

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB/T 50746 - 2012

石油化工循环水场设计规范

Code for design of petrochemical recirculation cooling water unit

2012 - 01 - 21 发布

2012 - 08 - 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 联合发布



中华人民共和国国家标准

石油化工循环水场设计规范

Code for design of petrochemical recirculation cooling water unit

GB/T 50746 - 2012

主编部门:中国石油化工集团公司

批准部门:中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期:2012年8月1日

中国计划出版社

2012 北京

中华人民共和国国家标准
石油化工循环水场设计规范

GB/T 50746-2012

☆

中国计划出版社出版

网址: www.jhpress.com

地址:北京市西城区木樨地北里甲11号国宏大厦C座4层

邮政编码:100038 电话:(010)63906433(发行部)

新华书店北京发行所发行

北京世知印务有限公司印刷

850×1168毫米 1/32 3.375印张 84千字

2012年8月第1版 2012年8月第1次印刷

☆

统一书号:1580177·888

定价:21.00元

版权所有 侵权必究

侵权举报电话:(010)63906404

如有印装质量问题,请寄本社出版部调换

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 1266 号

关于发布国家标准 《石油化工循环水场设计规范》的公告

现批准《石油化工循环水场设计规范》为国家标准,编号为 GB/T 50746—2012,自 2012 年 8 月 1 日起实施。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

二〇一二年一月二十一日

前 言

本规范是根据原建设部《关于印发〈2005年工程建设标准规范制定、修订计划(第二批)〉的通知》(建标[2005]124号)的要求,由中国石化工程建设公司会同有关单位共同编制完成的。

本规范在编制过程中,编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,最后经审查定稿。

本规范共分10章,主要技术内容是:总则、术语和符号、总体设计、冷却塔、循环冷却水输送、循环冷却水处理、仪表与控制、检测与化验、供电设施、辅助建(构)筑物。

本规范由住房和城乡建设部负责管理,由中国石油化工集团公司负责日常管理,由中国石化工程建设公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议,请寄送中国石化工程建设公司(地址:北京市朝阳区安慧北里安园21号,邮政编码:100101),以供今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主 编 单 位: 中国石化工程建设公司

参 编 单 位: 天津辰鑫石化工程设计有限公司

中国石化洛阳石油化工工程公司

主要起草人: 刘丽生 胡连江 滕宗礼 王 敬 刘建立
苏志军

主要审查人: 吴孟周 周家祥 杨丽坤 葛春玉 陈 鑫
张 锐 李 刚 吴文革 李家强 张 跃
韩红琪 陈宇奇 邹 智 邱建忠 李本高
濮威贤

目 次

| | | |
|-----|----------------------|--------|
| 1 | 总 则 | (1) |
| 2 | 术语和符号 | (2) |
| 2.1 | 术语 | (2) |
| 2.2 | 符号 | (4) |
| 3 | 总体设计 | (5) |
| 3.1 | 一般规定 | (5) |
| 3.2 | 设计规模 | (5) |
| 3.3 | 补充水量 | (5) |
| 3.4 | 循环冷却水设计温度的确定 | (7) |
| 3.5 | 循环冷却水设计工作压力的确定 | (7) |
| 3.6 | 循环冷却水的水质要求 | (7) |
| 3.7 | 场址选择 | (8) |
| 3.8 | 场内布置 | (9) |
| 4 | 冷却塔 | (11) |
| 4.1 | 一般规定 | (11) |
| 4.2 | 冷却塔的计算 | (11) |
| 4.3 | 塔体结构与部件设计 | (17) |
| 5 | 循环冷却水输送 | (24) |
| 5.1 | 循环水泵的选择 | (24) |
| 5.2 | 水泵附件 | (24) |
| 5.3 | 循环水泵房 | (25) |
| 5.4 | 吸水池 | (25) |
| 6 | 循环冷却水处理 | (27) |
| 6.1 | 一般规定 | (27) |

| | | |
|-----|-----------------|------|
| 6.2 | 缓蚀和阻垢 | (29) |
| 6.3 | 微生物控制 | (31) |
| 6.4 | 旁流水处理 | (32) |
| 6.5 | 药剂储存和投配 | (33) |
| 6.6 | 补充水和排污水处理 | (36) |
| 7 | 仪表与控制 | (37) |
| 8 | 检测与化验 | (39) |
| 9 | 供电设施 | (41) |
| 10 | 辅助建(构)筑物 | (42) |
| | 本规范用词说明 | (43) |
| | 引用标准名录 | (44) |
| | 附:条文说明 | (45) |

Contents

| | | |
|-----|--|--------|
| 1 | General provisions | (1) |
| 2 | Terms and symbols | (2) |
| 2.1 | Terms | (2) |
| 2.2 | Symbols | (4) |
| 3 | General design | (5) |
| 3.1 | General requirement | (5) |
| 3.2 | Design Scale | (5) |
| 3.3 | Amount of backup water | (5) |
| 3.4 | Design temperature of recirculation cooling water | (7) |
| 3.5 | Design operation pressure of recirculation cooling water | (7) |
| 3.6 | Quality requirements of recirculation cooling water | (7) |
| 3.7 | Selection for location of recirculation cooling water unit | (8) |
| 3.8 | Arrangement of recirculation cooling water unit | (9) |
| 4 | Cooling towers | (11) |
| 4.1 | General requirement | (11) |
| 4.2 | Calculation of cooling towers | (11) |
| 4.3 | Design for structure and components of cooling towers | (17) |
| 5 | Transportation of recirculation cooling water | (24) |
| 5.1 | Selection of circulating | (24) |
| 5.2 | Pumps accessories | (24) |
| 5.3 | Pumps house | (25) |
| 5.4 | Suction basin | (25) |
| 6 | Recirculation cooling water treatment | (27) |
| 6.1 | General requirement | (27) |

| | | |
|-----|--|------|
| 6.2 | Corrosion inhibitor and detergent | (29) |
| 6.3 | Algicide and bactericidal agent | (31) |
| 6.4 | Side stream treatment | (32) |
| 6.5 | Storage and infusion of chemicals | (33) |
| 6.6 | Makeup water and blow down treatment | (36) |
| 7 | Instrument and controlling | (37) |
| 8 | Inspect and test | (39) |
| 9 | Power supply device | (41) |
| 10 | Auxiliary building and structure | (42) |
| | Explanation of wording in this code | (43) |
| | List of quoted standards | (44) |
| | Addition; Explanation of provisions | (45) |

1 总 则

1.0.1 为使循环水场设计满足石油化工企业对循环冷却水的水量、水温、水压、水质和换热设备长周期安全稳定运行的要求,达到保护环境、安全生产、技术先进、经济合理、节约资源的目的,便于施工、维修和操作管理,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于石油化工企业新建、改建和扩建间冷开式循环冷却水系统的循环水场的设计。

1.0.3 石油化工循环水场设计应吸取国内外先进的科研成果和生产实践经验,积极稳妥采用新技术、新工艺、新设备、新材料。

1.0.4 石油化工循环水场的设计,除应执行本规范外,尚应符合现行国家有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 循环水场 recirculation cooling water unit

由冷却设施、水质处理设施、水泵、管道及其他设施组成,用以提供循环冷却水的场所。

2.1.2 循环冷却水系统 recirculating cooling water system

以水作为冷却介质,并循环使用的给水系统。由换热设备、冷却设施、水处理设施、水泵、管道及其他有关设施组成。

2.1.3 逆流式冷却塔 counter-flow cooling tower

在冷却塔内水流自上而下,空气流自下而上,水与空气相向流动的冷却塔。

2.1.4 横流式冷却塔 cross-flow cooling tower

在冷却塔内水流自上而下,空气流水平流动,水与空气垂向流动的冷却塔。

2.1.5 淋水填料 filling

设置在冷却塔内,使水溅散成水滴或水膜,以增加水和空气的接触面积和时间的部件。

2.1.6 薄膜式淋水填料 film filling

能使水在填料表面形成连续的薄水膜的淋水填料。

2.1.7 淋水密度 water flow cross per unit area of filling

单位时间通过每平方米淋水填料断面的循环水量。

2.1.8 气水比 air/water ratio

进入冷却塔的干空气与循环水的质量流量之比,常以符号 λ 表示。

2.1.9 设计气象参数 design meteorological parameter

循环水场设计时采用的气象参数:大气压力、干球温度、湿球温度或相对湿度。

2.1.10 逼近度 approach

指冷却塔出水温度与进塔空气湿球温度之差值。

2.1.11 水温差 cooling rang

指冷却塔进水温度与出水温度之差值。

2.1.12 冷却数 characteristic of cooling tower's task

冷却塔冷却任务特性值。一定气象与工况条件下不同气水比时需要完成的热力任务的描述,与冷却塔的具体规格无关,以气水比 λ 为横坐标、冷却数为纵坐标构成的曲线为减函数曲线。

2.1.13 散热特性数 thermal performance curve of filling

冷却塔(填料)在气水比不同时所能提供的散热性能特性数。与冷却塔填料的规格、体积有关,以气水比 λ 为横坐标构成的曲线为增函数曲线。

2.1.14 浓缩倍数 concentration

循环冷却水含盐量与补充水含盐量之比。

2.1.15 补充水量 amount of makeup water

补充循环冷却水在运行中因蒸发、风吹、排污及泄漏而损失的水量。

2.1.16 排污水量 amount of blow down

为了使循环冷却水水质满足浓缩倍数和缓蚀阻垢剂的要求而排放的水量。

2.1.17 风吹损失率 wind loss ratio

风吹损失水量与循环水量之比。

2.1.18 系统容积 System capacity volume

循环水系统内换热器、循环水泵及泵前吸水池、冷却塔水池等容水设备及管道中水的容积之和。

2.2 符 号

- N ——浓缩倍数；
- C_w ——水的比热[kJ/(kg·°C)]；
- P'' ——饱和水蒸气压力(kPa)；
- φ ——空气相对湿度(%)；
- θ ——空气干球温度(°C)；
- τ ——空气湿球温度(°C)；
- P_a ——大气压力(kPa)；
- x ——空气含湿量[kg/kg(DA)]；
- h ——湿空气比焓(kJ/kg)；
- h'' ——饱和空气比焓(kJ/kg)；
- λ ——空气(以干空气计)和水的质量流量比,简称气水比；
- ρ ——湿空气密度(kg/m³)；
- Ω ——冷却数；
- G ——冷却塔工作风量(m³/h)；
- H ——冷却塔风机工作风压(全压)(Pa)；
- Q ——循环水流量(m³/h)；
- K ——蒸发水量带走热量系数；
- r_{tz} ——出口水温时水的汽化热(kJ/kg)；
- t_1 ——冷却塔进水温度(°C)；
- t_2 ——冷却塔出水温度(°C)。

3 总体设计

3.1 一般规定

3.1.1 循环水场工艺设计应包括循环冷却水冷却、循环冷却水水质处理、循环冷却水加压输送及辅助设施的设计。

3.1.2 循环水场应由下列设备、设施、建(构)筑物组成:

1 循环冷却水冷却部分,应包括冷却塔(含冷却塔水池);

2 循环冷却水水质处理部分,宜包括旁滤设施、化学药剂的配制投加设备与储存设施;

3 循环冷却水加压输送部分,宜包括吸水池、循环水泵、真空引水设施、泵进出口阀门、管道及泵房等设施;

4 辅助设施部分,宜包括仪表自动控制、变配电、监测和检测化验设施及相应的建筑物。

3.1.3 循环水场的设置宜根据企业总平面及竖向布置、装置(单元)的组成,以及其对水量、水温、水压、水质要求的不同、开停工与检修周期的要求,通过技术经济比选确定。

3.1.4 生产过程中直接与工艺物料接触、污染严重的循环冷却水或对水质和水压有特殊要求的循环冷却水用户,宜设独立的循环水场。

3.2 设计规模

3.2.1 循环水场的设计规模应按设计水量确定。

3.2.2 设计水量应按其所供给用户要求的最大连续小时用水量之和加上用户可能同时发生的最大间断小时用水量确定。

3.3 补充水量

3.3.1 循环冷却水系统的补充水量应通过水量平衡计算确定。

计算水量平衡时,水量损失应包括蒸发损失水量、风吹损失水量和排污水量。

3.3.2 循环冷却水补充水量可按下式计算:

$$Q_m = Q_e + Q_b + Q_w \quad (3.3.2)$$

式中: Q_m ——循环冷却水补充水量(m^3/h);

Q_e ——循环冷却水蒸发损失水量(m^3/h);

Q_b ——循环冷却水排污水量(m^3/h);

Q_w ——循环冷却水(冷却塔)风吹损失水量(m^3/h)。

3.3.3 冷却塔蒸发损失水量应对进入和排出冷却塔气态进行计算确定。当不具备条件进行冷却塔进、出气态计算时,蒸发损失水量可按下式计算:

$$Q_e = K_{ZF} \Delta t Q \quad (3.3.3)$$

式中: K_{ZF} ——蒸发损失系数($1/^\circ C$),可按表 3.3.3 取值,气温为中间值时采用内插法计算;

Δt ——循环冷却水进、出冷却塔温差($^\circ C$);

Q ——循环水流量(m^3/h)。

表 3.3.3 蒸发损失系数 K_{ZF}

| | | | | | | |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 进塔空气温度 $^\circ C$ | -10 | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 |
| $K_{ZF}(1/^\circ C)$ | 0.0008 | 0.0010 | 0.0012 | 0.0014 | 0.0015 | 0.0016 |

注:表中气温指冷却塔周围的设计干球温度。

3.3.4 冷却塔风吹损失水量应采用同类冷却塔的实测数据。当无实测数据时,机械通风冷却塔可按 0.1% 计算,自然通风冷却塔可按 0.05% 计算。

3.3.5 循环水场的排污水量应根据循环冷却水水质和浓缩倍数的要求经计算确定。排污水量可按下列公式计算:

$$Q_b = \frac{Q_e}{N-1} - Q_w \quad (3.3.5-1)$$

$$Q_{b1} = Q_b - Q_{b2} \quad (3.3.5-2)$$

式中: N ——浓缩倍数;

Q_{b1} ——集中排污水量(m^3/h);

Q_{b2} ——系统损失水量(m^3/h)。

3.4 循环冷却水设计温度的确定

3.4.1 循环冷却水设计温度应按建厂地区设计气象参数和工艺的要求,经技术经济比较后确定。

3.4.2 循环冷却给水的设计温度宜按逼近度 $4^{\circ}\text{C}\sim 5^{\circ}\text{C}$ 计算确定,当逼近度小于 4°C 时,应通过技术经济比较确定。

3.4.3 冷却塔的设计气象参数的确定应符合下列规定:

1 应采用当地近期不少于 5 年的最热 3 个月的干球、湿球温度、大气压力等气象资料;

2 应按湿球温度频率统计法计算的出现频率为 $5\%\sim 10\%$ 的日平均值作为大气湿球温度,并应以对应的干球温度、大气压等值作为设计的气象条件。

3.4.4 设计进塔湿球温度,应根据周围的地形条件、通风条件、与热加工装置的距离等环境因素,并结合冷却塔塔型与湿空气回流的影响,对设计环境湿球温度进行综合修正后确定。当缺少环境影响因素数据时,在环境大气湿球温度的基础上,逆流冷却塔宜增加 $0.2^{\circ}\text{C}\sim 0.3^{\circ}\text{C}$,横流冷却塔宜增加 $0.3^{\circ}\text{C}\sim 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

3.5 循环冷却水设计工作压力的确定

3.5.1 循环冷却给水设计工作压力应按用户的压力要求,并通过对整个循环冷却水系统的水力计算后确定。对水压要求较高的用水设备宜采取局部升压措施。

3.5.2 循环冷却回水宜利用余压直接返回冷却塔。

3.6 循环冷却水的水质要求

3.6.1 循环冷却水的水质应满足用户对阻垢与缓蚀的要求,并应符合循环冷却水的水质指标。当采用新鲜水作为补充水时,循环

冷却水的水质指标应按符合表 3.6.1 的规定,当采用污水回用水作为补充水时,循环冷却水的水质指标应通过实验确定。

表 3.6.1 循环冷却水的水质指标

| 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 $RSI \geq 3.3$ | ≤ 1100 |
| | | 传热面水侧壁温大于 70°C | 钙硬度小于 200 |
| 总铁 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,传热面水侧壁温小于或等于 70°C ,冷却水出水温度小于 45°C | ≤ 700 |
| $\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-$ | mg/L | — | ≤ 2500 |
| 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 |

3.6.2 循环冷却水处理方案应根据补充水水质、循环冷却水的水质指标和节水、环保等要求确定。

3.7 场 址 选 择

3.7.1 循环水场位置应按下列原则,综合分析比较后确定:

- 1 循环水场宜靠近主要用水装置(或单元);

2 循环水场应远离热源,并应布置在加热炉、焦炭塔、露天堆煤场、储焦场等具有污染源等场所和化学药品堆场(散装库)及污水处理场的全年最大频率风向的上风侧,空压站吸入口的最大频率风向的下风侧;

3 在寒冷地区,冷却塔应布置在邻近主要建筑物及露天配电装置的冬季最大频率风向的下风侧;

4 应便于水、电、药剂的供应;

5 通风条件应良好;

6 应符合防火、防爆、安全与噪声防护的要求。

3.7.2 循环水场宜布置在爆炸危险区域以外,当电气、仪表设备安装在爆炸危险区域时,应按现行国家标准《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》GB 50058 的有关规定执行。

3.8 场内布置

3.8.1 循环水场内建(构)筑物,应根据各自的功能和流程要求,结合厂址地形、气候及冷却塔的通风条件合理布置。

3.8.2 循环水场吸水池可与冷却塔水池合建,但应满足吸水口安装的技术条件。

3.8.3 冷却塔同一塔组的长宽比不宜大于 5:1。

3.8.4 冷却塔组在同一列布置时,相邻塔组之间净距不宜小于 4m。

3.8.5 平行并列布置的冷却塔组,其净距不应小于冷却塔进风口高度的 4 倍。

3.8.6 周边进风的冷却塔,塔间净距不应小于冷却塔进风口高度的 4 倍。

3.8.7 单侧进风的冷却塔的进风面宜垂直于夏季最大频率风向,双侧进风的冷却塔进风面宜平行于夏季最大频率风向。

3.8.8 冷却塔进风口与建筑物之间净距不应小于进风口高度与建筑物高度平均值的 2 倍。

3.8.9 循环水场内的循环水管道宜埋地敷设,蒸汽、压缩空气、化学药剂等管道应架空或管沟敷设,并应根据需要采取保温、伴热、吹扫、放空等措施。

3.8.10 循环水场的泵房和冷却塔的四周应铺砌,并应设检修通道。其余空地应种植草皮或铺石子,严禁在冷却塔进风口附近种植树木。

4 冷 却 塔

4.1 一 般 规 定

4.1.1 石油化工企业宜采用大、中型逆流式机械抽风冷却塔。对使用循环水量小并与其他循环水场距离较远或对水质、水温、水压有特殊要求的用户,可经技术经济比较单建小型冷却塔。当采用自然通风冷却塔时,应按现行国家标准《工业循环水冷却设计规范》GB/T 50102 的有关规定执行。

4.1.2 冷却塔淋水填料的热工性能和阻力性能、收水器的收水性能和阻力性能、风筒的动能回收与阻力性能、配水喷头的流量系数与喷溅性能、冷却塔总阻力系数等设计数据的采用,应以有国家资质的检测单位出具的模拟塔、工业塔检测报告为依据。

4.1.3 冷却塔的冷却性能的确定应以有国家资质的检测单位出具的同塔实测报告为依据,当气象与工况条件或塔体参数发生变化时,应对冷却塔进行复核计算,应包括工作气水比、工作风量、冷却水量、配水压力及配水均匀性、风机全压、轴功率等计算。

4.1.4 冷却塔不宜设置备用。

4.1.5 冷却塔设置的数量不宜少于 2 间。

4.2 冷 却 塔 的 计 算

4.2.1 主要热力参数应符合下列规定:

1 饱和水蒸气压力应按下式计算:

$$\lg P'' = 2.0057173 - 3.142305 \left(\frac{10^3}{273.16 + t} - \frac{10^3}{373.16} \right) + 8.21 \lg \frac{373.16}{273.16 + t} - 0.0024804(100 - t) \quad (4.2.1-1)$$

式中: P'' ——饱和水蒸气压力(kPa);

t ——温度(°C)。

2 空气相对湿度,当采用阿斯曼温度计时,应按下式计算:

$$\varphi = \frac{P'_\tau - 0.000662P_a(\theta - \tau)}{P''_\theta} \times 100\% \quad (4.2.1-2)$$

式中: φ ——空气相对湿度(%);

θ ——空气干球温度(°C);

τ ——空气湿球温度(°C);

P_a ——大气压力(kPa);

P''_θ ——空气温度等于 θ °C时的饱和水蒸气压力(kPa);

P'_τ ——空气温度等于 τ °C时的饱和水蒸气压力(kPa)。

3 空气含湿量应按下式计算:

$$x = 0.622 \frac{\varphi P''_\theta}{P_a - \varphi P''_\theta} \quad (4.2.1-3)$$

式中: x ——空气含湿量[kg/kg(DA)]。

4 湿空气比焓应按下式计算:

$$h = 1.005\theta + x(2500.8 + 1.846\theta) \quad (4.2.1-4)$$

式中: h ——湿空气比焓[kJ/kg(DA)]。

5 饱和空气比焓应按下式计算:

$$h'' = 1.005\theta + 0.622 \frac{P''_\theta}{P_a - P''_\theta} (2500.8 + 1.846\theta) \quad (4.2.1-5)$$

式中: h'' ——当空气中水蒸气分压达到饱和状态的比焓[kJ/kg(DA)]。

6 湿空气密度应按下式计算:

$$\rho = \rho_d + \rho_s \quad (4.2.1-6)$$

$$\rho_d = \frac{(P_a - \varphi P''_\theta) \times 10^3}{287.04(273.16 + \theta)} \quad (4.2.1-7)$$

$$\rho_s = \frac{\varphi P''_\theta \times 10^3}{461.53(273.16 + \theta)} \quad (4.2.1-8)$$

式中: ρ ——湿空气密度(kg/m³);

ρ_d ——湿空气中干空气部分的密度(kg/m^3);

ρ_s ——湿空气中水蒸气部分的密度(kg/m^3)。

4.2.2 逆流式冷却塔冷却任务的热力特性计算,应符合下列规定:

1 逆流式冷却塔的冷却任务的热力特性计算,宜采用焓差法,可按下列公式计算:

$$\Omega = \frac{1}{K} \int_{t_2}^{t_1} \frac{C_w dt}{h'' - h} \quad (4.2.2-1)$$

$$K = 1 - \frac{t_2}{586 - 0.56(t_2 - 20)} \quad (4.2.2-2)$$

$$h_2 = h_1 + \frac{C_w \Delta t}{K \lambda} \quad (4.2.2-3)$$

式中: Ω ——冷却数,代表逆流式冷却塔冷却任务的特性数;

K ——蒸发水量带走热量系数, $K < 1.0$;

h_1 ——填料进气端(入口)的空气比焓 [$\text{kJ}/\text{kg}(\text{DA})$];

h_2 ——填料出气端(出口)的空气比焓 [$\text{kJ}/\text{kg}(\text{DA})$];

Δt ——填料进水端与出水端的水温差($^{\circ}\text{C}$), $\Delta t = t_1 - t_2$;

λ ——进填料(塔)的空气(以干空气计)与水的质量比 [$\text{kg}(\text{DA})/\text{kg}$];

C_w ——水的比热 [$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$],可取为 $4.1868 \text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$;

t_1 ——填料进口水温($^{\circ}\text{C}$);

t_2 ——填料出口水温($^{\circ}\text{C}$);

r_{t_2} ——出口水温时水的汽化热 (kJ/kg)。

2 冷却数 Ω 的积分公式的求解方法,可根据冷却水温差 (Δt) 的不同,采用下列解法:

1) $\Delta t < 5^{\circ}\text{C}$ 时,可用简化辛普森积分法(二段),可按下列式计算:

$$\int_{t_2}^{t_1} \frac{C_w dt}{h'' - h} \approx \frac{C_w \Delta t}{6} \left(\frac{1}{h_1'' - h_2} + \frac{4}{h_m'' - h_m} + \frac{1}{h_2'' - h_1} \right) \quad (4.2.2-4)$$

式中: h_1'' 、 h_2'' 、 h_m'' ——与水温 t_1 、 t_2 、 t_m 对应的饱和空气比焓 [kJ/kg]

(DA)];

h_m ——填料进出口的平均空气比焓[kJ/kg(DA)]。

2) $\Delta t \geq 5^\circ\text{C}$ 时,宜采用复化的辛普森积分法,分段数 n 应根据计算的冷却数 Ω 与淋水填料散热特性数的允许误差确定,但当 $5^\circ\text{C} \leq \Delta t < 10^\circ\text{C}$ 时 n 不宜小于 4,当 $\Delta t \geq 10^\circ\text{C}$ 时 n 不宜小于 8,宜通过计算机软件计算。复化的辛普森积分法可按下式计算:

$$\int_{t_2}^{t_1} \frac{C_w dt}{h'' - h} \approx \frac{C_w \Delta t}{3n} \left[\frac{1}{h''_{t_1} - h_2} + \frac{4}{h''_{(t_1 - \delta t)} - (h_2 - \delta h)} + \frac{2}{h''_{(t_1 - 2\delta t)} - (h_2 - 2\delta h)} + \frac{4}{h''_{(t_1 - 3\delta t)} - (h_2 - 3\delta h)} + \dots + \frac{2}{h''_{[t_1 - (n-2)\delta t]} - [h_2 - (n-2)\delta h]} + \frac{4}{h''_{[t_1 - (n-1)\delta t]} - [h_2 - (n-1)\delta h]} + \frac{1}{h''_2 - h_1} \right] \quad (4.2.2-5)$$

式中: n ——分段数,为偶数;

δt —— $\delta t = \Delta t/n = (t_1 - t_2)/n$ ($^\circ\text{C}$);

δh —— $\delta h = (h_1 - h_2)/n$ [kJ/kg(DA)];

$h''_{(t_1 - i\delta t)}$ ——对应水温度为 $t_1 - i\delta t$ 时的饱和空气焓[kJ/kg(DA)]。

4.2.3 横流式机械抽风冷却塔冷却任务的热力特性——冷却数 Ω 的计算,宜采用焓差法,可按下列公式计算:

$$\Omega = \frac{1}{K} \int_0^{Z_d} \int_0^{X_d} \frac{C_w \partial t / \partial z}{h'' - h} dx dz \quad (4.2.3-1)$$

$$h_2 = h_1 + \frac{C_w \Delta t}{K \lambda} \quad (4.2.3-2)$$

$$K = 1 - \frac{C_w t_2}{r_{t_2}} = 1 - \frac{t_2}{586 - 0.56(t_2 - 20)} \quad (4.2.3-3)$$

式中: Z_d ——从填料顶层向下算起的淋水填料高度(m);

X_d ——从进风口向塔内算起的淋水填料深度(进深)(m);

γ_{t_2} ——出口水温时水的汽化热(kJ/kg)。

4.2.4 淋水填料散热性能的冷却数方程应符合下列规定:

1 宜采用工业塔实测数据,应根据测试条件与工程的使用条

件的差异,对填料散热特性进行修正。

2 当无工业塔实测数据而采用模拟塔试验数据时,应对模拟塔试验数据进行修正。

3 循环水质对冷却效果有显著影响时,应进行修正。

4.2.5 空气动力计算应符合下列规定:

1 冷却塔空气动力计算应包括冷却塔各部阻力、风筒出口动压、工作风量、工作风压的确定。

2 冷却塔的空气阻力计算,宜采用原型塔的实测阻力数据,并应换算成以淋水断面风速和进塔空气密度计的冷却塔的总阻力系数,应按冷却塔总阻力系数法进行计算。

3 当缺乏原型塔的实测数据时,冷却塔的空气阻力计算可按下列各部件阻力叠加法计算:

1) 冷却塔内除淋水填料和收水器之外的阻力应包括进风口、雨区、填料支梁、配水系统及支梁、收水器及支梁、塔的收缩段、风筒集气段、风筒扩散段等部位的阻力,可采用阻力系数法按下式计算:

$$H_i = \zeta_i \rho_i \frac{v_i^2}{2} \quad (4.2.5-1)$$

式中: H_i ——阻力损失(Pa);

ρ_i ——计算部位的湿空气密度(kg/m^3);

v_i ——计算部位的风速(m/s);

ζ_i ——计算部位的阻力系数。

2) 淋水填料的阻力计算可采用模拟塔实验给出的计算式按下式计算:

$$\frac{H_T}{\rho_1} = A_1 v_T^{m_1} \quad (4.2.5-2)$$

式中: H_T ——淋水填料的阻力损失(Pa);

ρ_1 ——进塔湿空气密度(kg/m^3);

v_T ——气流通过淋水填料断面处的风速(m/s);

A_1, m_1 ——系数。

3) 收水器的阻力计算可采用模拟塔实验给出的计算式按下式计算:

$$\frac{H_C}{\rho_C} = A_2 v_C^{m_2} \quad (4.2.5-3)$$

式中: H_C ——收水器的阻力损失(Pa);

ρ_C ——收水器内湿空气密度(kg/m³);

v_C ——气流通过收水器的风速(m/s);

A_2, m_2 ——系数。

4) 冷却塔风筒出口动压可按下式计算:

$$H_v = \rho_v \frac{v_v^2}{2} \quad (4.2.5-4)$$

式中: H_v ——出口动压;

ρ_v ——冷却塔风筒出口湿空气密度(kg/m³);

v_v ——风筒出口的风速(m/s)。

5) 冷却塔的总阻力可按下式计算:

$$H = \sum_1^n \zeta_i \rho_i \frac{v_i^2}{2} + A_1 v_T^{m_1} + A_2 v_C^{m_2} + \rho_v \frac{v_v^2}{2} \quad (4.2.5-5)$$

式中: H ——冷却塔全部通风阻力与风筒出口动压之和(Pa);

n ——冷却塔内除淋水填料、收水器外的阻力构件的数量。

4 冷却塔风机特性曲线的拟合宜采用拉格朗日插值法或最小二乘法。

5 使用条件的风机性能应进行密度差修正,可按下式计算:

$$P = \frac{\rho}{1.2} P_0 \quad (4.2.5-6)$$

式中: P ——使用条件的风机风压(Pa);

P_0 ——风机在标准工况(空气密度 1.2kg/m³)状态下的风压(Pa)。

4.2.6 冷却塔的设计水量应按下式计算:

$$Q = \frac{G\rho_d}{1000\lambda} \quad (4.2.6)$$

式中： ρ_d ——进塔空气中干空气部分密度 $[\text{kg}/\text{m}^3]$ ；

G ——冷却塔的工作风量 (m^3/h) ；

λ ——冷却塔的工作气水比 (kg/kg) 。

4.2.7 管式配水系统的水力计算应符合下列规定：

1 冷却塔的管式配水系统设计计算应包括配水喷头的选择与布置、配水管道的管径、配水管道设置高度、沿程阻力、局部阻力、配水压力及配水均匀性的计算。

2 管式配水系统各配水喷头水量的最大差值应控制在5%~8%。

3 喷溅装置(喷头)的流量宜按下式计算：

$$q_m = 3600 \times \frac{\pi}{4} \phi^2 \times \mu \sqrt{2gP_{0m}} = 12521.4 \phi^2 \mu (P_{0m})^{0.5} \quad (4.2.7)$$

式中： q_m ——序号为 m 的配水喷头的出水量 (m^3/h) ；

P_{0m} ——序号为 m 的配水喷头的作用压力 (m) ；

ϕ ——配水喷头的喷嘴出口的直径 (m) ；

μ ——流量系数，由试验资料给出；

g ——标准重力加速度， $9.806\text{m}/\text{s}^2$ 。

4.3 塔体结构与部件设计

4.3.1 冷却塔框架宜采用钢筋混凝土结构，特殊条件下可采用钢结构，当框架采用钢结构时，应采取防腐措施。

4.3.2 机械通风冷却塔结构构件材质应符合下列规定：

1 风筒应采用玻璃钢。

2 壁板应采用钢筋混凝土或玻璃钢。

3 塔间隔板应采用钢筋混凝土或玻璃钢。

4 塔内隔板应采用钢筋混凝土或玻璃钢。

- 5 淋水填料支梁应采用钢筋混凝土或碳钢。
- 6 淋水填料支架应采用玻璃钢或碳钢。
- 7 塔内走道与检修平台应采用玻璃钢挤拉型材、碳钢、不锈钢。
- 8 塔内爬梯与栏杆应采用玻璃钢挤拉型材、不锈钢或碳钢。
- 9 构件采用碳钢材质时,应采取防腐措施,踏步和走道采用不锈钢材质时,应采取防滑措施。

4.3.3 冷却塔的荷载及内力计算,应符合国家现行标准《石油化工逆流式机械通风冷却塔结构设计规范》SH 3031 和《工业循环水冷却设计规范》GB 50102 的有关规定。

4.3.4 冷却塔应采用水工混凝土,并应符合现行行业标准《石油化工逆流式机械通风冷却塔结构设计规范》SH 3031 的有关规定。

4.3.5 冷却塔在保证结构安全的条件下应减小挡风面积和通风阻力,阻力构件的迎风面宜为流线型。

4.3.6 冷却塔应设有下列必要的安全与巡检设施:

- 1 通向塔顶平台的梯子;
- 2 相邻冷却塔组平台间的过桥;
- 3 向外开启的风筒检修门;
- 4 通向淋水填料的直梯或斜梯;
- 5 风机四周检修平台;
- 6 风筒检修门与风机检修平台间的通道;
- 7 防雷、接地等防静电保护和安全巡检的照明设施;
- 8 平台、过桥及通道的安全护栏。

4.3.7 冷却塔淋水填料应符合下列规定:

- 1 淋水填料的形式、材质应按下列因素综合确定:
 - 1) 根据循环水的水质确定淋水填料材质;
 - 2) 选择热工性能与气动性能相适宜的淋水填料;
 - 3) 逆流式冷却塔应采用薄膜式淋水填料。

2 淋水填料的材质宜为质量轻、耐腐蚀、易加工成型的塑料或玻璃钢等。

3 塑料淋水填料的强度、刚度、耐热性、耐低温性等物理力学性能,应符合现行行业标准《冷却塔塑料部件技术条件》DL/T 742 的有关规定。

4 淋水填料应为阻燃型,玻璃钢材质的氧指数不应低于 30,聚氯乙烯材质的氧指数不应低于 40。

5 淋水填料的安装方式宜为搁置式。

6 最低月平均气温低于 -8°C 的地区应选用耐寒型平片。

4.3.8 冷却塔配水系统应符合下列规定:

1 逆流式冷却塔宜采用管式配水装置,横流冷却塔宜采用池式配水装置。

2 逆流式冷却塔管式配水应符合下列规定:

1) 管式配水的管道宜采用 PVC、FRP 等非金属管材,采用钢管时,应采取防腐措施;

2) 配水喷头宜采用低压冲击式喷头,应具备流量系数大、配水不均匀系数及组合均布系数小、强度高特性;

3) 配水喷头宜为整体注塑成型的 ABS 或改性聚丙烯(PP) 材质,与管道的连接方式应简单方便、牢固可靠;

4) 配水喷头宜正三角形布置,配水喷头间距不宜大于喷洒半径的 1.1 倍;

5) 采用的配水喷头应经过试验筛选,应具有可靠、完整的流量系数、喷洒角度、不均匀系数及不同喷头前作用压力下水量径向分布图或曲线等性能参数。

3 横流塔的池式配水应符合下列规定:

1) 池内水流平稳,设计水深应大于配水喷头内径或配水孔内径的 6 倍;

2) 池壁超高不宜小于 0.1m,且在 1.3 倍设计水量的工况下不应发生溢流;

3) 配水池的池顶宜设玻璃钢盖板;

4) 每个配水池宜设单独的进水管、调节阀、消能和溢流

设施。

4.3.9 冷却塔风机应符合下列规定：

- 1 应采用效率高、噪声低、耐腐蚀、运行安全可靠、安装维修方便的冷却塔用轴流风机。
- 2 电机应为户外型，当处于防爆场所时应采用防爆电机。

4.3.10 冷却塔风筒应符合下列规定：

- 1 风筒进口的线型应采用与冷却塔断面收缩比相适应的收缩曲线。
- 2 风机桨叶应处于风筒喉部，组装后的风筒喉部与叶片尖端的间隙可按叶轮直径的 0.3%~0.5% 设计，且不应小于 15mm，不宜大于 40mm。
- 3 风筒扩散段的动能回收率不宜低于 25%，倒截锥型扩散筒中心扩散角宜为 14°~18°，回转型扩散筒扩散段最大中心扩散角不宜超过 29°。
- 4 玻璃钢风筒板间连接形式应为法兰式，连接螺栓材质宜为不锈钢。

4.3.11 冷却塔收水器应符合下列规定：

- 1 收水器应具有收水效率高、通风阻力小、整体刚度大、重量轻、抗老化、不易变形等特点。
- 2 收水器材质应具有阻燃性，玻璃钢材质的氧指数不应低于 30，聚氯乙烯材质的氧指数不应低于 40。
- 3 逆流式冷却塔收水器与风机旋转平面的距离不宜小于风机直径的 0.5 倍。
- 4 横流式冷却塔的收水器应位于淋水填料的内侧，应具有与淋水填料相同的倾斜角。收水器应与淋水填料保持适宜的距离，底端的最小间距不宜小于填料高度的 0.1 倍。

4.3.12 冷却塔塔体尺寸设计应符合下列规定：

- 1 逆流式冷却塔应符合下列规定：
 - 1) 逆流式冷却塔宜为正方形，为矩形时，进风口宜设置在矩

形的长边,长边与短边比不宜大于4:3。

- 2) 填料顶面与风机旋转平面间气流收缩段的顶角不宜大于90°;当设有导流圈或设置与导流圈相同作用的气流收缩措施时,顶角不宜大于110°。
 - 3) 进风口高度应结合进风口阻力、淋水填料阻力、塔内气流分布、塔的各部尺寸,通过技术经济比较确定。一般进风口面积与塔的淋水面积之比宜为0.45~0.65。当比值小于0.4时,应在进风口上檐增设导风设施。
 - 4) 淋水填料高度宜为1.0m~1.8m。
 - 5) 淋水填料的支撑结构应在满足设计荷载要求的条件下,减小其断面,其投影面积不宜大于淋水断面的10%。
 - 6) 冷却塔进风口不宜设百叶窗式导风板。
 - 7) 双面进风冷却塔的中间淋水填料支梁下应设塔内隔板并深入水面下,深入深度不应小于200mm。
- 2 横流冷却塔应符合下列规定:
- 1) 横流冷却塔非进风口侧的塔壁应垂直,且应封住百叶窗的外部。
 - 2) 淋水填料从塔顶至塔底应有向塔内收缩的倾角,薄膜式淋水填料的收缩倾角宜为5°~6°,点滴式淋水填料的收缩角宜为9°~11°。
 - 3) 横流式冷却塔的进风口应设百叶窗式导风装置。百叶窗导风板与水平线的夹角不应大于40°;百叶窗导风板的垂直间距宜为0.6m~1.5m;百叶窗的宽度宜为0.5m~1.0m,百叶窗板应延伸至填料;百叶窗板宜选用质量轻、强度高、耐腐蚀、抗冻融、不渗漏的材料制作;有条件时百叶窗可增设能启闭和可调节角度的设施。
 - 4) 淋水填料的进深,点滴式淋水填料不宜大于5.5m,薄膜式淋水填料不宜大于3.5m。
 - 5) 淋水填料高度应通过模拟塔或原形塔测试确定,薄膜式

淋水填料高度宜为进深的 2.5 倍~3.0 倍。

6) 淋水填料顶部与导风筒底的垂直距离不宜小于风机直径的 0.2 倍。

4.3.13 冷却塔水池应符合下列规定：

1 冷却塔水池有效水深宜为 1.0m~1.5m, 池壁超高不宜小于 0.3m。

2 冷却塔水池池顶宜高出地面 0.5m 以上。

3 冷却塔水池平面布置宜满足在进风面每侧超出淋水区域 1.2m~1.5m。当冷却塔水池设有回水檐时, 回水檐内壁宜超出淋水区域 1.2m~1.5m, 回水檐超高不宜小于 0.3m, 回水檐内底应低于正常水位。

4 冷却塔水池宜为钢筋混凝土结构。

5 冷却塔水池应有溢流、排空或排泥和通向池内的爬梯等设施, 池底宜有不小于 0.3% 的坡度坡向排水坑。

6 服务于炼油装置的循环水场, 冷却塔水池宜设溢流排污槽。

4.3.14 在寒冷及严寒地区, 冷却塔应采取下列防冰冻措施：

1 宜选用逆流式冷却塔。

2 应采用高效收水器。

3 在冷却塔进风口上掾设置向塔内喷射热水的化冰管, 喷射热水的总量宜为冬季进塔水总量的 20%~40%。

4 冷却塔进水干管上应设旁路水管道与阀门。

5 冬季运行塔的淋水密度不应小于正常运行时淋水密度的 40%, 且不应低于 $6\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 。

6 进塔立管阀门前宜设防冻放水管或采取伴热保温措施, 阀门后应设放空管。

7 应选用有倒转功能的风机、电机。

8 横流冷却塔配水系统宜采取分区配水。

9 寒冷及严寒地区的冷却塔应采取冬季减少进塔空气量的

措施。

10 冷却塔进风口上掾宜采取下列措施。

- 1) 进风口上掾梁的内侧做“滴水”，“滴水”高 20mm ~ 30mm。
- 2) 进风口上掾梁底面宜做成内低外高的倾斜面，与水平面的夹角不应低于 5° 。
- 3) 进风口上掾梁的内侧做导水板。

4.3.15 当冷却塔周围环境对噪声有限制要求时，可采取下列降低噪声的措施：

- 1 可选用低噪声型风机、电机。
- 2 可提高配水均匀性或降低淋水噪声。
- 3 可设置隔声与吸声设施。

5 循环冷却水输送

5.1 循环水泵的选择

5.1.1 循环水泵的设置应满足用户对水量和水压的需求;宜设同型号水泵,运行台数大于4台时应备用2台,不大于4台时应备用1台。当水泵流量不同时,备用泵宜按最大流量泵确定。

5.1.2 循环水泵效率不应低于80%。

5.1.3 循环水泵宜露天布置;在寒冷地区,可设在泵房内。

5.1.4 循环水泵宜自灌启动。当不具备自灌启动条件时,应采取真空引水措施,首次启动时抽真空引水时间不应超过5min。

5.1.5 卧式离心泵的安装高度,应使按设计工况运行时动水位计算的有效气蚀余量大于水泵的必需气蚀余量,并应留有不小于0.5m的安全裕量。

5.1.6 立式泵叶轮中心的安装高度,除应满足泵要求的最低淹没深度外,并应留有不小于叶轮直径的0.5倍的安全裕量。

5.1.7 多台水泵并联运行时的工作点应使每台水泵处于高效区。

5.1.8 循环水泵露天布置时,电机应为户外型,防护等级不应低于IP54;循环水泵布置在泵房内时,电机防护等级不宜低于IP44。

5.2 水泵附件

5.2.1 卧式离心泵的吸水管管底低于吸水池最高液位时,应设检修阀,高于吸水池最高液位时可不设。

5.2.2 循环水泵的出水管应同时设置控制阀和微阻缓闭止回阀,也可设置具有控制和止回双重功能的多功能水泵控制阀或分两段关闭的液控蝶阀。

5.2.3 水平安装的阀宜设置支墩或支架。

5.3 循环水泵房

5.3.1 循环水泵机组布置应符合下列规定:

1 轴功率大于 200kW 的循环水泵宜采用直线式单行或多行布置。

2 相邻两个机组及机组至墙壁间的净距,电机容量不大于 55kW 时不应小于 0.8m,电机容量大于 55kW 时不应小于 1.2m。

3 泵房的主要通道的宽度不宜小于 1.5m。

5.3.2 循环水泵房应有通过最大设备的检修门,门宽应大于该设备宽 0.3m~0.5m,泵房内宜设检修场地,半地下式泵房应在邻近检修门处设吊装平台,平台宽度宜大于最宽设备,并不应小于 1.0m,平台处应设活动栏杆。

5.3.3 泵基础高出所在地面的高度,应在确保方便设备、管道安装的条件下降低,但不宜少于 0.1m。泵房内周围应设排水沟,起点深度不应小于 0.10m。

5.3.4 泵房内应设起吊设备,起重量小于 2t 时,可采用手动起重设备;起重量大于 2t 时,宜设置电动起重设备。

5.4 吸水池

5.4.1 循环水场宜设置独立的循环水泵吸水池。

5.4.2 吸水池应根据系统需要分成几个隔间,隔间可用壁板阀或管道、阀门连通。吸水池的进水渠道(管道)应设格栅、格网、起吊设施及防污物脱落设施。

5.4.3 吸水池与冷却塔水池间的连通管道(渠道)的运行水位差,不宜超过 0.3m。

5.4.4 吸水喇叭口的设计、安装应符合下列规定:

1 最大流量时,喇叭口流速宜取 1.0m/s~1.5m/s,喇叭口直径不宜小于吸水管直径的 1.25 倍。

2 吸水喇叭口距吸水池底距离,垂直布置时可取喇叭口直径

的 0.6 倍~0.8 倍;倾斜布置时可取喇叭口直径的 0.8 倍~1.0 倍;水平布置时可取喇叭口直径的 1.0 倍~1.25 倍。

3 吸水喇叭口的淹没深度,垂直布置时应大于喇叭口直径的 1.0 倍~1.25 倍;水平布置时应大于喇叭口直径的 1.8 倍~2.0 倍;倾斜布置时应大于喇叭口直径的 1.5 倍~1.8 倍。

4 吸水喇叭口中心线与后墙距离应取喇叭口直径的 0.8 倍~1.0 倍。

5 吸水喇叭口中心线与侧墙的距离可取喇叭口直径的 1.5 倍。

6 吸水喇叭口中心线与进水口的距离应大于喇叭口直径的 4 倍。

6 循环冷却水处理

6.1 一般规定

6.1.1 循环冷却水水质处理应包括下列内容:

- 1 补充水处理;
- 2 阻垢缓蚀处理;
- 3 微生物控制;
- 4 旁流水处理;
- 5 排污水处理。

6.1.2 循环冷却水系统的补充水水质应有逐月水质全分析资料,并应以逐年水质分析的平均值作为设计依据。

6.1.3 间冷开式循环冷却水系统换热设备的控制条件和指标,除应符合现行国家标准《工业循环冷却水处理设计规范》GB 50050的有关规定外,还应符合下列规定:

- 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 设备传热面水侧壁温不宜高于 70℃。
- 4 设备传热面水侧的污垢热阻值应小于 $3.44 \times 10^{-4} \text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ 。
- 5 设备传热面水侧的黏附速率,化工企业应小于 $15\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{月}$;炼油企业应小于 $20\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{月}$ 。
- 6 碳钢设备传热面水侧的腐蚀速率,化工企业(20# 钢)应小于或等于 $0.075\text{mm}/\text{a}$,并应无明显腐蚀现象;炼油企业应小于 $0.1\text{mm}/\text{a}$,并应无明显腐蚀现象。
- 7 铜合金和不锈钢设备传热面水侧的腐蚀速率应小于或等于 $0.005\text{mm}/\text{a}$,并应无明显腐蚀现象。

6.1.4 循环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 3.6.1 的要求。

6.1.5 循环水补充水可采用石油化工污水的再生水,水质指标应满足循环冷却水系统的水质稳定的要求。

6.1.6 循环水的浓缩倍数可按下式计算:

$$N = \frac{Q_m}{Q_b + Q_w} \quad (6.1.6)$$

式中: Q_m ——循环冷却水补充水量(m^3/h);

Q_b ——循环冷却水排污水量(m^3/h);

Q_w ——循环冷却水(冷却塔)风吹损失水量(m^3/h)。

6.1.7 循环水的平均浓缩倍数 N 应根据企业的原料、产品、工艺流程和补充水水质确定,并应符合下列规定:

1 以新鲜水作循环水补充水时,应符合下列规定:

1) 炼油企业不应小于 3.0;

2) 化工企业不应小于 4.0;

2 以再生水作循环水补充水,回用水量大于或等于循环水补充水量 60% 时,应符合下列规定:

1) 炼油企业不应小于 2.5;

2) 化工企业不应小于 3.0。

6.1.8 循环水在系统内设计停留时间不应超过所用药剂的允许停留时间。循环水设计停留时间,可按下列式计算:

$$t = \frac{V}{Q_b + Q_w} \quad (6.1.8)$$

式中: t ——设计药剂停留时间(h);

V ——系统容积(m^3)。

6.1.9 循环冷却水系统容积宜控制在循环水小时流量的 1/3~1/2,且应小于药剂允许停留时间与排污量及风吹损失量乘积,系统容积可按下列式计算:

$$V = V_e + V_r + V_i \quad (6.1.9)$$

式中： V_e ——循环水泵、换热器、处理设施等设备中的水容积(m^3)；

V_r ——循环冷却水管道内水容积(m^3)；

V_i ——水池内水容积(m^3)。

6.1.10 循环冷却水不应作直流水使用，冷却塔水池不应兼作消防水池。

6.1.11 循环水排污水应集中排放，且宜设置在循环冷却回水管道上。

6.2 缓蚀和阻垢

6.2.1 循环水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，也可根据水质和工况条件相类似的企业实际运行经验确定。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 腐蚀速率；
- 4 黏附速率；
- 5 浓缩倍数；
- 6 换热设备材质、结构；
- 7 换热设备传热面的水侧壁温；
- 8 换热设备内水流速；
- 9 循环冷却给水、回水温度；
- 10 药剂的稳定性及对环境的影响。

6.2.2 阻垢缓蚀药剂应选择高效、无毒、低磷或无磷、化学稳定性及复配性能良好的水处理药剂，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)。

6.2.3 循环冷却水系统阻垢缓蚀剂的投加量，宜按下列公式计算：

1 首次投加量,可按下列式计算:

$$G_f = \frac{V \cdot g_f}{1000} \quad (6.2.3-1)$$

式中: G_f ——系统首次加药量(kg);

g_f ——加药浓度(mg/L)。

2 循环冷却水系统运行时的投加量,可按下列式计算:

$$G_r = \frac{(Q_b + Q_w) \cdot g_r}{1000} \quad (6.2.3-2)$$

式中: G_r ——系统运行时加药量(kg/h);

g_r ——系统运行时加药浓度(mg/L)。

6.2.4 当循环水的钙硬度与碱度之和大于 1100mg/l,且稳定指数小于 3.3 时,宜加酸处理或软化处理。

循环水的稳定指数应按下列公式计算:

$$RSI = 2pH_s - pH \quad (6.2.4-1)$$

$$pH = 1.8 \lg \frac{M_r}{100} + 7.70 \quad (6.2.4-2)$$

式中: pH_s ——循环冷却水碳酸钙饱和时的 pH 值;

pH——循环冷却水的实际运行时的 pH 值;

M_r ——循环冷却水的碱度(mg/L,以 CaCO_3 计)。

6.2.5 当循环冷却水系统采用加酸处理时,宜采用浓硫酸。硫酸投加量宜按下式计算:

$$A_c = \frac{(M_m - M_{cr}/N) \cdot Q_m}{1000} \quad (6.2.5)$$

式中: A_c ——硫酸投加量(kg/h,纯度为 98%);

M_{cr} ——循环冷却水运行控制的碱度(mg/L,以 CaCO_3 计);

M_m ——循环冷却水补充水的碱度(mg/L,以 CaCO_3 计)。

6.2.6 循环水场应根据清洗、预膜、排污、放空、置换等需要确定,并应符合下列规定:

1 循环冷却回水管道应设接至冷却塔水池的旁路管。

2 循环冷却水系统宜设模拟监测换热器和旁路挂片。

3 应以正常运行阻垢缓蚀剂 7 倍~8 倍的剂量作为预膜剂进行预膜处理, pH 值应为 6.0~7.0, 持续时间应为 120h。

4 预膜剂成分应为六偏磷酸钠和一水硫酸锌, 质量比应为 4:1, 浓度应为 200mg/L, pH 值应为 6.0~7.0, 持续时间应为 48h。

6.3 微生物控制

6.3.1 循环冷却水系统应投加杀微生物剂对微生物进行控制。杀微生物剂的投加方案, 应根据循环水水质、水温、微生物种类、阻垢缓蚀剂的性质、杀微生物剂的来源、副产物的性质、安全、环保要求等因素综合确定。

6.3.2 循环水的杀微生物剂宜以氧化型为主、非氧化型为辅, 并应符合下列规定:

- 1 应高效, 且与缓蚀阻垢剂不应产生明显的干扰作用。
- 2 应低毒, 且毒性应易于降解、便于处理。
- 3 使用应安全, 价格应低廉。

6.3.3 氧化型杀微生物剂宜采用次氯酸盐、液氯、二氧化氯、无机溴化物等。投加模式可采用连续式, 并应符合下列规定:

1 次氯酸盐及液氯宜采用连续投加, 投加量可按 0.5mg/L~1.0mg/L (按循环水量计) 计算, 余氯控制量宜为 0.1mg/L~0.5mg/L; 当采用冲击投加时, 应为 1 次/d~3 次/d, 投加量应为 2mg/L~4mg/L, 每次投加时间应保持 2h~3h, 余氯控制量应为 0.5mg/L~1mg/L。

2 二氧化氯宜采用连续投加, 并宜采用化学法现场制备, 投加量应为 0.2mg/L~0.6mg/L, 剩余总有效氯应控制在 0.2mg/L~0.4mg/L。

3 无机溴化物宜采用现场活化后连续投加, 余溴控制量应为 0.2mg/L~0.5mg/L (以 Br₂ 计)。

6.3.4 氧化型杀微生物剂连续投加时, 投加设备的能力应满足冲击式投加量的要求, 投加量可按下式计算:

$$G_o = \frac{Q \cdot g_o}{1000} \quad (6.3.4)$$

式中: G_o ——投加量(kg/h);

g_o ——单位循环水加药量(mg/L)。

6.3.5 非氧化型杀微生物剂,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:

$$G_n = \frac{V \cdot g_n}{1000} \quad (6.3.5)$$

式中: G_n ——加药量(kg);

g_n ——循环水单位容积非氧化型杀微生物剂的投加量(mg/L)。

6.4 旁流水处理

6.4.1 循环冷却水水质处理设计应在下列情况下设置旁流水处理设施:

1 循环冷却水水质超过阻垢剂、缓蚀剂、杀生物剂允许使用范围时;

2 循环冷却水水质超过循环冷却水水质标准要求时;

3 提高循环冷却水的浓缩倍数,减少循环水排污水量与补充水量时。

6.4.2 当需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等要求,按下式计算确定:

$$Q_{si} = \frac{Q_m \cdot C_{mi} - (Q_b + Q_w) C_{ri}}{C_{ri} - C_{si}} \quad (6.4.2)$$

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)。

6.4.3 循环冷却水宜设旁流过滤设施,旁流过滤的水量应根据循环冷却水中悬浮物的含量、滤后悬浮物含量,以及循环冷却水系统

运行悬浮物含量要求通过计算确定,也可结合相似条件的运行经验确定。当不具备计算条件或无相似条件运行经验时,旁流过滤的水量可按循环冷却水水量的1%~5%选取。当采用再生水及多沙尘地区或空气灰尘指数偏高的地区、厂区,旁流过滤的水量可适当提高。旁滤水量可按式计算:

$$Q_{sf} = \frac{Q_m \cdot C_{ms} + K_s \cdot G \cdot C - (Q_b + Q_w) \cdot C_{rs}}{C_{rs} - C_{ss}} \quad (6.4.3)$$

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);

G ——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,可通过实验确定,当无资料时可采用0.2。

6.4.4 旁流过滤设施宜采用均质滤料的石英砂过滤器,也可结合循环水水质特点通过技术经济比较,采用纤维过滤器、多介质过滤器等过滤设备。当换热器内介质有可能泄漏到循环冷却水系统时,应采用泄漏介质对过滤器影响小的过滤方式。

6.4.5 旁流过滤的出水浊度宜小于3NTU。

6.4.6 旁流处理宜采用循环冷却回水,并应具有处理循环冷却给水的切换设施。

6.5 药剂储存和投配

6.5.1 药剂储存应符合下列规定:

1 药剂的储存与投配应符合现行国家标准《工业循环水冷却处理设计规范》GB 50050 及国家现行有关危险化学品的规定;

2 水处理药剂应在全厂性药剂库和循环水场药剂间分别储存,杀微生物剂及其制备所需原料应设专用仓库和专用储存间;

3 药剂储存量应根据药剂消耗量、供应情况和运输条件等因素综合确定,可按下列储存时间,经计算确定:

- 1) 全厂性仓库药剂储存时间宜按 16d~30d 的消耗量计算;
- 2) 循环水场内药剂储存间药剂储存时间宜按 7d~15d 的消耗量计算;
- 3) 酸储罐容积应按 7d~15d 的消耗量计算。

4 药剂在室内堆放高度宜符合下列规定:

- 1) 袋装药剂为 1.6m~2.0m;
- 2) 桶装药剂为 0.8m~1.2m。

6.5.2 硫酸的投加应符合下列规定:

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;

2 浓硫酸应封闭储存,酸储罐应设液位计,通气管上应设通气除湿设施;

3 酸储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一个最大酸储罐的容积,并应作内防腐处理和设集水坑,围堰的高度不宜高于 0.6m(以围堰内的地面计),围堰内的地面应用耐腐蚀材料铺砌;

4 酸储罐上的通气口不应设置阀门,酸罐出口应设置双道阀门;

5 浓硫酸储罐的材料宜采用碳钢或非金属材料;

6 加酸泵应采用耐酸计量泵,并应设备用泵;

7 加酸泵出口管道上应设带隔离包的压力表,电机开关应设置在离泵较远处,并应避开泵和阀门的泄漏点,加酸泵的吸入管道或排出管道上的高点排气管应引入排水沟;

8 加酸泵附近应设固定式扫线接头,扫线介质应为压缩空气或氮气,当输送介质为浓硫酸时,压缩空气应采用脱水后的压缩空气或仪表风;

9 加酸位置宜在冷却塔水池出水口或泵前吸水池内,应深入

正常水位下 0.5m 处,且距池壁不宜小于 0.8m,并应设置均匀分配设施。

6.5.3 缓蚀阻垢剂的投加应符合下列规定:

1 宜直接投加复配原液。泵与溶配设备的设计能力应按 5 倍~10 倍复核。

2 宜采用计量泵计量、投加,并宜设备用泵,计量泵出口应设置安全阀。

3 宜投加在冷却塔集水池出口或吸水池中,且宜深入正常水位下 0.4m 处。

4 药液输送应采用耐腐蚀管道,室内管道宜沿墙或架空明设,室外管道宜架空或管沟敷设。

6.5.4 杀微生物剂的投加应符合下列规定:

1 液氯投加应符合下列规定:

1) 投加液氯宜采用全真空自动投加设备,加氯机的容量应按最大小时加氯量确定,且工作台数不应少于 2 台,并应设备用,备用能力不应小于最大 1 台工作加氯机的加氯量;

2) 氯瓶出氯量不足时应设置液氯蒸发器,严禁使用蒸汽、明火直接加热钢瓶;

3) 氯源切换宜采用自动压力切换,氯瓶内应保持 0.05MPa~0.1MPa 的余压,真空调节器宜设置在氯瓶库内;

4) 加氯管道及配件应采用耐腐蚀材料。

2 二氧化氯投加应符合下列规定:

1) 二氧化氯的投加可采用重力投加和压力投加;

2) 工作二氧化氯发生器不应少于 2 台,并应设备用,备用能力不应低于最大一台二氧化氯发生器的发生量;

3) 二氧化氯发生器产生的二氧化氯(以有效氯计)不应低于总有效氯的 95%,主要原料的转化率不应低于 80%;

4) 主要原料氯酸钠与盐酸等,宜采用定比投加,由精密计量

泵按比例投加到特制的反应器中。

3 杀生物剂均宜投加在冷却塔集水池出口或吸水池内正常运行水位下 2/3 水深处。

6.5.5 氯系杀微生物剂储存间应设漏氯吸收系统;漏氯吸收系统的尾气排放应符合现行国家标准《大气污染物综合排放标准》GB 16297的有关规定;漏氯吸收系统的集气口应在地下,并宜为带塑料算子的地沟;漏氯吸收系统应具有与漏氯报警系统联动的功能。

6.5.6 氯系杀微生物剂的储存间与投加间应设强制通风,换气次数不应小于 8 次/h。

6.5.7 氯系杀微生物剂的储存间与投加间附近,应设置空气呼吸器、防酸性气体口罩、抢救器材、急救箱。

6.6 补充水和排污水处理

6.6.1 补充水处理方案应根据循环冷却水系统要求的水质、设计浓缩倍数,以及补充水的水质等因素,经综合技术经济比较确定。

6.6.2 循环水旁滤反洗水宜设缓冲池。缓冲池容量应根据可能同时出现的过滤设备反洗的台数的 1 次反洗水量之和确定。

6.6.3 循环冷却水排污水的处理与排放,应按国家现行有关石油化工污水处理和排放的规定执行。

7 仪表与控制

7.0.1 循环冷却水系统应设仪表和监控系统。

7.0.2 循环冷却水系统仪表和监控系统的设置水平,宜与全厂的仪表和监控水平相一致。

7.0.3 循环冷却水系统仪表和监控系统信息宜集中至控制室。

7.0.4 循环冷却水系统应对下列运行参数进行监测与控制:

1 循环冷却水的补充水与吸水池液位应联锁控制。

2 循环冷却水的排污与在线电导率或其他监测浓缩倍数的在线仪表应联锁控制。

3 阻垢缓蚀剂的投加宜在线监测,并应联锁控制。

4 氧化型杀微生物剂投加宜与氧化还原电位(ORP)或余氯在线监测数据联锁控制。

7.0.5 循环冷却水系统监测仪表的设置应符合下列规定:

1 循环冷却给水总管、循环冷却回水总管应设置流量、温度、压力仪表。

2 旁滤水管道、补充水管道、排污水管道应设流量仪表。

3 蒸汽管道、压缩空气管道、仪表风管道宜设流量、压力仪表。

4 循环水泵的出口应设就地压力表;非自灌启动时,循环水泵的进口应设就地真空压力表。

5 风机减速机宜设置温度与振动监测和报警。

6 吸水池应设置液位计及高低液位报警。

7 宜设余氯、电导率等水质监测仪表。

8 在投加氯系氧化型杀微生物剂的场所,应设漏氯检测与报警仪表。

9 宜设 pH 检测仪表,采用加酸处理时,宜自动控制加酸量。

7.0.6 循环水泵及冷却塔风机应设置就地开停按钮,设有远程控制功能时,现场应设手、自动转换开关,并宜在控制室实现远程停止和运行状态显示。

7.0.7 高压电机,宜设置轴承、定子温度监测及报警仪表。

8 检测与化验

8.0.1 分析化验宜与全厂的分析化验设施统一设置。

8.0.2 补充水管道、循环冷却给水管、循环冷却回水管、旁滤水管道、排污管道，宜设取样口。

8.0.3 循环冷却水的常规分析项目应根据补充水的水质和循环冷却水系统水质要求确定，宜按表 8.0.3 的规定确定。

表 8.0.3 常规分析项目

| 序号 | 项目 | 间冷开式系统 | 间冷闭式系统 | 直冷开式系统 |
|----|-------------------|--------|-----------|-----------|
| 1 | pH | 每天 1 次 | 每天 1 次 | 每天 1 次 |
| 2 | 电导率 | 每天 1 次 | 每天 1 次 | 可抽查 |
| 3 | SiO ₂ | 每周 1 次 | 不检测 | 不检测 |
| 4 | 浊度 | 每周 1 次 | 每天 1 次 | 每天 1 次 |
| 5 | 悬浮物 | 每周 1 次 | 不检测 | 每天 1 次 |
| 6 | 总硬度 | 每天 1 次 | 每天 1 次或抽检 | 每天 1 次 |
| 7 | 钙、镁硬度 | 每天 1 次 | 每天 1 次或抽检 | 每天 1 次 |
| 8 | 总碱度 | 每天 1 次 | 每天 1 次或抽检 | 每天 1 次 |
| 9 | 氯离子 | 每天 1 次 | 每天 1 次或抽检 | 每天 1 次或抽检 |
| 10 | 总铁 | 每天 1 次 | 每天 1 次 | 不检测 |
| 11 | Cu ²⁺ | 每周 1 次 | 每周 1 次 | 不检测 |
| 12 | 氨氮 | 每周 1 次 | 每周 1 次 | 不检测 |
| 13 | COD _{Cr} | 每天 1 次 | 不检测 | 不检测 |
| 14 | 异养菌总数 | 每周 1 次 | 每周 1 次 | 不检测 |
| 15 | 油含量 | 可抽查 | 不检测 | 每天 3 次 |
| 16 | 药剂浓度 | 每天 1 次 | 每天 1 次 | 不检测 |
| 17 | 总磷 | 每周 1 次 | 不检测 | 不检测 |
| 18 | 游离氯 | 每天 1 次 | 视药剂而定 | 可不测 |
| 19 | 生物黏泥量 | 每周 1 次 | 每周 1 次 | 可不测 |

注：1 对炼油装置的间冷开式系统，可根据具体情况确定。

2 总磷的分析适用于磷系配方系统。

3 Cu²⁺、氨氮的分析仅用于铜材换热器系统。

4 COD_{Cr}的分析适用于以再生水作补充水的系统。

8.0.4 循环冷却水的定期分析项目宜按表 8.0.4 的规定确定。

表 8.0.4 定期分析项目

| 序号 | 分析项目 | 检测时间或频次 | 检测方法 |
|----|-----------|----------|--------|
| 1 | 腐蚀率 | 月、季、年或在线 | 挂片法 |
| 2 | 污垢沉积量 | 大检修 | 监测换热器法 |
| 3 | 垢层或腐蚀产物成分 | 大检修 | 重量法 |
| 4 | 生物黏泥量 | 每周 1 次 | 生物滤网法 |
| 5 | 水质全分析 | 每季 1 次 | 容量分析 |

9 供电设施

9.0.1 循环水场的负荷等级应等同于所服务的装置。

9.0.2 冷却塔、泵房应设置防雷、防静电、照明设施,并应设置接地设施。

10 辅助建(构)筑物

- 10.0.1 循环水场附属建(构)筑物设置,应满足全厂总体规划的要求。
- 10.0.2 循环水场的药剂储存间应采取防腐蚀措施和安全防护措施。
- 10.0.3 加药间与药剂储存间宜毗邻布置。
- 10.0.4 加氯间应与其他工作间隔开,并应设置直接通向外部并对外开启的门和固定观察窗。液氯储存间应设置单独外开的大门。大门上应设置向外开启人行安全门,并能自行关闭。
- 10.0.5 加药间、药剂储存间、酸储罐等储存投加腐蚀性药剂的场所附近,应设置安全洗眼器等防护措施。

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:

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)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《工业循环水冷却处理设计规范》GB 50050
- 《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》GB 50058
- 《工业循环水冷却设计规范》GB/T 50102
- 《大气污染物综合排放标准》GB 16297
- 《石油化工逆流式机械通风冷却塔结构设计规范》SH 3031
- 《冷却塔塑料部件技术条件》DL/T 742

中华人民共和国国家标准

石油化工循环水场设计规范

GB/T 50746 - 2012

条文说明

制 定 说 明

《石油化工循环水场设计规范》GB/T 50746—2012,经住房和城乡建设部 2012 年 1 月 21 日以第 1266 号公告批准、发布。

本规范制定过程中,编制组进行了大量调查研究,总结了我国石油化工企业循环水场工程建设的实践经验,同时参考了国外先进的技术法规、技术标准。

为便于广大设计、施工和生产单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定,《石油化工循环水场设计规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明,但是本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

| | | |
|-----|----------------------|------|
| 1 | 总 则 | (51) |
| 3 | 总体设计 | (53) |
| 3.1 | 一般规定 | (53) |
| 3.2 | 设计规模 | (54) |
| 3.3 | 补充水量 | (54) |
| 3.4 | 循环冷却水设计温度的确定 | (55) |
| 3.5 | 循环冷却水设计工作压力的确定 | (56) |
| 3.6 | 循环冷却水的水质要求 | (57) |
| 3.7 | 场址选择 | (57) |
| 3.8 | 场内布置 | (57) |
| 4 | 冷却塔 | (59) |
| 4.1 | 一般规定 | (59) |
| 4.2 | 冷却塔的计算 | (61) |
| 4.3 | 塔体结构与部件设计 | (68) |
| 5 | 循环冷却水输送 | (71) |
| 5.1 | 循环水泵的选择 | (71) |
| 5.2 | 水泵附件 | (72) |
| 5.3 | 循环水泵房 | (73) |
| 5.4 | 吸水池 | (73) |
| 6 | 循环冷却水处理 | (74) |
| 6.1 | 一般规定 | (74) |
| 6.2 | 缓蚀和阻垢 | (80) |
| 6.3 | 微生物控制 | (84) |
| 6.4 | 旁流水处理 | (89) |

| | | |
|-----|-----------------|------|
| 6.5 | 药剂储存和投配 | (90) |
| 6.6 | 补充水和排污水处理 | (91) |
| 7 | 仪表与控制 | (93) |
| 8 | 检测与化验 | (95) |
| 9 | 供电设施 | (96) |
| 10 | 辅助建(构)筑物 | (97) |

1 总 则

1.0.1 本条阐明了编制本规范的宗旨以及石油化工企业循环水场设计遵循的基本原则和要求。

我国是一个严重缺水的国家,伴随着我国经济的高速发展,人民物质生活的极大改善,水资源短缺和水体污染问题也日益突出,它已经成为制约国家可持续发展的重要因素。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,目的是为了节约用水、科学用水,减少污染,保护环境,并把节约用水、保护环境作为我国可持续发展的重要指导方针。

石油化工企业是用水大户,冷却水在企业用水中约占 90%。因此,节约冷却水是企业节水的关键,而循环用水则是节约冷却水的最有效措施,促进和推动循环冷却水的有效利用,将大大减少企业的用水量。

循环冷却水系统是保证换热设备长周期安全稳定运行的重要环节,也是保证石油化工企业产品质量和节能增效的重要条件。因此,必须对循环冷却水系统提出全面的要求,即保护环境、安全生产、技术先进、经济合理、节约能源、节约用地、节约用水。同时,设计作为工程建设项目的先导,必须满足便于施工、运行管理和维修等方面的要求。

为达到以上目的和要求,提高石油化工企业循环冷却水系统的设计水平,制定本规范。

1.0.2 本条规定了本规范的适用范围。

1.0.3 本条提出在设计上采用新技术(包括新工艺、新设备、新材料等方面)的原则要求,体现了设计努力通过采用新技术达到节约资源,保护环境,降低投资和运行成本等的目的。

在循环冷却水系统的各个环节上,都还面临开发新技术、采用新工艺的重要课题,还需要不断地吸收符合我国具体情况的国外先进经验,不断吸收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。对新技术的采用,采取既积极又稳妥的态度,使我国工程技术得以稳步向前发展。

1.0.4 本条强调了石油化工企业循环水场设计时应同时执行国家颁布的有关标准、规范的规定。目前涉及循环水场设计的国家标准有《工业循环水冷却设计规范》GB/T 50102、《工业循环冷却水处理设计规范》GB 50050、《机械通风冷却塔工艺设计规范》GB/T 50392,还涉及《室外给水设计规范》GB 50013、《石油化工企业设计防火规范》GB 50160 等国家标准规范。因此,执行本规范的同时还应执行国家现行的标准规范。

3 总体设计

3.1 一般规定

3.1.1 本条阐明了循环水场工艺设计包含的三个主要内容:

1 循环水冷却工艺:将循环冷却回水(热水)经冷却塔或冷却设施处理后成为循环冷却给水(冷水)的工艺过程。主要设计内容为冷却塔或冷却设施的工艺设计。

2 循环冷却水处理工艺设计包括下列内容:

- 1)补充水的处理方案;
- 2)设计浓缩倍数、阻垢缓蚀处理方案及控制条件;
- 3)系统排污水处理方案;
- 4)旁流水处理方案;
- 5)微生物控制方案。

3 循环冷却水加压输送工艺:将处理后水温和水质达到工艺要求的循环冷却水按照工艺需要的水量和水压提升到各用水装置。主要设计内容为吸水池、循环水泵、真空引水设施、泵进出口阀门、管道及泵房、动力系统和控制系统等设施。

3.1.2 本条阐明了循环水场的基本组成元素,有些循环水场可能不完全具备所有元素,但能够提供满足工艺要求的循环冷却水的系统都可构成为循环水场。

3.1.3 本条阐明了循环水场设计时采用集中设置或分散设置的原则。当厂内用水装置区域较大,或各用水装置布置分散,或装置区域地形高差较大,经技术经济分析,确实不宜集中设置时可分区设置几个循环水场;当工厂考虑分期建设或各个装置区域开停车运行周期有不同考虑时,也可分期或分散设置。对于各装置(单元)对水量、水温、水压、水质有不同要求时,可通过比较优化,分别

设置不同的循环水场或在同一个循环水场内采用多个独立的循环冷却水系统。

3.1.4 此条规定是为了避免由于个别用水装置的循环冷却水在水温、水压尤其是水质与其他多数用水装置有明显不同时,集中布置会影响全厂整个循环冷却水系统的安全、稳定、经济运行时采用独立的系统设置,可设独立的循环水场或独立的循环冷却水系统。

3.2 设计规模

3.2.2 装置用水设备大都需要连续供给循环冷却水,还有部分用水设备仅需要在某一时段或某一种运行工况下才需要供给循环冷却水,为间断供水。因此,在考虑一个循环水场为若干套装置统一提供循环冷却水的任务时,首先应保证各装置的连续用水,同时还必须考虑各装置的间断用水;但由于各装置的连续用水是同时发生的,而各装置的间断用水则不一定同时发生,这时应根据工艺流程的安排来确定哪些间断用水设备可能同时发生,从而把这部分同时发生的间断用水加在一起,构成总的用水量。设计规模还要考虑满足各装置最大负荷时的用水需要。因此,循环水场的规模即循环冷却水设计水量应按其所供给的用户要求的最大连续用水量之和加上用户可能同时发生的最大间断用水量确定。

3.3 补充水量

3.3.1~3.3.3 循环冷却水系统的最大小时给水量即循环冷却水设计水量,是按照生产工艺的要求确定的;循环冷却水的供水最低温度是由气象条件和冷却工艺决定的,而循环冷却水设计温度还需要结合生产工艺要求通过经济技术比较最终确定。在循环水的运行过程中,还必须补充由于蒸发损失、风吹损失、排污损失带走的部分水量,以维持系统的水量平衡,保证系统的安全平稳运行。

系统的蒸发损失水量、风吹损失水量和排污水量应根据循环冷却水设计水量、设计温度、地区气象条件、冷却塔的形式、浓缩倍

数等因素进行水量平衡计算,最终确定补充水量。

补水能力的设计还应考虑系统水量置换等其他因素,年补充水量可按年平均气温进行计算。

3.3.4 冷却塔的风吹损失,包括出塔空气带走的水滴和塔的进风口处被风吹到塔外的水滴。前者的损失水量与塔的通风方式、塔内风速、淋水填料型式、配水喷头型式、收水器型式以及冷却塔的冷却水量等因素有关;后者的损失水量与塔型、风速、风向及进风口的构造等因素有关,这部分损失一般较小。冷却塔的风吹损失主要是前者。

出塔空气带走的水滴的多少与收水器收水效率的高低有直接的关系。目前工程中使用的收水效果好的收水器很多,逸出水率(飘滴损失水量与进塔循环水量之比)可以达到 $0.01\% \sim 0.001\%$ 。随着环保与节水意识的提高,进风口处的风吹损失也越来越受到人们的关注,一些防溅和阻风(阻止塔下穿堂风和旋风)的措施相继应用,被风吹到塔外的水滴损失量也大为减少,因此,实际工程设计中机械通风冷却塔的风吹损失水量按循环水量的 $0.05\% \sim 0.1\%$ 计算已考虑了足够的裕度。

3.3.5 本条文给出了排污水量的两个计算公式,公式(3.3.5-1)是通过气象条件、运行参数计算的;公式(3.3.5-2)为强制排水量计算公式,为排污能力设计时要用到的计算,排污量应包括在实际生产中的强制排污水量和系统在运行过程中在管网和换热设备的漏失量,以及旁流水处理的反冲洗排出的水量。

3.4 循环冷却水设计温度的确定

3.4.1、3.4.2 循环冷却给水设计温度,是以生产工艺换热设备允许的最高给水温度为依据,结合当地夏季最热时期的气象条件(湿球温度、干球温度及大气压力)计算冷却设施可达到的最低冷却水温并通过经济技术比较后最终确定,以较为经济合理的方案满足生产工艺要求。

循环热水在冷却塔中通过热交换(传热、传质)被冷却,空气被加湿加热后把水中的废热带到大气中。冷却任务表达式为:
$$\Omega = \int_{t_2}^{t_1} \frac{C_w dt}{h'' - h}$$
。在其他条件不变的情况下,冷水温度愈低,逼近度($t_2 - \tau$)愈小, Δh 愈小,其冷却任务数 Ω 愈大(冷却任务函数为减函数, Δh 趋小,函数减幅趋大,气水比就会在较小的范围变化,也就意味着处理同样水量需要更多的风量),冷却难度愈大,需要的冷却面积和风机愈大,冷却塔投资愈高。相反冷水温度高,冷却塔投资会小,但循环水在冷却工艺产品时若保持冷量不变则热水温度就高,“热水温度高”对填料材质的要求就越高,寿命也会受影响。且循环水按何种温度设计,不仅仅取决于冷却塔,还应满足循环水所服务装置的工艺和产品收率的要求,需结合工艺冷却设备的投资及运行费用等因素综合考虑。冷水温度的确定是对冷却塔设计影响较大的工况参数,牵扯的因素又较多,不是一两个简单的函数关系式能够解决的。需建立包含冷却塔投资、工艺装置的产品收率、装置换热面积等相关因素的年综合费用的优化模型来确定冷水温度。合理确定循环冷水水温,需要各方面协调配合和大量数据处理。根据生产工艺的特点和冷却塔冷却的特性,在工艺装置的产品收率影响不大情况下适当提高冷水温度是更经济的,因为工艺换热器是间接换热,循环水的冷量是与温度呈线性关系的,当冷量不足时只需线性地扩大换热面积就可解决。根据大量的工程应用经验,以冷却塔设计湿球温度加 $4^{\circ}\text{C} \sim 5^{\circ}\text{C}$ 作为循环冷却水给水温度来设计是较为经济合理的,因此,将此经验值作为推荐参数。

3.5 循环冷却水设计工作压力的确定

3.5.1、3.5.2 循环水泵组的供水压力应根据各生产工艺装置进水压力的要求、管网系统阻力及冷却塔配水压力(余压直接上塔的位能及满足均匀配水所需的压力)等因素确定。

间冷开式系统的回水应优先考虑用余压直接上塔,这样可以节省能耗和设备,同时系统水质不易受污染。

3.6 循环冷却水的水质要求

3.6.1 循环冷却水设计水质的确定应根据补充水水质及换热设备的结构型式、材质、运行工况条件、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,以满足换热设备对阻垢与缓蚀的要求,以保证装置的长周期安全稳定运行。本规范规定的循环冷却水水质指标与现行国家标准《工业循环水冷却处理设计规范》GB 50050 的规定是相同的,详见本规范第 6.1.4 条的说明。

3.7 场址选择

3.7.1 本条阐明了循环水场在总平面布置时应考虑的主要因素。靠近最大的用水负荷,可以有效减少管道长度,降低能耗,节约建设和运行成本;循环水场位置的选择一方面需要考虑其他设施对冷却构筑物的气流流场与进塔的空气质量的影响,同时还应减少冷却构筑物产生的水雾、噪声对周围环境的影响。

3.7.2 循环水场布置在防爆区以外,可以减少设备材料选择时由于防爆和安全的要求而增加投资。

3.8 场内布置

3.8.1 循环水场内的建筑物,如水泵房、控制室、配电间、水质处理和药剂储存间,以及构筑物,如冷却塔、吸水池,应按照工艺流程的顺序和联系紧密程度,合理设计相对位置和间距,以减少管线,节约用地,方便操作和维护管理,并可充分利用地形上的高低差异,优化水力条件,减少土建施工费用。

在考虑满足工艺条件的同时,还应在各建(构)筑物周围设置检修、运输以及消防通道。

3.8.2 循环水场宜设置独立的吸水池,若受占地等因素的影响也

可在地形及地质允许的条件下,考虑冷却塔水池和吸水池合建,合建水池首先应满足泵吸水的要求,同时为了减少投资和系统容积,不应将塔下水池部分整体加深。

3.8.3 石油化工企业循环水场规模较大,冷却塔的数量也较多,这样就存在多台塔的布置问题,多台塔布置在一排简称为塔排,处于同一塔排内首尾的冷却塔易产生湿气回流干扰,因此各国的规范对此都有相应的规定:前苏联规定塔排长宽比宜为 3 : 1,英国规定塔排长宽比宜为 5 : 1,现行国家标准《工业循环冷却水设计规范》GB/T 50102 和《机械通风冷却塔工艺设计规范》GB/T 50392分别规定为 5 : 1 和 3 : 1~5 : 1,本规范考虑到石化企业的具体情况和使用的经验,推荐采用上限,即 5 : 1。

3.8.4 冷却塔塔排间同样存在湿气回流影响,避免或将此影响降低到一定程度所要求的塔排间的距离,在石油化工企业循环水场中是很难实现的,因此本规范仅在设计湿球温度确定时考虑湿气回流的影响因素,而塔排间规定的最小距离只考虑土建施工时基坑的开挖和结构设计要求,并为使用、维护留有一定的通道。

3.8.5~3.8.8 冷却塔的进风条件和进风影响因素对冷却性能的影响至关重要(可参考本规范第 4.2.5 条的条文说明),因此本规范对可能影响进风的条件作出具体的规定,其主旨就是将进风的影响因素降至最低。当遇到本规范未规定的情况时,应根据这一宗旨参照执行。

3.8.9 管道布置既要考虑本身的工艺合理性,同时还要考虑不同管道材质和输送介质在使用环境下的安全经济运行和维护检修方便性。本条是按此要求做出的规定。

3.8.10 本条规定是为了减少冷却塔进风口周围地面的落叶、杂草等污染物进入冷却塔内,从而影响循环冷却水水质和系统的正常运行。

4 冷 却 塔

4.1 一 般 规 定

4.1.1 石油化工企业循环水量较大,大型石化企业的循环水量一般在 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$ 以上,若采用小型冷却塔占地较大且不方便管理。

大、中、小型冷却塔的划分:单格冷却水量大于或等于 $3000 \text{ m}^3/\text{h}$ 的为大型;单格冷却水量大于或等于 $1000 \text{ m}^3/\text{h}$,且小于 $3000 \text{ m}^3/\text{h}$ 的为中型;单格冷却水量小于 $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ 的为小型。

逆流塔与横流塔的优劣曾经争论了很长时间,就目前冷却塔技术的现状而言,由于薄膜填料的出现,使淋水填料高度降低到点滴填料高度的 $1/4 \sim 1/3$,降低了逆流塔的总体高度和配水高度,填料的比表面积成倍增加,使逆流塔在很多方面优于横流塔。主要体现在以下几个方面:

1)从热交换的角度看,由于水气流动的方向不同,逆流塔在热交换过程中能够获得稳定的焓差和水蒸气分压力差,热交换更合理、更充分。

2)横流塔内有一个很大的空气室(气流转弯必需的一个通道),框架体积比逆流塔多 $30\% \sim 40\%$ 左右,同时由于逆流塔热交换过程合理,效率高,若采用同比表面积的淋水填料,达到同样的冷却能力,横流塔所用的填料与收水器比逆流塔多 $40\% \sim 50\%$ 。因此,逆流塔比横流塔更经济。

3)逆流塔比横流塔配水高度低,因而节能。

4)由于逆流塔与横流塔结构不同,对空气形成的自然抽力也不同,逆流塔在室外湿球温度 5°C 以下可以全部停开风机,而横流塔则要在室外干球温度 -5°C 以下方可以全部停开风机。

5) 由于横流塔风筒出口离进风口较近, 湿气回流量比逆流塔更大, 所以横流塔设计进塔空气湿球温度比逆流塔高 $0.2^{\circ}\text{C} \sim 0.3^{\circ}\text{C}$ 。

6) 逆流塔比横流塔容易检修。

7) 逆流塔配水系统不易堵塞。

8) 逆流塔淋水填料片全部置于塔内, 不受阳光直接照射, 进塔空气先经过淋水填料下雨区洗涤, 因此逆流塔淋水填料片易保持清洁、不易老化。

9) 逆流塔的防冻化冰问题比横流塔更容易解决。

基于上述分析本规范推荐采用逆流机力通风冷却塔。

4.1.2 淋水填料的热工性能和阻力性能、收水器的收水性能和阻力性能、风筒的动能回收与阻力性能、配水喷头的流量系数与喷溅性能、冷却塔总阻力系数等数据对冷却性能的确 定影响较大, 因此要求数据准确、可靠。应由具有国家资质的独立第三方检测单位正式出具检测报告。

4.1.3 冷却塔的冷却性能是循环水场的重要指标, 其确定应以具有国家资质的独立第三方检测单位正式出具的同样塔型的测试报告为依据。由于使用工况、气象条件与测试塔的工况、气象条件往往不同, 因此对冷却塔性能复核计算是循环水场设计的重要工作。当冷却塔由制造商成套供应时, 应对其工作气水比、工作风量、处理水量、配水均匀性及配水压力、风机全压、轴功率等进行复核计算, 复核计算采用计算机软件时, 应采用经省部级或国家级认可的、成熟可靠的计算机软件。

4.1.4 石油化工企业循环水量较大, 根据最大连续用水量之和加上可能同时发生的最大间断用水量的原则, 确定的循环水规模相对正常生产运行循环水的需求量有一定的安全余量, 冷却能力又是按满足最热 3 个月高温出现频率为 $5\% \sim 10\%$ 的日平均湿球温度确定的, 因此冷却塔一般不需备用。设计时仅需考虑设置冷却塔检修时不影响生产的相关措施, 如上塔立管的控制阀、旁路管及

控制阀、水池分格、出水格栅及出水管控制阀等,即可满足企业正常生产运行的需求。

4.2 冷却塔的计算

4.2.2 热力计算的理论基础是能量守恒定律;热交换过程中水失去的能量与空气获得的能量相等。关于蒸发与散热的理论与公式很多,众说纷纭,麦克尔将焓的概念引入,将散热与散质两方面因素都统一到焓中,简化了算式的复杂性,减少了计算的参数,推导出的麦克尔公式被冷却塔界普遍采用。

水传给空气的总热量为 M ,以水面饱和空气层的焓 h'' 和湿空气中的焓 h 之差,作为从水面向空气中散热的推动力,则在面积 dF 上的传热量为:

$$dM = C_w Q dt = \beta_x (h'' - h) dF \quad (1)$$

由于塔的填料形状一般较复杂,其表面面积不易精确计算。所以,常用填料体积 V 代替其面积,则上式变为:

$$dM = C_w Q dt = \beta_x (h'' - h) dF = \beta_{xv} (h'' - h) dV \quad (2)$$

式(2)变化成 $\frac{\beta_{xv} dv}{C_w Q dt} = \frac{1}{h'' - h}$ 式,对其积分可得:

$$\frac{\beta_{xv}}{Q} = \int_{t_2}^{t_1} \frac{C_w dt}{h'' - h} = \Omega \quad (3)$$

式中: dF ——水与空气的接触面积(m^2);

β_{xv} ——以焓差为动力的容积散质系数;

β_x ——以焓差为动力的散质系数;

Q ——水量(kg/h)。

此式即为由麦克尔方程演变来的冷却任务关系表达式。

麦克尔在推导热力计算公式时做了一些假设和近似处理:

1) 将热交换过程中水量近似地看做不变,忽略了蒸发水量,此“近似”在蒸发量最大的炎热季节(气温按 $40^\circ C$ 、温差按 $10^\circ C$ 计),会有 1.6% 的水量误差($Q_e = KtQ = 0.0016 \times 10 \times Q$);

2)在公式推导过程中为简化将式 $\frac{\chi}{\chi+0.622}$ 约等于式 1.6077χ

($1-1.6077\chi$),此“近似”过程可能出现的最大误差为4%;

3)麦克尔认为刘易斯系数为1,即 $L_e = \frac{\alpha}{\beta_x C_w} = 1$ 。关于刘易斯系数值的争论很多,刘易斯本人认为 $L_e = 1.05$,严熙世、范瑾初主编的《给水工程》(第四版)也认为是1.05,而有一些文献认为 $L_e = 0.9$;

4)在公式推导过程中将干球温度与湿球温度之间温度变化对应的汽化潜热看做是不变的,此项误差的级别一般是千分级的。

综合以上4项造成误差的因素,一些学者认为采用麦克尔公式是不精确的,是偏于不安全的,个别学者甚至认为最大误差会到10%。本规范认为麦克尔在公式推导中的这些假设和近似是可行的,这些偏差在正常工况下均不会很大,且有互相抵消的可能。同时,冷却塔热力计算忽略了梁柱的表面积,这部分面积占填料总热交换面积的1%~3%,而这部分接触面多为混凝土,其亲水性能远好于目前填料的材质——塑料和玻璃钢,因此对热交换的作用会不只1%~3%。综合这些分析及实际工程设计应用中计算与实测的验证,本规范认为采用麦克尔公式只需考虑5%的安全余量即能满足工程设计的精度。

4.2.4 淋水填料散热性能的冷却数方程:工程使用条件中进水温度(与测试时水温的不同)对淋水填料散热性能是有影响的,这是由于水的黏度与表面张力是随温度变化的,因此温度不同时散热性能也不同。测试性能用到比其温度高的循环水时,这个冷却数偏于冒进,往往达不到设计效果,反之若将实测的资料用于低温时,又偏于保守。实践证明,水温每升高 5.5°C ,冷却数下降2.5%~8%。因此,必须对其冷却数方程进行修正。在没有相应的实验资料时,可按日本学者手塚俊一等人的试验结果对逆流塔进行修正:

$$\Omega' = A\lambda^m \left(\frac{t_0}{t_1} \right)^{0.45} \quad (4)$$

式中: A ——填料的试验常数;

t_0 ——测试(试验)时进水温($^{\circ}\text{C}$);

t_1 ——实际进水温度($^{\circ}\text{C}$)。

对横流塔填料可采用水科院冷却水所的试验结果进行修正:

$$\beta_{xv} = 0.57g^{0.35}q^{0.55} \left(\frac{t_0}{t_1} \right)^{0.54} \quad (5)$$

式中: g ——重量风速, $10^3 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$;

q ——淋水密度, $10^3 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

4.2.5 冷却塔内气流在淋水填料和收水器之外的流态均处于阻力平方区,其阻力可采用阻力系数法计算。阻力系数的确定,多数文献均采用相似风道的经验公式或系数,并未考虑塔内气动构件的特殊性和形状系数,按照这样的阻力系数计算的结果与冷却塔的实际阻力往往会有很大出入。如进风口阻力系数,多数文献参照风道直角进口给出进风口阻力系数(0.5~0.55),显然是片面的,是有前提条件的,但各文献均未明确前提条件是什么。根据中国水利水电科学研究院1981年在《逆流机力通风冷却塔塔型试验研究报告》中给出试验结果(图1),在填料塔中进风口面积与淋水面积之比在0.5以上时可以采用此经验值,当进风口面积与淋水面积之比在0.4以下时进风口面积与淋水面积比值(h/L)的变小与阻力系数的增加显然已非线性关系。同时,此阻力系数还与进风口形状相关。国际水力研究协会(IAHR)1986年发表了M. Vauzanges和G. Ribier关于自然塔进口空气阻力的研究,给出的阻力系数公式与实测现象更吻合:

$$\xi = C_D \frac{F_D}{F_1} \left(\frac{v_1}{v_0} \right)^2 \quad (6)$$

式中: C_D ——框架柱形状系数,方柱取3,圆柱取2,椭圆柱1.5;

F_D ——进风口进风断面上柱的面积;

F_1 ——进风口面积；

F ——淋水填料区的面积；

v_1 ——进风口处气流流速；

v_0 ——填料断面处流速。

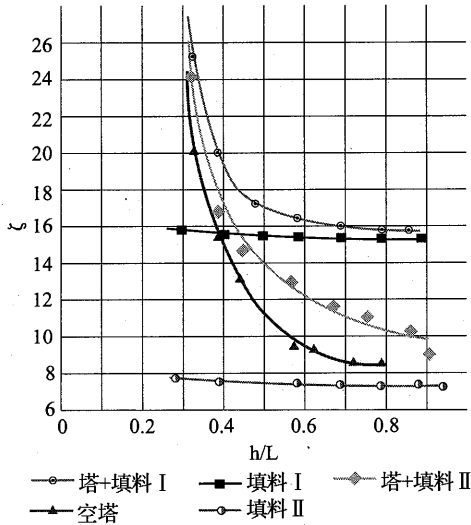


图 1 不同填料时塔的总阻力系数

冷却塔内空气阻力计算中被多数文献(包括现行的一些国家标准)忽略的且影响较大的是雨区阻力的计算。进入冷却塔的循环冷却回水通过配水装置溅洒成细小的水滴呈自由落体形态淋洒在淋水填料上,通过填料后又以自由落体形态淋入冷却塔集水池,因此将配水装置至淋水填料上、淋水填料下至集水池间的区域称为雨区。上部雨区的高度与喷头的喷溅性能有关,工程中变化不大,为使配水均匀基本在 0.8m~1m 间。下部雨区与进风口同高,因此大小塔差别较大。冷却塔中气流只有在收水器和填料中的流态不在阻力平方区,这两部分的阻力需有由其试验报告给出。填料的实验装置也存在上、下雨区,因此填料试验的阻力性能中也就包含了一部分雨区性能。

在下部雨区,新鲜空气从进风口水平进入这个区域,并转弯向上与水滴逆行后进入淋水填料。在这个运行过程中,水滴对气流应该产生水平阻力和垂直阻力。由于冷却塔内其他构件均可通过几何相似模拟代替,只有雨区是无法模拟的,因此这个阻力究竟有多大,如何求雨区阻力,一直是国内外没有很好解决的问题。

1)雨区阻力的影响:雨区对气流阻力是有影响的,这是众所周知的,但这个影响是否可以忽略是问题的关键。表 1 是部分冷却塔的实测结果相关参数的汇总表,认真分析这些冷却塔实测报告,就能得出明确的结论。

表 1 部分冷却塔的实测结果

| 序号 | 测试项目名称 | 测试单位 | 水量 Q (m ³ /h) | 风量 G (×10 ⁴ m ³) | 风机下阻力 P (静压,Pa) | 工况 编号 |
|----|------------------------|--------------|-----------------------------|--|--------------------|----------|
| 1 | 安庆化肥厂引进 φ9.14 风机冷却塔 | 化工部 第三院 | 3854 | 147.4 | 152.81 | 工况 1 |
| | | | 0 | 210.1 | 106.6 | 工况 2 |
| 2 | 北京乙烯工程 φ9.14 风机冷却塔 | 水科院 冷却水所 | 3020 | 253.67 | 143.5 | 工况 1 |
| | | | 3510 | 256.67 | 147.5 | 工况 2 |
| | | | 4010 | 249.7 | 148.6 | 工况 3 |
| | | | 0 | 286.1 | 141.4 | 工况 4 |
| 3 | 宁夏化工厂 φ9.14 风机冷却塔 | 西安建筑 科技大学 | 4500 | 274 | 118.2 | 工况 1 |
| | | | 0 | 301 | 106.3 | 工况 2 |

以表中序号 2 为例,工况 3 风机下阻力是含雨区阻力的,工况 4 由于水量为 0,因此是不含雨区阻力的。但由于填料阻力是与淋水密度有关,而且阻力变化时风机运行的工况点也会发生变化,因此两工况不能直接求差,需分别扣除填料的阻力,并折算到同一风速下求差:
$$P_{雨} = (148.6 - \rho A_3 V_3^{m_3}) - (141.4 - \rho A_4 V_4^{m_4}) \left(\frac{G_3}{G_4}\right)^2 [A_3 = (0.00133q_3^2 + 0.00713q_3 + 0.82502) \times 9.81, m_3 = -0.00461q_3^2 + 0.005654q_3^3 + 2.09412, A_4 = 0.82502 \times 9.81, m_4 = 2.09412]$$

$$P_{雨} = (148.6 - 1.1 \times 11.5757 \times 2.4^{1.99}) - (141.4 - 1.1 \times 8.093 \times 2.7499^{2.094}) \left(\frac{249.7}{286.1}\right)^2 24.5 \text{Pa}$$
 (风速为工况 3 的风速)

2.4m/s时)。此阻力相当于全塔静压的16.5%，忽略该部分阻力显然会造成重大失误。

2) 雨区对气流水平运行时阻力影响：在下部雨区，气流从进风口进入冷却塔，首先水平运行通过水滴密集的雨区，因此气流在水平运行时受到雨区阻力称为水平阻力。赵振国在《冷却塔》一书中介绍了1984年苏联学者苏霍夫在一个1:300的自然通风塔的模型中所做的模拟试验，用插在地板上的细木杆模拟雨区，木杆的布置多少代表不同的雨区的淋水密度。显然该模拟试验只考虑了气流在雨区遇到的水平阻力，此试验结果可看做雨区的水平阻力系数 ζ_H ，试验结果与1990年国际水力研究协会发表的R. E. Gelfand等试验结果基本一致：

$$\zeta_H = \frac{(0.1+0.025q)L}{9.72h/L-0.77} + \frac{1}{0.332h/L+0.02} \quad (7)$$

式中： q ——淋水密度 $[\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})]$ ；

h ——雨区(进风口)高度(m)；

L ——空气水平方向流动的长度，双面进风时取塔进深的一半(m)，单面进风时取塔进深的全长。

多数文献将雨区阻力水平影响的作用 $[(0.1+0.0025q)L]$ 误认为是导风装置的阻力系数，此误解可能源于对全苏水利科学研究所对空气分配装置的阻力研究实验的翻译。由于翻译时使用的“导风装置”含义与后来冷却塔的实际导风装置不同。原文导风装置是填料下设置的有助于气流分配和转弯的装置，这样的装置在现在的冷却塔中已经见不到了。它的阻力就是气流水平运行时受到阻挡的阻力，与苏霍夫模拟试验细木杆对气流的阻挡作用相近，仍可理解为雨区水平影响的阻力。从文中给出的长度就是冷却塔的进深，也可以看出它并非我们现在意义上的导风装置。如按照现在意义的导风装置阻力去理解：公式中导风装置长度(L)越长阻力越大，导风装置长度(L)越短阻力越小，当 L 为0时阻力为0，也就是说没有导风装置时阻力最小，那又何必加设导风

装置呢？这显然与实际不符，应对此误解予以纠正，并正确认识雨区阻力的影响。

3) 雨区对气流垂直运行时阻力影响：赵振国在《冷却塔》一书中还介绍了英国学者 R. F. Rish 在英国中央电力研究所的试验设备上做了垂直淋下的水滴对逆向运行的气流阻力的试验，给出的雨区阻力 $\zeta = 0.525(H_f + h)(\lambda)^{-1.32}$ (H_f 为填料高度， λ 为空气与水的质量比， h 是雨区高度)，可认为是雨区对气流垂直方向的影响，其中包含了填料内的雨区阻力。填料性能测试报告给出的阻力计算式均已包含了填料本身的雨区阻力，可令 $H_f = 0$ ，由于填料性能测试报告中还包括下部雨区部分高度的阻力（填料测试装置的雨区高度），因此对上式稍作调整，填料下雨区对气流垂直影响简化为下式：

$$\zeta_v = 0.525(h - h_y)(\lambda)^{-1.32} \quad (8)$$

式中： h_y ——填料测试装置的雨区高度(m)。

4) 雨区阻力系数：雨区阻力系数应该是气流在雨区遇到的水平向阻力系数与垂直向阻力系数的和，即 $\zeta = \zeta_H + \zeta_v$ ：

$$\zeta = \frac{(0.1 + 0.025q)L}{9.72h/L - 0.77} + \frac{1}{0.332h/L + 0.02} + 0.525(h - h_y)(\lambda)^{-1.32} \quad (9)$$

5) 验证分析：仍以表 1 中序号 2 的工况 3 为例，风量为 $249.7 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$ ，水量为 $4010 \text{ m}^3/\text{h}$ ， $q = 13.875 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ ， $L = 8.5 \text{ m}$ ， $h = 4.25 \text{ m}$ ， h_y 取 1.75 m ， $\lambda \frac{G\rho}{Q} = \frac{2497000 \times 1.1}{4010 \times 1000} = 0.685$ 代入式(9)：

$$\zeta_2 = 8.183; V = 2.4 \text{ m/s}; P = 8.183 \times 1.1 \frac{2.4^2}{2} = 25.92 \text{ Pa}。$$

采用公式(9)计算的雨区阻力 25.92 Pa 与实测雨区阻力 24.5 Pa 相差 1.4 Pa ，即 5% 的误差，说明公式(9)是可以采用的。

采用计算机编程进行冷却塔的空气动力计算的方法是以假定风量分别代入冷却阻力特性方程(式 4.2.5 - 5)与风机特性方程(由风机特性曲线拟合方程或风机厂提供的特性方程)，比较冷却

塔总阻力与风机全压,差值足够小(满足精度要求)时的风量为工作风量;计算精度要求不高时也可用图解法,求以风量为横坐标、冷却塔总阻力(风机全压)为纵坐标的冷却阻力特性曲线与风机全压性能曲线的交点,交点处的风量即为工作风量。

4.2.6 冷却塔的热力计算是通过解冷却塔的冷却任务的热力特性方程与冷却塔淋水填料散热的热力特性方程的联立方程组,求解计算冷却塔的工作气水比:

$$\begin{cases} \Omega = \frac{1}{K} \int_{t_2}^{t_1} \frac{C_w dt}{h'' - h} \\ \Omega' = A \lambda^m \left(\frac{t_0}{t_1} \right)^{0.45} \end{cases} \quad (10)$$

工作气水比的确定:联立方程组求解宜编制计算机程序试算,以假定气水比分别代入方程组,对计算出的冷却任务的热力特性冷却数与淋水填料散热的热力特性的冷却数进行比较,两种冷却数的差值控制在 0.01~0.001 即可认为是满足工程精度要求的解,此时的气水比值即为所求的设计工作气水比 λ 。上述计算应采用经过省部级或国家级认可的、成熟可靠的计算机运算程序。

4.3 塔体结构与部件设计

4.3.1 石油化工企业循环水场多为大、中型冷却塔,大、中型冷却塔的框架若采用钢结构,不仅用钢量大,且易腐蚀,因此建议采用钢筋混凝土结构。特殊条件指工期紧迫,需预制好钢构件短时间内现场组装投用,或现场不具备混凝土现浇或养护条件等情况。

4.3.7 严寒地区与寒冷地区的划分参照现行国家标准《民用建筑设计通则》GB 50352 的规定,1 月份平均气温小于或等于 -10°C 的地区为严寒地区,1 月份平均气温 $-10^{\circ}\text{C} \sim 0^{\circ}\text{C}$ 的地区为寒冷地区。

4.3.8 组合均布系数计算参见现行行业标准《冷却塔塑料部件技术条件》DL/T 742 的附录 R。

4.3.10 早期冷却塔的风筒都是倒截锥型,从断面上看是一条斜

直线,斜线的斜度是用中心扩散角定义的,赵振国著的《冷却塔》推荐的角度是 $14^{\circ}\sim 18^{\circ}$,格拉特科夫等著的《机械通风冷却塔》推荐的角度是 $18^{\circ}\sim 20^{\circ}$,现行国家标准《机械通风冷却塔工艺设计规范》GB/T 50392—2006 推荐的角度是 14° ,李德兴著的《冷却塔》推荐的角度是 $8^{\circ}\sim 16^{\circ}$ 。每个文献提出的角度均不尽相同,也未说明理论根据,但扩散角度太大会出现气流分离,扩散角再大还会出现涡流,涡流出现后能耗反而会增加,是以上文献的普遍共识。

同样的扩散角,扩散段越高出口面积越大,出口速度和动能也就应该越小,动能回收效果就越明显,然而风筒越高所受的外界的风荷载就越大,自身的重量也会增加,稳定性也就会差,需要风筒的强度就越大,壁厚也要相应增加,成本会大于线性地增加。这就存在一个技术经济的问题了,需要综合分析确定。对于扩散筒高度取值各文献的观点几乎一致:一般推荐扩散段高度与风机直径的比为0.5。

实际上,目前工程中出现的很多风筒都未达到 $\frac{h}{D}=0.5$ (h 为扩散筒高, D 为风机直径),为了降低成本, $\frac{h}{D}$ 的比值越取越小。尤其是20世纪90年代从国外进口的一些冷却塔中, $\frac{h}{D}$ 已经低至0.25~0.30,若此时动能回收率仍按行业习惯达到30%以上,则扩散角已超过 20° 。水科院冷却水所于1994年对这种被称为“回转型”风筒(XF-85)进行了测试,测试的结果表明回转型风筒非但没出现气流分离,相反减小了轮毂上部的负压区40%,扩散筒的高度降低了30%,实测动能回收13Pa。“回转型”风筒的扩散角已经突破了我们传统上的认识,由于技术保密问题并未找到国外冷却塔公司的相应的理论介绍。

分析风筒气流流态的特点,风筒扩散筒内气流属旋转紊流射流,根据流体力学的理论,普通射流的最大散射角为: $\theta=2\arctan(3.4a)$ (a 为紊流系数,圆柱形管取0.076),因此散射角 θ 可达

29°, 旋转射流因旋转使射流获得向四周扩散的离心力, 因此旋转射流的散射角会更大。根据这一理论依据, 风筒的中心扩散角起码能达到 29° (普通射流)。因此本规范明确提出回转型扩散筒的中心扩散角不超过 29° 是可行的。

这里还有一个问题需注意: 处于旋转射流流态的气流, 当 $\frac{x}{D} \geq 0.3$ 时, 射流边界线会向中心收缩, 见图 2。由于气流在风筒扩散段的流态属旋转射流, 当气流离开风筒喉部运行到高度为 $0.3D$ 时, 射流边界也就会回拢收缩, 传统的倒截锥型风筒扩散段线型为直线, 在 $\frac{x}{D} \leq 0.3$ 段, 角度小, 起到约束气流的扩散的作用。超过 $0.3D$ 的高度, 气流边界回拢, 与风筒壁分离。扩散角越大, 分离越严重, 因而出现涡流。

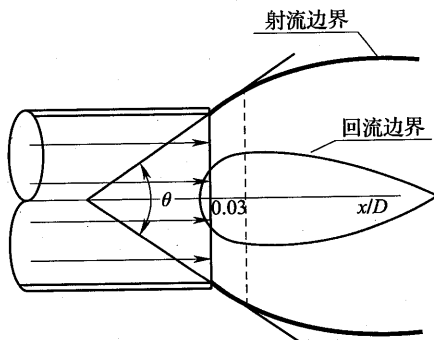


图 2 旋转射流边界

要避免 $h(x) \geq 0.3D$ 时气流与风筒分离, 风筒扩散段就应在高度超过 $0.3D$ 时向中心回拢收缩。“回转型”风筒的扩散段线型应是与空气旋转射流流态协调吻合的型线——曲线型。因此, 本条还着重强调了“回转型扩散筒的最大中心扩散角不超过 29°”, 这里的“最大”不仅是规定了扩散角的上限, 因型线为曲线, 就存在最大扩散趋势段, 最大扩散趋势段的扩散角度也不宜超过 29°, 并非平均扩散角。

5 循环冷却水输送

5.1 循环水泵的选择

5.1.1 循环水泵的供水量应按循环水场的设计规模考虑,供水压力应使多台工作水泵并联后的泵出口压力满足用户对循环冷却给水设计工作压力的要求;在水泵的选择上,选择同型号水泵不仅可以提高并联后的泵工作效率,而且,相互的可替换性和可备用性高。

我国水泵制造水平不断提高,为循环水泵的长周期安全稳定运行提供了有效保证。结合这些年我国建设投产的大型石油化工企业的运行操作经验,运行台数5台以上时备用泵的数量最多为2台即可满足装置的安全稳定运行。因此,规定运行台数大于4台时备用2台,不大于4台时备用1台。这种配置不仅能够满足安全生产的需要,而且降低了投资和维护费用。

5.1.2 循环水场的主要电力消耗在循环水提升上。以中国石化为例,每年用于循环水提升上的有效功的需求不低于30亿千瓦时,循环水泵效率70%与80%相差的电耗就是5.35亿千瓦时,推及全国是一个非常惊人的数字。因此,本规范规定循环水泵的效率不应低于80%。这只是一个较低要求,有条件时应做到85%~90%。

循环水节能问题不能局限于循环水场,更应关注大的系统。目前,循环水的系统效率偏低是普遍现象,很多能量消耗在系统的平衡上。因此,做好系统管网的优化计算有很大的节能空间。

5.1.3 在不受气候影响的地区,循环水泵露天布置可节约泵房的建设费用,减少了占地,缩短了循环水场的建设周期。

5.1.4 石油化工企业对循环水供水安全有很高的要求,因为只有稳定的循环水供水,才能保证产品的质量,并保证生产的安全平稳运行。循环水泵会在自身事故或供电、仪表控制等出现事故时停

泵,当事故处理后需迅速启动循环水泵或备用泵,自灌启动条件下,省去了引水时间,可满足迅速启动水泵的要求,及时提供循环冷却水。而当不具备自灌启动条件时,也应采取有效措施尽量缩短启动时间。因此,应选择快速的真空引水装置,达到快速启泵的目的。随着科技的发展,新的真空引水技术不断涌现,如沈阳耐蚀合金泵股份有限公司生产的同步排吸泵可在几十秒内达到真空引水、快速启泵的目的。

5.1.5 有效气蚀余量(NPSHA)是指水流经吸入管路到达泵吸入口后所余的高出临界压力水头的那部分能量,与安装方式有关,是可利用的气蚀余量;必需的气蚀余量(NPSHR)是流体由泵吸入口至压力最低处的压力降低值,是临界的气蚀余量,与泵结构本身有关。有效气蚀余量需要根据建厂地区的大气压力、循环冷却水给水最高温度下的汽化压,再结合设计工况运行时的动水位确定的水泵安装高度,经计算获得。有效气蚀余量(NPSHA)要大于必需的气蚀余量(NPSHR),且有不小于0.5m的安全裕量。

5.1.7 在选择工作水泵组的台数时,应通过工作台数的水泵并联运行曲线逐台校核水泵的工作点是否偏离高效区,如果不在高效区,应考虑通过加大单泵流量减少工作水泵组的台数来提高并联运行的效率。

5.2 水泵附件

5.2.1 本条规定是为避免在泵的检修过程中吸水池的水通过吸水管路流到泵区。

5.2.2 循环水泵的出水管设置电动蝶阀可灵活有效地控制泵的开停,且阀体安装距离小;设置微阻缓闭止回阀,可有效避免泵的倒转和突然停泵造成的水锤。近些年,国内开发生产并已大量应用的多功能水泵控制阀或分段关闭的液控蝶阀具有与水泵联动控制、止回和防止水锤等多重功能,可以代替电动蝶阀和微阻缓闭止回阀的组合功能。

5.3 循环水泵房

5.3.1 本条是关于水泵机组布置的一般规定。机组布置直接影响到泵站的结构尺寸,还对水泵的安装、检修、运行、维护有很大影响。

5.3.3 在方便设备、管道安装的条件下,尽量降低泵基础高度可以减少土建安装成本,但考虑到地面有时有一定积水,因此,必须有一定的高度。在地下和半地下泵房,还应在泵房内周围排水沟终点设置污水坑,并设排水设施,以保护水泵,避免被水淹没。

5.4 吸水池

5.4.1 循环水场设置独立的循环水泵吸水池,是为了保证泵前具有良好的吸水条件,并有利于污物的拦截、清除及沙粒的沉积。为了布置紧凑、减少占地,冷却塔水池可与吸水池合建,合建水池要求参见本规范第 3.8.2 条说明。

5.4.2 如果一个循环水场分几个循环冷却给水系统,则吸水池可以合建但应分成与系统对应的隔间。每个隔间可以单独成为一个吸水池。为了方便操作,隔间可用壁板阀或管道、阀门连通。

冷却塔及塔下水池内,会随风带入各种杂物,而脱落的淋水填料碎片以及生物黏泥和藻类等会在水中形成漂浮污染物。因此,在进入吸水池的进水渠道上须设置截污格栅、格网,以避免这些杂物进入循环冷却给水系统,影响水泵运行,堵塞换热设备。配套起吊设施是为了方便清污、检修。

5.4.3 吸水池与冷却塔水池间运行水位差太大,说明连通管道(渠道)设计偏小或冷却塔水池出水条件不好,阻力将偏大,不利于循环水场的高程布局,且容易造成吸水池水流状态的分布不均,可能出现回流区及漩涡,直接影响泵吸水的水力条件甚至导致水泵气蚀。因此,为保证连通管道(渠道)内良好的水流状态,使吸水池进水均衡,规定不宜超过 0.3m。

6 循环冷却水处理

6.1 一般规定

6.1.1 随着水循环使用的增多和浓缩倍数的提高,间冷开式循环冷却水系统出现一些问题,如冷却设备的水侧污垢热阻增大、腐蚀,循环水中菌藻生长、生物黏泥增多,传热系数降低等现象,影响工艺装置的产品收率或稳定性。

解决这些问题需要企业与研究、设计部门共同关注循环冷却水处理工作,加强水质处理的研究与实践。循环冷却水处理涉及多种学科,互相交叉、渗透,既有化学(水化学、电化学、无机化学、有机化学等),又有物理学、水微生物学,虽然对此理论研究很多,但仍未达到可以直接指导实践的程度。因此,循环冷却水处理仍处在实验科学的阶段,成功的经验有很大的借鉴作用。本章所规定的数值,仅供设计阶段确定方案、选择设备、设置管道使用,运行时应加强监测,进一步摸索规律,确定运行数据。

6.1.3 本条在现行国家标准《工业循环水冷却处理设计规范》GB 50050 基础上,结合石油化工企业循环冷却水的运行实践,规定了两个内容,一是循环冷却水对换热设备内的水流速、壁温等要求;二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、黏附速率等,对炼油和化工企业循环水处理中按补充水质的不同和换热器材质的不同(铜合金、不锈钢等不同材质其不同的黏附速率和腐蚀速率)分别作出规定。

关于换热设备的规定是根据目前国内广泛采用的药剂种类(包括聚磷酸盐、磷酸盐、聚丙烯酸盐、聚马来酸等)的性能及其复合配方,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。

对于水历经壳程换热器流速低于 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,水壳程流速不宜低于 0.3m/s,当流速低于 0.3m/s 时,应采取本条给出的相应措施。由于石化工业水历经壳程的换热器很少,所以沿用了现行国家标准《工业循环水冷却处理设计规范》GB 50050 的规定。

对于管程换热器,水侧结垢与腐蚀问题实际是沉积与剥离问题,水流速大于 0.9m/s 沉积少、结垢少、热效果较好,因此将 0.9m/s 作为规定流速的下限,上限由设备设计考虑。

污垢热阻值为 $1.72 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \sim 3.44 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$,这一指标与国际水平相当,就是早期文献所说的 $0.0002 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}/\text{kcal} \sim 0.0004 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}/\text{kcal}$, $1 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}/\text{kcal} = 0.86 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ 。

关于腐蚀速率:随着循环冷却水处理技术的进步,结合目前石化企业现状,本规范规定:碳钢设备应小于或等于 0.075mm/a,铜、不锈钢设备修订为应小于或等于 0.005mm/a。

污垢热阻、腐蚀速率是换热器设计的重要参数,是换热器对循环冷却水水质的要求,也是对阻垢、缓蚀效果的检验标准,是在设计阶段作为确定阻垢缓蚀剂配方的依据。

6.1.4 循环冷却水水质指标与换热设备的设计参数(结构型式、材质、工况条件、污垢热阻值、腐蚀速率)、循环冷却水药剂处理配方的性能密切相关,现行国家标准《工业循环水冷却处理设计规范》GB 50050 规定了循环冷却水水质指标的限值,是结合当前循环冷却水水质处理技术的发展水平作出的规定,与现行行业标准《石油化工给水排水水质标准》SH 3099 规定的循环水水质基本相符。表 2 列出了相关数据。

表 2 两个标准项目上总体差异不大,细节稍有出入。现行国家标准《工业循环水冷却处理设计规范》GB 50050—2007 比现行行业标准《石油化工给水排水水质标准》SH 3099—2000 晚 7 年,

表 2 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 | 《工业循环水冷却处理设计规范》 GB 50050 许用值 | 《石油化工给水排水水质标准》 SH 3099 许用值 |
|---|------|--|---------------------------------|-------------------------------|
| 浊度 | NTU | 根据生产工艺要求确定 | ≤20 | ≤10 |
| | | 换热设备为板式、翅片管式、螺旋板式 | ≤10 | |
| pH 值 | — | — | 6.8~9.5 | 6~9.5 |
| 钙硬度+甲基橙碱度 (以 CaCO ₃ 计) | mg/L | 碳酸钙稳定指数 $RSI \geq 3.3$ | ≤1100 | ≤1000 |
| | | 水侧壁温大于 70℃ | 钙硬度小于 200mg/L | |
| 总 Fe | mg/L | — | ≤1.0 | ≤0.5 |
| Cu ²⁺ | mg/L | — | ≤0.1 | |
| Cl ⁻ | mg/L | 碳钢、不锈钢换热设备,水走管程 | ≤1000 | ≤1000 |
| | | 不锈钢壳程换热设备,水走壳程; 水侧壁温小于或等于 70℃; 冷却水出水温度小于 45℃ | ≤700 | ≤700 |
| SO ₄ ²⁻ +Cl ⁻ | mg/L | — | ≤2500 | ≤1500 |
| 硅酸(SiO ₂ 计) | mg/L | — | ≤175 | |
| Mg ²⁺ × SiO ₂ (Mg ²⁺ 以 CaCO ₃ 计) | mg/L | pH ≤ 8.5 | ≤50000 | ≤15000 |
| 游离氯 | mg/L | 循环回水总管处 | 0.2~1.0 | 0.5~1.0 |
| NH ₃ -N | mg/L | — | ≤10 | |
| 石油类 | mg/L | 非炼油企业 | ≤5 | ≤5 |
| | | 炼油企业 | ≤10 | ≤10 |
| COD _{Cr} | mg/L | — | ≤100 | — |

所以《工业循环水冷却处理设计规范》GB 50050 更能反映循环水水质处理技术的发展水平。如提出了针对 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 的要求。 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 的存在,促使硝化菌群的大量繁殖、系统 pH 值降低、腐蚀加剧,同时也消耗大量的液氯,系统中各类细菌数量和黏泥量增加, COD_{Cr} 及浊度增加。再如,《工业循环水冷却处理设计规范》GB 50050 增加了表示水中有机物多少的指标—— COD_{Cr} 。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 $\text{COD}_{\text{Cr}} > 100\text{mg/L}$ 时有腐蚀加剧的趋势,当补充再生水时,对 COD_{Cr} 的控制应予以足够的重视。

6.1.5 本条规定循环水补充水可采用石油化工污水的再生水,水质指标应满足循环冷却水系统的水质稳定的要求。作此规定是为贯彻节水减排政策,节约淡水资源,减少水污染,降低运行成本的具体措施。

多年来石油化工企业对污水再生回用进行了有益的尝试,1998 年东北某炼油厂采用“混凝沉淀——精密过滤——臭氧氧化——石英砂过滤——活性炭过滤——中空超滤”组合工艺建成处理能力 $200\text{m}^3/\text{h}$ 的深度处理装置,该工艺对 COD_{Cr} 、浊度和悬浮物去除效果明显,但对氨氮处理效果不理想。2002 年天津石化由二级曝气出水采用“絮凝气浮——曝气生物滤池——超滤——反渗透——消毒”组合工艺,建设处理能力 $500\text{m}^3/\text{h}$ 的装置对化工化纤外排污水进行再处理,出水作为循环冷却水系统的补充水。该装置运行结果表明对 COD_{Cr} 、氨氮、浊度和悬浮物去除效果较好。同年燕山石化采用“生物滤池——混凝沉淀——加氯——纤维素过滤——活性炭过滤”组合工艺,建成一套处理能力 $450\text{m}^3/\text{h}$ 的炼油厂外排污水再处理装置,出水主要回用于循环冷却水系统和膜脱盐装置,投产后运行基本正常,出水水质基本满足膜处理工艺对进水水质的要求。近几年又形成了以“BAF——混凝沉淀——加氯——过滤”组合工艺为主的工业外排污水再处理流程。

近些年石化企业建成并投入使用的 10 余套类似处理装置,总体运行良好。

再生水作为循环冷却水的补充水,是一项新兴的水处理技术,时间短、技术尚不成熟,仍需要不断实践,不断总结经验。表 3 为 2007 年中国石化集团公司在下属各生产企业试行的《炼化企业节水减排与回用水质控制指标》Q/SH 0104—2007,供参考。

表 3 中国石化集团公司炼化企业节水减排与回用水质指标

| 序号 | 项目 | 单位 | 水质指标 |
|----|-------------------|-------|------------|
| 1 | pH 值 | mg/L | 6.5~9.0 |
| 2 | COD _{Cr} | mg/L | ≤60.0 |
| 3 | BOD ₅ | mg/L | ≤10.0 |
| 4 | 氨氮 | mg/L | ≤10.0 |
| 5 | 悬浮物 | mg/L | ≤30.0 |
| 6 | 浊度 | NTU | ≤10.0 |
| 7 | 硫化物 | mg/L | ≤0.1 |
| 8 | 油含量 | mg/L | ≤2.0 |
| 9 | 挥发酚 | mg/L | ≤0.5 |
| 10 | 钙硬度 | mg/L | 50.0~300.0 |
| 11 | 总碱度 | mg/L | 50.0~300.0 |
| 12 | 氯离子 | mg/L | ≤200.0 |
| 13 | 硫酸根离子 | mg/L | ≤300.0 |
| 14 | 总铁 | mg/L | ≤0.5 |
| 15 | 电导率 | μS/cm | ≤1200.0 |

6.1.7 本条规定是为贯彻节水减排政策,按石油化工工业几个行业(炼油、化工)和补充水水质不同,参照中国石化集团公司《炼化企业节水减排考核指标与回用水质控制指标》Q/SH 0104—2007,对循环水场设计及运行的循环水浓缩倍数,分别提出具体要求。

提高循环冷却水的浓缩倍数是节水的重要措施,在浓缩倍数 1.5~10、气温 40℃、K 值选用 0.0016/℃、水温差 10℃的条件下,不同浓缩倍数系统的补充水量与排污水量占循环水量的百分比见表 4。

表 4 不同浓缩倍数系统的补充水量与排污水量占循环水量的百分比

| 浓缩倍数 N 计算项目 | 1.50 | 2.00 | 3.00 | 4.00 | 5.00 | 6.00 | 7.00 | 10.00 |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 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 |

将浓缩倍数从 2 倍提高到 5 倍,节水效果能提高 1.2 个百分点,以石油化工企业循环水量 $300 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$ 、年运行按 8640h 计,全年节约补充水 3.11 亿 m^3 ,节水效果明显。

6.1.8 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。这对于使用聚磷酸盐作为缓蚀剂主剂的配方尤为重要。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。对聚磷酸盐作为缓蚀剂主剂的配方设计停留时间不宜超过 48h。

设计停留时间(t)可用条文所列的公式计算,该值应小于药剂允许的停留时间。当不能满足这一要求时,则需调整系统容积直至满足为止,或者更换药剂配方。

系统水容积越大,药剂在系统中停留的时间就越长,则药剂分解的比例越高,同时初始加药量增多,杀微生物剂的消耗量增大,易产生循环冷却水的二次污染。系统置换时,置换量即是系统容积,置换出来的水含有一定浓度的药剂,若处理排放,处理费用很高,不处理排放,又将对环境造成污染。所以系统容积在保证泵吸水安全的条件下应尽量减少。

6.1.9 根据石化企业工程设计资料统计,集中设置的循环水场,

系统水容积一般大于循环冷却水小时流量的 1/3;按装置(含几个相邻装置共用,并且循环水场处于负荷中心)设置的循环水场,系统水容积可以做到小于循环冷却水小时流量的 1/3。在有条件时,对水系统容积应加以控制,以减少药剂消耗和置换水耗及处理费用。

6.1.10 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。

由于石化企业消防储水量很大,冷却塔水池兼作消防水池时必然导致循环水系统容量的增加,因此本条规定冷却塔水池不应兼作消防水池。

6.1.11 规定循环冷却水排污水应集中排放是为了使循环冷却水排污处于可控状态,以利提高循环冷却水的浓缩倍数。一些企业将回收困难的循环回水,作为循环冷却水排污,直接排入污水系统,使循环冷却水浓缩倍数难以提高,故作此规定。

循环冷却水排污水除含盐量可能高于污水再生水外,其他指标一般优于污水再生水,所以若经技术经济比较,技术可行、经济合理则可回用。燕化公司某厂通过改造已成功将循环水排污水回收,该厂循环水总量是 $6.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$,每小时排放的污水在三四百吨左右。现以电絮凝法为核心技术建立了一套循环冷却水排污水回用装置,去除了水中硬度和悬浮物后,经过脱盐处理后水质达到循环水补充水水质要求,回用率可达到 85%以上。所以规定循环冷却水排污水可考虑再生回用。

目前,各企业循环水场排污排放口较多,有在塔底水池、吸水池排污的,有在冷却水回水管道上排污的,还有在冷却水给水管道上排污的,不便于管理,也不利于有效控制以实现节水、节药的目的,本条推荐宜集中在循环冷却水回水管道上排污。

6.2 缓蚀和阻垢

6.2.1 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,经试验确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和应获得的必要数据,供企业进行缓蚀阻垢剂筛选试验和向药剂供货商提出试验要求时参考。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的工厂运行经验确定。

循环水结垢与腐蚀趋势的确定与判断,对循环水系统的设计与安全可靠运行是重要数据。根据相似条件的运行经验或模拟试验确定是最可靠、最有效的途径。当无上述条件时,用经验公式进行判断,也是行之有效的办法。换热器表面形成的水垢以碳酸钙为主,除非向水中投加磷酸盐,否则磷酸钙垢很少出现,由于硫酸钙的溶解度较大,一般硫酸钙垢很难出现。所以,一般用碳酸钙饱和法进行判断,如:饱和指数(朗格利指数 L. S. I)、稳定指数(雷兹纳 Ryznar)、结垢指数(帕科拉兹 Puckorius)等。实践证明,用稳定指数法判断既方便,又实用。

6.2.2 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现行国家标准《污水综合排放标准》GB 8978—1996 中一级标准确定的。磷系配方具有价格便宜、效果稳定,曾被广泛采用,但却存在系统排污水磷含量超标的问题。目前我国水系污染严重,存在不同程度的富营养化问题,循环冷却水排污是造成这种污染的原因之一。因此,设计上应严格把关。

6.2.3 本条给出的阻垢缓蚀剂首次投加量计算的目的是为确定系统初始运行时储备药剂量的计算;运行投加量计算是为满足设计人员确定溶配与投加设备、仓库储存等需要而规定的。在进行确定设备能力和储存量时,首次投加浓度 g_1 与系统正常运行时的投加浓度 g_r 均可按 $30\text{mg/L} \sim 60\text{mg/L}$,预膜加药量可按系统正常运行时的投加浓度 g_r 的 7 倍计算。该计算数据也可供循环水场

运行与管理人员参考。

6.2.4 本条规定是根据现行国家标准《工业循环水冷却处理设计规范》GB 50050 的加酸处理条件的规定而制定的,具体给出需要加酸处理的边界条件:钙硬度与碱度之和大于 1100mg/L,稳定指数小于 3.3。此时循环冷却水已属于严重结垢状态。稳定指数 $RSI=2pH_s-pH$ 的含义见表 5。

表 5 稳定指数

| 稳定指数(RSI) | 腐蚀与结垢趋势 |
|-----------|-----------|
| <3.7 | 结垢严重 |
| 3.7~6.0 | 有轻微结垢 |
| 6.0 | 不腐蚀不结垢 |
| 6.0~6.5 | 轻微结垢或轻微腐蚀 |
| 6.5~7.5 | 开始有些腐蚀 |
| >7.5 | 严重腐蚀 |

循环冷却水的 pH 值是影响其腐蚀或结垢的重要因素。加酸减少循环冷却水的碱度,降低其 pH 值,增大饱和 pH 值(pH_s),可增大稳定指数(RSI),减少结垢趋势。石化企业循环冷却水,补充水的硬度大于 150mg/L 时,限制了循环冷却水浓缩倍数的提高。加酸可以减少循环水的碱度,是简便而有效地提高循环水的浓缩倍数的一种方法。目前燕化、乌石化、齐鲁石化、扬巴等石化企业都采取了这一措施,取得了较好的效果。

就工程设计而言,这种计算仅仅是腐蚀与结垢趋势的判断,循环冷却水运行 pH 值多在 6~9 的范围内, $[HO^-]$ 、 $[H^+]$ 可忽略不计,碳酸在水中主要以 HCO^- 、 CO_3^{2-} 存在,循环冷却水因经冷却塔曝气游离二氧化碳的量很少。因此,循环冷却水的 pH 值计算可以采用与碱度相关的经验公式。如:

1) 理论公式:

$$pH = \lg M_r + 5.60 \text{ (适用于机械通风冷却塔, } pH = 4.3 \sim 8.7 \text{)}$$

CO₂按 5mg/L 计)

2) 经验公式:

日本铃木静夫: $\text{pH} = 0.69(N - 1) + \text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ (适用于 $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 7.5 \sim 8.3, N = 2 \sim 3$)

国内经验公式: $\text{pH} = 6.78 + 0.24\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} + 0.094N + 0.0022M_{\text{r}}$
(适用于 $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 6.3 \sim 8.3, N = 1.32 \sim 4.86$)

现行国家标准《工业循环水冷却处理设计规范》GB 50050 附录 C 给出的循环冷却水 pH 与 M_{r} 的关系曲线等。

鉴于上述公式在实际使用中不是很方便, 现行国家标准《工业循环水冷却处理设计规范》GB 50050 查曲线的方法也不够直观, 因此本规范给出简便公式 ($\text{pH} = 1.8 \lg \frac{M_{\text{r}}}{100} + 7.70$)。此式对碱度在 50~900mg/L 范围内具有一定的精度。简便公式计算值与现行国家标准《工业循环水冷却处理设计规范》GB 50050 曲线值对比见表 6, 同时将美国 BETZ 公司操作手册的数据值列入作为参考。

表 6 pH(曲线)与 pH,(公式)计算结果对比

| 碱度 M_{r} (mg/L) | 10 | 20 | 50 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| pH(曲线) GB 50050 | — | 6.60 | 7.22 | 7.70 | 8.27 | 8.55 | 8.75 | 8.90 | 9.03 | 9.15 | 9.23 | 9.32 |
| pH,(公式) 本规范 | 5.90 | 6.44 | 7.16 | 7.70 | 8.24 | 8.55 | 8.78 | 8.96 | 9.10 | 9.22 | 9.32 | 9.41 |
| 美国 BETZ 公司数据值 | 5.80 | 6.13 | — | 7.60 | 8.46 | 8.70 | — | — | — | — | — | — |

循环冷却水饱和 pH 值 (pH_s) 可通过华东建筑设计研究院有限公司主编的《给水排水设计手册》第 4 册《工业给水处理》(第二版) 给出的公式查表法 ($\text{pH}_s = 9.7 + N_s + N_t - N_H - N_A$, N_s 、 N_t 、 N_H 、 N_A 分别为总溶解固体常数、温度常数、钙硬度常数及碱度常

数,需查表)计算,也可以采用雷兹纳(Ryznar)1944年给出的计算式计算:

$$\text{pH}_s = 9.5954 + \lg \frac{\text{TDS}^{0.10108}}{M_r \times A_r} + 1.84e^{(0.547 - 0.00637t + 0.00000358t^2)} \quad (11)$$

式中: TDS ——总溶解固体量(mg/L);

A_r ——硬度,以 CaCO_3 计(mg/L);

t ——温度($^{\circ}\text{F}$), $^{\circ}\text{F} = 1.8 \times ^{\circ}\text{C} + 32$ 。

当系统投加氧化性杀微生物剂 NaClO 或 Cl_2 时,由于 NaClO 和 Cl_2 的水解产生 NaOH 和 HCl ,因此应对加酸量予以修正。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 0.7 mg/L 的硫酸量(纯度 98%)。

6.3 微生物控制

6.3.2 国内石化企业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微生物剂为主、非氧化型杀微生物剂为辅的原则进行操作管理,其效果是成功的,虽然有的装置只用氧化型杀微生物剂也获得了不错的效果,但这只是个例。

6.3.3 常用氧化型杀微生物剂的效果和优缺点比较见表 7。

表 7 常用氧化型杀微生物剂的效果和优缺点

| 项目 | 液氯 | 二氧化氯 | 次氯酸钠 NaOCl |
|---------|-------------|---------------|---------------------|
| 需要处理时间 | 10min~30min | 比液氯稍快 | 最小 |
| 对细菌的有效性 | 有 | 有 | 有 |
| 对病毒的有效性 | 有一些 | 有一些 | 有一些 |
| 设备投资 | 最低 | 比液氯高,比其他方法低许多 | 比液氯高 |
| 运行费用 | 最低 | 比液氯高,比其他方法稍低 | 与液氯类似 |

续表 7

| 项目 | 液氯 | 二氧化氯 | 次氯酸钠 NaOCl |
|------|--|--|---|
| 优点 | 1. 价廉; 2. 技术成熟; 3. 有保护性余氯; 4. 有持续杀菌的能力 | 1. 价廉; 2. 可现场制造, 技术成熟; 3. 有持续杀菌能力 | 1. 有持续杀菌能力; 2. 技术成熟; 3. 商品为: 10%~12% 发生器自制的溶液; 6mg/ml~11mg/ml |
| 缺点 | 1. 对病毒无效; 2. 其氧化性对人体有害; 3. 有刺激性气味并损害人体皮肤; 4. 储存与运输过程中有危险性 | 1. 对病毒无效; 2. 气态的二氧化氯是剧毒的化合物, 对人体有害, 且与液氯一样会有致癌的二次污染物的产生 | 药剂不宜久储, 一般用次氯酸钠发生器边生产边使用, 且采取避光储存要有安全防爆措施 |
| 适合类型 | 所有类型的污水处理或给水处理 | 1. 所有类型的污水处理; 2. 所有类型的给水处理 | 1. 所有类型的污水处理; 2. 所有类型的给水处理 |

注: 次氯酸钠必须采取避光储存(气温低于 25℃ 时, 每天损失有效氯 0.1mg/L~0.15mg/L; 气温超过 30℃ 时, 每天损失有效氯 0.3mg/L~0.7mg/L)。

1 液氯是国内最常用的氧化型杀微生物剂, 它具备广谱高效、价格便宜等优点, 受到用户的普遍欢迎。关于液氯投加方式和投加量, 可连续投加或冲击式投加, 投加量分别推荐 0.5mg/L~1.0mg/L 和 2.0mg/L~4.0mg/L。中国石化石油科学研究院的根据最新的调查与研究, 提出“连续投加、以防为主”杀菌除藻的理念更利于循环水的稳定与经济运行。近些年连续投加在一些企业中取得了较好地处理效果, 但连续加氯量运行模式都是用余氯量控制, 这在设计阶段是无法操作的。故参照冲击式加氯量确定了

连续加氯量。无论何种方式加氯,在微生物控制不住或对微生物进行剥离时,都要加大加氯量。所以,设计阶段应按冲击加氯设置加氯设备与管道,并设备用。

由于液氯是剧毒气体,国内在用于循环冷却水处理过程中,虽未发生过重大事故,但仍有潜在威胁。最近在液氯生产、运输各环节都有爆炸、泄漏事故发生,造成人员伤亡和财产损失。本着以人为本和安全生产的原则,对液氯使用将会提出更加严格的要求。

次氯酸钠在电力行业与上海赛科等企业使用效果良好,加氯量、余氯控制等均同液氯。

2 二氧化氯的投加制备与有效氯的确定:

1) 二氧化氯杀菌除藻的有效性:近几年来,二氧化氯(ClO_2)由于其优良的杀微生物特性以及生产成本的降低,越来越引起各行业水处理厂家的重视,实际使用单位也越来越多。使用结果表明:用二氧化氯作工业循环冷却水处理的杀微生物剂,无论在效果、操作、安全及费用上都有取代液氯和非氧化性杀微生物剂的趋势。二氧化氯的杀菌效果受环境 pH 值的影响较小,它可在较宽的 pH 值范围内保持稳定的杀菌作用。二氧化氯不会与氨反应生成杀菌效力低的氯胺,也不易形成氯化有机物。另外,二氧化氯的杀菌速度快,在水中的衰败期长,药效持久,且二氧化氯不与有机磷等水质稳定剂发生沉淀反应,对水质稳定剂的缓蚀阻垢作用影响较小。

二氧化氯对金属设备腐蚀实验表明:80mg/L~120mg/L 的二氧化氯对不锈钢和铜基本无腐蚀,20mg/L~80mg/L 的二氧化氯对碳钢基本无腐蚀,由于二氧化氯在循环水中的杀菌浓度远低于 80mg/L,因此不会对设备造成腐蚀。由此可见,二氧化氯是一种可以推广的循环水杀菌除藻剂。

二氧化氯是气态的剧毒的化合物,运输和储存均具有一定危险性,故推荐采用化学法现场制备。但实践中很多石化企业,不是采用现场制备,而是采用工厂生产浓度 2% 的稳定二氧化氯溶液,

经活化后投加,如扬子石化、齐鲁石化等,天津石化则投加 0.2% 浓度的二氧化氯溶液,杀菌除藻的效果也不错。

2) 由于二氧化氯(ClO_2)杀菌果好、持续作用时间长,采用冲击式投加方式的企业居多,均取得了不错的使用效果。但同加氯一样,基于“以防为主”杀菌除藻的理念,本规范提出宜采用连续投加。

3) 二氧化氯的投加量:二氧化氯的投加量也与诸多因素有关,如系统状况、投加周期、进入系统的还原性物质等。一般情况下,定期投加用于正常性杀菌处理时,二氧化氯的投加量约为 0.4mg/L~0.6mg/L,若折合成含 2% ClO_2 的稳定性二氧化氯溶液——简称“商品液”则为 20mg/L~30mg/L,投加周期长,投加量也相应提高。由于循环水中连续二氧化氯投加量上积累的资料不足以支持作为生产运行依据,因此本规范给出的连续二氧化氯投加量只能作为设计参数使用。

当辅以投加氯气时,二氧化氯投加量可视加氯量大小相应减少,中国工程水处理研究中心对二氧化氯在循环水中的杀菌灭藻效果统计见表 8。

表 8 二氧化氯在循环水中的杀菌效率

| 菌种 | 二氧化氯浓度(mg/L) | | | | | |
|--------|--------------|-----|------|-------|-----|-----|
| | 0.3 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 |
| | 效果(%) | | | | | |
| 铁细菌 | 77 | 97 | 99.9 | 99.99 | 100 | 100 |
| 异氧菌 | 74 | 95 | 99.9 | 99.99 | 100 | 100 |
| 硫酸盐还原菌 | 79 | 98 | 99.9 | 99.99 | 100 | 100 |

以氯酸钠作为原料生产的二氧化氯,投加($\text{ClO}_2 + \text{ClO}^-$)达到 3ppm,即可达到很好的杀菌灭藻效果。当循环水中的($\text{ClO}_2 + \text{ClO}^-$)降至 0.2ppm 时,仍可抑制水中菌藻的生长。

3 溴和溴化物具有杀微生物速度快,对金属腐蚀性小,衰变

速率快、对环境污染小等优点,尤其适合碱性循环水,缺点是价格较高,不适宜大范围使用。

6.3.5 非氧化型杀微生物剂种类很多,各种非氧化型杀微生物剂特性见表9。

表9 常用非氧化型消毒剂性能

| 名称 | 主要的有效组分 | 剂量(mg/L) | 使用效果 | 备注 |
|-----------------|----------------|------------------------|--------------------------|---|
| 洁尔灭 新洁尔灭 | 季铵盐类 季铵盐类 | 50~100 50~100 | 杀菌率 93.2% 杀菌率 80%~90% | 低毒、缓蚀、污泥肃离,性质稳定,投加前要排除有机物污染, pH=7~9 为宜; 水中加阴离子阻垢剂,效果受影响 |
| 抗菌剂 401 | 乙基大蒜素 | 100 | 2h 杀菌率 99.7%以上 | 低毒,高效,但气味难闻易失效 |
| 抗菌剂 402 | 乙基大蒜素 | 25 | 8h 杀菌率 60%以上 | — |
| 吐温 80 | — | 100 | 1h 杀菌率 73.2% | — |
| G ₄ | 双氯酚 | 对藻类 20~25 细菌 50~100 | 8h 杀菌率 98% 对铁细菌有特效 | 高效,中等毒性, pH 以 7 为宜 |
| 7012 | 二硫氰基甲烷 | 50 | 24h 杀菌率 99% | 在高温、高 pH 时,不稳定低毒,价廉 |
| SQ ₈ | 季铵盐+二硫 氰基甲烷 | 30 | 异养菌杀菌率 >99% | 适用的 pH 范围较宽,易降解 |
| 洗必泰 | 双氯苯双胍己烷 醋酸盐 | 30 | 杀菌率 99.7% | 广谱性杀微生物剂,毒性小 |
| 西维因 | α-甲胺基 甲酸萘酯 | 50 | 杀菌率 65% | 和氯酚配合,效果更好,价廉 |

续表 9

| 名称 | 主要的有效组分 | 剂量(mg/L) | 使用效果 | 备注 |
|------------|---|--------------|-------------------|----------------|
| 硫酸铜 丙烯醛 | $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ | 1~2 | 对除藻效果较好 | — |
| | $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CHO}$ | 10~15 | 杀菌效果好 | 有催泪性、易燃性 |
| 水杨醛 | 类似丙烯醛 | 50 | 对铁细菌，硫酸盐还原菌，杀菌效果好 | 不易挥发，无催泪性、易燃性 |
| 异噻唑啉酮 | — | 20~100，常用 60 | 杀菌效果好 | 低毒，适用的 pH 范围较宽 |

非氧化型杀微生物剂的投加频率，应根据季节和循环冷却水中微生物数量、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，不论季节与气温高低，应适时投加。非氧化性杀微生物剂的投加方式：根据计算用量一次性投放在水池水流速度较大处。为避免微生物产生抗药性，各种非氧化型杀微生物剂宜交替使用。

6.4 旁流水处理

6.4.1 本条规定设置旁流水处理的条件如下：

1 循环冷却水处理的药剂配方(缓蚀阻垢剂、杀微生物剂)对水质有一定的要求，当超过其使用的边界条件时，对循环冷却水进行旁流处理是解决问题的方法之一。

2 循环冷却水在运行过程中由于受到污染(包括由空气带入循环冷却水中的悬浮固体物，工艺介质的渗漏等)，使循环冷却水水质不断恶化而超出允许值。解决此问题一般采用从系统中分流出一部分水进行相应的处理，以维持循环冷却水的水质指标在允许范围之内。

3 为了节水，提高循环冷却水的浓缩倍数，对一项或几项指

标超过允许值的循环冷却水进行分流处理。

采用旁流水处理工艺,应结合循环冷却水处理方案进行全面的分析,经过技术经济论证,确认合理,方可采用。

6.4.2 本条规定了旁流水处理的技术内涵,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。

6.4.3 本条规定了旁滤水处理的条件及旁滤处理水量。

(1)间冷开式循环冷却水在运行过程中浊度增加,加重了腐蚀与结垢的趋势。因此,需设置旁滤设施,以控制浊度。

(2)由于很多建厂地区缺乏空气含尘数据,不能按公式计算,本条文给出旁滤量按循环水量的1%~5%计取。

(3)石英砂过滤器是石化工业普遍采用的一种旁滤设备,尤其是无阀过滤器,自动化程度高,操作管理都十分简便,均质滤料含污能力高、过滤周期长,已在很多石化企业中应用。

6.4.4 旁流过滤设施为石英砂过滤器时,旁流滤后水宜通过冷却塔水池进入系统。如果滤后水直接回到泵前吸水池,吸水池中水的流速较高,此时如有过滤器跑砂现象发生,砂子容易被高流速的水流带走进入系统,造成水泵叶轮磨损、堵塞换热器;若是先回到冷却塔水池,冷却塔水池与吸水池间水流是重力自流,流速不高,水流平稳,一般无漩涡,砂子不易被带入吸水池,更不易被带入系统,且沉积在冷却塔水池中也易于清除。

6.4.5 循环冷却回水相对循环冷却供水水质差、温度高、压力低,处理能耗低、改善循环冷却水水质见效明显。故本条规定了旁流处理循环冷却回水。但对整个系统来讲,会使循环给水水温略有提高,当水温成为影响运行的关键点时,要求系统具有切换处理循环冷却给水的措施。

6.5 药剂储存和投配

6.5.1 本条规定了循环冷却水处理药剂的贮存原则。循环冷却

水处理药剂多属于危险品,要求应符合现行国家标准《工业循环冷却水处理设计规范》GB 50050 及国家有关危险化学品的相关规定。

根据药剂消耗量、供应情况和运输条件等因素,参考现行国家标准《工业循环水冷却处理设计规范》GB 50050 对全厂性仓库和药剂间的储存药品量作出规定。

6.5.2 本条是对硫酸的运输、卸车、储存、输送、投配等主要过程的安全措施作出的基本规定,在具体设计时尚应遵守国家对危险化学品的有关规定。

6.5.3 根据石油化工企业运行经验,本条对缓蚀阻垢剂宜直接投加复配原液、投加设备及设备备用、管道材质与敷设、投加方式与部位等作出了规定。

复配药剂是工厂批量生产、质量稳定,同时具有阻垢、缓蚀、分散的功能,可减少储存、溶配与投加设备,所以规定首选。

集中设置的循环水场服务的装置多,水质复杂,应考虑单剂投加的可能性并配置相应的设备。

石化工业循环水冷却水投加的缓蚀阻垢剂,绝大多数为液态,很少使用固态,如特殊需要采用固态缓蚀阻垢剂时,应按现行国家标准《工业循环水冷却处理设计规范》GB 50050 的相关规定执行。

由于原液投加有时不适应所有情况,应考虑阻垢剂、缓蚀剂、分散剂有分别投加的可能,又要考虑由于水质变差增加加药量,所以泵与溶配设备能力按 5 倍~10 倍复核。

6.5.4 本条是根据石油化工企业运行经验,对各种杀微生物剂的投加设备及备台、管道材质及其敷设、投加方式与部位等作出的规定。

6.6 补充水和排污水处理

6.6.1 本条规定是保证循环水的污垢系数、年腐蚀率的基本措施。

6.6.2. 旁滤设备的反洗强度与瞬时流量大,特别是自动化运行的旁滤设备(如无阀过滤器)是根据过滤水位自动进行反洗的,有可能出现2个以上过滤设备同时反洗,则瞬时流量更大。为了减小对系统管道与污水处理厂的冲击,故规定设置旁滤反洗水的缓冲池。

6.6.3. 循环冷却水在生产使用过程中存在工艺泄漏物(如油、硫、氨、氰、酚等)和投加的化学药剂,还含有菌藻、盐类、COD、BOD等,其排污水水质有可能达不到污水排放标准,所以本条规定按国家石油化工有关污水处理和排放的规定执行。

7 仪表与控制

7.0.1 循环冷却水系统在生产过程中,为了方便运行管理和装置考核,提高循环冷却水系统运行的技术指标的安全性、经济指标的先进性,改善劳动条件,提高管理水平,应当设置仪表和监测控制系统。

7.0.2 循环水场仪表和监控系统的设置水平宜与全厂的控制水平一致,可以有所区别,但彼此应该相互协调,应与装置的重要性相适应。

7.0.3 仪表与监控系统采集到的信息,一般情况下应汇集至控制室。对于一些小型企业,有时也会采用一些就地的仪表和监控设施,满足生产操作的要求;对于大、中型企业,仪表与监控系统采集到的信息,一般进入控制室。关于控制室的设置,取决于项目的统一规划和项目要求,有些项目循环水场单独与其他单元合并设置控制室,有些项目则进入全厂集中的中心控制室。当采集到的信息集中至全厂集中的中心控制室时,循环水场现场可设机柜间。成套供应的水处理及监测系统,根据项目要求,部分或全部信息传输进入中心控制室。

7.0.4 关于监测与控制的有关规定:

2 根据企业调查,电导率是目前企业检测较多的运行参数,简单快捷。通过测定循环水电导率的方法,一般采用 K^+ 、 Na^+ 等离子作为参照离子,可以比较有效地连锁控制冷却水系统的补水 and 排污,达到控制浓缩倍数、减少排污和节约补充水的目的。

4 氧化还原电位(ORP)或余氯值,可以监测循环水中氧化型杀微生物剂存量,与投加连锁可以有效控制药剂的投加,实现菌藻的控制和节省药剂消耗的目的。

7.0.5 设置这些仪表的目的在于及时掌握生产运行情况,以利于操作管理,也便于系统的考核和事故分析。

当循环水场分几个系统向装置供水时,每个供水系统的主干管上均应设仪表。

7.0.6 企业从安全的角度出发,一般要求大型水泵及冷却塔风机的启动应在现场进行。随着企业装备水平的提高和管理水平的提高,考虑到操作管理方便,一些企业也要求循环水泵能够在控制室启动,此时现场应设手、自动转换开关。

8 检测与化验

8.0.1 循环水场运行过程中,宜设置一定数量的分析化验仪器或仪表,定期进行必要的水质分析与化验,为生产运行提供参考数据。

8.0.2 管道上设置取样口是为分析、检测提供方便。

8.0.3 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,以及时发现循环水系统水质的异常变化,以便采取应对措施,控制循环水系统中腐蚀、结垢和微生物数量,确保生产运行的稳定高效。因此,每班或每天都需进行检测。这些项目和分析化验设施可设在循环冷却水装置区内。非常规检测项目的数据需较长时间才能有所变化,检测周期较长,有的一周,有的一月或更长。为了方便管理和节约化验室的投资,宜归口全厂中心化验室集中管理,分析化验仪表由循环水场按照要求提出清单。

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。

8.0.4 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稳定的效果,并找出问题的症结,改进处理方法。

9 供电设施

9.0.1 循环冷却水系统是保证换热设备长周期安全稳定运行的重要环节,一旦发生事故,不能正常供给循环冷却水,所服务的石油化工装置就会停产甚至爆炸,造成的经济损失是非常巨大的。循环水场事故的严重性与生产装置事故是同级别的。供电安全是影响循环水正常供给的关键因素,因此供电负荷等级应等同于所服务的生产装置。循环水系统一般为一级供电负荷。

10 辅助建(构)筑物

10.0.1 循环水场附属建(构)筑物的设置,不同的项目会有不同,如办公楼、操作室、化验室、卫生间等,应根据项目的需要统一规划设置,满足生产与管理的要求。

10.0.2~10.0.5 石油化工企业一般设有化学品库,循环水水质稳定药剂具有一定的腐蚀性和挥发性,宜由全厂化学品库统一存放,循环水场的储药间储存的药剂供日常生产使用,由于药剂具有腐蚀性,地面和墙面应采取防腐蚀措施。

氯气储存间、加氯间、二氧化氯制备间等有毒有害气体释放的场所,应当采取必要的安全措施,确保生产和人身安全。



统一书号: 1580177·888

定 价: 21.00 元

S/N:1580177·888



9 158017 788808 >