

ICS 71.120; 71.120.30
G 94

HG

中华人民共和国化工行业标准

HG/T 5632~5633—2019

石墨制氯化氢副产蒸汽合成炉 和列管式碳化硅换热器 (2019)

2019-12-24 发布

2020-07-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 录

| | | |
|----------------|---------------------|-------|
| HG/T 5632—2019 | 石墨制氯化氢副产蒸汽合成炉 | (1) |
| HG/T 5633—2019 | 列管式碳化硅换热器 | (21) |

ICS 71. 120. 30
G 94

HG

中华人民共和国化工行业标准

HG/T 5633—2019

列管式碳化硅换热器

Heat exchanger of multitubular silicon carbide

2019-12-24 发布

2020-07-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 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 型式、主要尺寸及基本参数 2

5 原材料 9

6 设计 9

7 制造、检验和验收 10

8 出厂检验 12

9 包装、运输和贮存 12

10 出厂文件 12

图 1 列管式碳化硅换热器结构型式 3

图 2 列管式碳化硅换热器主要尺寸标注图 5

表 1 零部件明细表 4

表 2 主要尺寸表 6

表 3 管口尺寸表 7

表 4 列管式碳化硅换热器（换热管外径为 $\phi 14\text{ mm}$ ）的布管数及换热面积表 7

表 5 列管式碳化硅换热器（换热管外径为 $\phi 19\text{ mm}$ ）的布管数及换热面积表 8

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国石油和化学工业联合会提出。

本标准由全国非金属化工设备标准化技术委员会（SAC/TC162）归口。

本标准起草单位：无锡英罗唯森科技有限公司、中国科学院上海硅酸盐研究所、上海中科易成新材料技术有限公司、南通三圣石墨设备科技股份有限公司、天华化工机械及自动化研究设计院有限公司、化学工业非金属材料和设备质量监督检验中心。

本标准主要起草人：徐鹏飞、黄政仁、刘学建、闫永杰、罗斯格、冯圣君、李志刚、肖丽娟、桑临春。

列管式碳化硅换热器

1 范围

1.1 本标准规定了列管式碳化硅换热器（以下简称“换热器”）的术语和定义、型式、主要尺寸及基本参数、原材料、设计、制造、检验和验收、包装、运输和贮存、出厂文件。

1.2 本标准适用于公称直径不大于 900 mm 的以碳化硅管为换热元件的列管式换热器。

1.3 本标准不适用于除硫酸外的极度危害介质的换热器。

1.4 本标准适用的换热器的设计压力：

- a) 对于硫酸、毒性危害程度为高度危害介质、气体和液化气体等介质，介质侧的工作压力应小于 0.1 MPa；
- b) 对于除 a) 以外的介质，设计压力应不大于 1.6 MPa 且介质最高工作温度应小于其标准沸点。

1.5 本标准适用的换热器的设计温度：

- a) 对于换热器的壳体为钢制容器，应符合 GB/T 150 的要求；
- b) 对于换热器的壳体为搪玻璃容器，应符合 GB 25025 的要求；
- c) 对于换热器的壳体为氟塑料衬里容器，应符合 GB/T 35974.2 的要求；
- d) 对于换热器的壳体为钢衬橡胶衬里设备，应符合 HG/T 20677 的要求。

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 3045 普通磨料 碳化硅化学分析方法

GB/T 10610 产品几何技术规范（GPS） 表面结构 轮廓法 评定表面结构的规则和方法

GB 25025 搪玻璃设备技术条件

GB/T 26501 氟塑料衬里压力容器 通用技术条件

GB/T 35974.2 塑料及其衬里制压力容器 第 2 部分：材料

GB/T 35974.5 塑料及其衬里制压力容器 第 5 部分：塑料衬里制压力容器的制造、检查与检验

HG/T 20592 钢制管法兰（PN 系列）

HG/T 20677 橡胶衬里化工设备设计规范

JB/T 4712.1 容器支座 第 1 部分：鞍式支座

(25)

1

JB/T 4712.3 容器支座 第3部分：耳式支座
JB/T 4711 压力容器涂敷与运输包装
JB/T 4732 钢制压力容器——分析设计标准
JC/T 2212 常压固相烧结碳化硅陶瓷热交换管
NB/T 47003.1 钢制焊接压力容器

3 术语和定义

GB/T 150.1、GB/T 151 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

碳化硅 silicon carbide

二氧化硅和碳在 2 000 ℃以上高温反应形成的化合物。

3.2

游离硅 free silicon

碳化硅材料中存在的未反应的单体硅分子。

3.3

设计温度 design temperature

金属部件的设计温度的定义同 GB/T 150.1；金属衬里部件（包括搪玻璃件）的设计温度是指衬里层能达到的最高温度；换热管的设计温度是指管壁能达到的最高温度。设计温度与设计压力一起作为设计载荷条件。

4 型式、主要尺寸及基本参数

4.1 结构型式、主要尺寸、布管数及换热面积

换热器结构型式见图 1，零部件明细表见表 1。换热器主要尺寸标注图见图 2，主要尺寸表见表 2，管口尺寸表见表 3。换热器（换热管外径为 $\phi 14$ mm）的布管数及换热面积表见表 4，换热器（换热管外径为 $\phi 19$ mm）的布管数及换热面积表见表 5。

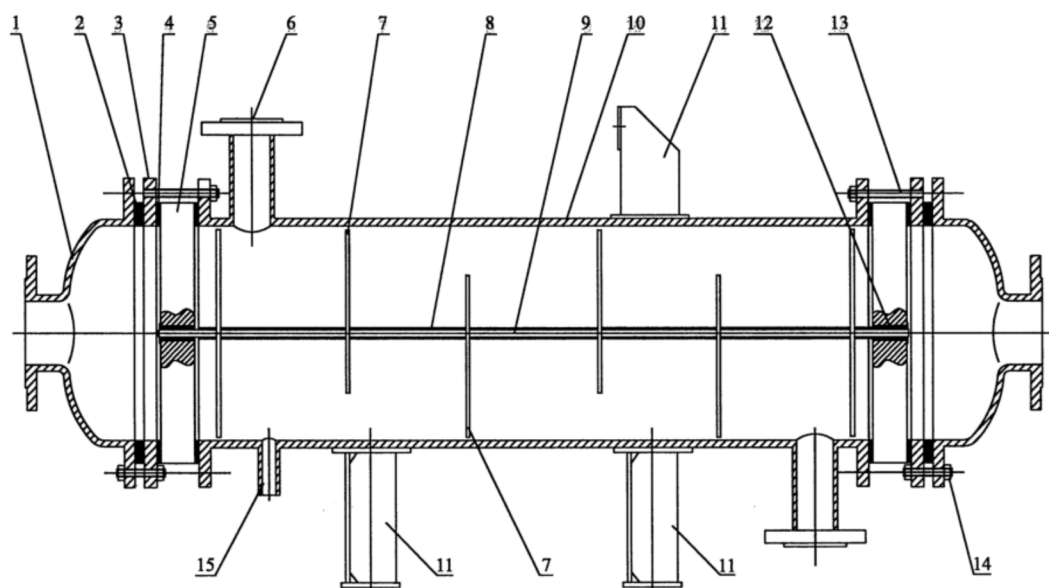


图 1 列管式碳化硅换热器结构型式

表 1 零部件明细表

| 序号 | 名 称 | 标准编号 | 数 量 | 材 料 | 备 注 |
|-----------------------|------------------|-------------|-------|--|-------------------------|
| 1 | 管箱/封头 | — | 2 | 碳钢、不锈钢、搪玻璃件、 聚四氟乙烯衬里件等 | — |
| 2 | 垫片 | — | 2 | 聚四氟乙烯、聚四氟乙烯 包覆件、氟橡胶等 | — |
| 3 | 法兰 | HG/T 20592 | 2 | 碳钢、不锈钢、搪玻璃件、 钢衬四氟件等 | — |
| 4 | 垫片 | — | 4 | 聚四氟乙烯、聚四氟乙烯 包覆件、氟橡胶等 | — |
| 5 | 管板 | — | 2/4 | 改性聚四氟乙烯、聚四氟 乙烯衬里件、聚四氟乙烯和 金属组合件、搪玻璃件等 | — |
| 6 | 管口 | — | 2 | 碳钢、不锈钢、搪玻璃件、 聚四氟乙烯衬里件等 | — |
| 7 | 折流板 | — | 按图纸要求 | 改性聚四氟乙烯、碳钢或 其他有机硬质材料 | — |
| 8 | 定距件 | — | 按图纸要求 | 改性聚四氟乙烯、碳钢或 其他有机硬质材料 | — |
| 9 | 换热管 | JC/T 2212 | 按图纸要求 | 碳化硅 | — |
| 10 | 壳体 | — | 1 | 碳钢、不锈钢、搪玻璃或 聚四氟乙烯衬里件等 | — |
| 11 | 耳式支座 | JB/T 4712.3 | 2/4 | 碳钢 | 用于立式安装 |
| | 鞍式支座 | JB/T 4712.1 | 2 | 碳钢 | 用于卧式安装 |
| 12 | 换热管与管板填料密 封组件 | — | 按图纸要求 | 聚四氟乙烯、氟橡胶等 | — |
| 13 | 螺栓等紧固件 | — | 按图纸要求 | — | — |
| 14 | 螺栓、卡子等紧固件 | — | 按图纸要求 | — | 封头为搪玻璃件时， 应为搪玻璃设备用卡子 |
| 15 | 排液口 | — | 按图纸要求 | 碳钢、不锈钢、搪玻璃或 聚四氟乙烯衬里件等 | — |
| 注：表中的序号与图 1 中的序号一一对应。 | | | | | |

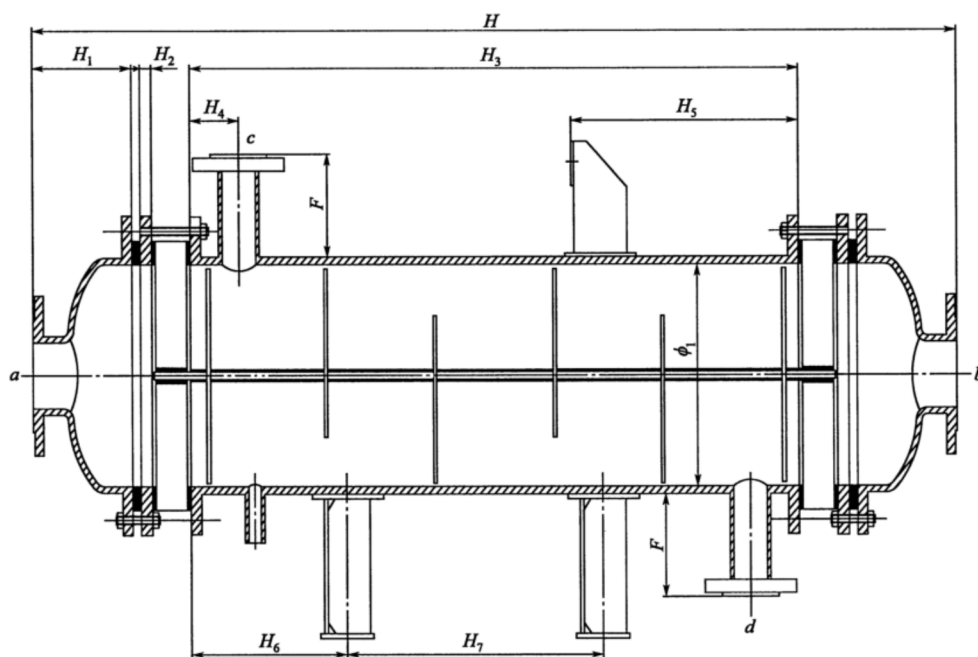


图 2 列管式碳化硅换热器主要尺寸标注图

表 2 主要尺寸表

单位为毫米

| 公称 直径 ϕ_1 DN | H | | | | H_1 | H_2 | H_3 | | | | H_4 | H_5 | | | | | | H_6 | | | | | | H_7 | | | | | | F | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| | 换热管 | | 换热管 | | | | 换热管 长度 | 换热管 长度 | 换热管 长度 | 换热管 长度 | | 换热管 长度 | 换热管 长度 | 换热管 长度 | 换热管 长度 | 换热管 长度 | 换热管 长度 | 换热管 长度 | 换热管 长度 | 换热管 长度 | 换热管 长度 | 换热管 长度 | 换热管 长度 | 换热管 长度 | 换热管 长度 | 换热管 长度 | 换热管 长度 | 换热管 长度 | 换热管 长度 | | 换热管 长度 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 长度 | 管长 | 长度 | 管长 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 100 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 886 | 1 386 | 1 886 | 2 386 | 2 886 | 100 | 346 | 493 | 743 | 993 | 1 243 | 200 | 293 | 393 | 393 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000</ |

注：表中 H 值为近似值。管板、垫片厚度不同， H 值不同。

表 3 管口尺寸表

| 公称直径 DN mm | 压力等级 MPa | a mm | b mm | c mm | d mm |
|-----------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 100 | 10 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| 150 | | 50 | 50 | 50 | 50 |
| 200 | | 50 | 50 | 50 | 50 |
| 250 | | 80 | 80 | 80 | 80 |
| 300 | | 80 | 80 | 80 | 80 |
| 350 | | 80 | 80 | 80 | 80 |
| 400 | | 80 | 80 | 80 | 80 |
| 450 | | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 500 | | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 600 | | 125 | 125 | 125 | 125 |
| 700 | | 150 | 150 | 150 | 150 |
| 800 | | 150 | 150 | 150 | 150 |
| 900 | | 200 | 200 | 200 | 200 |

表 4 列管式碳化硅换热器（换热管外径为 $\phi 14\text{ mm}$ ）的布管数及换热面积表

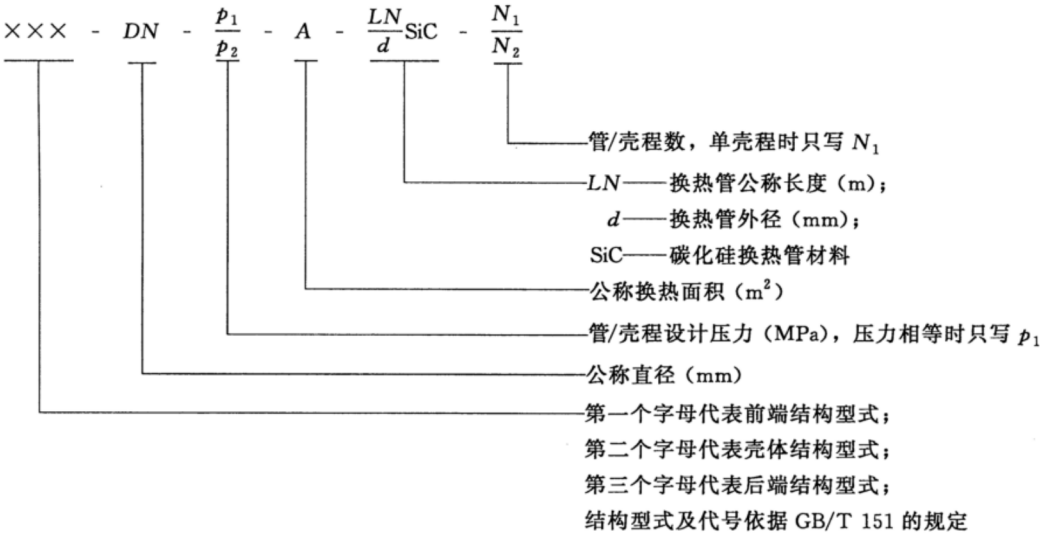
| 公称直径 DN mm | 布管数 | 换热面积/ m^2 | | | | |
|-----------------|-------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | | 换热管 公称长度 1 000 mm | 换热管 公称长度 1 500 mm | 换热管 公称长度 2 000 mm | 换热管 公称长度 2 500 mm | 换热管 公称长度 3 000 mm |
| 100 | 8 | 0.35 | 0.53 | 0.70 | 0.88 | 1.06 |
| 150 | 22 | 0.97 | 1.45 | 1.93 | 2.42 | 2.90 |
| 200 | 42 | 1.85 | 2.77 | 3.69 | 4.62 | 5.54 |
| 250 | 64 | 2.81 | 4.22 | 5.63 | 7.03 | 8.44 |
| 300 | 96 | 4.22 | 6.33 | 8.44 | 10.55 | 12.66 |
| 350 | 140 | 6.15 | 9.23 | 12.31 | 15.39 | 18.46 |
| 400 | 187 | 8.22 | 12.33 | 16.44 | 20.55 | 24.66 |
| 450 | 241 | 10.59 | 15.89 | 21.19 | 26.49 | 31.78 |
| 500 | 301 | 13.23 | 19.85 | 26.46 | 33.08 | 39.70 |
| 600 | 434 | 19.08 | 28.62 | 38.16 | 47.70 | 57.24 |
| 700 | 595 | 26.16 | 39.23 | 52.31 | 65.39 | 78.47 |
| 800 | 793 | 34.86 | 52.29 | 69.72 | 87.15 | 104.58 |
| 900 | 1 015 | 44.62 | 66.93 | 89.24 | 111.55 | 133.85 |

表 5 列管式碳化硅换热器（换热管外径为 $\phi 19\text{ mm}$ ）的布管数及换热面积表

| 公称直径 DN mm | 布管数 | 换热面积/ m^2 | | | | |
|-----------------|-----|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | | 换热管 公称长度 1 000 mm | 换热管 公称长度 1 500 mm | 换热管 公称长度 2 000 mm | 换热管 公称长度 2 500 mm | 换热管 公称长度 3 000 mm |
| 100 | 7 | 0.42 | 0.63 | 0.84 | 1.04 | 1.25 |
| 150 | 14 | 0.84 | 1.25 | 1.67 | 2.09 | 2.51 |
| 200 | 24 | 1.43 | 2.15 | 2.86 | 3.58 | 4.30 |
| 250 | 42 | 2.51 | 3.76 | 5.01 | 6.26 | 7.52 |
| 300 | 64 | 3.82 | 5.73 | 7.64 | 9.55 | 11.45 |
| 350 | 88 | 5.25 | 7.88 | 10.50 | 13.13 | 15.75 |
| 400 | 121 | 7.22 | 10.83 | 14.44 | 18.05 | 21.66 |
| 450 | 151 | 9.01 | 13.51 | 18.02 | 22.52 | 27.03 |
| 500 | 199 | 11.87 | 17.81 | 23.74 | 29.68 | 35.62 |
| 600 | 284 | 16.94 | 25.42 | 33.89 | 42.36 | 50.83 |
| 700 | 379 | 22.61 | 33.92 | 45.22 | 56.53 | 67.83 |
| 800 | 511 | 30.49 | 45.73 | 60.97 | 76.22 | 91.46 |
| 900 | 649 | 38.72 | 58.08 | 77.43 | 96.80 | 116.16 |

4.2 标记

设备型号由结构型式、公称直径、设计压力、公称换热面积、公称长度、换热管外径、管/壳程数、管束等级等字母代号组合表示：



示例：
以固定管板式、可拆封头管箱、公称直径 600 mm、管程设计压力 1.6 MPa、壳程设计压力 0.6 MPa、公称换热面积 200 m^2 、公称长度 3 m、换热管外径 14 mm、4 管程、单壳程的列管式碳化硅换热器为例，其标记为：

$$\text{BEM-600} \frac{1.6}{0.6} \text{-} 200 \frac{3}{14} \text{SiC-4}$$

(32)

5 原材料

5.1 碳化硅换热管

5.1.1 碳化硅换热管的外表面应光滑、致密，没有残缺、明显变形、划伤、起皮等缺陷。

5.1.2 碳化硅换热管密封段的圆度应符合 JC/T 2212 的规定。

5.1.3 选择外径为 14 mm、19 mm 两种规格碳化硅管为换热管，换热管密封段外径尺寸偏差应为 ± 0.3 mm。采用准确度为 0.02 mm 的游标卡尺进行测量，在换热管密封段同一截面对称测量换热管外径尺寸 4 次，4 次测量值与换热管外径的最大差值为该截面外径的尺寸偏差，在密封段用同样的方法测量 3 次，最大值为最终检测结果。

5.1.4 碳化硅换热管的直线度公差以及检测方法应符合 JC/T 2212 的要求。

5.1.5 碳化硅换热管的长度选择 1 000 mm、1 500 mm、2 000 mm、2 500 mm、3 000 mm 5 种规格，换热管的长度偏差应不大于 ± 2 mm。

5.1.6 碳化硅换热管表面粗糙度 $Ra \leq 0.8 \mu\text{m}$ ，应按 GB/T 10610 的规定进行检测。

5.1.7 碳化硅换热管中游离硅的含量应不大于 0.1%，应按 GB/T 3045 规定的方法进行检测。

5.1.8 除以上要求外，碳化硅换热管的质量还应满足 JC/T 2212 的要求。

5.2 钢制部件材料

选用应符合 GB/T 150.2 和 NB/T 47003.1 的要求。

5.3 搪玻璃件材料

应满足 GB 25025 的要求。

5.4 聚四氟乙烯衬里材料

应符合 GB/T 26501 的要求。

6 设计

6.1 一般规定

6.1.1 换热器管板的形状、管孔的分布形式、折流板的形状和分布、换热管的分布应依据 GB/T 151 的规定进行设计。

6.1.2 换热器的设计或制造单位应当有可靠的方法确定选用的原材料（除碳化硅材料外）在腐蚀性工况下使用的可靠性，必要时应进行试验验证。

6.1.3 换热器设计图纸中应规定衬里材料、密封材料的使用年限，必要时应提出更换要求。

6.1.4 设计图纸中应注明本台换热器适用的腐蚀性介质的种类及其浓度范围、适用温度范围和最高使用压力等。

6.1.5 设计温度应低于材料的最高允许使用温度。

6.1.6 计算换热器面积时,以换热管外径为基准。

6.2 换热器部件设计

6.2.1 钢制部件的设计应符合 GB/T 151、GB/T 150.3 的要求。真空、常压换热器还应符合 NB/T 47003.1 的规定。

6.2.2 搪玻璃件的设计应符合 GB 25025 的要求。

6.2.3 钢衬聚四氟乙烯部件的设计应符合 GB/T 26501 的要求。

6.2.4 钢衬橡胶件的设计应符合 HG/T 20677 的要求。

6.2.5 应按 JB/T 4732 计算管板金属部件的厚度。管板采用金属外包覆聚四氟乙烯或外衬聚四氟乙烯层时,聚四氟乙烯层的厚度应符合 GB/T 26501 的要求。

6.2.6 换热管与管板间采用可靠的、经过验证的、确保在使用过程中不发生泄漏的密封连接。当介质为硫酸或高度危害介质时,应选择整体式双管板或连接式双管板结构,两管板之间的隔离腔应设置密封泄漏检测孔,以保证密封安全。

6.2.7 设计时,换热器管程宜设计为强腐蚀性介质流通侧。

6.2.8 垫片材料或垫片外包覆材料的选择应保证在设计温度的耐腐蚀可靠性。

6.3 耐压试验

6.3.1 耐压试验的压力、方法应符合下列要求:

- a) 对于换热器的壳体为钢制容器,应符合 GB/T 151 的要求;
- b) 对于换热器的壳体为搪玻璃容器,应符合 GB 25025 的要求;
- c) 对于换热器的壳体为氟塑料衬里容器,应符合 GB/T 35974.5 的要求;
- d) 对于换热器的壳体为钢衬橡胶衬里设备,应符合 HG/T 20677 的要求。

6.3.2 耐压试验的顺序:换热管组装结束后,先进行壳程的耐压试验,壳程的耐压试验合格后组装封头,再进行管程的耐压试验。壳程的耐压试验结束后,应检查管板有无变形、衬里层脱落、鼓包等现象,如有应更换管板,如没有可继续组装。

6.4 泄漏试验

盛装硫酸和毒性危害程度为高度危害介质的换热器应进行泄漏试验;泄漏试验应在耐压试验合格后进行。

泄漏试验的压力、方法应符合下列要求:

- a) 对于换热器的壳体为钢制容器,应符合 GB/T 151 的要求;
- b) 对于换热器的壳体为搪玻璃容器,应符合 GB 25025 的要求;
- c) 对于换热器的壳体为氟塑料衬里容器,应符合 GB/T 35974.5 的要求;
- d) 对于换热器的壳体为钢衬橡胶衬里设备,应符合 HG/T 20677 的要求。

7 制造、检验和验收

7.1 换热器部件制造、检验和验收

7.1.1 换热器钢制承压部件或衬里设备的金属部件应依据 GB/T 150.4、GB/T 151 和设计图纸进行

制造、检验和验收。

7.1.2 搪玻璃承压部件的制造、检验和验收应符合 GB 25025 的规定。

7.1.3 聚四氟乙烯衬里部件的制造、检验和验收应符合 GB/T 26501、GB/T 35974.5 的规定。

7.1.4 橡胶衬里部件的制造、检验和验收应符合 HG/T 20677 的规定。

7.1.5 管板、折流板、定距件、密封垫、密封圈的制造、检验和验收应符合 GB/T 151 和设计图纸的规定。

7.1.6 钢制、搪玻璃、非金属衬里部件制造企业应提供产品质量证明文件。压力容器部件质量证明文件应符合 GB/T 150.4 的要求；常压、真空容器部件质量证明文件应符合 NB/T 47003.1 的要求。对于搪玻璃部件，还应包括搪玻璃釉的质量证明文件；对于衬里部件，还应包括衬里层原材料和衬里层的质量证明文件。以质量证明文件作为验收的依据。

7.1.7 真空或常压容器部件的制造、检验和验收应符合 GB/T 151、NB/T 47003.1 的规定。

7.2 组装

7.2.1 换热器组装前应进行下列检验或确认：

- a) 换热管的表面质量、密封段的圆度和外径偏差、直线度、长度尺寸偏差、表面粗糙度应符合 5.1.1~5.1.6 和 JC/T 2212 的规定。
- b) 碳化硅换热管在组装前应逐根进行水压试验或者气压试验，试验压力应不低于设计压力的 2.0 倍；对于常压和真空容器，试验压力应不低于 0.25 MPa。
- c) 检查确认部件、配件的尺寸及尺寸偏差是否符合图纸要求。
- d) 对于搪玻璃件，应目测观察搪玻璃件搪玻璃层的表面质量符合 GB 25025 的要求；对于衬里部件，应目测观察衬里是否有开裂、脱落、划伤、起泡、凹凸不平、表面缺陷。
- e) 部件密封部位应规整、光滑、平整、干净，不应有起泡、凹凸、毛刺等影响密封可靠性的缺陷。
- f) 密封垫（或圈）应规整、平整，不应有薄厚不均、凹凸不平、毛边、表面黏附杂质等影响密封可靠性的缺陷。经检验合格的密封垫（或圈）应放置在干净的密闭容器中，防止灰尘。密封垫（或圈）质量应符合相应标准要求。

7.2.2 组装前，各部件表面应清理干净，金属件边缘不应有毛刺、尖角。

7.2.3 经检验合格的碳化硅换热管，用软质材料擦拭干净表面后，放置在组装架上，不应落地。

7.2.4 组装时，不应碰撞和冲击换热管、搪玻璃层、衬里层。

7.2.5 换热管组装时，不应强行组装，不应存在组装应力。

7.2.6 换热管组装遵守从里到外的组装原则，确定每根换热管安装合格后，再进行下一根换热管的安装。

7.2.7 在组装时，局部紧固件一次紧固力不应过大而造成衬里层破损，应按对称顺序依次逐渐拧紧。

8 出厂检验

8.1 耐压试验

耐压试验应按 6.3 和图纸的要求进行。

8.2 泄漏试验

泄漏试验应按 6.4 和图纸的要求进行。

9 包装、运输和贮存

9.1 换热器组装完毕后，应进行外观检查，检查合格后喷涂防护漆，安装铭牌，管口用盲板封口，管口有衬里层时封堵材料应用软质材料。铭牌的安装位置和内容应符合 GB/T 151 的要求。

9.2 出厂时，换热器应安放在托架上，托架与换热器之间应有足够的接触面，换热器应固定在托架上。

9.3 严禁用管口作为吊环吊装、移动换热器。

9.4 换热器的涂覆与包装运输应符合 JB/T 4711 和设计图纸的要求。

10 出厂文件

换热器为压力容器时，出厂文件应符合 GB/T 150.1 的规定。换热器为常压、真空容器时，出厂文件应符合 NB/T 47003.1 的规定。
