



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106450405 B

(45)授权公告日 2019.11.26

(21)申请号 201510447791.7

(22)申请日 2015.07.27

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 106450405 A

(43)申请公布日 2017.02.22

(73)专利权人 大连融科储能技术发展有限公司  
地址 116025 辽宁省大连市高新园区信达街22号

(72)发明人 高新亮 张华民 许晓波 王晓丽  
杨振坤 李颖 刘若男 王明君  
赵叶龙 宋玉波

(74)专利代理机构 大连东方专利代理有限责任公司  
公司 21212  
代理人 赵淑梅 李馨

(51)Int.Cl.

H01M 8/249(2016.01)

(56)对比文件

CN 104659390 A,2015.05.27,说明书  
[0003]-[0014]段.

CN 103682395 A,2014.03.26,说明书  
[0003]-[0019]段.

US 2014272484 A1,2014.09.18,说明书  
[0051]-[0073]段及附图4A、4B.

CN 106450404 A,2017.02.22,权利要求1.

CN 102468494 A,2012.05.23,全文.

CN 101390232 A,2009.03.18,全文.

US 2015125768 A1,2015.05.07,全文.

审查员 胡菁菁

权利要求书1页 说明书10页 附图1页

(54)发明名称

液流电池电堆结构

(57)摘要

本发明公开了液流电池电堆结构,其由若干节单电池串联构成,每节单电池包括双极板、电极、电极框、离子传导膜,所述电堆中首节和/或末节单电池组成部件结构与其它节单电池组成部件结构不同。通过改变首末节电极的压缩比,提高首末节单电池的导电性,降低电极与双极板之间的接触电阻;通过改变首末节电极框结构,包括改变电极框厚度、电解液分配口数量和面积来提高首末节单电池的电解液分配均匀性,降低电解液在电极内的浓差极化和流动阻力。以上改进使液流电池电堆的电压极差有效降低,大大提高电堆内单电池电压一致性,避免了电堆长期在较高电压极差下运行对电池系统的负面影响,提高电池系统长期运行的稳定性。

1. 液流电池电堆结构,由若干节单电池串联构成,每节单电池包括双极板、电极、电极框、离子传导膜,其特征在于,所述电堆中首节和/或末节单电池组成部件结构与其它节单电池组成部件结构不同;

所述电极框内侧设有电解液分配口,其特征在于,所述首节和/或末节单电池的电极框内侧的电解液分配口的数量至少大于其它节单电池电极框的电解液分配口数量的10%。

2. 根据权利要求1所述的液流电池电堆结构,其特征在于,所述首节和/或末节单电池电极的厚度与其它节单电池电极的厚度不同。

3. 根据权利要求1所述的液流电池电堆结构,其特征在于,所述首节和/或末节单电池电极的厚度为其它节单电池电极厚度的40%~90%或者所述首节和/或末节单电池的电极厚度为其它节单电池电极厚度的110%~150%。

4. 根据权利要求1所述的液流电池电堆结构,其特征在于,所述首节和/或末节单电池电极的表面活性物质含量至少为其它节单电池电极的表面活性物质含量的120%。

5. 根据权利要求1所述的液流电池电堆结构,其特征在于,所述首节和/或末节单电池的电极经电沉积催化处理。

6. 根据权利要求1所述的液流电池电堆结构,其特征在于,所述首节和/或末节单电池电极的电导率大于其它节单电池电极的电导率,首节和/或末节单电池电极的电导率至少为其他节单电池电极电导率的110%。

7. 根据权利要求4所述的液流电池电堆结构,其特征在于,所述首节和/或末节单电池的电极经高温烧制处理。

8. 根据权利要求1所述的液流电池电堆结构,其特征在于,所述首节和/或末节单电池的电极框的厚度至少为其它节单电池的电极框厚度的120%,或者所述首节和/或末节单电池的电极框的厚度至多为其它节单电池电极框厚度的80%。

9. 根据权利要求1所述的液流电池电堆结构,其特征在于,所述首节和/或末节单电池的电极框内侧的电解液分配口的横截面积大于其它节单电池电极框的电解液分配口的横截面积的20%。

## 液流电池电堆结构

### 技术领域

[0001] 本发明涉及液流电池的制造领域,特别涉及液流电池电堆结构。

### 背景技术

[0002] 现代经济社会发展对传统能源的日益增长的需求,使得其供给不足的问题日益突出。人们不得不寻找风能、太阳能等可再生能源,近些年以风能和太阳能为代表的新能源已经占据了能源供给的一席之地,随着需求增加,比例仍然在不断增大,但其受天气影响而造成发电间歇性的供需矛盾比较突出,规模储能的发展已经势在必行。

[0003] 作为大规模能量储存的途径--液流电池的产生和发展为上述新能源的缺陷提供了很好的补充。液流电池具有安全性好、寿命长,蓄电容量大、功率与容量分离可调、选址自由和清洁环保等特点,可以保证风能、太阳能等新能源经过存储调整后的平稳输出,实现规模化电能管理、电网辅助、电压控制、大型不间断电源的重要作用。

[0004] 电堆是液流电池的核心部件,目前电堆是以多个单电池以串联方式依次连接,每一节单电池结构均相同;一张隔膜将正负极隔开,正负极结构相同;每一侧依次为电极和双极板(正负极共用)。

[0005] 电堆是化学能与电能相互转化的场所,其结构的合理性直接关系到液流电池系统效率以及运行的可靠性。电堆通过正负电极串联的方式提高了电堆的整体工作电压和功率,但是也降低了电堆内单电池之间的电压均匀性。

[0006] 现有技术中,首选的方法是利用结构完全相同的单电池组装出大功率规格的电堆,但是电堆的首末节单电池与其他电池相比其位置有一定的特殊性:与集流板等部件直接接触、端板上螺栓强大的夹紧力首先作用在首末节单电池上,导致首末节单电池与电堆中其他位置的单电池相比,接触电阻和压紧力更大,导致首末节单电池性能较差、使用损坏率较大。经测试,在电堆进行充放电运行过程中,首末节单电池的电压与其他单电池相比存在着较大的电压偏差,高达几十毫伏。而随着充放电过程中电流密度的提高,这种电压偏差将成倍增加,而这种单电池之间的电压不均匀性会造成液流电池系统在长期运行时,使电堆首末节电极出现不同程度的过电压现象并烧毁,导致电池系统整体效率下降,电堆报废无法使用。

### 发明内容

[0007] 针对现有技术液流电池电堆存在电压极差的技术缺陷,本发明提供一种可降低电堆电压极差的液流电池电堆结构。

[0008] 本发明经过研究发现,电堆的首末节电池的电压差过大是由于双极板与两侧集流板(通常为铜板)接触,两种不同结构、不同表面形貌的材料接触不可避免造成两者间接触电阻的增大。

[0009] 本发明提供以下解决现有技术缺陷的技术方案:液流电池电堆结构,由若干节单电池串联构成,每节单电池包括双极板、电极、电极框、离子传导膜,所述电堆中首节和/或

末节单电池组成部件结构与其它节单电池组成部件结构不同。

[0010] 一种具体的技术方案为,首节和/或末节单电池的电极的厚度与其它节单电池电极的厚度不同。

[0011] 进一步优选地,所述首节和/或末节单电池的电极的厚度为其它节单电池电极厚度的40%~90%,优选为80~90%,即将电堆首末节电极在原有基础上减薄10%~60%,优选减薄10%~20%,以减少传质阻力,降低电极本体电阻。

[0012] 进一步优选地,所述首节和/或末节单电池的电极厚度为其它节单电池电极厚度的110%~150%,优选为110~120%。即将电堆首末节电极在原有基础上加厚10%~50%,优选加厚为10%~20%,使得电极与双极板接触更加紧密,以减少接触电阻。

[0013] 另一种具体的方案为,通过增加首末节电极的反应活性物质(本发明所述活性物质,包括羟基 $\text{OH}^-$ 、羧基 $\text{COOH}$ 等)的含量以提高首末节电极的电化学反应活性,所述首节和/或末节单电池电极的表面活性物质的含量至少为其它节电池电极的120%。优选利用热处理或强氧化剂处理等方式增加电极反应活性物质含量,其中热处理工艺温度优选为400~500 $^{\circ}\text{C}$ ,强氧化剂处理工艺优选为使用强氧化性酸溶液浸泡电极材料一定时间。

[0014] 再一种具体的方案为,通过向电极表面电沉积金属离子来增加电极的电化学反应催化能力。所述金属离子催化剂为 $\text{Bi}^{3+}$ , $\text{Mn}^{2+}$ , $\text{Ru}^{2+}$ 或 $\text{Rh}^{2+}$ ,优选地,金属离子选择 $\text{Bi}^{3+}$ ,沉积量为 $0.6\text{g}/\text{m}^2\sim 0.7\text{g}/\text{m}^2$ 。

[0015] 再一种具体的方案为,所述首节和/或末节单电池的电极电导率大于其它节单电池电极的电导率,其电导率至少为其他节单电池电极的110%,优选为110%~150%。可以通过加强首末节电极材料的石墨化程度而增加其导电性,提高石墨化程度的方法优选为热处理方法,温度优选大于1500 $^{\circ}\text{C}$ ,并通有氮气进行保护。

[0016] 再一种具体的方案为,所述首节和/或末节单电池的电极框的厚度至少为其它节单电池的电极框厚度的120%,优选为130%~150%。通过加厚电极框,降低电极框内电极的压缩比,使得电解液传质阻力同时下降,进而降低了首末节单电池的电压,提高电堆整体性能;或者所述首节和/或末节单电池的电极框的厚度至多为其它节单电池电极框厚度的80%,优选为60%~80%,通过减薄电极框,使置于电极框内的电极压缩比增加,降低了电极与双极板之间的接触电阻,进而提高了首末节单电池的导电能力,提高电堆的整体性能。

[0017] 再一种具体的方案为,所述电极框内侧设有电解液分配口,优选地,所述首节和/或末节单电池的电极框内侧的电解液分配口的数量至少大于其它节单电池电极框的电解液分配口数量的10%,优选多余量为20%~50%。优选地,所述首节和/或末节单电池的电极框内侧的每个电解液分配口的横截面积大于其它节电极框对应电解液分配口的横截面积的20%。通过将电解液分配口数量提高或电极框电解液分配口横截面积增大一定比例,使得电堆首节和末节单电池内电解液流速加大,从而降低浓差极化。

[0018] 本发明具有以下有益效果:

[0019] 1.通过对电堆首末节单电池进行结构改进,将电堆中首末节电压过大的问题有效解决,具有操作容易实现,效果良好的优点。

[0020] 2.通过对首末节单电池的电极结构改进,改变首末节电极的压缩比,降低电极与双极板之间的接触电阻,提高首末节单电池的导电性,提高电堆的整体性能和长期运行稳定性。

[0021] 3.通过对首末节单电池电极框厚度、电解液分配口的结构改进,提高首末节单电池的电解液分配均匀性,降低电解液在电极内的浓差极化和流动阻力,提高首末节单电池的电压效率,降低电堆的电压极差,提高电堆长期运行的稳定性。

[0022] 4.无需对电堆其他节单电池做结构改进,使得首末节单电池的批量化处理和制造实现成为可能,有效降低电堆组装及生产成本,对推动液流电池的全产业化及商业化应用具有重要意义。

### 附图说明

[0023] 本发明附图1幅,图1为液流电池电堆装置结构示意图。

[0024] 图1中,1、端板,2、集流板,3、双极板,4、电极框,5、电极,6、离子传导膜。

### 具体实施方式

[0025] 下述非限制性实施例可以使本领域的普通技术人员更全面地理解本发明,但不以任何方式限制本发明。

[0026] 实施例1首末节单电池电极与其他节单电池电极厚度不同

[0027] 实施例1.1减薄首末节单电池的电极厚度

[0028] 电压极差测试方法:将组装好的电堆与电解液循环系统、电池管理系统相连接,对其以某一固定的电流密度进行充电和放电,进行多次充放电循环后,记录最后一个充放电循环的电压极差。具体方法为电池在充电过程中,当充电至某一电压值时(例如:全钒液流电池为1.50V平均电压乘以单电池节数),记录每一节单电池的实际电压值,所有单电池中具有最大电压和最小电压的两节单电池的电压的差值即为电堆在相应电流密度下的电压极差。

[0029] 表1

[0030]

参数项目	性能特征
功率	2kW
配置溶液	1.4mol/L硫酸体系钒电解液
溶液量	80L (1.5kWh)
单电池节数	15节
集流板	铜板
电极	首末节厚度5.5mm,其他节厚度6.5mm,
双极板	厚度2mm
离子传导膜	厚度120um
电极框	厚度4.5mm

[0031] 实施例1.1液流电池电堆结构具体参数见表1。

[0032] 将组装好的2kW电堆与电解液循环系统、电池管理系统相连接,对其以80mA/cm<sup>2</sup>的电流密度进行充电和放电,当电池稳定运行19个充放电循环后,记录第20个充放电循环充电末期的电压极差。

[0033] 对比例1.1

[0034] 采用表1所列部件组装2kW电池堆,电堆单电池连接方式为串联,且每一节单电池结构完全相同,即每一节电极的厚度均为6.5mm,电压极差的测试方法同实施例1,试验结果如表2所示:

[0035] 表2

[0036]

项目	电压极差 (mV)	工作电流密度 mA/cm <sup>2</sup>	试验温度℃	性能 (能量效率/库伦效率)
实施例 1.1	16	80	30	83.5%/96.7%
对比例 1.1	29	80	30	83.2%/96.5%

[0037] 实施例1.2加厚首末节单电池的电极厚度

[0038] 实施例1.2液流电池电堆结构具体参数见表3:

[0039] 表3

[0040]

参数项目	性能特征
功率	10kW

[0041]

配置溶液	2mol/L硫酸/盐酸混酸体系钒电解液
溶液量	800L (15kWh)
单电池节数	40节
集流板	铜板
电极	首末节厚度7.5mm,其他节厚度6.5mm;
双极板	厚度2mm
离子传导膜	厚度120um
电极框	厚度4.5mm

[0042] 将组装好的10kW电堆与电解液循环系统、电池管理系统相连接,对其以80mA/cm<sup>2</sup>的电流密度进行充电和放电,当电池稳定运行9个充放电循环后,记录第10个充放电循环充电末期的电压极差。

[0043] 对比例1.2

[0044] 采用表3所列部件组装10kW电池堆,电堆单电池连接方式为串联,且每一节单电池结构完全相同,即每一节电极的厚度均为6.5mm。

[0045] 电压极差的测试方法同实施例1,试验结果如表4所示:

[0046] 表4

[0047]

项目	电压极差 (mV)	工作电流密度 mA/cm <sup>2</sup>	试验温度℃	性能 (能量效率/ 库伦效率)
实施例 1.2	16	80	30	82.9%/97.2%
对比例 1.2	38	80	30	82.3%/96.7%

[0048] 实施例2首末节单电池电极经强氧化剂改性处理

[0049] 实施例2具体参数见表5:

[0050] 表5

[0051]

参数项目	性能特征
功率	31.5kW
配置溶液	2.5mol/L盐酸体系钒电解液
溶液量	1000L (20kWh)
单电池节数	50节
集流板	铜板
电极	厚度6.5mm,首末节经过强氧化性酸处理
双极板	厚度2mm
离子传导膜	厚度120um
电极框	厚度4.5mm

[0052] 对首末节电极进行了强氧化性酸处理工艺,以增加电极表面活性基团总量,提升电极反应活性,降低电极本体电阻,处理参数和效果如表6、7所示:

[0053] 表6

[0054]

处理手段	设备及参数
酸浸泡处理	18M硫酸-浸泡
时间	32小时

[0055] 表7

[0056]

检测项目	强氧化性酸处理后	未经强氧化性酸处理	测试方式
OH <sup>-1</sup>	32.6%	28.3%	XPS (x 射线光电子能谱)
COOH	7.9%	5.1%	XPS (x 射线光电子能谱)
能量效率	85%	80%	电池循环试验
电阻	0.3Ω/m <sup>2</sup>	0.4Ω/m <sup>2</sup>	HioKi 微电阻测定仪
电压极差(mV)	18	38	电池循环试验
能量效率/库伦效率	83.2%/97.5%	82.2%/97.0%	充放电实验

[0057] 将组装好的31.5kW电堆与电解液循环系统、电池管理系统相连接,对其以80mA/cm<sup>2</sup>的电流密度进行充电和放电,当电池稳定运行19个充放电循环后,按照实施例1的方法检测并记录第20个充放电循环的电压极差。

[0058] 对比例2

[0059] 采用表5所列部件组装相同规格的电堆,且首末节电极材料未经过强氧化剂改性处理,其他运行条件与实施例2完全一致。

[0060] 电压极差的测试方法同实施例1,试验结果如表8所示:

[0061] 表8

[0062]

项目	电压极差 (mV)	工作电流密度 mA/cm <sup>2</sup>	试验温度℃	性能 (能量效率/库伦效率)
实施例 2	19	80	30	83.7%/97.5%
对比例 2	36	80	30	83.2%/96.5%

[0063] 实施例3首末节单电池电极经电沉积催化处理

[0064] 实施例3液流电池电堆结构具体参数见表9:

[0065] 表9

[0066]

参数项目	性能特征
功率	50W
配置溶液	1.7mol/L硫酸体系钒电解液
溶液量	1.6L (30Wh)
单电池节数	10节
电极	厚度6.5mm,首末节经过电沉积处理

[0067]

双极板	厚度2mm
离子传导膜	厚度120um
电极框	厚度4mm,无流道结构

[0068] 每节电极厚度保持一致,对首末节电池的电极进行了表面电沉积催化剂处理,处理参数如表10所示:

[0069] 表10

[0070]

沉积工艺	参数1	参数2
沉积金属	Bi <sup>3+</sup>	Mn <sup>2+</sup>
电解液	BiCl <sub>3</sub> +HCl	MnSO <sub>4</sub> +H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
沉积量	0.65g/m <sup>2</sup>	0.32g/m <sup>2</sup>
电流密度,时间	10mA/cm <sup>2</sup> ,30min	30mA/cm <sup>2</sup> ,30min

[0071] 将组装好的50W电堆与电解液循环系统、电池管理系统相连接,对其以100mA/cm<sup>2</sup>的电流密度进行充电和放电,当电池稳定运行9个充放电循环后,按照实施例1的方法检测并记录第10个充放电循环的电压极差。

[0072] 对比例3

[0073] 采用表9所列部件组装相同规格的电堆,且首末节电极材料未经过表面沉积处理,其他运行条件与实施例3完全一致。

[0074] 电压极差的测试方法同实施例1,试验结果如表11所示:

[0075] 表11

[0076]

项目	实施例 3 电极电镀 $\text{Bi}^{3+}$ 后组装的电堆	实施例 3 电极电镀 $\text{Mn}^{2+}$ 后组装的电堆	对比例 4
电阻	$0.2\Omega/\text{m}^2$	$0.16\Omega/\text{m}^2$	$0.4\Omega/\text{m}^2$
工作电流密度 $\text{mA}/\text{cm}^2$	80	80	80
能量效率	84.2%	83.8%	82.5%
电压效率	90%	88%	87%
电压极差 (mV)	18	25	38
测试温度 $^{\circ}\text{C}$	40	40	40

[0077] 实施例4首末节单电池与其他节单电池电极电导率不同

[0078] 实施例4液流电池电堆结构具体参数见表12:

[0079] 表12

[0080]

参数项目	性能特征
功率	2kW
配置溶液	1.4mol/L硫酸体系钒电解液
溶液量	80L (1.5kWh)

[0081]

单电池节数	15节
集流板	铜板
电极	厚度6.5mm,首末节经过烧制处理
双极板	厚度2mm
离子传导膜	厚度120um
电极框	厚度4.5mm

[0082] 电池参数如表12,对首末节电极进行了活化烧制处理。电极的导电性很大程度取决于碳毡原始烧制过程中的温度,烧制温度越高,碳毡的石墨化程度就越高,电极的导电能力越强。处理参数和效果如表13所示:

[0083] 表13

[0084]

项目	烧制温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	烧制时间 (小时)	电阻 ( $\Omega/\text{m}^2$ )	电压极差 (mV)
实施例 4.1	1500	4	0.58	36
实施例 4.2	1600	4	0.50	30
实施例 4.3	1800	4	0.42	28
实施例 4.4	2200	4	0.28	16
对比例 4	空白	--	0.66	42

[0085] 以上烧制过程均通氮气,防止氧气进入氧化电极。

[0086] 将组装好的2kW电堆与电解液循环系统、电池管理系统相连接,对其以 $100\text{mA}/\text{cm}^2$

的电流密度进行充电和放电,当电池稳定运行49个充放电循环后,按照实施例1的方法检测并记录第50个充放电循环的电压极差。

[0087] 对比例4

[0088] 采用表12所列部件组装相同规格的电堆,且首末节电极材料未经过烧制处理,其他运行条件与实施例4完全一致。

[0089] 结果如表14所示:

[0090] 表14

[0091]

项目	电压极差 (mV)	工作电流密度 mA/cm <sup>2</sup>	试验温度	性能 (能量效率)
实施例 4.1	23	100	30℃	83%
实施例 4.2	29	100	30℃	83.5%
实施例 4.3	32	100	30℃	84.5%
实施例 4.4	30	100	30℃	84.0%
对比例 4	42	100	30℃	80%

[0092] 实施例5首末节单电池的电极框结构不同的液流电池结构

[0093] 实施例5.1增大首末节单电池电极框厚度

[0094] 实施例5.1具体参数见表15。

[0095] 表15

[0096]

参数项目	性能特征
功率	250kW 单元电池系统由 20 个 25kW 电堆构成
配置溶液	1.5mol/L 硫酸体系钒电解液
溶液量	500kWh
单电池节数	50 节
集流板	抛光铜板
电极	厚度 6.5mm
双极板	厚度 2mm
离子传导膜	厚度 120um
电极框厚度	首末节厚度 5mm, 其他节厚度 4mm,
电解液分配口数量	20 个
电极框电解液分配口横截面积和	0.8cm <sup>2</sup>

[0097] 将组装好的25kW电堆与电解液循环系统、电池管理系统相连接,并集成为250kW/500kWh的单元电池系统,对其以100mA/cm<sup>2</sup>的电流密度进行充电和放电,当电池稳定运行19个充放电循环后,按照实施例1的方法检测并记录第20个充放电循环的电压极差。

[0098] 实施例5.2减薄首末节单电池电极框厚度

[0099] 电池参数除电极框结构不同外,其他部件结构均与实施例5.1相同。本实施例电极框结构见表16。电池运行条件与实施例5.1相同。

[0100] 表16

[0101]

电极框	首末节厚度3mm,其他节厚度4mm,
电解液分配口数量	20个
电极框电解液分配口横截面积和	0.8cm <sup>2</sup>

[0102] 实施例5.3增加首末节电池电极框的电解液分配口数量

[0103] 电池参数除电极框结构不同外,其他部件结构均与实施例5.1相同。本实施例电极框结构见表17。电池运行条件与实施例5.1相同。

[0104] 表17

[0105]

电极框	厚度4mm
电解液分配口数量	首末节25个,其他节20个
电极框电解液分配口横截面积和	0.8cm <sup>2</sup>

[0106] 实施例5.4增大首末节单电池电极框内侧的电解液分配口的横截面积

[0107] 电池参数除电极框结构不同外,其他部件结构均与实施例5.1相同。本实施例电极框结构见表18。电池运行条件与实施例5.1相同。

[0108] 表18

[0109]

电极框	厚度4mm
电解液分配口数量	20个
电极框电解液分配口横截面积和	首末节1.0cm <sup>2</sup> ,其他节0.8cm <sup>2</sup>

[0110] 对比例5

[0111] 采用表15所列部件组装相同规格的电堆,且首末节电极框结构与其他电极框结构完全相同。即电极框厚度为4mm,电解液分配口数量为20个,电解液分配口横截面积和为0.8cm<sup>2</sup>。

[0112] 其他运行条件与实施例5.1完全一致。

[0113] 电压极差的测试方法同实施例1,试验结果如表19所示:

[0114] 表19

[0115]

项目	电压极差 (mV)	工作电流密度 mA/cm <sup>2</sup>	试验温度	能量效率/库伦效率
实施例 5.1	25	100	30-35℃	84.7%/97.2%
实施例 5.2	22	100	30-35℃	84.2%/97.5%
实施例 5.3	23	100	30-35℃	84.8%/97.1%
实施例 5.4	21	100	30-35℃	84.5%/97.5%
对比例 5	45	100	30-35℃	83.9%/97%

[0116] 实施例6首末节单电池采用不同结构电极和电极框

[0117] 表20

[0118]

参数项目	性能特征
功率	2kW
配置溶液	1.4mol/L 硫酸体系钒电解液
溶液量	80L(1.5kWh)
单电池节数	15 节
集流板	铜板
电极	厚度 6.5mm, 首末节经过电沉积处理
双极板	厚度 2mm
离子传导膜	厚度 120um
电极框	厚度 4.5mm, 设有电解液流道及分配口, 首末节分配口数量为 25 个, 其他节 20 个
电极框的电解液分配口横截面积和	首末节 1.2cm <sup>2</sup> , 其它节均为 0.8cm <sup>2</sup>

[0119] 将组装好的2kW电堆与电解液循环系统、电池管理系统相连接,对其以150mA/cm<sup>2</sup>的电流密度进行充电和放电,当电池稳定运行99个充放电循环后,按照实施例1的方法检测并记录第100个充放电循环的电压极差。

[0120] 对比例6

[0121] 采用表20所列部件组装相同规格的电堆,且首末节电极、电极框结构与其他节单电池的电极和电极框结构完全相同。即所有单电池的电极表面均未经过电沉积处理,电极框分配口数量为20个,电极框电解液分配口横截面积和为0.8cm<sup>2</sup>。其他运行条件与实施例6完全一致。

[0122] 电压极差的测试方法同实施例1,试验结果如表21所示:

[0123] 表21

[0124]

项目	电压极差 (mV)	工作电流密度 mA/cm <sup>2</sup>	试验温度	性能 (能量效率/库伦效率)
实施例 5	23	150	30-35℃	85.6%/97.7%
对比例 5	45	150	30-35℃	83.8%/96.9%

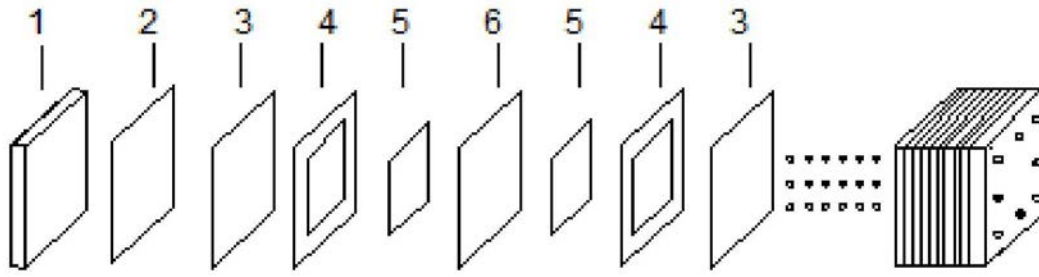


图1