

# 目 次

前言

- 1 范围
- 2 规范性引用文件
- 3 定义及缩略语
- 4 总则
- 5 给水处理方式
- 6 给水处理方式的比较和选择
- 7 检测方法
- 8 给水加药
- 9 锅炉启动时的给水质量
- 10 给水质量劣化时的处理

# 前 言

DL/T 805《火电厂汽水化学导则》分为 4 部分：

第 1 部分：直流锅炉给水加氧处理；

第 2 部分：锅炉炉水磷酸盐处理；

第 3 部分：锅炉炉水氢氧化钠处理；

第 4 部分：锅炉给水处理。

本部分为 DL/T 805 的第 4 部分，是根据原国家经济贸易委员会电力司《关于确认 1999 年度电力行业标准制、修订计划项目的通知》（电力〔2000〕70 号文第 78 项）的安排进行的。

随着机组参数和给水水质的提高，给水处理方式也在不断发展和完善，为了提高给水处理水平和指导用户正确选用处理方式，特此制订本部分。

根据机组的材料特性、炉型及给水纯度而采用不同的给水处理方式，是本部分的主要特点。

本部分在总结国内电厂实际运行经验的基础上，参考最新的国外有关标准而制订。

本部分由中国电力企业联合会提出。

本部分由电力行业电厂化学标准化技术委员会归口并解释。

本部分主要负责起草单位：国电热工研究院。

本部分主要起草人：孙本达、宋敬霞。

# 火电厂汽水化学导则

## 第 4 部分：锅炉给水处理

### 1 范围

本部分给出了火力发电机组正常运行和启动时进行各种给水处理选用原则和控制指标。

本部分适用于过热蒸汽压力为 3.8MPa~18.3MPa（表压）的汽包锅炉和 5.9MPa（表压）以上的直流锅炉的给水处理。

### 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本部分的引用而成为本部分的条款。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部分，然而，鼓励根据本部分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部分。

GB/T 6904.3	锅炉用水和冷却水分析方法	pH 的测定	用于纯水的玻璃电极法
GB/T 6906	锅炉用水和冷却水分析方法	联氨的测定	
GB/T 6909.2	锅炉用水和冷却水分析方法	硬度的测定	低硬度
GB/T 12147	锅炉用水和冷却水分析方法	纯水电导率的测定	
GB/T 12150	锅炉用水和冷却水分析方法	硅的测定	硅钼蓝光度法
GB/T 12152	锅炉用水和冷却水分析方法	油的测定	红外光度法
GB/T 12155	锅炉用水和冷却水分析方法	钠的测定	动态法
GB/T 12156	锅炉用水和冷却水分析方法	钠的测定	静态法
GB/T 14418	锅炉用水和冷却水分析方法	铜的测定	
GB/T 14427	锅炉用水和冷却水分析方法	铁的测定	

### 3 定义及缩略语

下列定义和缩略语适用于本部分。

#### 3.1

还原性全挥发处理 [AVT (R)] **all volatile treatment (reduction)**

锅炉给水加氨和还原剂（又称除氧剂，如联氨）的处理。

#### 3.2

氧化性全挥发处理 [AVT (O)] **all volatile treatment (oxidation)**

锅炉给水只加氨的处理。

#### 3.3

加氧处理 (OT) **oxygenated treatment**

锅炉给水加氧的处理。

#### 3.4

流动加速腐蚀 (FAC) **flow-accelerated corrosion**

在特定的条件下，碳钢在高流速水中发生的快速腐蚀。

#### 3.5

水的氧化还原电位 (ORP) **oxidation-reduction potential**

以银-氯化银电极为参比电极，铂电极为测量电极，在密闭流动的水中所测出的电极电位。

注：该参比电极在 25℃ 时的电极电位相对标准氢电极为 +208mV。

### 4 总则

a) 给水处理有 AVT (R)、AVT (O) 和 OT 三种方式。鼓励根据机组的材料特性、炉型及给水纯度选择合适的给水处理方式，并制订运行控制规范。

b) 给水处理的作用是：抑制给水系统金属的一般性腐蚀和 FAC；减少随给水带入锅炉的腐蚀产物和其他杂质；防止因减温水引起混合式过热器、再热器和汽轮机积盐。

## 5 给水处理方式

### 5.1 还原性全挥发处理 [AVT (R)]

AVT (R) 是给水加氨和联氨的处理方式, 通常  $\text{ORP} < -200\text{mV}$ 。锅炉给水质量标准按表 1 控制。

表 1 AVT (R) 时锅炉给水质量标准

锅炉过热蒸汽压力 MPa		汽包锅炉						直流锅炉			
		3.8~5.8	5.9~12.6	12.7~15.8		15.9~18.3		5.9~18.3		>18.3	
		标准值	标准值	标准值	期望值	标准值	期望值	标准值	期望值	标准值	期望值
氢电导率 (25℃) $\mu\text{S}/\text{cm}$	有精处理	—	—	—	—	$\leq 0.20$	$\leq 0.15$	$\leq 0.20$	$\leq 0.15$	$\leq 0.15$	$\leq 0.10$
	无精处理	—	$\leq 0.30$	$\leq 0.30$	$\leq 0.20$	$\leq 0.30$	$\leq 0.20$				
pH (25℃) <sup>a</sup>	有铜系统	8.8~9.3	8.8~9.3	8.8~9.3	—	8.8~9.3	—	8.8~9.3	—	8.8~9.3	—
	无铜系统 <sup>b</sup>	9.0~9.6	9.0~9.6	9.0~9.6	—	9.0~9.6	—	9.0~9.6	—	9.0~9.6	—
溶解氧 $\mu\text{g}/\text{L}$		$\leq 15$	$\leq 7$	$\leq 7$	—	$\leq 7$	—	$\leq 7$	—	$\leq 7$	—
铁 $\mu\text{g}/\text{L}$		$\leq 50$	$\leq 30$	$\leq 20$	$\leq 10$	$\leq 15$	$\leq 10$	$\leq 10$	$\leq 5$	$\leq 10$	$\leq 5$
铜 $\mu\text{g}/\text{L}$		$\leq 10$	$\leq 5$	$\leq 5$	$\leq 3$	$\leq 5$	$\leq 3$	$\leq 5$	$\leq 3$	$\leq 3$	$\leq 2$
钠 $\mu\text{g}/\text{L}$		—	—	—	—	—	—	$\leq 10$	$\leq 5$	$\leq 5$	—
二氧化硅 $\mu\text{g}/\text{L}$		应保证蒸汽二氧化硅符合标准						$\leq 20$	—	$\leq 15$	$\leq 10$
联氨 <sup>c</sup> $\mu\text{g}/\text{L}$	有铜系统	10~50	10~50	10~50	—	10~50	—	10~50	—	10~50	—
	无铜系统	$< 30$	$< 30$	$< 30$	—	$< 30$	—	$< 30$	—	$< 30$	—
硬度 $\mu\text{mol}/\text{L}$		$\leq 1.0$	$\leq 1.0$	$\approx 0$	$\approx 0$	$\approx 0$	—	$\approx 0$	—	$\approx 0$	—
油 $\text{mg}/\text{L}$		$< 1.0$	$\leq 0.3$	$\approx 0$	—	$\approx 0$	—	$\approx 0$	—	—	—
<p>a 用石灰—钠离子交换水为补给水的锅炉, 应改为控制凝结水的 pH 值, 最大值不超过 9.0。</p> <p>b 无铜系统—除凝汽器外的汽水循环设备均没有铜合金的系统。当凝汽器管为黄铜材料时 pH 值宜控制在 9.0~9.3。</p> <p>c 联氨加药点设置在低压加热器入口母管上的有铜系统, 应改为控制除氧器入口联氨的含量</p>											

### 5.2 氧化性全挥发处理 [AVT (O)]

AVT (O) 是给水只加氨而不加除氧剂的处理, 通常  $\text{ORP}$  在  $0 \sim +80\text{mV}$ 。锅炉给水质量标准按表 2 控制。

表2 AVT（O）时锅炉给水质量标准

锅炉过热蒸汽压力 MPa		汽包锅炉						直流锅炉			
		3.8~5.8	5.9~12.6	12.7~15.8		15.9~18.3		5.9~18.3		>18.3	
		标准值	标准值	标准值	期望值	标准值	期望值	标准值	期望值	标准值	期望值
氢电导率(25℃) μS/cm	有精处理	—	—	—	—	≤0.20	≤0.15	≤0.20	≤0.15	≤0.20	≤0.15
	无精处理	—	≤0.30	≤0.30	≤0.20	≤0.30	≤0.20				
pH(25℃) <sup>a</sup>	无铜系统 <sup>b</sup>	9.0~9.6	9.0~9.6	9.0~9.6	—	9.0~9.6	—	9.0~9.6	—	9.0~9.6	—
溶解氧 μg/L		≤15	≤10	≤10	—	≤10	—	≤10	—	≤10	—
铁 μg/L		≤30	≤20	≤10	≤5	≤10	≤5	≤10	≤5	≤10	≤5
铜 μg/L		≤10	≤5	≤3	≤2	≤3	≤2	≤3	≤2	≤3	≤2
钠 μg/L		—	—	—	—	—	—	≤10	≤5	≤5	—
二氧化硅 μg/L		应保证蒸汽二氧化硅符合标准						≤20	—	≤15	≤10
硬度 μmol/L		≤2.0	≤2.0	≤1.0	≈0	≈0	—	≈0	—	≈0	—
油 mg/L		≤0.3	≤0.3	≤0.3	—	≤0.3	—	≤0.3	—	<0.1	—
a 用石灰—钠离子交换水为补给水的锅炉，应改为控制凝结水的 pH 值，最大值不超过 9.0。											
b 当凝汽器管为黄铜材料时，pH 值宜控制在 9.0~9.3											

5.3 加氧处理（OT）

给水采用 OT 时，通常 ORP>+100mV。锅炉给水质量标准按表 3 控制。

表3 OT 时锅炉给水质量标准

锅炉过热蒸汽压力 MPa		汽包锅炉				直流锅炉	
		12.7~15.8		15.9~18.3		>5.9	
		标准值	期望值	标准值	期望值	标准值	期望值
氢电导率 <sup>a</sup> (25℃) μS/cm		≤0.15	≤0.10	≤0.15	≤0.10	<0.15	≤0.10
pH(25℃)	中性处理	6.7~8.0	—	—	—	8.0~9.0	
	碱性处理	8.0~9.0	—	8.0~9.0	—		
溶解氧 <sup>b</sup> μg/L		10~80	—	10~80	—	30~300	
铁 μg/L		≤5	≤3	≤5	≤3	<10	≤5

铜 μg/L	≤3	—	≤3	≤2	<5	≤3
钠 μg/L	—				<5	
二氧化硅 μg/L	≤20	—	≤20	≤10	<10	
硬度 μmol/L	≈0	—	≈0	—	—	
油 mg/L	≈0	—	≈0	—	—	
a 汽包下降管炉水的氢电导率应小于 1.5μS/cm。 b 汽包下降管炉水的溶解氧含量应小于 10μg/L						

## 6 给水处理方式的比较和选择

### 6.1 给水处理方式的比较

- AVT (R) 是在物理除氧后，再加氨和除氧剂使给水呈弱碱性的还原处理。对于有铜系统的机组，兼顾了抑制铜、铁腐蚀的作用。对于无铜系统的机组，通过提高给水的 pH 值抑制铁腐蚀。采用 AVT (R) 时，个别机组在给水和湿蒸汽系统容易发生 FAC。更换材料或改变给水处理方式可以消除或减轻 FAC。
- 对于无铜系统的机组，采用 AVT (O) 后通常给水的含铁量会有所降低，省煤器和水冷壁管的结垢速率相应降低。
- 采用 OT 可使给水系统 FAC 现象减轻或消除，给水的含铁量降低，省煤器和水冷壁管的结垢速率也降低，锅炉化学清洗周期延长；同时由于给水 pH 值的降低，可使凝结水精处理混床的运行周期延长。但是 OT 对水质要求严格，对于没有凝结水精处理设备或凝结水精处理运行不正常的机组，给水的氢电导率难以达到小于 0.15μS/cm 的要求，不宜采用 OT。
- 采用 AVT (R) 方式，给水的含铜量和汽轮机的铜垢沉积量通常小于 AVT (O) 和 OT 方式。

### 6.2 给水处理方式的选择

- 根据水汽系统的材质和给水水质来选择给水处理方式。
- 采用目前的给水处理方式，机组无腐蚀问题，可按此方式继续运行。
- 如果采用目前的给水处理方式，机组存在腐蚀问题，应通过图 1 所示的流程选择其他给水处理方式，选择步骤如下：
  - 当机组为无铜系统时，应优先选用 AVT (O) 方式；如果给水氢电导率小于 0.15μS/cm，且精处理系统运行正常，宜转为 OT 方式，否则按原处理方式继续运行；
  - 当机组为有铜系统时，应采用 AVT (R) 方式，并进行优化；如果给水氢电导率小于 0.15μS/cm，且精处理系统运行正常，还可以进行加氧试验，确定水汽系统的含铜量合格后转为 OT 方式，否则按原处理方式继续运行。

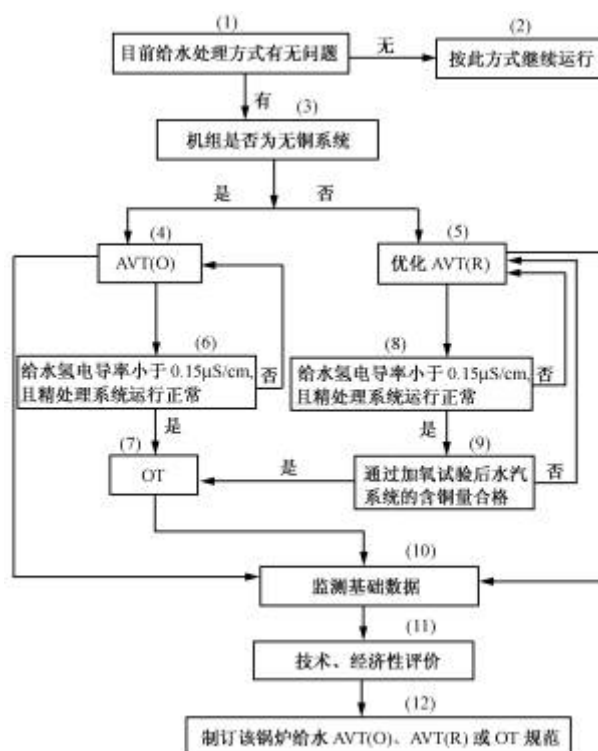


图 1 选择锅炉给水处理方式流程

## 7 检测方法

检测给水化学成分的方法见表 4。

表 4 给水化学成分的检测方法

检测项目	检测方法	备 注
氢电导率	GB/T 12147	
pH	GB/T 6904.3	
溶解氧	SS-12-2-84	尽量使用在线或便携式溶解氧测定仪
Fe	GB/T 14427	有条件可采用原子吸收光谱分析仪
Cu	GB/T 14418	有条件可采用原子吸收光谱分析仪
Na	GB/T 12155	进行有关试验时应采用此法
	GB/T 12156	日常监督可用此法
SiO <sub>2</sub>	GB/T 12150	此法只检测活性硅
联氨	GB/T 6906	
硬度	GB/T 6909.2	
油	GB/T 12152	

## 8 给水加药

### 8.1 加氨与控制

按选用的给水处理方式进行加氨与控制。若采用两点加氨，对于无精处理设备，第一个加氨点宜设置在凝结水泵出口母管上；对于有精处理设备，宜设置在精处理出水母管上。对于有铜系统，pH 值宜控制在 8.8~9.0 范围。对于无铜系统，pH 值按给水指标控制；第二个加氨点宜设置在除氧器出水管道上，pH 值按给水指标控制。若采用一点加氨，宜设置在除

氧器出水管道上，pH 值按给水指标控制。自动加氨系统的调节宜根据水样的电导率指标来控制。

8.2 加联氨

加联氨点一般设置在除氧器出水管道上；也可将加联氨点提前至低压加热器的入口母管上，但应控制除氧器入口联氨的含量。

8.3 加氧

对于无铜系统可采用两点加氧，分别设置在精处理出水母管和除氧器出水管道上；对于有铜系统，宜采用一点加氧，设置在除氧器出水管道上。

9 锅炉启动时的给水质量

对于采用 AVT (R) 和 AVT (O) 的停、备用机组启动时，给水处理采用与正常运行时相同的方式；对于采用 OT 的机组启动时，给水处理宜采用 AVT (O) 方式，当机组运行稳定、给水的氢电导率达到 0.15μS/cm 并呈下降趋势时，转为 OT。

锅炉启动时，给水质量应符合表 5 的规定，在机组并网后 8h 内达到正常运行时的标准值。

表 5 锅炉启动时给水质量标准

锅炉过热蒸汽压力 MPa	汽包锅炉			直流锅炉
	3.8~5.8	5.9~12.6	12.7~18.3	>5.9
硬度 μmol/L	≤10	≤5.0	≤5.0	≈0

表 5（续）

锅炉过热蒸汽压力 MPa	汽包锅炉			直流锅炉
	3.8~5.8	5.9~12.6	12.7~18.3	>5.9
铁 μg/L	≤150	≤100	≤75	≤50
二氧化硅 μg/L	—	—	≤80	≤30

10 给水质量劣化时的处理

当给水质量劣化时，应迅速检查取样是否有代表性，化验结果是否正确，并综合分析系统中水、汽质量的变化，确认无误后，应首先进行必要的化学处理，并立即向有关负责人汇报。负责人应责成有关部门采取措施，使给水质量在规定的时间内恢复到标准值。下列三级处理的涵义为：

一级处理——有造成腐蚀、结垢、积盐的可能性，应在 72h 内恢复至正常值。

二级处理——肯定会造成腐蚀、结垢、积盐，应在 24h 内恢复至正常值。

三级处理——正在进行快速腐蚀、结垢、积盐，应在 4h 内恢复至正常值，否则停炉。

在异常处理的每一级中，如果在规定的时间内尚不能恢复到正常值，则应采取更高一级的处理方法。对于汽包锅炉，在恢复标准值的同时应采用降压方式运行。

10.1 AVT (R)、AVT (O) 时的异常处理

AVT (R)、AVT (O) 时锅炉给水水质异常的处理值见表 6。



表 6 AVT (R)、AVT (O) 时锅炉给水水质异常<sup>a</sup>的处理值

项 目		标准值	处理值		
			一级	二级	三级
氢电导率(25℃) μS/cm	有精处理	≤0.20	0.21~0.35	0.36~0.60	>0.60
	无精处理	≤0.30	0.31~0.40	0.41~0.65	>0.65
pH(25℃)	有铜系统	8.8~9.3	<8.8 或>9.3	—	—
	无铜系统	9.0~9.6	<9.0 或>9.6	—	—
溶解氧 μg/L	AVT (R)	≤7	8~20	>20	—
	AVT (O)	≤10	11~20	>20	—
a 用海水冷却的电厂，当给水的氢电导率超标时，应迅速检测凝结水的含钠量，如果大于 400μg/L，应紧急停炉。					

#### 10.2 汽包锅炉 OT 时的异常处理

当给水或汽包下降管炉水氢电导率超过 OT 的标准值时，应及时转为 AVT (O)。

#### 10.3 直流锅炉 OT 时的异常处理

直流锅炉给水采用 OT 时水汽质量偏离控制指标时的处理措施见表 7。

表 7 直流锅炉 OT 时给水水质异常的处理措施

氢电导率 (25℃) μS/cm	应采取的措施
0.15~0.2	立即提高加氨量，调整给水 pH 值到 9.0~9.5，在 24h 内使氢电导率降至 0.15μS/cm 以下
≥0.2	停止加氧，转为 AVT (O)