|  |  |
| --- | --- |
| ICS 17.080 |  |
| CCS K 82 |  |

四川省地方标准

DB51/T XXXX—XXXX

DB51

分布式电站用低温质子交换膜燃料电池

系统技术规范

Technical Specification for Low Temperature Proton Exchange Membrane Fuel Cell System for Distributed Power Station

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX-XX-XX发布

XXXX-XX-XX实施

四川省市场监督管理局  发布

目次

[前言 II](#_Toc54608088)

[1 范围 1](#_Toc54608089)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc54608090)

[3 术语和定义 2](#_Toc54608091)

[4 基本要求 2](#_Toc54608092)

[5 安全要求 4](#_Toc54608092)

[6 基本功能 7](#_Toc54608092)

[7 试验要求 8](#_Toc54608092)

[8 标志、包装、运输与贮存 9](#_Toc54608092)

[附录A （规范性）系统范围与边界示意图 11](#_Toc54608093)

[附录B （规范性）高原试验 12](#_Toc54608093)

[附录C （规范性）可靠性和耐久试验 [14](#_Toc54608093)](#_Toc54608093)

1. 前言

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

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由××××厅/局提出、归口并解释。

本文件起草单位：东方电气集团东方锅炉股份有限公司、东方电气（成都）氢能科技有限公司、xxx。

本文件主要起草人：李欣、陆青青、孔红兵、刘煜、谢光有、高启予、xxx。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

1. 本次为首次发布。

分布式电站用低温质子交换膜燃料电池系统技术规范

* 1. 范围

本文件规定了分布式电站用低温质子交换膜燃料电池系统的术语和定义、基本要求、安全要求、基本功能、试验要求、标志、包装、运输与贮存等技术规范要求。

本文件适用于以氢气为燃料的分布式电站用低温质子交换膜燃料电池系统（low temperature proton exchange membrane fuel cell system，以下简称LT-PEMFC发电系统），系统额定电输出功率不小于50kW。

* 1. 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/T 191 包装储运图示标志

GB/T 20042.1-2017 质子交换膜燃料电池 第1部分：术语

GB/T 20626.1-2017 特殊环境条件 高原电工电子产品 第1部分：通用技术要求

GB/T 24549 燃料电池电动汽车 安全要求

GB/T 24554 燃料电池发动机性能试验方法

GB/T 27748.1-2017 固定式燃料电池发电系统 第1部分：安全

GB/T 27748.2-2022 固定式燃料电池发电系统 第2部分：性能试验方法

GB/T 27748.3-2017 固定式燃料电池发电系统 第3部分：安装

GB/T 28816-2020 燃料电池 术语

GB/T 2894-2008 安全标志及其使用导则

GB/T 29123-2012 示范运行氢燃料电池电动汽车技术规范

GB/T 29729-2022 氢系统安全的基本要求

GB/T 31036-2025 质子交换膜燃料电池备用电源系统 安全

GB/T 36544-2018 变电站用质子交换膜燃料电池供电系统

GB/T 36545-2023 移动式电化学储能系统技术规范

GB/T 4208-2017 外壳防护等级（IP等级）

GB/T 5338.1-2023 系列1集装箱 技术要求和试验方法 第1部分：通用集装箱

GB/T 5080.4-1985 设备可靠性试验 可靠性测定试验的点估计和区间估计方法（指数分布）

GB/Z 44116-2014 燃料电池发动机及关键部件耐久性试验方法

GB 18384-2020 电动汽车安全要求

GB/T 2408-2021 塑料 燃烧性能的测定 水平法和垂直法

QC/T 29106-2014 汽车电线束技术条件

GB/T 16895.3-2017 低压电气装置 第5-54部分：电气设备的选择和安装 接地配置和保护导体

GB/T 755-2019 旋转电机 定额和性能

GB/T 17045-2020 电击防护 装置和设备的通用部分

GB/T 21697-2022 低压配电线路和电子系统中雷电过电压的绝缘配合

GB 50057-2010 建筑物防雷设计规范

GB/T41134.1-2021 电驱动工业车辆用燃料电池发电系统 第1部分：安全

GBT 33979-2017 质子交换膜燃料电池发电系统低温特性测试方法

GB/T 16935.1-2023 低压供电系统内设备的绝缘配合 第1部分：原理、要求和试验

GB/Z 43963-2024 确定额定电压在交流1000V以上至2000V，直流1500V以上至3000V间设备的电气间隙、爬电距离的数值以及对固体绝缘要求的指南

* 1. 术语和定义（确定英文）

GB/T 20042.1及GB/T 28816界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

分布式电站 distributed power station

在用户所在场地或靠近用电负荷中心的地点建设，接入配电网或用户内部电网，以就地消纳为主，单站容量相对较小（通常在数十兆瓦及以下），采用可再生能源、清洁化石能源或多能互补等方式发电的设施。

低温质子交换膜燃料电池系统 low temperature proton exchange membrane fuel cell system

用质子交换膜做电解质的燃料电池系统。

电效率 electric efficiency

燃料电池系统产生的平均净电功率和向燃料电池系统提供的总平均功率输入的比，规定以氢气低热值（LHV）计算。

功率响应时间 power response time

从电功率输出指令发送的开始时刻到电输出功率达到稳态设定值且稳定在公差范围内的时间间隔。

待机状态 standby state

燃料电池系统处于不工作或不完全关闭且电力输出为零，燃料电池系统能够迅速切换到有可观电力输出的运行状态。

稳定状态 steady state

电功率输出维持相对恒定的状态。

注：可用电功率输出变化偏差不超过±2%来判断。

机柜 cabinet

安装燃料电池模块及其辅助器件的装置。

* 1. 基本要求
     1. 范围与边界

分布式电站用低温质子交换膜燃料电池系统主要由燃料电池模块、燃料储存（若有）及供应系统、空气供应系统、冷却液处理系统、热管理系统、电输出调节系统、自动控制系统、通风系统、辅助储能装置（可选）、照明及消防系统（可选）等部分组成，其范围及边界参见附录A。

* + 1. 环境条件
       1. 系统输出额定功率应在下述规定的环境条件之一为基准，并应在产品技术条件中说明：

a）海拔0m，环境温度20℃，相对湿度30%；

b）海拔2000m，环境温度15℃，相对湿度60%；

注：如果制造商有在其他环境条件（包括海拔高度、环境温度、相对湿度）下额定功率输出的规定，应在技术条件中明确。

* + - 1. 系统应能在下列环境条件下稳定输出功率并正常安全工作，使用环境条件应在产品手册中明确：

a）海拔高度范围：0~4000m；

b）环境温度范围：-30℃~45℃；

c）环境相对湿度范围：10%~95%，无凝露；

d）存放地点地面的承重能力需满足需求。

* + - 1. 制造商应规定系统运行的特殊环境条件，应包括以下因素：

a）系统能够正常运行的风力等级范围；

b）系统能够正常运行的降雨量等级范围；

c）是否可被安置在地震区及能够正常运行的地震等级范围；

* + 1. 外观与结构

系统的外观和结构应符合下列要求：

——设备表面应平滑光洁完整，无机械损伤，如无法避免，制造商应设置相关警示标识。接口触点无锈蚀，如有外露金属表面应进行防锈处理；

——设备的通信接口、电源接口、燃料接口、排放口等应有明确标识；

——设备机柜外表面油漆涂层应符合QC/T 484的规定，涂膜均匀，无裂纹和脱离；

——设备机柜通风口、孔洞、门、线缆端口等与外部环境相通部位应设置防止小动物进入的设施；

——设备机柜门（若有）应向外侧打开，开启角度宜不小于110°，柜门应设置锁具和限位装置；

——设备与地面支撑点宜选用螺栓固定，螺栓固定点与设备柜体的非功能性导电导体可靠连通；

——设备内电堆、零部件、电气件等支架与固定部件应具备可靠连接和缓冲限位，满足运输的振动要求；

——设备内含有爆炸性、可燃性、腐蚀性或有毒流体时，在设计过程中应采取适当的预防措施并对取样点与出口处进行标识；

——设备柜体尺寸相对于标称值的偏差应满足表1的要求。

1. 外形尺寸偏差（单位为毫米）

| 产品外形尺寸范围 | 尺寸偏差 |
| --- | --- |
| ≤6000 | ±5 |
| ＞6000 | ±10 |

* 1. 安全要求
     1. 氢气安全
        1. 燃料供应

LT-PEMFC发电系统应被设计成能在给定的燃料的限定成分、压力范围和供应方式下正常运行。在用户手册中制造商应规定用于LT-PEMFC发电系统的燃料限定成分、压力范围和供应方式。

* + - 1. 燃料切断与输送

a）对于室内安装,可触及的手动关闭阀应位于室内或在LT-PEMFC发电系统上游18m之内；对于安装在防火房间内，关闭阀应安置于室外，可在房间内安装第二关闭阀，用于维护；

b）管道、阀、减压阀或其他设备应安置在免受物理损害的地方；

c）气体探测系统应设定成在25%LEL时报警,在50%LEL时联锁关闭LT-PEMFC发电系统的燃料供应。

* + - 1. 通风及排气

无论系统安装环境室内还是室外，均应设有通风和排气系统，并满足以下要求：

a）空气进气口和出气口位置应不受其他废弃物、气体和污染物影响，避免固体、灰尘、水、冰或雪的结块影响其通风能力；

b）系统排气口或燃料处理区域的排气口，包括安全阀出口，应远离点火源，不影响建筑物的采暖、通风、空调进气口、窗户、门和其他建筑物开口；

c）系统在正常运行时出于安全考虑需要配置强制通风装置，并提供一个控制联锁装置，在通风失效的情况下，可发出警告及/或关闭LT-PEMFC发电系统；

d）通风系统进风口、排风口应设置在能排出可燃气体，且不产生气流短路和排风死角的位置；

e）氢气浓度探测器应装置在设备最高位置，当设备柜体内氢气浓度达到爆炸下限的5%LFT时，应能自动启动通风系统将机柜内气体进行释放；当氢气浓度达到10%LFL时，应自动停止LT-PEMFC发电系统的运行，切断氢气供应并断开直流开断设备。

* + - 1. 材料、管道及部件

a）与氢直接接触的材料充分考虑材料可能出现的腐蚀、氢脆、疲劳、磨损等情况，并选择具有阻燃性及环境友好材料；

b）管道及相关接头与配件在设计、制造时应具有足够强度以保证正常工作以防止意外泄露；

c）氢气压力容器应符合GB/T 150.1-2011、GB/T 31036-2014中的相关规定；反应器、热交换器、减压装置等压力设备应符合相关设计、制造和检验规范及标准；

d）系统需通过搭接、接地及选择适当的材料等方式消除静电，必要时需安装人体静电释放装置；

e）氢气阀门应满足系统设计的工作压力、温度和流体特征等设计需求进行选型，且在系统关闭、运行、试验、维护、故障或紧急情况下能立即反应或响应控制要求，避免失常。

* + 1. 电气安全
       1. 电气间隙和爬电距离

a）电气间隙

——直流1500V及以下按照国标GB/T 16935.1-2023要求，1500V以上按照国标GB/Z 43963-2024要求；

b）爬电距离

——直流1500V及以下按照国标GB/T 16935.1-2008要求，直流1500V以上按照国标GB/Z 43963-2024要求。

* + - 1. 绝缘强度

按照国标GB/T 19826-2014要求，各独立电路与地(即金属框架)之间的绝缘电阻≥1MΩ，无电气联系的各电路之间的绝缘电阻≥10MΩ。

* + - 1. 电气过载

按照国标GB/T 27748.1-2017要求，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10min内保持不变。在此过程中，系统不应出现起火、震动、破裂、断裂、永久变形或者其他物理损坏的危险。

* + - 1. 等电位连接和保护接地

若系统内部存在工作电压为B级电压（电压≥60VDC或30VDC）的部件，系统应具有工作地和保护地，且应有明显标志。

1. 内部等电位保护连接应采用以下连接方式之一：

——通过金属部件可靠接触；

——通过使用时不会被拆卸的其他导电部件连接：

——通过专用等电位保护连接导体连接；

——可接触导电部件通过等电位保护连接到外部保护接地极的电阻不超过0.1Ω。

1. 外部保护接地导体：

——系统应配有专用的接地装置，接地电阻不应大于4Ω；

——接地端子的螺栓和接地线应有足够截面，接地螺栓最小直径应符合GB/T 16895.3-2017中542.3的相关规定，接地导线截面积应符合GB/T 755-2019的相关规定。

* + - 1. 电击防护

系统中所有电气装置、系统或设备应符合GB/T 17045-2020中7.2规定的Ⅰ类设备的要求。电压等级定义参考表2。

1. 电击防护中电压等级定义

| 电压区段 | | 交流（V） | 直流（V） |
| --- | --- | --- | --- |
| HV |  | ＞1000 | ＞1500 |
| LV |  | ≤1000 | ≤1500 |
| ELV | ≤50 | ≤120 |

a）防护方法参考标准GB/T 17045-2020的相关规定执行，包括基本防护、故障防护、加强防护、附加防护；

b）雷击防护方法参考GB/T 21697-2022、GB 50057的要求，当外部环境不能为箱式装置提供防雷保护时，箱式装置应设置防雷保护装置；

c）燃料电池站内的配电柜、配电箱等配电设备电源进线侧需装设与电子器件耐压水平相适应的电涌保护器；

* + 1. 机械安全
       1. 结构稳定性

LT-PEMFC发电系统的结构稳定性应满足以下要求：

a）系统应具备一定的抗振动、碰撞与冲击能力，保证正常使用（若有）、运输和储存过程中产生的振动、碰撞与冲击不会影响系统的正常使用，不会导致氢气泄露、燃烧保证等危险情况发生；

b）系统厢体内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；

c）系统需安装防振设施来避免振动和冲击产生的不良影响（包括设备本身产生的，以及物理环境产生的）。

* + - 1. 机械强度

a）系统厢体应具有足够的强度、刚性、耐用性、耐腐蚀性及其他物理性能，以确保在运输、存储、安装、最终使用地区的工作环境条件下，支撑和保护所有系统管路和部件；

b）系统厢体进行强度和刚度核算，结果应符合GB/T 5338的规定；

c）系统厢体在进行吊装或叉举过程中，底架形变量不大于底架长度的0.25%，柜体不出现涂层开裂、脱离等异常情况；

d）系统内部及外部所有制造部件，包括接头、排气口、垫片、密封圈等，应能承受整个系统在使用寿命中可预见的物理、化学、低温和热状态的影响。

* + - 1. 防护等级

LT-PEMFC发电系统的防护等级应满足以下要求：

a）系统厢体的防护符合GB/T 4208中IP54防护等级的规定；

b）电气接口及工业用插头插座的防护等级符合GB/T4208中IP65的规定。

* + - 1. 表面防护

系统运行过程中设备表面可触及部分的允许温度不应超过70℃。必要时制造商应采取措施，如在人员易接触部位设备外壳、操作杆、把手、旋钮等表面安装防护罩或保护装置以避免因高温而导致的风险和伤害。

* + 1. 控制与保护

系统在设计时应同时考虑控制策略保护及保护性部件以应对可能导致系统非正常运行的情况发生，系统部件的单一故障应确保不会升级为危险情况。

* + - 1. 启动与停机

a）仅当所有防护装置均已到位且起作用时，系统才能启动；

b）可采用适当的联锁装置，以保证正确的顺序启动；

c）系统停机功能应具备紧急停机、正常停机、非正常停机，根据系统运行状态及客户需求进行相应的反应，停机后终止系统运行的同时，均应自动切断氢气的供给。

* + - 1. 紧急停机

a）紧急停机为系统控制功能之一，无论系统处于何种运行模式，紧急停机具有第一运行权；

b）紧急停机开关启动后，在没有复位的情况下系统不能重新启动；

c）紧急停机应在不产生新危险情况下阻止危险发生，紧急停机的复位不能导致任何危险情况发生；

d）手动紧急停机装置应易于辨别并能迅速接触，在执行过程中不应受到其他妨碍。

* + - 1. 保护功能与装置

a）系统应配置可靠的安全保护装置，如压力开关类限压装置、气体探测器、强排风扇等应可适用于燃料电池系统并符合相关设计规范，其设计、安装应可靠，满足维护和试验要求；

b）系统应有足够的监控设备，如指示器、报警器等，可自动或手动操作以保持系统正常运行；

c）在制造阶段应已设置好或调节好所有燃料电池系统部件，需用户或安装及维修人员对其进行操作时应在产品手册进行详细说明。

* 1. 功能要求

本规范要求LT-PEMFC发电系统具备的基本功能，包括但不限于启停机、并离网切换（若有）、功率控制、报警与保护、运行信息监测、数据显示和存储、通信等。

* + 1. 启停机

LT-PEMFC发电系统应具备启停机功能，该功能应满足以下要求：

a）具备启停机控制功能，能够根据控制开关或指令实现系统的启机和停机；

b）具备急停功能，能够在紧急情况下通过急停按钮控制停机并自动切断氢气的供给；

c）具备自启动功能，能够在无外接电源情况下正常运行。

其中，启动能力应包括以下内容：

——在环境温度大于-30℃情况下，应能在3次启动过程内成功启动；

——在环境温度下限情况下，应能在30min内完成LT-PEMFC发电系统的启动，包括热机过程；如有必要可配置低温启动装置。其他条件下，按产品技术条件规定；

——启动成功后至少5min内，应具备带额定功率负载工作的能力。

* + 1. 并离网切换

并离网型LT-PEMFC发电系统应具备并离网切换功能，能够按照设定条件由并网运行模式转入离网运行模式，并建立频率和幅值稳定的交流电压，能够按照上级指令由离网运行模式转入并网运行模式，并满足功率指令要求。意外失电情况下，系统由并网运行模式切换为离网运行模式的时间不大于10ms。

* + 1. 功率控制

LT-PEMFC发电系统应具备输出功率控制，能够根据控制模式或接收的功率控制指令，实现功率的连续平滑调节，并满足以下要求：

a）应能按额定功率连续输出稳定电能（达到设定功率后稳定在±2%的范围）至少4h以上；

b）应能具备一定的电气过载能力，系统功率输出为额定功率的110%时，系统应能正常运行10min。

* + 1. 报警与保护

LT-PEMFC发电系统应具备异常和故障的报警和保护功能，该功能应满足以下要求：

a）具备报警功能，报警信息包括报警名称、报警内容、报警时间及确认状态，按照时间顺序排列，系统应能自动发出报警信号，通过通信接口将报警信息传送到近端、远程监控设备，并具备声/光等警示及手动/自动应急处理措施；

b）报警内容应具备负载过载、氢气泄露、燃料电池模块故障、辅助储能装置故障、DCDC模块故障、供氢压力高/低、系统输出电压高/低、环境温度高/低、短路、超温等；

c）保护功能应具备禁充禁放保护（可选）、过电流过电压保护、超温保护、氢气浓度过高保护、氢气压力过高或过低、短路保护、通信故障保护、火灾报警与保护、温控系统故障保护等。

* + 1. 运行信息监测

LT-PEMFC发电系统应具备运行信息的实时监测控制功能，包括以下内容：

a）燃料电池模块的电压、电流、温度、供氢压力等信息，以及工作状态、报警和故障等信息；

b）燃料储存（若有）系统的氢气总容量、剩余氢气容量、氢气储存压力等，燃料供应系统的燃料压力、温度（可选）等信息；

c）冷却液处理系统的温度、电导率（可选）等信息，液冷热管理系统应具备冷却液漏液监测功能；

d）电输出调节系统的输出电压、输出电流、输出功率、运行状态和故障等；

e）设备内可燃气体浓度、消防系统的烟感温感信息，以及报警信号等信息。

* + 1. 数据显示和存储

LT-PEMFC发电系统应具备数据显示功能，能够存储系统运行状态、时间及事件记录等信息。

* + 1. 通信

LT-PEMFC发电系统通信功能应满足以下要求：

a）应具备对外通信接口，实现设备数据传输功能；

b）可采用以太网、RS-485、控制器局域网（CAN）等通信接口，支持CAN、MODBUS等通信协议，且具备一个输出硬接点接口；

c）应具备独立的通风系统、照明及消防系统（可选）的通信接口。

* 1. 试验要求

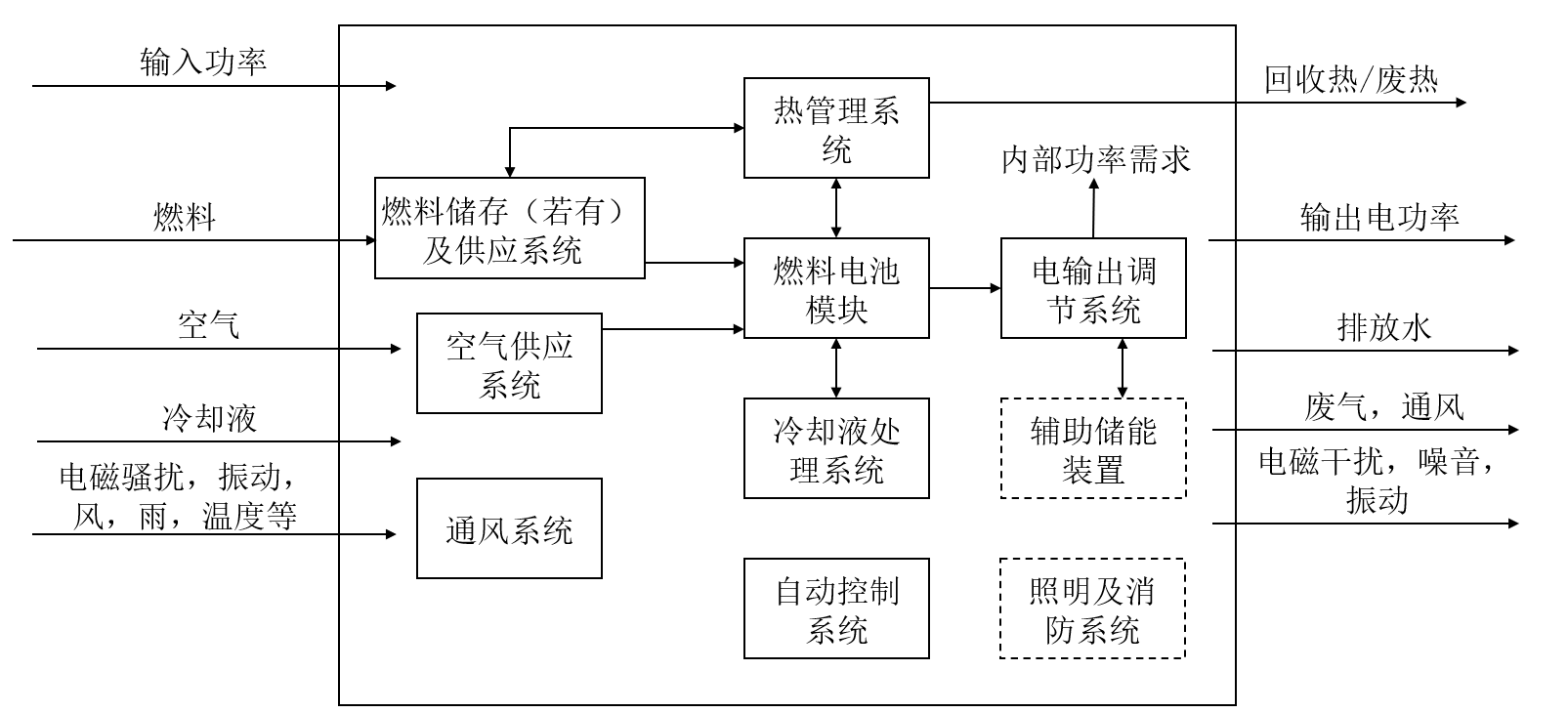
分布式电站用低温质子交换膜燃料电池系统型式试验、出厂试验和现场试验的项目应符合表4的规定。

1. 分布式电站用低温质子交换膜燃料电池系统试验项目

| 序号 | 试验项目 | 型式试验 | 出厂试验 | 现场试验 | 试验内容 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 外观及结构检查 | √ | √ | √ | 参照 4.3 外观与结构 |
| 2 | 尺寸检查 | √ | √ | √ | 参照 4.3 外观与结构 |
| 3 | 电功率及效率试验 | √ | √ | √ | 参照GB/T 27748.2 2022 固定式燃料电池发电系统 第2部份：性能试验方法 |
| 4 | 绝缘电阻试验 | √ | √ | √ | 参照GB 18384-2020 电动汽车安全要求 |
| 5 | 气密性试验 | √ | √ | √ | 参照GB/T25319-2010中5.1.1的规定进行燃料电池系统的气体泄漏试验 |
| 6 | 电/热功率响应特性试验 | √ | √ | √ | 参照GB/T 27748.2 2022 固定式燃料电池发电系统 第2部份：性能试验方法 |
| 7 | 开关机特性试验 | √ | √ | √ | 参照GB/T 27748.2 2022 固定式燃料电池发电系统 第2部份：性能试验方法 |
| 8 | 废气排放实验 | √ | √ | √ | 参照GB/T 27748.2 2022 固定式燃料电池发电系统 第2部份：性能试验方法 |
| 9 | 噪声试验 | √ | √ | √ | 参照GB/T 27748.2 2022 固定式燃料电池发电系统 第2部份：性能试验方法 |
| 10 | 电气过载试验 | √ | √ | √ | 参照6.3 功率控制 |
| 11 | 低温试验 | √ | - | - | 参照GB/T 33979-2017 质子交换膜燃料电池发电系统低温特性测试方法 |
| 12 | 高原试验 | √ | - | - | 参照附录B（规范性）高原试验 |
| 13 | 防护等级试验 | √ | - | - | 参照GB/T 4208-2017 外壳防护等级（IP代码） |
| 14 | 可靠性和耐久试验 | √ | - | - | 参照附录C（规范性）可靠性和耐久试验 |
| … | … | … | … | … | … |

* 1. 标志、包装、运输与贮存
     1. 标志
        1. 应在箱壳体表面可以轻易看到的统一位置铸出商标与制造厂标记，标识大小应统一，根据箱体尺寸自行确定。
        2. 系统表面需设有安全标志，应至少包含当心触电、当心火灾、当心中毒、未经许可不得入内、禁止烟火、注意通风、必须戴安全帽等，安全标志牌的要求应符合GB 2894的规定。
        3. 标识或铭牌应至少包括以下内容，其他具体要求应符合供应商或制造厂商要求。

1. 产品名称及型号；
2. 制造厂商及日期；
3. 重量及尺寸大小；
4. 额定功率、电压及电流范围；
5. 氢气系统：气瓶数量、材质及总容量（如有）；
6. 产品编码或二维码等。
   * + 1. 标识应便于识读、不易变形及磨损，且回收时能清楚识别内容，同时保证标识不易脱落。
       2. 对于粘贴的标识应使用耐磨损、耐腐蚀的介质承载，确保标识能长期保持字迹清楚、坚固耐久。
     1. 运输与贮存
        1. 制造商应规定系统运输与贮存的环境温度、相对湿度范围等特殊要求。
        2. 系统在运输过程中不允许磕碰、倒置，必要时应采取有效的防沙尘、防雨雪侵入和防寒措施。
        3. 包装应根据需要能水路运输、铁路运输和汽车运输。
        4. 系统应贮存在通风、干燥、防雨、防晒的库房内，不得与易燃品、化学腐蚀品同库存放。当贮存于0℃以下的低温环境或环境温度突变时，需吹干氢气、空气、冷却剂管路的残余水分以及系统表面上的凝露，以防造成系统损坏。
        5. 系统按照产品技术条件规定的贮存期和方法贮存应无损，必要时应进行定期的巡视和检查。
8. （规范性）  
   系统范围与边界
   1. 分布式电站用低温质子交换膜燃料电池系统范围与边界可参照图A.1。



* 1. 分布式电站用低温质子交换膜燃料电池系统范围与边界示意图

1. （规范性）  
   高原试验
   1. 试验条件要求

LT-PEMFC发电系统在高原试验前应已按照按照本标准要求完成：气密性测试、绝缘电阻试验、电功率及效率试验、电/热功率响应特性试验、开关机特性试验并检验合格，同时应满足制造商技术文件规定。

* 1. 测试方法

1. LT-PEMFC发电系统置于环境舱或试验室中，依据海拔要求设定环境舱或者试验室的温度、压力、湿度（参照表B.1），并保证LT-PEMFC发电系统在完成设定的环境中至少放置10min。
2. LT-PEMFC发电系统开展气密性测试和绝缘电阻试验。
3. LT-PEMFC发电系统进行热机，热机过程结束后，回到LT-PEMFC发电系统最低功率点运行10 s；按照制造商规定方式加载到预设工况点，每个工况点运行不少于3min，完成工况测试后，按照制造商规定方式执行停机过程。如在某海拔工况下无法达到系统预先确定的工况点，则加载到最高稳定功率，该海拔工况测试结束。

表B.1 海拔对应大气压力、稳定、湿度参数推荐表

| 海拔/m | 年平均大气压力/kPa | 年平均温度/℃ | 相对湿度/RH% | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 最湿月月平均最大 | 最干月月平均最小 |
| 0 | 101.3 | 20±5 | 95、90 | |
| 1000 | 90.0 | 20±5 | 95、90 | |
| 2000 | 79.5 | 15±5 | 90 | |
| 3000 | 70.1 | 10±5 | 90 | |
| 4000 | 61.7 | 5±5 | 90 | |
| 5000 | 54.0 | 0±5 | 90 | |

* 1. 数据处理

不同海拔下LT-PEMFC发电系统的功率衰减率按照公式B.1计算

⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅ (B.1）

式中：

——LT-PEMFC发电系统功率衰减率；

——0m海拔高度下LT-PEMFC发电系统额定功率，单位为千瓦（kW）；

——不同海拔高度下LT-PEMFC发电系统额定功率，单位为千瓦（kW）。

不同海拔下LT-PEMFC发电系统的效率衰减率按照公式B.2计算

⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅ (B.2）

式中：

——LT-PEMFC发电系统效率衰减率；

——0m海拔高度下LT-PEMFC发电系统额定效率，单位为千瓦（kW）；

——不同海拔高度下LT-PEMFC发电系统额定效率，单位为千瓦（kW）。

1. （规范性）  
   可靠性和耐久试验
   1. 试验条件要求

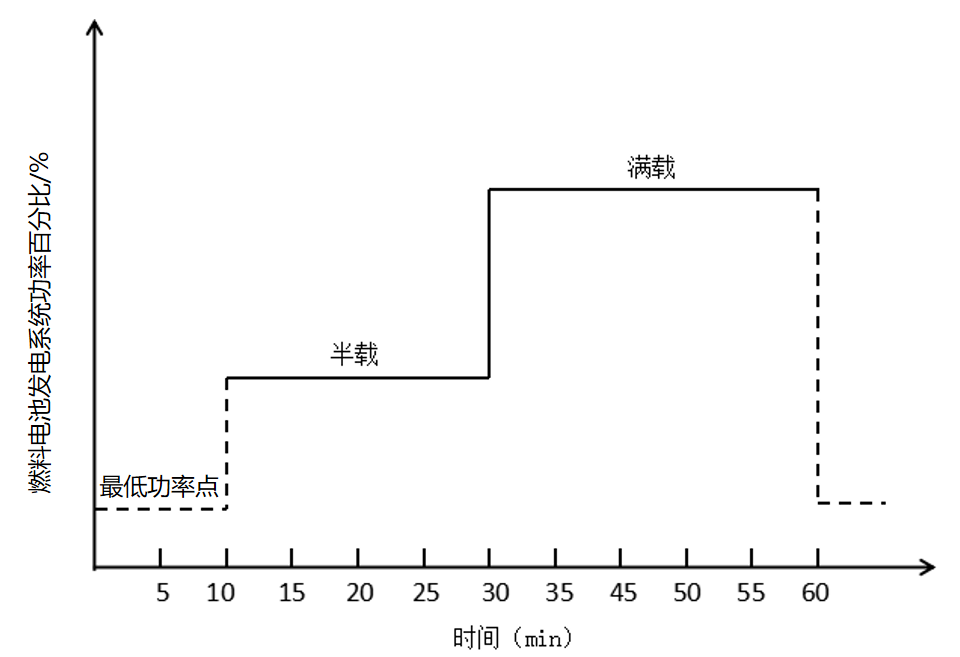
测量LT-PEMFC发电系统要求：尽可能保证被测系统完整性的原则，确保能够实现LT-PEMFC发电系统各项性能和功能，在外接氢源和起动电源条件下能够正常工作，且与实际使用状态一致。试验样本数量可根据制造商要求选择1-3台LT-PEMFC发电系统进行试验。

* 1. 测试方法

LT-PEMFC发电系统可靠性故障测试工况可根据制造商应用场景自行选择，或者参考推荐测试工况进行试验，累积运行时长不低于1000 h。

* 1. 推荐测试工况

1. 试验方法如下：
2. LT-PEMFC发电系统进行热机，热机过程结束后，回到LT-PEMFC发电系统最低功率点运行10 s；
3. 按照下述规定的循环工况进行加载，包括最低功率点、半载（50%PE）、满载（100%PE）工况，见图C.1和表C.1；
4. 至此完成一个循环，历时60 min，共进行1000个循环，运行持续时间1000 h，并记录数据。



图C.1 LT-PEMFC发电系统循环工况加载阶段图

表C.1 推荐测试工况点（1个循环）

| 序号 | 工况点 | 测试时长（min） |
| --- | --- | --- |
| 1 | 最低功率点 | 10 |
| 2 | 半载（50%PE） | 20 |
| 3 | 满载（100%PE） | 30 |

* 1. 试验终止条件

试验过程中，达到以下任意一项条件则终止试验：

——LT-PEMFC发电系统在额定工况下电功率输出无法达到 90%PE；

——LT-PEMFC发电系统出现故障且必须更换关键部件（燃料电池堆、空气压缩机、氢气循环 系统、空气或氢气的增湿器、冷却泵、控制器等）后才能修复；

——LT-PEMFC发电系统累计运行时间超过设计寿命的10%，且不少于1000 h时。

——其他导致试验无法进行的情况。

* 1. 数据处理

C.5.1　使用寿命

根据所记录的LT-PEMFC发电系统可靠性试验前和试验后，试验中LT-PEMFC的平均节电压衰减率，按公式C.1计算：

*⋅⋅*⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅ (C.1）

式中：

——LT-PEMFC发电系统的电堆平均节电压衰减率；

——可靠性试验前LT-PEMFC发电系统的电堆平均节电压，单位为伏特（V）；

——可靠性试验后LT-PEMFC发电系统电堆平均节电压，单位为伏特（V）；

——可靠性试验时间，单位为小时（h）。

LT-PEMFC发电系统的工作寿命，按公式C.2计算

⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅ (C.2）

T——LT-PEMFC发电系统使用寿命计算值，单位为小时（h）；

C.5.2　平均无故障时间（MTBF）

平均无故障时间（MTBF）可通过公式C.3进行计算。

*⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅*⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅⋅ (C.3）

式中：

——可靠性试验时间，单位为小时（h）；

——LT-PEMFC发电系统在可靠性试验过程中故障次数；

——自由度为2r+2，置信水平为90%的分布值，或者采用制造商规定的置信水平，分布系数可参考表C.2。

表C.2 分布表

| 自由度 |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 2 | 0.103 | 4.605 | 5.991 |
| 4 | 0.711 | 7.779 | 9.488 |
| 6 | 1.635 | 10.65 | 12.59 |
| 8 | 2.733 | 13.36 | 15.51 |
| 10 | 3.94 | 15.98 | 18.31 |
| 12 | 5.226 | 18.55 | 21.03 |
| 14 | 6.571 | 21.06 | 23.69 |
| 16 | 7.962 | 23.54 | 26.3 |
| 18 | 9.39 | 25.99 | 28.87 |
| 20 | 10.85 | 28.41 | 31.41 |