

中华人民共和国国家标准

GB/T 27748.1—2017/IEC 62282-3-100:2012
代替 GB/T 27748.1—2011

固定式燃料电池发电系统 第 1 部分：安全

Stationary fuel cell power systems—Part 1: Safety

(IEC 62282-3-100:2012, Fuel cell technologies—
Part 3-100: Stationary fuel cell power systems—Safety, IDT)

2017-07-31 发布

2018-02-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	I
引言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	4
4 安全要求和保护性措施	9
5 型式试验	25
6 例行试验	43
7 标识、标签和包装	44
附录 A (资料性附录) 本标准讨论的重要危险、危险情况及事件	49
附录 B (资料性附录) 氢环境下渗碳和材料兼容性	51
附录 NA (资料性附录) 与本部分中规范引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件	55
参考文献	57

前 言

GB/T 27748《固定式燃料电池发电系统》分以下 4 个部分：

- 第 1 部分：安全；
- 第 2 部分：性能试验方法；
- 第 3 部分：安装；
- 第 4 部分：小型燃料电池发电系统性能试验方法。

本部分为 GB/T 27748 的第 1 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 27748.1—2011《固定式燃料电池发电系统 第 1 部分：安全》，与 GB/T 27748.1—2011 相比主要技术变化如下：

- 总体上重新编排了安全要求部分；
- 主要修改在于提出了对内部元件的电气安全要求；
- 明确了大量的要求和试验方法，尤其是压力泄漏和强度试验；
- 扩展了风力试验部分；
- 增加了冷凝物排放和漏风试验。

本部分使用翻译法等同采用 IEC 62282-3-100:2012《燃料电池技术 第 3-100 部分：固定式燃料电池发电系统 安全》。

与本部分中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件见附录 NA。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国燃料电池及液流电池标准化技术委员会(SAC/TC 342)归口。

本部分起草单位：苏州 UL 美华认证有限公司、机械工业北京电工技术经济研究所、清华大学、新源动力股份有限公司、深圳市标准技术研究院、武汉众宇动力系统科技有限公司、中国科学院大连化学物理研究所、武汉理工大学、南京大学昆山创新研究院、苏州弗尔赛能源科技股份有限公司、航天新长征电动汽车技术有限公司。

本部分主要起草人：周斌、陈晨、张剑波、石伟玉、齐志刚、黄曼雪、李晓楠、侯明、李赏、衣宝廉、刘建国、王益群、詹志刚、李霞、顾荣鑫、靳殷实、徐加忠。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 27748.1—2011。

引言

一个典型的固定式燃料电池发电系统如图 1 所示。

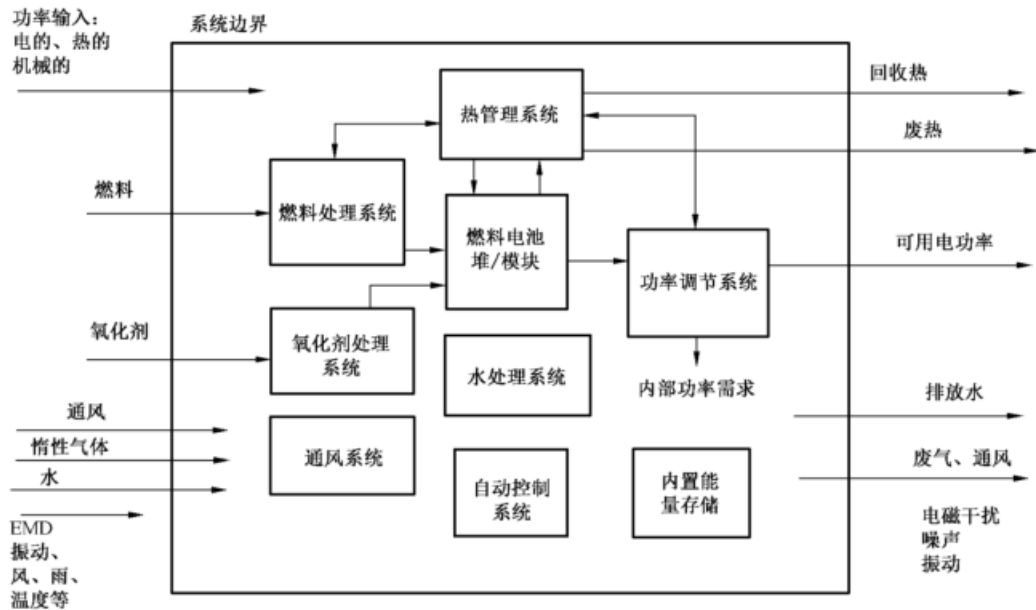


图 1 固定式燃料电池发电系统

本标准所适用的发电系统由下列子系统有机组合而成，各子系统需要执行各自指定的功能：

- 燃料处理系统**：由化学和/或物理处理设备以及相应的热交换和控制器组成的系统，用于制备、加压（如有必要）燃料，供燃料电池发电系统使用；
- 氧化剂处理系统**：用于量测、调节、处理并可以加压燃料电池发电系统所需的氧化剂的系统；
- 热管理系统**：提供加热或冷却以及散热功能，以保持燃料电池发电系统工作在运行温度范围内，并可以进行余热回收，在启动时辅助加热动力传动机构的系统；
- 水处理系统**：对回收水或添加水提供所有必要净化处理，以供燃料电池发电系统内部使用的系统；
- 功率调节系统**：用于调整燃料电池堆所产生的电能以与制造商指定的用电需求相匹配的设备；
- 自动控制系统**：由传感器、执行器、阀门、开关和逻辑元件所组成，用于将燃料电池发电系统参数维持在制造商设定范围内，包括在无需人工干预即可转移至安全状态；
- 通风系统**：通过强制对流或自然对流，向燃料电池系统机柜内通入空气的系统；
- 燃料电池模块**：一个或多个将化学能转化为电能和热能的燃料电池堆组成的集合，被集成到燃料电池发电系统；
- 燃料电池堆**：由电池、双极板、冷却板、歧管以及支撑结构组成的部件组合，通过电化学反应，将

富含氢的气体 and 空气转化为直流电、热和其他副产品；

——**内置能量存储装置**：系统内部所带的电能储存装置，旨在协助或补充燃料电池模块向内部或外部负载供电。

固定式燃料电池发电系统

第1部分：安全

1 范围

GB/T 27748的本部分是产品的安全标准,适用于固定式燃料电池发电系统,该系统可以是组装的,自成体系的或由工厂提供完整集成系统的形式,均通过电化学反应来发电。

本部分适用于:

- 直接或通过转换开关与主网连接,或与独立配电系统连接的系统;
- 提供交流电或直流电的系统;
- 具有或不具有回收可用热量能力的系统;
- 使用以下各种燃料工作的系统:

- a) 天然气或其他来源于可再生燃料(生物质)或化石燃料的富含甲烷的气体,比如垃圾填埋气、沼气和煤层气等;
- b) 来源于石油精制的燃料,例如柴油、汽油、煤油以及液化石油气,如丙烷和丁烷;
- c) 来源于可再生燃料(生物质)或化石燃料的醇类、酯类、醚类、醛类、酮类、费托法合成液体和其他富氢的有机化合物,例如甲醇、乙醇、二甲醚、生物柴油等;
- d) 氢、含氢气的气体混合物,例如合成气、民用燃气等。

本部分不适用于:

- 微型燃料电池发电系统;
- 便携式燃料电池发电系统;
- 驱动式燃料电池发电系统。

注:一些特殊的应用如作为海洋辅助电能,在海洋船只相关的标准中将可能给出追加要求。

本部分适用于应用在商业、工业和家庭等领域,安装在室内和室外等无危害(未划分等级)区域的固定式燃料电池发电系统。

本标准考虑了燃料电池发电系统在可预期的情况下和在制造商可预设条件下使用时,所有涉及燃料电池系统的重大危险、危险场景和事件,但不包括与环境兼容性(安装条件)有关的各种危险。

本标准规定的危险情况仅限于可能对人身造成的伤害,或仅对燃料电池发电系统之外造成的破坏。本标准不涉及对燃料电池内部损坏的保护,只要这种内部损坏不会对燃料电池外部产生危害。

本标准中的各项要求并非旨在限制创新,当考察本标准未曾涉及的燃料、材料、设计或构造时,这些替代方案需要被评估是否具备与本标准相当的安全、性能水平。

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/T 4208—1993 外壳防护等级(IP代码)(IEC 60529:1989, IDT)

IEC 60079-0 爆炸性气体环境 第0部分:设备通用要求(Explosive atmospheres—Part 0: Equipment—General requirements)

IEC 60079-2 爆炸性气体环境 第2部分:正压外壳型“p”的设备保护(Explosive atmospheres—

Part 2: Equipment protection by pressurized enclosure “p”)

IEC 60079-10 爆炸性气体环境 第 10 部分: 区域分类(Explosive atmospheres—Part 10: Classification of areas)

IEC 60079-29-1 爆炸性气体环境 第 29-1 部分: 气体探测器-可燃气体探测器性能要求(Explosive atmospheres—Part 29-1: Gas detectors—Performance requirements of detectors for flammable gases)

IEC 60079-30-1 爆炸性气体环境 第 30-1 部分: 电阻跟踪加热 通用和测试要求(Explosive atmospheres—Part 30-1: Electrical resistance trace heating—General and testing requirements)

IEC 60204-1 机械安全 机械电气设备 第 1 部分: 通用要求(Safety of machinery—Electrical equipment of machines—Part 1: General requirements)

IEC 60335-1:2010 家用和类似用途电器 安全 第 1 部分: 通用要求(Household and similar electrical appliances—Safety—Part 1: General requirements)

IEC 60335-2-51 家用和类似用途电器 安全 第 2-51 部分: 供热和供水装置固定循环泵的特殊要求(Household and similar electrical appliances—Safety—Part 2-51: Particular requirements for stationary circulation pumps for heating and service water installations)

IEC 60417 设备用图形符号(Graphical symbols for use on equipment)

IEC 60730-1 家用和类似用途电自动控制器 第 1 部分: 通用要求(Automatic electrical controls for household and similar use—Part 1: General requirements)

IEC 60730-2-5 家用和类似用途电自动控制器 第 2-5 部分: 燃烧器电自动控制系统的特殊要求(Automatic electrical controls for household and similar use—Part 2-5: Particular requirements for automatic electrical burner control systems)

IEC 60730-2-6 家用和类似用途电自动控制器 第 2-6 部分: 压力敏感电自动控制器的特殊要求和机械要求(Automatic electrical controls for household and similar use—Part 2-6: Particular requirements for automatic electrical pressure sensing controls including mechanical requirements)

IEC 60730-2-9 家用和类似用途电自动控制器 第 2-9 部分: 温度敏感控制器的特殊要求(Automatic electrical controls for household and similar use—Part 2-9: Particular requirements for temperature sensing controls)

IEC 60950-1 信息技术设备 安全 第 1 部分: 通用要求(Information technology equipment—Safety—Part 1: General requirements)

IEC 61000-3-2 电磁兼容(EMC) 第 3-2 部分: 限值-谐波电流发射限值(设备每相输入电流 ≤ 16 A)[Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 3-2: Limits—Limits for harmonic currents emissions (equipment input current ≤ 16 A per phase)]

IEC 61000-3-3 电磁兼容(EMC) 第 3-3 部分: 限值-对每相额定电流 ≤ 16 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[Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 3-3: Limits—Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems for equipment with rated current ≤ 16 A per phase and not subject to conditional connection]

IEC 61000-3-4 电磁兼容(EMC) 第 3-4 部分: 限值-对额定电流大于 16 A 的设备在低压供电系统中产生的谐波电流的限制[Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 3-4: Limits—Limitation of emission of harmonic currents in low-voltage power supply systems for equipment with rated current greater than 16 A]

IEC 61000-3-5 电磁兼容(EMC) 第 3-5 部分: 限值 对额定电流大于 75 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[Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 3-5: Limits—Limi-

tation of voltage fluctuations and flicker in low-voltage power supply systems for equipment with rated current greater than 75 A]

IEC 61000-3-11 电磁兼容(EMC) 第 3-11 部分:限值 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 额定电流 ≤ 75 A 且有条件接入的设备[Electromagnetic Compatibility (EMC)—Part 3-11; Limits—Limitation of voltage changes voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems—Equipment with rated current ≤ 75 A and subject to conditional connection]

IEC 61000-6-1 电磁兼容(EMC) 第 6-1 部分:通用标准 居住、商业和轻工业环境中的抗扰度 [Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 6-1; Generic standards—Immunity for residential, commercial and light-industrial environments]

IEC 61000-6-2 电磁兼容(EMC) 第 6-2 部分:通用标准 工业环境的抗扰度 [Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 6-2; Generic standards—Immunity for industrial environments]

IEC 61000-6-3 电磁兼容(EMC) 第 6-3 部分:通用标准 居住、商业和轻工业环境中的发射标准 [Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 6-3; Generic standards—Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments]

IEC 61000-6-4 电磁兼容(EMC) 第 6-4 部分:通用标准 工业环境中的发射标准 [Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 6-4; Generic standards—Emission standard for industrial environments]

IEC 61508 电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全 (Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems)

IEC 62040-1 不间断电源系统(UPS) 第 1 部分:不间断电源系统(UPS)通用和安全要求 [Uninterruptible power systems (UPS)—Part 1; General and safety requirements for UPS]

IEC 62061 机械安全 安全相关电气、电子和可编程电子控制系统安全功能 (Safety of machinery—Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems)

IEC/TS 62282-1 燃料电池技术 第 1 部分:术语 (Fuel cell technologies—Part 1; Terminology)

IEC 62282-3—200 燃料电池技术 第 3-200 部分:固定式燃料电池发电系统 性能试验方法 (Fuel cell technologies—Part 3—200; Stationary fuel cell power systems—Performance test methods)

ISO 3864-2 图形符号 安全色和安全标志 第 2 部分:产品安全标签的设计原则 (Graphical symbols—Safety colours and safety signs—Part 2; Design principles for product safety labels)

ISO 4413 液压系统通用技术条件 (Hydraulic fluid power—General rules relating to systems)

ISO 4414 气动系统 系统级其部件的通用技术条件和安全要求 (Pneumatic fluid power—General rules and safety requirements for systems and their components)

ISO 5388 固定空气压缩机 安全规则和操作规程 (Stationary air compressors—Safety rules and code of practice)

ISO 7000 设备用图形符号 第 1 部分:索引和简介 (Graphical symbols for use on equipment—Index and synopsis)

ISO 10439 石油、化学和气体工业. 离心压缩机 (Petroleum, chemical and gas service industries—Centrifugal compressors)

ISO 10440-1 石油、石化及天然气工业 旋转型容积式压缩机 第 1 部分:工艺压缩机 (Petroleum, petrochemical and natural gas industries—Rotary-type positive-displacement compressors—Part 1; Process compressors)

ISO 10440-2 石油和天然气工业 旋转型容积式压缩机 第 2 部分:封装空气压缩机(无油) [Petroleum and natural gas industries—Rotary-type positive-displacement compressors—Part 2; Packaged air

compressors (oil-free)]

ISO 10442 石油、化学和气体设备工业 快装式离心空气压缩机(Petroleum, chemical and gas service industries—Packaged, integrally geared centrifugal air compressors)

ISO 12499 工业通风机 通风机的机械安全装置 护罩(Industrial fans—Mechanical safety of fans—Guarding)

ISO 13631 石油及天然气工业 封装活塞式压缩机(Petroleum and natural gas industries—Packaged reciprocating gas compressors)

ISO 13707 石油及天然气工业 活塞式压缩机(Petroleum and natural gas industries—Reciprocating compressors)

ISO 13709 石油、石油化工和天然气工业用离心泵(Centrifugal pumps for petroleum, petrochemical and natural gas industries)

ISO 13849-1 机械安全 控制系统有关安全部件 第1部分:设计通则(Safety of machinery—Safety related parts of control systems—Part 1:General principles for design)

ISO 13850 机械安全 急停 设计原则(Safety of machinery—Emergency stop—Principles for design)

ISO 14847 旋转容积泵 技术要求(Rotary positive displacement pumps—Technical requirements)

ISO 15649 石油及天然气工业 管道(Petroleum and natural gas industries—Piping)

ISO 16111 可移动气体存储装置 可逆式金属氢化物储氢(Transportable gas storage devices—Hydrogen absorbed in reversible metal hydride)

ISO 23550 燃气燃烧器和燃烧器具用安全和控制装置 通用要求(Safety and control devices for gas burners and gas-burning appliances—General requirements)

ISO 23551-1 燃气燃烧器和燃烧器具用安全和控制装置 特殊要求 第1部分:自动阀控(Safety and control devices for gas burners and gas-burning appliances—Particular requirements—Part 1:Automatic valves)

ISO 23553-1 燃油燃烧器和燃油器具用安全和控制装置 特殊要求 第1部分:燃油器关闭装置(Safety and control devices for oil burners and oil-burning appliances—Particular requirements—Part 1:Shut-off devices for oil burners)

ISO 26142 氢气探测装置 固定式应用(Hydrogen detection apparatus—Stationary applications)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

可接近的 accessible

在正常操作条件下,符合如下因素之一的区域:

- a) 在不使用工具的情况下可以接近;
- b) 接近方式已经向终端用户明确且详细提供的;
- c) 无论是否需要使用工具,终端用户均可以通过被引导的方式进入。

注1:除非另有界定,术语“接近”和“可接近的”仅涉及终端用户接近上述定义的区域。

注2:仅允许维修技术人员进入不可接近区域。允许进入不可接近区域的维修人员需要佩戴维护手册中记述的个人防护设备。

3.2

阳极废气催化反应器 anode exhaust catalytic reactor

用于氧化氢燃料电池发电系统中富氢尾气的催化反应器。

3.3

自动燃烧器控制系统 automatic burner control system

监测燃烧器运行状况的系统,该系统包括:可编程单元、火焰/氧化检测器,可能还包含一个点火源和/或点火设备。

3.4

燃烧器端口 burner port

燃烧器头部的开口,使燃气或者燃气-空气混合气从中排出进行燃烧。

3.5

可燃材料 combustible material

能够燃烧的材料。

注 1: 该类材料即使经过阻燃、耐火处理或涂覆处理,也应视为可燃材料。

注 2: 与加热装置、排气口连接器、排气出口、蒸汽和热水管道以及暖气管道相邻或者相接触时,若其成分或表面由木材、层压纸、植物纤维或者其他可被点燃和燃烧其他材料制造,被视为可燃材料。

3.6

设计压力 design pressure

任意或者所有操作模式下可能出现的最大压力,包括稳态和瞬态。

3.7

废气 effluent

从气体利用设备中排放出的燃烧产物和多余的空气。

3.8

电磁骚扰 electromagnetic disturbance

任何可能引起装置、设备(系统)性能降低或者对有生命(无生命)物质产生损害作用的各种电磁现象。

3.9

电磁干扰 electromagnetic interface

EMD

由电磁骚扰引起的设备、传输通道或系统性能下降的电磁现象。

3.10

电气设备 electrical equipment

设备

通用术语,包括材料、配件、应用设备、固定件、仪器等,或构成一个电气设施的一部分,或与其连接。

3.11

紧急关机 emergency shutdown

安全关机

基于过程参数,立即停止燃料电池发电系统和所有相关反应,避免设备的损坏和/或人员伤害的控制系统的行为。

3.12

燃料电池 fuel cell

将一种燃料和一种氧化剂的化学能转化为电能(直流电)、热和其他反应产物的电化学装置。

3.13

燃料电池发电系统 fuel cell power system

发电系统

使用一个燃料电池模块来产生电能和热的发电系统。

3.14

燃料舱 fuel compartment

内部置有(可释放)易燃气体/蒸气源的箱体。

3.15

排气出口 flue gas vent

将通入的气体从气体利用设备或者它们的通风口连接处输送至外部气体环境的通道。

3.16

热交换器 heat exchanger

容器,在该容器中热从一种介质传递至另一种介质中。

3.17

点火器 igniter

用电能点燃引燃火焰或主燃烧器内气体的装置。

3.18

点火装置 ignition device

安装或者接近燃烧器用于点燃燃烧器内气体的装置。

3.19

点火系统时序 ignition system timings

3.19.1

火焰形成时段 flame-establishing period

从启动燃料流装置到检测到燃烧器火焰两个信号之间的时间段。

注:这个可以适用于提供点火源或者主燃烧器火焰,或者二者均有。

3.19.2

点火运行时段 ignition activation period

从主气体阀门启动至在熄火时间前停止点火装置之间的时间段。

3.19.3

启动锁定时间 start-up lock-out time

在检测被监控的点火源或主燃烧器火焰失败的情况下,从启动气流至关闭气流动作之间的时间段。

重新启动点火过程需要人工进行操作。

3.19.4

吹扫时间 purge time

用于吹散未燃烧气体或者燃烧剩余产物的时间。

3.19.4.1

预吹扫时间 pre-purge time

在燃烧器运行周期开始,启动点火前的吹扫时间。

3.19.4.2

后吹扫时间 post-purge time

燃烧器运行周期结束后的吹扫时间。

3.19.5

循环时间 recycle time

在被监控的点火源或被监控的主燃烧器火焰消失后,从关闭可燃气体源至重新启动点火源之间的时间段。

3.20

联锁 interlock

监测规定条件满足与否并保证相关控制设备执行安全动作的控制方式。

3.21

熄火时间 lock-out time

火焰熄灭

出现火焰熄灭信号至关闭燃料供应动作之间的时间段。

3.22

主燃烧器 main burner

将燃气或燃气与空气混合气输送至最终的燃烧区域实现燃烧,完成设备设计功能的设备或设备组。

3.23

歧管 manifold

向燃料电池或燃料电池堆输送流体或从燃料电池或燃料电池堆回收流体的通道。

3.24

许可 permissive

在一个逻辑序列在被允许进入下一个阶段前必须满足的逻辑序列内的条件。

3.25

引燃火焰 pilot

用于点燃主燃烧器可燃气体的小型火种。

3.25.1

值班火焰 continuous pilot

不管主燃烧器是否燃烧,在主燃烧器的整个服务期间一直燃烧不被熄灭的引燃火焰。

3.25.2

调节型引燃火焰 intermittent pilot

每次出现点火信号时自动被点燃、且在主燃烧器燃烧的整个时段保持燃烧的引燃火焰。

3.25.3

中断型引燃火焰 interrupted pilot

每次出现点火信号时自动被点燃的引燃火焰,在主燃烧器火焰形成后该引燃火焰的燃料供应被中断。

3.25.4

监控型引燃火焰 proved pilot

由主安全控制系统监控的引燃火焰。

3.26

吹扫 purge

将气体和/或液体,如燃料、氢气、空气或者水移除燃料电池发电系统的保护性操作。

3.27

重整器 reformer

由原燃料制得富氢气体混合物的反应器。

3.28

比重 specific gravity

在相同的测量条件下,给定体积的一种物质的重量或者质量与等同体积的其他用作标准物质(空气对各种气体、水对各种液体和固体)的重量或质量的比值。

3.29

状态 state

3.29.1

冷态 cold state

燃料电池发电系统处在环境温度下既没有能量输入也没有能量输出的状态。

3.29.2

运行状态 operational state

燃料电池发电系统有可观电力输出的状态。

3.29.3

钝态 passive state

燃料或氧化剂系统已经被蒸汽、空气或氮气或生产商所规定的气体吹扫后燃料电池发电系统的状态。

3.29.4

热待机状态 hot standby state

燃料电池发电系统有足够高的工作温度并处在零电力输出的运行模式下,但燃料电池发电系统能够快速切换到有可观电力输出的运行状态。

3.29.5

存储状态 storage state

燃料电池发电系统处于非运行状态,而且在制造商规定的条件下,可能需要输入热和/或电能和/或惰性气体,以避免组件性能衰减。

3.30

热平衡状态 thermal equilibrium conditions

每间隔 15 min 所读两个温度的变化不超过 3 K(5 °F)或绝对工作温度的 1%(以二者中数值大者为准)的稳定温度状态。

3.31

排气道连接器 vent connector

排气系统中将燃气设备烟道出口连接至气体排放口或单壁金属管道的部分。

3.32

排出气体 vent gases

从燃气设备排出的燃烧产物与过剩空气,以及排气系统内的稀释空气。

3.33

排气终端 vent terminal (vent caps)

位于排气管末端,用于将烟气等燃烧产物导入外界大气的配件。

3.34

通风 ventilation

3.34.1

机械通风 mechanical ventilation

通过机械手段使空气运动,原有空气被新鲜空气取代。

3.34.2

自然通风 natural ventilation

由于风和/或温度梯度的影响使空气运动,原有空气被新鲜空气取代。

3.35

排气系统 venting system

将烟气出口和排气道连接器(如果使用)组装成一个从燃气设备烟道衬圈至外界大气的连续性、开放性的通道,用于将排出气体从设备内排出。

4 安全要求和保护性措施**4.1 总体安全策略**

制造商应提供风险分析书面报告,以确保:

- a) 识别燃料电池发电系统寿命期限内所有合理的可预见危险、危险状况和事件(可参考附录 A 进行识别);
- b) 结合危险发生的可能性和预期严重性对各种危险的风险进行评估;
- c) 将评估风险的两个因素(可能性和严重性)消除或减少到不超过可接受的风险级别,通过
 - 1) 结构或方法的自身安全设计,或
 - 2) 采用被动控制(如安全隔板、排气阀、热阻断设备等)确保能量安全释放不危及周围环境,或采用安全相关控制功能;以及
 - 3) 对 1) 和 2) 不能够减少的风险,贴示标签、警告或提供专业训练,在危险区域工作的人员应掌握这些措施。

对于功能性安全,应按以下条例来确定和设计要求的严重性级别、性能级别或控制功能级别:

- 符合 IEC 60204-1 的应用,同时满足 IEC 62061(或 ISO 13849-1);
- 符合 IEC 60035-1 的应用,同时满足 IEC 60730-1;
- 其他应用,满足 IEC 61508(所有部分)。

以下标准可以指导失效模式影响分析(FMEA)和故障树分析方法:

- IEC 60812;
- SAE J 1739;
- IEC 61025。

4.2 物理环境与运行条件**4.2.1 概述**

设计和构建燃料电池发电系统及其保护性装置时应使其能够在 4.2.2~4.2.8 规定的物理环境和运行条件下达到预期的功能。

4.2.2 电能输入

燃料电池发电系统应被设计成能在 4.7 中给出的相关电气产品应用领域的标准中规定的或制造商规定的电能输入条件下正常运行。

4.2.3 物理环境

制造商应规定适于燃料电池发电系统的环境的物理条件,应考虑以下因素:

- 室内或室外使用；
- 燃料电池发电系统能够正常运行的海拔高度范围；
- 燃料电池发电系统能够正常运行的空气温度、湿度范围；
- 燃料电池发电系统可能被安置在地震区。

4.2.4 燃料输入

燃料电池发电系统应被设计成能在给定的燃料的成分极限和供给方式下(例如管道天然气)正常运行。在用户手册中,制造商应规定用于燃料电池发电系统的燃料成分极限和供应方式。

4.2.5 水的输入

制造商应规定用于燃料电池发电系统的水质与供应方式。

4.2.6 振动、冲击与撞击

通过选用合适的设备,安装在远离燃料电池发电系统的位置,或通过使用减震装置来避免振动、冲击和撞击(包括由机器本身及辅助设备所产生,以及由物理环境产生的振动、冲击和撞击)产生的不良影响。上述不良影响不包括地震冲击造成的影响,若制造商认为其产品适于在地震区使用,应单独说明(见 4.2.3)。

4.2.7 装卸、运输和贮存

燃料电池发电系统的设计应能够承受或采取适当的预防措施后能承受 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+55\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的运输和贮存温度,并能承受短时间不高于 $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的高温(24 h 内)。制造商也可规定替代的温度范围。

燃料电池发电系统及其部件应:

- 能够被安全装卸和运输,在必要情况下应提供用起重机或类似设备进行装卸的适当方法;
 - 设计和包装时应使其能够安全贮存而不受损坏(例如具有足够的稳定性和特别加固等)。
- 必需时,制造商应说明燃料电池系统装卸、运输和贮存的专门方法。

4.2.8 系统的吹扫

燃料电池系统应提供吹扫措施,为了安全,应根据制造商的规定使燃料电池系统在关闭后或启动前处于钝态。吹扫系统可使用制造商规定的介质,包括但不限于用氮气、空气或无危险状态下的蒸气对燃料电池系统进行吹扫。

4.3 材料的选择

4.3.1 所有材料均应适用于所期望目的。

4.3.2 当已知制造燃料电池发电系统所使用的材料在某些条件下会发生危险时,制造商应采取各种防范措施,并向用户提供必要的信息,以最大程度地减小危及人身安全与健康风险。

4.3.3 燃料电池发电系统中,不得使用石棉或含石棉物质。使用其他有害物质,如铅、镉、汞、六价铬、多溴联苯、多溴联苯醚和多氯联苯,应提出符合国家或区域的法规。

用于制造燃料电池发电系统内部或外部部件的金属和非金属材料,特别是那些直接或间接暴露在潮湿环境、含有工业废气或废液以及用于密封和相互连接的所有部件和材料,比如焊接材料等,应能适用于设备使用寿命内可预见的所有物理、化学和热学条件及所有试验条件,尤其是:

- 上述部件在制造商规定的所有运行条件和整个使用寿命中,应能够保持与强度相关的机械稳定性(如疲劳特性、疲劳极限和热蠕变强度);

- 上述部件应对其所储存流体的物理和化学反应及其外部环境侵蚀具有足够的抵抗力；
- 除可预见的更换，在燃料电池系统的设计使用寿命内，其运行安全所必须的化学和物理性能不应受到重大影响；
- 尤其在选择材料和制造方法时，应充分考虑材料的抗腐蚀性能、耐磨性能、导电性能、冲击强度、抗老化性能、温度变化的影响、材料放置在一起时产生的其他影响（例如电蚀）、紫外线照射的影响、以及氢气对材料机械性能的衰减影响等。

注：氢气对某种材料机械性能的衰减影响方面的指导可参阅 ISO/TR 15916、ASME B31.12 和附录 B。

4.3.4 当可能出现腐蚀、磨损、侵蚀或其他化学反应腐蚀情况时，应采用如下防范措施：

- 通过采取适当设计（例如增加厚度）或采用适当的保护措施（例如使用内衬物、镀层材料或表面涂层，以及充分考虑燃料电池系统合理可预见用途等）最大程度地降低上述影响；
- 能够对受影响最严重的部件进行更换；
- 根据 7.4.5 使用说明，应注意保障燃料电池发电系统持续性安全使用的检查标准和频率及必要的维修措施，如有可能，应指出哪些个部件易受影响及其更换的依据。

4.4 一般要求

4.4.1 在符合燃料电池发电系统用途的前提下，燃料电池发电系统的可接触部件不得具有可能造成人身伤害的尖利的边、角和粗糙表面。

4.4.2 在设计、制造的燃料电池发电系统或其部件上有供操作人员活动、站立的位置时，应防止操作人员在上述部件上滑倒、绊倒或跌落。

4.4.3 燃料电池发电系统及其组件、配件在设计制造时应充分考虑稳定性，以便在预定的运行条件下（必要时还要考虑天气条件）使用时不会发生翻倒、坠落或意外移动的风险。除此以外，燃料电池系统使用说明书中应规定固定上述部件的适当措施。

4.4.4 燃料电池发电系统的活动部件在设计、制造和布置时应避免出现危险，无法避免时，应使用防护罩或保护装置防止所有可能导致事故的接触。

4.4.5 燃料电池发电系统的各种部件及其连接件在正常使用过程中应能避免可能导致危害其安全性能的失稳、变形、断裂或磨损。

4.4.6 在设计、制造和/或装配燃料电池发电系统时，应避免由于运行或维护燃料电池发电系统的过程中释放的气体、液体、粉尘或蒸气造成的各种风险。

4.4.7 所有部件的安装或附属连接均应牢固，并配有刚性支撑。如需要时，可使用防震支架。

4.4.8 所有安全关闭系统的部件，若其失效可能导致发生如 4.1 风险分析中所识别出的危险，则该部件需要被认可、认证或根据其预期用途进行单独试验。

4.4.9 在设计、制造和/或装配燃料电池发电系统时，应避免由于运行或维护燃料电池发电系统的过程中释放的气体、液体、粉尘或蒸气造成的各种风险，或者在其建造上避免。

4.4.10 制造商应采取措施以消除任何因接触或靠近燃料电池发电系统高温设备外壳、操作杆、把手、旋钮外表面而导致的风险或伤害。

4.4.11 若燃料电池发电系统外壳、操作杆、旋钮、把手或类似部件外表面可以被未配备个人防护装备的用户接触，则制造商应根据表 1 对上述部件外表面的温度进行限制或安装防护罩或保护装置以避免可能因触及上述外表面而导致事故风险。

表 1 允许的表面温升值

部件	温升值/℃
外壳(正常使用中的操作杆除外)	60
在正常使用过程中仅短时间握住的操作杆、旋钮、把手和类似部件的外表面	
—金属材料	35
—陶瓷材料	45
—铸膜材料(塑料)、橡胶或木质材料	60
注 1: 最高表面温升是未配备个人防护装备的操作人员在操作过程中可接触的上述部件外表面温度高于环境温度的最大值。最高表面温升数值参照 IEC 60335-1:2010 中表 3 规定。	
注 2: 表中的温度值是基于环境温度,一般不超过 25℃,偶尔达到 35℃。指定的温升值是基于 25℃。	

在 5.12b) 的测试条件下,与固定式燃料电池发电系统相邻的墙壁、地板及天花板的温度不得超过环境温度 50℃。

4.4.12 燃料电池发电系统的设计和制造,应将其经空气传播的噪声降低至使用要求或与相关国家和地区空气噪声传播规范与标准相符的等级。

4.4.13 燃料电池发电系统在正常稳态运行条件下排入大气的排放物中,CO 的体积浓度不得超过 0.03%(CO 体积/不含空气的排放物体积),排气样本中的 CO 浓度应经数值校正到零过量空气的状态。

干燥、无空气的燃料产物中 CO 的浓度如下式所示:

$$CO = (CO)_{avg} \times (CO_2)_{max} / (CO_2)_{avg}$$

式中,

CO ——无空气燃烧产物中一氧化碳浓度的百分比;

$(CO_2)_{max}$ ——测试燃料的干燥、无空气燃烧产物中最大二氧化碳浓度的百分比;

$(CO)_{avg}$ 和 $(CO_2)_{avg}$ ——测试中至少 3 次以上样本中测量的浓度的平均值,均以百分数表示。

或者

$$CO = (CO)_{avg} \times (21) / (21 - (O_2)_{avg})$$

$(CO)_{avg}$ 和 $(O_2)_{avg}$ ——测试中至少 3 次以上样本中测量的浓度的平均值,均以百分数表示。

4.4.14 当管道内含有爆炸性、可燃性或有毒流体时,在设计过程中应采取适当的预防措施并在取样点与出口处进行标识。

4.4.15 置于燃料电池发电系统内的部件和材料的最高温度不得超过其额定温度。

4.4.16 制造商应考虑燃料电池发电系统运行在物理环境中存在污染物(例如粉尘、盐类、烟气和腐蚀性气体)时的适应性。

4.4.17 使用液体燃料的燃料电池发电系统外壳的设计应能安全容纳任何可能的危险性液体泄漏(见 4.5.2f)。其容纳量应能容纳可能泄漏液体最大体积的 110%。

4.4.18 制造商应采取适当措施确保防止冷凝物的聚集。也需要确保排放气体不会从冷凝排水管线排出。

4.5 压力设备与管道

4.5.1 压力设备

应按照国家与地方相关压力设备规范与标准的规定制造和标识压力容器,如反应器、热交换器、燃气管式加热器和锅炉、电热锅炉、冷却器、贮集器及类似容器和相关减压装置,如减压阀和类似装置。

对于国家压力设备标准范围之外的容器,如罐和类似容器,应按照 4.3 条的要求采用适当的材料制

造并应满足 4.4 中的相关要求。上述容器及其相关接头与配件在设计和制造时,应具有足够的强度以保证正常工作,并防止意外泄露。

氢气在金属氢化物组件中的存储应符合 ISO 16111 的规定。

4.5.2 管道系统

管道及其相关接头与配件应符合 ISO 15649 标准中相关条款的规定。

内部表压设计为 0 kPa 或在 0 kPa~105 kPa 之间的管道系统,若输送的液体为不可燃性、无毒液体且不对人体组织造成损害,且其设计温度范围为 $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$ ~ $186\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,则不在 ISO 15649 标准规定的范围内。符合上述条件的管道系统应依据 4.3 的要求采用适当的材料制造并应满足 4.4 中的相关要求。上述管道及其相关接头与配件在设计和制造时,应具有足够的强度以保证正常工作,并防止意外泄漏。

刚性和柔性管道及其配件的设计和制造应考虑以下因素:

- a) 制作材料应符合 4.3 中规定的要求。
- b) 应彻底清理管道内表面以去除松散的颗粒并小心去除管道两端的障碍物和毛刺。
- c) 若在燃料电池发电系统启动、停止和使用过程中,输送气态流体的管道内的流体冷凝或沉淀物积聚可能造成水击作用、真空失效、腐蚀或不可控化学反应等因素带来的损坏,制造商应提供在清理、检查和维护管道系统过程中从低位置区排放和清除沉淀物的方法。制造商还应设法确保燃气控制器内不出现沉积物或冷凝积聚物。应安装沉积物收集器或过滤器,或在产品技术说明书中提供足够说明。
- d) 制造商应采取措​​施以防液体燃料控制器内出现沉淀物积聚现象。应安装沉淀物收集器或过滤器,或在产品技术说明书中提供足够说明。
- e) 用非金属管道输送可燃性气体时,应防止发生可能的过热和机械损伤。应采取 4.1 中提供的风险分析方法,以防输送易燃性气体的部件温度超过其设计温度。
- f) 液体燃料电池发电系统应包括收集、循环利用或安全处理释放液体燃料的措施。应采用液滴收集盘、防溢流挡板或双壁管道的设计预防不可控制的泄露。

4.5.3 烟气排气系统

燃料电池发电系统应配备排气系统以便将燃烧产物从燃气设备中传送到外界。制造商应提供满足要求的排气管道系统,或者在产品技术说明书提供充分的说明,使排气管道系统应满足以下要求:

- a) 材料应满足 4.3 中规定的要求。尤其是排放系统应采用抗冷凝物腐蚀的材料制造。非金属材料应考虑其温度极限、强度和对冷凝物的耐腐蚀。
- b) 燃料电池发电系统的排气系统部件应经久耐用。排气系统部件,包括燃料电池发电系统内的部件,不得发生可导致燃料电池发电系统不安全运行的断裂、分解或损坏。
- c) 排气管道应具有适当的支撑并配备防雨盖或其他不限制或阻碍气体流从排气管道排出。
- d) 应提供相应措施,如排水装置,以防冰、水和其他杂物在排气管内积聚或阻塞排气管道。
- e) 燃料电池发电系统的排气系统应密封,不得有泄漏。
- f) 排气管道末端应置于室外安全地区,远离用户区、点火源、进风口、楼宇通道和屋檐。
- g) 废气出口的法兰盘尺寸应与商用标准直径的排气口连接器配套,或根据制造商的安装说明与管道配套。
- h) 压力开关中与废气冷凝物接触的部件在正常运行温度下应具有抗废气冷凝物腐蚀的性能。
- i) 根据 5.13 中的试验,当排气系统处于最大到 116 Pa 的静态压力或 134.5 Pa 的风速压力(风速从 9 km/h 到 54 km/h)下,燃料电池发电系统应能够进行启动且能够在适当一氧化碳(CO)水平内运行。
- j) 当燃料电池发电系统配备排气系统时,排气系统输送的废气的温度不得超过制造排气系统所

用材料的耐受温度。

k) 排气系统的长度应在第 5 章中进行测试的边界范围内。

4.5.4 气体输送部件

气体输送部件应符合下述条件：

——气体通道应具有气密性，在正常运输、安装和使用条件下气密性都不会受到影响。

4.6 防火防爆措施

4.6.1 配备机柜的燃料电池发电系统的防火防爆措施

- a) 集成的燃料电池发电系统的组装应防止与燃料电池发电系统内可燃气体积聚相关的危险。
- b) 稀释区是将正常内部释放物在排放前稀释到低于 25%(LFL)临界值的区域。它的边界可通过流体力学分析、示踪气体探测或类似 IEC 60079-10 中给出的方法确定。稀释区内安装的所有装置均应符合 4.6.1e) 中规定要求。应依据 IEC 60079-10 对稀释范围内的体积进行分类。各种典型气体的临界值(LFL)见 IEC 60079-20。
- c) 机柜内有可燃气体或水蒸气释放源的隔间定义为燃料室，燃料室应设计为：
 - 保持气体混合物低于 25%(LFL)，稀释区除外；并且
 - 限定稀释边界范围在燃料室内。
- d) 维持正常内部释放物低于 25%(LFL)的措施(稀释区除外)包括：
 - 1) 正常内部释放物的受控氧化

此氧化作用可通过提供持续可靠的点火和可确保释放气体燃烧的氧化剂源或利用催化剂氧化装置来实现。

制造商应确保反应时的最大释放量，产生的压力和温度可限制在燃料室内，且部件可以耐受上述条件。
 - 2) 正常内部释放物的空气稀释

此稀释过程可通过安装机械通风装置，用空气将正常释放物的浓度稀释至低于 25%(LFL)，稀释区除外。在任何情况下，通风装置的最小通风率应与 5.4 中规定的最大许可泄漏率试验相一致。

燃料室的通风装置应设计成相对于燃料电池发电系统内其他隔间及周围环境呈负压运行。燃料室的负压可以如通过引导或排气通风的手段获得。可通过测量通风气流的速度或压力，确保通风系统的正常运行。通风设备出现故障时设备应停止运行。确保通风的控制功能应符合 4.1 中给出的功能安全标准。或者，如果有办法在所有使用条件下控制可燃气体浓度低于 25%LFL，则燃料室不必配备负压通风装置。稀释区域内或 4.6.1g) 中规定的情况除外。依靠通风防止可燃气体积聚的燃料室在吹扫时应保证可燃气体浓度低于 25%LFL。

注 1：满足实现上述要求的方法之一是在适当的时间段内使用至少四个空气交换装置以确保得到上述结果。

不符合 4.6.1b) 中规定的区域分级的设备，在启动前应进行吹扫作业。若设计证明隔间及相关管道内的气体不具有危险性，则可不进行吹扫作业。所有需要在吹扫作业前启动或实现吹扫作业必须启动的装置均应符合 4.6.1e) 中的规定。
- e) 在 4.6.1b) 中规定的危险分级区域，除采取了 4.6.1d) 1) 中规定的保护措施的装置外，制造商应通过以下措施确保消除点火源：
 - 所安装的电气设备符合 IEC 60079-0 中区域分级的规定和 IEC 60079 系列标准中其他相关部分的规定；

- 若安装电阻丝加热器,应依据 IEC 62086-1 的要求;
 - 表面温度不得超过易燃气体或蒸气自燃温度的 80%(按℃计)。有关各种易燃性流体的自燃温度请参照 IEC 60079-20;
 - 内含可催化易燃性流体和空气反应的材料的设备应能够控制上述反应的传播,以防上述反应从该设备传播到周围易燃性气体;
 - 通过搭接、接地及选择适当的材料等方式消除静电。
- f) 根据 IEC 60079-2 中的规定,安装有电气设备或机械设备的隔间相对于相邻的其他包含可燃气体或蒸气的隔间应保持正压,除非此类设备符合 4.6.1e) 中的规定。
- g) 燃料电池发电系统应配备被动式、主动式或其二者组合式装置以保持非正常的内部释放物低于 25% LFL(氢气 LFL),稀释区除外。

若容器和管道在设计时已经考虑到预防突发故障和灾难性故障的措施,则不必在故障分析中视此类故障为意外释放(见 4.5)。

“被动”方式包括但不限于采用管道喷口及类似的限流装置,或永久性安装的接头保护装置等机械限制装置将可燃气体或蒸气的排放速率限制在可预计的最大值内。

“主动”方式可包括可燃气体或蒸气流量测定和控制装置,或提供诸如可燃气体传感器等安全装置。此类方式应符合 4.9 的规定,且当通风装置排气口中任何一种可燃气体浓度超过 25% LFL 时,应停止燃料电池发电系统的运行。

- h) 燃料电池发电系统在设计时应考虑安全排放和废气处理。尤其对于室内安装的,通风装置和废气处理装置应设计成连接至烟道或排气系统。
- i) 通过选择不会产生电荷进而避免能够引燃可燃气体/空气混合物火花产生的材料对金属部件的适当桥连和接地来消除潜在的静态放电。流体在管道流动可能产生的电荷也应被考虑在内。

根据 4.1 规定的要求,设计控制功能,用于控制燃气浓度不超过 25%,如通过空气稀释和/或测量燃气浓度,当浓度超过规定的限值时关闭燃气阀门。

注 2: 输送氢气的非金属管道可能会沿其外表面积聚静电电荷,该管道外表面的放电足以点燃周围环境中气体或蒸气的易燃混合物。IEC 60079-10 给出了消除 1 号区或 2 号区静电放电的方法。应采取消除静电电荷放电的措施。可通过选用具有足够导电性的管道材料或将气流速度限制在静电电荷难以积聚的数值以下实现。

注 3: 当非金属管道壁内的金属导线或壁外的辫线与其相连的导体断开时,它们可能会增加静电电荷放电的机率。

4.6.2 燃烧器内的防火防爆措施

- a) 燃料电池发电系统设计,应避免可燃性或爆炸性气体在燃烧器(点火器、主燃烧器、重整部分的辅助燃烧器、尾气燃烧器)内不安全阻塞。
- b) 主燃烧器应配备引燃火焰或直接点火装置。
- c) 直接点火装置应能够自动控制且不得导致燃烧器的损坏,直接点火装置应与主燃烧器端口正确定位。还应提供防止主燃烧器的直接点火装置被错装或倒装的方法。
- d) 引燃火焰应被自动控制且直接点火装置能够点燃所有引燃燃料。引燃火焰应被设计安装在其要引燃的燃烧器的正确的位置。若引燃火焰为启动燃烧器的一个组成部分时,仅需要根据本标准对其结构和性能规格进行评估。
- e) 自动化电气燃烧器控制系统应符合 4.9.2 中的要求,并且应同燃烧器匹配以确保安全启动、运行和关闭,包括锁定(如果需要)。火焰或者氧化的监测是该控制系统的基本功能。
- f) 主燃烧器或引燃火焰或其两者应由火焰探测器或其他适当的手段监控。若主燃烧器由引燃火焰点燃,在向主燃烧器供气前,应检测引燃火焰处的火焰状态。配备断续型引燃火焰的系统应在主燃烧器火焰形成阶段后监控主燃烧器火焰。

- g) 即使供给引燃火焰的燃料减少到引燃火焰刚好能够激活符合 IEC 60730-2-5 中的火焰监测时,受监控的引燃火焰也应能有效地点燃主燃烧器的燃料。
- h) 若引燃火焰的热量输入不超过 0.25 kW,则不必规定火焰形成时间。
- i) 若引燃火焰的热量输入超过 0.25 kW,或主燃烧器直接点火,则应由制造商确定启动锁定时间以符合延迟点火试验(5.10.2),以免发生影响用户健康与安全或损坏燃料电池发电系统的危险(见 5.10.2)。
- j) 每个引燃火焰或主燃烧器点火尝试均应从燃料阀门打开时开始到燃料阀门关闭时结束。其火花应至少持续到点火发生,或持续到火焰形成阶段结束。
- k) 引燃火焰或主燃烧器直接点火装置最多可尝试 3 次,且每次使用后应进行燃烧器控制系统循环。制造商应基于安全分析,给出最高尝试的次数。
- l) 若第三次尝试点火后仍然没有火焰,应导致至少一次锁定。
- m) 若火焰无法形成,系统应至少引起点火、循环或锁定。
- n) 引燃火焰或主燃烧器的火焰故障锁死时间不得超过 3 s。制造商基于安全分析可以给出的更长的锁定时间。

例外情况:如果伴有空气/燃料混合火焰在内的燃烧器空穴的温度,超出燃料自动点火的温度,用℃表示,基本安全控制装置不需要去激励所有的燃料安全阀。

- o) 若出现重新点火情况,根据 5.10.2 规定的试验条件,直接点火装置在火焰信号消失后最长 1 s 的时间内应能够被重新通电。此种情况下,火焰从点火装置开始通电时的形成时间应与点火时间相同。火焰形成时间结束后仍无火焰则至少应停止。
- p) 若出现循环使用的情况,根据 5.10.2 规定的试验条件,应在循环使用前中断可燃气体的供应并进行吹扫;点火过程应重新开始。此种情况下,火焰从点火装置开始被通电时的形成时间应与点火时间相同。最多可尝试循环 3 次,每次使用后应进行吹扫。若第三次尝试点火后仍然没有火焰,则至少应停止。
- q) 应安装 IEC 60730-2-5 中规定的燃烧器电气自动控制系统,防止主燃烧器关闭后电机、电容或类似设备的反馈电流对燃料阀或点火设备再通电。
- r) 出于安全考虑,若启动前或关闭后需要钝态环境,应提供在启动点火试验前或循环点火试验间隙自动吹扫出燃烧器所在舱室中可燃气体混合物的方法。吹扫过程至少应对燃烧室进行 4 次空气置换。通过安全相关的控制功能,监测吹扫气体的量。基于 4.1 的危险分析确定安全等级。
- s) 出于安全考虑,若启动前或关闭后需要钝态环境,应提供在启动点火试验前或循环点火试验间隙自动吹扫出燃烧器所在舱室中可燃气体混合物的方法。
- t) 应装自动燃烧器控制系统部件,确保这些装置的运行和主燃烧器点火在正常运行过程中不受下沉颗粒或冷凝物的影响。
- u) 当新鲜空气在压力下与供应的燃料混合时,应提供有效的方式阻止空气流进入燃料管道或燃料流入空气源。应对燃料和空气源进行适度控制,在点火前检验空气流并在空气流出现前预防燃料进入每个重整器燃烧室内。若空气风扇出现故障,则关闭燃料供给装置。
- v) 若使用燃料和空气控制的机械联动装置,在设计时应能可靠维持正确的燃料/空气比率并能预防意外断裂和松脱。
- w) 关闭后,处理系统中的危险性气体应被安全管控、吹扫出或反应掉。
- x) 制造商应为燃料电池发电系统配备足够的措施以防空气进入燃料或易燃性气体管道,或防止燃料或易燃性气体进入空气管道。
- y) 根据 5.15.2.2 中的试验,出口被堵塞时燃料电池发电系统产生的不含空气的排放物样品中 CO 的浓度不得超过 300×10^{-6} 或者国家法规规定的限值。另外,根据 5.15.2.3 中的试验,当空气

供应装置进口关闭时,燃料电池发电系统产生的排放物纯取样中 CO 的体积浓度不得超过 0.03%。

- z) 如果直接接触气体/空气的燃烧室或者燃烧室的部件温度超过了自动点燃的温度(用℃表示),温度监测将替代火焰监测。如果温度下降到低于自动点燃的温度,安全关闭阀门应被切断。此外,气体流仅当确保能够自动点燃以后才进行释放。控制功能应符合 IEC 60730-2-5 中规定的安全水平。

4.6.3 催化型燃料氧化装置(催化型燃烧室)内的防火防爆措施

- a) 燃料电池发电系统内输送流体的部件,若其中有专门生产可燃性或爆炸性气体的空间,且用于可控的催化型燃料氧化反应(例如部分催化氧化、催化燃烧等)时,制造商应避免出现不安全的可燃性或爆炸性气体积聚。
- b) 出于安全考虑,若启动前或关闭后需要处于钝态,应提供吹扫催化型燃料氧化装置部件的方法。吹扫装置所使用的介质应由制造商规定,例如氮气、空气或蒸气。吹扫程度应由吹扫介质的流量特征、装置的动态性能与几何结构确定。通过安全相关的控制功能,监测吹扫气体的量。基于 4.1 的危险分析确定安全等级。
- c) 若空气与燃料混合,制造商应提供恰当的方法防止空气倒流进入燃料管道或燃料进入空气供应管路。
 - 1) 富含空气的系统
应对燃料和空气供应进行适当控制,以便在化学反应开始前提供空气,并防止燃料在空气供应装置工作前进入反应器。
 - 2) 富含燃料的系统
应对燃料和空气供应进行适当控制,以便在化学反应开始前提供燃料,并防止空气在燃料供应装置工作前进入反应器。
- d) 若使用燃料和空气控制的机械联动装置,则机械连接件在设计时应能可靠维持正确的空燃比,防止出现意外断裂和松脱。
- e) 反应初始时间应由系统控制装置的响应时间、安全条件下可允许的最大量可燃性或爆炸性混合气体的积聚时间来确定。混合气体的最大数量应基于燃料填充率、燃料-空气混合物的可燃性、装置的动态性能与几何结构确定。
- f) 若催化反应在反应初始时间内没有形成,系统应自动停止燃料供给,或停止富含燃料装置的运行及所有反应物的供应。
- g) 应直接或间接监控催化剂的温度。若催化剂的温度或温度变化率超过制造商规定的范围,反应应停止。随后,系统自动停止燃料供给,或停止富含燃料装置的运行及所有反应物的供应。反应故障熄火时间不得超过 3 s。制造商基于安全考虑,可以规定更长的熄火时间。
- h) 如果由于反应初始化阶段反应启动失败,或反应停止,或反应速率减少或增加到不安全水平,燃料电池发电系统内部燃料和空气的混合物有潜在的累积,则制造商应确保积聚的最大可信数量的可燃性混合物在燃烧时产生的压力、温度能被暴露在该情况下的部件承受。
- i) 反应停止后,设备内的危险气体应被安全管控或处理。
- j) 当空气和燃料流进入关联的热管理系统部件时,制造商应为燃料电池发电系统配备足够的装置,防止因空气进入燃料管道或燃料进入空气管道而发生危害人身健康或安全的风险。

注: 4.6.3 也适用于阳极排放气体催化反应器。

4.7 电气安全

电气系统的设计和结构,以及使用的电气和电子设备,包括电动机及其附件,应符合相应的电气产

品的标准,如:

- IEC 600335-1(如:家用/商用和轻工业);
- IEC 60204-1(如:大型工业);
- IEC 60950-1(如:电信);
- IEC 62010-1(如:不间断电源)

将在技术规范中给出选择合适的应用领域。

燃料电池设计者应考虑以下燃料电池方面的具体问题:

- 燃料电池堆的剩余电荷;
- 单个电池间的危险能量。

4.8 电磁兼容性(EMC)

燃料电池发电系统不得在其预期使用位置处,产生超过规定水平的电磁骚扰。除此以外,电气设备应对电磁骚扰具有足够的抵抗能力以便在其工作环境中正确运行。燃料电池发电系统应符合以下标准:IEC 61000-3-2、IEC 61000-3-3、IEC 61000-3-4、IEC 61000-3-5、IEC 61000-3-11、IEC 61000-6-1、IEC 61000-6-2、IEC 61000-6-3 和 IEC 61000-6-4。

4.9 控制系统与保护部件

4.9.1 一般要求

4.9.1.1 4.1 规定的风险分析应成为设置安全电路保护参数的依据。

4.9.1.2 燃料电池发电系统在设计时应满足以下要求:系统部件的单一故障不会升级为危险情况。防止故障升级的方法包括但不限于:

- 燃料电池发电系统内的保护装置(例如联锁防护装置和脱扣装置);
- 电路的保护性联锁功能;
- 使用被证明可行的技术和部件;
- 提供部分或完整的冗余装置或使保护性措施多样化;且
- 提供功能性试验。

4.1 与应用相关的控制标准给出了避免或/和控制故障的评估方法。

4.9.2 控制系统

4.9.2.1 一般要求

应设计和制造燃料电池发电系统的自动化电气和电子控制装置,而且它们应是安全与可靠的。民用、商用和轻工业用燃料电池发电系统应符合 IEC 60730-1。

燃烧器自动电子控制系统应符合 IEC 60730-2-5。

催化型氧化反应器的自动电气控制系统应符合 IEC 60730-2-5 中相关要求规定。4.6.3 中给出了具体的要求。

人工控制装置应有明确标识,且其设计样式可防止意外调节与启动。

尤其要满足以下要求。

4.9.2.2 启动

仅当所有防护装置均已到位且起作用时,燃料电池发电系统的运行才能开始。

为保证正确的序列启动,应采用适当的联锁装置。

燃料电池设备停止后,在自动模式下,若设备满足安全条件,则其自动化功能可使设备重新启动。

通过人为驱动控制系统也应能够重新启动燃料电池发电系统,但应确保该重新启动操作不具有危险性。

在自动循环模式下正常程序所引起的燃料电池发电系统的重新启动不属于上述重新启动。

4.9.2.3 关机

根据第 4.1 规定的风险评估,燃料电池发电系统的功能性要求应提供以下关闭功能:

——紧急关机

紧急关机是指:当限流器运行,断流器启动或者探测到系统内部故障时,对于富含空气的运行,切断其主燃料流,或者对于富含燃料的运行,同时切断空气流和主燃料流。

——正常关机

正常关机是指:由于控制设备(如调温器)的控制回路启动进行关闭,对于富含空气的运行切断其主燃料流,对于富含燃料的运行同时切断空气流和主燃料流。系统返回至起始状态。

4.9.2.3.1 紧急关机

a) 概述

紧急关机应构成燃料电池发电系统的一部分,为了避免实际的或迫近的危险(该危险无法被控制装置更正),它应具备下列功能:

- 在不产生新的危险情况下阻止危险发生;
- 在必要情况下,触发或允许触发某些防护措施;
- 在所有模式下能超越其他所有的功能与操作;
- 防止系统(通过复位键)重新启动;
- 装配重新启动锁定装置,且只有在重新启动锁定装置被专门复位后,新的启动命令在正常运行条件下才能生效。

b) 紧急停止

若根据 4.1 中的风险分析要求,若需采用手动紧急关机装置(例如紧急停止装置),则其应按 ISO 13850 的规定配备清楚可见、易于辨别并能迅速接触。

c) 控制系统发生故障时的控制功能

若控制系统逻辑发生故障或控制系统硬件发生故障或受到损坏,则:

- 在停机命令发出后,燃料电池发电系统不得阻止停机;
- 活动部件的自动或手动停止不得受到妨碍;
- 保护装置应保持完整的效力;
- 燃料电池发电系统不应发生意外重启。

当保护装置或互锁装置导致燃料电池发电系统发生紧急关机时,应将上述状态信号发送到控制系统的逻辑装置。关机功能的复位不得导致任何危险情况。危险情况下可安全运行的控制或监控系统可呈带电状态,以便提供系统信息。

4.9.2.3.2 正常关机

能够被安全控制或不会立即带来危险的非正常状态可通过正常关机加以改正。正常关机可去除电气设备的所有电源或为燃料电池发电系统执行装置保留电源供应。

4.9.2.4 许可制度

应根据 4.1 中的风险分析要求,建立和执行许可制度。

4.9.2.5 混合式装置

如果燃料电池发电系统设计为与其他设备共同运行,则燃料电池发电系统的关机功能,包括紧急停

止,应当提供信号接口等方法,以便在后续操作可能导致危险时,协调上下游设备的关闭操作。

4.9.2.6 操作模式

a) 燃料电池发电系统的运行模式包括:

- 运行状态(可观的电功率输出),和
- 热待机状态(零净电功率输出)。

非运行模式包括:

- 冷态;
- 钝态;和
- 存储状态

b) 应有两种主要过渡形式:“启动”和“关机”。

- “启动”应从接受外部信号开始,从非运行模式过渡到运行模式。
- “关机”是自动的从运行模式向非运行模式的过度。“关机”可由外部信号启动,或者由燃料电池发电系统控制器根据限制情况发送的内部信号启动。

c) 根据需要可提供次要的操作模式和过度形式,以便允许不同功率的输出率或对系统进行调节、维护或检查活动。

d) 模式的选择

若燃料电池发电系统的设计和制造允许其使用几种具有不同安全等级(例如允许进行调节、维护和检查等)的控制或操作模式,则应具有模式选择功能,且模式选择器的每个位置都是安全的。选择器的每个位置应对应单一的操作或控制模式且应配备重新启动锁定装置。在正常操作条件下,新的启动命令只有在重新启动锁定装置复位后才能生效。通过任何安全方法(例如定位操作手柄、键锁或软件命令)均可实现模式选择功能,模式选择应防止系统意外变为可能导致危险状况的其他模式。选择器在设计时应限制用户使用某些燃料电池发电系统操作模式(例如某种数控功能的访问代码等)。

e) 所选择的操作模式应优先于其他控制系统运行,但不应超越安全关机命令。

4.9.2.7 遥控系统

可遥控操作的燃料电池发电系统应具有一个贴有操作标识的就地操作开关或其他方法将燃料电池发电系统与遥控信号断开,以便于就地操作人员利用这些信号对系统进行检查或维护。遥控系统应:

- a) 仅当遥控不会导致不安全状况时方能在燃料电池发电系统上使用;
- b) 不得优先于就地设置的各种保护性安全控制措施。

4.9.3 保护性部件

4.9.3.1 概况

恰当的保护设备与组件由以下部件构成:

——足够的监控设备诸如指示器和/或报警器等,它们能够自动或手动操作,以保持燃料电池发电系统在允许限度内。

保护装置应:

——其设计和安装应可靠、适用,安装地点应满足维护和试验要求;

——保护功能应独立于其他可能具有的各种功能;

——为获得适当且可靠的保护,应遵照相应的设计原则。该设计原则尤其应包括安全失效保护模式、冗余设计、多样化设计和自我诊断功能等。

在设计阶段,应通过采用集成的测量、调节和控制装置(例如过流切断开关、温度限制器、压差开关、

流量计、延时继电器、过速监控器和/或类似的监控装置)来防止设备出现危险性过载。

具有测量功能的保护装置的设计和安装应符合以下要求:能够处理可预见的操作需求和特殊条件下的使用。在必要时,应能够检查读数的精确度和装置的可维修性。此类装置应具有一个安全因子,以确保报警门槛离注册限值有足够余量,特别要考虑装置安装的使用条件和测量系统中可能出现的偏差。如果保护控制包含电子设备,则应按照 4.1 规定的要求进行控制设计。

4.9.3.2 部件类型

- a) 根据 IEC 60730-2-6 的规定,应提供诸如压力开关等限压装置;
- b) 根据 IEC 60730-2-9 的规定,温度监控装置应具有足够的安全响应时间,并与测量功能保持一致;
- c) 为了减轻可能的气体泄漏,燃料电池发电系统可能推荐使用气体探测器作为保护设备。如果在燃料电池发电系统中使用气体探测器,则应符合 ISO 26142 或者 IEC 60079-29-1 的规定;
- d) 气体传感器控制回路(传感单元、电气线路、燃料供应关闭)应按照 4.1 的要求进行失效保护和设计;
- e) 在制造阶段已经设置好或调节好的所有燃料电池发电系统部件,若不需用户或安装人员对其进行操作,则应采取适当的保护措施。
- f) 操作杆和其他控制和设定装置应做出明确标识并详细说明预防操作错误的方法。其设计应能阻止意外操作发生。

4.10 气动和液压驱动设备

应根据 ISO 4414 和 ISO 4413 对燃料电池发电系统的气动设备和液压驱动设备进行设计。

4.11 阀门

4.11.1 关闭阀

关闭阀应符合以下要求:

- a) 所有可能发生流动受限或流体流动堵塞的设备和系统,均应配备关闭阀,以便在关闭、试验、维护、失常或紧急情况下使用;
- b) 关闭阀应根据阀门的工作压力、温度和流体特征进行分级;
- c) 安装在关闭阀上的调节器应具有耐热性,可以承受从附件环境和阀体传导来的热量;
- d) 电子式、液压式或气动式操作的各种类型的关闭阀,应能在驱动能量消失时移动至失效保护位置。

4.11.2 燃料阀

燃料供应阀应符合以下要求:

- a) 向燃料电池发电系统供应的所有燃料,至少应通过两道串联的自动阀门,每道阀门既具有安全截止阀的功能,又具有操作控制阀的功能。
- b) 直接向燃烧设备(例如启动燃烧器或重整器启动燃烧器)供应的所有燃料至少应通过两道串联的自动阀门,每道阀门既具有操作阀的功能,又具有安全截止阀的功能。此类阀门可以包括在单一控制装置内,也可以不包括在单一控制装置内。
- c) 电气操作的燃料供应阀应符合 ISO 23551-1 或 ISO 23553-1 规定的要求。
- d) 当从燃料电池发电系统设备的排出气体中回收燃气时,在根据 4.1 风险分析证明安全的前提下,可不必使用关闭阀。

- e) 根据 ISO 23550 中的规定,易燃气体手动关闭阀应适于其实际应用。

4.12 旋转设备

4.12.1 一般要求

旋转设备应符合以下要求:

- a) 旋转设备的设计应满足正常运行条件下压力、温度和流体要求。
- b) 应对流体进口与出口管道采取适当的保护措施,以防止因振动而受到损坏。
- c) 轴密封件应该与所泵送的流体,以及预期在正常、非正常运行条件和正常及紧急关闭条件下的操作温度和压力相适应。
- d) 轴密封件设计应能避免出现危险性流体泄漏。若轴密封件出现危险性流体泄漏,则制造商应提供必要的抑制危险性流体的措施或稀释方法以避免对人身健康和安全造成的危害。
- e) 电机、轴承和密封件应适于预期工况。

4.12.2 压缩机

4.12.2.1 封装式压缩机应符合以下标准之一:ISO 5388、ISO 10439、ISO 10442、ISO 13707、ISO 10440-1、ISO 10440-2 或 ISO 13631。

4.12.2.2 除非 4.1 风险分析认为没有必要配备,以下装置应与压缩机或压缩机系统一并提供:

- a) 泄压装置,用于将压缩气缸和不同压力段相关管道各时段的压力限制在范围内;
- b) 该项要求仅限于当压力设备能够产生超过设计压力的情况;
- c) 针对排放压力过高和吸入压力过低的自动关闭控制装置;
- d) 若压缩机在停止运行后需要重新启动,收集、循环利用排出的燃气和/或安全排放的卸载装置;
- e) 避免入口处出现过压的限压装置。

4.12.2.3 因容量小或排放压力过低而不属于 4.12.2.1 规定标准范围内的压缩机仅需符合 4.12.2.2 的规定即可。

应根据 ISO 12499(也可参见 4.4.4)的规定对封装式低排放压力压缩机(风扇和鼓风机)采取防护措施。

4.12.3 泵

4.12.3.1 用于工艺液体的封装式电力泵应符合 ISO 13709 或 ISO 14847 中的规定。

如适用,泵水用封装式电力泵应符合 IEC 60335-2-51 中的规定。

4.12.3.2 电力泵或电力泵系统应配备以下装置:

- a) 将泵的入口压力和出口压力限制在管道设计压力以下的泄压装置。若电力泵的关闭压头小于管道的压力等级,则可不配备安全阀。
- b) 控制排放压力过高的自动关闭装置。

4.12.3.3 因容量小或排放压力过低而不属于 4.12.3.1 规定标准范围内的泵,应符合 4.12.3.2 和 4.7 的规定。

4.13 机柜

4.13.1 燃料电池发电系统机柜应具有足够的强度、刚性、耐用性、耐腐蚀性及其他物理性能,以在存储、运输、安装及最终使用地区的工作环境条件下,支撑和保护所有燃料电池发电系统部件和管道。

4.13.2 根据 IEC 60529 的规定,拟用于室内或室外不受气候影响条件下的燃料电池发电系统机柜的设计和试验应符合最小 IP20 的防护等级。

- 4.13.3 拟用于室外的燃料电池发电系统的设计和试验应符合 IP23 防护等级。
- 4.13.4 根据预期应用,通风口的设计应考虑到在正常运行情况下不会被尘埃、雪花或植物堵塞。
- 4.13.5 用于制造燃料电池发电系统机柜的所有部件,包括接头、排气口和柜门垫片,应能承受在整个燃料电池发电系统使用寿命中可预见的物理、化学和热状态。
- 4.13.6 在正常维修过程中需要拆下的检修窗、进出口盖或绝缘层,应设计成能够重复拆下和更换,且不发生损坏或削弱绝缘值。
- 4.13.7 若在正常维修过程中需要拆下的检修窗、进出口盖或绝缘层,如果相互替换使用可能导致不安全状况,则不得对此类配件进行互换使用。
- 4.13.8 禁止用户或未经培训的人员进入被保护设备的检修窗、进出口盖或门,应保持在规定位置,并且需要使用专用工具,如钥匙或类似机械方法开启。这些要求也包括安装在住宅的装置上的所有的检修窗、进出口或门。
- 4.13.9 燃料电池发电系统应有收集液体、经管道排放至外部、或重新导入到燃料电池发电系统的相关工艺的方法。
- 4.13.10 若人员能够完全进入机柜,则在产品说明书中应给出进入的程序。

4.14 隔热材料

燃料电池发电系统所使用的隔热系统应保证:

- 在系统所处的大气环境和温度下,与被隔热的金属及隔热系统本身各部件化学兼容;
- 保护隔热系统不受预计的热与机械损害(包括受到大气环境损害);
- 通过限制发热物体的表面温度,以防点燃其周围的可燃材料达到防火安全;
- 未来对管道、配件等进行维修的可接触性。

安装在燃料电池发电系统部件上的隔热材料和其内部连接件或胶粘件应满足:

- 用机械或粘合方式固定其位置时,防止预计载荷与维修作业造成错位或损坏;
- 可承受正常运行过程中所有的空气速度、温度和各种流体。

为避免危害健康与安全的情况出现,若有必要,制造商应在维护手册中规定隔热系统的检验与安全要求。

4.15 公用设施

4.15.1 通用要求

燃料电池发电系统应被设计和制造成在失去电力供应的情况下不会导致:

- a) 任何健康、安全或者环境危害;或者
- b) 系统出现永久损坏。

4.15.2 水供应

- a) 若燃料电池发电系统运行时需要水,应根据当地的法规连接到现场供水源、或自带水源,或在系统运行期间能证实可生产、提供足够数量的水;
- b) 根据当地的法规,应防止过程水污染适合饮用的水源;
- c) 应采取措施防止蒸汽回流进入燃料电池发电系统的水处理系统。采用适当的止回阀或同等装置可达到上述目的。

4.15.3 燃料气体供应

如果适用,应采取措施防止燃气和/或吹扫气体回流进入燃料源。

4.15.4 电气连接

4.15.4.1 检修插座

不受断开装置控制的检修插座的出口或照明线路,或许是燃料电池发电系统的一部分,应提供:

- 1) 电压不超过国内市电电压;
- 2) 插座接地;
- 3) 当用于对燃料电池发电系统检修时,插座的位置不会构成危害;和
- 4) 插座临近位置给出合适的标识,表明插座的电压和电流限值。

4.15.4.2 与主电路断开

4.15.4.2.1 熄火

为了保护维修人员安全,任何一个用来断开电源的电气断开装置都需要有一个物理机构,以防止在维修结束前由于意外导致的重新连接。

注:可以给出指导说明指出在维修设备部件时是否需要打开断开装置。

4.15.4.2.2 断开装置

应提供断开装置,以便有资质的人士在进行检修时将燃料电池从 AC 或 DC 供电设备上断开。隔离装置可以被放置在允许进入检修的区域,也可以放置在设备之外。断开装置应适用于预期的过电压类应用。如果断开装置包含在设备内,在可行的情况下它应尽量连接在电力进口。能够提供满足设备要求的功能开关可以允许用作断开装置。对于固定式燃料电池发电系统,断开装置应包含在设备内,除非设备安装说明中提出相应的断开设备应在设备之外。

4.15.4.2.3 残留能量的部件

当断开设备被关闭时,断开装置中靠近供电端的部分仍然带电,应当对其给出防护或者标识,以避免维修人员可能的意外触碰而导致事故。

4.15.4.2.4 断开操作

如果断开设备的操作方式是垂直而不是旋转或水平,操作方式中“UP”的位置应指代“ON”的位置。

4.15.4.2.5 三相设备

对于三相设备,断开装置应同时断开交流电源的所有线路导体,对于需要零线连接配电系统的设备,断开装置应为四极装置,并且应断开所有线路导体和中性导体。如果设备没有配备四极装置,安装说明中应明确说明需要提供该设备的外部设备。如果断开装置中止中性导体,则该断开装置应同时中止所有线路导体。

4.15.4.2.6 单相和直流(DC)设备

在设备内或者是设备的一部分的断开装置,应同时断开两极,除非:

- a) 如果能够依靠直流电源中的接地导体或者交流电源中的接地零线识别,则允许使用单极断开装置断开非接地(线)导体;或者
- b) 如果不能依靠直流电源中的接地导体或者交流电源中的接地零线识别,并且设备没有配备两极的断开装置,则安装说明中应具体规定两极断开设备在设备之外提供。

4.15.4.3 安全关机-紧急停止

手动安全关机(如紧急停止),如果通过 4.1 中的风险分析认为需要,则按照 ISO 13850 中的规定,应有明确、易见和快速接近的控制装置,如按钮。如果燃料电池发电机配备一个整体的单个紧急停止装置,或者用于远程紧急停止装置的连接端子,则所述电路应防止在任何运行模式下的电能输出。如果是基于内置的可以断电的额外装置,则应在安装说明中给出该信息。如果插头可以执行相同的功能,则插头连接的燃料电池发动机不需要紧急开关设备。

4.16 安装与维护

4.16.1 安装

制造商应针对燃料电池发电系统的正确安装、调节、操作与维护给予说明。

燃料电池发电系统应在设计时最大程度地减小某些部件在装配或重新装配时因为误操作可能产生的危险,或者在这些部件和/或其外壳上给出危险信息。危险信息应粘贴在活动部件和/或其外壳上以说明活动部件的运行方向从而避免造成危险。同时还应在产品说明书中提供详细信息。

由于错误连接可导致危险,因此应在设计时尽可能减少不正确的连接方式,如果做不到这一点,则应在管道、电缆和/或连接块上给出连接信息。

4.16.2 维护

- a) 系统的调节、润滑与维护点应位于可造成工作人员人身伤害或健康受损的区域以外。或在 7.4.5 中的产品维护手册中提供必要的避免危及人身安全或健康的维护说明。
- b) 当燃料电池发电系统处于停止状态时,应能够对其进行调节、维护、修理、清理和维修作业。如果在燃料电池发电系统运行过程中需要进行调节、维护、修理、清理和维修作业,燃料电池发电系统在设计时应保证进行上述作业时不会发生人身伤害。
- c) 需经常进行更换的自动化燃料电池发电系统部件应能够进行拆卸和更换而不会造成人身伤害。产品技术说明书应说明操作人员使用必要的技术工具(例如专用工具、测定仪表等)能够进行上述各种作业。
- d) 当燃料电池发电系统出于保护人身健康的目的,提供安全指示或图示时,应采用能够抵御使用环境影响的永久性措施进行显示。

5 型式试验

5.1 一般要求

样品是具有代表性的产品,以检验是否符合本标准。

每个新设计都必须进行型式试验。已经经过认证过的、构成本系统的部件在其额定和列名要求范围内使用时不需要重新进行试验。

为了获得要求的操作条件,型式试验应在模拟所设计的燃料电池系统的使用环境下进行。尤其是,型式试验的试验环境应能使燃料电池发电系统工作在所设计应用场合的边界极限上(参见图 1)。建议型式试验应按照下述的顺序进行。在异常条件下进行的型式试验可能是破坏性试验。

试验的量测值应转换至以下的参考条件:

- 温度(15 °C);
- 压力(101.325 kPa)。

5.1.1 试验的工作参数

5.1.1.1 除非本标准中另有关于具体试验条件的规定,否则型式试验应在制造商规定的以下工作规范范围内的最不利条件组合下进行:

- a) 电源电压;
- b) 电源频率;
- c) 设备的物理位置和活动部件的位置;
- d) 工作模式;
- e) 操作人员接触区内的恒温器、调节装置或类似控制装置的调校,包括:
 - 1) 不使用工具进行的调整;或者
 - 2) 使用专门为操作人员提供的诸如钥匙或专用工具之类的方法进行的调整。

5.1.1.2 除非具体条款中另有说明,否则应按照下面列出的最大不确定度来进行测量:

- a) 大气压(Pa)(0.5 kPa);
- b) 燃烧室和试验烟道压力 $\pm 5\%$ 满量程或者(50 Pa);
- c) 气体压力(Pa) $\pm 2\%$ 满量程;
- d) 水侧压力损失(Pa) $\pm 5\%$;
- e) 耗水率(L/h, m^3/h) $\pm 2\%$;
- f) 耗气率(m^3/h) $\pm 2\%$;
- g) 空气消耗率(m^3/h) $\pm 2\%$;
- h) 时间(h)
 - 点火定时 ± 0.2 s;
 - 所有定时 $\pm 0.1\%$;
- i) 辅助电能/性能(kWh 或者 kW) $\pm 2\%$;
- j) 温度($^{\circ}\text{C}$ 或者 K)
 - 环境温度 ± 1 K;
 - 水温度 ± 2 K;
 - 燃烧产物温度 ± 5 K;
 - 燃气温度 ± 1 K,在 $T < 100$ $^{\circ}\text{C}$;
 $\pm 1\%$ 读数,单位 $^{\circ}\text{C}$;在 $100 \leq T < 300$ $^{\circ}\text{C}$;
 $\pm 5\%$ 读数,单位 $^{\circ}\text{C}$;在 $T \geq 300$ $^{\circ}\text{C}$;
 - 表面温度 ± 5 K;
- k) 烟道损失计算中的 CO , CO_2 和 O_2 读数的 $\pm 6\%$;
- l) 气体的热值(kWh/m^3) $\pm 1\%$;
- m) 气体密度(kg/m^3) $\pm 1\%$;
- n) 质量(kg) $\pm 1\%$;
- o) 扭矩(Nm) $\pm 10\%$;
- p) 力(N) $\pm 10\%$;
- q) 电流(A) $\pm 1\%$;
- r) 电压(V) $\pm 1\%$;
- s) 电功率(W, kW) $\pm 2\%$ 。

要根据预期的最大数值来选择测量仪器的满量程。

在泄漏率测量中,所采用测量方法的误差不应超过每小时相应泄漏体积的 2%;测量的不确定度与独立测量的点数有关。对于需要多个独立测量组合的测量(例如效率测量),各独立测量的不确定度较

低则可限制总的不确定度。

5.1.1.3 正常工作电压由制造商提供的说明书中规定。

5.2 试验燃料

5.2.1 使用天然气的燃料电池发电系统,要用特定成分和供应压力的气体做下列指定的试验,所用气体的成分和供应压力是市场上能买到的天然气分别在最大和最小期望气压下的值。如果所使用的国家另有要求,以下试验还应采用限定的气体进行:

- 燃烧器工作特性(5.9);
- 有效点火(5.10.2.2);
- 点火-电压变动(5.10.2.3);
- 回收/火花复位(5.10.2.6);
- 引燃火焰降低(5.10.2.7);
- 延迟点火(5.10.2.8)。

5.2.2 使用液化石油气的燃料电池发电系统,要用特定成分和供应压力的气体做下列指定的试验,所用气体的成分和供应压力是市场上能买到的液化石油气分别在最大和最小期望气压下的值。如果所使用的国家另有要求,以下试验还应采用限定的正丁烷气体进行:

- 燃烧器工作特性(5.9);
- 有效点火(5.10.2.2);
- 点火-电压变动(5.10.2.3);
- 回收/火花复位(5.10.2.6);
- 引燃火焰降低(5.10.2.7);
- 延迟点火(5.10.2.8)。

5.2.3 使用其他各种类型燃料的燃料电池发电系统(见第1条),其试验,应采用成分和供应参数有代表性的燃料进行。如果燃料有成分范围,则以下测试应限定在成分范围区间的极端值下进行:

- 燃烧器工作特性(5.9);
- 有效点火(5.10.2.2);
- 点火-电压变动(5.10.2.3);
- 回收/火花复位(5.10.2.6);
- 引燃火焰降低(5.10.2.7);
- 延迟点火(5.10.2.8)。

5.3 基础试验安排

试验进行时,整个燃料电池发电系统,包括所有的空气过滤器,启动装置,通风或排气系统以及所有的现场提供的设备,均应根据制造商的说明进行安装和操作。

除非另有说明,否则燃料电池发电系统应该在以下条件下运行:

- a) 在5.2规定的入口供给压力下;
- b) 在制造商规定的额定电压和频率的 $\pm 5\%$ 范围内,以及额定输出功率的 $\pm 10\%$ 范围内;
- c) 在额定条件下运行时,在额定燃料消耗量的 $\pm 5\%$ 范围内;
- d) 在不会影响试验结果的环境温度和压力条件下。

除非另有规定,否则应在燃料电池发电系统部件处于平衡温度时开始进行试验。

5.4 泄漏试验

5.4.1 通则

5.4 的步骤应进行两次,分别在 5.7 到 5.21 规定的所有非破坏性试验之前和之后进行。

5.4.2 气动泄漏试验

5.4.2.1 通则

燃料电池发电系统进行该项试验时泄漏量不得超过规定限值。当以代用气体或蒸气(如,少量标称气体、干净的干空气或者制造商定义的惰性气体)试验时,其组分应与预计的运行和关机时气体组分一致。

在进行该试验之前,应确定哪些进行该项试验的部件需要承受与燃料电池发电系统正常运转过程中相同的内部压力。此类部件将组成一个独立的试验段,然后应分别加压,必要时应采用适当方法将其与燃料电池发电系统的其他部分隔开。

应在试验段的入口处连接一个能够为气体介质提供所需试验压力的、合适的加压系统以及一个能够测量泄漏率的、精度为 2% 的合适的流量测量装置。流量测量装置应位于加压系统和待加压试验段之间。应通过合适的方法对试验段出口进行密封。使所有功能部件处于开启位置,以在试验段的所有部件上均保持所要求的试验压力。

气体介质应逐渐进入试验段以便试验段在大约 1 min 内逐渐得到不低于表 2 中规定的压力值。该压力应保持至少 1 min,或者适当更长时间,应记录在此时间段内流量测量装置显示的任何泄漏量。

5.4.2.2 测试方法 1

若采用自然通风稀释燃料泄漏,则容许泄漏率可通过气体探测器确定,确保在 4.6 中未划分区域中燃料浓度不超过其燃烧下线(LFL)的 25%。

5.4.2.3 测试方法 2

若采用机械通风稀释燃料泄漏,则容许泄漏率可通过以下公式确定:

$$L = 0.01 \times (V/R)$$

式中:

L ——每个部件或者所有部件的指标泄漏率,单位为立方米每小时(m^3/h)。

$$R = \sqrt{TGSG/FGSG}$$

式中:

$TGSG$ ——试验气体比重;

$FGSG$ ——燃料气体比重。

或者

$$R = \mu_{\text{test}} / \mu_{\text{fuel}}$$

式中:

μ_{test} ——试验气体的绝对黏度;

μ_{fuel} ——燃料气体的绝对黏度。

应报告导致产生低容许泄漏率的 R 值。

V ——最低通风率,单位为立方米空气量每小时(m^3/h)。

当使用低于 100% 易燃的燃料气体时要用到的校正系数。

$$L = 0.01 \times (V/R) \times (1/C)$$

式中：
C——易燃物的浓度(vol.%)。

表 2 泄漏试验要求^{a,d,e}

危险	试验类型	系统设计条件	试验参数	通过/失败判据	
易燃	液压 ^b	所有压力	1.5 倍设计压力	无泄露,按照 5.4.3 的规定	
	气动 ^c	所有压力	1.1 倍设计压力	无气泡,采用行业可接受的检漏液	
				5.4.2.2 测试方法 1	
				5.4.2.3 测试方法 2	
有毒物质 (如一氧化碳)	液压 ^b	≥100 kPa	1.5 倍设计压力	无泄露,按照 5.4.3 的规定	
		<100 kPa	1.0 倍设计压力	无泄露,按照 5.4.3 的规定	
	气动 ^c	所有压力	1.1 倍设计压力	无气泡,采用行业可接受的检漏液	
				5.4.2.2 测试方法 1	
				5.4.2.3 测试方法 2	
				可接受泄漏,按照 5.20 的规定	
热烧伤 危险	气体(如空气和废气)	≥300 ℃	在燃料电池发电系统运行期间	系统管道相邻的环境温度和/或管道绝缘不能超过 300 ℃。 可同时按照 5.13 测试	
		<300 ℃	无要求	无要求	
	液体(如冷却剂)	≥ 1.1 MPa 或者 ≥120 ℃	1.5 倍设计压力(静态流体)	无泄露,按照 5.4.3 的规定	
			1.1 倍设计压力(气动)	无气泡,采用行业可接受的检漏液	
		<1.1 MPa 和 <120 ℃	1.0 倍设计压力(静态流体)	无泄露,按照 5.4.3 的规定	
			1.0 倍设计压力(气动)	无气泡,采用行业可接受的检漏液	
	^a 在管道系统任何一点的测试压力应不超过任何非独立部件的最大许可测试压力,如容器、泵或阀门。所施加的压力应持续至少 10 min,之后可以降低至设计压力保持相同的时间,可以用于指导进行必要的泄露检查。 ^b 假设部件的兼容性和认证机构的一致,可以用气动测试代替。 ^c 假设部件的兼容性和认证机构的一致,可以用液压测试代替。 ^d 设计压力是在任何操作模式下可能出现的最高压力,包括稳态和瞬态。 ^e 如果一个系统是分部分进行测试的,则所有部分测试总的泄漏量不应超过本表的要求。				

5.4.3 液压泄漏试验

进行该项测试的燃料电池发电系统的部分不应有外部泄漏。

所指定的试验流体应为液体。若制造商认为用指定的液体进行试验不可行,则可选择水作为试验液体。若可能会因冷冻造成损坏,或者水会对管线系统造成不利影响,则可采用另外的无毒液体。若该液体可燃,则其闪点至少应为 50 ℃,并应考虑试验环境。

液压测试的压力不应超过表 2 规定的值。

输送液体部件的外表面应可目测检查是否泄漏。如果某些部件不能被看到,则应采取措施将泄漏捕捉并追溯到一个可视点。若泄漏路径不能被追溯到,则制造商应给出其他泄漏检测方法。

测试前,应确定燃料电池发电系统在正常运行条件下,哪些液体输送部件承受相同的内部压力。此类部件应构成一个独立的试验段,然后分别加压,必要时应可以通过便捷的方法将其与燃料电池发电系统的其他部分隔开。

测试设备应充满液体介质,并连接一个合适的液压系统,包括能够保持所需试验压力的压力测量装置。在液体填充过程中,应注意排除试验段的空气。

应逐渐增加测试压力,以便达到统一的表压。在该压力下保持至少 10 min,必要时可以延长以完成泄漏检查。同时还应检查系统的所有外表面是否有任何泄漏迹象。如果使用泄漏跟踪系统,则试验压力应保持至少 3 h。

不准许任何的液体泄漏,任何可见的泄漏都是试验不通过的缘由。

5.5 强度试验

5.5.1 通则

任何压力等级不低于系统设计压力的被验证部件,应考虑服从本节中的可适用的条款。

5.5.2 气动强度试验

当采用与运行或停机中预期的气体组分相关的适当气体或者蒸气(例如:标准运行气体、洁净干燥的空气或者制造商指定的惰性气体)进行测试时,进行该项试验的燃料电池发电系统的部件应不出现破裂、断裂、变性或者其他可见的物理损坏。

测试前,应确定燃料电池发电系统在正常运行条件下,哪些液体输送部件承受相同的内部压力。此类部件应构成一个独立的试验区,分别加压,必要时应可以通过便捷的方法将其与燃料电池发电系统的其他部分隔开。

能够提供在要求的测试压力下,气体介质的一个合适的压力系统应与测试段的入口相连接。所有功能部件均应处于打开状态,以便于所需的测试压力能够施加在测试段的所有部件上。

气体介质应被逐渐加注到测试段,在大约 1 min 内达到不低于表 3 中规定的统一的表压。该压力至少保持 1 min,或者更长时间,然后应报压力降低到设计压力,检测系统。

应依据表 3 确定是否通过。

表 3 最大强度试验要求^{a-d}

危险	试验类型	系统设计条件	试验参数	通过/失败标准
易燃或有毒	液压 ^b	所有压力	1.5 倍设计压力	无破裂、断裂、变性或者其他物理损坏
	气动 ^c	$\geq 13 \text{ kPa}$	1.3 倍设计压力	无破裂、断裂、变性或者其他物理损坏
		$> 3.5 \text{ kPa}$ 但 $< 13 \text{ kPa}$ (电堆为 $> 5.5 \text{ kPa}$ 但 $< 13 \text{ kPa}$)	17 kPa	无破裂、断裂、变性或者其他物理损坏
		$\leq 3.5 \text{ kPa}$ (电堆为 5.5 kPa)	5 倍设计压力 (电堆为 3 倍)	无破裂、断裂、变性或者其他物理损坏

表 3 (续)

危险	试验类型	系统设计条件	试验参数	通过/失败标准
加压或加热气体 (如空气或者窒息物)	液压 ^b	≥100 kPa 或者 ≥300 ℃	1.3 倍设计压力	无破裂、断裂、变性或者其他物理损坏
		<100 kPa 和 <300 ℃	无要求	无要求
	气动 ^c	≥100 kPa 或者 ≥300 ℃	1.3 倍设计压力	无破裂、断裂、变性或者其他物理损坏
		<100 kPa 和 <300 ℃	无要求	无要求
加压液体 (如水、蒸汽、醇)	液压 ^b	≥1.1 MPa 或者 ≥120 ℃	1.5 倍设计压力	无破裂、断裂、变性或者其他物理损坏
		<1.1 MPa 和 <120 ℃	无要求	无要求
	气动 ^c	≥1.1 MPa 或者 ≥120 ℃	1.3 倍设计压力	无破裂、断裂、变性或者其他物理损坏
		<1.1 MPa 和 <120 ℃	无要求	无要求
^a 在管道系统任何一点的测试压力应不超过任何非独立部件的最大许可测试压力,如容器、泵或阀门。所施加的压力应持续至少 10 min,之后可以降低至设计压力保持相同的时间,可以用于指导进行必要的泄露检查。 ^b 假设部件的兼容性和认证机构的一致,可以用气动测试代替。 ^c 假设部件的兼容性和认证机构的一致,可以用液压测试代替。 ^d 设计压力是在任何操作模式下可能出现的最高压力,包括稳态和瞬态。				

5.5.3 液压强度试验

当用恰当的测试流体测试时,进行该项试验的燃料电池发电系统的部件应不出现破裂、断裂、变性或者其他可见的物理损坏。

进行测试的流体应为设计流体,如果制造商考虑使用设计流体进行测试不可行,则测试流体应为水。如果由于结冰或者水对管道系统有不利影响可能导致损坏,则可以使用其他合适的无毒的液体。如果液体是可燃的,则其闪点应低于 50 ℃,并且应考虑测试的环境。

测试前,应确定燃料电池发电系统在正常运行条件下,哪些液体输送部件承受相同的内部压力。此类部件应构成一个独立的试验区,分别加压,必要时可以通过便捷的方法将其与燃料电池发电系统的其他部分隔开。

试验段应充满液体介质并连接到一个合适的液压系统,包括能够保持所需试验压力的一个压力测量装置。应小心排空试验段的空气。

应逐渐增加气体压力以达到不超过表 3 中规定的均匀的表压。在该压力下保持至少 1 min。
应依据表 3 确定是否通过。

5.6 正常运转型式试验

根据 IEC 62282-3-200 规定的步骤验证铭牌上的数值。

5.7 电气过载试验

燃料电池发电系统应能够承受电气过载。在制造商允许输出电流高于额定电流,且能工作一段时

间的情况下,燃料电池发电系统应先在额定电流下达到热稳定,然后将输出电流增加到制造商允许的数值并在制造商规定时间内保持不变。

该系统不应有起火、震动、破裂、断裂、永久变形或者其他物理损坏的危险。

若制造商不准许较高的电流,则不应进行该试验。

5.8 关机参数

针对 4.1 所描述的安全与可靠性分析引起的任何重要异常情况,应提供燃料电池发电系统相关的自动停机方法。

每种异常情况均应使用模拟试验程序或者制造商提供的支持性证据来检验是否符合本子条款,无论采用哪种方式均应证实能出现所需要的功能。

5.9 燃烧器工作特性试验

5.9.1 通则

本子条款的步骤适用于配有燃烧器的燃料电池发电系统,如用于重整气的部分,并且应在燃烧器启动和紧接着稳态运行条件下,进行该试验:

- a) 在试验压力下并使用 5.2 规定的试验气体。
- b) 如果与 5.9.1a)规定的压力不同,按制造商规定的最高和最低燃料供应压力进行设定。
- c) 于额定输入电压的 85%和 110%下工作,如果在该范围内提供电压变化保护,系统应在规定限值进行试验。除此以外,应根据 5.8 对电压变化保护进行验证。

5.9.2 一般测试

在燃料抵达燃烧器的入口后,自动点火系统应立即启动燃烧器进行点火。燃烧器的气体燃料被“打开”或“关闭”时,提供的连续引燃火焰不得熄灭。该要求不适用于燃烧器的燃料“关闭”时的临时性或间歇式引燃火焰。

在该试验过程中,应对以下内容进行确认:

- a) 该燃烧器内的燃料能够有效点燃且没有点火延迟、逆燃、异常噪声或者设备损坏的情况;
- b) 该燃烧器熄灭时,无逆燃与异常噪音发生;
- c) 该燃烧器的火焰不在燃烧室外部发生闪燃;
- d) 该燃烧器不积碳;
- e) 在燃烧器的主要空气进口处没有气体泄漏或者回流。

5.9.3 限制测试

该试验应在不改变燃烧器和点火喷嘴的调整值的情况下进行。燃料入口处的压力调整至铭牌上提供的最小和最大压力,从正常压力降低至铭牌上的最小压力。该测试在最小和最大通风口长度或者由于通风口长度导致的最小和最大背压下进行。在这些条件下,检查燃烧器是否安全工作,CO 的排放量是否处于 4.4.13 要求的水平之下。如果在该条件下能够实现点火,则应在控制系统允许的最小热输入条件下重复该测试。

5.10 燃烧器和催化氧化反应器的自动控制

5.10.1 概述

本子条款的步骤中所有组件都要首先进行可控氧化反应,例如燃烧(重整器的启动燃烧器)、部分催化氧化和催化燃烧。

制造商可以选择在燃料电池发电系统组件而不是整个装置上进行燃烧试验(5.10.2.4~5.10.2.8),但前提是该组件包括可能影响试验结果的所有部件(例如点火器和主燃烧器,如果适用,还有燃烧室专用的燃烧/排风扇)。

注:该条款也适用于阳极废气催化反应器。

5.10.2 燃烧器的自动点火控制

5.10.2.1 概述

燃料电池发电系统的燃烧器的自动点燃控制应根据以下试验进行测试。

5.10.2.2 有效点火

该项测试在最小和最大通风口长度或者由于通风口长度导致的最低和最大背压下进行。

在燃料抵达主燃烧器的入口后,点火器应立即点燃主燃烧器内的燃料。燃料电池发电系统保持在额定电压的情况下,点火器应被启动并能够观测点火。火焰不得在燃料电池发电系统外部发生闪燃,也不得损坏燃料电池发电系统。应进行3次点火尝试,且应在每次试验中,燃料抵达主燃烧器入口之后能立即点火。

5.10.2.3 点火-电压变化

5.10.2.3.1 概述

该项测试在最大通风长度或由于通风长度导致的最大背压条件下进行。

5.10.2.3.2 欠电压

燃料电池发电系统的电压应调整到铭牌电压的85%,或在燃料电池发电系统有电压波动保护的情况下,调整到保护设备的最低允许值,但是不能低于名牌电压的85%。此种条件下,点火器应在主火焰形成阶段点燃主燃烧器内的燃料。火焰不得在燃料电池发电系统外部发生闪燃,并且不得对燃料电池发电系统造成任何损坏。应进行足够次数点火尝试,并且每次均应在规定时间内点火。

5.10.2.3.3 过电压

燃料电池发电系统的电压应调整到铭牌电压的110%,或在燃料电池发电系统有电压波动保护的情况下,调整到保护设备的最低允许值,但是能不高出名牌电压的110%。此种条件下,点火器应在主火焰形成阶段点燃主燃烧器内的燃料。火焰不得在燃料电池发电系统外部发生闪燃,并且不得对燃料电池发电系统造成任何损坏。应进行足够次数点火尝试,并且每次均应在规定时间内点火。

5.10.2.4 火焰形成时间

当燃料电池发电系统根据5.3的规定进行工作时,应检查火焰形成时间。从主要燃料流启动到相应的点火装置工作或者燃烧器出现火苗确认之间的时间,如适用,不得超过4.6.2中火焰熄火时间失败中规定的合适的启动熄火时间。

5.10.2.5 火焰中断熄灭时间

燃料电池发电系统应该在其额定的燃料消耗率下工作,直至达到热平衡。火焰熄灭失败时间是从切断引燃火焰(如果安装)或主燃烧器燃料供应有意熄灭它们的时刻,到燃料供应恢复后它们被安全设备终止的时刻。安全装置应在4.6.2规定的火焰熄灭失败时间内切断所有燃料安全截止阀。在燃烧器燃烧的情况下,通过断开火焰检测器来模拟火焰熄灭,要测量该瞬间以及火焰监控装置有效切断燃料供

应瞬态之间的时间。为达到本试验之目的,应使用制造商规定的最大火焰中断熄灭时间来进行控制。

5.10.2.6 再循环/再点火

利用自动燃烧控制再循环系统,将燃料电池发电系统调整到其额定燃料消耗率来检测循环时间。当再次点火时,应确认火焰熄灭后,点火器能够在火焰形成时间内有效地再次点燃燃料。

火焰不得在燃料电池发电系统外部发生闪燃,并且不得对燃料电池发电系统造成任何损坏。在燃烧器燃烧的情况下,通过断开火焰检测器来模拟火焰熄灭。

应对火焰熄灭到火焰探测器开始切断燃料流之间的时间、以及从燃料流停止到点火器重新通电之间的时间进行观测。为达到本试验之目的,应使用制造商规定的最大火焰中断熄灭时间和最小循环时间。

5.10.2.7 减小引燃火焰

该项测试在最小和最大通风口长度或者由于通风口长度导致的最低和最大背压下进行。

当提供引燃火焰时,其应能够在引燃燃料供应量减少到仅够保持安全截止阀打开或者刚刚超出火焰熄灭点时(两者中代表较高引燃燃料速率的数值)启动燃烧器内燃料的安全点燃。火焰不得在燃料电池发电系统外部发生闪燃,并且不得对燃料电池发电系统造成任何损坏。

为达到本试验之目的,应使用制造商规定的最大火焰中断熄灭时间来进行控制。

本实验应分别从冷启动和燃料电池发电系统达到平衡条件后被关闭后开始。

5.10.2.8 延迟点火

该项测试在最小和最大通风口长度或者由于通风口长度导致的最低和最大背压下进行。

对于通过电子点火器来点燃主燃烧器的燃料电池发电系统,燃料的延迟点燃不会造成火焰逆燃到燃料电池发电系统外以及对燃料电池发电系统和相连通风系统的任何损害。为达到本试验之目的,应使用制造商规定的自动燃烧室控制系统点燃阶段的最大点火时间进行控制。对于有些系统,在测试点火时段结束前关闭点火器时,该试验应使用制造商规定的最大点燃激活时间来进行控制。

在燃料电池发电系统处于室温的情况下,应在正常热输入速率条件下让燃料电池发电系统进行工作,同时点火装置暂时以变化的时间间隔停火,该时间间隔不超过制造商规定的点火阶段的最大点火时间或者起燃激活阶段的最大起燃时间(选二者之中较短者)。对于多次起燃系统,在点火阶段每次打火时均应在变化的时间间隔进行点火尝试,任何时候点火装置在整个工作过程中均处于已启动状态直至熄火。应在每次打火时观察主燃烧器的引燃。火焰不得在燃料电池发电系统外部发生闪燃,并且不得对燃料电池发电系统造成任何损坏。延迟点火试验也用来确认制造商提供的火焰形成阶段。

5.10.2.9 自动燃烧器控制系统部件的温度试验

应在每个自动燃烧器控制系统部件上正确连接热电偶或者等效的温度测量装置。燃料电池发电系统应在额定的燃料消耗率下工作,直至达到平衡条件。应测取各部件的温度。所测取的温度不应超过部件制造商规定的温度。

5.10.2.10 预吹扫

该试验适用于需要根据(4.6.2q)进行吹扫的系统。

根据制造商选择的选项,确定预吹扫量或者预吹扫时间的方法如下。

a) 预吹扫量

- 1) 该速率在燃烧产物排放管道的出口处,于室温下进行测量(测量的是标称流量)。
- 2) 燃料电池发电系统处于环境温度下且没有运行。在实际的预吹扫条件下为风扇提供电力。

3) 流量测量误差不得超过 5%,且应修正到标准条件。

4) 制造商指明燃烧回路的容量。

b) 预吹扫时间

1) 燃料电池发电系统处于环境温度下且没有运行。

2) 测定风扇启动到点火装置通电之间的时间。

5.10.3 催化氧化反应器的自动控制

a) 燃料流启动到出现确认点火之间的时间不得超过 4.6.3e)规定的反应点火时间。

试验方法:燃料电池发电系统应根据制造商的规定进行操作,直至获得点火反应的条件。然后,应进行富空气运行下供应燃料或者富燃料运行下供应空气的操作。系统的响应时间应自此時計起,到反应器监控装置发出制造商规定的表明反应过程已经成功启动的信号为止。反应启动时间不得超过 4.6.3e)规定的数值。

b) 在反应停止或者反应速率降低或者升高到不安全水平的情况下,主安全控制装置应在 4.6.3g)规定的反应熄火中断时间内切断富空气运转的燃料安全截止阀、或者富燃料运转的空气安全截止阀(并随后切断燃料安全截止阀)。

试验方法:燃料电池发电系统应根据 5.3 的规定进行工作,直至达到平衡条件。然后应切断富空气运转的燃料供应,或者富燃料运转的空气供应。在催化反应器点燃的情况下,通过断开反应温度监控装置来模拟反应熄火。此时刻和系统控制装置切断富空气运转的燃料供应或者切断富燃料运转的空气供应时刻之间的时间不得超过 4.6.3 中规定的反应熄火中断时间。

5.11 排气温度试验

当燃料电池发电系统装有通风系统时,该通风系统所输送的排放气体的最高温度不得超过构成该通风系统的材料可承受的温度。

试验方法:排气温度应使用热电偶或者类似的装置进行测量。在考虑通风系统的尺寸以及对称性的基础上,应使用能够足够数量的测量设备,以便确定排气管线中的最大温度。

燃料电池发电系统应根据 5.3 的相应要求进行安装和操作。当达到平衡条件时,应根据以上描述测量排放气体的最高温度。所获得的温度不得超过构成该通风系统的材料可承受的温度。

5.12 表面和部件的温度

a) 燃料电池发电系统应根据 5.3 的相应要求进行安装和操作。当达到平衡条件时,应使用合适的温度测量装置对温度进行测量。

1) 燃料电池发电系统工作时,进行常规和日常工作的人员可能接触到的任何表面的最高温度不得超过 4.4.11 规定的限值。

2) 任何其他可能暴露于可燃气体或者蒸气中的表面的最高温度应满足 4.6.1e)规定的要求。

3) 系统部件的最高温度不得超过部件的额定温度。

b) 墙壁、地面和天花板的温度

1) 本试验仅适用于箱体表面温度、或一种设计允许热量辐射到外表面超过 4.1.11 中的规定、拟安装在易燃表面上或其附近的燃料电池发电系统。

2) 应将燃料电池发电系统放置在木质的试验台上。

3) 制造商应规定出燃料电池发电系统和试验台的后面墙壁、侧面墙壁、天花板(以及门面板)之间的距离。

- 4) 燃料电池发电系统放置在符合以下要求的试验台上。
- 5) 试验台使用 20 mm 厚的涂有暗黑色漆的胶合板制成。
- 6) 利用热电偶来确定温升。
- 7) 用来测量墙壁表面、天花板以及试验角落地板上温升的热电偶连接到涂成黑色的小铜盘或黄铜盘的背面。铜盘的前面应与试验台平齐。
- 8) 燃料电池发电系统的安装位置应尽可能使热电偶测量到最高温度。
- 9) 燃料电池发电系统应于最大功率输出下运行。在达到平衡温度后,应依据 4.4.11 的要求测量和检验试验台的温度。

5.13 抗风试验

5.13.1 概述

抗风试验仅用于室外安装或者具有与室外连通的水平空气入口和排气口的燃料电池发电系统。这些测试在最小和最大通风口长度或者由于通风口长度导致的最低和最大背压下进行。

5.13.2 对于风向垂直于墙壁的风源的标定步骤

风源的标定布置应包括垂直于试验墙壁中心的风源的中心,在该试验墙壁上通风端子周围有 4 个孔,根据制造商的安装说明,该通风端子安装在试验墙的中心,如图 2 所示。

图 2 中展示出给定静态压力入口位于水平和垂直方向距通风终端边缘 305 mm 的位置。通风终端位于试验墙的中心并且符合制造商的安装要求。

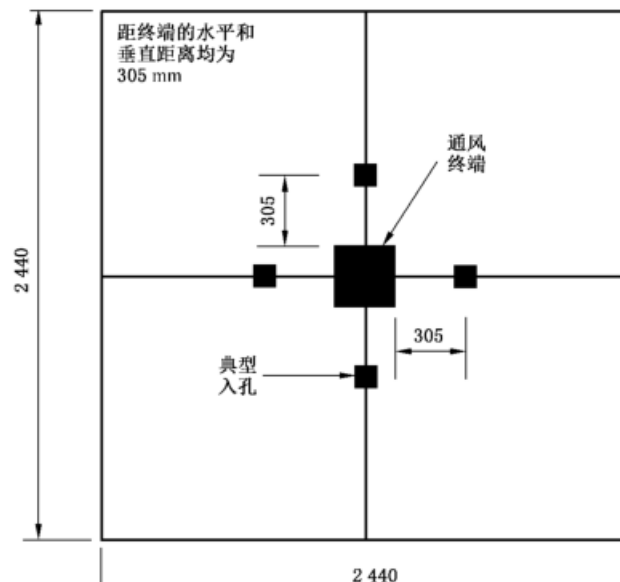


图 2 带静态压力入孔和通风终端位置的试验墙

这些孔应共用通道,以获得一个单独的平均静态压力读数。让风源对准墙壁,由布置在燃料电池发电系统输入空气开口处的压力表测量平均静态压力读数,以此为基础利用表 4 中的数据标定风源。

表 4 风的标定

标称值 km/h	平均静态压力 Pa
16	10
54	116

除此以外,在 54 km/h 标定风源在垂直于试验墙壁 305 mm 的距离处、对准这些孔的方向,不得产生超过 12 Pa(16 km/h)的动压力。

5.13.3 在有风条件下对室外燃料电池发电系统的运转进行验证

本子条款的步骤仅适用于拟安装在室外的燃料电池发电系统或者拟安装在室外的燃料电池发电系统部件。

拟安装在室外的燃料电池发电系统机柜,或者拟安装在室外的燃料电池发电系统部件的外壳,应根据以下方法进行并且通过抗风试验。

试验方法:燃料电池发电系统应正常启动和运转,且在暴露于标称风速从 9 km/h 至不大于 54 km/h 时,任何部件不得损坏或者异常,也不得造成危险或者不安全情况。

利用具有足够功率的风扇/鼓风机,在试验机构认为最关键的位置、朝向燃料电池发电系统外表面施加一个速度从 9 km/h 至不大于 54 km/h 的风力。风扇/鼓风机的位置应能够产生一个覆盖整个外表面投影面积的、以规定速度平行吹向燃料电池发电系统的均匀的风力。该风速在距离燃料电池发电系统的迎风表面 50 cm 的一个垂直表面上测量。

当燃料电池发电系统承受标称速度为 16 km/h 的风力时,引燃火焰(如果提供的话)应能够被点燃。

当燃料电池发电系统承受公称速度为 54 km/h 的风力时,燃烧器气体应无延迟地从点火装置引燃,并且燃烧器和引燃火焰不会熄灭。如果提供了引燃火焰,该引燃火焰应能够单独工作,也能够与燃烧器同时工作。

当氢燃料电池发电系统承受公称速度为 54 km/h 的风力时,阳极废气在燃烧室中应能够立即被氧化,并且燃烧室不应停止氧化反应。

根据合格评定组织的要求,可在其他方向进行规定风速和未规定风速的附件测试。

5.13.4 通过外墙进行水平通风的室内燃料电池发电系统工作的验证

试验方法:这些试验应该在正常入口试验压力下进行。

- a) 当在垂直于墙壁以外的风向下进行试验时,燃料电池发电系统应符合 4.5.3j) 的要求,除非风源产生的风力具有 54 km/h 的速度(134.5Pa 自由流动速度压力),该数值在风向平行于墙壁时,利用皮托管在垂直于墙壁的一个平面上的平分通风系统的 3 个位置进行测量。这 3 个位置与通风系统边缘的水平和垂直距离均应为 305 mm(见图 3)。

单位为毫米

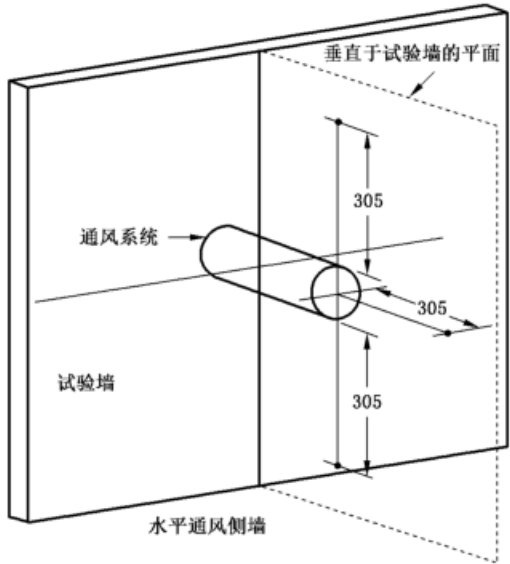


图 3 通风试验墙

在对平行于墙壁的风源进行标定后,应将风源或者试验墙进行旋转,使风向指向试验机构确定的其他角度。

- b) 燃料电池发电系统应符合 4.5.3j) 的要求。对于垂直于墙壁的风向,可以使用以下任一种试验方法:
 - 1) 以下试验方法应该在规定的最大通风长度下进行,仅将通风端子从水平通风管上拆除(若使用通风端子)。在距离水平通风管 305 mm 的出口处在通风管上安装一个压电环(见图 4)。

单位为毫米

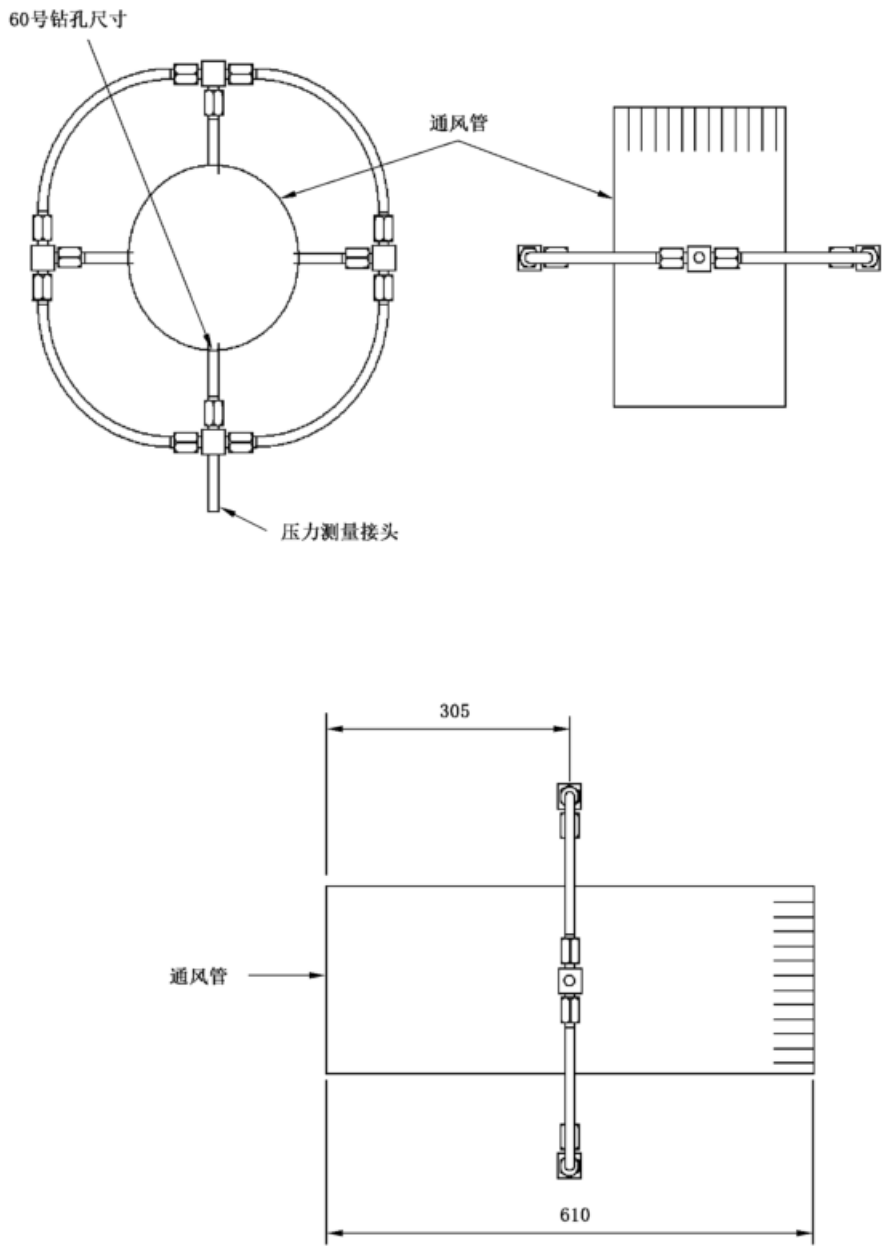


图 4 压电环和典型结构详图

将该压电环连接到一个可以直接读取 1.24 Pa 以下压力值的压差计。压力计基准压力接头应延长至燃料电池燃烧空气供应口附近的一个点。

启动燃料电池发电系统并运转,在通风管的端部安装一个节流阀施加阻尼,直至压电环的压力达到 116 Pa。然后,停止燃料电池发电系统的运转。启动对燃料电池发电系统的燃气供应。仍然保留节流阀,冷启动燃料电池发电系统。在上述条件下,燃料电池发电系统不得停机。在达到稳定条件后,重新调节节流阀以保持 116 Pa 的压力。在上述条件下运转时,燃料电池发电系统至少在 10 min 内不得停机。在保持 116 Pa 的通风压力的情况下,应利用自动控制装置打开和关闭燃料电池发电系统,燃料电池发电系统应能够无延迟地启动。

2) 当风速为 9 km/h 至不大于 54 km/h 时,燃料电池发电系统应能够启动成功。

3) 当风速为 9 km/h 至不大于 54 km/h 时,燃料电池发电系统应能够继续运行。

5.13.5 在风中 CO 和易燃气体混合物的排放量——室内装置

对于安装在室内并且使用墙外空气通风的燃料电池发电系统,当在空气通风入口端子处施加 9 km/h~54 km/h 的风力时,应对 CO 和易燃气体的排放量进行检测。风可以从相对通风端子的任何平行方向施加。通风系统吸入口暴露于 54 km/h 的风速中(134.5 Pa 自由流动速度压头,该数值在风向平行于墙壁时,利用皮托管在垂直于墙壁的一个平面上的平分通风空气吸入系统的 3 个位置进行测量),这 3 个位置与通风空气吸入系统边缘的水平 and 垂直距离均应为 305 mm。燃料电池发电系统应该在标称输入速率下运行,直至达到恒定的排气温度。在施加该风速范围的风力过程中,应在 15 min 测量排放量至少 3 次,平均值视为该试验得到的浓度,分析并确认 CO 的浓度符合 4.4.13 的要求,易燃气体的浓度在 25%LFL 以下。

在对平行于墙壁的风源进行标定后,应将风源或者试验墙进行旋转,使风向指向合格评定组织确定的其他角度。

对于风向垂直于墙壁的风力,燃料电池发电系统应运转直至达到恒定的排气温度。可以使用 5.13.4b) 中规定的任一种试验方法。

当使用 5.13.4b)1) 的试验方法时,通风压力应在 0 Pa~116 Pa 范围内变化。在施加该范围内的通风压力的过程中,应选取足够数量的废气样品并进行分析以确定 CO 的浓度符合 4.4.13 的要求,易燃气体的浓度在 25%LFL 以下。

当使用 5.13.4b)2) 的试验方法时,风源产生的风在根据 5.13.2 标定的 9 km/h~54 km/h 的标称速度之间变化。通风压力应在 0 Pa~116 Pa 范围内变化。在施加该风速范围内的风力的过程中,应选取足够数量的废气样品并进行分析以确定 CO 的浓度符合 4.4.13 的要求,易燃气体的浓度在 25%LFL 以下。

5.13.6 在风中 CO 和易燃气体混合物的排放量——室外装置

对于安装在室外的燃料电池发电系统,当该装置暴露于 9 km/h~54 km/h 的风力中时,应对 CO 和易燃气体的排放量进行检测。使用功率足够大的鼓风机产生的风来制造速度不大于 54 km/h 的风力,朝向燃料电池发电系统外表面、施加在合格评定组织认为最危险的点上。该鼓风机的位置应能够产生一个覆盖整个外表面迎风面积的、以规定速度平行吹向燃料电池发电系统的均匀风力,该风速在距离燃料电池发电系统的迎风表面 0.5 m 的一个垂直面上测量。燃料电池发电系统应于标称输入速率下运行,直至达到恒定的排气温度。在施加该风速范围内的风力过程中,应在 15 min 测量排放量至少 3 次,平均值视为该试验得到的浓度,分析并确认 CO 的浓度符合 4.4.13 的要求,易燃气体的浓度在 25%LFL 以下。

5.14 淋雨试验

5.14.1 对于室外单元:应按照 IEC 60529 中的规定进行一个等价于 IP 等级为 3(第二特征数字为 3)的模拟淋雨试验,或者制造商规定的更高 IP 等级试验,试验结果符合 5.14.3。

5.14.2 对于使用水平通风设备的室内单元:淋雨试验适用于通风口的端口。使用 GB/T 4208:1993 中 14.2.3 规定的试验方法开展试验,试验结果符合 5.14.3。

5.14.3 当进行淋雨试验时,燃料电池发电系统应在没有损坏或者任何部件故障导致的危险情况下启动和运行。

当完成模拟淋雨试验后,燃料电池发电系统的任何部件不应有损坏或故障的迹象,也不应出现水在燃料电池发电系统任何部件中的有害聚集。试验不应导致水进入最低带电部分上方的电器盒中或者湿润带电部分,除可以通过介电耐压试验来判断电极绕组外,该电机需要通过结构设计、位置或者防护罩

避免绕组直接暴露在水中。

5.15 排放量

5.15.1 概述

这些试验在由于通风口长度导致的最大背压下进行。

5.15.2 CO 和易燃气体的排放量

5.15.2.1 概述

依据 5.15.2.2 和 5.15.2.3 中的试验,燃料电池发电系统中测量 CO 的排放量,在无空气排出物样品中 CO 的量不应超过 0.03% 体积浓度。依据 5.15.2.2 和 5.15.2.3 中的试验,排出物易燃气体的浓度低于 25% LFL。

5.15.2.2 阻塞的排气口

将燃料电池发电系统排气口阻塞至一定程度、包括完全关闭时检测 CO 和易燃气体的排放量。燃料电池发电系统应于标称燃料输入速率条件下运行至少 15 min。当燃料电池发电系统有在排气口堵塞的情况下,自动切断主燃料供应的控制装置时,应逐渐减小排气口的面积至控制装置可维持主燃料供应处于打开位置的最低点。

在上述阻塞情况下,一旦达到热平衡,应测量排放量。应在 15 min 内测量排放量至少 3 次,平均值视为该试验得到的浓度。

5.15.2.3 阻塞的空气供应

本条款适用于使用非常规通风设备的室内系统。空气从室外经过一个输送管道,之后进入燃料电池发电系统,用于输入空气。

将燃料电池发电系统空气供应阻塞至一定程度、包括完全关闭时检测 CO 和易燃气体的排放量。燃料电池发电系统应于标称燃料输入速率条件下运行至少 15 min。当燃料电池发电系统有在排气口堵塞的情况下,自动切断主燃料供应的控制装置时,应逐渐减小排气口的面积至控制装置可维持主燃料供应处于打开位置的最低点。

在上述阻塞情况下,一旦达到热平衡,应测量排放量。应在 15 min 内测量排放量至少 3 次,平均值视为该试验得到的浓度。

5.15.3 正常条件

该测试适用于室内和室外单元。

燃料电池发电系统排气口不受限制的情况下测量 CO 的排放量。燃料电池发电系统应于标称电压和标称燃料输入速率下运行至少 15 min,之后对排放物进行分析。

如果在该条件下能够实现点火,则应在控制系统允许的最小热输入条件下重复该测试。

5.16 阻塞冷凝管试验

对于有冷凝处理系统的燃料电池发电系统,在一个冷凝物排出管线受阻碍的条件下,发电系统应继续妥善运行或者在以下测试进行期间关闭。

应按照制造商给出的说明安装冷凝物排放系统。冷凝物排出管线应在系统最窄处或其上游被阻塞。当冷凝物排出系统提供一个溢出口时,阻塞应被应用于溢出口的上游,或者堵住溢出口。

燃料电池发电系统应处于标称输入速率和标称入口测试压力下运行,冷凝物排出系统应被填充至

水可达到的最大水平或者刚好处于导致燃料电池关闭的点之前(填充的方法由检测机构自由裁决)。在填充过程中,应监测排放量。当在大气环境下有正常的氧气供应时,在任何时候都不允许无空气样品的排出物中 CO 的浓度超过 0.03% 体积浓度,或者导致关闭燃料电池发电系统。易燃气体排放在任何时候也不应进入燃料电池发电系统内部隔间或者进入废气。

按照 5.18 中电气安全试验的规定,燃料电池发电系统不应存在触电的危险。

在冷凝物排出管线受阻碍条件下,燃料电池系统不能置于运行状态,则应被视为符合本测试。

5.17 冷凝水排放试验

许多技术收集冷凝水溢出,只有部分与可燃气体一起被加压。该规定是为了适用于冷凝水从易燃气体流中除去。对于需要一个冷凝水排放口的燃料电池系统,应设计有自吸式冷凝水捕集器,且在以下测试中排放水和/或易燃气体不应从冷凝水捕集器后端的管线中排出。

本测试应在设备制造商规定的最短通风口下进行。通风口的材料应是燃料电池制造商指定的,该材料能够最少量的将通风口气体的热量传导至空气中。

如果冷凝水捕集器被单独提供或者作为燃料电池的一部分被提供,又或者安装说明中规定安装者应提供冷凝水捕集器,应按照制造商给出的安装说明进行安装。在进行本试验前,不要将水填充到捕集器中。

本试验进行直至包含烟道被最大程度阻塞的条件,燃料电池发电系统可以继续运行。

如果排放水和/或易燃气体不从冷凝水排出管线排出,则应被视为符合本条款。

5.18 电气安全试验

燃料电池发电系统的电气安全应针对 4.7 中给出的应用标准进行验证。

连接到电气线路中的部件,若未经过国际电气标准型式验证的,应服从 4.7 的规定。

5.19 EMC 试验

应根据 4.8 给出的相关标准测试燃料电池发电系统。

5.20 通风系统泄漏试验

本测试适用于天然气燃料电池发电系统。

通风系统所有的接头和连接件应牢固。当系统泄漏不超过以下规定的限值时,被视为符合该条款。

在内部负压条件下运行的通风系统不需要服从本条款规定的程序。

为了达到本试验的目的,除去通风端口外,整个通风系统应通过简易的方法同燃料电池发电系统其他部分隔离开。如果适用,应按照制造商说明将整个通风系统密封。通风系统的出口应采用简易的方法密封。

制造商应提供一个合适的测试装置,该测试装置应被连接到通风系统的入口并良好密封。该测试设备应具备一个入口接头,连接至压缩空气源和一个测量系统内部压力的压力测试设备。该设备的精度应为 2.0%,运行压力达到满量程的二分之一。

洁净空气流通过一个测量仪表和空气供应设备进入通风系统。

通风系统内空气的压力应保持在 0.5 kPa 或者两倍于制造商规定的设计压力,用较大的值。泄漏速率用立方米每小时表示。

当通风系统的泄漏量不超过整个排放物总量的 2% 时,应视为符合本条款的要求。泄漏量按照如下公式计算:

$$L = 0.02 \times I \times V$$

式中:

L ——通风系统允许的泄漏速率,立方米每小时(m^3/h);

I ——燃料气体消耗量,兆焦耳每小时(MJ/h);和

V —— $0.402\ 6\ \text{m}^3/\text{MJ}$ 消耗的气体。该值基于排放物中增加过量 50% 的空气。

注:对于瓦级系统(W),允许泄漏速率(立方厘米每秒, cm^3/s)可以通过燃料消耗(千瓦, kW)乘以 0.85 得到。

5.21 泄漏试验(重复)

燃料电池发电系统应在与 5.4 规定的相同试验条件下重新进行泄漏试验。

6 例行试验

6.1 所有产品均应进行例行试验。例行试验环境应模拟燃料电池发电系统设计应用环境,以获得所需的运行条件。特别是,例行试验的试验环境应提供一个接口,该接口应位于燃料电池制造商设计应用所限定的边界上。建议应按照以下顺序进行例行试验。

若例行试验直接与燃料电池系统的初始启动和活化过程一起进行,则应将燃料电池系统连接到调试设备并使其处于制造商规定的运行条件下。若例行试验直接与燃料电池系统的初始启动和活化步骤一起进行,则应将燃料电池系统连接到活化设备并使其处于制造商规定的运行条件下。

所有的燃料电池发电系统均应进行如下例行试验:

测试燃料电池发电系统确定承压部分和零部件(包括接头和连接件)的紧固性。本条款适用于含有有毒流体的系统。

气体泄漏试验应根据第 5.4 的要求进行,并应满足或者超过 5.4 规定的可接受准则,或者应利用合适的干燥气体(例如空气或者氮气)加压至规定压力,然后进行密封并保持 10 min 以上。利用以下公式,根据这段时间前后的压力差值计算出的泄漏不得超过规定数值。

$$L_1 = V \times T_0 / P_0 \times [(p_1 + p_{a1}) / (T_0 + T_1 - 15) + (p_2 + p_{a2}) / (T_0 + T_2 - 15)] \times 60 / t \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

L_1 ——燃料电池系统的气体泄漏量,单位为立方米每小时(m^3/h);

V ——加压范围内的内部空间体积,单位为立方米(m^3)(除内部结构体积之外的气体体积);

T_0 ——参考温度,288.15 K (15 °C);

T_1 ——测量开始时的内部空间温度,单位为摄氏度(°C);

T_2 ——测量结束时的内部空间温度,单位为摄氏度(°C);

p_0 ——参考压力,101.325 kPa(1 atm);

p_1 ——测量开始时的压力,单位为千帕(kPa);

p_2 ——测量结束时的压力,单位为千帕(kPa);

p_{a1} ——测量开始时的大气压力,单位为千帕(kPa);

p_{a2} ——测量结束时的大气压力,单位为千帕(kPa);

t ——测量时间,单位为分钟(min)。

如果制造商和测试机构协商同意,对于安装有泄压阀的系统,可将测试的压力从 5.4 规定的水平修订至泄压阀设置压力的 85%。

6.2 正常运行试验:见 5.6。

6.3 绝缘强度试验:见 4.7 中给出的相关产品应用领域的标准。

6.4 以下试验应在抽样计划的基础上进行:

- 5.9.1 所述的燃烧器运转试验;
- 5.9.1 所述燃烧器运行试验过程中对 CO 排放量的测量。其限值应符合 4.4.13 的规定。

7 标识、标签和包装

7.1 一般要求

燃料电池发电系统应根据 ISO 3864-2 中的相应条款进行标识。标识和安装方法应牢固,并且符合应用需求。

7.2 燃料电池发电系统的标识

每个燃料电池发电系统都应配备有数据铭牌或组合标签,以便于将系统安装至正确位置时容易读取。

标识中应清楚地说明使用限制,尤其应说明燃料电池发电系统必须安装在具有足够通风条件的区域。

数据铭牌/标签应包括以下内容:

- a) 制造商的名称(带商标)与地址;
- b) 制造商的型号或者商品名称;
- c) 燃料电池发电系统的序列号和生产年份;
- d) 电输入,如有条件(电压/电流类型/频率/相/功率消耗);
- e) 电输出(电压/电流类型/频率/相/额定功率/功率因数)单位:kVA;
- f) 燃料电池发电系统所使用的燃料类型;
- g) 燃料供应压力范围;
- h) 额定功率(kW)下的燃料消耗;
- i) 燃料电池发电系统预期工作的环境温度范围(最低和最高),单位℃;
- j) 室外或室内使用;
- k) 提醒工作人员潜在人身伤害或设备损坏的警示标志,以及安装操作指示。

若燃料电池发电系统根据 IEC 60079-10 评定为危险区域类别,则应对其进行相应标识。

7.3 部件的标识

应确认所有用户使用部件与用户手册中的燃料电池发动系统图纸一致。警示标识应放置在合适的位置,对电气危险、排放阀、高热部件和机械危害进行“警示”标识。应优先选择使用 ISO 3864-2 中给出的标准符号。

人机界面中使用的控制装置、视觉指示器以及显示器(特别是安全相关),必须将其功能清楚地标识在旁边或者邻近。应优先选择使用 IEC 60417 和 ISO 7000 中给出的标准符号。

7.4 技术资料

7.4.1 总则

对于每个燃料电池发电系统,制造商应提供安全安装、操作和维护保养所必须的信息,并应特别提醒注意其使用限制方面的内容。这些信息应以技术文件、示意图、图表、表格以及说明书等形式、并应以合适的数据媒介和语言提供。

部分技术内容可仅提供给有资质的人员,此种情况下制造商应规定资质人员的标准。

随燃料电池发电系统提供的信息应包括以下内容:

- a) 关于设备、安装、装配以及与电源和其他界面连接方面的清楚及全面的描述;
- b) 根据 4.1 要求的物理环境和操作条件(燃料和水供应特性等);
- c) 电路图;
- d) 有关以下方面的内容(如有条件):
 - 装卸、运输和存储;
 - 软件编程方式;
 - 操作顺序;
 - 检验频率;
 - 功能测试的频率和方法;
 - 防护装置和电路的调整、保养以及维修方面的指南;
 - 部件表以及推荐的备件清单;
- e) 关于防护设施、连锁功能以及潜在危险情况所用防护设施的连锁方面的描述;
- f) 关于安全防护以及有必要暂停安全防护时所提供的措施说明(例如手动编程、程序验证)。

7.4.2 安装手册

安装手册应为安装人员提供燃料电池发电系统安装准备工作的所有内容。

尤其应提供接线图或表格。该线路图或者表格应给出所有外部连接(例如电力供应、燃料供应、水供应、控制信号、排气孔、通风接口等)的全部信息。

这些安装说明应给出关于燃料电池发电系统地基的位置和设计的指导意见、通风要求、气候危害防护、相对基底标高的推荐高度、安全防护罩、与可燃材料的可接受距离、绿地、公用道路以及车辆碰撞防护等方面的指南。

除了上述以外,安装手册还应规定出:

- 制造商或者经销商的名称和地址,以及燃料电池发电系统的型号;
- 燃料供应的最低和最高压力以及确定这些压力的方法;
- 空气供应、通风和排气口周围的足够空间;
- 维护保养以及正确操作所需的足够空间;
- 可燃材料所需的足够空间;
- 如有要求时,应在燃料控制的上游提供一个沉淀物收集器或者过滤器;
- 如有要求时,延长停机期间的特别说明;
- 说明应涵盖通风系统要求,包括空气进气口管道(如果使用)。

7.4.3 用户信息手册

对于住宅用燃料电池发电系统,系统供应商应向业主提供用户信息手册和适当的便于维护保养的附加信息(例如进口商地址、维修商等)。

用户信息手册应为打印出的、经过排版和格式整理的文件,步骤简单易行。应使用图解来标识燃料电池的部件、尺寸和间隙,装配好的部件,以及为了更清楚说明所需的连接点。还应使用图解来标识出可用部件的位置并说明进行维修作业的正确方法。

对引号中给出的文本,应在用户信息手册中原样出现。

用户信息手册应装在袋内附在燃料电池上并或者用燃料电池上的卡子别住,或者应装在信封中并

标记说明:

- a) 请安装人员将其附燃料电池上或其附近,和/或
- b) 请消费者保留该手册,以期未来参考之用。

每个用户信息手册应分为相应章或节,并应包括目录表以及清楚的页码。

用户信息手册应包括以下相应的安全信息:

1) 封面

封面应仅为用户提供最重要的安全说明。手册封面或无封面时的第一页上应具有如图 5、图 6 和图 7 所述的用线框框住的下述安全注意事项:

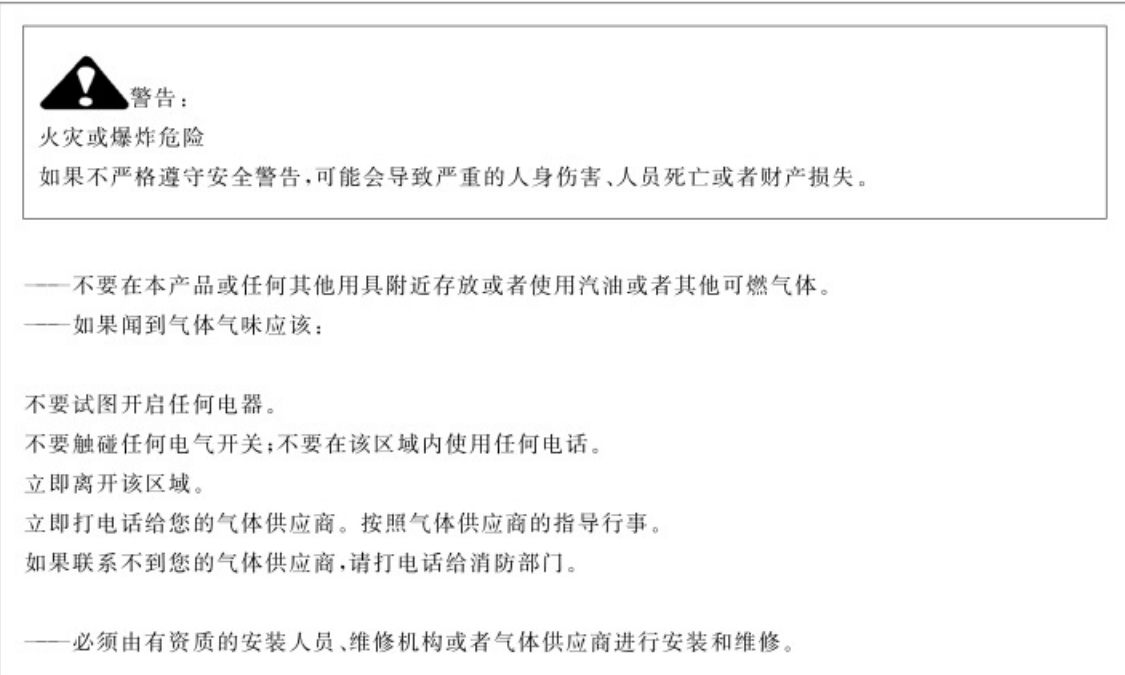


图 5 添味燃气系统的安全注意事项

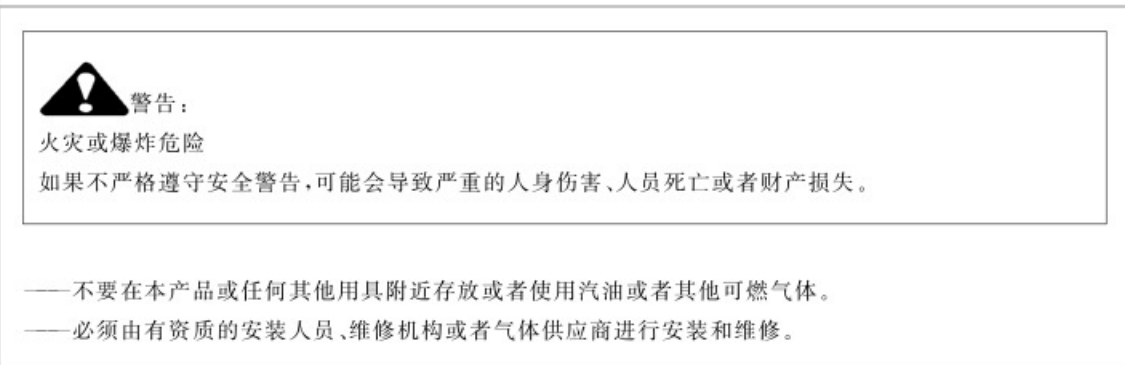


图 6 未添味气体燃料系统的安全注意事项



警告:

火灾或爆炸危险

如果不严格遵守安全警告,可能会导致严重的人身伤害、人员死亡或者财产损失。

——不要在本产品或任何其他用具附近存放或者使用汽油或者其他可燃气体和液体(除了燃料电池发电系统所使用的相关液体燃料)。

——如果发现液体渗漏应该:

不要试图开启任何电器。

不要触碰任何电气开关;不要使用该区域内的任何电话。

立即离开该区域。

立即打电话给您的燃料供应商。按照燃料供应商的指导行事。

如果联系不到您的燃料供应商,请打电话给消防部门。

——必须由有资质的安装人员、维修机构或者燃料供应商进行安装和维修。

图 7 液体燃料系统的安全注意事项

封面应包含提醒用户必须阅读手册中所有说明并且必须保存所有手册以备将来参考的语句。

2) 安全章节

手册前面部分应含有安全章节,为燃料电池用户提供潜在危险的清单以及某一特定燃料电池安全相关说明。安全章节中至少应包括关于以下内容的说明,并提供在本手册中的相关章节号或者页码。

- i) 说明燃料电池周围区域必须保持清洁,没有可燃材料、汽油以及其他可燃气体和液体。
- ii) 当需要空气进行燃烧或通风时,应说明禁止堵塞或阻隔燃料电池上空气孔、与燃料电池安全区域连通的空气孔以及燃料电池周围提供的用来锁住和排放所需空气的空间。
- iii) 关于燃料电池启动和停止的指导说明。这些指导说明应利用插图说明所有用户接口部件的位置。
- iv) 提供以下语句:“如果任何部件浸在水中,不要使用该燃料电池。经水浸泡损坏的燃料电池具有潜在的危險。如果试图使用这种燃料电池可能会导致火灾或者爆炸。”应联系具有资质的服务机构对该燃料电池进行维修或者更换所有被浸湿的气体控制、控制系统部件、电气部件。
- v) 关于过滤器更换或吹扫频次、更换过滤器尺寸和型号的规格说明。这些指导说明应包括过滤器拆卸和更换的说明,并利用图解说明过滤器拆卸和更换指导说明中所涉及到的制造商所提供的所有部件的位置。
- vi) 必要部件定期吹扫的推荐方法。
- vii) 关于检测燃料电池安装的指导说明,以确定:
 - 4.5.2 和 4.5.3 中述及的零部件的任何吸入口和排放口畅通无阻;
 - 燃料电池的物理支撑结构完好无损,在底座周围没有沉降裂纹、间隙等,以在支撑结构和底座之间安装密封件;
 - 没有燃料电池变质的明显迹象。
- viii) 该手册指出有用户进行的 7.4.3 2)vii) 中的检测的必要性以及最小频次,还应规定由有资质的维修机构进行的燃料电池的定期检验。
- ix) 注明燃料电池发电系统过多暴露于污染空气中,可能会导致安全和性能相关的问题。说明应

还有常见污染物列表。

3) 正文中的安全信息

正文中的安全说明应参照并包括封面的安全注意事项以及手册的安全章节中的内容。手册中描述的潜在危险情况要求利用另加安全预防性语句进行说明。

7.4.4 操作手册

操作手册应详细说明燃料电池发电系统的安装和使用的正确步骤。要特别注意强调所提供的安全措施以及预期的不正确操作方法。

该操作手册应包括与燃料电池发电系统的使用相关的危害的章节。

如果设备的操作可以编成程序,应提供关于编程方法、所需要的设备、程序验证和附加安全措施(若需要)方面的详细信息。

指导说明应提供关于燃料电池发电系统的空传噪声释放的信息(实际值或者基于相同燃料电池发电系统测量值确定的数值)。

在非专业人员可能操作燃料电池发电系统的情况下,使用说明以及上述关键要求的措词和版面编排,应考虑这种操作人员的一般教育水平 and 理解能力。

7.4.5 维护保养手册

维护保养手册应详细说明调整、检修、预防检验以及维修的正确步骤。有关维护保养/检修记录的推荐格式应作为维护保养手册的组成部分。如果提供正确操作的验证方法(例如软件测试程序),还应详细说明这些方法如何使用。

该手册至少应包含关于以下内容的有明确定义、简单易懂、完整充分的说明。

- 1) 燃料电池发电系统的启动和停止说明。可使用图解说明相关部件的位置。
- 2) 关于过滤器更换或吹扫次数、更换过滤器尺寸和型号的说明书。该说明书应包括过滤器拆卸和更换的指导说明,并利用图解说明制造商在说明书中提到的所有部件的位置。
- 3) 对于任何在停机后可能保留残余电压/能量的电气部件,应提供指导说明警示用户小心这些电气部件以及如何将电压/能量正确释放到安全等级。
- 4) 定期清洁有该需要部件的推荐方法。
- 5) 关于活动部件润滑的指导说明,包括润滑剂的型号、等级和数量。
- 6) 检测燃料电池发电系统安装的指导说明以确定:
 - a) 所有吸入口和排放口均畅通无阻;
 - b) 燃料电池发电系统或其支撑结构(如底座、支架、箱体等)无物理损坏的明显迹象。
- 7) 通风系统、气体探测以及相关功能部件的定期检测。
- 8) 更换部件清单,包括订购备品备件的信息。
- 9) 关于燃料电池周围区域必须保持清洁,没有可燃材料,汽油以及其他可燃气体和液体的指导说明。
- 10) 还应包括以下语句:若任何部件浸在水中,则不要使用该燃料电池发电系统。立即给具有资质的维修人员打电话,对该燃料电池发电系统进行检验,并更换所有被浸湿的功能部件。
- 11) 如适用,中和冷凝物的说明和日程。

该维护保养手册还应提供在燃料电池发电系统部件上进行的所有定期和常规维护保养活动的详细清单,并指出这些检查的必要性以及最低频次。该维护保养手册应规定出必须由有资质的维修人员进行燃料电池发电系统的定期检验。

附 录 A
(资料性附录)

本标准讨论的重要危险、危险情况及事件

表 A.1 给出了本标准中讨论的重要危险因素、危险情况及事件,包括相关的章节号。

表 A.1 危险情况及事件

重要危险因素、危险情况及事件	章节号
由于以下原因造成的机械危险:	
形状(尖锐表面)	4.4
相对位置(倾翻/碰撞危险)	4.4
质量和稳定性(元件的势能可能会使元件在重力的作用下发生移动)	4.4
质量和速度(元件在受控或非受控运动中产生的动能)	4.4,4.12
机械强度不足(材料或几何尺寸不符合规范)	4.4,4.5,4.13
压力下的流体(压力过大,流体在压力下的喷射,真空)	4.4,4.5
由于以下原因造成的电气危险:	
人与带电部件的接触(直接接触)	4.7
人员与故障条件下会带电的部件接触(间接接触)	4.7
在高电压下接近带电部件	4.7
静电现象	4.6,4.7
电磁现象	4.8
由于短路、过载造成的热/化学作用	4.7
熔融颗粒的喷射	4.7
由于以下原因造成的热危险:	
人员与高温表面的接触	4.4
高温流体的释放	4.5
热疲劳	4.3,4.5
设备温度过高导致不安全运行	4.9
材料和物质产生的危险:	
由于接触、吸入流体、气体、烟雾、烟气以及粉尘造成的危害	4.4
由于可燃流体泄露造成的火灾或者爆炸危害	4.6
内部可燃混合物聚集造成的火灾或者爆炸危害	4.6
由于材料变质(例如腐蚀)或者累积(例如结垢)造成的危险情况	4.3
窒息	4.4
能反应物质(自燃性)	4.4
由故障造成的危害:	
由故障或者软件或者控制逻辑不适宜造成的不安全运转	4.9

表 A.1 (续)

重要危险因素、危险情况及事件	章节号
因控制电路或防护/安全部件故障造成的不安全运转	4.9
因停电造成的不安全运转	4.9
因忽略人机工程理论原则而导致的危害：	
因手动控制装置的设计、位置或者标识不当造成的危害	4.9
因图像显示单元和警告标志的不当设计和位置造成的危害	4.9
噪声	4.4
因错误的人为干预造成的危害：	
因偏离正确操作造成的危害	4.9,7.4
因制造/装配/安装失误造成的危害	4.4,7.4
因维护失误造成的危害	7.4
故意破坏行为	
环境危害：	
在极热/极冷环境下的不安全运转	4.13
雨,洪水	4.13
风	4.13
地震	4.4
外部火灾	
烟雾	
雪,冰负载	4.13
害虫攻击	
污染	
大气污染	4.4
水污染	4.4,4.5
土壤污染	4.4

附录 B

(资料性附录)

氢环境下渗碳和材料兼容性

B.1 渗碳

在蒸气重整炉中,常规渗碳是高温合金很常见的问题。它是由碳向其内部迁移造成的,碳的来源是烃裂解,导致金属基质内碳化物的形成。该过程在高温下进行,通常在 800 °C 以上,从而导致延展性的下降。

通常,一种合金的渗碳作用导致常温下韧性降低。碳的获得将增大金属的体积以及膨胀系数,导致很强的内部应力,引起设备的过早毁损。毁损通常由蠕变断裂和低循环疲劳导致。如果渗碳作用足够严重,它还会影响高温蠕变和断裂特性。各种合金似乎在这方面的耐受性各有差异。

一般情况下,渗碳速率随以下因素发生变化:

- a) 温度——温度每升高 55 °C,速率增加 1 倍。
- b) 反应动力学受气体中的 CO/CO₂ 的比率以及温度控制。
- c) 强烈渗碳条件为中等温度下(通常 450 °C ~ 850 °C)具有较低的蒸汽/碳比率的 CO/CH₄/H₂ 流量下,以及带有缺陷的氧化物层。
- d) 镍和硅的含量——含量值较高比含量低不容易渗碳。
- e) 保护性和再生性氧化物膜——合金中的 Cr、Si 和 Al 元素是有利的。

这些规则是一般性的,由于金属反应的不规则性,这些规则不一定在所有材料/环境的综合情况下都正确。

B.2 氢环境下的材料兼容性

B.2.1 概述

对内部盛有气态氢或者含氢流体的部件,以及用来密封或者连同上述相同介质的所有部件,在工作条件下应具有足够的氢化学和物理反应抵抗力。

B.2.2 金属和金属材料

本标准的使用者应该明白,暴露在氢环境中的工程材料,其对氢致腐蚀的敏感性可能会通过不同的机制,诸如氢脆和氢侵蚀而提高。

氢脆定义为由于原子氢的渗透而造成金属韧性或延展性下降的过程。

氢脆已经被划分为两种类型。第一种,被称为内部氢脆,在氢通过材料处理技术进入金属基质并使金属中的氢过饱和。第二种类型,为环境氢脆,由固态金属从服役环境中吸收的氢造成。

金属中溶解的原子氢与金属的内部缺陷相互作用,通常加强裂纹扩展的敏感性,从而降低金属的基本性能,诸如延性和断裂韧性。重要材料和环境变数也同时都对金属内的氢致断裂有影响。在第二阶段材料的微观结构也是一个重要的考虑因素,由于化学成分以及处理工艺的变化,这种因素可能存在,也可能不存在,会影响金属的断裂抗性。第二阶段,奥氏体不锈钢中的铁素体也可能对材料中的各向异性产生特定的导向作用。通常可以对金属进行处理,使其具有较宽的强度范围。众所周知,当合金的强度增加时,材料的氢致断裂抗力加强。

影响氢致断裂的环境变量包括氢的压力、温度、化学环境以及应变速率。通常情况下,当氢的压力上升时,氢致断裂的敏感性增加。温度的影响却并没有规律。有些金属,诸如奥氏体不锈钢呈现局部最大氢致断裂敏感性,是温度的函数。虽然还不是很清楚,但是混合有氢气的痕量气体也会影响氢致断裂。举例说明,水分对铝合金是有害的,因为湿式氧化会产生高逸性氢,但是在某些钢材中,水分可通过产生表面膜作为氢吸收的动态障碍来提高氢致开裂的抗力。在氢存在时,通常会观察到所谓的反向应变速率效应;换言之,在高应变速率下,金属的氢致开裂敏感性会降低。

当温度接近环境温度时,这种现象可通过体心立方晶格结构影响金属,例如铁素体钢。在没有残余应力或者外部载荷的情况下,环境氢脆以各种形式体现,诸如起泡、内部裂纹、形成氢化物、以及韧性降低等。当拉伸应力或者应力-强度因子超出某一特定限值时,原子氢和金属反应导致亚临界裂纹扩展,从而产生断裂。

氢脆可以在高温热处理过程中以及电镀过程中、与维护保养化学物质接触时、发生腐蚀反应时、阴极保护、以及在高压高温氢中工作时发生。

当温度超过 473 °C,许多低合金结构钢可能会发生氢侵蚀。这是由钢中扩散氢和碳化物颗粒发生化学反应造成的一种不可逆的钢材微观结构退化现象,导致成核作用和沿晶界的甲烷起泡的长大和合并,形成裂缝。

氢化物脆化发生在诸如钛和锆等金属中,是在结构中形成热力稳定和相对较脆氢化物相的一个过程。

覆层焊以及异质材料间的焊缝通常用到高合金材料。在超过 250 °C 的工作条件下,氢在高合金焊缝和非合金/低合金母材之间的熔合线中扩散。在停机过程中,材料温度下降。氢的溶解度和扩散率的下降会导致焊缝开裂。

以下是控制氢脆风险的一些通用建议:

- 通过控制化学成分(例如使用碳化物稳定剂)、微观结构(例如使用奥氏体不锈钢)、以及机械性能(例如限制硬度,最好低于 225 HV,通过热处理将残余应力降至最低)等来选择具有较低氢脆敏感性的原材料。使用 ISO 11114-4 中规定的试验方法来选择具有氢脆抗力的金属材料。API 出版物 941 给出各种类型钢材的限值和氢的压力和温度的关系。有些常用金属的氢脆敏感性在 ISO/TR 15916 中列出。
- 应用于氢环境中的覆层焊缝以及异质材料之间的焊缝应定期进行超声波检测,在设备非受控条件下停机、设备可能迅速冷却的情况下也要进行超声波检测。
- 尽可能降低所施加应力的水平,尽可能少地暴露在疲劳环境下。
- 在对部件进行电镀时,控制阳极/阴极的表面积和效率,以正确控制所施加电流的密度。大电流密度会加剧氢的释放。
- 在非阴极碱性溶液和受抑制的酸性溶液中清洗金属。
- 对硬度为 40 HRC 或者更高的材料使用擦洗剂。
- 必要时,利用过程控制检查,来减轻制造过程中的氢脆风险。

B.2.3 聚合物,橡胶以及其他非金属材料

大部分聚合物可认为适合于气态氢环境。应适当注意氢气在这些材料中的扩散比在金属中容易得多。聚四氟乙烯(PTFE 或称特氟隆®)以及聚氯三氟乙烯(PCTFE or Kel-F®)通常适用于氢环境。其他材料的适用性应进行验证。可以在 ISO/TR 15916 以及 NASA 国家航空和航天管理局文件 NSS1740.16 中找到指导说明。关于密封垫、隔膜以及其他非金属部件也可以参考 ANSI/AGA 3.1-1995。

关于氢致腐蚀和控制技术方面的进一步指南可以在以下标准和组织中找到。

B.2.4 参考文件

B.2.4.1 美国材料试验协会标准(ASTM)

- ASTM B577-93 1993 年 4 月 01 日 探测铜的氢脆敏感度的标准试验方法
- ASTM B839-94 1994 年 11 月 01 日 金属镀覆的外螺纹制品、紧固件和棒的残余脆性的标准试验方法、倾斜楔入法
- ASTM B849-94 1994 年 11 月 01 日 钢铁预处理减小氢脆变危险的标准规范
- ASTM B850-98 1998 年 11 月 01 日 对钢铁镀层后处理以减小氢脆变危险的标准规范
- ASTM E1681-99 1999 年 4 月 10 日 恒定载荷下金属材料环境促使裂纹的阈应力强度系数测定标准试验方法
- ASTM F1459-93 1993 年 11 月 01 日 测定金属材料对气体氢脆灵敏度的方法
- ASTM F1624-00 2000 年 8 月 01 日 用增长载荷技术测量钢中氢脆性的标准试验方法
- ASTM F1940-01 2000 年 11 月 01 日 电镀或涂层防护的紧固件防氢脆工艺控制检验试验方法
- ASTM F2078-01 2000 年 11 月 01 日 氢脆试验的相关标准术语
- ASTM F326-96 1996 年 11 月 01 日 镀镉工艺用电子氢脆试验方法
- ASTM F519-97 1997 年 11 月 01 日 电镀处理和飞机保养用化学药品的机械氢脆试验方法
- ASTM G129-00 2000 年 8 月 01 日 评定金属材料对电磁促成裂纹的灵敏性的慢应变速率试验的标准规程
- ASTM G142-98 1998 年 11 月 01 日 测定金属在氢气中(包括高压、高温或高压高温条件下)脆性敏感度的标准试验方法
- ASTM G146-01 2001 年 2 月 01 日 高压、高温精炼氢设备中使用的不锈钢合金/钢双层板材非连接性评定标准做法
- ASTM G148-97 1997 年 11 月 01 日 用电化学技术评价金属中氢吸取、渗透和转移惯例

B.2.4.2 国家腐蚀工程师协会标准

- NACE TM0177-96 1996 年 12 月 23 日 金属材料在硫化氢(H_2S)环境下的抗硫化应力开裂能力的试验室试验
- NACE TM0284-96 1996 年 3 月 30 日 标准试验方法 管线和压力容器用钢抗氢致开裂能力的评价

B.2.4.3 美国石油学会标准

- API RP 941 1997 年 1 月 01 日 炼油与石化高温临氢选材方法
- API 934 2000 年 12 月 01 日 高温高压临氢 2-1/4Cr-1Mo & 3Cr-1Mo 钢大壁厚压力容器的材料及制造要求

B.2.4.4 美国焊接学会标准

- ANSI/AWS A4.3-93 1993 年 1 月 01 日 测定马氏体、贝氏体和铁素体钢电弧焊接金属中可扩散氢含量的标准方法
- ANSI/AGA NGV3.1—1995 天然气机动车辆的燃料系统部件

B.2.4.5 美国机械工程协会标准

- ASME 锅炉和压力容器规范

ASME/ANSI B31.3 化工与石油炼油管线

ASME/ANSI B31.1 动力管线

B.2.4.6 汽车工程师学会标准

SAE/AMS 2451/4 1998年7月01日 电刷镀, 镉-腐蚀防护, 低氢脆

SAE/AMS 2759/9 1996年11月01日 钢质部件的氢脆释放(烘焙)

SAE/USCAR 5 1998年11月01日 避免钢的氢脆

B.2.4.7 国际标准化组织标准

ISO 2626:1973 铜 氢脆测试

ISO 3690:2000 焊接及相关工艺 铁素体钢电弧焊接金属中氢含量的测定

ISO 7539-6:1989

金属和合金的腐蚀 应力腐蚀试验 第6部分: 恒定载荷和恒定位移试验用预裂纹试样的制备和使用

ISO 9587:1999

金属和其他无机覆层 减少氢脆风险的铁或钢的预处理

ISO 9588:1999

金属和其他无机涂层 为减轻氢脆危险的铁和钢的后包覆处理

ISO 11114-4:2004

移动气瓶-气瓶和瓶阀材料与盛装气体的相容性 第4部分: 选择耐氢脆的金属材料的试验方法

ISO 15330:1999

紧固件 氢脆性检测的预荷载试验 平行承载表面法

ISO 15724:2001

金属和其他无机涂层 钢中可扩散氢的电化学测量 电极法

B.2.4.8 欧洲标准

BS 7886 1997年1月01日 用电化学技术对氢在金属中吸收和传输的测定和氢渗透的测量方法

DIN 8572-1 1981年3月01日 在焊缝金属中扩散氢的确定 手工电弧焊

DIN 8572-2 1981年3月01日 在焊缝金属中扩散氢的确定 埋弧焊

附录 NA

(资料性附录)

与本部分中规范引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件

- GB/T 3766—2015 液压传动 系统及其元件的通用规则和安全要求(ISO 4413:2010,MOD)
- GB 3836.1—2010 爆炸性环境 第1部分:设备 通用要求(IEC 60079-0:2007,MOD)
- GB 3836.5—2004 爆炸性气体环境用电气设备 第5部分:正压外壳型“p”(IEC 60079-2:2001,MOD)
- GB 3836.14—2014 爆炸性环境 第14部分:场所分类 爆炸性气体环境(IEC 60079-10-1:2008, IDT)
- GB 4706.1—2005 家用和类似用途电器的安全 第1部分:通用要求(IEC 60335-1:2001, IDT)
- GB 4706.71—2008 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(IEC 60335-2-51:2005, ITD)
- GB 4943.1—2011 信息技术设备 安全 第1部分:通用要求(IEC 60950-1:2005,MOD)
- GB 5226.1—2008 机械电气安全 机械电气设备 第1部分:通用技术条件(IEC 60204-1:2005, IDT)
- GB/T 5465.1—2009 电气设备用图形符号 第1部分:概述与分类(IEC 60417 DB:2007,MOD)
- GB/T 5465.2—2008 电气设备用图形符号 第2部分:图形符号(IEC 60417 DB:2007, IDT)
- GB/T 7260.1—2008 不间断电源设备 第1-1部分:操作人员触及区使用的 UPS 的一般规定和安全要求(IEC 62040-1-1:2002,MOD)
- GB/T 7260.4—2008 不间断电源设备 第1-2部分:限制触及区使用的 UPS 的一般规定和安全要求(IEC 62040-1-2:2002,MOD)
- GB/T 7932—2003 气动系统通用技术条件(ISO 4414:1998, IDT)
- GB/T 10892—2005 固定的空气压缩机 安全规则 and 操作规程(ISO 5388:1981,MOD)
- GB/T 14536.1—2008 家用和类似用途电自动控制器 第1部分:通用要求(IEC 60730-1:2003, IDT)
- GB/T 14536.6—2008 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(IEC 60730-2-5:2004, IDT)
- GB/T 14536.7—2010 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(IEC 60730-2-6:2007, IDT)
- GB/T 14536.10—2008 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(IEC 60730-2-9:2004, IDT)
- GB/T 16273.1—2008 设备用图形符号 第1部分:通用符号(ISO 7000:2004, NEQ)
- GB/T 16754—2008 机械安全 急停 设计原则(ISO 13850:2006, IDT)
- GB/T 16855.1—2008 机械安全 控制系统有关安全部件 第1部分:设计通则(ISO 13849-1:2006, IDT)
- GB 17625.1—2012 电磁兼容 限值 谐波电流发射限值(设备每相输入电流 ≤ 16 A)(IEC 61000-3-2:2009, IDT)
- GB/T 17625.2—2007 电磁兼容 限值 对每相额定电流 ≤ 16 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(IEC 61000-3-3:2005, IDT)
- GB/Z 17625.3—2000 电磁兼容 限值 对额定电流大于 16 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(idt IEC 61000-3-5:1994)

GB/T 27748.1—2017/IEC 62282-3-100:2012

GB/Z 17625.6—2003 电磁兼容 限值 对额定电流大于 16 A 的设备在低压供电系统中产生的谐波电流的限制(IEC TR 61000-3-4:1998,IDT)

GB/T 17625.7—2013 电磁兼容 限值 对额定电流 ≤ 75 A 且有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(IEC 61000-3-11:2000,IDT)

GB/T 17799.1—1999 电磁兼容 通用标准 居住、商业和轻工业环境中的抗扰度试验(idt IEC 61000-6-1:1997)

GB/T 17799.2—2003 电磁兼容 通用标准 工业环境中的抗扰度试验(IEC 61000-6-2:1999, IDT)

GB 17799.3—2012 电磁兼容 通用标准 居住、商业和轻工业环境中的发射(IEC 61000-6-3:2011,IDT)

GB 17799.4—2012 电磁兼容 通用标准 工业环境中的发射(IEC 61000-6-4:2011,IDT)

GB/T 19074—2003 工业通风机 通风机的机械安全装置 护罩(ISO 12499:1999,IDT)

GB/T 19840—2005 回转容积泵 技术要求(ISO 14847:1999,MOD)

GB/T 20322—2006 石油及天然气工业用往复压缩机(ISO 13707:2000,MOD)

GB/T 20438(所有部分) 电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全(IEC 61508(所有部分))

GB/T 20801(所有部分) 压力管道规范 工业管道(eqv ISO 15649:2001)

GB/T 25357—2010 石油、石化及天然气工业流程用容积式回转压缩机(ISO 10440-1:2007, MOD)

GB/T 25358—2010 石油及天然气工业用集装型回转无油空气压缩机(ISO 10440-2:2001, MOD)

GB/T 25359—2010 石油及天然气工业用集成撬装往复压缩机(ISO 13631:2002,MOD)

GB/T 27748.2—2013 固定式燃料电池发电系统 第 2 部分:性能试验方法(IEC 62282-3-200:2011,IDT)

GB 28526—2012 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(IEC 62061:2005,IDT)

GB/T 28816—2012 燃料电池:术语(IEC/TS 62282-1:2010,IDT)

GB/T 2893.2—2008 图形符号 安全色和安全标志 第 2 部分:产品安全标签的设计原则(ISO 3864-2:2004,MOD)

GB/T 30597—2014 燃气燃烧器和燃烧器具用安全和控制装置通用要求(ISO 23550:2004, MOD)

参 考 文 献

- [1] ASME B31.12 Hydrogen piping and pipelines
 - [2] IEC 60079-20-1 Explosive atmospheres—Part 20-1: Material characteristics for gas and vapour classification—Test methods and data
 - [3] IEC 60812 Analysis techniques for system reliability—Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)
 - [4] IEC 61025 Fault tree analysis (FTA)
 - [5] IEC 61511-1 Functional safety—Safety instrumented systems for the process industry sector—Part 1: Framework, definitions, system, hardware and software requirements
 - [6] ISO/TR 15916 Basic considerations for the safety of hydrogen systems
 - [7] SAE J1739 Potential Failure Mode and Effects Analysis in Design (Design FMEA), Potential Failure Mode and Effects Analysis in Manufacturing and Assembly Processes (Process FMEA) and Effects Analysis for Machinery (Machinery FMEA)
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准

固定式燃料电池发电系统

第 1 部分:安全

GB/T 27748.1—2017/IEC 62282-3-100:2012

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址:www.spc.org.cn

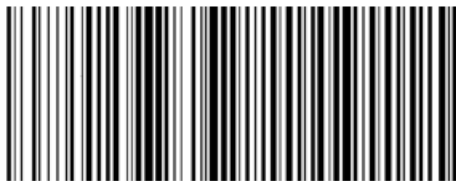
服务热线:400-168-0010

2017 年 8 月第一版

*

书号:155066·1-56077

版权专有 侵权必究



GB/T 27748.1-2017