

国家标准《氢系统安全的基本要求》印发

近日，国家标准GB/T

29729-2022《氢系统安全的基本要求》正式印发，文件适用于氢的制取、储存、输送、和应用系统的设计和使用。

标准详细介绍了氢的物理和热物理性质、燃烧特性等，包含可再生能源制氢系统、液氢和氢浆储存系统、氢气输送系统等。该项标准针对氢系统中的危险因素，分类介绍了泄漏和渗漏、与燃烧、压力、温度有关的危险因素、与固态储氢有关的危险因素、生理危害等。同时，从基本原则、设计风险控制、氢设施要求、检测要求、火灾和爆炸风险控制、操作要求、突发事件等方面规定氢系统风险控制的相关要求。附件中明确了各类制氢典型系统核心设备框图。文件将于2023年4月1日开始实施。

主要起草单位浙江大学、中国标准化研究院、北京海德利森科技有限公司、佛山绿色发展创新研究院、佛山市南海区华南氢安全促进中心、同济大学、潍柴动力股份有限公司、正星氢电科技郑州有限公司、张家港氢云新能源研究院有限公司、电力规划总院有限公司、广东能源集团科学技术研究院有限公司、北京京能科技有限公司、中氢绿源（广东）科技有限公司、中国节能协会。

ICS 27.010
CCS F 19



中华人民共和国国家标准

GB/T 29729—2022

代替 GB/T 29729—2013

氢系统安全的基本要求

Essential requirements for the safety of hydrogen systems

2022-12-30 发布

2023-04-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

GB/T 29729—2022

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。

本文件代替 GB/T 29729—2013《氢系统安全的基本要求》，与 GB/T 29729—2013 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 增加了氢分压、固定式氢气储存容器、液氢增压泵、液氢、正氢、仲氢、常态氢、液氢、加氢合建站术语和定义(见 3.3~3.11)；
- 更改了氢系统类别中制氢系统、储氢系统和输氢系统的相关规定(见 4.1~4.3, 2013 年版的 4.1~4.3)；
- 增加了氢系统类别中用氢系统的相关规定(见 4.4)；
- 增加了氢气火焰探测要求(见 6.2.3)；
- 更改了固态储氢有关的危险因素的相关规定(见 6.3.4, 6.3.5, 2013 年版的 6.5)；
- 增加了与温度有关的危险因素的相关规定(见 6.4.3~6.4.5)；
- 增加了氢窒息的有关规定(见 6.6.3)；
- 增加了风险控制的基本原则中关于点火源、检测报警装置的相关规定[见 7.1 e) 和 f)]；
- 增加了氢系统设计的基本要求中关于安全完整性评价的相关规定[见 7.2.1 d)]；
- 更改了材料氢相容性试验和氢环境常用材料的相关规定(见 7.2.2.5, 2013 年版的 7.2.2.5)；
- 更改了氢气储存容器、液氢储存容器、固态储氢容器、泵和压缩机、液氢和液氢管道、安全泄放装置、阀门和过滤器风险控制的相关规定(见 7.2.3.1~7.2.3.5, 7.2.4.3.3, 7.2.5.1, 7.2.5.2, 7.5.2.4, 2013 年版的 7.2.3.1~7.2.3.5, 7.2.4.3.3, 7.2.5.1, 7.2.5.2, 7.5.2.4)；
- 增加了阻火器的相关要求(见 7.2.5.6)；
- 更改了通风要求、放空和火炬的相关规定(见 7.3.2.4, 7.3.4, 2013 年版的 7.3.2.4, 7.3.4)；
- 更改了氢泄漏检测报警仪的相关规定(见 7.4.1, 2013 年版的 7.4.1)；
- 更改了防止氢/氧的意外混合和杜绝点火源的相关规定(见 7.5.1, 7.5.2.1, 2013 年版的 7.5.1, 7.5.2.1)。

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：浙江大学、中国标准化研究院、北京海德利森科技有限公司、佛山绿色发展创新研究院、佛山市南海区华南氢安全促进中心、同济大学、潍柴动力股份有限公司、正星氢电科技郑州有限公司、张家港云新能源研究院有限公司、电力规划总院有限公司、广东能源集团科学技术研究院有限公司、北京京能科技有限公司、中氢绿源(广东)科技有限公司、中国节能协会。

本文件主要起草人：郑津洋、杨燕梅、韩武林、尚娟、鲍威、徐平、陈立新、张睿明、李海龙、张存满、杜利锋、张邦强、周亮、王朝、饶睦敏、张超、刘玉龙、章超、李明昕、王德新、潘凤文、董江波、柴博。

本文件于 2013 年首次发布，本次为第一次修订。

GB/T 29729—2022

氢系统安全的基本要求

1 范围

本文件规定了氢系统的类别、氢的基本特性、氢系统的危险因素及其风险控制的基本要求。
本文件适用于氢的制取、储存、输送和应用系统的设计和使用。

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 2894 安全标志及其使用导则
GB 4962 氢气使用安全技术规程
GB/T 5099(所有部分) 钢质无缝气瓶
GB 5908 石油储罐阻火器
GB 12014 防护服装 防静电服
GB 12358 作业场所环境气体检测报警仪 通用技术要求
GB/T 13347 石油气体管道阻火器
GB 16808 可燃气体报警控制器
GB/T 19773 变压吸附提纯氢系统技术要求
GB/T 19774 水电解制氢系统技术要求
GB 21148 足部防护 安全鞋
GB/T 24499 氢气、氢能及氢能系统术语
GB/T 33292 燃料电池备用电源用金属氢化物储氢系统
GB/T 33145 大容积钢质无缝气瓶
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 34544 小型燃料电池车用低压储氢装置安全试验方法
GB/T 35544 车用压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶
GB 50058 爆炸危险环境电力装置设计规范
GB 50156 汽车加油加气加氢站技术标准
GB 50177 氢气站设计规范
GB 50217 电力工程电缆设计标准
GB 50275 风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范
GB 50516 加氢站技术规范
JB 4732 钢制压力容器——分析设计标准
NB/T 10354 长管拖车
NB/T 10558 压力容器涂敷与运输包装
SH/T 3413 石油化工石油气管道阻火器选用、检验及验收标准

1

GB/T 29729—2022

3 术语和定义

GB/T 24499、GB 50156、GB 50516 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

氢系统 hydrogen system

氢的制取、储存、输送或应用系统。

3.2

固态储氢 hydrogen storage in solid state

以固态物质形式与氢进行化学反应或物理吸附的储氢方式。

3.3

氢分压 hydrogen partial pressure

氢气在同一温度下单独占有混合气体的体积时所具有的压强。

3.4

固定式氢气储存容器 stationary hydrogen storage container

固定安装,用于储存氢气的压力容器,配有必要的安全装置,压力和温度检测与显示仪器等。

3.5

液氢增压泵 liquid hydrogen booster pump

对液氢进行增压的单级或多级增压泵。

3.6

浆氢 slush hydrogen

将液氢进一步冷却后获得的液氢与固氢的混合物,温度介于三相点(13.8 K)和熔点(14 K)之间。

3.7

正氢 orthohydrogen

氢分子的一种同质异构体,分子中原子核的自旋方向是相同的(平行)。

[来源:GB/T 24499—2009,2.12]

参见图 1。

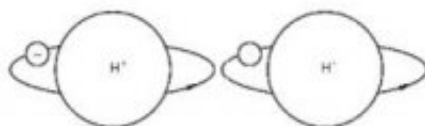


图 1 正氢

3.8

仲氢

氢分子的一种同质异构体,分子中原子核的自旋方向是相反的(逆平行)。

[来源:GB/T 24499—2009,2.13]

参见图 2。

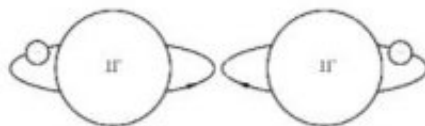


图 2 仲氢

GB/T 29729—2022

3.9

常态氢 normal hydrogen

室温下或高于室温时，正氢与仲氢比例为 75% 和 25% 的平衡氢。

注：也称为标准氢或正常氢。

3.10

液氢 liquid hydrogen

以液态形式存在的氢。

注：液氢是一种无色、透明的低温液体。

[来源：GB/T 24499—2009, 2.18, 有修改]

3.11

加氢合建站 combined fuelling 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。

[来源：GB 50156—2021, 2.1.16]

4 氢系统的类别

4.1 制氢系统

制氢系统主要包括煤制氢系统、天然气制氢系统、醇类转化制氢系统、副产气提纯回收制氢系统、水电解制氢系统、氯制氢系统、生物质制氢系统、核能制氢系统、太阳能热化学制氢系统、太阳能光解水制氢系统等，典型制氢系统参见附录 A。

4.2 储氢系统

储氢系统主要包括气态氢储存系统、液态氢储存系统及固态氢储存系统。

4.3 输氢系统

输氢系统主要包括气态氢输送系统、液态氢输送系统及固态氢输送系统。

4.4 用氢系统

用氢系统主要包括氢在工业、交通、能源、建筑等领域的应用系统。

5 氢的基本特性

5.1 热物理性质

5.1.1 氢的相对原子质量为 1.008，氢气在标准状态(273.15 K, 101.325 kPa)下的密度为 0.089 9 kg/m³。常态氢和仲氢的热物理性质参见附录 B 中的表 B.1，氢气与其他常见气体的热物理性质比较参见表 B.2。

5.1.2 液氢在标准沸点下的密度为 70.78 kg/m³，标准沸点下常态氢转化为仲氢的转化热为 527.14 kJ/kg。液氢与其他液化气体的热物理性质比较参见表 B.3。

5.2 燃烧特性

5.2.1 氢气在常温常压空气中的可燃极限为 4%~75% (体积分数)。氢的燃烧特性参见附录 C 中的表 C.1，氢气与其他常见燃料的燃烧特性比较参见表 C.2。

5.2.2 氢气在常温常压空气中的爆轰极限在可燃极限范围内，爆轰速度为 1 480 m/s~2 150 m/s。

3

GB/T 29729—2022

注：爆炸极限是指易燃易爆气体、蒸汽或粉尘在空气/氧气中形成可引发爆炸的爆炸性气体混合物的浓度范围。

6 氢系统的危险因素

6.1 泄漏和渗透

6.1.1 氢气易通过多孔材料、装配面或密封面泄漏。氢气泄漏后将迅速扩散，导致可燃、可爆区域不断扩大，且扩散过程肉眼不可见。影响氢气泄漏扩散的主要因素包括泄漏位置、环境温度、环境风速、环境风向和障碍物。

6.1.2 液氢和浆氢系统发生泄漏后，液氢将迅速蒸发扩散，形成可见的可爆雾团，并可能导致系统形成负压而使周围空气进入系统凝结成固体颗粒，可能堵塞系统的管道、阀门等部件。

6.1.3 氢易渗入某些非金属材料内而引起氢渗透。若液氢系统发生氢渗透，可能导致氢损耗或真空绝热层破坏。

6.2 与燃烧有关的危险因素

6.2.1 泄漏的氢气易引起燃烧或爆炸。氢燃烧可能造成氢系统材料性能劣化，并可能导致氢系统因内部温度和压力急剧升高而超压失效。

6.2.2 氢气爆燃可能导致燃烧区域的迅速扩大和密闭空间压力的迅速升高。氢气爆燃产生的高速爆轰波可能对燃烧区域外的环境产生巨大冲击，并伴随有高温气体的迅速传播。

6.2.3 氢气火焰不易察觉，应使用紫外探测器或紫/红外复合多波段探测器探测。

6.3 与压力有关的危险因素

6.3.1 氢气系统失效可能导致高压氢气储存能量迅速释放，形成冲击波，破坏周围设施。

6.3.2 液氢和浆氢系统漏热将引起热分层和氢蒸发，导致系统内的氢体积急剧增大，若泄压装置动作不及时，可能导致系统超压失效。

注：热分层是指重力方向上由于温度不同引起流体密度差异，导致冷流体处于下方，热流体处于上方的流体分层现象。

6.3.3 浆氢中的固体氢颗粒易积聚沉淀而堵塞浆氢系统的管道、阀门等部件。

6.3.4 固态储氢系统超温时系统中的氢气压力可能急剧上升，导致承压容器超压失效。

6.3.5 固态储氢容器在使用过程中，氢化物粉末可能由于振动或氢气流推动形成粉体局部堆积，并产生应力集中。

6.4 与温度有关的危险因素

6.4.1 氢液化过程温度急剧下降，可能导致材料收缩。氢系统材料收缩程度不同，可能导致系统结构变形不协调，而造成结构中应力增大或密封面泄漏。

6.4.2 液氢和浆氢系统的低温环境可能导致材料韧性下降，增加材料的裂纹敏感性。液氢和浆氢系统的温度低于材料的韧脆转变温度时，材料将由韧性状态转变为脆性状态。

6.4.3 高压氢气瓶快速充装氢气时，瓶内温度会升高，可能导致气瓶承载能力下降或泄漏。

6.4.4 液氢和浆氢系统中混入空气等凝固点高于液氢温度的气体，会形成固体颗粒，积累后有可能堵塞系统的管道、阀门等部件。固体氧颗粒还有可能造成系统爆炸着火。

6.4.5 当温度接近临界温度时，液氢有可能突然沸腾导致储存容器内压力迅速升高。

6.5 氢腐蚀和氢脆

6.5.1 钢在高温高压氢环境中服役一定时间后，氢可能与钢中的碳反应生成甲烷，造成钢脱碳和微裂

GB/T 29729—2022

纹的形成,导致钢性能不可逆地劣化。温度越高、氢分压越大,钢的氢腐蚀越严重。

6.5.2 金属吸收内部氢或外部氢后,局部氢浓度达到饱和时,将引起塑性下降,诱发裂纹或延迟断裂。氢分压越大、强度越高、应变速率越小,金属的氢脆往往越严重。

6.6 生理危害

6.6.1 人体皮肤直接接触低温氢气、液氢或浆氢易导致冻伤,低温氢气、液氢或浆氢的管路、设备绝热失效或未做绝热时,人体皮肤直接接触也有低温冻伤的风险;直接接触高温且肉眼不可见的氢火焰易导致高温灼伤。

6.6.2 氢燃烧产生的大量紫外线辐射易损伤人体皮肤,氢火灾引起的次生火灾会产生浓烟或其他有害燃烧产物,危害人体健康。

6.6.3 氢气无色、无臭、无味、无毒,空气中高浓度氢气易造成缺氧,可能使人窒息。

7 风险控制

7.1 基本原则

氢系统应遵循以下基本原则:

- a) 在满足需求的前提下,控制储存和操作中氢的使用量;
- b) 制定相应操作程序;
- c) 减少处于危险环境中的人员数量,并缩短暴露时间;
- d) 避免氢/空气(氧气)混合物在密闭空间积聚;
- e) 设置氢气和火焰等检测报警装置;
- f) 确保氢系统的爆炸危险区域内无明火源;
- g) 确定氢系统的爆炸危险区域,爆炸危险区域的等级定义应符合 GB 50058 的规定;
- h) 确保氢系统的爆炸危险区域内无其他杂物,通道畅通。

7.2 设计风险控制

7.2.1 基本要求

7.2.1.1 氢系统设计应满足以下基本要求。

- a) 失效-安全设计:
 - 1) 设置安全泄放装置、阻火器等安全附件;
 - 2) 设置单容错或双容错。
- b) 自动安全控制:
 - 1) 远程实时监测系统的安全状态;
 - 2) 自动控制压力、流速等运行参数;
 - 3) 检测到氢泄漏或火焰时,设备能自动采取相应的安全措施,包括关闭截止阀、开启通风装置、关停设备等。
- c) 氢系统出现异常、故障或失灵时,报警装置能及时报警。

7.2.1.2 宜作安全完整性评价。

7.2.2 合理选材

7.2.2.1 氢系统选材应评估以下因素:

——与氢的相容性;

5

GB/T 29729—2022

- 与相邻材料的相容性；
- 与使用环境的相容性；
- 毒性；
- 失效模式；
- 可加工性；
- 经济性。

7.2.2.2 氢系统用金属材料应满足强度要求，并具有良好的塑性、韧性和可制造性。用于低温工况时还应具有良好的低温韧性，且其韧脆转变温度应低于系统的工作温度。

7.2.2.3 氢系统用非金属材料应有良好的抗氢渗透性能。

7.2.2.4 氢系统中与氢直接接触的材料，应与氢具有良好的相容性。金属材料与氢气环境相容性试验应符合 GB/T 34542.2 规定的要求，氢脆敏感度试验应符合 GB/T 34542.3 规定的要求。

7.2.2.5 氢系统宜选用含碳量低或加入强碳化物形成元素的钢。

7.2.2.6 氢环境常用金属材料和非金属材料参见附录 D。为降低金属材料的氢脆敏感性，应采取以下措施：

- a) 将材料硬度和强度控制在适当的水平；
- b) 降低残余应力；
- c) 避免或减少材料冷塑性变形；
- d) 避免承受交变载荷的部件发生疲劳破坏；
- e) 使用奥氏体不锈钢、铝合金、塑料等氢脆敏感性低的材料。

7.2.3 设备**7.2.3.1 氢气储存容器**

7.2.3.1.1 设计氢气储存容器时，应充分考虑在正常工作状态下大气环境温度条件对容器壳体温度的影响，其最低设计温度不应高于历年来月平均最低气温的最低值。

7.2.3.1.2 氢气储存容器的支承和基础应为非燃烧体并确保牢固，容器的接地要求应符合 GB 50177 规定的要求。

7.2.3.1.3 固定式氢气储存容器、氢气长管拖车及其零部件的涂敷与运输包装应符合 NB/T 10558 规定的要求和图样的技术要求。

7.2.3.1.4 固定式氢气储存容器的材料、设计、制造、使用管理等应符合 GB/T 150(所有部分)、JB 4732 等规定的要求。加氢站氢气储存容器还应符合 GB 50516、GB 50156 等规定的要求。

7.2.3.1.5 固定式氢气储存容器应设有压力和温度测量仪表、安全泄放装置、氢气泄漏报警装置、氮气吹扫置换接口等附件，应记录容器操作参数。

7.2.3.1.6 固定式氢气储存容器宜设有氢气放空管，底部最低点宜设有排污口。

7.2.3.1.7 氢气长管拖车的材料、设计、制造、使用管理等应符合 GB 50156、GB 50516、NB/T 10354 等规定的要求。

7.2.3.1.8 氢气长管拖车应按 GB 2894 的规定设置安全标志。

7.2.3.1.9 氢气长管拖车的汇流总管应设有压力表和温度表。每只钢瓶均应装配安全泄放装置。拖车上应配备灭火器材。

7.2.3.1.10 氢气瓶的设计、制造、检验与试验等应符合 GB/T 5099(所有部分)、GB/T 33145 等规定的要求。车用压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶应符合 GB/T 35544 规定的要求。

7.2.3.1.11 氢气储气瓶组的气瓶、管路、阀门和其他附件应可靠固定，且管路、阀门和其他附件应设有防止碰撞损坏的防护设施。

GB/T 29729—2022

7.2.3.2 液氢储存容器

7.2.3.2.1 液氢储存容器应设有绝热效果良好的绝热系统，其内容器和真空夹层均应设有安全泄放装置，泄放量设计应评估液氢迅速相变导致的超压危险。

7.2.3.2.2 液氢储存容器的支承和基础应为绝热非燃烧体并确保牢固。

7.2.3.2.3 液氢储存容器的放空管应设在容器顶部，并宜控制排放氢气的速度，以防发生火灾和爆炸等事故。

7.2.3.2.4 液氢储存容器出液管宜从内容器底部引出，并应在其液氢管路上设置切断阀。

7.2.3.2.5 固定式液氢储存容器、移动式液氢储存容器及其零部件的涂敷与运输包装应符合 NB/T 10558 规定的要求和图样的技术要求。

7.2.3.2.6 液氢压力容器额定充满率不应大于内容器几何容积的 90%。

7.2.3.2.7 液氢压力容器应分别在控制室与现场设置压力和液位测量仪表。

7.2.3.3 液氢储存容器

液氢储存容器除应符合 7.2.3.2 中的相关规定外，还应符合以下要求：

- a) 防止污染物进入容器，并及时处理容器内的固体氢颗粒积聚物；
- b) 及时补给或浓缩液氢，确保容器中固态氢的质量分数满足要求。

7.2.3.4 固态储氢容器

7.2.3.4.1 固态储氢容器的技术要求、试验与检测、标志、包装等应符合 GB/T 34544、GB/T 33292 等规定的要求。

7.2.3.4.2 固态储氢容器除应符合 7.2.3.1.4、7.2.3.1.5 的相关规定外，还应符合以下要求：

- a) 防止固态填充物在使用过程中局部堆积；
- b) 单管或列管的管端均设置过滤精度与固态储氢物质粒度相匹配的过滤器。

7.2.3.4.3 依储氢容量大小和固态储氢材料热效应高低，固态储氢容器宜设有热交换结构。

7.2.3.5 泵和压缩机

7.2.3.5.1 氢气压缩机的选型、数量，应根据进气压力、排气压力、氢气纯度和用氢量或使用特性确定。

7.2.3.5.2 氢气灌装用压缩机的型号、排气量，应根据灌装台或充装容器的规格和数量、充装时间、进气压力和排气压力确定。

7.2.3.5.3 液氢增压泵的选型、数量，应根据进液压力、排液压力和用氢量或使用特性确定。

7.2.3.5.4 氢气压缩机和液氢增压泵的涉氢部件在使用条件下应具有良好的氢相容性。

7.2.3.5.5 输送氢气用压缩机前宜设置氢气罐，后应设置氢气缓冲罐。

7.2.3.5.6 数台氢气压缩机并联从同一氢气管道吸气时，应采取措施确保吸气侧氢气为正压。

7.2.3.5.7 氢气压缩机和液氢增压泵的安装和验收应符合 GB 50275 以及设计制造标准和技术说明书规定的要求。

7.2.3.5.8 氢气压缩机安全保护装置的设置，应符合 GB 50156、GB 50516 等规定的要求。

7.2.4 管道

7.2.4.1 基本要求

7.2.4.1.1 氢气、液氢和液氢管道应符合以下基本要求：

- a) 选用符合国家标准或行业标准规定，且满足工作压力、工作温度要求的无缝管；

7

GB/T 29729—2022

- b) 管的材料与氢有良好的相容性；
- c) 采用焊接连接或其他能有效防止泄漏的连接方式；
- d) 设置合适的安全泄放装置，与用氢设备连接的管道应设置切断阀，连接至有明火的用氢设备的管道设置阻火器；
- e) 管道上标明介质及其流动方向；
- f) 管道与建筑物、构筑物或其他管线保持一定的安全距离，室内管道不敷设在地沟中或直接埋地，室外地沟敷设的管道，采取防止氢泄漏、积聚的措施。

7.2.4.1.2 管道宜采用架空敷设，其支架应为非燃烧体，且不应与电缆、导电线路、高温管线敷设在同一支架上。

7.2.4.1.3 氢管道与其他管道共架敷设或分层布置时，氢管道宜布置在外侧并置于上层，且应保持一定的安全距离。

7.2.4.2 氢气管道

7.2.4.2.1 氢气站、供氢站和车间内氢气管道的敷设，厂区内氢气管道架空敷设、直接埋地敷设和明沟敷设时，应符合 GB 50177 规定的要求；氢气管道与其他管道共架敷设或分层布置时，应符合 GB 4962 规定的要求。

7.2.4.2.2 氢气管道上应设有放空管、分析取样口和吹扫置换口，其位置应能满足管道内气体排放、取样、吹扫和置换要求。

7.2.4.3 液氢和液氢管道

7.2.4.3.1 管道绝热应采用高真空多层绝热、真空粉末绝热或其他绝热效果优良的绝热方式。

7.2.4.3.2 使用波纹膨胀节时，管道系统应有足够的弹性以避免热膨胀引起管道失效或泄漏。

7.2.4.3.3 不宜采用螺纹连接。

7.2.4.3.4 液氢和液氢管道可能有液体滞留的部位应设有安全泄放装置，液体排放管道应设有坡度。

7.2.4.3.5 液氢和液氢管道应远离沥青等易燃材料，且应保护管道周围易产生低温脆化的材料。

7.2.4.3.6 液氢和液氢管道不宜用于长距离输送，液氢管道应防止固态氢颗粒沉淀和流动分层。

7.2.5 附件

7.2.5.1 安全泄放装置

7.2.5.1.1 安全泄放装置(包括安全阀、爆破片和辅助泄压装置)应满足以下基本要求：

- a) 制造安全泄放装置的单位持有相应的特种设备制造许可证；
- b) 安全泄放装置能保证系统的压力始终不高于系统的最大允许工作压力，其尺寸适应压力源的最大流量，且在极端条件下仍有足够的泄放能力；
- c) 若低压氢系统通过压力调节器与高压氢源相连，且低压氢系统的承压上限低于高压氢源的承压，则低压氢系统设置安全泄放装置以防超压；
- d) 安全泄放装置的材料能适应氢系统的工作温度，且与氢有良好的相容性；
- e) 液氢或液氢管道上安装多个安全泄放装置时，各个安全泄放装置不影响管道流速，且运行时不影响其他安全泄放装置的开启压力；
- f) 安全泄放装置和被保护的容器或管道之间不安装截止阀。

7.2.5.1.2 安全阀还应满足以下要求：

- a) 安全阀的可动部分在不均匀加热或冷却时灵活可动，且不使用可能妨碍安全阀正常工作的填料；

GB/T 29729—2022

- b) 选用全启封闭式安全阀,并有产品合格证或质量合格证明书,经校准合格铅封后,方可安装;
- c) 安全阀铅直安装在便于观察和检修的排放管路上且靠近被保护容器的位置。
- 7.2.5.1.3 爆破片还应满足以下要求:
 - a) 爆破片爆破时不产生火花和金属碎片;
 - b) 根据爆破片的使用寿命,进行定期更换;
 - c) 爆破片设有安全保护盖。
- 7.2.5.1.4 在设计、安装辅助泄压装置时,应评估液击、空化等引起的瞬变压力。
- 7.2.5.2 阀门
 - 7.2.5.2.1 氢气过流阀应采用自启动装置,当流速达到预先设定的最大值时,过流阀应自动关闭。
 - 7.2.5.2.2 氢气管道的切断阀宜采用球阀或截止阀。
 - 7.2.5.2.3 应根据工作压力、工作温度及与氢的相容性等选用阀门材料和密封填料。
 - 7.2.5.2.4 截止阀应安装于液氢回流管线并尽可能靠近容器的位置,在截止阀与容器之间的管道中不应有其他附件。
- 7.2.5.3 密封件
 - 7.2.5.3.1 应根据氢系统的工作压力、工作温度、与氢的相容性等因素选择密封件。
 - 7.2.5.3.2 使用非金属材料密封件时,避免氢在非金属材料中的高渗透性导致密封件失效或氢泄漏。
- 7.2.5.4 过滤器
 - 7.2.5.4.1 应定期或当过滤器的压力降超过规定值时,对过滤器进行清洗或更换。
 - 7.2.5.4.2 过滤器应易于拆卸和清洗,不应通过系统反冲进行清洗。
 - 7.2.5.4.3 应防止液氢系统中的过滤器被固体氢颗粒堵塞,还应防止液氢和液氮系统中的过滤器被其他固体颗粒堵塞。
 - 7.2.5.4.4 应确定过滤器的数量和安装位置,以降低系统内的杂质含量。过滤器宜安装于加注管路或补给管路。
- 7.2.5.5 仪表和控制器
 - 7.2.5.5.1 氢系统应装配有必要的仪表和控制器,以监控系统的运行状况;若使用的仪表或控制器为电气设备,还应符合 7.3.5 中的相关规定。
 - 7.2.5.5.2 仪表的精度等级和量程应满足使用要求,并应有产品合格证和检定日期,经校准合格铅封后方可安装,其安装位置应便于作业人员观察和检修。
 - 7.2.5.5.3 应定期校核仪表和控制器,以确保其工作正常。
 - 7.2.5.5.4 用于液氢和液氮系统的液面计的液位指示应直观,当采用刻度转换式液面计时,应在明显位置标示充装量和刻度换算表。
- 7.2.5.6 阻火器
 - 7.2.5.6.1 阻火器应根据氢系统的工作压力、工作温度、体积流量、使用特性、与氢的相容性等因素选用。
 - 7.2.5.6.2 以下位置宜安装阻火器:
 - 连接至有明火的用氢设备的管道;
 - 可能发生回火燃烧的放空管和通气管。
 - 7.2.5.6.3 阻火器在使用条件下应具有良好的阻爆轰性、阻爆燃性、耐腐蚀性和耐烧性。

9

GB/T 29729—2022

7.3.2.4.3 建筑物内有氢储存或操作设备时，应设有通风系统。

7.3.2.4.4 通风系统进口宜设于墙体底部，出口宜设于墙体顶部或建筑物顶部且应朝向安全区域，并应设置雷电防护装置。

7.3.3 禁区

7.3.3.1 应将氢系统及其周围区域划为禁区，并设置围栏。

7.3.3.2 禁区周围应有醒目的警示标记。

7.3.3.3 作业人员进入禁区前，应按规定进行着装并做好防护措施。

7.3.3.4 应掌握禁区内人员、设备的出入情况，并限制禁区内的人员数量。

7.3.4 放空和火炬

7.3.4.1 应根据现场条件、氢排放速率，确定氢处理方式。

7.3.4.2 现场条件允许，氢排放速率较低或排放量较小时，宜选用放空进行氢处理。放空管应符合 GB 50156 和 GB 50516 规定的要求。

7.3.4.3 氢排放速率较高或排放量超过放空管的安全处理范围时，宜选用点火方式进行氢处理。

7.3.4.4 应根据火炬的热辐射影响范围、现场风向和风速，确定合适的安全距离。

7.3.5 电气设备

7.3.5.1 防爆要求应符合 GB 50058 规定的要求，且不应低于氢气爆炸混合物的级别和组别。

7.3.5.2 电气设备应有防静电接地装置，并应定期检测接地电阻。

7.3.5.3 电气设备工作时的表面温度应低于氢在空气中的着火温度。

7.3.5.4 在有爆炸危险环境区域内敷设的电缆和导线，应符合 GB 50217 规定的要求。敷设电缆或导线用的保护钢管，应在以下位置做隔离密封：

- 电缆或导线引向电气设备接头部件前；
- 相邻的不同环境之间。

7.3.6 消防设施

7.3.6.1 氢气站、供氢站、加氢站、加氢合建站应设有消防车通道和消防给水设施。

7.3.6.2 加氢站、加氢合建站灭火器材的配置，应符合 GB 50156 和 GB 50516 规定的要求。

7.3.6.3 氢系统应设有火灾检测系统、灭火系统及紧急停车系统，并配备便携式灭火器，但电气设备房间不应采用水消防。

7.3.7 报警装置

7.3.7.1 当检测到氢系统超压、氢泄漏、氢火焰等异常情况或部件故障时，报警装置应提供声和（或）光报警。

7.3.7.2 用于氢气站、供氢站的报警装置应符合 GB 50177 规定的要求，用于站内撬装式制氢系统时，还应符合 GB/T 19773、GB/T 19774 等规定的要求。

7.3.7.3 加氢站的报警装置应符合 GB 50516、GB 50156 规定的要求。

7.4 检测要求

7.4.1 氢泄漏检测

7.4.1.1 氢气检测报警仪应根据精度、可靠性、交叉敏感性、可维护性、零点漂移、检测范围、响应时间等因素选用，并应符合 GB 12358 和 GB 16808 规定的要求。

7.4.1.2 以下位置宜安装有固定式可燃气体检测报警仪：

11

GB/T 29729—2022

- 可能出现氢气泄漏或液氢溢出的位置；
- 氢气可能积聚的位置；
- 可能释放氢气的建筑物的排空口；
- 可能吸入氢气的建筑物吸气口。

7.4.1.3 氢系统应配备便携式氢气检测报警仪。

7.4.1.4 固定式可燃气体检测报警仪和便携式可燃气体检测报警仪均应定期校验。

7.4.1.5 当空气中氢含量达到氢气下可燃极限的 25% 时，氢气检测报警仪应报警。

7.4.2 氢火焰检测

7.4.2.1 氢火焰检测报警仪应根据响应时间、检测距离、覆盖范围、灵敏度等因素选用，并符合 GB 50058 规定的要求。

7.4.2.2 氢系统应配备便携式氢火焰检测报警仪。

7.5 火灾和爆炸风险控制

7.5.1 防止氢/氧的意外混合

避免形成氢/氧混合物是防止火灾和爆炸的重要方法，具体要求如下：

- a) 定期对系统进行氢气泄漏检测；
- b) 对易导致氢积聚的密闭空间采用强制通风；
- c) 防止外部空气进入液氢和氢系统；
- d) 定期对液氢和氢储存容器或真空过滤器进行升温 and 清洗，以及时去除杂质；
- e) 氢系统充氢前，进行泄漏检测和惰性气体充分吹扫，液氢系统宜使用氮气进行吹扫；
- f) 氢系统向空气开放前，排空系统内的氢气。

7.5.2 杜绝点火源

7.5.2.1 氢系统的爆炸危险区域内，应采取以下措施，以防出现电点火源：

- a) 评估所用材料的静电放电能力；
- b) 防止管道系统中的固体颗粒引发电荷积聚而导致静电放电；
- c) 采用适当的接地方法，以防雷击、闪电放电等产生电点火源；
- d) 防止电器短路或其他电气设备故障产生表面高温、电弧和火花；
- e) 防止作业人员的着装产生静电；
- f) 避免使用便携电话、寻呼机和收音机等易产生电弧的电器。

7.5.2.2 氢系统的爆炸危险区域内，应采取以下措施，以防出现热点火源：

- a) 不应放置烟花爆竹等易燃易爆物品；
- b) 不应进行焊接、吸烟等产生明火的活动；
- c) 控制内燃机和排气烟囱等所排放废气的温度；
- d) 避免管道系统内形成周期性的激波而引起谐振点火。

7.5.2.3 氢系统的爆炸危险区域内，应防止以下现象产生机械点火源：

- 机械冲击或摩擦；
- 金属断裂；
- 机械振动。

7.5.3 防止产生富氧浓缩物

使用低温绝热管道进行液氢或氢输送时，应确保管道各部分充分绝热，以防因管道外的空气冷凝

GB/T 29729—2022

产生富氧浓缩物而使管道周围的材料变得易燃。

7.6 操作要求

7.6.1 操作程序

7.6.1.1 作业人员应按规定的操作程序操作。

7.6.1.2 清洗、吹扫、冷却、储存（特别是充装）、输送、泄漏检测、设备修理和改造等操作应制定操作程序。

7.6.1.3 应定期评估操作程序以确保其有效性。

7.6.2 作业人员

7.6.2.1 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，且应配戴必要的个人防护装置。

7.6.2.2 作业人员应经过岗位培训，考试合格后持证上岗。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。

7.6.2.3 作业人员应定期进行再培训，并定期审查培训项目以确保培训方案实时有效。

7.6.2.4 作业人员应能处理相关设备和系统的紧急情况，包括氢泄漏、火灾等突发事件发生时的人员疏散、意外伤害的预防和紧急救护等。

7.6.2.5 作业人员应无色盲或其他影响正常作业的生理缺陷或疾病，且作业前不应进行影响正常作业的活动。

7.6.3 维修和改造

7.6.3.1 在可能含氢的密闭空间内进行氢系统维修或改造前，应对密闭空间进行充分吹扫以确保作业人员的安全。

7.6.3.2 维修、改造氢系统前，应先用氮气将氢气置换到符合动火规定，并切断相应的电源、气源，且用盲板切实隔断与尚在运行中的设备、管道和容器的联系后，方可开始作业。

7.6.3.3 维修、改造后的氢系统应进行耐压、吹扫和泄漏检测，符合要求后方可投入使用。

7.6.4 污染控制

7.6.4.1 应评估清洗剂和被清洗部件材料的相容性。系统进行拆卸清洗时，易受损部件应单独清洗。

7.6.4.2 系统清洗后应通过抽真空或使用干燥氮气吹扫等方式进行干燥。

7.6.5 储存和输送操作

氢储存和输送操作应遵循以下指导原则：

- a) 不应使氢系统的任何设备超压；
- b) 氢系统在与其它系统连接前应先接地；
- c) 发生泄漏或火灾时应及时停止储存和输送操作；
- d) 避免在闪电风暴天气进行储存和输送操作；
- e) 采取控制充氢速率、预冷等措施，防止充装时氢气瓶的壁温超过规定的允许值；
- f) 不应将液氢和柴氢储存容器盛装过满，也不应将其迅速冷却；
- g) 氢系统周围应保持干净；
- h) 应排除储存和操作区域的点火源，并使用路障、警告标志等对储存和操作区域进行管制。

7.6.6 运输

7.6.6.1 氢运输应满足国家和地方关于危险（易燃）品运输的法律法规的规定。

13

GB/T 29729—2022

7.6.6.2 不应使用客用交通工具进行氢运输。使用货轮运输时,储氢容器应与住宿区隔离。

7.7 突发事件

7.7.1 突发事件处理

7.7.1.1 泄漏

7.7.1.1.1 应及时切断泄漏源,并对泄漏污染区进行通风,排除泄漏污染区可能存在的点火源。作业人员进入泄漏污染区时,应配戴个人防护装置。

7.7.1.1.2 若无法切断泄漏源,应立即疏散泄漏污染区人员,保持泄漏污染区的通风,并立即通知消防部门和报告上级部门。

7.7.1.2 火灾和爆炸

7.7.1.2.1 应及时切断氢源。若不能立即切断氢源,应使氢系统保持正压状态,以防氢系统发生回火,并用消防水雾强制冷却着火设备。

7.7.1.2.2 应采取有效措施,防止火灾扩大,并用消防水雾喷射其他引燃物质和相邻设备。

7.7.1.2.3 氢系统的容器、管道等发生超压失效或火灾导致氢系统发生爆炸时,应立即疏散危险区域人员,并立即通知消防部门和报告上级部门,迅速组织救援。

7.7.1.3 液氢溢出

7.7.1.3.1 应立即关闭上游阀门以切断溢出源,撤离液氢溢出区域,并对液氢溢出区域进行通风。

7.7.1.3.2 不应将可燃雾团的扩散范围作为氢/空气混合物的扩散范围,更不应以此作为建立安全措施的依据。

7.7.2 突发事件救援

7.7.2.1 消防

7.7.2.1.1 消防人员应采用相关部门推荐的处理方法,立即采取救援措施,并建立警戒区域,及时疏散警戒区域内的非救援人员。

7.7.2.1.2 不应在警戒区域内使用无防爆设施的电气设备,无防火装置的燃油机动车等可能导致二次事故的救援设施。

7.7.2.1.3 火灾发生时,消防人员应配戴个人防护装置进入现场,并预防外露皮肤烧伤。

7.7.2.1.4 紧急情况下,受过意外事故处理培训的现场人员,可协助消防人员进行救援工作。

7.7.2.2 紧急医疗救护

7.7.2.2.1 应及时对烧伤或在爆炸中受伤的人员进行紧急医疗处理,情况严重者应立即送医院治疗。

7.7.2.2.2 因接触低温氢气、液氢或液氧而冻伤的部位不应暴露于温度过高的环境中,对冻伤部位简单包扎后,应由医护人员或在医护人员指导下进行医疗处理。

7.7.2.3 进入受限区域时的保护

7.7.2.3.1 救援人员进入受限区域前应配戴齐全个人防护装置,并用已校准的直读仪器检测受限区域内的氧含量、氢含量和有毒物质含量。

7.7.2.3.2 应提供救生索等撤离设施供救援人员使用,救援人员应按规定的操作程序操作。