



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108615961 B

(45)授权公告日 2020.02.07

(21)申请号 201810446448.4

H01M 8/2455(2016.01)

(22)申请日 2018.05.11

H02J 15/00(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

审查员 樊正海

申请公布号 CN 108615961 A

(43)申请公布日 2018.10.02

(73)专利权人 西安交通大学

地址 710049 陕西省西安市碑林区咸宁西路28号

(72)发明人 李印实 王睿

(74)专利代理机构 西安智大知识产权代理事务所

所 61215

代理人 张震国

(51)Int.Cl.

H01M 16/00(2006.01)

H01M 8/18(2006.01)

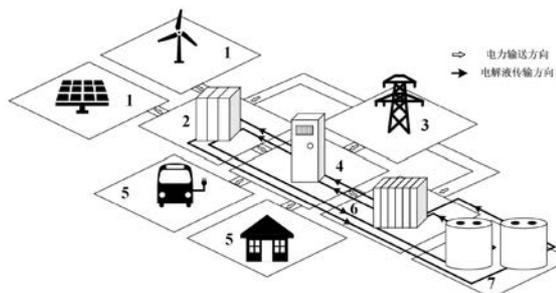
权利要求书4页 说明书10页 附图3页

(54)发明名称

一种梯次互补电-热平衡储电充电系统及方法

(57)摘要

一种梯次互补电-热平衡储电充电系统及方法,包括可再生能源入口侧、液流电池堆、电网入口侧、电流转换装置、电力出口侧、蓄电池堆、液流电池储液罐等单元。系统在工作过程中电力梯次互补稳定持续输出、热量内外平衡节能高效。系统通过液流电池与蓄电池的协同运行,在蓄电池衰减失活导致荷电状态不佳甚至停机时液流电池作为可控的补充储电单元对系统放电进行梯次补充,维持供电侧电力的持续稳定供给。同时系统以液流电池电解液循环管路作为热平衡管路,通过电解液在蓄电池堆、电流转换装置、液流电池堆、储液罐间的流动实现系统内部热量的平衡,通过储液罐保温罐、冷却罐两部分电解液之间的调配实现系统内部温差及外界环境温差的热调整。



1. 一种梯次互补电-热平衡储电充电系统,其特征在于:包括充电入口侧与可再生能源电力系统(1)、电网(3)相连的液流电池堆(2)、电流转换装置(4)和蓄电池堆(6),所述的液流电池堆(2)和蓄电池堆(6)的电力输出侧分别与电流转换装置(4)相连,电流转换装置(4)的电力输出端与用电设备(5)相连,所述的液流电池堆(2)的电解液出口经电解液循环热平衡管路依次与液流电池储液罐(7)、蓄电池堆(6)、电流转换装置(4)相连接构成闭合循环回路。

2. 根据权利要求1所述的梯次互补电-热平衡储电充电系统,其特征在于:所述的液流电池堆包括液流电池集流板(27)、液流电池正极(24)、液流电池交换膜(25)和液流电池负极(26),液流电池集流板(27)位于液流电池正极(24)和液流电池负极(26)两侧,液流电池正极(24)和液流电池负极(26)通过液流电池交换膜(25)相连,液流电池正极(24)和液流电池负极(26)上还分别连接有与液流电池储液罐(7)相连的液流电池正极电解液出口循环热平衡管路(22-1)、液流电池负极电解液出口循环热平衡管路(23-1)。

3. 根据权利要求1或2所述的梯次互补电-热平衡储电充电系统,其特征在于:所述的液流电池堆(2)的电解液采用具有氧化还原特性的电解液即含有氧化还原电对 V^{4+}/V^{5+} 、 V^{2+}/V^{3+} 、 Cr^{2+}/Cr^{3+} 、 Fe^{2+}/Fe^{3+} 、 Mn^{2+}/Mn^{3+} 的无机电解液、基于咯嗪、硝酰自由基或醌类的有机电解液、含有硫化锂、钛酸锂、锂镍锰氧化物或高分子聚合物的纳米流体电解液。

4. 根据权利要求2所述的梯次互补电-热平衡储电充电系统,其特征在于:所述的液流电池集流板(27)为导电的金属或碳材料,所述的液流电池正极(24)采用具有多孔结构的导电金属材料或碳材料,所述的液流电池交换膜(25)采用阳离子交换膜、阴离子交换膜或中性交换膜,所述的液流电池负极(26)采用具有多孔结构的导电金属材料或碳材料。

5. 根据权利要求1或2所述的梯次互补电-热平衡储电充电系统,其特征在于:所述的液流电池储液罐(7)包括与液流电池正极电解液出口循环热平衡管路(22-1)相连的带有液流电池储液罐入口控制阀(71)的液流电池正极电解液储液罐保温罐(72)和液流电池正极电解液储液罐冷却罐(73),与液流电池负极电解液出口循环热平衡管路(23-1)相连的带有液流电池储液罐入口控制阀(71)的液流电池负极电解液储液罐保温罐(74)、液流电池负极电解液储液罐保温罐(75),所述的液流电池正极电解液储液罐保温罐(72)和液流电池正极电解液储液罐冷却罐(73)、液流电池负极电解液储液罐保温罐(74)和液流电池负极电解液储液罐保温罐(75)的出口通过缠绕在蓄电池堆(6)和电流转换装置(4)外侧的带液流电池堆控制阀(21)的液流电池正极电解液入口循环热平衡管路(22)、液流电池负极电解液入口循环热平衡管路(23)与液流电池正极(24)和液流电池负极(26)相连,且在液流电池正极电解液储液罐保温罐(72)和液流电池正极电解液储液罐冷却罐(73)、液流电池负极电解液储液罐保温罐(74)和液流电池负极电解液储液罐保温罐(75)的出口管路上还安装有、液流电池正极电解液循环泵(76)、液流电池负极电解液循环泵(77)。

6. 根据权利要求5所述的梯次互补电-热平衡储电充电系统,其特征在于,所述的液流电池正极电解液储液罐保温罐(72)、液流电池负极电解液储液罐保温罐(74)采用具有保温功能的压力容器,其外壁由保温材料或保温结构组成,所述的液流电池正极电解液储液罐冷却罐(73)、液流电池负极电解液储液罐冷却罐(75)采用具有散热功能的压力容器,其外壁为高热导率的金属、石墨材料或高散热面积的热管、翅片结构。

7. 根据权利要求1所述的梯次互补电-热平衡储电充电系统,其特征在于:所述的电流

转换装置(4)采用直流-直流电流转换装置、直流-交流电流转换装置或交流-交流电流转换装置。

8.根据权利要求1所述的梯次互补电-热平衡储电充电系统,其特征在于:所述的蓄电池堆(6)采用铅酸蓄电池、镍氢电池、锂离子电池或废旧锂电池组成的电堆。

9.一种利用权利要求1所述梯次互补电-热平衡储电充电系统的梯次互补电-热平衡储电充电方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤S100:系统多样充电及双重热平衡:

系统充电包括三种方式:通过电网直接充电、通过可再生能源直接充电、直接更换充电后的电解液,通过这三种方式实现充电的多样化;

1)通过电网或可再生能源电力系统直接充电:电网(3)或可再生能源电力系统(1)的电流进入液流电池堆控制阀(21)全开,液流电池正、负极电解液在液流电池正、负极电解液循环泵(76、77)作用下流经蓄电池堆(6)、电流转换装置(4)进入液流电池堆(2)再回流至液流电池正、负极电解液储液罐中进行循环,充电后的正极电解液进入液流电池正极(24)发生氧化反应失去电子、充电后的负极电解液进入液流电池负极(26)发生还原反应得到电子完成对液流电池(2)正负极电解液的充电,同时来自电网(3)或可再生能源电力系统的电流传递至蓄电池堆(6)完成对蓄电池堆(6)的充电;

2)直接更换充电后的电解液:将充电后的电解液直接装入液流电池正、负极电解液储液罐中,液流电池堆控制阀(21)全开,液流电池正、负极电解液在液流电池正、负极电解液循环泵(76、77)作用下流经蓄电池堆(6)、电流转换装置(4)进入液流电池堆(2)再回流至液流电池正、负极电解液储液罐中循环,其中充电后的正极电解液进入液流电池正极(24)发生还原反应得到电子、充电后的负极电解液进入液流电池负极(26)发生氧化反应失去电子开始液流电池堆(2)的放电,电流通过电力输送网络传递至蓄电池堆(6)完成对蓄电池(6)充电;

系统热平衡包括两种方式:工作单元过热时的热平衡,工作单元启动或运行温度过低时的热平衡,通过这两种方式实现系统的热力互补平衡:

工作单元过热时的热平衡:在上述充电过程中蓄电池堆(6)均产生大量废热,液流电池正极电解液,负极电解液在循环过程中分别从液流电池正极电解液储液罐冷却罐(73)、液流电池负极电解液储液罐冷却罐(75)流出,流经蓄电池堆(6)进行热量交换带走蓄电池(6)多余的热量,升温后的电解液流入液流电池堆(2)提升液流电池工作效率,最终流入液流电池正极电解液储液罐保温罐(72)、液流电池负极电解液储液罐保温罐(74)进行保温,以备温度过低时系统升温所需;

工作单元启动或运行温度过低时的热平衡:在系统外界环境温度过低时,液流电池电解液在循环过程中从液流电池正极电解液、负极电解液分别从液流电池正极电解液储液罐保温罐(72)、液流电池负极电解液储液罐保温罐(74)流出,流经蓄电池堆(6)进行热量交换为蓄电池堆(6)供给热量,同时,降温后的电解液流入液流电池正极电解液储液罐冷却罐(73)、液流电池负极电解液储液罐冷却罐(75)进行冷却,以备系统温度过高时降温所需;

步骤S200:系统梯次放电平衡及内外热平衡:

系统放电:蓄电池堆通过电流转换装置直接放电,蓄电池堆与液流电池堆梯次互补放电,液流电池堆紧急情况全开放电:

蓄电池堆通过电流转换装置直接放电:连接蓄电池堆(6)电路,蓄电池堆(6)产生的电流直接进入电流转换装置(4)实现转换进入电力设备(5)对应的用电单元实现系统放电;

蓄电池堆与液流电池堆梯次互补放电:在蓄电池堆(6)荷电状态不佳时,液流电池堆(2)作为补充储电单位参与放电,即根据蓄电池堆(6)荷电状态选择打开液流电池堆控制阀(21)数量控制液流电池堆(2)参与氧化还原的单电池单元,液流电池正极电解液、液流电池负极电解液在液流电池正极电解液循环泵(76)、液流电池负极电解液循环泵(77)的作用下流经蓄电池堆(6)、电流转换装置(4)进入液流电池堆(2)再回流至液流电池正极储液罐(72-73)、液流电池负极储液罐(74-75)中进行循环,其中充电后的正极电解液进入液流电池正极(24)发生还原反应得到电子、充电后的负极电解液进入液流电池负极(26)发生氧化反应失去电子开始液流电池堆(2)的放电,液流电池堆(2)、蓄电池堆(6)产生的电流进入电流转换装置(4)实现转换进入电力设备(5)对应的用电单元实现系统放电;

液流电池紧急情况全开放电:在蓄电池堆(6)、可再生能源电力系统(1)或电网(3)发生故障造成停电断电事故时,液流电池堆控制阀(21)全开,液流电池正极电解液、液流电池负极电解液在液流电池正极电解液循环泵(76)、液流电池负极电解液循环泵(77)的作用下流经蓄电池堆(6)、电流转换装置(4)进入液流电池堆(2)再回流至液流电池正极储液罐(72-73)、液流电池负极储液罐(74-75)中进行循环,充电后的正极电解液进入液流电池正极(24)发生还原反应得到电子、充电后的负极电解液进入液流电池负极(26)发生氧化反应失去电子开始液流电池堆(2)的放电,液流电池堆(2)产生的电流进入电流转换装置(4)实现转换进入电力设备(5)对应的用电单元实现系统放电;

系统热平衡包括两种方式:工作单元过热时的热平衡,工作单元启动或运行温度过低时的热平衡,通过这两种方式实现系统的热力互补平衡:

工作单元过热时的热平衡:在蓄电池堆通过电流转换装置直接放电这种过程中,正极电解液、负极电解液分别由液流电池正极电解液储液罐冷却罐(73)、液流电池负极电解液储液罐冷却罐(75)流出,流经蓄电池(6)、电流转换装置(4)进行热量交换带走蓄电池(6)和电流转换装置(4)多余的热量,并回流至液流电池正极电解液储液罐保温罐(72)、液流电池负极电解液储液罐保温罐(74);

在蓄电池堆与液流电池梯次互补放电、液流电池紧急情况全开放电这两种过程中,液流电池电解液流入液流电池堆的支路根据放电需要选择打开数量,正极电解液、负极电解液在循环过程中分别由液流电池正极电解液储液罐冷却罐(73)、液流电池负极电解液储液罐冷却罐(75)流出,流经蓄电池(6)和电流转换装置(4)进行热量交换带走蓄电池(6)和电流转换装置(4)多余的热量,液流电池电解液流入液流电池堆(2)发生氧化还原反应,升温后的电解液有利于氧化还原反应的进行,并回流至液流电池正极电解液储液罐保温罐(72)、液流电池负极电解液储液罐保温罐(74),通过电解液将蓄电池堆(6)和电流转换装置(4)充电中产生的热量传递到液流电池堆(2);

工作单元启动或运行温度过低时的热平衡:

在蓄电池堆通过电流转换装置直接放电过程中,液流电池电解液循环过程正极电解液、负极电解液分别由液流电池正极电解液储液罐保温罐(72)、液流电池负极电解液储液罐保温罐(74)流出,流经蓄电池(6)、电流转换装置(4)进行热量交换为蓄电池(6)和电流转换装置(4)提供热量,并回流至液流电池正极电解液储液罐冷却罐(73)、液流电池负极电

液储液罐冷却罐 (75) 以备温度过低时系统升温所需;

在蓄电池堆与液流电池梯次互补放电、液流电池紧急情况全开放电这两种过程中,液流电池正极电解液、负极电解液在循环过程中分别由液流电池正极电解液储液罐保温罐 (72)、液流电池负极电解液储液罐保温罐 (74) 流出,流经蓄电池堆 (6) 和电流转换装置 (4) 为蓄电池堆 (6)、电流转换装置 (4) 提供热量,液流电池电解液流入液流电池堆 (2) 发生氧化还原反应,并回流至液流电池正极电解液储液罐冷却罐 (73)、液流电池负极电解液储液罐冷却罐 (75) 进行冷却,以备温度过高时降温所需。

一种梯次互补电-热平衡储电充电系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种充电系统及方法,具体涉及一种梯次互补电-热平衡储电充电系统及方法。

背景技术

[0002] 随着新能源利用技术的不断发展,新能源汽车在世界范围内尤其是中国迎来了大发展。在技术和政策的双重支持下,我国新能源汽车尤其是纯电动汽车每年以近30 万辆的增速持续增长。大量纯电动汽车的出现意味着我国对充电桩及充换电站的需求 越来越大,目前国内充电设施与新能源汽车保有量的比例维持在1:4左右,与标准化 的1:1相差甚远。

[0003] 目前市场上充换电站主要通过充电桩作为主要电流转换装置,其结构相对简单,主要由输入、输出和控制三个部分组成,按照充电方式可分为直流充电桩、交流充电桩和交直流一体充电桩三种。这三种充电设备都需要依赖于电网提供即时的电力,这在对电网带来很大的用电压力的同时,也会因电网“限电”“停电”等问题影响其稳定运行。同时,充换电站在运行过程中其内部换流器尤其是变压装置在运行过程中会产生 大量的热量,废热的产生在造成能源浪费的同时也在很大程度上影响着充电桩的工作 效率和使用寿命,外界环境温度的变化也对系统的稳定运行带来了很大困难。另外,由于充换电站依托于固定的电力网络,其使用范围局限于某一固定区域,针对一些电 网未能达到的区域诸如边疆、荒岛等,充换电站也都得不到稳定便捷的使用。

[0004] 随着电网调峰需求及太阳能、风能等具有间歇性、不稳定性的可再生能源技术的发展,储能技术也逐渐应用于充换电系统中。储能技术能够对传统闲时电网的储能能 够很好的起到调峰的作用,同时对可再生能源的储能能够保证电力持续均匀的输出。当前电池储能技术中,充放电系统一般应用铅酸蓄电池、镍氢电池、锂离子电池等,这类技术在运行过程中往往产生大量的废热造成电力浪费的同时严重影响其工作效率,同时其运行过程中荷电状态的变化、停电断电等突发情况和电池寿命的衰减都不能够得到及时有效的补充解决,这也严重影响了储电充电系统的发展和大规模应用。

[0005] 近几年,我国先后出台了《节能与新能源汽车产业发展规划(2012-2020)》《关于加快新能源汽车推广应用的指导意见》《电动汽车动力蓄电池回收利用技术政策(2015年版)》《新能源汽车废旧动力蓄电池综合利用行业规范条件》《新能源汽车废旧动力蓄电池综合利用行业规范公告管理暂行办法》等多项政策文件,要求加强 动力锂电池梯级利用和回收管理、研究制定动力锂电池回收利用政策、建立健全废旧 动力锂电池循环利用体系、加强行业管理与回收监管等,但由于利用过程中废热多、效率低、寿命短等问题,动力锂电池等电池回收利用问题尚未真正有效落实。

[0006] 液流电池技术是一种新型储能技术,其通过溶解在循环的电解液中活性物质电子的得失(价态变化)进行“电能-化学能-电能”的转化,进而实现电能的储存与释放。相对于其他储能技术,液流电池具有输出功率与容量相互独立、系统设计灵活、响应 速度快、自放电速率低、充放电过程相互独立及使用寿命长等优点,在储能领域得到 了越来越多的应

用。但是,液流电池循环过程中能量效率相对较低,温度的适当升高能够有效提升电池的工作效率,升温过程带来的额外功耗也影响着液流电池的工作成本。

[0007] 传统电流转换装置依赖于电网实时供电同时产生的废热严重影响其工作效率,传统电池储能技术及废旧储电电池运行中电能补充不便捷灵活、寿命低、同样产生废热影响工作效率,液流电池电解液能量密度低不适用与小规模储能、工作效率较低需要适当升温提升效率,充放电系统在启动或运行过程中外界环境温度的变化对系统安全启动稳定运行带来了很大的挑战,这四类问题一直影响着其技术的进一步发展应用。因此,一种电力互补、热量平衡、高效稳定、适应性强的充电系统亟待出现。

发明内容

[0008] 本发明的目的在于提供一种在运行过程中电力梯次互补稳定持续输出、热量内外平衡节能高效运行的梯次互补电-热平衡储电充电系统及方法。

[0009] 为达到上述目的,本发明的系统包括:包括充电入口侧与可再生能源电力系统、电网相连的液流电池堆、电流转换装置和蓄电池堆,所述的液流电池堆和蓄电池堆的电力输出侧分别与电流转换装置相连,电流转换装置的电力输出端与用电设备相连,所述的液流电池堆的电解液出口经电解液循环热平衡管路依次与液流电池储液罐、蓄电池堆、电流转换装置相连接构成闭合循环回路。

[0010] 所述的液流电池堆包括液流电池集流板、液流电池正极、液流电池交换膜和液流电池负极,液流电池集流板位于液流电池正极和液流电池负极两侧,液流电池正极和液流电池负极通过液流电池交换膜相连,液流电池正极和液流电池负极上还分别连接有与液流电池储液罐相连的液流电池正极电解液出口循环热平衡管路、液流电池负极电解液出口循环热平衡管路。

[0011] 所述的液流电池堆的电解液采用具有氧化还原特性的电解液即含有氧化还原电对 V^{4+}/V^{5+} 、 V^{2+}/V^{3+} 、 Cr^{2+}/Cr^{3+} 、 Fe^{2+}/Fe^{3+} 、 Mn^{2+}/Mn^{3+} 的无机电解液、基于咯嗪、硝酰自由基或醌类的有机电解液、含有硫化锂、钛酸锂、锂镍锰氧化物或高分子聚合物的纳米流体电解液。

[0012] 所述的液流电池集流板为导电的金属或碳材料,所述的液流电池正极采用具有多孔结构的导电金属材料或碳材料,所述的液流电池交换膜采用阳离子交换膜、阴离子交换膜或中性交换膜,所述的液流电池负极采用具有多孔结构的导电金属材料或碳材料。

[0013] 所述的液流电池储液罐包括与液流电池正极电解液出口循环热平衡管路相连的带有液流电池储液罐入口控制阀的液流电池正极电解液储液罐保温罐和液流电池正极电解液储液罐冷却罐,与液流电池负极电解液出口循环热平衡管路相连的带有液流电池储液罐入口控制阀的液流电池负极电解液储液罐保温罐、液流电池负极电解液储液罐保温罐,所述的液流电池正极电解液储液罐保温罐和液流电池正极电解液储液罐冷却罐、液流电池负极电解液储液罐保温罐和液流电池负极电解液储液罐保温罐的出口通过缠绕在蓄电池堆和电流转换装置外侧的带液流电池堆控制阀的液流电池正极电解液入口循环热平衡管路、液流电池负极电解液入口循环热平衡管路与液流电池正极和液流电池负极相连,且在液流电池正极电解液储液罐保温罐和液流电池正极电解液储液罐冷却罐、液流电池负极电解液储液罐保温罐和液流电池负极电解液储液罐保温罐的出口管路上还安装有、液流电池正极电解液循环泵、液流电池负极电解液循环泵。

[0014] 所述的液流电池正极电解液储液罐保温罐、液流电池负极电解液储液罐保温罐采用具有保温功能的压力容器,其外壁由保温材料或保温结构组成,所述的液流电池正极电解液储液罐冷却罐、液流电池负极电解液储液罐冷却罐采用具有散热功能的压力容器,其外壁为高热导率的金属、石墨材料或高散热面积的热管、翅片结构。

[0015] 所述的电流转换装置采用直流-直流电流转换装置、直流-交流电流转换装置或交流-交流电流转换装置。

[0016] 所述的蓄电池堆采用铅酸蓄电池、镍氢电池、锂离子电池或废旧锂电池组成的电堆。

[0017] 本发明的梯次互补电-热平衡储电充电方法包括以下步骤:

[0018] 步骤S100:系统多样充电及双重热平衡:

[0019] 系统充电包括三种方式:通过电网直接充电、通过可再生能源直接充电、直接更换充电后的电解液,通过这三种方式实现充电的多样化;

[0020] 1) 通过电网或可再生能源电力系统直接充电:电网或可再生能源电力系统的电流进入液流电池堆控制阀全开,液流电池正、负极电解液在液流电池正、负极电解液循环泵作用下流经蓄电池堆、电流转换装置进入液流电池堆再回流至液流电池正、负极电解液储液罐中进行循环,充电后的正极电解液进入液流电池正极发生氧化反应失去电子、充电后的负极电解液进入液流电池负极发生还原反应得到电子完成对液流电池正负极电解液的充电,同时来自电网或可再生能源电力系统的电流传递至蓄电池堆完成对蓄电池堆的充电;

[0021] 2) 直接更换充电后的电解液:将充电后的电解液直接装入液流电池正、负极电解液储液罐中,液流电池堆控制阀全开,液流电池正、负极电解液在液流电池正、负极电解液循环泵作用下流经蓄电池堆、电流转换装置进入液流电池堆再回流至液流电池正、负极电解液储液罐中循环,其中充电后的正极电解液进入液流电池正极发生还原反应得到电子、充电后的负极电解液进入液流电池负极发生氧化反应失去电子开始液流电池堆的放电,电流通过电力输送网络传递至蓄电池堆完成对蓄电池充电;

[0022] 系统热平衡包括两种方式:工作单元过热时的热平衡,工作单元启动或运行温度过低时的热平衡,通过这两种方式实现系统的热力互补平衡:

[0023] 工作单元过热时的热平衡:在上述充电过程中蓄电池堆均产生大量废热,液流电池正极电解液,负极电解液在循环过程中分别从液流电池正极电解液储液罐冷却罐、液流电池负极电解液储液罐冷却罐流出,流经蓄电池堆进行热量交换带走蓄电池多余的热量,升温后的电解液流入液流电池堆提升液流电池工作效率,最终流入液流电池正极电解液储液罐保温罐、液流电池负极电解液储液罐保温罐进行保温,以备温度过低时系统升温所需;

[0024] 工作单元启动或运行温度过低时的热平衡:在系统外界环境温度过低时,液流电池电解液在循环过程中从液流电池正极电解液、负极电解液分别从液流电池正极电解液储液罐保温罐、液流电池负极电解液储液罐保温罐流出,流经蓄电池堆进行热量交换为蓄电池堆供给热量,同时,降温后的电解液流入液流电池正极电解液储液罐冷却罐、液流电池负极电解液储液罐冷却罐进行冷却,以备系统温度过高时降温所需;

[0025] 步骤S200:系统平衡放电及内外热平衡:

[0026] 系统放电：蓄电池堆通过电流转换装置直接放电，蓄电池堆与液流电池堆梯次互补放电，液流电池堆紧急情况全开放电：

[0027] 蓄电池堆通过电流转换装置直接放电：连接蓄电池堆电路，蓄电池堆产生的电流直接进入电流转换装置实现转换进入电力设备对应的用电单元实现系统放电；

[0028] 蓄电池堆与液流电池堆梯次互补放电：在蓄电池堆荷电状态不佳时，液流电池堆作为补充储电单位参与放电，即根据蓄电池堆荷电状态选择打开液流电池堆控制阀数量控制液流电池堆参与氧化还原的单电池单元，液流电池正极电解液、液流电池负极电解液在液流电池正极电解液循环泵、液流电池负极电解液循环泵的作用下流经蓄电池堆、电流转换装置进入液流电池堆再回流至液流电池正极储液罐、液流电池负极储液罐中进行循环，其中充电后的正极电解液进入液流电池正极发生还原反应得到电子、充电后的负极电解液进入液流电池负极发生氧化反应失去电子开始液流电池堆的放电，液流电池堆、蓄电池堆产生的电流进入电流转换装置实现转换进入电力设备对应的用电单元实现系统放电；

[0029] 液流电池紧急情况全开放电：在蓄电池堆、可再生能源电力系统或电网发生故障造成停电断电事故时，液流电池堆控制阀全开，液流电池正极电解液、液流电池负极电解液在液流电池正极电解液循环泵、液流电池负极电解液循环泵的作用下流经蓄电池堆、电流转换装置进入液流电池堆再回流至液流电池正极储液罐、液流电池负极储液罐中进行循环，充电后的正极电解液进入液流电池正极发生还原反应得到电子、充电后的负极电解液进入液流电池负极发生氧化反应失去电子开始液流电池堆的放电，液流电池堆产生的电流进入电流转换装置实现转换进入电力设备对应的用电单元实现系统放电；

[0030] 系统热平衡包括两种方式：工作单元过热时的热平衡，工作单元启动或运行温度过低时的热平衡，通过这两种方式实现系统的热力互补平衡：

[0031] 工作单元过热时的热平衡：在蓄电池堆通过电流转换装置直接放电这种过程中，正极电解液、负极电解液分别由液流电池正极电解液储液罐冷却罐、液流电池负极电解液储液罐冷却罐流出，流经蓄电池、电流转换装置进行热量交换带走蓄电池和电流转换装置多余的热量，并回流至液流电池正极电解液储液罐保温罐、液流电池负极电解液储液罐保温罐；

[0032] 在蓄电池堆与液流电池梯次互补放电、液流电池紧急情况全开放电这两种过程中，液流电池电解液流入液流电池堆的支路根据放电需要选择打开数量，正极电解液、负极电解液在循环过程中分别由液流电池正极电解液储液罐冷却罐、液流电池负极电解液储液罐冷却罐流出，流经蓄电池和电流转换装置进行热量交换带走蓄电池和电流转换装置多余的热量，液流电池电解液流入液流电池堆发生氧化还原反应，升温后的电解液有利于氧化还原反应的进行，并回流至液流电池正极电解液储液罐保温罐、液流电池负极电解液储液罐保温罐，通过电解液将蓄电池堆和电流转换装置充电中产生的热量传递到液流电池堆；

[0033] 工作单元启动或运行温度过低时的热平衡：

[0034] 在蓄电池堆通过电流转换装置直接放电过程中，液流电池电解液循环过程正极电解液、负极电解液分别由液流电池正极电解液储液罐保温罐、液流电池负极电解液储液罐保温罐流出，流经蓄电池、电流转换装置进行热量交换为蓄电池和电流转换装置提供热

量,并回流至液流电池正极电解液储液罐冷却罐、液流电池负极电解液储液罐冷却罐以备温度过低时系统升温所需;

[0035] 在蓄电池堆与液流电池梯次互补放电、液流电池紧急情况全开放电这两种过程中,液流电池正极电解液、负极电解液在循环过程中分别由液流电池正极电解液储液罐保温罐、液流电池负极电解液储液罐保温罐流出,流经蓄电池堆和电流转换装置为蓄电池堆、电流转换装置提供热量,液流电池电解液流入液流电池堆发生氧化还原反应,并回流至液流电池正极电解液储液罐冷却罐、液流电池负极电解液储液罐冷却罐进行冷却,以备温度过高时降温所需。

[0036] 本发明以传统蓄电池作为主要储电单位、液流电池作为补充储电单位,通过液流电池工作单元的增减对系统进行梯次供电保障系统持续稳定的输出电流;同时以液流电池电解液循环管路作为热平衡管路,通过液流电池运行中电解液的流动,在无需额外做功的前提下调节液流电池、传统蓄电池、电流转换装置、储液罐之间的温度,对内调节系统局部过热或过冷情况的温度,对外适应系统外部环境温度变化,保证系统内各单元稳定高效运行。

[0037] 在高效的热平衡管路保证下,系统以传统蓄电池甚至是电动车废旧蓄电池作为主要储电单位,可以维持系统在一个稳定安全的温度下持续运行。系统充电过程整体可以在通过电网在夜间或闲时充电起到电网调峰的作用,降低充电成本;还可以通过太阳能、风能等具有间歇性、波动性问题的可再生能源直接充电,降低可再生能源并网的难度;同时还能够对液流电池储液罐直接更换充电后的电解液完成快速充电的过程。系统放电过程可以通过传统蓄电池堆中储存的电力持续放电,在荷电状态较低时根据需求开启一定数量的液流电池单元进行电力补充,在停电断电等特殊情况发生时液流电池堆全开维持系统稳定运行。

[0038] 由以上技术方案可见,本发明具有以下优点:

[0039] 1、系统运行过程保持热平衡,调节内部热量分配稳定工作单元运行及适应环境温度变化,保证系统高效稳定运行。在系统内工作单元过热时,冷却的电解液在无需额外做功的前提下将蓄电池和电流转换装置运行过程中产生的废热传递至液流电池中,提升蓄电池、电流转换装置和液流电池的工作效率,同时储存多余的热量;在系统启动或运行温度过低时,储存热量的电解液在无需额外做功的前提下将热量从储液罐传递到蓄电池、电流转换装置、液流电池中,保证蓄电池、电流转换装置和液流电池的的稳定高效运行。

[0040] 2、系统放电过程梯次互补保持电平衡,保证系统持续稳定的输出电力。通过三种放电模式保证系统放电过程更加高效稳定,通过液流电池和蓄电池的协同运行,在蓄电池荷电状态不佳及停机使液流电池作为可控的补充储电单元对系统放电进行梯次补充,避免了蓄电池衰减及事故对系统放电造成的影响,维持系统的持续稳定运行。

[0041] 3、系统充电方式更加多元自由,更低成本利用传统电力、更直接利用可再生能源、更高效实现充电过程、充电副产物能带来较高的经济收益。充电系统整体可以在通过电网在夜间或闲时充电起到电网调峰的作用,降低充电成本;还可以通过太阳能风能等具有间歇性、波动性问题的可再生能源直接充电,降低可再生能源并网的难度;还能够直接更换充电后的电解液完成快速充电的过程;同时低成本充电得到的电解液还可以从系统导出进行售卖,用于其他液流电池装置放电使用。

[0042] 4、系统适应性强,还可以实现分布式。系统中蓄电池堆可以采用废旧锂电池等 废旧蓄电池,通过电-热平衡保证系统持久稳定运行,装置内储液罐可以根据需求调整容积无限制的调整装置最大储能量,充放电过程可以通过直接加入电解液等方式实现完全离网运行,适用于对偏远地区的设备的充电,系统同样可以在充电过程中制备 充满电的液流电池电解液,可以导出用于液流电池、电燃料电池等充放电装置。

附图说明

[0043] 图1是本发明实施例提供的一种梯次互补电-热平衡储电充电系统组成示意图;

[0044] 图2是本发明实施例提供的一种梯次互补电-热平衡储电充电系统结构中液流电池堆结构示意图。

[0045] 图3是本发明实施例提供的一种梯次互补电-热平衡储电充电系统结构中液流电池电解液循环热平衡管路分布示意图。

[0046] 图中,1-可再生能源电力系统;2-液流电池堆;3-电网;4-电流转换装置;5-电力设备;6-蓄电池堆;7-液流电池储液罐;

[0047] 21-液流电池堆控制阀、22-液流电池正极电解液入口循环热平衡管路、22-1液流电池正极电解液出口循环热平衡管路、23-液流电池负极电解液入口循环热平衡管路、23-1液流电池负极电解液出口循环热平衡管路、24-液流电池集流板、25-液流电池正极、26-液流电池交换膜、27-液流电池负极;

[0048] 71-液流电池储液罐入口控制阀、71-1液流电池储液罐出口控制阀、72-液流电池正极电解液储液罐保温罐、73-液流电池正极电解液储液罐冷却罐、74-液流电池负极电解液储液罐保温罐、75-液流电池负极储液罐冷却罐、76-液流电池正极电解液循环泵、78-液流电池负极电解液循环泵。

具体实施方式

[0049] 下面结合附图对本发明作进一步详细说明。

[0050] 参见图1,本发明包括充电入口侧分别与可再生能源电力系统1、电网3相连的液流电池堆2和蓄电池堆6,所述的液流电池堆2和蓄电池堆6的电力输出侧分别与电流转换装置4相连,电流转换装置4的电力输出端与用电设备5相连,所述的液流电池堆2的电解液出口经电解液循环热平衡管路依次与液流电池储液罐7、蓄电池堆6、电流转换装置4连通构成闭合循环回路。

[0051] 参见图2,本发明的液流电池堆包括液流电池集流板27、液流电池正极24、液流电池交换膜25和液流电池负极26,液流电池集流板27位于液流电池正极24和液流电池负极26两侧,液流电池正极24和液流电池负极26通过液流电池交换膜25相连,液流电池正极24和液流电池负极26上还分别连接有与液流电池储液罐7相连的液流电池正极电解液出口循环热平衡管路22-1、液流电池负极电解液出口循环热平衡管路23-1。

[0052] 其中,液流电池堆2的电解液采用具有氧化还原特性的电解液即含有氧化还原电对 V^{4+}/V^{5+} 、 V^{2+}/V^{3+} 、 Cr^{2+}/Cr^{3+} 、 Fe^{2+}/Fe^{3+} 、 Mn^{2+}/Mn^{3+} 的无机电解液、基于咯嗪、硝酰自由基或醌类的有机电解液、含有硫化锂、钛酸锂、锂镍锰氧化物或高分子聚合物的纳米流体电解液;液流电池集流板27为导电的金属或碳材料,所述的液流电池正极24采用具有多孔结构的

导电金属材料或碳材料,所述的液流电池交换膜25采用 阳离子交换膜、阴离子交换膜或中性交换膜,所述的液流电池负极26采用具有多孔 结构的导电金属材料或碳材料。

[0053] 参见图3,本发明的液流电池储液罐7包括与液流电池正极电解液出口循环热平衡管路22-1相连的带有液流电池储液罐入口控制阀71的液流电池正极电解液储液罐 保温罐72和液流电池正极电解液储液罐冷却罐73,与液流电池负极电解液出口循环 热平衡管路23-1相连的带有液流电池储液罐入口控制阀71的液流电池负极电解液储 液罐保温罐74、液流电池负极电解液储液罐保温罐75,所述的液流电池正极电解液 储液罐保温罐72和液流电池正极电解液储液罐冷却罐73、液流电池负极电解液储液 罐保温罐74和液流电池负极电解液储液罐保温罐75的出口通过缠绕在蓄电池堆6和 电流转换装置4外侧的带液流电池堆控制阀21的液流电池正极电解液入口循环热平 衡管路22、液流电池负极电解液入口循环热平衡管路23与液流电池正极24和液流 电池负极26相连,且在液流电池正极电解液储液罐保温罐72和液流电池正极电解液 储液罐冷却罐73、液流电池负极电解液储液罐保温罐74和液流电池负极电解液储液 罐保温罐75的出口管路上还安装有、液流电池正极 电解液循环泵76、液流电池负极 电解液循环泵77。

[0054] 本发明的液流电池正极电解液储液罐保温罐72、液流电池负极电解液储液罐保 温罐74采用具有保温功能的压力容器,其外壁由保温材料或保温结构组成,所述的 液流电 池正极电解液储液罐冷却罐73、液流电池负极电解液储液罐冷却罐75采用具 有散热功 能的压力容器,其外壁由高热导率的金属、石墨、热管、翅片或高散热面积 的结构组成。

[0055] 所述的电流转换装置4采用直流-直流电流转换装置、直流-交流电流转换装置或 交流-交流电流转换装置。

[0056] 所述的蓄电池堆6采用铅酸蓄电池、镍氢电池、锂离子电池或废旧锂电池组成的 电堆。

[0057] 本发明的梯次互补电-热平衡储电充电方法包括以下步骤:

[0058] 步骤S100:系统多样充电及双重热平衡:

[0059] 系统充电包括三种方式:通过电网直接充电、通过太阳能、风能等可再生能源直 接充电、直接更换充电后的电解液,通过这三种方式实现充电的多样化。

[0060] 通过电网直接充电:电网侧3电流进入系统,液流电池堆控制阀21全开,进一 步液 流电池正极电解液、液流电池负极电解液在液流电池正极电解液循环泵76、液 流电池负极 电解液循环泵77的作用下流经蓄电池堆6、电流转换装置4进入液流电 池堆2再回流至液流 电池正极储液罐72-73、液流电池负极储液罐74-75中进行循环,其中充电后的正极电解液 进入液流电池正极24发生氧化反应失去电子、充电后的负 极电解液进入液流电池负极26 发生还原反应得到电子完成对液流电池2正负极电解 液的充电,同时来自电网侧3的电流 传递至蓄电池6堆完成对蓄电池6充电过程;

[0061] 通过可再生能源直接充电:可再生能源侧1电流进入系统,液流电池堆控制阀 21 全开,进一步液流电池正极电解液、液流电池负极电解液在液流电池正极电解液 循环泵 76、液流电池负极电解液循环泵77的作用下流经蓄电池堆6、电流转换装置 4进入液流电 池堆2再回流至液流电池正极储液罐72-73、液流电池负极储液罐74-75 中进行循环,其中充 电后的正极电解液进入液流电池正极24发生氧化反应失去电子、充电后的负极电解液进 入液流电池负极26发生还原反应得到电子完成对液流电池正 负极电解液的充电,同时来

自可再生能源侧1的电流传递至蓄电池堆6完成对蓄电池 6充电过程；

[0062] 直接更换充电后的电解液：将充电后的电解液直接装入液流电池正极储液罐 72-73和液流电池负极储液罐74-75中，液流电池堆控制阀21全开，进一步液流电池 正极电解液、液流电池负极电解液在液流电池正极电解液循环泵76、液流电池负极 电解液循环泵77的作用下流经蓄电池堆6、电流转换装置4进入液流电池堆2再回 流至液流电池正极储液罐 72-73、液流电池负极储液罐74-75中进行循环，其中充电 后的正极电解液进入液流电池正 极24发生还原反应得到电子、充电后的负极电解液 进入液流电池负极26发生氧化反应失 去电子开始液流电池堆2的放电，电流通过电 力输送网络传递至蓄电池堆6完成对蓄电池6 充电过程。

[0063] 系统热平衡包括两种方式：工作单元过热时的热平衡，工作单元启动或运行温度 过低时的热平衡，通过这两种方式实现系统的热力互补平衡。

[0064] 工作单元过热时的热平衡：在上述三种充电过程中蓄电池6均产生大量废热影响 其工作效率，液流电池正极电解液、负极电解液在循环过程中分别从液流电池正极电 解液 储液罐冷却罐73、液流电池负极电解液储液罐冷却罐75流出，流经蓄电池6进 行热量交换 带走蓄电池6多余的热量，进一步液流电池电解液流入液流电池堆2发生 氧化还原反应，升 温后的电解液有利于氧化还原反应的进行，进一步提升了液流电池 2工作效率，通过电解 液将蓄电池6充电中产生的热量传递无需额外做功的情况下传 递到液流电池2，同时提升 蓄电池和液流电池的工作效率。同时，升温后的电解液流 入液流电池正极电解液储液罐保 温罐72、液流电池负极电解液储液罐保温罐74进行 保温，以备夜间等温度过低时间系统升 温所需。

[0065] 工作单元启动或运行温度过低时的热平衡：在系统外界环境温度过低时（如夜 间），蓄电池6需要一定的温度进行启动或维持高效率运行，液流电池电解液在循环 过程中 从液流电池正极电解液、负极电解液分别从液流电池正极电解液储液罐保温罐 72、液流电 池负极电解液储液罐保温罐74流出，流经蓄电池6进行热量交换为蓄电 池6供给热量，进一 步液流电池电解液流入液流电池堆2发生氧化还原反应，通过电 解液在无需额外做功的情 况为蓄电池6、液流电池2供热，保证蓄电池6、液流电池 2稳定高效运行。同时，降温后的电 解液流入液流电池正极电解液储液罐冷却罐73、液流电池负极电解液储液罐冷却罐75 进行冷却，以备白天等系统温度过高时降温所 需。

[0066] 步骤S200：系统平衡放电及内外热平衡：

[0067] 系统放电包括三种方式：蓄电池通过电流转换装置直接放电，蓄电池与液流电池 梯次互补放电，液流电池紧急情况全开放电，通过这四种方式实现电平衡。

[0068] 蓄电池通过电流转换装置直接放电：连接蓄电池堆6电路，蓄电池堆6产生的电 流 直接进入电流转换装置4实现转换，进一步进入电力出口侧5对应的用电单元实现 系统放 电过程。

[0069] 蓄电池与液流电池梯次互补放电：在蓄电池6荷电状态不佳时，液流电池2作为 补 充储电单位参与放电，即根据蓄电池6荷电状态选择打开液流电池堆控制阀21数 量进一步 控制液流电池堆2参与氧化还原的单电池单元。液流电池正极电解液、液流 电池负极电 解液在液流电池正极电解液循环泵76、液流电池负极电解液循环泵77的 作用下流经蓄电 池堆6、电流转换装置4进入液流电池堆2再回流至液流电池正极储 液罐72-73、液流电池负极

储液罐74-75中进行循环,其中充电后的正极电解液进入液流电池正极24发生还原反应得到电子、充电后的负极电解液进入液流电池负极26发生氧化反应失去电子开始液流电池堆2的放电。液流电池堆2、蓄电池堆6产生的电流进入电流转换装置4实现转换,进一步进入电力出口侧5对应的用电单元实现系统放电过程。

[0070] 液流电池紧急情况全开放电:在蓄电池6或电网3发生故障造成停电断电事故时,液流电池2作为补充储电单元维持系统继续持续稳定运行。液流电池堆控制阀21全开,进一步液流电池正极电解液、液流电池负极电解液在液流电池正极电解液循环泵76、液流电池负极电解液循环泵77的作用下流经蓄电池堆6、电流转换装置4进入液流电池堆2再回流至液流电池正极储液罐72-73、液流电池负极储液罐74-75中进行循环,其中充电后的正极电解液进入液流电池正极24发生还原反应得到电子、充电后的负极电解液进入液流电池负极26发生氧化反应失去电子开始液流电池堆2的放电,液流电池堆2产生的电流进入电流转换装置4实现转换,进一步进入电力出口侧5对应的用电单元实现系统放电过程。

[0071] 系统热平衡包括两种方式:工作单元过热时的热平衡,工作单元启动或运行温度过低时的热平衡,通过这两种方式实现系统的热力互补平衡。

[0072] 工作单元过热时的热平衡:在上述三种充电过程中蓄电池和电流转换装置均产生大量废热影响其工作效率,液流电池电解液的循环流动能够实现系统的热平衡。

[0073] 在蓄电池通过电流转换装置直接放电这种过程中,液流电池电解液循环管路中独立于液流电池堆的支路打开、其余支路关闭实现液流电池电解液不参与充放电情况下的循环,在循环过程正极电解液、负极电解液分别由液流电池正极电解液储液罐冷却罐73、液流电池负极电解液储液罐冷却罐75流出,流经蓄电池6、电流转换装置4进行热量交换带走蓄电池6和电流转换装置4多余的热量,并回流至液流电池正极电解液储液罐保温罐72、液流电池负极电解液储液罐保温罐74,提升蓄电池6和电流转换装置4的工作效率。

[0074] 在蓄电池与液流电池梯次互补放电、液流电池紧急情况全开放电这两种过程中,液流电池电解液循环管路中独立于液流电池堆2的支路关闭、流入液流电池堆的支路根据放电需要选择打开数量,正极电解液、负极电解液在循环过程中分别由液流电池正极电解液储液罐冷却罐73、液流电池负极电解液储液罐冷却罐75流出,流经蓄电池6和电流转换装置4进行热量交换带走蓄电池6和电流转换装置4多余的热量,进一步液流电池电解液流入液流电池堆2发生氧化还原反应,升温后的电解液有利于氧化还原反应的进行,进一步提升了液流电池2工作效率,并回流至液流电池正极电解液储液罐保温罐72、液流电池负极电解液储液罐保温罐74。通过电解液将蓄电池6和电流转换装置4充电中产生的热量传递无需额外做功的情况下传递到液流电池2,同时提升蓄电池6、电流转换装置4和液流电池2的工作效率。

[0075] 工作单元启动或运行温度过低时的热平衡:在外界环境温度过低时(如夜间、冬季),系统内工作单元启动或运行温度过低不利于系统高效运行,这就需要储存在电解液保温罐中的电解液通过热交换为系统工作单元提供热量保证正常运行。

[0076] 在蓄电池通过电流转换装置直接放电这种过程中,液流电池电解液循环管路中独立于液流电池堆的支路打开、其余支路关闭实现液流电池电解液不参与充放电情况下的循环,在循环过程正极电解液、负极电解液分别由液流电池正极电解液储液罐保温罐72、液流电池负极电解液储液罐保温罐74流出,流经蓄电池6、电流转换装置4进行热量交

换为蓄电池6和电流转换装置4提供热量,并回流至液流电池正极电解液储液罐冷却罐73、液流电池负极电解液储液罐冷却罐75以备夜间等温度过低时间系统升温所需,保证蓄电池6和电流转换装置4的稳定高效运行。

[0077] 在蓄电池与液流电池梯次互补放电、液流电池紧急情况全开放电这两种过程中,液流电池电解液循环管路中独立于液流电池堆2的支路关闭、流入液流电池堆的支路根据放电需要选择打开数量,正极电解液、负极电解液在循环过程中分别由液流电池正极电解液储液罐保温罐72、液流电池负极电解液储液罐保温罐74流出,流经蓄电池6和电流转换装置4进行热量为蓄电池6、电流转换装置4提供热量,进一步液流电池电解液流入液流电池堆2发生氧化还原反应,并回流至液流电池正极电解液储液罐冷却罐73、液流电池负极电解液储液罐冷却罐75进行冷却,以备白天等系统温度过高时降温所需。通过一定温度的电解液流经蓄电池6、电流转换装置4、液流电池2保证装置在安全温度下安全启动、稳定高效运行。

[0078] 本装置具有创造性的提出了一种梯次互补电-热平衡储电充电系统及方法,系统在工作过程中电力梯次互补稳定持续输出、热量内外平衡节能高效运行,这项创造性设计使系统各个单元电-热协同互补,相对于传统系统更加持续稳定、高效节能、环保多样。

[0079] 系统运行过程保持热平衡,调节内部热量稳定工作单元运行温度适应环境温度变化,保证系统高效稳定运行。在系统内工作单元过热时,冷却的电解液在无需额外做功的前提下将蓄电池和电流转换装置运行过程中产生的废热传递至液流电池中,提升蓄电池、电流转换装置和液流电池的工作效率,同时储存多余的热量;在系统启动或运行温度过低时,储存热量的电解液在无需额外做功的前提下将热量从储液罐传递到蓄电池、电流转换装置、液流电池中,保证蓄电池、电流转换装置和液流电池的稳定高效运行。

[0080] 系统放电过程梯次互补保持电平衡,保证系统持续稳定的输出电力:通过四种放电模式保证系统放电过程更加高效稳定,通过液流电池和蓄电池的协同运行,在蓄电池荷电状态不佳及停机使液流电池作为可控的补充储电单元对系统放电进行梯次补充,避免了蓄电池衰减及事故对系统放电造成的影响,维持系统的持续稳定运行。

[0081] 系统充电方式更加多元自由,更低成本利用传统电力、更直接利用可再生能源、更高效实现充电过程、充电副产物能带来较高的经济收益。充电系统整体可以在通过电网在夜间或闲时充电起到电网调峰的作用,降低充电成本;还可以通过太阳能风能等具有间歇性、波动性问题的可再生能源直接充电,降低可再生能源并网的难度;还能够直接更换充电后的电解液完成快速充电的过程;同时低成本充电得到的电解液还可以从系统导出进行售卖,用于其他液流电池装置放电使用。

[0082] 系统适应性强,还可以实现分布式:系统中蓄电池堆可以采用废旧锂电池等废旧蓄电池,通过电-热平衡保证系统持久稳定运行,装置内储液罐可以根据需求调整容积无限制的调整装置最大储能量,充放电过程可以通过直接加入电解液等方式实现完全离网运行,适用于对偏远地区的设备的充电,系统同样可以在充电过程中制备充满电的液流电池电解液,可以导出用于液流电池、电燃料电池等充放电装置。

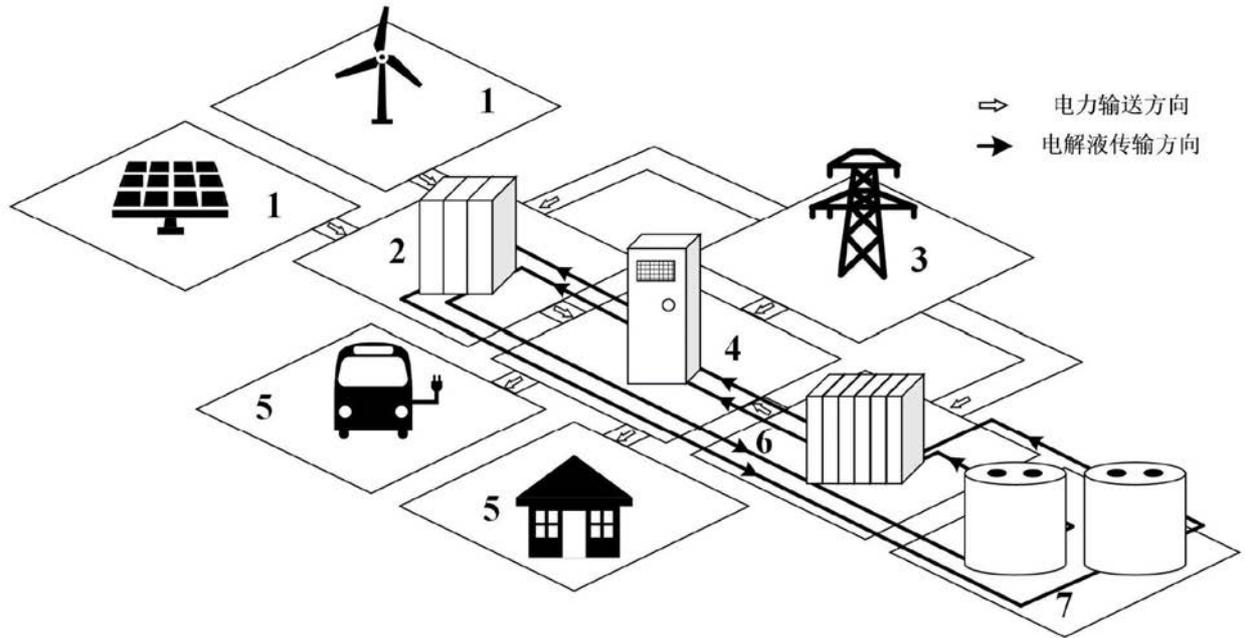


图1

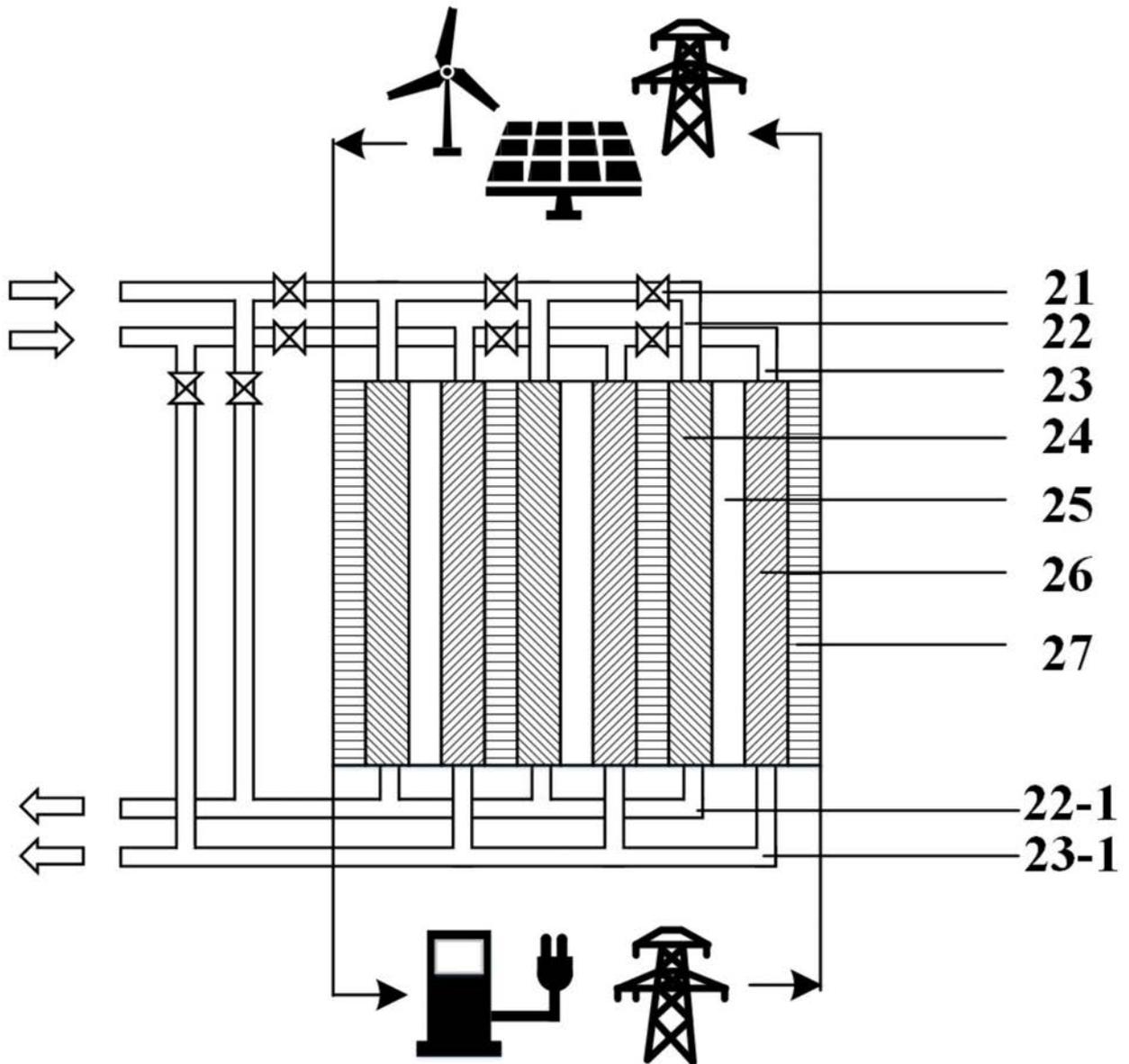


图2

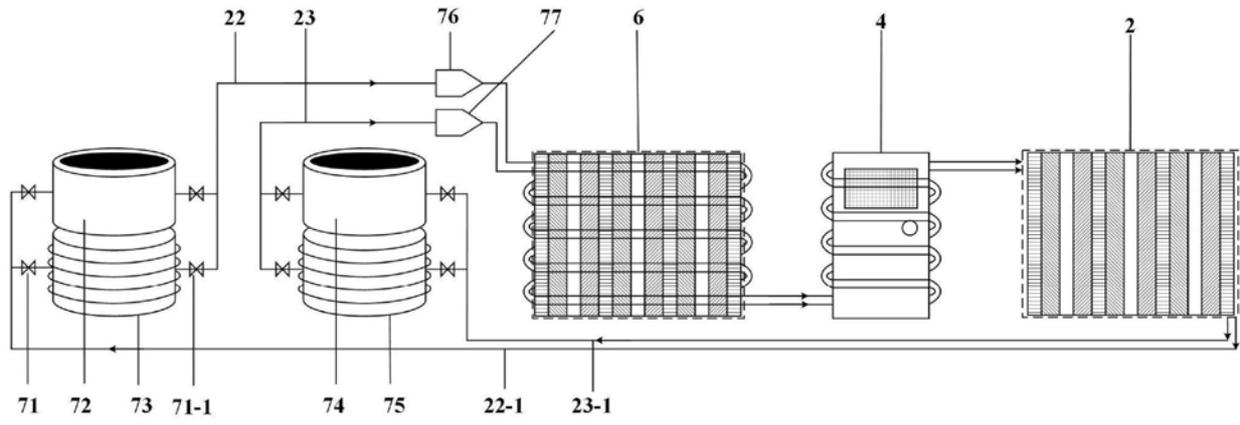


图3