



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104220715 B

(45)授权公告日 2017.12.19

(21)申请号 201380016400.5

(22)申请日 2013.08.23

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104220715 A

(43)申请公布日 2014.12.17

(30)优先权数据
61/692,963 2012.08.24 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2014.09.25

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2013/056452 2013.08.23

(87)PCT国际申请的公布数据
W02014/031996 EN 2014.02.27

(73)专利权人 沙特阿拉伯石油公司
地址 沙特阿拉伯达兰

(72)发明人 M·V·尤尼斯 E·Z·哈玛德

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所 11038

代理人 曾祥生

(51)Int.Cl.
F02B 37/00(2006.01)
F02B 37/10(2006.01)
F01N 5/02(2006.01)
F01N 5/04(2006.01)
F01N 3/08(2006.01)
B01D 53/14(2006.01)

(56)对比文件
WO 2012143799 A1, 2012.10.26,
WO 2012100182 A1, 2012.07.26,
US 2011304155 A1, 2011.12.15,

审查员 闫俊

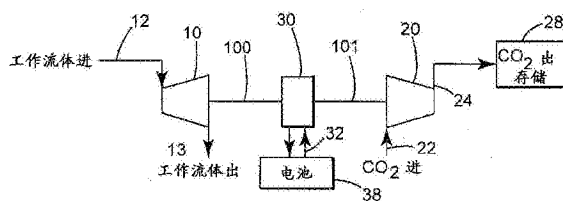
权利要求书1页 说明书7页 附图5页

(54)发明名称

利用来自内燃机的废热驱动CO₂捕集系统的CO₂压缩机的方法

(57)摘要

本发明涉及用于驱动CO₂压缩机以使从CO₂移动源上的内燃机的废气流捕集的CO₂致密的一体化系统和方法,其包括以下步骤:操作涡轮机,该涡轮机操作性地连接到CO₂压缩机的动力输入或驱动轴;以及将马达-发电机操作性地连接到涡轮机,以用于:(a)当涡轮机产生的动力超过CO₂压缩机的动力需求时回收任何多余的动力;和(b)当涡轮机产生的动力不足以满足CO₂压缩机的动力需求时提供补充动力。



1. 一种驱动具有驱动轴和CO₂进气端口的CO₂压缩机的方法,所述CO₂压缩机形成移动源上的CO₂捕集系统的一部分,所述CO₂捕集系统用于从ICE的废气流回收CO₂并且将其压实以存储在移动源上,所述方法包括以下步骤:

提供加压工作流体操作的涡轮机,所述涡轮机具有动力输出轴,所述动力输出轴操作性地连接到所述CO₂压缩机的驱动轴,以用于驱动所述CO₂压缩机;

在将加压工作流体引入到所述涡轮机中之前,通过与所述移动源上的发热部件进行热交换或者利用所述移动源上产生的废热来加热该加压工作流体;以及

提供马达-发电机,所述马达-发电机操作性地连接到所述CO₂压缩机的驱动轴,以用于在所述涡轮机产生的动力超过所述CO₂压缩机的动力需求时回收多余的动力,并且在所述涡轮机产生的动力不足以满足所述CO₂压缩机的动力需求时提供补充动力。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述发热部件包括CO₂压缩机、车上空调冷凝器、制动器组件、外部太阳能面板以及一个或多个中冷器。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中所述涡轮机和所述CO₂压缩机具有不同的旋转速度,并且所述方法还包括在所述涡轮机和所述CO₂压缩机之间提供速度耦合装置步骤。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中所述马达-发电机操作性地连接到所述涡轮机的动力输出轴。

5. 根据权利要求1所述的方法,其中所述加压工作流体是来自ICE的废气流,并且通过废气流提供动力的涡轮机操作性地连接到所述CO₂压缩机。

6. 根据权利要求1所述的方法,其还包括以下步骤:提供与所述CO₂压缩机的CO₂进气端口流体连通的CO₂缓冲罐。

7. 根据权利要求1所述的方法,其中将不与所述CO₂压缩机操作性地连接的附加涡轮机定位在所述CO₂压缩机的上游。

8. 根据权利要求1所述的方法,其中所述马达-发电机操作性地连接到所述CO₂压缩机的驱动轴,处于所述CO₂压缩机的驱动轴与所述涡轮机的动力输出轴之间。

9. 根据权利要求1所述的方法,其中所述马达-发电机操作性地连接到所述CO₂压缩机的驱动轴的与操作性地连接到所述涡轮机的动力输出轴的部分相对的部分。

利用来自内燃机的废热驱动CO₂捕集系统的CO₂压缩机的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及二氧化碳 (CO₂) 压缩和存储,以用于移动应用中或者能量产生循环用来做功和需要CO₂压缩的应用中的CO₂减排的目的。

背景技术

[0002] 当前可接受的观点是,全球变暖是由于诸如CO₂和甲烷(CH₄)的温室气体排放导致的。全球大约四分之一的CO₂排放当前估计是来自于移动源,即由内燃机(ICE)提供动力的汽车、卡车、巴士和火车。在发展中国家汽车和卡车拥有量迅猛发展的情况下,这个比例分布有可能在可预见的将来快速上涨。因此,控制CO₂排放是非常重要的。

[0003] 移动源的二氧化碳管理存在许多难题,包括空间和重量限制、规模经济的缺乏、以及为移动源提供动力的ICE的操作动态特性。

[0004] 现有技术的用于从燃烧气体捕集CO₂的方法在原理上集中于静止源,例如发电厂。处理降低移动源的CO₂排放的问题的那些方式采用利用氧气的燃烧,并且不提供用于CO₂捕集剂再生和再利用的手段,和/或不利用从热源回收的废热。仅仅利用氧气的燃烧需要氧-氮分离步骤,该分离步骤比将CO₂从由于使用大气所导致的含氮气体分离需要更加集中的能量,并且如果在车上进行尝试,则该分离问题甚至将变得更加困难。

[0005] CO₂捕集技术的焦点已经在静止或固定源上。从移动源捕集CO₂通常被认为过于昂贵,原因是其涉及具有相反规模经济的分布式系统。该问题的现有解决方案看起来是不实际的,原因在于车上空间限制、额外能量和设备要求、以及车辆操作循环的动态特性,例如快速加速和减速的间歇周期。

[0006] 通过捕集和临时车上存储来自发动机废气流的CO₂,处理有效地且低成本地降低移动源(例如由内燃机提供动力的车辆)的CO₂排放的问题的方法、系统和设备仍然处于它们的初期阶段。

[0007] 如在此所用的,术语“内燃机”或ICE包括热机,在该热机中,通常为常规液态烃燃料的含烃燃料进行燃烧,以产生动力或做功,并且产生必须被移除或排出的废热。

[0008] 如在此所用的,术语“移动源”指的是任何广为人知的交通工具,其可以用来运输货物和/或人,由一个或多个内燃机提供动力,该内燃机产生包含CO₂的废气流。这包括所有类型的在陆地上行驶的机动车辆、飞机和轮船,其中来自ICE的废气在被排放到大气中之前被排放到容纳管道中。

[0009] 如在此所用的,术语“废热”是典型的ICE产生的热,其在原理上包含在热的废气(~300℃至650℃)和热的冷却剂(~90℃至120℃)中。额外的热通过对流和辐射而从发动机及其相关部件(包括传热翅片和空冷发动机的表面)以及废气所穿过的各部件(包括歧管、管道、催化转化器和消声器)散发和损失。该热能总体上为典型的烃(HC)燃料燃烧时产生的能量的大约60%。

[0010] 如在此所用的术语“车辆”应当理解为“移动源”的便利缩写且与其同义,并且大致与上述术语“交通工具”具有共同的意义。

[0011] 除了别的以外,用于车上处理由用来向车辆提供动力的采用烃燃料的ICE所排出的含CO₂废气流以降低排放到大气中的CO₂量的方法和系统,包括CO₂压实过程,该过程包括将CO₂的温度和体积降低到至少液化状态。压实包括将大致纯净的CO₂与发动机废气分离,并临时将致密的CO₂存储在车上,以便之后在任何广为人知的已知商业和工业用途中进行使用,或者传递到永久存储部位。

[0012] 用于CO₂回收的任何设备和方法的重要部分是使用需要机械能进行操作的CO₂压缩机。然而,提供用于操作或驱动压缩机的机械能伴随有与提供辅助动力以满足操作CO₂压缩机的要求相关的问题。

[0013] 因此,本发明要处理的问题在于如何满足使ICE上的能量负担最小化的目标,或者通过消耗额外的燃料来驱动与车上CO₂捕集系统相关联的CO₂压缩机,以便从为移动源提供动力的ICE产生的废气流移除CO₂。

发明内容

[0014] 本发明的上述和其它目的和优点通过以下方式来实现,即提供用于驱动CO₂压缩机以使从CO₂移动源上的ICE的废气流捕集的CO₂致密的一体化系统和方法,其包括以下步骤:提供涡轮机,该涡轮机操作性地连接到CO₂压缩机的动力输入或驱动轴;以及将马达-发电机操作性地连接到涡轮机,以用于:(a)当涡轮机产生的动力超过CO₂压缩机的动力需求时回收任何多余的动力;和(b)当涡轮机产生的动力不足以满足CO₂压缩机的动力需求时提供补充动力。

[0015] 本发明的方法使得CO₂压缩步骤所需的能量最小化,并且有效地管理系统的不同部件之间的能量流。本发明的方法还允许CO₂捕集系统且尤其是CO₂压缩步骤与能量回收系统较为平滑地结合。本发明的方法和系统使得所需的部件最少,并且增大了ICE的整体效率并提高了从废气流捕集的CO₂的致密化。

[0016] 涡轮机可以通过处于压力下的任何工作流体进行操作,通常通过来自于开放或闭合的动力循环的工作流体进行操作,该循环类似朗肯循环或三边闪蒸循环或其它循环,在该循环中工作流体被压缩,可任选地被加热,然后在涡轮机中膨胀。

[0017] 可以从ICE的废热源回收热,该废热源包括冷却系统和/或发动机组和/或废气。为热形式的能量还可以从非常规车上源回收,例如安装在车辆外表面上的太阳能面板、中冷器、CO₂压缩机、车辆空调冷凝器、制动器组件、和/或能够安装在移动源上或源自于移动源的其它热源。

[0018] 在一个实施例中,在CO₂压缩步骤期间从CO₂流移除的热可以传递到工作流体,以提高系统的效率。该传递可以是通过与压缩机气缸冷却风扇直接进行热交换,或类似方式。

[0019] 进入涡轮机的工作流体可以为过热蒸气或饱和蒸气、超临界流体、两相蒸气/液体状态或甚至液体、或者饱和液体的形式。不考虑其状态,进入涡轮机的工作流体由压力和温度的动力循环参数限定。

[0020] 离开涡轮机的工作流体可以处于过热状态、饱和蒸气状态、液体状态、饱和液体状态、超临界状态,或者处于两相蒸气/液体状态或蒸气/固体状态。然而,在离开的流体中存在固体或多种固体并不是优选的。工作流体出口参数取决于温度和压力的工作流体入口参数,并且取决于涡轮机的压缩比或动力循环低压值。

[0021] 本发明的方法和系统中所用的涡轮机可以采用任何可用的技术,包括例如离心式、涡旋式、螺杆式、体积式和活塞式涡轮机。涡轮机可以具有一个膨胀级或若干膨胀级,具有可选的中间冷却。因为目的是使得通过动力循环从入口参数可获得的工作流体流膨胀到低压值,同时回收膨胀做功,所以可获得的流体的这些参数将确定所选的用于车辆的涡轮机的特定类型。

[0022] 涡轮机可以进行润滑或可以不进行润滑,并且可以使用任何类型的轴承,包括轴颈轴承、套管、滚动元件轴承或其它轴承,该选择是基于涡轮机以及温度和压力工作参数。

[0023] CO₂压缩机可以具有固定排量/气缸容量或者可变排量/气缸容量。可变排量/气缸容量的压缩机提供更多的控制参数,这些控制参数可以用来优化一体化系统的车上性能。

[0024] 在一个优选的实施例中,涡轮机和压缩机速度的直接耦合和匹配针对从来自废气流的CO₂的量通过调节压缩机排量/气缸容量而获得。结合的压缩机和涡轮机可以被布置和控制成用以在相同的旋转速度下操作或者在固定旋转速度下操作。在它们的旋转速度固定的系统中,CO₂压缩机直接连接或耦合到涡轮机的轴,而不需要速度耦合装置。如果CO₂压缩机和涡轮机被构造成在不同的速度下旋转,那么需要速度耦合装置。可以使用任何合适的速度耦合装置。

[0025] 马达-发电机组用来发电,并且将所发的电力提供给涡轮机/压缩机组。任何合适的已知的商业技术可以用于马达-发电机及其控制/命令组。在涡轮机/压缩机组中使用马达-发电机在本文中将被称为结合的混合涡轮机/压缩机组。

[0026] 当涡轮机上可获得的动力不足以向压缩机提供动力时,马达-发电机将动力传递到涡轮机/压缩机组。马达-发电机还被布置和构造成用以当涡轮机输出动力超过CO₂压缩机的需求时回收能够从涡轮机轴获得的多余的机械动力,并将其转换为电力。

[0027] 在系统的实施例中,发电机在压缩机或涡轮机趋向之后,使得能够选择使用甚至一个耦合装置。因此,在CO₂压缩机和马达-发电机具有相同旋转速度的实施例中,不需要耦合装置。在另一个实施例中,系统采用两个耦合装置。耦合装置使轴上的不同部件的动力和速度同步。

[0028] 耦合装置用在本发明的系统中,以降低旋转速度,或者控制速度以防止过度运转,或者使速度同步以允许限滑,或者解耦该旋转。这些装置可以组合以执行这些功能的组合。

[0029] 耦合装置可以是简单的离合器、多盘片式离合器、液压离合器、粘耦合装置、转矩感测牵引离合器(也在本领域中称为TORSEN™离合器)、周转或行星齿轮、单向离合器、过度运转或自由轮离合器、减速齿轮箱或者无级变速器(CVT)。

[0030] 在某些实施例中,行星齿轮、减速齿轮箱或者CVT安装在涡轮机和压缩机之间,以控制它们的相对旋转速度。过度运转或单向离合器也可以结合到机械控制系统中,以将驱动轴与CO₂压缩机的从动轴脱开。

[0031] 混合涡轮机/压缩机组允许起到本发明的不同目的的、具有不同动力学特性的两个系统进行耦合。包括电动马达-发电机组增强了系统的灵活性,原因其能够进一步调节不同部件之间的能量流动。

[0032] 该系统还能够在没有电动马达-发电机的情况下起作用。在这个实施例中,涡轮机和压缩机上的约束将较大,并且一体化系统和CO₂压缩机的整体效率可能下降。

[0033] 能量回收系统和动力操作产生循环取决于发动机类型及其从废气流和/或冷却系

统回收的热瞬态特性,同时CO₂流量至少部分地取决于CO₂捕集系统和CO₂捕集速率。

[0034] 能量回收系统和CO₂捕集系统具有不同的惯性,并且在一定的操作条件下,涡轮机提供的能量可能比CO₂压缩机所需的能量多,使其有利于将发电机结合到系统中,以回收多余的功或动能,并将其转换为电力,该电力可以供应到车上蓄电池,或者直接供应到车辆的电气系统。

[0035] 在简单选择或混合选择的情况下,优选的是缓冲罐设置在CO₂压缩机入口的上游。缓冲罐用来调节CO₂压缩机入口处的CO₂压力和CO₂流。在减速期间,能够从涡轮机获得的动力可能不足以满足CO₂压缩机所需的动力;从而优选的是在一种情况下具有缓冲罐以限制CO₂流,和/或具有马达-发电机,该马达-发电机操作为马达以提供压缩机压缩CO₂所需的额外动力。

[0036] 在这个实施例中,本发明的系统可以解耦或调节能够从涡轮机轴获得的能量流以及CO₂压缩机压缩CO₂所需的能量流,以最大化系统的有效操作,最小化从ICE获取操作能量的需要,由此最小化与CO₂捕集系统和压缩步骤相关的整体燃料消耗和对应的CO₂产生。

[0037] CO₂被压缩以用于储存在移动源上的罐中,并且CO₂的最大或最终压力取决于存储在罐中的CO₂的量。从而,需要独立于涡轮机的操作而将CO₂流调节和修改至适应于压缩机的操作曲线。这可以利用可变排量/气缸容量和/或可变速度齿轮箱或传动系统(例如CVT)来实现。

[0038] 根据继而由于CO₂捕集速率和废气流而导致的CO₂罐压力和CO₂流,能够独立于涡轮机的速度而控制压缩机的速度,这是由于废气流和温度的结果,并且能够通过马达-发电机提供或取回轴上额外的动力,以独立于系统的其它部件的可变操作参数而实现平滑的且连续的操作。

[0039] 通过能量回收系统和动力循环操作的涡轮机可以由通过废气流驱动的涡轮机取代,如在例如涡轮压缩机的涡轮机的情况下。从而,涡轮机可以是通过废气压力和废气流量操作的简单的涡轮机,以用于非涡轮增压或机械增压的大气发动机。在机械增压发动机或涡轮增压发动机中也能够使用这样的涡轮机。在后一种情况下,空气压缩机、废气涡轮机和CO₂压缩机可以连接在单个轴上。在另一个混合实施例中,马达-发电机连接到相同的轴,以帮助满足能量需求以及回收一体化系统中可获得的任何多余能量。

[0040] CO₂压缩机的动力需求和涡轮机的动力输出通过传感器连续地监测,该传感器将数据传递到合适地编程的车载微处理器/控制器。与ICE的操作相关的传感器也将用于输入的信号发送到微处理器。指示出ICE的加速和减速的数据反映了废气流的体积流量、温度和压力变化。

[0041] 合适的切换齿轮也连接到微处理器控制器和马达-发电机,如同结合到该系统中的任何耦合装置。

[0042] 在本发明方法的实施中,来自与发动机控制单元(ECU)(也被称为发动机管理系统,在变化的操作条件下优化ICE的性能)相关的传感器以及与CO₂压缩机相关的传感器的信号被处理,并且控制信号被发送到压缩机和工作流体控制子系统,以增大或减小涡轮机动力输出,从而实时满足压缩机的动力输入要求。在一个优选的实施例中,例如通过利用致动器,或者通过将CO₂受控地计量到压缩机,微处理器保持稳态操作条件,该致动器控制阀,以分别允许CO₂进入CO₂缓冲罐以及将CO₂从CO₂缓冲罐排出。

[0043] 当涡轮机产生的动力不足以满足压缩机的要求时,例如通过接通来自车辆电池的电力或来自自由车上热源提供动力的热电装置的电力,启动马达-发电机的电动马达。在微处理器确定涡轮机产生的机械能比操作压缩机所需的机械能多的情况下,启动耦合装置以接合马达-发电机的发电机并且将其输出连接以对车载蓄电池进行充电。如对于本领域普通技术人员而言从上述实施例中将会明显的,系统各部件可以进行各种其它的布置,以最大化CO₂捕集、压缩、致密化和储存在车辆上的有效操作。

[0044] 在所附的权利要求中列出了为本发明特征的本发明的新颖性特征。然而,当参考附图进行阅读时,从以下优选实施例的详细描述中将会最佳地理解本发明自身以及额外的优点和目的。

附图说明

[0045] 在附图中,相同或相似的元件用相同的附图标记表示,其中:

[0046] 图1为用于实施本发明方法的设备和系统的一个实施例的示意图;

[0047] 图2为用于操作动力生成涡轮机的朗肯循环的实施例的示意图;

[0048] 图3为用于实施本发明方法的设备的另一个实施例的示意图;

[0049] 图4为与废气能量回收系统结合的CO₂移除系统的示意图;以及

[0050] 图5为与废气能量回收系统结合的CO₂移除系统的另一个实施例,其中涡轮机结合在CO₂压缩机的上游。

具体实施方式

[0051] 参考图1,其示意性地示出了用于实现本发明方法的设备的实施例,CO₂压缩机20、涡轮机10和马达-发电机30分别同轴地耦合在轴100、101上,以执行它们的功能。压缩机20经由管道22从上游捕集系统(未示出)接纳基本上纯净的CO₂。压缩的CO₂经由排出管道24传递到CO₂存储单元28。涡轮机10从能量回收系统或动力循环回收能量。电动马达-发电机30根据需要增加用于操作压缩机的动力,或者从涡轮机回收多余的动力,并且将该多余的动力转换为电力,该电力经由导体32传递到电池38,电力存储在该电池中以供后用或者来自电池的电力可以直接在车上进行使用。

[0052] 涡轮机10可以通过处于压力下的任何工作流体进行操作,并且优选地通过来自于开放或闭合的动力循环的工作流体进行操作,该循环为例如朗肯循环或三边闪蒸循环或其它循环,在该循环中工作流体被压缩,可任选地被加热,然后在涡轮机中膨胀。

[0053] 在图2所示的朗肯循环实施例中,在被传递到涡轮机10入口端口之前,工作流体13被泵40压缩到较高压力,然后在加热装置50中加热到期望的温度。在被传递到泵40抽吸管线之前,工作流体在涡轮机10中膨胀到低压力值,并且在冷凝器或冷却器60中冷却,以完成该循环。

[0054] 在图1所示的设备的实施例中,涡轮机、CO₂压缩机和马达-发电机同轴地耦合并且在相同的旋转速度下运转。为了以不同的速度操作这些部件,在系统中结合有耦合/解耦装置或速度控制器或速度耦合器,以固定混合涡轮机/压缩机组的操作。耦合装置提供若干选择:它们可以用来降低旋转速度,或者控制速度并防止过度运转,或者使速度同步以允许限滑,或者解耦该旋转,或者组合起来以执行这些功能的组合。

[0055] 图3示出了具有耦合装置的设备的实施例,其中根据本发明,耦合装置70、71布置在混合涡轮机/压缩机系统的不同部件之间。

[0056] 在示例性实施例中,行星齿轮70具有与涡轮机10的输出轴102连接的输入端以及与压缩机20的输入轴103连接的输出端。行星齿轮允许分开控制涡轮机10和压缩机20的旋转速度。取行星齿轮的是,可以使用减速齿轮箱或CVT。诸如减速器的第二耦合装置71提供压缩机20与马达-发电机30之间的动力连接,在图3所示的实施例中,该马达-发电机布置在压缩机20下游。耦合装置71连接到压缩机轴的输出端104和马达-发电机30的输入轴105。

[0057] 在简单选择或混合选择的实施例中,优选的是包括CO₂缓冲罐80,该缓冲罐装备有处于CO₂压缩机20入口上游的自动或手动控制的压力调节器。缓冲罐80用来调节CO₂压缩机入口处的CO₂压力,并且调节将被压缩的CO₂流。压缩机20的出口与CO₂存储罐81流体连通。

[0058] 图4中示出了一个实施例,其中CO₂移除系统与废气流能量回收系统结合。废气流7进入吸收器70,在该吸收器中,CO₂被贫CO₂吸收流体(例如单乙醇胺水溶液(MEA))1吸收。贫CO₂废气流6离开吸收器70并释放到大气环境中。

[0059] 进入吸收器70的初始贫MEA流1从吸收器70中的废气流吸收CO₂,并且经由流2作为富CO₂的MEA流离开。富CO₂的MEA流2被泵送以便在经由流3进入CO₂汽提器90之前在热交换器80中进行加热。为了简化起见,没有示出CO₂移除环路中的泵。

[0060] 诸如发动机冷却剂或发动机废气流的热流100在热交换中穿过汽提器90,以从溶剂中提取CO₂。含有一些水蒸气的CO₂流经由流5离开汽提器。再生的贫CO₂溶剂经由流4离开汽提器,并且在经由流1再循环到CO₂吸收器70之前,在热交换器80中与富CO₂流2进行热交换。

[0061] 离开CO₂汽提器90的CO₂和水蒸气流5例如通过环境空气在热交换器110中被冷却,以使水冷凝并经由液体/蒸气分离器从系统移除,并且作为流8排出。离开热交换器110的CO₂流22被进给到由涡轮机10操作的CO₂压缩机20的抽吸侧。CO₂压缩机20经由直接连接或者通过减速器和粘耦合器连接到涡轮机10,如上所述。

[0062] 涡轮机10结合到由高压蒸气流12供给的朗肯循环中,该高压蒸气流可以是与能量回收系统的压力和温度相容的水蒸气或任何有机流体。流12在涡轮机10中膨胀以提供动力,然后经由流13离开以供给冷凝器60,在冷凝器中其完全冷凝为液体状态。液体经由流14离开冷凝器60以进入泵40的抽吸端口,在该泵中其被压缩至系统高压值。泵40压缩液体流14,并将其在压力下经由流15传递到锅炉50,在经由流12传递到涡轮机10之前,在该锅炉中其被部分地或完全地蒸发。

[0063] 通过离开ICE150、穿过锅炉50的废气流16提供锅炉50的加热。较冷的废气流离开锅炉50并经由流7进给到CO₂吸收器70。

[0064] 图5中示出了本发明的另一个实施例,其在CO₂压缩机的上游结合有涡轮机。在这个实施例中,CO₂汽提器在较高的压力下操作,即在50至10巴的压力下操作。离开CO₂吸收器70的富CO₂溶剂流2被压缩到较高压力,即5至10巴,以便在较高的压力下操作CO₂汽提器90。

[0065] 在经由流56进入热交换器110以用于水蒸气冷凝且作为流8从系统移除之前,所得的离开CO₂汽提器90的高压CO₂和水蒸气流5在涡轮机17中膨胀至几乎环境压力。然后,干燥CO₂流22在压缩机20中压缩,并被传递以在车上进行存储。从涡轮机17回收的机械能可以用来发电,产生的电力可以直接用在车上或者存储在电池38中。

[0066] 在另一个实施例中, 涡轮机17可以耦合到CO₂压缩机20和涡轮机10, 以帮助进行CO₂压缩。在另一个实施例中, 在不使用涡轮机10的情况下, 涡轮机17连接到压缩机20和电动马达。用以将CO₂压缩到其最终压力的能量主要由涡轮机17传递, 并且由电动马达补充。

[0067] 尽管已经参考优选实施例示出和描述了本发明, 但是它们并不被认为是限制性的, 本发明的各种修改对于本领域技术人员而言将会是明显的, 并本发明的范围由以下的权利要求确定。

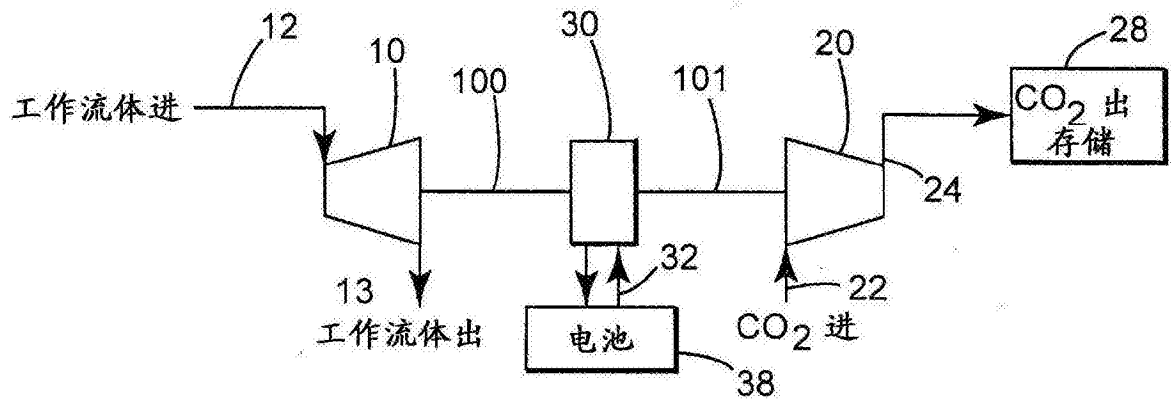


图1

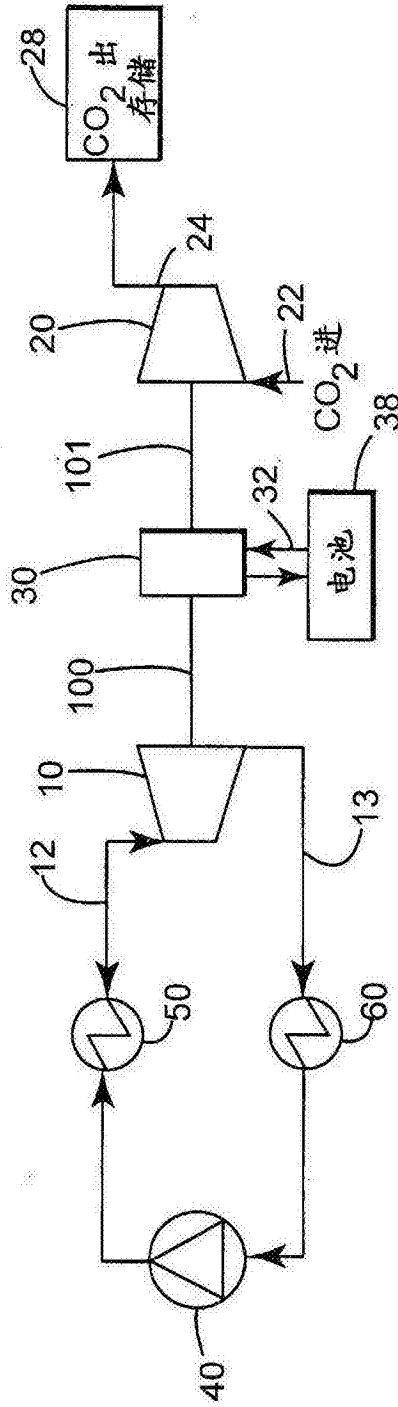


图2

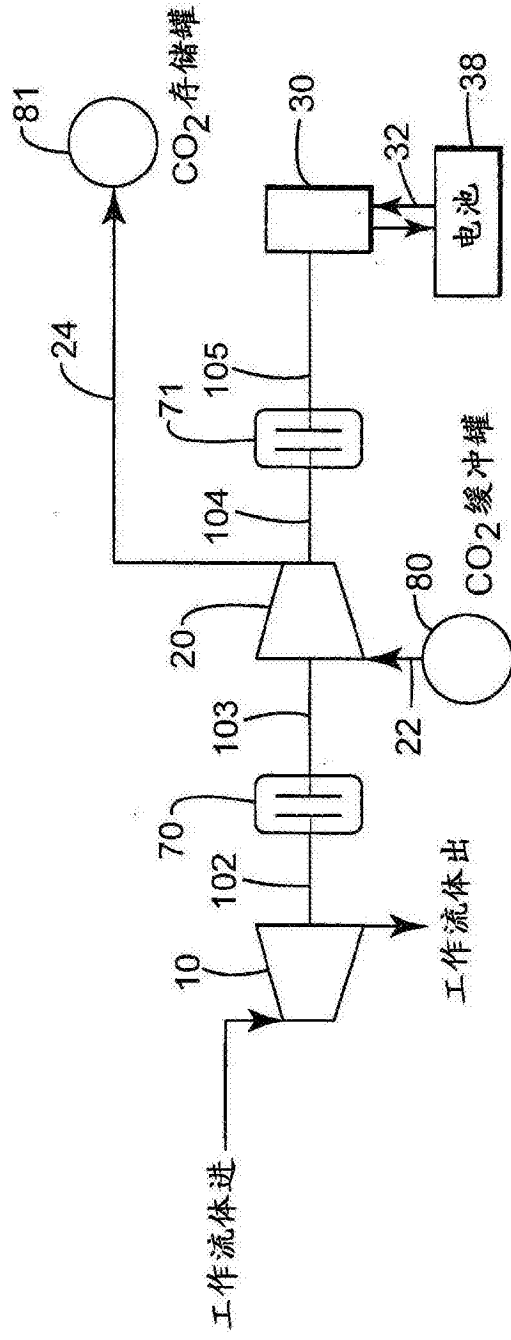


图3

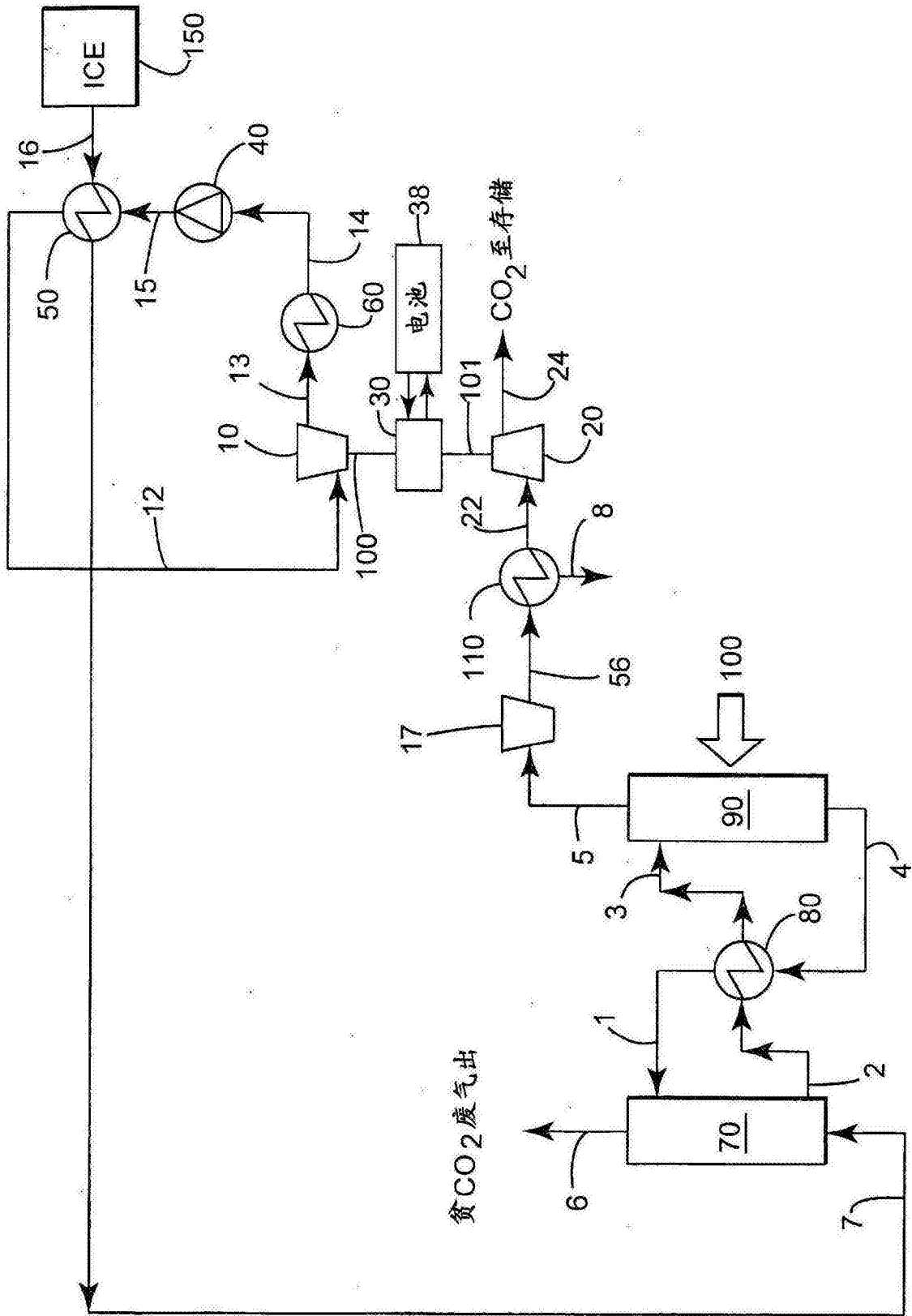


图5