



中华人民共和国国家标准

GB/T 29412—2012

变压吸附提纯氢用吸附器

Adsorber of pressure swing adsorption for hydrogen purification

2012-12-31 发布

2013-10-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

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(SAC/TC 309)提出并归口。

本标准起草单位:西南化工研究设计院、四川天一科技有限公司、中国标准化研究院、浙江大学、上海华西科技有限公司、四川亚联科技有限公司。

本标准主要起草人:潘世俊、周耀、杨靖、李燕、徐平、吴芳、高建华、李琼、万兴、邓龙伟、傅宗国、张杰。

变压吸附提纯氢用吸附器

1 范围

本标准规定了变压吸附提纯氢用吸附器的基本要求、材料、设计、制造、检验与试验和标志、包装与运输。

本标准适用于设计压力大于或等于 0.1 MPa 且小于 10 MPa,真空度不小于 0.02 MPa 的变压吸附提纯氢用吸附器。

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 150.4 压力容器 第 4 部分:制造、检验和验收

GB 713 锅炉和压力容器用钢板

GB/T 5330 工业用金属丝编织方孔筛网

GB 12337 钢制球形储罐

GB/T 20663 囊式蓄能用压力容器

JB/T 4700 压力容器法兰分类与技术条件

JB/T 4711 压力容器涂敷与运输包装

JB/T 4730.2 承压设备无损检测 第 2 部分:射线检测

JB/T 4730.3 承压设备无损检测 第 3 部分:超声检测

JB/T 4730.4 承压设备无损检测 第 4 部分:磁粉检测

JB/T 4730.5 承压设备无损检测 第 5 部分:渗透检测

JB 4732 钢制压力容器 分析设计标准

NB/T 47008 承压设备用碳素钢和合金钢锻件

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

变压吸附提纯氢的吸附器 **adsorber of pressure swing adsorption for hydrogen purification**
内装吸附剂,承受交变载荷、从含氢气体中分离提纯氢气用单体设备。

3.2

气流分布器 **gas distributor**

用于吸附器进、出气的分配、过滤或吸附剂的压紧、承载,确保气流分布均匀的装置。

3.3

花板 **perforated plate**

设有排列规整的小孔,用以分布气流或承载吸附剂的多孔板。

3.4

鼠笼 **rotor cage**

设有排列规整的小孔或孔形格栅,用以分布气流或承载吸附剂的圆筒形组件。

4 基本规定

4.1 一般规定

变压吸附提纯氢用吸附器的设计、制造、检验和验收应符合本标准规定外,还应符合 JB 4732 等压力容器相关标准的规定。

4.2 资格与职责

4.2.1 吸附器的设计、制造单位应具备健全的质量管理体系。

4.2.2 设计单位的职责包括:

- a) 设计单位应具有压力容器分析设计(SAD)设计资质,并应对设计文件的准确性和完整性负责。
- b) 吸附器的设计文件应至少包括设计计算书(或应力分析报告书)和设计图样,若为第Ⅲ类压力容器,还应包括风险评估报告。
- c) 吸附器设计总图和应力分析报告应盖有压力容器设计资质印章。
- d) 设计文件保存期应不少于十年。

4.2.3 制造单位的职责包括:

- a) 变压吸附提纯氢的吸附器,应由具有第Ⅲ类压力容器制造资质证书(A2)和吸附器制造经验的单位制造。
- b) 制造单位应严格按设计文件和本标准的要求进行制造,若需对原设计进行修改时,应得到原设计单位的签章认可。
- c) 吸附器制造完工后应由制造单位出具检验报告,并应对检验报告的准确性和完整性负责。
- d) 吸附器应具有下列技术文件备查,技术文件保存期应不少于十年:
 - 1) 质量计划;
 - 2) 制造工艺图或制造工艺卡;
 - 3) 产品质量证明文件;
 - 4) 吸附器的焊接工艺和热处理工艺记录;
 - 5) 标准中允许制造厂选择的项目的记录;
 - 6) 吸附器制造过程中及完工后的检查记录;
 - 7) 吸附器的原设计图和竣工图。

4.3 分类与命名

4.3.1 吸附器的结构型式分为直立式、径向式,其结构参见附录 A 的规定。

4.3.2 吸附器型号表示方法应符合图 1 的规定。

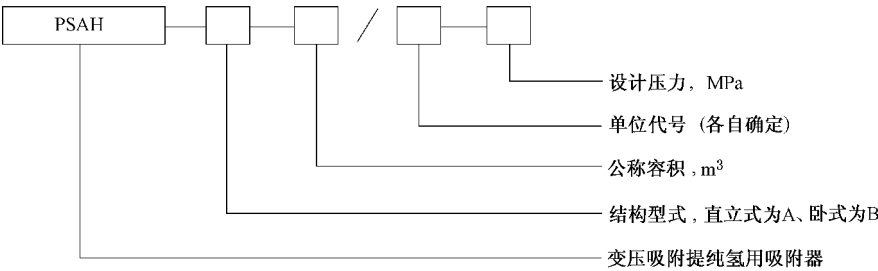


图 1 吸附器型号表示方法

5 材料

5.1 基本要求

5.1.1 吸附器元件用材料的选用应符合 GB/T 20663 的有关规定,并应考虑吸附器的使用条件(如设计温度、设计压力、介质特性等)、制造工艺以及经济合理性。

5.1.2 吸附器用钢应附有钢材生产单位的钢材质量证明书(或其加盖材料供应单位检验公章和经办人章的复印件)。吸附器制造单位应按质量证明书对钢材进行验收,必要时还应进行复验。

5.2 材料选择

5.2.1 吸附器受压元件的材料宜采用抗拉强度极限下限值小于 540 MPa 的碳素钢、低合金钢等,并应符合 GB 713 的有关规定。

5.2.2 吸附器非受压元件应选用镇静钢,当与受压元件焊接时,应具有焊接性能与受压元件相当的钢材。

5.2.3 吸附器用接管管材宜采用碳素钢、低合金钢钢管,钢管的标准及设计应力强度应符合 JB 4732 的有关规定。

5.2.4 吸附器应选用符合 NB/T 47008 规定的Ⅲ级或Ⅳ级锻件。

5.2.5 螺柱与螺母用钢的标准、使用状态及设计应力强度和试验应符合 JB 4732 的有关规定。

5.2.6 吸附器的内部紧固件用于固定丝网,其螺栓应采用 C3-80(1Cr17Ni2)材质,螺母应采用 C1-70(1Cr13)材质,垫片应采用不污染介质的软质材料。

5.2.7 吸附器内铺设在筛板、鼠笼上的丝网应采用不锈钢丝网(OGr18Ni9),并应具有一定的抗拉强度且无锈迹、无明显折痕、无破损,确保吸附剂的正常装填与使用,减小气体阻力。常用丝网的规格应符合表 1 的要求,并应符合 GB/T 5330 的有关规定。

表 1 丝网的规格

丝网规格/ 目 ^a	10	20	30
丝径/ mm	0.56	0.315	0.20
型号	GFW2.0/0.56(平纹)	GFW0.95/0.315(平纹)	GFW0.67/0.20(平纹)
^a 目为非国际单位,每 25.4 mm 长度上的开孔数。			

6 设计

6.1 设计参数

6.1.1 设计压力是指设定的容器顶部的最高压力,与相应的设计温度一起作为设计载荷的条件,其值不低于工作压力。一般取 1.05~1.1 倍工作压力。

6.1.2 工作压力是指正常工作情况下,容器顶部可能达到的最高压力。

6.1.3 设计温度是指容器在正常工作情况下,设定的元件的金属温度(沿元件金属截面的温度平均值)。吸附器的设计温度通常为 50 ℃。

6.1.4 设计载荷是容器设计应考虑各种载荷及载荷的组合,一般应至少包括下列载荷:

- a) 内压、外压；
- b) 吸附器自重，一般为正常工作条件下内装物料重力载荷；
- c) 附加载荷，如隔热材料、管道、扶梯、平台等的重力载荷；
- d) 风载荷、雪载荷及地震载荷；
- e) 裙座、耳座及其他形式支座的反作用力；
- f) 由各种工作条件引起的不均匀应变载荷及由连接管道或其他部件的膨胀或收缩所引起的作用力。

6.2 设计计算

6.2.1 吸附器用吸附剂体积、直径和高度，应按变压吸附提纯氢系统工艺设计和吸附器结构等确定。

6.2.2 吸附器的设计计算应包括筒体、封头、接管开孔、法兰、连接螺栓等主要受压元件，受压元件的强度计算及疲劳校核应符合 JB 4732 的有关规定。涉及真空的吸附器还应按 GB 150.4 核算刚度和稳定性。

6.2.3 吸附器筒体厚度的计算：

- a) 筒体的计算厚度应按式(1)计算：

$$\delta = \frac{PD_i}{2KS_m - P} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

δ ——筒体的计算厚度，单位为毫米(mm)；

P ——设计压力，单位为兆帕(MPa)；

D_i ——筒体内直径，单位为毫米(mm)；

K ——载荷组合系数；

S_m ——设计应力强度，单位为兆帕(MPa)。

载荷组合系数和设计应力强度应按 JB 4732 的有关规定选用。

- b) 筒体的设计厚度按式(2)计算：

$$\delta_d = \delta + C_2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

δ_d ——筒体的设计厚度，单位为毫米(mm)；

δ ——筒体的计算厚度，单位为毫米(mm)；

C_2 ——腐蚀裕量，单位为毫米(mm)。

筒体的名义厚度等于筒体的设计厚度加上钢材厚度负偏差后向上圆整至钢材标准规格厚度。

钢材的腐蚀裕量应根据吸附器预期使用寿命和介质对材料的腐蚀速率确定。预期使用寿命一般由操作工况、吸附剂的使用周期和用户要求确定。

钢材厚度负偏差应按 GB 713 和相应钢材标准的规定选取。

6.2.4 吸附器宜采用成形封头，封头型式有凹面受压的半球形封头、碟形封头和椭圆形封头等，各种封头的厚度应按 JB 4732 的有关规定进行计算。

6.2.5 开孔补强应采用插入式或对接式整体补强结构。接管与壳体连接处应倒圆角，内角半径 r_1 不低于壳体厚度的 $1/8$ ；外角半径 r_2 一般不应小于壳体厚度的 $1/2$ 中较大值。开孔补强的计算应符合 JB 4732 的规定。

6.3 吸附器内部构件、填充物

6.3.1 吸附器内除填装吸附剂外，主要内部构件是气流分布器。吸附器应设有进气或上部气流分布器和出气或下部气流分布器。

6.3.2 进气气流分布器应设置在进气端,对吸附器的进气气流进行分配、过滤,并压实吸附剂;进气气流分布器宜采用花板或鼠笼等结构,花板开孔位置、尺寸应确保气流分布均匀,不得发生穿漏、偏流,并应防止吸附剂漏损。筛板的开孔率宜大于等于40%。鼠笼的开孔率宜大于进气管截面积的2.5倍。

6.3.3 出气或下部气流分布器应设置在出气端,对排出吸附器的气流进行过滤、分配,并支撑吸附剂;出气气流分布器宜采用花板或鼠笼等结构。出气气流分布器应具有足够的强度和刚度,并确保气流分配均匀、密封良好,还应防止吸附剂及其碎块漏损。筛板的开孔率宜大于等于40%,鼠笼的开孔率宜大于等于20%。

6.3.4 吸附剂的品种、数量应根据吸附器的设计参数和原料气、产品气要求确定。一般可采用活性炭、活性氧化铝、分子筛等。

6.4 吸附器校核计算

6.4.1 吸附器的设计应按JB 4732的有关规定进行静强度分析计算和疲劳分析校核计算。

6.4.2 真空操作的吸附器应进行稳定性校核计算。

7 制造

7.1 一般规定

7.1.1 吸附器的制造除应符合本标准规定外,还应符合设计文件的要求和JB 4732的有关规定。

7.1.2 吸附器受压部分的焊接接头应分为A、B、C、D四类,接头类别的划分和图样表述应符合JB 4732的有关规定。

7.2 吸附器制作材料的复验

7.2.1 施焊前应逐张检查钢板的表面质量和材料标志;按板厚规格复验钢板的化学成分、力学性能、冷弯性能,并应符合GB 713的有关规定;钢板应逐张进行超声检测,并应达到JB/T 4730.3规定的Ⅱ级。

7.2.2 锻件生产厂应具有制造许可证,吸附器制造厂应复验其硬度和化学成分,若复验结果出现异常,则应进行力学性能的复验。

7.3 冷热加工成形

7.3.1 根据制造工艺条件,确定加工裕量,以确保成品吸附器各部位的实际厚度不小于该部位名义厚度减去钢板厚度负偏差。

7.3.2 球形封头和椭圆封头的成型应符合下列规定:

- a) 封头不宜采用煤加热成型的方式;
- b) 直径小于1 400 mm的球形封头,不允许拼接;直径等于或大于1 400 mm且小于或等于4 000 mm的球形封头,应采用先拼接后整体成型的方法,拼接焊缝数不大于2条,且最小板宽不小于500 mm;直径大于4 000 mm的球形封头,宜采用先分瓣后成型,再组焊的方法。球形封头分瓣冲压的瓣片尺寸公差应符合GB 12337的有关规定;
- c) 直径小于1 200 mm的椭圆封头,不允许拼接。直径等于或大于1 200 mm的椭圆封头如需拼接,拼板焊缝距板中心的距离应不大于0.4倍封头内径,且最小板宽不小于300 mm;
- d) 封头各种不相交的拼焊焊接接头边缘之间的最小距离以及形状偏差等应符合JB 4732的有关规定。

7.4 坡口表面

7.4.1 坡口表面不得有裂纹、分层、夹渣等缺陷。

7.4.2 施焊前应将坡口表面的渗碳层、氧化物、油污、熔渣及其他有害杂质清理干净,清除的范围以离坡口边缘的距离计,不得小于 50 mm。

7.5 圆通与壳体

圆筒与壳体的焊接、组装,包括辅助件、内构件的焊接、组装均应按 JB 4732 的有关规定进行。

7.6 法兰与平盖

7.6.1 吸附器法兰应按照 JB/T 4700 的有关规定进行加工。

7.6.2 平盖与筒体端部的加工应符合 JB 4732 的有关规定。

7.7 焊接

7.7.1 焊接前准备及施焊环境以及焊接工艺应符合 JB 4732 的有关规定。

7.7.2 焊缝金属应保证力学性能,其抗拉强度不得高于母材标准规定的上限值加 30 MPa,且不低于母材强度。

7.7.3 焊接接头的表面形状尺寸及外观要求应符合以下规定:

- a) 焊接接头的表面形状尺寸应符合 JB 4732 的有关规定;
- b) 焊接接头表面不得有裂纹、气孔、咬边、弧坑、夹渣等缺陷,并不得留有熔渣与飞溅物;
- c) 容器上所有 A、B 类焊接接头焊缝均应打磨至与母材齐平,不得留有余高;C、D 类焊接接头焊缝均应打磨,使其圆滑过渡。

7.8 引弧

禁止在容器的非焊接部位引弧。因电弧擦伤而产生的弧坑、焊疤以及因切割卡具、拉筋板等临时性附件遗留的焊疤应修磨平滑,打磨后的厚度不得低于该部位的名义厚度。

7.9 返修

吸附器的制造过程的焊接试板和试样以及焊接接头需要返修时,应符合 JB 4732 的有关规定。

7.10 热处理

7.10.1 制造单位应按设计文件和标准的要求在热处理前编制热处理工艺。

7.10.2 不得使用燃煤炉进行吸附器的焊后热处理。

7.10.3 焊后热处理方法应符合 JB 4732 的有关规定。

7.10.4 热处理装置(炉)应配有自动记录温度曲线的测温仪表,并能自动绘制热处理的时间与工件壁温关系曲线。

7.10.5 吸附器焊后可进行炉内整体热处理或分段热处理,在可能情况下,应优先采用炉内整体加热方法。分段热处理时,其重复加热长度应不小于 1 500 mm,炉外部分应采取保温措施,使温度梯度不致影响材料的组织和性能。

8 检验、试验和验收

8.1 无损检测

8.1.1 吸附器的焊接接头,经形状尺寸和外观检查合格后,再进行规定的无损检测。

8.1.2 吸附器的 A、B、C、D 类焊接接头应进行 100% 无损检测,检测要求按图样规定。

8.1.3 检测评定具有如下要求:

- a) 射线检测按 JB/T 4730.2 的规定进行,要求进行全部无损检测的对接接头,射线检测技术等级不低于 AB 级,合格级别不低于Ⅱ级;要求进行局部无损检测的对接接头,射线检测技术等级不低于 AB 级,合格级别不低于Ⅲ级,并且不允许有未焊透;角接头、T 形接头,射线检测技术等级不低于 AB 级,合格级别不低于Ⅱ级。射线检测中底片的定位和标记、评定范围内的黑度和像质计灵敏度等应符合 JB/T 4730.2 的相关规定。
 - b) 超声波检测按 JB/T 4730.3 进行,要求进行全部无损检测的对接接头,脉冲反射法超声检测技术等级不低于 B 级,合格级别为Ⅰ级;要求进行局部无损检测的对接接头,脉冲反射法超声检测技术等级不低于 B 级,合格级别不低于Ⅱ级;角接头、T 形接头,脉冲反射法超声检测技术等级不低于 B 级,合格级别为Ⅰ级;采用衍射时差法超声检测的焊接接头,合格级别不低于Ⅱ级。
 - c) 磁粉检测按 JB/T 4730.4 进行,检测结果Ⅰ级为合格。
 - d) 渗透检测按 JB/T 4730.5 进行,检测结果Ⅰ级为合格。
- 8.1.4 经射线检测或超声波检测的焊接接头,如有不允许的缺陷,应在缺陷清除干净后进行补焊,并对该部分采用原检测方法重新检测,直至合格。经磁粉检测或渗透检测发现的不允许缺陷,应在缺陷清除后或补焊后,对该部分采用原检测方法重新检测,直至合格。

8.2 试验

制造完工的吸附器应按图样规定进行压力试验及致密性试验。试验内容、试验方法、试验压力等应符合 JB 4732 的有关规定。

8.3 产品验收

- 8.3.1 经国家授权的质检机构确认并出具质量证明书。
- 8.3.2 吸附器的质量证明书应包括:产品合格证、容器说明书、质量说明书三部分。
- 8.3.3 用户现场的产品验收为产品的最终验收。

9 标志、包装与运输

9.1 容器说明书

- 9.1.1 吸附器特性,包括设计压力(含不同工况条件下的不同设计压力)、最大允许工作压力、试验压力、设计温度(含不同工况条件下的不同设计温度)、工作介质、容器类别。
- 9.1.2 吸附器图纸,应包括吸附器竣工总图及主要零部件图。
- 9.1.3 吸附器的热处理状态与禁焊等特殊说明。

9.2 质量说明书

- 9.2.1 主要零部件材料的化学成分和力学性能。
- 9.2.2 无损检测结果。
- 9.2.3 焊接质量的检查结果(包括超过两次的返修记录)。
- 9.2.4 压力试验与致密性试验结果。
- 9.2.5 与本标准和图样不符的项目。

9.3 容器铭牌

- 9.3.1 容器铭牌应固定于明显的位置。
- 9.3.2 铭牌应包括如下内容:

- a) 制造单位名称和制造许可证号码；
- b) 制造单位对该容器产品的编号；
- c) 制造日期；
- d) 设计压力(含不同工况条件下的不同设计压力)；
- e) 最大允许工作压力；
- f) 试验压力；
- g) 设计温度(含不同工况条件下的不同设计温度)；
- h) 容器重量；
- i) 容器类别。

9.4 其他规定

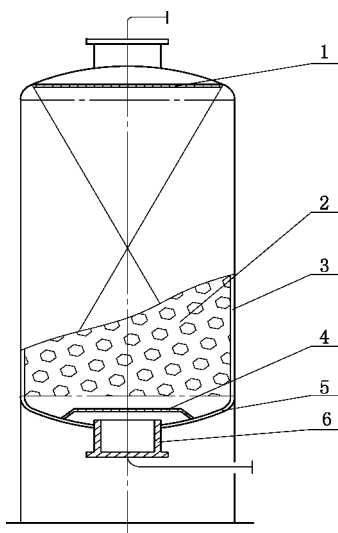
容器的油漆、包装、运输应符合 JB/T 4711 的规定。

附 录 A
(资料性附录)
吸附器的结构

A.1 结构形式

A.1.1 吸附器通常采用圆筒形结构,一般可分为立式、卧式两种。

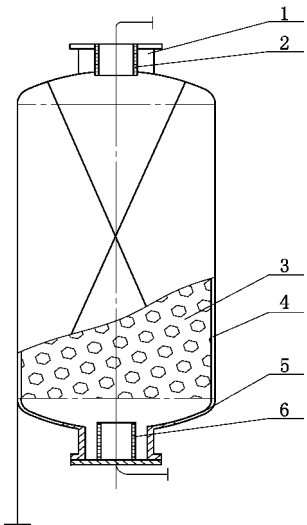
A.1.2 吸附器的主要部件包括筒体、封头、气流分布器、连接管和吸附剂。图 A.1 是直立式吸附器结构简图,图 A.2 是径向式吸附器结构简图。



说明:

- 1——上部气流分布器;
- 2——吸附剂;
- 3——筒体;
- 4——下部气流分布器;
- 5——封头;
- 6——连接管。

图 A.1 直立式吸附器结构简图



说明：

- 1——连接管；
- 2——上部气流分布器；
- 3——吸附剂；
- 4——筒体；
- 5——封头；
- 6——下部气流分布器。

图 A.2 径向式吸附器结构简图

A.2 气流分布器

- A.2.1 吸附器的气流分布器有进气(上部)、出气(下部)分布器,其结构和开孔应确保进入或排出吸附器吸附剂层的气流分布均匀,不得有偏流现象的发生,并可防止吸附剂的泄漏。
- A.2.2 进气(上部)分布器应设在进气端,对进入吸附器的气流进行分配、过滤,并压实吸附剂层;宜采用花板或鼠笼等结构,见图 A.1。
- A.2.3 出气(下部)分布器应设在出气端,对排出吸附器的气流进行分配、过滤,并承载吸附剂;宜采用花板或鼠笼等结构,见图 A.2。出气分布器应具有足够的强度和刚度。