基于水质标准化处理的海水水质评价方法*

高磊，鞠莲

（国家海洋局北海环境监测中心，国家海洋局海洋溢油鉴别与损害评估技术重点实验室　青岛　266033）

摘要：在海水水质多因子综合评价法的基础上，对海水水质进行标准化分析，得到海水污染指数综合评价方法，克服了标准边界过于明确等问题，可用于评价结果的图形化制作。实例表明，该方法评价结论比较适中。

关键词：水质评价；标准化；海水污染指数

中图分类号：P74；X824　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1005－9857(2015)11－0083－03

目前海水水质评价有多种方法，总体可分为单因子评价法和多因子综合评价法两种类型。海水水质评价常采用单因子指数法，该方法简便易行，可以迅速直观地得到水质各参数的污染状况，但该方法缺少综合结论，可以作为综合评价的基础步骤；多因子综合评价法考虑多种水质因子，并采用加权平均来计算的水质评价法，总体上是可以基本反映水体污染性质与程度。

1　常用评价方法介绍

1.1　单因子评价法

该方法是根据几种评价因子中污染最为严重的因子所属的水质类别来确定水体的总体水质类别。该方法操作简单，只要一次判别出所选择的每个因子的水质类别，然后以最差的类别作为水质综合评价的类别即可。目前海水水质评价常采用该方法。

该方法操作简便，有借鉴意义，但具有较大的片面性，评价结果最为悲观。

1.2　多因子综合评价法

多因子综合评价则有多种方法，如灰色评价法，基于矩阵运算的评价方法、人工神经网络法、模糊综合评判法等[1－2]，比较常用的是内梅罗指数法。

内梅罗指数法是当前最常用的综合污染指数评价方法[3]，是一种兼顾极值或称突出最大值的计权型多因子环境质量指数。其基本公式为：

$$P_{\mathrm{I}}=\sqrt{\frac{(C_i/L_i)^2_{\max}+(C_i/L_i)^2_{\mathrm{ave}}}{2}}$$

式中：C_i 为水中 i 项目的监测浓度；L_i 为 i 项目海水环境质量标准值浓度。

由此可以看出，内梅罗指数法用来判断综合水质相对于水环境功能区的达标程度，$P_{\mathrm{I}}\leqslant 1$，表明综合水质达标；否则综合水质超标。

该方法通过简单的数学计算得到综合指数，方法简便，既考虑了污染最严重的因子，同时也采用了单因子指数的平均值，因此评价结果过于乐观。

2　基于水质标准化处理——综合污染指数法

2.1　海水水质数据标准化研究

首先将海水环境要素水质数据进行评价指标标准化处理，根据海水环境要素水质数据和海水水质标准（GB 3097－1997）[4]，将各监测要素的值进行标准化，并划分为不同的等级。

海水质量指数

$$I_i=\frac{(I_{\mathrm{U}i}-I_{\mathrm{L}i})(C_i-C_{\mathrm{L}i})}{(C_{\mathrm{U}i}-C_{\mathrm{L}i})}+I_{\mathrm{L}i}$$

式中：I_i 是某监测站位各监测要素的标准化指数；C_i 是各监测要素监测值；$C_{\mathrm{U}i}$ 和 $C_{\mathrm{L}i}$ 分别表示表 1 中各监测要素海水水质标准的大值和小值（例：如 C_{DIN} 的数值为 0.35，在标准化指数 2、3 之

* **基金项目**：国家海洋局海洋公益性项目（201305003）；山东省防灾减灾基金项目（2011008）.

间，则 C_{UDIN}取 0.40、C_{LDIN}取 0.30）；I_{Ui}和 I_{Li}分别表示该监测要素所在表 1 中数值区间标准化指数的大值和小值（例如：C_{DIN}的数值为 0.35，在标准化指数 2、3 之间，则 I_{UDIN}取 3、I_{LDIN}取 2）。

在计算 I_{DO}时，C_{Ui}和 C_{Li}分别取倒数；

在计算 I_{pH}时，($C_{Ui}-C_{Li}$)取 0.2 或者 0.5，见表 1，同时 pH 值的 C_i 值取为该监测站位的初始值与全部监测站位的平均值差值的 2 倍。

表 1 海水质量指数计算表格

i	I_{Ui}、I_{Li}				
	0	1	2	3	4
DIN	0	0.20	0.30	0.40	0.50
PO_4-P		0.015	0.030		0.045
Oil		0.05		0.30	0.50
COD		2	3	4	5
DO		6	5	4	3
Pb		0.001	0.005	0.010	0.050
Hg		0.000 05	0.000 2		0.000 5
Cd		0.001	0.005	0.010	
As		0.020	0.030	0.050	
pH		7.8～8.5 (within 0.2pH)		6.8～8.8 (within 0.5pH)	

注：除 pH 外，各要素单位为(mg/L).

2.2 评价方法研究

海水污染指数 $P=\sum_{i=0}^{n}\omega_i I_i$

各评价因子的权重可通过公式

$$\omega_i=\frac{I_{Ui}}{\sum_{i=0}^{n} I_{Ui}}$$

式中：ω_i 为不同监测要素的权重，基本原则是根据海水要素的污染情况，污染较重的权重较大，该权重方法可进一步探讨，$\sum\omega_i=0$。

2.3 方法特点

(1)根据各环境要素污染情况，赋予不同的权重，突出反映污染较重的要素。

(2)克服标准边界过于明确等问题，通过水质数据标准化处理后，海水污染指数可以是一个具体的数值而非明确的几类水质。

(3)评价后得到的结果是数值形式，可将数值评价结合空间分析、绘图软件形成更直观的图形化评价产品。利用软件选择适合的插值方法，对海水污染指数进行栅格化，形成包含经度、纬度、海水污染指数的文件，再利用绘图软件可制成等值线图，以便在面对公众时能具有更好的信息传达效果。

3 应用实例

以渤海某次调查的监测数据为例，利用以上水质评价的方法对海水环境进行评价，该监测区域内布设监测站位 5 个，监测项目 10 项，监测结果如表 2 所示。

表 2 渤海某项目水质监测结果 mg/L

站位	水质监测数据									
	pH	DO	COD	PO_4－P	DIN	Oil	Hg	Cd	Pb	As
1	7.95	7.74	0.955	0.011 60	0.184	0.030 7	0.000 019 3	0.000 608	0.000 152	0.000 979
2	8.06	7.82	0.941	0.027 70	0.279	0.039 7	0.000 013 4	0.000 864	0.000 160	0.000 987
3	7.94	7.24	1.370	0.050 10	0.774	0.077 5	0.000 010 5	0.000 532	0.000 400	0.001 810
4	8.05	8.13	1.070	0.005 18	0.362	0.042 9	0.000 016 7	0.000 896	0.000 236	0.001 590
5	8.13	7.48	1.560	0.056 10	0.242	0.038 8	0.000 012 3	0.000 957	0.000 367	0.001 310

3.1　评价结果

根据各海水要素监测数据，参考海水水质标准(GB 3097－1997)，按照各方法运算要求及步骤，其中内梅罗指数法采用的水质标准为一类海水水质标准，分别得到评价结果(表 3)。

表 3　各方法评价结果

监测要素	各站位海水质量指数 I				
	站位 1	站位 2	站位 3	站位 4	站位 5
pH	1.52	0.68	1.72	0.48	2.05
DO	0.78	0.77	0.83	0.74	0.80
COD	0.48	0.47	0.69	0.54	0.78
PO_4-P	0.77	2.69	4.34	0.35	4.74
DIN	0.92	1.79	6.74	2.62	1.42
Oil	1.23	1.59	2.11	1.72	1.55
Hg	0.39	0.27	0.21	0.33	0.25
Cd	0.61	0.86	0.53	0.90	0.96
Pb	0.15	0.16	0.40	0.24	0.37
As	0.05	0.05	0.09	0.08	0.07
单因子评价法	Ⅲ	Ⅲ	劣Ⅳ	Ⅲ	劣Ⅳ
内梅罗指数法	Ⅰ(0.74)	Ⅱ(1.39)	Ⅲ(2.86)	Ⅱ(1.34)	Ⅲ(2.72)
综合污染指数法	Ⅰ(0.80)	Ⅱ(1.29)	Ⅳ(3.23)	Ⅱ(1.15)	Ⅲ(2.17)

由评价结果可以看出，各评价方法评价结果不同，单因子评价法结果最为悲观，对该海域总体评价结果为劣Ⅳ类；内梅罗指数法和综合评价法各站位评价结果略有不同，但内梅罗指数法对该海域总体评价结论为未达标，等级划分为Ⅲ；综合污染指数法对海域总体评价结论为Ⅳ。不同评价方法产生不同结果的原因是由于对单因子依赖结果的不同及各指标权重的确定方法不同所致。

3.2　结果分析

(1)单因子评价法只考虑污染最严重的因子，其他因子作用被弱化，具有一定的片面性，无法反应整体污染情况。

(2)内梅罗指数法，特别考虑了污染最严重的因子，同时也取单因子指数的平均值，但未考虑整体海水污染要素的复杂性，因此评价结果较乐观。

(3)综合污染指数法解决了水质评价的连续性描述问题，对不同污染级别的要素赋予不同的权重，评价结果较为适中。

4　讨论

海水系统是一个复杂的多因子系统，海水是一个动态连通的整体，各评价因子之间存在互相的影响关系，不同的污染物危害程度不同，且浓度与毒性不成简单的比例关系，在实际的水质评价中，应充分考虑评价海域水环境的特征，因地制宜地选取评价因子和评价方法。

参考文献

[1]　张戈，于大涛，袁仲杰，等. 海水水质评价方法比较分析[J]. 海洋开发与管理，2009，26(10)：102－105.

[2]　尹海龙，徐祖信. 河流综合水质评价方法比较研究[J]. 长江流域资源与环境，2008，17(5)：729－733.

[3]　冯华. 浅谈水质评价方法[J]. 水利科技与经济，2014，20(3)：15－16.

[4]　GB3097—1997 海水水质标准[S].