



中华人民共和国国家标准

GB/T 41134.1—2021

电驱动工业车辆用燃料电池发电系统 第 1 部分：安全

Fuel cell power systems for industrial electric trucks—
Part 1: Safety

[IEC 62282-4-101:2014, Fuel cell technologies—Part 4-101: Fuel cell power systems for propulsion other than road vehicles and auxiliary power unit (APU)—Safety of electrically powered industrial trucks, MOD]

2021-12-31 发布

2022-07-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 III

引言 V

1 范围 1

2 规范性引用文件 2

3 术语和定义 4

4 结构安全要求 7

 4.1 总则 7

 4.2 承载氢气和其他流体的部件 8

 4.3 过压和热保护 9

 4.4 调节阀 10

 4.5 关闭阀和操作规程 10

 4.6 过滤器 10

 4.7 泵和压缩机 10

 4.8 电控压力传感器和控制设备 10

 4.9 通风措施 10

 4.10 静电放电(ESD) 11

 4.11 甲醇和废弃物等的排放 11

 4.12 系统外壳(独立系统) 11

 4.13 燃料电池发电系统电气部件 11

 4.14 控制电路 15

 4.15 安全/危险分析 16

 4.16 绝缘电阻 16

 4.17 耐振动性要求 16

5 安全性能要求和型式试验 16

 5.1 总则 16

 5.2 振动试验 16

 5.3 燃料容器稳固性试验 17

 5.4 疲劳试验 17

 5.5 外漏试验 17

 5.6 极限强度试验 18

 5.7 潜在失效模式试验 18

 5.8 温度试验 19

 5.9 连接测试 21

5.10	接触电流试验	21
5.11	绝缘耐电压试验	22
5.12	非金属管路的静电积累测试	22
5.13	限功率电路试验	23
5.14	最大功率试验	24
5.15	非正常运行试验(电气设备失效)	24
5.16	废水排放试验(仅针对甲醇燃料电池)	24
5.17	雨淋试验	25
5.18	系统外壳试验(独立系统)	25
5.19	热塑性材料针焰试验	26
5.20	弹性密封、垫片和管路的测试	26
5.21	非金属管和管道渗透试验	26
5.22	电输出引线试验	26
6	例行试验	26
6.1	绝缘耐电压试验	26
6.2	外泄漏试验	27
7	标识	27
7.1	通则	27
7.2	发电系统的标识	27
7.3	部件的标识	27
8	说明书	28
8.1	概述	28
8.2	维护手册	28
8.3	操作规程	28
8.4	安装说明书	29
附录 A (资料性)	本文件与 IEC 62282-4-101:2014 规范性引用文件的差异	30
附录 B (资料性)	压力条款的比较	34
参考文献		35

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是 GB/T 41134《电驱动工业车辆用燃料电池发电系统》的第1部分。GB/T 41134 已经发布了以下部分：

- 第1部分：安全；
- 第2部分：性能试验方法。

本文件使用重新起草法修改采用 IEC 62282-4-101:2014《燃料电池技术 第4-101部分：道路车辆和辅助动力装置(APU)以外的推进用燃料电池发电系统 电动工业车辆的安全性》。

本文件与 IEC 62282-4-101:2014 相比做了下述结构调整：

- 增加了 4.16、4.17；
- 增加了 5.1 c) 的试验条件；
- 增加了 5.11.1 和 5.11.2；
- 增加了 7.1、7.2、7.3；
- 删除了 4.3.3~4.3.8、4.9.1~4.9.10、4.10.1~4.10.8、4.13.10、5.17.1~5.17.3，将 4.13.11 调整为 4.13.10、4.13.12 调整为 4.13.11、4.13.13 调整为 4.13.12；
- 删除了 5.20，调整了 IEC 62282-4-101:2014 中 5.21 为 5.20、5.22 为 5.21、5.23 为 5.22；
- 删除了图 2、图 3、图 4、表 1，修改了 IEC 62282-4-101:2014 中图 5 为图 2、图 6 为图 3、表 2 为表 1、表 3 为表 2、表 4 为表 3；
- 将 IEC 62282-4-101:2014 中的附录 A 调整为附录 B。

本文件与 IEC 62282-4-101:2014 相比存在技术性差异，这些差异涉及的条款已通过在其外侧页边空白位置的垂直单线(|)进行了标示。

本文件与 IEC 62282-4-101:2014 的技术性差异及其原因如下：

- 增加、删除及替换部分国际标准中规范性引用文件，附录 A 中列出了本文件与 IEC 62282-4-101:2014 规范性引用文件的差异；
- 修改了止回阀、最大允许工作压力、最大运行压力、系统区域分类的术语和定义(见 3.3、3.14、3.16、3.26)；
- 为方便使用，修改了氢压力容器、金属氢化物容器、过压保护、调节阀、通风措施、静电放电、燃料电池发电系统电气部件、内部电线、外部电线、灯和灯座等要求，与现行国家标准要求保持一致(见 4.2.3.2、4.2.4、4.3.2、4.5.2、4.9、4.10、4.13.1.3、4.13.2、4.13.3、4.13.8)；
- 增加了绝缘电阻和耐振动性要求(见 4.16、4.17)；
- 增加了安全性能要求和形式试验总则的试验条件[见 5.1 c)]；
- 为方便使用，修改了燃料容器稳固性试验、绝缘耐电压试验、雨淋试验、外壳承载力试验、热塑性材料针焰试验等试验内容，与现行国家标准保持一致(见 5.3、5.11、5.17、5.18.1、5.19、6.1)；
- 为方便使用，修改了标识，与现行国家标准一致(见第 7 章)；
- 为方便使用，删除了超压和热保护、防止可燃气体和蒸气聚集的通风设施、静电放电、电气绝缘、环境试验、标志板的附着力试验的部分要求及试验方法(见 IEC 62282-4-101:2014 的 4.3.2~4.3.8、4.9.1~4.9.10、4.10.1~4.10.8、4.13.10、5.17.1~5.17.3、5.20)。

本文件做了下列编辑性修改：

——为与现有标准协调，将标准名称修改为《电驱动工业车辆用燃料电池发电系统 第1部分：安全》。

——增加了附录A(资料性)本文件与IEC 62282-4-101:2014规范性引用文件的差异。

与本文件中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下：

——GB/T 5169(所有部分) 电工电子产品着火危险试验[IEC 60695(所有部分)]

——GB/T 14536.1—2008 家用和类似用途自动控制器 第1部分：通用要求(IEC 60730-1:2003, IDT)

——GB/T 18615—2002 波纹金属软管用非合金钢和不锈钢接头(eqv ISO 10806:1994)

——GB/T 29729—2013 氢系统安全的基本要求(ISO/TR 15916:2004, NEQ)

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。

本文件由中国电器工业协会提出。

本文件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。

本文件起草单位：新源动力股份有限公司、武汉理工大学、机械工业北京电工技术经济研究所、北京上电科赛睿科技有限公司、同济大学、中国科学院大连化学物理研究所、中国质量认证中心、中国汽车技术研究中心有限公司、南京大学、潍柴动力股份有限公司、上海市质量监督检验技术研究院、上海神力科技有限公司、广东国鸿氢能科技有限公司、新研氢能源科技有限公司、上海捷氢科技有限公司、天能电池集团股份有限公司、广东合即得能源科技有限公司、北京长征天民高科技有限公司、北京亿华通科技股份有限公司、北京氢璞创能科技有限公司。

本文件主要起草人：邢丹敏、李晓楠、张宝、马天才、侯明、俞红梅、潘牧、张亮、卢琛钰、王刚、刘建国、李赏、李松丽、何云堂、刘楠楠、燕希强、周斌、齐志刚、陈沛、曹寅亮、靳殷实、黄平、刘然、朱俊娥。

引 言

GB/T 41134 涉及电驱动工业车辆用燃料电池发电系统的安全性、性能和互换性等因素。考虑到国内外对电驱动工业车辆应用的迫切需要,本文件主要适用于配有燃料电池发电系统的电驱动工业车辆。

电驱动工业车辆用燃料电池发电系统可在混合动力和多模式下运行。本文件通过分解他们不同的模式并提供明确的电驱动工业车辆用燃料电池系统的设计和试验框架。用于评估电驱动工业车辆用燃料电池发电系统不同燃料电池组合模式的性能。

本文件的用户可以有选择地执行本文件中所描述的适合他们目的的试验项目。本文件不排除其他的试验方法。

GB/T 41134 拟由两部分构成。

- 第1部分:安全。给出电驱动工业车辆用燃料电池发电系统的结构、电路和燃料的安全要求及试验方法。
- 第2部分:性能试验方法。给出电驱动工业车辆用燃料电池发电系统的电、热和环境性能相关的统一和可重复的试验方法。

电驱动工业车辆用燃料电池发电系统

第 1 部分：安全

1 范围

本文件规定了电驱动工业车辆用燃料电池发电系统的安全要求。

本文件适用于采用气态氢燃料电池发电系统和直接甲醇燃料电池发电系统的电驱动工业车辆。

本文件适用于燃料电池驱动用于搬运、推顶、牵引、起升、堆垛或码放各种货物的工业车辆，如叉车、单斗装载机等。

本文件适用于 3.8 和图 1 所定义的燃料电池发电系统。

本文件适用于室内和室外使用的额定输出电压不超过 150 V 的直流型燃料电池发电系统。

本文件涉及的燃料电池发电系统，其燃料源容器永久地附在工业车辆或燃料电池发电系统上。

本文件范围内考虑下列燃料：

——气态氢；

——甲醇。

本文件范围内不包括以下内容：

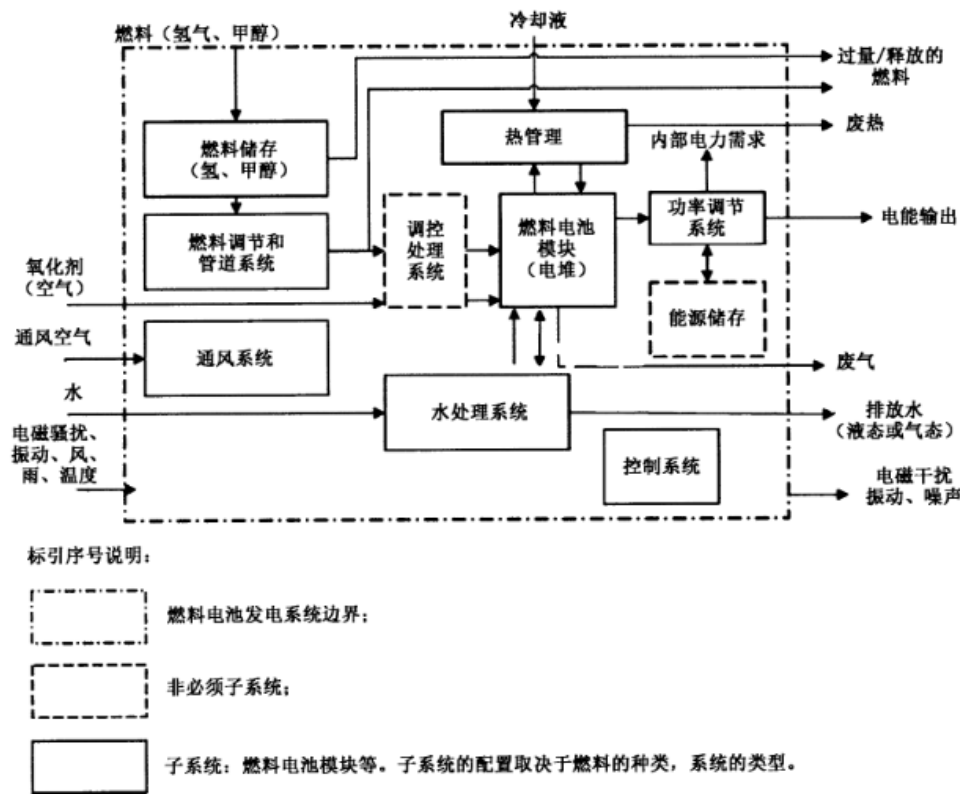
——可拆卸式燃料源容器；

——含有内燃机的混合动力工业车辆；

——带有重整器的燃料电池发电系统；

——用于潜在爆炸环境中运行的燃料电池发电系统；

——使用液氢的燃料存储系统。



注: 燃料电池发电系统可包含上述所有或部分部件。

图 1 电驱动工业车辆用燃料电池发电系统

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 安全标志及其使用导则

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 3836.4—2010 爆炸性环境 第 4 部分:由本质安全性“i”保护的设备

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/T 4208—2017 外壳防护等级(IP 代码)(IEC 60529:2013,IDT)

GB 4706.66—2008 家用和类似用途电器的安全 泵的特殊要求(IEC 60335-2-41:2004,IDT)

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/T 5099.1—2017 钢质无缝气瓶 第 1 部分:淬火后回火处理的抗拉强度小于 1 100 MPa 的钢瓶(ISO 9809-1:2010,NEQ)

GB/T 5169.9—2013 电工电子产品着火危险试验 第 9 部分:着火危险评定导则 预选试验程序 总则(IEC 60695-1-30:2008,IDT)

GB/T 5169.16—2017 电工电子产品着火危险试验 第 16 部分:试验火焰 50 W 水平与垂直火

焰试验方法(IEC 60695-11-10;2013,IDT)

GB/T 5169.21—2017 电工电子产品着火危险试验 第21部分:非正常热 球压试验方法(IEC 60695-10-2;2014,IDT)

GB/T 5169.22—2015 电工电子产品着火危险试验 第22部分:试验火焰 50 W 火焰 装置和确认试验方法(IEC 60695-11-4;2011,IDT)

GB/T 5226.1—2019 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;2016,IDT)

GB/T 7127.1—2000 使用非石油基制动液的道路车辆 液压制动系统用制动软管组合件(eqv ISO 3996;1995)

GB/T 14048.3—2017 低压开关设备和控制设备 第3部分:开关、隔离器、隔离开关及熔断器组合电器(IEC 60947-3;2015,IDT)

GB/T 14048.5—2017 低压开关设备和控制设备 第5-1部分:控制电路电器和开关元件 机电式控制电路电器(IEC 60947-5-1;2016,MOD)

GB/T 14536.19—2017 家用和类似用途电自动控制器 电动燃气阀的特殊要求,包括机械要求(IEC 60730-2-17;2007,IDT)

GB/T 16839.1—2018 热电偶 第1部分:电动势规范和允差(IEC 60584-1;2013,IDT)

GB/T 16855.1—2018 机械安全 控制系统安全相关部件 第1部分:设计通则(ISO 13849-1;2015,IDT)

GB/T 16895.21—2020 低压电气装置 第4-41部分:安全防护 电击防护(IEC 60364-4-41;2017,IDT)

GB/T 16935.1—2008 低压系统内设备的绝缘配合 第1部分:原理、要求和试验(IEC 60664-1;2007,IDT)

GB/T 17799.1—2017 电磁兼容 通用标准 居住、商业和轻工业环境中的抗扰度

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 18384—2020 电动汽车安全要求

GB/T 18422—2013 橡胶和塑料软管及软管组合件 透气性的测定(ISO 4080;2009,IDT)

GB/T 18426—2001 橡胶或塑料涂覆织物 低温弯曲试验(idt ISO 4675;1990)

GB/T 19212.1—2016 变压器、电抗器、电源装置及其组合的安全 第1部分:通用要求和试验(IEC 61558-1;2009,MOD)

GB/T 23606—2009 铜氢脆检验方法(ISO 2626;1973,MOD)

GB/T 23658—2009 弹性体密封圈 输送气体燃料和烃类液体的管道和配件用密封圈的材料要求(ISO 16010;2005,MOD)

GB/T 24135—2009 橡胶或塑料涂覆织物 加速老化试验(ISO 1419;1995,IDT)

GB/T 27544—2011 工业车辆 电气要求

GB/T 28164—2011 含碱性或其他非酸性电解质的蓄电池和蓄电池组 便携式密封蓄电池和蓄电池组的安全性要求(IEC 62133;2002,IDT)

GB/T 29838—2013 燃料电池 模块(IEC 62282-2;2012,MOD)

GB/T 30718—2014 压缩氢气车辆加注连接装置(ISO 17268;2006,NEQ)

GB/T 33292—2016 燃料电池备用电源用金属氢化物储氢系统

GB/T 35544—2017 车用压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶

GB/T 37499—2019 燃气燃烧器和燃烧器具用安全和控制装置 特殊要求 自动和半自动阀

(ISO 23551-1:2012,MOD)

ISO 1421 橡胶或塑料涂层织物 抗拉强度和断裂伸长率的测定(Rubber or plastics-coated fabrics—Determination of tensile strength and elongation at break)

ISO 4038 道路车辆 液压制动系统 导管、螺纹孔、阳螺纹配件和软管管端配件(Road vehicles—Hydraulic braking systems—Simple flare pipes, tapped holes, male fittings and hose end fittings)

ISO 10380 管道 波纹金属软管和软管装配(Pipework—Corrugated metal hoses and hose assemblies)

ISO 10442 石油、化学和气体服务行业 包装、一体化齿轮离心式空气压缩机(Petroleum, chemical and gas service industries—Packaged, integrally geared centrifugal air compressors)

ISO 10806 管道 波纹金属软管的配件(Pipework—Fittings for corrugated metal hoses)

ISO 11114-4 可运输气 气瓶和阀门材料与气体含量的兼容性 第4部分:选择耐氢脆化金属材料的试验方法(Transportable gas cylinders—Compatibility of cylinder and valve materials with gas contents—Part 4: Test methods for selecting metallic materials resistant to hydrogen embrittlement)

ISO 13226 橡胶 用于鉴定液体对硫化橡胶影响的标准参考弹性体(SREs)[Rubber—Standard reference elastomers (SREs) for characterizing the effect of liquids on vulcanized rubbers]

ISO 14113 气焊设备 用于最高达450 bar工业气体的橡胶和塑料软管及软管组件[Gas welding equipment—Rubber and plastics hose and hose assemblies for use with industrial gases up to 450 bar (45 MPa)]

ISO 15500-12 道路车辆 压缩天然气(CNG)燃料系统部件 第12部分:泄压阀(PRV)[Road vehicles—Compressed natural gas (CNG) fuel system components—Part 12: Pressure relief valve (PRV)]

ISO/TR 15916 氢系统安全性的基础注意事项(Basic considerations for the safety of hydrogen systems)

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

IEC 60695(所有部分) 着火危险试验(Fire hazard testing)

IEC 60730-1:2013 家用和类似用途自动电气控制 第1部分:通用要求(Automatic electrical controls—Part 1: General requirements)

IEC 61204-7 低压电源 直流输出 第7部分:安全要求(Low-voltage switch mode power supplies—Part 7: Safety requirements)

IEC/TS 61430 二次电池和电池 检测为减少爆炸危险而设计的装置性能的测试方法 铅酸启动电池(Secondary cells and batteries—Test methods for checking the performance of devices designed for reducing explosion hazards—Lead-acid starter batteries)

IEC 62103 动力装置使用的电子设备(Electronic equipment for use in power installations)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

非正常运行 abnormal operation

燃料电池发电系统在任何电气或控制部件故障或失效的情况下,或在失效模式分析(FMEA)程序

确认的任一失效模式下运行,但不包括易燃液体、蒸汽和/或气体容器的意外破裂或损坏。

3.2

连接 bonding

永久性地连接金属部件以形成一种正导电的导电路径,可以在非载电金属部件之间提供电气连接并且能够传导可能发生的任何故障电流。

注:适用于燃料电池发电系统内部以及燃料电池发电系统和车辆之间的连接,不涉及如通过接地端或轮胎将车辆本身接地的措施。可接受任何主动的方式,比如夹子、铆钉、螺栓、螺丝、焊接或钎焊的接头,或者是用螺丝固定的闭环连接器。

3.3

止回阀 check-valve

启闭件(阀瓣)借助介质作用力、自动阻止介质逆流的阀门。

[来源:GB/T 21465—2008,2.2.1.8]

3.4

限功率电路 circuit, limited power

峰值电压大于交流 42.4 V (30 V r.m.s.)或直流电压大于 60 V 的电路,且运行 60 s 后的功率符合 GB 4943.1—2011 中表 2B 和表 2C 的数值。

注:根据 GB 4943.1—2011,正常和单一故障条件以下的低电压电路称为安全特低电压电路(SELV)。

3.5

低压电路 low-voltage circuit

由蓄电池、燃料电池、变压器组成的电路,或由变压器和固定阻抗组成的系统,其峰值开路电压小于交流 42.4 V (30 V r.m.s.)或直流电压小于 60 V,最大伏安小于 100 VA,且最大二次输出为交流 30 V,符合 GB/T 19212.1—2016 的要求。

注:通过将串联电阻接入供电电路来限制电压和电流的电路不被认为是低压电路。

3.6

稀释边界 dilution boundary

在燃料电池发电系统或安装燃料电池发电系统的车辆内,因可燃气体或蒸气的有限释放而产生的易燃区域的范围,可通过机械通风或其他有效手段控制可燃气体浓度。

注:在 GB 3836.14—2014 概述中提出。

3.7

静电放电 electrostatic discharge ;ESD

由静电产生的放电。

3.8

燃料电池发电系统 fuel cell power system

使用一个或多个燃料电池模块产生电和热的发电系统。

注:燃料电池发电系统框图见图 1。燃料电池发电系统是由图 1 中的全部或部分部件组成。工业车辆使用的燃料电池发电系统分为 3.9 和 3.10 所述的系统。

[来源:GB/T 28816—2020,3.49,有修改]

3.9

独立系统 self-contained system

完整地集成到一个外壳内的系统,以取代或联合电池系统为工业车辆供电。

注:因系统外壳需要外部配重或系统与车辆控制器之间需要直接通信,显示和控制功能可位于系统外壳外部靠近操作人员的位置,但将被认为是集成的系统(见 3.10)。

3.10

集成的燃料电池发电系统 integrated fuel cell power system

安装在工业车辆上由燃料电池模块与部件构成的一个完整系统,系统中的各种部件分布在车辆的各部。

3.11

危险(分类)区域 hazardous (classified) areas

任何存在可燃燃烧的粉尘、可点燃的纤维或易燃、易挥发的液体、气体、蒸气或混合物,或可能存在于空气中,足以产生由 GB 3836.14—2014 所定义的爆炸性或可着火混合物在工作区域或空间。

3.12

集成部件 integral

燃料电池发电系统的一部分,可以位于系统内部或外部。

3.13

低可燃极限 lower flammability limit; LFL

燃料与空气混合物中的燃料能被点燃的最低浓度。

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。

3.14

最大允许工作压力 maximum allowable working pressure; MAWP

燃料电池或燃料电池发电系统可以运行的最大压力。

注1:可见附录B的压力条款对照表。

注2:最大允许工作压力单位为帕(Pa)。

注3:最大允许工作压力是用来确定压力限制/减压设备的压力设定值,安装泄压装置是为了在意外过量超压时保护组件或系统。

[来源:GB/T 28816—2020,3.86.3,有修改]

3.15

最大持续额定载荷 maximum continuous load rating

在25℃和环境压力0.1 MPa条件下,不依赖任何电能存储装置或存储部件,燃料电池发电系统可维持的最大连续功率。

3.16

最大运行压力 maximum operating pressure; MOP

由部件或系统制造商规定的最大压力,系统或部件被设计成在该压力下可连续运行。

注1:最大运行压力单位为帕(Pa)。

注2:见附录B的压力条款对照表。

[来源:GB/T 28816—2020,定义3.86.4,有修改]

3.17

正常释放 normal release

正常运行期间,系统内局部浓度有限的可燃蒸气释放,可能包括燃料电池间歇排气。

3.18

正常运行 normal operation

所有在产品使用过程中遇到的不导致失效的运行和非运行模式

3.19

压力释放装置 pressure relief device; PRD

压力和/或温度激发的泄压装置,用于防止压力高于预先确定的最大值,从而防止压力部件或系统

的失效。

3.20

热激发泄压装置 thermally activated pressure relief device; TPRD

由温度导致压力释放的装置。

3.21

安全控制 safety control

自动控制和联锁,包括由继电器、开关、传感器和其他辅助设备联用构成安全控制系统,目的是防止被控制设备的不安全操作。

3.22

安全关键部件 safety critical component

部件、设备、电路、软件或类似部件,其故障将影响燃料电池发电系统的安全,如 4.15 所定义。

3.23

操作压力 service pressure

公称工作压力 nominal working pressure

由制造商规定的,在气体充满且温度为 15 ℃时的压力。

注 1: 本术语仅与氢气压力容器有关。

注 2: 见附录 B 的压力条款对照表。

3.24

气体吹扫 gas purge

从燃料电池发电系统中将气体和/或液体,如燃料、氢气、空气或水清除的保护性操作。

3.25

接触电流 touch current

在接触到一个或多个可触部件时通过人体或动物身体的电流。

3.26

系统区域分类 zone system of classification

根据易燃气体出现的频率和持续时间,将系统区域分为危险区域和非危险区域。

注 1: 危险区域包含以下区域:

——O 区:爆炸性气体环境连续出现或频繁出现或长时间存在的区域,发电系统中储氢装置为 O 区。

——1 区:在正常运行时,可能偶尔出现爆炸性气体的区域,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:在正常运行时,不可能出现爆炸性气体环境,如果出现,仅是短时间存在的区域。

注 2: 发电系统中除上述提到的区域外,其他为非危险区域。

4 结构安全要求

4.1 总则

4.1.1 本文件中所涵盖产品的任何部件均应符合该部件的要求。用于本文件所涵盖产品中使用的部件的规范性引用文件在第 2 章中给出。

4.1.2 部件在下列情况下不需要符合规范性引用文件中的具体要求:

- a) 涉及在本文件所涵盖的产品中,应用该部件时不需要的特性;或
- b) 被本文件的要求所替代的。

4.1.3 任何部件应在符合其设定的条件下使用。

4.1.4 如某部件的结构特性不完整或性能上有限制时。此部件仅可在受限条件下使用,例如温度应不超过规定的限制并在相关特定条件使用。

4.2 承载氢气和其他流体的部件

4.2.1 通则

4.2.1.1 承载压力或流体部件应对该流体耐受。

4.2.1.2 氢系统加注接口应符合 GB/T 30718—2014 的要求。

4.2.1.3 接触氢气的金属部件应能耐受 ISO/TR 15916 所述的氢脆。如采用 ISO/TR 15916 所述材料以外的材料,可根据 ISO 11114-4 或 GB/T 23606—2009 对氢脆敏感性进行评估。

4.2.1.4 承载流体的部件应考虑可能受大气腐蚀或可能造成流体泄漏导致危险情况的风险,该部件应由耐腐蚀材料制作,或涂覆耐腐蚀的防护涂层。

4.2.1.5 任何涉及氢气以外流体密封安全的弹性体部件,如果发生泄漏(例如,电气部件和接触液体的部件之间的垫片)将产生危险。如适用,则该部件应当满足 GB/T 24135—2009、ISO 1421、ISO 13226、GB/T 23658—2009 和 GB/T 18426—2001 规定的应用条件。

4.2.1.6 用于氢气密封的弹性体部件应满足氢气环境使用要求。应考虑 ISO/TR 15916 中概述的弹性材料作为参考和指导。材料在初始及热处理(根据使用温度)后的抗拉强度和伸长率应根据 5.20 的方法评估。

4.2.2 管道、软管和管件

4.2.2.1 当输送气体或蒸气的压力超过 103.4 kPa(表压),或液体压力超过 1 103 kPa,或温度超过 120 °C 时,管道和相关部件的设计、制造和测试应符合 ISO 15649 的规定。

4.2.2.2 低于 4.2.2.1 规定的压力和/或温度水平下使用的管道和非金属管道应根据本文件的要求进行评估,同时考虑所用的材料、流体及压力和温度等使用条件。用于氢气或甲醇燃料的非金属管道的设计、制造和测试应符合 4.2.2.6 的附加要求。

4.2.2.3 燃料电池发电系统外所使用涉及的氢气或甲醇燃料的非金属软管,受物理应力的影响,应符合流体静压试验、附着力(橡胶)、弹性、低温弹性、耐臭氧(橡胶外保护层的软管)、耐紫外线(塑料覆盖的软管)、气体渗透性、导电性、以及 ISO 14113 规定的端部接头测试,材料应满足氢燃料的使用要求,或液体(甲醇等)符合 4.2.1 的要求。软管长度大于 1.5 m 时,应采用不锈钢丝编织加固。

4.2.2.4 柔性金属连接件及相关配件在用于输送氢气时,应符合 ISO 10806 和 ISO 10380 的要求。

4.2.2.5 氢燃料管道应最大限度地减少摩擦,并保持排气系统部件和电气系统部件至少 51 mm 的间隙。

4.2.2.6 氢气和甲醇燃料用非金属管路应:

- 采用通风的外壳内进行保护,使其受到机械或物理应力最小;
- 避免静电放电。根据 5.9 b) 对金属和 5.9 c) 对非金属进行连接测试确定符合性;
- 根据在使用过程中的温度,使用经过评估并确认适用于其所承载流体的材料。如适用,应根据 5.20 和 5.21 确定符合性;和
- 燃料系统和电池堆之间的连接应符合 GB/T 7127.1—2000 或 ISO 4038 中静电放电的要求。

4.2.2.7 管道、连接件以及其他管道部件应能承受 1.5 倍额定工作压力下进行的最小流体静力测试而没有结构损坏。

例外:高压管道、配件和其他管道部件的安全系数应与使用的储气瓶的安全系数等同。见 4.2.3。

4.2.3 氢压力容器

4.2.3.1 压力容器应根据工业车辆应用的使用条件特别设计,包括预期最大加注循环数、运行和加注过程中预计的压力和温度范围、氢气对容器疲劳寿命的影响以及检查频率。

4.2.3.2 氢压力容器材料应符合 GB/T 5099.1—2017 中 5.1 或 GB/T 35544—2017 中 5.2 的要求。

4.2.3.3 压力容器和加注装置应放置在工业车辆的平面轮廓内,或放置在 4.12 定义的外壳中,以最大限度地减少对容器或氢相关配件造成损害的可能性。

4.2.3.4 如有限流阀和止回阀,它们应直接连接至压力容器,或与压力容器成直线安装。为减小冲击、振动和意外损坏等负面影响,在压力容器和止回阀之间不可安装关断装置。

4.2.3.5 加注管路应在 GB/T 30718—2014 规定的容器止回阀外安装一个备用止回阀。

4.2.3.6 在燃料电池系统中减卸燃料(减压)或用惰性气体吹扫氢气的过程中,压力容器在使用操作说明书或维修手册中应有规定要求。

4.2.3.7 用于隔绝燃料供应的手动阀应位于压力容器附近,便于关闭燃料电池发电系统的燃料供应以进行维护或长期储存。

4.2.3.8 氢气压力容器应永久安装在燃料电池发电系统模块或工业车辆上,以确保压力容器在使用时不会被移走,并不能拆卸加注。

4.2.4 金属氢化物容器

用于金属氢化物储氢的燃料储存系统应符合 GB/T 33292—2016 中第 4 章~第 6 章的要求。

4.2.5 甲醇燃料罐

4.2.5.1 甲醇燃料罐应符合 4.2.1 和 4.2.2 所述材料要求。容器及其相关的接头和连接件的设计和结构应具有足够的强度和防漏性,以防止意外的泄漏。

4.2.5.2 甲醇燃料罐应专门根据工业车辆应用的使用条件设计,包括运行和加注过程中预计的压力和温度范围、甲醇对燃料罐疲劳寿命的影响以及检查频率。

4.2.5.3 用于隔绝燃料供应的手动阀应位于压力容器附近,以便于关闭燃料电池发电系统的燃料供应以进行维护或长期储存。

4.2.5.4 甲醇燃料罐和填充配件应放置在车辆的外壳内,或放置在 4.12 中规定的外壳内,并对其进行固定,以最大程度地降低对燃料罐或配件的损害的可能性。

甲醇燃料罐应永久安装在燃料电池发电系统模块或工业车辆上,以确保燃料罐在使用时不被移走,也不能拆卸换料。

4.3 过压和热保护

4.3.1 氢压力容器应设计有非重闭式的热激发泄压装置(TPRD),以免受火灾影响。其设计、制造和测试按照 ISO 15500-12 的规定执行。

4.3.2 过压保护

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；

——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。

4.4 调节阀

气体压力调节阀应配置排气限制器或排气管道。

4.5 关闭阀和操作规程

4.5.1 阀门的参数应符合其应用的要求，包括压力、温度、接触流体和电气等级（如适用）等。易燃液体的阀门应符合 GB/T 37499—2019 的要求。电动阀门应符合 GB/T 14536.19—2017 的要求。

4.5.2 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，当发生氢气泄露、过压（高/低）时，应能及时关闭以切断燃料供应，并符合相关安全控制与保护的规定。

4.5.3 如依照 4.15 确定需配备紧急手动关闭阀门，则应安装于易操作的位置，阀门从打开到关闭的位置旋转不应超过 90°，手动关闭阀不应使用任何钥匙或工具。紧急手动关闭阀门应安装于一个受保护的位置，以减少振动或碰撞对其的损害。

4.5.4 使用手动阀门的情况下，阀门应按 7.3 的标识标明。

4.5.5 电动和其他自动控制的安全关闭阀在失效模式下应处于安全控制位置。

4.5.6 在分类区域内的电气阀门应符合分类范围的要求。

4.6 过滤器

空气和流体过滤器应适用于该环境的应用，如果需要对其进行检查、清洁或更换，则该过滤器应安装于易操作的位置。

4.7 泵和压缩机

4.7.1 系统中使用的空气压缩机和空气真空泵应符合 ISO 10442 的规定。

4.7.2 水泵应符合 GB 4706.66—2008 的规定。

4.7.3 化工泵、氢气泵和压缩机应根据本文件适用的材料兼容性要求、机械和电气要求进行评估。

4.7.4 可燃流体用压缩泵或转子泵或其他类动态密封的泵，应提供足够的通风，使在正常运行条件下正常释放的少量氢气或其他可燃气体在燃料电池发电系统的非危险区域内的浓度不超过低可燃极限的 25%。

4.8 电控压力传感器和控制设备

4.8.1 压力激发开关和变送器应评估其用途。可燃或易燃流体的压力调节控制应适用于其分级及其所承载的流体。

4.8.2 压力限制或调节控制的最大工作压力不应超过减压安全阀工作压力的 90%。在系统压力极限下，可接近且可调的压力调节控制装置应在其预期运行的最大运行压力下可靠密封。

4.9 通风措施

燃料电池发电系统的通风措施应满足如下要求：

——制造商应在说明书中明示燃料电池发电系统使用场所应具备的通风情况；

——根据 GB 3836.14—2014 评定的燃料电池发电系统或电驱动工业车辆中的危险区域等级，在危险区域 0 区和 1 区及其燃料稀释边界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;

——当发电系统内部可燃性气体积聚浓度达到 25% 低可燃极限时,燃料电池发电系统的通风装置应能自动启动进行稀释,保证可燃性气体浓度不超过规定浓度。

4.10 静电放电(ESD)

燃料电池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,可采取对非金属材料或隔离的金属部件进行接地或连接等措施。

发电系统应具有接地终端或与电驱动工业车辆上的接地连接,确保在氢气泄露或积聚时,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。

4.11 甲醇和废弃物等的排放

4.11.1 燃料电池发电系统的构造应确保包括水在内的废弃物不会在可能造成不安全条件的环境中耗尽、排放或泄漏。

4.11.2 甲醇燃料电池发电系统的排放不应超过安全限制要求。通过 5.16 废水排放试验来确定符合性。系统的设计应防止废弃物进入终端应用的工业车辆乘客舱。

4.12 系统外壳(独立系统)

4.12.1 燃料电池发电系统应具有外壳,以防止人员接触电气部件、安全电路、危险活动部件、高温表面和其他可能造成损伤危险的部件。

4.12.2 燃料电池发电系统危险部件外壳的开口应被标识,开口的大小应符合 GB/T 4208—2017 规定的最小 IPXXB 或 IP2X 最小值,以提供足够的保护,避免异物进入危险部件。

4.12.3 燃料电池发电系统的外壳应符合 5.18.1 a) 和 b) 的要求,避免进水造成有害影响。

4.12.4 外壳应符合 5.18.1 的试验要求,由工业车辆提供保护的集成的燃料电池发电系统除外。

4.12.5 非金属外壳材料应根据 GB/T 5169.16—2017 的规定,按 V-1 火焰分级最小值进行试验,或应符合 5.19 热塑性材料试验。

4.12.6 燃料电池发电系统的热塑性外壳应在适当的使用温度范围内使用。

4.12.7 燃料电池发电系统外壳的设计应集成排水系统,使水(如雨、冷凝水)不能在外壳内留存。

4.12.8 如发生氢气泄漏,关闭阀应自动运行。电气开关应自动关闭。在不增加风险情况下氢安全传感器继续运行;如果发生氢安全传感器故障,关闭阀应自动运行。电气开关应自动关闭。电池和燃料罐的安全测试,按照 GB/T 28164—2011 进行。

4.13 燃料电池发电系统电气部件

4.13.1 通则

4.13.1.1 电气部件应根据其应用进行分级,并符合相应的标准。在燃料电池发电系统正常运行过程中,它们不应受到振动、温度、环境和其他因素的不利影响。

4.13.1.2 位于危险区域的燃料电池发电系统内部的电气设备应识别危险,符合 GB 3836.1—2010 的规定。

4.13.1.3 电磁兼容符合 GB/T 17799.1—2017 或 GB 17799.3—2012 中的要求。

4.13.2 内部电线

发电系统内部电线应满足以下要求：

- 发电系统使用过程中，内部的电线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，发电系统内部电线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；
- 内部电线的选用应符合 GB 3836.4—2010 中 5.6 的规定；
- 内部电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。

4.13.3 外部电线

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。

4.13.4 燃料电池发电系统连接的紧急断电(断开)要求

燃料电池发电系统连接的紧急断电(断开)要求如下。

- a) 作为紧急关闭装置的紧急关闭控制器或电池连接器应在任何时候都能让操作人员在正常操作位置接近。
- b) 紧急关闭装置应能在不危险的情况下切断对所有运转部件的电源供应，而且切断不会增加潜在的风险。紧急关闭装置应能够通过下列方法之一切断正常的最大电流(包括电机启动电流)。
 - 1) 燃料电池连接器的电压可达到或等于 120V d.c.。对于大于 120 V d.c.，应制定相关规定以避免使用电池连接器进行紧急关闭。
 - 2) 手动电源开关直接切断电源供应线。
 - 3) 手动控制开关将电源切断到电源线上一个接触器的线圈上。同时，电源控制器(逆变器或独立励磁电机控制器等)将被关闭。在由系列缠绕的直流电机(s)驱动的工业用车辆中，在没有电源控制器的机械换向器时，设置两个独立的接触器是关闭电池供应的必要条件。
 - 在 2) 或 3) 的情况下，切断动作为主动类型，根据 GB/T 14048.5—2017 规定的执行器变为红色。也可按照 GB/T 14048.3—2017 的规定。
 - 如果执行器背景是红色的，则应使用对比色。
 - 只有在控制装置正常工作后，通过手动重新设置关闭装置，才能重新为运转部件供电。
- c) 如果燃料电池连接器使用紧急断开系统，则连接器的可拆卸部件应使用断开连接时不会损坏燃料电池连接器或电缆的方法。

当连接器用于紧急断开时，该设备应能在紧急情况下迅速断开连接，两个半连接器可以很容易地分离。两个半连接器分开的最大力不应超过 150N，并且方便操作。

4.13.5 开关和电机控制器

开关和电机控制器的要求如下：

- a) 电机控制器或开关应按其控制的负载设定额定功率。电机控制器应具有电流中断能力，不小

于 GB/T 5226.1—2019 所要求的电机锁定转子负荷；

- b) 控制除电机以外的感应负载开关的电流，如变压器，应不小于变压器或类似设备的额定满载电流的两倍，除非已对该开关进行验证，并确认可适用。

4.13.6 变压器和电源

变压器和电源的要求如下：

- a) 位于危险电压电路中的变压器应提供过电流保护；
- b) II类和III类变压器应符合 GB 4943.1—2011 或 IEC 61204-7 的规定；
- c) 如运用，II类变压器以外的其他电源应符合 GB 4943.1—2011 或 IEC 61204-7 的规定。

4.13.7 逆变器、变流器和控制器

逆变器、转换器和控制器应按照 IEC 62103 规定的异常条件测试(故障部件)。

4.13.8 灯和灯座(如有)

发电系统如有灯和灯座，应符合 GB/T 27544—2011 中 5.1.10 的要求。

4.13.9 储能元件(如有)

4.13.9.1 电池

如适用，燃料电池发电系统中的电池应满足以下要求。

- a) 锂电池应符合 GB/T 28164—2011 的规定。在电池电路中应提供锂电池的反向充电保护。
- b) 铅酸电池应符合 IEC/TS 61430 的规定。
- c) 其他化学物质，如镍镉或镍氢电池，应符合 GB/T 28164—2011 的要求。
- d) 对于采用燃料电池发电系统/动力电池组合使用的电池。
 - 1) 使用金属容器的电池，如碱性电池，应相互绝缘，与金属托盘或金属电池盒之间隔离绝缘。木材或其他材料的绝缘应：
 - i) 处理或涂漆以减少被电池电解质腐蚀；
 - ii) 做好防护减少在工业车辆正常的操作和维护过程中对绝缘损坏的风险。
 - 2) 有螺纹的电池端子应使用垫圈或等效方式锁紧，以减少电线连接端子连接的风险，从而避免可能存在的电池产生电弧点火。在锁紧垫圈和任何由铅制成的表面之间，应使用平垫圈。
 - 3) 如有需要，电池端子应有绝缘靴或绝缘罩的保护。

例外 1: 确定连接到工业车辆框架上的接地终端不需要提供绝缘靴或绝缘罩。

例外 2: 本要求不适用于内置电池充电器且该充电器配有接地故障电路断续器或有单独的二次输出的情形。

4.13.9.2 双电层电容器(超级电容器)

如适用，燃料电池发电系统中的超级电容器应满足以下要求。

- a) 超级电容器的整体充电电路应提供可靠的过电压保护措施，如有必要，则应提供过流充/放电保护。
- b) 使用金属容器的超级电容器应彼此绝缘，并从金属托盘或金属电容器箱中隔离。在正常的操作和维护过程中，应采用绝缘材料来减少绝缘损坏的风险。

- c) 超级电容器的金属容器在与电容器的负极相连(负极和金属容器,或内部不相互绝缘)时其应被视为负极的一部分,并应封闭或提供绝缘罩。
- d) 螺纹的超级电容终端应采用锁紧垫圈或等效方式,以减少连接端子的松动造成接线端子外部短路风险。
- e) 如适用,超限电器端子应受绝缘靴或绝缘罩的保护。
- f) 在超级电容器的维护或服务之前需确认它们已放电完全。

例外 1:在已确定工业车辆框架有与地面连接的终端不需要提供绝缘靴或绝缘罩。

例外 2:本要求不适用于装有接地故障电路中断器或孤立辅助设备的内置超级电池充电器的情形。

4.13.10 限功率电路

限功率电路应进行 5.13 的测试。

4.13.11 电气间隙

对于工业车辆用燃料电池发电系统中的电气间隙不应小于表 1 所列。

例外 1:在 4.11 中定义中没有指定最小可接受间隔的有限电源电路。

例外 2:组件内的最小可接受间隔应由各部件标准决定。

例外 3:如果按照 GB/T 16935.1—2008 的评估,可接受的最小可接受的间距可以从表 1 中所列的范围缩小,如下所述:

- a) 减少的间隔要求不应用于与工业车辆的电气连接,也不应用于非载流金属外壳。
- b) 在 GB/T 16935.1—2008 中定义燃料电池的过电压为 I 型和污染程度是 3。带有保护罩的电路,没有通风孔,允许灰尘、湿度和其他导电碎片的进入,可以被认为污染程度是 2,而在密封或封装的情况下,可以被认为污染程度是 1。
- c) 为了应用间隙 B(受控的过电压)间隙,通过提供一个过电压保护装置或一体化燃料电池系统来控制过电压。
- d) 所有印刷接线板都被认为最小相对漏电起痕指数(CTI)为 100(材料组 III b)。

表 1 间距

位置	额定电压≤24 V		额定电压>24 V ^a	
	空气间 mm	表面上 mm	空气间 mm	表面上 mm
在电源电路中-裸露的带电部件与(1)完全裸露的相反极性部件,或者(2)裸露的接地且不封闭的部件之间	1.6 ^b	3.2 ^b	3.2 ^c	6.4 ^c
电源电路处于一个导电灰尘无法聚集的地方,比如一个小的完全封闭的空腔 ^d	0.8	1.6	1.6	3.2
在非电源电路中-裸露的带电部件与(1)完全裸露的相反极性部件,或者(2)裸露的接地且不封闭的部件之间	1.6	1.6	1.6	1.6
在非电源电路中-不能积聚导电灰尘的位置,如小的全封闭空腔 ^d	0.8	0.8	0.8	0.8

表 1 间距 (续)

位置	额定电压≤24 V		额定电压>24 V ^a	
	空气间 mm	表面上 mm	空气间 mm	表面上 mm
非绝缘带电部件与最终封装之间 ^c	12.7	12.7	12.7	12.7
非绝缘带电部件与最终封装之间,封装由 3.2 mm厚铸造金属或 6.4 mm 厚钢板 ^c	6.4	6.4	6.4	6.4
注: 电源电路是指没有过载保护的电机控制电路。如果有电流过载保护电路,电路就不被认为是电源电路。				
^a 最大 150 V。 ^b 这些空间适用于一个与框架没有电连接的系统。 ^c 这些间距也适用于与框架相连的额定电压小于或等于 24 V 的系统。 ^d 例如,电机终端通过电机机架的点。 ^e 如果在封装的测量点上有可能变形,应指定变形后的间距。				

4.13.12 电路分离

电路分离的要求如下。

- a) 限功率电路应与所有其他电路分开:
 - 1) 将电路单独封装;
 - 2) 证明空气通过和表面上方的间隔符合表 1 要求;
 - 3) 采用隔板。
- b) 限功率电路的内部布线绝缘导线,应由栅栏隔开,或隔离于连接到不同电路的带电部件,或为所涉及的最高电压提供绝缘材料。
- c) 在 a) 3) 中的隔板为不小于 0.51 mm 厚的包层金属或不低于 0.71 mm 厚的绝缘材料。
- d) 工作在不同电压下电路导体除非它们绝缘性可承受最高电压,否则它们应彼此可靠地分开。
- e) 单个电路的电路分离应按照 GB/T 16895.21—2020 中第 413 章的要求进行。

4.14 控制电路

4.14.1 安全控制

控制电路的安全控制要求如下:

- a) 安全可靠的电路(例如,安全关键部件),应符合 IEC 60730-1:2013 的附录 H 的规定;
- b) 安全关键部件的软件,应按照 GB/T 16855.1—2018 中 C 级标准进行评估。软件安全系统的电子硬件应当符合 IEC 60730-1:2013 的附录 H 的规定。

4.14.2 启动

控制电路的启动要求如下:

- a) 只有在 4.15 确定的所有保障措施到位并生效时,才可以启动操作。除非按照 4.15 确定自动重启的风险很小,否则燃料电池发电系统应按照设计好的顺序操作启动;
- b) 根据 4.15 确定,燃料电池发电系统从停机到重新启动不应造成危险情况。

4.15 安全/危险分析

燃料电池发电系统的制造商应进行失效模式分析(FMEA)或其他等效可靠性分析,以识别影响系统安全性的故障。

注:FMEAs的相关信息见 IEC 60812。

4.16 绝缘电阻

燃料电池发电系统应根据 5.11 进行绝缘试验,结果满足 GB 18384—2020 中 5.1.4.1 的规定。

4.17 耐振动性要求

燃料电池发电系统应耐受振动,根据 5.2 进行试验后,系统应能正常启动和运行。

5 安全性能要求和型式试验

5.1 总则

安全性能要求及试验条件如下。

- a) 除非在试验方法中另有说明,在 5.2~5.22 的试验中,燃料电池发电系统应在最大功率运行:将控制器设置为正常限制最大值。
- b) 除非另有说明,在 5.2~5.22 试验的结果中,容纳有气体或液体的部件应无泄漏,不应造成危险状况。
- c) 试验条件:除非另有说明,应在如下规定的环境中进行性能试验:
 - 温度:20℃±5℃;
 - 相对湿度:65%±20%;
 - 压力:在 91 kPa(绝对)~106 kPa(绝对)之间。

在每次试验中都应测量试验过程中实验室的环境条件。因空气质量可能会影响燃料电池发电系统的性能,实验室空气组分(二氧化碳、一氧化碳、二氧化硫等)应与试验结果一起报告。

5.2 振动试验

5.2.1 通则

燃料电池发电系统的试验通则如下。

- a) 燃料电池发电系统应依据 5.2.2 和 5.2.3 进行包含垂直方向和横向/纵向的系统振动试验。以上试验过程中,燃料电池发电系统不应运行。试验结果应符合 5.5 和 5.6 的要求。
例外:对已通过振动测试的工业车辆用燃料电池发电系统,此测试报告内容可代替 5.2.2 和 5.2.3 中要求的试验。
- b) 在 5.2.2 和 5.2.3 中,应采用完整的燃料电池发电系统在工业车外进行独立试验。燃料电池发电系统安装可采用自有或者典型安全的紧固方式,以其使用相同的位置固定于振动试验装置上。
- c) 集成化的燃料电池发电系统不要求做 5.2.2 和 5.2.3 的试验。
- d) b) 中,独立部件或子系统如能够被与在完整系统中相同的固定或放置,可对其进行单独试验。如部件之间有任何干扰或接触,通常安装在测试对象附近的组件应包括或模拟。

5.2.2 垂直轴向试验

垂直轴向测试的加速度数据应与工业车辆制造商共同确定。

5.2.3 横向和纵向试验

横向和纵向测试的加速度数据应与工业车辆制造商共同确定。

5.3 燃料容器稳固性试验

燃料容器稳固性试验的要求如下。

- a) 燃料容器在燃料电池发电系统中使用或存贮时,应提供防止其移位的方法。横向移动不应超出导致危险情况的值。任何完整的压缩气体燃料容器应包括一个连接装置,该装置在完全实现气密之前不准许有气体流动。将燃料供应和系统链接起来的燃料连接装置应适合其应用。
- b) 应在燃料容器或气缸垂直高度的中心向任何方向施加相当于其全部重量的侧向力。燃料容器(即燃料气瓶)或其中任何部分,不应脱离其固定位置。

5.4 疲劳试验

疲劳试验的要求如下。

- a) 燃料电池发电系统中,如果采用了非金属易燃燃料操作部件或/和带有动态密封的易燃燃料泵,应按 5.5.2 b) 进行适当的疲劳测试。燃料电池发电系统在测试前后应满足 5.6 的要求。燃料电池发电系统不应受到可能造成危险的损坏。上述试验之后,燃料电池动力系统应能正常工作。
- b) 燃料电池发电系统应连接到燃料源,并在不小于 50% 最大持续额定载荷条件下运行。在额定操作压力和温度下连续运行 720 h。

5.5 外漏试验

5.5.1 外漏-危险气体存储部分(稀释边界的确定)

外漏-危险气体存储部分(稀释边界的确定)的试验要求如下。

- a) 在燃料电池发电系统的非密闭区域,靠近释放或排气点测试气体浓度的平均值应不高于低可燃极限(LFL)的 25%。
- b) 燃料电池发电系统以外的可燃蒸气稀释浓度不应高于低可燃极限(LFL)的 50%。
- c) 燃料电池发电系统在常规条件下运行至温度稳定。试验要在无空气流动区域进行,发电系统距离房间的排气口或强制通风口至少 3 m 远。
- d) 可燃气体浓度测量在非危险区域设备上或可能的点火源位置进行,该点火源位置为根据 4.15 所确定靠近与通风流道附近的异常泄漏点。测量值应在离泄露点 305 mm 的最大范围内,在流体中心的上方和水平位置测得。
- e) 测试应连续进行,直至连续四次的测量结果显示可燃气体浓度的增加值不超过四次测量平均值的 5%。持续进行测试,直到趋势平均值在 2 h 内增长不超过 5%。任何单独超过 25% LFL 的测量值不应造成 4.15 确定的危险。
- f) 每次测量值的时间间隔应大于或等于 30 min。
- g) 为得到足够的数量,本测试应尽可能地多次重复,至少 2 次。
- h) 如适用,测试中应包含至少一个排放循环。

5.5.2 外漏-危险液体存储部分

外漏-危险液体存储部分的试验要求如下。

- a) 本试验应在 5.4 疲劳试验的前、后分别进行检测。
- b) 系统中所有承载有害液体的部件都应承受系统最大工作压力的 1.5 倍的流体静压力。当有气体排放时,被测部件应被逐渐加压,直到达到试验压力,然后保持 30 min。
- c) 本试验可以采用制造商指定的水或液体燃料。
- d) 试验过程中,系统中不应有液体泄漏的痕迹。

5.6 极限强度试验

5.6.1 极限强度-危险液体和受压部件

极限强度-危险液体和受压部件的试验要求如下。

- a) 所有传输危险液体和其他压力大于或等于 2 068 kPa 液体部件,都应进行本试验。
- b) 受压部件要被逐步加压,并排气,直至承受 1.5 倍于最大允许工作压力的流体静压力,然后保持 5 min(依据压力容器指南)。系统中不同压力的各个部分可以在适当的测试压力下分别进行测试。
- c) 本测试可使用与系统中使用的液体性质相似的水或其他合适的测试液体。
- d) 接受试验的系统部件应耐得住试验压力,不发生破裂和折断,压力消除后无永久变形,或其他物理损坏。

5.6.2 极限强度-危险气体和受压部件

极限强度-危险气体和受压部件的试验要求如下。

- a) 所有传输可燃气体的部件和其他在压力大于或等于 2 068 kPa 下传输气体的部件,都应进行本试验。
- b) 被测部件应在其最大允许工作压力(MAWP)的 1.5 倍下进行静水压试验。如果液体测试介质不实用,受压部件可以使用空气或其他惰性气体在其最大工作压力的 1.1 倍下进行气压试验。逐步增压。在进行流体静压测试时,所有被测部件的剩余气体要被排空。当达到测试压力时,保持压力最少 1 min。
- c) 加压后的部件不应有破裂、断裂、变形或其他物理损伤的迹象。

5.6.3 极限强度-燃料电池模块

极限强度-燃料电池模块的试验要求如下:

- a) 燃料电池模块应符合 GB/T 29838—2013 规定的许可工作压力试验要求;
- b) 电池堆中的氧化剂侧和燃料侧可以相互连接并可在相同的压力下同时试验。

5.7 潜在失效模式试验

潜在失效模式试验的要求如下。

- a) 依据 4.15 对制造商的危险分析进行审查,以确定本试验的测试范围,包括在测试期间系统是否运行。也可以根据制造商提供的证明材料来决定是否符合本条规定。
- b) 应模拟 4.15 中定义的关键失效模式,以确定安全系统是否正常运行和系统是否安全关闭。
- c) 在启动关键故障模式时,应根据制造商的危害分析,可通过安全关闭系统来确定是否符合本条规定。

5.8 温度试验

温度试验的要求如下。

- a) 燃料电池系统在最大持续额定负载条件下持续运行时,温度不应达到足以引起火灾或对所用材料造成损坏,在可接触表面和对温度敏感的部件和材料上测量的温度应符合表 2 的规定。
- b) 在此测试期间,热保护装置或过载保护装置不应运行。
- c) 在表 2 中的所有温升值都是基于假设的环境温度为 25 ℃。试验可以在 10 ℃~40 ℃环境温度范围内进行,通过加法(如果环境温度低于 25 ℃)或减法(如果环境温度高于 25 ℃)来校正的 25 ℃与环境温度之间的差别。
- d) 试验应持续进行至达到稳定的温度状态。当有连续 3 次间隔不低于 5 min 的稳定温度读数时,就表明温度不再升高。
- e) 温度测量应采用热电偶法。线圈绕组上的温度可以采用热电偶法或电阻法来测量。
- f) 热电偶应由 0.05 mm²~0.21 mm² 导线组成。热电偶导线应符合 GB/T 16839.1—2018 中关于初始电动势与温度表的公差的规定。
- g) 当采用电阻法时,在试验开始时绕组的温度应为室温,绕组的温升按照公式(1)进行计算得到:

$$\Delta t = \frac{R}{\gamma}(k + t_1) - (k + t_2) \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- Δt —— 温升,单位为摄氏度(℃);
- R —— 试验结束时线圈的电阻,单位为欧姆(Ω);
- γ —— 试验开始时线圈的电阻,单位为欧姆(Ω);
- t_1 —— 开始测量电阻“ r ”时的起始室温(即起始线圈温度),单位为摄氏度(℃);
- t_2 —— 试验结束时的室温,单位为摄氏度(℃);
- k —— 铜=234.5,电子导体级(EC)铝=225.0,其他导体的常数有待确定。

表 2 温升限制

材料和部件	温升限制 ℃
电动机:	
105(A)级绝缘系统	
热电偶法	65
电阻法	75
130(B)级绝缘系统	
热电偶法	85
电阻法	95
155(F)级绝缘系统	
热电偶法	110
电阻法	120
180(H)级绝缘系统	

表 2 温升限制 (续)

材料和部件	温升限制 ℃
热电偶法	125
电阻法	135
区别于电动机的线圈:	
105(A)级绝缘系统	
热电偶法	65
电阻法	75
130(B)级绝缘系统	
热电偶法	85
电阻法	95
155(F)级绝缘系统	
热电偶法	110
电阻法	120
180(H)级绝缘系统	
热电偶法	125
电阻法	135
导体:	
橡胶或热塑性塑料绝缘线和绳子(不包括更高温度级别)	35
部件的表面温度(不包括更高温度级别):	
电解质电容器	40
其他电容器	65
保险丝	65
电气绝缘材料(老化会导致安全危险):	
纤维制品	65
层压酚醛树脂	100
铸造成型酚醛树脂	125
其他绝缘材料*	
非金属封装、结构和功能材料*	
关乎安全的垫片和密封圈*	
支撑面和邻接面	65
燃料电池发电系统在使用过程中连续接触的表面,如瞬时接触开关等:	
金属	50
非金属	60

表 2 温升限制 (续)

材料和部件	温升限制 ℃
燃料电池发电系统运行时,易被接触的表面,但不持续接触,如开关:	
金属	60
非金属	85
临时接触的表面:	
金属	65
非金属	83
* 温度限制取决于材料的温度等级。	

5.9 连接测试

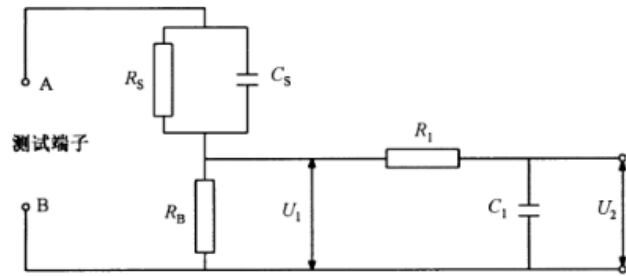
连接测试的要求如下:

- 燃料电池发电系统中需要连接到工业车辆上进行静电放电保护的部件应做连接试验;
- 为避免静电放电而需要连接的金属部件应用适当的欧姆计测量金属部件与所有连接点之间的阻抗,并且阻抗值不超过 $1\ \Omega$;
- 根据 GB 3836.1—2010 的电导率测试,非金属流体管线的最大电阻率为 $1\ \text{M}\Omega \cdot \text{m}$ (确定所需保护级别,并为保护级别提供标准参考)。

5.10 接触电流试验

接触电流试验的要求如下。

- 峰值电压大于 $42.4\ \text{V}$ ($60\ \text{V d.c.}$ 或 $30\ \text{V r.m.s.}$)的燃料电池发电系统的电路和/或输出端应进行 b)~g)的接触电流试验。
- 根据 c)测试的燃料电池发电系统接触电流极限应不大于:
 - $0.5\ \text{mA}$ (交流电路);
 - $2.0\ \text{mA}$ (直流电路)。
- 设备上所有外露的导电表面都要进行接触电流测试。如果可接触部件使用金属以外的导电表面,测量接触电流时应使用最大接触面积为 $10\ \text{mm} \times 20\ \text{mm}$ 的金属箔片来接触此表面。
注:金属箔片在不超过规定尺寸的情况下,被测表面积宜尽可能大。
- 试验过程中,燃料电池发电系统的最大持续额定载荷条件下进行,并与地面绝缘。燃料电池发电系统接触电流的测试应在热稳定条件下进行,如 5.9 的要求。
- 任何单极开关都应在通路和断路位置分别进行测试。
- 用于感知或反应的接触电流加权测试网路如图 2 所示。



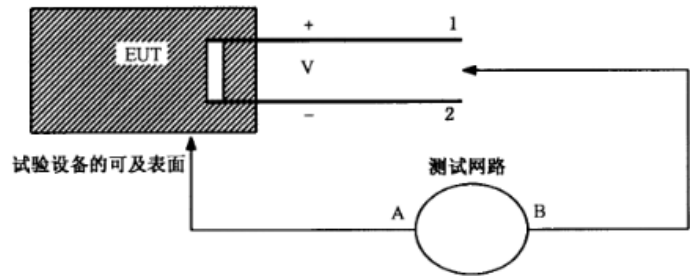
标引序号说明：

$R_s = 1\,500\,\Omega$ ； $C_1 = 0.022\,\mu\text{F}$ ；
 $R_1 = 10\,000\,\Omega$ ； $C_s = 0.022\,\mu\text{F}$ 。
 $R_B = 500\,\Omega$ ；

注：电压 U_2 是 U_1 的频率加权值，因此，出现单一、低频等效接触电流是所有频率高于 15 Hz 的结果。接触电流的加权值等于测试时 U_2 的最高值除以 500 W。直流测量也采用类似的方法，但是接触电流的取值是 U_1 除以 500 W。

图 2 测试网络

g) 所述试验的布置和所述试验仪表与所述燃料电池动力系统的连接如图 3 所示。



注：测试探针 B 先连接到输出端 1，然后连接 2。

图 3 接触电流测试试验示意图

5.11 绝缘耐电压试验

5.11.1 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 18384—2020 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 GB 18384—2020 中 5.1.4.1 的要求。

5.11.2 耐电压试验

根据 GB 18384—2020 中 6.2 的规定进行耐电压试验，结果不应发生介质击穿或电弧现象。

5.12 非金属管路的静电积累测试

5.12.1 通过条件

用一个接地的金属球缓慢地接触被静电积累的非金属管路时，应无火花产生。

5.12.2 试验方法

三个接地点电极(即金属配件)的管路试样应在相对湿度(25±10)%的条件下放置至少 48 h。

将试样从低湿度室取出后,立即用绝缘体将试样固定在一个相对湿度不超过 35%的房间里,房间光源可以是任意一种,电火花除外。将接地点电极接地。使用 5 000 V 的静电发生器将静电电荷喷涂到产品的非导体部分。

用一个直径 9.5 mm(3/8 in)的接地金属球缓慢接触试样。如果没有出现电火花,此测试通过。

5.13 限功率电路试验

限功率电路试验的要求如下。

- a) 限功率电源应符合下列条件之一:
- 1) 输出限定在表 3 的范围内;
 - 2) 阻抗限定在表 3 的范围内,如果采用正温度系数装置,应符合 IEC 60730-1:2013 中第 15 章、第 17 章和附录 J 的规定;
 - 3) 采用非电弧过电流保护装置,并且输出限定在表 4 的范围内;
 - 4) 调节网络在正常操作条件下和任何单一故障条件下,都将输出限定在表 3 的范围内(开路或短路);或
 - 5) 在正常的运行条件下,调节网络将输出限制在表 3 的范围内,并且在任何单故障条件下,采用了非电弧过电流保护装置,调节网络将输出限制在表 4 的范围内(开路或短路)。如果过流保护的手段是故障电弧保护装置,则应进一步评估其与潜在的可燃气体的隔绝。
- 注:用过电流保护的方法进行测量的原因是为确定在过电流保护的运行时间内可能产生过热的能量值。
- b) 应调整表 3 和表 4 中脚注 b 和 c 所标注的负载,以产生最大电流和功率传输。在这些最大电流和功率条件下,应采用调节网络中的单个故障。

表 3 固有限制电源的限定

输出电压 d.c. ^a V_{oc}	输出电流 ^b I_{sc}	表观功率 ^c $ S $
V_{dc}	A	VA
≤ 20	≤ 8.0	$\leq 5 \times V_{oc}$
$20 < V_{oc} \leq 30$	≤ 8.0	≤ 100
$30 < V_{oc} \leq 60$	$\leq 150 / V_{oc}$	≤ 100
^a V_{oc} : 断开所有负载时的开路电压。电压为无脉动直流电压。 ^b I_{sc} : 无电容负载的最大输出电流,包括短路,施加负载 60 s 后测试。 ^c S (VA): 在施加负载 60 s 后测定的无电容负载的最大输出 VA。		

表 4 非固有限制电源的限定(过电流保护要求)

输出电压 d.c. ^a V_{oc}	输出电流 ^b I_{sc}	表观功率 ^c $ S $	过电流保护电流比 ^d
V_{dc}	A	VA	A
≤ 20			≤ 5.0

表 4 非固有限制电源的限定(过电流保护要求)(续)

输出电压 d.c. ^a V_{oc}	输出电流 ^b I_{sc}	表观功率 ^c $ S $	过电流保护电流比 ^d
$20 < V_{oc} \leq 30$	$\leq 1\,000 / V_{oc}$	≤ 250	$\leq 100 / V_{oc}$
$30 < V_{oc} \leq 60$			$\leq 100 / V_{oc}$

^a V_{oc} : 断开所有负载时的开路电压。电压为无脉动直流电压。

^b I_{sc} : 无电容负载的最大输出电流,包括短路,施加负载 60 s 后测试。在测量过程中,设备中的限流阻抗仍然存在电路中,而过流保护装置则被绕过。

^c S (VA): 在施加负载 60 s 后测定的无电容负载的最大输出 VA。在测量过程中,设备中的限流阻抗仍然存在电路中,而过流保护装置则被绕过。

^d 过电流保护方法是基于当电流达到表中规定的额定电流的 210% 时保险丝和断路器能在 120 s 内将电路断开。

5.14 最大功率试验

最大功率试验的要求如下。

- a) 抽检一个燃料电池发电系统样品应根据 b) 和 c) 规定的最大功率输出试验进行。
- b) 将燃料电池发电系统的输出与可变负载相连接,持续测量系统的最大功率值 60 s。测试时负载应能在零到短路范围内变化。
- c) 系统的输出功率值不应超过 7.2 e) 规定的额定输出值的 10%。

5.15 非正常运行试验(电气设备失效)

非正常运行试验(电气设备失效)的要求如下。

- a) 燃料电池发电系统应能承受在 b)~d) 的电气部件故障。这些电气部件故障不应导致燃料电池发电系统出现振动或火灾危险。
- b) 维持故障条件 7 h 或最终结果出现。最终结果包括系统达到热稳定、保险丝熔断或其他保护装置开启。
- c) 如适用,进行以下系统故障试验:
 - 1) 燃料电池发电系统输出短路;
 - 2) 如果系统依赖强制通风,每个鼓风机或风扇电机的转子被逐一锁止;
 - 3) 如果系统中使用的电池是用户可更换的,或者电池连接器没有采取防接错措施,造成电池反极;
 - 4) 如 5.14 测试最大功率,燃料电池发电系统在最大可用功率点运行,除非保险丝断开;
 - 5) 如果在 4) 情况下运行时保险丝断开,应旁路保险丝,系统以保险丝电流的 135% 倍运行;
 - 6) 用于冷却的液体泵的液体供给不足。
- d) 如在 c) 中 1)~4) 和 6) 情况下,保护装置开启,试验应按下列操作执行:
 - 1) 对于不可重置、非自动保护功能的保护装置,应终止试验;
 - 2) 对于有自动复位保护器功能的系统,继续保持 7 h;
 - 3) 对于有手动复位装置操作的系统,应重复 10 次,频率不超过 10 次/min。

5.16 废水排放试验(仅针对甲醇燃料电池)

废水排放试验(仅针对甲醇燃料电池)的要求如下。

- a) 表 5 所列从甲醇燃料电池发电系统中排放的任何物质不应超过表 5 的排放限制。
- b) 甲醇燃料电池发电系统应在开放的房间或室外在额定功率下运行。在运行过程中,应确保有足够的排出物样本,以确定是否符合本条。
- c) 排放样品应保证取自在甲醇燃料电池发电系统的排气点。分析结果应与表 5 中的限制值比较。如测得的排放值小于限制值,则直接甲醇燃料电池发电系统通过测试。

表 5 排放速率限制

成分	排放速率限制
甲醇	1.8 g/h
CO	0.20 g/h
CO ₂	无限制

5.17 雨淋试验

当发电系统标明为可以在户外使用,并且没有防护装置的时候,应根据 GB/T 4208—2017 进行淋雨试验。试验时和试验后,发电系统应符合 4.12 的规定。

5.18 系统外壳试验(独立系统)

5.18.1 外壳承载力试验

外壳承载力试验的要求如下:

- a) 独立的燃料电池发电系统,外壳应承受一定的承载力而不会引起燃料电池造成内部短路或其他危险;
- b) 对于燃料电池发电系统外壳顶部,应在 930 cm² 上施加 1 110 N 的力,持续 1 min。

注:如果外壳顶部面积小于 930 cm²,按 1.19 N/cm² 施加压力。

5.18.2 热塑性外壳试验

5.18.2.1 冲击试验

热塑性外壳应符合 GB/T 5169.21—2017 的规定。外壳应可承受 136 J 的冲击试验测试。冲击试验是将一个直径为 101.6 mm、重达 4.5 kg 的钢球,从 3.0 m 的高度落下。

5.18.2.2 低温冲击试验

根据 7.2 i)要求中声称的低温使用温度在-20 ℃或以下的燃料电池发电系统,其所用热塑性外壳都应按照 GB/T 5169.9—2013 和 IEC 60695(所有部分)要求进行-30 ℃条件或低于声称最低温度 10 ℃的(以两者中较低者为准)低温冲击试验,外壳在试验中应可承受 136 J 冲击。冲击试验是将一个直径为 101.6 mm、重达 4.5 kg 的钢球,从 3.0 m 的高度落下。

5.18.2.3 模具应力试验

模具应力试验的要求如下:

- a) 根据 GB/T 5169.21—2017 的要求对热塑性外壳进行测试;
- b) 经过模具应力测试的外壳,外壳不应翘曲、熔化或其他变形,以免暴露危险部件,影响通风、其

他系统或影响燃料电池动力系统的安全运行。

5.19 热塑性材料针焰试验

热塑性外壳材料应通过 GB/T 5169.22—2015 规定的试验。

5.20 弹性密封、垫片和管路的测试

5.20.1 通则

与安全性相关的弹性密封、垫片和管路应满足 5.20.2 和 5.20.3 的测试要求。

5.20.2 加速空气烘箱老化试验

与安全性相关的弹性密封、垫片和管路应适应于将经受的温度,并应符合 GB/T 23658—2009 的规定。

5.20.3 低温暴露试验

低温暴露试验的要求如下:

- a) 在极冷、或 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的环境中,与安全性相关的弹性密封、垫片和管路按照 b) 中的测试后不应变脆而无法工作;
- b) 在 5.20.1 中所描述的部分应根据 GB/T 23658—2009 的要求进行测试。

5.20.4 浸渍试验

与安全性相关的弹性密封、垫片和管路应适用于暴露在有可能遇到的液体中,如甲醇,并且符合 GB/T 23658—2009 中关于液体 B 中的体积变化的规定。否则应满足暴露于测试液体(即 100% 甲醇或甲醇混合物)中体积变化 $(25\pm 1)\%$ 。

5.21 非金属管和管道渗透试验

非金属管和管道渗透试验的要求如下:

- a) 非金属管和管道不应渗透其承载的可燃气体和蒸气;
- b) 非金属管和管道应符合 GB/T 18422—2013 的氢渗透的规定。

5.22 电输出引线试验

电输出引线试验的要求如下:

- a) 暴露于极端温度高于 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和低于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的燃料电池发电系统的电输出引线,应按照 7.2 中 i) 标记的极端温度承受 b) 中的测试。
 - b) 符合 a) 中所描述的部件应根据 GB/T 23658—2009 的要求进行测试,在高于标记温度等级 10 K、但不低于 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境下保持 168 h 后,检查引线是否有开裂和融化现象出现。
- 例外:引线的隔热标识温度等级满足系统根据 7.2 i) 所标高温要求时,不应进行本测试。

6 例行试验

6.1 绝缘耐电压试验

在生产中所有产品应进行 5.11 中规定的测试。

注：生产中不要求低电压电路进行这种测试。

6.2 外泄漏试验

外泄露试验的要求如下。

- a) 在生产中应对所有产品系统中承载可燃流体部分进行外泄漏试验。
- b) 在正常的操作压力下,系统中承载气体部分在运行 1 min 后不应泄漏。发现肥皂泡、压力降低或类似的现象,都表明系统有泄漏。
- c) 燃料电池发电系统或部件应在正常工作压力下进行测试。对可能发生的泄漏区域,如配件处,可使用皂泡法和浸水法检测泄漏位置。

7 标识

7.1 通则

应对燃料电池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 2894 的规定。

7.2 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(℃);
- 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) 执行标准编号;
- m) 使用注意事项。

若燃料电池发电系统根据 GB 3836.14—2014 评定为危险区域类别,则应对其间隙相应标识。

7.3 部件的标识

应对用户需要接触的部件进行标识,以便与说明书进行核对。

警示标志应放置在合适的位置,应对电气危险、燃料危险、甲醇危险、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。

8 说明书

8.1 概述

说明书的一般要求如下：

- a) 燃料电池发电系统应提供中文使用说明书；
- b) 按照 8.2~8.4 的要求，说明书应包括维修、操作和安装说明；
- c) 说明书应包括线路图和燃料管线布置图；
- d) 操作和储存说明应描述在使用时燃料可能造成的危害，以及采取的预防措施；
- e) 在燃料电池和/或工业车辆安装手册中应包括安装、维护、充电和搬运的信息；
- f) 手册中应包括关于破损燃料电池的回收和处理的信息。

8.2 维护手册

依据情况，维护说明书应包括以下内容。

- a) 为燃料电池供电系统提供可更换电池，电池更换说明包括电池的类型和等级。
- b) 带有可更换熔断器的燃料电池发电系统，用于更换熔断器的说明应包括熔断器的类型、电压和电流等级。
- c) 说明燃料电池发电系统的使用区域不应有易燃易爆物品，如汽油。
- d) 为了防止通风和排气口的堵塞引起空气流通受阻，应说明燃料电池发电系统在工业车辆上安装时通风和排气口的必要间隙。
- e) 说明所需的基本检查和维护，如过滤器的清洗、零件的更换和部件的润滑。
- f) 替换零件的来源。
- g) 由专业人员进行定期检查的必要性和最低频率应作说明。例如，检查所有安全关键部件的校准情况，如气体探测器和压力开关。
- h) 说明燃料电池是否需要维护，或者有维修必要时应指定燃料电池制造商。

8.3 操作规程

依据情况，操作规程应包括如下内容。

- a) 启动和关闭燃料电池发电系统的说明。
- b) 为燃料电池发电系统进行适当燃料加注的完整说明。
- c) 对于未注明防水 IP 等级的燃料电池发电系统，应声明“警告：不适用于高于 95% 湿度、潮湿或雨天环境”。
- d) 对于非针对极端温度设计的燃料电池发电系统，应声明“警告：不宜在低于 _____ °C 使用；不宜在高于 _____ °C 使用”。
- e) 关于供给空气的规定信息。包括以下声明：“燃料电池发电系统所需氧气来源于它的运行周边的空气。除非可提供通风和足够空气的方法，否则它不应用于密闭空间或异常紧凑的空间”。此外还应提供一个典型区域的体积的示例。

注：异常紧凑的空间指：

- 暴露于室外环境的墙壁和天花板有一个连续的水蒸汽缓凝剂，其等级为 $6 \times 10^{-11} \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{s})$ (1 perm) 或更少，带有垫片或密封装配的开口；
- 可以打开的窗户和门上安装了挡风雨条；
- 在门窗、门板、板间、壁板间、壁板间、管道、电线、电线和其他开口的连接部位使用了填缝或密封件。

8.4 安装说明书

安装说明书的要求如下。

- a) 为正确安装燃料电池发电系统提供说明,包括但不限于空间要求、通风和排气口的位置、安全、电气连接和燃料连接。如果系统的安装方向或安装位置出错可能存在危险,应当提供说明,并对系统进行标记。
- b) 安装说明应有关于燃料电池发电系统与工业车辆接地件连接的说明。
- c) 如果包含储罐,应说明储存系统的正确安装方法,包括燃料管线与燃料电池发电系统连接的说明。
- d) 现场安装的燃料电池发电系统的安装说明应包括说明该系统仅供专业人员现场安装的声明。

附录 A

(资料性)

本文件与 IEC 62282-4-101:2014 规范性引用文件的差异

A.1 增加的规范性引用文件

为有利于本文件使用,增加了部分规范性引用文件如下:

- GB 2894 安全标志及其使用导则
- GB 3836.4—2010 爆炸性环境 第4部分:由本质安全性“i”保护的設備
- GB/T 17799.1—2017 电磁兼容 通用标准 居住、商业和轻工业环境中的抗扰度
- 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 18384—2020 电动汽车安全要求
- GB/T 27544—2011 工业车辆 电气要求
- GB/T 33292—2016 燃料电池备用电源用金属氢化物储氢系统
- GB/T 35544—2017 车用压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶

A.2 删除的规范性引用文件

为有利于本文件使用,删除了 IEC 62282-4-101:2014 部分规范性引用文件如下:

- ISO 179(所有部分) 塑料 测定夏比冲击性能(Plastics—Determination of Charpy impact properties)
- ISO 180 塑料 悬臂梁式冲击强度测定(Plastics—Determination of Izod impact strength)
- ISO 877(所有部分) 塑料 暴露于太阳辐射的方法(Plastics—Methods of exposure to solar radiation)
- ISO 1798 柔性蜂窝聚合物材料 抗拉强度和断裂伸长率的测定(Flexible cellular polymeric materials—Determination of tensile strength and elongation at break)
- ISO 2440 柔性和刚性的蜂窝聚合物材料 加速老化试验(Flexible and rigid cellular polymeric materials—Accelerated ageing tests)
- ISO 3691-1 工业用车 安全要求和验证 第1部分:自推进工业车辆、非无人驾驶车辆、可变车辆和载重车辆(Industrial trucks—Safety requirements and verification—Part 1: Self-propelled industrial trucks, other than driverless trucks, variable-reach trucks and burden-carrier trucks)
- ISO 3691-7 工业车辆 安全要求和验证 第7部分:欧盟国家区域要求(Industrial trucks—Safety requirements and verification—Part 7: Regional requirements for countries within the European Community)
- ISO 3691-8 工业车辆 安全要求和验证 第8部分:欧盟以外国家区域要求(Industrial trucks—Safety requirements and verification—Part 8: Regional requirements for countries outside the European Community)
- ISO 3864-1 图形符号 安全颜色和安全标志 第1部分:安全标志和安全标志的设计原则(Graphical symbols—Safety colours and safety signs—Part 1: Design principles for safety signs and safety markings)

- ISO 7010 图形符号 安全颜色和安全标志 注册安全标志(Graphical symbols—Safety colours and safety signs—Registered safety signs)
- ISO 7866:2012 气瓶 可再充气无缝铝合金气瓶 设计、施工和测试(Gas cylinders—Refillable seamless aluminium alloy gas cylinders—Design, construction and testing)
- ISO/TS 14687-2 氢燃料 产品规格 第2部分:质子交换膜(PEM)道路车辆的燃料电池应用[Hydrogen fuel—Product specification—Part 2: Proton exchange membrane (PEM) fuel cell applications for road vehicles]
- ISO/TS 15869:2009 气态氢和氢混合 陆地车辆燃料罐(Gaseous hydrogen and hydrogen blends—Land vehicle fuel tanks)
- ISO 16111:2008 可运输气体储存装置 可逆性金属氢化物吸收的氢(Transportable gas storage devices—Hydrogen absorbed in reversible metal hydride)
- ISO 21927-3 烟和热控制系统 第3部分:动力烟和热排气通风设备规范(Smoke and heat control systems—Part 3: Specification for powered smoke and heat exhaust ventilators)
- IEC 60079-29-1 爆炸性环境 第29-1部分:气体探测器 可燃气体探测器的性能要求(Explosive atmospheres—Part 29-1: Gas detectors—Performance requirements of detectors for flammable gases)
- IEC 60079-29-4 爆炸性环境 第29-4部分:气体探测器 可燃气体开径探测器的性能要求(Explosive atmospheres—Part 29-4: Gas detectors—Performance requirements of open path detectors for flammable gases)
- IEC 60227-3 最高额定电压450/750 V的聚氯乙烯绝缘电缆 第3部分:固定布线的非铠装电缆(Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V—Part 3: Non-sheathed cables for fixed wiring)
- IEC 60227-5 最高额定电压450/750 V的聚氯乙烯绝缘电缆 第5部分:柔性电缆(索)[Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V—Part 5: Flexible cables (cords)]
- IEC 60335-2-80 家用和类似的电器的特殊要求 安全 第2-80部分:对风扇的特殊要求(Household and similar electrical appliances—Safety—Part 2-80: Particular requirements for fans)

A.3 替换的规范性引用文件

为有利于本文件使用,用我国标准替换了 IEC 62282-4-101:2014 部分规范性引用文件见表 A.1。

表 A.1 本文件与 IEC 62282-4-101:2014 规范性引用文件的关系

本文件规范性引用文件	IEC 62282-4-101:2014 规范性引用文件
GB 3836.1—2010 爆炸性环境 第1部分:设备 通用要求(IEC 60079-0:2007,MOD)	IEC 60079-0 爆炸性环境 第0部分:设备 通用要求
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)	IEC 60079-10-1 爆炸性环境 第10-1部分:区域的分类 爆炸性气体环境
GB/T 4208—2017 外壳防护等级(IP代码)(IEC 60529:2013,IDT)	IEC 60529 外壳防护等级(IP代码)

表 A.1 本文件与 IEC 62282-4-101:2014 规范性引用文件的关系 (续)

本文件规范性引用文件	IEC 62282-4-101:2014 规范性引用文件
GB/T 5099.1—2017 钢质无缝气瓶 第 1 部分:淬火后回火处理的抗拉强度小于 1 100 MPa 的钢瓶(ISO 9809-1:2010,NEQ)	ISO 9809-1 气瓶 可再充型无缝钢瓶 设计、施工和测试 第 1 部分:淬火和回火钢瓶,抗拉强度小于 100 MPa
GB/T 5169.9—2013 电工电子产品着火危险试验 第 9 部分:着火危险评定导则 预选试验程序 总则(IEC 60695-1-30:2008,IDT)	IEC 60695-1-30 着火危险试验 第 1-30 部分:指导评估电工产品的着火危险 预选试验程序 总则
GB/T 5169.16—2017 电工电子产品着火危险试验 第 16 部分:试验火焰 50 W 水平与垂直火焰试验方法(IEC 60695-11-10:2013,IDT)	IEC 60695-11-10 着火危险试验 第 11-10 部分:测试火焰 50 W 水平及垂直火焰试验法
GB/T 5169.21—2017 电工电子产品着火危险试验 第 21 部分:非正常热 球压试验方法(IEC 60695-10-2:2014,IDT)	IEC 60695-10-2 着火危险试验 第 10-2 部分:异常热球压测试
GB/T 5169.22—2015 电工电子产品着火危险试验 第 22 部分:试验火焰 50 W 火焰 装置和确认试验方法(IEC 60695-11-4:2011,IDT)	IEC 60695-11-4 着火危险试验 第 11-4 部分:测试火焰 50 W 火焰 装置和确认测试方法
GB/T 5226.1—2019 机械电气安全 机械电气设备 第 1 部分:通用技术条件(IEC 60204-1:2016,IDT)	IEC 60204-1 机械设备安全 机械设备 第 1 部分:通用要求
GB/T 7127.1—2000 使用非石油基制动液的机动车辆 液压制动系统用制动软管组合件 (eqv ISO 3996:1995)	ISO 3996 道路车辆 液压制动系统的制动软管部件用于非汽油基制动液
GB/T 14048.3—2017 低压开关设备和控制设备 第 3 部分:开关、隔离器、隔离开关及熔断器组合电器(IEC 60947-3:2015,IDT)	IEC 60947-3 低压开关设备和控制装置 第 3 部分:开关、断路器、断开开关和保险丝组合
GB/T 14048.5—2017 低压开关设备和控制设备 第 5-1 部分:控制电路电器和开关元件 机电式控制电路电器(IEC 60947-5-1:2016,MOD)	IEC 60947-5-1 低压开关设备和控制装置 第 5-1 部分:控制电路器件和开关元件 机电控制电路设备
GB/T 14536.19—2017 家用和类似用途电自动控制装置 电动燃气阀的特殊要求,包括机械要求(IEC 60730-2-17:2007,IDT)	IEC 60730-2-17 家用和类似用途的自动电气控制 第 2-17 部分:电气操作气阀的特殊要求,包括机械要求
GB/T 16839.1—2018 热电偶 第 1 部分:电动势规范和允差(IEC 60584-1:2013,IDT)	IEC 60584-1 热电偶 第 1 部分:电动势规范和允差
GB/T 16855.1—2018 机械安全 控制系统安全相关部件 第 1 部分:设计通则(ISO 13849-1:2015,IDT)	ISO 13849-1 机械安全 控制系统的安全相关部分 第 1 部分:总则
GB/T 16895.21—2020 低压电气装置 第 4-41 部分:安全防护 电击防护(IEC 60364-4-41:2017,IDT)	IEC 60364-4-41:2005 低压电气装置 第 4-41 部分:安全防护 防触电

表 A.1 本文件与 IEC 62282-4-101:2014 规范性引用文件的关系 (续)

本文件规范性引用文件	IEC 62282-4-101:2014 规范性引用文件
GB/T 16935.1—2008 低压系统内设备的绝缘配合 第1部分:原理、要求和试验(IEC 60664-1:2007,IDT)	IEC 60664-1 低压系统内设备的绝缘配合 第1部分:原理、要求和试验
GB/T 18422—2013 橡胶和塑料软管及软管组合件 透气性的测定(ISO 4080:2009,IDT)	ISO 4080 橡胶和塑料软管和软管部件 气体渗透的测定
GB/T 18426—2001 橡胶或塑料涂层织物 低温弯曲试验(idt ISO 4675:1990)	ISO 4675 橡胶或塑料涂层织物 低温弯曲测试
GB/T 19212.1—2016 变压器、电抗器、电源装置及其组合的安全 第1部分:通用要求和试验(IEC 61558-1:2009,MOD)	IEC 61558-1 安全操作系统电源变压器、电源、反应堆及类似产品 第1部分:通用要求和测试
GB/T 23606—2009 铜氢脆检验方法(ISO 2626:1973,MOD)	ISO 2626 铜氢脆试验
GB/T 23658—2009 弹性体密封圈 输送气体燃料和烃类液体的管道和配件用密封圈的材料要求(ISO 16010:2005,MOD)	ISO 16010 弹性密封件 用于携带气体燃料和碳氢化合物液体的管道和配件密封件的材料要求
GB/T 24135—2009 橡胶或塑料涂层织物 加速老化试验(ISO 1419:1995,IDT)	ISO 1419 橡胶或包塑面料 加速老化测试
GB/T 28164—2011 含碱性或其他非酸性电解质的蓄电池和蓄电池组 便携式密封蓄电池和蓄电池组的安全性要求(IEC 62133:2002,IDT)	IEC 62133 含碱性或其他非酸性电解质的电池和蓄电池 便携式密封二次电池及由二次电池制成的用于便携式应用的电池的安全要求
GB/T 29838—2013 燃料电池 模块(IEC 62282-2:2012,MOD)	IEC 62282-2 燃料电池技术 第2部分:燃料电池模块
GB/T 30718—2014 压缩氢气车辆加注连接装置(ISO 17268:2006,NEQ)	ISO 17268 压缩氢气表面车辆加油连接装置
GB/T 37499—2019 燃气燃烧器和燃烧器具用安全和控制装置 特殊要求 自动和半自动阀(ISO 23551-1:2012,MOD)	ISO 23551-1 燃气燃烧器和燃气设备的安全控制装置 特殊要求 第1部分:自动阀门

附 录 B
(资料性)
压力条款的比较

压力条款比较见表 B.1。

表 B.1 压力条款比较

压力术语	标准/代码				
	ISO/TS 15869 (2009)	NFPA 52 (2010)	ASME B & PV Code Sec. VIII	SAE J2600 (2002)	UL 2267 (2006)
操作压力(SP)	—	等同于 NWP	—	—	25 MPa 或 35 MPa
公称工作 压力(NWP) 或工作压力(WP)	WP 等同于 NWP 或 SP	—	—	等同于 SP	—
最大操作压力 (MOP)	—	$1.25 \times \text{SP}$ 等同于 MFP	—	$1.25 \times \text{NWP}$ 等同于 MFP	$1.25 \times \text{SP}$ 31.25 MPa 或 43.75 MPa
最大填装压力 (MFP)	$1.25 \times \text{WP}$ 等同于 MOP	—	—	$1.25 \times \text{NWP}$ 等同于 MOP	—
设计压力	—	—	DP	—	—
最大允许工作 压力(MAWP)	—	$1.38 \times \text{SP}$	MAWP	$1.38 \times \text{NWP}$	$1.38 \times \text{SP}$ 34.5 MPa 或 48.3 MPa

参 考 文 献

- [1] GB/T 21465—2008 阀门 术语
- [2] GB/T 28816—2020 燃料电池 术语
- [3] 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
- [4] GB/T 31037.2—2014 工业起升车辆用燃料电池发电系统 第1部分:技术条件
- [5] ISO/TS 15869 Gaseous hydrogen and hydrogen blends—Land vehicle fuel tanks
- [6] ISO 16000-3 Indoor air—Part 3: Determination of formaldehyde and other carbonyl compounds in indoor air and test chamber air—Active sampling method
- [7] ISO 16000-6 Indoor air—Part 6: Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax TA sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS/FID
- [8] ISO 16017-1 Indoor, ambient and workplace air—Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography—Part 1: Pumped sampling
- [9] IEC 60034 (all parts) Rotating electrical machines
- [10] IEC 60034-11 Rotating electrical machines—Part 11: Thermal protection
- [11] IEC 60079-20-1 Explosive atmospheres—Part 20-1: Material characteristics for gas and vapour classification—Test methods and data
- [12] IEC 60093 Methods of test for volume resistivity and surface resistivity of solid electrical insulating materials
- [13] IEC 60112 Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials
- [14] IEC 60243 (all parts) Electric strength of insulating materials—Test methods
- [15] IEC 60695-11-5 Fire hazard testing—Part 11-5: Test flames—Needle-flame test method—Apparatus, confirmatory test arrangement and guidance
- [16] IEC 60812 Analysis techniques for system reliability—Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)
- [17] IEC 62282-3-100 Fuel cell technologies—Part 3-100: Stationary fuel cell power systems—Safety
- [18] IEC 62282-5-1 Fuel cell technologies—Part 5-1: Portable fuel cell power systems—Safety
- [19] UL 2267 Fuel Cell Power Systems for Installation in Industrial Electric Trucks
- [20] UL 60730-1A Automatic Electrical Controls for Household and Similar Use, Part 1: General Requirements
- [21] UL 2054 Batteries, Household and Commercial
- [22] UL 1642 Batteries, Lithium
- [23] UL 1989 Batteries, Standby
- [24] UL 877 Circuit Breakers and Circuit-Breaker Enclosures for Use in Hazardous (Classified) Locations
- [25] UL 507 Fans, Electric

- [26] UL 2075 Gas and Vapour Detectors and Sensors
- [27] UL 157 Gaskets and Seals
- [28] UL 536 Connectors for Gas Appliances, ANSI Z21.24/CSA/CGA 6.10, or the Standard for Flexible Metallic Hose
- [29] UL 698 Industrial Control Equipment for Use in Hazardous (Classified) Locations
- [30] UL 583 Industrial Trucks, Electric-Battery-Powered
- [31] UL 60950-1 Information Technology Equipment Safety—Part 1: General Requirements
- [32] UL 840 Insulation Coordination Including Clearances and Creepage Distances for Electrical Equipment
- [33] UL 1741 Inverters, Converters, Controllers and Interconnection System Equipment for Use with Distributed Energy Resources
- [34] UL 969 Markings and Labeling Systems
- [35] UL 1450 Motor-Operated Air Compressors, Vacuum Pumps, and Painting Equipment
- [36] UL 1004 Motors, Electric
- [37] UL 2111 Motors, Overheating Protection for
- [38] UL 886 Outlet Boxes and Fittings for Use in Hazardous (Classified) Locations
- [39] UL 746C Polymeric Materials—Use in Electrical Equipment Evaluations
- [40] UL 1012 Power Units Other Than Class 2
- [41] UL 778 Pumps, Motor-Operated Water
- [42] UL 79 Pumps, Power-Operated for Petroleum Dispensing Products
- [43] UL 1998 Software in Programmable Components
- [44] UL 991 Tests for Safety-Related Controls Employing Solid-State Devices
- [45] UL 1585 Transformers, Class 2 and Class 3
- [46] UL 429 Valves, Electrically Operated
- [47] UL 842 Valves for Flammable Fluids
- [48] UL 705 Ventilators, Power
- [49] NFPA 54 The National Fuel Gas Code
- [50] ANSI/NFPA 70 National Electrical Code
- [51] NFPA 497 Recommended Practice for the Classification of Flammable Liquids, Gases or Vapours and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas
- [52] NFPA 505 Powered Industrial Trucks Including Type Designations, Areas of Use, Conversions, Maintenance, and Operation
- [53] ANSI/ASME B31.1 Power Piping
- [54] ANSI/ASME B31.3 Process Piping
- [55] ANSI/IAS NGV 4.2 Hoses for Natural Gas Vehicles and Dispensing Systems
- [56] ANSI/ASME B31.12 Hydrogen Piping and Pipelines, Part IP
- [57] ANSI/ISA MC96.1 Thermocouples table in Temperature-Measurement Thermocouples
- [58] ANSI Z21.24/CSA/CGA 6.10 Connectors for Gas Appliances CSA America HPRD1, Basic Requirements for Pressure Relief Devices for Compressed Hydrogen Vehicle Fuel Containers
- [59] SAE J2600 Compressed Hydrogen Surface Vehicle Refuelling Connection Devices

- [60] SAE J2719 Hydrogen Quality Guideline for Fuel Cell Vehicles
 - [61] 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 Potential Failure Mode and Effects Analysis for Machinery (Machinery FMEA)
 - [62] SAE J517 Hydraulic hose
 - [63] ASTM G 142 Determination of Susceptibility of Metals to Embrittlement in Hydrogen-Containing Environments at High Pressure, High Temperature, or Both
 - [64] ASTM F 1459 Determination of the Susceptibility of Metallic Materials to Gaseous Hydrogen Embrittlement
-