

中华人民共和国海洋行业标准

HY/T 187.4—××××

海水循环冷却系统设计规范
第4部分：材料选用及防腐设计导则

Code for design of recirculating cooling seawater system—

Part 4: Guideline for material selection and corrosion protection design

(报批稿)

201×-××-××发布

××××-××-××实施

中华人民共和国自然资源部 发布

前 言

HY/T 187《海水循环冷却系统设计规范》分为5个部分：

- 第1部分：取水技术要求；
- 第2部分：排水技术要求；
- 第3部分：海水预处理；
- 第4部分：材料选用及防腐设计导则；
- 第5部分：循环冷却系统。

本部分为HY/T 187的第4部分。

本部分按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本部分由中华人民共和国自然资源部提出。

本部分由全国海洋标准化技术委员会（SAC/TC 283）归口。

本部分起草单位：自然资源部天津海水淡化与综合利用研究所、天津国投津能发电有限公司北疆发电厂、天津渤海化工集团规划设计院。

本部分主要起草人：高丽丽、侯相钰、王印忠、张文帅、崔振东、杨丙洲、王维珍、靳亚鹏。

海水循环冷却系统设计规范

第 4 部分：材料选用及防腐设计导则

1 范围

HY/T 187 的本部分规定了海水循环冷却系统中换热器（凝汽器）、海水冷却塔、管线、循环泵及阀门的选材及防腐技术要求。

本部分适用于海水循环冷却系统工程设计中设备工程材料的合理选择。海水直流冷却系统和其他涉海水系统可参照执行。

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 3625 换热器及冷凝器用钛及钛合金管
 GB/T 8890 热交换器用铜合金无缝管
 GB/T 10123 金属和合金的腐蚀 基本术语和定义
 GB/T 21448-2008 埋地钢质管道阴极保护技术规范
 GB/T 23248-2009 海水循环冷却水处理设计规范
 DL/T 5394-2007 电力工程地下金属构筑物防腐技术导则
 HY/T 203.1-2016 海水利用术语 第 1 部分：海水冷却技术
 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

海水循环冷却系统 recirculating cooling seawater system

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

[GB/T 23248-2009，定义 3.1]

3.2

腐蚀速率 corrosion rate

以金属腐蚀失重而算得的平均腐蚀深度，单位为 mm/a。

[HY/T 203.1-2016，定义 3.8]

3.3

电偶腐蚀 galvanic corrosion

由于腐蚀电池的作用而产生的腐蚀。

注：该术语限于双金属腐蚀电池的作用即双金属腐蚀。

[GB/T 10123-2001, 定义 3.12]

3.4

电化学保护 electrochemical protection

通过腐蚀电位的电化学控制实现的腐蚀保护。

[GB/T 10123-2001, 定义 6.4.1]

3.5

牺牲阳极 sacrificial anode

与被保护体耦接而形成的电化学电池,并在其中呈低电位的阳极,通过阳极溶解释放负电流以对被保护体阴极保护的金属组元。

[DL/T 5394-2007, 定义 3.0.8]

3.6

析氢腐蚀 hydrogen evolution corrosion

在酸性较强的溶液中,金属发生电化学反应时放出氢气的腐蚀。

3.7

氢脆 hydrogen embrittlement

因吸氢,导致金属韧性或延性降低的损伤过程。

注:氢脆常伴随氢的生成。

[GB/T 10123-2001, 定义 3.38]

3.8

海水冷却塔 seawater cooling tower

用于海水循环冷却过程的一种构筑物。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。

[GB/T 23248-2009, 定义3.4]

3.9

普通硅酸盐水泥 normal silicate cement

由硅酸盐水泥熟料、5%-20%的混合材料及适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料。

3.10

中热硅酸盐水泥 medium-heat silicate cement

由适当成分的硅酸盐水泥熟料加入适量石膏,经磨细制成的具有中等水化热的水硬性胶凝材料。

3.11

海水冷却塔配水系统 seawater cooling tower distribution system

海水冷却塔中由水槽、水管和溅水喷头等组成的水分配系统。

[HY/T 203.1-2016, 定义6.7]

3.12

收水器 drift eliminator

设置在海水冷却塔内,用来拦截和收集出塔气流中所夹带飘滴的装置。

[HY/T 203.1-2016, 定义6.10]

4 设计原则

4.1 设备选材时应综合耐蚀性、使用年限、制造工艺、价格、维护费用等进行全面的技术经济比较确定。

4.2 选材时应综合考虑循环冷却系统中海水及浓海水的含盐量、溶解氧、温度、pH值、流速、水处理药剂及海洋污损生物等因素。同时，还应考虑施工过程中对材料腐蚀的影响。

5 换热器（凝汽器）的选材及防腐技术要求

5.1 换热器（凝汽器）选材原则

5.1.1 换热器（凝汽器）管

换热器（凝汽器）管的选材应遵循以下原则：

- a) 所选用的换热管，不应出现管材的严重腐蚀和泄漏，使用寿命不应低于 20 年；
- b) 对新型管材，应通过专门的试验和技术经济比较后选定；
- c) 对于已有换热器（凝汽器）且长期使用的工厂，宜参考该厂管材的耐蚀情况，并结合本导则要求选择管材。

5.1.2 换热器（凝汽器）管板

换热器（凝汽器）管板的选材应遵循以下原则：

- a) 应易与换热管胀接或焊接；
- b) 应避免与换热管发生电偶腐蚀；
- c) 应确保换热器（凝汽器）整体的严密性。

5.2 换热器（凝汽器）选材及防腐技术要求

5.2.1 换热器（凝汽器）管

换热器（凝汽器）管的选材要求如下：

- a) 换热器（凝汽器）管宜选用的材料：电力行业宜选用钛材、锡青铜、白铜、黄铜、铝黄铜；化工行业宜选用钛材、双相不锈钢；
- b) 铜合金管质量应符合GB/T 8890的规定，钛管的质量应符合GB/T 3625的规定；
- c) 铜合金换热管应采用的防腐措施：缓蚀剂处理技术、硫酸亚铁离子成膜及牺牲阳极保护法；
- d) 经过合理的防腐处理后，换热管的腐蚀速率应达到 GB/T 23248 的要求，铜合金小于 0.005 mm/a；
- e) 钛合金管宜选用工业纯钛无缝管和焊接管。

5.2.2 换热器（凝汽器）管板

换热器（凝汽器）管板的选材要求如下：

- a) 宜选用钛板、不锈钢复合管板、不锈钢管板或与换热器管材相同或电位差较接近的材质作管板；
- b) 使用薄壁不锈钢管时，管板宜使用不锈钢管板或复合不锈钢管板，管与管板宜采用“胀接+焊接”方式连接；
- c) 使用薄壁钛管时，管板宜使用钛板或复合钛板，管与管板宜采用“胀接+焊接”方式连接；
- d) 对于胀接的换热器（凝汽器），为防止胀口的渗漏，宜采用有效的换热器（凝汽器）防腐、防渗漏涂料，本标准中的涂层应按照 JTJ 275 的要求执行。

5.2.3 换热器（凝汽器）水室

换热器（凝汽器）水室的选材要求如下：

- a) 水室的材料宜选用钛材、钛-钢复合板、铜复合板、碳钢；
- b) 钢质水室应在钢板外刷重防腐涂料，可采用“金属涂层+重防腐涂料+牺牲阳极”的保护方法；也可采用以环氧玻璃钢为底衬，利用铜衣漆作为防污、防腐的处理方法。

6 海水冷却塔的选材及防腐技术要求

6.1 海水冷却塔选材原则

6.1.1 选材应根据材料的服役环境和设计需要而定，所用材料能够抵抗浓海水的侵蚀，材料与材料之间不能产生互相腐蚀影响。

6.1.2 所选用的材料，不应出现严重腐蚀和塔体破损，中小型塔主体结构寿命应在 10~15 年，大型塔主体结构寿命应在 30 年以上。

6.2 海水冷却塔选材及防腐技术要求

6.2.1 海水冷却塔主体结构选材要求

海水冷却塔主体结构的选材要求如下：

a) 海水冷却塔的框架支撑结构、集水池、自然通风塔的塔筒等部位，宜采用钢筋混凝土材料建造；

b) 钢筋混凝土材料宜采用“普通硅酸盐水泥/中热硅酸盐水泥+掺和料+外加剂”的高性能混凝土配方，不应采用矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥；

c) 高性能混凝土应符合 JTJ 275 的要求；

d) 粗骨料宜选用质地坚硬、极配良好、空隙率小的碎石，其岩石抗压强度宜大于 100MPa，不宜采用石灰岩；

e) 细骨料宜选用级配良好，细度模数在 2.6~3.2 的中粗砂；

f) 混凝土中应加入钢筋阻锈剂；

g) 混凝土中的钢筋常用钢种有 20MnSi、20MnV、25MnSi、BS20MnSi，海水冷却塔基础钢混结构宜选用镀锌钢筋或带有聚酯涂层的钢筋；

h) 机力通风冷却塔风筒、挡板部分宜采用聚酯玻璃钢；

i) 小型自然通风冷却塔可采用玻璃钢与钢结构的混合结构。

6.2.2 海水冷却塔防腐涂层选择要求

海水冷却塔采用防腐涂层要求如下：

a) 宜采用的防腐涂料包括：聚氨酯、有机硅、改性环氧、厚浆环氧、玻璃鳞片、聚苯硫醚树脂、环氧煤沥青、氯乙烯-偏氯乙烯共聚物、聚脲等；

b) 宜使用对混凝土抗渗透性好的涂料，可充分封闭混凝土的孔隙；

c) 宜使用耐海水腐蚀的油溶性涂料；

d) 涂层应可抵抗海洋中的藻类、附着性贝类等生物的附着侵蚀；

e) 涂层应耐受海水阻垢剂、杀菌剂、无机酸等的侵蚀。

6.2.3 塔芯材料选材要求

塔芯材料的选择要求如下：

a) 海水冷却塔填料、收水器、配水系统末端管路等部件，宜选用聚乙烯、聚氯乙烯、聚丙烯、玻璃钢等高分子材料；

b) 根据进塔水温选择阻燃、耐高温性能不同的填料：小于 45℃时，宜选择聚氯乙烯；在 45℃~55℃时，宜选择改性聚氯乙烯；在 55℃~60℃时，宜选择玻璃钢。

6.2.4 其他构件选材要求

其他构件的选择要求如下：

a) 塔内的走道、栏杆、梯子等宜选用不锈钢和玻璃钢材质的材料；

b) 海水冷却塔应避免使用裸露的金属构件，尤其是受力构件的连接；必须使用裸露金属构件时，塔内部管子吊架、支架、膨胀螺栓等可选用蒙乃尔合金，塔内的管子法兰和阀门，可用含镍铸铁或不锈钢；

- c) 通道门和扶手栏杆宜选用不锈钢或双层加厚的镀锌钢板;
- d) 海水冷却塔内的金属构件宜选用油溶性涂料涂装;
- e) 风机叶片宜选用密度小、强度高的乙烯基酯树脂、无碱无捻玻璃纤维布或中碱玻璃纤维布。

7 管线的选材及防腐技术要求

7.1 管线选材原则

- 7.1.1 所选用的管线, 不应出现管材的严重腐蚀和泄漏, 使用寿命应不低于 10 年。
- 7.1.2 海水循环冷却系统海水管线可选用材料: 碳钢、预应力钢筋混凝土、预应力钢筒混凝土、玻璃钢、部分非金属工程材料。

7.2 管线选材及防腐技术要求

- 7.2.1 碳钢管可选用 Q235 碳钢、10CrMoAl 等低合金钢。
- 7.2.2 钢质海水管线宜采取的防护措施: 缓蚀剂处理技术、涂层防腐、电化学保护、衬里处理技术、联合保护技术。
- 7.2.3 防腐涂层宜选用环氧富锌、厚浆型环氧煤沥青、环氧砂浆, 环氧砂浆涂料用于管内防腐涂层, 厚浆型环氧煤沥青用于管外涂层。
- 7.2.4 电化学保护可选用外加电流阴极保护技术和牺牲阳极的阴极保护技术, 牺牲阳极的材料宜选用铝合金和锌合金。
- 7.2.5 联合应用保护技术宜选用缓蚀剂和阴极保护、涂层和阴极保护。阴极保护应按照 GB/T 21448 的要求执行。
- 7.2.6 输送海水的管道及内径大于 400mm 的大口径循环水压力管道宜采用预应力钢筋混凝土管或预应力钢筒混凝土管。
- 7.2.7 预应力钢筋混凝土管及预应力钢筒混凝土管表面应涂装涂层, 使用涂料可按照 6.2.2。
- 7.2.8 玻璃钢管可用作海水管线, 不需作防腐处理。
- 7.2.9 旁滤系统、加药系统等支管线可根据服役环境、工作压力等因素选用聚氯乙烯(PVC)、UPVC、ABS、聚丙烯(PP) 等非金属工程塑料。

8 循环泵的选材及防腐技术要求

8.1 循环泵选材原则

- 8.1.1 所选用的循环泵, 不应出现严重腐蚀和泄漏。
- 8.1.2 循环泵材料选用应优先考虑耐海水冲刷腐蚀。

8.2 循环泵选材及防腐技术要求

- 8.2.1 循环泵泵体宜选择材料: 铸铁、铜合金(锡青铜、硅黄铜)。
- 8.2.2 循环泵叶轮和泵轴宜选择材料: 铜合金(锡青铜、硅黄铜)、不锈钢。
- 8.2.3 循环泵轴套、压盖、密封环等零件宜选用锡青铜、锰黄铜和锡青铜。
- 8.2.4 高锌黄铜与硅黄铜、铝黄铜不应配用; 硅黄铜与锡青铜不应配用; 制作壳体等较大零件时不应用碳钢制作配用的小零件。
- 8.2.5 循环泵宜采用阴极保护、与涂层联合保护。

9 阀门的选材及防腐技术要求

9.1 阀门选材原则

关键部位的阀门使用寿命不应小于 5 年（开关频率不高）；次关键部位的阀门使用寿命不应小于 2 年；一般部分的阀门使用寿命不应小于 1 年。

9.2 阀门选材及防腐技术要求

9.2.1 阀门的阀体和阀板(盘) 宜选用铸铁、碳钢，阀杆(轴)宜选用不锈钢。

9.2.2 铸铁及碳钢阀门宜采用衬里（衬胶、衬塑、衬氟）。

参 考 文 献

- [1] GB/T 17616-2013 钢铁及合金牌号统一数字代号体系
 - [2] GB/T 19685-2017 预应力钢筒混凝土管
 - [3] GB/T 20878-2007 不锈钢和耐热钢 牌号及化学成分
 - [4] GB/T 3620.1-2016 钛及钛合金牌号和化学成分
 - [5] GB/T 50050-2017 工业循环冷却水处理设计规范
 - [6] GB 50660-2011 大中型火力发电厂设计规范
 - [7] GB/T 5231-2012 加工铜及铜合金牌号和化学成分
 - [8] GB 5696-2006 预应力混凝土管
 - [9] DL/T5339-2006 火力发电厂水工设计规范
 - [10] DL/T 712-2010 发电厂凝汽器及辅机冷却器管选材导则
 - [11] DL/T 715-2015 火力发电厂金属材料选用导则
-