

ZJSEE

浙江省电力学会标准

T/ZJSEE XXXX-YYYY

氢电耦合综合能源站运行维护安全操作 导则

Guidelines for safe operation and maintenance of hydrogen-electric coupling
integrated energy station

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

浙江省电力学会 发布

目 次

前 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 操作的执行依据	2
5 基本要求	2
5.1 操作人员的基本要求	2
5.2 运维人员的基本要求	3
5.3 设备管理的基本要求	3
6 全站控制系统	3
6.1 状态定义	3
6.2 投入运行	4
6.3 退出运行	5
6.4 运行维护	6
6.5 安全要求	7
7 水电解制氢系统	7
7.1 状态定义	7
7.2 准备工作	8
7.3 启动运行	9
7.4 运行维护	9
7.5 停车操作	10
7.6 运行维护项目	11
7.7 安全要求	12
7.8 异常情况处理	12
8 储氢系统安全操作	13
8.1 状态定义	13
8.2 准备工作	13
8.3 启动运行	15
8.4 增压操作	16
8.5 设备停运	16
8.6 运行维护	18
8.7 安全要求	18
9 燃料电池系统	19
9.1 状态定义	19

9.2 准备工作	19
9.3 设备运行	20
9.4 运行维护	20
9.5 安全注意事项	23
9.6 紧急停机	23
10 电气系统安全操作	24
10.1 电气操作原则	24
10.2 状态定义	24
10.3 准备工作	25
10.4 设备操作	25
10.5 安全要求	27
11 现场两票管理	27
12 事故应急处理	28
12.1 基本要求	28
12.2 氢气泄漏事故处理	28
12.3 氢气燃烧事故处理	29
12.4 碱液泄露事故处理	29
12.5 火灾事故处理	30
附录 A (规范性附录)	错误!未定义书签。

前 言

本标准按照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》的要求和规定，确定导则的组成要素。

本标准按照国家、行业现行的相关法律、法规、标准、规范等要求和规定进行编制。。

本标准（或本部分或本指导性技术文件）由浙江省电力学会提出并解释。

本标准（或本部分或本指导性技术文件）起草单位：国网杭州供电公司、国网台州供电公司、浙江省电力设计院、国网浙江电科院、杭州意能电力技术有限公司

本标准（或本部分或本指导性技术文件）主要起草人：卢炜、樊立波、来益博、屠永伟、斯建东、郭锋、蒋建、郁丹琦、吴兆顺、牟传强、潘一帆、田汉霖、李剑、蒋吕兴、赵文浩、徐旭、程斌、张叶、吴启亮、皇甫伟钢、倪夏冰、徐越飞、吴小欢、王丽群

本标准（或本部分或本指导性技术文件）首次发布（或本标准×年×月首次发布，×年×月第一次修订，×年×月第二次修订）。

氢电耦合综合能源站运行维护安全操作导则

1 范围

本导则规定了浙江省内氢电耦合综合能源站的全站控制系统、水电解制氢系统、储氢系统、燃料电池系统以及站内电气系统的运行维护和安全操作的相关要求，并规定了事故应急处理流程。

2 规范性引用文件

下列文件对于本导则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导则。凡是不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本导则。

GB 4962	《氢气使用安全技术规程》
GB 12014	《防护服装 防静电服》
GB 21146	《个体防护装备职业鞋》
GB 50177	《氢气站设计规范》
GB 50235	《工业金属管道工程施工及验收规范》
GB 50516	《加氢站技术规范》
GB/T 29729	《氢系统安全的基本要求》
GB/T 19774	《水电解制氢系统技术要求》
GB/T 24499	《氢气、氢能与氢能系统术语》
GB/T 34583	《加氢站用储氢装置安全技术要求》
GB/T 34584	《加氢站安全技术规范》
GB/T 34872	《质子交换膜燃料电池供氢系统技术要求》
GB/T 37562	《压力型水电解制氢系统技术条件》
GB/T 37563	《压力型水电解制氢系统安全要求》
DL/T 755	《电力系统安全稳定导则》
DL/T 800	《电力企业标准编制规则》
Q/GDW11 1452	《浙江电网侧电化学储能电站运行维护规程》

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 氢电耦合综合能源站

通过水电解制氢、瓶(罐)储氢，以氢气用于燃料电池发电上网，作为循环发电电源和调峰电源的新型储能电站。

3.2 站控系统

为氢储能站综合控制系统，系统的远程控制和通讯范围包括制氢系统、储氢系统、燃料电池系统，气体泄漏和火焰检测报警系统及能量管理系统等，满足各种运行状况的需求。

3.3 水电解制氢系统

由水电解槽及其附属设备、管道及其附件、箱体等共同构成的水电解制氢系统。

3.4 储氢系统

主要由氢气压缩机、储氢瓶（罐）、氢气放散管、压力管道及安全附件，控制单元等设备和相应的安全技术措施组成。

3.5 氢燃料电池系统

主要由氢气进出口、氢燃料燃料电池堆、DC/DC 变换单元、直流配电单元、安全附件及控制监测系统组成。

3.6 DC/DC 变换器

表示将直流电路中将一个电压等级的电能变换为另一个电压等级的电能转换装置。

3.7 储氢系统设备

在氢储能站的储氢系统中用于充装、运行高压氢气的压力设备，包括储氢压力容器和氢气压缩机。

3.8 储氢压力容器

在氢储能站中用于充装高压氢气且安装在固定位置的装置，包括无缝式储气瓶储氢装置和储氢罐储氢装置，简称压力容器。

3.9 无缝式储气瓶储氢装置

用于充罐高压氢气，由单个或多个钢质无缝管式储气瓶、管道、阀门、安全附件等组成且安装在固定位置的装置。

3.10 储氢罐储氢装置

用于充罐高压氢气，由单个或多个储气罐、管道、阀门、安全附件等组成且安装在固定位置的装置。

3.11 短期停运

指氢储能站各系统的设备因客观原因不能实现其应有功能的状态，停运至启时间在 12 个月以内的停运。

3.12 长期停运

指氢储能站各系统的设备因客观原因不能实现其应有功能的状态，停运至启时间在12个月以上的停运。

4 操作的执行依据

4.1 属于调度管辖范围设备的操作应根据值班调度员指令执行。

4.2 非调度管辖范围设备的操作应根据氢电耦合综合能源站运行负责人指令执行。

4.3 设备发生直接威胁人身、电网、设备安全的紧急情况时，操作人员有权立即进行事故处理操作解除危险，并立即报告。

5 基本要求

5.1 操作人员的基本要求

5.1.1 操作人员应接受必要的安全生产知识教育培训，掌握有关规章制度和安全操作规程，熟悉作业场所和工作岗位存在的危险因素，防范措施以及事故应急措施。

5.1.2 操作人员应接受有关设备使用培训，具备相关单位认证的操作资质（含相应的特种设备操作人员证），熟知设备的使用操作要求和流程，并严格按照设备操作规程进行操作。

5.1.3 操作人员应确认所使用的设备功能正常、状态良好，不得使用存在安全隐患的设备。

5.1.4 操作人员应确认安全工器具在试验周期内，符合规范要求。

5.1.5 操作人员上岗时应穿符合 GB12014 规定的阻燃防静电工作服和符合 GB21146 规定的防静电鞋，且应配戴必要的个人防护装置。

5.2 运维人员的基本要求

5.2.1 氢电耦合综合能源站运维工作应按照分级负责的原则管理，严格落实各级人员责任制。

5.2.2 氢电耦合综合能源站运维工作应严格执行标准化作业卡，细化工作步骤，工作前严格审核，工作中逐项执行，工作后责任追溯，确保作业质量，并做好痕迹化管理。

5.2.3 氢电耦合综合能源站巡视工作前应先通过监控系统确认现场设备无威胁人身安全的异常状态和告警。巡视检查应至少两人进行，不应越过安全遮拦或围栏。

5.2.4 运维人员进入电池室或电池舱等密闭空间前，应先进行 15 分钟以上的通风。

5.2.5 氢电耦合综合能源站应定期开展例行巡视、全面巡视、专业巡视和特殊巡视。

5.2.6 运维人员应具备相关专业技术能力，对制氢、储氢、燃料电池等重要设备以及暖通、消防、安防等辅助设施等进行定期检测维护。

5.3 设备管理的基本要求

5.3.1 要求设备安装符合 GB50177-2005《氢气站设计规范》、供电、供气系统稳定、整个工艺系统整洁，稳固，排污沟畅通。

5.3.2 运行单位应在岗位操作规程中明确提出储氢站设备的安全操作要求以及突发事件处理方案。对突发事件的处理应符合 GB/T29729 的有关规定。

5.3.3 运行单位应逐台建立设备维护保养记录，并且由其管理部门统一保管。

5.3.4 开车前确保无人在进行设备检查和维修工作，运行时非操作人员不得靠近，不得随意接触设备。

5.3.5 防止站内氢与氧、氢与空气混合，设备的动火作业应实行企业安全部门主管书面审批制度，未经安全部门主管书面审批不得擅自作业。

5.4 安全与消防的基本要求

5.4.1 运行单位应定期检查站内可燃气体检测报警系统，各检测报警装置及仪器应定期进行检测，并由有资格的检测单位进行检测和提供相应的资质报告。

5.4.2 运行单位应定期检查站内紧急切断系统、机械排风系统等与可燃气体检测报警系统的连锁控制。

5.4.3 运行单位应定期检查站内消防给水系统，检查消防灭火器材是否在保质期内，并检查火灾信号与站内紧急切断系统的连锁控制。

5.4.4 运行单位应定期检查站内中央监控和数据采集系统等核心单元的不间断备用电源，确保备用电源保持供电时间不低于 60min。

6 全站控制系统

6.1 状态定义

6.1.1 正常运行状态

是指装置的等式和不等式约束条件均满足。能对氢储能站现场的运行设备及仪表进行数据采集、显示、控制、测量、运行参数调节及设定值报警信息采集监控，实现对氢储能站现场设备的集中监视管理和自动控制。

6.1.2 不正常运行状态

是指装置的所有等式约束条件均满足，部分的不等式约束条件不满足，但又不是故障的工作状态。

6.1.3 故障运行状态

是指在氢储能站现场的设备运行过程中，由于意外、机械故障、误操作、设计制造缺陷等原因发生欠压、超压、超温、气体泄漏、火灾等故障，从而切断主要设备电源、关闭重要管道阀门。

6.2 投入运行

6.2.1 基本要求

6.2.1.1 站控系统在检修后，应由检修人员向运行值班人员详细交待工作内容，讲明设备变动情况和特殊要求，并在检修工作交待本上详细写明，检修人员、操作人员双方复核无误后签字。

6.2.1.2 根据整定单核对继电器定值无误，否则立即通知检修人员纠正。

6.2.1.3 凡新投入或二次回路经过变更的保护装置，在设备启动或充电时，将该系统的保护全部投入使用，方向元件应短接，带上负荷后，分别将保护暂时停用，由继电保护人员测量检验保护回路接线正确，确定具体使用条件后再视系统需要投入运行。

6.2.2 投入运行前的检查

投入运行前需检查上位机界面制氢系统、储氢系统、燃料电池系统、站控系统的各类指示无异常，具体检查项目见表1。

表A.1 投入运行前的检查项目表

系统	内容	结果
制氢系统	电源无故障	合格
	设备无故障	合格
	控制单元设置为“远方”	合格
储氢系统	电源无故障	合格
	设备无故障	合格
	控制单元设置为“远方”	合格
燃料电池系统	电源无故障	合格
	设备无故障	合格
	控制单元设置为“远方”	合格
	发电并网条件满足	合格
站控系统	二次回路上已无人工作，工作票已收回	合格
	拆开的二次回路线头已经接回原处	合格
	控制柜上的装置外壳已盖好，且已全部铅封	合格

	保护装置的整定值符合规定	合格
	各继电器元件、压板及试验部件和小开关应在正常位置，各指示灯、表计、显示面板指示正常，无异常报警	合格
	应用高内阻电压表或万用表测量跳闸压板两端电压，无电压后方可投入压板	合格
	应有继电保护人员“可以投入运行”的书面交代	合格
其它	检查室内消防设施齐全，符合要求	合格
	检查防小动物挡板完好	合格
	室内通风装置开启运转正常，室内无异味	合格
	门窗关闭严密，玻璃完整；房屋无渗、漏水现象	合格
	控制室无积灰，无妨碍运行的杂物	合格

6.2.3 投入操作顺序

- 6.2.3.1 先投入交流电源，再投入直流电源，检查、确认继电器的触点处于正常位置，信号灯与仪表指示正确，接通信号压板。
- 6.2.3.2 启动制氢系统，观察制氢系统出口氢气纯度及储氢系统压力变化情况。
- 6.2.3.3 确认制氢出口氢气纯度合格，储氢瓶（罐）压力低于启动允许值后，方可启动储氢系统。
- 6.2.3.4 确认储氢瓶（罐）输出压力高于启动允许值，方可启动燃料电池系统。
- 6.2.3.5 确认燃料电池运行状态良好后，方可发电并网。

6.2.4 投入时的检查

操作人员应时常监控设备运行情况，并进行画面切换，监控到每台运行设备。观察各数据的变化是否在规定的范围内，检查站控系统的状态显示画面与现场是否相符：

- a) 检查各远传设备运行参数是否正常；
- b) 检查各报警信号是否正常；
- c) 检查阀门开关状态是正确；
- d) 检查设备运行状态显示是否正确。

6.3 退出运行

6.3.1 正常退出操作顺序

- 6.3.1.1 先停止制氢系统，同时观察储氢系统压力变化情况。
- 6.3.1.2 待储氢系统压力稳定后，方可停止储氢系统。
- 6.3.1.3 退出发电并网系统，最后再停止燃料电池系统。
- 6.3.1.4 退出信号压板，先关闭直流电源，再关闭交流电源。

6.3.2 紧急停止

设备操作人员在工作过程中，如发现异常情况，可通过站上设置的ESD紧急停止按钮进行干预。紧急停止按钮分为一级紧急停止和设备级紧急停止。当启动一级紧急停止按钮，则全站设备停止运转。当启动设备级紧急停止按钮，则此设备停止运行，不干预其它设备运行。

6.3.2.1.1 火焰报警

当火焰探测器探测到火焰信号时，火焰检测报警控制器自动启动声光报警，同时向站控系统发出报警信号，站控系统接收到的火灾报警信号经操作人员确认后（自动模式下无需操作人员确认自动切除），应立即启动一级紧急停止按钮，切断站内所有氢气管线阀门，停止所有设备运行，同时启动站内消防系统。

6.3.2.1.2 氢气泄露检测

当氢浓度检测超过0.4%时，站控发出声光报警，根据站控系统提示的氢气泄漏区域，立即启动事故排风风机，同时立即派有关人员检查现场情况和设备运行状态，确认事故位置及安全风险。当氢浓度检测超过1%时，站控发出报警，经操作人员确认后（自动模式下无需操作人员确认自动切除），应立即启动一级紧急停止按钮，切断站内所有氢气管线阀门，停止所有设备运行，同时启动站内消防系统。

6.3.2.2 当确认站控系统有误动的可能时，遇有下列情况之一，应立即启动一级紧急停止按钮，将站控系统保护装置停用：

- a) 站控系统工作异常，可能发生误动或已发生误动时；
- b) 站控系统的保护装置有可能引起设备误动时；
- c) 其它专用规程中所规定的条件。

6.4 运行维护

6.4.1 装置正常运行后，操作人员应注意观察装置的运转情况，并按规定的参数条件进行观察，定期记录数据：

a) 制氢系统数据：包括水电解槽出口氢侧/氧侧压力和压力差、电解液温度、出口氢氧浓度、氢氧分离器的液位等。

b) 储氢系统数据：包括氢气压缩机进气/排气压力、排气温度、冷却机排气温度、供油管路压力氢气、主机振动速度、排水温度、隔膜检测压力、累计运行时间、压缩机曲轴箱油温、储氢瓶（罐）压力等。

c) 燃料电池系统数据：包括系统输出电压/电流、辅助储能模块电压、燃料电池模块输出电压/电流、燃料电池模块入口氢气压力、燃料电池模块温度、环境温度等。

6.4.2 定期确认屏柜内元件无过热现象，接线端子无松动、氧化现象，各元件标志、名称齐全。

6.4.3 定期确认屏柜门关闭良好，开关自如，无锈蚀，接地良好，屏柜体和柜门用软铜导线可靠连接。

6.4.4 定期确认屏柜内防火封堵完好。

6.4.5 定期清扫机柜滤网和通风口，保持清洁，保证进风顺畅。

6.4.6 定期检查电子设备室、工程师室和控制室内的环境指标是否符合技术规范要求。

6.4.7 定期对电源模件进行检测，更换模件电池。

6.4.8 定期进行站控系统组态和软件、数据库的备份。

6.4.9 每次保护装置动作后，值班人员应准确记录保护信号情况，核对无误后，方可复归信号；当发生故障，保护人员只有判明情况，且有两人在场，并得到值长同意后，方可复归信号；禁止一边处理事故，一边复归信号。

- 6.4.10 保护装置必须在打印出完整的故障报告后，方可关停直流电源；若保护发生误动，应尽可能保持原状，联系检修人员检查处理。当保护装置配置的打印机发生异常，而保护装置本身无异常时，不必停用保护装置，应及时联系检修人员处理。
- 6.4.11 运行中系统发生故障时，装置自动打印动作报告，如未自动打印应及时查看打印记录报文，分析动作结果是否正确，将打印结果送报调度部门分析事故及及备案。
- 6.4.12 运行中装置的某一通道异常时，对应方向的监控措施停用，通知检修人员处理。
- 6.4.13 运行中若告警灯点亮，应向网调汇报，将该装置停运，记录告警信息并通知检修单位继电人员处理，此时禁止按复归按钮。
- 6.4.14 站控系统发生异常时，装置指示灯应有相应显示，并报出告警信息。一些异常会造成保护功能闭锁。当系统装置发生异常后，现场应立即检查并记录装置指示灯与告警报文，根据信息内容判断影响范围和故障部位，采取有效防范措施，及时汇报和处理，必要时退出相应的保护功能。
- 6.4.15 站控系统装置报警后，即时分析对系统做出必要调整使系统恢复正常工作状态。若报警后经调整不能纠正并恢复正常工作的，按程序要求停机。操作人员应及时与检修人员联系，并向值长汇报，紧急情况下可先将站控系统全部或部分停用，事后立即汇报。

6.5 安全要求

- 6.5.1 正常情况下，任何设备不允许无保护运行。站控系统投入或退出运行，必须根据调度或值长的命令执行，并经技术总监批准。
- 6.5.2 现场应重视、分析和处理运行中反复出现并自行复归的异常告警信息，防止因设备缺陷带来安全隐患。
- 6.5.3 装置投入运行后，严禁触摸装置的带电部位、插拔设备或插件，严禁随意按动面板上的按键，严禁进行开出传动、修改定值、固化定值、装置设定、改变装置在通信网中地址等操作。
- 6.5.4 运行中继电保护和自动装置的铅封不得擅自打开，并不得更改、变动整定值，整定值的更改由检修人员执行。
- 6.5.5 运行中更改定值的原则步骤：
- 核定调度命令或定值通知单上的原定值与实际值不相符；
 - 解除保护压板，由继电保护人员按新定值进行调整；
 - 调整后应由检修人员书面交代，操作人员测量出口压板两端无电压后，投入压板；
 - 运行中更改定值或变动保护压板位置后，当班运行人员必须作好记录。
- 6.5.6 不得将对讲机等电子设备靠近机柜，以免对全站控制系统信号传输产生干扰。
- 6.5.7 禁止带入电脑病毒，全站控制系统和工程师站上不应安装任何其他第三方软件，U盘须专盘专用。
- 6.5.8 禁止将茶水、饮料等饮品置于操作台上，以防液体倾倒造成电脑等电器设备短路。

7 水电解制氢系统

7.1 状态定义

7.1.1 调试状态

制氢系统安装完毕或长时间停置，开车前需按照流程进行设备检查、对各部分清洗、进行气密性检验、电解液配置等系列操作过程。

7.1.2 正常运行状态

制氢系统在启动后，通过远程或就地控制开启碱液内循环，调节整流柜输出电流控制出气量的操作过程。

7.1.3 检修状态

停车后确保制氢系统卸压完成、电源已切断、现场做好安全措施，后续人员进场进行设备检修。

7.2 准备工作

7.2.1 制氢系统安装完毕或长时间停置，开车前需要对各部分设备进行全面检查，如表 2 所示。

表A.2 制氢系统设备检查项目表

设备	内容	结果
上位机	用户按照自己的级别登入系统	合格
	站控系统已启动，界面显示正常	合格
	制氢系统的视频监控系统已启动运行	合格
	制氢系统的氢气泄漏和碱液泄露报警装置已启动运行	合格
	控制系统网络连接可靠、信号接收正常	合格
电解槽	电解槽正负极连接正确，铜排连接牢固	合格
	电解槽表面杂物清扫干净	合格
	槽体各部绝缘良好，外壳接地牢固可靠	合格
管道、阀门及附件	管路、管件等各部件连接良好、阀门位置正确	合格
	各阀门、法兰及支撑点连接牢固可靠	合格
	阀门开关灵活、严密、无渗漏	合格
水电气	整流变压器、整流控制柜已处于备用状态	合格
	电路检查，现场确认电源指示灯亮	合格
	水路检查，进出口压力、温度正常	合格
	气路检查，控制柜内部气管接头无漏气现象	合格
其他	周围干净整洁，无杂物，现场运行环境符合要求	合格
	各报警点是否灵敏可靠	合格
	消防设施、器材是否完备，处于备用状态。	合格
	设备标示牌、铭牌齐全	合格
	后处理框架、水箱碱箱功能完备	合格

7.2.2 制氢系统所用原料需满足要求，其中氢氧化钾需符合 GB/T2306《化学试剂 氢氧化钾》，原料水需符合 GB/T19774《水电解制氢系统技术要求》，冷却水需符合 JB/T5903-96《水电解制氢设备》，吹扫使用氮气的含氧量需小于 1%。

7.2.3 原料水出水水质应满足：电阻率 $\geq 5\text{M}\Omega\cdot\text{CM}$ (25℃)；铁离子含量 $< 1.0\text{mg/L}$ ，氯离子含量 $< 2.0\text{mg/L}$ ，悬浮物 $< 1.0\text{mg/L}$ 。

7.2.4 制氢系统启动前需进行系统吹扫，用压缩空气清除管道系统中的残留杂物，吹扫的顺序应按主管、支管、疏排管依次进行，吹扫压力不得超过容器和管道的设计压力，当排气口 5min 内无铁锈、尘土、水分及其它杂物是视为吹扫合格。

7.2.5 经过吹扫合格后，关闭系统所有外连阀门，打开系统内所有阀门，向系统充入氮气至指定压力，并保压 24 小时，检查系统有无泄漏，气密性试验合格后，缓慢卸压，卸压完毕后关闭相应阀门。

7.2.6 清洗水箱、碱箱，并将原料水箱充满水，打开相对应的阀门，启动碱液泵，将原料水打入到制氢框架及电解槽中，切换阀门至碱液内循环工作，循环清洗系统后停泵，打开相应的阀门将水排净，重复上述步骤直至排出的原料水洁净无污，视为系统内部的容器和管路清洗合格。

7.2.7 检查电解电源直流电压范围为 0.6~1.05 倍电解槽额定电压，电压纹波小于 2%，直流电流大于 1.1 倍电解槽额定电流，电压、电流调节误差小于 1%。

7.2.8 检查罐体和管路是否漏水，检查 PLC 控制和数据记录界面是否正常，检查循环水进口温度是否在规定范围内。

7.3 启动运行

7.3.1 氮气置换操作顺序

7.3.1.1 制氢系统在初始运行、设备停车检修后投入运行，需使用氮气对装置设备内气体进行置换。

7.3.1.2 检查氮气管道系统压力，检查碱液内循环回路阀门开关正确，氢气三通阀处于排空档。

7.3.1.3 先打开氮气管阀，再打开框架充氮阀

7.3.1.4 关闭框架充氮阀，打开氢氧调节阀进行系统卸压，卸压过程保持两侧液位平衡。

7.3.1.5 氮气置换需 3 次以上，防止末端残留余气，直至系统含氧量小于 1%。

7.3.2 电解槽操作顺序

7.3.2.1 确定保压阀、氢氧气旁路阀、排污截止阀、放空阀、分析仪取样阀都为关闭状态。

7.3.2.2 冷却水进水管路压力表、温度计上的压力、温度显示正常。压力变送器及差压变送器无报错，显示正常。

7.3.2.3 接通整流柜及控制柜电源及控制柜气源，并使控制柜处于正常工作状态。

7.3.2.4 整流柜一般设置为远控、稳流，整流柜设置在稳流档。

7.3.2.5 设定好碱液运行温度、系统初始压力及初始电流，启动碱液泵。

7.3.2.6 开启冷却水进口阀以控制槽温，同时开启氢、氧分析仪的取样阀，分析氢、氧气纯度。

7.3.2.7 整定循环碱温的给定值后，可逐步提高工作压力给定值，在保持直流电压稳定下提高直流电流至额定运行电流。

7.4 运行维护

7.4.1 定期记录制氢系统仪器仪表所显示的数据，如表 3 所示。

表A.3 制氢系统日常运维记录表

类别	内容	数值
压力 (MPa)	水电解槽出口氢侧压力	
	水电解槽出口氧侧压力	

	氢气压缩机入口压力	
	储氢瓶（罐）压力	
温度（℃）	电解槽进口碱液温度	
	电解槽出口碱液温度	
	氢气压缩机冷却水出口温度	
气体浓度	水电解槽出口氢气浓度	
	水电解槽出口氧气浓度	
其他	氢氧分离器的液位	
	电解槽运行的电流值	
	碱液循环泵出口流量	

7.4.2 根据用氢量的需要情况，及时调节整流柜的输出电流，可以进行微机远程控制调节或者手动调节，在电流手动调节过程中，对电位器旋转时不宜过猛，以防产生过流故障损耗元器件。

7.4.3 注意观察电解槽有无出现密封不良渗碱或气体纯度下降，遇到上述缺陷应及时消除。

7.4.4 定期检查冷却系统，如发现换热效果不佳，应对换热器及冷却水质进行检查。

7.4.5 保持电解槽和其他设备的整洁、干净，设备接口、管件、阀门及仪表等应加强检查。

7.4.6 通过调节阀调节碱液循环量时，宜注意循环量大小，经调整后正常运行情况下不再进行调整，碱液过滤器必须定期清洗。当氢、氧分离器温度差大于7℃，或槽温与分离温度差30—40℃时，也应清洗过滤器。

7.4.7 经常观察水箱内有无除盐水以及冷却水流量是否正常。定期分析除盐水的电阻率，应满足使用要求。

7.4.8 在正常运行状态下，操作人员应经常观察设备运行情况，遇到异常情况应及时停机处理。

7.5 停车操作

7.5.1 在控制柜上，将补水泵启动开关置于手动档，液位连锁转换开关置于连锁消除档。

7.5.2 切断分析仪电源，分析气样流量调至零。关闭氢、氧侧旁通阀，将氢氧两侧的二位三通气动球阀切换至排空状态，使氢、氧两侧液位基本保持平衡。

7.5.3 调循环碱温给定为零。待槽温降至50℃以下时，开氢氧排空阀，使给定压力缓缓降至零，使系统卸压至零。

7.5.4 碱液泵继续运行1-2小时后停泵。切断电源、气源、冷却水之后，可关各阀，停车完成

7.5.5 如需排出系统内剩余氢气，通过卸压通入氮气进行置换，置换时升压和降压交替进行4-5次，以保证置换干净。

7.5.6 水电解制氢设备如停车时间超过半年以上时，应将电解槽内碱液抽出，并使之充满蒸馏水。

7.5.7 系统检修前准备好必要的备品配件和专用工具，卸掉系统压力，并用测氢表测定系统气体中的含氢量。

7.5.8 清洗过滤器应在停机时进行，首先关闭过滤器进出口球阀，缓慢打开排污阀，将过滤器减压并排出其中碱液，然后拆下过滤器盖，取出滤芯用自来水冲洗干净，再用除盐水清洗一遍。装入过滤器，装好法兰盖，确认无泄漏即可使用。

7.5.9 长期停车时应定期启动循环泵,防止温度过低产生结晶堵塞通道。

7.6 辅助设备运行维护

7.6.1 制氢纯化单元

7.6.1.1 日常使用中需注意观察设备运行是否正常:如装置入口氢工作压力,系统调节的压力,脱氧和干燥器及 H₂ 冷却冷凝器后温度,再生气量等是否在规定范围内,并作好相关记录。

7.6.1.2 脱氧器,干燥器必须要先接通气后再加热升温,以免影响催化剂活性,强度。防止干烧。停车时必须切断电源。

7.6.1.3 吸附干燥器工作状态下决不能升温,否则纯化效果不好,甚至会出现大量水汽被送入纯气管路而污染产品气,影响使用或者使分析仪表中毒。

7.6.1.4 装置的气路系统必须保持良好的气密性,设备投运后,管接头和法兰垫片由于热胀冷缩,容易引起泄露,应着重检查。

7.6.1.5 装置运转时,不得中断冷却水和冷冻水,应经常检查各排凝水阀门是否处于正常工作状态。

7.6.1.6 电气温控系统必须保持正常工作,防止失控。

7.6.1.7 根据操作运行情况,可适当调整大切换的周期和加热控制的温度、时间。

7.6.1.8 使用氢气必须注意安全,废气应释放到室外,并要设置阻火器。车间要有良好的通风,严禁明火。

7.6.2 补水泵

7.6.2.1 维护传动箱、液压油箱托架体内应定期观察指定油位,不必过多但不得过少。润滑油和液压油应干净无杂质,并注意适时换油,其期限请按下表周期进行更换。

7.6.2.2 泵在运行中主要部位温度规定如下:电机允许最高温度为 70°C、传动箱内润滑油温度不得超过 65°C、填料箱温度不得超过 70°C。

7.6.2.3 泵运行 2000~3000 小时以后,应拆开检查内部零件,适当调整装配间隙进行检查和更换易损件。

7.6.2.4 泵若长期停用,应将液缸内的介质排净放干,并把表面清洗干净,外露加工表面需涂防锈油。存放期内泵应置于干燥处,并加罩遮盖。

7.6.2.5 在对计量泵进行任何维护以前,应停止设备运行,释放系统压力,关闭泵与系统相连的进出口阀门,维修期间要防止产生意外的任何行为。在电源开关处张贴告示,告知设备在维修中,运行中发现任何故障,立即切断电源。

7.6.3 纯水装置

7.6.3.1 短期停机方法适用于停机 5 天以上 30 天以下的反渗透系统,方法如下:用水冲洗反渗透系统,同时注意将气体从系统中完全排除,将膜壳及管路充满水,关闭相关阀门,每隔 5 天按上述方法冲洗一次。

7.6.3.2 长期停机用保护适用于停机 30 天以上的反渗透系统,方法如下:清洗系统中的膜元件,用反渗透产出水配制杀菌液冲洗反渗透系统,用杀菌液充满反渗透系统后,关闭相关阀门使杀菌液保留于系统中,此时应确认系统完全充满。

7.6.4 冷水机

7.6.4.1 冷冻水泵不可在水箱内无水的情况下运转:(盘管蒸发器机型水箱内装有水位保护,当水位太低时或水箱内无水时,水系会自动停止运行,并显示水位故障及发出报警仿号,壳管和板式蒸发器机型装有水流保护,当水管内水流不足时报警。)

7.6.4.2 电源操作开关请尽量避免连续切换:

7.6.4.3 冷冻水温度达到设定温度时,压缩机会自动停止运行,此属正常现象:控制温度应避免设定在5°C以下,防止冷冻介质在基发生器中结冰损坏机组:长期不使用本机,应把冷冻介质排放干净:(低温冷冻机要注意冷冻介质凝固点)

7.6.4.4 为确保制冷效果,保持最佳状态,请定期清洗冷凝器、蒸发器及水过滤器。

7.6.4.5 定期清洗冷凝器、蒸发器,使整机保持良好运转;

7.6.4.6 保持冷却塔清洁干净,定期清洗,冷却塔内不得有杂物及其它障碍物;

7.6.4.7 风冷式冷冻机请保持散热器表面清洁干净,并定期清洗,使机器保持良好的性能。

7.7 安全要求

7.7.1 制氢装置长时间停置(超过二个月)将电解液退回碱箱,并在系统液相充以原料水,气相空间充以氮气。

7.7.2 工作人员应严格遵守操作规程,经常保持制氢间通风良好,熟练使用测报仪,做好工作记录,对装置报警能正确熟练的判断和处理。

7.7.3 经常检查和保持制氢现场消防设备、设施、接地和避雷设施良好。

7.7.4 配制电解液要佩戴好防酸碱手套,防护面罩和眼镜,并备好2%的硼酸溶液以备不测。

7.7.5 操作,维护设备时,要注意保持整洁干净,手、衣物和设备表面不沾油脂,电解槽上无金属物落放并干燥清洁。

7.7.6 保持气源无油、无尘、干燥,维护的仪器仪表接触介质部位无油、无污。

7.7.7 定期应对全套装置检修一次(不拆电解槽),对电解槽进行大修时更换所有的石棉隔膜(或无石棉隔膜)和密封垫片。

7.7.8 装置运行时不得进行任何修理工作,如若进行修理应先停车,分析制氢间的氢气浓度是否低于爆炸极限,同时必须通氮气置换装置和管道中的氢气和氧气,分析合格方能焊接等维修。

7.7.9 严禁氢气、氧气由压力设备及管道内急剧放出,以免造成爆炸或火灾。氢气系统运行时,不准敲击,不准带压修理,严禁负压。

7.7.10 检修后用肥皂水或气体防爆检测仪检查氢、氧系统、管道、阀门是否渗漏,严禁使用明火检查。

7.8 异常情况处理

7.8.1 制氢系统具备自动安全控制功能,可以远程实时监测系统的安全状态,自动控制压力、流速等运行参数,检测到氢气泄露时,设备自动采取相应的安全措施,包括关闭截止阀、开启通风装置、关停设备等。制氢出现异常、故障或失灵时,报警装置及时报警。

7.8.2 发生以下情况之一应紧急停车:

- a) 站房内起火;
- b) 电解槽或碱液管路有大量碱液泄露;
- c) 气体管路有大量气体泄露;
- d) 主电源断电后的紧急停车;
- e) 其他危急制氢设备安全运行的紧急情况。

7.8.3 主电源断电引起的紧急停车操作顺序

7.8.3.1 迅速将整流控制柜电流调节旋钮反时针旋至零,并关上整流控制柜开关。

7.8.3.2 应有操作人员到制氢现场观察氢、氧两侧别离器的液位是否保持平衡,如发现两侧的液位差在增加,立即关闭调节阀后的手动阀门。

7.8.3.3 关氢、氧两侧在线分析仪电源开关及采取阀。

7.8.3.4 在工艺配电柜上关闭补水泵、碱液循环泵、整流控制柜电源开关，关闭冷却水阀门。

7.8.3.5 联系调度查明断电原因，如短时间能恢复供电，可按正常开车步骤开车，如长时间停电，需要在维持氢、氧分离器两侧液位平衡下手动卸压。

7.8.4 其他原因引起的紧急停车操作顺序

7.8.4.1 操作人员应迅速到制氢现场按下控制柜上的急停按钮。

7.8.4.2 发生碱液喷溅或大量气体泄露时，立即翻开氢、氧排空阀对系统卸压，注意不要急剧排放，打开门窗保证通风，人员远离泄漏点并上报。

7.8.4.3 发生火情时，用就地灭火器灭火，如火势较大需要同时关闭缓冲罐进口阀，可适当开启放空阀保证系统处于正压状态；当压力较低时需开启对应充氮阀向系统充氮；通知控制室切断制氢站所有电源并上报。

7.8.4.4 做好停车记录供事后分析处理，如属于设备故障，应联系厂家分析原因，排除故障经调试正常后方可投入使用。

8 储氢系统安全操作

8.1 状态定义

8.1.1 运行状态

储氢系统设备在启动后，工作压力、工作温度、氢气产量达到设计工况，并稳定运行，输出的氢气纯度检测合格。

8.1.2 停运状态

按计划 and 规定停运设备，切断设备各侧电源，关闭设备对应的阀门，必要时进行氮气吹扫置换等系列的操作过程。

8.2 准备工作

8.2.1 启动前的检查

储氢系统设备在安装完毕投入运行前或长时间停车，启动前需对各设备进行全面检查，如表 4 所示。

表A.4 储氢系统运行前的检查记录表

设备	内容	结果
运行控制系统	电源系统无故障	合格
	站控系统已启动，界面显示正常	合格
	储氢系统的视频监控系统已启动运行	合格
	储氢系统的氢气泄漏报警装置已启动运行	合格
	控制系统网络连接可靠、信号接收正常	合格
	氢气压缩机控制柜、启动柜等电源柜开关已处于热备	合格

	用状态	
氢气压缩机	所有阀门均处于合适的启闭状态	合格
	压缩机机身关键、单项阀、各阀门、水冷器等无异常	合格
	仪器仪表、注油器及曲轴箱油位正常	合格
	开启冷却水总管阀门，并调好各级冷却器冷却水的水量	合格
	进行盘车操作，确认压缩机无机械故障	合格
	电动机及压缩机曲轴的旋转方向正确	合格
	所有的安全联锁及安全保护装置均处于合适的操作状态	合格
	压力表的指针在回“零位”	合格
管道、阀门及安全附件	管路、管件等各部件连接良好、阀门位置正确	合格
	各阀门、法兰及支撑点连接牢固可靠	合格
	阀门开关灵活、严密、无渗漏	合格
	放散管的氢气出口畅通	合格
储氢压力容器	压力容器本体、接口(阀门、管路)部位、焊接头等无裂纹、过热、变形、泄漏、机械接触损伤	合格
	压力容器外表面无腐蚀，无异常结霜、结露	合格
	压力容器内部清洁，有无遗留工具、杂物	合格
	压力容器内部压力足够	合格
制氢系统	制氢系统运行正常，无故障报警	合格
	各在线仪表均处于良好备用状态	合格
	制氢系统氢气、氧气出口位置正确	合格
	制氢系统输出的氢气纯度	合格
其它	储氢系统设备周围干净整洁，无杂物，现场运行环境符合设计要求	合格
	消防器材设备完整，通风照明回路正常	合格
	设备的接地，管道、阀门各法兰盘之间跨接地线连接	合格

	应良好	
	设备标示牌、铭牌齐全	合格
	压力试验、气密性试验、气密性试验报告均合格	合格

8.2.2 吹扫置换

8.2.2.1 储氢压力容器、氢气压缩机及管道在初次运行前、检修动火作业前或长期停运前后，应采用纯度不低于 99.2% 的氮气进行吹扫置换，吹扫置换要求应符合现行国家标准《加氢站技术规范》GB 50516 的有关规定。

8.2.2.2 操作人员应着专用防护服装，佩戴防毒面具等防护用具。

8.2.2.3 吹扫置换时，必须与无关设备隔离，并严格禁油。

8.2.2.4 吹扫置换压力不得超过容器和管道的设计压力。

8.2.2.5 置换应彻底，防止死角末端残留余氢。

8.2.2.6 置换后的气体应通过排放管排放。

8.2.2.7 吹扫置换时，应缓慢开启吹扫装置减压阀前的截止阀，防止突然开启，因高压冲击使减压器失灵。

8.2.2.8 吹扫置换装置停止供气时，需全松减压器调节螺杆，低压表为零后，再关闭截止阀，不得使减压器长期受压。

8.2.2.9 置换结束后应取样分析，只有当氮气中氢含量不超过 2%（体积分数）或含氧量不超过 0.5%（体积分数）后，方可进行作业。

8.3 启动运行

8.3.1 储氢系统启动程序

8.3.1.1 合上储氢系统相关的控制柜、启动柜、操作箱等设备电源。

8.3.1.2 设置并确认站控系统为“远方控制”。

8.3.1.3 通过站控系统启动储氢系统设备。

8.3.1.4 待储氢系统设备逐渐增加负荷直至氢气纯度、工作压力、工作温度、氢气产量达到设计工况后，通过站控系统监控总流程图和工艺参数（温度、压力等）、阀门状态、设备运行状态、各位置的报警情况进行。

8.3.1.5 稳定运行后，确认现场仪表及设备的运行状态与站控系统一致。

8.3.1.6 确定氢气品质合格后，才能对外送气。

8.3.2 氢气压缩机开车程序

压缩机在最初开车、更换膜片后或检修后重新启动时，应按以下程序操作。且压缩机在开车时，应采取轻载荷启动方式。

a) 接通冷却水管路；

b) 打开油压表下的卸荷阀；

c) 当压缩机有回流管路时，应打开回流管路上的阀门；

d) 关闭进、排气管路上的切断阀，若进气压力低于 0.5MPa 时，无需关闭进气管路上的切断阀；

e) 当压缩机带独立油泵泵站时，启动油泵电机应待润滑油压力稳定后；

f) 启动电动机；

- g) 关闭油压表下的卸荷阀，待油缸油压达到设定值；
- h) 打开进、排气管路上的切断阀；
- i) 当压缩机有回流管路时，应关闭回流管路上的阀门；
- j) 检查油、气压显示仪表是否正常；
- k) 检查压缩机声响及振动是否正常。

8.4 增压操作

8.4.1 一般情况下，站控系统默认设置在自动模式，储氢系统设备通过站控系统自动增压。

8.4.2 当站控系统系统未设置自动模式时，应先确认储氢系统设备是否具备增压条件，制氢系统、储氢系统、燃料电池系统安全无故障，氢气压缩机进气口前端的储氢压力容器的压力在安全规定值范围内，方可启动压缩机进行增压操作。

8.4.3 当储氢系统设有顺控阀组时，应按高压到低压的顺序依次分级增压。启动压缩机，达到设定工作压力值后，停止对高压组增压，自动切换到中压组增压，达到中压组设定压力值后，停止对中压组增压，自动切换到低压组增压，当低压组达到设定压力值后，对不同组别的压力容器同时充气到工作压力设定值，充气完成后，压缩机自动停机。

8.4.4 增压操作结束后，检查储氢系统设备压力是否到达压力设定值。

8.5 设备停运

储氢系统设备要停运，必须清楚站控系统、制氢系统、燃料电池系统的运行工况，明确储氢系统设备停运目的、时长，编制的停运方案经有关专业部门审批后方可执行，且操作人员应进行相关记录。当储氢系统设备需停运前，应加装严密的堵板或关紧连接阀门，隔断停运设备部分与尚在运行中设备的相连。

8.5.1 正常停运

正常停运储氢系统压力容器，一般存在短期停运和长期停运两种情况，必须按要求执行。

8.5.2 短期停运

8.5.2.1 当储氢系统的压力容器需短期停运时，应通过站控系统依次停定制氢系统、储氢系统、燃料电池系统的设备，再停运氢气压缩机，关闭冷却水进排水管的阀门。

8.5.2.2 在环境温度低于 0 摄氏度以下停运时，应排净冷水机循环管线内所有存水及冷凝器内的存水。

8.5.3 长期停运

8.5.3.1 当储氢系统的压力容器需长期停运时，应先按照短期停车的第 8.5.1.1.1 条要求执行，完成后打开压力容器的放散排放氢气至放散管，待氢气压力排放至 0.1Mpa 后，打开置换阀进行氮气吹扫置换。

8.5.3.2 待氮气取样检测合格后，保持压力容器内微正压，同时关闭氮气置换阀和放散阀。

8.5.3.3 关闭冷却水的进水管，排净冷水机循环管线内所有存水，排净冷凝器内的存水。

8.5.3.4 排净冷水机循环管线内所有存水，排净冷凝器内的存水。

8.5.4 检修停运

对储氢系统设备进行检修前，应准备好必要的备品配件和专用工具。对运行中的设备进行检修时，应设专人监护，设置警告标志，且必须使用铜或镀铜工具，以防发生火花。

8.5.4.1 储氢压力容器

8.5.4.2 在检修压力容器前，应先关闭进、排气管路管路上的切断阀。

8.5.4.3 打开压力容器的放散阀排放氢气至放散管，待内部压力为 0.1MPa 后，打开置换阀进行氮气吹扫置换。

8.5.4.4 待氮气取样检测合格后，保持压缩机内部微正压，并关闭置换阀与放散阀。

8.5.4.5 氢气压缩机

a) 在检修压缩机前，应缓慢打开回路阀和放散阀，同时关闭排气阀，确保压缩机与系统隔离。压缩机泄压时，应从高压级逐级向低压级缓慢卸载压力至放散管。

b) 关闭压缩机进气管路上的切断阀，使压缩机在无负荷状态运转。

c) 关闭压缩机主电动机。

d) 当机内达到常温后，关闭油泵电机电源。

e) 待压缩机内部压力为 0.5MPa 后，打开置换阀进行氮气吹扫置换。

f) 待氮气取样检测合格后，关闭置换阀与放散阀，并保持压缩机内部微正压。

8.5.4.6 管道、阀门及安全附件

a) 在检修储氢系统的某个或某些管道、阀门、安全附件前，应先关闭检修设备对应的进、排氢气管道上相关联的切断阀等设备。

b) 打开待检修设备相关联的放散阀，将氢气排放至放散管。

c) 直至氢气压力为 0.1MPa 后，打开检修设备相关联的置换阀进行氮气吹扫置换。

d) 待氮气取样检测合格后，保持压缩机内部微正压，并关闭置换阀与放散阀。

8.5.4.7 放散管

a) 在检修压缩机前，应确认储氢系统各压力容器的没有进行氢气排放或氮气置换作业。

b) 确认储氢系统各压力容器至放散管的放散阀处于关闭状态。

c) 打开放散管上的氮气吹扫阀，对放散管进行氮气吹扫。

d) 待氮气吹扫完毕后，方可进行检修作业。

8.5.5 紧急停运

当操作人员在操作或巡视过程中，储氢系统设备发生紧急异常情况，操作人员应当立即采取应急措施，立即启动急停按钮，并采取相应的补救措施。同时向本单位有关部门和人员报告，并做好相关记录。

8.5.5.1 储氢系统设备紧急停运

当储氢系统出现以下情况之一时，且控制系统未启动报警功能停运设备的，应立即按下储氢设备区域的全站急停按钮，关停氢储能站全站设备：

a) 监测的空气中氢气浓度超过 1.0%；

b) 氢气压力超过/低于设定的安全值；

c) 氢气压力容器温度超过设计安全值；

d) 当相关人员误操作，会对人身及设备造成危害的任何情况；

e) 遇到火灾、地震、洪灾等直接威胁到氢储能站设备安全运行的。

8.5.5.2 氢气压缩机紧急停运

当氢气压缩机出现以下情况之一，且控制系统未启动报警停运设备时，应立即按下储氢设备区域压缩机急停按钮，关停压缩机，并立即打开压缩机回流阀和放散阀，关闭压缩机进出口阀：

a) 当压缩机有异常声响；

b) 压缩机曲轴箱油温温度超高；

c) 压缩机冷却排气温度超高；

d) 压缩机排气温度超高；

e) 压缩机排气压力超高；

- f) 压缩机隔膜检测压力超高;
- g) 出现其他不可预见的故障时。

8.6 运行维护

- 8.6.1 设备在运行中, 不应发生应力腐蚀、裂纹或氧腐蚀。
- 8.6.2 主要焊接结构的焊缝不得有气孔、夹渣和裂纹等缺陷。
- 8.6.3 镀件的镀层表面不得鼓包、起皮、局部无镀层和划伤等严重缺陷。
- 8.6.4 意连接部分的清洁, 防止杂物进入减压器。
- 8.6.5 储氢系统设备中的管道、阀门及水封等在寒冷和严寒地区出现冻结时, 应根据具体情况采取相应防冻措施, 应带面罩进行操作。禁止使用明火烘烤或使用锤子等工具敲击。
- 8.6.6 发现设备、管道因热胀冷缩产生的应力和位移, 应及时采取预防措施。
- 8.6.7 应实时监测压力容器或管路压力及温度。当储氢系统检测到压力容器或管路超过最高压力保护值或检测到温度高于最高温度保护值时, 应主动报警, 同时关断压力容器阀门停止供气。当压力容器欠压, 压力低于最低压力保护值时, 应主动关断阀件停止供气。
- 8.6.8 应实时监测氢气泄漏量。设备在运行中, 各管道接口应无漏氢现象。当发现减压器有损坏或漏气时, 应及时进行修理。当空气中的氢气含量达到 0.4% (体积分数) 时, 氢气检测报警仪应报警同时启动相应事故排风机; 当空气中的氢气含量超过 1% (体积分数) 时, 应停车检查。
- 8.6.9 应定期对压力容器的排污口进行排污, 排污周期应依据储氢系统氢气品质的在线监测或者取样检测的结果而定。
- 8.6.10 应定期对放散管的排污口进行排污处理, 防止放散管堵塞。
- 8.6.11 当压力波动范围超过设计压力 20% 的压力波动次数的储氢压力容器, 应实时监测和记录。
- 8.6.12 应定期检测压力容器的气密性。在 1.05 倍~1.1 倍额定工作压力下, 压力容器、焊接点、法兰、垫片、阀门及连接处可用中性发泡液检漏, 3 min 内所有检测点不能产生可见气泡或者泡沫, 或使用携带式可燃气体检测报警仪检漏。禁止使用明火进行漏气检查。建议每月一检。且气体检测报警仪应定期校验。
- 8.6.13 应定期取样检测氢气品质, 项目包括纯度、湿度、氧含量, 氢气中杂质的检测可参照现行国家标准《氢气 第 2 部分: 纯氢、高纯氢和超纯氢》GB/T3634.2 规定的方法检测, 气体样品的采样原则及一般规定应符合现行国家标准《气体化工产品采样通则》GB/T6681 规定。
- 8.6.14 应定期对安全阀及安全附件定期校验, 定期检验应符合现行国家标准《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG21 的有关规定。

8.7 安全要求

- 8.7.1 储氢系统设备禁止处于负压状态。
- 8.7.2 严禁设备超温、超压、欠压运行。
- 8.7.3 储氢系统设备运行时, 禁止敲击、带压维修和紧固。
- 8.7.4 不准在室内排放氢气。吹扫置换, 放散降压, 必须通过放散管排放。
- 8.7.5 当氢气发生大量泄漏或积聚时, 应立即切断气源, 进行通风, 不得进行可能发生火花的一切操作。
- 8.7.6 在开车或运行中发生报警或联锁停车时, 应查明原因, 严禁随意改变保护设定值或取消联锁。
- 8.7.7 手动开启或关闭压力容器的阀门时, 动作应缓慢, 避免气体快速流动摩擦静电引起火星和爆炸。
- 8.7.8 压力容器卸压操作时, 应防止排气门开度过大而引起摩擦起火等严重后果, 同时卸压到 0.2MPa 后停止卸压, 不能将罐体压力全部卸完, 否则会引起罐体内残留氢气与空气直接接触而产生起火爆炸等严重后果。

9 燃料电池系统

9.1 状态定义

9.1.1 冷态

燃料电池发电系统处在环境温度下既没有能量输入也没有能量输出。

9.1.2 运行状态

燃料电池发电系统有可观电力输出的状态。

9.1.3 钝态

燃料或氧化剂系统以及被水蒸气、空气或氮气或生产商规定的气体吹扫后燃料电池发电系统的状态。

9.2 准备工作

9.2.1 在燃料电池注入氢气前，需要用万用表测试电路中各个部分，确认负载未短路，保证燃料电池不会烧毁。

9.2.2 燃料电池在启动前需进行以下表 5 试验内容。

表A.5 燃料电池试验内容

项目	内容	结果
启动时间试验	根据制造商要求，将燃料电池发电系统置于特定的环境中，连接气体管路和负载，待一切就绪后，给燃料电池发电系统发出启动命令，测量从发出启动指令开始到燃料电池发电系统有净电功率输出的时长（单位：s）。	合格
测试环境	燃料电池发电系统经过测试支架上安装、升温、密封和活化后进入测试阶段，测试过程中一般选择燃料和氧化气体的流量较大，使实际的电池燃料利用率较低，测试一般在 600~900℃ 进行，从高温逐渐向低温进行，温度间隔为 50℃。	合格
达到额定功率时间试验	在供应商标示的燃料电池发电系统额定输出功率下，燃料电池发电系统连续运行不短于供应商标识的连续运行时间，每秒钟记录一次燃料电池发电系统的输出电压，其值在整个测试过程中的任何时刻不应超出供应商标示的输出电压范围。	合格
输出电压范围试验	以 1s 为间隔监测并记录燃料电池发电系统的输出电	合格

	压。在从启动到关机的整个过程中，燃料电池发电系统从低值到高值的电压范围即为燃料电池发电系统的输出电压范围。	
启动/关机方式试验	测试手动方式时，手动启动或关闭燃料电池发电系统，检查系统是否正常启动或关闭；	合格
	测试遥控方式时，远程启动或关闭燃料电池发电系统，检查系统是否正常启动或关闭；	合格
	测试自动方式时，定时启动或关闭燃料电池发电系统，检查系统是否正常启动或关闭。	合格

9.2.3 燃料电池第一次开或放置三天以上，燃料电池的性能会有所下降，需要对然后电池进行活化过程：

- a) 检测燃料电池各部分连接是否正确、牢靠，用万用表检测燃料电池正负极是否短路；
- b) 断开负载，调整合适的氢气压力，开启燃料电池；
- c) 从低电流到高电流逐渐增加，开启负载后在低载状态下运行一段时间，然后逐渐增加负载，各个负载都持续运行一段时间，直到输出为额定电流后断开负载，是燃料电池堆温度降低，关闭氢气口，电池停止运行；
- d) 停止运行后重复上述开机运行步骤，直至电池稳定运行。

9.3 设备运行

9.3.1 电气检查：检查燃料电池系统线束、电气连接、电气部件工作是否正常，检查逆变器电缆线连接、接触器和断路器状态、电气部件工作是否正常。

9.3.2 上电自检：检查燃料电池系统通讯、零部件反馈、软件是否正常等，检查逆变器设备通讯、上位机显示、总电压和电流、继电器反馈状态、故障状态等是否正常。

9.3.3 检查减压阀，确保减压阀进口的压力在4—5Bar之间，打开氢气减压阀，将减压阀出口压力调到合适的范围0.04—0.05MPa。等待10秒左右，让氢气充满燃料电池的气道。出口电磁阀将会自动启动，并以固定的频率开启、关闭，以起到排水及排尾气的作用。

9.3.4 测量燃料电池堆电压，等待氢气注入燃料电池10秒后，管道预热温度达到700℃，测试燃料电池堆的开路电压，氢气和空气的预热温度达到900℃时，开路电压大概为额定电压的140%左右。

9.3.5 加载使用：氢气进入燃料电池10秒后开始加载。如果负载的额定功率为燃料电池额定输出功率的50%或以下，可直接加载。否则，加载时按照额定电流的20%（最大），逐次增加电流。

9.3.6 关闭燃料电池：需要停止使用燃料电池时，请先断开负载，使燃料电池对外输出为零，然后关闭氢气供应，此时由于燃料电池内部及管路中仍然剩余氢气，因此燃料电池会运行一段时间（风扇会继续工作），直到内部氢气消耗完毕，燃料电池下降至环境温度。

9.3.7 燃料电池系统运行过程中应时刻关注氢气剩余气量，当气量不足时，应立即降载停机或者及时补充氢气。

9.3.8 锂电池组严禁用金属或导线同时接触电池模块的正、负极，造成短路。

9.4 运行维护

- 9.4.1 燃料电池操作项目主要包括：氢储能系统并网和解列操作；储能系统运行模式选择；氢储能系统运行工况切换（启动、充电、放电、停机、热备用、检修等）；氢电耦合综合能源站常规电气设备（变压器、开关柜、继电保护装置等）及辅助设备倒闸操作。
- 9.4.2 对氢储能系统自动发电控制、自动电压控制、计划曲线控制、功率定值控制等运行模式和优先级进行选择，各储能系统运行模式和优先级选择宜保持一致。
- 9.4.3 燃料电池发电系统正常运行状态下，氢储能站进行并网与解列操作需提前上报电力调度机构，并开具相应操作票的方式进行操作。
- 9.4.4 涉网设备发生异常或故障时，应及时上报电力调度机构，并按现场运行规程和电力调度机构要求对故障设备进行隔离及处理。
- 9.4.5 燃料电池发电系统外表应清洁，无机械损伤，不应有裂纹、污迹及明显变形，接口触点无锈蚀。
- 9.4.6 在燃料电池发电系统正常运行过程中，定期检查其零部件及其连接件是否出现失稳、变形、断裂或磨损等现象。
- 9.4.7 检查燃料电池发电系统的通信接口、电源接口、用户接口、氢气进出口的标识是否清晰。
- 9.4.8 燃料电池热电联供系统的巡视检查可分为日常巡检和专项巡检，巡检项目应符合表 A 6 日常巡视以及表 A 7 专项巡视。
- 9.4.9 当监控系统报异常信号时，应及时进行现场检查。在缺陷和隐患未消除前应增加巡视检查频次。
- 9.4.10 燃料电池热电联供系统的维护应结合设备运行状态、异常及故障处理情况，通过智能分析确定维护方案。
- 9.4.11 燃料电池热电联供系统应根据维护方案，在维护前应完成所需备品备件的采购、验收和存放管理工作及工器具的准备工作。
- 9.4.12 燃料电池热电联供系统储能设备维护包括燃料电池系统、锂电池管理系统、逆变器的清扫、紧固、润滑及软件备份等。
- 9.4.13 燃料电池系统、逆变器、锂电池及电池管理系统和空调系统的运行维护，应按照表 A 7 进行相应的处理。

表A.6 日常巡视

序号	巡检项目	巡检内容
1	燃料电池系统	1、系统运行编号标识，出厂铭牌齐全、清晰可识别； 2、根据探头控制器检查系统仓内火焰探头、烟雾探头、氢气浓度探头、防爆摄像头工作正常； 3、燃料电池系统外观没有明显破损； 4、燃料电池系统管路喉箍没有松动情况； 5、燃料电池系统大小水壶内液位应处于高低液位之间； 6、检查燃料电池系统水路管道没有漏水、滴水现象； 7、利用嗅敏仪检查燃料电池系统氢气管路连接处，确保没有氢气泄漏； 8、检查燃料电池系统接地线正常连接； 9、检查燃料电池系统尾排没有异物堵塞； 10、根据上位机检查燃料电池系统零部件工作正常

2	锂电池及电池管理系统 (BMS)	<ol style="list-style-type: none"> 1、设备运行编号标识、相序标识清晰可识别，出厂铭牌齐全、清晰可识别； 2、无异常烟雾、振动和声响等； 3、电池系统主回路、二次回路各连接处连接可靠，无锈蚀、积灰、凝露等现象； 4、电池外观完好无破损、膨胀，无变形、漏液等现象； 5、电池架的接地完好，接地扁铁无锈蚀松动现象； 6、电池无短路，接地、熔断器正常； 7、电池电压、温度采集线连接可靠，巡检采集单元运行正常； 8、电池管理系统参数显示正常，电池电压、温度在合格范围内，无告警信号，装置指示灯显示正常
3	逆变器	<ol style="list-style-type: none"> 1、逆变器柜体外观洁净，无破损，门锁齐全完好，锁牌正确； 2、逆变器柜体设备编号、铭牌、标示齐全、清晰、无损坏，操作方式、开关位置正常； 3、逆变器柜体门关严，无受潮、凝露现象，温控装置工作正常，加热器按季节和要求正确投退； 4、逆变器的交、直流侧电压、电流正常； 5、逆变器运行正常，其冷却系统和不间断电源工作正常，无异常响声、冒烟、烧焦气味； 6、逆变器温度正常，照明设备完好，排风系统运行正常，室内无异常气味
4	消防仓	<ol style="list-style-type: none"> 1、火灾报警控制器各指示灯显示正常，无异常报警，备用电源正常；消防标识清晰完好； 2、安全疏散指示标志清晰，消防通道畅通和安全疏散通道畅通、应急照明完好。 3、灭火装置外观完好、压力正常，试验合格； 4、消防箱、消防桶完好、清洁，无锈蚀、破损； 5、火灾自动报警系统触发装置安装牢固，外观完好，工作指示灯正常； 6、电缆沟内防火隔墙完好，墙体无破损，封堵严密
5	空调系统	<ol style="list-style-type: none"> 1、空调工作正常，无异响、震动，室内温湿度在设定范围内； 2、空调内、外空气过滤器（网）应清洁、完好

表A.7 专项巡视

序号	巡检项目	巡检内容
1	极端天气	<ol style="list-style-type: none"> 1、检查燃料电池系统运行环境温度、湿度是否正常； 2、检查燃料电池系统、逆变器导线有无发热等现象； 3、严寒天气检查导线有无过紧、接头无开裂等现象； 4、高温天气增加红外测温频次，检查系统仓内部凝露； 5、雷雨季节前后检查接地是否正常
2	异常及故障后	<ol style="list-style-type: none"> 1、重点检查信号、保护、录波及自动装置动作情况； 2、检查事故范围内的设备情况，如导线有无烧伤、断股
3	新设备投运或大修后再投运	<ol style="list-style-type: none"> 1、检查设备有无异声、接头是否发热等

4	其他类型	1、保电期间适当增加巡视次数； 2、存在缺陷和故障的设备，应着重检查异常现象和缺陷是否有所发展
---	------	----------------------------------------------------

表A.8 运行维护项目

序号	维护项目	维护内容	建议维护周期
1	燃料电池系统	1、定期对燃料电池外壳进行检查	日常
		2、定期对燃料电池系统大小水壶液位检查	日常
		3、定期检查燃料电池系统仓内烟雾、火焰、温度探测器、摄像头工作是否正常	日常
		4、定期更换空气滤芯	周期不大于 6 个月
		5、定期检查是否有漏水现象	日常
		6、定期更换去离子器	周期不大于 12 个月
		7、定期检查高低压线路是否有松动、外观有破损	日常
		8、定期检查管道喉箍是否有松动	日常
		9、定期检查尾排系统是否有堵塞情况	周期不大于 6 个月
2	逆变器	1、定期对逆变器清扫	周期不大于 6 个月
		2、定期读取和保存逆变器运行数据	周期不大于 6 个月
		3、定期检查逆变器电缆接线是否松动；连接端子和绝缘是否有变色或者脱落，并对损坏或者腐蚀的连接端子进行更换	日常
3	锂电池及电池管理系统	1、对电池和电池柜进行全面清扫	周期不大于 12 个月
		2、检查并紧固储能系统各部位连接螺栓	周期不大于 12 个月
		3、检查电池柜或集装箱内烟雾、火焰、温度探测器工作是否正常	日常
		4、定期对锂离子电池进行均衡维护	周期不大于 12 个月
		5、定期对低电量存放的电池进行	周期不大于 6 个月

9.5 安全注意事项

- 9.5.1 运行人员进行巡视检查时不应越过围网和安全警示带，进入电池舱等密闭空间前，应先进行15min以上的通风；
- 9.5.2 严禁设备带电维修，以免发生人员触电伤害；
- 9.5.3 维护时需使用专业工具，佩戴绝缘手套、绝缘鞋等安全工具。
- 9.5.4 燃料电池不得长期停运，应定期启动热机，建议每月启动一次。
- 9.5.5 定期检查UPS电源电量，并对电池进行适当补充电量。

9.6 紧急停机

9.6.1 运行告警

当以下情况发生时，燃料电池发电系统应能够向用户提供告警功能：

- a) 氢气压力异常（如氢气瓶出口氢气压力低于规定的最低压力，减压阀减压后的氢气压力低于设定的最低压力或高于设定的最高压力）；
- b) 输出过/欠压、燃料电池模块输出电压低；
- c) 电力输出超过过载保护设定值；
- d) 环境温度过高过低；
- e) 燃料电池模块温度过高；
- f) 辅助储能模块电压低；
- g) 舱内燃料浓度过高。

9.6.2 燃料电池异常处理

9.6.2.1 燃料电池发生下列异常情况之一的，操作人员应当立即采取应急专项措施，并且按照规定的程序，及时向本单位有关部门和人员报告：

- a) 舱内燃料浓度超过规定值，采取措施仍不能得到有效控制的；
- b) 启动时间过长、功率过载等危及安全的；
- c) 出现失稳、变形、断裂或磨损等现象；
- d) 监控系统失效、三遥功能失效等，难以保证安全运行的；
- e) 运行环境温度过高过低。

9.6.2.2 当出现下列情况之一时，应停机检查：

- a) 氢气压力异常（如氢气瓶出口氢气压力低于规定的最低压力，减压阀减压后的氢气压力低于设定的最低压力或高于设定的最高压力）；
- b) 辅助储能模块电压低、电力供应故障；
- c) 系统检测到制氢系统内富气化合物余量低于设定值；
- d) 燃料电池模块温度过高、发生火灾等直接威胁到压力容器安全运行的；
- e) 燃料电池长时间过载并产生明显告警。

10 电气系统安全操作

10.1 电气操作原则

氢电耦合综合能源站的主要电气设备包括直流侧的直流变压器、直流断路器、并网 DC/DC 变换器以及交流侧的交流母线、交流断路器、隔离开关等。电气操作应按调度员指令进行，紧急情况下允许不经调度或现场值班负责人许可执行操作，但事后应尽快向调度或现场值班负责人汇报。

10.2 状态定义

10.2.1 运行状态

指设备或电气系统带有电压，其功能有效。母线、线路、断路器、变压器等一次电气设备的运行状态，是指从该设备电源至受电端的电路接通并有相应电压，且控制电源、继电保护及自动装置正常投入。

10.2.2 热备用状态

指该设备已具备运行条件，经一次合闸操作即可转为运行状态的状态。母线、变压器及线路等电气设备的热备用是指连接该设备的各侧均无安全措施，各侧的断路器全部在断开位置，设备继电保护投入，断路器的控制、合闸及型号电源投入。断路器的热备用是指其本身在断开位置、各侧隔离开关在合闸位

置，设备继电保护及自动装置满足带电要求。

10.2.3 检修状态

指连接设备的各侧均有明显的断开点或可判断的断开点，需要检修的设备已接地状态，或该设备与系统彻底隔离，与断开点设备没有物理连接的状态，在该状态下设备的保护和自动装置、控制、合闸及电源信号等均应退出。

10.3 准备工作

10.3.1 有与现场一次设备和实际运行方式相符的一次系统模拟图（包括各种电子接线图）。

10.3.2 操作设备应具有明显的标志，包括：命名、编号、分合指示、旋转方向、切换位置的指示以及设备相色等。

10.3.3 高压电气设备应安装完善的防误操作闭锁装置，防误操作闭锁装置不得随意退出运行。

10.3.4 现场具备相应的操作工具和安全防护器具。

10.4 设备操作

10.4.1 直流断路器

直流断路器可以在断路器柜就地分合，也可以投入检修压板在装置液晶上进行出口传动操作，也可以在站内后台、调度中心进行操作。断路器操作过程中，有如下几条基本原则：

- a) 断路器和隔刀正负极联动操作，只需进行一极的操作；
- b) 两侧隔刀和地刀机械联锁，隔刀拉开同时地刀合上，地刀在断路器侧；
- c) 在母线带电情况下，隔刀只在断路器分位时才能操作可以通过远方/就地操作、遥控操作、程序操作和单步操作。

10.4.2 直流变压器

10.4.2.1 变压器操作包括变压器启机、停机和电压功率遥调，可以从变压器控制柜就地、监控后台、调度远方等方式进行操作。

10.4.2.2 设备启动前检查：

- a) 确认二次交直电源供电正常，一体化电源无报警。
- b) 确认所有设备空开（装置、机构、风机等）均已上电，并且装置无异常报警。
- c) 服务器及操作员站均运行正常，并且所有装置通讯正常。
- d) 确认集装箱内所有空调及除湿机（若有）正常运行。
- e) 确认集装箱所有检修大门及二次舱小门均已关闭并上锁。
- f) 确认直流变压器所带直流母线无接地，母联断路器和储能等处于要求的运行方式。
- g) 确认功率柜、高压启动柜、低压限流柜柜门均处于关闭状态。
- h) 确认风机供电正常，功率柜风机和故障限流模块风机温度正常，且低压限流电抗器温度正常。
- i) 确认直流变压器控制位置、控制模式、参考值与要求运方一致。直流变压器只能从高压侧向低压侧启动，并且只能控制低压侧直流电压（系统试验期间有可能会控功率，进行对推试验），所以需要修改控制模式。

10.4.2.3 直流变压器的启机遥控，必须在“启动条件已满足”光字牌亮起的情况下才可以执行。直流变压器的启机遥控设计为一键启机，不允许单独对变压器本体断路器进行遥控。操作人员执行“启机遥控”后，装置收到后台启机指令，将通过顺控操作自动完成直流变压器的启机。如果启机失败，后台事件中将报出启机失败的原因。

10.4.2.4 处于运行状态中的直流变压器，如果需要停机，操作人员只需在后台执行“停机遥控”即可。执行遥控停机后，直流变压器本体开关都将分开，主接线中模块状态变为黑色，启动条件中“直流变压器不在停机状态”将返回。

10.4.2.5 直流变压器保护跳闸后，启动条件中“直流变压器没有保护动作”将返回，提醒操作人员直流变压器出现故障，当检修完毕需要执行启机遥控前，操作人员必须执行复归遥控，将跳闸停运标志进行复归，然后方可执行启机操作，类似于传统继电保护中的复归动作。

10.4.2.6 对低压侧直流电压的遥调控制，在直流变压器运行过程中，可以点击“电压参考值”在范围内对电压进行控制。

10.4.3 交流断路器

10.4.3.1 断路器允许断开、合上额定电流以内的负荷电流及切断额定值以内的故障电流。

10.4.3.2 断路器控制电源必须待其回路有关隔离开关全部操作完毕后才退出，以防误操作时失去保护电源。

10.4.3.3 断路器分闸操作时，若发现断路器非全相分闸，应立即合上该断路器。断路器合闸操作时，若发现断路器非全相合闸，应立即拉开该断路器。

10.4.3.4 发生拒动的断路器未经处理不得投入运行或列为备用。

10.4.3.5 在进行操作的过程中，遇有断路器跳闸时，应暂停操作。

10.4.4 隔离开关

10.4.4.1 禁止用隔离开关拉合带负荷设备或带负荷线路。

10.4.4.2 禁止用隔离开关拉开、合上空载主变压器。

10.4.4.3 禁止用隔离开关拉开、合上故障电流。

10.4.4.4 禁止用隔离开关将带负荷的电抗器短接或解除短接。

10.4.4.5 隔离开关操作前，必须投入相应断路器控制电源。

10.4.5 10.4.5 交流母线

10.4.5.1 母线操作时，应根据继电保护的要求调整母线差动保护运行方式。

10.4.5.2 母线停、送电操作时，应做好电压互感器二次切换，防止电压互感器二次侧向母线反充电。

10.4.5.3 用母联断路器对母线充电时，应投入母联断路器充电保护，充电正常后退出充电保护。

10.4.5.4 倒母线应考虑各组母线的负荷与电源分布的合理性。

10.4.5.5 对于曾经发生谐振过电压的母线，必须采用防范措施才能进行倒闸操作。

10.4.5.6 运行设备倒母线操作时，母线隔离开关必须按“先合后拉”的原则进行。

10.4.5.7 母线断路器停电，应按照拉开母联断路器、拉开停电母线侧隔离开关、拉开运行母线侧隔离开关顺序进行操作。

10.4.6 DC/DC 变换器

10.4.6.1 DC/DC 变换器启动步骤如下：

a) 按照后台主接线图的操作说明，先选择控制模式，即控直流电压和控有功功率模式，若是控有功功率模式，则需要输入遥调有功功率指令和有功功率变化速率。

b) 检查启动联锁条件，若启动联锁条件满足，则后台点击启动，则 PCS 设备执行顺控启动。

c) 启动后主接线图上交流断路器和直流接触器均在合位，直流电压和有功功率应符合设定值。启动完成后，后台应显示运行中状态。

10.4.6.2 设备停运步骤如下：

a) 若直流电压控制模式，后台主接线图上点击停运，设备会执行停运逻辑，停运后接线图上交流断路器和直流接触器均在分位，后台应显示停运中状态。

b) 若是有功功率控制模式，则需将遥调有功功率指令调节为零，然后将后台主接线图上点击停运，设备会执行停运逻辑，停运后接线图上交流断路器和直流接触器均在分位，后台应显示停运中状态。

10.4.7 继电保护及自动装置、

10.4.7.1 当一次系统运行方式发生变化时，应及时对继电保护装置及安全自动装置进行调整。

10.4.7.2 同一元件或线路的两套及以上主保护禁止同时停用，至少保留一套主保护在投入状态。

10.4.7.3 运行中的保护及自动装置需要停电时，应先退出相关连接片，再断开装置的工作电源。投入时，应先检查相关连接片在断开位置，再投入工作电源，检查装置正常，测量连接片各端对地电压正常后，才能投入相应的连接片。

10.4.7.4 保护及自动装置检修时，应将电源空气开关（熔断器）、信号电源开关、保护和计量电压空气开关断开。

10.5 安全要求

10.5.1 在正常运行的情况下，断路器处于分位或者合位，断路器失灵、旁路状态等报警为零。

10.5.2 断路器上送给控制装置的机械开关、阀组、旁路开关等模块报警均为零。

10.5.3 一旦有任何异常情况发生，相应的事件报警信息将被显示。某些异常报警可能会上传报警信号，一些严重的硬件故障和异常报警可能会断路器旁路。此时断路器进入失灵状态，无法进行分合闸操作，旁路开关合上后，需要手动复位方可恢复。

10.5.4 对直流变压器进行故障处理更换损坏元件时，必须停运有关的电气回路。

10.5.5 直流断路器必须分开，直流断路器隔离刀闸必须分开，地刀闸必须在合上位置。

10.5.6 更换故障子模块时，需要做防静电措施。

10.5.7 对直流变压器进行故障处理前，必须对直流变压器子模块电容进行 20min 充分放电，触摸模块前，用万用表测量模块直流端口电压，确认无电后，方可触摸。

10.5.8 若发现操作 SF6 断路器漏气时，操作人员应立即远离现场。

10.5.9 手动操作隔离开关时，必须戴绝缘手套，雨天室外操作应使用带防雨罩的绝缘棒、穿绝缘靴。

11 现场两票管理

11.1 操作票管理

11.1.1 倒闸操作应由经考试合格并经批准公布的人员实施。如采用“委托运维”的，业务实施单位应及时将负责倒闸操作人员名单报属地供电公司运检部和调控中心备案。

11.1.2 倒闸操作应有运维负责人正式发布的指令，并使用经事先审核合格的操作票，操作票应按储能电站单独编号。

11.1.3 倒闸操作应严格执行“六要七禁八步”，基本操作原则和操作票印章使用原则参照《国家电网公司变电运维管理规定（试行）》标准执行。

11.1.4 任何操作至少应有两人同时进行，并配备合格的安全防护用品，如防静电服、防静电鞋等。

11.1.5 操作过程中，不准靠近或接触任何有电设备的带电部分；严禁拆除电气设备的金属外壳接地装置。

11.1.6 如采用“委托运维”的单位，当氢储能电站内有重大操作时，属地供电公司运检部应组织运维人员支援现场工作，必要时执行“双重监护”操作。

11.1.7 操作票按月装订并及时进行三级审核，由运维单位负责归档保存，保存期至少 1 年。

11.2 工作票管理

11.2.1 氢储能电站的热力机械工作票、热控工作票、电气工作（第一种票、第二种票）、事故应急抢修单的使用应遵循《国家电网公司电力安全工作规程》中的有关规定，填写标准参照变电站执行；在氢储能电站监控系统上工作，还应按照电力监控系统安全防护相关要求落实安全防护措施。

11.2.2 若采用“委托运维”或“委托检修”的，储能电站业务实施单位的工作票签发人、工作负责人、工作许可人应经椒江公司考试合格并发文明确。

11.2.3 若采用“委托运维”或“委托检修”的，储能电站工作票实行双签发制度，所有工作票均由储能电站业务实施单位和椒江公司运维或检修单位实行双签发后，方可开展工作。

11.2.4 工作票按储能电站单独编号，编号原则与变电站工作票一致。

11.2.5 工作票应按月装订并及时进行三级审核，由储能电站运维、检修单位负责归档保存，保存期至少 1 年。

11.2.6 运维人员应经过相关专业培训并取得上岗证，方可上岗。

12 事故应急处理

12.1 基本要求

12.1.1 氢电耦合综合能源站发生氢气泄漏、火灾、爆炸或其他生产安全事故后，事故现场有关人员应当立即报告本单位负责人，根据不同风险级别启动相应的应急预案并启动应急响应。

12.1.2 氢电耦合综合能源站负责人应当根据安全事故的具体情况，决定是否启动重大安全事故应急响应联动机制。

12.1.3 发生生产安全事故后，氢电耦合综合能源站经营企业应当组织人员及时开展抢险、抢修，同时及时报警，并撤离危险区内人员。

12.1.4 如发现直接危及人身安全的紧急情况，从业人员有权停止作业或者在采取可能的应急措施后撤离作业场所。

12.1.5 发生生产安全事故后，氢电耦合综合能源站经营企业应立即采取措施防止事故扩大，在相关威胁和危害得到控制、消除，应急处置工作完成时，氢电耦合综合能源站经营企业组织应急队伍和工作人员有序撤离氢电耦合综合能源站，同时采取或者继续实施必要措施，防止发生次生、衍生事故，通知相关方面解除应急措施，逐步恢复生产生活秩序。

12.1.6 发生生产安全事故后，氢电耦合综合能源站经营企业相关负责人需在 24 小时内向市、区两级应急管理部门报告，并依照国家、省、市有关生产安全事故报告和调查处理的法律、法规进行报告和调查处理。

12.2 氢气泄漏事故处理

12.2.1 轻微泄漏

运维人员在确保人身安全情况下可以采取以下措施查找泄漏点：

- a) 确证氢气压力指示正确。
- b) 调整空、氢侧密封油压在正常范围。
- c) 检查氢密封油箱补油泄油正常。
- d) 储气瓶（罐）补氢至正常。
- e) 检查关紧各排污门，排空门，查找氢系统存在的泄漏点并予以消除。

- f) 若氢气系统大量泄露,连续补氢不能维持氢压,则应申请值长适当降负荷,维持发电机内各部温度正常。加强机房通风,禁止机房内进行动火或电气操作。
- g) 若氢气压力已接近低限 0.2mpa 并持续降低,应申请停机。若故障不能立即修复,应进行事故排氢。

12.2.2 严重泄漏

迅速撤离泄漏污染区人员至上风处,并进行隔离,严格限制出入。切断火源。建议应急处理人员戴自给正压式呼吸器,穿防静电工作服,尽可能切断泄漏源。合理通风,加速扩散。如有可能,将漏出气用排风机送至空旷地方或装设适当喷头烧掉。漏气容器要妥善处理,修复、检验后再用。

- a) 防护措施:进入危险区,人员实施二级防护,并采取消防水枪掩护;凡在现场参与处置人员,最低防护不得低于三级防护标准。
- b) 根据现场泄漏情况,研究制定堵漏方案,并严格按照堵漏方案实施;所有堵漏行动必须采取防爆措施,确保安全。
- c) 关闭前置阀门,切断泄漏源,根据泄漏情况,可向罐内适量注水,抬高液位,形成水垫层,缓解险情,配合堵漏。

12.3 氢气燃烧事故处理

氢气系统因泄漏而发生氢气着火时,可用浸了水的织物复盖,使其既隔绝空气灭火,又降低温度使火不再复燃。如果氢气压力高,火势大,应尽可能继续外供氢气,绝对不能把燃烧火灾事故,演变为爆炸事故。具体处理方法为:

- a) 火灾危及电气设备、线路,需切断电源。
- b) 尽可能地关闭阀门,切断正在燃烧的氢气供应。
- c) 氢气设备起火,那绝对不能关闭进气阀,防止设备内产生负压,倒吸进空气引起爆炸。
- d) 当氢气起火部位不能隔离,那应当适当关小进气阀,使得既降低压力又保持正压,可以用水来冷却降温。在氢气流切断之前不能灭火,允许氢气在控制下燃烧,把握住断气与灭火时机。
- e) 氢气系统可以通入氮气吹洗,渐渐减少氢气流入,直至火焰被熄灭。

12.4 碱液泄露事故处理

12.4.1 现场处置

- 12.4.1.1 事故发现人迅速将故障制氢框架的氢排空阀打开,关闭氢气送出阀,立即返回控制室将情况按事故报告程序逐级上报。
- 12.4.1.2 将故障制氢框架的电解槽停止工作,并在上位机上设置将故障制氢框架泄压至 0.2mpa (注意保持氢氧液位平衡)、停碱循环泵。
- 12.4.1.3 操作人员立即戴上防护眼镜和耐酸碱手套将泄漏点隔离。
- 12.4.1.4 若不能有效隔离,应用氮气将氢、氧分离器转换合格后,将电解液退回碱箱。
- 12.4.1.5 清扫和冲洗泄漏现场,泄漏设备检修完毕,按运行操作规程要求,由当班控制员请示后,重新启动该制氢系统。

12.4.2 人员烧伤处置

- 12.4.2.1 操作人员被碱液溅到身上后,应迅速脱去浸有碱液的衣服,对烧伤创面处立即用大量清水冲洗。然后在伤处用 2%硼酸溶液冲洗,并送医院救治。

12.4.2.2 对眼部的冲洗必须彻底，而且首先要对眼部进行冲洗，至少要冲洗 15 分钟，冲洗后再涂搞菌油膏。

12.4.2.3 如伤情严重应立即通知 120 请求救援，并保持用清水冲洗伤处。

12.5 火灾事故处理

12.5.1 储罐泄露且着火

12.5.1.1 立即向相关人员汇报，并拨打 119 火警。

12.5.1.2 制氢系统紧急停车。

12.5.1.3 启动泡沫灭火系统，消灭初期火灾，同时将水炮对准泄露点喷水。

12.5.1.4 开喷淋水泵，给储罐降温。

12.5.1.5 封锁罐区所有通道，无关人员一律不得出入。

12.5.1.6 用泵将泄露槽的倒入另一槽，直到漏点不再泄露。

12.5.2 管道着火

12.5.2.1 制氢系统立即紧急停车。

12.5.2.2 立即用消防水对准着火点喷水，给管道降温。

12.5.2.3 将该管道与其他管道、设备相连的阀门关闭。

12.5.2.4 启动喷淋水泵，给储罐降温，以防火窜到槽区。拨打 119 火警，同时将情况向调度室汇报。

12.5.3 地面着火

12.5.3.1 立即用灭火器将获扑灭。

12.5.3.2 用水炮将地面上残存冲入地沟，并用足量的水将稀释。

12.5.3.3 火势过大，立即拨打 119 火警，同时向调度室汇报。

