、一级第三工作蒸气管路一(37-1)和一级第三工作蒸气管路二(37-2),其特征在于:还包括三级第三液态制冷剂管路(32)、三级第四液态制冷剂管路(33)、二级第五液态制冷剂管路(38)、二级第三液态制冷剂管路一(34-1)、二级第三液态制冷剂管路二(34-2)、二级第四液态制冷剂管路一(35-1)、二级第四液态制冷剂管路二(35-2)、一级第三液态制冷剂管路一(39-1)和一级第三液态制冷剂管路二(39-2),

所述冷凝器(5)的载热介质出口端与第二载热介质管路(16)的入口端连接,所述冷凝器(5)的载热介质入口端与第一载热介质管路(15)的出口端连接,所述蒸发器(4)的载冷介质入口端与第一载冷介质管路(17)的出口端连接,所述蒸发器(4)的载冷介质出口端与第二载冷介质管路(18)的入口端连接,

所述蒸发器(4)的制冷剂出口端与低温级压缩机(1)的入口端通过零级工作蒸气管路(31)连接,所述低温级压缩机(1)的出口端与中温级降温罐一(11-1)的高温工作蒸气入口端通过一级第一工作蒸气管路(19)连接,所述中温级降温罐一(11-1)的工作蒸气出口端与中温级压缩机一(2-1)的入口端通过一级第二工作蒸气管路一(20-1)连接,所述中温级降温罐一(11-1)的液态制冷剂出口端与低温级经济器一(10-1)的液态制冷剂入口端通过一级第三液态制冷剂管路一(39-1)连接,所述中温级压缩机一(2-1)的出口端与中温级降温罐二(11-2)的高温工作蒸气入口端通过二级第一工作蒸气管路一(21-1)连接,所述中温级降温罐二(11-2)的工作蒸气出口端与中温级压缩机二(2-2)的入口端通过一级第二工作蒸气管路二(20-2)连接,所述中温级降温罐二(11-2)的液态制冷剂出口端与低温级经济器二(10-2)的液态制冷剂入口端通过一级第三液态制冷剂管路二(39-2)连接,所述中温级压缩机二(2-2)的出口端与高温级降温罐(12)的高温工作蒸气入口端通过二级第一工作蒸气管路二(21-2)连接,所述高温级降温罐(12)的工作蒸气出口端与高温级压缩机(3)的入口端通过二级第二工作蒸气管路(22)连接,所述高温级降温罐(12)的液态制冷剂出口端与中温级

经济器(9)的液态制冷剂入口端通过二级第五液态冷剂管路(38)连接,所述高温级压缩机(3)的出口端与冷凝器(5)的制冷剂入口端通过三级第一工作蒸气管路(23)连接,

所述冷凝器(5)的制冷剂出口端与高温级旁通阀(13)的入口依次通过三级第一液态冷剂管路(24)和三级第三液态冷剂管路(32)连接,所述高温级旁通阀(13)的出口端与高温级降温罐(12)的液态制冷剂入口端通过三级第四液态冷剂管路(33)连接,所述冷凝器(5)的制冷剂出口端与高温级节流阀(6)的入口端依次通过三级第一液态冷剂管路(24)和三级第二液态冷剂管路(25)连接,所述高温级节流阀(6)的出口端与中温级经济器(9)的工作蒸气入口端通过二级第一液态冷剂管路(26)连接,所述中温级经济器(9)的气态制冷剂出口端与高温级降温罐(12)的气态制冷剂入口端通过二级第三工作蒸气管路(36)连接,所述中温级经济器(9)的液态制冷剂出口端与中温级旁通阀二(14-2)的入口通过二级第三液态冷剂管路二(34-2)连接,所述中温级旁通阀二(14-2)的出口与中温级降温罐二(11-2)的液态制冷剂入口端通过二级第四液态冷剂管路二(35-2)连接,所述中温级经济器(9)的制冷剂出口端与中温级节流阀二(7-2)的入口端通过二级第二液态冷剂管路二(27-2)连接,所述中温级节流阀二(7-2)的出口端与低温级经济器二(10-2)的工作蒸气入口端通过一级第一液态冷剂管路二(28-2)连接,所述低温级经济器二(10-2)的气态制冷剂出口端与中温级降温罐二(11-2)的气态制冷剂入口端通过一级第三工作蒸气管路二(37-2)连接,所述低温级经济器二(10-2)的液态制冷剂出口端与中温级旁通阀一(14-1)的入口通过二级第三液态冷剂管路一(34-1)连接,所述中温级旁通阀一(14-1)的出口与中温级降温罐一(11-1)的液态制冷剂入口端通过二级第四液态冷剂管路一(35-1)连接,所述低温级经济器二(10-2)的制冷剂出口端与中温级节流阀一(7-1)的入口端通过二级第二液态冷剂管路一(27-1)连接,

所述中温级节流阀一(7-1)的出口端与低温级经济器一(10-1)的工作蒸气入口端通过一级第一液态冷剂管路一(28-1)连接,所述低温级经济器一(10-1)的气态制冷剂出口端与中温级降温罐一(11-1)的气态制冷剂入口端通过一级第三工作蒸气管路一(37-1)连接,所述低温级经济器一(10-1)的制冷剂出口端与低温级节流阀(8)的入口端通过一级第二液态冷剂管路(29)连接,

所述低温级节流阀(8)的出口端和蒸发器(4)的制冷剂入口端通过零级液态冷剂管路(30)连接。

3.一种压缩过程中间多级冷却的高温水工质热泵循环系统,包括低温级压缩机(1)、中温级压缩机(2)、高温级压缩机(3)、蒸发器(4)、冷凝器(5)、高温级节流阀(6)、中温级节流阀(7)、低温级节流阀(8)、中温级经济器(9)、低温级经济器(10)、中温级降温罐(11)、高温级降温罐(12)、高温级旁通阀(13)、中温级旁通阀(14)、第一载热介质管路(15)、第二载热介质管路(16)、第一载冷介质管路(17)、第二载冷介质管路(18)、一级第一工作蒸气管路(19)、一级第二工作蒸气管路(20)、二级第一工作蒸气管路(21)、二级第二工作蒸气管路(22)、三级第一工作蒸气管路(23)、三级第一液态冷剂管路(24)、二级第一液态冷剂管路(26)、二级第二液态冷剂管路(27)、一级第一液态冷剂管路(28)、一级第二液态冷剂管路(29)、零级液态冷剂管路(30)、零级工作蒸气管路(31)、二级第三工作蒸气管路(36)和一级第三工作蒸气管路(37),其特征在于:还包括三级第三液态冷剂管路(32)、三级第四液态冷剂管路(33)、二级第五液态冷剂管路(38)、二级第三液态冷剂管路(34)、二级第四液态冷剂管路(35)、一级第三液态冷剂管路(39)、低温级增压泵(40)、一级第四液态冷剂管路(41)和

二级第六液态冷剂管路(42),

所述冷凝器(5)的载热介质出口端与第二载热介质管路(16)的入口端连接,所述冷凝器(5)的载热介质入口端与第一载热介质管路(15)的出口端连接,所述蒸发器(4)的载冷介质入口端与第一载冷介质管路(17)的出口端连接,所述蒸发器(4)的载冷介质出口端与第二载冷介质管路(18)的入口端连接,

所述蒸发器(4)的制冷剂出口端与低温级压缩机(1)的入口端通过零级工作蒸气管路(31)连接,所述低温级压缩机(1)的出口端与中温级降温罐(11)的高温工作蒸气入口端通过一级第一工作蒸气管路(19)连接,所述中温级降温罐(11)的工作蒸气出口端与中温级压缩机(2)的入口端通过一级第二工作蒸气管路(20)连接,所述中温级降温罐(11)的液态制冷剂出口端与低温级经济器(10)的液态制冷剂入口端通过一级第三液态冷剂管路(39)连接,所述中温级压缩机(2)的出口端与高温级降温罐(12)的高温工作蒸气入口端通过二级第一工作蒸气管路(21)连接,所述高温级降温罐(12)的工作蒸气出口端与高温级压缩机(3)的入口端通过二级第二工作蒸气管路(22)连接,所述高温级降温罐(12)的液态制冷剂出口端与中温级经济器(9)的液态制冷剂入口端通过二级第五液态冷剂管路(38)连接,所述高温级压缩机(3)的出口端与冷凝器(5)的制冷剂入口端通过三级第一工作蒸气管路(23)连接,

所述冷凝器(5)的制冷剂出口端与高温级节流阀(6)的入口端通过三级第一液态冷剂管路(24)连接,所述高温级节流阀(6)的出口端与中温级经济器(9)的工作蒸气入口端通过二级第一液态冷剂管路(26)连接,所述中温级经济器(9)的气态制冷剂出口端与高温级降温罐(12)的气态制冷剂入口端通过二级第三工作蒸气管路(36)连接,所述中温级经济器(9)的制冷剂出口端与中温级节流阀(7)的入口端通过二级第二液态冷剂管路(27)连接,

所述中温级节流阀(7)的出口端与低温级经济器(10)的工作蒸气入口通过一级第一液态冷剂管路(28)连接,所述低温级经济器(10)的气态制冷剂出口端与中温级降温罐(11)的气态制冷剂入口端通过一级第三工作蒸气管路(37)连接,所述低温级经济器(10)的制冷剂出口端与低温级节流阀(8)的入口端通过一级第二液态冷剂管路(29)连接,所述低温级经济器(10)的液态制冷剂出口端与低温级增压泵(40)的入口端通过一级第四液态冷剂管路(41)连接,低温级增压泵(40)的出口端与高温级旁通阀(13)的入口通过二级第六液态冷剂管路(42)和三级第三液态冷剂管路(32)依次连接,所述高温级旁通阀(13)的出口与高温级降温罐(12)的液态制冷剂入口端通过三级第四液态冷剂管路(33)连接,低温级增压泵(40)的出口端与中温级旁通阀(14)的入口依次通过二级第六液态冷剂管路(42)和二级第三液态冷剂管路(34)连接,所述中温级旁通阀(14)的出口与中温级降温罐(11)的液态制冷剂入口端通过二级第四液态冷剂管路(35)连接,

所述低温级节流阀(8)的出口端和蒸发器(4)的制冷剂入口端通过零级液态冷剂管路(30)连接。

4. 一种压缩过程中间多级冷却的高温水工质热泵循环系统,包括低温级压缩机(1)、中温级压缩机一(2-1)、中温级压缩机二(2-2)、高温级压缩机(3)、蒸发器(4)、冷凝器(5)、高温级节流阀(6)、中温级节流阀一(7-1)、中温级节流阀二(7-2)、低温级节流阀(8)、中温级经济器(9)、低温级经济器一(10-1)、低温级经济器二(10-2)、中温级降温罐一(11-1)、中温级降温罐二(11-2)、高温级降温罐(12)、高温级旁通阀(13)、中温级旁通阀一(14-1)、中温

级旁通阀二(14-2)、第一载热介质管路(15)、第二载热介质管路(16)、第一载冷介质管路(17)、第二载冷介质管路(18)、一级第一工作蒸气管路(19)、一级第二工作蒸气管路一(20-1)、一级第二工作蒸气管路二(20-2)、二级第一工作蒸气管路一(21-1)、二级第一工作蒸气管路二(21-2)、二级第二工作蒸气管路(22)、三级第一工作蒸气管路(23)、三级第一液态冷剂管路(24)、二级第一液态冷剂管路(26)、二级第二液态冷剂管路一(27-1)、二级第二液态冷剂管路二(27-2)、一级第一液态冷剂管路一(28-1)、一级第一液态冷剂管路二(28-2)、一级第二液态冷剂管路(29)、零级液态冷剂管路(30)、零级工作蒸气管路(31)、二级第三工作蒸气管路(36)、一级第三工作蒸气管路一(37-1)和一级第三工作蒸气管路二(37-2),其特征在于:还包括三级第三液态冷剂管路(32)、三级第四液态冷剂管路(33)、二级第五液态冷剂管路(38)、二级第三液态冷剂管路一(34-1)、二级第三液态冷剂管路二(34-2)、二级第四液态冷剂管路一(35-1)、二级第四液态冷剂管路二(35-2)、一级第三液态冷剂管路一(39-1)、一级第三液态冷剂管路二(39-2)、低温级增压泵(40)、一级第四液态冷剂管路(41)、二级第六液态冷剂管路一(42-1)、二级第六液态冷剂管路二(42-2),

所述冷凝器(5)的载热介质出口端与第二载热介质管路(16)的入口端连接,所述冷凝器(5)的载热介质入口端与第一载热介质管路(15)的出口端连接,所述蒸发器(4)的载冷介质入口端与第一载冷介质管路(17)的出口端连接,所述蒸发器(4)的载冷介质出口端与第二载冷介质管路(18)的入口端连接,

所述蒸发器(4)的制冷剂出口端与低温级压缩机(1)的入口端通过零级工作蒸气管路(31)连接,所述低温级压缩机(1)的出口端与中温级降温罐一(11-1)的高温工作蒸气入口端通过一级第一工作蒸气管路(19)连接,所述中温级降温罐一(11-1)的工作蒸气出口端与中温级压缩机一(2-1)的入口端通过一级第二工作蒸气管路一(20-1)连接,所述中温级降温罐一(11-1)的液态制冷剂出口端与低温级经济器一(10-1)的液态制冷剂入口端通过一级第三液态冷剂管路一(39-1)连接,所述中温级压缩机一(2-1)的出口端与中温级降温罐二(11-2)的高温工作蒸气入口端通过二级第一工作蒸气管路一(21-1)连接,所述中温级降温罐二(11-2)的工作蒸气出口端与中温级压缩机二(2-2)的入口端通过一级第二工作蒸气管路二(20-2)连接,所述中温级降温罐二(11-2)的液态制冷剂出口端与低温级经济器二(10-2)的液态制冷剂入口端通过一级第三液态冷剂管路二(39-2)连接,所述中温级压缩机二(2-2)的出口端与高温级降温罐(12)的高温工作蒸气入口端通过二级第一工作蒸气管路二(21-2)连接,所述高温级降温罐(12)的工作蒸气出口端与高温级压缩机(3)的入口端通过二级第二工作蒸气管路(22)连接,所述高温级降温罐(12)的液态制冷剂出口端与中温级经济器(9)的液态制冷剂入口端通过二级第五液态冷剂管路(38)连接,所述高温级压缩机(3)的出口端与冷凝器(5)的制冷剂入口端通过三级第一工作蒸气管路(23)连接,

所述冷凝器(5)的制冷剂出口端与高温级节流阀(6)的入口端通过三级第一液态冷剂管路(24)连接,所述高温级节流阀(6)的出口端与中温级经济器(9)的工作蒸气入口端通过二级第一液态冷剂管路(26)连接,所述中温级经济器(9)的气态制冷剂出口端与高温级降温罐(12)的气态制冷剂入口端通过二级第三工作蒸气管路(36)连接,所述中温级经济器(9)的制冷剂出口端与中温级节流阀二(7-2)的入口端通过二级第二液态冷剂管路二(27-2)连接,

所述中温级节流阀二(7-2)的出口端与低温级经济器二(10-2)的工作蒸气入口通过一

级第一液态制冷剂管路二(28-2)连接,所述低温级经济器二(10-2)的气态制冷剂出口端与中温级降温罐二(11-2)的气态制冷剂入口端通过一级第三工作蒸气管路二(37-2)连接,所述低温级经济器二(10-2)的制冷剂出口端与中温级节流阀一(7-1)的入口端通过二级第二液态制冷剂管路一(27-1)连接,所述中温级节流阀一(7-1)的出口端与低温级经济器一(10-1)的工作蒸气入口通过一级第一液态制冷剂管路一(28-1)连接,所述低温级经济器一(10-1)的气态制冷剂出口端与中温级降温罐一(11-1)的气态制冷剂入口端通过一级第三工作蒸气管路一(37-1)连接,所述低温级经济器一(10-1)的制冷剂出口端与低温级节流阀(8)的入口端通过一级第二液态制冷剂管路(29)连接,所述低温级经济器一(10-1)的液态制冷剂出口端与低温级增压泵(40)的入口端通过一级第四液态制冷剂管路(41)连接,低温级增压泵(40)的出口端与高温级旁通阀(13)的入口通过二级第六液态制冷剂管路一(42-1)、二级第六液态制冷剂管路二(42-2)和三级第三液态制冷剂管路(32)依次连接,所述高温级旁通阀(13)的出口与高温级降温罐(12)的液态制冷剂入口端通过三级第四液态制冷剂管路(33)连接,低温级增压泵(40)的出口端与中温级旁通阀一(14-1)的入口依次通过二级第六液态制冷剂管路一(42-1)和二级第三液态制冷剂管路一(34-1)连接,所述中温级旁通阀一(14-1)的出口与中温级降温罐一(11-1)的液态制冷剂入口端通过二级第四液态制冷剂管路一(35-1)连接,低温级增压泵(40)的出口端与中温级旁通阀二(14-2)的入口依次通过二级第六液态制冷剂管路一(42-1)、二级第六液态制冷剂管路二(42-2)和二级第三液态制冷剂管路二(34-2)连接,所述中温级旁通阀二(14-2)的出口与中温级降温罐二(11-2)的液态制冷剂入口端通过二级第四液态制冷剂管路二(35-2)连接,

所述低温级节流阀(8)的出口端和蒸发器(4)的制冷剂入口端通过零级液态制冷剂管路(30)连接。

5.一种压缩过程中间多级冷却的高温水工质热泵循环系统,包括低温级压缩机(1)、中温级压缩机(2)、高温级压缩机(3)、蒸发器(4)、冷凝器(5)、高温级节流阀(6)、中温级节流阀(7)、低温级节流阀(8)、中温级经济器(9)、低温级经济器(10)、第一载热介质管路(15)、第二载热介质管路(16)、第一载冷介质管路(17)、第二载冷介质管路(18)、一级第一工作蒸气管路(19)、一级第二工作蒸气管路(20)、二级第一工作蒸气管路(21)、二级第二工作蒸气管路(22)、三级第一工作蒸气管路(23)、三级第一液态制冷剂管路(24)、二级第一液态制冷剂管路(26)、二级第二液态制冷剂管路(27)、一级第一液态制冷剂管路(28)、一级第二液态制冷剂管路(29)、零级液态制冷剂管路(30)、零级工作蒸气管路(31)、二级第三工作蒸气管路(36)、一级第三工作蒸气管路(37)、一级第四工作蒸气管路(47)和二级第四工作蒸气管路(48),其特征在于:还包括三级第三液态制冷剂管路(32)、二级第三液态制冷剂管路(34)、低温级增压泵(40)、一级第四液态制冷剂管路(41)、二级第六液态制冷剂管路(42)、中温级降温换热器(43)、高温级降温换热器(44)、高压级节流阀(45)、中压级节流阀(46)、二级第七液态制冷剂管路(49)、一级第五液态制冷剂管路(50)、三级第五液态制冷剂管路(51)和二级第八液态制冷剂管路(52),

所述冷凝器(5)的载热介质出口端与第二载热介质管路(16)的入口端连接,所述冷凝器(5)的载热介质入口端与第一载热介质管路(15)的出口端连接,所述蒸发器(4)的载冷介质入口端与第一载冷介质管路(17)的出口端连接,所述蒸发器(4)的载冷介质出口端与第二载冷介质管路(18)的入口端连接,

所述蒸发器(4)的制冷剂出口端与低温级压缩机(1)的入口端通过零级工作蒸气管路(31)连接,所述低温级压缩机(1)的出口端与中温级降温换热器(43)的高温工作蒸气入口端通过一级第一工作蒸气管路(19)连接,所述中温级降温换热器(43)的工作蒸气出口端与中温级压缩机(2)的入口端依次通过一级第四工作蒸气管路(47)和一级第二工作蒸气管路(20)连接,所述中温级压缩机(2)的出口端与高温级降温换热器(44)的高温工作蒸气入口端通过二级第一工作蒸气管路(21)连接,所述高温级降温换热器(44)的工作蒸气出口端与高温级压缩机(3)的入口端依次通过二级第四工作蒸气管路(48)和二级第二工作蒸气管路(22)连接,所述高温级压缩机(3)的出口端与冷凝器(5)的制冷剂入口端通过三级第一工作蒸气管路(23)连接,

所述冷凝器(5)的制冷剂出口端与高温级节流阀(6)的入口端通过三级第一液态冷剂管路(24)连接,所述高温级节流阀(6)的出口端与中温级经济器(9)的工作蒸气入口端通过二级第一液态冷剂管路(26)连接,所述中温级经济器(9)的气态制冷剂出口端与高温级压缩机(3)的入口端依次通过二级第三工作蒸气管路(36)和二级第二工作蒸气管路(22)连接,所述中温级经济器(9)的制冷剂出口端与中温级节流阀(7)的入口端通过二级第二液态冷剂管路(27)连接,

所述中温级节流阀(7)的出口端与低温级经济器(10)的工作蒸气入口通过一级第一液态冷剂管路(28)连接,所述低温级经济器(10)的气态制冷剂出口端与中温级压缩机(2)的入口端依次通过一级第三工作蒸气管路(37)和一级第二工作蒸气管路(20)连接,所述低温级经济器(10)的制冷剂出口端与低温级节流阀(8)的入口端通过一级第二液态冷剂管路(29)连接,所述低温级经济器(10)的液态制冷剂出口端与低温级增压泵(40)的入口端通过一级第四液态冷剂管路(41)连接,低温级增压泵(40)的出口端与高温级降温换热器(44)液态制冷剂的入口端依次通过二级第六液态冷剂管路(42)和三级第三液态冷剂管路(32)连接,所述高温级降温换热器(44)液态制冷剂的出口端与中压级节流阀(46)的入口端通过三级第五液态冷剂管路(51)连接,中压级节流阀(46)的出口端与中温级经济器(9)的液态制冷剂入口端通过二级第八液态冷剂管路(52)连接,低温级增压泵(40)的出口端与中温级降温换热器(43)的液态制冷剂入口端依次通过二级第六液态冷剂管路(42)和二级第三液态冷剂管路(34)连接,所述中温级降温换热器(43)的液态制冷剂出口端与高压级节流阀(45)的入口端通过二级第七液态冷剂管路(49)连接,高压级节流阀(45)的出口端与低温级经济器(10)的液态制冷剂入口端通过一级第五液态冷剂管路(50)连接,

所述低温级节流阀(8)的出口端和蒸发器(4)的制冷剂入口端通过零级液态冷剂管路(30)连接。

6. 一种压缩过程中间多级冷却的高温水工质热泵循环系统,包括低温级压缩机(1)、中温级压缩机一(2-1)、中温级压缩机二(2-2)、高温级压缩机(3)、蒸发器(4)、冷凝器(5)、高温级节流阀(6)、中温级节流阀一(7-1)、中温级节流阀二(7-2)、低温级节流阀(8)、中温级经济器(9)、低温级经济器一(10-1)、低温级经济器二(10-2)、第一载热介质管路(15)、第二载热介质管路(16)、第一载冷介质管路(17)、第二载冷介质管路(18)、一级第一工作蒸气管路(19)、一级第二工作蒸气管路一(20-1)、一级第二工作蒸气管路二(20-2)、二级第一工作蒸气管路一(21-1)、二级第一工作蒸气管路二(21-2)、二级第二工作蒸气管路(22)、三级第一工作蒸气管路(23)、三级第一液态冷剂管路(24)、二级第一液态冷剂管路(26)、二级第二

液态冷剂管路一(27-1)、二级第二液态冷剂管路二(27-2)、一级第一液态冷剂管路一(28-1)、一级第一液态冷剂管路二(28-2)、一级第二液态冷剂管路(29)、零级液态冷剂管路(30)、零级工作蒸气管路(31)、二级第三工作蒸气管路(36)、一级第三工作蒸气管路一(37-1)、一级第三工作蒸气管路二(37-2)、一级第四工作蒸气管路一(47-1)、一级第四工作蒸气管路二(47-2)和二级第四工作蒸气管路(48),其特征在于:还包括三级第三液态冷剂管路(32)、二级第三液态冷剂管路一(34-1)、二级第三液态冷剂管路二(34-2)、低温级增压泵(40)、一级第四液态冷剂管路(41)、二级第六液态冷剂管路一(42-1)、二级第六液态冷剂管路二(42-2)、中温级降温换热器一(43-1)、中温级降温换热器二(43-2)、高温级降温换热器(44)、高压级节流阀一(45-1)、高压级节流阀二(45-2)、中压级节流阀(46)、二级第七液态冷剂管路一(49-1)、二级第七液态冷剂管路二(49-2)、一级第五液态冷剂管路一(50-1)、一级第五液态冷剂管路二(50-2)、三级第五液态冷剂管路(51)和二级第八液态冷剂管路(52),

所述冷凝器(5)的载热介质出口端与第二载热介质管路(16)的入口端连接,所述冷凝器(5)的载热介质入口端与第一载热介质管路(15)的出口端连接,所述蒸发器(4)的载冷介质入口端与第一载冷介质管路(17)的出口端连接,所述蒸发器(4)的载冷介质出口端与第二载冷介质管路(18)的入口端连接,

所述蒸发器(4)的制冷剂出口端与低温级压缩机(1)的入口端通过零级工作蒸气管路(31)连接,所述低温级压缩机(1)的出口端与中温级降温换热器一(43-1)的高温工作蒸气入口端通过一级第一工作蒸气管路(19)连接,所述中温级降温换热器一(43-1)的工作蒸气出口端与中温级压缩机一(2-1)的入口端依次通过一级第四工作蒸气管路一(47-1)和一级第二工作蒸气管路一(20-1)连接,所述中温级压缩机一(2-1)的出口端与中温级降温换热器二(43-2)的高温工作蒸气入口端通过二级第一工作蒸气管路一(21-1)连接,所述中温级降温换热器二(43-2)的工作蒸气出口端与中温级压缩机二(2-2)的入口端依次通过一级第四工作蒸气管路二(47-2)和一级第二工作蒸气管路二(20-2)连接,所述中温级压缩机二(2-2)的出口端与高温级降温换热器(44)的高温工作蒸气入口端通过二级第一工作蒸气管路二(21-2)连接,所述高温级降温换热器(44)的工作蒸气出口端与高温级压缩机(3)的入口端依次通过二级第四工作蒸气管路(48)和二级第二工作蒸气管路(22)连接,所述高温级压缩机(3)的出口端与冷凝器(5)的制冷剂入口端通过三级第一工作蒸气管路(23)连接,

所述冷凝器(5)的制冷剂出口端与高温级节流阀(6)的入口端通过三级第一液态冷剂管路(24)连接,所述高温级节流阀(6)的出口端与中温级经济器(9)的工作蒸气入口端通过二级第一液态冷剂管路(26)连接,所述中温级经济器(9)的气态制冷剂出口端与高温级压缩机(3)的入口端依次通过二级第三工作蒸气管路(36)和二级第二工作蒸气管路(22)连接,所述中温级经济器(9)的制冷剂出口端与中温级节流阀二(7-2)的入口端通过二级第二液态冷剂管路二(27-2)连接,

所述中温级节流阀二(7-2)的出口端与低温级经济器二(10-2)的工作蒸气入口通过一级第一液态冷剂管路二(28-2)连接,所述低温级经济器二(10-2)的气态制冷剂出口端与中温级压缩机二(2-2)的入口端依次通过一级第三工作蒸气管路二(37-2)和一级第二工作蒸气管路二(20-2)连接,所述低温级经济器二(10-2)的制冷剂出口端与中温级节流阀一(7-1)的入口端通过二级第二液态冷剂管路一(27-1)连接,所述中温级节流阀一(7-1)的出口

端与低温级经济器一(10-1)的工作蒸气入口通过一级第一液态制冷剂管路一(28-1)连接,所述低温级经济器一(10-1)的气态制冷剂出口端与中温级压缩机一(2-1)的入口端通过一级第三工作蒸气管路一(37-1)和一级第二工作蒸气管路一(20-1)连接,所述低温级经济器一(10-1)的制冷剂出口端与低温级节流阀(8)的入口端通过一级第二液态制冷剂管路(29)连接,所述低温级经济器一(10-1)的液态制冷剂出口端与低温级增压泵(40)的入口端通过一级第四液态制冷剂管路(41)连接,低温级增压泵(40)的出口端与高温级降温换热器(44)液态制冷剂的入口端依次通过二级第六液态制冷剂管路一(42-1)、二级第六液态制冷剂管路二(42-2)和三级第三液态制冷剂管路(32)连接,所述高温级降温换热器(44)液态制冷剂的出口端与中压级节流阀(46)的入口端通过三级第五液态制冷剂管路(51)连接,中压级节流阀(46)的出口端与中温级经济器(9)的液态制冷剂入口端通过二级第八液态制冷剂管路(52)连接,低温级增压泵(40)的出口端与中温级降温换热器一(43-1)的液态制冷剂入口端依次通过二级第六液态制冷剂管路一(42-1)和二级第三液态制冷剂管路一(34-1)连接,所述中温级降温换热器一(43-1)的液态制冷剂出口端与高压级节流阀一(45-1)的入口端通过二级第七液态制冷剂管路一(49-1)连接,高压级节流阀一(45-1)的出口端与低温级经济器一(10-1)的液态制冷剂入口端通过一级第五液态制冷剂管路一(50-1)连接,低温级增压泵(40)的出口端与中温级降温换热器二(43-2)的液态制冷剂入口端依次通过二级第六液态制冷剂管路一(42-1)、二级第六液态制冷剂管路二(42-2)和二级第三液态制冷剂管路二(34-2)连接,所述中温级降温换热器二(43-2)的液态制冷剂出口端与高压级节流阀二(45-2)的入口端通过二级第七液态制冷剂管路二(49-2)连接,高压级节流阀二(45-2)的出口端与低温级经济器二(10-2)的液态制冷剂入口端通过一级第五液态制冷剂管路二(50-2)连接,

所述低温级节流阀(8)的出口端和蒸发器(4)的制冷剂入口端通过零级液态制冷剂管路(30)连接。

7. 根据权利要求1-6中任一权利要求所述的一种压缩过程中间多级冷却的高温水工质热泵循环系统,其特征在于:所述蒸发器(4)为逆流式蒸发器,所述冷凝器(5)为逆流式冷凝器。

## 一种压缩过程中间多级冷却的高温水工质热泵循环系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及热泵循环系统技术领域,具体而言,涉及一种压缩过程中间多级冷却的高温水工质热泵循环系统。

### 背景技术

[0002] 随着社会经济的迅速发展,能源消耗日益加剧。与此同时环境污染问题也日益严重,利用环境友好型自然制冷工质,替代对臭氧层有破坏作用并能产生温室效应的CFCs、HCFCs等工质就显得至关重要。水作为制冷剂,由于其ODP值为0,GWP值小于1,具有稳定、环保、安全无毒、来源丰富、可重复利用等优点,越来越受到关注。

[0003] 单级常规蒸气压缩式热泵系统结合图7所示,主要部件有蒸发器、压缩机、冷凝器、节流阀。所采用的循环工质多为低沸点工质,如氟利昂等。低沸点工质在蒸发器内蒸发成蒸汽,同时从低温位处吸收热量;从蒸发器形成的低温低压蒸汽经过压缩机压缩后升温升压,达到所需温度和压力的蒸汽进入冷凝器。在冷凝器中,高温高压的蒸汽依靠冷凝放热过程将从蒸发器中吸取的热量和由压缩机的机械功所转化得来的热量排出。放出的热量传递给高温热源,使其温位提高。蒸汽冷凝后又重新变成液相,经节流阀膨胀后成为低压低温液相工质并再次回到蒸发器,继续不断地进行重复循环。

[0004] 然而,目前应用单级常规蒸气压缩式热泵系统存在以下问题:

[0005] (1)破坏环境,国际上普遍采用的氢氟烃(HFCs)氢氯氟烃类(HCFCs)工质都属于温室气体,对臭氧层具有严重的破坏能力,影响大气环境以及人类的生存;

[0006] (2)稳定性易受影响,当冷凝温度与蒸发温度之差较大时,易导致压缩比过大,造成系统运行不稳定。

[0007] 高温热泵一般是指供热温度超过85℃,应用于工业生产过程中进行废热回收的闭式热泵系统。水工质高温热泵系统存在以下问题:

[0008] (1)为防止压缩机排气温度过高,系统采用多级压缩的形式,压缩机功耗大,系统性能不稳定。

[0009] (2)水蒸气分子量低、绝热指数高以及比容大的物理性质决定了水工质高温热泵系统具有压差小、压比大、单位容积制冷量小、容积流量大、排气温度高的特点。

### 发明内容

[0010] 本发明要解决的技术问题是:

[0011] 为了解决现有的单级蒸气压缩式热泵系统使用的工质为温室气体,破坏大气环境,造成环境污染,压缩比过大,影响系统稳定性,高温水工质热泵过热度大,危害机械安全的问题。

[0012] 本发明为解决上述技术问题所采用的技术方案:

[0013] 方案一:本发明提供了一种压缩过程中间多级冷却的高温水工质热泵循环系统,包括低温级压缩机、中温级压缩机、高温级压缩机、蒸发器、冷凝器、高温级节流阀、中温级

节流阀、低温级节流阀、中温级经济器、低温级经济器、中温级降温罐、高温级降温罐、高温级旁通阀、中温级旁通阀、第一载热介质管路、第二载热介质管路、第一载冷介质管路、第二载冷介质管路、一级第一工作蒸气管路、一级第二工作蒸气管路、二级第一工作蒸气管路、二级第二工作蒸气管路、三级第一工作蒸气管路、三级第一液态冷剂管路、三级第二液态冷剂管路、二级第一液态冷剂管路、二级第二液态冷剂管路、一级第一液态冷剂管路、一级第二液态冷剂管路、零级液态冷剂管路、零级工作蒸气管路、二级第三工作蒸气管路和一级第三工作蒸气管路,还包括三级第三液态冷剂管路、三级第四液态冷剂管路、二级第五液态冷剂管路、二级第三液态冷剂管路、二级第四液态冷剂管路和一级第三液态冷剂管路,

[0014] 所述冷凝器的载热介质出口端与第二载热介质管路的入口端连接,所述冷凝器的载热介质入口端与第一载热介质管路的出口端连接,所述蒸发器的载冷介质入口端与第一载冷介质管路的出口端连接,所述蒸发器的载冷介质出口端与第二载冷介质管路的入口端连接,

[0015] 所述蒸发器的制冷剂出口端与低温级压缩机的入口端通过零级工作蒸气管路连接,所述低温级压缩机的出口端与中温级降温罐的高温工作蒸气入口端通过一级第一工作蒸气管路连接,所述中温级降温罐的工作蒸气出口端与中温级压缩机的入口端通过一级第二工作蒸气管路连接,所述中温级降温罐的液态制冷剂出口端与低温级经济器的液态制冷剂入口端通过一级第三液态冷剂管路连接,所述中温级压缩机的出口端与高温级降温罐的高温工作蒸气入口端通过二级第一工作蒸气管路连接,所述高温级降温罐的工作蒸气出口端与高温级压缩机的入口端通过二级第二工作蒸气管路连接,所述高温级降温罐的液态制冷剂出口端与中温级经济器的液态制冷剂入口端通过二级第五液态冷剂管路连接,所述高温级压缩机的出口端与冷凝器的制冷剂入口端通过三级第一工作蒸气管路连接,

[0016] 所述冷凝器的制冷剂出口端与高温级旁通阀的入口通过三级第一液态冷剂管路和三级第三液态冷剂管路连接,所述高温级旁通阀的出口与高温级降温罐的液态制冷剂入口端通过三级第四液态冷剂管路连接,所述冷凝器的制冷剂出口端与高温级节流阀的入口端依次通过三级第一液态冷剂管路和三级第二液态冷剂管路连接,所述高温级节流阀的出口端与中温级经济器的工作蒸气入口端通过二级第一液态冷剂管路连接,所述中温级经济器的气态制冷剂出口端与高温级降温罐的气态制冷剂入口端通过二级第三工作蒸气管路连接,所述中温级经济器一的液态制冷剂出口端与中温级旁通阀的入口通过二级第三液态冷剂管路连接,所述中温级旁通阀的出口与中温级降温罐的液态制冷剂入口端通过二级第四液态冷剂管路连接,所述中温级经济器的制冷剂出口端与中温级节流阀的入口端通过二级第二液态冷剂管路连接,

[0017] 所述中温级节流阀的出口端与低温级经济器的工作蒸气入口通过一级第一液态冷剂管路连接,所述低温级经济器的气态制冷剂出口端与中温级降温罐的气态制冷剂入口端通过一级第三工作蒸气管路连接,所述低温级经济器的制冷剂出口端与低温级节流阀的入口端通过一级第二液态冷剂管路连接,

[0018] 所述低温级节流阀的出口端和蒸发器的制冷剂入口端通过零级液态冷剂管路连接。

[0019] 方案二:本发明提供了一种压缩过程中间多级冷却的高温水工质热泵循环系统,包括低温级压缩机、中温级压缩机一、中温级压缩机二、高温级压缩机、蒸发器、冷凝器、高

温级节流阀、中温级节流阀一、中温级节流阀二、低温级节流阀、中温级经济器、低温级经济器一、低温级经济器二、中温级降温罐一、中温级降温罐二、高温级降温罐、高温级旁通阀、中温级旁通阀一、中温级旁通阀二、第一载热介质管路、第二载热介质管路、第一载冷介质管路、第二载冷介质管路、一级第一工作蒸气管路、一级第二工作蒸气管路一、一级第二工作蒸气管路二、二级第一工作蒸气管路一、二级第一工作蒸气管路二、二级第二工作蒸气管路一、二级第二工作蒸气管路二、二级第三工作蒸气管路一、二级第三工作蒸气管路二、二级第四工作蒸气管路一、二级第四工作蒸气管路二、一级第三工作蒸气管路一和一级第三工作蒸气管路二,还包括三级第三液态冷剂管路、三级第四液态冷剂管路、二级第五液态冷剂管路、二级第三液态冷剂管路一、二级第三液态冷剂管路二、二级第四液态冷剂管路一、二级第四液态冷剂管路二、一级第三液态冷剂管路一和一级第三液态冷剂管路二,

[0020] 所述冷凝器的载热介质出口端与第二载热介质管路的入口端连接,所述冷凝器的载热介质入口端与第一载热介质管路的出口端连接,所述蒸发器的载冷介质入口端与第一载冷介质管路的出口端连接,所述蒸发器的载冷介质出口端与第二载冷介质管路的入口端连接,

[0021] 所述蒸发器的制冷剂出口端与低温级压缩机的入口端通过零级工作蒸气管路连接,所述低温级压缩机的出口端与中温级降温罐一的高温工作蒸气入口端通过一级第一工作蒸气管路连接,所述中温级降温罐一的工作蒸气出口端与中温级压缩机一的入口端通过一级第二工作蒸气管路一连接,所述中温级降温罐一的液态制冷剂出口端与低温级经济器一的液态制冷剂入口端通过一级第三液态冷剂管路一连接,所述中温级压缩机一的出口端与中温级降温罐二的高温工作蒸气入口端通过二级第一工作蒸气管路一连接,所述中温级降温罐二的工作蒸气出口端与中温级压缩机二的入口端通过一级第二工作蒸气管路二连接,所述中温级降温罐二的液态制冷剂出口端与低温级经济器二的液态制冷剂入口端通过一级第三液态冷剂管路二连接,所述中温级压缩机二的出口端与高温级降温罐的高温工作蒸气入口端通过二级第一工作蒸气管路二连接,所述高温级降温罐的工作蒸气出口端与高温级压缩机的入口端通过二级第二工作蒸气管路连接,所述高温级降温罐的液态制冷剂出口端与中温级经济器的液态制冷剂入口端通过二级第五液态冷剂管路连接,所述高温级压缩机的出口端与冷凝器的制冷剂入口端通过三级第一工作蒸气管路连接,

[0022] 所述冷凝器的制冷剂出口端与高温级旁通阀的入口依次通过三级第一液态冷剂管路和三级第三液态冷剂管路连接,所述高温级旁通阀的出口端与高温级降温罐的液态制冷剂入口端通过三级第四液态冷剂管路连接,所述冷凝器的制冷剂出口端与高温级节流阀的入口端依次通过三级第一液态冷剂管路和三级第二液态冷剂管路连接,所述高温级节流阀的出口端与中温级经济器的工作蒸气入口端通过二级第一液态冷剂管路连接,所述中温级经济器的气态制冷剂出口端与高温级降温罐的气态制冷剂入口端通过二级第三工作蒸气管路连接,所述中温级经济器的液态制冷剂出口端与中温级旁通阀二的入口通过二级第三液态冷剂管路二连接,所述中温级旁通阀二的出口与中温级降温罐二的液态制冷剂入口端通过二级第四液态冷剂管路二连接,所述中温级经济器的制冷剂出口端与中温级节流阀二的入口端通过二级第二液态冷剂管路二连接,所述中温级节流阀二的出口端与低温级经

济器二的工作蒸气入口端通过一级第一液态制冷剂管路二连接,所述低温级经济器二的气态制冷剂出口端与中温级降温罐二的气态制冷剂入口端通过一级第三工作蒸气管路二连接,所述低温级经济器二的液态制冷剂出口端与中温级旁通阀一的入口通过二级第三液态制冷剂管路一连接,所述中温级旁通阀一的出口与中温级降温罐一的液态制冷剂入口端通过二级第四液态制冷剂管路一连接,所述低温级经济器二的制冷剂出口端与中温级节流阀一的入口端通过二级第二液态制冷剂管路一连接,

[0023] 所述中温级节流阀一的出口端与低温级经济器一的工作蒸气入口通过一级第一液态制冷剂管路一连接,所述低温级经济器一的气态制冷剂出口端与中温级降温罐一的气态制冷剂入口端通过一级第三工作蒸气管路一连接,所述低温级经济器的制冷剂出口端与低温级节流阀的入口端通过一级第二液态制冷剂管路连接,

[0024] 所述低温级节流阀的出口端和蒸发器的制冷剂入口端通过零级液态制冷剂管路连接。

[0025] 方案三:本发明提供了一种压缩过程中间多级冷却的高温水工质热泵循环系统,包括低温级压缩机、中温级压缩机、高温级压缩机、蒸发器、冷凝器、高温级节流阀、中温级节流阀、低温级节流阀、中温级经济器、低温级经济器、中温级降温罐、高温级降温罐、高温级旁通阀、中温级旁通阀、第一载热介质管路、第二载热介质管路、第一载冷介质管路、第二载冷介质管路、一级第一工作蒸气管路、一级第二工作蒸气管路、二级第一工作蒸气管路、二级第二工作蒸气管路、三级第一工作蒸气管路、三级第一液态制冷剂管路、二级第一液态制冷剂管路、二级第二液态制冷剂管路、一级第一液态制冷剂管路、一级第二液态制冷剂管路、零级液态制冷剂管路、零级工作蒸气管路、二级第三工作蒸气管路和一级第三工作蒸气管路,还包括三级第三液态制冷剂管路、三级第四液态制冷剂管路、二级第五液态制冷剂管路、二级第三液态制冷剂管路、二级第四液态制冷剂管路、一级第三液态制冷剂管路、低温级增压泵、一级第四液态制冷剂管路和二级第六液态制冷剂管路,

[0026] 所述冷凝器的载热介质出口端与第二载热介质管路的入口端连接,所述冷凝器的载热介质入口端与第一载热介质管路的出口端连接,所述蒸发器的载冷介质入口端与第一载冷介质管路的出口端连接,所述蒸发器的载冷介质出口端与第二载冷介质管路的入口端连接,

[0027] 所述蒸发器的制冷剂出口端与低温级压缩机的入口端通过零级工作蒸气管路连接,所述低温级压缩机的出口端与中温级降温罐的高温工作蒸气入口端通过一级第一工作蒸气管路连接,所述中温级降温罐的工作蒸气出口端与中温级压缩机的入口端通过一级第二工作蒸气管路连接,所述中温级降温罐的液态制冷剂出口端与低温级经济器的液态制冷剂入口端通过一级第三液态制冷剂管路连接,所述中温级压缩机的出口端与高温级降温罐的高温工作蒸气入口端通过二级第一工作蒸气管路连接,所述高温级降温罐的工作蒸气出口端与高温级压缩机的入口端通过二级第二工作蒸气管路连接,所述高温级降温罐的液态制冷剂出口端与中温级经济器的液态制冷剂入口端通过二级第五液态制冷剂管路连接,所述高温级压缩机的出口端与冷凝器的制冷剂入口端通过三级第一工作蒸气管路连接,

[0028] 所述冷凝器的制冷剂出口端与高温级节流阀的入口端通过三级第一液态制冷剂管路连接,所述高温级节流阀的出口端与中温级经济器的工作蒸气入口端通过二级第一液态制冷剂管路连接,所述中温级经济器的气态制冷剂出口端与高温级降温罐的气态制冷剂入口

端通过二级第三工作蒸气管路连接,所述中温级经济器的制冷剂出口端与中温级节流阀的入口端通过二级第二液态冷剂管路连接,

[0029] 所述中温级节流阀的出口端与低温级经济器的工作蒸气入口通过一级第一液态冷剂管路连接,所述低温级经济器的气态制冷剂出口端与中温级降温罐的气态制冷剂入口端通过一级第三工作蒸气管路连接,所述低温级经济器的制冷剂出口端与低温级节流阀的入口端通过一级第二液态冷剂管路连接,所述低温级经济器的液态制冷剂出口端与低温级增压泵的入口端通过一级第四液态冷剂管路连接,低温级增压泵的出口端与高温级旁通阀的入口通过二级第六液态冷剂管路和三级第三液态冷剂管路依次连接,所述高温级旁通阀的出口与高温级降温罐的液态制冷剂入口端通过三级第四液态冷剂管路连接,低温级增压泵的出口端与中温级旁通阀的入口依次通过二级第六液态冷剂管路和二级第三液态冷剂管路连接,所述中温级旁通阀的出口与中温级降温罐的液态制冷剂入口端通过二级第四液态冷剂管路连接,

[0030] 所述低温级节流阀的出口端和蒸发器的制冷剂入口端通过零级液态冷剂管路连接。

[0031] 方案四:本发明提供了一种压缩过程中间多级冷却的高温水工质热泵循环系统,包括低温级压缩机、中温级压缩机一、中温级压缩机二、高温级压缩机、蒸发器、冷凝器、高温级节流阀、中温级节流阀一、中温级节流阀二、低温级节流阀、中温级经济器、低温级经济器一、低温级经济器二、中温级降温罐一、中温级降温罐二、高温级降温罐、高温级旁通阀、中温级旁通阀一、中温级旁通阀二、第一载热介质管路、第二载热介质管路、第一载冷介质管路、第二载冷介质管路、一级第一工作蒸气管路、一级第二工作蒸气管路一、一级第二工作蒸气管路二、二级第一工作蒸气管路一、二级第一工作蒸气管路二、二级第二工作蒸气管路、三级第一工作蒸气管路、三级第一液态冷剂管路、二级第一液态冷剂管路、二级第二液态冷剂管路一、二级第二液态冷剂管路二、一级第一液态冷剂管路一、一级第一液态冷剂管路二、一级第二液态冷剂管路、零级液态冷剂管路、零级工作蒸气管路、二级第三工作蒸气管路、一级第三工作蒸气管路一和一级第三工作蒸气管路二,还包括三级第三液态冷剂管路、三级第四液态冷剂管路、二级第五液态冷剂管路、二级第三液态冷剂管路一、二级第三液态冷剂管路二、二级第四液态冷剂管路一、二级第四液态冷剂管路二、一级第三液态冷剂管路一、一级第三液态冷剂管路二、低温级增压泵、一级第四液态冷剂管路、二级第六液态冷剂管路一、二级第六液态冷剂管路二,

[0032] 所述冷凝器的载热介质出口端与第二载热介质管路的入口端连接,所述冷凝器的载热介质入口端与第一载热介质管路的出口端连接,所述蒸发器的载冷介质入口端与第一载冷介质管路的出口端连接,所述蒸发器的载冷介质出口端与第二载冷介质管路的入口端连接,

[0033] 所述蒸发器的制冷剂出口端与低温级压缩机的入口端通过零级工作蒸气管路连接,所述低温级压缩机的出口端与中温级降温罐一的高温工作蒸气入口端通过一级第一工作蒸气管路连接,所述中温级降温罐一的工作蒸气出口端与中温级压缩机一的入口端通过一级第二工作蒸气管路一连接,所述中温级降温罐一的液态制冷剂出口端与低温级经济器一的液态制冷剂入口端通过一级第三液态冷剂管路一连接,所述中温级压缩机一的出口端与中温级降温罐二的高温工作蒸气入口端通过二级第一工作蒸气管路一连接,所述中温级

降温罐二的工作蒸气出口端与中温级压缩机二的入口端通过一级第二工作蒸气管路二连接,所述中温级降温罐二的液态制冷剂出口端与低温级经济器二的液态制冷剂入口端通过一级第三液态冷剂管路二连接,所述中温级压缩机二的出口端与高温级降温罐的高温工作蒸气入口端通过二级第一工作蒸气管路二连接,所述高温级降温罐的工作蒸气出口端与高温级压缩机的入口端通过二级第二工作蒸气管路连接,所述高温级降温罐的液态制冷剂出口端与中温级经济器的液态制冷剂入口端通过二级第五液态冷剂管路连接,所述高温级压缩机的出口端与冷凝器的制冷剂入口端通过三级第一工作蒸气管路连接,

[0034] 所述冷凝器的制冷剂出口端与高温级节流阀的入口端通过三级第一液态冷剂管路连接,所述高温级节流阀的出口端与中温级经济器的工作蒸气入口端通过二级第一液态冷剂管路连接,所述中温级经济器的气态制冷剂出口端与高温级降温罐的气态制冷剂入口端通过二级第三工作蒸气管路连接,所述中温级经济器的制冷剂出口端与中温级节流阀二的入口端通过二级第二液态冷剂管路二连接,

[0035] 所述中温级节流阀二的出口端与低温级经济器二的工作蒸气入口通过一级第一液态冷剂管路二连接,所述低温级经济器二的气态制冷剂出口端与中温级降温罐二的气态制冷剂入口端通过一级第三工作蒸气管路二连接,所述低温级经济器的制冷剂出口端与中温级节流阀一的入口端通过二级第二液态冷剂管路一连接,所述中温级节流阀一的出口端与低温级经济器一的工作蒸气入口通过一级第一液态冷剂管路一连接,所述低温级经济器一的气态制冷剂出口端与中温级降温罐一的气态制冷剂入口端通过一级第三工作蒸气管路一连接,所述低温级经济器的制冷剂出口端与低温级节流阀的入口端通过一级第二液态冷剂管路连接,所述低温级经济器一的液态制冷剂出口端与低温级增压泵的入口端通过一级第四液态冷剂管路连接,低温级增压泵的出口端与高温级旁通阀的入口端通过二级第六液态冷剂管路一、二级第六液态冷剂管路二和三级第三液态冷剂管路依次连接,所述高温级旁通阀的出口与高温级降温罐的液态制冷剂入口端通过三级第四液态冷剂管路连接,低温级增压泵的出口端与中温级旁通阀一的入口依次通过二级第六液态冷剂管路一和二级第三液态冷剂管路一连接,所述中温级旁通阀一的出口与中温级降温罐一的液态制冷剂入口端通过二级第四液态冷剂管路一连接,低温级增压泵的出口端与中温级旁通阀二的入口依次通过二级第六液态冷剂管路一、二级第六液态冷剂管路二和二级第三液态冷剂管路二连接,所述中温级旁通阀二的出口与中温级降温罐二的液态制冷剂入口端通过二级第四液态冷剂管路二连接,

[0036] 所述低温级节流阀的出口端和蒸发器的制冷剂入口端通过零级液态冷剂管路连接。

[0037] 方案五:本发明提供了一种压缩过程中间多级冷却的高温水工质热泵循环系统,包括低温级压缩机、中温级压缩机、高温级压缩机、蒸发器、冷凝器、高温级节流阀、中温级节流阀、低温级节流阀、中温级经济器、低温级经济器、第一载热介质管路、第二载热介质管路、第一载冷介质管路、第二载冷介质管路、一级第一工作蒸气管路、一级第二工作蒸气管路、二级第一工作蒸气管路、二级第二工作蒸气管路、三级第一工作蒸气管路、三级第一液态冷剂管路、二级第一液态冷剂管路、二级第二液态冷剂管路、一级第一液态冷剂管路、一级第二液态冷剂管路、零级液态冷剂管路、零级工作蒸气管路、二级第三工作蒸气管路、一级第三工作蒸气管路、一级第四工作蒸气管路和二级第四工作蒸气管路,还包括三级第三

液态冷剂管路、二级第三液态冷剂管路、低温级增压泵、一级第四液态冷剂管路、二级第六液态冷剂管路、中温级降温换热器、高温级降温换热器、高压级节流阀、中压级节流阀、二级第七液态冷剂管路、一级第五液态冷剂管路、三级第五液态冷剂管路和二级第八液态冷剂管路，

[0038] 所述冷凝器的载热介质出口端与第二载热介质管路的入口端连接，所述冷凝器的载热介质入口端与第一载热介质管路的出口端连接，所述蒸发器的载冷介质入口端与第一载冷介质管路的出口端连接，所述蒸发器的载冷介质出口端与第二载冷介质管路的入口端连接，

[0039] 所述蒸发器的制冷剂出口端与低温级压缩机的入口端通过零级工作蒸气管路连接，所述低温级压缩机的出口端与中温级降温换热器的高温工作蒸气入口端通过一级第一工作蒸气管路连接，所述中温级降温换热器的工作蒸气出口端与中温级压缩机的入口端依次通过一级第四工作蒸气管路和一级第二工作蒸气管路连接，所述中温级压缩机的出口端与高温级降温换热器的高温工作蒸气入口端通过二级第一工作蒸气管路连接，所述高温级降温换热器的工作蒸气出口端与高温级压缩机的入口端依次通过二级第四工作蒸气管路和二级第二工作蒸气管路连接，所述高温级压缩机的出口端与冷凝器的制冷剂入口端通过三级第一工作蒸气管路连接，

[0040] 所述冷凝器的制冷剂出口端与高温级节流阀的入口端通过三级第一液态冷剂管路连接，所述高温级节流阀的出口端与中温级经济器的工作蒸气入口端通过二级第一液态冷剂管路连接，所述中温级经济器的气态制冷剂出口端与高温级压缩机的入口端依次通过二级第三工作蒸气管路和二级第二工作蒸气管路连接，所述中温级经济器的制冷剂出口端与中温级节流阀的入口端通过二级第二液态冷剂管路连接，

[0041] 所述中温级节流阀的出口端与低温级经济器的工作蒸气入口通过一级第一液态冷剂管路连接，所述低温级经济器的气态制冷剂出口端与中温级压缩机的入口端依次通过一级第三工作蒸气管路和一级第二工作蒸气管路连接，所述低温级经济器的制冷剂出口端与低温级节流阀的入口端通过一级第二液态冷剂管路连接，所述低温级经济器的液态制冷剂出口端与低温级增压泵的入口端通过一级第四液态冷剂管路连接，低温级增压泵的出口端与高温级降温换热器液态制冷剂的入口端依次通过二级第六液态冷剂管路和三级第三液态冷剂管路连接，所述高温级降温换热器液态制冷剂的出口端与中压级节流阀的入口端通过三级第五液态冷剂管路连接，中压级节流阀的出口端与中温级经济器的液态制冷剂入口端通过二级第八液态冷剂管路连接，低温级增压泵的出口端与中温级降温换热器的液态制冷剂入口端依次通过二级第六液态冷剂管路和二级第三液态冷剂管路连接，所述中温级降温换热器的液态制冷剂出口端与高压级节流阀的入口端通过二级第七液态冷剂管路连接，高压级节流阀的出口端与低温级经济器的液态制冷剂入口端通过一级第五液态冷剂管路连接，

[0042] 所述低温级节流阀的出口端和蒸发器的制冷剂入口端通过零级液态冷剂管路连接。

[0043] 方案六：本发明提供了一种压缩过程中间多级冷却的高温水工质热泵循环系统，包括低温级压缩机、中温级压缩机一、中温级压缩机二、高温级压缩机、蒸发器、冷凝器、高温级节流阀、中温级节流阀一、中温级节流阀二、低温级节流阀、中温级经济器、低温级经济

器一、低温级经济器二、第一载热介质管路、第二载热介质管路、第一载冷介质管路、第二载冷介质管路、一级第一工作蒸气管路、一级第二工作蒸气管路一、一级第二工作蒸气管路二、二级第一工作蒸气管路一、二级第一工作蒸气管路二、二级第二工作蒸气管路、三级第一工作蒸气管路、三级第一液态冷剂管路、二级第一液态冷剂管路、二级第二液态冷剂管路一、二级第二液态冷剂管路二、一级第一液态冷剂管路一、一级第一液态冷剂管路二、一级第二液态冷剂管路、零级液态冷剂管路、零级工作蒸气管路、二级第三工作蒸气管路、一级第三工作蒸气管路一、一级第三工作蒸气管路二、一级第四工作蒸气管路一、一级第四工作蒸气管路二和二级第四工作蒸气管路,还包括三级第三液态冷剂管路、二级第三液态冷剂管路一、二级第三液态冷剂管路二、低温级增压泵、一级第四液态冷剂管路、二级第六液态冷剂管路一、二级第六液态冷剂管路二、中温级降温换热器一、中温级降温换热器二、高温级降温换热器、高压级节流阀一、高压级节流阀二、中压级节流阀、二级第七液态冷剂管路一、二级第七液态冷剂管路二、一级第五液态冷剂管路一、一级第五液态冷剂管路二、三级第五液态冷剂管路和二级第八液态冷剂管路,

[0044] 所述冷凝器的载热介质出口端与第二载热介质管路的入口端连接,所述冷凝器的载热介质入口端与第一载热介质管路的出口端连接,所述蒸发器的载冷介质入口端与第一载冷介质管路的出口端连接,所述蒸发器的载冷介质出口端与第二载冷介质管路的入口端连接,

[0045] 所述蒸发器的制冷剂出口端与低温级压缩机的入口端通过零级工作蒸气管路连接,所述低温级压缩机的出口端与中温级降温换热器一的高温工作蒸气入口端通过一级第一工作蒸气管路连接,所述中温级降温换热器一的工作蒸气出口端与中温级压缩机一的入口端依次通过一级第四工作蒸气管路一和一级第二工作蒸气管路一连接,所述中温级压缩机一的出口端与中温级降温换热器二的高温工作蒸气入口端通过二级第一工作蒸气管路一连接,所述中温级降温换热器二的工作蒸气出口端与中温级压缩机二的入口端依次通过一级第四工作蒸气管路二和一级第二工作蒸气管路二连接,所述中温级压缩机二的出口端与高温级降温换热器的高温工作蒸气入口端通过二级第一工作蒸气管路二连接,所述高温级降温换热器的工作蒸气出口端与高温级压缩机的入口端依次通过二级第四工作蒸气管路和二级第二工作蒸气管路连接,所述高温级压缩机的出口端与冷凝器的制冷剂入口端通过三级第一工作蒸气管路连接,

[0046] 所述冷凝器的制冷剂出口端与高温级节流阀的入口端通过三级第一液态冷剂管路连接,所述高温级节流阀的出口端与中温级经济器的工作蒸气入口端通过二级第一液态冷剂管路连接,所述中温级经济器的气态制冷剂出口端与高温级压缩机的入口端依次通过二级第三工作蒸气管路和二级第二工作蒸气管路连接,所述中温级经济器的制冷剂出口端与中温级节流阀二的入口端通过二级第二液态冷剂管路二连接,

[0047] 所述中温级节流阀二的出口端与低温级经济器二的工作蒸气入口通过一级第一液态冷剂管路二连接,所述低温级经济器二的气态制冷剂出口端与中温级压缩机二的入口端依次通过一级第三工作蒸气管路二和一级第二工作蒸气管路二连接,所述低温级经济器二的制冷剂出口端与中温级节流阀一的入口端通过二级第二液态冷剂管路一连接,所述中温级节流阀一的出口端与低温级经济器一的工作蒸气入口通过一级第一液态冷剂管路一连接,所述低温级经济器二的气态制冷剂出口端与中温级压缩机一的入口端通过一级第三

工作蒸气管路一和一级第二工作蒸气管路一连接,所述低温级经济器一的制冷剂出口端与低温级节流阀的入口端通过一级第二液态冷剂管路连接,所述低温级经济器一的液态制冷剂出口端与低温级增压泵的入口端通过一级第四液态冷剂管路连接,低温级增压泵的出口端与高温级降温换热器液态制冷剂的入口端依次通过二级第六液态冷剂管路一、二级第六液态冷剂管路二和三级第三液态冷剂管路连接,所述高温级降温换热器液态制冷剂的出口端与中压级节流阀的入口端通过三级第五液态冷剂管路连接,中压级节流阀的出口端与中温级经济器的液态制冷剂入口端通过二级第八液态冷剂管路连接,低温级增压泵的出口端与中温级降温换热器一的液态制冷剂入口端依次通过二级第六液态冷剂管路一和二级第三液态冷剂管路一连接,所述中温级降温换热器一的液态制冷剂出口端与高压级节流阀一的入口端通过二级第七液态冷剂管路一连接,高压级节流阀一的出口端与低温级经济器一的液态制冷剂入口端通过一级第五液态冷剂管路一连接,低温级增压泵的出口端与中温级降温换热器二的液态制冷剂入口端依次通过二级第六液态冷剂管路一、二级第六液态冷剂管路二和二级第三液态冷剂管路二连接,所述中温级降温换热器二的液态制冷剂出口端与高压级节流阀二的入口端通过二级第七液态冷剂管路二连接,高压级节流阀二的出口端与低温级经济器二的液态制冷剂入口端通过一级第五液态冷剂管路二连接,

[0048] 所述低温级节流阀的出口端和蒸发器的制冷剂入口端通过零级液态冷剂管路连接。

[0049] 进一步地,所述蒸发器为逆流式蒸发器,所述冷凝器为逆流式冷凝器。

[0050] 相较于现有技术,本发明的有益效果是:

[0051] 本发明一种压缩过程中间多级冷却的高温水工质热泵循环系统,蒸发器依次与低温压缩机、一个或两个中温级降温装置和中温级压缩机、高温级降温罐、高温级压缩机连接和冷凝器连接,通过冷凝器形成的水对高温级降温罐内的高温较高压水蒸气进行喷淋降温,其中降温罐中设置填料实现充分降温,等效的情况通过换热器实现高压水蒸气与节流后的低温液态制冷剂进行换热降温,通过冷凝器形成的水依次与每个中温级升温升压循环中的中温级经济器连接,靠近低温级升温升压循环的中温级经济器依次与低温级经济器和蒸发器连接;每个中温级经济器均与相应的中温级降温装置和下一级的中温级降温装置连接;

[0052] 与现有技术相比,本发明具有的优点和积极效果是:

[0053] (1) 水工质热泵循环系统的制冷剂为自然工质水,水的GWP小于1,ODP为0,具有安全无毒、不可燃、廉价易获取的优点,在高温条件下也不会分解产生有害气体,不会对大气层中的臭氧层产生破坏;

[0054] (2) 通过中间多级冷却可实现性能的显著提升,其中,两级与单级相比获得的单位容积制热量分别增加了15%以上、三级与单级相比获得的单位容积制热量增加了20%以上;其中,两级压缩系统的性能系数COP与单级相比增大了20%以上,三级压缩系统的性能系数COP与单级相比增大了25%以上;

[0055] (3) 采用多级节流,可以减小节流膨胀不可逆损失,同时对压缩机进行补气增焓,可以进一步提高系统的性能;

[0056] (4) 相对于单循环的超高温水工质热泵循环系统,多级中间冷却的超高温水工质热泵循环系统的耗电少,通过配置多级规格较小的多级压缩机即可实现性能的显著提升,

成本低,经济优势明显,减小过热度,增强机械安全。

### 附图说明

[0057] 图1是本发明的方案一的整体结构示意图;

[0058] 图2是本发明的方案二的整体结构示意图;

[0059] 图3是本发明的方案三的整体结构示意图;

[0060] 图4是本发明的方案四的整体结构示意图;

[0061] 图5是本发明的方案五的整体结构示意图;

[0062] 图6是本发明的方案六的整体结构示意图;

[0063] 图7是现有单级常规蒸汽压缩式热泵系统的结构示意图。

[0064] 附图标记说明:

[0065] 1-低温级压缩机,2-中温级压缩机,3-高温级压缩机,4-蒸发器,5-冷凝器,6-高温级节流阀,7-中温级节流阀,8-低温级节流阀,9-中温级经济器,10-低温级经济器,11-中温级降温罐,12-高温级降温罐,13-高温级旁通阀,14-中温级旁通阀,15-第一载热介质管路,16-第二载热介质管路,17-第一载冷介质管路,18-第二载冷介质管路,19-一级第一工作蒸气管路,20-一级第二工作蒸气管路,21-二级第一工作蒸气管路,22-二级第二工作蒸气管路,23-三级第一工作蒸气管路,24-三级第一液态冷剂管路,25-三级第二液态冷剂管路,26-二级第一液态冷剂管路,27-二级第二液态冷剂管路,28-一级第一液态冷剂管路,29-一级第二液态冷剂管路,30-零级液态冷剂管路,31-零级工作蒸气管路,32-三级第三液态冷剂管路,33-三级第四液态冷剂管路,34-二级第三液态冷剂管路,35-二级第四液态冷剂管路,36-二级第三工作蒸气管路,37-一级第三工作蒸气管路,38-二级第五液态制冷剂管路,39-一级第三液态制冷剂管路,40-低温级增压泵,41-一级第四液态冷剂管路,42-二级第六液态冷剂管路,43-中温级降温换热器,44-高温级降温换热器,45-高压级节流阀,46-中压级节流阀,47-一级第四工作蒸气管路,48-二级第四工作蒸气管路,49-二级第七液态冷剂管路,50-一级第五液态冷剂管路,51-三级第五液态冷剂管路,52-二级第八液态冷剂管路,2-1-中温级压缩机一,2-2-中温级压缩机二,7-1-中温级节流阀一,7-2-中温级节流阀二,10-1-低温级经济器一,10-2-低温级经济器二,11-1-中温级降温罐一,11-2-中温级降温罐二,14-1-中温级旁通阀一,14-2-中温级旁通阀二,20-1-一级第二工作蒸气管路一,20-2-一级第二工作蒸气管路二,21-1-二级第一工作蒸气管路一,21-2-二级第一工作蒸气管路二,27-1-二级第二液态冷剂管路一,27-2-二级第二液态冷剂管路二,28-1-一级第一液态冷剂管路一,28-2-一级第一液态冷剂管路二,34-1-二级第三液态冷剂管路一,34-2-二级第三液态冷剂管路二,35-1-二级第四液态冷剂管路一,35-2-二级第四液态冷剂管路二,37-1-一级第三工作蒸气管路一,37-2-一级第三工作蒸气管路二,39-1-一级第三液态冷剂管路一,39-2-一级第三液态冷剂管路二,42-1-二级第六液态冷剂管路一,42-2-二级第六液态冷剂管路二,43-1-中温级降温换热器一,43-2-中温级降温换热器二,45-1-高压级节流阀一,45-2-高压级节流阀二,47-1-一级第四工作蒸气管路一,47-2-一级第四工作蒸气管路二,49-1-二级第七液态冷剂管路一,49-2-二级第七液态冷剂管路二,50-1-一级第五液态冷剂管路一,50-2-一级第五液态冷剂管路二。

## 具体实施方式

[0066] 在本发明的描述中,应当说明的是,各实施例中的术语名词例如“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”等指示方位的词语,只是为了简化描述基于说明书附图的位置关系,并不代表所指的元件和装置等必须按照说明书中特定的方位和限定的操作及方法、构造进行操作,该类方位名词不构成对本发明的限制。

[0067] 在本发明的描述中,应当说明的是,在本发明的实施例中所提到的术语“第一”、“第二”、“第三”、“第四”仅用于描述目的,并不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”、“第三”、“第四”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者多个该特征。

[0068] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更为明显易懂,下面结合附图对本发明的具体实施例做详细的说明。

[0069] 具体实施方案一:结合图1所示,本发明提供一种压缩过程中间多级冷却的高温水工质热泵循环系统,包括低温级压缩机1、中温级压缩机2、高温级压缩机3、蒸发器4、冷凝器5、高温级节流阀6、中温级节流阀7、低温级节流阀8、中温级经济器9、低温级经济器10、中温级降温罐11、高温级降温罐12、高温级旁通阀13、中温级旁通阀14、第一载热介质管路15、第二载热介质管路16、第一载冷介质管路17、第二载冷介质管路18、一级第一工作蒸气管路19、一级第二工作蒸气管路20、二级第一工作蒸气管路21、二级第二工作蒸气管路22、三级第一工作蒸气管路23、三级第一液态冷剂管路24、三级第二液态冷剂管路25、二级第一液态冷剂管路26、二级第二液态冷剂管路27、一级第一液态冷剂管路28、一级第二液态冷剂管路29、零级液态冷剂管路30、零级工作蒸气管路31、二级第三工作蒸气管路36和一级第三工作蒸气管路37,还包括三级第三液态冷剂管路32、三级第四液态冷剂管路33、二级第五液态冷剂管路38、二级第三液态冷剂管路34、二级第四液态冷剂管路35和一级第三液态冷剂管路39,

[0070] 所述冷凝器5的载热介质出口端与第二载热介质管路16的入口端连接,所述冷凝器5的载热介质入口端与第一载热介质管路15的出口端连接,所述蒸发器4的载冷介质入口端与第一载冷介质管路17的出口端连接,所述蒸发器4的载冷介质出口端与第二载冷介质管路18的入口端连接,

[0071] 所述蒸发器4的制冷剂出口端与低温级压缩机1的入口端通过零级工作蒸气管路31连接,所述低温级压缩机1的出口端与中温级降温罐11的高温工作蒸气入口端通过一级第一工作蒸气管路19连接,所述中温级降温罐11的工作蒸气出口端与中温级压缩机2的入口端通过一级第二工作蒸气管路20连接,所述中温级降温罐11的液态制冷剂出口端与低温级经济器10的液态制冷剂入口端通过一级第三液态冷剂管路39连接,所述中温级压缩机2的出口端与高温级降温罐12的高温工作蒸气入口端通过二级第一工作蒸气管路21连接,所述高温级降温罐12的工作蒸气出口端与高温级压缩机3的入口端通过二级第二工作蒸气管路22连接,所述高温级降温罐12的液态制冷剂出口端与中温级经济器9的液态制冷剂入口端通过二级第五液态冷剂管路38连接,所述高温级压缩机3的出口端与冷凝器5的制冷剂入口端通过三级第一工作蒸气管路23连接,

[0072] 所述冷凝器5的制冷剂出口端与高温级旁通阀13的入口通过三级第一液态冷剂管路24和三级第三液态冷剂管路32连接,所述高温级旁通阀13的出口与高温级降温罐12的液

态制冷剂入口端通过三级第四液态制冷剂管路33连接,所述冷凝器5的制冷剂出口端与高温级节流阀6的入口端依次通过三级第一液态制冷剂管路24和三级第二液态制冷剂管路25连接,所述高温级节流阀6的出口端与中温级经济器9的工作蒸气入口端通过二级第一液态制冷剂管路26连接,所述中温级经济器9的气态制冷剂出口端与高温级降温罐12的气态制冷剂入口端通过二级第三工作蒸气管路36连接,所述中温级经济器9的液态制冷剂出口端与中温级旁通阀14的入口通过二级第三液态制冷剂管路34连接,所述中温级旁通阀14的出口与中温级降温罐11的液态制冷剂入口端通过二级第四液态制冷剂管路35连接,所述中温级经济器9的制冷剂出口端与中温级节流阀7的入口端通过二级第二液态制冷剂管路27连接,

[0073] 所述中温级节流阀7的出口端与低温级经济器10的工作蒸气入口通过一级第一液态制冷剂管路28连接,所述低温级经济器10的气态制冷剂出口端与中温级降温罐11的气态制冷剂入口端通过一级第三工作蒸气管路37连接,所述低温级经济器10的制冷剂出口端与低温级节流阀8的入口端通过一级第二液态制冷剂管路29连接,

[0074] 所述低温级节流阀8的出口端和蒸发器4的制冷剂入口端通过零级液态制冷剂管路30连接。

[0075] 本实施方式的运行原理:

[0076] 工作制冷剂的热力循环过程:工质水在蒸发器4中吸收废热源的热量后蒸发变成低温低压的水蒸气,水蒸气进入低温级压缩机1后升温升压,从低温级压缩机1排出后,进入中温级降温罐11,在中温级降温罐11中被来自中温级经济器9中的水喷淋降温,并与来自低温级经济器10中的饱和水蒸气混合,然后进入中温级压缩机2,在中温级压缩机2中被压缩成过热蒸气,进入高温级降温罐12,在高温级降温罐12中被进入高温级节流阀6前来自冷凝器5的水喷淋降温,并与来自中温级经济器9中的饱和水蒸气混合,然后进入高温级压缩机3,在高温级压缩机3中经过最后一次升温升压后,进入冷凝器5冷凝放热,将热量传递给高温热源,水蒸气变为液态水,高压液体经过高温级节流阀6后降温降压,进入中温级经济器9,节流后产生的气液混合物中的液体继续流入中温级节流阀7进行二级节流,降温降压后进入低温级经济器10,最后通过低温级节流阀8,经过最后一次降温降压后进入蒸发器4,在蒸发器4中吸收低品位热源的热量,重复循环。其中,蒸发器4工作温度可变,每一级可实现 $10^{\circ}\text{C} \sim 15^{\circ}\text{C}$ 温升。

[0077] 用于多级冷却的制冷剂循环过程:高温高压的水蒸气在冷凝器5中冷凝放热,将热量传递给高温热源,水蒸气变为液态水,一部分高压液体去高温级降温罐12对过热蒸气进行降温,管路通过设置高温级旁通阀13控制喷液量,喷液量过多时,液体通过回流管流回中温级经济器9,中温级经济器9中的部分液态水继续流入中温级降温罐11对过热蒸气进行降温,管路通过设置中温级旁通阀14控制喷液量,喷液量过多时,液体通过回流管流回低温级经济器10,液态水继续流入低温级节流阀8,加入工作制冷剂的热力循环过程。

[0078] 本具体实施方案节能安全的原因分析:

[0079] 水工质热泵循环系统的制冷剂为自然工质水,水的GWP小于1,ODP为0,具有安全无毒、不可燃、廉价易获取的优点,在高温条件下也不会分解产生有害气体,不会对大气层中的臭氧层产生破坏;采用多级节流,水进行了三次升温升压,每次的温升都不高,换热不可逆损失大大减小,从而提高系统能效,增加制热量;闪蒸后出现的水蒸气会被重新利用,与过热蒸汽混合后进入压缩机压缩,不浪费资源。

[0080] 通过压缩过程中间多级冷却可以降低循环系统排气温度、排气比容和减少压缩机耗功。此循环系统对工质进行多次压缩使其温度梯级上升,梯级压缩压缩过程中间多级冷却十分有效地解决了单级循环排气超温这一安全隐患,有效地提高了循环的性能系数和系统运行稳定性。进入经济器的气态工作水蒸气进入相应降温罐与压缩机出口工作水蒸气混合,将会帮助增加主循环的制冷剂流量。借助于经济器,高压高温的液体通过第一次节流(膨胀阀膨胀)变为中压气体喷入降温罐。此时,经济器里的液体焓值将会降低。蒸汽喷射有助于增加主循环中的制冷剂流量,增加流经冷凝器的液体制冷剂焓差,从而增加换热量。

[0081] 同时,通过利用在冷凝器5中进行过冷却的高压液态制冷剂对中温级压缩机2以及高温级压缩机3入口的工作水蒸气进行喷淋降温,有效解决其绝热指数较高、过热度较大,系统排气温度较高的问题。通过设置旁通阀控制喷淋水量,盈余留存液体通过回流管继续流回下级经济器进行制冷剂的热力循环。降低排气过热度,使系统可以安全稳定的运行并提高系统性能。

[0082] 具体实施方案二:结合图2所示,本发明提供一种压缩过程中间多级冷却的高温水工质热泵循环系统,包括低温级压缩机1、中温级压缩机一2-1、中温级压缩机二2-2、高温级压缩机3、蒸发器4、冷凝器5、高温级节流阀6、中温级节流阀一7-1、中温级节流阀二7-2、低温级节流阀8、中温级经济器9、低温级经济器一10-1、低温级经济器二10-2、中温级降温罐一11-1、中温级降温罐二11-2、高温级降温罐12、高温级旁通阀13、中温级旁通阀一14-1、中温级旁通阀二14-2、第一载热介质管路15、第二载热介质管路16、第一载冷介质管路17、第二载冷介质管路18、一级第一工作蒸气管路19、一级第二工作蒸气管路一20-1、一级第二工作蒸气管路二20-2、二级第一工作蒸气管路一21-1、二级第一工作蒸气管路二21-2、二级第二工作蒸气管路22、三级第一工作蒸气管路23、三级第一液态冷剂管路24、三级第二液态冷剂管路25、二级第一液态冷剂管路26、二级第二液态冷剂管路一27-1、二级第二液态冷剂管路二27-2、一级第一液态冷剂管路一28-1、一级第一液态冷剂管路二28-2、一级第二液态冷剂管路29、零级液态冷剂管路30、零级工作蒸气管路31、二级第三工作蒸气管路36、一级第三工作蒸气管路一37-1和一级第三工作蒸气管路二37-2,还包括三级第三液态冷剂管路32、三级第四液态冷剂管路33、二级第五液态冷剂管路38、二级第三液态冷剂管路一34-1、二级第三液态冷剂管路二34-2、二级第四液态冷剂管路一35-1、二级第四液态冷剂管路二35-2、一级第三液态冷剂管路一39-1和一级第三液态冷剂管路二39-2,

[0083] 所述冷凝器5的载热介质出口端与第二载热介质管路16的入口端连接,所述冷凝器5的载热介质入口端与第一载热介质管路15的出口端连接,所述蒸发器4的载冷介质入口端与第一载冷介质管路17的出口端连接,所述蒸发器4的载冷介质出口端与第二载冷介质管路18的入口端连接,

[0084] 所述蒸发器4的制冷剂出口端与低温级压缩机1的入口端通过零级工作蒸气管路31连接,所述低温级压缩机1的出口端与中温级降温罐一11-1的高温工作蒸气入口端通过一级第一工作蒸气管路19连接,所述中温级降温罐一11-1的工作蒸气出口端与中温级压缩机一2-1的入口端通过一级第二工作蒸气管路一20-1连接,所述中温级降温罐一11-1的液态制冷剂出口端与低温级经济器一10-1的液态制冷剂入口端通过一级第三液态冷剂管路一39-1连接,所述中温级压缩机一2-1的出口端与中温级降温罐二11-2的高温工作蒸气入口端通过二级第一工作蒸气管路一21-1连接,所述中温级降温罐二11-2的工作蒸气出口端

与中温级压缩机二2-2的入口端通过一级第二工作蒸气管路二20-2连接,所述中温级降温罐二11-2的液态制冷剂出口端与低温级经济器二10-2的液态制冷剂入口端通过一级第三液态冷剂管路二39-2连接,所述中温级压缩机二2-2的出口端与高温级降温罐12的高温工作蒸气入口端通过二级第一工作蒸气管路二21-2连接,所述高温级降温罐12的工作蒸气出口端与高温级压缩机3的入口端通过二级第二工作蒸气管路22连接,所述高温级降温罐12的液态制冷剂出口端与中温级经济器9的液态制冷剂入口端通过二级第五液态冷剂管路38连接,所述高温级压缩机3的出口端与冷凝器5的制冷剂入口端通过三级第一工作蒸气管路23连接,

[0085] 所述冷凝器5的制冷剂出口端与高温级旁通阀13的入口依次通过三级第一液态冷剂管路24和三级第三液态冷剂管路32连接,所述高温级旁通阀13的出口端与高温级降温罐12的液态制冷剂入口端通过三级第四液态冷剂管路33连接,所述冷凝器5的制冷剂出口端与高温级节流阀6的入口端依次通过三级第一液态冷剂管路24和三级第二液态冷剂管路25连接,所述高温级节流阀6的出口端与中温级经济器9的工作蒸气入口端通过二级第一液态冷剂管路26连接,所述中温级经济器9的气态制冷剂出口端与高温级降温罐12的气态制冷剂入口端通过二级第三工作蒸气管路36连接,所述中温级经济器9的液态制冷剂出口端与中温级旁通阀二14-2的入口通过二级第三液态冷剂管路二34-2连接,所述中温级旁通阀二14-2的出口与中温级降温罐二11-2的液态制冷剂入口端通过二级第四液态冷剂管路二35-2连接,所述中温级经济器9的制冷剂出口端与中温级节流阀二7-2的入口端通过二级第二液态冷剂管路二27-2连接,所述中温级节流阀二7-2的出口端与低温级经济器二10-2的工作蒸气入口端通过一级第一液态冷剂管路二28-2连接,所述低温级经济器二10-2的气态制冷剂出口端与中温级降温罐二11-2的气态制冷剂入口端通过一级第三工作蒸气管路二37-2连接,所述低温级经济器二10-2的液态制冷剂出口端与中温级旁通阀一14-1的入口通过二级第三液态冷剂管路一34-1连接,所述中温级旁通阀一14-1的出口与中温级降温罐一11-1的液态制冷剂入口端通过二级第四液态冷剂管路一35-1连接,所述低温级经济器二10-2的制冷剂出口端与中温级节流阀一7-1的入口端通过二级第二液态冷剂管路一27-1连接,

[0086] 所述中温级节流阀一7-1的出口端与低温级经济器一10-1的工作蒸气入口通过一级第一液态冷剂管路一28-1连接,所述低温级经济器一10-1的气态制冷剂出口端与中温级降温罐一11-1的气态制冷剂入口端通过一级第三工作蒸气管路一37-1连接,所述低温级经济器10-1的制冷剂出口端与低温级节流阀8的入口端通过一级第二液态冷剂管路29连接,

[0087] 所述低温级节流阀8的出口端和蒸发器4的制冷剂入口端通过零级液态冷剂管路30连接。

[0088] 本实施方式的运行原理:

[0089] 工作制冷剂的热力循环过程:工质水在蒸发器4中吸收废热源的热量后蒸发变成低温低压的水蒸气,水蒸气进入低温级压缩机1后升温升压,从低温级压缩机1排出后,进入中温级降温罐一11-1,在中温级降温罐一11-1中被来自低温级经济器10二中的水喷淋降温,并与来自低温级经济器一10-1中的饱和水蒸气混合,然后进入中温级压缩机一2-1,在中温级压缩机一2-1中被压缩成过热蒸气,进入中温级降温罐二11-2,在中温级降温罐二11-2中被来自中温级经济器9中的水喷淋降温,并与来自低温级经济器二10-2中的饱和水

蒸气混合,然后进入中温级压缩机二2-2,在中温级压缩机二2-2中被压缩成过热蒸气,进入高温级降温罐12,在高温级降温罐12中被进入高温级节流阀6前来自冷凝器5的水喷淋降温,并与来自中温级经济器9中的饱和水蒸气混合,然后进入高温级压缩机3,在高温级压缩机3中经过最后一次升温升压后,进入冷凝器5冷凝放热,将热量传递给高温热源,水蒸气变为液态水,高压液体经过高温级节流阀6后降温降压,进入中温级经济器9,节流后产生的气液混合物中的液体继续流入中温级节流阀二7-2进行二级节流,降温降压后进入低温级经济器二10-2,节流后产生的气液混合物中的液体继续流入中温级节流阀一7-1进行三级节流,降温降压后进入低温级经济器一10-1,最后通过低温级节流阀8,经过最后一次降温降压后进入蒸发器4,在蒸发器4中吸收低品位热源的热量,重复循环。其中,蒸发器4工作温度可变,每一级可实现 $10^{\circ}\text{C} \sim 15^{\circ}\text{C}$ 温升。

[0090] 用于多级冷却的制冷剂循环过程:高温高压的水蒸气在冷凝器5中冷凝放热,将热量传递给高温热源,水蒸气变为液态水,一部分高压液体去高温级降温罐12对过热蒸气进行降温,管路通过设置旁通阀控制喷液量,喷液量过多时,液体通过回流管流回中温级经济器9,中温级经济器9中的部分液态水继续流入中温级降温罐二11-2对过热蒸气进行降温,管路通过设置中温级旁通阀二14-2控制喷液量,喷液量过多时,液体通过回流管流回低温级经济器二10-2,低温级经济器二10-2中的部分液态水继续流入中温级降温罐一11-1对过热蒸气进行降温,管路通过设置中温级旁通阀二14-1控制喷液量,喷液量过多时,液体通过回流管流回低温级经济器一10-1,液态水继续流入低温级节流阀8,加入工作制冷剂的热力循环过程。

[0091] 本具体实施方案节能安全的原因分析:

[0092] 水工质热泵循环系统的制冷剂为自然工质水,水的GWP小于1,ODP为0,具有安全无毒、不可燃、廉价易获取的优点,在高温条件下也不会分解产生有害气体,不会对大气层中的臭氧层产生破坏;采用多级节流,水进行了四次升温升压,每次的温升都不高,换热不可逆损失大大减小,从而提高系统能效,增加制热量;闪蒸后出现的水蒸气会被重新利用,与过热蒸汽混合后进入压缩机压缩,不浪费资源。

[0093] 通过压缩过程中间多级冷却可以降低循环系统排气温度、排气比容和减少压缩机耗功。此循环系统对工质进行多次压缩使其温度梯级上升,梯级压缩过程中间多级冷却十分有效地解决了单级循环排气超温这一安全隐患,有效地提高了循环的性能系数和系统运行稳定性。经济器出口的气态工作水蒸气进入相应降温罐与压缩机出口工作水蒸气混合,将会帮助增加主循环的制冷剂流量。借助于经济器,高压高温的液体通过第一次节流(膨胀阀膨胀)变为中压气体喷入降温罐。此时,经济器里的液体焓值将会降低。蒸汽喷射有助于增加主循环中的制冷剂流量,增加流经冷凝器的液体制冷剂焓差,从而增加换热量。

[0094] 同时,通过利用在冷凝器5中进行过冷却的高压液态制冷剂对中温级压缩机2以及高温级压缩机3入口的工作水蒸气进行喷淋降温,有效解决其绝热指数较高、过热度较大,系统排气温度较高的问题。通过设置旁通阀控制喷淋水量,盈余留存液体通过回流管继续流回下级经济器进行制冷剂的热力循环。降低排气过热度,使系统可以安全稳定的运行并提高系统性能。

[0095] 具体实施方案三:结合图3所示,本发明提供一种压缩过程中间多级冷却的高温水工质热泵循环系统,包括低温级压缩机1、中温级压缩机2、高温级压缩机3、蒸发器4、冷凝器

5、高温级节流阀6、中温级节流阀7、低温级节流阀8、中温级经济器9、低温级经济器10、中温级降温罐11、高温级降温罐12、高温级旁通阀13、中温级旁通阀14、第一载热介质管路15、第二载热介质管路16、第一载冷介质管路17、第二载冷介质管路18、一级第一工作蒸气管路19、一级第二工作蒸气管路20、二级第一工作蒸气管路21、二级第二工作蒸气管路22、三级第一工作蒸气管路23、三级第一液态冷剂管路24、二级第一液态冷剂管路26、二级第二液态冷剂管路27、一级第一液态冷剂管路28、一级第二液态冷剂管路29、零级液态冷剂管路30、零级工作蒸气管路31、二级第三工作蒸气管路36和一级第三工作蒸气管路37,还包括三级第三液态冷剂管路32、三级第四液态冷剂管路33、二级第五液态冷剂管路38、二级第三液态冷剂管路34、二级第四液态冷剂管路35、一级第三液态冷剂管路39、低温级增压泵40、一级第四液态冷剂管路41、二级第六液态冷剂管路42,

[0096] 所述冷凝器5的载热介质出口端与第二载热介质管路16的入口端连接,所述冷凝器5的载热介质入口端与第一载热介质管路15的出口端连接,所述蒸发器4的载冷介质入口端与第一载冷介质管路17的出口端连接,所述蒸发器4的载冷介质出口端与第二载冷介质管路18的入口端连接,

[0097] 所述蒸发器4的制冷剂出口端与低温级压缩机1的入口端通过零级工作蒸气管路31连接,所述低温级压缩机1的出口端与中温级降温罐11的高温工作蒸气入口端通过一级第一工作蒸气管路19连接,所述中温级降温罐11的工作蒸气出口端与中温级压缩机2的入口端通过一级第二工作蒸气管路20连接,所述中温级降温罐11的液态制冷剂出口端与低温级经济器10的液态制冷剂入口端通过一级第三液态冷剂管路39连接,所述中温级压缩机2的出口端与高温级降温罐12的高温工作蒸气入口端通过二级第一工作蒸气管路21连接,所述高温级降温罐12的工作蒸气出口端与高温级压缩机3的入口端通过二级第二工作蒸气管路22连接,所述高温级降温罐12的液态制冷剂出口端与中温级经济器9的液态制冷剂入口端通过二级第五液态冷剂管路38连接,所述高温级压缩机3的出口端与冷凝器5的制冷剂入口端通过三级第一工作蒸气管路23连接,

[0098] 所述冷凝器5的制冷剂出口端与高温级节流阀6的入口端通过三级第一液态冷剂管路24连接,所述高温级节流阀6的出口端与中温级经济器9的工作蒸气入口端通过二级第一液态冷剂管路26连接,所述中温级经济器9的气态制冷剂出口端与高温级降温罐12的气态制冷剂入口端通过二级第三工作蒸气管路36连接,所述中温级经济器9的制冷剂出口端与中温级节流阀7的入口端通过二级第二液态冷剂管路27连接,

[0099] 所述中温级节流阀7的出口端与低温级经济器10的工作蒸气入口通过一级第一液态冷剂管路28连接,所述低温级经济器10的气态制冷剂出口端与中温级降温罐11的气态制冷剂入口端通过一级第三工作蒸气管路37连接,所述低温级经济器10的制冷剂出口端与低温级节流阀8的入口端通过一级第二液态冷剂管路29连接,所述低温级经济器10的液态制冷剂出口端与低温级增压泵40的入口端通过一级第四液态冷剂管路41连接,低温级增压泵40的出口端与高温级旁通阀13的入口依次通过二级第六液态冷剂管路42和三级第三液态冷剂管路32连接,所述高温级旁通阀13的出口与高温级降温罐12的液态制冷剂入口端通过三级第四液态冷剂管路33连接,低温级增压泵40的出口端与中温级旁通阀14的入口依次通过二级第六液态冷剂管路42和二级第三液态冷剂管路34连接,所述中温级旁通阀14的出口与中温级降温罐11的液态制冷剂入口端通过二级第四液态冷剂管路35连接,

[0100] 所述低温级节流阀8的出口端和蒸发器4的制冷剂入口端通过零级液态冷剂管路30连接。

[0101] 本实施方式的运行原理：

[0102] 工作制冷剂的热力循环过程：工质水在蒸发器4中吸收废热源的热量后蒸发变成低温低压的水蒸气，水蒸气进入低温级压缩机1后升温升压，从低温级压缩机排1出后，进入中温级降温罐11，在中温级降温罐11中被来自低温级经济器10中的水喷淋降温，并与来自低温级经济器10中的饱和水蒸气混合，然后进入中温级压缩机2，在中温级压缩机2中被压缩成过热蒸气，进入高温级降温罐12，在高温级降温罐12中被来自低温级经济器10中的水喷淋降温，并与来自中温级经济器9中的饱和水蒸气混合，然后进入高温级压缩机3，在高温级压缩机3中经过最后一次升温升压后，进入冷凝器5冷凝放热，将热量传递给高温热源，水蒸气变为液态水，高压液体经过高温级节流阀6后降温降压，进入中温级经济器9，节流后产生的气液混合物中的液体继续流入中温级节流阀7进行二级节流，降温降压后进入低温级经济器10，最后通过低温级节流阀8，经过最后一次降温降压后进入蒸发器4，在蒸发器4中吸收低品位热源的热量，重复循环。其中，蒸发器工4作温度可变，每一级可实现 $10^{\circ}\text{C} \sim 15^{\circ}\text{C}$ 温升。

[0103] 用于多级冷却的制冷剂循环过程：低温级经济器10出口的低温液态水，在低温级增压泵40的加压下进入高温级降温罐12对过热蒸气进行降温，管路通过设置高温级旁通阀13控制喷液量，喷液量过多时，液体通过回流管流回中温级经济器9，在低温级增压泵40增压后的部分液态水继续流入中温级降温罐11对过热蒸气进行降温，管路通过设置中温级旁通阀14控制喷液量，喷液量过多时，液体通过回流管流回低温级经济器10，液态水继续流入低温级节流阀8，加入工作制冷剂的热力循环过程。

[0104] 本具体实施方案节能安全的原因分析：

[0105] 水工质热泵循环系统的制冷剂为自然工质水，水的GWP小于1，ODP为0，具有安全无毒、不可燃、廉价易获取的优点，在高温条件下也不会分解产生有害气体，不会对大气层中的臭氧层产生破坏；采用多级节流，水进行了三次升温升压，每次的温升都不高，换热不可逆损失大大减小，从而提高系统能效，增加制热量；闪蒸后出现的水蒸气会被重新利用，与过热蒸汽混合后进入压缩机压缩，不浪费资源。

[0106] 通过压缩过程中间多级冷却可以降低循环系统排气温度、排气比容和减少压缩机耗功。此循环系统对工质进行多次压缩使其温度梯级上升，梯级压缩压缩过程中间多级冷却十分有效地解决了单级循环排气超温这一安全隐患，有效地提高了循环的性能系数和系统运行稳定性。经济器出口的气态工作水蒸气进入相应降温罐与压缩机出口工作水蒸气混合，将会帮助增加主循环的制冷剂流量。借助于经济器，高压高温的液体通过第一次节流（膨胀阀膨胀）变为中压气体喷入降温罐。此时，经济器里的液体焓值将会降低。蒸汽喷射有助于增加主循环中的制冷剂流量，增加流经冷凝器5的液体制冷剂焓差，从而增加换热量。

[0107] 同时，通过利用增压泵将低温级经济器10出口的低温液态制冷剂对中温级压缩机2以及高温级压缩机3入口的工作水蒸气进行喷淋降温，有效解决其绝热指数较高、过热度较大，系统排气温度较高的问题。通过设置旁通阀控制喷淋水量，盈余留存液体通过回流管继续流回下级经济器进行制冷剂的热力循环。降低排气过热度，使系统可以安全稳定的运行并提高系统性能。

[0108] 具体实施方案四:结合图4所示,本发明提供一种压缩过程中间多级冷却的高温水工质热泵循环系统,包括低温级压缩机1、中温级压缩机一2-1、中温级压缩机二2-2、高温级压缩机3、蒸发器4、冷凝器5、高温级节流阀6、中温级节流阀一7-1、中温级节流阀二7-2、低温级节流阀8、中温级经济器9、低温级经济器一10-1、低温级经济器二10-2、中温级降温罐一11-1、中温级降温罐二11-2、高温级降温罐12、高温级旁通阀13、中温级旁通阀一14-1、中温级旁通阀二14-2、第一载热介质管路15、第二载热介质管路16、第一载冷介质管路17、第二载冷介质管路18、一级第一工作蒸气管路19、一级第二工作蒸气管路一20-1、一级第二工作蒸气管路二20-2、二级第一工作蒸气管路一21-1、二级第一工作蒸气管路二21-2、二级第二工作蒸气管路22、三级第一工作蒸气管路23、三级第一液态冷剂管路24、二级第一液态冷剂管路26、二级第二液态冷剂管路一27-1、二级第二液态冷剂管路二27-2、一级第一液态冷剂管路一28-1、一级第一液态冷剂管路二28-2、一级第二液态冷剂管路29、零级液态冷剂管路30、零级工作蒸气管路31、二级第三工作蒸气管路36、一级第三工作蒸气管路一37-1和一级第三工作蒸气管路二37-2,还包括三级第三液态冷剂管路32、三级第四液态冷剂管路33、二级第五液态冷剂管路38、二级第三液态冷剂管路一34-1、二级第三液态冷剂管路二34-2、二级第四液态冷剂管路一35-1、二级第四液态冷剂管路二35-2、一级第三液态冷剂管路一39-1、一级第三液态冷剂管路二39-2、低温级增压泵40、一级第四液态冷剂管路41、二级第六液态冷剂管路一42-1、二级第六液态冷剂管路二42-2,

[0109] 所述冷凝器5的载热介质出口端与第二载热介质管路16的入口端连接,所述冷凝器5的载热介质入口端与第一载热介质管路15的出口端连接,所述蒸发器4的载冷介质入口端与第一载冷介质管路17的出口端连接,所述蒸发器4的载冷介质出口端与第二载冷介质管路18的入口端连接,

[0110] 所述蒸发器4的制冷剂出口端与低温级压缩机1的入口端通过零级工作蒸气管路31连接,所述低温级压缩机1的出口端与中温级降温罐一11-1的高温工作蒸气入口端通过一级第一工作蒸气管路19连接,所述中温级降温罐一11-1的工作蒸气出口端与中温级压缩机一2-1的入口端通过一级第二工作蒸气管路一20-1连接,所述中温级降温罐一11-1的液态制冷剂出口端与低温级经济器一10-1的液态制冷剂入口端通过一级第三液态冷剂管路一39-1连接,所述中温级压缩机一2-1的出口端与中温级降温罐二11-2的高温工作蒸气入口端通过二级第一工作蒸气管路一21-1连接,所述中温级降温罐二11-2的工作蒸气出口端与中温级压缩机二2-2的入口端通过一级第二工作蒸气管路二20-2连接,所述中温级降温罐二11-2的液态制冷剂出口端与低温级经济器二10-2的液态制冷剂入口端通过一级第三液态冷剂管路二39-2连接,所述中温级压缩机二2-2的出口端与高温级降温罐12的高温工作蒸气入口端通过二级第一工作蒸气管路二21-2连接,所述高温级降温罐12的工作蒸气出口端与高温级压缩机3的入口端通过二级第二工作蒸气管路22连接,所述高温级降温罐12的液态制冷剂出口端与中温级经济器9的液态制冷剂入口端通过二级第五液态冷剂管路38连接,所述高温级压缩机3的出口端与冷凝器5的制冷剂入口端通过三级第一工作蒸气管路23连接,

[0111] 所述冷凝器5的制冷剂出口端与高温级节流阀6的入口端通过三级第一液态冷剂管路24连接,所述高温级节流阀6的出口端与中温级经济器9的工作蒸气入口端通过二级第一液态冷剂管路26连接,所述中温级经济器9的气态制冷剂出口端与高温级降温罐12的气

态制冷剂入口端通过二级第三工作蒸气管路36连接,所述中温级经济器9的制冷剂出口端与中温级节流阀二7-2的入口端通过二级第二液态冷剂管路二27-2连接,

[0112] 所述中温级节流阀二7-2的出口端与低温级经济器二10-2的工作蒸气入口通过一级第一液态冷剂管路二28-2连接,所述低温级经济器二10-2的气态制冷剂出口端与中温级降温罐二11-2的气态制冷剂入口端通过一级第三工作蒸气管路二37-2连接,所述低温级经济器二10-2的制冷剂出口端与中温级节流阀一7-1的入口端通过二级第二液态冷剂管路一27-1连接,所述中温级节流阀一7-1的出口端与低温级经济器一10-1的工作蒸气入口通过一级第一液态冷剂管路一28-1连接,所述低温级经济器一10-1的气态制冷剂出口端与中温级降温罐一11-1的气态制冷剂入口端通过一级第三工作蒸气管路一37-1连接,所述低温级经济器一10-1的制冷剂出口端与低温级节流阀8的入口端通过一级第二液态冷剂管路29连接,所述低温级经济器一10-1的液态制冷剂出口端与低温级增压泵40的入口端通过一级第四液态冷剂管路41连接,低温级增压泵40的出口端与高温级旁通阀13的入口通过二级第六液态冷剂管路一42-1、二级第六液态冷剂管路二42-2和三级第三液态冷剂管路32依次连接,所述高温级旁通阀13的出口与高温级降温罐12的液态制冷剂入口端通过三级第四液态冷剂管路33连接,低温级增压泵40的出口端与中温级旁通阀一14-1的入口依次通过二级第六液态冷剂管路一42-1和二级第三液态冷剂管路一34-1连接,所述中温级旁通阀一14-1的出口与中温级降温罐一11-1的液态制冷剂入口端通过二级第四液态冷剂管路一35-1连接,低温级增压泵40的出口端与中温级旁通阀二14-2的入口依次通过二级第六液态冷剂管路一42-1、二级第六液态冷剂管路二42-2和二级第三液态冷剂管路二34-2连接,所述中温级旁通阀二14-2的出口与中温级降温罐二11-2的液态制冷剂入口端通过二级第四液态冷剂管路二35-2连接,

[0113] 所述低温级节流阀8的出口端和蒸发器4的制冷剂入口端通过零级液态冷剂管路30连接。

[0114] 本实施方式的运行原理:

[0115] 工作制冷剂的热力循环过程:工质水在蒸发器4中吸收废热源的热量后蒸发变成低温低压的水蒸气,水蒸气进入低温级压缩机1后升温升压,从低温级压缩机1排出后,进入中温级降温罐一11-1,在中温级降温罐一11-1中被来自低温级经济器一10-1中的水喷淋降温,并与来自低温级经济器一10-1中的饱和水蒸气混合,然后进入中温级压缩机一2-1,在中温级压缩机一2-1中被压缩成过热蒸气,进入中温级降温罐二11-2,在中温级降温罐二11-2中被来自低温级经济器一10-1中的水喷淋降温,并与来自低温级经济器二10-2中的饱和水蒸气混合,然后进入中温级压缩机二2-2,在中温级压缩机二2-2中被压缩成过热蒸气,进入高温级降温罐12,并与来自中温级经济器9中的饱和水蒸气混合,然后进入高温级压缩机3,在高温级压缩机3中经过最后一次升温升压后,进入冷凝器5冷凝放热,将热量传递给高温热源,水蒸气变为液态水,高压液体经过高温级节流阀6后降温降压,进入低温级经济器二10-2,节流后产生的气液混合物中的液体继续流入中温级节流阀二7-2进行二级节流,降温降压后进入中温级经济器一9-1,节流后产生的气液混合物中的液体继续流入中温级节流阀一7-1进行三级节流,降温降压后进入低温级经济器10,最后通过低温级节流阀8,经过最后一次降温降压后进入蒸发器4,在蒸发器4中吸收低品位热源的热量,重复循环。其中,蒸发器工作温度可变,每一级可实现10℃~15℃温升。

[0116] 用于多级冷却的制冷剂循环过程:低温级经济器一10-1出口的低温液态水,在低温级增压泵40的加压下进入高温级降温罐12对过热蒸气进行降温,管路通过设置高温级旁通阀13控制喷液量,喷液量过多时,液体通过回流管流回中温级经济器9,在低温级增压泵40增压后的部分液态水继续流入中温级降温罐二11-2对过热蒸气进行降温,管路通过设置中温级旁通阀二14-2控制喷液量,喷液量过多时,液体通过回流管流回低温级经济器二10-2,在低温级增压泵40增压后的部分液态水继续流入中温级降温罐一11-1对过热蒸气进行降温,管路通过设置中温级旁通阀一14-1控制喷液量,喷液量过多时,液体通过回流管流回低温级经济器一10-1,液态水继续流入低温级节流阀8,加入工作制冷剂的热力循环过程。

[0117] 本具体实施方案节能安全的原因分析:

[0118] 水工质热泵循环系统的制冷剂为自然工质水,水的GWP小于1,ODP为0,具有安全无毒、不可燃、廉价易获取的优点,在高温条件下也不会分解产生有害气体,不会对大气层中的臭氧层产生破坏;采用多级节流,水进行了四次升温升压,每次的温升都不高,换热不可逆损失大大减小,从而提高系统能效,增加制热量;闪蒸后出现的水蒸气会被重新利用,与过热蒸汽混合后进入压缩机压缩,不浪费资源。

[0119] 通过压缩过程中间多级冷却可以降低循环系统排气温度、排气比容和减少压缩机耗功。此循环系统对工质进行多次压缩使其温度梯级上升,梯级压缩压缩过程中间多级冷却十分有效地解决了单级循环排气超温这一安全隐患,有效地提高了循环的性能系数和系统运行稳定性。经济器出口的气态工作水蒸气进入相应降温罐与压缩机出口工作水蒸气混合,将会帮助增加主循环的制冷剂流量。借助于经济器,高压高温的液体通过第一次节流(膨胀阀膨胀)变为中压气体喷入降温罐。此时,经济器里的液体焓值将会降低。蒸汽喷射有助于增加主循环中的制冷剂流量,增加流经冷凝器5的液体制冷剂焓差,从而增加换热量。

[0120] 同时,通过利用增压泵将低温级经济器10出口的低温液态制冷剂对两级中温级压缩机2以及高温级压缩机3入口的工作水蒸气进行喷淋降温,有效解决其绝热指数较高、过热度较大,系统排气温度较高的问题。通过设置旁通阀控制喷淋水量,盈余留存液体通过回流管继续流回下级经济器进行制冷剂的热力循环。降低排气过热度,使系统可以安全稳定的运行并提高系统性能。

[0121] 具体实施方案五:结合图5所示,本发明提供一种压缩过程中间多级冷却的高温水工质热泵循环系统,包括低温级压缩机1、中温级压缩机2、高温级压缩机3、蒸发器4、冷凝器5、高温级节流阀6、中温级节流阀7、低温级节流阀8、中温级经济器9、低温级经济器10、第一载热介质管路15、第二载热介质管路16、第一载冷介质管路17、第二载冷介质管路18、一级第一工作蒸气管路19、一级第二工作蒸气管路20、二级第一工作蒸气管路21、二级第二工作蒸气管路22、三级第一工作蒸气管路23、三级第一液态冷剂管路24、二级第一液态冷剂管路26、二级第二液态冷剂管路27、一级第一液态冷剂管路28、一级第二液态冷剂管路29、零级液态冷剂管路30、零级工作蒸气管路31、二级第三工作蒸气管路36、一级第三工作蒸气管路37、一级第四工作蒸气管路47和二级第四工作蒸气管路48,还包括三级第三液态冷剂管路32、二级第三液态冷剂管路34、低温级增压泵40、一级第四液态冷剂管路41、二级第六液态冷剂管路42、中温级降温换热器43、高温级降温换热器44、高压级节流阀45、中压级节流阀46、二级第七液态冷剂管路49、一级第五液态冷剂管路50、三级第五液态冷剂管路51和二级第八液态冷剂管路52,

[0122] 所述冷凝器5的载热介质出口端与第二载热介质管路16的入口端连接,所述冷凝器5的载热介质入口端与第一载热介质管路15的出口端连接,所述蒸发器4的载冷介质入口端与第一载冷介质管路17的出口端连接,所述蒸发器4的载冷介质出口端与第二载冷介质管路18的入口端连接,

[0123] 所述蒸发器4的制冷剂出口端与低温级压缩机1的入口端通过零级工作蒸气管路31连接,所述低温级压缩机1的出口端与中温级降温换热器43的高温工作蒸气入口端通过一级第一工作蒸气管路19连接,所述中温级降温换热器43的工作蒸气出口端与中温级压缩机2的入口端依次通过一级第四工作蒸气管路47和一级第二工作蒸气管路20连接,所述中温级压缩机2的出口端与高温级降温换热器44的高温工作蒸气入口端通过二级第一工作蒸气管路21连接,所述高温级降温换热器44的工作蒸气出口端与高温级压缩机3的入口端依次通过二级第四工作蒸气管路48和二级第二工作蒸气管路22连接,所述高温级压缩机3的出口端与冷凝器5的制冷剂入口端通过三级第一工作蒸气管路23连接,

[0124] 所述冷凝器5的制冷剂出口端与高温级节流阀6的入口端通过三级第一液态冷剂管路24连接,所述高温级节流阀6的出口端与中温级经济器9的工作蒸气入口端通过二级第一液态冷剂管路26连接,所述中温级经济器9的气态制冷剂出口端与高温级压缩机3的入口端依次通过二级第三工作蒸气管路36和二级第二工作蒸气管路22连接,所述中温级经济器9的制冷剂出口端与中温级节流阀7的入口端通过二级第二液态冷剂管路27连接,

[0125] 所述中温级节流阀7的出口端与低温级经济器10的工作蒸气入口通过一级第一液态冷剂管路28连接,所述低温级经济器10的气态制冷剂出口端与中温级压缩机2的入口端依次通过一级第三工作蒸气管路37和一级第二工作蒸气管路20连接,所述低温级经济器10的制冷剂出口端与低温级节流阀8的入口端通过一级第二液态冷剂管路29连接,所述低温级经济器10的液态制冷剂出口端与低温级增压泵40的入口端通过一级第四液态冷剂管路41连接,低温级增压泵40的出口端与高温级降温换热器44液态制冷剂的入口端依次通过二级第六液态冷剂管路42和三级第三液态冷剂管路32连接,所述高温级降温换热器44液态制冷剂的出口端与中压级节流阀46的入口端通过三级第五液态冷剂管路51连接,中压级节流阀46的出口端与中温级经济器9的液态制冷剂入口端通过二级第八液态冷剂管路52连接,低温级增压泵40的出口端与中温级降温换热器43的液态制冷剂入口端依次通过二级第六液态冷剂管路42和二级第三液态冷剂管路34连接,所述中温级降温换热器43的液态制冷剂出口端与高压级节流阀45的入口端通过二级第七液态冷剂管路49连接,高压级节流阀45的出口端与低温级经济器10的液态制冷剂入口端通过一级第五液态冷剂管路50连接,

[0126] 所述低温级节流阀8的出口端和蒸发器4的制冷剂入口端通过零级液态冷剂管路30连接。

[0127] 本实施方式的运行原理:

[0128] 工作制冷剂的热力循环过程:工质水在蒸发器4中吸收废热源的热量后蒸发变成低温低压的水蒸气,水蒸气进入低温级压缩机1后升温升压,从低温级压缩机1排出后,进入中温级降温换热器43,在中温级降温换热器43中被来自低温级经济器10的饱和液态水换热降温,并与来自低温级经济器10中的饱和水蒸气混合,然后进入中温级压缩机2中被压缩成过热蒸气,进入高温级降温换热器44,在高温级降温换热器44中被来自低温级经济器10的饱和液态水换热降温,并与来自中温级经济器中9的饱和水蒸气混合,然后进入高温级压缩

机3中,被压缩成相对于中温级压缩机2形成的过热蒸汽温度更高的过热蒸汽,经过最后一次升温升压后,进入冷凝器5放热,将热量传递给高温热源,水蒸气变为液态水,进入高温级节流阀6后降温降压,闪蒸后进入中温级经济器9,中温级经济器9中的水蒸气被重新利用去与过热蒸气混合,液态水继续流入低温级经济器10,低温级经济器10中的水蒸气被重新利用去与过热蒸气混合,液态水继续流入低温级节流阀8,经过最后一次降温降压后进入蒸发器4,重复循环,实现了三级循环。此时的水工质经过三次升温升压,避免压缩比过大,提高系统运行的稳定性。

[0129] 用于多级冷却的制冷剂循环过程:低温级经济器10出口的低温液态水,在低温级增压泵40的加压下进入高温级降温换热器44对过热蒸气进行降温,管路通过设置中压级节流阀46控制压力,液体降压后回中温级经济器9,在低温级增压泵40增压后的部分液态水继续流入中温级降温换热器43对过热蒸气进行降温,管路通过设置高压级节流阀45控制压力,液体降压后回低温级经济器10,液态水继续流入低温级节流阀8,加入工作制冷剂的热力循环过程。

[0130] 本具体实施方案节能安全的原因分析:

[0131] 水工质热泵循环系统的制冷剂为自然工质水,水的GWP小于1,ODP为0,具有安全无毒、不可燃、廉价易获取的优点,在高温条件下也不会分解产生有害气体,不会对大气层中的臭氧层产生破坏;采用多级节流,水进行了三次升温升压,每次的温升都不高,换热不可逆损失大大减小,从而提高系统能效,增加制热量;闪蒸后出现的水蒸气会被重新利用,与过热蒸汽混合后进入压缩机压缩,不浪费资源。

[0132] 通过压缩过程中间多级冷却可以降低循环系统排气温度、排气比容和减少压缩机耗功。此循环系统对工质进行多次压缩使其温度梯级上升,梯级压缩压缩过程中间多级冷却十分有效地解决了单级循环排气超温这一安全隐患,有效地提高了循环的性能系数和系统运行稳定性。经济器出口的气态工作水蒸气进入相应压缩机入口前工作水蒸气混合,将会帮助增加主循环的制冷剂流量。借助于经济器,高压高温的液体通过第一次节流(膨胀阀膨胀)变为中压气体喷入压缩机入口前。此时,经济器里的液体焓值将会降低。蒸汽喷射有助于增加主循环中的制冷剂流量,增加流经冷凝器5的液体制冷剂焓差,从而增加换热量。

[0133] 同时,通过利用增压泵将低温级经济器10出口的低温液态制冷剂对中温级压缩机2和高温级压缩机3入口的工作水蒸气进行换热降温,有效解决其绝热指数较高、过热度较大,系统排气温度较高的问题。通过设置节流阀控制压力,降压后的液体继续流回下级经济器进行制冷剂的热力循环。降低排气过热度,使系统可以安全稳定的运行并提高系统性能。

[0134] 具体实施方案六:结合图6所示,本发明提供一种压缩过程中间多级冷却的高温水工质热泵循环系统,包括低温级压缩机1、中温级压缩机一2-1、中温级压缩机二2-2、高温级压缩机3、蒸发器4、冷凝器5、高温级节流阀6、中温级节流阀一7-1、中温级节流阀二7-2、低温级节流阀8、中温级经济器9、低温级经济器一10-1、低温级经济器二10-2、第一载热介质管路15、第二载热介质管路16、第一载冷介质管路17、第二载冷介质管路18、一级第一工作蒸气管路19、一级第二工作蒸气管路一20-1、一级第二工作蒸气管路二20-2、二级第一工作蒸气管路一21-1、二级第一工作蒸气管路二21-2、二级第二工作蒸气管路22、三级第一工作蒸气管路23、三级第一液态冷剂管路24、二级第一液态冷剂管路26、二级第二液态冷剂管路一27-1、二级第二液态冷剂管路二27-2、一级第一液态冷剂管路一28-1、一级第一液态冷剂

管路二28-2、一级第二液态冷剂管路29、零级液态冷剂管路30、零级工作蒸气管路31、二级第三工作蒸气管路36、一级第三工作蒸气管路一37-1、一级第三工作蒸气管路二37-2、一级第四工作蒸气管路一47-1、一级第四工作蒸气管路二47-2和二级第四工作蒸气管路48,还包括三级第三液态冷剂管路32、二级第三液态冷剂管路一34-1、二级第三液态冷剂管路二34-2、低温级增压泵40、一级第四液态冷剂管路41、二级第六液态冷剂管路一42-1、二级第六液态冷剂管路二42-2、中温级降温换热器一43-1、中温级降温换热器二43-2、高温级降温换热器44、高压级节流阀一45-1、高压级节流阀二45-2、中压级节流阀46、二级第七液态冷剂管路一49-1、二级第七液态冷剂管路二49-2、一级第五液态冷剂管路一50-1、一级第五液态冷剂管路二50-2、三级第五液态冷剂管路51和二级第八液态冷剂管路52,

[0135] 所述冷凝器5的载热介质出口端与第二载热介质管路16的入口端连接,所述冷凝器5的载热介质入口端与第一载热介质管路15的出口端连接,所述蒸发器4的载冷介质入口端与第一载冷介质管路17的出口端连接,所述蒸发器4的载冷介质出口端与第二载冷介质管路18的入口端连接,

[0136] 所述蒸发器4的制冷剂出口端与低温级压缩机1的入口端通过零级工作蒸气管路31连接,所述低温级压缩机1的出口端与中温级降温换热器一43-1的高温工作蒸气入口端通过一级第一工作蒸气管路19连接,所述中温级降温换热器一43-1的工作蒸气出口端与中温级压缩机一2-1的入口端依次通过一级第四工作蒸气管路一47-1和一级第二工作蒸气管路一20-1连接,所述中温级压缩机一2-1的出口端与中温级降温换热器二43-2的高温工作蒸气入口端通过二级第一工作蒸气管路一21-1连接,所述中温级降温换热器二43-2的工作蒸气出口端与中温级压缩机二2-2的入口端依次通过一级第四工作蒸气管路二47-2和一级第二工作蒸气管路二20-2连接,所述中温级压缩机二2-2的出口端与高温级降温换热器44的高温工作蒸气入口端通过二级第一工作蒸气管路二21-2连接,所述高温级降温换热器44的工作蒸气出口端与高温级压缩机3的入口端依次通过二级第四工作蒸气管路48和二级第二工作蒸气管路22连接,所述高温级压缩机3的出口端与冷凝器5的制冷剂入口端通过三级第一工作蒸气管路23连接,

[0137] 所述冷凝器5的制冷剂出口端与高温级节流阀6的入口端通过三级第一液态冷剂管路24连接,所述高温级节流阀6的出口端与中温级经济器9的工作蒸气入口端通过二级第一液态冷剂管路26连接,所述中温级经济器9的气态制冷剂出口端与高温级压缩机3的入口端依次通过二级第三工作蒸气管路36和二级第二工作蒸气管路22连接,所述中温级经济器9的制冷剂出口端与中温级节流阀二7-2的入口端通过二级第二液态冷剂管路二27-2连接,

[0138] 所述中温级节流阀二7-2的出口端与低温级经济器二10-2的工作蒸气入口通过一级第一液态冷剂管路二28-2连接,所述低温级经济器二10-2的气态制冷剂出口端与中温级压缩机二2-2的入口端依次通过一级第三工作蒸气管路二37-2和一级第二工作蒸气管路二20-2连接,所述低温级经济器二10-2的制冷剂出口端与中温级节流阀一7-1的入口端通过二级第二液态冷剂管路一27-1连接,所述中温级节流阀一7-1的出口端与低温级经济器一10-1的工作蒸气入口通过一级第一液态冷剂管路一28-1连接,所述低温级经济器二10-1的气态制冷剂出口端与中温级压缩机一2-1的入口端通过一级第三工作蒸气管路一37-1和一级第二工作蒸气管路一20-1连接,所述低温级经济器一10-1的制冷剂出口端与低温级节流阀8的入口端通过一级第二液态冷剂管路29连接,所述低温级经济器一10-1的液态制冷剂

出口端与低温级增压泵40的入口端通过一级第四液态制冷剂管路41连接,低温级增压泵40的出口端与高温级降温换热器44液态制冷剂的入口端依次通过二级第六液态制冷剂管路—42-1、二级第六液态制冷剂管路二42-2和三级第三液态制冷剂管路32连接,所述高温级降温换热器44液态制冷剂的出口端与中压级节流阀46的入口端通过三级第五液态制冷剂管路51连接,中压级节流阀46的出口端与中温级经济器9的液态制冷剂入口端通过二级第八液态制冷剂管路52连接,低温级增压泵40的出口端与中温级降温换热器—43-1的液态制冷剂入口端依次通过二级第六液态制冷剂管路—42-1和二级第三液态制冷剂管路—34-1连接,所述中温级降温换热器—43-1的液态制冷剂出口端与高压级节流阀—45-1的入口端通过二级第七液态制冷剂管路—49-1连接,高压级节流阀—45-1的出口端与低温级经济器—10-1的液态制冷剂入口端通过一级第五液态制冷剂管路—50-1连接,低温级增压泵40的出口端与中温级降温换热器二43-2的液态制冷剂入口端依次通过二级第六液态制冷剂管路—42-1、二级第六液态制冷剂管路二42-2和二级第三液态制冷剂管路二34-2连接,所述中温级降温换热器二43-2的液态制冷剂出口端与高压级节流阀二45-2的入口端通过二级第七液态制冷剂管路二49-2连接,高压级节流阀二45-2的出口端与低温级经济器二10-2的液态制冷剂入口端通过一级第五液态制冷剂管路二50-2连接,

[0139] 所述低温级节流阀8的出口端和蒸发器4的制冷剂入口端通过零级液态制冷剂管路30连接。

[0140] 本实施方式的运行原理:

[0141] 工作制冷剂的热力循环过程:工质水在蒸发器4中吸收废热源的热量后蒸发变成低温低压的水蒸气,水蒸气进入低温级压缩机1后升温升压,从低温级压缩机1排出后,进入中温级降温换热器—43-1,在中温级降温换热器—43-1中被来自低温级经济器—10-1的饱和液态水换热降温,并与来自低温级经济器—10-1中的饱和水蒸气混合,然后进入中温级压缩机—2-1中被压缩成过热蒸气,进入中温级降温换热器二43-2,在中温级降温换热器二43-2中被来自低温级经济器—10-1的饱和液态水换热降温,并与来自低温级经济器二10-2中的饱和水蒸气混合,然后进入中温级压缩机二2-2中被压缩成过热蒸气,进入高温级降温换热器44,在高温级降温换热器44中被来自低温级经济器—10-1的饱和液态水换热降温,并与来自中温级经济器9中的饱和水蒸气混合,然后进入高温级压缩机3中,被压缩成相对于中温级压缩机2形成的过热蒸汽温度更高的过热蒸汽,经过最后一次升温升压后,进入冷凝器5放热,将热量传递给高温热源,水蒸气变为液态水,进入高温级节流阀6后降温降压,闪蒸后进入中温级经济器9,中温级经济器9中的水蒸气被重新利用去与过热蒸气混合,液态水继续流入低温级经济器二10-2,低温级经济器二10-2中的水蒸气被重新利用去与过热蒸气混合,液态水继续流入低温级经济器—10-1,低温级经济器—10-1中的水蒸气被重新利用去与过热蒸气混合,液态水继续流入低温级节流阀8,经过最后一次降温降压后进入蒸发器4,重复循环,实现了四级循环。此时的水工质经过四次升温升压,避免压缩比过大,提高系统运行的稳定性。

[0142] 用于多级冷却的制冷剂循环过程:低温级经济器—10-1出口的低温液态水,在低温级增压泵40的加压下进入高温级降温换热器44对过热蒸气进行降温,管路通过设置中压级节流阀46控制压力,液体降压后回中温级经济器9,在低温级增压泵40增压后的部分液态水继续流入中温级降温换热器二43-2对过热蒸气进行降温,管路通过设置高压级节流阀二

45-2控制压力,液体降压后回低温级经济器二10-2,在低温级增压泵40增压后的部分液态水继续流入中温级降温换热器—43-1对过热蒸气进行降温,管路通过设置高压级节流阀—45-1控制压力,液体降压后回低温级经济器—10-1,液态水继续流入低温级节流阀8,加入工作制冷剂的热力循环过程。

[0143] 本具体实施方案节能安全的原因分析:

[0144] 水工质热泵循环系统的制冷剂为自然工质水,水的GWP小于1,ODP为0,具有安全无毒、不可燃、廉价易获取的优点,在高温条件下也不会分解产生有害气体,不会对大气层中的臭氧层产生破坏;采用多级节流,水进行了四次升温升压,每次的温升都不高,换热不可逆损失大大减小,从而提高系统能效,增加制热量;闪蒸后出现的水蒸气会被重新利用,与过热蒸汽混合后进入压缩机压缩,不浪费资源。

[0145] 通过压缩过程中间多级冷却可以降低循环系统排气温度、排气比容和减少压缩机耗功。此循环系统对工质进行多次压缩使其温度梯级上升,梯级压缩压缩过程中间多级冷却十分有效地解决了单级循环排气超温这一安全隐患,有效地提高了循环的性能系数和系统运行稳定性。经济器出口的气态工作水蒸气进入相应压缩机入口前工作水蒸气混合,将会帮助增加主循环的制冷剂流量。借助于经济器,高压高温的液体通过节流(膨胀阀膨胀)变为中压气体喷入压缩机入口前。此时,经济器里的液体焓值将会降低。蒸汽喷射有助于增加主循环中的制冷剂流量,增加流经冷凝器5的液体制冷剂焓差,从而增加换热量。

[0146] 同时,通过利用增压泵将低温级经济器10出口的低温液态制冷剂对两级中温级压缩机2以及高温级压缩机3入口的工作水蒸气进行换热降温,有效解决其绝热指数较高、过热度较大,系统排气温度较高的问题。通过设置节流阀控制压力,降压后的液体继续流回下级经济器进行制冷剂的热力循环。降低排气过热度,使系统可以安全稳定的运行并提高系统性能。

[0147] 优选地,所述蒸发器4为逆流式蒸发器,所述冷凝器5为逆流式冷凝器。

[0148] 虽然本发明公开披露如上,但本发明公开的保护范围并非仅限于此。本发明领域技术人员在不脱离本发明公开的精神和范围的前提下,可进行各种变更与修改,这些变更与修改均将落入本发明的保护范围。

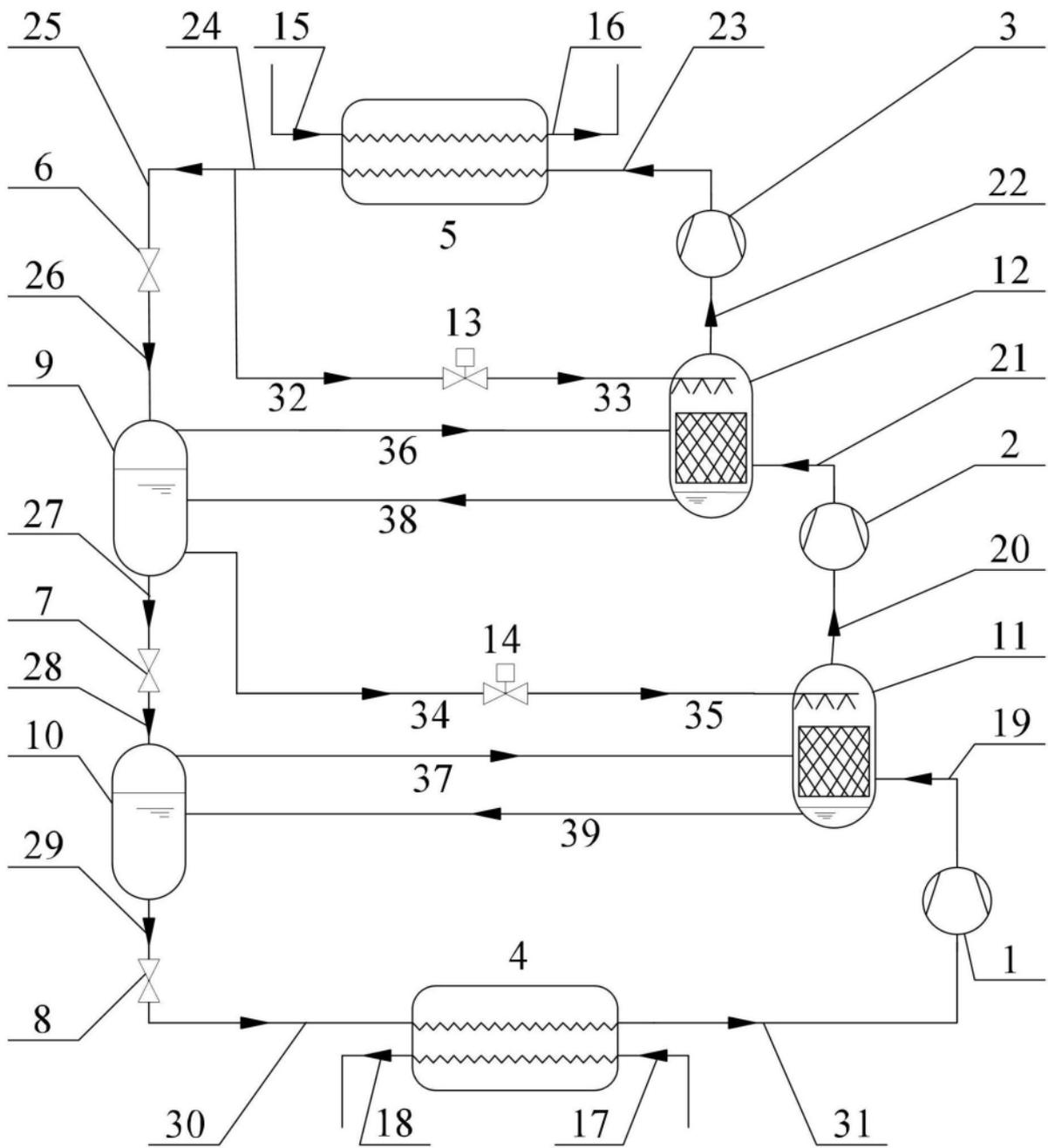


图1

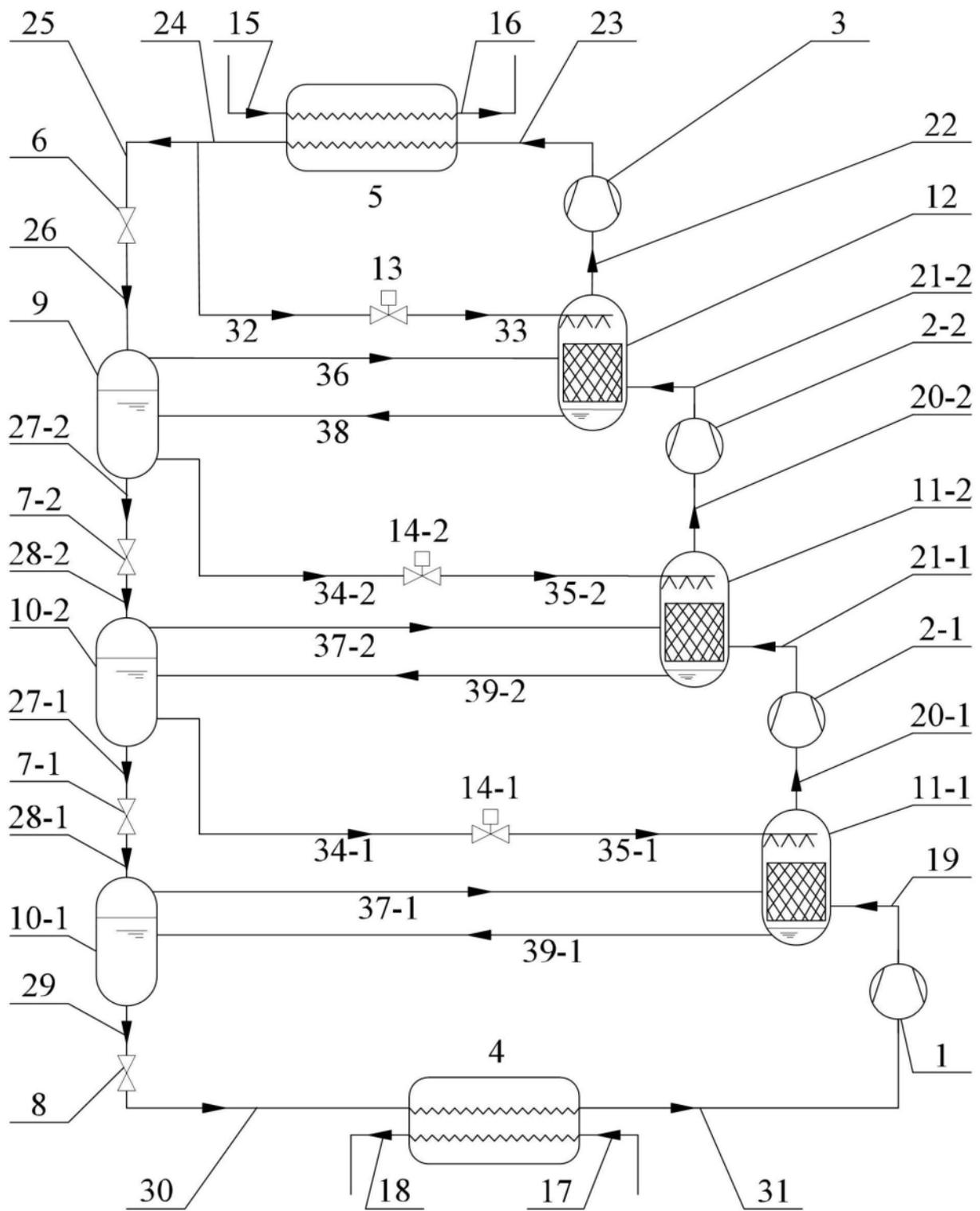


图2

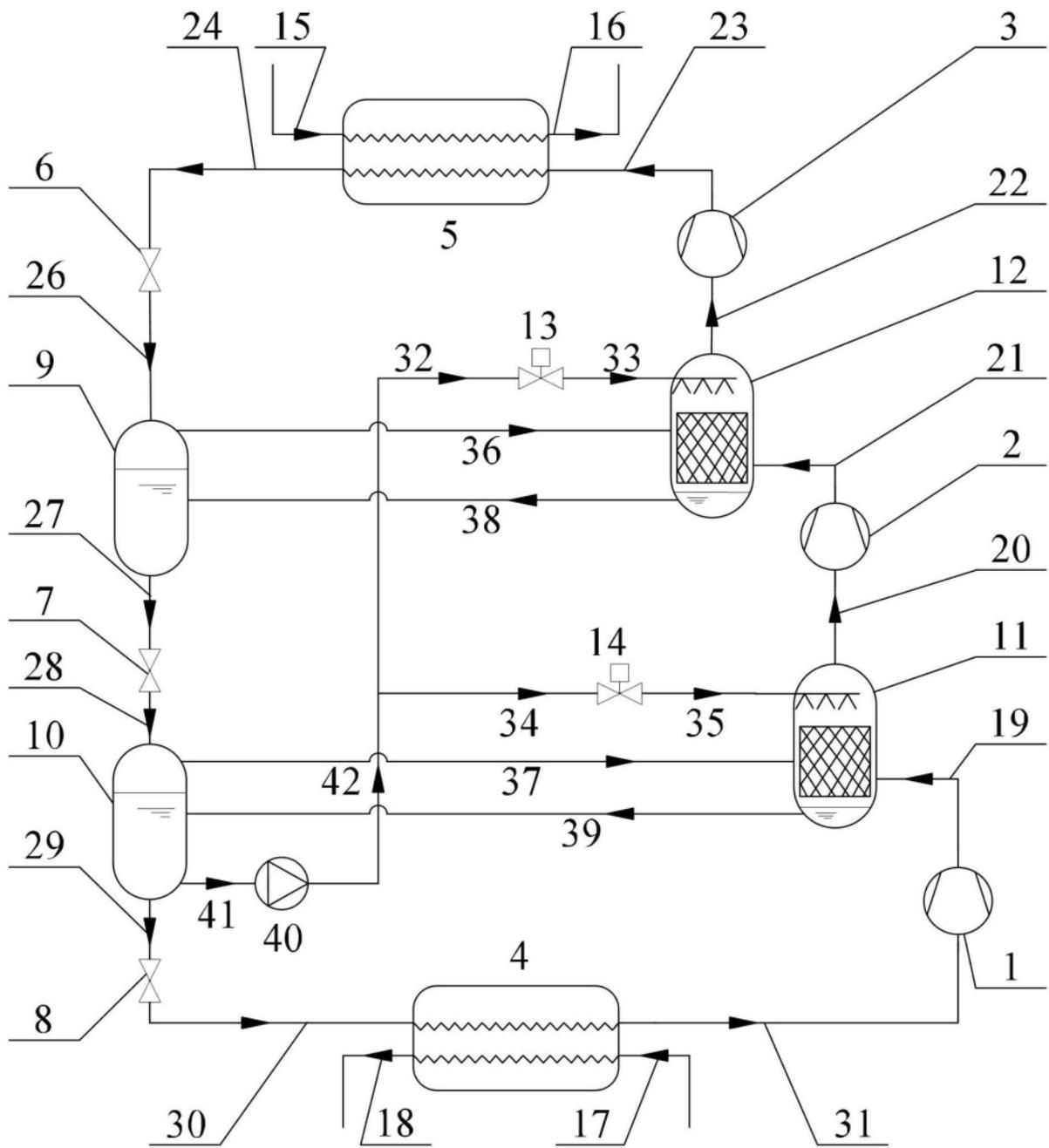


图3

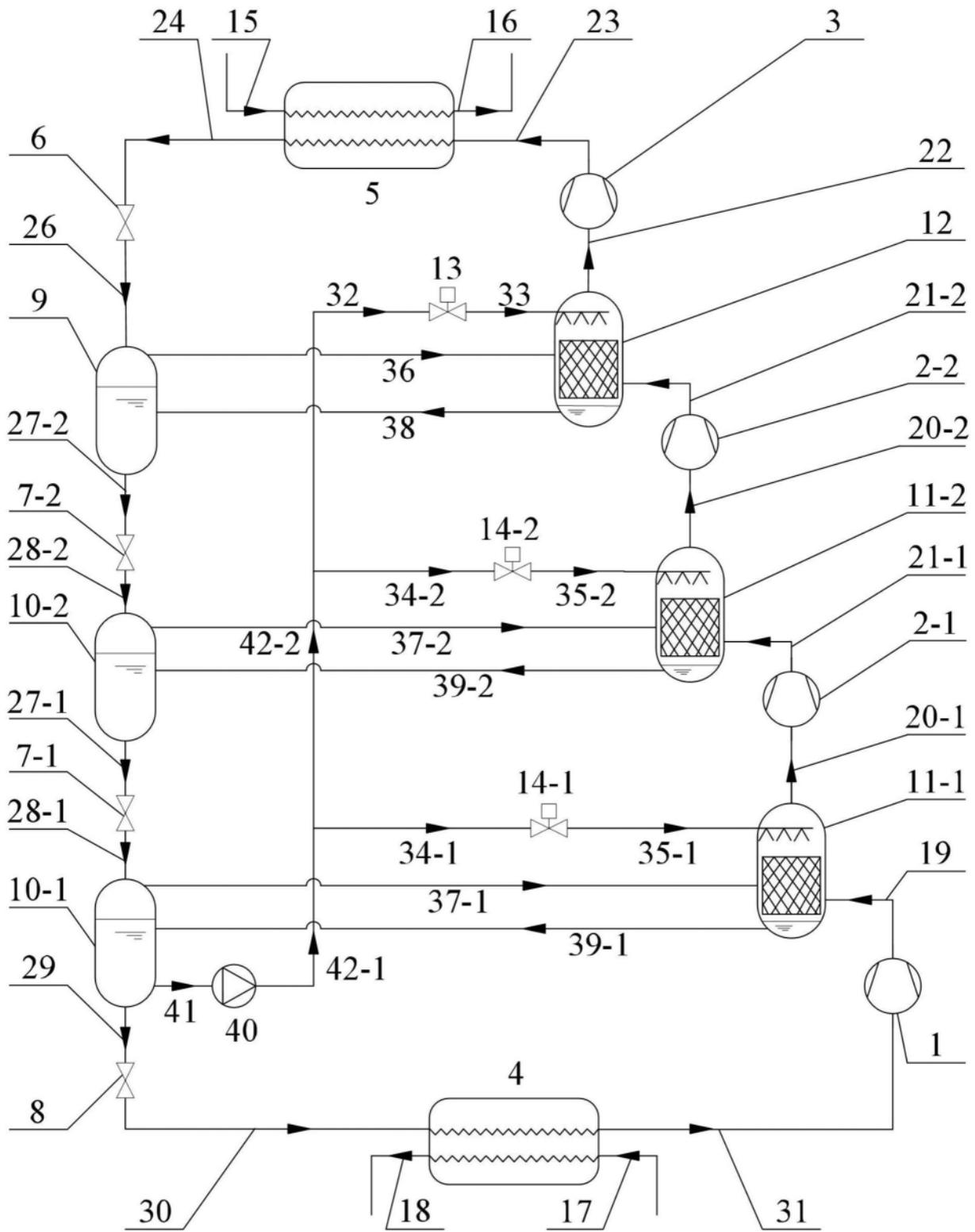


图4



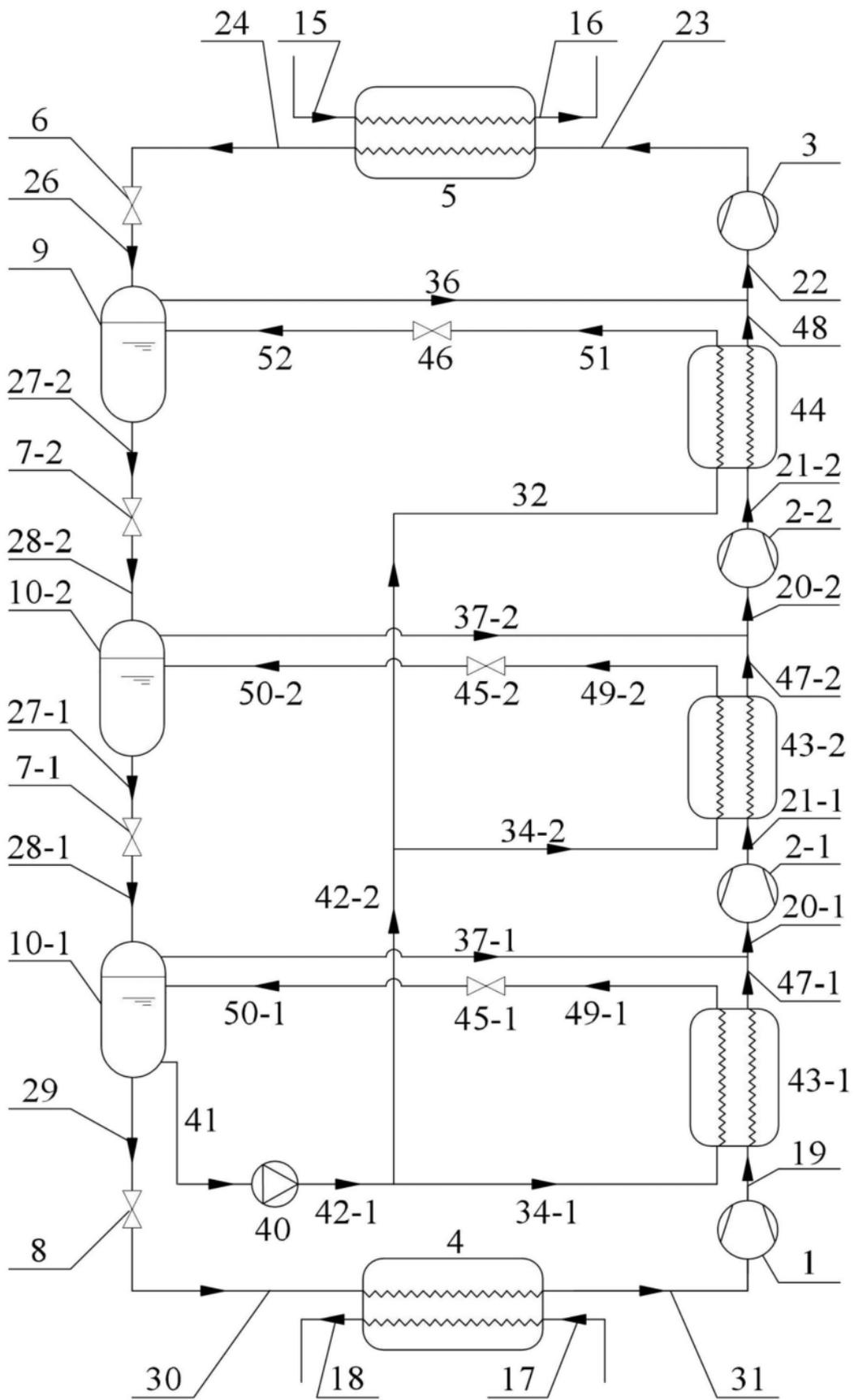


图6

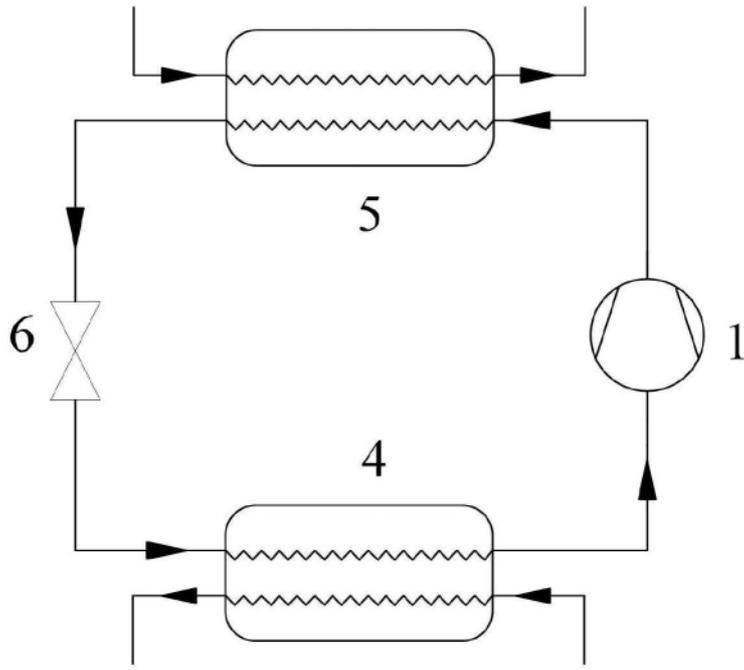


图7