

北海市水环境容量核算与分区总量控制对策研究

赵琰鑫 徐敏^{*} 陈岩

(环境保护部环境规划院,北京 100012)

摘要 水环境容量核算是城市水环境管理的基础。分析了北海市水环境特征的现状,通过划分陆域控制单元和对应水环境容量核算单元,根据设计水文条件及功能区水质目标等参数,综合选用一维河流非感潮河段容量计算模型、一维河流感潮河段容量计算模型核算了北海市各主要流域地表水水系的水环境容量。在此基础上,结合近海海洋环境容量,核算各控制单元点、面源负荷排放量,分析了北海市基于控制单元分区的可利用水环境容量空间分布特征,并提出了容量资源分区控制利用对策建议。

关键词 水环境容量 控制单元 北海市 控制策略

DOI:10.15985/j.cnki.1001-3865.2015.03.018

Study on the calculation of water environmental capacity and water pollution control strategy of Beihai City ZHAO Yanxin, XU Min, CHEN Yan, (Chinese Academy for Environmental Planning, Beijing 100012)

Abstract: The water environmental capacity calculation was essential for the water environmental protection. By analyzing the water environmental features of Beihai City, the land control units and the corresponding water environmental calculation units were divided. On the basis of the hydrologic condition design and the target of water quality protection, one-dimension water environment capacity models for the normal reach and tidal reach were selectively applied to calculate the water environmental capacity of each river respectively. Considering the offshore environmental capacities, the available environmental capacity for each control unit of Beihai City was evaluated base on the current loads of point and non-point pollutant sources within the unit. Finally, the pollution control measures were put forward.

Keywords: water environmental capacity; control unit; Beihai City; control strategy

水环境容量是指水体在设计水文条件和规定的环境目标下所能容纳污染物的最大量^[1]。水环境容量与水体自身水力条件、水环境目标特征以及社会经济活动的发展模式与规模紧密相关,当进入水体的水污染物负荷总量超出水环境容量极限,则地表水体水质将低于水质目标,水体无法实现其规定的环境功能;反之,当社会经济活动的产排污量在地表水环境容量之内,则地表水水体水质可以得到保证。因此,水环境容量是实现环境目标管理的依据,科学合理地确定接纳水体的水环境容量是进行区域或流域污染物总量控制的基础。

北海市位于广西壮族自治区的东南部、北部湾东北岸,区域临近广东、海南、港澳和越南,处于泛北湾经济合作区域结合部的中心位置,是中国大西南连接东盟最便捷的出海口,其地理位置优越,自然资源和旅游资源丰富。近年来,随着北海市社会经济的快速发展,原有的产业结构和布局不合理、“重开

发,轻保护”经济增长方式粗放等问题日益凸显,部分区域水体污染问题突出,水环境保护压力沉重,污染物总量削减难度不断增大^[2]。良好的水环境状况不但是城市建设的重要元素,也直接关系着城市生产、生活和饮用水安全。根据北海市各主要水系水文、水动力和区域排污特征,水陆、陆海结合的特点,科学核算城市水环境容量,深入分析基于水环境容量的分区控制与管理策略,对于实现北海市从浓度总量控制向容量总量控制的转变,统筹市辖海城区、银海区、铁山港区和合浦县等3区1县间的产业集群科学分工,推进城市的可持续发展和区域水环境质量保护具有非常重要的意义。

1 水环境现状分析

北海市境内地表水系发达,河流众多,均注入北部湾,河网平均密度 0.34 km/km^2 。全市多年平均河流总径流量 91.87 亿 m^3 。境内流域面积大于 30

第一作者:赵琰鑫,男,1983年生,博士,助理研究员,主要从事水环境规划与管理研究。^{*}通讯作者。

km²的主要河流有 27 条,总流域面积 2 901 km²,占北海市总面积的 86.9%。各河流中,南流江是北海市境内最大河流,境内流域面积 1 381.2 km²,占北海市总面积的 41.4%;武利江是南流江在北海市境内最大的支流;其他主要独流入海河流有南康江、西门江、三合口江、冯家江、白沙江、福成河等,但普遍流程较短且流量较小,水资源利用率偏低。

现状北海市纳污水体主要是南流江、南康江、福成河等地表河流水系以及辖区周边海域。其中,南流江是合浦县的主要纳污水体,南康江是铁山港区主要纳污水体,福成河是福成镇生活污水及周边沿岸工业企业排污的主要纳污水体,其他独流入海的河流主要受纳沿岸生活源和农业面源排污。综合《北海市水资源公报》和 2011 年水质补充监测成果,2011 年北海市地表水各监测断面中,Ⅲ类以上断面 7 个,占 64%,劣Ⅴ类断面 3 个,占 27%。南流江、武利江等主干地表现状水质较好,可稳定维持在Ⅲ类以上,但南流江上游江口大桥到下游南域和亚桥断面水质已呈现明显升高趋势。独流入海河流中,后沟江、龙头江、三合口江和南康江等水质为Ⅲ类,可稳定达到水环境功能区划目标要求;七星江水质为Ⅴ类,福成河、冯家江等水质为劣Ⅴ类,比较水环境功能区Ⅲ类水的目标要求已严重超标,主要超

标因子为 COD 和氨氮。

2 基于控制单元的地表水环境容量核算

2.1 控制单元划分

2.1.1 陆域控制单元

北海市陆域控制单元的划分方法基于重点流域“十二五”构建流域-控制区-控制单元 3 级水环境分区体系研究成果,按照自上而下逐级划分、自下而上层层调整的过程依次开展^[3]。其中,流域层面基于水系汇水、排水的自然属性,主要体现海陆耦合的流域管理需求;控制区层面立足于落实各区县水污染防治职责,同时兼顾水系特征,主要体现区域管理的需求;在控制单元层面上,进一步综合考虑社会经济发展、水环境主要问题、水污染特征、区域污染防治重点和方向等区域性特征和状况,实现陆域、水域之间衔接,建立排污与水质之间的响应关系,同时体现流域管理与区域管理的要求。

依据以上原则,以北海市水系与流域边界、行政区边界、产业分布和污染源分布等地理信息图层为基础,在 ArcGIS 平台中通过空间叠置的方法进行 3 级单元划分,将北海市域划分为南流江控制区和滨海海控制区 2 个控制区,并进一步细化为 15 个控制单元,划分结果见图 1。

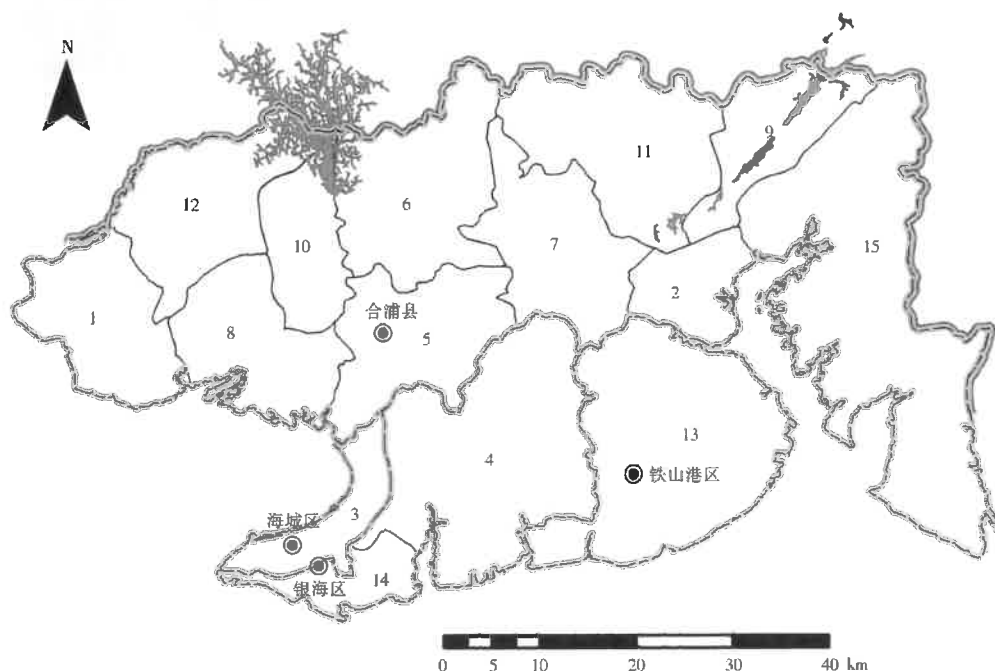


图 1 北海市控制单元划分结果

Fig.1 Water environmental capacity control-units of Beihai City

1—蜆港江西场镇控制单元;2—闸口河闸口镇控制单元;3—湖海运河海城区控制单元;4—平阳镇至福成镇控制单元;5—周江廉州镇控制单元;6—南流江石湾镇控制单元;7—南康江石康镇控制单元;8—南流江河口沙岗镇至党江镇控制单元;9—南流江曲樟乡控制单元;10—南流江星岛湖乡控制单元;11—南流江常乐镇控制单元;12—南流江乌家镇控制单元;13—南康江南康镇至营盘镇控制单元;14—冯家江银海区控制单元;15—公馆镇至沙田镇控制单元

2.1.2 水环境容量计算单元

根据北海市地表水环境功能区划成果,结合控制单元的划分方案和监测断面、支流入汇、重要取排水口等控制节点等进行单元整理与分割,将北海市境内的河道水体划分为 35 个水环境容量计算单元,逐一进行水环境容量计算,各河道容量计算单元可以与陆域控制单元完全对应。

2.2 水环境容量核算方法

2.2.1 容量计算模型

污染物进入水体后,受到水体的平流输移、纵向离散和横向混合等物理作用,并同时在水体中发生生化降解过程,使污染物浓度不断降低。水环境容量是指在给定水域范围和水文条件,规定排污方式和水质目标的前提下,单位时间内该水域最大允许纳污量。水环境容量既反映流域水体的自然属性,也反映人类对水环境进行目标管理的需求。

北海市河流多为中小独流入海河流,流量、河宽、河深均不大,河流水体纵向流动明显,入河废水很快即可在断面混合均匀。结合流域水系和水文情势特点,原则上北海各主干河流水环境容量计算采用一维模型进行容量计算,引入不均匀系数进行校正^[4];考虑到入海河流感潮段双向流特征对水体

污染物迁移-转化动力学过程有直接影响,对于感潮河段采用感潮河段一维水质模型进行核算^[5]。具体过程采用水环境容量的正向计算方法,即在设计条件下,以污染源位置、排污量作为模型的输入条件,得到水体水质的输出结果,通过试算调节概化排污口的排污量之和,计算各容量计算单元在功能区达标控制调节下的排污总量,作为核定的水环境容量值。对于滨海控制区的各控制单元,则直接依据相关近海海洋环境容量的核算成果进行容量评价,不再单独进行核算。

一维河流非感潮河段容量计算模型如下:

$$W = (C_s(Q_0 + \sum q_i) \exp(K_p \frac{x}{86400U}) - C_0 Q_0) \times 31.536 \quad (1)$$

式中: W 为计算单元水环境容量, t/a ; C_s 为下游控制断面水质保护目标, mg/L ; Q_0 为上断面河流来水流量, m^3/s ; q_i 为第 i 个排污口的废水排放量, m^3/s ; K_p 为水质综合降解系数, d^{-1} ; x 为污染源距排污口的距离, m ; U 为计算单元平均流速, m/s ; C_0 为上游控制断面来流水质保护目标, mg/L 。

一维河流感潮河段在涨潮过程和落潮过程的容量计算模型分别见式(2)、式(3)。

$$W_1 = (M_1 \cdot C_{s2} \cdot (\sum q_i + Q_{R1}) / \exp(\frac{u_1}{2E}(1 + M_1)x) - Q_{R1} C_{R1}) \times 31.536 \quad (2)$$

$$W_2 = (M_2 \cdot C_{s1} \cdot (\sum q_i + Q_{R2}) / \exp(\frac{u_2}{2E}(1 + M_2)x) - Q_{R2} C_{R2}) \times 31.536 \quad (3)$$

式中: W_1 为涨潮时计算单元水环境容量, t/a ; M_1 为模型参数, $M_1 = \sqrt{1 + 4K_p E / u_1^2}$ (其中 E 为纵向离散系数, m^2/s); u_1 为涨潮时下游流入边界的潮平均流速, m/s ; C_{s2} 为上游控制断面的水质保护目标, mg/L ; Q_{R1} 为涨潮时下游流入边界的潮平均流量, m^3/s ; C_{R1} 为涨潮时下游流入边界的污染物平均质量浓度, mg/L ; W_2 为落潮时计算单元水环境容量, t/a ; M_2 为模型参数, $M_2 = \sqrt{1 + 4K_p E / u_2^2}$; C_{s1} 为下游控制断面的水质保护目标, mg/L ; Q_{R2} 为落潮时上游流入边界的潮平均流量, m^3/s ; u_2 为落潮时上游流入边界的潮平均流速, m/s ; C_{R2} 为退潮时上游流入边界的污染物平均质量浓度, mg/L 。

根据式(2)、式(3)分别计算感潮河段涨潮及落潮时的环境容量 W_1 、 W_2 , 取 W_1 、 W_2 中较小值作为该河段最终的环境容量。

2.2.2 设计水文条件

对于有长时间连续水文观测数据的南流江、武

利江等河流,选择保证率为 90% 的水文月平均流量作为设计流量;其他无资料河段利用临近流域其他站点水文资料,综合采用内插法与水文比拟法进行设计流量的计算。

对于有实测流速资料的河段,直接采用同期同步流速实测数据;对于没有实测流速资料的河段,借用附近区域相似河流的实测资料经类比分析后确定。

2.2.3 降解系数

降解系数主要参考以往北海市环境影响评价、水环境模拟及相关降解系数专题研究等工作中的已有研究成果^[6],并结合各研究河段同步实测水质监测资料进一步比较验证。最终确定北海市地表水 COD 降解系数取 $0.20 d^{-1}$,氨氮降解系数取 $0.10 d^{-1}$ 。

2.3 地表水环境容量核算

经测算,北海市各河流地表水环境功能区 COD 和氨氮环境总容量分别为 19 762、818 t/a 。从水环境容量流域分布来看,南流江流域环境容量最大,其 COD 和氨氮环境容量分别为 14 220、590 t/a ,分别

占北海市地表水环境总容量的72.0%和72.1%;白沙江环境容量次之,其COD和氨氮的环境容量分别为1346、69 t/a,占总地表水环境容量的6.8%、8.4%;南康江、福成河、三合口江、冯家江等独流入海河流的水环境容量资源相对匮乏。

从各控制单元来看,南流江控制区各控制单元容量资源较为丰富,其中南流江河口沙岗镇至党江镇控制单元地表水环境容量最大,COD和氨氮环境容量分别为6438、349 t/a;南流江常乐控制单元、南流江石湾镇控制单元地表水环境容量次之,其COD环境容量分别为2760、2501 t/a,氨氮环境容量分别为75、67 t/a,以上3个控制单元(均位于合浦县)COD和氨氮的环境容量分别占北海市地表水环境总容量的59.2%、60.0%。滨海控制区内海城区、银海区所属的湖海运河海城区控制单元、冯家江银海区控制单元、蜆港江西场镇控制单元、南流江乌家镇控制单元等水环境容量很少,以上4个控制单元COD和氨氮的环境容量分别仅占北海市地表水环境总容量的0.8%、1.3%。北海市各控制单元COD和氨氮环境容量核算分区成果如图2所示。

2.4 近海水环境容量核算

北海市近海海域共设置4个规划排污控制区,分别为铁山港工业排污区(临近南康江南康镇至营盘镇控制单元)、大风江入海区(临近蜆港江西场镇控制单元)、红坎污水处理厂排污区和北海市工业园排污区等(均临近湖海运河海城区控制单元)。各排污控制区海洋水环境容量的核定依据2004年《广西壮族自治区碧海行动计划》的相关成果。为保证未来近海环境容量不被透支,将各排污区最大允许纳污量预留20%作为安全余量,剩余容量作为入海排污区的海域环境容量管理目标限值分配给各临近滨海区控制单元,最终确定蜆港江西场镇控制单元、湖海运河海城区控制单元、南康江南康镇至营盘镇控制单元的近海COD环境容量分别为17550、36765、19913 t/a,近海氨氮环境容量分别为26、331、223 t/a。

2.5 水环境容量利用矛盾特征分析

为全面衡量和分析区域水环境容量资源与现状排污之间的矛盾特征,引入剩余可利用水环境容量的概念。某一控制单元的剩余可利用水环境容量由该控制单元的水环境容量(包括地表水水环境容量和近海海洋环境容量)扣除区域内的现状点、面源负荷入河总量得到^[7-8]。

北海市现状点源排污量数据主要来源于2010

年环境统计数据;非点源包括种植业面源、农村生活排污、非规模化畜禽养殖等,主要依据2010年北海市社会经济统计资料,通过产排污系数法折算各区县非点源排放总量,进一步依据产汇流关系分摊到各个控制单元。测算现状北海市总COD排放量14622 t/a,总氨氮排放量679 t/a。各负荷来源中,工业、农业和生活源COD的排放比例分别为28%、31%、41%,工业、农业和生活源氨氮的排放比例分别为5%、38%、57%。从控制单元的排放情况看,南康江南康镇至营盘镇控制单元COD排放量最高,为2525 t/a,约占北海市COD总排放量的17.3%;湖海运河海城区控制单元的氨氮排放量最高,为127 t/a,约占北海市氨氮总排放量的18.7%,其他各单元排放量较小。

考虑北海市污染物排放现状情况后,计算北海市COD总剩余可利用容量为79368 t/a,氨氮总剩余可利用容量为719 t/a。从总量上看,北海市环境容量资源总体丰富,污染物现状排放远小于容量限制,具有一定的容量继续利用空间,但从容量资源的结构组成和空间分布上看依然存在若干突出问题:

(1) 地表水环境容量和近海海洋环境容量之间的比例不协调,地表水环境容量已明显不足。北海市的环境容量中,地表水COD环境容量仅为近海COD环境容量的26.6%,地表水氨氮环境容量与近海氨氮环境容量总体相当,广大陆域可用容量不充足。此外,因滨海控制区各控制单元受现状入海排污控制区设置状况的限制,仅有蜆港江西场镇控制单元、湖海运河海城区控制单元和南康江南康镇至营盘镇控制单元等3个控制单元有近海环境容量,其他各滨海控制单元临近海域无规划纳污功能,无法利用近海海洋环境容量。北海市主城区所在的冯家江银海区控制单元人口密集、社会经济发达,是北海市旅游业和城市发展的重点区域,由于该控制单元基本上无可用地表水环境容量,也缺乏近海海洋环境容量,容量利用空间严重不足,水环境保护压力巨大。

(2) 从流域和区域水环境容量的分配状况来看,目前北海市地表水环境容量流域间差别明显,控制单元现状污染物总排放量与水环境容量分布不匹配。境内南流江控制区COD和氨氮环境容量分别占地表水环境总容量的72.0%、72.1%,但现状的COD和氨氮排污量分别只占总排污量的39%和36%,其环境容量远远没有达到充分利用。从各控

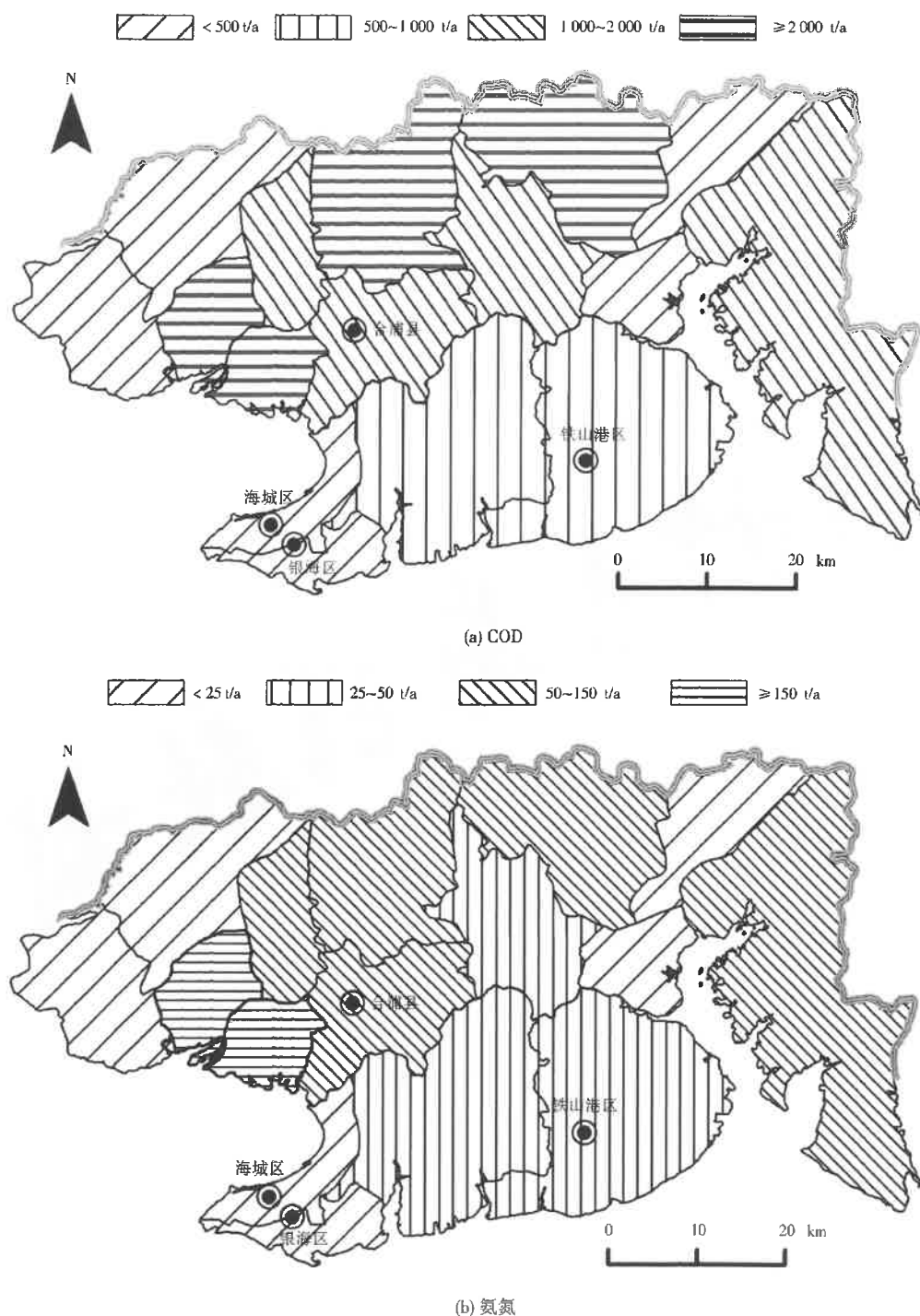


图2 各控制单元 COD 和氨氮的环境容量

Fig.2 Water environmental capacities of COD and ammonia nitrogen for each control-unit

制单元容量分布来看,南流江石康镇控制单元、南流江常乐镇控制单元等剩余可利用 COD 环境容量较为丰富,南流江石湾镇控制单元、南流江河口沙岗镇至党江镇控制单元剩余可利用氨氮环境容量较为丰富,南流江乌家镇控制单元、南流江曲樟乡控制单元

虽然现状点、面源排放量较小,但因其境内主要水体为南流江的次级支流,环境容量和剩余环境容量均很少。南康江、西门江、义治江和福城河等现状 COD 和氨氮排污量分别占北海市排污量的 40%、38%,但其 COD 和氨氮环境容量分别只占总环境容

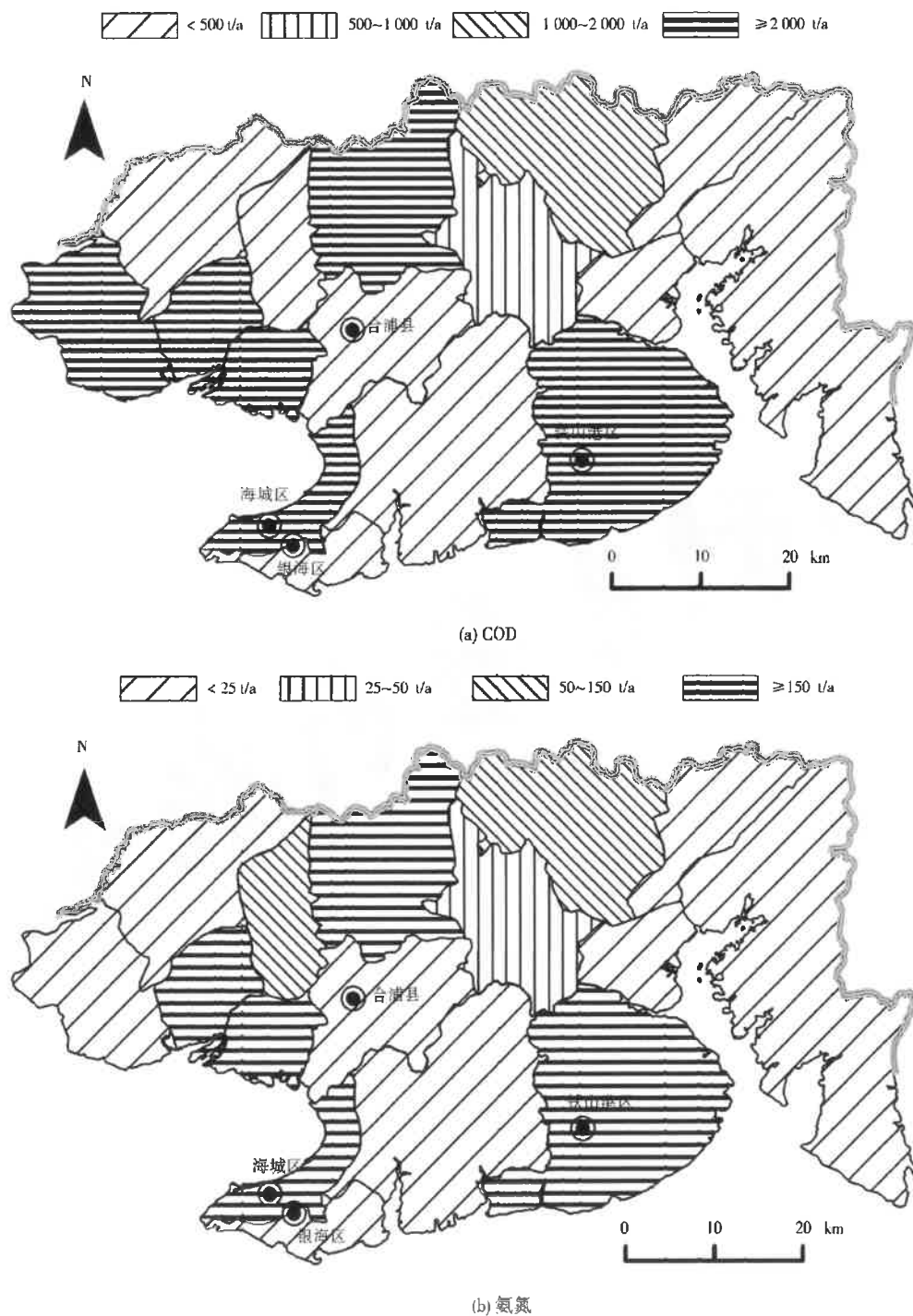


图 3 各控制单元 COD 和氨氮剩余可利用环境容量分布

Fig.3 Available water environmental capacities of COD and ammonia nitrogen for each control-unit

量的约 8% 和 7%，地表水环境容量已经严重不足。从对应的控制单元上来看，南康江南康镇至营盘镇控制单元、平阳镇至福成镇控制单元等已无实际可利用的地表水环境容量，枯水期部分支流水质污染严重。北海市各控制单元 COD 和氨氮剩余可利用环境容量分布如图 3 所示。

3 水环境容量分区控制利用调控策略

根据北海市水环境容量资源禀赋空间差异的特点与主要水污染物排放量特征，进一步将各陆域控制单元划分为水环境容量超载区、水环境容量一般区和水环境容量富余区，从而有针对性地提出水环

境容量利用和总量分区控制策略。

水环境容量超载区指污染物排放量已经超过区域最大允许排污量的地区。根据测算结果,北海市现状 COD 环境容量超载区共有 5 个,超载区总面积占全市总面积的 39%;现状氨氮环境容量超载区共 8 个,超载区总面积占全市总面积的 55%。主要容量超载单元有南流江乌家镇控制单元、南流江曲樟乡控制单元、冯家江银海区控制单元、闸口河闸口镇控制单元和平阳镇至福成镇控制单元等。水环境容量超载地区内地表水河流的流量小、流程短、自净能力差,已不宜新增排污口和排污量,应严禁新建水污染物排放项目;严禁改建、扩建增加水污染物排放项目,并对现有糖厂污水排放进行治理整改,确保废水全部处理达标排放,最终达到不排或少排废水;以生活源和农业源为重点,加大污染防治,降低污染物排放强度,减少污染物入河量,从根本恢复水生态环境。

水环境容量一般区主要指区域可利用环境容量在环境容量中的占比小于 50% 的地区。根据测算结果,北海市现有 COD 环境容量一般区共 4 个,一般区总面积占全市总面积的 34%;氨氮环境容量一般区共 3 个,一般区总面积占全市总面积的 17%。北海市 COD 环境容量一般区主要包括公馆镇至沙田镇控制单元、南流江常乐镇控制单元、周江廉州镇控制单元和南流江星岛湖乡控制单元等;氨氮环境容量一般区主要包括南流江常乐镇控制单元、南流江石康镇控制单元和湖海运河海城区控制单元等。在水环境容量一般区内,应重视污染防治工作,提升环境容量富余量;新建项目要充分考虑区域水环境容量及最大允许排放量,严格控制污染物排放总量,确保达标排放;加强生态功能的恢复与维护;提倡“上大压小”、“等量替代”。

水环境容量富余区指区域可利用环境容量在环境容量中的占比大于 50% 的地区。根据测算结果,北海市现有 COD 环境容量富余区共 6 个,富余区总面积占全市总面积的 37%;氨氮环境容量富余区共 4 个,富余区总面积占全市总面积的 28%。北海市境内 COD 和氨氮容量富余区主要包括南流江南康镇至营盘镇控制单元、南流江石湾镇控制单元和南流江河口沙岗镇至党江镇控制单元等单元。考虑到相关地区水环境容量相对富足,在满足区域总量控制要求及相应的环境管理制度的前提下,可集约发展。鉴于北海市南流江和近海排污控制区相关控

制单元剩余可利用容量资源量较大,今后大型用、排水企业可在南流江干流或相关规划的排海区域集中布置,以充分利用剩余环境容量。

参考文献:

- [1] 董飞,彭文启,刘晓波,等.地表水水环境容量计算方法回顾与展望[J].水科学进展,2014,25(5):1-12.
- [2] 陈权,李秀娟,黄翠梅.保障北海市水资源可持续利用的对策[J].中国人口·资源与环境,2010,20:393-396.
- [3] 王金南,吴文俊,蒋洪强,等.中国流域水污染控制分区方法与应用[J].水科学进展,2013,24(4):459-468.
- [4] 彭进平,逢勇,李一平.湛江市区水环境容量的计算研究[J].中国给水排水,2006,22(16):98-102.
- [5] 金先奎.滨海城市水环境容量研究[D].长沙:湖南大学,2008.
- [6] 陈毅,郭纯青.北部湾经济区南流江水环境容量研究[J].工业安全与环保,2012,38(12):62-65.
- [7] 陈丁江,吕军,沈晔娜,等.饮用水水源保护区河流水环境容量计算模型[J].环境科学,2008,29(9):2437-2440.
- [8] 曹利军,鲍全胜.区域经济发展与水环境容量紧缺之间矛盾的调和——工业生产力宏观布局与产业结构调整策略[J].经济地理,1998,18(4):54-61.

编辑:丁 怀 (修改稿收到日期:2014-12-20)

(上接第 68 页)

前提条件,为交易执行设定了一个“强制执行框架”。但同时,中国的总量控制制度是个典型的命令-控制型环境政策,与基于市场的排污权交易制度有着本质差异,总量控制手段的刚性特征与排污权交易的灵活性特征会产生矛盾和冲突。在总量控制视角下,为实现总量控制目标采取的诸多措施具有针对性和阶段必要性,但可能影响排污权交易在环境资源配置中发挥基础性调节作用。一旦启动排污权交易制度,就要注意把握总量控制制度的定位,既要成为一个“强制执行框架”,又不能对排污权交易施加过多“限制”,使总量控制与排污权交易高度融合。

参考文献:

- [1] 刘炳江.抓住关键 破解难题 全力推进污染减排[J].环境保护,2012(11):8-10.
- [2] 刘炳江.“十二五”主要大气污染物总量减排对策措施[J].环境与可持续发展,2012(4):5-10.
- [3] 于飞.“十二五”污染减排面临的形势和政策措施[J].环境保护,2012(19):27-30.
- [4] 环境保护部.“十二五”主要污染物总量减排核算细则[EB/OL].[2014-11-20].http://www.mep.gov.cn/gkml/hbb/bwj/201206/W020121012519874173523.pdf.

编辑:丁 怀 (修改稿收到日期:2014-12-20)