



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106627090 B

(45)授权公告日 2019.03.08

(21)申请号 201611159520.2

F02B 43/10(2006.01)

(22)申请日 2016.12.15

F01D 15/10(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

F01N 5/02(2006.01)

申请公布号 CN 106627090 A

(56)对比文件

(43)申请公布日 2017.05.10

CN 102792009 A, 2012.11.21, 全文.

(73)专利权人 石家庄新华能源环保科技股份有  
限公司

CN 103010008 A, 2013.04.03, 全文.

CN 103029559 A, 2013.04.10, 全文.

CN 105459801 A, 2016.04.06, 全文.

地址 051431 河北省石家庄市栾城区窦姬  
镇装备制造基地新华路6号(窦姬中学  
西邻)

EP 1470943 A2, 2004.10.27, 全文.

审查员 张华

(72)发明人 贾会平

(51)Int.Cl.

B60K 6/24(2007.01)

B60K 11/02(2006.01)

B60H 1/32(2006.01)

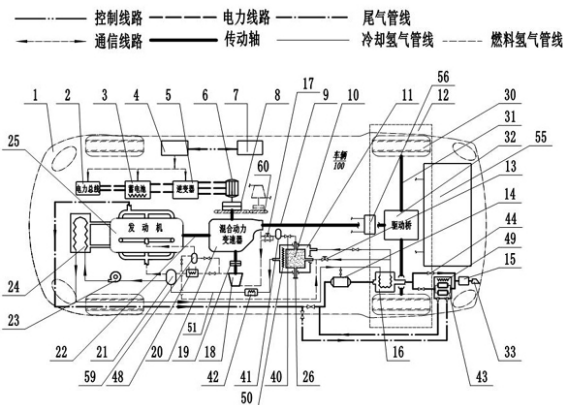
权利要求书7页 说明书15页 附图6页

(54)发明名称

可以回收余热和净化环境空气的氢能源汽  
车混合动力系统

(57)摘要

本发明涉及一种可以回收余热和净化环境  
空气的氢能源汽车混合动力系统,包括车体、传  
动系统、氢燃料发动机、混合动力变速器、金属氢  
化物储罐、透平机、催化剂、高压稳压罐和氢气缓  
冲罐等。金属氢化物储罐通过高压稳压罐连接到  
透平机入口,透平机出口通过氢气缓冲罐或高压  
氢气缓冲罐连接到氢燃料发动机入口,氢燃料发  
动机出口通过催化剂、尾气换热器、余氢吸收单  
元、尾气零级净化器连接到排放口。氢燃料发  
动机通过动力输出轴与混合动力变速器连接。本发  
明通过氢燃料发动机与透平机和废气余热回收  
及净化系统相结合构成的汽车混合动力系统,充  
分利用氢气的化学能,回收过程的各种热能,提  
高了动力系统的工作效率,避免了大气污染,净  
化了环境空气,有利于保护自然环境。



1. 一种可以回收余热和净化环境空气的氢能源汽车混合动力系统,包括车体(1)、控制系统、传动系统(12)、氢燃料发动机(25)、混合动力变速器(20)、1号逆变器(5)、1号电动-发电机(6)、EGR系统和蓄电池(3),所述氢燃料发动机(25)通过动力输出轴(22)与混合动力变速器(20)连接,所述混合动力变速器(20)通过传动轴(9)与传动系统(12)连接,所述蓄电池(3)与电力总线(2)和1号逆变器(5)电路连接,1号逆变器与1号电动-发电机电路连接,所述1号电动-发电机通过1号电机离合器(8)与混合动力变速器(20)连接;所述控制系统包括中央控制器(4)、电力总线(2)和人工-自动驾驶系统(7),所述中央控制器(4)与电力总线、蓄电池和1号逆变器(5)通信连接,与人工-自动驾驶系统控制连接,其特征是:所述汽车混合动力系统设有金属氢化物储罐(10)、高压稳压罐(41)、透平机(18)、高压氢气缓冲罐(59)、冷量利用器(48)、催化器(14)、尾气零级净化器(15)、尾气换热器(16)、余氢吸收单元(43)和氢气缓冲罐(21),所述透平机与透平离合器(19)连接,所述透平离合器与混合动力变速器连接,或通过可分离式装置(60)与1号电机离合器(8)并联后与混合动力变速器连接;所述金属氢化物储罐设有出气口、进气口和加氢口(26),所述出气口通过高压稳压罐连接到透平机入口,透平机出口分为两路,一路连接到冷量利用器(48),冷量利用器(48)出口通过氢气缓冲罐连接到氢燃料发动机入口,另一路通过高压氢气缓冲罐连接到氢燃料发动机入口;高压氢气缓冲罐出口的另一路连接到金属氢化物储罐的进口;所述氢燃料发动机出口通过催化器连接到尾气换热器,所述尾气换热器连接到尾气零级净化器或通过余氢吸收单元连接到尾气零级净化器,所述尾气零级净化器连接到排放口(33)。

2. 根据权利要求1所述的可以回收余热和净化环境空气的氢能源汽车混合动力系统,其特征是:所述汽车混合动力系统设有氢气泵(23)和溴化锂制冷装置(42),所述氢燃料发动机设有冷却水箱(24),所述金属氢化物储罐(10)外部包覆储罐夹层(11),所述储罐夹层设有出口和入口;所述储罐夹层出口通过溴化锂制冷装置连接到氢气缓冲罐(21),氢气缓冲罐通过氢气泵连接到冷却水箱;所述冷却水箱出口通过尾气换热器(16)、阀门(13)连接到金属氢化物储罐的进气口或储罐夹层的入口。

3. 根据权利要求2所述的可以回收余热和净化环境空气的氢能源汽车混合动力系统,其特征是:所述汽车混合动力系统设有2号逆变器(27)、2号电机离合器(28)和2号电动-发电机(29);所述透平机通过透平离合器(19)与2号电动-发电机轴连接,所述2号电动-发电机通过2号电机离合器与混合动力变速器连接;所述2号电动-发电机与2号逆变器电路连接,所述2号逆变器与蓄电池(3)电路连接,与中央控制器(4)通信连接。

4. 根据权利要求1所述的可以回收余热和净化环境空气的氢能源汽车混合动力系统,其特征是:所述的蓄电池(3)有蓄电池护罩(36),所述汽车混合动力系统设有蓄电池保温泵(34);所述金属氢化物储罐(10)的出气口通过3号阀门(35)连接到蓄电池保温泵入口,所述氢气缓冲罐(21)出口的一路通过4号阀门(37)连接到蓄电池保温泵入口,所述蓄电池保温泵连接到蓄电池护罩;所述蓄电池护罩出口连接到氢气缓冲罐的入口;所述蓄电池护罩(36)内通有保温氢气,所述保温氢气所连接的设备、管路有高密封性防止氢气泄露;所述的蓄电池有蓄电池护罩,蓄电池护罩内有电加热线圈,蓄电池用电加热或空气直接加热,所述空气直接加热的热量来源于与上述氢气间接换热的热量。

5. 根据权利要求4所述的可以回收余热和净化环境空气的氢能源汽车混合动力系统,其特征是:所述的1号逆变器(5)、1号电动-发电机(6)、1号电机离合器(8)、2号逆变器(27)、

2号电机离合器(28)、2号电动-发电机(29)、中央控制系统、混合动力变速器(20)、刹车系统(57)、传动系统(12)、EGR系统、催化器、蓄电池和机油底壳设有冷却或启动保温系统;所述蓄电池保温泵通过进气管路(38)连接到1号逆变器、1号电动-发电机、1号电机离合器、2号逆变器、2号电机离合器、2号电动-发电机、中央控制系统、混合动力变速器、传动系统、刹车系统、EGR系统、催化器、蓄电池和机油底壳;1号逆变器、1号电动-发电机、1号电机离合器、2号逆变器、2号电机离合器、2号电动-发电机、中央控制系统、混合动力变速器、传动系统、刹车系统、EGR系统、催化器、蓄电池和机油底壳通过出气管路(39)连接到氢气缓冲罐的入口;所述1号逆变器、刹车系统、1号电动-发电机、1号电机离合器、2号电机离合器、2号逆变器、2号电动-发电机和中央控制系统为只需要冷却的设备,所述冷却为氢气冷却;所述EGR系统、催化器只需要启动保温的设备,保温温度控制在合适的范围;所述混合动力变速器、传动系统、蓄电池和机油底壳是既需要冷却也需要启动保温的设备;保温设备在汽车启动时需要预热,加快预热速度,缩短预热时间,在汽车运行时需要冷却和回收热量,保证设备在最佳温度下工作、防止超温;所述冷却和保温换热的方式为直接或间接换热;当氢气缓冲罐(21)冷量不足时用溴化锂制冷装置(42)或冷量利用器(48)的冷量补充冷却。

6. 根据权利要求1所述的可以回收余热和净化环境空气的氢能源汽车混合动力系统,其特征是:所述该系统设有氢泄露保护单元(45),所述汽车混合动力系统的氢气管路设有氢泄露保护套(46),所述中央控制器(4)、1号逆变器(5)、1号电动-发电机(6)、1号电机离合器(8)、透平机(18)、透平离合器(19)、氢气缓冲罐(21)、2号逆变器(27)、2号电机离合器(28)、2号电动-发电机(29)、尾气换热器(16)、驱动桥(32)、混合动力变速器(20)、蓄电池(3)及其蓄电池护罩和金属氢化物储罐(10)的储罐夹层(11)外部包覆氢泄露保护罩(47),允许距离相近的设备共用一个氢泄露保护罩;所述氢泄露保护单元连接到氢泄露保护套和各设备的氢泄露保护罩;所述氢泄漏保护单元(45),整个燃料运行系统的所有和氢气有关的管路接头和各种连接部位及和氢有关的设备全部处于此系统的监控和密封保护中;管路连接密封胶套采用金属硬密封,氢泄漏保护单元(45)保证氢储存单元以及整个氢气运行系统安全无泄漏,氢泄露保护单元(45)的保护介质为氮气、二氧化碳、脱氧、水后的氢燃料发动机尾气或惰性气体的一种或多种混合物,氢泄露保护单元设有防爆预警及应对机制,保障驾驶员和同乘人员的安全;所述防爆预警及应对机制分为四级,第一级是当氢泄露保护单元保护介质中的氢气浓度达到0.35%时,探测器发出声光报警,同时传输信号用微量氢气回收泵(61)将保护介质送到余氢吸收单元(43)回收其中的微量氢气或将保护气送到氢燃料发动机直接参与燃烧;第二级是当氢泄露保护单元保护介质中的氢气浓度达到2.25%时,此时探测器发出声光报警,同时关闭电磁阀,切断供气系统,同时传输信号用微量氢气回收泵(61)将保护介质送到余氢吸收单元(43)回收其中的微量氢气;第三级是当车内氢气浓度达到0.35%时,探测器发出声光报警,同时传输信号将汽车天窗自动打开排出氢气,这时供氢系统只是微渗漏,不会造成事故,车辆操作人员应及时至车辆检修处检查处理漏点;第四级为2.25%浓度,当车内氢气浓度到达此值探测器发出声光报警,同时关闭电磁阀,切断供气系统;此时为保证车辆及人身安全,车辆操作人员应立即离开不能再继续驾驶车辆,并通知专业人员采取措施;根据用氢设备的压力和密封情况,不加氢泄露保护单元或只加部分保护;以上保护形式用于氢燃料电池汽车,即将整个燃料运行系统的所有和氢气有关的管路接头和各种连接部位及和氢气有关的设备全部处于此系统的监控和密封在保

护气中;所述氢泄露保护单元中的保护气由微量氢气回收泵(61)进行其单元内的循环。

7.根据权利要求1所述的可以回收余热和净化环境空气的氢能源汽车混合动力系统,其特征是:所述传动系统(12)包括半轴(31)和驱动桥(32)、混合动力变速器(20)、蓄电池(3)及其蓄电池护罩(36),所述传动轴(9)通过驱动桥和半轴连接到车轮(30);所述尾气零级净化器(15)设有NO氧化器、活性炭吸附器、CO/VOC氧化器和颗粒物离子吸附器,所述NO氧化器、活性炭吸附器、CO/VOC氧化器和颗粒物离子吸附器依次连接。

8.根据权利要求2所述的可以回收余热和净化环境空气的氢能源汽车混合动力系统,其特征是:所述汽车内设有冰箱(56)和冷藏柜(55),所述溴化锂制冷装置(42)设有制冷管路(52)和制热管路(53),所述制热管路连接到驾驶室;所述制冷管路连接到冰箱、冷藏柜和需要冷却的设备,所述冰箱和冷藏柜的冷却管出口连接到制冷管路的回路和冷量利用器(48),所述冷量利用器出口连接到制冷管路。

9.根据权利要求1所述的可以回收余热和净化环境空气的氢能源汽车混合动力系统,其特征是:所述余氢吸收单元(43)包括A吸收器(43A)和B吸收器(43B),所述吸收器(43A)和B吸收器(43B)吸氢放氢交替进行;所述尾气换热器(16)出口通过冷尾气管路(58)分别连接到A吸收器和B吸收器,连接管路设有阀门,所述A吸收器(43A)和B吸收器(43B)分别连接到尾气零级净化器(15),连接管路设有阀门;所述A吸收器和B吸收器分别设有余氢吸收单元加热线圈(49)和余氢吸收单元夹套,所述氢燃料发动机(25)出口通过热尾气管路(54)分别连接到A吸收器和B吸收器的余氢吸收单元夹套,所述余氢吸收单元夹套出口连接到催化剂(14)入口,各连接管路设有阀门;所述A吸收器和B吸收器的回收氢气出口连接到氢气缓冲罐(21);所述余氢吸收单元通过中央控制器(4)调控合适的尾气中氢气吸收和放出的压力和温度;吸附剂和金属氢化物储罐中的储氢材料相似,为一种或多种金属氢化物或有机氢化物的吸氢材料,或者是分子筛和活性炭的无机材料;为了使尾气中的氢气充分被回收,所述余氢吸收单元是一组,或是多组串联或并联的组合;所述余氢吸收单元内至少有二个吸收器,或者有多个吸收器串联或并联组合;或所述余氢吸收单元用于以下多个方面:使用全氢或含氢量较高的可燃性气体作为燃料,以浓燃方式运行的燃气轮机或活塞式发动机的动力设备,回收做功以后尾气中的氢气;或用于使用全氢或含氢量较高的可燃性气体作为燃料,以浓燃方式运行的燃烧器或加热烧嘴的燃烧装置,回收尾气中的氢气;或对于燃料电池汽车加余氢吸收单元,将其尾气中的少量氢气回收返回到其车载燃料系统,使其排出的尾气含氢量极少,增加了气体的安全性,减少了对大气的污染;或所述余氢吸收单元有余氢吸收单元电加热线圈(49),通过余氢吸收单元电加热线圈(49)加热吸收器中的吸收剂放出氢气。

10.根据权利要求1所述的可以回收余热和净化环境空气的氢能源汽车混合动力系统,其特征是:所述金属氢化物储罐(10)为长方形、正方形、圆柱形、椭圆形或半圆形的一种或多种形状的组合;所述金属氢化物储罐(10)的材质为金属材料、非金属材料或二者的复合材料或组合材料;或所述金属氢化物储罐(10)为高压氢气储罐、液化氢气储罐或有机氢化物储罐的一种或多种组合储罐;所述金属氢化物储罐(10)改为高压氢气储罐或液化氢气储罐时,不用储罐夹层(11)加热,储罐中的高压氢气直接推动透平机运转,此时发动机尾气的热量经氢气换热后,直接用于溴化锂制冷装置(42);所述金属氢化物储罐(10)采用电加热和氢气加热两种方式,所述电加热和氢气加热采用局部加热或整体加热,所述金属氢化物

储罐(10)装载至少一种金属氢化物或金属氢化物混合物,在被加热后释放出0.1~70MPa的高压氢气;或所述加热方式被空气泵加热代替;或所述金属氢化物储罐(10)有储罐夹层电加热线圈(50),储罐夹层电加热线圈(50)加热金属氢化物储罐中的金属氢化物放出氢气;所述金属氢化物是将热能转化为压力能的一种载体,利用金属氢化物这种特性,高效回收汽车氢燃料发动机的大量余热产生高压氢气,通过透平机(18)做功为汽车提供动力;所述金属氢化物储罐夹层有外保温层,在停车时由于金属氢化物储罐内部有大量的氢气和高温,随着温度下降氢气被金属氢化物吸收放出热量保温较长时间,在保温期内启动汽车用此热量加热相关部件使汽车热启动;或所述放出的热量用于车厢内的采暖和蓄电池的保温;所述金属氢化物储罐中氢气不足需要添加氢气时有三种方法,第一种方法是在金属氢化物储罐中通入高压氢气,让金属氢化物再次吸收氢气达到饱和;第二种方法是整体更换新的金属氢化物储罐,储罐内装有新的金属氢化物;第三种方法是更换金属氢化物储罐中的金属氢化物;所述更换金属氢化物首先是加氢站的布点,汽车金属氢化物的加装是在一个车载或者固定加氢平台上进行,车载或固定加氢平台布置在现有加油站内或独立布点,根据实际需求情况增加加氢站密度;车载加氢平台载有车载金属氢化物大储罐、加氢更换装置、计量装置、与汽车ECU连接的通讯装置,金属氢化物大储罐内分隔成多个小储罐;给氢燃料汽车加氢时,由于汽车金属氢化物储罐处于使用中的高温、高压状态,打开汽车金属氢化物储罐快开加氢口,与加氢更换装置密封连接后,采用气流输送或机械输送的方式将需要更换的汽车金属氢化物抽出或取出,在加氢更换装置内将其冷却使氢气再次吸收回汽车金属氢化物内并将热量蓄积,计量后加到车载大储罐分隔成的小储罐内,通过快速切换将车载大储罐分隔成小储罐内的车载饱和金属氢化物,采用气流输送或机械输送到加氢更换装置内,经计量后将抽出汽车金属氢化物时蓄积的热量传递给饱和金属氢化物提高其温度以减少在汽车金属氢化物储罐(10)内放氢启动时间,快速关闭加氢口;将每次汽车氢气的使用量、余量和更换新金属氢化物量的信息,通过通讯装置输入汽车的ECU和车载平台控制中心,便于计费;所述金属氢化物的更换时间是根据汽车内显示仪表提醒、金属氢化物储罐(10)内金属氢化物的饱和程度及剩余氢气量,由驾驶员决定是否加氢;所述金属氢化物的更换量是根据驾驶员的要求决定,全部更换或部分更换;所述计费的标准是依据每次取出已使用过的汽车金属氢化物质量与上次加入金属氢化物质量的差值,即所消耗的氢气质量,按氢气计费,便于买卖双方计算核实;当车载加氢平台的金属氢化物更换完毕后,开到金属氢化物装载中心进行全车更换;所述金属氢化物装载中心是分布式能源布点区域内的金属氢化物生产工厂和批发站,负责收集更换金属氢化物,并将旧的金属氢化物筛分处理,筛上符合要求粒度的原料载体金属直接送加氢车间再次加氢继续使用,筛下已粉化的金属氢化物经放氢处理,送再生车间加工处理重新造粒;车载加氢平台是拖车模式,根据加氢站的消耗量,使用量大的车载加氢平台使用单独车头,使用量小的车载加氢平台几个站共用一个车头;所述金属氢化物储罐添加氢气的三种方法,适合于携带金属氢化物的氢气燃料动力设备;所述燃料电池汽车金属氢化物储罐有三种加热方式:直接氢气加热、间接气体加热或电加热,或是其中二种或三种加热组合方式。

11. 根据权利要求2所述的可以回收余热和净化环境空气的氢能源汽车混合动力系统,其特征是:所述冷却水箱(24)的冷却介质为水或车载氢气,当用水冷却时,氢气泵(23)加压氢气,进入氢燃料发动机冷却水箱与水间接换热,再与发动机尾气换热后,用于金属氢化物

储罐(10)的加热;当用氢气直接冷却氢燃料发动机时,由氢气泵(23)加压氢气,直接进入氢燃料发动机冷却系统管路冷却氢燃料发动机,并将热量带出回收,再与发动机尾气换热后,用于金属氢化物储罐(10)的加热;所述冷却介质热传递方式为热传导、对流或辐射,或上述热传递形式的两种或三种组合;所述的尾气换热器(16)热传递方式为热传导、对流或辐射,或上述热传递形式的两种或三种组合;蓄电池保温系统能够使蓄电池(3)在启动、运行、冬季和夏季,都保持在合理的使用温度下工作;启动、待机状态升温采用金属氢化物吸收氢气放出的热量加热,电池充放电过程采用氢气缓冲罐(21)中的氢气冷却,当氢气缓冲罐(21)冷量不足时用溴化锂制冷装置(42)或冷量利用器(48)的冷量补充冷却。

12. 根据权利要求1所述的可以回收余热和净化环境空气的氢能源汽车混合动力系统,其特征是:所述氢燃料发动机尾气经过催化剂(14)和尾气零级净化器(15)处理净化后,尾气中有害物质含量降低到氮氧化物 $\leq 5\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、颗粒物 $\text{PM}_{2.5} \leq 10\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ;催化剂(14)、尾气零级净化器(15)为二段净化装置,催化剂(14)类似于汽车的三元催化装置将氮氧化物经过氢气还原初段处理,催化剂加氢由中央电控系统ECU自动控制,当氢燃料发动机(25)采用燃空比小于1的稀燃时尾气中氢气含量很少,中央电控系统ECU自动控制打开阀门向催化剂加入适量氢气,使氮氧化物还原成为氮气和水;当氢燃料发动机(25)采用燃空比大于1的浓燃时尾气中含有过量的氢气用于氮氧化物的还原,中央电控系统ECU自动控制打开余氢吸收阀门,关闭阀门(44),使尾气进入余氢吸收单元(43)将过量的氢气吸附回收,当吸附饱和时调节余氢吸收单元尾气加热管路的阀门开度,使高温尾气进入余氢吸收单元间接加热吸附剂,吸附剂在高温下脱氢将氢气回收至氢气缓冲罐;尾气零级净化器(15)由四个模块组成,模块1是将初段处理后的微量的一氧化氮催化氧化成二氧化氮,模块2是活性炭吸附二氧化氮,模块3是微量的一氧化碳和有机物VOC催化氧化成二氧化碳和水,模块4是颗粒物离子吸附器;催化剂(14)、尾气零级净化器(15)不仅对氢燃料发动机产生的氮氧化物和颗粒物起到净化作用,同时对吸入的空气也起到净化作用;优良级的空气指标为氮氧化物约 $30\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、颗粒物 $\text{PM}_{2.5} \leq 50\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ,本发明尾气排放指标为氮氧化物 $\leq 5\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、颗粒物 $\text{PM}_{2.5} \leq 10\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ,本发明的一大特点是,不仅没有尾气排放污染,还对吸入的环境空气起到净化作用,不论汽车运行还是怠速都是一台空气净化器,走到哪里就把环境空气净化到哪里,吸入有污染、有雾霾的空气排出洁净的尾气,以弥补汽车给社会带来的不便;所述汽车给社会带来的不便,包括:占用马路使行人行走不便、造成交通事故、制造噪音、电磁污染、车轮扬尘、车流量大人员混杂;氢燃料发动机运行时由水箱的水循环冷却,水箱的热量由氢气间接冷却带走,保证氢燃料发动机冷却效果的同时回收余热;氢燃料发动机排出的高温尾气,经过氢燃料发动机尾气换热器(16)回收其高温余热,加热氢气到 $\geq 100^\circ\text{C}$ 作为金属氢化物储罐的热源;或所述尾气零级净化器(15)应用于传统汽油车、柴油车,燃料电池汽车,电动汽车及混合动力汽车。

13. 根据权利要求2所述的可以回收余热和净化环境空气的氢能源汽车混合动力系统,其特征是:所述溴化锂制冷装置(42)与储罐夹层(11)连接,利用储罐夹层(11)出口高温氢气热能制冷,用于车载冰箱和夏季驾驶室空调,或用于制热、冬季用于汽车驾驶室采暖;所述透平机出口氢气做功后压力大幅下降温度降低,该冷量通过冷量利用器(48)回收,用于车载冰箱和夏季驾驶室空调;充分利用系统余热,节约发动机氢气燃料消耗,提高汽车运行的经济性。

14. 根据权利要求1所述的可以回收余热和净化环境空气的氢能源汽车混合动力系统,其特征是:当汽车低速或怠速运行时,氢燃料发动机运转带动混合动力变速器(20)驱动汽车运行,混合动力变速器(20)同时带动1号电动-发电机(6)和2号电动-发电机(29)运转为蓄电池充电;当汽车中速运行时,氢燃料发动机(25)带动混合动力变速器(20)驱动汽车运行,此时1号电动-发电机(6)停止运转,2号电动-发电机(29)为蓄电池充电;当汽车高速行驶、爬坡或加速时,氢燃料发动机、1号电动-发电机、2号电动-发电机同时运转带动混合动力变速器驱动汽车运行,给汽车提供强劲的动力;汽车启动时1号电动-发电机(6)和2号电动-发电机(29)同时运转实现双助力;高速行驶、爬坡或加速时,1号电动-发电机、2号电动-发电机和氢燃料发动机同时发力实现动力三驱;上述模式用于工程车,或用于大中型卡车、自卸车、叉车、公共汽车、坦克、装甲车、飞机航空器、船舶的氢燃料活塞式混合动力发动机的场所。

15. 根据权利要求1所述的可以回收余热和净化环境空气的氢能源汽车混合动力系统,其特征是:氢燃料混合动力汽车有以下启动模式:冬夏天短期停车,用蓄电池带动1号电动-发电机(6)或2号电动-发电机(29)启动汽车,此时打开1号阀门(13)、关闭单向阀(40)启动氢气泵,氢气缓冲罐中的氢气通过氢气泵加压后经过发动机冷却水箱,进入金属氢化物储罐中,氢气压力升高,金属氢化物再次吸收氢气形成新的金属氢化物并放出热量,该热量用于加热发动机冷却水箱、发动机的润滑系统、催化器及发动机机体,分别到合适温度随时启动发动机;或用电加热金属氢化物储罐;或由高压氢气缓冲罐的高压氢气进入到金属氢化物储罐,金属氢化物再次吸收氢气形成新的金属氢化物并放出热量;冬季长期停车由于汽车各部件包括蓄电池完全冷却达到了环境温度,此时汽车启动时,不用蓄电池带动1号电动-发电机(6)和2号电动-发电机(29)提供动力,而是使用高压稳压罐中的氢气带动透平驱动汽车,此时控制系统自动开启加热保温模式:打开1号阀门(13)、关闭单向阀(40)启动氢气泵,氢气缓冲罐中的氢气通过氢气泵加压后经过发动机冷却水箱,进入金属氢化物储罐中,氢气压力升高,金属氢化物再次吸收氢气形成新的金属氢化物并放出热量,该热量用于加热发动机冷却水箱、发动机的润滑系统、催化器及发动机机体,保证发动机分别处于合适温度的待机状态随时启动发动机;或同时用蓄电池保温系统把蓄电池加热到合适的温度后,再切换到1号电动-发电机(6)或2号电动-发电机(29);上述启动方式依据具体条件进行优先启动,或直接启动氢燃料发动机;冬季长期停车当蓄电池没电时或温度过低不宜使用时,通过车内仪表上手动按钮开启高压稳压罐(41)旁路出口阀门,利用高压稳压罐中的高压氢气推动透平机(18)工作,透平机通过混合动力变速器(20)启动汽车,同时透平机带动2号电动-发电机(29)发电,2号电动-发电机发的电通过2号逆变器(27)直接驱动氢气泵(23),使启动保温系统工作保证发动机处于合适温度的待机状态随时启动发动机;所述人工-自动驾驶系统(7)有人工驾驶和自动驾驶两种模式,根据驾驶的需要切换;所述催化器(14)、尾气换热器(16)和尾气零级净化器(15)依次连接,或将催化器(14)放在尾气换热器(16)的后面,尾气零级净化器(15)总在催化器(14)的后面;所述透平机(18)有两种工作模式,一种工作模式是利用高压氢气推动透平机运转,控制出口氢气压力到0.1~0.5MPa,进入氢气缓冲罐(21);另一种工作模式是利用高压氢气推动透平机运转,控制出口氢气压力到5~30MPa,进入高压氢气缓冲罐(59);所述氢燃料发动机采用氢气缓冲罐(21)的低压氢气吸入式混合燃烧,或采用高压氢气缓冲罐(59)的高压氢气缸内直喷燃烧;所述氢燃料发

动机为活塞式发动机；本发明氢燃料发动机根据不同路况需要，采用浓燃和稀燃二种模式；传统汽车浓燃时会造成燃料浪费和环境污染，本发明混合动力系统增加余氢吸收单元，当氢燃料发动机采用浓燃模式时，余氢吸收单元回收尾气中的过量氢气；充分体现浓燃的优点：马力量劲、不易回火、不易爆燃、降低氮氧化物的生成和排放。



## 可以回收余热和净化环境空气的氢能源汽车混合动力系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于动力机械技术领域,涉及一种汽车动力系统,具体涉及可以回收余热和净化环境空气的氢能源汽车混合动力系统。

### 背景技术

[0002] 进入二十一世纪,汽车发动机工业得到了迅速地发展,然而目前汽油机和柴油机依然是车用发动机的主要机种。汽油和柴油都是不可再生资源,为了减缓石油资源的匮乏所带来的一系列负面影响以及减少大气污染和汽车发动机尾气排放,需要寻找发动机的代用燃料,而氢能源是目前最理想的清洁燃料。氢能源是众多替代能源中的一种可再生资源,热值高,并且燃烧后大部分生成物是水蒸气,是一种理想的绿色燃料。作为代用燃料的氢能源可以解决二大难题:一是石油燃料储量有限,二是使用石油燃料带来的环境污染。

[0003] 环境污染和能源短缺已经成为当今社会的两大突出问题,为寻求人类社会与汽车产业的可持续发展,氢燃料汽车是公认的可同时解决能源和环境问题的绿色环保车,是今后汽车发展的主要方向之一。然而受储氢装置技术、成本、寿命和可靠性诸多因素的制约,使得氢燃料汽车很难真正市场化运行,针对汽车的起动的需要输出较大的功率、瞬态响应特性、氢燃料系统的成本等问题,世界各国汽车制造商开始把注意力转到混合动力汽车,以提高汽车的经济性。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种可以回收余热和净化环境空气的氢能源汽车混合动力系统,充分回收尾气热量,将其转化成压力能后做功,减少污染,净化环境空气,提高发动机的热效率。

[0005] 可以回收余热和净化环境空气的氢能源汽车混合动力系统,包括车体、控制系统、传动系统、氢燃料发动机、混合动力变速器、1号逆变器、1号电动-发电机、EGR系统和蓄电池。氢燃料发动机通过动力输出轴与混合动力变速器连接,混合动力变速器通过传动轴与传动系统连接,蓄电池与电力总线和1号逆变器电路连接,1号逆变器与1号电动-发电机电路连接,1号电动-发电机通过1号电机离合器与混合动力变速器连接。控制系统包括中央控制器、电力总线和人工-自动驾驶系统,中央控制器与电力总线、蓄电池和1号逆变器通信连接,与人工-自动驾驶系统控制连接。汽车混合动力系统设有金属氢化物储罐、高压稳压罐、透平机、高压氢气缓冲罐、冷量利用器、催化器、尾气换热器、余氢吸收单元、尾气零级净化器和氢气缓冲罐。透平机与透平离合器连接,透平离合器与混合动力变速器连接,或通过可分离式装置与1号电机离合器并联后与混合动力变速器连接。透平离合器与混合动力变速器连接或通过1号电机离合器与混合动力变速器连接。金属氢化物储罐设有出气口、进气口和加氢口,出气口通过高压稳压罐连接到透平机入口,透平机出口分为两路,一路连接到冷量利用器,冷量利用器出口通过氢气缓冲罐连接到氢燃料发动机入口,另一路通过高压氢气缓冲罐连接到氢燃料发动机入口。冷量利用器出口通过氢气缓冲罐连接到氢燃料发动

机入口,氢燃料发动机出口通过催化剂连接到尾气换热器,尾气换热器连接到尾气零级净化器或通过余氢吸收单元连接到尾气零级净化器,尾气零级净化器连接到排放口。

[0006] 汽车混合动力系统设有氢气泵和溴化锂制冷装置,氢燃料发动机设有冷却水箱,金属氢化物储罐外部包覆储罐夹层,储罐夹层设有出口和入口。储罐夹层出口通过溴化锂制冷装置连接到氢气缓冲罐,氢气缓冲罐通过氢气泵连接到冷却水箱。冷却水箱出口通过尾气换热器、阀门连接到金属氢化物储罐的进气口或储罐夹层的入口。

[0007] 汽车混合动力系统设有2号逆变器、2号电机离合器和2号电动-发电机,透平机通过透平离合器与2号电动-发电机轴连接,2号电动-发电机通过2号电机离合器与混合动力变速器连接。2号电动-发电机与2号逆变器电路连接。2号逆变器与蓄电池电路连接,与中央控制器通信连接。

[0008] 蓄电池有蓄电池护罩,汽车混合动力系统设有蓄电池保温泵。金属氢化物储罐的出气口通过3号阀门连接到蓄电池保温泵入口,氢气缓冲罐出口的一路通过4号阀门连接到蓄电池保温泵入口,蓄电池保温泵连接到蓄电池护罩。蓄电池护罩出口连接到氢气缓冲罐的入口。蓄电池护罩内通有氢气保温,所述保温氢气所连接的设备、管路有高密封性防止氢气泄露。蓄电池保温加热时,也可以是电加热或空气直接加热,空气直接加热的热量来源于与上述氢气间接换热的热量。

[0009] 1号逆变器、1号电动-发电机、1号电机离合器、2号逆变器、2号电机离合器、2号电动-发电机、中央控制系统、混合动力变速器、刹车系统、传动系统、EGR系统、催化剂、蓄电池和机油底壳设有冷却或启动保温系统。蓄电池保温泵通过进气管路连接到1号逆变器、1号电动-发电机、1号电机离合器、2号逆变器、2号电机离合器、2号电动-发电机、中央控制器、混合动力变速器、传动系统、刹车系统、EGR系统、催化剂、蓄电池和机油底壳。1号逆变器、1号电动-发电机、1号电机离合器、2号逆变器、2号电机离合器、2号电动-发电机、中央控制系统、混合动力变速器、传动系统、刹车系统、EGR系统、催化剂、蓄电池和机油底壳通过出气管路连接到氢气缓冲罐的入口。1号逆变器、刹车系统、1号电动-发电机、1号电机离合器、2号电机离合器、2号逆变器、2号电动-发电机和中央控制系统为只需要冷却的设备。冷却为氢气冷却或其它传热介质冷却。EGR系统、催化剂只需要启动保温的设备,保温温度控制在合适的范围。混合动力变速器、传动系统、蓄电池和机油底壳是既需要冷却也需要启动保温的设备。保温设备在汽车启动时需要预热,加快预热速度,缩短预热时间,在汽车运行时需要冷却和回收热量,保证设备在最佳温度下工作、防止超温。冷却和保温换热的方式为直接或间接换热。当氢气缓冲罐冷量不足时用溴化锂制冷装置或冷量利用器的冷量补充冷却。

[0010] 可以回收余热和净化环境空气的氢能源汽车混合动力系统设有氢泄露保护单元,汽车混合动力系统的氢气管路设有氢泄露保护套,中央控制器、1号逆变器、1号电动-发电机、1号电机离合器、透平机、透平离合器、氢气缓冲罐、2号逆变器、2号电机离合器、2号电动-发电机、尾气换热器、驱动桥、混合动力变速器、蓄电池及其护罩和金属氢化物储罐的储罐夹层外部包覆氢泄露保护罩,允许距离相近的设备共用一个氢泄露保护罩。整个燃料运行系统的所有和氢气有关的管路接头和各种连接部位及和氢有关的设备全部处于此系统的监控和密封保护中,管路连接密封胶套采用金属硬密封或其他密封形式。氢泄漏保护单元保证氢储存单元以及整个氢气运行系统安全无泄漏。氢泄露保护单元的保护介质为氮气、二氧化碳、氢燃料发动机尾气(脱氧、水后)、氩气或其它惰性气体的一种或多种混合物,

氢泄露保护单元设有防爆预警及应对机制,保障驾驶员和同乘人员的安全。防爆预警及应对机制分为四级,第一级是当氢泄露保护单元保护介质中的氢气浓度达到0.35%时,探测器发出声光报警,同时传输电信号用微量氢气回收泵将保护介质送到余氢吸收单元回收其中的微量氢气或送到氢燃料发动机燃烧;第二级是当氢泄露保护单元保护介质中的氢气浓度达到2.25%浓度,此值探测器发出声光报警,同时关闭电磁阀,切断供气系统,同时传输电信号用微量氢气回收泵将保护介质送到余氢吸收单元回收其中的微量氢气;第三级是当车内氢气浓度达到0.35%时,探测器发出声光报警,同时传输电信号将汽车天窗自动打开排出氢气,这时供氢系统只是微渗漏,不会造成事故,车辆操作人员应及时至车辆检修处检查处理漏点;第四级为2.25%浓度,当车内氢气浓度到达此值探测器发出声光报警,同时关闭电磁阀,切断供气系统;此时为保证车辆及人身安全,车辆操作人员应立即离开不能再继续驾驶车辆,并通知专业人员采取措施。根据用氢设备的压力和密封情况,也可以不加氢泄露保护单元或只加部分保护。以上保护形式也可以用于氢燃料电池汽车,即将整个燃料运行系统的所有和氢气有关的管路接头和各种连接部位及和氢气有关的设备全部处于此系统的监控和密封在保护气中。所述氢泄露保护单元中的保护气由微量氢气回收泵61进行其单元内的循环。传动系统包括半轴和驱动桥,传动轴通过驱动桥和半轴连接到车轮。尾气零级净化器设有NO氧化器、活性炭吸附器、CO/VOC氧化器和颗粒物离子吸附器,NO氧化器、活性炭吸附器、CO/VOC氧化器和颗粒物离子吸附器依次连接。

[0011] 汽车内设有冰箱和冷藏柜,溴化锂制冷装置设有制冷管路和制热管路。制冷管路连接到冰箱、冷藏柜和需要冷却设备,冰箱和冷藏柜的冷却管出口连接到制冷管路的回路和冷量利用器,冷量利用器出口连接到制冷管路。制冷管路的回路与其它需要冷却的设备连接。余氢吸收单元包括A吸收器和B吸收器,吸收器(43A)和B吸收器(43B)吸氢放氢交替进行,尾气换热器出口通过冷尾气管路分别连接到A吸收器和B吸收器,连接管路设有阀门,A吸收器和B吸收器分别连接到尾气零级净化器,连接管路设有阀门。A吸收器和B吸收器分别设有余氢吸收单元加热线圈和余氢吸收单元夹套,氢燃料发动机出口通过热尾气管路分别连接到A吸收器和B吸收器的余氢吸收单元夹套,余氢吸收单元夹套出口连接到催化器入口,各连接管路设有阀门。A吸收器和B吸收器的回收氢气出口连接到氢气缓冲罐。余氢吸收单元通过中央控制器调控合适的尾气中氢气吸收和放出的压力和温度。为了使尾气中的氢气充分被回收,余氢吸收单元可以是一组,也可以是多组串联或并联的组合。余氢吸收单元内至少有二个吸收器,也可以有多个吸收器串联或并联组合。余氢吸收单元也可以用于以下多个方面:使用全氢或含氢量较高的可燃性气体作为燃料,以浓燃方式运行的燃气轮机、活塞式发动机及各种形式的动力设备,回收做功以后尾气中的氢气;也可用于使用全氢或含氢量较高的可燃性气体作为燃料,以浓燃方式运行的燃烧器、加热烧嘴及各种燃烧装置,回收尾气中的氢气;对于燃料电池汽车也可以加余氢吸收单元,将其尾气中的少量氢气回收返回到其车载燃料系统,使其排出的尾气含氢气量极少,增加了气体的安全性,减少了对大气的污染。

[0012] 金属氢化物储罐为长方形、正方形、圆柱形、椭圆形、半圆形或其它形状的一种或多种形状的组合。金属氢化物储罐的材质为金属材料、非金属材料或二者的复合材料或组合材料。金属氢化物储罐也可以为高压氢气储罐、液化氢气储罐、有机氢化物储罐或其它储罐的一种或多种组合储罐。金属氢化物储罐可以采用电加热和氢气加热两种方式,电加热

和氢气加热采用局部加热或整体加热,金属氢化物储罐装载至少一种金属氢化物,金属氢化物或金属氢化物混合物在被加热后释放出0.1~70MPa的高压氢气,加热方式可以被空气泵加热或其它加热方式代替。金属氢化物是可以将热能转化为压力能的一种载体,利用金属氢化物这种特性,高效回收汽车氢燃料发动机的大量余热产生高压氢气,通过透平机做功为汽车提供动力。金属氢化物储罐夹套有外保温层,在停车时由于金属氢化物储罐内部有大量的氢气和高温,随着温度下降氢气被金属氢化物吸收放出热量可以保温较长时间,在保温期内启动汽车可用此热量加热相关部件使汽车热启动。放出的热量也可以用于车厢内的采暖和蓄电池的保温。金属氢化物储罐中氢气不足需要添加氢气时有三种方法,第一种方法是在金属氢化物储罐中通入高压氢气,让金属氢化物再次吸收氢气达到饱和。第二种方法是整体更换新的金属氢化物储罐。第三种方法是更换金属氢化物储罐中的金属氢化物。所述更换金属氢化物首先是加氢站的布点,汽车金属氢化物的加装是在一个车载或者固定加氢平台上进行,车载或固定加氢平台布置在现有加油站内或独立布点,根据实际需求情况增加加氢站密度。车载加氢平台载有车载金属氢化物大储罐(大储罐内分隔成多个小储罐)、加氢更换装置、计量装置、与汽车ECU连接的通讯装置等。给氢燃料汽车加氢时,由于汽车金属氢化物储罐处于使用中的高温、高压状态,打开汽车金属氢化物储罐快开加氢口,与加氢更换装置密封连接后,采用气流输送或机械输送的方式将需要更换的汽车金属氢化物抽出或取出,在加氢更换装置内将其冷却使氢气再次吸收回汽车金属氢化物内并将热量蓄积,计量后加到车载大储罐分隔成的小储罐内,通过快速切换将车载大储罐分隔成小储罐内的车载饱和金属氢化物,采用气流输送或机械输送到加氢更换装置内,经计量后将抽出汽车金属氢化物时蓄积的热量传递给饱和金属氢化物提高其温度以减少在汽车金属氢化物储罐内放氢启动时间,快速关闭加氢口。将每次汽车氢气的使用量、余量和更换新金属氢化物量的信息,通过通讯装置输入汽车的ECU和车载平台控制中心,便于计费。更换金属氢化物的时间是根据汽车内显示仪表提醒,金属氢化物储罐10内金属氢化物的饱和程度及剩余氢气量,由驾驶员决定是否加氢。更换金属氢化物的量是根据驾驶员的要求决定,可以全部更换也可以部分更换。计费的标准是依据每次取出已使用过的汽车金属氢化物质量与上次加入金属氢化物质量的差值,即所消耗的氢气质量每次加入新金属氢化物量与取出原金属氢化物量的差值,按氢气计费,便于买卖双方计算核实。当车载加氢平台的金属氢化物更换完毕后,开到金属氢化物装载中心进行全车更换。金属氢化物装载中心是分布式能源布点区域的金属氢化物生产工厂和批发站,负责收集更换金属氢化物,并将旧的金属氢化物筛分处理,筛上符合要求粒度的原料载体金属直接送加氢车间再次加氢继续使用,筛下已粉化的原料载体金属,送再生车间加工处理重新造粒。车载加氢平台是拖车模式,根据加氢站的消耗量,使用量大的车载加氢平台可以使用单独车头,使用量小的车载加氢平台可以几个站共用一个车头。金属氢化物储罐添加氢气的三种方法,也适合于燃料电池汽车和其它携带金属氢化物的氢气燃料动力设备;燃料电池汽车金属氢化物储罐有三种加热方式:直接氢气加热、间接气体加热或电加热,也可以是其中二种或三种加热组合方式。请燃料发动机冷却水箱的冷却介质为水或车载氢气,当用水冷却时,氢气泵加压氢气,进入氢燃料发动机冷却水箱与水间接换热,再与发动机尾气换热后,用于金属氢化物储罐加热。当用氢气直接冷却氢燃料发动机时,可以由氢气泵加压氢气,直接进入氢燃料发动机冷却系统管路冷却氢燃料发动机,并将热量带出回收,再与发动机尾气换热后,用于金属氢

化物储罐的加热。冷却介质热传递方式为热传导、对流或辐射,或上述热传递形式的两种或三种组合。尾气换热器热传递方式为热传导、对流或辐射,或上述热传递形式的两种或三种组合。蓄电池保温系统能够使蓄电池在启动、运行、冬季和夏季,都保持在合理的使用温度下工作。启动、待机状态升温采用金属氢化物吸收氢气放出的热量加热,电池充放电过程采用氢气缓冲罐中的氢气冷却,当氢气缓冲罐冷量不足时用溴化锂制冷装置或冷量利用器的冷量补充冷却。氢燃料发动机尾气经过催化器和尾气零级净化器处理净化后,尾气中有害物质含量降低到氮氧化物 $\leq 5\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、颗粒物 $\text{PM}_{2.5} \leq 10\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 。催化器、尾气零级净化器为二段净化装置,催化器类似于汽车的三元催化装置将氮氧化物经过氢气还原初段处理,催化器加氢由中央电控系统ECU自动控制,当氢燃料发动机采用稀燃时(燃空比小于1)尾气中氢气含量很少,中央电控系统ECU自动控制打开阀门向催化器加入适量氢气,使氮氧化物还原成为氮气和水。当氢燃料发动机采用浓燃时(燃空比大于1)尾气中含有过量的氢气可以用于氮氧化物的还原,中央电控系统ECU自动控制打开余氢吸收阀门,关闭阀门44,使尾气进入余氢吸收单元将过量的氢气吸附回收,当吸附饱和时调节余氢吸收单元尾气冷却管路的出口、进口阀门的开度,使高温尾气进入余氢吸收单元间接加热吸附剂,吸附剂在高温下脱氢将氢气回收到氢气缓冲罐。尾气零级净化器由四个模块组成,模块1是将初段处理后的微量的一氧化氮催化氧化成二氧化氮,模块2是活性炭吸附二氧化氮,模块3是微量的一氧化碳和有机物VOC催化氧化成二氧化碳和水,模块4是颗粒物离子吸附器。催化器、尾气零级净化器不仅对氢燃料发动机产生的氮氧化物和颗粒物起到净化作用,同时对吸入的空气也起到净化作用。优良级的空气指标为氮氧化物约 $30\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、颗粒物 $\text{PM}_{2.5} \leq 50\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ,尾气排放指标为氮氧化物 $\leq 5\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、颗粒物 $\text{PM}_{2.5} \leq 10\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ,本发明的一大特点是,不仅没有尾气排放污染,还对吸入的环境空气起到净化作用,不论汽车运行还是怠速都是一台空气净化器,走到哪里就把环境空气净化到哪里,吸入有污染、有雾霾的空气排出洁净的尾气,以弥补汽车给社会带来的不便。汽车给社会带来的不便,包括:占用马路使行人行走不便、造成交通事故、制造噪音、电磁污染、车轮扬尘、车流量大人员混杂。氢燃料发动机运行时由水箱的水循环冷却,水箱的热量由氢气间接冷却带走,保证氢燃料发动机冷却效果的同时回收余热。氢燃料发动机排出的高温尾气,经过氢燃料发动机尾气换热器回收其高温余热,加热氢气到 $\geq 100^\circ\text{C}$ 作为金属氢化物储罐的热源。溴化锂制冷装置与储罐夹套连接,利用储罐夹套出口高温氢气热能制冷,用于车载冰箱和夏季驾驶室空调,也可以制热、冬季用于汽车驾驶室采暖,溴化锂制冷装置也可以采用其它制冷制热方式,溴化锂制冷装置的制冷剂也可以用其它的制冷介质代替。透平机出口氢气做功后压力大幅下降温度降低,该冷量通过冷量利用器回收,用于车载冰箱和夏季驾驶室空调。充分利用系统余热,节约发动机氢气燃料消耗,提高汽车运行的经济性。

[0013] 当汽车低速或怠速运行时,氢燃料发动机运转带动混合动力变速器驱动汽车运行,混合动力变速器同时带动1号电动-发电机和2号电动-发电机运转为蓄电池充电。当汽车中速运行时,氢燃料发动机带动混合动力变速器驱动汽车运行,此时1号电动-发电机停止运转,2号电动-发电机为蓄电池充电。当汽车高速运行、爬坡或加速时,氢燃料发动机、1号电动-发电机、2号电动-发电机同时运转带动混合动力变速器驱动汽车运行,给汽车提供强劲的动力。汽车启动时1号电动-发电机和2号电动-发电机同时运转实现双助力。高速行驶、爬坡或加速时,1号电动-发电机、2号电动-发电机和氢燃料发动机同时发力实现动力三

驱。当在冬季长期停车汽车启动时,不用蓄电池带动1号电动-发电机和2号电动-发电机提供动力,而是使用高压稳压罐中的氢气带动透平驱动汽车,待蓄电池保温系统把蓄电池加热到35~45℃后,再切换到1号电动-发电机或2号电动-发电机。人工-自动驾驶系统有人工驾驶和自动驾驶两种模式,根据驾驶的需要可以切换。催化器、尾气换热器和尾气零级净化器依次连接,催化器也可以放在尾气换热器的后面,尾气零级净化器总在催化器的后面。透平机有两种工作模式,一种工作模式是利用高压氢气推动透平机运转,控制出口氢气压力到0.1~0.5MPa,进入氢气缓冲罐。另一种工作模式是利用高压氢气推动透平机运转,控制出口氢气压力到5~30MPa,进入高压氢气缓冲罐。氢燃料发动机可以采用氢气缓冲罐的低压氢气吸入式混合燃烧,也可以采用高压氢气缓冲罐高压氢气缸内直喷燃烧。

[0014] 本发明通过氢燃料发动机与氢气透平机和废气余热回收及净化系统相结合构成的可以回收余热和净化环境空气的氢能源汽车混合动力系统,充分利用高压氢气的压力能和化学能,实现了压力能和化学能的双利用。回收过程的各种热能,达到了最大的热量利用,提高了动力系统的工作效率,有利于增大氢燃料发动机动力。氢能源汽车混合动力系统实现了能源和环境问题的绿色环保车的概念,既满足了人们绿色出行的需要又净化了环境空气,通过废气余热回收及净化系统回收尾气热量,将其转化成压力能后做功,减少大气污染,有利于保护自然环境。通过尾气零级净化器排放的尾气达到:氮氧化物 $\leq 5\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、颗粒物 $\text{PM}_{2.5} \leq 10\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 。不仅对氢燃料发动机产生的氮氧化物和颗粒物起到净化作用,同时对吸入的空气也起到净化作用。溴化锂制冷装置与储罐夹套连接,利用储罐夹套出口高温氢气热量制冷,用于车载冰箱和夏季驾驶室空调,也可以制热、冬季用于汽车驾驶室采暖,溴化锂制冷装置也可以采用其它制冷制热方式。溴化锂制冷装置的制冷剂也可以用其它的制冷介质代替。透平机出口氢气做功后压力大幅下降温度降低,该冷量通过冷量利用器回收,用于车载冰箱和夏季驾驶室空调。充分利用系统余热,节约发动机氢气燃料消耗,提高汽车运行的经济性。

[0015] 冬夏天短期停车,用蓄电池带动1号电动-发电机6或2号电动-发电机29启动汽车,此时打开1号阀门13、关闭单向阀40启动氢气泵,氢气缓冲罐中的氢气通过氢气泵加压后经过发动机冷却水箱,进入金属氢化物储罐中,氢气压力升高,金属氢化物再次吸收氢气形成新的金属氢化物并放出热量,该热量用于加热发动机冷却水箱、发动机的润滑系统、催化器及发动机机体,分别到合适温度可随时启动发动机,也可以用电加热金属氢化物储罐。冬季长期停车由于汽车各部件包括蓄电池完全冷却达到了环境温度,此时启动可以使用高压稳压罐中的氢气带动透平驱动汽车,也可以直接启动氢燃料发动机驱动汽车。长期停车当冬季长期停车当蓄电池没电时或温度过低不宜使用时,通过车内仪表上手动按钮开启高压氢气储罐旁路出口阀门,利用高压氢气储罐中的高压氢气推动透平机工作,透平机通过混合动力变速器启动汽车,同时透平机带动2号电动-发电机发电,2号电动-发电机发的电通过2号逆变器直接驱动氢气泵,使启动保温系统工作保证发动机处于合适温度的待机状态可以随时启动发动机。启动保温系统为汽车的混合动力变速器、传动系统、EGR系统、催化器、蓄电池和机油底壳加热后启动氢燃料发动机驱动汽车,启动氢燃料发动机驱动汽车。加热需要的热量来自于电加热、也可以来自于金属氢化物储罐金属氢化物吸氢时的放热和其电加热。人工-自动驾驶系统有人工驾驶和自动驾驶两种模式,根据驾驶的需要可以切换。氢燃料发动机可以采用吸入式氢气混合燃烧,也可以采用氢气缸内直喷燃烧。

[0016] 本发明提高了汽车的整体效率,增加了汽车的功能,改善了行驶和停车时车箱内的舒适度,动力性能得到很好提高。加氢方便、安全,氢气不仅是发动机燃料,也可以回收冷、热能量并进行能量传递,同时是尾气中氮氧化物的还原剂。净化了行驶道路的周围空气环境。本发明氢燃料发动机根据路况需要可以采用浓燃模式,克服了传统汽车浓燃时造成燃料浪费和环境污染问题,回收尾气中的过量氢气。充分体现浓燃的优点:马力强劲、不易回火、不易爆燃、降低氮氧化物的生成和排放。

## 附图说明

[0017] 图1为本发明可以回收余热和净化环境空气的氢能源汽车混合动力系统的结构示意图;

[0018] 图2为本发明另一实施方案的结构示意图;

[0019] 图3为蓄电池预热及冷却系统流程示意图;

[0020] 图4为电气设备预热及冷却系统流程示意图;

[0021] 图5为设备预热过程示意图;

[0022] 图6为汽车氢泄露保护系统示意图;

[0023] 图7为尾气零级净化器组成示意图;

[0024] 图8为汽车制冷系统流程示意图;

[0025] 图9为余氢吸收单元结构示意图。

[0026] 其中:1—车体、2—电力总线、3—蓄电池、4—中央控制器、5—1号逆变器、6—1号电动-发电机、7—人工-自动驾驶系统、8—1号电机离合器、9—传动轴、10—金属氢化物储罐、11—储罐夹层、12—传动系统、13—1号阀门、14—催化器、15—尾气零级净化器、16—尾气换热器、17—2号阀门、18—透平机、19—透平离合器、20—混合动力变速器、21—氢气缓冲罐、22—动力输出轴、23—氢气泵、24—冷却水箱、25—氢燃料发动机、26—加氢口、27—2号逆变器、28—2号电机离合器、29—2号电动-发电机、30—车轮、31—半轴、32—驱动桥、33—排放口、34—蓄电池保温泵、35—3号阀门、36—蓄电池护罩、37—4号阀门、38—进气管路、39—出气管路、40—单向阀、41—高压稳压罐、42—溴化锂制冷装置、43—余氢吸收单元、43A—A吸收器、43B—B吸收器、44—阀门、45—氢泄露保护单元、46—氢管路保护套、47—氢泄露保护罩、48—冷量利用器、49—余氢吸收单元加热线圈、50—储罐夹层加热线圈、51—氢气管路、52—制冷管路、53—制热管路、54—热尾气管路、55—冷藏柜、56—冰箱、57—刹车系统、58—冷尾气管路、59—高压氢气缓冲罐、60—可分离式装置、61—微量氢气回收泵、100—车辆。

## 具体实施方式

[0027] 下面结合实施例和附图对本发明进行详细说明。本发明保护范围不限于实施例,本领域技术人员在权利要求限定的范围内做出任何改动也属于本发明保护的范畴。

[0028] 实施例1

[0029] 本发明可以回收余热和净化环境空气的氢能源汽车混合动力系统如图1所示,包括车体1、控制系统、传动系统12、氢燃料发动机25、混合动力变速器20、1号逆变器5、1号电动-发电机6、氢气泵23、金属氢化物储罐10、高压稳压罐41、溴化锂制冷装置42、透平机18、

高压氢气缓冲罐59、催化剂14、尾气零级净化器15、尾气换热器16、氢气缓冲罐21、EGR系统和蓄电池3。控制系统包括中央控制器4、电力总线2和人工-自动驾驶系统7,中央控制器4与电力总线、蓄电池和1号逆变器5通信连接,与人工-自动驾驶系统控制连接。传动系统包括半轴31和驱动桥32。氢燃料发动机通过动力输出轴22与混合动力变速器连接,混合动力变速器通过传动轴9与驱动桥连接,驱动桥通过半轴连接到车轮30。蓄电池3与电力总线和1号逆变器电路连接,1号逆变器与1号电动-发电机电路连接,1号电动-发电机通过1号电机离合器8与混合动力变速器连接,透平离合器与混合动力变速器连接,或通过可分离式装置60与1号电机离合器8并联后与混合动力变速器连接。金属氢化物储罐外部包覆储罐夹层11,储罐夹层设有出口和入口,储罐夹层中设有储罐夹层加热线圈50。金属氢化物储罐设有出气口、进气口和加氢口26,出气口通过单向阀40连接到高压稳压罐41,高压稳压罐出口通过2号阀门17连接到透平机入口,透平机出口分为两路,一路连接到冷量利用器48,冷量利用器出口通过氢气缓冲罐连接到氢燃料发动机入口,另一路通过高压氢气缓冲罐连接到氢燃料发动机入口,氢燃料发动机出口通过催化剂连接到尾气换热器。尾气换热器出口分为两路,一路连接到尾气零级净化器,另一路通过余氢吸收单元连接到尾气零级净化器,尾气零级净化器连接到排放口33,两路分别设有阀门。余氢吸收单元设有余氢吸收单元加热线圈49。氢燃料发动机设有冷却水箱24。储罐夹层出口通过溴化锂制冷装置连接到氢气缓冲罐21,氢气缓冲罐出口通过氢气泵连接到冷却水箱,冷却水箱出口通过尾气换热器连接到储罐夹层的入口和金属氢化物储罐的进气口,两路分别设有阀门。

[0030] 本发明可以回收余热和净化环境空气的氢能源汽车混合动力系统的运行方式为,氢气缓冲罐21中的氢气进入氢燃料发动机25进气道,启动氢燃料发动机25与空气混合燃烧做功带动汽车运行,氢燃料发动机尾气依次进入催化剂14、尾气换热器16和尾气零级净化器15,降温净化后的尾气达标排放。启动氢气泵23,将来自于氢气缓冲罐21的氢气加压,使常温氢气进入发动机冷却水箱24,与氢燃料发动机冷却水箱24间接换热升温到 $90^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ ,进入尾气换热器16与氢燃料发动机尾气间接换热,温度升高到 $400^{\circ}\text{C}\pm 30^{\circ}\text{C}$ ,进入金属氢化物的储罐夹层11,与金属氢化物进行间接换热后通过溴化锂制冷装置返回到氢气缓冲罐。金属氢化物储罐中的金属氢化物被间接加热,释放出35MPa的高压氢气,高压氢气进入高压稳压罐后,进入透平机驱动透平机运转,通过透平离合器带动混合动力变速器运转为汽车提供动力,在透平机中做功后的低压低温氢气降至 $0^{\circ}\text{C}$ 左右进入冷量回收器,由冷量回收器回收氢气冷量后进入氢气缓冲罐。汽车在刹车或下坡时,通过混合动力变速器带动1号电动-发电机运转为蓄电池充电。

[0031] 汽车氢燃料发动机停止运转超过一定时间,氢燃料发动机冷却水箱、润滑油及氢燃料发动机机体本身逐渐冷却、温度降低,如果氢燃料发动机再次启动,处于冷启动状态的氢燃料发动机,由于润滑问题会造成机械磨损严重,由于燃烧问题会造成氮氧化物的短期超标排放。此时控制系统自动开启启动加热保温模式:如图5所示,打开阀门13关闭3号阀门35启动氢气泵,氢气缓冲罐中的氢气通过氢气泵加压后进入金属氢化物储罐中,氢气压力升高,金属氢化物再次吸收氢气形成新的金属氢化物并放出热量,该热量用于加热氢燃料发动机冷却水箱、氢燃料发动机的润滑系统及氢燃料发动机机体,保证氢燃料发动机处于最佳温度待机状态。氢气缓冲罐21的压力为0.25MPa、体积为18升,氢气泵23的出口压力为0.6MPa。



[0032] 如图3所示,蓄电池有蓄电池护罩36,汽车混合动力系统设有蓄电池保温泵34。金属氢化物储罐10的出气口通过3号阀门35连接到蓄电池保温泵入口,氢气缓冲罐21出口的一路通过4号阀门37连接到蓄电池保温泵入口,蓄电池保温泵连接到蓄电池护罩。蓄电池护罩出口连接到氢气缓冲罐的入口。蓄电池护罩能够使蓄电池在冬季、夏季启动或运行时,都保持在35~45℃的最佳使用温度下工作。蓄电池加热采用金属氢化物吸收氢气放出的热量加热、充放电过程采用氢气缓冲罐21中的氢气冷却,当氢气缓冲罐21冷量不足时用溴化锂制冷装置42或冷量利用器48的冷量补充冷却。蓄电池护罩内通有氢气保温,保温氢气所连接的设备、管路有高密封性、防止氢气泄露。

[0033] 如图4所示,1号逆变器5、1号电动-发电机6、1号电机离合器8、2号逆变器27、2号电机离合器28、2号电动-发电机29、中央控制器4、混合动力变速器20、刹车系统57、传动系统12、EGR系统、催化器、蓄电池和机油底壳设有冷却或启动保温系统。金属氢化物储罐10的出气口通过3号阀门35连接到蓄电池保温泵入口,氢气缓冲罐21出口的一路通过4号阀门37连接到蓄电池保温泵入口。蓄电池保温泵通过进气管路38连接到1号逆变器、1号电动-发电机、1号电机离合器、2号逆变器、2号电机离合器、2号电动-发电机、中央控制系统、混合动力变速器、传动系统、刹车系统、EGR系统、催化器、蓄电池和机油底壳,1号逆变器、1号电动-发电机、1号电机离合器、2号逆变器、2号电机离合器、2号电动-发电机、中央控制系统、混合动力变速器、传动系统、刹车系统、EGR系统、催化器、蓄电池和机油底壳通过出气管路39连接到氢气缓冲罐的入口。1号逆变器、刹车系统、1号电动-发电机、1号电机离合器、2号电机离合器、2号逆变器、2号电动-发电机和中央控制系统为只需要冷却的设备。冷却为氢气冷却或其它传热介质冷却。EGR系统、催化器只需要启动保温的设备,所述保温温度分别控制在合适温度。混合动力变速器、传动系统、蓄电池和机油底壳是既需要冷却也需要启动保温的设备。保温系统能够使这些设备在冬、夏季启动和运行时,都保持在最佳使用温度下工作。设备启动加热采用金属氢化物吸收氢气时放出的热量或电加热,设备运转过程采用氢气缓冲罐中的氢气冷却回收热量。保温氢气所连接的设备、管路有高密封性、防止氢气泄露。保温设备在汽车启动时需要预热,加快预热速度,缩短预热时间,在汽车运行时需要冷却和回收热量,保证设备在最佳温度下工作、防止超温。冷却和保温换热的方式为直接或间接换热。当氢气缓冲罐21冷量不足时用溴化锂制冷装置42或冷量利用器48的冷量补充冷却。

[0034] 如图6所示,可以回收余热和净化环境空气的氢能源汽车混合动力系统设有氢泄露保护单元45,汽车混合动力系统的氢气管路设有氢泄露保护套46,中央控制器4、1号逆变器5、1号电动-发电机6、1号电机离合器8、透平机18、透平离合器19、氢气缓冲罐21、2号逆变器27、2号电机离合器28、2号电动-发电机29、尾气换热器16、驱动桥32、混合动力变速器20、蓄电池3及其护罩32和金属氢化物储罐的储罐夹层11外部包覆氢泄露保护罩47。允许距离相近的设备共用一个氢泄露保护罩。氢泄露保护单元45连接到氢管路保护套和各设备的氢泄露保护罩。氢泄露保护单元45的保护介质为氮气,氢泄露保护单元设有防爆预警及应对机制,保障驾驶员和同乘人员的安全。整个燃料运行系统的所有和氢气有关的管路接头和各种连接部位及和氢有关的设备全部处于此系统的监控和密封保护中。管路连接密封胶套采用金属硬密封或其他密封形式。氢泄漏保护单元保证氢储存单元以及整个氢气运行系统安全无泄漏。氢泄露保护单元的保护介质为氮气、二氧化碳、氢燃料发动机尾气(脱氧、水

后)、氩气或其它惰性气体的一种或多种混合物,氢泄露保护单元设有防爆预警及应对机制,保障驾驶员和同乘人员的安全。防爆预警及应对机制分为四级,第一级是当氢泄露保护单元保护介质中的氢气浓度达到0.35%时,探测器发出声光报警,同时传输电信号用微量氢气回收泵将保护介质送到余氢吸收单元回收其中的微量氢气或送到氢燃料发动机燃烧;第二级是当氢泄露保护单元保护介质中的氢气浓度达到2.25%浓度,此时探测器发出声光报警,同时关闭电磁阀,切断供气系统,同时传输电信号用微量氢气回收泵将保护介质送到余氢吸收单元回收其中的微量氢气;第三级是当车内氢气浓度达到0.35%时,探测器发出声光报警,同时传输电信号将汽车天窗自动打开排出氢气,这时供氢系统只是微渗漏,不会造成事故,车辆操作人员应及时至车辆检修处检查处理漏点;第四级为2.25%浓度,当车内氢气浓度到达此值探测器发出声光报警,同时关闭电磁阀,切断供气系统;此时为保证车辆及人身安全,车辆操作人员应立即离开不能再继续驾驶车辆,并通知专业人员采取措施。根据用氢设备的压力和密封情况,也可以不加氢泄露保护单元或只加部分保护。以上保护形式也可以用于氢燃料电池汽车,即将整个燃料运行系统的所有和氢气有关的管路接头和各种连接部位及和氢气有关的设备全部处于此系统的监控和密封在保护气中。所述氢泄露保护单元中的保护气由微量氢气回收泵61进行其单元内的循环。

[0035] 如图7所示尾气零级净化器15设有NO氧化器、活性炭吸附器、CO/VOC氧化器和颗粒物离子吸附器,NO氧化器、活性炭吸附器、CO/VOC氧化器和颗粒物离子吸附器依次连接。如图8所示,汽车内设有冰箱56和冷藏柜55,溴化锂制冷装置42设有制冷管路52和制热管路53。制冷管路连接到冰箱、冷藏柜和需要冷却的设备,冰箱和冷藏柜的冷却管出口连接到制冷管路的回路和冷量利用器48,冷量利用器出口连接到制冷管路。制冷管路的回路与其它需要冷却的设备连接。

[0036] 如图9所示,余氢吸收单元43包括A吸收器(43A)和B吸收器(43B),A吸收器(43A)和B吸收器(43B)吸氢放氢交替进行,尾气换热器16出口通过冷尾气管路58分别连接到A吸收器和B吸收器,连接管路设有阀门,A吸收器和B吸收器分别通过尾气零级净化器15连接到排放口33,连接管路设有阀门。A吸收器和B吸收器分别设有余氢吸收单元加热线圈49和余氢吸收单元夹套,氢燃料发动机25出口通过热尾气管路54分别连接到A吸收器和B吸收器的余氢吸收单元夹套,余氢吸收单元夹套出口连接到催化剂14入口,各连接管路设有阀门。A吸收器和B吸收器的回收氢气出口连接到氢气缓冲罐21。余氢吸收单元通过中央控制器4调控尾气出口工作压力为0.2MPa和温度为100℃,吸收和放出尾气中的氢气。

[0037] 金属氢化物储罐夹套有外保温层,在停车时由于金属氢化物储罐内部有大量的氢气和200℃的高温,随着温度下降金属氢化物内部的氢气被金属氢化物吸收放出热量,可以保温较长时间,在保温期内启动汽车可用此热量加热相关部件,使汽车热启动。所述金属氢化物储罐中氢气不足需要添加氢气时,方法是更换金属氢化物储罐中的金属氢化物。汽车金属氢化物的加装是在一个车载加氢平台上进行,车载加氢平台载有车载金属氢化物大储罐(大储罐内分隔成多个小储罐)、加氢更换装置、计量装置、与汽车ECU连接的通讯装置等。给氢燃料汽车加氢时,由于汽车金属氢化物储罐处于使用中的高温、高压状态,打开汽车金属氢化物储罐快开加氢口,与加氢更换装置密封连接后,采用气流输送的方式将需要更换的汽车金属氢化物抽出,在加氢更换装置内将其迅速冷却到50℃使氢气再次吸收回汽车金属氢化物内并将热量蓄积在加氢更换装置的蓄热器内,计量后加到车载大储罐分隔成的小

储罐内,通过快速切换将车载大储罐分隔成小储罐内的车载饱和金属氢化物,采用气流输送送到加氢更换装置内,经计量后将抽出汽车金属氢化物时蓄积的热量传递给饱和金属氢化物提高其温度以减少在汽车金属氢化物储罐10内放氢启动时间,快速关闭加氢口。将每次汽车氢气的使用量、余量和更换新金属氢化物量的信息,通过通讯装置输入汽车的ECU和车载平台控制中心,便于计费。更换金属氢化物的时间是根据汽车内显示仪表提醒,金属氢化物储罐10内金属氢化物的饱和程度及剩余氢气量,由驾驶员决定是否加氢。更换金属氢化物的量是根据驾驶员的要求决定,可以全部更换也可以部分更换。计费的标准是依据每次取出已使用过的汽车金属氢化物质量与上次加入金属氢化物质量的差值,即所消耗的氢气质量,按氢气计费,便于买卖双方计算核实。当车载加氢平台的金属氢化物更换完毕后,开到金属氢化物装载中心进行全车更换。金属氢化物装载中心是分布式能源布点区域的金属氢化物生产工厂和批发站,负责收集更换金属氢化物,并将旧的金属氢化物筛分处理,筛上符合要求粒度的原料载体金属直接送加氢车间再次加氢继续使用,筛下已粉化的金属氢化物,加热到200℃放出所有的氢气,送再生车间加工处理重新造粒。车载加氢平台是拖车模式,根据加氢站的消耗量,使用量大的车载加氢平台可以使用单独车头,使用量小的车载加氢平台可以几个站共用一个车头。金属氢化物储罐添加氢气方法,也适合于燃料电池汽车和其它携带金属氢化物的氢气燃料动力设备。金属氢化物储罐采用间接氢气加热和电加热方式。

[0038] 金属氢化物储罐10中装载金属钙氢化物 $\text{CaH}_2$ 。氢燃料发动机尾气中有害物质含量约为氮氧化物 $130\text{mg}/\text{Nm}^3$ 、颗粒物 $\text{PM}_{2.5}$   $250\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ,经过催化器14和尾气零级净化器15处理净化后,尾气中有害物质含量降低到氮氧化物 $2\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、颗粒物 $\text{PM}_{2.5}$   $7\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 。催化器14、尾气零级净化器15为二段净化装置,催化器类似于汽车的三元催化装置将氮氧化物经过氢气还原初段处理,催化器加氢由中央电控系统ECU自动控制,当氢燃料发动机采用稀燃时(燃空比小于1)尾气中氢气含量很少,中央电控系统ECU自动控制打开阀门加入氢气,使氮氧化物还原成为氮气和水。当氢燃料发动机采用浓燃时(燃空比大于1)尾气中含有过量的氢气可以用于氮氧化物的还原,中央电控系统ECU自动控制关闭加氢阀门,同时通过阀门切换,使尾气进入余氢吸收单元43将过量的氢气吸附回收。如图9所示尾气首先进入余氢吸收单元43的吸收器43A将其中的过量氢气用吸附剂吸收,吸收后的尾气经过尾气零级净化器到排放口33排放,当吸收器43A的吸附剂吸氢饱和后,通过阀门切换尾气进入余氢吸收单元43的吸收器43B将其中的过量氢气用吸附剂吸收,吸收后的尾气经过尾气零级净化器到排放口33排放。此时热尾气管路54中的热尾气,通过阀门切换进入吸收器43A的间壁,加热吸收器43A中的吸附剂放出氢气回收到氢气缓冲罐21,当吸收器43B的吸附剂吸氢饱和后再加热放氢。吸收器43A和吸收器43B交替吸氢、放氢的过程,切换完成尾气中氢气的回收。吸收剂为金属氢化物钙氢化物 $\text{CaH}_2$ 。尾气零级净化器由四个模块组成,模块1是将初段处理后的微量的一氧化氮催化氧化成二氧化氮,模块2是活性炭吸附二氧化氮,模块3是微量的一氧化碳和有机物VOC催化氧化成二氧化碳和水,模块4是颗粒物离子吸附器。催化器、尾气零级净化器不仅对氢燃料发动机产生的氮氧化物和颗粒物起到净化作用,同时对吸入的空气也起到净化作用。优良级的空气指标为氮氧化物约 $30\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、颗粒物 $\text{PM}_{2.5}$   $\leq 50\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ,本发明汽车尾气排放指标为氮氧化物 $2\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、颗粒物 $\text{PM}_{2.5}$   $7\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 。本发明的一大特点是,不仅没有尾气排放污染,还对吸入的环境空气起到净化作用,不论汽车运行还是怠速都是一台空

气净化器,走到哪里就把环境空气净化到哪里,吸入有污染、有雾霾的空气排出洁净的尾气,以弥补汽车给社会带来的不便,汽车给社会带来的不便包括:占用马路使行人行走不便、造成交通事故、制造噪音、电磁污染、车轮扬尘、车流量大人员混杂。

[0039] 高压氢气缓冲罐59的压力为10MPa、体积为10升。透平机18工作模式是利用高压氢气推动透平机运转,控制出口氢气压力到10MPa,进入高压氢气缓冲罐59,采用高压氢气缓冲罐59的高压氢气缸内直喷燃烧。也可以控制出口氢气压力到0.25MPa,进入氢气缓冲罐作为加热介质氢气。

[0040] 当汽车低速或怠速运行时,氢燃料发动机运转带动混合动力变速器20驱动汽车运行,混合动力变速器20带动1号电动-发电机运转为蓄电池充电。当汽车中速运行时,氢燃料发动机25带动混合动力变速器20驱动汽车运行,1号电动-发电机6停止运转。当汽车高速行驶、爬坡或加速时,氢燃料发动机、1号电动-发电机、透平机同时运转三驱带动混合动力变速器驱动汽车运行,给汽车提供强劲的动力。氢燃料发动机功率100KW、1号电动-发电机功率30 KW。混合动力系统最小功率30KW,最大功率130KW。既解决了普通汽车在低速或怠速运行时燃料消耗高的问题,也解决了在高速及加速运行时动力不足的问题,100KW的氢燃料发动机可以提供130KW的动力,最高时速达180公里。

[0041] 金属氢化物储罐为圆柱形,金属氢化物储罐可以采用电加热和氢气加热两种方式,电加热和氢气加热可以采用局部加热,也可以采用整体加热,金属氢化物储罐装载CaH<sub>2</sub>加热后释放出35MPa的高压氢气,电加热方式可以被空气泵加热或其它加热方式代替。金属氢化物是可以将热能转化为压力能的一种载体,利用金属氢化物这种特性,高效回收汽车氢燃料发动机的大量余热产生高压氢气,通过透平机做功为汽车提供动力。金属氢化物储罐夹套有外保温层,在停车时由于金属氢化物储罐内部有大量的氢气和高温,随着温度下降氢气被金属氢化物吸收放出热量可以保温较长时间,在保温期内启动汽车可用此热量加热相关部件使汽车热启动。放出的热量也可以用于车厢内的采暖和蓄电池的保温。

[0042] 冷却水箱24的冷却介质为水,由氢气泵23加压氢气,水箱的热量由氢气间接冷却带走,保证氢燃料发动机冷却效果的同时回收余热,加热氢气到90℃。氢燃料发动机排出的高温尾气,经过氢燃料发动机尾气换热器回收其高温余热,将90℃较低温度的氢气进入尾气换热器,加热氢气到400±20℃作为金属氢化物储罐的热源。当用氢燃料发动机燃料氢气冷却时,可以由氢气泵23加压氢气,直接进入氢燃料发动机冷却系统管路冷却氢燃料发动机,并将热量带出回收,温度升高到90±3℃,经过氢燃料发动机尾气换热器回收其高温余热,加热氢气到400±20℃作为金属氢化物储罐的热源。冷却介质氢气与冷却水箱24、尾气换热器16热传递方式为热传导。

[0043] 蓄电池保温系统能够使蓄电池3在冬季和夏季的启动、运行都保持在35-45℃使用温度下工作。启动、待机状态蓄电池升温采用金属氢化物吸收氢气放出的热量加热,蓄电池充放电过程采用氢气缓冲罐21中的氢气冷却,当氢气缓冲罐21冷量不足时用溴化锂制冷装置42或冷量利用器48的冷量补充冷却。溴化锂制冷装置与储罐夹套连接,利用储罐夹套出口高温氢气热能制冷,用于车载冰箱和夏季驾驶室空调,也可以制热、冬季用于汽车驾驶室采暖。透平机出口氢气做功后压力大幅下降温度降低,该冷量通过冷量利用器回收,用于车载冰箱和夏季驾驶室空调。充分利用系统余热,减少发动机氢气燃料消耗,提高汽车运行的经济性。

[0044] 冬夏天短期停车,用蓄电池带动1号电动-发电机6启动汽车,此时打开1号阀门13、关闭单向阀40启动氢气泵,氢气缓冲罐中的氢气通过氢气泵加压后经过发动机冷却水箱,进入金属氢化物储罐中,氢气压力升高,金属氢化物再次吸收氢气形成新的金属氢化物并放出热量,该热量用于加热发动机冷却水箱、发动机的润滑系统、催化器及发动机机体分别到合适温度可随时启动发动机,也可以用电加热金属氢化物储罐中的氢气作为热源。冬季长期停车由于汽车各部件包括蓄电池完全冷却达到了环境温度,此时启动可以使用高压稳压罐中的氢气带动透平驱动汽车,也可以直接启动氢燃料发动机驱动汽车。冬季长期停车当蓄电池没电时或温度过低不宜使用时,通过车内仪表上手动按钮开启高压氢气储罐旁路出口阀门,利用高压氢气储罐中的高压氢气推动透平机工作,透平机通过混合动力变速器20启动汽车,同时混合动力变速器20带动1号电动-发电机发电,1号电动-发电机发的电通过1号逆变器直接驱动氢气泵,使启动保温系统工作保证发动机处于合适温度的待机状态可以随时启动发动机。人工-自动驾驶系统7有人工驾驶和自动驾驶两种模式,根据驾驶的需要可以切换。催化器14、尾气换热器16、余氢吸收单元43和尾气零级净化器15依次连接。

实施例2

[0045] 本发明另一种实施方式如图2所示,包括车体1、控制系统、传动系统12、氢燃料发动机25、混合动力变速器20、1号逆变器5、1号电动-发电机6、2号逆变器27、2号电动-发电机29,氢气泵23、金属氢化物储罐10、透平机18、催化器14、尾气零级净化器15、尾气换热器16、氢气缓冲罐21、EGR系统、高压稳压罐41、溴化锂制冷装置42和蓄电池3。控制系统包括中央控制器4、电力总线2和人工-自动驾驶系统7,中央控制器4与电力总线、蓄电池、1号逆变器和2号逆变器通信连接,与人工-自动驾驶系统控制连接。蓄电池3与电力总线、1号逆变器5和2号逆变器27电路连接,1号逆变器与1号电动-发电机电路连接,2号逆变器与2号电动-发电机电路连接,1号电动-发电机通过1号电机离合器8与混合动力变速器连接,透平机通过透平离合器19与2号电动-发电机连接,2号电动-发电机通过2号电机离合器与混合动力变速器连接。透平机通过透平离合器19与混合动力变速器连接。金属氢化物储罐外部包覆储罐夹层11,储罐夹层设有出口和入口。金属氢化物储罐设有出气口、进气口和加氢口26,出气口通过单向阀40连接到高压稳压罐41,高压稳压罐出口通过2号阀门17连接到透平机入口,氢燃料发动机出口通过催化器连接到尾气换热器。尾气换热器出口分为两路,一路连接到尾气零级净化器,另一路通过余氢吸收单元连接到尾气零级净化器,尾气零级净化器连接到排放口33,两路分别设有阀门。氢燃料发动机设有冷却水箱24。储罐夹层出口通过溴化锂制冷装置连接到氢气缓冲罐21,氢气缓冲罐出口通过氢气泵连接到冷却水箱,冷却水箱出口通过尾气换热器连接到储罐夹层的入口和金属氢化物储罐的进气口,两路分别设有阀门。

[0046] 本实施例的运行方式为,高压氢气缓冲罐59中的高压氢气直喷进入氢燃料发动机25的进气道或气缸,启动氢燃料发动机氢气燃烧做功带动汽车运行,氢燃料发动机尾气进入催化器14、尾气换热器16、余氢吸收单元43和尾气零级净化器15,降温净化后达标排放。启动氢气泵23,将来自于氢气缓冲罐21的氢气加压,使常温氢气进入发动机冷却水箱24,与发动机冷却水箱24间接换热升温到 $90 \pm 3^\circ\text{C}$ ,进入尾气换热器16与氢燃料发动机尾气间接换热,温度升高到 $400 \pm 20^\circ\text{C}$ ,进入金属氢化物的储罐夹层11,与金属氢化物进行间接换热后通过溴化锂制冷装置返回到氢气缓冲罐。金属氢化物储罐10中的金属氢化物被间接加

热,释放出45MPa的高压氢气,高压氢气进入透平机18驱动透平机运转,通过透平离合器19带动2号电动-发电机29运转,经过2号电机离合器28带动混合动力变速器20做功驱动汽车运行,2号电动-发电机29也可以通过逆变器27为蓄电池3充电,在透平机中做功后压力15MPa的氢气进入高压氢气缓冲罐59。1号电动-发电机6由蓄电池3带动,通过混合动力变速器为汽车提供动力,反之1号电动-发电机6也可以由混合动力变速器带动为蓄电池3充电。2号电动-发电机29也可以由蓄电池带动,此时透平离合器19分离,2号电动-发电机29通过2号电机离合器28带动混合动力变速器驱动汽车运行。

[0047] 当氢燃料发动机停止运转超过一定时间后,发动机冷却水箱、润滑油及氢燃料发动机机体本身逐渐冷却、温度降低,如果氢燃料发动机再次启动,处于冷启动状态的氢燃料发动机,由于润滑问题会造成机械磨损严重,由于燃烧问题会造成氮氧化物的短期超标排放。此时控制系统自动开启加热保温模式:打开1号阀门13、关闭单向阀40启动氢气泵,氢气缓冲罐中的氢气通过氢气泵加压后经过发动机冷却水箱,进入金属氢化物储罐中。氢气压力升高,金属氢化物再次吸收氢气形成新的金属氢化物并放出热量,该热量用于加热发动机冷却水箱、发动机的润滑系统、催化器及发动机机体,保证发动机处于最佳温度待机状态。氢气缓冲罐21的压力为0.4MPa、体积为15升,氢气泵23的出口压力为0.5MPa。氢燃料发动机运行时由水箱的水循环冷却,水箱的热量由氢气间接冷却带走,加热氢气到 $90\pm 3^{\circ}\text{C}$ ,保证氢燃料发动机冷却效果的同时回收余热。氢燃料发动机排出 $800\sim 900^{\circ}\text{C}$ 的尾气,经过尾气换热器16回收其高温余热,加热氢气到 $400\pm 20^{\circ}\text{C}$ 作为金属氢化物储罐的热源。

[0048] 金属氢化物储罐10中装载金属镁氢化物 $\text{MgH}_2$ 。发动机尾气经过催化器14和尾气零级净化器15处理净化后,尾气中有害物质含量降低。催化器14、尾气零级净化器15为二段净化装置,催化器类似于汽车的三元催化装置将氮氧化物经过初段处理。尾气零级净化器由四个模块组成,模块1是将初段处理后的微量的一氧化氮催化氧化成二氧化氮,模块2是活性炭吸附二氧化氮,模块3是微量的一氧化碳和有机物VOC催化氧化成二氧化碳和水,模块4是颗粒物离子吸附器。催化器、尾气零级净化器不仅对氢燃料发动机产生的氮氧化物和颗粒物起到净化作用,同时对吸入的空气也起到净化作用。优良级的空气指标为氮氧化物约 $30\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、颗粒物 $\text{PM}_{2.5}\leq 50\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ,汽车尾气排放指标为氮氧化物 $3\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、颗粒物 $\text{PM}_{2.5} 8\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 。

[0049] 当汽车低速或怠速运行时,氢燃料发动机运转带动混合动力变速器20驱动汽车运行,混合动力变速器20同时带动1号电动-发电机6和2号电动-发电机29运转为蓄电池充电,此时2号电动-发电机29脱离透平离合器19。当汽车中速运行时,氢燃料发动机25带动混合动力变速器20驱动汽车运行,此时1号电动-发电机6停止运转,2号电动-发电机29运转为蓄电池充电,此时2号电动-发电机29脱离2号电机离合器28。当汽车高速运行、爬坡或加速时,氢燃料发动机、1号电动-发电机6和2号电动-发电机29同时运转带动混合动力变速器驱动汽车运行,给汽车提供强劲的动力。汽车启动时1号电动-发电机6和2号电动-发电机29同时运转实现双助力。高速运行、爬坡或加速时,1号电动-发电机、2号电动-发电机和氢燃料发动机同时发力实现动力三驱。氢燃料发动机功率120KW、1号电动机发电机功率25 KW、2号电动-发电机功率50KW。混合动力系统最小功率25KW,最大功率195KW。既解决了普通汽车在低速或怠速运行时燃料消耗高的问题,也解决了在高速及加速运行时动力不足的问题,120KW的氢燃料发动机可以提供195KW的动力,最高时速达210公里。本实施例其它结构与运行方

式与实施例1相同。

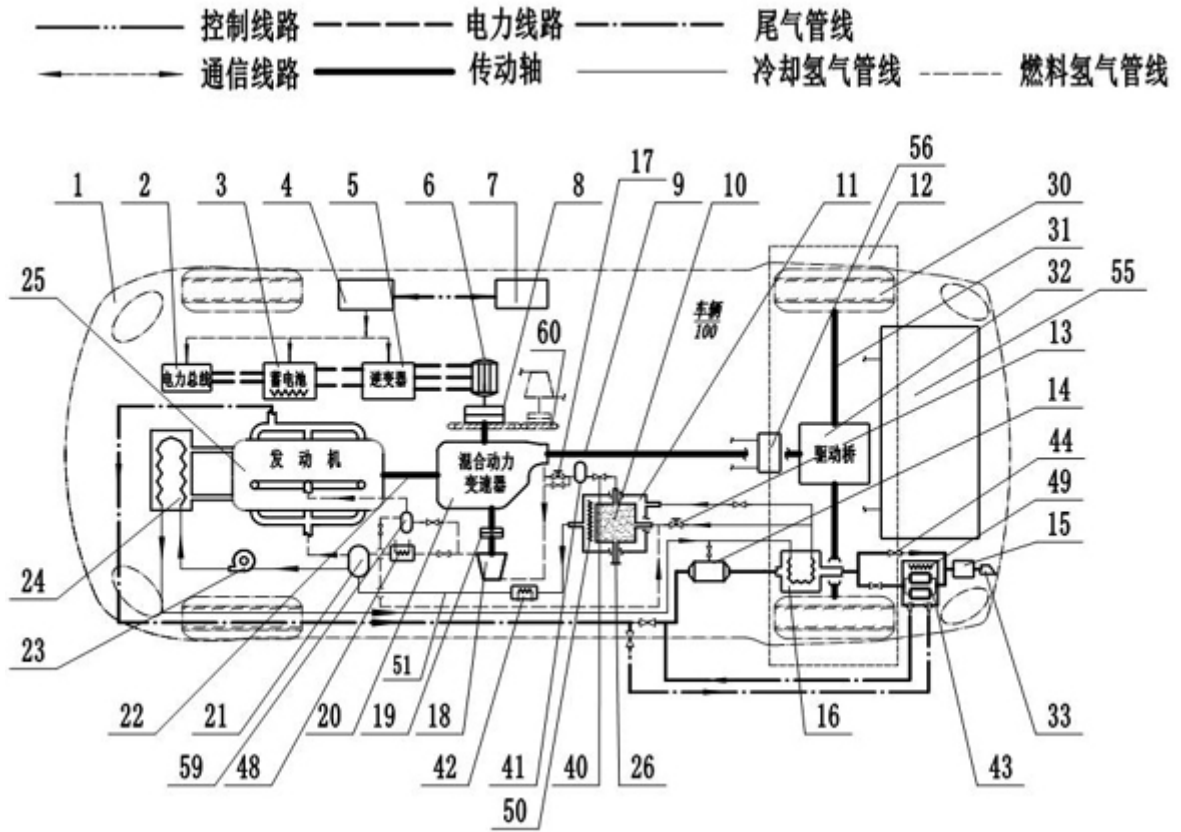


图1



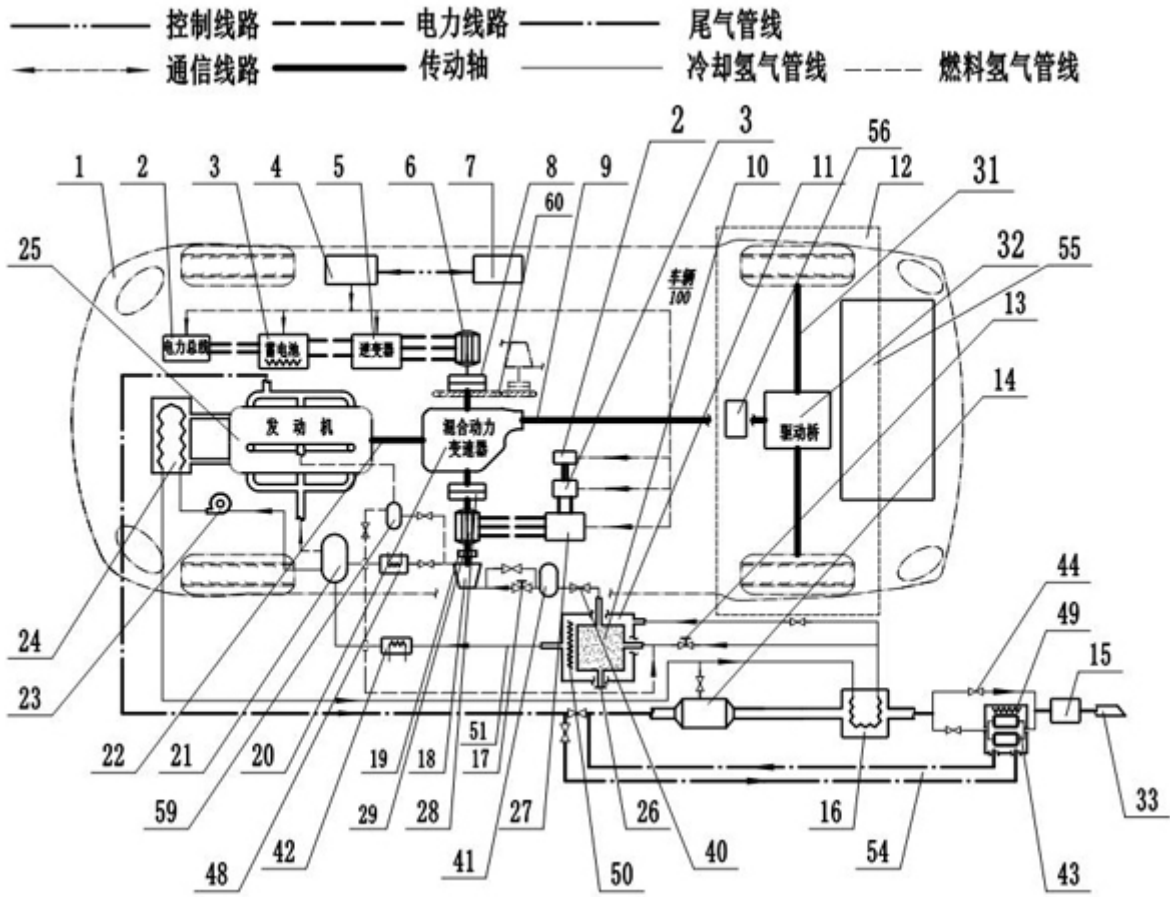


图2

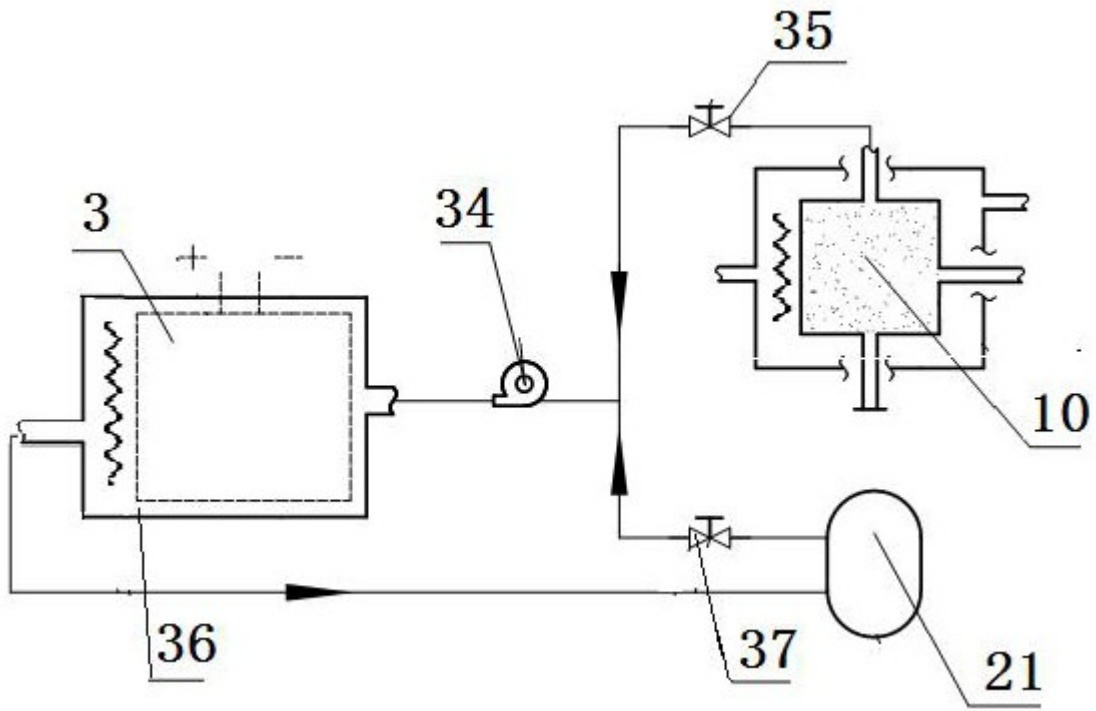


图3

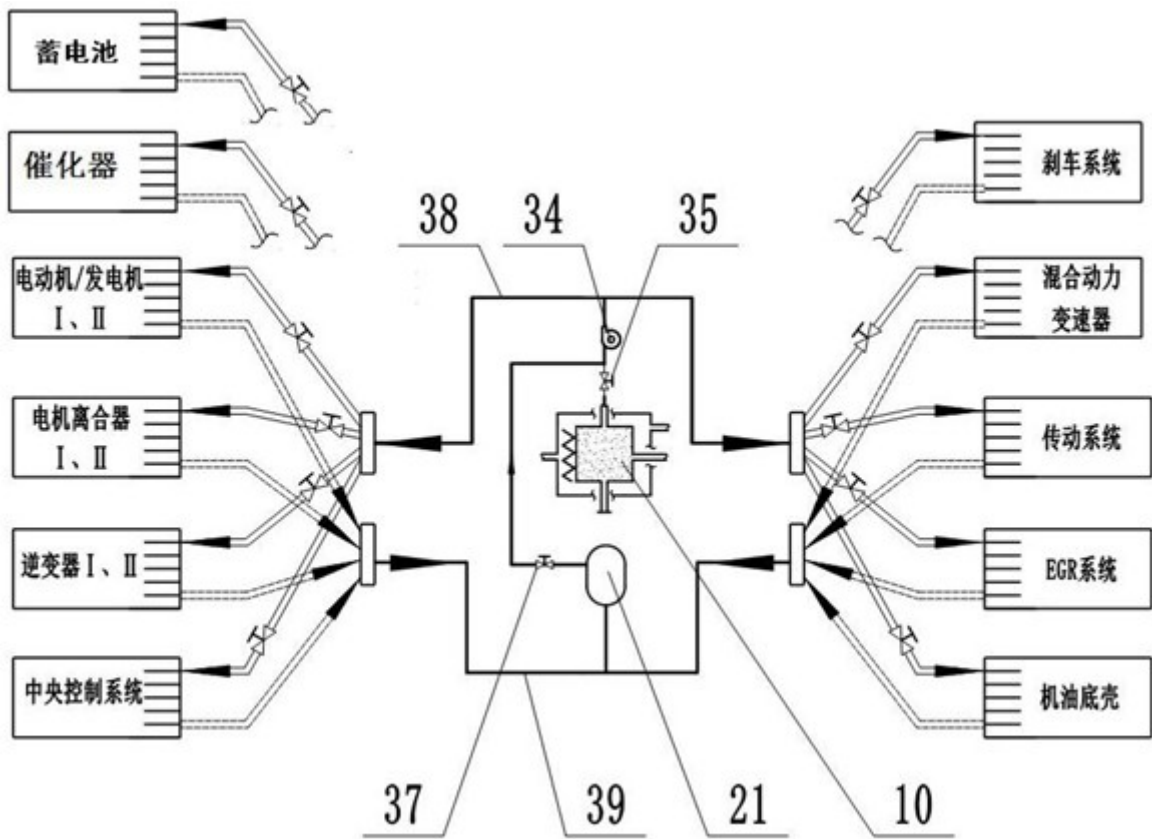


图4

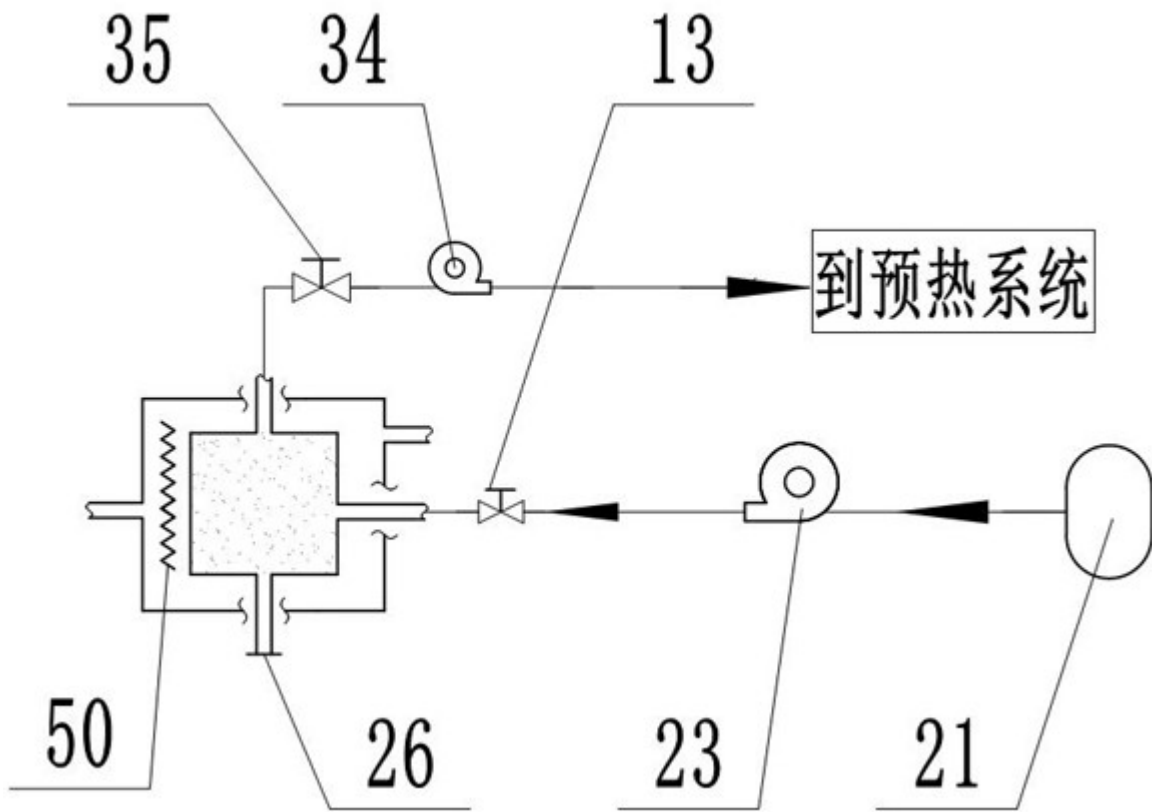


图5

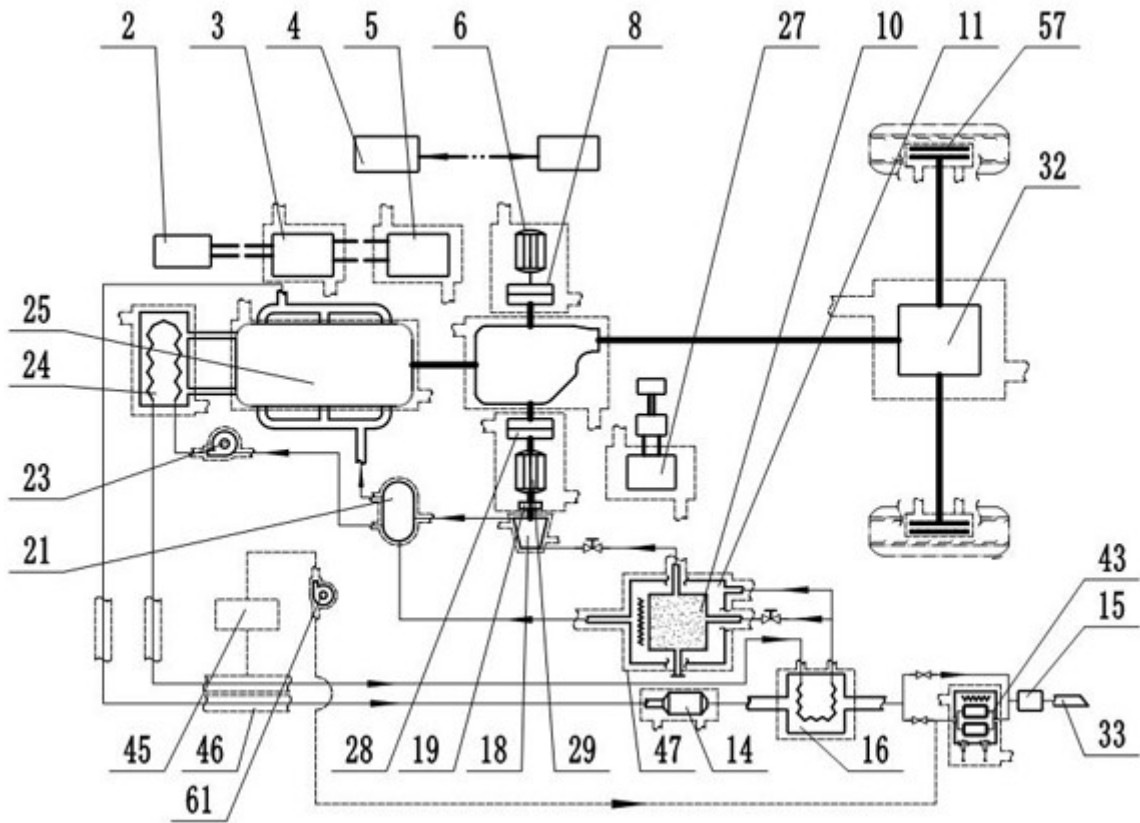


图6

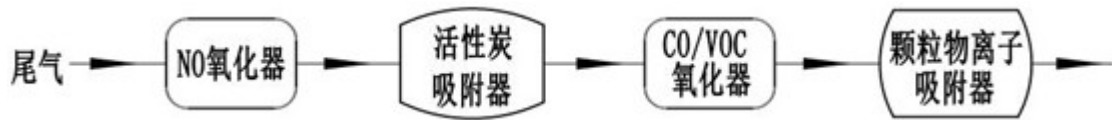


图7

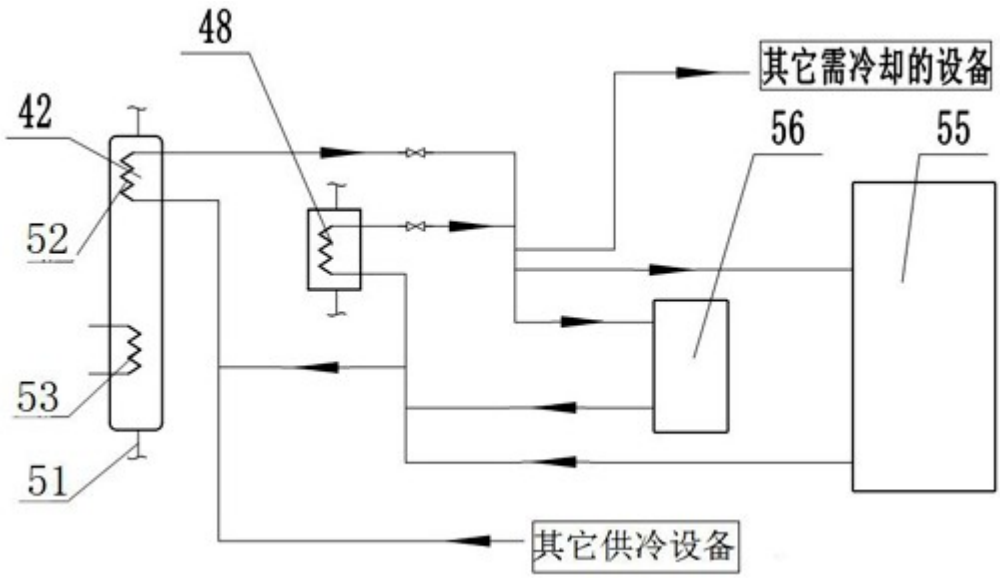


图8

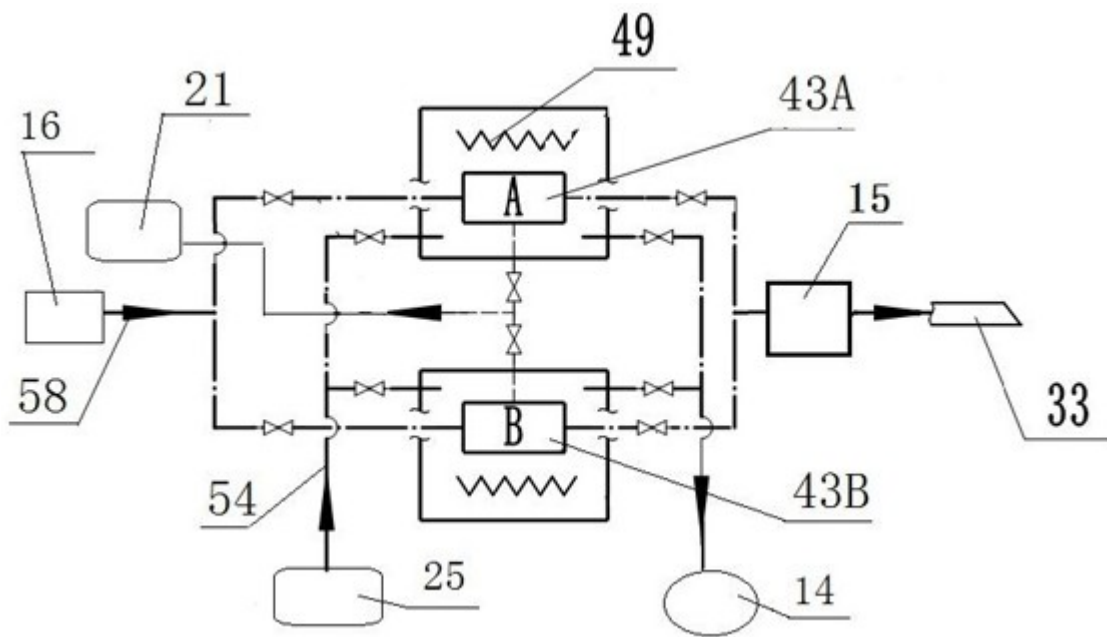


图9