



# (12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 201841972 U

(45) 授权公告日 2011. 05. 25

(21) 申请号 201020576031. 9

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

(22) 申请日 2010. 10. 26

(73) 专利权人 吉林大学

地址 130012 吉林省长春市前进大街 2699 号

(72) 发明人 左春桧 张昭 杨洋

(74) 专利代理机构 长春吉大专利代理有限责任公司 22201

代理人 齐安全

(51) Int. Cl.

B60L 11/18 (2006. 01)

B60L 8/00 (2006. 01)

H01M 8/18 (2006. 01)

H01L 31/04 (2006. 01)

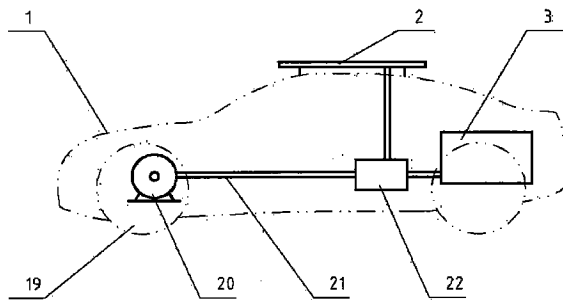
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 2 页

## (54) 实用新型名称

液流电池太阳能电动车

## (57) 摘要

本实用新型公开了液流电池太阳能电动车,其包括车身及附属设备 (1)、太阳能电池系统 (2)、具有双反应室结构的液流电池系统 (3)、底盘系统 (19)、直流电机系统 (20) 与电控系统 (22)。直流电机系统 (20) 与具有双反应室结构的液流电池系统 (3) 分别置于底盘系统 (19) 的前、后端,太阳能电池系统 (2) 置于车顶,电控系统 (22) 安装在底盘系统 (19) 上。具有双反应室结构的液流电池系统 (3) 包括正极储液容器 (4)、负极储液容器 (5)、正极电解液 (6)、负极电解液 (7)、正极泵 (9)、负极泵 (10)、放电反应室负极区 (12)、放电反应室正极区 (14)、充电反应室负极区 (16) 与充电反应室正极区 (18)。



1. 一种液流电池太阳能电动车,包括车身及附属设备(1)、太阳能电池系统(2)、底盘系统(19)、直流电机系统(20)与电控系统(22),其特征是液流电池太阳能电动车还包括具有双反应室结构的液流电池系统(3);

所述的具有双反应室结构的液流电池系统(3)包括正极储液容器(4)、负极储液容器(5)、正极电解液(6)、负极电解液(7)、正极泵(9)、负极泵(10)、放电反应室负极区(12)、放电反应室正极区(14)、充电反应室负极区(16)与充电反应室正极区(18);

正极电解液(6)与负极电解液(7)分别储存于正极储液容器(4)与负极储液容器(5)中,正极储液容器(4)的出口端与正极泵(9)的入口通过管路(8)连接,正极泵(9)的出口通过管路(8)和放电反应室正极区(14)的入口连通,放电反应室正极区(14)的出口经管路(8)与充电反应室正极区(18)的入口连通,充电反应室正极区(18)的出口与正极储液容器(4)的入口端通过管路(8)连通,负极储液容器(5)的出口端与负极泵(10)的入口通过管路(8)连接,负极泵(10)的出口通过管路(8)和放电反应室负极区(12)的入口连通,放电反应室负极区(12)出口经管路(8)与充电反应室负极区(16)的入口连通,充电反应室负极区(16)的出口与负极储液容器(5)的入口端通过管路(8)连通。

2. 按照权利要求1所述的液流电池太阳能电动车,其特征在于,所述的放电反应室负极区(12)与放电反应室正极区(14)是由1号选择性离子交换膜(13)将放电反应室(11)的内部空间分隔而成,放电反应室正极区(14)与放电反应室负极区(12)中分别安装一个电极,电极的伸出端通过电线(21)和电控系统(22)连接,放电反应室正极区(14)的两端设置有正极电解液(6)入口与正极电解液(6)出口,放电反应室负极区(12)的两端设置有负极电解液(7)入口与负极电解液(7)出口;

所述的充电反应室负极区(16)与充电反应室正极区(18)是由2号选择性离子交换膜(17)将充电反应室(15)的内部空间分隔而成,充电反应室正极区(18)与充电反应室负极区(16)中分别安装一个电极,电极的伸出端可通过电线(21)和电控系统(22)连接,充电反应室负极区(16)的两端设置有负极电解液(7)入口与负极电解液(7)出口,充电反应室正极区(18)的两端设置有正极电解液(6)入口与正极电解液(6)出口。

3. 按照权利要求1或2所述的液流电池太阳能电动车,其特征在于,所述电控系统(22)包括液流电池放电控制模块(23)、液流电池充电控制模块(24)、直流电机控制模块(25)、太阳能电池控制模块(27)与交流电网充电控制模块(28);

液流电池放电控制模块(23)经导线(21)分别和放电反应室正极区(14)与放电反应室负极区(12)连接,液流电池充电控制模块(24)经导线(21)分别和充电反应室正极区(18)与充电反应室负极区(16)连接,直流电机控制模块(25)经导线(21)与直流电机系统(20)连接,太阳能电池控制模块(27)经导线(21)与太阳能电池系统(2)连接,交流电网充电控制模块(28)通过交流电接口(29)与交流电网连接。

4. 按照权利要求3所述的液流电池太阳能电动车,其特征在于,所述的液流电池放电控制模块(23)经导线(21)分别和放电反应室正极区(14)与放电反应室负极区(12)连接是指:液流电池放电控制模块(23)经导线(21)分别和放电反应室正极区(14)与放电反应室负极区(12)中的石墨制成的电极连接;

所述的液流电池充电控制模块(24)经导线(21)分别和充电反应室正极区(18)与充电反应室负极区(16)连接是指:液流电池充电控制模块(24)经导线(21)分别和充电反应

室正极区 (18) 与充电反应室负极区 (16) 中的石墨制成的电极连接。

5. 按照权利要求 1 所述的液流电池太阳能电动车, 其特征在于, 所述的直流电机系统 (20) 安装在底盘系统 (19) 的前端, 具有双反应室结构的液流电池系统 (3) 安装在底盘系统 (19) 的后端, 太阳能电池系统 (2) 安装在车顶上, 电控系统 (22) 安装在底盘系统 (19) 的上, 所述车身及附属设备 (1) 与底盘系统 (19) 与现有技术的电动车通用。

## 液流电池太阳能电动车

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种电动车,更具体地说,本实用新型涉及一种液流电池及太阳能电池和纯电动车相结合的液流电池太阳能电动车。

### 背景技术

[0002] 纯电动车作为传统汽油/柴油车辆的替代产品,具有能源可再生、能量效率高、零排放、低噪音等优势。现有纯电动车一般装备直流电动机作为动力,采用铅酸电池或锂电池作为储能装置,经过 8-10 小时的充电,可行驶 100 公里左右;存在充电时间长、续航能力差等问题,不利于电动车的推广普及。

[0003] 车载太阳能电池系统是提高电动车续航能力的有效手段之一。但现有车载太阳能电池系统光伏转化效率低,不足以提供车辆运行的全部电能,只能作为车载蓄电池的辅助能源。现有车载蓄电池对外供电时,太阳能电池系统无法对其进行充电,制约了能量的利用效率。

[0004] 液流电池系统是一种新型电能储存结构,现有液流电池根据电解液的不同可分为多硫化物-溴液流电池、锌溴液流电池及全钒液流电池等。液流电池系统包括一对电解液,分别储存在两独立容器中。液流电池放电时,两种电解液被分别泵至由选择性离子交换膜分隔的正负极反应室中,发生氧化还原反应,将化学能转化为电能;液流电池的充电为上述过程的逆过程。目前液流电池还未应用于电动车领域。

### 发明内容

[0005] 本实用新型所要解决的技术问题是克服了现有电动车存在充电时间长、续航能力差和现有车载太阳能电池系统光伏转化效率低,不足以提供车辆运行的全部电能的问题,提供了一种具有双反应室结构的液流电池系统与太阳能电池系统和纯电动车相结合能够实现更持久续航、更快速充电的液流电池太阳能电动车。

[0006] 为解决上述技术问题,本实用新型是采用如下技术方案实现的:所述的液流电池太阳能电动车,包括车身及附属设备、太阳能电池系统、底盘系统、直流电机系统、电控系统与具有双反应室结构的液流电池系统。

[0007] 所述的具有双反应室结构的液流电池系统包括正极储液容器、负极储液容器、正极电解液、负极电解液、正极泵、负极泵、放电反应室负极区、放电反应室正极区、充电反应室负极区与充电反应室正极区。

[0008] 正极电解液与负极电解液分别储存于正极储液容器与负极储液容器中,正极储液容器的出口端与正极泵的入口通过管路连接,正极泵的出口通过管路和放电反应室正极区的入口连通,放电反应室正极区的出口经管路与充电反应室正极区的入口连通,充电反应室正极区的出口与正极储液容器的入口端通过管路连通。负极储液容器的出口端与负极泵的入口通过管路连接,负极泵的出口通过管路和放电反应室负极区的入口连通,放电反应室负极区出口经管路与充电反应室负极区的入口连通,充电反应室负极区的出口与负极储

液容器的入口端通过管路连通。

[0009] 技术方案中所述的放电反应室负极区与放电反应室正极区是由 1 号选择性离子交换膜将放电反应室的内部空间分隔而成,放电反应室正极区与放电反应室负极区中分别安装一个电极,电极的伸出端通过电线和电控系统连接,放电反应室正极区的两端设置有正极电解液入口与正极电解液出口,放电反应室负极区的两端设置有负极电解液入口与负极电解液出口。所述的充电反应室负极区与充电反应室正极区是由 2 号选择性离子交换膜将充电反应室的内部空间分隔而成,充电反应室正极区与充电反应室负极区中分别安装一个电极,电极的伸出端可通过电线和电控系统连接,充电反应室负极区的两端设置有负极电解液入口与负极电解液出口,充电反应室正极区的两端设置有正极电解液入口与正极电解液出口;所述的电控系统包括液流电池放电控制模块、液流电池充电控制模块、直流电机控制模块、太阳能电池控制模块与交流电网充电控制模块。液流电池放电控制模块经导线分别和放电反应室正极区与放电反应室负极区连接。液流电池充电控制模块经导线分别和充电反应室正极区与充电反应室负极区连接。直流电机控制模块经导线与直流电机系统连接。太阳能电池控制模块经导线与太阳能电池系统连接。交流电网充电控制模块通过交流电接口与交流电网连接;所述的液流电池放电控制模块经导线分别和放电反应室正极区与放电反应室负极区连接是指:液流电池放电控制模块经导线分别和放电反应室正极区与放电反应室负极区中的石墨制成的电极连接。所述的液流电池充电控制模块经导线分别和充电反应室正极区与充电反应室负极区连接是指:液流电池充电控制模块经导线分别和充电反应室正极区与充电反应室负极区中的石墨制成的电极连接;所述的直流电机系统安装在底盘系统的前端,具有双反应室结构的液流电池系统安装在底盘系统的后端,太阳能电池系统安装在车顶上,电控系统安装在底盘系统的上,所述车身及附属设备与底盘系统与现有技术电动车通用。

[0010] 与现有技术相比本实用新型的有益效果是:

[0011] 1. 本实用新型所述的液流电池太阳能电动车采用具有双反应室结构的液流电池系统,电能以化学能的形式储存在正、负极电解液里,更换电解液即可快速恢复液流电池的供电能力,也就能够快速恢复电动车的续航能力,实现对电动车的快速充电。

[0012] 2. 本实用新型所述的液流电池太阳能电动车设置了太阳能电池系统,可在行驶及停放过程中将太阳能转化为电能,提高续航能力。

[0013] 3. 本实用新型所述的液流电池太阳能电动车所采用的液流电池系统具有放电反应室和充电反应室,电解液在一次工作循环中依次流经二者,放电反应和充电反应可在不同位置同时进行。液流电池系统对电机系统供电的同时,太阳能电池系统可对液流电池系统充电,提高了能量利用效率。

[0014] 4. 本实用新型所述的液流电池太阳能电动车所采用的液流电池系统中电解液浓度一定的情况下,电解液储存的电能和电解液重量成正比。短途行驶时可减少电解液的加载量,减少电动车负重,降低能耗。

#### 附图说明

[0015] 下面结合附图对本实用新型作进一步的说明:

[0016] 图 1 是本实用新型所述的液流电池太阳能电动车整体结构的示意图;

[0017] 图 2 是组成本实用新型所述的液流电池太阳能电动车的具有双反应室结构的液流电池系统的结构原理示意图。

[0018] 图 3 是电控系统各模块与其他系统的连接示意图。

[0019] 图中：1. 车身及附属设备, 2. 太阳能电池系统, 3. 具有双反应室结构的液流电池系统, 4. 正极储液容器, 5. 负极储液容器, 6. 正极电解液, 7. 负极电解液, 8. 管路, 9. 正极泵, 10. 负极泵, 11. 放电反应室, 12. 放电反应室负极区, 13. 1 号选择性离子交换膜, 14. 放电反应室正极区, 15. 充电反应室, 16. 充电反应室负极区, 17. 2 号选择性离子交换膜, 18. 充电反应室正极区, 19. 底盘系统, 20. 直流电机系统, 21. 导线, 22. 电控系统, 23. 液流电池放电控制模块, 24. 液流电池充电控制模块, 25. 直流电机控制模块, 26. 程序控制模块, 27. 太阳能电池控制模块, 28. 交流电网充电控制模块, 29. 交流电接口。

### 具体实施方式

[0020] 下面结合附图对本实用新型作详细的描述：

[0021] 本实用新型所述的液流电池太阳能电动车包括车身及附属设备 1、太阳能电池系统 2、具有双反应室结构的液流电池系统 3、底盘系统 19、直流电机系统 20、导线 21 与电控系统 22。

[0022] 参阅图 1, 直流电机系统 20 与具有双反应室结构的液流电池系统 3 分置底盘系统 19 的前、后端。太阳能电池系统 2 置于车顶。具有双反应室结构的液流电池系统 3、直流电机系统 20、太阳能电池系统 2 分别通过导线 21 与电控系统 22 连接。电动车上其余构件如车身外壳、内饰等构成车身及附属设备 1。所述车身及附属设备 1 与现有电动车通用。所述底盘系统 19 与现有电动车通用。

[0023] 参阅图 2, 具有双反应室结构的液流电池系统 3 包括正极储液容器 4、负极储液容器 5、正极电解液 6、负极电解液 7、管路 8、正极泵 9、负极泵 10、放电反应室 11、放电反应室负极区 12、1 号选择性离子交换膜 13、放电反应室正极区 14、充电反应室 15、充电反应室负极区 16、2 号选择性离子交换膜 17 与充电反应室正极区 18。

[0024] 所述的放电反应室 11 采用不锈钢制成的一个容器, 放电反应室 11 的内部采用 1 号选择性离子交换膜 13 分隔为放电反应室正极区 14 与放电反应室负极区 12, 放电反应室正极区 14 与放电反应室负极区 12 中分别安装有由材质为石墨制成的一个电极, 石墨的电极一端可通过电线 21 和电控系统 22 中的液流电池放电控制模块 23 连接。放电反应室正极区 14 的两端设置有正极电解液 6 入口与正极电解液 6 出口, 放电反应室负极区 12 的两端也设置有负极电解液 7 入口与负极电解液 7 出口。所述 1 号选择性离子交换膜 13 为一种与所选电解液配合使用的结构件, 它仅允许特定离子通过以实现所需电化学反应的一种膜。本专利中采用钒电解液, 使用的是美国杜邦公司生产的 Nafion 膜。

[0025] 所述的充电反应室 15 也是采用不锈钢制成的一个容器, 充电反应室 15 的内部采用 2 号选择性离子交换膜 17 分隔为充电反应室负极区 16 与充电反应室正极区 18, 充电反应室正极区 18 与充电反应室负极区 16 中分别安装有由石墨制成的一个电极, 石墨的电极一端可通过电线 21 和电控系统 22 中的液流电池充电控制模块 24 连接。充电反应室负极区 16 的两端设置有负极电解液 7 入口与负极电解液 7 出口, 充电反应室正极区 18 的两端也设置有正极电解液 6 入口与正极电解液 6 出口。所述 2 号选择性离子交换膜 17 为一种

与所选电解液配合使用的结构件,它是仅允许特定离子通过以实现所需电化学反应的一种膜。本专利中采用钒电解液,使用的是美国杜邦公司生产的 Nafion 膜。

[0026] 无论是放电反应室 11 还是充电反应室 15,1 号选择性离子交换膜 13 与 2 号选择性离子交换膜 17 都是夹在由不锈钢材料制成的放电反应室 11 与充电反应室 15 的两个半壳体之间。放电反应室 11 与充电反应室 15 各自的两个半壳体上刻有流道及安装 1 号选择性离子交换膜 13 与 2 号选择性离子交换膜 17 的槽;放电反应室 11 与充电反应室 15 的两个半壳体的四周通过螺栓紧密连接,结合面涂密封胶。1 号选择性离子交换膜 13 与 2 号选择性离子交换膜 17 即固定在安装槽中。放电反应室 11 与充电反应室 15 各自的两个半壳体上的流道形成反应室,即由 1 号选择性离子交换膜 13 与 2 号选择性离子交换膜 17 分隔为正负两部分。放电反应室 11 与充电反应室 15 可根据电压或电流的需要任意串联或并联。

[0027] 所述的正极电解液 6 与负极电解液 7 为一对可发生氧化还原反应的反应时可将化学能转化为电能的且反应过程可逆的活性物质的溶液,通常采用多硫化物-溴化物溶液、锌溴化合物溶液与钒化合物溶液等。本实用新型的实施例中采用钒氧化物溶液。

[0028] 正极电解液 6 与负极电解液 7 分别储存于正极储液容器 4 与负极储液容器 5 中。正极储液容器 4 的出口端与正极泵 9 的入口通过管路 8 连接,正极泵 9 的出口通过管路 8 和放电反应室 11 中的放电反应室正极区 14 的入口连通。负极储液容器 5 的出口端与负极泵 10 的入口通过管路 8 连接,负极泵 10 的出口通过管路 8 和放电反应室 11 中的放电反应室负极区 12 的入口连通。放电反应室正极区 14 出口经管路 8 与充电反应室 15 中的充电反应室正极区 18 的入口连通。放电反应室负极区 12 出口经管路 8 与充电反应室 15 中的充电反应室负极区 16 的入口连通。充电反应室正极区 18 的出口与正极储液容器 4 的入口端通过管路 8 连通,充电反应室负极区 16 的出口与负极储液容器 5 的入口端通过管路 8 连通。正极储液容器 4、负极储液容器 5 与管路 8 由耐腐蚀的材料制成,不能与正极电解液 6、负极电解液 7 发生化学反应。本专利中的正极储液容器 4、负极储液容器 5 及管路 8 采用不锈钢材料制成,内表面经过强化防酸处理。管路 8 通过螺纹将正极储液容器 4、负极储液容器 5、正极泵 9、负极泵 10、放电反应室 11 与充电反应室 15 按要求连接起来,连接处通过密封圈密封。

[0029] 参阅图 3,电控系统 22 由液流电池放电控制模块 23、液流电池充电控制模块 24、直流电机控制模块 25、程序控制模块 26、太阳能电池控制模块 27 与交流电网充电控制模块 28 组成。电控系统 22 中各控制模块仅根据功能区分,各控制模块可以是分离的独立的电路板,也可以是整合的一块电路板。各部分的功能均可通过现有技术实现,例如直流电机控制模块,即可采用现有电动车电机控制器。

[0030] 液流电池放电控制模块 23 可根据需要液流电池系统 3 的放电功率。液流电池系统 3 放电电流与正极电解液 6 与负极电解液 7 的活性物质浓度及流速有关。放电功率可通过正极泵 9 与负极泵 10 的流速调整。

[0031] 液流电池充电控制模块 24 对液流电池系统 3 进行充电。分为太阳能充电和交流电网两种充电模式,其中,太阳能充电模式可以实现电动车行进中充电。

[0032] 直流电机控制模块 25 控制直流电机系统 20 的转速及功率,驱动电动车行进,满足不同路况及驾驶需要。

[0033] 程序控制模块 26 是电控系统 22 的核心,内置控制程序,综合监测电动车各部分运

行状况,根据驾驶员指令,对各模块进行控制。

[0034] 太阳能电池控制模块 27 具有太阳能电池系统 2 最大功率跟踪 (MPPT) 功能,将太阳能电池系统 2 吸收的太阳能最大程度转化为电能。同时太阳能电池控制模块 27 与液流电池充电控制模块 24 连接,可在行车或停车时对液流电池进行充电。

[0035] 交流电网充电控制模块 28 具有变压整流功能,将交流电网中的电输入液流电池充电控制模块 24,可在停车时对液流电池系统进行深度充电。

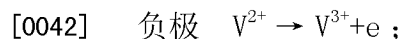
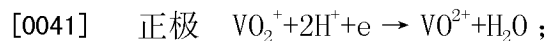
[0036] 具有双反应室结构的液流电池系统 3 中安装在放电反应室正极区 14 与放电反应室负极区 12 中的电极经导线 21 和电控系统 22 中的液流电池放电控制模块 23 连接,安装在充电反应室正极区 18 与充电反应室负极区 16 中的电极经导线 21 和电控系统 22 中的液流电池充电控制模块 24 连接。直流电机系统 20 经导线 21 与电控系统 22 中的直流电机控制模块 25 连接。太阳能电池系统 2 经导线 21 与电控系统 22 中的太阳能电池控制模块 27 连接。电控系统 22 中的交流电网充电控制模块 28 通过交流电接口 29 与交流电网连接。电控系统 22 中的各个控制模块由程序控制模块 26 统一管理。电控系统 22 兼有监测电动车系统状态和液流电池剩余电量的功能。

[0037] 液流电池太阳能电动车的工作原理:

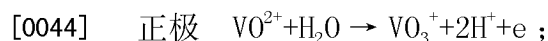
[0038] 参阅图 3,现有液流电池基本结构和工作原理类似,根据电解液的不同可分为多硫化物-溴液流电池、锌溴液流电池及全钒液流电池等。下面以全钒氧化还原液流电池为例,介绍本实用新型所述的液流电池太阳能电动车的工作原理。

[0039] 全钒氧化还原液流电池基于溶于酸性电解液的钒的不同离子状态间电子的转移而工作。液流电池广泛采用石墨毡电极。电解液由适当酸性的硫酸和钒离子制成。 $V^{2+}/V^{3+}$  溶于负极电解液 7,  $V^{5+}/V^{4+}$  溶于正极电解液 6。1 号选择性离子交换膜 13 与 2 号选择性离子交换膜 17 为质子交换膜,用于仅允许氢离子通过,完成电回路,保持正极电解液 6 与负极电解液 7 的电中性。

[0040] 正极电解液 6 在正极泵 9 的作用下经管路 8 进入放电反应室的正极区 14,负极电解液 7 在负极泵 10 的作用下经管路 8 进入放电反应室的负极区 12,二者在放电反应室 11 中发生如下电化学反应:



[0043] 该反应将化学能转化为电能,再将电能输送到电控系统 22 中,经电控系统 22 调节为合适的电压输出至直流电机系统 20,驱动电动车行驶。放电反应过程中,输出电能的功率由电解液浓度、反应物质活性及电解液流速决定。完成反应的正极电解液 6 中的部分  $V^{5+}$  被还原成  $V^{4+}$ ,负极电解液 7 中的部分  $V^{2+}$  被氧化成  $V^{3+}$ 。正极电解液 6、负极电解液 7 经管路分别进入充电反应室 15 中的充电反应室正极区 18、充电反应室负极区 16 中,二者在充电反应室 15 中发生如下电化学反应:



[0046] 充电反应中,正极电解液 6 中的部分  $V^{4+}$  被氧化成  $V^{5+}$ ,负极电解液 7 中的部分  $V^{3+}$  被还原成  $V^{2+}$ 。该过程将电能转化为化学能储存在正负极电解液中。正极电解液 6、负极电解液 7 流出充电反应室 15,分别回到正极储液容器 4、负极储液容器 5 中,准备进入下一工



作循环。充电过程中由电控系统 22 为具有双反应室结构的液流电池系统 3 供电。电控系统 22 的电能不能来自太阳能电池系统 2,也可来自电控系统 22 外接的交流电源。

[0047] 使用太阳能电池系统 2 作为充电电源时,具有双反应室结构的液流电池系统 3 的放电过程和充电过程可同时进行,从而使本实用新型所述的液流电池太阳能电动车在行驶过程中将太阳能转化为电能并储存在具有双反应室结构的液流电池系统 3 中,增加续航里程;太阳能电池控制模块 27 具有太阳能电池最大功率跟踪 (MPPT) 功能,可使光伏效率达到最优。使用市交流电源充电时,电控系统 22 的交流电网充电模块 28 具有变压整流作用,可对具有双反应室结构的液流电池系统 3 进行深度充电。更重要的是,本实用新型可实现液流电池太阳能电动车快速充电,即整体更换正极电解液 6 与负极电解液 7。将已深度放电的正极电解液 6 与负极电解液 7 清空,注入具有高化学能的新的正极电解液 6 与负极电解液 7,可在极短时间内使本实用新型所述的液流电池太阳能电动车恢复行驶能力。更换下来的电解液可使用市交流电源进行电解充电供下次使用。

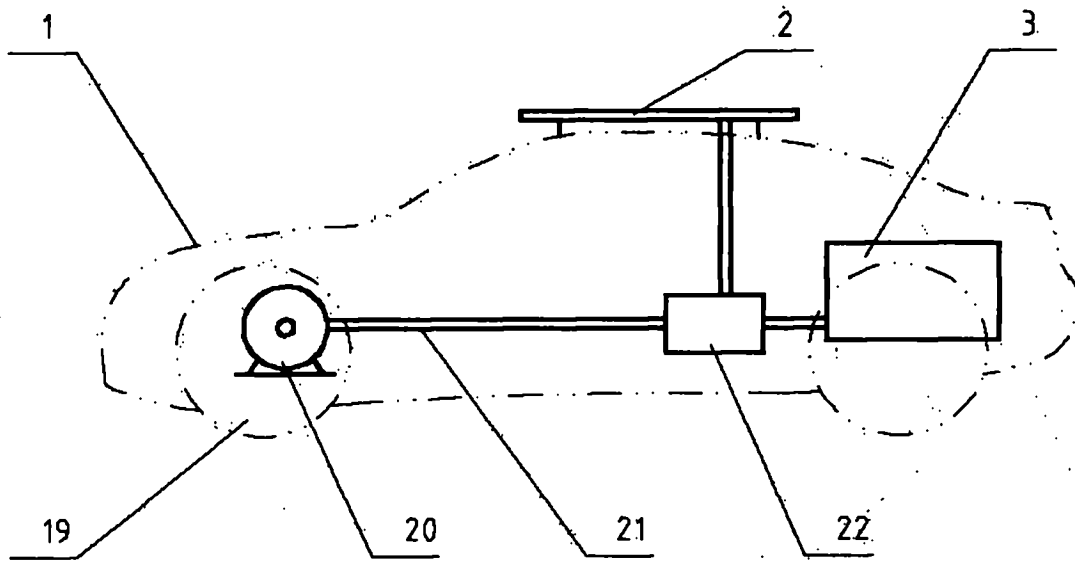


图 1

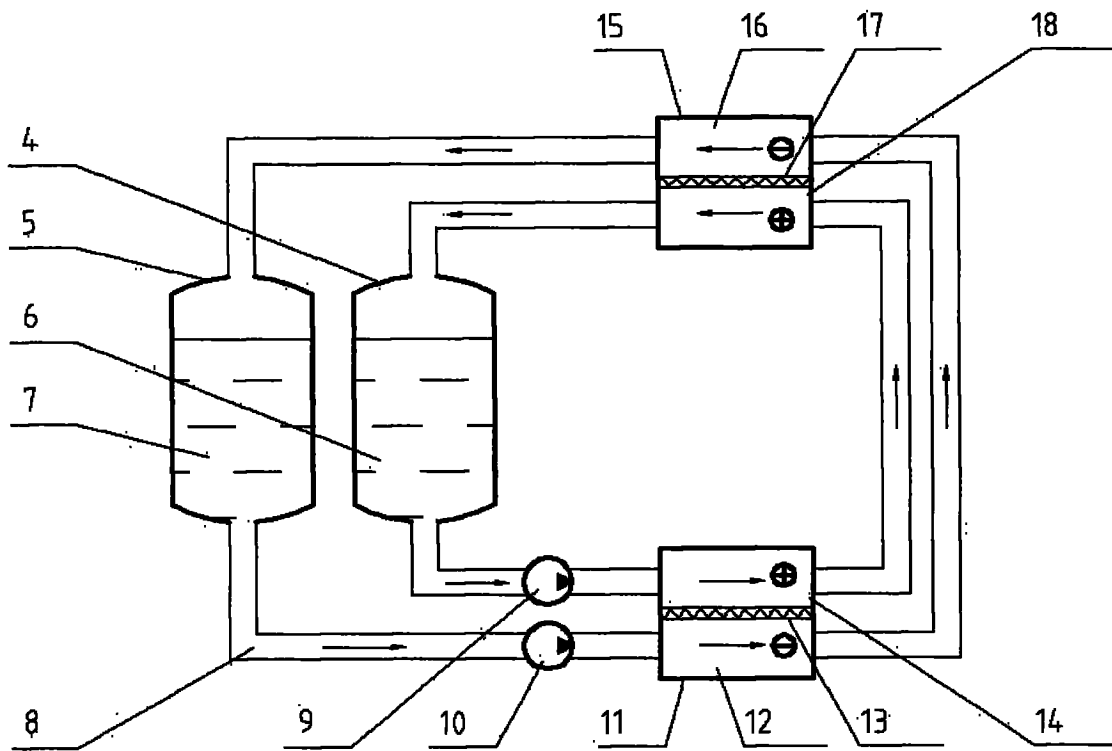


图 2

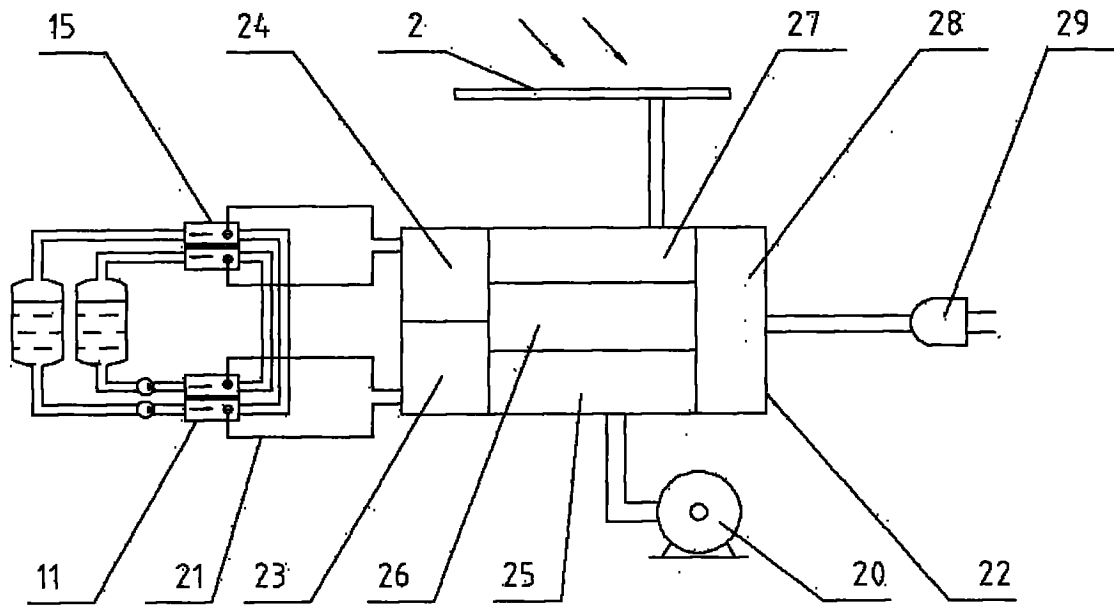


图 3