

ICS 27.100  
CCS F 24

**DL**

# 中华人民共和国电力行业标准

DL/T 300—2022  
代替 DL/T 300—2011

---

## 火电厂凝汽器及辅机冷却器管 防腐防垢导则

Guideline for anti-corrosion and anti-fouling of condenser and auxiliary cooler  
tube in power plant

2022-05-13 发布

2022-11-13 实施

---

国家能源局 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 总则	1
5 水质的确定	2
6 循环冷却水处理	3
7 直流冷却水处理	4
8 运行监督	5
9 停运维护	6
10 记录	6
附录 A (资料性) 水源水质分析项目	8
附录 B (资料性) 阻垢剂性能评定方法	9
附录 C (资料性) 循环冷却水防垢处理参数控制	12
附录 D (资料性) 杀菌灭藻剂的使用方法	16
附录 E (资料性) 荧光示踪分析法	18
附录 F (资料性) 循环冷却水运行在线监测	19
附录 G (资料性) 凝汽器管腐蚀或结垢故障分析	20
参考文献	21



## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 DL/T 300—2011《火电厂凝汽器管防腐防垢导则》，与 DL/T 300—2011 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 本文件的名称做了更改；
- b) 总则中增加了条款；
- c) 更改了循环冷却水部分控制指标；
- d) 更改了凝汽器化学清洗条件；
- e) 更改了取样检测的频次，增加了无磷阻垢剂的监测方法；
- f) 更改了附录 A 水源水质的分析项目；
- g) 删除了原附录 E 细菌的检测方法。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电力企业联合会提出。

本文件由电力行业电厂化学标准化技术委员会（DL/TC 13）归口。

本文件起草单位：润电能源科学技术有限公司、中国大唐集团科学技术研究院有限公司华中电力试验研究院、上海奉贤燃机发电有限公司、国网河北省电力有限公司电力科学研究院。

本文件主要起草人：吴文龙、张小霓、张春雷、姜利辉、马天忠、孙心利、王锋涛、孙勇、薛昌刚、王卫军、常亮、何睦、唐国鹏、杨天华。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 2011 年首次发布为 DL/T 300—2011；
- 本次为第一次修订。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

# 火电厂凝汽器及辅机冷却器管防腐防垢导则

## 1 范围

本文件规定了火电厂凝汽器及辅机冷却器管防腐防垢和微生物控制的技术要求，包括冷却水水质、处理工艺、运行控制，凝汽器管停用保护、效果评价方法。

本文件适用于以地下水、地表水和再生水作冷却水源的冷却水系统。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 14643.1 工业循环冷却水中菌藻的测定方法 第1部分：黏液形成菌的测定 平皿计数法

GB/T 18175 水处理剂缓蚀性能的测定 旋转挂片法

GB 50021—2001 岩土工程勘察规范（2009年版）

GB/T 50050 工业循环冷却水处理设计规范

DL/T 712 发电厂凝汽器及辅机冷却器管选材导则

DL/T 806 火力发电厂循环水用阻垢缓蚀剂

DL/T 957 火力发电厂凝汽器化学清洗及成膜导则

DL/T 1052 电力节能技术监督导则

DL/T 1115 火力发电厂机组大修化学检查导则

DL/T 1116 循环冷却水用杀菌剂性能评价

DL 5068 发电厂化学设计规范

## 3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

## 4 总则

4.1 凝汽器管的防腐防垢和微生物控制涉及设计、安装、基建调试、运行全过程，应全面考虑水源水质、管材、安装工艺、水处理工艺、运行监督等。水处理工艺应通过试验确定，包括静态试验、动态模拟试验和现场参数调试。

4.2 循环冷却水处理系统和工艺设计应符合 GB/T 50050 的规定。

4.3 凝汽器管材水侧的均匀腐蚀速率应满足 GB/T 50050 的要求，不发生点蚀。

4.4 凝汽器及辅机冷却器管材的选择、检验、运输、保管等质量保证措施应符合 DL/T 712 的要求。

4.5 凝汽器管防腐、防垢效果评价依据 DL/T 1115。

4.6 循环冷却水系统设计、运行期间，应采取合理的节水措施，加强水源、补水、排污、泄漏管理，考虑循环冷却水排污水在烟气湿法脱硫、除灰渣、煤场等系统的综合利用，提高水的复用率，降低水耗。

4.7 需要提高循环冷却水浓缩倍率时，可对补充水进行处理或对循环冷却水进行旁流处理，采取加酸、加石灰、弱酸离子交换、纳滤、反渗透等处理方式。

4.8 循环冷却水处理工艺的选择应防止冷却塔内填料等部位结垢。

4.9 采用电磁防垢处理等新型处理技术，应进行动态模拟试验。

4.10 应采取杀菌灭藻、旁流过滤、胶球清洗、排污等措施保证凝汽器管内表面和循环冷却水系统的清洁。

4.11 采用再生水作为补充水时，应采取防止氨氮硝化反应对循环冷却水系统腐蚀的措施。

## 5 水质的确定

### 5.1 水源水质

5.1.1 火电厂循环冷却水处理工艺选择时，应取得不少于一年的逐月（季）的冷却水水源水质资料。水质项目见附录 A。应通过对水源水质结垢性和腐蚀性的评价分析，以逐月（季）水质分析数据的平均值作为补充水水质设计依据，并以最差的水质进行校核。

5.1.2 补充水为再生水时，还应对不同时间段分别进行取样分析，观测再生水水质的稳定性。检测的主要项目为总磷、氨氮、五日生化需氧量、化学需氧量、硬度、碱度、硫酸根、氯离子。

5.1.3 再生水主要的水质要求见表 1。必要时，可对再生水进行处理或与其他水源混合使用，处理工艺的确定应考虑循环冷却水水质指标要求。

表 1 再生水水质要求

项目	单位	指标	
		直流冷却	开式循环冷却
pH 值	—	6.0~9.0	6.0~9.0
浊度	NTU	—	≤5.0
五日生化需氧量	mg/L	≤30	≤10.0
化学需氧量	mg/L	—	≤60.0
氨氮 <sup>a</sup>	mg/L	—	≤5.0
总磷（以 P 计）	mg/L	—	≤1.0
悬浮物	mg/L	≤30	≤10.0

<sup>a</sup> 当凝汽器等换热器为铜材质时，氨氮应小于 1.0 mg/L。

5.1.4 当有多种水源可选择时，应根据水质、循环冷却水处理工艺、环保要求、水质的稳定性和水源的可靠性等因素进行综合分析，并经过技术经济比较确定水源选择方案。

### 5.2 循环冷却水水质

5.2.1 应根据火电厂的水源、补充水水质、环保要求、冷却水系统腐蚀与防护措施及水处理工艺等因素，结合全厂水务管理状况，经技术经济比较确定循环冷却水的最佳浓缩倍率。

5.2.2 应根据浓缩倍率和补充水水质估算循环冷却水水质指标，作为凝汽器及辅机冷却器管、循环冷却水管道、冷却塔等材料选择以及循环冷却水处理的依据。

a) 循环冷却水的氯离子浓度、钙离子浓度、镁离子浓度、硫酸根浓度、溶解固形物等指标应按补充水中各自的浓度乘以浓缩倍率估算。

b) 碱度、悬浮物、化学需氧量、五日生化需氧量、硫化物、氨氮等应通过动态模拟试验或参照同类型运行电厂实际水质来确定。动态模拟试验方法见附录 B 中 B.2。

5.2.3 机组运行期间，根据机组负荷、季节等，考虑循环冷却水蒸发量、下游系统用水量，确定循环

冷却水经济浓缩倍率等运行参数。

5.2.4 机组基建期间，循环冷却水系统投运前，应进行药剂筛选试验和循环冷却水动态模拟试验，确定循环冷却水控制指标。

5.2.5 当补充水水质、处理方式、阻垢剂种类及浓度等任一条件发生改变时，应进行循环冷却水动态模拟试验。

5.2.6 循环冷却水控制指标通用要求见表 2。

表 2 循环冷却水控制指标通用要求

项目	单位	参考标准
pH 值	—	8.0~9.0
悬浮物	mg/L	≤100
氯离子 <sup>a</sup>	mg/L	—
铜离子（凝汽器为铜管）	μg/L	≤40
总铁	mg/L	≤0.5
细菌总数 <sup>b</sup>	个/mL	≤1×10 <sup>5</sup> ，期望值：≤1×10 <sup>4</sup>
浓缩倍率	—	不小于 3
余氯（连续式加入氯系杀菌剂时）	mg/L	0.1~0.3
硫酸根	mg/L	≤800 <sup>c</sup>

<sup>a</sup> 氯离子浓度控制和凝汽器及辅机冷却器管材相关，控制指标按 DL/T 712。  
<sup>b</sup> 细菌总数的测定方法按 GB/T 14643.1。  
<sup>c</sup> 当硫酸根浓度长期高于 800 mg/L 时，应对水泥构件进行防腐处理。

## 6 循环冷却水处理

### 6.1 防垢处理

6.1.1 常用的循环冷却水水质处理方式有阻垢分散处理、石灰处理、弱酸离子交换处理、加酸处理、纳滤处理、反渗透处理等工艺，见表 3。

表 3 几种防垢处理方法的处理能力和适用范围

处理方法	处理能力	适用范围
阻垢分散处理	通过络合、螯合、增溶、晶格畸变等形式防止无机垢的附着	适用所有水质
石灰处理	去除水中暂时硬度、游离二氧化碳和镁的非碳酸盐硬度、铁和硅的化合物	碳酸盐硬度高的水质
弱酸离子交换处理	去除水中的硬度和碱度	暂时硬度和碱度较高的水质
加酸处理	降低水中的碳酸氢根离子	碱度较高的水质
纳滤处理	去除水中二价金属离子	硬度较高的水质
反渗透处理	去除水中的溶解固形物	含盐量高的水质，循环冷却水排污水回用

6.1.2 应根据具体水质情况，进行经济和技术比较，确定处理工艺。常用防垢处理工艺的适用水质及特点见表 4。

表 4 常用防垢处理工艺的适用水质及特点

处理工艺	适用水质	特点
阻垢分散（阻垢、分散、缓蚀剂复合）	范围广	浓缩倍率一般不高于 3.0，工艺简单，一次性投资低
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> +阻垢分散	原水碳酸盐硬度较高的水	浓缩倍率较高，控制复杂，系统应进行防腐处理
石灰处理+阻垢分散	原水碳酸盐硬度、浊度及有机物较高的水	浓缩倍率较高，系统复杂，一次性投资高，运行及维护工作量大，运行费用高
弱酸离子交换法+阻垢分散	原水碳酸盐硬度较高的水	浓缩倍率高，一次性投资高，运行费用高，有再生废液

6.1.3 阻垢分散处理的控制参数和阻垢剂配方选择、性能评价应通过静态阻垢、动态模拟试验，见附录 B。

6.1.4 防垢处理的控制参数见附录 C。

6.1.5 火电厂循环冷却水用阻垢缓蚀剂技术要求和试验方法依据 DL/T 806。

## 6.2 防腐蚀处理

6.2.1 对于铜合金凝汽器管，应添加铜缓蚀剂。常用的铜缓蚀剂有巯基苯并噻唑（MBT）、苯并三氮唑（BTA）等，可结合水质和使用的杀菌灭藻剂进行选择。宜维持循环冷却水中 MBT 为 1 mg/L~2 mg/L 或 BTA 大于 1 mg/L。

6.2.2 对于不锈钢凝汽器管和钛管，可不考虑添加缓蚀剂。

6.2.3 缓蚀剂性能评定方法依据 GB/T 18175。

## 6.3 微生物控制

6.3.1 杀菌灭藻剂的选择应满足以下条件：

- 不应与阻垢剂、缓蚀剂等相互干扰；
- 对系统的金属无明显腐蚀作用；
- 药剂的活性不应受水系统 pH 值、温度等因素的干扰；
- 排放后的残余物质应易于降解，符合地方的环保要求。

6.3.2 加药方式应符合下列要求：

- 氧化型杀菌灭藻剂宜采用连续投加，非氧化型杀菌灭藻剂宜采用冲击式投加；
- 应根据季节变化调整加药量和冲击加药的间隔时间；
- 加药点宜设在循环冷却水泵的进水口前；
- 杀菌灭藻剂的使用方法见附录 D。

6.3.3 循环冷却水用杀菌剂性能评价依据 DL/T 1116。

## 6.4 其他

6.4.1 应核算循环冷却水的悬浮物含量，当悬浮物含量超过 100 mg/L 时，应设计旁流过滤处理，处理水量按照 DL 5068 执行。

6.4.2 胶球清洗装置应正常投运。胶球清洗装置的投入率和收球率应满足 DL/T 1052 的要求，胶球不应堵塞凝汽器管。

6.4.3 循环冷却水排污、加药宜采用自动控制方式。

## 7 直流冷却水处理

7.1 采用直流冷却方式的凝汽器出现生物污堵现象时，应进行杀菌灭藻处理，并根据季节和水域的变

化，调整投加药剂种类和加入量。

7.2 采用铜合金材质的凝汽器，可采用硫酸亚铁镀膜。

## 8 运行监督

### 8.1 取样检测的项目和频度

循环冷却水取样检测的项目和频度见表 5。

表 5 循环冷却水取样检测的项目和频度

项目	频度	项目	频度
硫酸根	1 次/周	硬度	2 次/日
浊度	1 次/日	碱度	2 次/日
铜离子（凝汽器管材为铜管时）	1 次/周	总有机磷 <sup>a</sup>	1 次/日
化学需氧量	1 次/周	细菌总数	必要时
电导率	2 次/日	氨氮	必要时
总铁	1 次/月	pH 值	2 次/日
氯离子	2 次/日	余氯	1 次/日
钙离子	2 次/日	黏泥量	必要时

<sup>a</sup> 无磷或低磷阻垢剂的加入量可依据阻垢剂浓度和补充水加入量计算或采用荧光示踪法确定，荧光示踪法见附录 E。

### 8.2 在线监测

补充水和循环冷却水应配置电导率表、pH 表，循环冷却水宜配置氧化还原电位表计或余氯表计，补充水为再生水时，应增设氨氮表计。循环冷却水系统宜配置排污、补水流量计、磷表或荧光示踪剂检测仪等仪表和相应软件系统，实现在线自动加药和排污。其原则和方法见附录 F。

### 8.3 运行控制指标

运行中应控制的指标见表 6。

表 6 运行控制项目

项目	控制标准	适用的处理工艺
浓缩倍率	模拟试验确定	不限
$\Delta A^a$	<0.2	阻垢分散剂处理
$\Delta B^a$	<0.2	阻垢分散剂加酸联合处理
碱度	模拟试验确定	不限
pH 值	8~9	不限
细菌总数	$\leq 1 \times 10^5$ 个/mL	不限

<sup>a</sup>  $\Delta A$  和  $\Delta B$  适合于补充水水质稳定的条件。

$\Delta A$  和  $\Delta B$  的计算公式为：



$$\Delta A = \frac{C_{\text{Cl},X}}{C_{\text{Cl},\text{Bu}}} - \frac{C_{\text{JD},X}}{C_{\text{JD},\text{Bu}}} \dots\dots\dots (1)$$

$$\Delta B = \frac{C_{\text{Ca},X}}{C_{\text{Cl},\text{Bu}}} - \frac{C_{\text{Ca},X}}{C_{\text{Ca},\text{Bu}}} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$C_{\text{Cl},X}$  ——循环冷却水  $\text{Cl}^-$  浓度，mg/L；

$C_{\text{Cl},\text{Bu}}$  ——补充水  $\text{Cl}^-$  浓度，mg/L；

$C_{\text{JD},X}$  ——循环冷却水全碱度，mmol/L；

$C_{\text{JD},\text{Bu}}$  ——补充水全碱度，mmol/L；

$C_{\text{Ca},X}$  ——循环冷却水  $\text{Ca}^{2+}$  浓度，mg/L；

$C_{\text{Ca},\text{Bu}}$  ——补充水  $\text{Ca}^{2+}$  浓度，mg/L。

## 9 停运维护

### 9.1 停运前准备

9.1.1 机组在检修或停运前，应降低循环冷却水运行水位，进行彻底的杀菌处理。对于用氯系作杀菌灭藻剂的机组，应提高循环冷却水中余氯含量至高限，并维持直至停机；对于采用非氧化型杀菌灭藻剂的机组，应一次性投加高限剂量的杀菌灭藻剂。

9.1.2 加强胶球清洗。

### 9.2 放水、通风

机组停机一周以上，应将凝汽器放水、通风。

### 9.3 凝汽器及辅机冷却器管、冷却塔填料检查

依据 DL/T 1115 的规定进行检查。凝汽器管腐蚀或结垢故障分析见附录 G。

### 9.4 清理

9.4.1 机组停机期间，应清理凝汽器水室、冷却塔及填料。

9.4.2 机组投运前，应彻底清扫冷却水系统。冷却水沟道、管道及冷却塔内应无异物，拦污栅应完整，旋转滤网应能有效工作。

9.4.3 凝汽器管内有黏泥或软垢附着时，可采用水冲洗、胶球擦洗方式清除。

9.4.4 应检查辅机冷却器换热器，清理管内黏泥、结垢。

### 9.5 化学清洗

当凝汽器管内垢厚度达到 0.3 mm 或因污垢导致端差超过 8 ℃ 时，应按照 DL/T 957 的规定进行化学清洗。

## 10 记录

凝汽器防腐防垢应建立以下记录：

- a) 凝汽器管材及相关检验；
- b) 凝汽器管道安装图；
- c) 阴极保护或涂胶资料；

- d) 循环冷却水处理规程;
- e) 循环冷却水处理工艺试验报告(动态/静态);
- f) 循环冷却水处理药剂的验收记录;
- g) 循环冷却水处理日常监督记录;
- h) 循环冷却水处理加药记录;
- i) 胶球清洗系统投运记录;
- j) 凝汽器堵管、换管和抽管记录;
- k) 循环冷却水处理相关设备台账。

附录 A  
(资料性)  
水源水质分析项目

水源水质分析项目见表 A.1。

表 A.1 水源水质分析项目

水样名称:

外观:

取样地点:

水温:

取样日期:

报告日期:

分析项目	单位	数值	分析项目	单位	数值
钾离子	mg/L		电导率	μS/cm	
钠离子	mg/L		pH 值	—	
钙离子	mg/L		悬浮物	mg/L	
镁离子	mg/L		浊度	NTU	
总铁	mg/L		游离二氧化碳	mg/L	
硫酸根	mg/L		氨氮	mg/L	
碳酸根	mg/L		总固体	mg/L	
碳酸氢根	mg/L		溶解性固体	mg/L	
氢氧根	mg/L		化学需氧量	mg/L	
氯离子	mg/L		硬度	mmol/L	
硝酸盐 (以 $\text{NO}_3^-$ 计)	mg/L		碱度	mmol/L	
全硅 (以 $\text{SiO}_2$ 计)	mg/L		总磷酸盐 (以 $\text{PO}_4^{3-}$ 计)	mg/L	
五日生化需氧量	mg/L		硫化物	mg/L	

**附录 B**  
(资料性)  
**阻垢剂性能评定方法**

**B.1 静态阻垢法****B.1.1 碳酸钙沉积法**

配制一定浓度的碳酸氢根和钙离子试液，并加入一定浓度的阻垢剂。(45±1)℃加热条件下，使碳酸氢钙分解为碳酸钙，蒸发浓缩至相同的浓缩倍率后，测定浓缩后试液中钙离子和氯离子的浓度。同时测试原试液中钙离子和氯离子的浓度。按公式(B.1)和公式(B.2)计算浓缩倍率和阻垢剂的阻垢率。阻垢剂阻垢率越高，阻垢性能越好。

$$n = \frac{C_{Cl,1}}{C_{Cl,0}} \dots\dots\dots (B.1)$$

$$\eta = \frac{C_{Ca,1}}{nC_{Ca,0}} \times 100\% \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

- $n$  —— 浓缩倍率；
- $C_{Cl,1}$  —— 加入阻垢剂的试液浓缩后的氯离子浓度，mg/L；
- $C_{Cl,0}$  —— 试验前水样中的氯离子浓度，mg/L；
- $\eta$  —— 阻垢剂的阻垢率；
- $C_{Ca,1}$  —— 加入阻垢剂的试液浓缩后的钙离子浓度，mg/L；
- $C_{Ca,0}$  —— 试验前水样中的钙离子浓度，mg/L。

试液的离子组成简单，只适合于评价阻垢剂对碳酸钙的阻垢效率，试验结果以阻垢率表示。

**B.1.2 极限碳酸盐硬度法**

将盛有 5 L 混合均匀的水样和一定量阻垢剂的玻璃缸放置于 (45±1)℃ 的恒温水浴槽内，蒸发浓缩的同时补充水样，保持玻璃缸内水位不变。

试验中，定期从玻璃缸中取样（相当于工业循环冷却水），测定碱度及钙离子和氯离子的浓度，试验进行到极限碳酸盐硬度为止。当  $\Delta A \approx 0.2$  或  $\Delta B \approx 0.2$  时，认为试验达到终点，其终点对应的碳酸盐硬度值即为极限碳酸盐硬度。 $\Delta A$  和  $\Delta B$  可由公式(1)、公式(2)计算。

极限碳酸盐硬度法的试验水样为现场取样或按照现场水质配置的水样，水样、试验水温和循环冷却水实际用水、水温等条件较接近，可以作为动态模拟试验前的阻垢剂筛选试验。

**B.2 动态模拟试验法**

动态模拟试验是实验室评定缓蚀剂、阻垢剂的综合性测试方法。动态模拟装置模拟了火电厂开式循环冷却水系统的凝汽器的材质、壁温及循环冷却水的流速、冷却方式等状况，可以测定腐蚀、结垢数据，其流程示意图如 B.1 所示。

试验装置流程为：冷却水由循环冷却水箱经水泵，流经模拟换热器管内，换热后的冷却水经冷却塔风冷后进入循环冷却水箱，循环再使用。补充水（加缓蚀剂、阻垢剂）由补充水箱经浮球阀入水口进入循环冷却水箱，由浮球阀自动控制液面。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/848122001003006033>