



团 体 标 准

T/CCSAS 019—2022

加氢站、油气氢合建站安全规范

Safety specification for hydrogen refueling station and combined refueling station

2022-12-21 发布

2022-12-21 实施

中国化学品安全协会 发布
中国标准出版社 出版

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 基本规定	4
5 安全设施设计	5
6 采购、施工及验收安全要求	12
7 运行维护	16
8 安全管理	20
附录 A (资料性) 氢气设施风险辨识	22
附录 B (规范性) 氢气储存压力容器技术要求	23
参考文献	29

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。

本文件由中国化学品安全协会提出并归口。

本文件起草单位：中国石化工程建设有限公司、应急管理部天津消防研究所、中国安全生产科学研究院、中国石化销售股份有限公司、中国石化销售股份有限公司广东石油分公司、中国石化销售股份有限公司浙江石油分公司、中国石化销售股份有限公司上海石油分公司、中石化第五建设有限公司、石油化工工程质量监督总站北京监督站。

本文件主要起草人：韩钧、杨志华、蒋荣兴、李少鹏、张力、王维民、杜霞、王如君、黎健强、张增晓、张闻锋、杜红斌、李莉、曾小军、戴文松、柯松林、刘汉宝、洪洋、郑学鹏、张悦、张彦新、马思瑶、刘京荣、田宁、张奇、赵洪祥、张斌、黄萍、多英全、杨国梁、王大鹏、周金广、赵亮、赵志海、肖海明、倪庆旭、杨成城、朱贇、梅宏民、张培平、李晓彤、周伟东、陆宇晨、黄伟明、陶红新、江诚、陆燕、李莹莹、周琦、王永红、石育宝、单凯、秦绪光、刘创涛、刘忠友、关慰清。

引 言

为指导新建、改建和扩建的加氢站、油气氢合建站的高质量建设和安全运行,规范安全要求,提升本质安全,特编制本文件。

本文件是在现行国家有关法律法规、部门规章和标准的基础上,总结了我国加氢站、油气氢合建站多年的设计、施工、建设、运营和管理等实践经验,借鉴了国内已有的行业标准和国外发达国家的相关标准的基础上编制而成,为加氢站、油气氢合建站的建设和安全运行提供了依据。

加氢站、油气氢合建站安全规范

1 范围

本文件规定了高压储氢加氢站、油气氢合建站安全基本规定、安全设施设计、采购、施工及验收安全要求、运行维护及安全管理等内容。

本文件适用于新建、改建和扩建的加氢站、油气氢合建站的设计、施工及验收、试运行以及在役加氢站、油气氢合建站的操作与维护。本文件不适用于站内制氢、液氢储存、固态储氢加氢站。

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 1954 铬镍奥氏体不锈钢焊缝铁素体含量测量方法
- GB/T 3836.1 爆炸性环境 第1部分：设备 通用要求
- GB/T 6394 金属平均晶粒度测定方法
- GB/T 10561 钢中非金属夹杂物含量的测定 标准评级图显微检验法
- GB 14907 钢结构防火涂料
- GB 30077 危险化学品单位应急救援物资配备要求
- GB 30871 危险化学品企业特殊作业安全规范
- GB/T 31138 加氢机
- GB/T 33145 大容积钢质无缝气瓶
- GB/T 34019—2017 超高压容器
- GB/T 34542.2 氢气储存输送系统 第2部分：金属材料与氢环境相容性试验方法
- GB/T 34542.3 氢气储存输送系统 第3部分：金属材料氢脆敏感度试验方法
- GB/T 34583 加氢站用储氢装置安全技术要求
- GB/T 34584 加氢站安全技术规范
- GB 50016 建筑设计防火规范
- GB 50026 工程测量标准
- 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 50116 火灾自动报警系统设计规范
- GB 50140 建筑灭火器配置设计规范
- GB 50156 汽车加油加气加氢站技术标准
- GB 50171 电气装置安装工程 盘、柜及二次回路接线施工及验收规范
- GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范
- GB 50205 钢结构工程施工质量验收标准
- GB 50257 电气装置安装工程爆炸和火灾危险环境电气装置施工及验收规范

- GB 50300 建筑工程施工质量验收统一标准
- GB/T 50484 石油化工建设工程施工安全技术标准
- 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 50516 加氢站技术规范
- GB/T 50770 石油化工安全仪表系统设计规范
- GBZ 2.2 工作场所有害因素职业接触限值 第2部分:物理因素
- JB 4732 钢制压力容器——分析设计标准
- JB/T 6441 压缩机用安全阀
- NB/T 47013.2 承压设备无损检测 第2部分:射线检测
- NB/T 47013.3 承压设备无损检测 第3部分:超声检测
- NB/T 47013.4 承压设备无损检测 第4部分:磁粉检测
- NB/T 47013.5 承压设备无损检测 第5部分:渗透检测
- NB/T 47014 承压设备焊接工艺评定
- SH/T 3005 石油化工自动化仪表选型设计规范
- SH/T 3019 石油化工仪表管道线路设计规范
- SH/T 3164 石油化工仪表系统防雷设计规范
- SH/T 3216 储气井工程技术规范
- SH/T 3501 石油化工有毒、可燃介质钢制管道工程施工及验收规范
- SH 3510 石油化工设备混凝土基础工程施工质量验收规范
- SH/T 3529 石油化工厂区竖向工程施工及验收规范
- SH/T 3551 石油化工仪表工程施工质量验收规范
- SH/T 3904 石油化工建设工程项目竣工验收规定
- TSG 08 特种设备使用管理规则
- TSG 21 固定式压力容器安全技术监察规程
- TSG D0001 压力管道安全技术监察规程——工业管道
- TSG D7005 压力管道定期检验规则——工业管道
- TSG ZF001 安全阀安全技术监察规程
- T/CCSAS 018 加氢站氢运输及配送安全规范
- ASME B40.1 压力表和压力表附件(Pressure gauges and gauge attachments)
- ASME VIII-2 压力容器建造另一规则(Alternative rules for construction of pressure vessels)
- ASME VIII-3 高压容器建造另一规则(Alternative rules for construction of high pressure vessels)

3 术语和定义

3.1

加氢站 hydrogen refueling station

为氢能汽车的储氢瓶充装氢燃料或氢气天然气混合燃料的场所。

3.2

加油站 oil refueling station

具有储油设施,使用加油机为机动车加注汽油、柴油等车用燃油的场所。

3.3

加气站 gas refueling station

各类 CNG、LNG 加气站的统称。具有储气设施,使用加气机为机动车加注车用 CNG、LNG 等车用燃气的场所。

3.4

加油加氢合建站 oil and hydrogen combined refueling station

既为汽车的油箱加注汽油或柴油,又为氢能汽车的储氢瓶充装氢气或氢气天然气混合燃料的场所。

3.5

加气加氢合建站 gas and hydrogen combined refueling station

既为氢能汽车的储气瓶充装氢气或氢气天然气混合燃料,又为天然气汽车的储气瓶充装压缩天然气或液化天然气的场所。

3.6

加油加气加氢合建站 oil and gas and hydrogen combined refueling station

为汽车油箱加注汽油或柴油,为天然气汽车的储气瓶充装压缩天然气或液化天然气,为氢能汽车储气瓶充装车用压缩氢气或氢气天然气混合燃料的场所。

3.7

油气氢合建站 combined refueling station

加油加氢合建站、加气加氢合建站、加油加气加氢合建站的统称。

3.8

储氢容器 hydrogen storage vessel

储存氢气的压力容器,包括罐式储氢压力容器和瓶式储氢压力容器。

3.9

储氢瓶组 hydrogen storage cylinder group

将若干个瓶式储氢压力容器组装为整体储气系统的氢气储气设施,并配有相应的连接管道、阀门、仪表、安全装置等。

3.10

储气(氢)井 CNG(H₂) storage well

竖向埋设于地下且井筒与井壁之间采用水泥浆进行全填充封固,用于储存 CNG 或氢气的管状设施。由井底装置、井筒、内置排液管、井口装置等构成。

3.11

工艺设备 process equipments

设置在加氢站、油气氢合建站内的油(气、氢)卸车接口、油罐、LNG 储罐、CNG 储气瓶(井)、储氢容器、储氢井、加油(气、氢)机、卸气(氢)柱、通气管(放散管)、长管拖车、CNG 压缩机、氢气压缩机、制氢装置等的统称。

3.12

作业区 operation area

加氢站、油气氢合建站内布置工艺设备的区域。该区域的边界线为设备爆炸危险区域边界线加 3 m,对柴油设备为设备外缘加 3 m。

3.13

未爆先漏 leak-before burst

容器的裂纹在厚度范围内稳定扩展,在发生失稳爆破前穿透壁厚导致内部介质泄漏的情况。

3.14

失效模式 failure mode

容器丧失其规定功能或者产生危及安全使用事件的现象及其本质原因。

3.15

脆性断裂 brittle fracture

容器未经明显的塑性变形而发生的破裂。

3.16

塑性垮塌 plastic collapse

在单调加载条件下容器因过量总体塑性变形而不能继续承载导致的破坏。

3.17

局部过度应变 excessive local strain

容器结构不连续处因材料延性耗尽而产生的裂纹或者撕裂。

3.18

钢带错绕式储氢容器 flat steel ribbon wound pressure vessel

在整体内筒上沿一定缠绕倾角,逐层交错缠绕钢带形成的多层压力容器。

3.19

多层包扎储氢容器 wrapped pressure vessel

在内筒上逐层包扎层板形成的多层压力容器。

3.20

高压氢气管道 high pressure hydrogen pipeline

设计压力大于或等于 20 MPa 的氢气管道。

4 基本规定

4.1 一般规定

4.1.1 加氢站、油气氢合建站项目的设计、施工及验收、运行与维护的安全要求除应满足本文件外,还应符合 GB 50516、GB 50156 的有关规定。

4.1.2 站内氢气长管拖车或管束式集装箱(含卸车软管)及其卸气操作和维护的安全要求应符合 T/CCSAS 018 的有关规定。

4.1.3 加氢站的建设及运行过程应进行安全风险识别,并采取相应措施。氢气的危险特性和氢气设施典型事故风险见附录 A。

4.2 风险防控原则

4.2.1 氢气设施的设计、设备和器材采购、施工和验收应满足技术规范要求;工艺操作应遵守操作规程;设施设备应定期维护保养,保持安全性能,避免氢气泄漏。

4.2.2 布置有氢气设备和管道的建(构)筑物应通风良好,避免有氢气积聚的结构。

4.2.3 氢气易泄漏和易积聚场所应设置氢气泄漏检测报警系统和火灾探测报警系统,并保持正常运行。

4.2.4 应设置防护墙或钢板等有效隔离设施,将危险性相对较大的储氢容器、储氢井、氢气压缩机与站内其他设施隔开。

4.2.5 一旦发现氢气泄漏或火情,应迅速按照应急预案做好应急处置。

5 安全设施设计

5.1 站址选择

- 5.1.1 独立加氢站选址应符合 GB 50516 的有关规定。
- 5.1.2 油气氢合建站选址应符合 GB 50156 的有关规定。

5.2 站内平面布置

- 5.2.1 加氢站、油气氢合建站的作业区内,不应有“明火地点”或“散发火花地点”。
- 5.2.2 加氢站、油气氢合建站的室外变压器或变配电间的门窗不应位于作业区内。
- 5.2.3 非站房所属建筑物或设施不应布置在作业区内,并按 GB 50156 规定的三类保护物确定与站内可燃液体或可燃气体设备的防火间距。经营性餐饮、汽车服务等设施内设置明火设备或非防爆电气设备时,应按“明火地点”或“散发火花地点”确定防火间距。
- 5.2.4 加氢站、油气氢合建站内的爆炸危险区域,不应超出站区围墙和可用地界线。
- 5.2.5 站房的门窗、非防爆设备应位于爆炸危险区域之外。
- 5.2.6 压缩机可布置在自然通风良好的箱柜内,其他工艺设备应露天布置。
- 5.2.7 独立加氢站站内设施的防火间距应符合 GB 50516 的有关规定。
- 5.2.8 油气氢合建站站内设施的防火间距应符合 GB 50156 的有关规定。

5.3 工艺设备和管道

5.3.1 氢气压缩

- 5.3.1.1 氢气压缩机的安全保护装置的设置,应符合下列规定:
 - a) 压缩机进、出口与第一个切断阀之间,应设安全阀,并应选用全启式安全阀;
 - b) 压缩机进口应设置压力高、低限报警,出口应设置压力高、温度高限报警以及压力高高限、温度高高限连锁停机;
 - c) 润滑油系统应设油压高限报警、低限报警和油温高限报警,油压尚应设低低限连锁停机;
 - d) 压缩机的冷却水系统应有温度高限报警、压力低限报警和流量低限报警;
 - e) 压缩机进、出口管路应设置置换吹扫口;
 - f) 采用膜式压缩机时,应设膜片破裂报警和连锁停机;
 - g) 压缩机内自动控制阀门应设置阀位状态故障报警。
- 5.3.1.2 氢气压缩机的布置应符合下列规定。
 - a) 当氢气压缩机安装在室内或非敞开的箱柜内时,应设置自然排气口、氢气检测器、火灾探测器和事故排风设备。事故排风设备应与氢气浓度报警系统连锁。
 - b) 设在压缩机间的氢气压缩机,宜单排布置,其主要通道宽度不应小于 1.5 m,与墙之间的距离不应小于 1.0 m。

5.3.2 高压储氢设备

- 5.3.2.1 氢气储存可选用瓶式储氢容器、罐式储氢容器或储气井,单个瓶式储氢容器和罐式储氢容器的水容积不应大于 5 m³。
- 5.3.2.2 采用的固定式储氢容器和储氢井应经试验或实际应用证明技术成熟,并应符合 TSG 21 和相关标准的规定。氢气储气井的设计和建造应符合 SH/T 3216 的有关规定。

5.3.2.3 固定储氢设备的工作压力不宜大于 1.25 倍加氢机充氢压力。

5.3.2.4 储氢容器应满足未爆先漏的要求。储氢容器和储氢井设计中应充分考虑容器各种可能的失效模式,材料选择和结构设计,应满足避免发生脆性断裂失效模式的要求。应按 JB 4732、GB/T 34019、ASME VIII-2 或 ASME VIII-3 的规定对储氢容器和储氢井的塑性垮塌、局部过度应变、泄漏和疲劳断裂等失效模式进行评定。

5.3.2.5 储氢容器和储氢井应设置下列安全附件。

- a) 应设置安全阀和放空管道,安全阀前后应分别设 1 个全通径切断阀,并应设置为铅封开或锁开;如果拆卸安全阀时,有不影响其他储氢容器和管道放空的措施,则安全阀前后可不设切断阀。安全阀应设安全阀副线,副线上应设置可现场手动和远程控制操作的紧急放空阀门。安全阀的排放能力不应小于相应压缩机的最大排气量。
- b) 应设置压力测量仪表,并应分别在控制室和现场指示压力。应在控制室设置超压报警和低压报警。
- c) 储氢容器和储氢井应设置噪声型氢气检测器,并应符合 5.7.8 的规定。
- d) 应设置氮气吹扫置换接口。

5.3.2.6 储氢容器和储氢井的控制系统应自动记录压力波动范围超过 20%设计压力的工作压力波动次数。

5.3.3 卸气柱及其附属设施

5.3.3.1 卸气柱应设置泄放阀、紧急切断阀、就地和远传压力测量仪表。

5.3.3.2 应设有固定的停放车位并应有明确标识,停车位应配备限位装置。

5.3.3.3 应为氢气长管拖车上的气动紧急切断阀配置气源和控制系统接口。

5.3.3.4 应在卸气柱入口管线前端设置氢气密闭取样口和取样装置。取样装置应包括减压装置(减压后压力不大于 1.2 MPa)、氮气吹扫置换接口、就地和远传压力测量仪表等部件。置换出的气体应汇入放空管线。

5.3.3.5 应设置供软管吹扫用的氮气置换接口。

5.3.4 加氢机

5.3.4.1 加氢机应设置在室外。

5.3.4.2 加氢机应具有充装、计量和控制功能,并应符合下列规定。

- a) 额定(或公称)工作压力应为 35 MPa 或 70 MPa,最大加注压力应为 1.25 倍额定工作压力。
- b) 应设置安全泄压装置,安全阀应选用全启式,安全阀的整定压力不应大于车载储氢瓶的最大允许工作压力(或设计压力)。
- c) 应设置能实现控制及联锁保护功能的自动控制系统。如单独设置 PLC,则信号应通过通信方式与位于控制室的加氢站控制系统进行信号往来。联锁信号应通过硬线与加氢站控制系统进行信号往来。
- d) 进气管道上应设置自动切断阀,当达到车载储氢容器的充装压力高限值时,自动切断阀联锁关闭。
- e) 在现场及控制室(或值班室)均应设置紧急停车按钮,当出现紧急情况时,可按下该按钮,关闭进气阀门。
- f) 箱柜内部氢气易积聚处应设置氢气检测器,当氢气含量(体积)达 0.4%时,应在可燃气体和有毒气体检测报警系统内高报警;当氢气含量(体积)达到 1%时,应在可燃气体和有毒气体检测

报警系统内高高报警,同时向加氢站控制系统发出联锁信号,由加氢站控制系统发出停加氢机及关闭进气管道自动切断阀的联锁信号;

- g) 额定工作压力为 35 MPa 加氢机与 70 MPa 加氢机,其加氢枪的加注口应采用不同的结构形式。
- h) 应设置脱枪保护装置,发生脱枪事故时应能阻止氢气泄漏。
- i) 额定工作压力为 70 MPa 的加氢机应设置可与车载储氢瓶组相连接的符合相应标准的通信接口,在加注过程中应将车载储氢瓶的温度、压力信号传输到加氢机。若通信中断或者有超温或超压情况发生,加氢机应能自动停止加注氢气。
- j) 70 MPa 加氢枪宜采取防结冰的吹扫措施。
- k) 应在加氢机入口管线设置氢气取样口和取样装置。取样装置应符合 5.3.3.4 的规定。

5.3.4.3 加氢机的加气软管应设置拉断阀。拉断阀应能够在 400 N~600 N 的外力作用下断开连接,分离后两端应自行密闭。加氢枪应有防脱落措施。

5.3.4.4 向氢能汽车车载储氢瓶加注氢气时,应对输送至储氢瓶的氢气进行冷却,但加注温度不应低于 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。冷却设备的冷媒管道应设置压力检测及安全泄放装置,并应能在管道发生泄漏事故,高压氢气进入冷媒管道时,立即自动停止加氢作业和系统运行。

5.3.4.5 向氢燃料汽车车载储氢瓶加注氢气时,应控制加注流量或压力上升速率,使车载储氢瓶内氢气温度不超过 $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

5.3.4.6 车载储氢瓶充装率不应超过 100%。

5.3.4.7 测量加氢机压力变送器,其压力取源应位于加氢机拉断阀的上游,并宜靠近加氢机软管拉断阀,压力取源与分离装置之间的长度不应大于 1 m。当测量的初始压力小于 2 MPa 或大于相应压力等级的额定工作压力(35 MPa 或 70 MPa)时,加氢站应能在 5 s 内终止氢气加注。

5.3.5 管道及其组成件

5.3.5.1 加氢站内所有氢气管道、阀门、管件的设计压力不应小于最大工作压力的 1.1 倍,且不得低于设备安全阀的整定压力。

5.3.5.2 氢气管道上由于振动、压力脉动及温度变化等可能产生交变荷载的部位,不宜采用螺纹连接。

5.3.5.3 与压缩机相连接并接受振动的氢气管道应采用抗振动的卡套接头,抗振动试验应符合 GB 50156 的有关规定。

5.3.5.4 氢气放空管的设置,应符合下列规定。

- a) 不同压力级别系统的放空管宜分别引至放空总管,并宜以向上 45° 接入放空总管,放空总管公称直径不宜小于 DN80。氢气放空管道直径应经计算确定,排放系统管网的马赫数不应大于 0.4,马赫数应按公式(1)计算:

$$M_a = \frac{u}{C} \dots\dots\dots(1)$$

式中:

M_a ——马赫数;

C ——声音在氢气介质中的传播速度,单位为米每秒(m/s);

u ——气体介质的流速,单位为米每秒(m/s)。

- b) 放空总管应垂直向上,管口应高出设备平台及以管口为中心半径 12 m 范围内的建筑物顶或平台 2 m 及以上,且应高出所在地面 5 m 及以上。
- c) 自放空设备至放空总管出口,放空管道的压力降不宜大于 0.1 MPa。
- d) 氢气放空管道系统的设计应满足氢气最大排放量安全排放要求,并应做到畅通无阻。放空压力(阀前)大于 1 MPa 的氢气放空管道不宜设置阻火器。放空管道的设计压力不应小于 1.6 MPa。

e) 放空总管应采取防止雨水积聚和杂物堵塞的措施,宜在放空总管底部设置排水管及阀门。

5.3.5.5 氢气管道地下敷设时应采用明沟敷设。加油加氢合建站内或 LNG 加气加氢合建站内,氢气管道明沟不应布置在汽油设备或 LNG 设备的爆炸危险区域范围内。

5.3.5.6 站内氢气管道明沟敷设时,应符合下列规定:

- a) 有接头处明沟顶部应设置不发火花格栅板,其他地方可设置混凝土通气盖板,格栅板和混凝土通气盖板强度应能承受车辆荷载;
- b) 管道支架、格栅板应采用不燃材料制作;
- c) 明沟应采取排水措施。

5.3.5.7 氢气管道系统应设置防止高压管道系统的气体窜入低压管道系统造成超压的止回阀或控制阀。应设置止回阀或控制阀的位置包括:

- a) 卸气柱与压缩机之间;
- b) 压缩机出口;
- c) 储氢容器、储氢井进气管和出气管;
- d) 氢气预冷器与加氢机之间;
- e) 氮气集气格出口;
- f) 各氮气吹扫管线与工艺管线连接处;
- g) 其他有高压管道系统的气体窜入低压管道系统危险的位置。

5.4 工艺设施的安全防护

5.4.1 以管道输送供应氢气的进站管道上,应设置便于事故发生时可及时切断气源的手动紧急切断阀。

5.4.2 站内氢气调压计量、增压、储存、加气各工段,应分段设置切断气源的切断阀。

5.4.3 储氢容器、储氢井与加氢机之间的总管上应设主切断阀和通过加氢站控制系统操作的紧急切断阀、吹扫放空装置。每个储氢容器、储氢井出口应设切断阀。

5.4.4 储氢容器、储氢井进气管总管上应设安全阀及紧急放空管、就地和远传压力测量仪表,远传压力应设置超压报警。长管拖车应有与站内工艺安全设施相匹配的安全保护措施,但可不设超压报警器。储氢容器、储氢井应设置可现场手动和远程开启的紧急放空阀门及放空管道,流量宜满足在 15 min 内将储氢容器、储氢井内压力从最初始的压力降到设计压力的 50% 的要求。放空管道上应设置限流孔板或采取其他安全限流措施。

5.4.5 储氢设备和各级管道应设置安全阀。安全阀的设置应符合 TSG 21 的有关规定。安全阀的整定压力不应大于管道和设备的设计压力。

5.4.6 氢气系统和设备均应设置氮气吹扫装置,所有氮气吹扫口前应配置切断阀、止回阀。吹扫氮气的纯度不得低于 99.5%。

5.4.7 储氢容器、储氢井应按压力等级的不同,分别设置超压报警限值和低压报警限值。

5.4.8 卸车区、增压区、储氢区、加氢区等具有爆炸危险场所应设置防爆火灾探测器和防爆声光报警器,火灾探测器的设置应符合 5.8.3 的规定。

5.4.9 氢气压缩机间(箱)内的顶部应设置氢气检测器,并应符合 5.7.8 的规定。

5.4.10 加氢站应设置手动(人工)启动的紧急切断系统,在事故状态下,可手动紧急关停压缩机和加氢机,同时紧急关闭氢气管道上的紧急切断阀。

5.4.11 紧急切断系统应至少在下列位置设置带防护罩和警示标志的紧急切断按钮:

- a) 在给氢燃料汽车加注氢气现场工作人员容易接近的位置;
- b) 在控制室或值班室内(包括便利店收银台)。

5.4.12 加氢站内压缩机和加氢机应在现场及控制室均设置停车按钮。

5.4.13 储氢容器、储氢井的出口管道上宜设置过流防止阀或采取其他防过流措施。

5.4.14 站内固定储氢容器、储氢井、氢气压缩机与加氢区、加油站工艺设备区、加气站工艺设备区、站房、辅助设施之间,应设置厚度不小于 200 mm 的钢筋混凝土实体防护墙或厚度不小于 6 mm 的防护钢板,其高度应高于储氢容器顶部和氢气压缩机顶部 0.5 m 及以上,且不应低于 2.2 m;宽度不应小于储氢容器、储氢井、氢气压缩机长度或宽度方向两侧各延伸 1 m。

5.4.15 氢气长管拖车或管束式集装箱的卸气端与站内其他设施、设备(卸气柱除外)和临近的站外建筑物之间,应设厚度不小于 200 mm 的钢筋混凝土实体防护墙,其高度应高于氢气长管拖车或管束式集装箱的高度 1.0 m 及以上,长度不应小于车宽两端各加 1.0 m 及以上。

5.4.16 加氢站临近行车道的地上氢气设备(设置有防护墙的储氢容器、储氢井除外)应设防撞柱(栏)。

5.4.17 设置有储氢容器、储氢井、氢气压缩机的区域应设实体墙或栅栏与公众可进入区域隔离。实体墙或栅栏与加氢站其他设施之间的间隔距离不应小于 0.8 m。应使用非可燃材料制作实体墙或栅栏,高度不应小于 2 m。

5.4.18 工艺管道不应穿过或跨越站房等与其无直接关系的建(构)筑物;与管沟、电缆沟和排水沟交叉时,应采取相应的防护措施。

5.5 消防设施

5.5.1 加氢站、油气氢合建站应为固定储氢容器和长管拖车设置冷却水喷淋系统,其设置除应符合 GB 50156 的有关规定外,还应符合下列规定。

- a) 冷却水供给强度不应小于 $0.15 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,供水范围应为着火储氢容器(包括长管拖车)和相邻储氢容器全部表面积,当着火的储氢容器与相邻储氢容器之间设置有防护墙,着火储氢容器的相邻储氢容器火灾时可不冷却。连续给水时间不应少于 5 min,喷头的出水压力不应小于 0.1 MPa;喷水管和喷头应设置在储氢瓶组或储氢罐上方,喷头间距不应大于 2 m。
- b) 当依托的市政消防给水管网或邻近企业的给水管网不能满足供水要求时,站内应设置水罐储存冷却水,储水罐应采用水泵或压缩氮气系统为供水动力设备,并应与储氢区的火灾报警系统连锁启动。
- c) 站内不设置储水罐时,由市政消防给水管网或邻近企业给水管网接出的冷却水管道应设置自动控制阀,该阀应与储氢区的火灾报警系统连锁开启。

5.5.2 加氢站、油气氢合建站中,氢气设施灭火器材配置应符合下列规定:

- a) 每 2 台加氢机应配置不少于 2 具 5 kg 手提式干粉灭火器,加氢机不足 2 台应按 2 台配置;
- b) 氢气压缩机间(箱)应按建筑面积每 50 m^2 配置 2 具 5 kg 手提式干粉灭火器;
- c) 油气氢合建站中加油和加气部分灭火器材的配置,应符合 GB 50156 的有关规定;
- d) 其余建筑的灭火器材配置,应符合 GB 50140 的有关规定。

5.6 电气设施

5.6.1 供配电

5.6.1.1 站内控制和通信系统应设不间断供电电源,电池持续时间不应少于 60 min。

5.6.1.2 加氢站、油气氢合建站的控制室、配电室、罩棚、营业室、压缩机间等处均应设应急照明,照明时间不应少于 90 min,配线电缆或导线应采用耐火型。

5.6.1.3 加氢站、油气氢合建站的电力线路应采用铜芯电缆并直埋敷设。电缆穿越行车道部分应穿钢管保护。

5.6.1.4 当采用电缆沟敷设电缆时,作业区内的电缆沟内应充沙填实。电缆不得与氢气、油品、LNG 和 CNG 管道以及热力管道敷设在同一沟内。

5.6.1.5 加氢站爆炸危险区域的等级和范围划分,应符合 GB 50516 的有关规定。

5.6.1.6 油气氢合建站爆炸危险区域的等级和范围划分,应符合 GB 50156 的有关规定。

5.6.1.7 爆炸危险区域内的电气设备选型、安装、电力线路敷设等,应符合 GB 50058 的有关规定。户外电气设备的防护等级不应低于 IP54。

5.6.2 防雷、防静电

5.6.2.1 加氢站、油气氢合建站应按 GB 50057、GB 50156、GB 50516 的有关规定设置防雷、防静电接地设施。

5.6.2.2 储氢容器应进行防雷接地,接地点不应少于两处。氢气的长管拖车或管束式集装箱停放场地、卸车点车辆停放场地,应设两处临时用固定防雷接地装置。

5.6.2.3 应对所有可燃介质的设备、管道及其附件采取防静电措施,以消除或减少静电积累的可能性。

5.6.2.4 加氢站、油气氢合建站的防雷接地、防静电接地、电气设备的工作接地、保护接地及信息系统的接地等,宜共用接地装置,其接地电阻不应大于 $4\ \Omega$ 。

5.6.2.5 在加氢机、卸气柱邻近处、取样口附近和储氢区出入口应设置人体静电消除器。

5.7 自动控制系统

5.7.1 独立加氢站、油气氢合建站中的加氢站应设置基本过程控制系统、安全仪表系统、可燃气体和有毒气体检测报警系统、成套设备控制系统等,用于完成工艺过程的基本过程控制、监测和管理,并完成安全保护等功能。

5.7.2 过程控制系统(BPCS)可采用数据采集与监视控制系统(SCADA)或分散控制系统(DCS)。过程控制系统应实时采集和记录各主要工艺设备的运行状态及参数,根据各项工艺参数自动控制设备安全运行;实现站场集中监视控制,报警信号及其处理结果都应记入系统数据库中。过程控制系统应设置与其他控制系统的通信接口,与其他控制系统进行数据通信。

5.7.3 安全仪表系统(SIS)的设计应符合 GB/T 50770 的有关规定。安全仪表系统应能实现紧急停车和关闭紧急切断阀的保护功能。安全仪表系统应独立设置,并通过冗余的通信接口与过程控制系统进行数据通信。

5.7.4 可燃气体和有毒气体检测报警系统(GDS)的设计应符合 GB/T 50493 的有关规定。GDS 应完成加氢站内氢气的浓度指示、报警等功能。GDS 应独立设置,并通过冗余的通信接口与过程控制系统进行数据通信。

5.7.5 成套设备(如压缩机、加氢机、冷却设备、固定式氢气储气设施等)可自带控制系统,成套设备控制系统可采用可编程序控制器(PLC)。成套设备自带的 PLC 应完成各种设备的工艺过程的数据采集、控制、显示、报警等监控功能,同时应具有参数查询、历史记录查询等功能,在紧急情况下切断设备电源或关键阀门。系统应具有专门编制的控制和管理软件,具有远传接口。成套设备自带的 PLC 应与 BPCS 进行通信,将控制、检测、报警、联锁信号通信到 BPCS 中。

5.7.6 加氢站、油气氢合建站的现场仪表选型应符合 SH/T 3005 的相关规定。爆炸危险区域内的现场仪表应符合 GB/T 3836.1 的相关规定。户外安装的现场仪表的防护等级不应低于 IP65,非露天安装的现场仪表的防护等级不应低于 IP55。户外安装的现场仪表的防雷设施应符合 SH/T 3164 的相关规定。

5.7.7 参与紧急停车及紧急切断功能的相关仪表应独立设置,其安全完整性等级不应低于 SIL1。紧急

切断阀宜采用气动阀。

5.7.8 氢气检测器的设置、选用和安装,应符合 GB/T 50493 的有关规定及如下规定。

- a) 布置有氢气压缩机的房间或箱柜顶部应设置氢气检测器。当空气中氢气含量(体积)达到 0.4%时应报警,达到 1%时,应能联锁启动相应的事故排风机,达到 1.6%时应启动紧急切断联锁动作。
- b) 在高压工艺介质泄漏时产生的噪声能显著改变释放源周围环境声压级的场所,可选用噪声型氢气检测器,并在控制室的 GDS 系统内报警。例如,储氢容器(井)与管道的接口处上方、钢带错绕或多层包扎式储氢容器上方等位置。

5.7.9 压力表应带泄压装置外壳,外壳结构应带坚固前外壳和泄压后壳并应符合 ASME B40.1 图 4(b) 的要求,泄压方向不应朝向操作面。

5.7.10 加氢站、油气氢合建站内的仪表管道、电缆的设计、敷设应符合 SH/T 3019 的相关规定及如下规定。

- a) 仪表电缆应与动力电缆保持一定的安全距离,最小净距离应符合 SH/T 3019 的相关规定。
- b) 在站内较为分散的电缆宜穿在金属管内保护;较为集中的电缆电线宜敷设在电缆槽内。
- c) 当采用电缆沟敷设电缆时,电缆沟内应充沙填实。
- d) 仪表电缆不得与氢气、油品管道以及热力管道敷设在同一沟内。
- e) 仪表电缆沟应避免与地下管道、动力电缆沟交叉。当仪表电缆沟与动力电缆沟交叉时应成直角跨越,在交叉部分的仪表电缆应采取隔离保护措施。
- f) 电缆穿越行车道部分应穿钢管保护。

5.7.11 加氢站、油气氢合建站内宜设置专用的控制室,用于放置控制系统设备,例如控制系统机柜、控制系统操作站。由于紧急切断按钮设置在控制室的控制系统机柜或操作站内,因此控制室应限制非操作人员的进入,防止因误按按钮等误操作使得全站紧急停机。

5.7.12 加氢站、油气氢合建站宜设置将关键工艺参数上传的通信接口。

5.8 视频监控与报警系统

5.8.1 加氢站应设置电视监视系统。加氢站进出口处、加氢机、卸气区、氢气增压区、围墙、营业室、控制室及配电室等场所应设置摄像机。储氢区、储氢容器管路接口端、长管拖车或管束式集装箱卸载区和氢气加压区宜设置热成像型摄像机。在控制室和营业室内设置监视器。

5.8.2 加氢站宜设置防入侵系统。在围墙设置周界报警装置,报警控制器设置在有人值班的场所。

5.8.3 加氢站应设置火灾自动报警系统,并应符合下列规定。

- a) 控制室、机柜间、配电间、营业室应设置火灾探测器、手动报警按钮和声光报警器。
- b) 储氢区、长管拖车或管束式集装箱卸载区和氢气增压区设置的火灾报警探测器,其火灾场景的覆盖率不应小于设备投影面积的 100%。氢气压缩机布置在房间或箱柜内时,火灾报警探测器应设在房间或箱柜内。
- c) 在有氢气火灾风险的场所,火焰探测器应选择具有探测氢气火焰类型的防爆探测器。
- d) 火灾报警控制器应设置在有人值班的场所内。
- e) 火灾自动报警系统设置应符合 GB 50116 的有关规定。

5.8.4 加氢站宜设置智能化视频检测系统,并应符合下列规定:

- a) 氢气卸车流程智能检测内容包括车辆到位、触摸静电释放装置、放置三角木、连接静电装置、连接氢气软管等;
- b) 储氢区、增加压区智能检测内容包括打手机检测、穿戴合规检测、无关人员入侵检测等;

- c) 加氢区智能检测内容包括脱岗检测、抽烟检测、车牌号检测、站内拥堵度检测,加氢过程中打手机检测;
- d) 站内检测包括巡检路线和巡检时间检测、消防通道占用检测、违规停车检测、人员倒地检测、灭火器遗失检测。

5.8.5 应设置火灾报警信息实时上传接口。

5.8.6 加氢站、油气氢合建站应设置市政固定电话。

5.9 建筑物

5.9.1 布置有氢气压缩机的房间或箱柜,应设置可燃气体检测报警器和强制通风设备。房间或箱柜的顶部应设置自然通风口,不应有积聚氢气的结构。自然通风和强制通风设备的设置应符合 GB/T 34584 的有关规定。

5.9.2 布置有氢气压缩机的建筑物或箱柜的门、窗应向外开启,并按 GB 50016 的有关规定采取泄压措施,宜采用轻质屋(箱)顶作为泄压结构。

5.9.3 加氢机上方可设罩棚,罩棚应符合下列规定。

- a) 罩棚应为单层敞开式建筑,立柱耐火极限不应低于 2.5 h,罩棚应采用不燃材料制作。当罩棚顶采用钢网架结构时,钢网架耐火极限不应低于 0.25 h。
- b) 设置于加氢机上方的罩棚内表面应平整,宜采用 V 或 U 字形顶棚形式,坡向外侧上部空间应保持通风良好,顶棚内表面应平整,且避免死角,不得有集聚氢气的结构。

6 采购、施工及验收安全要求

6.1 采购

6.1.1 储氢容器采购技术要求

6.1.1.1 储氢容器的材料、设计、制造、检验和试验应符合附录 B 的要求。

6.1.1.2 储氢容器应满足未爆先漏的要求,设计文件中应包括判定容器满足未爆先漏的计算书和说明。

6.1.1.3 储氢容器应进行疲劳评定,并在设计文件中明确储氢容器压力波动范围及允许的压力波动次数,疲劳评定报告应作为竣工文件的必要内容提交容器使用单位。

6.1.1.4 储氢容器制造单位应向容器使用单位提供使用手册,内容应包括储氢容器操作和设计工况,介质特性,安装、操作、维修及改造过程中的风险及预防措施,建议的定期检验周期、检验项目、方法和评定准则等。

6.1.2 氢气压缩机采购技术要求

6.1.2.1 压缩机的气缸应是无油润滑,其设计应符合 GB 50156 的有关规定。

6.1.2.2 压缩机配套电气和仪表的防爆要求应符合 GB 50058 的相关规定。压缩机优先采用电动机直连驱动。

6.1.2.3 距离压缩机 1.0 m 处的噪声等级应符合 GBZ 2.2 的相关规定。若设置了隔声罩,罩内防爆区域需按 1 区考虑,同时配置必要的氢气检测和排气设施。排气风扇应是无火花设计。

6.1.2.4 压缩机宜由加氢站统一设置的冷水机组提供冷却水。否则,压缩机组应配置闭式冷却水系统。

6.1.2.5 氢气压缩机的安全保护装置应符合 5.3.1.1 的规定。

6.1.2.6 压缩机橇装箱体应符合下列规定:

- a) 应具备防止氢气积聚的自然通风条件;

- b) 应设置氢气浓度报警、火灾报警、事故排风及其联锁装置等安全设施；
 - c) 应按 GB 50016 的有关规定采取泄压措施，宜采用轻质屋(箱)顶作为泄压结构。
- 6.1.2.7 压缩机制造单位应提供《压缩机安装、操作和维修手册》。

6.1.3 加氢机和卸气柱采购技术要求

- 6.1.3.1 卸气柱应符合 5.3.1.1 和有关标准的规定。
- 6.1.3.2 卸气柱制造单位应提供《卸气柱安装、操作和维修手册》。
- 6.1.3.3 加氢机应符合 5.3.4.2、5.3.4.3 和 GB/T 31138 的规定。
- 6.1.3.4 加氢机制造单位应提供《加氢机安装、操作和维修手册》。

6.1.4 高压氢气管道及其组成件的技术要求

- 6.1.4.1 高压氢气管道及其组成件、阀门的材料、设计、制造、检验和试验应符合 GB 50156 的要求。
- 6.1.4.2 管道组成件和阀门等产品应有质量证明书。质量证明书上应有产品标准、设计文件和订货合同中规定的各项内容和检验、试验结果。验收时应对质量证明书进行审查，并与实物标志核对。无质量证明书或与标识不符的产品不得验收。进口产品应有商检报告。
- 6.1.4.3 重要的管道组成件可驻厂监造。实行监督检验的管道组成件还应提供监督检验证书。
- 6.1.4.4 有型式试验要求的管道组成件和阀门应随机抽样进行型式试验，并提供型式试验报告。型式试验应能覆盖产品供货范围。
- 6.1.4.5 阀门宜按照 ISO 19880-3 的规定进行 102 000 次氢气压力循环试验，试验后阀门应无损伤或泄漏。
- 6.1.4.6 高压氢气管道组成件及阀门应采用光谱分析或其他方法按 GB 50156 的规定对主要合金元素含量进行验证性检验，并做好记录和标志。每批(同批号、同材质、同规格)应抽检 20%，且不应少于 1 件。不锈钢卡套管的镍(Ni)含量不应小于 12%，不锈钢卡套管接头、阀门的镍(Ni)含量不宜小于 12%。
- 6.1.4.7 卡套管质量证明书中应有无损检测结果，否则应逐根进行补项试验。
- 6.1.4.8 具有防静电结构的阀门应进行防静电荷聚集试验，当干燥阀门试验的电源电压不超过 12 V 时，阀杆、阀体和阀芯间防静电电路电阻应小于 4 Ω ，每批应抽检 10%，且不应少于 1 台。
- 6.1.4.9 凡按规定作抽样检验的样品中，当有一件不合格时，应按原规定数的 2 倍抽检，若仍有不合格，则该批产品不得验收，或对该批产品进行逐件验收检查。但规定作合金元素验证性检验的产品当第一次抽检不合格时，则该批产品不得验收。验收合格的产品应做好标识。
- 6.1.4.10 管道组成件的型式、设计、制造等技术要求不符合 6.1.4.1 和 6.1.4.6 规定时，应在借鉴和实验研究的基础上进行型式试验，并提供所做试验的依据、条件、结果和第三方的检测报告以及其他有关的技术资料，由权威部门或技术机构组织技术评审。

6.2 施工

6.2.1 一般规定

- 6.2.1.1 施工作业应有经批准的施工技术方案，并对相关管理人员、作业人员进行安全技术交底。
- 6.2.1.2 修改设计或材料代用时，应有原设计单位变更设计的书面文件或经原设计单位同意的设计变更书面文件。
- 6.2.1.3 氢气管道的螺纹密封接头，螺纹连接处应采用聚四氟乙烯薄膜作为填料。
- 6.2.1.4 施工中的安全技术和劳动保护，应按 GB/T 50484 的有关规定执行。

6.2.1.5 独立的加氢站工程施工应符合 GB 50516 的有关规定,油气氢合建站工程施工应符合 GB 50156 的规定。

6.2.1.6 加氢站、油气氢合建站项目应在开工前办理施工许可证或开工报告,申报质量监督,施工及验收全过程应接受政府职能部门委托的有相应资质的建设工程质量监督机构的监督,取得工程质量监督报告。

6.2.2 建筑工程

6.2.2.1 建筑工程混凝土浇筑的同时应按规范要求同步制作试块,并在养护至 28 d 龄期委托专业检测中心进行抗压试验,按非统计方法进行强度评定。

6.2.2.2 工程测量应按 GB 50026 有关规定进行。在不中断交通道路上测量时,应设置交通安全标志,并应设专人指挥或警戒;测量人员应穿反光标志服。

6.2.2.3 建筑工程施工质量验收应按 GB 50204 的有关规定执行。

6.2.2.4 采用的钢结构防火涂料应符合 GB 14907 的有关规定。

6.2.3 设备安装工程

6.2.3.1 设备开箱检验应由建设单位、工程监理单位的有关人员参加。至少应包括下列检验内容。

- a) 设备的有效质量证明文件,设备名称、型号、规格、性能参数应符合设计要求,包装状况完好。
- b) 主机、附属设备及零部件应外观检查合格,零部件品种、规格、数量无误。
- c) 储罐等需要干燥氮气保护的装置应处于有效地保护状态。施工单位应合理统筹施工计划,减少因设备配管、试压等工序而解除设备氮气保护的时间。
- d) 设备随机附带安全阀应符合 JB/T 6441 和 TSG ZF001 的规定,动作应灵敏可靠,并有安全阀整定报告。
- e) 引进设备、材料尚应有商检部门出具的进口设备、材料商检合格证。

6.2.3.2 压缩机安装前应按设计要求及相关技术规范进行基础验收。

6.2.3.3 压缩机安装后应按设计文件和供应商提供的“安装、操作、维修手册”编制单机试车方案并组织落实,检验机器设备性能和安装质量。

6.2.4 管道安装工程

6.2.4.1 氢气管道组成件和支承件的到货验收执行 SH/T 3501 的有关规定。

6.2.4.2 氢气管线上的阀门宜在出厂前组织相关方到制造厂逐件见证压力试验,并填写见证试验记录,阀门到货后,应逐个检查阀门的出厂合格证书和实物完好状况,无异常时可免除现场阀门试验。如发现可能引起的阀门质量问题请异常情况,宜返厂重新检查、试验。

6.2.4.3 进口管道组成件应有商检部门出具的商检合格证。

6.2.4.4 卡套制造商应随材料到货配套提供下列资料信息:

- a) 卡套连接管的材料和质量要求;
- b) 卡套连接管的备料要求;
- c) 安装指示,如安装扳拧圈数或安装力矩等;
- d) 推荐安装工具。

6.2.4.5 氢气管道采用卡套接头方式连接时应按产品说明书和 GB 50156 的要求安装、检测。

6.2.4.6 氢气系统管道试验应执行 GB 50156 的有关规定。

6.2.5 电气、仪表和电信工程施工

6.2.5.1 电气供配电、防雷防静电工程施工应执行 GB 50156 的有关规定；电气盘、柜及二次回路接线施工应执行 GB 50171 的规定。

6.2.5.2 爆炸和火灾危险环境的仪表工程施工应执行 GB 50257 的有关规定；仪表可燃气体检测报警系统的施工应执行 GB/T 50493 的有关规定。

6.2.5.3 电信安装工程施工验收应执行 GB 50156 的有关规定。

6.3 验收

6.3.1 土建工程验收

6.3.1.1 建筑物应按照 GB 50300 及相关施工质量验收规范进行检验批、分项、分部、单位工程的施工质量验收。

6.3.1.2 设备基础、防护墙和其他附属构筑物应按 GB 50204 和 SH/T 3510 的规定进行施工质量验收。

6.3.1.3 竖向工程应按照 SH/T 3529 的规定进行施工质量验收。

6.3.1.4 建(构)筑物所属钢结构工程应按照 GB 50205 的规定进行施工质量验收。

6.3.2 设备设施及管道安装工程验收

6.3.2.1 固定式储氢容器、换热设备、氢气压缩机组、加氢机及其冷水机组以及相关管路系统的施工及验收应符合 GB 50156 的有关规定。

6.3.2.2 氢气压缩机等转动设备经单机试运转，机械性能、振动振幅值或振动烈度值等应符合设计文件和供货商出厂质量证明文件中提供的技术数据。

6.3.2.3 氢气管道及设备中的合金材料应按照 GB 50156 的有关规定落实金属材料验证检验(PMI)，合金材料的成分应满足设计文件及 GB 50156 的要求。

6.3.2.4 安全防护设施在投入运行前应完成验收确认并应满足下列要求：

- a) 安全阀、测量仪表等校验合格；
- b) 氢气浓度报警系统、储氢容器超压报警和低压报警系统调试测试合格；
- c) 切断阀应试验合格；
- d) 事故排风系统测试运转正常；
- e) 焰报警探测器及火灾报警系统测试合格；
- f) 储氢容器和汽车通道相邻一侧的安全防护栏或防撞设施验收合格。

6.3.3 电气工程验收

6.3.3.1 电气供配电、防雷防静电设施验收应符合设计文件及 GB 50156 的有关规定；电气盘、柜及二次回路接线的验收应符合 GB 50171 的规定。

6.3.3.2 电气工程验收时，应提交下列文件和资料：

- a) 供应商提供的产品使用说明书、试验记录、合格证件及安装图纸等技术文件；
- b) 电缆敷设与绝缘检测记录；
- c) 电气设备相关安装、试验及调试记录；
- d) 防雷、保护接地等各类接地电阻的测试记录；
- e) 火灾自动报警系统安装检验记录。

6.3.4 仪表工程验收

6.3.4.1 爆炸和火灾危险环境的仪表工程施工及质量验收应符合 GB 50257 的有关规定。

6.3.4.2 仪表单台设备应校准和试验合格,仪表工程的回路试验和系统试验应经试验合格,仪表工程交接验收时,应提交下列资料及文件:

- a) 工程竣工图,设计修改文件,仪表设备和材料的产品质量证明文件;
- b) 调节阀/执行器/开关阀调校记录,变送器/转换器调校记录,智能仪表功能参数及程序设置检查记录;
- c) 隐蔽工程记录,安装和质量验收记录,仪表管道脱脂、压力试验记录;
- d) 电缆/电线敷设及绝缘电阻、接地电阻测量记录;
- e) 仪表校准和试验记录,回路试验和系统试验记录;
- f) 仪表设备交接记录。

6.3.4.3 仪表可燃气体检测报警系统的施工及质量验收应符合 SH/T 3551 的有关规定。

6.3.4.4 应对 70 MPa 加氢机与氢燃料电池车通信协议的匹配性和联锁功能进行测试,并应达到技术文件要求。

6.3.5 施工及验收的监督

加氢站、油气氢合建站项目的施工及验收应接受建设行政主管部门或者其他有关部门委托的建设工程质量监督机构的监督。

6.3.6 专项验收及竣工验收

6.3.6.1 站内消防设施验收时,建设单位应在正式运营前按照各地政府职能部门的工作要求和程序,提交消防验收资料,完成消防验收工作,取得消防验收合格证明文件。

6.3.6.2 建(构)筑物防雷设施安装到位,正式运营前应经政府职能部门测试和验收,取得防雷验收合格证明文件。

6.3.6.3 试运行期间的安全设施验收,建设单位应委托具有相应资质的安全评价机构开展验收评价,编写安全验收评价报告,并应组织安全设施现场验收,在正式运营前取得安全设施验收通过的意见。

6.3.6.4 项目交工并完成各专项验收后,应按 SH/T 3904 的要求组建竣工验收委员会,组织听取建设单位工程项目建设情况汇报,查验工程实体,审阅相关资料,审议竣工验收报告,提出竣工验收意见,签署竣工验收证书。

7 运行维护

7.1 设备使用要求

7.1.1 储氢容器使用安全技术要求

7.1.1.1 储氢容器的使用管理除应满足 GB/T 34583 的有关要求外,还应满足本章的要求。

7.1.1.2 储氢容器使用前,应按照 TSG 08 的要求办理使用登记。

7.1.1.3 充装操作应由具有相应类别的特种设备作业人员资格的人员担任。

7.1.1.4 整个操作周期内,压力波动范围和次数不应超过设计文件中规定的范围和允许次数。加氢站应保证记录装置完好并长期保存这些记录,供检验机构定期检查这些记录。

7.1.1.5 应对储氢容器的使用管理进行详细地记录,包括运行记录、运行参数实时监测记录、运行条件

变化情况、运行中出现的异常情况、移装改造及重大修理记录等,供检验机构定期检查这些记录。

7.1.1.6 应结合储氢容器的风险评估报告制定应急预案。

7.1.1.7 应按照特种设备有关管理规定,并结合储氢容器的使用手册,制定储氢容器安全操作要求,对储氢容器进行巡检,开展经常性维护保养。

7.1.1.8 应对储氢容器进行日常巡检,检查内容至少应包括:检查设备法兰、端塞、接头处是否有泄漏现象,压力表、安全阀等附件是否在有效期内,压力表、传感器等仪表指示是否正常。对发现的问题及时处理并记录,供检验机构定期检查这些记录。并对容器本体和安全附件、附属仪表等进行经常性维护保养,保证储氢容器始终处于正常使用状态。

7.1.1.9 应对储氢容器进行定期自行检查,包括月度检查和年度检查。月度检查、年度检查的内容和要求应执行 TSG 21 的有关规定,并应包括下列内容:

- a) 容器本体及其安全附件、附属仪器仪表是否完好,密封元件有无泄漏,以及其他异常情况;
- b) 年度检查包括容器安全管理情况、容器本体及其运行情况和安全附件及附属仪器仪表检查等;
- c) 自行检查中发现的异常情况应及时处理并记录。

7.1.1.10 储氢容器定期检验有效期届满的 1 个月以前应向检验机构申报定期检验,并应执行 TSG 21 的有关规定,检验结束后应将检验信息在容器醒目位置标识。在协助定期检验机构制定检验方案、检验项目和评定准则时,应充分考虑以下要求。

- a) 检验项目应至少包括:资料审查、宏观检验、壁厚测定、表面缺陷检测、埋藏缺陷检测、密封元件和紧固件检验、安全附件检验,必要时可增加耐压试验和泄漏性试验。
- b) 定期检验评定准则应充分考虑使用手册中的建议,此外,当容器主要受压元件出现氢脆等明显劣质化现象时、容器焊缝或本体因裂纹导致泄漏时,安全状况等级应定为 5 级。
- c) 容器应于投用后 1 年内进行首次定期检验,以后的检验周期由检验机构根据容器的安全状况等级确定。
- d) 检验项目、评定准则和检验周期的确定还应充分考虑储氢容器具有循环操作工况的因素。对于多层包扎储氢容器和钢带错绕式储氢容器,由于定期检验过程中很难发现内筒中可能出现的疲劳裂纹,因此当容器实际操作的压力循环次数达到或接近设计允许的循环次数时,宜与容器设计和制造单位协商确定检测项目、检测方法、安全状况等级以及下次检验日期等。对于瓶式储氢容器,定期检验时应核查容器投用以来的有效压力循环范围和循环次数,并仔细检测容器是否出现裂纹以及裂纹扩展情况,根据检测结果确定容器的安全状况等级、下次检验日期、评估后续允许的循环次数等。
- e) 储氢容器定期检验后,应在容器醒目位置喷涂下次检验日期。

7.1.2 氢气压缩机使用安全技术要求

7.1.2.1 压缩机投运前,水、电、氮气等公用工程系统应具备开车条件。

7.1.2.2 压缩机运行期间发生异响、冒烟、异味、火光等异常状况时,应紧急停机并采取其他相应的措施。

7.1.2.3 若机组配置了变频调速系统,投运时应逐步加载,停车时逐步减载。

7.1.2.4 应根据压缩机使用手册进行日常维护和定期维保,压缩机撬内的安全阀、压力表等应定期标定。机组维修时,应进行氮气吹扫置换后才能拆解,维保后应进行氮气置换和氢气置换后才能再次投用。

7.1.3 加氢机使用安全技术要求

7.1.3.1 加氢机的紧急切断阀、安全泄压装置、拉断阀、氢气检测报警装置等安全装置应保持完好有效。

7.1.3.2 加氢枪应定期进行静电导通测试,并采用防掉落措施。

7.1.3.3 加氢机应设置锁定装置,防止无关人员未经授权操作加氢机。

7.1.3.4 加氢机应设置明显压力等级标识、加注口采用不同的结构形式,防止高压氢气加注到低压氢气车辆。

7.1.4 氮气进行置换吹扫要求

7.1.4.1 储氢容器、氢气设备和管道,在投入使用前、检修作业前或者长期停用后,均应使用符合安全要求的氮气进行置换吹扫。

7.1.4.2 取样分析氢含量或者氧含量应符合下列要求:

- a) 置换应彻底,防止死角末端残留余氢;
- b) 氢气系统内氧的体积分数应小于或等于 0.5%;
- c) 氢的体积分数应小于或等于 0.4%;
- d) 氢气系统内氧或氢的含量应至少连续 2 次分析合格。

7.2 安全操作

7.2.1 卸气操作

7.2.1.1 卸氢前应对卸气柱及卸气软管连接处进行检漏,对卸气软管进行氮气置换等操作。

7.2.1.2 卸氢后,软管拆除前应进行泄压和氮气置换等操作。

7.2.1.3 氢气取样时,取样工装(取样瓶)阀门开启前应使用手持氢气检漏仪检测取样连接处是否泄漏,打开设备取样根阀,应用手持氢气检漏仪检测取样工装是否泄漏,确保无泄漏后缓慢打开取样工装入口阀门,给取样瓶充压、置换至少 8 次,确保样本纯度。

7.2.1.4 卸气操作尚应符合 T/CCSAS 018—2022 的有关规定。

7.2.2 增压操作

7.2.2.1 压缩机在启动前,应先启动冷却系统并检查运行正常。

7.2.2.2 压缩机在启动前,应确保各阀门、油路系统等处于正常状态。

7.2.2.3 压缩机运行中,操作人员应定期巡检,查看运行情况,检查阀门,管路接头等有无泄漏。

7.2.3 加注操作

7.2.3.1 加氢员应穿戴防静电工作服、防静电工作鞋等防护用品,消除人体静电。

7.2.3.2 加氢员应引导加氢车辆进入加氢区域,车辆熄火断电,司乘人员离开加氢区域。

7.2.3.3 加氢员应确认车辆处于不可移动状态,连接静电接地线。

7.2.3.4 加氢员应检查车辆气瓶使用登记证在有效期内与车牌、气瓶编号或电子标签一致,检查车辆气瓶外观无异常,使用便携式氢气检测仪检查气瓶各部接头、阀门无渗漏;检查中凡发现如下情形之一的,严禁充装:

- a) 加氢车辆无有效的车用气瓶特种设备使用登记证;
- b) 车辆牌号、车载储氢瓶编号和车用气瓶特种设备使用登记证三者不一致的;
- c) 超过检验期限或规定使用年限的气瓶;
- d) 无规定的使用标识或用户自行改装的储氢瓶;
- e) 气瓶组附件不全、损坏或不符合规定的;
- f) 储氢瓶、阀门、管线有泄漏迹象的;

- g) 储氢瓶内压力小于 1.0 MPa;
- h) 车辆未熄火,驾驶员与乘客未下车;
- i) 高强闪电、雷击频繁及台风等恶劣天气;
- j) 其他不符合气瓶充装安全要求的情况。

7.2.3.5 加氢过程中应做好现场安全监护和巡检,并制止无关人员进入加氢区,发现异常立即停止加氢。

7.2.3.6 充装前后应检查气瓶加注口无泄漏、无油污,检查气瓶及相关部件,确认无问题,记录加氢数据,双方核对无误后签名确认。

7.3 设施设备维护

7.3.1 维护要求

7.3.1.1 设备在日常维护保养中不应拆卸零部件,宜通过对设备不正常的声音、温度、运转参数情况,发现加氢机、压缩机、储氢容器等异常状况,并判断异常状况的部位和原因,及时采取报修等措施,排除故障,不应带病运转。

7.3.1.2 设备日常维保过程中,应严格遵守操作规程,不应超负荷使用设备,设备安全防护装置应齐全可靠,及时消除不安全因素。

7.3.1.3 消防设施维护应符合下列规定:

- a) 应保持消防设施正常运行,不得随意挪用或关停;
- b) 应根据使用场所的环境条件和产品的技术性能对消防设备和器材及时进行保养和更换,对易腐蚀生锈的消防设备和器材应定期清洁、除锈。

7.3.1.4 检测仪表应保持干净、卫生,达到完好标准。检测仪表在定期更换时应确保压力管道处于泄压状态。

7.3.1.5 氢气浓度、火焰等报警系统不应随意拆卸和停用。

7.3.2 定期检查

7.3.2.1 应按照有关安全技术规范和设备使用维护说明书的要求,开展规定的时间、频次和内容进行定期自行检查,定期自行检查一般分为日检、周检等,检查内容包括但不限于 7.3.2.2~7.3.2.10 所列内容。

7.3.2.2 氢气压缩机检查应符合下列规定:

- a) 根据压缩机安装、操作和维修技术文件要求,定期检查润滑油是否正常,仪表的指示是否正常,机器是否有异常声响,并应检查油面高度,当油面低于油表下限时,应及时补充或定期更换润滑油;
- b) 定期清洗、更换过滤器滤芯,确保通气效率符合要求;
- c) 定期检查压缩机的进、排气阀是否泄漏,各处紧固螺栓无松动、滑脱等;
- d) 定期检查隔膜压缩机皮带松紧度,并进行调整;
- e) 定期检查液驱活塞压缩机油路系统有无渗漏。

7.3.2.3 加氢机检查应符合下列规定:

- a) 每天检查加氢软管表面是否破皮、鼓包等;
- b) 过滤器滤芯应定期清洗、更换,确保通气效率符合要求。

7.3.2.4 储氢容器和储氢井检查应符合下列规定:

- a) 巡检时检查储氢容器表面有无锈蚀、根部阀门阀位是否正确;
- b) 巡检时检查储氢容器紧固螺栓有无松动等现象;

c) 应按 TSG 21 的有关规定对储氢容器或储氢井进行定期检查。

7.3.2.5 氢气管道及连接件检查应符合下列规定：

a) 氢气管道应按 TSG 08 的要求办理使用登记,并应按照 TSG D0001 和 TSG D7005 的有关规定开展年度检查和定期检验；

b) 每天巡检管道、阀门及接头,检测有无漏气并做好巡检记录,检查管道支架有无锈蚀、松动。

7.3.2.6 设备及附件检验、检定

a) 应按照 TSG 21 的要求对储氢容器进行定期检验；

b) 应按照 TSG ZF001 的要求对安全阀进行定期检验；

c) 站内压力表、温度计、流量计,见《中华人民共和国计量法》的有关规定定期检定；

d) 应按照 GB/T 3836.1 的规定,每年将氢气浓度检测器送专业检定机构检定。

7.3.2.7 应每年委托专业检测机构对防雷设施至少进行一次合格性检测。

7.3.2.8 应对消防设施进行日常检查、巡检、维护和功能试验。每年应对消防系统进行联动试验。消防设备和器材应每年至少检测一次,并应由具有资质的消防检测服务机构检测并出具检测报告。

7.3.2.9 每季度应按不低于 1/3 比例进行火灾探测器、火灾报警控制器与灭火控制装置的功能测试。

7.3.2.10 可燃气体检测报警系统和自动控制系统应按有关规定定期进行检测。

7.4 典型异常工况处置要求

7.4.1 氢气泄漏

7.4.1.1 发现氢气泄漏后应迅速查找泄漏点,及时切断气源,泄漏严重时应停止所有作业。应对封闭的泄漏区域进行强制通风,排除泄漏影响区可能存在的点火源。作业人员必须进入泄漏区时,应佩戴个人防护用具。

7.4.1.2 若无法切断泄漏源,应立即疏散泄漏影响区人员,保持泄漏影响区的通风,并应立即通知消防部门和报告上级部门。

7.4.2 氢气火灾

7.4.2.1 应停止所有作业,及时切断气源,防止火灾扩大。若不能立即切断气源,则应用冷却水冷却着火设备及其邻近设备。若是储氢容器泄漏氢气着火,应视情况打开储氢容器泄压阀进行泄压,防止容器因火焰烘烤导致承压能力下降而爆破。

7.4.2.2 涉氢容器、管道因氢气泄漏发生火灾时,应立即启动相应应急预案并报告上级单位。

8 安全管理

8.1 安全生产规章制度

加氢站经营单位应建立健全全员安全生产责任制和安全生产规章制度。安全生产规章制度应包括但不限于以下内容：

a) 安全巡检制度；

b) 安全值班制度；

c) 岗前培训及教育培训制度；

d) 特种作业人员管理制度；

e) 设备管理制度；

f) 重大风险源排查制度；

g) 应急管理制度。

8.2 安全生产管理人员

8.2.1 加氢站经营单位的主要负责人和安全生产管理人员应具备与本单位所从事的生产经营活动相应的安全生产知识和管理能力,取得相应资格才可上岗。

8.2.2 加氢站经营单位的特种作业人员应按照国家有关规定经专门的安全作业培训,取得相应资格,方可上岗作业。

8.2.3 加氢站经营单位的特种设备安全管理人员和作业人员应按照国家有关规定取得相应资格,方可从事相关工作。

8.3 安全生产管理要求

8.3.1 加氢站经营单位应规范其安全管理信息的记录,对维护、保养、检测、监控、事故隐患排查治理情况等数据进行记录。

8.3.2 加氢站经营单位应在有较大危险因素的生产经营场所和有关设施、设备上,设置明显的安全警示标志,安全警示标志应遵守国家标准或者行业标准。

8.3.3 进入涉氢场所的人员应穿戴防静电工作服和防静电鞋,严禁带入火种;作业时应使用不产生火花的工具;氢气设备运行时,禁止敲击、带压维修和紧固。

8.3.4 进行动火等特殊作业应遵守 GB 30871 的有关规定。

8.3.5 加氢站经营单位应制定本单位生产安全事故应急救援预案,定期组织演练,每半年至少组织一次现场处置方案演练,每年至少组织一次综合应急预案演练或者专项应急预案演练。应按照 GB 30077 有关要求配备相应应急物资。

附 录 A
(资料性)
氢气设施风险辨识

A.1 氢气的危险特性

A.1.1 易燃易爆:氢气属于甲类可燃气体,着火能量仅为 0.02 mJ,与空气混合的燃爆范围为 4.1%~74.1%,极易被引燃引爆,燃烧时火焰传播速度快,火焰呈现淡蓝色,白天不易被察觉。

A.1.2 渗透性强、易泄漏、扩散快:氢气由于分子量小,相比于其他气体更容易从小孔中渗透、泄漏;氢气比空气轻,标准状态下密度是空气的 7%,泄漏后迅速向上扩散,容易在容器或建筑屋顶部积聚。

A.1.3 泄漏后易自燃:高压储氢容器喷射状泄放时,在逆焦耳—汤姆逊效应、摩擦静电点火、扩散点火、瞬时绝热压缩、机械撞击等因素作用下易自燃,在一定条件下(如泄漏的氢气在某处堵塞)可引起爆炸。

A.2 氢气设施的事故风险

A.2.1 高压工作状态下的氢气设备、管道、仪表等存在氢气泄漏风险。氢气易泄漏部位主要是法兰、接头、阀门、仪表及其他附件的密封处。

A.2.2 储氢容器存在下列失效风险:

- a) **氢脆风险:**在高压氢气环境下,储氢容器的金属材料会发生氢渗透现象,使材料的机械性能发生脆性劣化,导致金属材料塑性损减,疲劳裂纹扩展速率加快和耐久性下降甚至失效;
- b) **储氢容器制造和使用风险:**储氢容器材料选用、设计制造、检验检测、使用维护等方面出现失误,可能导致储氢容器失效爆破;
- c) **火灾场景下储氢容器存在爆破风险:**储氢容器发生氢气泄漏并形成喷射火时,可使临近储氢容器金属材料温度迅速上升,会导致金属材料承压强度下降,容器有突然爆破的风险。

A.2.3 存在操作失误导致氢气泄漏和设备超压事故风险。

A.2.4 存在操作失误导致高压工艺系统氢气窜入低压工艺系统进而发生超压事故风险。

A.2.5 氢气设备和管道未进行氮气置换或置换不合格、泄漏检测不当,存在形成爆炸性混合气体的风险。

A.2.6 存在因维护不及时,导致设备、管道、仪表及其他附件失效风险。

A.2.7 存在高压氢气泄漏喷射气流及喷射火伤害附近人员风险。

附 录 B

(规范性)

氢气储存压力容器技术要求

B.1 一般规定

B.1.1 本附录适用于设计压力大于 41 MPa 且小于或等于 100 MPa、设计温度不低于 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 且不高于 $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、储存介质为车用氢气的加氢站、油气氢合建站用固定式氢气储存压力容器,包括罐式储氢压力容器和瓶式储氢压力容器。

B.1.2 罐式储氢压力容器宜选用钢带错绕式压力容器或全多层包扎压力容器;瓶式储氢压力容器宜选用单层钢质无缝瓶式容器,其材料宜为铬钼钢,容器封头由筒体缩口加工而成。容器的设计、制造和使用除应符合 TSG 21 的要求和相关标准的规定外,还应满足本附录的规定。

B.1.3 制造单位应制定容器产品企业标准,规定适用范围以及材料、设计、制造、检验和验收等技术要求。

B.1.4 密封元件应采用与氢相容的材料。

B.1.5 容器临氢金属材料在氢气中的力学性能试验应符合 GB/T 34542.2 的有关规定,氢脆敏感度试验应符合 GB/T 34542.3 的有关规定。

B.1.6 容器安全附件的设置应符合 GB/T 34583 的有关规定。

B.1.7 容器的使用管理和定期检验应符合本附录和 GB/T 34583 的有关规定。

B.1.8 使用单位改变容器的使用条件,应取得原设计单位同意改变的书面证明文件,并对改变做详细记录。

B.1.9 用户或设计委托方应以书面形式正式向设计单位提出容器的设计条件。设计条件应至少包括容器的安装方式、容器使用地的气象地质条件(包括历年来月平均最低气温的最低值和抗震设防烈度等)、操作参数和载荷条件[包括工作压力、工作温度、设计压力、设计温度、接管外载荷、容器使用年限内压力波动范围超过 20%设计压力的工作压力波动的预计(设计)次数等]、使用年限、容器几何参数(包括内直径、容积、进气口和排气口的尺寸等)、针对高压氢气环境提出的特殊要求、氢气泄漏检测方法和合格指标等。

B.2 材料

B.2.1 容器的选材应综合考虑材料(化学成分、力学性能、微观组织等)、使用条件(压力、温度、氢气品质等)、应力水平和制造工艺(旋压、热处理、焊接等)对氢脆的影响。

B.2.2 临氢受压元件用无缝钢管、锻件和钢板等材料,其材料制造单位应至少提供 3 个批次的材料在空气和氢气中的常温力学性能试验数据,包括屈服强度、抗拉强度、断后伸长率、最大力总延伸率、断面收缩率等。

B.2.3 容器制造单位应对临氢受压元件的材料与材料质量证明书进行确认,并按炉号对材料的化学成分进行复验,按批号对材料在空气中的力学性能进行复验,复验结果应同时符合相关材料标准和本附录的要求。

B.2.4 当材料制造单位未按 B.2.2 的规定提供相关材料试验数据时,容器制造单位应按 B.2.2 的规定完成相关材料的试验。

B.2.5 瓶式储氢压力容器临氢受压元件宜采用 4130X、30CrMo 等铬钼钢材料,4130X、30CrMo 需满足

以下要求：

- a) 碳(C)含量不应大于 0.35%，硫(S)含量不应大于 0.008%，磷(P)含量不应大于 0.015%，且硫和磷(S+P)的总含量不应大于 0.020%；
- b) 经热处理后的材料在空气中的抗拉强度(R_m)不应超过 880 MPa，屈强比不应超过 0.86，断后伸长率(A_{50})不应小于 20%；-40℃下 3 个试样的冲击吸收能量平均值(KV_2)不应小于 60 J，仅允许 1 个试样的冲击吸收能量小于 60 J，但不小于 48 J，侧向膨胀量(LE)不应小于 0.53 mm，横向取样；硬度值不应大于 269 HBW；
- c) 经热处理后的材料在氢气和空气环境中的抗拉强度之比和最大力总延伸率之比均不应小于 0.9；
- d) 经热处理后的材料应按照 GB/T 6394 进行晶粒度检查，晶粒度不应粗于 7 级；
- e) 经热处理后的材料应按照 GB/T 10561 中 A 法进行非金属夹杂物检验，其合格级别应满足表 B.1 的要求；

表 B.1 铬钼钢材料非金属夹杂物合格级别

非金属夹杂物类型		A	B	C	D	A+B+C+D	DS
合格级别/级	细系	≤1.5	≤1.0	≤0.5	≤1.5	≤3.5	≤1.5
	粗系	≤1.0	≤1.0	≤0.5	≤1.5	≤3.5	

f) 材料其他化学成分、制造公差和无损检测等，应符合 GB/T 33145 的有关规定。

B.2.6 罐式储氢压力容器临氢受压元件用奥氏体不锈钢板和复合板覆层用奥氏体不锈钢宜选用 S31603 型，其中复合板覆层不得存在拼接焊缝。其化学成分和力学性能除应符合 GB/T 24511 的规定外，还应满足下列要求：

- a) 镍(Ni)含量不应小于 12%，且在空气中的断面收缩率不应小于 70%；
- b) 在氢气和空气或惰性气体环境中的断面收缩率之比不应小于 0.9。

B.2.7 罐式储氢压力容器用奥氏体不锈钢复合钢板应按照 NB/T 47013.3 进行基材与覆材界面结合状态检测，符合 NB/T 47002.1 中 1 级为合格。

B.2.8 所有受压螺栓、双头螺柱、端塞等应进行目视检查；公称尺寸大于 25 mm 时，应在车制螺纹后或在接近最终直径的材料毛坯上按照 NB/T 47013.4 进行磁粉检测；公称尺寸大于 50 mm 时，还应在车制螺纹前按照 NB/T 47013.3 进行超声检测。

B.3 设计

B.3.1 瓶式储氢压力容器应为非焊接结构。

B.3.2 罐式储氢压力容器的封头应无拼接焊缝；所有 A、B 类焊接接头应采用双面焊或相当于双面焊的全焊透结构型式，不得采用保留垫板的焊接接头型式；接管与壳体之间宜采用便于进行射线检测的结构型式。

B.3.3 设计时应充分考虑容器的各种失效模式，并按 JB 4732、GB/T 34019、ASME VIII-2 或 ASME VIII-3 等对容器的塑性垮塌、局部过度应变、泄漏和疲劳断裂等失效模式进行评定，并应符合下列规定。

B.3.3.1 结构设计和材料选择应满足避免发生脆性断裂失效模式的要求。

B.3.3.2 容器应采用应力分类法或弹塑性分析法(包括载荷系数法和垮塌载荷法)进行塑性垮塌评定。

B.3.3.3 结构不连续处和应力集中部位应采用应力分类法或弹塑性分析法进行局部过度应变评定。

B.3.3.4 泄漏失效评定应采用能够模拟容器使用工况的试验法或经试验验证的方法。

B.3.3.5 所有容器应进行疲劳评定,并应符合下列规定:

- a) 疲劳评定应采用疲劳设计曲线法、疲劳裂纹扩展分析法或疲劳试验法;
- b) 疲劳评定时,应考虑容器在成形、钢带缠绕、滚轧、焊接、锤击、热处理和耐压试验等过程中产生的残余应力的不利影响。

B.3.3.6 疲劳设计曲线法评定时,应采用材料在氢气中的疲劳设计曲线。

B.3.3.7 疲劳裂纹扩展分析法评定时,应根据假设的初始裂纹尺寸 a_0 、临界裂纹深度 a_c 、允许的最终裂纹深度和疲劳裂纹扩展速率,采用断裂力学的方法计算容器的设计循环次数,并应符合下列规定。

- a) 设计循环次数取以下循环次数之间的较小值:
 - 1) 从假设的初始裂纹尺寸 a_0 扩展至临界裂纹深度 a_c 所需循环次数的 $1/2$;
 - 2) 从假设的初始裂纹尺寸 a_0 扩展至允许的最终裂纹深度所需的循环次数,对于单层容器,允许的最终裂纹深度为 $1/4$ 元件壁厚和 $(3/4a_0 + 1/4a_c)$ 之间的较小值。
- b) 假设的初始裂纹尺寸 a_0 应基于所用的无损检测方法,除非用户或设计委托方规定了较小的长度,假设的表面裂纹长度不应小于无损检测标准允许的最大无损检测显示。
- c) 临界裂纹深度应按照 GB/T 34019 的确定,其中 K_{Ic} 为材料在氢气环境中的平面应变断裂韧度,同时还应限制设计载荷作用下裂纹尖端最大应力强度因子不超过氢致开裂应力强度因子门槛值(K_{IH}),容器典型的裂纹位置及其应力强度因子的计算按照 GB/T 34019 进行。
- d) 对于单层瓶式储氢压力容器,允许的最终裂纹深度为 $1/4$ 元件壁厚和 $(3/4 a_0 + 1/4a_c)$ 之间的较小值。
- e) 疲劳裂纹扩展速率应为材料在氢气环境中的值。

B.3.3.8 疲劳试验法评定时,应先采用有限单元法对容器进行弹性应力分析,计算容器的最大等效应力幅 S_{eq} ,再在热处理后的试验用容器或试环近内表面(单面淬火)或 $1/2$ 厚度处(双面淬火)环向取疲劳试样,在压力为容器设计压力的高纯氢气环境下,按应力幅 S_{eq2} (S_{eq2} 应大于或等于 $2S_{eq}$ 且小于或等于材料在空气中的疲劳极限)进行疲劳试验,试样不得在规定的波动次数前失效。

B.3.4 安全系数选取应符合下列规定。

B.3.4.1 塑性垮塌评定的安全系数应满足以下要求:

- a) 采用应力分类法时,确定钢材许用应力的抗拉强度安全系数不应小于 2.4,屈服强度安全系数不应小于 1.5;
- b) 采用载荷系数法时,容器压力载荷的放大系数不应小于 2.4;
- c) 采用垮塌载荷法时,容器垮塌载荷的安全系数不应小于 2.4。

B.3.4.2 疲劳设计曲线法中的交变应力幅和循环次数的安全系数分别为 2 和 20。

B.3.5 容器的设计总图的内容应满足 TSG 21 的要求,此外,设计文件还应包括以下内容:

- a) 材料要求,铬钼钢应包括化学成分、力学性能、硬度、晶粒度、非金属夹杂物、无损检测方法和合格指标等,奥氏体不锈钢应包括化学成分、力学性能、磁性相含量等;
- b) 制造要求,包括容器成形方法和精度、焊接参数、热处理参数、内壁表面粗糙度要求以及内表面无损检测方法和合格指标等;
- c) 试验要求,包括耐压试验、气密性试验和泄漏试验等的试验压力、介质和合格指标等;
- d) 运输安装要求,容器在运输和安装过程中气体保护和防止磕碰损伤的要求等;
- e) 使用要求,在容器操作过程中,工作压力波动范围超过 20% 设计压力的波动幅度和次数。

B.3.6 设计单位应出具风险评估报告,风险评估报告至少应包括下列内容:

- a) 容器在制造、运输、安装和使用过程中可能出现的所有失效模式,以及设计过程中针对这些失效模式已经采取的技术措施;

- b) 容器失效可能带来的危害性后果,提出现场使用时预防容器失效的措施,如定期超声检测、在线监测、设置氢气泄漏报警装置等;
- c) 提出一旦容器发生失效导致介质泄漏时应该采取的措施,便于用户制定合适的应急预案。

B.4 制造、检验和试验

B.4.1 受压元件的焊接以及非受压元件与受压元件的焊接应采用经评定合格的焊接工艺。临氢奥氏体不锈钢的焊接工艺评定应包括焊接接头的磁性相检测以及焊接接头在氢气和空气环境中的慢应变速率拉伸试验。

B.4.2 钢带错绕式压力容器的钢带始末两端与半球形封头和加强箍锥面的焊接应按照 NB/T 47014 的规定进行焊接工艺评定;焊接过程中,宜采用先把钢带点焊定位,待同层钢带缠绕完毕,再焊接环缝的工艺,并焊接钢带端部长度不小于 2 倍钢带宽度的带间间隙;焊接完毕后,每层钢带端部焊缝处均应修磨平整,并用不小于 5 倍的放大镜对焊缝进行外观检查,以无咬边、密集气孔、夹渣、裂纹等缺陷为合格,并按 NB/T 47013.4 或 NB/T 47013.5 进行 100% 表面检测,质量等级 I 级为合格。

B.4.3 全多层包扎压力容器的层板与端部封头的焊接应按 NB/T 47014 的规定进行焊接工艺评定;连接部位的对口错边量不应大于 0.8 mm,焊缝与母材应圆滑过渡;焊接完毕后,焊接接头应按照 NB/T 47013.3 进行 100% 超声检测,检测技术等级不低于 B 级,质量等级 I 级为合格,并按 NB/T 47013.4 或 NB/T 47013.5 进行 100% 表面检测,质量等级 I 级为合格。

B.4.4 瓶式储氢压力容器的筒(瓶)体在热处理后应进行 100% 磁粉检测和 100% 超声检测,检测应符合以下规定:

- a) 磁粉检测应按照 NB/T 47013.4 进行,质量等级 I 级为合格,检测应采用湿磁粉法,不得采用交流电流法;
- b) 超声检测应按照 NB/T 47013.3 进行,质量等级 I 级为合格,检测除应采用直探头进行扫查外,还应采用斜探头沿周向做顺时针和逆时针两个方向、沿轴向做正反两个方向进行扫查。

B.4.5 罐式储氢压力容器内筒的对接接头以及接管与封头之间焊接接头的无损检测应符合以下规定:

- a) 内筒对接接头应按照 NB/T 47013.2 进行 100% 射线检测,检测技术等级不低于 AB 级,质量等级不低于 II 级为合格;
- b) 内筒对接接头内、外表面应按照 NB/T 47013.5 进行 100% 渗透检测,检测灵敏度等级为 C 级,质量等级 I 级为合格;
- c) 接管与封头的焊接接头应按照 NB/T 47013.3 进行 100% 超声检测,检测技术等级不低于 B 级,质量等级 I 级为合格,超声声束应能扫查到焊接接头的整个被检区域。

B.4.6 除封闭焊接接头外,罐式储氢压力容器焊接接头内表面应按照 GB/T 1954 中的磁性法进行 100% 磁性相检测。奥氏体不锈钢钢板焊接接头磁性相不应超过 0.20%;奥氏体不锈钢复合板覆层的堆焊接头磁性相不应超过 0.45%。

B.4.7 制造单位制造首台瓶式储氢压力容器时,应进行筒(瓶)体热处理后材料性能的检验;对于采用相同材料炉号、设计、制造工艺,且按同一热处理工艺、采用连续热处理炉连续热处理的瓶式储氢压力容器,每批(最多 50 台)应抽取一只筒(瓶)体或试环进行热处理后材料性能的检验。试环的制备、试样的制取和检验内容应符合以下要求:

- a) 试环的材料炉号、公称直径、壁厚、热处理状态等都应与筒(瓶)体相同,且长度不应小于 610 mm;
- b) 在筒(瓶)体或试环近内表面(单面淬火)或 1/2 壁厚处(双面淬火)取不少于 3 件环向拉伸试样,在空气环境中进行拉伸试验,实测抗拉强度值应在材料热处理后的保证值范围内;

- c) 在筒(瓶)体或试环两端和中部横截面,沿圆周 0° 、 90° 、 180° 和 270° 四个方向,分别在近内表面、 $1/4$ 壁厚、 $1/2$ 壁厚、 $3/4$ 壁厚和近外表面处的5个位置测量布氏硬度,硬度值应在设计规定的最小和最大抗拉强度对应的范围之内,且同一截面上的硬度值偏差不应大于30 HBW,硬度值与抗拉强度换算参见 GB/T 33362;
- d) 在筒(瓶)体或试环近内表面(单面淬火)或 $1/2$ 壁厚处(双面淬火)的 T-L 方向(取样方向为环向,缺口方向为轴向)取样,进行夏比 V 型缺口冲击试验,试验温度为 -40°C ,3个试样冲击吸收能量平均值(KV_2)不应低于60 J,仅允许1个试样冲击吸收能量值可低于60 J,但不得低于48 J,侧向膨胀值不应小于0.53 mm;
- e) 在筒(瓶)体或试环近内表面(单面淬火)或 $1/2$ 壁厚处(双面淬火)的 T-L 方向(载荷方向为环向,缺口方向为轴向)取3件紧凑拉伸试样,测量氢气中的平面应变断裂韧度 K_{IC} ,取平均值,对筒(瓶)体进行未爆先漏判定,应满足 GB/T 34019—2017 中 6.5.3 的规定。

B.4.8 制造单位制造的首台奥氏体不锈钢衬里的罐式储氢压力容器,应制备临氢纵向焊接接头的焊接试件;对于采用同一炉号奥氏体不锈钢,且设计、焊接工艺、热处理工艺均相同的奥氏体不锈钢衬里的罐式储氢压力容器,每批(最多50台)应选择一台制备纵向焊接接头焊接试件。试件的制备、试样的制取和检验内容应符合以下要求:

- a) 试件应在筒节纵向焊缝的延长部位与筒节同时施焊;
- b) 在试件上取6件全焊缝金属试样进行拉伸试验,将试样分成2组,每组3件,分别在氢气环境和空气环境中进行慢应变速率拉伸试验,氢气环境中的断面收缩率平均值不应小于空气中的断面收缩率平均值的90%;
- c) 在试件上沿垂直焊缝方向取6件焊接接头试样进行拉伸试验,将试样分成2组,每组3件,分别在氢气环境和空气环境中进行慢应变速率拉伸试验,氢气环境中的断面收缩率平均值不应小于空气中的断面收缩率平均值的90%。

B.4.9 热处理后瓶式储氢压力容器内表面应进行喷丸处理和研磨处理,其表面粗糙度值 R_a 不应超过 $6.3\ \mu\text{m}$,疲劳敏感区(结构不连续部位或应力集中部位)的表面粗糙度值 R_a 不应超过 $3.2\ \mu\text{m}$ 。

B.4.10 除封闭焊缝外,罐式储氢压力容器内筒的焊缝应打磨至与母材平齐,内筒应进行抛光处理,其表面粗糙度值 R_a 不应超过 $1.6\ \mu\text{m}$ 。

B.4.11 容器制造完成后应进行液压试验。内筒材料为奥氏体不锈钢的罐式储氢压力容器,当进行水压试验时,应控制水中氯离子含量不超过 $25\ \text{mg/L}$,水压试验后应立即将水排净并吹干。

B.4.12 液压试验后,应对可检测的所有受压元件表面,包括内、外表面和焊缝金属进行表面检测,其中铁磁性材料优先采用湿式磁粉检测,非铁磁性材料采用渗透检测,表面检测质量等级Ⅰ级为合格。对于瓶式储氢压力容器,还应对筒(瓶)体按照 NB/T 47013.3 进行100%超声检测,检测除应采用直探头进行扫查外,还应采用斜探头沿周向做顺时针和逆时针两个方向的扫查以及沿轴向做正、反两个方向的扫查,质量等级Ⅰ级为合格。

B.4.13 液压试验合格后,容器应进行泄漏试验,试验压力为容器的设计压力,试验介质为氢气或氮气加氢气的混合气体,当采用混合气体时,氢气体积比不应小于10%。试验时应对待端塞、阀门、焊接接头和密封面等处采用氦质谱仪进行检测,泄漏率不大于 $1 \times 10^{-7}\ \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 为合格。

B.4.14 容器内表面及端部螺纹等部位应清洁、干燥、无异物,应进行目视检测、油脂含量检测、颗粒度检测和露点检测。容器内部的目视检测应采用内窥镜检测,不得存在可见的杂物和积水;油脂检测采用波长为 $320\ \text{nm} \sim 380\ \text{nm}$ 的紫外光检测,无油脂荧光为合格;颗粒度检测采用高纯度氮气对容器进行吹扫,在吹扫口处用白绸布做挡气试验,5 min 内白绸布上无肉眼可见的污物及杂质为合格,或在放气口处用尘埃粒子计数器进行检查, $5\ \mu\text{m} \sim 10\ \mu\text{m}$ 的粒子数量不超过200为合格;内部检查合格后,容器应

采用露点仪进行露点检测,不高于 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 为合格。

B.4.15 制造、检验和试验完成后,容器应采用氮气(纯度 $\geq 99.99\%$)进行吹扫。

B.5 使用管理

B.5.1 使用单位应为容器配备操作参数记录装置,对容器的压力、温度和压力波动范围超过设计压力的 20% 的压力波动次数进行实时监测和自动记录。整个操作周期内,压力波动范围不应超出设计文件规定的工作压力范围。使用单位应保证记录装置完好并长期保存上述所有的记录,定期检验机构应检查这些记录。

B.5.2 容器应于投用后1年内进行首次定期检验。以后的检验周期由检验机构根据容器的安全状况等级确定。对于瓶式储氢压力容器,检验周期内循环载荷的重复次数不得超过由实测裂纹深度、根据 K_{III} 和 K_{IC} 之间的较小值计算得到的临界裂纹深度和疲劳裂纹扩展速率等确定的允许的循环载荷次数。

参 考 文 献

- [1] GB/T 33362 金属材料 硬度值的换算
- [2] ISO 19880-3 气态氢 加油站 第3部分:阀门(Gaseous hydrogen—Fuelling stations—Part 3:Valves)
-