

# 大连湾环境污染及综合防治研究综述

吴 俊

(大连市环境科学研究所)

自1978—1982年对大连湾环境污染及综合防治进行了调查和研究,综述如下。

## 污染源调查

大连湾位于我国辽东半岛南端,是一个半封闭性海湾,面积为224.13km<sup>2</sup>。由调查得知,大连湾每年接纳污水4.31亿米<sup>3</sup>,其中工业污水为4.13亿米<sup>3</sup>,占总量的95.8%;生活污水为0.18亿米<sup>3</sup>,占总量的4.2%。随污水排入湾内的污染物多达80余种。其中主要污染物质的年排放量分别为:油11832吨、砷1365吨、酚386.28吨、氰化物316.34吨、有机物(苯、甲苯、甲醇、甲醛、乙醛等)5545.81吨。排入湾内的工业废渣达20余种,年排渣量为72.74万吨,主要为氯化钙和硫铁矿等废渣。

大连湾沿岸的排水工程始建于1898年,到1979年末大连市内共有排水管网563.3公里,普及率为70—75%。排水管网连接101个直接入海的排污口(其中有5条小河、23条明沟、22条暗沟、51条暗管)把沿岸全部污水和大量废渣排入湾内。

大连湾原本是一个风景秀丽、水产资源非常丰富的海湾,由于工业“三废”的大量排

入,使湾内不少水产养殖区和数千亩滩涂荒废,海洋生物受到严重的污染影响,致使国民经济受到损失,并且人民健康、园林绿化和自然景观均受到一定的危害和影响。

## 环境质量评价

大连湾环境质量评价是将回顾评价、现状评价、污染源评价和海域评价结合进行的。污染源评价采用了计算“等标排放量”的方法。评价内容分污染物评价、排污口评价、污染源单位评价。评价除采用工业废水排放标准外,还采用了灌溉、渔业、生化标准,从而得出四组评价值;又将四组评价值加和平均,又得出一组综合评价值;最后按等标排放率大小进行排列,便得出排放废水、废渣的主要污染源及排污口,废水中的主要污染物,其结果见表1, 2, 3。

通过污染源评价明确了危害大连湾的主要污染源单位、入海排污口及污染物,为大连湾污染防治工作提供了依据和目标。

海域评价采用指数法,它是以无量纲指数作为说明污染状况的手段;是以污染因子在环境要素中的允许程度作为计算指数的标准值;

表 1

主要污染源	大 连 化 工 厂	大 连 石 油 七 厂	大 连 染 料 厂	大 连 油 脂 化 学 厂	大 连 海 港、市 政	大 连 钢 厂	大 连 氯 酸 钾 厂
等标排放率(%)	54.53	11.95	7.79	7.36	4.82	3.47	1.91

表 2

主要排污口 <sup>1)</sup>	53	55	57	8	51	10	54	7	76	78	4	70	56	77	92	5	27
等标排放率(%)	19.2	15.05	13.93	7.63	3.47	3.45	3.38	3.31	2.95	2.84	2.77	2.38	2.35	2.19	1.70	1.08	1.02

1) 后面数字均为排污口代号。

表 3

主要污染物	COD	油	酚	氨氮	砷	悬浮物	氰化物
1979年等标排放率(%)	73.43	9.65	5.01	4.92	3.44	1.33	1.09
1980年等标排放率(%)	1.10	2.39	1.53	1.67	0.92	1.70	1.07

注：1979年COD用重铬酸钾法分析；1980年用高锰酸钾法。

并以1.0作为临界值，大于1.0的值说明污染已经超过允许限度。评价内容包括各单项污染因子评价和水质、底质、底栖生物各单项环境要素评价，以及海域整体环境质量的综合评价。在评价过程中，探讨了评价参数和评价标准，研究了评价模式，推算了加权系数，并研究了海域的污染分区和污染等级划分，绘制了各种评价图表。

评价结果表明，大连湾污染的年际变化自1972年以来整体环境质量呈现逐年好转的变化规律，但到1980年仍处于较严重污染的程度。从各单项环境要素来看，其质量逐年好转，到1980年水质基本处于轻污染的程度；底栖生物仍处于较严重污染的程度；底质逐年略有上升，到1980年仍为较严重污染。从污染分区结果来看，水质环境要素轻污染区和接近轻污染区的面积约为200km<sup>2</sup>，占海域总面积89%；底质严重污染区22.17km<sup>2</sup>，占总面积9.89%，较严重污染区42.36km<sup>2</sup>，占总面积18.90%，中污染区129km<sup>2</sup>，占总面积57.56%，轻污染区30.60km<sup>2</sup>，占总面积13.65%；底栖生物较严重污染区为224.13km<sup>2</sup>，占总面积100%；整体环境质量较严重污染区为224.13km<sup>2</sup>，占总面积100%。从湾内各种污染的水平分布来看，都是西部重于东部、南部重于北部。

评价最后从环境经济学和生态学的基本观点出发，以经济效益和生物效应为依据，对以上评价结果进行了验证。几年来在大连湾沿岸共兴建4座含油污水处理场，在湾外新港修建了两座含油污水处理场，在海上设置了溢油回收船和围油栏，各种较大船只（包括渔船）都安装了油水分离器。据初步统计，1978—1980年共回收油近7万吨。1979年下半年大连化工厂停用高砷矿。另外还有一些单位也采

取了各种防治措施，环境质量逐年好转说明几年来的污染防治工作收到成效。与此同时，我们用浮游生物多样性指数对污染分区结果进行了验证，其结果是污染最重的臭水套和大连港防波堤以内的多样性指数很低，只有0.3左右，说明评价的污染分区和生态反映是一致的。由于大连湾污染源主要分布在西岸和南岸，因此大连湾海域污染，西部重于东部、南部重于北部也是符合实际的。

### 环境容量、总量控制和 排海标准

控制污染物入海是防治海洋污染的最重要途径。欲对污染物入海实行总量控制，必须制定一个有科学依据的控制污染源的排海标准。所谓科学依据，即海域的环境容量，而环境容量的核心问题却是环境的自净能力问题。

#### 1. 自净能力的研究

据初步统计，1972—1980年，排入大连湾的油约17万吨、砷约1.2万吨、COD约67万吨，可是大连湾海域现状水体和底质中只有油5万多吨、砷1千多吨、COD3千多吨（水体中）。可见大连湾海域环境有着很大的自然净化能力，但这个自然净化能力的时间和空间到底有多大、能容纳多少种污染物，却是我们所致力于研究解决的问题。

近海内湾的环境自净能力，从自净机制可分很多方面，而其主要的是水文物理自净。当前国内外关于这方面的研究大都从潮流入手，运用流体运动连续方程和物质扩散方程的有限差分式，并通过电子计算机和数值模拟进行求解，计算过程极其复杂。鉴于大连湾的潮流为

规则的半日潮，海水在潮汐作用下通过湾口往复运动，其间进行内湾与外海的海水交换，所以湾内流主要是潮汐引起的往复流。我们在研究大连湾的物理自净能力时，认为潮汐和潮流反映的乃是统一的潮波过程，潮位的高低、涨落率的大小，包含着流速、流量、水深等水文因素的相应变化。多年连续的潮汐观测资料，包括了各种天气状况下的各种水文特征，有着充分的代表性，从而我们引用了大量潮汐观测资料，并在大连湾进行了13个站位连续25小时同步监测。通过求潮差移动量和涨落潮浓度差，推算了潮汐搬运能力；并借鉴Parker等在旧金山湾和柏井等在东京湾求海水交换率的方法，计算了大连湾在各种潮差情况下的海水交换率和潮汐搬运能力；研究了污染物输送与海水运动之间的定量关系和海水运动对污染物的稀释扩散作用，从而推算出1972—1980年通过海水交换输送到湾外的COD67万吨、油10.5万吨、砷1万吨，其扩散系数为 $1.2 \times 10^5$ — $3.8 \times 10^6$ 。另外，为了验证大连湾的海水交换能力和弄清污染物在大连湾水体中危害的持续时间，我们用地球化学方法和服部明彦（1980）提出的近海内湾污染物滞留时间计算公式，计算了大连湾海水和各种主要污染物在湾内的滞留时间为10.2—17.5天。为了研究污染物的保守程度，我们还计算了海水中主要污染物浓度半衰减距离。其结果表明，COD、油、砷三种主要污染物中COD半衰减距离最长，说明其保守性最好，看来我们将其作为保守物质对待基本是可以的。我们还重点研究了砷在大连湾的地球化学质量平衡。其结果表明，大连湾内的砷主要来自大连化工厂排入湾内的硫铁矿渣，该矿渣入海后迅速沉向海底，然后在海水浸泡下砷被大量溶出，并随水迁移，少量形成长期沉积。经分析得知，大连湾海水中溶解态砷占83.3%、颗粒态砷占16.47%；三价砷占52.96%、五价砷等占47.04%；无机砷占54.17%；有机砷占45.83%。用底质柱状样调查得到的污染深度和污染源排污历史，算得大连湾沉积速率为3.35公分/年。综上分析，并根据平流交换迁移速

率，探索出砷在大连湾的地球化学质量平衡关系，建立了砷在大连湾的迁移自净数学模式。

## 2. 环境容量的研究

所谓环境容量，即在环境标准规定的最高允许浓度下，环境所能容纳污染物质的绝对量，以研究污染物在环境中的稀释、扩散、迁移、转化和归宿等自净规律为依据。大连湾海域环境容量的研究，分海水、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。

严格说来，环境容量应等于环境的几何容积对污染物的蓄存量与环境的自净能力之和，但从时间的效果分析，对环境容量有意义的主要是后者而不是前者，因为后者是时间的函数，前者为一有限的常量。

大连湾海水环境要素的环境容量即潮汐搬运能力，即平流交换迁移速率；底质环境容量即污染物入海后的沉积迁移速率；生物环境容量即污染物入海后的生物迁移速率；整体环境容量为以上三者之和。在推算上述容量过程中，又把每一种环境容量分为标准容量、已有容量和尚有容量，并分别进行了计算。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，该环境所能够容纳污染物的量；已有容量，即环境中已经容纳污染物的量；尚有容量，即标准环境容量与已有容量之差。计算结果表明，如果不考虑生物效应，按一级海水标准，大连湾现状对COD尚有100吨/日的容量；对水溶态砷尚有1.1吨/日的容量，对油已经没有容量。如考虑生物效应，其对砷和油都已经没有容量，COD入海量也以不增加为好。

## 3. 总量控制及排海标准

大连湾总量控制和排海标准的确定，应以保护环境，恢复与维持生态平衡，促进渔业生产、提高鱼获物质量以及当前现有的经济技术条件为前提。除以环境容量为依据外，还要参考有关海洋生物毒理试验的结果，同国家及省内已有的标准尽量协调，并结合大连湾实际污染状况进行。

在工作过程中，推算了允许排海总量和各

表 4

项 目	标 准 污 染 物	以一级海水标准为控制目标			以工业废水排放标准为控制目标		
		COD	油	砷	COD	油	砷
排海浓度 (ppm)		183.9	2.78	1.23	100	10	0.5
排海总量 (吨/日)		206.5	3.13	1.38	112.3	11.23	0.56
湾内西部近岸海水浓度 (ppm)		3	0.05	0.05	1.63	0.18	0.02
湾内海水平均浓度 (ppm)		2.09	0.032	0.014	1.13	0.11	0.0057

污染源单位的分担率及分担量, 提出了控制目标。

若以一级海水标准和工业废水排放标准为控制目标, 目标值的研究结果见表 4。

如果考虑生物效应, 据国内外大量试验资料表明, 海水中含油量 0.01ppm 时, 孵出的幼鱼有 23—40% 个体出现畸形, 在这一浓度的海水中, 鱼、贝体 24 小时内即沾上油味; 在 0.1ppm 的海水中, 于 2—3 小时内, 鱼、贝体即发臭。由此看来, 大连湾现状海水含油浓度 0.06—0.07ppm (1980) 必须降低。另外, 从大连湾实际生物效应来看, 现状海水含砷浓度为 0.003—0.004ppm (1980), 而大连湾底栖生物体内砷的残毒量仍在 5 ppm 以上, 由此看来, 大连湾海水含砷浓度也只能降低不宜增高。从有机污染来看, 尽管按一级海水标准计算大连湾海水中 COD 在日排放量 100 吨左右基础上还可增加 100 多吨, 可是考虑到大连湾有时有赤潮发生, 而且现状已按工业废水排放标准得到控制, 因此不能再增加排量。与此同时,

表 5

污染物	排海浓度 (ppm)	排海总量 (吨/日)	污水排放量 (万吨/日)
COD	100	112.3	112.3
油	1.0	1.123	
砷	0.5	0.562	
铅	1.0	1.123	
镉	0.1	0.1123	
锌	5.0	5.615	
铜	1.0	1.123	

注: 如果不考虑生物效应, 而考虑沉积迁移, 则油的排海浓度可为 5ppm。

根据大连湾海域的铅、镉、铜、锌主要也是来自大连化工厂的硫铁矿渣, 而且同样能被海水溶出, 因此参照砷在大连湾的迁移和分布规律, 以及铅、镉、铜、锌对海生物的阈值浓度, 研究了大连湾海域对这些重金属的允许排海总量和排海浓度。综上所述, 在年排污水量没有大的增加的情况下, 按工业废水排海标准控制污染物排海浓度和排海总量 (油例外) 对大连湾水质、底质和海生物都是比较安全的。据此我们提出大连湾沿岸工业各主要污染物的排海标准, 见表 5。

### 污染防治对策与经济效益

针对大连湾污染源调查和环境质量评价提出的环境问题, 结合大连湾污染现状和现有的经济技术条件, 并结合大连湾海域的环境容量, 确定了以治理污染源为重点, 以控制污染物入海量为前提的污染防治对策, 并且采取了边调查、边评价、边研究、边防治的作法, 一些可以提前采取措施进行治理的污染问题尽量往前提, 而不是等整个研究课题全部完成后再进行防治。因此, 1979 年以来, 国务院环境保护办公室和辽宁省环保局及大连市下达的限期治理项目就有 86 项, 重点都在大连湾, 许多项目已经投入运行, 并收到良好效果。

对油污染的防治, 进行了兴建污水处理场和对原有污水处理场进行工艺改造。如大连铁路分局, 1979 年末在南关岭和周水子洗罐站建成两座污水处理场; 大连石油七厂污水处理场增加了砂滤车间; 海港对污水处理场除对原有工艺设备进行改造和扩建外, 还增设浮选工

序，在海上设置了海上溢油回收船和围油栏，一些船上安装了油水分离器。1979—1980年两年共回收油近5万吨。

对砷污染防治，大连化工厂于1979年末停止使用青城子高砷矿。从而使1980年湾内海水含砷浓度由1979年的0.02ppm左右下降到0.003ppm左右。

对重金属污染的防治采取了合并电镀厂点的办法，目前已将231家合并为61家，并采用离子交换法、铁氧体法、活性炭吸附法、电解法等方法对重金属废水进行处理。

对有机污染的防治，大连煤气二厂1980年上了二级生化处理装置，大连染料厂对有机废水采用中和-曝气-沉淀-活性炭吸附等处理工艺，收到良好效果，从而使大连湾的有机污染程度逐年有所减轻。

对废渣的防治，大连化工厂拟对硫铁矿渣由湿法排渣改为干法排渣，并对废渣进行综合

利用，对氯化钙渣水，计划修建泵站，将渣水打入排渣场。

由于水质明显好转，大连湾生态逐渐有所恢复，寺儿沟一带岸边原来是一片油黑，现在出现了绿色藻类，大连石油七厂岸边礁石上原来也是一片油黑，现在出现了鞘丝藻和茎刺藻，棉花岛附近海域原来养殖海带每年都全部烂掉，现在都长得很茂盛。

值得提出的是，根据1978年以前大连湾的有机污染(COD)状况，大连湾有必要修建污水处理场处理COD，城建部门计划投资4千多万元，第一期工程已经开工(春柳污水处理场)。可是近年来由于有机污染逐年减轻，特别是通过分析计算海域的自净能力和环境容量，看来在大连沿岸修建多处污水处理场着重处理COD，在当前情况下不是迫切需要的，此项工程如果少建或简化处理工序，将为国家节约一批可观的资金。