

团 体 标 准

T/CIECCPA XXX—20XX

风光电氢氨醇智能仿真系统技术规范

Technical Specifications for the Intelligent Simulation System of
Wind-Solar-Hydrogen-Ammonia-Alcohol integrated system

（征求意见稿）

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国工业节能与清洁生产协会 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 缩略语 2

5 通则 2

6 设计原则 4

7 性能要求 5

8 系统架构 6

9 功能模块 8

10 测试与验证 10

11 系统投运 11

表 1 事故名称示例 9

前 言

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

本文件由中国工业节能与清洁生产协会提出并归口。

本文件主要起草单位：北京和利时工业软件有限公司

本文件主要起草人：刘栋、赵锴、张冰、王俊、乔增波、吴志恒

风光电氢氨醇智能仿真系统技术规范

1 范围

本文件规定了风光电氢氨醇智能仿真系统的缩略语、通则、设计原则、性能要求、系统架构、功能模块、测试与验证、系统投运等内容。

本文件适用于以风电、光伏等可再生能源为主要输入，通过电解水制氢、氢气储运及氢基合成氨、甲醇等环节构成的多能耦合系统的智能仿真系统。

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 8566-2007 信息技术 软件生存周期过程

GB 8567-2006 计算机软件文档编制规范

GB/T 24499 氢气、氢能与氢能系统术语

GB/T 37562-2019 压力型水电解制氢系统技术条件

GB/T 40607 调度侧风电或光伏功率预测系统技术要求

GB/T 42514-2023 绿氢合成氨技术规范

NB/T 11554 水风光储可再生能源综合开发项目技术规范

HG/T 20573 分散型控制系统工程设计规范

NB/T 31046 风电功率预测系统功能规范

NB/T 32031 光伏发电功率预测系统功能规范

DL/T 1941 可再生能源发电站电力监控系统网络安全防护技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

风光电氢氨醇智能仿真系统 intelligent simulation system for wind-solar-hydrogen-ammonia-alcohol integrated system

基于严格机理模型和直连 DCS 仿真技术，对风电、光伏、电解制氢、储氢、绿氢合成氨/甲醇等全流程进行高精度模拟的系统，具备控制策略验证、优化决策、操作培训等功能，支持投产前对真实智能调控系统的全面验证和测试。

3.2

直连 DCS 仿真技术 hard-link

采用真实装置的 DCS 工程师站软件、操作员站软件、数据库软件与历史库软件，可直接导入各装置工程师站的 DCS 组态工程，画面和逻辑完全无需手工搭建，与真实 DCS 现场 100%一致的 DCS 仿真技术。

3.3

水电解制氢 producing hydrogen by water electrolysis

通过电解水产生氢气的过程。电流通过含有水的电解质，使水分解为氢气（在阴极产生）和氧

气（在阳极产生）。

[来源：GB/T 24499]

3.4

智能调控系统 intelligent production scheduling system

利用先进的信息技术、自动化技术和智能算法，对风光发电、电储能、电解水制氢、储氢及用氢全流程中的各种资源进行合理分配和调度，达到实时监控、动态调整和优化决策，以提高生产效率、降低成本、保证产品质量和满足客户需求的综合性系统。

3.5

风光预测系统 wind and solar power forecasting system

利用各种技术和方法对风光发电系统的输出功率进行预测的系统。

[来源：GB/T 40607、NB/T 31046、NB/T 32031]

3.6

控制策略优化 control strategy optimization

通过仿真系统对智能调控系统、协调控制、顺序控制、故障响应等策略进行测试、验证及优化，确保其在实际投运前的可靠性、安全性和有效性。

3.7

动态工艺仿真模型 dynamic Process Simulation Model

基于质量守恒、能量守恒、动量守恒等物理原理，对系统内各工艺单元进行动态模拟的数学模型。

3.8

操作员培训仿真系统 operator training simulator（以下简称 OTS）

用于培训操作员在各类工况下进行操作、故障处理及应急响应的仿真系统。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AGC：自动发电控制（Automatic Generation Control）

OTS：操作员培训仿真系统

DCS：分散控制系统

P&ID：管道及仪表流程图

FAT：工厂验收测试

ATP：现场测试验收

MTBF：平均无故障时间

MTTR：平均故障恢复时间

5 通则

5.1 智能调控策略优化

5.1.1 现场投产前

现场投产前能够对智能调控策略进行测试、优化及验证，根据光伏电站或风力电站实时发电量及光功率预测系统提供的未来 3 天发电出力数据，结合下游用氢企业用氢需求，制定风力发电出力时段电解槽投用策略、光伏非净出力时段外购电策略及电解槽投用策略，通过仿真系统进行投用策

略的测试验证，实时优化每个时段制氢运行方案。

5.1.2 现场投运后

现场投运后需对绿色氨合成及甲醇柔性控制与调度系统策略进行改进和完善。

5.2 仿真技术路线

5.2.1 基于 B/S 架构的 DCS 仿真技术

采用直连 DCS 仿真技术实现，仿真系统采用与真实现场一模一样的 DCS 软件和工程，保证仿真操作界面、操作流程、报警、趋势与真实 DCS 现场 100%一致，确保能够对控制策略进行验证和优化，同时保证人员培训的真实、有效、高效。

仿真系统支持将直连 DCS 仿真技术与 BS 架构有机结合，实现基于 B/S 架构的直连 DCS 仿真的网络培训，既能利用直连 DCS 仿真技术对现场开停车方案、风光发电波动与绿氢合成氨/甲醇柔性控制策略进行验证，对电解槽投用及外购电策略进行优化，也能支持企业员工网络培训，通过企业内网、互联网、私有云、公有云等多样化的形式提供与现场 DCS 系统高度一致的直连仿真培训系统，不限时间不限地点进行培训与练习。

5.2.2 仿真系统开发及应用模式

仿真系统采用“分工段+全流程”的开发模式，即：根据各装置的工艺流程特及实际应用需求将装置先按工段进行分段开发，再将所有工段合并为全流程，所开发完成的各装置仿真培训系统将包含多个工段级仿真和一个装置级全流程仿真。在应用时既可进行单人单工段的独立仿真培训，又可进行多人班组的全流程的协同仿真培训；既可多台学员站运行同一工段或主流程，也可以每台学员站运行不同工段，以达到最高的培训效率和最好的培训效果。

5.2.3 仿真系统部署模式

5.2.3.1 本地部署

仿真系统的本地部署模式通常是集中在固定的仿真培训教室/机房里进行。整套系统单独部署一个 OTS 网络，配备系统服务器、工程师站、教练员站、学员站（操作员站）、交换机。每位学员可进行单机独立操作整个装置的训练和参加多人协同操作装置的训练，同时管理人员可通过教练员机对学员培训进行管理和统计分析。

OTS 专用的培训教室可供企业对员工进行大规模、集中式操作培训；也可供企业进行员工操作技能考核、技能鉴定以及操作比武。

5.2.3.2 网络部署

根据客户的需求，仿真系统支持在互联网/企业网进行网络部署，实现仿真系统基于网络的灵活应用。在互联网/企业网部署网络培训平台，根据用户需要可将各生产装置仿真系统部署到服务器上，并设立专属账号。企业员工通过互联网浏览器访问方式，使用账号登录网络培训平台后，自行选择需要培训内容（装置 OTS）和培训科目（如开/停车操作、故障处理等），随时随地方便快捷地进行操作练习；同时 OTS 网络培训平台支持管理员对用户的登录、培训、考核等进行管理。

网络部署时应跟本地部署一样，将直连 DCS 仿真技术与 BS 架构有机结合，企业员工在办公区、宿舍、家里、出差途中均可展开管理或培训。通过企业内网、互联网、私有云、公有云等多样化的形式提供与现场 DCS 系统高度一致的直连仿真（HardLink）培训系统，支持操作培训、热控培训、事故演练、控制验证与优化、工艺学习、工艺优化等功能，同时覆盖单机培训、协同培训、网络培训等多种应用场景。

5.3 全流程高精度工艺模拟

5.3.1 仿真范围

风电、光伏等新能源发电、电解水制氢、输氢储氢系统、下游氨合成、合成甲醇、储能系统、DCS 控制系统等的所有设备及集控室外的启停和故障处理中必要的就地操作现场设备。

5.3.2 仿真系统基准

以现场实际的 P&ID 图（管道及仪表流程图）为基准，实现真实、准确地模拟整个电解水制氢、储氢、用氢装置静、动态高精度全范围物理过程。

5.4 全面支持国产化

仿真系统从硬件到软件，从数据库、操作系统到芯片应全面实现国产化。仿真系统软件支持源码级跨平台，一套软件源码适配多种操作系统编译构建，实现跨平台/跨语言的数据交换，便捷的部署到不同操作系统。

5.5 工艺及约束条件

5.5.1 离网制氢

不依赖于公共电网，直接利用独立的发电设备产生的电力进行水电解制氢的过程，使得制氢过程与传统的电力网络完全隔离。

5.5.2 并网制氢

利用与公共电网连接的电力进行水电解制氢的过程，电解水设备可以从电网获取所需的电能。

5.5.3 约束条件

从风光发电、上下网、制氢、储氢、用氢及绿色认证等生产全流程管控各个环节所施加的各种边界限制条件。

连续用氢：持续不断地使用氢气作为原料或燃料的过程（耦合煤化工、石油炼化、氢冶金、绿氨、绿醇、发电）。

6 设计原则

6.1 高逼真度

仿真系统应真实还原真实现场实际 DCS 装置的操作界面、控制逻辑和动态响应，确保与现场 DCS 系统 100% 一致，为控制策略验证提供可靠环境。

6.2 控制策略验证优先

仿真系统能够动态响应可再生能源的固有波动性，确保绿色制氢及用氢过程的连续稳定运行。能够对新能源发电-绿氢-绿色氨合成-绿色甲醇合成-储氢流程中的大规模负荷波动和强烈的跨环节耦合特性进行模拟测试，对控制策略进行验证优化。

6.3 模块化与扩展性

采用低耦合模块化架构，便于添加新的控制策略模块和优化算法，支持风光-氢-氨-醇多能流耦合模拟。

6.4 实时性与准确性

模型计算周期 $\leq 10\text{ms}$ ，数据刷新时间 $\leq 1\text{s}$ ，确保控制策略验证的毫秒级实时响应和精度。

6.5 开放性

仿真系统设计应综合体现系统工程的观念和方法，算法模块标准化易扩展，系统对第三方异构系统具备开放性，支持标准接口和协议。

6.6 智能化

使用机理建模、潮流计算等仿真技术，对生产运营中各种工况进行精准模拟及智能决策，实现风光电解水制氢、用氢的安全、高效自主运行。

7 性能要求

7.1 实时性

仿真模型实时反映装置变化。保证模型运行速度有 1:1 以上的实时性，操作站、现场站的画面更新时间不大于 1 秒，系统内数据传输通畅。

7.2 稳定性

保证在每套仿真最大运行负荷时，CPU 负荷应低于 50%。

7.3 连续性

仿真系统在动态响应时，用电功率、产氢量和用氢量等所有参数的变化是连续化，没有突变和跳跃。

7.4 准确性

仿真系统在运行状态下，仿真系统的模型工艺参数的精度误差要求小于 $\pm 2\%$ ，关键参数的仿真精度小于 $\pm 2\%$ 。在外界干扰或人为干扰条件下，参数动态响应的变化趋势与实际相符，少于或等于一分钟时，仿真模型的动态误差保持在 $\pm 5\%$ 以内。超过一分钟时，仿真模型的动态误差保持在 $\pm 3\%$ 以内。

7.5 鲁棒性

仿真系统在负荷接近乃至超出极限值的条件下，系统不产生溢出或停机等非正常现象。

7.6 统一性

仿真系统在开停车、故障和设计态模型都是一个统一的模型，可从冷态经过各种中间状态到达运行状态。

7.7 系统无故障时间

仿真系统的平均无故障工作时间 > 8672 小时，确保仿真系统的连续性。

7.8 故障恢复

具备快速的故障恢复能力，在系统出现故障后能够迅速定位故障原因，并采取有效的措施进行修复。系统的 MTTR 不超过 4 小时。

7.9 跨平台

开发的软件应具备良好的跨平台性，能够方便地移植到不同的平台上，减少因平台差异而带来的开发和维护成本。

7.10 系统维护

支持软件的在线升级和更新，能够在不影响系统正常运行的前提下，对软件进行版本升级和功能更新，降低系统维护成本。

8 系统架构

8.1 层次结构

仿真系统采用与真实 DCS 现场一致的架构，包括现场对象层、过程控制层、过程监控层在内的多层次架构：

- a) 现场对象层采用高精度机理数学模型对真实现场的设备进行模拟；
- b) 过程控制层采用虚拟控制站对现场真实 DCS 的控制逻辑进行 1:1 高度还原，包含各类控制算法，联锁逻辑、各类回路控制、顺序控制等；
- c) 过程监控层采用与真实 DCS 现场一致的历史站、工程师站及操作员站，与实际 DCS 控制器、控制及图形完全相同（算法、逻辑、时序等），并能监视和模拟装置的运行操作。

8.2 软件组成

8.2.1 DCS 工程师站软件

仿真系统使用与生产现场完全一致的 DCS 工程师站软件，直接采用现场装置的逻辑组态文件下装，实现 DCS 组态文件与现场逻辑互换，保持与装置组态文件一致性。如下图 1 所示，采用与真实控制器调试一模一样的架构，仿真系统无论在控制方案、操作习惯、控制参数上完全与现场一致，热控人员可在 OTS 模拟仿真系统中进行逻辑组态、参数整定，从而降低逻辑改变带来的潜在风险，取得改进设备及控制系统、优化操作的实际指导。

8.2.2 DCS 操作员站软件

仿真系统使用与生产现场完全一致的 DCS 操作员站软件，其操作员站功能与真实 DCS 完全一致，仿真系统人机界面上所有的画面、信息、报警、操作指导，都与现场的人机界面完全相同。

8.2.3 虚拟控制器软件

仿真系统采用直连 DCS 仿真技术，通过虚拟控制器软件，可将机组 DCS 控制系统参数和算法组态文件直接下装至虚拟控制器中，能直接模拟实际控制站的计算行为和特性，如下图 2 所示。

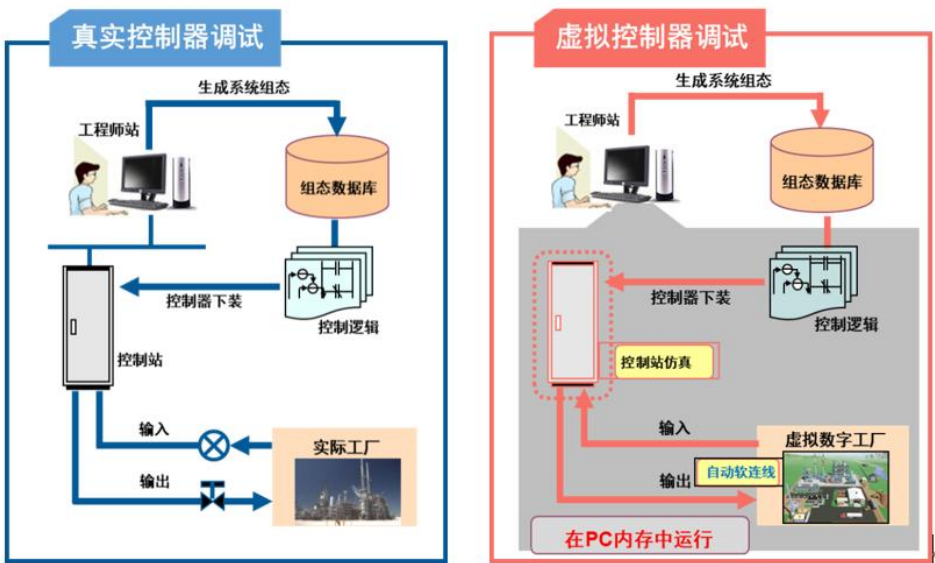


图1 虚拟控制器调试与真实控制器调试对比图



图2 虚拟控制器软件

8.2.4 仿真建模平台

仿真模型是基于严格机理的组件模型，建模软件平台采用专业的物性数据库，多种物性方程，以提供化学及相关化工过程设计所需的物性、热力学性质和传递性质数据推算的标准来源。以实现学员在仿真机上操作的反馈与实际生产现场一致。从而支撑仿真系统的实时运行、在线修改、操作员培训、控制方案设计、控制策略验证等功能。

仿真建模平台满足如下要求：

- a) 仿真建模平台是电力、化工、热力、动力等多学科综合性仿真平台，依托以能量、质量、动量守恒原理为核心建立的流网算法、潮流计算、物性方程、热力学等多种计算方法，以三传一反规律根据质量衡算、能量衡算、功率平衡等多种方程求解的机理型电力化工一体化仿真建模平台；
- b) 仿真建模平台满足电网电压、电流和频率等 AGC 调度的潮流计算算法；
- c) 仿真建模平台支持 2000 多种组分物性数据的物性库和多种经典严格热力学方程，如：Antoine 方程、PR 方程、Wilson 方程、NRTL 方程等。在基本物性数据库中，除包括分子量、密度、

热容、粘度等常见物性外，诸如沸点、熔点、凝固点、三相点、临界参数、偏心因子、蒸汽压或潜热、密度等等是模拟所需的重要数据，对这些基本物性，仿真平台均有可靠实验值或模型计算值。并支持虚拟组份的建立和模拟应用；

- d) 仿真建模平台支持模块化及图形建模方式，支持工程师根据仿真对象的工作过程，遵循能量、质量和动量平衡的原理能够对全部对象系统及控制系统进行图形化建模；
- e) 仿真建模平台支持模型在线调试，用户可以通过交互方式修改模块参量，并可立即得到修改结果，即改即得。在线调试模型包括：在线建立模块、在线删除模块、在线修改模块的任何参数、运行状态、执行速率、执行顺序等功能。

8.2.5 教师站软件

仿真系统的教师站软件，为教师培训提供图形化的操作环境。通过它，教师可以清楚的了解管理的学员以及每个学员操作的过程模型。同时，教师可以实时监控学员及其过程模型的运行状态，对模型设置各种扰动及故障，从而了解学员真实水平，有针对性地对学员实操技能进行培训，建立学员档案，选拔高素质人才。

8.2.6 学员站软件

仿真系统的学员站软件供学员学习DCS操作和现场操作，既支持仿真机房内独立培训，也支持协同培训。此外，还支持网络培训，学员可以在办公区、宿舍、出差途中、家里均可展开管理或培训。

8.2.7 标准通讯接口软件

仿真系统提供标准的通讯接口软件，确保 OTS 模拟仿真系统中使用真正的 DCS 软件硬连接。

8.2.8 现场操作站软件

仿真系统现场操作系统包含仿真对象现场就地操作的子系统、紧急按钮、开关信号系统，现场操作站软件采用与真实 DCS 操作员站相同的软件，其画面显示、操作界面、操作习惯等都与 DCS 操作员站完全一致，并支持 DCS 操作员站与就地操作员站之间任意切换的功能，现场操作模型与控制系统仿真模型的流程图界面可以进行一一对应和双向切换，保证学员操作环境的完整性。

8.2.9 操作指导及评分软件

仿真系统具有先进的考评系统，具备理论考评和实操考评功能，教师可以在软件中给学员设置考评，根据培训需要设置不同程度的考题级别，该软件记录学员的成绩，为教师评价学员成绩提供参考。

9 功能模块

9.1 智能调控系统测试优化

仿真系统能够对智能调控系统进行技术改造和优化、测试。

9.2 控制策略验证与优化

采用直连 DCS 仿真技术，仿真系统通过仿真正常工况状态及事故状态，不仅可以测试和优化现有的控制策略，还能用于开发新的策略以提高生产效率和安全性。

9.3 用电策略与开槽策略的可行性试验与分析

仿真系统能够对工艺过程设计的用电策略、开槽策略进行可行性试验和分析，能够评估和优化电力使用和生产安排，确保风光电氢氨醇生产过程的能效最优化和连续稳定。

9.4 风光发电功率和用氢负荷下的运行试验

仿真系统能够模拟不同的风光发电功率和用氢负荷条件下的绿色氨合成及甲醇合成生产，进行控制系统组态和参数整定的试验研究，评估和优化能源使用策略。

9.5 装置开车步骤合理性研究

仿真系统能够在真实现场装置投产前对装置开车步骤的合理性及安全性进行测试、验证，评估真实现场操作培训过程中的安全程度。

9.6 操作规程的合理性检验

仿真系统通过单体测试、联调测试、检验开工、停工、生产方案切换及紧急工况处理预案，还可以测试设备故障时的应变程序，从而提升风光电氢氨醇生产过程的操作效率和安全性。

9.7 全流程操作培训与操作方法研究

仿真系统覆盖从送电到正常停工和紧急停工的全过程操作，支持工艺联锁及设备联锁响应的模拟，确保操作人员能够掌握所有必要的操作技能。此外，系统还能用于研究事故状态后的重新开工操作，以及生产控制方案的切换。

9.8 热控培训

仿真系统能够对仪控人员进行 DCS 知识培训，包括：各类控制算法，联锁逻辑、各类回路控制、顺序控制、图形组态、DCS 架构知识学习、DCS 信号处理学习等。

9.9 事故演练

仿真系统具备各种故障仿真能力，故障触发后进行的紧急操作处理过程、结果与真实现场处理一致。通过结合故障处理培训和反事故演习，达到改进运行操作、提高制定反事故对策能力的目的。

仿真系统事故模拟包括设备故障仿真，还包括与 DCS 系统相关的控制系统故障仿真，具体如下：

- a) 特定事故：指风光电氢氨醇装置的典型事故，具有明确的事故处理程序，如停电、停蒸汽、停仪表风、停除盐水、停循环水、原料中断等事故。
- b) 设备事故：指工艺设备发生的故障，包括各种原因导致的泵坏、阀门卡、换热器结垢等。
- c) 仪表事故：指测量或控制仪表的显示失灵，如仪表显示不准、调节阀执行机构故障、联锁动作等；具备灵活的仪表故障设置功能。
- d) 边界条件异常：指界区工艺条件发生的异常变化或波动，如各种原因导致的风力发电变化、用氢量变化、循环冷却水温度、压力波动、电价变化、绿氢指标等。
- e) 控制系统故障：仿真系统能够对 DCS 工程所有的 I/O 点、主控器设置多种类型的故障，包括主控故障、通道、模块故障。

具体事故名称示例可参考表 1。

表1 事故名称示例

电气故障	220kV线路差动保护动作	***线路开关过流保护动作	10kV进线电源PT断线
	主变差动保护动作	高压厂用电进线开关过流保护动作	管控中心PC母线PT断线
	主变低压侧差动保护动作	给水加压变过流保护动作	氢气压缩机过流保护动作

	主变低压侧过流保护动作	公用变过流保护动作	压缩制冷机过流保护动作
	制氢厂变开关过流保护动作	管控中心变过流保护动作	循环水泵过流保护动作
	站用变开关过流保护动作	制氢厂变过流保护动作	冷却塔风机过流保护动作
	接地变开关过流保护动作	水源热泵成套变压器过流保护动作	35kV PT断线
	SVG35V1开关过流保护动作	给水及消防水站进线过流保护动作	10KV母线PT断线
制氢故障	1厂房氢氧侧液位失衡氧侧调压门内漏	6厂房氢氧侧液位失衡氢侧管道漏气	4厂房氢氧侧液位失衡氧侧差压变送器的引讯接头堵塞
	2厂房氢氧侧液位失衡氧侧调压门芯故障	7厂房氢氧侧液位失衡氢侧调压门内漏	5厂房氢氧侧液位失衡氢侧排污阀故障漏气
	3厂房氢氧侧液位失衡氧侧DCS远传液位计显示有误	1厂房氢氧侧液位失衡氧侧调压门内漏	6厂房氢氧侧液位失衡氢侧管道漏气
	4厂房氢氧侧液位失衡氧侧差压变送器的引讯接头堵塞	2厂房氢氧侧液位失衡氧侧调压门芯故障	7厂房氢氧侧液位失衡氢侧调压门内漏
	5厂房氢氧侧液位失衡氢侧排污阀故障漏气	3厂房氢氧侧液位失衡氧侧DCS远传液位计显示有误	
氨醇故障	碱液循环泵P2111A故障停机	空压机跳车	脱盐水泵故障
	蒸汽中断	膨胀机跳车或故障	粗合成压缩机A机械故障
	加压塔进料A泵故障	氧压机跳车或故障	氢气压缩机A机械故障
	装置停冷却水	供电中断	仪表气压力低
	原料气中断	CO2中断	全厂停电
	贫甲醇泵跳停	中压蒸汽压力过高	脱盐水泵故障
	全厂停水		
控制系统故障	模块设备诊断通道故障	通道诊断短路	主控单元 A 机故障
	模块设备诊断校准数据出错	通道诊断欠量程	A 机网络故障
	模块设备诊断开关量现场掉电	通道诊断过量程	A 机 DP-A 网故障
	模块设备诊断模块工作状态	通道诊断过载	A 机 DP-B 网故障
	模块设备诊断冗余状态	通道诊断温度过高	A 机 DP 主卡运行故障
	模块设备诊断超时故障	通道诊断断线	A 机 DP 收发器 A 故障
	模块设备诊断 DPA 网故障	通道诊断超上限	A 机 DP 收发器 B 故障
	模块设备诊断 DPB 网故障	通道诊断超下限	A 机 DP 数据 CRC 校验错误
	模块离线	通道诊断故障	A 机 DP 主卡存储区故障
		通道诊断开关触点故障	A 机 SRAM 故障
		通道诊断通道现场掉电	主控单元 A 机故障
		通道诊断通道输出故障	A 机网络故障
		通道诊断过载和通道输出故障	A 机 DP-A 网故障
			A 机 DP-B 网故障
			A 机 DP 主卡运行故障
			A 机 DP 收发器 A 故障

9.10 学员操作评价

仿真系统能对操作工、仪表工和技术管理人员进行定期轮训，作为上岗、晋升前的考核手段，客观地反映实际操作能力和分析判断能力。

10 测试与验证

10.1 智能调控系统测试验证

仿真系统能够对真实智能调控系统的控制策略进行全生命周期验证，包括策略开发、测试、优化和投运前确认，确保与实际 DCS 系统无缝衔接。

10.2 工艺流程测试

仿真系统对于风光电储氢氨醇生产过程中的各个工艺系统进行操作测试，包括：风力发电、光伏发电、空分、生物质锅炉、电解水制氢、储氢罐、气化、净化、合成、精馏、脱盐水、污水、循环水系统、电化学储能系统、DCS 控制系统等的所有设备及集控室外的启停和故障处理中必要的外操进行测试。

10.3 开停车方案测试

仿真系统对于风光电储氢氨醇生产过程中的开停车方案进行测试。

10.4 事故演练测试

仿真系统对于风光电储氢氨醇生产过程中的典型事故进行测试，包括事故原因、事故现象及处理方案进行测试。

10.5 学员操作评价系统测试

仿真系统对于学员操作评价系统进行逐一测试，包括理论知识及实际操作。

10.6 工况测试

10.6.1 开车类工况

冷态开车、热态开车、异常开车类，可组合各种事故或干扰。

10.6.2 停车类工况

正常停车、紧急停车、异常停车类，可组合各种事故或干扰。

10.6.3 正常生产类工况

稳态生产、负荷调整、生产异常类，可组合各种事故或干扰。

10.6.4 事故类工况

典型事故、设备事故、仪表事故、边界条件异常。

11 系统投运

11.1 安装部署

由专业工程师提供仿真系统软、硬件的现场部署与安装调试。

11.2 培训

提供仿真系统的架构、使用及恢复的培训。

11.3 交付

交付验证报告、操作手册及优化指南。