

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局



(43) 国际公布日
2024年3月7日 (07.03.2024)

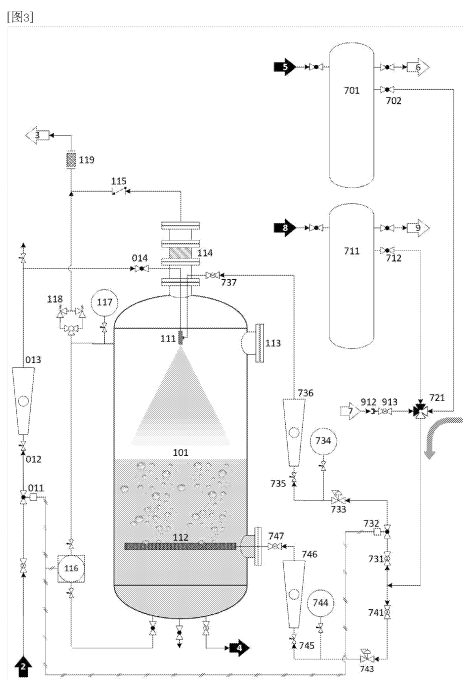
(10) 国际公布号
WO 2024/047478 A1

- (51) 国际专利分类号:
C25B 9/60 (2021.01) C02F 1/20 (2023.01)
C25B 15/08 (2006.01) C25B 1/04 (2021.01)
C25B 15/02 (2021.01)
- (21) 国际申请号: PCT/IB2023/058396
- (22) 国际申请日: 2023年8月24日 (24.08.2023)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202211049410.6 2022年8月30日 (30.08.2022) CN
202310633630.1 2023年5月31日 (31.05.2023) CN
- (71) 申请人: 昭科有限公司 (PHIL & FLOR COMPANY LIMITED) [CN/CN]; 中国香港特别行政区新界火炭穗禾路9号穗禾苑C座丰年阁20楼5室 (CN)。
- (72) 发明人: 冯昭耀 (FUNG, Chiu Yiu); 中国香港特别行政区新界火炭穗禾路9号穗禾苑C座丰年阁20楼5室 (CN)。

- (81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

(54) Title: PRETREATMENT METHOD FOR PREPARING ULTRAPURE HYDROGEN AND ULTRAPURE OXYGEN

(54) 发明名称: 一种制备超纯氢和超纯氧的预处理方法



(57) Abstract: The present invention provides a pretreatment method for preparing ultrapure hydrogen and ultrapure oxygen, comprising the steps of: introducing desalted water into the top of a storage tank through a desalted water pipeline before the desalted water enters an electrolytic bath; meanwhile, using hydrogen or oxygen as a stripping gas, introducing the stripping gas into the top of the storage tank through a gas supply pipeline, and performing atomization and stripping pretreatment on the desalted water; introducing hydrogen or oxygen into the bottom of the storage tank through the gas supply pipeline before the desalted water enters the electrolytic bath, and using hydrogen or oxygen to perform bubbling and redundant stripping on the pretreated desalted water and provide micro-positive pressure shielding; and performing water-mist separation on an exhausted gas of the storage tank, capturing moisture in supersaturated water vapor in the exhausted gas, and recycling the moisture into the storage tank. According to the pretreatment method provided by the present invention, the desalted water after the stripping enters the electrolytic bath to be decomposed into hydrogen and oxygen, and then is subjected to catalytic oxygen/hydrogen removal, condensation drainage and adsorption drying by a molecular sieve to produce ultrapure hydrogen meeting the requirements of GB/T 3634.2-2011 and ultrapure oxygen meeting the requirements of GB/T 14599-2008; moreover, the costs of production, devices and maintenance are all greatly reduced.

WO 2024/047478 A1

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。
- 在修改权利要求的期限届满之前进行, 在收到该修改后将重新公布(细则48.2(h))。
- 黑白; 提交的国际申请包含彩色或灰度, 并且可通过PATENTSCOPE下载

(57) 摘要: 本发明提供一种制备超纯氢和超纯氧的预处理方法, 包括步骤: 在除盐水进入电解槽前, 除盐水经除盐水管导入于储存罐顶部; 同时, 使用氢气或氧气作为吹脱气, 经供气管道导入于储存罐顶部, 对除盐水进行雾化和吹脱预处理; 在除盐水进入电解槽前, 通过供气管道导入氢气或氧气到储存罐底部, 使用氢气或氧气对已完成预处理的除盐水进行鼓泡、冗余吹脱和提供微正压屏蔽; 对储存罐的排气进行水雾分离, 捕捉其中的过饱和水汽中的水分并回收至储存罐。本发明提供的预处理方法, 经吹脱后的除盐水随后进入电解槽分解成氢和氧、之后通过催化脱氧/氢、冷凝排水和份子筛吸附干燥, 产出符合GB/T 3634.2-2011要求的超纯氢和GB/T 14599-2008的超纯氧, 同时生产、设备和维修各成本都大幅度降低。

说明书

发明名称: 一种制备超纯氢和超纯氧的预处理方法

技术领域

[0001] 本发明属于工业制氢中的水电解技术领域，具体涉及一种制备超纯氢和超纯氧的预处理方法。

背景技术

[0002] 现时用来生产氢气所使用的工业水电解装置工艺流程（基本工艺流程见图1），包括但不限于现时主流的水电解技术如碱性水电解（ALK），以及新兴的水电解技术如质子交换膜水电解（PEM）、阴离子交换膜水电解（AEM）和固体氧化物水电解（SOEC），当中PEM已用于许多新建项目，欧洲专利EP3649276B1亦公开了此水电解技术生产氢气。工业水电解装置工艺流程一般都是把除盐水（软化水）从储存罐（101）送进氢液分离器（301），随后注入电解槽（201），在直流电的电解作用下，将水分解成“粗”氢气和“粗”氧气。粗氢和粗氧分别经冷却送入各自的气液分离器（301和311）进行气液分离、之后通过各自的冷却/捕滴/气液分离设备（401和411）除雾和除水。粗氧一般被视为副产品，通常是被排弃。粗氢经除水后进入脱氧装置（501），在催化剂的作用下，粗氢中的少量氧气与氢气发生化合反应生成水。大部份的氢中水在冷凝后被排走。剩余的二氧化碳和微量水分在通过份子筛吸附干燥器（601）时被清除。所产出的产品氢是符合GB/T 3634.2-2011对纯氢的技术要求，但逊于GB/T 3634.2-2011对高纯氢和超纯氢的要求。[备注：本说明书提及的“超纯氢”、“高纯氢”和“纯氢”是指符合中国国家标准GB/T 3634.2-2011规定的超纯氢、高纯氢和纯氢的氢气。（见后表4）]

[0003] 主要原因是溶解在除盐水中的各种空气成份（氧、氩、氮、一氧化碳、二氧化碳和甲烷），都会在电解槽水分解的过程中一并释出，成为产品氢中的杂质。如上段所述，氧、二氧化碳和水分在脱氧装置（501）和分子筛吸附干燥器（601）后纯化处理过程中被有效清除。而一氧化碳和甲烷，由于其溶质量极低，释放到产品氢的杂质量分别少于0.001ppbV和0.05ppbV，少于超纯氢对一氧化碳和

甲烷杂质的技术要求。余下的氩和氮，由于其惰性化学反应的特性，现时普遍的水电解装置是无法清除。依据亨利定律（Henry's Law），释放出的氩和氮在产品氢的成份分别可以高达0.24ppmV和9.1ppmV。导致产品氢逊于高纯氢和超纯氢的技术要求。

[0004] 氢气中的氩和氮杂质，由于它们惰性化学反应的特性，对大部分使用氢气的生产工业都没有多大影响，所以对氢气中的氩和氮一直都没有特别要求。但由于近年不小新发展的高科技行业在氢气应用方面，对质和量的要求都不断提升，特别是涉及半导体生产的应用，如极紫外光刻（EUV lithography）和硅薄膜沉积（silicon thin film deposition）等，而晶圆外延（epitaxy）在2018年更开始要求氢中氩不能多于70ppbV。氩和氮，也因为它们惰性化学反应的特性，要把它们从氢气中清除出来，确实是一项极为困难的作业。目前一般都只有采用钯膜扩散或低温吸附的后处理方法去清除。

[0005] 钯膜扩散装置的优异功能是把已达纯氢规格的氢气，进一步提升至高纯氢或超纯氢。当纯氢连同混合在其中的杂质（包括氧、氩、氮、和二氧化碳）进入钯合金膜管束时，氢分子会被钯膜表面吸附、解离、溶解成氢原子、从钯膜的一侧扩散到另一侧、释出后的氢原子再化合成氢分子并脱附。除氢外，其他气体均不能通过钯膜，从而把纯氢净化达至超纯氢。然而，钯膜扩散方法却存在不小缺点，包括设备成本贵，高能耗，使用寿命和氢脆问题，阐述如下：

[0006] 缺点1.钯本身是一种颇为稀有的贵价金属元素；

[0007] 缺点2.要维持高效透氢率,一般钯膜扩散的工作温度需要提高到300–500°C；

[0008] 缺点3.长时间高温会使钯膜的寿命缩短；

[0009] 缺点4.工作温度失稳（如遇电源波动的情况下）会引起氢脆问题。

[0010] 导致应用此纯化方法的资本、生产和维护成本极为高昂。

[0011] 低温吸附同样是把已达纯氢规格的氢气，进一步提升至高纯氢或超纯氢。目前普遍都是使用双筒罐安排，一吸附一再生轮替运作。筒罐大多采用同轴三层结构。中心筒罐充填分子筛，内夹层浸泡液氮，外夹层为真空隔热层。吸附时，液氮提供-196°C的低温状态进一步提升分子筛的吸附效率。再生时，250°C的反吹促使分子筛把杂质更彻底地脱附。同样，低温吸附方法也存在不小缺点，包

括设备制造技术复杂，需要增设额外液氮供辅设施，耗氮、耗电和维护困难，阐述如下：

[0012] 缺点5.同轴三层结构筒罐（或真空夹层筒罐内装液氮热交换器）的制造技术要求高；

[0013] 缺点6.除低温吸附装置外，还需要增设液氮供辅系统，包括液氮槽车停泊及卸载区和卸载设施、液氮真空隔热储槽、真空输液管道和再生加热器；

[0014] 缺点7.多出额外的液氮和用电生产成本；

[0015] 缺点8.焊接部位在 -196°C 和 250°C 之间反复切换容易引起应力和疲劳破损。即使是毛发般的微细裂纹，也可以导致真空破坏和产品污杂。查找和修复三层结构筒罐上的裂纹是一项极为艰难，需时和耗费的任务。

[0016] 导致应用此纯化方法的资本、生产和维护成本同样极为高昂。

[0017] 除了前文解述的钯膜扩散和低温吸附的两种后处理纯化方法，专利文献CN106283101和CN101407920也公开了一种对水电解分别制备超纯氢和高纯氢的方法。CN106283101将软化水加热至 $95-100^{\circ}\text{C}$ 以脱除水中的溶气并通入高纯氧保压。而CN101407920则使用氧气对原料水进行逆流鼓泡反吹。此两种后处理纯化方法也有着各自的缺点，分别为：

[0018] 缺点9.需要增加额外的加热能耗；

[0019] 缺点10.氧鼓泡则使原料水中的溶氧量增加3.6倍，严重加重对随后脱氧装置的负荷，衰减其性能和使用寿命。

[0020] 再者，水电解工艺的纯氧副产品，由于其分摊生产成本无法跟其它工艺（如空气分离）的氧产品竞争，所以电解产出的纯氧一般都是被排弃。如何在电解水工艺中不仅提升产品氢的质量至超纯氢，同时亦能够经济地把纯氧副产品一并回收和提升其质量达至符合GB/T 14599-2008对超纯氧的技术要求，大大提升水电解氧产品的价值和应用层次，也成为业界解决的问题。在半导体行业，超纯氧也是其中一种不可或缺的生产材料，主要是用于生产多种元素的氧化硅层、去除蚀刻过程中产生的额外材料碎片和稳定蚀刻图案。

发明概述

技术问题

[0021] 针对上述4种提升氢气纯度方法的缺点，也就是设备成本贵、能耗高、使用寿命相对短、潜在氢脆隐患、设备制造技术复杂、维护困难、额外增加液氮设施和液氮耗用和额外增加脱氧装置的负荷。本发明提供一种设备成本低、结构坚固简单、没有额外能耗和维护简易的预处理方法：使用少量水电解工艺自产的氢气（或自产氧）对除盐水进行雾化及吹脱，不仅提升产品氢的质量规格达至符合GB/T 3634.2-2011对超纯氢的技术要求，同时也将普遍被排弃的纯氧副产品回收并提升至超纯氧。此外，通过控制吹脱气的流量，更可进一步降低溶解于除盐水的空气杂质成分，以满足特定客制要求的产品氢和/或产品氧。

[0022] 需要说明的是，本说明书提及的“超纯氧”、“高纯氧”和“纯氧”都是指符合中国国家标准GB/T 14599-2008规定的超纯氧、高纯氧和纯氧的氧气。（见后表5）

问题的解决方案

[0023] 由于目前一般水电解装置所生产出来的氢气和氧气，当中的杂质（主要是考虑中国国家标准所规定的目标杂质如氢、氧、氩、氮、一氧化碳、二氧化碳和甲烷），都是源自于溶解在除盐水中的各种空气成分。故本发明采取对除盐水进行预处理,解决问题于源头：在除盐水进入电解槽之前，本发明首选使用小量由水电解制程自产的产品氢气（根据实际供需情况，也可使用自产氧、外供氢或外供氧），通过混合喷嘴在除盐水储存罐的顶部对除盐水进行雾化吹脱和通过设置在储存罐底部的曝气管对除盐水进行鼓泡，给其提供冗余吹脱和微正压屏蔽环境。彻底地把原先溶解于除盐水中的目标杂质如氩、氮、一氧化碳、二氧化碳和甲烷脱离排走，当使用氢气用作吹脱屏蔽时，除盐水中的杂质氧亦会同时被彻底脱离排走；当使用氧气用作吹脱屏蔽时，则除盐水中的杂质氢亦会同时被彻底脱离排走。

[0024] 随后在电解槽分解成“粗”氢气和“粗”氧气、在各自的气液分离器进行气液分离、在各自的冷却/捕滴/气液分离设备除雾和除水。除水后的粗产氢以及粗产氧，其间的杂质氩、氮、一氧化碳、二氧化碳和甲烷分别已是符合分别超纯氢和超纯氧的技术要求（见表11至18,行18为粗产氢杂质成分，行30为粗产氧杂质成分）。随后，粗产氢和粗产氧分别进入各自的催化脱氧装置和催化脱氢装

置，把氢中杂质氧和氧中杂质氢化合成水、再经各自的冷凝排水和份子筛吸附干燥，所产出的产品氢和产品氧是分别完全符合GB/T 3634.2-2011对超纯氢和GB/T14599-2008对超纯氧的技术要求。

[0025] 为决解前述的技术问题，本发明所采用的技术方案展述如下：

[0026] 本发明提供一种制备超纯氢和超纯氧的预处理方法，包括下列步骤：

[0027] a.在除盐水进入电解槽前，除盐水经除盐水管道路导入于储存罐顶部；同时，使用氢气或氧气作为吹脱气，经供气管道路导入于储存罐顶部，对除盐水进行雾化和吹脱预处理；

[0028] b.在除盐水进入电解槽前，通过供气管道路导入氢气或氧气到储存罐底部，使用氢气或氧气对已完成预处理的除盐水进行鼓泡、提供冗余吹脱和微正压屏蔽；

[0029] c.对储存罐的排气进行水雾分离，捕捉其中的过饱和水汽中的水分并回收至储存罐；

[0030] d.经预处理后获得的除盐水透过随后的水电解工艺流程制得产品氢及产品氧并储存在缓冲罐中。

[0031] 上述预处理方法中，在步骤a中所述储存罐顶部设置混合喷咀，其内部结构有个别的独立通道，分别连接所述供气管道路和所述除盐水管道路，导入的氢气或氧气和除盐水两流体只在所述混合喷咀出口处混合和撞击。

[0032] 上述预处理方法中，步骤a中所述除盐水通过所述混合喷咀雾化后的液滴直径为不小于100 μm 。

[0033] 上述预处理方法中，在步骤b中所述储存罐底部设置曝气管，鼓泡氢气或氧气的体积流量不小于除盐水的体积流量。

[0034] 上述预处理方法中，在所述供气管道路上依顺序设置开关阀、压力调节阀、压力表、流量调节阀和流量显示器。

[0035] 上述预处理方法中，步骤a中在所述供气管道路上，位于所述开关阀和所述压力调节阀之间，安装液位开关阀，开关设定为当储存罐的液位水平 $\geq 95\%$ 时关闭。

[0036] 上述预处理方法中，在所述储存罐顶部设置排气管，所述排气管上设置捕滴器。

[0037] 上述预处理方法中，还包括维持储存罐内一个微正压屏蔽的步骤，所述捕滴器出口的管道上设置单向阀，所述单向阀的开启压力不小于 250N/m^2 。

[0038] 上述预处理方法中，还包括下列步骤：

[0039] e.经所述供气管道导入步骤d中的所述产品氢或产品氧进行步骤a中的雾化和吹脱预处理，和/或进行步骤b中的鼓泡、冗余吹脱和提供微正压屏蔽。

[0040] 上述预处理方法中，还包括在所述供气管道与缓冲罐之间设置有用于选择产品气或外供气作为吹脱气的四通阀。

[0041] 上述预处理方法中，所述除盐水为碱性除盐水、制得所述产品氢时，为满足所述产品氢的目标杂质浓度要求，所述吹脱气对除盐水的气液比大于或等于以下值：

$$[0042] \quad V/L = (x_0 - y) / (K_H^{p,x} \times y / P_1 - y_0)$$

[0043] 其中，V为吹脱气流量，L为除盐水流量， x_0 为除盐水中的杂质浓度，y为产品气中的目标杂质浓度要求， $K_H^{p,x}$ 为亨利常数， P_1 为绝对压力， y_0 为吹脱气中的杂质浓度。

[0044] 上述预处理方法中，所述除盐水为碱性除盐水、制得所述产品氧时，为满足所述产品氧的目标杂质浓度要求，所述吹脱气对除盐水的气液比大于或等于以下值：

$$[0045] \quad V/L = (x_0 - 1.5y) / (K_H^{p,x} \times 1.5y / P_1 - y_0)$$

[0046] 其中，V为吹脱气流量，L为除盐水流量， x_0 为除盐水中的杂质浓度，y为产品气中的目标杂质浓度要求， $K_H^{p,x}$ 为亨利常数， P_1 为绝对压力， y_0 为吹脱气中的杂质浓度。

[0047] 上述预处理方法中，所述除盐水为酸性或中性除盐水、制得所述产品氢时，为满足所述产品氢的目标杂质浓度要求，所述吹脱气对除盐水的气液比大于或等于以下值：

$$[0048] \quad V/L = (x_0 - 1.5y) / (K_H^{p,x} \times 1.5y / P_1 - y_0)$$

[0049] 其中，V为吹脱气流量，L为除盐水流量， x_0 为除盐水中的杂质浓度，y为产品气中的目标杂质浓度要求， $K_H^{p,x}$ 为亨利常数， P_1 为绝对压力， y_0 为吹脱气中的杂质浓度。

[0050] 上述预处理方法中，所述除盐水为酸性或中性除盐水、制得所述产品氧时，为满足所述产品氧的目标杂质浓度要求，所述吹脱气对除盐水的气液比大于或等于以下值：

$$[0051] \quad V/L = (x_0 - 0.5y) / (K_H \cdot P^x \times 0.5y / P_1 - y_0)$$

[0052] 其中，V为吹脱气流量，L为除盐水流量， x_0 为除盐水中的杂质浓度，y为产品气中的目标杂质浓度要求， $K_H \cdot P^x$ 为亨利常数， P_1 为绝对压力， y_0 为吹脱气中的杂质浓度。

[0053] 上述预处理方法中，制得所述产品氢和/或产品氧时，为满足其全部目标杂质浓度要求，所述吹脱气对除盐水的气液比大于或等于所述吹脱气中全部目标杂质的气液比中的最大值。

[0054] 本发明是对现时普遍用来生产氢气所使用的工业水电解工艺（见[图1]），包括已投用的现有装置和策划中的流程设计，进行轻度修改，不仅使其产品氢得以经济地从纯氢提升至超纯氢，同时也将原本普遍都被排斥的粗氧副产品，以极低的边际成本回收并提升至高价值的超纯氧。

[0055] 主要的工艺修改有十项（见图1至图3）：

[0056] 项1.在除盐水储存罐顶部加设法兰连接口（方便维护）用于添加喷咀设施；

[0057] 项2.在上述的接口按装混合喷咀；

[0058] 项3.在除盐水储存罐近底部加设法兰连接口用于添加曝气管；

[0059] 项4.在上述的接口按装曝气管；

[0060] 项5.原接入除盐水储存罐入口的除盐水管道路更改为接往混合喷咀入水端口，并加装流量调节阀和流量显示器；

[0061] 项6.增设催化脱氢/冷凝/气液分离装置，份子筛干燥吸附装置和产品氧缓冲罐以回收及纯化原本普遍被排斥的氧气副产品；

[0062] 项7.增设外接接头以引入：外供氮气作启动和氢氧置换前吹扫，或外供氢作为吹脱气的替代选项，或外供氧作为吹脱气的替代选项；

[0063] 项8.从产品氢缓冲罐，产品氧缓冲罐和外供气外接接头各加设一根管道接往选择四通阀（四通阀必须设有机械联锁，防止氢氧连通所引发的燃爆和交叉污染风险），从四通阀接管把选定的气体通过三通配件，一路供往混合喷咀入气端

口和另一路供往曝气管入气端口,在进入混合喷咀和曝气管前,分别于这两根管道上设置流量调节阀、压力调节阀、压力表和流量显示器;

[0064] 项9.在除盐水储存罐近顶部加设法兰连接口用于添加视镜,位置应方便操作员观察混合喷咀和喷洒状况;

[0065] 项10.在储存罐顶部排气管又混合喷咀的上方加装捕滴器捕捉排气中的过饱和水汽中的水分并回收至储存罐,以减小除盐水漂移损失。

[0066] 依据亨利定律的实验常数 (Henry's Law Constant),在常温的情况下,溶解在除盐水中的氢、氧、氩、氮和二氧化碳各成分的摩尔分数浓度分别为 7.9×10^{-12} 、 5.0×10^{-6} 、 2.4×10^{-7} 、 9.1×10^{-6} 和 2.5×10^{-7} (见数据表11行4)。其中的氩和氮溶质,由于它们惰性化学反应的特性,目前一般水电解装置是完全无法清除。

[0067] 由于纯水不具有导电性,因此纯水无法直接被用来进行水电解。因此用于水电解的除盐水需要加入电解质,较常使用的是强碱,例如氢氧化钾(KOH)、氢氧化钠(NaOH)等,使除盐水变成碱性;较少使用的是强酸或盐,例如硫酸(H_2SO_4)、硝酸(HNO_3)等,使除盐水变成酸性或中性,提高除盐水的导电性。

[0068] 对于较普遍的碱性水电解工艺(未经应用本发明),上述所有的溶质都会在电解槽阴极侧水分解的过程中跟随氢气一并全部释出,成为初产氢和初产氧中的杂质。按上述的溶解浓度和阴极侧的化学半反应程式,初产氢中的氧、氩、氮和二氧化碳杂质成份分别可达4.98ppmV、0.24ppmV、9.15ppmV和0.25ppmV(见数据表11行6)。由于初产氢和初产氧会在各自的气液分离器中与补充的除盐水接触随而发生传质,初产氢中的部分杂质会溶解回除盐水及扩散进初产氧中。视乎气液分离器的传质效应,初产氧摄取的氩、氮和二氧化碳分别可达0.16ppmV、6.1ppmV和0.17ppmV(见数据表12行6),导致初产氧的纯度逊于GB/T 1459 9-2008对高纯氧和超纯氧的要求。

[0069] 对于较少数采用酸性除盐水或中性除盐水的电解工艺(未经应用本发明),在电解槽释出到初产氢中的氧、氩、氮和二氧化碳杂质分别可高达3.32ppmV、0.16ppmV、6.10ppmV和0.17ppmV(见数据表13行6)。而释出到初产氧中的氩、

氮和二氧化碳杂质分别可高达0.48ppmV、18.30ppmV和0.50ppmV（见数据表14行6）。逊于GB/T 3634.2-2011对高/超纯氢和GB/T 14599-2008对高/超纯氧的要求。

[0070] 综上所述,在对除盐水实施雾化吹脱前,除盐水及刚离开各自气液分离器出口的粗产氢和粗产氧,其中的目标杂质成分(包括除盐水为碱性、酸性或中性)总结如下表1:

[0071] [表1]

最大杂质含量 - 除盐水未经吹脱 · ppmV							
杂质成分	H ₂	O ₂	Ar	N ₂	CO	CO ₂	CH ₄
除盐水中	0.00	4.98	0.24	9.15	0.00	0.25	0.00
碱性	粗产氢中	-	4.98	0.24	9.15	0.00	0.25
	粗产氧中	0.00	-	0.16	6.10	0.00	0.17
酸性 或中性	粗产氢中	-	3.32	0.16	6.10	0.00	0.17
	粗产氧中	0.00	-	0.48	18.30	0.00	0.50

[0072] 本发明优选使用水电解工艺自产的产品氢气:

[0073] 第一.对除盐水进行雾化吹脱,使溶解在除盐水中的空气成分(包括氩、氮)扩散到环围的氢气介质中,以及

[0074] 第二.对已吹脱完妥的除盐水提供一个微正压的屏蔽环境,防止空气进入储存罐,避免对除盐水造成二次溶气污染。

[0075] 用作对除盐水进行预处理的氢气,首选是来自水电解装置自产的产品气,然而根据实际供需和当时脱氧/脱氢装置的效能情况,自产氧、装置以外供应的氢和氧亦可作为一种替代选项,例如当超纯氧是主要的需求产品和氢侧的脱氧装置的效能为理想的情况下,自产氧会是一较适合的吹脱气,因为经氧吹脱预处理后制出的粗产氧,其间的杂质氢、氩、氮、一氧化碳、二氧化碳和甲烷全部都会 $\leq 0.1\text{ppmV}$ (见表12行30)。反之,若自产氢是被选用为吹脱气,粗产氧的杂质氢可增至28.4ppmV(见表13行30),加重了随后脱氢装置的负荷,若脱氢装置的效能不理想,可以导致产品氧中的氢杂质成分逊于目标成分的要求。若需要使用装置以外供应的氢和氧为吹脱气,建议分别选用符合或高于GB/T 3634.2-2011纯氢规格的氢气,和GB/T 14599-2008纯氧规格的氧气。然而,首选自产的产品气为吹脱气,主要的原因是包括其规格优于超纯氢/氧、纯度稳定、不需

外购和额外加装外供气系统、没有断供风险、没有因运输和充装接驳的污染风险。

[0076] 后附表7至表10的计算程式，是根据图10至图17于不同的除盐水和吹脱气类型、及其水电解化学反应考虑各设备进出的关系所衍生出来的算式，例如图10是除盐水为碱性、自产氢为吹脱气条件下气液体在各设备进出的关系图，其中主要分为3个部分，[1]是储存罐（除盐水）101，[2]是包含气液分离器（氢侧）301和冷却/捕滴/气液分离设备（氢侧）401、及气液分离器（氧侧）311和冷却/捕滴/气液分离设备（氧侧）411的部分，[3]是电解槽201，考虑到所述3个部分的物料进出平衡及化学反应，从而衍生出的后附表7中程式1至程式22的算式。其中，在生产产品氢时，[2]为零传质的情况下，粗产氢中的杂质浓度保持着最高的数值，后附表7程式21： $V/L = (x_0 - y) / (K_H^{p,x} \times y / P_1 - y_0)$ 能够计算出为满足目标杂质浓度要求所需的最低气液比，即表示吹脱气对除盐水的气液比需要大于或等于该数值，才能生产出含有小于或等于该目标杂质浓度要求的产品氢；在生产产品氧时，[2]为最大传质的情况下，转移往粗产氧的杂质量为最大，使得粗产氧中的杂质浓度为最高，后附表7程式16： $V/L = (x_0 - 1.5y) / (K_H^{p,x} \times 1.5y / P_1 - y_0)$ 能够计算出为满足目标杂质浓度要求所需的最低气液比，即表示吹脱气对除盐水的气液比需要大于或等于该数值，才能生产出含有小于或等于该目标杂质浓度要求的产品氧。

[0077] 又例如图11是除盐水为碱性、自产氧为吹脱气条件下气液体在各设备进出的关系图，所衍生出的后附表8中程式1至程式22的算式。其中，在生产产品氢时，[2]为零传质的情况下，粗产氢中的杂质浓度保持着最高的数值，后附表8程式21： $V/L = (x_0 - y) / (K_H^{p,x} \times y / P_1 - y_0)$ 能够计算出为满足目标杂质浓度要求所需的最低气液比，即表示吹脱气对除盐水的气液比需要大于或等于该数值，才能生产出含有小于或等于该目标杂质浓度要求的产品氢；在生产产品氧时，[2]为最大传质的情况下，转移往粗产氧的杂质量为最大，使得粗产氧中的杂质浓度为最高，后附表8程式16： $V/L = (x_0 - 1.5y) / (K_H^{p,x} \times 1.5y / P_1 - y_0)$ 能够计算出为满足目标杂质浓度要求所需的最低气液比，即表示吹脱气对除盐水的气液

比需要大于或等于该数值，才能生产出含有小于或等于该目标杂质浓度要求的产品氧。

[0078] 又例如图12是除盐水为酸/中性、自产氢为吹脱气条件下气液体在各设备进出的关系图，对应后附表9的算式。其中，在生产产品氧时，[2]为零传质的情况下，粗产氧中的杂质浓度保持着最高的数值，后附表9程式21： $V/L = (x_0 - 0.5y) / (K_H^{p,x} \times 0.5y/P_1 - y_0)$ 能够计算出为满足目标杂质浓度要求所需的最低气液比，即表示吹脱气对除盐水的气液比需要大于或等于该数值，才能生产出含有小于或等于该目标杂质浓度要求的产品氧；在生产产品氢时，[2]为最大传质的情况下，转移往粗产氢的杂质质量为最大，使得粗产氢中的杂质浓度为最高，后附表9程式16： $V/L = (x_0 - 1.5y) / (K_H^{p,x} \times 1.5y/P_1 - y_0)$ 能够计算出为满足目标杂质浓度要求所需的最低气液比，即表示吹脱气对除盐水的气液比需要大于或等于该数值，才能生产出含有小于或等于该目标杂质浓度要求的产品氢。

[0079] 又例如图13是除盐水为酸/中性、自产氧为吹脱气条件下气液体在各设备进出的关系图，对应后附表10的算式。其中，在生产产品氧时，[2]为零传质的情况下，粗产氧中的杂质浓度保持着最高的数值，后附表10程式21： $V/L = (x_0 - 0.5y) / (K_H^{p,x} \times 0.5y/P_1 - y_0)$ 能够计算出为满足目标杂质浓度要求所需的最低气液比，即表示吹脱气对除盐水的气液比需要大于或等于该数值，才能生产出含有小于或等于该目标杂质浓度要求的产品氧；在生产产品氢时，[2]为最大传质的情况下，转移往粗产氢的杂质质量为最大，使得粗产氢中的杂质浓度为最高，后附表10程式16： $V/L = (x_0 - 1.5y) / (K_H^{p,x} \times 1.5y/P_1 - y_0)$ 能够计算出为满足目标杂质浓度要求所需的最低气液比，即表示吹脱气对除盐水的气液比需要大于或等于该数值，才能生产出含有小于或等于该目标杂质浓度要求的产品氢。

[0080] 图14是除盐水为碱性、外供氢为吹脱气条件下气液体在各设备进出的关系图，与图10对比，只是把自产氢改为外供氢，在其水电解化学反应不变的情况下，后附表7中的程式适用于这个情况。

[0081] 图15是除盐水为碱性、外供氧为吹脱气条件下气液体在各设备进出的关系图，与图11对比，只是把自产氧改为外供氧，在其水电解化学反应不变的情况下，后附表8中的程式适用于这个情况。

- [0082] 图16是除盐水为酸/中性、外供氢为吹脱气条件下气液体在各设备进出的关系图，与图12对比，只是把自产氢改为外供氢，在其水电解化学反应不变的情况下，后附表9中的程式适用于这个情况。
- [0083] 图17是除盐水为酸/中性、外供氧为吹脱气条件下气液体在各设备进出的关系图，与图13对比，只是把自产氧改为外供氧，在其水电解化学反应不变的情况下，后附表10中的程式适用于这个情况。
- [0084] 要使产品气能达至超纯氢和超纯氧规格，雾化吹脱用气的最低使用量，可根据水电解工艺的除盐水是属碱性还是酸性、吹脱气是选用自产氢、自产氧、外供氢还是外供氧，根据附图10至图17，展示在各指定条件下气体和液体于各设备进出的关系，整理出后附表7至表10的计算程式，从而得出后附表11至表18的数据表。从后附的表11至表18选用相应的数据和计算表，于选定的表中，行16给出生产超纯氢所需的最低雾化吹脱用气的使用量，行28给出生产超纯氧所需的最低雾化吹脱用气的使用量。
- [0085] 本发明使用氢通过混合喷咀将除盐进水进行雾化，创造大面积气液传质介面，使传质过程达至充分平衡，实现吹脱效率最大化。混合喷咀的液滴直径要求应该尽量细小。可调范围应为50至200微米，但建议不小于100微米以避免导致过大的漂移损失。混合喷咀的内部结构建议选择气流和液流有个别的独立通道，两流体只在喷咀外混合撞击，使得个别流量可以独立精准调控。
- [0086] 超纯气体生产一旦发生纯度问题事故，往往需要停产数天进行设备检修和管道吹扫。因此，冗余的净化措施普遍都被业界广泛接受甚至要求，尤其是当该气体是应用于半导体行业。因此，本发明在除储存罐近底部加装曝气管鼓泡入氢气，对除盐水提供多一趟冗余吹脱作为以防万一的保险措施，减低因混合喷嘴雾化效能劣化、氢气压力调节阀设定漂移和氢气流量调节阀孔口阻塞等所做成的猝然纯度破坏事故。
- [0087] 现时普遍的水电解装置，其储存罐的除盐水补给大多都是采用液位控制、批量补充的模式。在高液位的时段，一般设定为容器水容量的95%以避免满溢，通过液位开关器自动关闭供往储存罐的除盐水液位开关阀。为了节省氢气用量，建议同时把用来雾化吹脱除盐水的氢气一起连锁关闭，在供往混合喷嘴的氢气管

道上增设一组液位开关阀和气动控制信号线并连到上述的液位开关器来实现。然而在雾化吹脱用氢气被连锁关闭的情况下，除盐水还是会恒量地从储存罐被抽往气液分离器，为了保证储存罐能维持一个微正压的屏蔽环境，本发明使用不小于除盐水流量的氢气（体积对体积计）通过曝气管鼓泡入除盐水储存罐，填补因除盐水被抽走而产生的空间体积。用100L/h除盐水（相等于约124Nm³/h氢气产量）来做举例，鼓泡用氢气为不小于100NL/h（0.1Nm³/h）、亦即鼓泡用氢气使用量对除盐水流量（摩尔对摩尔比例）为不小于 $8.037 \times 10^{-04}:1$ 。

[0088] 要有效阻止空气藉着扩散运动进入储存罐，屏蔽压力不应小于250N/m²。

[0089] 为更确保空气不能进入除盐水储存罐，本发明在储存罐顶部的排放管、于捕滴器出口和阻火器之间的管道上，设置了单向阀阻止空气扩散入储存罐。单向阀的开启压力亦给除盐水储存罐提供一个稳定的屏蔽微正压，根据上段的要求，单向阀开启压力的规格不应小于250N/m²。

[0090] 用碱性水电解制氢作说明，通过使用0.00092mol/mol气液比的自产氢对除盐水进行雾化和吹脱后，溶解在其中的氢、氧、氩、氮、一氧化碳、二氧化碳和甲烷的浓度，分别剩下 1.4×10^{-5} 、 1.3×10^{-07} 、 6.5×10^{-09} 、 1.2×10^{-07} 、 1.7×10^{-14} 、 1.0×10^{-12} 和 1.3×10^{-12} ，单位为摩尔分数mol/mol。经吹脱的除盐水进入电解槽后，在阴极侧分解成OH⁻和氢气，全数的氧、氩、氮、一氧化碳、二氧化碳和甲烷亦随着分解出来的氢一并释出，与饱和水分构成产品氢中的主要的杂质。按水电解的化学计量，于产品氢中的上例杂质成分分别是0.13ppmV、0.01ppmV、0.12ppmV、0.00ppmV、0.10ppmV和0.00ppmV（见表11行18），已是符合中国国家标准对超纯氢的要求。然而，非常微量的氧分子藉着渗透作用会从阳极侧通过隔离膜窜入阴极侧的产品氢，因此，这阶段的氢气还是需要通过常规的催化脱氧、冷凝排水和份子筛吸附干燥，将微量的杂质氧和水份彻底清除，使产品氢完全符合GB/T 3634.2-2011对超纯氢的技术要求。

[0091] 作为制备超纯氢/氧的预处理方法的优选技术方案，在所述氢缓冲罐出口、氧缓冲罐出口、外供气接头设置管道接往四通阀，方便选用自产氢、自产氧、外供氢或外供氧为吹脱气，以及外供氮作置换吹扫用。

[0092] 作为制备超纯氢/氧的预处理方法的优选技术方案，吹脱气对除盐水的最低流量比例（气液比）表列于如下表2：

[0093] [表2]

最低气液比 (V/L, mol/mol)			
除盐水	规格	超纯氢	超纯氧
	吹脱气		
碱性	自产氢	0.00092	0.00070
	自产氧	0.00092	0.00070
	外供纯氢	0.00095	0.00071
	外供纯氧	0.00092	0.00070
酸性 或中性	自产氢	0.00041	0.00244
	自产氧	0.00041	0.00244
	外供纯氢	0.00042	0.00260
	外供纯氧	0.00041	0.00247

[0094] 当主要的需求为或高于超纯氢的规格时，本发明不建议选择使用氧气（自产的或外供的）用作吹脱和保压用途，主要是因为如果使用氧气，吹脱后溶解于除盐水中的氧浓度，会比吹脱前增加368%，使粗产氢中的氧杂质成分达至23.33ppmV（见表12行18），严重加重对随后脱氧装置的负荷。反之，使用自产氢吹脱后水中的溶解氧浓度会减小97%，使粗产氢中的氧杂质成分降至0.13ppmV（见表11行18），大大减轻对脱氧装置的负荷。使其可以腾出全部的催化能力，集中用来清除通过渗透作用窜越隔离膜，进入阴极侧粗氢和在分离器中从除盐水扩散入粗氢的微量氧分子，使产品氢的纯度要求更有保证。

[0095] 反之，当主要的需求为或高于超纯氧的规格时，本发明接受选择使用氧气（自产的或外供的）用作吹脱和保压用途，主要是因为如果使用氢气，吹脱后溶解于除盐水中的氢浓度，会增加至 1.4×10^{-5} mol/mol，使粗产氧中的氢杂质成分达至9.33ppmV（见表11行30），略为加重对随后脱氢装置的负荷。反之，使用自产氧吹脱后水中的溶解氢浓度会减至 1.6×10^{-13} mol/mol，使粗产氧中的氢杂质成分降至0.00ppmV（见表12行30），大大减少对脱氢装置的负荷。使其可以腾出全部的催化能力，集中用来清除通过渗透作用窜越隔离膜，进入阳极侧粗氧的微量氢分子、以及在气液分离器中从补充除盐水扩散入氧气的杂质氢分子，使产品氧的纯度要求更有保证。

[0096] 本发明不仅能够经济地将水电解工艺的产品提升至超纯氢和超纯氧，通过增加雾化吹脱气使用量，亦即增加吹脱气对除盐水的气液比（V/L），产品气中的

氩、氮、一氧化碳、二氧化碳和甲烷的杂质成分更可进一步减少，从而提升产品气的纯度规格，使其优于前述超纯氢和超纯氧。所需的最低雾化吹脱用气的使用量，同样可根据水电解工艺的除盐水是属碱性还是酸性或中性、吹脱气是选用自产氢、自产氧、外供氢还是外供氧，从后附的表11至表18选用相应的数据和计算表作为模版，于行8和行20分别输入特定氢和特定氧的产品气的目标成分，按步续行往下计算，行16会给出生产特定氢所需的最低雾化吹脱用气的使用量，行28会给出生产特定氧所需的最低雾化吹脱用气的使用量。附图8的趋势曲线图展示了碱性水电解使用自产氢为吹脱气，粗氢中杂质量跟改变气液比的关系，并特点出提升超纯氢（UPH）至特定氢（XPH，以氢中所有的目标杂质 $\leq 50\text{ppbV}$ 为例）所需的最低气液比变化:从 0.00092mol/mol 增加至 0.00244mol/mol 。附图9的趋势曲线图展示了碱性水电解使用自产氢为吹脱介质，粗产氧中杂质量跟改变气液比的关系，并特点出提升超纯氧(UPO)至特定氧（XPO，以氧中所有的目标杂质 $\leq 50\text{ppbV}$ 为例）所需的最低气液比变化:从 0.00070mol/mol 增加至 0.00143mol/mol 。

[0097] 以要所有目标杂质 $\leq 50\text{ppbV}$ 的特定客制的产品氢和特定客制的产品氧为例，最低的气液比如下表3:

[0098] [表3]

最低气液比 (V/L, mol/mol)			
除盐水	规格	特定氢	特定氧
	吹脱气	(例:所有目标杂质 $\leq 50\text{ppbV}$)	
碱性	自产氢	0.00244	0.00143
	自产氧	0.00244	0.00143
	外供纯氢	0.00260	0.00149
	外供纯氧	0.00247	0.00144
酸性 或中性	自产氢	0.00156	0.00549
	自产氧	0.00143	0.00549
	外供纯氢	0.00156	0.00624
	外供纯氧	0.00144	0.00562

对附图的简要说明

[0099] 下面结合附图和实施例对本发明进一步说明。

图1

[0100] [图1] 为现时常规的工业水电解流程概述图;

图2

[0101] [图2] 为本发明实施例一按自产氢为吹脱气与常规水电解装置的总体整合图；

图3

[0102] [图3] 为本发明实施例一按自产氢为吹脱气的详细流程整改图；

图4

[0103] [图4] 为本发明实施例二按自产氧为吹脱气与常规水电解装置的总体整合图；

图5

[0104] [图5] 为本发明实施例二按自产氧为吹脱气的详细流程整改图；

图6

[0105] [图6] 为本发明实施例三按外供氢/氧为吹脱气与常规水电解装置的总体整合图；

图7

[0106] [图7] 为本发明实施例三按外供氢/氧为吹脱气的详细流程整改图；

图8

[0107] [图8] 碱性水电解使用自产氢为吹脱气，粗产氢中杂质量跟改变气液比的趋势图；

图9

[0108] [图9] 碱性水电解使用自产氢为吹脱气，粗产氧中杂质量跟改变气液比的趋势图；

图10

[0109] [图10] 除盐水为碱性、自产氢为吹脱气条件下气液体在各设备进出的关系图；

图11

[0110] [图11] 除盐水为碱性、自产氧为吹脱气条件下气液体在各设备进出的关系图；

图12

[0111] [图12] 除盐水为酸/中性、自产氢为吹脱气条件下气液体在各设备进出的关系图；

图13

[0112] [图13] 除盐水为酸/中性、自产氧为吹脱气条件下气液体在各设备进出的关系图；

图14

[0113] [图14] 除盐水为碱性、外供氢为吹脱气条件下气液体在各设备进出的关系图；
图15

[0114] [图15] 除盐水为碱性、外供氧为吹脱气条件下气液体在各设备进出的关系图；
图16

[0115] [图16] 除盐水为酸/中性、外供氢为吹脱气条件下气液体在各设备进出的关系图；

图17

[0116] [图17] 除盐水为酸/中性、外供氧为吹脱气条件下气液体在各设备进出的关系图。

实施例的说明

[0117] 本发明是对现时普遍用来生产氢气所使用的常规工业水电解工艺（见[图1]）的流程设计或已投用的现有装置，进行的轻度修改（见图2和图3），使其产品气得以从纯氢和纯氧提升至超纯氢和超纯氧，甚至纯度规格更严格或特定客制纯度要求的产品氢和产品氧。考虑到个别设备和供需的不同状况，提出相应的具体实施方式：

[0118] 实施例1.使用水电解装置自产的产品氢作为预处理气体。

[0119] 实施例2.使用水电解装置自产的产品氧作为预处理气体。

[0120] 实施例3.使用外供的氢气或氧气作为预处理气体。

[0121] 上述三个实施例，实施例1和2是较优选。因为使用水电解装置自产自供的产品气作为预处理用的气体，即作为吹脱用和/或鼓泡用气体，消除了预处理气断供的风险、保证了预处理气的纯度和合理的成本。而实施例1和实施例2的选择取决于当时的市场需求是以超纯氢为主还是以超纯氧为主，前者优选实施例1，后者优选实施例2。

实施例

[0122] 实施例 1

[0123] 此实施方式（实施例1）是基于使用水电解装置自产的产品氢作为预处理气体。具体施方式为（见图2和图3）：

[0124] 在除盐水储存罐（101）顶部加设法兰连接配件（方便维护装拆）用于加装混合喷咀（111）、接入吹脱气和除盐水。混合喷咀（111）的技术规格要求为：

[0125] 规格1.液滴直径设计点为100微米，可调节范围应为50至200微米。

[0126] 规格2.混合喷咀（111）的气体工作设计流量为最低气液比（V/L）和除盐水流量的乘积。用碱性水电解、目标产品气为超纯氢和100L/h的除盐水流量的乘积。用碱性水电解、目标产品气为超纯氢和100L/h的除盐水流量的乘积来做举例，最低气液比（V/L）应为0.00092mol/mol（见表11行16），乘以100L/h的除盐水流量的乘积，得出混合喷咀（111）的气体工作流量设计点为0.114Nm³/h。再用酸性除盐水、目标产品气为超纯氢和100L/h的除盐水流量的乘积来做举例，最低气液比（V/L）为0.000411mol/mol(见表13行16),乘以100L/h的除盐水流量的乘积，得出混合喷咀（111）的气体工作流量设计点为0.051Nm³/h。

[0127] 原接入除盐水储存罐（101）的除盐水管道的更改为接往混合喷咀（111）的入水端口。若原设计没有设置除盐水流量的调节阀（012）和流量显示器（013），应在除盐水供应管道上又混合喷咀（111）的上游给予补装以方便精准操控。

[0128] 从产品氢缓冲罐（701）气体出口开关阀（702）加设一根管道接往四通阀(721)，将四通阀转至产品氢通往三通管件的位置，经三通管件分别接往混合喷咀（111）入气端口和曝气管（112）入气端口,在进入混合喷咀（111）和曝气管（112）前，分别于这两根管道上设置开关阀（731，741）、压力调节阀（733，743）、压力表（734，744）、流量调节阀（735，745）、流量显示器（736，746）和开关阀（737，747），以方便分别准确地调控用作雾化吹脱和屏蔽鼓气除盐水的流量。此部分的技术设计参数为：

[0129] 参数1.从产品氢缓冲罐（701）供往上述三通的管件和阀门的气体工作设计流量为最低气液比乘以除盐水流量的乘积再加除盐水的体积流量。用碱性除盐水、目标产品气为超纯氢和100L/h的除盐水流量的乘积来做举例，最低气液比（V/L）为0.00092mol/mol(见表11行16)，此段管件的乘积的综合气体工作设计流量为0.214Nm³/h。再用酸性除盐水、目标产品气为超纯氢和100L/h的除盐水流量的乘积来做举例，最低气液比（V/

L)为0.000411mol/mol(见表13行16),此段管件的综合气体工作设计流量为0.151Nm³/h。

[0130] 参数2.由三通供往混合喷咀(111)的管径、流量调节阀(735)、压力调节阀(733)和流量显示器(736)的气体工作设计流量为的最低气液比乘除盐水流量。用碱性除盐水、目标产品气为超纯氢和100L/h的除盐水流量来做举例,最低气液比(V/L)为0.00092mol/mol(见表11行16),此段管件的气体流量设计点为0.114Nm³/h。用酸性除盐水、目标产品气为超纯氢和100L/h的除盐水流量来做举例,最低气液比(V/L)为0.000411mol/mol(见表13行16),此段管件的气体流量设计点为0.051Nm³/h。

[0131] 参数3.由三通供往曝气管(112)的管径、流量调节阀(745)、压力调节阀(743)和流量显示器(746)的气体工作设计流量为除盐水的体积流量,用100L/h的除盐水流量来做举例,此段管件的气体工作设计流量为0.10Nm³/h。

[0132] 在开关阀(731)和压力调节阀(733)之间加设液位开关阀(732)和一路气动控制信号线并连到液位显示及开关器(116)。在储存罐(101)液位高(设定为储存罐的液位水平 $\geq 95\%$ 以避免满溢)的时段,连锁关闭液位开关阀(732)以节省雾化吹脱用的气体用量。同样,液位开关阀(732)的气体工作设计流量为最低气液比乘以除盐水流量。用碱性除盐水、目标产品气为超纯氢和100L/h的除盐水流量来做举例,最低气液比(V/L)为0.00092mol/mol(见表11行16),此液位开关阀气体工作设计流量为0.114Nm³/h。再用酸性除盐水、目标产品气为超纯氢和100L/h的除盐水流量来做举例,最低气液比(V/L)为0.000411mol/mol(见表13行16),此液位开关阀的气体工作设计流量为0.051Nm³/h。

[0133] 在除盐水储存罐(101)近顶部加设法兰连接口用于添加视镜(113),位置应方便操作员视察喷咀(111)和喷洒状况。在除盐水储存罐(101)顶部排气管又喷咀的上方加装捕滴器(114)捕捉排气中的过饱和水汽中的水分并回收至储存罐(101),以减小除盐水漂移损失。

[0134] 在除盐水储存罐(101)的捕滴器出口的管道上加装单向阀(115)以防止空气窜入和给除盐水储存罐(101)提供稳定的屏蔽压力。

- [0135] 由于储存罐（101）导入了氢气，罐体顶部应加装压力表（117）和压力安全阀组合（118）方便监察罐内压力，在压力调节阀（733，743）和单向阀（115）发生故障的情况下，保护容器免受过压。
- [0136] 除盐水储存罐（101）和压力安全阀组合（118）的排气应通过管道收集并连接到室外高位处，通过阻火器（119）安全排放。
- [0137] 实施例 2
- [0138] 此实施方式（实施例2）是基于使用水电解装置自产的产品氧作为预处理气体。具体施方式为（见图4和图5）：
- [0139] 在除盐水储存罐（101）顶部加设法兰连接配件（方便维护装拆）用于加装混合喷咀（111）、接入吹脱气和除盐水。混合喷咀（111）的技术规格要求为：
- [0140] 规格3.液滴直径设计点为100微米，可调节范围应为50至200微米。
- [0141] 规格4.混合喷咀（111）的气体工作设计流量为作吹脱用的最低气液比（V/L）和除盐水流量的乘积。用碱性水电解、产品气为超纯氧和100L/h的除盐水流量的乘积来做举例，最低气液比（V/L）应为0.000703mol/mol（见表12行28），乘以100L/h的除盐水流量的乘积，得出混合喷咀（111）的气体工作流量设计点为0.088Nm³/h。再用酸性除盐水、目标产品气为超纯氧和100L/h的除盐水流量的乘积来做举例，最低气液比(V/L)为0.00244mol/mol(见表14行28),乘以100L/h的除盐水流量的乘积，得出混合喷咀（111）的气体工作流量设计点为0.304Nm³/h。
- [0142] 原接入除盐水储存罐（101）的除盐水管道的更改为接往混合喷咀（111）的入水端口。若原设计没有设置除盐水流量的调节阀（012）和流量显示器（013），应在除盐水供应管道上又混合喷咀（111）的上游给予补装以方便精准操控。
- [0143] 从产品氧缓冲罐（711）气体出口开关阀（712）加设一根管道接往四通阀(721)，将四通阀转至产品氧通往三通管件的位置，经三通管件分别接往混合喷咀（111）入气端口和曝气管（112）入气端口,在进入混合喷咀（111）和曝气管（112）前，分别于这两根管道上设置开关阀（731，741）、压力调节阀（733，743）、压力表（734，744）、流量调节阀（735，745）、流量显示器（736，746）和开关阀（737，747），以方便分别准确地调控用作雾化吹脱和屏蔽鼓气除盐水的流量。此部分的技术设计参数为；

- [0144] 参数4. 从产品氧缓冲罐（711）供往上述三通的管件和阀门的气体工作设计流量为最低气液比乘以除盐水流量再加除盐水的体积流量。用碱性除盐水、目标产品气为超纯氧和100L/h的除盐水流量来做举例，最低气液比(V/L)为0.000703mol/mol(见表12行28),此段管件的综合气体工作设计流量为0.188Nm³/h。再用酸性除盐水、目标产品气为超纯氧和100L/h的除盐水流量来做举例，最低气液比(V/L)为0.00244mol/mol(见表14行28),此段管件的综合气体工作设计流量为0.404Nm³/h。
- [0145] 参数5.由三通供往混合喷咀（111）的管径、流量调节阀（735）、压力调节阀（733）和流量显示器（736）的气体氧工作设计流量为最低气液比乘以除盐水流量。用碱性除盐水、目标产品气为超纯氧和100L/h的除盐水流量来做举例，最低气液比(V/L)应为0.000703mol/mol(见表12行28)，此段管件的气体流量设计点为0.088Nm³/h。再用酸性除盐水、目标产品气为超纯氧和100L/h的除盐水流量来做举例，最低气液比(V/L)为0.00244mol/mol(见表14行28)，此段管件的气体流量设计点为0.304Nm³/h。
- [0146] 参数6.由三通供往曝气管（112）的管径、流量调节阀（745）、压力调节阀（743）和流量显示器（746）的气体氧工作设计流量为除盐水的体积流量，用100L/h的除盐水流量来做举例，此段管件的气体工作设计流量为0.10Nm³/h。
- [0147] 在开关阀（731）和压力调节阀（733）之间加设液位开关阀（732）和一路气动控制信号线并连到液位显示及开关器（116）。在储存罐（101）液位高（设定为储存罐的液位水平 $\geq 95\%$ 以避免满溢）的时段，连锁关闭液位开关阀（732）以节省雾化吹脱用的气体用量。同样，液位开关阀（732）的气体工作设计流量为最低气液比乘以除盐水流量。用碱性除盐水、目标产品气为超纯氧和100L/h的除盐水流量来做举例，最低气液比(V/L)应为0.000703mol/mol(见表12行28)，此液位开关阀的气体工作设计流量为0.088Nm³/h。再用酸性除盐水、目标产品气为超纯氧和100L/h的除盐水流量来做举例，最低气液比(V/L)为0.00244mol/mol(见表14行28)，此液位开关阀的气体工作设计流量为0.304Nm³/h。
- [0148] 在除盐水储存罐（101）近顶部加设法兰连接口用于添加视镜（113），位置应方便操作员视察喷咀（111）和喷洒状况。在除盐水储存罐（101）顶部排气管又

喷咀的上方加装捕滴器（114）捕捉排气中的过饱和水汽中的水分并回收至储存罐（101），以减小除盐水漂移损失。

[0149] 在除盐水储存罐（101）的捕滴器出口的管道上加装单向阀（115）以防止空气窜入和给除盐水储存罐（101）提供稳定的屏蔽压力。

[0150] 由于储存罐（101）导入了氧气，罐体顶部应加装压力表（117）和压力安全阀组合（118）方便监察罐内压力，在压力调节阀（733，743）和单向阀（115）发生故障的情况下，保护容器免受过压。

[0151] 除盐水储存罐（101）和压力安全阀组合（118）的排气应通过管道收集并连接到室外高位处，通过阻火器（119）安全排放。

[0152] 实施例 3

[0153] 此实施方式（实施例3）是基于使用水电解装置、外供的气体（纯氢）作为预处理气体。具体施方式为（见图6和图7）：

[0154] 在除盐水储存罐（101）顶部加设法兰连接配件（方便维护装拆）用于加装混合喷咀（111）、接入吹脱气和除盐水。混合喷咀（111）的技术规格要求为：

[0155] 规格5.液滴直径设计点为100微米，可调节范围应为50至200微米。

[0156] 规格6.混合喷咀（111）的气体工作设计流量为最低气液比（V/L）和除盐水流量(L)的乘积。用碱性水电解、产品气为超纯氢和100L/h的除盐水流量来做举例，最低气液比（V/L）应为0.000947mol/mol（见表15行16），以100L/h的除盐水流量，得出混合喷咀（111）的气体工作流量设计点为0.118Nm³/h。再用酸性除盐水、目标产品气为超纯氢和100L/h的除盐水流量来做举例，最低气液比(V/L)为0.000419mol/mol(见表17行16),乘以100L/h的除盐水流量，得出混合喷咀（111）的气体工作流量设计点为0.052Nm³/h。

[0157] 原接入除盐水储存罐（101）的除盐水管道的更改为接往混合喷咀（111）的入水端口。若原设计没有设置除盐水流量调节阀（012）和流量显示器（013），应在除盐水供应管道上又混合喷咀（111）的上游给予补装以方便精准操控。

[0158] 从外供接头(912)和开关阀(913)出口加设一根管道接往四通阀(721)，将四通阀转至外供气通往三通管件的位置，经三通管件分别接往混合喷咀（111）入气端口和曝气管（112）入气端口,在进入混合喷咀（111）和曝气管（112）前，分别于

这两根管道上设置开关阀（731，741）、压力调节阀（733，743）、压力表（734，744）、流量调节阀（735，745）、流量显示器（736，746）和开关阀（737，747），以方便分别准确地调控用作雾化吹脱和屏蔽鼓气除盐水的气体流量。

此部分的技术设计参数为：

- [0159] 参数7.从外供接头（912）和开关阀（913）出口供往上述三通的管件和阀门的气体工作设计流量为最低气液比乘除盐水流量再加除盐水的体积流量。用碱性除盐水、目标产品气为超纯氢和100L/h的除盐水流量生产超纯氢来做举例，最低气液比(V/L)为0.000947mol/mol(见表15行16),此段管件的的综合气体工作设计流量为0.218Nm³/h。再用酸性除盐水、目标产品气为超纯氢和100L/h的除盐水流量生产超纯氢来做举例，最低气液比(V/L)为0.000419mol/mol(见表17行16),此段管件的的综合气体工作设计流量为0.152Nm³/h。
- [0160] 参数8.由三通供往混合喷咀（111）的管径、流量调节阀（735）、压力调节阀（733）和流量显示器（736）的气体工作设计流量为最低气液比乘除盐水流量。用碱性除盐水、目标产品气为超纯氢和100L/h的除盐水流量来做举例，最低气液比(V/L)为0.000947mol/mol(见表15行16)，此段管件的气体流量设计点为0.118 Nm³/h。再用酸性除盐水、目标产品气为超纯氢和100L/h的除盐水流量来做举例，最低气液比(V/L)为0.000419mol/mol(见表17行16)，此段管件的气体流量设计点为0.052Nm³/h。
- [0161] 参数9.由三通供往曝气管（112）的管径、流量调节阀（745）、压力调节阀（743）和流量显示器（746）的气体工作设计流量为除盐水的体积流量，用100L/h的除盐水流量来做举例，此段管件的气体工作设计流量为0.10Nm³/h。
- [0162] 在开关阀（731）和压力调节阀（733）之间加设液位开关阀（732）和一路气动控制信号线并连到液位显示及开关器（116）。在储存罐（101）液位高（设定为储存罐的液位水平 $\geq 95\%$ 以避免满溢）的时段，连锁关闭液位开关阀（732）以节省雾化吹脱用的外供气用量。同样，液位开关阀（732）的气体工作设计流量为最低气液比乘以除盐水流量。用碱性除盐水、目标产品气为超纯氢和100L/h的除盐水流量来做举例，最低气液比(V/L)为0.000947mol/mol(见表15行16)，此液位开关阀的气体工作设计流量为0.118Nm³/h。再用酸性除盐水、目标产品气

为超纯氢和100L/h的除盐水流量来做举例，最低气液比(V/L)为0.000419mol/mol (见表17行16)，此液位开关阀的气体工作设计流量为0.052Nm³/h。

[0163] 在除盐水储存罐（101）近顶部加设法兰连接口用于添加视镜（113），位置应方便操作员视察喷咀（111）和喷洒状况。在除盐水储存罐（101）顶部排气管又喷咀的上方加装捕滴器（114）捕捉排气中的过饱和水汽中的水分并回收至储存罐（101），以减小除盐水漂移损失。

[0164] 在除盐水储存罐（101）的捕滴器出口的管道上加装单向阀（115）以防止空气窜入和给除盐水储存罐（101）提供稳定的屏蔽压力。

[0165] 由于储存罐（101）导入了氢气，罐体顶部应加装压力表（117）和压力安全阀组合（118）方便监察罐内压力，在压力调节阀（733，743）和单向阀（115）发生故障的情况下，保护容器免受过压。

[0166] 除盐水储存罐（101）和压力安全阀组合（118）的排气应通过管道收集并连接到室外高位处，通过阻火器（119）安全排放。

[0167] 与本发明相关的数据表如下：

[0168] [表 4] GB/T 3634.2-2011对纯氢、高纯氢和超纯氢的技术要求

项目名称		指标		
		纯氢	高纯氢	超纯氢
氢气(H ₂)纯度(体积分数)/10 ⁻²	≥	99.99	99.999	99.9999
氧气(O ₂)含量(体积分数)/10 ⁻⁶	≤	5	1	0.2
氩气(Ar)含量(体积分数)/10 ⁻⁶	≤	供需商定	供需商定	
氮气(N ₂)含量(体积分数)/10 ⁻⁶	≤	60	5	0.4
一氧化碳(CO)含量(体积分数)/10 ⁻⁶	≤	5	1	0.1
二氧化碳(CO ₂)含量(体积分数)/10 ⁻⁶	≤	5	1	0.1
甲烷(CH ₄)含量(体积分数)/10 ⁻⁶	≤	10	1	0.2
水分(H ₂ O)含量(体积分数)/10 ⁻⁶	≤	10	3	0.5
杂质总含量(体积分数)/10 ⁻⁶	≤	-	10	1

[0169] [表 5] GB/T 14599-2008对纯氧、高纯氧和超纯氧的技术要求

项 目	指 标		
	纯氧	高纯氧	超纯氧
氧(O ₂)纯度(体积分数)/10 ⁻²	≥	99.995	99.999 9
氢(H ₂)含量(体积分数)/10 ⁻⁴	≤	1	0.5
氩(Ar)含量(体积分数)/10 ⁻⁴	≤	10	2
氮(N ₂)含量(体积分数)/10 ⁻⁴	≤	20	5
二氧化碳(CO ₂)含量(体积分数)/10 ⁻⁴	≤	1	0.5
总烃含量(体积分数)(以甲烷计)/10 ⁻⁴	≤	2	0.5
水分(H ₂ O)含量(体积分数)/10 ⁻⁴	≤	3	2

[0170] [表 6] 本发明所涉及的算式符号表

符号	说明	单位
$_{H}V$	吹脱气(氢)流量	mol/h
$_{HY_0}$	吹脱气(氢)中的杂质浓度	mol/mol
$_{HY_2}$	粗产氢中的杂质浓度(于气液分离器出口)	mol/mol
$_{HY_3}$	初产氢中的杂质浓度(于电解槽出口)	mol/mol
$K_H^{P_x}$	亨利常数	atm
L	除盐水流量	mol/h
$_{OV}$	吹脱气(氧)流量	mol/h
$_{Y_0}$	吹脱气中的杂质浓度	mol/mol
$_{\epsilon Y_0}$	吹脱气(外供气)中的杂质浓度	mol/mol
$_{oY_0}$	吹脱气(氧)中的杂质浓度	mol/mol
$_{oY_2}$	粗产品氧中的杂质浓度(于气液分离器出口)	mol/mol
$_{oY_3}$	初产品氧中的杂质浓度(于电解槽出口)	mol/mol
p_0	分压(于除盐水储存罐入口)	Pa
P_1	绝对压力(于除盐水储存罐入口)	atm
V	吹脱气流量	mol/h
V/L	气液比(吹脱气对除盐水的流量比例)	mol/mol
x_0	除盐水中的杂质浓度(于除盐水储存罐入口)	mol/mol
x_1	除盐水中的杂质浓度(于除盐水储存罐出口)	mol/mol
x_2	除盐水中的杂质浓度(于气液分离器出口)	mol/mol
y	目标产品气的杂质浓度要求(不多于)	mol/mol
Y_2	粗产气中(氢或氧)的杂质浓度(于气液分离器出口)	mol/mol

[0171] [表 7] 除盐水为碱性、自产氢为吹脱气条件下的计算程式

进出 [1] 的物料平衡	$L^*x_0 + V^*_{H}y_0 = L^*x_1 + V^*y_1$	程式1
亨利定律于 [1]	$K_H^{P^x} = p_1/x_1 = y_1^*P_1/x_1$	程式2
结合程式1和2	$L^*x_0 + V^*_{H}y_0 = L^*x_1 + V^*(K_H^{P^x}*x_1/P_1)$	
	$\Rightarrow V/L = (x_0 - x_1) / (K_H^{P^x}*x_1/P_1 - y_0)$	程式3
进出 [2] 的物料平衡	$L^*x_1 + {}_O V^*_{O}y_3 + {}_H V^*_{H}y_3 = L^*x_2 + {}_O V^*_{O}y_2 + {}_H V^*_{H}y_2$	程式4
整体化学反应	$2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$	
按化学反应计量	${}_H V / L = 1/1$	程式5
按化学反应计量	${}_O V / L = 1/2$	程式6
结合程式4,5和6	$x_1 + 0.5{}_O y_3 + {}_H y_3 = x_2 + 0.5{}_O y_2 + {}_H y_2$	程式7
进出 [3] 的物料平衡	$L^*x_2 = {}_O V^*_{O}y_3 + {}_H V^*_{H}y_3$	程式8
用于碱性除盐水		
阳极侧化学反应	$4OH^- \rightarrow O_2 + 2H_2O + 4e^-$	
无H ₂ O分解，因此无溶质释放	${}_O y_3 = 0$	程式9
结合程式5,6,8和9	${}_H y_3 = x_2$	程式10
结合程式7,9和10	$x_1 = 0.5{}_O y_2 + {}_H y_2$	程式11
要粗产气满足目标杂质质量规格	$y_2 \leq y$	程式12
气液分离器[2]为最大传质		
亨利定律于 [2]	$K_H^{P^x}_T = p_2/x_2 = {}_O y_2^*P_2/x_2 = {}_H y_2^*P_2/x_2$	程式13
	$\Rightarrow {}_O y_2 = {}_H y_2 (= y_2)$	程式14
结合程式11和14	$x_1 = 1.5y_2$	程式15
结合程式3,12和15	$V/L \geq (x_0 - 1.5y) / (K_H^{P^x}*1.5y/P_1 - y_0)$	程式16
	$\Rightarrow y_2 \leq 2/3*(x_0 + V/L^*_{H}y_0) / (V/L^*K_H^{P^x}/P_1 + 1)$	程式17
气液分离器[2]为零传质		
进出 [2+3] 的物料平衡	${}_O y_2 = {}_O y_3 = 0$	程式18
	$L^*x_1 = {}_O V^*_{O}y_2 + {}_H V^*_{H}y_2$	程式19
结合程式5和19	$x_1 = {}_H y_2$	程式20
结合程式3,12和19	$V/L \geq (x_0 - y) / (K_H^{P^x}*y/P_1 - y_0)$	程式21
	$\Rightarrow {}_H y_2 \leq (x_0 + V/L^*_{H}y_0) / (V/L^*K_H^{P^x}/P_1 + 1)$	程式22

[0172] [表 8] 除盐水为碱性、自产氧为吹脱气条件下的计算程式

进出 [1] 的物料平衡	$L^*x_0 + V^*oY_0 = L^*x_1 + V^*y_1$	程式1
亨利定律于 [1]	$K_H^{P^x} = p_1/x_1 = y_1^*P_1/x_1$	程式2
结合程式1和2	$L^*x_0 + V^*oY_0 = L^*x_1 + V^*(K_H^{P^x}*x_1/P_1)$	
	$\Rightarrow V/L = (x_0 - x_1) / (K_H^{P^x}*x_1/P_1 - oY_0)$	程式3
进出 [2] 的物料平衡	$L^*x_1 + oV^*oY_3 + hV^*hY_3 = L^*x_2 + oV^*oY_2 + hV^*hY_2$	程式4
整体化学反应	$2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$	
按化学反应计量	$hV / L = 1/1$	程式5
按化学反应计量	$oV / L = 1/2$	程式6
结合程式4,5和6	$x_1 + 0.5oY_3 + hY_3 = x_2 + 0.5oY_2 + hY_2$	程式7
进出 [3] 的物料平衡	$L^*x_2 = oV^*oY_3 + hV^*hY_3$	程式8
用于碱性除盐水		
阳极侧化学反应	$4OH^- \rightarrow O_2 + 2H_2O + 4e^-$	
无H ₂ O分解，因此无溶质释放	$oY_3 = 0$	程式9
结合程式5,6,8和9	$hY_3 = x_2$	程式10
结合程式7,9和10	$x_1 = 0.5oY_2 + hY_2$	程式11
要粗产气满足目标杂质量规格	$y_2 \leq y$	程式12
气液分离器[2]为最大传质		
亨利定律于 [2]	$K_H^{P^x}_T = p_2/x_2 = oY_2^*P_2/x_2 = hY_2^*P_2/x_2$	程式13
	$\Rightarrow oY_2 = hY_2 (= y_2)$	程式14
结合程式11和14	$x_1 = 1.5y_2$	程式15
结合程式3,12和15	$V/L \geq (x_0 - 1.5y) / (K_H^{P^x}*1.5y/P_1 - oY_0)$	程式16
	$\Rightarrow y_2 \leq 2/3*(x_0 + V/L^*oY_0) / (V/L*K_H^{P^x}/P_1 + 1)$	程式17
气液分离器[2]为零传质		
进出 [2+3] 的物料平衡	$oY_2 = oY_3 = 0$	程式18
结合程式5和19	$L^*x_1 = oV^*oY_2 + hV^*hY_2$	程式19
结合程式3,12和19	$x_1 = hY_2$	程式20
	$V/L \geq (x_0 - y) / (K_H^{P^x}*y/P_1 - oY_0)$	程式21
	$\Rightarrow hY_2 \leq (x_0 + V/L^*oY_0) / (V/L*K_H^{P^x}/P_1 + 1)$	程式22

[0173] [表 9] 除盐水为酸/中性、自产氢为吹脱气条件下的计算程式

进出 [1] 的物料平衡	$L^*x_0 + V^*_{H}y_0 = L^*x_1 + V^*y_1$	程式1
亨利定律于 [1]	$K_H^{P^x} = p_1/x_1 = y_1^*P_1/x_1$	程式2
结合程式1和2	$L^*x_0 + V^*_{H}y_0 = L^*x_1 + V^*(K_H^{P^x}*x_1/P_1)$	
	$\Rightarrow V/L = (x_0 - x_1) / (K_H^{P^x}*x_1/P_1 - y_0)$	程式3
进出 [2] 的物料平衡	$L^*x_1 + oV^*_{O}y_3 + H^*V^*_{H}y_3 = L^*x_2 + oV^*_{O}y_2 + H^*V^*_{H}y_2$	程式4
整体化学反应	$2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$	
按化学反应计量	$H^*V / L = 1/1$	程式5
按化学反应计量	$oV / L = 1/2$	程式6
结合程式4,5和6	$x_1 + 0.5o_{O}y_3 + H^*y_3 = x_2 + 0.5o_{O}y_2 + H^*y_2$	程式7
进出 [3] 的物料平衡	$L^*x_2 = oV^*_{O}y_3 + H^*V^*_{H}y_3$	程式8
用于酸性或中性除盐水		
阴极侧化学反应	$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$	
无H ₂ O分解，因此无溶质释放	$H^*y_3 = 0$	程式9
结合程式5,6,8和9	$o_{O}y_3 = 2x_2$	程式10
结合程式7,9和10	$x_1 = 0.5o_{O}y_2 + H^*y_2$	程式11
要粗产气满足目标杂质质量规格	$y_2 \leq y$	程式12
气液分离器[2]为最大传质		
亨利定律于 [2]	$K_H^{P^x}_T = p_2/x_2 = o_{O}y_2^*P_2/x_2 = H^*y_2^*P_2/x_2$	程式13
	$\Rightarrow o_{O}y_2 = H^*y_2 (= y_2)$	程式14
结合程式11和14	$x_1 = 1.5y_2$	程式15
结合程式3,12和15	$V/L \geq (x_0 - 1.5y) / (K_H^{P^x}*1.5y/P_1 - y_0)$	程式16
	$\Rightarrow y_2 \leq 2/3*(x_0 + V/L^*_{H}y_0) / (V/L^*K_H^{P^x}/P_1 + 1)$	程式17
气液分离器[2]为零传质		
进出 [2+3] 的物料平衡	$H^*y_2 = H^*y_3 = 0$	程式18
结合程式5和19	$L^*x_1 = oV^*_{O}y_2 + H^*V^*_{H}y_2$	程式19
结合程式3,12和19	$x_1 = 0.5o_{O}y_2$	程式20
	$V/L \geq (x_0 - 0.5y) / (K_H^{P^x}*0.5y/P_1 - y_0)$	程式21
	$\Rightarrow o_{O}y_2 \leq 2*(x_0 + V/L^*_{H}y_0) / (V/L^*K_H^{P^x}/P_1 + 1)$	程式22

[0174] [表 10] 除盐水为酸/中性、自产氧为吹脱气条件下的计算程式

进出 [1] 的物料平衡	$L^*x_0 + V^*oY_0 = L^*x_1 + V^*y_1$	程式1
亨利定律于 [1]	$K_H^{P^x} = p_1/x_1 = y_1^*P_1/x_1$	程式2
结合程式1和2	$L^*x_0 + V^*oY_0 = L^*x_1 + V^*(K_H^{P^x}*x_1/P_1)$	
	$\Rightarrow V/L = (x_0 - x_1) / (K_H^{P^x}*x_1/P_1 - oY_0)$	程式3
进出 [2] 的物料平衡	$L^*x_1 + oV^*oY_3 + H^*V^*H^*Y_3 = L^*x_2 + oV^*oY_2 + H^*V^*H^*Y_2$	程式4
整体化学反应	$2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$	
按化学反应计量	$H^*V / L = 1/1$	程式5
按化学反应计量	$oV / L = 1/2$	程式6
结合程式4,5和6	$x_1 + 0.5^*oY_3 + H^*Y_3 = x_2 + 0.5^*oY_2 + H^*Y_2$	程式7
进出 [3] 的物料平衡	$L^*x_2 = oV^*oY_3 + H^*V^*H^*Y_3$	程式8
用于酸性或中性除盐水		
阴极侧化学反应	$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$	
无H ₂ O分解，因此无溶质释放	$H^*Y_3 = 0$	程式9
结合程式5,6,8和9	$oY_3 = 2^*x_2$	程式10
结合程式7,9和10	$x_1 = 0.5^*oY_2 + H^*Y_2$	程式11
要粗产气满足目标杂质量规格	$y_2 \leq y$	程式12
气液分离器[2]为最大传质		
亨利定律于 [2]	$K_H^{P^x}_T = p_2/x_2 = oY_2^*P_2/x_2 = H^*Y_2^*P_2/x_2$	程式13
	$\Rightarrow oY_2 = H^*Y_2 (= y_2)$	程式14
结合程式11和14	$x_1 = 1.5^*y_2$	程式15
结合程式3,12和15	$V/L \geq (x_0 - 1.5y) / (K_H^{P^x}*1.5y/P_1 - oY_0)$	程式16
	$\Rightarrow y_2 \leq 2/3^*(x_0 + V/L^*oY_0) / (V/L^*K_H^{P^x}/P_1 + 1)$	程式17
气液分离器[2]为零传质		
进出 [2+3] 的物料平衡	$H^*Y_2 = H^*Y_3 = 0$	程式18
结合程式5和19	$L^*x_1 = oV^*oY_2 + H^*V^*H^*Y_2$	程式19
结合程式3,12和19	$x_1 = 0.5^*oY_2$	程式20
	$V/L \geq (x_0 - 0.5y) / (K_H^{P^x}*0.5y/P_1 - oY_0)$	程式21
	$\Rightarrow oY_2 \leq 2^*(x_0 + V/L^*oY_0) / (V/L^*K_H^{P^x}/P_1 + 1)$	程式22

[0175] [表 11] 除盐水为碱性、自产氢为吹脱气条件下的数据表

行号	符号	单位	说明	程式
1		%	空气成分的体积比	
2	p_0	atm	空气成分的分压	
3	$K_H^{p,x}$	atm	亨利定律常数	$K_H^{p,x} = p_0/x$
4	x_0	mol/mol	除盐水中溶质成分	$x_0 = p_0/K_H^{p,x}$
5	H_{Y2}	mol/mol	初始气(吹脱前, $x_1=x_0$)	
6	H_{Y2}	ppmV	-按分离器为零传质	$H_{Y2}=x_0$
7			产品气的目标等级	
8	y	ppmV	产品气的目标成分 \leq	
9	H_{Y0}	mol/mol	吹脱气(初始气)	
10	V/L	mol/mol	气液比-按分离器为零传质	表7式21
11	V/L	mol/mol	气液比-满足所有目标成分	
12	H_{Y2}	mol/mol	首批粗产品气(初始气吹脱)	表7式22
13	H_{Y0}	mol/mol	吹脱气(首批粗产品氢)	
14	V/L	mol/mol	气液比-按分离器为零传质	表7式21
15	V/L	mol/mol	最低气液比-满足所有目标成分	
16	H_{Y2}	mol/mol	粗产品气的成分 \leq	表7式22
17	H_{Y2}	ppmV		
18			产品气的目标等级	
19	y	ppmV	产品气的目标成分 \leq	
20	H_{Y0}	mol/mol	吹脱气(初始气)	
21	V/L	mol/mol	气液比-按分离器为最大传质	表7式16
22	V/L	mol/mol	气液比-满足所有目标成分	
23	O_{Y2}	mol/mol	首批粗产品气(初始气吹脱)	表7式17
24	H_{Y0}	mol/mol	吹脱气(首批粗产品氢,零传质)	表7式22
25	V/L	mol/mol	气液比-按分离器为最大传质	表7式16
26	V/L	mol/mol	最低气液比-满足所有目标成分	
27	O_{Y2}	mol/mol	粗产品气的成分 \leq	表7式17
28	O_{Y2}	ppmV		
29			产品气的目标等级	
30			产品气的目标成分 \leq	

超纯氢						
H ₂	O ₂	Ar	N ₂	CO	CO ₂	CH ₄
0.00%	20.94%	0.93%	78.08%	0.00%	0.04%	0.00%
5.5E-07	2.1E-01	9.3E-03	7.8E-01	5.0E-08	4.2E-04	1.9E-06
7.0E+04	4.2E+04	3.9E+04	8.5E+04	5.6E+04	1.7E+03	3.9E+04
7.9E-12	5.0E-06	2.4E-07	9.1E-06	8.9E-13	2.5E-07	4.9E-11
1.0E+00	5.0E-06	2.4E-07	9.1E-06	8.9E-13	2.5E-07	4.9E-11
999985	4.98	0.24	9.15	0.00	0.25	0.0
	3.32	0.16	6.19	0.00	0.17	0.00

超纯氧						
H ₂	O ₂	Ar	N ₂	CO	CO ₂	CH ₄
999999	0.2	0.2	0.4	0.1	0.1	0.2
1.0E+00	2.0E-07	2.0E-07	4.0E-07	1.0E-07	1.0E-07	2.0E-07
1.0E+00	5.0E-06	2.4E-07	9.1E-06	8.9E-13	2.5E-07	4.9E-11
-1.4E-05	5.7E-04	5.1E-06	2.6E-04	-1.8E-05	9.2E-04	-2.6E-05
9.195E-04						
1.0E+00	1.3E-07	6.5E-09	1.2E-07	1.7E-14	1.0E-07	1.3E-12
1.0E+00	1.3E-07	6.5E-09	1.2E-07	1.7E-14	1.0E-07	1.3E-12
-1.4E-05	5.7E-04	5.1E-06	2.6E-04	-1.8E-05	9.2E-04	-2.6E-05
0.00092						
1.0E+00	1.3E-07	6.5E-09	1.2E-07	1.7E-14	1.0E-07	1.3E-12
999999.7	0.13	0.01	0.12	0.00	0.1000	0.00
	1.50E+00	1.50E-07	9.73E-09	1.72E-07	2.53E-14	1.50E-12

超纯氧						
H ₂	O ₂	Ar	N ₂	CO	CO ₂	CH ₄
0.1	999999	0.2	0.1	0.4	0.1	0.1
1.0E-07	1.0E+00	2.0E-07	1.0E-07	4.0E-07	1.0E-07	1.0E-07
1.0E+00	5.0E-06	2.4E-07	9.1E-06	8.9E-13	2.5E-07	4.9E-11
1.5E-07	-2.4E-05	-5.2E-06	7.0E-04	-1.8E-05	4.1E-04	-2.6E-05
7.035E-04						
9.3E-06	1.0E+00	5.6E-09	1.0E-07	1.5E-14	7.8E-08	1.1E-12
1.0E+00	1.6E-07	8.4E-09	1.5E-07	2.2E-14	1.2E-07	1.7E-12
1.5E-07	-2.4E-05	-5.2E-06	7.0E-04	-1.8E-05	4.1E-04	-2.6E-05
0.0007						
9.3E-06	1.0E+00	5.6E-09	1.0E-07	1.5E-14	7.8E-08	1.1E-12
9.33	999990.5	0.01	0.1000	0.00	0.08	0.00
	1.4E-05					

[0176] [表 12] 除盐水为碱性、自产氧为吹脱气条件下的数据表

行号	符号	单位	说明	程式
1		%	空气成分的体积比	
2	p_0	atm	空气成分的分压	
3	$K_H^{p,x}$	atm	亨利定律常数	$K_H^{p,x} = p_0/x$
4	x_0	mol/mol	除盐水中溶质成分	$x_0 = p_0/K_H^{p,x}$
5	oY_2	mol/mol	初始气(吹脱前, $x_1=x_0$)	
6	oY_2	ppmV	-按分离器为最大传质	$oY_2 = 2/3x_0$
7			产品气的目标等级	
8	y	ppmV	产品气的目标成分 \leq	
9	oY_0	mol/mol	吹脱气(初始气)	
10	oY_0	mol/mol	气液比-按分离器为零传质	表8式21
11	V/L	mol/mol	气液比-满足所有目标成分	
12	V/L	mol/mol	首批粗产品气(初始气吹脱)	表8式22
13	H_2	mol/mol	吹脱气(首批粗产品氧,最大传质)	表8式17
14	oY_0	mol/mol	气液比-按分离器为零传质	表8式21
15	V/L	mol/mol	最低气液比-满足所有目标成分	
16	V/L	mol/mol	粗产品气的成分 \leq	表8式22
17	H_2	ppmV		
18	H_2	ppmV		
19			产品气的目标等级	
20	y	ppmV	产品气的目标成分 \leq	
21	oY_0	mol/mol	吹脱气(初始气)	
22	oY_0	mol/mol	气液比-按分离器为最大传质	表8式16
23	V/L	mol/mol	气液比-满足所有目标成分	
24	V/L	mol/mol	首批粗产品气(初始气吹脱)	表8式17
25	oY_2	mol/mol	吹脱气(首批粗产品氧)	表8式16
26	oY_0	mol/mol	气液比-按分离器为最大传质	表8式16
27	V/L	mol/mol	最低气液比-满足所有目标成分	
28	V/L	mol/mol	粗产品气的成分 \leq	表8式17
29	oY_2	mol/mol		
30	oY_2	ppmV		

超纯氢						
H ₂	O ₂	Ar	N ₂	CO	CO ₂	CH ₄
0.00%	20.94%	0.93%	78.08%	0.00%	0.04%	0.00%
5.5E-07	2.1E-01	9.3E-03	7.8E-01	5.0E-08	4.2E-04	1.9E-06
7.0E+04	4.2E+04	3.9E+04	8.5E+04	5.6E+04	1.7E+03	3.9E+04
7.9E-12	5.0E-06	2.4E-07	9.1E-06	8.9E-13	2.5E-07	4.9E-11
5.2E-12	1.0E+00	1.6E-07	6.1E-06	5.9E-13	1.7E-07	3.2E-11
0.0	999994	0.16	6.10	0.00	0.17	0.0

超纯氧						
H ₂	O ₂	Ar	N ₂	CO	CO ₂	CH ₄
999999	0.2	0.2	0.4	0.1	0.1	0.2
1.0E+00	2.0E-07	2.0E-07	4.0E-07	1.0E-07	1.0E-07	2.0E-07
5.2E-12	1.0E+00	1.6E-07	6.1E-06	5.9E-13	1.7E-07	3.2E-11
-1.4E-05	-4.8E-06	5.1E-06	2.6E-04	-1.8E-05	9.2E-04	-2.6E-05
9.190E-04						
1.0E+00	2.3E-05	6.5E-09	1.2E-07	1.7E-14	1.0E-07	1.3E-12
8.0E-14	1.0E+00	4.3E-09	7.7E-08	1.1E-14	6.7E-08	8.8E-13
-1.4E-05	-4.8E-06	5.1E-06	2.6E-04	-1.8E-05	9.2E-04	-2.6E-05
0.0009184						
1.0E+00	2.3E-05	6.5E-09	1.2E-07	1.7E-14	1.0E-07	1.3E-12
999976.5	23.33	0.01	0.12	0.00	0.1000	0.00

超纯氧						
H ₂	O ₂	Ar	N ₂	CO	CO ₂	CH ₄
0.1	999999	0.2	0.1	0.4	0.1	0.1
1.0E-07	1.0E+00	2.0E-07	1.0E-07	4.0E-07	1.0E-07	1.0E-07
5.2E-12	1.0E+00	1.6E-07	6.1E-06	5.9E-13	1.7E-07	3.2E-11
-1.4E-05	-2.4E-05	-5.2E-06	7.0E-04	-1.8E-05	4.1E-04	-2.6E-05
7.034E-04						
1.0E-13	1.0E+00	5.6E-09	1.0E-07	1.5E-14	7.8E-08	1.1E-12
1.0E-13	1.0E+00	5.6E-09	1.0E-07	1.5E-14	7.8E-08	1.1E-12
-1.4E-05	-2.4E-05	-5.2E-06	7.0E-04	-1.8E-05	4.1E-04	-2.6E-05
0.000703						
1.0E-13	1.0E+00	5.6E-09	1.0E-07	1.5E-14	7.8E-08	1.1E-12
0.00	999999.8	0.01	0.1000	0.00	0.08	0.00

[0177] [表 13] 除盐水为酸/中性、自产氢为吹脱气条件下的数据表

行号	符号	单位	说明	程式
1		%	空气成分的体积比	
2	p_0	atm	空气成分的分压	
3	$K_H^{p,x}$	atm	亨利定律常数	$K_H^{p,x} = p_0/x$
4	x_0	mol/mol	除盐水中溶质成分	$x_0 = p_0/K_H^{p,x}$
5	H_2	mol/mol	初始气(吹脱前, $x_1=x_0$)	
6	H_2	ppmV	-按分离器为最大传质	$H_2 = 2/3 * x_0$
7			产品气的目标等级	
8	y	ppmV	产品气的目标成分 \leq	
9	H_2	mol/mol	吹脱气(初始气)	
10	H_2	mol/mol	气液比-按分离器为最大传质	表9式16
11	V/L	mol/mol	气液比-满足所有目标成分	
12	V/L	mol/mol	首批产品气(初始粗气吹脱)	表9式17
13	H_2	mol/mol	吹脱气(首批粗产品气)	
14	H_2	mol/mol	气液比-按分离器为最大传质	表9式16
15	V/L	mol/mol	最低气液比-满足所有目标成分	
16	V/L	mol/mol	粗产品气的成分 \leq	表9式17
17	H_2	ppmV		
18			产品气的目标等级	
19	y	ppmV	产品气的目标成分 \leq	
20	H_2	mol/mol	吹脱气(初始气)	
21	H_2	mol/mol	气液比-按分离器为零传质	表9式21
22	V/L	mol/mol	气液比-满足所有目标成分	
23	O_2	mol/mol	首批粗产品气(初始气吹脱)	表9式22
24	H_2	mol/mol	吹脱气(首批粗产品气,最大传质)	表9式17
25	V/L	mol/mol	气液比-按分离器为零传质	表9式21
26	V/L	mol/mol	最低气液比-满足所有目标成分	
27	O_2	mol/mol	粗产品气的成分 \leq	表9式22
28	O_2	ppmV		
29			产品气的目标等级	
30	y	ppmV	产品气的目标成分 \leq	

超纯氢						
H ₂	O ₂	Ar	N ₂	CO	CO ₂	CH ₄
0.00%	20.94%	0.93%	78.08%	0.00%	0.04%	0.00%
5.5E-07	2.1E-01	9.3E-03	7.8E-01	5.0E-08	4.2E-04	1.9E-06
7.0E+04	4.2E+04	3.9E+04	8.5E+04	5.6E+04	1.7E+03	3.9E+04
7.9E-12	5.0E-06	2.4E-07	9.1E-06	8.9E-13	2.5E-07	4.9E-11
1.0E+00	3.3E-06	1.6E-07	6.1E-06	5.9E-13	1.7E-07	3.2E-11
999990	3.32	0.16	6.10	0.00	0.17	0.00

超纯氧						
H ₂	O ₂	Ar	N ₂	CO	CO ₂	CH ₄
999999	0.2	0.2	0.4	0.1	0.1	0.2
1.0E+00	2.0E-07	2.0E-07	4.0E-07	1.0E-07	1.0E-07	2.0E-07
1.0E+00	3.3E-06	1.6E-07	6.1E-06	5.9E-13	1.7E-07	3.2E-11
-1.4E-05	3.7E-04	-5.2E-06	1.7E-04	-1.8E-05	4.1E-04	-2.6E-05
4.109E-04						
1.0E+00	1.8E-07	9.4E-09	1.7E-07	2.5E-14	1.0E-07	1.9E-12
1.0E+00	1.8E-07	9.4E-09	1.7E-07	2.5E-14	1.0E-07	1.9E-12
-1.4E-05	3.7E-04	-5.2E-06	1.7E-04	-1.8E-05	4.1E-04	-2.6E-05
0.000411						
1.0E+00	1.8E-07	9.4E-09	1.7E-07	2.5E-14	1.0E-07	1.9E-12
999999.5	0.18	0.01	0.17	0.00	0.1000	0.00

超纯氧						
H ₂	O ₂	Ar	N ₂	CO	CO ₂	CH ₄
0.1	999999	0.2	0.1	0.4	0.1	0.1
1.0E-07	1.0E+00	2.0E-07	1.0E-07	4.0E-07	1.0E-07	1.0E-07
1.0E+00	3.3E-06	1.6E-07	6.1E-06	5.9E-13	1.7E-07	3.2E-11
5.0E-08	-2.4E-05	3.6E-05	2.1E-03	-1.8E-05	2.4E-03	-2.6E-05
2.445E-03						
2.8E-05	9.6E-08	5.0E-05	8.7E-08	1.3E-14	1.0E-07	1.0E-12
1.0E+00	3.2E-08	1.7E-09	2.9E-08	4.3E-15	3.3E-08	3.4E-13
5.0E-08	-2.4E-05	3.6E-05	2.1E-03	-1.8E-05	2.4E-03	-2.6E-05
0.002441						
2.8E-05	1.0E+00	5.0E-09	8.7E-08	1.3E-14	1.0E-07	1.0E-12
28.40	999971.4	0.00	0.0874	0.00	0.100	0.00

[0178] [表 14] 除盐水为酸/中性、自产氧为吹脱气条件下的数据表

行号	符号	单位	说明	程式
1		%	空气成分的体积比	
2	p_0	atm	空气成分的分压	
3	$K_H^{p,x}$	atm	亨利定律常数	$K_H^{p,x} = p_0/x$
4	x_0	mol/mol	除盐水中溶质成分	$x_0 = p_0/K_H^{p,x}$
5	oY_2	mol/mol	初始气(吹脱前, $x_1=x_0$)	$oY_2 = 2 * x_0$
6		ppmV	-按分离器为零传质	
7			产品气的目标等级	
8	y	ppmV	产品气的目标成分 \leq	
9	oY_0	mol/mol	吹脱气(初始气)	
10	V/L	mol/mol	气液比-按分离器为最大传质	表10式16
11	V/L	mol/mol	气液比-满足所有目标成分	
12	H_2	mol/mol	首批粗产品气(初始气吹脱)	表10式17
13	oY_0	mol/mol	吹脱气(首批粗产品氧,零传质)	表10式22
14	V/L	mol/mol	气液比-按分离器为最大传质	表10式16
15	V/L	mol/mol	最低气液比-满足所有目标成分	
16	H_2	mol/mol	粗产品气的成分 \leq	表10式17
17		ppmV		
18				
19			产品气的目标等级	
20	y	ppmV	产品气的目标成分 \leq	
21	oY_0	mol/mol	吹脱气(初始气)	
22	V/L	mol/mol	气液比-按分离器为零传质	表10式21
23	V/L	mol/mol	气液比-满足所有目标成分	
24	oY_2	mol/mol	首批粗产品气(初始气吹脱)	表10式22
25	oY_0	mol/mol	吹脱气(首批粗产品氧)	表10式21
26	V/L	mol/mol	气液比-按分离器为零传质	
27	V/L	mol/mol	最低气液比-满足所有目标成分	
28	oY_2	mol/mol	粗产品气的成分 \leq	表10式22
29		ppmV		
30				

超纯氢						
H ₂	O ₂	Ar	N ₂	CO	CO ₂	CH ₄
0.00%	20.94%	0.93%	78.08%	0.00%	0.04%	0.00%
5.5E-07	2.1E-01	9.3E-03	7.8E-01	5.0E-08	4.2E-04	1.9E-06
7.0E+04	4.2E+04	3.9E+04	8.5E+04	5.6E+04	1.7E+03	3.9E+04
7.9E-12	5.0E-06	2.4E-07	9.1E-06	8.9E-13	2.5E-07	4.9E-11
1.6E-11	1.0E+00	4.8E-07	1.8E-05	1.8E-12	5.0E-07	9.7E-11
0.0	999981	0.48	18.30	0.00	0.50	0.0

超纯氧						
H ₂	O ₂	Ar	N ₂	CO	CO ₂	CH ₄
999999	0.2	0.2	0.4	0.1	0.1	0.2
1.0E+00	2.0E-07	2.0E-07	4.0E-07	1.0E-07	1.0E-07	2.0E-07
1.6E-11	1.0E+00	4.8E-07	1.8E-05	1.8E-12	5.0E-07	9.7E-11
-1.4E-05	-4.7E-06	-5.2E-06	1.7E-04	-1.8E-05	4.1E-04	-2.6E-05
4.115E-04						
1.0E+00	1.5E-05	9.4E-09	1.7E-07	2.5E-14	1.0E-07	1.9E-12
5.3E-13	1.0E+00	2.8E-08	5.1E-07	7.4E-14	3.0E-07	5.7E-12
-1.4E-05	-4.7E-06	-5.2E-06	1.7E-04	-1.8E-05	4.1E-04	-2.6E-05
0.0004111						
1.0E+00	1.5E-05	9.4E-09	1.7E-07	2.5E-14	1.0E-07	1.9E-12
999984.5	15.18	0.01	0.17	0.00	0.100	0.00

超纯氧						
H ₂	O ₂	Ar	N ₂	CO	CO ₂	CH ₄
0.1	999999	0.2	0.1	0.4	0.1	0.1
1.0E-07	1.0E+00	2.0E-07	1.0E-07	4.0E-07	1.0E-07	1.0E-07
1.6E-11	1.0E+00	4.8E-07	1.8E-05	1.8E-12	5.0E-07	9.7E-11
-1.4E-05	-2.4E-05	3.6E-05	2.1E-03	-1.8E-05	2.5E-03	-2.6E-05
2.455E-03						
9.1E-14	1.0E+00	5.0E-09	8.7E-08	1.3E-14	1.0E-07	1.0E-12
9.1E-14	1.0E+00	5.0E-09	8.7E-08	1.3E-14	1.0E-07	1.0E-12
-1.4E-05	-2.4E-05	3.6E-05	2.1E-03	-1.8E-05	2.4E-03	-2.6E-05
0.002443						
9.1E-14	1.0E+00	5.0E-09	8.7E-08	1.3E-14	1.0E-07	1.0E-12
0.00	999999.8	0.00	0.09	0.00	0.100	0.00

[0179] [表 15] 除盐水为碱性、外供氢为吹脱气条件下的数据表

行号	符号	单位	说明	程式
1		%	空气成分的体积比	
2	p_0	atm	空气成分的分压	
3	$K_H^{p,x}$	atm	亨利定律常数	$K_H^{p,x} = p_0/x$
4	x_0	mol/mol	除盐水中溶质成分	$x_0 = p_0/K_H^{p,x}$
5				
6				
7			产品气的目标等级	
8	y	ppmV	产品气的目标成分 \leq	
9		mol/mol		
10	oY_0	mol/mol	吹脱气(外供纯氧)	
11	V/L	mol/mol	气液比-按分离器为零传质	表8式21
12				
13				
14				
15				
16	V/L	mol/mol	最低气液比-满足所有目标成分	
17	uY_2	mol/mol	粗产品气的成分 \leq	表8式22
18		ppmV		
19			产品气的目标等级	
20	y	ppmV	产品气的目标成分 \leq	
21		mol/mol		
22	oY_0	mol/mol	吹脱气(外供纯氧)	
23	V/L	mol/mol	气液比-按分离器为最大传质	表8式16
24				
25				
26				
27				
28	V/L	mol/mol	最低气液比-满足所有目标成分	
29	oY_2	mol/mol	粗产品气的成分 \leq	表8式17
30		ppmV		

超纯氢						
H ₂	O ₂	Ar	N ₂	CO	CO ₂	CH ₄
0.00%	20.94%	0.93%	78.08%	0.00%	0.04%	0.00%
5.5E-07	2.1E-01	9.3E-03	7.8E-01	5.0E-08	4.2E-04	1.9E-06
7.0E+04	4.2E+04	3.9E+04	8.5E+04	5.6E+04	1.7E+03	3.9E+04
7.9E-12	5.0E-06	2.4E-07	9.1E-06	8.9E-13	2.5E-07	4.9E-11
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
999999	0.2	0.2	0.4	0.1	0.1	0.2
1.0E+00	2.0E-07	2.0E-07	4.0E-07	1.0E-07	1.0E-07	2.0E-07
1.0E-06	1.0E+00	1.0E-05	2.0E-05	1.6E-05	1.0E-06	2.0E-06
-1.4E-05	-4.8E-06	5.1E-06	2.6E-04	-1.8E-05	9.2E-04	-2.6E-05

0.000924						
H ₂	O ₂	Ar	N ₂	CO	CO ₂	CH ₄
1.0E+00	2.3E-05	6.7E-09	1.1E-07	2.8E-10	1.0E-07	5.1E-11
999976.5	23.33	0.01	0.11	0.00	0.1000	0.00

超纯氧						
H ₂	O ₂	Ar	N ₂	CO	CO ₂	CH ₄
0.1	999999	0.2	0.1	0.4	0.1	0.1
1.0E-07	1.0E+00	2.0E-07	1.0E-07	4.0E-07	1.0E-07	1.0E-07
1.0E-06	1.0E+00	1.0E-05	2.0E-05	1.6E-05	1.0E-06	2.0E-06
-1.4E-05	-2.4E-05	-5.2E-06	7.0E-04	-1.8E-05	4.1E-04	-2.6E-05

0.000704						
H ₂	O ₂	Ar	N ₂	CO	CO ₂	CH ₄
9.4E-12	1.0E+00	5.8E-09	1.0E-07	1.8E-10	7.8E-08	3.4E-11
0.00	999999.8	0.01	0.100	0.00	0.08	0.00

[0181] [表 17] 除盐水为酸/中性、外供氢为吹脱气条件下的数据表

行号	符号	单位	说明	程式
1		%	空气成分的体积比	
2	p_0	atm	空气成分的分压	
3	$K_H^{p,x}$	atm	亨利定律常数	$K_H^{p,x} = p_0/x$
4	x_0	mol/mol	除盐水中溶质成分	$x_0 = p_0/K_H^{p,x}$
5				
6				
7			产品气的目标等级	
8	y	ppmV	产品气的目标成分 \leq	
9		mol/mol		
10	$_{H}y_0$	mol/mol	吹脱气(外供纯氢)	
11	V/L	mol/mol	气液比-按分离器为最大传质	表9式16
12				
13				
14				
15				
16	V/L	mol/mol	最低气液比-满足所有目标成分	
17		mol/mol		表9式17
18	$_{H}y_2$	ppmV	粗产品气的成分 \leq	
19			产品气的目标等级	
20	y	ppmV	产品气的目标成分 \leq	
21		mol/mol		
22	$_{H}y_0$	mol/mol	吹脱气(外供纯氢)	
23	V/L	mol/mol	气液比-按分离器为零传质	表9式21
24				
25				
26				
27				
28	V/L	mol/mol	最低气液比-满足所有目标成分	
29		mol/mol		表9式22
30	$_{O}y_2$	ppmV	粗产品气的成分 \leq	

超纯氢						
H ₂	O ₂	Ar	N ₂	CO	CO ₂	CH ₄
0.00%	20.94%	0.93%	78.08%	0.00%	0.04%	0.00%
5.5E-07	2.1E-01	9.3E-03	7.8E-01	5.0E-08	4.2E-04	1.9E-06
7.0E+04	4.2E+04	3.9E+04	8.5E+04	5.6E+04	1.7E+03	3.9E+04
7.9E-12	5.0E-06	2.4E-07	9.1E-06	8.9E-13	2.5E-07	4.9E-11

0.000419						
H ₂	O ₂	Ar	N ₂	CO	CO ₂	CH ₄
1.0E+00	1.8E-07	9.4E-09	1.7E-07	5.7E-11	1.0E-07	1.6E-10
999999.5	0.18	0.01	0.17	0.00	0.100	0.00

超纯氧						
H ₂	O ₂	Ar	N ₂	CO	CO ₂	CH ₄
0.1	999999	0.2	0.1	0.4	0.1	0.1
1.0E-07	1.0E+00	2.0E-07	1.0E-07	4.0E-07	1.0E-07	1.0E-07
1.0E+00	5.0E-06	1.5E-05	6.0E-05	5.0E-06	5.0E-06	1.0E-05
5.0E-08	-2.4E-05	3.6E-05	2.2E-03	-1.8E-05	2.6E-03	-2.6E-05

0.002597						
H ₂	O ₂	Ar	N ₂	CO	CO ₂	CH ₄
2.8E-05	1.0E+00	5.4E-09	8.4E-08	1.8E-10	1.0E-07	5.1E-10
28.40	999971.4	0.01	0.0836	0.00	0.100	0.00







[0182] [表 18] 除盐水为酸/中性、外供氧为吹脱气条件下的数据表

行号	符号	单位	说明	程式																																			
1		%	空气成分的体积比																																				
2	p_0	atm	空气成分的分压																																				
3	$K_H^{p,x}$	atm	亨利定律常数	$K_H^{p,x} = p_0/x$																																			
4	x_0	mol/mol	除盐水中溶质成分	$x_0 = p_0/K_H^{p,x}$																																			
5																																							
6																																							
7			产品气的目标等级																																				
				超纯氢																																			
				<table border="1"> <thead> <tr> <th>H₂</th> <th>O₂</th> <th>Ar</th> <th>N₂</th> <th>CO</th> <th>CO₂</th> <th>CH₄</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.00%</td> <td>20.94%</td> <td>0.93%</td> <td>78.08%</td> <td>0.00%</td> <td>0.04%</td> <td>0.00%</td> </tr> <tr> <td>5.5E-07</td> <td>2.1E-01</td> <td>9.3E-03</td> <td>7.8E-01</td> <td>5.0E-08</td> <td>4.2E-04</td> <td>1.9E-06</td> </tr> <tr> <td>7.0E+04</td> <td>4.2E+04</td> <td>3.9E+04</td> <td>8.5E+04</td> <td>5.6E+04</td> <td>1.7E+03</td> <td>3.9E+04</td> </tr> <tr> <td>7.9E-12</td> <td>5.0E-06</td> <td>2.4E-07</td> <td>9.1E-06</td> <td>8.9E-13</td> <td>2.5E-07</td> <td>4.9E-11</td> </tr> </tbody> </table>	H ₂	O ₂	Ar	N ₂	CO	CO ₂	CH ₄	0.00%	20.94%	0.93%	78.08%	0.00%	0.04%	0.00%	5.5E-07	2.1E-01	9.3E-03	7.8E-01	5.0E-08	4.2E-04	1.9E-06	7.0E+04	4.2E+04	3.9E+04	8.5E+04	5.6E+04	1.7E+03	3.9E+04	7.9E-12	5.0E-06	2.4E-07	9.1E-06	8.9E-13	2.5E-07	4.9E-11
H ₂	O ₂	Ar	N ₂	CO	CO ₂	CH ₄																																	
0.00%	20.94%	0.93%	78.08%	0.00%	0.04%	0.00%																																	
5.5E-07	2.1E-01	9.3E-03	7.8E-01	5.0E-08	4.2E-04	1.9E-06																																	
7.0E+04	4.2E+04	3.9E+04	8.5E+04	5.6E+04	1.7E+03	3.9E+04																																	
7.9E-12	5.0E-06	2.4E-07	9.1E-06	8.9E-13	2.5E-07	4.9E-11																																	
8	y	ppmV	产品气的目标成分 ≤																																				
9		mol/mol																																					
10	oY_0	mol/mol	吹脱气(外供纯氧)																																				
11	V/L	mol/mol	气液比-按分离器为最大传质	表10式16																																			
12																																							
13																																							
14																																							
15																																							
16	V/L	mol/mol	最低气液比-满足所有目标成分																																				
17		mol/mol		表10式17																																			
18	uY_2	ppmV	粗产品气的成分 ≤																																				
19			产品气的目标等级																																				
				0.000412																																			
				<table border="1"> <tbody> <tr> <td>1.0E+00</td> <td>1.5E-05</td> <td>9.5E-09</td> <td>1.7E-07</td> <td>1.8E-10</td> <td>1.0E-07</td> <td>3.4E-11</td> </tr> <tr> <td>999984.5</td> <td>15.18</td> <td>0.01</td> <td>0.17</td> <td>0.00</td> <td>0.100</td> <td>0.00</td> </tr> </tbody> </table>	1.0E+00	1.5E-05	9.5E-09	1.7E-07	1.8E-10	1.0E-07	3.4E-11	999984.5	15.18	0.01	0.17	0.00	0.100	0.00																					
1.0E+00	1.5E-05	9.5E-09	1.7E-07	1.8E-10	1.0E-07	3.4E-11																																	
999984.5	15.18	0.01	0.17	0.00	0.100	0.00																																	
20	y	ppmV	产品气的目标成分 ≤																																				
21		mol/mol																																					
22	oY_0	mol/mol	吹脱气(外供纯氧)																																				
23	V/L	mol/mol	气液比-按分离器为零传质	表10式21																																			
24																																							
25																																							
26																																							
27																																							
28	V/L	mol/mol	最低气液比-满足所有目标成分																																				
29		mol/mol		表10式22																																			
30	oY_2	ppmV	粗产品气的成分 ≤																																				
				0.002470																																			
				<table border="1"> <tbody> <tr> <td>2.8E-11</td> <td>1.0E+00</td> <td>5.4E-09</td> <td>8.7E-08</td> <td>5.6E-10</td> <td>1.0E-07</td> <td>1.0E-10</td> </tr> <tr> <td>0.00</td> <td>999999.8</td> <td>0.01</td> <td>0.09</td> <td>0.00</td> <td>0.100</td> <td>0.00</td> </tr> </tbody> </table>	2.8E-11	1.0E+00	5.4E-09	8.7E-08	5.6E-10	1.0E-07	1.0E-10	0.00	999999.8	0.01	0.09	0.00	0.100	0.00																					
2.8E-11	1.0E+00	5.4E-09	8.7E-08	5.6E-10	1.0E-07	1.0E-10																																	
0.00	999999.8	0.01	0.09	0.00	0.100	0.00																																	

附图标记清单

[0183] 图中标号的设备名称和接点说明表列于下：

行	标号	设备名称/接点说明
1	001	除盐（纯水）设备
2	011,732	液位开关阀
3	012,735,745	流量调节阀
4	013,736,746	流量显示器
5	014,702,712,913,731,737,741,747	开关阀
6	101	储存罐（除盐水）
7	111	混合喷咀
8	112	曝气管
9	113	视镜
10	114	捕滴器
11	115	单向阀
12	116	液位显示开关器
13	117,734,744	压力表
14	118	压力安全阀组合
15	119	阻火器
16	201	电解槽
17	311	气液分离器（氧侧）
18	411	冷却/捕滴/气液分离设备（氧侧）
19	301	气液分离器（氢侧）
20	401	冷却/捕滴/气液分离设备（氢侧）
21	501	催化脱氧/冷凝/气液分离装置
22	511	催化脱氢/冷凝/气液分离装置
23	601, 611	份子筛干燥吸附装置

24	701	缓冲罐（产品氢）
25	711	缓冲罐（产品氧）
26	721	四通阀
27	733,743	压力调节阀
28	912	充装接头
29		生活饮用水供应点
30		总体整合图与详细流程图的连接点
31		接往室外高位排放
32		超纯氢至用户
33		外部气供应点
34		超纯氧至用户

权利要求书

- [权利要求 1] 一种制备超纯氢和超纯氧的预处理方法，其特征在于，包括下列步骤：
- a. 在除盐水进入电解槽前，除盐水经除盐水管道的导入于储存罐顶部；同时，使用氢气或氧气作为吹脱气，经供气管道导入于储存罐顶部，对除盐水进行雾化和吹脱预处理；
 - b. 在除盐水进入电解槽前，通过供气管道导入氢气或氧气到储存罐底部，使用氢气或氧气对已完成预处理的除盐水进行鼓泡、冗余吹脱和提供微正压屏蔽；
 - c. 对储存罐的排气进行水雾分离，捕捉其中的过饱和水汽中的水分并回收至储存罐；
 - d. 经预处理后获得的除盐水透过随后的水电解工艺流程制得产品氢及产品氧并储存在缓冲罐中。
- [权利要求 2] 根据权利要求1所述的制备超纯氢和超纯氧的预处理方法，其特征在于：在步骤a中所述储存罐顶部设置混合喷咀，其内部结构有个别的独立通道，分别连接所述供气管道和所述除盐水管道的，导入的氢气或氧气和除盐水两流体只在所述混合喷咀出口处混合和撞击。
- [权利要求 3] 根据权利要求2所述的制备超纯氢和超纯氧的预处理方法，其特征在于：步骤a中所述除盐水通过所述混合喷咀雾化后的液滴直径为不小于100 μm 。
- [权利要求 4] 根据权利要求1所述的制备超纯氢和超纯氧的预处理方法，其特征在于，在步骤b中所述储存罐底部设置曝气管，鼓泡氢气或氧气的体积流量不小于除盐水的体积流量。
- [权利要求 5] 根据权利要求1所述的制备超纯氢和超纯氧的预处理方法，其特征在于：在所述供气管道上依顺序设置开关阀、压力调节阀、压力表、流量调节阀和流量显示器。
- [权利要求 6] 根据权利要求5所述的制备超纯氢和超纯氧的预处理方法，其特征在于：步骤a中在所述供气管道上，位于所述开关阀和所述压力调

节阀之间，安装液位开关阀，开关设定为当储存罐的液位水平 $\geq 95\%$ 时关闭。

[权利要求 7] 根据权利要求2所述的制备超纯氢和超纯氧的预处理方法，其特征在于：在所述储存罐顶部设置排气管，所述排气管上设置捕滴器。

[权利要求 8] 根据权利要求7所述的制备超纯氢和超纯氧的预处理方法，其特征在于：还包括维持储存罐内一个微正压屏蔽的步骤，所述捕滴器出口的管道上设置单向阀，所述单向阀的开启压力不小于 250N/m^2 。

[权利要求 9] 根据权利要求1所述的制备超纯氢和超纯氧的预处理方法，其特征在于，还包括下列步骤：
e.经所述供气管道导入步骤d中的所述产品氢或产品氧进行步骤a中的雾化和吹脱预处理，和/或进行步骤b中的鼓泡、冗余吹脱和提供微正压屏蔽。

[权利要求 10] 根据权利要求1所述的制备超纯氢和超纯氧的预处理方法，其特征在于，在所述供气管道与缓冲罐之间还设置有用于选择产品气或外供气作为吹脱气的四通阀。

[权利要求 11] 根据权利要求1所述的制备超纯氢和超纯氧的预处理方法，其特征在于：所述除盐水为碱性除盐水、制得所述产品氢时，为满足所述产品氢的目标杂质浓度要求，所述吹脱气对除盐水的气液比大于或等于以下值：

$$V/L = (x_0 - y) / (K_H^{p \times} \times y / P_1 - y_0)$$

其中，V为吹脱气流量，L为除盐水流量， x_0 为除盐水中的杂质浓度，y为产品气中的目标杂质浓度要求， $K_H^{p \times}$ 为亨利常数， P_1 为绝对压力， y_0 为吹脱气中的杂质浓度。

[权利要求 12] 根据权利要求1所述的制备超纯氢和超纯氧的预处理方法，其特征在于：所述除盐水为碱性除盐水、制得所述产品氧时，为满足所述产品氧的目标杂质浓度要求，所述吹脱气对除盐水的气液比大于或等于以下值：

$$V/L = (x_0 - 1.5y) / (K_H^{p \times} \times 1.5y / P_1 - y_0)$$

其中，V为吹脱气流量，L为除盐水流量， x_0 为除盐水中的杂质浓度，y为产品气中的目标杂质浓度要求， $K_H^{p^x}$ 为亨利常数， P_1 为绝对压力， y_0 为吹脱气中的杂质浓度。

[权利要求 13] 根据权利要求1所述的制备超纯氢和超纯氧的预处理方法，其特征在于：所述除盐水为酸性或中性除盐水、制得所述产品氢时，为满足所述产品氢的目标杂质浓度要求，所述吹脱气对除盐水的气液比大于或等于以下值：

$$V/L = (x_0 - 1.5y) / (K_H^{p^x} \times 1.5y/P_1 - y_0)$$

其中，V为吹脱气流量，L为除盐水流量， x_0 为除盐水中的杂质浓度，y为产品气中的目标杂质浓度要求， $K_H^{p^x}$ 为亨利常数， P_1 为绝对压力， y_0 为吹脱气中的杂质浓度。

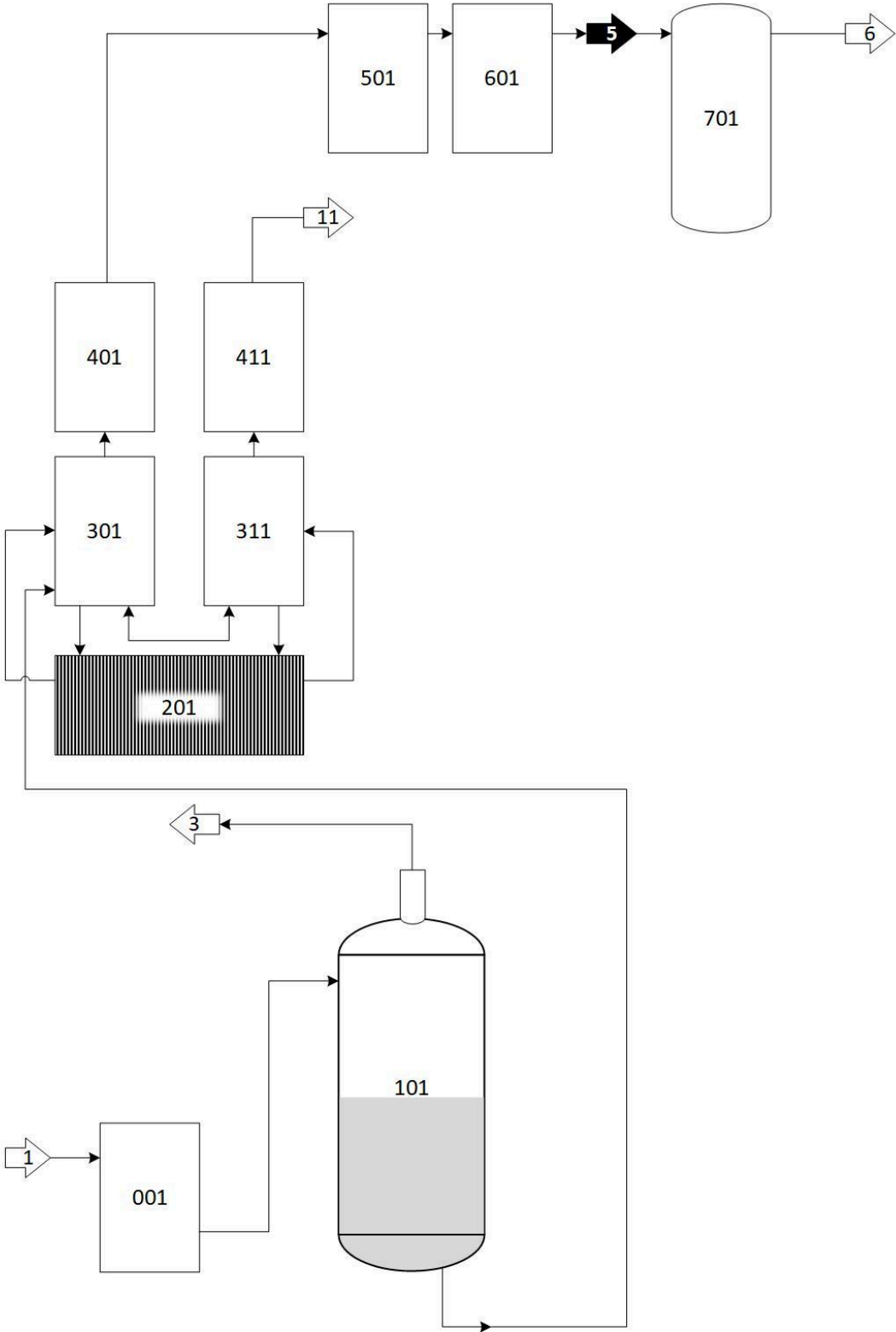
[权利要求 14] 根据权利要求1所述的制备超纯氢和超纯氧的预处理方法，其特征在于：所述除盐水为酸性或中性除盐水、制得所述产品氧时，为满足所述产品氧的目标杂质浓度要求，所述吹脱气对除盐水的气液比大于或等于以下值：

$$V/L = (x_0 - 0.5y) / (K_H^{p^x} \times 0.5y/P_1 - y_0)$$

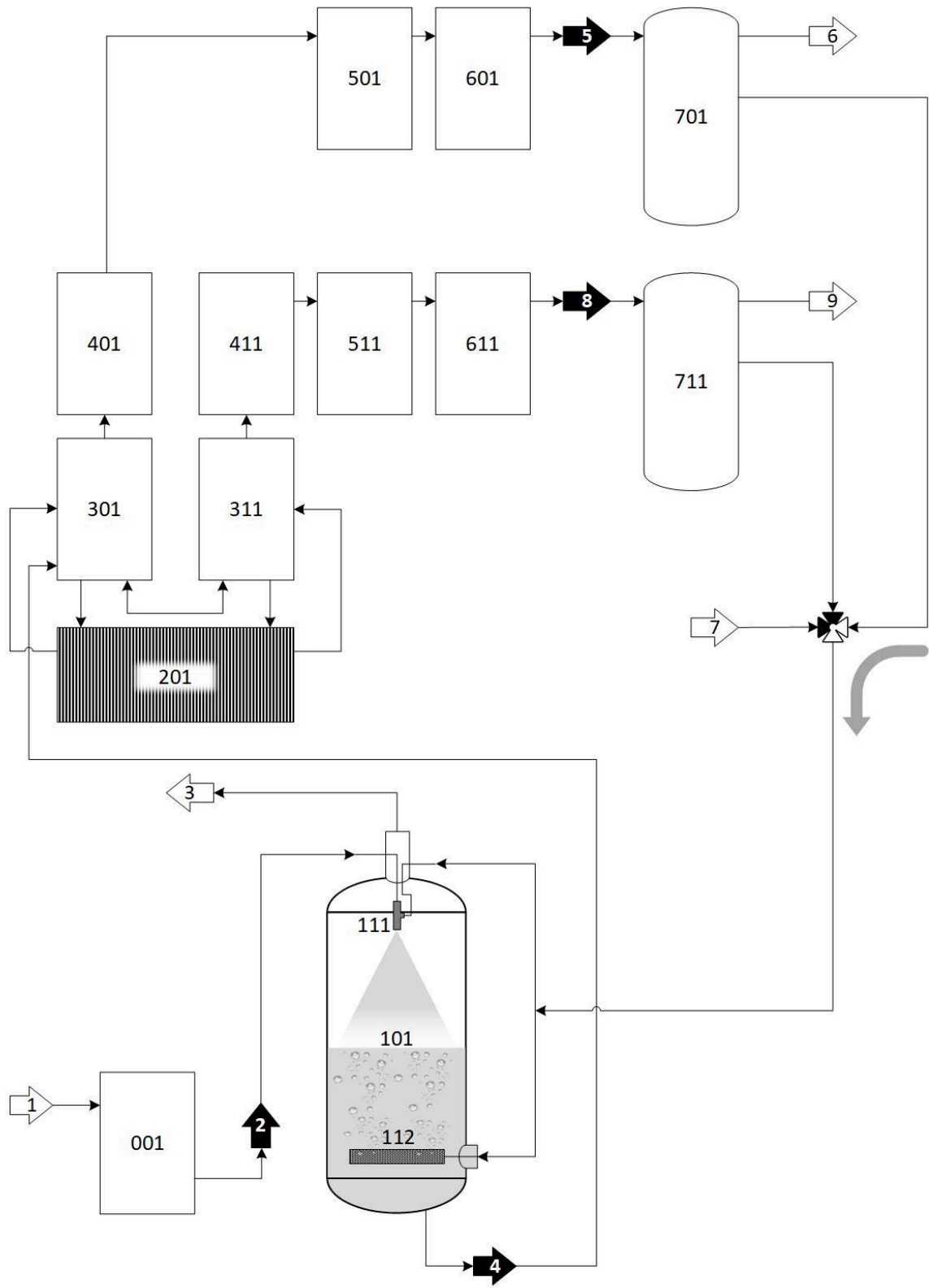
其中，V为吹脱气流量，L为除盐水流量， x_0 为除盐水中的杂质浓度，y为产品气中的目标杂质浓度要求， $K_H^{p^x}$ 为亨利常数， P_1 为绝对压力， y_0 为吹脱气中的杂质浓度。

[权利要求 15] 根据权利要求11-14任意一项所述的制备超纯氢和超纯氧的预处理方法，其特征在于：制得所述产品氢和/或产品氧时，为满足其全部目标杂质浓度要求，所述吹脱气对除盐水的气液比大于或等于所述吹脱气中全部目标杂质的气液比中的最大值。

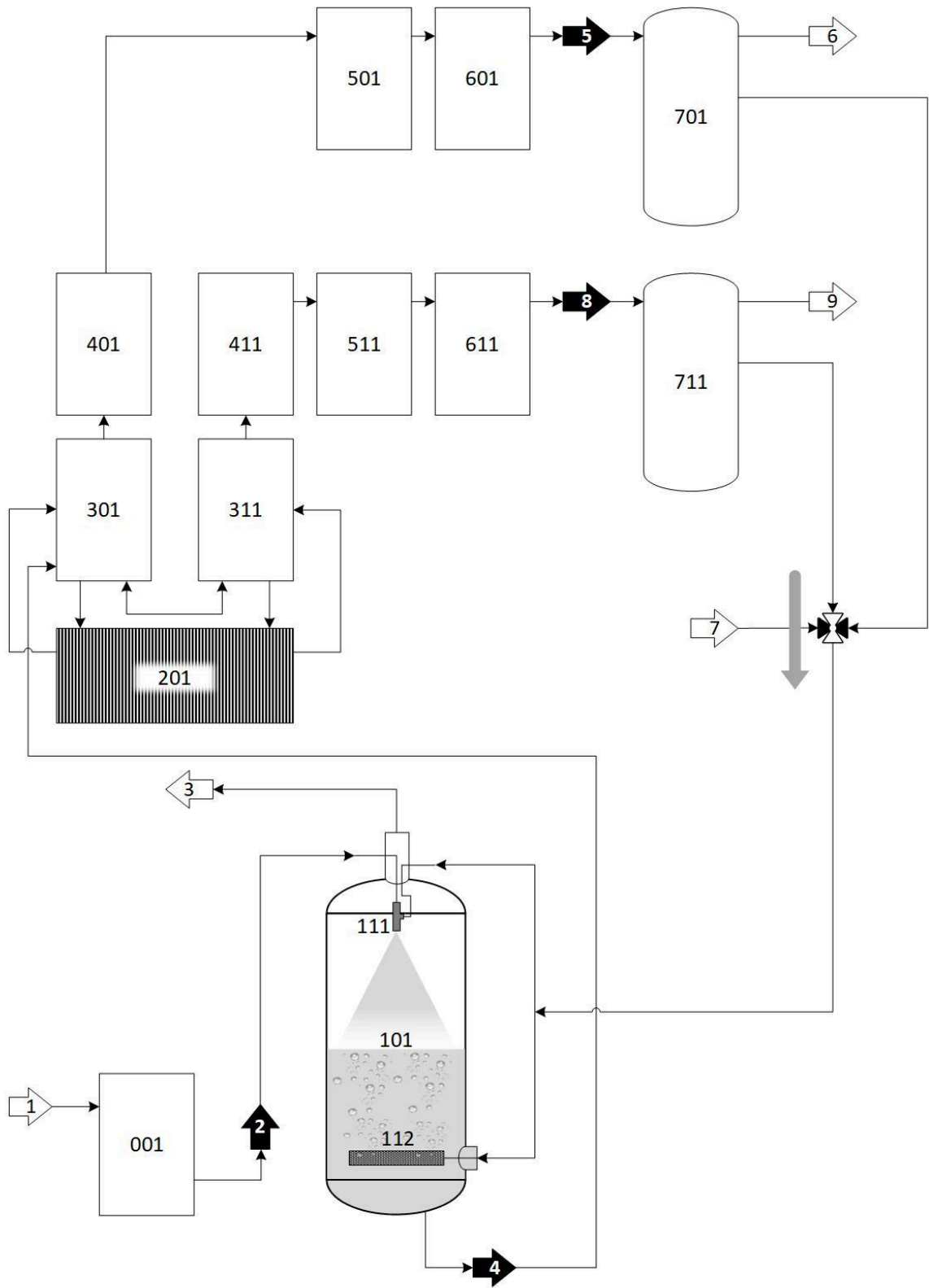
[图1]



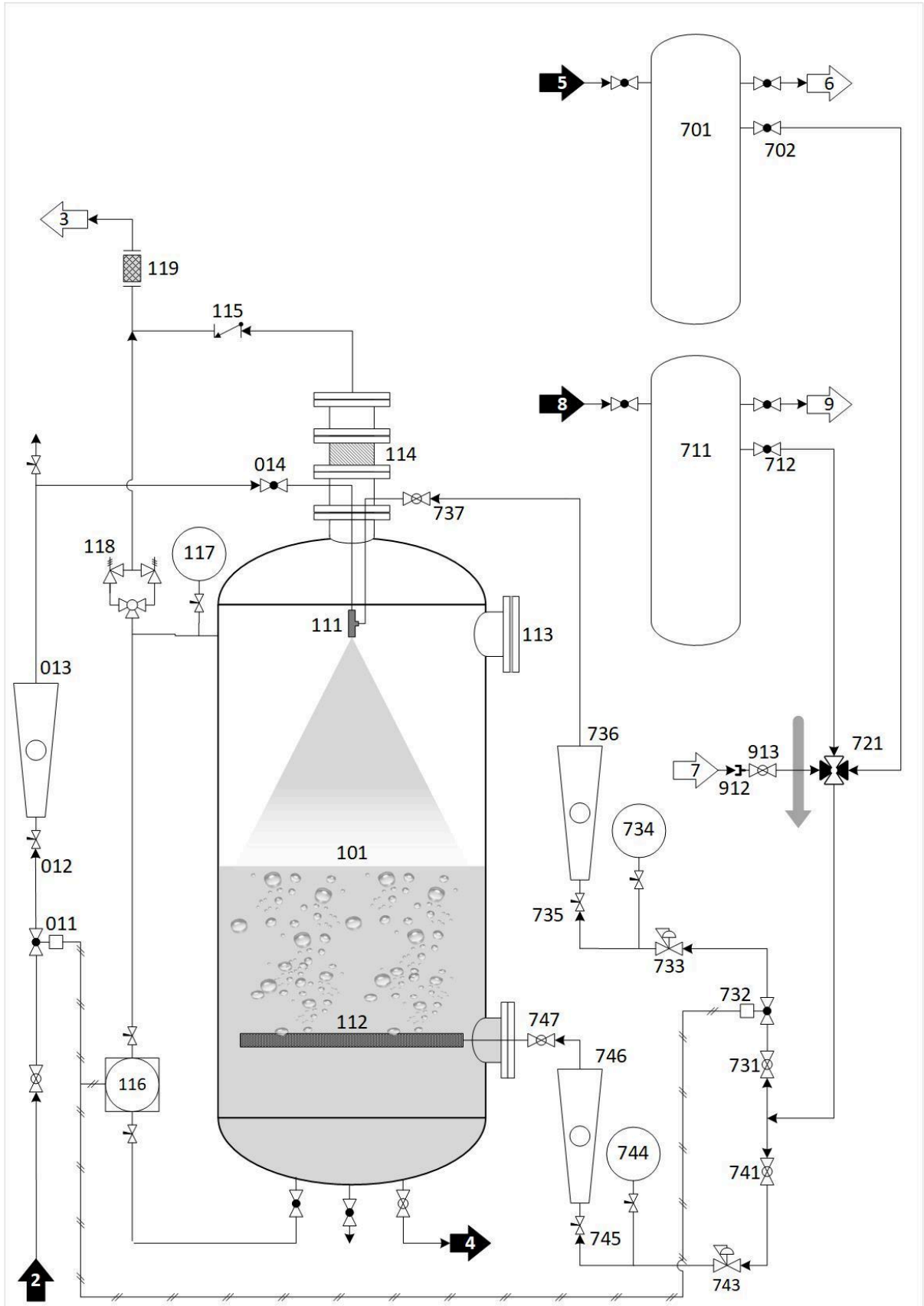
[图2]



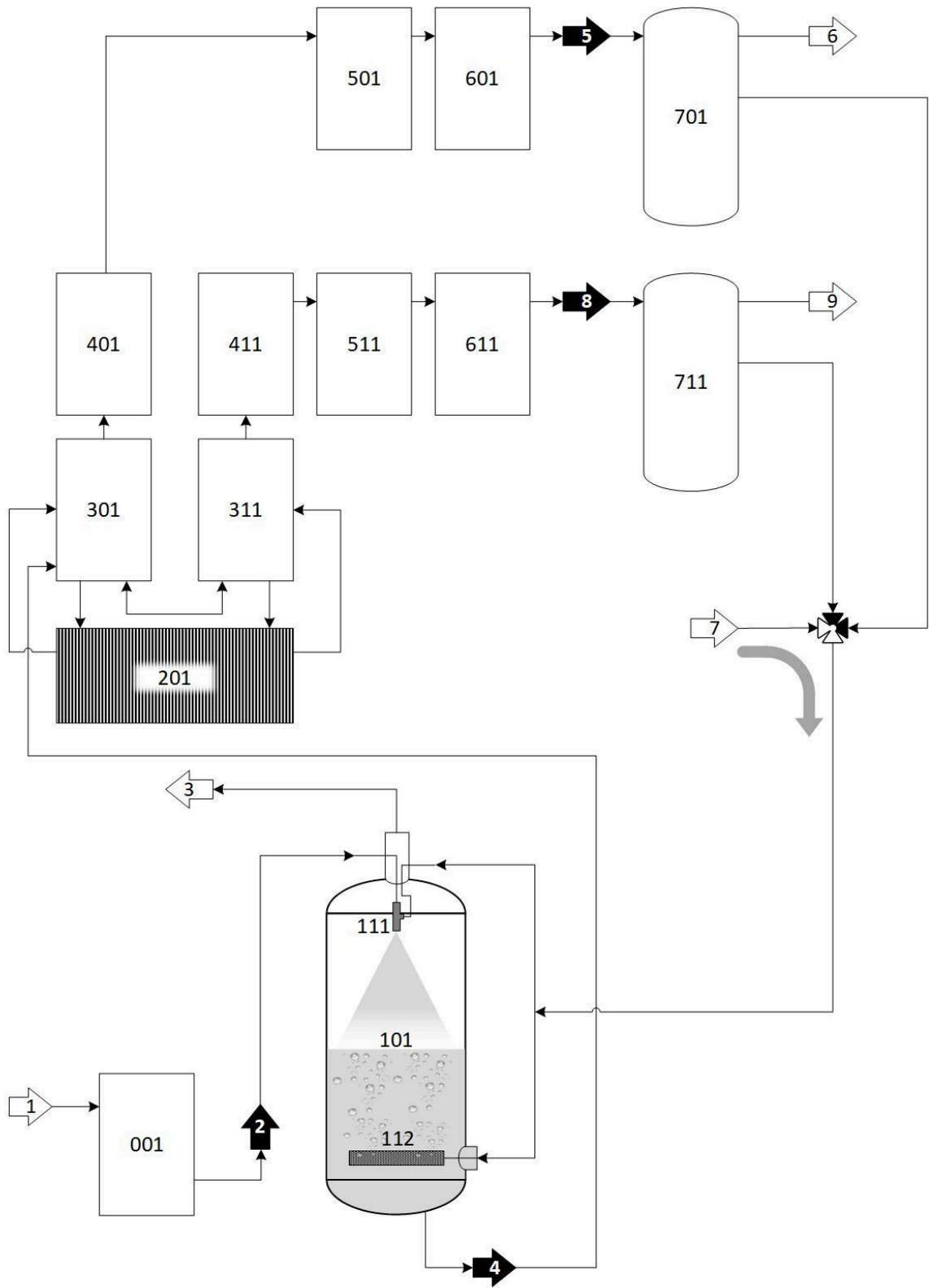
[图4]



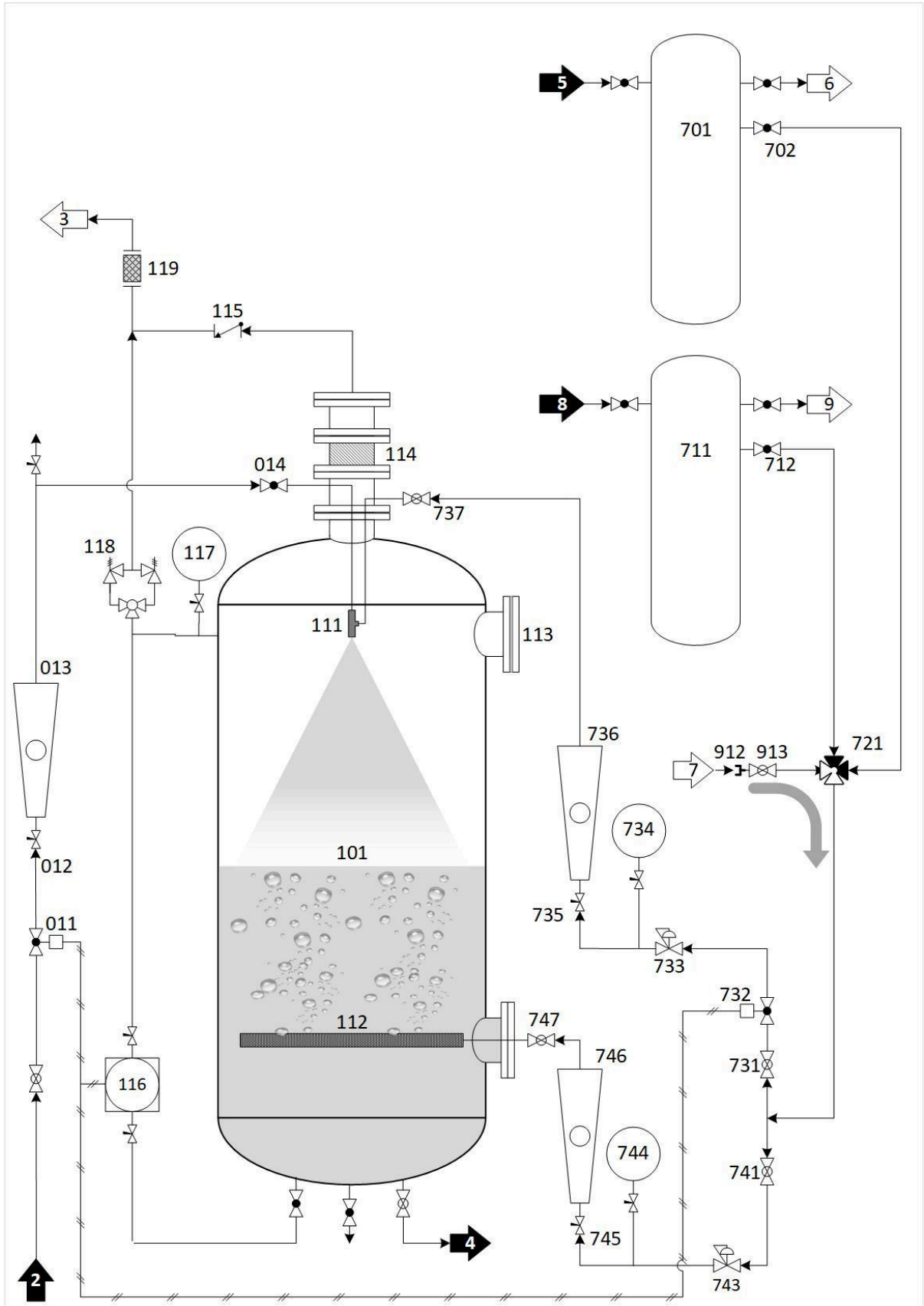
[图5]



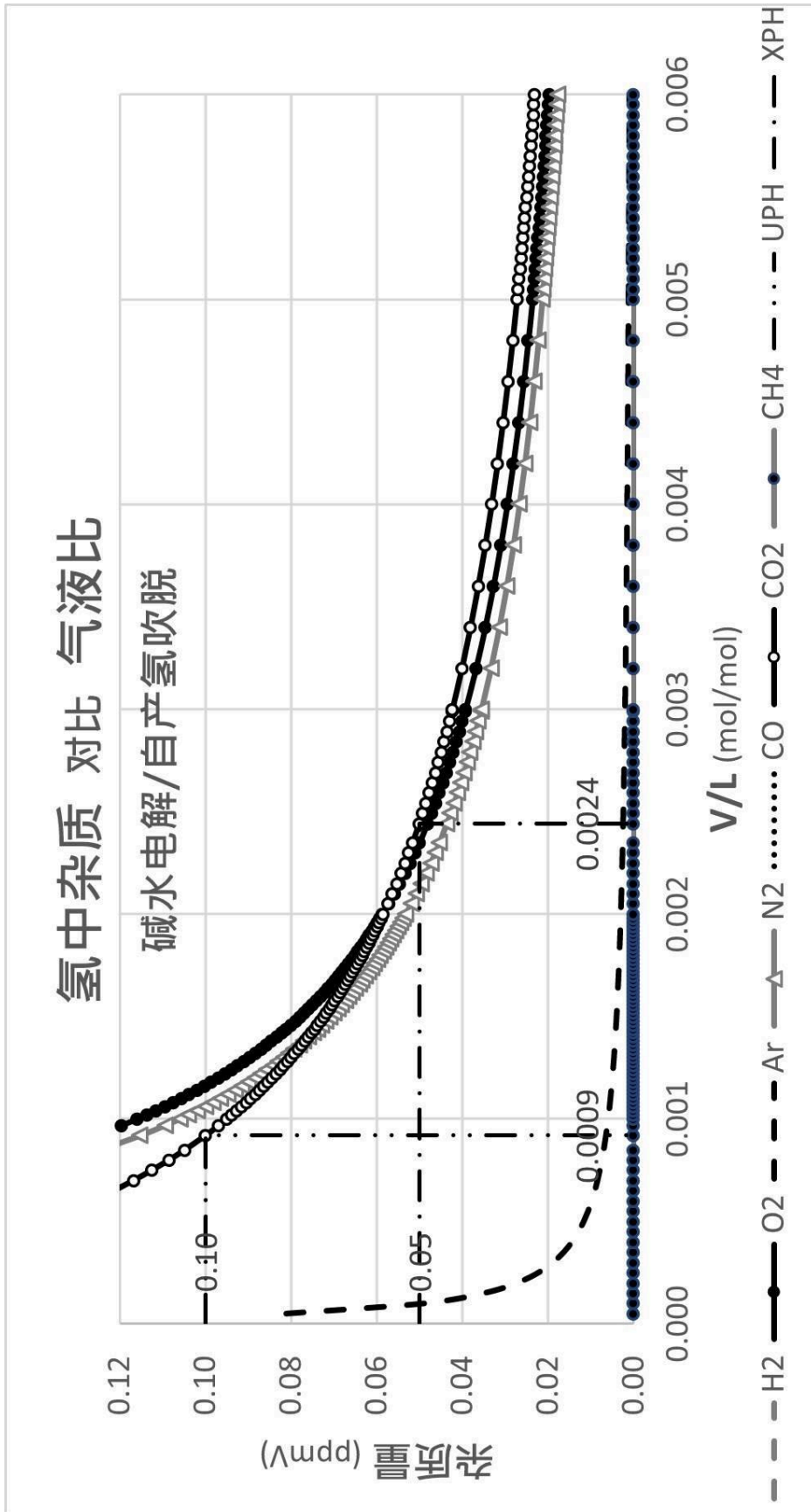
[图6]



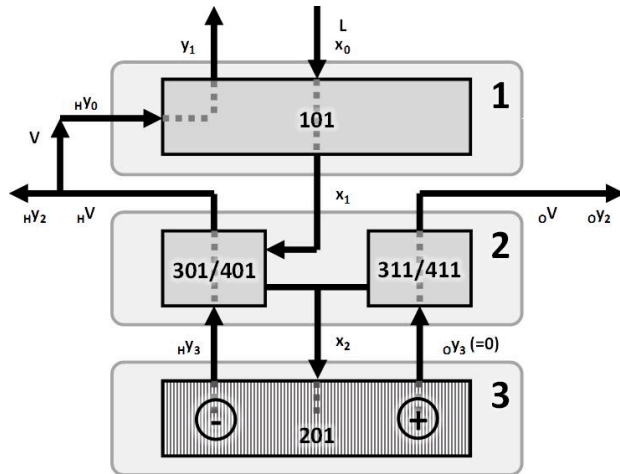
[图7]



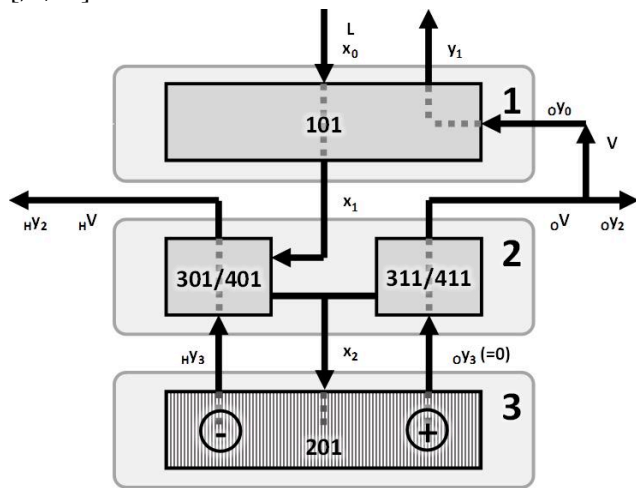
[图8]



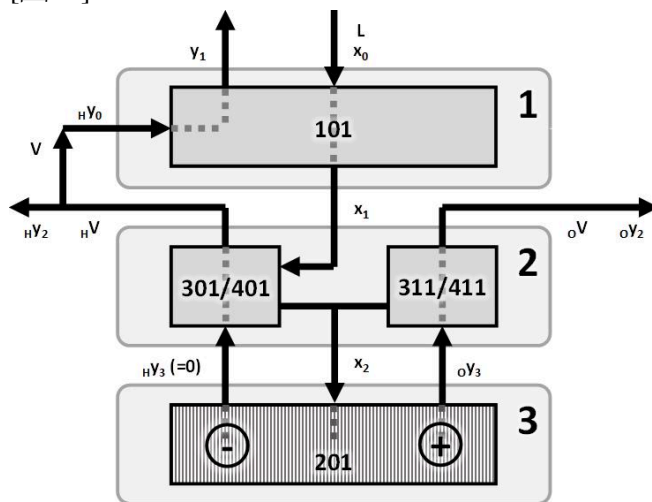
[图10]



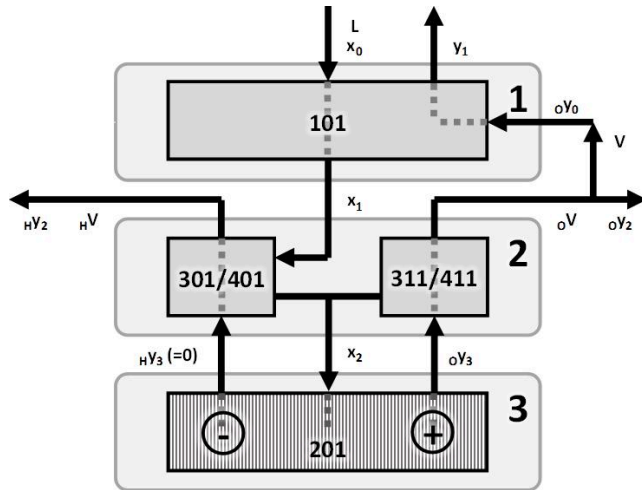
[图11]



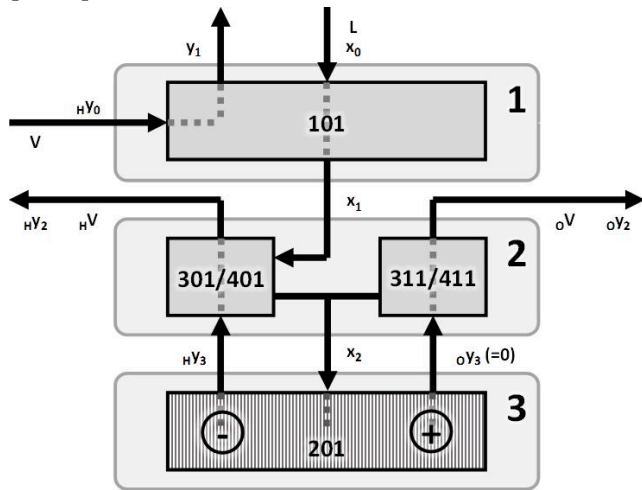
[图12]



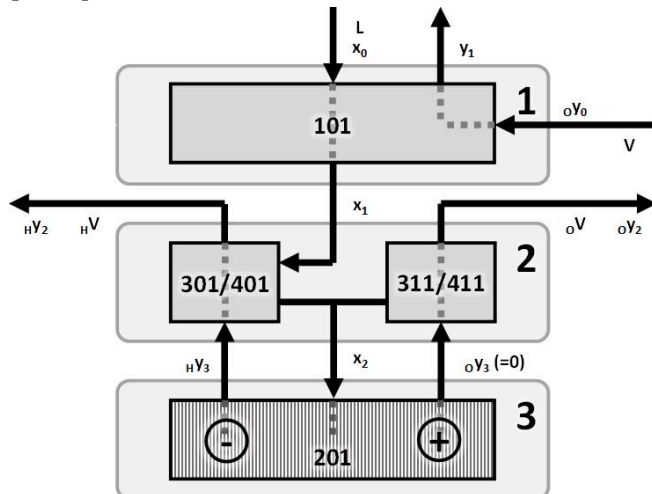
[图13]



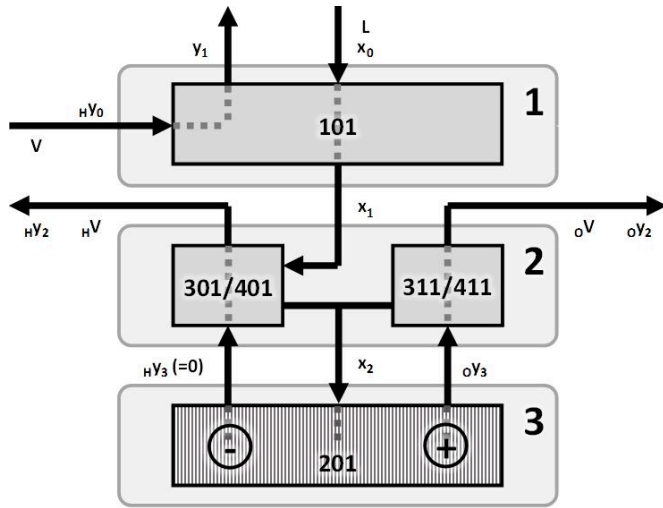
[图14]



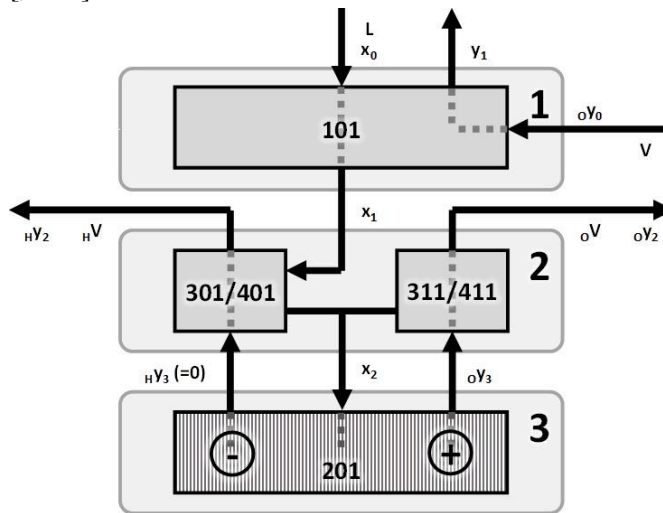
[图15]



[图16]



[图17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/IB2023/058396

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C25B9/60(2021.01)i; C25B15/08(2006.01)i; C25B15/02(2021.01)i; C02F1/20(2023.01)i; C25B1/04(2021.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: C25B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNTXT, CNKI, ENTXTC, DWPI, WEB OF SCIENCE: 超纯, 高纯, 氢气, 氧气, 电解, 吹, 鼓泡, 除杂, ultra, high, pure, purity, hydrogen, oxygen, electroly+, blow, bubbling

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 115341226 A (ZACOO CO., LTD.) 15 November 2022 (2022-11-15) claims 1-10	1-10, 15
Y	CN 101407920 A (SOUTHWEST RESEARCH & DESIGN INSTITUTE OF CHEMICAL INDUSTRY) 15 April 2009 (2009-04-15) claims 1-7	1-10, 15
Y	RU 2010890 C1 (OBSHCHESTVO S OGRANICHENNOJ OT) 15 April 1994 (1994-04-15) claims 1-2	1-10, 15
Y	JP 2006206989 A (AIR WATER INC.) 10 August 2006 (2006-08-10) claims 1-8	1-10, 15
A	CN 106283101 A (SHANDONG HONGDA BIOTECHNOLOGY CO., LTD.) 04 January 2017 (2017-01-04) entire document	1-15
A	CN 110965069 A (L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE) 07 April 2020 (2020-04-07) entire document	1-15

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“D” document cited by the applicant in the international application

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 December 2023

Date of mailing of the international search report

21 December 2023

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District,
Beijing 100088

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/IB2023/058396

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	115341226	A	15 November 2022	None			
CN	101407920	A	15 April 2009	None			
RU	2010890	C1	15 April 1994	None			
JP	2006206989	A	10 August 2006	JP	4223010	B2	12 February 2009
CN	106283101	A	04 January 2017	None			
CN	110965069	A	07 April 2020	JP	2023508019	A	28 February 2023
				TW	202124778	A	01 July 2021
				TWI	801782	B	11 May 2023
				KR	20220119120	A	26 August 2022
				US	2023044196	A1	09 February 2023
				EP	4083256	A1	02 November 2022
				WO	2021129566	A1	01 July 2021
				CN	110965069	B	12 July 2022
JP	2017002344	A	05 January 2017	None			

<p>A. 主题的分类</p> <p>C25B9/60(2021.01)i; C25B15/08(2006.01)i; C25B15/02(2021.01)i; C02F1/20(2023.01)i; C25B1/04(2021.01)n</p> <p>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类</p>																							
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>IPC: C25B</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))</p> <p>CNXTX,CNKI,ENTXTC,DWPI,WEB OF SCIENCE:超纯, 高纯, 氢气, 氧气, 电解, 吹, 鼓泡, 除杂, ultra,high, pure,purity, hydrogen, oxygen, electroly+, blow, bubbling</p>																							
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 115341226 A (昭科有限公司) 2022年11月15日 (2022 - 11 - 15) 权利要求1-10</td> <td>1-10, 15</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 101407920 A (西南化工研究设计院) 2009年4月15日 (2009 - 04 - 15) 权利要求1-7</td> <td>1-10,15</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>RU 2010890 C1 (OBSHCHESTVO S OGRANICHENNOJ OT) 1994年4月15日 (1994 - 04 - 15) 权利要求1-2</td> <td>1-10,15</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2006206989 A (AIR WATER INC) 2006年8月10日 (2006 - 08 - 10) 权利要求1-8</td> <td>1-10,15</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 106283101 A (山东泓达生物科技有限公司) 2017年1月4日 (2017 - 01 - 04) 全文</td> <td>1-15</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 110965069 A (乔治洛德方法研究和开发液化空气有限公司) 2020年4月7日 (2020 - 04 - 07) 全文</td> <td>1-15</td> </tr> </tbody> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 115341226 A (昭科有限公司) 2022年11月15日 (2022 - 11 - 15) 权利要求1-10	1-10, 15	Y	CN 101407920 A (西南化工研究设计院) 2009年4月15日 (2009 - 04 - 15) 权利要求1-7	1-10,15	Y	RU 2010890 C1 (OBSHCHESTVO S OGRANICHENNOJ OT) 1994年4月15日 (1994 - 04 - 15) 权利要求1-2	1-10,15	Y	JP 2006206989 A (AIR WATER INC) 2006年8月10日 (2006 - 08 - 10) 权利要求1-8	1-10,15	A	CN 106283101 A (山东泓达生物科技有限公司) 2017年1月4日 (2017 - 01 - 04) 全文	1-15	A	CN 110965069 A (乔治洛德方法研究和开发液化空气有限公司) 2020年4月7日 (2020 - 04 - 07) 全文	1-15
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
PX	CN 115341226 A (昭科有限公司) 2022年11月15日 (2022 - 11 - 15) 权利要求1-10	1-10, 15																					
Y	CN 101407920 A (西南化工研究设计院) 2009年4月15日 (2009 - 04 - 15) 权利要求1-7	1-10,15																					
Y	RU 2010890 C1 (OBSHCHESTVO S OGRANICHENNOJ OT) 1994年4月15日 (1994 - 04 - 15) 权利要求1-2	1-10,15																					
Y	JP 2006206989 A (AIR WATER INC) 2006年8月10日 (2006 - 08 - 10) 权利要求1-8	1-10,15																					
A	CN 106283101 A (山东泓达生物科技有限公司) 2017年1月4日 (2017 - 01 - 04) 全文	1-15																					
A	CN 110965069 A (乔治洛德方法研究和开发液化空气有限公司) 2020年4月7日 (2020 - 04 - 07) 全文	1-15																					
<p><input checked="" type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>																							
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“D” 申请人在国际申请中引证的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</p> <p>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</p> <p>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</p> <p>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</p> <p>“&” 同族专利的文件</p>																							
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2023年12月17日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2023年12月21日</p>																					
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088</p>		<p>授权官员</p> <p>尹晓娟</p> <p>电话号码 (+86) 010-62084570</p>																					

C. 相关文件		
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	JP 2017002344 A (PANASONIC IP MAN CORP) 2017年1月5日 (2017 - 01 - 05) 全文	1-15

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/IB2023/058396

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	115341226	A	2022年11月15日	无			
CN	101407920	A	2009年4月15日	无			
RU	2010890	C1	1994年4月15日	无			
JP	2006206989	A	2006年8月10日	JP	4223010	B2	2009年2月12日
CN	106283101	A	2017年1月4日	无			
CN	110965069	A	2020年4月7日	JP	2023508019	A	2023年2月28日
				TW	202124778	A	2021年7月1日
				TWI	801782	B	2023年5月11日
				KR	20220119120	A	2022年8月26日
				US	2023044196	A1	2023年2月9日
				EP	4083256	A1	2022年11月2日
				WO	2021129566	A1	2021年7月1日
				CN	110965069	B	2022年7月12日
JP	2017002344	A	2017年1月5日	无			