



中华人民共和国国家标准

GB/T 19774—2005

水电解制氢系统技术要求

Specification of water electrolyte system
for producing hydrogen

2005-05-25 发布

2005-11-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	Ⅲ
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	3
5 技术要求	3
5.1 水电解制氢系统	3
5.2 单体设备	5
5.3 管路及附件	8
5.4 电气设备及配线	8
5.5 自动控制和监测	9
5.6 安装、组装	9
6 试验检测	10
7 标志	12
8 产品随机文件	13
9 包装	14
附录 A(规范性附录) 电流测试值计算气体产量	15
附录 B(规范性附录) 容积法测试气体产量	16
附录 C(规范性附录) 分析仪器测试气体纯度	17
表 1 设备品质等级与单位氢气直流电能消耗	4
表 2 原料水水质	4
表 3 电解液的质量要求	5
表 4 循环冷却水的水质要求	5

前 言

本标准附录 A、附录 B、附录 C 为规范性附录。

本标准由全国能源基础与管理标准化技术委员会(SAC/TC 20)提出并归口。

本标准由中国标准化研究院、中国电子工程设计院、清华大学核能与新能源技术研究院负责起草。中船重工集团七一八研究所、天津大陆制氢设备有限公司、苏州竞立制氢设备有限公司、哈尔滨环保制氢有限公司参加起草。

本标准主要起草人：陈霖新、贾铁鹰、毛宗强、章光护、谢晓峰、许俊明、周振芳、张祥春、赵吉祥。

本标准首次发布。

水电解制氢系统技术要求

1 范围

本标准规定了以水电解法制取氢气、氧气的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。

本标准适用于工业用、商业用固定式、移动式水电解制氢系统。

本标准适用于压滤式水电解制氢装置,包括碱性水电解、固体聚合物电解质水电解。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB 150 钢制压力容器

GB 151 管壳式换热器

GB/T 191 包装储运图示标志(eqv ISO 780)

GB/T 629 化学试剂 氢氧化钠(eqv ISO 6353-2)

GB/T 1972 蝶形弹簧

GB/T 2306 化学试剂 氢氧化钾(neq ISO 6353-2)

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 工业氢

GB/T 3863 工业用氧

GB/T 3985 石棉橡胶板

GB/T 4237 不锈钢热轧钢板

GB/T 4830 工业自动化仪表气源压力范围和质量

GB 4962 氢气使用安全技术规程

GB 5099 钢质无缝气瓶(neq ISO 4705)

GB/T 5831 气体中微量氧的测定 比色法

GB/T 5832.1 气体湿度的测定 第1部分:电解法

GB/T 5832.2 气体中微量水分的测定 露点法

GB/T 6285 气体中微量氧的测定 电化学法

GB 6654 压力容器用钢板

GB/T 7445 纯氢、高纯氢和超纯氢

GB/T 8163 输送流体用无缝钢管(neq ISO 559)

GB/T 8175 设备及管道保温设计导则

GB/T 8984.1 气体中一氧化碳、二氧化碳和碳氢化合物的测定 第1部分:气体中一氧化碳、二氧化碳和甲烷的测定 气相色谱法

GB/T 8984.2 气体中一氧化碳、二氧化碳和碳氢化合物的测定 第2部分:气体中一氧化碳、二氧化碳和碳氢化合物总含量的测定 气相色谱法

GB/T 11352 一般工程用铸造碳钢件(neq ISO 3755)

GB/T 12241 安全阀 一般要求(eqv ISO 4126)

- GB 12337 钢制球形储罐
- GB 12358 作业环境气体检测报警仪通用技术要求
- GB/T 13306 标牌
- GB 13347 石油气体管道阻火器阻火性能和试验方法
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB 14194 永久气体气瓶充装规定
- GB/T 14599 高纯氧
- GB/T 14975 结构用不锈钢无缝钢管
- GB 16808 可燃气体报警控制器技术要求及试验方法(neq ISO/TC 21/SC 3)
- GB 50030 氧气站设计规范
- GB 50057 建筑物防雷设计规范
- GB 50058 爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范
- GB 50177 氢气站设计规范
- GB 50235 工业金属管道施工及验收规范
- GB 50236 现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范
- GB 50275 压缩机、风机、泵安装工程施工与验收规范
- GB 50316 工业金属管道设计规范
- JB 2111 金属覆盖层的结合强度,试验方法
- JB 2112 金属覆盖层孔隙率试验方法湿润纹纸贴置法
- JB 2115 金属覆盖层检验方法 计时流液法
- JB 2536 压力容器油漆、包装、运输
- JB 3836 爆炸性气体环境用电气设备
- HGJ 202 脱脂工程施工及验收规范
- TC 211 隔膜石棉布
- 《气瓶安全监察规程》
- 《压力容器安全技术监察规程》

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

标准状况 normal condition

气体在温度为 0℃、压力为 101.3 kPa 条件下的气体状况。

3.2

隔膜 diaphragm

将水电解槽电解除小室分隔为阴极区、阳极区,并使产生的氢气、氧气分隔,防止氢气、氧气互相穿透,但离子可迁移。

3.3

爆炸下限 lower explosive limit

易燃易爆气体、蒸汽或粉尘在空气/氧气中形成爆炸气体混合物的最低浓度。

3.4

爆炸上限 upper explosive limit

易燃易爆气体、蒸汽或粉尘在空气/氧气中形成爆炸气体混合物的最高浓度。

3.5

阻火器 fire arrester

阻火器的作用是防止外部火焰窜入存有易燃易爆气体的设备、管道内或阻止火焰在设备、管道间蔓延。阻火器是应用火焰通过热导体的狭小孔隙时,由于热量损失而熄灭的原理设计、制造。

3.6

电解小室 electrolytic cell

压滤式水电解槽由若干个电解池组成,单个电解池又被称电解小室。电解小室由正极、负极和隔膜组成。

3.7

固定式的水电解制氢系统 stationary water electrolyte system for producing hydrogen

指水电解制氢系统的各类设备、管道全部固定在设备基础、管道支架上的制氢系统。

3.8

移动式水电解制氢系统 mobile water electrolyte system for producing hydrogen

指水电解制氢系统的各类设备、管道全部布置在一个或多个可移动或搬运的底盘(座)上;此类设备可以在厂房内或厂房外安装使用,若室外安装使用时应设防晒、雨淋的防护设施。

4 分类与命名

4.1 分类

水电解制氢系统产品,按纯度分为普通型、纯气型,它们的纯度范围规定为:

普通型水电解制氢系统:产品氢气纯度 $\geq 99.7\%$;

产品氧气纯度 $\geq 99.2\%$ 。

纯气型水电解制氢系统:产品氢气纯度 $\geq 99.99\%$;

产品氧气纯度 $\geq 99.99\%$ 。

对于纯气型水电解制氢系统制取的纯氢或纯氧中的杂质含量: O_2 或 H_2 、 CO 、 CO_2 、 H_2O 等允许浓度可根据用户要求商定。

4.2 产品命名

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。编制方法应符合下列规定:

SDJ□ ×××-□ ×××/×× 型

设计压力,单位为 MPa,常压型可省

标准状况的氢气产量,单位为 m^3/h

气体纯度,普通型可省略

设计电流密度,单位为 A/m^2

各厂家可自定的代号

为水电解制氢系统的代号,取水、电、解的汉语拼音字母字头

注:本标准中的体积为标准状况下的体积。

5 技术要求

5.1 水电解制氢系统

5.1.1 通用要求

5.1.1.1 水电解制氢系统包括下列单体设备或装置:水电解槽及其辅助设备——分离器、冷却器、压力

调节阀、碱液过滤器、碱液循环泵；原料水制备装置；碱液制备及贮存装置；氢气纯化装置；氢气储罐；氢气压缩机；气体检测装置；直流电源、自控装置等。

5.1.1.2 水电解制氢系统可采用固定式或移动式。

5.1.1.3 水电解制氢系统的副产品——氧气，可根据需要回收利用或直接排入大气。当回收利用时，应根据用户要求分别设有氧气储罐、氧气压缩机、氧气灌装设施和相应的安全技术措施。水电解氧气回收利用系统、设备、管道及其附件应遵照下列标准、规范进行设计、制造、安装验收：GB 50177、GB 50030、GB 14194、GB 50316、GB 50235、GB 50236、HGJ 202、《气瓶安全监察规程》。

5.1.2 电能消耗

5.1.2.1 水电解制氢系统的电能消耗主要是水电解槽的直流电能消耗。本标准以单位氢气产量的直流电能消耗评定设备品质。

5.1.2.2 水电解制氢系统设备品质等级应符合表1规定。

表1 设备品质等级与单位氢气直流电能消耗

等级	单位氢气电能消耗/(kW·h/m ³)
优良	≤4.4
一级	≤4.6
二级(A)	≤4.8
二级(B)	≤5.0

5.1.3 工作条件

5.1.3.1 水电解制氢系统的工作压力(p)分为：常压、低压和中压三类，它们的压力范围规定为：

常压水电解制氢系统， $p < 0.1$ MPa；

低压水电解制氢系统， $0.1 \text{ MPa} \leq p < 1.6 \text{ MPa}$ ；

中压水电解制氢系统， $1.6 \text{ MPa} \leq p < 10 \text{ MPa}$ 。

5.1.3.2 环境温度 根据用户要求确定水电解制氢系统的工作环境温度。在没有确定的数据时，宜按工作环境温度小于45℃为依据。

5.1.3.3 水电解制氢系统所处场所有爆炸危险的区域及等级的划分，应符合GB 50177的规定。

5.1.3.4 水电解制氢系统的外供电系统的输入电压值由用户确定，电压等级宜为10 kV、380 V。

水电解制氢系统每台水电解槽均应独立配置直流电源。

5.1.3.5 水电解用原料水的水质应符合表2规定。

表2 原料水水质

名称	单位	指标
电阻率	$\Omega \cdot \text{cm}$	$\geq 1.0 \times 10^5$
铁离子含量	mg/L	<1.0
氟离子含量	mg/L	<2.0
悬浮物	mg/L	<1.0

注：水电解槽采用固体聚合物电解质水电解制氢时，原料水水质另定。

5.1.3.6 水电解制氢系统采用苛性碱性水溶液时，所使用的氢氧化钾或氢氧化钠应符合GB/T 2306、GB/T 629的规定。

在苛性碱性水溶液电解制氢系统运行中，苛性碱性水溶液(电解液)的质量要求应符合表3的规定。

表 3 电解液的质量要求

名称	单位	指标
浓度	%	27~32 ^a
CO ₃ ²⁻ 含量	mg/L	<100
Fe ²⁺ , Fe ³⁺ 含量	mg/L	<3
Cl ⁻ 含量	mg/L	<800

^a 此浓度为采用 KOH 水溶液时。

5.1.3.7 水电解制氢系统应设置吹扫置换接口。吹扫置换气采用含氧量小于 0.5% 的氮气。

5.1.3.8 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 值		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

5.1.3.9 仪表或气动用压缩空气的气源压力应按仪表或气动要求确定,其质量应符合 GB/T 4830 的规定或相关产品的要求。

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,应根据水电解制氢系统的规模、用氢特性、氢气品质的不同要求,合理配置不同的单体设备。

5.2.1.2 单体设备的技术性能、工作参数应满足或高于水电解制氢系统的总体要求。

5.2.1.3 单体设备的材质

单体设备内或连接部位与电化学反应过程或氢气/氧气直接接触或间接接触的内表面、零部件或密封件所选用的材料应具有下列特性:

5.2.1.3.1 在所有的工作条件下,具有必要的化学稳定性。

5.2.1.3.2 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。

5.2.1.3.3 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。

5.2.1.3.4 所选用材料的化学组成、结构形态,不应发生或避免发生氢脆或氢腐蚀。

5.2.1.3.5 所选用的材料的化学组成、结构形态,在运行中不发生应力腐蚀、裂纹或氧腐蚀。

5.2.1.4 对移动式水电解制氢系统的防护罩或外壳的设置,应符合下列规定:

5.2.1.4.1 当直接接触或间接接触潮湿气体后,可能影响单体设备或零部件技术性能或使用功能时,应采取防护措施或选用防潮材质。

5.2.1.4.2 防护罩或外壳应采用不燃材料;最小厚度宜为 0.6 mm,一般可采用镀锌钢板等。对面积较大的防护罩,按强度或刚性要求,采取加强措施或双层结构。

5.2.1.4.3 防护罩或外壳需设保温层时,应按 GB/T 8175 设计,其保温材料,应采用不燃材料,并设置

避免材料飞扬、散落的措施。

5.2.1.4.4 防护罩或外壳的内表面必须平整、无氢气积聚空间,并在顶部最高处设排气口。若有二处或二处以上顶部有最高处时,则应在每个最高处均设排气口。

5.2.1.4.5 防护罩或外壳内应设有氢气浓度报警装置,并与排风机或吹扫置换气体关断阀连锁。

5.2.1.4.6 防护罩或外壳内应在方便检查、维修的位置设检查口、维修口,其数量和尺寸应按检查、维修对象或功能确定。检查口、维修口应设有视窗或盖板。

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、结构应以降低单位氢气电能消耗、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型式、电解小室及其电极、隔膜、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 电解小室的电极材质、涂层等应根据槽体设计、水电解制氢系统的总体要求确定。

5.2.2.4 隔膜材质,隔膜石棉布应符合 TC 211 的规定。应按槽体设计的技术要求和供货条件确定。

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,其质量应符合 GB/T 3985 或具体水电解槽槽体设计所选材质的相关标准。

5.2.2.6 蝶形弹簧的制造要求应符合 GB/T 1972 的规定。

5.2.2.7 铸件内外表面应光滑,不得有气泡、裂纹及厚度显著不均的缺陷,铸钢件应符合 GB/T 11352 的规定。

5.2.2.8 主要焊接结构的焊缝不得有气孔、夹渣和裂纹等缺陷。

5.2.2.9 水电解槽的电镀零部件的质量、检查应符合下列要求。

5.2.2.9.1 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。

5.2.2.9.2 镀件的镀层厚度、结合强度及孔隙率的质量和检查应分别符合 JB 2111、JB 2112 和 JB 2115 的规定。

5.2.2.9.3 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 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 水电解制氢系统的压力容器主要用于气液分离、冷却和储存。压力容器的设计、制造、检验和验收应符合《压力容器安全技术监察规程》、GB 150、GB 151 的规定。

5.2.3.2 容器的工作压力是指在水电解制氢系统正常工作状态下,容器顶部可能达到的最高压力。

5.2.3.3 容器的材质应满足氢气/氧气和电解液在系统工作状态的要求。当采用不锈钢板时应符合 GB/T 4237 的规定;采用碳素钢板时应符合 GB 6654 的规定。

5.2.3.4 容器的规格、尺寸、壁厚应按计算确定,并留有必要的裕量。

5.2.3.5 容器的布置应根据水电解制氢系统的总体设计,并尽力做到顺应制氢流程、连接管路短、方便操作和维修。

5.2.4 氢气储罐

5.2.4.1 水电解制氢系统根据氢气使用特点或用户要求,设置相应的氢气储罐。

5.2.4.2 氢气储罐的储存能力应按氢气使用特点、氢气生产能力和电力供应状况确定。

压力型氢气罐的氢气储存容量应根据最大进气压力和允许出气压力确定。

5.2.4.3 氢气储罐有常压型和压力型两类。

常压型氢气罐宜采用湿式贮气柜,工作压力为 4.0 kPa。

压力型氢气罐有筒形或球形压力容器,也可用氢气钢瓶组或长管氢气钢瓶等。工作压力应按水电

解制氢系统工艺流程、氢气使用特点确定。氢气球形罐的制造、检验应符合 GB 12337 的规定；氢气钢瓶应符合 GB 5099 和《气瓶安全监察规程》的规定。

5.2.4.4 压力型氢气罐上或其进气/出气管第 1 个切断阀前必须设泄压用安全阀，安全阀应符合 GB/T 12241 的规定。常压型氢气罐，应设自动放空管。

5.2.4.5 移动式水电解制氢系统的氢气罐，若设置在防护罩或外壳内，其氢气容量不得超过 20 m³。当氧气回收并设有氧气罐时，氢气罐与氧气罐应分别设在不同的底座和防护罩内。氧气罐应按 HGJ 202 的规定进行脱脂处理。

5.2.5 氢气压缩机

5.2.5.1 用于氢气增压的氢气压缩机，应根据水电解制氢系统流程和用户要求设置，其形式有从常压增压至低压或中压或高压；从低压增压至中压或高压；从中压增压至高压甚至超高压等多种型式。

5.2.5.2 根据氢气压缩机进气/排气压力、氢气纯度的要求，选用活塞式、膜式等类型压缩机。

5.2.5.3 氢气压缩机的性能、结构和材质均应满足氢气特性的要求，设置可靠的防爆、防渗漏措施。

氢气压缩机应配置防爆型电动机，其防爆等级为 dIICT1，应符合 GB 50058 的规定。

5.2.5.4 氢气压缩机应分级设置安全泄压装置——安全阀。安全阀应装防护罩，排出的氢气应接至室外。氢气压缩机的进气管应设有低压超限报警装置、停机连锁。

5.2.5.5 氢气压缩机前应设置有氢气缓冲罐。对于氢气输送用氢气压缩机，应在进气管与排气管之间设置旁通循环管。

5.2.5.6 移动式水电解制氢系统中的氢气压缩机的电气柜/控制柜，应采用邻近布置，此类电气柜/控制柜应采用柜内填充带压空气或氮气或按 GB 50058 规定采用 dIICT1 等级的防爆电器。

移动式水电解制氢系统中的氢气压缩机，应固定在底座上，并应设置隔振措施；压缩机的安装、验收应符合 GB 50275 的规定。

5.2.6 氢气纯化器

5.2.6.1 氢气纯化器用于去除氢气中的氧杂质、水分等。采用催化法去除氧杂质，采用降温法和吸附法去除氢气中的水分。

5.2.6.2 氢气纯化器中的各类容器的设计、制造、检验、验收均应符合《压力容器安全技术监察规程》和 GB 150、GB 151 的规定。

5.2.6.3 氢气纯化过程的温度控制等，宜采用自动控制装置控制。

5.2.6.4 氢气纯化后的氧、水分的痕量杂质浓度的检测可采用 GB/T 5831、GB/T 6285、GB/T 5832.1、GB/T 5832.2、GB/T 8984.1、GB/T 8984.2 的方法。根据用户要求，宜设置连续检测仪器。

5.2.7 压力调节器/阀

5.2.7.1 压力调节器/阀用于水电解槽出口氢气侧、氧气侧的压力平衡或水电解制氢系统外供氢气/氧气的压力调节。

5.2.7.2 压力调节器/阀应符合气动调节阀、自力式调节阀的相关标准或企业标准。

5.2.8 氢气关闭阀/切断阀

5.2.8.1 根据水电解制氢系统的生产过程的气流切断、分析、测试、吹除置换的要求应在相关位置设置关闭阀/切断阀。

5.2.8.2 关闭阀/切断阀的工作压力、温度参数，应按其在系统中的所在位置确定，此类阀门的选择应充分考虑氢气的特性，而纯氢系统的阀门的选择还应考虑纯氢不会被污染。

当氢气系统采用电动阀时，应按 GB 50058 的规定选用相应防爆等级的阀门。

5.2.8.3 水电解制氢系统的阀门，在安装前应逐个进行气密性泄漏量检测，应符合 GB 50177、GB 50235 的规定。

5.2.9 阻火器

5.2.9.1 水电解制氢系统的氢气排空口前,应装设阻火器,防止雷击等外部火源返回引起氢气着火。

5.2.9.2 阻火器的阻火层结构有砾石型、金属丝网型和波纹型。氢气阻火器可采用 GB 13347 规定的要求与方法。

5.2.9.3 氢气阻火器宜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。

5.3 管路及附件

5.3.1 材质选择

水电解制氢系统的管路、附件的材质选择,应符合 GB 50177、GB 50316、GB 50235 的规定。

5.3.2 管路、附件的布置

5.3.2.1 符合水电解制氢系统带控制点的工艺流程图的要求。

5.3.2.2 应方便运行操作、安装和维修。

5.3.2.3 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,妥善安排。

5.3.2.4 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 氢气流速

氢气管道内氢气流速和管径、附件形式的选择,应符合 GB 50177、GB 50316 的规定。

5.3.4 管道支架

管道支架的设置、计算,应符合 GB 50316 的规定。支架应避免焊接在单体设备上。

5.3.5 冷却水管路

应根据其工作温度确定是否采取保温措施。当需要进行保温时,其保温材料应为不燃材料。

对不得中断冷却水供应的冷却水管路,应设有断水保护装置,并设置报警和停机连锁。

5.4 电气设备 & 配线

5.4.1 直流电源的配置

5.4.1.1 每台水电解槽的直流电源一般单独地采用晶闸管整流器或硅整流器。整流器应设有调压功能,并具备自动稳流功能。

5.4.1.2 水电解槽用整流器的选择,应符合下列要求:

——额定直流电压应大于水电解槽工作电压,调压范围宜为 0.6~1.05 倍水电解槽额定电压;

——额定直流电流不应小于水电解槽工作电流,并宜为水电解槽额定电流的 1.1 倍。

5.4.1.3 氢气生产环境的电气设施的设防,按 GB 50177 的规定,应为 1 区或 2 区。在有爆炸危险环境中的电气设备 & 配线应按 GB 50058、JB 3836 的规定进行选用、配置。

5.4.2 移动式水电解制氢系统的电气设施

5.4.2.1 移动式水电解制氢系统,设置在防护罩内的制氢装置的区域,其爆炸危险等级应为 1 区,相关的电气设备 & 配线应按 GB 50058、JB 3836 的规定进行配置。

移动式水电解制氢系统的防雷设施的设置 & 安装地区或场所有关,应同订货方协商确定,并应符合 GB 50177、GB 50057 的规定。

5.4.2.2 防护罩的强制通风机及其电动机均应为防爆型,并符合 GB 50058、JB 3836 的规定。

5.4.2.3 防护罩内应设有氢气浓度超限报警装置。当氢气浓度超过 0.5% 时,应启动强制通风机排气;当氢气浓度超过 1.0% 时,应停产检查。

5.4.3 电气接地

5.4.3.1 水电解槽应按结构特点进行接地电阻检查。对两端分别接入直流电源正负极的水电解槽,其接地电阻不小于 1.0 M Ω 。

5.4.3.2 氢气设备、管道的法兰、阀门连接处应采用金属(铜质)连接线跨接。

5.4.3.3 防爆电器、配线接地电阻检查。

5.4.3.4 氢气压缩机应采取导除静电的接地措施,接地电阻不大于 30 Ω 。

5.5 自动控制和监测

5.5.1 通用要求

水电解制氢系统的自动控制、监测装置的硬件、软件应能承受可能事故的发生,并能承担当故障发生时,即时报警、停机,并进行必要的妥善处理。

5.5.2 自控及监测装置

5.5.2.1 压力传感器

设置压力传感器的有:水电解槽出口氢侧/氧侧压力和压力差,氢气压缩机入口压力,氢气罐压力,5.2.5.6中正压空气的压力等。

5.5.2.2 温度传感器

设置温度传感器的有:水电解槽出口气体或电解液温度、氢气压缩机等的冷却水出口温度等。

5.5.2.3 液位传感器

设置液位传感器的有:分离器的液位等。

5.5.2.4 气体浓度检测探测器

5.5.2.4.1 水电解槽出口氢气中含氧量和氧气中含氢量;氢纯化设备出口氢气中含氧量、露点;回收利用氧气时,氧中氢浓度,必须设置气体浓度连续测定,并带报警装置。

5.5.2.4.2 氢浓度探测、报警装置,应符合 GB 16808、GB 12358 的要求。

5.5.2.4.3 气体浓度检测分析仪的最小分度值应不大于 0.01%(体积比)。

5.5.3 自动停车

5.5.3.1 当水电解制氢系统的自控、监测装置报警后,应即时分析,并对系统进行必要调整,系统恢复正常工作状态。若报警后,经调整,仍不能纠正,并恢复正常工作时,则应按程序要求停机。

5.5.3.2 当出现下列情况之一时,应停机检查:

- 氢气或氧气的纯度下降至允许值下限时;
- 当回收利用氧气时,氧气中氢浓度超过规定值时;
- 水电解槽的电解小室电压,经多次测定均不正常时;
- 水电解槽出口氢侧/氧侧气体压力不平衡,其压力差超过允许值时;
- 氢气压缩机进气侧的氢气压力低于允许值时;
- 电力供应故障;
- 监测的空气中氢浓度超过 1.0%时。

5.6 安装、组装

5.6.1 通用要求

5.6.1.1 水电解制氢系统的安装、组装应按设备制造厂的设计图纸、技术要求或工程设计图纸进行。

5.6.1.2 水电解制氢系统的安装、组装及试验,应符合 GB 50177 的要求。

5.6.2 水电解槽的安装

5.6.2.1 水电解槽的安装方式有:整体安装和分散安装。

5.6.2.1.1 压力型水电解槽,一般采用整体安装方式,即在制造厂进行槽体组装后,运至使用现场整体安装。根据水电解槽的规格、尺寸和重量制定吊装、就位方案,在进行充分准备后就位安装。然后按设计图纸和技术要求进行气密检查。

5.6.2.1.2 常压型水电解槽,一般采用分散式安装,即将电解槽的极框、主副极板、隔膜和气道、液道等零部件运至使用现场,在现场按制造厂的设计图纸、技术要求进行组装。组装工作由制造厂家和用户共同进行或在制造厂的技术人员的指导下进行,并按合同各自完成自己的职责。

5.6.2.1.3 移动式水电解制氢系统的水电解槽,宜在制造厂进行组装,在用户现场仅需按制造厂图纸和说明书进行就位和各类管线的连接。

5.6.2.2 安装后的检查

5.6.2.2.1 整体安装的水电解槽,安装后进行各种相关尺寸、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。

5.6.2.2.2 分散安装的水电解槽,组装完成后,首先检查各种相关尺寸、连接管线的准确性;接通蒸汽进行蒸煮、夹紧和槽体的气密性试验;检查电气接地的正确性和接地电阻;水电解槽正负极连接的检查等。新水电解槽的组装、检查工作,制造厂家应派技术人员驻现场,并负责解决有关设备质量及其相关问题。

5.6.2.2.3 移动式电解制氢系统的水电解槽在用户现场安装后,应进行相关尺寸、连接管线准确性的检查;电气接地电阻检查等。

5.6.3 氢气压缩机的安装

5.6.3.1 氢气压缩机安装前应检查制造厂提供的出厂合格证,熟悉技术说明书和相关图纸资料。

5.6.3.2 氢气压缩机的安装和验收应符合 GB 50275 的规定,并按压缩机的有关标准和制造厂的技术说明书中的要求进行。

5.6.3.3 氢气压缩机在接入水电解制氢系统试运行前,应进行下列工作。

5.6.3.3.1 检查电气接线和接地的准确性;

5.6.3.3.2 进行单机空负荷试车,并对各类零部件的运转、活动情况和各部分气密性及安全装置进行检查;

5.6.3.3.3 采用含氧量小于 0.5% 的氮气进行吹扫置换。

5.6.4 氢气罐的安装

5.6.4.1 氢气罐的安装前,应按《压力容器安全技术监察规程》和设计图纸要求,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。

5.6.4.2 根据氢气罐的规格尺寸、重量和现场情况,制定安装就位方案和相关安全措施。按设计图纸、技术说明文件进行罐内外和各相关尺寸检查。在认真进行各项准备工作后,方可进行安装就位。

5.6.4.3 安装就位后,按设计图纸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。

5.6.4.4 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。

5.6.5 氢气/氧气管道、阀门及附件的安装

5.6.5.1 氢气/氧气管道、阀门附件的安装应符合 GB 50316、GB 50235 的要求。

5.6.5.2 氢气/氧气管道的管材、阀门附件,应符合 GB/T 8163 和 GB/T 14975 的规定,GB/T 8163 和 GB/T 14975 无规定的管材、阀门附件应符合阀门、附件制造厂家企业标准的规定。

5.6.5.3 各类阀门应有可靠的支承,确保阀门的正确动作,并不得引起管路的振动或影响单体设备连接处的强度等。

5.6.5.4 氢气/氧气管道安装后,应进行强度试验、气密性试验和泄漏量试验,此类试验应按 GB 50177、GB 50030、GB 50235 的规定进行。氧气管道及其阀门、附件的脱脂应符合 GB 50030、HGJ 202 的规定。

6 试验检测

6.1 试验

6.1.1 试验前的准备

6.1.1.1 试验前,应检查所有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、压力容器产品安全质量监督检验证书等,这些文件、资料齐全,并逐一进行核对无误后,才能进行试验。

6.1.1.2 外观检查,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的准确性等。

6.1.2 试验方法

6.1.2.1 气密性试验,对压力型水电解制氢系统以洁净空气或氮气进行气密性试验。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,检查所有连接处,焊缝、法兰、垫片等处,以无漏气为合格。

对常压型水电解制氢系统的气密性试验压力为 0.05 MPa 或注满水静置试验。

6.1.2.2 泄漏量试验。水电解制氢系统在气密性试验合格后,以洁净空气或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%/h 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,用(%/h)表示;

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、结束时的气体绝对温度,单位为开尔文(K)。

6.1.2.3 氢气压缩机、泵类等运动类设备,应按相关的标准进行负荷试车。

6.1.2.4 压力型氢气罐等压力容器,应按《压力容器安全技术监察规程》和设计图纸进行焊接质量检查和强度试验等,并由有资格的检测部门出具证书。

6.1.2.5 外壳通风试验

6.1.2.5.1 移动式水电解制氢系统的防护罩的通风量测试,应在开启排气通风机后,检查每小时的换气次数;并由防护罩内的氢气报警装置测定外壳内各部分的通风状况。

6.1.2.5.2 当水电解制氢系统的电气柜未采用防爆型电器,配线时,应对电气柜外壳进行压力试验,宜在 1.0 kPa 气压下进行检查,不泄漏为合格。

6.2 检测

6.2.1 检测前的准备

6.2.1.1 对水电解制氢系统的氢气管路进行吹扫置换,吹除置换后系统内含氧量 $<0.5\%$ 。

6.2.1.2 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。

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

6.2.1.4 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。

6.2.1.5 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。进行上述检测的同时,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。

6.2.2 性能参数检测

6.2.2.1 氢气产量的检测

6.2.2.1.1 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。

6.2.2.1.2 直流电流测试值计算见附录 A;容积法见附录 B。

6.2.2.2 氢气/氧气纯度的检测

6.2.2.2.1 普通氢气纯度和氢中杂质含量采用连续分析仪器检测,见附录 C。纯氢中杂质含量应符合 GB/T 3634、GB/T 7445 的要求;采用 GB/T 5831、GB/T 5832.1、GB/T 5832.2、GB/T 6285、GB/T 8984.1、GB/T 8984.2 的方法进行检测。

6.2.2.2.2 普通氧气纯度和氧中杂质含量采用连续分析仪器检测,见附录 C。纯氧中杂质含量应符合 GB/T 3863、GB/T 14599 的要求;采用 GB/T 5832.1、GB/T 5832.2 的方法进行检测。

6.2.2.2.3 普通氢气/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,氢气储罐之前。

6.2.2.3 直流电压、电流的检测

6.2.2.3.1 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。

6.2.2.3.2 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阳极、阴极板处。电压表的精度等级不低于0.5级。

6.2.2.3.3 每个电解小室电压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。

6.2.2.4 单位制氢的电耗

6.2.2.4.1 水电解制氢系统单位制氢的直流电耗(W_{H_2})按式(2)计算:

$$W_{H_2} = \frac{IUT}{Q_{H_2} \times 10^3} \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

W_{H_2} ——单位制氢直流电耗,单位为千瓦时每立方米($\text{kW} \cdot \text{h}/\text{m}^3$);

I ——水电解槽的总直流电流,单位为安培(A);

U ——水电解槽的总直流电压,单位为伏特(V);

Q_{H_2} ——检测期间氢气产量,单位为立方米每小时(m^3/h);

T ——检测时间,单位为小时(h)。

6.2.2.4.2 直流电流、直流电压按6.2.2.3的检测方法进行,应取检测期间的平均值计算。

6.2.3 检测要求

6.2.3.1 在用户现场进行检测的项目、检测要求和合格标准应在供货合同中明确规定,并作为设备验收的依据。

6.2.3.2 制造厂家应向设备用户提供下列检测记录、资料和报告。

6.2.3.2.1 所订购设备在制造工厂的检测试验资料或报告。

6.2.3.2.2 订货合同规定的所有检测项目的检测记录、资料和报告。

6.2.3.3 检测用仪器、仪表和所有相关材料,均应符合有关标准或合同的规定。检测用仪器、仪表均应在有效认证时限内。

7 标志

7.1 通用要求

7.1.1 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的规定。

7.1.2 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。

7.1.3 每套水电解制氢系统应设标志牌;主要单体设备,根据需要分别设标志牌。

7.2 标志牌内容

7.2.1 移动式水电解制氢系统标志牌应包括下列内容。

7.2.1.1 制造厂家名称、地址。

7.2.1.2 产品型号和商标。

7.2.1.3 制造日期、编号。

7.2.1.4 主要技术参数:

a) 氢气产量(m^3/h 或 kg/h);

氧气产量(m^3/h 或 kg/h);

b) 氢气纯度(%)或杂质含量(10^{-6});

氧气纯度(%)或杂质含量(10^{-6});

- c) 氢气压力(MPa);
氧气压力(MPa);
- d) 电气输入:电压(V),电流(A),频率(Hz/相);
- e) 环境工作温度($^{\circ}\text{C}$);
- f) 工作场所,室内或室外;
- g) 易燃易爆警示或要求(移动式);
- h) 设备外形尺寸(mm)、质量(kg)等。

7.2.2 水电解槽标志牌应包括下列内容。

7.2.2.1 制造厂家名称、地址。

7.2.2.2 产品型号和商标。

7.2.2.3 制造日期、编号。

7.2.2.4 主要技术参数:

- a) 氢气产量(m^3/h 或 kg/h);
氧气产量(m^3/h 或 kg/h);
- b) 氢气纯度(%)或杂质含量(10^{-6});
氧气纯度(%)或杂质含量(10^{-6});
- c) 氢气压力(MPa);
氧气压力(MPa);
- d) 直流电输入:电压(V),电流(A);
- e) 环境工作温度($^{\circ}\text{C}$);
- f) 工作场所,室内或室外;
- g) 设备外形尺寸(mm)、质量(kg)等。

7.2.3 压力容器标志牌应遵照《压力容器安全技术监察规程》的要求进行。

7.3 包装箱图示

包装箱储运图标志应符合 GB/T 191 的规定。

8 产品随机文件

8.1 搬运、吊装要求

制造厂家应提供水电解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、搬运方法。

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 需提供的图纸应包括下列内容。

- a) 工艺流程图,带控制点、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 制造厂家应提供启动、停机程序的指导性要求或说明。

8.3.2 安全使用须知的提示,一般应包括下列内容。

- 8.3.2.1 氢气生产的环境有关防爆、防泄漏和安全运行的提示。
- 8.3.2.2 电解液的制备、防泄漏及其安全保护措施。
- 8.3.2.3 氢气排入不通风或通风不良的房间内,形成富氢环境的危害的提示。
- 8.3.3 当水电解制氢系统设有远距离监控系统时,制造厂家应提供相关的程序说明,并详细说明计算机的操作运行要求。

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。包括:水电解制氢系统的现场布置和设计必须遵循 GB 50177 的规定,氢气的使用必须遵循 GB 4962 的规定。
- 8.4.2 安装维护手册主要应包括下列内容。
 - 8.4.2.1 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。
 - 8.4.2.2 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的要求等。
 - 8.4.2.3 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。

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 2536 的规定。
- 9.3 产品出厂时,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。

附 录 A
(规范性附录)
电流测试值计算气体产量

A.1 原理摘要

依据电解定律——任何物质在电解过程中,数量上的变化服从法拉第定律。

A.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 氢所需理论电量为式(A.1):

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

A.3 电流测试值计算气体产量

电流测试值计算气体产量按式(A.2)进行。

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

式中:

Q ——氢气产量,单位为立方米每小时(m^3/h);

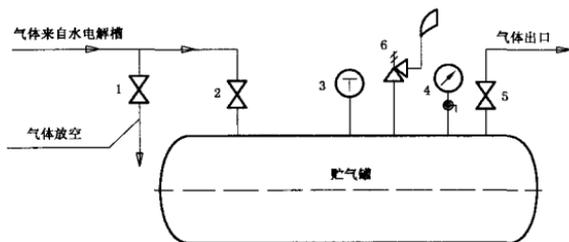
I ——通过电解小室的直流工作电流,单位为安培(A);

n ——电解小室数;

η ——电流效率(设计选定),单位用(%)表示。

附录 B
(规范性附录)
容积法测试气体产量

B.1 容积法测试系统流程如图 B.1 所示。



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

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结构容积进行实测。

B.2.2 开阀-1,关闭阀-2、阀-3,准确记录贮气罐内气体的起始压力和温度。

B.2.3 开阀-2,关闭阀-1、阀-3,记录起始时间。

B.2.4 经一定时间充灌气体后,关闭阀-2,开阀-1,记录终止时间、贮气罐内压力和温度。

B.2.5 气体产量 $Q(\text{m}^3/\text{h})$ 按式(B.1)计算。

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

式中:

- Q ——标准状况下气体产量,单位为立方米每小时(m^3/h);
 p_0 ——标准状况下气体压力(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,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,单位为小时(h)。

附录 C
(规范性附录)
分析仪器测试气体纯度

C.1 氢气纯度**C.1.1 测试仪器**

分析氢气中氧含量的氧分析仪,按 GB/T 3634 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。

分析仪的量程 0~1%O₂,刻度值小于 0.01%。

C.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。

C.1.3 氢气纯度按式(C.1)计算(仅对氧含量规定):

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

式中:

C_{H_2} ——氢气纯度,用(%)表示;

C_{xO} ——仪表显示氧含量值。

C.2 氧气纯度**C.2.1 测试仪器**

分析氧气中氢含量的氢分析仪,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。

分析仪的量程在 0~2%H₂,刻度值小于 0.01%。

C.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。

C.2.3 氧气纯度按式(C.2)计算:

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

式中:

C_{O_2} ——氧气纯度,用(%)表示;

C_{xH} ——仪表显示氢含量值。