



合同编号: TPRI/T8-CA-001-2004A

措施(方案)编号: TPRI/T8-MA-C01-2004

华能沁北电厂一号机组 锅炉化学清洗调试措施

西 安 热 工 研 究 院
电 站 启 动 调 试 技 术 研 究 中 心

二 零 零 四 年 七 月

受控状态:

受 控 号:

批 准: 李续军

审 核: 滕维忠

会 审: 周广仁

编 写: 裴 胜

目 录

1. 编制目的
2. 编制依据
3. 清洗质量目标
4. 系统及主要设备技术规范
5. 化学清洗范围及相关工作
 - 5.1 系统、设备清洗特性参数的计算和清洗范围与回路的划分
 - 5.2 清洗工艺
 - 5.3 清洗水容积及用水量的估算
 - 5.4 清洗药品用量估算
 - 5.5 化学清洗系统
 - 5.6 锅炉化学清洗临时系统设备、材料预算
6. 调试前应具备的条件
 - 6.1 安装要求
 - 6.2 通讯应具备下列条件
 - 6.3 酸洗化验间应具备的条件
 - 6.4 运行配合化学清洗应具备的条件
 - 6.5 监理工作
7. 调试工作程序
 - 7.1 临时系统水冲洗
 - 7.2 临时系统的冷态冲洗和水压试验
 - 7.3 临时系统的试运
 - 7.4 清洗系统升温、保温试验及热态水压

7.5 碱洗及碱洗后的水冲洗

7.6 酸洗

7.7 酸洗后的水冲洗

7.8 漂洗

7.9 钝化

7.10 化学清洗质量评定

7.11 废液处理

8. 组织分工

8.1 安装单位：

8.2 生产单位：

8.3 调试单位职责：

8.4 化学清洗的组织落实：

9. 安全注意事项

10. 附录

附录 1. 调试质量控制点

附录 2. 调试前应具备的条件检查清单

附录 3. 锅炉化学清洗交底记录

附录 4 化学清洗过程危险点控制对策及要求表

附录 5. 锅炉化学清洗临时系统设备、材料预算

附录 6. 化学清洗化验、试验记录表

附录 7 锅炉化学清洗系统示意图

附录 8 清洗操作阀门状态表

1 编制目的

- 1.1 为了清除锅炉设备、系统管道内表面在制造、运输、贮存、安装和水压过程中形成的氧化铁皮、锈蚀产物、焊渣、灰尘和杂物，以及制造厂为了保护系统、设备内表面而使用的防腐涂层或漆膜；
- 1.2 为了指导及规范锅炉化学清洗调试工作，保证热力系统、设备及人身安全；
- 1.3 为了改善机组运行的水汽品质，缩短试运周期，确保机组投用后的安全运行，遵照电力部有关导则和规范，在锅炉点火前，必须对锅炉本体进行碱洗和酸洗。

2 编制依据

- 2.1 《火力发电厂基本建设工程启动及竣工验收规程（1996 年版）》
- 2.2 《电力建设施工及验收技术规范》锅炉篇（1996 年版）、管道篇（1994 年版）、化学篇（2002 年版）
- 2.3 《火电工程调整试运质量检验及评定标准》（1996 年版）
- 2.4 《火电工程启动调试工作规定》（1996 年版）
- 2.5 《电力建设安全工作规程（火力发电厂部分）》DL 5009.1-2002
- 2.6 《火力发电厂锅炉化学清洗导则》（DL/T794—2001）
- 2.7 《工作场所安全使用化学品规定》劳部发[1996]423 号
- 2.8 《火力发电厂垢和腐蚀产物分析方法》SD 202-86
- 2.9 《电力建设安全健康与环境管理工作规定》国电电源[2002]49 号
- 2.10 《污水综合排放标准汇编》GB8978-1996
- 2.11 设备制造厂图纸和说明书
- 2.12 设计院图纸和设计说明书

3 清洗质量目标：

- 3.1 本化学清洗措施的制定充分征求和考虑了业主及监理的意见，并保证工作质量满足要求。
- 3.2 锅炉本体化学清洗达到优良标准：

3.2.1 清洗后的金属表面清洁，基本上无残留物和焊渣，无明显粗晶析出的过洗现象；

3.2.2 腐蚀指示片测量的金属平均腐蚀速度 $<8\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ； 腐蚀总量 $<80\text{g}/\text{m}^2$ ，除垢率 $>95\%$ ；

3.2.3 清洗后的表面应形成良好的钝化保护膜，保护膜完整，无点蚀及二次生锈。

3.2.4 固定设备、系统上的阀门、仪表等不应受到损伤。

3.2.5 酸洗废水排放达到有关标准、规范的要求。（pH 6~9，排水悬浮物 $\leq 10\text{mg}/\text{L}$ ，COD $\leq 150\text{mg}/\text{L}$ 等）。

3.3 水冲洗、碱洗应达到的质量标准

由于国家、电力行业对碱洗除油的质量标准没有统一规定,所以本次碱洗质量评定办法根据现场具体情况与电厂技术人员、监理共同协商后确定。

建议标准如下：除油率 $\geq 90\%$ 、腐蚀速率 $\leq 1\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

3.4 专业调试人员、化学清洗领导小组组长应按附录 1（调试质量控制点）对调试质量的关键环节进行重点检查、控制，发现问题应及时向分部试运领导小组汇报，以便协调解决。

4 系统及主要设备技术规范

4.1 机组设备简介

华能沁北电厂（ $2 \times 600\text{MW}$ ）工程，锅炉为东方锅炉（集团）股份有限公司与日本巴布科克-日立公司及东方日立锅炉有限公司合作设计、联合制造的 600MW 超临界本生直流炉。型号为 DG1900/25.4-II1，一次中间再热、单炉膛、尾部双烟道结构采用挡板调节再热汽温，固体排渣、全钢架结构，平衡通风、露天布置。

汽机是由哈尔滨汽轮机有限责任公司生产的 CLN600-24.2/566/566 超临界一次中间再热，单轴三缸四排汽凝汽式汽轮机。

4.1 锅炉主要参数

名 称	单 位	BMCR	ECR	BRL
过热蒸汽流量	t/h	1900	1660.8	1807.9
过热器出口蒸汽压力	MPa (g)	25.4	25.1	25.3
过热器出口蒸汽温度	℃	571	571	571
再热蒸汽流量	t/h	1607.6	1414.1	1525.5
再热器进口蒸汽压力	MPa (g)	4.71	4.15.	4.47
再热器出口蒸汽压力	MPa (g)	4.52	3.98	4.29
再热器进口蒸汽温度	℃	322	307	316
再热器出口蒸汽温度	℃	569	59	569
省煤器进口给水温度	℃	284	275	280

4.2 汽机主要参数

额定功率	600MW
最大功率	665.7MW
主蒸汽流量（MCR 工况）	1900 t/h
主蒸汽流量（TRL 工况）	1807.903t/h
主汽门前压力	24.2MPa
主汽门前温度	566 ℃
高压缸排汽压力	4.56MPa
高压缸排汽温度	316.9℃
再热汽门前压力	4.11MPa
再热汽门前温度	566 ℃
凝汽量（TRL 工况）	1525.463 t/h
冷却水温度	设计 20℃，最大 33℃
背压	4.9kPa（平均）
最终给水温度	280.4 ℃
给水流量	1807.903t/h

4.3 机组主要水汽流程：

自给水管路出来的水由炉前右侧进入位于尾部竖井后烟道下部的省煤

器入口集箱，水历经省煤器受热面吸热后，由省煤器出口集箱右端引出下水连接管进入螺旋水冷壁入口集箱，经螺旋水冷壁管、螺旋水冷壁出口集箱、过渡段水冷壁、混合集箱、垂直水冷壁入口集箱、垂直水冷壁管、垂直水冷壁出口集箱后进入水冷壁出口混合集箱汇集后，经引入管引入汽水分离器进行汽水分离，从分离器分离出来的水进入贮水罐排往冷凝器，蒸汽则依次经顶棚管、后竖井/水平烟道包墙、低温过热器、屏式过热器和高温过热器。

调节蒸汽温度的喷水减温器装于低温过热器与屏式过热器之间和屏式过热器与高温过热器之间。

从汽机高压缸排汽进入位于后竖井前烟道的低温再热器和水平烟道内的高温再热器后，从再热器出口集箱引出至汽机中压缸。再热蒸汽温度的调节通过位于省煤器和低温再热器后方的烟气调节挡板进行控制，在低温再热器出口管道上布置再热器微调喷水减温器作为辅助调节手段。

5 调试范围及相关工作

5.1 清洗系统特性参数的计算和清洗范围与回路的划分

5.1.1 省煤器、水冷壁系统材质和清洗流速计算

设 备	材 质	管 径	管根数	通流截 面 m ²	流 速 m/s		容积 m ³ 水压时	受热 面积 m ²	备 注
					1000 t/h	2000 t/h			运行流速
给水管道路	SA-106C	Φ508.0×73	1	0.1028	2.70	5.40			6.3 m/s
省煤器	SA-210C	φ50.8×7.1	168×4	0.7066	0.39	0.79	省煤器 系统 126	14010	
省煤器下 水管	SA-106C	φ457.2×62	1						
内螺纹螺 旋水冷壁	SA- 213T2	φ38.1×7.5	456	0.1910	1.46	2.92	水冷系 统 67	6270	
过渡段水									

冷壁									
垂直水冷壁管屏	SA— 213T2	$\phi 31.8 \times 9.1$	1368	0.1986	1.40	2.80			
启动分离器	SA— 336F12	$\phi 876 \times 98$	2	0.7259	0.38	0.77			
分离器 导汽管									
储水箱	SA— 336F12	$\phi 972 \times 111$	1	0.4415	0.63	1.26			
储水箱出水管	SA— 336F12	$\phi 457.2 \times 72$	1	0.0779	3.57	7.13			
合计							213	20280	

5.1.2 清洗系统和范围的划分

5.1.2.1 范围和水容积

部分给水管道、省煤器、水冷壁系统、分离器、储水箱。

清洗系统水容积见下表

设备系统	临时清洗箱	省煤器系统	水冷壁系统	启动分离器和储水罐	临时系统	合计
水容积 m^3	15	126	67	20	25	253

5.1.2.2 清洗回路

◆清洗回路一：

临时清洗箱→清洗泵→临时管道及流量计→主给水管流量孔板临时管道→给水操作台→省煤器→螺旋水冷壁→过渡段水冷壁→垂直段水冷壁→启动分离器→储水箱及下水管→回液母管→临时清洗箱

清洗循环流量控制在 280~400t/h 此时以上各个部件总的清洗流速在 0.4~0.6m/s 之间。水容积约为 100m³。

◆清洗回路二：

临时清洗箱—→清洗泵—→临时管道及流量计—→主给水管流量孔板临时管道—→给水操作台—→省煤器—→省煤器单根下水管分配集箱、螺旋水冷壁下联箱—→手孔接临时管(共六根 $\Phi 150\times 7$)—→支母管、流量计—→回液母管—→临时清洗箱

清洗循环流量控制在 1000t/h 左右, 此时的清洗流速约为 0.4m/s。水容积约为 136m³。

◆ 过热器反冲洗回路:

凝结水补充水箱、水泵—→凝汽器水箱—→凝结水泵—→低压加热器旁路—→#5 低压加热器出口至循环水出口管 $\Phi 273\times 7$ —→临时管道、阀门—→高压缸主汽门—→过热器系统—→启动分离器—→储水箱下水管—→回液母管—→机组排水槽

5.1.2.3 除盐水补充回路

除盐水箱、水泵—→补水母管—→凝结水补充水箱、水泵—→凝汽器—→凝结水泵—→#5 低加出口至循环水出口管逆止门—→临时管道—→临时清洗箱

除盐水箱、水泵—→补水母管—→凝结水补充水箱、水泵 —→临时管道—→临时清洗箱

除盐水箱、水泵—→补水母管—→凝结水补充水箱、水泵—→临时管道—→加药箱冲洗水、安全淋浴器、现场冲洗水源

5.1.2.4 辅助蒸汽加热回路

启动锅炉—→辅助蒸汽联箱(0.8MPa—1.3MPa、320℃、20t/h)—→临时清洗箱中加热蒸汽管

5.1.2.5 碱洗、酸洗药品加入

◆ 碱洗除油剂

碱洗除油剂由清洗箱上部的加药孔直接倒入。

◆ 缓蚀剂和柠檬酸

缓蚀剂在系统温度为 70℃ 由清洗箱上部加药孔加入。将柠檬酸也由清洗箱上部加药孔加入清洗箱。采取边加药、边循环溶解的方式。

5.1.2.6 氨水的贮存和加入

4m³ 药液箱—→加药泵 / 自流管道—→临时清洗箱。

将适量的氨贮存在 5m³ 药液箱中，通过加药泵或自流加入清洗箱。

5.1.2.7 双氧水储存、加药

4m³ 药液箱，将双氧水汇集到此箱中，由加药泵或自流加入清洗箱。

5.1.2.8 废液贮存、处理及排放

冷态、热态冲洗水和部分漂洗液可以排入厂区排水系统。柠檬酸清洗废液、首次和第二次冲洗排水、钝化液应先排入机组废水储存槽，然后排入煤厂，或输送到灰场。

5.2 清洗工艺

5.2.1 清洗工艺

◆碱洗：1%A5 除油剂、0.04%消泡剂、50±5℃、4~6 小时

◆柠檬酸洗： 5%柠檬酸、0.5%SHT-369 缓蚀剂、0.2%氟化铵、pH3.5~4.0、90±5℃、6 小时

◆钝化： 0.2%柠檬酸、0.2%双氧水、pH9.0~10.0、50±5℃、4~6 小时

5.2.2 水冲洗

采用大流量置换的方式用除盐水将酸洗液顶出。冲洗终点控制为：电导率≤50 μS/cm，总铁离子含量小于 50ppm。时间控制在三小时以内。

5.2.3 漂洗

在当冲洗时间大于 3 小时或监视管段显示清洗表面出现浮锈时，应进行漂洗：0.2%柠檬酸、0.1%缓蚀 SHT-369、pH3.5~4.0、70±5℃、2 小时；漂洗液中铁离子浓度应小于 300ppm，大于此值时，应用热的除盐水进行置换，到出水铁离子小于此值后，方可进行钝化。

5.2.4 钝化后的水冲洗

当钝化液中总铁离子浓度小于 100ppm 时，可以不冲洗。

将清洗箱中除盐水的 pH 调节在 9.0~9.5 之间，对系统进行冲洗。

5.3 清洗用水量的估算

步 序	水量(m ³)	备注
清洗系统的冷态冲洗	500	除盐水
清洗系统升温、保温试验 及热态水压、冲洗	750	除盐水
碱 洗	300	除盐水
碱洗后的水冲洗	750	除盐水
柠檬酸酸洗	300	除盐水
酸洗后的水冲洗	750	除盐水
漂洗、钝化	300	除盐水
总用水量	3650	

5.4 清洗药品用量估算

序号	名 称	标 准	一台锅炉数量	备注
1	高效除油剂 A5		2530 kg	
2	消泡剂		101.2 kg	
3	氨 水	GB536-88 工业 纯、25%	5000 kg	
4	联 氨	ZB G14001-90 一等 品(40%)	500 kg	
5	缓蚀剂 SHT-369	小型试验验收、腐蚀 速率 $\leq 6 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$	1350kg	※
6	柠檬酸	GB/T8269-1998 食用 纯、固体(>99%)	12500 kg	含一个水 分子
7	过氧化氢溶液	GB1616-1998 优级 $\geq 27.5\%$	2000 kg	
8	氟化铵 / 钠	工业纯	506 kg	
9	异抗坏血酸钠	固体、医用	500 kg	

注：碱洗使用的除油剂、酸洗中使用的缓蚀剂品种将通过动态小型试验验证其性能。通过小型试验还将确定本次酸洗的基本工艺控制参数和控

制点。“化学清洗小型试验报告”将作为化学清洗措施的必要文件在实施清洗前提供。

5.5 化学清洗系统及临时设备

5.5.1 清洗系统见附录七 “机组锅炉化学清洗临时系统示意图”

5.5.2 清洗平台参见“清洗平台尺寸及接管示意图”

5.5.3 监视管制作加工图参见“监视管制作加工图”

5.5.4 制作腐蚀指示片。省煤器 SA—210C 钢、水冷壁系统 SA—106C、SA—213T2、SA—335P12、分离器 SA—336F12 钢腐蚀指示片各 20 片（共 100 片）。

5.6 锅炉化学清洗临时系统设备、材料预算

见附录四“锅炉化学清洗临时系统设备、材料预算”。

6 化学清洗前应具备的条件

化学酸洗工作正式开始以前，调试人员应按附录 2（调试前应具备的条件检查清单）所列内容对酸洗应具备的条件进行全面检查，并做好记录。

6.1 安装应具备的条件和要求

6.1.1 参与化学清洗的系统及设备应按设计要求安装完毕，转动设备试运转完毕，炉膛具备封闭条件。灰斗水封具备投入条件。

6.1.2 凡是不参加化学清洗的设备和系统应与化学清洗系统完全隔离，隔离系统如下：

6.1.2.1 排气、充氮一次门外，用于清洗时排放空气和氢气；

6.1.2.2 锅炉蒸汽吹灰及空气预热器蒸汽管道一次门以外系统；

6.1.2.3 水压范围内的热工测点、水位、压力取样一次门以外系统；

6.1.2.4 锅炉加药、排污、疏放水、取样等一次门以外的系统；酸洗过程中，在酸液排放后的水冲洗、钝化、钝化液排放及其冲洗过程中，可以打开以上系统的一次门将其中存液放出并适当冲洗；

6.1.3 化学清洗所用的药品按“沁北发电厂锅炉化学清洗预算”中“药品清单”之要求备齐。在运输及贮存中防止包装破损，应严格分类堆放，不得混杂。并应在室内贮存，防晒、防火、防水。

6.1.4 为了保证重大关键设备的安全，可靠运行，有关专业应根据本次化学清洗的工艺要求制定相应的操作措施和反事故措施。参加化学清洗的值班人员应分工明确，各负其责，服从统一指挥，不得擅自离职守。

6.1.5 现场检修人员应备齐抢修器材和工具，柠檬酸洗、或双氧水钝化阶段，现场必须有值班医生，并备齐专用的急救药品。清洗过程中，应备如下有急救药品：

0.2%硼酸溶液、0.5%碳酸氢钠溶液、2%~3%重碳酸钠和碳酸钠溶液各 5L、凡士林 250g 和饱和石灰水 50L。

6.1.6 化学清洗临时系统及设备应按“化学清洗临时系统示意图”、“临时设备加工图”的要求进行加工和安装，所有临时系统 / 设备的安装应按正式设备和管道安装要求进行。临时管道要求氩弧焊打底，然后满焊。

6.1.7 化学清洗中所用的阀门，应进行解体检修，使用耐酸 / 耐热盘根，进行水压试验，以确保清洗过程中不发生泄漏，门芯脱落等事故。门芯与门杆联接部位的顶丝一定要顶死，必要时应用电焊点焊。

6.1.8 化学清洗泵应解体检修、使用耐酸、耐热盘根。酸泵，加药泵均应解体检修，盘根必须为耐腐蚀盘根。

6.1.9 在顶棚过热器进汽管最高点排气阀门出口管上接塑料软管，引到就近的正式排水槽，将系统充水和酸洗期间的定期排气的排出液引流到 0 米机组排水坑。

6.1.10 水冲洗、碱洗、柠檬酸清洗系统接口

◆从 #5 低压加热器出口至循环水出口管（ $\Phi 273 \times 7$ ）的适当位置，接出凝结水泵反冲洗过热器系统的临时管段 $\Phi 159 \times 4.5$ ；在高压缸两个主汽门处，接入反冲洗进水管段 $\Phi 159 \times 4.5$ ；

◆在 #5 低压加热器出口至循环水出口管（ $\Phi 273 \times 7$ ）的适当位置接

出凝结水泵到清洗箱的补充水管；

◆酸洗阶段在在储水箱上接临时液位计，进行添加药剂过程中控制分离器液位；正常清洗时，不用对分离器和储水箱液位进行监视，满液位清洗，定时打开排气门，排放气体。清洗过程中的进酸后、排酸后、水冲洗后分别对过热器进行反冲洗；

◆在省煤器联箱、水冷壁分配联箱的每个手孔处接临时管 $\Phi 159 \times 4.5$ ，到回液母管 $\Phi 325 \times 9$ ，作为省煤器回路出水管；

◆酸洗时，给水管流量孔板处上侧接清洗泵来临时管 $\Phi 377 \times 9$ ；

◆由储水罐底部放水管水压堵板处接 $\Phi 325 \times 9$ 临时管到回液母管和临时清洗箱形成回路；

◆从辅助蒸汽联箱备用管口或就近蒸汽管道接临时管道至清洗箱加热蒸汽管， $\Phi 159 \times 4.5$ ；

◆在凝结水补充水泵出口管道上的恰当位置开口，接到临时清洗箱的除盐水补水管；

◆从凝结水补充水泵出口管道上的恰当管口接 $\Phi 89 \times 4$ 的临时管道，作为清洗药液箱及安全淋浴器的冲洗水源。

6.1.12 临时系统的管道安装前，应检查其内部有无杂物，如有，清理干净后再进行安装。临时系统应进行保温。化学清洗的临时管道应向酸洗临时系统图中标出的最低点处倾斜（千分之三的坡度）。在最低点处加装低位放水管。蒸汽管道，临时系统中与清洗液接触的的所有焊口应氩弧焊打底。

6.1.13 加热蒸汽从辅助蒸汽联箱来汽，汽源为启动锅炉或#1炉辅助联箱。要求装两道阀门，两道门之间装一块压力表，蒸汽管道上应安装疏水管。蒸汽压力 $0.8 \sim 1.3 \text{ MPa}$ ，流量为 $20 \sim 40 \text{ t/h}$ ，辅汽联箱和蒸汽管道应有联络阀门。

6.1.14 将水汽系统各部件连箱上设置的排气阀和冲氮阀作为排气和排 H_2 门。

6.1.15 铜芯阀门只安装在蒸汽管道和除盐水管道上，不允许将铜芯阀门装于与酸液接触的系统中。也不允许铜芯阀门装于浓碱管道。铁芯阀门装于清洗系统中。衬胶隔膜阀装于浓酸液泵出口的管道上；衬胶直通阀装于药液箱出口、浓酸泵入口的管道上。

6.1.16 两台药液泵能可靠的输送药液。

6.1.17 厂用电系统能确保化学清洗用电可靠供给，锅炉进酸后不允许电源中断。

6.1.18 安全水源(靠近清洗操作台的自来水)24小时不得断水，化学清洗的安全防护用品配备齐全，并已运至施工现场。

6.1.19 化学清洗现场应有充足的照明，地面平整，道路畅通。

6.1.20 为了防止除盐水供水不及，在酸洗时 300 立方米凝结水补充水箱先贮满水，凝汽器水箱（约 1500m³）储满除盐水。从凝结水补充水泵出口接一根Φ219×6 的临时管至清洗箱，在冲洗时，除盐车间直接供除盐水，同时用凝结水补充水泵向清洗箱补充除盐水。所以在化学清洗时，凝结水补充水箱及凝结水补充水泵应能够投入运行。

6.1.21 此次化学清洗废液处理在废水池中，酸洗开始前机组废水池交验完工，（5×1000m³）其处理系统试运完毕，具备正常投用条件。

6.1.22 凝汽器刚性支撑、各级过热器水压期间各部件支吊架的刚性固定装置在化学清洗期间不去掉，如强度不够应安装临时加固设施。

6.1.23 清洗系统图已挂于施工现场，管道设备应标明清洗液的流动方向、阀门编号挂牌完整。

6.1.24 临时施工电梯要有人 24 时值班。

6.2 通讯应具备下列条件。

6.2.1 酸洗值班室、炉顶值班室和集控室的直通电话应安装好，联络可靠，并配备足够的对讲机。

6.2.2 酸洗临时值班室需安装全厂直拨电话一台。

6.3 酸洗化验间应具备的条件。

6.3.1 酸洗临时化验间面积不小于 15 平方米，防雨、防尘、防砸、防盗并靠近化学清洗系统。

6.3.2 使用条件：桌子两张，长凳两个，电源板一块(15A、220V 两孔插座 3 个三孔插座 2 个)，40W 日光灯两个，距临时化验台(桌面)高度为 1100~1300mm。

6.4 电厂配合化学清洗应具备的条件。

6.4.1 化学车间能够保证连续供水，供水能力不小于 $800\text{m}^3/\text{h}$ 。为此除盐水箱在清洗前应贮满除盐水，将除盐设备再生好备用。

6.4.2 有关化学清洗化验的分析仪器、仪表、药品试剂应准备充足，化验人员应熟悉化验方法，并能准确、快速地进行化验工作。

6.4.3 本次化学清洗用水、用汽由电厂可靠供给，并配合供给化学清洗试验用药品。

6.4.4 配合调试人员对药品进行检验。

柠檬酸、双氧水、氨水、Vc 应抽样检查、化验，缓蚀剂每桶抽取 5-10ml 混合后化验，其它常规药品要检查合格证或检验报告，记录生产厂家、出厂日期、药品浓度、检验人员姓名等并记录验证人姓名、日期。

6.5 监理工作

化学清洗方案/措施经监理审核批准。实施酸洗前、中、后的各部工作须经监理监督、确认。

7 化学清洗工作程序

清洗技术方案确认→清洗措施编制→清洗临时设备、系统的安装→清洗前应满足条件的确认→过热器反冲洗→清洗泵试运、临时系统冲洗及水压试验→系统冲洗及升温试验→碱洗及冲洗→酸洗、钝化及废液处理→清洗质量评定→文件整理、签署及归档

7.1 清洗系统的水冲洗(与锅炉等正式系统联接的一次门关闭)

◆过热器反冲洗：

启动凝结水泵反冲洗过热器，从储水箱排水管道取样点取样，冲洗到出水澄清，基本无色。

◆清洗箱冲洗:

凝汽器水箱→凝结水泵→低压加热器旁路→#5 低压加热器出口至循环水出口管 ($\Phi 273 \times 7$) 逆止门→临时管道→临时清洗箱→清洗箱排放管→排放母管→厂区排水系统。

◆清洗系统冲洗:

凝汽器水箱→凝结水泵→低压加热器旁路→#5 低压加热器出口至循环水出口管 ($\Phi 273 \times 7$) 逆止门→临时管道→临时清洗箱→临时清洗泵→进液母管→省煤器→水冷壁系统→分离、储水罐→下水管(回路一)→省煤器回液管(回路二)———→回液母管→排液母管→厂区排水系统。

先冲洗回路二:向清洗箱(给水箱)上除盐水,至水位 2/3 时启动清洗泵进水,经省煤器和水冷壁分配联箱经临时管到回液母管,走排放管路排水到厂区排水系统和废水储存池(当排水系统排不及时)。冲洗流量控制在 1000t/h 左右。

再冲洗回路一:向清洗箱(给水箱)上除盐水,至水位 2/3 时启动清洗泵进水,经省煤器、水冷壁和分离器系统道回液母管,走排放管路排水到厂区排水系统和废水储存池(当排水系统排不急时),但流量应保持在 400t/h 左右。

结合临时系统的水冲洗和水压试验,试转凝结水泵和清洗临时泵,调校流量计,利用系统循环试转 4—8 小时,并使之具备投用条件。

7.2 清洗系统的水压试验

向清洗系统上水,在过渡段水冷壁连箱放气阀门、垂直水冷壁连箱放气阀门和顶棚过热器联箱进气管最高点排气门出监视排气出水情况,满管排水 5 分钟后关闭各处排气阀们。并建立下述循环循环。

临时清洗箱→清洗泵→进液母管→回路 I、回路 II→回液母管→清洗泵 / 清洗箱。

循环建立后，缓慢关闭回液总门，同时关闭过热器反冲洗进水门。记录进回液母管压力表所示之压力，当压力升至泵出口最高压力时开始计时，检查各除焊逢和各个阀门，如无渗漏，10 分钟后可确认合格；如有渗漏泄压、放水后处理，重新试验直至合格。

7.3 临时系统的试运

◆加药系统冲洗：药液箱进水，启动加药泵利用再循环管道、运转 2 小时以上，检查密封和轴承温度应无异常。

◆加热蒸汽由启动锅炉到#1 机组辅助蒸汽联箱，投用给水箱蒸汽加热管道之前，先进行蒸汽吹洗和压力试验。

◆机组废液储存槽空气搅拌系统、加药、循环以及废液排放泵试运工作完成，能够正常投入使用。

7.4 清洗系统升温、保温试验及热态冲洗、水压

试验前应确认炉膛各处人孔、看火孔、检修孔已全部封闭，冷渣斗水封可以投入使用并采取措施将炉底密封，烟、风道挡板已全部关闭，要求挡板指示与实际位置相符。

启动两台清洗泵，以 1150t/h 的流量建立回路 I 与回路 II 的整体循环，投入清洗箱加热蒸汽进行升温，要求在每小时内升温速度在 15℃ 以上，统计加入蒸汽量及参数。当回液度达到 95℃ 时，停止加热保持循环，若每小时温降不超过 5℃ 则保温合格。调节加热蒸汽量，使系统循环温度保持在 90±5℃ 以内循环 2 小时。

关闭回液门，保持压力 10 分钟，检查焊封和阀门的严密情况，如有渗漏，泄压、放水后处理，重新试验直至合格。

◆ 清洗系统循环回路入下：

```

临时清洗箱—→临时清洗泵—→进液母管—→省煤器—→水冷壁
系统—→分离、储水罐—→下水管(回路一)          |——→省煤器回
液管(回路二)———|———→回液母管—→临时清
洗箱
    
```

7.5 碱洗及碱洗后的水冲洗

将系统中升温试验的水排放，再将系统上满水，建立开式循环，投入加热蒸汽升温，当回液温度为 50℃时停止加热，系统再循环 20 分钟进出口温度基本相同时可以加药。

回路一中的流量控制在 250t/h 以内，回路二 I 中的流量控制在 900t/h 以内。在半小时内，通过清洗箱上部加药孔向系统内加入碱洗除油药品 A5 除油剂 2.5 吨，视清洗箱中泡沫的多少，适量加入消泡剂 100 公斤。当系统加药完毕循环 10 分钟后开始计时，碱洗开始。将系统循环切换为下述不带清洗箱的闭式循环。

临时清洗泵 → 进液母管 → 省煤器 → 水冷壁系统 → 分离、储水罐 → 下水管(回路一) → 省煤器回液管(回路二) → 回液母管 → 临时清洗泵

碱洗结束后，全开各处排水放气门，大流量排放碱洗液。排空后，上水冲洗排放到出水 pH 值小于 8.0。

启动凝结水泵以 100t/h 的流量反冲洗过热器 10 分钟左右。

7.6 酸洗

系统上满水，建立带清洗箱的开式循环，回路一中的流量控制在 250t/h，回路二中的流量控制在 900t/h。投入加热蒸汽，升温准备柠檬酸清洗。

当回液温度达到 70℃时减小加热蒸汽量，加 SHT-369 缓蚀剂 600 公斤，循环均匀后开始加柠檬酸。将柠檬酸加入清洗箱，同时加氨水调节 pH 值。此过程中将剩余 410 公斤缓蚀剂加完。取样检测系统进出口的柠檬酸浓度。继续升温到 95℃。

检测液样的 pH 值，应在 3.5~4.0 之间。当进出口水样 pH 值稳定在 3.5~4.0 之间后，酸洗开始计时。投入监视管路。每半小时取样分析全铁离子和柠檬酸浓度。

维持系统循环温度在 $90 \pm 5^\circ\text{C}$ 以内。回路一中的流量控制在 250t/h，回路二中的流量控制在 900t/h。当 2~3 次连续回液取样全铁含

量趋于平衡后，可以结束酸洗。一般控制时间不少于 6 小时。柠檬酸液浓度不应低于 1.5%。

从监视管段中取出腐蚀速率监视指示片，用除盐水冲洗后，迅速放入到无水乙醇中，表面干燥后放入干燥器准备称量。

7.7 酸洗后的水冲洗

酸洗结束后，关闭临时系统与正式系统的阀门，先将临时清洗箱和清洗泵出口管路系统中的废酸液全部排放空；并冲洗到出水到电导率小于 $100 \mu\text{S}/\text{cm}$ 。上水冲洗时将加热蒸汽投入，使冲洗水温度尽可能的升高。

启动清洗泵以 $1000\text{t}/\text{h}$ 的流量置换冲洗柠檬酸清洗液。取样分析冲洗水样，当总铁 Fe 离子含量小于 30ppm 、电导率小于 $50 \mu\text{S}/\text{cm}$ 时，视为冲洗合格，开回液总门，同时关闭总排放门，建立整体循环加热升温。

置换冲洗初期，启动凝结水泵，以 $250\text{t}/\text{h}$ 的流量反冲洗过热器 10 分钟左右。

7.8 漂洗

当冲洗时间大于 3.5 小时或监视管段显示清洗表面出现浮锈时，应进行漂洗过程：0.2% 柠檬酸、0.1% 缓蚀剂 SHT-369、氨水调 pH3.5~4.0、 $70 \pm 5^\circ\text{C}$ 、2 小时；漂洗液中铁离子浓度应小于 300ppm ，大于此值时，应用热的除盐水进行置换到铁离子小于此值后，方可进行钝化。否则，可以不进行漂洗直接进入钝化过程。

漂洗后对过热器反冲洗， $250\text{t}/\text{h}$ 的流量 10 分钟左右。

7.9 钝化

7.10.1 系统冲洗排水合格后，建立开式循环，回路中的流量与柠檬酸清洗相同。投入蒸汽加热。加入 500 公斤柠檬酸后，用氨水调 pH 为 9~10，加入双氧水 2000 公斤。升温达到 50°C 后，开始钝化计时。4 小时后结束。

7.10.2 钝化后的水冲洗

如果钝化液中铁离子浓度小于 100ppm ，则钝化结束排放钝化液后，可以不冲洗系统。否则应按下述要求对清洗系统进行水冲洗。

先将临时系统冲洗干净。除盐水氨水调节 pH 在 9.0~9.5 之间，将系统冲洗一遍。

割除、拆卸与锅炉正式系统连接的临时管段和阀门，打开各部件连箱和管道上的放气阀，进行炉内余热烘干。

7.10 化学清洗质量评定

7.10.1 取样

取水冷壁、省煤器管各 150mm，用于酸洗效果 / 质量评定。取样时应用手工锯，不允许用火焊割取，将管样剖开并用干净纸包好，剖开时不许使用润滑剂，管样内不许沾水和油污等杂质。割取管样的位置现场与业主、安装公司确定。

7.10.2 检查

打开省煤器出水分配集箱、过渡段水冷壁联箱、水冷壁进口集箱手孔，目视检查集箱内表面的清洗质量。有条件时可以用光导纤维对内表面清洗状况观察和照相。如果认为此项检查可以替代割管检查或替代部分部件、位置的割管检查，可以不割或少割管。

7.10.3 根据管样和腐蚀指示片所计算的腐蚀速率进行质量评定。

7.11 废液处理

冷态冲洗，碱洗废水经废水池排放。柠檬酸清洗废液、首次和第二次冲洗排水、钝化液应先排入机组废水储存槽，然后排入煤厂，或输送到灰场。

8 职责分工

按照《火力发电厂基本建设工程启动及竣工验收规程（1996 年版）》规定，参建单位各方职责如下：

8.1 安装单位：

8.1.1 负责分系统试运的组织工作，

8.1.2 负责系统的隔离工作。

8.1.3 负责试运设备的检修、维护及消缺工作。

8.1.4 准备必要的检修工具及材料。

8.1.5 配合调试单位进行分系统的酸洗工作。

8.1.6 负责该系统分部试运后的签证工作。

8.1.7 负责临时设备的加工及系统的连接和恢复

8.2 生产单位：

8.2.1 负责正式设备、系统的启停，运行调整及事故处理。

8.2.2 负责正式设备、系统挂牌工作。

8.2.3 负责正式设备、系统的巡检及正常维护工作。

8.2.4 接受清洗单位委托，负责清洗过程中的化验工作。

8.3 调试单位：

8.3.1 负责试运措施（方案）的编制工作，并进行技术交底。

8.3.2 准备有关测试用仪器、仪表及工具。

8.3.3 负责清洗工作的技术指挥工作。

8.3.4 负责试验数据的记录及整理工作。

8.3.5 填写试运质量验评表。

8.3.6 参加分部试运后的验收签证。

8.3.7 编写调试报告。

8.4 化学清洗的组织落实：

本次化学清洗的临时系统比较复杂，涉及永久设备及系统较多，需要各专业和施工单位及生产部门的密切配合。在化学清洗中所使用的化学药品不仅数量大，而且有多种危险品，热酸液对人体有强腐蚀性，而氨水是刺激性毒性较高的化学药品。清洗期间现场施工人员多，施工明火作业多，为了确保本次化学清洗安全顺利进行，请各单位、各部门严加管理，密切配合，确保化学清洗工作从进酸开始后到钝化结束的每一步工艺一环紧扣一环，不出差错，从而保证化学清洗的成功和优良的清洗质量。为此建议成立化学清洗指挥组，下设清洗技术组，电厂运行组和基建综合组。化学清洗指挥组应由沁北电厂、施工单位，热工院调试中心有关领导和人员组成，负责协调工作和重大问题的决策，并直接领导下属三个小组进行工作。

A. 清洗技术组：

由沁北电厂技术人员、电建公司技术人员、调试中心技术人员组成，负责本次化学清洗中的技术问题。

(1) 电厂运行侧重永久设备的操作化验和分析；

(2) 施工单位侧重临时设备的操作以及所管辖系统、设备的检修、维护及后勤安全保障工作；

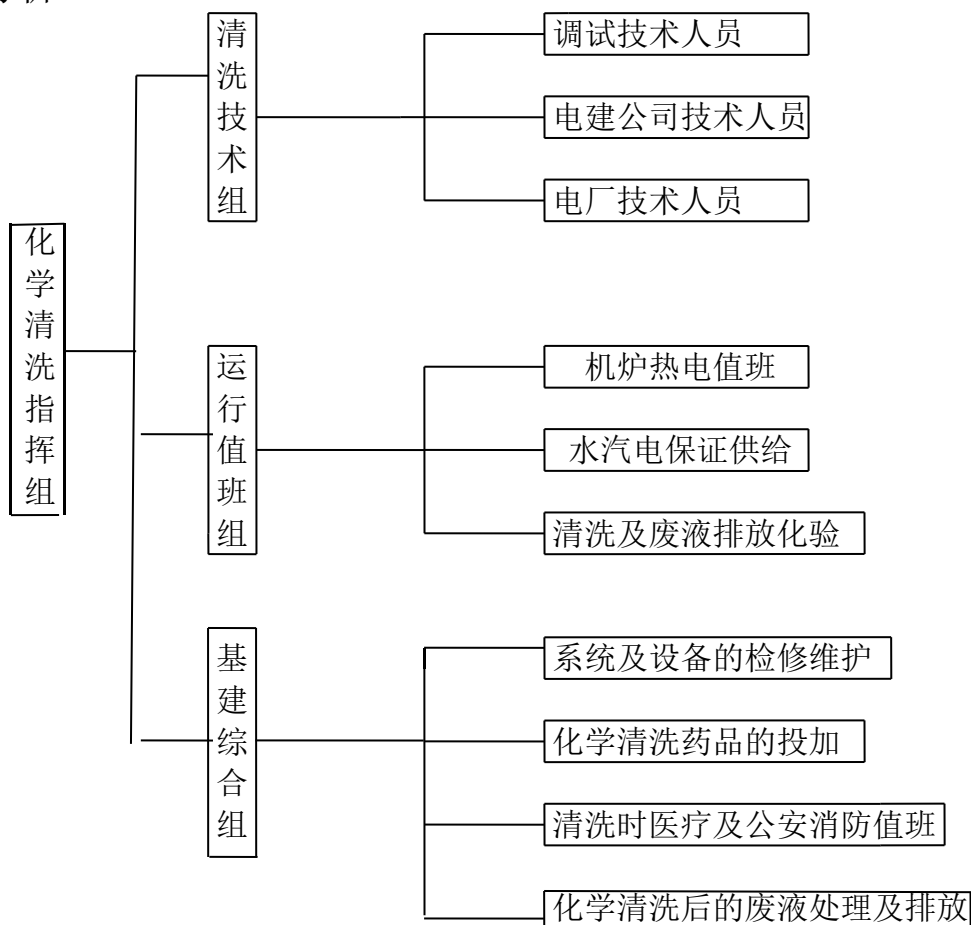
(3) 调试中心负责编制化学清洗工艺措施，化学清洗前的技术交底，负责清洗工艺过程中的全面技术指导，在紧急事故状态下提出对策并有权发布命令。

B. 运行值班组：

由电厂化学、电气、锅炉等专业人员组成。

(1) 负责供给除盐水、送电、送汽等工作；

(2) 负责化学清洗全部分析项目的分析化验工作，并配合废液处理的化验分析。



化学清洗组织结构图

C. 基建综合组：

由施工单位所属锅炉、电气、热工、汽机等专业组成

- (1) 系统及设备的检修维护；
- (2) 化学清洗药品的投加；
- (3) 清洗时医疗及公安消防值班；
- (4) 化学清洗后的废液处理及排放。

9 安全注意事项

9.1 参加调试的所有工作人员应严格执行《安规》及现场有关安全规定，确保调试工作安全可靠地进行。

9.2 清洗现场应道路通畅照明充足、并设有警示围栏，张贴“严禁烟火”、“非清洗工作人员请勿入内”等警告牌。酸洗作业区应用警戒线隔离，无关人员不得入内。

9.3 如在调试过程中发现异常情况，应及时调整，并立即汇报指挥人员。

9.4 清洗全过程均应有各专业人员在岗，并服从指挥，以确保设备运行的安全。

9.5 酸洗过程中(从进酸开始)，炉顶排氢区，清洗箱周围不允许动用电火焊。

9.6 清洗操作台、临时化验间、值班室上方禁止有高空作业，以防止高空坠物。

9.7 清洗期间现场应有医务人员值班，及时处理受伤人员。

9.7.1 酸液溅到皮肤上应立即用清水冲洗，并用 2%碳酸氢氨中和并涂上凡士林。

9.7.2 酸液溅到眼睛里应立即用清水冲洗，并用 0.5%碳酸氢钠中和后用水冲洗干净。

9.8 在进行加氨，加双氧水作业时，应戴防护眼镜、口罩、手套或防护面具，站在上风口。

9.9 现场应配备防酸服、胶鞋、面罩。胶皮手套，酸洗阶段抢修中必须配带上述劳保用品。

9.10 清洗现场要准备必要的消防设施和消防器材。

9.11 值班室备有铁丝、抱箍、耐酸胶皮等用于抢修消缺的材料及工具，并准备 25kg 袋装石灰粉 1 吨。用于现场中和泄漏的酸液。

10 附录

附录 1 调试质量控制点

机组名称：沁北电厂____号机组

专业名称：化学

系统名称：锅炉本体清洗

调试负责人：

序号	控制点 编号	质量控制检查内容	检查日期	完成情况	专业组长 签名
1	QC1	调试方案的编写是否完成、并经试运指挥部批准			
2	QC2	调试仪器、仪表是否准备就绪			
3	QC3	调试前的条件是否具备			
4	QC4	调整试验项目是否完成			
5	QC5	调试记录是否完整； 数据分析处理是否完成			
6	QC6	调试质量验评表是否填写完毕			
7	QC7	调试报告的编写是否完成			

其它需要说明的问题：此表为化学清洗全过程质量检查控制表，在清洗结束前作为过程工作指导，清洗完成后作为记录保存。

附录2 清洗工作开始前应具备的条件检查清单

编号	检查内容	要 求	检查日期	检查结果	备 注
1	清洗工作计划排定	过程、时间确定			
2	清洗措施经过各专业三级交底（分公司、工地、班组）	交底的时间、地点、交底 / 被交底人签字，交底的主要内容和安全注意事项			
3	临时系统安装	全部结束，监理质量检查和抽检合格			
4	泵的试转	按正式试运要求，试运合格			
5	酸洗药品检验	数量、质量符合要求			
6	系统打压	合 格			
7	水源及热源供给	经试验满足酸洗温升和保温要求			
8	试运现场道路	道路畅通、照明充足、事故照明可靠			
9	试运现场通讯设备	方便可用			
10	消防器材	数量足够			
11	检修人员（包括电气、热工人员）	数量足够 经过培训			
12	检修工具和材料	数量足够			
13	运行工具 记录表格	准备就绪			
14	测试仪器、仪表	准备就绪			
15	卫生、安全防护设施和设备 准备齐全	轴流风机、防毒面具（酸型）、防酸、 防碱服装			
说明：					

调试负责人：

年 月 日

专业组长：

年 月 日

附录 3 沁北电厂 _____ 机组锅炉化学清洗交底记录

机组名称: 沁北电厂 机组

专业：化学

交底时间		交底级别		调试负责人	
地 点				交 底 人	
参加人员签名：					
技术交底内容：					
备注：					

附录 4 化学清洗过程危险点控制对策及要求表

(化学清洗过程安全控制措施)

序号	危险点描述	拟采取的安全措施	安全措施实施要求	备注
1	清洗泵掉电	关闭清洗箱回液门，防止清洗箱溢流	液位监视人员负责快速关闭回液门	
2	系统焊缝细微泄漏	用耐酸、耐温塑料带扎紧、封堵	避免泄漏液溅入眼内，穿戴防护用品	
3	系统焊缝明显泄漏	停止系统循环，补焊堵漏	排空管道或排空管内气体焊接、防止管内氢气爆炸	
4	烫伤	清洗管道保温良好，人行过道和操作点无裸露清洗、蒸汽管道，戴放烫手套操作	清洗实施前检查	
5	氨水吸入、	加药时现场用轴流风机排气、操作人员戴防护面具	操作前检查前述要求的具备情况	
6	化学药品混杂引起燃烧、爆炸	分开储存、放置双氧水、氨水		
7	明火、热源引起化学药品燃烧、爆炸	搬运、添加 / 双氧水时严禁烟火，与高温热源隔离		

附录 5 沁北电厂锅炉化学清洗阀门等材料预算

1、清洗箱 15m³ 1 台 (按图加工)

2、清洗泵

Y 型泵 Q=600~800m³ / h 、 180mH₂O (电机由清洗泵生产厂家配套提供)，2 台

3、药液箱 4m³ 1 台

4、氨液箱 4m³ 1 台

5、药液输送泵 2 台 (电机由浓酸泵生产厂家配套提供)

型号 80FS—36 Q=32~68m³ / h H=98mH₂O

6、耐酸压力表 0~2.5MPa 5 块

0~1.0MPa 1 块

7、流量计

超声多普勒流量计 LDZ-1J 0~2000t/h 1 套

超声多普勒流量计 LDZ-1J 0~1000t/h 1 套

8、浮子流量计 LZ—40 2.5MPa 2 套

9、普通压力表 0~2.5MPa 2 块

10、酒精温度计 0~150℃ 5 支

11、聚乙烯塑料管（或 ABS 管） $\phi 1''$ 100 米

12、聚四氟乙烯(或柔性石墨)盘根 2 公斤（用于浓酸泵，清洗泵）。

13、清洗箱液位计考壳 $\phi 3 / 4''$ 4 付

14、玻璃管 $\phi 3 / 4''$ 10 米

15、胶皮管(安全水管)1 寸 50 米

16、阀门：

16.1 铁芯截止阀用于清洗系统即与酸液接触的系统

J41W—25 DN400 7 个

J41W—25 DN350 4 个

J41W—25 DN300 2 个

J41W—25 DN250 1 个

J41W—25 DN200 1 个

J41W—25 DN150 8 个

J41W—16 DN80 6 个

J41W—16 DN50 3 个

J41W—25 DN32 1 个

J41W—25 DN25 3 个

16.2 楔式闸阀

Z41H—25 DN400 1 个

Z41H—25 DN150 1 个

Z41H—25 DN80 2 个

16.3 铁芯止回阀

H44W—25 DN350 2 个

H44W—10 DN80 2 个

16.4 衬胶隔膜阀(装于浓酸泵出口管道)

G41J—10 DN80 2 个

16.5 衬胶直通阀(装于药液泵入口)

G45X—10 DN80 2 个(装于药液泵入口)

17 管道、保温材料、弯头、三通、大小头

待现场确定化学清洗泵组定位后，根据临时管道的走向和布置，由安装公司开列管道材料清单。

附录 6 化学清洗测试项目要求及记录表（表一～表五）

附录 7 锅炉化学清洗系统示意图

附录 8 化学清洗各步骤阀门状态表（另外编制成册）

表一 化学清洗测试项目要求

工艺过程	取样点	测 试		终 点	说 明
		项 目	间 隔		
碱 洗	出、入口	碱度、温度、pH	2h	含油量及酚酞碱度基本稳定	结束时留样测定碱度、二氧化硅、油含量、沉积物含量
碱洗后水冲洗	清洗系统出、入口	pH 值	15min	pH 值<8.6	30min 取一次平均样
循环配酸	系统出、入口	酸浓度	10min、按要求	出入口酸浓度均匀一致，并达到指标要求的浓度	浸泡、循环酸洗
酸 洗	系统出、入口	酸浓度、含铁量	30min	酸度平衡， Fe^3 出现铁离子峰值后， Fe^{2+} 铁量趋于平稳	循环酸洗结束时留样测定沉积物含量和总铁的平均值
酸洗后水冲洗	清洗系统出口	pH 值、电导率、含铁量	15min	pH 值为 4.0~4.5 电导率 $\leq 30 \mu\text{S} / \text{cm}$ 全 Fe $< 30\text{mg} / \text{L}$	
柠檬酸漂洗	清洗系统出、入口	$\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ 、pH 值、含铁量	30min	$\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 < 0.2\%$ pH 值为 3.5~4.0 全 Fe $< 300\text{mg} / \text{L}$	结束时留样测定沉积物含量
钝化	清洗系统出、入口	浓度、pH 值	1h	按钝化工艺的要求进行测试	结束时留样测定沉积物含量

表二 碱洗和碱洗冲洗过程试验记录表

[illegible]

化验人:

记录人:

取样人:

表三 酸洗过程试验记录表

时 间	温 度℃		柠檬酸浓度%		流量 t/h		pH		二价铁 %		三价铁 %		全铁 %		备注
	进口	出口	进口	出口	回路 I	回路 II	进口	出口	进口	出口	进口	出口	进口	出口	

化验人：

记录人：

取样人：

表四 酸洗后的水冲洗过程试验记录表

时 间	温 度℃		流量 t/h		电导率 μ S/cm		柠檬酸 浓度%		pH		二价 铁 %		三价 铁 %		全 铁 %		备注
	进口	出口	回路 I	回路 II	进口	出口	进口	出口	进口	出口	进口	出口	进口	出口	进口	出口	

化验人：

记录人：

取样人：

TPRI 西安热工研究院

地址：西安市兴庆路 80 号

电话：(029) 82102393 传真：(029) 83238818

邮编：710032 网址：www.tpri.com.cn