

ICS

CCS 点击此处添加 CCS 号

# 团 体 标 准

T/CSES XXXX—XXXX

## 近岸海域富营养化评价技术规范

Technical specification for offshore eutrophication evaluation

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。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国环境科学学会 发布



## 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 评价区域划分 .....	3
5 评价流程 .....	4
6 近海富营养化评价 .....	5
附录 A（资料性）三级分区示例 .....	9

## 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。

本文件由中国环境科学研究院提出。

本文件由中国环境科学学会归口。

本文件起草单位：中国环境科学研究院、浙江省生态环境科学设计研究院和上海市环境科学研究院。

本文件主要起草人：安立会、姚力芬、杨占红、雷坤、谭映宇、王彪

# 近岸海域富营养化评价技术规范

## 范围

本标准规定了近岸海域富营养化分区、富营养化状况的评价指标和评价方法。  
本标准适用于河口、海湾及近岸开阔水域等近岸海域的富营养化状况评价。

## 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 3097	海水水质标准
GB 17378（所有部分）	海洋监测规范
GB 18421	海洋生物质量
HJ 442（所有部分）	近岸海域环境监测技术规范

## 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 近岸海域 offshore area or near-shore area

与大陆、岛屿、群岛等海岸相毗连，《中华人民共和国领海及毗连区法》规定的领海外部界限向陆一侧的海域，渤海近岸海域为沿岸低潮线向海12海里以内的海域。

[来源：HJ 442.1—2020，3.1]

### 富营养化 eutrophication

指海水中氮、磷含量超过正常水平，导致某些海洋生物生长、繁殖异常，进而引起海洋生态系统结构和功能异常的现象。

## 4 评价区域划分

### 4.1 分区原则

近岸海域富营养化分区主要遵循如下原则：

- 相对一致性原则：在划分区域单元时，必须注意内部特征的一致性；
- 区域共轭性原则：依据空间自相关和共轭性原理，所划分的区域单元必须是完整的个体，不能存在彼此分离的部分，同时要适用于行政管理；
- 综合性与主导因素原则：要关注海域的综合特征，并重点考虑主导性的因素。

### 4.2 分区指标

一级分区指标为地理轮廓，根据地理位置及现有海区划分；二级分区指标为地形地貌、纬度带和水温，主要体现地带尺度的地形地貌、水热条件对海洋生态系统的影响；三级分区指标为水温、盐度、无机氮、活性磷酸盐和叶绿素，主要体现水环境物理、营养盐因素对海洋生态系统的影响。

#### 4.3 分区方法

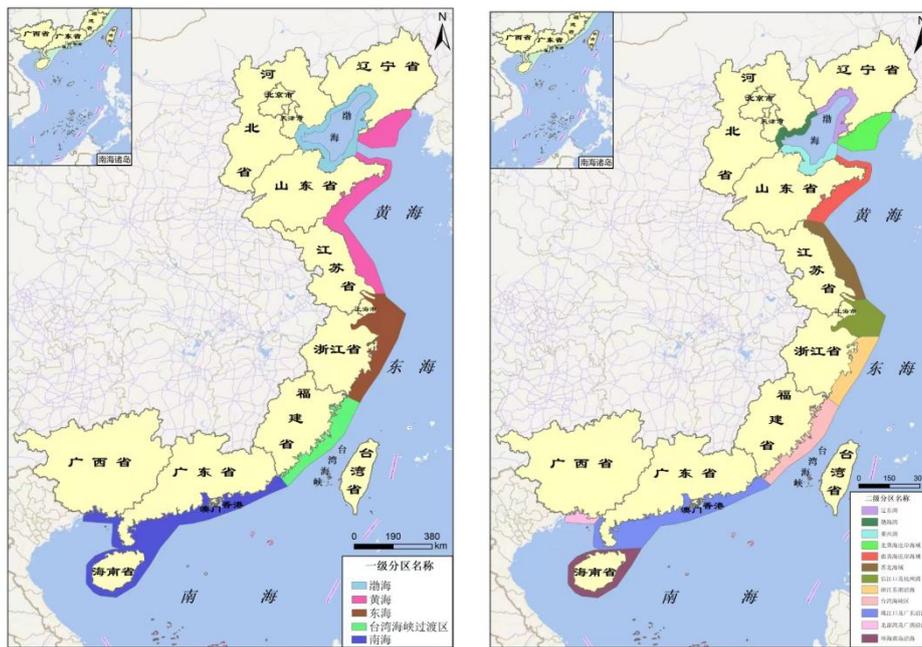
采用自上而下，空间聚类算法和多变量空间数据叠加等技术方法。

#### 4.4 分区结果

将全国近岸海域进行一、二、三级分区，一级分区划分为黄海、渤海、东海、台湾海峡区、南海共5个区域；二级分区是在一级分区的基础上，按照行政区划等指标进一步分区，详见表1；三级分区从沿海向外海划分为3个区，分别为淡水区、高营养盐混合区和低营养盐海水区。长江口及浙江沿海地区三级分区可参考附录A。

表1 一、二级分区结果表

一级分区	对应二级分区
黄海	北黄海近岸海域、南黄海近岸海域
渤海	辽东湾、渤海湾、莱州湾
东海	苏北海域、长江口及杭州湾、浙江东南沿海
台湾海峡区	台湾海峡区
南海	珠江口及广东沿海、北部湾及广西沿海、环海南岛沿海



a.一级分区结果

b.二级分区结果

图1 全国近岸海域一、二级分区结果图

#### 5 评价流程

评价流程如图2所示。按水温、盐度、无机氮、活性磷酸盐和叶绿素等进行三级生态分区，开展各分区压力指标、初级状态指标、次级状态指标、响应指标等的评价。综合各分区内评价结果，获得整个评价区域的指标得分，得到富营养化综合等级。

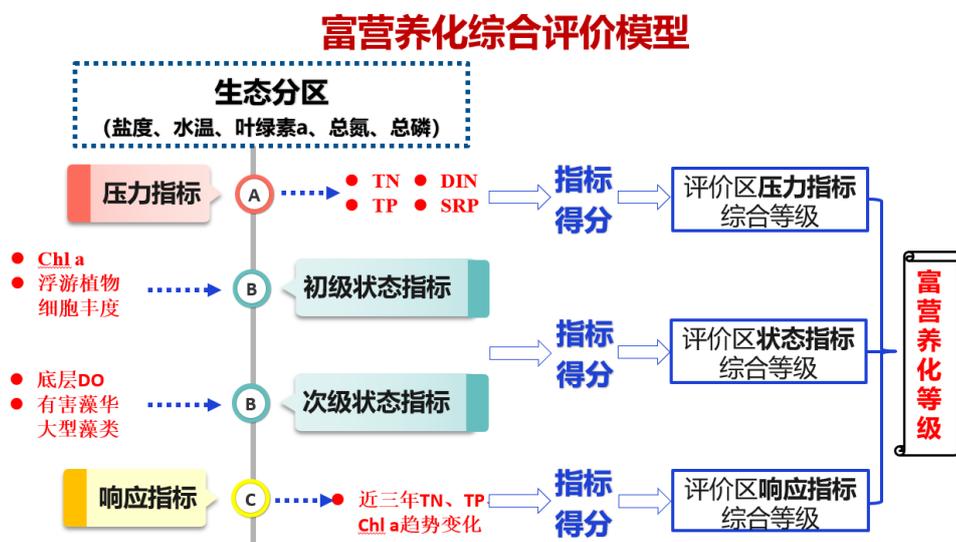


图2 近岸海域富营养化评价流程

## 6 近海富营养化评价

### 6.1 评价指标及阈值

为了全面反映海水富营养化状况，评价指标分为三类：压力指标（P）、状态指标（S）和响应指标（R）（表2）。压力指标选取总氮（TN）、总磷（TP）、无机氮（DIN）和活性磷酸盐（SRP），用于反映水体营养盐加富作用的水平。状态是指河口、海湾等生态系统在陆源氮、磷等营养物质输入后，因其敏感程度不同，所表现出的生态系统状态的异常改变，反映了水体对营养盐加富产生的富营养化效应。状态指标分为初级状态指标和次级状态指标，初级生态响应指标包括叶绿素a和浮游植物细胞总丰度，次级生态响应指标包括溶解氧（DO），大型藻类和有害藻华事件。响应指标指社会和个人如何行动来减轻、阻止、恢复和预防人类活动对环境的负面影响，以及对已经发生的不利于人类生存发展的生态环境变化进行补救的措施。响应指标选取为近三年营养盐和叶绿素a的趋势变化。

表2 富营养化评价指标体系及阈值范围

类别	评价指标	评价标准及赋分				
		1分	2分	3分	4分	5分
压力指标	总氮(mg/L)	≤0.4	>0.4 且 ≤0.6	>0.6 且 ≤0.8	>0.8 且 ≤1.0	>1.0
	总磷(mg/L)	≤0.03	>0.03 且 ≤0.06	>0.06 且 ≤0.08	>0.08 且 ≤0.1	>0.1
	无机氮(mg/L)	≤0.2	>0.2 且 ≤0.3	>0.3 且 ≤0.4	>0.4 且 ≤0.5	>0.5
	活性磷酸盐(mg/L)	≤0.015	>0.015 且 ≤0.03	>0.03 且 ≤0.04	>0.04 且 ≤0.05	>0.05
状态	叶绿素 a(μg/L)	≤1	>1 且 ≤3	>3 且 ≤5	>5 且 ≤10	>10
	浮游植物细胞丰度 (cells/L)	≤103	>103 且 ≤104	>104 且 ≤106	>106 且 ≤108	>108
	溶解氧(mg/L)	>5	>4 且 ≤5	>3 且 ≤4	>2 且 ≤3	≤2
	赤潮与大型藻事件	—				
响应	营养盐年增长率(%)	≤-40	>-40 且 ≤-10	>-10 且 ≤10	>10 且 ≤40	>40
	叶绿素 a 的年增长率 (%)	≤-40	>-40 且 ≤-10	>-10 且 ≤10	>10 且 ≤40	>40

注：本表中的阈值为初步值，后续还需补充完善。

表3 有害藻华和大型藻类事件得分对应表

次级响应	暴发	赤潮发生面积空间覆盖度 (%)	持续时间	发生频率	等级
有害藻华和大型藻类事件	观测到	>50 且 ≤100	数周至月	持续、周期	5
		>0 且 ≤50	数周至月	持续、周期	4
		>50 且 ≤100	数周至月	偶尔	4
		>0 且 ≤50	数周至月	偶尔	3
		>50 且 ≤100	数天至周	持续、周期	4
		>0 且 ≤50	数天至周	持续、周期	3
		>50 且 ≤100	数天至周	偶尔	3
		>0 且 ≤50	数天至周	偶尔	2
		>50 且 ≤100	一天	持续、周期	3
		>0 且 ≤50	一天	持续、周期	2
		>50 且 ≤100	一天	偶尔	2
		>0 且 ≤50	一天	偶尔	2
		未知	未知	任何	3
	未观测到	—	—	—	1
未知	未知	未知	未知	不计	

注：本表中的阈值为初步值，后续还需补充完善。

面积空间覆盖度计算方法：依照大型藻类暴发和赤潮事件的发生面积，计算其在评价区域的空间覆盖度(选取评价周期内发生面积最大的一次计算)，选取评价周期内持续时间最长的一次计算持续时间。

发生频率的判断方法：如果在评价周期内持续不断，则为持续性；某个时段或某个季节有规律地暴发，则为周期性；评价周期内偶尔暴发少次，则为偶尔发生。

## 6.2 评价指标权重

根据近岸海域富营养化评价指标建立层次分析模型，得到指标权重（表4）。

表4 近岸海域富营养化评价指标组合权重值

目标层	准则层	方案层	权重值
近岸海域富营养化评价指标体系	压力指标	压力指标	0.2970
	状态指标	初级状态指标	0.2698
		次级状态指标	0.2698
	响应指标	响应指标	0.1634

## 6.3 评价浓度

各评价指标的评价值选取原则如下：压力指标中的总氮、总磷、无机氮和活性磷酸盐选择评价区域内评价时间段内累积百分数90%所对应的浓度作为评价值。初级状态指标叶绿素a和浮游植物细胞丰度选择评价区域内评价时间段内累积百分数90%所对应的浓度作为评价值，次级响应指标底层溶解氧选择评价区域内评价时间段内累积百分数10%所对应的浓度作为评价值，大型藻类和有害藻华选择评价区域内评价时间段内其发生频率、持续时间等来评价。响应指标中的营养盐和叶绿素a的变化趋势选取评价年份近三年的年际变化趋势作为评价值。

## 6.4 富营养化评价流程

### 6.4.1 压力指标评价

#### 6.4.1.1 单个指标评价

总氮、无机氮、总磷和活性磷酸盐的得分，根据其单个指标的评价浓度，对应表5-1得到对应单个指标的得分。此处需要说明的是，若监测点位有总氮、总磷的监测数据，则使用总氮、总磷的值计算，若没有，可使用无机氮和活性磷酸盐替代。

#### 6.4.1.2 压力指标综合评价得分

根据整个评价区域各指标的评价得分，计算平均值得到整个评价区域压力因素综合得分。

#### 6.4.2 初级生态状态评价

##### 6.4.2.1 单个初级生态状态指标评价得分

叶绿素 a 和浮游植物细胞丰度，根据其单个指标的评价浓度，对应表 2 得到对应单个指标的得分。

##### 6.4.2.2 初级生态状态综合得分

根据整个评价区域各指标的评价得分，计算平均值得到整个评价区域初级状态综合得分。

#### 6.4.3 次级生态状态评价

##### 6.4.3.1 单个次级生态状态指标评价得分

底层溶解氧的得分，根据其单个指标的评价浓度，对应表 2 得到对应单个指标的得分。

有害藻华和大型藻类事件评价对应表 3 得到对应单个指标的得分。

##### 6.4.3.2 次级生态状态综合得分

直接选取次级生态状态指标中得分较高的一项，作为次级生态响应得分。次级生态响应反映了更高层次的富营养化症状，选用两者中的最大值而不是平均值是为了给予次级生态响应在富营养化评价中更高的权重。

#### 6.4.4 响应指标评价

##### 6.4.4.1 单个响应指标评价得分

计算评价年份近三年的营养盐和叶绿素 a 年际变化率的平均值，对应表 2 得到对应单个指标的得分。

##### 6.4.4.2 响应指标综合得分

根据整个评价区域各指标的评价得分，计算平均值得到整个评价区域响应指标综合得分。

#### 6.4.5 综合富营养化等级

根据上述计算的整个评价区域内压力指标、初级生态状态指标、次级生态状态指标和响应指标四项目的对应得分，构建模型来评价综合富营养化等级。

$$L_E = \sum_i^n \omega_i \times l_i \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

式中：

$L_E$ ——富营养化综合评价得分

$\omega_i$ ——指标权重值（表 4）

$l_i$ ——指标得分

$n$ ——指标个数

根据 6.2 中的指标权重，以及表 2 及表 3 中的得分划分，将近岸海域水体富营养化状况划分为 5 个等级，即：贫营养、中营养、轻度富营养、中度富营养和重度富营养化，具体参见表 5。

表5 各不同富营养化状况等级所代表的生态系统状况

等级	得分	状态	代表的状况与意义
1	$L_E \leq 1$	贫营养/未富营养化	海域营养盐浓度较低，海域生态系统状况良好，浮游植物丰度适中，无任何赤潮暴发、低氧生态问题。
2	$L_E > 1$ 且 $L_E \leq 2$	中营养/未富营养化	营养盐加富程度适中，海域生态系统状况依然良好；或浮游植物和大型藻类有一定增殖，但主要作为饵料和初级生产者维护系统生态平衡。
3	$L_E > 2$ 且 $L_E \leq 3$	轻度富营养化	海域生态系统随着很高程度的营养盐加富表现出了一定的浮游植物、大型藻类增殖等直接效应；部分生态系统浮游植物和大型藻类增殖较明显，出现过剩。
4	$L_E > 3$ 且 $L_E \leq 4$	中度富营养化	营养盐加富程度的增大明显导致生态系统出现异常改变，浮游植物等增殖异常明显，造成原生态系统植被消失；引发赤潮等的发生，有机质消耗引起底层低氧形成。
5	$L_E > 4$ 且 $L_E \leq 5$	重度富营养化	营养盐加富程度很高，导致频繁的赤潮发生、低氧形成等次级生态效应，生态系统状况严重恶化。

## 附录 A (资料性) 三级分区示例

### A.1 三级分区目的

针对我国不同海区、不同海域富营养化区域差异性显著的特征，构建近岸海域氮磷营养物生态分区指标体系，综合运用空间聚类分析算法、多变量空间数据叠加等技术方法，建立基于近岸海域生境时空分异特征的近海营养物生态分区方法，提出营养物生态分区方案。

### A.2 分区依据

以盐度和营养盐为分界线，综合运用空间聚类分析算法、多变量空间数据叠加等技术方法，在一级、二级分区的基础上，对近岸海域进行三级分区。

以长江口和杭州湾为例，淡水区、混合区和海水区的分区依据主要为盐度，其分界线为盐度5‰和26‰等值线。高营养盐混合区和低营养盐海水区的分区依据在营养盐浓度上。

### A.3 三级分区类别

三级分区从沿海向外海划分为3个区，分别为淡水区、高营养盐混合区、低营养盐海水区。

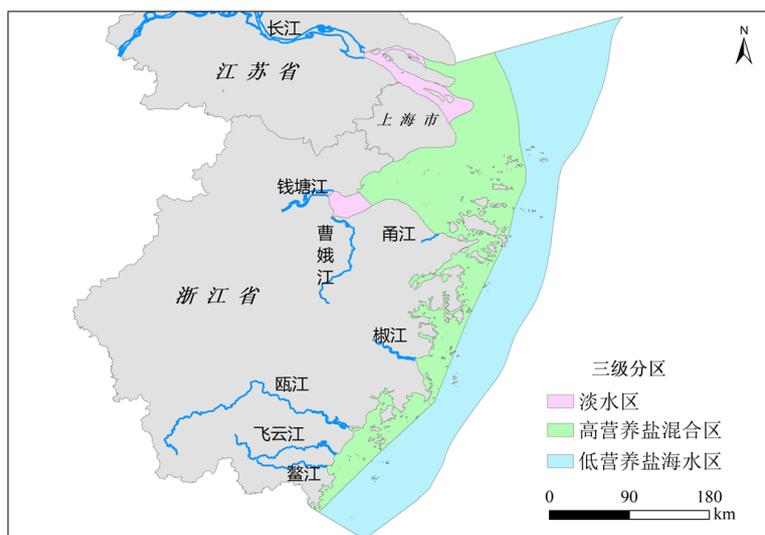


图 A.1 长江口及浙江沿岸海域三级分区结果

### A.4 差异性说明

淡水区、混合区和海水区的差异性主要体现在盐度上，根据盐度分类，淡水区盐度 $<5\text{‰}$ ，混合区盐度在 $5\text{‰}$ – $26\text{‰}$ ，海水区盐度 $>26\text{‰}$ 。

高营养盐混合区和低营养盐海水区的差异性主要体现在营养盐浓度上，根据 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、 $\text{DIN}$ 空间分布图，混合区内受陆源冲淡水输入的影响，营养盐浓度较高，海水区则营养盐浓度较低。

## 参 考 文 献

- [1] GB/T 1.1 标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则。
  - [2] GB/T 7714 信息与文献 参考文献著录规则。
-