

ICS
CCS

团 体 标 准

T/CCASC XXXX—202X

氯碱副产氢纯化技术规范

Technical specifications for purification of chlor-alkali by-product hydrogen

(征求意见稿)

202X—XX—XX 发布

202X—XX—XX 实施

中国氯碱工业协会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 纯化技术	2
5 技术指标	3
6 技术要求	4
参考文献	9

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国氯碱工业协会标准化工作委员会提出并归口。

本文件主要起草单位：。

本文件参与起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件由中国氯碱工业协会负责管理和解释。

氯碱副产氢纯化技术规范

1 范围

本文件规定了氯碱副产氢气纯化的技术类别、技术指标、技术要求等内容。
本文件适用于氯碱副产氢气的纯化。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 3634.1 氢气第 1 部分：工业氢

GB/T 3634.2 氢气第 2 部分：纯氢、高纯氢和超纯氢

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 1 部分：露点法

GB/T 6285 气体中微量氧的测定电化学法

GB/T 6286 分子筛堆积密度测定方法

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 105043A 分子筛

GB/T 13347 石油气体管道阻火器

GB 50057 建筑物防雷设计规范

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

GB 50235 工业金属管道施工及验收规范

GB 50316 工业金属管道设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

氢气纯化技术 hydrogen purification technology

指利用不同方式去除氢气中的杂质组分，生产符合标准的氢气的气体分离技术。

3.2

变压吸附提纯氢系统 hydrogen purification system by PSA

采用变压吸附法，从含氢气体中提纯氢气的制氢系统。

3.3

阻火器 fire arrester

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而设计制造的，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、管道间蔓延的设备。

4 纯化技术

4.1 变压吸附技术

4.1.1 技术原理

利用固体吸附剂对不同气体的吸附选择性以及气体在吸附剂上的吸附量随其压力变化而变化的特性，在一定的压力下吸附，然后通过降低被吸附气体分压使被吸附气体解吸的气体分离方法。

4.1.2 工艺流程

来自低压压缩机部分的氯碱尾气经脱氧脱水后进入装填了多种吸附剂的吸附塔，通过塔内装填顺序和吸附剂选择性依次选择吸附杂质，一次性除氢以外的几乎所有杂质，获得纯度大于 99.99% 的纯氢气，再经高压压缩机增压后送出界区。当吸附剂吸附饱和后，通过程控阀门切换至其它塔吸附，吸附饱和的塔则转入再生过程。再生时一部分回收的氢气送回气柜，其余杂质通过真空泵抽真空排向大气。

4.1.3 适用范围

主要适用于氯碱副产氢等粗氢制备后的纯化。

4.2 冷冻分离技术

4.2.1 技术原理

基于氢与其他气体沸点差异大的原理，在操作温度下，使除氢以外所有高沸点组分冷凝为液体的分离方法。

4.2.2 工艺流程

原料气经过预处理除去部分杂质后，进入低温冷凝装置，根据杂质气体的沸点实现气体分离。

4.2.3 适用范围

主要适用于适合氢含量 30-80% 的原料气回收氢，产氢纯度高。

4.3 膜分离技术

4.3.1 技术原理

以选择性透过膜为介质，在电位差、压力差、浓度差等推动力下有选择的透过膜，从而达到分离提纯的目的。

4.3.2 工艺流程

原料气经过预处理除去部分杂质后，进入膜分离反应装置，实现高纯度的氢气纯化。

4.3.3 适用范围

适用于较小规模且对氢气纯度要求的纯化过程。

4.4 化学吸收技术

4.4.1 技术原理

利用化学吸收溶剂对特定的杂质气体进行吸收，实现原料气中的杂质脱除。

4.4.2 工艺流程

利用化学吸收溶剂对杂质气体进行吸收，达到纯化的目的，并在特定条件下，对溶剂进行再生，实现溶剂的循环利用。

4.4.3 适用范围

适用于特定组分的脱除。

5 技术指标

5.1 工业氢技术指标

工业氢技术指标应符合 GB/T3634.1 的规定，见表 1。

表 1 工业氢技术指标

项目名称	指标		
	优等品	一等品	合格品
氢气 (H ₂) 的纯度 (体积分数) /% \geq	99.95	99.50	99.00
氧 (O ₂) 含量 (体积分数) /% \leq	0.01	0.20	0.40
氮加氩 (N ₂ +Ar) 含量 (体积分数) /% \leq	0.04	0.30	0.60
露点/°C \leq	-43	—	—
游离水/ (mL/40L 瓶)	—	无游离水	≤ 100

5.2 纯氢、高纯氢、超纯氢技术指标

纯氢、高纯氢、超纯氢技术指标应符合 GB/T3634.2 的规定，见表 2。

表 2 纯氢、高纯氢、超纯氢技术指标

项目名称	指标		
	纯氢	高纯氢	超纯氢
氢气 (H ₂) 的纯度 (体积分数) /%≥	99.99	99.999	99.9999
氧 (O ₂) 含量 (体积分数) /10 ⁻⁶ ≤	5	1	0.2
氮 (N ₂) 含量 (体积分数) /10 ⁻⁶ ≤	60	5	0.4
氩 (Ar) 含量 (体积分数) /10 ⁻⁶ ≤	供需商定	供需商定	0.2
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

6 技术要求

6.1 通用要求

6.1.1 副产氢纯化系统的再生气，可根据需要回收利用或直接排入大气。当回收利用时，应根据要求分别设置再生气储罐和压缩机等。当排入大气时，应当符合国家及地区对环境保护、工业卫生制定的有关排放标准。

6.1.2 环境温度根据建设地址的气象条件和具体情况确定副产氢纯化系统的工作环境温度。在没有确定的数据时，工作环境温度宜按小于 40℃考虑。

6.1.3 副产氢纯化系统所处场所各部分危险区域的范围及等级的划分，应符合 GB50177 和 GB50058 的规定。

6.1.4 氯碱副产氢纯化系统的自动控制系统是确保氢气生产过程顺利进行、生产安全的技术措施。自控系统的软件必须能够满足工艺要求，宜设置自适应优化操作系统以保证较高的氢气回收率和氢气产品质量，设置故障诊断和程序切换系统，以确保系统安全性及不间断输出氢气。自动控制系统应能承受可事故的发生，当故障发生时，能及时报警、停车，并进行妥善处理。

6.1.5 氯碱副产氢纯化系统的管路、附件的材质选择，应符合 GB 50177、GB50316 和 GB50235 的规定。

6.1.6 氯碱副产氢纯化系统生产区域设置氢气浓度检测、报警装置。氢浓度探测、报警装置应符合 SH 3036 的要求。

6.1.7 氯碱副产氢纯化系统出口设置氢气纯度连续检测、报警装置。

6.2 冷却水

冷却水压宜为 0.15MPa~0.35MPa。水质应符合表 3 的要求。

表 3 冷却水的水质要求

名称	单位	要求和使用条件	允许值
悬浮物	mg/L	根据工艺要求确定	≤20
		换热设备为板式、翅片管式、螺旋板式	≤10
pH 值	/	根据药剂配方确定	7.0~9.2
氯离子含量	mg/L	碳钢换热设备	≤1000
		不锈钢换热设备	≤200
硫酸根含量	mg/L	[SO ₄ ²⁻]与[Cl ⁻]之和	≤1500
		对系统中混凝土材质的要求按现行 GB50021—94 的规定执行	—
钙离子含量	mg/L	根据药剂配方及工况条件确定	30~200
铁离子含量	mg/L	—	<0.5
溶解硅酸含量	mg/L	—	≤175
		[Mg ²⁺]与[SiO ₂]的乘积	15000

6.3 真空泵机组

6.3.1 氯碱副产氢纯化系统的真空泵机组用于解吸时吸附塔抽真空，降低系统压力，使吸附剂得到充分的解吸再生。设置真空泵机组可提高氢气回收率。

6.3.2 真空泵机组可选用液环式和活塞式类型的真空泵。

6.3.3 真空泵机组的性能、结构和材质均应满足解吸气特性的要求，并应设置密封、防爆措施。

6.3.4 真空泵应配置防爆型电机，电力装置设计应符合 GB 50058 的规定。当真空泵机组安装在厂房内时，防爆等级不低于 GB 5008 规定的 dII CT1。

6.3.5 真空泵机组出口设置在线氧分析装置，检测解吸气中的含氧量是否超过安全允许的浓度。

6.3.6 真空泵机组出口在线样分析设置连锁报警。

6.3.7 真空泵入口切断阀后应设置与大气相通的阀门；真空泵排气切断阀前应设置与大气相连接的排气阀。

6.3.8 采用液环式真空泵时，真空机组应设置与其泵进气阀的停机联锁，以确保真空泵故障停车时，进气阀同时关闭。

6.4 氢气压缩机

6.4.1 氢气压缩机应根据氯碱副产氢纯化系统流程选择从低压增压至中压，从中压增压至高压的形式。

6.4.2 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、隔膜式、离心式等类型压缩机。

6.4.3 氢气压缩机应设置防爆、防渗漏措施。氢气压缩机应配置防爆型电动机，电力装置设计应符合 GB 50058 的规定。当氢气压缩机布置在氢气压缩站厂房内时，防爆等级不低于 GB 50058 规定的 D II CT1；当氢气压缩机布置在室外或敞开式、半敞开式厂房时，防爆等级不低于 GB 50058 规定的 e II CT1。

6.4.4 氢气压缩机应设置安全阀。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设置高低压超限报警装置、高低压超限停机联锁，排气管设置高压超限报警装置、高压超限停机联锁。

6.4.5 氢气压缩机不得使用皮带传动；在爆炸危险区范围内的其他转动设备若必须使用皮带传动时，应采用防静电皮带。

6.5 氢气缓存罐

氢气缓冲罐应设置在氢气压缩机之前。氢气缓冲罐容积应满足副产氢纯化系统生产需求。

6.6 氢气纯化系统

6.6.1 氯碱副产氢纯化系统吸附塔用吸附剂主要有：活性炭、分子筛、活性氧化铝和硅胶。吸附剂的性能参数应满足提纯氢气的要求。分子筛的性能测定按照 GB/T 13350、GB/T 6286、GB/T 10504 的方法进行。

6.6.2 氢气纯化过程的温度控制和阀门转换控制应采用自动控制装置控制。

6.6.3 采用膜分离技术时，原料气宜进行预处理去除相关杂质气体，避免膜中毒。

6.6.4 氢气纯化后的氧、水分和碳氢化物等杂质浓度检测按照 GB/T3634.1、GB/T3634.2、GB/T 5831、GB/T 5832.1、GB/T 5832.2、GB/T 6285、GB/T 8984 的方法进行。

6.7 电器及配线

6.7.1 氢气生产环境电气设施的设防按 GB50177 的规定。在有爆炸危险环境中的电气设备及其配线应按 GB 50058 的规定进行选用、配置。

6.7.2 氯碱副产氢纯化系统的电气接地，应符合下列要求：

- a) 所有金属外壳、金属管道、金属底座或框架均应接地。接地应符合 GB 50057 和 GB 50177 的规定。

b) 氢气设备和管道的法兰、阀门连接处需要装静电连接线。且静电连接线宜采用金属（铜质）连接线跨接。

6.8 自动控制和检测

6.8.1 自控及检测装置

6.8.1.1 在吸附器进出口、氢气压缩机进出口、反应器、膜分离器、氢气缓冲罐及仪表气总管处设置压力传感器。

6.8.1.2 在吸附器、氢气压缩机、低温冷凝器、反应器等设置温度传感器。

6.8.2 自动停车系统

6.8.2.1 当纯化系统的检测装置报警后，应及时分析，并对系统进行调节，使系统回复正常运行状态。若报警后经过调整，仍不能使系统恢复正常运行状态，则系统自动停车。

6.8.2.2 为保证系统安全、正常运行，系统运行出现下列情况之一时，应自动停车：

- a) 原料气的压力、组分不符合要求；
- b) 程序控制阀出现动作故障或严重漏气且无法隔离；
- c) 系统严重泄漏；
- d) 监测的空气中氢浓度超过 1.0%；
- e) 氢气压缩机进气侧的氢气压力低于允许值；
- f) 电力供应故障；
- g) 氢气压缩机冷却水压力不足或中断。

6.9 阻火器

6.9.1 阻火器的阻火层结构有砾石型、金属丝网型或波纹型。氢气阻火器满足 GB/T 13347 的要求。

6.9.2 氢气排空管上的阻火器宜安装在靠近排空口处。阻火器后的氢气管道应采用不锈钢管材。

6.10 管道及附件

6.10.1 管道连接

管道设计时应考虑频繁压力变化引起的交变应力对管道强度的影响。

6.10.2 管路附件布置

管路附件的布置一般应满足下列要求：

- a) 符合提纯氢系统的工艺管道及仪表的要求；
- b) 方便运行操作、安装和维修；
- c) 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；
- d) 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。吸附器组的阀门、管道应对称或同形布置。

6.10.3 管道支架

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

6.10.4 冷却水管路

6.10.4.1 冷却水管路应根据其环境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。

6.10.4.2 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，并设置报警设施。

参 考 文 献

- [1] GB 4962氢气使用安全技术规程
 - [2] GB/T 19773变压吸附提纯氢系统技术要求
 - [3] 《气瓶安全监察规程》
 - [4] 《危险化学品安全管理条例》
 - [5] 《特种设备安全监察条例》
-