

环境承载力约束下的国家产业发展布局战略研究

郝吉明^{1,2}, 王金南³, 蒋洪强³, 刘年磊³

(1. 清华大学环境学院, 北京 100084; 2. 国家环境保护大气复合污染来源与控制重点实验室, 北京 100084;
3. 环境保护部环境规划院, 北京 100012)

摘要: 在生态文明建设的时代背景下, 科学评价资源环境承载力、开展环境承载力约束下的产业发展布局战略对策研究是一项非常重要的基础性工作。从环境承载力的科学内涵出发, 以大气环境容量、水环境容量、水资源承载力评价为基础, 结合主体功能区定位, 针对全国以及京津冀、西北五省(自治区)等重点区域, 提出了环境承载力约束下的全国产业发展、能源产业和重点区域产业布局调控战略对策, 以为产业布局规划提供科学指导, 实现产业发展方式转变与环境保护的“双赢”。

关键词: 环境承载力; 产业发展布局; 战略任务

中图分类号: X32 **文献标识码:** A

Strategies for Industrial Development Layout in China within the Constraints of Environmental Carrying Capacity

Hao Jiming^{1,2}, Wang Jinnan³, Jiang Hongqiang³, Liu Nianlei³

(1. School of Environment, Tsinghua University, Beijing 100084, China; 2. State Environmental Protection Key Laboratory of Sources and Control of Air Pollution Complex, Beijing 100084, China; 3. Chinese Academy of Environmental Planning, Beijing 100012, China)

Abstract: Under China's goal of ecological civilization construction, research into strategies for industrial development layout within the constraints of the environmental carrying capacity has become increasingly important. Based on China's atmospheric and water carrying capacities, its water resources, and the positions of its main functional zones, this paper puts forward strategies for the layout of industrial development in China's industry, energy industry, and key regional industries under the constraints of the nation-wide environmental carrying capacity and the carrying capacities of Beijing-Tianjin-Hebei (Jingjinji), the five northwestern provinces and autonomous regions, and other key areas. These strategies provide scientific guidance for industrial layout planning and for the achievement of a successful combination of industrial development and environmental protection.

Keywords: environmental carrying capacity; industrial development layout; strategic task

收稿日期: 2017-06-20; 修回日期: 2017-07-25

通讯作者: 王金南, 环境保护部环境规划院, 研究员, 研究方向为环境规划与政策; E-mail: wangjn@caep.org.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); 国家自然科学基金项目“区域空气质量管理机制创新研究”(71433007)

本刊网址: www.enginsci.cn

一、前言

改革开放以来,中国经济社会高速发展,但过度依赖高资源消耗、高污染排放这种粗放型发展方式,环境污染和生态破坏问题突出,资源环境越来越成为经济社会发展的瓶颈,严重地影响中国现代化进程。中国正处在转变以资源环境为代价换取增长方式的发展时期。在党和国家提出将生态文明建设纳入中国特色社会主义“五位一体”总体布局的背景下,强化约束性、限制性的自上而下治理能力和治理体系建设具有紧迫的现实需求,探索研究资源环境承载力约束下的经济发展模式无疑是一种有效合理的途径,科学认知资源环境承载力已逐渐成为中央和地方政府确定区域战略和政策、研制发展和布局规划的基础性工作 [1]。

环境承载力是衡量人类经济社会活动与自然 环境之间关系的科学概念,是人类度量可持续发展和管理决策的重要依据,为产业空间布局提供了一个良好的量化评价手段 [2,3]。基于环境承载力的产业空间布局,以充分发挥区域各种资源要素的整合能力和协同效应为基础,追求适合区域特色的产业空间组织的最佳形式和一般规律,对区域产业定位、产业空间布局具有重要的现实意义 [4,5]。但目前该领域的研究成果还比较少,多数研究仅提出应以环境承载力的理念来指导产业布局,没有定量估算环境承载力的阈值,给出

基于环境承载力的产业空间布局方向和具体的调控对策。为此,本文从大气环境容量、水环境容量、水资源承载力等领域对全国以及京津冀地区、西北五省(自治区)、内蒙古地区的环境承载力进行了评价,并结合主体功能区规划,提出了环境承载力约束下的全国及重点区域的产业发展绿色化布局调控战略对策。

二、环境承载力评价方法与主要结果

(一) 大气环境承载力

基于第三代空气质量模型 WRF-CAMx 和全国大气污染物排放清单,设计以环境质量为约束的大气环境容量迭代算法 [6],并以全国各省 PM_{2.5} 年均浓度达到环境空气质量标准 GB3095—2012 为目标,模拟计算了全国以及京津冀地区、西北五省(自治区)、内蒙古地区 SO₂、NO_x、一次 PM_{2.5} 及 VOCs 的最大允许排放量,即大气环境容量。通过计算大气污染物排放量与环境容量的比值(超载率)来衡量大气环境承载状况。需要说明的是,受数据局限性、模型计算过程的复杂性、参数选取的不确定性等因素影响,本文大气环境容量计算结果存在一定的不确定性,尚需在进一步研究中对其不确定性进行量化研究。

主要大气污染物环境容量及其超载状况,如表 1 所示。全国层面及重点区域各项大气污染物均

表 1 主要大气污染物环境容量及其超载状况

地区	SO ₂		一次 PM _{2.5}		VOCs		NO _x	
	环境容量 /×10 ⁴ t	超载率 /%						
北京	5	240	2	300	24	146	7	257
天津	12	200	4	275	23	139	12	283
河北	44	227	23	378	85	174	55	275
京津冀	61	223	29	359	132	163	74	274
陕西	32	228	9	400	29	190	23	291
甘肃	16	175	8	275	16	169	21	176
青海	3	200	2	300	4	150	5	240
宁夏	12	175	4	225	5	180	12	158
新疆	31	300	12	233	23	165	33	258
西北五省(自治区)	94	228	35	281	77	173	94	227
内蒙古	54	207	20	235	31	210	51	225
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
全国	1 097	210	470	259	1 613	150	1 172	217

处于严重超载状态，超载率均在 150% 以上。各种污染指标中，一次 PM_{2.5} 和 NO_x 的超载程度最为严重，全国一次 PM_{2.5} 和 NO_x 超载率分别为 259% 和 217%。若使大气环境不超载，各地区相对于 2013 年，各项大气污染物削减比例应在 30%~75%。

（二）水环境承载力

基于《全国重要江河湖泊水功能区划（2011—2030 年）》中确定的水功能分区和水质目标，建立水环境容量核算模型 [7]，计算得到全国及重点区域各水功能区的化学需氧量（COD）和氨氮水环境容量，并汇总得到各控制单元、控制区、流域等不同层面的水环境容量。通过计算水污染物排放量与环境容量的比值（水环境超载率）来衡量水环境承载状况。需要说明的是，受数据局限性、模型选择差异性、参数选取的不确定性等因素影响，本文水环境容量计算结果存在一定的不确定性，尚需在进一步研究中对其不确定性进行量化研究。

全国主要水污染物环境容量及其超载状况，如表 2 所示。全国 COD 和氨氮的超载率分别为 210% 和 330%，其中海河流域超载最为严重，COD 和氨氮的超载率分别为 1910% 和 3070%；其次是淮河流域，COD 和氨氮的超载率分别为 1120% 和 1800%。京津冀地区 COD 和氨氮的超载率分别为 150% 和 440%，其中优化开发区中的京津冀核心控制区、重点开发区中的冀中南及衡水控制区超载较为严重。西北五省（自治区）及内蒙古地区

COD 和氨氮的超载率分别为 38% 和 87%，超载区域主要集中在黄河发展区等重点开发区。

（三）水资源承载力

从水资源及其开发利用、区域经济发展、生态及水环境状况三方面选取了 10 项具有代表性的指标，建立了水资源综合协调度评价模型，计算并分析了全国 2013 年水资源综合协调度、水资源与经济社会发展的协调度、水资源与生态环境保护的协调度，以此表征水环境承载状况。通过计算需水量与可供水量的比值（水资源超载率）来衡量京津冀及西部地区的水资源承载状况。

分析显示，南方地区水资源承载能力整体优于北方，而北方又以华北和西北最差。从流域上看，辽河、黄河和海河流域水资源承载能力最差，大部分区域水与社会经济协调程度处于“极不匹配”状态。西北诸河、淮河和松花江流域次之，协调程度为“基本匹配”或“不匹配”，部分地区甚至出现“极不匹配”情况。长江、西南诸河、东南诸河、珠江流域水资源承载能力较强，大部分地区协调程度达到“匹配”或“非常匹配”。

从京津冀地区水资源承载力来看，目前京津冀地区水资源开发利用程度超过 100%，水资源处于严重超载状态。未来供需形势分析结果显示，在平水年条件下，2020 年京津冀地区可供水量约 $2.889 \times 10^{10} \text{ m}^3$ ，需水量达 $3.035 \times 10^{10} \text{ m}^3$ ，缺水约 $1.46 \times 10^9 \text{ m}^3$ ；2030 年京津冀地区可供水量约

表 2 主要水污染物环境容量及其超载状况

流域	COD			氨氮		
	环境容量 / $\times 10^4 \text{ t}$	排放量 / $\times 10^4 \text{ t}$	超载率 / %	环境容量 / $\times 10^4 \text{ t}$	排放量 / $\times 10^4 \text{ t}$	超载率 / %
松花江流域	90	219	240	6.1	13.3	220
辽河流域	34	159	470	1.8	12.5	700
海河流域	13	248	1 910	0.7	21.5	3 070
淮河流域	29	325	1 120	1.9	34.2	1 800
黄河流域	114	174	150	5.2	17.4	330
长江流域	370	622	170	37.8	78.2	210
太湖流域	46	31	70	2.5	4.9	200
珠江流域	231	287	120	8.2	34.1	420
东南诸河流域	120	117	100	5.7	16.4	290
西南诸河流域	15	31	200	1.1	2.6	230
西北诸河流域	25	97	390	0.8	6.5	820
全国	1 087	2 310	210	71.8	241.6	330

$3.029 \times 10^{10} \text{ m}^3$, 需水量达 $3.171 \times 10^{10} \text{ m}^3$, 缺水约 $1.42 \times 10^9 \text{ m}^3$, 而且缺口主要以城镇生活和工业刚性需求为主, 缺口地区主要位于河北省。

从西部地区的五大煤电基地支撑能力来看, 五大煤电基地全部都处于干旱或半干旱地区, 煤电作为高用水产业受到水资源本底条件的极大制约。五大煤电基地目前以农业用水为主, 占比均超过 80%, 农业用水挤占生态用水的情况十分普遍。此外, 陕北、鄂尔多斯工业用水占比较高, 需要特别关注。煤电开发水资源供需情势分析显示, 西部地区五大煤电基地 2030 年可供水增量约 $3.06 \times 10^9 \text{ m}^3$, 新增煤电开发需水按限定标准新增水量约 $8.47 \times 10^8 \text{ m}^3$, 按节水先进值新增水量约 $5.12 \times 10^8 \text{ m}^3$, 无论限定值还是先进值, 占可供水量增量的比例均远超现在的煤电业用水占比。

三、环境承载力约束下的全国产业与能源布局战略

(一) 工业与农业

1. 重点整治高能耗重污染低效益产业

大气环境容量和水环境容量核算表明, 东部地区的超载率要明显高于西部地区, 西北地区的水资源承载力较低。目前东部地区重污染产业比重过高是东部地区环境超载率高的重要原因。因此, 应严控高污染、高耗能、高耗水行业新增产能, 淘汰钢铁、水泥、平板玻璃等重点行业落后产能。七大重点流域的干流沿岸需要控制化工、制药、印染及有色冶炼等项目环境风险, 合理布局危险化学品仓库等设施。城市建成区内现有钢铁、有色金属、造纸、印染、原料药制造、化工等污染较重的企业应有序搬迁改造或依法关闭 [8]。

2. 强化产业调整和特别污染排放限值管理

环境容量利用率不足 50% 的地区, 在满足行业排放标准的情况下适度发展有本地优势的产业; 对于环境容量利用率在 80%~100% 的地区, 应及时进行预警并做出产业调整引导方案或行业排放标准方案, 为后续发展预留空间。同时, 鼓励发展信息网络、国家电网、全国油气管路运输、生态环保、清洁能源、海陆空交通、油气及矿产资源保障等项目。鼓励发展信息化物流和仓储业、先进技术装备制造制造业、计算机软硬件及服务业。大力发展节水高

效现代农业、低耗水高新技术产业以及生态旅游业。运用行业排放标准推进产业技术进步和绿色化水平。对于优化开发区和重点开发区, 应稳步推进产业超低排放标准, 建议直接排入自然水体的污水氨氮排放标准调整为 1.5 mg/L ; 对于农产品主产区和重点生态保护区, 重点提高畜禽养殖的污染排放限制标准。

3. 农业布局应综合考虑水资源承载力和水资源效率

农业水资源配置与布局是我国水资源配置的关键问题。农业布局应以农牧业与水土资源之间的匹配为前提。农业水资源主要配置思路应集中于调整农业结构、转变农业增长方式, 调整种植结构, 提高水分生产效率, 推进生物节水战略。

(二) 煤炭开发利用

1. 加强西部地区水资源和水系统建设, 保障西部地区煤炭产能

根据西部地区水资源、生态环境的承载力约束, 重点建设一批大型、特大型矿井群, 优先建设优质动力煤煤矿、特大型现代化露天煤矿、煤电和煤炭转化一体化项目。在水权配置上对中西部煤炭资源开发予以保证, 在用水政策上予以倾斜。中西部煤炭资源开发地区在加强水资源和水系统建设的同时, 完善矿区 (尤其是西北地区) 管水、用水、节水的法律法规和标准, 规范矿区取水、用水行为, 从水资源保护、水资源配置、矿井水处理与综合利用等方面制定严格的准入条件, 鼓励通过水权置换增加用水量。

2. 推进西北煤炭产业的科学开发, 发展绿色开采技术

各煤炭主产区应根据科学开发的主要制约因素, 发展充填开采、保水开采等绿色技术与装备。统筹水资源、煤炭资源、环境条件等因素, 按照煤炭丰富地区优先发展的原则, 加强煤炭产业基地的建设。根据各地区水、大气环境容量, 资源赋存条件、工业与社会发展现状及趋势, 科学合理进行煤炭生产布局, 实现煤炭由“以需定产”转变为“以环境容量定产”。

3. 发展现代煤化工必须坚持量水而行, 环保优先, 绿色和可持续发展

首先, 发展现代煤化工产业可以部分替代我国

石油以及天然气消费量，促进石化行业原料的多元化，为国家能源安全提供战略支撑以及应急保障；其次，煤化工应在水资源许可的地区开展项目建设，需根据可供水量的潜力分析及评估合理规划煤化工产业的发展规模。发展煤化工必须坚持严格的环保标准，对于缺少纳污水体或纳污水体不能接受废水排放的，应严格落实水功能区域限制纳污红线；对于有纳污水体条件的，应严格执行污水达标排放标准。统筹考虑环境容量、资源条件、生态安全、交通运输等因素，科学合理布局示范项目。根据资源环境承载力，按照能源保障、运输、加工能力安排资源开发规模和产业布局，推进园区化、基地化的可持续发展模式 [9]。

4. 降低区域煤炭总量，实施煤炭消费等量替代，严格煤炭利用的污染物排放限值

一是控制煤炭消费总量。在一定污染治理水平、能源效率水平下，应控制煤炭最大允许消费量，以实现空气质量、污染物总量控制以及节能目标。二是优化煤炭消费布局。根据污染物扩散、稀释、自净能力的空间差异性，约束、控制煤炭消费区域以及重点耗煤行业的分布，从而有效指导耗煤产业的空间布局，确保区域大气环境达到空气质量限值要求。三是调整煤炭消费结构。考虑不同行业的煤炭利用效率、污染物排放控制水平以及监管条件等方面的差异性，调整煤炭消费总量在不同行业间的分配。四是提高煤炭利用水平。通过提高燃煤技术、污染物排放控制技术与管理水平，降低生产单位产品的煤炭消费量与污染物排放量。

四、环境承载力约束下的重点区域产业发展布局战略

（一）京津冀地区

（1）基于大气环境容量约束，在工业领域，进行能源整体优化调整，鼓励和推荐利用天然气和电力等能源，严格推行企业技术减排举措，限制高污染产品数量。对钢铁、水泥、玻璃以及非金属等产业采取“促减控整”措施改善工艺技术，逐渐降低产能。重点发展太阳能和生物能等新能源产业，发展新型智能化装备制造业，培育电子信息、生物制药和新型材料等产业。在民用领域，增强民用能源基础设施建设，改善民用基础设备，增加煤炭高污

染能源获取难度，增强煤制气和天然气的利用和供给量。在交通领域，持续鼓励新能源汽车发展，严格控制汽车数量增长速度，严格督导汽车尾气减排设备的配置，提升汽油和柴油的品质。在发电领域，继续鼓励火电厂大气污染技术减排，不再增加大型火电厂建设。在供热领域，继续对供热设备进行大气污染物技术改造，增设天然气集中供热厂。

（2）基于水环境容量约束，根据亿元国内生产总值的污染物排放量，对印染纺织、皮革和造纸行业（COD为49~66 t/亿元，氨氮为2.2~4.9 t/亿元）采取整个行业关闭转移的政策；对石化、食品和制药行业（COD为10~15 t/亿元，氨氮为1~2 t/亿元）也可以采取整个行业关闭转移的政策，或者采取行业化清洁生产改造、污水处理工艺改进等措施，尤其是对污水直接排入地表水比例仅为16%的制药行业，进行行业化清洁生产改造、污水处理工艺改进是重要的发展方向。

（3）基于水资源承载力约束，根据用水效率，京津冀地区可以大致分为两个梯队：第一梯队地区为北京和天津，水资源利用效率水平整体达到或接近发达国家水平；第二梯队为河北省，水资源利用效率整体水平不高。河北省未来需要进行产业结构调整以实现水资源与经济的可持续发展：①在三大产业层面，应大力发展第三产业，调整、提高第二产业，限制第一产业；②应调整农业种植结构，发展旱作农业，改目前冬小麦、夏玉米一年两熟制为种植棉花、玉米、花生、杂粮等农作物一年一熟制，并结合畜牧养殖业发展，支持发展青贮玉米、苜蓿等作物；③应支持电子信息及电气等技术密集型的新兴行业发展，限制、转移石化及冶金等传统行业发展；④促进第三产业逐步向高端化发展，由以批发零售、餐饮等传统服务行业为主转变为以技术性、知识性强的金融保险、科学研究等现代服务业为主。

（二）西北五省（自治区）及内蒙古地区

（1）基于大气环境容量约束，根据西北五省（自治区）及内蒙古地区大气污染物排放容量及地广人稀的特点，在工业领域，充分利用当地天然气改善能源结构，督促企业增设技术减排设备，限制高耗能低产值产品数量；水泥行业为该地区的重要污染行业，应采取严格提升工艺降低产能措施；煤化工和炼焦等污染凸显，应缓慢推进煤化工行业的进程，

严格控制煤炼焦产量。在民用领域,采用降低民用减排型燃煤设备价格和补助等措施进行燃煤减排,逐步增加煤制气和天然气消费占比。在交通领域,严格执行燃油车的国家和地方标准,推广天然气和新能源汽车。在发电领域,对老旧火电厂进行技术改造,逐步控制火电厂规模和数量,在天然气富余地区增设天然气电厂对外输电,增加太阳能电厂和风电厂来减小外输电电压。在供热领域,对供热设备进行技术改造,增加天然气供热厂,鼓励太阳能、地热等采热。

(2) 基于地表水环境容量约束,根据西北五省(自治区)及内蒙古地区的地表水环境容量利用程度特点,合理布局产业。主要排污行业是金属冶炼、采矿、石化、化工、食品、造纸六大行业,占工业总产值的 73%, COD 排放量占区域排放总量的 92%, 氨氮排放量占区域排放总量的 95%。根据亿元 GDP 的污染物排放量,在环境容量超载区域,对于化工、食品和造纸行业采取整个行业关闭或转移的政策;在还有剩余环境容量的区域,对金属冶炼和石化行业可以采取行业化清洁生产改造、污水处理工艺改进等措施。重点生态保护区可以加快发展符合主体功能规划的经济产业,以实现在不破坏生态环境的前提下更快地发展经济。

(3) 基于水资源承载力约束,以西北地区水资源为主要约束条件,主要用水控制集中于农业用水,推广农业节水,压缩农业用水比例,以农业用水的压缩保证生态用水、工业用水;工业应采用节水工艺,适度发展。为支撑未来西北煤电基地开发,并保护区域生态环境不受破坏,必须压缩农业用水比例,采取“农业综合节水—水权有偿转换—工业高效用水”的模式,发展节水、高效的特色农业,提高用水效率,严格控制灌溉面积的无序扩张,以农业节水转换工业使用,保障工业发展。陕北、鄂尔多斯工业用水所占比例较高,未来需要进行产业结构调整,清退转移能源行业外其他高耗水行业,严格管控能源行业发展,同时需进一步强化能源生产节水,积极采用先进的用水工艺。

五、结语

生态文明建设必须符合可持续的国土空间管控,特别是主体功能区和生态环境空间要求。目前,

环境承载力已经成为我国经济社会可持续发展的主要瓶颈。产业布局作为经济发展的重要方面,同时也受到环境承载力的约束,环境承载能力的强弱决定了一个地区的产业类型以及产业布局的形式。本研究从大气环境容量、水环境容量以及水资源承载力角度出发,对全国以及京津冀地区、西北五省(自治区)、内蒙古地区进行了环境承载力评价,根据“创新、协调、绿色、开放、共享”发展理念,结合主体功能区定位要求,探索性地提出了全国、能源资源及重点区域产业发展绿色化布局策略,对于促进全国及重点区域转变经济发展方式、优化国土空间开发格局、实现可持续发展具有重要的指导意义。

致谢

本文为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)”课题二的核心内容之一,参加本课题研究的主要专家有:王浩、李阳、曲久辉、李政、程一步、单保庆、许嘉钰、马静、褚俊英、李伟起、温胜芳、邓伟、吴剑等,在此一并致谢!

参考文献

- [1] 樊杰, 王亚飞, 汤青, 等. 全国资源环境承载力监测预警(2014版)学术思路与总体技术流程[J]. 地理科学, 2015, 35(1): 1-10.
Fan J, Wang Y F, Tang Q, et al. Academic thought and technical progress of monitoring and early-warning of the national resources and environmental carrying capacity (V 2014) [J]. Scientia Geographica Sinica, 2015, 35(1): 1-10.
- [2] 袁国华, 郑娟尔, 贾立斌, 等. 资源环境承载力评价监测与预警思路设计[J]. 中国国土资源经济, 2014 (4): 20-24.
Yuan G H, Zheng J E, Jia L B, et al. Evaluation monitoring and the idea of warning concerning carrying capacity on resource and environment [J]. Natural Resource Economics of China, 2014 (4): 20-24.
- [3] 王维, 江源, 张林波, 等. 基于生态承载力的成都产业空间布局研究[J]. 环境科学研究, 2010, 23(3): 333-339.
Wang W, Jiang Y, Zhang L B, et al. Study on Chengdu industrial spatial distribution based on ecological carrying capacity [J]. Research of Environmental Sciences, 2010, 23(3): 333-339.
- [4] 郭娜, 傅泽强, 谢园园, 等. 基于生态承载力的产业布局优化研究进展述评[J]. 生态经济, 2015, 31(5): 21-25.
Wu N, Fu Z Q, Xie Y Y, et al. Review on the research progress of industrial layout optimization based on ecological carrying capacity [J]. Ecological Economy, 2015, 31(5): 21-25.
- [5] 陈丹, 王然. 我国资源环境承载力态势评估与政策建议[J]. 生态经济, 2015, 31(12): 111-124.
Chen D, Wang R. Resource & environment carrying capacity situation assessment and policy recommendations [J]. Ecological

- Economy, 2015, 31(12): 111–124.
- [6] 薛文博, 付飞, 王金南, 等. 基于全国城市PM_{2.5}达标约束的大气环境容量模拟 [J]. 中国环境科学, 2014, 34(10): 2490–2496.
Xue W B, Fu F, Wang J N, et al. Modeling study on atmospheric environmental capacity of major pollutants constrained by PM_{2.5} compliance of Chinese cities [J]. China Environmental Science, 2014, 34(10): 2490–2496.
- [7] 周刚, 雷坤, 富国, 等. 河流环境容量计算方法研究 [J]. 水利学报, 2014, 45(2): 227–242.
Zhou G, Lei K, Fu G, et al. Calculation method of river water environmental capacity [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2014, 45(2): 227–242.
- [8] 中华人民共和国国务院. 国务院关于印发水污染防治行动计划的通知 [EB/OL]. (2015-04-02) [2017-03-29]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-04/16/content_9613.htm.
The State Council of the PRC. Circular on the issuance of action plans for water pollution control by the State Council of the PRC [EB/OL]. (2015-04-02) [2017-03-29]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-04/16/content_9613.htm.
- [9] 中国石油和化学工业联合会. 现代煤化工“十三五”发展指南 [EB/OL]. (2016-04-06) [2017-03-31]. <http://www.coalchem.org.cn/dujia/html/800214/173156.html>.
China Petroleum Chemical Industry Federation. Modern coal chemical industry “13th Five-Year” development guide [EB/OL]. (2016-04-06) [2017-03-31]. <http://www.coalchem.org.cn/dujia/html/800214/173156.html>.