



中华人民共和国国家标准

GB/T 19773—2005

变压吸附提纯氢系统技术要求

Specification of hydrogen purification system
on pressure swing adsorption

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	2
4.1 分类	2
4.2 产品命名	3
5 技术要求	3
5.1 通用要求	3
5.1.1 一般要求	3
5.1.2 工作条件	3
5.2 单体设备	4
5.2.1 通用要求	4
5.2.2 吸附器组	4
5.2.3 真空泵机组	5
5.2.4 压力容器	5
5.2.5 氢气储罐	5
5.2.6 氢气压缩机	5
5.2.7 氢气纯化器	6
5.2.8 程序控制阀	6
5.2.9 阻火器	6
5.3 管路及附件	6
5.3.1 材质选择	6
5.3.2 管道连接	6
5.3.3 管路附件的布置	6
5.3.4 氢气流速和管径	7
5.3.5 管道支架	7
5.3.6 冷却水管路	7
5.4 电气设备及配线	7
5.4.1 氢气生产环境电气设施的设防	7
5.4.2 移动式变压吸附提纯氢系统	7
5.4.3 电气接地	7
5.5 自动控制和监测	7
5.5.1 通用要求	7
5.5.2 自控及监测装置	7
5.5.3 自动停车	8
5.6 安装、组装	8
5.6.1 通用要求	8

5.6.2	吸附器组的安装	8
5.6.3	氢气压缩机和真空泵机组的安装	8
5.6.4	氢气储罐的安装	8
5.6.5	氢气管道、阀门及附件的安装	9
6	试验与检测	9
6.1	试验	9
6.1.1	试验前的准备	9
6.1.2	试验方法	9
6.2	检测	10
6.2.1	检测前的准备	10
6.2.2	性能参数检测	10
6.2.3	检测要求	10
7	标志	11
7.1	通用要求	11
7.2	标志牌的内容	11
7.3	包装箱图示	11
8	产品随机文件	11
8.1	搬运、吊装要求	11
8.2	系统、设备图纸	11
8.3	使用手册	11
8.4	安装维护手册	12
9	包装	12
9.1	变压吸附提纯氢系统的包装	12
9.2	压力容器的包装和运输	12
9.3	充氮保护	12
附录 A(规范性附录)	容积法测试氢气产量	13
附录 B(规范性附录)	分析仪器测试氢气纯度	14
表 1	冷却水的水质要求	3
图 A.1	容积法测试系统示意图	13

前 言

本标准附录 A、附录 B 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、清华大学核能与新能源技术研究院、西南化工研究设计院、中国电子工程设计院负责起草。四川成都华西化工科技股份有限公司、上海亚联瑞兴气体技术有限公司、中船重工集团七一二研究所、天津大陆制氢设备有限公司参加起草。

本标准主要起草人：汤洪、毛宗强、贾铁鹰、陈霖新、袁柏燕、奚树人、孟培勤、侯士杰、郭建富、宋刚祥、吴素娟。

本标准首次发布。

变压吸附提纯氢系统技术要求

1 范围

本标准规定了以各类含氢气体为原料,采用变压吸附法提纯氢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、移动式变压吸附提纯氢系统。

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/T 191 包装储运图示标志(eqv ISO 780)
- GB/T 3634 工业氢
- 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/T 6286 分子筛堆积密度测定方法
- 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、二氧化碳和碳氯化物的测定 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、二氧化碳和碳氯化物的测定 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 10505.2 3A分子筛磨耗率测定方法
- GB/T 10505.4 3A分子筛包装品含水量测定方法
- GB/T 12241 安全阀 一般要求(eqv ISO 4162)
- GB 12337 钢制球形储罐
- 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/T 13550 5A分子筛及其试验方法
- GB/T 14975 结构用不锈钢无缝钢管
- 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 2536 压力容器油漆、包装、运输
- SH 3036 气体浓度探测器
- SH 3501 石油化工有毒可燃介质管道施工与验收规范
- 《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

变压吸附法 pressure swing adsorption (PSA) method

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。

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

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。

3.4

氢回收率 hydrogen recover rate

指利用变压吸附法提纯生产氢气时,产品氢气中纯氢的体积(标准状态)与原料气体中所含氢气的体积(标准状态)之比。

3.5

固定式的变压吸附提纯氢系统 stationary hydrogen purification system by PSA

指所有设备、管道全部固定在设备基础、管道支架上的变压吸附提纯氢系统。

3.6

移动式变压吸附提纯氢系统 mobile hydrogen purification system by PSA

指各类设备、管道全部固定在一个或多个可移动或搬运的底座上的变压吸附提纯氢系统。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日晒、雨淋的防护设施。

4 分类与命名

4.1 分类

变压吸附提纯氢系统产品,按氢气产品纯度分为普通型、纯气型。

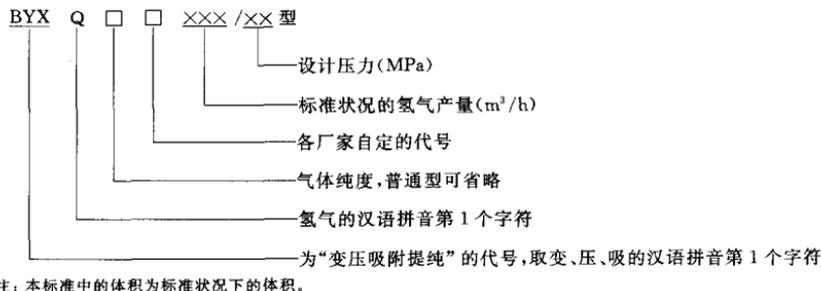
普通型变压吸附提纯氢系统:产品氢气纯度 $\geq 99.5\%$

纯气型变压吸附提纯氢系统:产品氢气纯度 $\geq 99.99\%$

对于纯气型变压吸附提纯氢系统制取的纯氢,其杂质含量,如 O_2 或 CH_4 、 CO 、 CO_2 、 H_2O 和 Ar 、 N_2 等允许浓度可根据用户要求商定。

4.2 产品命名

变压吸附提纯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。



5 技术要求

5.1 通用要求

5.1.1 一般要求

5.1.1.1 变压吸附提纯氢系统包括下列单体设备或装置:原料气预处理设备、吸附器组、真空泵组、氢气纯化器、氢气储罐、氢气压缩机、程序控制阀、自动控制系统及相应软件。

5.1.1.2 变压吸附提纯氢系统,根据氢气用户的使用特点、氢气产量等具体情况,可采用固定式或移动式。

5.1.1.3 变压吸附提纯氢系统的解吸气,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置解吸气储罐和压缩机等。当排入大气时,应符合国家及地方对环境保护、工业卫生制定的有关排放标准。

5.1.2 工作条件

5.1.2.1 变压吸附提纯氢系统的工作压力范围为:0.3 MPa~6.0 MPa。

5.1.2.2 环境温度 根据建设地址的气象条件和具体情况确定变压吸附提纯氢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40℃考虑。

5.1.2.3 变压吸附提纯氢系统所处场所各部分的有爆炸危险区域的范围及等级的划分,应符合GB 50177和GB 50058的规定。

5.1.2.4 变压吸附提纯氢系统的原料气种类有天然气转化气、甲醇转化气、氨裂解气、水煤气或半水煤气、焦炉煤气、炼厂气、合成氨或合成甲醇的放气等。原料气中的氢气体积含量宜大于25%。

5.1.2.5 变压吸附提纯氢系统应设置吹扫置换接口。采用的置换气氧气体积含量应小于0.5%,且不含其他可燃或氧化性气体。

5.1.2.6 冷却水压宜为0.15 MPa~0.35 MPa。水质应符合表1的要求。

表1 冷却水的水质要求

名称	单位	指标
pH值		6.5~8.0
氟离子含量	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

5.1.2.7 按要求确定仪表和气动程序控制阀用气体的气源压力,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 单体设备应根据变压吸附提纯氢系统的规模、用氢特性、原料气规格、氢气质量要求,合理配置不同的单体设备。

5.2.1.2 单体设备的技术性能、工作参数应满足变压吸附提纯氢系统的总体要求,单体设备的性能参数、技术要求应严于系统的要求。

5.2.1.3 单体设备的材质

单体设备内、连接部位、气体接触的内表面、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化学反应,以避免反应生成物对氢气的污染。

5.2.1.3.3 应适应变压吸附过程压力的变化、能承受交变应力的状况,并在工作条件下保持机械性能的稳定性。

5.2.1.3.4 所选用材料在工作条件下不发生或避免发生氢脆、氢腐蚀、应力腐蚀和其他形式的腐蚀。

5.2.1.4 对移动式变压吸附提纯氢系统的防护罩或外壳,防护罩内外或外壳内外的单体设备或零部件,应符合下列规定。

5.2.1.4.1 若单体设备或零部件若直接接触或间接接触潮湿气体,将影响技术性能或使用功能,则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,一般采用镀锌钢板等。对面积较大的防护罩,按强度和刚性要求,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,宜按 GB/T 8175 设计,其保温材料,应采用不燃材料,且应有避免材料飞扬、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。若顶部有二处或二处以上的最高处时,则应在每个最高处设排气口。

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切断阀连锁。

5.2.1.4.6 防护罩或外壳内应在便于检查、维修的位置设检查口、维修口,其数量和尺寸应根据检查、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 吸附器组

5.2.2.1 吸附器组是变压吸附提纯氢系统的主体设备,它的性能参数将决定变压吸附提纯氢系统的技术性能。

吸附器组的规格尺寸、内部构件应以提高氢回收率、减少制造成本为基本要求。

5.2.2.2 吸附器组的吸附器数量,应根据变压吸附提纯氢系统的原料气组成、吸附压力、吸附剂的动态吸附容量、氢气产量、氢气纯度及氢气回收率等因素确定。

5.2.2.3 吸附器的设计、制造、检验和验收应严格遵守《压力容器安全技术监察规程》和参照 GB 150 的规定,且必须考虑交变应力的影响。吸附器上的支承垫板(支承管道、爬梯、平台用)的焊接、检验应在吸附器消除应力整体热处理前完成。

5.2.2.4 变压吸附提纯氢用吸附剂主要有: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 13550、GB/T 6286、GB/T 10505.2、GB/T 10505.4 的方法进行。

5.2.2.5 密封垫片的选择应确保吸附器组在工作状态不渗漏,并能承受开、停车时的工作状态变化。

5.2.3 真空泵机组

5.2.3.1 变压吸附提纯氢气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,使吸附剂得到更充分的解吸再生。设置真空泵机组可提高氢回收率。

5.2.3.2 真空泵机组可选用液环式和活塞式类型的真空泵。

5.2.3.3 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。

5.2.3.4 真空泵应配置防爆型电动机,电力装置设计应符合 GB 50058 的规定。当真空泵机组布置在厂房内时,防爆等级不低于 GB 50058 规定的 dIICT1。

5.2.3.5 当回收利用真空泵机组排出的解吸气时,应设置氧分析仪,以检测解吸气中的氧含量是否超过安全允许的范围。

5.2.3.6 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管。

5.2.3.7 采用液环式真空泵时,真空机组宜设置与其泵前程序控制阀的停机连锁措施,以确保真空泵故障停车时,程序控制阀同时关闭。

5.2.4 压力容器

5.2.4.1 变压吸附提纯氢气系统的压力容器主要用于原料气、产品氢气、解吸气的分离、缓冲与储存。压力容器的设计、制造、检验和验收应严格遵守《压力容器安全技术监察规程》和 GB 150 的规定。

5.2.4.2 压力容器的工作压力是指在变压吸附提纯氢气系统正常工作状态下,容器顶部可能达到的最高压力。

5.2.4.3 压力容器的材质应满足氢气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。

5.2.4.4 压力容器的规格、尺寸、壁厚应按计算确定。

5.2.4.5 压力容器的布置应根据变压吸附提纯氢气系统的总体设计,并做到顺流程、连接管路短、美观大方、方便操作和维修。

5.2.5 氢气储罐

5.2.5.1 根据氢气使用特点或用户要求,变压吸附提纯氢气系统设有相应的氢气储罐。

5.2.5.2 氢气储罐的储存量应按氢气使用特点、氢气生产能力确定。压力型氢气罐的氢气有效储存能力是根据最大进气压力和最低输气压力之差以及储罐容积确定。

压力型氢气罐有筒形或球形的金属罐,也可用氢气钢瓶组或长管氢气钢瓶。工作压力根据变压吸附提纯氢气系统工艺流程、氢气使用特点确定。氢气储罐的设计、制造检验和验收应符合《压力容器安全技术监察规程》和 GB 150 的规定。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。

5.2.5.3 氢气储罐上或在氢气储罐进气/切断阀后、出气管切断阀前的管道上必须设安全阀,安全阀应符合 GB/T 12241 的规定。

5.2.5.4 移动式变压吸附提纯氢气系统的氢气储罐,若设置在防护罩或外壳内,其氢气体积不得超过 20 m³。

5.2.6 氢气压缩机

5.2.6.1 氢气压缩机,应根据变压吸附提纯氢气系统流程和用户要求设置,其形式有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。

5.2.6.2 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、隔膜式或离心式等类型压缩机。

5.2.6.3 氢气压缩机的性能、结构和材质均应满足氢气特性的要求,并应设置防爆、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站厂房内时,防爆等级不低于 GB 50058 规定的 dIICT1;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 eIICT1。

5.2.6.4 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、低压超限停机连锁。

5.2.6.5 氢气压缩机前应设置氢气缓冲罐。对于氢气输送用氢气压缩机,在进气管与排气管之间设置旁通循环管,循环管上设有可调流量的阀门。

5.2.6.6 移动式变压吸附提纯氢系统中氢气压缩机的电气柜/控制柜,应邻近布置,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 规定采用防爆等级不低于 dIICT1 等级的防爆电器。

移动式变压吸附提纯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。

5.2.7 氢气纯化器

5.2.7.1 氢气纯化器用于去除氢气中的氧杂质、水分。采用催化法脱除氧杂质,吸附法脱除氢气中的水分。

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

5.2.7.3 氢气纯化过程的温度控制和阀门转换应采用自动控制装置控制。

5.2.7.4 氢气纯化后的氧、水分和碳氢化物等痕量杂质浓度的检测应按 GB/T 5831、GB/T 5832.1、GB/T 5832.2、GB/T 6285、GB/T 8984.1 和 GB/T 8984.2 的方法进行。根据用户要求,宜设置连续检测仪器。

5.2.8 程序控制阀

5.2.8.1 程序控制阀,用于变压吸附提纯氢系统的吸附器组制氢过程气流倒换、切断。

5.2.8.2 程序控制阀的设计和选择应充分考虑其动作频繁和受高速气流冲刷的特性,应具备长时间频繁开启、关闭动作不出现泄漏的性能。

吸附器组的进气阀、逆放阀的内腔材料应根据原料气组成选择材质。

当氢气系统的阀门采用电动阀时,其防爆等级不应低于 GB 50058 的规定 dIICT1。

5.2.8.3 变压吸附提纯氢系统的程序控制阀,在安装前应逐个进行气密性试验,并应符合 GB 50235 的规定。

5.2.9 阻火器

5.2.9.1 变压吸附提纯氢系统的氢气排空口前、解吸气做燃料气时在接入燃烧器前的管道上应装设阻火器。当解吸气管道设有安全水封时,可不设阻火器。

5.2.9.2 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 13347 的要求。

5.2.9.3 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。

5.3 管路及附件

5.3.1 材质选择

变压吸附提纯氢系统的管路、附件的材质选择,应符合 GB 50177、GB 50316 和 GB 50235 的规定。

5.3.2 管道连接

直接与吸附器连接的管道,如吸附器与程序控制阀之间的管道,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。

5.3.3 管路附件的布置

管路附件的布置一般应满足下列要求。

5.3.3.1 符合变压吸附提纯氢系统的工艺管道及仪表的要求。

5.3.3.2 方便运行操作、安装和维修。

5.3.3.3 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。

5.3.3.4 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。吸附器组的阀门、管道应对称或同形布置。

5.3.4 氢气流速和管径

氢气管道内氢气流速和管径的选择可按照 GB 50177 的要求, 并应综合考虑其对投资和能耗的影响。

5.3.5 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。

5.3.6 冷却水管路

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。

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。

5.4 电气设备及配线

5.4.1 氢气生产环境电气设施的设防

氢气生产环境电气设施的设防按 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及其配线应按 GB 50058 的规定进行选用、配置。

5.4.2 移动式变压吸附提纯氢系统

移动式变压吸附提纯氢系统的电气设施, 应符合下列规定。

5.4.2.1 移动式变压吸附提纯氢系统, 设置在防护罩内的制氢装置的区域, 其爆炸危险等级按 GB 50177 的规定应为 1 区, 相关的电气设备及配线应按 GB 50058 的规定进行配置。

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 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

变压吸附提纯氢系统的电气接地, 应符合下列要求。

5.4.3.1 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。

5.4.3.2 氢气设备和管道的法兰、阀门连接处需装静电连接时, 宜采用金属(铜质)连接线跨接。

5.5 自动控制和监测

5.5.1 通用要求

变压吸附提纯氢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不间断输出氢气。自动控制系统应能承受可能发生事故的故障发生时, 能及时报警、停车, 并进行妥善处理。

5.5.2 自控及监测装置

自控及监测装置, 应符合下列要求。

5.5.2.1 压力传感器

在吸附器组进出口、氢气压缩机进出口、氢气储罐和仪表空气总管处设置压力传感器。

5.5.2.2 温度传感器

在吸附器和氢气压缩机的冷却水出口设置温度传感器。

5.5.2.3 阀门位置传感器

对各种程序控制阀和调节阀的阀位应设置阀门位置传感器。

5.5.2.4 气体浓度检测探测器

5.5.2.4.1 移动式变压吸附提纯氢系统防护罩内, 应设置氢气浓度检测用探测器。

5.5.2.4.2 变压吸附提纯氢系统出口应设置连续检测氢气纯度的分析仪器, 并带有报警装置。

5.5.2.4.3 氢浓度探测、报警装置, 应符合 SH 3036 的要求。

5.5.2.4.4 气体浓度检测分析仪的最小刻度值应小于0.01%。

5.5.3 自动停车

5.5.3.1 当变压吸附提纯氢系统的监测装置报警后,应及时分析,并对系统进行必要调整,使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,则应按程序要求停车。

5.5.3.2 为确保系统的正常运行,当出现下列情况之一时,应自动停车检查。

5.5.3.2.1 原料气的压力、组分不符合要求;

5.5.3.2.2 程序控制阀出现动作故障或严重漏气且无法隔离;

5.5.3.2.3 系统严重泄漏;

5.5.3.2.4 监测的空气中氢浓度超过1.0%;

5.5.3.2.5 氢压缩机进气侧的氢气压力低于允许值;

5.5.3.2.6 电力供应故障;

5.5.3.2.7 氢压缩机冷却水压力不足或中断。

5.6 安装、组装

5.6.1 通用要求

5.6.1.1 变压吸附提纯氢系统的安装、组装应按设计文件的要求进行。

5.6.1.2 变压吸附提纯氢系统的安装应符合 GB 50235、GB 50236、GB 50275、SH 3501 和 GB 50177 的要求。

5.6.2 吸附器组的安装

5.6.2.1 吸附器组的安装方式有:整体安装和分散安装。

5.6.2.1.1 小型变压吸附提纯氢装置的吸附器组可采用整体安装方式,应在制造工厂进行组装后,运至使用现场整体安装。根据吸附器组的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。

5.6.2.1.2 大中型变压吸附提纯氢系统,宜采用分散式安装,将吸附器、程控阀运至使用现场,在现场按设计文件要求进行组装。

5.6.2.1.3 移动式变压吸附提纯氢系统,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。

5.6.2.1.4 吸附剂的填装,在吸附器就位、管道安装完成,并进行系统试验合格后,在制造厂或技术提供单位的技术人员指导下进行。

5.6.2.2 安装后的检查

5.6.2.2.1 整体安装的吸附器组,安装后进行各种相关尺寸、连接管线准确性的检查。

5.6.2.2.2 分散安装的吸附器组,组装完成后,首先进行各种相关尺寸、连接管线的准确性的检查,然后按设计文件要求进行试验验收。

5.6.3 氢气压缩机和真空泵机组的安装

5.6.3.1 氢气压缩机和真空泵机组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 氢气压缩机和真空泵机组的安装和验收应符合 GB 50275 的规定,并按压缩机、真空泵机组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 氢气压缩机和真空泵机组在接入变压吸附提纯氢系统试运行前,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与可靠性;

5.6.3.3.2 进行单机空负荷试车,并检查各类零部件的运转、活动情况和各部分气密性;

5.6.3.3.3 以含氧量小于0.5%的氮气进行吹扫置换。

5.6.4 氢气储罐的安装

5.6.4.1 氢气储罐安装前,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 各种管线、附件安装完成后,应进行各种相关尺寸、连接管线连接准确性和接地电阻的检查。

5.6.5 氢气管道、阀门及附件的安装

5.6.5.1 氢气管道、阀门附件的安装应符合 GB 50316、GB 50235 和 GB 50236 的要求。

5.6.5.2 氢气管道的管材、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。

5.6.5.4 氢气管道安装后,应进行强度试验、气密性试验和泄漏性试验,符合 GB 50177 和 GB 50235 的规定。

6 试验与检测

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,包括全部试验记录和证书、图纸资料、吸附器和氢气储罐等压力容器的检验证书,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 外观检查在整套变压吸附提纯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。

6.1.2 试验方法

6.1.2.1 强度试验,对变压吸附提纯氢系统,应按系统工作压力的 1.15 倍的气压进行试验。试验时,以无油干燥压缩空气或氮气进行试验,试验开始并逐步升高压力,达到试验压力后,至少保持 10 min,若不发生泄漏、变形或其他物理损坏为合格。当设计压力大于 0.6 MPa 时,应得到业主、设计单位的认可,并应采取相应的安全措施。

6.1.2.2 气密性试验,变压吸附提纯氢系统在进行强度试验合格后,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,至少保持 30 min,检查所有连接处,包括焊缝、法兰和垫片,以无漏气为合格。

6.1.2.3 真空度试验,真空系统(包括设备在内)在强度试验合格后,应进行 24 h 的真空度试验,增压率不应大于 2.5%。

6.1.2.4 泄漏量试验,变压吸附提纯氢系统在气密性试验合格后,为进一步确认系统的密封性,以洁净空气或氮气进行泄漏量试验。试验压力为系统工作压力;试验时间为 24 h。泄漏量试验过程应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 按下式计算:

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

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)。

6.1.2.5 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。

6.1.2.6 外壳通风试验

6.1.2.6.1 移动式变压吸附提纯氢系统防护罩的通风量测试,在开启排气通风机后应检查确定每小时的换气次数,并由防护罩内的氢气浓度报警器测定外壳内各部分的通风状况。

6.1.2.6.2 当变压吸附提纯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,应在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 对变压吸附提纯氢系统进行吹扫置换,吹除置换后系统内氮气中含氧量小于0.5%,且无其他氧化性介质。

6.2.1.2 整套系统的原料气、冷却水、电源和自控系统等应符合设计要求,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,产品氢气纯度、工作压力、工作温度、氢气产量均已达到设计工况,并稳定运行后,开始进行检测、记录。

6.2.1.5 性能参数检测的内容有:产品氢气产量、氢气规格(纯度、杂质含量、压力、温度)、原料气耗量、解吸气流量及其组成。进行上述检测的同时,应认真测试并记录系统工作压力、工作温度和环境温度。

6.2.2 性能参数检测

6.2.2.1 气体流量的检测

6.2.2.1.1 变压吸附提纯氢系统的氢气产量检测方法有气体流量计法和容积法。

6.2.2.1.2 检测用气体流量计,应由计量部门标定,并在有效认证期内使用。

6.2.2.1.3 容积法检测气体流量法,见附录A。

6.2.2.2 氢气纯度的检测

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B。纯氢中杂质含量应符合GB/T 3634、GB/T 7445的规定。检测应按GB/T 5831、GB/T 5832.1、GB/T 5832.2、GB/T 6285、GB/T 8984.1和GB/T 8984.2进行。

6.2.2.2.2 普通氢气的纯度检测的取样点,应在变压吸附提纯氢系统中吸附器组之后和氢气储罐之前。

6.2.2.2.3 纯氢气的杂质含量的检测取样点,由用户与制造厂协商确定。

6.2.2.3 原料气和解吸气的检测

6.2.2.3.1 原料气和解吸气的的气体流量采用气体流量计测量。检测用气体流量计,应由计量部门标定,并在有效认证期内使用。

6.2.2.3.2 原料气和解吸气组分的检测,一般采用气相色谱法。

6.2.3 检测要求

6.2.3.1 在用户现场进行检测的项目、检测要求和合格指标应明确规定,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的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,应符合有关标准或合同的规定。检测用仪器和仪表均应在有效认证期内使用。

7 标志

7.1 通用要求

7.1.1 变压吸附提纯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 移动式变压吸附提纯氢系统应设标志牌,变压吸附提纯氢系统的单体设备应有制造厂家铭牌。

7.2 标志牌的内容

移动式变压吸附提纯氢系统标志牌应包括下列内容。

7.2.1 制造厂家名称和地址。

7.2.2 产品型号和商标。

7.2.3 制造日期和编号。

7.2.4 主要技术参数:

- a) 氢气产量(m^3/h 或 kg/h);
- b) 氢气纯度(%)或杂质含量(10^{-6});
- c) 氢气压力(MPa);
- d) 原料气名称;
- e) 工作环境温度($^{\circ}\text{C}$);
- f) 工作场所,室内或室外;
- g) 易燃易爆警示或要求;
- h) 设备外形尺寸和重量(kg)。

以上各项内容,若需要取消应经供需双方协商确定。

7.2.5 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

包装箱储运图示标志应符合 GB/T 191 的规定。

8 产品随机文件

8.1 搬运、吊装要求

制造厂家应提供变压吸附提纯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 制造厂家应提供变压吸附提纯氢系统在安装、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 提供的图纸应包括下列内容。

8.2.2.1 工艺流程图,列出控制点和管径。

8.2.2.2 各类电气原理图和变压吸附提纯氢系统或组件的电气接线图和布线图。

8.2.2.3 单体设备总图。单体设备总图应有接管、接线标注。

8.2.2.4 组件内设备及管线图。

8.2.2.5 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、停机程序的技术要求或实施步骤说明书。

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 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 当变压吸附提纯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。包括变压吸附提纯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、自控仪表和控制阀的安装要求。

8.4.2.2 对有爆炸危险的氢气生产场所,提出安装防爆电器及其配线的要求,并提出氢气生产的运行维护要求,包括通风、易燃材料和明火管制的要求。

8.4.2.3 提供吸附剂等的出厂合格证书,推荐使用年限。

8.4.2.4 说明各种需定期更换或清洗的零部件,并提出更换、清洗的要求。

9 包装

9.1 变压吸附提纯氢系统的包装

变压吸附提纯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 压力容器的包装和运输

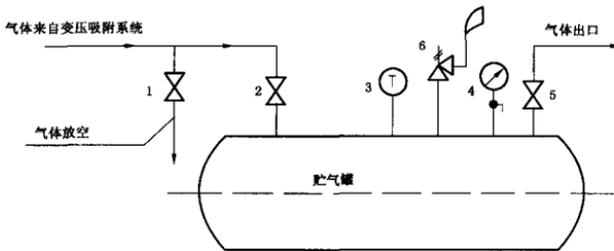
压力容器的包装和运输应符合 JB 2536 的规定。

9.3 充氮保护

纯氢型设备产品出厂时,宜进行充氮保护,氮气纯度 $\geq 99.9\%$,充氮压力 ≥ 0.2 MPa。此类设备的开口处应进行封堵。

附录 A
(规范性附录)
容积法测试氢气产量

A.1 容积法测试系统流程如图 A.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 A.1 容积法测试系统示意图

A.2 测试方法

- A.2.1 测试前应对贮气罐的结构容积进行核算。
A.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。
A.2.3 开阀-2,关闭阀-1、阀-3,记录起始时间。
A.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。
A.2.5 气体产量按式(A.1)计算。

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

式中:

- Q——标准状况下气体产量,单位为立方米每小时(m³/h);
p₀——标准状况下气体压力(0.101 325),单位为兆帕(MPa);
p₁——起始时贮气罐内气体绝对压力,单位为兆帕(MPa);
p₂——终止时贮气罐内气体绝对压力,单位为兆帕(MPa);
T₀——标准状况下气体温度,单位为开尔文(K);
T₁——起始时贮气罐内气体温度,单位为开尔文(K);
T₂——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(m³);
t——测试时间,单位为小时(h)。

附 录 B
(规范性附录)
分析仪器测试氢气纯度

B.1 氢气纯度

B.1.1 测试仪器

分析氢气中氧含量的氧分析仪器,按 GB/T 3634 的规定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。

分析仪的量程为 0~1%O₂,刻度值应小于 0.01%。

B.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。

B.1.3 氢气纯度 C_{H₂}按式(B.1)计算,(仅对氧含量规定):

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

式中:

C_{H₂}——氢气纯度,用(%)表示;

C_{XO}——仪表显示氧含量值。

