

团 体 标 准

T/CES XXX—2022

特殊环境下柴油重整制氢系统技术要求

Technical requirements for hydrogen production system by diesel reforming under  
special circumstances

(征求意见稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国电工技术学会 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.....	2
4 纯度要求.....	3
5 技术要求.....	3
6 防爆及消防安全.....	5
7 试验与检测.....	6

## 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》给出的规定起草。

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。

本文件由中国电工技术学会提出。

本文件起草单位：清华大学、江西泰豪军工集团有限公司、华中科技大学、清华大学山西清洁能源研究院、华北电力大学、江西清华泰豪三波电机有限公司、北京佳安氢源科技股份有限公司、北京北大先锋科技股份有限公司、新兴重工集团有限公司。

本文件主要起草人：史翊翔、李爽、蔡宁生、陆强、陈永清、吴敏、涂正凯、常华伟、徐明新、刘吉、李世刚、蒋华、江风、李想、王昱瑞、张舟、刘哲男、王翰仪、周波、王海良、崔闻天。

# 特殊环境下柴油重整制氢系统技术要求

## 1 范围

本文件规定了以柴油及脱盐水为原料，采用柴油、水蒸气重整与变压吸附或变压吸附与变温吸附联用提纯氢气的制氢系统的术语和定义、纯度要求、技术要求、特殊要求、防爆及消防安全及试验与检测。

本文件适用于在环境温度位于 $+35^{\circ}\text{C}\sim+55^{\circ}\text{C}$ 、 $-40^{\circ}\text{C}\sim-25^{\circ}\text{C}$ 、海拔高度 3000~5500 米、高湿度高盐雾的特殊环境中可以独立运行或联机运行的柴油重整制氢系统。

## 2 规范性引用文件

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。

- GB/T 150.1 压力容器 第 1 部分：通用要求
- GB/T 150.2 压力容器 第 2 部分：材料
- GB/T 150.3 压力容器 第 3 部分：设计
- GB/T 150.4 压力容器 第 4 部分：制造、检验和验收
- GB/T 151 热交换器
- GB/T 191 包装储运图示标志
- GB/T 2589 综合能耗计算通则
- GB 2894 安全标志及其使用导则
- GB/T 3634.1 氢气 第 1 部分：工业氢
- GB/T 3634.2 氢气 第 2 部分：纯氢、高纯氢和超纯氢
- GB/T 37244 质子交换膜燃料电池汽车用燃料 氢气
- GB 3836.14 爆炸性环境 第 14 部分：场所分类 爆炸性气体环境
- GB/T 4272 设备及管道绝热技术通则
- GB/T 4830 工业自动化仪表 气源压力范围和质量
- GB/T 6682 分析实验室用水规格和试验方法
- GB 8978 污水综合排放标准
- GB 12014 防护服装 防静电服
- GB/T 13306 标牌
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB 16297 大气污染物排放综合标准
- GB 18599 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准
- GB/T 19773 变压吸附提纯氢系统技术要求
- GB/T 20801.1 压力管道规范 工业管道 第 1 部分：总则

GB/T 20801.2 压力管道规范 工业管道 第2部分:材料  
GB/T 20801.3 压力管道规范 工业管道 第3部分:设计和计算  
GB/T 20801.4 压力管道规范 工业管道 第4部分:制作与安装  
GB/T 20801.5 压力管道规范 工业管道 第5部分:检验与试验  
GB/T 20801.6 压力管道规范 工业管道 第6部分:安全防护  
GB/T 24499 氢气、氢能与氢能系统术语  
GB/T 29729 氢系统安全的基本要求  
GB 19147 车用柴油  
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 50057 建筑物防雷设计规范  
GB 50058 爆炸危险环境电力装置设计规范  
GB 50126 工业设备及管道绝热工程施工规范  
GB 50177 氢气站设计规范  
GB 50184 工业金属管道工程施工质量验收规范  
GB 50231 机械设备安装工程施工及验收通用规范  
GB 50235 工业金属管道工程施工规范  
GB 50236 现场设备、工业管道焊接工程施工规范  
GB 50275 风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范  
GB 50316 工业金属管道设计规范  
GB 50650 石油化工装置防雷设计规范  
GB 50726 工业设备及管道防腐蚀工程施工规范  
GB/T 50441 石油化工设计能耗计算标准  
GB 50461 石油化工静设备安装工程施工质量验收规范  
GB 50493 石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计标准  
HG 20231 化工工业建设项目试车规范  
JB 4732 钢制压力容器分析设计标准  
SH 3097 石油化工静电接地设计规范  
TSG D0001 压力管道安全技术监察规程-工业管道  
TSG 21 固定式压力容器安全技术监察规程  
GJB 150.11A 军用装备实验室环境试验方法 第11部分:盐雾试验  
GJB 450A 装备可靠性工作通用要求  
GJB 368B 装备维修性工作通用要求  
GJB 2547A 装备测试性工作通用要求  
GJB 900A 装备安全性工作通用要求  
GJB 3872 装备综合保障通用要求

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**柴油重整** diesel reforming

在一定温度、压力及催化剂作用下，柴油和脱盐水发生反应生成含氢混合气的过程。

### 3.2

#### **柴油重整制氢系统 hydrogen production system by diesel reforming**

采用柴油重整及氢气净化分离联用提纯方法生产氢气设备组合的统称。

### 3.3

#### **特殊环境 special circumstances**

特殊环境包括高海拔、高温、高低温、高湿度高盐雾，同时满足下列一个或一个以上环境条件的，本文件统称为特殊环境。

高海拔：3000~5500 米；

高温：+35°C~+55°C；

高低温：-40°C~-25°C；

高湿度：相对湿度≥98%；高盐雾：≥25mg/m<sup>3</sup>。

## 4 纯度要求

柴油重整制氢系统产品氢气中杂质含量及氢气纯度指标，产品氢气如用于质子交换膜燃料电池（Proton Exchange Membrane Fuel Cells, PEMFC），应符合 GB/T 37244 的有关规定；如用于其他场合，满足用户相关要求即可。

## 5 技术要求

### 5.1 一般规定

需要提及特殊环境的要求，

5.1.1 柴油重整制氢系统包括的主要单元设备有：柴油重整单元、氢气纯化单元。

5.1.2 柴油重整制氢系统的废水应符合 GB 8978、固体废弃物排放应符合 GB 18599 及地方环保的有关规定。

5.1.3 氢气纯化单元的解吸气宜回收利用，当采用排入大气方式时，应符合 GB 16297 及地方环保的有关规定。

5.1.4 柴油重整制氢系统的工作温度范围宜为：柴油重整单元工作温度范围为 600~850°C、氢气纯化单元工作温度范围为常温~400°C。

5.1.5 柴油重整制氢系统的工作压力范围宜为：0.4 MPa(G)~1.6 MPa(G)。

5.1.6 柴油重整制氢系统场所所有爆炸危险区域范围及等级的划分，应符合 GB 50177 的有关规定。

5.1.7 原料柴油应符合 GB 19147 中的有关规定。脱盐水中的氯离子(Cl<sup>-</sup>)含量不宜大于 1ppm，电导率应小于 10 μS/cm，其他组分应符合 GB/T 1576 中采用锅外水处理的自然循环蒸汽锅炉和汽水两用锅炉水质中额定蒸汽压力不高于 1.0 MPa 的除盐水的要求。

5.1.8 柴油重整制氢系统应设置置换气体接口，置换气体宜采用氮气。

5.1.9 柴油重整制氢系统中设备表面温度高于 50°C 的设备、管道及仪表管道应采取绝热措施，应

符合 GB/T 4272 的有关规定。

5.1.10 柴油重整制氢系统中运行环境温度低于 0°C 的设备、管道及仪表管道宜采取绝热措施，应符合 GB/T 4272 的有关规定。

5.1.11 循环冷却水水质应符合 GB/T 50050 的有关规定。

5.1.12 仪表空气质量应符合 GB/T 4830 的有关规定。

5.1.13 催化剂产品的物理性质、化学组分、使用条件、使用要求应符合国家和行业的有关规定。

5.1.14 针对高海拔地区，设备应选用绝缘性好、散热强的元器件，应避免出现元器件失效导致的设备异常。

5.1.15 针对高温地区，设备应选用散热性能良好的元器件，确保设备在通风良好的环境下使用，并应采取隔热措施，避免对设备造成永久性伤害。

5.1.16 针对低温地区，宜为设备配备专用机房，条件不具备的，应在设备表面应覆盖保温棉。应特别注意绝缘材料在低温条件下的机械强度。

5.1.17 针对高湿度、高盐雾地区，应为设备加装专用密封壳，并对密封壳的钢铁件外表面进行防腐处理，设备紧固件及连接件应选用不锈钢材质。

## 5.2 柴油重整单元

5.2.1 柴油重整单元应包括的主要设备有：重整反应器、水汽变换反应器、蒸发器、过热器、原料液预热器、冷却器、原料泵及气液分离器。在特殊环境条件下工作的柴油重整单元应增加针对相应的温度、压力、湿度、盐雾保护措施，在特殊环境条件下工作的柴油重整单元应满足以下规定：

a) 在海拔高度 3000~4500 米工作时，额定功率降低不超过 10%；在海拔高度 4500~5500 米工作时，额定功率降低不超过 15%。

b) 在高温条件下工作时，额定功率降低不超过 5%。

c) 在高低温条件下工作时，启动时间增加不超过 10%。

d) 在高湿度、高盐度条件下工作时，平均无故障工作时间缩短不超过 20%。

5.2.2 重整反应器应符合下列规定：

a) 重整反应器的进口宜设置安全阀。

b) 重整反应器的出口宜设置排空出口。

c) 重整反应器宜设置温度检测仪表和压力检测仪表。

5.2.3 水汽变换反应器应符合下列规定：

a) 水汽变换反应器的进口宜设置安全阀。

b) 水汽变换反应器的出口宜设置排空出口。

c) 水汽变换反应器宜设置温度检测仪表和压力检测仪表。

5.2.4 蒸发器、过热器应符合下列规定：

a) 蒸发器、过热器的规格尺寸、内部组件的设计应满足在使用条件下换热面积、温度及压力基本要求。

b) 为防止冷物流进料管线出现气液阻塞现象，蒸发器、过热器应设置气体平衡口。

c) 蒸发器、过热器的进出口应设置温度及压力检测仪表，并对运行情况进行监控。

d) 蒸发器、过热器设备上或出口管道应设置安全阀。

5.2.5 原料液预热器进出口应有温度检测仪表，并对原料液预热器的运行情况进行监控。

5.2.6 冷却器进出口应有温度检测仪表，并对冷却器的运行情况进行监控。冷却器输出的含氢气体温度宜低于 60°C。

5.2.7 原料泵的安装高度应考虑泵的汽蚀余量。当输送柴油、脱盐水及回收液时，应考虑液体中溶

解 CO<sub>2</sub> 等气体对泵汽蚀余量的影响，以及含 CO<sub>2</sub> 等酸性气体对泵腐蚀性的影响。

5.2.8 气液分离器的规格尺寸、内部组件的设计应满足工艺设计要求，气液分离器宜设置液位控制及安全保护措施。

5.2.9 蒸发器、原料液预热器、重整反应器、冷却器低压侧设计压力小于高压侧设计压力的 2/3 时，应在低压侧设置安全保护措施。

5.2.10 柴油重整单元应设置废液收集系统，应将气液分离器中排除的液体回收至废液收集系统，不得直接向外排放。

### 5.3 氢气纯化单元

采用变压吸附法，从柴油重整得到的含氢气体中提纯氢气的单元。变压吸附单元设计、制造应符合 GB/T 19773 的有关规定。

## 6 防爆及消防安全

6.1 柴油重整制氢系统应布置在远离明火或散发火花的地点，周围 10m 内部的有明火，不得布置在人员密集地段和交通要道临近处，宜设置不可燃的实体围墙。

6.2 柴油重整制氢系统所在区域应通风良好。如在建筑物内则进风口应设置在建筑物下方，排风口设置在最上方。

6.3 柴油重整制氢系统所在区域应设置可燃气体监测报警仪，保证空气中氢气最高含量不超过 1%，可燃气体监测报警仪应设置在系统周围高出系统 0.5m~2m，如在建筑物内则还应在建筑物顶端设置监测点。

6.4 按 GB 2894 的规定在柴油重整制氢系统周围设置安全标识。

6.5 柴油重整制氢系统操作人员在进行作业时，应穿符合 GB 12014 规定的阻燃、防静电工作服和符合 GB 4385 规定的防静电鞋。工作服宜上、下身分开，容易脱卸。严禁在作业区域穿脱衣物。严禁携带火种、非防爆电子设备进入作业区域。

6.6 严禁在柴油重整制氢系统工作区域内吸烟、使用明火。

6.7 氢气发生大量泄漏或聚集时，应采取以下措施：

6.7.1 应及时切断气源，并迅速撤离泄漏污染区人员至上风处。

6.7.2 对泄漏污染区进行通风，对已泄漏的氢气进行稀释，若不能及时切断时，应采用蒸汽进行稀释，防止氢气积聚形成爆炸性气体混合物。

6.7.3 若泄漏发生在室内，宜使用吸风系统或将泄漏的气瓶等移至室外，以避免泄漏的氢气四处扩散。

6.8 氢气发生泄漏并着火时应采取以下措施：

6.8.1 应及时切断气源；若不能立即切断气源，不得熄灭正在燃烧的气体，并用水强制冷却着火设备，此外，氢气系统应保持正压状态，防止制氢系统发生回火。

6.8.2 采取措施，防止火灾扩大，如采用大量消防水雾喷射其他引燃物质和相邻设备等方法；如有可能，可将燃烧设备从火场移至空旷处。

6.8.3 氢火焰肉眼不易察觉，消防人员应佩戴自给式呼吸器，穿防静电服进入现场，注意防止外露皮肤烧伤。

6.9 消防安全措施：柴油重整制氢系统所在区域应按 GB 50016 规定，在保护范围内设置消火栓，配备水带和水枪，并应根据需要配备干粉、二氧化碳等轻便灭火器材或氮气、蒸汽灭火系统。

6.10 高浓度氢气会使人窒息，应及时将窒息人员移至良好通风处，进行人工呼吸，并迅速就医。

## 7 试验与检测

### 7.1 试验方法

#### 7.1.1 产品氢气的检测要求

##### 7.1.1.1 采样、判定和复检

- a) 氢气产品的采样、判定和复检按 GB/T 3634.1-2006 的规定执行。
- b) 采样中的安全事项应符合 GB/T 3723 规定。
- c) 气体样品的采样原则及一般规定应符合 GB/T 6681 规定。
- d) 压缩气体应使用针形阀减压后经采样管送入检测设备。
- e) 液氢采样应符合 GB/T 6680 的规定。将样品汽化后，经钝化的金属连接管直接送入检测设备。
- f) 管道输送气体在采样点采取采样，经采样器或采样管将试样送入检测设备。
- g) 常压或负压样品采样使用抽吸器，将样品直接抽入检测设备。
- h) 严格保证采样气路的气密性，宜使用金属管道，严防环境气体对样品的污染。

##### 7.1.1.2 杂质组分的测定方法

- a) 水含量的测定按 GB/T 5832.2-2016 第 6 章规定的方法进行。允许采用其他等效方法，当测定结果有异议时，GB/T 5832.2-2016 规定的方法为仲裁法。
- b) 碳氢化合物(总烃，以  $\text{CH}_4$  计)含量的测定按 GB/T 8984-2008 第 7 章规定的方法进行。允许采用其他等效方法，当测定结果有异议时，以 GB/T 8984-2008 规定的方法为仲裁法。
- c) 氧含量的测定按 GB/T 6285-2016 第 6 章规定的方法进行。允许采用其他等效方法，当测定结果有异议时，以 GB/T 6285-2016 规定的方法为仲裁法。
- d) 氮含量的测定按 GB/T 27894.3-2011 第 6 章规定的方法进行。允许采用其他等效方法，当测定结果有异议时，以 GB/T 27894.3-2011 规定的方法为仲裁法。
- e) 总氮和氩含量的测定按 GB/T 3634.2-2011 第 5 章规定的方法进行。允许采用其他等效方法，当测定结果有异议时，以 GB/T 3634.2-2011 规定的方法为仲裁法。
- f) 二氧化碳含量的测定按 GB/T 8984-2008 第 7 章规定的方法进行。允许采用其他等效方法，当测定结果有异议时，以 GB/T 8984-2008 规定的方法为仲裁法。
- g) 一氧化碳含量的测定按 GB/T 8984-2008 第 7 章规定的方法进行。允许采用其他等效方法，当测定结果有异议时，以 GB/T 8984-2008 规定的方法为仲裁法。
- h) 甲醛含量的测定按 GB/T 16129-1995 第 6 章规定的方法进行。允许采用其他等效方法，当测定结果有异议时，以 GB/T 16129-1995 规定的方法为仲裁法。
- i) 氨含量的测定按 GB/T 14669-1993 第 6 章规定的方法进行。允许采用其他等效方法，当测定结果有异议时，以 GB/T 14669-1993 规定的方法为仲裁法。
- k) 颗粒物含量的测定按 GB/T 15432-1995 第 5 章规定的方法进行。允许采用其他等效方法，当测定结果有异议时，以 GB/T 15432-1995 规定的方法为仲裁法。
- l) 总硫含量的测定按 ASTM D7652 给出的方法进行。允许采用其他等效方法，当测定结果有异议时，以 ASTM D7652 规定的方法为仲裁法。
- m) 甲酸含量的测定按 ASTM D7653 给出的方法进行。允许采用其他等效方法，当测定结果有异

议时，以 ASTM D7653 规定的方法为仲裁法。

### 7.1.2 单元设备试验要求

7.1.2.1 试验前应核查所有制造单位提供的出厂资料，主要包括：设计图纸文件、设备质量证明文件和需监督检验的压力容器的特种设备制造监督检验证书；文件资料齐全，并逐一进行核对无误后，才能进行试验。

7.1.2.2 机械设备、动力设备试车时应符合 GB 50231 和 GB 50275 的有关规定，并按相关设备的有关标准、规范和制造单位的技术说明书中的要求进行试验和验收。

7.1.2.3 单元设备应根据设计文件及相关的标准规范进行测试。

### 7.1.3 柴油重整制氢系统试验要求

7.1.3.1 试验前应检查外观和各种相关尺寸，检查各类液体气体管道和仪电线路的连接准确性。

7.1.3.2 针对高海拔地区，系统应满足 GJB 150.2A 的测试要求。针对高温地区，系统应满足 GJB 150.3A 的测试要求。针对高低温地区，系统应满足 GJB 150.4A 的测试要求。针对高湿度地区，设备应满足 GJB 150.9A 的测试要求。针对高盐雾地区，系统应满足 GJB 150.11A 的测试要求。

7.1.3.3 吸附器进出口与程控阀之间的所有管道属于压力频繁交变的疲劳管道，应进行 100% 的无损检测，其他管道应符合国家现行标准 GB 50184 的有关规定。

7.1.3.4 强度试验、泄漏试验，应符合 GB 50316、GB 50231、GB 50235 和 GB 50275 的有关规定。

7.1.3.5 变压吸附采用真空解吸时，真空度测试应符合 GB/T 19773 的有关规定

## 7.2 性能参数检测

7.2.1 性能参数考核连续运行时间不低于 72h，应符合 HG 20231 的有关规定。检测前应做如下准备：

a) 对柴油重整制氢系统进行吹扫置换，吹扫置换后系统内氮气中含氧量应小于 0.5%，且无其他氧化性介质。

b) 柴油重整催化剂需按照催化剂生产厂家技术说明进行催化剂还原；催化剂还原管道及设备内氮气中氧含量应满足催化剂的还原要求。

c) 柴油重整制氢系统的原料、公用工程及自动系统等均应符合设计要求，应达到开车具备的条件。

d) 柴油重整制氢系统区域环境符合设计要求，各种生产辅助设备均应达到开车具备的条件。

e) 柴油重整制氢系统试车运行，逐渐增加负荷，原料进料量、转化温度、含氢气体的组成、产品氢气纯度、工作压力、工作温度、氢气产量直到满足规定工况，并对此过程进行检测、记录。

f) 性能参数检测的内容有：产品氢气产量、氢气纯度、原料耗量、公用工程耗量。进行上述检测的同时，应认真测试并记录柴油重整制氢系统工作压力、工作温度和环境温度。

7.2.2 氢气产量检测方法采用气体流量法或容积法，检测用气体流量计应在有效检定周期内使用，采用容积法测量氢气产量应根据 GB/T 19773 的有关规定进行。

7.2.3 氢气纯度的检测和氢气中杂质含量应根据 GB/T 37244 的有关规定进行分析检测。

## 7.3 特殊要求

### 7.3.1 环境适应性

可在如下一个或多个特殊环境下运行：

- a) 可在海拔高度 3000~5500 米的区域正常工作。
- b) 可在高温+35°C~+55°C的温度范围下正常工作。
- c) 可在高低温-40°C~-25°C的环境下正常工作。
- d) 可在相对湿度≥98%的高湿度环境及盐雾浓度≥25mg/m<sup>3</sup>的环境下工作。

### 7.3.2 可靠性要求

设备的平均故障间隔时间在一般工况下应大于 2000 小时。

在如下特殊环境下运行时：

- a) 设备的平均故障时间在海拔高度 3000~5500 米的区域应大于 1600 小时。
- b) 设备的平均故障时间在高温+35°C~+55°C的温度范围下应大于 1600 小时。
- c) 设备的平均故障时间在高低温-40°C~-25°C的环境下应大于 1600 小时。
- d) 设备的平均故障时间在相对湿度≥98%的高湿度环境及盐雾浓度≥25mg/m<sup>3</sup>的环境下应大于 1600 小时。

### 7.3.3 维修性要求

设备的平均修复时间不超过 120 分钟。

### 7.3.4 安全性要求

设备的外表面热辐射特性不大于 90°C。

---