

DOI :10.3969/j.issn.1004-6933.2010.05.015

人工调控强烈地区水污染物排放总量控制与分配方法

郭 蕾¹,钟定胜¹,辛志伟²,张继红²,刘文仲²

(1.江苏大学环境学院,江苏 镇江 212013;2.天津市环境保护局,天津 300191)

摘要:以海河流域下游某市为例,结合排污去向和污染控制单元对水污染物排放总量控制的分配方法进行研究,提出适合于人工影响强烈地区的“行业一级优化虚拟分配,控制单元二级容量分配”的水污染物排放总量控制方案,并依据水污染源点源的排放去向特征及其管理功能,将控制范围划分为自然地表水体控制区域与非自然地表水体控制区域,对自然地表水体控制区域实施容量总量控制,而对非自然地表水体控制区域主要以目标总量控制为主,不同区域采用不同的污染物控制方法。

关键词 水污染物;总量控制;公平原则;排污去向;污染控制单元

中图分类号:X32 文献标识码:B 文章编号:1004-6933(2010)05-0062-05

Research on total water pollutant amount control and allocation method in artificial regulated regions

GUO Lei¹, ZHONG Ding-sheng¹, XIN Zhi-wei², ZHANG Ji-hong², LIU Wen-zhong²

(1. College of Environment, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China; 2. Tianjin Environment Protection Bureau, Tianjin 300191, China)

Abstract: The total water pollutant amount control and allocation method of a city in the Haihe River Basin, combined with pollutant discharge direction and a pollution control unit, were studied. A suitable scheme for total pollutant amount control in artificial regulated regions is proposed. It is called firstly optimized virtual allocation among industrial sectors and secondary environmental capacity allocation among pollution control units. According to the discharge direction and management function from point sources, the controlled area is divided into a natural surface water controlled area and a non-natural surface water controlled area. The capacity gross control method is applied to the natural surface water controlled area, and the target gross control method is applied to the non-natural surface water controlled area. Different pollutant control methods are applied to the different areas.

Key words: water pollutant; total amount control; fair principle; pollutant discharge direction; pollution control unit

水资源是影响社会经济发展的重要因素。随着水污染的不断加剧,改善水环境质量已成为我国环境保护的主要任务之一。特别是我国北方一些地区,水资源更是匮乏,许多城市通过建造闸坝等人工调控水体措施来解决缺水问题,致使这些地区在环境治理以及总量控制方面面临新的问题,例如研究区域水文和水资源特性、水污染物输移和转运规律发生剧烈改变等,使之无法简单套用传统总量控制方法(包括传统的目标总量控制方法和浓度控制方

法)。此外,近年来随着我国整体经济实力的提高以及人们对环境质量要求的不断提高,推行容量总量控制的呼声已经越来越高。然而,从目标总量控制过渡到容量总量控制并非一件简单的事情^[1],要妥善地完成这样一个转变,不仅管理部门自身需要做好相应的工作准备,更需要环境管理和规划人员从科学的角度进行深入细致的调研分析,研究制定科学合理的实施方案。而对于人工影响强烈地区的水污染物排放总量控制这样一个更加特殊的对象来

说,研究一套新的水污染物排放总量控制方法来解决上述问题,就显得更加紧迫了。

1 研究现状及存在问题

目前,国内学者对水污染物排放总量控制方法的研究多是基于水环境容量建立水污染物削减量的最优化数学模型进行容量总量控制^[2-3],其分配方法主要追求公平和效益两方面达到最优。常见的有运用线性规划^[4]、博弈原理^[5-6]、灰色规划^[7-8]、模糊规划^[9-10]、遗传算法^[11-12]、人工神经网络^[13],以及引用经济学中基尼系数概念^[14]等,从数学、经济学、计算机辅助决策等方面,对传统分配方法(如等比例分配法、等污染贡献分配法、加权分配法)等进行改善。另外,还有一些研究在综合考虑水环境、社会、经济之间的协调发展的基础上,提出了多目标优化分配方法,以治理投资、运行费用、收益、污染物削减量等因素作为规划目标,建立了多目标规划模型^[15-16]。

从上述研究可以看出,近年来水污染负荷分配方法、模型和方案的研究开始逐步脱离纯粹的数学方法和数学模型,多是将几种分配原则综合起来进行应用,更多地关注污染负荷分配方法的可行性。然而,尽管近年来污染物总量控制与分配的研究进展显著,遗憾的是,在实际工作中,以水环境容量为基础的容量总量分配仍难以执行。这根源于以下3个方面的原因。①国内许多水环境容量的研究都是基于某条单独河段展开的,缺乏对包含有多种水环境功能区内的某区域进行整体的水环境容量计算,而现实工作中的总量控制都在各行政区域内依托于各行政机构实施,以此协调各污染源的排污权,因此这种仅基于某条独立河段所给出的总量控制方案,难以为全行政区和全流域的总量控制提供方法和数据支持。②我国曾于2003年进行了1次全国范围的地表水环境容量核定,由于这是我国首次进行全国范围的水环境容量核定,受水文资料、污调资料、科研条件不佳和历史积淀不足,环境监测数据不够充分等诸多客观因素的制约,因此尽管这次的水环境容量核定为我国日后开展更为精确的水环境容量核定工作和以环境容量为基础的总量控制工作打下了良好的基础,但其环境容量核定结果的精度稍显不足,在有些地区(如控制单元过细、过小的地区)尚不足以支撑精细到控制单元和排放点源的容量总量控制。③容量总量分配实施过程中存在很多实际困难和不确定性因素,如水质标准体系不够完善^[1]、在分配COD总量指标时,为满足当地经济发展的需要所设定预留指标难以确定,等等。

综上所述,研究一套既科学同时又可以被各污

染源接受的公平合理的总量控制方案,对于任何一个行政区的总量控制规划和环境规划来说,都是一个极为重要的科学问题。笔者从如何提高环境规划方案可实施性的角度(在满足规划方案的科学性要求的前提下),为人工影响强烈地区(以下简称人工区)制定水污染物排放总量控制方案,主体思路是:基于污染控制单元,同时考虑环境、经济及资源3个方面的影响因素,以环境容量和经济效益为制约,进行容量总量控制并辅助以目标总量控制,确保总量控制方案的可实施性。

2 人工区总量控制方法

近几十年的环保实践证明,实施以水环境容量为核心约束的水污染物总量控制制度是改善水环境质量的根本手段。但并不是所有受纳水体的纳污量都可以通过容量总量控制的方法进行解决。一方面,许多河流的汇流情况都比较复杂,并且同一流域的污染物往往存在多个排放去向,例如排入河流、坑塘沟渠、排污河、污水处理厂、直排海等,这些排放去向并不全包含在污染控制单元中参与水环境容量计算,因此对于同一流域内的污染源管理存在严重交叉,不宜仅用容量总量一个标尺进行控制。另一方面,即使有充分的水环境容量的计算结果,但由于长期以来施行目标总量控制的管理方法,在管理体制上难以短时间内贯彻执行容量总量控制管理,不论是在管理方法、管理制度还是人员培训等方面,均需要一定的时间来准备和过渡。因此,对于这些人工区的水污染点源总量控制,可以采取如下方法:按照排放去向划分容量总量控制区域,分别制定相应的管理办法。

2.1 污染源点源排放情况

天津市是我国北方典型的资源型缺水城市,水量缺乏与水质严重污染共同作用影响天津市的水环境,对其进行水污染物总量控制尤为紧迫。同时,由于天津市河流水系具有河网众多、闸坝密布、沟渠沟通、人工调控强烈等特点,使得总量控制工作更加复杂。下面以天津市为例,调研分析人工区水污染物点源排放情况及总量控制方法。

对于天津市而言,由于经济发展水平较高,同时相关法律、法规比较齐备及其独特的地理位置,使得它基本上包括了其他城市所存在的所有排污去向种类。其水污染物点源排放主要有5类排污去向,分别是排入地表水环境功能区、排入污水处理厂、直接排入市政排污河、直接排入近岸海域以及自然坑沟渠汇水区域。

上述5类排放去向不同的水污染源中,排入地

表水环境功能区的所有点源,需满足所在环境功能区的水质目标要求,基于水环境容量进行容量总量控制,对于某些难以在短期内达到容量总量控制要求的区域,可以目标总量控制为辅进行总量控制。对于直接排入到市政排污河(如北塘排污河、大沽排污河)的污染源,其排放量主要受近岸海域纳污能力的限制,对地表水环境功能区基本不造成直接影响,因而本文的容量总量控制方案暂不包括对市政排污河的总量分配,而仅对其进行目标总量控制(更为详细的总量控制方案应依据当地的海洋环境规划来具体确定)。同样的,直接排入污水处理厂的污染源,只要满足污水处理厂的接纳要求即可,具体排污细节由排污者与污水处理厂自行商议即可,对于此类污染物排放的控制,只需在总量控制方案中制定出针对污水处理厂的控方案即可。目前天津市的污水处理厂出水全部直接排入市政排污河,最终汇入近岸海域,因此对地表水环境功能区基本没有造成直接影响。

因此,可以把这5类排放去向划分的区域,按照其水环境管理功能再划分为两类控制区域:自然地表水体控制区域和非自然地表水体控制区域。自然地表水体控制区域指自然流水系汇流区域,即排入地表水环境功能区的所有点源;非自然地表水体控制区域指除之外的4类控制区域。

2.2 结合排污去向的总量控制方法

针对上述2大类控制区域,确定天津市的重点水污染物总量控制方法如下:对于自然地表水体控制区域,以环境容量总量控制为主,原有目标总量控制方法作为补充和调整;对于其他区域,依据行业标准和污水综合排放标准控制污水浓度达标,同时以

《海河流域水污染防治规划》、《渤海碧海行动计划》等相关管理要求作为总量控制要求,不同控制区域采取不同的污染控制方法。具体总量控制方法见图1。

2.2.1 自然地表水体污染物容量总量控制

在确定污染物分配方法时,要尽量做到兼顾公平与经济效益,不仅要考虑排污现状和现实的治理能力,也要考虑各排污者的行业属性和其自身的环境经济外部性特征。此外,考虑到容量总量控制是以区域可分配的水环境容量为基础的,由于水环境容量严格符合流域汇流关系,这就要求容量总量分配必须在控制单元内进行,而不能进行跨流域的容量调配。

水污染物总量控制方案有效实施的关键是制定公平合理的总量分配方法。现有总量分配方法中,依据现状排污量的等比例分配法是最为简单易行的方法,但是它在公平与效益方面存在很大缺陷,因此不能直接作为总量分配方法来运用。如果在等比例分配方法中,融入对公平和效益的考量,即加入公平与效益的评价因子,则有可能解决该问题。具体措施是在等比例分配的基础上,对其进行调整,调整的原则是既要考虑各污染源的现实排放情况,也要考虑各污染源的经济贡献程度、环境外部性和环境管理水平,即要考虑各污染源的环境经济综合属性,并以之为依据进行指标分配比例的调整。

综上所述,确定自然地表水体污染物容量总量分配方案,需要以所确定的控制单元可分配环境容量为基础,实现从目标总量控制到容量总量控制的转变,具体方法是:结合现有排污总量控制方案和水环境容量计算结果,综合考虑各污染控制单元中各污染源的排污现状、污染源的环境经济外部性水平

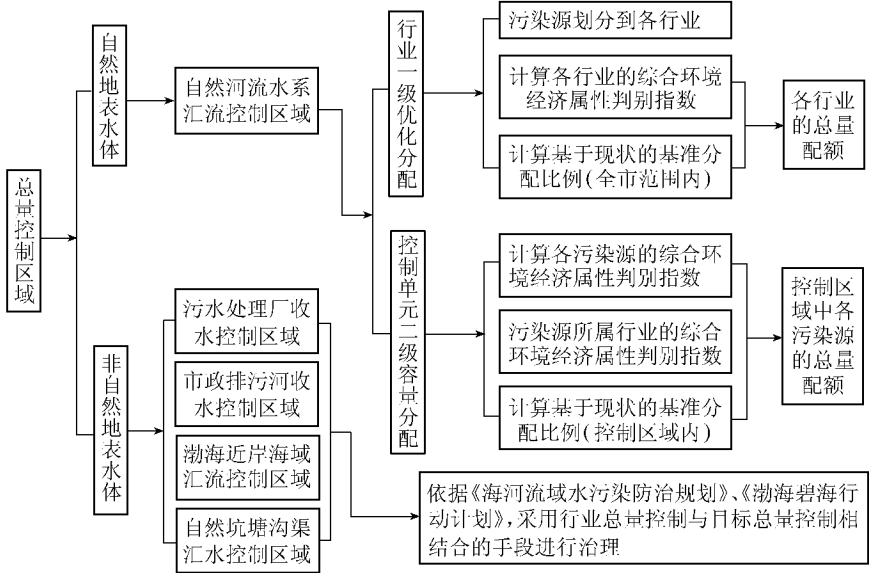


图1 按排污去向划分总量控制区域的总量控制方法

和污染源所属行业环境经济外部性水平,在控制单元内进行容量分配。技术路线如下:①统计天津市各大类行业的年工业总产值、年用水量、年新鲜用水量、年废水排放量、年 COD 排放量、年氨氮排放量、利税金额等 7 项数据,进行归一化处理。然后,利用神经网络判别法,综合利用归一化结果,确定行业综合环境经济属性判别指数^[13]。②根据各污染源的行业归属,并利用①中已训练好的神经网络,确定各污染源的综合环境经济属性判别指数。③根据前 2 步所得到的污染源的综合环境经济属性判别指数和污染源所属行业的综合环境经济指数,再结合污染源在控制区域的现状排放量中所占的比例,对这 3 者赋予不同的权重系数,得到一个优化后的分配比例值(即份额)。最后,结合各控制单元的总量控制指标,与份额相乘即可获得各控制单元中各污染源的总量控制指标分配结果。

在上述技术路线①中,可得到各行业综合环境经济属性判别指数,再结合该行业在全市现状总排放量中所占的比例,赋予两者不同的权重系数,就可以得到各行业在污染物允许排放量中所占的比例。该份额虽然不能作为总量控制中削减指标直接被利用,但对于区域经济结构调整与优化具有重要的指导意义,因此,本研究称之为行业虚拟优化分配,将此容量总量指标分配方法称之为“行业一级虚拟优化分配,控制单元二级容量分配”。

2.2.1.1 行业一级虚拟优化分配

将规划年基准年(2002 年)的现状污染物排放量、行业综合环境经济属性判别指数作为影响行业在允许排放量分配中的两个主要因子(前者为现状分配比例,后者为体现公平和效率原则的调整因子),根据实际情况或经验给其不同权重(推荐取 0.9 和 0.1),求出行业在综合考虑其污染物产生量和环境经济属性条件下的允许排放量分配结构。采用因子加权法来确定各行业在基准年的允许排放量分配配额。因子加权法的计算方程见式(1):

$$p_i = \frac{(1-w)b_{i1} + wb_{i2}}{\sum_i [(1-w)b_{i1} + wb_{i2}]} \quad (1)$$

式中; p_i 为第*i*行业在污染物允许排放量中所占的分配比例(即份额), $\sum_i p_i = 1$; b_{i1} 为第*i*个行业在全市现状总排放量中所占的比例(现状分配比例因子); b_{i2} 为第*i*个行业的综合环境经济属性判别指数(理想分配比例因子); w 为理想分配比例因子的权重。

行业的优化分配,可以为区域经济结构调整和产业布局提供依据,同时对新建扩建项目的审批具

有参考价值。

2.2.1.2 控制单元二级容量分配

控制单元可分配环境容量的确定是进行控制单元容量分配的基础。由于控制单元中生活源污染的不可控性(即对于生活源往往只能进行排放量的削减而难以进行产生量的削减),这就要求对生活源的控制只能采取现状排放量等比例分配的方法。因此,本研究中控制单元可分配的容量是针对除生活源外的其他污染源,即在每个控制单元中可以分配的允许排污量是最大允许排污量扣除生活源排污量后的允许排放量。

控制单元的容量分配,同样采用因子加权法确定各污染源的允许排放量分配份额。在上述行业优化时已训练成熟的神经网络的基础上,对各污染控制单元中的污染源进行识别,得到各污染源的综合环境经济属性判别指数。根据各控制单元可分配的环境容量和污染源的综合环境经济属性判别指数及其所属行业综合环境经济属性判别指数进行分配,实现各控制单元的容量分配。

将基准年的现状污染物排放量比例(现状分配比例因子)、行业综合环境经济判别指数(体现结构优化原则的行业理想分配比例因子)、污染源的综合环境经济属性判别指数(考虑具体污染源环境经济外部性水平的企业理想分配比例因子)作为决定污染源的总量分配指标的三个主要因子,并根据实际情况给予相对权重。三者相加即可求得各污染源在综合考虑其现状污染物排放量、环境经济外部性和行业结构优化调整条件下的总量分配指标结构。计算方程见式(2):

$$p'_i = \frac{w_1 b'_{i1} + w_2 b'_{i2} + w_3 b'_{i3}}{\sum_i [w_1 b'_{i1} + w_2 b'_{i2} + w_3 b'_{i3}]} \quad (2)$$

式中; p'_i 为*i*污染源在污染物允许排放量中所占的分配比例, $\sum_i p'_i = 1$; b'_{i1} 为企业污染物排放量; b'_{i2} 为企业的环境经济综合判别指数; b'_{i3} 企业所属行业的环境经济综合判别指数; w_1 为现状分配因子的权重(当 $w_1 = 1$ 时,即为现状的等比例分配方法); w_2 为结构调整因子的权重; w_3 为效率因子的权重。

其中 b_{i2} 为结构调整因子,即考虑污染源的环境经济外部性水平,其值越大表明污染源的环境经济外部性水平越差,应分配较少的排污份额。 b_{i3} 为效率因子,即考虑污染源所属行业的环境经济外部性水平,其值越大表明其行业的环境经济外部性水平越差,应减少该行业排污份额以促进该区域的经济结构优化调整,达到鼓励先进行业、鞭策后进的效果。

考虑到水环境容量具有有限性和再生性的特点,在保证分配的排污量不超过预先确定的分配总量的前提下,使各污染源尽可能最大地利用水环境容量,同时要留有一定的水环境容量盈余,即预留一定的安全临界值^[17]。盈余过多则污染源企业不能充分利用水环境容量,不利于区域经济发展。盈余过少则容易引发一些环境安全事故,同时还可能会导致新建、扩建项目因不能及时得到排污指标而被延误。

2.2.2 非自然地表水体污染物总量控制

非自然地表水体的污染物总量控制,主要采用行业总量控制与目标总量控制相结合的手段进行治疗。对于污水处理厂收纳区域总量控制,先采用行业排放标准和污水综合排放标准控制排放行为,同时满足《海河流域水污染防治规划》、《渤海碧海行动计划》规划目标要求,实现水污染物排放总量控制。

市政排污河汇水区域总量控制依据《海河流域水污染防治规划》,将市政排污河视为季节性河流,采用污水处理厂排放二级标准控制污水浓度达标,再结合排污水量得出控制总量。

坑塘沟渠汇水区域的排污控制,采取要求排污者的出水即要达到天津市地表水现状水质目标Ⅴ类水标准的方法进行控制,以此来遏制此类排污行为。

近岸海域直排污染源总量控制先按照行业标准进行浓度达标控制,然后按照《渤海碧海行动计划》的近岸海域控制标准进行总量控制。

3 结 语

人工区在水污染物输移、转运规律方面发生很大改变,难以简单套用传统的水污染物排放总量控制方法。笔者在保证环境管理可实施的前提下,提出“行业一级优化虚拟分配,控制单元二级容量分配”的总量控制分配方法:首先结合点源污染源的排放去向划分总量控制区域,对于可进行容量总量控制的区域,以污染控制单元为基准,综合考虑排污现状、污染源的环境经济外部性水平和污染源所属行业的环境经济外部性水平,进行容量总量控制。其次,对于不能进行容量总量控制或目前尚不具备推行容量总量控制条件的区域,据其不同控制区域类型,分别确定不同的控制方法,主要进行目标总量控制的分配。该总量控制分配方法因地制宜地确定了容量总量控制和目标总量控制方法的不同排放去向污染源中的应用,同时又尽量兼顾了公平与效益,可为当地水环境管理工作提供理论依据,并对水污染物排放总量控制从目标总量控制到容量总量控制过渡时期研究具有参考意义。

参考文献:

- [1] 孟伟,张远,郑丙辉,等.水环境质量基准、标准与流域水污染物总量控制策略[J].环境科学研究,2006,19(3):1-6.
- [2] 李继选,王军.水环境数学模型研究进展[J].水资源保护,2006,22(1):9-13.
- [3] 王华,逢勇,丁玲.滨江水体水环境容量计算研究[J].环境科学学报,2007,27(12):2068-2073.
- [4] 周丰,陈国贤,郭怀成,等.改进区间线性规划及其在湖泊流域管理中的应用[J].环境科学学报,2008,28(8):1688-1698.
- [5] 李嘉,张建高.水污染协同控制[J].水利学报,2001(12):14-18.
- [6] 曾思育,傅国伟.混合博弈在水污染系统控制中的应用[J].系统工程理论与实践,2001(5):132-136.
- [7] 张祥伟,夏军.河流水质大系统灰色非线性规划的分解协调方法[J].环境科学,1993,15(1):25-30.
- [8] KARMAKAR S, MUJUMDAR P P. A two-phase grey fuzzy optimization approach for water quality management of a river system[J]. Advances in Water Resources,2007,30:1218-1235.
- [9] 杨林,闫娥,任杰,等.模糊综合评价在水污染控制中的应用[J].中国环境科学,2004(2):49-51.
- [10] KARMAKAR S, MUJUMDAR P P. Grey fuzzy optimization model for water quality management of a river system[J]. Advances in Water Resources,2006,29:1088-1105.
- [11] 杨薇,南军,孙德智,等.遗传算法在水资源与水环境研究中的应用综述[J].水资源保护,2007,22(1):13-16.
- [12] 李井明,刘志斌.基于自适应遗传算法的水污染控制系统规划[J].科学技术与工程,2006,22(6):3597-3600.
- [13] 钟定胜,张宏伟.人工神经网络在工业污染源综合评价中的应用[J].中国给水排水,2006,22(1):92-96.
- [14] 吴悦颖,李云生,刘伟江.基于公平性的水污染物总量分配评估方法研究[J].环境科学研究,2006,19(2):66-70.
- [15] 王有乐.区域水污染控制多目标组合规划模型研究[J].环境科学学报,2002,22(1):107-110.
- [16] 黄显峰,邵东国,顾文权.河流排污权多目标优化分配模型研究[J].水利学报,2008,39(1):73-78.
- [17] 杨龙,王晓燕.水污染物排放总量控制的体系研究[J].环境监测管理和技术,2008,20(3):16-19.

(收稿日期 2009-10-19 编辑 徐娟)

