

# 大连湾海域环境容量与环境 标准的初步研究

吴俊 王振基

(大连市环境科学研究所)

本文是在“大连湾环境污染及综合防治的研究”中，对大连湾海域的环境容量进行的研究，并提出了相应的以总量控制为内容的大连湾区域性排海标准。

## 一、环境容量的基本概念及数学模式

环境容量是指在某一环境标准下，环境所能容许的最大污染负荷量，它随环境自净能力强弱而不同。海域环境自净能力，是指海域环境通过物理的、化学的、生物学的等自净机制净化污染物的能力。对于自净能力，如从微观的研究，问题相当复杂，若从宏观上进行分析，只要抓住其主要方面，从量的方面求得其时间和空间的尺度，就能大致确定其环境容量，提出相应的排海总量和排海浓度，为污染防治、环境规划及管理提供科学依据。大连湾海域以往复型潮流为主，潮流作用是大连湾海水交换和污染物扩散、迁移最主要的水动力因素，因此，在大连湾环境污染及综合防治的研究中，作为海水的主要自净能力的潮流搬运作用的研究，对确定大连湾海水环境容量是非常重要的。

大连湾海域环境容量分为海水、底质、底栖生物各单项环境要素的环境容量和整体环境容量。环境容量应等于在不超出允许标准的条件下环境本身所能容纳污染物的数量（这里称作蓄存量）与环境的自净能力二者之和。前者为一常量，后者为时间的函数，其数学表达式推导如下。

### 1. 海水环境容量表达式

$$\Omega_{\text{水}} = N_{\text{水}} + W_{\text{水}} \quad (1)$$

$$N_{\text{水}} = V_{\text{水}} R_{\text{水}} (C_{\text{B水}} - C_{\text{b水}}) \times 10^{-6} \quad (2)$$

$$W_{\text{水}} = Q_{\text{r}} (C_{\text{B水}} - C_{\text{O水}}) \times 10^{-6} \quad (3)$$

式中， $\Omega_{\text{水}}$ 为环境容量； $N_{\text{水}}$ 为蓄存总量； $W_{\text{水}}$ 为潮流搬运能力（某一时段的搬运量）； $R_{\text{水}}$ 为海水容重； $C_{\text{B水}}$ 为环境标准规定的污染物允许浓度； $C_{\text{b水}}$ 为污染物本底浓度； $Q_{\text{r}}$ 为一个周期的交换水量（或某一时段的总交换水量）； $C_{\text{O水}}$ 为外海海水所含污染物浓度。

由于蓄存量 $N_{\text{水}}$ 是一个常量，因此，对环境容量有较大意义的是具有时间和空间尺度的自净能力 $W_{\text{水}}$ ，假若将常数 $N_{\text{水}}$ 忽略，这时，海水环境容量可近似表示为：

$$\Omega_{\text{水}} = W_{\text{水}} \quad (4)$$

该式表示海水的环境容量等于其自净能力。

### 2. 底质环境容量表达式

$$\Omega_{\text{底}} = N_{\text{底}} + W_{\text{底}} \quad (5)$$

$$N_{\text{底}} = V_{\text{底}} R_{\text{底}} (C_{\text{B底}} - C_{\text{b底}}) \times 10^{-6} \quad (6)$$

由于底质的自净归宿是进入水体，水体的浓度和平流迁移等都包含其量在内，因此，底质自净量的大小对整体环境容量无意义，所以， $W_{\text{底}}$ 可以忽略；同时还可看出，底质的蓄存量就是水体的沉积迁移量，也就是水体的沉积自净量，而且由于蓄存量 $N_{\text{底}}$ 是根据沉积速率计算而得，包含有时间概念，因此 $N_{\text{底}}$ 也是时间的函数，即 $N_{\text{底}} = f(T)$ 。对环境容量有较大意义的不是 $W_{\text{底}}$ 而是 $N_{\text{底}}$ ，所以底质环境容量数学表达式为：

$$\Omega_{底} = N_{底} \quad (7)$$

### 3. 生物环境容量模式

$$\begin{aligned} \Omega_{生} &= N_{生} + W_{生} \\ &= V_{生}R_{生}(C_{B生} - C_{b生}) \times 10^{-6} \\ &\quad + W_{生} \end{aligned} \quad (8)$$

由于生物的蓄存量 $N_{生}$ 即水体的生物自净量；由于对 $N_{生}$ 我们是以年产量计算，所以 $N_{生}$ 亦是时间的函数，即 $N_{生} = f(T)$ ， $N_{生}$ 对环境容量是有意义的，又由于可以认为生物的排出量 $W_{生}$ 已包含在水体中，所以生物环境容量数学表达式为：

$$\Omega_{生} = N_{生} \quad (9)$$

### 4. 整体环境容量表达式

由于本课题定义大连湾整体环境包括海水、底质、底栖生物三个环境要素，因此，整体环境容量为三者环境容量之和，其数学表达式为：

$$\begin{aligned} \Sigma\Omega &= W_{水} + N_{底} + N_{生} \\ &= Q_r(C_{B水} - C_{o水}) \times 10^{-6} \\ &\quad - V_{底}R_{底}(C_{B底} - C_{b底}) \times 10^{-6} \\ &\quad + V_{生}R_{生}(C_{B生} - C_{b生}) \times 10^{-6} \end{aligned} \quad (10)$$

由于 $W_{水}$ 是海水中污染物的平流交换迁移量； $N_{底}$ 是海水中污染物的沉积迁移量； $N_{生}$ 是生物迁移量；三者都是时间的函数，因此，三者加和是合理的。

根据以上推导结果，可以说大连湾海域整体环境容量即污染物在海域环境中平流、沉积、生物三者迁移速率之和。

本文又把环境容量分为标准环境容量、已

容纳量、尚有容量。所谓标准环境容量，即环境中污染物含量为本底值时，按环境标准，该环境所容许的最大污染负荷量，用 $\Omega$ 表示；所谓已容纳量，即该环境的现状污染负荷量，用 $\Omega'$ 表示；尚有环境容量为标准环境容量 $\Omega$ 与已容纳量 $\Omega'$ 之差，用 $\Omega''$ 表示，其表达式为：

$$\Omega'' = \Omega - \Omega' \quad (11)$$

## 二、环境容量推算结果

现将大连湾海域对几种主要污染物的环境容量，及在该环境容量下湾内海水中污染物的分布及其平均浓度推算结果归纳如下。

### 1. 海水环境容量

如果按我国《海水水质暂行标准》中的I类海水标准最高容许浓度，控制大连湾西部近岸水质，即如果西部近岸海水中COD浓度为3ppm；砷和油均为0.05ppm，则整个海湾水质均不超标（见表1），其平均浓度COD为2.09ppm、砷为0.014ppm、油为0.031ppm。在此情况下，大连湾海水最大容许负荷量，即标准环境容量，COD每日207.42吨、砷每日1.4吨、油每日3.1吨，而现状每天实际排海量即已容纳量：COD为104.35吨、砷0.33吨、油8.04吨，可以看出，油排海量超出标准环境容量一倍多，但海水对COD和砷则尚有一定的环境容量（见表1）。

### 2. 底质环境容量

本文把COD看作保守物质，不考虑其沉积迁移，因此，只计算砷、油的底质环境容量。

表1 大连湾海水环境容量计算结果

Tab.1 The calculated result of the sea water environmental capacity in Dalian Gulf Area

污 染 物	西部近岸 海水浓度 (ppm)	各断面间浓度 (ppm)				湾内海水 平均浓度 (ppm)	标准环 境容量 (吨/日)	已纳 容量 (吨/日)	尚有环 境容量 (吨/日)
		起点—Ⅲ	Ⅲ—Ⅱ	Ⅱ—Ⅰ	Ⅰ—湾口				
COD	3	3—2.7	2.7—2.2	2.2—1.9	1.9—1.33	2.09	207	104	103
砷	0.05	0.05—0.016	0.016—0.014	0.014—0.012	0.012—0.009	0.014	1.40	0.3227	1.0773
油	0.05	0.05—0.043	0.043—0.034	0.034—0.028	0.028—0.018	0.0316	3.10	8.04	-4.91

计算底质对砷的环境容量,是以10ppm为环境标准,以4.5ppm为环境本底值,以每年3.35厘米的沉积速率为依据;计算底质油的环境容量,则分别以500和1000ppm为环境标准,以10ppm为环境本底值,也是以每年3.35厘米的沉积速率为依据;算得底质对砷、油的环境容量(见表2)。本底值是根据底质柱状样调查分析结果和有关资料分析确定的。

表2 大连湾底质环境容量计算结果

Tab.2 The calculated result of ground environmental capacity in Dalian Gulf Area

项 目	污 染 物 标 准 (ppm)	砷		油	
		10	500	1000	
沉积速率(厘米/年)		3.35	3.35	3.35	
标准环境容量		0.136	11.6	23.2	
已 容 纳 量 (吨/日)		0.135	11.81	11.81	
尚有环境容量		0.001	-0.21	11.39	

表3 大连湾底栖生物对砷的环境容量计算结果

Tab.3 The calculated result of the grand organic to absorb As in Dalian Gulf Area

环境标准(ppm)	1.5	5
标准环境容量	0.000068	0.00055
已 容 纳 量 (吨/日)	0.00075	0.00075
尚有环境容量	-0.000682	-0.00020

表4 大连湾海域整体环境容量计算结果

Tab.4 The calculated result of the whole environmental capacity in Dalian Gulf Area

项 目	污 染 物 标 准 (ppm)	COD(水)	砷		油	
			0.01(水) 10(底)	0.05(水) 10(底)	0.05(水) 500(底)	0.05(水) 1000(底)
西部近岸海水浓度		3	0.01	0.05	0.05	0.05
湾内海水平均浓度	(ppm)	2.09	0.0028	0.014	0.0315	0.0315
标准环境容量		207	0.277	1.40	21.31	32.91
已 容 纳 量	(吨/日)	104	0.3227	0.3227	23.89	23.89
尚有环境容量		103	-0.0457	1.0773	-2.58	9.02

### 3. 底栖生物环境容量

本文只计算了底栖生物对砷的环境容量。计算时分别以1.5ppm和5ppm为环境标准,以1ppm为本底值(资料介绍海洋生物正常含砷1.1ppm),算得标准环境容量每日为0.000068吨和每日为0.00055吨。根据多年监测数据,算得已容纳量为每日0.00075吨,尚有环境容量出现负值。说明底栖生物砷污染负荷量已超过最高容许限度(见表3)。

### 4. 整体环境容量

根据式(11)算得大连湾海域整体环境容量(见表4)。

## 三、对环境目标值的探讨分析

以上推算结果表明,按一级海水标准最高允许浓度3ppm控制西部近岸水质,则大连湾海域对COD尚有较大容量,但目前大连湾西部近岸海水COD浓度已控制在2ppm左右,COD排海量每日为100吨左右,排海浓度已控制在工业废水排放标准规定的100ppm以下。因此,在没有特殊需要的情况下,这个“尚有容量”可以暂时不用,即以不增加COD排海量为宜。从大连湾海域对砷的环境容量来看,若按一级海水标准最高允许浓度0.05ppm控制西部近岸水质,则大连湾海水对砷尚有较大环境容量。可是从底栖生物和底质环境容量来看,对砷已经没有容量,这一情况表明,如果按海水对砷的尚有容量增加砷的入海量,由于砷系

非保守物质和生物积累元素,特别是大连湾底栖生物砷的残毒量与海水含砷浓度呈现明显正相关关系,加大砷排海量的结果,势必导致底栖生物和底质砷污染的加重。另外,从大连湾的污染现状(1980年)来看,海水平均含砷浓度为0.003—0.004ppm,西部近岸海水含砷浓度为0.013ppm,底栖生物残毒量已超过5ppm(国际上最宽的标准),可以看出大连湾海水含砷浓度只有保持在1980年的水平或有所下降的情况下,而且砷的入海形态以水溶态为主,才能使底栖生物和底质污染状况逐渐得到改善。经实测,大连湾沿岸废水入海量每天为112.3万吨,如果按我国工业废水排放标准0.5ppm控制其排海浓度,则湾内海水含砷浓度基本达到上述要求。从大连湾海域对油的环境容量来看,西部近岸水质按一类海水标准(0.05ppm),底质按中科院提出的环境标准1000ppm计算,其结果是水质已经没有容量,而底质尚有较大容量;另外从生物效应来看,海水含油为0.01ppm时,鱼、贝体24小时即可沾上油味,孵出的幼鱼,畸形者占23—40%,由此不难看出,如果按底质环境容量加大油的入海量,必然造成海水含油浓度明显增高,鱼贝类污染加重,这一情况表明底质含油标准定为1000ppm太宽,经分析推算,大连湾底质含油浓度以不高于500ppm较为适宜。

通过上述研究发现,我国的工业废水排放标准 and 海水水质暂行标准在大连湾不能同时实现,这是因为,若按工业废水排放标准控制污染物排放,则海水中COD和砷的含量将低于一类海区水质标准,而油则大大超标,因此在确定环境目标值时,必须综合考虑,具体分析。

#### 四、主要污染物排海总量及关于环境标准的讨论

本文以恢复大连湾生态平衡,促进渔业增产和提高渔获物的质量为目的,根据前述分析推算结果,在结合大连湾污染现状和当前现有的技术经济条件,依赖环境容量和污染物对海

生物的阈值浓度,并考虑到和国家及省内已经制定的环境标准尽量互相协调的前提下,提出大连湾排海总量及环境标准如下。

##### 1. 排海总量及排海浓度

实践证明,只用浓度控制污染和说明净化程度是不够的,必须是污染物排海量、污水排海量和排海浓度同时控制。如果只控制浓度不控制水量,人为地加大水量必然导致污染物入海量的增加;如果只控制水量不控制浓度会出现同样后果。只控制污染物总量也不行,因为污染物的集中排放会给海域带来严重危害。因此,对各排放源必须是总量、水量、浓度同时控制,从而提出以总量控制为内容的排海标准(见表5)。

表5 大连湾主要污染物排海浓度和总量  
Tab.5 The concentration putting to the sea and the total environmental emission of the main pollutants in Dalian Gulf Area

项目	污染物		
	COD	砷	油
污水排放量(万米 <sup>3</sup> /日)	112.3	112.3	112.3
污染物排海总量(吨/日)	112.3	0.562	1.123
污染物排放浓度(ppm)	100	0.5	1.0

##### 2. 大连湾海域环境标准问题的讨论

按上述排海总量及浓度推导出湾内西部近岸海水所含污染物浓度和全海区平均浓度,见表6。表6中未考虑沉积迁移,而油、砷由于是非保守物质入海后必然产生沉积迁移,特别是油,其轻组份还将挥发,因此,以上推算结

表6 大连湾主要污染物控制浓度(ppm)  
Tab.6 The environmental standard of the main pollutants in Dalian Gulf Area

项目	污染物		
	COD	油	砷
湾内西部近岸海水浓度	1.63	0.018	0.0203
湾内海水平均浓度	1.13	0.011	0.0057

表7 大连湾各主要排放源的分担率(%)及分担量(吨/日)

Tab.7 The share responsibility for the rate and the quality of the main drain sources in Dalian Gulf Area

项 目	污 染 物	COD	砷	油	
西部近岸海水浓度	(ppm)	1.63	0.0203	0.018	
湾内海水平均浓度		1.13	0.0057	0.011	
全区排放浓度		100	0.5	1.0	
全区排海总量(吨/日)		112.3	0.562	1.123	
排放部门及物质	排水量(万吨/日)	分担率	分 担 量		
大连化工厂	55	48.97	54.99	0.2752	0.5499
大连石油七厂	16	14.25	16.00	0.0801	0.1600
大连钢铁厂	1.6	1.42	1.59	0.0080	0.0159
大连染织厂	6	5.34	6.00	0.0300	0.0600
大连石油化工厂	1	0.89	1.00	0.0050	0.0100
氯酸钾	2.4	2.14	2.40	0.0120	0.0240
大连第二发电厂	3.1	2.76	3.10	0.0155	0.0310
大连造船厂	6.6	5.88	6.60	0.0330	0.0660
海 港	4.2	3.74	4.20	0.0210	0.0420
煤气公司	0.21	0.19	0.21	0.0011	0.0021
印染、食品等	1.3	1.16	1.30	0.0065	0.0130
市 政	1	0.89	1.00	0.0050	0.0100
大连造纸厂	0.9	0.80	0.90	0.0045	0.0090

果对大连湾海域是偏于安全的,也就是说按当前大连湾沿岸排水量以我国工业废水排放标准控制COD和砷的排海浓度,是可以的,但油的排海浓度必须由10ppm削减到1ppm。

### 3. 各排放源的分担率及分担量

按以上目标,算得各主要排放源的分担率及分担量,见表7。

## 五、结 语

以上仅是对大连湾进行的初步研究,但从

中得出几点看法。

1. 研究海域环境容量必须弄清污染物入海后的迁移过程和内湾与外海的水交换过程。

2. 污染物在湾内的水平分布是不均匀的,推算环境容量不仅要考虑平均浓度而且要考虑湾内的浓度分布和污染最重的局部海区。

3. 所确定的排海标准,必须以污染物和污水排海总量、排海浓度三者为依据。

THE PRELIMINARY INVESTIGATION OF THE  
ENVIRONMENTAL CAPACITY AND CRITERIA OF THE  
DALIAN GULF AREA

Wu Jun and Wang Zhenji

*(Institute of Environmental Science, Dalian)*

**Abstract**

The present investigation covers various aspects of the environmental pollution and comprehensive treatment of the Dalian Gulf Area. The relevant standard of regional emission of pollutant of the area is also mentioned. Briefly the environmental capacity and the mathematical model, the calculated results, discussion and analysis of the target value, the total mission of the main pollutant and the environmental standard in the sea of the Dalian Gulf Area and a conclusion are given.

The author emphasizes that the environmental capacity depends on the ability of the environmental self-purification. The microcosmic method seems unsuitable for the study of the ability of the environmental self-purification. The macroscopical method with a larger scale of time and space is able to define the environmental capacity, to give the total pollutant mission, and upon which to decide the regional environmental standard.