

ICS 27.100

F 24

备案号: 15360-2005

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 957 — 2005

火力发电厂凝汽器化学清洗及成膜导则

Guide for the condenser chemical cleaning and filming in fossil fuel power plant

2005-02-14 发布

2005-06-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 总则.....	1
4 技术要求.....	2
5 化学清洗条件的确定.....	2
6 化学清洗及成膜系统的设计和安装.....	3
7 化学清洗及成膜工艺过程.....	4
8 清洗废液的处理.....	5
9 化学清洗成膜质量指标.....	6
10 化学清洗中的化学监督.....	6
11 安全保证体系.....	7
附录 A (规范性附录) 清洗用药品 (包括酸、碱、缓蚀剂、预处理剂、成膜剂) 的产品质量标准	9
附录 B (规范性附录) 化学清洗液中成分的测试方法	10
附录 C (资料性附录) 各种牌号凝汽器管的主要化学成分及杂质含量对照表.....	15

前 言

本标准是根据原国家经济贸易委员会《关于下达 2002 年度电力行业标准制、修订计划项目的通知》（电力〔2002〕937 号）的要求制定的。本标准起草时，参考了国内外（美国）相关化学清洗质量控制腐蚀速度的标准。

本标准制定以下内容：

- 明确了凝汽器管的清洗间隔时间主要根据换热管上沉积的垢量和凝汽器的端差决定。
- 明确了清洗工艺的不同使用条件。
- 明确了可供选择的清洗介质、缓蚀剂、预处理剂和成膜剂的品种，并补充了产品质量标准和验收方法。
- 推荐新的清洗工艺和成膜工艺技术。
- 明确了清洗范围及系统；清洗及成膜的质量控制标准；对不同材质凝汽器选择相适宜的清洗介质、缓蚀剂、预处理剂和成膜剂；选择科学合理的清洗工艺和成膜工艺。

本标准附录 A、附录 B 是规范性附录，附录 C 是资料性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业电厂化学标准化技术委员会归口并解释。

标准的起草单位：西安协力动力化学有限责任公司、西安热工研究院有限公司、北京电力建设公司。

本标准的主要起草人：杨振乾、张全根、陈洁、陈子华、曹杰玉。

火力发电厂凝汽器化学清洗及成膜导则

1 范围

本标准规定了火力发电厂凝汽器化学清洗及成膜的技术要求、工艺、质量指标和试验方法。

本标准适用于对铜、铜合金管以及不锈钢管制成的凝汽器水侧表面结有污垢的化学清洗及成膜，本标准不适用于钛管及钛合金管的凝汽器清洗。

2 规范性引用文件

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

GB 8978 污水综合排放标准

GB/T 7484 水质 氟化物的测定 离子选择电极法

GB 10531 水处理剂 硫酸亚铁

GB/T 6904.1 锅炉用水和冷却水分析方法 pH 的测定 玻璃电极法

GB/T 11901 水质 悬浮物的测定 重量法

GB/T 11914 水质 化学需氧量的测定 重铬酸盐法

GB/T 16488 水质 石油类和动植物油的测定 红外光度法

DL/T 523 盐酸酸洗缓蚀剂应用性能评价指标及浸泡腐蚀试验方法

DL/T 794 火力发电厂锅炉化学清洗导则

GB/T 11407 MBT（促进剂 M，2—硫醇基苯并噻唑， $C_7H_6NS_2$ ）的测定

3 总则

3.1 凝汽器的化学清洗及成膜，是使热交换管内表面清洁、提高热交换率并防止热交换管因结垢和腐蚀引起事故的必要措施，同时也是提高凝汽器真空度、改善水汽品质的有效措施之一。

3.2 承担火电厂凝汽器化学清洗的单位，应具备由电力行业颁发的相应的资质证书，严禁无证清洗。

3.3 持证清洗的单位应对其参加化学清洗人员进行技术和安全教育培训，使其熟悉清洗系统，掌握安全操作程序。

3.4 凝汽器的化学清洗及成膜，应有完善的质量控制程序，由专业技术人员制定清洗方案和措施，经技术负责人或有关领导审核、批准。清洗前、清洗过程中应有技术部门进行全面的质量监督，清洗结束后，应对清洗质量进行检查、评定。

3.5 清洗范围。

3.5.1 新建机组的凝汽器黄铜管宜进行投产前的清洗成膜，其范围包括凝汽器管的水侧和水室。其程序为除油和成膜处理。如果检查铜管内表面有残碳膜，则在成膜处理前可进行除残碳膜清洗处理。

3.5.2 当运行机组凝汽器端差超过运行规定时，应安排抽管取样检查外壁有无腐蚀，内部隔板部位铜管的磨损减薄，内壁结垢、黏泥和腐蚀的程度。局部腐蚀泄漏或大面积均匀减薄量达 1/3 以上厚度时，应先换管再清洗，垢厚不小于 0.5mm 或污垢导致端差大于 8℃ 时应进行化学清洗。

3.6 工作人员在化学清洗过程中应严格遵守安全规程，严格执行化学清洗安全措施，确保人身、设备安全。

3.7 黄铜管清洗后应进行直接成膜。成膜工艺应根据电厂的实际情况选择。

3.8 凝汽器中如有部分 B30 管及不锈钢管清洗后可参与黄铜管成膜。

3.9 凝汽器中全部是 B30 管或不锈钢管或循环水为负硬水，可以在化学清洗后不成膜直接投运，依靠水中溶氧自然钝化。

4 技术要求

- 4.1 在制订化学清洗方案及现场清洗措施时，除应符合相关的标准外，还应符合与凝汽器设备相关的技术条件或规范，以及用户和施工方共同签定的其他技术要求。
- 4.2 化学清洗的方式为循环清洗，不应采用静态浸泡方法，凝汽器管内清洗流速 0.10m/s~0.25m/s。
- 4.3 酸洗液中应添加缓蚀剂、还原剂或其他助剂。
- 4.4 清洗用的水、电、汽、压缩空气应充足、安全可靠。
- 4.5 化学清洗前应隔离易受清洗液损害的部件和系统。
- 4.6 在酸洗进程中设备顶部应保持排气畅通，以防止设备超压。
- 4.7 化学清洗结束后，设备内的残渣应清除干净。
- 4.8 设备清洗后的质量应符合本标准的 9.1~9.3。
- 4.9 化学清洗产生的废液应进行处理，并应符合表 1 的规定后，才容许排放。
- 4.10 清洗成膜作业完成后恢复系统，在拆除水室临时堵板前，应确认堵板的封闭侧没有氢气聚集后，方能进行动火作业。

表 1 污水综合排放标准（第二类污染物最高容许排放浓度） mg/L

序号	有害物质或项目名称	最高容许排放浓度			标准
		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	GB/T 6904.1
2	悬浮物	150	200	400	GB/T 11901
3	化学需氧量(重铬酸钾法)	150	150	500	GB/T 11914
4	氯化物	10	10	20(用氟离子计测定)	GB 7484
5	油	15	40	100	GB/T 16488

5 化学清洗条件的确定

5.1 根据垢的成分、凝汽器设备的构造、材质，通过小型试验，并综合考虑经济、环保因素，最终选用合理的清洗介质和工艺程序。清洗介质的选择配方见表 2。

表 2 清洗介质的配方

序号	清洗工艺名称	清洗介质	添加药品	适用垢的主要种类	凝汽器材质	优缺点
1	盐酸清洗	HCl 温度：常温 流速：0.1m/s~0.25m/s 时间：4h~6h	HCl 1%~6% 缓蚀剂 0.3%~0.8% 消泡剂适量 还原剂适量	碳酸盐为主的垢 碳膜 铜绿	HSn70-1、H68A、HA177-2、HSn70-1B HSn70-1AB BFe30-1-1 BFe10-1-1	清洗效果好，价格便宜，货源广、废液易于处理。对奥氏体不锈钢清洗前要作金相试验合格后方可使用
2	氨基磺酸清洗	NH ₂ SO ₃ H 温度：50℃~60℃ 流速：0.10m/s~0.25m/s 时间：6h~8h	NH ₂ SO ₃ H 3%~10% 缓蚀剂 0.2%~0.8% 消泡剂适量	碳酸盐、磷酸盐为主的垢	奥氏体不锈钢 TP314、TP316、HSn70-1、H68A HA177-2、BFe30-1-1 BFe10-1-1 HSn70-1B HSn70-1AB	氨基磺酸具有不挥发、无臭味、对人体毒性小，对金属腐蚀量小、运输、存放方便的特点。对 Ca、Mg 垢溶垢速度快，对铁的化合物作用慢，可添加一些助剂，从而有效地溶解铁垢

表 2 (续)

序号	清洗工艺名称	清洗介质	添加药品	适用垢的主要种类	凝汽器材质	优缺点
3	硝酸 氟化钠 清洗	$\text{HNO}_3 + \text{NaF}$ 流速: $0.1\text{m/s} \sim 0.25\text{m/s}$ 时间: $6\text{h} \sim 8\text{h}$ 温度: 常温	HNO_3 2%~6% +NaF 适量 缓蚀剂 0.2%~0.8% 消泡剂适量	碳酸盐垢 和 硅酸盐垢	TP316、TP304	对 Ca、Mg 垢和 SiO_2 垢除垢能力强, 造价高
4	碱液	Na_3PO_4 温度 $\leq 60^\circ\text{C}$ 流速: $0.1\text{m/s} \sim 0.25\text{m/s}$ 时间: $4\text{h} \sim 8\text{h}$	Na_2CO_3 0.5%~2% Na_3PO_4 0.5%~2% NaOH 0.5%~2% 乳化剂适量	油脂 黏泥 硫酸盐垢 转型	奥氏体不锈钢 TP314、TP316、 HSn70-1、H68A HA177-2、 HSn70-1B HSn70-1AB BFe30-1-1 BFe10-1-1	除油脱脂, 成本低, 加热要求高
5	除油剂	温度 $\leq 50^\circ\text{C}$ 流速: $0.1\text{m/s} \sim 0.25\text{m/s}$ 时间: $4\text{h} \sim 8\text{h}$	1%~2%	油脂	奥氏体不锈钢 TP314、TP316、 HSn70-1、H68A HA177-2、 HSn70-1B HSn70-1AB BFe30-1-1 BFe10-1-1	除油脱脂, 造价高
注: 凝汽器管内结大量碳酸盐垢时, 经化学清洗后会产生大量泡沫。为防止酸箱溢流大量泡沫, 影响环境, 一般使用消泡剂, 正确的使用方法是利用小型手持喷雾器向泡沫表面喷洒						

5.2 用于化学清洗的药剂应有产品合格证 (单一的化学试剂除外), 质量应符合本标准附录 A 和 DL/T 523 的要求。

5.3 部分国产商品缓蚀剂的品种、质量标准和检验方法见附录 A 和 DL/T 523。

5.4 酸液的流速应在缓蚀剂允许范围内, 酸洗时冷凝管单管中的流速为 $0.10\text{m/s} \sim 0.25\text{m/s}$, 酸洗后水冲洗流速宜大于酸洗流速。

5.5 酸洗时酸液的最低温度不得在 10°C 以下。

5.6 清洗奥氏体钢时, 在小型试验条件下 (引用 DL/T 523), 对试验后的试片进行金相观察, 确定无晶间腐蚀、点蚀、应力腐蚀后方可使用。

5.7 凝汽器管清洗前应进行抽管检查, 样管经酸洗除垢后发现管内已有严重的腐蚀或出现严重点蚀时, 应扩大对凝汽器管的检查, 并将此类管更换或堵死。

6 化学清洗及成膜系统的设计和安装

6.1 化学清洗系统应根据凝汽器设备结构、清洗范围、热力系统、清洗工艺程序、现场环境等具体情况进行设计。

6.2 清洗系统的设计要求。

6.2.1 清洗泵应选用耐腐蚀、大流量、低扬程 (扬程应小于 $25\text{mH}_2\text{O}$ 柱, 流量应满足凝汽器管单管流速在 $0.10\text{m/s} \sim 0.25\text{m/s}$) 类型的泵。

6.2.2 清洗系统进出口总管道管径的选择以保持管内介质流速 $3\text{m/s} \sim 6\text{m/s}$ 为佳。系统应能切换正反向循环。

6.2.3 凝汽器每个单元应设排气管, 排气管管径应满足顺利排出酸洗过程中产生大量气体的要求, 排气孔应布置在凝汽器最高点, 排气管自排气孔到清洗箱, 只允许自高向低的单向坡度, 不允许有逆向坡度。

6.2.4 不参加化学清洗的设备和系统应彻底隔离。被清洗设备和临时系统接口处应避免死区、盲肠, 并

尽量减少接口的数量。

6.2.5 清洗系统应尽量简化，便于操作，并能合理、有效地排出和处理清洗废液。

6.3 清洗系统的安装应满足下列要求。

6.3.1 新建机组在热力系统安装完毕、水压试验合格并与相邻机组的有关系统彻底隔离后，方可进行清洗系统的安装。

6.3.2 临时系统的管道焊接，应由持有焊工岗位合格证的人员操作。焊接部位应便于观察，按相应正式压力管道的要求，检查临时系统的管道焊接质量。

6.3.3 清洗系统的阀门，应耐酸碱腐蚀。阀门在安装前应经水压试验合格。

6.3.4 用于清洗的温度、压力、流量表计及分析仪表应有耐蚀措施，并经检验合格后，方可使用。

6.3.5 清洗现场应平整，道路畅通，并有良好的照明和通信设施。溶药箱、清洗箱不宜布置在电缆沟附近，通道上的临时管道应设通行便桥。

6.3.6 清洗系统按图施工完毕，箱、罐、管道和凝汽器水室在清洗前应清理干净，系统上满水后启动清洗泵做 0.1MPa~0.2MPa 压力的严密性试验，应严密无泄漏。

7 化学清洗及成膜工艺过程

7.1 清洗前准备工作

化学清洗前除按 6.3 的要求完成临时系统安装工作外，还应完成下列准备工作：

- a) 凝汽器汽侧用除盐水灌水查漏前应将凝汽器两端的管板吹干，在检查时如发现冷凝管及管口胀接处有泄漏，应及时作出明显标记，然后采取措施予以消除，并确认严密无泄漏方可进行下一道工序。
- b) 清洗前应根据冷凝管的材质在空抽区 and 高温区等不同部位各抽一根管检查，了解垢型、垢量及垢下腐蚀情况，确定清洗方案。
- c) 清洗前的小型模拟试验的清洗液在配制时，应考虑清洗水容积和表面积的实际比率、垢量及金属铁离子增大等影响因素。
- d) 冷凝管口内如有沉积淤泥或堵塞，应先进行人工冲通并冲洗干净，再进行酸洗。人工不能冲通时应进行加堵。
- e) 清洗及冲洗水可采用工业水或过滤后的澄清水。
- f) 废液处理的设施应安装完毕，并能有效地处理废液。
- g) 化学清洗的药品应经质量检验确认无误，并按技术方案的要求备足各种药品及化验仪器、腐蚀指示管等。

7.2 化学清洗工艺

7.2.1 化学清洗主要工艺步骤：

汽侧灌除盐水查漏→消除漏点→（碱洗→水冲洗）→酸洗→水冲洗。

7.2.2 汽侧灌水和侧水查漏。

7.2.2.1 用压力水冲洗冲通、冲干净凝汽器管，清除凝汽器管内的污泥、砂石等污染物。

7.2.2.2 汽侧灌水前必须使两端管板干燥，灌水后检查凝汽器管和胀口处有无泄漏。

7.2.3 碱洗及水冲洗（必要时）：

当换热管内含有油污、微生物、硫酸钙垢等成分时，应选择合适的配方进行碱洗。

碱洗后应进行水冲洗，要求采用循环冲洗方式冲洗，冲洗终点出水 pH 值不大于 9.0。

7.2.4 酸洗。

7.2.4.1 系统加酸时，应先加入缓蚀剂，并循环均匀，加酸时加强监测防止酸浓度过高，如清洗箱泡沫较多，可用消泡剂喷洒在泡沫表面消除。

7.2.4.2 当酸浓度小于工艺试验的规定值时，及时补酸、补缓蚀剂，使浓度达到选定配方范围。当酸浓

度连续 1h 稳定不变, 进出口酸液无气体产生, 可结束酸洗。

7.2.4.3 监测凝汽器管清洗及成膜效果的凝汽器样环用耐蚀绝缘绳牢靠固定在清洗箱和水室内。

7.2.5 水冲洗。

要求采用循环冲洗方式冲洗, 流速宜大于酸洗流速, 冲洗终点出水 pH 值不小于 4.3。

7.3 成膜工艺

7.3.1 成膜主要工艺步骤:

胶球擦洗→预处理→水冲洗→成膜→通风干燥。

7.3.2 胶球擦洗:

酸洗冲洗后及时进行胶球擦洗(必要时), 胶球擦洗一般采用人工方法, 用无油压缩空气或水逐根向凝汽器管内通胶球, 每管不少于 2 个胶球。通胶球结束后, 清除水室内沉积的污泥。

7.3.3 预处理:

在循环中加入预处理剂, 循环预处理时间根据小型试验结果确定。

7.3.4 成膜。

7.3.4.1 凝汽器黄铜管清洗后直接成膜的工艺条件见表 3 中序号 1~序号 3。

7.3.4.2 成膜期间应定时切换系统, 进行正反方向循环。

7.3.4.3 选用 FeSO_4 成膜时, 循环期间宜根据监测数据间断地向溶药箱的成膜液内通压缩空气, 或在成膜中间强制通风曝气。

7.3.4.4 成膜至预定时间后结合监视管的成膜情况确定成膜结束时间, 排空成膜液。打开人孔通风干燥。

7.3.5 运行中成膜其工艺条件见表 3 中序号 5。也可根据各厂具体情况确定运行中成膜工艺条件。

表 3 凝汽器黄铜管成膜工艺条件

序号	成膜方式	药品	浓度	温度 ℃	流速 m/s	循环时间 h	备注
1	清洗后直接成膜	FeSO_4	Fe^{2+} 10mg/L~100mg/L pH5.0~6.5	15~35	≥ 0.1	72~96	用工业水调 pH, 间断通无油压缩空气或结合现场情况曝气
2		MBT	$\geq 500\text{mg/L}$ pH9.0~12.0	40 ± 5	≥ 0.1	24~36	
3		BTA ^a	100mg/L~200mg/L pH6~9	常温		6	
4		$\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8^a$	0.5%~1.0%	35 ± 5	0.1~0.25	6~8	pH ≥ 12
5	运行中成膜	FeSO_4	Fe^{2+} 0.5mg/L~2.0mg/L pH7.0~9.0	15~35	1.0~2.0	45~60	在运行中, 每天加药 1h, 连续 45d~60d, 加药前配合投胶球 1h
a BTA 和过硫酸盐成膜工艺仅作参考工艺							

8 清洗废液的处理

8.1 清洗废液的排放必须符合 GB 8978 的规定, 其中主要的有关指标和最高允许排放浓度见表 1。

8.2 严禁直接排放未经处理的酸、碱液及其他有害废液, 也不得采用渗坑、渗井和漫流的方式排放。火电厂应设置有足够的废液存放池和处理装置。

9 化学清洗成膜质量指标

9.1 清洗后的金属表面应清洁，无残碳膜，基本上无残留硬垢，除垢率不小于 85% 为合格，除垢率不小于 95% 为优良。

9.2 用凝汽器管试环测量酸洗的平均腐蚀速度应小于 $1\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ，总腐蚀量应小于 $10\text{g}/\text{m}^2$ 。

9.3 凝汽器管（黄铜管）成膜后，宏观检查膜应均匀致密。监视管滴溶检验方法见附录 B3.4。

10 化学清洗中的化学监督

10.1 化学清洗前检查并确认化学清洗用品的质量、数量和凝汽器管试环。试环应使用相同材质的新管制作其牌号参见附录 C，试环长 20mm，用金相砂纸打磨试环内外表面至粗糙度 $Ra \leq 0.4\mu\text{m}$ ，系耐蚀绝缘绳悬挂在水室或清洗箱中并固定牢靠。

10.2 化学清洗中应监督加药、化验，控制各清洗阶段介质的浓度、pH 值、温度、流量、压力等重要清洗参数。

10.3 化学清洗用品质量和检定方法，详见附录 A。

10.4 根据下列情况判断清洗终点：

10.4.1 监视管内表面除垢干净。

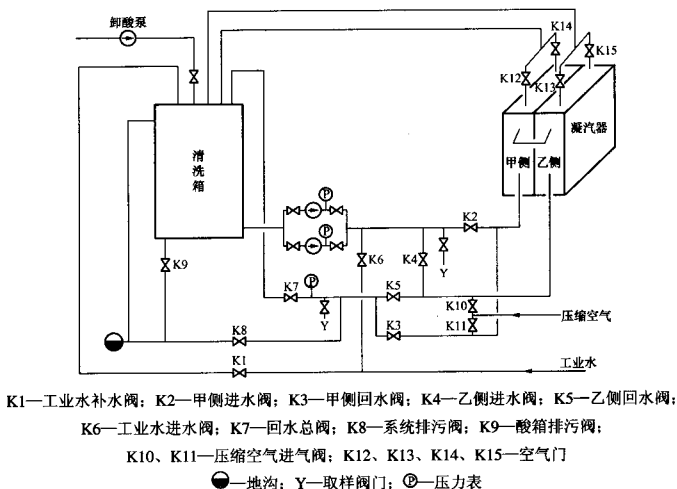
10.4.2 进出口酸浓度接近平衡，且大于 2.0%，维持 1h。

10.4.3 出口酸液无气体产生。

10.5 根据化验数据、监视管（环）内表面成膜状况和预定时间，综合判断成膜终点。

10.6 化学分析项目与取样点。

10.6.1 取样点应布置在凝汽器清洗的进、出口母管上（回液取样有负压时允许短时间降低清洗泵流量）见图 1，清洗液的测试方法见附录 B。



注：正循环时，K2、K5、K7 阀门开，K3、K4 关；逆循环时，K3、K4、K7 阀门开，K2、K5 关。

图 1 凝汽器酸洗成膜系统

10.6.2 化学清洗过程中的测试项目，见表4。

表4 化学清洗的测试项目

序号	工艺过程	取样点	测试	
			项目	间隔时间 min
1	碱洗	凝汽器清洗系统出入口	碱度	≤60
2	碱洗后水冲洗		pH	≤60
3	加酸		酸度	≤15
4	酸洗		酸度	≤30
5	水冲洗		pH	≤60
6	预处理		pH	≤60
7	水冲洗		pH	≤60
8	FeSO ₄ 成膜		pH 温度 Fe ²⁺ 、Fe ³⁺	≤120 ≤120 ≤120
9	MBT 成膜		pH 温度 MBT	≤120 ≤120 ≤120
10	BTA 成膜		pH 温度 BTA	≤120 ≤120 ≤120

11 安全保证体系

11.1 化学清洗中的安全防范工作，应设专人负责安全监督保障工作，制定安全措施，并检查落实措施的执行情况，确保人身与设备安全。

11.2 安全注意事项。

11.2.1 各清洗工作实施者应根据具体情况制定切实可行的安全操作规程。清洗前，有关工作人员必须学习并熟悉清洗的安全操作规程、了解所使用的各种药剂的特性及灼伤急救方法，并做好自身的保护。清洗工作人员需经演习和考试合格后方可参加清洗工作。参加化学清洗的人员应佩戴专用标牌，与清洗无关的人员不得进入清洗现场。

11.2.2 清洗现场必须备有消防通信设备、安全灯、充足的照明、急救药品和劳保用品，现场应有“注意安全”、“严禁明火”、“有毒危险”、“请勿靠近”等安全警示牌。

11.3 化学清洗系统的安全检查。

11.3.1 与化学清洗无关的仪表及管道应隔绝。

11.3.2 临时安装的管道与清洗系统图应相符。

11.3.3 对影响安全的扶梯、孔洞、沟盖板、脚手架，要做妥善处理。

11.3.4 清洗系统所有管道焊接应可靠，所有法兰垫片、阀门及水泵的盘根均应严密耐腐蚀，应备有防溅装置，以防泄漏时酸液飞溅，还应备有毛毡、胶皮、塑料布、胶带和专用卡子以便漏酸时抢修。

11.3.5 酸泵、取样点、化验站和监视管附近须设专用水源及石灰粉。

11.4 清洗时，禁止在清洗系统上进行明火作业和其他工作。在加药场地严禁吸烟，清洗过程中，应有专人值班，定时巡回检查，随时检修清洗设备的缺陷。

11.5 搬运浓酸、浓碱时，应使用专用工具，禁止肩扛、手抱。直接接触苛性碱或酸的人员和检修人员，应穿戴专用的防护用品。加碱液时应注意戴好保护眼镜或防毒面具。

- 11.6 在配碱地点应备有自来水、毛巾、药棉和浓度为 0.2% 的硼酸溶液。
- 11.7 酸碱液泄漏及溅落至人体上的处理。
 - 11.7.1 酸液漏到地面上可用石灰中和。
 - 11.7.2 酸液溅于衣服上, 应先用大量清水冲洗。
 - 11.7.3 酸液溅到皮肤上, 应立即用清水冲洗, 再用 2%~3% 碳酸氢钠溶液清洗, 最后涂上一层凡士林。
 - 11.7.4 酸液溅入眼睛里, 应立即用大量清水冲洗, 再用 0.5% 的碳酸氢钠溶液冲洗并立即送医务室急救。
 - 11.7.5 碱液溅于衣服上, 应先用大量清水冲洗。
 - 11.7.6 碱液溅到皮肤上, 应立即用清水冲洗, 再用 0.2% 硼酸溶液清洗, 最后涂上一层凡士林。
 - 11.7.7 碱液溅入眼睛里, 应立即用大量清水冲洗, 再用 0.2% 硼酸溶液冲洗并立即送医务室急救。
- 11.8 清洗过程中, 应备有急救药品, 0.2% 硼酸溶液、2%~3% 碳酸氢钠溶液各 5L。
- 11.9 易燃、易爆有毒的化学药品在存放、运输、使用过程中应遵守有关的安全规定。
- 11.10 禁止向水泥沟内排放废酸液, 在向除灰系统内排酸时应有相应的技术措施, 应有专人监视, 防止酸液漫沟溢流到其他沟道。
- 11.11 没有灰沟时废液应首先排至废液池, 经处理, 符合排放标准后再行排放。
- 11.12 酸洗成膜后在拆除水室内临时堵板前, 应确认临时堵板无泄漏处且下方无氢气聚集后方能动火作业。

附录 A

(规范性附录)

清洗用药品(包括酸、碱、缓蚀剂、预处理剂、成膜剂)的产品质量标准

A.1 清洗用酸的质量标准

- A.1.1 工业硝酸 GB/T 337.1—2002
- A.1.2 工业硫酸 GB/T 534—2002
- A.1.3 工业合成盐酸 GB 320—1993
- A.1.4 工业氨基磺酸 HG/T 2527—1993
- A.1.5 酸洗缓蚀剂 DL/T 523—1993

A.2 清洗用碱的质量标准

- A.2.1 除油剂(工业直链烷基苯磺酸) GB/T 8447—1995
- A.2.2 工业氢氧化钠 GB 209—1993
- A.2.3 工业碳酸钠 GB 210—1992
- A.2.4 工业磷酸三钠 HG/T 2517—1993

A.3 成膜用药的质量标准

- A.3.1 硫酸亚铁 GB 10531—1989
- A.3.2 工业过氧化氢 GB 1616—1988
- A.3.3 MBT(促进剂 M, 2—巯醇基苯并噻唑, $C_7H_6NS_2$) GB/T 11407—2003
- A.3.4 化学试剂抗坏血酸 GB/T 15347—1994

A.4 废液处理用药的质量标准

- A.4.1 次氯酸钠 HG/T 2498—1993
- A.4.2 次氯酸钙 GB 10666—1995

附录 B (规范性附录)

化学清洗液中成分的测试方法

B.1 化学清洗液中成分的测试方法

B.1.1 碱性物质的测定 (参照 DL/T 794)

B.1.1.1 试剂

B.1.1.1.1 0.1% 酚酞指示剂;

B.1.1.1.2 0.1% 甲基橙指示剂;

B.1.1.1.3 0.1 mol/L 1/2 (H₂SO₄) 标准溶液。

B.1.1.2 测定方法

取碱洗液 10mL 放入锥形瓶中, 用除盐水稀释至 100mL, 加入 2~3 滴酚酞, 此时溶液显红色, 用 0.1mol/L 1/2 (H₂SO₄) 标准溶液滴至无色, 记下耗酸 a , 再加入 2 滴甲基橙指示剂, 继续滴定至溶液呈橙色为止, 记下第二次耗酸 b (不包括 a)。

当碱洗液为: 氢氧化钠、磷酸三钠及洗涤剂时, 氢氧化钠浓度按公式 (B.1) 计算, 磷酸三钠浓度按公式 (B.2) 计算:

$$C_{\text{NaOH}} = \frac{0.1 \times (a - b) \times 40 \times 100}{V \times 1000} \% \quad (\text{B.1})$$

$$C_{\text{Na}_3\text{PO}_4} = \frac{0.1 \times b \times 164 \times 100}{V \times 1000} \% \quad (\text{B.2})$$

式中:

C_{NaOH} —— 氢氧化钠浓度, %;

$C_{\text{Na}_3\text{PO}_4}$ —— 磷酸三钠浓度, %;

a 、 b —— 消耗的硫酸标准溶液的体积, mL;

0.1 —— 硫酸标准溶液的浓度, mol/L;

V —— 取碱洗液的体积, mL。

B.1.2 含油量的测定 (参照 DL/T 794)

B.1.2.1 试剂

B.1.2.1.1 正己烷;

B.1.2.1.2 乙醇溶液, 将 600mL 乙醇与 400mL 水混合;

B.1.2.1.3 硫酸溶液 (1+1) 1 份浓硫酸加 1 份水的混合溶液。

B.1.2.2 测定方法

量取 1000mL 碱洗液倒入 2000mL 分液漏斗内, 加 20mL 正己烷, 先加入 10mL (1+1) H₂SO₄ 使 pH 值为 1.0 左右后, 加入 30mL 正己烷振荡 2min~3min, 静置 10min, 待正己烷和水分层后, 将水放入烧杯以备再次萃取, 在正己烷层中加 100mL 乙醇溶液, 振荡 2min~3min, 静置 5min 待正己烷分层后, 将正己烷移入充分干燥的烧杯, 将乙醇弃去, 再将干燥烧杯内的水层重复萃取第二次。把干燥烧杯中的正己烷置于蒸发皿, 在通风柜里用水浴或红外线灯蒸发正己烷后, 在 100℃~105℃ 的烘箱里干燥 30min 后, 再在干燥器里冷却 30min 称重。含油量按公式 (B.3) 计算:

$$m_{\text{油}} = (b - a) \times \frac{10^6}{S} \quad (\text{B.3})$$

式中:

a ——蒸发皿用前质量, g;

b ——蒸发正己烷后蒸发皿的质量, g;

S ——试样体积, mL;

$m_{\text{油}}$ ——含油量, mg/L。

B.1.3 硅化合物的测定——比色法 (参照 DL/T 794)

B.1.3.1 试剂

a) 10% 钼酸铵溶液。

b) 酒石酸或草酸溶液将 10g 酒石酸或 10g 草酸溶解于 100mL 无硅水中。

c) 1—胺基—2 萘酚—4 磺酸溶液 (下称 1.2.4 酸溶液) 将 0.5g 1.2.4 酸和 2g 亚硫酸钠溶于 50mL 无硅水中, 另外将 20g 亚硫酸氢钠溶于 120mL 无硅水中, 然后将两种溶液混合, 再用无硅水稀释至 200mL。

d) 二氧化硅标准溶液, 50 μ g/mL。

e) 盐酸溶液 (1+1)。

f) 三氯甲烷。

B.1.3.2 测定步骤

取碱洗的试样 100mL 于 200mL 分液漏斗内加 (1+1) 盐酸调整 pH 值至 1.0, 加 40mL 三氯甲烷, 振荡 2min~3min, 澄清 5min 至三氯甲烷和水分层, 弃去三氯甲烷。吸取分离后的试样 10mL 于 100mL 容量瓶中, 加 2mL 钼酸铵溶液, 摇匀, 放置 5min 后, 再加 3mL 酒石酸或草酸溶液, 摇匀后放置 1min; 加入 1.2.4 酸 2mL, 摇匀放置 10min 后用光电比色计比色 (波长为 815nm) 测得消光值再查已绘制好的标准曲线 (0~2.5mg/L) 中查得二氧化硅的含量。

B.1.4 沉积物的测定

取 500mL~1000mL 经充分摇匀的碱洗液, 用定量滤纸过滤。过滤前应将该定量滤纸放在称量瓶内, 置于 105℃ 烘箱内烘 2h (烘时应将称量瓶盖打开), 然后将称量瓶盖盖好, 取出置于干燥器内冷却至室温, 称量至恒重, 将已知重量的定量滤纸过滤碱洗液, 过滤后用除盐水洗涤几次, 将滤纸连同沉淀物一同再移入已知重量的称量瓶内于 105℃~110℃ 烘箱内干燥 2h, 取出置于干燥器内冷却称量。沉积物含量按公式 (B.4) 计算:

$$C_{\text{沉淀物}} = \frac{m_1 - m_2}{V} \times 10^6 \quad (\text{B.4})$$

式中:

$C_{\text{沉淀物}}$ ——沉淀物含量, mg/L;

m_2 ——空白滤纸及称量瓶质量, g;

m_1 ——烘干后沉淀物、滤纸及称量瓶质量, g;

V ——碱洗液体积, mL。

B.2 酸洗液的测定

B.2.1 盐酸浓度的测定 (参照 DL/T 794)

B.2.1.1 试剂

B.2.1.1.1 溴甲酚绿—甲基红指示剂: 3 份 0.1% 溴甲酚绿乙醇溶液+1 份 0.2% 甲基红乙醇溶液。

B.2.1.1.2 0.1mol/L NaOH 标准溶液。

B.2.1.2 测定方法

取酸洗液 100mL 于三角锥瓶中, 加入溴甲酚绿—甲基红指示剂 3~5 滴, 用 0.1mol/L NaOH 标准溶液滴定至绿色终点, 记下消耗体积数为 a 。盐酸浓度按公式 (B.5) 计算:

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

式中:

C_{HCl} ——盐酸浓度, %;

V ——吸取酸洗液的体积, mL。

B.2.2 酸洗液中铁含量的测定

B.2.2.1 悬浮铁的测定 (参照 DL/T 794)

用 100mL 容量瓶取水样, 用快速定量滤纸过滤, 将悬浮物全部移入滤纸, 并用蒸馏水冲洗滤纸至无黄色为止。然后将滤纸及悬浮物同时放入 $110^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘干, 称至恒重记录滤纸及悬浮物质量为 m_1 (mg)。悬浮铁含量按公式 (B.6) 计算:

$$C_{\text{悬浮铁}} = \frac{(m_1 - m_2) \times 1000}{100} \quad (\text{B.6})$$

式中:

$C_{\text{悬浮铁}}$ ——酸洗液中悬浮铁含量, mg/L;

m_2 ——滤纸在 $110^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 温度下烘干后的平均质量, mg。

B.2.2.2 盐酸中铁离子浓度的测定 (参照 DL/T 794)

含铁量高时, 应稀释水样的含铁量在 20mg/L~100mg/L 之间, 以便观察终点。

B.2.2.2.1 试剂

B.2.2.2.1.1 10% 磺基水杨酸钠;

B.2.2.2.1.2 10% $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 溶液;

B.2.2.2.1.3 0.1mol/L EDTA 标准溶液;

B.2.2.2.1.4 1+1 氨水;

B.2.2.2.1.5 1+1HCl。

B.2.2.2.2 测定步骤

量取 5mL~10mL 经滤纸过滤后的酸洗液于 250mL 三角瓶中, 稀释至 100mL, 用 1+1 氨水及 1+4HCl 调节 pH 值至 2~3 左右。加 1mL 10% 磺基水杨酸作指示剂, 用 0.1mol/L EDTA 滴至红紫色消失, 记下消耗量为 a 。 Fe^{3+} 浓度按公式 (B.7) 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 0.1mol/L EDTA 溶液滴至红紫色消失, 记下消耗量为 b 。 Fe^{2+} 浓度按公式 (B.8) 计算:

$$C_{\text{Fe}^{3+}} = \frac{0.1 \times a \times 56}{V \times 1000} \times 100\% \quad (\text{B.7})$$

$$C_{\text{Fe}^{2+}} = \frac{0.1 \times b \times 56}{V \times 1000} \times 100\% \quad (\text{B.8})$$

上二式中:

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

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

a ——0.1mol/L EDTA 第一次消耗数, mL;

b ——0.1mol/L EDTA 第二次消耗数, mL;

56——铁的摩尔质量;

V ——所取水样数, mL。

B.3 成膜液的测定 (参照 GB 10531)

B.3.1 成膜液中 Fe^{2+} 浓度的测定

B.3.1.1 试剂

B.3.1.1.1 硫酸 (1+1) 溶液;

B.3.1.1.2 磷酸 (1+1) 溶液;

B.3.1.1.3 KMnO_4 0.1mol/L (1/5 KMnO_4) 标准溶液。

B.3.1.2 测试方法

取试样 10mL, 加硫酸 (1+1) 溶液 10mL, 加磷酸 (1+1) 溶液 4mL, 用 KMnO_4 0.1mol/L 标准溶液滴定至溶液呈现粉红色在 30s 内不消失即为终点。记录下标准 KMnO_4 溶液的消耗数 V 。按公式 (B.9) 计算:

$$C_{\text{Fe}^{2+}} = 56 \times V \quad (\text{B.9})$$

式中:

$C_{\text{Fe}^{2+}}$ ——酸洗液中 Fe^{2+} 含量, mg/L;

V ——0.1mol/L KMnO_4 消耗数, mL;

56 ——铁的摩尔质量。

B.3.2 成膜液中 Fe^{3+} 铁离子浓度的测定 (参照 DL/T 794)

含铁量高时, 应稀释水样的含铁量在 20mg/L~100mg/L 之间, 以便观察终点。

B.3.2.1 试剂

B.3.2.1.1 10% 磺基水杨酸钠;

B.3.2.1.2 10% $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 溶液;

B.3.2.1.3 0.1mol/L EDTA 标准溶液;

B.3.2.1.4 1+1 氨水;

B.3.2.1.5 1+1HCl。

B.3.2.2 测定步骤

量取 5mL~10mL 经滤纸过滤后的酸洗液于 250mL 三角瓶中, 稀释至 100mL, 用 1+1 氨水及 1+4HCl 调节 pH 值至 2~3 左右。加 1mL 10% 磺基水杨酸作指示剂, 用 0.1mol/L EDTA 滴至红紫色消失, 记下消耗量为 a 。 Fe^{3+} 浓度按公式 (B.10) 计算。再加入 3mL 10% $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 溶液加热至 60℃~70℃, 用 0.1mol/L EDTA 溶液滴至红紫色消失, 记下消耗量为 b 。 Fe^{2+} 浓度按公式 (B.11) 计算:

$$C_{\text{Fe}^{3+}} = \frac{0.1 \times a \times 56}{V \times 1000} \times 100\% \quad (\text{B.10})$$

$$C_{\text{Fe}^{2+}} = \frac{0.1 \times b \times 56}{V \times 1000} \times 100\% \quad (\text{B.11})$$

上二式中:

$C_{\text{Fe}^{3+}}$ ——成膜液中 Fe^{3+} 含量, %;

$C_{\text{Fe}^{2+}}$ ——成膜液中 Fe^{2+} 含量, %;

a ——0.1mol/L EDTA 第一次消耗数, mL;

b ——0.1mol/L EDTA 第二次消耗数, mL;

56 ——铁的摩尔质量;

V ——所取水样数, mL。

B.3.3 MBT 浓度的测定 (参照 GB/T 11407)

B.3.3.1 试剂

B.3.3.1.1 0.5mol/L 碘标准溶液;

B.3.3.1.2 1% 淀粉溶液;

B.3.3.1.3 0.01mol/L $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准溶液;

B.3.3.1.4 0.005mol/L 碘标准溶液。

B.3.3.2 测试方法

取待测溶液 10mL, 准确加入 0.005mol/L 碘标准溶液, 反应 10min, 加淀粉指示剂 0.5mL, 用 0.01mol/L $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准溶液滴定至无色。同时用除盐水做空白试验。按公式 (B.12) 计算 MBT 浓度 C_{MBT} (mg/L):

$$C_{\text{MBT}} = \frac{(a-b) \times 0.01 \times 167.25 \times 1000}{V} \quad (\text{B.12})$$

上式中:

a —— MBT 溶液消耗 0.01mol/L $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准溶液的体积, mL;

b —— 空白溶液消耗 0.01mol/L $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准溶液的体积, mL;

167.25 —— MBT 的摩尔质量;

V —— 待测溶液取样体积, mL;

0.01 —— $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 的摩尔浓度。

B.3.4 黄铜管成膜质量的检验方法

目视法:

膜质均匀致密。成膜颜色 FeSO_4 膜为棕红色或棕褐色, MBT 膜为近似无色, 过硫酸盐膜为黑灰色。 FeSO_4 膜用 1mol/L 盐酸滴溶检验, MBT 膜用 20% 氨水滴溶检验, 液滴加入试管表面的时间开始计时, 至滴溶点 50% 以上面积露出黄铜基体本色为终点的时间为止, 见表 B.1。

表 B.1 滴溶检验膜的耐蚀性

成膜介质	检验标准	优良	合格	不合格
FeSO_4	1mol/L 盐酸点滴溶膜时间 s	≥ 30	≥ 15	< 15
MBT	20% 氨水滴溶膜时间 s	≥ 30	≥ 15	< 15

附 录 C
(资料性附录)

各种牌号凝汽器管的主要化学成分及杂质含量对照表

各种牌号凝汽器管的主要化学成分及杂质含量对照见表 C.1。

表 C.1 各种牌号凝汽器管的主要化学成分及杂质含量对照

牌号	HSn70-1	HSn70-1B	HSn70-1AB	HA177-2	BFe30-1-1	BFe10-1-1	TA0	TA1	TA2
化学成分 %									
Cu	69~71	69~71	69~71	76~79	余量	余量			
Ti							余量	余量	余量
Al	—	—	—	1.8~2.5					
Sn	0.8~1.3	0.8~1.3	0.8~1.3	—	≤0.03	≤0.03			
As	0.03~0.06	0.03~0.06	0.03~0.06	0.02~0.06					
B	—	0.0015~0.02	0.0015~0.02	—					
Ni	—	—	0.05~1.0	—	29.0~32.0	9.0~11.0			
Mn	—	—	0.02~2.0	—	0.5~1.2	0.5~1.0			
Zn	余量	余量	余量	余量	≤0.3	≤0.3			
Fe	≤0.10	≤0.10	≤0.01	≤0.06	0.5~1.0	1.0~1.5	0.15	0.25	0.30
Pb	≤0.05	≤0.05	≤0.05	≤0.07	≤0.02	≤0.02			
Bi		≤0.005	≤0.005						
P		≤0.01	≤0.01		≤0.006	≤0.006			
Si					≤0.15	≤0.15			
S					≤0.01	≤0.01			
C					≤0.05	≤0.05	0.10	0.10	0.10
H							0.015	0.015	0.015
N							0.03	0.03	0.05
O							0.15	0.20	0.25
其他杂质							0.1	0.1	0.1
杂质总和	≤0.3				≤0.7	≤0.7	≤0.4	≤0.4	≤0.4
标准号	GB/T 5231	DL/T 712	DL/T 712	GB/T 5231	GB/T 5231-2001		GB/T 3625		GB/T 36201

常用不锈钢凝汽器管适用水质参考标准 (参照 DL/T 712)

序号	Cl ⁻ mg/L	美国	德国	备注
1	<200	TP304、TP304L、 TP400		
2	<500		X5CrNi1810	
3	<1000	TP316、TP316L		
4	<2000		X2CrNiMo17122	
5	<5000	TP317、TP317L	X5CrNiMo17122	
6	海水	AL-6X、AL-6XN	X1NiCrMoCu25205	