

ICS 91.200

P 72

备案号: J1264-2011



中华人民共和国石油化工行业标准

SH/T 3547—2011

石油化工设备和管道化学清洗 施工及验收规范

Construction and acceptance specifications for chemistry
cleaning of equipment and piping in petrochemical industry



2011-05-18 发布

2011-06-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	1
5 施工准备	2
5.1 材料机具准备	2
5.2 技术准备	2
5.3 作业条件	2
6 化学清洗方法	3
6.1 一般要求	3
6.2 循环清洗	3
6.3 浸泡清洗	4
7 化学清洗质量标准	4
8 安全技术要求	5
8.1 一般规定	5
8.2 酸碱作业	6
8.3 脱脂作业	6
9 交工技术文件	6
附录 A (资料性附录) 化学药剂特性及常用的清洗配方	7
附录 B (规范性附录) 化学清洗的基本程序	10
附录 C (资料性附录) 化学清洗操作流程	11
附录 D (规范性附录) 腐蚀率、腐蚀量及除垢率的测定	12
附录 E (资料性附录) 化学清洗中的测试方法	14
附录 F (规范性附录) 钝化膜的检验	20
用词说明	21
附: 条文说明	23

前 言

根据国家发展和改革委员会办公厅《2007年行业标准修订、制定计划》（发改办工业〔2007〕1415号）的要求，规范编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规范。

本规范共分9章和6个附录。

本规范的主要技术内容是：施工准备；化学清洗方法；化学清洗质量标准；安全技术要求。

本规范由中国石油化工集团公司负责管理，由中国石油化工集团公司施工技术淄博站负责日常管理，由中国石化集团第十建设公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议，请寄送日常管理单位和主编单位。

本规范日常管理单位：中国石油化工集团公司施工技术淄博站

通讯地址：山东省淄博市临淄区建设路29号

邮政编码：255438

电 话：0533-6295840

传 真：0533-7501126

本规范主编单位：中国石化集团第十建设公司

通讯地址：淄博市临淄区建设路29号

邮政编码：255438

本规范参编单位：蓝星环境工程有限公司

本规范主要起草人员：杜宗岚 赵喜平 张学发 焦永涛 陈淑芬 张继军 伊祖良

本规范主要审查人员：赵珍祥 葛春玉 张发有 汪庆华 单承家 张桂红 蔡隆展 束志军
徐明才 林叨良 许锋雪 陈绍福 凌敏华

本规范为首次发布。

石油化工设备和管道化学清洗施工及验收规范

1 范围

本规范规定了石油化工设备和管道化学清洗的技术和质量要求及试验方法。

本规范适用于石油化工新建、改建、扩建工程的设备和管道系统的化学清洗。检修工程设备和管道的化学清洗可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本规范引用而成为本规范的条款。凡是注明日期的引用文件，其后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修改版均不适用于本规范，然而，鼓励根据本规范达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注明日期的引用文件，其最新版本适用于本规范。

GB 8978 污水综合排放的标准

GB 50484 石油化工建设工程施工安全技术规范

HG/T 3523 冷却水化学处理标准腐蚀试片技术条件

HG 20202 脱脂工程施工及验收规范

SH/T 3503 石油化工建设工程项目交工技术文件规定

SH/T 3543 石油化工建设工程项目过程技术文件规定

3 术语和定义

3.1

化学清洗 chemistry cleaning

采用化学药剂及其水溶液除去被清洗设备和管道表面污物、氧化物、腐蚀产物等，达到表面清洁的方法。

3.2

循环清洗 cycle cleaning

通过循环泵将清洗液注入清洗设备和管道进行循环，达到系统清洁的方法。

3.3

浸泡清洗 immersing cleaning

将被清洗件放置在盛有清洗液的容器内或将清洗液注入清洗件内沉浸，达到表面清洁的方法。

3.4

腐蚀率 corrosion rate

化学药剂及其水溶液与被清洗设备和管道的金属接触时金属被腐蚀的相对速率。

3.5

除垢率 removing dirty stuff rate

被清洗的垢量与清洗前原有垢量之比的百分数。

3.6

洗净率 cleaning rate

清洗表面经化学清洗后除掉污垢的面积与清洗前原污垢覆盖面积之比的百分数。

4 总则

- 4.1 石油化工设备和管道化学清洗宜采用循环清洗，也可采用浸泡清洗。
- 4.2 清洗前，对循环泵、管道、所用容器等进行试水检查应无泄露。
- 4.3 铝制设备、管道的清洗应采用中性或专用清洗剂。
- 4.4 计量器具应检定合格并在有效期内。接触化学清洗液的计量具应满足耐腐蚀要求。
- 4.5 清洗作业的安全技术要求除应符合本规范外，尚应符合 GB 50484 的要求。
- 4.6 化学清洗除应符合本规范外，尚应符合设备、管道相关技术条件或国家现行标准的要求。

5 施工准备

5.1 材料机具准备

- 5.1.1 用于化学清洗的临时连接材料，应根据清洗系统的操作压力、操作温度和清洗剂的腐蚀性要求选用。
- 5.1.2 用于盛放清洗液的容器宜采用不锈钢或其他耐腐蚀制品。
- 5.1.3 采用循环清洗时，应选用耐腐蚀泵，流量和扬程应满足清洗要求，循环泵最大流量按公式(1)核算。

$$Q=3600 \cdot F_{\max} \cdot v \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- Q ——最大循环流量， m^3/h ；
- F_{\max} ——各循环组件中最大的流通截面积， m^2 ；
- v ——选用的最大循环流速， m/s ，宜取 $0.2 m/s \sim 0.5 m/s$ 。

- 5.1.4 化学药剂性能指标应符合相应产品标准并在有效期内。药剂及其溶液应专库、分类存放，并应设置警示标识。

- 5.1.6 化学清洗应采用工业用水、脱盐水等清洁水。用于清洗奥氏体不锈钢的水中氯离子含量不得大于 $50mg/L$ 。

5.2 技术准备

- 5.2.1 编制化学清洗施工技术方案，确定清洗程序及验收标准。化学清洗施工技术方案宜包括以下内容：

- a) 编制依据；
- b) 清洗范围；
- c) 清洗方法及质量要求；
- d) 清洗系统的设计；
- e) 清洗配方及化学药品用量；
- f) 监测、分析、记录；
- g) 残液处理及排放；
- h) 人员、设备及工机具；
- i) 安全技术要求。

- 5.2.2 施工技术方案批准后，应进行技术交底。

5.3 作业条件

- 5.3.1 化学清洗作业场地，应根据设备、管道安装进度和施工平面布置要求确定，清洗现场的道路应平整、畅通。

- 5.3.2 化学清洗需要的水、汽、气、排污管线应已连通。

- 5.3.3 配备必要的通信设施，夜间作业应有照明。

- 5.3.4 清洗作业区应设置警戒线及警示标志。

- 5.3.5 采用循环清洗的设备、管道，应在安装、试压完毕后进行，对不宜进行化学清洗的工艺设备、

仪器、仪表应进行隔离或保护，隔离的阀门应挂牌标识。

5.3.6 采用浸泡清洗的管道，应合理分段。

5.3.7 清洗作业过程应保证清洗电源不得中断。

6 化学清洗方法

6.1 一般要求

6.1.1 化学清洗主要包括系统水冲洗、脱脂、酸洗、漂洗、钝化和保护等步骤。化学清洗过程的脱脂作业应按 HG 20202 的规定进行。

6.1.2 化学清洗的设备、管道压力试验合格后，应进行工序交接，并填写工序交接记录。

6.1.3 化学药剂应根据清洗设备、管道的材质及清洗要求选用，常用化学药剂特性及清洗配方参见附录 A。

6.1.4 清洗液升温可采用蒸汽加热法或电加热法。

6.1.5 化学清洗各工序应连续进行，合格后进行封闭或充氮保护。

6.1.6 清洗合格的系统，不得进行切割或开孔作业。凡已进行封闭或充氮保护的清洗系统，未经允许不得改变封闭或充氮保护状态。

6.2 循环清洗

6.2.1 循环清洗的基本程序见附录 B，操作流程参见附录 C。

6.2.2 根据清洗流程图，检查清洗系统应符合下列要求：

a) 循环泵的流量应符合本规范 5.1.3 条的要求，循环泵及其他转动机械应试运转无异常，循环泵入口或清洗箱出口应装滤网，滤网孔径应小于 5mm；

b) 放空及排凝点的位置正确，清洗系统内的清洗液应充满、与系统内壁应接触，并保持足够的流量；

c) 临时接管的布置合理，必要时加设支架进行支撑固定；

d) 清洗箱的标高及液位应满足清洗泵的吸入高度。

6.2.3 水冲洗应符合下列要求：

a) 清洗系统内的压力宜为 0.2 MPa~1.0 MPa；

b) 检查清洗系统应无泄漏情况；

c) 冲洗至进出水质基本一致；

d) 加热系统应满足温升要求；

e) 对难以形成回路的盲端，应加装 DN15~DN20 的临时排放阀；

f) 循环液的进液管和回液管应有足够的截面积以保证清洗液的流量，且各回路的流速应均匀。

6.2.4 按配方配制脱脂液进行脱脂清洗，操作温度、清洗时间应满足要求。

6.2.5 脱脂后，用清洁水将脱脂液置换至出水呈中性或弱碱性 (pH7~pH9)。置换出的脱脂液应经处理后，达标排放。

6.2.6 水冲洗后按配方配制酸洗液进行循环酸洗，操作温度、酸洗时间应满足要求。在酸洗过程中，应安装监视管段或指示片。监视管段和指示片的测定见附录 D。在酸洗过程中，每 0.5h 检测一次酸浓度及铁离子浓度或其他主要金属浓度，一次酸洗时间不应超过 12h。酸洗液浓度的测定参见附录 E。

6.2.7 酸洗过程中，液体流速控制在 0.2 m/s~0.5m/s，流体压力不应超过设计压力。

6.2.8 酸洗液中铁离子趋于稳定、酸浓度趋于稳定时再循环 1h 酸洗结束，取出监视管段或指示片，称重后按附录 D 的规定计算腐蚀率。

6.2.9 酸洗结束后，酸洗液应中和达标排放。酸洗液排净后，系统注入清洁水，对系统进行水冲洗至弱酸性，pH 值为 4~4.5。

- 6.2.10 水冲洗结束后,按配方配置漂洗液,进行1h~2h漂洗。
- 6.2.11 漂洗结束后,在清洗系统中加入碱性药剂中和,启动泵循环,在循环回路末端取样测试系统内pH值宜为9~9.5。
- 6.2.12 中和结束后,在中和液中加入钝化剂,循环钝化液生成防锈膜,操作温度和钝化时间应满足要求。
- 6.2.13 钝化结束后,钝化液中和达标排放。进行系统吹扫,至清洗系统残液排净。清洗系统吹扫、干燥应使用脱油脱水的洁净压缩空气或工业氮气。
- 6.2.14 拆除临时设施,复位安装并检查确认。
- 6.2.15 复位后,应及时封闭。当采用氮封保护时,氮气压力宜为0.07MPa~0.1MPa。
- 6.3 浸泡清洗
- 6.3.1 小型零部件、管段及管件宜采用浸泡清洗。
- 6.3.2 清洗容器和储槽满足清洗件的使用要求,且应设置安全防护设施。各零部件在溶液中应每0.5h翻动一次,并按程序及时进行倒槽。
- 6.3.3 清洗过程控制,其清洗时间和控制条件参见本规范附录A。
- 6.3.4 清洗结束后,废液中和达标排放。

7 化学清洗质量标准

- 7.1 被清洗设备和管道表面应清洁,无浮锈,无金属粗晶析出的过酸洗现象,并有完整的钝化膜。对含铜材质的清洗系统应无镀铜现象。
- 7.2 碳钢材质的钝化膜质量,可用酸性硫酸铜点滴液检验,检验方法见附录F。点滴液由蓝色变为红色的时间不小于5s为合格。
- 7.3 奥氏体不锈钢材质的钝化膜质量,可用酸性铁氰化钾点滴液检验,检验方法见附录F。点滴液覆盖面内10min内出现的蓝色小点不多于8点为合格。
- 7.4 首次使用的配方,清洗施工前应进行验证。清洗系统设备、管道的腐蚀率和腐蚀量应不大于表1的数值。

表1 腐蚀率及腐蚀量指标

材料类别	腐蚀率 g/(m ² ·h)	腐蚀量 g/m ²
碳钢类	6	72
不锈钢类	2	24
紫铜	2	24
铜合金	2	24
铝及铝合金	2	24

7.5 清洗质量符合下列要求之一为合格:

- 对于清洗后的金属表面,目测无残垢;
- 对于用除垢率或洗净率检验的,应符合表2的要求;
- 若用数点法确认洗净率时,100cm²的被清洗表面上直径为5mm~10mm的残留垢点三次取样平均应小于1个,或直径为5mm以下的残留垢点三次取样平均应小于3个为合格。

表 2 除垢率和洗净率指标

单位：%

污垢类型	除垢率	洗净率
碳酸盐垢	90	95
硫酸盐垢、硅酸盐垢	85	80
锈垢	95	95
油垢	95	95
其他垢	85	80

7.6 忌油清洗系统脱脂后，应进行含油量测定。含油量符合下列任意一项要求为合格：

- 用波长 320nm~380nm 的紫外光检查被清洗系统金属表面，应无油脂荧光；
- 用清洁干燥的白色滤纸擦拭清洗系统金属表面，滤纸应无油脂痕迹；
- 用无油蒸汽吹洗清洗系统金属表面，取其冷凝液，放入一粒直径小于等于 1mm 的纯樟脑(萘)，樟脑粒应不停旋转。

8 安全技术要求

8.1 一般规定

- 8.1.1 化学清洗人员应参加化学清洗施工技术交底和熟悉学习化学清洗安全操作规程，了解化学药品性能、特点、使用方法、保管方法。
- 8.1.2 化学清洗作业人员应根据清洗要求，佩戴防护眼镜、防毒面具，穿戴耐酸碱的工作服、工作帽和橡皮手套等专用劳动保护用品。
- 8.1.3 化学清洗应统一指挥，未经现场指挥人员允许，不得擅自进行操作。
- 8.1.4 化学清洗时不得在清洗系统上进行其他工作。
- 8.1.5 清洗作业区应设置警戒线并设置醒目的警示标志。
- 8.1.6 化学清洗作业场所应有冲洗水源和救治用品。
- 8.1.7 清洗过程中应有专职监护人员，并应每半小时巡检一次清洗系统。
- 8.1.8 未经处理的酸、碱液及其他有害废液不得排放。化学清洗废液的排放应符合 GB 8978 的规定，污水综合排放指标和最高允许排放浓度见表 3。

表 3 污水综合排放指标

单位：mg/L

序号	有害物质或项目名称	最高容许排放浓度		
		新扩改 (二级标准)	现 有 (二级标准)	三级标准
1	pH 值	6~9	6~9	6~9
2	悬浮物	200	250	400
3	化学需氧量 (重铬酸钾法)	150	200	500
4	氟化物	10	15	20 (用氟离子计测定)
5	油	20	40	100

8.2 酸碱作业

- 8.2.1 清洗过程中发生泄漏时，应立即停泵泄压，并及时采取用水冲洗或用酸、碱溶液中和等防护措施。
- 8.2.2 浓酸稀释应符合下列规定：
- 取酸应采用专用器具；
 - 启开盛酸容器的孔盖、瓶塞时，作业人员应站在上风侧，不得正对瓶口；
 - 应将酸液缓慢地加入水中，边加边搅拌，不得将水加入浓酸中。
- 8.2.3 取用固体碱时应轻凿轻取。配制碱液时，每次加碱不宜过多，碱块应缓慢放入溶碱器内，边加边搅拌，防止飞溅。
- 8.2.4 盛装过酸碱的容器应存放在指定区域，残液应中和处理达标排放。

8.3 脱脂作业

- 8.3.1 脱脂作业时除按 HG 20202 的规定外，还应符合下列要求：
- 脱脂作业应在室外或通风良好的场所进行；
 - 脱脂现场不得存放食品和饮料。
- 8.3.2 用乙醇等易燃液体进行脱脂后，不得用氧气吹扫。
- 8.3.3 脱脂剂应贮存于通风、干燥的仓库中，不得受阳光直接照射，且不得与强酸、强碱或氧化剂接触。
- 8.3.4 应防止脱脂剂溅出和溢到地面上。溢出的溶剂应立即用砂子吸干，并收集到指定的容器内。

9 交工技术文件

- 9.1 化学清洗应进行过程质量控制，及时碱性检查确认，审查相关资料，并按 SH/T 3543 规定进行记录。
- 9.2 化学清洗交工时，应提交下列质量控制记录：
- 工序交接记录；
 - 质量控制点检查记录；
 - 管道化学清洗过程检查记录；
 - 管道吹扫 / 清洗检验记录；
 - 腐蚀率、除垢率、洗净率、钝化膜检验试验报告。
- 9.3 化学清洗交工技术文件应根据合同规定的工程范围按 SH/T 3503 规定整理，并向建设单位移交。

附录 A

(资料性附录)

化学药剂特性及常用的清洗配方

A.1 化学清洗药剂的特性见表 A.1。

表 A.1 化学清洗药剂特性表

清洗剂	作用	适用范围	备注
硫酸	可同铁氧化物反应生成可溶物	用于碳钢制件	不宜用于清除钙垢，不宜用于钝性金属
盐酸	可同水垢和铁氧化物反应生成可溶物	用于碳钢设备	不宜用于钝性金属和对 Cl 有限制的系统
氢氟酸	可同铁氧化物迅速反应，对硅垢有特效	用于碳钢设备，不锈钢设备	操作控制较危险，不宜用于清除钙垢
柠檬酸	加氨后可溶解铁氧化物，形成螯合物	用于各种设备	对钙垢不是好的溶剂
氨基磺酸	固体便于运输，可同水垢反应形成可溶物	用于碳钢、不锈钢设备	不宜用于清洗铁垢
磷酸	可同铁垢反应形成可溶物，可形成保护膜	用于精密钢制件	不宜用于清洗水垢
乙酸	可同水垢反应生成可溶物	用于清洗换热器水垢	有不良气味
EDTA	可同水垢和铁氧化物反应生成螯合物	可用于各种设备	价格较贵
草酸	可同铁氧化物反应生成可溶物	可用于各种设备	不宜用于清洗水垢
硝酸	可同水垢反应生成可溶物	用于不锈钢设备，其它钢、铜设备	操作控制较危险
硝酸-氢氟酸	可同水垢和腐蚀产物反应生成可溶物	主要用于不锈钢设备，亦可用于钢、铜设备	操作控制较危险
磷酸三钠	可除去油脂类物质，转化难溶水垢	可用于各种设备	不宜用于清洗较重油垢
碳酸钠	可除去油脂类物质，转化难溶水垢	可用于各种设备	不宜用于严重油污
氢氧化钠	可除去油脂类物质，转化难溶水垢	可用于各种设备	操作较危险
硅酸钠	用于除去油脂类物质	可用于各种设备	不宜用于清洗水垢
三聚磷酸钠	用于除去油脂类物质	可用于各种设备	不宜用于严重油污

A.2 化学清洗常用的清洗配方见表 A.2。

表 A.2 化学清洗常用的清洗配方

序号	程序	药剂配方 (质量分数)	控制条件				适用对象	废水处理	备注
			流速 m/s	时间 h	温度 ℃	pH 值			
1	水冲洗	清洁水	0.2~0.5	至进出口水质基本一致	常温~50	—	—	—	
2	脱脂	氢氧化钠 3~5、硅酸钠 1~2、磷酸三钠 0.5~1	0.2~0.5	2~3	40~50	—	用于管件清洗	酸中和	浸泡清洗
		氢氧化钠 0.5~2、硅酸钠 1~3、磷酸三钠 1~2	0.2~0.5	8~24	80~85	—	用于系统清洗	酸中和	循环清洗
3	水清洗	纯净水	0.2~0.5	至 pH<9	50~65	—	—	—	脱脂后水冲洗
4	酸洗	柠檬酸 3~5、缓蚀剂 0.3~0.4、氨水适量、还原剂 0.3~0.5	0.2~0.5	4~6	80~90	3.5~4	用于系统循环清洗	碱中和	用氨水调到 pH 值 3.5~4
		盐酸 4~7、缓蚀剂 0.3~0.4、还原剂 0.3~0.5	0.2~0.5	4~6	40~55	—	用于碳钢及低合金钢的清洗	碱中和	循环、浸泡清洗
		盐酸 8~10、缓蚀剂 0.3~0.4、还原剂 0.3~0.5	0.2~0.5	0.5	常温	—	用于碳钢及低合金钢的清洗	碱中和	浸泡清洗
		硝酸 10、氢氟酸 0.5、缓蚀剂 0.3~0.4、还原剂 0.3~0.5	0.2~0.5	0.5	50~60	—	用于不锈钢管件清洗	石灰中和	浸泡清洗
		硝酸 5~8、缓蚀剂 0.3~0.4、还原剂 0.3~0.5	0.2~0.5	4~6	常温	—	用于不锈钢和碳钢的系统清洗	石灰中和	循环、浸泡清洗
		氢氟酸 0.5~2、缓蚀剂 0.3~0.4、还原剂 0.3~0.5	0.2~0.5	1~2	常温	—	用于不锈钢和碳钢的系统清洗	石灰中和	循环、浸泡清洗
		磷酸 5~8、缓蚀剂 0.3~0.5、还原剂 0.3~0.5	0.2~0.5	4~6	50~60	—	用于不锈钢和碳钢的系统清洗	碱中和	循环清洗
		氨基磺酸 5~10、缓蚀剂 0.3~0.4、还原剂 0.3~0.5	0.2~0.5	4~6	50~60	—	用于不锈钢和碳钢的系统清洗	碱中和	循环清洗
		硫酸 3~9、缓蚀剂 0.3~0.4、还原剂 0.3~0.5	0.2~0.5	7~8	40~55	—	用于碳钢的系统清洗	碱中和	循环清洗

表 A.2 (续) 化学清洗常用的清洗配方

序号	程序	药剂配方 % (质量分数)	控制条件				适用对象	废液处理	备注
			流速 m/s	时间 h	温度 ℃	pH 值			
5	水冲洗	清洁剂	—	至 pH4.0~4.5 铁离子含量 50mg/L	50~65	—	—	属于酸洗后水冲 洗、时间宜短	
6	漂洗	柠檬酸 0.1~0.3、缓蚀剂 0.3~0.4、氨水适量	0.2~0.5	2h、铁含量 300mg/L	80~90	3.5~4	用于不锈钢和碳钢的系 统清洗	循环清洗	
		盐酸 0.5~1、缓蚀剂 0.3~0.4	0.2~0.5	2h、铁含量 300mg/L	常温	—	用于碳钢清洗	循环、浸泡清洗	
		硝酸 1~2、缓蚀剂 0.2~0.3	0.2~0.5	2h、铁含量 300mg/L	常温	—	用于不锈钢和碳钢清洗	循环、浸泡清洗	
7	中和	氨水 1~2	0.2~0.5	1	常温	—	用于不锈钢和碳钢系统 清洗	循环清洗	
		碳酸钠 0.5~1	0.2~0.5	1	常温	—	用于不锈钢和碳钢系统 清洗	循环清洗	
		氢氧化钠 0.3~1	0.2~0.5	0.3	常温	—	用于不锈钢和碳钢系统 清洗	浸泡清洗	
8	钝化	亚硝酸钠 1~3、用氨水调 pH 值	0.2~0.5	8~12	50~60	9.5~11	用于不锈钢和碳钢系统 清洗	酸中和 循环清洗	
		亚硝酸钠 5~6	0.2~0.5	2	常温	10~11	用于不锈钢和碳钢管件 清洗	酸中和 浸泡清洗	
		磷酸三钠 1~2	0.2~0.5	8~24	80~90	—	用于不锈钢和碳钢系统 清洗	酸中和 循环清洗	
9	钝化液 冲洗	亚硝酸钠 0.5、氨水适量	0.2~0.5	2~4	常温	10~11	用于不锈钢和碳钢清洗	氨基磺酸中和 钝化液比较脏或者 设备对铁离子敏感	

附录 B
(规范性附录)
化学清洗的基本程序

B.1 循环清洗的程序见图 B.1。

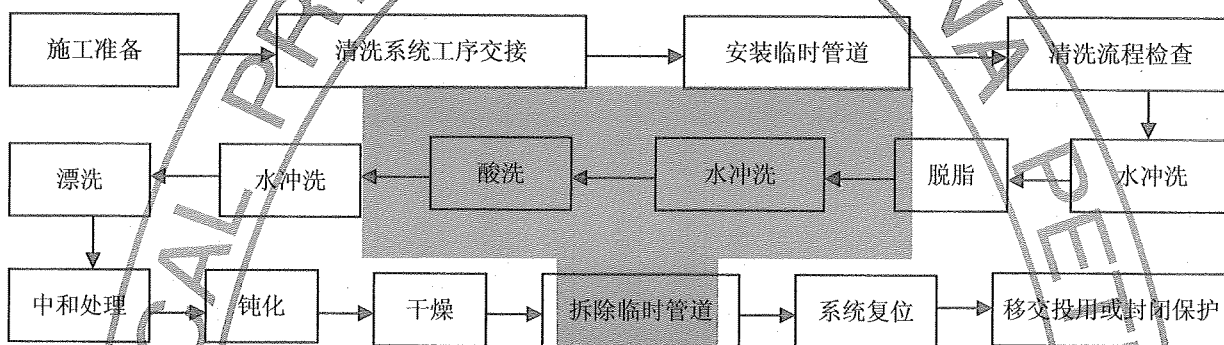


图 B.1 循环清洗程序

B.2 浸泡清洗的程序见图 B.2。

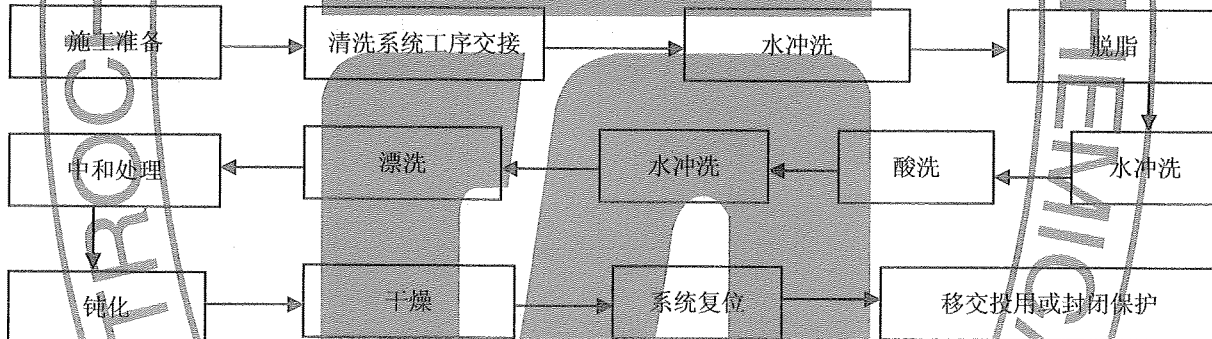
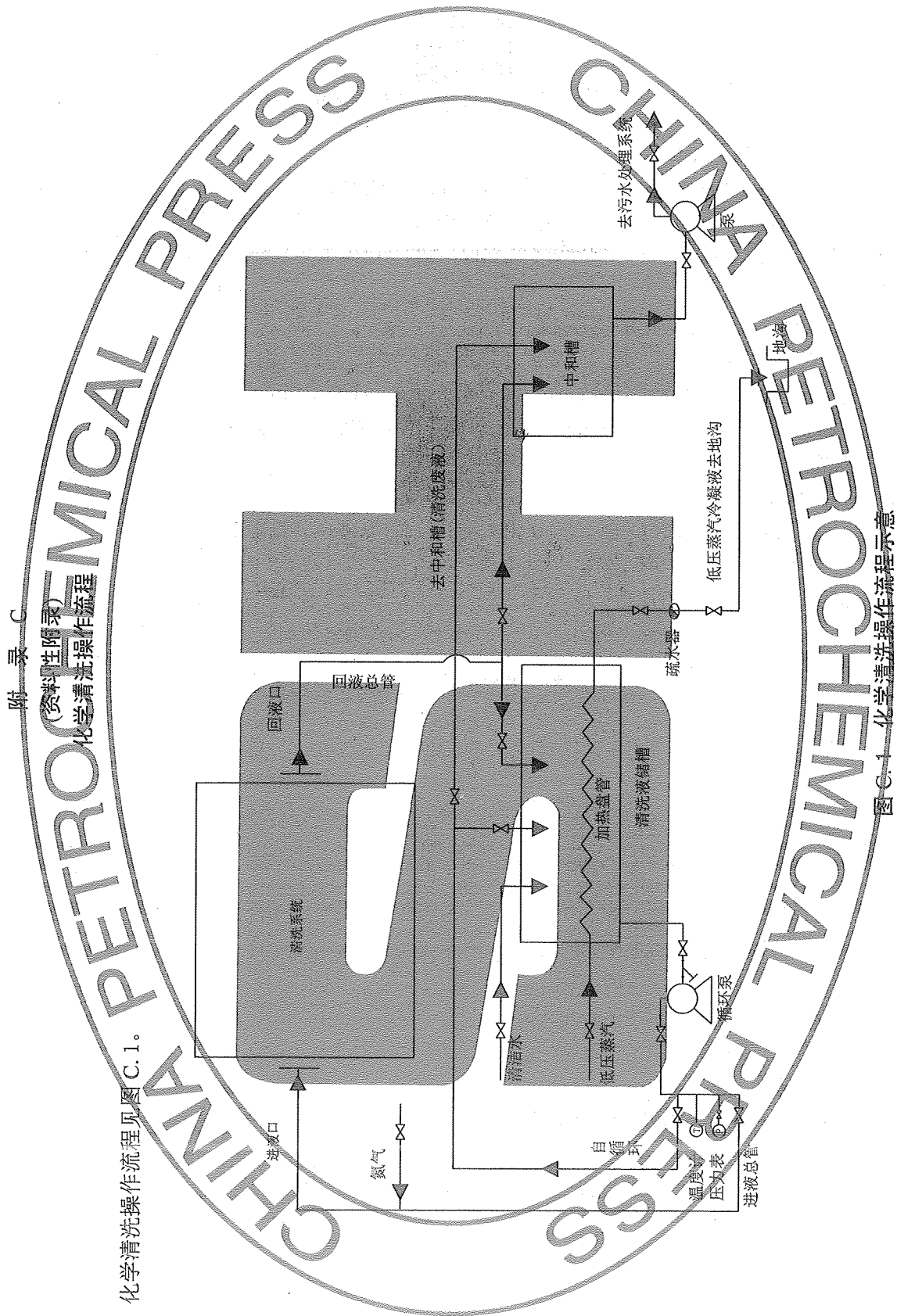


图 B.2 浸泡清洗程序



C.1 化学清洗操作流程见图 C.1。

附录 D
(规范性附录)

腐蚀率、腐蚀量及除垢率的测定

D.1 腐蚀率及腐蚀量的计算

D.1.1 金属腐蚀试片应符合 HG/T 3523 的规定，制备方法如下：

- a) 将三片试片用 320# 水砂纸在平面玻璃板上沿前、后方向打磨，并应磨去棱边的小毛刺；
- b) 用丙酮浸泡去掉油污（尤其是试片挂孔内污物），用纱布擦干后放入无水乙醇中浸泡 1min~2min，取出后热风吹赶放入干燥器中，1h 后将试片称重备用，使用分析天平（称量精确度为 ±0.0001）进行称重，称得质量为 W_1 ；
- c) 用游标卡尺测量其长、宽、厚度，计算表面积，得表面积为 S ；
- d) 将试片置于清洗系统的指定位置，待清洗结束后立即取出用清水淋洗，用滤纸吸去水分，放入无水乙醇中浸泡 1min~2min，取出后快速吹干放置入干燥器中，1h 后用分析天平称重，称得质量为 W_2 ；
- e) 记录清洗时间 t 。

D.1.2 腐蚀率及腐蚀量分别按公式 (D.1) 和公式 (D.2) 计算，并符合下列规定：

- a) 分别计算三片试片的腐蚀率，取其中两个数值相近的平均值计算其腐蚀率；
- b) 清洗时间 t 的计算方法是：1) 清洗系统开始加入清洗液直到排尽清洗液止计算时间间隔；2) 当试片挂入系统不能随时取出时，终止时间以加入钝化药剂为止计算时间间隔。

$$K = \frac{W_1 - W_2}{St} \dots\dots\dots (D.1)$$

$$A = \frac{W_1 - W_2}{S} \dots\dots\dots (D.2)$$

式中：

- K —— 试片在清洗液中的腐蚀率， $g / m^2 \cdot h$ ；
- S —— 试片的总表面积， m^2 ；
- t —— 试片在清洗液中的时间， h ；
- W_1 —— 清洗液浸泡前试片的质量， g ；
- W_2 —— 清洗液浸泡后试片的质量， g ；
- A —— 试片在清洗液中的腐蚀量， g / m^2 。

D.2 除垢率的测定

D.2.1 除垢率的测定可采用容积法或质量法。

D.2.2 容积法测定按下列步骤进行：

- a) 用蒸馏水和量筒精确测量清洗前、后监视管的体积 V_1 、 V_2 ；
- b) 根据已知无垢监视管内径 D （或用游标卡尺测量）按公式 (D.3) 计算无垢监视管的体积 V_0 ；
- c) 用公式 (D.4) 计算除垢率。

$$V_0 = \frac{3.14}{4000} \times D^2 L \dots\dots\dots (D.3)$$

$$N = \frac{V_2 - V_1}{V_0 - V_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (D.4)$$

式中:

- N —— 除垢率, %;
- V_0 —— 无垢监视管体积, mL;
- D —— 无垢监视管内径, mm;
- L —— 监视管长度, mm;
- V_1 —— 清洗前监视管体积, mL;
- V_2 —— 清洗后监视管体积, mL。

D.2.3 质量法测定按下列步骤进行:

- a) 取原始监视管一段, 干燥后称得原始监视管质量为 m_0 , 将原始监视管段装入清洗系统中, 待清洗结束后取出监视管; 干燥后, 称得第一次清洗后的监视管质量为 m_1 , 同时测量监视管被清洗表面积为 S , 按本规范公式 (D.2) 计算出清洗时的腐蚀量 A_1 ;
- b) 将第一次清洗后的监视管单独进行清洗, 并应彻底清除其表面污垢, 干燥后, 称得第二次清洗后的监视管质量为 m_2 , 同时按本规范公式 (D.2) 计算出该次清洗的腐蚀量 A_2 ;
- c) 用本条 a)、b) 项的方法重复测定三个监视管的数据, 并分别按公式 (D.5) 计算三个监视管的除垢率, 再用算术平均法计算的数值作为除垢率。

$$N = \frac{m_0 - m_1 - A_1 S}{m_0 - m_2 - (A_1 + A_2) S} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (D.5)$$

式中:

- N —— 除垢率, %;
- m_0 —— 原始监视管质量, g;
- m_1 —— 第一次清洗后的监视管质量, g;
- m_2 —— 第二次清洗后的监视管质量, g;
- S —— 无垢监视管被清洗表面积, cm^2 ;
- A_1 —— 第一次清洗时的腐蚀量, g/cm^2 ;
- A_2 —— 第二次清洗时的腐蚀量, g/cm^2 。

附录 E

(资料性附录)

化学清洗中的测试方法

E.1 碱性物质的测定

E.1.1 碱性物质的测定应采用以下试剂:

- a) 0.1%酚酞乙醇溶液;
- b) 0.1%甲基橙指示剂;
- c) $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ($1/2\text{H}_2\text{SO}_4$) 标准溶液。

E.1.2 碱性物质的测定应按以下方法进行:

- a) 取碱洗液 10 mL 于锥形瓶中, 用除盐水稀释至 100 mL, 加入 2 滴~3 滴酚酞乙醇溶液, 此时溶液显红色, 用 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ($1/2\text{H}_2\text{SO}_4$) 标准溶液滴至无色, 记下耗酸量 a , 再加入 2 滴甲基橙指示剂, 继续用 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ($1/2\text{H}_2\text{SO}_4$) 滴定至溶液呈橙色为止, 记下第二次耗酸量 b (不包括 a);
- b) 当碱洗液为氢氧化钠、磷酸三钠及洗涤剂时, 以质量百分数表示的氢氧化钠浓度按公式 (E.1) 计算, 磷酸三钠浓度按公式 (E.2) 计算;

$$\omega_{\text{NaOH}} = \frac{0.1 \times (a - b) \times 40 \times 100}{V \times 1000} \quad \dots\dots\dots (\text{E.1})$$

$$\omega_{\text{Na}_3\text{PO}_4} = \frac{0.1 \times a \times 164 \times 100}{V \times 1000} \quad \dots\dots\dots (\text{E.2})$$

- c) 当碱洗液为磷酸三钠、磷酸氢二钠及洗涤剂时, 以质量百分数表示的磷酸三钠浓度按公式 (E.3) 计算, 磷酸氢二钠浓度按公式 (E.4) 计算:

$$\omega_{\text{Na}_3\text{PO}_4} = \frac{0.1 \times a \times 164 \times 100}{V \times 1000} \quad \dots\dots\dots (\text{E.3})$$

$$\omega_{\text{Na}_2\text{HPO}_4} = \frac{0.1 \times (b - a) \times 142 \times 100}{V \times 1000} \quad \dots\dots\dots (\text{E.4})$$

式中:

- ω_{NaOH} —— 氢氧化钠浓度, %;
- $\omega_{\text{Na}_3\text{PO}_4}$ —— 磷酸三钠浓度, %;
- $\omega_{\text{Na}_2\text{HPO}_4}$ —— 磷酸氢二钠浓度, %;
- a 和 b —— 分别为消耗的硫酸标准溶液的体积, mL;
- V —— 碱洗液的体积, mL。

E.2 酸洗液的测定

E.2.1 盐酸浓度的测定

E.2.1.1 盐酸浓度的测定应采用以下试剂:

- a) 0.1%甲基橙指示剂;
- b) $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaOH 标准溶液。

E.2.1.2 盐酸浓度的测定应按以下方法进行:

- a) 取酸洗液 1 mL 于 250 mL 锥形瓶中, 用除盐水稀释至 100 mL;

- b) 再加入 2 滴~3 滴甲基橙指示剂, 用 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaOH 测定到溶液呈橙色为止, 记下消耗 NaOH 体积数 a 。以质量百分数表示的盐酸浓度按公式 (E. 5) 计算:

$$\omega_{\text{HCl}} = \frac{0.1 \times a \times 36.5}{V \times 1000} \times 100 \quad \text{..... (E. 5)}$$

式中:

- ω_{HCl} —— 盐酸浓度, %;
 V —— 吸取酸洗液的体积, mL;
 a —— 消耗 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaOH 标准溶液的体积, mL。

E. 2.2 柠檬酸浓度的测定

E. 2.2.1 柠檬酸浓度的测定应采用以下试剂:

- $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaOH 标准溶液;
- 1% 酚酞乙醇溶液;
- 5% $\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$ 溶液;
- 溴百里酚蓝。

E. 2.2.2 柠檬酸浓度的测定应按以下方法进行:

- 取酸洗液 2 mL, 加入 5% $\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$ 溶液 5 mL, 用除盐水稀释至 100 mL, 加 2 滴溴百里酚蓝指示剂 (pH 值为 6~7.6), 用 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaOH 滴定至溶液呈微红色为止, 记下消耗 NaOH 的体积 a ;
- 用 pHS-1 型酸度计精确测定试样的 pH 值, 在表 E. 2 中查得修正系数 F_a 值。(计算时取刚调好 pH 值的第一个值)。以质量百分数表示的柠檬酸浓度按公式 (E. 6) 计算:

$$\omega_{\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7} = F_a a \quad \text{..... (E. 6)}$$

式中:

- F_a —— 从表 E. 2 中查得;
 a —— 消耗 NaOH 标准溶液的体积, mL;
 c) 在未调 pH 值时, 以质量百分数表示的柠檬酸浓度按公式 (E. 7) 计算:

$$\omega_{\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7} = \frac{0.1 \times a \times 210.4 \times 100}{V \times 1000} \quad \text{..... (E. 7)}$$

式中:

- $\omega_{\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7}$ —— 柠檬酸浓度, %;
 210.4 —— $\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ 的摩尔质量;
 V —— 所取 $\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ 溶液的体积, mL;
 a —— 消耗 NaOH 标准溶液体积, mL;

- d) 用氨水调 pH 值后的 $\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ 浓度见表 E. 1:

表 E. 1 用氨水调 pH 值后的柠檬酸浓度

未调 pH 值	消耗 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaOH mL	F_a	柠檬酸酸洗液浓度 %
1.9	11.1	0.28	3.1
2.53	10.3	0.30	—
3.0	9.2	0.34	—
3.71	7.5	0.41	—

e) 不同 pH 值(不同 NH_4OH 浓度)的 F_a 值见表 E. 2:

表 E. 2 pH- F_a 表不同 pH 值(不同 NH_4OH 浓度)的 F_a 值

pH	F_a	pH	F_a
2.0	0.28	3.3	0.37
2.1	0.29	3.4	0.38
2.2	0.29	3.5	0.39
2.3	0.29	3.6	0.40
2.4	0.30	3.7	0.41
2.5	0.30	3.8	0.42
2.6	0.31	3.9	0.43
2.7	0.32	4.0	0.45
2.8	0.32	4.1	0.46
2.9	0.33	4.2	0.47
3.0	0.34	4.3	0.48
3.1	0.35	4.4	0.49
3.2	0.36	4.5	0.50

E. 2.3 氢氟酸浓度的测定

E. 2.3.1 氢氟酸浓度的测定应采用以下试剂:

- 1%酚酞乙醇溶液;
- 混合指示剂: 甲基红-亚甲基蓝指示剂, 准确称取 0.125 g 甲基红和 0.085 g 亚甲基蓝, 在研钵中研磨均匀后, 溶于 100 mL 95%乙醇溶液中;
- $1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaOH 标准溶液;
- $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaOH 标准溶液;
- 饱和氯化钾溶液。

E. 2.3.2 浓氢氟酸浓度的测定应按以下方法进行:

- 在塑料器皿中称取 1g~2 g 浓氢氟酸(为防止浓氢氟酸挥发, 可先在塑料器皿内加入少量除盐水与器皿一起称重);
- 将浓氢氟酸移入三角瓶中, 并淋洗塑料器皿, 使体积稀释至约 70 mL, 加入 3.0 mL 饱和氯化钾溶液, 2 滴酚酞乙醇溶液(或混合指示剂)用 $1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaOH 滴定至微红色 15 s 不消失(用混合指示剂作指示剂时, 紫色消失即为终点), 以质量百分数表示的浓氢氟酸浓度按公式(E. 8)计算:

$$\omega_{\text{HF}} = \frac{1 \times a \times 20}{m \times 1000} \times 100 \quad \dots\dots\dots (\text{E. 8})$$

式中:

- ω_{HF} —— 浓氢氟酸浓度, %;
- a —— $1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaOH 滴定体积毫升数, mL;
- m —— 称取浓氢氟酸质量, g。

E. 2. 3. 3 稀氢氟酸浓度的测定应按以下方法进行:

- 取酸洗液 1mL~2mL, 稀释至 100 mL;
- 加入 15mL 饱和氯化钾溶液, 加入 2 滴混合指示剂;
- 用 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaOH 滴定至紫色消失为亮绿色即为终点, 以质量百分数表示的稀氢氟酸浓度按公式(E. 9)计算:

$$\omega_{\text{HF}} = \frac{0.1 \times a \times 20}{V \times 1000} \times 100 \quad \dots\dots\dots (\text{E. 9})$$

式中:

- ω_{HF} —— 稀氢氟酸浓度, %;
- a —— $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaOH 滴定体积毫升数, mL;
- V —— 取酸洗液体积毫升数, mL。

E. 2. 4 酸洗液中铁离子含量的测定

E. 2. 4. 1 盐酸、硝酸及氨基磺酸中铁离子浓度的测定应按以下步骤进行:

- 量取 5mL~10mL 经滤纸过滤后的酸洗液于 250 mL 的三角瓶中, 稀释至 100 mL, 用 1:1 的氨水及 1:4 的 HCl 溶液调节 pH 值至 2~3 左右;
- 加 1mL 10% 磺基水杨酸作指示剂, 用 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ EDTA 溶液滴至红紫色消失, 记下消耗量为 a ;
- 以质量百分数表示的 Fe^{3+} 浓度按公式(E. 10)计算, 再加入 3mL 10% $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 溶液加热至 $60^\circ\text{C}\sim 70^\circ\text{C}$, 用 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ EDTA (乙二胺四乙酸二钠盐) 溶液滴至红紫色消失, 记下消耗量为 b ;
- 按公式(E. 11)计算以质量百分数表示的 Fe^{2+} 浓度。

$$\omega_{\text{Fe}^{3+}} = \frac{0.1 \times a \times 56}{V \times 1000} \times 100 \quad \dots\dots\dots (\text{E. 10})$$

$$\omega_{\text{Fe}^{2+}} = \frac{0.1 \times b \times 56}{V \times 1000} \times 100 \quad \dots\dots\dots (\text{E. 11})$$

式中:

- $\omega_{\text{Fe}^{3+}}$ —— 酸洗液 Fe^{3+} 含量, %;
- $\omega_{\text{Fe}^{2+}}$ —— 酸洗液中 Fe^{2+} 含量, %;
- a —— $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ EDTA 消耗数, mL;
- b —— $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ EDTA 消耗数, mL;
- V —— 所取水样数, mL。

E. 2. 4. 2 柠檬酸($\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$)清洗液中铁离子浓度的测定应按以下步骤进行:

- 取 5mL 柠檬酸清洗液, 加入 4mL $0.5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ($1/2 \text{H}_2\text{SO}_4$) 用蒸馏水稀释至 100 mL, 加入 5mL 40% KCNS (硫氰酸钾) 溶液;
- 用 $0.05 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ EDTA 标准溶液滴定至红色消失, 记下 EDTA 消耗量 V_1 ;
- 再加入 3mL 10% $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 溶液, 加热至 $60^\circ\text{C}\sim 70^\circ\text{C}$ 用 $0.05 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ EDTA 标准溶液滴至红色消失, 记下 EDTA 消耗量为 V_2 , 当溶液中铁的浓度较大接近终点时溶液呈橙色, 终点不明显可酌情用蒸馏水稀释;
- 按公式(E. 12)计算以质量百分数表示的 Fe^{3+} 浓度, 按公式(E. 13)计算 Fe^{2+} 浓度:

$$\omega_{\text{Fe}^{3+}} = \frac{V_1 \times 0.05 \times 56}{5 \times 1000} \times 100 \quad \dots\dots\dots (\text{E. 12})$$

$$\omega_{\text{Fe}^{2+}} = \frac{V_2 \times 0.05 \times 56}{5 \times 1000} \times 100 \quad \dots\dots\dots (\text{E. 13})$$

式中:

$\omega_{\text{Fe}^{3+}}$ —— 酸洗液中 Fe^{3+} 含量, %;

$\omega_{\text{Fe}^{2+}}$ —— 酸洗液中 Fe^{2+} 含量, %;

V_1 、 V_2 —— 分别为 $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ EDTA 标准溶液消耗体积, mL。

E. 2.5 酸洗液中铜离子浓度的测定

E. 2.5.1 酸洗液中铜离子浓度的测定应采用以下试剂: $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ EDTA 标准溶液、氯化铵、紫尿酸铵指示剂、1:1 的 NH_4OH 、1:4 的 HCl 。

E. 2.5.2 酸洗液中铜离子浓度的测定应采用的仪器有烧杯、移液管、玻璃漏斗、酸式滴定管、锥形瓶、量筒等。

E. 2.5.3 酸洗液中铜离子浓度的测定应按以下步骤进行(酸洗液需经过滤除铁后再测):

- a) 酸洗液或氨洗液中溶解的铜, 以紫尿酸铵为指示剂进行络合滴定, 取 $10 \text{ mL} \sim 15 \text{ mL}$ 试样(沉积物含量较多时, 过滤后测定)加入 0.5 g 氯化铵, 用 1:1 的氨水或 1:4 的盐酸溶液调节 pH 值至 $7 \sim 8$;
- b) 加入 0.4 g 紫尿酸铵指示剂, 用 $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ EDTA 溶液滴定至玫瑰紫色, 记下消耗毫升数为 a 。以质量百分数表示的酸洗液中铜离子浓度按公式 (E. 14) 计算:

$$\omega_{\text{Cu}} = \frac{0.05 \times a \times 63.54 \times 100}{V \times 1000} \quad \dots\dots\dots (\text{E. 14})$$

式中:

ω_{Cu} —— 酸洗液中铜离子浓度, %;

a —— 消耗 $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ EDTA 标准溶液体积, mL;

V —— 量取酸洗或氨洗液的体积, mL。

E. 8 钝化液浓度的测定

E. 8.1 NaNO_2 浓度的测定

E. 8.1.1 NaNO_2 浓度的测定应采用以下试剂:

- a) H_2SO_4 溶液 (1:3);
- b) $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ($1/5 \text{ KMnO}_4$) 标准溶液;
- c) $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ [$1/2 \text{ FeSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$] 标准溶液。

E. 8.1.2 NaNO_2 浓度的测定应按以下步骤进行:

- a) 在 300 mL 三角瓶中加入 100 mL 除盐水, 加 10 mL 1:3 的 H_2SO_4 溶液, 并立即用 $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ($1/5 \text{ KMnO}_4$) 滴定至微红, 稳定 2 min (此 KMnO_4 不计量) 加入 15 mL $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ($1/5 \text{ KMnO}_4$), 用移液管加入 5 mL 钝化液(移液管插入液面下, 再缓慢搅拌均匀);
- b) 待 5 min 后再加入 10 mL $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ [$1/2 \text{ FeSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$], 静置 5 min 后, 用 $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ($1/5 \text{ KMnO}_4$) 滴定过量 $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ [$1/2 \text{ FeSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$], 消耗体积数为 a 。以质量百分数表示的 ω_{NaNO_2} 浓度按公式 (E. 15) 计算:

$$\omega_{\text{NaNO}_2} = \frac{[(15+a)-10] \times 69.0 \times 0.05}{V \times 1000} \times 100 \quad \dots\dots\dots (\text{E. 15})$$

式中：

- ω_{NaNO_2} —— 亚硝酸钠浓度，%；
 a —— 滴定时消耗 $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ($1/5\text{KMnO}_4$) 的体积数，mL；
 V —— 钝化液取样的体积，mL。



附录 F
(规范性附录)
钝化膜的检验

F.1 碳钢材质钝化膜的测定(红点法)

F.1.1 在钝化后的金属表面,选择3个~5个测试点,然后逐点滴上酸性硫酸铜溶液(该溶液破坏钝化膜后将产生置换反应:生成Cu和 Fe^{2+} ,点滴溶液由蓝变红,并用秒表记录酸性硫酸铜点滴液由蓝变红的时间,根据蓝色消失全部变为红色的时间快慢来评定钝化膜的质量,根据同一检测面上各点变色时间的长短差别来评定钝化膜的完整性和均匀程度。

F.1.2 完成测试后,测定面应采用滤纸吸干,然后用水磨砂纸除去检验点上的红色痕迹,最后用钝化液擦洗干净。

F.1.3 酸性硫酸铜点滴溶液配制,取4.1g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、3.5g NaCl及1.3g $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ HCl混合后加蒸馏水稀释至100ml。

注:酸性硫酸铜点滴液在 $5^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$ 下有效使用期限为7天。

F.2 奥氏体不锈钢钝化膜的测定(蓝点法)

F.2.1 在钝化后的金属表面,选择3个~5个测试点,用蒸馏水反复冲洗干净,用棉纱擦干,然后逐点滴上酸性铁氰化钾点滴液(该溶液破坏钝化膜后将产生置换反应,生成: Fe^{2+} 、 H_2 及 $\text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$,点滴溶液出现蓝点,并用秒表记录该点滴溶液出现蓝点的时间,根据同一检测面上根据蓝点出现时间长短差别及蓝点数评定钝化膜的完整性和均匀程度。

F.2.2 测定完后,可用20%的醋酸对测定点擦除,然后用脱盐水或蒸馏水冲洗干净。

F.2.3 酸性铁氰化钾点滴液配制,取1mL H_2SO_4 (98%)、5mL HCl (36%) 和5g $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 混合后,加蒸馏水稀释至100mL。

注1:酸性铁氰化钾点滴液在 $5^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$ 下有效使用期限为7天。

注2:铁氰化钾无毒,但在加热时分解可能产生剧毒物HCN,所以不能在加热条件下使用。

用词说明

对本规范条文中要求执行严格程度不同的助动词，说明如下：

(一) 表示很严格、非这样做不可并具有法定责任时，用的助动词为“必须”(must)。

(二) 表示要准确地符合规范而应严格遵守时，用的助动词为：

正面词采用“应”(shall)；

反面词采用“不应”或“不得”(shall not)。

(三) 表示在几种可能性中推荐特别合适的一种，不提及也不排除其他可能性，或表示是首选的但未必是所要求的，或表示不赞成但也不禁止某种可能性时，用的助动词为：

正面词采用“宜”(should)；

反面词采用“不宜”(should not)。

(四) 表示在规范的界限内所允许的行动步骤时，用的助动词为：

正面词采用“可”(may)；

反面词采用“不必”(need not)。

中华人民共和国石油化工有限公司标准

石油化工设备和管道化学清洗 施工及验收规范

SH/T 3547—2011

条文说明

2011 北京

目 次

4	总则	27
5	施工准备	27
5.2	技术准备	27
5.3	作业条件	27
6	化学清洗方法	27
6.1	一般要求	27
6.2	循环清洗	27
6.3	浸泡清洗	27
7	化学清洗质量标准	27
8	安全技术要求	28
8.1	一般规定	28
9	交工技术文件	28

石油化工设备和管道化学清洗施工及验收规范

4 总则

4.1 化学清洗可分为循环清洗、浸泡清洗及开式清洗等。正在运行和检修后的工业循环水系统宜采用循环清洗，清洗前宜选定重点监控换热器或水系统监视换热器作为参照，清洗前进行开盖检查，以进行清洗前后洗净率的判断及统计。

5 施工准备

5.2 技术准备

5.2.1 施工前应编制施工方案。施工方案应根据设计文件要求和标准规范规定及清洗设备、管道范围，确定清洗方法和清洗溶剂。根据清洗系统回路大小、各部位截面等，确定储液槽大小、临时管路直径、输送泵流量、扬程、工作站的水、汽、风的用量进行回路布置。

5.3 作业条件

5.3.5 对于仪表分析管、导压管及仪表、仪器零部件的清洗，应有仪表技术人员、仪表工参加并指导清洗工作。

5.3.6 采用浸泡清洗的管道，应根据清洗槽的尺寸、管线布置进行分段。

5.3.7 保证清洗作业的连续性。由于化学清洗的酸、碱液对设备和管线存在一定的腐蚀性，各工序有一定的时间要求，如化学清洗工序间断，酸、碱液会对设备和管线造成过量腐蚀。

6 化学清洗方法

6.1 一般要求

6.1.1 工业循环水系统循环清洗一般包括脱脂、杀菌剥离、水置换、酸洗、中和处理、水置换、预膜几个步骤。

6.1.5 化学清洗合格后的系统，应根据投用时间的长短进行保护。

6.2 循环清洗

6.2.3 循环水系统在进行水冲洗时，其化学清洗回路内的压力与日常运行压力一致。

6.2.15 需要氮封的清洗系统，充氮保护时应先将系统内的空气置换完。充氮保护的管道系统应设压力表进行氮封压力监测，每个系统的氮封监测压力表不得少于2块。氮封压力应经常检查，氮封压力应保持在0.07MPa~0.1MPa范围内，当系统内压力低于0.07MPa时，应补充氮气。

6.3 浸泡清洗

6.3.2 浸泡清洗时应根据清洗工艺要求的冲洗、酸洗、中和、钝化、清洗、废液处理等不同的工艺过程及被清洗件的尺寸制作盛装溶液的储槽。储槽的强度和刚度应满足使用要求，并设置安全防护设施。

7 化学清洗质量标准

7.3 蓝点法适用于对奥氏体不锈钢有特殊要求（强氧化性介质接触的设备）的钝化检测，通常情况下，奥氏体不锈钢清洗时可不采用此方法。

7.5 新建装置的化学清洗只检查洗净率。在役设备的清洗无法做到无残留，符合表2为合格。用数点法确认洗净率时，任意选定一被清洗面，用10cm×10cm柔性取样框框定被清洗表面；观察框定面残留垢点的数量和直径，并且取其三次计算的算数平均值。

7.6 针对只进行忌油清洗系统的含油量要求，若仅仅做化学清洗过程中的脱脂工序，不需进行含油量

的测定。

8 安全技术要求

8.1 一般规定

8.1.1~8.1.3 化学清洗作业人员在化学清洗过程中应遵守安全操作规程，确保人身安全。

8.1.4 此规定主要考虑对操作人员的安全和环境保护的，如果泄漏将会造成人员伤害和环境污染。

8.1.5 考虑到施工现场人员混杂，作业面广，化学清洗时应设置警示标志，使参与工程施工的全体人员都知道系统在进行化学清洗。警示标志如“严禁烟火”、“有毒危险”、“请勿靠近”等。正在进行清洗作业的系统控制阀门均须挂标识牌。

8.1.8 化学清洗废液的排放除应符合 GB 8978 的规定外，还应符合地方有关部门的规定。

8.2.2 稀释浓酸时，应将浓酸沿容器壁慢慢注入水中，绝对禁止将水注入浓酸中。此规定主要考虑操作人员的安全。因为如将水倒入浓酸中，一方面由于水的密度远比浓酸的小，水将浮在浓酸上面而形成两个液层，浓酸只在两个液层接触处混溶并放出大量热。另一方面又由于浓酸的质量热容较水的低，当两者混溶时，浓酸的温度会比水的温度升高得快，因而造成强烈的局部高温，使水汽化而造成喷溅。当把浓酸加入水中时，由于浓硫酸的密度很大，能迅速穿过水层不至引起剧烈的局部高温。这就说明了为什么稀释浓酸时，只能在不断搅拌下把浓硫酸慢慢注入水中，而不能以相反的方式进行。

9 交工技术文件

化学清洗作业主要是保证工程施工质量的一项工序，应重点强调施工过程的管理。

中华人民共和国
石油 化 工 行 业 标 准
石油化工设备和管道化学清洗施工及验收规范
SH/T 3547—2011

*

中国石化出版社出版
中国石化集团公司工程标准发行总站发行
地址：北京市东城区安定门外大街 58 号
邮编：100011 电话：(010) 84271850
石化标准编辑部电话：(010) 84289937
读者服务部电话：(010) 84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: press@sinopec.com.cn

版权专有 不得翻印

*

开本 880×1230 1/16 印张 2.25 字数 59 千字
2011 年 8 月第 1 版 2011 年 8 月第 1 次印刷

*

书号：155114·0311 定价：28.00 元
(购买时请认准封面防伪标识)