

# 钢-水重力热管换热器安全运行技术要求

2021 - 03 - 11 发布

2021 - 04 - 11 实施

---

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 安全性能核查 ..... 2

5 检验与试验 ..... 4

6 使用管理 ..... 5

附录 A（资料性） 定期检查表..... 8

## 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。

本文件由山东省市场监督管理局提出并组织实施。

本文件由山东省特种设备标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：山东省特种设备检验研究院有限公司、山东建筑大学、山东省特种设备检验研究院济宁分院、济宁华德环保能源科技有限责任公司、山东诚达热能科技有限公司、天津华能能源设备有限公司、山东省调水工程运行维护中心、山东省特种设备检验研究院聊城分院。

本文件主要起草人：杨群峰、曹颖、赵强、王亢亢、孔妍、韩伟、庞玉增、魏华、张烨、霍玉双、张璐、芮圆圆、秦延山、陈瑞广、王云鹏、高晓哲、张宏敏、张永锋、高伟祥、顾超、张建华、唐炳印、李以善。

# 钢-水重力热管换热器安全运行技术要求

## 1 范围

本文件规定了钢-水重力热管换热器（以下简称“热管换热器”）的术语和定义、安全性能核查、检验与试验和使用管理方面的安全技术要求。

本文件适用于气-液换热的固定式钢-水重力热管换热器，气-气和液-液换热的固定式钢-水重力热管换热器参照执行。

## 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 1576 工业锅炉水质  
GB/T 2900.48 电工名词术语 锅炉  
GB/T 9082.1 无管芯热管  
GB/T 14811 热管术语  
NB/T 47013.2~47013.5 承压设备无损检测  
TSG 08—2017 特种设备使用管理规则  
TSG 21—2016 固定式压力容器安全技术监察规程  
TSG G0001—2012 锅炉安全技术监察规程  
TSG ZF001 安全阀安全技术监察规程

## 3 术语和定义

GB/T 2900.48和GB/T 14811界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**额定工作压力** rated operating pressure

在正常工况下，换热器输出热能的工质允许达到的最高压力。

### 3.2

**额定工作温度** rated operating temperature

在正常工况下，换热器输出热能的工质允许达到的最高温度。

### 3.3

**重力热管** gravity heat pipe

依靠重力完成液态工质（热管内工质）回流的热管。

### 3.4

**钢-水重力热管** steel to water gravity heat pipe

以碳钢或者合金钢作为管壳，以水作为管内工质的重力式热管。

### 3.5

#### 热管失效 failure

热管运行后传热能力或等温性能不能满足规定要求。

## 4 安全性能核查

热管换热器，应根据设计、使用条件，装设安全阀、压力测量装置、水位测量装置、温度测量装置等安全附件及相应的保护装置。

### 4.1 安全附件核查

#### 4.1.1 安全阀

安全阀的装设应满足以下要求：

- a) 安全阀的设置应符合热管换热器设计文件的要求，选用的安全阀应符合 TSG ZF001 的规定；
- b) 热管换热器作为蒸发器或蒸汽锅炉时，安全阀应采用全启式弹簧安全阀、杠杆式安全阀或者控制式安全阀（脉冲式、气动式、液动式和电磁式等）；
- c) 热管换热器作为蒸发器或蒸汽锅炉时，其设置的安全阀的总排放量应大于设备最大蒸发量；
- d) 热管换热器作为输出热水时，其安全阀的泄放能力应满足所有安全阀开启后锅炉内的压力不超过设计压力 1.1 倍；
- e) 安全阀的排汽（水）管应直通安全地点，并且有足够的排放流通面积，保证排放畅通。在排水管上不应装设阀门，并且应有防冻措施。

#### 4.1.2 压力测量装置

压力测量装置的装设应满足以下要求：

- a) 压力表的设置应符合热管换热器设计文件的要求，选用的压力表精确度应不低于 2.5 级；
- b) 压力表的量程应根据工作压力选用，一般为工作压力的 1.5~3.0 倍，最好选用 2 倍；
- c) 压力表表盘大小应保证作业人员能够清楚地看到压力指示值，表盘直径应不小于 100 mm；
- d) 压力表有下列情况之一时，应停止使用，并立即更换符合要求的压力表：
  - 1) 有限止钉的压力表在无压力时，指针转动后不能回到限止钉处；没有限止钉的压力表在无压力时，指针离零位的数值超过压力表规定的允许误差；
  - 2) 表面玻璃破碎或者表盘刻度模糊不清；
  - 3) 封印损坏或者超过校验期；
  - 4) 表内泄漏或者指针跳动；
  - 5) 其他影响压力表准确指示的缺陷。

#### 4.1.3 水位测量装置

热管换热器作为蒸发器或蒸汽锅炉时，应设置水位测量装置，并满足以下要求：

- a) 至少应安装一个直读式水位表；
- b) 水位表应有指示最高、最低安全水位和正常水位的明显标志；
- c) 玻璃管式水位表应有防护装置，并且不应妨碍观察真实水位，玻璃管的内径应不小于 8 mm；
- d) 热管换热器运行中能够吹洗和更换玻璃板（管）、云母片；
- e) 水位表应有放水阀门和接到安全地点的放水管；
- f) 用单个或者多个远程水位测量装置监视换热器水位时，其信号应各自独立取出；在控制室内应至少有一个可靠的远程水位测量装置，同时运行中应保证有一个直读式水位表正常工作。

#### 4.1.4 温度测量装置

温度测量装置的装设应满足以下要求：

- a) 表盘式温度测量仪表的温度测量量程应根据工作温度选用，一般为工作温度的 1.5 倍～2 倍；
- b) 在换热器相应部位应装设温度测点，测量以下温度：
  - 1) 给水（回水）温度（常温给水除外）；
  - 2) 热管换热器出口蒸汽（热水）温；
  - 3) 换热器进口烟气温度；
  - 4) 换热器出口烟气温度。

#### 4.2 安全保护装置

安全保护装置的装设应满足以下要求：

- a) 热管换热器作为蒸发器或蒸汽锅炉时，应设置高、低水位报警装置（高、低水位报警信号应能够区分），宜设置低水位联锁保护装置，保护装置最迟应在最低安全水位时动作；
- b) 热管换热器作为水加热器或热水锅炉时，应装设超温报警装置，宜设置联锁保护装置；
- c) 当热管换热器作为生产工艺的一部分时，根据设计和使用条件，宜在壁温最高、壁温最低的热管上安装温度测点，并设置温度报警装置（当壁温过高或过低时报警信号应能够区分）。宜设置壁温记录仪表，通过监控温度变化，及时了解设备运行状况，保证设备安全可靠的工作。

#### 4.3 辅助系统

辅助系统的装设应满足以下要求：

- a) 给水系统应保证可靠供水，给水系统的布置、给水设备的容量和台数能满足换热器设备最大负荷时的需求；
- b) 热管换热器作为蒸发器或蒸汽锅炉时，给水系统宜装设自动给水调节装置，并且在作业人员便于操作的地点装设手动控制给水的装置；
- c) 给水泵出口应设置止回阀和切断阀，给水止回阀应装设在给水泵和给水切断阀之间，并与给水切断阀紧接相连；
- d) 水处理设备制造质量应符合国家和行业标准中的相关规定，水处理设备应按照有关技术要求进行调试，出水质量及设备出力应符合设计要求；
- e) 管道阀门和烟风挡板设置要求如下：
  - 1) 几台换热器共用一个进口或出口总烟道时，在每台换热器的支烟道内应装设有可靠限位装置的烟道挡板；
  - 2) 管道上的阀门和烟风系统挡板均应有明显标志，标明阀门和挡板的名称、编号、开关方向和介质流动方向，主要调节阀门还应有开度指示；
  - 3) 阀门、挡板的操作机构均应装设在便于操作的地点。

#### 4.4 热水系统的安全要求

热管换热器作为水加热器或热水锅炉时，应满足以下要求：

- a) 在热水系统的最高处以及容易集气的位置应装设集气装置，并且有可靠的定压措施和循环水的膨胀装置；
- b) 热水系统应装设自动补给水装置，并且在操作人员便于操作的地点装设手动控制补给水装置；
- c) 强制循环热水系统至少有 2 台循环水泵，在其中一台停止运行时，其余水泵总流量应满足最大循环水量的需要；

- d) 在循环水泵前后管路之间应装设带有止回阀的旁通管，或者采取其他防止突然停泵发生水击的措施；
- e) 热水系统的回水干管上应装设除污器，除污器应安装在便于操作的位置，并且应定期清理。

## 5 检验与试验

### 5.1 材料验收

制造热管换热器的受压元件、承载构件等主要零部件的材料和焊条、焊丝等焊接材料，应符合设计图样和技术文件的要求，并有质量证明书。

制造热管换热器的热管应按GB/T 9082.1要求进行验收。

### 5.2 宏观检验

热管换热器外观、尺寸应满足以下要求：

- a) 热管换热器热管的热端长度、间距、换热器管排间距、受压元件与承重框架的连接结构等应符合设计图样的要求；部件应无碰伤、变形；翅片应无脱落、损坏；
- b) 热管换热器部件装配前应符合各自图样的结构、尺寸要求，元件长度、开孔直径、间距等应在允许的偏差范围内，装配后的结构、尺寸及装配偏差，应符合图样的要求。

### 5.3 焊缝的质量检验

#### 5.3.1 外观检验

焊缝外观质量应满足以下要求：

- a) 焊缝外形尺寸应符合设计图样和工艺文件的规定；
- b) 对接焊缝高度应不低于母材表面，焊缝与母材平滑过渡，焊缝和热影响区表面无裂纹、夹渣、弧坑和气孔；
- c) 筒体、封头、集箱的拼接焊缝无咬边，其余焊缝咬边深度不超过 0.5 mm，管子焊缝两侧咬边总长度不超过管子周长的 20%，且不超过 40 mm。

#### 5.3.2 无损检测

焊缝无损检测人员、方法、技术要求如下：

- a) 无损检测人员应按照有关安全技术规范进行考核，取得资格证书后，方可从事相应方法和技术等级的无损检测工作；
- b) 制造单位应根据设计、工艺及其相关技术条件选择检测方法并且制定相应的检测工艺；
- c) 受压元件无损检测应符合 NB/T 47013.2~47013.5 的要求。管子对接接头 X 射线实时成像，应符合相应技术规定；
- d) 受压元件焊接接头的射线检测技术等级按照 NB/T 47013.2 执行，不低于 AB 级，焊接接头质量等级不低于 II 级；
- e) 受压元件焊接接头的超声检测技术等级按照 NB/T 47013.3 执行，不低于 B 级，焊接接头质量等级不低于 I 级；
- f) 表面检测的焊接接头质量等级按照 NB/T 47013.4 和 NB/T 47013.5 执行，不低于 I 级；
- g) 无损检测的比例，按锅炉部件设计时，应符合 TSG G0001—2012 的规定；按压力容器设计时，应符合 TSG 21—2016 的规定。

### 5.4 水压试验

#### 5.4.1 基本要求

热管换热器制造完成后，应逐台进行水压试验，基本要求如下：

- a) 受压元件应在无损检测和热处理后进行水压试验；
- b) 水压试验场地应有可靠的安全防护设施；
- c) 水压试验应在环境温度高于或者等于 5℃ 时进行，低于 5℃ 时应有防冻措施；
- d) 水压试验所用的水应是洁净水，水温应保持高于周围露点的温度以防表面结露，但也不宜温度过高以防止引起汽化和过大的温差应力；
- e) 合金钢受压元件的水压试验水温应高于所用钢种的脆性转变温度；
- f) 奥氏体受压元件水压试验时，应控制水中的氯离子含量不超过 25 mg/L，如不能满足要求时，水压试验后应立即将水渍去除干净。

#### 5.4.2 试验压力及时间

水压试验的压力及时间要求如下：

- a) 集箱、套管、热管等组合（焊）成的热管换热器受压部件保压时间至少为 5 min，试验压力为其额定工作压力的 1.5 倍；
- b) 热管换热器以部件型式出厂的筒体（锅筒或压力容器）保压时间至少为 20 min，试验压力为其额定工作压力的 1.25 倍；
- c) 热管换热器整体水压试验保压时间至少为 20 min，试验压力为其额定工作压力的 1.25 倍。

#### 5.4.3 水压试验过程控制

进行水压试验时，水压应缓慢地升降。当水压上升到工作压力时，应暂停升压，检查有无漏水或者异常现象，然后再升压到试验压力，达到保压时间后，降到工作压力进行检查。检查期间压力应保持不变。

#### 5.4.4 水压试验合格要求

水压试验合格，应符合以下要求：

- a) 在受压元件金属壁和焊缝上没有水珠和水雾；
- b) 水压试验后，没有发现明显残余变形。

#### 5.5 运输、贮存安全

5.5.1 换热器在进行运输时，为防止窜动现象产生，应采取必要的固定措施。

5.5.2 换热器贮存在室内时，不得与有毒有害及腐蚀性气体混同一库。

5.5.3 换热器置于室外时，要有防潮、防雨、防晒、防冻等措施。无论在室内室外，当环境温度低于 0℃ 时，换热器管内不得留有易冻介质（如水等），并应采取保温、加热等防冻措施，避免热管换热器温度低于 0℃，以防冻裂管子。

### 6 使用管理

#### 6.1 属于《特种设备目录》的热管换热器

使用单位应按照规定在设备投入使用前或者投入使用30日内，向所在地负责特种设备使用登记的部门申请办理《特种设备使用登记证》。按锅炉制造的热管换热器，使用管理按TSG G0001—2012第8章的规定执行；按压力容器制造的热管换热器，使用管理按TSG 21—2016第7章的规定执行。



使用单位应按照TSG 08—2017的要求配备相应的安全管理人员和作业人员，履行其管理义务。  
当输出热能的工质为水时，水质应符合设计要求或GB/T 1576的要求。

## 6.2 不属于《特种设备目录》的热管换热器

使用单位负责其使用的安全管理，并且做好以下工作：

- a) 建立设备安全管理档案和的安全管理制度；
- b) 建立设备操作规程，规程中应包括运行中重点检查的项目和部位，运行中可能出现的异常现象和防止措施，以及紧急情况下的处置和报告程序；
- c) 建立水质管理制度，明确水质定时检测的项目和合格标准；
- d) 进行日常维护保养、并且对设备本体及其安全附件、装卸附件、安全保护装置、测量调控装置、附属仪器仪表进行经常性维护保养。对发现的异常情况及时处理并且记录，保证在用设备始终处于正常使用状态；
- e) 定期自行检查并且记录存档，发现异常情况时，应及时处理，并分析原因，消除事故隐患。

## 6.3 安全附件与保护装置

在用热管换热器，安全附件与保护装置的使用要求如下：

- a) 热管换热器相关控制及联锁保护程序在运行时不得解列；
- b) 换热器的安全附件和仪表，如安全阀、压力表、温度计、热工仪表等，应按规定进行检定、校准。对远传控制仪表，应定期与同位置的一次仪表进行校对，确保远传仪表的准确性。

## 6.4 热水系统的使用要求

作为水加热器或热水锅炉使用的热管换热器，热水系统使用要求如下：

- a) 换热器投入运行时，应先开动循环泵，待供热系统循环水循环正常后，才能开启闸板，增大进烟量。停用时不应立即停泵，待换热器出口水温降到 50℃ 以下时，才能停泵。如果发生汽化需要重新启动时，启动前应先放汽补水，然后再启动循环水泵；
- b) 使用单位应制定突然停电时防止换热器内热水汽化的保护措施；
- c) 换热器排污的时间间隔及排污量应根据运行情况及水质化验报告确定。排污时应监视换热器压力以防止产生汽化。

## 6.5 特殊余热介质

使用腐蚀性和易积灰余热介质的热管换热器，使用要求如下：

- a) 当余热介质为腐蚀性介质时，应定期检查换热器在有腐蚀性介质侧的保温和密封材料是否完好，是否有脱落和漏烟现象；
- b) 当余热介质为容易产生积灰的介质时，应定期检查换热器是否有严重的积灰和磨损现象，排烟温度是否有明显的升高现象。

## 6.6 定期检查的要求

热管换热器使用单位应对换热器进行定期检查，定期检查与应由本单位有经验的人员进行。定期检查中发现问题，应做好记录，并及时予以处理。

定期检查项目、要求、方法可参照附录A进行。

## 6.7 异常情况处理

设备发生下列异常情况之一的，操作人员应立即采取应急专项措施，并且按照规定的程序，及时向本单位有关部门和人员报告：

- a) 工作压力、工作温度超过规定值，采取措施仍不能得到有效控制的；
- b) 受压元件发生裂缝、异常变形、泄漏等危及安全的；
- c) 安全附件失灵、损坏等不能起到安全保护作用的；
- d) 发生火灾等直接威胁到换热器安全运行的；
- e) 液位异常，采取措施仍不能得到有效控制的；
- f) 换热器与管道发生严重振动，危及安全运行的；
- g) 给水泵失效或者给水系统故障，不能向换热器给水时；
- h) 换热器出口排烟温度异常上升，危及安全运行的；
- i) 换热器作为生产工艺的一部分，热管失效较多，效率严重下降，影响生产时；
- j) 其他影响安全运行的异常情况。

## 附录 A

(资料性)

## 定期检查表

表A.1 定期检查表

| 部位        | 检验项目                 | 检查要求                                                                            | 检查方法     |
|-----------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 安置环境和承重装置 | 通道                   | 是否畅通                                                                            | 外检       |
|           | 照明设施                 | 是否完好, 是否满足操作要求                                                                  | 外检       |
|           | 防火、防雷、防风、防雨、防冻、防腐等设施 | 是否齐全、完好                                                                         | 外检       |
|           | 承重结构                 | 是否有裂纹、变形、腐蚀、过热等问题                                                               | 内检<br>外检 |
|           | 支吊架                  | 是否有失载、过载现象, 吊架螺帽有无松动。                                                           | 内检<br>外检 |
| 换热器本体和管道  | 受压部件可见部位             | 从窥视孔、门孔等部位检查受压部件可见部位, 是否有明显变形、结焦、泄漏                                             | 外检       |
|           | 耐火砌筑、烟道              | 从窥视孔、门孔等部位进行检查, 内部是否破损、脱落; 外部是否漏烟、变形; 膨胀节是否明显变形、开裂、卡死。各门孔是否完好                   | 外检       |
|           | 除灰设备                 | 是否运转正常, 有无卡塞现象                                                                  | 外检       |
|           | 管接头、法兰、各种孔圈等可见部位     | 检查管接头可见部位、法兰、人孔、头孔、手孔、清洗孔、检查孔、观察孔、水汽取样孔周围, 是否明显腐蚀、渗漏                            | 内检<br>外检 |
|           | 管道与阀门                | 是否泄漏, 阀门参数是否匹配, 管道阀门标志是否符合要求, 阀门开关方向标志是否符合介质流向要求, 重要阀门有无开度指示和限位装置; 保温材料是否完好、无脱落 | 外检       |
|           | 热管失效情况               | 进入内部, 检查热管损坏情况, 运行时查看运行参数是否明显偏离, 排烟温度是否明显升高                                     | 内检<br>外检 |
|           | 受压元件内部               | 结垢、腐蚀情况                                                                         | 内检       |
|           | 受压元件外部               | 积灰、腐蚀、保温、密封情况                                                                   | 内检<br>外检 |
| 安全附件及保护装置 | 安全阀                  | 是否在校验有效期内。如允许, 可以手动排放试验, 验证安全阀密封性以及阀芯是否锈死                                       | 外检       |
|           | 压力测量装置               | 是否在校验或校准有效期内, 是否运行正常、指示正确, 同一系统内相同位置的各压力表示值, 是否在允许误差范围内                         | 外检       |
|           | 温度测量装置               | 是否在校验或校准有效期内, 是否运行正常、指示正确                                                       | 外检       |
|           | 水位测量与示控装置            | 水位显示是否清晰、正常, 远程监控水位图像是否清晰, 阀门是否能正常冲洗, 是否有泄漏现象                                   | 外检       |
|           | 高、低水位报警装置, 低水位联锁保护装置 | 是否符合设计、安装的要求, 是否正常                                                              | 外检       |

表 A.1 定期检查表（续）

| 部位 | 检验项目    | 检查要求                                | 检查方法 |
|----|---------|-------------------------------------|------|
|    | 辅助设备    | 抽查风机、泵等辅助设备，是否运转正常                  | 外检   |
|    | 排污和放水装置 | 检查排污阀与排污管，是否有异常振动或者渗漏               | 外检   |
|    | 水质检验    | 汽水化验记录和化验项目，是否齐全、有效，水汽品质是否符合相关标准的要求 | 外检   |