(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 116106208 A
(43)申请公布日 2023.05.12

(21)申请号 202211313518.1

(22)申请日 2022.10.25

(71)申请人 新源动力股份有限公司
地址 116000 辽宁省大连市高新园区黄浦路907号

(72)发明人 舒清柱 蒋建良 孙昕 张扬 李东明

(74)专利代理机构 大连东方专利代理有限责任公司 21212
专利代理师 王思宇 李洪福

(51)Int.Cl.
G01N 17/00(2006.01)

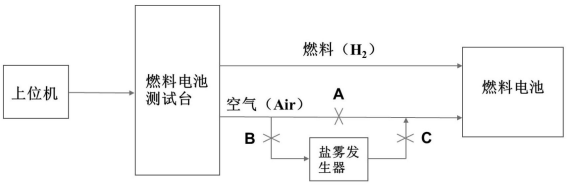
权利要求书2页 说明书10页 附图2页

(54)发明名称

一种质子交换膜燃料电池耐盐雾在线性能测试系统及方法

(57)摘要

本发明提供一种质子交换膜燃料电池耐盐雾在线性能测试系统及方法,所述测试方法具体包括以下步骤:步骤1:测试系统搭建;步骤2:盐雾配制;步骤3:燃料电池性能测试(1)测试盐雾对燃料电池初始性能的影响;(2)测试不同类型或不同浓度的盐雾对燃料电池初始性能的影响;(3)测试盐雾对燃料电池耐久性的影响;步骤4:燃料电池性能分析。本发明的技术方案解决了目前质子交换膜燃料电池或核心零部件的耐盐雾测试仅停留在离线测试阶段的问题。



CN 116106208 A

1.一种质子交换膜燃料电池耐盐雾在线性能测试系统,其特征在于,包括燃料电池、燃料电池测试台、盐雾发生器和上位机;所述燃料电池的三腔入口连接至所述燃料电池测试台,所述盐雾发生器并联至所述燃料电池测试台空气出口与所述燃料电池空气入口之间的管路上,所述燃料电池测试台空气出口与所述燃料电池空气入口之间的管路设置有电磁阀开关A,所述盐雾发生器的入口与出口分别设置有电磁阀开关B和电磁阀开关C;所述上位机与所述燃料电池测试台相连接,用于控制所述燃料电池测试台工作。

2.一种质子交换膜燃料电池耐盐雾在线性能测试方法,其特征在于,具体包括以下步骤:

步骤1:测试系统搭建

将燃料电池的三腔入口与燃料电池测试台进行连接;将盐雾发生器并联至燃料电池测试台空气出口与燃料电池空气入口之间的管路上,并在燃料电池测试台空气出口与燃料电池空气入口之间的管路上安装电磁阀开关A,在盐雾发生器的入口与出口分别安装电磁阀开关B和电磁阀开关C;通过控制电磁阀开关A、电磁阀开关B和电磁阀开关C的通断,能够控制空气通入燃料电池前是否经过盐雾发生器;将燃料电池测试台与上位机相连接,通过上位机能够控制燃料电池测试台工作;

步骤2:盐雾配制

根据测试需求配置一定浓度的金属盐溶液,然后转移至盐雾发生器中;

步骤3:燃料电池性能测试

(1)测试盐雾对燃料电池初始性能的影响

通过上位机控制燃料电池测试台工作,使燃料电池运行,在相同的测试条件下,分别测试未与盐雾混合的空气以及经过盐雾发生器与盐雾混合后的空气通入燃料电池后,燃料电池的极化曲线和阻抗,得到相应的两组数据;

(2)测试不同类型或不同浓度的盐雾对燃料电池初始性能的影响

组装多个相同的燃料电池,分别与燃料电池测试台相连接,通过上位机控制燃料电池测试台工作,使燃料电池运行,以相同的测试方法测试与不同类型或不同浓度的盐雾混合后的空气通入不同燃料电池后,燃料电池的极化曲线和阻抗性能;

(3)测试盐雾对燃料电池耐久性的影响

组装多个相同的燃料电池,分别与燃料电池测试台相连接,通过上位机控制燃料电池测试台工作,使燃料电池运行,在相同的耐久性测试工况及测试条件下对各燃料电池进行相同时间的耐久性测试,仅保持进入不同燃料电池的空气中混合的盐雾浓度不同;

在耐久性测试前、测试过程中及耐久性测试完成后均分别进行多次的极化曲线和阻抗性能测试,得到不同耐久性运行时间对应的燃料电池性能数据;

步骤4:燃料电池性能分析

(1)对比步骤3(1)得到的两组数据,分析盐雾对燃料电池初始性能的影响;

(2)对比步骤3(2)得到的不同类型或不同浓度的盐雾对应的燃料电池极化曲线和阻抗性能数据,分析不同类型或不同浓度的盐雾对燃料电池性能的影响;

(3)对比步骤3(3)得到的不同盐雾浓度下,在相同的耐久性测试工况及测试条件运行相同时间的多个燃料电池的极化曲线和阻抗性能数据,分析不同盐雾对燃料电池耐久性的影响。

3.根据权利要求2所述的质子交换膜燃料电池耐盐雾在线性能测试方法,其特征在于,步骤1需要先对燃料电池进行气密性检测,气密性检测采用保压法或流量法,使用氮气、氦气等惰性气体作为检测气体。

4.根据权利要求2所述的质子交换膜燃料电池耐盐雾在线性能测试方法,其特征在于,燃料电池测试台包括氢气供给系统、空气供给系统、水热管理系统、氢气增湿系统、空气增湿系统、氢气尾排系统、空气尾排系统、吹扫系统、主控和数采系统和电子负载,能够对燃料电池进行活化及极化曲线、阻抗和耐久性测试。

5.根据权利要求2所述的质子交换膜燃料电池耐盐雾在线性能测试方法,其特征在于,上位机用于通过控制燃料电池测试台工作实现对通入所述燃料电池的气体和液体的压力、流量和温度的控制,电磁阀开关A、电磁阀开关B和电磁阀开关C分别与上位机电连接,上位机能够对电磁阀开关A、电磁阀开关B和电磁阀开关C进行实时控制。

6.根据权利要求2所述的质子交换膜燃料电池耐盐雾在线性能测试方法,其特征在于,步骤2中金属盐溶液为氯化钠溶液,金属盐溶液浓度为0～10wt％,金属盐溶液的pH为6.5～7.5。

7.根据权利要求2所述的质子交换膜燃料电池耐盐雾在线性能测试方法,其特征在于,步骤3中,对于初装成型的燃料电池,首先需要对电池进行活化后再进行性能测试:将电磁阀开关A打开,关闭电磁阀开关B和电磁阀开关C,通过上位机控制燃料电池测试台向燃料电池通入空气进行活化。

8.根据权利要求2所述的质子交换膜燃料电池耐盐雾在线性能测试方法,其特征在于,步骤3中,将电磁阀开关A打开,关闭电磁阀开关B和电磁阀开关C,即可使未与盐雾混合的空气通入燃料电池;

关闭电磁阀开关A,打开电磁阀开关B和电磁阀开关C,即可使空气经过盐雾发生器与盐雾进行混合后通入燃料电池。

9.根据权利要求2所述的质子交换膜燃料电池耐盐雾在线性能测试方法,其特征在于,步骤4中,极化曲线是指燃料电池在线运行过程中,电压随电流的变化曲线,在相同电流下,平均电压越高,输出性能越高,燃料电池性能越好,反之,在相同电流下,平均电压越低,输出性能越低,燃料电池性能越差;阻抗测试结果中阻抗值越小,燃料电池质子、电子传输阻力越小,性能越好,反之,阻抗值越大,燃料电池质子、电子传输阻力越大,性能越差。

一种质子交换膜燃料电池耐盐雾在线性能测试系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及质子交换膜燃料电池性能测试技术领域，具体而言，尤其涉及一种质子交换膜燃料电池耐盐雾在线性能测试系统及方法。

背景技术

[0002] 近年来气候变化在全球范围内引发越来越多的关注与担忧，温室气体减排已成为世界各国的共识。船舶航运业是国民经济的重要基础产业，实现其可持续发展，对整个经济社会的高质量发展都意义重大。船舶的传统动力推进装置，主要通过消耗柴油来产生动力，其燃料能量转换效率低(35％左右)，燃料燃烧还产生大量的温室气体、氮氧化物、硫氧化物和颗粒物，使得港口和航道周边地区空气质量恶化，若不及时采取措施，预计到2050年，全球航运业温室气体排放总量将会占总排放量的17％。而且化石能源是非可再生能源，储量有限，濒临耗竭。因此，研究清洁、高效、可持续发展的新能源动力推进技术成为绿色船舶的重要发展方向。

[0003] 与此同时，随着燃料电池技术的不断成熟并在众多领域的应用推广，将燃料电池技术运用到船舶动力系统受到了船舶航运业的关注，燃料电池成为了未来船用新型动力源系统的主要发展方向。氢燃料电池是将氧气与氢气的化学能转换成电能的发电装置，生成物为水，具有高效、无污染、设备运行噪音低等特点。氢燃料电池具有广泛的应用前景，船舶采用氢燃料电池推进方案是其满足新法规要求的主要措施之一。

[0004] 船舶由于特殊的运行环境，对燃料电池的功率需求、储氢条件、安全、产品及材料特性等要求均不同于车用。尤其海上运行时，由于海洋中海水激烈扰动，风浪破碎，海浪拍岸等产生大量泡沫、气泡，气泡破裂时会生成微小的水滴，海水滴大部分因重力作用而降落，部分处于同涡动扩散保持平衡的状态而分布于海面上，它们随气流升入空中，经裂解、蒸发、混并等过程演变成海洋盐雾弥散系统(NaCl气溶液)，形成大气盐核。这些盐核直径约为2μm以下，重量在10-11～10-5mg之间。海水盐度越高，大气中含盐量也越高，3％盐度对应约1mg/m^3的盐分。我国东南沿海盐雾含量的月平均值在0.1069～0.7425mg/m^3范围内，年平均为0.148～0.480mg/m^3。沉降量月平均值为(3.424～24.50))x10-4 mg/cm^2·月。因此，燃料电池运行过程中难免会引入海洋盐雾，会对燃料电池核心部件膜电极及双极板性能造成影响，从而影响其可靠性和耐久性。

[0005] 目前有关质子交换膜燃料电池或核心零部件的耐盐雾测试仅停留在离线测试阶段，一般将待测样件静止放入盐雾试验箱中，设置盐度和时间，一定时间后对比前后性能差异，这不仅对盐雾试验箱的空间、密封等条件要求很高，最主要离电池放电过程引入盐雾的真实情况差距甚远，代表性和参考性不大。

发明内容

[0006] 根据上述提出目前质子交换膜燃料电池或核心零部件的耐盐雾测试仅停留在离线测试阶段的技术问题，而提供一种质子交换膜燃料电池耐盐雾在线性能测试系统及方

法，通过将待测燃料电池、燃料电池测试台、盐雾发生器及燃料、空气源、上位机等器件或设备集成为测试系统，来实现燃料电池在线运行过程中，可控引入盐雾，实时监测电池性能变化，从而实现更切实、快速的研究盐雾对燃料电池及其零部件性能的影响，为船用燃料电池部件选型与开发，测试条件和控制策略的研究提供重要的技术基础。

[0007] 本发明采用的技术手段如下：

[0008] 一种质子交换膜燃料电池耐盐雾在线性能测试系统，包括燃料电池、燃料电池测试台、盐雾发生器和上位机；所述燃料电池的三腔入口连接至所述燃料电池测试台，所述盐雾发生器并联至所述燃料电池测试台空气出口与所述燃料电池空气入口之间的管路上，所述燃料电池测试台空气出口与所述燃料电池空气入口之间的管路设置有电磁阀开关A，所述盐雾发生器的入口与出口分别设置有电磁阀开关B和电磁阀开关C；所述上位机与所述燃料电池测试台相连接，用于控制所述燃料电池测试台工作。

[0009] 本发明还提供了一种质子交换膜燃料电池耐盐雾在线性能测试方法，具体包括以下步骤：

[0010] 步骤1：测试系统搭建

[0011] 将燃料电池的三腔入口与燃料电池测试台进行连接；将盐雾发生器并联至燃料电池测试台空气出口与燃料电池空气入口之间的管路上，并在燃料电池测试台空气出口与燃料电池空气入口之间的管路上安装电磁阀开关A，在盐雾发生器的入口与出口分别安装电磁阀开关B和电磁阀开关C；通过控制电磁阀开关A、电磁阀开关B和电磁阀开关C的通断，能够控制空气通入燃料电池前是否经过盐雾发生器；将燃料电池测试台与上位机相连接，通过上位机能够控制燃料电池测试台工作；

[0012] 步骤2：盐雾配制

[0013] 根据测试需求配置一定浓度的金属盐溶液，然后转移至盐雾发生器中；

[0014] 步骤3：燃料电池性能测试

[0015] (1)测试盐雾对燃料电池初始性能的影响

[0016] 通过上位机控制燃料电池测试台工作，使燃料电池运行，在相同的测试条件下，分别测试未与盐雾混合的空气以及经过盐雾发生器与盐雾混合后的空气通入燃料电池后，燃料电池的极化曲线和阻抗，得到相应的两组数据；

[0017] (2)测试不同类型或不同浓度的盐雾对燃料电池初始性能的影响

[0018] 组装多个相同的燃料电池，分别与燃料电池测试台相连接，通过上位机控制燃料电池测试台工作，使燃料电池运行，以相同的测试方法测试与不同类型或不同浓度的盐雾混合后的空气通入不同燃料电池后，燃料电池的极化曲线和阻抗性能；

[0019] (3)测试盐雾对燃料电池耐久性的影响

[0020] 组装多个相同的燃料电池，分别与燃料电池测试台相连接，通过上位机控制燃料电池测试台工作，使燃料电池运行，在相同的耐久性测试工况及测试条件下对各燃料电池进行相同时间的耐久性测试，仅保持进入不同燃料电池的空气中混合的盐雾浓度不同；

[0021] 在耐久性测试前、测试过程中及耐久性测试完成后均分别进行多次的极化曲线和阻抗性能测试，得到不同耐久性运行时间对应的燃料电池性能数据；

[0022] 步骤4：燃料电池性能分析

[0023] (1)对比步骤3(1)得到的两组数据，分析盐雾对燃料电池初始性能的影响；

[0024] (2)对比步骤3(2)得到的不同类型或不同浓度的盐雾对应的燃料电池极化曲线和阻抗性能数据,分析不同类型或不同浓度的盐雾对燃料电池性能的影响;

[0025] (3)对比步骤3(3)得到的不同盐雾浓度下,在相同的耐久性测试工况及测试条件运行相同时间的多个燃料电池的极化曲线和阻抗性能数据,分析不同盐雾对燃料电池耐久性的影响。

[0026] 进一步地,步骤1需要先对燃料电池进行气密性检测,气密性检测采用保压法或流量法,使用氮气、氦气等惰性气体作为检测气体。

[0027] 进一步地,燃料电池测试台包括氢气供给系统、空气供给系统、水热管理系统、氢气增湿系统、空气增湿系统、氢气尾排系统、空气尾排系统、吹扫系统、主控和数采系统和电子负载,能够对燃料电池进行活化及极化曲线、阻抗和耐久性测试。

[0028] 进一步地,上位机用于通过控制燃料电池测试台工作实现对通入所述燃料电池的气体和液体的压力、流量和温度的控制,电磁阀开关A、电磁阀开关B和电磁阀开关C分别与上位机电连接,上位机能够对电磁阀开关A、电磁阀开关B和电磁阀开关C进行实时控制。

[0029] 进一步地,步骤2中金属盐溶液为氯化钠溶液,金属盐溶液浓度为0～10wt%,金属盐溶液的pH为6.5～7.5。

[0030] 进一步地,步骤3中,对于初装成型的燃料电池,首先需要对电池进行活化后再进行性能测试:将电磁阀开关A打开,关闭电磁阀开关B和电磁阀开关C,通过上位机控制燃料电池测试台向燃料电池通入空气进行活化。

[0031] 进一步地,步骤3中,将电磁阀开关A打开,关闭电磁阀开关B和电磁阀开关C,即可使未与盐雾混合的空气通入燃料电池;

[0032] 关闭电磁阀开关A,打开电磁阀开关B和电磁阀开关C,即可使空气经过盐雾发生器与盐雾进行混合后通入燃料电池。

[0033] 进一步地,步骤4中,极化曲线是指燃料电池在线运行过程中,电压随电流的变化曲线,在相同电流下,平均电压越高,输出性能越高,燃料电池性能越好,反之,在相同电流下,平均电压越低,输出性能越低,燃料电池性能越差;阻抗测试结果中阻抗值越小,燃料电池质子、电子传输阻力越小,性能越好,反之,阻抗值越大,燃料电池质子、电子传输阻力越大,性能越差。

[0034] 较现有技术相比,本发明具有以下优点:

[0035] 1、本发明提供的质子交换膜燃料电池耐盐雾在线性能测试系统及方法,可以实现盐雾对燃料电池性能影响的在线测试研究,包括盐雾种类、浓度对燃料电池整体初始性能、耐久性等性能的影响和机理研究,更切实的模拟了燃料电池海上运行的工况,为船用燃料电池测试条件和控制策略的研究提供重要的技术基础。

[0036] 2、本发明提供的质子交换膜燃料电池耐盐雾在线性能测试系统及方法,还可以用来考核盐雾对燃料电池膜电极、双极板、集流板等核心零部件的影响,相对于传统的盐雾试验箱测试,直接将零部件的耐盐雾测试通过电池的在线性能变化来体现,或者通过对比燃料电池耐盐雾测试前后零部件的物料化学参数变化来体现,可以更真实的对比在燃料电池运行环境下,不同厂家、型号或材质的零部件的耐盐雾性能,在为船用燃料电池零部件的选型与开发提供重要的技术支持。

[0037] 3、本发明提供的质子交换膜燃料电池耐盐雾在线性能测试系统及方法,适用于任

何功率大小的燃料电池单电池、短堆或长堆模块，且检测系统结构简单，易于搭建，检测方法真实性和准确性高。

[0038] 基于上述理由本发明可在质子交换膜燃料电池性能测试领域广泛推广。

附图说明

[0039] 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，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图做以简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图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。

[0040] 图1为所述燃料电池耐盐雾在线性能测试系统框图。

[0041] 图2为实施例1中不同盐雾浓度下燃料电池的极化曲线测试结果。

[0042] 图3为实施例2中两个燃料电池经过5000h耐久性测试前后的极化曲线对比图。

[0043] 图4为实施例2中两个燃料电池经过5000h耐久性测试前后的不同电密点平均电压衰减率对比图。

[0044] 图5为实施例3中三种不同类型双极板在同一燃料电池电堆里经过2000h耐盐雾耐久性测试前后的接触电阻变化对比图。

具体实施方式

[0045] 需要说明的是，在不冲突的情况下，本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。下面将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。

[0046] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，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。以下对至少一个示例性实施例的描述实际上仅仅是说明性的，决不作为对本发明及其应用或使用的任何限制。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范围。

[0047] 需要注意的是，这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式，而非意图限制根据本发明的示例性实施方式。如在这里所使用的，除非上下文另外明确指出，否则单数形式也意图包括复数形式，此外，还应当理解的是，当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时，其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

[0048] 除非另外具体说明，否则在这些实施例中阐述的部件和步骤的相对布置、数字表达式和数值不限制本发明的范围。同时，应当清楚，为了便于描述，附图中所示出的各个部分的尺寸并不是按照实际的比例关系绘制的。对于相关领域普通技术人员已知的技术、方法和设备可能不作详细讨论，但在适当情况下，所述技术、方法和设备应当被视为授权说明书的一部分。在这里示出和讨论的所有示例中，任向具体值应被解释为仅仅是示例性的，而不是作为限制。因此，示例性实施例的其它示例可以具有不同的值。应注意到：相似的标号和字母在下面的附图中表示类似项，因此，一旦某一项在一个附图中被定义，则在随后的附图中不需要对其进行进一步讨论。

[0049] 在本发明的描述中，需要理解的是，方位词如“前、后、上、下、左、右”、“横向、竖向、

垂直、水平”和“顶、底”等所指示的方位或位置关系通常是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，在未作相反说明的情况下，这些方位词并不指示和暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位或者以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明保护范围的限制：方位词“内、外”是指相对于各部件本身的轮廓的内外。

[0050] 为了便于描述，在这里可以使用空间相对术语，如“在……之上”、“在……上方”、“在……上表面”、“上面的”等，用来描述如在图中所示的一个器件或特征与其他器件或特征的空间位置关系。应当理解的是，空间相对术语旨在包含除了器件在图中所描述的方位之外的在使用或操作中的不同方位。例如，如果附图中的器件被倒置，则描述为“在其他器件或构造上方”或“在其他器件或构造之上”的器件之后将被定位为“在其他器件或构造下方”或“在其位器件或构造之下”。因而，示例性术语“在……上方”可以包括“在……上方”和“在……下方”两种方位。该器件也可以其他不同方式定位(旋转90度或处于其他方位)，并且对这里所使用的空间相对描述作出相应解释。

[0051] 此外，需要说明的是，使用“第一”、“第二”等词语来限定零部件，仅仅是为了便于对相应零部件进行区别，如没有另行声明，上述词语并没有特殊含义，因此不能理解为对本发明保护范围的限制。

[0052] 如图1所示，本发明提供了一种质子交换膜燃料电池耐盐雾在线性能测试系统，包括燃料电池、燃料电池测试台、盐雾发生器和上位机；所述燃料电池的三腔入口连接至所述燃料电池测试台，所述燃料电池测试台能够为所述燃料电池提供燃料(H_2)和空气(Air)，所述盐雾发生器并联至所述燃料电池测试台空气出口与所述燃料电池空气入口之间的管路上，所述燃料电池测试台空气出口与所述燃料电池空气入口之间的管路设置有电磁阀开关A，所述盐雾发生器的入口与出口分别设置有电磁阀开关B和电磁阀开关C；所述上位机与所述燃料电池测试台相连接，用于控制所述燃料电池测试台工作；

[0053] 采用本申请所述测试系统，在燃料电池在线运行过程中，可控引入盐雾，可以实现燃料电池耐盐雾性能的在线研究，包括盐雾种类、浓度对燃料电池初始性能、耐久性等性能的影响和机理研究，更切实的模拟了燃料电池海上运行的工况，为船用燃料电池测试条件和控制策略的研究具有重要意义。

[0054] 本发明还提供了一种质子交换膜燃料电池耐盐雾在线性能测试方法，具体包括以下步骤：

[0055] 步骤1：测试系统搭建

[0056] 对组装完成的燃料电池进行气密性检测，气密性检测合格后将燃料电池的三腔入口与燃料电池测试台进行连接，包括管路连接、温度压力传感器连接和巡检插件连接等；将盐雾发生器并联至燃料电池测试台空气出口与燃料电池空气入口之间的管路上，并在燃料电池测试台空气出口与燃料电池空气入口之间的管路上安装电磁阀开关A，在盐雾发生器的入口与出口分别安装电磁阀开关B和电磁阀开关C；通过控制电磁阀开关A、电磁阀开关B和电磁阀开关C的通断，能够控制空气通入燃料电池前是否经过盐雾发生器；将燃料电池测试台与上位机相连接，通过上位机能够控制燃料电池测试台工作；

[0057] 步骤2：盐雾配制

[0058] 根据测试需求配置一定浓度的金属盐溶液，然后转移至盐雾发生器中；

[0059] 步骤3：燃料电池性能测试

[0060] (1)测试盐雾对燃料电池初始性能的影响

[0061] 通过上位机控制燃料电池测试台工作，使燃料电池运行，在相同的测试条件下，分别测试未与盐雾混合的空气以及经过盐雾发生器与盐雾混合后的空气通入燃料电池后，燃料电池的极化曲线和阻抗等性能，得到相应的两组数据；

[0062] (2)测试不同类型或不同浓度的盐雾对燃料电池初始性能的影响

[0063] 组装多个相同的燃料电池，分别与燃料电池测试台相连接，通过上位机控制燃料电池测试台工作，使燃料电池运行，以相同的测试方法测试与不同类型或不同浓度的盐雾混合后的空气通入不同燃料电池后，燃料电池的极化曲线和阻抗等性能；

[0064] (3)测试盐雾对燃料电池耐久性的影响

[0065] 组装多个相同的燃料电池，分别与燃料电池测试台相连接，通过上位机控制燃料电池测试台工作，使燃料电池运行，在相同的耐久性测试工况及测试条件下对各燃料电池进行相同时间的耐久性测试，仅保持进入不同燃料电池的空气中混合的盐雾浓度不同；

[0066] 在耐久性测试前、测试过程中及耐久性测试完成后均分别进行多次的极化曲线和阻抗等性能测试，得到不同耐久性运行时间对应的燃料电池性能数据；

[0067] 步骤4:燃料电池性能分析

[0068] (1)对比步骤3(1)得到的两组数据，分析盐雾对燃料电池初始性能的影响；

[0069] (2)对比步骤3(2)得到的不同类型或不同浓度的盐雾对应的燃料电池极化曲线和阻抗等性能数据，分析不同类型或不同浓度的盐雾对燃料电池性能的影响；

[0070] (3)对比步骤3(3)得到的不同盐雾浓度下，在相同的耐久性测试工况及测试条件运行相同时间的多个燃料电池的极化曲线和阻抗等性能数据，分析不同盐雾对燃料电池耐久性的影响；

[0071] 根据步骤4对燃料电池性能的分析结果，可以进一步分析盐雾对燃料电池的影响规律和机理。

[0072] 进一步地，步骤1需要先对燃料电池进行气密性检测，本发明所述的燃料电池包括单电池(任意活性面积)、短堆和长堆等任意功率的燃料电池，气密性检测采用保压法或流量法，使用氮气、氦气等惰性气体作为检测气体。

[0073] 进一步地，燃料电池测试台包括氢气供给系统、空气供给系统、水热管理系统、氢气增湿系统、空气增湿系统、氢气尾排系统、空气尾排系统、吹扫系统、主控和数采系统和电子负载，能够对燃料电池进行活化及极化曲线、阻抗和耐久性等测试。

[0074] 进一步地，上位机用于通过控制燃料电池测试台工作实现对通入所述燃料电池的气体和液体的压力、流量和温度等参数的控制，电磁阀开关A、电磁阀开关B和电磁阀开关C分别与上位机电连接，上位机能够对电磁阀开关A、电磁阀开关B和电磁阀开关C进行实时控制。

[0075] 进一步地，盐雾发生器包括压缩空气控制系统、喷雾装置、加温加湿装置和电气控制系统，用于将金属盐溶液进行雾化，雾化的原理是利用压缩空气从喷嘴处高速喷射所产生的高速气流，在吸水管的上方形成负压，盐溶液在大气压力的作用下沿着吸水管迅速上升到喷嘴处，被高速气流雾化并喷向喷雾管顶端的锥形分雾器后由喷雾口飘出，扩散到盐雾室形成弥漫状态并与从燃料电池测试台通入的空气进行充分混合后通往电堆。

[0076] 进一步地，步骤2中金属盐溶液为氯化钠(NaCl)溶液，氯化钠(NaCl)溶液一般使用

工业级，金属盐溶液浓度一般设计为0～10wt％，根据我国沿海地带空气中盐雾浓度和分布而定，金属盐溶液的配制过程为：用量杯取一定体积的纯净蒸馏水或去离子和高纯水，加入一定质量的工业级氯化钠盐于纯净蒸馏水中，搅拌均匀，调配成所需要的盐水试验溶液，并确保金属盐溶液的pH为6.5～7.5；用量杯把调配好的金属盐溶液分批加入盐雾发生器中的盐水预热槽中。

[0077] 进一步地，步骤3中，对于初装成型的燃料电池，首先需要对电池进行活化后再进行性能测试：将电磁阀开关A打开，关闭电磁阀开关B和电磁阀开关C，通过上位机控制燃料电池测试台向燃料电池通入空气进行活化。

[0078] 进一步地，步骤3中燃料电池的活化是指将初装成型的燃料电池通过恒压、恒流或变载等放电过程使燃料电池达到设计性能或最优性能的过程；

[0079] 进一步地，燃料电池阻抗测试采用阻抗测试仪，包括全频阻抗、恒频阻抗及单节催化层质子传导电阻等。

[0080] 进一步地，步骤3中所述的相同的燃料电池包括燃料电池的零部件厂家、种类、数量，电池的组装工艺、检测设备和方法等完全相同。

[0081] 进一步地，燃料电池的耐久性测试工况包括国际电工委员会(IEC)标准车用燃料电池堆耐久性台架试验循环工况、美国能源部(DOE)车用燃料电池堆耐久性台架试验循环工况、中国城市公交循环工况(CCBC)、新欧洲行驶工况(NEDC)、或者是自己编制的有理论依据的加速耐久性测试工况等。

[0082] 进一步地，步骤3中，将电磁阀开关A打开，关闭电磁阀开关B和电磁阀开关C，即可使未与盐雾混合的空气通入燃料电池；

[0083] 关闭电磁阀开关A，打开电磁阀开关B和电磁阀开关C，即可使空气经过盐雾发生器与盐雾进行混合后通入燃料电池。

[0084] 进一步地，步骤4中，极化曲线是指燃料电池在线运行过程中，电压随电流的变化曲线，在相同电流下，平均电压越高，输出性能越高，燃料电池性能越好，反之，在相同电流下，平均电压越低，输出性能越低，燃料电池性能越差；阻抗测试结果中不论是全频阻抗、恒频阻抗及单节催化层质子传导电阻得到的阻抗值越小，燃料电池质子、电子传输阻力越小，性能越好，反之，阻抗值越大，燃料电池质子、电子传输阻力越大，性能越差。

[0085] 本发明提供的测试系统及方法还可以用来考核盐雾对燃料电池膜电极、双极板、集流板等核心零部件的影响，相对于传统的盐雾试验箱测试，将零部件的耐盐雾性能通过电堆的性能变化来体现，或者通过对比燃料电池耐盐雾测试一定时间前后零部件的物料化学参数变化来体现，可以更真实的体现在燃料电池在运行环境下，不同厂家、型号或材质的零部件的耐盐雾性能，在为船用燃料电池零部件的选型与开发提供重要的技术支持。

[0086] 实施例1

[0087] 本实施例采用所述质子交换膜燃料电池耐盐雾在线性能测试系统及方法对一个活性面积为25cm^{2}的单电池进行不同盐雾浓度下的初始性能测试，并对比分析其极化性能曲线，具体步骤如下：

[0088] 步骤1：测试系统搭建

[0089] 使用氮气作为检测气体，用保压法对组装完成的燃料电池进行气密性检测，气密性检测合格后将燃料电池的三腔入口与燃料电池测试台进行连接，包括管路连接、温度压

力传感器连接和巡检插件连接等;本实施例中所述燃料电池测试台采用850e燃料电池测试台;将盐雾发生器并联至燃料电池测试台空气出口与燃料电池空气入口之间的管路上,并在燃料电池测试台空气出口与燃料电池空气入口之间的管路上安装电磁阀开关A,在盐雾发生器的入口与出口分别安装电磁阀开关B和电磁阀开关C;通过控制电磁阀开关A、电磁阀开关B和电磁阀开关C的通断,能够控制空气通入燃料电池前是否经过盐雾发生器;将燃料电池测试台与上位机相连接,通过上位机能够控制燃料电池测试台工作;

[0090] 步骤2:盐雾配制

[0091] 根据测试需求,配置3种不同浓度的金属盐溶液,具体配制过程为:通过提前计算,分别用量杯取一定体积的纯净蒸馏水,加入一定质量的工业级NaCl盐于纯净蒸馏水中,搅拌均匀,调配3种不同的盐水试验溶液,分别为3wt%、5wt%、10wt%,此外,增加一个对比样为纯净蒸馏水(即盐度为0wt%),并确保溶液的pH为6.5～7.5,实验前,用量杯把调配好的盐水试验溶液或蒸馏水分批加入盐雾发生器中的盐水预热槽中,在后续测试时,使通入盐雾发生器中的空气充分混合产生的盐雾一起进入燃料电池;

[0092] 步骤3:燃料电池性能测试

[0093] 首先根据实验需要,组装5个相同(包括电池材料、结构、组装工艺等完全相同)的燃料电池,编号为1/2/3/4/5号并分别进行初始性能测试,每个燃料电池在初始性能测试前先通过恒压活化的方法进行充分活化,使电池的输出性能达到最佳并趋于稳定状态,活化过程正常通入空气,不加盐雾,即将电磁阀开关A打开,关闭电磁阀开关B和电磁阀开关C,燃料电池活化完成后再进行下一步测试;

[0094] 本实施例主要研究不同浓度的盐雾对燃料电池初始性能的影响,所以,先以一定的测试条件对1号燃料电池进行常规的性能测试,1号燃料电池测试时不连接盐雾发生器,即将电磁阀开关A打开,关闭电磁阀开关B和电磁阀开关C,得到第一组极化曲线基础数据;然后再连接盐雾发生器,关闭电磁阀开关A,打开电磁阀开关B和电磁阀开关C,让空气进入电堆前先通过盐雾发生器与盐雾进行充分混合再进入燃料电池,再以相同的测试条件分别对2号(0wt%)、3号(3wt%)、4号(5wt%)和5号燃料电池(10wt%)进行极化性能测试,得到第二、第三、第四和第五组数据;

[0095] 步骤4:燃料电池性能分析

[0096] 通过对比分析第一组和第二、第三、第四和第五组数据中的极化曲线来研究不同浓度的盐雾对燃料电池初始性能的影响,测试结果如图2所示;

[0097] 与1号电池的基础数据相比,2号燃料电池的极化曲线与其几乎重合,说明2个电池的在不同电流下的输出电压一致,盐雾发生器中倒入纯净蒸馏水,即进入电池的空气中混合水雾对电池的性能不会造成影响;然而随着倒入盐雾发生器的盐雾浓度增加,进入电池的空气中混合不同浓度的盐雾后对电池性能造成了明显的影响,如图中3号(5wt%)、4号(10wt%)和5号(20wt%)燃料电池的极化曲线数据,随着盐雾浓度的增大,在相同电流密度点,3号(5wt%)、4号(10wt%)和5号(20wt%)燃料电池的平均电压逐渐降低,输出性能越来越差,其中5号(20wt%)燃料电池在最高电密点1600mA/cm2的平均电压相对于1号燃料电池的降低80mV,平均电压衰减率为12.5%,可见盐雾对燃料电池输出性能的影响是很大的,通过后期进一步的阻抗测试分析发现,盐雾对燃料电池性能的影响主要是由于燃料电池欧姆阻抗和传质阻抗增大引起的。

[0098] 通过本实施例的测试验证结果，能够具体了解不同盐雾浓度对燃料电池初始性能影响的规律并进一步研究影响机理，能够为海上运用燃料电池空过滤器的选型及运行策略的提出提供重要参考依据。

[0099] 实施例2

[0100] 本实施例采用所述质子交换膜燃料电池耐盐雾在线性能测试系统及方法研究盐雾对燃料电池耐久性的影响，研究对象也是活性面积为25cm2的单电池。实施例2与实施例1的实验方法和测试系统基本一致，区别在于：

[0101] 步骤2中只需要配制一个3wt％浓度的金属盐溶液即可；

[0102] 步骤3中，组装2个相同的燃料电池，其中1号燃料电池不连接盐雾发生器，先进行常规的初始极化曲线性能测试，然后使用国际电工委员会(IEC)标准耐久性循环工况运行5000h，再复测其极化曲线，得到第一组基础数据；2号燃料电池测试时连接盐雾发生器，盐雾试验溶液为3wt％浓度的NaCl溶液，以相同的测试条件进行初始极化曲线性能测试，然后使用相同耐久性循环工况运行5000h，再复测其极化曲线，得到第二组基础数据；

[0103] 实施例2的试验结果如图3、图4所示，图3为两个电池经过5000h耐久性测试前后的极化曲线对比图，图4为两个电池经过5000h耐久性测试前后的不同电密点平均电压衰减率对比图：

[0104] 根据对比分析可得，2个燃料电池经过相同时间的耐久性工况运行，其中2号燃料电池，即空气中混合有由3wt％浓度的NaCl溶液产生的盐雾的燃料电池在不同电密点的电压衰减率明显大于未引入盐雾的1号燃料电池，在最高电密点1600mA/cm^2的2号燃料电池的平均电压衰减率为32％，相对于1号的16％，增大了2倍，说明盐雾的引入会加速燃料电池性能的衰减，通过进一步的测试分析可以得出，盐雾会加速燃料电池核心材料的腐蚀，从而影响到燃料电池的输出性能。

[0105] 通过本实施例的测试，对比研究了有和没有盐雾引入时燃料电池耐久性的衰减差异，有利于深入分析海上运行环境对燃料电池核心零部件耐久性的影响，并提出合理的预防策略。

[0106] 实施例3

[0107] 本实施例采用所述质子交换膜燃料电池耐盐雾在线性能测试系统及方法实现对船用燃料电池电堆用双极板的测试选型，具体测试方法与实施例1基本相同，区别在于：

[0108] 步骤1中，测试系统中的燃料电池测试台为5kW燃料电池测试台，研究对象变为一个2kW的燃料电池电堆，电堆中组装有A、B、C三种类型的双极板，膜电极均相同；

[0109] 步骤2中，仅配制一个5wt％浓度的盐水试验溶液备用；

[0110] 步骤3中，先对电堆进行活化，燃料直接连接盐雾发生器，对电堆进行耐盐雾耐久性测试，耐久性测试工况与实施例2相同，使用国际电工委员会(IEC)标准耐久性循环工况，电堆总共运行了2000h，双极板的测试结果如图5所示，为三种不同类型双极板在同一燃料电池电堆里经过2000h耐盐雾耐久性测试前后的接触电阻变化对比图：

[0111] 由图可得，三种类型双极板的初始接触电阻非常接近，大约在8mΩ·cm2，而经过2000h耐盐雾耐久性测试后的B双极板的接触电阻增大幅度最大，大于初始值的2倍，其次是A双极板，而C类型双极板相对接触电阻比较稳定，说明C类型双极板表面状态最稳定，性能最好，耐盐雾能力最强，相对于A、B类型双极板更适合于船用燃料电池。

[0112] 通过本实施例的测试结果，可以看出采用本发明提供的测试系统及方法能够实现对船用燃料电池电堆双极板的初步测试选型，以一种更贴近实际应用环境的方法对燃料电堆核心零部件进行测试，提高的零部件选型的准确性。而事实上本发明并不局限于对双极板这一种零部件的耐盐雾测试，还可以对集流板、端板、密封胶线等其它核心零部件或材料的进行测试验证，适用范围广。

[0113] 最后应说明的是：以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。

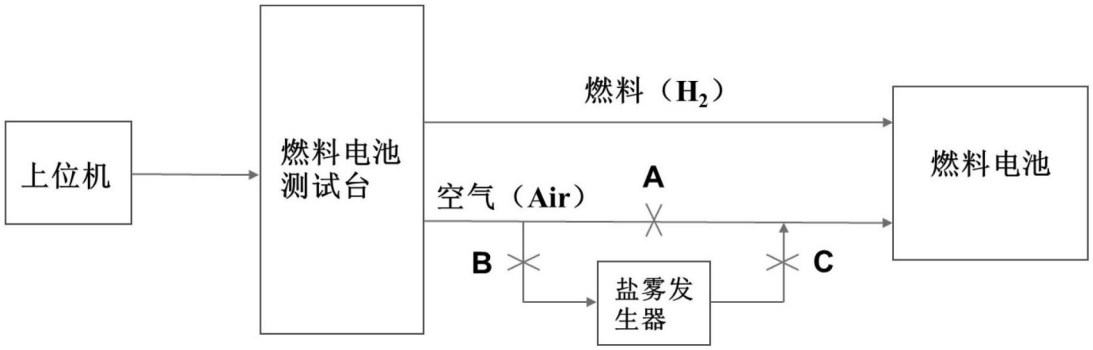

上位机
燃料电池
测试台
燃料（H_2）
空气（Air）
A
B
C
盐雾发
生器
燃料电池

图1

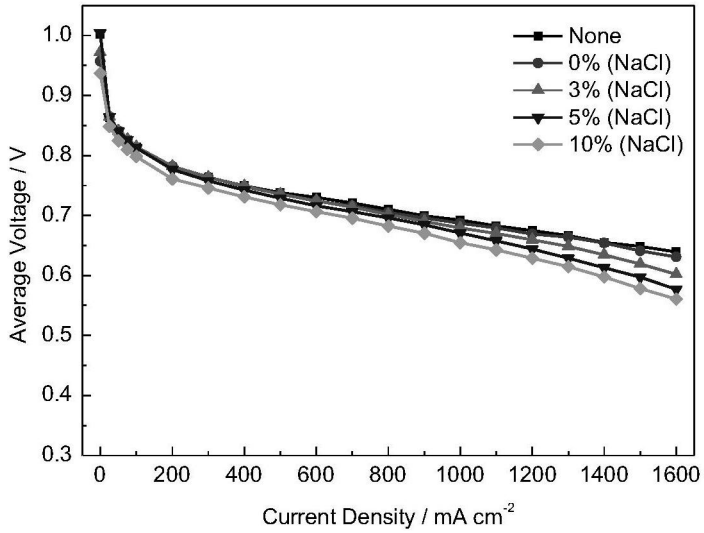

None
0% (NaCl)
3% (NaCl)
5% (NaCl)
10% (NaCl)
Average Voltage / V
Current Density / mA cm-2
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600

图2

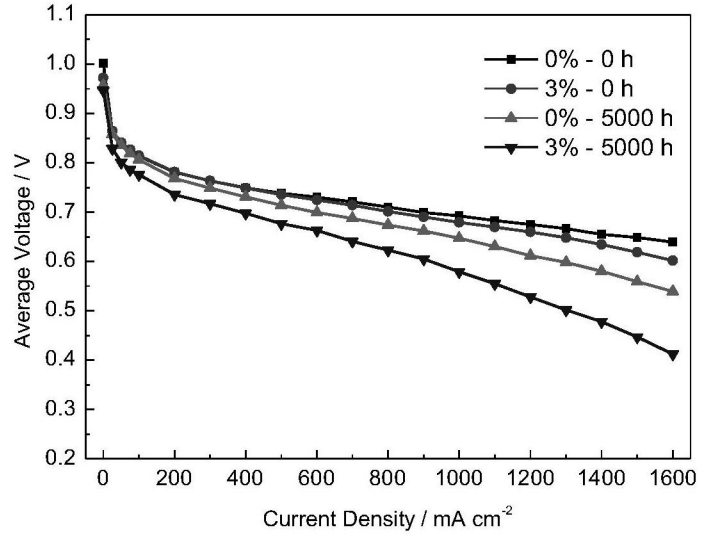

0% - 0 h
3% - 0 h
0% - 5000 h
3% - 5000 h
Average Voltage / V
Current Density / mA cm-2
1.1
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600

图3

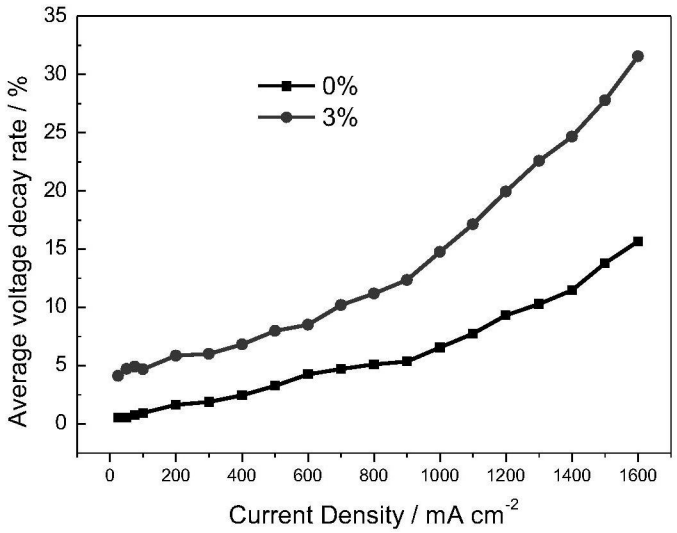

Average voltage decay rate / %
Current Density / mA cm-2
0%
3%
0
5
10
15
20
25
30
35
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600

图4

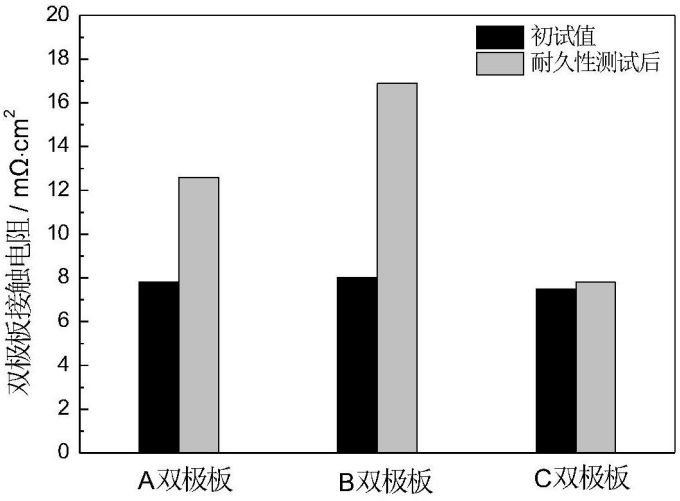

双极板接触电阻 / mΩ·cm2
初试值
耐久性测试后
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
A双极板
B双极板
C双极板

图5