

T/CIEP

中国工业环保促进会团体标准

T/XXX XXXX—XXXX

风光制绿氢合成氨一体化技术规范

Technical specifications for integrated green hydrogen and ammonia production
using wind and solar power

（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

中国工业环保促进会 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 风光发电 2

5 接入系统 2

6 工艺生产 3

7 储运要求 4

8 公用工程及辅助设施 5

9 厂址及总平面图 5

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。

本文件由中国工业环保促进会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

风光制绿氢合成氨一体化技术规范

1 范围

本文件规定了风光制绿氢合成氨一体化的风光发电、工艺生产、储运要求、公用工程及辅助设施、厂址及总平面图等内容。

本文件适用于并网型风光制绿氢合成氨一体化的技术过程。

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 3864 工业氮
GB 13458 合成氨工业水污染物排放标准
GB/T 19774 水电解制氢系统技术要求
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 19963 风电场接入电力系统技术规定
GB/T 19964 光伏电站接入电力系统技术规定
GB/T 23331 能源管理体系要求及使用指南
GB/T 25385 风力发电机组 运行及维护要求
GB/T 37562 压力型水电解制氢系统技术条件
GB/T 40060 液氢贮存和运输技术要求
GB/T 43904 风能发电系统 风力发电机组运行评价指标体系
GB 50016 建筑设计防火规范
GB 50050 工业循环冷却水处理设计规范
GB/T 50109 工业用水软化除盐设计规范
GB 50160 石油化工企业设计防火规范
GB 50177 氢气站设计规范
GB/T 50746 石油化工循环水场设计规范
GB 50794 光伏电站施工规范
GB/T 50795 光伏发电工程施工组织设计规范
GB/T 50796 光伏发电工程验收规范
GB 50797 光伏电站设计规范
SH/T 3007 石油化工储运系统罐区设计规范
JB/T 6898 低温液体贮运设备使用安全规则
NB/T 11422 分布式光伏发电系统工程技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

风光制绿氢合成氨 integrated production of green hydrogen and ammonia using wind and solar power

指利用风能、光能进行水电解制绿色氢气，再将氢气与空气中提取的氮气合成氨气的过程。

4 风光发电

4.1 风能发电

4.1.1 基本原理

利用风力带动风车叶片旋转，再透过增速机将旋转的速度提升，促使发电机发电。

4.1.2 基本要求

风力发电应按照GB/T 25385、GB/T 19960、GB/T 43904等的相关规定进行。

4.1.3 设计要求

4.1.3.1 选址与规划应符合以下内容：

- 风力发电项目的选址应综合考虑风资源、地形地貌、生态环境、交通条件等因素；
- 规划时应确保项目与周边环境协调，避免对野生动物迁徙、农业活动和景观造成负面影响。

4.1.3.2 风电机组选型应符合以下内容：

- 风电机组选型应根据当地风资源条件、土地可用性、电网接入条件等因素综合确定；
- 机组应具有较高的可靠性和效率，同时满足环境保护要求。

4.1.3.3 基础设计应符合以下内容：

- 确保风电机组在各种载荷条件下的稳定性，包括静载荷、动载荷和极端天气条件下的载荷；
- 设计时应考虑土壤类型、地质条件、地震烈度等因素。

4.1.3.4 电气系统设计应符合以下内容：

- 电气系统设计应确保风电机组与电网的可靠连接，同时满足电能质量要求；
- 设计时应考虑输电距离、电压等级、保护配置等因素。

4.2 光伏发电

4.2.1 基本原理

利用半导体界面的光生伏特效应而将光能直接转变为电能。

4.2.2 基本要求

光伏发电应按照GB 50797、GB 50794、GB/T 50796、NB/T 11422等的相关规定进行。

4.2.3 设计要求

4.2.3.1 太阳能电池阵列应符合以下要求：

- 在光伏发电系统中，应将太阳能电池单体进行串联、并联和封装，形成太阳能电池组件；
- 太阳能电池方阵的框架应坚固，坚硬和轻便；
- 应根据实际情况选择分布式、集中式或两者混合的部署方式；
- 在安装过程中，应避免对电池板电气性能造成损伤，可在光伏电站周围修建围墙；
- 安装的太阳能电池板应能多角度调节。

4.2.3.2 在系统设计时，应选择适当的蓄电池类型，确定合适的蓄电池容量，精确地实施安装、操作、维护。

4.2.3.3 应在光伏发电系统中配备逆变器，逆变器应具有自动调压或手动调压功能。

5 接入系统

5.1 系统组成

5.1.1 应有风力发电机组和太阳能光伏发电组件等发电设备。

5.1.2 应有将发电设备产生的电能升压后接入电网的变电站。

5.1.3 应有自动发电控制系统和自动电压控制系统。

5.1.4 应有通信与监控系统。用于监测发电设备的运行状态，并将数据传输至电网调度机构。

5.2 技术要求

5.2.1 并网型风光发电系统应具备有功功率和无功功率调节能力，能够接收并执行电网调度机构下达的控制指令。

5.2.2 系统应具备监测并记录电能质量指标的能力，并在电能质量不满足要求时采取改善措施。

5.2.3 系统应具备低电压穿越和高电压穿越能力。

5.2.4 系统应配备计算机监控系统、电能量远方终端设备等。

5.3 并网要求

5.3.1 电网连接应符合以下内容：

- 并网前应与电网运营商协商，确保电网能够接纳风光电场的输出功率；
- 网应点应具备足够的容量和稳定性。

5.3.2 电能质量应符合以下内容：

- 风光电场并网后应确保电能质量符合电网要求，包括电压、频率、谐波等指标；
- 应安装必要的监测设备，实时监测电能质量。

5.3.3 调度与控制应符合以下内容：

- 风光电场应遵守电网调度中心的调度指令，确保电力供应的稳定性和可靠性；
- 应具备必要的控制系统，实现与电网的协调运行。

5.3.4 系统应符合 GB/T 19963 和 GB/T 19964 的相关规定。

5.3.5 在电网紧急情况下，风电场应能够快速响应，采取必要的措施保障电网安全。

6 工艺生产

6.1 电解制氢单元

6.1.1 电解制氢单元的技术要求应符合 GB/T 19774、GB/T 37562、GB 50177 的相关规定，风光制氢宜配备质子交换膜电解槽（PEM）、阴离子交换膜电解槽（AEM）、碱性电解槽（ALK）、高温固体氧化物电解槽（SOEC）等发生电化学反应的核心装置。

6.1.2 应在直流电的作用下，原料水分子在电极上发生电化学反应，分解为氢气和氧气，阴极产生的氢气经氢水分离等过程制取富氢气体，富氢气体进一步提纯后获得满足相应要求的氢气。

6.1.3 风光制氢的纯化主要包括以下内容：

- 变压吸附技术。宜利用如活性炭、分子筛等吸附剂在高压下选择性吸附杂质，使氢气通过吸附床后纯度提升；
- 膜分离技术。宜利用聚酰亚胺、Pd 合金等高分子膜对氢气的高渗透性，截留杂质，使氢气优先透过高分子膜；
- 变温吸附技术。应在低温下，使用吸附剂将氢气吸附出来，将杂质气体分离。

6.2 空分制氮单元

6.2.1 深冷空分法制氮主要工艺流程应包括以下内容：

- 空气过滤。使用布袋过滤器、静电除尘器等多级过滤器，去除空气中的灰尘、颗粒物和机械杂质，输出颗粒物 $\leq 1 \text{ mg/m}^3$ 的洁净空气；
- 空气压缩。使用多级离心压缩机或轴流压缩机，将空气压缩至合适压力；
- 空气净化。采用分子筛吸附水和二氧化碳，并预冷至合适温度，冷凝部分水分；
- 冷却与液化。将净化后的空气通入主换热器，与返流的低温氮气、氧气换热，并向膨胀机放入高压空气进行绝热膨胀，使出口温度骤降至合适温度，达到空气液化；
- 精馏分离。将液化的空气通入高压塔，塔顶初步分离为富氮气体，塔底初步分离为富氧液空，将富氧液空从高压塔底部通入低压塔中部，塔顶将得到高纯氮气。

6.2.2 变压吸附制氮主要工艺流程应包括以下内容：

- 空气压缩。应通过空气过滤器去除空气里的灰尘和杂质后，投入空气压缩机进行压缩；
 - 空气净化。将压缩空气投入空气净化系统，经过滤后去除空气中的水分、颗粒和油分；
 - 吸附过程。应将净化干燥过的压缩空气投入吸附塔，用碳分子筛等吸附剂吸附氧气和少量杂质，使氮气在气相中富集，从塔顶流出；
 - 再生过程。当吸附剂吸附饱和后，应通过减压至常压，使吸附剂脱附氧气等杂质。
- 6.2.3 生产的氮气技术指标应符合 GB/T 3864 的相关规定。

6.3 合成氨单元

6.3.1 基本原理

氮气和氢气在高温高压条件下，通过催化剂的作用生成氨。

6.3.2 主要步骤

- 6.3.2.1 原料准备。应确保绿氢和氮气里含氧化合物不超过 10 PPM。
- 6.3.2.2 压缩与混合主要包括以下内容：
- 应采用压缩机，将氢气与氮气混合压缩至合适的反应压力；
 - 按 2.8:1~3:1 比例混合氢气和氮气，并确保均匀性。
- 6.3.2.3 预热与催化主要包括以下内容：
- 混合气经换热器预热至合适温度；
 - 使用径向固定床反应器，采用相应催化剂，在对应温度和压力条件下进行转化生成氨气。
- 6.3.2.4 分离与循环主要包括以下内容：
- 温度降至合适温度，使用分离器，将液态氨与未反应气体分离；
 - 使用循环压缩机，未反应的氢气、氮气返回反应器。
- 6.3.2.5 废水处理主要包括以下内容：
- 合成氨生产过程中产生的废水主要包含含盐废水等，达标后排放；
 - 应采用生物处理、膜分离、沉淀、方法去除其中污染物。
- 6.3.2.6 废固处理主要包括以下内容：
- 催化剂处理。应使用溶剂溶解表面污染物，恢复活性；在氢气中加热去除积碳或硫化物；
 - 吸附剂处理。应加热释放吸附的二氧化碳等杂质。

7 储运要求

7.1 储存要求

7.1.1 氢气储存单元

- 7.1.1.1 储存单元及设备的储存压力、储氢量宜根据用户使用要求设计。
- 7.1.1.2 氢气的储存应符合 GB 50177 的相关规定。
- 7.1.1.3 风光制氢的储存主要包括以下内容：
- 固态储氢。在常温或较低压力下，应利用钛系合金等固态储氢材料将氢气通过物理吸附或化学吸附的方式吸附存储；
 - 有机液态储氢。应通过加氢反应，将氢气吸附到有机液体载体中，形成富氢液；
 - 低压气态储氢。应将氢气压缩到球罐或子弹罐等低压大型气态储存容器中；
 - 高温气态储氢。应将氢气高压存储到铝合金等储罐材料中。

7.1.2 氮气储存单元

- 7.1.2.1 储存单元及设备的储存压力、储量宜根据用户使用要求设计。
- 7.1.2.2 氮气的储存应符合 GB/T 3864 的相关规定。
- 7.1.2.3 氮气的储存主要包括以下内容：
- 液态储氮。应将氮气液化后储存于低温双层储罐中；

——高压气态储存。应将氮气压缩到高压气瓶或储气罐中。

7.1.3 氨储存单元

7.1.3.1 储存容器及管道应选用经过内防腐处理的碳钢等耐氨腐蚀材料。

7.1.3.2 宜采用液态储存技术，包括常温压力储存和低温常压储存：

——常温压力储存。操作温度应在 20℃～50℃，工作压力应在 1.0MPa～2.0 MPa，应采用碳钢或不锈钢的卧式、立式储罐；

——低温常压储存。操作温度应在-33℃，保温绝热常压。

7.1.3.3 储存单元应符合以下安全要求：

——泄漏防护。定期进行气密性试验、安装氨气检测报警器、配备喷淋系统和通风系统；

——防火防爆。与明火、热源应保持一定距离，与其他危险化学品储罐保持安全距离，使用防爆电机、仪表；

——安全泄放。设定压力应小于设计压力，泄放的氨气应采用火炬燃烧。

7.1.3.4 原料及产品储存周期应满足企业生产需要，储存天数宜按 SH/T 3007 设置。

7.1.4 氧气储存单元

应采用常压低温液体储罐对生成的氧气进行储存，应符合 JB/T 6898 的相关规定。

7.2 运输

7.2.1 氢气的运输应符合 GB/T 40060 和 GB 50177 的相关规定。

7.2.2 氮气的运输应符合在道路运输环节普通货物管理的相关规定。

7.2.3 氨气的外运应符合以下要求：

——运输氨气的企业应具备危险化学品道路运输经营许可证；

——运输氨气应使用符合国家标准危险品运输车，车辆应配备相应的安全标志；

——灌装用槽车应符合国家劳动局颁发的“气瓶安全监察规程”“压力容器安全监察规程”等规定；

——液氨汽车罐车和铁路罐车充装时，充装量不应超过设计的最大充装量；

——新制造或检修后的液氨罐车，充装前应对罐内气体进行处理和分析，确保含氧量符合要求；

——运输和操作人员应经过专业培训，考试合格后方可上岗；

——运输及搬运时应避免受冲击、跌落和阳光照射。

8 公用工程及辅助设施

8.1 应根据所在地及项目实际需求，配置相关设施设备。

8.2 纯水制备、循环水应符合 GB 50050、GB/T 50109、GB/T 50746 的相关规定。

8.3 冷冻站、热力站的建立、实施和配备应符合 GB/T 23331 的相关规定。

8.4 污水处理应符合 GB 13458 的相关规定。

8.5 火炬系统应符合 GB 50160 的相关规定。

8.6 消防水、分析化验、控制室及机柜间、变电所等应符合相关法律法规及标准的要求。

9 厂址及总平面图

9.1 厂址选择

9.1.1 风光发电区应符合以下要求：

——厂址选择应符合国家和地方的能源发展规划；

——应避免生态保护红线区域，选择在未利用地或符合规划的用地上；

——应综合考虑施工安装及大件设备运输要求，减少土地占用、植被砍伐和弃土弃渣等；

——应靠近现有道路，便于设备运输和人员进出；

- 应平坦开阔，满足风光电场的用地需求；
- 应取得环评批复及绿氢认证；
- 项目运行期的环境影响应满足噪声、电磁影响等相关标准；
- 项目资源消耗量应合理，创造的清洁能源应远大于本身的消耗量。

9.1.2 化工侧应符合以下要求：

- 厂址选择应符合国家和当地总体规划的要求，应选址于合规设立的化工园区；
- 厂址附近应有稳定水源和配套水处理设施；
- 宜靠近港口、铁路或公路网，便于产品运输；
- 电网接入条件良好，支持绿电消纳或应急供电；
- 优先选择工业用地；
- 应选择远离城市中心区地区建设；
- 应远离居民区、学校；
- 应避开地震带或高压输电线路；
- 应评估大气扩散条件，控制氨泄漏风险；
- 应满足电解槽、氨合成装置及储能的用地需求。

9.2 总平面布置

9.2.1 风光发电区主要包括以下内容：

- 风光发电区应充分利用当地风能和太阳能资源，便于与制氢区等其他区域的连接；
- 通过架空线将电能输送到制氢区。

9.2.2 化工侧总平面布置应根据项目的建设规模、生成流程、产品品种、物料特点、安全、卫生、环境保护以及交通运输、施工、检修、经营管理、厂容厂貌及企业发展要求，结合周边环境、地形地貌、风向等条件进行布置，经多方案比选后择优确定。

9.2.3 制氢区主要包括以下内容：

- 应靠近风光发电区；
- 应设有氢气泄漏检测系统和防爆电气设备；
- 应加强设备接地和防雷措施；
- 制氢区与明火设备间距应符合 GB 50160 和 GB 50177 的相关规定；
- 应通过氢气管道将绿氢输送到合成氨区，同时通过氮气管道与空分装置连接。

9.2.4 制氮区主要包括以下内容：

- 制氮区应与制氢区相邻，应设置氮气缓冲罐；
- 应远离易燃物品存放区域，与周边建筑物保持足够的安全距离；
- 通过氮气管道将氮气输送到制氢区和合成氨区。

9.2.5 合成氨区主要包括以下内容：

- 应便于与制氢区的氢气管道连接；
- 合成氨装置与居民、人员密集区应符合 GB 50016 和 GB 50160 的相关规定；
- 通过管道将合成的绿氨输送到储运区。

9.2.6 储运区主要包括以下内容：

- 应便于产品的储存和运输；
- 氢气储运区应靠近制氢区，同时应考虑与周边区域的安全距离；
- 氨气储运区应位于合成氨区附近，液态氨储存设施应配备低温保温系统；
- 氨气储罐区应设置防护堤，液氨储罐应进行防腐处理；
- 通过管道与合成氨区连接，接收合成的绿氨。

10 耦合运行要求

10.1 风光发电与电解制氢耦合

- 10.1.1 宜优先选择能适应 20%~110% 负荷波动的电解槽类型。
- 10.1.2 宜配置变换器平抑风光分钟级波动，避免频繁启停。
- 10.1.3 电解槽出口宜设置低压氢气缓冲罐，应对秒级功率波动。

10.2 制氢与合成氨工艺耦合

- 10.2.1 宜配套合适储存量的液氮储罐，保障合成氨氮源稳定。
- 10.2.2 宜采用低压合成氨技术，降低能耗并适应氢气波动。
- 10.2.3 宜利用合成反应热预热氢氮混合气，提升能效。

10.3 储运系统协同

- 10.3.1 宜根据适用场景，选择中压储氢罐、液氢储罐等储氢方式。
- 10.3.2 储罐区宜设置喷淋冷却、泄漏监测、应急截断阀等功能，并符合 GB 50160 的相关要求。

10.4 公用工程及辅助设施集成

- 10.4.1 宜配备先进的自动化控制系统，实现公用工程系统的实时监控和自动化运行。
 - 10.4.2 宜将公用工程及辅助设施与工艺生成进行一体化设计。
-