

SOEC 模组和基于多堆芯模组的 SOEC 电解水制氢装置

相关申请的交叉引用

本申请要求 2023 年 8 月 16 日提交的中国专利申请 202311031308.8 的权益，该申请的内容通过引用被合并于本文。

技术领域

本发明涉及电解水制氢技术领域，特别涉及 SOEC 模组和基于多堆芯模组的 SOEC 电解水制氢装置。

背景技术

利用可再生能源发电进行电解水制氢的方式主要有碱性电解水制氢、质子交换膜电解水制氢、固体氧化物电解池（SOEC）电解水制氢三种技术。

SOEC 电解水制氢技术由于具有较高的电解效率（90%以上），而且可以与现有石化装置集成并高效利用石化装置丰富的余热、降低 SOEC 装置的电耗、提升系统的整体效率，是未来的主流电解水制氢技术。

现有技术中，基于多堆芯模组的 SOEC 电解水制氢撬装方式一般是：一个 SOEC 电解池堆芯与对应的加热炉构成一个单堆，多个单堆组成一个 SOEC 模组，然后再由多个模组组成一个 SOEC 电解水制氢设备；其中，各 SOEC 电解池堆芯均设置于对应的电炉内，这样，可以通过电炉的加热丝加热来将 SOEC 电解池堆芯加热到所需温度。

发明人经过研究发现，现有技术中基于多堆芯模组的 SOEC 电解水制氢的撬装方式至少还存在以下缺陷：

电炉的高温加热元件因为总处于高温状态而没有较好的冷却效果容易损坏，进而影响 SOEC 电解水制氢设备的运行稳定性。

公开于该背景技术部分的信息仅仅旨在增加对本发明的总体背景的理解，而不应当被视为承认或以任何形式暗示该信息构成已为本领域一般技术人员所公知的现有技术。

发明内容

本发明的目的在于提高 SOEC 电解水制氢设备的运行稳定性。

本发明提供了一种基于多堆芯模组的 SOEC 电解水制氢装置，包括：

设有去离子超纯水进口、阴极保护氢气进口、冷空气进口、产品粗氢气出口和富氧空气出口的撬装柜体，和，设于所述撬装柜体内的蒸汽发生器、混合器、空气加热器和多个 SOEC 模组；

所述 SOEC 模组包括设有高温空气模组入口、含氢混合蒸汽模组入口、富氧空气模组出口和产品粗氢气模组出口的保温壳体，和，设于所述保温壳体内的多个电解池堆芯；所述电解池堆芯包括高温空气单堆入口、含氢混合蒸汽单堆入口、富氧空气单堆出口和产品粗氢气单堆出口；

所述混合器用于将阴极保护氢气和所述蒸汽发生器生成的蒸汽混合为含氢混合蒸汽；含氢混合蒸汽经由所述含氢混合蒸汽模组入口被输送至各所述电解池堆芯的含氢混合蒸汽单堆入口；所述空气加热器用于将来自所述冷空气进口的空气加热为高温空气；高温空气经由所述高温空气模组入口被输送至各所述电解池堆芯的高温空气单堆入口。

优选的，本发明实施例中，还包括：

所述电解池堆芯生成的富氧空气经由所述富氧空气单堆出口通过管段输送至对应的所述 SOEC 模组的富氧空气模组出口；所述电解池堆芯生成的产品粗氢气经由所述产品粗氢气单堆出口通过管段输送至对应的所述 SOEC 模组的产品粗氢气模组出口。

优选的，本发明实施例中，所述撬装柜体内的管路连接结构包括：

设有所述蒸汽发生器的第一管段，其进端与所述去离子超纯水进口连接，其出端与所述混合器的进口连接；

进端与所述阴极保护氢气进口连接的第二管段，其出端与所述混合器的进口连接；

设有所述蒸汽电加热器的第三管段，其进端与所述混合器的出口连接，其出端与所述 SOEC 模组中第一 SOEC 模组的含氢混合蒸汽模组入口连接；

所述第一 SOEC 模组的产品粗氢气模组出口与所述引射器的进气口连接；所述引射器的出气口与各第二 SOEC 模组的含氢混合蒸汽模组入口连接；

设有所述空气加热器的第四管段，其进端与所述冷空气进口连接，其出端分

别与各所述 SOEC 模组的高温空气模组入口连接；

各所述富氧空气模组出口分别与第五管段的进端连接，所述第五管段的出端与所述富氧空气出口连接；

各所述第二 SOEC 模组的产品粗氢气模组出口分别与第六管段的进端连接，所述第六管段的出端与所述产品粗氢气出口连接。

优选的，本发明实施例中，还包括多个气体换热器，分别设于：

所述第六管段与所述第一管段的接触点、所述第六管段与所述第二管段的接触点，以及，所述第四管段与所述第五管段的接触点。

优选的，本发明实施例中，所述第六管段还设有旁路，分别设于：

所述第六管段与所述第一管段的接触点的两侧、所述第六管段与所述第二管段的接触点的两侧。

优选的，本发明实施例中，所述 SOEC 模组的数量为四个；

其中，所述第一 SOEC 模组的数量为一个，所述第二 SOEC 模组的数量为三个。

优选的，本发明实施例中，所述引射器的喷嘴入口与所述第三管段连接。

在本发明的另一面还提供了一种用于 SOEC 电解水制氢装置的 SOEC 模组，所述 SOEC 电解水制氢装置包括上述的基于多堆芯模组的 SOEC 电解水制氢装置，所述 SOEC 模组内的管路连接结构包括：

进端与所述含氢混合蒸汽模组入口连接的第七管段，其出端分别与各所述含氢混合蒸汽单堆入口连接；

所述电解池堆芯划分为多组，每组包括多个依序串联连接的电解池堆芯，组内首个电解池堆芯的富氧空气单堆出口与其后的电解池堆芯的高温空气单堆入口连接；

进端与所述高温空气模组入口连接的第八管段，其出端分别与各组中首个电解池堆芯的高温空气单堆入口连接；

出端与所述富氧空气模组出口连接的第九管段，其进端分别与各组中最后一个电解池堆芯的富氧空气单堆出口连接；

出端与所述产品粗氢气模组出口连接的第十管段，其进端分别与各所述产品粗氢气单堆出口连接。

在本发明的另一面还提供了另一种用于 SOEC 电解水制氢装置的 SOEC 模组，所述 SOEC 电解水制氢装置包括上述的基于多堆芯模组的 SOEC 电解水制氢装置，所述 SOEC 模组内的管路连接结构包括：

进端与所述含氢混合蒸汽模组入口连接的第七管段，其出端分别与各所述含氢混合蒸汽单堆入口连接；

进端与所述高温空气模组入口连接的第八管段，其出端分别与各所述高温空气单堆入口连接；

进端分别与各所述富氧空气单堆出口连接的第九管段，其出端与所述富氧空气模组出口连接；

进端分别与各所述产品粗氢气单堆出口连接的第十管段，其出端与所述产品粗氢气模组出口连接。

优选的，本发明实施例中，还包括：

所述电解池堆芯的高温空气单堆入口和富氧空气单堆出口之间设有备用旁路。

优选的，本发明实施例中，单个所述 SOEC 模组中电解池堆芯的数量为 2~10 个，且，每两个电解池堆芯为一组。

与现有技术相比，本发明具有如下有益效果：

本发明中的 SOEC 电解水制氢装置，通过管路设置，使得一个空气加热器可以同时为多个 SOEC 模组中的各电解池堆芯进行温度控制；由于本发明中 SOEC 模组中的多个电解池堆芯密集的设置于保温壳体内，因此保温壳体内各电解池堆芯所辐射的热能大部分被限制在了保温壳体内，从而可以有效的降低空气加热器工作的环境温度，这样，也就有效的提高了电加热器的使用寿命，降低了电加热器的故障几率；进而也就提高了 SOEC 电解水制氢设备的运行稳定性。

此外，在本发明中，SOEC 模组中的多个电解池堆芯密集的设置于保温壳体内，这样，保温壳体内的温度就是其中各电解池堆芯所辐射热能共同作用的结果，因此，相较于各电解池堆芯分别加热的方式，本发明还能够有效的提高电解池堆芯工作温度的稳定性；进而进一步的提高了 SOEC 电解水制氢设备的运行稳定性。

上述说明仅为本发明技术方案的概述，为了能够更清楚地了解本发明的技术手段并可依据说明书的内容予以实施，同时为了使本发明的上述和其他目的、技

术特征以及优点更加易懂，以下列举一个或多个优选实施例，并配合附图详细说明如下。

附图说明

为了更清楚地说明本发明的技术方案，下面将对实施例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的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 是本发明中所述 SOEC 电解水制氢设备的结构示意图；

图 2 是本发明中所述 SOEC 模組的结构示意图；

图 3 是本发明中所述 SOEC 模組的又一结构示意图。

具体实施方式

下面结合附图，对本发明的具体实施方式进行详细描述，但应当理解本发明的保护范围并不受具体实施方式的限制。

除非另有其他明确表示，否则在整个说明书和权利要求书中，术语“包括”或其变换如“包含”或“包括有”等等将被理解为包括所陈述的元件或组成部分，而并未排除其他元件或其他组成部分。

在本文中，术语“第一”、“第二”等是用以区别两个不同的元件或部位，并不是用以限定特定的位置或相对关系。换言之，在一些实施例中，术语“第一”、“第二”等也可以彼此互换。

实施例一

为了提高 SOEC 电解水制氢设备的运行稳定性，参考图 1 和图 2，本发明实施例中提供了基于多堆芯模組的 SOEC 电解水制氢装置，包括：

设有水进口 01、阴极保护氢气进口 02、空气进口 03、产品粗氢气出口 04 和富氧空气出口 05 的撬装柜体 06，以及设于撬装柜体 06 内的蒸汽发生器 07、混合器 08、空气加热器 09 和多个 SOEC 模組 10；

SOEC 模組 10 包括设有热空气模組入口 21、含氢混合蒸汽模組入口 22、富氧空气模組出口 23 和产品粗氢气模組出口 24 的保温壳体 25，和，设于保温壳

体 25 内的多个电解池堆芯 26；电解池堆芯 26 包括热空气单堆入口 31、含氢混合蒸汽单堆入口 32、富氧空气单堆出口 33 和产品粗氢气单堆出口 34；

混合器 08 用于将阴极保护氢气和蒸汽发生器 07 生成的蒸汽混合为含氢混合蒸汽；含氢混合蒸汽经由含氢混合蒸汽模组入口 22 被输送至各电解池堆芯的含氢混合蒸汽单堆入口 32；空气加热器 09 通常设置为电加热器，并用于将来自空气进口 03 的空气加热为高温空气；高温空气经由热空气模组入口 21 被输送至各电解池堆芯的热空气单堆入口 31。

其中，水（如去离子超纯水）可通过水进口 01 而被通入至撬装机柜 06 内，并能够由蒸汽发生器 07 加热而生成蒸汽；阴极保护氢气可通过阴极保护氢气进口 02 而被通入至撬装机柜 06 内；该阴极保护氢气和所述蒸汽经过混合器 08 混合，形成含氢混合蒸汽，进而经由含氢混合蒸汽模组入口 22 被输送至各个 SOEC 模组 10 中，以向 SOEC 模组 10 中的电解池堆芯的含氢混合蒸汽单堆入口 32 供应含氢混合蒸汽。

空气通过空气进口 03 进入撬装机柜 06 内部，经由空气加热器 09 加热为热空气，该热空气经由热空气模组入口 21 被输送至各个 SOEC 模组 10，以向 SOEC 模组 10 中的电解池堆芯的热空气单堆入口 31 供应热空气。

在本发明中，各个 SOEC 模组 10 利用其保温壳体 25 将多个电解池堆芯 26 围合于保温空间中，并使得空气加热器 09 置于该保温空间之外，由此，各个电解池堆芯所辐射的热能大部分被限制在保温壳体内，并能够被其他电解池堆芯所用，同时可以允许空气加热器 09 以相对较低的加热功率工作，从而能够保证该空气加热器 09 的使用寿命和电解池堆芯工作温度的稳定性。

下面以撬装柜体内包括 4 个 SOEC 模组、每个 SOEC 模组中包括 4 个电解池堆芯（图 2 中简称堆芯）为例来说明本发明实施例的工作原理：

本发明实施例中，一方面，去离子超纯水通过水进口 01 进入撬装机柜 06 内部，经过蒸汽发生器 07（电加热饱和蒸汽发生器）形成饱和蒸汽；另一方面，阴极保护氢气通过阴极保护氢气进口 02 进入撬装机柜 06 内部并进行升温，接着，饱和蒸汽和阴极保护氢气在混合器 08 中进行均匀混合。混合后的含氢混合蒸汽经由含氢混合蒸汽模组入口 22 被输送至各电解池堆芯的含氢混合蒸汽单堆入口 32。

此外，空气通过空气进口 03 进入撬装机柜 06 内部，经由空气加热器 09 加热为高温空气，然后，高温空气经由热空气模组入口 21 被输送至各电解池堆芯的热空气单堆入口 31。也就是说，在本发明实施例中，设有一个用于加热空气的空气加热器 09，加热后的高温空气通过多个分支管段进入到各个保温壳体 25 内，然后再进一步的通过分支管段接入到 SOEC 模组 10 中的各个电解池堆芯 26 的热空气单堆入口 31。

本发明实施例中，SOEC 模组 10 中的多个电解池堆芯密集的设置于保温壳体 25 内，各电解池堆芯所辐射的热能大部分被限制在保温壳体 25 内；而空气加热器 09 设置在保温壳体 25 外，因此能够有效的降低电解池堆芯的高温辐射对其环境温度的影响。

应当理解的是，对于实现电解水制氢的目的和解决 SOEC 电解水制氢装置的运行稳定性的问题而言，撬装柜体 06 并非是必需的。本发明实施例通过该撬装柜体 06 的设置，可以将 SOEC 电解水制氢装置中的诸多功能部件整合布置在一起，从而有利于减小占地面积并便于整体移动位置。

实施例二

在实施例一的基础上，进一步的，在本发明实施例中，还可以对于各电解池堆芯 26 生成的富氧空气和产品粗氢气，进行如下设置：

电解池堆芯 26 生成的富氧空气经由富氧空气单堆出口 33 通过管段输送至对应的 SOEC 模组 10 的富氧空气模组出口 23；电解池堆芯 26 生成的产品粗氢气经由产品粗氢气单堆出口 34 通过管段输送至对应的 SOEC 模组 10 的产品粗氢气模组出口 24。

本发明实施例中，由于电解池堆芯不需要单独设置加热炉，因此 SOEC 模组内的多个电解池堆芯可以密集设置；由于设置于保温壳体内的各电解池堆芯距离很近，且保温壳体具有保温作用，因此保温壳体内的环境温度就是各电解池堆芯热辐射共同作用的结果，这样，相较于现有技术中各电解池堆芯分别加热的方式，本发明实施例还能够有效的提高各电解池堆芯工作温度的稳定性。

综上所述，本发明实施例中的 SOEC 电解水制氢装置，通过管路设置，使得一个空气加热器可以同时为多个 SOEC 模组中的各电解池堆芯进行温度控制；由

于本发明实施例中 SOEC 模组中的多个电解池堆芯密集的设置于保温壳体内,因此保温壳体内各电解池堆芯所辐射的热能大部分被限制在了保温壳体内,从而可以有效的降低空气加热器工作的环境温度,这样,也就有效的提高了电加热器的使用寿命,降低了电加热器的故障几率;进而也就提高了 SOEC 电解水制氢设备的运行稳定性。

此外,在本发明实施例中,SOEC 模组中的多个电解池堆芯密集的设置于保温壳体内,这样,保温壳体内的温度就是其中各电解池堆芯所辐射热能共同作用的结果,因此,相较于各电解池堆芯分别加热的方式,本发明实施例还能够有效的提高电解池堆芯工作温度的稳定性;进而进一步的提高了 SOEC 电解水制氢设备的运行稳定性。

实施例三

在实施例一和二的基础上,参考图 1 和图 2,本发明实施例进一步的记载了 SOEC 电解水制氢设备的撬装柜体内管路的连接结构,具体的:

需要说明的是,在本发明实施例中撬装柜体内管路的连接结构,包括有多个管段,本发明实施例根据每个管段中流体(气体、液体或气液混合)的流动方向来分别定义了各管段的两端,其中,流体进入的一端称之为进端,流体流出的一端称之为出端。

第一管段 41 设有蒸汽发生器 07,其进端与水进口 01 连接,其出端与混合器 08 的进口连接;第二管段 42 的进端与阴极保护氢气进口 02 连接、出端与混合器 08 的进口连接;第三管段 43 进端与混合器 08 的出口连接,其出端与 SOEC 模组 10 中第一 SOEC 模组的含氢混合蒸汽模组入口连接;优选的,第三管段 43 还可以设有蒸汽电加热器 11。

这样,去离子超纯水通过水进口 01 进入撬装机柜 06 内部,经过第一管段 41 上的蒸汽发生器 07 形成饱和蒸汽;阴极保护氢气通过阴极保护氢气进口 02 进入撬装机柜 06 内部的第二管段 42(优选的,还可以在第二管段 42 对阴极保护氢气进行升温),接着,饱和蒸汽和阴极保护氢气分别进入到混合器 08 中进行均匀混合为含氢混合蒸汽后进入第三管段 43;第三管段 43 设有蒸汽电加热器 11;加热后的含氢混合蒸汽经由含氢混合蒸汽模组入口 22 被输送至各电解池堆

芯的含氢混合蒸汽单堆入口 32。本发明实施例中的蒸汽发生器 07 可以为电加热饱和蒸汽发生器抑或通过外部热源加热的饱和蒸汽发生器。

第一 SOEC 模组的产品粗氢气模组出口与引射器 12 的进气口连接；引射器 12 的出气口与各第二 SOEC 模组的含氢混合蒸汽模组入口连接；引射器 12 的喷气口与第三管段 43 连接；优选的，本发明实施例中，引射器 12 的喷嘴入口与第三管段 43 连接。这样，第一 SOEC 模组生成的产品粗氢气以及部分含氢混合蒸汽，通过引射器 12 被输送至各第二 SOEC 模组的含氢混合蒸汽模组入口中。由此，当水蒸气在第一 SOEC 模组中分解后，产生的产品粗氢气中仍携带有一些未被电解的残余水蒸气，通过将其引射至第二 SOEC 模组进一步电解这些残余水蒸气，提高 SOEC 电解水制氢装置产出的产品粗氢气中的氢气含量。

需要说明的是，在本发明实施例中，SOEC 模组 10 被划分为第一 SOEC 模组和第二 SOEC 模组两种，其中，第一 SOEC 模组指的是直接接入第三管段 43 中含氢混合蒸汽的 SOEC 模组；第二 SOEC 模组指的是接入第一 SOEC 模组生成的产品粗氢气的 SOEC 模组，即，第二 SOEC 模组利用第一 SOEC 模组生成的产品粗氢气进行进一步的加工。

本发明实施例中，SOEC 模组 10 可以为多个，并根据实际情况进行不同优化组合，使含氢混合蒸汽电解更充分；在实际应用中，SOEC 模组 10 的数量可以优选为四个，其中，第一 SOEC 模组的数量为一个，第二 SOEC 模组的数量为三个。

设有空气加热器 09 的第四管段 44，其进端与空气进口 03 连接，其出端分别与各 SOEC 模组 10 的热空气模组入口 21 连接；在本发明实施例中，空气加热器 09 作为主控多个电解池堆芯 26 的加热元件，是设置在 SOEC 模组 10 外的，SOEC 模组 10 设有保温壳体 25，因此，电解池堆芯 26 的热辐射无法对空气加热器 09 造成直接的影响。

各富氧空气模组出口 23 分别与第五管段 45 的进端连接，第五管段 45 的出端与富氧空气出口 05 连接；SOEC 模组 10 内各电解池堆芯 26 生成的富氧空气集中后，通过富氧空气模组出口 23 外接，然后，各富氧空气模组出口 23 分别接入第五管段 45 后，集中外接至撬装柜体 06 上的富氧空气出口 05。

各第二 SOEC 模组的产品粗氢气模组出口 24 分别与第六管段 46 的进端连接，

所述第六管段 46 的出端与产品粗氢气出口 04 连接。第二 SOEC 模组内各电解池堆芯 26 生成的产品粗氢气集中后，通过产品粗氢气模组出口 24 外接，然后，各产品粗氢气模组出口 24 分别接入第六管段 46 后，集中外接至撬装柜体 06 上的产品粗氢气出口 04。

优选的，本发明实施例中，还可以设有多个气体换热器 47，分别设于第六管段 46 与第一管段 41 的接触点、第六管段 46 与第二管段 42 的接触点，以及，第四管段 44 与第五管段 45 的接触点。

优选的，本发明实施例中，第六管段 46 还设有旁路 48，各旁路 48 分别设于第六管段 46 与第一管段 41 的接触点的两侧，以及，第六管段 46 与第二管段 42 的接触点的两侧；这样，当第六管段 46 中的产品粗氢气在某一换热器 47 的位置发生故障时，还可以使用对应旁路 48 作为备份通路，以避免影响设备的正常运行。

优选的，本发明实施例中的 SOEC 模组的数量可以为四个；其中，第一 SOEC 模组的数量为一个，第二 SOEC 模组的数量为三个。

实施例四

基于实施例一至三中任一 SOEC 电解水制氢装置，参考图 2，本发明实施例中的 SOEC 模组 10 内的管路连接结构可以包括：

第七管段 51 的进端与含氢混合蒸汽模组入口 22 连接，其出端分别与各含氢混合蒸汽单堆入口 32 连接；

本发明实施例中，电解池堆芯划分为多组，每组包括多个依序串联连接的电解池堆芯，组内首个电解池堆芯的富氧空气单堆出口与其后的电解池堆芯的热空气单堆入口连接；本发明实施例以 SOEC 模组 10 内包括 4 个电解池堆芯，划分为两组，每组包括两个电解池堆芯为例。

第八管段 52 的进端与热空气模组入口 21 连接，其出端分别与各组中首个电解池堆芯的热空气单堆入口 31 连接；

第九管段 53 的进端分别与各组中最后一个电解池堆芯的富氧空气单堆出口 33 连接，其出端与富氧空气模组出口 23 连接；第十管段 54 的进端分别与各产品粗氢气单堆出口 34 连接，其出端与产品粗氢气模组出口 24 连接。

通过将各组中的电解池堆芯依序串联连接，组内首个电解池堆芯的富氧空气单堆出口排出的富氧空气可被通入至其后的电解池堆芯的热空气单堆入口，进而能够在该后一个电解池堆芯中利用富氧空气的热量，以进一步降低对空气加热器 09 的加热需求，提高能量利用率。

优选的，在本发明实施例中，电解池堆芯 26 的热空气单堆入口 31 和富氧空气单堆出口 33 之间还可以设有备用旁路 55，这样，当某一电解池堆芯 26 发生故障时，还可以使用对应旁路 55 作为备份通路，以避免影响 SOEC 模组的正常运行。

现有技术中通常采用电炉加热电堆方式是：通过将电堆放在电炉内，炉内布置有电加热丝等加热元件；通过加热丝加热将电堆加热到所需温度。现有技术中的这种加热方式主要利用电加热元件的热辐射方式，将炉体内空气及电堆预热，其需要的预热时间会较长，而且电加热元件也会一直处于高温状态；在整个工作过程中，加热炉内的空气基本处于静止状态，因此传热速率较低；此外，其加热元件总处于高温状态而无法进行有效的冷却，因此容易损坏。

本发明实施例采用在 SOEC 模组外部加热空气，然后向 SOEC 模组内部各电解池堆芯通入高温空气的预热方式，由于高温空气在电解池堆芯内部流动，通过对流及导热以及热辐射的方式，因此将电堆温度升高到所需温度的加热速率较快，预热时间也就较短；此外，本发明实施例中，加热空气所用的电加热器里边的加热元件在加热过程中一直处于流动的空气状态下，因此加热元件不容易因为高温加热而损坏。

本发明实施例采用 SOEC 模组方式，可以将多个单独的电解池堆芯紧凑布置在一个腔体（保温壳体）内，各个电解池堆芯能够互为热源，其热量会互相作用，因此有利于腔体内部高温位气氛的良好维持；同时，通过 SOEC 模组可以很容易的进行保温设计，只需在保温壳体做好保温即可，由于保温壳体的外形能够制作的较规则，不必进行过多异形保温，因此，本发明实施例能够减化保温部件的结构；此外，本发明实施例中的保温壳体为中空部件，因此还可以减少腔体重量及材料使用同时能起到很好的保温隔热作用。

本发明实施例中的电解池堆芯可以通过空气互供实现多个电解池堆芯并联或串联，可以实现高温空气热量的充分和重复利用而减少高温空气热量的损耗，

同时，本发明实施例中紧凑布置的方式，还可以减少电解池堆芯之间的间隔，进而实现空间及占地的优化利用。

本发明实施例中 SOEC 模组之间可以通过引射器引射上一级模组产品粗氢气给下一级模组（即，引射第一 SOEC 模组的产品粗氢气给第二 SOEC 模组）使用，这样，能够实现多个 SOEC 模组的串级利用，从而提高蒸汽的再利用率并减少产品粗氢气的直接冷却实现热量直接利用。

实施例五

在本发明实施例中，如图 3 所示，SOEC 模组 10 内的管路连接结构还可以设置为如下：

第七管段 61 的进端与含氢混合蒸汽模组入口 22 连接，其出端分别与各含氢混合蒸汽单堆入口 32 连接；第八管段 62 的进端与热空气模组入口 21 连接，其出端分别与各热空气单堆入口 31 连接；

第九管段 63 的进端分别与各富氧空气单堆出口 33 连接，其出端与富氧空气模组出口 23 连接；第十管段 64 的进端分别与各产品粗氢气单堆出口 34 连接，其出端与产品粗氢气模组出口 24 连接。

对所公开的实施例的上述说明，使本领域专业技术人员能够实现或使用本申请。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的，本文中所定义的一般原理可以在不脱离本申请的精神或范围的情况下，在其它实施例中实现。因此，本申请将不会被限制于本文所示的这些实施例，而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

权利要求书

1. 一种基于多堆芯模组的 SOEC 电解水制氢装置，其特征在于，包括：
- 蒸汽发生器，该蒸汽发生器用于通过加热水而生成蒸汽；
- 混合器，该混合器用于将阴极保护氢气和由所述蒸汽发生器生成的蒸汽混合为含氢混合蒸汽；
- 空气加热器，该空气加热器用于加热空气以生成热空气；
- SOEC 模组，该 SOEC 模组包括保温壳体 and 设于所述保温壳体内的多个电解池堆芯，所述保温壳体设有热空气模组入口、含氢混合蒸汽模组入口、富氧空气模组出口和产品粗氢气模组出口；
- 其中，由所述混合器输出的所述含氢混合蒸汽能够通过所述含氢混合蒸汽模组入口而供应至其中的各个所述电解池堆芯的含氢混合蒸汽单堆入口，由所述空气加热器生成的所述热空气能够通过所述热空气模组入口供应至其中的各个所述电解池堆芯的热空气单堆入口，所述富氧空气模组出口和产品粗氢气模组出口设置为分别用于排出由各个所述电解池堆芯产生的富氧空气和产品粗氢气。
- 2、根据权利要求 1 所述的基于多堆芯模组的 SOEC 电解水制氢装置，其特征在于，还包括撬装柜体，所述蒸汽发生器、混合器、空气加热器和 SOEC 模组分别设于该撬装柜体内，且所述撬装柜体设有用于向所述蒸汽发生器供应所述水的水进口、用于向所述混合器供应所述阴极保护氢气的阴极保护氢气进口、用于向所述空气加热器供应所述空气的空气进口以及连通至所述产品粗氢气模组出口的产品粗氢气出口和连通至所述富氧空气模组出口的富氧空气出口。
- 3、根据权利要求 1 或 2 所述的基于多堆芯模组的 SOEC 电解水制氢装置，其特征在于，包括多个所述 SOEC 模组，多个所述 SOEC 模组包括通过引射器连通的第一 SOEC 模组和多个第二 SOEC 模组，所述第一 SOEC 模组的产品粗氢气模组出口与所述引射器的进气口连接，所述引射器的出气口与各第二 SOEC 模组的含氢混合蒸汽模组入口连接，各所述第二 SOEC 模组的产品粗氢气模组出口分别连通至所述产品粗氢气出口。
- 4、根据权利要求 3 所述的基于多堆芯模组的 SOEC 电解水制氢装置，其特征在于，还包括蒸汽电加热器，由所述混合器输出的所述含氢混合蒸汽经由该蒸汽电加热器加热后被供应至所述第一 SOEC 模组的含氢混合蒸汽模组入口和所

述引射器的喷嘴入口。

5、根据权利要求3所述的基于多堆芯模组的SOEC电解水制氢装置，其特征在于，所述SOEC模组的数量为四个；

其中，所述第一SOEC模组的数量为一个，所述第二SOEC模组的数量为三个。

6、根据权利要求1或2所述的基于多堆芯模组的SOEC电解水制氢装置，其特征在于，还包括：

第一换热器，该第一换热器设置为用于使得由所述蒸汽发生器生成的蒸汽与由所述SOEC模组排出的产品粗氢气换热；以及/或者，

第二换热器，该第二换热器设置为用于使得所述阴极保护氢气在被通入所述混合器之前与由所述SOEC模组排出的产品粗氢气换热；以及/或者，

第三换热器，该第三换热器设置为用于使得所述空气在被通入所述空气加热器之前与由所述SOEC模组排出的富氧空气换热。

7、根据权利要求6所述的基于多堆芯模组的SOEC电解水制氢装置，其特征在于，还包括分别与所述第一换热器、第二换热器和第三换热器并联的旁通流路。

8、根据权利要求1至7中任意一项所述的基于多堆芯模组的SOEC电解水制氢装置，其特征在于，多个所述电解池堆芯分为多组，各组包括多个依序串联连接的电解池堆芯，且各组中首个电解池堆芯的富氧空气单堆出口与其后的电解池堆芯的热空气单堆入口连接，各组中最后一个电解池堆芯的富氧空气单堆出口通过管段连通至所述富氧空气模组出口。

9、根据权利要求8所述的基于多堆芯模组的SOEC电解水制氢装置，其特征在于，至少部分所述电解池堆芯的热空气单堆入口和富氧空气单堆出口之间设有备用旁路。

10、一种用于SOEC电解水制氢装置的SOEC模组，其特征在于，所述SOEC模组包括保温壳体和设于所述保温壳体内的多个电解池堆芯；所述保温壳体设有热空气模组入口、含氢混合蒸汽模组入口、富氧空气模组出口和产品粗氢气模组出口，各个所述电解池堆芯包括热空气单堆入口、含氢混合蒸汽单堆入口、富氧空气单堆出口和产品粗氢气单堆出口，所述保温壳体内设有连接于所述含氢混合

蒸汽模组入口和各所述含氢混合蒸汽单堆入口之间、连接于所述热空气模组入口和至少部分所述电解池堆芯的热空气单堆入口之间、连接于所述富氧空气模组出口和至少部分所述电解池堆芯的富氧空气单堆出口之间以及连接于所述产品粗氢气模组出口和各所述产品粗氢气单堆出口之间的多个管段。

11、根据权利要求 10 所述的用于 SOEC 电解水制氢装置的 SOEC 模组，其特征在于，

多个所述电解池堆芯分为多组，各组包括多个依序串联连接的电解池堆芯，且各组中首个电解池堆芯的富氧空气单堆出口与其后的电解池堆芯的热空气单堆入口连接，各组中最后一个电解池堆芯的富氧空气单堆出口通过管段连通至所述富氧空气模组出口。

12、根据权利要求 10 或 11 所述的用于 SOEC 电解水制氢装置的 SOEC 模组，其特征在于，

所述电解池堆芯的热空气单堆入口和富氧空气单堆出口之间设有备用旁路。