

ICS 07.060; 91.140

CCS A 45

备案号:

HY

# 中华人民共和国海洋行业标准

HY/T××××—202×

## 海水循环冷却系统运行管理规范

Specification for operation management of recirculating cooling seawater system

(征求意见稿)

在提交反馈意见时, 请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

202×-××-××发布

××××-××-××实施

中华人民共和国自然资源部 发布



## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件基于 HY/T 187《海水循环冷却系统设计规范》系列标准的相关要求编写，与 HY/T 187《海水循环冷却系统设计规范》系列标准共同构成海水循环冷却系统工程标准体系。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中华人民共和国自然资源部提出。

本文件由全国海洋标准化技术委员会（SAC/TC 283）归口。

本文件起草单位：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、天津国投津能发电有限公司、华润电力（渤海新区）有限公司。

本文件主要起草人：王印忠、张文帅、栗春雷、陈冲、陈兴祥、李治洁、李雪、崔振东、成国辰、王维珍、尹建华。



# 海水循环冷却系统运行管理规范

## 1 范围

本文件规定了海水循环冷却系统运行管理的总体要求以及对海水取水构筑物及设备、海水预处理构筑物及设备、海水循环冷却水处理构筑物及设备、循环水泵及循环水管道、换热器、海水排水构筑物及设备的运行维护和系统监测与检测的具体要求。

本文件适用于海水循环冷却系统的运行管理，海水直流冷却系统的运行管理可参照执行。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 1766 色漆和清漆 涂层老化的评级方法
- GB/T 4482 水处理剂 氯化铁
- GB/T 5210 色漆和清漆 拉开法附着力试验
- GB/T 9761 色漆和清漆 色漆的目视比色
- GB/T 13452.2 色漆和清漆 漆膜厚度的测定
- GB/T 14591 水处理剂 聚合硫酸铁
- GB/T 16166 滨海电厂海水冷却水系统牺牲阳极阴极保护
- GB/T 16881 水的混凝沉淀试杯试验方法
- GB/T 17005 滨海设施外加电流阴极保护系统通用要求
- GB/T 17514 水处理剂 阴离子和非离子型聚丙烯酰胺
- GB/T 22627 水处理剂 聚氯化铝
- GB/T 25146 工业设备化学清洗质量验收规范
- GB/T 29529 泵的噪声测量与评价方法
- GB/T 29531 泵的振动测量与评价方法
- GB 31060 水处理剂 硫酸铝
- GB/T 31246 水处理剂 阳离子型聚丙烯酰胺的技术条件和试验方法
- GB/T 31404-2015 核电站海水循环系统防腐蚀作业技术规范
- GB/T 39361 海水冷却水排放要求
- 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
- 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
- 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
- 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 35490 预应力钢筒混凝土管防腐蚀技术
- GB 50550 建筑结构加固工程施工质量验收规范
- CJ/T 43 水处理用滤料
- DL/T 581 凝汽器胶球清洗装置和循环水二次过滤装置
- DL/T 956 火力发电厂停（备）用热力设备防锈蚀导则
- DL/T 957 火力发电厂凝汽器化学清洗及成膜导则
- HG/T 4537 水处理剂 聚硅硫酸铝
- HG/T 4672 水处理剂 聚氯化铁
- HG/T 5006 水处理剂 聚硫酸铝

HY/T ××××—××××

- HY/T 178 海水碱度的测定 pH电位滴定法
- HY/T 0187.2 海水循环冷却系统设计规范 第2部分：排水技术要求
- HY/T 191 海水冷却水中铁的测定
- HY/T 232 海水冷却塔测试规程
- JGJ 8 建筑变形测量规范
- JGJ/T 152 混凝土中钢筋检测技术规程
- SL 595 堤防工程养护修理规程
- SL/T 722 水工钢闸门及启闭机安全运行规程

### 3 术语和定义

HY/T 187.1、HY/T 187.2、HY/T 240.3、HY/T 187.4 和 HY/T 0187.5 界定的术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

##### **设计寿命 design life**

指海水循环冷却系统设计时达到的预计不失去使用功能的有效使用时间。

### 4 总体要求

- 4.1 海水循环冷却系统的运行管理应使系统整体在设计寿命内长期安全、稳定、高效地运行。
- 4.2 海水循环冷却系统的运行管理应服从全厂的运行管理要求，且应与相关系统的运行管理相协调。
- 4.3 海水循环冷却系统的运行管理应依据本文件制定相应的运行管理制度，并定期修订。
- 4.4 海水循环冷却系统的运行管理应切实执行高处作业、有限空间作业、危险化学品使用、特种设备使用等相关安全管理规定。
- 4.5 海水循环冷却系统的运行管理应按照系统内建（构）筑物、设备及药剂的设计和使用要求科学实施。建（构）筑物及设备应定期实验运行或轮换运行。药剂应在保质期内使用。
- 4.6 海水循环冷却系统的运行管理应配备足够数量的专业人员，并应对相关人员进行定期的岗位培训或行业技能鉴定。
- 4.7 海水循环冷却系统的运行管理应配备必要的工具和设备。
- 4.8 海水循环冷却系统的运行管理的实施宜采用本单位和相关技术服务单位或临时人员相结合的方式。
- 4.9 海水循环冷却系统的运行管理应根据生产需要和系统内建（构）筑物、设备和药剂的实际运行及使用效果不断完善运行管理方法，保障安全供水，节约能源和资源，降低运行成本。

### 5 海水取水构筑物及设备

#### 5.1 一般要求

- 5.1.1 海水取水构筑物及设备的运行管理应根据生产需要向海水循环冷却系统提供满足流量和压力要求的原海水。当出现校核低水位时，实际取水水量不应低于设计取水水量的 70%。当陆上输水管道设置 2 条，且其中一条管道发生事故时，其余管道的通过流量应满足海水循环冷却系统事故时用水要求。
- 5.1.2 海水取水构筑物中的闸门应能随时启闭，且关闭状态下不应出现大量漏水。
- 5.1.3 海水取水构筑物中的拦污栅或滤网应能正常拦污及出渣，不应因杂物堵塞而出现液位差过大或自动停机现象。
- 5.1.4 海水取水泵应能长期稳定运行，且能够根据生产需要调节取水流量。

- 5.1.5 杀生剂投加的运行管理应有效控制污损生物附着。由污损生物附着引起的实际取水水量减少和供水压力降低不应影响系统正常运行。
- 5.1.6 泥沙清淤的运行管理应有效控制泥沙淤积。由泥沙淤积引起的原海水泥沙含量增加不应超过海水预处理构筑物的处理能力。
- 5.1.7 输水管渠的运行管理应保证不长期出现无关的圈地、占用、挤压、埋设等现象。
- 5.1.8 海水取水构筑物及设备的运行管理应根据取水海域的实际情况，做好应对台风、海上突发环境污染事件和群体性海洋生物入侵事件的应急预案并有效施行。
- 5.1.9 海水取水构筑物及设备的运行维护应根据全年取水需求优化操作，降低电耗。

## 5.2 运行要求

- 5.2.1 海水取水构筑物及设备的运行管理应制定人员定期巡查制度，且巡查制度应符合下列要求：
- 巡查范围应包括水上取水构筑物、取水泵房和输水管渠等；
  - 巡查宜每 4h~8h 进行一次，巡查范围较大或人员到达困难时至少每 8h 进行一次；
  - 在对水上取水构筑物进行巡查时，巡查人员应佩戴救生护具；
  - 当遇海上恶劣天气时，人员定期巡查可暂时取消；
  - 人员巡查班次和巡查结果应有记录。
- 5.2.2 水下取水构筑物宜采用水下机器人定期巡查，且定期巡查应符合下列要求：
- 检查范围宜包括取水头部、引水管渠、取水泵房的水下格栅及闸门等；
  - 水下机器人定期巡查宜每月或每季度进行一次；
  - 检查过程和结果应有影像记录。
- 5.2.3 机械格栅和旋转滤网前后的水位差不应超过 0.3m，截留的栅渣应及时清理转运。
- 5.2.4 海水取水泵的运行应根据系统补水需要及时启、停或调整其运行工况。
- 5.2.5 杀生剂的投加应根据设计方案进行，但当污损生物防除效果不理想时，应通过实验对加药方案进行优化。
- 5.2.6 杀生剂的投加在停止取水期间也应进行，但投药量可适当减少。
- 5.2.7 当采用电解海水制取次氯酸钠时，电解海水制氯装置的运行应符合下列要求：
- 应及时向酸洗箱中添加浓盐酸，添加量不少于配制一箱酸洗液的需要量；
  - 电解海水发生器的酸洗液浓度应按 5%~8% 计算；
  - 电解制氯间应保持通风良好，保证产生的氢气及时扩散；
  - 在运行过程中如发现发生器接线端子和整流电源电气元件连接处的温升超过 60℃，应停止运行。
  - 当原海水温度低于 10℃ 时，宜停运电解海水制氯系统，保护电极不受腐蚀。
  - 应注意运行过程中渗漏的发生。
- 5.2.8 取水泵房前池处的冰凌应及时清除防止进入取水水泵。
- 5.2.9 对高处装有排气阀的输水管道，应保证输水管道通水时排气正常。
- 5.2.10 当陆上输水管道设置 2 条，且其中一条管道发生事故时，应及时切换连通管阀门保证事故水量供应。

## 5.3 维护要求

- 5.3.1 取水构筑物进水口附近应根据泥沙沉积情况及时清淤。清淤作业宜每年进行一次。
- 5.3.2 取水头部进水格栅应至少每年修补和清理一次。
- 5.3.3 堤防工程的维护管理应符合 SL 595 的规范要求。
- 5.3.4 闸门及启闭机的维护管理应符合 SL/T 722 的规范要求。

5.3.5 当海水取水泵采用立式斜流泵时，应至少每年检查一次泵轴、联轴器、导流筒体螺栓和轴承支架的磨损及腐蚀情况。当超出厂家的安全运行标准时，应及时更换。

5.3.6 电解海水制氯装置的维护应符合下列要求：

- a) 海水泵的托架油室内应按要求灌注润滑油，保证油位在正常的范围内并定期更换；
- b) 各罐体要定期排污，排污频率不少于每周一次；
- c) 季节性停止使用制氯装置时，罐体和管道内的液体应排空；
- d) 加药管道应根据使用和结垢情况进行酸洗防堵。

5.3.7 对低处装有排泥阀的输水管道应定期排放积泥。其排放频率应依据当地原水的含泥量而定，宜为每年一次至两次。

## 6 海水预处理构筑物及设备

### 6.1 一般要求

6.1.1 海水预处理构筑物及设备的运行管理应保证随时向冷却塔集水池提供足量且水质达标的海水补充水。

6.1.2 海水补充水水质应符合表1的要求。

表1 海水补充水水质

| 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 <sub>Mn</sub> | mg/L   | ≤4               |
| 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 <sup>3</sup> |

6.1.3 海水预处理构筑物及设备的运行管理应在保证出水水质的情况下降低水处理药剂使用量。

6.1.4 海水预处理构筑物及设备的运行管理应长期保存水质检测和监测数据，并在分析变化规律的基础上指导后续运行维护工作的进行。

### 6.2 运行要求

6.2.1 当海水预处理构筑物及设备设置有并联的多个或多组时，投入运行的海水预处理构筑物及设备数量应根据所需补充水量进行调整，且应保证均衡进水。

6.2.2 预沉池正常水位控制应保证经济运行。

6.2.3 当采用机械搅拌进行混合和絮凝，且搅拌转速可调节时，搅拌强度应根据进水水温和浊度通过混凝试验加以确定。

6.2.4 絮凝池运行过程中应根据絮体粒径特征调整加药量，做到絮体大小均匀，紧促密实，易于从水中分离。

6.2.5 絮凝池运行应防止絮体在池内沉积。

6.2.6 沉淀池运行应严格控制集水池水位，池内水位不应淹没集水槽。

6.2.7 气浮池应随时调整空气管和释放器中的空气流量使其出气均匀。

- 6.2.8 预沉池和沉淀池的出水三角堰或集水槽进水孔应及时清理杂物、冰凌和附着藻类。
- 6.2.9 预沉池和沉淀池运行中的排泥频率应根据设计要求或实际沉泥速度确定,宜按每 8h~12h 进行一次。
- 6.2.10 清水池不应超上限和下限水位运行。
- 6.2.11 海水预处理药剂的选择应与系统设计要求一致,且其产品质量应符合表 2 中对应的产品质量等级及现行标准要求:

表2 海水预处理药剂产品质量标准

| 序号 | 药剂名称          | 质量等级 | 产品质量标准     |
|----|---------------|------|------------|
| 1  | 聚氯化铝          | —    | GB/T 22627 |
| 2  | 聚硫酸铝          | —    | HG/T 5006  |
| 3  | 硫酸铝           | II类  | GB 31060   |
| 4  | 聚合硫酸铁         | 合格品  | GB/T 14591 |
| 5  | 聚氯化铁          | —    | HG/T 4672  |
| 6  | 氯化铁           | II类  | GB/T 4482  |
| 7  | 聚硅硫酸铝         | —    | HG/T 4537  |
| 8  | 阳离子型聚丙烯酰胺     | —    | GB/T 31246 |
| 9  | 阴离子和非离子型聚丙烯酰胺 | 合格品  | GB/T 17514 |

- 6.2.12 混凝剂的配置应符合下列规定:
- 固体混凝剂溶解时的质量浓度宜控制在 5%~20%;
  - 液体混凝剂直接投加或稀释后投加的质量浓度宜控制在 5%~20%;
  - 混凝剂在溶解和稀释后应继续搅拌 15min, 并静止 30min 以上方可使用;
  - 混凝剂的溶解和稀释均应充分, 投加时不应出现固体团块和浓度分层。
- 6.2.13 聚丙烯酰胺溶解时的质量浓度宜控制在 1%~2%, 搅拌时间宜为 60min~90min。
- 6.2.14 聚丙烯酰胺的投加浓度宜控制在 0.1%~0.2%。
- 6.2.15 投加聚丙烯酰胺的计量设备应采用聚丙烯酰胺药液进行标定。
- 6.2.16 混凝剂和助凝剂溶解和稀释配置次数应根据药剂投加量和配置条件确定, 每日不宜大于 3 次。
- 6.2.17 海水预处理运行方案应根据进水水温、水质和药剂种类等条件通过混凝试验进行优化。当采用试杯试验时, 试验方法应符合 GB/T 16881 的规定。
- 6.2.18 配置药剂时应根据药剂危险性佩戴防护用具。

### 6.3 维护要求

- 6.3.1 预沉池、沉淀池和清水池的挖泥频率应根据设计要求或实际沉泥速度确定, 宜按每年进行一次。
- 6.3.2 沉淀池中的斜管或斜板应根据堵塞程度进行冲洗, 冲洗频率不宜少于每年一次。
- 6.3.3 沉淀池中的斜管或斜板应根据垮塌面积进行更换。
- 6.3.4 沉淀池应采用人工清除, 投加杀生剂等措施防止藻类繁殖堵塞沉淀池集水槽进水孔或三角堰。
- 6.3.5 溶解药剂的溶药桶(罐)应定期排空沉渣, 投加混凝剂和助凝剂的计量泵应定期清洗泵前过滤器。
- 6.3.6 加药装置更换投加药剂前应清洗泵体和管道。

## 7 海水循环冷却水处理构筑物及设备

### 7.1 一般要求

- 7.1.1 海水循环冷却水处理构筑物及设备的运行管理应使循环冷却水的水温达到换热器的进口水温要求, 且水质符合表 3 的要求。

表3 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 <sub>3</sub> 计)  | mg/L | 根据药剂配方及工况条件确定 | ≤350    |
| 钙离子 (Ca <sup>2+</sup> )  | mg/L | 根据药剂配方确定      | ≤1000   |
| 镁离子 (Mg <sup>2+</sup> )  | mg/L | 根据药剂配方确定      | ≤3200   |
| 总铁   | mg/L | —             | <1.0    |
| 铜离子 (Cu <sup>2+</sup> ) <sup>a</sup>                                       | mg/L | —             | ≤0.1    |
| 氯化物 (Cl <sup>-</sup> )   | mg/L | —             | ≤45000  |
| 硫酸盐 (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )                                       | mg/L | —             | ≤6000   |
| 游离余氯 <sup>b</sup>  | mg/L | 循环回水总管处       | 0.1~1.0 |
| 油类   | mg/L | —             | <5.0    |
| <sup>a</sup> 在含有铜材质的海水循环冷却系统中应控制铜离子浓度。<br><sup>b</sup> 在投加氯基杀生剂时应控制游离余氯浓度。 |      |               |         |

7.1.2 海水循环冷却系统微生物控制指标应符合下列要求:

- 异养菌总数应小于  $1 \times 10^5$  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;
- 生物粘泥量应小于 3 mL/m<sup>3</sup>。

7.1.3 海水冷却塔的运行管理应达到以下要求:

- 海水冷却塔的运行管理应始终保证海水冷却塔达到设计冷却能力;
- 消雾海水冷却塔应达到设计消雾效果;
- 海水冷却塔的内外壳体不应出现防腐涂层脱落;
- 海水冷却塔的集水池不应因积泥过多影响循环水水质;
- 海水冷却塔的进风口在冬季挂冰不应影响换热和结构安全;
- 海水冷却塔淋水填料不应出现大面积堵塞。

7.1.4 旁滤装置的运行管理应保证过滤产水量和滤后水质达到设计要求。

7.1.5 海水循环冷却水处理的运行管理应不断优化加药方案,在保证循环水处理效果的同时加药量最优。

## 7.2 运行要求

7.2.1 海水循环冷却水处理构筑物及设备的运行浓缩倍宜保持在设计浓缩倍数±0.2的范围内,且不应小于1.5。

7.2.2 运行过程中应及时、适量地向系统投加阻垢分散剂、菌藻抑制剂以及粘泥剥离剂等以控制循环冷却水的结垢、微生物滋生和粘泥附着。

7.2.3 阻垢分散剂和菌藻抑制剂应以设计投加浓度为基础通过运行效果确定优化投加浓度。

7.2.4 阻垢分散剂应根据补充水量连续投加。当已知设计投加浓度或优化投加浓度时,阻垢分散剂投加量应按如下方法计算:

- 阻垢分散剂的首次投加量应按式(1)计算:

$$G_f = 0.001 \cdot V \cdot c \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- $G_f$ ——首次投加量，单位为千克（kg）；  
 $V$ ——系统水容积，单位为立方米（ $m^3$ ）；  
 $c$ ——设计投加浓度或优化投加浓度，单位为克每立方米（ $g/m^3$ ）。

b) 阻垢分散剂的运行投加量应按式（2）计算：

$$G_r = 0.001 \cdot Q_m \cdot c \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- $G_r$ ——运行投加量，单位为千克每小时（kg/h）；  
 $Q_m$ ——补充水量，单位为立方米每小时（ $m^3/h$ ）。

7.2.5 菌藻抑制剂可连续投加或冲击投加。当已知设计投加浓度或优化投加浓度时，菌藻抑制剂投加量应按如下方法计算：

a) 菌藻抑制剂的连续投加量应按式（3）计算：

$$G_o = 0.001 \cdot Q \cdot c_o \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- $G_o$ ——连续投加量，单位为千克每小时（kg/h）；  
 $Q$ ——循环水量，单位为立方米每小时（ $m^3/h$ ）；  
 $c_o$ ——连续投加下的设计投加浓度或优化投加浓度，单位为克每立方米（ $g/m^3$ ）。

b) 菌藻抑制剂的冲击投加量应按式（4）计算：

$$G_n = 0.001 \cdot V \cdot c_n \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- $G_n$ ——冲击投加量，单位为千克（kg）；  
 $V$ ——系统水容积，单位为立方米（ $m^3$ ）；  
 $c_n$ ——冲击投加下的设计投加浓度或优化投加浓度，单位为克每立方米（ $g/m^3$ ）。

7.2.6 粘泥剥离剂宜与氧化性杀生剂配合冲击投加。当已知设计投加浓度或优化投加浓度时，粘泥剥离剂的冲击投加量应按本文件式（4）进行计算。

7.2.7 海水冷却塔的运行应根据生产负荷、气象条件和各塔运行状态，编制经济合理的运行方案。

7.2.8 海水冷却塔的运行应根据冷却塔集水池液位监测结果和循环水水质检测结果调整补充水量。

7.2.9 海水冷却塔的运行应根据海水冷却水水质的监测和检测结果调整排污水量。

7.2.10 当海水循环冷却系统的供、回水管道采用扩大单元制或母管制时，海水冷却塔的运行应根据各个海水冷却塔的实际性能合理分配上塔流量，达到混合后的出塔水温最低。

7.2.11 当海水循环冷却系统冬季冷态运行或热负荷较低时，循环冷却水宜直接进入冷却塔集水池。

7.2.12 采用槽式配水的冷却塔应使配水槽满槽溢流。

7.2.13 自然通风冷却塔各配水槽水位差不大于 10%~15%，同类型冷却塔的出口水温差不应超过 1℃。

7.2.14 夏季运行时，冷却塔不应有无淋水区。

7.2.15 配置有挡风板的自然通风冷却塔应根据风向、风速、气温和水温及时悬挂挡风板，并调整悬挂方位和数量。

7.2.16 夏季运行时，无干段装置的消雾节水冷却塔应关闭冷风进风口，打开冷却隔板。

7.2.17 装有防冻板的冷却塔，随着环境温度的上升，应及时拆除防冻板。固定可调式防冻装置，应使防冻板的开度处于最有利的通风位置，以减少冷却塔的通风阻力。

7.2.18 机械通风冷却塔夏季运行时，应调节风机叶片角度或变频电机功率使风量达到设计值。

7.2.19 环境气温低于 0℃时，冷却塔不应进行无热负荷的通水试运行。

7.2.20 环境气温低于 0℃时，冷却塔运行应悬挂防冻板或启用防冻管。

7.2.21 设有分区配水的冷却塔，冬季运行时应关闭内区配水阀门，实行外区配水运行。

7.2.22 海水冷却塔运行时应及时清理进风口挂冰，局部挂冰厚度不宜超过 50mm。冷却塔内结冰严重时，应逐渐加大循环水量化冰。

- 7.2.23 机械通风冷却塔可采用风扇反转的方式化冰。
- 7.2.24 循环水沟过滤网应及时清除漂浮物，过滤网前后水位差不应大于 0.1m。
- 7.2.25 采用虹吸配水装置的冷却塔进行小流量全塔配水时，循环水泵应先按设计满负荷水量开启。待全塔形成虹吸配水后，方可停运部分循环水泵。
- 7.2.26 机械通风冷却塔应定期检查风机及电动机运行状态，并及时测量轴承油箱油位、油温及震动。当油位低于设计值时，应加注润滑油；油温高于规定值时，应关停风机并分析原因，震动超过设计安全值时应停机检查处理。
- 7.2.27 旁滤装置应根据过滤产水量和滤后水质及时进行反冲洗。对设置多台过滤器的旁滤装置，反冲洗应按顺序进行。

### 7.3 维护要求

- 7.3.1 海水循环冷却水处理构筑物及设备的维护应每日检查加药设备的润滑、加注和计量是否正常，并进行场地的清扫及冲洗。
- 7.3.2 海水循环冷却水处理构筑物及设备的维护应每年检修所有机械设备一次，做好清洗、修漏、防腐和附属机械设备检修工作，钢制栏杆、平台、管道应按色标进行油漆。
- 7.3.3 冷却塔集水池和循环水沟应每年清理一次淤泥。自然通风海水冷却塔内的人行平台应在每次停止进水后清理淤泥。
- 7.3.4 冷却塔配水管、配水槽应每半年清理一次其中的污物和杂物，并修复破损之处。
- 7.3.5 高温季节前应检查淋水填料的破损、堵塞情况，破损、堵塞的淋水填料应及时更换。更换塑料淋水填料应铺垫盖板，严禁直接踩踏。更换吊装式淋水填料，应采取防坠落的安全措施。
- 7.3.6 自然通风海水冷却塔防水防腐涂层应根据老化情况及时补刷。
- 7.3.7 冷却塔周围 15m 以内不应有障碍物阻挡通风。
- 7.3.8 腐蚀严重的循环水沟过滤网应及时更换。
- 7.3.9 大修期间检查循环水沟、竖井和主水槽的盖板缺失及损坏情况，缺失、损坏的盖板应补齐，错位的盖板应复位。
- 7.3.10 大修期间对主水槽阀门、进水母管阀门及排污系统阀门进行维护保养工作，以保持开关灵活。
- 7.3.11 停机检修期间检查除水器的变形、破损及移位情况，变形及破损的除水器应及时更换，移位的除水器应复位。
- 7.3.12 停机检修期间宜用淡水将除水器和淋水填料中的污垢冲洗干净。淋水填料的污垢厚度不宜大于 1.0mm。
- 7.3.13 破损的喷溅装置应及时更换，水流与溅水碟（环）不对中的喷溅装置应调整对中。
- 7.3.14 设有虹吸配水装置的冷却塔，在无法形成虹吸配水时应检查虹吸装置的密封材料或加装抽气装置。
- 7.3.15 机械通风冷却塔的叶片要定期检查，有缺陷的叶片应及时修复或更换。
- 7.3.16 设有高位收水装置的冷却塔应每季度检查防溅器及收水槽的破损情况，破损的防溅器应及时更换，收水槽渗漏处应及时修复。
- 7.3.17 冷却塔支撑柱及塔体内壁的苔藓应及时清理。
- 7.3.18 冬季来临前，节水消雾冷却塔应对消雾模块的冷热流体双向通道的严密性进行检查，严密性差的模块应及时更换。
- 7.3.19 冷却塔噪声不符合要求时，应采取降噪措施。
- 7.3.20 当海水冷却塔钢筋混凝土结构出现较大裂缝、混凝土脱落或钢筋外露而需要修复时，修复方法和修复质量应符合相应设计文件或 GB 50550 的要求。
- 7.3.21 旁滤装置应根据滤料流失和磨损情况及时补充和更新滤料。滤料的质量应符合 CJ/T 43 的规定。

## 8 循环水泵及循环水管道

### 8.1 一般要求

- 8.1.1 循环水泵及循环水管道提供的循环冷却水流量和压力应满足换热器的换热需要，同时在满足各工况流量和压力的前提下，节省电能消耗。
- 8.1.2 循环水泵及循环水管道的运行管理应保证不出现长期的跑、冒、滴、漏和堵塞现象。
- 8.1.3 循环水泵及循环水管道的防腐维护应按照相关标准科学实施，并满足设计使用年限的要求。

### 8.2 运行要求

- 8.2.1 循环水泵及循环水管道的运行管理应按照换热需要及时准确地对循环冷却水流量和压力进行调节。
- 8.2.2 循环水泵及循环水管道的运行应建立定期巡检制度，巡检宜每班 1 次。巡检应重点观察输送介质的跑、冒、滴、漏、堵塞以及阀门井、仪表井、检查井等附属构筑物的井盖是否完好，井座是否塌陷，井内是否积水。
- 8.2.3 阀门井内的阀门应做好防腐并保证开关正常。

### 8.3 维护要求

- 8.3.1 设置有牺牲阳极的管道和附属设施应及时更换牺牲阳极，更换维护应符合施工图设计要求。当施工图设计没有要求时，牺牲阳极的选择和更换应按照 GB/T 16166 的规定执行。
- 8.3.2 设置有外加电流的循环水泵及循环水管道应及时维护外加电流阴极保护系统，维护技术应符合施工图设计要求。当施工图设计没有要求时，外加电流阴极保护系统的维护应按照 GB/T 17005 的规定执行。
- 8.3.3 需要涂刷防腐涂层的管道和附属设施应根据防腐涂层的脱落程度及时补刷防腐涂层，涂刷要求应符合施工图设计要求。当施工图设计没有要求时，防腐涂层的维护应按照 GB/T 31404-2015 第 5 章的规定执行。
- 8.3.4 当海水循环冷却系统采用预应力钢筒混凝土管时，其防腐维护应符合 GB/T 35490 的规定。
- 8.3.5 当阀门井和仪表井内积水和泥沙影响阀门和仪表的正常使用时，应及时清掏。

## 9 换热设备

### 9.1 一般要求

- 9.1.1 当海水循环冷却系统采用表面式水冷凝汽器作为换热设备时，凝汽器海水侧的运行管理还应满足以下要求：
- a) 冷却管内表面无明显结垢，清洁状态良好；
  - b) 传热端差在设计范围内；
  - c) 水室排气顺畅；
  - d) 管板处无杂物积聚；
  - e) 水室内无海生物生长及附着；
  - f) 水室内壁防腐层应完好。
- 9.1.2 当海水循环冷却系统采用板式换热器时，板式换热器的运行管理效果还应满足以下要求：
- a) 换热效率达到铭牌出力；
  - b) 温度、压力、流量等参数符合技术要求；
  - c) 换热板面无明显结垢，清洁状态良好。

### 9.2 运行要求

9.2.1 表面式水冷凝汽器在运行过程中循环水进口阀门应全开，必要时调整阀门开度以满足系统运行要求。

9.2.2 二次滤网的运行压差应小于规定值，且能保证水质要求。

9.2.3 板式换热器一次侧和二次侧进水和回水温度、压力正常，温度计和压力表与在线监测仪表显示一致。

9.2.4 板式换热器在运行时不应出现泄漏现象。

### 9.3 维护要求

9.3.1 表面式水冷凝汽器宜在停机检修时查看换热管的清洁状态和牺牲阳极的损耗情况，并根据查看结果及时清理水室内沉积物和杂物并更换牺牲阳极。

9.3.2 当表面式水冷凝汽器换热管内结垢较快，水室内沉积物和杂物较多，牺牲阳极损耗较快或长时间未见损耗时，应对其原因进行评估，并找到解决方法。

9.3.3 设置有牺牲阳极的表面式水冷凝汽器，牺牲阳极的更换应按照设备使用说明书或 GB/T 16166 的规定执行。

9.3.4 设置有外加电流阴极保护系统的表面式水冷凝汽器，外加电流阴极保护系统的维护应按照设备使用说明书或 GB/T 17005 的规定执行。

9.3.5 表面式水冷凝汽器宜采用胶球清洗装置保持冷却管的清洁。胶球清洗装置的胶球质量、投球量、清洗时间间隔和清洗持续时间以及收球率等技术指标应符合 DL/T 581 的规定。

9.3.6 当表面式水冷凝汽器出现以下情况时，应进行化学清洗：

- a) 因污垢导致的端差超过运行规定或端差大于 8℃；
- b) 垢厚度大于 0.3mm 或存在严重沉积物下腐蚀。

9.3.7 表面式水冷凝汽器化学清洗的方法和质量要求应符合 DL/T 957 的规定。

9.3.8 板式换热器的压紧螺帽与上下导杆应经常加润滑油脂进行润滑。

9.3.9 板式换热器宜按期用水反向冲洗。

9.3.10 当板式换热器结垢严重而影响换热效果时，应进行拆解清洗。板式换热器的拆解清洗应满足以下要求：

- a) 不应使用金属刷刷洗板片；
- b) 宜采用甲酸类清洗液进行辅助刷洗，其他清洗液不应腐蚀板片；
- c) 拆解清洗过程中应检查板片与密封垫圈的粘合是否完好并应更换损坏密封垫圈；
- d) 损坏板片应及时更换；
- e) 重新压紧板片时应根据上一次压紧的刻度位置，防止压紧过度；
- f) 螺栓应对角压紧，受力均匀；
- g) 清洗的质量应符合 GB/T 25146 的规定。

9.3.11 当换热设备处于长时间停用或备用时，应对其进行防腐蚀维护。防腐蚀维护的方法应符合 DL/T 956 的规定。

## 10 海水排水构筑物及设备

### 10.1 一般要求

10.1.1 海水循环冷却系统的排泥水处理和污泥处置应符合 HY/T 0187.2 的规定。

10.1.2 海水循环冷却系统排放的水质应符合 GB/T 39361 及沿海地方政府排放水质标准的规定。

10.1.3 污泥浓缩后的含固率应满足脱水机械的进机浓度要求，且不应小于 2%。

10.1.4 当采用板框压滤机作为污泥脱水机械时，脱水后的泥饼含固率不应小于 30%，固体回收率不应小于 95%。

10.1.5 当采用离心脱水机作为污泥脱水机械时，脱水后的泥饼含固率不应小于 20%，固体回收率不应小于 90%。

## 10.2 运行要求

10.2.1 排水调节池应定期巡视，观察池内混合液液位及搅拌机、污泥泵等设备运行状况。搅拌机的开启频率和时间应保证池内污泥不板结。

10.2.2 污泥浓缩池的运行应符合下列规定：

- a) 刮泥机宜连续运行，且不应长时间停机和超负荷运行；
- b) 排泥宜采用间歇方式，排泥频率或持续时间应根据排泥浓度控制，并宜控制在 2%~10%；
- c) 设有斜管、斜板的浓缩池，初始进水速度或上升速度应缓慢；
- d) 当浓缩池上清液中的悬浮固体含量超过预定目标值时，应适当增加投药量；
- e) 浓缩池正常停运重新启动前，应保证池底积泥浓度不超过 10%；
- f) 浓缩池长期停用时，应将浓缩池放空。

10.2.3 污泥脱水设备的运行应符合下列规定：

- a) 污泥脱水设备的操作应按照设备供应商提供的操作手册执行；
- b) 当投加药剂对污泥进行调质时，药剂种类和投加量宜由试验或按相同机型、相似排泥水性质的运行经验确定；
- c) 当脱水设备停止运行后，应对溅落到地上和设备上的污泥进行清洗。

10.2.4 脱水机房内应保持通风良好并控制蚊蝇滋生。

## 10.3 维护要求

10.3.1 污泥浓缩池的维护应符合下列要求：

- a) 每日检查进、出水阀门及排泥阀的严密性，防止跑、冒、滴、漏；
- b) 定期为机械运动部件加注润滑油；
- c) 设有斜管、斜板的浓缩池，应每月对斜管、斜板冲洗清通一次；
- d) 浓缩池应每年排空一次；
- e) 浓缩池应每 3 a~5 a 大修一次，更换损坏支撑框架、斜管、斜板等。

10.3.2 污泥脱水设备的维护应符合下列要求：

- a) 按设备制造商提供的维护手册要求对脱水设备、进泥设备、出泥设备以及加药设备进行日常维护；
- b) 定期维护和大修工作宜委托有相关经验的单位进行。

## 11 监测与检测

### 11.1 一般要求

11.1.1 海水循环冷却系统的运行管理应对系统内主要构筑物和设备的运行状态、主要水处理工序的进、出水水质和水量、水处理药剂的产品质量进行监测或检测。

11.1.2 以上各项监测或检测的实施应主要依托系统设计所设置的设施、设备和方法进行，必要时也可添加相关设施及设备或委托具有相关资质的单位进行。

11.1.3 海水循环冷却系统的运行管理应全面掌握监测设备的设置地点、性能参数、监测项目、监测方法以及数据正常范围等。

11.1.4 海水循环冷却系统的运行管理应全面掌握检测项目、检测方法以及数据正常范围等。

11.1.5 当监测或检测数据超出正常范围时，应及时报告并采取纠正措施。

11.1.6 监测和检测数据应进行记录、存档和统计分析，并利用统计结果指导系统的运行管理。

11.1.7 监测设备应根据生产厂商规定的运行维护方法进行科学及时的维护管理。

## 11.2 建（构）筑物监测与检测

11.2.1 海水循环冷却系统建（构）筑物的安全监测项目应符合系统设计的要求，监测方法应符合 JGJ 8 的规定。

11.2.2 海水循环冷却系统建（构）筑物的防水防腐涂层老化检测不宜少于十年一次，其检测项目和检测方法应符合表 4 的要求。

表4 海水循环冷却系统建（构）筑物防水防腐涂层检测项目和检测方法

| 序号 | 检测项目        | 检测方法  | 产品质量标准       |
|----|-------------|-------|--------------|
| 1  | 变色、开裂、起泡、剥落 | 目视比色法 | GB/T 9761    |
| 2  | 附着力         | 拉开法   | GB/T 5210    |
| 3  | 漆膜厚度        | 机械法   | GB/T 13452.2 |

11.2.3 海水循环冷却系统建（构）筑物防水防腐涂层老化检测的评价方法应符合 GB/T 1766 的规定。

11.2.4 当海水循环冷却系统建（构）筑物出现钢筋外露时，应对外露钢筋的锈蚀性状和周围混凝土的电阻率进行检测。检测方法和结果评判应符合 JGJ/T 152 的规定。

11.2.5 海水取水构筑物运行时应监测并记录取水泵房吸水井的液位变化，并根据液位变化控制取水泵启停。

11.2.6 海水取水构筑物运行时应监测陆上输水管道的首、末端流量和压力，并根据流量和压力变化判断管线损坏情况。

11.2.7 海水预处理构筑物运行时宜监测沉淀池絮体粒径特征和沉泥液位，并根据监测结果调整搅拌强度、加药量和排泥频率。

11.2.8 海水冷却塔运行时应监测集水池液位变化，并根据液位调整补充水量。

11.2.9 新建海水冷却塔在投入运行一年内及已有海水冷却塔在大修前、后均应进行热力性能、噪声和飘水率的单项或多项测试，测试方法应符合 HY/T 232 的规定。

## 11.3 设备监测与检测

11.3.1 新安装的离心泵、混流泵、轴流泵在正式使用前宜进行振动和噪声检测。振动和噪声的检测方法应分别符合 GB/T 29531 和 GB/T 29529 的规定。

11.3.2 海水取水泵和循环水泵运行时应监测电机运行状态，出水压力和流量，当出现异常时应及时停泵检修。

11.3.3 当真空泵作为启动设备运行时应监测真空度变化情况以判断是否有漏气点。

11.3.4 加药装置运行时应监测加药泵运行状态、药剂液位、投药流量和投药压力以判断药剂的投加情况。

11.3.5 旋转滤网运行时应监测滤网前、后水位差以判断滤网被杂物的堵塞情况。

11.3.6 当海水循环冷却系统采用表面式水冷凝汽器作为换热器时，凝汽器的运行监测项目宜符合表 5 的要求。

表5 表面式水冷凝汽器运行监测项目

| 序号 | 监测项目    | 测点位置      |
|----|---------|-----------|
| 1  | 冷却水进口温度 | 凝汽器冷却水进水管 |
| 2  | 冷却水出口温度 | 凝汽器冷却水出水管 |

|   |         |           |
|---|---------|-----------|
| 3 | 凝结水温度   | 热井出水管     |
| 4 | 冷却水进口压力 | 凝汽器冷却水进水管 |
| 5 | 冷却水出口压力 | 凝汽器冷却水出水管 |
| 6 | 抽气口压力   | 凝汽器抽气管    |

#### 11.4 水质监测与检测

11.4.1 在陆上输水管渠的末端应监测原海水的浊度、盐度、pH、电导率、溶解氧、余氯和水温等项目。

11.4.2 在海水预处理构筑物出水口处应监测出水的水温、pH、浊度、电导率等项目。

11.4.3 在过水廊道内宜监测循环冷却水的水温、pH、浊度、余氯、电导率等项目。

11.4.4 对海水循环冷却系统排放水质的监测应符合 GB/T 39361 的规定。

11.4.5 在线监测获得的水质数据应及时传递到控制中心进行存储和反馈处理。

11.4.6 在线仪表数据不能实时传递到海水冷却系统的控制中心时，运行管理人员应及时排除仪表故障。

11.4.7 在线仪器设备应有专人定期进行校准及维护。当仪表读书波动较大时，应增加校准次数。

11.4.8 海水循环冷却系统补充水水质和循环冷却水水质的检测项目、检测频率、检测方法和依据标准宜符合表 6 的规定。

表 6 补充水水质和循环冷却水水质的检测项目、检测频率、检测方法和依据标准

| 序号 | 检测项目                          | 检测频率   | 检测方法       | 依据标准         |
|----|-------------------------------|--------|------------|--------------|
| 1  | 异养菌总数                         | 每周 1 次 | 平皿记数法      | GB/T 33584.6 |
| 2  | 总铁                            | 每天 1 次 | 邻菲罗啉分光光度法  | HY/T 191     |
| 3  | 氯化物 (Cl <sup>-</sup> )        | 每天 2 次 | 银量滴定法      | GB/T 33584.3 |
| 4  | 钙离子 (Ca <sup>2+</sup> )       | 每天 1 次 | EDTA 络合滴定法 | GB/T 33584.1 |
| 5  | 镁离子 (Mg <sup>2+</sup> )       | 每天 1 次 | EDTA 络合滴定法 | GB/T 33584.1 |
| 6  | 总硬度 (以 CaCO <sub>3</sub> 计)   | 每天 1 次 | EDTA 络合滴定法 | GB/T 33584.1 |
| 7  | 甲基橙碱度 (以 CaCO <sub>3</sub> 计) | 每天 2 次 | pH 电位滴定法   | HY/T 178     |

11.4.9 海水循环冷却系统补充水水质和循环冷却水水质的检测应分别在海水预处理构筑物出水口和过水廊道中取样。

11.4.10 海水循环冷却系统非常规检测项目、检测频率和检测方法应符合表 7 的规定。

表 7 非常规检测项目、检测频率、检测方法和依据标准

| 序号 | 项目         | 检测频率     | 检测方法          | 依据标准         |
|----|------------|----------|---------------|--------------|
| 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      | 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       | —            |

11.4.11 对海水循环冷却系统排放水质的检测应符合 GB/T 39361 的规定。

11.4.12 下列情况下，应根据需要增加检验频率：

- a) 原海水水质发生异常变化；

- b) 海水循环冷却系统重新启动;
- c) 水处理工艺调整。

11.4.13 补充水水质和循环冷却水水质的检测项目宜由厂内水质检测室独立完成;海水循环冷却系统非常规检测项目宜委托具有相关检测资质的专业机构进行检测。

#### 11.5 水处理药剂产品质量检测

11.5.1 海水循环冷却系统所使用的各种水处理药剂应在收货前索要产品质量检测报告和产品合格证。

11.5.2 每批水处理药剂应在收货前或超期存储后按照相关质量标准进行抽检;未经检验或者检验不合格的,不应投入使用。

11.5.3 水处理药剂的检测项目至少应包括外观和有效成分含量,其他检测项目宜根据环保要求确定。

11.5.4 水处理药剂的检测项目和检测方法应符合相应产品质量标准的规定。

## 参 考 文 献

- [1] GB/T 23248—2020 海水循环冷却水处理设计规范
  - [2] GB 50013—2018 室外给水设计标准
  - [3] GB 50049—2011 小型火力发电厂设计规范
  - [4] GB/T 50050—2017 工业循环冷却水处理设计规范
  - [5] GB/T 50102—2014 工业循环水冷却设计规范
  - [6] GB/T 50265—2010 泵站设计规范
  - [7] GB 50286—2013 堤防工程设计规范
  - [8] GB 50367—2013 混凝土结构加固设计规范
  - [9] GB 50660—2011 大中型火力发电厂设计规范
  - [10] CJJ 40—2011 高浊度水给水设计规范
  - [11] CJJ 58—2009 城镇供水厂运行、维护及安全技术规程
  - [12] DL/T 459—1998 板框式旋转滤网
  - [13] DL/T 932—2019 凝汽器与真空系统运行维护导则
  - [14] DL/T 1257—2013 鼓形旋转滤网
  - [15] DL/T 1968—2019 火力发电厂湿式冷却塔运行维护导则
  - [16] DL/T 5195—2004 水工隧洞设计规范
  - [17] DL/T 5339—2018 火力发电厂水工设计规范
  - [18] HY/T 0187.1—2022 海水循环冷却系统设计规范 第1部分：取水技术要求
  - [19] HY/T 0187.5—2021 海水循环冷却系统设计规范 第5部分：循环水场
  - [20] HY/T 240.3—2018 海水循环冷却系统设计规范 第3部分：海水预处理
  - [21] 李晨生,张庆.冷却塔运行维护与检修[M].北京：中国电力出版社，2014.
-