



中华人民共和国国家标准

GB/T 37562—2019

压力型水电解制氢系统技术条件

Technical conditions of pressurized water electrolysis system for
hydrogen production

2019-06-04 发布

2020-01-01 实施

国家市场监督管理总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 分类与命名 2

 4.1 压力型碱性水电解制氢系统 2

 4.2 压力型 PEM 水电解制氢系统 3

5 技术要求 3

 5.1 压力型水电解制氢系统 3

 5.2 单体设备 4

 5.3 管路及附件 6

 5.4 电气设备及配线 7

 5.5 自动控制和监测 8

 5.6 组装及安装 9

6 试验检测 9

 6.1 测试条件 9

 6.2 试验 10

 6.3 检测 11

7 标志 12

8 产品随机文件 12

 8.1 搬运吊装说明 12

 8.2 系统、设备图纸 12

 8.3 使用手册 12

 8.4 安装维护手册 13

9 包装 14

附录 A（资料性附录） 典型压力型水电解制氢系统框图 15

附录 B（资料性附录） 容积法测试气体产量 16

附录 C（资料性附录） 电流测试值计算气体产量 18

附录 D（资料性附录） 分析仪器测试气体纯度 19

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由全国氢能标准化技术委员会(SAC/TC 309)提出并归口。

本标准起草单位:北京化工大学、苏州竞立制氢设备有限公司、中国标准化研究院、中国船舶重工集团公司第七一八研究所、天津市大陆制氢设备有限公司、山东赛克赛斯氢能源有限公司、中国电子工程设计院、普顿(北京)制氢科技有限公司、淳华氢能科技股份有限公司、四川川油天然气科技股份有限公司。

本标准主要起草人:周俊波、杨溟洋、张碧航、王赓、周振芳、许卫、丁孝涛、周向荣、李克安、李俊荣、张祥春、薛贺来、潘珂、赵迎春、王寿荣、陈立峰。

压力型水电解制氢系统技术条件

1 范围

本标准规定了压力型碱性水电解制氢系统和质子交换膜(PEM)水电解制氢系统的术语和定义、分类与命名、技术要求、试验与检测、标志、包装。

本标准适用于工作压力大于或等于 0.3 MPa 且小于或等于 5.0 MPa 的压力型碱性水电解和压力型 PEM 水电解制氢系统。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 150(所有部分) 压力容器
- GB/T 151 热交换器
- GB/T 629 化学试剂 氢氧化钠
- GB/T 1972 碟形弹簧
- GB/T 2306 化学试剂 氢氧化钾
- GB/T 2829 周期检验计数抽样程序及表(适用于对过程稳定性的检验)
- GB/T 3634.2 氢气 第2部分:纯氢、高纯氢和超纯氢
- GB 3836.1 爆炸性环境 第1部分:设备 通用要求
- GB 3836.14 爆炸性环境 第14部分:场所分类 爆炸性气体环境
- GB/T 3863 工业氧
- GB 4793.1 测量、控制和实验室用电气设备的安要求 第1部分:通用要求
- GB 5226.1 机械电气安全 机械电气设备 第1部分:通用技术条件
- GB/T 5831 气体中微量氧的测定 比色法
- GB/T 5832.1 气体分析 微量水分的测定 第1部分:电解法
- GB/T 5832.2 气体分析 微量水分的测定 第2部分:露点法
- GB/T 6285 气体中微量氧的测定 电化学法
- GB/T 8984 气体中一氧化碳、二氧化碳和碳氢化合物的测定 气相色谱法
- GB/T 12241 安全阀 一般要求
- GB 12358 作业场所环境气体检测报警仪 通用技术要求
- GB/T 13306 标牌
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB 16808 可燃气体报警控制器
- GB/T 16895.23 低压电气装置 第6部分:检验
- GB/T 19142 出口商品包装 通则
- GB/T 19774 水电解制氢系统技术要求
- GB/T 24499 氢气、氢能与氢能系统术语
- GB/T 28060 进出境货物木质包装材料检疫管理准则

GB/T 34542.1 氢气储存输送系统 第1部分:通用要求

GB/T 37563 压力型水电解制氢系统安全要求

GB 50030 氧气站设计规范

GB 50058 爆炸危险环境电力装置设计规范

GB 50177 氢气站设计规范

HG 20202 脱脂工程施工及验收规范

JB/T 4711 压力容器涂敷与运输包装

TSG 21 固定式压力容器安全技术监察规程

3 术语和定义

GB/T 19774、GB/T 24499 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

压力 pressure

垂直作用在容器单位表面积上的力。在本标准中,除注明者外,压力均指表压力。

3.2

压力型水电解制氢系统 pressurized water electrolysis system for hydrogen production

由具有规定压力的水电解槽及其附属设备、管道及其附件、箱体等共同构成的水电解制氢系统。

3.3

碱性水电解制氢系统 alkaline water electrolysis system for hydrogen production

由碱性水电解槽及其附属设备、管道及其附件、箱体等共同构成的水电解制氢系统。

3.4

PEM 水电解制氢系统 proton exchange membrane water electrolysis system for hydrogen production

由 PEM 水电解槽及其附属设备、管道及其附件、箱体等共同构成的水电解制氢系统。

3.5

箱体 enclosure

在制氢系统中,起到对电气系统与工艺系统进行分隔、保护和支撑的设备柜。

3.6

吹扫 purge

使用氮气或无油干燥空气,将设备加工过程中系统内部产生的粉尘、颗粒及易燃液体吹除清理。

3.7

置换 replacement

使用除 CO₂ 以外的,如 N₂ 或其他惰性气体将制氢系统内所有设备和管线中的空气、易燃易爆和有毒有害气体吹除,并使用这种气体对所有设备和管线填充并密封。

3.8

标准状况 standard temperature and pressure

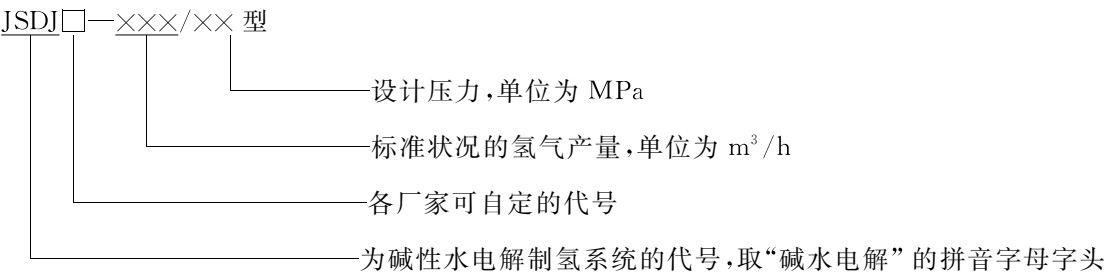
气体在温度为 0 °C,压力为 101.325 kPa 条件下的状态。

4 分类与命名

4.1 压力型碱性水电解制氢系统

压力型碱性水电解制氢系统的产品命名应由大写的汉语拼音字母和阿拉伯数字组成。产品纯度可按照 GB/T 19774 中有关要求执行。

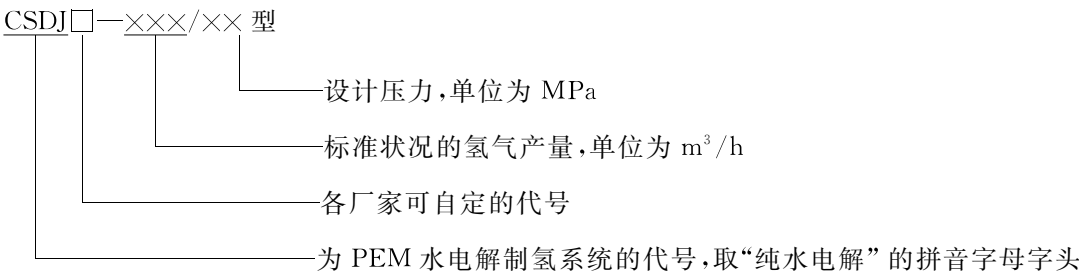
编制方法应符合下列规定：



4.2 压力型 PEM 水电解制氢系统

压力型 PEM 水电解制氢系统的产品命名应由大写的汉语拼音字母和阿拉伯数字组成。产品纯度可按照 GB/T 19774 中有关要求执行。

编制方法应符合下列规定：



5 技术要求

5.1 压力型水电解制氢系统

5.1.1 通用要求

碱性水电解制氢系统、PEM 水电解制氢系统的典型系统框图参见附录 A。

5.1.2 工作条件

- 5.1.2.1 制氢系统工作环境应清洁、通风良好,工作环境温度宜为 $5\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- 5.1.2.2 制氢系统所处的场所属于有爆炸危险环境,其爆炸危险区域等级范围划分应符合 GB 50177、GB 50058 的要求,电气设施的设防等级应为 1 区。
- 5.1.2.3 碱性水电解制氢系统电解槽的工作温度宜为 $80\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$,PEM 水电解制氢系统的工作温度宜为 $60\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- 5.1.2.4 对于压力型水电解制氢系统,当用户要求压力较高时,应尽量提高工作压力,以减少压缩能耗。
- 5.1.2.5 碱性水电解制氢系统的原料水品质应符合表 1 的规定。

表 1 碱性水电解制氢系统原料水水质

名 称	单 位	指 标
电导率(25 $^{\circ}\text{C}$)	mS/m	≤ 1
铁离子含量	mg/L	< 1.0
氯离子含量	mg/L	< 2.0
悬浮物	mg/L	< 1.0

5.1.2.6 碱性水电解制氢系统采用的氢氧化钾或氢氧化钠应符合 GB/T 2306、GB/T 629 的规定。

5.1.2.7 碱性水电解制氢系统运行中,电解液质量要求应符合表 2 的规定。

表 2 碱性 KOH 水电解制氢系统电解液品质要求

名 称	单 位	指 标
浓 度	%	27~32 ^a
CO ₃ ²⁻ 含量	mg/L	<100
铁离子含量	mg/L	<3
氯离子含量	mg/L	<800
^a 此浓度为采用 KOH 水溶液时。		

5.1.2.8 PEM 水电解槽要求原料水至少应符合表 3 的规定。

表 3 PEM 水电解槽水质要求

名 称	单 位	指 标
电导率(25℃)	mS/m	≤0.10
可氧化物质含量(以 O 计)	mg/L	≤0.08
吸光度(254 nm,1 cm 光程)	—	≤0.01
蒸发残渣(105℃±2℃)	mg/L	≤1.0
可溶性硅(以 SiO ₂ 计)	mg/L	≤0.02

5.1.2.9 冷却水的水压宜为 0.15 MPa~0.35 MPa。循环冷却水的水质应符合表 4 的要求。

表 4 循环冷却水的水质要求

名 称	单 位	指 标
pH(25℃)	—	6.5~8.0
氯离子含量	mg/L	<200
硫酸根含量	mg/L	<200
钙离子含量	mg/L	<200
铁离子含量	mg/L	<1.0
铵离子含量	mg/L	<1.0
溶解硅酸含量	mg/L	<50

5.2 单体设备

5.2.1 通用要求

5.2.1.1 水电解制氢系统的单体设备应根据类型、规模、功能要求等确定。

5.2.1.2 水电解制氢系统单体设备的结构、工作参数应满足或优于水电解制氢系统的功能要求。

5.2.1.3 单体设备内部或连接部位的内表面、零部件、密封件的材料,在电化学反应或与氢气/氧气接触的过程中应具有下列特性:

- a) 在规定的工作条件下具有良好的化学稳定性,在运行中不会发生各种形式的催化反应、电化学反应或其他形式的化学反应引起的寄生性副反应,以避免这些反应形成对氢气/氧气的污染。
- b) 应符合各项机械性能要求,并在工作条件下保持稳定的力学性能。
- c) 所选用材料的化学成分、金相组织,不应发生或避免发生氢脆。
- d) 所选用材料的化学成分、金相组织,在运行中不发生应力腐蚀、裂纹或氧腐蚀。

5.2.1.4 任何条件下与氧气接触材料的自燃温度应比可承受的最高操作温度高 50 ℃。

5.2.2 水电解槽

5.2.2.1 水电解槽是水电解制氢系统的主体设备,它的性能参数将决定水电解制氢的技术性能。

水电解槽的性能参数、结构设计应以降低单位氢气的电能消耗、减少制造成本、延长使用寿命为基本要求。应合理选择水电解槽的结构形式、电解小室及隔膜的构造、涂层和材质。

5.2.2.2 水电解槽的氢气生产能力、纯度和杂质含量应按制造厂家的企业标准和用户的要求协商确定。

5.2.2.3 水电解槽电解小室的电极材质、涂层或催化剂等应根据电解槽类型/工作参数等因素确定。

如果使用复极式结构,要求电极有良好的体积导电率。同时隔膜应能够阻断正负极室之间的气体交换,以保证氢气与氧气的纯度。

PEM 水电解槽中“电解小室”的极板基材宜采用钛板。负极侧可采用金属铂作为催化剂,正极侧可采用钌铱合金或他们的氧化物或混合物作为催化剂。

5.2.2.4 PEM 水电解槽以质子交换膜作为电解质,质子交换膜应具有足够化学稳定性以及质子交换能力,并保证足够的机械强度和热稳定性,一般要求膜材料致密不透气,厚度为 150 μm~250 μm。

5.2.2.5 密封垫片的选择应确保水电解槽在工作状态不渗漏,并能承受槽体开、停车时的工作状态变化。

5.2.2.6 碟形弹簧的制造要求应符合 GB/T 1972 的规定。

5.2.2.7 焊缝不得有气孔、夹渣和裂纹等缺陷。

5.2.2.8 水电解槽的电镀零部件的质量、检查应符合下列要求:

- a) 镀件的镀层表面不得鼓泡、起皮、局部无镀层和划伤等严重缺陷。镀层表面质量应进行 100% 检验。
- b) 镀件的镀层厚度、结合强度及孔隙率的检验抽样和抽样方法按照 GB/T 2829 的规定。镀件可以采用相同工艺同时电镀的试件进行试验。

5.2.3 压力容器

5.2.3.1 压力容器的材料、设计、制造、检验和验收应符合 TSG 21、GB/T 150 的规定。

5.2.3.2 各类压力容器的材质选择,应充分考虑该容器氢侧和氧侧不同的使用要求和运行状态。

5.2.4 箱体

5.2.4.1 箱体内电气隔间应始终相对大气保持不小于 5 Pa 的正压,并应根据箱体内部正压值、箱体的体积等确定排气量。

5.2.4.2 电气隔间与制氢隔间之间应采用无孔、洞的隔板分隔,当必须要穿孔时应在箱体底部开孔。

5.2.4.3 箱体应根据规模、功能要求确定,并应符合下列要求:

- a) 箱体应有足够的强度、刚度和耐久性,以保障全部设备和管路的安全。箱体同时要承担制氢系统在搬运、安装和操作过程中的受力和震动。
- b) 箱体应采用抗腐蚀材料制造,如不锈钢板或镀镍钢板,其厚度应不小于 0.6 mm。
- c) 箱体的绝缘材料应通过机械或其他适当的方法进行固定,并应防止任何形式的移动和毁坏。
- d) 箱体的内表面应平整,无氢气聚集空间,并在顶部设置排气口。如果有多处氢气聚集的空间,

则应设置多处排气口,或在相关“空间内”设置通气孔洞。

e) 箱体应在方便检查和维修的位置设置检查口和维修口,检查口应设有视窗或盖板。

f) 箱体应设置固定式氢气检测报警仪,其技术性能应符合 GB 12358 和 GB 16808 的规定。氢气检测报警仪监测空气中的氢气浓度,当达到 0.4%(体积分数)时,应报警并开启事故风机。

5.2.4.4 箱体应设有将水电解生成的氧气/氢气排放到室外指定区域的管路及其附件。对小型设备也可选择将气体排放到室内,但此时应在室内装设富氧监测系统或氢气报警系统。

5.2.5 氢气罐

5.2.5.1 制氢系统应根据氢气使用特点和用户对氢气的要求设置相应的氢气罐。

5.2.5.2 氢气罐的储存容量应根据氢气产量、用氢特点、氢气压力等参数确定。

5.2.6 氧气罐

5.2.6.1 制氢系统应根据用户对氧气的要求进行处置,可回收利用或直接排入大气,当回收利用时,应符合 GB 50177 的有关规定,应对回收利用的氧气按要求设置相应的氧气罐。

5.2.6.2 氧气罐的储存容量应根据用氧特点、氧气产量、氧气压力等参数确定。

5.2.6.3 氧气罐及其连接管道和附件均应按 HG 20202 严格进行脱脂处理。

5.2.7 氢气纯化单元

5.2.7.1 氢气纯化器主要用于去除氢气中的氧气和水分等杂质。可采用催化法去除氧气杂质、采用吸附法去除氢气中的水分。

5.2.7.2 氢气纯化器中各类压力容器的设计、制造检验和验收均应符合 TSG 21、GB/T 150、GB/T 151 中的规定。

5.2.7.3 宜采用自动控制装置对氢气纯化过程和温度等进行控制。

5.2.7.4 氢气纯化后的氧、水分的微量杂质浓度的检测应符合 GB/T 5831、GB/T 5832.1、GB/T 5832.2、GB/T 6285 的有关要求。根据用户要求,宜设置连续监测仪器。

5.2.8 阻火器

5.2.8.1 水电解制氢系统的氢气排空口前,应装设阻火器。

5.2.8.2 阻火器的结构可采用砾石型、铜丝网型和波纹型。

5.2.8.3 氢气阻火器应安装在靠近氢气排空口处。阻火器后的氢气管道应采用不锈钢管材,并设置防雨帽。

5.2.9 超压保护装置

5.2.9.1 水电解制氢系统应设置两路独立的超压联锁保护装置,以保障系统安全运行。

5.2.9.2 在制氢系统箱体内存放的气体应该引到室外指定区域排放。

5.2.9.3 压力泄放装置中安全阀的整定压力为 1.05 倍~1.1 倍工作压力,安全阀应符合 GB/T 12241 的有关要求。

5.3 管路及附件

5.3.1 通用要求

5.3.1.1 水电解制氢系统的氢气管路、附件的材质选择应符合 GB 50177 的有关要求,氧气管路、附件应符合 GB 50030 的要求。

5.3.1.2 管道支架的设置应符合 GB 50177 的规定,支架与单体设备之间不应采用焊接。

5.3.2 管路附件的布置

5.3.2.1 管路附件的布置应符合水电解制氢系统带控制点的工艺流程图的要求,且应方便水电解制氢系统的运行操作、安装和维修。

5.3.2.2 对于有热胀冷缩的管段,布置时应结合柔性计算和热补偿要求,进行妥善安排。

5.3.2.3 管道及附件的布置应整齐有序,减少不必要的交叉,适当注意美观。

5.3.3 气体管路

5.3.3.1 气体管路宜采用无缝钢管制作。

5.3.3.2 氢气管路及附件的设置应符合 GB 50177 的有关规定。

5.3.3.3 氧气管路及附件的设置应符合 GB 50030 的有关规定。

5.3.3.4 置换口与置换用气体管路间,不宜设置固定连接,避免相互污染。

5.3.3.5 气体管路应设置在线气体分析仪表。

5.3.4 液体及气液管路

5.3.4.1 冷却水管路需要保温时,应采用不燃材料。

5.3.4.2 直流电源用冷却水应设断水保护及联锁停机装置。

5.3.4.3 制氢系统中,各种设备及其管道内的冷凝水,均应经各自的排水水封排至室外,水封上的气体放空管应分别接至室外安全处。

5.3.4.4 各种液体管路最高处和最低处应设置气体和液体泄放口。

5.3.4.5 气液管路应进行防冲蚀设计。

5.4 电气设备及配线

5.4.1 直流电源的配置

5.4.1.1 水电解制氢系统的水电解槽与直流电源应按一对一方式独立配置,直流电源宜采用高频开关电源、晶闸管整流器或硅整流器。

5.4.1.2 直流电源应设有自动调压和自动稳流功能,并具备直流过流、交流缺相等联锁保护功能。

5.4.1.3 制氢系统使用的整流器选择,应符合下列要求:

a) 额定直流电压应大于水电解槽的最大工作电压,调压范围宜为 0.6 倍~1.05 倍水电解槽的最大工作电压;

b) 额定直流电流不应小于水电解槽的最大工作电流,并宜为水电解槽最大工作电流的 1.1 倍。

5.4.1.4 氢气生产环境的电气设施的应按 GB 50177 的规定分为 1 区和 2 区。爆炸危险区域内的电气设备防爆等级应为 II 类 C 级 T1 组,并符合 GB 3836.1 和 GB/T 34542.1 的要求。

5.4.1.5 制氢系统的安全联锁信号均应切断直流电源。

5.4.1.6 电解间应设置直流电源的紧急断电按钮,按钮宜设在便于操作处。

5.4.2 电气接地

5.4.2.1 水电解制氢系统应在安装管路前进行接地电阻检查。对两端分别接入直流电源正负极的水电解槽,其对地电阻不小于 1 M Ω 。

5.4.2.2 氢气设备、管道的法兰、阀门连接处应采用金属(铜制)连接线跨接,跨接电阻应小于 0.03 Ω 。

5.4.2.3 电气装置的接地,应设单独接地干线,不得采用串接方式。

5.4.2.4 氢气、氧气放空管应设置防静电接地。

5.4.2.5 所有防雷、防静电接地装置,应定期检测接地电阻,每年至少检测一次。

5.5 自动控制和监测

5.5.1 通用要求

水电解制氢系统自动控制和监测使用的硬件、软件应该能够在设计工况下正常运行,并且能够在制氢系统发生故障时及时报警、停车,并进行相应的应急处理。

5.5.2 自控及监测装置

5.5.2.1 温度传感器

碱性水电解制氢系统应在如下位置设置温度传感器:电解槽温度检测点应设置在电解槽氢、氧出口管线上;碱液温度检测点应设置在碱液冷却器碱液出口的管线上。

PEM 水电解制氢系统应在如下位置设置温度传感器:电解槽温度检测点应设置在电解槽氢、氧出口管线上;纯水温度检测点应设置在纯水出口的管线上。

5.5.2.2 压力传感器

碱性水电解制氢系统应在氢氧分离器、氢气罐处设置压力传感器。

PEM 水电解制氢系统应在如下位置设置压力传感器:水电解装置出口氢侧/氧侧,氢气罐,以及保持正压的箱体。

5.5.2.3 水质监测

对于 PEM 水电解制氢系统,可设置在线水质监测仪表,并在参数超标时报警联锁。

5.5.2.4 气体纯度检测器

水电解制氢系统在氢、氧气出气管线上应设置氢中氧、氧中氢在线分析仪。氢气纯化单元的产品气出气管线上,应设置微量氧分析仪和露点分析仪。

5.5.2.5 氢气泄漏监测装置

设置水电解制氢系统的房间内应在室内最高处或最易积聚氢气处设置空气中氢浓度检测、报警装置,并应符合 GB 16808、GB 12358 的要求。

5.5.3 联锁停机的功能设置

水电解制氢系统的自控、监测装置在报警后应立刻检查故障源,并作出相应调整。当发生下列情况之一时,应启动联锁停机:

- 当氢气或氧气纯度低于设计下限时;
- 分离器液位低于设计下限时;
- 系统压力高于设计上限时;
- 碱液/纯水循环量低于设计下限时;
- 发生电力故障时;
- 监测的空气中氢浓度超过 1%(体积分数)时。

5.6 组装及安装

5.6.1 通用要求

5.6.1.1 水电解制氢系统的组装及安装应按设备制造厂的设计文件、技术要求或工程设计文件进行。

5.6.1.2 制造厂家应提供安装说明。这些说明主要包括提供电解槽及其附属设备的安装要求、安全防护、维护检修要求。

5.6.2 水电解槽的安装

5.6.2.1 水电解槽根据规格和尺寸可采用箱体式整体安装,也可采用分散安装。

5.6.2.2 水电解槽在制造工厂进行槽体组装后,应按设计文件和技术要求进行气密性检查,合格后运至现场整体安装。

5.6.2.3 根据水电解槽的规格、尺寸和重量制定吊装、就位方案,进行充分准备后再就位安装。

5.6.2.4 水电解槽安装后应进行各种相关尺寸,连接管线准确性的检查;电气接地电阻的检查,水电解槽正负极连接的检查等。

5.6.2.5 电解槽的安装应采用单端固定。

5.6.3 氢气罐、氧气罐的安装

5.6.3.1 氢气罐、氧气罐在安装前,应按照 TSG 21 和设计文件要求进行核对、检查出厂合格证、压力容器检验文件和各种技术资料的完整性。

5.6.3.2 根据气体储罐的规格尺寸、重量和现场情况制定安装就位方案和相关安全措施。按设计文件、技术说明文件进行罐体和各相关尺寸检查。在认真进行各项准备工作后,方可进行安装就位。

5.6.3.3 安装就位后,按设计文件和技术说明文件核对安装位置和各相关尺寸,合格后进行各种管线、附件的安装。

5.6.3.4 安装完成后,应进行各种相关尺寸、连接管线连接准确性的检查;接地电阻的检查等。

5.6.4 管路及附件的安装

水电解制氢系统的管路和附件的安装应符合 GB 50177、GB 50030 的要求。

6 试验检测

6.1 测试条件

6.1.1 通用要求

6.1.1.1 在试验前,应检查制造厂提供的各种合格证、技术文件、包括全部例行试验记录和证书、图纸资料、压力容器产品的安全性能监督检验证书等文件、资料齐全后方能进行试验。

6.1.1.2 外观检查应在整套水电解制氢系统组装完成后进行,主要是检查外观和各种相关尺寸;检查各类液体、气体管路和电气线路的连接准确性等。

6.1.2 测试准备

在进行测试时,整套制氢系统应依据生产厂家说明书组装完成,并确保其系统设备在试验检测中的工况与真实工况相同。

6.1.3 测试工况

除非另行规定,整套制氢系统在试验检测时应处于设计工况。

6.1.4 测试条件

试验检测应在以下环境进行:

- a) 环境温度为 15℃~35℃;
- b) 相对湿度在制造厂家的要求之内,且不超过 75%;
- c) 无霜、露水、渗水、雨淋、太阳辐射等。
- d) 制氢系统应在测试全过程处于通风排气畅通无阻的状态。

6.2 试验

6.2.1 电气试验

6.2.1.1 回路阻抗测试

故障回路阻抗测量试验,应按照 GB/T 16895.23 的回路阻抗测试进行验证。

6.2.1.2 电压试验

电绝缘强度应按照 GB 4793.1 确认,电绝缘强度在 GB 4793.1 中称为介电强度。除非制氢系统不需要过高的湿度预处理。此时试验电压不应低于 GB 5226.1 的规定,取最大试验电压具有两倍的电气设备额定电源电压值或 1 000 V 之中较大者。

- a) 电压测试应在故障回路阻抗测量试验之后,这是为了确保测试设备的操作正确。
- b) 绝缘性能试验应在水电解槽施加电压之前进行,以减小短路风险。

6.2.1.3 主电源

主电源的标志应按照 GB 4793.1 中的要求检查。

6.2.2 气密性试验

6.2.2.1 对碱性水电解制氢系统使用清洁空气或氮气进行气密性试验;对 PEM 水电解制氢系统使用氮气进行气密性试验。

6.2.2.2 气密性试验压力为设计压力,试验开始后逐渐升压,达到规定压力后,保持 30 min,应采用涂刷专用检漏液的方法,巡回检查所有阀门、法兰或螺纹连接处,焊缝、垫片等密封点,以无漏气为合格。

6.2.3 泄漏率试验

水电解制氢系统在气密性试验合格后,以氮气进行泄漏量试验。**试验压力为系统设计压力**;试验时间为 24 h。泄漏量试验过程应认真记录系统内气体的温度、压力。以平均每小时泄漏率不超过 0.5% 为合格。平均每小时泄漏率 A 按式(1)计算:

$$A = \frac{100}{t} \left(1 - \frac{p_2 T_1}{p_1 T_2} \right) \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- A ——平均每小时泄漏率,%;
- t ——试验时间,单位为小时(h);
- p_1, p_2 ——试验开始、结束时的绝对压力,单位为兆帕(MPa);

T_1, T_2 ——试验开始、结束时的气体热力学温度,单位为开尔文(K)。

6.2.4 差压试验

6.2.4.1 对于差压式 PEM 水电解槽的电解小室应在设计工况下进行差压试验,试验使用纯水作为介质。压力应单独施加在正极或负极小室上,试验压力应为 1.3 倍最大操作压力差,整个试验过程(包括升压、保压和卸压)中的任一时刻,氢氧侧压力差不超过允许压差,产品随机文件中应注明这一要求和允许压差值。

6.2.4.2 试验电解槽内的气体应当排净并充满液体,试验过程中,应保持容器观察表面的干燥。

6.2.4.3 当试验电解槽器壁金属温度与液体温度接近时,方可缓慢升压至设计压力,确认无泄漏后继续升压至规定试验压力,保压时间一般不少于 30 min;然后降至设计压力,保压足够时间进行检查,检查期间压力应保持不变。

6.2.4.4 试验过程中,电解槽无渗漏,无可见的变形和异常声响即为试验合格。

6.2.4.5 水电解制氢系统在泄漏试验合格后应缓慢泄压。

6.3 检测

6.3.1 检测前准备

6.3.1.1 对水电解制氢系统的氢气管路进行吹扫置换,吹扫置换后系统中含氧量应小于 0.5%。

6.3.1.2 整套系统的原料水、电解液、电源和自控系统均应符合设计要求,达到开车所应具备的条件。

6.3.1.3 检测现场的生产环境符合设计要求,各生产辅助系统均应达到开车所应具备的条件。

6.3.1.4 开车后,逐渐增加负荷直至氢气/氧气纯度、工作压力、工作温度、氢气产量达到设计工况,并稳定运行后,开始进行检测、记录。

6.3.1.5 性能参数检测内容有:氢气产量、氢气/氧气纯度、直流电压和电流、单位制氢电耗等。进行上述监测的同时,并记录系统工作压力、工作温度、环境温度、原料水耗量和水质、电解液浓度等。

6.3.2 性能参数检测

6.3.2.1 氢气产量的检测应符合以下要求:

- a) 水电解制氢系统的氢气产量检测方法有容积法和直流电流测试值计算法。本标准推荐采用直流电流测试值计算法。
- b) 容积法参见附录 B,直流电流测试值计算见附录 C。

6.3.2.2 氢气/氧气纯度检测应符合以下要求:

- a) 普通氢气纯度和氢中杂质含量采用连续分析仪器检测,参见附录 D。纯氢中杂质含量应符合 GB/T 3634.2 的要求;采用 GB/T 5831、GB/T 5832.1、GB/T 5832.2、GB/T 6285、GB/T 8984 的方法进行检测。
- b) 氧气纯度和氧中杂质含量采用连续分析仪器检测,参见附录 D。氧中杂质含量应符合 GB/T 3863 的要求;采用 GB/T 5832.1、GB/T 5832.2 的方法进行检测。
- c) 氢气/氧气的纯度检测的取样点,应在水电解制氢系统中气体冷却器之后,气体储罐之前。

6.3.2.3 直流电压、电流的检测应符合以下要求:

- a) 水电解槽的总直流电流(槽电流)用直流电流表检测。电流表的精度等级不低于 0.5 级。
- b) 水电解槽的总直流电压(槽电压)用直流电压表检测。检测位置在水电解槽的正极、负极端板处。电压表的精度等级不低于 0.5 级。
- c) 每个电解小室电压采用万用表或专用电压表检测。仪器精度等级不低于 0.5 级。水电解槽的各个电解小室电压应分布均匀。

7 标志

7.1 水电解制氢系统及其单体设备的标志制作、安装位置,应符合 GB/T 13306。

7.2 标志的内容应简洁、明确,显示主要性能参数、指标和要求。标志应固定在易于观察的明显位置。

7.3 每套水电解制氢系统应设标志牌;主要单体设备应根据需要分别设置标志牌。水电解制氢系统标志牌应包括下列内容:

- a) 制造厂家名称、地址。
- b) 产品型号和商标。
- c) 制造日期、编号。
- d) 主要技术参数:
 - 1) 氢气产量(m^3/h 或 kg/h);
氧气产量(m^3/h 或 kg/h);
 - 2) 氢气纯度(%)或杂质含量(10^{-6});
氧气纯度(%)或杂质含量(10^{-6});
 - 3) 氢气压力(MPa);
氧气压力(MPa);
 - 4) 电气输入:电压(V),电流(A),频率(Hz/相);
 - 5) 环境工作温度($^{\circ}\text{C}$);
 - 6) 工作场所,室内或室外;
 - 7) 易燃易爆警示或要求;
 - 8) 设备外形尺寸(mm)、质量(kg)等。

8 产品随机文件

8.1 搬运吊装说明

8.1.1 制造厂家应提供制氢系统各类单体设备、组件的安全搬运、吊装说明;必要时以图示说明吊装、搬运的方法。

8.1.2 搬运吊装说明应确定制氢系统重心,以便起重机、叉车的搬运。

8.2 系统、设备图纸

8.2.1 制造厂家应提供水电解制氢系统在安装、运行、维护中所需的各种系统流程、设备构造和电气自控等图纸。

8.2.2 制造厂家需提供的图纸应包括但不限于下列内容:

- a) 工艺流程图,包括控制点、管径等;
- b) 各类电气原理图和水电解制氢系统或组件的电气接线图、布线图;
- c) 单体设备总图(应有接管、接线标注);
- d) 组件内设备及管线图;
- e) 需土建施工的基础条件图。

8.3 使用手册

8.3.1 使用手册应由生产厂家提供,并包括下列内容:

- a) 制氢系统全部的工艺流程图、电器原理图、控制原理图及各部分单元设备功能介绍;

- b) 公用条件要求,如高压电容量、冷却水品质要求及用量、压缩空气品质要求及用量等;
- c) 制氢系统日常消耗品及易损品的名称、用量及品质,并建议最终用户需常备的备品备件的名称、数量及周期;
- d) 制氢设备的额定技术参数,如:产气量、气体纯度、直流电压、直流电流、能耗指标等;
- e) 操作前的准备;
- f) 启动和停机程序,系统开车、停车步骤等工艺操作规程及注意事项;
- g) 系统长期停滞的注意事项;
- h) 可自行维修、标校部件仪表的使用说明;
- i) 设备可能出现的故障、分析故障原因并提供应急解决方案,同时也应提供系统所涉及的危险物质(氢气、氧气、碱性电解液、氮气)的处理方法及安全注意事项;
- j) 对制氢系统的所有警告和标记的说明,特别是对分级区域的说明。

8.3.2 如果制氢系统设有远程监控系统,则生产厂家应提供这套远程监控系统的使用程序及程序变更方法。

8.3.3 如果必要时,生产厂家提供的远程监控系统程序至少要解决如下问题:

- a) 远程控制参数;
- b) 远程更新软件;
- c) 远程改变参数;
- d) 上传参数;
- e) 上传软件;
- f) 验证使用资格;
- g) 撤销/撤回变更;
- h) 测试和备份文件。

8.4 安装维护手册

8.4.1 制造厂家应提供安装、维护的要求和指导原则。水电解制氢系统的现场布置和设计应遵循 GB 50177 的规定。

8.4.2 每个制氢系统应附有安装手册。本手册至少包含以下说明:

- a) 安装要求提示,包括设备基础、设备就位、电气接线、自控仪表和控制阀等的安装要求。
- b) 有爆炸危险的氢气生产场所,对防爆电器及其配线安装的要求。有爆炸危险的氢气生产场所的运行维护管理要求,包括通风、易燃材料和明火管制等要求等。
- c) 各种需定期更换或清洗的零部件的说明,并提出更换、清洗的要求。
- d) 制氢系统开车,停车和维护的说明。
- e) 拆解和运输的推荐方法。
- f) 为了防止安全事故,应对制氢系统及其材料、元件的报废和处理进行说明。
- g) 空气通风指示,应根据 GB 3836.14 的区域分类。

8.4.3 安装维护手册应包含制氢系统部件所有日常维护的要求,并指出这些维护的必要性和最低频率,包括:

- a) 过滤器更换或清洁频率以及更换过滤器的尺寸和类型,拆卸和更换过滤器的方式,并以图示说明;
- b) 制氢系统的清洁方法;
- c) 移动部件的润滑,包括润滑剂的类型,级别和润滑量;
- d) 排气系统及所有功能部分的周期性检测要求;
- e) 制氢系统及其支架(即,底座,框架,机柜等)不能有明显的物理损伤迹象,制氢系统周围的环境

清洁且无易燃材料,在安装电源或加入绝缘层时要指明检查区域,并提示绝缘材料可能是易燃材料。

8.4.4 安装维护手册要求对制氢系统进行周期性检查,检查应由专业人士进行。

8.4.5 安装维护手册也要对用于分级区域的制氢系统维修进行具体的介绍。

8.4.6 安装维护手册中应包含相应的安全技术要求条款,其内容应该符合 GB/T 37563 中的规定。

9 包装

9.1 水电解制氢系统的包装应符合 GB/T 13384 的规定。并按装箱单的编号、项目名称和件数进行装箱。

9.2 压力容器的包装、运输应符合 JB/T 4711 的规定。

9.3 产品出厂时,碱性水电解制氢系统应进行充氮保护,充氮压力 ≥ 0.05 MPa,此类设备的开口处应进行封堵。

9.4 PEM 水电解制氢系统无需进行充氮气保护,但要保持电解槽充满水,此类设备的开口处宜用水袋密封,保持电解槽湿润,并保证运输及储存温度在 5℃ 以上,防止冰冻。

9.5 出口产品的包装应符合 GB/T 19142 的规定,木质包装材料应按 GB/T 28060 的规定进行检疫处理。

9.6 水电解制氢系统可以裸装,运输时应采取措施,防止在运输过程中发生滑动、碰撞及倾覆的意外情况。备品备件需装箱,仪器仪表应做防震处理,随机文件及图纸资料可另行邮寄发送。

附录 A

(资料性附录)

典型压力型水电解制氢系统框图

压力型水电解制氢系统的主体设备为水电解槽。水电解槽由若干个电解小室组成,每个电解小室由电极、隔膜和电解质构成。根据所产氢气、氧气用途而配置的气液处理装置、气体纯化(干燥)单元、缓冲罐等,与水电解槽构成了整个制氢系统。典型压力型碱性水电解制氢系统框图见图 A.1,典型压力型 PEM 水电解制氢系统框图见图 A.2。

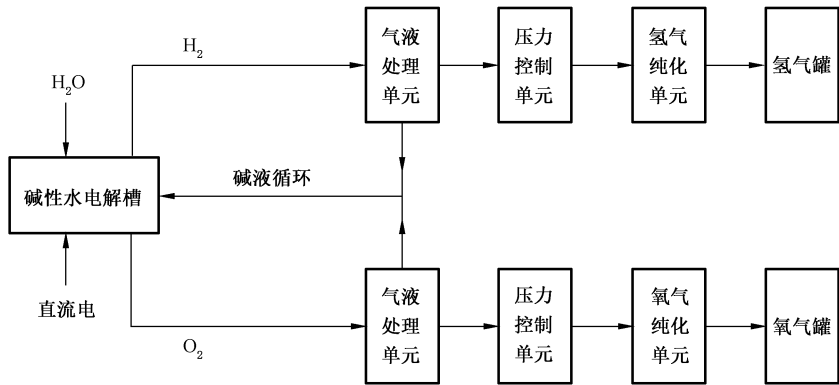


图 A.1 典型压力型碱性水电解制氢系统框图

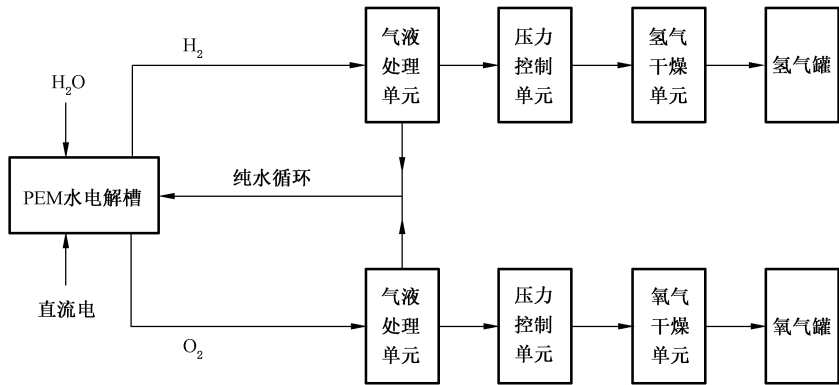
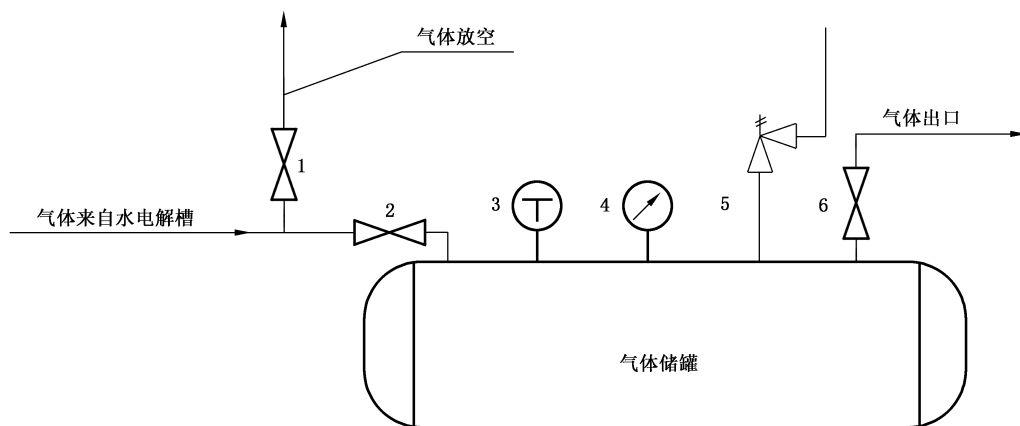


图 A.2 典型压力型 PEM 水电解制氢系统框图

附 录 B
(资料性附录)
容积法测试气体产量

B.1 容积法测试系统

容积法测试系统如图 B.1 所示。



说明：

- 1——阀 F₁；
- 2——阀 F₂；
- 3——温度计；
- 4——压力表；
- 5——安全阀；
- 6——阀 F₃。

图 B.1 容积法测试系统示意图

B.2 测试方法

B.2.1 测试前应对贮气罐的容积 V 进行测试、核算。

B.2.2 开阀 F₁, 关闭阀 F₂、阀 F₃, 准确记录贮气罐内气体的起始压力 p_1 和温度 T_1 。

B.2.3 开阀 F₂, 关闭阀 F₁、阀 F₃, 记录起始时间 t_1 。

B.2.4 经一定时间充灌气体后, 关闭阀 F₂, 开阀 F₁, 记录终止时间 t_2 、贮气罐内压力 p_2 和温度 T_2 。

B.2.5 氢气产量 Q (m³/h) 按式(B.1)计算。

$$Q = \frac{T_0 V}{p_0 t} \left(\frac{p_2}{T_2} - \frac{p_1}{T_1} \right) \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

Q ——标准状况的氢气产量, 单位为立方米每小时(m³/h)；

p_0 ——标准状况下气体绝对压力(0.101 325), 单位为兆帕(MPa)；

p_1 ——起始时贮气罐内气体绝对压力, 单位为兆帕(MPa)；

- p_2 ——终止时贮气罐内气体绝对压力,单位为兆帕(MPa);
- T_0 ——标准状况下气体温度(273.15),单位为开尔文(K);
- T_1 ——起始时贮气罐内气体温度,单位为开尔文(K);
- T_2 ——终止时贮气罐内气体温度,单位为开尔文(K);
- V ——贮气罐结构容积,单位为立方米(m^3);
- t ——测试时间,其值为 $t_2 - t_1$,单位为小时(h)。

附 录 C
(资料性附录)
电流测试值计算气体产量

C.1 原理摘要

依据水电解定律——任何物质在电解过程中,数量上的变化服从法拉第定律。

C.2 水电解制氢时的法拉第定律

在标准状况下,用 $2 \times 96\,500\text{C}$ 电量,可电解 1 mol 水制取 1 mol 氢和 $1/2\text{ mol}$ 氧。

1 mol 氢气在标准状况下的体积为 $22.43 \times 10^{-3}\text{ m}^3$;

故在标准状况下,制取 1 m^3 氢所需理论电量见式(C.1):

$$\frac{2 \times 96\,500 \times 1\,000}{3\,600 \times 22.43} = 2\,390\text{ A} \cdot \text{h}/\text{m}^3 \quad \dots\dots\dots (\text{C.1})$$

C.3 气体产量

根据电流测试值按式(C.2)计算气体产量:

$$Q = \frac{In\eta}{2\,390} \quad \dots\dots\dots (\text{C.2})$$

式中:

Q ——氢气产量,单位为立方米每小时(m^3/h);

I ——通过电解小室的直流工作电流,单位为安培(A);

n ——电解小室数;

η ——电流效率(设计选定),%。

附 录 D
(资料性附录)
分析仪器测试气体纯度

D.1 氢气纯度

D.1.1 测试仪器

分析氢气中含氧量的氧分析仪,按 GB/T 3634.2 中对氧气含量采用同手工分析或气相色谱仪比对过的仪表进行分析。

分析仪量程 0~1%O₂,刻度值小于 0.01%。

D.1.2 测试方法

将氢气送入分析仪进口接头,分析仪就直接显示出体积氧含量值。

D.1.3 氢气纯度计算

氢气纯度按式(D.1)计算(仅对氧含量规定):

$$C_{H_2} = (1 - C_{XO}) \times 100 \quad \dots\dots\dots (D.1)$$

式中:

C_{H₂}——氢气纯度,%;

C_{XO}——仪表显示氧含量值。

D.2 氧气纯度

D.2.1 测试仪器

分析氧气中含氢量的氢分析仪,按 GB/T 3863 中对氢气含量采用同铜氨溶液吸收法或气相色谱仪比对过的仪表进行分析。

分析仪量程 0~2%H₂,刻度值小于 0.01%。

D.2.2 测试方法

将氧气送入分析仪进口接头,分析仪就直接显示出体积氢含量值。

D.2.3 氧气纯度计算

氧气纯度按式(D.2)计算:

$$C_{O_2} = (1 - C_{XH}) \times 100 \quad \dots\dots\dots (D.2)$$

式中:

C_{O₂}——氧气纯度,%;

C_{XH}——仪表显示氢含量值。
