



中华人民共和国国家标准

GB/T 42857—2023

变压吸附提纯氢气系统安全要求

Safety of pressure swing adsorption systems for hydrogen purification

(ISO/TS 19883:2017, Safety of pressure swing adsorption systems for hydrogen separation and purification, NEQ)

2023-08-06 发布

2023-12-01 实施

国家市场监督管理总局
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 基本要求	2
4.1 一般要求	2
4.2 工作压力	2
4.3 环境温度	2
4.4 材料	2
5 技术要求	2
5.1 布置	2
5.2 建筑物	2
5.3 消防与通风	3
5.4 电气与接地	3
5.5 设备和管道	3
5.6 自控与监测装置	4
5.7 检验与试验	5
6 操作和维护	6
7 作业人员	6
8 应急情况处理	6
附录 A (资料性) 变压吸附提纯氢气系统流程示意图	7
A.1 常压解吸变压吸附提纯氢气系统	7
A.2 真空解吸变压吸附提纯氢气系统	7

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。

本文件参考 ISO/TS 19883:2017《变压吸附分离提纯氢气系统的安全》起草，一致性程度为非等效，文件类型由 ISO 技术规范调整为我国的国家标准。

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。

本文件由全国氢能标准化技术委员会(SAC/TC 309)提出并归口。

本文件起草单位：西南化工研究设计院有限公司、中国标准化研究院、佛山绿色发展创新研究院、四川亚联氢能科技股份有限公司、北京佳安氢源科技股份有限公司、浙江海畅气体股份有限公司、国家电投集团科学技术研究院有限公司、上海汉兴能源科技股份有限公司、成都益志科技有限责任公司、中广核风电有限公司、广东佛燃科技有限公司、山东氢谷新能源技术研究院。

本文件主要起草人：张宏宇、管英富、杨燕梅、鲍威、田小玲、叶根银、林定标、刘伟、李海龙、江风、侯世杰、杨磊、杜利锋、卜令兵、陈晓露、时婷婷、王娟、林梓荣、张真。

变压吸附提纯氢气系统安全要求

1 范围

本文件规定了变压吸附提纯氢气系统的基本要求、技术要求以及操作和维护、作业人员、应急情况处理等的要求。

本文件适用于商业用、工业用的固定式和移动式变压吸附提纯氢气系统。

注：本文件所包含的变压吸附提纯氢气系统流程示意图参见附录 A。

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 150(所有部分) 压力容器
- GB/T 3836.1 爆炸性环境 第1部分：设备 通用要求
- GB/T 3836.2 爆炸性环境 第2部分：由隔爆外壳“d”保护的的设备
- GB/T 3836.5 爆炸性环境 第5部分：由正压外壳“p”保护的的设备
- GB/T 3836.14 爆炸性环境 第14部分：场所分类 爆炸性气体环境
- GB/T 3836.15 爆炸性环境 第15部分：电气装置的设计、选型和安装
- GB/T 4208 外壳防护等级(IP代码)
- GB 4962 氢气使用安全技术规程
- GB 12014 防护服装 防静电服
- GB/T 19773 变压吸附提纯氢系统技术要求
- GB 21148 足部防护 安全鞋
- GB/T 26480 阀门的检验和试验
- GB/T 29412 变压吸附提纯氢用吸附器
- GB/T 29729 氢系统安全的基本要求
- GB/T 34542.1 氢气储存输送系统 第1部分：通用要求
- GB 50016 建筑设计防火规范
- 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 50160 石油化工企业设计防火标准
- GB 50177 氢气站设计规范
- GB 50316 工业金属管道设计规范
- GB 50489 化工企业总图运输设计规范
- GB/T 50493 石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计标准
- GB 50650 石油化工装置防雷设计规范
- JB 4732 钢制压力容器——分析设计标准
- SH/T 3004 石油化工采暖通风与空气调节设计规范

3 术语和定义

GB/T 19773 界定的术语和定义适用于本文件。

4 基本要求

4.1 一般要求

变压吸附提纯氢气系统的原料气中氢气体积分数宜大于 25%。应对原料气中的氧含量进行限制,确保系统各物料的可燃气体浓度不在爆炸范围限值内。

4.2 工作压力

变压吸附提纯氢气系统的工作压力范围宜为 0.3 MPa~6.0 MPa。在经济可行和安全可靠的情况下,该压力范围外的含氢气体,也可用于变压吸附提纯氢气。

4.3 环境温度

应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气系统的工作环境温度。在没有确定数据时,工作环境温度宜按 40 °C 设置。

4.4 材料

系统设备、管路和附件的材料选择应符合 GB 50177、GB 50316、GB/T 19773、GB/T 29729、GB/T 34542.1 中的规定。

5 技术要求

5.1 布置

5.1.1 变压吸附提纯氢气系统的总图布置应符合 GB 50177、GB 50016、GB 50160 和 GB 50489 的规定。

5.1.2 当程序控制阀等撬座上布置有多层管道和阀门时,宜采用钢格栅平台来防止形成密闭空间,防止氢气积聚。

5.2 建筑物

5.2.1 建筑物在设计时应根据发生氢气泄漏或其他故障的可能性,按 GB 50177 划分爆炸性危险区域。建筑物、构筑物耐火等级以及与设备之间的距离,应符合 GB 50177 的规定。

5.2.2 系统用房耐火等级不应低于二级,并宜为单层建筑。

5.2.3 当变压吸附系统放置在建筑物/构筑物中时,应符合 GB 50177 的规定。

5.2.4 有爆炸危险房间,宜采用钢筋混凝土柱承重的框架或排架结构,其耐火极限应满足 GB 50160 的规定;其上部空间,应通风良好,顶部内表面应光滑,以防止氢气积聚。

5.2.5 有爆炸危险房间应设置泄压设施,并应符合 GB 50016 的规定。

5.2.6 对安装在防护罩内的变压吸附提纯氢气系统,在设计和建设过程中应避免由系统本身、原料气、产品气或尾气造成火灾或爆炸的风险,建筑物地面应采用防静电不发火地面。

5.2.7 根据需要设置的防护罩,应具有高强度、稳定性、耐久性、耐腐蚀性等特性,以支持和保护系统的

所有组件和管道,并应符合 GB/T 19773 规定的要求,防护罩的防水防尘等级应符合 GB/T 4208 中的规定。

5.3 消防与通风

5.3.1 变压吸附提纯氢气系统应安装消防系统,并应符合 GB 50177 规定的要求。

5.3.2 建筑物应设计通风设备,通风设备应与可燃、有毒气体探测器进行联锁控制。可燃、有毒气体通风设备的设计、安装应符合 GB/T 50493 的规定。

5.3.3 在有爆炸危险的环境内,应在易积聚氢气的位置设置氢气浓度超限报警装置,并应符合下列规定:

——当空气中氢气体积分数达 0.4% 时,启动强制通风机排气;

——当空气中氢气体积分数达到 1.0% 时,停车检查。

5.3.4 有爆炸危险房间应根据 SH/T 3004 的规定采取相应的通风措施。

5.4 电气与接地

5.4.1 基本要求

电气防爆应符合 GB/T 3836.1、GB/T 3836.14、GB/T 3836.15 中的规定,并按 GB 50177 的要求对可能造成静电危害的设备进行接地保护。

5.4.2 电气

5.4.2.1 有爆炸危险房间或区域内的电气设施,应符合 GB 50058 的规定。

5.4.2.2 有爆炸危险环境的电气设施选型,不应低于氢气爆炸混合物的级别、组别(ⅡCT1)。有爆炸危险环境的电气设计和电气设备、线路接地,应按 GB 50058 的规定执行。

5.4.2.3 当需要采用隔爆型防爆箱或正压防爆箱时,隔爆型防爆箱应符合 GB/T 3836.2 规定的要求,适用的防爆区域和防爆环境应符合 GB/T 3836.14 规定的要求;正压防爆箱应符合 GB/T 3836.5 规定的要求。

5.4.3 接地与防雷

5.4.3.1 变压吸附提纯氢气系统的金属外壳、金属管道、金属底座或框架均应可靠接地,并符合 GB 50057、GB 50177 中的规定。

5.4.3.2 变压吸附提纯氢气系统的设备和管道法兰、阀门连接处需装静电连接线时,宜采用金属连线跨接。

5.4.3.3 变压吸附提纯氢气系统防雷设计应符合 GB 50057、GB 50650 中的规定。

5.5 设备和管道

5.5.1 压力容器

5.5.1.1 吸附器应符合 GB/T 150(所有部分)、JB 4732、GB/T 29412 以及特种设备相关规定等的要求,并应评估交变应力的影响。

5.5.1.2 吸附器的垫片选择应确保吸附器组在工作状态不泄漏,并能承受开、停车时的工作状态变化。

5.5.1.3 用于原料气、产品气、均压气、解吸气的分离、缓冲与存储的压力容器应符合 GB/T 150(所有部分)以及特种设备相关规定等的要求。

5.5.2 程序控制阀

5.5.2.1 变压吸附提纯氢气系统用程序控制阀应具备双向密封特性,在频繁开关、受高速气流冲刷工况下应不泄漏。

5.5.2.2 变压吸附提纯氢气系统用程序控制阀应逐个进行检验和试验,最大允许泄漏率应符合 GB/T 26480 规定的要求,本体在正常条件下使用寿命宜不低于 20 a。

5.5.2.3 当变压吸附提纯氢气系统用程序控制阀采用电动阀时,其防爆等级应不低于 GB 50177 中的规定。

5.5.2.4 变压吸附提纯氢气系统用程序控制阀在投运前应采用专用检漏液检查气密性,应无气泡产生。

5.5.3 管道

5.5.3.1 变压吸附提纯氢气系统管道应符合 GB 50177 的要求。

5.5.3.2 变压吸附提纯氢气系统的阻火器应符合 GB/T 19773 的要求。

5.5.4 安全泄放装置

变压吸附提纯氢气系统的安全泄放装置应符合 GB/T 29729 等规定的要求。

5.5.5 真空泵机组

变压吸附提纯氢气系统的真空泵机组的性能、安装及安全要求应符合 GB/T 19773 的有关规定。

5.6 自控与监测装置

5.6.1 一般要求

变压吸附提纯氢气系统的自控控制系统应满足工艺需求,并应对一些关键参数(压力、温度、气体成分、阀门开关状态等)进行持续监控和记录,宜设置故障诊断和程序切换系统。自动控制系统应能承受可能事故的发生,当故障发生时,应能及时报警、停车,并进行妥善处理。相关的仪表设计和安装应符合 GB/T 19773 的规定。

5.6.2 压力监测

应在吸附器进出口、氢气压缩机进出口、真空泵进出口、氢气储罐、仪表空气总管处设置压力传感器。

5.6.3 温度监测

5.6.3.1 应在吸附器(组)进口设置温度传感器。

5.6.3.2 应在氢气压缩机、真空泵冷却系统中设置温度高限与压力(或流量)低限的报警和联锁停车装置。

5.6.4 气体成分监测

5.6.4.1 变压吸附提纯氢气系统的气体成分监测应符合 GB/T 19773 中的规定。

5.6.4.2 当原料气和解吸气可能形成含氧危险性混合物时,应在系统原料气和解吸气管道上设置在线氧气分析仪。

5.6.5 阀门位置监测

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。

5.6.6 故障报警及停车

5.6.6.1 应对变压吸附提纯氢气系统进行安全风险评估,以设置安全运行所要求的警报和联锁。当变压吸附提纯氢气系统的监测装置报警后,应立即进行检查分析,并对系统进行必要调整,以便恢复正常操作。

5.6.6.2 若报警,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。

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

- 原料气体的压力、组分不符合要求;
- 程序控制阀动作故障、漏气且无法隔离;
- 系统严重泄漏,探测器超限报警;
- 监测的空气中氢气浓度超过 1%;
- 电力供应故障;
- 冷却水不足或中断;
- 仪表风压力不足或中断;
- 现场紧急停车按钮被启动;
- 氢气压缩机、真空泵出现故障信号。

5.7 检验与试验

5.7.1 试验前装备

5.7.1.1 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、吸附器等压力容器的检验证书,资料齐全并逐一核对无误后,才能进行试验。

5.7.1.2 外观检查在变压吸附提纯氢气系统组装完成后进行,除外观和各种相关尺寸外,还应检查各类液体、气体管路和电气线路的连接准确性。

5.7.2 无损检测

5.7.2.1 吸附器焊缝无损检测的检测比例,检测方式及合格级别应符合 GB/T 29412 的要求。

5.7.2.2 与吸附器连接的管道焊缝宜进行 100%无损检测。检测评定要求应符合 GB/T 29412 的规定。

5.7.3 强度试验

变压吸附提纯氢气系统应按照相关容器和管道规范进行强度试验,试验方法和要求应符合 GB/T 19773 的规定。

5.7.4 气密性试验

按照 GB/T 19773 进行气密性试验。

5.7.5 真空度试验

强度试验合格后,按照 GB/T 19773 进行真空度试验。

5.7.6 泄漏量试验

气密性实验合格后,按照 GB/T 19773 进行泄漏量试验。

5.7.7 防护罩通风试验

按照 GB/T 19773 对放置变压吸附提纯氢气系统的防护罩或构筑物进行通风试验。

6 操作和维护

- 6.1 制造厂家应提供变压吸附提纯氢气系统安装、维护的要求、指导原则或说明书。
- 6.2 制造厂家应提供变压吸附提纯氢气系统启动、运行和停机操作的技术要求或实施步骤说明书。
- 6.3 变压吸附提纯氢气系统的使用手册应符合 GB/T 19773 中的规定。
- 6.4 设备、管道及容器,在投入运行前、检修动火作业前或长期停用后,均应采用氮气进行吹扫置换,并应取样分析,当含氢量不超过 0.2%(体积分数)或含氧量不超过 0.5%(体积分数)后再进行作业。吹扫气流一般采用由出口端流向入口端的方法。
- 6.5 设备、管道和容器的检修,应切断相应的电源、气源,并隔断与尚在运行中的设备、管道和容器的联接,并经吹扫置换合格后再进行检修。检修后确保设备、管道、容器、阀门的气密性,并应检查合格后方可开车。设备维检及运行应符合工艺、设备检修维护的操作规程的要求。
- 6.6 装置正常生产过程中,宜安排每班生产巡检。使用单位应对设备及其安全附件进行定期检测,检验周期满足国家相关标准要求,并对设备及其安全附件进行日常维护保养,对异常情况应及时处理并且记录。
- 6.7 操作人员应定期对管道、设备进行巡检,发现有泄漏现象应及时处理解决,并做好检查记录和存档。
- 6.8 吸附剂的装填、更换及处置应按吸附剂安全技术说明书的要求进行,并应符合进塔操作规程的要求。

7 作业人员

- 7.1 作业人员应经过岗位培训、考核合格后持证上岗。特种作业人员应经过专业培训,持有特种作业资格证,并在有效期内持证上岗。
- 7.2 作业人员上岗时应穿符合 GB 12014 规定的阻燃、防静电工作服和符合 GB 21148 规定的防静电鞋。工作服宜上、下身分开,容易脱卸。不应在爆炸危险区域穿脱衣服、帽子或类似物。不应携带火种、非防爆电子设备进入爆炸危险区域。
- 7.3 作业时应使用不产生火花的工具。
- 7.4 不应在禁火区域内吸烟、使用明火。
- 7.5 作业人员应无色盲、无妨碍操作的疾病和其他生理缺陷,且避免服用某些药物后影响操作或判断力的作业。

8 应急情况处理

- 8.1 使用单位应结合具体条件制定操作规程、安全规程、氢气事故处理规程和应急救援预案等措施。
- 8.2 使用单位应对作业人员进行安全教育,确保作业人员掌握操作规程及事故应急措施;制氢设备的安全管理人员和操作人员应持有相应的特种设备作业人员证。
- 8.3 氢气发生泄漏、集聚或着火时,应按照 GB/T 19773、GB/T 29729、GB 4962 中的规定采取相应措施。
- 8.4 高浓度气体使人窒息时,应及时将窒息人员转移到良好通风处,进行人工呼吸,并迅速就医。
- 8.5 操作人员应进行定期的紧急救护、消防训练,应制定在紧急情况下所应采取行动的报警程序表。在特殊情况下,为确保事故能得以控制,应及时联系消防部门。

附录 A

(资料性)

变压吸附提纯氢气系统流程示意图

A.1 常压解吸变压吸附提纯氢气系统

常压解吸变压吸附提纯氢气系统所含设备如图 A.1 所示。

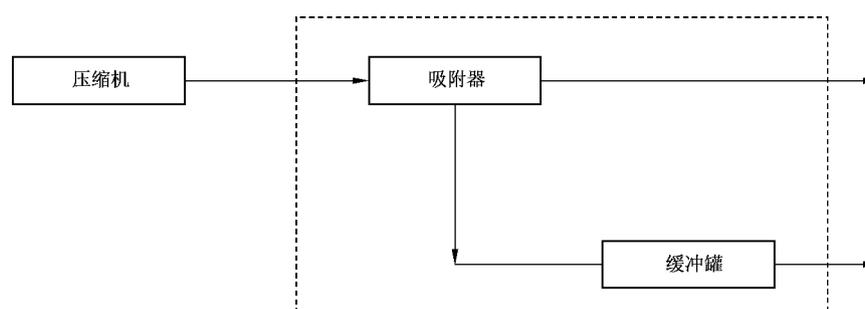


图 A.1 常压解吸变压吸附提纯氢气系统流程示意图

A.2 真空解吸变压吸附提纯氢气系统

真空解吸变压吸附提纯氢气系统所含设备如图 A.2 所示。

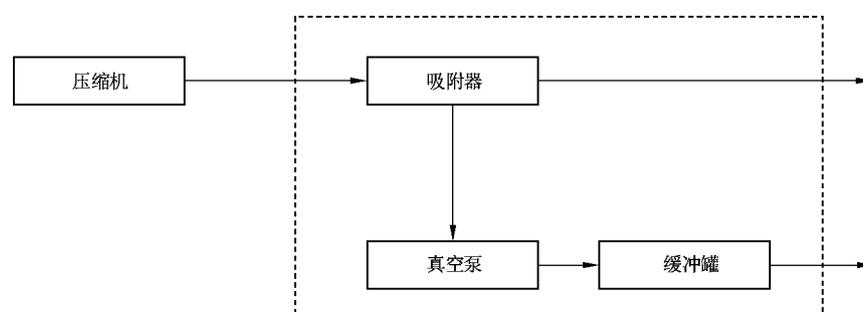


图 A.2 真空解吸变压吸附提纯氢气系统流程示意图