

一种开放式可不间断供电的金属空气燃料电池系统

本申请要求于 2020 年 03 月 27 日提交中国专利局、申请号为 202010227262.7、发明名称为“一种开放式可不间断供电的金属空气燃料电池系统”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本发明涉及金属空气燃料电池组领域，特别是涉及一种开放式可不间断供电的金属空气燃料电池系统。

背景技术

锂离子电池组作为目前广泛应用的动力电池，具有功率密度高，循环寿命长的特点，在动力设备中，应用广泛。但是锂离子电池也有其固有缺陷，一是能量密度低，在广泛使用锂离子电池作为能源的电动车领域，锂离子电池的低能量密度，造成了纯电动车的续航里程一直不尽如人意；二是锂离子电池对于充放电的温度有较高要求，一般的要求摄氏 0℃ 以下，就不能充电，低于摄氏 -10℃，就不能工作，对于寒冷地区冬季的使用造成很大不便。同时，锂离子电池固有的安全性问题以及回收难题，都迫切需要其他形式的电池对锂电池进行替代。空气燃料电池除了在功率密度方面和锂电池有比较大的差距外，在能量密度，产物的环境友好性和安全性上，都比锂离子电池具有很大的优越性，是一个有前途的发展方向。

空气燃料电池按照阳极不同，分为氢气燃料电池和金属空气燃料电池，氢气燃料电池，采用氢气作为阳极，氧气作为阴极，产物是水。高压

氢气的能量密度很大，但是高压氢气的储存运输难度较大，也存在较大的危险性，目前很多国家都停止了氢气燃料电池的开发。

金属空气燃料电池组有较高的功率密度，产物简单，易于回收利用，具有良好的环境友好性，金属电极能量密度高，运输存储方便，是一种非
5 常有前途的能源设备。金属空气燃料电池，以活泼金属作为阳极，氧气作为阴极，产物为金属的盐或者氢氧化物。目前主要使用的活泼金属包括：镁、铝和锌。按照使用的电解液 pH 值的不同，分为酸性电解液电池，碱性电解液电池和中性电解液电池，其中，铝和锌只能使用酸性或者碱性电解液。由于镁的金属活性更强，可以采用中性盐溶液（比如 NaCl 溶液）
10 作为电解液。

金属空气燃料电池原则上属于一次电池，金属空气燃料电池的金属电极在使用过程中会损耗，损耗殆尽后，必须更换，采用酸性或者碱性电解液的金属空气燃料电池，电解液中的酸碱会在电池放电过程中损耗，导致电池的性能降低，当损耗到一定程度，或产物达到一定浓度，需要更换。
15 采用中性电解液，虽然在反应过程中，不会涉及溶液性质的变化，但产物中的金属氢氧化物不溶于水，造成电解液的流动性降低，从而降低电池的性能，当产物达到一定量时，必须进行清理。

现有的金属空气燃料电池组采用独立的电池单元，无论是电解液还是金属阳极的更换都比较复杂。虽然现有的金属空气燃料电池组也有采用电解液循环过滤的方式，但是由于各个电池单元独立，循环过滤很难全面更新电解液，会有很多死角，时间长了，还要彻底拆卸保养。另外由于电解液流动受限，所以也不容易通过电解液冷却电池单元，为了保持大功率放
20

电时的电池单元的温度稳定性，需要额外增加空气冷却系统，造成结构复杂，工作不可靠，BMS 系统的设计难度增大。

当金属电极耗尽，由于各个单体独立，而且采用串联或者混联的方式，在更换电极时，必须中断电力供应，这对于采用金属空气燃料电池组作为
5 供电单元的大型电站，这是无法接受的。且更换手续也比较繁琐，不利于产物的回收。

发明内容

基于此，有必要提供一种开放式可不间断供电的金属空气燃料电池系
10 统。

为实现上述目的，本发明提供了如下方案：

一种开放式可不间断供电的金属空气燃料电池系统，包括金属空气燃料电池组、传感子系统、控制器和循环过滤子系统；

所述金属空气燃料电池组包括电解液槽和若干开放式金属空气燃料
15 电池单体；所述开放式金属空气燃料电池单体依次排列在所述电解液槽内，且各个所述开放式金属空气燃料电池单体之间采用并联方式连接；其中，所述开放式金属空气燃料电池单体包括金属电极和空气电极；所述金属电极位于所述空气电极下面；所述空气电极为槽体结构，且所述槽体结构的凹面朝上；所述电解液槽内的电解液的高度为浸没所述金属电极和所
20 述空气电极的下表面，且不高于所述空气电极的上沿；

所述传感子系统放置在所述电解液槽内；所述传感子系统用于获取电解液的温度信息、液位信息以及浓度信息，并将所述电解液的温度信息、

液位信息以及浓度信息发送至所述控制器；

所述电解液槽的出液口通过出液管路与所述循环过滤子系统的第一进液口连通，所述电解液槽的进液口通过第一进液管路与所述循环过滤子系统的出液口连通；

- 5 所述控制器与所述循环过滤子系统电连接；所述控制器用于根据所述电解液的温度信息，控制所述循环过滤子系统的循环流量。

可选的，还包括电解液补充子系统；所述电解液补充子系统的出液口通过第二进液管路与所述循环过滤子系统的第二进液口连通；

- 所述控制器与所述电解液补充子系统电连接；所述控制器用于根据所述
10 所述电解液的液位信息和浓度信息，控制所述电解液补充子系统的补充流量。

可选的，所述开放式金属空气燃料电池单体还包括固定夹、DCDC模块和汇流板；

- 所述空气电极的一端安装有所述汇流板，所述空气电极的另一端安装
15 有所述固定夹；所述金属电极、所述空气电极均通过铜片与所述汇流板固定在一起；

所述汇流板内置的正负极导线与所述DCDC模块进行电气连接；

所述开放式金属空气燃料电池单体通过固定夹固定在所述电解液槽内。

- 20 可选的，所述电解液槽中间设有镂空支板，所述电解液槽的两侧设有不同尺寸的进液口和出液口；所述镂空支板用于避免所述金属电极与所述

电解液槽直接接触。

可选的，所述金属空气燃料电池组设有正极总线和负极总线；每个所述开放式金属空气燃料电池单体的正极与所述正极总线相连，每个所述开放式金属空气燃料电池单体的负极与所述负极总线相连。

5 可选的，所述汇流板设有两个接线端子，分别为第一接线端子和第二接线端子；所述第一接线端子通过螺母将所述开放式金属空气燃料电池单体的正极与所述金属空气燃料电池组的正极总线进行固定；所述第二接线端子通过螺母将所述开放式金属空气燃料电池单体的负极与所述金属空气燃料电池组的负极总线进行固定。

10 可选的，所述循环过滤子系统包括沉淀池、滤网、循环泵以及散热器；

所述沉淀池开设有第一进液口和出液口；所述滤网设置在所述沉淀池内且位于所述出液口处；

所述电解液槽的出液口通过出液管路与所述沉淀池的第一进液口连通；所述沉淀池的出液口通过所述第一进液管路以及设置在所述第一进液管路上的所述循环泵和所述散热器，与所述电解液槽的进液口连通。

可选的，所述电解液补充子系统包括补液池、补液泵和单向阀；

所述补液池的出液口通过所述第二进液管路以及设置在所述第二进液管路上的所述补液泵和所述单向阀，与所述循环过滤子系统的沉淀池的第二进液口连通。

20 可选的，所述控制器分别与所述电解液补充系统中的补液泵、所述循环过滤子系统的循环泵电连接。

可选的,所述传感子系统包括温度传感器、液位传感器和液体浓度传感器。

与现有技术相比,本发明的有益效果是:

本发明提供的开放式可不间断供电的金属空气燃料电池系统的电池
5 单元采用开放式结构,共用电解液,这样只需要一套电解液更新系统就可以保证电解液的化学性质、产物含量和温度的稳定性。采用弱耦合成组技术(即各个电池单元的直接关系不密切),可以在保证电能供应的前提下,进行电池单元的电极更换和保养工作。采用横置结构(即电池并联,电解液共用),在开放环境下,空气电极端不需承受液体内部压强,因此只需
10 将空气电极固定,无需密封,可加速电池组的生产并且保证工作的可靠性。

说明书附图

为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附
15 图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

图1为本发明开放式金属空气燃料电池单体的结构示意图;

图2为本发明电解液槽的结构示意图;

图3为本发明金属空气燃料电池组的结构示意图;

20 图4为本发明金属空气燃料电池组系统的结构示意图。

具体实施方式

下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的
5 范围。

本发明的目的是提供一种开放式可不间断供电的金属空气燃料电池系统,解决了现有金属空气燃料电池组的不间断供电下的金属电极更换,以及电解液维护和冷却问题,省却了密封结构,大大简化了金属空气燃料电池的维护,拓展了用途。

10 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

开放式:通常金属空气燃料电池组的每个电池单元是独立的,各自有单独的电解液,本发明组成的金属空气燃料电池组的每个电池单元公用电解液,电解液放在一个公用的电解池中。通过一套电解液更新系统,即可
15 对于电解液进行更新,特别是对于采用中性电解液的镁空气燃料电池,其产物氢氧化镁为粘稠的胶体。对于独立单体电池,电解液更换困难,同时不利于产物回收,对于采用碱性或者酸性电解液的金属空气燃料电池组,在供电过程中,电解液中的酸碱会持续损耗,造成电解液的 PH 值变化,使得放电功率降低。采用开放式的结构,可以通过电解液的循环流动,去
20 除反应产物,补充消耗的酸碱,同时利用循环电解液对整个金属空气燃料电池组进行冷却,特别是对于大功率的供电站,可以保证金属空气燃料电池组持续大功率的放电。

免密封：镁空气燃料电池组结构避免了结构密封的研发难题，由于结构不同于竖置电池，在开放环境下，空气电极端不需要承受液体内部压强，因此只需将空气电极固定即可，无需密封，可加速金属空气燃料电池组的生产并且保证工作的可靠性。

5 不间断供电：金属空气燃料电池组的金属阳极在供电过程中会不断损耗，当金属电极损耗殆尽，需要更换新的金属电极，传统的金属空气燃料电池组在更换过程中，需要中断电力供应，更换金属电极手续繁琐，而且一次需要更换所有的电极，对于损耗较低的单体，会造成金属的浪费。本发明提供的金属空气燃料电池组，各个电池单元采用弱耦合并联，可以单
10 独更换金属耗尽单体的电极，而不影响整个系统的供电，实现持续供电，这对于基于金属空气燃料电池组的大功率供电站非常重要。

 基于以上原理，本发明提供了开放式可不间断供电的金属空气燃料电池系统包括金属空气燃料电池组、传感子系统、控制器和循环过滤子系统。其中，金属空气燃料电池组包括电解液槽和若干开放式金属空气燃料电池
15 单体（电池单元）。

 开放式金属空气燃料电池单体依次排列在电解液槽内，且各个开放式金属空气燃料电池单体之间采用并联方式连接。

 传感子系统放置在电解液槽内；传感子系统用于获取电解液的温度信息、液位信息以及浓度信息，并将电解液的温度信息、液位信息以及浓度
20 信息发送至控制器。

 电解液槽的出液口通过出液管路与循环过滤子系统的第一进液口连通，电解液槽的进液口通过第一进液管路与循环过滤子系统的出液口连

通; 电解液补充子系统通过第二进液管路与循环过滤子系统的第二进液口连通。

控制器与循环过滤子系统电连接; 控制器用于根据电解液的温度信息, 控制循环过滤子系统的循环流量。

- 5 控制器与电解液补充子系统电连接; 控制器用于根据电解液的液位信息和浓度信息, 控制电解液补充子系统的补充流量。

如图 1 所示, 开放式金属空气燃料电池单体包括固定夹 1、空气电极 2、金属电极 3、DCDC 模块 4 和汇流板 7。

- 金属电极 3 为一块金属板, 金属电极 3 以水平形式完全浸在电解液槽
10 内的电解液中。金属电极 3 上设置有空气电极 2, 且金属电极 3 与空气电极 2 之间是电解液。空气电极 2 为一个槽形结构, 该槽形结构的凹面朝上, 且与空气接触; 该槽形结构也以水平形式浸在电解液槽内的电解液中, 电解液槽内的电解液的高度要求浸没空气电极 2 的下表面且不能高于空气电极 2 的上沿。

- 15 空气电极 2 的一端安装有汇流板 7, 空气电极 2 的另一端安装有固定夹 1。金属电极 3、空气电极 2 均通过铜片 5 与汇流板 7 固定在一起; 汇流板 7 内置的正负极导线与 DCDC 模块 4 进行电气连接。DCDC 模块 4 的主要目的是升压, 便于金属空气燃料电池组匹配负载输入, 同时提高电压, 减小输出电流, 降低损耗。开放式金属空气燃料电池单体通过固定夹
20 1 固定在电解液槽内。

本发明将如图 1 所示的开放式金属空气燃料电池单体放置在如图 2 所示的电解液槽 6 中。其中, 电解液槽 6 中间设有镂空的支板, 避免金属电极 3 直接和电解液槽 6 接触, 电解液槽 6 两侧还设有不同尺寸的进液口 8 和出液口 9。

5 根据功率要求, 电解液槽 6 中放置若干块开放式金属空气燃料电池单体, 且开放式金属空气燃料电池单体之间采用并联方式, 形成如图 3 所示的金属空气燃料电池组, 金属空气燃料电池组上设有正极总线 10 和负极总线 11, 且正极总线 10 和负极总线 11 一侧有两根铜柱, 彼此绝缘, 每个开放式金属空气燃料电池单体的正极和负极分别和正极总线 10 和负极
10 总线 11 相连。其中, 铜柱的作用是汇流各个电池单元的正极或者负极的电流, 相当于把各个电池单元的正极或者负极接在一起。

优先的, 每个汇流板 7 分别引出两个接线端子, 作为开放式金属空气燃料电池单体的输入接线柱, 输入接线柱可用螺母将开放式金属空气燃料电池单体的正极和负极与正极总线 10 和负极总线 11 进行固定。

15 加入传感子系统、循环过滤子系统和电解液补充子系统后, 组成智能化的金属空气燃料电池系统, 如图 4 所示。

传感子系统包括有温度传感器 21、液位传感器 22 和液体浓度传感器 24。

循环过滤子系统包括沉淀池 17、滤网 18、循环泵 19 以及散热器 20。

20 沉淀池开设有第一进液口、第二进液口和出液口; 滤网 18 设置在沉淀池 17 内且位于沉淀池 17 的出液口处。电解液槽的出液口 9 通过出液管

路与沉淀池 17 的第一进液口连通;沉淀池 17 的出液口通过第一进液管路以及设置在第一进液管路上的循环泵 19 和散热器 20,与电解液槽的进液口 8 连通。

电解液补充子系统包括补液池 14、补液泵 15 和单向阀 16;补液池 14 的出液口通过第二进液管路以及设置在第二进液管路上的补液泵 15 和单向阀,与沉淀池 17 的第二进液口连通。

控制器 23 分别与补液泵 15、循环泵 19 电连接。

金属空气燃料电池系统的循环过程为:电解液槽 6 中的温度传感器 21、液位传感器 22 和液体浓度传感器 24 将传感信号进入控制器 23 (本实施例控制器 23 优先为 ECU 控制芯片)。控制器 23 根据温度传感器 21 采集的温度信息控制循环泵 19 和散热器 20 工作。当循环泵 19 和散热器 20 工作时,电解液槽 6 内的电解液从出液口、出液管路进入沉淀池 17,沉淀池 17 内的电解液被滤网 18 阻挡,将电解液的沉淀沉积在沉淀池 17 的底部,可以移除和回收,清澈的电解液通过循环泵 19,流经散热器 20,返回电解液槽 6。其中,循环流量由控制器 23 根据温度传感器 21 来确定。

控制器 23 根据液位传感器 22 和液体浓度传感器 24 采集的液位信息和浓度信息控制补液泵 15 工作。当补液泵 15 工作时,可以将补液池 14 的浓缩电解液或纯水(视电池电解液类型不同,酸、碱性电解液补充浓缩电解液,中性电解液补充纯净水)通过单向阀 16 注入沉淀池 17。其中,注入的补液流量由控制器 23 根据液位传感器 22 和液体浓度传感器 24 的数据计算得到。

循环泵 19、补液泵 15、ECU 控制芯片 23、温度传感器 21、液位传感器 22 和液体浓度传感器 24 的供电都由金属空气燃料电池组提供,通过电源模块,获得不同电器的所需的电压。

下面是主要计算过程:

5 1.开放式金属空气燃料电池单体数量的计算

设金属空气燃料电池组额度输出功率为 P , 开放式金属空气燃料电池单体的额定功率为 P_0 , 则开放式金属空气燃料电池单体个数 n 。

$$n = \text{round}\left(\frac{P}{P_0}\right) + 2, \text{ 其中, round 为取整函数。}$$

2.散热器的设计

10 设金属空气燃料电池组发热系数为 c , 则发热功率为: $P_h = cP$ 。

散热器额定流速为 Q , 出入口温差为 ΔT , 则额定散热功率为:
 $P_e = kQ\Delta T$, 其中, k 为电解液的比热容。

要求 $P_e > P_h$, 给定 Q 之后, k 为已知, 则可以得到 $\Delta T \geq \frac{P_h}{kQ}$ 。

已知 ΔT 和 Q , 就可以进行散热器的设计。

15 3.循环泵的计算

流量: $Q_p \geq Q$ 。

扬程: 整个系统的阻力系数为 λ , 需要满足 $p \geq \lambda Q$ 。

4.补液泵的计算

由于补液泵的流量和扬程较小, 直须选择一个较小的潜水泵即可。

本发明的开放式可不间断供电的金属空气燃料电池系统创新性的采用大单体，电池单元的结构形式也采取开放式，各个电池单元采用并联方式，减低传输电流，提高传输电压，提高效率；各个电池单元带有独立的DCDC模块，输出的电压和金属空气燃料电池组的功率都与对外供电要求相关，所有电池单元都放置在一个大的电解液槽中，空气电极的空气侧暴露在外以便吸收空气中的氧气，空气电极的离子侧浸在电解液中，金属电极浸没在电解液中，电解液槽中配有各种传感器，包括温度传感器、液位传感器和液体浓度传感器，通过管路和循环泵、补液泵连接，负责液体循环，并根据液体浓度传感器的数据，控制电解液补充；对于不同的金属空气燃料电池，补充液的成分不同，对于酸性电解液，主要补充高浓度的酸溶液；对于碱性电解液，主要补充高浓度的碱溶液；对于中性电解液，补充纯净水。由液位传感器负责精确控制液位高度，保证浸没空气电极的离子侧，而露出空气电极的空气侧，空气侧设计成槽形结构（或者说内凹结构），可以对于较小的液面波动自适应。

概括的说，本发明，解决了现有空气金属电池组的电解液维护和冷却问题，省却了密封结构，可以无供电中断的电池金属电极更换，大大简化了空气电池的维护，拓展了用途。

本说明书中各个实施例采用递进的方式描述，每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处，各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。对于实施例公开的系统而言，由于其与实施例公开的方法相对应，所以描述的比较简单，相关之处参见方法部分说明即可。

本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述，以上

实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想；同时，对于本领域的一般技术人员，依据本发明的思想，在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处。综上所述，本说明书内容不应理解为对本发明的限制。