

T/CAOE

中国海洋工程咨询协会团体标准

T/CAOE 70—2023

温排水节约集约用海标准

The standard of conservation of sea use for thermal drainage

(发布稿)

2023 - 12 - 18 发布

2023 - 12 - 18 实施

目 次

前 言	II
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	3
4 基本要求	3
5 范围界定	3
5.1 计算方法	3
5.2 结果统计	4
6 温排水节约集约用海评价	4
附 录 A （资料性） 温排水三维数值模型推荐方案	5
A.1 控制方程	5
A.2 推荐模型	5
A.3 推荐配置	5
附 录 B （资料性） 滨海核电站温排水用海范围计算成果示例	7

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。

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。

本文件由自然资源部海洋咨询中心提出。

本文件由中国海洋工程咨询协会归口。

本文件起草单位：自然资源部海洋咨询中心、自然资源部海域海岛管理司、中国海洋大学、中国核能电力股份有限公司、中广核工程有限公司。

本文件主要起草人：吴頔、李涛、张绍丽、张宇、杨亮、刘志军、孙岳、石欣、吴建政、贾朋、许波涛。

本文件为首次发布。

温排水节约集约用海标准

1 范围

本文件规定了温排水用海基本要求、范围界定和温排水节约集约用海评价的要求。

本文件适用于滨海核电厂、滨海火电厂温排水用海，其他工业冷却水排放设施项目的温排水用海范围界定可参照执行。

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 19485	海洋工程环境影响评价技术导则
GB/T 39361	海水冷却水排放要求
GB/T 50102	工业循环水冷却设计规范
HJ 1037-2019	核动力厂取排水环境影响评价指南（试行）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

温排水 thermal drainage

用于输送废热的冷却水和工业过程用水，其水温高于排放区自然水体的温度。

注：来源于HJ 1037-2019定义3.9。

3.2

温排水用海范围 sea range for thermal drainage

由温排水引起的海水温升超过该海域自然水温4°C的平面范围。

注：本文件的温排水用海范围不同于宗海图绘制中的温排水用海范围。

3.3

温排水节约集约用海评价 Evaluation of conservation of sea use for thermal drainage

评价某项目温排水用海体现节约集约用海的程度。

4 基本要求

4.1 温排水用海应坚持节约集约原则，促进海域资源合理开发和可持续利用，保护海洋生态环境。

4.2 温排水用海界定应坚持科学、客观的原则。

4.3 温排水的排放口设置应综合考虑地理条件、水动力及资源生态等因素，宜采取离岸深排方式，排水口应离岸设置，不宜贴近潮间带，尽可能减少温排水用海范围，禁止漫滩排放。

4.4 排水口选址应尽量避免对温度变化敏感海域，包括生态保护红线所在区域，红树林、珊瑚礁、海草床等重要生态系统所在海域。

4.5 排水口的温升限值应符合 GB/T 39361 规定。

4.6 核算扩建项目温排水用海面积时，应结合该厂址已建项目取排水口的情况，对已建项目和扩建项目温排水进行整体论证和优化。

5 范围界定

5.1 计算方法

计算温排水用海的影响范围应基于温排水三维数值模型方法，并满足以下要求：

- a) 温排水三维数值模型应进行潮位、海流（流速、流向）验证，具体的验证精度要求应满足 GB/T 19485 的要求。
- b) 在工程区域附近存在已运营项目的温排水用海时，原则上应收集该项目排水口周边的水温现场或遥感（包括航测）观测数据，并通过背景温度提取得到温升数据。温排水三维数值模型原则上应利用温升数据进行参数率定和模型验证，参数包括扩散系数、涡粘系数。
- c) 在工程区域附近无已运营项目的温排水用海时，或因客观条件无法取得可用作率定的温升数据的，可参考附录 A。
- d) 温排水三维数值模型应考虑项目取水以及周边已确权温、冷排水用海项目取、排水带来的叠加影响。
- e) 在计算表面综合散热系数时，应采用水面以上 1.5m 处的气温、水汽压和风速。

注：气象站观测到气温和风速一般为10m高度处的气温和风速，采用气象站气温观测值时，应分别转化为水面以上 1.5m处气温和风速，或进行水面以上1.5m处气温和风速观测。

5.2 结果统计

根据温排水三维数值模型的模拟结果，确定温排水用海范围，作为温排水节约集约用海指标确定的依据，具体要求如下：

- a) 根据温排水三维数值模型模拟结果，按照各层各时刻最大温升超过 4°C 的包络范围界定温排水用海范围。
- b) 界定温排水用海范围时，应在模型稳定运行后，采用冬、夏两季半月潮（连续排放 15 天）的影响范围包络。
- c) 统计温排水影响范围时，应包括温排水用海范围内的透水构筑物、取、排水口等用海的面积。
- d) 温排水三维数值模型的计算结果应包括温排水用海范围的平面位置图件和面积、界址坐标等统计数据的表格，格式可参照附录 B。

6 温排水节约集约用海评价

涉及温排水的项目用海进行海域使用论证时，应核算单位装机容量温排水用海面积，并依据表1确定的节约集约用海评价等级，开展温排水节约集约用海评价。

表 1 温排水节约集约用海指标与等级

序号	单厂址规划装机容量(MW)	评价指标 (hm ² /100MW)	评价等级
1	≤2000	≤3.5	高
2		(3.5,4.0]	较高
3		(4.0,5.0]	中
4		>5.0	低
5	(2000, 4000]	≤3.5	高
6		(3.5,4.0]	较高
7		(4.0,5.0]	中
8		>5.0	低
9	(4000, 6000]	≤4.0	高
10		(4.0,4.5]	较高
11		(4.5,5.5]	中
12		>5.5	低
13	>6000	≤4.0	高
14		(4.0,5.0]	较高
15		(5.0,6.0]	中
16		>6.0	低

附录 A
(资料性)
温排水三维数值模型推荐方案

A.1 控制方程

控制方程采用三维浅水方程：

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = S \cdots \cdots \cdots (A.1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial vu}{\partial y} + \frac{\partial wu}{\partial z} = fv - g \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{g}{\rho_0} \int_z^{\eta} \frac{\partial \rho}{\partial x} dz - \frac{1}{\rho_0 h} \left(\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial y} \right) + F_u + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_t \frac{\partial u}{\partial z} \right) + u_s S \cdots \cdots \cdots (A.2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial v^2}{\partial y} + \frac{\partial uv}{\partial x} + \frac{\partial wv}{\partial z} = -fu - g \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{g}{\rho_0} \int_z^{\eta} \frac{\partial \rho}{\partial y} dz - \frac{1}{\rho_0 h} \left(\frac{\partial S_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yy}}{\partial y} \right) + F_v + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_t \frac{\partial v}{\partial z} \right) + v_s S \cdots \cdots \cdots (A.3)$$

其中：

$$F_u = \frac{\partial}{\partial x} \left(2A \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(A \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right) \cdots \cdots \cdots (A.4)$$

$$F_v = \frac{\partial}{\partial x} \left(A \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(2A \frac{\partial v}{\partial y} \right) \cdots \cdots \cdots (A.5)$$

式中：

x 、 y 、 z 为笛卡尔坐标， u 、 v 、 w 为 x 、 y 、 z 三个方向上的流速分量， S 为点源产生的源项。

t 为时间； η 为水面高程； d 为静水深； $h = d + \eta$ 为总水深； $f = 2\Omega \sin \phi$ 为柯氏力参数， Ω 为旋转角速度， ϕ 为地理纬度； g 为重力加速度， ρ 为海水密度； ρ_0 为参考海水密度； p_a 为大气压强； (u_s, v_s) 为排（取）水的流速； v_t 为垂向涡粘系数； A 为水平涡粘系数，可采用Smagorinsky公式，即：

$$A = c_s^2 l^2 \sqrt{2S_{ij}S_{ij}} \cdots \cdots \cdots (A.6)$$

式中：

c_s 为常数， l 为特征长度，形变率 $S_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)$ ($i, j = 1, 2$)。

传导方程：

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \frac{\partial uT}{\partial x} + \frac{\partial vT}{\partial y} + \frac{\partial wT}{\partial z} = F_T + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_v \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \hat{H} + T_s S \cdots \cdots \cdots (A.7)$$

$$F_T = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_h \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_h \frac{\partial T}{\partial y} \right) \cdots \cdots \cdots (A.8)$$

式中：

T 、 s 为温度和盐度， D_v 为垂直紊动扩散系数， T_s 为温度产生的源项， F_T 为水平扩散项， D_h 为水平扩散系数， \hat{H} 为与大气热交换产生的源项，包括蒸发散热、对流散热、短波辐射和长波辐射散热，经验公式为 $\hat{H} = \frac{k_s \Delta T}{\rho_0 c_p}$ ，其中 k_s 为水面综合散热系数， ΔT 为水温 and 气温差， C_p 为水的比热容。

A.2 推荐模型

采用的温排水三维数值模型应具有以下条件：

- a) 宜采用三角形网格划分计算域，推荐采用控制体积法的数值方法。
- b) 应采用广泛应用的主流软件，并提供具有行业软件适用性检验证明。
- c) 能够实现第三方重复试验。

A.3 推荐配置

A.3.1 取（排）水源强应按照设计取（排）水量和位置设置；取排水明渠按照实际水深地形设置取（排）水口；取（排）水有多个取（排）水口时，对小于30m间距的多个排水口可合并为1个取（排）水口，且这个取（排）水口设在多个取（排）水口连线的中间位置。

A.3.2 模型主要参数取值参照表A.1设置。

表 A.1 温排水三维数值模型主要参数推荐表

序号	项目	推荐值
1	网格步长	距排水口500m范围内网格步长 $\leq 30\text{m}$; 距排水口5km范围内网格步长 $\leq 300\text{m}$ 。
2	分层	不少于3层,水深较大时不少于6层
3	计算时长	模型稳定运行后继续运行15天以上,一般不少于30天,连续15天潮型应包含典型大、中、小潮过程。
4	表面综合散热系数 k_s	根据GB/T 50102确定,我国沿海一般取值在25-55 W/m ² /°C之间
5	水平涡粘系数 A	采用Smagorinsky公式, c_s 取0.28。
6	水平扩散系数 D_h	$D_h = A$
<p>注 1: 对于扩建电厂,在温排水现场调查的基础上,可对参数进行适当的调整。</p> <p>注 2: 在潮汐作用较弱海区,应分析主要水动力因子,合理选取典型海流过程。</p>		

A.3.3 温排水三维数值模型模拟时可采用两种启动方式,热启动方式或者水动力稳定后再输入源强。

A.3.4 模型计算范围不小于一个潮周期内水质点可能达到的最大水平距离的两倍。

附录 B (资料性)

滨海核电厂温排水用海范围计算成果示例

表B.1示意了某核电厂温排水三维数值模型模拟所得的垂向最大温升面积统计表，图B.1示意了夏季半月潮条件下垂向最大全潮最大温升范围，图B.2示意了冬季半月潮条件下垂向最大全潮最大温升范围。

表 B.1 某核电厂垂向最大温升面积统计表 (hm²)

	≥4℃	≥2℃	≥1℃
冬季半月潮	1.16	6.81	34.48
夏季半月潮	0.67	4.12	24.41
叠加	1.18	6.91	36.55

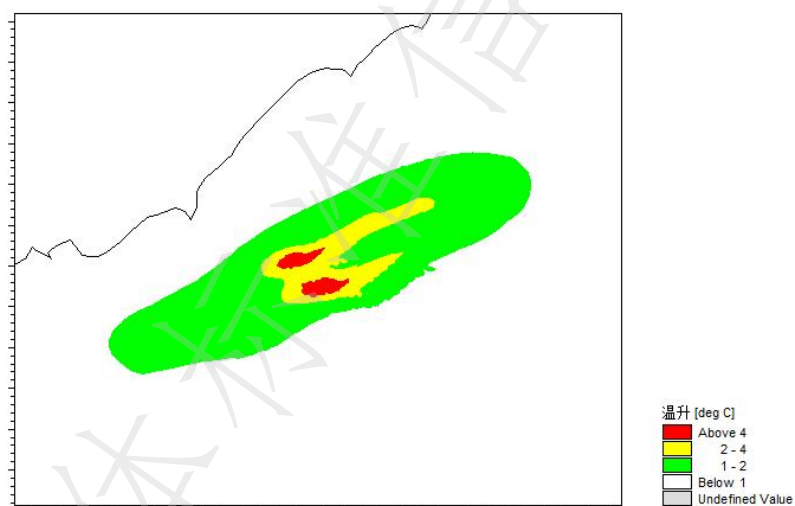


图 B.1 夏季半月潮垂向最大全潮最大温升范围

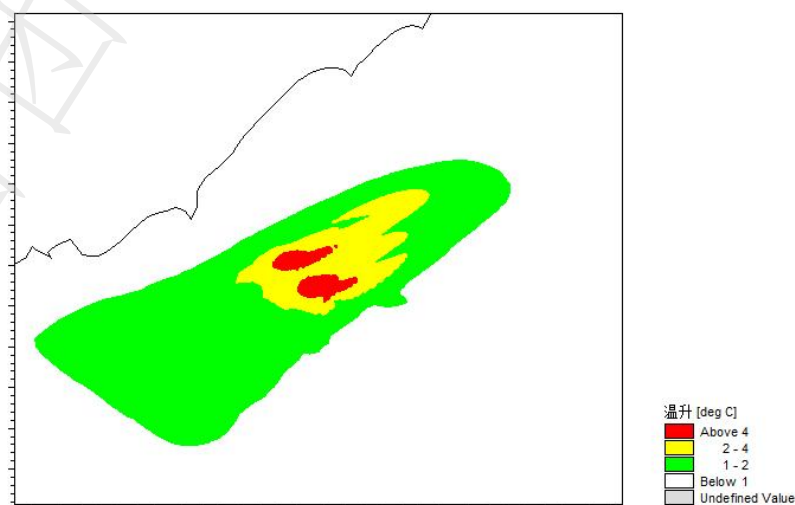


图 B.2 冬季半月潮垂向最大全潮最大温升范围