



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110217762 A

(43)申请公布日 2019.09.10

(21)申请号 201910685213.5

(22)申请日 2019.07.27

(71)申请人 北京汉华元生科技有限公司  
地址 100045 北京市西城区二七剧场路6号  
沙龙宴酒店4层407-409室

(72)发明人 陈国旗 张立 李晓 王季柠

(74)专利代理机构 四平国泰知识产权代理事务  
所(普通合伙) 22213

代理人 蔡晓玲

(51) Int. Cl.

C01B 21/04(2006.01)

B01D 53/22(2006.01)

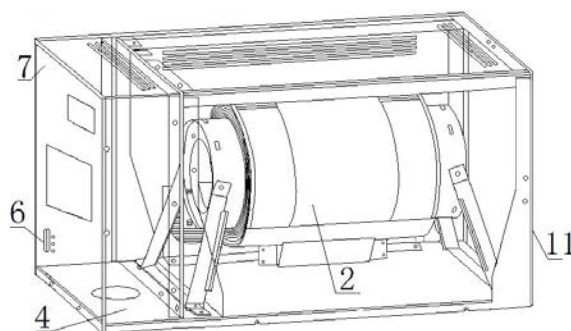
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

电化学陶瓷膜制氮系统

(57)摘要

本发明涉及一种电化学陶瓷膜制氮系统,为解决现有技术不能现场制取纯氮气问题,是电化学陶瓷膜片经堆叠形成陶瓷膜垛,与起加热、保温、热循环作用的热管理系统组合成电化学陶瓷膜产氮模块,再配以控制模块,电源模块,检测模块,开关及显示模块,进气风扇及机箱组成电化学陶瓷膜制氮系统;该进气风扇输入新鲜的空气,经双螺旋式热交换器进行预热,预热后的空气经加热器加热至750℃,经气流分布器均匀地吹向堆叠的陶瓷膜垛,经电化学陶瓷膜片的分离,在阳极内表面处氧气被收集,并经陶瓷膜内部管路排出;氮气经双螺旋式热交换器降温,被收集使用。具有能够现场制取纯氮气,能方便扩展产能,无噪音,无污染,免维护保养,自动控制的优点。



1. 一种电化学陶瓷膜制氮系统,其特征在于电化学陶瓷膜片经堆叠形成陶瓷膜垛,与起加热、保温、热循环作用的热管理系统组合成电化学陶瓷膜产氮模块,再配以控制模块,电源模块,检测模块,开关及显示模块,进气风扇及机箱组成电化学陶瓷膜制氮系统;该进气风扇输入新鲜的空气,经双螺旋式热交换器进行预热,预热后的空气经加热器加热至750℃,经气流分布器均匀地吹向堆叠的陶瓷膜垛,经电化学陶瓷膜片的分离,在阳极内表面处氧气被收集,并经陶瓷膜内部管路排出;氮气经双螺旋式热交换器降温,被收集使用。

2. 根据权利要求1所述电化学陶瓷膜制氮系统,其特征在于热管理系统包含加热器、热隔离器,气流分布器及双螺旋式热交换器。

3. 根据权利要求1所述电化学陶瓷膜制氮系统,其特征在于控制模块负责控制各个部分按设定的参数正确运行,对整机的运行状态进行监控。

4. 根据权利要求3所述电化学陶瓷膜制氮系统,其特征在于本系统没有运动部件,通过流量传感器、温度传感器和控制器组成的控制系统自动控制,配置远程数据传送,无人值守运行。

5. 根据权利要求1所述电化学陶瓷膜制氮系统,其特征在于电化学陶瓷膜片是一种氧离子导体,具有高效分离传导氧离子的特性:流经电化学陶瓷膜片阴极一侧的氧分子离解成氧离子,氧离子通过陶瓷膜在750℃时产生的大量可移动的氧空位缺陷,在存在电化学位梯度时,氧空位发生定向移动,实现氧离子的定向传输;氧离子在电化学陶瓷膜片阳极一侧释放电子,重新结合成氧分子,经电化学陶瓷膜片内的微管或槽收集排出;氧气排出后余下的高纯氮气被用户收集使用,多个电化学陶瓷膜片进行堆叠扩展产氮能力,组成制氮装置。

6. 根据权利要求1所述电化学陶瓷膜制氮系统,其特征在于电化学陶瓷膜片是一个有6层结构的复合陶瓷材料构成的片状构件,其中间一层是致密的固体氧化物电解质层,电解质层上下各有复合电极层与可穿透LCM层,下部紧邻可穿透LCM层是一层致密LCM层;各层通过烧结,与相邻层紧密结合,致密LCM层与可穿透LCM层间有微管或槽,用于收集分离后的氧气。

7. 根据权利要求6所述电化学陶瓷膜制氮系统,其特征在于整个电化学陶瓷膜片厚度约2mm,电解质层厚度不超过100μm;电化学陶瓷膜片的层次结构依次是可穿透LCM层,复合电极层,阳离子传输层,复合电极层,可穿透LCM层,微管层,致密LCM层。

8. 根据权利要求1所述电化学陶瓷膜制氮系统,其特征在于陶瓷膜垛由电化学陶瓷膜片堆叠而成,工作在电串联的模式下,陶瓷膜垛中间有用以连接电化学陶瓷膜片电极的一端封闭涂覆有电极层的陶瓷的管状结构用以收集电化学陶瓷膜片分离的氧气。

9. 根据权利要求1-8任一所述电化学陶瓷膜制氮系统,其特征在于控制模块电连开关及显示模块和电化学陶瓷膜产氮模块,控制模块分别通过电源模块和检测模块连接电化学陶瓷膜产氮模块。

## 电化学陶瓷膜制氮系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种制氮系统,特别是涉及一种电化学陶瓷膜制氮系统。

### 背景技术

[0002] 通常是直接从空气中获得氮气,空气中含有大量的氮气。工业制氮主要是通过空气分离来实现的。目前的制氮方法主要有三种,即深冷空分法、分子筛空分法及薄膜空分法。

[0003] 深冷空分制氮:是一种传统的制氮方法,已有近几十年的历史。它是以空气为原料,经过压缩、净化,再利用热交换使空气液化成为液空。液空主要是液氧和液氮的混合物,利用液氧和液氮的沸点不同(在1大气压下,前者的沸点为 $-183^{\circ}\text{C}$ ,后者的为 $-196^{\circ}\text{C}$ ),通过液空的精馏,使它们分离来获得氮气。深冷空分制氮机复杂、占地面积大,基建费用较高,设备一次性投资较多,运行成本较高,产气慢(12~24h),安装要求高、周期较长。综合设备、安装及基建诸因素,3500Nm<sup>3</sup>/h以下的设备,相同规格的PSA装置的投资规模要比深冷空分装置低20%~50%。深冷空分制氮机宜于大规模工业制氮,而中、小规模制氮就显得不经济。

[0004] 分子筛空分制氮(PSA或变压吸附式):在3000Nm<sup>3</sup>/h以下制氮机中颇具竞争力,越来越得到中、小型氮气用户的欢迎,PSA制氮已成为中、小型氮气用户的方法。因为,以空气为原料,以碳分子筛作为吸附剂,运用变压吸附原理,利用碳分子筛对氧和氮的选择性吸附而使氮和氧分离的方法,通称PSA制氮。此法是七十年代迅速发展起来的一种新的制氮技术。与传统制氮法相比,工艺流程简单、自动化程度高、产气快(15~30分钟)、能耗低,产品纯度可在较大范围内根据用户需要进行调节,操作维护方便、运行成本较低、装置适应性较强等特点。分子筛制氮,占地面积大,产气速度慢,装填工艺的方法直接影响到分子筛的粉化情况,容易造成喷筛现象。运动部件多,阀门多,故障率高。

[0005] 膜空分制氮(中空纤维膜分离):以空气为原料,在一定压力条件下,利用氧和氮等不同性质的气体在膜中具有不同的渗透速率来使氧和氮分离。和其它制氮机相比它具有结构更为简单、体积更小、无切换阀门、维护量更少、产气更快( $\leq 3$ 分钟)、增容方便等优点,它特别适宜于氮气纯度 $\leq 99.5\%$ 的中、小型氮气用户,有佳功能价格比。而氮气纯度在98%以上时,它与相同规格的PSA制氮机相比价格要高出15%以上。膜分离制氮在工业上有不少的应用,在实验室主要用于对气体纯度要求不特别高的吹扫、保护、对氧气的置换等。这类发生器的主要缺点是氮气纯度不能达到高纯级,膜组件目前均为进口,国内不能提供,成本较高,仪器价格也相对高。

### 发明内容

[0006] 本发明目的在于克服现有技术的上述缺陷,提供一种能够现场制取纯氮、高纯氮及超纯氮气的电化学陶瓷膜制氮系统。

[0007] 为实现上述目的,本发明电化学陶瓷膜制氮系统是电化学陶瓷膜片经堆叠形成陶瓷膜垛,与起加热、保温、热循环作用的热管理系统组合成电化学陶瓷膜产氮模块,再配以

控制模块,电源模块,检测模块,开关及显示模块,进气风扇及机箱组成电化学陶瓷膜制氮系统;该进气风扇输入新鲜的空气,经双螺旋式热交换器进行预热,预热后的空气经加热器加热至750℃,经气流分布器均匀地吹向堆叠的陶瓷膜垛,经电化学陶瓷膜片的分离,在阳极内表面处氧气被收集,并经陶瓷膜内部管路排出;氮气经双螺旋式热交换器降温,被用户收集使用。具有能够现场制取纯氮、高纯氮及超纯氮的优点。

[0008] 作为优化,热管理系统包含加热器、热隔离器,气流分布器及双螺旋式热交换器等部件。所述双螺旋式热交换器是双向螺旋冷却管绕成的横管型,横管型双螺旋式热交换器两端配置热隔离器,横管型双螺旋式热交换器内自下至上依次配置加热器、气流分布器和陶瓷膜垛。

[0009] 作为优化,控制模块负责控制各个部分按设定的参数正确运行,对整机的运行状态进行监控。

[0010] 作为优化,本系统没有运动部件,通过流量传感器、温度传感器和控制器组成的控制系统自动控制,配置远程数据传送,无人值守运行。流量传感器串接在氮气出口管路上,负责检测和向控制系统反馈机器实时的产氮量,显示模块就可以根据产氮量向用户显示实时流量信息。温度传感器插入陶瓷膜组件中,用以实时检测陶瓷膜组件的温度,在陶瓷膜组件温度过高,超过温度上限值时,可以切断电源,防止损坏机器。

[0011] 作为优化,电化学陶瓷膜片是一种氧离子导体,具有高效分离传导氧离子的特性:流经电化学陶瓷膜片阴极一侧的氧分子离解成氧离子,氧离子通过陶瓷膜在750℃时产生的大量可移动的氧空位缺陷,在存在电学位梯度时,氧空位发生定向移动,实现氧离子的定向传输;氧离子在电化学陶瓷膜片阳极一侧释放电子,重新结合成氧分子,经电化学陶瓷膜片内的微管或槽收集排出;氧气排出后余下的高纯氮气被用户收集使用,多个电化学陶瓷膜片进行堆叠扩展产氮能力,组成制氮装置。

[0012] 作为优化,电化学陶瓷膜片是一个有6层结构的复合陶瓷材料构成的片状构件,其中间一层是致密的固体氧化物电解质层,电解质层上下各有复合电极层与可穿透LCM层,下部紧邻可穿透LCM层是一层致密LCM层;各层通过烧结,与相邻层紧密结合,致密LCM层与可穿透LCM层间有微管或槽,用于收集分离后的氧气。

[0013] 作为优化,整个电化学陶瓷膜片厚度约2mm,电解质层厚度不超过100 $\mu\text{m}$ ;电化学陶瓷膜片的层次结构依次是可穿透LCM层,复合电极层,阳离子传输层,复合电极层,可穿透LCM层,微管层,致密LCM层。

[0014] 作为优化,陶瓷膜垛由电化学陶瓷膜片堆叠而成,工作在电串联的模式下,陶瓷膜垛中间有用以连接电化学陶瓷膜片电极的一端封闭涂覆有电极层的陶瓷的管状结构用以收集电化学陶瓷膜片分离的氧气。

[0015] 陶瓷膜垛与包含加热器、热隔离器,气流分布器及双螺旋式热交换器的热管理系统组合成电化学陶瓷膜产氮模块。

[0016] 作为优化,控制模块电连开关及显示模块和电化学陶瓷膜产氮模块,控制模块分别通过电源模块和检测模块连接电化学陶瓷膜产氮模块。控制模块负责控制各个部分按设定的参数正确运行,对整机的运行状态进行监控。本系统没有运动部件,通过流量传感器、温度传感器和控制器等组成的控制系统自动控制,配置远程数据传送,不需要人工值守,可节省大量的人力成本。

[0017] 也就是：本发明由电化学陶瓷膜技术的核心部件—电化学陶瓷膜片，经堆叠形成陶瓷膜垛，与热管理系统（包含加热器、热隔离器，气流分布器及双螺旋式热交换器等部件）组合成电化学陶瓷膜产氮模块，再配以控制模块，电源模块，检测模块，开关及显示模块，进气风扇及机箱组成电化学陶瓷膜制氮系统。

[0018] 进气风扇输入新鲜的空气，经双螺旋式热交换器进行预热，预热后的空气经加热器加热至750℃，经气流分布器均匀地吹向堆叠的陶瓷膜垛，经陶瓷膜片的分离，在阳极内表面处氧气被收集，经陶瓷膜内部管路排出。氮气经双螺旋式热交换器降温，被用户收集使用。加热、保温、热循环由热管理系统完成。控制模块负责控制各个部分按设定的参数正确运行，对整机的运行状态进行监控。

[0019] 基本单元为膜片状的固体氧化物电解质，膜片是由复合电极层（阴极和阳极），可穿透的LCM层，致密的LCM层经共烧而成。整个膜片厚度约2mm。

[0020] 膜片是一种氧离子导体，具有高效分离传导氧离子的特点。流经膜片阴极一侧的氧分子分解成氧离子，氧离子通过陶瓷膜在750℃时产生的大量可移动的氧空位缺陷，在存在电化学位梯度时，氧空位发生定向移动，实现氧离子的定向传输。氧离子在膜片阳极一侧释放电子，重新结合成氧分子，经膜片内的微管（或槽）收集排出。氧气排出后余下的高纯氮气被用户收集使用，多个膜片进行堆叠可扩展产氮能力，能够组成更复杂的制氮装置。

[0021] 本发明的关键点为：1. 本发明利用电化学陶瓷膜的氧离子传到特性，现场制取高纯氮气。2. 本发明所述的电化学陶瓷膜片是一个有6层结构的复合陶瓷材料构成的片状构件，其中间一层是致密的固体氧化物电解质层，电解质层上下各有复合电极层与可穿透LCM层，下部紧邻可穿透LCM层是一层致密LCM层。各层通过烧结，与相邻层紧密结合，致密LCM层与可穿透LCM层间有微管（或槽），用于收集分离后的氧气。3. 电解质层厚度不超过100μm，电解质层越薄，电阻越低，工作时消耗的能量越少，作用在膜片上的热应力越小。4. 基本结构陶瓷膜垛由电化学陶瓷膜片堆叠而成，工作在电串联的模式下，陶瓷膜垛中间有一端封闭涂覆有电极层的陶瓷（用以连接膜片电极）的管状结构用以收集膜片分离的氧气。5. 陶瓷膜垛与热管理系统（包含加热器、热隔离器，气流分布器及双螺旋式热交换器等部件）组合成电化学陶瓷膜产氮模块，再配以控制模块，电源模块，检测模块，开关及显示模块，进气风扇及机箱组成电化学陶瓷膜制氮系统。6. 热管理系统负责系统加热、保温及热循环过程的管理，保证高效产氮，节约能源，确保出口氮气、排放的氧气温度达到系统的规定的要求。

[0022] 本发明的技术效果：1. 本发明由于利用了新型气体分离材料，可以现场制取高纯氮气。2. 通过扩展电化学陶瓷膜产氮模块可方便地扩展系统的产氮能力，组成不同规格的制氮系统。3. 系统主要部件无运动件，无噪音，无污染。4. 与传统空分方式相比系统不需要维护保养，可以节省大量使用成本。5. 本系统由于没有运动部件，通过流量传感器、温度传感器和控制器等组成的控制系统自动控制，配置远程数据传送，不需要人工值守，可节省大量的人力成本。

[0023] 采用上述技术方案后，本发明电化学陶瓷膜制氮系统具有能够现场制取纯氮、高纯氮及超纯氮气，能方便扩展产能，无噪音，无污染，免维护保养，自动控制，无人值守，节省大量人力成本的优点。

## 附图说明

[0024] 图1是本发明电化学陶瓷膜制氮系统整机结构示意图;图2和3分别是本发明电化学陶瓷膜制氮系统中电化学陶瓷膜产氮模块的纵向剖面图和横向剖面图;图4是本发明电化学陶瓷膜制氮系统的电路原理图;图5是本发明电化学陶瓷膜制氮系统的电子显微镜下电化学陶瓷膜片结构图。

## 具体实施方式

[0025] 如图所示,本发明电化学陶瓷膜制氮系统是电化学陶瓷膜片经堆叠形成陶瓷膜垛1,与起加热、保温、热循环作用的热管理系统组合成电化学陶瓷膜产氮模块2,再配以控制模块3,电源模块4,检测模块5,开关及显示模块6,进气风扇及机箱7组成电化学陶瓷膜制氮系统;该进气风扇输入新鲜的空气,经双螺旋式热交换器8进行预热,预热后的空气经加热器9加热至750℃,经气流分布器10均匀地吹向堆叠的陶瓷膜垛1,经电化学陶瓷膜片的分离,在阳极内表面处氧气被收集,并经陶瓷膜内部管路排出氮气出口11;氮气经双螺旋式热交换器8降温,被用户收集使用。具有能够现场制取纯氮、高纯氮及超纯氮的优点。

[0026] 热管理系统包含加热器9、热隔离器12,气流分布器10及双螺旋式热交换器8等部件。所述双螺旋式热交换器8是双向螺旋冷却管绕成的横管型,横管型双螺旋式热交换器两端配置热隔离器12,横管型双螺旋式热交换器内自下至上依次配置加热器9、气流分布器10和陶瓷膜垛1。加热器9输出的热量随分布气流自下至上分布传递。

[0027] 控制模块3负责控制各个部分按设定的参数正确运行,对整机的运行状态进行监控。本系统没有运动部件,通过流量传感器、温度传感器和控制器组成的控制系统自动控制,配置远程数据传送,无人值守运行。流量传感器串接在氮气出口管路上,负责检测和向控制系统反馈机器实时的产氮量,显示模块就可以根据产氮量向用户显示实时流量信息。温度传感器插入陶瓷膜组件中,用以实时检测陶瓷膜组件的温度,在陶瓷膜组件温度过高,超过温度上限值时,可以切断电源,防止损坏机器。

[0028] 电化学陶瓷膜片是一种氧离子导体,具有高效分离传导氧离子的特性:流经电化学陶瓷膜片阴极一侧的氧分子离解成氧离子,氧离子通过陶瓷膜在750℃时产生的大量可移动的氧空位缺陷,在存在电化学位梯度时,氧空位发生定向移动,实现氧离子的定向传输;氧离子在电化学陶瓷膜片阳极一侧释放电子,重新结合成氧分子,经电化学陶瓷膜片内的微管或槽收集排出;氧气排出后余下的高纯氮气被用户收集使用,多个电化学陶瓷膜片进行堆叠扩展产氮能力,组成制氮装置。

[0029] 电化学陶瓷膜片是一个有6层结构的复合陶瓷材料构成的片状构件,其中间一层是致密的固体氧化物电解质层,电解质层上下各有复合电极层与可穿透LCM层,下部紧邻可穿透LCM层是一层致密LCM层;各层通过烧结,与相邻层紧密结合,致密LCM层与可穿透LCM层间有微管或槽,用于收集分离后的氧气。

[0030] 整个电化学陶瓷膜片厚度约2mm,电解质层厚度不超过100 $\mu\text{m}$ ;电化学陶瓷膜片的层次结构依次是可穿透LCM层,复合电极层,阳离子传输层,复合电极层,可穿透LCM层,微管层,致密LCM层。

[0031] 陶瓷膜垛1由电化学陶瓷膜片堆叠而成,工作在电串联的模式下,陶瓷膜垛1中间有用以连接电化学陶瓷膜片电极的一端封闭涂覆有电极层的陶瓷的管状结构用以收集电

化学陶瓷膜片分离的氧气。陶瓷膜垛1与包含加热器9、热隔离器12,气流分布器10及双螺旋式热交换器8的热管理系统组合成电化学陶瓷膜产氮模块2。

[0032] 控制模块3电连开关及显示模块6和电化学陶瓷膜产氮模块2,控制模块3分别通过电源模块4和检测模块5连接电化学陶瓷膜产氮模块2。控制模块3负责控制各个部分按设定的参数正确运行,对整机的运行状态进行监控。本系统没有运动部件,通过流量传感器、温度传感器和控制器等组成的控制系统自动控制,配置远程数据传送,不需要人工值守,可节省大量的人力成本。

[0033] 也就是:本发明由电化学陶瓷膜技术的核心部件—电化学陶瓷膜片,经堆叠形成陶瓷膜垛,与热管理系统(包含加热器、热隔离器,气流分布器及双螺旋式热交换器等部件)组合成电化学陶瓷膜产氮模块,再配以控制模块,电源模块,检测模块,开关及显示模块,进气风扇及机箱组成电化学陶瓷膜制氮系统(详见附图1-4)。

[0034] 进气风扇输入新鲜的空气,经双螺旋式热交换器进行预热,预热后的空气经加热器加热至750℃,经气流分布器均匀地吹向堆叠的陶瓷膜垛,经陶瓷膜片的分离,在阳极内表面处氧气被收集,经陶瓷膜内部管路排出。氮气经双螺旋式热交换器降温,被用户收集使用。加热、保温、热循环由热管理系统完成。控制模块负责控制各个部分按设定的参数正确运行,对整机的运行状态进行监控。

[0035] 基本单元为膜片状的固体氧化物电解质,膜片是由复合电极层(阴极和阳极),可穿透的LCM层,致密的LCM层经共烧而成。整个膜片厚度约2mm(详见附图5)。图中显示自上至下的层次结构为Porous LCM可穿透LCM层,Composite electrode复合电极层,Electrolyte氧离子传输层, Composite electrode复合电极层, Porous LCM可穿透LCM层, Dense LCM致密LCM层。

[0036] 膜片是一种氧离子导体,具有高效分离传导氧离子的特点。流经膜片阴极一侧的氧分子离解成氧离子,氧离子通过陶瓷膜在750℃时产生的大量可移动的氧空位缺陷,在存在电化学位梯度时,氧空位发生定向移动,实现氧离子的定向传输。氧离子在膜片阳极一侧释放电子,重新结合成氧分子,经膜片内的微管(或槽)收集排出。氧气排出后余下的高纯氮气被用户收集使用,多个膜片进行堆叠可扩展产氮能力,能够组成更复杂的制氮装置。

[0037] 本发明的关键点为:1. 本发明利用电化学陶瓷膜的氧离子传到特性,现场制取高纯氮气。2. 本发明所述的电化学陶瓷膜片是一个有6层结构的复合陶瓷材料构成的片状构件,其中间一层是致密的固体氧化物电解质层,电解质层上下各有复合电极层与可穿透LCM层,下部紧邻可穿透LCM层是一层致密LCM层。各层通过烧结,与相邻层紧密结合,致密LCM层与可穿透LCM层间有微管(或槽),用于收集分离后的氧气。3. 电解质层厚度不超过100μm,电解质层越薄,电阻越低,工作时消耗的能量越少,作用在膜片上的热应力越小。4. 基本结构陶瓷膜垛由电化学陶瓷膜片堆叠而成,工作在电串联的模式下,陶瓷膜垛中间有一端封闭涂覆有电极层的陶瓷(用以连接膜片电极)的管状结构用以收集膜片分离的氧气。5. 陶瓷膜垛与热管理系统(包含加热器、热隔离器,气流分布器及双螺旋式热交换器等部件)组合成电化学陶瓷膜产氮模块,再配以控制模块,电源模块,检测模块,开关及显示模块,进气风扇及机箱组成电化学陶瓷膜制氮系统(详见附图1,附图2)。6. 热管理系统负责系统加热、保温及热循环过程的管理,保证高效产氮,节约能源,确保出口氮气、排放的氧气温度达到系统的规定的要求。

[0038] 本发明的技术效果：1. 本发明由于利用了新型气体分离材料，可以现场制取高纯氮气。2. 通过扩展电化学陶瓷膜产氮模块可方便地扩展系统的产氮能力，组成不同规格的制氮系统。3. 系统主要部件无运动件，无噪音，无污染。4. 与传统空分方式相比系统不需要维护保养，可以节省大量使用成本。5. 本系统由于没有运动部件，通过流量传感器、温度传感器和控制器等组成的控制系统自动控制，配置远程数据传送，不需要人工值守，可节省大量的人力成本。

[0039] 采用上述技术方案后，本发明电化学陶瓷膜制氮系统具有能够现场制取纯氮、高纯氮及超纯氮气，能方便扩展产能，无噪音，无污染，免维护保养，自动控制，无人值守，节省大量人力成本的优点。



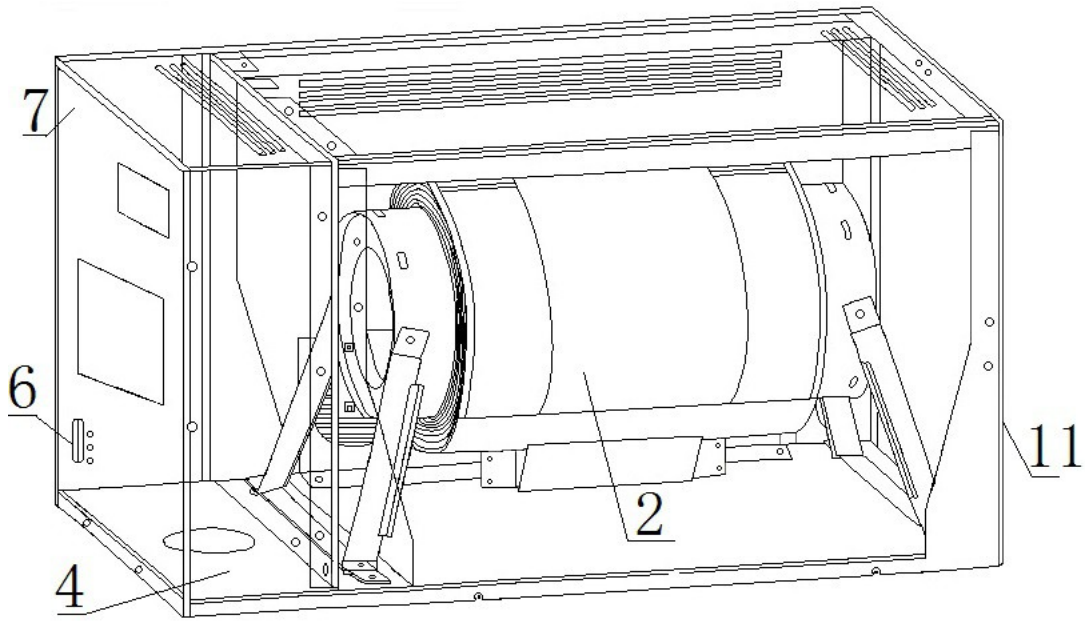


图1

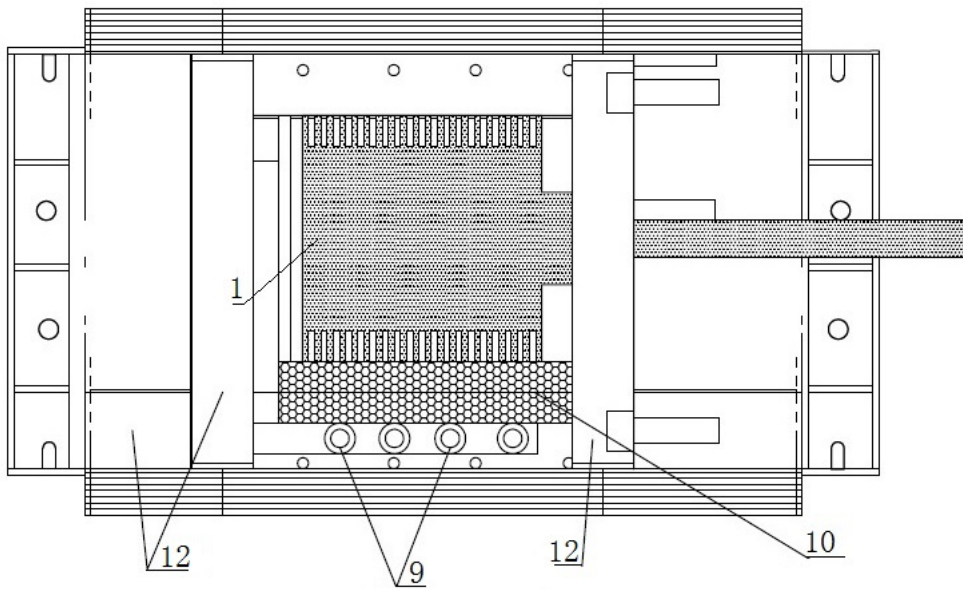


图2

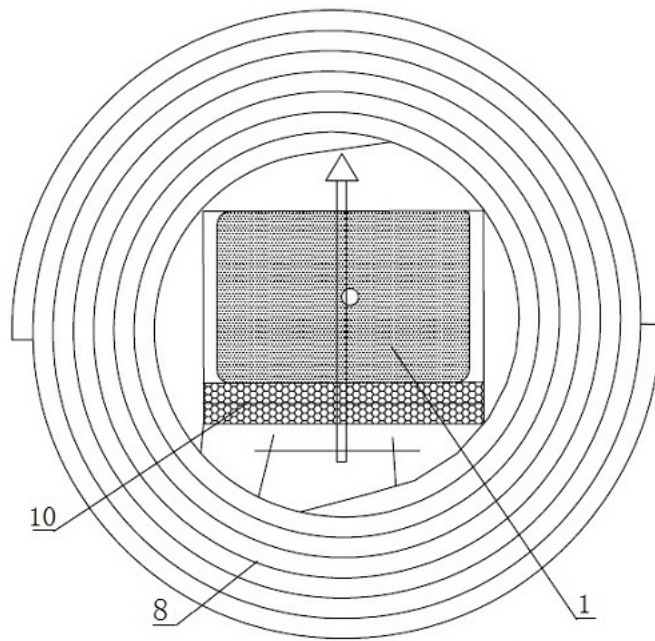


图3

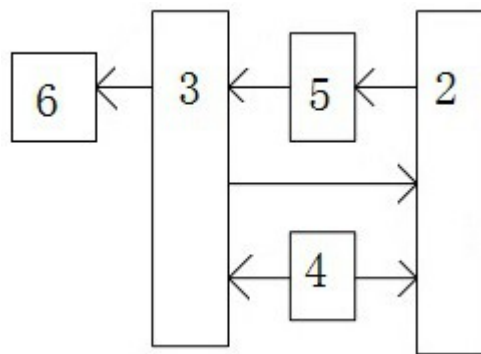


图4

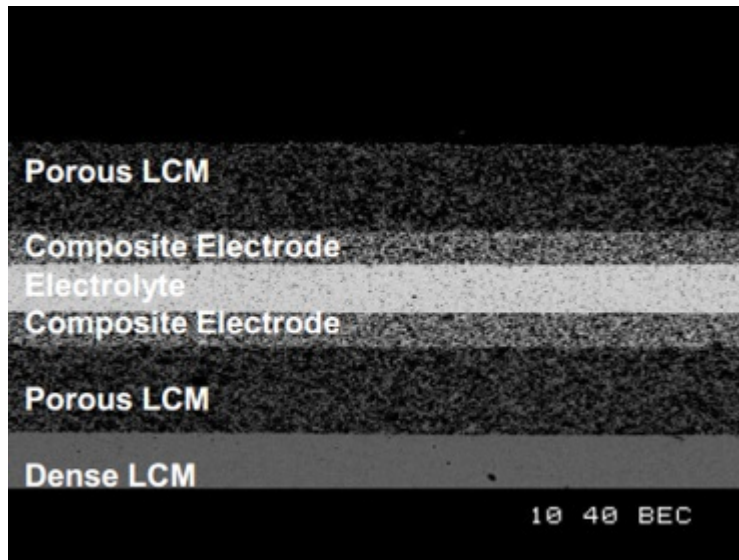


图5