



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 118782853 B

(45) 授权公告日 2025. 02. 14

(21) 申请号 202411267374.X

H01M 8/04276 (2016.01)

(22) 申请日 2024.09.11

H01M 8/2455 (2016.01)

H01M 8/2483 (2016.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 118782853 A

(56) 对比文件

WO 2014117379 A1, 2014.08.07

CN 106920985 A, 2017.07.04

(43) 申请公布日 2024.10.15

(73) 专利权人 杭氧集团股份有限公司

审查员 李小艳

地址 311305 浙江省杭州市临安区青山湖

街道相府路799号

(72) 发明人 韩一松 李良英 郭遥 刘孟顺

葛程童 杨娟

(74) 专利代理机构 北京品源专利代理有限公司

11332

专利代理师 姚品雅

(51) Int. Cl.

H01M 8/18 (2006.01)

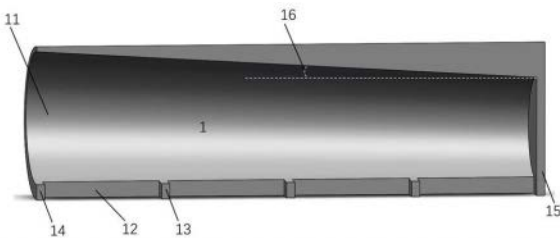
权利要求书1页 说明书8页 附图5页

(54) 发明名称

液流电池电堆的电解液均布装置及包含其的液流电池电堆

(57) 摘要

本发明提供一种液流电池电堆的电解液均布装置及包含其的液流电池电堆,所述电解液均布装置包括均布部件,所述均布部件具有用于电解液流通的液流通道,所述液流通道上设置有用与单组液流电池的液流框限流通道开口相连接的至少两个分液孔;沿电解液流动方向,所述液流通道上至少两个分液孔的开口截面积递减,和/或,沿电解液流动方向,所述液流通道用于流通电解液的横截面的面积递减。本发明在不改变原有电堆制造工艺的基础上,通过均布部件实现电堆内部各组液流电池的进液量一致,提高各单电池间电解液流量分配的均匀性,增大了电堆整体能量效率;而且能够有效降低电堆外漏失效风险,提高使用寿命。



1. 一种液流电池电堆的电解液均布装置,其特征在于,所述电解液均布装置包括均布部件,所述均布部件具有用于电解液流通的液流通道,所述液流通道上设置有用于与单组液流电池的液流框限流通道开口相连通的至少两个分液孔;

沿电解液流动方向,所述液流通道上至少两个分液孔的开口截面积递减,和/或,沿电解液流动方向,所述液流通道用于流通电解液的横截面的面积递减;

所述均布部件用于设置在电堆的电解液共享通道内并与所述电解液共享通道密封连接;

所述液流通道的两端设置有非开孔区段,所述非开孔区段的长度 $\geq$ 液流电池电堆两侧端板的厚度;

相邻两个所述分液孔之间的间隔的宽度 $\leq$ 相邻两组单组液流电池之间的液流框限流通道的宽度;

沿电解液流动方向,所述液流通道上至少两个分液孔的开口截面积递减时,相邻两个分液孔在与轴向垂直方向上的宽度之差为0.01~2mm;和/或,沿电解液流动方向,所述液流通道用于流通电解液的横截面的面积递减时,所述液流通道远离分液孔一侧的轴线向分液孔一侧倾斜;所述倾斜的渐缩角为5~30°。

2. 根据权利要求1所述的电解液均布装置,其特征在于,所述均布部件外部为等外径圆管,且所述均布部件的外径与所述电解液共享通道的内径配合设置;

所述液流通道与所述等外径圆管呈偏心设置,所述液流通道的中心轴远离所述分液孔设置。

3. 根据权利要求1或2所述的电解液均布装置,其特征在于,所述液流通道上分液孔的个数与液流电池电堆内液流电池的组数相同,且每个分液孔与单组液流电池的液流框限流通道开口相连通;

每组液流电池中至少包括1个单液流电池。

4. 根据权利要求3所述的电解液均布装置,其特征在于,所述液流通道上分液孔的中轴线在同一直线上,且所述分液孔在轴线方向上的开口长度相同。

5. 根据权利要求1所述的电解液均布装置,其特征在于,所述分液孔在与轴向垂直方向上的宽度范围为1~10mm。

6. 根据权利要求1所述的电解液均布装置,其特征在于,在所述液流通道远离分液孔一侧的轴线向分液孔一侧倾斜的区域,所述均布部件的外侧与所述液流通道之间具有空隙空间。

7. 根据权利要求3所述的电解液均布装置,其特征在于,所述均布部件的材质包括PP、PE、PVC、PPH、UPVC或CPVC中的任意一种或至少两种的组合;

所述单液流电池包括全钒液流电池、铁铬液流电池或水系有机液流电池。

8. 一种液流电池电堆,其特征在于,所述液流电池电堆包括权利要求1~7任一项所述的液流电池电堆的电解液均布装置。

液流电池电堆的电解液均布装置及包含其的液流电池电堆

技术领域

[0001] 本发明涉及液流电池技术领域,尤其涉及一种液流电池电堆的电解液均布装置及包含其的液流电池电堆。

背景技术

[0002] 目前风能、太阳能、潮汐能等清洁能源的输出极为不稳定,受气候天气的影响极大,将不稳定的清洁能源与储能技术相结合,将不稳定的电储存后稳定的释放出去,从而满足商用与民用的要求,成为解决不稳定清洁能源利用的关键,同时储能技术可以实现在用电低谷时期将多余的电量储存起来,用电高峰时刻释放出去,实现电能的最大化利用。

[0003] 液流电池储能技术是一种新型电化学储能技术,通过电解液中活性物质在电极上发生氧化还原反应来实现电能和化学能的相互转化的装置,主要用于配套风光发电共同储能和电网峰谷时间用电量调配,是一种大型的储能装置。

[0004] 液流电池技术具有安全可靠、生命周期内性价比高、环境友好、循环寿命长等优点,在大规模超4小时长时间储能领域极具潜力,其中全钒液流电池工业化程度最高,建设的项目最大多,锌溴液流电池,锌铁液流电池、铁铬液流电池和水系有机液流电池均有项目建成,未来市场极大。

[0005] 电堆是液流电池中发生电化学反应的场所,是能量存储和释放的核心部件,电堆的性能直接决定了液流电池的输出功率、能量效率和使用寿命,直接影响整个液流电池储能系统运行的状况,电堆的稳定运行是确保液流电池系统长期稳定工作的基础。

[0006] 良好的热管理、电化学平衡、压力控制等都是电堆设计中需要考虑的关键因素。电堆漏液问题成为影响电堆寿命的关键,电解液分布不均是导致电能能量效率低的主要原因,解决电解液不均的问题,目前主要通过改变单电池开孔直径与单电池液流框限流通道开口口径来实现电解液的均匀分布,这将导致每个单电池均有不同的结构设计,增加了电堆工业化量产的成本。电解液在电堆中的外漏主要集中在电解液的主流道区,当前并无良好的解决办法。

[0007] 因此,需要开发新的电解液向电堆分布的结构以解决电解液分布不均以及电解液泄露的问题。

发明内容

[0008] 为解决上述技术问题,本发明提供一种液流电池电堆的电解液均布装置及包含其的液流电池电堆,针对液流电池电堆,设计电解液流通截面不同的均布部件,实现电堆内部各组液流电池的进液量一致,提高各单液流电池之间电解液流量分配的均匀性,增大电堆整体能量效率;而且本发明的均布部件能够有效降低电堆外漏失效风险,提高使用寿命。

[0009] 为达此目的,本发明采用以下技术方案:

[0010] 第一方面,本发明提供一种液流电池电堆的电解液均布装置,所述电解液均布装置包括均布部件,所述均布部件具有用于电解液流通的液流通道,所述液流通道上设置有

用于与单组液流电池的液流框限流通道开口相连通的至少两个分液孔;沿电解液流动方向,所述液流通道上至少两个分液孔的开口截面积递减,和/或,沿电解液流动方向,所述液流通道用于流通电解液的横截面的面积递减。

[0011] 值得说明的是,本发明针对的是液流电池电堆而非单组液流电池或者单个液流电池,在液流电池电堆的电解液分配过程中,由于受到液流电池电堆内部液流通道长度的影响,使得电解液达到各单个液流电池进液口处压力存在差别且流量不同,从而出现电解液流入各单个液流电池中流量存在差异的情况。本发明通过设置均布部件,即设置沿电解液流动方向,使所述液流通道上至少两个分液孔的开口截面积递减,和/或,所述液流通道用于流通电解液的横截面的面积递减,从而能够使电解液在各处的流速相当,达到实现电解液均布的效果。

[0012] 优选地,所述均布部件用于设置在电堆的电解液共享通道内并与所述电解液共享通道密封连接。

[0013] 本发明通过将均布部件与电解液共享通道进行密封连接,能够避免电解液的泄露情况,提高了电池的使用寿命。

[0014] 优选地,所述密封连接的方式包括胶粘密封和/或激光焊接密封。

[0015] 优选地,所述均布部件外部为等外径圆管,且所述均布部件的外径与所述电解液共享通道的内径配合设置。

[0016] 一般来说,电解液共享通道的横截面为圆形,因此本发明的均布部件的外部设置为等外径圆管,这样能够与电解液共享通道相匹配。

[0017] 优选地,所述液流通道与所述等外径圆管呈偏心设置,即所述液流通道的中心轴与所述等外径圆管的中心轴并不重合。

[0018] 优选地,所述液流通道的中心轴远离所述分液孔设置。

[0019] 本发明优选通过偏心设置的液流通道与等外径圆管,能够使靠近分液孔处的均布部件的壁厚更厚,从而与液流框限流通道开口对接时能够起到更优的密封效果,防止电解液泄露。

[0020] 优选地,所述均布部件的两端与所述电堆的端板进行端面密封。

[0021] 优选地,所述均布部件的一端开口,另一端设置有封板。

[0022] 优选地,所述液流通道上分液孔的个数与液流电池电堆内液流电池的组数相同,且每个分液孔与单组液流电池的液流框限流通道开口相连通。

[0023] 优选地,每组液流电池中至少包括1个单液流电池。

[0024] 优选地,所述液流通道上分液孔的中轴线在同一直线上,且所述分液孔在轴线方向上的开口长度相同。

[0025] 优选地,所述液流通道的两端设置有非开孔区段,所述非开孔区段的长度 $\geq$ 液流电池电堆两侧端板的厚度。

[0026] 优选地,相邻两个所述分液孔之间的间隔的宽度 $\leq$ 相邻两组单组液流电池之间的液流框限流通道的宽度。

[0027] 优选地,所述分液孔在与轴向垂直方向上的宽度范围为1~10mm,例如可以是1mm、2mm、3mm、4mm、5mm、6mm、7mm、8mm、9mm或10mm等。

[0028] 优选地,沿电解液流动方向,所述液流通道上至少两个分液孔的开口截面积递减

时,相邻两个分液孔在与轴向垂直方向上的宽度之差为0.01~2mm,例如可以是0.01mm、0.24mm、0.46mm、0.68mm、0.9mm、1.12mm、1.34mm、1.56mm、1.78mm或2mm等。

[0029] 本发明进一步优选相邻两个分液孔在与轴向垂直方向上的宽度之差在上述范围内,能够更好地提高电解液的分布均匀性。

[0030] 优选地,沿电解液流动方向,所述液流通道用于流通电解液的横截面的面积递减时,所述液流通道远离分液孔一侧的轴线向分液孔一侧倾斜。

[0031] 优选地,所述倾斜的渐缩角为5~30°,例如可以是5°、8°、11°、14°、17°、19°、22°、25°、28°或30°等。

[0032] 本发明进一步优选倾斜的渐缩角在上述范围内,能够更好地提高电解液的分布均匀性。

[0033] 优选地,在所述液流通道远离分液孔一侧的轴线向分液孔一侧倾斜的区域,所述均布部件的外侧与所述液流通道之间具有空隙空间。

[0034] 优选地,所述均布部件的材质包括PP、PE、PVC、PPH、UPVC或CPVC中的任意一种或至少两种的组合,其中典型但非限制性的组合为PP和PE的组合,PVC和PE的组合,PP和PVC的组合,PPH和PE的组合,UPVC和PE的组合,PP和CPVC的组合。

[0035] 优选地,所述单液流电池包括全钒液流电池、铁铬液流电池或水系有机液流电池。

[0036] 第二方面,本发明提供一种液流电池电堆,所述液流电池电堆包括第一方面所述的液流电池电堆的电解液均布装置。

[0037] 本发明第二方面提供的液流电池电堆内部液流电池之间的分布均匀性高,且液流电池中电解液不易泄露,电池的使用寿命更长,应用前景广阔。

[0038] 与现有技术相比,本发明至少具有以下有益效果:

[0039] (1) 本发明提供的液流电池电堆的电解液均布装置能够实现电解液在液流电池电堆中分模块等量供液,提高各单液流电池之间电解液流量分配的均匀性,电堆内单液流电池电解液入口处电解液流速之间的极差在 2.5×10^{-3} m/s以内,且提高了电堆的能量效率,电堆的能量效率在83%以上;

[0040] (2) 本发明提供的液流电池电堆的电解液均布装置将均布部件安装于电堆电解液共享通道内并密封连接,降低电堆外漏失效风险,提高电堆的使用寿命;

[0041] (3) 本发明提供的液流电池电堆的电解液均布装置中均布部件结构简单,易于工程化应用,不需要改变原有单电池开孔工艺,且每个单体电池开孔结构一致,易于机械化加工,能够节约加工成本。

附图说明

[0042] 图1是本发明实施例1提供的电解液均布装置的半剖面示意图。

[0043] 图2是本发明实施例1提供的电解液均布装置的全貌示意图。

[0044] 图3是本发明实施例1提供的电解液均布装置装入液流电池电堆的结构示意图。

[0045] 图4是本发明实施例1提供的液流电池电堆内部的截面结构示意图。

[0046] 图5是本发明实施例1提供的电解液均布装置与液流电池电堆相对接的结构放大示意图。

[0047] 图6为本发明实施例3提供的电解液均布装置的半剖面示意图。

[0048] 图7是本发明实施例3提供的电解液均布装置的全貌示意图。

[0049] 图8是本发明实施例3提供的液流电池电堆的电解液均布装置安装后的液流速度模拟结果图。

[0050] 图9是本发明对比例1提供的液流电池电堆的电解液均布装置安装后的液流速度模拟结果图。

[0051] 其中:1、均布部件;11、液流通道;12、分液孔;13、间隔区;14、进液口端间隔区;15、出液口端间隔区;16、渐缩角;2、液流电池电堆;21、电解液共享通道;22、电极框流道区域;23、电极反应区;24、液流框限流通道开口;25、电极框。

具体实施方式

[0052] 为便于理解本发明,本发明列举实施例如下。本领域技术人员应该明了,所述实施例仅仅是帮助理解本发明,不应视为对本发明的具体限制。

[0053] 需要理解的是,在本发明的描述中,术语“中心”、“纵向”、“横向”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。

[0054] 需要说明的是,在本发明的描述中,除非另有明确的规定和限定,术语“设置”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以通过具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0055] 实施例1

[0056] 本实施例提供一种液流电池电堆的电解液均布装置,所述电解液均布装置包括均布部件,所述均布部件具有用于电解液流通的液流通道,所述液流通道上设置有用与单组液流电池的液流框限流通道开口相连通的6个分液孔;

[0057] 参见图1~图2,沿电解液流动方向,所述液流通道上至少两个分液孔的开口截面积递减。

[0058] 参见图3~图5,所述均布部件用于设置在电堆的电解液共享通道内并与所述电解液共享通道密封连接;所述密封连接的方式为胶粘密封;所述均布部件外部为等外径圆管,且所述均布部件的外径与所述电解液共享通道的内径配合设置;所述液流通道与所述等外径圆管呈偏心设置,即所述液流通道的中心轴与所述等外径圆管的中心轴并不重合,且所述液流通道的中心轴远离所述分液孔设置。所述均布部件的一端开口,另一端设置有封板。所述均布部件的两端与所述电堆的端板进行端面密封。

[0059] 所述液流通道上分液孔的个数与液流电池电堆内液流电池的组数相同,且每个分液孔与单组液流电池的液流框限流通道开口相连通;每组液流电池中包括10个单液流电池,且每组液流电池中单液流电池的数量相同。

[0060] 所述液流通道上分液孔的中轴线在同一直线上,且所述分液孔在轴线方向上的开口长度相同;所述液流通道的两端设置有非开孔区段,所述非开孔区段的长度 $\geq$ 液流电池

电堆两侧端板的厚度。

[0061] 相邻两个所述分液孔之间的间隔的宽度 $\leq$ 相邻两组单组液流电池之间的液流框限流通道的宽度。所述分液孔在与轴向垂直方向上的宽度范围为1~6mm(初始为6mm,最终一个为1mm)。

[0062] 沿电解液流动方向,所述液流通道上6个分液孔的开口截面积递减时,相邻两个分液孔在与轴向垂直方向上的宽度之差为1mm。

[0063] 所述均布部件的材质为PP;所述单液流电池包括全钒液流电池。

[0064] 实施例2

[0065] 本实施例提供一种液流电池电堆的电解液均布装置,所述电解液均布装置除所述液流通道上设置有用于与单组液流电池的液流框限流通道开口相连通的10个分液孔,密封连接的方式为激光焊接密封,所述分液孔在与轴向垂直方向上的宽度分别为1mm、1.5mm、2mm、2.5mm、3mm、3.5mm、4mm、4.5mm、5mm和5.5mm,以及所述均布部件的材质为PVC;所述单液流电池为水系有机液流电池外,其余均与实施例1相同。

[0066] 实施例3

[0067] 本实施例提供一种液流电池电堆的电解液均布装置,所述电解液均布装置包括均布部件,所述均布部件具有用于电解液流通的液流通道,所述液流通道上设置有用于与单组液流电池的液流框限流通道开口相连通的5个分液孔;

[0068] 参见图6~图7,沿电解液流动方向,所述液流通道用于流通电解液的横截面的面积递减。

[0069] 所述均布部件用于设置在电堆的电解液共享通道内并与所述电解液共享通道密封连接;所述密封连接的方式为胶粘密封;所述均布部件外部为等外径圆管,且所述均布部件的外径与所述电解液共享通道的内径配合设置;所述液流通道与所述等外径圆管呈偏心设置,即所述液流通道的中心轴与所述等外径圆管的中心轴并不重合,且所述液流通道的中心轴远离所述分液孔设置。所述均布部件的一端开口,另一端设置有封板;所述均布部件的两端与所述电堆的端板进行端面密封。

[0070] 所述液流通道上分液孔的个数与液流电池电堆内液流电池的组数相同,且每个分液孔与单组液流电池的液流框限流通道开口相连通;每组液流电池中包括10个单液流电池,且每组液流电池中单液流电池的数量相同。

[0071] 所述液流通道上分液孔的中轴线在同一直线上,且所述分液孔在轴线方向上的开口长度相同;所述液流通道的两端设置有非开孔区段,所述非开孔区段的长度 $\geq$ 液流电池电堆两侧端板的厚度。

[0072] 相邻两个所述分液孔之间的间隔的宽度 $\leq$ 相邻两组单组液流电池之间的液流框限流通道的宽度。所述分液孔在与轴向垂直方向上的宽度均为5.5mm。

[0073] 沿电解液流动方向,所述液流通道用于流通电解液的横截面的面积递减时,所述液流通道远离分液孔一侧的轴线向分液孔一侧倾斜;所述倾斜的渐缩角为 15° 。在所述液流通道远离分液孔一侧的轴线向分液孔一侧倾斜的区域,所述均布部件的外侧与所述液流通道之间具有空隙空间。

[0074] 所述均布部件的材质为PPH;所述单液流电池包括全钒液流电池。

[0075] 采用COMSOL Multiphysics仿真软件对本实施例中液流电池的进液流量进行模

拟,其模拟结果图如图8所示,从图8可以看出,各个进液口的流速比较接近,表面电解液均布效果佳。

[0076] 实施例4

[0077] 本实施例提供一种液流电池电堆的电解液均布装置,所述电解液均布装置除所述液流通道上设置有用与单组液流电池的液流框限流通道开口相连通的8个分液孔,密封连接的方式为激光焊接密封,所述分液孔在与轴向垂直方向上的宽度为10mm,所述倾斜的渐缩角为 5° ,以及所述均布部件的材质为UPVC;所述单液流电池为铁铬液流电池外,其余均与实施例3相同。

[0078] 实施例5

[0079] 本实施例提供一种液流电池电堆的电解液均布装置,所述电解液均布装置除所述液流通道上设置有用与单组液流电池的液流框限流通道开口相连通的6个分液孔,密封连接的方式为激光焊接密封,所述分液孔在与轴向垂直方向上的宽度为4.0mm,所述倾斜的渐缩角为 30° ,以及所述均布部件的材质为CPVC;所述单液流电池为水系有机液流电池外,其余均与实施例3相同。

[0080] 实施例2达到的技术效果与实施例1相当;实施例4~5与实施例3所达到的技术效果和实施例3相当。

[0081] 实施例6

[0082] 本实施例提供一种液流电池电堆的电解液均布装置,所述电解液均布装置除倾斜的渐缩角为 45° 外,其余均与实施例3相同,在此不再赘述。

[0083] 实施例7

[0084] 本实施例提供一种液流电池电堆的电解液均布装置,所述电解液均布装置除倾斜的渐缩角为 2° 外,其余均与实施例3相同,在此不再赘述。

[0085] 实施例8

[0086] 本实施例提供一种液流电池电堆的电解液均布装置,所述电解液均布装置除相邻两个分液孔在与轴向垂直方向上的宽度之差为2.5mm外,其余均与实施例1相同,在此不再赘述。

[0087] 实施例9

[0088] 本实施例提供一种液流电池电堆的电解液均布装置,所述电解液均布装置除在所述液流通道远离分液孔一侧的轴线向分液孔一侧倾斜的区域,所述均布部件的外侧与所述液流通道之间为密实材料外,其余均与实施例3相同,在此不再赘述。

[0089] 本实施例相较于实施例3而言,电池的能量密度有所下降。

[0090] 实施例10

[0091] 本实施例提供一种液流电池电堆的电解液均布装置,所述电解液均布装置除所述液流通道的两端设置有非开孔区段,但所述非开孔区段的长度 $<$ 液流电池电堆两侧端板的厚度外,其余均与实施例1相同,在此不再赘述。

[0092] 实施例11

[0093] 本实施例提供一种液流电池电堆的电解液均布装置,所述电解液均布装置除相邻两个所述分液孔之间的间隔 $>$ 相邻两组单组液流电池之间的液流框限流通道的宽度外,其余均与实施例1相同,在此不再赘述。

[0094] 对比例1

[0095] 本对比例提供一种液流电池电堆的电解液均布装置,所述电解液均布装置除分液孔的开口均相同,即分液孔在与轴向垂直方向上的宽度均为3mm外,其余均与实施例1相同,在此不再赘述。

[0096] 采用COMSOL Multiphysics仿真软件对本实施例中液流电池的进液流量进行模拟,其模拟结果图如图9所示,从图9可以看出,各个进液口的流速相差较远,表面电解液均布效果差。

[0097] 本发明提供的液流电池电堆的电解液均布装置在安装时,将均布部件插入电堆的电解液共享通道内,并且进行密封,对电堆进行充放电性能测试,得出电堆的能量效率。

[0098] 以实施例1、实施例3、实施例6~11以及对比例1提供的60组单液流电池为例,针对全钒液流电池电堆进行测试,对电堆的能量效率进行记录。

[0099] 以上实施例和对比例的测试结果如表1所示。

[0100] 表1

[0101]		电堆内单液流电池电解液入口处电 解液流速之间的极差 ($\times 10^{-3}\text{m/s}$)	电堆的能量效率 (%)
	实施例 1	2.06	83.10
	实施例 3	1.63	83.15
	实施例 6	3.86	81.91
	实施例 7	4.47	81.35
	实施例 8	4.86	81.30
	实施例 9	2.12	83.10
	实施例 10	7.37	80.95
	实施例 11	7.05	80.56
	对比例 1	9.46	80.28

[0102] 从表1可以看出如下几点:

[0103] (1) 对比实施例3和实施例6~7可以看出,实施例6中均布管装置渐缩角偏大导致,电解液在均布管装置出口端流量较大,电解液均布效果较差,电堆内单液流电池电解液入口处电解液流速之间的极差达到 $3.86 \times 10^{-3}\text{m/s}$,且电堆性能降低;实施例7中均布管装置渐缩角偏小导致电解液在均布管装置进口端流量较大,电解液均布效果较差,极差达到 $4.47 \times 10^{-3}\text{m/s}$,电堆的能量效率降低至81.35%,由此表明,本发明通过优化渐缩角的设计,进一步提升了电堆的能量效率;

[0104] (2) 对比实施例1和实施例8可以看出,实施例8中均布管装置两个分液孔在与轴向垂直方向上的宽度之差偏大,导致电解液在均布装置进口与出口处分液孔的流量差别较

大,无法保证电解液进入各单电池的流量一致,无法实现电极液均布的效果,电堆内单液流电池电解液入口处电解液流速之间的极差高达 $4.86 \times 10^{-3} \text{m/s}$,电堆的能量效率降低至81.30%,表明本发明通过将相邻两个分液孔在与轴向垂直方向上的宽度之差控制在合理范围内,能够更好地提高电解液的均布效果;

[0105] (3) 对比实施例1和实施例10~11可以看出,实施例10中均布管两端非开孔区段的长度 $<$ 液流电池电堆两侧端板的厚度,电解液在均布装置进口和出口两端存在流动死区,电解液存在局部涡流现象,导致电解液利用率降低。实施例11中均布管分液孔之间的间隔 $>$ 相邻两组单组液流电池之间的液流框限流通道的宽度,存在单个液流电池的进液口被均布装置分液孔之间的间隔阻挡现象,导致电解液无法进入液流电池中,使得液流电池电堆存在无法参与反应的单电池能量效率较低。

[0106] (4) 对比实施例1和对比例1可以看出,本发明通过设置设计电解液流通截面不同的均部部件,能够实现电解液在液流电池电堆中分模块等量供液,提高各单液流电池之间电解液流量分配的均匀性,提高电堆的能量效率。

[0107] 本发明通过上述实施例来说明本发明的详细特征,但本发明并不局限于上述详细特征,即不意味着本发明必须依赖上述详细特征才能实施。所属技术领域的技术人员应该明了,对本发明的任何改进,对本发明所选用技术特征的等效替换以及辅助技术特征的增加、具体方式的选择等,均落在本发明的保护范围和公开范围之内。

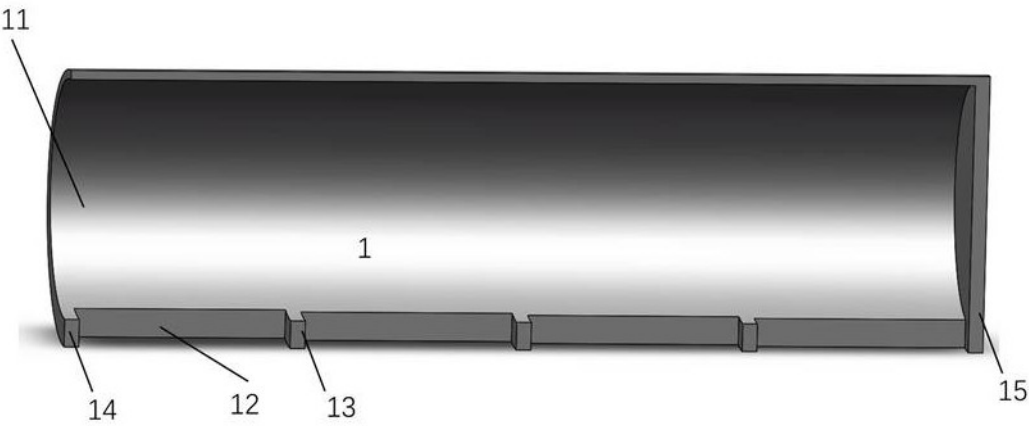


图 1

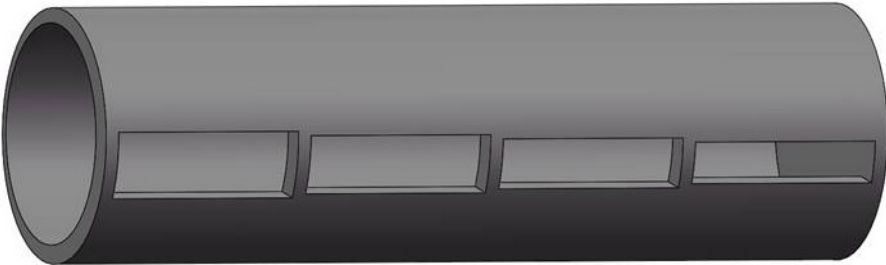


图 2

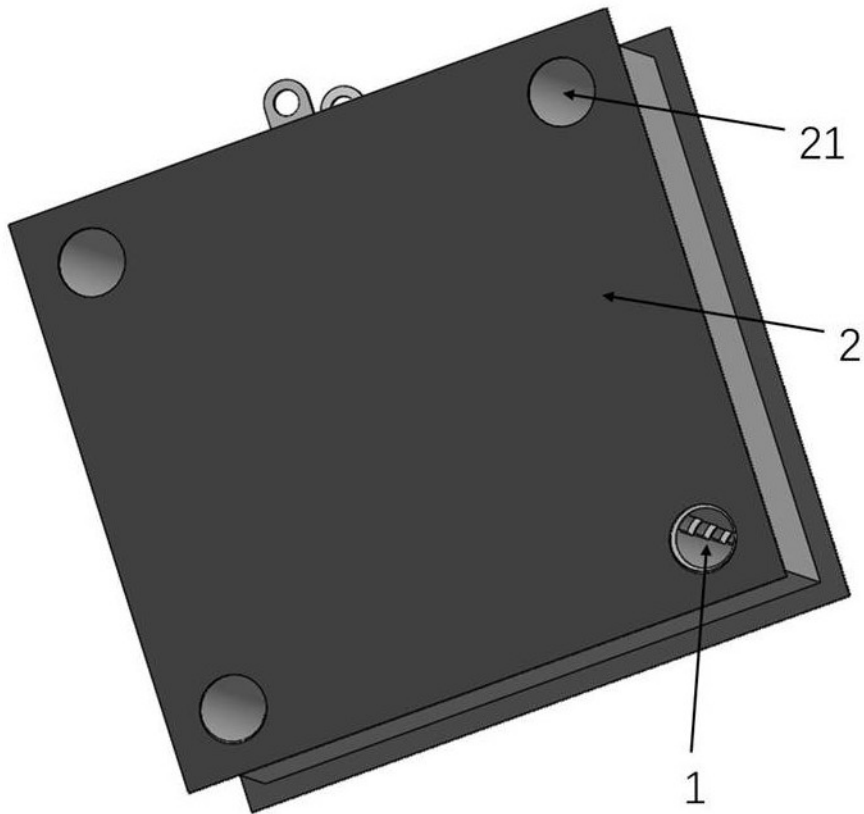


图 3

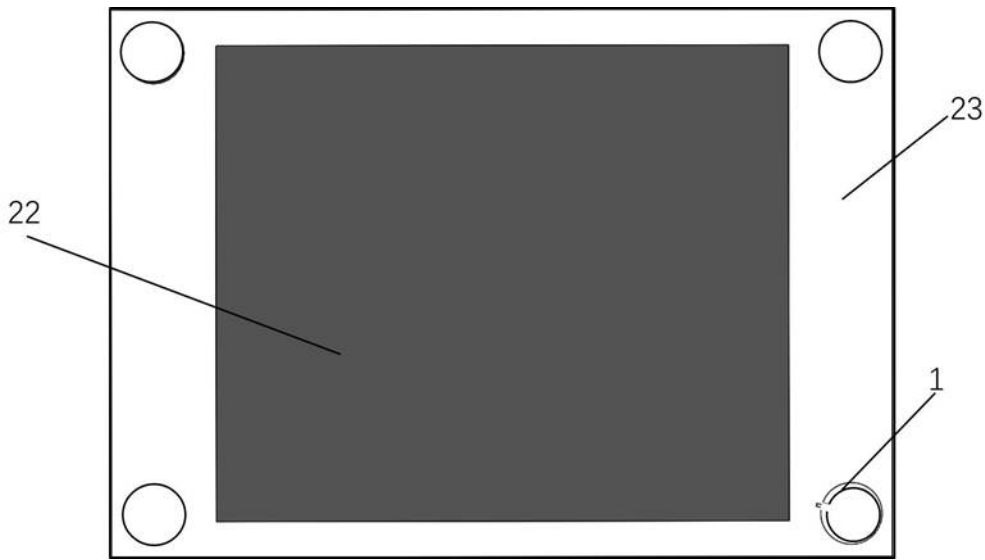


图 4

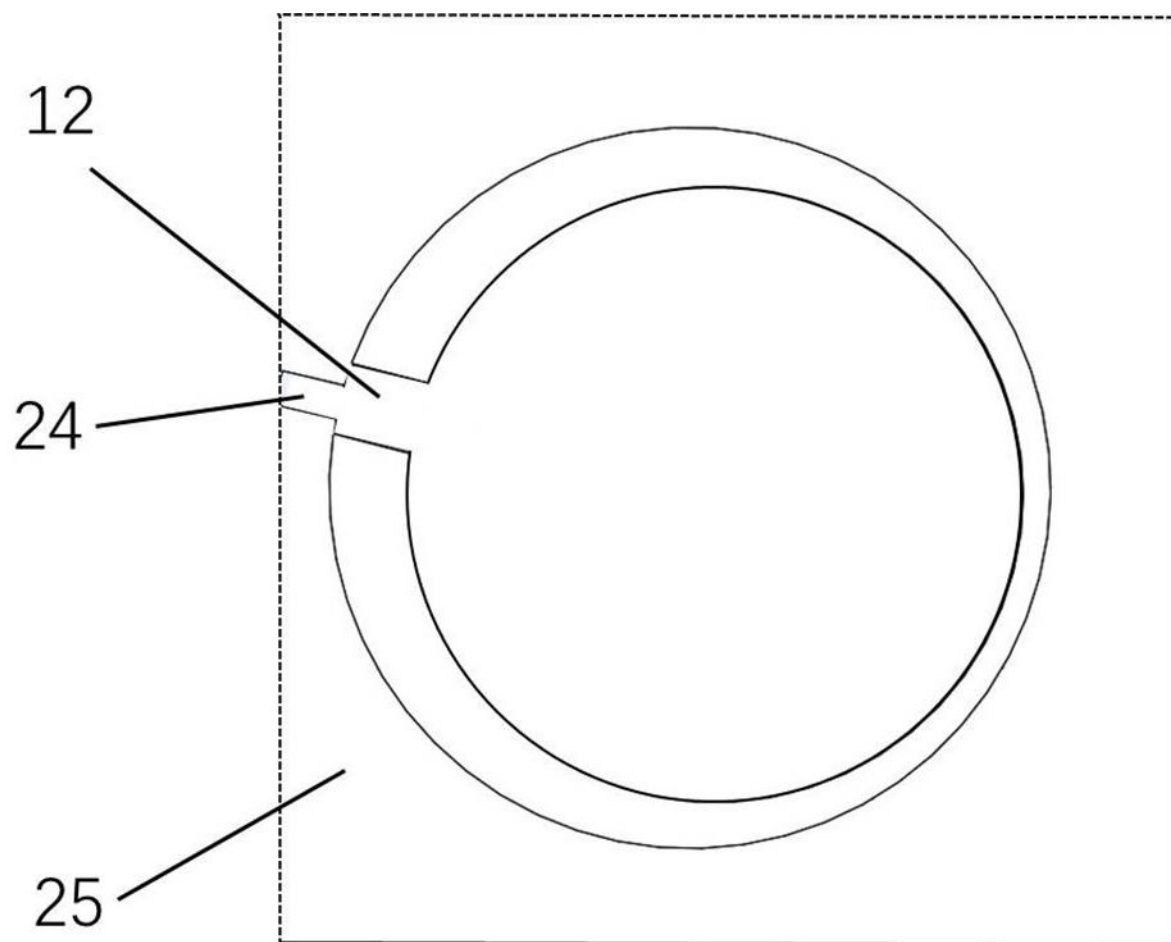


图 5

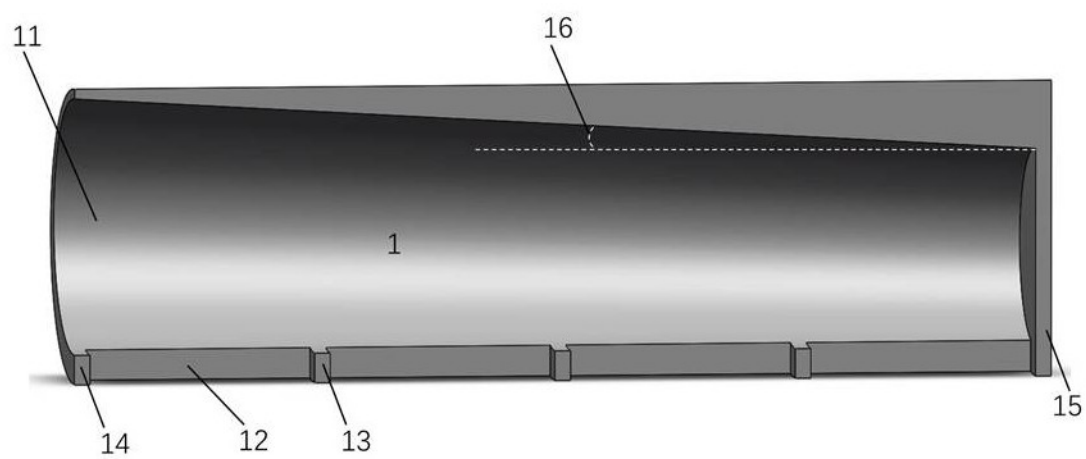


图 6

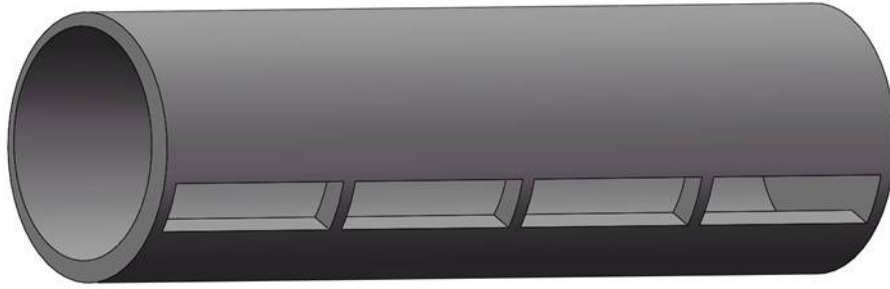


图 7

切面: 速度大小 (m/s)

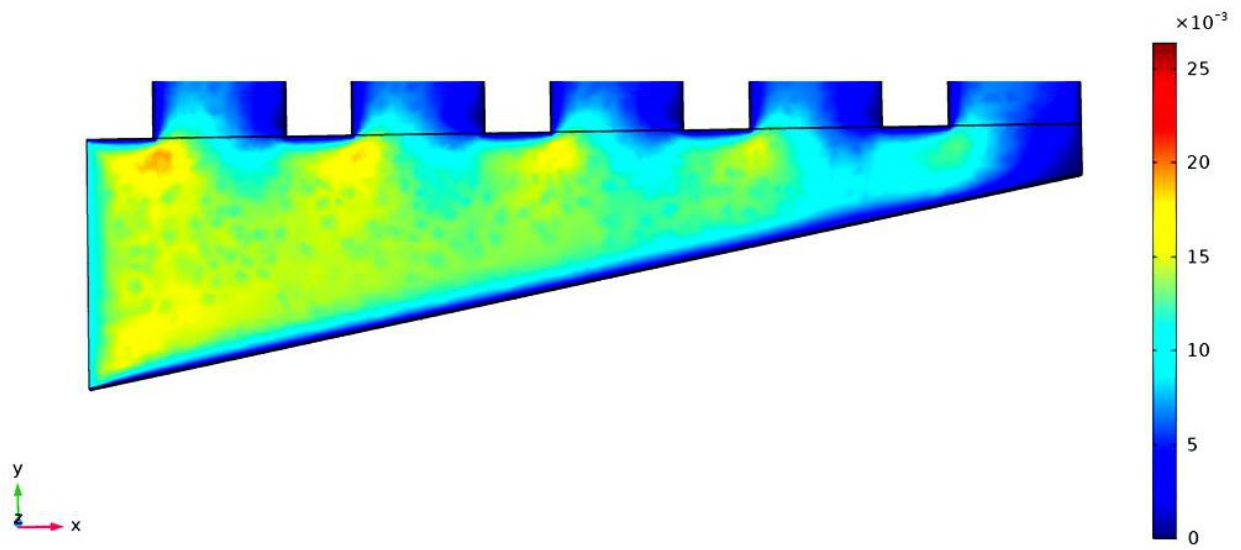


图 8

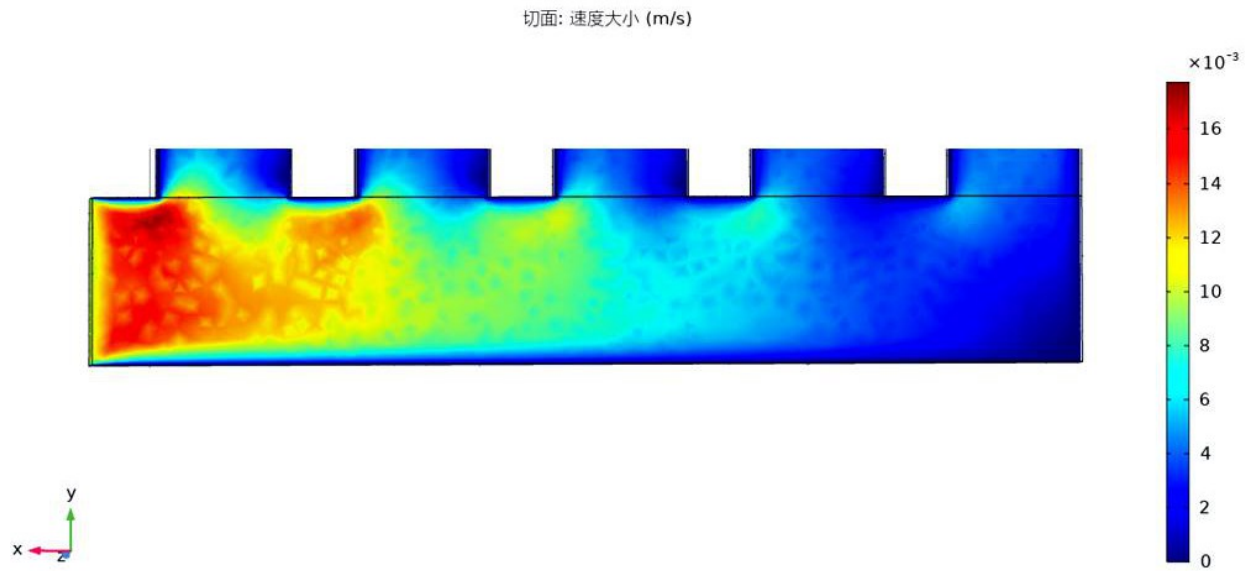


图 9