

# Q/SH

## 中国石油化工集团公司企业标准

Q/SH 0725.1-2017

---

### 循环水处理效果监控方法 第 1 部分：监测换热器法

Monitor and Control method for the effect of recirculating cooling water treatment

Part 1: Monitoring heat exchanger

2017-08-15 发布

2017-12-01 实施

---

中国石油化工集团公司 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 .....	1
4 方法概要 .....	2
5 材料和设备 .....	3
5.1 一般要求 .....	3
5.2 试管 .....	3
5.3 挂片器 .....	3
5.4 压力降监测管 .....	3
5.5 仪器仪表 .....	3
5.6 其他 .....	4
6 方法过程 .....	4
6.1 前处理 .....	4
6.2 安装和拆检 .....	4
6.3 运行 .....	4
6.4 后处理 .....	5
7 结果 .....	5
7.1 试管腐蚀速率 .....	5
7.2 试管粘附速率 .....	5
7.3 热阻 .....	6
7.4 试片腐蚀速率 .....	6
7.5 点蚀测试 .....	6
8 监测报告 .....	6
9 标准实施 .....	6
附 录 A .....	7
附 录 B .....	9
附 录 C .....	11
参考文献 .....	15

# 前 言

Q/SH 0725《循环水处理效果监控方法》分为三个部分：

——第 1 部分：监测换热器法；

——第 2 部分：装置水冷器法；

——第 3 部分：水质监控法。

本部分为 Q/SH 0725 的第 1 部分。

本部分根据 GB/T 1.1-2009 给出的规则编写。

本部分由中国石油化工集团公司资本运营部提出。

本部分由中国石油化工集团公司科技部归口。

本部分起草单位：北京化工研究院、石油化工科学研究院、镇海炼化分公司、高桥石化公司、燕山分公司、天津分公司、安庆分公司、洛阳分公司、中原油田分公司、工程建设公司。

本部分主要起草人：任志峰、郦和生、傅晓萍、吴小芳、吴晓东、郝向黎、李晨光、解玉峰、赵会艳、王和琴、吴文革、窦孟然、张晗、叶晓林。

本部分首次发布。

# 循环水处理效果监控方法

## 第 1 部分：监测换热器法

### 1 范围

Q/SH XXXX 的本部分规定了监测换热器法的术语和定义、方法概要、材料和设备、方法过程、结果、监测报告及标准实施等方面的内容。

本部分适用于中国石油化工集团公司所属企业采用监测换热器法对循环水处理效果进行监测。

### 2 规范性引用文件

下列文件对于本部分的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本部分。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本部分。

GB/T 10123-2001 金属和合金的腐蚀 基本术语和定义

GB/T 18590 金属和合金的腐蚀 点蚀评定方法

GB 50050 工业循环冷却水处理设计规范

DL/T 1151.22 火力发电厂垢和腐蚀产物分析方法 第 22 部分：X—射线荧光光谱和 X—射线衍射分析

HG/T 3523 冷却水化学处理标准腐蚀试片技术条件

HG/T 3530 工业循环冷却水污垢和腐蚀产物试样的采取和制备

HG/T 3531 工业循环冷却水污垢和腐蚀产物中水分含量的测定

HG/T 3532 工业循环冷却水污垢和腐蚀产物中硫化亚铁含量的测定

HG/T 3533 工业循环冷却水污垢和腐蚀产物中灼烧失重测定方法

HG/T 3534 工业循环冷却水污垢和腐蚀产物中酸不溶物、磷、铁、铝、钙、镁、锌、铜含量测定方法

HG/T 3535 工业循环冷却水污垢和腐蚀产物中硫酸盐含量测定方法

HG/T 3536 工业循环冷却水污垢和腐蚀产物中二氧化碳含量的测定方法

HG/T 3610 工业循环冷却水污垢和腐蚀产物分析方法规则

HG/T 4322 工业循环冷却水污垢和腐蚀产物中硅酸盐的测定

Q/SH 0628.2-2014 水务管理技术要求 第 2 部分：循环水

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

#### 3.1

**循环水** cooling water

以直接或间接冷却石油、化工、钢铁产品或满足其他工业生产需要为目的，经换热后返回冷却构筑物降温，并经必要的处理，再循环使用的水。

[Q/SH 0628.2-2014，定义 3.1]

#### 3.2

**循环水系统** recirculating cooling water system

以水作为冷却介质，并循环运行的一种给水系统，由换热设备、冷却设备、水泵、管道及其他有关设备设施组成。本部分特指间冷开式循环水系统，即循环水与被冷却介质间接传热且与大气直接接触散热的循环水系统。

[Q/SH 0628.2-2014，定义 3.2]

### 3.3

**监测换热器 monitoring heat exchanger**

模拟装置水冷器工况，用以监控循环水系统腐蚀和沉积过程及发展情况的小型热交换器。

[Q/SH 0628.2-2014，定义 3.8]

### 3.4

**监测试管（简称试管） monitoring test tube**

置于监测换热器中用于监测腐蚀和沉积的标准金属直管。

### 3.5

**压力降监测管 pressure-drop monitoring pipe**

通过测定两端压差，以监测附着型生物黏泥量而水平安装的不锈钢直管。

### 3.6

**监测试片（简称试片） monitoring test coupon**

置于监测换热器或塔池中用于监测腐蚀的标准金属试片。

### 3.7

**腐蚀速率 corrosion rate**

以金属腐蚀失重而算得的每年平均腐蚀深度，单位为毫米每年（mm/a）。

[Q/SH 0628.2-2014，定义 3.6]

### 3.8

**粘附速率 adhesion rate**

换热器表面单位传热面积上每月的污垢增长量，单位为毫克每平方厘米月[mg/（cm<sup>2</sup>·月），简写为 mcm]

[Q/SH 0628.2-2014，定义 3.7]

### 3.9

**热阻 thermal resistance**

监测换热器的传热阻力，数值为传热系数的倒数，单位为平方米开尔文每瓦（m<sup>2</sup> K/W）。

### 3.10

**点蚀 pitting corrosion**

产生于金属表面向内部扩展的点坑，即空穴的局部腐蚀。

[GB/T 10123-2001，定义 3.17]

## 4 方法概要

本方法采用监测换热器、压力降监测管和在线腐蚀速率仪等设施，综合评定循环水处理效果。监测换热器以电加热产生的常压饱和蒸汽或工业低压饱和蒸汽为热介质，以循环水为冷却介质，在规定循环水流速、初始进出水温差、蒸汽温度和材料材质等条件下，根据监测周期内试管质量变化计算腐蚀速率和粘附速率，根据在线监测的温度和流量等数据计算热阻。压力降监测管在流量恒定条件下，根据压差变化在线监测生物黏泥附着情况。在线监测数据实现实时远传。流程示意图见附件 A 中图 A.1。

## 5 材料和设备

### 5.1 一般要求

- 5.1.1 监测换热器进水应从循环水系统的给水总管上接出，压力降监测管进水宜为循环水回水；出水应予以回收。
- 5.1.2 监测换热器不应露天放置，应满足仪器仪表的环境要求，应预留试管拆卸和设备检修的空间。
- 5.1.3 应采用循环水走管程的三管式监测换热器，三根试管呈正三角形排列，管心距为 31 mm。
- 5.1.4 监测换热器的热介质可采用工业低压饱和蒸汽或电加热除盐水产生的常压饱和蒸汽。
- 5.1.5 监测换热器和压力降监测管界区内的管路、阀门及管件应选用耐蚀能力不低于 0Cr18Ni9 (S30408) 的不锈钢材质。

### 5.2 试管

- 5.2.1 应采用  $\Phi 19 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$  的无缝金属直管，有效长度为 1177 mm，有效传热面积为  $0.055 \text{ m}^2$ 。
- 5.2.2 材质应与循环水系统内换热器主材质相当，20#钢作为通用试材。
- 5.2.3 碳钢或铜材质试管外表面应镀铬，厚度为  $50 \mu\text{m}$ ，镀层应完好；内表面应光洁、无锈蚀。
- 5.2.4 运输和储存应有防潮、防锈措施。

### 5.3 挂片器

- 5.3.1 应配备于监测换热器出水侧，外壁透明，且避免阳光直射。
- 5.3.2 试片架和固定件应采用塑料材质。
- 5.3.3 应悬挂 I 型或 II 型试片，试片满足 HG/T 3523 要求，材质应与循环水系统内换热器主材质相当，20#钢作为通用试材；每种材质试片不应少于两片。
- 5.3.4 试片悬挂方向与水流一致，试片与挂片器内壁不应直接接触，试片与试片架间距不应小于 3 mm，试片与试片间距不应小于 15 mm，挂片器内径宜 40 mm。
- 5.3.5 安装方式见附录 A（资料性附录）中图 A. 2。

### 5.4 压力降监测管

- 5.4.1 应采用内径 16 mm 的 0Cr17Ni12Mo2 (S31608) 不锈钢直管，有效长度为 1200 mm，两端各配备不小于 300 mm 的 0Cr17Ni12Mo2 (S31608) 不锈钢直管。
- 5.4.2 应配备压差计，精确到 0.01 kPa。
- 5.4.3 安装方式见附录 A（资料性附录）中图 A. 1。

### 5.5 仪器仪表

- 5.5.1 监测换热器进水端应安装流量计（表），流量应自动控制。
- 5.5.2 试管循环水进、出口端和换热腔蒸汽侧应安装温度计（表），换热腔蒸汽温度应自动控制。
- 5.5.3 蒸汽进口管侧应安装压力表。
- 5.5.4 应配备在线腐蚀速率仪。

5.5.5 应配备可编程逻辑控制器（PLC）或将在线监测数据直接接入分布式控制系统（DCS），实现流量、温度、压差、腐蚀速率和热阻等数据的存储、计算和远传。

## 5.6 其他

5.6.1 监测换热器和压力降监测管的进水管线上，应安装过滤器，滤网孔径宜 4 mm。

5.6.2 流量计和挂片器所在管段均宜设置副线。

5.6.3 应在监测换热器和压力降监测管的管线低位设置排水口。

5.6.4 测试仪器和设备，包括烘箱、天平，以及清洗、剖开和观测试管的有关设备和器具。

## 6 方法过程

### 6.1 前处理

试管和试片的前处理方法见附录 B（资料性附录）。

### 6.2 安装和拆检

#### 6.2.1 试管

6.2.1.1 关闭监测换热器换热腔热源，待温度低于 50 °C 后，再关闭试管进水，排空后拆下试管，观察试管内、外壁形态，两端密封以待后续处理。

6.2.1.2 将经前处理的试管安装在管板上，两端安装密封圈，与进出水管道连接。

6.2.1.3 在拆装过程中应避免物理损伤。

#### 6.2.2 试片

6.2.2.1 关闭挂片器进水，将挂片器中的试片取出，用滤纸擦干表面并包裹。

6.2.2.2 将经前处理的试片安装在挂片器中，挂片朝外，确保挂片器不漏水。

6.2.2.3 经前处理的试片不应直接与手或污物接触。

#### 6.2.3 压力降监测管

6.2.3.1 投用压力降监测管，出口阀打开后再慢开入口阀，确保空气排尽。

6.2.3.2 投用压差计，确保其两端引压管中充满水且无气泡。

#### 6.2.4 腐蚀速率仪

6.2.4.1 按照说明书安装或更换腐蚀测试探头。

6.2.4.2 按照说明书进行仪器校准和参数设置。

### 6.3 运行

#### 6.3.1 投运

6.3.1.1 开启监测换热器进水，流量应设定为 1.5 m<sup>3</sup>/h~2.0 m<sup>3</sup>/h，并保持恒定。

- 6.3.1.2 开启监测换热器换热腔热源，热介质为常压饱和蒸汽时，换热腔温度应控制在  $(99 \pm 2)^\circ\text{C}$ ；热介质为高于常压的工业低压饱和蒸汽时，换热腔温度应控制在  $(102 \pm 2)^\circ\text{C}$ 。
- 6.3.1.3 监测换热器进出水温差仅控制初始温差为  $(10 \pm 1)^\circ\text{C}$ ，运行中不再控制，应保持蒸汽流量、换热腔温度和循环水流量恒定。
- 6.3.1.4 挂片器内流速不应小于  $0.3\text{ m/s}$ 。
- 6.3.1.5 压力降监测管的流量应为  $1.1\text{ m}^3/\text{h}$ ，并保持恒定。
- 6.3.1.6 运行过程中不应中断循环水。

### 6.3.2 监测周期

- 6.3.2.1 试管监测周期应为一个月；材质相同时，其中一根试管监测周期可为一年或一个检修周期。
- 6.3.2.2 循环水系统运行期间压力降监测管应连续监测。

### 6.3.3 数据记录

- 6.3.3.1 监测换热器进出水温度、流量和蒸汽温度等数据应至少  $12\text{ h}$  记录一次。
- 6.3.3.2 压差计数据应至少  $12\text{ h}$  记录一次。

## 6.4 后处理

试管和试片的后处理方法见附录 B（资料性附录）。

## 7 结果

### 7.1 试管腐蚀速率

试管的腐蚀速率按公式（1）计算：

$$r_{\text{corr}} = \frac{3.65(W_0 - W_2)}{\pi d_i L_1 t \rho} \times 10^5 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- $r_{\text{corr}}$ ——试管腐蚀速率， $\text{mm/a}$ ；  
 $W_0$ ——经前处理试管的质量， $\text{g}$ ；  
 $W_2$ ——清洗后试管的质量， $\text{g}$ ；  
 $L_1$ ——试管长度， $\text{mm}$ ；  
 $d_i$ ——试管内径， $\text{mm}$ ；  
 $t$ ——监测时间， $\text{d}$ ；  
 $\rho$ ——试管材料的密度， $\text{g/cm}^3$ （碳钢 7.85，铜 8.94，黄铜 8.65，不锈钢 7.92）。

### 7.2 试管粘附速率

试管的粘附速率按公式（2）计算：



$$r_{\text{adhe}} = \frac{3.0(W_1 - W_2)}{\pi d_i L_1 t} \times 10^6 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- $r_{\text{adhe}}$ ——粘附速率, mcm;
- $W_1$ ——监测后试管的质量, g;
- $W_2$ ——清洗后试管的质量, g;
- $L_1$ ——试管长度, mm;
- $d_i$ ——试管内径, mm;
- $t$ ——监测时间, d。

### 7.3 热阻

热阻按公式 (3) 计算:

$$R_t = \frac{2.58\pi d_i L_2}{G} \left( \frac{T - t_1}{t_2 - t_1} - \frac{1}{2} \right) \times 10^{-9} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

- $R_t$ ——热阻,  $\text{m}^2\text{K/W}$ ;
- $G$ ——监测换热器进水流量,  $\text{m}^3/\text{h}$ ;
- $t_1$ ——监测换热器进水温度,  $^{\circ}\text{C}$ ;
- $t_2$ ——监测换热器出水温度,  $^{\circ}\text{C}$ ;
- $T$ ——蒸汽温度,  $^{\circ}\text{C}$ ;
- $d_i$ ——试管内径, mm;
- $L_2$ ——试管有效传热长度, mm。

### 7.4 试片腐蚀速率

试片的腐蚀速率按公式 (4) 计算:

$$r'_{\text{corr}} = \frac{3.65(W_3 - W_4)}{A t' \rho} \times 10^3 \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

- $r'_{\text{corr}}$ ——试片腐蚀速率, mm/a;
- $W_3$ ——经前处理试片的质量, g;
- $W_4$ ——清洗后试片的质量, g;
- $A$ ——试片表面积,  $\text{cm}^2$ ;
- $t'$ ——监测时间, d;
- $\rho$ ——试片材料的密度,  $\text{g/cm}^3$  (碳钢 7.85, 铜 8.94, 黄铜 8.65, 不锈钢 7.92)。

## 7.5 点蚀测试

点蚀测试方法按 GB/T 18590 的规定执行。

## 8 监测报告

8.1 主要对试管的腐蚀速率和粘附速率，监测换热器的热阻，试片的腐蚀情况，在线腐蚀速率，以及压力降监测管的压差进行报告。

8.2 报告格式见附录 C（资料性附录）。

## 9 标准实施

新配备或更新监测换热器自本标准实施之日起执行，现有监测换热器自 2021 年 1 月 1 日起执行。

# 附录 A

## (资料性附录) 示意图

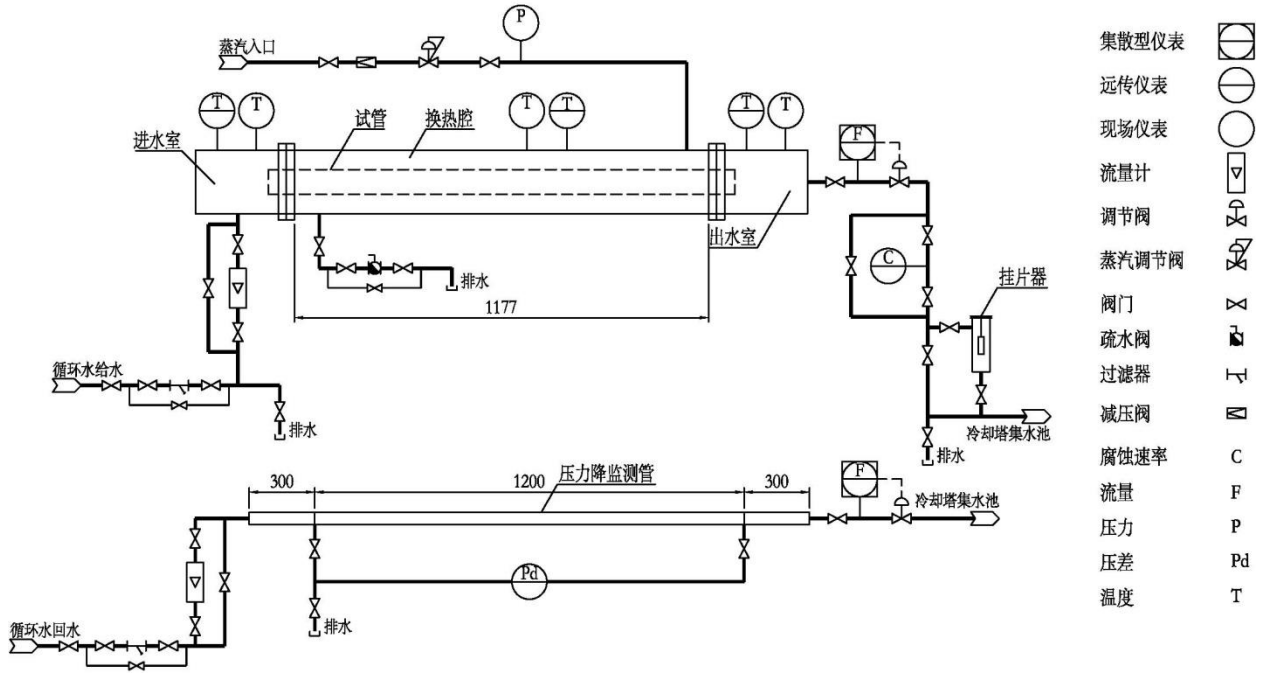


图 A.1 流程示意图

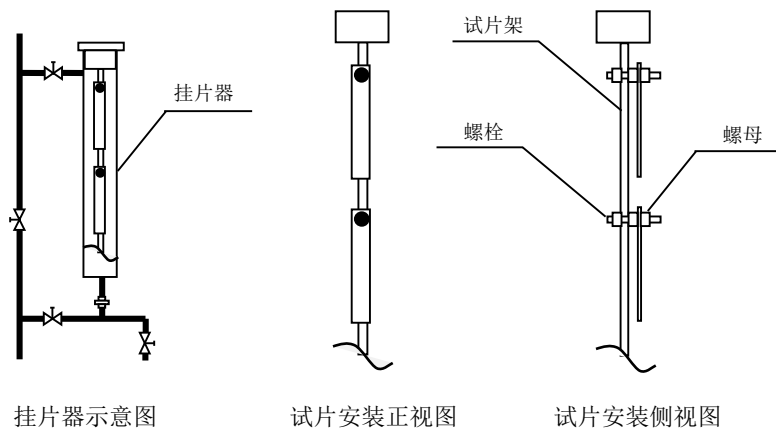


图 A.2 挂片器及试片安装示意图

## 附录 B

## (资料性附录)

## 试管和试片的前处理和后处理方法

## 1 前处理方法

## 1.1 试管

1.1.1 端头宜采用钢印编号。

1.1.2 无水乙醇浸泡内壁 5 min~10 min 后刷洗，用清水冲洗，经无水乙醇脱水后冷风吹干。

1.1.3 常温下称重 ( $W_0$ ，精确到 0.01 g)，测量试管长度 ( $L_1$ )，并采取防潮、防锈措施。

1.1.4 经前处理的试管宜在 3 d 内使用。

## 1.2 试片

1.2.1 在无水乙醇中用脱脂棉球擦拭，再用清洁的无水乙醇浸泡脱水。

1.2.2 取出试片，置于滤纸上冷风吹干，用滤纸包裹并放入干燥器，干燥 0.5 h 后称重 ( $W_3$ ，精确到 0.0001 g)。

1.2.3 处理过程中应避免试片的污染和物理损伤。

## 2 后处理方法

## 2.1 试管

2.1.1 清除外表面污垢，水平置于 105 °C~110 °C 烘箱中，干燥至恒重。

2.1.2 水平取出，避免管中沉积物掉落，自然冷却至常温称重 ( $W_1$ ，精确到 0.01 g)。

2.1.3 宜用物理方法清除和采集试管内沉积物并记录颜色和形态，按 HG/T 3610、HG/T 3530、HG/T 3531、HG/T 3532、HG/T 3533、HG/T 3534、HG/T 3535、HG/T 3536、HG/T 4322 或 DL/T 1151.22 规定的方法进行成分分析。

2.1.4 用含有表面活性剂的清水刷洗内壁。

2.1.5 用胶皮塞塞紧底部管口，竖直放置，由上部管口缓慢倒入酸洗液，充满并浸泡，酸洗液成分及浸泡时间参见表 1，浸泡时间视沉积物或气泡多少可适当调整。

表 1 酸洗液成分及浸泡时间

材质	酸洗液成分 (质量分数)	浸泡时间 (min)
碳钢	10% HCl + 0.5% 六次甲基四胺	5~10
不锈钢	10% HNO <sub>3</sub>	5~10
铜及铜合金	5%~10% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3~5

2.1.6 试管中保留 1/3 的酸洗液，刷洗内壁后，全部倒掉。

2.1.7 清水冲洗后再用无水乙醇脱水。

2.1.8 若试管内仍有污垢和腐蚀产物，则重复 B2.1.5、B2.1.6 和 B2.1.7 步骤，直至除尽。

2.1.9 用冷风吹后，于 105 °C~110 °C 烘箱中干燥至恒重，称重 ( $W_2$ ，精确到 0.01 g)。

2.1.10 处理试管时不应破坏外壁镀铬层，并做好个人防护。

## 2.2 试片

- 2.2.1 观察记录试片表面状况，宜拍照存档。
- 2.2.2 在酸洗液（成分参见表 B.1）中用脱脂棉球擦洗试片，腐蚀产物较多时，应先用物理方法清理。
- 2.2.3 酸洗后应立即用清水冲洗、无水乙醇脱水，冷风吹干后滤纸包裹，于干燥器内保存。
- 2.2.4 干燥 0.5 h 后称重（ $W_4$ ，精确到 0.0001 g）。

## 附录 C

(资料性附录)  
监测报告格式

表 C.1 试管监测报告

循环水系统名称：

年 月 日

试管编号	安装时间 (年-月-日- 时)	拆卸时间 (年-月-日- 时)	材质	腐蚀速率 (mm/a)	粘附速率 (mcm)
平均值 <sup>a</sup>					
管内沉积物描述及成分分析：					
管内腐蚀（包括点蚀 <sup>b</sup> ）描述：					
测试人：					
备注：					
a.同期同种材质新试管的腐蚀速率和粘附速率应取平均值。					
b.如有点蚀，宜另附照片。					

表 C.2 试片监测报告

循环水系统名称:

年 月 日

试片编号	安装时间 (年-月-日-时)	拆卸时间 (年-月-日-时)	材质	腐蚀速率 (mm/a)
平均值 <sup>a</sup>				
平均值 <sup>a</sup>				
腐蚀（包括点蚀 <sup>b</sup> ）描述：				
测试人：				
备注：				
a.同期同种材质试片的腐蚀速率应取平均值。				
b.如有点蚀，宜另附照片。				

表 C.3 在线腐蚀速率监测报告

循环水系统名称:

年 月 日

开始时间 (年-月-日- 时)		截止时间 (年-月-日- 时)	
腐蚀速率趋势图:			
腐蚀速率趋势图分析:			
备注: 监测周期与试管一致。			

表 C.4 压差监测报告

循环水系统名称:

年 月 日

开始时间 (年-月-日- 时)		截止时间 (年-月-日- 时)	
压差趋势图:			
压差趋势图分析及运行描述:			
备注: 1) 监测周期与试管一致; 2) 运行描述包括杀菌剥离剂投加、物料泄漏和异养菌数量变化等情况。			



表 C.5 热阻监测报告

循环水系统名称:

年 月 日

开始时间 (年-月-日- 时)		截止时间 (年-月-日-时)	
热阻趋势图:			
热阻趋势图分析:			
备注: 监测周期与试管一致。			

### 参考文献

- [1] HG/T 2160 冷却水动态模拟试验方法.
  - [2] 中国石油化工总公司生产部发展部.《冷却水分析和试验方法》.1993年12月.
  - [3] NACE SP0189-2013 OnLine Monitoring of Cooling Water Systems.
-