



中华人民共和国国家标准

GB50050--2007



## 工业循环冷却水处理设计规范

Code for design of industrial recirculating cooling water treatment



2007-10-25 发布

2008-05-01 实施

中华人民共和国建设部

# 关于发布国家标准《工业循环冷却水处理设计规范》的公告

## 中华人民共和国建设部公告第 742 号

现批准《工业循环冷却水处理设计规范》为国家标准，编号为 GB50050-2007，自 2008 年 5 月 1 日起实施。其中，第 3.1.6 (2、4、5、6)、3.1.7、3.2.7、6.1.6、8.1.7、8.2.1、8.2.2、8.5.1 (1、2、3、4、5、6、7)、8.5.4 条 (款) 为强制性条文，必须严格执行。原《工业循环冷却水处理设计规范》GB50050-95 同时废止。本标准由建设部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国建设部

二〇〇七年十月二十五日



# 1 总 则

1.0.1 为了贯彻国家节约水资源和保护环境的方针政策，促进工业冷却水的循环利用和污水资源化，有效控制和降低循环冷却水所产生的各种危害，保证设备的换热效率和使用年限，减少排污水对环境的污染，使工业循环冷却水处理设计做到技术先进，经济实用，安全可靠，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于以地表水、地下水和再生水作为补充水的新建、扩建、改建工程的循环冷却水处理设计。

1.0.3 工业循环冷却水处理设计应符合安全生产、保护环境、节约能源和节约用水的要求，并便于施工、维修和操作管理。

1.0.4 工业循环冷却水处理设计应不断地吸取国内外先进的生产实践经验和科研成果，积极稳妥地采用新技术。

1.0.5 工业循环冷却水处理设计除应按本规范执行外，还应符合国家有关现行标准和规范的规定。



## 2 术语、符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 循环冷却水系统 Recirculating Cooling Water System

以水作为冷却介质，并循环运行的一种给水系统，由换热设备、冷却设备、处理设施、水泵、管道及其它有关设施组成。

#### 2.1.2 间冷开式循环冷却水系统（间冷开式系统） Indirect Open Recirculating Cooling Water System

循环冷却水与被冷却介质间接传热且循环冷却水与大气直接接触散热的循环冷却水系统。

#### 2.1.3 间冷闭式循环冷却水系统（闭式系统） Indirect Closed Recirculating Cooling Water System

循环冷却水与被冷却介质间接传热且循环冷却水与冷却介质也是间接传热的循环冷却水系统。

#### 2.1.4 全闭式系统 Totally Closed System

系统中的循环冷却水不与大气接触的间冷闭式循环冷却水系统。

#### 2.1.5 半闭式系统 Semi Closed System

系统中的循环冷却水局部与大气接触的间冷闭式循环冷却水系统。

#### 2.1.6 直冷开式循环冷却水系统（直冷系统） Direct Open Recirculating Cooling Water System

循环冷却水与被冷却介质直接接触换热且循环冷却水与大气直接接触散热的循环冷却水系统。

#### 2.1.7 开式系统 Open System

间冷开式和直冷系统的统称。

#### 2.1.8 药剂 Chemicals

循环冷却水处理过程中所使用的各种化学品。

#### 2.1.9 异养菌总数 Count of Aerobic Heterotrophic Bacteria

以细菌平皿计数法统计出每毫升水中的异养菌落个数，单位为个/mL。

#### 2.1.10 生物黏泥 Slime

微生物及其分泌的黏液与其它有机和无机杂质混合在一起的黏浊物质。

#### 2.1.11 生物黏泥量 Slime Content

用生物过滤网法测定的循环冷却水所含生物黏泥体积，以 mL/m<sup>3</sup> 表示。

#### 2.1.12 污垢热阻值 Fouling Resistance

换热设备传热面上因沉积物而导致传热效率下降程度的数值，单位为 m<sup>2</sup> · K/W。

#### 2.1.13 腐蚀速率 Corrosion Rate

以金属腐蚀失重而算得的每年平均腐蚀深度，单位为 mm/a。

#### 2.1.14 粘附速率

换热器单位传热面上每月的污垢增长量，单位为 mg/cm<sup>2</sup> · 月。

#### 2.1.15 系统水容积 System Capacity Volume

循环冷却水系统内所有水容积的总和，单位为 m<sup>3</sup>。

#### 2.1.16 浓缩倍数 Cycle of Concentration

循环冷却水与补充水含盐量的比值。

#### 2.1.17 监测试片 Monitoring Test Coupon

置于监测换热设备、测试管或塔池中用于监测腐蚀的标准金属试片。

#### 2.1.18 预膜 Prefilming

以预膜液循环通过换热设备，使其金属表面形成均匀致密保护膜的过程。

#### 2.1.19 旁流水 Side Stream

从循环冷却水系统中分流并经处理后，再返回系统的那部分水。

#### 2.1.20 药剂允许停留时间 Permitted Retention Time of Chemicals

药剂在循环冷却水系统中的有效时间。

#### 2.1.21 补充水量 Amount of Makeup Water

指补充循环冷却水系统运行过程中损失的水量。

#### 2.1.22 排污水量 Amount of Blowdown

在确定的浓缩倍数条件下，需要从循环冷却水系统中排放的水量。

#### 2.1.23 泥浆浓度（含固率） Mud Concentration

单位质量污泥所含固体物质的质量分数。

#### 3 2.1.24 含水率 Containing Water Rate

单位质量污泥所含水分的质量分数。

#### 2.1.25 再生水 Reclaimed Water

污水及其它各种废水经处理后，达到一定的水质指标可进行再利用的水。

#### 2.1.26 深度处理 Advanced Treatment

对再生水进一步处理。

#### 2.1.27 超滤 Ultra Filtration

系膜式分离技术，过滤精度在  $0.01\sim 0.1\mu\text{m}$  范围之内。

#### 2.1.28 微滤 Micro Filtration

系膜式分离技术，过滤精度在  $0.1\sim 1.0\mu\text{m}$  范围之内。

#### 2.1.29 稳定指数 Stability Index

指 2 倍水的饱和 pH 值和水的实际 pH 值的差值。以此判定水的腐蚀或结垢倾向。



## 2.2 符号

符号	含义
A	冷却塔空气流量 (m <sup>3</sup> /h)
Ac	硫酸投加量 (kg/h)
C	空气含尘量 (g/m <sup>3</sup> )
Cmi	补充水某项成分含量 (mg/L)
Cms	补充水悬浮物含量 (mg/L)
Crs	循环冷却水悬浮物含量 (mg/L)
Cri	循环冷却水某项成分含量 (mg/L)
Csi	旁流处理后水的某项成分含量 (mg/L)
Css	滤后水悬浮物含量 (mg/L)
Gf	首次加药量 (kg)
Gn	非氧化型杀生剂每次加药量 (kg)
Go	氧化型杀生剂加药量 (kg/h)
Gr	系统运行时加药量 (kg/h)
g	每升循环冷却水加药量 (mg/L)
gn	每升循环冷却水非氧化型杀生剂加药量 (mg/L)
go	每升循环冷却水氧化型杀生剂加药量 (mg/L)
Ks	悬浮物沉降系数
K	气温系数 (1/°C)
Mm	补充水碱度 (mg/L, 以 CaCO <sub>3</sub> 计)
Mr	循环冷却水控制碱度 (mg/L, 以 CaCO <sub>3</sub> 计)
N	浓缩倍数
Qb	排污水量 (m <sup>3</sup> /h)
Qb1	强制排污水量 (m <sup>3</sup> /h)
Qb2	循环冷却水处理过程中损失水量, 即自然排污水量 (m <sup>3</sup> /h)
Qe	蒸发水量 (m <sup>3</sup> /h)
Qm	补充水量 (m <sup>3</sup> /h)
Qr	循环冷却水量 (m <sup>3</sup> /h)
Qsf	旁滤水量 (m <sup>3</sup> /h)
Qsi	旁流处理水量 (m <sup>3</sup> /h)
Qw	风吹损失水量 (m <sup>3</sup> /h)
Td	设计停留时间 (h)
Δ t	冷却塔进出水温差 (°C)
V	系统水容积 (m <sup>3</sup> )
Ve	循环冷却水泵、换热器、处理设施等设备中的水容积 (m <sup>3</sup> )
Vp	工艺生产设备内的水容积 (m <sup>3</sup> )
Vk	膨胀罐或水箱的水容积 (m <sup>3</sup> )
Vr	循环冷却水管道容积 (m <sup>3</sup> )

## 3 循环冷却水处理

### 3.1 一般规定

3.1.1 循环冷却水处理方案设计应包括下列内容：

- 1 补充水来源、水量、水质及其处理方案；
- 2 设计浓缩倍数、阻垢缓蚀、清洗预膜处理方案及控制条件；
- 3 系统排水处理方案；
- 4 旁流水处理方案；
- 5 微生物控制方案。

3.1.2 循环冷却水量应根据生产工艺的最大小时用水量确定。开式系统给水温度应根据生产工艺要求并结合气象条件确定，闭式系统给水温度应结合冷却介质温度确定。

3.1.3 直冷系统循环冷却水的回水量、水温、水质和间冷开式、闭式系统循环冷却水回水水温应按工艺要求确定。

3.1.4 补充水水质资料收集应符合下列规定：

- 1 补充水为地表水，不宜少于一年的逐月水质全分析资料；
- 2 补充水为地下水，不宜少于一年的逐季水质全分析资料；
- 3 补充水为再生水，不宜少于一年的逐月水质全分析资料，并应包括再生水水源组成及其处理工艺等资料。

4 水质分析项目应符合本规范附录 A 的要求，数据分析误差应满足附录 B 的规定。

3.1.5 补充水水质应以逐年水质分析数据的平均值作为设计依据，并以最不利水质校核设备能力。

3.1.6 间冷开式系统循环冷却水换热设备的控制条件和指标应符合下列规定：

- 1 循环冷却水管程流速不宜小于 0.9 m/s；
- 2 当循环冷却水壳程流速小于 0.3 m/s 时，应采取防腐涂层、反向冲洗等措施；
- 3 设备传热面冷却水侧壁温不宜高于 70℃；
- 4 设备传热面水侧污垢热阻值应小于  $3.44 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ；
- 5 设备传热面水侧粘附速率不应大于  $15 \text{ mg/cm}^2 \cdot \text{月}$ ，炼油行业不应大于  $20 \text{ mg/cm}^2 \cdot \text{月}$ ；
- 6 碳钢设备传热面水侧腐蚀速率应小于 0.075 mm/a，铜合金和不锈钢设备传热面水侧腐蚀速率应小于 0.005 mm/a。

3.1.7 闭式系统设备传热面水侧污垢热阻值应小于  $0.86 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ，腐蚀速率应符合 3.1.6-6 款规定。

3.1.8 间冷开式系统循环冷却水水质指标应根据补充水水质及换热设备的结构型式、材质、工况条件、污垢热阻值、腐蚀速率并结合水处理药剂配方等因素综合确定，并应符合表 3.1.8 的规定。



表 3.1.8 间冷开式系统循环冷却水水质指标

项目	单位	要求或使用条件	许用值
浊度	NTU	根据生产工艺要求确定	≤20
		换热设备为板式、翅片管式、螺旋板式	≤10
pH			6.8~9.5
钙硬度+ 甲基橙碱度 (以 CaCO <sub>3</sub> 计)	mg/L	碳酸钙稳定指数 RSI≥3.3	≤1100
		传热面水侧壁温大于 70℃	钙硬度小于 200
总 Fe	mg/L		≤1.0
Cu <sup>2+</sup>	mg/L		≤0.1
Cl <sup>-</sup>	mg/L	碳钢、不锈钢换热设备, 水走管程	≤1000
		不锈钢换热设备, 水走壳程 传热面水侧壁温不大于 70℃ 冷却水出水温度小于 45℃	≤700
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> +Cl <sup>-</sup>	mg/L		≤2500
硅酸 (以 SiO <sub>2</sub> 计)	mg/L		≤175
Mg <sup>2+</sup> ×SiO <sub>2</sub> (Mg <sup>2+</sup> 以 CaCO <sub>3</sub> 计)	mg/L	pH≤8.5	≤50000
游离氯	mg/L	循环回水总管处	0.2~1.0
NH <sub>3</sub> -N	mg/L	铜合金换热设备	≤1
			≤10
石油类	mg/L	非炼油企业	≤5
		炼油企业	≤10
COD <sub>Cr</sub>	mg/L		≤100

7.3.1.9 闭式系统循环冷却水水质指标应根据系统特性和用水设备的要求确定, 并宜符合表 3.1.9 的规定。

表 3.1.9 闭式系统循环冷却水水质指标

适用对象	水质指标		
	项目	单位	许用值
钢铁厂闭式系统	总硬度	mg/L	≤2
火力发电厂发电机内冷水系统	电导率(25℃)	μS/cm	≤2
	pH(25℃)		7.0~9.0
	含铜量	μg/L	≤40
各行业闭式系统	电导率(25℃)	μS/cm	≤10
	pH(25℃)		8.0~9.0

注: 1. 循环冷却水投加阻垢缓蚀剂后, 电导率将比表中数值升高。

2. 钢铁厂闭式系统的补充水为软化水, 其余两系统为除盐水。

3.1.10 直冷系统循环冷却水水质应根据工艺要求并结合补充水水质、工况条件及药剂处理配方等因素综合确定，并宜符合表 3.1.10 的规定。

表 3.1.10 直冷系统循环冷却水水质指标

项目	单位	适用对象	许用值
pH		高炉煤气清洗水	6.5~8
		合成氨厂造气洗涤水	7.5~8.5
		炼钢真空处理、轧钢、轧钢层流水、轧钢除鳞给水及连铸二次冷却水	7~9
		转炉煤气清洗水	9~12
电导率	μS/cm	高炉转炉煤气清洗水	≤3000
		炼钢、轧钢直接冷却水	≤2000
悬浮物	mg/L	连铸二次冷却水及轧钢直接冷却水、挥发窑窑体表面清洗水	≤30
		炼钢真空处理冷却水	≤50
		高炉转炉煤气清洗水 合成氨厂造气洗涤水	≤100
碳酸盐硬度 (以 CaCO <sub>3</sub> 计)	mg/L	转炉煤气清洗水	≤100
		合成氨厂造气洗涤水	≤200
		连铸二次冷却水	≤400
		炼钢真空处理、轧钢、轧钢层流水及轧钢除鳞给水	≤500
Cl <sup>-</sup>	mg/L	轧钢层流水	≤300
		轧钢、轧钢除鳞给水及连铸二次冷却水、挥发窑窑体表面清洗水	≤500
		炼钢、轧钢直接冷却水	≤1500
硫酸盐 (以 SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 计)	mg/L	高炉转炉煤气清洗水	≤2000
		炼钢、轧钢直接冷却水	≤1500
油类	mg/L	轧钢层流水	≤5
		轧钢、轧钢除鳞给水及连铸二次冷却水	≤10

3.1.11 间冷开式系统与直冷系统的钙硬度与甲基橙碱度之和大于 1100 mg/L，稳定指数 RSI<3.3 时，应加硫酸或进行软化处理。

3.1.12 间冷开式系统的设计浓缩倍数不宜小于 5.0，不应小于 3.0；直冷系统的设计浓缩倍数不应小于 3.0。浓缩倍数可按下式计算：

$$N = \frac{Q_m}{Q_b + Q_w} \quad (3.1.12)$$

式中 N — 浓缩倍数；

Q<sub>m</sub> — 补充水量 (m<sup>3</sup>/h)；

Q<sub>b</sub> — 排污水量 (m<sup>3</sup>/h)；

Q<sub>w</sub> — 风吹损失水量 (m<sup>3</sup>/h)。

3.1.13 间冷开式系统的微生物控制指标宜符合下列规定：

- 1 异养菌总数不大于 1×10<sup>5</sup> 个/mL；
- 2 生物黏泥量不大于 3 mL/m<sup>3</sup>。

## 3.2 系统设计

3.2.1 开式系统循环冷却水的设计停留时间不应超过药剂的允许停留时间。设计停留时间可按下式计算：

$$T_d = \frac{V}{Q_b + Q_w} \quad (3.2.1)$$

式中  $T_d$  — 设计停留时间 (h)；

$V$  — 系统水容积 (m<sup>3</sup>)。

3.2.2 间冷开式系统水容积宜小于循环冷却水量的  $1/3$ ，系统水容积可按下式计算：

$$V = V_e + V_r + V_t \quad (3.2.2)$$

式中  $V_e$  — 循环冷却水泵、换热器、处理设施等设备中的水容积 (m<sup>3</sup>)；

$9V_r$  — 循环冷却水管道容积 (m<sup>3</sup>)；

$V_t$  — 水池水容积 (m<sup>3</sup>)。

3.2.3 闭式系统宜根据运行操作要求和技术经济比较，选用全闭式系统或半闭式系统。

3.2.4 闭式系统水容积可按下式计算：

$$V = V_p + V_e + V_r + V_k \quad (3.2.4)$$

式中  $V_p$ —工艺生产设备内的水容积 (m<sup>3</sup>)；

$V_k$ —膨胀罐或水箱的水容积 (m<sup>3</sup>)。

3.2.5 全闭式系统的膨胀罐应具有氮气自动调压、水位检测、自动补水与泄水以及防止空气进入水系统等功能。膨胀罐气水容积的比值宜为 0.75~1，水容积宜按 4℃水温与最高设计水温的比容差乘以系统容积确定，并应增加 15%的安全余量。

3.2.6 当发生停电事故时，闭式系统应根据工艺设备的事故用水量与安全给水时间的不同要求，采用下列安全给水措施：

1 当安全给水时间大于 1h，且事故用水量与正常给水量相同时，宜采用快速柴油机泵直接供水；

2 当安全给水时间大于 1h，但事故用水量小于正常给水量时，宜采用快速柴油机泵与高位水箱结合供水，同时系统低点应设置事故泄水池；

3 当安全给水时间小于 1h，宜采用高位水箱供水，同时系统低点应设置事故排水阀。

3.2.7 循环冷却水不应作直流水使用。

3.2.8 循环水场的布置宜避开工厂的下风向，并应远离煤场、锅炉、高炉等场所，冷却塔周围地面应铺砌或植被。

3.2.9 间冷开式系统管道设计应符合下列规定：

1 循环冷却水回水管应设接至冷却塔水池的旁路管；

2 换热设备循环冷却水接管应设旁路管或旁路管接口；

3 循环冷却水系统的补充水管径、水池排净水管径应根据排净、清洗、预膜置换时间要求确定，置换时间不宜大于 8h。当补充水管设有计量仪表时，应设旁路管；

4 管径大于或等于 800mm 的循环冷却水管道宜设检修人孔，间距不宜大于 500m。

5 管道系统的低点宜设置泄水阀，高点宜设置排气阀。

3.2.10 闭式系统管道设计应符合下列规定：

1 循环冷却水给水总管和换热设备的给水管宜设置管道过滤器；

2 补充水管道宜按 4~6h 充满系统设计；

3 当补充水 pH<7.5 时，其输水管道应采用耐腐蚀管材；

4 管道系统的低点应设置泄水阀，高点应设置通气设施。

3.2.11 冷却塔水池应设置便于排除或清除淤泥的设施；冷却塔水池出水口或循环冷却水泵吸水池前应设置便于清洗的拦污滤网，拦污滤网宜设置两道。

### 3.3 阻垢缓蚀处理

3.3.1 循环冷却水的阻垢缓蚀处理药剂配方宜经动态模拟试验和技术经济比较确定，或根据水质和工况条件相类似的工厂运行经验确定。动态模拟试验应结合下列因素进行：

- 1 补充水水质；
- 2 污垢热阻值；
- 3 粘附速率；
- 4 腐蚀速率；
- 5 浓缩倍数；
- 6 换热设备材质；
- 7 换热设备传热面的冷却水侧壁温；
- 8 换热设备内水流速；
- 9 循环冷却水温度；
- 10 药剂的稳定性及对环境的影响。

3.3.2 阻垢缓蚀药剂应选择高效、低毒、化学稳定性及复配性能良好的环境友好型水处理药剂，当采用含锌盐药剂配方时，循环冷却水中的锌盐含量应小于 2.0mg/L（以  $Zn^{2+}$  计）。

3.3.3 循环冷却水系统中有铜合金换热设备时，水处理药剂配方应有铜缓蚀剂。

3.3.4 闭式系统设置有旁流混合阴阳离子交换器时，不应加缓蚀剂。

3.3.5 循环冷却水系统阻垢缓蚀剂的首次加药量，可按下列公式计算：

$$G_f = \frac{V \cdot g}{1000} \quad (3.3.5)$$

式中  $G_f$  — 首次加药量 (kg)；

$g$  — 每升循环冷却水加药量 (mg/L)。

3.3.6 循环冷却水系统运行时，阻垢缓蚀剂加药量可按下列公式计算。

1. 间冷开式和直冷系统：

$$G_r = \frac{(Q_b + Q_w) \cdot g}{1000} \quad (3.3.6-1)$$

式中  $G_r$  — 系统运行时加药量 (kg/h)。

2. 闭式系统：

$$G_r = \frac{Q_m \cdot g}{1000} \quad (3.3.6-2)$$

3.3.7 循环冷却水采用硫酸处理时，硫酸投加量宜按下列公式计算：

$$A_c = \frac{(M_m - M_r / N) \cdot Q_m}{1000} \quad (3.3.7)$$

式中： $A_c$  — 硫酸投加量 (kg/h，纯度为 98%)；

$M_m$  — 补充水碱度 (mg/L，以  $CaCO_3$  计)；

$M_r$  — 循环冷却水控制碱度 (mg/L，以  $CaCO_3$  计)，按附录 C 确定。

3.3.8 高炉、转炉煤气清洗直冷循环冷却水处理宜加酸或加碱调节 pH 值，并宜投加阻垢剂。

### 3.4 沉淀、过滤处理

3.4.1 直冷系统沉淀、过滤处理工艺应根据循环冷却水给水及回水水质，经技术经济比较确定，并宜选用表 3.4.1 中的基本工艺。

表 3.4.1 沉淀、过滤处理基本工艺

基本工艺	适用对象
平流式沉淀池	合成氨厂造气洗涤水处理等
斜板沉淀器或中速过滤器	炼钢真空精炼装置冷却水及挥发窑窑体表面清洗水处理等
辐射沉淀池或斜板沉淀器	高炉煤气清洗水及挥发窑窑体表面清洗水处理等
粗颗粒分离机—辐射沉淀池或斜板沉淀器	转炉煤气清洗水处理等
一次平流沉淀池或漩流沉淀池—化学除油沉淀器	中小型轧钢装置直接冷却循环冷却水处理等
一次平流沉淀池或漩流沉淀池—二次平流沉淀池或化学除油沉淀器—高速过滤器	连铸二次冷却及轧钢装置直接冷却循环水处理等

3.4.2 直冷系统循环冷却水的沉淀、过滤处理水量，应为 100% 的循环冷却水量；对不吹氧的炼钢真空精炼装置，宜为循环水量的 30%~50%。

3.4.3 直冷系统循环冷却水的混凝沉淀处理，应根据试验或现场实际情况确定混凝剂配方。

3.4.4 直冷系统泥浆处理应符合下列规定：

1 泥浆处理宜采用下列流程：

- 1) 斜板沉淀器和化学除油器的泥浆：调节池—脱水机
- 2) 辐射沉淀池、过滤器的泥浆：调节池—浓缩池—脱水机

2 泥浆调节池宜用机械搅拌或压缩空气搅拌。

3 化学除油器、斜板沉淀器或浓缩池排出的泥浆宜采用真空过滤机、板框压滤机、带式压滤机等设备脱水。

4 脱水设备的滤液应返回直冷循环冷却水系统的沉淀池。

### 3.5 微生物控制

3.5.1 循环冷却水微生物控制宜以氧化型杀生剂为主，非氧化型杀生剂为辅。杀生剂的品种应进行经济技术比较确定。

3.5.2 氧化型杀生剂宜采用次氯酸钠、液氯、无机溴化物、有机氯等，投加方式及投加量宜符合下列规定：

1 次氯酸钠或液氯宜采用连续投加，也可采用冲击投加。连续投加时，宜控制循环冷却水中余氯为 0.1~0.5mg/L；冲击投加时，宜每天投加 1~3 次，每次投加时间宜控制水中余氯 0.5~1.0mg/L，保持 2~3 小时；

2 无机溴化物宜经现场活化后连续投加，循环冷却水的余溴浓度宜为 0.2~0.5 mg/L（以 Br<sub>2</sub> 计）。

3.5.3 非氧化型杀生剂应具有高效、低毒、广谱、pH 值适用范围宽、与阻垢剂、缓蚀剂不相互干扰、易于降解、使生物黏泥易于剥离等性能。非氧化型杀生剂宜选择多种交替使用。

3.5.4 炼钢真空处理和高炉、转炉煤气清洗的直冷循环冷却水可不投加杀生剂。

3.5.5 氧化型杀生剂连续投加时，加药设备能力应满足冲击加药量的要求，加药量可按下列公式计算：

$$G_o = \frac{Q_r \cdot g_o}{1000} \quad (3.5.5)$$

式中 G<sub>o</sub> — 氧化型杀生剂加药量 (kg/h)；

g<sub>o</sub> — 每升循环冷却水氧化型杀生剂加药量 (mg/L)，连续投加宜采用 0.1~0.5mg/L，冲击投加宜采用 2~4mg/L，以有效氯计。

3.5.6 非氧化型杀生剂，宜根据微生物监测数据不定期投加。每次加药量可按下式计算：

$$G_n = \frac{V \cdot g_n}{1000} \quad (3.5.6)$$

式中  $G_n$  —非氧化型杀生剂每次加药量 (kg)；

$g_n$  — 每升循环冷却水非氧化型杀生剂加药量 (mg/L)。

### 3.6 清洗和预膜

3.6.1 间冷开式系统开车前应进行清洗和预膜处理，清洗和预膜程序宜按人工清扫、水清洗、化学清洗、预膜处理顺序进行；闭式和直冷系统的清洗和预膜可根据工程具体条件确定。

3.6.2 人工清扫范围应包括冷却塔水池、吸水池和首次开车时管径大于或等于 800mm 的管道等。

3.6.3 水清洗应符合下列规定：

- 1 管道内的清洗流速不应低于 1.5m/s；
- 2 首次开车清洗水应从换热设备的旁路管通过；

3.6.4 化学清洗应符合下列规定：

- 1 根据换热设备传热表面的污垢锈蚀情况，选择不同的清洗剂和清洗方式。
- 2 化学清洗后应立即进行预膜处理。

3.6.5 预膜应符合下列规定：

1 预膜剂配方和预膜操作条件应根据换热设备的材质、水质、温度等因素由试验或相似条件的运行经验确定。

2 预膜方案宜采用以下两种：

- 1) 以正常运行阻垢缓蚀剂 7~8 倍的剂量作为预膜剂进行预膜处理，pH 值 5.5~6.5，持续时间为 120h；
- 2) 预膜剂成份为六偏磷酸钠和一水硫酸锌，质量比为 4: 1，浓度为 200mg/L，pH 值 6.0~7.0，持续时间为 48h。

3.6.6 循环冷却水系统清洗、预膜水应通过旁路管直接回到冷却塔水池。

3.6.7 当一个循环冷却水系统向两个或两个以上生产装置给水时，清洗、预膜应采取不同步开车的处理措施。



## 4. 旁流水处理

4.0.1 循环冷却水处理设计中有下列情况之一时，应设置旁流水处理设施：

- 1 循环冷却水在循环过程中受到污染，不能满足循环冷却水水质标准的要求；
- 2 经过技术经济比较，需要采用旁流水处理以提高设计浓缩倍数；

4.0.2 旁流水处理设计方案应根据循环冷却水水质标准，结合去除的杂质种类、数量等因素综合比较确定。

4.0.3 当采用旁流水处理去除碱度、硬度、某种离子或其它杂质时，其旁流水量应根据浓缩或污染后的水质成分、循环冷却水水质标准和旁流处理后的水质要求等，可按下列式计算确定：

$$Q_{si} = \frac{Q_m \cdot C_{mi} - (Q_b + Q_w) C_{ri}}{C_{ri} - C_{si}} \quad (4.0.3)$$

式中  $Q_{si}$ ——旁流处理水量 (m<sup>3</sup>/h)；

$C_{mi}$ ——补充水某项成分含量 (mg/L)；

$C_{ri}$ ——循环冷却水某项成分含量 (mg/L)；

$C_{si}$ ——旁流处理后水的某项成分含量 (mg/L)。

4.0.4 间冷开式系统旁流水处理按下列规定执行：

1. 间冷开式系统宜设有旁流处理设施，小型或间断运行的循环冷却水系统视具体情况确定。
2. 间冷开式系统旁流水量可按下列式计算：

$$Q_{sf} = \frac{Q_m \cdot C_{ms} + K_s \cdot A \cdot C - (Q_b + Q_w) \cdot C_{rs}}{C_{rs} - C_{ss}} \quad (4.0.4)$$

式中  $Q_{sf}$  — 旁流水量 (m<sup>3</sup>/h)；

$C_{ms}$  — 补充水悬浮物含量 (mg/L)；

$C_{rs}$  — 循环冷却水悬浮物含量 (mg/L)；

$C_{ss}$  — 滤后水悬浮物含量 (mg/L)；

$A$  — 冷却塔空气流量 (m<sup>3</sup>/h)；

$C$  — 空气含尘量 (g/m<sup>3</sup>)；

$K_s$  — 悬浮物沉降系数，可通过试验确定。当无资料时可选用 0.2。

3. 间冷开式系统旁流水量宜为循环水量的 1%~5%，对于多沙尘地区或空气灰尘指数偏高地区可适当提高。

4. 间冷开式系统的旁流设施宜采用砂、纤维等介质过滤器。旁流过滤器出水浊度应小于 3NTU。



## 5 补充水处理

5.0.1 开式及闭式系统补充水处理设计方案应根据补充水量、补充水水质、循环冷却水的水质指标、设计浓缩倍数等因素，并结合旁流处理和全厂给水处理工艺综合技术经济比较确定。设计方案应包括如下内容：

- 1 补充水处理水量及处理后的水质指标；
- 2 工艺流程、平面布置、设备选型并进行技术经济比较；
- 3 水、电、汽、药剂等消耗量及经济指标。

5.0.2 间冷开式系统补充水宜采用再生水，直冷系统补充水宜采用间冷开式系统排污水及再生水。

5.0.3 当补充水为高硬度、高碱度水质时，宜采用石灰或弱酸树脂软化等处理方法，以提高循环冷却水的浓缩倍数。石灰处理后的碳酸盐硬度宜为 25~50 mg/L（以  $\text{CaCO}_3$  计），浊度小于 3NTU。

5.0.4 直冷系统补充水为新鲜水与间冷开式系统排污水的混合水时，应根据节约用水的原则，结合直冷循环冷却水水质指标、间冷开式系统的浓缩倍数及排污水水质、新鲜水水质等因素，确定水处理方案及补充水最佳混合比例。

5.0.5 开式系统的补充水量可按下列公式计算：

$$Q_m = Q_e + Q_b + Q_w \quad (5.0.5a)$$

$$Q_m = \frac{Q_e \cdot N}{N - 1} \quad (5.0.5b)$$

式中  $Q_e$ ——蒸发水量 (m<sup>3</sup>/h)

$$Q_e = k \cdot \Delta t \cdot Q_r \quad (5.0.5c)$$

式中  $Q_r$ ——循环冷却水量 (m<sup>3</sup>/h)

$\Delta t$ ——冷却塔进出水温差 (°C)

$k$ ——气温系数 (1/°C)，按表 5.0.5 选用。

表 5.0.5 气温系数  $k$

进塔大气温度 (°C)	-10	0	10	20	30	40
$k$ (1/°C)	0.0008	0.0010	0.0012	0.0014	0.0015	0.0016

5.0.6 闭式系统的补充水量宜为循环水量的 1%；

5.0.7 闭式系统补充水设计流量，宜为循环水量的 0.5%~1%。

## 6 再生水处理

### 6.1 一般规定

6.1.1 再生水水源包括工业及城镇污水处理厂的排水、矿井排水、间冷开式系统的排污水等。

6.1.2 再生水水源的选择应进行技术经济比较确定，再生水的设计水质应结合再生水水源远期水质变化综合确定。

6.1.3 再生水直接作为间冷开式系统补充水时，水质指标宜符合表 6.1.3 规定或根据试验和类似工程的运行数据确定。

表 6.1.3 再生水水质指标

序号	项目	单位	水质控制指标
1	pH 值 (25℃)	—	7.0~8.5
2	悬浮物	mg/L	≤ 10
3	浊度	NTU	≤ 5
4	BOD <sub>5</sub>	mg/L	≤ 5
5	COD <sub>Cr</sub>	mg/L	≤ 30
6	铁	mg/L	≤ 0.5
7	锰	mg/L	≤ 0.2
8	Cl <sup>-</sup>	mg/L	≤ 250
9	钙硬度 (以 CaCO <sub>3</sub> 计)	mg/L	≤ 250
10	甲基橙碱度 (以 CaCO <sub>3</sub> 计)	mg/L	≤ 200
11	NH <sub>3</sub> -N	mg/L	≤ 5
12	总磷 (以 P 计)	mg/L	≤ 1
13	溶解性总固体	mg/L	≤ 1000
14	游离氯	mg/L	末端 0.1~0.2
15	石油类	mg/L	≤ 5
16	细菌总数	个/mL	< 1000

6.1.4 再生水水源可靠性不能保证时，应有备用水源。

6.1.5 再生水作为补充水时，循环冷却水的浓缩倍数应根据再生水水质、循环冷却水水质控制指标、药剂处理配方和换热设备材质等因素，通过试验或参考类似工程的运行经验确定，不应低于 2.5。

6.1.6 再生水输配管网应设计为独立系统，并应设置水质、水量监测设施，严禁与生活用水管道连接。

## 6.2 深度处理

6.2.1 再生水深度处理工艺的选择应根据再生水的水质及补充水量、循环冷却水水质指标、浓缩倍数和换热设备的材质、结构型式等条件，进行技术经济比较，并借鉴类似工程的运行经验或试验确定。

6.2.2 深度处理系统的进水水质应达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)中的二级标准。

6.2.3 深度处理系统的进水为城镇污水再生水时，应设置再生水调节池，并在池内加杀生剂。

6.2.4 污水再生水深度处理宜选用以下基本工艺：

过滤-消毒

混凝-沉淀-消毒-过滤

超滤或微滤

生物滤池或生物膜(MBR)处理

超(微)滤-反渗透/电渗析除盐

6.2.5 间冷开式系统排污水深度处理基本工艺，包括：澄清、过滤、石灰处理、弱酸树脂处理、超(微)滤和反渗透处理等，工艺处理方案可根据工程的具体条件，进行技术经济比较确定。

6.2.6 采用石灰处理时，石灰药剂宜用消石灰粉。

6.2.7 采用超(微)滤和反渗透处理时，超(微)滤膜的材质应选择耐氧化型的材质，反渗透膜应选用抗污染复合膜。

6.2.8 采用澄清、超(微)滤、反渗透组合工艺时，各单元出水水质和超(微)滤、反渗透单元水回收率及反渗透单元除盐率应进行试验确定。没有试验条件时，宜符合表 6.2.8 的要求。

表 6.2.8 澄清、超(微)滤、反渗透组合处理工艺各单元出水水质

处理工艺	出水水质		自用水率 (%)	水利用率 (%)	除盐率(%)
	浊度(NTU)	SDI			
混凝澄清	10		≤10		—
超(微)滤	0.2	≤3	—	≥90%	—
反渗透	—	—	—	60~75	≥95



## 7 排水处理

7.0.1 开式系统的排水包括系统排污水、排泥、清洗和预膜的排水、旁流水处理及补充水处理过程中的排水等。

7.0.2 在选择排水处理方案时，应贯彻综合利用原则，根据环保要求，并结合全厂污水处理设施，进行经济技术比较确定。设计方案应包括如下内容：

- 1 处理水量、水质、排放地点及水质排放指标；
- 2 处理工艺、设备选型、平面布置；
- 3 水、电、汽、药剂等消耗量及经济指标；
- 4 排水处理过程中产生的污水、污泥的处置方案。

7.0.3 开式系统的排污水量可按式(7.0.3a)计算。

$$Q_b = \frac{Q_e}{N-1} - Q_w \quad (7.0.3a)$$

$$Q_b = Q_{b1} + Q_{b2} \quad (7.0.3b)$$

式中  $Q_{b1}$ ——强制排污水量 ( $m^3/h$ )；

$Q_{b2}$ ——循环冷却水处理过程中损失水量，即自然排污水量 ( $m^3/h$ )。直冷系统的  $Q_w + Q_{b2}$  宜为  $0.004 \sim 0.008Q_r$ 。

7.0.4 排水处理设施的设计能力应按正常排放量确定，对于系统检修时的排水、清洗和预膜排水、旁流处理排水等超标间断排水，应结合全厂排水设施设置调节池。

7.0.5 含磷超标排水宜采用石灰处理，混凝剂宜用铁盐。

7.0.6 当排水需要进行生物处理时，宜结合全厂的生物处理设施统一设计。

7.0.7 密闭式系统因试车、停车或紧急情况排出含有高浓度药剂的循环冷却水时，应设置贮存设施。



## 8. 药剂贮存和投配

### 8.1 一般规定

8.1.1 循环冷却水系统的水处理药剂宜在化学品仓库贮存，并应在循环冷却水装置区内设药剂贮存间。危险化学品药剂贮存应符合国家相关规定。

8.1.2 药剂的贮存量应根据药剂的消耗量、供应情况和运输条件等因素确定，或按下列要求计算：

- 1 全厂仓库中贮存的药剂宜按 15~30d 消耗量计算；
- 2 药剂贮存间贮存的药剂宜按 7~10d 消耗量计算；
- 3 浓硫酸贮罐的容积宜按 10~15d 消耗量并结合运输条件确定；
- 4 贮存间 NaClO 的贮存量宜按 7~10 天消耗量确定。

8.1.3 药剂堆放高度应符合下列规定：

- 1 袋装药剂为 1.5~2.0m；
- 2 桶装药剂为 0.8~1.2m。

8.1.4 药剂贮存间宜与加药间相互毗连，并宜设运输设备。

8.1.5 药剂的贮存、配置、投加设施、计量仪表和输送管道等，应根据药剂性质采取相应的防腐、防潮、保温和清洗措施。

8.1.6 药剂贮存间、加药间、加氯间、浓硫酸贮罐、加酸设施等，应根据药剂性质及贮存、使用条件设置相应的生产安全防护设施。

8.1.7 加药间、药剂贮存间、酸贮罐附近应设置安全洗眼淋浴器等防护设施。

8.1.8 各种药剂和杀生剂的投加点宜靠近冷却塔水池出口或循环冷却水泵吸水池进口以及其它易与循环冷却水混合处，并且各投加点之间应保持一定距离。

### 8.2 硫酸贮存及投加

8.2.1 浓硫酸装卸和输送应采取负压抽吸、泵输送或重力自流，不应采用压缩空气压送。

8.2.2 浓硫酸贮罐应设安全围堰或放置于事故池内，围堰或事故池的容积应能容纳最大一个酸贮罐的容积，围堰内应作防腐处理并应设集水坑。酸贮罐应设防护型液位计和通气管，通气管上应设通气除湿设施。

24 8.2.3 采用硫酸调节循环冷却水的 pH 值时，宜直接投加。

### 8.3 阻垢缓蚀剂配制及投加

8.3.1 固体药剂应经溶解并调配成一定浓度，均匀地投加到循环冷却水中，药剂溶解槽和投配槽的设置应符合下列规定：

1 药剂溶解槽：

- 1) 溶解槽的总容积宜按 8~24h 的药剂消耗量和 5%~20% 的溶液浓度计算确定；
- 2) 溶解槽应设搅拌设施；
- 3) 溶解槽宜设 1 个；
- 4) 溶解槽的材质及防腐、保温等要求应根据药剂的性质确定。

2 投配槽的容积按 8~24h 投药量和 1%~5% 的溶液浓度确定，槽体应设液位计，出口应设滤网。

8.3.2 液体药剂宜直接投加。

8.3.3 药剂溶液的计量宜采用计量泵或转子流量计，计量泵宜设备用。

8.3.4 药液输送应采用耐腐蚀管道。

8.3.5 药剂管道宜架空或在管沟内敷设，不宜直接埋地。

## 8.4 杀生剂贮存及投加

8.4.1 氧化型和非氧化型杀生剂应贮存在避光、通风、防潮、防腐的贮存间内。

8.4.2 液体制剂宜采用计量泵投加，固体制剂宜直接投加。

## 8.5 液氯贮存及投加

8.5.1 液氯瓶应贮存在氯瓶间内，氯瓶间和加氯间的设计应符合下列规定：

- 1 必须与其他工作间隔开，氯瓶间与加氯间之间不应设相通的门；
- 2 应设观察窗和直接通向室外的外开门；
- 3 氯瓶和加氯机不应靠近采暖设备并应避免日照；
- 4 应设通风设备和漏氯检测报警装置，通风量按每小时换气次数不少于 8 次计算，通风孔应设在外墙下方；
- 5 室内电气设备及灯具应采用密闭、防腐类型产品，照明和通风设备的开关 25 应设在室外；
- 6 氯瓶间和加氯间附近应设置空气呼吸器、抢救器材、工具箱。
- 7 氯瓶间应设置漏氯处理设施。
- 8 氯瓶间宜设置起吊、运输设备。

8.5.2 加氯机的总容量和台数应按最大小时加氯量确定，加氯机应设备用。

8.5.3 加氯机出口宜设转子流量计进行瞬时计量，在线氯瓶下应设电子称或磅秤对液氯消耗量进行累计计量。

8.5.4 当液氯蒸发量不足时，应设置液氯蒸发器，严禁使用蒸汽、明火直接加热氯瓶。

8.5.5 氯气输送管道应采用无缝钢管或紫铜管，氯水输送管道应采用耐腐蚀管道。

8.5.6 加氯点宜在正常水位下  $2/3$  水深处。



## 9. 监测、控制和检测

9.0.1 循环冷却水系统宜采用以下各项监测与控制：

- 1 pH 值在线监测与加酸量连锁控制；
- 2 电导率在线监测与排污水量连锁控制；
- 3 ORP（氧化还原电位）在线监测与氧化型杀生剂投加量连锁控制；
- 4 阻垢缓蚀剂浓度在线监测与阻垢缓蚀剂投加量连锁控制。

9.0.2 循环冷却水系统监测仪表的设置应符合下列要求：

- 1 循环给水总管应设置流量、温度、压力仪表；
- 2 循环回水总管应设置温度和压力仪表，流量仪表的设置应根据工程具体情况确定；
- 3 补充水管、排污水管、旁流水管应设置流量仪表；
- 4 间冷系统换热设备对腐蚀速率和污垢热阻值有严格要求时，在换热设备的进水管上应设置流量、温度和压力仪表，在出水管上应设置温度、压力仪表。

9.0.3 间冷开式系统在给水总管上宜设模拟监测换热器，在回水总管上宜设监测试片架和生物黏泥测定器。

9.0.4 循环冷却水系统宜在下列管道上设置取样管：

- 1 循环给水总管；
- 2 循环回水总管；
- 3 补充水管；
- 4 旁流处理出水管；
- 5 间冷开式或间冷闭式系统换热设备进、出水管。

9.0.5 循环冷却水泵吸水池或冷却塔水池应设置液位计，液位计宜与补充水控制阀连锁并宜设高低液位报警。

9.0.6 化验室的设置应根据循环冷却水系统的水质检测要求确定，常规项目检测宜在循环冷却水系统化验室进行，非常规项目宜利用全厂中央化验室进行。

9.0.7 循环冷却水的常规检测项目应根据补充水水质和循环冷却水水质要求确定，宜符合下表 9.0.7 的规定。

表 9.0.7 常规检测项目

序号	项目	间冷开式系统	间冷闭式系统	直冷系统
1	pH	每天一次	每天一次	每天一次
2	电导	每天一次	每天一次	可抽检
3	浊度	每天一次	每天一次	每天一次
4	悬浮物	每月 1—2 次	不检测	每天一次
5	总硬度	每天一次	每天一次或抽检	每天一次
6	钙硬度	每天一次	每天一次或抽检	每天一次
6	总碱度	每天一次	每天一次或抽检	每天一次
7	氯离子	每天一次	每天一次或抽检	每天一次或抽检
8	总铁	每天一次	每天一次	不检测
9	异养菌总数	每周一次	每周一次	不检测
10	油含量	可抽检	不检测	每天一次
11	药剂浓度	每天一次	每天一次	不检测
12	游离氯	每天一次	视药剂而定	可不测

注：油含量检测仅对炼钢轧钢装置的直冷系统；对炼油装置的间冷开式系统，视具体情况定。

9.0.8 循环冷却水非常规检测项目宜符合下表 9.0.8 的规定。

表 9.0.8 非常规检测项目

项 目	间冷开式和闭式系统		直冷系统		检测方法
	检测时间	检测点	检测时间	检测点	
腐蚀率	月、季、年或 在线			可不测	挂片法
污垢沉积量	大检修	典型设备	大检修	设备/管线	检测换热器检测 管
生物黏泥量	每周一次			可不测	生物滤网法
垢层或腐蚀产物成份	大检修	典型设备	大检修	设备/管线	化学/仪器分析

9.0.9 每月宜进行一次补充水和循环冷却水的水质全分析。



## 附录 A 水质分析项目表

水样（水源名称）      外观：  
 取样地点：              水温：   ℃  
 取样日期：

分析项目	单位 (mg/L)	数量	分析项目	单位 (mg/L)	数量
K+			Σ 阴离子		
Na+			pH		
Ca <sup>2+</sup>			色度		
Mg <sup>2+</sup>			悬浮物		
Cu <sup>2+</sup>			浊度		
Fe <sup>2+</sup> + Fe <sup>3+</sup>			溶解氧		
Mn <sup>2+</sup>			游离 CO <sub>2</sub>		
Al <sup>3+</sup>			氨氮		
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>			石油类		
Σ 阳离子			溶解固体		
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>			COD <sub>Cr</sub>		
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>			总硬度		
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>			总碱度		
OH <sup>-</sup>			碳酸盐硬度		
Cl <sup>-</sup>			全硅（以 SiO <sub>2</sub> 计）		
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>			总磷（以 P 计）		
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>			COD <sub>Cr</sub>		
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>					

注：再生水作为补充水时，需增加 BOD<sub>5</sub> 项目。



## 附录 B 水质分析数据校核

B.0.1 分析误差 $\delta \leq 2\%$ ,  $\delta$ 按下式计算:

$$\delta = \frac{\sum(C \cdot n_c) - \sum(A \cdot n_a)}{\sum(C \cdot n_c) + \sum(A \cdot n_a)} \times 100\% \quad (\text{B.0.1})$$

式中 C—阳离子毫摩尔浓度 (mmol/L);

A—阴离子毫摩尔浓度 (mmol/L);

$n_c$ —阳离子电荷数;

$n_a$ —阴离子电荷数。

B.0.2 pH 值实测误差  $|\delta \text{ pH}| \leq 0.2$

$$\delta \text{pH} = \text{pH} - \text{pH}' \quad (\text{B.0.2-1})$$

式中 pH —实测 pH 值;

pH' —计算 pH 值。

对于  $\text{pH} < 8.3$  的水质, pH' 按下式计算:

$$\text{pH}' = 6.35 + \lg[\text{HCO}_3^-] - \lg[\text{CO}_2] \quad (\text{B.0.2-2})$$

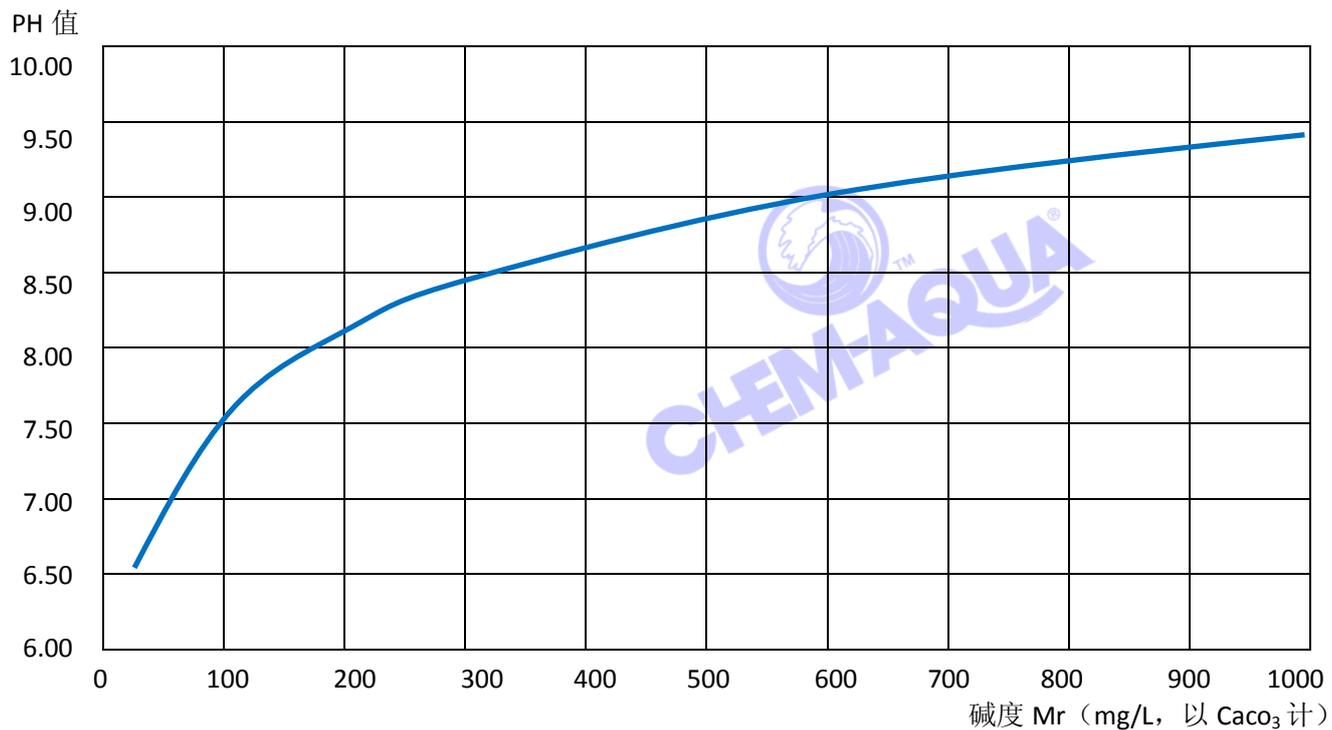
式中 6.35—在 25°C 水溶液中  $\text{H}_2\text{CO}_3$  的一级电离常数的负对数;

$[\text{HCO}_3^-]$ —实测  $\text{HCO}_3^-$  的毫摩尔浓度 (mmol/L);

$[\text{CO}_2]$ —实测  $\text{CO}_2$  的毫摩尔浓度 (mmol/L)。



附录 C 循环冷却水的 pH 与 Mr 变化曲线图



## 本规范用词说明

一、为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

2 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

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：

正面词采用“宜”；

反面词采用“不宜”。

4 表示允许有选择，在一定条件下可以这样做的：

采用“可”。

二、条文中指定应按其它有关标准、规范执行时，写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

