

ICS 27.180

F19

团 体 标 准

T/CSTE 0005—2020

焦炉煤气制氢技术规范

Technical specification for hydrogen production from coke oven gas

2020-05-22 发布 2020-05-22 实施

中 国 技 术 经 济 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 工艺流程与基本要求 2

5 技术要求 2

6 试验与检测 4

7 标志 4

8 附录 6

CSTE

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准由中国技术经济学会归口。

本标准起草单位：中国船舶重工集团公司第七一四研究所、佛山绿色发展创新研究院、中国标准化研究院、中国石油工程建设有限公司西南分公司、中国船舶重工集团公司第七一八研究所、北方工业大学。

本标准起草人：董立臣、艾斌、林翎、杨燕梅、王雪颖、廖勇、谢顶杉、李响、谭效时、韩占猛、刘菲、张婷、李敬岩、宋晓晓、张亮亮、贾册、向可祺、胡长斌、罗珊娜、朴政国、陈健、许攸、宋固、贺奇、王志远、赵嘉瑶。

CSTE

焦炉煤气制氢技术规范

1 范围

本标准规定了焦炉煤气制取超纯氢的工艺流程与基本要求、技术要求、试验与检测和标志。

本标准适用于炼焦工业或其他涉及炼焦流程的工业（钢铁、煤化工等）利用焦炉煤气制取超纯氢的流程，该流程生产的氢气制品适用于相关氢能下游产业。

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 191 包装储运图示标志
GB/T 3634.2 氢气 第2部分：纯氢、高纯氢和超纯氢
GB/T 4830 工业自动化仪表 气源压力范围和质量
GB/T 5831 气体中微量氧的测定 比色法
GB/T 5832.1 气体分析 微量水分的测定 第1部分电解法
GB/T 5832.2 气体分析 微量水分的测定 第2部分露点法
GB/T 8984 气体中一氧化碳、二氧化碳和碳氢化合物的测定 气相色谱法
GB/T 13306 标牌
GB/T 19773 变压吸附提纯氢系统技术要求
GB/T 20103 膜分离技术术语
GB/T 28901 焦炉煤气组分气相色谱分析方法
GB/T 29412 变压吸附提纯氢用吸附器
GB 50058 爆炸危险环境电力装置设计规范
GB 50177 氢气站设计规范
GB 50235 工业金属管道工程施工规范
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 50683 现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范
HJ 579 膜分离法污水处理工程技术规范
JB 4732 钢制压力容器 分析设计标准
SH 3036 气体浓度探测器
SH 3501 石油化工有毒可燃介质管道施工与验收规范
YB/T 4594 焦炉煤气制氢站安全运行规范
压力容器安全技术监察规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

焦炉煤气 coke oven gas

炼焦工业中用几种烟煤配制成炼焦用煤，在炼焦炉中经过高温干馏后，在产出焦炭和焦油产品的同时所产生的一种可燃性气体，相关组分推荐值见附录 A。

3.2

超纯氢 ultrapure hydrogen

按 GB/T 3634.2 中的规定，氢气浓度 $\geq 99.9999\%$ 且其他污染物浓度符合要求的氢气。

3.3

膜分离 membrane separation

按 GB/T 20103—2006 中的规定，指利用膜材料的选择性，以膜两侧存在的能量差为推动力，各组分透过膜的迁移率不同而实现分离的一种技术。

3.4

变压吸附法 pressureswingadsorption (PSA) method

利用固体吸附剂对不同气体中的吸附选择性以及气体在吸附剂上的吸附量随其压力变化而变化的特性，在特定的压力下吸附，然后通过降低被吸附气体分压使被吸附气体解析的气体分离方法。

3.5

氢回收率 hydrogenrecoveryrate

利用变压吸附法提纯氢气时，产品氢气中纯氢的体积（标准状态）与原料气体所含氢气体积（标准状态）之比。

4 工艺流程要求

4.1 工艺流程

4.1.1 本技术流程包含焦炉煤气预净化、膜分离初步提浓、变压吸附超纯氢制备三个子过程，流程简图见附录 B。

4.1.2 在膜分离和变压吸附前均设有气体压缩升压装置。

4.1.3 变压吸附前后均设有气体缓存罐，后者为超纯氢缓存罐，经冷却加压后可直接对长管拖车进行装填。

4.2 要求

4.2.1 为防止膜堵塞与杂质与膜材料发生化学反应导致失活，需对进气中的焦油、硫分、水分进行预处理，硫分采用粗脱与精脱复合法，焦油经由脱焦塔除去，经干燥后的气体增压进入膜分离装置。

4.2.2 焦炉煤气制氢氢气提浓过程根据实际产出量采用钯合金膜、钯金属膜或有机膜。

4.2.3 经初步提浓后的气体增压送至气体缓冲罐，随后送入变压吸附塔中，吸附剂选用活性氧化铝、活性炭与分子筛复合吸附剂。

4.2.4 该过程中的安全要求参照 YB/T 4594 执行；系统技术要求、制造、检验和验收除应符合本标准规定外，还应符合 GB/T 19773 与 JB 4732 等压力容器相关标准的规定。

5 技术要求

5.1 通用要求

5.1.1 一般要求

5.1.1.1 本工艺流程总系统包含焦炉煤气预处理设备、膜分离反应器、变压吸附器组、气体缓存罐、气体压缩机、程序控制阀、自动控制系统及相应软件、气体纯度分析设备等单体设备或装备。气体压缩机、程序控制阀、自动控制系统及相应软件、气体纯度分析设备等单体设备或装备。

5.1.1.2 本工艺流程总系统可根据用户使用特点、氢气产量等实际情况，采用固定式或移动式系统。

5.1.1.3 经变压吸附提纯后的解析气，各企业可根据自身情况进行回收利用或直接排入大气。回收利用是可在附录 B 的基础上设置解析气储罐与压缩机；若直接排入大气，解析气各指标应符合国家及地方制定的相关排放标准。

5.1.2 工作条件

5.1.2.1 膜分离系统的工作压力范围为 0.2 MPa~18MPa，变压吸附系统的工作压力范围为 0.3 MPa~6.0 MPa。

5.1.2.2 系统工作环境温度依照工厂实际建设地和季节确定。

5.1.2.3 本系统各环节的有爆炸危险区域的范围及等级划分，应符合 GB 50177 和 GB 50058 要求。

5.1.2.4 本系统的原料气为焦炉煤气，应满足 GB/T 19773 中的氢气体积含量要求。

5.1.2.5 变压吸附过程中设置的扫置换接口、冷却水的压力与水质应要求符合 GB/T 19773 中的要求。

5.1.2.6 该系统中自动控制阀质量和气源压力应符合 GB/T 4830 中的要求。

5.2 单体设备通用要求

5.2.1 通用要求

5.2.1.1 上述单体设备根据提纯氢系统的规模合理配置不同规格。

5.2.1.2 单体设备的性能、工作参数应满足系统总体要求，一般情况下，单体设备的性能与技术要求比系统总体要求严格。

5.2.1.3 单体设备的材质应满足必要的化学稳定性、机械稳定性，在系统工况下不发生氢脆等现象。

5.2.1.4 对于移动式系统，需对各单体设备加装防护罩或外壳，相关要求应符合 GB/T 19773 中的要求。

5.2.2 单体设备特性要求

5.2.2.1 膜分离过程中涉及的单体设备，如膜分离组件特性应符合 HJ 579 中的要求。

5.2.2.2 变压吸附过程以及预处理过程中涉及的单体设备，如吸附床、真空泵、压力容器、储氢罐、预处理设备、程序控制阀、压缩机等特性应符合 GB/T19773 中的要求。

5.2.2.3 其他辅助系统单体设备，如阻火器、管路、电气设备、氢气浓度探测器等应满足 GB50058、GB 50177、SH 3036 中的要求。

5.3 预处理系统技术要求

5.3.1 该系统包含脱焦油、脱硫、脱水系统等。

5.3.2 首先将焦炉煤气经过电捕焦油结合变温吸附脱苯、脱萘、脱焦油。

5.3.3 粗脱硫剂选用 NaOH 水溶液，将除焦后的气体通入 0.6 mol/L~2mol/L NaOH 溶液进行洗气，气液比为 0.5 m³/L~1m³/L，对焦炉煤气进行粗脱硫处理。

5.3.4 粗脱硫后的气体经过多孔氧化铁再吸收，气固比为 2 m³/kg~5m³/kg，进行精脱硫处理，将焦炉煤气中的硫分（以 H₂S 计）降低至 0 ppm~1ppm。

5.3.5 上述气体经过干燥剂无水 CaCl₂ 进行干燥处理，水分降到 0 ppm~20ppm。

5.3.6 预处理后的气体经 GB/T 28901 中的检测方法，氢气含量≥60%。

5.4 膜分离系统技术要求

5.4.1 氢气分离器通过金属钯膜对预处理的焦炉煤气进行提浓，在能达到所需条件下也可选用钯合金膜、镀钯氧化铝膜、镀钯玻璃膜、镀钯陶瓷膜。

5.4.2 首先通过全气控增压设备对焦炉煤气进行增压至 0.15 MPa~0.4MPa，在膜管外温度为 360℃~420℃和气流尾速为 150mL/min~180mL/min 下，分离得到高纯氢气。

5.4.3 膜分离工艺可以根据原料气的组成、制气的生产能力在细节上有多种变化，例如气流尾速的变化、

膜分离装置的规模、膜分离进气压力等。

5.4.4 经过膜分离提浓后的气体经 GB/T 28901 中的检测方法，氢气含量 $\geq 90\%$ 。

5.5 变压吸附系统技术要求

5.5.1 上述经膜分离处理后的气体增压后送至变压吸附床。真空变压吸附工序采用的吸附剂是活性氧化铝、活性炭和分子筛，体积配比为活性氧化铝：活性炭：分子筛=0.1~0.3：1：2~4。

5.5.2 活性氧化铝装填在吸附床的入口端，活性炭装填在吸附床的中部，分子筛装填在吸附床的出口端，且采用抽空冲洗解析，其压力为表压-0.05 MPa~-0.095 MPa。

5.5.3 变压吸附过程中包含吸附、一次压力均衡降、二次压力均衡降、逆向放压、抽真空、抽空冲洗、二次压力均衡升、一次压力均衡升、最终升压等步骤。

5.5.4 真空变压吸附床有至少 3 个，氢气回收率 $\geq 85\%$ 。

5.5.5 真空变压吸附工艺可以根据原料气的组成、制气的生产能力在细节上有多种变化，例如，活性炭与分子筛的体积比的变化、吸附床数量的变化、压力均衡次数的变化、吸附压力的变化、抽空冲洗压力的变化等。

5.5.6 最终所得气体经 GB/T 28901 中的检测方法，氢气浓度 $\geq 99.9999\%$ ，杂质符合 GB/T 3634.2—2011 中超纯氢的要求。

5.6 系统安装、组装

5.6.1 通用要求

5.6.1.1 系统的安装、组装严格按照工程设计文件的要求进行。

5.6.1.2 膜分离系统与变压吸附系统的安装应满足 GB 50177、GB 50235、GB 50236、GB 50275、SH 3501 中的要求。

5.6.2 单体设备安装要求

5.6.2.1 压缩机与真空泵系统安装应满足 GB 50275、GB/T 19773 中的要求。

5.6.2.2 气体缓存罐与储氢罐应满足 GB/T 19773 中的要求。

5.6.2.3 氢气管道、阀门与附件的安装应满足 GB 50235、GB 50236、GB 50316、GB/T 19773 中的要求。

5.6.2.4 膜分离与变压吸附系统的安装应符合 GB/T 19773 与 HJ 579 中的要求。

6 试验与检测

6.1 试验

6.1.1 试验准备

6.1.1.1 试验前——检查各设备制造商提供的各种合规证明，包括但不限于合格证、工程技术文件、设计图纸、检验证书，所有证明齐全并核对无误后方可进行试验。

6.1.1.2 检查各管路与电气线路连接的准确性。

6.1.2 试验方法

试验方法包含但不限于强度试验、气密性试验、泄露实验、真空度试验、外壳通风试验，具体试验流程参照 GB/T 19773 与 HJ 579 中的要求。

6.2 检测

6.2.1 检测准备

6.2.1.1 对整个系统管线、装置进行吹扫置换直至氮气含氧量小于 0.5%且无法其他氧化性介质。

6.2.1.2 系统内的原料气、冷却水、电源及自控系统、辅助系统等设备应符合 GB/T 19773 中的要求并达到设备运行条件。

6.2.1.3 系统启动生产后，逐渐增加负荷，氢气纯度、工况压力与温度、氢气回收率均达设计值，待稳

定运行后，开始进行检测。

6.2.1.4 检测参数包含但不限于氢气产量、氢气规格、解析气规格、工况压力与温度、环境温度。

6.2.2 性能参数检测

6.2.2.1 气体流量、氢气规格、原料气与解析气规格的检测方法与要求按照 GB/T 19773、GB/T 5831、GB/T 5832.1、GB/T 5832.2、GB/T 8984 中执行。

6.2.2.2 检测所用仪器仪表和相关材料应符合有关标准或合同的规定，且应在有效认证期内使用。

7 标志

7.1 通用要求

系统内各单体设备的标志制作、安装位置，符合 GB/T 13306、GB/T 29412 中的相关要求。

7.2 标牌内容

系统标牌包括但不限于制造厂家与地址、产品型号、制造日期与编号、主要技术参数，主要参数参照 GB/T 29412、GB/T 19773 中相关要求；涉及压力容器的标牌符合《压力容器安全技术监察规程》。

7.3 包装箱图示

包装箱储运图示应符合 GB/T 191 中的相关要求。

CSTE

附录 A

(资料性附录)

表 A.1 焦炉煤气组分推荐值

组分	H ₂	N ₂	CO	CO ₂	O ₂	CH ₄	C _n H _m
体积含量 /%	56.0~62.0	2.0~6.0	5.0~9.0	2.0~3.0	0~0.7	20.0~26.0	2.0~3.0

附录 B

(资料性附录)

焦炉煤气制氢技术流程简图

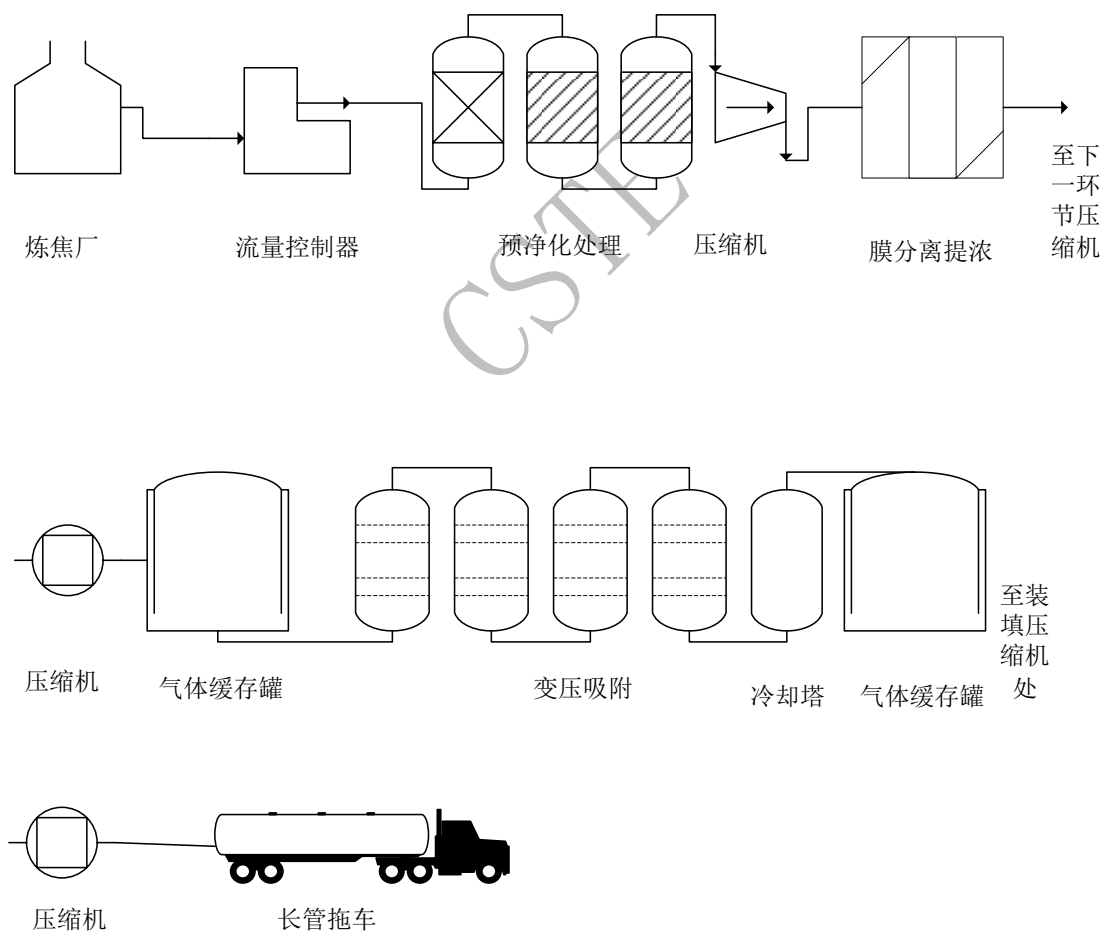


图 B.1 焦炉煤气制氢技术流程简图