

ZJSEE

浙江省电力学会标准

T/ZJSEE XXXX-YYYY

1

2

3

4

氢电耦合综合能源站检修规程

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

浙江省电力学会 发布

5	目 次	
6	目 次.....	I
7	前 言.....	III
8	1 范围.....	4
9	2 规范性引用文件.....	4
10	3 术语和定义.....	4
11	4 检修人员资质.....	5
12	5 全站控制系统检修.....	5
13	5.1 基本设备配置.....	5
14	5.2 检修.....	6
15	5.3 安全注意事项.....	8
16	6 水电解制氢系统检修.....	8
17	6.1 基本设备配置.....	8
18	6.2 检修.....	8
19	6.3 安全注意事项.....	11
20	7 氢输送管道系统检修.....	11
21	7.1 基本设备配置.....	11
22	7.2 检修.....	11
23	7.3 安全注意事项.....	14
24	8 储氢瓶组检修.....	15
25	8.1 基本设备配置.....	15
26	8.2 检修.....	15
27	8.3 安全注意事项.....	18
28	9 燃料电池检修.....	18
29	9.1 基本设备配置.....	18
30	9.2 检修.....	18
31	9.3 安全注意事项.....	21
32	10 电气系统检修.....	21
33	10.1 基本设备配置.....	21
34	10.2 检修.....	21
35	10.3 安全注意事项.....	23
36	11 全站安全防护检修（消防、防雷、接地、防爆）.....	23
37	11.1 基本设备配置.....	23

38	11.2 检修.....	24
39	11.3 安全注意事项.....	24
40	12 检修后全站系统性试验.....	25
41	12.1 系统性试验.....	25
42	12.2 安全注意事项.....	27
43	附录 A.....	29
44	A.1 全站控制系统要求.....	29
45	A.2 水电解制氢系统要求.....	30
46	A.3 氢输送管道系统要求.....	31
47	A.4 储氢瓶组要求.....	31
48	A.5 燃料电池要求.....	32
49	A.6 电气系统要求.....	33
50	A.7 全站安全防护系统要求.....	33
51	A.8 全站系统性试验要求.....	33
52		

53

前 言

54 作为二次能源的范例，氢能作为最洁净的燃料，被誉为未来世界能源架构的核心。为顺利实现碳达
55 峰和碳中和目标，氢能产业的发展规划势必加速落地并不断优化。而可再生能源电解水制氢是氢能产业
56 的重要组成部分，也是分布式新能源发电就地消纳的重要途径之一。利用此技术建设的电网氢电耦合综
57 合能源站即将投入运行。为指导现场实际工作，制定相应的检修标准势在必行。

58 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。

59 本标准（或本部分或本指导性技术文件）起草单位（包括第一承担单位和参加起草单位，按对标准
60 的贡献大小排列）：

61 本标准（或本部分或本指导性技术文件）主要起草人（按对标准的贡献大小排列）：

62 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
63 修订，×年×月第二次修订）。

64

氢电耦合综合能源站检修规程

65 1 范围

66 本标准规定了氢电耦合综合能源站碱性水电解制氢系统、氢输送管道系统、储氢瓶组、
67 燃料电池、电气系统设备、能源管理系统、加氢系统，继电保护及自动化装置，监控系统和
68 安全防护设备检修的检验项目、检验周期和技术要求。

69 本标准适用于电网企业、并网运行发电企业及用户负责氢电耦合综合能源站运行维护和
70 管理的单位。有关规划设计、研究制造、安装调试单位及部门均应遵守本标准。

71 2 规范性引用文件

72 下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适
73 用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

74 GB/T 26860-2006 电力安全工作规程(发电厂和变电站电气部分)

75 GB/T 19826-2014 电力工程直流电源设备通用技术条件及安全要求

76 GB/T 34872-2017 质子交换膜燃料电池供氢系统技术要求

77 GB/T 36544-2018 变电站用质子交换膜燃料电池供电系统

78 GB/T 29411-2012 水电解制氢氧发生器技术要求

79 TSG D7005-2018 压力管道定期检验规则-工业管道

80 T/CATSI 02002-2018 站用储气瓶检修规程

81 DL/T 995-2016 继电保护和电网安全自动装置检验规程

82 TSG Z7001-2021 特种设备检验检测机构核准规则

83 TSG R0006-2014 气瓶安全技术监察规程

84 GB/T 4962-2008 氢气使用安全技术规程

85 GB/T 19774-2005 水电解制氢系统技术要求

86 GB/T 50177-2005 氢气站设计规范

87 GB/T 50316-2000 工业金属管道设计规范

88 GB/T 50235-2010 工业金属管道工程施工规范

89 GB/T 50184-2011 工业金属管道工程施工质量验收规范

90 TSG21-2016 固定式压力容器安全技术规范

91 GB/T 50974-2014 消防给水及消火栓系统技术规范

92 GB/T 50057-2010 建筑物防雷设计规范

93 GB/T 37243-2019 危险化学品生产装置和储存设施外部安全防护距离确定方法

94 GB/T 3836-2010 爆炸性环境防爆标准

95 Q/GDW 10278-2021 变电站接地网技术规范

96 DLGJ 24-91 火力发电厂生活、消防给水和排水设计技术规定

97 GB/T 1227-2017 精密压力表

98 GB 50516-2010 加氢站技术规范

99 3 术语和定义

100 下列术语和定义适用于本文件。

- 101 3.1 氢氧发生器 Hydrogen-oxygen generator
102 将水电解制取氢氧的装置，由水电解槽、电源、水气分离装置、阻火器等构成。
- 103 3.2 水电解槽 Water electrolyzer
104 由电极、隔圈、槽体构成的产生氢氧的装置。电解槽是氢氧发生器的主体设备，它的性
105 能参数将决定水电解制取氢氧混合气的技术性能。
- 106 3.3 储氢瓶组 Cylinder unit for gas stations
107 通过管道将多个钢质无缝气瓶连成一个整体的用于加气站、充装站等的储气装置。
- 108 3.4 投产校验 Production verification
109 装置投入使用之前，全部功能的检验。
- 110 3.5 定期校验 periodic check
111 装置使用过程中，周期性的常规功能检查。
- 112 3.6 分布式采集控制装置 Distributed Control System
113 用于对现场设备进行数据采集、远程遥控。
- 114 3.7 协调控制平台 Coordination control system
115 用于对系统全局进行整体控制的平台。
- 116 3.8 能量管理系统 Energy management system
117 记录数据采集时间、采集成功率、采集完成率等信息，用于数据采集质量控制。

118 4 检修人员资质

- 119 检修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规程，熟悉作
120 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。
- 121 检修人员应携带检修设备的相关说明书与图纸，进行检修工作。
- 122 检修人员应确认所使用的安全工器具在试验周期内，符合规范要求。
- 123 检修人员上岗时应穿符合GB/T 26860规定的阻燃防静电工作服和防静电鞋，且应配戴必
124 要的个人防护装置。严禁在爆炸危险区域穿脱衣服、帽子或类似物。严禁携带火种、非防爆
125 电子设备进入爆炸危险区域。
- 126 氢气管道检验和检测人员应当取得相应的特种设备检验检测人员证书，并且按照相关规
127 定进行注册。
- 128 储氢瓶组检验和检测人员应按TSG Z7001的规定，取得RD8或PD1检验资质。

129 5 全站控制系统检修

130 5.1 基本设备配置

- 131 全站系统按照分层分布式架构，主要包含：供配电系统、燃料电池发电、电解制氢系统、
132 储氢加氢系统、加氧系统、安全检测系统等。
- 133 整个控制系统包括分布式采集控制装置（Distributed Control System, DCS）、协调
134 控制器、能量管理系统；
- 135 其中，DCS采集控制装置和协调控制器为控制系统的核心工业控制装置。电解水制氢系
136 统、加氢系统、燃料电池发电系统、加氧系统等重要开关量及模拟量信号通过I/O硬接线传
137 输至DCS采集装置，同时通过协调控制器完成各子单元的控制连锁。对于重要的安全保护信
138 号，系统配置单独控制单元，以实现失效保护（Fail-Safe）的能力。其他系统运行参数均
139 应通过Modbus, Profibus, CAN2.0等通讯方式，传输至DCS采集装置。

140 能量管理系统为集多元能源全景监控、能量管理、能效管控、运行评估、能流碳流分析
141 等功能为一体的智能多元化能源管理系统。

142 5.2 检修

143 5.2.1 检修条件

144 确保电解水制氢设备电源已切断，燃料电池系统完全停止。保证气源供应停止且所有气
145 体已排空，管道设备氮气置换合格（氮气含量大于99.9%）。现场做好安全措施。

146 5.2.2 检修前准备

147 除非另有规定外，检修工作应在以下条件下进行：

- 148 a) 温度： $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ；
- 149 b) 相对湿度：不大于 75%；
- 150 c) 大气压力： $86 \text{ kPa} \sim 106 \text{ kPa}$ 。

151 5.2.3 外观及结构检修

152 检查系统的各个设备、管路附件连接以及防护罩/外壳的显示仪表、指示灯、开关、接
153 线端子或引线无破损，标志牌清晰完整。

154 5.2.4 功能校验

155 5.2.4.1 操作站性能校验

- 156 a) 水电解制氢系统、保护装置以及燃料电池等设备向控制系统发送告警及实时信息，
157 系统产生告警事件报告，查看告警事件报告时标与告警及实时信息报文时标的时间
158 差。处理后上送至上级系统，查看上送上级系统报文时标与告警及实时信息报文时
159 标的时间差。
- 160 b) 通过时间同步装置，监测控制系统主机的对时偏差。
- 161 c) 系统稳定运行一段时间，根据日志数据存储占用空间同比例折算，查看日志数据存
162 储时长。
- 163 d) CPU 平均负荷率
164 正常时（任意30 min内） $\leq 30\%$ ，电力系统故障时（10 s内） $\leq 50\%$ ，校验方法如下：
165 1) 正常运行时，任意选择某个 30 min 的时间段，查看控制监控系统 CPU 平均负
166 荷；
167 2) 模拟系统发生事故时的工况条件，设置背景数据流量占比 50%，实际应用数据
168 流量占比 30%，查看控制系统任意 10 s 内 CPU 的平均负荷。
- 169 e) 网络平均负荷率
170 正常时（任意30 min内） $\leq 20\%$ ，电力系统故障时（10 s内） $\leq 40\%$ ，校验方法如下：
171 1) 正常运行时，任意选择某个 30 min 时间段，采用网络性能测试仪监测网络的
172 平均负荷率；
173 2) 模拟系统发生事故时的工况条件，设置背景数据流量占比 50%，实际应用数据
174 流量占比 30%，采用网络性能测试仪监测网络的平均负荷率。

175 5.2.4.2 制氢加氢加氧系统功能校验

- 176 a) 制氢系统：
177 1) 打开制氢流程画面，核对各个元器件后台画面与实际状态的一致性；

- 178 2) 后台对一备一用两个制氢碱泵进行遥控操作，现场核对操作是否成功；
179 3) 后台对一备一用两个补水泵进行遥控操作，现场核对操作是否成功；
180 4) 后台对氢气出口阀进行遥控操作，现场核对操作是否成功；
181 5) 现场对氢氧气在线取样装置进行模拟输入，后台核对氢、氧气纯度数值是否与
182 现场一致，检测精度误差不大于±5%；
183 6) 检查氧侧调节阀，氢侧调节阀，冷却水调节阀窗口，调节功能是否正常；
184 7) 检查制氢参数设定，与整定值核对，确认制氢参数设置是否正确；
185 8) 检查后台制氢报表、趋势查询、报警及事件查询功能是否正确。
- 186 b) **加氢系统：**
187 1) 对卸车柱、储氢瓶、压缩机、加氢机几处的氢气浓度探测进行模拟测试，后台
188 显示浓度误差不大于±5%；
189 2) 模拟火焰检测、紧急停止、故障复位信号上送，查看后台接收是否正确；
190 3) 采用氮气置换模拟加氢过程，检查主画面，确认阀状态、压缩机状态、压力传
191 感器状态、储罐状态、拖车状态、加氢机状态、压缩机状态、电磁阀开关系数
192 统计与实际状态保持一致；
193 4) 采用氮气置换模拟加氢过程，后台核对加氢机遥信、遥测参数是否正确，加氢
194 机工作模式选择功能正确；
195 5) 采用氮气置换模拟加氢过程，记录核对压缩机阀状态、压缩机实时数据、压缩
196 机阀状态、压缩机告警、压缩机运行时间等参数与实际一致。
- 197 c) **加氧系统：**
198 1) 对储氧瓶、压缩机、加氧机几处的氧气浓度探测进行模拟测试，后台显示浓度
199 误差不大于±5%；
200 2) 采用氮气置换模拟加氧过程，后台核对加氧机遥信、遥测参数是否正确，加氧
201 机工作模式选择功能正确；
202 3) 采用氮气置换模拟加氧过程，记录核对压缩机阀状态、压缩机实时数据、压缩
203 机阀状态、压缩机告警、压缩机运行时间等参数与实际一致。

204 5.2.4.3 能量管理系统功能校验

- 205 a) **燃料电池：**
206 1) 更改燃料电池阀门、旋钮状态，检查后台是否变位；
207 2) 在燃料电池巡检温度传感器处模拟环境温度，核对后台显示数值与实际一致；
208 3) 模拟各位置压力传感器的气体压力，核对后台显示数值与实际一致；
209 4) 检查燃料电池各类异常、告警信号是否正确上送。
- 210 b) **电气监控系统：**
211 1) 遥控指令：后台启动或者停止 DC/DC 系统设备，检查遥控功能是否正确；
212 2) 遥调指令：设置 DC/DC 的输出电压值，核对后台设定电压与实际输出电压是否
213 一致；
214 3) 运行状态（遥信）：核对后台显示开关位置、设备运行状态是否与实际保持一
215 致，设备的异常报警等信号是否能正确上送；
216 遥测信号：加二次模拟量模拟实际运行情况，核对后台 DC/DC 的实时功率、电压、电流等遥
217 测值与模拟量一致。

218 5.2.4.4 辅助信息接入功能校验

- 219 a) 通过 DL/T 860 传输规约测试系统设置周期性上送、数据变化上送、品质变化上送
220 及总召时间，查看设置是否生效。
- 221 b) 告警处理功能校验：通过控制系统的告警窗口，查看告警信息分级、分区处理及展
222 示功能是否正确和完备，查看告警级别设置、告警人工抑制设置功能是否正确，查
223 看告警发生时是否及时推出告警条文，是否具备声、光提示功能，查看告警信息的
224 时标是否准确，报警信息是否丢失和误报，查看是否具备远程解除警报功能。
- 225 c) 智能联动功能校验：在系统中对设备进行操作时，通过视频画面，实时跟踪操作过
226 程中设备的状态；模拟触发消防火灾报警信号，查看对应区域内的门禁和灯光照明
227 是否打开，视频画面是否切换至火灾报警区域；模拟触发电子围栏、红外双鉴等入
228 侵报警信号，查看对应区域内的灯光照明是否打开，视频画面是否切换至入侵报警
229 区域；模拟触发氢气泄漏告警信号，查看相关设备是否停机；模拟触发氢气气压低
230 与气压高报警，查看相关设备是否停机。

231 5.2.4.5 接口信息传输功能校验

- 232 a) 相关设备向控制系统模拟发送设备状态运行工况、重要告警、保护动作和异常告警
233 等信息；
- 234 b) 检查相关设备与控制系统之间数据传输的正确性，检查接口规约是否遵循 GB/T
235 3602 的相关技术要求；
- 236 c) 上级主站系统向氢电耦合综合能源站控制系统模拟下发操作及信息查询等命令；
- 237 d) 氢电耦合综合能源站控制系统向上级主站系统模拟上送设备信息；
- 238 e) 检查氢电耦合综合能源站控制系统和上级主站系统之间数据传输的正确性，检查接
239 口规约是否遵循 GB/T 3602 的相关技术要求。

240 5.3 安全注意事项

- 241 a) 现场整组试验时，须确保装置内部氢气已完全排空，并已全部置换成氮气。
- 242 b) 后台进行遥控操作不得少于两人，一人操作，另一人监护，并且须有两名及以上人
243 员在现场观察遥控执行情况，遇到压力超限额等情况须及时按下现场急停按钮，并
244 及时汇报。
- 245 c) 对可能影响调度端的情况应及时与调度联系；程序升级应经上级主管部门确认，数
246 据库修改应做相应功能的检查。
- 247 d) 对厂家、外协人员加强监护，进行控制系统检修工作时严禁发生违规外联和非法访
248 问。工作过程中涉及笔记本、存储设备连接设备的，使用专用调试笔记本与专用 U
249 盘。

250 6 水电解制氢系统检修

251 6.1 基本设备配置

252 碱水电解水制氢系统主要由五大部分组成：电解槽、后处理框架、水箱碱箱、电解电源、
253 控制系统。其中，后处理框架具体包含氢（氧）分离器、碱液循环泵、换热器、过滤器、综
254 合塔、集水器等设备，电解电源设备主要包括整流变压器与整流柜两部分。

255 6.2 检修

256 6.2.1 检修条件

- 257 a) 确保电解水制氢系统已在停车状态，制氢系统压力释放完毕，设备电源已切断，现场做好安全措施。
- 258
- 259 b) 水电解槽停槽后须等待一段时间至电压消失（一般为10min）。
- 260 c) 氢、氧生产系统在检修前，必须用氮气（压力 $\leq 1.0\text{MPa}$ ，纯度 $\geq 98\%$ ）进行彻底置换
- 261 或吹扫。操作过程中严禁用铁器敲打。
- 262 d) 设备、管路在置换或吹扫合格后，应把所有入孔、手孔、阀门、盲板都打开，并打
- 263 开室内门窗，加强空气流通。系统内部和动火区域内的含氢量必须 $\leq 0.4\%$ 。

264 6.2.2 检修前准备

265 6.2.2.1 文书资料

266 检查各单体设备、附件、阀门等的试验记录或合格证书、压力容器产品检验证等，文件

267 资料齐全无误。

268 6.2.2.2 仪器准备

- 269 a) 测量电压的仪表精度应不低于 $\pm 1\%$ ；
- 270 b) 测量电流的仪表精度应不低于 $\pm 1\%$ ；
- 271 c) 测量时间用的仪表精度应不低于 1 s/h ；
- 272 d) 测量温度的仪表精度应不低于 $\pm 1^\circ\text{C}$ ；

273 6.2.2.3 环境条件

274 除非另有规定外，检修工作应在以下条件下进行：

- 275 a) 温度： $25^\circ\text{C}\pm 5^\circ\text{C}$ ；
- 276 b) 相对湿度：不大于 75% ；
- 277 c) 大气压力： $86\text{kPa}\sim 106\text{kPa}$ 。

278 6.2.2.4 防爆措施

- 279 a) 电解槽及氧气系统必须严格除油。
- 280 b) 氧气系统操作人员和检修人员的工具、手、工作服、脸、头发等，必须严格除油，
- 281 以防遇到高压氧气造成自燃或爆炸。
- 282 c) 容器、仪表、压缩机、管道、阀门及过滤器等氧气系统各元件定期检查其油脂残留
- 283 量及锈蚀情况，如不合格必须及时处理。
- 284 d) 检修前必须将系统中的氧气排空，并氮气进行置换，使系统中的氧含量符合规定要
- 285 求。排空的氧气应导放至安全区。
- 286 e) 操作人员和检修人员应穿棉质工作服和防静电鞋。

287 6.2.2.5 动火作业

288 有爆炸危险的房间内，严禁存放易燃易爆物品。必须使用时，应该经有关部门同意，并采

289 取相应安全措施。在准备工作就绪正式点火前，必须先征得主管安全防火部门同意，办理

290 好动火手续，采取严格的安全措施，设置必要的灭火器具。

291 动火前必须对接触过氢气的吸附剂、保温层等进行置换或吹扫，以防其中残留氢气遇火

292 爆燃。

293 6.2.3 电解水制氢系统机械性能检修

294 6.2.3.1 耐压试验

295 系统应以水压或气压进行耐压试验，试验压力为设计压力的 1.05 倍，但不得低于
296 0.22MPa。试验时应缓慢升压，达到预定值后保持 10 min，然后降至设计压力，检查焊缝、
297 连接部位的泄露状况，以不漏为合格。

298 6.2.3.2 气密性试验

299 系统耐压试验合格后，应以空气或氮气进行气密性试验，试验压力为设计压力，缓慢升
300 压至试验压力后保持 30 min，检查焊缝、连接部位的泄露状况，以不漏为合格。

301 6.2.3.3 泄漏量试验

302 在气密性试验合格后，应以空气或氮气进行泄漏量试验，试验压力为设计压力，试验时
303 间为 24 h。试验过程应认真进行温度、压力记录，以平均每小时泄露率不超过 0.5%为合格。
304 平均每小时泄露率 A 按式 (6.1) 计算

$$305 \quad A = \frac{100}{t} \left(1 - \frac{p_2 T_1}{p_1 T_2} \right) \quad (6.1)$$

306 其中：

307 A 为平均每小时泄露率，用%/h 表示

308 t 为试验时间，单位为小时(h)

309 p_1 、 p_2 为试验开始结束时的绝对压力，单位为兆帕(MPa)

310 T_1 、 T_2 为试验开始结束时的绝对稳度，单位为开尔文(K)

311 6.2.3.4 防护罩/外壳的通风实验

312 开启通风机检查每小时通风换气次数。对于接入压力气体的防护罩/外壳应以 1.0 kPa 的
313 气压进行检查，不泄露为合格。

314 6.2.4 电解水制氢系统设备功能检修

315 6.2.4.1 绝缘电阻检测

316 在室温下检测电解水制氢系统相关部分的绝缘电阻，应符合附录 A2.2.2 的要求。

317 6.2.4.2 电源短路保护装置检测

318 人为制造电源短路，保护装置应能正常动作。

319 6.2.4.3 过压保护功能检测

320 以氮气或空气代替氢氧混合气体，将系统出气口封闭，待压力超过工作压力上限时，系
321 统应自动停机。将出气口打开，当压力回复至正常工作压力时，应自动开机。

322 6.2.4.4 直流电压、电流检测

323 以直流电流表、电压表测定水电解槽的槽电流、槽电压，确认其符合铭牌要求。

324 6.2.4.5 过热保护功能检测

325 系统开机后关闭冷却系统。水电解槽的温度达到 GB/T 29411-2012 规定的上限时，应自
326 动停机。

327 6.2.4.6 表计精度检测

328 检测系统内的相关表计，精度符合 GB/T 29411-2012 的要求。

329 6.3 安全注意事项

- 330 a) 系统开机前，应用氮气对系统的进气管进行吹扫替换。
- 331 b) 原料水、电解液应符合 GB/T 29411-2012 要求及设计要求。
- 332 c) 检修现场的生产环境符合设计要求。
- 333 d) 在盛有氢氧混合气和排放后的氢氧混合气容器上，因可能有残余气体，不得及进行
- 334 钻孔、切割与焊接作业。

335 7 氢输送管道系统检修

336 7.1 基本设备配置

337 氢输送管道，水电解制氢设备产生的氢气通过压缩机传输至不同 MPa 压力值下的储氢
338 罐。储氢罐内氢气通过加氢机，将氢气输送至氢燃料电池。氢输送管道系统包括氢输送管道
339 与压缩机。

340 氢气管道应选用无缝钢管，材料应符合 GB 50516-2010 要求及设计要求。

341 氢气管道系统应设置放空管、分析取样口和吹扫置换口，其位置及技术性能应能满足管
342 道内气体排放、取样、吹扫和置换要求。氢气放空管的设置，应符合 GB 50516-2010 有关规
343 定。

344 压缩机应安装在干燥、通风、无粉尘和无腐蚀的室内环境中。其进气管路中应设释放口，
345 以备吸入压力高于额定吸气压力时卸荷使用；排气管路应有止回阀，防止气体倒流，还应设
346 有放空阀和回流管路，以便压缩机轻载启动。

347 7.2 检修

348 7.2.1 检修条件

349 检验前，检验现场应当至少具备以下条件：

- 350 a) 影响检验的附属部件或者其它物体，应当按照检验要求进行清理或者拆除；
- 351 b) 为检验而搭设的脚手架，轻便梯子等设施应当安全牢固；
- 352 c) 需要进行检验的管道表面应当被打磨清理，特别是腐蚀部分和可能产生裂纹缺陷的
353 部分应当被彻底清理干净，露出金属本体，进行无损检测的表面应当符合《承压设
354 备无损检测》的要求；
- 355 d) 管道检验时，应当保证将其与其它相连装置、设备可靠隔离，必要时进行清洗和置
356 换；
- 357 e) 管道检验时，应当监测环境中易燃、有毒、有害气体，其含量应当符合有关安全技
358 术规范及相应标准的规定；
- 359 f) 在高温或者低温条件下运行的管道，应当按照操作规程要求缓慢的降温或者升温，
360 满足检验工作的要求，防止造成人员伤害和设备损伤；
- 361 g) 应当切断与管道有关的电源，设置明显的安全警示标志，检验照明电压不超过 24V，
362 电缆应当绝缘良好，接地可靠；
- 363 h) 需要现场进行射线检测时，应当隔离出透照区，设置警示标志，符合相关安全规定；
- 364 i) 压缩机检修前确保压缩机已在停机状态，进、排气管路上的阀门已关闭，冷却水进
365 排水管阀门已关闭，设备电源已切断，现场做好安全措施。

366 7.2.2 检修前准备

367 7.2.2.1 文书资料

- 368 a) 设计资料, 主要包括设计及安装说明书等;
- 369 b) 安装资料, 包括竣工验收资料(含管道组成件、管道支撑件的质量证明文件), 以
- 370 及管道安装监督检验证书;
- 371 c) 改造或者重大修理资料, 包括施工方案和竣工资料, 以及有关安全技术规范要求的
- 372 改造, 重大修理监督检验证书;
- 373 d) 使用管理资料, 包括运行记录、开停车记录、运行条件变化情况, 运行中出现异常
- 374 以及相应处理情况的记录等;
- 375 e) 检验、检查资料, 包括仪表的校验、检定资料, 定期校验周期内的年度检查报告和
- 376 上次定期检验报告;

377 7.2.2.2 设备仪器校验检定

378 按照有关规定, 检验所使用的设备、仪器和测量工具应当在有效的校验或者检定期内。

379 7.2.3 管道检验实施

380 7.2.3.1 项目

381 定期检验项目应当以宏观检验、壁厚测定和安全附件的检验为主, 必要时应当增加表面

382 缺陷检测、埋藏缺陷检测、材质分析、耐压强度校核、应力分析、耐压试验和泄漏试验等项

383 目。

384 7.2.3.2 方法和要求

385 a) 宏观检验

386 宏观检验应当主要采用目视方法(必要时利用内窥镜、放大镜或者其他辅助检测仪器设

387 备、测量工具)检验管道结构、几何尺寸、表面情况(例如裂纹、腐蚀、泄漏、变形等)以及焊

388 接头、防腐层、隔热层等。

389 宏观检验一般应当包括以下内容:

- 390 1) 管道结构检验, 包括管道布置, 支吊架、膨胀节、开孔补强、排放装置设置等;
- 391 2) 几何尺寸检验, 包括管道焊缝对口错边量、咬边、焊缝余高等;
- 392 3) 外观检验, 包括管道标志, 管道组成件及其焊缝的腐蚀、裂纹、泄漏、鼓包、
- 393 变形、机械接触损伤、过热、电弧灼伤, 管道支承件变形、开裂, 排放(疏水、
- 394 排污)装置的堵塞、腐蚀、沉积物, 防腐层的破损、剥落, 隔热层破损、脱落、
- 395 潮湿以及隔热层下的腐蚀和裂纹等。

396 首次定期检验时应当检验管道结构和几何尺寸, 再次定期检验时, 仅对承受疲劳载荷的

397 管道、经过改造或者重大修理的管道, 重点进行结构和几何尺寸异常部位有无新生缺陷的检

398 验。

399 b) 壁厚测定

400 采用超声测厚方法。测定位置应当具有代表性, 并应有足够的壁厚测定点数。壁厚测定

401 应当绘制测定点简图, 图中应当标注测定点位置和记录测定的壁厚值。

402 测定点位置选择和抽查比例应当符合以下要求:

- 403 1) 测定点的位置, 重点选择易受腐蚀、冲蚀, 制造成型时壁厚减薄和使用中易产
- 404 生变形、积液、磨损部位, 超声导波检测、电磁检测以及其他方法检查发现的
- 405 可疑部位, 支管连接部位等;

406 2) 弯头(弯管)、三通和异径管等的测定抽查比例;每个被抽查的管道组成件,测
407 定位置一般不得少于 3 处;被抽查管道组成件与直管段相连的焊接接头直管
408 段一侧的测定位置一般不得少于 3 处;检验人员认为有必要时,还可以对其
409 余直管段进行壁厚测定抽查;

410 3) 在检验中,发现管道壁厚有异常情况时,应当在壁厚异常部位附近增加测点,
411 并且确定壁厚异常区域,必要时,可适当提高整条管线测定的抽查比例;

412 4) 采用长距离超声导波、电磁等方法进行检测时,可以仅抽查信号异常处的管道
413 壁厚。

414 c) 表面缺陷检测

415 采用 NB/T 47013 中的检测方法。铁磁性材料管道的表面缺陷检测应当优先采用磁粉检
416 测。

417 表面缺陷检测的要求如下:

418 1) 宏观检查中发现裂纹或者有怀疑的管道,应当在相应部位进行外表面无损检
419 测;

420 2) 隔热层破损或者可能渗入雨水的 ss316L 不锈钢管道,应当在相应部位进行外
421 表面无损检测;

422 3) 检验人员认为有必要时,应当对支管角焊缝等部位进行外表面无损检测抽查;

423 4) 长期承受明显交变载荷 ss316L 不锈钢管道以及首次定期检验的 GC1 级管道,
424 应当在焊接接头和应力集中部位进行外表面无损检测抽查,抽查比例应当不低
425 于焊接接头数量的 5%,并且不少于 2 个;

426 5) 存在环境开裂倾向的管道,可以在外表面采用其他检测方法对内表面进行抽
427 查,抽查比例应当不低于对接焊接接头数量的 10%,并且不少于 2 个;

428 6) 检测中发现裂纹时,检验人员应当扩大表面缺陷检测的比例,以便发现可能存
429 在的其他缺陷。

430 d) 埋藏缺陷检测

431 埋藏缺陷检测一般采用 NB/T 47013 中规定的射线检测或者超声检测等方法

432 埋藏缺陷检测具体抽查重点部位如下:

433 1) 安装和使用过程中返修或者补焊部位;

434 2) 检验时发现焊缝表面裂纹需要进行焊缝埋藏缺陷检测的部位;

435 3) 错边量超过相关安装标准要求的焊缝部位;

436 4) 出现泄漏的部位以及其附近的焊接接头;

437 5) 安装时的管道固定口等应力集中部位;

438 6) 泵、压缩机进出口第一道或者相邻的焊接接头;

439 7) 支吊架损坏部位附近的焊接接头;

440 8) 异种钢焊接接头与管道变形较大部位的焊接接头;

441 9) 使用单位要求或者检验人员认为有必要的其他部位等。

442 e) 材质分析

443 根据管道实际情况,可以采用化学分析或者光谱分析、硬度检测、金相分析等方法进行
444 材质分析。

445 材质分析应当符合以下要求:

446 1) 对材质不明的管道,一般需要查明管道材料的种类和相当牌号,可以根据具体
447 情况,采用化学分析、光谱分析等方法予以确定,再次检验时不需要进行该项
448 目检验;

- 449 2) 对有高温蠕变和材质劣化倾向的管道,应当选择有代表性部位进行硬度检测,
450 必要时进行金相分析;
- 451 3) 对有焊缝硬度要求的管道,应当进行焊接接头硬度检测。
- 452 f) 安全附件与仪表检验
- 453 1) 安全附件与仪表检验应当包括以下主要内容:
- 454 2) 安全阀与压力表是否在校验有效期内,不在有效期内的需立即予以更换并交由
455 相关部门进行合格检验;
- 456 3) 检查压力表及连接处是否存在腐蚀、变形、泄露,存在缺陷时不得继续使用;
- 457 4) 检查阀门是否存在腐蚀、变形、泄漏,开闭是否正常。存在腐蚀、变形、泄露、
458 开闭不灵活缺陷时,不得继续使用;
- 459 5) 安全阀与压力表更换前应经过试压调试检验,更换后应检漏,合格后宜做相关
460 记录。
- 461 6) 爆破片装置是否按期更换;
- 462 7) 紧急切断阀是否完好。

463 7.2.4 压缩机检验实施

464 7.2.4.1 项目

465 定期检验项目应当以宏观检验、膜片检查和补偿油泵的检验为主。

466 7.2.4.2 方法和要求

467 a) 宏观检验

468 当压缩机运转时,应该经常检查机器润滑是否正常,油压、气压表的指示是否正常,机
469 器是否有异常声响,并应检查曲轴箱油面高度,当油面低于油标下限时,应及时补充润滑油。
470 压缩机在连续运转 3000~4000 小时之后,应全部更换曲轴箱内的润滑油。首次使用时应当
471 缩短换油周期,一般为 1000 小时以内。也可以根据油标处的润滑油污染状况来判断。

472 b) 膜片检查

473 压缩机不允许在膜片破裂的情况下继续运转,当膜片破裂时,应立即停车,更换膜片。

474 c) 补偿油泵检查

475 补偿油泵的供油与排油应正常,进、排油阀阀口应无严重的污垢或磨损等情况,如有故障应
476 清洗污垢或更换进、排油阀。

477 d) 排除故障

- 478 1) 当压缩机不能正常工作时,可按下列顺序检查各部位,查找故障原因:
- 479 2) 检查曲轴箱油量;
- 480 3) 检查各缸油缸压力,若不符合要求,则应分别检查调压阀和补偿油泵,或检查
481 膜片是否破裂,各缸体的密封处是否漏油,检查齿轮油泵是否供油不足或不工
482 作;
- 483 4) 检查排气压力,若不正常则应检查进、排气阀或检查膜片是否破裂;
- 484 5) 若排气温度突然升高,则应检查冷却水或者气阀。

485 7.3 安全注意事项

486 输送氢气管道系统附近禁止堆放易燃易爆物品,禁止进行动火作业,禁止产生明火。

487 由于氢气具有密度低、体积能力密度小的特点,氢气压缩机和输送氢气管道必须具备承
488 压大、流量大、安全和密封性好的特质。

489 检修人员着装与携带工具应经过防静电处理,建议着棉质工作服和防静电鞋。

490 在拆卸和装配压缩机的零、部件时，应特别注意零、部件的清洁度。

491 8 储氢瓶组检修

492 8.1 基本设备配置

493 氢气储存系统及设备应符合 GB 50516 有关规定。储氢装置可采用多级固定式氢气罐或
494 储氢气瓶组等，其储存氢气的压力和容量应能满足燃料电池及直接供氢的需要。氢气储存系
495 统中储氢装置分组放置并相互连通时，应设置保护措施确保储氢容器不会发生超压事故。氢
496 气储存系统中每个独立储存容器应有相互独立的安全泄放装置。

497 8.2 检修

498 8.2.1 检修条件

- 499 a) 定期检验前，应当根据介质的不同性质，采取安全有效的方法将气瓶内的残气、残
500 液排除、置换、清洗等，排放应符合国家和当地的环境保护要求；
501 b) 定期检验过程中，气瓶、气瓶端塞及管路、阀门、安全附件的拆卸和检验后的安装
502 工作，均应由原气瓶制造单位或者产权单位委托的单位进行，并对其安装质量负责。

503 8.2.2 检验要求

504 瓶体检验分为从站用瓶组上拆卸后送检验站检验（简称“进站检验”）和在站内现场进
505 行的检验（简称“现场检验”）两种。瓶体检验应在拆除气瓶端塞的条件下进行。

506 有以下情况之一的站用瓶组，应当进行进站检验：

- 507 a) 现场检验中发现有无法确定的缺陷或者损伤的；
508 b) 发生火灾等事故，对安全使用有影响的；
509 检验人员对其安全性有怀疑的。

510 8.2.3 检验准备

511 8.2.3.1 资料准备

- 512 a) 首次定期检验时，查阅使用登记证，设计、制造资料（包括批量产品质量证明书、
513 竣工总图、使用说明书、气瓶设计计算书、监督检验证书等）；
514 b) 改造、维修资料，包括方案、施工质量证明资料；
515 c) 检验、检查资料，包括历次年度检查报告和定期检验报告；
516 d) 产品铭牌。

517 8.2.4 内外部宏观检查

518 8.2.4.1 检查内容

- 519 a) 内外部宏观检查主要包括以下内容：
520 1) 检查前，内壁应当保证清洁、干燥、无氧化皮等，如果有必要，在检验之前应
521 当采用适当的方法对表面进行清理，如发现内部存在过多的残渣和残液，应当
522 对其腐蚀性进行评价；
523 2) 核对气瓶钢印标志内容，并且逐只登记其编号；
524 3) 逐只检验气瓶外表面是否存在裂纹、腐蚀、凹陷、火焰灼伤、鼓包、机械损伤、
525 颈部折叠等；

- 526 4) 检验内表面可能存在的裂纹、腐蚀、鼓包、皱折和机械损伤等；
527 5) 检验瓶口内、外螺纹是否存在裂纹、腐蚀、磨损及其他损伤。
528 b) 内外部宏观检查中发现以下情况时，不得继续使用：
529 1) 裂纹和机械损伤；
530 2) 内外表面裂纹未消除或者消除后剩余壁厚小于最小设计壁厚；
531 3) 表面存在机械损伤并且剩余壁厚小于最小设计壁厚；
532 4) 瓶口内螺纹机械损伤或者腐蚀导致锥形螺纹有效螺纹长度小于规定值或直螺
533 纹有效啮合螺纹数小于 6 个。
534 c) 腐蚀：
535 1) 点腐蚀剩余壁厚小于最小设计壁厚；
536 2) 均匀腐蚀或者线腐蚀剩余壁厚小于最小设计壁厚。
537 d) 凹陷：
538 瓶体凹陷最大深度与瓶体直径之比大于 0.7%或者凹陷长径与瓶体直径之比大
539 于 20%时，应进行合于使用评价，否则不得继续使用。
540 e) 鼓包
541 瓶体鼓包明显或者鼓包部位硬度值不符合相应制造标准要求(硬度与抗拉强度
542 对应范围见 GB/T33145-2016 附录 E)时，不得继续使用。鼓包部位硬度检测
543 按本标准第 5.3.9 条规定。
544 f) 火焰损伤
545 气瓶遭受火焰损伤，应当对材质的损伤程度进行评价，损伤严重的不得继续使
546 用。

547 8.2.5 全自动超声波检测

548 采用全自动超声波检测方法对筒体进行100%超声波检测，超声波检测设备应当具备C扫
549 描记录和缺陷A形波记录功能，对自动超声波检测发现的缺陷，应当进行手动超声波检测复
550 验。

551 全自动超声检测按附GB/T 33145附录C执行，手动超声波检测应按NB/T 47013.3执行。
552 检测过程中回波幅度大于或等于对比样管上人工缺陷回波的钢瓶应判定为不合格。

553 8.2.6 壁厚测定

554 壁厚测定位置一般选择易发生腐蚀或者怀疑减薄的重点部位。

555 壁厚测定时，如果发现母材存在分层缺陷，应当增加超声波检测，查明分层分布以及与
556 母材表面的倾斜度，并且作图记录。

557 实测最小壁厚小于设计壁厚的，不得继续使用。

558 8.2.7 磁粉检测

559 对瓶体外表面周向、纵向(应当为全感应非接触、非通电磁化技术)进行100%磁粉检测，
560 并且记录检测部位、缺陷性质、尺寸、位置等信息。磁粉检测应按GB/T 33145附录D执行。

561 检测过程中，表面有裂纹、非金属夹杂物磁痕显示，且未消除或者消除后剩余壁厚小于
562 最小设计壁厚的钢瓶应判定为不合格。(增加了且未消除或者消除后剩余壁厚小于最小设计
563 壁厚)

564 8.2.8 渗透检测

565 对气瓶瓶口内螺纹及瓶颈内表面可以检测到的部位进行渗透检测，并且记录检测部位、

566 缺陷性质、尺寸、位置等信息。渗透检测应按NB/T 47013.5执行。
567 评定结果 I 级为合格。

568 8.2.9 水压试验

569 第2次和第3次检验的应进行耐压试验，耐压试验装置、试验方法和安全措施应按照GB/T
570 9251的规定执行，在试验压力下保压时间不少于2min。

571 水压试验压力应为气瓶公称工作压力的5/3倍或按设计文件的规定。水压试验后应将瓶
572 内积水排净。

573 外测法水压试验存在以下情况之一的，不得继续使用：

574 a) 瓶体发生明显变形或者保压期间出现压力回降(因试验装置或瓶口泄漏造成压力回
575 降除外)；

576 b) 瓶体容积残余变形率超过5%。

577 耐压试验过程中，瓶体出现渗漏、明显变形或保压期间压力下降现象(非因试验装置或
578 瓶口泄漏)的，不得继续使用。

579 8.2.10 声发射检测

580 声发射检测应按NB/T 47013.9的规定执行，出现以下情况时，应采用超声波检测方法进
581 行复验：

582 a) 在气瓶筒体部位纵向200mm长度范围内出现5次以上的声发射源定位信号时，应进行
583 复验；

584 b) 在两换能器外侧部位任意一端出现5次以上声发射源定位信号，那么气瓶这一端的
585 换能器外侧部位应进行复验。

586 8.2.11 整体气密性试验

587 组装时应更换密封圈，组装完成后应当对站用瓶组进行整体气密性试验，气密性试验方
588 法应按GB/T 12137 执行，试验压力为站用瓶组的公称工作压力。整体气密性试验发现泄漏
589 的，不得继续使用。

590 8.2.12 附件检验

591 8.2.12.1 气瓶端塞检验

592 逐只检验端塞有无腐蚀、裂纹或其他损伤等。如果端塞上带有内伸式排污管，检验排污
593 管有无变形、裂纹、凹陷及堵塞等。

594 气瓶端塞存在以下缺陷时，不得继续使用：

595 a) 存在裂纹、严重腐蚀或者影响安全使用的碰伤时；

596 b) 螺纹碰伤或者腐蚀导致锥形螺纹有效螺纹长度小于规定值或直螺纹有效啮合螺纹
597 数少于6个时。

598 8.2.12.2 管路和阀门检验

599 检查金属管路有无变形、裂纹、凹陷、扭曲或者其他损伤。检查阀门是否存在腐蚀、
600 变形、泄漏，开闭是否正常。

601 管路、阀门发现存在以下缺陷时，不得继续使用：

602 a) 管路遭受火灾或者存在裂纹、明显变形、影响安全使用的机械损伤；

603 b) 管路、排污装置堵塞；

604 c) 阀门变形、腐蚀、泄漏，开闭不灵活。

605 8.2.12.3 安全附件检验

606 安全附件校验应当符合相关安全技术规范的规定。

607 安全附件未按期校验的，不得继续使用。

608 8.3 安全注意事项

609 储氢瓶组周围禁止动火作业，禁止堆放可燃物品，禁止明火。

610 高压储氢瓶，在高温下，将氢气压缩，以高密度气态形式储存，体积储氢密度低，体积
611 比容量小，存在泄漏、爆炸的安全隐患。

612 9 燃料电池检修

613 9.1 基本设备配置

614 燃料电池（SOFC）包括供氢子系统、监控单元、质子膜燃料电池、燃料电池子系统、
615 DC/DC 变换单元、直流配电单元、储能单元、水热综合管理单元和氢化剂供给单元。

616 9.2 检修

617 9.2.1 检修条件

618 确保市电无电发电状态，设备电源已切断。燃料电池系统完全停止。保证气源供应停止
619 且所有气体已排空，现场做好安全措施。

620 9.2.2 检修前准备

621 9.2.2.1 仪器准备

- 622 a) 测量电压的仪表精度应不低于 $\pm 1\%$ ；
- 623 b) 测量电流的仪表精度应不低于 $\pm 1\%$ ；
- 624 c) 测量时间用的仪表精度应不低于 1s/h ；
- 625 d) 测量温度的仪表精度应不低于 $\pm 1^\circ\text{C}$ ；

626 9.2.2.2 环境条件

627 除非另有规定外，检修工作应在以下条件下进行：

- 628 a) 温度： $25^\circ\text{C}\pm 5^\circ\text{C}$ ；
- 629 b) 相对湿度：不大于 75% ；
- 630 c) 大气压力： $86\text{ kPa}\sim 106\text{ kPa}$ 。

631 9.2.2.3 试验准备

632 每项试验开始前，都要使用辅助储能模块充电设备对辅助储能模块进行充电，待充满电
633 后，关闭辅助储能充电设备，进行试验。

634 9.2.3 外观及结构检修

635 检查系统的各个设备、管路附件连接以及防护罩/外壳的显示仪表、指示灯、开关、接
636 线端子或引线无破损，标志牌清晰完整。

637 9.2.4 直流母线输出电压试验

638 启动系统并接通负载，测量系统在额定功率工作状态下的直流母线输出电压。

639 9.2.5 事故放电能力试验

- 640 a) 使系统在额定功率下放电指定时长；
641 b) 系统持续运行，并叠加8倍于额定电流的冲击电流，持续时间为500ms，并测量直流
642 母线的电压值，之后恢复在额定电流条件下运行；
643 c) 重复b) 步骤3次，每次间隔2s。

644 9.2.6 过载能力试验

645 启动系统并调节负载使负载功率为额定值的 1.1 倍，直流输出电压为出厂整定值，记录
646 系统能正常运行的时间。

647 9.2.7 系统发电效率试验

648 按以下步骤进行试验：

- 649 a) 接阻性负载，并在阻性负载输出端并接电压表、串接电流表或其他能测量电压、电
650 流的设备；储能单元连接电流表（或其他能测量电流的设备，储能单元电流测量设
651 备应能反映电流方向，充电时为负值，放电时为正值）；系统氢气输入侧接氢气质
652 量流量计；
653 b) 启动系统，调节输出电压为出厂整定值，调节阻性负载为额定功率输出；
654 c) 当系统稳定运行且储能单元放电电流小于系统额定电流的5%时，每隔5min记录氢
655 气累计消耗质量 m_{H_2} 、燃料电池系统输出电压 U 、负载电流 I_1 ，储能单元的充放电电
656 流 I_2 ，计算系统输出功率 $P_F=U(I_1-I_2)$ ，记录5组数据，最后取各项数据的平均值作为
657 式(9.1)的计算依据。

658 输出额定功率时，效率按式(10.1)计算：

$$659 \quad \eta_F = P_F / (m_{H_2} / 300 / LHV_{H_2}) \times 100\% \quad (9.1)$$

660 式中 η_F 为系统效率， LHV_{H_2} 为氢气低热值（数值取 $1.2 \times 10^5 \text{ kJ/kg}$ ）， P_F 系统的平均
661 输出功率，单位为瓦（W）， m_{H_2} 为5min内的氢气累积消耗质量，单位为g。

662 9.2.8 过载保护功能校验

663 调节负载使功率在峰值功率 100%-110%之间，运行 10 min 后，系统的输出功率要降低
664 到额定功率，或负载功率大于 110%峰值功率，3 s 后，系统的输出功率要降低到额定功率。
665 系统应有报警信号。

666 9.2.9 电池堆入口氢气高、低压保护功能校验

667 使用氮气或者空气作为吹替气体。电池堆入口气体压力降低到制造商规定最低压力值以
668 下或者升高到制造商规定最高压力值以上时，应能发出报警信号并自动关机保护。

669 9.2.10 输出过、欠压保护功能校验

670 调节系统输出电压超过输出过压保护设定值或低于输出欠压保护设定值时，应能发出告
671 警信号。

672 9.2.11 输出短路保护功能校验

673 在正常运行状态下，切除辅助储能模块后，使电能变换单元输出短路，短路电阻应不大
674 于 $80 \text{ m}\Omega$ ，系统应能发出报警信号并自动进入保护状态，故障消除且辅助储能模块切入后，

675 应能自动恢复工作。

676 9.2.12 过温保护功能校验

677 电池堆温度达到过温保护设定值，应发出报警信号并自动关机保护。

678 9.2.13 告警功能校验

679 模拟系统故障，检查系统的告警信息，并检查是否将告警信号传送到近端和远程监控设
680 备。

681 9.2.14 氢气泄漏报警功能校验

682 在气体管路之前安装一个能够测量泄漏率的，精度 2%且泄漏量不低于流量计满量程四
683 分之一的流量测量装置。所有相关部件处于开启状态，从而在所有部件上均保持所要求的压
684 力。

685 气体进入实验区在大于 1 min 内逐渐达到不低于最大工作压力 1.1 倍的压力，并保持 30
686 min。然后读取流量测量装置上的数值，该数值为泄漏量。氢气泄漏速率还应按照式（9.2）
687 进行校正：

688
$$q_{fuel} = \sqrt{\frac{d_{test}}{d_{fuel}}} q_{test} \tag{9.2}$$

689

690 其中：

691 q_{fuel} 为燃料气体泄漏速率，单位为 Nml/s

692 q_{test} 为试验气体泄漏速率，单位为 Nml/s

693 d_{fuel} 为燃料气体比重

694 d_{test} 为试验气体比重

695 检验气体泄露速率达到设定值时，系统是否会发出氢气泄漏报警。

696 9.2.15 绝缘电阻校验

697 根据表 1 选择相应电压等级的绝缘电阻测试仪器测量各部位的绝缘电阻，测试结果应符
698 合以下要求：

699 a) 各个独立电路与地（金属框架）之间的绝缘电阻不小于 10 MΩ。

700 b) 无电气联系的各个电路之间的绝缘电阻不小于 10 MΩ。

701

表 1 绝缘试验的电压等级

额定绝缘电压 U(V)	$U \leq 63$	$63 < U \leq 250$	$250 < U \leq 500$
绝缘电阻测试仪器电压等级 (V)	250	500	1000
介质试验电压(kV)	0.5(0.7)	2.0(2.8)	2.0(2.8)
冲击试验电压(kV)	1	5	5
括号内数据为直流介质强度试验值。 出厂试验时，介质强度试验允许试验电压高于本表中规定值的 10%，试验时间为 1s。			

702 9.2.16 金属框架接地校验

703 接地点采用铜螺母。供氢系统外壳、所有可触及的金属零部件与接地端子之间电阻值不
704 超过 0.1Ω。

705 9.2.17 介质强度校验

706 对各个独立电路与地（金属框架）之间以及无电气联系的各个电路之间进行频率为 50
707 $\pm 5\text{Hz}$ 的工频耐压试验，加压时间 1 min。也可采用直流电压，试验电压为交流电压有效值
708 的 1.4 倍。加压过程中不应出现击穿或者闪络现象。介质强度试验的试验电压按表 1 选取。

709 9.2.18 冲击电压试验

710 对各个独立电路对地（即金属框架）之间，交流电路与直流电路之间，施加承受标准雷
711 电波的短时冲击电压试验，冲击电压试验的试验电压值按表 1 选取。

712 进行冲击电压试验后，系统各项主要功能指标应仍符合标准规定。在冲击电压试验过程
713 中，允许出现不导致损坏绝缘的闪络，如果出现闪络，则应复查介质强度，介质强度试验电
714 压为规定值的 75%。

715 9.3 安全注意事项

716 a) 系统开机前，应用氮气或空气对系统的进气管进行吹扫替换。

717 b) 检修现场的生产环境符合检修要求。

718 10 电气系统检修

719 10.1 基本设备配置

720 氢电耦合综合能源站电气系统主要由水电解制氢系统、增压储氢系统、氢燃料电池系统、
721 加氢系统、交流变压器及站用电系统的继电保护及安全自动装置、交换机、二次回路等构成，
722 以实现站内相关设备的保护与控制功能。

723 10.2 检修

724 10.2.1 清扫及外观检查

725 检查继电保护装置、交换机等设备的外观无明显损伤及变形，装置安装牢固，无松动现
726 象。

727 检查装置显示屏无损伤，面板各指示灯均正常。

728 检查相关压板、把手及二次接线紧固，无松动及脱落情况。

729 检查屏柜各端子排连接可靠，所置标号应正确、清晰。

730 检查装置与屏柜外壳和抗干扰接地铜网连接符合要求。

731 检查装置背后网线无损坏、弯折现象，接头完全旋进或插牢装置卡槽，无虚接现象。

732 10.2.2 二次回路检验

733 在被保护设备（氢电耦合综合能源站水电解制氢系统、增压储氢系统、燃料电池、加氢
734 系统、站内交流变压器等）停役后方可进行。

735 a) 确认保护屏内的连接线牢固、可靠，无松脱、折断；保护装置外壳和抗干扰接地铜
736 网连接符合要求；检查光纤连接正确、牢固，无光纤损坏、弯折现象；检查光纤
737 接头完全旋进或插牢，无虚接现象；检查光纤标号正确。（详见DL/T 995-2016 5.3.2
738 章节要求）；

739 b) 对二次回路（直流电源回路、信号回路、电压电流回路、控制回路等）进行绝缘试
740 验。在保护装置端子排处将电压、电流回路的接地点拆开，确认回路对地绝缘电阻
741 与回路之间的绝缘电阻均大于 $10\text{M}\Omega$ ；将直流控制回路电源空开取下，确认回路

742 对地绝缘电阻与回路之间的绝缘电阻均大于 $10\text{ M}\Omega$ ；确认信号回路对地绝缘电阻
743 大于 $1\text{ M}\Omega$ ；
744 c) 氢电耦合综合能源站水电解制氢系统、增压储氢系统、燃料电池、加氢系统、站内
745 交流变压器等设备中任何与二次回路相关的安装、改接及调试工作，需由相应专业
746 检修人员进行。例如开关辅助触点的开闭情况、切换时间，氢气氧气压力、流速监
747 视、燃料电池运行状态监视等，检修人员需掌握对应设备的技术原理、调试技能及
748 运行过程中出现的各种情况。

749 10.2.3 屏柜及保护装置检验

750 10.2.3.1 注意事项

751 为防止检验过程中保护装置内部元器件损坏，应做到：

- 752 a) 插拔插件之前应先断开装置电源，且应有防止因静电损坏插件的措施；
- 753 b) 调试过程中尽量不使用烙铁，用具有交流电源的电子仪器测量参数时，仪器电源侧
754 绝缘应良好，外壳应与保护装置在同一点接地。

755 10.2.3.2 通电检查

756 打开保护装置电源，装置应能正常工作。装置自检无误，按键功能正常，对时正常。装
757 置显示屏限时正常，面板指示灯指示正常，MMS 网络通信情况正常，GOOSE/SV 网络通信
758 正常。且装置硬件、软件版本号、校验码等信息与整定单一致。

759 10.2.3.3 工作电源检查

760 检查装置在 80% 额定工作电源下应能正常工作。

761 检查直流电源拉合时，保护装置断电恢复过程中无异常，保护装置不应误动，通电后工
762 作稳定正常。

763 装置由通电到断电，失电告警继电器应正确动作，自动化监控系统应能收到相应装置失
764 电告警。

765 10.2.3.4 模数变换系统检验

766 模数系统变换检验应按以下要求进行。

- 767 a) 零点漂移检验。在保护装置无外部电流电压量输入的情况下，观察装置在一段时间
768 内的零漂值满足装置技术条件的规定；
- 769 b) 各电流、电压输入的幅值与相位精度检验。按照装置技术说明书的规定，分别对装
770 置各采样通道输入不同幅值和相位的电流、电压量，检查装置的采样值，应满足装
771 置技术说明书的要求。

772 10.2.3.5 开关量输入回路检验

773 开关量输入回路检验应按以下要求进行。

- 774 a) 对保护屏柜上的相关功能压板处依次投入，检查装置中对应开入变位是否正常；
- 775 b) 在屏柜端子排处，按照装置技术说明书规定的试验方法，对所有引入端子排的开关
776 量输入回路依次加入激励量，检查装置中对应开入变位是否正常；
- 777 c) 在屏柜前把手处依次转动把手，检查装置中对应开入变位是否正常；
- 778 d) 装置开关量的定义采用正逻辑，即触点闭合为“1”，触点断开为“0”，开入量名
779 称与标准描述一致。

780 10.2.3.6 开关量输出触点及输出信号检验

781 开关量输出触点及输出信号检验应按以下要求进行。

- 782 a) 模拟各种保护装置开关量输出的情况，在保护屏柜端子排处按照装置技术说明书规
783 定的试验方法，对装置所有输出触点及输出信号的通断状态进行监视，检验对应开
784 出量是否变位正确；

785 b) 部分校验时,可随保护装置的整组试验一并进行。

786 10.2.3.7 事件记录与装置信息传送

787 观察装置的事件记录与装置信息传送功能是否满足 DL/T 995-2016 5.3.3.9 与 5.3.3.10 的
788 要求。

789 10.2.4 整定值检验

790 整定值检验须在屏柜上所有装置检验完毕之后进行。其遵守原则如下:

791 a) 对检修范围内所有装置逐一进行检验。检验是加入装置的模拟电压电流、时间测量
792 连线均应直接接至被试装置相关端子排上。交流电压电流的相对极性关系应与实际
793 运行过程中保持一致;

794 b) 检验过程中,在检修范围内除了所做安全措施外(采样值回路、跳合闸回路等),
795 整套保护装置应处于与实际运行状态完全一致的条件下;

796 c) 检验装置电气特性的检验项目和内容应根据装置具体动作原理拟定;

797 d) 检验过程中需注意与相关联保护设备的配合情况。

798 10.2.5 整组试验

799 用于检验装置在故障过程中的动作情况和回路设计正确性及调试质量的检查试验,包括
800 以下内容:

801 a) 通过对装置加入电压电流值,模拟装置在设备发生故障时带实际断路器和电解氢系
802 统进行相应的跳合闸试验,以检验有关跳合闸回路、防跳回路以及气压动作、闭锁
803 回路的正确性,每一相电流、电压回路、跳闸连接片及断路器跳合闸回路相别是否
804 一致;

805 b) 检查各个保护之间的配合行为、装置动作行为、断路器动作行为、故障录波信号及
806 自动化监控系统信号、光字牌等正确无误;

807 c) 检验各个装置之间相互闭锁的回路正确性,性能是否符合设计规范;

808 d) 检验各个设备之间检修机制的正确性。

809 e) 整组试验结束后,应在恢复运行接线前测量各电压电流回路的直流电阻,确保其在
810 规定范围内。

811 10.3 安全注意事项

812 所使用的安全工器具、劳动防护用品均在在检验合格周期内,符合规程规范要求。检修
813 过程中需仔细核对图纸与说明书,避免发生直流接地,防止误碰、误接线及误整定事件。

814 检修工作负责人与工作班成员明确各自分工职责,人员精神状态良好。

815 11 全站安全防护检修(消防、防雷、接地、防爆)

816 11.1 基本设备配置

817 氢电耦合综合能源站的消防系统由消防栓消防给水系统与手提式干粉灭火器组成。手提
818 式干粉灭火器布置于室内,按照每 50m² 配置一只 8kg 手提式干粉灭火器或者 2 只 4kg 手提
819 式干粉灭火器的标准进行设置。消防栓布置于室外此外站内设置多处火灾报警装置。

820 氢电耦合综合能源站的接地系统为复合人工接地网络。接地网与站内电气设备、控制系
821 统、防雷击系统以及防静电系统直接相连。各处连接点带有明显标志且便于分开。控制系统
822 采用铠装电缆。电缆金属外皮两端均应接地。

823 氢电耦合综合能源站的防雷系统由避雷带与防雷电感应接地装置组成。站内的站房与罩

824 篷等构筑物与避雷带相连。站内防雷电感应接地装置不少于两组，且与设备、管道、构架、
825 电缆金属外皮和钢屋架等直接相连。此外站内通信线缆与电线电缆应设置相应的浪涌保护措施。
826

827 氢电耦合综合能源站的防爆系统由防静电系统与压力检测报警系统组成。防静电系统包
828 括在氢气生产输送储存区域设置防静电金属接地板、输氢管道始末端设置防静电接地以及管
829 道法兰处加设跨接线。压力检测报警系统设置于氢气输送、储存工序处。

830 11.2 检修

831 11.2.1 消防系统检修

- 832 a) 检测消防给水系统室外消火栓流量是否达到15L/S;
- 833 b) 检查站内配置的干粉灭火器是否在保质期范围内，数量是否有缺失;
- 834 c) 检查火灾报警装置功能是否完好，报警信息传输是否通畅。

835 11.2.2 氢电耦合综合能源站接地装置检修

- 836 a) 检查接地体、接地（零）线周围环境腐蚀是否严重，基建施工中是否损伤接地（零）
837 线;
- 838 b) 检查自然接地体、人工接地体、自然接地线、人工接地线相互间的连接点，连接是
839 否有严重锈蚀、松脱、断线等现象;
- 840 c) 检查独立避雷针接地装置与其他地下金属物体之间的距离是否符合设计规（一般
841 3m以上）。

842 11.2.3 氢储能防雷设施检修

- 843 a) 检查避雷针（带、网）、保护间隙、避雷器安装是否牢固，有否严重变形、倾倒、
844 断裂等现象。独立避雷针及其引下线与其他金属物体在空气中的最小距离是否符合
845 规定（一般5m以上）;
- 846 b) 检查连接线、引出线、断接卡等导电体的电气连接是否松脱、断线，是否有烧痕或
847 熔断现象;
- 848 c) 检查腐蚀情况是否严重，凡截面面积因锈蚀而减少30%以上者应予更换;
- 849 d) 检查保护间隙是否烧坏，是否被异物短路;
- 850 e) 检查避雷器瓷套是否有破裂、严重积灰、放电和密封损坏现象。

851 11.2.4 氢电耦合综合能源站防静电设施检修

- 852 a) 检查防静电接地体周围环境腐蚀是否严重，基建施工中是否损伤;
- 853 b) 检测金属管、金属外壳的接地电阻是否小于10 Ω。

854 11.2.5 氢电耦合综合能源站防爆设施检修

- 855 a) 检查氢浓度检测仪精度是否符合要求，报警功能与相应的保护动作功能是否完善;
- 856 b) 检查站内防爆灯是否有损坏。

857 11.3 安全注意事项

858 站内需动火检修设备和线路时，必须办理动火审批手续，且需注意工作场所与氢气输送
859 储存设备之间的防爆间距。

860 检修过程中，对可能产生和积聚静电而造成静电危险的作业工具，应采取防静电措施，
861 必要时可设置临时专用接地线。

862 检修时,当设备的旋转部分未完全停止之前不得开盖。如设备有储(电)能元件(如电容、
863 油气探测头),应按厂家规定,停电后延迟一定时间,放尽能量后再开盖子。
864 在检查、检修防爆电气设备中,发现设备不符合技术要求,但一时又无合格备品时,为了不
865 影响正常作业,可提出安全防范措施并报上级主管部门备案,对危险程度比较大的设备必须
866 上报主管部门批准,但对设备问题仍需限期解决。

867 12 检修后全站系统性试验

868 12.1 系统性试验

869 12.1.1 系统性试验前检查项目

870 12.1.1.1 水电气检查

871 电路检查,在配电柜中合上整流柜、控制柜、除盐水柜电源。到现场确认电源指示灯亮。
872 水路检查,启动除盐水系统,检查除盐水进出口压力、温度是否都正常,工业冷却水压力
873 温度是否都正常(压力在 $0.2\sim 0.4\text{Mpa}$ 之间)。气路检查,打开控制柜前门,检查起源压力是
874 否在 $0.4\sim 0.6\text{Mpa}$ 之间,并且控制柜内部气管接头无漏气现象。

875 12.1.1.2 框架检查

876 开车前系统需用氮气置换,总共置换3次,每次置换压力达到 0.3Mpa 。置换后使系统
877 内保存有 0.3Mpa 的压力。阀门检查 保压阀、氢氧气旁路阀、排污截止阀、放空阀、分析仪
878 取样阀都为关闭状态。仪表检查 打开压力变送器取样管的放空阀,取样管进行排气处理,
879 确定取样管道无液体。差压变送器进行气路排液处理的同时,液路同样需要进行排气处理。
880 检查氢氧分析仪的取样管已接,如仪表,且无漏气现象。冷却水进水管路压力表、温度计上
881 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。

882 12.1.1.3 碱液泵选择检查

883 选择启动碱液泵,选择1#泵或2#泵所对应的阀门必须打开,备用泵则需关闭。

884 12.1.1.4 碱液流量控制检查

885 在配电柜启动选择好的碱液泵,调节碱液流量阀门,调节流量在量程的 $60\%\sim 70\%$ 。

886 12.1.1.5 控制柜及上位机检查

887 合上控制柜内部断路器。检查PLC运行、上位机与PLC通讯是否正常;上位机数据显示
888 和框架相一致,报警参数、联锁参数、PID设定参数正确。

889 12.1.1.6 整流柜检查

890 整流柜冷却水压力、温度正常,报警指示灯无报警现象,高压电已送。

891 12.1.1.7 压缩机检查

892 检查所有的阀门均处于合适的启闭状态,检查所有的检修附件和检修工作标识牌均已去
893 除,盘车一圈确保无机械故障。确保电动机及压缩机曲轴的旋转方向正确。确定所有的安全
894 保护装置均处于合适的操作状态,检查压力表的指针是否回零,检查曲轴箱内的润滑油是否
895 符合要求,油位是否在游标的上下刻度线之间。

896 12.1.1.8 燃料电池系统检查

897 检查燃料电池系统各管路与部件间不存在漏气现象。检查系统中是否存在短路现象。

898 检查现场是否有足够的灭火器与沙箱。检查移动式可燃气体报警设备是否正常运行。

899 检查压力传感器连接线是否正确连接,压力传感器是否正常工作。检查气体质量流量计
900 是否正常工作。

901 12.1.1.9 氧气系统检查

902 检查加氧系统储氧瓶与输送管路不存在漏气现象。检查加氧机工况正常，工作模式选择
903 功能正确。

904 12.1.2 检修后系统性试验

905 设备正常开车时，检查整流柜运行电源指示灯亮。观察氢、氧调节阀动作情况及氢、氧
906 分离器液位正常。电解槽通电后，用万用表测量各小室电压是否均匀，且应不大于 2.1V。
907 观察槽温稳定在 $85 \pm 5^\circ\text{C}$ 之间。观察氢、氧气体分析仪上气体纯度正常。记录下框架、除盐
908 水、控制柜、整流柜、储罐仪表数据。现场记录数据应与上位机后台数据一致。检查制氢监
909 控系统阀门监控状态指示正确。系统启动操作后，“运行”光字牌指示正确。制氢监控系统
910 循环碱液泵主备机切换和现场一致，运行碱液泵光字牌为绿色，停运泵为灰白色。制氢监控
911 系统补水泵主备机切换和现场一致，运行水泵光字牌为绿色，停运泵为灰白色。检查制氢监
912 控系统在氢气纯度达标后，氢气出口阀门左、右两侧部分应为绿色，上侧为白色。

913 水电解制氢电解槽送电后，应立即测量正负极性，防止因接错线而产生相反气体。在试
914 车过程中，应定时测量极间电压，检查各电解小室的极间电压是否有异，从而极早判断各小
915 室的进液、出气是否畅通。

916 电解槽由放空转向往储罐送气，必须慎重，须经过分析仪（调校合格）分析合格后或再
917 经过爆鸣试验，确信氢气和氧气都合格。

918 电解槽在运行中应控制好液位，严防液位过高或过低。

919 电解液的浓度必须严格控制。氢氧化钾和氢氧化钠不能混合使用，不然会在小室的阴极
920 上形成结晶碱，造成槽电流波动，槽电压上升，威胁安全生产。

921 电解槽在运行中应严格控制氢、氧系统压力，防止因压力差过大而造成氢气和氧气混合。
922 系统必须保持正压状态，严防产生负压。

923 氢气压缩机检查，开车后检查氢气压缩机油、气压显示仪器指示均合格。检查压缩机声
924 响及振动均正常。

925 储氢瓶组检查，观察氢瓶压力指示仪，确认压力值在合格范围内。

926 燃料电池系统检查，开始运行发电后，检查系统各处温度，压力，气体流量计以及各电
927 堆开路电压读数在正常范围内，温度应稳定，检查操作面板上电堆输出功率与系统外部负载
928 的电流相匹配，且电堆输出电流应小于 50A，且负载电流稳定。检查整个系统有足够热量维
929 持其运行，且未发生积炭堵塞。当系统主辅加热均到达工作温度后，若现场有氢气运行的条
930 件，且氢气流量达到片均 0.5L/min 后，打开阴极电磁阀，按照设定流量通入空气，观察各
931 电堆开路电压。若各堆开路电压在片均 1.1V 以上，则判定电堆状况良好。

932 燃料电池系统若燃烧罐温度持续上升维持 60 秒以上，则判定燃烧罐内部点火成功，燃
933 烧正常。运行中，检查反应加热炉温度，应在合格范围内，不应发生超温或降低。用便携式
934 气体检测仪对设备及环境进行检测，不能出现气体泄露事件。

935 燃料电池发电效率测试，计量氢气、空气、流量、发电效率和热效率等数据。同时还应
936 记录电堆各个节点温度，并与电堆监控系统实时数据进行比对，包括系统外壁炉温度和尾气
937 温度。

938 燃料电池系统现场可燃气体检测装置中可燃气体含量读数应在 50ppm 以下。

939 记录燃料电池系统各个电堆的输出电压和温度值，并与监控后台实时数据比对，电压和
940 温度值均合格。

941 检查燃料电池监控后台系统中，主界面本次发电量、累计发电量、发电效率、燃料利用
942 率、氮气、阴极空气、补燃空气、各电堆输出电压、整系统输出电压、输出电流和输出功率，
943 以上数据均合格。

944 检查燃料电池监控系统中冷却水泵控制界面下，记录冷却水泵的转速和流量，转速和流

945 量值均合格。

946 检查燃料电池监控系统中温控表设置界面下，记录主加热和辅加热的温度实测值，温度
947 值均合格。

948 检查燃料电池监控系统中压力传感器监视界面，记录氢气进口压力、氮气进口压力、阴
949 极空气进口压力、补燃空气压力、电堆阴极进口压力、电堆阴极出口压力、燃烧罐出口压力、
950 阴极尾气压力和阳极尾气压力，压力值均合格。

951 12.2 安全注意事项

952 氢电耦合综合能源站的安全生产，首要一条就是防止氢与氧、氢与空气混合，包括在设
953 备、管路系统和房屋内；其次是严禁烟火，包括明火、暗火。氧气系统还要严禁油脂。

954 氢电耦合综合能源站检修人员，必须经过严格培训，合格后才能上岗操作。检修人员着
955 装应符合实验室着装规范，避免产生静电。

956 氢电耦合综合能源站检修人员现场检查设备状态时，需全程有两人或以上在场，当设备
957 内部温度，压力示数不正常时立即报告。

958 当需要接触运行中的电解槽、电器设备，或测量极间电压时，都必须穿上绝缘鞋。严禁
959 用双手触及五块以上极板。

960 电解槽在试车前必须进行仔细检查，包括主机、辅助设备、电气、仪表、管路、阀门、
961 开关及安全设施等，认真测量槽体的各部绝缘。

962 电解槽送电后，应立即测量正负极性，防止因接错线而产生相反气体。

963 电解槽在试车过程中，应定时测量极间电压，检查各电解小室的极间电压是否有异，从
964 而极早判断各小室的进液、出气是否畅通。

965 电解槽的气体阀门应掌握先开后关的原则，或采用连锁同步，严防因倒错阀门而造成混
966 气、断气事故。

967 电解槽在运行中应控制好液位，严防液位过高或过低。因为这两种情况都可能造成氢与
968 氧混合。

969 电解液的浓度必须严格控制。氢氧化钾和氢氧化钠不能混合使用，不然会在小室的阴极
970 上形成结晶碱，造成槽电流波动，槽电压上升，威胁安全生产。

971 加入添加剂的量一定要适当，如果超量过多，不仅不能节电，而且有可能发生槽内爆炸。

972 电解槽在运行中应严格控制氢、氧系统压力，防止因压力差过大而造成氢气和氧气混合。
973 系统必须保持正压状态，严防产生负压。

974 运行中的电解槽不准进行任何检修，必须停槽至电压消失后(一般10min左右)再进行，
975 因为处于电压下检修容易产生短路。

976 有爆炸危险的房间及氢气储罐周围，严禁一切烟火和产生火苗、火焰的工作，禁止使用
977 电炉、火炉、喷灯、电钻、电瓶车等，不得携带火种进入禁火区，抽烟必须到指定地点。

978 有爆炸危险的房间内，严禁存放易燃易爆物品。必须使用时，应该经有关部门同意，并采
979 取相应安全措施。

980 当含有液滴或固体颗粒的气体高速流过固体表面，特别是阀门开启时，很容易因磨擦产
981 生静电而发生燃爆事故。操作人员应有足够的思想准备和采取应急措施。

982 由于化纤织物能产生高达几万伏的静电，其能量足以点燃、引爆氢气。所以氢氧站操作
983 人员应穿棉质工作服和防静电鞋，进入工作现场前触摸静电球。

984 有爆炸危险房间、电气设备间，应根据具体情况配备二氧化碳、“干粉”等灭火器材，
985 并定期检查是否完好。电气设备严禁用水或泡沫灭火器灭火。

986 如果发生触电事故，应迅速切断电源，并用干燥的绝缘物使受害者脱离接触，然后把他
987 抬到空气流通的地方进行紧急救护或送医院，当停止呼吸时，应立即进行人工呼吸。

- 988 四米以上高空作业应系好安全带。患有心脏病、高血压，不应从事高空作业
- 989 燃料电池系统属于高温设备，尾气部分及系统外壁可能存在高温区域，无保护措施，请
- 990 勿直接接触系统外壳。

991

附录 A

992

(规范性附录)

993

系统检修技术要求

994 A.1 全站控制系统要求

995 A.1.1 功能要求

996 A.1.1.1 分布式采集控制装置 (DCS)

997 a) 分布式采集控制装置 (Distributed Control System, DCS) 应易于组态, 易于使
998 用, 易于扩展;

999 b) DCS 应采用合适的冗余配置和诊断至模件级的自诊断功能, 使其具有高度的可靠
1000 性;

1001 c) DCS 采集装置通过数据的采集进行实时的策略计算与控制, 满足毫秒级的实时控制
1002 需求, 支持组态式可视化编程, 满足灵活控制需。

1003 A.1.1.2 协调控制平台

1004 a) 系统内任一组件发生故障, 均不应影响整个系统的工作。在主控制器失效、DCS 网
1005 络失效、I/O 模件失效、信号失效、端子线头松动、熔丝失效、部分失电的情况下,
1006 DCS 的设计应考虑在这些情况下的在线诊断、在线隔离、在线更换、在线修复、在
1007 线更改逻辑 (主保护除外)、在线复置、在线服役的安全方法, 使修复不影响系统
1008 正常运;

1009 b) 协调控制器具备双冗余, 模块化组态、周期计算式的生产过程控制功能, 任务 (线
1010 程) 优先级抢占式为调度机制, 实现模块计算、通讯、交互、切换、冗余等功能;

1011 c) 控制器可装载用户自定义算法, 并将传递给下位控制器。

1012 A.1.1.3 能量管理系统

1013 a) 能量管理系统应能对采集入库数据进行数据清洗, 包括对采集到的数据进行完整性
1014 和合理性检查, 通过对质量检查结果的分析, 及时进行数据补召;

1015 b) 能量管理系统应能记录数据采集时间、采集成功率、采集完成率等信息, 用于数据
1016 采集质量控制;

1017 c) 系统实时生产运行信息可通过正反向隔离装置向 III/IV 区数据通信网关机发布信息
1018 息, 并由 III/IV 区数据通信网关机传输至电网氢电耦合综合能源管理云平台。

1019 A.1.1.4 辅助信息接入

1020 监控主机应接入站内消防、安全警卫、电源监测、环境监测、照明控制及视频监控
1021 等辅助设施的信息。监控主机与消防、安全警卫、电源监测、环境监测、照明控制
1022 等辅助设施之间的通信规约宜符合 GB/T 33602 的相关要求。

1023 A.1.1.5 接入信息内容。

1024 a) 消防信息:

1025 1) 感烟火灾探测器、感温火灾探测器的火灾告警信息;

1026 2) 感烟火灾探测器、感温火灾探测器设备的运行工况信息;

- 1027 3) 感烟火灾探测器、感温火灾探测器设备的故障告警信息；
- 1028 4) 消防水箱 / 水泵、排烟风机、喷淋 / 气体灭火等消防设备的运行状态信息。
- 1029 b) 安全警卫信息：
 - 1030 1) 门禁开关状态和刷卡信息；
 - 1031 2) 电子围栏报警信息；
 - 1032 3) 电子围栏主机状态信息；
 - 1033 4) 红外对射设备告警信息。
- 1034 c) 数据采集与处理信息：
 - 1035 1) 模拟量的采集，包括水电解制氢系统、燃料电池系统的电流、电压、功率以及
 - 1036 温度情况；
 - 1037 2) 开关量的采集，包括各个系统的运行情况，保护装置动作及报警信息；
 - 1038 3) 对于氢系统，还应提供氢氧气流的生产速率、流速、以及消耗速率；

1039 A. 1. 2 安全防护要求

- 1040 a) 系统在设计时应考虑安全防护的要求，采取的措施应符合 GB/T 36572 的相关规定；
- 1041 b) 氢电耦合综合能源站控制系统应采用满足安全可靠要求的软件和硬件，应封闭网络
- 1042 设备和计算机设备的空闲网络端口和其他无用端口；
- 1043 c) 监控主机应支持对网络安全事件进行感知、记录与传输；
- 1044 d) 氢电耦合综合能源站监控系统与氢电耦合综合能源站监控系统之间应根据安全分
- 1045 区严格进行边界隔离；
- 1046 e) 氢电耦合综合能源站监控系统与上级系统之间应采用电力内部专网进行互联。与其
- 1047 他安全等级低的信息系统之间以网络方式互联时，应采用经国家有关部门认证的专业、
- 1048 可靠的安全隔离设备，不得直接相连。
- 1049 f) 氢电耦合综合能源站监控系统对远方控制操作应提供充分必要的安全措施。

1050 A. 1. 3 防雷与接地

- 1051 a) 系统的防雷与接地应符合 DL/T 5149 的相关要求。
- 1052 b) 系统的防雷措施应满足以下要求：
 - 1053 1) 系统应设有防雷和防止过电压的保护措施；
 - 1054 2) 在各种装置的交、直流输入处应设电源防雷器。
- 1055 c) 系统的接地措施应满足以下要求：
 - 1056 1) 系统信号电缆遵循“一点接地”原则，接地线连接于氢电耦合综合能源站的主
 - 1057 接地网的一个点上；
 - 1058 系统的机箱、机柜、打印机外设等设备均应可靠接地。

1059 A. 2 水电解制氢系统要求

1060 A. 2. 1 基本参数

1061 水电解制氢氧发生器应符合 GB/T 29411-2012 的相关要求，并应按照经规定程序批准的

1062 图样及技术文件制造，包括基本参数、绝缘电阻、零件以及表计的相关要求。

1063 A. 2. 2 绝缘电阻

1064 水电解制氢氧发生器在带电解液的情况下，电解槽与机架之间、电解槽对地、后处理框

1065 架与机架之间的绝缘电阻不应低于 $5M\Omega$ ，电解电源及控制系统与机架之间的绝缘电阻不应

1066 低于 $200M\Omega$ 。防爆电器、配线接地电阻应小于 0.1Ω 。

1067 A. 2.3 密封、产气与零件

- 1068 a) 水电解槽的密封垫片应符合 GB/T 29411-2012 的规定, 要求确保水电解槽在工作状
1069 态不渗漏, 不腐蚀;
- 1070 b) 水电解制氢氧发生器的实际产气量与额定产气量的偏差不得大于 5%, 实际单位能
1071 耗与规定值的偏差不得超过 5%;
- 1072 c) 电镀零部件质量应符合 GB/T 29411-2012 的规定, 镀层表面不得鼓泡、起皮、局部
1073 无镀层和划伤。
- 1074 d) 产品中接触腐蚀介质的零部件所用的材料和元器件应能抗腐蚀或采取防腐措施, 并
1075 定期检查该部分零部件的表面情况。

1076 A. 2.4 表计精度

1077 相关表计精度应符合GB/T 29411-2012要求。

1078 A. 3 氢输送管道系统要求

1079 管道的定期检验, 即全面检验, 是指特种设备检验机构按照一定的时间周期, 根据
1080 TSG-D7005《压力管道定期检验规则》以及有关安全技术规范及相应标准的规定, 对管道安
1081 全状况所进行的符合性验证活动。定期检验应当在年度检查的基础之上进行。

1082 定期检验工作的一般程序, 包括检验方案制定、检验前的准备、检验实施、缺陷以及问
1083 题的处理、检验结果汇总、出具检验报告等。

1084 管道应根据 TSG-D7005《压力管道定期检验规则》进行安全状况等级分级并根据等级进
1085 行检验周期的设定。

1086 A. 4 储氢瓶组要求

1087 A. 4.1.1 检验标准

1088 储氢瓶组检验标准应符合 T/CATSI 02 002-2018《站用储气瓶组定期检验与评定》相
1089 关要求。

1090 储氢瓶组热工表, 应符合 GB/T 1227-2017《精密压力表》相关规定, 在标度盘上标示
1091 出测量介质的名称或测量介质的颜色警示表计。

1092 基本误差试验、回差试验、指针偏转平稳性试验、轻敲位移试验、温度影响试验、超压
1093 试验、交变压力试验等结果应符合国标误差要求。

1094 A. 4.1.2 检验机构

1095 从事站用瓶组定期检验的机构应按 TSG Z7001 的规定, 取得 RD8 或 PD1 检验资质。

1096 A. 4.1.3 检验周期

1097 站用瓶组的设计使用年限应按照相关标准和规范的规定执行, 超过设计使用年限的气瓶
1098 应报废。站用瓶组定期检验周期应符合 TSG R0006 的有关规定

1099 在使用过程中, 如遇到下列情况应提前进行定期检验:

- 1100 a) 发现有严重腐蚀、机械损伤的;
- 1101 b) 充装介质中, 腐蚀成分含量超过相应标准规定的;
- 1102 c) 发生火灾或其他影响安全使用事故的;
- 1103 d) 年度检查发现问题, 影响安全使用的;
- 1104 e) 经过重大修理或改造的;

- 1105 f) 使用单位或者检验机构认为有必要提前进行定期检验的。
- 1106 A.5 燃料电池要求
- 1107 A.5.1 外观与结构
- 1108 系统的外观和结构应符合下列要求：
- 1109 a) 系统外表应清洁，无机械损伤，接口触点无锈蚀；
- 1110 b) 应在系统明显位置安装铭牌，并清楚地标明设备名称、设备型号、出厂编号、制造
- 1111 年月、制造厂家等基本信息以及产品额定功率、直流标称电压、额定电流等技术参
- 1112 数；
- 1113 c) 若电气接头有极性之分，或有接地端子与接地连接线，应有明确标识；
- 1114 d) 应在系统存在危险的部位安装触电、高温、易燃气体等警示标志；
- 1115 e) 系统的通信接口、电源接口、干接点接口、氢气接口等应有明确的标识。
- 1116 A.5.2 直流供电能力
- 1117 A.5.2.1 直流母线输出电压
- 1118 直流母线输出电压最大变化范围应为直流系统标称电压的 90%~110%。
- 1119 A.5.2.2 事故放电能力
- 1120 系统在额定功率下完成指定时间的放电后，进行合闸冲击放电试验，叠加 8 倍的冲击电
- 1121 流用来模拟事故电流，在 3 次合闸冲击放电试验过程中，直流母线输出电压应不低于直流标
- 1122 称电压的 90%。
- 1123 A.5.2.3 过载能力
- 1124 输出为额定功率的 110%时，系统应能正常运行 10 min。
- 1125 A.5.2.4 系统初始发电效率
- 1126 系统输出额定功率时，系统初始发电效率应不低于 35%。
- 1127 A.5.2.5 校验方式
- 1128 直流供电能力通过直流母线输出电压、事故放电能力、过载能力、系统初始发电效率反
- 1129 映，分别用直流母线输出电压试验、事故放电能力试验、过载能力试验、系统发电效率试验
- 1130 检测。
- 1131 A.5.3 保护与告警功能
- 1132 A.5.3.1 过载保护
- 1133 输出超过额定功率时，系统应能发出报警信号。当系统处于：
- 1134 a) 输出在额定功率100%~110%之间，持续10 min；
- 1135 b) 输出超过额定功率110%，持续3 s。
- 1136 电能变换单元应自动进入输出限流保护状态，故障消除后，应能自动恢复工作。
- 1137 A.5.3.2 电池堆入口氢气高、低压保护
- 1138 当系统检测到电池堆入口氢气压力低于产品规定的最低压力或高于产品规定的最高压
- 1139 力时，应能发出报警信号并自动关机保护。

- 1140 A. 5. 3. 3 输出过电压及欠电压保护
- 1141 系统输出电压超过过压保护设定值或者低于欠压设定值时，应发出报警信号。
- 1142 当电压超过过压保护设定值时应能自动关机保护。
- 1143 A. 5. 3. 4 输出短路保护
- 1144 当输出短路时，应能发出报警信号并自动进入输出限流保护状态，故障消除后，应能自
- 1145 动恢复工作。
- 1146 A. 5. 3. 5 过温保护
- 1147 系统中的部件工作温度超过过温保护设定值时，应发出报警信号，并自动关机保护。
- 1148 A. 5. 3. 6 氢气泄漏保护
- 1149 系统应安装氢气泄漏浓度连续测定和报警装置。
- 1150 传感器应符合 GB/T 31037.1-2014 中 4.8.6 的要求。并根据氢气浓度大小发出不同等级
- 1151 的报警信号。
- 1152 A. 5. 4 绝缘电阻
- 1153 系统绝缘电阻应符合 GB/T 19826-2014 中 5.3.2 的要求。
- 1154 A. 5. 5 介质强度
- 1155 系统介质强度应符合 GB/T 19826-2014 中 5.3.3 的要求。
- 1156 A. 5. 6 抗干扰要求
- 1157 系统抗扰度应符合 GB/T 19826-2014 中 5.4.1 的要求。
- 1158 A. 6 电气系统要求
- 1159 氢电耦合综合能源站电气系统的定期检修主要分为三种：全部校验、部分校验以及用保
- 1160 护装置进行的断路器跳合闸试验。
- 1161 定期检修周期计划应尽量配合水电解制氢、增压储氢、氢燃料电池、加氢系统、交流变
- 1162 压器及站用电等设备停役检修期间进行。检验周期时长不得超过 DL/T 995-2016 《继电保护
- 1163 和电网安全自动装置检验规程》5.1.22 的规定。
- 1164 检修工作开始前，需按照 DL/T 995-2016 《继电保护和电网安全自动装置检验规程》5.2.1
- 1165 与 5.2.2 的要求，进行仪器仪表、备件、说明书、图纸等工具材料的准备工作。
- 1166 A. 7 全站安全防护系统要求
- 1167 氢电耦合综合能源站消防系统应符合 GB/T 50140-2005 《建筑灭火器配置设计规范》。
- 1168 氢电耦合综合能源站接地系统应符合 Q/GDW 10278-2021 《变电站接地网技术规范》。
- 1169 氢电耦合综合能源站防雷系统应符合 GB/T 50057-2010 《建筑物防雷设计规范》。
- 1170 氢电耦合综合能源站防爆系统应符合 GB/T 50176-2010 《加氢站设计规范》。
- 1171 A. 8 全站系统性试验要求
- 1172 氢电耦合综合能源站内所有制氢、输氢管道、氢气压缩机、储氢瓶组、氢燃料电池等相
- 1173 关设备均已恢复至检修工作许可前状态，所有补充安全措施均已恢复，现场检修设备均可投
- 1174 运。

- 1175 水电解制氢系统检修工作均已完成，设备均可投运。
- 1176 氢气压缩机检修工作均已完成，设备均可投运。
- 1177 管道安全阀整定完成，所有输气管道检修工作均已完成，设备均可投运。
- 1178 储氢瓶组安全阀整定完成，表计压力指示正常，气密性检验合格，所有氢气瓶组检修工
- 1179 作均已完成，设备均可投运。
- 1180 燃料电池检修工作完成，氢气管路检漏完整，仪表安全阀整定好，设备均可投运。所有
- 1181 部件均可投运，使用检漏剂，在常温状态下通入 5L/min 流量的氮气，检查各管路与部件之
- 1182 间是否存在漏气现象；使用万用表，检查系统中是否存在短路现象。按气体流向顺序启动/
- 1183 关闭系统内各处阀门，检查阀门是否工作正常。一切正常后可启动升温程序。