



CECS103:99

中国工程建设标准化协会标准

循环冷却水系统不停车化学清洗
和热态预膜工艺技术规程

**Technology—Technical Code for On line chemical
cleaning and prefilming (under the load of heat) of
recirculating cooling water system**

1999 年

北京

中国工程建设标准化协会标准

循环冷却水系统不停车化学清洗
和热态预膜工艺技术规程

Technology—Technical Code for On line chemical
cleaning and prefilming (under the load of heat) of
recirculating cooling water system

CECS103: 99

主编单位：上海未来企业有限公司

北京工业大学工业水务中心

批准单位：中国工程建设标准化协会

批准日期：1999年5月4日

1999年 北 京

前 言

本规程是参考国内外循环冷却水系统不停车化学清洗和热态预膜工艺技术，结合编写单位丰富的实践经验而制订的，从而为我国循环冷却水系统不停车化学清洗和热态预膜工艺技术提供了统一的指导性文件，为保证工艺质量和安全操作创造了有利条件。

本规程最后由中国工程建设标准化协会组织专家会议审查定稿。

现批准《循环冷却水系统不停车化学清洗和热态预膜工艺技术规程》编号为 **CECS103: 99** 供有关单位使用。

请将意见和建议径寄北工水务中心行标管理室（北京德外德胜里一区水总 **13—807** 室 邮编：**100088**）以供修订之需。

主编单位：上海未来企业有限公司
北京工业大学工业水务中心

参编单位：冶金部建筑研究总院

主要起草人：刘 昕、奚松年
张相臣、段兴国

中国工程建设标准化协会
1999 年 **5** 月 **4** 日

目 次

1	总则	(1)
2	术语	(2)
3	技术指标	(5)
4	主要程序和内容要求	(6)
5	监测分析	(14)
6	验收评定	(17)
附录 A	循环冷却水系统不停车化学清洗和热态预膜安全 操作规定	(18)
附录 B	循环冷却水系统不停车化学清洗和热态预膜交工 验收证书	(20)
附录 C	本规程用词说明	(21)

1 总 则

1.0.1 为使循环冷却水系统不停车化学清洗和热态预膜工作做到技术先进、经济合理、安全可靠和确保质量，特制定本规程。

1.0.2 本规程适用于石油、化工、冶金（净或清循环系统）、电力、轻工、纺织等工业企业及大中型中央空调装置循环冷却水系统的不停车化学清洗和热态预膜；也适用于新建或大修后循环冷却水系统开车清洗和热态预膜。本规程中有关热态预膜的内容还适用于循环冷却水系统发生低 pH 事故后，采用热态预膜进行保护性处理的场合。

1.0.3 循环冷却水系统不停车化学清洗和热态预膜工艺的技术指标、主要程序和内容要求、监测分析和验收评定除本规程已作规定者外，尚应符合有关现行标准的规定。

2 术 语

2.0.1 循环冷却水系统不停车化学清洗 On line chemical cleaning of recirculating cooling water system

指循环冷却水系统因结垢、锈垢、油污和生物污垢等障碍所导致水冷却设备的热交换效率下降，影响生产产量、质量或对安全生产构成威胁时，在生产装置处于正常“运行”（即不停车、带热负荷）的条件下，采用以化学清洗剂（具有脱脂、杀菌剥离、除垢、除锈等功效）实施化学清洗，以消除上述各种障碍，达到改善或基本恢复原有热交换效率，保证安全生产的一种工艺技术。

2.1.2 热态预膜 Prefilming under the load of heat

指循环冷却水系统不停车化学清洗后（或系统开车清洗后），在运行（带热负荷）状态下向冷却水系统内投加热态预膜剂；在水循环流动过程中使水冷设备和管网水侧金属表面形成一层保护膜的工艺过程。热态预膜也适用于循环冷却水系统因酸性污染，出现低 pH 事故处理后，为保护换热设备和管网而对水侧金属材料采取的保护性处理措施。

2.0.3 系统容积 Volumetric content of system

指冷却水系统中冷却水容量的总和。包括系统中换热设备、冷却塔（敞开式系统）、水槽（池）、管道和水泵等部位在运行过程中所有水量的总和。

2.0.4 置换 Displacement, Replacement

指循环冷却水系统不停车化学清洗或热态预膜过程中，用排污、补水的方法，逐步地以洁净的补充水将清洗过程的污水或高浓度预膜液置换出系统的工艺过程。

2.0.5 化学清洗剂 chemical cleaning agent

指在不停车化学清洗过程中，向循环冷却水系统中投加的用以清除水垢、锈垢、油污、生物污垢等障碍物的化学药剂的总称。包括除垢剂（**descale agent**）、分散剂（**dispersant**）、杀生剂（**biocide**）、缓蚀剂（**corrosion inhibitor**）、剥离剂（**stripping agent**）、表面活性剂（**surfactant**）、渗透剂（**osmose agent**）、消泡剂（**defoaming agent**）等，根据系统出现的障碍情况而分别组合选用。

2.0.6 热态预膜剂 Prefilming agent under the load of heat

指在热态（带负荷运行）条件下，投加于循环冷却水系统，在一定工艺条件下使金属表面形成保护膜的药剂。

2.0.7 水垢（结垢）scale

指水中微溶性盐类因升温、浓缩等作用而析出沉积在换热面及管网水侧而形成的垢层。

2.0.8 污垢 Fouling

泛指冷却水系统中，由于任何不溶解物质的聚集、沉积所形成的垢层。除水垢、锈垢、生物粘泥以外也包括粉尘、油污等物质的总称。

2.0.9 锈垢（锈蚀产物）Rusting product, rusting tumor

指冷却水系统中由于金属表面受电化学、氧化或微生物作用而产生的垢层。所形成的产物因环境条件而异，垢下腐蚀则常与污垢混杂于一起。

2.0.10 生物污垢、生物粘泥 *Biological fouling, slime*

指由微生物及其产生的粘液，与其他有机的和无机的杂质混在一起，粘着于冷却水系统物体表面（如冷却塔壁、水池壁和换热器等表面）的一种粘滞性物质。也泛指由藻类、贝壳类、苔藓类等滋生繁殖带来的生物障碍性污物。

3 技术指标

3.0.1 技术指标如表 3.0.1 所列

表 3.0.1 技术指标

项 目	名 称		指 标
1	生物污垢（双方认同的指定部位）洗净程度		应基本洗净或大部分被杀死、变色
2	脱脂清洗监测挂片洗净程度		在挂片表面应可以覆盖一层水膜
3	清洗过程中 腐蚀速度	20# 碳钢	$\leq 3\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$
		紫钢、不锈钢	$\leq 0.3\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$
4	代表性部位（如指定换热器） Δt ， 或压力或流量的变化		应有明显变化
5	20# 碳钢试片预膜后的膜以硫酸铜 试膜溶液滴液检验色变反应时间		$> 10\text{s}$
6	双方商定的其他技术指标		由合同约定

4 主要程序和内容要求

4.1 实施不停车化学清洗和热态预膜工艺时机的确定

4.1.1 使用循环冷却水的生产装置确因冷却水系统污垢障碍而影响产量、质量、甚至影响安全生产时；

4.1.2 在预定的计划停车大修期之前，为确保以后的长周期、安全生产而中途安排一次不停车化学清洗；

4.1.3 由于发生事故而使循环冷却水系统出现异常（如跑酸—pH值降低，物料泄漏—油污或生物污垢增大）导致正常生产或安全生产受到威胁时；

4.1.4 生产单位认为有必要进行不停车化学清洗或热态预膜时。

4.2 不停车化学清洗实施程序和要求

4.2.1 方案制订

1 系统调查应了解以下内容：

1) 循环水量、系统容积、补水量、排污水量、浓缩倍数， Δt 及其变化，主要换热设备材质、热负荷、结构（管程、壳程、夹套），流速（流态）分析等及安全方面注意之要点；

2) 该装置的循环水和补充水水质情况，缓蚀、阻垢剂和

杀菌剂使用情况，参阅近一、二年的水质月报；

3) 参阅近二年该系统水冷设备垢样分析报告，特别是换热效果下降的设备和代表性换热器最近的垢样分析报告；

4) 观察循环冷却水现场运行状况，冷却塔、布水器、淋水填料等菌藻繁殖状况、风机、水泵运行情况及其他情况；

5) 观察换热效果下降的设备和代表性换热器运行情况，若有备台或条件允许时，应解体代表性换热器，观察内部生成的垢、粘泥、锈蚀情况，拍照和取垢样；

2 垢样分析和做清洗准备试验，用以确定清洗重点、清洗剂主剂和辅助剂，以及清洗强度和清洗时间等；

3 在无法得到垢样时，应参照最近的垢样分析报告和最近的水质数据和现场情况，参照以往类似装置清洗的经验，判断该系统清洗重点，确定清洗剂主剂和辅助剂品种和数量、清洗时间等。

4.2.2 清洗前准备

循环冷却水系统不停车化学清洗，一般都是在大中型和特大型生产装置或大中型中央空调系统上进行，因此清洗中的安全工作非常重要，稍有疏忽将对生产带来严重的后果，清洗前准备工作必须慎重，必须充分。

1 方案确认

受委托方按照 4.2.1 要求制订方案后，应向委托方进行技术交底，取得委托方确认后，由委托方根据生产情况和清洗准备情

况安排具体实施时间。同时，应由双方负责人和有关人员组成现场指挥部，并明确指挥长，统一指挥清洗工作；

2 委托方的准备工作

1) 委托方应按照清洗方案要求，对循环水系统加药装置，加酸装置，排污阀门，补充水阀门，在线 pH 仪表，流量计等逐一确认，应能满足清洗时加药、加酸、排污和补水需要，若不能满足，应采取临时措施：增加补充水、排污管线、加药、加酸设备等；

2) 委托方应安排 1~2 位熟悉循环水处理和生产工艺的技术人员对口不停车化学清洗和受委托方人员一起协调解决清洗过程中出现的各种问题；

3) 委托方应安排好循环水操作人员，按照方案要求在对口的技术人员指令下，配合清洗过程，进行循环水量调节、补水、排水工作，以及操作循环水系统的加药、加酸装置；

4) 在清洗进程中，委托方应安排检修人员对设备加强巡回检查工作，特别是在主要清洗阶段，以及一些在清洗中需要特别关注的部位定时、定员观察，发生意外情况时应有解决措施和材料准备；

5) 应安排安全专职人员在清洗全过程中做好安全监督和检查工作；

3 受委托方的准备工作

1) 受委托方清洗人员应在清洗前到达现场，熟悉现场，

确认加药加酸泵可以满足清洗要求和加药口、加酸口、药剂堆放等进行具体布置，和委托方一起确定监测挂片和取样口地点；

2) 应在委托方提供的具有水、电等符合水质化学分析要求的房间内设立化学清洗分析室，配制好标准试剂，调试好分析仪器，按照方案分析项目和频率要求安排好监测分析人员，安装调试好自备加药，加酸设备，在清洗前一天呈待命工作状态；

3) 受委托方应安排好加药人员，若需人工加药或使用自备加药泵时应能按方案要求按时、按量加入循环水中；

4) 受委托方工程负责人应安排好清洗安全工作，要求所有实施人员应遵守清洗安全规程和委托方的各项规章制度，特别是安全制度；受委托方全体实施人员应接受委托方安全部门安全教育并熟悉有关的安全防护措施；

在上述各项准备工作完成后，应征得委托方生产调度同意，在指挥长下令开始清洗后，方可按清洗方案步骤进行清洗。

4.2.3 不停车化学清洗 一般可包括下列程序（全部或部分）：

1 水洗 适用于新装置或大检修后装置开车。一般应要求水洗至浊度 $<30\text{mg/L}$ 后再上冷却塔、进换热设备。宜采取边排污、边补水，连续地进行清洗至方案要求的浊度；

2 脱脂清洗 适用于新建或大检修后循环冷却水装置开车。可水洗至浊度 $<30\text{mg/L}$ 后，加入脱脂清洗剂，进行脱脂清洗，清洗至监测挂片上油污全部洗清，取出监测挂片表面有一层均匀

的水膜，即为脱脂清洗终点。可采取大排污、大补水置换水至方案要求的浊度；

3 杀菌剥离清洗

1) 适用范围

适用于运行中循环冷却水装置因生物污垢障碍影响水冷设备热交换时，或新装置开车后不久或清洗不久系统发生物料泄漏而产生大量菌藻繁殖，影响水冷设备热交换时；

2) 杀菌剥离剂种类

氧化性杀菌剥离剂和非氧化性杀菌剥离剂；

3) 杀菌剥离清洗辅剂

配合氧化性杀菌剥离剂的辅助剂有清洗缓蚀剂、渗透剂等；

配合非氧化性杀菌剥离剂（表面活性剂）辅助剂有消泡剂，渗透剂等；

4) 杀菌剥离清洗终点判定 应以水中浊度达到最高并维持2~4h 或有下降趋势时，或对双方认定的冷却塔（长有菌藻）的部位进行观察，菌藻应基本洗净或菌藻应大部分杀死变色时即为杀菌剥离清洗终点；

5) 置换 可采取大排污、大补水，将系统中洗下的污物置换出系统，应在浊度符合方案要求后再停止置换；

4 除垢清洗

1) 应在杀菌剥离清洗之后，置换至浊度符合方案要求后

向冷却水系统中投加以除垢为目的的清洗剂，并按清洗要求，降低或提高 pH 值，在循环冷却水运行温度下（除垢清洗宜在 20~40℃ 进行）清洗 24~48h；

2) 除垢清洗剂投加浓度应根据准备试验情况确定；

3) 清洗时 pH 值应根据垢样分析、水质判断和清洗剂种类，pH 值范围宜控制在 3.5~11.5；

4) 除垢清洗辅助剂一般可采用清洗缓蚀剂、消泡剂；

5) 除垢清洗终点的判定 清洗约 24h 后，在相同的温度、pH 值和清洗工艺条件下，应在循环水中 Ca^{2+} 、浊度、总铁达到最高值并维持 2~4h 不再上升或者出现下降时，判定为终点；

6) 置换 可采取大排污、大补水将循环水中污浊物置换出系统，应在浊度符合方案要求后方可停止置换；

5 除锈清洗

1) 除锈清洗剂投加浓度应依据准备试验情况确定；

2) 除锈清洗终点的判定 清洗约 24h 后，在相同温度、pH 值和清洗工艺条件下，应在水中总铁、浊度、 Ca^{2+} 达到最高值，且维持 2~4h 不再升高或出现下降时，方可判定为清洗达到终点；

3) 置换 判定清洗已达终点后，可采取大排污、大补水的方法，以最快速度将系统中清洗下来的污物置换出系统。

4.3 热态预膜实施程序和要求

4.3.1 完成化学清洗后，应尽快进行预膜处理。

4.3.2 热态预膜的基本条件 宜控制下列条件：

循环冷却水浊度 $<20\text{mg/L}$ 、水中钙离子（以 CaCO_3 计） $\geq 50\text{mg/L}$ ，总铁（以 Fe^{2+} 计） $<5\text{mg/L}$ ，适量而充足的预膜剂，与预膜剂要求相适应的 pH 值（一般在 $5.5\sim 7.5$ ），水温度在 15°C 以上。

4.3.3 热态预膜程序和要求

1 首先应分析水中浊度、钙离子和总铁达到 4.3.2 的要求后，再向水中投加热态预膜剂并应达到方案浓度，同时调节循环水 pH 应在工艺要求范围内；

2 预膜过程中应定时分析浊度，并控制浊度在要求范围；

3 热态预膜过程中必须定时分析预膜剂浓度并应及时补足剂量，确保热态预膜正常进行；

4 预膜终点的判定 预膜剂投入后，pH 值应调节在要求范围，并应挂入三块按 HG5—1526 技术条件处理过的 20# 碳钢监测挂片，应在监测挂片上出现明显蓝紫色色晕时方判定为预膜终点。

4.4 转入正常运行

4.4.1 置换 应按方案要求以最快速度，将高浓度预膜液置换出循环冷却水系统，应在水质达到运行工艺要求时停止排污、补

水。

4.4.2 应按正常运行工艺补入所需的阻垢缓蚀剂并应在循环运行**2h**以后，取水样分析药剂浓度。药剂上限浓度要求符合正常运行工艺要求时，方可转入正常运行。

4.5 说 明

4.5.1 上述程序和要求应以通过试验确定的实施方案为依据。

4.5.2 化学清洗剂、热态预膜剂等应优先选用低毒、低污染、功能较多的药剂，以利于保护环境、减少补水和排放量。

5 监测分析

5.0.1 化学清洗过程监测分析项目和频率宜按表5.0.1之规定。

表 5.0.1 化学清洗过程监测分析项目和频率

序号	项 目	指 标	频 率	监测方法
1	pH值	根据方案	根据方案	GB/T15893.2—1995
2	Ca^{2+} (以 CaCO_3 计), mg/L	根据方案	根据方案	HG5—1506—85
3	总铁 (以 Fe^{2+} 计), mg/L	根据方案	根据方案	ZGB 76001—90
4	浊度	根据方案	根据方案	GB/T15893.1—1995
5	清洗主剂浓度	根据方案	根据方案	按双方商定的方法
6	其它	根据方案	根据方案	根据方案

5.0.2 热态预膜过程监测分析项目和频率宜按表5.0.2之规定。

表 5.0.2 预膜过程监测分析项目和频率

序号	项 目	指 标	频 率	监测方法
1	pH值	根据方案	建议 1次/4h	GB/T15893.2—1995
2	预膜剂浓度	根据方案	建议 1次/4h	根据方案
3	浊度	根据方案	建议 1次/4h	GB/T15893.1—1995
4	Ca^{2+} (以 CaCO_3 计), mg/L	根据方案	建议 1次/8h	HG5—1506—85 HG5—1521—85
5	总铁 (以 Fe^{2+} 计), mg/L	根据方案	建议 1次/8h	ZGB 76001—90
6	其 它	根据方案	根据方案	双方约定的方法

5.0.3 挂片监测 挂片均应按 **HG5—1526** 技术条件要求进行准备。

1 脱脂洗净程度监测挂片

1) 脱脂清洗终点的判定 应在监测挂片表面可覆盖一层水膜时方为终点；

2) 脱脂清洗监测挂片测试方法

取符合 **HG5—1526** 规定的新的 **20#** 碳钢挂片 **3** 片按要求进行处理，然后侵入 **20#** 润滑油 **10s**，取出悬空挂置，沥去多余润滑油至不滴油为止，然后挂入正在脱脂清洗的冷却水中，脱脂清洗（或清洗）结束后，挂片取出水面时观察其表面应可覆盖一层水膜；

2 清洗过程中监测挂片腐蚀率

可按下式计算腐蚀速率

$$N = \frac{W_1 - W_2}{F \cdot T}$$

式中：N——腐蚀速率 $\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ ；

W_1 ——清洗前监测挂片质量，g；

W_2 ——清洗后并经处理后监测挂片质量，g；

F——监测挂片表面积， m^2 ；

T——清洗时间，h；指从清洗药剂投加完毕，pH 调节至清洗工艺要求、监测挂片挂入开始，至清洗达到终点，大排污、大补水开始前，挂片取出时为止的间隔时间；

3 检测热态预膜后的膜色变反应时间用的监测挂片

经热态预膜后，监测挂片上应有明显的蓝紫色色晕，膜对硫酸铜试膜液*滴液反应色变时间应 $>10s$ 。

* 硫酸铜试膜液的配制：15.0g 氯化钠 (A.R) 和 5.0g 五水硫酸铜 (A.R) 溶于 100ml 蒸馏水中，摇匀。

6 验收评定

6.0.1 代表性换热器：若在运行中可以解体时，则应在清洗前观察和记录垢、锈、粘泥等情况并照相，清洗后应再检查并照相对比。

6.0.2 清洗过程中水中浊度、 Ca^{2+} 和总铁应有明显升高。

6.0.3 代表性换热器有流量、温度、压力显示和记录时，可观察温度和流量、压力变化来评定清洗效果；即若清洗前后换热器运行工况不变（进、出口流量、压力恒定）时，物料 Δt 、循环冷却水 Δt 应符合表 3.0.1 中第 4 项的规定要求。

6.0.4 清洗过程中监测挂片腐蚀速率应符合表 3.0.1 中第 3 项的规定要求。

6.0.5 冷却塔壁上滋生菌藻的部位（应指双方确认，并应是水能流到、流速 0.5m/s 以上的部位），经化学清洗后，应符合表 3.0.1 中第 1 项的规定要求。

6.0.6 含油脂的监测挂片，经脱脂清洗后，监测挂片表面，应符合表 3.0.1 中第 2 项的规定要求。

6.0.7 预膜后的监测挂片的膜以硫酸铜试膜液滴液检验色变反应时间应符合表 3.0.1 中第 5 项的规定要求。

附录 A 循环冷却水系统不停车化学清洗 和热态预膜安全操作规定

为认真贯彻“安全第一”的工作方针、确保循环冷却水系统在不停车化学清洗和热态预膜方案实施中生产正常、设备完好和人员安全，特制定本规定。

1 方案确认后，应建立相应的指挥系统，明确分工、各负其责、实行统一计划、统一管理、统一指挥；

2 方案确认后，必须制订实施方案、实施进度表，确定实施负责人，制订安全措施及验收标准（参见附录 B 内容）；

3 实施工作进度和实施方案编写完毕后，必须得到委托方有关主管部门的认可（盖章、签字），做好技术交底工作后方可实施；

4 实施负责人应对实施过程中所用仪器、设备、分析试剂等认真检查，并做好各项安全检查工作；

5 实施人员必须受到委托方的安全教育并熟悉有关安全防护措施后，方可进行实施方案中规定的作业；

6 实施人员进入现场应穿戴好工作服、安全帽、防护眼镜和防护手套等；

7 实施中遇到用电、动火等情况，必须按委托方的要求办理有关手续；

8 实施中遇加药、加酸等作业时必须有两人以上一起进行，其中一人负责安全监护。

以上各条规定实施人员必须严格遵守。

附录 C 本规程用词说明

C.0.1、对于本规程执行严格程度的用词，采用以下的写法：

1、表示很严格，非这样不可的用词：

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”“不准”。

2、表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

3、表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”或“可”；

反面词采用“不宜”“不可”。

C.0.2、条文中指明应按其它有关规范标准执行的，写法为“应按……执行”或“应符合……要求或规定”。非必须按所指定的规范和标准执行的写法为“可参照……执行”。