

海洋环境容量分析 在规划环境影响评价中的应用^{*}

兰冬东，梁 斌，马明辉，于春艳，鲍晨光，许 妍

(国家海洋环境监测中心 大连 116023)

摘 要：海洋环境容量是沿海城市区域发展的重要约束条件之一，根据规划环境影响评价的特点，在计算近岸海域汇流区域内污染物排放总量的基础上，预测规划年污染物排海总量，从而制定陆源污染物排海总量控制措施和目标，优化调整规划方案，海洋环境容量的大小与海域特征和海水水质目标有关。文章以大连湾为例，在潮流场数值模拟的基础上，计算了大连湾受纳水体水质对排放源的响应关系，结合混合区的确定，计算了主要污染物 COD、无机氮和活性磷酸盐的最大允许排放量，为各个排污口排放的不同污染物制定相应的排放与削减量提供依据。

关 键 词：海洋环境容量；规划环境影响评价；大连湾

1 海洋环境容量的概念

环境容量的概念最早出现于 1838 年，1986 年联合国海洋污染专家小组（GESAMP）正式定义了这一概念：环境容量是环境的特性，在不造成环境不可承受的影响的前提下，环境所能容纳某物质的能力^[1]。目前我国把环境容量定义为：一定水体环境在规定的目标下所能容纳的污染物质^[2]。

海洋环境容量可定义为：为维持某一海域的特定生态环境功能所要求的海水质量标准，在一定时间内所允许的环境污染物最大入海量^[3]。它与海水的自净能力有关，是自净能力综合表现的定量描述。海洋环境容量的大小主要取决于以下两个因素：一是海域本身具备的条件，如海域环境空间的大小、位置、潮流、自净能力等自然条件及生物的种群特征、污染物的理化特性等，客观条件的差异决定了不同地带的海域对污染物有不同的净化能力；二是人们对特定海域环境功能的规定，如确定某一区域的环境质量应该达到何种标准。

2 研究方法

2.1 纳污水域水质对污染源输入的响应特性

海区的水质状况是由于多种环境影响因子相互作用的结果。这些因素主要包括：排污口的位置和排放强度、海域的自净能力（主要为物理自净能力）等。这些影响因素构成一个复杂的相互作用系统，即海域水质对污染源的响应系统^[4]。一般来说，在海区环境动力条件不变的情况下，海域水质对污染源强的响应是相对固定的，处于一种动态平衡状态。根据质量守恒原理，可以确定控制这一系统的数学表示：

$$\frac{\partial(H\rho)}{\partial t} + \nabla(H\bar{v}\rho) = \nabla(HD \cdot \nabla\rho) + HS \tag{1}$$

式中： ρ 为污染物的浓度，mg/L； $\bar{v}$ 为深度平均流速，m/s； H 为水深，m； D 为扩散系数， m^2/s ； S 为源函数。

2.2 响应系数

由输运方程的性质可知，在环境动力条件不变的条件下，海域的水质仅取决于排放源的

^{*} 基金项目：国家海洋局青年海洋科学基金项目（2012714）；海洋公益性行业科研专项（201005014）。

性质 (源点的位置、强度及化学组成等)。也就是说, 平衡浓度场是海洋水体对于源的响应, 这种响应关系是线性的^[5], 即有

$$\rho_i = P_i S_i \tag{2}$$

式中: S_i 为第 i 个点源的排放强度; ρ_i 为在第 i 个点源单独作用下所形成的平衡浓度值, P_i 为与第 i 个点源有关的系数。则有

$$P_i = \rho_i / S_i \tag{3}$$

2.3 分担率

分担率是指各污染源的影响在海区总体污染影响中所占的份额 (百分率), 表明某个污染源对水体污染所作的贡献程度, 同一污染源对不同区域的分担率不同, 不同污染源对同一区域的分担率也不同^[5]。

在多个污染源共同作用的情况下, 水体中某特定控制点的浓度为各个污染源单独作用所形成的浓度之和, 即

$$\rho = \sum_{i=1}^n \rho_i \tag{4}$$

式中: n 为源点个数。

$$R_i = \frac{\rho_i}{\rho} \tag{5}$$

式中: R_i 为第 i 个点源对总浓度的贡献百分比, 即污染责任分担率。

2.4 水质目标和混合区

根据海洋环境功能区的水质标准确定水质目标, 水质标准参照《海水水质标准》^[6]。

排污混合区一般是指污水排放口附近不足受纳水体功能所要求的水质标准的空间区域, 即环境管理中认可的污水排放口附近的允许超标区。实际上排污混合区可以认为是达到环境管理规定的稀释度所需要的空间^[7]。《污水海洋处置工程污染控制标准》^[8]对混合区范围的计算方法作出了一般规定。在混合区的边缘线上, 污染物浓度应等于水质控制目标规定的值, 在混合区边界以外, 污染物浓度应不大于水质控制目标值。

2.5 允许排放量计算

允许排放量定义为在满足一定的水质目标要求的条件下, 各个排污口允许排海的某种污染物质的最大限值^[9]。在水质标准、海

区动力条件和沿岸排污口布局确定的条件下, 允许排放量的数值也是确定的, 根据现状排污量可推算出各排污口排污的超量, 进而确定削减量。

3 案例研究

3.1 区域概况

大连湾是大连市的主要依托海域。大连市的工农业、海洋渔业、交通运输业、滨海旅游业等海洋产业无一不与海洋环境密切相关。随着改革开放的深入和社会经济的快速发展, 城市规模日益扩大, 人口数量不断增长, 在生产和生活过程中所产生的废弃物, 尤其是大量的工业及城市生活污水, 绝大部分最终直接或间接地进入大连湾及其毗邻海域。大连湾海域由于多年来的工业废水和生活污水污染, 水质较差, 多项监测指标超过海水水质标准。水质中的主要污染物为无机氮、活性磷酸盐和石油类等。总体上, 大连湾海域以无机氮污染最为严重, 呈逐年上升趋势, 活性磷酸盐略有升高, 石油类变化不明显。

3.2 大连湾海域环境容量计算结果

对于大连湾海域, 主要根据海洋环境功能区划来确定水质目标, 大连湾海域基本上处在 4 类环境功能区的划定范围内, 各指标的限值为: $\text{COD} \leq 5 \text{ mg/L}$; 无机氮 $\leq 0.50 \text{ mg/L}$; 活性磷酸盐 $\leq 0.045 \text{ mg/L}$ 。大连湾沿岸的排放口较多, 对每个排污口都按前面的公式单独计算混合区比较繁琐, 也没有必要。我们取混合区面积的下限值, 求其等效半径, 然后将混合区的半径统一确定为 300 m。这一数值小于各排污口混合区等效半径的最小值, 从环保的角度讲, 偏于安全。在剔除非污染性质的排放口前提下, 目前大连湾共有 42 个排污口。为了便于进行数模计算, 对位置较贴近的排放口进行适当的合并, 合并后得到 18 个排放口。分担率计算结果显示, 在排放口混合区附近, 分担率的值一般在 80%~90% 的范围内, 每个排放口对周围海区的污染责任可占约 80%~90%。也就是说, 在混合区边缘上, 由本地排放口所施加的影响约占 80%~90%, 其余 10%~20% 的影响为其他

排放口共同作用的结果。

大连湾 COD 和活性磷酸盐的本底值和允许浓度增量见表 1，大连湾无机氮严重超标，已无排放容量可言，在总量控制中应采取严格的削减措施。为了提供定量的依据，我们就目前排放口的分布，对无机氮的总容量进行计算。在

本底浓度为零的条件下，按 4 类环境功能区的水质目标作为约束条件，推算各排放口的允许排放量。这样求出的结果实际上是一种极限情况，可以作为无机氮削减决策的参考，各项控制指标允许排放量见表 2。

表 1 各排放口 COD 和活性磷酸盐的本底值和允许浓度增量 mg/L

排放口序号	COD		活性磷酸盐	
	本底值	允许浓度增量	本底值	允许浓度增量
1	2.30	2.70	0.003	0.042
2	2.30	2.70	0.003	0.042
3	2.30	2.70	0.003	0.042
4	2.30	2.70	0.003	0.042
5	1.12	3.88	0.017	0.028
6	1.12	3.88	0.017	0.028
7	1.12	3.88	0.017	0.028
8	1.40	3.60	0.019	0.026
9	1.40	3.60	0.019	0.026
10	1.40	3.60	0.019	0.026
11	1.20	3.80	0.004	0.041
12	1.20	3.80	0.004	0.041
13	1.20	3.80	0.003	0.042
14	1.20	3.80	0.003	0.042
15	1.20	3.80	0.003	0.042
16	1.20	3.80	0.003	0.042
17	1.20	3.80	0.003	0.042
18	0.72	4.28	0.010	0.035

表 2 大连湾各排放口允许排放量和削减量 t/a

排放口 序号	COD			活性磷酸盐			无机氮		
	允许排放量	现有排污量	削减量	允许排放量	现有排污量	削减量	排放容量	现有排放量	削减量
1	446	686	240	7	0	—	83	0	—
2	542	3 340	2 798	10	28	18	100	379	279
3	165	3 185	3 020	3	37	34	31	393	362
4	174	6 131.242	5 957	3	39	36	32	561	529
5	1 003	302	—	7	0	—	129	0	—
6	369	35	—	3	0	—	46	0	—
7	483	266	—	3	0	—	62	4	—
8	451	253	—	3	0	—	62	0	—
9	867	16 723	15 855	6	53	47	120	1 889	1 769
10	732	11 051	10 319	5	8	3	102	1 566	1 465
11	2 201	1 833	—	24	0	—	290	205	—

续表									
排放口		COD		活性磷酸盐			无机氮		
序号	允许排放量	现有排污量	削减量	允许排放量	现有排污量	削减量	排放容量	现有排放量	削减量
12	621	312	—	7	0	—	82	0	—
13	918	360	—	10	0	—	121	0	—
14	710	544	—	8	8	1	93	67	—
15	1 688	3 178	1 490	19	0	—	222	0	—
16	306	58	—	3	0	—	40	0	—
17	850	310	—	9	0	—	112	0	—
18	691	20	—	6	0	—	81	0	—
合计	13 217	48 587.242	39 679	136	173	139	1 808	5 064	4 404

注：“—”表示目前的排放量低于允许排放量，尚有剩余容量。

4 结论与对策建议

在计算响应系数场和分担率场的基础上，根据大连湾海域环境功能区划所确定的水质目标，计算了各个点源及控制单元的污染物的环境容量（即允许排放量）。大连湾海域环境容量为：COD13 217 t/a、无机氮 1 808 t/a、活性磷酸盐 136 t/a，大连湾内无机氮排放量大大超过海域的环境自净能力，水质超标严重，在规划年应采取严格的削减措施。COD 和活性磷酸盐则可以根据各排污口的允许排放量，制定合理的人海污染物总量控制对策及相应的陆源污染总量控制目标。

大连湾排污口分布不尽合理，而且这些排污口集中了大连市绝大多数的城市污水和工业废水，排放量大，而且接纳这些污水海域的水体流动性较差、水深很浅、环境自净能力很弱，在沿岸排放入海的污染物很难被稀释输运扩散，因而水体污染严重，削减量很大。对于城市生活污水的排污口应加快城市污水处理厂及其配套管网建设，实行集中处理、深海排放，并改进处理工艺，减少污染物的入海量。若要进一步削减无机氮排放负荷，使其满足环境容量要求，则应采取控制人口和产业规模、提高污水除氮效率、提高主城区再生水回用比例、截流处理后污水等多种手段，解决规划年大连湾水

体污染问题。

参考文献

[1] GESAMP. Environment Capacity. An approach to marine pollution prevention. IMO/FAO/Unesco/WMO/IAEA/UNEP Joint Group of experts on the scientific aspects of marine pollution [C]. 1986, Rep. Stud. 30.

[2] 水环境容量研究课题组. 水环境容量研究的内容、方法和程序[J]. 中国环境科学, 1987, 7(6): 42—50.

[3] 张永良, 刘培哲. 水环境容量综合手册[M]. 北京: 清华大学出版社, 1991.

[4] 张存智, 韩康, 张砚峰, 等. 大连湾污染物排放总量控制研究[J]. 海洋环境科学, 2002, 17(3): 225.

[5] 余静, 孙英兰, 张越美, 等. 宁波一舟山海域入海污染物环境容量研究[J]. 环境污染与防治, 2006, 28(1): 21—24.

[6] 国家海洋局. GB3097—1997 海水水质标准[S]. 1997.

[7] 吴航, 王泽良. 深圳市政污水排海工程排污混合区范围的确定[J]. 环境监测管理与技术, 2002, 14(6): 37—40.

[8] 国家环境保护总局. GWKB4—2000 污水海洋处置工程污染控制标准[S]. 2000.

[9] 国家海洋环境监测中心. 河北省沿海陆源排污总量控制研究报告[R]. 2006.