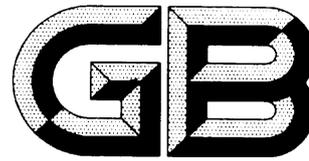


ICS 27.180

点击此处添加中国标准文献分类号



# 中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

## 液氢生产系统技术规范

Technical specifications for liquid hydrogen production system

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

国家市场监督管理总局  
中国国家标准化管理委员会

发布

# 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 定义 .....	1
4 基本技术要求 .....	2
5 氢气液化装置 .....	3
6 液氢贮存 .....	4
7 氢气排放 .....	5
8 辅助设施 .....	6
9 测量仪表与自动控制 .....	7
10 电气设施 .....	8
11 防雷、防静电及保护接地 .....	9
12 安全防护 .....	9
附录 A（资料性附录） 液氢生产系统与其他建筑物之间的防火距离 .....	11

## 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会（SAC/TC 309）提出并归口。

本标准起草单位：略。

本标准主要起草人：略。

# 液氢生产系统技术规范

## 1 范围

本标准规定了液氢生产系统的氢液化装置、液氢贮存、液氢管道及阀门、辅助设施、测量仪表与自动控制、电气设施、安全防护等的设置。

## 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，仅所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 压力容器

GB/T 3634.2 氢气 第2部分：纯氢、高纯氢和超纯氢

GB 3836.4 爆炸性气体环境用电气设备 第4部分：本质安全型

GB 3836.14 爆炸性气体环境 第14部分：场所分类 爆炸性气体环境

GB 4208 外壳防护等级（IP 代码）

GB/T 4844 纯氮、高纯氮和超纯氮

GB/T 8175 设备及管道绝热设计导则

GB/T 8979 纯氮、高纯氮和超纯氮

GB/T 15386 空冷式换热器

GB/T 15586 设备及管道保冷设计导则

GB/T 30719 液氢车辆燃料加注系统接口

GB 50016 建筑设计防火规范

GB 50029 压缩空气站设计规范

GB 50052 供配电系统设计规范

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

NB/T47004 板式热交换器

TSG R21 固定式压力容器安全技术监察规程

## 3 定义

下列术语和定义适用于本标准：

### 3.1

#### 液氢生产系统

液化装置、液氢贮存、液氢制备用辅助以及其相应的管路系统等的总称。

### 3.2

#### 氢气液化装置

以气态氢为原料实现氢液化的工艺装置，包括压缩机、换热器、真空泵、纯化器、透平膨胀机等单元设备，以及各类管路、阀门、仪表等。

### 3.3

#### 低温纯化

在低温下，采用合适的吸附剂等，将氢气中杂质去除的气体纯化方法。

### 3.4

#### 冷箱

冷箱是指内部设有氢气液化和低温纯化所需的全部设备部件的真空容器。

### 3.5

#### 紧急停车

当发生事故或者火灾时，采取紧急停车装置能够迅速切断设备运行状态，使其在短时间内关闭，从而避免设备损坏或者火灾持续或扩大。

## 4 基本技术要求

### 4.1 一般规定

4.1.1 液氢生产系统主要包括氢液化装置、氢气贮存装置、液氢贮存装置、液氢制备用辅助装置、控制检测室，平面布置应遵循安全生产、节约资源的原则，力求做到功能划分明确，分区设置合理，有利于安全可靠运行。

4.1.2 液氢生产系统不得设置在人员密集地段和交通要道邻近处，宜设置不燃烧体的实体围墙，其高度不应小于 2.5m，该围墙与其它建筑之间的间距不宜小于 5.0m。

4.1.3 液氢生产系统场所的安全出口不得少于两个，且应分散布置。

4.1.4 液氢生产系统宜布置在独立的单层建（构）筑物内，可采用敞开式或半敞开式，该建（构）筑物的设计应符合 GB 50177 的规定。

4.1.5 液氢生产系统的建（构）筑物内不得设置员工宿舍、办公室和休息室。

4.1.6 液氢生产系统区域内的道路宽度不应小于 4m，路面上的净空高度不应小于 4.5m。

4.1.7 液氢生产系统、液氢贮存场所与其他设施之间的安全防火间距应符合附录 A 的规定。

### 4.2 液氢生产系统的配置

4.2.1 液氢生产系统的氢液化装置、各类贮罐和辅助装置等配置，应根据原料氢、液氢生产规模和氢液化工艺技术类型等确定。

4.2.2 原料氢制备方法应按当地的资源情况，经技术经济比较后确定，宜采用水电解法制氢和变压吸附法提纯氢气的方法。

4.2.3 氢液化装置和氢气贮罐、液氢贮罐等宜集中设置，且应满足相关的安全间距要求。

4.2.4 液氢生产系统、氢气贮罐和液氢贮罐宜布置在厂区常年最小频率风向的上风侧，控制检测系统宜布置在厂区常年最小频率风向的下风侧，并远离高噪声源和震动源。

4.2.5 氢气贮罐和液氢贮罐应设置在厂区边远僻静处，要求地势平坦开阔，自然通风良好，并应设有防撞围墙或围栏以及明显的禁火标志。

### 4.3 管道及其附件

4.3.1 管道系统和组件设计参照 GB/T 30719，应考虑系统所承受的热循环引起的疲劳影响，以及管道、附件、阀和组件间壁厚变化。

4.3.2 对于由温度变化引起的收缩与膨胀的管道及管道连接，应具有轴向冷热补偿结构。

4.3.3 设计、安装低温液体的管道，应采取避免低温液体在管道内、阀门前后积存的措施。

4.3.4 设备和管道采用的保冷、保温材料，应符合下列要求：

- a) 保冷、保温材料的主要技术性能应符合 GB/T 15586 和 GB 8175 的相关规定。
- b) 应采用导热系数小，湿阻因子大、吸水率低、密度小、综合经济效益高的材料。
- c) 保冷、保温材料应为不燃或难燃材料。

4.3.5 管道的保冷及保温层厚度，应根据介质温度、冷损要求等确定。

4.3.6 管道接头的焊接应符合 GB50177 的相关规定。

4.3.7 管道与其他架空管线、埋地管线及建筑物的最小净距应符合 GB50177 的相关规定。

4.3.8 液氢输送管道的配置应符合下列要求：

- a) 液氢输送应使用专用的真空绝热或其它形式绝热的奥氏体不锈钢管道（刚性管或波纹管），不得使用金属裸管或橡胶塑料管。
- b) 低温管道内部应经过仔细清洗和干燥处理，去除油脂、明水及机械杂质。
- c) 管道接头应密封可靠，宜采用法兰连接，缩短长度，减少死区。连接处应做好绝热处理。
- d) 长距离输送液氢的固定管道应具有轴向冷热补偿结构，每隔一定距离设置一套允许轴向伸缩和限制径向移动的托架；且应具有可靠的接地措施，每隔 20m 设置一套静电接地极，法兰连接处应使用搭接片连接，其接地电阻不大于  $10\Omega$ 。
- e) 液氢产品输出管道末端应装设专用的液氢过滤器，其过滤精度不低于  $10\mu\text{m}$  级，连续固定使用的氢气过滤器宜采用可切换式。
- f) 液氢输送管道应地上敷设，管道的布局应避免与道路交叉。如受条件限制采用管沟敷设时，应采取防止气体在管沟内积聚的措施，并在进出装置及建筑物处密封隔断。

### 4.4 低温阀门

4.4.1 应按照低温阀的功能以及阀门所处位置确定阀门的绝热型式。

4.4.2 低温阀门应具有良好的密封性能，在低温状态下开启灵活。

4.4.3 低温阀门应具有产品合格证，符合图样或技术文档的规定。

4.4.4 低温阀内腔的流道应畅通，有利于吹除和置换的进行；结构复杂的低温阀应设置吹除阀。用于吹除的单向阀应保持良好密封，防止工作中推进剂通过该阀。

## 5 氢气液化装置

### 5.1 一般规定

5.1.1 氢气液化装置的工艺流程和单元设备选型应根据产品生产要求、生产规模、工艺技术类型确定，工艺流程图应标明工艺介质走向、工艺设备、公用水气、工艺控制等的技术参数和相互间的关系。

- 5.1.2 工艺流程设计应根据液氢生产中所采用工艺介质的低温特性、压力等参数确定。
- 5.1.3 氢液化设备按液化量大小分为小型、中型、大型三类。小型氢液化装置的生产能力不超过 500L/h；中型氢液化装置的生产能力为 500L/h~1500L/h，大型氢液化装置的生产能力在 1500L/h 以上。
- 5.1.4 氢液化循环应根据预冷方式配备制冷机或外购冷源。
- 5.1.5 液氢厂工艺流程的选择应根据生产规模和具体条件选用。液氮贮罐容积应满足液氢生产 3 天所需的液氮贮存量。液氮品质应符合 GB/T 8979 的相关规定。
- 5.1.6 工艺设备的设置应按照工艺流程的顺序合理安排，并应充分利用位差。设备与设备、设备与建筑构件之间的距离应满足生产操作、安装维修、架空管线、地下沟道等的要求。
- 5.1.7 单元设备不应跨放在建筑变形缝的两侧。真空泵、压缩机宜设置在单独房间内，并应采取降噪隔声的措施。
- 5.1.8 氢液化装置的启动时间应从压缩机启动开始至达到合同规定的液氢温度的时间，一般不应超过 48h。
- 5.1.9 氢液化装置设计的复温时间一般为 30h。

## 5.2 工艺设备配置

- 5.2.1 工艺设备配置应按产品需求、液化工艺流程及其技术参数、设备生产能力及设备的使用效率等因素进行技术经济比较后确定。
- 5.2.2 工艺设备应根据物料的种类、流量、温度、压力等因素选型。
- 5.2.3 低温运行的设备、容器和管道，应采用铜、铝合金或奥氏体不锈钢等耐低温材料制作，外设绝热层。
- 5.2.4 氢液化设备中配套的压力容器应符合 TSG R21、GB 150 等相关规定。
- 5.2.5 室外安装的电机及机器设备均应具有防锈、防护要求。电机应符合 GB 4208 的相关规定。
- 5.2.6 在氢液化装置内可能工作在真空条件下的管道、容器，应按真空设施的要求设计，并采取防止产生造成真空危害的措施。如果导入气体，则气体的组分不应在系统内形成可燃混合物。
- 5.2.7 压缩机、透平膨胀机的选择应根据液氢生产能力、拟建工程生产规模及工艺流程及其技术参数确定，产品方案计算设备配用台数。压缩机、真空泵、水泵、透平膨胀机等设备应选择效率高、运行性能稳定、噪音小、故障率低且维修方便的定型产品。
- 5.2.8 对液氢系统中易产生振动的机组、附属设备及其管道，应采取防止共振措施。
- 5.2.9 压缩机应配备除油系统，压缩机放空管道宜采取加固措施，压缩机的允许振幅值，应符合设备有关技术规程的要求。
- 5.2.10 透平膨胀机应包括过滤器、膨胀机、离心制动器和静压气体轴承等。
- 5.2.11 换热器的选用应符合 NB/T 47004 的要求。
- 5.2.12 低温纯化的吸附剂宜选用硅胶、铝胶、活性炭及分子筛等。吸附剂的选择应根据纯化前氢气中杂质组分和氢气含量确定。
- 5.2.13 正-仲氢催化转化的设备一般有：绝热反应器、等温反应器、连续反应器。中小型液氢装置宜采用等温反应器，大型液氢装置宜采用连续反应器。液氢装置中正-仲氢转化工艺流程宜按液氢生产要求组合不同类型的转化反应器。
- 5.2.14 工艺设备用循环水供水压力宜为 0.15MPa~0.35MPa，水质指标应符合 GB 50029 规定。冷却水系统宜采用密闭式循环水，并装设断水保护装置。

## 6 液氢贮存

### 6.1 一般规定

6.1.1 液氢贮存是指液氢装置生产的液态氢气在液氢接收罐内的贮存。液氢接收罐的总容量应满足液化装置连续生产的要求，一般贮存量不少于液氢装置 7 天的液化量，同时应考虑到贮罐自身的蒸发损失以及转注损失。

6.1.2 液氢贮存场地安全距离与液氢贮存数量的关系见附录 A。

## 6.2 液氢接收罐

6.2.1 液氢接收罐的设计、制造、检验、验收应符合 TGS R21 的有关规定。

6.2.2 液氢接收罐宜选用球型贮罐或者卧式贮罐，采用高真空多层绝热的形式。

6.2.3 贮罐内外壁间的绝热空间应按贮罐内部的最大工作压力，并加上热应力余量，波纹管不准用于绝热空间内。

6.2.4 罐内的支撑设计应考虑震动和操作负荷。支撑系统应能承受罐内的膨胀和收缩。

6.2.5 液氢接收罐的间距应符合 GB50177 的有关规定。

6.2.6 连接管道根数较多或管径较大的贮罐，宜布置在靠近罐区管道进出口处。

6.2.7 液氢接收罐应设有安全装置及附件，包括夹层真空监测装置、安全阀、爆破膜片、真空夹层安全泄放装置、蒸发气体排放装置、液面计、压力表、温度指示器、液氢过滤装置。

## 7 氢气排放

7.1 氢气排放指氢品质分析后、液化设备在启动或维修时的吹扫置换或故障应急情况下的氢气排放。液氢生产系统的氢气排放管设置如下：

7.1.1 液氢生产系统的放空阀、安全阀和置换系统均应设排放管。

7.1.2 液氢生产系统根据工艺要求应设置置换及放空管路。

7.1.3 氢液化装置出口低温氢气排放管外壁应设保温层，以防人员冻伤。低温氢气排放管路应具有足够长度以确保排空口处氢气温度高于空气液化温度。

7.1.4 禁止高压排放管和低压排放管共用排放总管。

7.1.5 吹除、置换和再生等工艺排放管路宜设置单向阀。

7.1.6 分析设备后端放空管路应独立设置，采样管路在进入分析设备前安装放空管，并设置切断阀门。

7.2 不得随意排放液氢和氢气。氢的排放应通过专门设计的固定排放管向高空排放。氢排放管的设计和操作要求如下：

7.2.1 氢气排放管应采用不产生铁锈的金属材料，不得使用塑料管或橡皮管，且金属材料内不得含有氧化剂、焊渣。

7.2.2 排放管应垂直设置，管口应设阻火器及防空气倒流和雨雪侵入以及防凝结体和外来物堵塞的装置，并采取有效的静电消除措施。

7.2.3 排放管口处应安装氢气火焰探测器，并与消防管路连锁。

7.2.4 室外排放管应高于附近有人员作业的最高设备 2m 以上，高度应不低于 20m，室内排放管高出屋顶 2m，且应高出相邻建筑物 2m 以上。

7.2.5 若贮存场所设有氢气排空管，室外氢气排空管与避雷针的水平距离不小于 10m，高度上低于避雷装置 5m。

7.2.6 氢气排放速度应不超过 150m/s。

7.2.7 不准在雷雨天气排放氢气。

7.3 液氢生产系统运行过程中一旦发现氢气或液氢品质不符合规定要求应立刻停止液化,视情况对氢气排空或回收。

7.4 液氢生产系统停车后贮存容器应定时排空。若氢气未被污染,可通过压缩机压缩至氢气贮存罐回收使用。

7.5 大量液氢和氢气的处理宜采取燃烧法。使用专门设计的氢导引管路系统、燃烧池和引燃装置。导引管中应设单向阀、防火阀、阻火器等安全装置,其出口应有泡罩水封装置。燃烧处理应在严密监察下进行,燃烧池应及时补水,保持适当的水封高度。

## 8 辅助设施

### 8.1 仪表气源

8.1.1 仪表用气源一般采用洁净、干燥的压缩空气。根据需要可采用氮气作为临时性的备用气源。

8.1.2 仪表用气在工作压力下的露点应低于 $-40^{\circ}\text{C}$ ,应比工作环境温度或历史上当地年(季)极端最低温度至少低 $10^{\circ}\text{C}$ ;仪表用气的含尘粒径不应大于 $3\mu\text{m}$ ,含尘量应小于 $1\text{mg}/\text{m}^3$ ;油份含量应小于 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。

8.1.3 仪表气源的设计容量应依据工艺提供的设备、用气总量,并同时计入使用系数、管道系统漏损系数后确定。

8.1.4 空压机宜选用螺杆式空压机,压缩空气的后处理设备应根据对气体品质要求确定,并配以相应的过滤、干燥装置,当选用油润滑式空压机时应配置高效除油器。

8.1.5 仪表用气的贮气缓冲罐容量应保证全部空气压缩机停运时,在其供气压力不低于气动设备最低允许工作压力,满足设备 $10\text{min}\sim 15\text{min}$ 的用气量要求。

8.1.6 对耗气量波动较大的供气点宜在气源总管上取气,宜采用单线供气方式。

8.1.7 对多台仪表或仪表布置密集的场所,宜采用支干方式供气,由支干管引至空气分配器或供气点。

8.1.8 当供气管网对多套装置(如制氢装置、氢液化装置、氢气管网等)的仪表供气时,宜采用环形管网供气。

### 8.2 氮气供应

8.2.1 液氢生产系统的氮气主要用于:氢气纯化的还原气和再生气、氢气系统的置换气、隔离空气的保护气、正压防爆用气、消防用气、气动仪表调试检修用气、仪表吹扫用气和仪表气源的备用气等。

8.2.2 液氢生产系统应设置高压氮气贮存装置,氮气的纯度应不低于 $99.99\%$ ,纯度及杂质的检测应符合 GB/T 8979 的有关规定。

### 8.3 氦气供应

8.3.1 液氢生产若采用氦循环制冷工艺方式,应配置氦气的贮存及输送管路系统。

8.3.2 氦气一般采用外购气瓶组的供应方式,氦气的纯度应不低于 $99.999\%$ ,纯度及杂质的检测应符合 GB/T 4844 的有关规定。

8.3.3 液氢生产系统应设置专门的氦气纯化装置,对氦气进一步纯化。宜设有在线分析氦气中氧、氮、水等含量的分析手段。

### 8.4 检测分析系统

#### 8.4.1 检测分析点选择

应按液氢生产工艺要求选择检测点,一般为氢液化装置入口、氢气低温吸附器出口、氢液化装置出

口等。

- a) 氢液化装置入口，应对氢气中的氧、水和总碳含量进行在线分析。氢气质量应符合表 1。
- b) 氢气液低温吸附器出口，应对氢气中的氮、氧、水和总碳含量进行在线分析。
- c) 氢液化装置出口，对液氢中的仲氢、氧、氮、水和总碳含量进行分析，仲氢含量根据液氢客户需求而定，为保证液氢的长期贮存，仲氢含量一般应 $\geq 95\%$ 。
- d) 如果采用氢气制冷循环则装置中宜采用在线分析仪检测氢气露点以及杂质含量，氢气中杂质总含量应小于  $10 \times 10^{-6}$ （体积分数）。

8.4.2 检测分析方法，氢气及液氢中杂质的分析应符合 GB/T 3634.2 的有关规定执行；氢气中杂质氧、氮、水含量的分析应符合 GB/T 4844 的有关规定。

表1 液化装置入口氢气技术指标

项 目 名 称	指 标 值
氢含量	$\geq 99.995 \times 10^{-2}$
氧含量	$\leq 1 \times 10^{-6}$
水含量	$\leq 1 \times 10^{-6}$
一氧化碳含量	$\leq 1 \times 10^{-6}$
二氧化碳含量	$\leq 1 \times 10^{-6}$
碳氢化合物含量	$\leq 2 \times 10^{-6}$

注：含量均为体积分数。

## 9 测量仪表与自动控制

### 9.1 一般规定

9.1.1 仪表与自动控制系统的设置应根据液氢生产工艺要求和相应产品技术状况，经技术经济比较确定。

9.1.2 控制系统的设置应考虑系统结构的标准化及人机接口的统一化。控制系统设计应满足技术先进、经济实用、可互换性、可维护性、可集中性的特点。

9.1.3 有爆炸、火灾危险场所的控制系统的设置应符合 GB 50058 的有关规定。

### 9.2 测量仪表

9.2.1 液氢生产系统采用的仪表是应经国家授权部门认可、取得制造许可证的合格产品，严禁选用未经工业鉴定的试制仪表。

9.2.2 在液氢生产系统中，仪表品种规格宜协调统一。

9.2.3 生产过程中关键参数的测量应设置现场仪表和远传仪表两种形式，远传仪表宜采用 4mA~20mA 的标准模拟信号或开关信号。

9.2.4 爆炸和火灾危险场所的仪表应根据仪表安装场所的爆炸危险类别和范围以及爆炸混合物的级别、组别进行选型，应符合 GB50058 的有关规定。

9.2.5 液氢生产系统应设的压力检测项目主要有氢气贮罐压力显示和液氢贮罐压力显示。

9.2.6 液氢生产系统应设的温度检测项目主要有液氢冷箱内各个换热器温度显示、调节和液氢贮罐温度显示。

9.2.7 温度仪表的刻度单位，应采用摄氏（ $^{\circ}\text{C}$ ）或开氏（K）。液氢冷箱中的温度传感器应选择温区范围较宽的产品，并且在关键温度点设置备份传感器。

9.2.8 压力仪表的单位应使用法定计量单位。

9.2.9 液氢、液氮贮罐的液位连续测量宜采用差压式测量仪表，远传显示宜换算成标准体积。

9.2.10 冷箱入口原料氢气的流量测量宜采用质量流量计进行测量。

9.2.11 二次仪表的显示方式和功能应根据工艺操作及控制系统的要求确定，当要求信号传输时，可选择具有模拟信号输出功能或数字信号输出功能的仪表。

### 9.3 自动控制

9.3.1 为了便于液氢生产系统管理，液氢生产宜选用集散控制系统(DCS)、数据采集系统、工业微机或可编程序控制系统(PLC)等数字控制系统，控制系统的硬件、软件配置应与生产规模和控制要求相适应。

9.3.2 控制系统及其有关设备，应是集成的、标准化的，应按照易于与其它控制设备形成一个整体、易于扩充功能的原则选型，所选系统应为成熟可靠的系统。

9.3.3 生产过程工艺参数的检测、控制应包括下列内容：

- a) 液氢生产工艺全过程的运行参数检测。
- b) 用于进行核算或调度的重要参数，应设置累计功能。
- c) 用于对事故、故障原因进行分析的主要参数，应设置记录功能。
- d) 重要阀门、压缩机、泵、贮罐等设备的运行状态、参数检测。
- e) 循环水系统、液氮贮存系统等辅助系统的运行参数检测。
- f) 环境参数检测。

9.3.4 控制系统中控制规律的确定应考虑控制对象特性、控制系统设备部件（包括检测元件、变送器、控制仪表、执行器等）的特性、干扰形式以及要求的控制品质等因素。

9.3.5 控制系统应根据液氢生产工艺要求分别设有手动-自动、内设定-外设定等切换装置。为了使切换无干扰，这些切换装置应具有自动跟踪功能。

9.3.6 集散控制系统和可编程序控制系统的供电应配备不间断电源，备用电源持续工作时间应不小于正常停车所需的时间。

9.3.7 液氢生产系统所设的自动控制系统，需要时可按无人值守要求配置。

9.3.8 氢气等检测报警系统应为独立的仪表系统。

## 10 电气设施

### 10.1 一般规定

10.1.1 有爆炸危险环境的电气装置和线路的设置，应符合 GB 50058、GB 3836.4 和 GB 3836.14 的有关规定执行。

10.1.2 液氢生产系统有爆炸危险环境的电气设施防爆等级应划分为 1 区或 2 区。

### 10.2 供电

10.2.1 液氢生产系统的供电，按 GB 50052 规定的负荷分级，宜为二级负荷。

10.2.2 供电主接线应简单可靠、运行安全、操作灵活、维修方便。

10.2.3 供电电压等级与供电回路应按照生产规模、性质和用电量，并结合地区电网的供电条件确定。液氢生产系统宜采用 10kV 供电。

10.2.4 液氢生产系统的配电设备宜靠近负荷中心，并应集中控制，配电室、控制室不应与有腐蚀和容易积水的场所毗邻。

### 10.3 电气设备及线路

10.3.1 有爆炸危险房间的照明应采用防爆灯具，其光源宜采用荧光灯等高效光源。灯具不得安装在氢气释放源的正上方。液氢生产系统区域内应设置应急照明。

10.3.2 液氢生产系统区域内非爆炸环境的配电线路宜选用铜芯线缆，室外可以采用电缆桥架或穿管敷设，室内宜采用电缆桥架敷设。

10.3.3 在有爆炸危险环境内的电缆及导线敷设，应符合 GB 50177 的有关规定。敷设导线或电缆用的保护钢管，应在导线或电缆引向电气设备接头部件前及相邻的环境之间做隔离密封。

## 11 防雷、防静电及保护接地

11.1 液氢生产系统的防雷分类不应低于第二类防雷建筑。其防雷设施应防直击雷、防雷电感应和防雷电波侵入，防直击雷的防雷接闪器等应符合 GB50177 的有关规定。

11.2 液氢生产系统内按用途分有电气设备工作(系统)接地、保护接地、雷电保护接地、防静电接地。不同用途接地共用一个总的接地装置时，其接地电阻应符合其中最小值。

11.3 液氢生产区内的设备、管道、构架、电缆金属外皮、钢屋架和突出屋面的放空管、风管等应接到防雷电感应接地装置上。管道法兰、阀门等连接处，应采用金属线跨接。

11.4 室外架空敷设氢气管道应与防雷电感应的接地装置相连。距建筑 100m 内管道，每隔 25m 左右接地一次，其冲击接地电阻不应大于  $20\Omega$ 。埋地氢气管道，在进出建筑物处亦应与防雷电感应的接地装置相连。

11.5 要求接地的设备、管道等均应设接地端子。接地端子与接地线之间，可采用螺栓紧固连接；对有振动、位移的设备和管道，其连接处应加挠性连接线过渡。

## 12 安全防护

### 12.1 一般规定

12.1.1 为降低氢气和液氢泄漏可能带来的危害，液氢生产系统应设有系统安全、防火防爆等措施。

12.1.2 液氢和氢气设施应设有防火防爆措施。防火防爆措施的设置应根据当地实际条件、危险分析、暴露建筑物等综合因素确定，至少应包括以下内容：

- a) 检测和控制明火、氢气泄漏和液氢溢出的设备类型、数量和地点。
- b) 灭火和其它消防设施。
- c) 发生事故时应紧急切断的设备和工艺。
- d) 发生事故时氢气贮罐、液氢贮罐以及其他设备快速卸压的必要性和方法。
- e) 发生事故时人员以及外部配合人员的职责；厂内人员个人所需防护设备。

### 12.2 系统安全

#### 12.2.1 紧急停车

- a) 液氢生产系统内应包括紧急停车装置，当该装置运行时，切断液氢或氢气来源，并关闭相关运行设备，所有设备应满足紧急停车的要求。
- b) 如果关闭某设备可能引起附加危险或伤害，控制住液氢和氢气泄漏等危险后，应开启该设备。

- c) 紧急停车系统应具有失效保护功能或者应采取保护措施, 确保在控制系统故障或事故时, 失效的可能最小。没有失效保护功能的紧急停车系统, 应将被控制设备 15m 以内的所有组件安装或布置在不可能暴露于火中的地方或至少确保设备暴露在火中 10min 不失效。
- d) 标明紧急停车点和操作规程的操作指南并应设置在相关的设施区。
- e) 紧急停车系统应具有手动、自动或手动自动同时起动的功能。手动紧急停车点应位于事故时能到达的区域, 至少离所保护设备 15m, 并应标注其紧急停车功能。

### 12.2.2 防火和防漏

- a) 对潜在液氢溢出和火灾的区域, 包括封闭的建筑物, 应按本标准 12.1.2 进行控制。
- b) 液氢生产系统内应设置连续工作的可燃气体检测系统, 当不是常年有人值守时, 应在经常有人的地方发出警报。设计要求确定氢气检测系统应在空气中氢气限度高于 0.4% 时, 发出声光警报。
- c) 液氢生产区内应设置火焰探测器。
- d) 按本标准 12.1.2 设置探测系统, 应按 GB 50058 进行设计、安装和维护。
- e) 液氢生产系统应设置消防水系统应设有消防设施, 应按 GB50016 的要求计算一次最大预期火灾的设计用水量和压力, 并加上 50% 的余量确定消防供水能力。对于移动式水枪的延续供水时间, 不能少于 2h。
- f) 气体灭火的手提或推车式灭火器应设置在氢液化装置和液氢贮罐的关键位置。
- g) 驶进液氢生产系统的汽车应至少配备 1 台手提干粉灭火器, 其容量不能少于 5L。
- h) 应在氢气和液氢可能存在大量排放区域配备氮气消防系统。

附 录 A  
(资料性附录)

液氢生产系统与其他建筑物之间的防火距离

建筑物、构筑物		液氢贮存量		
		11~939 kg	939~4022 kg	4023~20109 kg
1 其他建筑物耐火等级	一、二级	20	20	25
	三级	25	25	30
	四级	30	30	35
2 进气口（加热、通风、空调设备、压缩机等）		23	23	23
3 明火或散发火花地点		35	40	40
4 民用建筑		35	40	40
5 重要公共建筑		50	50	50
6 变压器总油量大于 5t 的室外变、配电站		35	40	40
7 架空电线		1.5 倍电杆高度	1.5 倍电杆高度	1.5 倍电杆高度
8 厂外铁路线中心线		30	30	30
9 厂内铁路线中心线		20	20	20
10 厂外道路路边		15	15	15
11 厂内主要道路路边		10	10	10
12 厂内次要道路路边		5	5	5
13 停车场		15	15	15
14 固定液氢容器之间		较大罐半径的 2/3	较大罐半径的 2/3	较大罐半径的 2/3
15 氢以外的易燃气体储存系统（地面或地下）		15	23	23
16 各类易燃液体（地面或地下的排气孔或填充孔）		15	23	30.5
17 有害物质储存系统，包括液氧等氧化剂（地面或地下）		23	23	23
18 含有其他有害物质的管道		4.6	4.6	4.6
19 重型木材、煤炭或其他缓慢燃烧的可燃固体		15	23	30.5
20 地下水道进口		1.5	1.5	1.5
21 墙洞口（在建筑物和结构中可操作的开口）		23	23	23
22 墙洞口（在建筑物和结构中不可操作的开口）		7.6	15	15
23 可燃气体计量站和调节站		4.6	4.6	4.6