ICS XXXXXX
CCS X XXX

团　　体　　标　　准

T/CIECCPA XXX—20XX

高压一体式制加氢机（无压缩高压直出）方案规范

CIECCPA

XXXX-XX-XX 发布　　XXXX-XX-XX 实施

中 国 工 业 节 能 与 清 洁 生 产 协 会　发布

CIECCPA

目　　录

前言 II
1　范围 1
2　规范性引用文件 1
4　总体要求 4
5　地址选择及总平面布置 5
6　工艺系统 6
7　安全设施 10
8　消防设施 13
9　静电防护措施 13
10　电磁兼容性防护设施 15
11　环境适应性 16
12　安全管理 17
附录 1 20
附录 A　爆炸危险区域划分 24
附录 B　高压一体式制加氢机运维周期表 27
附录 C（规范性）　无储氢罐配置设计说明 30

CIECCPA

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。

本文件由中国工业节能与清洁生产协会提出并归口。

本文件起草单位：氢海能源（海南）集团有限公司。

本文件主要起草人：方金石、李炳钟、杨路遥、徐鑫焱、许德智、李桦、吴纪崇、何远松、何佳恒、岑俊业。

本文件为首次发布。

CIECCPA

高压一体式制加氢机（无压缩高压直出）方案规范

1 范围

本规范规定了无压缩高压直出高压一体式制加氢机的设计、建造、设备安装、调试、运行、维护、安全管理及环境保护等方面的技术要求。

本文件规定了采用高压质子交换膜（PEM）电解工艺、采用电解水或其他现场制氢技术（以下简称“一体机”）的总体要求、地址选择与总平面布置、工艺系统、安全设施、消防设施、防雷与防静电、安全管理等方面的安全技术和管理要求。

本文件适用于以下两类固定式无压缩高压直出制氢加氢一体机的设计、建造、验收及运营：

a） 储氢型配置：地上占地面积小于 15㎡、地下设置三台单台产氢能力为 100Nm³/h 的高压 PEM 电解槽、储氢能力满足日产 500kg 氢气要求；

b） 无储氢罐配置：地上占地面积小于 15㎡、地下设置多台（不少于四台）高压 PEM 电解槽，单台产氢能力为 100Nm³/h，总产氢能力满足日产 500kg 氢气要求，不设置独立储氢容器，氢气经电解槽产出后直接经缓冲后加注至车辆。

（注：根据氢气密度折算，单台 100Nm³/h PEM 电解槽的日理论产氢量约为 214kg（按 11.12Nm³/kg H_2 折算，24h 满负荷运行）。无储氢罐配置通过增加电解槽数量实现产氢能力冗余，确保在不依赖储氢容器的情况下，加注高峰时段氢气供应充足。

本文件不适用于碱性电解、天然气重整、甲醇制氢等其他制氢工艺的一体站，亦不适用于移动式制氢加氢设施。

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 2894-2025 安全标志及其使用导则

GB 4962-2008 氢气使用安全技术规程

GB 50052-2009 供配电系统设计规范

GB 50517-2010 石油化工金属管道工程施工质量验收规范

GB 50236-2011 现场设备、工业管道焊接工程施工规范

GB 50187-2012 工业企业总平面设计规范

GB 50058-2014 爆炸危险环境电力装置设计规范

GB 50257-2014 爆炸和火灾危险环境电气装置施工及验收规范

GB 50217-2018 电力工程电缆设计标准

CIECCPA

GB 50516-2021　氢能车辆加氢站技术规范

GB 50156-2021　汽车加油加气加氢站设计与施工规范

GB/T 34584-2017　加氢站安全技术规范

GB/T 29729-2022　氢系统安全的基本要求

GB/T 37244-2018　质子交换膜燃料电池汽车用燃料氢气

GB/T 3634.1-2025　氢气 第 1 部分：工业氢

GB/T 3634.2-2025　氢气 第 2 部分：纯氢、高纯氢和超纯氢

GB/T 34539-2017　氢氧发生器安全技术要求

GB/T 38283-2019　加氢站用储氢装置安全技术要求

GB/T 40045-2021　氢能汽车用燃料液氢

GB/T 42612-2023　加氢站运行管理规范

GB/T 42830-2023　加氢站安全运行技术规程

GB/T 14976-2012　流体输送用不锈钢无缝钢管

GB/T 24511-2017　承压设备用不锈钢和耐热钢钢板和钢带

GB/T 20801.1~6-2020　压力管道规范工业管道

GB/T 32270-2015　压力管道规范动力管道

GB/T 12241-2021　安全阀一般要求

GB/T 19529-2022　氢系统用电子电气设备 防爆安全技术要求

GB/T 3836.1-2021　爆炸性环境 第 1 部分：设备通用要求

NB/T 47013-2025（1-18 部分）　承压设备无损检测

NB/T 10798-2021　电解水制氢系统技术条件

TSG 21-2022　固定式压力容器安全技术监察规程

TSG R0006-2014　气瓶安全技术监察规程

TSG 31-2025　工业压力管道安全技术规程

TSG 92-2026　承压类特种设备安全附件安全技术规程

3　术语和定义

GB/T 29729-2022、GB 50516-2021、GB/T 34584-2017 界定的以及下列术语和定义适用于本规范。

3.1

无压缩高压直出/高压一体式制加氢机　Compressor-free high-pressure direct-output integrated hydrogen production & refueling unit

集现场无压缩高压制氢、氢气纯化、储存、加注及配套控制与管理功能于一体的无需压缩高压直产固定式或撬装式氢能基础设施。其制氢、储存和加注等主要功能模块可在工厂预集成。

［来源：GB 50516-2021］

3.2

现场制氢系统　On-site hydrogen production system

CIECCPA

位于制加氢一体机内，通过电解水或其他化学、物理过程生产氢气的成套设备，通常包括制氢单元、纯化单元及必要的辅助系统。

［来源：GB/T 29729-2022］

3.3

氢气纯化系统 Hydrogen purification system

对现场制氢系统产生的粗氢气进行提纯，使其质量达到燃料电池用氢气或其他规定要求的设备组合。

［来源：GB/T 37244-2018、GB/T 37563-2019、GB/T 3634.2-2025］

3.4

加氢站 Hydrogen fueling station

为氢燃料电池汽车或氢气内燃机汽车或氢气天然气混合燃料汽车等的储氢瓶充装氢燃料的专门场所。

［来源：GB 50516-2010（2021 版）、GB/T 34584-2017、GB/T 43674-2024、GB/T 31138-2022］

3.5

高压储氢系统 High-pressure hydrogen storage system

用于储存高压氢气的设备组合，包括固定式储氢容器、储氢瓶组及相应的连接管道、阀门和安全装置。

［来源：GB/T 34583-2017、GB 50516-2021、GB/T 44457-2024］

3.6

氢气加注系统 Hydrogen refueling system

向氢燃料电池汽车或其他用氢设备加注高压氢气的设备组合，包括加氢机、顺序控制盘、管路及计量装置。

[来源：GB 50516-2021、GB/T 31138-2022]

3.7

水电解制氢系统 Water-electrolysis hydrogen production system

以水电解工艺制取氢气，由水电解制氢装置及氢气加压、储存、纯化、灌充等操作单元组成的工艺系统的统称。

［来源：GB 50177-2005、GB/T 37562-2019、GB/T 45539-2025］

3.8

水电解制氢装置 Water-electrolysis hydrogen production unit

以水为原料，电解制取气态氢，氧的装置，是水电解槽及其辅助设备组合的统称。

［来源：GB/T 24499-2009、GB/T 37562-2019、GB/T 45539-2025］

3.9

撬装式制加氢机 Skid-mounted integrated hydrogen refueling station with on-site production

将制氢、纯化、储存、加注及控制等主要模块集成在一个或多个撬体上，便于运输和快速安装的制加氢机形式。

［来源：GB 50516-2021、T/ZHFCA 1004-2023、T/CPASE G 044-2025］

3.10

燃料电池汽车用氢气 Hydrogen for fuel cell vehicles

符合 GB/T 37244-2018 标准规定的，适用于质子交换膜燃料电池汽车的氢气。

［来源：GB/T 37244-2018］

3.11

水电解制氢 Hydrogen production by water electrolysis

以直流电接入电解池电解水，获得氢和氧的工艺过程。

［来源：GB/T 24499-2009］

3.12

紧急停机系统 Emergency shutdown system

在发生异常或危险情况时，能够迅速切断制氢、加注等主要工艺过程并使系统进入安全状态的装置。

［来源：GB/T 34584-2017］

3.13

氮气吹扫系统 Nitrogen purging system

采用惰性气体（通常为氮气）对制氢系统、管路或设备在启动前、停机后或检修时进行置换，以防止形成爆炸性混合气体的系统。

［来源：GB 4962-2008、GB50156-2021］

3.14

高压一体式加氢机气液分离器 High-pressure integrated hydrogen refueling machine gas-liquid separator

集成于高压一体式加氢机系统中，用于分离氢气介质中水分、液态杂质等，确保加氢氢气品质符合相关标准要求的专用分离设备，包括分离器本体、进出口管路、阀门、排污装置、监测仪表及安全附件等。

3.15

分离效率 Separation efficiency

气液分离器在额定工况下，对规定粒径液态颗粒的分离去除能力，以被分离去除的液态质量与进入分离器的液态总质量之比的百分数表示。

3.16

排污装置 Blow-down device

设置于气液分离器底部，用于排出分离出的液体杂质的装置，包括排污阀、收集部件等。

3.17

无储氢罐制加氢机 Hydrogen-storage-tank-free production-and-refueling machine

不设置独立储氢容器，制氢系统产出无需压缩增压的高压氢气经纯化、缓冲后直接通过加氢机加注至车辆的制加氢一体机。该类设备依靠多台电解槽的并联运行和产氢能力冗余，实现氢气的即时生产与即时加注。

4 总体要求

4.1 一体机的火灾危险类别为甲类。所有涉及氢气的房间、设备及区域的爆炸危险等级应划分为 1 区或 2 区，具体划分应符合本文件附录 A(修订)的规定。

4.2 等级划分

CIECCPA

一体机的等级划分，应根据其最大储氢总容量确定。对于本文件所涵盖的紧凑型一体机：

a) 储氢型配置：储氢总容量为满足日产 500kg 氢气的储存需求，对应储氢量约为 500kg。此类站点按储氢容量划分为微型站，其设计、安全和管理要求不得低于三级站标准，并应满足本文件所有特殊规定。

b) 无储氢罐配置：因不设置独立储氢容器，系统内氢气存量仅为管道及缓冲罐内的少量工艺气体（通常小于 5kg），其火灾危险性主要源于制氢过程的动态风险。此类配置应依据制氢系统的产氢能力和加注流量进行风险评估，其安全设计应满足本文件第 6、7 章的全部要求，且电解槽总数量不应少于 3 台，确保单台故障时仍能满足基本加注需求。

4.3 若一体机内储氢总量达到 GB 18218 规定的临界量，应依法进行危险化学品重大危险源辨识、评估、登记、备案和监控。

5 地址选择及总平面布置

在安装施工过程中，需注意以下事项：

1) 工程规划与准备

为确保工程高效顺利推进，需仔细核对设计图纸，与相关方进行充分沟通，并提前制定施工计划并做好各项准备工作。

2) 工程灾害的预防

在施工过程中，必须严格遵守相关法律法规，切实做好预防因作业引发的工伤事故等隐患。由于此类工程通常需与公共道路接壤实施，施工人员还应特别注意保障非施工人员的安全。

3) 设备安装工程

a) 设备安装须严格遵循设计图纸，并做好作业环境的准备工作，确保安全进行。

b) 设备应按照设计图纸指定的位置和方法进行安装。若实际运行环境与设计要求存在差异，需与运营商、设计方等相关部门充分协商后实施安装。

4) 管道、附属设备等安装工程

管道、附属设备等安装工程须严格遵循设计图纸，遵守相关法规要求进行施工。若其他设备工程公司、电气工程公司等参与相关工程时，应根据实际情况就技术规范、操作方法、协调配合等事项进行充分协商。

5.1 选址除应符合原标准 5.15.3 条规定外，还应进行详细的地质勘察，确保地下结构施工安全，并评估地下水影响。

5.2 一体机的氢气工艺设施与一体机外建（构）筑物的防火间距，严禁因布局紧凑而缩减，必须严格按照原标准表 2（防火间距）的规定执行。

对于无储氢罐配置，因不设置独立储氢容器，系统内氢气存量主要存在于管道及缓冲罐中（总存量通常小于 5kg），其火灾危险性主要源于制氢过程的动态风险。经定量风险评估（QRA）确认风险可接受的前提下，可依据以下原则适当调整防火间距：

a) 电解槽、缓冲罐、加氢机等设备与站外建（构）筑物的防火间距，可按 GB 50516 中对应等级制氢装置的要求执行，不强制按储氢容器的间距执行；

b) 当电解槽数量不少于 3 台且总产氢能力满足日产 500kg 时，应提供 HAZOP 分析和 QRA 报告，论证所采用的防火间距能够将个人风险和社会风险控制在可接受水平；

c) 无论何种配置，加氢机与站外重要公共建筑、明火地点的防火间距均不应小于 GB 50516 规定的加

氢机最小间距。

无储氢罐配置执行上述调整时，应同时满足 6.2.2.2 条中 a)~d)的全部条件。

5.3 总平面布置

5.3.1 地上区域应清晰划分为加氢作业区与集成控制区。两区之间应设置不低于 2.2 m 高的不燃实体隔墙或保持不少于 4m 的防火间距。

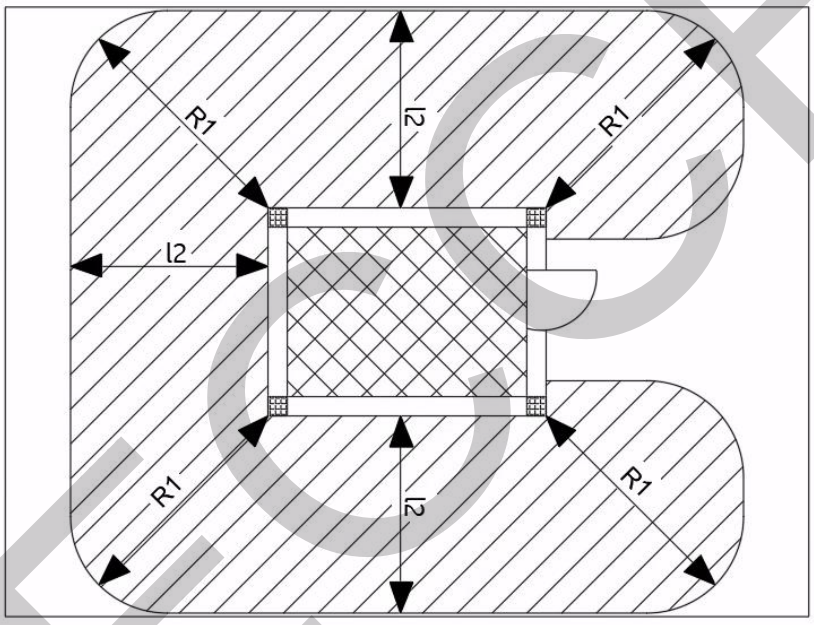
制氢加氢一体机爆炸危险区域的等级范围划分

A.1 爆炸危险区域的等级定义应符合 GB 50058 的规定。

A.2 爆炸危险区域的划分，应符合图 A.1 规定:

a) 从制氢、氢气纯化、储氢等爆炸危险划分。

b) 从上述各类中计算，半径 4.5m 的地面及周围空间、7.5m 的顶部空间。



5.3.2 车辆入口和出口应分开设置。地上市政设施（通风口、泄压口、逃生口）周围应设置明显标识和防护栏。

5.3.3 应规划大型吊装设备作业区及通道，以满足地下预制模块的安装与日后检修需求。

6 工艺系统

6.1 高压一体式制加氢机的工艺系统

高压一体式制加氢机主要工艺系统包括：独立地下设施间、高压水电解制氢系统、纯化系统、储存系统及设备、加氢系统、管道及附件等，工艺流程见附录

6.2 独立地下设施间

6.2.1 独立地下设施间的选址必须考虑地质稳定性，必须避开必须避开地震带、滑坡、沉降等不良地质区。需提供详细地质勘察报告，确保地基承重、防水及结构长期稳定。

6.2.2.1 独立地下设施间与站外建（构）筑物的防火间距，应根据设施内氢气总存量、工艺压力、埋地深

度及工程防护措施，经定量风险评估（QRA）综合确定，并满足以下基本原则：

a) 个人风险（IR）不应超过 $1*10^{-5}$kg/m·年（针对外部脆弱性目标）；

b) 社会风险（FN 曲线）应满足 ALARP（最低合理可行）原则，并低于 GB 36894 规定的风险基准；

c) 当设施内氢气总存量（含管道、设备及储氢容器）超 100k 时，除满足 QRA 要求外，其基础间距不应低于 GB 50516-2021 表 4.0.4A 中对应地上储氢设施间距的 1.0 倍（须通过防护措施补偿）。

d）间距确定方法

独立地下设施间的设计间距应按以下步骤分阶段确定：

第一阶段（本质安全减量）：通过采用无储氢罐配置（见附录 C）、减少单台设备容积、增加地下覆土厚度（≥1.5m）等方式，降低事故泄漏源强。当氢气总存量≤5kg 时，可按制氢装置而非储氢容器确定风险场景。

第二阶段（工程防护补偿）：当实际征地间距小于 GB 50516 表 4.0.4A 的基准要求时，必须设置以下一项或多项补偿措施，补偿后的等效风险应不低于基准间距要求：

补偿措施技术要求间距折减上限抗爆防爆墙 钢筋混凝土结构，厚度≥300mm，高度≥2.5m，延伸超出设施边缘≥2m，抗爆压力≥0.1MPa 可折减至原间距的 70%；

覆土与泄压设施顶部覆土厚度≥1.5m，且泄压口朝向无保护对象的安全空旷区域可折减至原间距的 80%；

超快速切断 紧急切断阀响应时间≤0.3s，且与泄漏检测（0.4%浓度）直接硬线联锁 可折减至原间距的 85%；

自动水幕隔离 朝向保护对象一侧设置水幕系统，水幕喷射高度≥2m，持续供水时间≥30min 可折减至原间距的 90%。

注：多项补偿措施可叠加使用，但累计折减后间距不得小于基准间距的 50%。

第三阶段（QRA 验证与审批）：建设单位应委托具备化工石化医药行业甲级资质的安全评价机构，基于最大可信事故场景（如高压氢气管道断裂、电解槽本体爆裂）开展 QRA。QRA 报告须经专家组评审通过，并作为设计图审及竣工验收的必备文件。

6.2.2.2 **无储氢罐配置要求**

对于采用附录 C 无储氢罐配置的设施，其设施间内部不设置任何独立储氢容器，氢气总存量仅限于管道及缓冲罐（容积≤50L）内。在满足附录 C.4 节全部安全条件的前提下，其与站外建（构）筑物的间距可依据 QRA 结果直接确定，但最小间距不得小于 GB 50516 表 4.0.4A 中对制氢间规定间距的 1.0 倍：

a) 电解槽数量不少于 3 台，总产氢能力满足日产 500kg 要求；

b) 设施间内未设置独立储氢容器，仅保留必要管道、缓冲罐及电解槽本体；

c) 已完成定量风险评估（QRA），论证所采用的间距能够将个人风险和社会风险控制在可接受水平（个人风险≤1×10^{-5}/年，社会风险满足 ALARP 原则）；

d) 风险评估报告应经具备相应资质的第三方机构审核确认。

当不满足上述条件时，仍应按 6.2.2.1 储氢型配置的安全间距要求执行。

6.2.3 独立地下设施间的结构设计、安全要求等应符合 GB 50010、GB 50108 及 GB 50016 的相关规定，其结构设计应能独立承受通过 HAZOP 和 QRA 量化分析确定的内部设备可能发生的最大爆炸压力。

6.2.4 应设置强制机械通风系统，排气口应设于远离人员活动的最高点。

6.2.5　应设置三重氢气浓度监测系统：1)设施间内多点监测；2)结构夹层/排水沟监测；3)地面排气口及环境监测。

6.2.6　必须设置“淹没式”惰性气体灭火系统。

6.2.7　独立地下设施间的运营维护应采用“双人同行”及作业许可制度，配置“远程生命体征监测”和“三脚架救援绞盘”，严格限定地下区域作业人员数量和时间。

6.2.8　应制定针对地下氢气泄漏、火灾的专项应急预案，并定期与地方消防、应急管理部门进行联合演练。

6.2.9　无储氢罐配置设施间要求，采用无储氢罐配置时，独立地下设施间内可不设置储氢容器，但需根据电解槽数量增加相应设备安装空间。设施间的防爆、通风、泄漏监测等安全要求与储氢型配置保持一致，且电解槽数量不应少于 3 台，总产氢能力不低于 500kg/日。

6.3　高压水电解制氢系统

6.3.1　高压水电解制氢系统的技术、安全要求等应符合 GB/T 19774、GB/T 37562、GB/T 37563、GB/T 29729 及 TSG 21 的相关规定。

6.3.2　电解槽出口应设置压力调节装置，以维持水电解槽出口氢气与氧气之间一定的压力差值，应小于 5MPa。

6.3.3　每套水电解制氢装置的氢出气管与氢气总管之间、氧出气管与氧气总管之间，应设置放空管、切断阀和取样分析阀。

6.3.4　应设置原料水制备装置，包括纯水机、原料水箱、原料水泵等。原料水泵出口压力应与制氢系统工作压力相适应。

6.3.5　应设置溶液配制及回收装置，水电解槽入口应设置过滤器。

6.3.6　应设置相应监测与检测仪表或仪器，仪表设备的技术规范与安全要求等应符合 GB/T 37562、GB/T 3836、GB/T 34544 的相关规定。

6.3.7　水电解制氢产生的氧气可直接排入大气或输送至一体机外安全距离使用，并应符合 GB 50177 的相关规定。

6.3.8　原料水水质要求：PEM 水电解制氢系统所用原料水应符合高纯水标准，电阻率不应低于 1 MΩ •cm（25℃），应达到≥15MΩ • cm（25℃）的超纯水等级；总有机碳（TOC）含量不应超过 50 μg/L；钠离子、氯离子等杂质离子浓度不应超过 5 μg/L。原料水制备装置应具备反渗透（RO）+电去离子（EDI）或等效工艺，确保出水水质持续满足电解槽入口要求。

6.3.9　绿氢碳排放要求：采用可再生能源电力制取的氢气，其生命周期碳排放强度应符合国家清洁低碳氢评价标准的相关规定。按《清洁低碳氢评价标准》，单位氢气碳排放量不应超过 4.9kg CO_2 e/kg H_2，且制氢用能源全部来自可再生能源时，方可界定为可再生氢（绿氢）。制氢项目应建立电力来源溯源机制，确保绿电使用的可追溯性。氢气产品质量应符合 GB/T 37244《质子交换膜燃料电池汽车用燃料氢气》的规定，氢气纯度不低于 99.97%（摩尔分数）。

6.4　气液分离纯化系统

6.4.1　应利用催化剂装置去除氢气中的微量氧与微量水蒸汽，配套气液分离装置实现气液高效分离，确保氢气纯度达到 GB/T 3634.2 规定的纯氢等级要求。

6.4.2　气液分离装置应选用与加氢机工况匹配的类型（如滤芯式、挡板式或组合式），额定处理流量不低

于配套加氢机最大加注流量的 1.1 倍，在额定工况下对粒径≥0.1μm 的液态颗粒分离效率不低于 99.9%，分离后氢气中液态杂质含量（体积分数）≤5×10^{-6}。

6.4.3 材料要求：气液分离装置本体及与氢气直接接触的零部件，应选用符合 GB 50516 规定、具有良好氢相容性的金属材料（优先选用 GB/T 24511-2017 不锈钢钢板和钢带、GB/T 14976-2012 不锈钢无缝钢管）；密封材料采用耐氢耐高压的金属缠绕垫或 PTFE 垫片，分离元件选用耐腐蚀、高强度且经氢相容性验证的材料。

6.4.4 结构要求：装置本体结构应避免积液死角，底部设置双阀排污装置，配备压力、温度测量接口及顶部泄压接口；流道设计应减小阻力，额定流量下压力损失不超过 0.5MPa；本体壁厚需结合设计压力、材料许用应力及≥1mm 腐蚀裕量计算确定，焊接接头符合 GB 50236-2011 要求并便于无损检测。

6.4.5 性能要求：设计压力不低于最大工作压力的 1.1 倍且不低于安全阀泄放压力（35MPa 等级≥48.2MPa，70MPa 等级≥96.3MPa）；工作温度范围 -40℃~85℃，能承受 10000 次以上压力循环试验（10%~100% 工作压力）；经 1.5 倍设计压力液体（或 1.25 倍气体）耐压试验无渗漏变形，设计压力下气密性试验 30 分钟压力降≤1%。

6.4.6 安全要求：配置符合 GB/T 12241-2021 的安全阀，整定压力不超过设计压力，排放口接入集中放空总管；所在区域按间距≤3m、距地面 0.3-0.6m 设置氢气泄漏检测报警装置，响应时间≤3 秒，浓度达 0.4% 声光报警、1% 联锁启动事故排风、1.6% 触发紧急切断系统。

6.4.7 应选用分子筛纯化系统，气液分离装置应设置氮气吹扫置换接口，用于投运前、检修前或停用后的置换作业。

6.5 储存系统及设备

6.5.1 储存系统及设备的配置应根据一体机类型确定：

a) 储氢型配置：应设置储氢容器，其储存压力、储氢量应根据用户使用要求设计，并应符合 GB 50156、GB 50516 的有关规定。

b) 无储氢罐配置：可不设置独立储氢容器。系统内氢气仅存于管道、缓冲罐及电解槽内部，总存量应经计算确定并控制在最低合理可行水平（ALARP）。缓冲罐容积不应大于 50L，设计压力应与加注系统工作压力相匹配。

6.5.2 氢气储存设施应选用储氢容器，且应安装在固定位置。

6.5.3 储氢容器应设置氢气放空管，放空管应设置在顶部。

6.5.4 储氢容器底部应设置排污口，排污口应设置双阀。

6.5.5 氢气储氢容器组应埋入独立的抗爆混凝土地下设施，应卧式存放。同组容器之间净距不应小于 0.03 m，氢气储氢容器组之间的距离不应小于 1.5 m。

6.5.6 氢气储存设施应设置安全阀，整定压力不得超过容器的设计压力。

6.5.7 氢气储存设施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装置。

6.5.8 氢气储存设施应设置氮气吹扫置换接口。

6.6 加氢系统

6.6.1 加氢系统及其辅助设施的设计、性能等，应符合 GB 50156、GB/T 34584、GB 50516、GB/T 31138 的有关规定。

6.6.2 加氢系统不应设置在室内。

6.6.3 加氢系统基座靠近车辆侧应设置警示线。

6.6.4 加氢系统应安放在高度超过 120 mm 的基座上，基座每个边缘离加氢机至少 200mm。

6.6.5 加氢系统面向车辆一侧应设置防撞柱（栏），其高度不应低于 0.5 m。

6.6.6 加氢软管上应设置拉断阀。

6.6.7 加氢系统进气管道上应设置自动切断阀，当达充装压力高限值时，自动切断阀联锁关闭。

6.7 管道及附件、临氢材料

6.7.1 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，且不应低于安全阀的泄放压力。

6.7.2 氢气管道上应设置放空管、分析取样口和吹扫置换口。放空管应引至集中排放装置，排放口应高出一体机内设施最高点的 2 m 以上，且应高出所在地面 5 m 以上。

6.7.3 管道的选材、连接、敷设、安装等，应符合 GB 50156、GB 50516、GB/T 29729 的有关规定。

6.7.4 临氢材料应选用符合 GB 50516 的有关规定，且有成熟使用经验或经试验验证具有良好氢相容性的金属材料。

7 安全设施

7.1 紧急切断和泄放装置

7.1.1 自动控制与联锁切断系统

① 制氢加氢一体机应配置集成化自动控制系统及带连续记录功能的视频监控系统，视频监控覆盖制氢模块、加氢接口、储氢组件及关键阀门等区域，记录保存时间不低于 90 天。

② 系统需设置安全运行联锁紧急切断系统，具备失效保护功能，在事故状态下（如超压、泄漏超标、火焰探测报警等）能迅速切断制氢模块电源、关闭氢气传输管道阀门及加氢机充装回路。紧急切断动作响应时间不超过 1 秒。

③ 电源切断通过专用高压开关和断路保护器实现，高压开关集成于设备主控柜内，断路保护器具备过流、过压双重保护；管道紧急切断采用气动或电动紧急切断阀，由 PLC 控制系统联动控制，断电状态下阀门自动关闭。

④ 紧急切断启动开关应设置在以下位置：设备操作面便于触及且无爆炸危险的安全区域；若配置值守控制室，需在控制室内增设启动按钮，开关标识清晰、颜色醒目（建议采用红色蘑菇头按钮）。

⑤ 紧急切断系统仅支持手动复位，复位前需确认现场安全状态（氢气浓度低于 0.4%、无明火隐患等），并通过控制系统权限验证。

⑥ 对于无储氢罐配置，紧急切断系统应增加“制氢-加注联动停机”功能：当加注停止或出现异常时，控制系统应自动调整电解槽运行状态或降载运行，避免氢气产量与加注需求不匹配导致的系统超压。

7.1.2 泄放装置设置

① 制氢模块、储氢组件、加氢机充装回路应分别设置独立放空管，不同压力等级（35MPa、70MPa）的放空管不得直接连通，需通过各自止回阀后接入集中排放装置。

② 放空管出口应高出设备最高点 2m 以上，且距地面不低于 5m；若设备安装于室内或半封闭空间，放空管需引至室外安全区域，出口朝向无人员活动方向，避免正对建筑物门窗或通风口。

③ 放空管应设置防雨、防尘罩及防火装置（如阻火器），阻火器需符合氢气介质专用要求，定期检查清理，确保通气顺畅。

④ 储氢组件、加氢机充装回路应设置安全阀，安全阀整定压力不超过对应设备设计压力的 1.05 倍，泄放能力满足事故状态下快速卸压需求；安全阀排放口接入放空总管，不得直接排放至室内。

⑤ 无储氢罐配置因无独立储氢容器，可不单独设置储氢容器安全阀，但电解槽出口及缓冲罐应设置安全阀，整定压力不超过对应设备设计压力的 1.05 倍。

7.2 报警装置

7.2.1 系统及设备报警与停机功能

① 储氢组件需配置超压（35MPa 系统≥43.75MPa、70MPa 系统≥87.5MPa）、高温(储氢气瓶超过 85℃)报警和超限停机装置。

② 加氢枪需配置超压（35MPa 系统≥48.2MPa、70MPa 系统≥96.3MPa），温度异常（大气环境温度范围：-40℃~60℃，介质温度范围：-40℃~85℃）、加氢后加氢口受力异常（>450N）、报警和停机装置。

③ 35MPa 和 70MPa 制氢设备应分别设置流量异常（过高/过低）、拉断阀拉脱、加注超压（35MPa 系统≥48.2MPa、70MPa 系统≥96.3MPa）、温度异常（加注过程中氢气温度超过 85℃）、氢气/氧气浓度异常及电压、电流超限报警和停机装置，报警阈值可通过控制系统分级设置，加注回路具备超压自动切断功能。

④ 设备冷却水系统应设置温度超标（超过额定冷却温度 10℃）、压力异常或流量不足报警和停机装置，确保制氢及加氢过程温度控制稳定。

对于无储氢罐配置，因安全间距可能较储氢型配置有所缩减，应加强以下报警与联动措施：

① 在设施间外轮廓线外延 2m 处增设周界氢气浓度监测点，监测数据接入控制系统；

② 当周界氢气浓度达到 0.4%（体积分数）时，启动本站报警。；

③ 应在控制室或远程监控中心实时显示周界氢气浓度数据，并自动记录存档。

7.2.2 气体检测与火焰报警

① 制氢模块腔体、储氢组件周围、加氢机加氢口附近等易积聚氢气的区域，应均匀布置氢气泄漏检测报警装置，检测点间距不超过 3m，距地面高度 0.3-0.6m。检测器需符合 GB 16808-2018《可燃气体报警控制器》要求，响应时间不超过 3 秒。

② 氢气浓度报警阈值设定：体积比达到 0.4%时发出一级报警（声光报警）；达到 1%时，自动联锁启动事故排风装置；达到 1.6%时，触发紧急切断系统。“浓度上升速率”联锁（1 秒内浓度上升超过 0.5%立即触发切断）。

③ 加氢机顶部、储氢组件邻近区域及制氢模块关键部位应设置火焰报警探测器，采用红外或紫外型探测器，探测角度覆盖全风险区域，报警响应时间不超过 2 秒，报警后立即触发紧急切断及事故排风。

④ 报警装置需定期维护：氢气泄漏检测器每 3 个月进行一次校准检测，每年送有资质机构检定；报警功能每月测试一次，火焰探测器每半年进行一次模拟火灾测试，所有维护记录存档保存不少于 1 年。

⑤ 氢气泄漏报警信号、火焰报警信号及设备故障报警信号应集中显示在设备操作面板或控制室显示器，具备声光报警功能，报警声强不低于 85dB（距报警装置 1m 处），报警灯光为红色闪烁。

7.3 供配电设施

7.3.1 负荷分级与供电要求

① 制氢加氢一体机供配电系统按 GB 50052 规定划分负荷等级，若中断供氢可能造成较大经济损失或安全

风险，按二级负荷供电；信息系统（含控制系统、监控系统）应配置不间断供电电源（UPS），持续供电时间不低于 30 分钟。

② 制氢模块外供电系统电压等级应采用 380V 三相交流电，每台制氢电解槽独立配置直流电源，直流电源具备调压范围 10%-100%、自动稳流精度±1%的功能，并设置过流、过压、短路保护装置，超限自动停机。

7.3.2 电气设备选型与安装

① 爆炸危险区域（按附录 A 相关规定划分）内的电气设备（如电机、开关、传感器等）需选用 ExdⅡ CT1 或更高等级的防爆型产品，选型符合 GB 50058 要求。

② 设备罩棚、操作区域及关键控制部位应设置应急照明，连续供电时间不少于 120 分钟，应急照明亮度不低于 100lx，覆盖所有操作及逃生路径。

③ 电缆敷设优先采用直埋或穿管敷设，穿越设备底座、行车通道部分需穿钢管保护，钢管两端密封处理；若采用电缆沟敷设，电缆沟必须充沙填实，且不得与氢气管道同沟敷设。

④ 非爆炸危险区域的照明灯具可选用非防爆型，但罩棚下或半封闭区域灯具防护等级不低于 IP54，具备防尘、防水功能；所有电气设备外壳、金属支架均需可靠接地。

7.4 建筑与结构设施

7.4.1 整体结构要求

① 制氢加氢一体机的金属框架、外壳等结构件应采用耐腐蚀、不燃或难燃材料制作，若采用钢结构，其耐火极限不低于 0.5h；设备外壳防护等级不低于 IP54，具备防尘、防水、防外力冲击功能。

② 设备操作区域地面应采用不发生火花的防滑地面（如防静电水磨石、防爆地砖），表面平整无积水，坡度不小于 1%，便于排水和氢气扩散。

③ 有爆炸危险的腔体（如制氢模块腔体、储氢舱）应设置泄压设施，泄压面积不小于腔体容积对应的最小泄压面积要求（按 GB 50016 计算），泄压方向朝向无人员活动的安全区域，泄压装置动作压力不超过 0.12MPa。

7.4.2 局部结构与防护

① 加氢机操作面应设置防撞柱（栏），高度不低于 0.8m，材质采用不锈钢，间距不大于 1.5m，防撞柱（栏）与加氢机之间距离不小于 0.5m，防止车辆碰撞损坏加氢接口及阀门。

② 加氢机基座高度不低于 120mm，基座每个边缘距加氢机本体至少 200mm，便于检修和氢气扩散；基座靠近车辆侧应设置黄色警示线，标识加注作业安全区域。

③ 若设备配置封闭或半封闭操作亭，操作亭应采用不燃材料制作，内表面平整无死角，避免氢气积聚；操作亭内需设置强制通风装置及氢气浓度报警装置，通风换气次数不低于 10 次/h。

④ 设备周围应设置安全防护栏，防护栏高度不低于 1.2m，与设备外轮廓线距离不小于 1.5m，防护栏上悬挂“氢气危险”“禁止烟火”“必须穿戴防静电服”等警示标识；设备运行时防护栏门锁闭，仅授权人员可开启。

⑤ 设备不得设置经营性住宿、餐饮、娱乐等设施，操作区域禁止存放易燃易爆物品、腐蚀性物质及无关杂物。

7.5 通风设施

7.5.1 通风系统配置

① 制氢加氢一体机有爆炸危险的腔体（制氢模块、储氢舱）、操作亭等区域应设置自然通风和强制通风双

CIECCPA

重系统，自然通风换气次数不低于 5 次/h，强制通风（事故排风）换气次数不低于 15 次/h。

② 强制通风装置应与氢气浓度报警装置联锁，当氢气浓度达到 1%时自动启动；通风机选用防爆型，符合 GB 50058 要求，安装位置避免产生涡流，确保通风均匀。

③ 自然通风口应设置在设备腔体或操作亭的上下部，上部通风口用于排出氢气（氢气密度小于空气），下部通风口用于补充新鲜空气，通风口不得被遮挡，有效通风面积满足换气需求。

7.5.2 通风系统维护

① 通风管道应采用不燃材料制作，管道内表面平整光滑，无积尘死角；若通风管道穿越爆炸危险区域，管道连接处需密封严密，避免氢气泄漏积聚。

② 定期清理通风口防尘罩、过滤网及通风机叶轮，每季度检查一次通风系统运行状态，确保风机启停正常、风量充足；每年对通风系统进行一次全面检测，记录通风换气次数、风机运行参数等数据。

③ 分布式安装场景下，若设备安装于室内，需确保室内整体通风良好，不得封闭设备所在区域；若安装于地下室或半地下室，必须设置机械强制通风系统，且通风机不得与其他区域共用。

8 消防设施

8.1 消火栓消防给水系统

高压制氢加氢一体机所在场所应设置消火栓消防给水系统，其设计、安装与验收应符合《建筑设计防火规范》（GB 50016）和《消防给水及消火栓系统技术规范》（GB 50974）的有关规定。

8.2 灭火器配置

灭火器的配置应符合《建筑灭火器配置设计规范》（GB 50140）的有关规定，并应满足以下具体要求：

加氢机区域

①每 2 台加氢机应至少配置两具 4 kg 手提式干粉灭火器；

加氢机数量不足 2 台时，应按 2 台计算配置。

其他建筑区域

②高压制氢加氢一体机所在场所内其余建筑的灭火器配置应严格执行《建筑灭火器配置设计规范》（GB 50140）的相关规定。

9 静电防护措施

9.1 静电产生抑制

① 设备及管道选材应优先选用导电性能良好的金属材料，避免使用易产生静电的绝缘材料；若需使用绝缘材料，应采取防静电涂层等措施。

② 氢气输送管道内壁应光滑，减少气体流动时的摩擦静电产生，管道流速应控制在安全范围内，高压氢气管道流速不应超过 10m/s。

③ 原料水、氢气等介质在输送过程中应避免剧烈搅拌、喷射等操作，降低静电产生速率。

④ 加（卸）气软管应具备导静电性能，符合 GB/T 10543 的有关要求，确保软管在使用过程中产生的静电及时导出（参考 GB/T 19237-2021 4.4.3.2）。

9.2 静电接地与跨接

CIECCPA

① 制氢模块、储氢容器、加氢机、管道、阀门、泵、电缆桥架、电气设备外壳等均应进行可靠的静电接地，接地电阻值不应大于 100Ω，重要设备（如储氢容器、加氢机）接地电阻值不应大于 10Ω。

② 管道上的法兰、阀门、软管接头等连接处，应采用截面积不小于 6mm^2 的铜导体跨接，跨接电阻应小于 0.03Ω；跨接线连接牢固且不易腐蚀，每季度至少进行一次跨接线连接状态检查，发现断裂、松动或腐蚀时，应立即修复或更换。

③ 储氢容器、加氢机等设备的静电接地点不应少于两处，分别设置在设备两端或对称位置，确保接地可靠。

④ 操作区域地面、防护栏、防撞柱等应与静电接地系统相连，形成完整的静电导出通路。

⑤ 静电接地、防雷接地、电气设备保护接地、电磁屏蔽接地应采用共用接地装置，其接地电阻值不应大于 4Ω。

9.3 静电监测与报警

① 在制氢模块出口、储氢容器接口、加氢机加氢口、管道关键节点等易产生静电的位置应安装静电电位监测仪，实时监测静电积聚情况，监测数据接入控制系统。

② 静电电位报警阈值设定：静电电位超过 10kV 时发出一级报警（声光报警）；超过 15kV 时，自动联锁启动强制通风装置及静电消除装置；超过 20kV 时，触发紧急切断系统。管道内气体静电电位报警阈值严控为≤1kV，设备外壳静电荷电位报警设为≤5kV（参考 API RP 2003）。

③ 静电监测仪应定期校准，每 6 个月进行一次现场校准，每年送有资质机构检定，确保监测数据准确可靠。

9.4 静电消除装置

① 加氢作业区域应设置防爆型离子风幕，消除作业人员及车辆带来的静电，离子平衡度应在±10V 以内，消除时间不超过 2 秒，覆盖加氢枪操作区域及人员活动主要通道。

② 制氢模块、储氢容器等大型设备附近应设置防爆型静电消除风扇，加速周围环境静电消散，风扇防护等级不低于 IP54。

③ 操作人员进入爆炸危险区域前，应触摸静电释放装置释放人体静电，静电释放装置接地电阻值不应大于 100Ω，且应设置明显标识，安装在操作岗前必经位置。

④高压氢气输送管道内设置防静电内涂层，管道弯头、阀门等局部阻力部件处安装静电中和器，确保氢气流动产生的静电及时中和，管道内气体静电电位≤5kV。

9.5 操作与管理要求

① 操作人员应穿戴防静电工作服、防静电鞋、防静电手套等个人防护用品，严禁穿戴化纤衣物、带钉鞋等易产生静电的服饰。

② 加氢作业前，应先将车辆静电接地装置与机内静电接地系统连接，确认接地良好后再进行加氢操作；作业结束后，等待静电充分消散（不少于 30 秒）再断开接地连接。

③ 设备检修、维护时，应先切断电源、进行氮气吹扫置换，待氢气浓度低于 0.2%（体积分数）且静电完全消散后，方可进行作业；检修工具应选用防爆防静电型，避免产生火花。

④ 定期对静电防护设施进行检查维护，每月检查一次静电接地连接情况、跨接线完整性，每季度测试一次接地电阻及静电消除装置性能，每年进行一次静电抗扰度试验（按 GB/T 17626.2-2018 4 级要求），所有维护记录存档保存不少于 1 年。

10 电磁兼容性防护设施

10.1 静电放电抗扰度

① 一体机所有设备应能承受 GB/T 17626.2-2018 中 4 级静电放电抗扰度试验，即接触放电 8kV、空气放电 15kV（参考 GB/T 19237-2021 4.3.10.2）。

② 试验覆盖设备金属外壳、操作按钮、加氢枪手柄、电源接口、信号接口、非金属外壳等所有易受静电影响的部位，试验过程中设备无停机、误动作，试验后功能正常、数据无丢失、计量性能符合要求。

③ 设备设计时应采取静电防护设计，如在接口处设置 TVS 管、放电管等静电保护器件，电路板采用接地平面、屏蔽布线等措施。

10.2 射频电磁场辐射抗扰度

① 一体机供电系统、信号系统应能承受 GB/T 17626.4-2018 中 3 级电快速瞬变脉冲群抗扰度试验（参考 GB/T 19237-2021 4.3.10.4）。

② 电源端口和接地端口：开路输出试验电压峰值 2kV，脉冲重复频率 5kHz；信号端口和控制端口：开路输出试验电压峰值 1kV，脉冲重复频率 5kHz。

③ 试验过程中设备无复位、死机、功能异常，试验后数据无丢失、参数设置不变。

④ 供电系统应配置电源滤波器，信号线路采用屏蔽电缆并安装信号滤波器，滤波器接地良好，减少脉冲群干扰侵入。

10.3 电快速瞬变脉冲群抗扰度

① 一体机供电系统、信号系统应能承受 GB/T 17626.4-2018 中 3 级电快速瞬变脉冲群抗扰度试验（参考 GB/T 19237-2021 4.3.10.4）。

② 电源端口和接地端口：开路输出试验电压峰值 2kV，脉冲重复频率 5kHz；信号端口和控制端口：开路输出试验电压峰值 1kV，脉冲重复频率 5kHz。

③ 试验过程中设备无复位、死机、功能异常，试验后数据无丢失、参数设置不变。

④ 供电系统应配置电源滤波器，信号线路采用屏蔽电缆并安装信号滤波器，滤波器接地良好，减少脉冲群干扰侵入。

10.4 浪涌（冲击）抗扰度

① 一体机供电线路、信号线路应能承受 GB/T 17626.5-2019 中 3 级浪涌（冲击）抗扰度试验（参考 GB/T 19237-2021 4.3.10.5）。

② 线-线开路试验电压 1.0kV，线-地开路试验电压 2.0kV，试验正、负极性各 5 次。

③ 试验过程中设备无绝缘击穿、元器件损坏，试验后功能正常、计量准确。

④ 在电源进线端、信号线路两端安装浪涌保护器（SPD），SPD 选型符合系统电压等级和浪涌防护要求，安装工艺规范，接地电阻不大于 4Ω。

10.5 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度

① 一体机供电系统应能承受 GB/T 17626.11-2008 中规定的电压暂降和短时中断试验（参考 GB/T 19237-2021 4.3.10.6）。

② 电压暂降：试验等级 70%，50Hz 试验持续时间 25 个周期；短时中断：试验等级 0%，50Hz 试验持续时间 250 个周期。

③ 试验过程中设备不应停机或产生危险动作，试验后能快速恢复正常运行，数据无丢失。

④ 关键控制设备应配置不间断供电电源（UPS），确保电压暂降或短时中断时设备正常工作，UPS 持续供电时间不低于 30 分钟。

10.6 电磁兼容性管理要求

① 设备采购时，应要求供应商提供电磁兼容性检测报告，确保设备符合本文件规定的抗扰度等级要求。

② 一体机建设完成后，应进行整体电磁兼容性测试，测试合格后方可投入运行。

③ 运行期间，每 2 年对一体机进行一次电磁兼容性复测，重点检测射频电磁场辐射、浪涌等关键项目，确保防护性能不退化。

④ 禁止在一体机内及周边违规使用强电磁辐射设备（如大功率无线电发射设备），若需使用，应进行电磁兼容性评估，采取防护措施后方可使用。

11 环境适应性

11.1 一般规定

制氢加氢一体机的设计、选材与防护措施应适应海南沿海地区高温、高湿、高盐雾及台风多发的环境特点，确保设备在全生命周期内的安全稳定运行。无储氢罐配置因电解槽数量增加，设备密集度较高，其散热、通风及防腐设计应考虑更高冗余，确保单台设备故障或维护时不影响整体系统的环境适应性要求。

11.2 防盐雾腐蚀要求

11.2.1 设备户外安装的壳体、管道、阀门、紧固件及支架等金属部件，应根据所处腐蚀环境等级，采取相应的防腐措施。环境腐蚀等级应按 GB/T 15957《大气环境腐蚀性分类》划定，海南沿海地区应按 C4 及以上高盐雾腐蚀环境进行设计。

11.2.2 设备外壳及暴露金属表面应涂覆耐盐雾腐蚀涂层，涂层体系应符合 GB/T 30790《色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护》的相关要求，涂层耐盐雾性应不低于 1000 小时试验无起泡、无脱落、无红锈。

11.2.3 不锈钢材料应选用 316L 及以上等级奥氏体不锈钢，且应进行钝化处理。紧固件、弹簧等易腐蚀部件应选用 316 不锈钢或更高等级的耐腐蚀材料，或采用达克罗等耐盐雾涂层处理。

11.2.4 电气控制柜、接线盒、仪表等户外设备的外壳防护等级不应低于 IP65，内部电路板应喷涂三防漆（防潮、防盐雾、防霉菌）。电缆进出口应采用防水防尘密封接头。

11.2.5 应制定定期防腐检查与维护计划，每半年至少进行一次防腐涂层完整性检查，发现锈蚀应及时处理。

11.3 抗台风设计要求

11.3.1 制氢加氢一体机的结构设计应考虑风荷载影响，基本风压应按 GB 50009《建筑结构荷载规范》中海南地区 50 年一遇的风压值选取，且不应低于 0.95 kN/m^2 。

11.3.2 设备整体结构应进行抗风稳定性验算，确保在极端台风天气下不倾覆、不位移。设备与基础的连接应采用预埋地脚螺栓或化学锚栓固定，螺栓规格及埋深应经抗拔力计算确定。

11.3.3 户外布置的电解槽、储氢容器、冷却塔、管道等设施，应设置防风缆绳、防风支架或采取其他加固措施。高处布置的仪表、灯具、探头等附件应安装牢固，防止脱落。

11.3.4 加氢机、控制柜等独立户外设施周边应设置防撞护栏。防撞护栏应采用钢结构，立柱埋深及横梁强度应能承受小型车辆低速碰撞（按 5km/h 碰撞速度设计），护栏高度不应低于 1.2m，并涂刷醒目警示色。

11.3.5 设备基础及地坪应高于周边场地，防止暴雨积水浸泡；电缆沟、管沟应采取防水、排水措施，防止雨水倒灌。

11.4 耐湿热绝缘性能

电气绝缘电阻在相对湿度≥95%条件下，测试电压应降至常规的 70%，测试时间延长至 24 小时，确保无凝露击穿。

12 安全管理

12.1 加氢操作要求

向氢燃料电池汽车加注氢气时，车载储氢瓶内氢气温度不应超过 85℃，充装率不应超过 100%，且不应小于 95%。加注作业的其它管理应符合应符合 GB 50156、GB 50516 的有关规定。

12.2 人员持证上岗

主要负责人、安全管理人员、作业人员等应按 TSG 07 的要求，参加培训考核后，持有效资格证上岗。

12.3 个体防护规定

操作和维修人员进入工作场所，应先消除自身静电，不得穿戴化纤工作服、工作帽和带钉鞋，不应带入火种。个体防护用的配发、佩戴和管理应符合 GB 12014、GB 39800.1 等的有关规定。

12.4 现场准入管理

无关人员不应进入工作场所，操作和维修等人员进入工作场所，不应携带非防爆电子产品。

12.5 防爆工具使用

爆炸危险区域作业时应使用不产生火花的工具。

12.6 吹扫置换要求

氢气设备、管道和容器，在投入运行前、检修动火作业前或长期停用前后，应采用氮气进行吹扫置换，并在检测分析含氢量不超过 0.2%（体积分数）和含氧量不超过 0.5%（体积分数）后进行作业，相关作业应记录存档，记录保存时间不应少于 1 年。

12.7 制度与应急预案

制氢加氢一体机应建立健全规章制度，制定事故应急预案，并定期对应急预案进行评估，及时根据评估结果或实际情况的变化进行修订和完善。应急预案应符合 GB/T 37563 的相关规定。

12.8 应急演练要求

现场作业人员应熟练掌握紧急情况下的应急处置和紧急避险。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，每半年至少组织一次现场处置方案演练，每三年进行一次应急预案评估。

12.9 应急处置专项要求

12.9.1 氢气泄漏应急处置步骤

检测与报警：固定式或便携式氢气探测器发出报警时，立即确认泄漏位置和浓度。

切断气源：迅速切断泄漏点上游的阀门或启动紧急切断系统，停止一切制氢、加氢作业。

疏散与警戒：立即疏散泄漏区域周边无关人员，在上风向设立警戒线，禁止一切车辆和人员进入。

CIECCPA

消除火源：禁止任何可能产生火花的操作（如启闭非防爆电器、使用手机、敲击等），切断非防爆电源。

通风稀释：若泄漏发生在室内或有封闭区域，启动防爆通风设施，加速氢气扩散稀释。

抢修处置：穿戴防静电服、空气呼吸器的专业人员进入现场，使用防爆工具进行堵漏或倒罐处理。

监测复查：处置完毕后持续监测环境氢气浓度，确认降至安全范围（低于 0.4%体积分数）后方可恢复正常作业。

12.9.2 火灾与爆炸应急处置步骤

紧急停机与报警：立即按下紧急停机按钮，切断电源、气源，并向消防部门报警，说明氢气火灾特点。

初期火灾扑救：在确保自身安全的前提下，使用干粉灭火器或二氧化碳灭火器对准火源根部喷射；禁止使用水柱直接冲击氢气火焰（防止氢气扩散和静电引发二次爆炸）。

人员紧急撤离：所有人员沿上风方向迅速撤离至安全集合点，现场负责人清点人数，如有受伤立即拨打急救电话。

隔离与冷却：若火灾威胁到储氢容器或相邻设备，在安全距离外用水幕或喷雾冷却容器，防止温度升高引发爆炸。

配合消防救援：向消防指挥员说明现场布局、氢气储量、管道阀门位置，协助消防队制定扑救方案。

12.9.3 人员撤离路线

现场应绘制清晰的安全疏散路线图，标示紧急集合点，并在出入口、通道处设置夜光疏散指示标志。

撤离原则：根据风向指示，所有人员应向上风向或侧风向撤离，避免向下风向或低洼处疏散。

日常培训中应使每位作业人员熟悉至少两条不同方向的逃生路线。

12.9.4 应急物资配置清单

制氢加氢一体站必须配置以下应急物资，并定期检查、补充或更换：

类别	物资名称	配置要求	检查周期
个人防护	防静电工作服	每人 1 套	每月
	防静电手套	若干	每月
	安全帽	每人 1 顶	每月
	防护面屏/护目镜	每班至少 2 副	每月
	正压式空气呼吸器	至少 2 套	每月
	便携式氢气探测器	至少 2 台	每月（使用前检查）
灭火器材	干粉灭火器（MFZ/ABC 型）	按 GB 50140 配置，每点不少于 2 具	每月
	二氧化碳灭火器	电气设备附近配置	每月
	灭火毯	至少 2 条	每月

CIECCPA

检测与通信	固定式氢气探测器	按 GB/T 50493 布置	每半年标定
	防爆对讲机	每班至少 2 部	每月
	应急照明灯	疏散通道及关键区域	每月
急救与清理	急救箱（含烧伤敷料）	至少 1 个	每月
	洗眼器	制氢加氢区至少 1 套	每周
	吸附剂（用于泄漏吸附）	若干	每月
	防爆工具	铜制或铍青铜材质，至少 1 套	每季度
针对高压氢气泄漏的专用堵漏器材	高压管卡、注剂枪	配置防爆高压堵漏夹具，且每年进行一次实操演练	每季度

应急物资应存放于指定位置，有明显标识，并确保随时可取用。

CIECCPA

附 录 1

制氢加氢一体机工艺流程示意图

图 B.1 给出了制氢加氢一体机工艺流程示意图。

图 B.2 给出了制氢加氢一体机工作流程示意图。

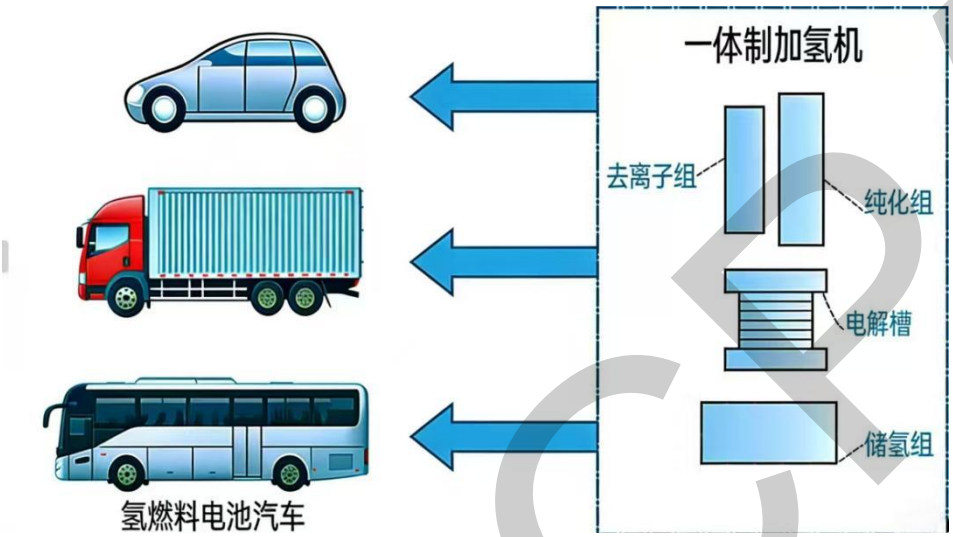


图 B.1 制氢加氢一体机工艺流程示意图

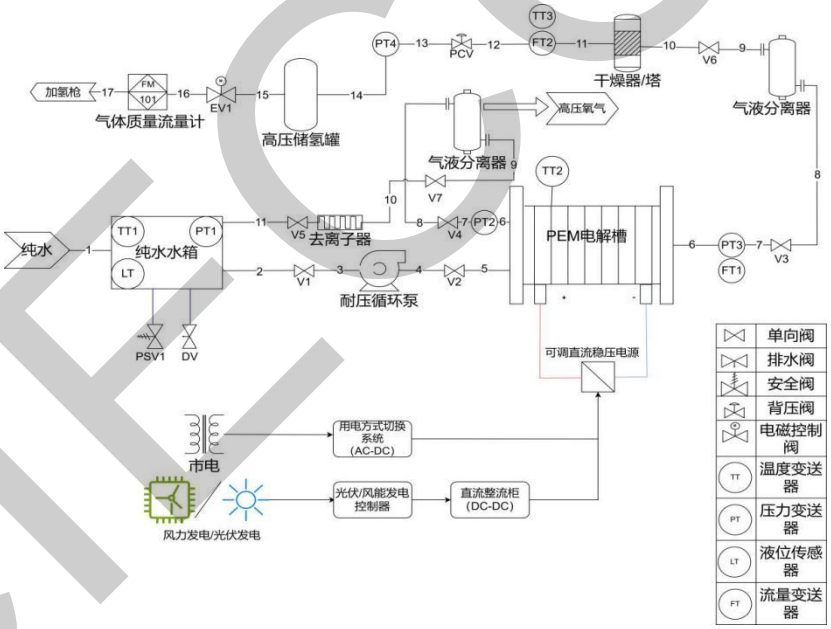


图 B.2 制氢加氢一体机工作流程示意图

CIECCPA

附 录 2

1 引用政策

1.1 2025 年 10 月 24 日：中共中央新闻发布会：十五五推动氢能等成为新的经济增长点；

1.2 国家层面将氢能发展纳入国土空间总体规划，强调与可再生能源规划的衔接，科学安排制氢、储运等用地用海空间，保障新能源项目落地；例如，中共中央、国务院在《关于加快经济社会发展全面绿色转型的意见》中提出推动氢能“制储输用”全链条发展，并要求优化国土空间开发保护格局，严守生态保护红线等控制线，统筹区域氢能产业布局。

2 安全防范

2.1 高压气体设备的耐压性能

高压气体设备应按照常规压力的 1.5 倍以上的压力，使用水或其他安全液体进行耐压测试（如存在使用液体困难的情况，则可采用常规压力的 1.25 倍以上）。需通过使用空气、氮气等气体在超过 1 倍压力下进行的耐压试验。

2.2 高压气体设备的气密性能

高压气体设备应符合 GB/T 29729-2022 的有关规定。

2.3 高压气体设备的强度

高压气体设备（容器除外）应符合以下要求：根据设备形状、尺寸、材料在常规压力或温度下的许用应力、焊接接头效率等因素，具备足够的强度以承受 GB/T 29729-2022 中规定的常规压力或温度下产生的最大应力。

2.4 储槽沉降状况

储槽需采取措施监测其沉降情况，具体要求参见 GB/T 29729-2022 中的相关规定。

2.5 抗震设计结构

塔（指用于反应、分离、精制、蒸馏等工艺的高压气体设备，储罐除外，且该设备最高正接线至最低正接线的长度不超过 5 米）、储罐（仅限储存容量 300 立方米或 3 吨及以上的设备）及管道，以及这些支撑结构与基础（以下统称“抗震设计结构”），均需满足抗震设计结构的地震动要求（以下称为“设计地震动”）、针对抗震设计结构物在地震作用下关键部位产生的应力等计算方法（以下简称“抗震设计结构物应力计算方法”），应依据抗震设计结构物构件的抗震设计允许应力及其他抗震公告规定的抗震设计标准，确保结构在地震作用下安全。

2.6 仪器仪表

高压气体设备须按照 GB/T 29729-2022 中的相关规定，配备温度计、压力表，并采取必要措施确保当设备内部温度超过常规温度范围时，能立即恢复至正常温度区间；确保当设备内部压力超过允许值时，能立即将其降至安全范围内。

安全装置中的安全阀或破裂板，以及（在城市型储罐中）泄压阀，均应配备泄放管。关于液化氢储罐型压缩氢站内连接输氢管的措施，为防止大量氢气泄漏，应参照 GB/T 29729-2022 执行。

2.7 负压防护措施

为防止可燃气体低温储罐内部压力低于外部压力导致储罐破裂，需采取以下措施：配备 GB/T 29729-2022 所示的设备。

2.8 电气设备的防爆结构

高压气体设备的电气装置应根据安装位置及气体类型，采用具备防爆性能的结构设计。分配器周边危险区域与非危险区域的划分标准，应参照 GB/T 29729-2022 标准执行。

2.9 静电消除措施

关于可燃气体及特定惰性气体生产设备的静电消除措施，以及充填作业时的静电消除措施，均应按照示例标准 GB/T 29729-2022 的规定执行。

2.10 阀门等操作的适当措施

制造设备上设置的阀门或旋塞（若通过操作按钮等装置进行开关操作，则指该操作按钮等装置），应采取示例标准 GB/T 29729-2022 中规定的措施，以确保操作人员能够正确操作该阀门或旋塞。

2.11 场地边界距离

示例基准 GB/T 29729-2022 对于场地边界等处，采取与规定距离等效的措施（压缩氢气站・移动式压缩氢气站）。

2.12 防止接收管大量泄漏的措施

在接收来自充装容器等的压缩氢气的管道中，为防止压缩氢气流量显著增加，除采取 GB/T 29729-2022 规定的措施外，还应采取以下措施：对管道（仅限于常规压力低于充装容器等最高充装压力的管道）实施减压处理，使其压力低于该管道的常规压力。此外，接收来自氢气拖车的压缩氢气时，其氢气排放位置应符合 GB/T 29730 标准要求，而氢气拖车的管理则应遵循 GB/T 29731 标准规定。

2.13 气体泄漏检测报警设备、停车时的应对措施

当需要停止生产设备运行时，应采用切断阀进行切断操作，需自动关闭切断阀并监测其状态，一旦检测到关闭异常即触发警报。切断装置的设计应符合 GB/T 29729-2022 标准规定的故障安全要求。

2.14 火源隔离距离、设备间距、水电解制氢装置防爆、防漏、防损等安全防护措施

在使用水电解制氢增压装置生产压缩氢气时，为防止爆炸、泄漏、损坏等事故，该装置必须采取标准 GB/T 29729-2022 所规定的安全防护措施。

2.15 远程监控

1) 远程监控摄像机

安装位置：需在分配器附近（客户难以触及的位置）

配置说明：通过安装入场传感器等设备，可实时识别顾客入场情况，实现对压缩氢气站内部的全景监控，并掌握顾客加注作业的实时动态。关键在于通过视频监控确认客户充填作业的安全性。具体来说，当发现以下情况时，可通过以下两种设备向客户发出警示：一是充填完成后忘记拆卸连接装置导致设备无法启动；二是软管部位发生卡滞导致紧急脱离装置无法启动等异常情况。

为此，建议将设备安装在能清晰观察客户在分配器前操作位置和角度的位置。

2) 对讲机

安装位置：请置于分配器附近（便于客户取用）

技术规范：支持双向通话功能。需建立通信中断及网络攻击防护机制。需配置园区广播系统。

若未设置对讲系统，该设备将同时作为室内广播系统使用。此时在场地边界处仍可清晰听到语音。作为对讲系统的一项功能，可设置紧急联络按钮。

3) 广播设备

设置位置：需在配备分配器的区域及场地边界处确保语音信号覆盖。

技术规格：由监控中心发送。在场地边界处仍可清晰听到声音。

此外，还需采取以下通信中断应对措施。

4) 通信中断对策

当通信中断时，应预先在程序中设置故障安全措施，例如立即停止灌注或在灌注完成后立即停止等。

3 审批选址

是项目安全的第一道防线，必须严格执行以下流程：

3.1 初步筛查：利用地理信息系统（GIS），避开地质灾害区、洪涝区、生态保护区。

3.2 安全间距核验：严格遵守本文件（DB44）中表 2 的防火间距要求，重点核验与重要公共建筑、居民区、交通干道的距离。制作《选址安全间距核验表》。

地质勘察：委托专业机构进行详细勘察，确保地下水位、土壤腐蚀性、承重能力满足地下舱体建设要求。

3.3 市政条件：确认具备双路供电（10kV）、工业用水（或自建纯水系统）、通讯及排水接入条件。

3.4 社会风险评价：评估周边社区、企业的接受度，提前沟通，纳入规划。

3.5 选址建议优先区域：城市副中心物流园区、高速公路服务区、大型公交场站内部、化工园区边缘（需严格论证）等既有能源需求又相对独立的区域。

4 建设要求

1) 工程规划与准备

为确保工程高效顺利推进，需仔细核对设计图纸，与相关方进行充分沟通，并提前制定施工计划并做好各项准备工作。

2) 工程灾害的预防

在施工过程中，必须严格遵守相关法律法规，切实做好预防因作业引发的工伤事故等隐患。由于此类工程通常需与公共道路接壤实施，施工人员还应特别注意保障非施工人员的安全。

3) 设备安装工程

a) 设备安装须严格遵循设计图纸，并做好作业环境的准备工作，确保安全进行。

b) 设备应按照设计图纸指定的位置和方法进行安装。若实际运行环境与设计要求存在差异，需与运营商、设计方等相关部门充分协商后实施安装。

4) 管道、附属设备等安装工程

管道、附属设备等安装工程须严格遵循设计图纸，遵守相关法规要求进行施工。若其他设备工程公司、电气工程公司等参与相关工程时，应根据实际情况就技术规范、操作方法、协调配合等事项进行充分协商。建设要求

5 实施方案

5.1 在安装施工过程中，需按照以下方案施工。

1) 改质装置、氢储罐、送气蒸发器等简易装置在储罐与专用储罐等注入口之间设置的隔离屏障，应采用以下任一方案。对于氢储罐，需确保阀门、充装口、计量器等操作部件的安装位置低于隔离屏障的高度。

A. 钢筋混凝土

该结构采用直径≥9 毫米的钢筋，纵向与横向间距≤40 厘米，尤其在角落部位需确保钢筋牢固绑扎，整体厚度≥12 厘米、高度≥2 米，建于坚固地基之上，能充分抵御预期的气体爆炸冲击等作用力。

B.I 型混凝土砌块

采用直径≥9 毫米的钢筋，纵向与横向间距≤40 厘米进行配筋，尤其需确保角落钢筋的牢固绑扎。在坚固地基上建造的结构，其混凝土砂浆填充块体空腔的厚度≥15 厘米、高度≥2 米，能充分抵御预期的气体爆炸冲击等作用力。

C. 钢板

对于厚度≥3.2 毫米的钢板，需采用边长≥30×30 毫米的等边山形钢，以纵向和横向间距≤40 厘米的焊接方式加固；或使用厚度≥6 毫米的钢板，每隔 1.8 米设置支撑柱，建造高度≥2 米的结构物。此类结构必须建在坚固地基之上，且能充分抵御预期气体爆炸冲击等作用力。

2) 为防止消防设备或温度升高装置排放的水体流入泵房及专用储罐等设施的注入口附近，应采取以下措施：在泵房及专用储罐等设施的注入口附近与洒水区域之间设置排水沟。此外，排水沟的宽度、深度、坡度等排水能力需根据洒水装置的安装情况及水量需求进行合理设计，确保具备足够的排水能力。

3) 为防止危险物质从固定供油设备、固定注油设备、简易储罐或专用储罐等的注入口泄漏至分配器，应采取的措施包括：在固定供油设备、固定注油设备、简易储罐
或专用储罐与分配器之间设置排水沟等。此外，排水沟的设置需综合考虑散水装置等的安装状态及水量，确保其排水能力（宽度、深度、坡度等）达到充分要求。

4) 针对固定供油设备（悬挂式除外）、固定注油设备（悬挂式除外）及简易储油罐等设施，为防止汽车等车辆发生碰撞，可采取在设备周围设置防护围栏或立柱等措施。

5) 当高压一体式制加氢机设备发生火灾时，为防止火势蔓延至简易储罐，可采取在简易储罐与高压一体式制加氢机设备之间设置隔热板的措施。

6 防爆措施

防爆与材料选择：

1) 结构：舱体钢板采用耐氢脆高性能钢材（如 SA-516 Gr.70）。

2) 内衬与地面：设备层内壁敷设防静电、不发火花环氧树脂涂层。地面设置导静电网格。

3) 电气设备：全部采用 ExdⅡCT1 及以上防爆等级。

4) 密封材料：氢管道法兰垫片采用金属缠绕垫或 PTFE 垫片。

7 储氢罐建设

1) 布置：采用多个小容积（≤175L）瓶组，沿舱壁环形布置，固定在抗震支架上。

2) 监测：瓶组上方安装激光扫描泄漏监测仪，夹层设置氢气浓度探头。

3) 安全：每组设双安全阀，泄放管汇总至地面火炬。设置全淹没式 IG541 气体灭火系统。

8 水电

用水：

原料水：采用反渗透（RO）+电去离子（EDI） 工艺制备超纯水（电阻率≥15 MΩ·cm）。

冷却水：电解系统采用闭式循环冷却，配备软化水装置。

用电：

负荷等级：制氢系统、控制系统、关键安全设施为一级负荷中特别重要负荷。

电源方案：双路 10kV 市电+不间断电源（UPS，后备≥30 分钟）+ 柴油发电机组（备用）。

电解电源：每台电解槽配置独立大功率高频开关直流电源，具备稳压稳流及软启动功能。

附 录 A
爆炸危险区域划分

A.1 一般规定

A.1.1 爆炸危险区域的等级定义应符合 GB 50058《爆炸危险环境电力装置设计规范》的规定。

A.1.2 制氢加氢一体机内所有涉及氢气的房间、设备及区域，应根据氢气释放源、释放频率和通风条件划分爆炸危险区域。

A.1.3 爆炸危险区域的划分应依据以下原则：

连续释放或频繁释放的区域划分为 0 区；

正常运行中可能释放的区域划分为 1 区；

正常运行中不太可能释放，或偶尔短时释放的区域划分为 2 区。

A.2 储氢型配置爆炸危险区域划分

A.2.1 制氢模块

1 区：电解槽本体、氢气管道及阀门连接处周围 1.5m 空间

2 区：制氢模块外延 4.5m 半径的地面及周围空间，顶部外延 7.5m 空间

A.2.2 纯化系统

1 区：纯化装置本体及氢气管道连接处周围 1.5m 空间

A.2.3 储氢系统

1 区：储氢容器接口、阀门、法兰周围 1.5m 空间

2 区：储氢容器外延 4.5m 半径的地面及周围空间

A.2.4 加氢系统

1 区：加氢枪接口、拉断阀、软管连接处周围 1.5m 空间

2 区：加氢机外延 4.5m 半径的地面及周围空间

A.2.5 地下设施间

1 区：设施间内部整体空间

2 区：设施间通风口、检修口外延 1.5m 空间

A.3 无储氢罐配置爆炸危险区域划分

A.3.1 制氢模块

1 区：电解槽本体、氢气管道及阀门连接处周围 1.5m 空间

2 区：制氢模块外延 4.5m 半径的地面及周围空间，顶部外延 7.5m 空间

A.3.2 纯化系统

1 区：纯化装置本体及氢气管道连接处周围 1.5m 空间

A.3.3 缓冲系统（替代储氢容器）

1 区：缓冲罐接口、阀门、法兰周围 1.5m 空间

2 区：缓冲罐外延 4.5m 半径的地面及周围空间

A.3.4 加氢系统

CIECCPA

1 区：加氢枪接口、拉断阀、软管连接处周围 1.5m 空间

2 区：加氢机外延 4.5m 半径的地面及周围空间

A.3.5 地下设施间

1 区：设施间内部整体空间

2 区：设施间通风口、检修口外延 1.5m 空间

A.4 储氢型与无储氢罐配置差异对比

项目	储氢型配置	无储氢罐配置
储存设备	储氢容器	缓冲罐（容积≤50L）
1 区来源	储氢容器接口、阀门、法兰周围 1.5m	缓冲罐接口、阀门、法兰周围 1.5m
2 区范围	储氢容器外延 4.5m	缓冲罐外延 4.5m
地下设施风险	静态储氢风险	动态制氢风险为主
电解槽数量	2 台	不少于 3 台

A.5 爆炸危险区域电气设备选型要求

A.5.1 爆炸危险区域内的电气设备（如电机、开关、传感器、照明灯具等）应选用符合 GB 50058 要求的防爆型产品，防爆等级不应低于 ExdⅡCT1。

A.5.2 爆炸危险区域内使用的电缆、导线应采用阻燃型，电缆引入装置应满足防爆要求，穿线管应采用厚壁镀锌钢管，螺纹连接处应密封。

A.5.3 爆炸危险区域内禁止使用非防爆的便携式电气设备（如手机、对讲机、笔记本电脑等），必须使用时，应经安全评估并采取相应安全措施。

A.6 通风对爆炸危险区域的影响

A.6.1 当爆炸危险区域设置有效的强制机械通风系统时，可按以下原则调整区域等级：

通风换气次数不低于 15 次/h，且通风系统与氢气浓度报警联锁时，1 区范围可缩减 30%；

通风换气次数不低于 20 次/h，且通风系统与氢气浓度报警联锁时，1 区范围可缩减 50%。

A.6.2 通风系统的设置应符合本文件第 7.5 条的规定。

A.7 无储氢罐配置特殊说明

A.7.1 无储氢罐配置因不设置独立储氢容器，其爆炸危险区域不包含储氢容器相关区域，但缓冲罐及管道的危险区域范围不应小于 A.3.3 的规定。

A.7.2 无储氢罐配置的电解槽数量不少于 3 台，设备密集度较高，设计时应充分考虑氢气泄漏扩散路径，确保危险区域划分的准确性。

A.7.3 无储氢罐配置的爆炸危险区域划分图应在设备操作现场和控制室张贴，并作为安全培训的重要内容。

CIECCPA

附 录 B

高压一体式制加氢机运维周期表

B.1 适用范围

本附录规定了固定式制氢加氢一体机各主要设施的日常检查、定期维护、校准及检定的周期要求，适用于本文件的第 6 章至第 11 章中涉及的各类维护活动。注：本部分“储氢系统”的维护要求仅适用于储氢型配置。无储氢罐配置因不设置独立储氢容器，可不执行本部分要求，但缓冲罐及电解槽本体的维护应按设备说明书执行。

B.2 运维周期总表

设施/系统	维护项目	维护内容与要求	维护周期	执行标准/依据
一、电气与防雷防静电系统				
防雷接地	接地电阻测试	接地电阻应≤4Ω（联合接地≤1Ω）	每年 1 次（雷雨季节前）	GB 50057、GB 50156
静电跨接	跨接连接检查	跨接线无断裂、无腐蚀，连接牢固，电阻＜0.03Ω	每季度	GB 50156、本文件 6.4
防爆电气	防爆性能检查	防爆外壳无裂纹，密封件完好，电缆引入装置紧固	每月	GB 3836.16
绝缘工器具	耐压试验	绝缘鞋、绝缘手套、验电器等	每半年（或按检定周期）	DL/T 1476
二、制氢系统				
PEM 电解槽	运行参数检查	电压、电流、温差、差压	每日（运行记录）	GB/T 37562
原料水系统	水质检测	电阻率≥1MΩ·cm（应≥15MΩ·cm）	每周	本文件 6.3.8
原料水系统	过滤器清洗/更换	压差正常，滤芯无堵塞	每月	设备说明书
去离子器	水质检测	电阻率低于 15MΩ·cm 时即时更换，最长更换周期不超过 6 个月。	每半年	设备说明书
氢气纯化系统	吸附剂/干燥剂	工作状态检查，再生效果评估	每半年	设备说明书
三、储氢系统				
储氢容器	年度检查	外观、紧固件、安全附件、本体腐蚀	每年	TSG 21、GB/T 37563

储氢容器	定期检验	全面检验（耐压试验、壁厚测定等）	按 TSG 21 规定（3 年/6 年）	TSG 21
安全阀	校验	起跳压力、回座压力	每年 1 次	TSG ZF001
压力表	检定	精度等级、量程	每半年	JJG 52
氢气传感器	标定	零点、量程校准	每半年	GB/T 34544
四、加氢系统				
加氢机	计量检定	流量计准确度（贸易结算用）	每年（强检）	JJG 1148-2022《压缩氢气加气机检定规程》
加氢机	内部检查	过滤器、管道、阀门、拉断阀	每月	GB 50516
加氢软管	外观与导电性	无龟裂、鼓包，导电电阻＜10 Ω	每月	GB/T 26779
加氢枪	密封性检查	O 型圈、单向阀、无泄漏	每日	设备说明书
车载瓶温度传感器	功能测试	模拟信号，联锁停机功能	每季度	本文件 11.1
五、管道与阀门				
氢气管道	泄漏检测	采用检漏液或氢气检测仪	每周	GB 4962
紧急切断阀	功能测试	现场/远程/紧急按钮关闭测试	每月	GB 50516
止回阀	功能检查	防止倒流功能确认	每半年	设备说明书
放空管	阻火器检查	清理堵塞，阻火层完好	每半年	GB 50177
六、安全与应急设施				
火焰/气体探测器	功能测试	报警功能、联动功能	每月	GB 50156
紧急停机按钮	功能测试	按下后切断电源、气源	每月	本文件 8.5
消防器材	检查	压力、有效期、位置	每月	GB 50140
洗眼器/淋洗器	功能测试	出水正常，水质合格	每周	GB/T 38144
视频监控	存储与画面检查	存储时长≥90 天，画面清晰	每月	GB 50198

CIECCPA

七、环境适应性专项				
防腐涂层	完整性检查	无起泡、脱落、红锈	每半年	本文件 12.2.5
防撞护栏	牢固性检查	无变形，基础无松动	每半年	本文件 12.3.4
设备基础/地坪	积水与沉降检查	无积水，无沉降开裂	每半年	本文件 12.3.5

CIECCPA

附 录 C
（规范性）
无储氢罐配置设计说明

无储氢罐配置设计、验证与运行管理要求

C.1 范围

本附录规定了无储氢罐制加氢一体机（以下简称“无罐一体机”）在电解槽配置、缓冲容积设计、制氢-加注动态联动控制、冗余考核及安全间距补偿方面的具体技术要求。本附录适用于本文件第 1 章 b）类配置的建设和运营。

C.2 本质安全设计原则

C.2.1 去储氢化风险：无罐一体机不得设置任何用于长期储存氢气的压力容器（容积＞50L 且设计寿命＞30min 缓冲功能的容器视为储氢容器）。

C.2.2 即产即消：制氢系统产出的氢气，经纯化及微小缓冲后，应直接通过加氢机加注至车载储氢瓶。系统内瞬时氢气存量（含管道、电解槽腔体及缓冲罐）应通过计算严格限制在≤ 5kg，并在此存量下完成全部风险建模。

C.2.3 多机冗余：电解槽安装台数不应少于 3 台，单台额定产氢量≥100Nm³ /h，总安装产氢能力不低于日均设计加氢量的 1.5 倍，确保任意一台计划检修或故障停机时，剩余在线电解槽的产氢能力不低于高峰时段（连续 2 小时）平均加注流量的 100%。

C.3 电解槽配置与缓冲容积计算

C.3.1 缓冲罐设置：允许设置氢气缓冲罐，其作用仅为平抑电解槽升降载与加注机启停之间的微压波动。

- 容积上限：单台缓冲罐几何容积≤50L，总缓冲容积不得超过电解槽 3 秒额定产氢量的体积（标准状态）。
- 设计压力：缓冲罐设计压力不得低于加氢机最大工作压力的 1.1 倍，且应设置双安全阀。

C.3.2 动态响应时间：

- 电解槽直流电源的电流调节响应时间（从 10%至 90%额定电流）应 ≤ 3 秒。
- 制氢系统出口压力调节阀的整定响应时间应 ≤ 1 秒，且具备前馈控制功能（根据加氢机流量信号预调节产氢压力）。

C.4 制氢-加注联动控制安全策略（强制性）

C.4.1 加注优先模式：控制系统采用“以加定产”策略。加氢机启动加注时，联锁信号立即传输至制氢系统，电解槽应在 5 秒内启动升载；加注结束或拉断阀脱开时，制氢系统应切换至热待机（低电流保温）状态或向排空/尾气处理系统泄放，严禁系统超压（超过最高工作压力的 1.05 倍）。

C.4.2 水锤防护：由于无大容量储气缓冲，加注枪急停瞬间产生的水锤效应可能损坏电解槽膜电极。

- 必须在加氢机入口管道处设置缓闭式止回阀或先导式泄压回流阀，阀门全关时间不应小于 2 秒。
- 管道流速设计应严于常规，最大流速不应超过 8m/s。

C.4.3 紧急停机逻辑：

CIECCPA

- 当紧急停机（E-stop）被触发时，除执行第 7.1 节规定外，电解槽必须在 0.5 秒内切断输入功率。
- 切断后，系统自动打开氮气吹扫阀，将电解槽及管道内残留氢气在 30 秒内置换至放空火炬或稀释至爆炸下限（LEL）的 25%以下。

C.5 安全间距补偿与 QRA 要求

C.5.1 间距确定依据：无罐一体机的独立地下设施间与站外建（构）筑物的间距，不得机械套用储氢容器的间距标准。应依据附录 C.2.2 规定的“总存量≤5kg”这一本质安全特性，结合第 6.2.2.2 条的补偿措施，通过 QRA 专项论证确定。

C.5.2 QRA 输入参数强制规定（为确保评估一致性）：

- 泄漏场景必须包含：高压管道 20mm 口径完全断裂（泄漏频率取≤$1*10^{-5}$kg/m·年）；
- 气象条件取当地 最不利大气稳定度（F 类），风速 1.5 m/s；
- 点火概率模型应采用国际通行数据库（如 Coup de fouet 或基于 UK HSE 的 IGEM 模型）。

C.5.3 审批红线：若 QRA 计算出的个人风险（IR）＞$1*10^{-5}$kg/m·年，则无论采取何种补偿措施，该选址均为不通过，必须重新选址或缩减设施规模。

C.6 运维特殊管控

C.6.1 电解槽轮换运行：为防止单一电解槽过度老化导致动态响应失效，控制系统应内置 “轮值算法”，自动轮换主备电解槽，确保各槽累计运行时长偏差不超过±10%。

C.6.2 高频次吹扫测试：因无储罐缓冲，停机后管道保压完全依赖阀门密封。每月必须执行一次 “带压停机密封性测试” ：在加注枪关闭且电解槽停机状态下，监测系统压力自然衰减率，若 5 分钟内压降超过 0.5MPa，则判定阀组内漏，须立即停止运营并检修。

C.6.3 模拟断载演练：每季度至少进行一次 “高峰时段单机突发停机”模拟演练，验证剩余电解槽响应加注峰值的能力及控制逻辑正确性，演练结果纳入运营档案。

CIECCPA