

T/CWDPA

团 体 标 准

T/CWDPA XXXX—2025

离网型风电-光伏-氢储能耦合竖炉供氢 系统设计规范

Design specifications for off-grid wind-pv-hydrogen energy storage coupling vertical
furnace hydrogen supply system

（征求意见稿）

2025 – XX – XX 发布

2025 – XX – XX 实施

中国西部开发促进会 发 布

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 设计原则 2

5 系统构成 2

6 系统要求 2

7 施工与验收 3

8 运行维护 4

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。

本文件由北京钢研氢冶金技术研究院有限公司提出。

本文件由中国西部开发促进会归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件首次发布。

离网型风电-光伏-氢储能耦合竖炉供氢系统设计规范

1 范围

本文件规定了离网型风电-光伏-氢储能耦合竖炉供氢系统的设计原则、系统构成、系统要求、施工与验收、运行维护。

本文件适用于离网型风电-光伏-氢储能耦合竖炉供氢系统。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 3634.1—2025 氢气 第1部分：工业氢
GB/T 19960 风能发电系统 风力发电机组通用技术条件和试验方法
GB/T 29729 氢系统安全的基本要求
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
GB 50235—2010 工业金属管道工程施工规范
GB 50236—2011 现场设备、工业管道焊接工程施工规范
GB 50058—2014 爆炸危险环境电力装置设计规范
GB 50177 氢氧站设计规范
GB 50797—2012 光伏发电站设计规范
T/CIET 1425—2025 风光电解水制氢智能调控系统技术规范
T/CITS 245—2025 风光储氢一体化技术通则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

离网型风电-光伏-氢储能耦合竖炉供氢系统 off-grid wind-power - photovoltaic - hydrogen storage coupled vertical furnace hydrogen supply system

不依赖公共电网，通过风力发电、光伏发电提供电能，经水电解制氢系统制备氢气，依托氢储能系统调节供需平衡，最终向竖炉稳定供应合格氢气的集成化能源系统，主要包括风光发电单元、电能调节单元、制氢单元、储氢单元、供氢单元、控制单元及安全防护单元。

3.2

氢气平准化成本 (LCOH) levelized cost of hydrogen

在系统全生命周期内，氢气生产总成本现值与氢气总产量现值之比，用于评价制氢系统的经济性。

3.3

风光出力波动率 wind power output fluctuation rate

单位时间内风力发电与光伏发电总输出功率的变化量与额定容量之比，用于表征可再生能源出力波动程度。

3.4

氢气纯度 hydrogen purity

氢气产品中H₂的体积分数，以百分比表示。

3.5

紧急切断 emergency cut-off

在检测到氢气泄漏、超压、火灾等异常工况时，能够自动或手动快速切断氢气源的安全装置系统。

4 设计原则

- 4.1 适配性：结合项目所在地风光资源禀赋、竖炉用氢负荷特性，确定设备容量配比。
- 4.2 经济性：以全生命周期成本（TLCC）最小化及氢气平准化成本（LCOH）最优为目标进行配置。
- 4.3 安全性：符合 GB/T 29729 及 GB 50177 的规定，爆炸危险区域划分与防爆设计匹配。
- 4.4 扩展性：预留设备扩容接口，支持系统容量提升与功能升级。
- 4.5 稳定性：适配风光出力波动性，通过氢储能削峰填谷，实现竖炉 24h 不间断稳定供氢，氢气压力、纯度、流量波动满足竖炉工艺要求。

5 系统构成

离网型风电-光伏-氢储能耦合竖炉供氢系统应包含以下功能单元：

- 风光发电单元：由风力发电机组、光伏阵列、汇流设备及场站配电设施组成；
- 电能调节单元：含 AC/DC 变流器、DC/DC 双向变流器及直流母线，实现电能变换与分配；
- 制氢单元：采用 PEM 或碱性水电解制氢系统，或者两者结合，并配套原料水处理设备；
- 储氢单元：根据需求选用固态储氢或高压气态储氢装置，包括储氢容器、缓冲罐、压力调节装置、恒温保温装置；
- 供氢单元：包含氢气纯化、增压、计量及输送管路；
- 控制单元：实现系统一体化协调控制与远程监控；
- 安全防护单元：涵盖氢气探测、消防灭火及应急切断系统。

6 系统要求

6.1 环境适应性

- 6.1.1 室外所有电气、制氢、储氢设备防护等级不低于 IP54，室内防爆设备防护等级不低于 IP44。
- 6.1.2 系统设备工作环境温度适应范围：-30℃~50℃，空气相对湿度 10%~90%，无凝露、无腐蚀性气体。
- 6.1.3 场站及建筑抗震设计应符合项目所在地抗震设防烈度要求，设备基础采用抗震加固设计。
- 6.1.4 户外设备应具备防风沙、防盐雾、防暴雨、防积雪防冻能力，沿海地区选用防腐级设备。

6.2 风光发电单元

- 6.2.1 采用风力发电、太阳能发电、地热发电、潮汐能发电、核能发电等获得绿电。
- 6.2.2 构建匹配于绿电制氢的绿电储能、波峰波谷调节系统。
- 6.2.3 风力发电机组选型应根据项目所在地风资源实测数据确定，宜选用具备低风速启动能力的机型。风力发电机组的技术要求应符合 GB/T 19960 的规定。
- 6.2.4 光伏阵列设计应符合 GB 50797—2012（2024 年版）的规定，光伏组件倾角和间距应根据当地纬度及地形条件优化设计。
- 6.2.5 风光发电单元宜配置一定比例的储能调节装置，平抑出力波动，保障电解制氢设备输入功率的稳定性。系统配置可参照 T/CITS 245—2025 的相关要求。
- 6.2.6 风光发电单元输出电能质量应满足制氢系统供电要求，直流母线电压波动范围不宜超过额定值的±10%。

6.3 制氢单元

- 6.3.1 PEM 电解制氢应符合 GB/T 37562 的规定，碱性电解制氢符合 GB/T 37563 的规定。
- 6.3.2 制氢负荷调节范围：PEM 电解 10%~100%额定负荷，碱性电解 30%~100%额定负荷，可适配风光动态出力。

6.3.3 产出氢气纯度、露点、杂质含量满足 GB/T 3634.1—2025 中一级氢要求。

6.3.4 原料水电导率、硬度满足制氢设备进水要求，水处理系统出水合格率 100%。

6.4 储氢单元

6.4.1 储氢容量设计应满足竖炉 72h 以上应急用氢及风光低谷时段供氢缓冲需求。

6.4.2 高压气态储氢工作压力等级宜选用 16MPa、20MPa，容器符合压力容器现行规范。

6.4.3 储氢系统具备压力超高、超低联锁保护，自动泄压、紧急切断功能，恒温控制避免温度剧烈波动。

6.4.4 固态储氢装置应具备充放氢可逆、循环寿命长、常温常压安全运行特性。

6.5 供氢单元

6.5.1 输氢管道材质选用不锈钢或专用氢能管材，密封等级满足氢气无泄漏要求。

6.5.2 供气压力稳定偏差不大于 $\pm 1\%$ ，流量调节响应时间不大于 2s，满足竖炉工艺连续运行要求。

6.5.3 氢气纯化后杂质、水汽、氧含量严格控制，输送管路设置防静电、放空、排污装置。

6.5.4 计量装置精度不低于 0.5 级，具备远程数据上传、累计计量功能。

6.6 控制单元

6.6.1 控制系统应实现风光发电、制氢、储氢、供氢各单元的协调控制，具备自动、手动和远程三种控制模式。控制系统架构可参照 T/CIET 1425—2025 执行。

6.6.2 控制系统应实时监测以下参数：风光发电功率、直流母线电压、电解槽电流电压、氢气产量、储氢压力、供氢流量与压力、氢气纯度、环境氢气浓度。

6.6.3 控制系统的电流、电压测量相对误差不应大于 $\pm 0.2\%$ ，温度测量误差不应大于 2°C 。

6.6.4 控制系统应具备故障诊断、趋势预警、数据存储和历史查询功能，数据存储周期不应少于 1 年。

6.6.5 控制系统应设置分级报警功能，一般故障自动报警并记录，重大故障联锁停机。

6.7 安全防护单元

6.7.1 爆炸危险区域划分严格按照 GB 50058 执行，危险区域内全部电气设备选用防爆型。

6.7.2 氢气探测器布置密度满足全覆盖要求，浓度达到下限 25%时预警、50%时联锁停机并启动通风。

6.7.3 制氢站、储氢区设置强制通风、泄爆口、惰性气体灭火系统，严禁明火及非防爆电气。

6.7.4 全站做等电位联结、防静电接地、防雷接地，接地电阻符合氢站设计规范要求。

6.7.5 设置智能感知氢气浓度装置、紧急停机按钮、紧急切断阀，突发泄漏、火灾、超压时可一键联锁切断系统。

6.7.6 设置紧急情况氮气吹扫输氢管道氢气装置，保证紧急切断后管道内快速吹扫氮气排除氢气。

7 施工与验收

7.1 施工要求

7.1.1 氢气管道施工应符合 GB 50235—2010 和 GB 50236—2011 的规定。焊接应由具有相应资质的焊工操作，焊缝应进行 100%射线检测。

7.1.2 氢气管道安装完成后应进行强度试验和严密性试验。强度试验压力应为设计压力的 1.5 倍，严密性试验压力应为设计压力。

7.1.3 设备安装前应编制施工组织设计，明确安全技术措施。制氢间、储氢区施工应执行动火作业审批制度。

7.1.4 电气设备安装应符合防爆要求，防爆电气设备的选型、安装和检查应符合 GB 50058—2014 的规定。

7.1.5 系统施工应按照经审查合格的施工图进行，不得擅自变更设计。确需变更的，应经原设计单位同意并出具变更文件。

7.2 验收要求

7.2.1 系统验收应在各单元设备单机试运行合格、系统联动试运行正常后进行。

- 7.2.2 验收内容应包括：设备安装质量、管道严密性、电气系统安全性能、控制系统功能、安全防护系统有效性、氢气品质等。
- 7.2.3 氢气品质验收应按 GB/T 3634.1—2025 中一级氢的指标进行检测。
- 7.2.4 系统联动试运行时间不应少于 72h，试运行期间竖炉供氢压力、纯度、流量应满足工艺要求。
- 7.2.5 安全防护系统应进行功能测试，包括氢气探测器报警联锁试验、紧急切断阀动作试验、通风系统联锁试验等。
- 7.2.6 验收合格后应形成验收报告，验收报告应包括设备清单、检测数据、试运行记录及问题整改情况。

8 运行维护

8.1 日常维护

- 8.1.1 实行每日巡检制度，检查设备温度、压力、流量、氢气浓度、有无泄漏、电气接线、通风消防状态。
- 8.1.2 每日监控风光发电量、制氢量、储氢量、供氢量、竖炉用氢负荷，做好运行日志记录。
- 8.1.3 及时清理光伏组件灰尘、风机周边障碍物，保持制氢站通风良好。

8.2 故障处理

- 8.2.1 建立故障分级处置机制，一般故障自动报警、远程处置；重大故障系统联锁停机，就地排查。
- 8.2.2 发生氢气泄漏时，立即停机、切断气源、启动强制通风、严禁明火，人员在上风向处置。
- 8.2.3 制定火灾、泄漏、停电、设备故障专项应急预案，定期组织应急演练。

8.3 报废与更新

- 8.3.1 风机、光伏、电解槽、储氢容器达到设计使用年限后，应依规报废、泄压、置换残余氢气，合规处置设备。
 - 8.3.2 老旧设备更新应匹配原有系统接口、控制逻辑及安全等级，不得降低系统防爆、供氢、安全防护标准。
 - 8.3.3 系统整体改造扩容需重新开展设计、安全评估、施工验收，符合本规范全部要求。
-