

中华人民共和国国家标准

工业循环冷却水处理设计规范

Code for design of industrial recirculating
cooling water treatment

GB 50050 - 2007

主编部门:中国工程建设标准化协会化工分会

批准部门:中华人民共和国建设部

施行日期:2 0 0 8 年 5 月 1 日

中国计划出版社

2008 北 京

中华人民共和国建设部公告

第 742 号

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

现批准《工业循环冷却水处理设计规范》为国家标准,编号为 GB 50050—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》GB 50050—95 同时废止。

本规范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

前 言

根据建设部《关于印发“二〇〇四年工程建设国家标准制订、修订计划”的通知》(建标〔2004〕67号),本规范由中国寰球工程公司会同有关单位,对《工业循环冷却水处理设计规范》GB 50050—95进行修订而成的。

修订工作是在原规范的基础上进行的。根据国家现行的方针政策,重点突出节水和保护环境。通过有针对性的调查和资料收集,召开多次行业专题研讨会,广泛征求了全国有关单位和专家的意见,经审查会审查并修改后,完成了规范报批稿。

本次修订对原规范做了较大改动,修订和增加内容如下:

再生水处理、直冷循环冷却水处理、间冷闭式循环冷却水处理、术语、符号、间冷(开式和闭式)和直冷循环冷却水水质指标、腐蚀速率、黏泥量、浓缩倍数、硫酸投加量计算、旁滤量、高碱及高硬补充水处理、含磷超标排水处理、自动化监控、水质分析数据校核计算及标准等。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范由建设部负责管理和对强制性条文的解释,由中国工程建设标准化协会化工分会负责日常管理,由中国寰球工程公司负责具体技术内容的解释。各单位在执行过程中如有需要修改或补充的建议,请将相关资料寄送中国寰球工程公司《工业循环冷却水处理设计规范》国家标准管理组(地址:北京市朝阳区樱花东街7号,邮编:100029),以供修订时参考。

本规范主编单位、参编单位和主要起草人:

主 编 单 位: 中国寰球工程公司

参 编 单 位: 中冶京诚工程技术有限公司

北京国电华北电力工程有限公司

中国纺织化纤工程总公司

纳尔科工业服务(苏州)有限公司

主要起草人：薛树森 孙继涛 包义华 战科 韩寒
苏雷 魏安仁 马学文 宋奕 丁贵智
黄安炫 杨力 陈英祖

目 次

1	总 则	(1)
2	术语、符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号	(4)
3	循环冷却水处理	(7)
3.1	一般规定	(7)
3.2	系统设计	(11)
3.3	阻垢缓蚀处理	(13)
3.4	沉淀、过滤处理	(14)
3.5	微生物控制	(15)
3.6	清洗和预膜	(17)
4	旁流水处理	(18)
5	补充水处理	(20)
6	再生水处理	(22)
6.1	一般规定	(22)
6.2	深度处理	(23)
7	排水处理	(25)
8	药剂贮存和投配	(26)
8.1	一般规定	(26)
8.2	硫酸贮存及投加	(27)
8.3	阻垢缓蚀剂配制及投加	(27)
8.4	杀生剂贮存及投加	(27)
8.5	液氯贮存及投加	(28)
9	监测、控制和检测	(29)

附录 A 水质分析项目表	(32)
附录 B 水质分析数据校核	(33)
附录 C 循环冷却水的 pH 与 Mr 变化曲线图	(34)
本规范用词说明	(35)
附:条文说明	(37)

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,还应符合国家现行有关标准的规定。

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、管道及其他有关设施组成。

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他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/m³ 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 m² · 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 adhesion rate

换热器单位传热面上每月的污垢增长量,单位为 mg/cm² · 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 m³。

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。

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

污水及其他各种废水经处理后,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

A——冷却塔空气流量(m^3/h);

- A_c ——硫酸投加量(kg/h);
 C ——空气含尘量(g/m^3);
 C_{mi} ——补充水某项成分含量(mg/L);
 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_{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);
 C_{ss} ——滤后水悬浮物含量(mg/L);
 G_t ——首次加药量(kg);
 G_n ——非氧化型杀生剂每次加药量(kg);
 G_o ——氧化型杀生剂加药量(kg/h);
 G_r ——系统运行时加药量(kg/h);
 g ——每升循环冷却水加药量(mg/L);
 g_n ——每升循环冷却水非氧化型杀生剂加药量(mg/L);
 g_o ——每升循环冷却水氧化型杀生剂加药量(mg/L);
 K_s ——悬浮物沉降系数;
 k ——气温系数($1/^\circ C$);
 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);
 N ——浓缩倍数;
 Q_b ——排污水量(m^3/h);
 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);
 Q_e ——蒸发水量(m^3/h);
 Q_m ——补充水量(m^3/h);
 Q_r ——循环冷却水量(m^3/h);
 Q_{sf} ——旁滤水量(m^3/h);
 Q_{si} ——旁流处理水量(m^3/h);

- Q_w ——风吹损失水量(m^3/h);
- T_d ——设计停留时间(h);
- Δt ——冷却塔进出水温差($^{\circ}C$);
- V ——系统水容积(m^3);
- V_e ——循环冷却水泵、换热器、处理设施等设备中的水容积(m^3);
- V_p ——工艺生产设备内的水容积(m^3);
- V_k ——膨胀罐或水箱的水容积(m^3);
- V_r ——循环冷却水管道容积(m^3)。

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 0.9m/s；

2 当循环冷却水壳程流速小于 0.3m/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 $3.44 \times 10^{-4} \text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$;

5 设备传热面水侧粘附速率不应大于 $15\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{月}$,炼油行业不应大于 $20\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{月}$;

6 碳钢设备传热面水侧腐蚀速率应小于 0.075mm/a,铜合金和不锈钢设备传热面水侧腐蚀速率应小于 0.005mm/a。

3.1.7 闭式系统设备传热面水侧污垢热阻值应小于 $0.86 \times 10^{-4} \text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$,腐蚀速率应符合本规范第 3.1.6 条第 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,并宜符合表 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_3 计)	mg/L	碳酸钙稳定指数 $\text{RSI} \geq 3.3$	≤ 1100
		传热面水侧壁温大于 70℃	钙硬度小于 200
总 Fe	mg/L	—	≤ 1.0
Cu^{2+}	mg/L	—	≤ 0.1
Cl^-	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
$\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-$	mg/L	—	≤ 2500

续表 3.1.8

项 目	单 位	要求或使用条件	许用值
硅酸 (以 SiO_2 计)	mg/L	--	≤ 175
$\text{Mg}^{2+} \times \text{SiO}_2$ (Mg^{2+} 以 CaCO_3 计)	mg/L	$\text{pH} \leq 8.5$	≤ 50000
游离氯	mg/L	循环回水总管处	0.2~1.0
$\text{NH}_3\text{-N}$	mg/L	-	≤ 10
石油类	mg/L	非炼油企业	≤ 5
		炼油企业	≤ 10
COD_{Cr}	mg/L	-	≤ 100

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℃)	$\mu\text{s}/\text{cm}$	$\leq 2^1$
	$\text{pH}(25^\circ\text{C})$	-	7.0~9.0
	含铜量	$\mu\text{g}/\text{L}$	≤ 40
各行业闭式系统	电导率(25℃)	$\mu\text{s}/\text{cm}$	$\leq 10^1$
	$\text{pH}(25^\circ\text{C})$	-	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	$\mu\text{s}/\text{cm}$	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_3 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^-	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
硫酸盐 (以 SO_4^{2-} 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 $1100\text{mg}/\text{L}$ ，稳定指数 $\text{RSI} < 3.3$ 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，且不应小

于 3.0；直冷系统的设计浓缩倍数不应小于 3.0。浓缩倍数可按下列式计算：

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

式中 N ——浓缩倍数；

Q_m ——补充水量(m^3/h)；

Q_b ——排污水量(m^3/h)；

Q_w ——风吹损失水量(m^3/h)。

3.1.13 间冷开式系统的微生物控制指标应符合下列规定：

- 1 异养菌总数不大于 1×10^5 个/mL；
- 2 生物黏泥量不大于 $3 \text{ mL}/\text{m}^3$ 。

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列式计算：

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

式中 T_d ——设计停留时间(h)；

V ——系统水容积(m^3)。

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

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

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^3)；

V_r ——循环冷却水管道容积(m^3)；

V_i ——水池水容积(m^3)。

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列式计算：

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

式中 V_p ——工艺生产设备内的水容积(m^3);

V_k ——膨胀罐或水箱的水容积(m^3)。

3.2.5 全封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 0.75~1.00,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 $\text{pH} < 7.5$ 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:

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

式中 G_i ——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 0.5~1.0 mg/L,保持 2~3h。

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 Br₂ 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,加药量可按下式计算:

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

式中 G_o ——氧化型杀生剂加药量(kg/h);

g_o ——每升循环冷却水氧化型杀生剂加药量(mg/L),连续投加宜取 0.1~0.5mg/L,冲击投加宜取 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 and 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)预膜剂成分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、某种离子或其他杂质时,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:

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

式中 Q_{si} ——旁流处理水量(m^3/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滤处理设施,小型或间断运行的循环冷却水系统视具体情况确定。

2 间冷开式系统旁滤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} ——旁滤水量(m^3/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^3/h);

C ——空气含尘量(g/m^3);

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 间冷开式系统旁滤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 间冷开式系统的旁滤设施宜采用砂、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 25~50mg/L.(以 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式计算:

$$Q_m = Q_e + Q_b + Q_w \quad (5.0.5-1)$$

$$Q_m = \frac{Q_c \cdot N}{N-1} \quad (5.0.5-2)$$

$$Q_c = k \cdot \Delta t \cdot Q_r \quad (5.0.5-3)$$

式中 Q_e ——蒸发水量(m^3/h);

Q_r ——循环冷却水量(m^3/h);

Δt ——冷却塔进出水温差($^{\circ}\text{C}$);

k ——气温系数($1/^\circ\text{C}$),按表 5.0.5 选用。

表 5.0.5 气温系数 k

进塔大气温度($^\circ\text{C}$)	-10	0	10	20	30	40
$k(1/^\circ\text{C})$	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 $0.5\text{‰}\sim 1\text{‰}$ 。

6 再生水处理

6.1 一般规定

6.1.1 再生水水源应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 ₅	mg/L	≤5
5	COD _{Cr}	mg/L	≤30
6	铁	mg/L	≤0.5
7	锰	mg/L	≤0.2
8	Cl ⁻	mg/L	≤250
9	钙硬度(以 CaCO ₃ 计)	mg/L	≤250
10	甲基橙碱度(以 CaCO ₃ 计)	mg/L	≤200
11	NH ₃ -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现行国家标准《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB 18918—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:
- 1 过滤—消毒;
 - 2 混凝—沉淀—消毒—过滤;
 - 3 超滤或微滤;
 - 4 生物滤池或膜生物(MBR)处理;
 - 5 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应包括澄清、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,出水水质和超

(微)滤、反渗透系统水回收率及反渗透系统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 开式系统的排水应包括系统排污水、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下式计算:

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

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

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 $0.004 \sim 0.008 Q_r$ 。

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 7~10d 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他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，围堰内应做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。

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 投配槽的容积宜按 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秤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联

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 1 次	每天 1 次	每天 1 次
2	电导	每天 1 次	每天 1 次	可抽检
3	浊度	每天 1 次	每天 1 次	每天 1 次
4	悬浮物	每月 1~2 次	不检测	每天 1 次
5	总硬度	每天 1 次	每天 1 次或抽检	每天 1 次
6	钙硬度	每天 1 次	每天 1 次或抽检	每天 1 次
7	总碱度	每天 1 次	每天 1 次或抽检	每天 1 次
8	氯离子	每天 1 次	每天 1 次或抽检	每天 1 次或抽检
9	总铁	每天 1 次	每天 1 次	不检测
10	异养菌总数	每周 1 次	每周 1 次	不检测
11	油含量*	可抽检	不检测	每天 1 次
12	药剂浓度	每天 1 次	每天 1 次	不检测
13	游离氯	每天 1 次	视药剂而定	可不测

注:油含量检测仪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

续表 9.0.8

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	
生物黏泥量	每周 1 次	--	--	可不测	生物滤网法
垢层或腐蚀产物 成分	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

表 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	数量	分析项目	单位	数量
K^+	mg/L		PO_4^{3-}	mg/L	
Na^+	mg/L		pH		
Ca^{2+}	mg/L		悬浮物	mg/L	
Mg^{2+}	mg/L		浊度	NTU	
Cu^{2+}	mg/L		溶解氧	mg/L	
$Fe^{2+} + Fe^{3+}$	mg/L		游离 CO_2	mg/L	
Mn^{2+}	mg/L		氨氮(以 N 计)	mg/L	
Al^{3+}	mg/L		石油类	mg/L	
NH_4^+	mg/L		溶解固体	mg/L	
SO_4^{2-}	mg/L		COD_{Cr}	mg/L	
CO_3^{2-}	mg/L		总硬度(以 $CaCO_3$ 计)	mg/L	
HCO_3^-	mg/L		总碱度(以 $CaCO_3$ 计)	mg/L	
OH^-	mg/L		碳酸盐硬度 (以 $CaCO_3$ 计)	mg/L	
Cl^-	mg/L				
NO_2^-	mg/L		全硅 (以 SiO_2 计)	mg/L	
NO_3^-	mg/L		总磷 (以 P 计)	mg/L	

注:再生水作为补充水时,需增加 BOD_5 项目。

附录 B 水质分析数据校核

B.0.1 分析误差 $|\delta| \leq 2\%$, δ 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 $|\delta_{\text{pH}}| \leq 0.2$, δ_{pH} 按下式计算:

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

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:

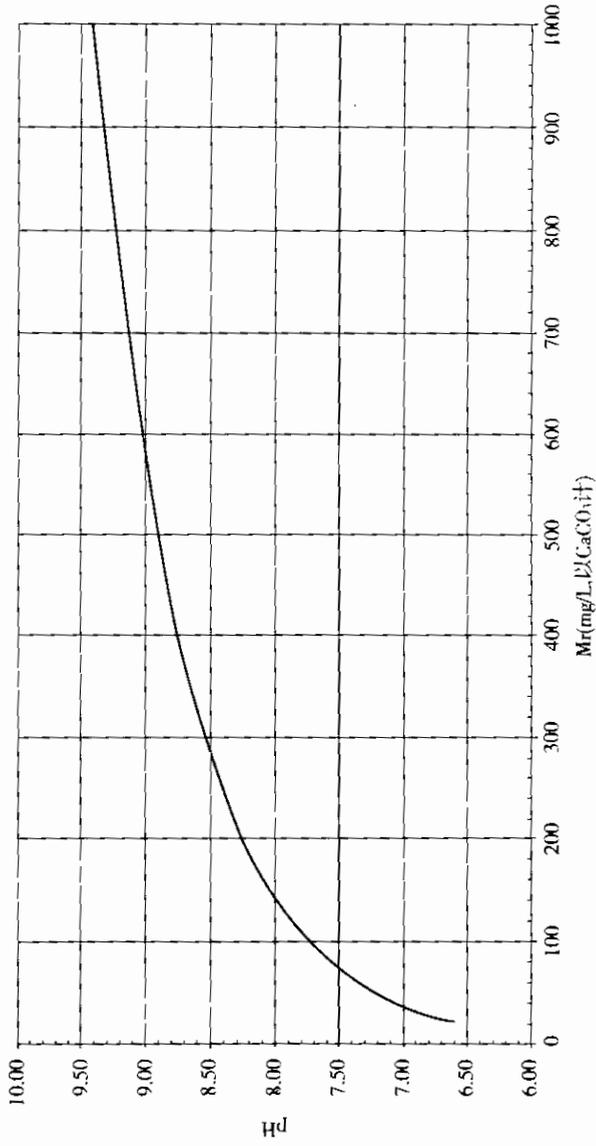
$$\text{pH}' = 6.35 + \lg[\text{HCO}_3^-] - \lg[\text{CO}_2] \quad (\text{B.0.2-2})$$

式中 6.35——在 25℃ 水溶液中 H_2CO_3 的一级电离常数的负对数;

$[\text{HCO}_3^-]$ ——实测 HCO_3^- 的毫摩尔浓度(mmol/L);

$[\text{CO}_2]$ ——实测 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



图C 循环冷却水的pH与Mr变化曲线图

本规范用词说明

1 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,非这样做不可的用词:

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”,反面词采用“不宜”;

表示有选择,在一定条件下可以这样做的用词,采用“可”。

2 本规范中指定应按其他有关标准、规范执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

中华人民共和国国家标准

工业循环冷却水处理设计规范

GB 50050 - 2007

条文说明

目 次

1	总 则	(41)
2	术语、符号	(47)
2.1	术语	(47)
3	循环冷却水处理	(48)
3.1	一般规定	(48)
3.2	系统设计	(56)
3.3	阻垢缓蚀处理	(58)
3.4	沉淀、过滤处理	(59)
3.5	微生物控制	(60)
3.6	清洗和预膜	(62)
4	旁流水处理	(64)
5	补充水处理	(66)
6	再生水处理	(67)
6.1	一般规定	(67)
6.2	深度处理	(68)
7	排水处理	(70)
8	药剂贮存和投配	(72)
8.1	一般规定	(72)
8.2	硫酸贮存及投加	(74)
8.3	阻垢缓蚀剂配制及投加	(75)
8.4	杀生剂贮存及投加	(76)
8.5	液氯贮存及投加	(76)
9	监测、控制和检测	(78)

1 总 则

1.0.1 本条阐明了编制本规范的宗旨以及为其实现而执行的技术经济原则。

众所周知,我国是一个严重缺水的国家,随着我国经济实力的崛起,水资源短缺这一现实也日益突显,它不仅将制约国家经济建设的可持续发展,甚至威胁到人们的生存。为了缓解这一矛盾,国家制定了一系列合理利用水资源的政策和法规,核心是开源节流、科学用水。工业领域是用水大户,随着经济建设发展,从1980年到2004年,工业用水量占全国用水量的比例由9.1%提高到22.2%,而且还将继续增长,因此工业领域的节水事关全局。

在工业用水中冷却水约占70%~80%,节约冷却水是工业节水的关键,循环用水则是节约冷却水的最有效措施。以每小时 10000m^3 的冷却水为例,由直流改为循环冷却水,若浓缩倍数为3,每小时只需用水 240m^3 即可满足要求;如果浓缩倍数提高到5,则只需 200m^3 。由此可见,采用循环冷却水的巨大节水成效。但是循环冷却水在运行过程中不可避免地对换热设备产生一系列的危害,即水垢、污垢的沉积、腐蚀的加剧、菌藻的孳生等,如不进行有效治理,循环冷却水系统则很难正常运行,因此本规范就是为控制这些危害,以确保生产装置的换热效率和使用寿命而制定的。从而促进和推动循环冷却水的利用,达到大量节水的目的。本次修订将近年来适合国情的国际、国内先进技术、经验纳入规范。

循环冷却水的利用固然节约了大量新鲜用水,但是从另一方面看,大量使用循环冷却水则反映了生产工艺的热能利用效率较差,大量的热能被白白地散发到大气中,因此改进生产工艺提高热能利用率,不仅是节能而且也是节水的根本途径。

工业循环冷却水处理技术的应用,不仅节约了用水,而且也取得了巨大的经济效益,例如,某化工厂,原来循环冷却水的补充水是未经处理的深井水,每小时的循环水量 9560t。由于井水硬度、碱度高,每运行 50h 后,有 50% 的碳酸盐在设备、管道内沉积下来,严重影响了换热效率。据统计,空分透平压缩机冷却器,在运转 3 个月后,结垢厚 20mm,打气量减少 20%。该厂不少换热设备在运转 3 个月后,必须停车酸洗一次,不但影响生产,而且浪费人力、物力。为了防止设备管道内产生结垢,该厂在循环冷却水中直接加入六偏磷酸钠、EDTMP 和 T-801 水质稳定剂之后,机器连续 3 年运转正常。虽然每年需要增加药剂费用 2 万元,但经济效益综合评价还是合算的。又如某石油化工厂,常减压车间设备腐蚀与结垢现象十分严重, $\phi 57 \times 3.5$ 碳钢排管平均使用 16~20 个月就出现严重泄漏,水浸式列管换热器投入使用后 3~5d 就开始结垢,3 个月后,垢厚达 15~40mm。经投加聚磷酸盐+磷酸盐+聚合物的复合药剂和杀菌剂进行处理,对腐蚀、结垢、菌藻的控制均取得了良好的效果。每年可节约停车检修费用约 60 万元,延长生产周期增产的利润约 70 万元,减少设备更新费用约 4.7 万元。现将该厂水质处理前后的冷却设备更新情况列于表 1:

表 1 某石油化工厂冷却设备更新情况统计表(台)

更换台数 装置	水质情况 年份		水质经过处理			
	水质未加处理		1973	1974	1975	1976
	1971	1972				
一套常减压	4	5	—	—	—	—
二套常减压	12	10	7	—	7	3
热裂化	2	8	1	2	3	1

根据化肥厂、化工厂、冶金厂、发电厂等 200 家的统计,采用了循环冷却水处理技术既保证生产的稳定运行又节约了 52 亿 m^3/a 的水量。由此推算,全国采用此项技术所带来的节水成果和经济效益是非常可观的。

本规范是根据国内外一些先进技术并结合国内的生产运行实践经验,制定出关于循环冷却水处理设计的一系列技术规定,同时条文也体现了国家对水资源的有关法规和政策。

过去人们对污水造成环境污染的认识还是比较充分的,但是对循环冷却水造成的环境污染却有所忽视,特别是对间断性的污染更加轻视,例如:清洗、预膜、投加非氧化性杀菌剂等排水,基本上是未经任何处理直接排放,所造成的污染后果对比污水虽有所减轻,但鉴于循环冷却水装置遍地皆是,其危害也是很严重的。本次修订,对循环冷却水所造成的环境污染作了一些强制规定,因为我国环境污染已非常严重,不严控将无法扭转环境日益恶化的严重局面。

1.0.2 本条修订首先是扩大了冷却方式的适用范围,不仅适用于间接冷却循环冷却水处理设计,也适用于直接冷却循环冷却水处理设计,扩大对象主要是冶金行业的直冷循环冷却水系统(其他行业也适用)。目前在国家标准或行业标准中还缺少直冷循环冷却水处理方面的标准,增加这一内容,不仅满足有关行业的需求,也将对节水、保护环境收到巨大的社会效益;其次是扩大了补充水的范围,增加了以污水经处理后的再生水作为循环冷却水补充水的新内容,将对节水和减少环境污染有显著的作用。采用污水回用缓解水资源短缺,已是全世界各国的共识,一些先进的国家在这方面已取得了很大的成功,例如:某国某地由于采用了污水回用技术,可节约新水量的 2/3;又如某国淡水使用量逐年攀升,而开采量却逐年下降,其原因就是采用了污水回用技术。近年来,我国在污水回用方面也有很多成功的实例,为本次修订奠定了基础。

1.0.3 本条提出循环冷却水处理设计的原则和要求。安全生产、保护环境、节约能源、节约用水是在工业循环冷却水处理设计中需要贯彻的国家技术方针政策的几个重要方面。

在符合安全生产要求方面:循环冷却水处理不当,首先会使冷却设备产生不同程度的结垢和腐蚀,导致能耗增加,严重时不仅会

损坏设备,而且会引起工厂停车、停产和减产的生产事故,造成极大的经济损失。因此安全生产首先应保证循环冷却水处理设施连续、稳定地运行并能达到预期的处理要求。其次,在循环冷却水处理的各个环节,如循环冷却水处理、旁流水处理、补充水处理、排水处理及其辅助生产设施,如仓库、加药间等,设计中都应该考虑生产上安全操作的要求。特别是使用的各种药剂如酸、碱、阻垢剂、缓蚀剂、杀菌剂等,常常是有腐蚀性、有毒、对人体有害的。因此,对各种药剂的贮存、运输、配制和使用,设计上都必须考虑有保证工作人员卫生、安全的设施,并按使用药剂的特性,具体考虑其防火、防腐、防毒、防尘等安全生产要求。

在保护环境方面:使用各种化学药剂处理时,要注意避免和消除各种可能产生危害周围环境的不利因素,对于循环冷却水各种处理设施中的“三废”排放处理,尤需符合环境保护要求,严加控制。

在节约能源方面:循环冷却水系统中由水质形成冷却设备的污垢是最常见的一种危害。垢层降低了设备的换热效率,影响产品的产量和质量,并且造成能源的浪费。1mm的垢厚大约相当于8%的能源损失,垢层越厚,换热效率越低,能源消耗越大,同时也使水系统管道的阻力增大,直接造成动力的浪费。在循环冷却水、补充水和旁流水处理设计系统中,各种构筑物或设备及其管线布置等,都应注意节约能源、动力,应该力求达到单位水处理成本最低、动力消耗最小的技术经济指标。

在节约用水方面:工业冷却水占工业用水的70%~80%。要节约用水,首先要做到工业冷却水循环使用,以减少净水消耗和废水排放量。在循环冷却水系统中,提高设计浓缩倍数,是循环冷却水系统的节水关键,对于充分利用水资源、节约用水、节约药剂、降低处理成本有很大的经济效果。现代化的大型工业企业尤其如此。如某化肥厂循环冷却水系统的浓缩倍数由3提高到5,即节约补充水量20%左右,减少排污水量50%以上,且每月可节约6

万元左右的经营管理费用。在循环冷却水处理的各个工艺过程中,还有相当一部分的自用水量,同样应该贯彻节约用水的原则,充分利用循环冷却水系统的优越性,进一步发挥其节水潜力。

因此,本条规定循环冷却水处理设计应符合安全生产、保护环境、节约能源、节约用水的要求。其次,工程设计是国家基本建设的重要环节,设计的好坏直接影响到今后的施工、运行和管理各方面的质量。在设计过程中,从一开始就应考虑便于施工、操作与维修,做到安全可靠,确保质量。

1.0.4 本条提出在设计上采用新技术(包括新工艺、新药剂、新设备、新材料等方面)的原则要求。

我国循环冷却水处理技术的发展,大体上形成了两个阶段:从单纯防止碳酸钙结垢到控制污垢、腐蚀和菌藻的综合处理。到目前为止,积累了比较成熟的使用经验。但我国的循环冷却水处理技术在各行业之间,以及在大、中、小容量不同的水系统的发展上是很不均衡的。目前综合处理不仅应用在现代的大型工程上,对中小型工程也获得了良好的处理效果。在综合处理方面,从20世纪70年代引进技术以来,已经取得了比较好的成绩,有的已经达到国际先进水平,但某些方面也还存在差距。例如目前在循环冷却水处理上使用的化学药剂,主要还只限于磷系药剂,旁流水处理技术还只是以旁流过滤为主等。因此,在循环冷却水处理的各个环节上,都还面临开发新技术、使用新的药剂品种、采用新的工艺技术这样一些重要课题,还需要不断地吸收符合我国具体情况的国外先进经验。在国内各行业之间,也要根据生产实际需要,不断吸收符合本部门具体情况的国内其他行业的实践经验。这些情况,都应该落实在总结生产实践和科学试验的基础上。对待新技术的采用,采取既积极又稳妥的态度,使我国这门工程技术得以稳步地向前发展。

本条修订增加了“吸取国内外先进的生产实践经验”的内容。改革开放、学习国外先进的东西为我所用是既定的国策,循环冷却

水处理技术的发展,并在我国经济建设的实践中取得了巨大成就,也有力印证了这一政策的重要作用。

1.0.5 本规范所涉及的给水处理、污水处理及环境保护等内容,可参见《室外给水设计规范》GB 50013、《室外排水设计规范》GB 50014 和《污水综合排放标准》GB 8978 等标准规范。

2 术语、符号

2.1 术 语

2.1.1 本条中换热设备指生产工艺的换热器、冷凝器等；冷却设备指循环冷却水系统中的冷却塔、空气冷却器等；处理设施指沉淀池、澄清池、过滤池(器)等。

2.1.8 循环冷却水处理过程中所使用的药剂包括补充水处理、旁流过滤水处理、排水处理、循环水处理等所使用的药剂，如凝聚剂、阻垢剂、缓蚀剂、杀生剂等。

2.1.15 系统水容积包括冷却塔水池的水容积、管道容积、换热设备水侧容积及旁流处理设备水容积等。

2.1.21 循环冷却水系统在运行过程中所损失的水量包括蒸发、强制排污、风吹以及循环冷却水处理过程中损失的水量。

2.1.25 污水指工业污水和城市污水的总称，初级处理：对城市污水即二级处理或二级强化处理，对工业污水和各种排水(矿井排水、循环冷却水系统排污水等)则是达标处理。

3 循环冷却水处理

3.1 一般规定

3.1.1 本条主要对循环冷却水处理方案设计的基本内容作出相应的规定。

3.1.2 循环冷却水用水量是由生产性质、产量、工艺流程、工况条件等决定的,因此用水量应按照生产工艺的要求确定,对于按最大小时用水量的规定,是出于保证生产能力的考虑。开式循环冷却水的供水最低温度是由气象条件决定的,即水温不能低于或等于湿球温度,只能高于湿球温度,至于高多少则需要根据生产工艺要求和经济因素比较确定。闭式系统循环冷却水的冷却,通常多采用空气、新鲜水、海水来完成,因此其供水温度应结合这些冷却介质的温度确定。

3.1.3 直冷系统在循环冷却过程中不同于间冷系统,因对物料直接冷却使水质受到污染(悬浮物、油类等),水量也发生较大变化,所以水量和水质应由工艺确定。

3.1.4 本条对不同水源的补充水资料的收集、整理、校核作出相应规定。

从统计学的观点来看,数据年代越长则代表性越强,因此应尽量收集长时间的数据。

pH 值是水质稳定性的重要数据之一,附录 B 中的校核是保证水质分析的准确性。

3.1.5 本条规定主要是在补充水水质变化时,保证循环冷却水处理设备有足够的設計能力。

3.1.6 本条规定包括两个内容,一个是循环冷却水处理所要求具备的条件,即对换热设备内的水流速、壁温等作出规定;另一个是

循环冷却水处理最终达到的特性指标,即对污垢热阻、腐蚀速率、粘附速率等作出规定。

关于换热设备的规定是根据目前国内能够广泛采用的药剂种类性能(包括聚磷酸盐、磷酸盐、聚丙烯酸盐、聚马来酸等)及其复合配方,参照国外经验,并结合国内一些工厂在生产运行中易于出现故障的换热器的工况条件而提出的。

对国内一些工厂的壳程换热器调查表明,流速低于 0.3m/s 的换热器,普遍存在污垢和垢下腐蚀问题,流速越低问题就越突出。根据目前药剂处理的效能与壳程换热器设计流速选用的常规范围,流速不应低于 0.3m/s ,以保证处理效果。

当换热器水侧流速低于 0.3m/s 时,尤其在折流板的负压区容易产生污垢,降低了传热效果,而且还将导致垢下腐蚀。

在壳程换热器的结构上,由于几何形状的限制,要做到各个部位具有均一的流速是不可能的,即使设计计算的平均流速(认为是均一的)为 0.3m/s ,实际上个别部位,尤其是靠近管板、折流板的死角区流速远低于此值,因此发生的问题就更为严重。这一点已为很多工厂的生产实践所证实。在这种不利的工况下,药剂处理难以发挥其应有的效果。国外报道的经验也表明,在这种情况下,即使投加像铬酸盐这种效果很好的强缓蚀剂,其保护作用也变差,换热器仍过早地损坏。为此,条文规定对这种换热器可采用涂层防腐作为附加的保护措施。

国内已有一些厂在碳钢壳程换热器的涂层防腐方面做了试验研究,有的厂通过实践证实这一措施是有效的,可供设计采用。

此外,涂层防腐也可推广到管程换热器的封头、端板碳钢材质的保护方面,作为附加的措施也是有益的。

防腐涂层应有导热系数的测定值,并不得低于换热管本体金属的导热系数,否则,应考虑增加换热设备的换热面积。

关于反向冲洗,常用压缩气体(如氮气)振荡、搅拌相配合,对清除污垢、增强清洗效果,都为国内外运行经验所证实,设计中可

供参照选用。

对于管程换热器,根据有关资料统计,一般取用大于 0.9m/s 的流速传热效果较好,因此将 0.9m/s 作为规定流速的下限。

流速上限的要求则需结合不同材质考虑防止冲刷侵蚀,这方面一般在设备设计中已有考虑,这里未作规定。水侧壁温 70℃ 是根据国内大型厂换热设备的调查结果而制定的。原规范规定热流密度的指标,其实质也是对壁温的限制,现予以删去,只规定壁温指标更为直接明了。

污垢热阻值与粘附速率指标与国际水平相当。

污垢热阻值的法定计量单位为 $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$, $1\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}/\text{kcal} = 0.86\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ 。

关于腐蚀速率:原规范规定,碳钢设备的腐蚀速率为 0.125 mm/a,铜合金、不锈钢设备规定为宜小于 0.005mm/a。由于循环冷却水处理技术的提高,本次修订碳钢设备应小于 0.075mm/a,铜合金、不锈钢设备修订为应小于 0.005mm/a,国内很多企业完全能达到这一标准。这两项指标实际上是对循环冷却水处理提出的要求,或者说是阻垢缓蚀效果的检验标准,也是在设计阶段作为确定阻垢缓蚀剂配方的依据。设计时应该从设备设计方面的合理性、水质处理的合理性、适宜的运行周期、折旧年限等多方面因素进行综合权衡确定。

3.1.7 对于闭式系统,由于工况条件较为苛刻(如温度较高),对传热效率要求比较严格,通常采用除盐水或软化水作为补充水,污垢热阻值一般均可小于 $0.86 \times 10^{-1} \text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ 。

3.1.8 循环冷却水水质指标与换热设备的结构型式、材质、工况条件、污垢热阻值、腐蚀速率,尤其是与循环冷却水药剂处理配方的性能密切相关,本条规定所给出的循环冷却水水质指标,均是在本规范所给定的有关条件下,结合当前药剂配方的性能作出的规定。设计中应根据补充水水质指标结合上述条件加以确定。

很显然,表 3.1.8 中指标是循环冷却水处理技术的阶段成果,

随着技术的发展,表中数据也将随着改变。

1 浊度:循环冷却水的浊度对换热设备的污垢热阻和腐蚀速率影响很大,所以要求越低越好。工厂运行的实践证明循环冷却水系统设有旁滤池时,补充水浊度可控制在 5NTU 以内,我国大部分地区的循环冷却水的浊度可以控制在 10NTU 以下,因此表 3.1.8 规定板式、螺旋板式和翅片管式换热设备,浊度不宜大于 10NTU,其他一般不应大于 20NTU,工厂运行数据表明这一规定完全满足本规范的污垢热阻值指标。

对于电厂凝汽器,因其传热管内循环冷却水的流速一般均大于 1.5m/s,另外凝汽器均设有胶球清洗设施,因此电厂凝汽器内循环冷却水的浊度指标可适当放宽。

本次修订将悬浮物指标改为浊度,虽然两者都是表示水中悬浮固体含量,但是两者所表示的悬浮颗粒直径却不相同,悬浮物所表示的颗粒粒径为 $1\mu\text{m}$ 以上,而浊度所表示的颗粒粒径为 $1\text{nm}\sim 1\mu\text{m}$,即通常所说的胶体物质,而且两者的测试方法也不同,前者是过滤法测定,后者是利用光学原理测定。两者并没有换算关系。因为胶体物质对循环冷却水产生污垢、菌藻孳生起着至关重要的作用,所以将悬浮物质指标改为浊度更为确切,并且应将这一指标尽量控制在更低的水平。

2 pH 值:循环冷却水的 pH 值,由补充水水质、浓缩倍数以及药剂配方等因素确定,本次修订为加酸调节 pH 值低限不宜低于 6.8;不加酸运行的自然 pH 值上限一般不高于 9.5。

3 钙硬度+甲基橙碱度的指标,是根据国内多数工厂采用的控制项目而增订的,它取代了 Ca^{2+} 和碱度的分列指标,更能科学地反映两者之间的关系。指标值是根据国内药剂配方不加酸运行数据确定的。主要目的是控制水垢的形成。

壁温大于 70°C ,钙硬度小于 200mg/L 的规定主要是针对冶金行业高炉和炼钢直冷循环冷却水系统。

4 总 Fe:据资料介绍,水中有 2mg/L 的 Fe^{2+} 存在时,会使碳

钢换热器年腐蚀速率增加 6~7 倍,且局部腐蚀加剧。铁离子含量高会给铁细菌的繁殖创造有利条件。此外,当采用聚磷酸盐作为缓蚀剂时,铁离子还会干扰聚磷酸盐在缓蚀方面的作用,同时还可能导致坚硬的磷酸铁垢。本条指标是根据国内外运行经验确定的,此外,如果循环冷却水中 Fe^{2+} 不断升高,则表明设备被腐蚀。

随着药剂处理配方的不断改进,本次修订将总 Fe 指标由 0.5mg/L 提高至 1.0mg/L,这一数值是工厂运行的平均先进指标,实际总铁指标可达 2mg/L,为了留有余地,而没有采用这一数值。

5 Cu^{2+} :本次修订增加的指标,防止铜离子沉积,引起碳钢的缝隙腐蚀和点蚀。如果系统中有铝材设备, Cu^{2+} 指标应不大于 40 $\mu\text{g/L}$ 。

6 Cl^- :国内有关循环冷却水处理试验和工厂调查表明,氯离子对不锈钢的腐蚀有影响,但不是唯一因素。不锈钢设备在循环冷却水中的腐蚀与设备的结构形式、应力情况、使用温度、水的流速、污垢沉积等有密切关系,氯离子只是在一定条件下起催化作用。不锈钢设备的腐蚀损坏首先是由于设备本身存在一些缺陷,冷却水中的氯离子在缺陷部位富集,导致设备的损坏。我国 20 世纪 70 年代引进的大化肥循环冷却水系统,曾有过循环冷却水中每升只有几十毫克氯离子时,而发生不锈钢设备损坏的事例。也有循环冷却水中的氯离子达到 1000mg/L 时,系统中的不锈钢换热器,未出现腐蚀穿孔情况。长期以来,由于循环冷却水中氯离子指标的限制,制约了黄河流域、长江入海口附近工厂的循环冷却水浓缩倍数的提高。我国是一个水资源极为匮乏的国家,循环冷却水中氯离子指标对节约我国宝贵的水资源有着重要意义。氯离子多少合适?根据掌握的资料,我国某些大型化工厂采用磷系复合配方,循环冷却水中氯离子浓度控制在 500~1000mg/L,壳程不锈钢设备未出现腐蚀。因此,对不锈钢换热设备,本次修订将循环冷却水中氯离子指标提高至不宜大于 700mg/L,同时对壁温和水温

也加以限制。管程换热设备流速条件较好, Cl^- 含量不宜大于 1000mg/L 。

根据某高等院校研究资料表明, Cl^- 腐蚀的诸多因素中, 关键的是温度, 据资料介绍, 同等条件下温度高者腐蚀加剧, 因此在选用 Cl^- 指标时应结合温度因素确定。

7 $\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-$: 通常采用这个指标来限制 SO_4^{2-} 的含量。根据国外公司的药剂处理配方在国内的使用经验, 本次将 $\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-$ 的指标修订为 2500mg/L 。另外当水中 SO_4^{2-} 与 Ca^{2+} 的乘积超过其溶度积时, 则会产生 CaSO_4 沉淀。

SO_4^{2-} 对混凝土材质的腐蚀影响, 按《岩土工程勘察规范》GB 50021—94 的规定执行。

8 硅酸: 指标 175mg/L 是根据硅酸盐的饱和溶解度确定的, 主要是防止循环冷却水中形成硅酸盐垢。

9 $\text{Mg}^{2+} \times \text{SiO}_2$ 指标: 主要是防止形成黏性较大、颗粒较细的硅酸镁黏泥。两个指标值均根据国外资料和国内运行经验确定。

10 游离氯: 为控制循环冷却水中菌、藻微生物而制定的。指标值是结合国内运行情况确定的。根据国内最新运行数据, 本次将指标值 $0.5 \sim 1.0\text{mg/L}$ 修订为 $0.2 \sim 1.0\text{mg/L}$ 。

11 $\text{NH}_3 - \text{N}$: 主要是针对氨厂和污水回用循环冷却水系统制定的。氨的危害在国内氨厂不乏先例, 氨的存在促使硝化菌群的大量繁殖, 导致系统 pH 值降低, 腐蚀加剧, 同时也消耗大量的液氯, 严重时使其失去杀菌作用, 因而使系统中各类细菌数量和黏泥量猛增, COD_Cr 及浊度增加, 水质发黑变臭, 后果是相当严重的。

12 石油类: 石油类杂质易形成油污粘附于设备传热面上, 影响传热效率和产生垢下腐蚀。

由于炼油企业的特殊性, 对其指标略微放宽一些, 根据试验室所取得的数据, 循环冷却水中石油类杂质的含量达到 10mg/L 时, 污垢热阻和腐蚀率均在本规范的限值之内。

13 COD_{Cr} :这是表示水中有机物多少的一个指标,有机物是微生物的营养源,有机物含量增多将导致细菌大量繁殖,从而产生黏泥沉积、垢下腐蚀等一系列恶果。根据试验资料, $COD_{Cr} > 100\text{mg/L}$ 时,则腐蚀加剧。

3.1.9 闭式系统中被冷却的工艺介质或设备,对污垢热阻值有较高的要求,因此一般均采用除盐水或者软化水,水质应根据冷却对象的要求确定。电力系统目前一般采用除盐水,并加氨或联氨(或磷酸盐)调节 pH 值;钢铁行业采用软水或除盐水。表 3.1.9 中各行业闭式系统水质指标是综合有关标准和实际运行数据确定的,当采用除盐水为补充水时,投加缓蚀剂后,循环冷却水的电导率指标将有所上升,一般可达 $200\sim 300\mu\text{S/cm}$,但对设备无负面影响。

3.1.10 直冷循环冷却水水质指标的提出,是综合目前设计采用与实际运行指标确定的,由于直冷循环冷却水水质稳定的实测资料较少,且工艺设备对水质的要求差别较大(如引进不同国家及厂家的工艺设备要求不同),因此在采用表 3.1.10 时,应与工艺专业协商确定。

3.1.11 钙硬度+甲基橙碱度和稳定指数两个指标结合使用,更能准确地控制碳酸钙沉淀。当水质超过上述任何一个指标时,应根据加酸、旁流软化(除盐)、补充水软化(除盐)等处理进行综合比较确定处理方案。

3.1.12 在浓缩倍数 1.5~10.0 的条件下,通过对循环冷却水量为 $10000\text{m}^3/\text{h}$ 的计算得出表 2。

计算条件:气温 40°C , k 值选用 $0.0016/^\circ\text{C}$ 。

表 2 不同浓缩倍数系统的补充水量与排污水量

浓缩倍数 N	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	10.0
计算项目								
循环冷却水量 $R(\text{m}^3/\text{h})$	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
水温差 $\Delta t(^{\circ}\text{C})$	10	10	10	10	10	10	10	10
排污水量 B (m^3/h)	320	160	80	53.3	40	32.0	26.7	17.8

续表 2

浓缩倍数 N 计算项目	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	10.0
补充水量 M (m^3/h)	480	320	240	213.3	200	192	186.7	177.8
排污水量占 循环冷却水量的 百分比(%)	3.20	1.60	0.80	0.53	0.40	0.32	0.27	0.18
补充水量占 循环冷却水量的 百分比(%)	4.80	3.20	2.40	2.13	2.00	1.92	1.87	1.78

本次规范修订,将浓缩倍数从 3 倍提高到 5 倍,按上表的计算结果,节水效果能提高 0.4 个百分点,折合全国节水量可达 176 亿 m^3 之多,这是一个很可观的数量。现在很多新工程项目不仅要求高浓缩倍数,甚至还限制使用新水,可见用水形势的紧张程度。另外国内各行各业为求节水也都纷纷研制新的药剂处理配方,达到浓缩倍数 5 的企业比比皆是,甚至有少数企业已达到浓缩倍数 10 以上,可见这一指标还是可以做到的。虽然由此可能引起一些运行费用的增长,但是面对有限的水资源和经济建设可持续发展的需要,孰重孰轻显而易见。

冶金、电力行业在水平衡方案设计时往往为了满足串联用水(冲灰等)的需要,加大循环冷却水系统的排污水量,因而降低了浓缩倍数,但是只要能减少新鲜水用量,浓缩倍数不受此限。

3.1.13 微生物在循环冷却水系统中大量繁殖,会使循环冷却水颜色变黑,发生恶臭,并形成大量黏泥沉积于冷却塔和换热设备内,隔绝了药剂对金属的保护作用,降低了冷却塔的冷却效果和设备的传热效率,同时还对金属设备造成严重的垢下腐蚀,微生物对循环冷却水系统的危害较之水垢、电化腐蚀来说更为严重,因此控制微生物的危害是首要的。

1 循环冷却水中,以异养菌的生长繁殖最快,数量也最多,它基本上代表了水中全部细菌的数量,所以测定时,常以异养菌的数量代表水中全部细菌总数。这类细菌属于黏液型细菌,所产生的

黏液对循环冷却水系统危害很大。根据国内最新的运行经验将异养菌指标修订为不大于 1×10^5 个/mL。

2 循环冷却水中生物黏泥量的多少直接反映出系统中微生物的危害程度,因此生物黏泥量的控制是非常重要的。本次修订为不大于 3 mL/m^3 。

3.2 系统设计

3.2.1 本条规定当采用阻垢缓蚀药剂处理时应考虑药剂所允许的停留时间,对于目前使用聚磷酸盐作为缓蚀剂主剂的配方,对此加以强调是必要的。

聚磷酸盐转化成正磷酸盐除了水温、pH 值等因素以外,还与时间因素有关。设计停留时间(T_d)可用条文所列的公式计算。当已知对应于某一浓缩倍数的 Q_0 值时,确定 V 值即可计算出 T_d 值,该值应小于药剂允许的停留时间。当不能满足这一要求时,则需调整 V 值直至满足为止,或者更换药剂配方。药剂停留时间一般由厂家提供。

系统水容积越大,药剂在系统中停留的时间就越长,则药剂分解的比例也越高,同时初始加药量也增多,杀生剂的消耗量也增大,而且循环冷却水还易受到二次污染,所以系统容积在保证泵吸水容积的条件下应尽量减少。

3.2.2 根据工程设计资料统计,系统水容积一般均小于循环冷却水小时流量的 $1/3$,国内工厂实际运行经验表明,这个指标均能保证系统安全运行。但对冶金、电力、炼油等行业可适当放宽。

3.2.3 根据系统运行操作要求和技术经济比较,可选用全闭式系统或半闭式系统。全闭式系统利用了回水背压,能耗较低,并隔绝了溶解氧的腐蚀,但操作管理较为复杂,初期投资稍高;半闭式系统运行操作简单,投资相对较少,缺点是能耗高。两种系统均能满足工艺用水设备需要,但从国家提倡的循环经济和节能降耗的意义上讲,设计人员应优先采用全闭式系统。

3.2.4 工艺生产设备内的水容积一般由工艺专业提供。

3.2.5 设计人员应根据设计配置的补水泵能力校核氮气自动调压系统的进、排气流量。应慎用防止气体进入系统的金属浮球式阻塞阀,有些现场出现过浮球进水从而导致自动稳压补水系统失效的事故。

3.2.6 不同的安全供水措施,主要取决于用户的事事故用水量和安全供水时间。高位水箱供水,由于水箱容积所限,常常不能满足事故用水量和安全供水时间较长的用户。

3.2.7 循环冷却水作直流水使用,不仅会影响浓缩倍数的提高与控制,对节水、节药都不利,而且排放含有药剂的循环冷却水将对环境造成污染。

国内有些厂,由于循环冷却水管网上供直流用水的接管太多,用水量过大,使浓缩倍数的提高受到限制或无法控制,造成药剂和循环冷却水的大量损失。因此,条文明确限制是必要的。

3.2.8 本条是为减少环境对循环冷却水水质污染而制定的,国内运行经验也证实了这一点。

3.2.9 本条制定的目的主要是方便操作管理。

1 主要是避免系统清洗的脏物堵塞冷却塔配水系统和淋水填料,因为冷却塔本身不需要清洗和预膜。

2 避免系统清洗时脏物堵塞换热设备。

3 当清洗、预膜转换至正常运行阶段时,均要求尽快地将水置换,避免置换时间过长而引起腐蚀;另外预膜之后由于有热负荷,置换时间过长会导致预膜药剂在换热设备传热管壁的沉积,因此补充水管径、冷却塔水池排净管管径,均应满足清洗、预膜置换时间的要求。

相对来说置换要求的水量远比补充水量大,因此易对补充水的计量仪表造成损坏,所以要设补充水旁路管。

3.2.10 本条制定的目的也是方便操作管理。

1 清除系统运行中产生的污物。

2 见第 3.2.9 条第 3 款的条文说明。

3 由于补水管路中无法得到循环冷却水系统中缓蚀剂的保护,所以当软化水或除盐水设备的出水未经过 pH 值调节时,补水管路应采用耐腐蚀管材。

3.2.11 为减轻循环冷却水在冷却过程中带入杂物的危害,则需设置两道拦污滤网(便于清理),以免对换热器特别是列管式换热器,造成严重堵塞。国内很多工厂的运行经验突出地说明了这一问题,其中尤其严重的是飞虫堵塞,因此,还需对冷却塔的夜间照明予以控制。国内一些工厂的运行经验表明,系统运行中所产生的污泥沉积对水质构成二次污染。因此设计中应结合冷却塔型式,采取有效的池底排污措施(如池底有一定坡度,分布几处设置排污泥管等)。

3.3 阻垢缓蚀处理

3.3.1 循环冷却水的阻垢缓蚀处理配方一般要经过动态模拟试验确定。国内的运行经验表明,经试验所选定的处理配方可以满足设计的预期要求。本条给出了做动态模拟试验应考虑的一些因素。对于水量比较小且对循环冷却水质要求不太严格的系统,也可参照工况水质条件相似工厂的运行经验确定。

3.3.2 锌盐成膜迅速,与其他阻垢缓蚀剂复合使用时,能够起到很好的增效作用,但不宜单独使用。锌盐对水生生物有一定毒性,排放受到限制,本条规定的锌盐指标是根据《污水综合排放标准》GB 8978—1996 中一级标准确定的。磷系配方目前被广泛采用,虽然具有价格便宜、效果良好的优势,但却存在系统排污水磷含量超标的严重问题。目前我国水系污染严重,大部分水系都不同程度存在富营养化的问题,循环冷却水系统的排污是造成这种局面的主要原因之一,因此,作为问题的源头应从设计上严格把关。目前暂时无法禁用磷系配方,但从长远考虑必须向无磷配方过渡。

3.3.3 在碳钢与铜合金(或铝与铜合金)材质组合使用的系统中,

为防止铜离子对碳钢(或铝)形成电偶腐蚀——点蚀,需投加铜缓蚀剂保护。

一般常用的铜缓蚀剂有巯基苯并噻唑、苯并三氮唑、甲基苯并三氮唑等,可结合水质与杀菌剂的使用条件等选择。巯基苯并噻唑抗氯性差(易氧化),但价格较便宜;苯并三氮唑、甲基苯并三氮唑抗氯性强,但价格较贵。

根据国内电力系统的经验总结,提出了采用硫酸亚铁成膜及胶球清洗等措施。这两项措施对冷凝器铜管缓蚀及在运行中清垢方面是有效的,具备条件的其他行业的工厂设计时也可选用。

3.3.4 防止影响循环冷却水水质。

3.3.5、3.3.6 阻垢缓蚀剂投加量的计算公式,可满足设计人员计算阻垢缓蚀剂的用量,对确定计量设备、运输以及仓库贮存都是需要的。

3.3.7 很多情况都是由于补充水中的碱度和 Ca^{2+} 含量较高,而限制了浓缩倍数的提高,因此加酸调节循环冷却水 pH 值以提高浓缩倍数,不失为简便而有效的一种方法,目前很多运行装置都采取了这一措施,已达到节水的目的。

条文中给出了循环冷却水调节 pH 值的加酸计算公式,式中所涉及到的循环冷却水控制碱度 Mr 可根据循环冷却水调控 pH 查附录 C 得出。

当系统投加氧化性杀生剂 NaClO 或 Cl_2 时,因其水解产生 NaOH 或 HCl ,所以加酸量应予以修正。经验数据:投加 1mg/L 的 NaClO (纯度 100%),增加 1mg/L 的硫酸量(纯度 98%);投加 1mg/L 的 Cl_2 ,减少 0.7mg/L 的硫酸量(纯度 98%)。

3.3.8 高炉、转炉煤气清洗直冷循环冷却水加酸或加碱处理取决于炼铁原料的不同,设计时应与工艺协商确定。

3.4 沉淀、过滤处理

3.4.1 表 3.4.1 中直冷循环冷却水沉淀、过滤处理的基本工艺是

近期比较普遍采用的处理程序。其中,化学除油器运行需要投加药剂,且操作比较复杂,出水水质不大稳定,因此对水量较大,水质要求严格的大型热轧板厂,基于对水质和运行费用的考虑还应采用二次平流沉淀+高速过滤工艺。对连铸二冷水,为了保证工艺要求的悬浮物 $\leq 20\text{mg/L}$,通常在化学除油之后增加高速过滤工艺。

3.4.2 直冷系统循环冷却水水质,在冷却水过程中污染较为严重,除个别装置外,循环冷却水的沉淀、过滤处理水量一般均为100%。

3.4.3 高炉、转炉煤气清洗水水质变化有其特殊性,比较复杂。目前多采用混凝、沉淀处理,并调节pH值,投加阻垢药剂。混凝剂的配方应现场进行试验最后确定。

3.4.4 直冷系统泥浆处理:

1 泥浆处理流程:

1)斜板沉淀器及化学除油沉淀器的排泥浓度,一般控制在30%左右,可经泥浆调节池后,直接进脱水机脱水。

2)辐射沉淀池及过滤器的排泥浓度在5%左右,不能直接进脱水机脱水,需经过泥浆调节池,在经过浓缩池浓缩,使泥浆浓度达到30%左右,进脱水机脱水。

2 为防止泥浆的沉积,应根据调节池的形状与面积采用机械搅拌或压缩空气搅拌。圆形调节池不宜设单台搅拌机。泥浆调节池不宜设溢流管,要求生产操作严格控制调节池液位。

3 脱水机的选型需考虑多方面的因素,主要根据泥浆的特性,选择脱水效果好、经济、适用、操作简便的机型。

4 脱水机的滤液,一般在平台下设排水管自流排入沉淀池,不宜排入泥浆调节池,以免冲稀泥浆浓度。

3.5 微生物控制

3.5.1 国内绝大多数循环冷却水装置的微生物控制都是按照以

氧化型杀生剂为主,非氧化型杀生剂为辅的原则进行操作管理,其效果是很成功的,虽然有的装置只用氧化型杀生剂也获得了不错的效果,但这只是个例,并且需要具备水质和环境良好的条件。

3.5.2 关于液氯,这是国内最常用的氧化型杀生剂,它具有效果好、价格便宜等优点,受到用户的普遍欢迎,但液氯是剧毒气体,国内在用于循环冷却水处理过程中,虽未发生过重大的事故,但时时受到潜在的威胁。最近在液氯生产、运输各环节连连发生爆炸、泄漏重大事故,造成人员伤亡和财产损失。北京市出于安全考虑,已提出禁用液氯,中石化也规定了禁用液氯。按照以人为本和安全生产的原则,液氯也应当逐渐淡出循环冷却水处理行业,转而应用更加安全的氧化型杀生剂。溴和溴化物用作杀生剂比氯及次氯酸盐有明显的优点,杀生速度快,对金属腐蚀低,排放无污染,挥发性低,而且当水中有氨存在时,溴耗并不增加;但是由于价格较贵,限制了大范围的使用。目前,国内有的工厂采用以氯为主,辅以溴杀生剂,效果很好,费用也比较经济。无机溴化物的活化,通常采用NaClO,纯品比例为NaBr:NaClO=1:1~4,连续投加,投加量为0.2~0.5mg/L(以Br₂计),每天维持4h即可,其余时间保持余氯为0.3~0.5mg/L。

3.5.3 非氧化型杀生剂的投加次数,应根据季节和循环冷却水中异养菌数量、冷却系统黏泥附着程度而定,一般气温高的季节每月投加2次,气温低的季节如冬季每月投加1次;当异养菌数量较高或黏泥附着程度较严重时,不论季节气温高低,每月均需投加2次。非氧化性杀生剂的投加方式:根据计算用量一次性投放在水池水流速度较高处。为避免菌藻产生抗药性,宜选择多品种交替使用。

3.5.4 条文中所列各生产装置,在直冷过程中,由于被冷却的工艺物料温度很高,已起到杀生作用。

3.5.5 条文中的氧化型杀生剂的加药量,为工厂实际运行的调查数据。实践中可调整。现实操作中氧化型杀生剂液氯的投加方式

是连续和冲击并存,根据调查结果,某厂原先采用的是冲击投加,后来改为连续投加,杀菌效果比冲击投加稳定,而且液氯耗量也不增加。

3.5.6 条文中非氧化型杀生剂的加药量,是根据药剂生产厂家的数据或借鉴相似条件的运行数据确定。

3.6 清洗和预膜

3.6.1 直冷系统只需清洗,不需预膜;电力行业的闭式系统也不需预膜。

3.6.2 新建循环冷却水系统开车前,循环冷却水管道、水池内常有基建施工遗留的焊渣、泥渣等杂物,开车前必须进行人工清扫,以免污染和堵塞换热设备和管道。

3.6.3 水清洗主要是清除管道、水池、设备表面的浮尘,为下一步的化学清洗创造条件。为保证冲洗流速可开启备用泵。

3.6.4 化学清洗主要是清除水洗不能清除的设备表面污物,根据污物的差异,选择不同的清洗剂,化学清洗配方可由实验确定。

换热设备水侧表面经化学清洗之后呈活化状态,极易产生二次腐蚀,因此要求在化学清洗之后立即进行预膜处理,以保证活化的金属表面不被腐蚀并形成一层密致的缓蚀保护膜。

3.6.5 预膜过程中,要对水的 pH 值、温度、钙离子、铁离子、浊度、药剂浓度严格监控,防止产生结垢或腐蚀。预膜结束时要大量排水、补水,尽快转入正常运行条件。预膜方案以第一种较好,因为排污水量较少。

3.6.6 循环冷却水系统清洗水通过旁路管直接回到冷却塔水池,可避免系统清洗时的脏物堵塞冷却塔配水系统和填料。预膜水通过旁路管直接回到冷却塔水池,可减少预膜水容量,减少药剂的用量。

3.6.7 对新建系统,由于施工进度的原因,生产装置一般不能同时开车;对老系统而言,年度大检修后,由于生产装置开车程序的

安排,两个装置开车也会出现不同步的情况。因此,当一个循环水系统向两个以上生产装置供水时,循环冷却水系统应考虑有临时切换设施,以避免开车不同步所产生的不利影响。

4 旁流水处理

4.0.1 本条规定设置旁流处理水的条件。

1 循环冷却水在循环冷却的过程中由于受到空气污染(灰尘、粉尘等悬浮固体物)或循环过程中由于工艺侧渗漏污染(如油及其他杂质等),使循环冷却水水质不断恶化而超出允许值。因此,必须采用旁流水处理,以维持循环冷却水的水质指标在允许范围之内。

2 由于水的浓缩,引起循环冷却水某一项或几项成分超过允许值,可考虑采取旁流水处理以提高浓缩倍数。由于设计的浓缩倍数需综合很多因素(如水源水质、水量,各种处理方法处理费用比较等)才能确定,是否采用旁流水处理需要经过技术、经济比较才能确定。

4.0.2 本条说明选择旁流水处理设计方案时应考虑的主要因素。同时应该考虑阻垢缓蚀剂对旁流水处理方案的影响和干扰。

4.0.3 本条给出的旁流处理水量的计算式为理论计算公式,公式中“某项成分”的含义为需处理的物质。

4.0.4 本条规定了间冷开式系统设置旁流水处理的条件及旁流处理水量。

1 间冷开式循环冷却水在循环冷却的过程中,不断地受到来自空气的污染(泥沙、粉尘、微生物及孢子)和微生物孳生的危害,导致水的浊度上升,水质恶化,由此带来一系列严重后果。因此,对于间冷开式冷却水系统必须设置旁滤设施以控制浊度。但是对于小型或间断运行的系统以及设有胶球清洗的系统则可视工艺要求及环境空气的清洁程度而定。

2 计算公式中的空气含尘量,一般在环保部门大气监测站均

有测定数据,如某些地区无测定资料时,可在工厂建设的前期工作中进行测定,也可参照附近地区的测定资料。

含尘量数据的选取可根据保证率的要求来确定。

3 由于很多建厂地区缺乏空气含尘数据,不能按公式计算旁滤水量,因此本款给出一些经验数据。

4 无阀滤池是普遍采用的一种旁滤设备,操作管理都十分简便,但是,据某些使用单位反映,效果不够理想,分析原因可能是低浊度的条件下,悬浮胶体的颗粒很微小,单纯的筛分过滤不易去除,若想进一步提高效率,需投加混凝剂。

除无阀滤池外,有的企业采用纤维过滤器,效果也不错。

5 补充水处理

5.0.1 本条规定指出了间冷开式循环冷却水系统补充水处理方案应考虑的一些因素及设计方案应做的工作。

5.0.2 我国是一个水资源极其匮乏的国家,因此采用再生水和间冷开式系统的排污水作为循环冷却水补充水是节水的有效措施。

5.0.3 高硬、高碱水的钙、镁重碳酸盐含量较高。在循环冷却的过程中,由于游离二氧化碳被吹脱和水的不断浓缩,造成钙、镁盐的沉淀,影响了浓缩倍数的提高,甚至使系统无法运行。因此,必须进行处理以提高浓缩倍数。石灰处理是比较便宜的处理方法。

5.0.4 本条的核心是最大限度地利用间冷开式系统的排污水,以节约新鲜水。

5.0.5 条文中的补充水量计算公式是理论计算式。

5.0.7 本条规定的是补充水的设计流量,而非实际的补充水量。

6 再生水处理

6.1 一般规定

6.1.1 本条给出了再生水的各种来源,扩展了利用再生水的设计空间。面对我国水资源短缺的现状,采用再生水为循环冷却水补充水是一项既节水又环保的有效措施。

6.1.2 条文提出在有多个可利用的污水水源时,应根据污水水量、水质、污水处理厂的距离、污水深度处理系统的初投资和制水成本等,进行综合技术经济比较后确定。在工程设计前,应取得再生水的水质及水量等资料,作为设计依据。再生水的设计水质,应根据现有污水的水质和预期水质变化的综合情况确定;无水质资料时,可参考类似工程的水质;在取得实际水质资料后,再进行调整。

6.1.3 表 6.1.3 中的水质要求主要参照国家标准《污水再生利用工程设计规范》GB 50335—2002 中的“再生水用作冷却用水的水质控制指标”和有关工程污水回用试验和运行经验综合制定。再生水作为补充水的实例较少,表中钙硬度、甲基橙碱度、 Cl^- 、溶解性总固体及氨氮等指标也可根据再生水水源、处理方法及冷却系统浓缩倍数和系统材质等因素确定。在缓蚀处理方面,除了采用药剂处理外,也可采用提高换热器管材耐蚀等级的办法(此法可减轻药剂处理难度并有可靠的安全保证)。根据有关火力发电厂采用再生水的运行经验和污水再利用试验的情况,电厂凝汽器和辅机冷却系统设备的材质宜选用 316L 或 317L 不锈钢。

6.1.4 当再生水为工业循环冷却水系统的单一水源时,为保证用水的安全性,应进行水源可靠性的论证,可靠性不能保证时,应考虑事故备用水源。

- 6.1.5 条文提出再生水作为循环冷却水补充水时,确定浓缩倍数的诸多因素。根据目前城市污水深度处理系统的运行经验,为有效控制有机物所产生的危害,其浓缩倍数宜控制在 2.5~3.0。如有机物和氨氮含量不高,可采用较高的浓缩倍数。
- 6.1.6 本条为强制性条文,防止再生水污染生活水和其他给水。

6.2 深度处理

- 6.2.1 当再生水水质未满足表 6.1.3 中的水质指标时,需进行深度处理后方可补入间冷开式循环冷却水系统。本条文提出了深度处理工艺选择需考虑的基本因素。
- 6.2.3 因为城镇污水处理厂的来水不太均衡,应设调节池进行调节,以保证均衡供水。
- 6.2.4 条文给出了污水再生水深度处理的基本工艺,在具体工程中,可根据用水水质的要求等具体条件,进行优化组合,并进行技术经济比较确定。其中,超(微)滤一反渗透/电渗析除盐工艺处理水也可用于高水质净化系统的给水。
- 6.2.5 条文提出了循环冷却水系统排污水深度处理基本工艺。

石灰凝聚澄清处理不仅可去除碳酸盐硬度,而且对浊度、 COD_Cr 、BOD 和氨氮也有较高的去除率,当系统处理容量较大时,有较好的经济效益。

在选用反渗透工艺时,应消除由于水的过度浓缩可能引起反渗透膜表面产生 CaCO_3 、 CaSO_4 、 BaSO_4 、 SrSO_4 、 CaF_2 和 SiO_2 等盐类和氧化物的结垢。

- 6.2.6 为改善石灰系统的运行条件,减少系统排渣量,石灰药剂宜采用消石灰粉。
- 6.2.7 条文对深度处理系统中超(微)滤和反渗透除盐装置膜组件形式、膜材质和运行方式提出基本要求。目前超(微)滤膜的材质有醋酸纤维,超高分子聚乙烯、聚丙烯和聚偏二氟乙烯(PVDF)等材料,其中 PVDF 可耐浓度为 10000mg/L 的 NaClO 1h,是再生

水深度处理系统超(微)滤膜的优选材质。

6.2.8 ·表 6.2.8 中各项指标是根据电力行业的规程和实际运行数据制定的。

7 排水处理

7.0.1 本条明确了开式系统的排水种类,设计者可按此范围逐一落实排水量、水质,对其中超过排放标准的排水应予以处理。排放标准是指国家标准、地方标准、市政排水标准以及污水处理厂的接受指标。

7.0.2 本条规定了排水处理方案设计工作的具体内容,确保方案设计的完整性。

7.0.3 在直冷系统中,由于循环过程中损失水量较多,如工艺设备直冷喷洒飞溅蒸发的水量,水处理设备及构筑物(如一次沉淀、二次沉淀、化学除油、中高速过滤、泥浆调节、浓缩、脱水等过程)自然损失的水量。因此对 $Q_w + Q_{b2}$ 提出了 $0.004 \sim 0.008Q_r$ 的经验数据。例如铸坯喷淋水量较大,可取上限,大型板坯甚至可扩大到 $0.01Q_r$ 。

7.0.4 循环冷却水系统的排水,除了排污水之外,其余均为间断排水,为保持处理水量的稳定,结合全厂排水设施如污染雨水池,污水调节池等,设置调节池是必要的,并且可以有效节省投资。

7.0.5 目前循环冷却水大多采用磷系配方处理,系统排水磷含量超标是一个普遍现象,禁用磷系配方显然不现实,因此,本条文推荐石灰—铁盐混凝沉淀法除磷,据某行业已实施的工程,除磷效果可达 $80\% \sim 98.0\%$ 。

7.0.6 本条说明一般不宜单独设置排水的生物处理设施,这是由于生物处理设施投资较多或占地较大。一般情况下循环冷却水系统的排水需采用生物处理的原因,大多是由于工艺物料的污染所致,结合全厂生物处理设施统一考虑也比较恰当。

7.0.7 本条对密闭式系统在停车或紧急情况下排出的、能够造成

环境污染的循环冷却水,规定了应采取的解决方法。从环境保护的角度而言是需要的,同时也考虑到临时排出的有高浓度药剂的循环冷却水,在未受工艺侧物料污染情况下常可继续回用,因此加以贮存,以免浪费。

8 药剂贮存和投配

8.1 一般规定

8.1.1 本条提出了循环冷却水处理药剂的贮存原则。

缓蚀、阻垢剂露天随意堆放,易使包装受损,导致药剂泄漏、失效,甚至变质。不仅污染腐蚀周围环境,而且也影响处理效果。基于以上情况,本条规定循环冷却水处理药剂宜放入全厂性化学品仓库集中贮存。考虑到药剂的配置方便需在循环冷却水装置区内设置药剂贮存间,贮存一定量的药剂,以备日常使用。

氧化性杀生剂有一定的毒性,其中液氯毒性很强而且还有爆炸危险,应与缓蚀、阻垢剂分开单独存放于专用仓库内。非氧化性杀生剂必须集中管理,根据用量大小设置专用库、专用间或专用柜,建立严格的贮存、保管和使用制度,保证使用安全,保护环境不受污染,防止人身伤害事故。

8.1.2 本条列出了确定药剂贮存量时应考虑的主要因素:

1 全厂仓库贮存的药剂按 15~30d 的消耗量确定,这是国内多数工厂的经验。设计时除考虑药剂消耗量外,库容大小还与工厂所在地的运输条件有关。如地处偏僻、交通不便的一些工厂,药剂仓库又远离车站或码头,药剂经由火车、轮船、汽车等多次转运才能入库,如果库容量过小,不但运输成本增加,而且偶有交通运输不畅,还会发生供药中断,对循环冷却水系统生产运行极为不利。贮存量还应考虑药剂市场的供应情况。

2 药剂贮存间的储备量,按目前大多数工厂的生产实践,一般每月进药 3~4 次。故本条规定最大贮存量宜按 7~10d 计算。

3 酸的总贮量应根据酸的来源、运输工具和运输距离等因素综合考虑确定。目前国内一般按 15~30d 的用量来贮存。用量小

且靠近酸的来源地时,贮存天数可以少些,反之则可多些。

当用槽罐车(火车的或汽车的)运输时,一般以槽罐车容量加上运输周转期中酸库剩余量来考虑贮量。如不考虑周转期的库存酸量会使槽罐车不能卸空,使运输车皮积压,造成不应有的经济损失。根据近年来各厂的生产经验,以槽罐车的容量加上10d用酸量计算贮量为宜。

4 NaClO 杀生剂的有效氯含量随着贮存时间的延长而降低,根据调查,有的厂采用罐装贮存,夏季,有效氯一个月降低1%;有的厂桶装贮存,夏季一周降低1%,因此本条规定的贮存时间对药效影响很小。

8.1.3 根据药剂的贮存量,就可以依药剂包装形式与容许的堆高算出药剂库的设计面积。在确定药剂的堆放高度时,应考虑药剂包装形式和包装强度。

8.1.4 为便于操作管理,药剂贮存间应尽量靠近加药间。目前大部分工厂的药剂贮存间与加药间合并,在加药间内留有一定面积堆放药剂。这种方式对用药品种少、药剂毒性小是合适的。有的工厂将加药间和药剂贮存间用墙隔开,但留有便于通行的门洞相互连通,这种方式不如合用方式操作方便,但对药剂管理、改善加药间的操作条件,尤其对某些有毒药剂、要求避光药剂及一些有特殊要求的药剂还是较合适的。

目前的水处理药剂大部分采用25kg的塑料桶包装,因此人工搬卸药剂的劳动强度较大,故本条推荐采用运输设备,以减轻操作人员的劳动强度。

8.1.5 循环冷却水处理使用的药剂性质是多种多样的,有的有毒,有的无毒,有的具有腐蚀性,有的具有粘附性,有的易于潮解,有的要求避光保存等。故药剂的贮存、配制、投加设施、计量仪表和输送管道等应分别不同情况采用相应措施。

8.1.6 循环冷却水处理使用的药剂有凝聚剂、助凝剂、缓蚀剂、阻垢剂、杀生剂,以及其他常用水处理药剂等。药剂的性质、状态、包

装多种多样,因此药剂的贮存间和加药间的设计都应根据药剂性状与其贮存、使用条件,在建筑标准、防火等级、卫生、环境保护、安全生产等方面按相关标准、规范执行。

8.1.7 此条规定是为减轻对人体的伤害。

8.1.8 硫酸、次氯酸钠、液氯等都是强氧化剂,如果与阻垢缓蚀剂加药点相距太近,由于这些强氧化剂未能均匀扩散,浓度很高,将与阻垢缓蚀剂产生化学反应,严重影响药效。

8.2 硫酸贮存及投加

8.2.1 运酸槽罐为常压设备,禁止带压操作,如果采用压缩空气加压方式卸酸、加酸时,可能使槽罐破裂,酸液外泄,造成人身伤害事故。因此槽罐卸酸一般都采用负压抽吸、泵输送或自流的方式。

8.2.2 酸贮罐周围设置围堰或放置于事故池内是为了当罐体发生腐蚀穿孔或阀门、管道接口处有严重泄漏时,围堰或事故池用以贮存泄漏出来的酸液,避免四处溢流烧伤操作人员和腐蚀地面。围堰或事故池内的集水坑主要是用来收集泄漏出来的酸液,便于泵抽吸排出。

8.2.3 循环冷却水系统通常使用硫酸调节 pH 值。这是因为用盐酸调节 pH 值时,会将氯离子带进水中,对系统中的不锈钢换热设备有害。

采用浓硫酸直接投加方式较为简便。浓硫酸的贮存、输送及提升设备使用普通碳钢材料即可。当采用稀硫酸投加时,其运输、贮存、投加设施要求的材质较高,需要不锈钢管道和设备。碳钢制的贮存设备需要用铅或橡胶衬里。

加酸点不宜距冷却塔水池池底太近,因为酸的比重大,会沉到水池底部,对池底的混凝土有腐蚀作用。当加酸管和均匀混合设施的材质采用非金属材料时,由于酸的稀释是放热过程,非金属材料不耐热,加酸口均匀混合装置会很快受热变形,影响酸液的分布和混合。

8.3 阻垢缓蚀剂配制及投加

8.3.1 本条规定是为了保证加药均匀,减少操作的随意性,充分发挥循环水处理药剂的作用。药液的投配浓度对溶解槽的影响较大,浓度越高,黏度越大,输送越困难,越不易做到均匀投加。

1 本款提出了药剂溶解槽的设置要求。

1)本项提出的药剂配置每日按8~24h的药剂消耗量确定,考虑了两个因素:

一是溶解槽不宜过小,过小则溶药次数过于频繁。二是某些药剂不宜在溶解槽中停留时间过长,即溶解槽不宜过大。按照工厂的操作习惯,每班配一次药或每天配一次药是可行的。

药液的投配浓度对溶解槽的容积影响较大,浓度越高,黏度越大,虽然槽体减小但泵或管道易堵,输送不便。因此药液的配置浓度需结合药剂溶解度来确定。根据近几年采用的缓蚀、阻垢等药剂调配浓度的运行经验,条文提出的取值范围能够满足生产要求。

2)溶解槽设搅拌设施可加速药液的溶解。一般采用机械、压缩空气等方法进行搅拌,但应注意适应被溶解药剂的特性。

3)当前使用的水处理药剂绝大部分为易溶药剂,难溶药剂已相当少见,故溶解槽宜设1个。当与投配槽合并时则不宜少于2个。易溶药剂的溶解槽与投配槽合并,可简化药剂配制过程,节省设备费用。

4)常用的水处理药剂都具有不同程度的腐蚀性,因此溶解槽应采用具有防腐性能的玻璃钢、不锈钢、钢衬(涂)防腐材料或其他非金属防腐蚀材料。

2 当采用固体药剂时,药剂中的一些不溶物会导致出液管、输送管道、计量泵堵塞。即便是液体药剂,由于存放时间长,也可能生成沉淀。因此在投配槽的出口处应设过滤设施。

8.3.2 液体药剂采用原液投加方式(经计量泵或水射器),操作简便,运行情况良好。

8.3.3 对循环冷却水进行处理时,投加药剂是否准确,直接影响到循环冷却水处理效果的好坏。采用计量泵或水射器(以转子流量计计量)投加,可保证投加量的稳定和准确。

为保证计量设施在出现故障时也能正常工作,故本条规定计量泵宜有备用。

8.3.4 考虑到药液都具有不同程度的腐蚀性,输送药液的管道应采用耐腐蚀材料。

8.3.5 药剂管道架空明设,有利于安全生产及检修。

8.4 杀生剂贮存及投加

8.4.1 杀生剂都具有一定的毒性和腐蚀性,条文中的各项要求是保证杀生剂安全贮存的必要条件。

8.4.2 本条规定是根据杀生剂的性质制定的。

8.5 液氯贮存及投加

8.5.1 氯气是有毒气体,具有强烈的刺激性。氯气在低温加压后呈液体注入能承受一定压力的特制钢瓶内,即通常所见的液氯钢瓶。如放置在露天,经日晒后,瓶内液氯吸热气化,钢瓶内压增加,有爆炸的危险。任意在露天乱放,还会使钢瓶上的保险帽锈蚀,使用时打不开,或者松动脱落,或者碰坏保险阀造成氯气外逸,污染环境。故本条规定,液氯钢瓶应贮存在专用仓库中,不能露天存放。本条提出了氯瓶间和加氯间的设计要求:

1 主要是防止一旦发生漏氯事故避免事态扩大,保证人员安全,故氯瓶间和加氯间以及其他工作间要隔开。

2 设观察窗,可通过观察窗观察加氯间内情况,是否发生泄漏等异常现象,以便及时采取措施设法排除故障,保证安全操作。设置通向室外的外开门,是为了当加氯间内发生严重泄漏故障不能当即排除时,为保证操作人员的安全,可以推门而出,以便进一步采取措施。

3 氯瓶不应靠近采暖设备和受阳光直射,是为了防止氯瓶受热,瓶内压力增高,发生爆炸。采暖设备包括暖气、火炉、电炉等。

4 加氯间内应保持良好的换气通风条件,以保证操作、维修人员的安全。氯气比重大于空气,通风孔应设在外墙下方,并应朝向无人员流动的方向,使泄漏的氯气易于排出室外。但当泄漏量很大时,不应开启通风设备,以免造成更大范围的伤害事故。

5 泄漏氯气与空气中的水分反应后对钢铁材料有一定的腐蚀性,因此本款规定加氯间内的电气设备及灯具应采用密闭、防腐类型产品,以防因腐蚀造成电器短路。照明和通风设备的开关设在室外是为了保证安全操作。

6 配备空气呼吸器、抢救器材和工具箱是为了在发生事故时能够安全、及时、有效地采取处理措施。

7 漏氯处理设施指碱水池、氯气吸收装置等,根据工程具体情况选定。

8 因为氯瓶较重,单瓶重量有 500kg 和 1000kg 两种规格,为方便搬运,减少劳动强度,宜设起吊、运输设备,但不得使用叉车。

8.5.2 本条规定加氯机的总容量应按最大小时的加氯量确定。同时为了保证加氯的正常运行,一般情况宜设一台备用,当一台发生故障时,另一台即可投入使用。

8.5.3 采用加氯机投加液氯时,因缺少累计计量,容易发生氯瓶已空而操作人员尚未发现的情况,故还需用磅秤称重,进行累计计量,避免发生上述情况。

8.5.4 在非采暖地区,由于冬季室温较低,氯气蒸发量不足,应设置液氯蒸发器或采取其他措施,但不得使用蒸汽、明火直接加热钢瓶,因为这样做会导致氯瓶爆炸。

8.5.5 由于氯水具有腐蚀性,故氯水输送管道宜采用耐腐蚀管(ABS 塑料管等)。

8.5.6 本条对氯气的投加点进行了规定,其目的是使氯气投加到水中后,不易逸出,并能均匀地扩散到水中。

9 监测、控制和检测

9.0.1 为了保证循环冷却水的处理效率,降低系统运行管理成本,确保系统安全稳定运行,宜采用在线检测技术,实时监控循环冷却水的水质、水量和药剂变化,通过自动控制系统能够实现循环冷却水系统的高效稳定运行。

9.0.2 设置这些仪表的目的在于及时掌握运行情况,以利于操作管理,也便于考核系统的各项经济指标和事故分析。

在总管上设仪表,可以减少仪表重复设置的数量。当循环冷却水系统同时向几个生产装置供水时,每个装置的供水干管上均应设置仪表。

仪表的型式、精度,既与循环冷却水系统操作、管理需要有关,又应和各工艺生产装置的仪表水平相适应。

在供水干管上设置仪表,有时不足以反映工况条件要求严格的换热设备的腐蚀或结垢状况,因此对个别要求严格的关键性换热设备,亦应在设备进水和出水管上设置流量、温度、压力仪表。

增加对排污水计量的规定,可有效监控循环冷却水的浓缩倍数。

9.0.3 为了检验循环冷却水处理效果,可在给水总管或是在生产装置的给水干管上设置具有模拟功能的小型监测换热器,可在热流密度、壁温、材质、流速、流态、水温等方面模拟实际换热设备的条件,用来检测污垢热阻值(或粘附速率)和腐蚀速率。

监测试片主要用来监测腐蚀情况,比较多的是设在给水管路上。有的工厂也安装在回水管道上,缺点是没有换热面,优点是迅速、简便,同时可设多种材质试片。

在冷却塔水池内设监测试片,由于池内水流速不均,不同位置

的监测试片,其腐蚀速率差异较大,故一般较少采用。

生物黏泥测定一般由给水总管或回水总管取样。生物黏泥量的多少,反映了循环冷却水中微生物危害的程度。

9.0.4 取样管容易在设计时被忽视,造成检测不便,故有必要进行规定,这些取样管可以就地,也可集中,在北方冬季要注意防冻。

换热设备出水管设取样管的目的是,在于检查该设备是否有物料泄漏。

9.0.5 为控制循环冷却水系统的浓缩倍数,维持系统中稳定的药剂浓度,便于操作管理,并达到预期效果,要求系统内各水池的水位变化能控制在一定的范围内,同时也为了防止补充水量的突然变化,引起池内水位下降或升高,造成水泵抽空事故或溢流,所以吸水池一般都设有液位计(引至值班室),并设高、低液位报警。水池水位与补充水管阀门宜设联锁控制。

9.0.6 本条规定了设置化验室的基本原则。

化验室规模和设施因工厂的生产性质、规模,以及对循环冷却水处理的检测项目的不同而有差异。

常规检测项目是分析循环冷却水处理是否正常运行和处理效果好坏的必要手段,因此每班或每天都需进行检测,这些项目的分析化验设施宜设在循环冷却水装置区内,便于工作和管理。

非常规检测项目的数据需较长时间才能有所变化,因此检测周期较长,有的一周,有的一月或者更长。为了节约化验室的投资,这些项目的分析化验宜利用全厂中央化验室或与当地其他单位协作。

总之,化验室的设置应按化验分析内容和规模、管理体制等因素统一考虑后确定。

9.0.7 水质常规检测是为了及时发现循环冷却水水质的异常变化,以便采取应对措施。不同的循环冷却水系统对水质控制指标的要求也不同。

1 对间冷系统:表 9.0.7 中各项目均与循环冷却水的水质变

化趋势密切相关,通过数据的变化可反映出循环冷却水系统的腐蚀、结垢情况及运行是否正常。

药剂浓度分析的目的是保持加药量的稳定,及早发现问题,及时处理,确保稳定的处理效果。

2 对直冷系统:水处理主要目标是净化水质、控制系统结垢问题,应检测控制的项目有4项:悬浮物、pH、硬度和碱度,其他检测项目可作参考。

控制水质指标的最终目的是控制循环冷却水系统中换热设备的腐蚀、结垢和微生物数量,确保生产运行的稳定高效。

9.0.8 通过循环冷却水非常规项目的检测可以直观准确地判定水质处理效果,并根据检测结果找出问题的症结,改进处理方法。

9.0.9 水质全分析可从多方面分析判断补充水和循环冷却水水质存在的问题,制定针对性的解决办法。

对间冷系统而言,补充水水质是循环冷却水水质处理的基准数据。有些地区补充水水质随季节而变化,因此要密切掌握其水质变化规律。