

污水排海工程渔业资源损害定量分析*

Quantitative Analysis of the Fishery Resources Damage Caused by Sewage Marine Disposal Engineering

牙韩争,陈宪云,董德信

YA Han-zheng, CHEN Xian-yun, DONG De-xin

(广西科学院 广西近海海洋环境科学重点实验室,广西南宁 530007)

(Guangxi Key Laboratory of Marine Environmental Science, Guangxi Academy of Sciences, Nanning, Guangxi, 530007, China)

摘要:【目的】以曹妃甸某污水排海工程为例,对排海工程渔业资源损害定量分析方法进行探讨,为今后类似工程生物资源损害评估提供参考依据。【方法】在大量已有研究成果及经验的基础上,对水污染生物资源损害计算基本公式、受损范围及死亡率确定方法进行讨论。结合工程实际情况及海洋生态环境现状调查结果,定量分析工程对渔业资源造成的损害。【结果】工程对海洋渔业资源造成损害的面积约为 0.218km^2 ,在此范围内,仔鱼和鱼卵的损失量分别约为 4.65×10^6 尾和 9.63×10^6 个,而成鱼基本不受影响。【结论】本方法的提出对今后海洋工程生物资源损害研究具有一定的参考价值。

关键词:污水排海工程 渔业资源损害 定量分析

中图分类号:X55 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-7378(2014)03-0161-04

Abstract:【Objective】Taking sewage marine disposal engineering in Caofeidian as example, the quantitative analysis method of the fishery resources damage was discussed, to provide some reference for similar projects. 【Methods】Based on a large number of researching results and engineer experiences, the estimation formula of biological resource damaged, and the determination method of influence area and mortality rate of organisms were discussed. Combined with the actual situation of engineering and the present situation of ecological environment, the fishery resources damage caused by engineering was analyzed. 【Results】The engineering affects on the area of marine fishery resources is about 0.218km^2 . In this region, the loss quantity of the larvae and roes of some fish roughly is 4.65×10^6 (ind) and 9.63×10^6 (ind) respectively, and adult fish is unaffected. 【Conclusion】The method proposed in this paper provides reference for research on the biological resource damage of marine engineering.

Key words: sewage marine disposal engineering, fishery resources damage, quantitative analysis

【研究意义】污水排海工程是一种经济有效的生活、工业废水处理方式,它充分利用海洋水体强大的纳污及自净能力,将污水排入海洋中,从而达到污水

处理的目的。污水排海工程虽然在一定程度上解决了沿海城市污水处理的问题,但也给海洋渔业资源造成严重的影响。海洋渔业资源是海洋经济的重要组成部分,在国民经济发展中有着不可或缺的作用。积极开展排海工程渔业资源损害研究,为渔业资源保护提供理论依据,不仅具有广阔的前景,同时还具有现实的意义。【前人研究进展】由于海洋水污染生物损害研究起步比较晚,加上海洋生态系统各因素变化缓慢、错综复杂,导致目前海洋污染渔业资源损

收稿日期:2014-06-05

修回日期:2014-06-25

作者简介:牙韩争(1988-),男,硕士,主要从事港口环境污染防治技术研究。

* 国家自然科学基金项目(40766001),广西科学院基本业务费项目(13YJ22HY07)资助。

害分析无法提出统一和规范的方法。国内外部分学者^[1~5]曾对海洋工程渔业资源损害定量分析方法进行研究分析,取得了丰富的成果。徐兆礼等^[1]采用直接重量损失法对 LNG 接收站项目排水口渔业资源损失进行研究分析。沈新强等^[2]采用“粗集理论”的推理观点,对非急性水污染渔业影响定量估算方法进行探讨。【本研究切入点】然而,对于污水排海工程渔业资源损害分析方法的研究尚不多见,经验较少。【拟解决的关键问题】以曹妃甸某污水排海工程为例,对排海工程海洋渔业资源损害定量分析方法进行探讨,为今后排海工程规划建设环境资源影响评价提供参考。

1 工程概况

拟建曹妃甸某污水排海工程位于河北省唐山市滦南县曹妃甸岛附近海域,服务对象为岛内物流业、装备制造业及化工业生产污水。工程根据当地实际情况及产业发展总体规划要求,采用深海排放的方式进行处理,预定处理规模为 5.5 万 t/d,主要污染物为无机氮:15mg/L;活性磷酸盐 0.5mg/L;重金属铜 0.5mg/L;挥发酚 0.5mg/L。排污口的位置如图 1 所示。

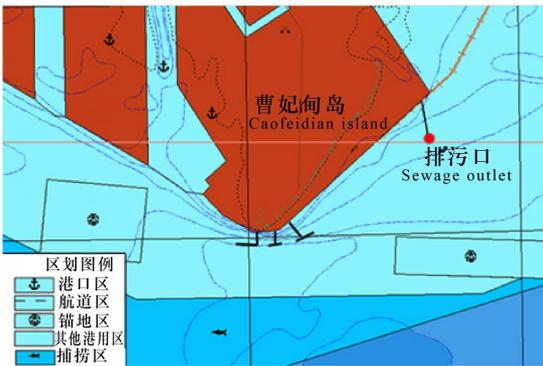


图 1 排污口位置

Fig. 1 Location of the sewage outlet

2 研究方法

2.1 生物资源损害计算基本公式

目前,海洋环境污染生物资源损害研究普遍以受污损区域内的生物总量乘以一个相应的死亡率对生物群体损失量进行估算。农业部发布的《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T 9110—2007)提出的方法对排海工程渔业资源损害进行定量分析进行介绍,该技术规程将受生物资源损害分析分为一次性损害及持续性损害两种。

2.1.1 一次性损害

一次性损害指污染物浓度增量区域存在不超过

15d 的情况。对于一次性损害,当某种污染物浓度增量超过 GB—11607 或 GB—3097 中 2 类标准值 (GB—11607 或 GB—3097 中未列出的污染物,其标准值按毒性试验结果类推)时,污染物对海洋生物资源损害可通过下式计算:

$$W_i = \sum_{j=1}^n D_{ij} \times S_j \times K_{ij} \quad (1)$$

式中: W_i 为第 i 种生物资源一次平均损失量; D_{ij} 为某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源密度; S_j 为某一污染物第 j 类浓度增量区面积; K_{ij} 为某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源损失率; n 为某一污染物浓度增量分区总数。

2.1.2 持续性损害

持续性损害指污染物浓度增量区域存在超过 15d 的情况。对于持续性损害,以年为单位的受污损生物资源损害定量分析可按如下式计算:

$$M_i = W_i \times T \quad (2)$$

式中: M_i 为第 i 种生物资源累计损害量; W_i 为第 i 种生物资源一次平均损害量; T 为污染物浓度增量影响的持续周期数(以年实际影响天数除以 15 计)。

2.2 浓度增量区的划分

浓度增量区的划分可在排污水生物毒性试验的基础上,结合污染物的扩散预测,对生物群不同损害程度的各级浓度场进行划分。沈新强等^[2]在有关文献中提出了水污染渔业资源损害分析中污染物浓度增量区划分的基本观点,其主要划分依据为污染物浓度超过生物安全值的百分比,并提出了相应的死亡率。

污染物扩散的预测可通过建立污染物扩散模型的方法实现,污染物扩散模型可在考虑潮流物理、化学、生物多种因素共同作用下对污染物浓度场进行计算。一般来说,排海工程排污口位于近岸海域,水流紊动剧烈,污染物排入海洋水体后在短距离内即可充分混合,各计算要素在垂直方向上变化不大,因此,可采用平面二维形式的扩散模型对污染物扩散进行预测。刘浩等^[6,7]采用平面二维扩散模型对污染物扩散进行预测,预测结果与实测值吻合良好。平面二维污染物扩散模型的控制方程如下:

$$\frac{\partial}{\partial t}(hc) + \frac{\partial}{\partial x}(uhc) + \frac{\partial}{\partial y}(vhc) = \frac{\partial}{\partial x}(h \cdot D_x \cdot \frac{\partial c}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(h \cdot D_y \cdot \frac{\partial c}{\partial y}) - F \cdot h \cdot C + S \quad (3)$$

式中: c 为污染物的浓度; u 、 v 分别为 x 、 y 方向的速度分量; h 为水深; D_x 、 D_y 分别为 x 、 y 方向的扩散

系数; F 为线性衰减系数; C 为污染源项排污中所含污染物的浓度; S 为污染源项。

2.3 死亡率的确定

死亡率可通过实验室生物毒理实验进行确定。根据排污水污染物的种类及含量,配置多组不同浓度的实验组以及一个空白对照组,对研究生物进行暴露试验,记录各个时间段内生物体的死亡率,通过不同时间段内生物体死亡率对种群死亡率进行计算,其计算式为^[8]:

$$p = (p_0 - c) / (1 - c) \quad (4)$$

式中: p 为修正后的死亡百分比; p_0 为实验组生物体死亡百分比; c 为对照组生物体死亡的百分比。

实验室条件下的试验浓度为特定的梯度值,与实际情况下的污染物浓度并不一致,为得到实际情况下某一浓度时的生物体死亡率,可通过插值的方法得到指定浓度下的生物体死亡率^[9]。若已知各级浓度下死亡率,则可通过加权计算出整个污染区域内的生物体死亡率 H , 其计算式如下:

$$H = \sum_{i=1}^n N_i G_i D_i \quad (5)$$

式中: i 为污染物浓度增量区的类型; N 为生物种群处于污染区域 i 内的面积百分比; G 为污染物浓度增量区 i 所占整个浓度增量区的百分比; D 为受损种群在浓度增量区 i 下的死亡率。

2.4 生物资源密度调查

生物资源密度可以通过现场实际调查或者历史同期数据资料分析获得。对于现场调查,海洋监测规范(17378.7-2007)给出了调查的原则与方法,鱼类、藻类等浮游生物密度调查可采用拖网法进行,根据捕获量及滤水量来确定生物体密度,其计算式如下:

$$N = a_1 / qV \quad (6)$$

式中: N 为海洋生物体的密度; a_1 为拖网取样所得的个体数量; V 为拖网滤水量; q 为网具捕获率, $q = 1 - \text{回避率}$ 。

在无法进行现场调查的情况下,可通过历史资料分析进行确定,历史资料的选择在空间上应尽可能满足就近的原则,时间上应选择同一季节,且以近3年历史资料为准。

3 结果与分析

3.1 浓度增量区划分

根据式(3)建立污染物扩散模型对各污染因子扩散进行预测,结合《渔业水质标准》对各污染因子

渔业资源影响进行初步分析,结果表明:工程排放水对海洋渔业造成潜在影响的因子主要为无机氮。无机氮中的非离子氨是其主要致毒物质,因此,本文主要考虑非离子氨对海洋渔业资源造成的损害。由于无法得知本工程排放水中非离子氨的准确含量,我们根据有关文献^[10]中非离子氨含量计算方法对非离子氨进行估算,估算结果约为:非离子氨 2.25mg/L。非离子氨对渔业生物资源的安全浓度参考《渔业水质标准》取 0.02mg/L。建立污染物扩散模型对非离子氨扩散进行预测,与本底值叠加后对浓度为 0.02~0.03mg/L 及大于 0.03mg/L 部分面积进行统计,其值分别对应超过水质标准值 0%~50% 及大于 50% 的部分,统计结果如表 1 所示。

表 1 排污口污染物各级浓度增量及包络面积

Table 1 Envelop areas corresponding to the concentrations at the sewage outlet

	浓度值 Concentration(mg/L)	包络面积 Envelop area(km ²)
1	0.02~0.03	0.186
2	>0.03	0.030
总量 Total		0.216

由统计结果可知:浓度超出安全值,即浓度大于 0.02mg/L 的面积为 0.216km²,在这范围内的渔业资源生物将受到一定的损害;浓度超过安全值 0%~50% 以内的面积约为 0.186km²,浓度超过安全值 50% 以上的面积约为 0.030km²;在此区域外,污染物浓度较低,不会对渔业生物造成影响。

3.2 生物体密度调查分析

2012年5月,有关部门曾对工程海域进行一次生态调查,海域仔鱼丰度变化范围在 0~5.2 个/m³,平均丰度为 2.8 个/m³,鱼卵变化范围在 0~5.3 个/m³,平均丰度为 2.2 个/m³。排污口附近仔鱼丰度变化范围在 3.5~5.2 个/m³,鱼卵变化范围在 4.6~5.3 个/m³。根据各排污口位置与附近生态调查站的位置关系,对排污口处仔鱼及鱼卵密度进行估算,估算结果为:仔鱼密度 3.5 个/m³;鱼卵密度 5.2 个/m³。

3.3 死亡率的确定

鱼类生物由于种属、体长、性别等差异,对污染物的承受能力有一定的差别。沈新强等^[2]结合鱼类毒性试验结果,采用“粗集理论”的推理观点和决策方法提出了受污区域鱼类的死亡率。本文参考其研究结果,对于仔鱼,浓度超标小于 50% 的区域,死亡

率取 5%, 浓度超标大于 50% 的部分取 10%; 对于鱼卵, 其生命力较弱, 取一个偏大的值, 浓度超标小于 50% 的区域, 死亡率取 8%, 浓度超标大于 50% 的区域取 12%; 成年生物体有较强的回避能力, 因此, 可不计入死亡的范围。

根据公式(5)对各排污口混合区内生物体死亡率进行计算, 仔鱼死亡率 H_1 为:

$$H_1 = 0.86 \times 0.05 + 0.14 \times 0.1 = 0.057。$$

其中, 0.86 为浓度超标小于 50% 部分的面积百分比, 0.05 为对应的死亡率; 0.14 为浓度超标大于 50% 部分的面积百分比, 0.1 为对应的死亡率。

同理, 对鱼卵的死亡率进行估算, 估算结果为 0.086。

3.4 损失量的计算

根据前文参数分析结果, 利用公式(1)及公式(2)对排污口渔业资源损失量进行定量分析。

由仔鱼造成损失量 Q_1 为:

$$Q_1 = 2.16 \times 9.0 \times 3.5 \times 0.057 \times 12 = 4.65 \times 10^6 \text{尾}。$$

由鱼卵造成损失量 Q_2 为:

$$Q_2 = 2.16 \times 9.0 \times 5.2 \times 0.086 \times 12 = 9.63 \times 10^6 \text{个}。$$

式中: 2.16 为受污损的面积 (km^2); 9.0 为水深 (m); 3.5 为仔鱼的密度 ($\text{个}/\text{m}^3$); 0.057 为仔鱼的死亡率; 12 为周期数, 每 15d 为一个周期, 按仔鱼出现的天数为 180d 计。5.2 为鱼卵的密度 ($\text{个}/\text{m}^3$); 0.086 为仔鱼的死亡率。

由计算结果可知, 在当前计算工况及海洋环境现状情况下, 排污口排放水造成的海洋渔业资源损失为: 鱼卵 9.63×10^6 个; 仔鱼 4.65×10^6 尾。

海洋渔业资源经济中, 通常以成鱼为研究对象, 若将以上计算结果乘以一个成长率, 即可得到排污口造成成鱼数量上的损失, 再乘以成鱼相应的平均体重及单位价格, 则得到排污口渔业资源货币化的损失量。

4 结论

目前, 海洋污染渔业资源损害评估尚未有一个统一的标准或方法, 而普遍采用受污水域内的生物问题乘以相应死亡率对损失量进行估算。本文根据曹妃甸某污水排海工程实际情况, 对排海工程渔业资源损害进行估算。结合污染物生物毒理性质及污染物扩散预测对受损区域进行确定, 结果表明, 对海

洋渔业造成影响面积约为 0.218km^2 , 而在此范围外, 污染物浓度较小, 对海洋生物基本不会造成影响。在受污损的区域内, 仔鱼及鱼卵的死亡率分别为 0.057 和 0.086, 总损失量分别为仔鱼 4.65×10^6 尾, 鱼卵 9.63×10^6 个。可见, 工程排放水对海洋渔业资源造成一定的影响。

海洋工程渔业资源损害研究是项复杂的工作, 涵盖的学科较多, 不确定的因素也比较多。对于同一工况排污水, 不同种生物、同种生物不同生长阶段对污染物的反应不尽相同, 因此, 采用同一个死亡率值对生物群体死亡部分进行估计有一定的不妥。今后的研究中, 应分别对不同种族生物及同种生物不同生长阶段进行毒性试验, 以更精确地对各计算参数进行确定, 保证一个合理、科学的估算结果。

参考文献:

- [1] 徐兆礼, 陈华. 海洋工程环境评价中渔业资源价值损失的估算方法[J]. 中国水产科学, 2008, 15(6): 970-975.
Xu Z L, Chen H. Estimating economic costs of potential fishery losses caused by marine engineering [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2008, 15(6): 970-975.
- [2] 沈新强, 张淳良, 蒋玫. 非急性水污染对渔业影响的定量估算方法的探讨[J]. 水产学报, 2001, 25(3): 283-285.
Shen X Q, Zhang C L, Jiang M. Approaching of quantitative estimation of the effect of non-acute water pollution on fishery [J]. Journal of Fisheries of China, 2001, 25(3): 283-285.
- [3] 余日清, 李适宇. 珠江口航道疏浚对海洋生态影响及渔业资源损失的定量分析[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 1998, 37(2): 180-185.
Yu R Q, Li S Y. Quantitative analysis of marine ecological effects and fishery resources loss due to waterway dredging in the Pearl River estuary [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni, 1998, 37(2): 180-185.
- [4] 毕闻彬, 孙英兰. 余氯排海浓度预测及渔业损失计算[J]. 海洋湖沼通报, 2009, 1: 57-60.
Bi W B, Sun Y L. Numerical prediction for transport and diffusion and estimation of fishery losses of residual chlorine [J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2009, 1: 57-60.

COD 表层平面分布特征基本相同,主要表现为近岸高、外海低,由沿岸向离岸方向呈逐渐降低的趋势。

(2)调查海域 COD 浓度低于一类海水水质标准的站位主要位于河口附近海域,其余大部分海域 COD 值均处于一类海水水质范围。

(3)调查海域 COD 平面分布主要受陆源输入,尤其是河流输入的影响。在秋冬季主要是受入海径流的控制,在春夏季,还受到耗氧生物、浮游植物及水体中悬浮物的影响。

参考文献:

- [1] 韦蔓新,童万平,赖廷和,等.广西北海湾 COD 与水文生物要素及不同形态氮磷的关系[J].台湾海峡,2002,21(2):162-166.
Wei M X, Tong W P, Lai T H, et al. Relationship between COD, hydrological and biological elements, various states of nitrate and phosphate in Beihai Bay, Guangxi [J]. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 2002, 21(2): 162-166.
- [2] 雷富,陈宪云,张荣灿,等.北部湾近岸海域夏季海洋环境质量评价[J].广西科学,2014,21(1):84-88.
Lei F, Chen X Y, Zhang R C, et al. Application the nemerow index to comprehensive assessment of sea area environmental quality of Beibu Gulf coast in summer[J]. Guangxi Sciences, 2014, 21(1): 84-88.
- [3] 庄军莲,姜发军,许铭本,等.钦州湾茅尾海周年环境因子及浮游植物群落特征[J].广西科学,2012,19(3):263-267.
Zhuang J L, Jiang F J, Xu M B, et al. Annual change of environmental factors and phytoplankton community characteristics in Maowei sea of Qinzhou Bay [J].

Guangxi Sciences, 2012, 19(3): 263-267.

- [4] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB17837.4-2007 海洋监测规范[S].北京:中国标准出版社,2007.
The Specification for Marine Monitoring, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China, GB17837.4-2007 Specifications for oceanographic survey[S]. Beijing: China Standards Press, 2007.
- [5] 国家环境保护局. GB3097-1997 中华人民共和国国家标准海水水质标准[S].北京:环境科学出版社,2004.
China Environmental Protection Administration, GB3097-1997 The People's Republic of China sea water standard[S]. Beijing: Environmental Science Press, 2004.
- [6] 黄良民,钱宏林,李锦蓉.大鹏湾赤潮多发区的叶绿素 a 分布与环境关系初探[J].海洋与湖沼,1994,25(2):197-205.
Huang L M, Qian H L, Li J R. Preliminary studies on the relationships between chlorophyll- α and environmental factors in Dapeng Bay[J]. Oceanologia Et Limnologia Sinica, 1994, 25(2): 197-205.
- [7] 何本茂,童万平,韦蔓新.北海湾悬浮颗粒物的分布及其与环境因子间的关系[J].广西科学,2005,12(4):323-326.
He B M, Tong W P, Wei M X. The migration and distribution of suspended particles in Beihai Bay and its relationship to environmental factors[J]. Guangxi Sciences, 2005, 12(4): 323-326.

(责任编辑:尹 闯)

(上接第 164 页 Continue from page 164)

- [5] 徐兆礼,张凤英,陈渊泉.机械卷载和余氯对渔业资源损失量评估初探[J].海洋环境科学,2007,26(3):246-251.
Xu Z L, Zhang F Y, Chen Y Q. Assessment on fishery resource loss owing to mechanical entanglement and residual chlorine [J]. Marine Environmental Science, 2007, 26(3): 246-251.
- [6] 刘浩,吴青松,骆智斌,等.福清湾潮流场及污染物输运特性的模型研究[J].厦门大学学报:自然科学版,2009,48(1):139-143.
Liu H, Wu Q S, Luo Z B, et al. Model study on the tidal regime and pollutant transport in the Fuqing bay[J]. Journal of Xiamen University: Natural Science, 2009, 48(1): 139-143.
- [7] Eduardo L S, José C M, Jayme P O, et al. Environmental response of wastewater inputs through SSO (Santos Submarine Outfall) utilizing an eutrophication numeri-

cal model[J]. Journal of Shipping and Ocean Engineering, 2012, 2: 68-75.

- [8] 周季维.生物统计入门[M].昆明:云南人民出版社,1985.
Zhou J W. Introduction of biometrics[M]. Kunming: Yunnan people's Publishing House, 1985.
- [9] 唐启义,冯光明. DPS 数据处理系统[M].北京:中国农业出版社,1997.
Tang Q Y, Feng G M. Data processing system[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1997.
- [10] 滕恩江.非离子氨的计算[J].中国环境监测,1994,10(3):47-50.
Teng E J. Calculation of non-ionic ammonia[J]. Environmental Monitoring in China, 1994, 10(3): 47-50.

(责任编辑:陆 雁)