

陆源入海污染物总量控制绩效评估指标体系的建立

——以天津海域为例

于春艳,洛昊,鲍晨光,许妍,兰冬东,马明辉

(国家海洋环境监测中心 大连 116023)

摘要:文章以天津海域为例,对陆源入海污染物总量控制绩效评估体系的构建及评估方法进行研究,从海水环境状况、污染控制成效及公众参与3个层面选取具有代表性的14项指标,并结合德尔菲法和层次分析法确定各项指标权重,最终对陆源入海污染物总量控制绩效进行综合评估;所建立的绩效评估指标体系可为寻找总量控制过程中的薄弱环节、有针对性地继续开展污染物总量控制工作、确保陆源入海污染物总量持续减排提供一定的参考依据。

关键词:海洋环境;海水质量;生态保护;绩效考核;公众参与

中图分类号:P7

文献标志码:A

文章编号:1005-9857(2016)12-0061-06

The Establishment of Performance Evaluation Index System of Total Amount Control of Land-Based Pollutants Discharged into Sea: Take Tianjin Area as an Example

YU Chunyan, LUO Hao, BAO Chengguang, XU Yan, LAN Dongdong, MA Minghui

(National Marine Environmental Monitoring Center, Dalian 116023, China)

Abstract: Taking Tianjin sea area as an example, the performance evaluation system and method of total amount control of land-based pollutants were studied. 14 representative indexes were selected from three levels of environmental status of the sea water, management measures and public participation. The index weights were determined combined with Delphi method and analytic hierarchy process. Comprehensive evaluation of total amount control performance of land-based pollutants discharged into Tianjin area was conducted. In order to find the weak links of total amount control process, and ensure that continuous emission reduction of total amount of land-based pollutants discharged into sea, the performance evaluation index system established in this paper could provide some references.

Key words: Marine environment, Sea water quality, Ecological protection, Performance assessment, Public participation

收稿日期:2016-07-22;修订日期:2016-11-25

基金项目:天津科技兴海项目(KJXH2013-17);海洋公益性行业科研专项(201405029,201305023)。

作者简介:于春艳,助理研究员,博士,研究方向为海洋污染化学,电子邮箱:cyyu@nmemc.org.cn

近年来沿海城市开发活动对近岸生态与环境系统的破坏不断加强,由于人类活动产生的大部分污染物最终都进入了海洋,这些污染物大大超出海洋的自净能力,致使海洋污染越来越严重^[1-3]。因此,为减缓对海洋生态环境的破坏和污染、维持海洋生态平衡、提高海域环境承载力、促进海洋生态环境的可持续发展,多地管理部门已对所辖海域污染物排海情况实施总量控制制度^[4-5],目前这是最根本的改善海域环境质量的有力措施。

对陆源入海污染物总量控制的效果开展绩效评估是提高海域总量减排绩效管理、改善海域环境质量的有力手段之一,影响评估结果可靠性的关键因素是评估指标体系的建立。指标是绩效评估的基础和依据,指标的相关性和有效性直接影响绩效评估结果的科学性和准确性^[6-10]。现有的评估模型对如何确定总量控制绩效评估指标没有具体表述,本文以天津海域为例,根据天津海域污染物特点和总量控制实施情况,科学选取指标因子,合理建立绩效评估指标体系。

1 指标体系构建及指标选取

在选取指标因子时采用层次分析法与德尔菲法相结合的构建方式。首先,运用层析分析法将陆源入海污染物总量控制指标体系分为目标层、准则层和指标层3个层次:第一层(目标层)为天津市陆源入海污染物总量控制绩效;第二层(准则层)由海水环境状况、污染控制成效及公众参与3个要素构成;第三层(指标层)在准则层3个要素项下设立若干评价指标,最终构成完整的总量控制绩效评估体系。其次,在评价指标设定时,摒弃层次分析法构造矩阵计算权向量等繁琐的计算,以现有统计资料和数据为基础,采用德尔菲法,充分利用专家智慧与实践经验,并依据政策相关性、数据可得性、信息完备性等指标选取原则确定具体指标(图1)。

海水环境状况:近岸海水环境质量状况是陆域生态环境状况的间接反映,因此通过对海水水质变化情况的评价可反映陆源入海污染物的总量控制状况。海水环境质量主要可通过近岸海域一、二类水质(优良水域)面积比例变化、劣四类水质面积比例变化、海洋功能区水质达标状况等方面进行描述。

污染控制成效:政府部门制定并实施的管理措施是总量控制绩效评估的关键所在,针对天津海域陆源污染实际情况,主要从海洋生态修复与建设成效、入海排污口综合整治成效、河流入海污染物总量控制与削减成效等方面进行描述。

公众参与:公众是海洋环境质量的监督者和海洋环境污染控制行动的直接参与者,主要从政府实行海洋环境状况公告途径和公众对海洋环境状况的满意度等方面进行描述。

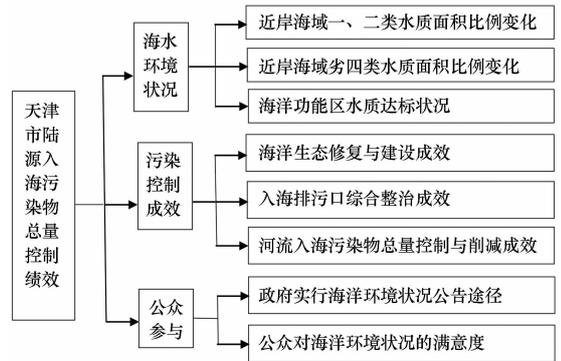


图1 陆源入海污染物总量控制绩效评估指标体系

2 评估方法

2.1 海水环境状况

2.1.1 海水水质预期目标

近岸海洋污染是陆域污染的反映,近岸海水水质状况是陆域生态环境状况的间接反映。由近几年《天津市海洋环境状况公报》及相关文献可知,天津管辖海域水环境状况污染较重,近岸海域水质特点是劣四类和四类海水面积占比高,主要原因是氮磷含量偏高、水体富营养化严重^[11-14]。因此,陆源污染主要削减的污染物是氮和磷。

采用《海水水质标准》(GB3097—1997),分别对1996—2015年的天津近岸海域主要污染因子无机氮和活性磷酸盐进行水质等级评价和空间插值计算。综合考虑天津市近岸海域海洋环境现状及变化趋势、陆源入海排污情况、水质目标的可达性,以及“水污染防治行动计划”等相关环境保护规划的要求,确定天津市海域近期(至2020年)、中期(至2030年)和远期(至2050年)水环境质量的改善和管理目标,分阶段逐步实现(表1)。近期目标为优良水

域(一、二类水质)面积比例达到 8%,劣四类水质控制在 30%以内;中期目标为优良水域面积比例达到 30%,劣四类水域控制在 15%以内;远期目标为优良水域面积比例达到 88%,消除劣四类水质。一、二类水质面积占比达到阶段恢复目标的为 100 分,否则视具体情况分数递减;劣四类水质评分情况同一、二类水质,面积占比达到阶段恢复目标的为 100 分,否则视具体情况分数递减。

表 1 天津近岸海域水质恢复目标面积比 %

时段	水质类别	综合水质	无机氮	活性磷酸盐
近期 (2020 年)	优良	8	8	100
	劣四类	30	30	0
中期 (2030 年)	优良	30	30	100
	劣四类	15	15	0
远期 (2050 年)	优良	88	88	100
	劣四类	0	0	0

2.1.2 海洋功能区水质

《天津市海洋功能区划(2011—2020 年)》要求渔业基础设施区、养殖区、增殖区执行不劣于二类海水水质标准,渔港区执行不劣于现状的海水水质标准,捕捞区执行不劣于一类海水水质标准;港口区执行不劣于四类海水水质标准,航道区和锚地区执行不劣于现状海水水质标准;工业与城镇用海区执行不劣于三类海水水质标准;旅游休闲娱乐区执行不劣于二类海水水质标准;海洋特别保护区执行使用功能环境质量要求;保留区执行不劣于现状海水水质标准。

随着天津经济的快速发展,河流大量污染物排海,入海排污口超标排放严重,致使天津近岸海域污染加重、污染范围逐渐扩大、局部海域海水呈富营养化状态,进而导致部分海域环境质量无法满足海洋功能区要求。实施陆源入海污染物总量控制制度后,天津海域海洋功能区内水质应满足《天津市海洋功能区划(2011—2020 年)》的要求,因此对天津陆源入海污染物总量控制开展绩效评估应包括对天津海域海洋功能区内水质状况的评价。功能区内水质满足《天津市海洋功能区划(2011—2020 年)》要求的为 100 分;其他未达到功能区水质

要求的视具体情况进行打分,低于 1 个等级的为 75 分、低于 2 个等级的为 50 分、低于 3 个等级的为 25 分;最后将各个功能区的得分相加取平均值。

2.2 污染控制成效

2.2.1 海洋生态修复与建设成效

芦苇湿地在碳循环及净化水环境中具有重要生态功能。通过芦苇湿地种植与恢复,可增强主要污水排海通道的自然降解能力,减少陆源入海排污压力和污染物对近岸海域环境的影响,同时在防止水土流失、调节气候、维持生物多样性等方面均具有非常重要的作用^[15-16]。结合目前天津市滨海新区的湿地分布现状,考虑污染物在入海口的汇集情况及对入海污染物削减等需求,确定芦苇湿地恢复与建设的重点区域及面积,达到预恢复面积的为 100 分,否则视具体情况分数递减。

人工鱼礁的构建是污染物总量控制的一项重要举措,人工鱼礁可通过修复和构建水产生物的生活和栖息场所,优化海域生态和环境^[17]。人工鱼礁构建后在促进海洋生态系统修复的同时还可提高海洋资源的开发利用效率,在一定程度上也能够缓解富营养化的进程^[18]。从天津市近海海域的水质、水深、流速、底质类型、海洋功能区划等物理环境以及生物资源的分布情况等角度,识别出最适宜人工鱼礁布设的区域及面积,达到最适宜人工鱼礁布设区域面积要求的为 100 分,否则视具体情况分数递减。

自然岸线是由海陆相互作用形成的岸线,如沙质岸线、粉砂淤泥质岸线、基岩岸线和生物岸线等;人工岸线是由永久性人工建筑物组成的岸线,如防波堤、防潮堤、护坡、挡浪墙、码头、防潮闸、道路等挡水(潮)建筑物组成的岸线^[19]。主要从目前岸线的使用功能角度出发,对自然岸线整治与修复的适宜性进行分析,评估其是否能够通过岸线整治修复工程的实施,还原岸线的自然属性,恢复岸线的自然景观和生态功能。其中,人工岸线的恢复适宜性最差,基本为不可恢复;半人工岸线中没有工业设施或围填海工程的岸线是较适宜恢复的。根据天津市岸线的统计调查结果显示,目前天津市海岸线基本以人工岸线为主,仅有极少自然岸线^[20]。统计

自然属性较为明显的岸线长度,作为较适宜开展整治与恢复的自然岸线,达到较适宜恢复岸线长度要求的为100分,否则视具体情况分数递减。

2.2.2 入海排污口综合整治成效

陆源入海排污口作为最典型的陆源入海排放点源,由于其可控性相对较强并且与人类活动紧密相关,一直以来都是世界各国防止陆域人类活动污染近岸海洋环境的主要控制对象^[21]。入海排污口总量控制绩效考核指标主要包括空间布局调整优化和达标排放等两方面。

近年来监测的天津陆源入海排污口共14个,其中排污河口10个、市政排污口两个、其他排污口两个。按照排污口邻近海域主要功能区类型统计,位于港口航运区6个、海洋保护区两个、工业与城镇用海区3个、农渔业区1个、旅游休闲娱乐区1个和保留区1个^[11-12]。对比《天津市海洋功能区划(2011—2020年)》发现,部分入海排污口设置不符合海洋功能区的环境保护要求,因此需要对不符合海洋功能区环境保护要求的入海排污口进行空间优化与调整,以满足海洋功能区划的要求。对未满足海洋功能区划要求的入海排污口均进行空间布局调整与优化的为100分,否则视具体情况分数递减。

2014年天津入海排污口监测结果表明,陆源入海排污口达标次数仅占监测次数的8.5%^[11]。在2013年3月、5月、8月、10月的4次监测中,一般入海排污口超标排放比例分别为50%、83%、100%和92%;重点入海排污口全部出现超标^[12]。所监测入海排污口均达标排放的为100分,否则视具体情况分数递减。

2.2.3 河流入海污染物总量控制与削减

由于人类活动的加剧,污染物的过度输入导致近岸海域质量恶化、海洋灾害频发,其中河流输入是陆源污染物入海的主要途径之一。《水污染防治行动计划》指出,全国水环境的形势非常严峻,受到严重污染的劣五类水体所占比例较高,全国约10%,有些流域甚至大大超过,如流经天津的海河流域劣五类比例高达39.1%。近年来对天津市永定新河、潮白新河和蓟运河入海污染物监测结果表

明,3条河流水质均劣于第五类地表水环境质量标准,由河流携带入海的主要污染物为总氮、总磷等,超标率均占60%以上^[11-12]。因此,削减氮、磷年入海量是天津实施河流入海污染物总量控制的关键所在。

对天津市河流入海污染物总量控制开展绩效评估,可依据天津市入海河流的水功能区划要求,对天津市主要入海河流的水质达标状况和主要污染物年入海量进行估算。主要入海河流水质中总氮、总磷浓度均达标的为100分,否则视具体情况分数递减;总氮和总磷的年入海量满足要求的为100分,否则视具体情况分数递减。

2.3 公众参与

公众是海洋环境质量的监督者和海洋环境污染控制行动的直接参与者。对天津陆源入海污染物总量控制进行绩效评估应征求公众意见,使决策者了解公众的想法,从而通过各方协作来协调海域内多目标、多部门和多地区之间的关系^[22-23]。公众参与主要从政府实行海洋环境状况公告途径和公众对海洋环境状况的满意度两方面进行描述。

政府应将所辖海域监测与评价信息通过媒体、网站和公报等多种形式向社会发布,使公众能及时监督政府和企业的环境保护行为,切实保障和扩大公众的参与力度。通过电视媒体、网站和公报等均能获得近年来天津海域环境状况相关信息的为100分;只能通过电视媒体、网站和公报之一获得近年来天津海域环境状况相关信息的为60分;通过任何方式均无法获得相关信息的为0分。

同时,可通过问卷调查等形式了解公众对海洋环境状况的满意度,针对天津陆源入海污染物总量控制的成效设计公众参与调查表,表格内容可根据实际情况进行相应的动态调整。公众对目前天津海洋环境状况满意的为100分、基本满意的为60分、不满意的为0分。

3 指标权重确定

采用指标法进行综合评价必须确定各指标的权重,这是指标体系构建过程中最核心的问题之一^[10]。指标的权重决定各个指标对天津市陆源入海污染物总量控制的贡献大小,权重的确定是否符合

理直接影响到评价的科学性。确定指标权重的方法很多,例如,层次分析法、模糊综合评价法、德尔菲法等。

本文运用德尔菲法和层次分析法相结合的方法确定各指标权重,所有准则层的权重之和等于 1,各个准则层所对应的指标层的权重之和等于 1,经多次反馈调整后最终确定指标权重(表 2)。

表 2 陆源入海污染物总量控制绩效评估指标权重

目标层	准则层	权重 (ω_i)	指标层	权重 (ω_{ij})
天津市 陆源入 海污染 物总量 控制绩 效(B)	海水环 境状况 (B_1)	0.30	近岸海域一、二类水质面积比 例变化(b_{11})	0.27
			近岸海域劣四类水质面积比 例变化(b_{12})	0.40
			海洋功能区水质达标状况 (b_{13})	0.33
	污染控 制成效 (B_2)	0.58	湿地恢复与建设(b_{21})	0.14
			人工鱼礁建设(b_{22})	0.14
			岸线整治与恢复(b_{23})	0.10
			入海排污口空间布局调整与 优化(b_{24})	0.15
			入海排污口达标排放(b_{25})	0.16
			河流入海断面水质中总氮浓 度达标情况(b_{26})	0.10
			河流入海断面水质中总磷浓 度达标情况(b_{27})	0.06
			河流中总氮年入海量(b_{28})	0.09
			河流中总磷年入海量(b_{29})	0.06
			公众 参与 (B_3)	0.12
公众对海洋环境状况的满意 度(b_{32})	0.50			

4 综合评估

对指标进行筛选并赋予权重后,开展天津市陆源入海污染物总量控制绩效综合评估,评估方法为:第一步,根据相应的评价标准及评分依据,专家对指标层中各项指标(b_{ij})分别打分,乘以相应的权重(ω_{ij}),得到各个指标的最后得分;第二步,将各个

准则层中对应的指标层得分求和得到准则层的分值(B_i),乘以相应的权重(ω_i),得到各个准则层的最后得分;第三步,将准则层得分相加求得目标层的最后得分。计算公式为:

$$B = \sum_{i=1}^n B_i \omega_i = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij} \omega_{ij} \quad (1)$$

式中: B 为目标层分值; B_i 为准则层分值; ω_i 为准则层权重; b_{ij} 为指标层分值; ω_{ij} 为指标层权重。

将目标层的分值划分为不合格(分值 <60)、合格($60 \leq$ 分值 <80)、良($80 \leq$ 分值 <90)、优($90 \leq$ 分值 ≤ 100)4个等级。

5 结论

本文着重对天津市陆源入海污染物总量控制绩效评估体系的构建进行研究,从海水环境状况、污染控制成效及公众参与3个层面选取具有代表性的14项指标,选取的指标覆盖面广、具有较好的实际操作与参考价值,并运用德尔菲法和层次分析法相结合的方法确定各指标权重。本文所构建的指标体系以及权重的设置并不是一成不变的,根据评估对象、评估时间以及评估方式等的变化,指标体系会产生相应的动态调整,且权重依据指标层的实际情况可进行相应变化,科学性较强。

对陆源入海污染物总量控制进行绩效评估,不仅能够全面系统地把握考察海域水环境存在的问题,而且有助于清晰地认清总量控制过程中的薄弱环节,从而有针对性地继续开展污染物总量控制工作,确保海水水质持续改善,最终实现海洋强国和美丽海洋建设的战略目标。

参考文献

- [1] 马新东,穆景利,林忠胜,等.典型陆源入海排污对邻近海域富营养化及生物毒性的影响[J].中国环境监测,2014,30(1):25-30.
- [2] 关道明,战秀文.我国沿海水域赤潮灾害及其防治对策[J].海洋环境科学,2003,22(2):60-63.
- [3] 管延龄,屈广周.浅谈陆源污染物对海洋环境的影响及防治[J].经营管理者,2014(18):267.
- [4] 王秋璐,路文海,杨翼,等.天津陆源入海污染状况及变化趋势研究[J].海洋开发与管理,2015,32(12):86-89.
- [5] 杨潇,曹英志.我国陆源污染物总量控制实践对海域总量控制制度建设的启示[J].海洋开发与管理,2013,30(10):81-85.

- [6] 李贺,李英武,聂英芝. 吉林省污染减排绩效评估指标体系研究[J]. 环境与可持续发展,2015(5):157-158.
- [7] 叶志敏. 基于适应性环境管理模式的政府绩效评估指标体系构建[J]. 环境与可持续发展,2014(6):103-106.
- [8] 谢轶. 组合赋权法确定清河流域总量减排绩效评估指标权重[J]. 环境保护科学,2014,40(1):28-31.
- [9] 李传奇,李向富. 水源地保护环境绩效评估指标体系的构建[J]. 水利科技与经济,2010,16(9):979-981.
- [10] 顾进伟,张涛,董圆媛,等. 太湖流域水污染物减排绩效评估体系构建及指标权重的确定[J]. 环境与发展,2015,27(3):62-66.
- [11] 天津市海洋局. 2014年天津市海洋环境状况公报[R]. 2015.
- [12] 天津市海洋局. 2013年天津市海洋环境状况公报[R]. 2014.
- [13] 杨一,李维尊,张景凯,等. 渤海湾天津海域海洋环境污染防治策略探讨[J]. 海洋环境科学,2016,35(1):49-54.
- [14] 于春艳,梁斌,鲍晨光,等. 渤海富营养化现状及趋势研究[J]. 海洋环境科学,2013,32(2):175-177.
- [15] 陈清,刘丹,马成仓,等. 天津典型湿地芦苇种群生产力和氮磷营养结构与环境因子的关系[J]. 生态与农村环境学报,2016,32(1):60-67.
- [16] 王金爽. 湿地生态修复技术研究进展[J]. 农业科技与装备,2015(9):13-15.
- [17] 秦传新,陈丕茂,贾晓平. 人工鱼礁构建对海洋生态系统服务价值的影响:以深圳杨梅坑人工鱼礁区为例[J]. 应用生态学报,2011,22(8):2160-2166.
- [18] 王伟定,梁君,章守宇. 人工鱼礁建设对浙江嵊泗海域营养盐与水质的影响[J]. 水生生物学报,2010,34(1):78-87.
- [19] 付元宾,杜宇,王权明,等. 自然海岸与人工海岸的界定方法[J]. 海洋环境科学,2014,33(4):615-618.
- [20] 王娟,卜志国,崔先国,等. 遥感技术在海岸带监测中的应用:以天津滨海新区为例[J]. 山东科技大学学报,2010,29(3):20-25.
- [21] 于丽敏,张志锋,林忠胜,等. 陆源入海排污口多层次分类体系研究[J]. 海洋开发与管理,2013,30(6):73-76.
- [22] 何非. 小议环境保护中的公众参与[J]. 资源节约与环保,2015(12):64.
- [23] 徐鸿. 社会公众参与水污染防治面临的问题与应对策略[J]. 水利规划与设计,2016(1):69-70.