

水资源缺乏地区地表水环境承载现状研究 ——以京津冀和西北五省（自治区）为例

温胜芳¹, 单保庆¹, 马静², 邓伟²

(1. 中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085; 2. 中国水利水电科学研究院, 北京 100038)

摘要: 本研究以主体功能区划作为控制单元进行划分, 以水功能区纳污能力作为环境容量基础数据, 结合国家环境保护部污染物排放统计数据, 分析京津冀和西北五省（自治区）的不同主体功能区的地表水环境容量超载情况。结果显示, 在水资源缺乏的京津冀和西北五省（自治区）地区, 其重点开发区的氨氮排入河量均已超出水环境容量, 城镇生活污水排放是水环境氨氮容量超载的主要贡献因子。对于农产品主产区和重点生态功能区, 京津冀地区水环境的化学需氧量（COD）和氨氮排放量普遍超载, 而西北五省（自治区）还有 19%~73% 的水环境容量剩余。不同主体功能区的环境和产业政策的取决于主体功能区的类型和水环境容量的超载情况。

关键词: 水资源缺乏区; 环境容量; 主体功能区; 超载程度

中图分类号: X52 **文献标识码:** A

Surface Water Environmental Carrying Capacity in Water-Deficient Areas: A Case Study on Jingjinji and the Five Northwestern Provinces and Autonomous Regions in China

Wen Shengfang¹, Shan Baoqing¹, Ma Jing², Deng Wei²

(1. Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China;
2. China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China)

Abstract: This study discusses the environmental carrying capacity for surface water in different main functional zones in water-deficient areas, such as Beijing-Tianjin-Hebei (Jingjinji) and the five northwestern provinces and autonomous regions in China. Main function was used as the basic principle to divide control units. This paper analyzes the pollution-bearing capacity of the main functional zones of the Ministry of Water Resources and analyzes pollutant discharge statistics from the Ministry of Environmental Protection. The results show that the ammonia discharge from the priority development regions of Jingjinji and Northwest China is greater than the water environmental carrying capacity, due to emissions from urban life. Pollutant discharge, including chemical oxygen demand (COD) and ammonia, into major agricultural product-producing areas and key protected ecological areas overloaded the capacity of the Jingjinji region, while 19%–73% of the water environmental carrying capacity remained in the five northwestern provinces and autonomous regions in China. Therefore, the environmental and industrial policies for different main functional zones depend on the type of functional zone and on the overloaded condition of the water environmental carrying capacity.

Keywords: water-deficient areas; environmental carrying capacity; main functional zone; overload degree

收稿日期: 2017-06-30; 修回日期: 2017-07-19

通讯作者: 温胜芳, 中国科学院生态环境研究中心, 工程师, 研究领域为水污染防治; E-mail: sfwen@rcees.ac.cn

资助项目: 中国工程院咨询项目“生态文明建设若干战略问题研究（二期）”（2015-ZD-16）

本刊网址: www.ensci.cn

一、背景

水资源是基础性的自然资源和战略性的经济资源，也是生态环境的控制性因素，对区域社会经济可持续发展和生态文明建设起着至关重要的作用。

我国水资源总量列世界第 6 位，但人均和亩均水资源占有量仅为世界平均水平的 28% 和 50%。水资源分布呈现南多北少，东多西少，山区多平原少的特征；水资源禀赋与人口、土地、耕地资源和生产力布局均不相匹配 [1]。按照 1993 年国际人口行动组织在《可持续水：人口和可更新水的供给前景》报告中提出的标准，全国有 14 个省市自治区（北京、天津、河北、山西、上海、江苏、山东、河南、宁夏、辽宁、吉林、安徽、陕西、甘肃）用水紧张，而这些水资源缺乏地区也正是我国生态脆弱的地区。我国水资源供需矛盾突出，水资源与地区生产力、耕地资源和生态环境需水等不相协调。水资源与生产力布局极不协调，集中体现在华北地区，其水资源量仅为全国水资源总量的 3%，却贡献了全国 15% 的国内生产总值（GDP）；水资源与耕地资源分布不相协调，集中体现在西北、东北、华北地区，其耕地面积达到全国耕地总面积的 32%，水资源量却仅为全国水资源总量的 9%；水资源空间分布与生态环境需水不相协调，集中体现在西北和华北地区，其单位面积产水量远低于全国平均水平，而生态环境需水量较大，水资源的短缺加剧了该区域本已十分突出的生态环境问题，影响区域可持续发展 [2]。分析水资源缺乏地区的地表水环境容量及承载力现状，可以为该地区的水生态改善和经济社会发展布局提供帮助。

我国生态文明建设的首要任务是优化国土空间开发格局，而实施主体功能区战略、形成主体功能区布局是优化空间格局的战略重点 [3,4]。2010 年国务院印发了《全国主体功能区规划》（国发 [2010]46 号），将我国国土空间按开发方式划分为优化开发区域、重点开发区域、限制开发区域和禁止开发区域，按开发内容分为城市化地区、农产品主产区和重点生态功能区。规划根据主体功能定位给出了发展方向和管制原则，推动了符合主体功能区目标的区域发展。城市化地区把增强综合经济实力作为首要任务，同时应保护好耕地和生态；农产品主产区把增强农业综合生产能力作为首要任务，同时应保护好生态，在不影响主体功能的前提下适

度发展非农产业；重点生态功能区把增强提供生态产品能力作为首要任务，同时可适度发展不影响主体功能的适宜产业 [5]。至此，主体功能区划成为我国国土空间开发的战略性、基础性和约束性规划，主体功能区建设成为落实人口、经济和资源环境相协调的国土空间开发格局的重要战略举措。国家“十三五”规划将主体功能区建设作为落实生态文明建设新的战略高度，把生态文明建设和经济发展绿色化统一到主体功能区建设，是关系到形成人与自然和谐发展的现代化建设新格局的关键 [4]。

本研究从水环境容量的视角，选取水资源供需矛盾最为突出的京津冀和西北五省（自治区）作为代表地区，分析其不同主体功能区类型的水环境容量现状及由经济社会发展带来的污染物排放情况，期望通过水环境容量的利用和超载情况分析，从不同主体功能区建设和发展的角度为水资源缺乏、供需矛盾突出地区的水资源利用和水环境保护提供建议。

二、研究方法

（一）研究区域概况

京津冀区域以全国 2.3% 的国土面积和 1% 的水资源，承担了全国 8.1% 的人口，产出了全国 9.7% 的 GDP，是我国水资源最短缺，水污染与水生态退化最严重，水环境支撑力与发展矛盾最尖锐的地区 [6,7]，如表 1 所示。根据《全国水资源保护规划（2015—2030）》，京津冀 157 个水功能区中仅有 26% 的地表水质量达标 [8]。在我国主体功能规划中，京津冀整体定位是“以首都为核心的世界级城市群、区域整体协同发展改革引领区、全国创新驱动经济增长新引擎、生态修复环境改善示范区”，京津冀区域发展要统筹解决经济、生态、交通等方面的问题，综合建设与改善区域人居环境，成为生态修复环境改善示范区 [5,9]。

西北五省（自治区）以全国 43% 的国土面积和 8% 的水资源承担了全国 6% 的人口，贡献了 6% 的 GDP，化学需氧量（COD）和氨氮排放量占比分别为 10% 和 7%，502 个水功能区中有 51% 的地表水质量达标 [8]，如表 1 所示。西北五省（自治区）在我国具有重要的生态价值和战略地位，在中国西部大开发战略、新丝绸之路经济带战略构想等重大战略支撑下，将发挥越来越重要的作用，经济持续较快发展将逐步缩小其与我国平均发展水平

表1 研究区域概况

地区	面积 /×10 ⁴ km ²	人口 /万	GDP /亿元	工业产值 /亿元	水资源 /×10 ⁸ m ³	水功能区 达标率/%	COD 排放量 /×10 ⁴ t	氨氮排放量 /×10 ⁴ t	
京津冀	北京	1.6	2 152	21 331	3 747	20	41	17	2
	天津	1.2	1 517	15 727	7 079	11	6	21	2
	河北	19	7 384	29 421	13 331	106	33	127	10
	全国占比/%	2.3	8.1	9.7	11	1	1.95	7	6
西北五省（自治区）	内蒙古	118	2 505	17 770	7 904	538	23	85	4.9
	甘肃	45	2 591	6 837	2 263	198	71	37	3.8
	青海	72	583	2 303	954	793	82	11	1.0
	宁夏	7	662	2 752	973	10	57	22	1.7
	新疆	166	2 298	9 273	3 179	726	89	67	4.6
全国占比/%	43	6	6	7	8	11.9	10	7	

的差距。西北五省（自治区）是水资源与地区生产力布局、耕地资源和生态环境需水极不协调的典型代表区域。

（二）控制单元划分方法

本研究以主体功能区划为原则，综合主体功能区、行政区、水生态区划、水系完整性、水质响应、水功能区完整性等因素对京津冀和西北五省（自治区）进行三级控制单元的划分，以期有效结合功能区水环境容量和污染物排放数据，分析不同主体功能区类型和不同控制单元的水环境容量利用和超载情况，并给出发展建议。

一级控制单元为4类主体功能区，以主体功能区划的范围和类型为主。二级控制单元称为控制区（京津冀为12个控制区、西北五省（自治区）为10个控制区），主要考虑水生态区划、行政区等因素，用于水环境容量和污染源排放的分析。二级控制单元的划分依据则针对不同的功能区类型有所侧重，在优化开发区主要考虑了经济社会特征差异、在重点开发区主要考虑了空间位置差异、在农产品主产区主要考虑了生态功能区划的差异、在重点生态功能区主要考虑了水生态功能分区的差异。三级控制单元为子控制区（京津冀为29个子控制区、西北五省（自治区）为24个子控制区），主要考虑因素为流域完整性。京津冀和西北五省（自治区）的三级控制单元划分情况，如图1所示。

（三）水环境容量的计算方法

水环境容量指水体环境在规定的目标下所能容纳的污染物数量，容量大小与水体特征、水质

目标及污染物特性有关，同时还与污染物的排放方式及排放的时空分布有密切关系 [10]。随着我国水环境管理体系从浓度控制、目标总量控制转向容量总量控制，以水环境容量计算为基础的流域水质目标管理和水功能区限制纳污红线管理就显得越来越重要 [11~13]。本研究采用水功能区纳污能力作为水环境容量的计算方法，依据《全国重要江河湖泊水功能区纳污能力核定和分阶段限排总量控制方案技术大纲》，收集全国重要江河湖泊水功能区水质、水量监测资料，开展基准年水功能区水质评价。结合各流域入河排污口普查等有关工作，对重要江河湖泊水功能区中的入河排污口和支流口开展统计调查，确定水功能区主要污染物的入河量现状。根据全国重要江河湖泊水功能区水质目标要求，复核重要江河湖泊水功能区纳污能力（水环境容量），重点复核水质目标调整和设计条件（如流量）变化时的水功能区纳污能力。在复核水域纳污能力、测算主要污染物入河量的基础上，确定水功能区的污染物限制排污总量。以主体功能区、控制区和子控制区三级控制单元为分析单元，分析不同地区的污染物排放情况并给出建议。

（四）主要数据来源

主体功能区数据来源于国务院发布的《全国主体功能区规划》及相关各省发展和改革委员会和人民政府发布的主体功能区规划 [5,9]。水功能区的水域纳污能力（水环境容量）数据来源于水利部发布的《全国水资源保护规划（2015—2030）》 [8]。各县市污染物的排放数据来源于2014年环境保护部发布的环境统计数据 [7]。

三、结果与分析

(一) 京津冀地区水环境容量与入河量超载情况

京津冀地区的水环境 COD 容量为 57 468 t/a, COD 入河量 (83 929 t/a) 是其容量的 1.5 倍; 水环境氨氮容量为 2 806 t/a, 氨氮入河量 (12 354 t/a)

是其容量的 4.4 倍。京津冀地区基于水功能区水质目标的 COD 和氨氮容量及入河超载量, 如表 2 所示。

四类主体功能区中重点开发区的 COD 入河量最多, 68% 的水功能区均超载。优化开发区的 COD 入河总量超载 38%, 超载的水功能区比例为

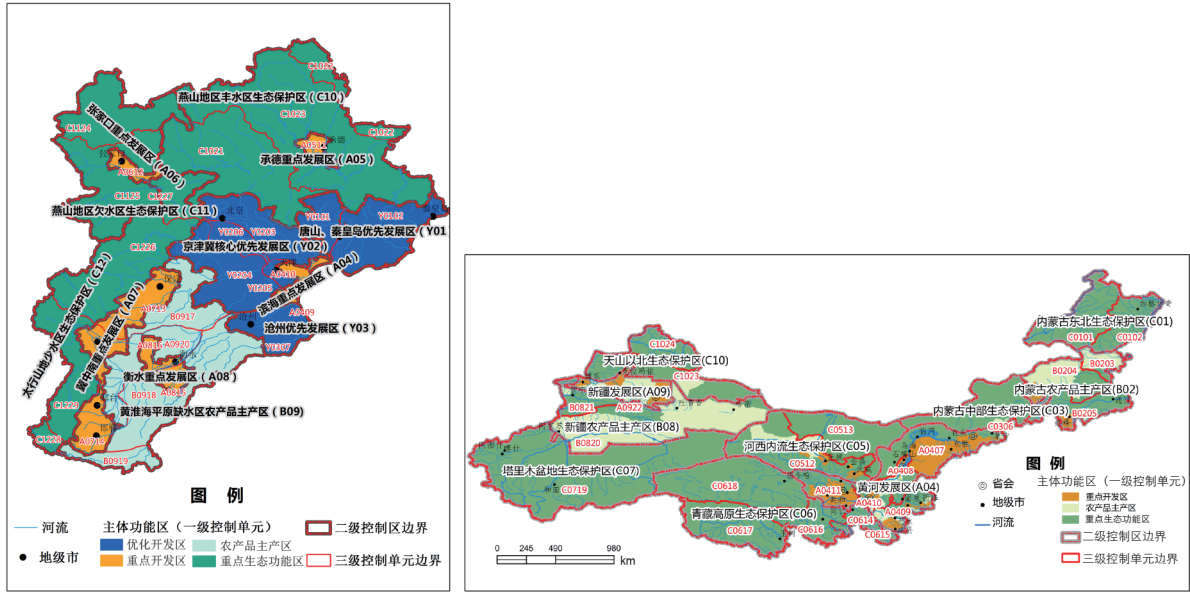


图 1 京津冀和西北五省(自治区)的三级控制单元划分情况

表 2 京津冀地区基于水功能区水质目标的 COD 和氨氮容量及入河超载量

控制单元	水功能区数量	水质目标				COD/ (t/a)		氨氮 / (t/a)	
		II	III	IV	V	水环境容量	入河超载量	水环境容量	入河超载量
优化开发区(Y)	32	2	8	19	3	26 383	10 147	1 258	3 927
唐山、秦皇岛区(Y01)	6	0	3	3	0	18 257	-269	908	140
京津冀核心区(Y02)	18	1	4	11	2	4 998	6 345	198	2 785
沧州市(Y03)	8	1	1	5	1	3 128	4 071	152	1 002
重点开发区(A)	15	1	6	7	1	15 869	15 823	735	4 481
滨海开发区(A04)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
承德区(A05)	1	0	1	0	0	3 411	197	151	1 505
张家口区(A06)	2	0	1	1	0	3 098	984	147	180
冀中南(保定/石家庄/邢台/邯郸)区(A07)	6	1	2	2	1	6 411	4 197	306	1 535
衡水区(A08)	6	0	2	4	0	2 948	10 445	131	1 261
农产品主产区(B)	18	1	7	10	0	3 593	732	169	319
黄淮海平原缺水农产品主产区(B09)	18	1	7	10	0	3 593	732	169	319
重点生态功能区(C)	51	26	21	3	1	11 623	-241	644	821
燕山地区丰水区(C10)	33	17	14	1	1	5 674	2 754	313	515
燕山地区欠水区(C11)	7	1	4	2	0	4 715	-3 041	217	316
太行山地少水区(C12)	11	8	3	0	0	1 235	46	114	-10
总计	116	30	42	39	5	57 468	26 461	2 806	9 548

22%；重点生态功能区的 COD 入河总量相对于水环境容量仍有部分盈余，但超载的水功能区比例也达到了 20%。氨氮与 COD 的入河量超载情况相近，重点开发区的氨氮入河量最多，67% 的水功能区超载，入河总量超载 6.1 倍；优化开发区的氨氮入河总量超载 3.1 倍，超载的水功能区比例为 27%；重点生态功能区和农产品主产区的氨氮入河总量没有盈余，超载倍数分别为 1.3 倍和 1.9 倍，超载的水功能区比例也达到了 20%。

京津冀地区污染物的入河量超载情况在控制区（二级控制单元）的表现有较大差异（见图 2）。在优化开发区的三个控制区中，唐山、秦皇岛区污染物入河量与水环境容量相近，而北京、天津、廊坊区的氨氮入河量超载达 14 倍。重点开发区中以衡水区超载最为严重，COD 入河量超载 3.5 倍，氨氮入河量超载 9.6 倍；承德区的氨氮入河量超载 10 倍，冀中南区氨氮入河量超载 5 倍。重点生态功能区中燕山地区丰水区的环境容量较大，但入河量超载倍数也较高，COD 入河量超载 50%，氨氮入河量超载 1.6 倍。COD 容量盈余存在于燕山地区欠水区，氨氮容量盈余存在于太行山地少水区。

（二）京津冀地区污染物排放情况

京津冀地区的 COD 排放以农业排放为主（65%），氨氮排放以城镇生活排放为主（54%）。在全国 COD 排放逐渐得到控制并出现拐点的情况下，氨氮排放将成为优化开发区治理的重点和难点（见表 3）。在绝对排放量上，氨氮排放以城镇生活排放最高，主要排放区域为京津冀核心区；农业氨氮排放最高的区域为京津冀核心区和农产品主产区；工业氨氮排放以冀中南城市群为主。

从工业产值、废水排放和污染物排放的比例来看，石化、造纸、食品、纺织、制药、皮革属于京津冀地区需要重点关注的六大行业。六大行业占其废水排放总量的 63%，COD 排放总量的 70%，氨氮排放总量的 73%（见表 4）。工业 COD 的排放主要集中在造纸、石化和食品行业，分别占工业 COD 排放总量的 21%、16% 和 14%。工业氨氮的排放主要集中在石化、造纸和食品行业，分别占工业氨氮排放总量的 35%、11% 和 10%。

京津冀不同主体功能区的主要控制行业如下：优化开发区的主控行业是造纸和食品行业；重点开发区的主控地区和行业为滨海开发区的化工行业、冀中南城市群的造纸和制药行业。

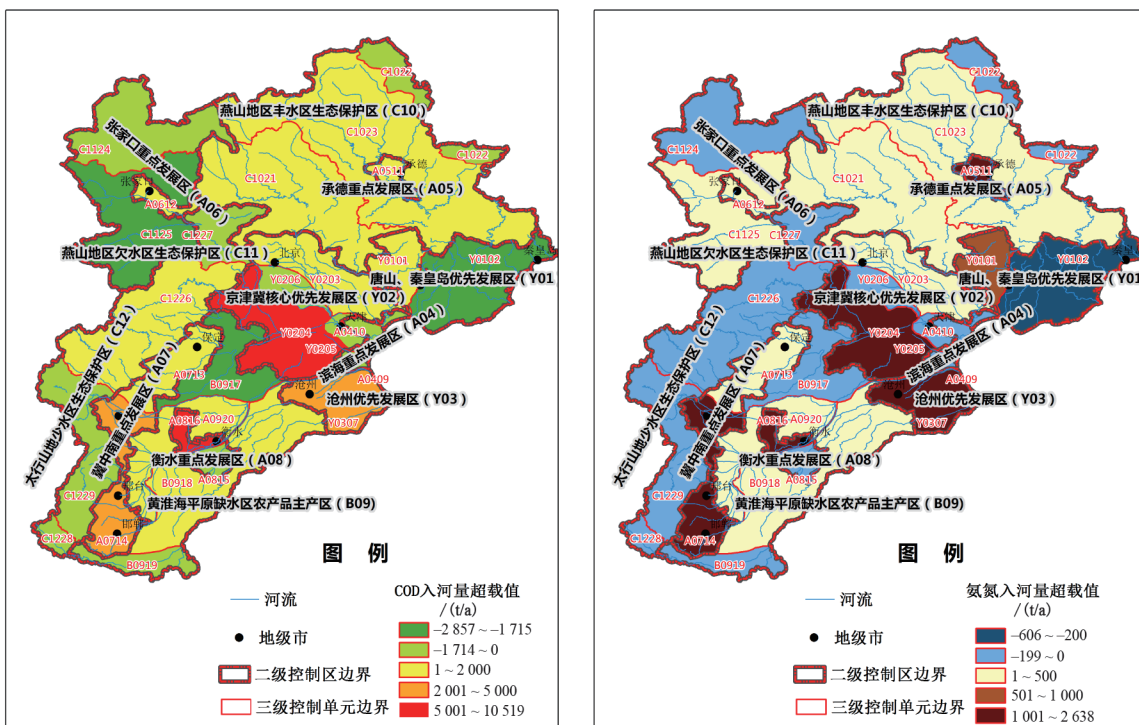


图 2 京津冀地区不同控制单元的污染物入河超载情况

表 3 京津冀地区各主体功能区的 COD 和氨氮排放情况

	COD 排放				氨氮排放			
	农业 / %	城镇 / %	工业 / %	排放总量 / (t/a)	农业 / %	城镇 / %	工业 / %	排放总量 / (t/a)
优化开发区	65	27	8	559 292	36	58	6	52 792
重点开发区	54	29	17	302 894	21	57	22	32 352
农产品主产区	66	20	14	300 278	44	47	9	25 996
重点生态功能区	75	18	7	331 743	47	46	7	23 301
主体功能区	65	24	11	1 494 207	36	54	10	134 441

表 4 京津冀地区主要工业行业污染物排放情况

行业名称	废水排放量		COD 排放		氨氮排放	
	总量 / ($\times 10^4$ t/a)	比例 / %	总量 / (t/a)	比例 / %	总量 / (t/a)	比例 / %
石化	19 648	17	27 487	16	5 023	35
造纸	19 270	17	35 202	21	1 596	11
食品	11 454	10	22 554	14	1 491	10
纺织	10 171	9	14 035	8	1 035	7
制药	5 200	5	9 414	6	1 054	7
皮革	5 129	5	8 791	5	491	3
总计	70 872	63	117 483	70	10 690	73

(三) 西北五省(自治区)的水环境容量与入河量超载情况

西北五省(自治区)的水环境 COD 容量为 9.72×10^5 t, 水环境氨氮容量为 4.48×10^4 t(见表 5)。水环境容量的总体利用程度不高, COD 容量利用率仅为 38%, 氨氮容量利用率达到 87%; 仅有重点开发区的氨氮排放 (2.76×10^4 t) 已经超过地表水环境容量 (2.72×10^4 t)。

西北五省(自治区)三级控制单元的水环境 COD 和氨氮容量利用率, 如图 3、图 4 所示。污染物入河量超载区在 COD 和氨氮指标上有一定差异, COD 入河量超载的仅有 3 个控制单元, 最高超载倍数为 2.8 倍; 氨氮入河量超载的则有 5 个控制单元, 最高超载倍数为 5.7 倍。COD 入河超载 100%~150% 的控制单元主要是重点开发区的黄河—甘肃渭河单元(A0409); COD 入河超载 150%~280% 的重点控制单元主要为农产品主产区的内蒙古—内蒙古内流区单元(B0204)和生态功能区的塔里木盆地—塔里木河内流区单元(C0719), 分别超载 3 053 t/a (189%) 和 5 316 t/a (276%)。氨氮入河超载 100%~150% 的控制单元主要分布在宁夏和内蒙古地区的黄河干流区, 重点开发区的黄河—内蒙古单元(A0407)、黄河—宁夏单元(A0408)、生态功能区的青藏高原—甘肃黄河干流单

元(C0614); 氨氮入河超载 150%~280% 的重点控制单元主要为重点开发区的黄河—甘肃渭河单元(A0409)、黄河—青海黄河干流单元(A0411), 分别超载 1 652 t/a (261%) 和 1 229 t/a (194%)。

(四) 西北五省(自治区)污染物排放情况

西北五省(自治区)污染物排放主体功能区类型的分布上以重点开发区为主, 在农业、城镇生活和工业分布上 COD 排放以农业排放为主(55%), 氨氮排放以城镇生活排放为主(53%), 如表 6 所示。城镇生活排放应是重点关注的领域, 尤其是整个西北五省(自治区)的氨氮排放情况和重点开发区的 COD 排放情况。

COD 排放应重点关注内蒙古东北部的重点生态功能区和农产品主产区, 以及黄河发展区。农产品主产区的内蒙古—内蒙古内流区单元(B0204)和生态功能区的塔里木盆地—塔里木河内流区单元(C0719)的 COD 容量利用率分别为 189% 和 276%, 农业排放占比达到 87% 和 79%, 是重点的减排领域。氨氮排放以黄河发展区的氨氮排放总量最高, 其城镇生活氨氮排放比例为 58%。重点开发区的黄河—甘肃渭河单元(A0409)、黄河—青海黄河干流单元(A0411)的氨氮容量利用率分别为 261% 和 194%, 城镇排放占比达到 73% 和 80%,

表 5 西北五省（自治区）基于水功能区水质目标的 COD 和氨氮容量及入河超载量

控制单元	水功能区数量	水质目标				COD/ ($\times 10^4$ t/a)		氨氮 / (t/a)	
		II	III	IV	V	水环境容量	入河超载量	水环境容量	入河超载量
重点开发区 (A)	94	21	51	22	0	60.5	-35	27 168	426
黄河发展区 (A04)	85	15	48	22	0	60.0	-35	26 797	426
新疆发展区 (A09)	9	6	3	0	0	0.5	0	371	0
农产品主产区 (B)	123	39	46	36	2	22.0	-14.4	12 492	-5 298
内蒙古农产品主产区 (B02)	93	26	32	33	2	6.8	-2.4	7 067	-1 924
新疆农产品主产区 (B08)	30	13	14	3	0	15.2	-12	5 426	-3 374
重点生态功能区 (C)	136	78	51	7	0	14.7	-11	5 167	-1 059
内蒙古东北生态保护区 (C01)	59	30	23	6	0	5.5	-2.9	2 631	378
内蒙古中部生态保护区 (C03)	4	1	3	0	0	0.0	0	0	0
河西内流生态保护区 (C05)	14	4	9	1	0	4.2	-3.7	868	-202
青藏高原生态保护区 (C06)	29	18	11	0	0	1.6	-1.2	798	-283
塔里木盆地生态保护区 (C07)	12	8	4	0	0	0.2	0.3	82	-15
天山以北生态保护区 (C10)	18	17	1	0	0	3.2	-3.6	788	-937
总计	354	138	148	65	2	97.2	-60.4	44 827	-5 931

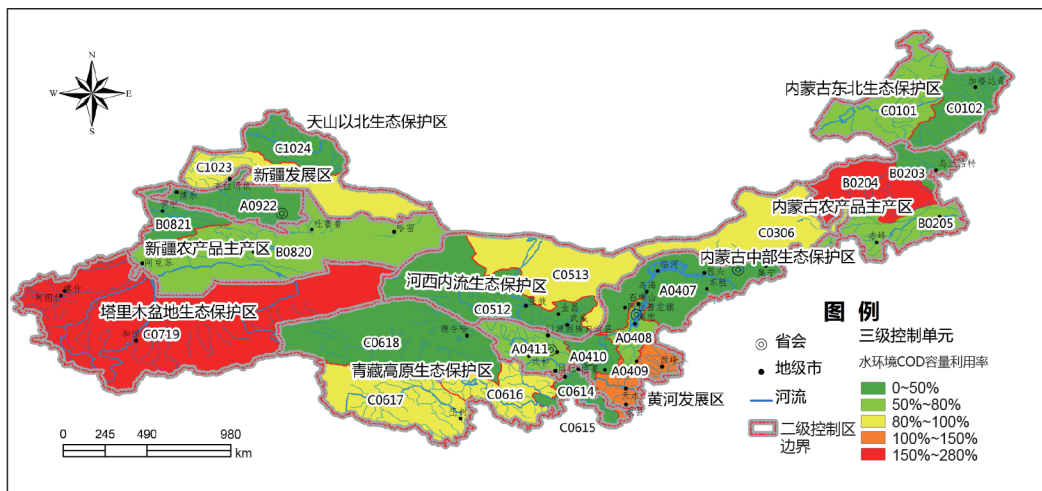


图 3 西北五省（自治区）三级控制单元的水环境 COD 容量利用率

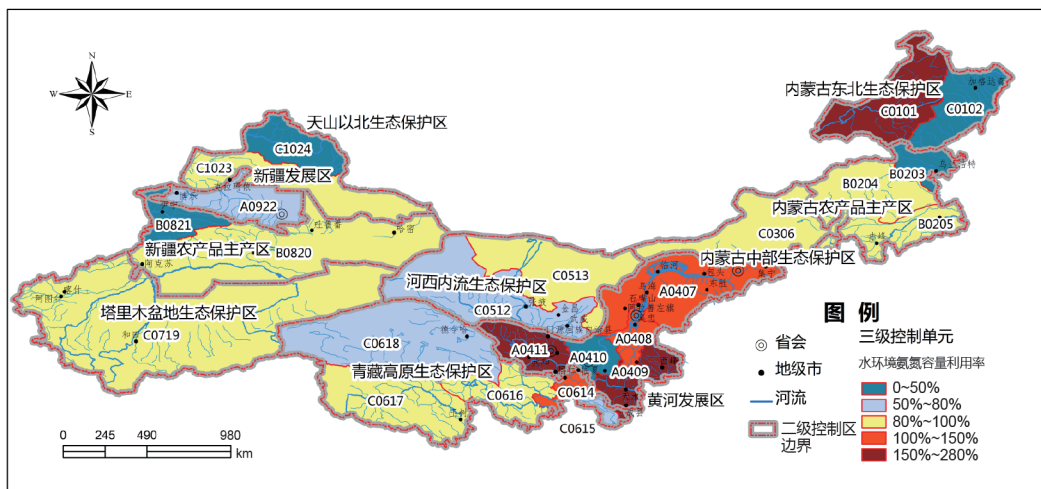


图 4 西北五省（自治区）三级控制单元的水环境氨氮容量利用率

表 6 西北五省(自治区)各主体功能区的 COD 和氨氮排放情况

	COD 排放				氨氮排放			
	农业 /%	城镇 /%	工业 /%	排放总量/(t/a)	农业 /%	城镇 /%	工业 /%	排放总量/(t/a)
重点开发区	45	30	25	935 870	15	58	27	80 651
农产品主产区	60	14	26	532 087	26	48	26	34 356
重点生态功能区	69	19	12	626 036	23	49	28	38 386
主体功能区	55	23	22	2 093 993	20	53	27	153 393

是重点的减排领域。

从工业产值、废水排放和污染物排放的比例来看,金属冶炼、采矿、石化、化工、食品、造纸行业属于应重点关注的行业,六大行业占工业总产值的 73%,占废水排放总量的 87%,占 COD 排放总量的 92%,占氨氮排放总量的 95%。工业 COD 排放应主要关注化工、食品和造纸行业,其排放量分别占工业 COD 排放总量的 36%、26% 和 15%。工业氨氮排放应主要关注化工、石化、食品和金属冶炼行业,其排放量分别占工业氨氮排放总量的 45%、16%、13% 和 12%。

四、总结和建议

重点开发区的地表水氨氮容量超载严重,城镇生活的氨氮排放是主要贡献因子,应进一步提高城镇生活污水收集率和氨氮排放标准。农产品主产区和重点生态功能区也出现地表水环境容量超载的情况,京津冀地区的 COD 和氨氮入河量普遍超载;而在西北五省(自治区)还有 19%~73% 的水环境容量剩余。因此,需要进一步控制工业和城镇生活排放,强化农业畜禽养殖污染控制等。

石化、造纸、食品、纺织、制药、皮革六个行业为京津冀地区主要的污染排放行业。根据亿元 GDP 的污染物排放量,纺织、皮革和造纸行业(COD 为 49~66 t/亿元,氨氮为 2.2~4.9 t/亿元)应采取整个行业关闭转移的措施;石化、食品和制药行业(COD 为 10~15 t/亿元,氨氮为 1~2 t/亿元)可以采取行业关闭转移、行业化清洁生产改造、污水处理工艺改进等措施。

西北五省(自治区)水环境容量利用不足,在重点开发区应采取行业化清洁生产改造、污水处理工艺改进等措施,适度发展水资源利用率高的行业。在农产品主产区应重点关注农业节水工作,重点关注城镇生活和畜禽养殖领域的减排工作。

重点生态功能区应加快发展符合主体功能区规划的经济产业。

参考文献

- [1] 王浩,王建华.中国水资源与可持续发展[J].中国科学院院刊,2012,27(3):352-358.
Wang H, Wang J H. Sustainable utilization of China's water resources [J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2012, 27(3): 352-358.
- [2] 汪党献,王浩,马静.中国区域发展的水资源支撑能力[J].水利学报,2000,11(11):21-26.
Wang D X, Wang H, Ma J. Water resources supporting capacity to regional development in China [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2000, 11(11): 21-26.
- [3] 魏后凯.对推进形成主体功能区的冷思考[J].中国发展观察,2007(3):28-30.
Wei H K. Calm thinking on promoting formation of main functional areas [J]. China Development Observation, 2007 (3): 28-30.
- [4] 樊杰.主体功能区战略与优化国土空间开发格局[J].今日国土,2013,28(2):193-206.
Fan J. The strategy of major function oriented zoning and the optimization of territorial development patterns [J]. China Territory Today, 2013, 28(2): 193-206.
- [5] 中华人民共和国国务院.国务院关于印发全国主体功能区规划的通知[EB/OL].(2010-12-21)[2017-04-10].http://www.gov.cn/zwgg/2011-06/08/content_1879180.htm.
The State Council of the PRC. Circular on printing and distributing the main functional areas planning by the State Council of the PRC [EB/OL]. (2010-12-21) [2017-04-10]. http://www.gov.cn/zwgg/2011-06/08/content_1879180.htm.
- [6] 荣楠,单保庆,林超,等.海河流域河流氮污染特征及其演变趋势[J].环境科学学报,2016,36(2):420-427.
Rong N, Shan B Q, Lin C, et al. Evolution of the nitrogen pollution in the Hai river basin [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2016, 36(2): 420-427.
- [7] 中华人民共和国国家统计局.中国环境统计年鉴2014[M].北京:中国统计出版社,2015.
National Bureau of Statistics of the PRC. China statistical yearbook on environment 2014 [M]. Beijing: China Statistics Press, 2015.
- [8] 水利水电规划设计总院.全国水资源保护规划(2015—2030)[R].北京:水利水电规划设计总院,2014.
China Renewable Energy Engineering Institute. National water resource protection planning (2015—2030) [R]. Beijing: China Renewable Energy Engineering Institute, 2014.

- [9] 北京市人民政府. 北京市主体功能区划 [EB/OL]. (2012-07-01) [2017-05-25]. <http://zhengwu.beijing.gov.cn/ghxx/qtgh/t1240927.htm>.
Beijing Municipal Government. Main functional area planning of Beijing [EB/OL]. (2012-07-01) [2017-05-25]. <http://zhengwu.beijing.gov.cn/ghxx/qtgh/t1240927.htm>.
- [10] 董飞, 刘晓波, 彭文启, 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(3): 451–463.
Dong F, Liu X B, Peng W Q, et al. Calculation methods of water environmental capacity of surface waters: Review and prospect [J]. *Advances in Water Science*, 2014, 25(3): 451–463.
- [11] 孟伟, 张远, 王西琴, 等. 流域水质目标管理技术研究: V. 水污染防治的环境经济政策 [J]. 环境科学研究, 2008, 21(4): 1–9.
Meng W, Zhang Y, Wang X Q, et al. Study on technique of basin water-quality target management: V. Economic policy for water pollution prevention and control [J]. *Research of Environmental Sciences*, 2008, 21(4): 1–9.
- [12] 刘年磊, 蒋洪强, 卢亚灵, 等. 水污染物总量控制目标分配研究——考虑主体功能区环境约束 [J]. 中国人口资源与环境, 2014, 24(5): 80–87.
Liu N L, Jiang H Q, Lu Y L, et al. Study on allocation for total amount controlling objectives of water pollutants—Considering the constraint of environmental goals of national main function regions [J]. *China Population Resources and Environment*, 2014, 24(5): 80–87.
- [13] 雷坤, 孟伟, 乔飞, 等. 控制单元水质目标管理技术及应用案例研究 [J]. 中国工程科学, 2013, 15(3): 62–69.
Lei K, Meng W, Qiao F, et al. Study and application of the technology on water quality target management for control unit [J]. *Strategic Study of CAE*, 2013, 15(3): 62–69.