



# 中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

---

## 燃料转化制氢装置— 第 1 部分：安全

Hydrogen generators using fuel processing technologies-  
Part 1: safety

(MOD ISO 16110-1: 2007)

(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 发布  
国家标准化管理委员会

目 次

前 言 ..... II

1 范围 ..... 3

2 规范性引用文件 ..... 3

3 术语和定义 ..... 4

4 安全要求及防护措施 ..... 11

5 试验方法 ..... 30

6 标记、贴标和包装 ..... 43

附 录 A （资料性） 本标准中涉及的重大危害和危险情况 ..... 50

附 录 B （资料性） 氢环境下的渗碳和材料相容性 ..... 52

附 录 C （资料性） 制氢装置的回收利用 ..... 55

附 录 D （资料性） 制氢装置的安装注意事项 ..... 56

参 考 文 献 ..... 57

## 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：

本文件主要起草人：

# 燃料转化制氢装置-第1部分：安全

## 1 范围

本部分适用于在0℃和101.325 kPa下，容量小于400 m<sup>3</sup>/h的成套、独立或工厂匹配的氢气生成系统，在此称为制氢装置，它将输入燃料转换为成分和条件适合用氢装置类型的富氢气流（例如燃料电池动力系统或氢气压缩、储存和输送系统）。

本标准适用于使用以下一种或几种输入燃料的制氢装置：

—来源于可再生（生物质）或化石燃料的天然气和其他富含甲烷的气体，例如填埋气、沼气、煤矿气；

—炼油衍生燃料，例如柴油、汽油、煤油、类似丙烷和丁烷的液化石油气；

—醇、酯、醚、醛、酮、费-托液体和其他来源于可再生（生物质）或化石燃料源的合适的富氢有机化合物，例如甲醇、乙醇、二甲醚、生物柴油；

—含有氢气的气体混合物，例如合成气、城市燃气。

本部分适用于室内和室外商业、工业、轻工业和住宅用固定式制氢装置。

其目的在于当制氢装置按预期并在制造商预定的条件下使用时，涵盖与制氢装置相关的所有重大危险源、危险情况和事件，与环境兼容性（安装条件）相关的除外。

注：附录A中列出了本部分涉及的重大危险源和危险情况处理。

本部分是GB/T 16499、ISO/IEC GUIDE 51和ISO/IEC GUIDE 7中规定的适用于合格评定的产品安全标准。

## 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 18422，橡胶和塑料软管及软管组合件 透气性的测定

GB/T 3766，液压传动 系统及其元件的通用规则和安全要求

GB/T 7932，气动 对系统及其元件的一般规则和安全要求

GB/T 19074-2003，工业通风机 通风机的机械安全装置 护罩

GB/T 16754，机械安全 急停功能 设计原则

GB/T 19840，回转容积泵 技术要求

GB/T 3836.14：2014，爆炸性气体环境用电气设备-第10部分：危险区域分类

GB/T 5226.1，机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件

GB/T 4706.66，家用和类似用途电器的安全 泵的特殊要求

GB/T 4706.71，家用和类似用途电器的安全 供热和供水装置固定循环泵的特殊要求

GB/T 4208-2008，外壳防护等级（IP代码）

GB/T 16935（1-6），低压系统内设备的绝缘配合

GB/T 4214.10，家用和类似用途电器噪声测试方法 确定和检验噪声声明值的程序

GB 14536.1，家用和类似用途电自动控制器 第1部分：通用要求

GB 14536.6, 家用和类似用途电自动控制器 燃烧器电自动控制系统的特殊要求

GB/T 14536.7, 家用和类似用途电自动控制器 压力敏感电自动控制器的特殊要求, 包括机械要求

GB/T 14536.10, 家用和类似用途电自动控制器 温度敏感控制器的特殊要求

GB/T 14536.19, 家用和类似用途电自动控制器 电动燃气阀的特殊要求, 包括机械要求

GB 14536.21, 家用和类似用途电自动控制器 电动油阀的特殊要求, 包括机械要求

GB/T 7826, 系统可靠性分析技术 失效模式和影响分析 (FMEA) 程序

GB 17625.1, 电磁兼容 限值 第1部分: 谐波电流发射限值 (设备每相输入电流 $\leq 16\text{A}$ )

GB/T 17625.2, 电磁兼容 限值 对每相额定电流 $\leq 16\text{A}$ 且无条件接入的设备在公用低压供电系统中产生的电压变化、电压波动和闪烁的限制

GB/T 17625.6, 电磁兼容 限值 对额定电流大于 $16\text{A}$ 的设备在低压供电系统中产生的谐波电流的限制

GB/T 17625.3, 电磁兼容 限值 对额定电流大于 $16\text{A}$ 的设备在低压供电系统中产生的电压波动和闪烁的限制

GB/T 17799.1, 电磁兼容 通用标准 居住、商业和轻工业环境中的抗扰度标准

GB/T 17799.2, 电磁兼容性 通用标准 工业环境抗扰度

GB/T 17799.3, 电磁兼容 通用标准 第3部分: 居住环境中设备的发射

GB/T 17799.4, 电磁兼容性 (EMC) -第6-4部分: 通用标准 - 工业环境排放标准

GB/T 21109.1, 过程工业领域安全仪表系统的功能安全 第1部分: 框架、定义、系统、硬件和应用编程要求

GB/T 21109.3, 过程工业领域安全仪表系统的功能安全 第3部分: 确定要求的安全完整性等级的指南

GB/T 35320, 危险和可操作性研究 (HAZOP研究) 应用指南

GB/T 150, 压力容器

GB/T 19518.1, 爆炸性气体环境用电气设备—电阻伴热—第1部分: 一般要求和测试要求

ISO 5388, 固定式空气压缩机—安全规则和操作规程

ISO 10439, 石油、石化和天然气工业—轴流式和离心式压缩机与扩展压缩机

ISO 10440-1, 石油和天然气工业—旋转型容积式压缩机—第1部分: 加工压缩机 (无油)

ISO 10440-2, 石油和天然气工业—旋转型容积式压缩机—第2部分: 块装空气压缩机 (无油)

ISO 10442, 石油、化工和煤气工业 封装径向离心式空气压缩机

ISO 13631, 石油和天然气工业—成套往复式气体压缩机

ISO 13707, 石油和天然气工业—往复式压缩机

ISO 13709, 石油、石化和天然气工业用离心泵

ISO 13943, 消防安全—词汇

ISO 14121, 机械安全—风险评估原则

ISO 15649, 石油和天然气工业—管道

IEC 4706.1-2005: 2004, 家用和类似用途电气的安全 第1部分: 通用要求

IEC 60079-0: 2004, 爆炸性气体环境用电气设备—第0部分: 一般要求

IEC 60146-1-1, 半导体变流器—一般要求和线路换向变流器—第1-1部分: 基本要求规范

IEC 61779-4, 可燃气体检测和测量用电气设备—第4部分: 指示100%爆炸下限的II类设备的性能要求

IEC 61779-6, 可燃气体检测和测量用电气设备—第6部分: 可燃气体探测和测量设备的选择、安装、使用和维护指南

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### **富空气条件 (air-rich condition)**

燃料和空气的混合物，其中空气含量大于化学计量混合物中的空气含量

注 当期望燃料完全反应时（例如在火焰燃烧器中），使用富空气条件。

### 3.2

#### **富空气系统 (air-rich system)**

使用富空气条件的系统

### 3.3

#### **环境温度 (ambient temperature)**

设备、物件或装置周围介质的温度

### 3.4

#### **自燃 (auto-ignition)**

气体、蒸汽、雾、粉尘或喷雾的混合物在没有外部着火源的情况下自发点燃的现象

[GB/T 29729-2013]

### 3.5

#### **自燃点 (auto-ignition temperature)**

发生自燃的最低温度

[GB/T 29729-2013]

### 3.6

#### **自热重整 (auto-thermal reforming)**

部分氧化与蒸气重整的耦合

### 3.7

#### **燃烧器控制系统 (burner control system)**

监控燃料燃烧器运行的系统，由编程单元和火焰检测器组成，并可能包括点火源和/或点火装置

### 3.8

#### **机箱 (cabinet)**

可能内含制氢装置的刚性结构，可保护制氢装置免受特定环境和气候条件影响以及人和牲畜的意外接触，也可保护人和牲畜，以免意外接触危险部件或材料

### 3.9

#### **催化部分氧化 (catalytic partial oxidation)**

在催化剂作用下，碳氢化合物与少量空气发生放热反应转化成氢气

### 3.10

#### **可燃气体、液体或蒸汽 (combustible gas, liquid or vapour)**

当与空气或氧气混合后，一旦被点燃，火焰能够从点火源传播开来的气体、液体或蒸汽

### 3.11

#### **商业的 (commercial)**

关于非专业人员在商店、酒店、办公楼、教育机构和加油站等非生产型商业设施中使用制氢装置的

### 3.12

#### **隐蔽位置 (concealed location)**

在不损坏建筑结构的永久性部分或完工表面的情况下无法进入的位置

注 易拆卸面板或门上方、下方或后方的空间不视为隐蔽空间。

### 3.13

#### **合格评定 (conformity assessment)**

证明满足与产品、过程、系统、人员或机构相关的规定要求

注 合格评定主题包括GB/T 27000中规定的活动，如测试、检验和认证，以及合格评定机构的认证。

### 3.14

**临界失效模式 (critical failure mode)**

软件或硬件的失效模式，可能导致不可接受的伤害风险

### 3.15

**最大许可压力 (maximum allowable pressure)**

设备的最大设计压力

### 3.16

**设计温度 (design temperature)**

应用于承压部件设计的温度值

### 3.17

**直接点火 (direct ignition)**

不使用引燃器而直接应用于主燃烧器的点火

### 3.18

**爆炸极限 (explosion limits)**

气体、蒸汽、薄雾、喷雾或粉尘在空气或氧气中发生稳定爆炸的最大和最小浓度

注1 限值由环境的大小和几何形状、燃料浓度以及发生着火的方式控制。

注2 术语“爆炸极限”和“可燃极限”被广泛用作等同物，但实际上它们并不完全相同。氢是唯一一种爆炸极限与可燃极限存在显著差异的物质。

[GB/T 29729-2013]

### 3.19

**爆炸环境 (explosive atmosphere)**

在大气条件下，以气体、蒸汽、薄雾或粉尘形式存在的易燃物质与空气的混合物点燃后，燃烧在未消耗的混合物中蔓延

[GB/T 3836.14: 2014]

### 3.20

**爆炸性气体环境 (explosive gas atmosphere)**

在大气条件下，以气体或蒸汽形式存在的易燃物质与空气的混合物点燃后，燃烧在未消耗的混合物中蔓延

注 虽然浓度高于爆炸上限 (UEL) 的混合物不是爆炸性气体环境，但很容易变成爆炸性气体环境，在某些情况下，出于区域分类的目的，建议将其视为爆炸性气体环境。

[GB/T 3836.14: 2014]

### 3.21

**工厂配套单元 (factory matched unit)**

在工厂中设计的相互对应并一起工作的系统组件，分别包装以供存储和运输，并计划在使用地点组装

### 3.22

**费托液体 (Fischer-Tropsch liquids)**

基于费托合成技术得到的液体

例子 气体制液体 (GTL)、甲醇制汽油 (MTG)、甲醇制烯烃 (MTO)、甲醇制丙烯 (MTP)、甲醇制烯烃制汽油和馏出物 (MOGD)、二甲醚 (DME) 工艺等。

### 3.23

**火焰探测器 (flame detector)**

提供指示火焰存在或不存在信号的装置

注 火焰探测器包括火焰传感器，并可能包括用于信号传输的放大器和继电器。放大器和继电器可嵌入探测器外壳中或与编程单元结合。

### 3. 24

**火焰传感器 (flame sensor)**

火焰探测器中的主要装置，用于检测火焰的存在

示例：光学传感器和火焰电极（火焰棒）。

### 3. 25

**熄火锁定时间 (flame failure lock-out time)**

从没有火焰的指示信号到锁定之间的时间

### 3. 26

**燃烧极限 (flammability limit)**

可燃混合物可以点燃并传播火焰的空气中，燃料蒸气或气体较低（LFL）和较高（UFL）浓度

注1 这些限值是温度、压力、稀释剂和点火能量的函数。

注2 这些限值通常表示为百分比（体积分数）。

[ISO/TR 15916: 2004]

### 3. 27

**回火 (flashback)**

火焰退入混合室或更上游

### 3. 28

**框架 (frame)**

通过永久（焊接、铆接）或螺钉式接头连接在一起的结构构件组件，承载制氢装置主体及其设备和部件，提供位置精度、支撑强度和刚度

### 3. 29

**燃料处理系统 (fuel processing system)**

将输入燃料转化为具有预定成分和条件的富氢流的催化或化学反应器

### 3. 30

**富燃条件 (fuel-rich condition)**

燃料和空气的混合物，其中燃料含量大于化学计量混合物的燃料含量

注 期望空气完全反应时使用富燃条件（例如，在催化部分氧化、优先氧化或自热反应堆中）。

### 3. 31

**富燃系统 (fuel-rich system)**

在富燃条件下操作的系统

### 3. 32

**伤害 (harm)**

人身伤害、健康损害，或财产损失或环境破坏

[ISO/IEC Guide 51]

### 3. 33

**危险源 (hazard)**

潜在伤害

注 可以限定术语“危险”，以定义其来源或预期伤害的性质（例如：电击危险、挤压危险、切割危险、毒性危险、火灾危险、溺水危险）。

[ISO/IEC Guide 51]

### 3. 34



**危险区 (hazardous area)**

存在爆炸性气体环境或可能存在爆炸性气体环境的区域，其数量足以要求在建造、安装和使用仪器时采取特殊预防措施

[GB/T 3836.14: 2014]

## 3.35

**危险情况 (hazardous situation)**

人员、财产或环境暴露于一种或多种危险的情况

[ISO/IEC Guide 51]

## 3.36

**点火激活期 (ignition activation period)**

主气阀通电和点火装置熄火之间的时间段

## 3.37

**偶发事件 (incident)**

可以但不一定导致伤害的事件或一系列事件

## 3.38

**工业的 (industrial)**

关于由具备资质且经验丰富的人员在受控的生产或加工环境（例如化工厂或矿山）中使用制氢装置

## 3.39

**输入燃料 (input fuel)**

作为反应物或输入能量供给制氢装置的化学物质，通常由天然气、其他碳氢化合物、醇类或其他有机化合物组成

## 3.40

**间歇式引燃器 (intermittent pilot)**

当设备被要求运行时自动点燃的引燃器，在主燃烧器操作的每个周期内保持持续点燃，并在每个主燃烧器操作循环完成时自动熄灭

## 3.41

**中断式引燃器 (interrupted pilot)**

在燃料进入主燃烧器之前自动点燃的引燃器，并在主火焰形成时自动熄灭

## 3.42

**轻工业 (light industrial)**

关于由资质和经验有限的人员，在专用控制措施有限的生产环境（例如计算机和电子设备制造厂）中使用制氢装置

## 3.43

**极限气体 (limit gases)**

代表了设计使用气体特性极端变化的试验气体

## 3.44

**锁定 (lock-out)**

系统进入易失性或非易失性锁定的安全关机

## 3.45

**爆炸下限 (lower explosive limit)**

LEL

空气中易燃气体或蒸汽的浓度，低于该浓度时，气体环境不会爆炸

## 3.46

**主火焰形成期 (main flame establishing period)**

激活主燃料流动装置信号与主燃烧器火焰出现信号之间的时间段

3.47

**通风 (ventilation)**

通过人工抽吸装置 (例如风扇) 进行的空气流动与换气, 并应用于通用区域

3.48

**非危险区 (non-hazardous area)**

不应该大量存在爆炸性气体使其在构造、安装和使用设备时需要采取特殊预防措施的区域

3.49

**非易失性锁定 (non-volatile lock-out)**

系统的安全关机状态, 重启只能通过手动重置系统而不能通过其他方式完成

3.50

**正常操作 (normal operation)**

设备在其设计参数范围内运行的情况

注1 可燃材料的少量释放可能是正常操作的一部分。例如, 依赖于被泵送流体润湿的密封件的释放被认为是轻微释放。

注2 涉及紧急维修或停机的故障 (如泵密封、法兰垫片或事故引起的泄漏) 不视为正常运行的一部分, 也不视为灾难性故障。

注3 正常运行包括启动和关闭条件。

3.51

**操作模式 (operating mode)**

系统功能的预设条件

3.52

**成套单元 (packaged unit)**

包含在工厂预组装并设计在一个货板或机柜中共同工作的系统部件的货板或机柜

3.53

**允许的 (permissive)**

逻辑序列中的条件, 在允许该序列进入下一阶段之前必须满足该条件

3.54

**引燃 (pilot)**

火焰, 比主火焰小, 用于点燃主燃烧器或燃烧器

3.55

**压力梯度监测仪 (pressure gradient monitor)**

安装在热交换器中以防止热交换流体在必要时混合的故障安全装置, 当流体之间的正压力梯度小于最小预定压力阈值时, 该装置通过隔离热交换器来运行

注 当其他流体为污染物 (如有毒传热流体) 时, 可使用压力梯度监测器保护饮用水质量。

3.56

**吹扫时间 (purge time)**

引入空气以置换燃烧区和烟道中任何剩余的空气/燃料混合物或燃烧产物的时期

3.57

**点火材料 (pyrophoric material)**

与空气接触时能自燃的材料

[ISO 13943]

3.58

**反应失效锁定时间 (reaction failure lock-out time)**

反应失效与富空气实验燃料供应自动关闭或富燃料实验所有反应物供应自动关闭之间的时间

3. 59

**反应开始失效时间 (reaction initiation failure time)**

反应起始失效识别和自动切断富空气实验燃料供应或富燃料实验所有反应物供应之间的时间

3. 60

**循环时间 (recycle time)**

火焰消失后燃料流动装置断电信号与新程序开始启动信号的时间间隔

3. 61

**循环 (recycling)**

在制氢装置启动失败后, 尝试重复进行完全启动试验的过程

3. 62

**参考条件 (reference conditions)**

重新计算至温度15℃、绝对压力101.325 kPa时任意选择测量气体体积的条件

3. 63

**参考气体 (reference gases)**

以相应的正常压力供应时仪器正常运行的试验气体

3. 64

**二次点火 (reignition)**

在失去火焰信号后, 点火装置将在不中断燃料流动装置的情况下重新通电的过程

3. 65

**住宅的 (residential)**

关于私人家庭中非专业人士使用制氢装置

3. 66

**响应时间 (response time)**

制氢装置从一种规定状态转换到另一种规定状态所需的时间

3. 67 **风险 (risk)**

受伤害的可能性与严重性的结合

[ISO/IEC Guide 51]

3. 68

**风险分析 (risk analysis)**

系统地利用得到的信息进行风险识别和风险评价

[ISO/IEC Guide 51]

3. 69

**风险评估 (risk assessment)**

包括风险分析和风险评价的总体过程

[ISO/IEC Guide 51]

3. 70

**风险评价 (risk evaluation)**

基于风险分析应确定是否达到可容忍风险的程序

[ISO/IEC Guide 51]

3. 71

**防护 (safeguarding)**

基于技术过程监控的控制系统操作程序, 以避免过程条件对人员、工厂、产品或环境造成危害

3. 72

**安全可靠性分析 (safety and reliability analysis)**

旨在识别和评价产品/过程的潜在失效及其影响，并确定可消除或降低发生潜在失效的伤害风险的措施的文件和系统性活动

**3.73****安全关机 (safety shutdown)**

在保护装置响应或检测到控制系统故障后立即生效，并通过关闭燃气切断阀和点火装置端子使系统停止运行的过程

**3.74****独立单元 (self contained unit)**

自我完整且独立的单元

**3.75****严重度 (severity)**

特定危害可能引起的最严重可能事故的定性测量

**3.76****起始位置 (start positio)**

表示系统未处于锁定状态且尚未收到启动信号，但如需要可继续进行启动程序的位置

**3.77****蒸汽重整 (steam reforming)**

输入能量将烃与水转化以产生氢气，一般通过催化剂

**3.78****测试气体 (test gases)**

用于验证使用可燃气体的器具之运行特性的（试验用）气体

**3.79****容许风险 (tolerable risk)**

基于当前社会价值观在给定背景下可接受的风险  
[ISO/IEC Guide 51]

**3.80****转变 (transition)**

制氢装置从一种运行模式转换到另一种运行模式的过程

**3.81****爆炸上限 (upper explosive limit)**

UEL

空气中易燃气体或蒸汽的浓度，高于该浓度时，气体环境不会爆炸

**3.82****易失性锁定 (volatile lock-out)**

系统的安全关机状态，使得重启只能通过手动重置系统或中断主电源及其后续恢复来完成

**3.83****水处理系统 (water treatment system)**

用于制氢装置内回收或添加的水的处理和净化系统

**4 安全要求及防护措施****4.1 安全可靠性分析**

制造商应确保：

- 已识别与制氢装置在其预期寿命期间相关的所有合理可预见的危险和危险情况；
- 已根据ISO 14121、GB/T 35320或GB/T 21109.3（如适用）估计了每种危害的风险；
- 已通过设计（固有安全设计和结构）尽可能消除或降低风险；
- 已采取与未消除的风险相关的必要保护措施，包括提供警告和安全装置；
- 已经作出规定以通知用户可能需要实施的任何附加安全措施。

## 4.2 配置

### 4.2.1 燃料处理系统

制氢装置应配备燃料处理系统。

燃料处理系统可包括以下步骤：

- 燃料净化，对燃料进行过滤和/或脱硫；
- 初级转化，燃料通过如蒸汽重整、自热重整或催化或非催化部分氧化的方式，反应成氢气、二氧化碳和一氧化碳；
- 水煤气变换，一氧化碳与蒸汽反应产生额外的氢气；
- 纯化，从富氢产物流中除去一氧化碳和其它杂质；
- 调节，将气流的温度和湿度调节到合适用氢装置类型的水平；
- 尾气燃烧，未反应的燃料和未使用的氢气在释放到环境中前通过催化或非催化方式燃烧。

### 4.2.2 流体管理系统

制氢装置应配备流体管理系统。

流体管理系统可以计量、调节和处理流体，或调节流体压力以在制氢装置内使用。这些流体可以是反应物，例如空气（氧化剂）、燃料、水（或蒸汽）、中间产物流，或实用流体，例如惰性气体和传热流体（水、油）。流体管理系统可包括复杂的子系统，例如蒸汽发生器、压缩机和水处理单元。

### 4.2.3 热管理系统

制氢装置应配备热管理系统维持制氢装置内的热平衡，并可在启动期间回收多余热量并辅助给单元加热。

注 热管理系统使用热量和质量交换网络，通过热力学有利的方式连接冷热工艺流，最大限度地减少外部加热和冷却需求，以及水的消耗和能源损失。

### 4.2.4 自动控制系统

制氢装置应配备自动控制系统，该系统调节所有部件的有效作用，以便将过程参数保持在制造商规定的限值内，尽量避免人工现场干预。

注 自动控制系统可包括机械、液压、气动、电气、电子、可编程电子和计算机硬件/软件元件。

### 4.2.5 电气系统

制氢装置宜配备电气系统。

电气系统可包括在制氢装置内调节和分配电功率的电路和装置。

### 4.2.6 框架和机柜

制氢装置应安装在框架上，必要时配备机柜进行保护。

机柜应包含自然或强制通风，使外部空气通过内部隔间循环，以除去多余热量和有害烟雾或蒸汽。

#### 4.2.7 互连管道

制氢装置可包括部分或全部互连管道、接头和配件。特别地，制氢装置可包括烟道气排放系统和用于将气态含氢产物流输送至可能或可能不是工厂匹配的分布部件（例如燃料电池动力系统或氢压缩、存储和输送系统）的产品输送管道。

#### 4.3 物理环境和操作条件

##### 4.3.1 概述

制氢装置和保护系统的设计和结构应能够在4.3.2至4.3.8规定的物理环境和运行条件下执行其预期功能。

##### 4.3.2 电力输入

制氢装置电力输入应满足GB/T 5226.1（工业应用）或IEC 4706.1-2005（住宅、商业和轻工业应用）中规定的要求。对于特殊电源，如燃料电池，制氢装置电功率输入应符合制造商规定的要求。应配置UPS电源。

##### 4.3.3 物理环境

制造商应在产品技术文件中规定制氢装置设计的物理环境条件。应考虑以下方面：

- 在室内和/或室外使用；
- 制氢装置能够按预期运行的最大海拔高度；
- 制氢装置能够按预期运行的空气温度和湿度范围；
- 制氢装置可能位于的地震区；
- 制氢装置在危险区域运行的适用性；
- 制氢装置在物理环境中存在污染物（例如灰尘、盐、烟雾和腐蚀性气体）的情况下运行的适用性；
- 户外使用的闪电风险。

##### 4.3.4 输入燃料

制造商应在产品技术文件中规定制氢装置所用输入燃料的成分限值和供应特性。

##### 4.3.5 水

制造商应在产品技术文件中规定制氢装置中所用水的质量和供应特性。

##### 4.3.6 振动、冲击和碰撞

制氢装置的设计应能承受或设备应可防护振动、冲击和碰撞带来的影响，包括发电机及其相关设备运行和除地震冲击外的物理环境产生的振动、冲击和碰撞，物理环境应单独说明（见4.3.3）。这可以通过选择抗振设备、将振动源安装在远离制氢装置的地方或使用防振装置来实现。

制造商应在产品技术文件中规定，在需要时须采用何种方式保护制氢装置免受振动、冲击和碰撞的影响。

##### 4.3.7 风

制氢装置应满足5.4.11中规定的风力试验。

##### 4.3.8 搬运、运输和储存

根据GB/T 5226.1的规定，制氢装置的设计应能承受温度范围在-25℃至55℃或短时间不超过24小时高达70℃的运输与储存。制造商可规定替代温度范围，然后应将其纳入产品技术文件中。

制氢装置或其各部件应：

- 能够安全地搬运和运输，必要时提供起重机或类似设备搬运的方法；以及
- 包装或设计使其能够安全储存（例如，足够的稳定性、特殊支撑等）。

制造商应在产品技术文件中规定在需要时所采用的特殊搬运、运输和储存方法。

#### 4.3.9 系统吹扫

出于安全原因，停机后或启动前应处于非工作状态，制氢装置舱应配备吹扫系统。制造商应在产品技术文件中应规定用于吹扫的介质特性，以及避免手动吹扫期间人为错误的程序。

#### 4.4 设计要求

##### 4.4.1 概述

制氢装置应能够在产品技术文件规定的预期用途条件下运行、操作、运输、安装、调整、维护、拆卸和处置，而不会造成人身伤害或健康损害。

制氢装置的设计、结构和/或配置应能规避因其运行和维护过程中释放的气体、液体、粉尘或蒸汽，或其制造过程中所使用的物质所导致的合理可预见风险。

如果管道中含有爆炸性、易燃或有毒流体，应在设计和标记取样点与排放口时采取相应预防措施。

在启动前或正常运行期间，因冷凝或其他原因积聚液体的部件，若存在热能使液体蒸发的潜在风险，则应配备安全减压装置。

液体燃料制氢装置应包括对液体燃料捕获、回收和/或安全处置排放的规定。集油盘、防溢装置或双壁管的设计应能防止不受控的排放，例如提供液位开关。

在其目的允许的范围内：

- a) 制氢装置可触及部件不得有可能造成伤害的外露锋利边缘和粗糙表面；
- b) 制氢装置或其用于人员移动或站立的部件的设计和建造应能防止人员在这些部件上滑倒、绊倒或跌落；
- c) 制氢装置的活动部件的设计、建造和布置应避免危险，或者若危险持续存在，应安装防护或保护装置，以避免可能导致事故的所有接触风险；
- d) 任何需要进行生产、调试和维护操作的区域，其设计和配置都应确保人员能够安全进入或接触。

根据4.1的安全性和可靠性分析，对于所有设备和部件的故障可能导致的危险情况，应单独进行测试和认可，或对其预期用途进行认证。

##### 4.4.2 设计温度

安装在制氢装置中的部件和材料的最高和最低温度不得超过其温度额定值。

##### 4.4.3 机械稳定性

制氢装置、部件和配件的设计与构造应在4.3中规定的包含气候和地震条件的物理环境和运行条件下具有稳定性。否则，应在产品技术文件中纳入并说明适当的稳固方式。

制氢装置的各个部件及其联动装置的构造应确保在正常使用时，不会发生可能损害其安全性的不稳定、变形、破损或磨损。

所有部件应牢固安装或连接并牢固支撑。当应用许可时，可以使用防震支架。

##### 4.4.4 用户可接触的表面温度

制造商应采取措施消除因接触或接近制氢装置部件或高温材料而造成的任何伤害风险。  
在制氢装置运行时，如果用户未使用个人防护设备接触制氢装置的外表面，制造商应：  
—根据表1限制这些表面高于环境温度的温度增长；或  
—安装保护或防护装置，以避免接触可能导致事故的风险。

表 1 用户在无个人防护设备操作期间可能接触的外部组件和/或机柜的最高表面温升（基于 IEC 4706.1-2005：2004，第 11 条）

材料	超过环境温度的最大表面提升温度 ℃
	仅在正常使用时短期接触表面
金属	35
瓷或玻璃质材料	45
塑料、橡胶或木材	60
注 1 温度提升值基于 25℃的环境温度。	
注 2 金属温度提升限值适用于金属涂层厚度至少为 0.1 mm 的部件和塑料涂层厚度小于 0.3 mm 的金属部件。	

4.4.5 相邻墙壁、地板和天花板温度

在5.4.9的试验条件下，室内用制氢装置产生的热量不得使相邻墙壁、地板和天花板的温度比环境温度升高50℃以上。

4.4.6 聚合物组件的温度

制氢装置上配备的聚合物部件（包括制造商规定或提供的通风系统）应在预期工作温度范围内保持其功能完整性。如果聚合物组件符合5.4.10的要求，则认为该规定得到满足。

4.4.7 噪声

制氢装置的设计和建造应使空气噪声的排放降低到适合预定用途或地点的水平，并符合适用的地区或国家空气噪声法规和标准。

4.4.8 废气凝结水排放系统

烟道及其连接管道中形成的废气冷凝物应通过排放管或任何其他可确保冷凝物安全排放的装置清除。冷凝水排放系统外部接头的内径应至少为13 mm。冷凝水排放系统应为制氢装置的一部分，并且应便于根据制造商的说明进行检查和清洁。

冷凝水排放系统不得将燃烧产物输送到安装制氢装置的房间。如果使用水分离器，在制造商规定的最大烟气长度下，在燃烧室的最大压力下，水封应至少25 mm。

与冷凝物接触的表面（如排水管、集水器和虹吸管）的设计应防止（意外的）冷凝物滞留。

4.4.9 一氧化碳

在正常稳态运行条件下，制氢装置排放到大气中的一氧化碳浓度不得超过300 μL/L（在无空气的流出物样本中）。

注 制造商可根据预期使用模式和CO气体对人类或动物的潜在暴露风险，针对特定应用进一步限制该阈值。



根据5.4.12.2中的试验,在出口堵塞的异常条件下,制氢装置排放到大气中的一氧化碳浓度不得超过600  $\mu\text{L/L}$ 。

此外,按照5.4.12.3中的试验,当空气供应入口被堵塞时,在流出物的无空气样品中,制氢装置产生的一氧化碳浓度不应超过600  $\mu\text{L/L}$ 。

#### 4.4.10 载气部件的稳固性

制氢装置所有载气部件应完好。应按照5.4.3验证完好性。

### 4.5 材料选择

#### 4.5.1 已知会造成健康和物理危害的材料

当已知用于制造制氢装置的材料在某些情况下会造成健康危害时,制造商应采取措施,并在产品技术文件中纳入必要的要求和信息,以避免在制氢装置生命周期的所有阶段(即包装、运输、安装、调试、操作、内务管理、维护、退役、回收和处置)危及人员的安全或健康。

#### 4.5.2 石棉

建造制氢装置时不得使用石棉或含石棉材料。

#### 4.5.3 自燃材料

若制氢装置的制造中使用已知具有自燃性的材料,制造商应在产品技术文件中提供相应要求和程序,以便根据适用的国家或地区有害材料规范和标准,通过对材料进行钝化或隔离处理,确保其搬运、运输、回收或处置过程的安全

#### 4.5.4 羰基镍的形成

当制氢装置制造中使用的材料可能在其运行条件下形成羰基镍时,制造商应提供相应措施,确保制氢装置中始终保持有利于羰基镍分解而非形成的条件。

该条件可通过确保在催化剂床层或其他含镍部件温度降至200℃以下前彻底吹扫CO来达到要求。若采用此方法且吹扫失败,则吹扫联锁装置应防止系统重启,直至完成手动吹扫程序。

此外,制造商应在产品技术文件中纳入警告,告知用户,在手动吹扫期间,应清理排气口附近区域。

#### 4.5.5 材料特性

##### 4.5.5.1 一般性质

用于制造制氢装置内部或外部部件的金属和非金属材料应适用于设备预定寿命内可合理预见的所有物理、化学和热条件以及所有试验条件。

该要求尤其适用于直接或间接暴露于湿气或含有工艺气体或液体流的材料,以及用于密封或连接工艺气体或液体流的所有零件和材料,如焊接耗材。

##### 4.5.5.2 机械性能

当暴露于制造商规定的全部工作条件和寿命时,材料应保持其强度(包括疲劳特性、疲劳极限和蠕变强度)的机械稳定性。

##### 4.5.5.3 化学和物理性质

材料应能抵抗所含流体的化学和物理作用,以及环境退化。

在设备的预定使用寿命内，操作安全所需的化学和物理特性不应受到影响，除非可以预见更换。在选择材料和制造方法时，应考虑以下材料的特性：

- 耐腐蚀、耐磨；
- 电导率；
- 冲击强度；
- 耐老化性；
- 温度变化的影响；
- 紫外线辐射的影响；
- 将不同材料（如电偶腐蚀）放在一起时产生的影响；
- 耐渗碳侵蚀和氢对材料机械性能的退化影响。

注：关于考虑渗碳侵蚀和氢对材料机械性能的退化影响的指南，可参见ISO/TR 15916和附录B。

如果存在侵蚀、磨损、腐蚀或其他化学侵蚀或温度退化情况，根据4.1的安全性和可靠性分析确定，应采取措施：

- 在适当考虑预期和合理可预见用途的情况下，通过设计（例如，增加厚度）或通过保护（例如，使用衬垫、覆层材料或表面涂层等措施）将该影响降至最低；
- 允许更换受影响部件；和
- 在维护手册中说明检查的类型和频率，以及持续安全使用所需的维护措施，在适当情况下指出哪些部件易磨损以及更换标准。

#### 4.5.5.4 氢渗透性

用于制造含有可燃气体（尤其是氢气）的部件的材料渗透性导致的泄漏应符合4.7的要求。

应根据GB/T 18422测试橡胶、塑料软管和软管组件对氢气和其他不溶于水的可燃气体的渗透性。

#### 4.5.6 塑料和弹性体材料

塑料或弹性体材料仅可在非防爆区域或符合GB/T 3836.14标准2区的场所使用。在2区场所使用的塑料或弹性体材料应具备抗静电性能，以避免输送干燥气体时产生静电积聚。这些材料必须符合IEC 60079-0:2004标准的要求，并按照该标准第7.3和26.13条款的规定进行测试。

### 4.6 压力设备和管道

#### 4.6.1 压力设备

加压器（如反应堆、热交换器、燃气管式加热器和锅炉、电锅炉、冷却器、蓄能器和类似容器）以及相关泄压装置（如泄压阀和类似装置）应按照国家标准GB/T 150进行建造和标记，该标准具有支持公共安全的经证实的历史，并具有良好的商业操作经验。

不符合国家标准GB/T 150的“压力容器”的容器，如果在支持公共安全方面具有经证实的历史，并具有良好的商业运行经验，则应按照4.5使用合适的材料制造，并满足4.4的适用要求。此类容器及其相关接头和配件的设计和构造应能防止意外释放。

#### 4.6.2 管道系统

##### 4.6.2.1 概述

本条款的规定适用于用作制氢装置一部分的所有管道系统，包括互连管道（如果互连管道与制氢装置一起提供）。

制造商应在产品技术文件中规定与制氢装置一起提供的互连管道的连接、管道材料、结构、测试要求和其他适用限制。尤其涉及烟道气排放系统和用于将气态含氢产品流输送至可工厂匹配或不匹配的分布部件的产品输送管道。

氢气管道选用高压无缝钢管，其性能符合GB 50156、GB 50177和GB/T 14976的有关规定，站内其余管道符合GB/T 20801有关规定。

氢气管道材质具有与氢良好相容的特性。设计压力大于或等于20 MPa的氢气管道宜采用316/316L双牌号钢或经实验验证的具有良好的氢相容性的材料。316/316L双牌号钢常温机械性能宜满足两个牌号中机械性能的较高值，化学成分满足L级的要求，且镍（Ni）含量不小于12%，许用应力按316号钢选取。

氢气管道的连接符合GB50156—2021第10.6.3条的规定；氢气放空管的设置符合GB 50156—2021第10.6.5条的规定，且设计压力不小于1.6 MPa。

#### 4.6.2.2 设计和施工

刚性和柔性管道及管件的设计和施工应考虑以下方面：

—材料应符合4.5中规定的要求。

—管道内表面应彻底清洁，以去除松散颗粒，管道端部应仔细铰孔，以清除障碍物和毛刺。

—如果在启动、关闭和/或使用期间，气态流体管道内的流体冷凝物或沉积物积聚可能因水锤、真空塌陷、腐蚀或不受控制的化学反应而造成损坏，则制造商应提供排放和清除低洼区域沉积物的方法，并在清洁、检查和维护期间提供通道。特别是，制造商应采取措施防止燃料气控制中的沉淀物或冷凝物积聚。应安装沉淀收集器或过滤器，或在产品技术文件中提供指南。

—制造商应采取措施防止液体燃料控制装置中的沉积物积聚。应在燃料控制装置的上游提供过滤器。

—用于输送可燃气体的非金属管道应防止过热。应提供4.1的安全可靠性分析所要求的措施，以防止输送可燃气体的部件的温度超过其设计温度。

—用于输送可燃气体的非金属管道应通过适当位置或提供防护装置和/或支架防止机械损坏。

—应以符合4.7要求的方式控制泄压阀排放。泄压阀应通过专用通风孔或烟气排放系统通过管道连接至室外，或与通风空气一起排放。

#### 4.6.2.3 烟气排放系统的具体要求

制氢装置应配备烟气排放系统，以将燃烧产物从燃料利用设备输送至外部大气。制造商应根据以下要求设计和建造烟气通风管，或在产品技术文件中提供相关说明：

—材料应符合4.5中规定的要求。特别是，烟气排放系统应由耐冷凝腐蚀的材料制成。非金属材料应根据其温度限制、强度和耐冷凝作用来判断。

—制氢装置的烟气排放系统部件应构造牢固、密封，并满足5.4.7的机械试验要求。

—家用、商用或轻工业制氢装置中用于证明排气流量的压力开关应在工厂设置。调节装置应在工厂锁定。

压力开关应标明设备制造商或经销商的部件编号，该编号与工厂锁定压力设置相关。用于工业制氢装置的压力开关可能未在工厂设置并锁定。在这种情况下，产品的技术文件应规定压力开关的校准程序和频率。

—与废气冷凝液接触的压力开关部件应在正常工作温度下耐废气冷凝液腐蚀。

—用于建造烟道气排放系统的材料的额定温度应超过该烟道气排放系统输送的废气的温度。

制造商应在产品技术文件中包括烟气排放系统的安装要求。

注 附录D中包含了烟气排放系统安装的注意事项

#### 4.6.2.4 产品输送管道的具体要求

制氢装置可包括用于将气态含氢产物流送至可能或可能不是工厂匹配的分布部件(例如燃料电池动力系统或氢压缩、存储和输送系统)的互连管道。

制造商应根据ISO 15649和以下要求设计和建造产品输送管道,或在产品技术文件中提供相关说明:

—材料应符合4.5中规定的要求。特别是,产品输送管道应由以下材料构成:

—适用于氢气环境,不可渗透,可抵抗氢气对材料机械性能的影响;

—耐冷凝腐蚀的。

注 非金属材料应根据其温度限制、强度和耐冷凝作用来判断。

—产品输送管道的设计和建造应允许膨胀、收缩、振动、沉降和火灾暴露。

—产品输送管道的设计和构造应能防止氢气释放。

—产品输送管道应以不超过3 m的间隔标记“氢”。此类标记的字母应采用可辨别的颜色。

—制氢装置应在产品输送管道的连接出口处标记以下内容:“该制氢装置需要特殊管道进行产品交付。有关零件清单和安装方法,请参阅安装手册。”

制造商应在产品技术文件中提供安装产品输送管道的说明。

注 产品输送管道的安装注意事项见附录D。

#### 4.6.3 热管理系统

如果热管理系统不会影响饮用水供应,则可使用与受影响流体或气体化学性质相当的任何热传递方式。

如果存在热管理系统影响饮用水供应的风险,则换热器应采用双壁结构。在双壁之间应设置对大气开放的气隙。尽管有上述要求,但当有毒冷却剂的压力至少比饮用水侧的压力低70 kPa时,或者当冷却剂无毒时,可以使用单壁分离。

### 4.7 火灾和爆炸危险的预防

#### 4.7.1 概述

制氢装置的设计和构造应避免制氢装置本身或制氢装置产生或使用的气体、液体、灰尘、蒸汽或其他物质造成的任何合理可预见的火灾或爆炸风险。

#### 4.7.2 配有机柜的制氢装置附近的火灾和爆炸危险预防

##### 4.7.2.1 配备非危险区域用机柜的制氢装置

##### 4.7.2.1.1 具有易燃气体或蒸汽源的隔间通风

带有易燃气体或蒸汽源的制氢装置隔间应在相对于其他隔室及其周围环境的负压下进行机械通风。通过测量流量或压力确认的通风故障将导致制氢装置停机。

尽管有上述要求,在室外使用的制氢装置中,根据IEC 60079-2,带有可燃气体或蒸汽源的隔间可进行正压通风。

最小通风流量应设置为,对于根据5.4.3.1中规定的泄漏试验确定的制氢装置中可燃气体或蒸汽的释放率,在所有操作条件下,制氢装置通风排气中任何可燃气体的最大浓度保持在LEL的25%以下,氢气除外,其排气应保持在25%LFL以下。

装有电气或机械设备的制氢装置隔间应使用新鲜空气通风,并相对于具有可燃气体或蒸汽源的隔间保持正压,除非该设备适用于GB/T 3836.14规定的具有可燃气体或蒸汽源的隔间的区域分类。

##### 4.7.2.1.2 易燃物质释放

制氢装置应配备被动和主动装置或其组合,以避免制氢装置隔室内的易燃气体或蒸汽以机械通风无法稀释至低于LEL的25%的速率释放,氢气除外,其中释放应保持在25%LFL以下。

被动方式可包括通过使用管孔和类似的流量限制方法或永久固定的接头将可燃气体或蒸汽的释放限制到最大值的机械限制,并且其构造可将释放速率限制在可预测的最大值。

主动装置可包括流量测量和控制,或安全装置,例如可燃气体传感器。这些方法应满足4.10中规定的要求,并应在通风排气中任何可燃气体浓度超过LEL的25%的情况下导致制氢装置停机,但排气应保持在25%LFL以下的情况除外。

注 当容器和管道设计中已经考虑过针对突发和灾难性故障的保护措施时,无需将突发性故障和灾难性故障视为本分析中的释放场景(另见4.6)。

在室内用制氢装置中,通风和烟道气排放应按照4.6.2.3连接到烟道气或通风系统。

液体燃料制氢装置应包含防止火灾危险的规定,例如,如果释放的液体燃料可以收集在滴盘、防溢装置或其他向大气开放的容器中,则通过保持机柜通风或采取其他稀释方法。

#### 4.7.2.2 配备用于危险区域的机柜的制氢装置

用于危险区域的制氢装置应符合IEC 60079-0-2004的要求以及IEC 60079中与所用防护类型相关的相应部分。

#### 4.7.2.3 制氢装置机柜内的危险

##### 4.7.2.3.1 概述

应设计制氢装置柜,并且产品的技术文件应提供操作和维护信息,以使制氢装置柜内易燃液体、气体或蒸汽的任何释放,以及由此产生的危险区域范围,无论是在运行中还是其他情况下,在释放的频率、持续时间和数量方面都保持在最低水平。

##### 4.7.2.3.2 危险区域分类

在制氢装置机柜内,应根据GB/T 3836.14对具有易燃气体或蒸汽源的隔室进行分类,并确定危险区域的范围,同时适当考虑可能的释放频率和持续时间、释放速率、释放材料物理特性、通风、系统几何结构和其他相关因素。

##### 4.7.2.3.3 机柜内的点火源

制造商应通过确保以下方式消除危险柜区域内的点火源:

—安装的电气设备适用于GB/T 3836.14规定的区域分类;;

—安装的电阻伴热(如适用)符合GB/T 19518.1;

—表面温度不超过可燃气体或蒸汽自燃温度的80%,以摄氏度表示;

注 GB/T 3836.11提供了有关各种易燃液体自燃温度的指南。

—已根据GB/T 5226.1通过适当的连接和接地以及根据4.5选择适当的材料来消除静电放电电位;

—包含易催化可燃流体与空气反应的材料的设备应能抑制反应从设备内部向周围易燃环境的传播。

##### 4.7.2.3.4 扫通风区域

当提供的通风影响区域分类类型时,在对不适合非通风区域分类的任何装置通电之前,应至少换气5次,以净化该区域。

或者,发电机可配备通风排气成分测量能力,以控制达到低于25%LEL水平所需的吹扫量,但氢的情况除外,其中排气应保持在25%LFL以下。

所有需在吹扫前通电或为完成吹扫而通电的装置,均应符合非通风区域等级要求。

如果隔间和相关管道内的空气可通过设计证明是无害的，则无需进行吹扫。

#### 4.7.2.3.5 影响危险区域分类的设备维护

制造商应在产品技术文件中提供说明，以确保所有影响区域分类的设备在接受维护后，在重新组装期间和之后进行仔细检查，以确保在恢复使用之前保持原始设计的完整性，因为其影响安全

#### 4.7.3 无机柜制氢装置附近的火灾和爆炸危险预防

不带机柜的室外制氢装置是易燃气体或蒸汽的潜在来源。应对它们进行设计，并且产品的技术文件应提供操作和维护信息，以使无论在运行中还是其他情况下，制氢装置释放的任何易燃液体、气体或蒸汽以及其附近危险区域的程度在频率、持续时间和数量方面保持在最低水平。

应根据GB/T 3836.14对不带机柜的室外制氢装置附近的所有位置进行分类，并确定危险区域的范围，同时适当考虑可能的释放频率和持续时间、释放速率、释放材料物理特性、通风、系统几何结构和其他相关因素。

产品的技术文件应包含安装说明，说明在分类为危险的区域内，应通过以下方式消除火源：

- 安装的电气设备适用于GB/T 3836.14规定的区域分类；
- 安装的电阻伴热（如有）符合GB/T 19518.1；
- 表面温度不超过以摄氏度表示的可燃气体或蒸汽的自燃温度的80%；

注 GB/T 3836.11提供了有关各种易燃液体自燃温度的指南。

- 根据GB/T 5226.1通过适当的连接和接地以及根据4.5选择适当的材料来消除静电放电电位；
- 含有能够催化可燃流体与空气反应的材料的设备应能抑制反应从设备向周围易燃环境的传播。

制造商应在产品技术文件中提供以下信息：

—当使用机械通风来影响区域分类类型时，确保在任何不适合非通风区域分类的设备通电之前，对安装制氢装置的区域进行吹扫的说明；

注1 根据流量特性和系统几何结构，通过分析确定吹扫。

注2 在吹扫前或为完成吹扫而通电的所有装置应适用于非通风区域分类。

注3 如果设计证明该区域的大气无危险，则无需吹扫。

—根据IEC 60079-2，确保在无机柜的室外制氢装置附近，包含电气或机械设备的隔间采用新鲜空气或其他不可燃液体进行正压通风，除非设备适用于GB/T 3836.14规定的区域分类；

—确保在重新组装期间和之后仔细检查影响区域分类的所有设备（当对其进行维护时）的说明，以确保在恢复使用之前保持原始设计的完整性，因为其影响安全；

—为避免健康或安全风险，安装和操作无柜制氢装置的信息、要求和其他适用限制。

#### 4.7.4 燃烧器

制氢装置的设计应避免燃烧器中易燃或爆炸性气体的不安全积聚（重整段的启动、主燃烧器和辅助燃烧器、尾气燃烧器）。

主燃烧器应配备引燃器或直接点火装置。

如果使用直接点火装置，则应自动控制，且不得导致主燃烧器劣化。应提供防止任何直接点火装置与正在使用的燃烧器端口相关的错误装配或可逆安装的方法。

如果使用引燃燃料，应自动控制引燃燃料，直接点火应点燃任何引燃燃料。应提供装置，以防止与所服务的燃烧器端口相关的任何引燃器的错误组装或可逆安装。

当引燃器是启动燃烧器的组成部分时，应仅根据本标准的结构和性能规范对其进行评估。

自动电气燃烧器控制系统应符合4.10.2.1的要求。

主燃烧器或引燃火焰或两者均应通过火焰探测器进行监测。如果主燃烧器由引燃器点燃，则应在将气体释放到主燃烧器之前检测引燃器处是否存在火焰。具有中断引燃器的系统应在主火焰建立期后监测主燃烧器火焰。

引燃火焰监测应仅在引燃器将有效点燃主燃烧器的燃料时进行，即使引燃器的燃料供应减少，因此火焰刚好足以启动主要安全控制装置。

当引燃器的热量输入不超过0.250 kW时，无需确定主火焰建立期。当引燃器的热量输入超过0.250 kW时，或在主燃烧器直接点火的情况下，制造商应规定主火焰建立期，以便根据5.4.6.2.7的延迟点火试验，不会对用户造成健康或安全危害或对制氢装置造成损坏。

只有在检测到引燃器火焰后，才能发出打开主燃烧器供气的信号。

每次引燃或直接主燃烧器点火尝试应从打开燃料阀开始，以关闭燃料阀结束。火花应至少持续到点火或主火焰建立期结束。

主燃烧器的引燃或直接点火应最多尝试三次，每次在吹扫之后。第三次尝试结束时没有火焰应至少导致挥发性锁定。

在火焰失效的情况下，系统应至少引起再点燃、再循环或挥发性闭锁。引燃器或主燃烧器火焰故障锁定时间不得超过3秒。

如果发生再点燃，在5.4.6的试验条件下，直接点火装置应在火焰信号消失后最长1秒内重新通电。在这种情况下，应在点火装置通电时计算主火焰建立时间。在制造商规定的火焰形成期结束时，如果没有火焰，应至少导致挥发性锁定。

如果在5.4.6的试验条件下进行再循环，则在此之前应中断气体供应和吹扫；点火顺序应从头重新开始。在这种情况下，主火焰建立期应计算为在点火装置通电时开始。最多应尝试三次回收，每次循环后进行吹扫。第三次尝试结束时没有火焰应至少导致挥发性锁定。

燃烧器电路的布置应防止电机、电容器或类似装置在控制功能关闭主燃烧器后为燃料阀或点火装置供电。

如果出于安全原因，在启动前或关闭后需要处于被动状态，则应提供装置，在启动点火试验前和循环试验之间，自动清除燃烧器外壳或外壳中的任何易燃气体混合物。该吹扫应在燃烧器外壳或外壳内提供至少四次换气。

点火系统组件的安装应确保这些装置的运行和燃烧器点火不会受到正常运行期间下落颗粒的影响。

当一次加压空气与燃料供应混合时，应提供有效措施防止空气返回燃料管线或燃料进入空气供应。应控制燃料和空气供应，以在点火前证明空气流动，防止燃料进入每个燃烧器，直到空气供应可用，并且在风机故障的情况下，关闭燃料供应。

操作燃料和空气控制装置的机械联动装置（若使用）的设计应能保持正确的燃料-空气比，并防止断裂和脱离。

关机时，工艺系统中的危险气体应得到安全控制或处置。

如果空气与燃料或可燃工艺气流紧密接触，作为热管理系统的一部分，制造商应为制氢装置提供防止空气进入燃料或可燃工艺气体管线或燃料或可燃工艺气体进入空气管线引起的健康或安全风险的方法。

#### 4.7.5 催化燃料氧化系统（催化燃烧器）

在携带流体的制氢装置部件中，有意产生可燃或爆炸性气体体积以进行受控催化燃料氧化反应（例如催化部分氧化、催化燃烧），制造商应避免不安全的易燃或爆炸性气体积聚。

出于安全原因，在启动前或停机后需维持非工作状态时，应提供净化催化燃料氧化系统部件的方法。吹扫系统应使用制造商规定的介质，包括但不限于氮气、空气或蒸汽。吹扫范围应由制造商规定，并通过考虑流量特性、系统动态和几何形状来确定。

如果空气与燃料混合，制造商应提供防止空气回流到燃料管线或燃料回流到空气供应中的方法。

对于富空气系统，应控制燃料和空气供应，以在反应开始前验证空气供应，并防止燃料进入反应器，直到空气供应可用。

对于富燃料系统，应控制燃料和空气供应，以在反应开始前验证燃料供应，并防止空气进入反应器，直到燃料可用。

操作燃料和空气控制装置的机械联动装置（若使用）的设计应能保持正确的燃料-空气比，并防止断裂和脱离。

最长反应引发时间应由制造商规定，且应通过考虑系统控制装置的响应时间以及建立可安全包含在系统中的易燃或易爆混合物的最大允许量所需的时间来确定，基于流速、燃料-空气混合物可燃性以及系统动力学和几何结构。

如果在制造商规定的最大反应起始时间内未建立催化反应，则系统应自动关闭富空气操作的燃料供应，或富燃料操作的所有反应物的供应。

应直接或间接监测催化剂的温度。如果催化剂的温度或温度变化率超出制造商确定的范围，系统应自动锁定，关闭富空气操作的燃料供应，或富燃料操作的所有反应物的供应。反应故障锁定时间不得超过3s。

关机时，工艺系统中的危险气体应得到安全控制或处置。

如果在制造商规定的最大反应起始时间内未能开始反应、反应熄灭或反应速率降低或增加至不安全水平后，燃料和空气的混合物可能潜在地积聚在制氢装置内，则制造商应确保在燃烧时可能积聚的最大的易燃混合物产生暴露在此类条件下的部件内的压力和温度。

当作为热管理系统的一部分，空气和燃料流紧密接触时，制造商应为制氢装置提供足够的方法，以防止空气进入燃料管线或燃料进入空气管线而引起的健康或安全风险。

4.8 电气危害的预防

电气系统的设计和施工以及电气和电子设备（包括电动机和电气外壳）的应用应满足GB/T 5226.1（工业应用）或IEC 4706.1-2005（住宅、商业和轻工业应用）的要求。

根据GB/T 4208-2008，安装在不带室外用机柜的制氢装置中的电气部件应进行防雨保护，最低防护等级为IPX4D。

制造商应在产品技术文件中纳入一项要求，说明用于室外终端的制氢装置通风出口应进行防雨保护，以防止机柜内的电气元件被弄湿。

电机速度控制用变频器的类型应适合IEC 60146-1-1规定的應用。

电气间隙（通过空气）和爬电距离（表面）以及电路的固体绝缘厚度应符合IEC 60664的适用部分。

4.9 电磁兼容性（EMC）

制氢装置不应产生高于其预期使用场所水平的电磁干扰。此外，设备应具有足够的电磁干扰抗扰度，以便在其预期环境中正常运行。如适用，制氢装置应符合表2中列出的标准。

表2 EMC标准

标准编号	标题
IEC 61000-6-1	电磁兼容性（EMC）第 6-1 部分：通用标准—居住、商业和轻工业环境的抗扰度
IEC 61000-6-2	电磁兼容性（EMC）第 6-2 部分：通用标准—工业环境的免疫标准
GB 17799.3	电磁兼容 通用标准 第 3 部分：居住环境中设备的排放标准



GB 17799.4	电磁兼容 通用标准 第4部分：工业环境中的排放标准
GB 17625.1	电磁兼容 限值 第1部分：谐波电流发射限值（设备每相输入电流 $\leq 16\text{A}$ ）
GB/T 17625.2	电磁兼容 限值 对每相额定电流 $\leq 16\text{A}$ 且无条件接入的设备在公用低压供电系统中产生的电压变化、电压波动和闪烁的限制
GB/T 17625.6	电磁兼容 限值 对额定电流大于16A的设备在低压供电系统中产生的谐波电流的限制
GB/T 17625.3	电磁兼容 限值 对额定电流大于16A的设备在低压供电系统中产生的电压波动和闪烁的限制

#### 4.10 控制系统和保护/安全组件

##### 4.10.1 一般要求

4.1中规定的安全性和可靠性分析应为安全电路保护参数的设置提供依据。

制氢装置的设计应确保组件的单一故障不会引发连锁危险情况。防止连锁故障的方法包括但不限于：

—制氢装置中的保护装置（如联锁防护装置、跳闸装置）；

—电路的保护联锁；

—使用成熟的技术和组件；

—提供部分或全部冗余或多样性设计；

—功能试验的规定。

注 电气、电子和可编程控制的设计指南可参见GB/T 21109.1。

##### 4.10.2 控制系统和操作

###### 4.10.2.1 概述

家用、商用和轻工业制氢装置和自动电气和电子控制装置应符合GB 14536.1。

工业制氢装置控制应符合GB 14536.1或GB/T 21109.1。自动电气燃烧器控制系统应符合IEC 60730-2-5。

催化氧化反应器的自动电气控制系统应符合GB 14536.6和4.7.5中的具体要求（如适用）。

手动控制装置应清楚标记和设计，以防止意外调整和激活。

###### 4.10.2.2 开始

只有当所有防护措施到位且功能正常时，才能开始操作。应提供适当的联锁装置，以确保正确的顺序启动。

一旦满足安全条件，可以在自动模式下远程操作的制氢装置在停机后重启。还应可以通过有意手动启动为此目的提供的控制装置来重启制氢装置，前提是此类重启行为经验证无危险。该要求不适用于自动循环正常顺序导致的制氢装置重启。

### 4.10.2.3 关机

#### 4.10.2.3.1 概述

根据4.1的安全可靠性分析和制氢装置的功能要求，制氢装置应具有4.10.2.3.2和4.10.2.3.3规定的安全关停和受控关停功能。

#### 4.10.2.3.2 安全停机

##### 4.10.2.3.2.1 概述

制氢装置应配备安全关闭功能，以避免无法通过控制装置纠正的实际或即将发生的危险。

对于富空气运行，这些功能应使主燃料流装置断电，或对于富燃料运行，由于限制器动作、断路器或系统内部故障的检测，这些功能应使工艺空气流和主燃料流装置断电。

此外，安全停机功能应：

—切断设备的所有电源，在不产生额外危险的情况下停止危险状态；

注 可在危险情况下安全运行的控制/监测系统可保持通电，以保持系统完整性或提供系统信息。

—必要时触发或允许触发某些保障措施；

—在所有模式下覆盖所有其他功能和操作；

—防止重置操作触发重启；

—配备重启锁定装置，以便只有在重启锁定装置被有意重置后，新的启动命令才可在正常运行中生效。

当保护装置或联锁装置导致制氢装置安全停机时，应向控制系统的逻辑单元发送信号。

安全关闭功能的重置不得引发任何危险情况。

可在危险情况下安全运行的控制/监测系统可保持通电，以保持系统完整性或提供系统信息。

##### 4.10.2.3.2.2 紧急停止

制氢装置应配备紧急停机装置。根据GB/T 16754，紧急停止装置应具有清晰可辨、清晰可见和快速可触及的控制装置，如按钮。

##### 4.10.2.3.2.3 控制系统故障时的控制功能

如果控制系统逻辑故障，或控制系统硬件故障或损坏：

a) 一旦发出停止命令，不应阻止制氢装置停止；

b) 运动部件的自动或手动停止应畅通无阻；

c) 保护装置应保持完全有效；

d) 制氢装置不应意外重启。

#### 4.10.2.3.3 受控关机

可安全控制或不会造成直接危险的异常情况可通过受控停机功能进行纠正。

对于富空气运行模式，受控关闭功能应在温控器等控制装置断开控制回路时，切断主燃料流装置电源；对于富燃料运行模式，应同时切断工艺空气流和主燃料流装置电源。该功能应将系统恢复到启动前状态。

受控关闭功能可移除设备的所有电源，或可为发电机致动器保留可用电源。

如果出于安全原因需要维持非工作状态，则应执行系统吹扫（另见4.3.9）。

### 4.10.2.4 许可

应按照4.1所述安全性和可靠性分析确定的要求实施许可。

#### 4.10.2.5 复杂安装

当制氢装置设计为与其他设备（例如，作为燃料电池动力系统的一部分）一起工作时，制氢装置停止控制装置（包括紧急停止）应配备信号接口等装置，以便在持续操作可能存在危险的情况下，能够协调关闭制氢装置上游和/或下游的所有设备。

#### 4.10.2.6 操作模式

##### 4.10.2.6.1 主要操作和过渡模式

应有两种主要操作模式：开启模式和关闭模式。

在开启模式下，制氢装置组件应处于活动状态，并根据需要运行，以供应氢气。以下条件也应视为开启模式：

- 空转（零净氢输出）；和
- 自动启动启用（剩余电源可用于制氢装置终端）。

在关闭模式下，氢气工艺设备的所有电源应断电。对于室外应用，应注意确保关闭模式期间系统充分防冻。

应有两种主要转换模式：启动和关机。

启动，即从关闭模式到开启模式的自动转换，应通过外部信号来启动。

关机，即从开启模式到关闭模式的转变，可以经由外部信号或响应于制氢装置控制器的超出极限条件的内部信号来启动。

##### 4.10.2.6.2 辅助操作和过渡模式

可以根据需要提供次级操作和过渡模式，例如允许不同的制氢速率或用于调节、维护或检查活动。

##### 4.10.2.6.3 模式选择

如果制氢装置的设计和建造允许其在不同安全等级的几种控制或运行模式下使用（例如，允许调整、维护、检查等），则其应能够在每个位置进行模式选择。模式选择器的每个位置应对应单一操作或控制模式，并应配备重启锁定装置。只有在重启锁定装置被有意重置后，新的启动命令才能在正常操作上生效。

模式选择器应可固定，旨在防止通过定位旋钮、键锁或软件命令等方式意外更改为可能导致危险情况的不同模式。

模式选择器可被设计为限制用户对某些制氢装置操作模式的访问（例如，用于某些数控功能的访问代码等）。

所选模式应覆盖除安全停机以外的所有其他控制系统。

#### 4.10.2.7 远程监控和控制系统

可远程操作的制氢装置应配备本地标签开关或其他方式，以便在本地操作员进行检查或维护时断开发电机与远程信号的连接。远程监控和控制系统应：

- 仅当远程控制不会导致不安全条件时，才允许在制氢装置上使用；
- 不得超控就地设置的手动控制；
- 不得超越保护性安全控制。

应按照6.3.4.2提供远程监控系统变更处理程序。

#### 4.10.3 保护/安全组件

保护装置及其组合包括：

- 安全装置；和
- 监测装置，例如指示器和/或警报器，其能够自动或手动地采取适当的动作，以将制氢装置保持在容许限度内。

安全装置应：

- 设计和构造应可靠且适合其预期功能，并考虑器械的维护和测试要求（如适用）；
- 其安全功能独立于其他可能的功能；和
- 遵守适当的设计原则，以获得适当和可靠的保护。这些原则尤其包括故障安全模式、冗余、多样性和自诊断。

在设计阶段，应通过综合测量、调节和控制装置防止设备过载，如过流切断开关、温度限制器、差压开关、流量计、延时继电器、超速监测器和/或类似类型的监测装置。

具有测量功能的安全装置的设计和构造应使其能够满足可预见的操作要求和特殊使用条件。当使用条件可能影响读数准确性和可用性时，应能够检查安全装置的读数准确性和可用性。这些装置应包含安全系数，确保报警阈值超出登记的限值，尤其应考虑装置的操作条件和测量系统中的可能偏差。

应根据GB/T 14536.7提供压力限制装置，如压力开关。

温度监测装置应符合GB/T 14536.10，其响应时间应符合GB/T 14536.10规定的测量功能。

依赖安全的气体传感器应符合IEC 61779-4，并根据IEC 61779-6进行选择、安装、使用和维护。

应保护在制造阶段设置或调整的制氢装置所有部件，且不应由用户或安装人员操作，防止篡改。

杠杆和其他控制和设置装置应清楚标记，并给出适当的指示，以防止在操作过程中出现任何错误。其设计应能防止意外操作。

#### 4.11 气动和液压设备

制氢装置的气动和液压设备分别按GB/T 7932和ISO 4413设计。

特别是，制氢装置的气动和液压设备的设计应确保：

- 回路中不能超过最大允许压力（例如，通过限压装置）；
- 压力损失、压降或真空损失不会造成危险；
- 泄漏或组件故障不会导致危险液体喷射
- 储气罐、储液罐或类似容器（如液压气动蓄能器）符合这些元件的设计规则（见4.6）；
- 保护设备的所有元件，尤其是管道和软管，免受有害的外部影响；
- 当制氢装置与其电源隔离时，储气罐和类似容器（例如液压气动蓄能器）自动减压，如果不可能，提供隔离和局部减压和压力指示的装置；
- 制氢装置与其电源隔离后仍处于压力下的所有元件均配备有清晰标识的排气装置，并带有警告标签，提醒注意在设置或执行制氢装置上的维护活动之前对这些元件减压的必要性。

#### 4.12 阀门

##### 4.12.1 切断阀

在关闭、测试、维护、扰乱或紧急状况期间，需要封闭或阻塞工艺流体流动的所有设备和系统应配备截止阀。

截止阀应具有最大允许压力、温度和流体特性的额定值。

安装在截止阀上的执行机构的额定温度应能承受阀体传导的热量。

电动、液压或气动切断阀的类型应能在驱动能量损失时移动到故障安全位置。

##### 4.12.2 输入燃油阀

输入燃油阀应符合下列要求：

—供应给制氢装置的所有输入燃料应通过至少两个串联的自动阀，每个自动阀在安全停机时用作操作阀和切断阀。

—直接供应给燃料燃烧设备（如启动锅炉或重整器启动燃烧器）的任何燃料应通过至少两个串联的自动阀，每个自动阀应用作操作阀和安全切断阀。这些阀门可以包含在或不包含在单个控制体中。

—电动输入燃料阀应满足GB/T 14536. 19或GB/T 14536. 19的要求（如适用）。制氢装置中用作安全切断阀的阀门应满足上述适用标准的安全切断阀要求。

—当可燃气体从使用制氢装置输出气体的装置回收时，如果按照4. 1的安全性和可靠性分析证明安全，则接头可不使用截止阀。

4. 13 旋转设备

4. 13. 1 一般要求

旋转设备的设计应针对其在正常运行条件下可能承受的压力、温度和流体。

应保护流体入口和出口管线，防止因振动而损坏。

轴封应与泵送流体以及正常和异常操作以及正常和紧急停机期间预期的工作温度和压力相兼容。

轴封的设计应避免危险流体泄漏，如果不可能，制造商应提供必要的危险流体密封或稀释方法，以避免对健康或安全造成风险。

电机、轴承和密封件应适用于预期的占空比。

应对旋转设备和相关管道系统进行分析，以确保在正常操作条件下，管道施加在旋转设备装置上的力和力矩保持在制造商的公差范围内。

4. 13. 2 压缩机

4. 13. 2. 1 若适用，成套压缩机应符合表 3 所列标准之一。

表 3 压缩机标准

标准编号	应用
ISO 5388	固定式空气压缩机—安全规则和操作规程
ISO 10439	石油、化工和天然气工业—轴流式和离心式压缩机与扩展压缩机
ISO 10442	石油、化工和天然气服务行业—封装径向离心式压缩机
ISO 13707	石油和天然气工业—往复式压缩机
ISO 10440-1	石油天然气工业-回转式容积式压缩机—第1部分：工艺流程压缩机（无油）
ISO 10440-2	石油天然气工业-回转式容积式压缩机—第2部分：集装式空气压缩机（无油）
ISO 13631	石油和天然气工业—成套往复式气体压缩机

4. 13. 3 除非通过 4. 1 的安全性和可靠性分析确定不必要，否则压缩机或压缩机系统应配备以下设备：

- 压力释放装置，其将每一级压力限制到压缩缸和与该压缩级相关联的管道的最大操作压力；
- 用于高排放和低吸入压力的自动关闭控制；
- 在停机后需要重启压缩机的地方，一个卸载装置，该卸载装置捕获并回收吹送气体，以便重新使用和/或安全排气；
- 从进气管到压缩机吸入管线的振动隔离；
- 压力限制装置，用于避免入口处过压。

4.13.3.1 如适用，用于工艺液体的成套电动泵应符合 ISO 13709 或 ISO 14847 的要求。成套电动水泵应符合 GB/T 4706.66 或 GB/T 4706.71 的要求。

4.13.3.2 电动泵或电动泵系统应配备：

- 将入口和出口压力限制在管道最大允许压力以下的泄压装置，除非电动泵的截止压头小于管道的压力额定值，在这种情况下，无需安装泄压阀；
- 高排放压力自动关闭控制；
- 防止因振动而损坏的吸入和排出管路。

4.13.3.3 由于小容量或低排放压力而未包含在 4.13.3.1 中参考标准范围内的泵，只需符合 4.13.3.2 中规定的要求。

#### 4.14 机柜

制氢装置机柜应具有强度、刚度、耐久性、耐腐蚀性和其他物理特性，以支撑和保护所有制氢装置部件和管道，并满足储存、运输、安装和最终位置条件的要求。

室内使用的住宅、商业或轻工业制氢装置的所有部件应封闭在适当的安全壳结构内，如机柜、外壳或夹套。

室内用制氢装置机柜的设计和测试应符合 GB/T 4208-2008 规定的 IP20 最低防护等级。根据 GB/T 4208-2008，在防风雨室外场所条件下使用的制氢装置的设计和测试应符合 IP 44 的最低防护等级。

根据 GB/T 4208-2008《测试条件 14.2.4 a)》进行模拟降雨测试时，预期在不受天气保护的室外场所使用的制氢装置应正常启动和运行，不会出现任何部件损坏或故障。

根据预期应用，通风口的设计应确保其在正常运行期间不会被灰尘、雪或植被堵塞。

用于制造机柜的所有材料，包括门接头或垫圈，应能够承受制氢装置整个寿命期间可合理预见的物理、化学和热条件。

为正常维修和可接近而需要拆除的检修面板、盖板或隔热层，其设计应确保重复拆除和更换不会造成损坏或损害隔热价值，并且如果互换可能导致不安全条件，则检修面板、盖板或隔热层不可互换。

用于防止用户或未经培训的人员进入设备的检修面板、盖板或门应具有将其固定在适当位置的方法，并要求使用工具、钥匙或类似机械方法打开。对于住宅单元，这应包括所有检修面板、盖和门。

应保护在制造阶段设置或调整且不得由用户或安装人员操纵的制氢装置所有部件，防止篡改。

应提供排放收集液体的装置，并将其输送至机柜外部进行处理，或将其重新引导至与制氢装置相关的工艺。

如果人员可以完全进入机柜，通风口的最小总面积应为机柜体积的  $0.003 \text{ m}^2/\text{m}^3$ 。

#### 4.15 保温系统和材料

制氢装置中采用的隔热系统应：

- 与被绝缘的金属、系统暴露的大气和温度以及绝缘系统本身的各种组件具有化学相容性；

- 防止预期的热损伤和机械损伤，包括大气条件造成的损坏；
  - 设计为提供防火安全，例如，避免将发热物体周围的温度升高到足以点燃与其接触或附近的材料的温度；
  - 为将来管道、配件等提供可及性。用于维护目的。
- 安装在制氢装置部件上的隔热材料及其内部粘合或粘合装置应：
- 以机械或胶粘方式固定在适当位置，并应防止因可预见的机械载荷和维修操作而发生位移或损坏；
  - 承受在正常运行中可能经受的所有空气速度、温度和流体。
- 如果有必要避免对健康和安全造成危害，制造商应在维护手册中规定隔热系统检查和安全要求。

## 4.16 公共设施

制氢装置的设计和构造应确保在公用事业供应中断的情况下，如电力供应、给水、冷却水或仪表空气中断，系统应安全关闭，而没有：

- a) 造成任何健康或安全危害；或
- b) 从而导致系统的永久变形或损坏。

## 4.17 安装与维护

### 4.17.1 安装

安装或重新安装某些零件时可能出现的错误，以及可能成为风险来源的错误，应通过此类零件的设计而最小化。否则，应注意部件本身和/或外壳上给出的信息可能出现的错误。应在运动部件和/或其外壳上提供相同的信息，其中运动方向应已知以避免风险。可能需要的任何进一步信息应在产品技术文件中提供。

如果流体或电气连接故障可能成为风险源，则应通过设计尽量减少错误连接。否则，需在管道、电缆和/或连接器模块上注明信息，以提示可能存在的不正确连接风险。

注 附录D涉及制氢装置的安装。

### 4.17.2 维护

调节、润滑和维护点不得放置在人员可能受到伤害或健康损害的位置。否则，应在产品的维护手册中提供必要的说明，以避免健康或安全风险。

当在发电机运行时进行调节、维护、修理、清洁或维修时，应提供安全的方法，并在维护手册中提供必要的说明，以避免健康或安全风险。

对于必须频繁更换的制氢装置部件，应能安全地拆除和更换。部件的安装位置应便于操作人员根据产品技术文件要求，使用必要的技术手段（工具、测量仪器等）完成相关作业。

如果为了保护健康或安全，应将说明或图表粘贴在制氢装置上，则应采用永久性方法进行展示，并应耐受或保护其免受使用环境条件的影响。

## 5 试验方法

### 5.1 测量不确定度

除非另有说明，否则应使用以下所示的最大不确定度进行测量：

- a) 大气压力：±0.5 kPa；
- b) 燃烧室和测试烟道压力：±5%满量程或5 Pa；
- c) 气压：±2%满量程；
- d) 水侧压力损失：±5%；

- e) 水流量:  $\pm 1\%$ ;
- f) 气流:  $\pm 1\%$ ;
- g) 空气流量:  $\pm 2\%$ ;
- h) 时间:
  - 达到  $1\text{h} \pm 0.2\text{s}$ ;
  - 超过  $1\text{h} \pm 0.1\%$ ;
- i) 辅助电能:  $\pm 2\%$ ;
- j) 温度:
  - 1) 对于温度高于或等于  $273\text{ K}$ :
    - 温度在  $273\text{ K}$  和  $473\text{ K}$  之间时, 读数的  $\pm 2\%$ ;
    - 温度高于  $473\text{ K}$  时, 读数的  $\pm 5\%$ ;
  - 2) 对于低于  $273\text{ K}$  的温度:
    - 环境温度:  $\pm 1\text{ K}$ ;
    - 水:  $\pm 2\text{ K}$ ;
    - 燃烧产物:  $\pm 5\text{ K}$ ;
    - 气体:  $\pm 0.5\text{ K}$ ;
    - 表面:  $\pm 5\text{ K}$ ;
- k) 用于计算烟道损失的  $\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$  和  $\text{O}_2$ : 读数为  $\pm 6\%$ ;
- l) 气体热值:  $\pm 1\%$ ;
- m) 气体密度:  $\pm 0.5\%$ ;
- n) 质量:  $\pm 0.05\%$ ;
- o) 扭矩:  $\pm 10\%$ ;
- p) 力:  $\pm 10\%$ ;
- q) 流量:  $\pm 1\%$ ;
- r) 电压:  $\pm 1\%$ ;
- s) 电功率:  $\pm 2\%$ 。

应选择适合最大预期值的测量仪器的全量程。

对于泄漏率的测定, 所使用的方法应具有精确度, 其测定误差不超过  $0.01\text{ dm}^3/\text{h}$ 。

所示的测量不确定度涉及单个测量。对于需要组合单个测量值的测量, 可能需要降低单个测量值的不确定度, 以限制总不确定度。

## 5.2 测试燃料和压力

拟与天然气一起使用的制氢装置应进行本文规定的试验, 试验所用气体成分和最大和最小预期压力应反映商用天然气的成分和压力。如果目的地国家有要求, 同样应使用极限气体进行试验。

拟与液化石油气一起使用的制氢装置应进行本节规定的试验, 试验所用气体成分和供应压力应反映市售液化石油气的成分和供应压力。如果目的地国家有要求, 也应使用极限气体进行试验。

拟与其他类型燃料一起使用的制氢装置应进行本文规定的试验, 试验燃料应能代表制氢装置设计的燃料成分和供应压力的极端变化。

使用一种以上燃料的制氢装置应在保证其他燃料的设备和额定值没有变化的前提下, 仅使用一种试验燃料进行试验, 否则会影响试验结果。

## 5.3 基本测试安排

在进行试验时, 应按照制造商的说明安装和操作整个制氢装置, 包括任何空气过滤器、启动装置、通风或排气系统以及所有现场提供的设备。

除非另有说明, 否则整个制氢装置应在以下条件下运行:

- 在 5.1 中规定的供应压力下;



- 额定输入电压和频率的2%以内；
  - 在制造商规定的额定氢输出条件下运行时，在额定燃料消耗量的5%以内；
  - 在以下规定的参考条件下：
    - 参考温度： $t_0=288.15\text{ K}$ （15℃）；
    - 参考压力： $p_0=101.325\text{ kPa}$ 。
- 允许环境条件变化，因为其不会影响试验结果。
- 除非另有规定，否则试验应在制氢装置部件处于平衡温度时开始。

## 5.4 型式/鉴定试验

### 5.4.1 概述

经检验符合本标准的设计应为制氢装置的代表性生产样品。样品应进行5.4.2至5.4.14中所述的型式/鉴定试验。

### 5.4.2 压力测试

#### 5.4.2.1 概述

符合国家标准GB/T 150的制氢装置子系统无需进行5.4.2.2和5.4.2.3中规定的压力试验。对所有未涵盖在国家标准中的含危险液体或气体的制氢装置子系统，如果具有支持公共安全的证明历史及良好的商业运行经验，应按照5.4.2.2和5.4.2.3对含有危险液体或气体的制氢装置子系统进行强度试验。

静水压试验应在最后进行，或判定可行时，在不用于本文规定的其他试验的部位进行。

如果制造商认为流体静压试验不可行，则应进行气压试验，以识别压缩气体中能量储存的危险。

在进行压力试验之前，应确定在制氢装置正常运行期间，哪些部件通过（互连）连接承受相同的内部压力。这些部件应作为一个单独的试验段，然后单独加压，必要时，通过任何方便的方式与制氢装置的其余部分隔离。

#### 5.4.2.2 静水压强试验

##### 5.4.2.2.1 概述

本试验方法应用于评估含有危险液体（如液体燃料、有毒冷却剂）的试验段。它还应用于评估含有气体的试验段的强度。

##### 5.4.2.2.2 试验流体

试验流体应为设计液体（液体燃料、有毒冷却剂）。当评估含气试验段的强度时，或如果制造商认为使用设计液体进行试验是不实际的，则试验流体应为水。如果冷冻或水的不利影响可能对管道系统造成损坏，则可以使用其他合适的无毒液体。如果液体易燃，其闪点应至少为50℃，并应考虑试验环境。

##### 5.4.2.2.3 金属试验阶段

金属部件制造的试验段上任何一点的水压试验压力应如下：

- a) 不小于最大允许压力的1.5倍；
- b) 对于高于试验温度的设计温度，应使用以下公式计算最小试验压力，但 $S_T/S$ 值不得超过6.5：

$$P_T = 1.5 (P_{S_T}) / S$$

其中

$P_T$ 为最小试验表压；

$P$ 为内部设计表压；

$S_T$ 是根据ISO 15649要求的试验温度下的应力值；

$S$ 为根据ISO 15649的要求的设计温度下的应力值；

c) 如果试验温度下试验压力产生了超过屈服强度的标称压应力或纵向应力，则可将试验压力降低至不超过试验温度下屈服强度的最大压力；

d) 如果连接在容器的管道的试验压力等于或低于容器的试验压力，则管道与容器可以一起在管道试验压力进行试验；

e) 如果管道的试验压力超过容器试验压力，且管道与容器不可分隔，则在制造商同意，且容器试验压力不小于根据上述公式计算的管道试验压力77%的前提下，管道和容器可以一起在容器试验压力下进行试验。

在水压试验之前，可使用表压大于170 kPa的空气进行初步试验，以确定主要泄漏位置。

#### 5.4.2.2.4 非金属试验阶段

由非金属部件制成的试验段内任何一点的静水压试验压力不得小于最大允许压力的1.5倍，但不应超过系统中最低额定部件最大额定压力的1.5倍。设计温度高于试验温度的热塑性管道适用5.4.2.2.3中的静水压公式，以下情况除外：

— $S_T$ =ISO 15649要求的试验温度下的应力值；

— $S$ =ISO 15649要求的设计温度下的应力值。

#### 5.4.2.2.5 测试程序

试验段应充满试验液体，并连接至合适的液压系统，包括能够维持所需泄漏试验压力的压力测量装置。应注意清除试验段中的所有空气。应逐步增加压力，直到达到泄漏试验压力，每一步的压力维持足够长的时间来平衡管道应变。试验压力应维持至少10分钟，直至检查完所有接头和连接处是否泄漏。

#### 5.4.2.2.6 验收标准

受压部件应该可以承受水压试验压力，且无破裂、断裂或其他物理损坏。试验期间，试验段应无泄漏迹象。

#### 5.4.2.3 气动强度试验

##### 5.4.2.3.1 试验流体

对于含有气体或蒸汽的部分，应使用不易燃和无毒气体或蒸汽（例如清洁干燥的空气或任何惰性气体）进行此处规定的试验，该气体或蒸汽可代表运行和关机期间预期组分的物理特性（例如分子量），并且制氢装置已设计使用该气体或蒸汽。

##### 5.4.2.3.2 测试压力

气体泄漏试验压力应为最大允许压力的110%。

承受外部压力的管道应在外部压差1.5倍的内部表压下进行测试，但不得低于105 kPa。

##### 5.4.2.3.3 测试程序

试验段应充满试验气体，并连接至合适的加压系统，包括能够维持所需泄漏试验压力的压力测量装置和用于确定泄漏的流量测量装置或压力衰减装置。泄漏测量装置应位于压力测量装置后被测部分的入口处。应采用任何方便的方法密封试验段。

压力应该逐步增加，直到达到泄漏试验压力，保持每一步的压力足够长，以平衡管道应变。试验压力应保持至少10分钟，此时应记录流量测量装置或其他泄漏检测装置（如压力衰减装置）指示的任何泄漏。

#### 5.4.2.3.4 验收标准

受压部件应能承受气压试验压力，无破裂、断裂或其他物理损坏。

### 5.4.3 可接受的危险气体泄露试验

#### 5.4.3.1 含有害气体系统部分的泄漏试验方法

##### 5.4.3.1.1 概述

应对可能含有危险气体（如易燃或可燃混合物）的制氢装置所有部分进行泄漏试验。

本条款的程序应执行两次：5.4.6至5.4.14中规定的所有试验之前和之后。

在进行泄漏试验之前，应确定在制氢装置正常运行期间，哪些部件通过（互连）连接承受相同的内部压力。这些部件应作为一个单独的试验段，应该单独加压，必要时，通过任何方便的方式与制氢装置的其余部分隔离。

##### 5.4.3.1.2 试验流体

对于含有危险气体或蒸汽的部分，规定使用可代表运行和关机期间预期组分的物理特性（例如分子量）的不易燃和无毒气体或蒸汽（例如清洁干燥空气或任何惰性气体）进行试验，并且该气体或蒸汽已设计用于制氢装置。

##### 5.4.3.1.3 测试压力

气体泄漏试验压力应为最大允许压力的110%。

承受外部压力的管道应在外部压差1.5倍的内部表压下进行测试，但不得低于105 kPa。

##### 5.4.3.1.4 测试程序

试验段应充满试验气体，并连接至合适的加压系统，加压系统包括能够维持所需泄漏试验压力的压力测量装置和用于确定泄漏的流量测量装置或压力衰减装置。泄漏测量装置应位于压力测量装置后被测部分的入口处。应采用任何方便的方法密封试验段。

压力应逐步增加，直到达到泄漏试验压力，保持每一步的加压时间足够长，以平衡管道应变。试验压力应保持至少10分钟，此时应记录流量测量装置或其他泄漏检测装置（如压力衰减装置）指示的任何泄漏。

##### 5.4.3.1.5 结果表示

如果使用氢气作为试验气体，应根据以下算法校正气体泄漏率。如果使用其他气体，应对算法进行调整。

$$L_H = R \cdot L_{Test}$$

其中

$L_H$ 为危险气体泄漏率；

$L_{Test}$ 为试验气体泄漏率；

$$R = (d_{Test}/d_{Fuel})^{1/2}$$

其中

$d_{Test}$ 为试验气体比重；

$d_{\text{Fuel}}$ 是可燃气比重；

或

$$R = \mu_{\text{Test}} / \mu_{\text{Fuel}}$$

其中

$\mu_{\text{Test}}$ 为试验气体绝对粘度；

$\mu_{\text{Fuel}}$ 是可燃气绝对粘度。

应使用这两个方程式计算R，并报告最坏情况，即危险气体泄漏率的较高值。

#### 5.4.3.1.6 验收标准

制氢装置总泄漏率应确保对于所提供的机柜通风流量，制氢装置通风排气中任何可燃气体的最大浓度应保持在LEL的25%以下，但氢气除外，氢气排气应保持在25%LFL以下。

受压部件应能承受气压试验压力，无破裂、断裂或其他物理损坏。

#### 5.4.3.2 烟气排空系统气密性试验方法

##### 5.4.3.2.1 测试程序

应使用制造商规定的最大进气和通风管长度与最大接头（包括配件）数量进行该试验。出于本试验的目的，制造商应提供：

—包含最大规定数量配件的通风系统；和

—密封试验配件，应该包括连接通风系统的通风环。

该试验配件还应有连接压力源和压力测量装置的入口接头。

整个通风进气系统，包括管道和端帽，应按照制造商的说明进行安装（和密封，如适用）。

##### 5.4.3.2.2 具有独立进气段和独立排气口部分的制氢装置

应拆除通风和进气终端，工艺空气进气段的入口在其进入制氢装置处密封。整个系统，包括制氢装置与通风和进气终端之间的工艺空气与废气连接处，应按照制造商的说明进行安装和密封。

排气口和进气口应在通风和进气终端的连接点处密封。密封装置应包括向系统进气和排气段供气的配件，以及测量系统各部分内部压力的装置。

应通过将测定内部压力的装置连接至充水压力计（可直接读数到2.5 Pa）来确定系统内的内部压力。

应允许适当供应的清洁空气流经计量装置，并进入通过供气配件加压的直接通风系统部分。系统未加压部分的供气配件应开启。

应将系统加压部分的内部压力调整为：

a) 在正燃烧室压力下运行的强制通风系统高于正常操作系统压力25 Pa；和

b) 所有其他系统为25 Pa。应记录直接通风系统的进气和排气部分的泄漏率。

如果系统排气部分的泄漏不超过流出物体积分数的2%，且系统进气部分的泄漏不超过流出物体积分数的8%，则认为满足本试验的规定。

##### 5.4.3.2.3 在进气段封闭排气段有全部或部分通风口的制氢装置

在这些制氢装置上，系统的排气口部分应视为排气通风段不包括进气段的部分。

通风进气终端应拆除，进气段的入口应在其进入制氢装置处密封。整个系统，包括制氢装置和排气进气终端之间的工艺空气和废气连接处，应按照制造商的安装手册进行安装和密封。无需安装位于进气部分内的任何通风口延伸件。

随后应在通风进气终端的连接点处密封直接通风系统。密封装置应包括同时向系统的进气口和排气口部分供气的配件以及测量内部压力的装置。

使用本条款中规定的试验装置和试验方法，应对整个系统进行加压，并记录泄漏率。

系统的排气部分应使用上述适当配件密封，密封处位于包含在制氢装置下游的进气段内排气段的第一接头。使用本条款中规定的试验装置和试验方法，对排气部分进行加压并记录泄漏率。

如果系统排气部分的泄漏不超过流出物体积分数的2%，且整个系统的泄漏不超过流出物体积分数的8%，加上排气通风部分确定的泄漏，则认为满足本试验的规定。

#### 5.4.4 保护参数测试

对于4.1中所述的安全性和可靠性分析产生的每个关键失效模式，应使用模拟测试程序或制造商提供的支持性证据来验证是否采取了所需措施。

验证应包括：

- 针对4.1所述安全和可靠性分析导致的任何关键故障模式，自动关闭制氢装置相关系统；和
- 4.10.2.4中要求的许可避免产生关键故障模式或不安全条件，其中系统运行的连续阶段要求在启动适用的连续操作阶段之前满足某些条件。

#### 5.4.5 燃烧器运行特性试验

##### 5.4.5.1 适用性

下列程序适用于配备任何燃料锅炉或加热装置的制氢装置，如重整部分的启动燃烧器，并且应在以下条件下使用热和冷燃烧器进行：

- a) 在供应压力下，使用5.2中规定的试验气体；
- b) 制造商规定的最大和最小燃料供应压力，如果与5.4.5.1a)中规定的压力不同；
- c) 当工作在额定输入电压的85%和110%时。当制氢装置在此范围内设有电压变化保护时，系统应在保护装置规定的限值内进行试验。此外，电压变化保护应按5.4.4进行校验。

##### 5.4.5.2 一般测试

自动点火系统应在燃料到达燃烧器喷口后立即点燃燃烧器燃料。当燃烧器燃气“开启”或“关闭”时，连续引燃器（若提供）不得熄灭。当燃烧器燃料关闭时，本规定不适用于间歇式或间断式引燃。

测试期间，应验证：

- 当燃烧器燃料“开启”时，燃烧器燃料有效点燃，无延迟点火、回火、过度噪声或设备损坏；
- 当燃烧器燃料“关闭”时，燃烧器火焰熄灭，无回火或过度噪声；
- 燃烧器火焰在燃烧室外部不闪烁；
- 燃烧器不积碳；和
- 燃烧器的主空气开口处没有气体逸出或背压。

##### 5.4.5.3 极限测试

试验应在不调节燃烧器和点火燃烧器的情况下进行。入口压力应降至正常压力的70%。在这些提供的条件下，应证明燃烧器安全运行，CO排放量保持在4.4.9要求的水平以下。如果可在这些条件下点火，则应在控制装置允许的最小热输入下重复该试验。

#### 5.4.6 燃烧器和催化氧化反应器自动控制试验

##### 5.4.6.1 概述

以下程序与可控氧化反应的所有组分的启动相关，例如在重整器段的启动燃烧器中的燃烧、催化部分氧化和催化燃烧。

#### 5.4.6.2 制氢装置燃烧器自动点火控制试验

##### 5.4.6.2.1 有效点火试验

当制氢装置保持在额定电压时，应激活点火器并观察点火情况。燃料到达主燃烧器喷口后，点火器应立即点燃主燃烧器燃料。火焰不得在制氢装置外部闪动，也不得对制氢装置造成任何损坏。

至少应进行五次点火尝试。在每种情况下，应在燃料到达主燃烧器喷口后立即点火。

##### 5.4.6.2.2 点火电压变化试验

###### 5.4.6.2.2.1 欠压试验

制氢装置的电压应调整至铭牌电压的85%。在此情况下，点火器应在主火焰建立期内点燃主燃烧器燃料。应测量CO排放量，以验证是否符合4.4.9的要求。火焰不得在制氢装置外部闪动，也不得对制氢装置造成任何损坏。

至少应进行五次点火尝试。在每种情况下，点火都应在主火焰形成期内进行。

###### 5.4.6.2.2.2 过压试验

制氢装置的电压应调整至铭牌电压的110%。在此情况下，点火器应在主火焰建立期内点燃主燃烧器燃料。应测量CO排放量，以验证是否符合4.4.9的要求。火焰不得在制氢装置外部闪动，也不得对制氢装置造成任何损坏。

至少应进行五次点火尝试。在每种情况下，点火都应在主火焰形成期内进行。

##### 5.4.6.2.3 主火焰建立试验

当制氢装置按5.3的规定运行时，应检查火焰形成期。从通入主燃料流到验证点火装置或燃烧器火焰（如适用）的时间不得超过制造商规定的主火焰形成期。

##### 5.4.6.2.4 熄火锁定时间试验

制氢装置应在其额定燃料消耗率下运行，直到达到热平衡。应在引燃器（如有配备）和主燃烧器通过切断燃料而故意熄灭的时刻与自动点火控制装置有效切断燃料供应的时刻之间测量火焰熄灭锁定时间。自动点火控制装置应在4.7.4中规定的火焰故障锁定时间内断开所有燃料安全切断阀。

在燃烧器点燃的情况下，应通过断开火焰探测器来模拟火焰故障。应测量该时刻与火焰监测装置有效切断燃料供应之间的时间。出于本试验的目的，应将制造商规定的最大火焰熄灭锁定时间用作验收标准。

##### 5.4.6.2.5 循环/火花恢复试验

应检查循环点火系统的循环时间，同时将制氢装置调整至其额定燃料消耗率。当火花恢复，应验证在火焰故障后，点火器在主火焰建立期内有效地重新点燃燃料。火焰不得在制氢装置外部闪动，也不得对制氢装置造成任何损坏。

在燃烧器点燃的情况下，应通过断开火焰探测器来模拟火焰故障。应测量火焰中断到火焰探测器切断燃料流之间的时间。此外，还应测量燃料流停止到点火器重新通电的时间。对本试验来说，制造商规定的最大火焰熄灭锁定时间和最小循环时间应作为验收标准。

##### 5.4.6.2.6 引燃火焰减少试验

当引燃燃料供应减少至刚好保持安全关闭阀打开或刚好高于火焰熄灭点（以较高引燃燃料率为准）时，引燃器（如有）应在主燃烧器处实现燃料安全点火。火焰不得在制氢装置外部闪动，也不得对制氢装置造成任何损坏。

该试验应从冷启动和制氢装置达平衡状态关闭后立刻开始。在降低引燃燃料率时，主燃烧器应在主火焰故障锁定时间内点火。

#### 5.4.6.2.7 延迟点火试验

对于直接通过电点火器点燃主燃烧器的制氢装置，燃料点火的延迟不应导致火焰回流至制氢装置外部，或对制氢装置和所连接的通风系统造成任何损坏。为了进行本试验，应使用制造商规定的自动燃油点火系统的最大点火期。对于在点火期试验结束前点火器停用的系统，应使用制造商规定的最大点火激活期定时进行试验。

制氢装置处于室温时，制氢装置应以正常热输入率投入运行，点火装置暂时避开不同时间间隔，直至制造商规定的最大点火试验期或制造商规定的最大点火激活期（以较短者为准）。对于多次试验系统，应在每次点火试验的不同时间间隔内进行点火尝试，并在整个操作序列中激活点火装置，直至锁定。

每次试验时，应观察主燃烧器的点火情况。

延迟点燃试验也可用于确认制造商规定的主火焰形成期。

#### 5.4.6.2.8 点火系统部件温度测试

热电偶或等效温度测量装置应连接至每个点火系统部件的适用点。制氢装置应在额定燃料消耗率下运行，直至达到平衡状态。然后应测量部件的温度。测量的温度不得超过制造商规定的最高温度。

#### 5.4.6.2.9 燃烧器吹扫试验

本试验适用于按照4.7.4要求吹扫的系统。

根据制造商选择的选项，应根据制造商的规范确定和检查吹扫体积或吹扫时间。

吹扫体积的确定如下：

a) 制氢装置应处于环境温度且不运行。吹扫风机应在实际吹扫条件下供电。

b) 在环境温度下，应在燃烧产物排空管道出口处测量吹扫率，误差限值为 $\pm 5\%$ ，并根据参考条件进行校正。

c) 制造商应说明燃烧回路的容积。

吹扫时间的确定如下：

d) 制氢装置应处于环境温度且不运行。

e) 应测量吹扫风机启动到安全切断阀打开的时间。

#### 5.4.6.3 催化氧化反应器自动控制试验

##### 5.4.6.3.1 反应起始时间试验

应按照制造商的规定运行制氢装置，直到达到反应启动的条件。然后，应打开富空气运行的燃料供应或富燃料运行的空气供应。应测量该时刻与反应堆监测装置发出反应已成功启动的信号之间的时间。测量的时间不得超过制造商规定的最大反应起始时间。

##### 5.4.6.3.2 反应失效锁定时间

达到平衡条件前应按照5.3中的规定运行制氢装置。随后应关闭富空气运行的燃料供应或富燃料运行的空气供应。

在催化反应器点亮的情况下,应通过断开监测反应温度的装置来模拟反应故障。从这一时刻到系统控制装置关闭富空气运行燃料供应或富燃料运行所有反应物供应之间的时间不应超过4.7.5中规定的反应故障锁定时间。

#### 5.4.7 通风系统的机械测试

##### 5.4.7.1 概述

除非通过计算证明通风系统满足以下要求,否则应对通风系统进行机械试验。

##### 5.4.7.2 拉力和扭矩试验

通风系统应按照制造商的说明安装在制氢装置上。通风系统组件的组装应确保通风管延伸超出制氢装置外壳。如果制氢装置排气系统的组装中包含胶结接头,则应按照制造商说明中的规定干燥胶结剂。

以将通风管从制氢装置中拉出的倾向,沿通风管的纵向中心线施加223 N的力。随后对通风管施加大小相同方向相反的力。每种情况应力持续5分钟。

应在部件中心线上沿一个旋转方向施加34 N·m的扭矩,持续1分钟。然后沿相反方向施加扭矩一分钟。如果接头通过以下排气泄漏试验,则视为可接受排气管相对于排气环的旋转。

试验后,应检查通风连接和其他内部零件是否有泄漏、破损或拆卸的迹象。如果制氢装置通过5.4.12.2和5.4.3.2中规定的阻塞出口燃烧试验和排气泄漏试验,则认为该规定得到满足。

##### 5.4.7.3 通风终端负载试验

通风系统应按照制造商的安装手册进行组装。垂直悬挂载荷为公称管道直径(单位为mm)的七倍,最大750 N,施加应力不影响通风终端的情况下均匀分布在通风终端上,并保持一分钟。卸载应力,通风终端的任何部分不应发生重大变形,或改变其相对于制氢装置的位置,从而导致设备不能正常运行。

随后,制氢装置应在正常输入速率下运行,直到达到平衡条件。采集并分析流出物样品。基于无空气样品,CO浓度不得超过4.4.9的要求。

##### 5.4.7.4 通风终端冲击试验

冲击应通过摆锤作用产生。

在缆绳或绳子上悬挂装有重12 kg的砂袋,从旋转点到砂袋重心的摆锤测量长度为2.20 m。袋子在静止位置时,袋子边缘与通风终端边缘之间的间距不超过25 mm。通风口上的冲击点应与袋子的重心相对。然后升高袋子,测量袋子处于静止位置的摆臂和处于升高位置的摆臂之间规定的试验角度。

应在以下冲击点各进行一次冲击:

- a) 通风终端的垂直前表面的中心;
- b) 通风终端左侧的前缘,摆动轨迹从a)中应用的轨迹向左旋转45度角;
- c) 通风终端右侧的前缘,摆动轨迹与a)中应用的轨迹成45度角向右旋转;

每次冲击后,制氢装置应在正常输入速率下运行,直到达到平衡条件。然后,采集并分析流出物样品,在每种情况下,无空气样品上的一氧化碳浓度不得超过4.4.9的要求。

根据制造商的说明,可在每次冲击和燃烧试验后更换通风终端。

#### 5.4.8 表面和部件温度试验

当制氢装置达到平衡运行条件时,应测量温度,以确定是否满足4.4.5、4.4.2以及4.7.2.3.3和4.7.3的要求(如适用)。

#### 5.4.9 墙壁、地板和天花板温度测试



本试验应在仅供室内使用的制氢装置上进行。制氢装置应放置在由无光黑色胶合板制成的六面矩形不通风试验箱中，标称厚度为20 mm。根据制造商在安装手册中规定的与可燃材料的最小间隙距离，试验箱的尺寸应确保制氢装置适合试验箱。

应通过细丝热电偶测温度升高。

注 金属丝直径不超过0.3 mm的热电偶被视为细金属丝热电偶。

用于测定试验箱墙壁、天花板和地板表面温升的热电偶，应粘贴在直径15 mm、厚1 mm的铜或黄铜黑盘背面。盘的前端应与测试面板的表面齐平安装。

热电偶应在能检测最高温度的位置，并在试验过程中根据需要改变位置。

在制氢装置开始运行之前，应测量并记录环境温度。

制氢装置应在最大功率输出下运行。温度平衡后，应测量试验面板温度。

温度升高不得超过4.4.5的要求。

5.4.10 聚合物组件的温度

应确定聚合物组件的最高工作温度：

一对于室内制氢装置，在5.4.9要求的墙壁、地板和天花板温度测试期间，将热电偶放置在聚合物组件上；

一对于室外制氢装置，在防风环境中以最大功率输出以及制造商按照4.3.3规定的最大空气温度运行时，将热电偶放置在聚合物组件上。

在全通风循环空气烘箱中暴露于不低于70℃的温度或高于最高操作温度10℃的温度（以较大者为准）7小时后，应测定聚合物组件的功能完整性。

部件应无收缩、翘曲或其他变形，以免影响其预期功能或产生安全风险。

5.4.10.1 出口管温度试验

当制氢装置达到平衡运行条件时，应测量所有出口管的温度。所得温度不得超过制造商规定的最高温度。

5.4.11 风力试验

5.4.11.1 垂直于墙壁的风的风源校准程序

风源校准配置应包括垂直于测试墙中心的风源中心，测试墙配有位于通风终端周围的四个端口，通风终端根据制造商安装手册安装在测试墙中心。应对端口进行分流，以获得单个平均静压读数。风源对准墙壁时，由制氢装置燃烧空气开口处参考的压力计测量的平均静压读数将作为表4所示关系校准风源的依据。

表 4 关系

标称风速 千米/小时	平均静压 帕
16	10
54	116

此外，以50 km/h速度校准的，距离试验墙305 mm处垂直于试验墙并与端口成一直线的风源不得产生超过12 Pa（16 km/h）的速度压力。

5.4.11.2 室外制氢装置

5.4.11.2.1 适用性

这些试验仅适用于室外用制氢装置或室外用制氢装置部件。

#### 5.4.11.2.2 吹风条件下的操作验证

室外用制氢装置机柜或室外用制氢装置部件的外壳应按照以下方法进行吹风试验并通过。

当暴露于标称速度小于等于50 km/h的风时，制氢装置应正常启动和运行，不会损坏或故障任何部件，也不会产生危险或不安全条件。

根据5.4.11.1校准的风源应对准制氢装置最关键点的外表面。风源的位置应确保覆盖外表面整个投影面积，以规定速度水平指向制氢装置，在距制氢装置迎风面50 cm的垂直平面上测量。

当制氢装置承受标称速度为16 km/h的风时，引燃器（若提供）应能被点燃。

当制氢装置承受标称速度为50 km/h的风时，燃烧气体应在主火焰形成期内从点火装置点燃，燃烧器和引燃火焰不得熄灭。设置引燃器时，应单独操作，并与燃烧器同时操作。

#### 5.4.11.2.3 吹风条件的CO排放

在5.4.11.2.2的试验过程中，当制氢装置暴露于0 km/h至50 km/h的风中时，应检查CO排放。制氢装置在达到恒定的排气温度前应按规定输入速率下运行。在该风速范围期间，测量CO排放量，以验证是否符合4.4.9的要求。

#### 5.4.11.3 室内制氢装置

##### 5.4.11.3.1 适用性

试验仅用于室内使用的制氢装置。应采用制造商规定的最大进气量和烟气排气管长度进行试验。制造商应为试验提供烟气排风口。整个烟气排风-进气系统，包括管路和端盖，应按照厂家安装手册在试验墙上安装（并封存，如适用）。

##### 5.4.11.3.2 吹风条件下的操作验证

###### 5.4.11.3.2.1 风平行于试验墙

当风与试验壁平行测量时，应在50 km/h（117 Pa自由流速度压力）的标称速度下对风源进行校准，在垂直于试验墙的平面上的三个位置使用皮托管，并将烟气排放系统平分。

就本试验而言，试验墙应承受标称速度为50 km/h的平行风。当暴露于50 km/h校准风源时，制氢装置应可以启动并在10 min内而不关机。

###### 5.4.11.3.2.2 风垂直于试验墙

就本试验而言，试验墙应承受标称速度为50 km/h，由按照5.4.11.1规定校准的风源产生的垂直风。

当暴露于50 km/h风源时，燃烧气体应在主火焰形成期内从点火装置点燃，燃烧器和引燃火焰不得熄灭。引燃器（若有）应单独操作，并与燃烧器同时运行。制氢装置不得在10分钟内关闭，并且当通过自动控制装置循环开启和关闭时应继续运行。

###### 5.4.11.3.2.3 吹风条件的CO排放

在5.4.11.3.2.1的试验过程中，当范围从0 km/h至50 km/h的风向通风进气终端施加时，应检查CO排放。制氢装置在达到恒定的排气温度前应按规定输入速率下运行。在施加该风速范围期间，应测量CO排放量，以验证是否满足4.4.9的要求。

#### 5.4.12 CO排放测试

##### 5.4.12.1 平衡条件试验

当制氢装置达到平衡运行条件时，应测量CO排放量，以验证是否符合4.4.9的要求。具有可变输出容量的制氢装置应在25%、50%、75%和100%的容量水平下进行试验。

#### 5.4.12.2 出口阻塞试验

应在制氢装置排气出口逐渐堵阻塞至任何程度（包括完全关闭）的情况下检查CO排放。制氢装置应在规定燃料输入率下运行至少15分钟。当制氢装置包含控制装置以在出口阻塞条件下自动关闭主燃料供应时，排气出口的面积应逐渐减小至最低点，此时控制装置保持在其打开位置。测量CO排放量，以验证是否符合4.4.9的要求。

#### 5.4.12.3 供气阻塞试验

应在通过进气导管输入外部空气的制氢装置上进行试验。制氢装置应在标称燃料输入率下运行至少15分钟。

进气管应逐渐阻塞。随后应测量CO排放量，以验证是否符合4.4.9的要求。当制氢装置处于环境温度时，应逐渐重新打开供气管道，并确定燃烧器点燃的阻塞情况。在此阻塞情况下，一旦达到热平衡，应测量CO排放量，以验证是否符合4.4.9的要求。

#### 5.4.12.4 变电压试验

应在依赖机械装置（如风扇）将空气引入制氢装置燃烧器或排放其排放物的制氢装置上进行该试验。制氢装置应在标称燃料输入率下运行至少15分钟。

风扇接头处的电压应逐渐降低。在燃烧产物的CO浓度超过4.4.9的要求之前，检查燃气供应是否关闭。当制氢装置处于环境温度时，风扇接头的电压应从零开始逐渐增加。应确定燃烧器点火时的电压，在该电压下测量CO排放量，以验证是否符合4.4.9的要求。

#### 5.4.13 由失效与燃料断供带来的极限测试

应按照5.3的适用规定安装和操作制氢装置。应对每个效用系统和燃料系统进行试验，如电力、给水、冷却水、仪表空气等，这些供应应逐渐中断。

系统应安全关闭，而没有：

- 造成任何健康或安全危害；
- 系统的永久变形或损坏；

如果制氢装置在关闭和/或储存期间需要吹扫气体进行保护，则不需要对惰性气体和第二种公用介质同时故障进行测试。但是，应测试验证吹扫气体供应损失是否导致报警。

#### 5.4.14 操作验证

##### 5.4.14.1 概述

本试验的目的是验证在5.3的试验条件下使用标称燃料输入时，氢输出不小于标称氢输出，且氢纯度不低于规定氢纯度。

##### 5.4.14.2 功能

应测试制氢装置的功能，特别是与安全 and 保障有关的部分。应测试制造商规定的所有模式和过渡条件。系统应安全运行，而没有：

- 造成任何健康或安全危害；
- 系统的永久变形或损坏。

##### 5.4.14.3 操作

达到平衡条件后，在100%容量下测量产品气流流速和燃料供应。应使用与气体流相同的方法或适用于液体燃料的其他方法测量燃料供应气体流。

具有可变输出容量的制氢装置应在25%、50%、75%和100%的容量水平下进行试验。

具有不同输出设置的制氢装置应在每个不同的输出设置下进行测试。

每个容量水平或输出设置应在平衡操作条件下进行测量。应根据GB/T 4214.10确定空气噪声排放。

根据5.1进行的测量，应确定以下特性：

- 产氢速率；
- 燃料输入率；
- 产出物流中的氢含量（干基）；
- 氢气输出流的压力、温度和湿度；
- 额定输出时的耗电量；
- 空气噪声排放。

#### 5.4.14.4 累计运行

在试验5.4.13和5.4.14.3之后，应完成720小时的累积运行试验。在720小时累积运行试验之后，应重复5.4.3规定的允许泄漏试验。

### 5.5 常规试验

每台制氢装置在交付前应进行以下常规试验：

—根据5.4.2.2和5.4.3，对携带易燃流体的制氢装置部分进行泄漏试验；

—按5.4.5进行燃烧器运行特性试验；

—根据GB/T 5226.1（适用于工业应用）或IEC 4706.1-2005（适用于住宅、商业和轻工业应用）对装置高压电路进行介电耐受（低电压）试验，施加1分钟，或施加该值的120%的电压施加1秒；

注 如果制氢装置使用可能被介电电位损坏的部件，例如固态装置，则可在断开部件与接地的连接点或在部件电气连接前进行试验。

—根据GB/T 5226.1（工业应用）或IEC 4706.1-2005（住宅、商业和轻工业应用）进行保护连接电路连续性测试。

## 6 标记、贴标和包装

### 6.1 制氢装置标记

每个制氢装置应带有铭牌或标签组，制氢装置在预期安装位置时铭牌或标签组要易于阅读。

标记应明确说明任何使用限制，尤其是制氢装置安装区域的通风要求。

注 ISO/TR 15916:2004子条款7.5.8给出了与装有氢气处理设备空间通风相关的原则。

铭牌和/或标签应包括以下信息：

- a) 制造商的名称、商标和地址；
- b) 目录号和型号或类型；
- c) 序列号；
- d) 单位为伏特的电输入范围；
- e) 单位为安培的电流额定值；
- f) 频率（赫兹）和相位数；
- g) 单位为瓦特的额定标称功率输入；
- h) 额定标称热输入（如适用）；

- i) 制氢装置使用的输入燃料类型和质量;
- j) 燃料供应压力的允许范围;
- k) 室外或室内使用;
- l) 产生氢气的能力, 单位为千克/小时;
- m) 产出物流中的氢含量(干基);
- n) 氢气输出压力, 单位为千帕斯卡;
- o) 对本文件的引用。

根据GB/T 3836.14, 如果评定制氢装置在危险区域运行, 则应进行相应标记。

制氢装置应标记以下内容: “有关管道、电气和仪表互连的零件清单和安装程序, 请参考安装说明。”

## 6.2 部件标记

应放置警告标志来识别电气危险、排水阀的内容物、热部件和机械危险。应优先使用ISO 3864中给出的标准符号。如果使用警告声明代替符号, 则声明应包括信号词, 如危险、警告或注意、危险以及如何避免危险。制氢装置柜至少应明显标有6.3.3中规定的警告标志。

无论是在项目上还是在项目附近, 人机界面中使用的控制装置、视觉指示器和显示器应清楚标明其功能。应特别注意与安全相关的内容。应优先使用GB/T 5465.2和GB/T 27000中给出的标准符号。

## 6.3 产品技术文件

### 6.3.1 概述

制造商应为每个制氢装置提供制氢装置安全安装、操作和维修所需的信息, 尤其注意任何使用上的限制。信息应以技术文件的形式提供, 如图纸、图表、图表、表格和说明, 这些文件应采用适当的数据介质和适当的语言。

部分技术信息可能仅供合适人员使用, 在这种情况下, 制造商应规定人员资格标准。

制氢装置提供的信息应包括:

- a) 对设备、安装和装载以及与电源连接清晰、全面的描述;
- b) 制氢装置的技术规范, 至少包括6.1中标记所需的信息;
- c) 电力供应需求;
- d) 4.3规定的物理环境和运行条件;
- e) 电路图;
- f) 信息(如适用)
  - 1) 处理、运输和储存,
  - 2) 软件编程,
  - 3) 操作顺序,
  - 4) 检查频率,
  - 5) 功能测试的频率和方法,
  - 6) 调整、维护和维修, 特别是保护装置和电路, 以及
  - 7) 零件清单和推荐备件清单;
- g) 防护装置、联锁功能和联锁潜在危险情况的说明(包括互连图), 特别是制氢装置与其他设备项目(如燃料电池动力系统或氢压缩、储存和输送系统)协调运行的情况;
- h) 安全防护以及需要暂停安全防护时所提供方法的说明(例如手动编程、程序验证);
- i) 本文件要求纳入产品技术文件的所有信息。

### 6.3.2 安装手册

安装手册应向安装人员提供发电机安装前期工作所需的所有信息。

尤其要提供互连图或表格。该图表或表格应给出所有外部连接的完整信息（例如电力供应、燃料供应、供水、控制信号、排气通风、通风连接、产品交付互连等）。

如果适用，安装说明应提供以下指导：

- a) 制氢装置基础的位置和设计，包括防振装置；
- b) 通风要求
- c) 泄压排空管、烟气排空系统和产品输送管的设计、施工和安装；
- d) 防止气候危害；
- e) 与洪基高度相关的建议高度；
- f) 安全外壳；
- g) 与可燃材料或火源、植被、人行道、公共道路、道路和铁路轨道的最小净空距离；
- h) 防止车辆撞击；
- i) 供气、通风和排气口周围的间隙，单位为米；
- j) 维护、维修和正确操作的间隙，单位为米；和
- k) 锚固装置。

注 附录D提供了有关制氢装置安装的信息。

### 6.3.3 用户信息手册

对用于住宅、商业和轻工业的制氢装置，如住宅燃料电池动力系统的氢气源，为便于维护，制造商应向制氢装置所有者提供用户信息手册以及任何适当的附加信息，如进口商、维修商地址等。

用户信息手册应采用用户本国语言。

用户信息手册应打印、排版或编排得易于遵循

根据需要使用插图辨识制氢装置部件、尺寸和间隙、组装部件和连接点来明确说明。同样使用插图来识别可维修部件的位置，并说明执行维修程序的正确方法。

引号中的文本应如所示出现在用户信息手册中。

用户信息手册应置于制氢装置的专用插袋中，或用制氢装置上的夹子固定，或装在标有指示的信封中让安装人员将其粘贴在制氢装置上或附近，并提供给用户保存，以供将来参考。

每个用户信息手册应分为适当的章节，并应包括目录和清晰标记的页码。

封面应仅向用户提供最重要的安全说明。如适用，作为最低要求，手册的封面或第一页（如果没有封面）应带有以下安全预防措施，如图1至图3所示。

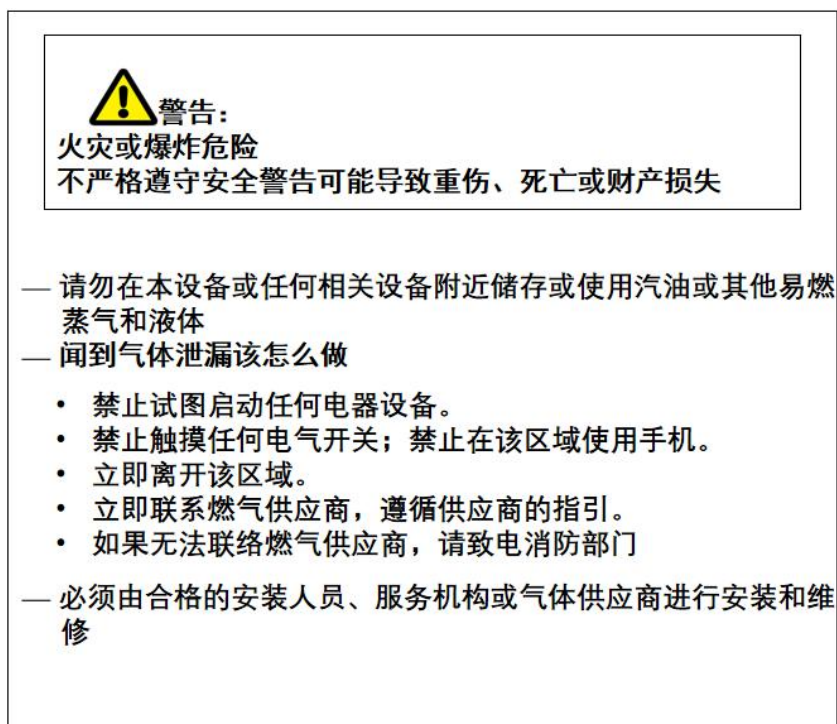


图 1 臭味气体燃料系统的最低安全注意事项

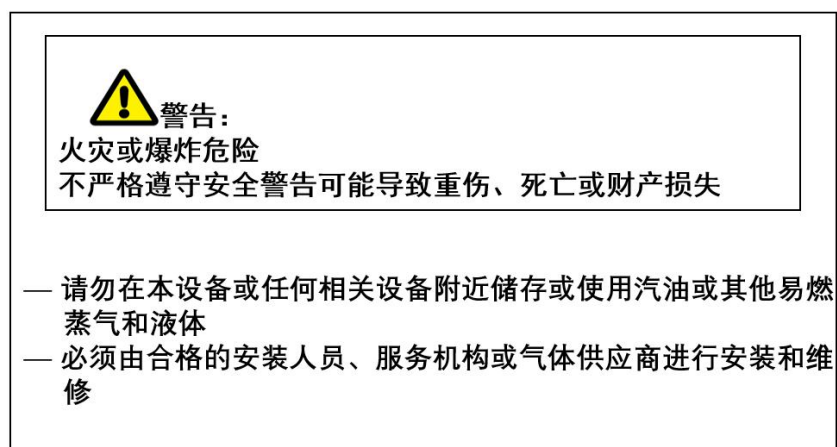


图 2 无臭味气体燃料系统的最低安全注意事项

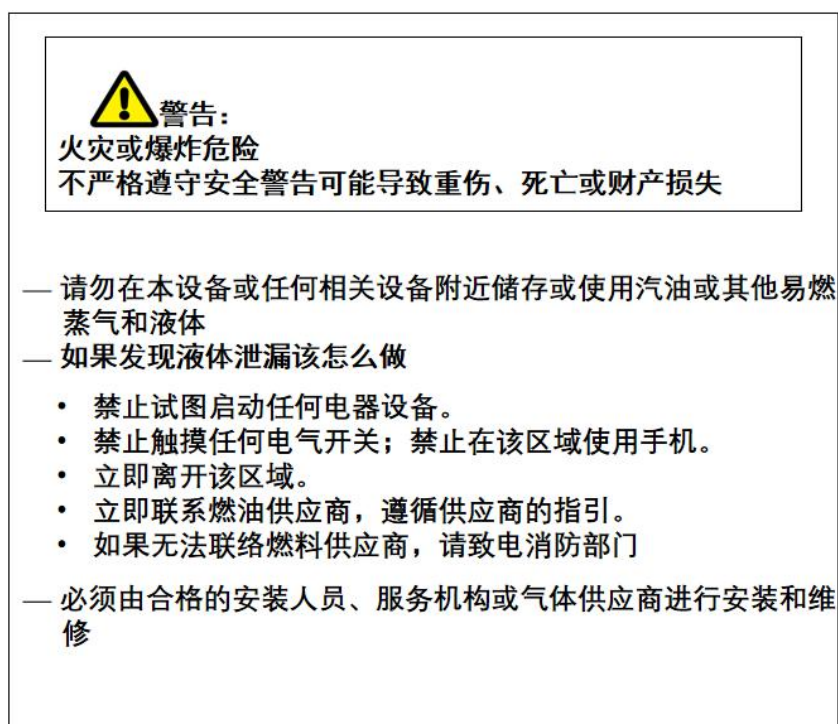


图3 液气体燃料系统的最低安全注意事项

封面应包含声明，告知用户应阅读手册中的所有说明，并应保存所有手册以供将来参考。

手册前几页应包含安全章节，以向制氢装置用户提供特定制氢装置的潜在危险列表和安全相关说明。参考手册的特定章节或页面，安全章节中应至少包含以下声明：

- a) 制氢装置周围区域必须保持清洁，无易燃材料、汽油和其他易燃蒸汽和液体；
- b) 在燃烧或通风需要空气的情况下，不得堵塞或阻塞制氢装置上的空气开口、与制氢装置安装区域连通的空气开口以及制氢装置周围为确保和排放所需空气提供间隙的所需间隔；
- c) 启动和关闭制氢装置的说明应用图示说明并定位所有用户界面组件；
- d) 以下声明：“任何部件浸入水中时，请勿使用本制氢装置。洪水损坏的制氢装置具有潜在的危險。试图使用制氢装置会导致火灾或爆炸。应联系合格的服务机构检查制氢装置，并更换所有受潮的气体控制、控制系统部件和电子部件。”；
- e) 过滤器更换或清洁频率以及更换过滤器的尺寸和类型的规范应包含过滤器拆卸和更换说明，并图示说明和定位过滤器拆卸和更换说明中涉及的制造商提供的所有部件；
- f) 定期清洁必要部件的推荐方法；
- g) 制氢装置装置检查说明，以确定：
  - 1) 与排水、通风和通风排气系统相关的任何进气口或排气口清晰且无阻；
  - 2) 制氢装置的物理支撑牢固地环绕基座，没有下垂的裂缝、缝隙等，以便在支撑件和基座之间提供密封；
  - 3) 制氢装置没有明显劣化迹象；
- h) 用户对上述g)中检查的必要性和最低频率的指示，以及合格服务代理对制氢装置进行定期检查的要求。

正文安全说明应参考或包含手册封面和安全章节中的安全预防措施。手册中描述的潜在危险情况应要求创建额外的预防性安全声明。

#### 6.3.4 操作手册



#### 6.3.4.1 概述

操作手册应详细说明启动和使用制氢装置的适当程序。应特别注意手册提供的安全措施以及预期的不当操作方法。

操作手册应包含与使用制氢装置相关的危险章节。至少应涵盖存在氢气的相关危险以及使用吹扫气体（如使用）的相关危险。

如果设备操作可以编程，应提供有关编程方法、所需设备、程序验证和附加安全程序（如需要）的详细信息。

说明书应给出制氢装置空气噪声排放的相关信息，包括实际值或基于对相同制氢装置进行的测量确定的值。如果可能在潜在爆炸性环境中使用制氢装置，则说明书应给出IEC 60079相关部分对所用保护类型要求的所有必要信息。

以防非专业操作员使用制氢装置，在遵守上述其他基本要求的同时，使用说明书的措辞和布局应考虑此类操作员可合理预期的一般教育水平和敏锐度。

#### 6.3.4.2 远程监控系统

如果制氢装置配有远程监控系统，则制造商应提供应对远程监控系统变更的程序。该程序应说明以下几点：

- 制氢装置位置有负责人；
- 制氢装置位置没有负责人。

程序应至少涵盖以下几点：

- a) 远程修改控制参数；
- b) 认证远程监视系统的升级；
- c) 远程升级软件；
- d) 认证参数的改变；
- e) 远程改变参数；
- f) 上传参数；
- g) 上传软件；
- h) 操作合规；
- i) 撤消/逆转所有更改；
- j) 测试和备份文档。

#### 6.3.5 维护手册

维护手册应详细说明调整、维修、预防性检查和维修的适当程序。关于维护和维修记录的建议应作为维护手册的一部分。如果提供了验证正确操作的方法（例如软件测试程序），则应详细说明如何使用这些方法。

维护手册应包含明确定义、清晰和完整的信息，至少包括以下内容：

- a) 启动和关闭制氢装置的说明，应图示说明并定位所有部件；
- b) 过滤器更换或清洁频率规范以及更换用过滤器的尺寸和类型，应包含过滤器拆卸和更换说明，并图示说明和定位过滤器拆卸和更换说明中提及的制造商提供的所有部件；
- c) 定期清洁必要部件的推荐方法；
- d) 活动部件的润滑说明，包括润滑剂的类型、等级和用量；
- e) 制氢装置检查说明，以确定：
  - 1) 任何进气口或排气口应清晰且无阻；
  - 2) 制氢装置或其支架（即底座、框架、机柜等）没有明显的物理劣化迹象；

- f) 定期检查通风系统和所有功能部件；
- g) 根据5.4.12.1在平衡运行条件下对CO排放定期取样；
- h) 部件清单，包括订购备件或更换部件所需的信息。

维护手册还应列举对制氢装置部件进行的所有定期和例行维护活动，并指出这些检查的必要性和最低频率。

维护手册应规定由合格的维修人员对制氢装置进行定期检查。

当有必要避免健康或安全风险时，制造商应在维护手册中纳入关于停运和处置制氢装置或其材料和部件的要求。

应验证是否符合适用的区域或国家环境规范 and 标准，并应考虑回收方法。回收指南见附录C。

附 录 A （资料性）  
本标准中涉及的重大危害和危险情况

本标准中涉及的重大危险和危险情况见表A. 1。

表A. 1 本标准中涉及的重大危害和危险情况

重大危害和危险情况	子条款
由于以下原因导致的机械危险：	
形状（锋利表面）	4. 4
相对位置（绊倒/碰撞危险）	4. 4
质量和稳定性（在重力作用下可移动组件的势能）	4. 4
质量和速度（受控或非受控运动中组件的动能）	4. 4, 4. 13
机械强度不足（材料或几何结构规格不充分）	4. 4, 4. 6, 4. 14
压力流体（超压、压力流体喷射、真空）	4. 4, 4. 6
由于以下原因导致的电气危险：	
人员接触带电部件（直接接触）	4. 8
联系在故障条件下带电的零件的人员（间接接触）	4. 8
在高压下接近带电部件	4. 8
静电现象	4. 6, 4. 8
电磁现象	4. 9
短路、过载产生的热/化学效应	4. 8
熔融颗粒投影	4. 8
由于以下原因导致的热危害：	
在极端高温下人员与表面接触	4. 4
高温流体释放	4. 6
热疲劳	4. 5, 4. 6
设备温度过高导致不安全操作	4. 1
由材料和物质产生的危害：	
与有害液体、气体、烟雾、烟尘接触或吸入产生的危害。	4. 4
易燃液体泄漏导致火灾或爆炸危险	4. 7
由于易燃混合物内部积聚导致火灾或爆炸危险	4. 7
由材料变质（例如腐蚀）或积聚（例如污垢）引起的危险情况	4. 5
窒息	4. 4
反应材料（自燃）	4. 4, 4. 5
故障产生的危害：	
由于软件或控制逻辑故障或不足导致的不安全操作	4. 10

重大危害和危险情况	子条款
由于控制电路或保护/安全组件故障导致的不安全操作	4. 10
由于断电导致的不安全操作	4. 10
<b>忽视人体工程学原理产生的危险：</b>	
由于手动控制装置的设计、位置或标识不当造成的危险	4. 10
由于视觉显示装置和警告标志的设计或位置不当造成的危险	4. 10
噪声	4. 4
<b>错误的人为干预产生的危害：</b>	
因偏离正确操作而造成的危险	4. 10, 6. 3
由制造/装配/安装错误引起的危险	4. 4, 6. 3, 4. 17
维修失误造成的危害	6. 3, 4. 17
破坏行为	4. 14
<b>环境危害：</b>	
在极热/极冷环境中不安全操作	4. 14, 4. 15
暴雨、洪水	4. 14
风	4. 14, 4. 3
地震	4. 3, 4. 4
烟霾	4. 3
雪、冰雹	4. 14
害虫袭击	4. 14
<b>污染：</b>	
大气污染	4. 4
水污染	4. 4, 4. 5, 4. 6
土壤污染	4. 4

## 附录 B（资料性） 氢环境下的渗碳和材料相容性

### B.1 渗碳

常规渗碳是蒸汽重整炉中高温合金的常见问题。它是由碳向内迁移引起的，其来源是碳氢化合物裂解，使金属基体中形成碳化物。高温（通常高于800℃）促进该过程，最终导致延展性损失。

通常，合金的渗碳导致在环境温度下低的延展性。碳吸附会增加金属的体积和膨胀系数，导致强烈的内部应力，导致设备过早失效。失效通常由蠕变断裂和低周疲劳引起。如果渗碳足够严重，它也会影响高温蠕变和破裂特性。关于这个问题，不同合金之间的公差似乎存在差异。

渗碳速率通常随以下因素而变化：

—温度：温度每升高55℃，速率大致翻倍；

—CO/CO<sub>2</sub>比：反应动力学由气体中CO/CO<sub>2</sub>的比率和温度控制；

—强渗碳条件：强渗碳条件指在中等温度（通常为450℃–850℃）下低蒸汽/碳比的CO/CH<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>流，且氧化层存在缺陷的条件；

—镍和硅含量：含量高更好；

—保护和再生氧化膜：合金中的Cr、Si、Al是有利的；

这些规则是通用的，但由于金属反应的异常特性，可能不适用于材料和环境的所有组合。

### B.2 氢环境下的材料兼容性

#### B.2.1 组件

处理气态氢或含氢流体的部件，以及用于密封或连接气态氢或含氢流体的所有部件，应在工作条件下抵抗氢气的化学和物理作用。

#### B.2.2 金属和金属材料

本标准的使用者应注意暴露在氢使用环境的工程材料可能通过不同机理（例如氢脆和氢侵蚀）存在氢助腐蚀敏感性的提升。

氢脆定义为由于氢原子的渗透而导致金属韧性或延展性降低的过程。

氢脆通常被认为有两种类型。第一种情况称为内部氢脆，当氢通过材料加工技术进入金属基体时，金属中的氢过饱和。第二种类型是环境氢脆，这是由于氢被使用环境中的固体金属吸收而导致的。

溶解在金属中的氢原子与金属的固有缺陷相互作用，通常会提高裂纹扩展敏感性，从而降低基本性能（如延展性和断裂韧性）。材料和环境变量都对金属中的氢助断裂有明显作用。由于成分和加工变化而可能存在或可能不存在的材料微观结构会影响金属的抗断裂性。第二相（例如奥氏体不锈钢中的铁素体纵梁）也可能具有特定的取向，导致材料有显著的各向异性响应。通常，金属被加工后也可以具有宽范围强度，并且已知对氢助断裂的抗性随着合金强度的增加而降低。

影响氢助压裂的环境因素包括氢压、温度、化学环境和应变速率。通常，氢辅助破裂的敏感性随着氢压的增加而增加。然而，温度的影响不是系统性的。一些金属（如奥氏体不锈钢）表现出氢辅助断裂敏感性随温度变化的局部最大值。虽然还不清楚，但和氢气混合的痕量气体也能影响氢辅助压裂。例如，湿气对铝合金可能是有害的，因为湿法氧化产生高逸散性的氢，而在一些钢中，湿气被认为通过产生用作氢吸收的动力学屏障的表面膜来提高对氢助断裂的抵抗力。在氢的存在下通常观察到所谓的逆应变速率效应；换句话说，在高应变速率下，金属对氢助断裂不太敏感。

在接近环境温度的温度下，这种现象会影响具有体心立方晶格结构的金属，例如铁素体钢。在没有残余应力或外部载荷的情况下，环境氢脆表现为各种形式，如起泡、内部裂纹、氢化物形成和延展性降低。当拉伸应力或应力强度因子超过特定阈值时，原子氢与金属相互作用，诱发亚临界裂纹扩展，导致断裂。

在高温热处理和电镀、接触维护化学品、腐蚀反应、阴极保护以及在高压、高温氢气中运行期间，可能发生氢脆。

在高于200℃的温度下，许多低合金结构钢可能遭受氢侵蚀。这是由扩散的氢与钢中的碳化物颗粒之间的化学反应引起钢微观结构的不可逆退化，该化学反应导致甲烷气泡沿晶界成核、生长和合并，从而形成裂缝。

氢化物脆化发生在诸如钛和锆的金属中，并且是在结构内形成热力学稳定且相对脆的氢化物相的过程。

复合焊接和异种材料之间的焊缝通常涉及高合金材料。在超过250℃的温度下运行时，氢在高合金焊缝和非合金/低合金基材之间的熔合线中扩散。停机时，材料温度下降。氢的溶解度和扩散性降低，从材料中脱离从而破坏焊缝。

以下是管理氢脆风险的一些一般建议：

—仔细识别可能暴露于氢气的位置。例如，在脱硫单元中形成的硫化铁可催化氢的产生，从而局部增大对氢脆和氢侵蚀的敏感性。

—通过控制化学（例如，使用碳化物稳定剂）、微观结构（例如，使用奥氏体不锈钢）和机械性能（例如，限制硬度，最好低于225 HV，以及通过热处理使残余应力最小化），选择对氢脆敏感性较低的原材料。使用ISO 11114-4中规定的试验方法选择耐氢脆的金属材料。API RP 941显示了作为氢气压力和温度函数的各种类型钢的局限性。ISO/TR 15916总结了一些常用金属的氢脆敏感性。

—氢环境中使用的复合焊缝和异种材料之间的焊缝应定期进行超声波检测，并在设备可能已快速冷却的不可控停机后进行超声波检测。

—将施加的应力和暴露于疲劳情况的水平降至最低。

—电镀部件时，管理阳极/阴极表面积和效率，从而正确控制施加的电流密度。高电流密度会增加氢气充电。

—在非阴极碱性溶液和缓蚀酸性溶液中清洗金属。

—对于硬度为40 HRC或以上的材料，使用磨蚀性清洁剂。

—必要时进行过程控制检查，以降低制造过程中的氢脆风险。

### B.2.3 聚合物、弹性体和其他非金属材料

大多数聚合物可以认为适用于气态氢环境。应适当考虑氢在这些材料中比金属更容易扩散。聚四氟乙烯（PTFE或Teflon®<sup>2</sup>）和聚三氟氯乙烯（PCTFE或Kel-F®<sup>3</sup>）通常适用于氢环境。应验证其他材料的适配性，见ISO/TR 15916。

### B.3 其他信息

有关氢助腐蚀和控制技术的进一步指南，可参见以下标准：

#### B.3.1 国内标准

GB/T 15970.6，金属和合金的腐蚀 应力腐蚀试验 第6部分：恒载荷或恒位移下的预裂纹试样的制备和应用

GB/T 19349，金属和其它无机覆盖层 为减少氢脆危险的钢铁预处理

GB/T 19350，金属和其它无机覆盖层 为减少氢脆危险的涂覆后钢铁的处理

GB/T 3098.17，紧固件机械性能 检查氢脆用预载荷试验 平行支承面法

GB/T 35013，承压设备合于使用评价

GB/T 23606，铜氢脆检验方法

GB/T 26107，金属与其他无机覆盖层 镀覆和未镀覆金属的外螺纹和螺杆的残余氢脆试验 斜楔法

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 24185, 逐级加力法测定钢中氢脆临界值试验方法

### B.3.2 国际标准

ISO 2626, 铜-氢脆试验

ISO 3690, 焊接和相关工艺-铁素体钢电弧焊金属中氢含量的测定

ISO 11114-4, 移动式气瓶 - 气瓶和阀门材料与气体含量的兼容性-第4部分: 耐氢脆金属材料选择试验方法

ISO 15724, 金属和其他无机涂层-钢中扩散氢的电化学测量-Barnacle电极法

ISO/TR 15916, 氢气系统安全的基本考虑

## 附录 C（资料性） 制氢装置的回收利用

### C.1 概述

制氢装置硬件的回收取决于材料选择、硬件可及性和材料分离难易程度等问题。

### C.2 系统组件和材料类型

制氢装置的流程通常在由耐腐蚀、高合金镍铬钢制成的金属容器内进行，容器内装有催化剂（通常基于贵金属）。催化剂组成通过特殊的工艺操作来确定，但是从再循环的角度来看，当催化剂金属回收的经济性足够吸引人时，将有从容器内部回收催化剂的动力，以便提取和再循环金属。由氧化铝、二氧化硅和/或氧化锆制成的高温陶瓷绝缘体通常安装在钢制容器的内部。用于从燃料中脱硫的氧化锌吸附剂被转化为硫化锌，在可以将其去除和处置前一直积累于装置中。活性炭也可用于燃料流脱硫。包含在钢容器内的Pd、PdAg和其他Pd合金的氢选择性渗透金属膜是脱硫、水煤气变换和选择性氧化的分立元件的替代方案。

### C.3 回收工程和环境问题

为便于材料回收，应设计为能够去除贵金属并易于材料分离的容器。预计将使用现有回收技术回收钢部件。如果计划进行催化剂回收，应能够获取容器内的催化剂。目前，金属含量大于20%的镍催化剂或贵金属催化剂可使用现有方法经济地循环使用。



## 附录 D（资料性） 制氢装置的安装注意事项

### D.1 概述

制氢装置应按照产品的安装和维护手册进行安装、调整、操作和维护。

### D.2 烟气排空系统

烟气排气管排气口应位于室外安全位置，远离用户区域、点火源、进气口、建筑物开口和悬挑，并符合适用的区域或国家标准。

烟气排气管应适当支撑，并应配备防雨帽或不会限制或阻碍气流垂直向上排放的其他装置。

应提供排水等措施，以防止水、冰和其他碎屑积聚在烟气通气管内或阻塞烟气通气管。

### D.3 产品输送管道

#### D.3.1 有害氢释放的介绍

为防止氢气释放发展到危险情况的发生，应安装产品输送管道。为此：

—产品输送管道不应安装在或穿过氢气可能释放分散到点火源的管道中，例如循环空气管道、衣物滑槽、烟囱或排气口、通风管道、轻型运货升降机或电梯竖井；

—安装在隐蔽位置的产品输送管道部分不应位于实心隔墙和实心墙内，除非安装在通风槽或套管内，且不应有接头、管件、右或左联轴器、衬套、压缩联轴器或由配件组合制成的回转接头；通过铜焊接管道，以及使用经过专门测试和认证的用于隐蔽位置的配件可以例外。

#### D.3.2 机械保护

应保护产品输送管道免受物理损坏。应提供防止产品输送管道过度受力的措施，例如车辆交通繁忙或土壤条件不稳定以及管道或基墙可能发生沉降的地方。为此目的：

—当产品输送管道受到过多水分或腐蚀性物质影响时，应以适当的方式对管道进行保护；当异种金属在地下连接时，应使用绝缘接头或配件；管道铺设不应与煤渣接触；无涂层螺纹或承插焊接接头不能用于与土壤接触或已知会发生内部或外部缝隙腐蚀的管道；

—安装在地下的产品输送管道不应穿透建筑物的外部地基或地下室，安装时应与其他地下结构有足够的间隙，避免与其接触，便于维护，并防止因接近其他结构而受到损坏；

—在隐蔽位置，如果管道通过木立筋、托梁、椽子或类似构件上的孔或槽口安装，则应采用适当的措施（如屏蔽板）对管道进行保护；

—实心地板中的产品输送管道应铺设在地板的通道内，并采用适当方式进行覆盖，以允许接近管道，同时对安装造成最小程度的损坏，并避免可燃气体聚集（例如，通过使用安全格栅）；作为安装在通道中的替代方案，管道应安装在室外通风的紧密密封金属或塑料套管中；

—安装在地面上、室外的产品输送管道应得到牢固支撑，并位于可保护其免受物理损坏的位置；穿过外墙的管道应得到充分保护，例如将其封装在保护管套中；还应该通过将其涂覆或包裹在惰性材料中来防止腐蚀；

—穿过内部混凝土或砖石墙的产品输送管道应防止不均匀沉降。

#### D.3.3 标记

产品输送管道应以不超过3 m的间隔标记“氢”。此类标记的字母应采用可辨别的颜色。管道应在其延伸穿过的每个房间或空间至少标记一次。

## 参 考 文 献

- [1]GB/T 15970.6, 金属和合金的腐蚀 应力腐蚀试验 第6部分: 恒载荷或恒位移下的预裂纹试样的制备和应用
- [2]GB/T 19349, 金属和其它无机覆盖层 为减少氢脆危险的钢铁预处理
- [3]GB/T 19350, 金属和其它无机覆盖层 为减少氢脆危险的涂覆后钢铁的处理
- [4]GB/T 3098.17, 紧固件机械性能 检查氢脆用预载荷试验 平行支承面法
- [5]GB/T 27000, 合格评定 词汇和通用原则
- [6]GB/T 3836.5-2021, 爆炸性环境 第5部分: 由正压外壳“p”保护的設備
- [7]GB/T 3836.11, 爆炸性环境 第11部分: 气体和蒸气物质特性分类 试验方法和数据
- [8]GB 28526, 机械电气安全 安全相关电气、电子和可编程电子控制系统的功能安全
- [9]GB/T 5465.2, 电气设备用图形符号 第2部分: 图形符号
- [10]GB/T 16499, 安全出版物的编写及基础安全出版物和多专业共用安全出版物的应用导则
- [11]ISO/TR 15916, 氢系统安全的基本要求
- [12]ISO 15724, 金属及其他无机覆盖层 钢中可扩散氢的电化学测定 藤壶电极法
- [13]ISO 2626, 铜-氢脆试验
- [14]ISO 3690, 焊接和相关工艺-铁素体钢电弧焊金属中氢含量的测定
- [15]ISO 3864, 图形符号 安全色和安全标志
- [16]ISO 7000, 设备用图形符号
- [17]ISO 11114-4, 可移动气瓶 气瓶和阀门材料与盛装气体的相容 第4部分: 耐氢脆钢选择的试验方法
- [18]IEC Guide 7, 消费品标准起草指南
- [19]IEC Guide 51, 安全方面 标准中包含安全内容的指南
-