

T/CWDPA

团 体 标 准

T/CWDPA XXX—XXXX

高温裂解炉用抗积碳波纹管换热器

High-temperature cracking furnace anti-carbon deposition corrugated pipe heat
exchanger

（征求意见稿）

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国西部开发促进会 发 布

目次

前言 II

1 范围 3

2 规范性引用文件 3

3 术语和定义 3

4 分类 4

5 一般要求 4

6 技术要求 4

 6.1 通用要求 4

 6.2 材料 4

 6.3 设计要求 4

 6.4 制造要求 4

 6.5 抗积碳性能 4

 6.6 其他性能要求 5

7 试验方法 5

 7.1 材料检验 5

 7.2 尺寸检验 5

 7.3 焊接质量检验 5

 7.4 耐压试验和泄漏试验 5

 7.5 抗积碳性能试验 5

 7.6 传热性能试验 5

8 检验规则 5

 8.1 检验分类 5

 8.2 出厂检验 5

 8.3 型式检验 6

9 标志、包装、运输和贮存 6

 9.1 标志 6

 9.2 包装 6

 9.3 运输 6

 9.4 贮存 6

附录 A 抗积碳性能试验方法 7

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。

本文件由中国西部开发促进会提出。

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。

高温裂解炉用抗积碳波纹管换热器

1 范围

本文件规定了高温裂解炉用抗积碳波纹管换热器（以下简称“换热器”）的术语和定义、分类与标记、技术要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于设计温度不高于GB/T 150.2中列入材料的允许使用温度范围、设计压力不大于35MPa的高温裂解炉用管壳式抗积碳波纹管换热器。

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 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—2026 热交换器
- GB/T 12777 金属波纹管膨胀节通用技术条件
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 14525 波纹金属软管通用技术条件
- GB/T 21433 不锈钢压力容器晶间腐蚀敏感性检验
- GB/T 28713 热交换器用强化传热管
- GB/T 27698.1 热交换器及传热元件性能测试方法 第1部分：通用要求
- GB/T 27698.2 热交换器及传热元件性能测试方法 第2部分：热交换器
- GB/T 27698.3 热交换器及传热元件性能测试方法 第3部分：传热元件
- GB/T 27698.4 热交换器及传热元件性能测试方法 第4部分：空冷器噪声测定
- NB/T 47013.7 承压设备无损检测 第7部分：目视检测（同NB/T 47013.7-2012）
- NB/T 47013.8 承压设备无损检测 第8部分：泄漏检测（同NB/T 47013.8-2012）
- NB/T 47013.9 承压设备无损检测 第9部分：声发射检测
- NB/T 47014 承压设备焊接工艺评定
- NB/T 47015 压力容器焊接规程
- NB/T 47016 承压设备产品焊接试件的力学性能检验

3 术语和定义

GB/T 151—2026界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

高温裂解炉用抗积碳波纹管换热器 high temperature cracking furnace anti-coking corrugated tube heat exchanger

以波纹管为换热元件，采用抗积碳材料和 / 或表面处理技术，用于高温裂解炉系统中冷却裂解气或回收裂解气余热的管壳式换热器。

3.2

抗积碳性能 anti-coking performance

换热元件表面抵抗碳质沉积物附着和生长的能力。

3.3

波纹管 corrugated tube

管壁沿轴向呈周期性波纹状的换热管。

4 分类

换热器按结构形式分为：

- a) 固定管板式抗积碳波纹管换热器；
- b) 浮头式抗积碳波纹管换热器；
- c) U型管式抗积碳波纹管换热器。

5 一般要求

5.1 换热器的设计、制造、检验和验收应符合本文件的规定外，还应符合 GB/T 150.1、GB/T 150.3、GB/T 150.4 和 GB/T 151—2026 的相关规定。

5.2 换热器的设计应考虑高温裂解气工况下的积碳、腐蚀、热疲劳等失效模式，采取相应的防护措施。

5.3 换热器的能效应符合 GB/T 151—2026 中 5.3.3 的要求，并按照 GB/T 27698.1 的要求进行测试。

6 技术要求

6.1 通用要求

6.2 材料

6.2.1 换热管材料应符合 GB/T 150.2 的要求，采用耐高温、抗积碳、抗腐蚀的材料，常用材料宜包括 310S 不锈钢、Inconel 625 镍基合金、HP40Nb 耐热钢等。材料的化学成分和力学性能应符合相应国家标准的规定。

6.2.2 管板、壳体、封头的材料应符合 GB/T 150.2 和 GB/T 151—2026 的相关规定，并与换热管材料相匹配。

6.2.3 焊接材料应与母材相匹配，并符合 NB/T 47015 的相关规定。

6.3 设计要求

6.3.1 波纹管的结构参数（波距、波高、壁厚等）应根据工况条件进行优化设计，以保证良好的传热性能和抗积碳性能。波纹管的波距宜为 15mm~30mm，波高宜为 3mm~8mm。

6.3.2 管程流速应控制在 1.5m/s~3.0m/s 范围内，以保证流体在波纹管内产生足够的湍流，破坏边界层，减少积碳沉积。

6.3.3 折流板的间距和形式应进行优化设计，以避免壳程流体出现死区，减少壳程积碳。折流板间距宜为壳体内径的 0.3 倍~0.6 倍。

6.3.4 换热器应设置必要的清焦口和排污口，便于定期清理积碳和沉积物。

6.3.5 换热器的热应力计算应符合 GB/T 150.3 的相关规定，并考虑波纹管的热补偿能力。

6.4 制造要求

6.4.1 波纹管的制造应采用专用设备和工艺，保证波纹形状均匀、尺寸准确。波纹管的波距偏差不应超过 $\pm 0.5\text{mm}$ ，波高偏差不应超过 $\pm 0.3\text{mm}$ 。

6.4.2 换热管与管板的连接应采用强度焊加贴胀的工艺，焊接接头应符合 NB/T 47014 的相关规定。换热管与管板的连接接头为 F 类焊接接头，焊接接头系数取 1.0。

6.4.3 换热器的焊接应符合 NB/T 47015 的相关规定，焊接接头的表面质量应符合 NB/T 47013 的相关规定。

6.4.4 换热器的耐压试验和泄漏试验应符合 GB/T 150.4 和 GB/T 151—2026 的相关规定。

6.5 抗积碳性能

- 6.5.1 换热管表面应进行抗积碳处理，可采用陶瓷涂层、渗铝、渗铬等工艺。涂层的厚度应均匀，附着力应符合相关标准的规定。
- 6.5.2 换热器的抗积碳性能应通过模拟工况试验进行验证，在规定的试验条件下，连续运行 1000 小时后，换热管表面的积碳厚度不应超过 0.5mm。
- 6.5.3 抗积碳性能等级划分应符合表 1 的规定。

表 1 抗积碳性能等级划分

等级	连续运行时间/h	最大积碳厚度/mm
1	500	≤1.0
2	1000	≤0.5
3	2000	≤0.3
4	3000	≤0.2

6.6 其他性能要求

- 6.6.1 换热器的传热系数不应低于设计值的 95%。
- 6.6.2 换热器的压力损失不应超过设计值的 110%。
- 6.6.3 换热器的使用寿命不应低于 10 年，首次清焦周期不应低于 12 个月。

7 试验方法

7.1 材料检验

材料的化学成分和力学性能应按GB/T 151—2026的规定进行检验。

7.2 尺寸检验

换热器的外形尺寸、波纹管的结构参数应采用卡尺、千分尺、样板等工具进行检验。

7.3 焊接质量检验

焊接接头的无损检测应按NB/T 47013的相关规定进行。

7.4 耐压试验和泄漏试验

耐压试验和泄漏试验应按GB/T 150.4和GB/T 151—2026的相关规定进行。

7.5 抗积碳性能试验

应符合本文件附录A的要求。

7.6 传热性能试验

传热性能试验应按GB/T 27698的相关规定进行。

8 检验规则

8.1 检验分类

产品检验分为出厂检验和型式检验两类。

8.2 出厂检验

- 8.2.1 每台换热器均应进行出厂检验，检验合格并出具产品质量证明书后方可出厂。
- 8.2.2 出厂检验项目应包括：
 - a) 材料检验；
 - b) 尺寸检验；
 - c) 焊接质量检验；
 - d) 耐压试验；

- e) 泄漏试验;
- f) 外观检验。

8.3 型式检验

8.3.1 在下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品试制或老产品转厂生产时；
- b) 产品的结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- c) 正常生产每 3 年进行一次；
- d) 停产 1 年以上恢复生产时；
- e) 国家质量监督机构提出要求时。

8.3.2 型式检验项目应包括出厂检验的全部项目以及：

- a) 抗积碳性能试验；
- b) 传热性能试验；
- c) 压力损失试验。

9 标志、包装、运输和贮存

9.1 标志

换热器的标志应符合GB/T 150.4和GB/T 151—2026的相关规定，并应在明显位置标注抗积碳性能等级。

9.2 包装

换热器的包装应符合GB/T 13384的相关规定，确保在运输过程中不受损坏。

9.3 运输

换热器在运输过程中应采取必要的防护措施，避免碰撞、雨淋和暴晒。

9.4 贮存

换热器应贮存在干燥、通风、无腐蚀性介质的场所，并应定期检查。

附 录 A
(规范性)
抗积碳性能试验方法

A.1 范围

本附录规定了高温裂解炉用抗积碳波纹管换热器换热管抗积碳性能的模拟试验方法。
本附录适用于本文件规定的换热器换热管的抗积碳性能评价。

A.2 试验原理

通过在模拟高温裂解炉工况的试验装置中,使烃类混合物在高温下流经换热管试样,模拟实际工况下的积碳过程。通过测量试验前后换热管的重量变化和表面积碳厚度,计算积碳速率,评价其抗积碳性能。

A.3 试验装置

A.3.1 试验装置应包括加热系统、介质供给系统、流量控制系统、温度控制系统、压力控制系统和尾气处理系统。

A.3.2 试验装置的温度控制精度不应低于 $\pm 5^{\circ}\text{C}$,压力控制精度不应低于 $\pm 0.01\text{MPa}$,流量控制精度不应低于 $\pm 2\%$ 。

A.3.3 试验装置应具备良好的气密性,在试验压力下的泄漏率不应超过 $0.1\%/h$ 。

A.4 试验试样

A.4.1 试样应采用与实际产品相同的材料、制造工艺和表面处理工艺。

A.4.2 试样的长度宜为 $500\text{mm}\sim 1000\text{mm}$,外径应与实际产品换热管外径一致。

A.4.3 每批次试验的试样数量不应少于3根。

A.5 试验介质

试验介质宜采用正庚烷、甲苯和乙烯的混合物,体积比宜为 $7:2:1$;也可采用与实际工况相似的裂解气组分。

A.6 试验条件

A.6.1 试验温度应控制在 $550^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$ 。

A.6.2 试验压力应控制在 $0.25\text{MPa}\pm 0.02\text{MPa}$ 。

A.6.3 管内流速应控制在 $2.0\text{m/s}\pm 0.2\text{m/s}$ 。

A.6.4 试验时间应根据抗积碳性能等级确定:

- a) 等级 1: 500h;
- b) 等级 2: 1000h;
- c) 等级 3: 2000h;
- d) 等级 4: 3000h。

A.7 试验步骤

- A.7.1 试验前，应将试样用无水乙醇清洗干净，在 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中干燥至恒重，然后用精度不低于 0.1mg 的分析天平称量初始重量，并用表面粗糙度仪测量初始表面粗糙度。
- A.7.2 将试样安装到试验装置中，进行气密性试验，确保无泄漏。
- A.7.3 启动加热系统，以不超过 $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的升温速率将试样加热至试验温度。
- A.7.4 通入试验介质，调节流量、压力至规定的试验条件，开始计时。
- A.7.5 试验过程中，应每小时记录一次试验温度、压力和流量。
- A.7.6 达到规定的试验时间后，停止通入试验介质，以不超过 $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的降温速率将试样冷却至室温。
- A.7.7 取出试样，用无水乙醇清洗表面的浮尘和残留介质，在 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中干燥至恒重，然后称量试验后重量。
- A.7.8 采用金相显微镜或激光测厚仪测量换热管表面的积碳厚度，测量点不应少于5个，且应均匀分布在试样的不同位置。

A.8 数据处理

- A.8.1 积碳速率按公式（A.1）计算：

$$v = \frac{m_2 - m_1}{A \times t} \times 10^6 \dots\dots\dots (\text{A.1})$$

式中：

- v —— 积碳速率，单位为毫克每平方米小时（ $\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ）；
- m_1 —— 试样初始重量，单位为克（ g ）；
- m_2 —— 试样试验后重量，单位为克（ g ）；
- A —— 试样换热面积，单位为平方米（ m^2 ）；
- t —— 试验时间，单位为小时（ h ）。

- A.8.2 积碳厚度取所有测量点的算术平均值。

A.9 结果判定

- A.9.1 如果所有试样的积碳厚度和积碳速率均符合本文件表1的规定，则判定该批次产品的抗积碳性能合格。
- A.9.2 如果有1根试样不符合要求，应加倍取样进行复验。如果复验结果全部符合要求，则判定该批次产品的抗积碳性能合格；如果复验仍有不符合要求的，则判定该批次产品的抗积碳性能不合格。