

ICS 27.070
K 82



中华人民共和国国家标准

GB/T 20042.2—2008

质子交换膜燃料电池 电池堆通用技术条件

Proton exchange membrane fuel cell—
General technical specification of fuel cell stacks

2008-05-20 发布

2009-01-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语及定义	2
4 要求	2
4.1 使用条件	2
4.2 通用安全措施	2
4.3 设计要求	3
5 型式检验	5
5.1 概述	5
5.2 气体泄漏试验	5
5.3 正常运行试验	6
5.4 允许工作压力试验	6
5.5 冷却系统的压力试验	6
5.6 窜气试验	7
5.7 耐撞击和耐振动试验	7
5.8 电气过载试验	7
5.9 介电强度试验	7
5.10 压力差试验	8
5.11 气体泄漏试验(重复试验)	8
5.12 正常运行试验(重复试验)	8
5.13 易燃气体的浓度试验	8
5.14 冻结/解冻循环试验	9
6 例行检验	9
6.1 气密性试验	9
6.2 介电强度试验	9
7 检验规则	9
7.1 一般规定	9
7.2 型式检验规定	9
7.3 例行检验的规定	9
8 标志和说明	10
8.1 一般规定	10
8.2 铭牌	10
8.3 连接件的标志	10
8.4 警示标志	10
8.5 给用户提供的技术文件	10
附录 A (资料性附录) 产品型号编制办法	13

前 言

GB/T 20042《质子交换膜燃料电池》分为以下几部分：

- 1) 质子交换膜燃料电池 术语(GB/T 20042.1—2005)；
- 2) 质子交换膜燃料电池 电池堆通用技术条件(GB/T 20042.2—2008)。

本部分是 GB/T 20042 的第 2 部分。

本部分在制定过程中参考了国际电工委员会标准 IEC 62282-2:2004《燃料电池技术 第 2 部分 燃料电池模块》，吸取了其中有关质子交换膜燃料电池堆的主要内容。

本部分的附录 A 是资料性附录。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国燃料电池标准化技术委员会(SAC/TC 342)归口。

本部分由大连新源动力股份有限公司负责起草。

本部分参加起草单位：中国科学院大连化学物理研究所、机械工业北京电工技术经济研究所和上海神力科技有限公司等。

本部分主要起草人：侯中军、侯明、杨启明、董辉、陈妙农、邱立东等。

引 言

《质子交换膜燃料电池 电池堆通用技术条件》是国家“十五”重大科技专项的重要技术标准研究项目《新能源和可再生能源关键技术标准研究——质子交换膜燃料电池、太阳热水系统、并网型光伏发电及风力发电机组》研究制定的、结合我国“863”计划燃料电池电动汽车重大项目质子交换膜燃料电池技术的系列国家标准之一。本部分规定了质子交换膜燃料电池堆(包括直接醇类燃料电池堆)的安全、性能的基本要求,型式检验、例行检验的项目、试验方法以及标志与说明文件等方面的要求,适用于质子交换膜燃料电池堆(包括直接醇类燃料电池堆)。

燃料电池不仅适合建设为固定式电站来提供社区和家庭用电力源,更重要的在于车载燃料电池可以为电动汽车提供动力源以及微型燃料电池使用于各种通讯设备、笔记本电脑和掌上电脑等。而燃料电池技术正在从这些方面的研究和开发向产业化转变,燃料电池在固定电站、运输电源和便携式电源等方面的商业化即将来临。与燃料电池相关的一些技术也将在未来5~10年内实现商业化,一些新技术、新材料和新组件也将会在市场国际化的基础上快速发展,可以预见燃料电池技术将会持续而高速地发展。

我国“九五”、“十五”期间都把质子交换膜燃料电池(PEMFC)及其相关技术作为重大项目列入国家科技攻关包括“863”燃料电池汽车重大项目计划,并已取得阶段性成果。目前我国在PEMFC技术方面以高校和科研院所为技术支撑,以几家主要的高新技术企业为龙头,已形成了大连、上海、北京和武汉等主要的研发基地。他们当中有的已取得拥有自主知识产权专利技术,正在积极推进我国燃料电池技术的产业化和商业化。

早期制定标准对于推动这项具有无限发展潜力的新技术——燃料电池的产业化和商业化是非常重要的。国际电工委员会(IEC)成立了IEC/TC 105来负责燃料电池专业的标准工作,近年来活动非常频繁,目前已发布了第一份燃料电池国际标准IEC 62282-2:2004《燃料电池技术 模块》和IEC 62282-1:2005《燃料电池技术 术语》。我国在开展燃料电池技术科技攻关和跟踪国际标准的同时,根据我国实际安排了相关关键技术标准的研究制定,旨在体现标准早期介入科技成果产业化,与国际接轨的理念。目前已完成的标准项目有:

- (1) 质子交换膜燃料电池 术语(GB/T 20042.1—2005);
- (2) 质子交换膜燃料电池 电池堆通用技术条件(GB/T 20042.2—2008);
- (3) 便携式质子交换膜燃料电池发电系统(GB/Z 21742—2008);
- (4) 固定式质子交换膜燃料电池发电系统(独立型)性能试验方法(GB/Z 21743—2008)。

质子交换膜燃料电池 电池堆通用技术条件

1 范围

GB/T 20042 本部分规定了质子交换膜燃料电池堆(包括直接醇类燃料电池堆)的安全、性能的基本要求,型式检验、例行检验的项目、试验方法以及标志与说明文件等方面的要求。

本部分适用于质子交换膜燃料电池堆(包括直接醇类燃料电池堆)(以下简称“燃料电池堆”)。

本部分仅涉及会对人体和燃料电池外部环境造成危害的情形,而对燃料电池堆内部损伤的防护,只要不影响燃料电池堆外的安全,本部分不作规定。

本部分不包括燃料和氧化剂的储存装置以及燃料和氧化剂输送过程与输送装置。

如果有更好的材料或新的结构,又能通过本部分规定的检验并满足相关要求,也可以认为是符合本部分的。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分,然而,鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本部分。

GB/T 2423.10 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验Fc和导则:振动(正弦)
(GB/T 2423.10—2008,IEC 60068-2-6:1995,IDT)

GB/T 2423.55 电工电子产品环境试验 第二部分:环境测试 试验Eh:锤击试验(GB/T 2423.55—2006,IEC 60068-2-75:1997,IDT)

GB/T 3512 硫化橡胶和热塑性橡胶 热空气加速老化及耐热试验(GB/T 3512—2001,eqv ISO 188:1998)

GB 3836(所有部分) 爆炸性气体环境用电气设备(对应 IEC 60079(所有部分))

GB 4208 外壳防护等级(IP代码)(GB 4208—2008,IEC 60529:2001,IDT)

GB 4943 信息技术设备的安全(GB 4943—2001,IEC 60950-1:1999,IDT)

GB/T 5095.8 电子设备用机电元件 基本试验规程及测量方法 第8部分:连接器、接触件及引出端的机械试验(GB/T 5095.8—1997 IEC 60512-8:1993,IDT)

GB/T 5169 电工电子产品着火危险试验(对应 IEC 60695)

GB/T 5563 橡胶和塑料软管及软管组合件 静液压试验方法(GB/T 5563—2006,ISO 1402:1994,IDT)

GB/T 7826 系统可靠性分析技术 失效模式及效应分析(FMEA)程序(GB/T 7826—1987, idt IEC 60812:1985)

GB/T 7829 故障树分析程序(GB/T 7829—1987,neq IEC 60056)

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 15329.1—2003,ISO 4079-1:2001,MOD)

GB/T 18290(所有部分) 无焊连接(idt IEC 60352 所有部分)

GB/T 20042.1 质子交换膜燃料电池 术语

IEC 61508(所有部分) 电工电子可编程序的电子安全相关系统 功能安全

- ISO 37 硫化橡胶和热塑性橡胶 拉伸与压缩疲劳特性的测定
- ISO 1307 一般工业用橡胶和塑料软管 内径及其公差和长度公差
- ISO 4672 橡胶软管和塑料软管 低于室温条件下的柔软性试验
- EN 50178 电力设备用电器材

3 术语及定义

GB/T 2900.18、GB 3836.1、GB 4943 和 GB/T 20042.1 所定义的术语,适用于本部分。

4 要求

为了便于燃料电池制造和使用各方面的沟通,所以本部分编写了附录 A(资料性附录),供各有关方面参考。

4.1 使用条件

除非另有规定,燃料电池堆应能在下列环境条件下运行:

- a) 海拔不超过 1 000 m;
- b) 环境空气中氧气体积含量为 21%±1%;
- c) 环境温度:5℃~40℃。

4.2 通用安全措施

本部分仅涉及能对人身和燃料电池堆外部环境造成危害的情况,而对燃料电池堆内部损害的防护,只要不影响燃料电池堆外的安全,本部分不作规定。

注:如果按照制造商的说明书使用燃料电池,那么燃料电池堆内部损伤的防护由制造商负责。

由于燃料电池堆中有燃料和其他储能物质与能量(例如:易燃物质、加压介质、电能、机械能等),应按照以下顺序为燃料电池堆采取通用安全措施:

- a) 在这些能量尚未释放时,首先消除燃料电池堆外边的隐患;
- b) 对这些能量进行被动控制(如采用防爆片、泄压阀、隔热构件等),确保能量释放时不危及周围环境;
- c) 对这些能量进行主动控制(如通过燃料电池中的电控装置)。在这种情况下,由控制装置故障引发的危险应逐一加以考虑。对安全部件的评价应符合 IEC 61508 的规定。另一方面,可将危险告知燃料电池系统集成制造商;或
- d) 提供适当的、与残存危险有关的安全标记。

采取以上措施时,应需特别注意:

- 机械危险——尖角锐边、跌倒危险、运动的和不稳定的部件、材料强度以及带压力的液体和气体;
- 电气危险——人员接触带电零部件、短路、高电压;
- 电磁兼容性(EMC)危险——暴露在电磁环境中的燃料电池堆出现故障或由于燃料电池堆的电磁辐射导致其他(附近)设备发生故障;
- 热危险——热表面、高温液体、气体释放或热疲劳;
- 火灾和爆炸危险——易燃气体或液体,在正常或异常运行条件下或在故障情况下,易燃易爆混合物的潜在危险;
- 故障危险——由于软件、控制电路或保护/安全元器件的失效或加工不良或误动作引起的不安全运行;
- 材料的危险——材料变质、腐蚀、脆变,有毒有害气体释放;
- 废物处置危险——有毒材料的处置、回收,易燃液体或气体的处置;
- 环境危险——在冷、热、风、雨、进水、地震、外源火灾、烟雾等环境下的不安全运行。

4.3 设计要求

燃料电池堆制造商应根据风险评估进行设计。风险评估应符合 GB/T 7826、GB/T 7829 和 IEC 61508-1 的规定。

所有零部件应：

- a) 适合于预期使用时的温度、压力、流速、电压及电流范围；
- b) 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。

注：除另有规定外，本部分中的气体压力均指表压。

如果燃料电池堆带有外壳，则外壳防护应根据燃料电池堆的不同使用环境，并按 GB 4208 的要求选择适当的防护等级并予以标志。

4.3.1 正常和非正常运行条件下的特性

燃料电池堆在按制造商说明书中规定的所有正常运行条件运行时，应不会产生任何损坏；在可预知的非正常运行条件下运行时，应符合 4.2 的规定。

4.3.2 气体泄漏

在制造中应尽量减少易燃气体的泄漏，并应在说明书中对泄漏速率予以说明（见 5.2）。

4.3.3 带压力运行

如果燃料电池堆采用气密并承压的外壳封装，则外壳应符合《压力容器安全技术监察规程》的规定。

压力并不是燃料电池堆设计所要考虑的最重要因素。例如，一个采用轴向压紧构件设计方案的燃料电池堆，虽未开裂却有泄漏。对于足够的强度、刚度及稳定性（静态与动态）和/或其他运行特性的要求，应首先重视尺寸的确定、材料的选择和工艺规程。

4.3.4 着火和点燃

4.3.4.1 一般要求

应对燃料电池堆采取保护措施（如通风、气体检测、防止运行温度高于自然温度等），以确保燃料电池堆内部泄漏或对外泄漏的气体不致达到其爆炸浓度。这些措施的设计规范（如要求的通风速率）应由燃料电池堆制造商提供，并在说明书中加以说明，以便燃料电池系统集成制造商采取预防措施，确保安全。

处于爆炸性环境中的零部件应满足 GB/T 5169 规定的 FV0，FV1 或 FV2 的阻燃材料制造。

4.3.4.2 例外情形

燃料电池堆内，膜或其他类似材料用量低于燃料电池堆总质量的 10%。

4.3.5 安全措施

按照 4.2a) 和 4.2b) 设计的燃料电池堆，允许在没有外部安全措施的情况下运行。

燃料电池堆安全的主动控制可由燃料电池模块或燃料电池系统中的安全装置来实现。

4.3.6 管路和管件装配

管路的尺寸应符合设计要求，其材料应满足预期输送的流体和流体压力的要求。

流体泄漏不致产生危险的部位才可采用螺纹连接，如空气供应回路、冷却回路。所有其他接缝都应焊接，或至少要按制造商要求与指定的密封部位装配连接。在燃料气体或氧气管路中，使用的接头应是磨口接头、法兰接头或压力接头，以防燃料气或氧气泄漏。

管路系统应满足 5.2 规定的的气体泄漏试验要求。

应彻底清理管路的内表面以除去颗粒物，管路端口应仔细清除障碍物和毛刺。

用来传输气体的柔性管道和相关配件应符合 GB/T 3512、GB/T 5563、GB/T 15329.1、ISO 37、ISO 1307、ISO 4672 的规定，输送氢气的管路应作特殊考虑。

4.3.6.1 非金属管路系统

在下列情况下，可使用塑料和橡胶管材、管路和组件：

非金属管路系统应适应最高运行温度和最高运行压力的共同作用,不允许释放出对燃料电池有害的物质,并能与使用、维修和保养时所接触的其他材料、化学品相容,应具有足够的机械强度,满足 5.4 和 5.5 的要求。

必要时应加防护套管或外罩来防止燃料电池堆上的塑料或橡胶管件受到机械损伤。

所有安装有输送易燃气体的塑料或橡胶管件的腔室,都应防止可能的过热。如有这种过热的可能时,应告知燃料电池系统集成制造商这一部位允许的最高温度,以便他们提供一个控制系统,在腔室温度比输送燃料管件所用材料的最低热变形温度下限尚低 10 K 时,即切断燃料输入。

用于危险区域内的塑料或橡胶材料应是能导电的,除非设计上能做到避免静电电荷累积。

4.3.6.2 金属管路系统

金属管路系统应适应最高运行温度和压力的共同作用,并能与使用、维修和保养时所接触的其他材料、化学品相容,金属管路系统应保持完好,应具有足够的机械强度,满足 5.4 和 5.5 的要求。

金属成型的弯管在弯曲时不应引起影响使用的缺陷。

4.3.7 接线端子和电气连接件

对外电路供电的电气连接件应满足下述要求:

- a) 固定在其安装构件上,不会自行松动;
- b) 导电部分不会从其预定位置滑脱;
- c) 正确连接以确保导电部分不致受到损伤而影响其功能;
- d) 在正常紧固过程中能防止发生旋转、扭曲或永久变形;
- e) 裸露的导电连接件有保护层。

在正常使用中,与燃料电池的直接连接不应存在不符合 4.3.7a)~4.3.7e)项指出的缺陷,接线端子应符合有关电气和机械方面的要求,是否符合要求,应按 5.1 的规定进行机械试验和连接质量的检验。

4.3.8 带电零部件

制造商应在技术文件中详细说明存在的带电零部件,特别是系统关闭后由于残余电压而存在危险的带电部分,告知燃料电池系统集成制造商应负责防止电击,还应预防燃料电池堆带电部分的意外短路。

4.3.9 绝缘材料及其绝缘强度

燃料电池堆中带电部分和不带电的导电部分之间的所有绝缘结构设计,都应符合电气绝缘结构有关标准的相应要求。

影响构件功能的材料的机械特性(如抗拉强度)应得到保证,当其所在部位温度比正常运行温度的最高值还高 20 K(但不应低于 80℃)时,仍应符合设计要求。

4.3.10 接地

不带电金属零部件应与公共接地点相联。

为了确保良好的电接触,所有电气连接件都不应松动或扭曲,并保持足够的接触压力。所有电气连接件都应采取防腐措施,相互连接的金属件之间不应发生化学腐蚀。

4.3.11 冲击与振动

预期使用中的冲击与振动不应引起任何危险。

4.3.12 监控方法

为确保燃料电池堆的安全,应该提供以下参数的监控措施:

- a) 电池堆温度;
- b) 电池堆和/或单电池的电压。

监控点的位置由电池堆制造商规定并向燃料电池系统制造商加以说明。在用其他方式对燃料电池堆提供安全运行保障的情况下,这些方式必须具有和对温度及电压监控等效的安全保障能力。

5 型式检验

5.1 概述

除非另有说明,被试样品,对于单件生产,应是准备向用户交货的燃料电池堆本身;批量生产的样品采用随机抽样的方法按规定的样本数抽取。

型式检验应在燃料电池系统模拟试验装置上进行。

对完整燃料电池堆,应按 GB/T 18290 和 GB/T 5095.8 的规定对其接线端子和电气连接进行检验,确认是否符合要求。然后,建议按以下顺序进行型式检验。

5.2 气体泄漏试验

本试验不适用于以下燃料电池堆:

- 运行温度高于易燃气体的自燃温度的(见 4.3.4),或
- 置于已被证明符合相关的压力容器技术法规的气密容器中。

在无法对整个电池堆进行试验时,可以减少单体电池节数,但仍应具有代表性,总的泄漏应依据单体电池的节数按比例计算。

燃料电池堆应在满载电流下运行,直至在最高运行温度下达到热稳定。达到这些条件后,停止运行,吹扫燃料电池堆并关闭气体出口;燃料电池堆的温度降至规定的最低运行温度甚至更低。然后逐渐充入阳极气体,也可以是充入氢气或氮气¹⁾,直至压力达到最高工作压力,并稳定 1 min。在泄漏试验过程中入口压力应稳定不变,用于燃料电池堆进气口、泄压装置上游、精度不低于 2% 的流量计测量漏气速率。如果用氢气或氮气做试验气体,漏气速率应该按照式(1)校正:

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

式中:

- q_{fuel} ——燃料气体泄漏速率(标准状态),mL/s 或 mL/min;
- q_{test} ——试验气体泄漏速率(标准状态),mL/s 或 mL/min;
- R ——修正系数,见式(2)或式(3)。

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

式中:

- d_{test} ——试验气体的相对密度;
- d_{fuel} ——燃料气体的相对密度。

或者

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

式中:

- μ_{test} ——试验气体的运动黏度;
- μ_{fuel} ——燃料气体的运动黏度。

应采用式(2)和式(3)计算修正系数 R ,取较高值,并应写入试验报告。

应记录气体泄漏速率,包括气体通过泄压阀的流速率,并写入试验报告。

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。

考虑参考条件和气体种类的修正,若用燃料气体或氢气作为试验气体,则将测得的气体泄漏速率乘以 1.5,若用氮气作为试验气体,则将测得的气体泄漏速率乘以 2。这一最终计算的结果,应不超过给用户提供的技术文件中的气体泄漏速率的规定[见 8.5.1e)],并应向燃料电池系统集成制造商说明,要求将此信息提供给产品最终使用者,以便计算必要通风量。

1) IEC 62282-2 中,试验气体仅包括阳极气体和氢气,未提到氮气,此处用氮气是按我国实际情况。

5.3 正常运行试验

正常运行就是燃料电池堆在制造商说明书规定的正常条件下运行,具体为:

- 电功率输出为额定值;
- 热能输出(如果有的话)为额定值(对于冷却剂温度和流量);
- 燃料电池堆温度在正常范围内;
- 燃料成分在正常范围内;
- 燃料和氧化剂的流量在正常范围内;
- 燃料和氧化剂的压力在正常范围内;
- 冷却剂(如果有的话)的温度、压力和流量在正常范围内;
- 输出功率变化率在正常范围内。

为了进行正常运行的型式试验,燃料电池堆应在上述规定的正常条件下运行,直至达到热稳定。应测量以下参数,记录测量结果并应符合如下要求:

- a) 满载电流条件下燃料电池堆的端电压,其测得值应不低于 8.5.1t)的规定;
- b) 燃料电池堆的运行温度、最高表面温度及环境温度,其测得值应不超出 8.5.1m)、8.5.1n)、8.5.1j)规定的范围;
- c) 燃料压力,其测得值应不超出 8.5.1c)规定值的 95%~105%或相应规定值 ± 1 kPa(两者中取较高值);
- d) 燃料耗用速率,其测得值应不超出 8.5.1d)规定值的 95%~105%;
- e) 氧化剂消耗速率,其测得值应不超出 8.5.1d)规定值的 95%~105%;
- f) 氧化剂压力,其测得值应不超出 8.5.1c)规定值的 95%~105%或相应规定值 ± 1 kPa(两者中取较高值);g) 冷却剂(如果有的话)的入口和出口温度、压力、流量,其测得值应分别符合 8.5.1p)、8.5.1q)中的相应规定。

5.4 允许工作压力试验

燃料电池堆的允许工作压力试验应在最高或最低运行温度下进行(取两者中较为严格的条件),试验介质为氮气或压缩空气。

如果在正常运行时燃料电池堆的燃料侧和氧化剂侧的内部压力相同或相近,试验时可将其相互连通。如果燃料电池堆有冷却通道而且工作压力与燃料腔和氧化剂腔相同或相近,则该通道也可同时按相同方法进行允许工作压力试验。

应对燃料电池堆(阳极和阴极通道、冷却剂通道)逐步加压,直到压力达到它们的允许工作压力(按较高压力的)的 1.3 倍,至少保持压力稳定 1 min。

如果燃料电池堆有泄压阀,则应将其拆下或令其不起作用。

如果能满足试验条件,此项试验应在气体泄漏试验或正常运行试验期间进行。

如果不能满足试验条件,燃料电池堆可以在压力不低于允许工作压力 1.5 倍、温度为环境温度的条件下进行试验。

允许工作压力试验中,燃料电池堆不应出现开裂、破碎、永久变形或其他物理损伤。

5.5 冷却系统的压力试验

如果在允许工作压力试验中没有对冷却系统进行试验,则应对冷却系统进行压力试验,试验介质采用规定的冷却介质。

燃料电池堆温度应与允许工作压力试验时的温度相同。

燃料电池堆的冷却系统应加压到其允许工作压力的 1.3 倍,至少保持 10 min。

如果不能满足试验温度要求,试验可在环境温度和冷却系统允许工作压力 1.5 倍的条件下进行。

压力试验中,系统不应出现开裂、破碎、永久变形或其他物理损伤。如果使用液体试验介质,试验中试验介质不应泄漏。

5.6 窜气试验

按 5.6.1 和 5.6.2 所测得的窜气泄漏速度不大于 8.5.1f) 的规定值则可判定为符合要求。

5.6.1 燃料腔向氧化剂腔窜气速度的测定

试验时,除燃料腔和氧化剂腔的各一个进气接口外,其余进出接口全部封住。将氧化剂腔的进气接口接上精度不低于 2% 的流量计(如皂泡流量计),由燃料腔的进气接口通入氮气,调整压力至允许最大工作压力差,稳定 1 min 后,读出在时间 t_1 内流量计读数 Q_1 。相应窜气速度 X_1 按式(4)求得:

$$X_1 = 2RQ_1/t_1 \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中:

- X_1 ——燃料腔向氧化剂腔的窜气速度(标准状态), mL/min;
- R ——按式(2)和式(3)计算得出的修正系数中的较大者;
- Q_1 ——在时间 t_1 内测得的燃料腔向氧化剂腔的气体窜漏量(标准状态), mL;
- t_1 ——测量时间, min。

5.6.2 燃料腔和氧化剂腔向冷却剂腔的窜气速度的测定

试验时,除燃料腔、氧化剂腔和冷却剂腔的各一个进气接口外,其余进出接口全部封住。将冷却剂腔进气接口接上精度不低于 2% 的流量计(如皂泡流量计),由燃料腔和氧化剂腔的进气接口同时通入氮气,调整气压至燃料腔的最大运行压力,并稳定压力 1 min,读出在时间 t_2 内流量计读数 Q_2 。相应窜气速度 X_2 按式(5)求得:

$$X_2 = 2RQ_2/t_2 \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中:

- X_2 ——燃料腔和氧化剂腔向冷却剂腔的窜气速度(标准状态), mL/min;
- R ——按式(2)和式(3)计算得出的修正系数中的较大者;
- Q_2 ——在时间 t_2 内测得的燃料腔和氧化剂腔向冷却剂腔的气体窜漏量(标准状态), mL;
- t_2 ——测量时间, min。

注:对于无冷却剂腔或冷却剂腔为开放型的燃料电池堆,燃料腔和氧化剂腔对冷却剂腔的窜气的测定则不必进行。

5.7 耐撞击和耐振动试验

燃料电池堆耐撞击试验方法按 GB/T 2423.55 的规定进行,耐振动试验方法按 GB/T 2423.10 的规定进行。

注:由于燃料电池堆大小和使用条件相差很大,所以撞击和振动试验条件与严酷程度应随产品的结构和使用条件不同而不同。制造商在规定允许值的同时,也应规定试验的严酷条件。

试验后,燃料电池堆不应出现开裂、破碎或其他物理损伤,且应能承受 5.9~5.13 规定的试验并符合相关要求。

5.8 电气过载试验

为检验燃料电池堆是否具有规定的电气过载能力,应进行电气过载试验。燃料电池堆应先在额定电流下稳定运行,然后将电流逐渐增加到 8.5.1u) 规定值并在规定时间内保持不变。

过载试验后,燃料电池堆不应出现开裂、破碎、永久变形或其他物理损伤。

5.9 介电强度试验

燃料电池堆可按照两种不同的设计制造:

- a) 固定(接地)的电池堆;
- b) 可移动的电池堆。

对于设计 a) 无需进行介电强度试验,只需考查开路电压。

对于设计 b),应在正常通入冷却介质且在运行温度下进行介电强度试验。如果燃料电池堆不能保持运行温度不变,介电强度试验应该在最高允许温度下进行,并应记录试验时的温度。

对进行介电强度试验的燃料电池堆,应切断燃料供应并用吹扫气体进行吹扫。在带电部分和不带

电金属构件之间施加试验电压,采用直流电或 $50\text{ Hz}\pm 2\text{ Hz}$ 的正弦交流电。试验电压应在不少于 10 s 的时间内稳定增加到规定值,然后至少维持 1 min。如果没有出现绝缘击穿,且泄漏电流不超过 1 mA 乘以试验电压与开路电压之比,则认为符合要求。

试验电压如表 1。

表 1 介电强度试验的试验电压²⁾

开路电压	试验电压			
	对带基本绝缘的电路和带分隔保护的电路的试验		对电路和易触及表面(不通电或通电但未经保护接地的表面)之间的试验	
	交流(有效值)	直流	交流(有效值)	直流
	kV			
$\leq 50\sqrt{2}\text{ V}=71\text{ V}$	0.35	0.5	0.35	0.5
$100\sqrt{2}\text{ V}=141\text{ V}$	0.5	0.7	0.7	1.0
$150\sqrt{2}\text{ V}=212\text{ V}$	0.8	1.1	1.3	1.8
$230\sqrt{2}\text{ V}=325\text{ V}$	1.1	1.6	1.8	2.5
$300\sqrt{2}\text{ V}=424\text{ V}$	1.2	1.7	2.2	3.1
$400\sqrt{2}\text{ V}=566\text{ V}$	1.35	1.9	2.6	3.7
$600\sqrt{2}\text{ V}=849\text{ V}$	1.65	2.3	3.5	5.0
$690\sqrt{2}\text{ V}=976\text{ V}$	1.8	2.5	3.8	5.4
$1\sqrt{2}\text{ kV}=1.41\text{ kV}$	2.25	3.2	5.0	7.1
$1.5\sqrt{2}\text{ kV}=2.12\text{ kV}$	3.0	4.2	6.4	9.1
$3\sqrt{2}\text{ kV}=4.24\text{ kV}$	5.25	7.4	11.2	15.8
$6\sqrt{2}\text{ kV}=8.4\text{ kV}$	9.75	13.8	17.5	24.8
$10\sqrt{2}\text{ kV}=14.14\text{ kV}$	15.75	22.3	34.0	48.1

注: 整个电压范围内允许采用内插法。

5.10 压力差试验

对阳极和阴极通道内工作压力不同的燃料电池堆,应进行压力差试验。试验在燃料电池堆的最高允许工作温度或最低工作温度(取两者中更为严格者)下进行。向阳极和阴极通道通入适当的气体,并逐渐加压,达到最大允许工作压差的 1.3 倍,保持压力稳定不少于 1 min,测量泄漏速率,例如在试验中用流量计连续测量,若不可能,则在增压至允许工作压差之前和之后测量。压差试验中,燃料电池堆不能有开裂、破碎、永久变形或其他物理损伤。在试验温度下,不应因为本项试验导致阴极和阳极腔之间的泄漏率增大。增压后的测得值与最初试验结果的偏差,不应超过仪器规定的精度要求。

5.11 气体泄漏试验(重复试验)

燃料电池堆应该在没有预先调节的情况下再次进行气体泄漏试验,试验条件与 5.2 相同。

气体泄漏率应不超过规定值,变化不得超过最初试验值的 10% 或 5 mL/min(取两者中的较高值)。

5.12 正常运行试验(重复试验)

按 5.3 的说明重复进行正常运行试验,测得值与最初试验结果的偏差,不应超过仪器规定的精度要求。

5.13 易燃气体的浓度试验

本项试验只适用于带有集中安全通风系统和吹扫程序的封闭系统,其运行温度低于易燃气体的自

2) 来源于 EN 50178。

燃温度。

安全通风和吹扫过程与燃料电池堆的具体特征和要求密切相关,此试验应测定正常运行时燃料电池堆外壳内易燃气体的最高浓度。

试验应在正常条件下进行,试验区域内应没有可感知的气流。燃料电池堆在正常温度范围内运行,直至达到热稳定。然后在距吹扫口和气体排放出口一定距离的位置测量,以保证测得的易燃气体浓度是外壳内的浓度。此试验应连续进行,两个测量读数间的时间间隔应不少于 30 min,直到连续两个测得值的增量不超过连续四个测得值平均值的 5%。

如果测得的易燃气体浓度低于低可燃极限的 25%,则结果合格。

5.14 冻结/解冻循环试验

此项试验适用于在 0℃ 以下储存或运行的燃料电池堆。

燃料电池正常地稳定运行后,关闭电池堆。在规定的最低环境温度下,对燃料电池堆进行冷冻处理,冻结之后按照制造商说明书的说明对其解冻,直到温度升到不低于 10℃,如此冷冻/解冻循环重复 10 次,然后,再次进行气体泄漏试验。

6 例行检验

例行检验应在燃料电池系统的模拟试验装置上进行。

如果是直接在初始启动和调节相关的过程中进行例行试验,则燃料电池堆应与调节装置连接并处于制造商规定的运行条件之下;否则燃料电池堆应当集成在燃料电池系统或如上所述的系统模拟装置中,并根据说明书进行启动,这样燃料电池堆就达到了以下规定例行试验所要求的运行条件。

例行检验项目见 6.1 和 6.2,试验顺序建议按以下顺序进行。

6.1 气密性试验

每台产品都应进行气密性试验。

在所有接头和承压零部件连接部位涂上渗漏检测液,在规定的最大工作压力下进行试验,以不产生气泡为合格。

6.2 介电强度试验

每台产品都应进行介电强度试验。

介电强度试验通常应按 5.9 的规定进行。也允许在室温条件下进行试验,但应保证在运行温度下的介电强度符合本部分的规定。

7 检验规则

7.1 一般规定

每台燃料电池堆都须经检验合格后才能出厂,并应附有产品合格证。针对不同的产品,检验分为型式检验和例行检验。

7.2 型式检验规定

7.2.1 凡符合下列情况之一的产品,应进行型式检验。检验样品通常为一台。

- a) 新产品试制或小批试生产;
- b) 设计或工艺的变化足以引起产品的性能发生变化时;
- c) 产品转厂生产或长期停止生产后又恢复生产;
- d) 上级质量监督部门有要求时。

7.2.2 型式检验项目及检验方法按第 5 章的规定。

7.3 例行检验的规定

对于正常生产,即除 7.2.1a)~b) 规定以外的产品,可仅进行例行检验。例行检验项目及检验方法按第 6 章的规定。

8 标志和说明

8.1 一般规定

8.1.1 每台燃料电池堆上都应有必要的标志牌或标签,标志牌或标签上标志的内容应清晰、耐久。所标志的符号、代号及其颜色都应符合有关标准和法规的规定。

8.1.2 标志牌和标签应可靠固定,应保证在燃料电池堆整个寿命期内不致脱落。尤其是金属或带有金属层的复合箔制作的标志牌和标签,更应防止因其脱落而造成带电部分之间的短路或发生接地故障。

8.2 铭牌

燃料电池堆上应有铭牌。铭牌应可靠地固定在易于观察到的部位。

铭牌标志至少应包含:

- a) 制造商名称或注册商标;
- b) 产品型号;
- c) 标准编号;
- d) 生产日期代码或可查询生产日期的序列号。

8.3 连接件的标志

如果由于连接件的连接错误可能导致不安全,则应当给出识别标志。如果电气接头有极性之分,或有接地端子与接地连接线,都应以标明。

8.4 警示标志

存在危险的部位应使用警示标志,例如:

- a) 触电危险;
- b) 高温;
- c) 易燃气体或液体;
- d) 腐蚀性介质(如果有的话);
- e) 有毒介质(如果有的话)。

如果存在高电压时,在燃料电池堆上应设置“高压、操作前放电”的警示牌。

8.5 给用户提供的技术文件

8.5.1 一般要求

燃料电池系统的集成、安装、操作和维护所必需的燃料电池堆的信息应以图样、表格、说明书的形式给予说明。除非系统制造商和燃料电池堆制造商另有协议,否则电池堆制造商应为每个燃料电池堆提供这些技术文件。

应向燃料电池系统集成制造商提供以下信息:

- a) 符合 4.2 规定的通用安全措施;
- b) 燃料和氧化剂的种类,可用的燃料和氧化剂种类;(包括气体成分、杂质含量等)
- c) 燃料和氧化剂气体的最高和最低供气压力及允许最大工作压力差;
- d) 在额定及最大功率下燃料和氧化剂的消耗量;
- e) 燃料最大泄漏速率;
- f) 最大窜气速率(包括燃料腔对氧化剂腔和燃料腔与氧化剂腔对冷却剂腔);
- g) 燃料和氧化剂供气的允许温度;
- h) 最高排气温度;
- i) 典型排放物;
- j) 运行和存储时周围环境的温度和湿度范围;
- k) 运行时允许的海拔范围;

注:输出功率有赖于氧的浓度,在高海拔地区运行时可能降低性能。

- l) 允许的冲击和振动水平；
- m) 电池堆的正常运行温度,允许的最高和最低运行温度；
- n) 最高表面温度；
- o) 冷却剂种类和品质；
- p) 冷却剂入口和出口温度规定值；
- q) 冷却剂供给压力和流量范围；
- r) 吹扫要求；
- s) 尺寸和重量；
- t) 电气输出定额(额定电压、额定电流、额定功率、开路电压、满载电流时的端电压)；
- u) 最大过载电流和过载时间；
- v) 使用的外购元器件型号；
- w) 接地点的位置；
- x) 使用寿命的相关信息。

8.5.2 安装指南

安装指南应对燃料电池堆的安装和固定,电气线路、燃料管路、氧化剂管路、冷却系统管路的连接,给出清晰、详细的说明。

安装指南应包括：

- a) 装卸、运输和存储；
- b) 安装前的准备；
- c) 安装方位(向上或向下等)；
- d) 固定方法；
- e) 输气管路和冷却剂管路的连接方法；
- f) 电路和传感器的连接方法；
- g) 注意事项和禁止的操作；
- h) 安装图。

8.5.3 安装图

安装图应给出安装燃料电池堆的准备工作所有必需的信息。

安装图应清晰地标出所附的器材、线缆、软接管件和其他安装物件的类型和推荐安装位置。对所需的各种保护设备的选型、特性、额定值和设定值的必要数据应予以说明。

燃料电池堆和用户配套的相关设备之间的连接管路、底板或支撑件的尺寸、型式和用途应予以详细说明。

必要时,图中应说明燃料电池堆搬运或维修所需的空问。另外,应提供连接图表,给出所有外部连接的完整信息。

8.5.4 操作手册

技术文件中应包含操作手册,详尽地说明燃料电池堆正确启动和使用的程序,对安全措施和可能出现的不正确操作应予以特别提醒。

当燃料电池堆编程运行时,应提供程序设计的详细资料、必要设备、程序校验以及随之而来的、必要的安全规程的详细信息。

操作手册应包含：

- a) 启动和操作规程；
- b) 操作顺序；
- c) 检测频次；
- d) 正常和紧急关机规程；

- e) 储存要求；
- f) 注意事项和禁止的操作；
- g) 自然环境(如振动烈度、冲击强度、大气污染物等)信息。

8.5.5 维护手册

技术文件应包含维护手册。维护手册应详尽地说明调试、维修和预防性检查、修理的要求和时间间隔。应详细说明正确操作的确认方法(如软件测试程序)。

维护手册中最好还应包括维修记录。

燃料电池堆制造商还应对零部件和元器件的处置和再生利用加以说明。

8.5.6 零部件清单

为保障用户燃料电池堆的正常运行、预防性维护或故障检修,零部件清单至少应包含定购的备件或备品(如组件、装置、软件,试验设备,技术文件)的必要信息。

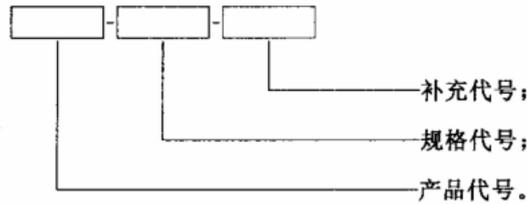
零部件清单应列出以下各项:

- a) 技术文件中所用的参考资料名称；
- b) 备件或备品的型号、名称；
- c) 供应商和可供选择的供应商；
- d) 备件或备品一般特性。

附录 A
(资料性附录)
产品型号编制办法

A.1 产品型号的构成

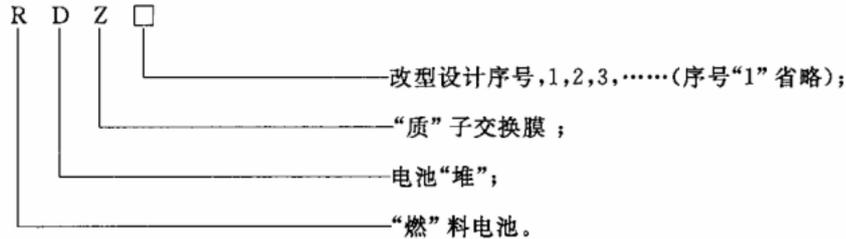
燃料电池堆的产品型号通常由产品代号、规格代号和补充代号三部分组成,每一部分之间用分隔符“-”分开。产品型号的编制除宜按 A.2 的规定外,其他代号可由燃料电池堆制造商自行确定。产品型号的含义宜在说明书中说明。



A.2 产品型号的要求

A.2.1 产品代号

产品代号一般用汉语拼音字母和阿拉伯数字表示,汉语拼音字母一般用大写字母,具体含义如下:



A.2.2 规格代号

规格代号用数字、字母和分隔符“/”表示:第一段为额定功率,1 kW 及以上的规格,用千瓦数加字母“K”表示,1 kW 以下的规格,用瓦数表示;第二段为额定电压,以伏特数表示。

A.2.3 补充代号

补充代号由制造商自行确定,但应在说明书中加以说明。

A.2.4 型号示例

示例 1 表示额定功率为 1.5 kW、额定电压为 220 V 的燃料电池堆;示例 2 表示额定功率为 50 W、额定电压为 40 V 的燃料电池堆:

示例 1:RDZ-1.5 K/220;

示例 2:RDZ-50/40。

注:示例 1 和示例 2 仅仅用于表示型号的构成,并不表示燃料电池堆的标准规格。