



中华人民共和国国家标准

GB/T 23248—2020
代替 GB/T 23248—2009

海水循环冷却水处理设计规范

Code for design of seawater treatment for recirculating cooling seawater system

2020-12-14 发布

2021-07-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 一般要求 4

5 海水补充水处理 4

6 海水循环冷却水处理 5

7 海水旁流水处理 9

8 海水循环冷却排放水处理 9

9 检测、监测与控制..... 9

附录 A（规范性附录） 海水水质分析检测记录表 12

附录 B（资料性附录） 海水水质分析方法 13

参考文献 15

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 23248—2009《海水循环冷却水处理设计规范》。与 GB/T 23248—2009 相比,除编辑性修改外,主要技术变化如下:

- 增加了水处理剂性能评价方法和冷却塔飘水率测试方法标准(见第 2 章);
- 增加了浅层海水术语(见 3.2);
- 修改了海水循环冷却水系统、海水水处理药剂、海水冷却塔、飘水率、系统水容积、腐蚀速率、局部腐蚀、监测试片、预膜和污损生物等术语和定义(见 3.1、3.3、3.5、3.6、3.7、3.9、3.10、3.12、3.13 和 3.16,2009 年版的 3.1、3.2、3.4、3.5、3.6、3.8、3.9、3.11、3.12 和 3.15);
- 修改了异养菌总数单位(见 3.18,2009 年版的 3.17);
- 修改了排污水量术语名称(见 3.23,2009 年版的 3.22);
- 修改了海水旁流水处理[见 4.1 c)、4.4 和第 7 章,2009 年版的 6.3.5];
- 修改了海水水质检测方法的引用标准(见 5.1.2、6.1.3 和 9.1.5,2009 年版的 5.1.2、6.1.3 和 7.1.5);
- 增加了补充水悬浮物指标,修改了补充水盐度、pH 值控制值(见表 1,2009 年版的表 1);
- 修改了管程一般最低流速[见 6.1.1 c),2009 年版的 6.1.1 c)];
- 修改了异养菌总数允许值[见 6.1.2 e),2009 年版的 6.1.2 e)];
- 修改了海水循环冷却水氯化物允许值,增加了铜离子和游离余氯指标(见表 2,2009 年版的表 2);
- 删除了海水循环泵中有关青铜和普通水泵的内容(见 2009 年版的 6.3.4);
- 增加了水处理药剂静态性能评价试验方法的引用标准(见 6.4.3);
- 增加了海水循环冷却动态模拟试验的引用标准(见 6.4.4);
- 修改了海水循环冷却排放水处理(见第 8 章,2009 年版的 6.6);
- 增加了锌离子、铜离子、氨氮和溶解固形物等海水水质常规检测项目(见表 3);
- 增加了污垢热阻值非常规检测项目,增加了非常规检测项目的引用标准(见表 4);
- 增加了粘附速率计算方法(见表 4);
- 增加了海水飘水率检测要求和方法(见 9.1.6);
- 增加了锌离子、铜离子、氨氮、铁细菌数、硫酸盐还原菌数和电导率项目(见表 A.1);
- 删除了灼烧减量和铁铝氧化物项目(见 2009 年版的表 A.1);
- 修改了全硬度名称(见 2009 年版的表 A.1);
- 增加了海水水质分析方法(见附录 B)。

本标准由中华人民共和国自然资源部提出。

本标准由全国海洋标准化技术委员会(SAC/TC 283)归口。

本标准起草单位:自然资源部天津海水淡化与综合利用研究所、天津市中海水处理科技有限公司、华润电力(渤海新区)有限公司、天津国投津能发电有限公司。

本标准主要起草人:侯纯扬、李亚红、王维珍、成国辰、张连强、吴芸芳、徐旭、陈冲、尹建华、杨光、张文帅。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB/T 23248—2009。

海水循环冷却水处理设计规范

1 范围

本标准规定了海水循环冷却水处理设计的一般要求和海水补充水处理、海水循环冷却水处理、海水旁流水处理、海水循环冷却排放水处理及检测、监测与控制等的设计要求与方法。

本标准适用于以海水作为补充水的新建、扩建、改建工程的海水循环冷却水处理设计。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 34550.1 海水冷却水处理药剂性能评价方法 第1部分:缓蚀性能的测定
- GB/T 34550.2 海水冷却水处理药剂性能评价方法 第2部分:阻垢性能的测定
- GB/T 34550.3 海水冷却水处理药剂性能评价方法 第3部分:菌藻抑制性能的测定
- GB/T 34550.4 海水冷却水处理药剂性能评价方法 第4部分:动态模拟试验
- GB/T 50050—2017 工业循环冷却水处理设计规范
- GB/T 50102 工业循环水冷却设计规范
- HY/T 241 冷却塔飘水率测试方法 等速取样法
- JTJ 275 海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

海水循环冷却水系统 recirculating cooling seawater system

以海水作为冷却介质,由换热设备、海水冷却塔、水泵、管道及其他有关设备组成的循环运行的一种给水系统。

3.2

浅层海水 shallow seawater

近岸海域或水深 200 m 以浅海域的海水。

3.3

海水水处理药剂 seawater treatment chemicals

海水水处理过程中所使用的化学品。

注:一般包括海水缓蚀剂、阻垢剂、菌藻抑制剂等。

3.4

药剂允许停留时间 permitted retention time of chemicals

药剂在海水循环冷却水系统中有效的时间。

注:改写 GB/T 50050—2017,定义 2.1.19。

3.5

海水冷却塔 seawater cooling tower

用于海水循环冷却过程的一种构筑物。

注：海水被输送到塔内，通过海水和空气之间进行热、质交换，达到降低水温的目的。

3.6

飘水率 drifting ratio

单位时间内从冷却塔上方飘出的水量与进塔水量之比。

注 1：通常以百分数表示。

注 2：在海水冷却系统中也称盐雾飞溅量。

3.7

系统水容积 system capacity volume

循环冷却水系统内所有水容积的总和。

注：单位为立方米(m^3)。

[GB/T 50050—2017, 定义 2.1.14]

3.8

浓缩倍数 cycle of concentration

循环冷却水与补充水含盐量的比值。

[GB/T 50050—2017, 定义 2.1.15]

3.9

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。

注：单位为毫米每年(mm/a)。

[GB/T 50050—2017, 定义 2.1.12]

3.10

局部腐蚀 localized corrosion

暴露于海水腐蚀环境中，金属表面某些区域的优先集中腐蚀。

注 1：主要包括电偶腐蚀、缝隙腐蚀、磨损腐蚀、应力腐蚀、点蚀等。

注 2：局部腐蚀可产生如点坑、裂纹、沟槽。

3.11

电化学保护 electrochemical protection

通过电化学方法控制腐蚀电位，以获得防蚀效果。

3.12

监测试片 monitoring test coupon

用于监测腐蚀的标准金属试片。

注：改写 GB/T 50050—2017, 定义 2.1.16。

3.13

预膜 prefilming

在海水循环冷却水系统中，通过在海水冷却水中投加缓蚀剂，循环运行，使金属表面形成均匀致密保护膜的过程。

3.14

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。

注：单位为平方米开尔文每瓦($\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$)。

[GB/T 50050—2017, 定义 2.1.11]

3.15

粘附速率 **adhesion rate**

换热器单位传热面上每月的污垢增长量。

注 1: 又称为污垢沉积率。

注 2: 单位为毫克每平方米月 $[\text{mg}/(\text{cm}^2 \cdot \text{月})]$ 。

[GB/T 50050—2017, 定义 2.1.13]

3.16

污损生物 **fouling organism**

生长在船底、浮标、平台以及与海水接触的一切其他设施表面或内部的生物。

注 1: 这类生物一般对设施是有害的。

注 2: 改写 GB/T 12763.6—2007, 定义 3.12。

3.17

生物粘泥量 **slime content**

用生物过滤网法测定的海水循环冷却水所含生物粘泥体积。

注: 单位为毫升每立方米 (mL/m^3) 。

[GB/T 50050—2017, 定义 2.1.10]

3.18

异养菌总数 **count of aerobic heterotrophic bacteria**

按细菌平皿计数法统计出每毫升海水中的异养菌菌落数。

注: 单位为菌落形成单位每毫升 (CFU/mL) 。

3.19

硫酸盐还原菌数 **count of sulfate reducing bacteria**

按最大可能菌数法(MPN)测定的每毫升海水中硫酸盐还原菌的菌数。

注: 单位为个每毫升 $(\text{个}/\text{mL})$ 。

3.20

铁细菌数 **count of iron bacteria**

按最大可能菌数法(MPN)测定的每毫升海水中铁细菌的菌数。

注: 单位为个每毫升 $(\text{个}/\text{mL})$ 。

3.21

旁流水 **side stream**

从海水循环冷却水系统中分流并经处理后,再返回系统的水。

注: 改写 GB/T 50050—2017, 定义 2.1.18。

3.22

补充水量 **amount of makeup**

为了维持系统规定的浓缩倍数,需要向海水循环冷却水系统补充的海水量。

注: 单位为立方米每小时 (m^3/h) 。

3.23

排污水量 **amount of blow down**

为了维持系统规定的浓缩倍数,需要从海水循环冷却水系统排放的水量。

注: 单位为立方米每小时 (m^3/h) 。

4 一般要求

- 4.1 海水循环冷却水处理设计主要包括下列内容：
- a) 海水补充水处理；
 - b) 海水循环冷却水处理；
 - c) 海水旁流水处理；
 - d) 海水循环冷却排放水处理；
 - e) 检测、监测与控制。
- 4.2 海水循环冷却水系统采用原海水作为补充水。补充水应根据相应海域的水文地质状况，辅以必要的预处理措施，以满足海水补充水的水质要求。
- 4.3 海水循环冷却水处理一般通过动态模拟试验，给出海水循环冷却水系统浓缩倍数和缓蚀、阻垢、菌藻抑制等控制条件，确定海水循环冷却水处理方案。通过系统水平衡计算，进行系统相关设计。
- 4.4 海水循环冷却水处理宜根据循环冷却水水质要求，并结合应去除杂质的种类、数量等因素，确定旁流水处理设计方案。
- 4.5 海水循环冷却排放水应贯彻循环经济和综合利用原则，根据环保要求并结合生产实际，选择适宜的处理工艺或排放方式。
- 4.6 海水循环冷却水系统宜采用适宜的检测、监测与控制技术，实时监控温度、流量、压力和药剂等参数的变化，以实现海水循环冷却水系统的安全、稳定运行。
- 4.7 在海水循环冷却水系统中与海水接触的设备、仪表、部件等应考虑耐海水腐蚀等特性。

5 海水补充水处理



5.1 水质调查

- 5.1.1 海水水质调查应符合下列规定：
- a) 当采用浅层海水时，不宜少于一年的逐月最高、最低潮位时水质的全分析资料；
 - b) 当采用海水井取水时，不宜少于一年的逐季水质全分析资料；
 - c) 当取水口位于入海河口时，不宜少于一年的逐月最高、最低潮位时水质的全分析资料，枯水期及丰水期各加测一次。
- 5.1.2 海水水质分析项目应符合附录 A 的要求，相关分析方法参见附录 B。

5.2 水质要求

- 5.2.1 海水循环冷却补充水水质应符合表 1 的规定。

表 1 海水补充水水质指标

项目	单位	控制值
悬浮物	mg/L	<10
浊度	NTU	<10
盐度	—	≤40
pH 值	—	6.5~8.5
COD _{Mn}	mg/L	≤4

表 1（续）

项目	单位	控制值
溶解氧	mg/L	>4
总铁	mg/L	<0.5
硫化物(以 S 计)	mg/L	<0.1
油类	mg/L	<1.0
异养菌总数	CFU/mL	<10 ³

5.2.2 当海水循环冷却补充水水质不满足表 1 要求时,应根据海水水源状况,选择采用拦污、防污损生物附着、絮凝、沉降等预处理措施。

5.3 水处理设计依据

海水补充水水质应以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。

6 海水循环冷却水处理

6.1 一般规定

6.1.1 海水循环冷却水系统基本参数确定:

- a) 循环冷却海水量应根据生产工艺的最大小时用水量确定。
- b) 给水温度应根据生产工艺要求并结合气象条件确定。
- c) 循环冷却海水应走管程,管程最高流速应依据所选用管材的材质确定;最低流速一般不宜小于 1.0 m/s,若采用钛合金换热设备,则设计流速不宜小于 2.0 m/s。
- d) 海水循环冷却水系统中换热设备传热面冷却水侧的壁温不宜高于 70 ℃。
- e) 海水循环冷却水的设计停留时间不应超过药剂允许停留时间。设计停留时间按式(1)计算:

$$T = \frac{V}{Q_b + Q_w} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- T ——设计停留时间,单位为小时(h);
- V ——系统水容积,单位为立方米(m³);
- Q_b ——海水排污水量,单位为立方米每小时(m³/h);
- Q_w ——海水风吹损失和系统泄漏损失水量,单位为立方米每小时(m³/h)。

- f) 海水循环冷却水系统水容积宜小于小时循环水量的 1/3。系统水容积按式(2)计算:

$$V = V_f + V_p + V_t \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- V_f ——设备容积,单位为立方米(m³);
- V_p ——管道容积,单位为立方米(m³);
- V_t ——集水池容积,单位为立方米(m³)。

6.1.2 海水循环冷却水系统水处理控制指标:

- a) 海水浓缩倍数宜控制在 1.5~2.5;
- b) 换热设备传热面冷却水侧污垢热阻值应小于 3.2×10⁻⁴ m² · K/W;

- c) 换热设备传热面水侧粘附速率不应大于 15 mg/(cm²·月)；
- d) 碳钢管壁的腐蚀速率应小于 0.075 mm/a,铜合金和不锈钢管壁的腐蚀速率应小于 0.005 mm/a,并应选择适宜的局部腐蚀控制措施；
- e) 异养菌总数应小于 1×10⁵ CFU/mL,铁细菌数应小于 300 个/mL,硫酸盐还原菌数应小于 100 个/mL；
- f) 生物粘泥量应小于 3 mL/m³；
- g) 海水冷却塔飘水率应小于系统小时循环水量的 0.002%。

6.1.3 海水循环冷却水水质应符合表 2 的规定。

表 2 海水循环冷却水水质指标

项目	单位	要求和使用条件	控制值
悬浮物	mg/L	根据生产工艺要求确定	≤30
浊度	NTU	根据生产工艺要求确定	≤20
pH 值	—	根据药剂配方确定	8.0~9.0
甲基橙碱度(以 CaCO ₃ 计)	mg/L	根据药剂配方及工况条件确定	≤350
钙离子(Ca ²⁺)	mg/L	根据药剂配方确定	≤1 000
镁离子(Mg ²⁺)	mg/L	根据药剂配方确定	≤3 200
总铁	mg/L	—	<1.0
铜离子(Cu ²⁺) ^a	mg/L	—	≤0.1
氯化物(Cl ⁻)	mg/L	—	≤45 000
硫酸盐(SO ₄ ²⁻)	mg/L	—	≤6 000
游离余氯 ^b	mg/L	循环回水总管处	0.1~1.0
油类	mg/L	—	<5.0

^a 在含有铜材质的海水循环冷却水系统中监控铜离子浓度。

^b 在投加氯基杀生剂时控制游离余氯浓度。



6.2 海水循环冷却水平衡计算

6.2.1 海水浓缩倍数

海水浓缩倍数按式(3)计算：

$$N = \frac{Q_m}{Q_b + Q_w}$$

.....(3)

式中：

- N ——海水浓缩倍数；
- Q_m ——海水补充水量,单位为立方米每小时(m³/h)。

6.2.2 海水补充水量

海水补充水量按式(4)或式(5)计算：

$$Q_m = Q_e + Q_b + Q_w$$

.....(4)

$$Q_m = \frac{Q_e \cdot N}{N - 1} \dots\dots\dots (5)$$

式中：
Q_e——海水蒸发水量，单位为立方米每小时(m³/h)。

6.2.3 海水蒸发水量

海水蒸发水量按式(6)计算，蒸发损失系数 k 按式(7)修正：

$$Q_e = k \cdot \Delta t \cdot Q \dots\dots\dots (6)$$

$$k = 0.001\ 595 \cdot a \dots\dots\dots (7)$$

式中：
k ——蒸发损失系数(1/℃)；
Δt ——海水冷却水进出口温差，单位为摄氏度(℃)；
Q ——海水循环水量，单位为立方米每小时(m³/h)；
a ——海水冷却系统因蒸发而散失的热量占全部散发热量的比值，夏季约为 80%~90%，冬季约为 50%~60%。

6.2.4 海水排污水量

海水排污水量按式(8)计算：



$$Q_b = \frac{Q_e}{N - 1} - Q_w \dots\dots\dots (8)$$

6.3 系统设计基本要求

6.3.1 热交换器宜选用钛材、铜合金和特种不锈钢等耐海水腐蚀材料，并采取合理的防腐结构设计，减少或避免局部腐蚀。

6.3.2 海水冷却塔的设计：

- a) 应在 GB/T 50102 规定基础上，充分考虑海水的热力学特性，采取必要的措施，有效控制海水的腐蚀、生物附着和盐雾飞溅等；
- b) 海水冷却塔混凝土结构部分的防腐设计，应按 JTJ 275 的规定执行。

6.3.3 管道防腐宜辅以电化学保护技术，管道设计应按 GB/T 50050—2017 中 3.2.6 的规定执行，并满足海水防腐蚀技术要求。

6.3.4 海水循环泵的泵体和基座宜选用含镍铸铁，主轴和叶轮宜选用特种耐蚀材料。

6.3.5 海水水处理药剂的贮存与投配，应按 GB/T 50050—2017 中第 8 章的规定执行。

6.4 水处理设计

6.4.1 海水水处理药剂应根据海水水质、海水浓缩倍数，结合系统材质特点，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。

6.4.2 海水循环冷却水处理方案中使用海水缓蚀剂、阻垢剂和菌藻抑制剂等，宜通过实验室静态性能评价试验筛选；海水缓蚀剂、阻垢剂和菌藻抑制剂等综合匹配性能，宜通过动态模拟试验并经技术、经济、环境等方面综合比较确定。

6.4.3 海水缓蚀剂、阻垢剂和菌藻抑制剂等的静态性能评价试验分别按 GB/T 34550.1、GB/T 34550.2 和 GB/T 34550.3 执行。

6.4.4 海水循环冷却动态模拟试验应采用工程实际用海水,并结合下列因素,按 GB/T 34550.4 进行:

- a) 海水补充水水质;
- b) 腐蚀速率;
- c) 污垢热阻值、粘附速率;
- d) 异养菌总数、硫酸盐还原菌数、铁细菌数;
- e) 海水浓缩倍数;
- f) 换热设备材质;
- g) 换热设备冷却水侧壁温;
- h) 换热设备内冷却水流速;
- i) 海水循环冷却水水温;
- j) 系统水容积;
- k) 药剂稳定性及环境影响。

6.4.5 海水水处理药剂投加量计算方法如下:

- a) 海水阻垢剂、缓蚀剂基础投加量按式(9)计算:

$$G_f = \frac{V \cdot c}{1\,000} \dots\dots\dots (9)$$

式中:

G_f ——基础投加量,单位为千克(kg);

c ——循环冷却海水中阻垢剂、缓蚀剂加药浓度,单位为克每立方米(g/m^3)。

- b) 海水阻垢剂、缓蚀剂正常运行投加量按式(10)计算:

$$G_r = \frac{Q_e \cdot c}{1\,000 \cdot (N - 1)} \dots\dots\dots (10)$$

式中:

G_r ——系统运行时的加药量,单位为千克每小时(kg/h)。

- c) 菌藻抑制剂的投加量计算

氧化性杀生剂可采用连续投加或间歇投加方式,非氧化性杀生剂宜采用冲击式投加,以发挥最佳效能。

- 1) 氧化性菌藻抑制剂连续投加时,加药设备能力应满足冲击加药量的要求,加药量按式(11)计算:

$$G_o = \frac{Q \cdot c_o}{1\,000} \dots\dots\dots (11)$$

式中:

G_o ——氧化性菌藻抑制剂加药量,单位为千克每小时(kg/h);

c_o ——循环冷却海水中氧化性菌藻抑制剂加药浓度,单位为克每立方米(g/m^3)。

- 2) 非氧化性菌藻抑制剂投加量按式(12)计算:

$$G_n = \frac{V \cdot c_n}{1\,000} \dots\dots\dots (12)$$

式中:

G_n ——非氧化性菌藻抑制剂加药量,单位为千克(kg);

c_n ——循环冷却海水中非氧化性菌藻抑制剂加药浓度,单位为克每立方米(g/m^3)。

6.5 海水循环冷却水系统清洗预膜处理

6.5.1 海水循环冷却水系统开车前,应进行清洗、预膜处理。系统清洗后应立即进行预膜处理。

6.5.2 清洗宜使用淡水。清洗方法应按 GB/T 50050—2017 中 3.6.1~3.6.4 的规定执行。

6.5.3 预膜宜使用海水。预膜方案应根据换热设备材质、海水水质及运行条件等因素,经动态模拟试验确定。

6.5.4 清洗液、预膜液应通过旁路管回到集水池,不经过冷却塔;当采用酸洗时,应增设临时清洗水箱替代集水池。

7 海水旁流水处理

7.1 当冷却系统循环海水的浊度、悬浮物等水质指标不能满足表 2 要求、生物粘泥量不能满足 6.1.2 f) 要求时,应设置旁流水系统。

7.2 旁流水系统设计应按 GB/T 50050—2017 中第 4 章的规定执行。

8 海水循环冷却排放水处理

8.1 海水循环冷却系统排放水包括系统排污水、补充水处理及旁流水处理过程中的排水、冷却塔池排泥、清洗和预膜的排水、检修时的排水等。

8.2 系统排污水宜优先选择循环利用处置方式。当不具备循环利用条件或不能完全循环利用且排水水质不能满足海洋环境保护要求时,应进行有效处理。

8.3 系统排污水应设置独立的排水处理设施,其设计能力应按系统运行的正常排污水量确定,并按系统运行的最大排水量校核。排水处理方案设计包括以下内容:

- a) 排污水水质、水量;
- b) 排放标准;
- c) 处理工艺、设备选型、平面布置、运行费用等;
- d) 排水处理过程中产生的污水、污泥处置方案。

8.4 对检修时的排水、清洗和预膜排水、补充水处理排水和旁流处理排水等间断排水,应设置调节储存池,单独储存和处理。处理后,若水质达到排放要求,宜与满足海洋环境保护要求的系统排污水合流排放;若水质不能满足排放要求,但达到排水处理设施进水水质要求,宜汇入排水处理设施,处理后排放。

9 检测、监测与控制

9.1 检测

9.1.1 海水补充水和循环冷却水系统水质检测项目分为常规检测项目和非常规检测项目两类。常规检测项目宜在海水循环冷却水处理现场化验室进行,非常规检测项目宜在中心化验室进行,或委托第三方进行检测。

9.1.2 常规检测项目宜根据海水补充水和循环冷却水水质要求及水处理方案确定,见表 3。

表 3 海水补充水和循环冷却水水质常规检测项目

序号	项目	检测频率
1	浊度	每天 2 次
2	pH 值	每天 2 次
3	电导率值	每天 2 次
4	甲基橙碱度(以 CaCO_3 计)	每天 2 次
5	钙离子(Ca^{2+})	每天 1 次
6	镁离子(Mg^{2+})	每天 1 次
7	氯化物(Cl^-)	每天 2 次
8	总硬度(以 CaCO_3 计)	每天 1 次
9	药剂浓度 ^a	每天 1 次
10	游离余氯 ^b	每天 1 次
11	总铁	每天 1 次
12	可溶性铁	每天 1 次
13	锌离子(Zn^{2+}) ^c	每天 1 次
14	铜离子(Cu^{2+}) ^d	每周 1 次
15	氨氮(以 N 计) ^e	每周 1 次
16	异氧菌总数	每周 1 次
17	悬浮物	每月 2 次
18	盐度	每月 1 次
19	COD_{Mn} ^f	每月 1 次
20	溶解氧	每月 1 次
21	硫化物	每月 1 次
22	硫酸盐(SO_4^{2-})	每月 1 次
23	油类 ^g	每月 1 次
24	溶解固形物	每月 1 次
25	硫酸盐还原菌数	每月 1 次
26	铁细菌数	每月 1 次

^a 药剂浓度的检测方法根据所投加的药剂选择。

^b 在投加氯基杀生剂时检测游离余氯。

^c 在投加含锌缓蚀剂时检测锌离子。

^d 在含有铜材质的海水循环冷却水系统中检测铜离子。

^e 仅在存在氨泄漏可能的海水循环冷却水系统中检测氨氮。

^f 仅在炼油装置的海水循环冷却水系统中检测 COD_{Mn} 。

^g 仅在炼油装置的海水循环冷却水系统中检测油类。

9.1.3 非常规检测项目见表 4。

表 4 非常规检测项目

序号	项目	检测频次	检测方法	引用标准
1	污垢热阻值	每年	监测换热器热阻值	GB/T 34550.4
2	污垢沉积量 ^a	大检修时	检测换热器、检测管的污垢量	GB/T 34550.4
3	腐蚀速率	月、季、年或在线	监测试片挂片法	GB/T 34550.4
4	生物粘泥量	每周	生物滤网法	—
5	垢层与腐蚀产物的成分	大检修时	化学/仪器分析	—
^a 用于计算粘附速率[6.1.2 c)],计算方法见 GB/T 34550.4。				

9.1.4 海水循环冷却水系统补充水和循环冷却水的水质全分析宜每月进行一次,分析项目见附录 A。

9.1.5 海水循环冷却水系统补充水和循环冷却水的水质分析方法参见附录 B。

9.1.6 海水冷却塔飘水率的检测时间宜安排在大检修后启机运行时,检测方法见 HY/T 241。

9.2 监测与控制

9.2.1 海水循环冷却水系统宜监测温度、流量、压力、腐蚀速率、污垢热阻、生物粘泥量等参数。

9.2.2 海水循环冷却水系统宜监测与控制 pH 值、电导率、药剂投加量、集水池液位等参数。

9.2.3 监测、控制设计宜按 GB/T 50050—2017 中 9.0.1~9.0.3 和 9.0.5~9.0.6 的规定执行。



附 录 A
(规范性附录)
海水水质分析检测记录表

表 A.1 为海水水质分析检测记录表。

表 A.1 海水水质分析检测记录表

水样(水源名称)			取样时间		
取样地点			气温		
取样深度			水温		
潮位			取样人		
项目	单位	检测结果	项目	单位	检测结果
钾离子(K^+)	mg/L		总硬度	mmol/L	
钠离子(Na^+)	mg/L		非碳酸盐硬度	mmol/L	
钙离子(Ca^{2+})	mg/L		碳酸盐硬度	mmol/L	
镁离子(Mg^{2+})	mg/L		负硬度	mmol/L	
亚铁离子(Fe^{2+}) + 铁离子(Fe^{3+})	mg/L		甲基橙碱度(以 $CaCO_3$ 计)	mg/L	
铝离子(Al^{3+})	mg/L		酚酞碱度(以 $CaCO_3$ 计)	mg/L	
钡离子(Ba^{2+})	mg/L		盐度	—	
锶离子(Sr^{2+})	mg/L		酸度	mmol/L	
锌离子(Zn^{2+})	mg/L		pH 值	—	
铜离子(Cu^{2+})	$\mu g/L$		电导率	mS/cm	
氨氮(以 N 计)	mg/L		游离 CO_2	mg/L	
硝酸盐(NO_3^-)	mg/L		H_2S	mg/L	
亚硝酸盐(以 N 计)	mg/L		溶解氧(O_2)	mg/L	
碳酸氢盐(HCO_3^-)	mg/L		全硅量(SiO_2)	mg/L	
碳酸盐(CO_3^{2-})	mg/L		溶硅量(SiO_2)	mg/L	
氢氧根(OH^-)	mg/L		胶硅量(SiO_2)	mg/L	
氯化物(Cl^-)	mg/L		全固形物	g/L	
硫酸盐(SO_4^{2-})	mg/L		溶解固形物	g/L	
硫化物(以 S 计)	mg/L		悬浮物	mg/L	
色度	度		浊度	NTU	
油	mg/L		COD_{Mn}	mg/L	
臭味	—		BOD_5	mg/L	
异养菌总数	CFU/mL		总氮(以 N 计)	mg/L	
铁细菌数	个/mL		总磷(以 P 计)	mg/L	
硫酸盐还原菌数	个/mL				

附 录 B
(资料性附录)
海水水质分析方法

表 B.1 为海水水质分析方法。

表 B.1 海水水质分析方法

序号	项目	分析方法	引用标准
1	钾离子(K^{+})	原子吸收光谱法	—
2	钠离子(Na^{+})	原子吸收光谱法	—
3	钙离子(Ca^{2+})	EDTA 络合滴定法	GB/T 33584.1
4	镁离子(Mg^{2+})	EDTA 络合滴定法	GB/T 33584.1
5	亚铁离子(Fe^{2+})	邻菲罗啉分光光度法	—
6	铁离子(Fe^{3+})	(1) 电感耦合等离子体发射光谱法	HY/T 191
		(2) 邻菲罗啉分光光度法	HY/T 191
7	铝离子(Al^{3+})	邻苯二酚紫分光光度法	—
8	钡离子(Ba^{2+})	原子吸收分光光度法	—
9	锶离子(Sr^{2+})	电感耦合等离子体光度发射光谱法	—
10	锌离子(Zn^{2+})	锌试剂分光光度法	GB/T 33584.2
		电感耦合等离子体质谱法	HY/T 147.1
11	铜离子(Cu^{2+})	电感耦合等离子体质谱法	HY/T 147.1
12	氨氮(以 N 计)	靛酚蓝分光光度法	GB 17378.4
		次溴酸盐氧化法	GB 17378.4
13	硝酸盐(NO_3^{-})	(1) 镉柱还原法	GB 17378.4
		(2) 锌-镉还原法	GB 17378.4
14	亚硝酸盐(以 N 计)	萘乙二胺分光光度法	GB 17378.4
15	碳酸氢盐(HCO_3^{-})	pH 电位滴定法	HY/T 178
16	碳酸盐(CO_3^{2-})	pH 电位滴定法	HY/T 178
17	氢氧根(OH^{-})	pH 电位滴定法	HY/T 178
18	氯化物(Cl^{-})	银量滴定法	GB/T 33584.3
19	硫酸盐(SO_4^{2-})	硫酸钡比浊法	GB/T 33584.4
20	硫化物(以 S 计)	亚甲基蓝分光光度法	GB 17378.4
21	色度	比色法	GB 17378.4
22	油类	(1) 荧光光度法	GB 17378.4
		(2) 紫外分光光度法	GB 17378.4
		(3) 重量法	GB 17378.4
23	臭味	感官法	GB 17378.4



表 B.1 (续)

序号	项目	分析方法	引用标准
24	异养菌总数	平皿计数法	GB/T 33584.6
25	铁细菌数	MPN 法	HY/T 176
26	硫酸盐还原菌数	MPN 法	HY/T 177
27	总硬度	EDTA 络合滴定法	—
28	非碳酸盐硬度 ^a	EDTA 络合滴定法	—
29	碳酸盐硬度 ^b	—	—
30	负硬度 ^c	—	—
31	甲基橙碱度(以 CaCO_3 计)	pH 电位滴定法	HY/T 178
32	酚酞碱度(以 CaCO_3 计)	pH 电位滴定法	HY/T 178
33	盐度	盐度计法	GB 17378.4
34	酸度	氢氧化钠滴定法	—
35	pH 值	玻璃电极法	GB 17378.4
36	电导率	电导电极法	GB/T 6908
37	游离 CO_2	直接法	—
38	H_2S	亚甲基蓝分光光度法	GB 17378.4
39	溶解氧(O_2)	碘量法	GB 17378.4
40	全硅量(SiO_2)	氢氟酸转化分光光度法	—
41	溶硅量(SiO_2) ^d	氢氟酸转化分光光度法	—
42	胶硅量(SiO_2)	—	—
43	全固形物	重量法	—
44	溶解固形物	重量法	GB/T 33584.5
45	悬浮物	重量法	GB 17378.4
46	浊度	浊度计法	GB 17378.4
47	COD_{Mn}	碱性高锰酸钾法	GB 17378.4
48	BOD_5	5 日培养法	GB 17378.4
49	总氮(以 N 计)	过硫酸钾氧化法	GB/T 12763.4
50	总磷(以 P 计)	过硫酸钾氧化法	GB/T 12763.4
51	水温	温盐深仪(CTD)定点测温	GB/T 12763.2
		(2) 表层水温表法	GB 17378.4

^a 在非碳酸盐硬度的测定中,需将水样先煮沸 6 min 后再采用 EDTA 络合滴定法测定。

^b 碳酸盐硬度 = 总硬度 - 非碳酸盐硬度。

^c 负硬度 = 总碱度(即甲基橙碱度) - 总硬度。

^d 溶硅又称为活性硅,胶硅量 = 全硅量 - 溶硅量。

参 考 文 献

- [1] GB 3097—1997 海水水质标准
 - [2] GB/T 6908 锅炉用水和冷却水分析方法 电导率的测定
 - [3] GB 8978—1996 污水综合排放标准
 - [4] GB/T 12763.2 海洋调查规范 第2部分:海洋水文观测
 - [5] GB/T 12763.4 海洋调查规范 第4部分:海水化学要素调查
 - [6] GB/T 12763.6—2007 海洋调查规范 第6部分:海洋生物调查
 - [7] GB 17378.4 海洋监测规范 第4部分:海水分析
 - [8] GB/T 33584.1 海水冷却水质要求及分析检测方法 第1部分:钙、镁离子的测定
 - [9] GB/T 33584.2 海水冷却水质要求及分析检测方法 第2部分:锌的测定
 - [10] GB/T 33584.3 海水冷却水质要求及分析检测方法 第3部分:氯化物的测定
 - [11] GB/T 33584.4 海水冷却水质要求及分析检测方法 第4部分:硫酸盐的测定
 - [12] GB/T 33584.5 海水冷却水质要求及分析检测方法 第5部分:溶解固形物的测定
 - [13] GB/T 33584.6 海水冷却水质要求及分析检测方法 第6部分:异养菌的测定
 - [14] HY/T 147.1 海洋监测技术规程 第1部分:海水
 - [15] HY/T 176 海水中铁细菌的测定 MPN法
 - [16] HY/T 177 海水中硫酸盐还原菌的测定 MPN法
 - [17] HY/T 178 海水碱度的测定 pH电位滴定法
 - [18] HY/T 191 海水冷却水中铁的测定
 - [19] ESDU 03004 Fouling in cooling systems using seawater
 - [20] UFC 3-240-13FN Operations and maintenance: industrial water treatment
 - [21] Wolverine tube heat data book, Wolverine Engineering data book II. Wolverine Tube Inc. Research and Development Team, electronic distribution, 2001.
 - [22] Dr. Shahriar Eftekharzadeh. Feasibility of seawater cooling towers for large-scale petrochemical development. CTI Journal, 2003, 24(2).
 - [23] Bing-Yuan Ting. Salt water concrete cooling tower design considerations. The Marley Cooling Tower Company, U.S.A., 1991.
 - [24] Frank J. Millero, Denis Pierrot. Enthalpy, and free energy of seawater fit to the Pitzer equations. Marine Chemistry, 2005, 94: 81-99.
-