



中华人民共和国国家标准

GB/T 31037.1—2014

工业起升车辆用燃料电池发电系统 第 1 部分：安全

Fuel cell power system used for industrial lift truck applications—
Part 1: Safety

2014-12-05 发布

2015-07-01 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 |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 2 |
| 3 术语和定义 | 3 |
| 4 要求 | 4 |
| 5 试验方法 | 12 |
| 6 标识 | 16 |
| 7 产品说明书 | 17 |
| 附录 A (规范性附录) 泄漏量计算 | 18 |
| 参考文献 | 19 |

前 言

GB/T 31037《工业起升车辆用燃料电池发电系统》计划发布以下部分：

——第 1 部分：安全

——第 2 部分：技术条件

本部分为 GB/T 31037 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：上海神力科技有限公司、UL 美华认证有限公司、宁波拜特测控技术有限公司、同济大学、机械工业北京电工技术经济研究所、武汉邮电科学研究院、南京大学昆山创新研究院、中国质量认证中心。

本部分主要起草人：张若谷、周斌、季良俊、黄平、侯永平、孙婷、刘淑芬、齐志刚、胡里清、顾军、王刚、陈晨。

工业起升车辆用燃料电池发电系统

第 1 部分:安全

1 范围

1.1 概述

GB/T 31037 的本部分规定了工业起升车辆用燃料电池发电系统的构造、标识和性能试验等方面涉及的安全要求及安全防护措施。

为室内或室外使用的电动工业起升车辆提供动力的燃料电池动力系统包括燃料电池发电系统(简称发电系统)和能量存储模块。能量存储模块是指用来启动发电系统、帮助或补充燃料电池发电系统对内部或外部负载供电的电能储存装置,由铅酸电池、镍氢电池、锂离子电池、超级电容器或其他具有相应功能的能量存储模块组成。本部分仅涉及燃料电池发电系统部分安全方面的要求,不包括能量存储模块。

本部分涉及的工业起升车辆包括:平衡重式叉车、前移式叉车、插腿式叉车、托盘堆垛车、平台堆垛车、操作台可升降的车辆、侧面式叉车、越野叉车、侧面堆垛式叉车(两侧)、三向堆垛式叉车、堆垛用高起升跨车、托盘搬运车、平台搬运车、非堆垛低起升跨车、拣选车。

本部分适用于以气态氢为燃料、空气为氧化剂的质子交换膜燃料电池发电系统。

本部分适用于使用的储氢装置包括:

- 固定的或可更换的;
- 可再充装或一次性的;
- 集成或安装于发电系统或工业起升车辆上。

本部分仅考虑可能对燃料电池发电系统之外的人身、物体或环境造成伤害的危险情况,提出针对此类危险情况的安全规定要求,不包括可能对燃料电池发电系统自身造成损害时应采取的安全措施。

1.2 系统边界

本部分中所指的发电系统边界示意图如图 1 所示。其中,粗实线框内为燃料电池发电系统的部件,框边界的进出箭头为针对燃料电池发电系统的输入和输出。

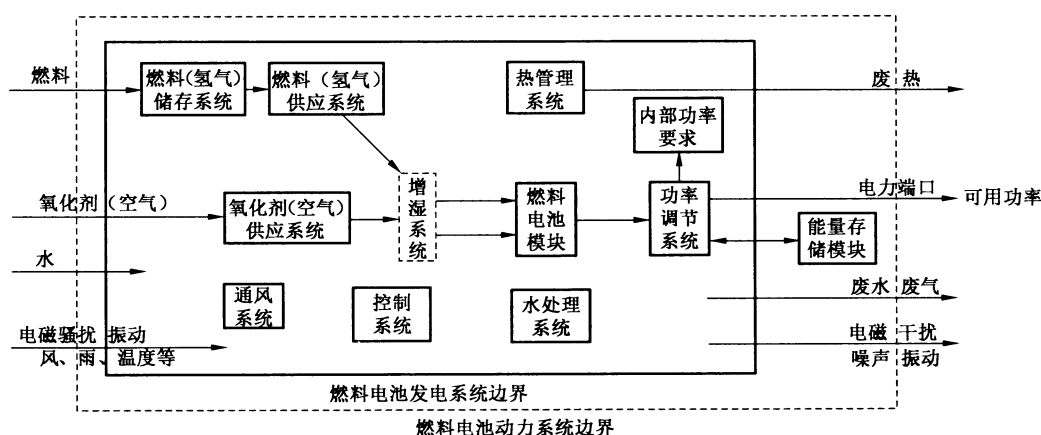


图 1 发电系统的系统边界示意图

本部分所适用的发电系统由图 1 中的发电系统边界内的全部或部分部件组成,但总体设计应满足实现设定的功能,发电系统边界内的组成及功能包括:

- 燃料电池模块:由以下几个主要部分组成:一个或多个燃料电池堆、输送燃料、氧化剂和废气的管路系统、电池堆输电的电路连接、监测和/或控制手段;
- 燃料(氢气)储存系统:安装在发电系统内部或在工业起升车辆上,固定或可更换的,用于存储燃料氢气的部件及其相关配件;
- 燃料(氢气)供应系统:包括但不限于管路、阀门、传感器、燃料加压/减压/稳压装置等,能对输入发电系统的燃料进行加压或减压或稳压等处理,再将燃料从燃料储存系统输送至燃料电池模块;
- 氧化剂(空气)供应系统:包括但不限于过滤器、管路、空压机(鼓风机)、传感器件、阀门等,能对输入发电系统的氧化剂(空气)进行调压以及过滤等处理,再将氧化剂(空气)输送至到燃料电池模块;
- 热管理系统:包括但不限于散热器和配套风扇、管路、循环流体泵、阀门、传感器件、冷却流体储存与补充箱等,通过加热或冷却或排热保持发电系统在制造商规定的工作温度范围内运行;
- 增湿系统:用以对燃料和氧化剂(空气)进行增湿,提高相对湿度的装置;
- 水处理系统:包括但不限于管路、循环水泵、阀门、传感器件、水储存与补充箱等,发电系统生成水回收用于增湿燃料或氧化剂或其他使用用途时,应去除水中对发电系统有害的颗粒与金属离子;
- 控制系统:由进行调节与监控所必需的传感器件、线路、执行器件、控制器件、软件程序等组成,使发电系统在无需人工干预时,运行参数能保持在制造商给定的限值范围内,保障发电系统正常运行;
- 功率调节系统:包括但不限于 DC/DC 或 DC/AC、线路等,燃料电池堆输出功率将根据发电系统内部装置所需功率和对外输出功率的要求,通过其对电流、电压进行调节,提供符合使用要求的功率输出;
- 通风系统:通过强制或自然的方式实现发电系统内外空气交换的系统;
- 燃料电池发电系统:指由发电系统的边界示意图中全部或部分部件组成,与能量存储模块组合成燃料电池动力系统。根据其结构不同分为一体式和整合式两种:
 - 一体式系统:发电系统的部件全部装入一个外壳内,集成一体,显示器和控制界面或功能按钮可根据实际情况安装在操作人员方便操作的地方;
 - 整合式系统:发电系统的各个部件根据工业起升车辆的结构空间及重心,分散的安装在工业起升车辆上,但所有部件通过线路或管路连接在一起,构成一套完整的燃料电池发电系统。

除非另有规定,本部分中的气体压力均指表压。

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 156—2007 标准电压

GB/T 2894 安全标志及使用导则

GB/T 2900(所有部分) 电工术语

GB/T 3512—2001 硫化橡胶或热塑性橡胶 热空气加速老化及耐热试验

GB 3836.1—2010 爆炸性环境 第 1 部分:设备 通用要求

- GB 3836.4—2010 爆炸性气体环境用电气设备 第4部分:本质安全型“i”保护的设备
- GB 3836.14—2000 爆炸性气体环境用电气设备 第14部分:危险分类
- GB 4208—2008 外壳防护等级(IP代码)
- GB/T 5563 橡胶、塑料软管及软管组合件 水压试验方法
- GB/T 6104—2005 工业起升车辆名词术语
- GB/T 7826 系统可靠性分析技术 失效模式和影响分析(FMEA)程序
- GB/T 15329.1 橡胶软管及软管组合件 织物增强液压型 第1部分:油基流体用
- 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
- GB/T 17799.2—2003 电磁兼容 通用标准 工业环境中的抗扰度试验
- 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
- GB 17799.4—2012 电磁兼容 通用标准 工业环境中的发射
- GB/Z 18333.1—2001 电动道路车辆用锂离子蓄电池
- GB/T 18384.3—2001 电动汽车 安全要求 第3部分:人员触电防护
- GB/T 20042.1—2005 质子交换膜燃料电池 术语
- GB/T 20801(所有部分) 压力管道规范 工业管道
- GB/T 20972.1—2007 石油天然气工业 油气开采中用于含硫化氢环境的材料 第1部分:选择抗裂纹材料的一般原则
- GB/T 24499—2009 氢气、氢能与氢能系统术语
- GB/T 24549—2009 燃料电池电动汽车 安全要求
- GB/T 28816—2012 燃料电池 术语
- HB 5067 镀覆工艺氢脆试验
- ISO 15916 氢系统安全性的基础问题
- ISO 17268.2—2006 压缩氢加氢连接器

3 术语和定义

GB/T 2900(所有部分)、GB/T 6104—2005、GB/T 20042.1—2005、GB/T 28816—2012、GB/T 24499—2009中所界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

低可燃极限 lower flammability limit; LFL

燃料—空气混合物中的燃料能被火源点燃的最低浓度。

注:若火源可引发燃烧则该燃料—空气混合物易燃。主要是燃料—空气混合物比例或构成。混合物浓度低于低可燃极限(LFL)或高于高可燃极限(UFL)的临界比例不会引发燃烧。

3.2

非正常运行 abnormal operation

指发电系统因发生故障或损坏或其他因素,导致其不在制造商设计的参数范围内运行。

3.3

正常运行 normal operation

指发电系统在制造商设计的参数范围内的运行状态。

3.4

危险区域 hazardous area

出现或预期可能出现的易燃气体数量达到应该对电气设备的结构、安装和使用采取专门预防措施的区域。

根据易燃气体出现的频率和持续时间,危险区域可分为:

0区:易燃气体连续出现或长时间存在的区域,发电系统中储氢装置为0区。

1区:正常运行时,可能出现易燃气体的区域,发电系统中电堆、燃料供应系统、废气(氢气)排放口为1区。

2区:正常运行时,不可能出现易燃气体,如果出现也是偶尔发生并且仅是短时间存在的区域。

注:发电系统中除上述提到的区域外,其他为非危险区域。

3.5

非危险区域 non-hazardous area

爆炸性环境预期不会出现,不要求对电气设备的结构、安装和使用采用专门的措施的区域。

[GB/T 2900.35—2008,定义 426-03-02]

3.6

燃料稀释空间 fuel dilution boundary

发电系统或工业起升车辆上因燃料泄漏或尾气排放时形成的燃料浓度在其可燃性体积比范围内的空间区域。

注:氢气的可燃性体积比范围:4%~75%。

3.7

限流电路 limited current circuit

发电系统在正常运行条件和单一故障条件下,采取设计与保护性措施保证电路中产生的电流不会造成危害的电路。

[GB/T 18384.3—2001,定义 3.11]

3.8

I类设备 class I equipment

依靠基本绝缘对带电部件进行防触电保护、仅把这个设备中外露可导电部件与保护导体相连的设备。

[GB/T 18384.3—2001,定义 3.12]

3.9

II类设备 class II equipment

使用双重绝缘或加强绝缘进行防触电保护的装置。

3.10

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装置。

注:改写 GB/T 27748.1—2011,定义 3.25。

3.11

配重 balance weight

为保障工业起升车辆平衡、稳定运行,在发电系统内或外添加的辅助质量。

4 要求

4.1 通用安全要求

发电系统的尺寸重量设计应充分考虑工业起升车辆的使用环境,确保工业起升车辆静止及运行时的平衡及稳定性。在设计、安装整合式发电系统时,还需考虑安装在工业起升车辆上后,车辆的整体重心。制造商应根据发电系统在工业起升车辆上的安装位置或各个部件分布情况,设计发电系统的操作界面、散热界面、充氢接口及废气排放口(氢气、空气、水蒸气等),确保运行发电系统时的安全性及便

利性。

在符合发电系统使用要求的前提下,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,若无法避免,制造商应采取有效的方式在相关位置进行警示。

发电系统的各个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。

针对发电系统内部或外部可能存在的高温 and 带电部分应有防护装置或警示,靠近或本身具有高温或带电的操作部件和设备外壳,制造商应采取措施消除或指导消除因此可能造成危害的风险。

应根据风险评估设计发电系统。风险评估可依据 GB/T 7826。发电系统的所有部件应:

- 适合于预期使用时的温度、压力、流速、电压及电流范围;
- 在预期使用中,能耐受燃料电池堆所处环境的各种作用、各种运行过程和其他条件的不良影响。

发电系统在按制造商说明书中规定的所有正常运行条件运行时,不应产生任何损坏;在可预知的非正常运行条件下运行时,不应产生危险,如燃烧、爆炸、电击等。

4.2 材料的选择

发电系统中使用的所有材料应符合以下要求:

- 当已知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的风险;
- 在选择发电系统内部或外部部件的材料时,应考虑在其预期使用寿命内这些材料的抗腐蚀性、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侵蚀和材料之间相互作用的影响等;此外,应尽量选择具有阻燃性的材料;
- 非金属管道和相关配件应符合 GB/T 5563、GB/T 15329.1、GB/T 20801 中的规定;
- 硫化橡胶和热塑性橡胶部件应符合 GB/T 3512—2001 的规定;
- 金属管路和金属连接件应符合 GB/T 20972.1—2007 中的规定;
- 材料和元器件以及结构设计应根据其在发电系统或工业起升车辆中所处位置的危险区域等级,应符合 GB 3836.1—2010 的相关要求。

4.3 管路系统及燃料储存系统

4.3.1 概述

管路系统、燃料储存装置及其相关配件的材料应符合 4.2 的规定,此外:

- 与氢气相关的金属部件,其抗氢脆性应符合 HB 5067 中的规定;
- 与氢气相关的橡胶部件应符合 ISO 15916 中的规定;
- 易被腐蚀的部件应采取有效措施进行防腐蚀保护,如涂耐腐蚀保护层;
- 管路系统应能承受制造商规定的最大允许工作压力 1.5 倍的压力作用,通过 5.2 规定的气密性试验。

4.3.2 管路系统及其配件

4.3.2.1 概述

管路系统及其连接件等配件应满足以下规定:

- 发电系统设计的最大工作压力和最高运行温度的安全要求,并应具有足够的强度防止在正常工作及运输和安装过程中发生气体或液体的泄漏;

- 流体泄漏不致产生危险的部位可采用螺纹连接,如空气供应回路、冷却回路。其他接缝都应焊接,或按制造商要求与指定的密封部件装配连接。为防止流体的泄露,流体管路中使用的接头应是磨口接头、法兰接头或压力接头;
- 应彻底清理管路的内表面以除去颗粒物,应仔细清除管路端口的障碍物和毛刺;
- 除氢气外,当管路中其他气体压力可能超过 103.4 kPa,或液体液压可能超过 1 103 kPa,或温度可能超过 120 °C 时,管路及其接头等配件应符合 GB/T 20801(所有部分)的规定。

4.3.2.2 金属管路及其配件

金属管路系统应能承受最高运行温度和最高运行压力的共同作用,并能与使用、维修和保养时所可能接触的其他材料、化学品相容。金属管路系统应保持完好,并应具有足够的机械强度,满足 4.10 规定的耐振动性要求。金属成型弯管在弯曲时不应产生影响使用的缺陷。

4.3.2.3 非金属管路及其配件

使用塑料和橡胶等的非金属管路及配件满足以下要求:

- 非金属管路及配件应能承受最高运行温度和最高运行压力的共同作用,不允许释放出对人身、环境有害的物质,并能与发电系统使用、维修和保养时可能接触的其他材料、化学品相容,应具有足够的机械强度,满足 4.10 规定的耐振动性要求;
- 应防止非金属管路受到机械损伤,必要时,应加防护套管或外罩;
- 输送易燃气体的塑料或橡胶管件应预防可能的过热,所用材料的最低热变形温度应高于发电系统允许的最高温度或设定温度;
- 用于危险区域内的塑料或橡胶材料应具有防止静电电荷累积的有效措施,如具有导电性。非金属管路每 1 m 的电阻最大不能超过 1 M Ω 。

4.3.2.4 氢气管路及其配件

使用的氢气管路及其配件应满足以下要求:

- 发电系统外壳内的氢气管路应被有效固定或采用其他有效措施避免磨损,氢气管路及其配件的设计和结构应符合 GB/T 20801(所有部分)的规定;
- 氢气管路的排放口与带电部件之间应保持一定的间隙,一般情况下不小于 50 mm;当氢气管路与带电部件被很好的固定从而不会因发生移位导致间隙小于 12.7 mm 时,间隙可小于 50 mm;或者,带电部件位于限流电路上,不会产生导致危险发生的电能,间隙可小于 50 mm。

4.3.3 燃料储存系统

4.3.3.1 充氢接口

充氢接口应符合 ISO 17268.2—2006 的规定,应具有能够防止尘土、液体和污染物等进入的防尘盖,或具备类似功能的其他装置。

充氢接口的安装应满足以下要求:

- 安装在可能存在可燃性气体的燃料稀释空间之外,且与带电部件保持至少 50 mm 的距离;
- 在安装位置边注明最大加注压力;
- 能承受来自任意方向的 670 N 的载荷,且不影响到燃料储存系统的气密性。

4.3.3.2 储氢容器

储氢容器应符合国家相关标准的规定,在无国家标准之前,可参照相关的国际标准。

储氢容器若非安置于发电系统外壳内,独立安装的储氢容器应具有防意外操作和碰撞的安全保护外壳。

燃料储存容器若为可更换式,燃料储存容器与发电系统的联接应与发电系统的控制系统有安全连锁,确保发电系统运行燃料储存容器不发生松动或脱落。

4.3.3.3 过压(高/低)保护

燃料储存系统应设置过压保护装置,并满足以下要求:

- 发电系统处于运行状态,当压力超过储氢容器能的正常工作压力时,应能通过显示屏或声音或光等方式告知操作者,或提示紧急关机,当压力达到储氢容器能的最大工作压力时应能自动关机并切断氢气供应;
- 发电系统处于静止状态,当压力达到储氢容器能承受的最大压力时,应通过泄压阀或类似功能的装置自动向外界放气防止压力过高引起危险,放气口位置应符合 4.3.2.4 的规定;
- 当压力低于要求的压力时,应能通过显示屏或声音或光等方式告知操作者,根据危险程度能自动关机,或提示紧急关机,或自动关机并切断氢气供应。

4.3.3.4 关闭功能

燃料存储系统应具有手动和自动两种方式关闭燃料供应的方式,当发生氢气泄漏、过压(高/低)时,应能及时关闭以切断燃料供应,并符合 4.8 的规定。

4.4 废气和废水的排放

制造商应根据 4.1 的规定设计、制造发电系统的废气、废水排放部件。发电系统废气、废水排放应考虑以下事项:

- 废气、废水的排放应不会引起危险;
- 在排放燃料废气时,不应导致发电系统周围的氢气浓度超过 25% LFL,测试方法见 GB/T 24549—2009 中 4.2.4.1 的规定;
- 可能排出或泄漏出燃料废气的出口应远离可能产生火花或高热的部件,应在可能存在可燃性气体的燃料稀释空间之外,且与带电部件之间的距离应符合 4.3.2.4 的规定;
- 燃料废气排放口禁止堵塞,当排放口因堵塞导致压力过高达到制造商设定的值时,发电系统应能自动关机并切断氢气供应源。

4.5 外壳

4.5.1 发电系统的外壳应具有足够的强度、刚性、耐用性、耐腐蚀性,起到支撑保护作用,并应满足存储、运输、安装及最终工作环境条件的要求。

4.5.2 当发电系统标定为可以在户外使用,并且没有防护装置的时候,需要进行 5.6 中所规定的淋雨试验,试验时和试验后,发电系统应可正常运行,同时不应因损坏或部件功能故障引起危险。

4.5.3 为消除因发电系统外壳、操作杆、把手、旋钮外表面等在正常运行过程中可能与操作人员或环境接触的部件的温度过高带来的对操作人员或环境的损害风险,上述部件的表面温度应符合表 1 的规定,否则应安装防护罩或其他防护装置直到符合表 1 的规定。

表 1 允许表面温度

| 部件 | 最高表面温升值/℃ |
|------------------------------------|-----------|
| 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持的操作杆、把手、旋钮和类似部件的外表面: | |
| 金属材质 | 35 |
| 陶瓷材质 | 45 |
| 铸模材料(塑料)、橡胶或木质材料 | 60 |

4.5.4 发电系统的外壳应具有保护操作人员不受带电部件、过热部件(温度超过 4.5.3 规定的温度)等存在危险性部件的伤害,在带电或过热部位应具有警示标识,警示标识应符合 GB/T 2894 的规定。

4.5.5 发电系统外壳及外置燃料电池模块的外壳应符合 GB 3836.4—2010 中 6.1 规定的外壳防护要求。

4.5.6 燃料电池模块不论是否装在发电系统封装外壳中,一般要求配有独立的保护罩或外壳或具有类似功能的装置将其与其他部件隔开,保护罩或外壳或具有类似功能的装置应具有隔热、绝缘的功能,或采取了防止静电积聚的措施。当无法对燃料电池模块采用保护罩或外壳或具有类似功能的装置时,它们与周围其他部件之间的距离应在 50 mm 以上。

4.6 电气安全

4.6.1 通用要求

发电系统中的带电部件应符合该部件相关国家标准规定的安全要求。在正常使用过程中,其安全性不受振动、环境温度以及其他外界因素的影响,发电系统中危险区域中 0 区和 1 区内的带电部件应采取相应的防护措施。

4.6.2 发电系统内部的导线和元器件

发电系统内部的导线以及元器件应满足以下要求:

- 发电系统使用过程中,内部的导线和元器件能够承受最大电流的使用要求,同时能承受发电系统正常运行状态下可能产生的任何温度;
- 在制造商规定的允许温度下,发电系统内部的导线和元器件的机械强度不会降低,不会因热膨胀而超过材料的允许承受的应力,不会损坏邻近的绝缘部件;
- 内部导线的选用应符合 GB 3836.4—2010 中 5.6 的规定;
- 内部导线以及元器件的连接装置应符合 GB 3836.4—2010 中 7.2 的规定;
- 与金属部件接触的内部导线,应有机械保护或加以适当固定以防损坏。

4.6.3 发电系统外部电路

发电系统外部电路的连接装置应符合 GB 3836.4—2010 中 6.2 的规定。

发电系统电输出的导线应足够长,方便与工业起升车辆上的电插头连接,还应采用基本绝缘方式,并且应有机械保护等相应措施,防止在安装发电系统以及其他情况下导线绝缘的损坏。

4.6.4 间距

发电系统中导电部件间的间距应符合 GB 3836.4—2010 中 6.3 的规定。

4.6.5 绝缘强度

4.6.5.1 电压分级

根据发电系统及其内部电路的工作电压(U),将电路分为以下等级,如表 2 所示:

表 2 电路的电压分级

| 电压级别 | 工作电压 U | |
|------|--|-------------------------------------|
| | 直流系统 | 交流系统(15 Hz~150 Hz) |
| A | $0\text{ V} < U \leq 60\text{ V}$ | $0\text{ V} < U \leq 25\text{ V}$ |
| B | $60\text{ V} < U \leq 1\ 000\text{ V}$ | $25\text{ V} < U \leq 660\text{ V}$ |

注 1: 60 V(DC)或 25 V(AC)的电压时,因考虑了空气的湿度条件,对非交流电但是重复脉冲电压,如果峰值持续时间大于 10 ms,则取工作电压最大峰值;如果峰值持续时间小于 10 ms,则取工作电压为均方根(rms)值,记录下的交流电压值在规定的频率范围内是非常重要的。

注 2: 波动电压的均方根不超过 10%。

注 3: B 级的最高电压按 GB 156—2007 中的规定。

4.6.5.2 绝缘防护措施

发电系统及其内部电路的绝缘防护措施应符合以下要求:

- 对于 A 级电压的电路不要求提供绝缘防护;
- 对于任何 B 级电压电路的带电部件应采取绝缘措施,为人员提供危险接触的防护、绝缘措施包括但不限于基本绝缘或遮挡/外壳或多种绝缘方式组合,无论采用何种方式都应达到 GB/T 18384.3—2001 中 5 规定的要求。

4.6.5.3 绝缘电阻

按 5.5 进行绝缘试验时,发电系统绝缘电阻值应符合表 3 要求,发电系统及其内部电路为 A 级电压的发电系统除外。

表 3 绝缘电阻的要求

| 设备类型 | 测量阶段最小瞬间绝缘电阻 | 测量阶段计算的最小绝缘电阻 |
|--------|-------------------|-----------------|
| I 类设备 | 0.1 k Ω /V | 1 k Ω /V |
| II 类设备 | 0.5 k Ω /V | 5 k Ω /V |

注: 绝缘电阻按照发电系统的额定电压计算。

4.6.6 静电放电

发电系统中涉及氢气的部件应尽可能采用防静电积聚的材料。

对氢气可能积聚的位置应采取防静电放电保护措施,可通过对非金属材料或隔离的金属部件进行接地或连接等方式实现。

发电系统应具有接地终端或与工业起升车辆上的接地连接,确保在氢气泄漏或积聚时,不会因静电而导致燃烧、爆炸或其他危险。

应对充氢接口、氢气管路、电堆等与氢气相关部件采取防止静电放电的措施。

4.6.7 其他部件

指示灯、二极管灯、开关等带电部件连接应牢固并有相应的措施防止其受到可能的机械损坏,从而引起危险。

4.7 电磁兼容性

发电系统应能抗电磁干扰,在预设的环境中正常运行;并且在正常运行时,不会产生高于规定水平的电磁干扰。

在住宅、商业和轻工业环境中,发电系统应符合 GB/T 17799.1—1999 和 GB 17799.3—2012 中规定的电磁兼容性要求。在其他工业环境中,发电系统应符合 GB/T 17799.2—2003 和 GB 17799.4—2012 中的相关规定。

4.8 安全控制与保护系统

4.8.1 概述

本部分只涉及与安全相关的控制与保护功能。控制系统的设计应具有监控发电系统各个功能子系统运行状况的功能,并能防止因系统部件的单一故障而升级为危险情况的保护功能。

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。

4.8.2 启动

仅当所有安全保护装置均已到位且起作用时,发电系统才能启动,并开始运行。为保证发电系统能正确启动,可采用适当的联锁装置。在氢气供应被切断时,发电系统应无法启动。

4.8.3 关机

发电系统应至少具备自动关机、手动关机和紧急关机三种模式,并设有紧急关机按钮,该紧急关机按钮应该是清晰可辨识的,明显的和可以被快速接触到的。当监控系统监测到非正常运行时应通过显示屏或声音或灯光等警示告知操作者紧急关机。当监控系统监测到可能造成危险的非正常运行,系统应能自动关机。

紧急关机被触发后,则:

- 应能触发发电系统的安全联锁装置,应能自动切断氢气供应和电输出;
- 应不会造成发电系统额外的故障;
- 应优先于发电系统所有模式下除安全保护以外的功能和操作;
- 应不会在发电系统重启初始化过程中自行被复位;
- 若发电系统配有重启锁定装置,则仅当重启锁定装置被有意复位后,一个新的启动命令方可起作用。

4.8.4 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:

- 在关机命令发出后,任何操作都不能阻止关机;
- 手动部件,如紧急关机按钮、氢气供应管路或燃料储存装置的阀门或供气按钮等的关闭功能不得受到妨碍;
- 保护装置应保持完整的有效性;

——发电系统不会发生意外重启。

4.8.5 非正常运行

当监控系统监测到发电系统出现过压(高/低)、过热、单电池电压过低等非正常运行情况时,应通过一定方式提醒操作者,如通过显示屏或声音或灯光等方式警示操作者,并根据危险程度能自动关机,或提示紧急关机,或自动关机并切断氢气供应源和电输出。

4.8.6 氢气泄漏或积聚安全防护

发电系统中易发生氢气泄漏或氢气积聚的部位(危险区域,0区和1区的稀释范围内),如储氢瓶口、燃料电池堆上方等,应当安装氢气浓度传感器,并应有相应的安全联锁装置。当发电系统中有氢气泄漏,氢气积聚浓度达到25% LFL时,控制系统应能通过显示屏或声音或灯光等方式警示操作者;当氢气积聚浓度达到50% LFL时,应自动切断氢气供应源并自动关机。

4.8.7 短路或漏电保护装置

发电系统中应有电路短路或漏电保护装置,控制系统应能通过显示屏或声音或灯光等方式警示操作者,同时可自动切断发电总输出或自动关机或提示紧急关机。

4.8.8 遥控系统

遥控系统应满足,仅当遥控不会导致不安全条件,并且不会超越安装在本机上的安全保护控制装置时,方能在发电系统上使用遥控装置。

可遥控操作的发电系统在本机上应具有标识明显的操作开关或其他方法可将发电系统与遥控装置断开,以便于现场操作人员对系统进行检查或维护。该断开装置应在本机上复位后,遥控装置才能工作。

4.8.9 系统重新启动的要求

发电系统故障排除后,仅当所有安全保护装置均已被有意复位且开始工作时,发电系统才能开始重新启动和运行。

4.9 通风措施

发电系统的通风措施满足如下要求:

- 制造商应在说明书中明示发电系统使用场所应具备的通风情况;
- 根据 GB 3836.14—2000 评定的发电系统或工业起升车辆中的危险区域等级,在危险区域0区和1区及其燃料稀释空间的范围内应具有强制通风措施或其他方式,稀释、控制可燃性气体的排放浓度;危险区域中2区可视情况采取监控、强制通风措施或通过控制系统的自动切断氢源的安全防护功能或其他有效方式预防和解除危险;
- 当发电系统内部氢气积聚浓度达到25% LFL时,发电系统的通风装置应能自动启动进行稀释,保证氢气浓度不超过规定浓度。

4.10 耐振动性

发电系统应具备一定的抗冲击振动的能力,保证正常使用、运输或储存过程中所产生的冲击振动不会对发电系统各个部件产生损害;不会造成氢气管路系统、储氢部件的损坏和氢气泄漏;不会造成电气部件电线脱落或碰线,避免因振动导致的短路等现象。发电系统耐振动性应符合5.3的要求。

4.11 装卸、运输和存储

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。制造商也可另行规定替代的温度范围,但应在说明书中进行详细的说明。

此外,发电系统及其部件应满足以下要求:

- 能够被安全装卸和运输,在必要时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存储而不受损坏(例如具有足够的稳定性和特别加固等)。

燃料存储系统在运输时应不含燃料。

如有必要,制造商应说明燃料电池系统装卸、运输和贮存的专门方法。

如制造商要求在装卸、运输和存储发电系统前后应要对其进行吹扫,发电系统应具有吹扫功能。吹扫可使用制造商规定的介质,包括但不限于氮气、氦气或空气等。

4.12 燃料加注

在加注氢气时,发电系统应具备能够保证切断燃料储存系统向发电系统其他子系统供应燃料的功能。

4.13 使用场所

发电系统使用场所包括运行场所和存储场所,确保上述场所不会因氢气泄漏引起安全事故,应满足以下要求:

- 使用场所不能是密闭空间,必须应与外界有空气交换,当自然通风无法满足发电系统制造商说明书中的安全要求时,应采取强制通风措施达到要求;
- 使用场所应安装氢气探测器以及安全联锁装置,当氢气浓度达到 $25\% \text{ LFL}$ 时,应发出声/光报警,并启动通风装置进行稀释;
- 使用和存储的场所应避免可能出现明火/电火花的电源、火源。

5 试验方法

5.1 一般要求

用于测试的发电系统应该是制造商生产的代表性产品。

试验参考条件如下:温度: $15\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$;大气压力: $86\text{ kPa}\sim 106\text{ kPa}$ 。

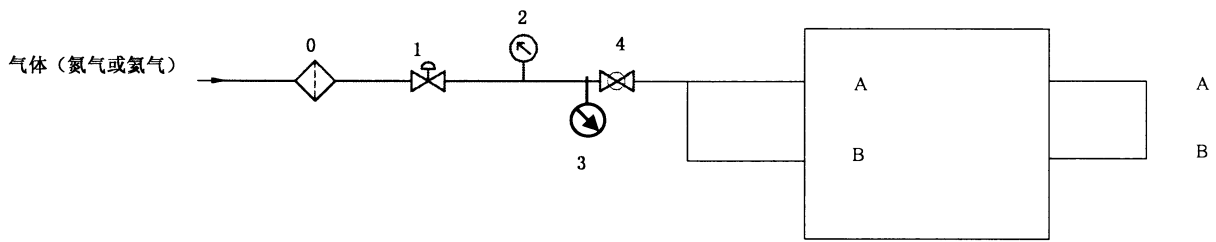
5.2 气密性试验

5.2.1 燃料(氢气)和氧化剂(空气)的管路、连接件和承压部件气密性试验

发电系统按照制造商规定程序启动运行,达到制造商规定的正常工作状态之后,停止运行,吹扫发电系统,并关闭所有气体出口,只留一路气体进口,如图2所示;发电系统的温度降至环境温度;将氮气或氦气通过配置了减压阀、压力传感器、截止阀和气体流量计等器件的气体试压装置进入发电系统的气腔入口,在大约 1 min 内逐渐加压至制造商规定的最大允许工作压力 $(110\pm 5)\%$,保持此压力 30 min 。记录流量计测量的气体泄漏速率。

泄漏率总和,应不会导致燃料电池系统外壳内的氢气浓度超过 $25\% \text{ LFL}$ 。

采用流量计测量气体泄漏速率,流量计精度 $\leq 1\%$,所测泄漏率的值应超过使用流量计满量程的 33% 。泄漏速率计算见附录A。



说明：

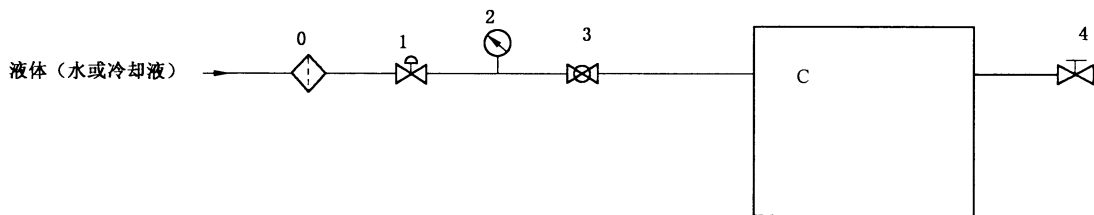
- 0——过滤器；
- 1——减压阀；
- 2——流量计；
- 3——压力传感器；
- 4——截止阀；
- A——燃料电池模块的燃料气腔出入口；
- B——燃料电池模块的氧化剂气腔出入口。

图2 燃料电池发电系统燃料(氢气)和氧化剂(空气)的管路、连接件和承受压力部件气密性检查方法示意图

5.2.2 冷却剂管路、连接件和承压部件气密性试验

将液体(水或冷却液)通过配置了减压阀、压力传感器、截止阀等器件的通路进入发电系统的冷却剂腔,该腔出口处于密闭状态,使管路中压力达到制造商规定的最大允许工作压力 $(110\pm 5)\%$ 。

试验过程中冷却剂的所有管路连接接头和各个部件连接部位都应无液体泄漏现象。



说明：

- 0——过滤器；
- 1——减压阀；
- 2——压力传感器；
- 3——截止阀；
- 4——截止阀；
- C——燃料电池模块的冷却剂流体腔入口。

图3 燃料电池发电系统冷却剂管路、连接件和承受压力部件气密性检查方法示意图

5.3 耐振动性试验

发电系统耐振动性试验应符合 GB/Z 18333.1—2001 的规定。试验后,发电系统应能正常启动和运行。

5.4 尾气氢气浓度检测

5.4.1 试验过程

试验过程包括：

- a) 将氢气浓度探查器安放在排气管中心线的延长线上,距离排气管出口 100 mm 处;
- b) 开始记录氢气浓度,数据取样间隔不大于 10 s;
- c) 按照制造商规定的程序启动运行发电系统,直至在制造商规定温度下到热稳定状态;
- d) 保持该状态 10 min;
- e) 按照制造商规定程序关机;
- f) 等待 10 min 后,按照制造商规定的程序再次启动运行发电系统;
- g) 保持怠速状态 15 min;
- h) 完成一次完整的排气吹扫过程;
- i) 按照制造商规定程序关机;
- j) 停止记录氢气浓度。

5.4.2 试验结果要求

试验过程中,任何瞬时氢气相对浓度值不得超过 25% LFL。

5.5 绝缘强度试验

发电系统按照制造商规定程序启动运行,达到制造商规定的正常工作状态,然后关机。

在不连接负载系统、支架或外壳不连接实验室地线、已加注冷却液和加湿用水、水泵运转的条件下,按照 GB/T 18384.3—2001 中的规定,分别测试发电系统正、负输出端相对于支架或外壳的绝缘电阻,检查结果应符合 4.6.5.3 的规定。

5.6 淋雨试验

当发电系统标定为可以在户外使用,并且没有防护装置的时候,应根据 GB 4208—2008 进行淋雨试验。试验时和试验后,发电系统应符合 4.5.2 的规定。

5.7 电磁兼容性试验

5.7.1 发射试验

在居住、商业和轻工业环境中,按照标准 GB 17799.3—2012 中的试验方法进行检测,检测结果应符合 GB 17799.3—2012 中 11 的发射限值规定。在工业环境中,按照标准 GB 17799.4—2012 中试验方法进行检测,检测结果应符合 GB 17799.4—2012 中 11 的发射限值规定。

5.7.2 抗扰度试验

在居住、商业和轻工业环境中,按照标准 GB/T 17799.1—1999 中试验方法进行检测,检测结果应符合 GB/T 17799.1—1999 中 3 的规定。在工业环境中,按照标准 GB/T 17799.2—2003 中试验方法进行检测,检测结果应符合 GB/T 17799.2—2003 中 3 的规定。

5.8 报警与关机试验

5.8.1 氢气泄漏或氢气积聚情况下发电系统的报警与关机试验

本试验应对安装在发电系统内的每个氢气浓度传感器分别进行。按照制造商规定程序启动发电系

统后,发电系统应处于正常工作状态。

氢气探测器的测试条件为 25% LFL 和 50% LFL,可以选用下列方法达到:

- a) 将氢气浓度传感器放置在一个容器中,该容器内的氢气浓度可以调节和控制;
- b) 根据氢气浓度传感器的信号输出特性,用一个信号发生器取代氢气浓度传感器,向系统输入与测试条件相对应的信号。

当测试条件为氢气浓度达到 25% LFL 时,发电系统应可以正常工作,但是控制系统应在 10 s 内通过显示屏或声音或灯光等方式警示操作者。维持该测试条件 10 min,警示信号应持续工作。

当测试条件为氢气浓度达到 50% LFL 时,发电系统的控制系统应在 10 s 内自动切断氢气供应源并自动关机。自动关机以后,将氢气浓度降到 25% LFL 以下,在没有人工复位的情况下,发电系统应不能正常启动。

5.8.2 紧急关机与重新启动试验

按照制造商规定程序启动发电系统,发电系统应处于正常工作状态。触发本机上的紧急关机按钮,发电系统应满足 4.8.3 规定的要求。

完成紧急关机后,在没有人工复位的情况下,发电系统应不能正常启动,重新启动应满足 4.8.9 规定。

5.8.3 燃料废气排放口堵塞自动关机试验

按照制造商规定程序启动发电系统,发电系统应处于正常工作状态。堵塞发电系统的燃料废气排放口,当排放口因堵塞导致压力过高,达到制造商设定的值时,发电系统应能满足 4.8.5 的要求,自动关机,并切断氢气供应源。故障排除后,发电系统应能正常启动。

5.8.4 电路过流的报警与关机试验

提供超过额定输出电流 100% 的过流信号至发电系统,电路短路保护装置应启动,同时控制系统应立即通过显示屏或声音或灯光等方式警示操作者,并且应可自动切断发电总输出或自动关机或提示紧急关机。被切断发电总输出或自动关机的发电系统应满足 4.8.7 规定的要求。

5.9 燃料储存容器安全联接的连锁试验

如发电系统采用可更换燃料储存容器,燃料储存容器与发电系统的联接应与发电系统的控制系统有安全连锁,若燃料储存容器与发电系统未能正确联接,如处于断开状态,发电系统应不能正常启动或运行,并提供声、光警示;如发电系统处于正常运行状态时,断开燃料储存容器与发电系统的联接,发电系统应能自动停机,并提供声、光警示。

5.10 发电系统表面升温试验

5.10.1 试验过程

本试验旨在测量发电系统外壳、操作杆、把手、旋钮等外表面在正常运行过程中可能与操作人员或环境接触的部件的表面温度升温情况。

试验环境温度:15℃~35℃。

试验前应利用热电偶胶或高温胶带将热电偶粘贴在事先选定的量测点处,同时应监控测试过程中的环境温度。

试验按如下步骤进行:

- a) 启动温度数据采集仪,将采样间隔设定为 5 s;

- b) 发电系统按照制造商规定程序启动运行,达到制造商规定的额定功率输出状态,并维持此状态;
- c) 监控各量测点温度,当所有量测点的温度都满足如下情况时,则判定发电系统达到温度平衡状态:任意间隔 15 min 的两个温度的变化不超过 3 °C 或绝对工作温度的 1%(以二者中数值大者为准);
- d) 待发电系统达到温度平衡状态后,按制造商规定程序关机;
- e) 停止温度数据采集仪,保存数据;
- f) 用达到温度平衡状态后各量测点的温度减去试验时的环境温度,即为各量测点的温升值。

5.10.2 试验结果

温升值应符合表 1 的规定。

6 标识

6.1 一般要求

应对发电系统上所有需要注意安全的部位进行标识,安全标识应符合 GB/T 2894 的规定。

6.2 发电系统的标识

每个发电系统都应配备有数据铭牌及标签的组合,保证易读,便于系统正确安装和使用。标识中应清楚说明使用限制,尤其应说明燃料电池发电系统应在具有足够通风条件的区域使用。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) 型号和产品名称;
- c) 发电系统的序列号和生产日期;
- d) 燃料电池的类型;
- e) 电输出参数(额定功率/电压/电流类型/频率/相);
- f) 辅助功率消耗;
- g) 尺寸;
- h) 重量(发电系统重量、配置重量);
- i) 发电系统预期工作的环境温度范围(最低和最高),单位为摄氏度(°C);
- j) 加热电路(若适用):额定热输出,最大流量、压力、温度;
- 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;
- l) 执行标准号;
- m) 使用注意事项。

若燃料电池发电系统根据 GB 3836.14—2000 评定为危险区域类别,则应对其进行相应标识。

6.3 部件的标识

应对用户需要接触的部件进行标识,以便与技术资料中的燃料电池发电系统图纸进行核对。

警示标志应放置在合适的位置,应对电气危险、氢气危险、高热部件和机械危害进行标识。

人机界面中使用的控制装置、视觉指示器以及显示器(尤其是与安全有关的),应将其功能清楚地标识在表面或相邻的地方。

7 产品说明书

本部分只涉及产品说明书中涉及安全方面的相关规定。

制造商应在说明书中告知用户发电系统的正常运行相关参数,确保发电系统安全运行,相关参数至少包括:

- 发电系统所使用的燃料类型;
- 燃料储存装置工作压力;
- 发电系统所用反应气的工作压力范围;
- 发电系统运行温度,及最高运行温度;
- 适用的工业起升车辆;
- 室外或室内使用,及室内使用时的通风要求。

制造商应在说明书中注明加氢口的型号,注明储氢装置的型号、最大工作压力、工作温度及其他涉及安全的参数。

制造商应明确指出发电系统维护时的安全注意事项。

制造商应在说明书中注明发电系统存储及运输的要求,给出发电系统在运输或存储过程中应采取的安全措施。

制造商应明确指出当发电系统通过显示屏或声音或光等方式告知操作者发生故障或危险时,操作者应采取的安全措施。

附 录 A
(规范性附录)
泄漏量计算

考虑到不同试验气体在泄漏速率上的不同,当采用氦气或氮气做试验气体,都应校正为氢气的泄漏速率并记录,泄漏速率应该按照式(A.1)校正:

$$R = q_{\text{fuel}}/q_{\text{test}} \quad \dots\dots\dots (\text{A.1})$$

式中:

q_{fuel} ——燃料气体泄漏速率,NmL/s 或 NmL/min;

q_{test} ——试验气体泄漏速率,NmL/s 或 NmL/min;

R ——修正系数,见式(A.2)或式(A.3)。

$$R = (d_{\text{test}}/d_{\text{fuel}})^{1/2} \quad \dots\dots\dots (\text{A.2})$$

式中:

d_{test} ——试验气体的比重;

d_{fuel} ——燃料气体的比重。

或者

$$R = \mu_{\text{test}}/\mu_{\text{fuel}} \quad \dots\dots\dots (\text{A.3})$$

式中:

μ_{test} ——试验气体的绝对黏度;

μ_{fuel} ——燃料气体的绝对黏度。

应采用式(A.2)和式(A.3)计算修正系数 R ,取较高值。

记录气体泄漏速率、试验气体、修正系数(R)、气体通过减压阀的流速率。如果因为压力滞后现象或压力设定而在试验中没有采用泄压装置,总泄漏值应该是测得值与泄压装置在最大燃料供应压力下的单独测得的泄漏量之和。

参 考 文 献

- [1] GB/T 2900.35—2008 电工术语 爆炸性环境用设备
 - [2] GB/T 27748.1—2011 固定式燃料电池发电系统 第1部分:安全
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
工业起升车辆用燃料电池发电系统
第 1 部分：安全
GB/T 31037.1—2014

*

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.net.cn

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235
读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

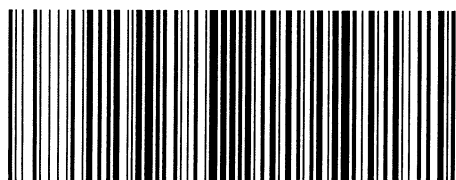
*

开本 880×1230 1/16 印张 1.5 字数 37 千字
2015 年 1 月第一版 2015 年 1 月第一次印刷

*

书号：155066·1-50388 定价 24.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



GB/T 31037.1-2014