

引用格式: 金凤君, 马丽, 许堞. 黄河流域产业发展对生态环境的胁迫诊断与优化路径识别[J]. 资源科学, 2020, 42(1): 127-136.
[Jin F J, Ma L, Xu D. Environmental stress and optimized path of industrial development in the Yellow River Basin[J]. Resources Science, 2020, 42(1): 127-136.] DOI: 10.18402/resci.2020.01.13

黄河流域产业发展对生态环境的胁迫诊断 与优化路径识别

金凤君^{1,2}, 马丽^{1,2}, 许堞^{1,2}

(1. 中国科学院区域可持续发展分析与模拟重点实验室, 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院大学资源与环境学院, 北京 100049)

摘要:黄河流域是中国区域发展战略格局的重要支撑区以及国土生态安全的关键区域,也是国家重要的能源安全支撑区和粮食安全基地。但受区位条件、自然地理环境和资源禀赋等因素影响,该地区经济基础相对薄弱,以能源重化工为主的单一化产业体系加重了地区生态环境负担。本文在辨析黄河流域生态保护与高质量发展主要限制因素的基础上,分析了地区产业发展对生态环境本底、大气环境、水资源与水环境、生态功能的胁迫特征,总结了地区产业发展与生态环境保护的主要矛盾及需要把握的关系;提出实现黄河流域生态保护与高质量发展目标,必须处理好产业开发布局与流域生态环境安全格局稳定、重点区域产业发展与资源环境承载能力、重点突破与系统统筹的关系。为此,建议该地区应优化产业发展路径,积极推进以绿色循环为核心的新型工业化,提升产业发展层次;以地区资源环境约束促进能源基础原材料产业规模控制和效率提升;以资源环境承载力为基础优化产业空间布局,确定适宜的产业发展空间和生态保护红线,推进重点能源化工基地建设和城市群产业集聚区建设;加强能矿资源开发的生态空间管控与生态修复,实施一批区域性生态环境治理和修复工程。

关键词:黄河流域;产业发展;生态环境;胁迫;优化路径

DOI :10.18402/resci.2020.01.13

1 引言

黄河流域是中华民族文化的摇篮,开发历史悠久。近年来经济高速发展,实力显著提高,是中国未来发展的重点支撑区域之一。同时,作为中国重要的生态功能区域和华北地区重要的生态屏障,黄河中上游地区生态环境质量的好坏,直接关系到国家中长期生态安全和环境质量的演变趋势。但是受区位条件、自然地理环境等因素制约,该地区以能源重化工为主的产业结构加重了地区生态环境负担,严重威胁到流域安全、国家生态安全、粮食安全以及人居环境安全。2019年9月习近平总书记在郑州主持召开黄河流域生态保护和高质量发展座谈会并发表重要讲话,要求坚持绿水青山就是金山

银山的理念,坚持生态优先、绿色发展……着力加强生态保护治理、保障黄河长治久安、促进全流域高质量发展^[1]。而实现黄河流域的高质量发展,必须首要破解产业发展与这四大安全的矛盾,才能保障黄河流域的长治久安和人民的整体幸福。

目前对于黄河流域产业发展与生态环境问题的研究,多注重于研究要素的发展状态、问题以及经济发展、产业开发对生态环境单要素的影响分析,如水资源供应与承载力^[2,3]、水污染防治与水环境保护^[4-7]、大气污染^[8]等,以及经济与水^[9,10]、产业与环境污染的两维关系研究^[11,12],从全局的角度全方位审视产业发展与生态环境影响的研究相对较少^[13]。为此,本文在辨析黄河流域生态环境与经济发展条件

收稿日期: 2019-12-04 修订日期: 2019-12-21

基金项目: 中国科学院先导专项(XDA19040403);生态环境部2019年环境影响评价管理项目(2110107)。

作者简介: 金凤君,男,内蒙古赤峰人,博士,研究员,研究方向为经济地理学与区域发展。E-mail:jinfj@igsnr.ac.cn

通讯作者: 马丽,女,山西祁县人,博士,副研究员,研究方向为产业地理学与区域发展。E-mail:mali@igsnr.ac.cn

的基础上,分析了产业发展对生态本底、水资源与水环境、大气环境、生态功能的胁迫特征,总结了约束黄河流域生态保护与高质量发展的核心矛盾,从促进黄河流域生态保护与绿色发展的角度提出区域产业发展优化路径建议。

2 黄河流域生态保护与高质量发展的主要限制因素

2.1 国家生态安全关键区域,但生态环境本底脆弱

黄河流域是中国国土生态安全的关键区域,其不仅是中国北方防沙带、青藏高原生态屏障、黄土高原“两屏三带”生态屏障格局的核心区域,还是长江、黄河、澜沧江等重要江河的发源地和中国淡水资源的重要补给地。《全国主体功能区规划》划定的25个国家重点生态功能区中有7个分布在该区域,具有重要的水源涵养、防风固沙、水土保持和生物多样性维护功能。对该区域的生态环境实施战略性保护不仅是维系全国生态安全、增强可持续发展能力的基本保障,而且还直接关系到中国中长期生态环境演变格局,在全国生态安全格局中占据着难以替代的突出地位。

但同时黄河流域生态环境本底脆弱,关键性水土资源匹配条件差。上游的甘肃、宁夏等地,气候多干旱少雨,荒漠化问题严重;中游黄土高原地区水土侵蚀严重;下游地区人多地少,人地关系紧张。此外,由于流域作为中国重要的能源重化工基地与煤炭消费基地,部分城市大气复合型污染凸显,城市水体、湖泊和内陆河水污染较重,局部地区重金属累积性风险加重,尤其在黄河中上游地区部分河段已经完全丧失生态功能,资源环境承载力已经处于严重过载状态^[13]。

2.2 国家重要能源安全支撑区,但多以资源开采和初级加工为主

黄河流域能矿资源丰富。煤炭、天然气储量分别占到全国基础储量的75%和61%,青海的钾盐储量占全国的90%以上。中上游地区风能和光伏能源丰富,2017年甘肃、青海、宁夏和内蒙古的风能和光伏发电装机总和均占到全国总量的45%以上。但是由于地区自身消纳能力有限,中上游地区能矿资源开发主要以资源开采和初级加工为主,产业链短,产品大量调出。2017年黄河中上游的山西、内蒙古、陕西三省区煤炭产量23.49亿t,本地消费只有

10.16亿t,占比仅43.25%,当年煤炭净调出10.27亿t,占到当年全国煤炭总产量的29.08%;而在本地消费中,有近40%的煤炭被用于发电后再进行输出。当年电力净输出量2520.55亿kW·h,占到全国省际电力流量的25.08%^[14]。因此,该地区是中国“北煤南运”和“西电东送”的重要源地,是国家重要的能源储备基地和输出基地。而在能矿资源的深加工方面,受水资源和技术制约,发展规模受限。虽然国家规划的四大煤化工产业示范区中有3个(鄂尔多斯、宁东、榆林)都位于流域之内,但尚不具备大规模产业化条件,系统集成和污染控制技术有待提升,煤炭转化量总体规模受限^[15]。

2.3 国家粮食安全重要保障区,但面临规模和质量的双重挑战

作为中国历史上粮食种植历史起源地区,黄河流域是中国重要的粮食产区,直接关系到国家粮食安全。流域耕地面积占到全国总量的35%左右,粮食产量占到全国总量的34.42%。在《全国主体功能区规划》确定“七区十二带”的农业战略格局中,甘肃主产区、河套灌区、汾渭平原、黄淮海平原农产品主产区均是重要组成部分,长期为全国提供优质小麦、棉花、油菜、专用玉米、大豆和畜产品等,是国家重要的粮、棉、油生产基地和经济作物的重要产区。

但是随着工业化与城市化发展,黄河流域粮食安全面临农田面积萎缩、质量降低,农业用水保障难度增大和面源污染加重等挑战。2000—2017年,沿黄8省区的耕地面积总量减少了44.2万hm²,其中山西、内蒙古、山东、陕西、青海等省区耕地面积减少幅度较大;并且近几年来上游省区为提高农民收入鼓励种植果蔬等经济作物,粮食播种面积也有所降低。此外,农田过度依赖农药化肥,导致土壤酸化板结、地力下降、土壤重金属污染严重,食物安全受到威胁^[16]。

2.4 经济实力有所增强,但工业结构重型化且单一化严重

在国家实施西部大开发、中部崛起等战略驱动下,黄河流域各省区整体经济实力水平有所提高,但由于黄河基本不通航,不能成为连接上下游的黄金水道;中上游地区远离沿海发达的市场,本地的技术和资金积累比较弱,劳动力技能水平相对较低,只能发展依托本地资源优势的农产品加工业和

2020年1月

能源基础原材料加工业。工业发展过分依赖资源型产业,产业链条较短;高端且资源消耗低的产业门类少、规模小、层次低。2017年,黄河流域大部分省区以煤炭、石化、电力、钢铁、有色冶金、建材等为主的能源基础原材料产业在工业主营业务收入的占比均在40%以上,显著高于全国平均水平。中上游省区能源基础原材料产业的比重基本在60%以上,尤其是山西、青海、甘肃等省的比重甚至超过了70%(图1)。

相对而言,黄河流域装备制造业不发达,不仅装备制造业的规模较小,而且发展层次低。所有省区装备制造业在地区工业主营业务收入中的占比皆小于国家平均水平,即使是相对发达的陕西、山东、河南三省,装备制造业的比重也不足25%。山西、内蒙、青海、甘肃和宁夏五省区不仅装备制造业比重和规模较低,且结构单一化严重,在某些省区甚至集中到单体企业。如山西省的装备制造业高度集中在计算机、通信和其他电子设备制造业,占到装备制造业主营业务收入的50%,且主要以富士康为核心;青海省80%的装备制造业主营业务收入来自电气机械和器材制造业,主要在数控机床。这种过度依赖单体企业的装备制造业发展模式不仅没有形成良好的技术外溢,且与当地的相关产业也没有形成良好的产业协作与配套,产业安全风险系数较高。

3 黄河流域产业发展对生态环境的胁迫

3.1 能矿资源开发与本底生态环境脆弱相叠加,加重中游地区生态环境压力

在自然要素本底、发展基础、资源配置等多重因素作用下,黄河流域的经济和产业空间分布非常不均衡,高度集聚在水土光热匹配相对比较好的河流谷地和平原地区。通过对地区工业总产值与生态承载力进行空间耦合可以发现,该流域工业生产主要集聚分布在阴山—贺兰山—青藏高原东缘一线以东的生态承载力相对较高的地区,尤其是关中平原、呼包银地区以及伏牛山以东的黄淮海平原地区(图2)。但该地区是中国能矿资源的富集区与加工区,局部地区能矿资源的粗放型开采和加工模式通过干扰和改变地质构造、破坏地表植被从而加重了地区生态脆弱性。尤其是陕西北部的榆林、内蒙古西部的鄂尔多斯以及山西的吕梁、朔州、忻州、临汾等地区,能源基础原材料部门在地区工业总产值中的比重高达70%以上。点多面广的煤矿开发、煤源化工业园区基础设施建设等对地面的扰动、煤矿开采地面沉陷等,加剧了地表侵蚀,鄂尔多斯市及巴彦淖尔西北部沙漠化有加剧态势,山西地区土壤侵蚀加剧^[17,18]。

3.2 以煤为主的能源消费结构导致地区大气煤烟型污染严重

流域以能源基础原材料为主的工业结构和以

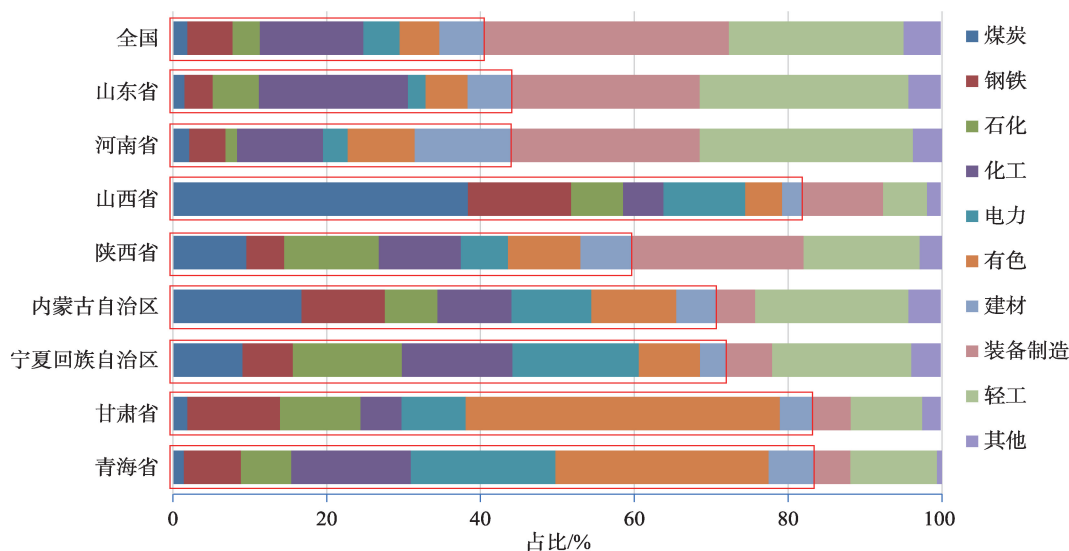


图1 2017年黄河流域八省区工业部门结构

Figure 1 Structure of the industrial sectors of eight provinces in the Yellow River Basin, 2017

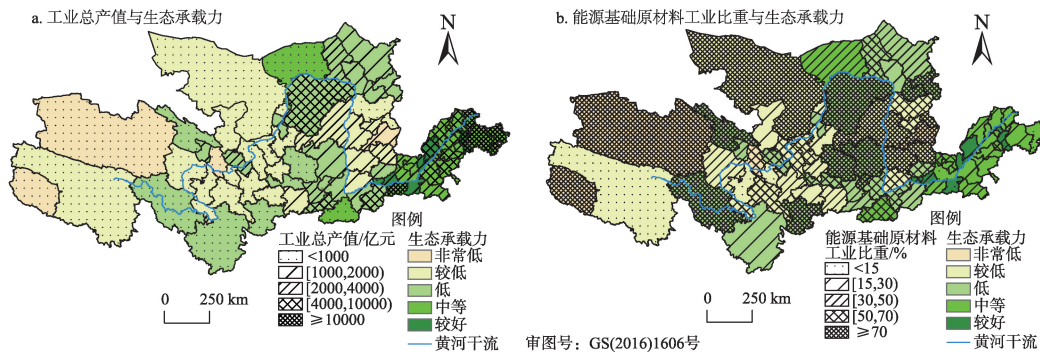


图2 黄河流域生态承载力与各地市工业总产值和能源基础原材料部门比重耦合图

Figure 2 Spatial coupling of ecological carrying capacity with industrial output and proportion of energy and heavy industrial sectors in the Yellow River Basin

煤为主的能源消费导致人口产业密集区以SO₂、可吸入颗粒物等为首要污染因子的大气煤烟型污染严重。一方面,煤电、炼化、焦化、水泥等重化产业的大规模发展导致地区大气污染物排放量激增。2017年流域煤炭消费量18.17亿t,占到全国煤炭消费量的41.90%;其中7.9亿t被燃烧用于火力发电,还有3.2亿t被燃烧用于炼焦。巨大规模的煤炭燃烧导致乌海—鄂托克—乌斯太—石嘴山和汾河流域(包括运城、吕梁、忻州、临汾)是典型的煤烟型污染区,SO₂年均浓度值超标。此外区内小型煤电、传统煤化工、小冶金的企业数量多,技术水平不高,环保设施落后,造成SO₂浓度超标^[19]。另一方面,焦炭行业除排放SO₂外,还排放较大规模的苯并[a]芘,加之炼化行业排放的苯、甲苯、二甲苯、乙烯、苯乙烯等VOCs也加剧了地区大气环境质量恶化。另外,蒙西、陕北和山西北部地区多为大面积露天煤矿开采,造成地表剥离和弃土堆积,伴之地区干旱、少

雨、多风,还形成新的沙尘源风险;同时施工、运输车辆未铺装道路上的行驶,也造成局地扬尘污染^[20]。因此,从黄河流域各地市能源基础原材料工业部门比重与工业SO₂、工业烟尘排放量的空间耦合图(图3)中可以看出,该地区工业SO₂与工业烟尘排放高值区主要集中在内蒙古鄂尔多斯、包头、陕西的榆林、渭南,以及山西大部分地市,而这些地区的能源基础原材料工业部门占工业部门总产值的比重都在50%以上。巨大规模的大气污染物排放不仅导致当地SO₂、PM₁₀、PM_{2.5}等污染物浓度超标,而且还会通过高空大气环流影响到华北地区。

3.3 能源重化工产业发展加重地区水资源与水环境压力

黄河流域主要的资源约束来自于水资源严重短缺。区域可利用水资源以黄河过境水为主,自产水资源量有限,时空分布不均,利用难度大。黄河流域8省区2017年水资源总量仅占全国的10.73%,

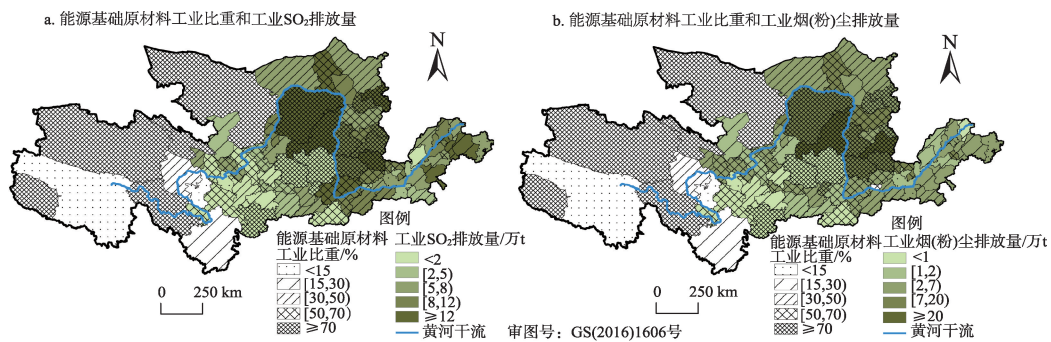


图3 黄河流域各地市能源基础原材料工业部门比重与大气污染物排放量的空间耦合

Figure 3 Spatial coupling of air pollutant emissions with industrial output and proportion of energy and heavy industrial sectors in the Yellow River Basin

2020年1月

而人口占全国24.14%,耕地占全国29.86%,建设用地占全国27.33%,经济社会用水需求已超出流域水资源承载能力,水资源供需矛盾形势严峻。山西、山东、河南、宁夏等省的人均水资源量不足全国平均的1/5,属于极度缺水区域^[21];从图4看出,黄河流域能源重化工工业多集中于中上游区域,该区域集水面积占黄河流域的47.6%,水资源量仅占全流域24.6%,人均水资源量不足黄河流域人均水资源量的1/2,亩均水资源量不足流域亩均的1/3^[20]。水资源短缺已经成为限制地区产业发展的主要因素。区域煤炭资源丰富,且为大型整装煤田,适合进行大规模煤炭开发和煤化工深度加工。2005年之后,中游地区逐步以煤化工为产业发展方向,并布局了宁夏宁东能源化工基地、鄂尔多斯能源与重化工基地、陕西榆神煤化工园区、山西煤化工基地等以煤化工为主的大型产业集聚区,在已有焦炭、电石、合成氨等传统煤化工产品基础上,探索发展煤制甲醇、二甲醚、煤烯烃和煤制油、天然气等项目。但煤化工所需的大量水资源恰恰是区域最为缺乏和敏感的资源,因此一直以来国家有关部委对于该地区的煤化工产业发展都采取审慎态度^[22]。

同时,巨大规模的能源重化工产业发展导致黄河及其主要支流容纳的污染物超过自身的水环境承载能力,导致流域结构性污染问题突出,重点河段空间污染问题尖锐。首先,不合理的煤炭开采方式导致局部区域水资源遭到不同程度的破坏。一是使局部地区(主要为山西)地下水源地及泉域地下水出现水量减少和地下水污染现象,影响到当地群众饮用水安全;二是煤矿开采排水,打破了局部

地区原有地表水和地下水平衡状态,两者间补给关系发生改变,地下水位下降造成河道基流补给减少,进而造成黄河部分支流径流量减少,甚至在地下水位下降严重的河段,已由原来的地下水补给河道基流改变为河川径流补给地下水,造成局部地区支流径流量显著减少或断流。其次,工业用水增长不仅对居民饮水造成威胁,还进一步挤占生态用水引发次生生态问题。受工农用水挤占地下水生态用水影响,银川、咸阳、太原、运城、安阳、鹤壁、濮阳、孟州等地市形成地下水漏斗。其中山西运城、河南武陟—温县—孟州漏斗、安阳—鹤壁—濮阳漏斗面积还在不断扩大。北洛河、汾河、泾河、无定河等流域由于大量引水,河道内生态用水被挤占,部分河段非汛期出现断流现象。以断流河流为补给水源的湿地,因生态用水补水不足,地下水水位降低,引发湿地萎缩,造成局部生态环境退化^[19,20]。

从河流水系来看,黄河过境水资源量丰富,干流水质普遍好于区内支流,主要断面水量能够满足生态环境需水。渭河、汾河等主要支流现状水资源消耗均已达到甚至超过河流水资源可利用量,已无开发潜力。2017年黄河流域四类及劣四类水质的河长692.7 km,占到流域水质评价总河长的30.1%,主要集中在支流区域。其中以能源基础原材料为主的工业化高速发展是造成流域水质恶化的重要原因。受水源、地形条件影响,黄河中上游地区工业园区有沿黄分布的特点,尤其是湟水、伊洛河、昆都仑河、无定河、窟野河、渭河、包头黄河干流、汾河、大汶河等主要河流的城市河段周边布局有较大规模的电石、焦化、化工、造纸等产业。这些地区以30%左

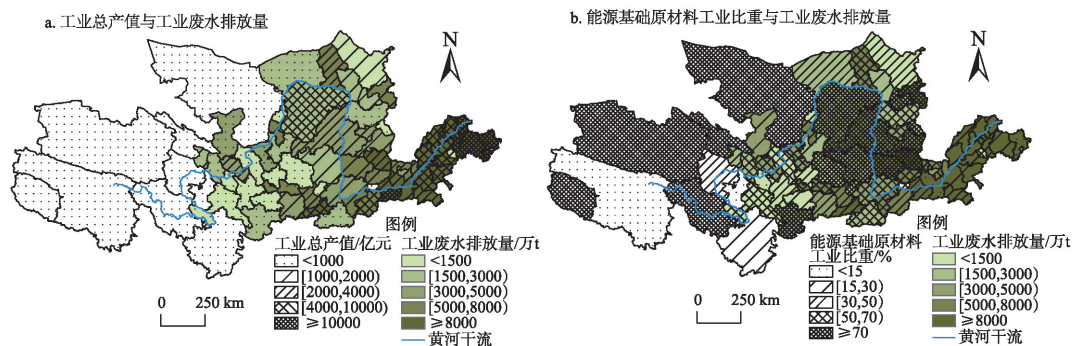


图4 黄河流域各地市能源基础原材料工业部门比重与工业废水排放量的空间耦合图

Figure 4 Spatial coupling of water pollutant emissions with industrial output and proportion of energy and heavy industrial sectors in the Yellow River Basin

右的重要水功能区接纳了流域重要水功能区近0%的废污水和污染物量,COD、氨氮和重金属严重超标^[20]。

3.4 产业发展的不合理布局对生态功能区形成威胁

黄河流域作为国家生态安全格局的重要组成部分,在区内分布有7个国家级重点生态功能区,承担重要的水源涵养、水土保持、荒漠化防治等功能。但是矿产资源富集地区往往也是生态重要地区或生态敏感单元,大规模的矿产资源开发极易引发各类生态问题并加速生态环境恶化,对区域生态功能和安全构成威胁。如山西、蒙西等地的煤炭资源开发多以露天开采为主,需要剥离表层土壤而破坏表层草甸、加重地区水土流失和荒漠化风险;吕梁地区、榆林地区和黄陇煤炭基地的开发将威胁到黄土高原丘陵沟壑水土保持功能;陇南煤炭基地以及产业发展将威胁到甘南黄河重要水源补给功能以及秦巴生物多样性生态功能(图5)。

4 黄河流域生态保护与高质量发展需要重点把握的关系

黄河流域开发历史悠久,人口众多,人地关系和用水关系较为紧张。目前以能源重化工产业为主的产业结构、过高的产业规模、较低的资源环境效率导致流域性水环境、城市群大气环境污染、生态空间遭受挤占形势严峻。这些生态环境问题产生的核心原因在于产业开发规模、结构、布局与效率等行为与保障地区五大安全目标之间的矛盾,也就是地区产业发展规模与地区资源环境承载力的不匹配、产业布局与生态安全格局的不匹配,以及发展意愿与保护目标的不匹配。因此,实现黄河流

域的生态环境保护 and 高质量发展,确保国家能源安全、生态安全、粮食生产安全、流域安全 and 人居环境安全(“五大安全”),必须要处理好产业开发布局与流域生态环境安全格局稳定、重点区域产业发展规模与资源环境承载力、重点突破与系统统筹的“三大关系”(图6)。

4.1 产业开发布局与流域生态环境安全格局稳定的关系

维护流域安全格局稳定是实现黄河流域长治久安与可持续发展的基本前提。按照绿水青山也是金山银山的绿色发展理念,地区能源资源开发与利用、重大项目与产业园区的建设布局,以及城镇开发建设规模与布局都必须在流域整体生态保护的框架下进行。因此,所有产业开发布局都必须以不威胁流域生态环境安全格局稳定为原则,必须首先要保证国家重点生态功能区的功能稳定和持续效力发挥。因此,需要展开国土适宜性评价,加强生态红线、永久基本农田、城市开发边界等“三区三线”的国土空间管控工作,以关键生态功能和生态要素为首要约束性指标,优化调整区域生产力布局。

4.2 产业发展与资源环境承载能力的关系

即要协调好重点开发区域、产业集聚区、城市群地区的发展规模与资源环境承载力之间的关系,尤其是要以区域水资源、水环境容量、大气环境容量等关键要素来约束地区产业发展的规模。其中确定地区资源利用上限和环境质量底线,确定合理的产业承载规模是保障重点区域生态环境质量持续的基础;优化资源开发利用模式、提高资源利用效率是提高既定资源环境承载力条件下产业发展

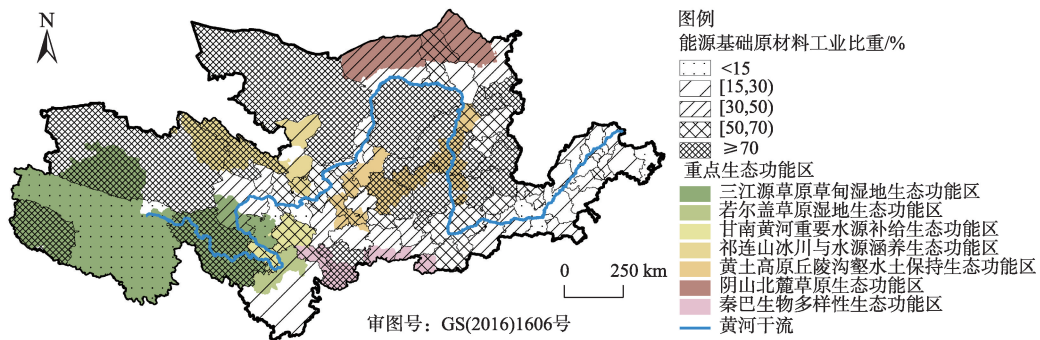


图5 黄河流域能源基础原材料产业发展与生态功能的空间冲突

Figure 5 Spatial conflict between heavy industrial sectors and ecological functional areas in the Yellow River Basin

2020年1月

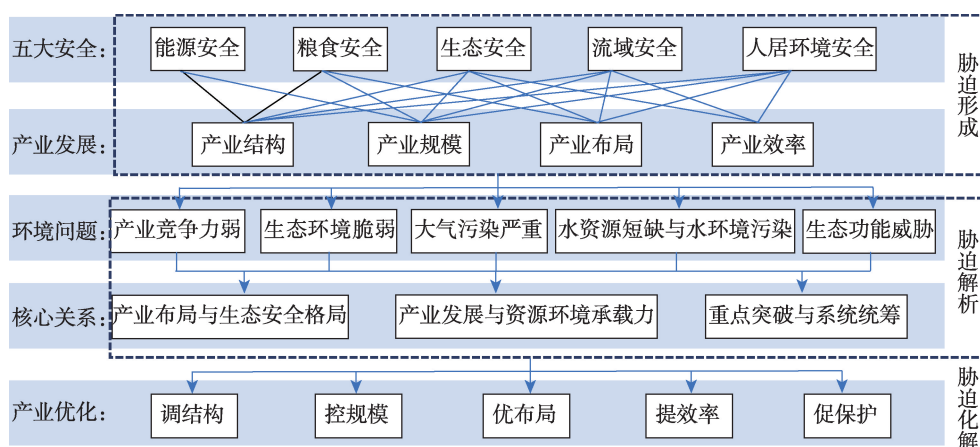


图6 黄河流域产业发展对生态环境胁迫识别与化解路径逻辑示意图

Figure 6 A conceptual framework of the identification and resolution of ecological environment stress caused by industrial development in the Yellow River Basin

规模的重要手段;提高产业发展层次,促进产业结构升级是破解重点区域产业发展与生态环境矛盾的根本路径。

4.3 重点突破与系统统筹的关系

产业的调控优化与生态环境的保护,必须尊重系统性、整体性的规律和原则,既不能为了保护而忽视了当地群众对于经济发展、改善民生的需求,也不能为了发展而牺牲了环境和生态。因此黄河流域生态保护与高质量要处理好全局保护与重点地区发展的关系,聚焦解决关键区域的瓶颈性问题、阶段性问题,并辅之以整体性的保障机制和差异化的施策,推动整个流域的协调发展^[23]。

5 实现产业高质量发展与生态环境保护的主要路径

基于目前黄河流域产业发展对生态环境的胁迫特征,为实现全流域生态环境保护和高质量发展,在处理好“三大关系”、保障“五大安全”的目标指引下,从调结构、控规模、优布局、提效率、促保护的思路出发提出地区产业优化路径。

5.1 调整产业发展结构,积极推进以绿色循环为核心的新型工业化

按照循环经济理念和生态工业模式,抓住5G、互联网+、区块链等契机,以信息化促进地区工业组织与生产方式的转型,大力发展高成长型产业、培育战略性新兴产业,优化调整传统主导产业。加快工业结构调整,全面推动工业由主要依赖资源消耗

型向科技创新驱动型转变,由粗放型向集约集聚型转变,形成结构合理、特色鲜明、节能环保、竞争力强的循环高效型工业产业体系。

上游的甘肃、青海、宁夏等省区要着重提升建设重要的新能源、盐化工、石化、有色金属和农畜产品加工产业基地、区域性新材料和生物医药产业基地。加大落后产能淘汰力度,提高能源重化工和装备制造业清洁生产水平,大力发展循环经济;中游的陕西、山西、内蒙等省区要优化能源基础原材料产业发展方式,促进传统能源基础原材料产业的提质增效,加快产业技术改造、升级以及淘汰力度,提升产业资源环境效率水平;下游的河南和山东两省,要弱化能源基础原材料基地的定位,着力发展电子信息、装备制造、汽车及零部件、食品、现代家居、服装服饰等高成长性制造业,培育壮大生物医药、节能环保、新能源、新材料等战略性新兴产业,积极拓展现代服务业。

5.2 以地区资源环境约束促进地区能源基础原材料产业规模控制和效率提升

“十三五”期间全国经济增速调整,电力、钢铁、煤炭等能源基础原材料需求减弱且国内产能过剩,推动了能源重化工产业的结构调整与组织优化。随着中国工业发展从重化工业主导向创新驱动主导转变,“十四五”期间中国能源重化工业产业将进入清洁、高效发展模式,规模扩张的动力已经减弱。因此黄河流域的能源基础原材料产业应通过“控制总量、优化存量,提质增效”,推进煤炭、煤电、

石化、冶金等行业的供给侧改革。

首先,稳定现有大型优势企业发展规模,促进行业的优化整合,积极化解过剩产能。其次,实施资源环境指标为约束的“倒逼”机制,加大主要污染物总量减排、浓度控制的项目建设;对区域内产能过剩、耗能高的小型企业及时整顿和采取关闭措施;从严控制涉重金属及高污染、高耗能项目建设。以区域环境容量和浓度管控倒逼地区煤炭、煤电、钢铁、化工发展规模控制以及生态发展区内的矿山开采、有色金属冶炼等高污染、高能耗项目的转型;严格控制向水体排放含汞、砷、镉、铬、铅等重金属污染物和持久性有机污染物的项目。再次,鉴于地区水资源短缺、生态环境脆弱等自然因素,坚持以水定产,合理确定煤化工等重点产业的发展规模。重点控制鄂尔多斯、山西、榆林、宁东、陇南新型能源重化产业区的煤炭开采规模,严格控制地区煤化工的扩展态势,按照资源约束确定适度的煤化工规模。最后,要加快提升煤炭、电力、煤化工、冶金等行业的生产工艺水平,探索实施多联产能源系统、煤电化(油)一体化等项目,鼓励多途径开展煤炭煤电冶金废渣利用、废水回用、废气资源化利用,提高地区资源利用技术水平,降低单位产品环境载荷。

5.3 优化产业空间布局,消除经济发展与生态安全格局矛盾

按照区域自然条件、资源环境承载能力和经济社会发展基础,确定合理的产业发展空间与重点能源基础原材料产业的发展规模。通过推进产业结构升级和空间布局优化,促进区域生态环境质量的改进与提升。

首先,坚持集中布局、要素集聚的思路,推进宁夏宁东能源化工基地、鄂尔多斯能源与重化工基地、陕西榆林能源化工基地和山西能源基地的建设,推进兰西城市群、银川城市群、呼包鄂城市群、关中城市群、太原城市群、中原城市群和山东半岛城市群的产业集聚区建设,促进产业向园区集聚以及污染处理设施的统一建设。其次,严守生态保护红线,划定特定区域的空间准入红线。加强对国家重要生态功能区的空间保护,调整优化煤炭、石化、金属采选等行业的布局,使其与国家水源涵养、水土流失保护等重要生态功能区内的保护建设相协

调。第三,在流域内实行严格的环境准入政策。从严控制“两高一资”产业技术工艺水平、总体规模和空间布局,以资源环境利用效率强制严格管控企业入驻的可行性;对于某些环境敏感区要划定产业负面清单,禁止某些高污染行业的进入。

5.4 加强能矿资源开发的生态空间管控与生态修复,缓解资源开发与生态安全矛盾

坚持环境保护优先,有序开发矿产资源。综合考虑地区资源环境承载能力、矿产资源禀赋、开发利用条件和资源对国家安全的重要程度,确定不同矿区的主导开发方向与开发规模。①国家和省级生态保护红线之内的能源和矿产资源开发活动要一律停止并逐步退出。②国家和省级重点生态功能区非核心区(非纳入生态保护红线范围)内的能源和矿产资源基地建设,必须进行生态环境影响评估,限制或控制能源矿产资源开发活动的规模和空间范围,尽可能减少对生态空间的占用,并同步修复生态环境。③新批或未批的矿山,实行严格开发边界管控。在水资源严重短缺、环境容量很小、生态十分脆弱、地震和地质灾害频发的地区,要严格控制能源和矿产资源的开发。④煤炭资源开发实施稳定蒙西、山西、陇南、宁东、黄陇煤炭基地产能,严格限制河南和山东地区的煤炭开采。严格限制水源涵养功能重要区和地下水源功能区的煤炭开采。山区丘陵煤矿必须采取保水采煤技术,有效预防和治理采动条件下顶板导水裂隙和通道的形成,防止矿区浅部水资源破坏。

此外,应全面推进矿山生态恢复和生态补偿。按照典型示范、分类指导、分级治理、逐步推进的原则,根据矿山生态环境危害等级现状和生态保护与建设要求,进行生态破坏矿区的生态环境恢复治理工作。

参考文献(References):

- [1] 习近平. 在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上的讲话[J]. 求是, 2019, (20): 1-5. [Xi J P. Speech at the symposium on high quality development of ecological protection in the Yellow River Basin[J]. Qiushi, 2019, (20): 1-5.]
- [2] 张建军, 彭勃, 郝伏勤, 等. 黄河流域水资源保护措施[J]. 人民黄河, 2013, 35(10): 104-106. [Zhang J J, Peng B, Hao F Q, et al. Protection countermeasures of the Yellow River Basin water resources[J]. Yellow River, 2013, 35(10): 104-106.]

2020年1月

- [3] 杨宝中, 张巧玉, 孙立志, 等. 黄河流域水资源承载力评价及影响因素研究[J]. 人民黄河, 200, 30(5): 37-3. [Yang B Z, Zhang Q Y, Sun L Z, et al. Study on evaluation of carrying capacity of water resources of the Yellow River Basin and affecting factors[J]. Yellow River, 2008, 30(5): 37-38.]
- [4] 彭勃, 张建军, 杨玉霞, 等. 黄河流域重要水功能区限制排污总量控制研究[J]. 人民黄河, 2014, 36(12): 69-70. [Peng B, Zhang J J, Yang Y X, et al. Research on total control of the water pollutants in the Yellow River Basin water function of key rivers and lakes[J]. Yellow River, 2014, 36(12): 69-70.]
- [5] 连煜, 张建军. 黄河流域纳污和生态流量红线控制[J]. 环境影响评价, 2014, (4): 25-27. [Lian Y, Zhang J J. Red line control of pollution acceptance and ecological flow in the Yellow River Basin [J]. Environmental Impact Assessment, 2014, (4): 25-27.]
- [6] 刘卫, 王克军, 李敬伟, 等. 黄河(内蒙古段)流域生态风险评价[J]. 环境与发展, 2016, 28(2): 27-31. [Liu W, Wang K J, Li J W, et al. The regional ecological risk assessment of the Yellow River (Inner Mongolia)[J]. Environment and Development, 2016, 28(2): 27-31.]
- [7] 李梦媛. 黄河流域上游区工业污染特征解析与对策[J]. 三峡环境与生态, 2012, 34(5): 48-52. [Li M Y. Wastewater discharge characteristics and control measures for industries in upper reaches of the Yellow River Basin[J]. Environment and Ecology in the Three Gorges, 2012, 34(5): 48-52.]
- [8] 时进钢, 王亚男, 陈晓丽. 黄河中上游能源化工区大气污染跨界环境影响分析[J]. 环境监测管理与技术, 2011, 23(6): 21-25. [Shi J G, Wang Y N, Chen X L. Crossing boundary impact analysis of air pollutant in energy and chemical industry region of upper and middle reaches of the Yellow River[J]. The Administration and Technique of Environmental Monitoring, 2011, 23(6): 21-25.]
- [9] 王猛飞, 高传昌, 张晋华, 等. 黄河流域水资源与经济发展要素时空匹配度分析[J]. 中国农村水利水电, 2016, (6): 38-42. [Wang M F, Gao C C, Zhang J H, et al. An analysis of spatio-temporal matching of water resources and economic development factors in the Yellow River Basin[J]. China Rural Water and Hydropower, 2016, (6): 38-42.]
- [10] 张晓涛, 于法德. 黄河流域经济发展与水资源匹配状况分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2012, 22(10): 1-6. [Zhang X T, Yu F D. Analysis of the matching status between economic development and water resources in the Yellow River Basin[J]. China Population, Resources and Environment, 2012, 22(10): 1-6.]
- [11] 王毅鑫, 王慧敏, 刘钢, 等. 生态优先视域下资源诅咒空间分异分析: 以黄河流域为例[J]. 软科学, 2019, 33(1): 50-55. [Wang Y X, Wang H M, Liu G, et al. Spatial distribution analysis of resource curse based on ecological priority: A case study of the Yellow River Basin[J]. Soft Science, 2019, 33(1): 50-55.]
- [12] 薛继亮. 生态脆弱地区高耗水产业和水权分配协同体系构建研究: 以黄河上中游流域为例[J]. 资源与产业, 2014, 16(4): 52-56. [Xue J L. Water-intensive industry and water right allocation collaboration system construction in ecologically vulnerable areas: A case study on the middle and upper reaches of Yellow River[J]. Resources & Industries, 2014, 16(4): 52-56.]
- [13] 陈吉宁. 五大区域重点产业发展战略环境影响评价[M]. 北京: 中国环境出版社, 2013. [Chen J N. Strategic Environmental Assessment of Key Industry Development in the Five Mega-regions of China[M]. Beijing: China Environmental Science Press, 2013.]
- [14] 国家统计局能源统计司. 中国能源统计年鉴2018[M]. 北京: 中国统计出版社, 2019. [Department of Energy Statistics, National Bureau of Statistics. China Energy Statistical Yearbook 2018[M]. Beijing: China Statistics Press, 2019.]
- [15] 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]. (2016-05-31) [2019-11-20]. <http://www.coalchem.org.cn/dujia/html/800214/173156.html>. [China Petroleum and Chemical Industry Federation. “13th Five-Year Plan” Development Guide for Modern Coal Chemical Industry[EB/OL]. (2016-05-31) [2019-11-20]. <http://www.coalchem.org.cn/dujia/html/800214/173156.html>.]
- [16] 李彦武, 李小敏, 赵玉婷. 中原经济区发展战略环境评价研究[M]. 北京: 中国环境出版集团, 2018. [Li Y W, Li X M, Zhao Y T. Strategic Environmental Assessment for Central Plains Economic Zone Development[M]. Beijing: China Environmental Publishing Group, 2018.]
- [17] 王景升, 李佳, 陈宝雄, 等. 宁夏东部能源化工基地煤炭产业生态风险评估[J]. 资源科学, 2013, 35(10): 2011-2016. [Wang J S, Li J, Chen B X, et al. Coal mining ecological risk assessment of the energy chemical production base in eastern Ningxia[J]. Resources Science, 2013, 35(10): 2011-2016.]
- [18] 王菲, 董锁成, 毛琦梁, 等. 宁蒙沿黄地带产业结构的环境污染特征演变分析[J]. 资源科学, 2014, 36(3): 620-631. [Wang F, Dong S C, Mao Q L, et al. Analysis of the environment-pollution bias of industrial structure in areas along the Yellow River in Ningxia and Inner Mongolia[J]. Resources Science, 2014, 36(3): 620-631.]
- [19] 祝晓燕, 王钰. 黄河中上游地区能源化工产业现状及发展建议[J]. 化学工业, 2012, 30(9): 6-11. [Zhu X Y, Wang Y. Status quo and suggestions on energy and chemical industry in the upstream area of the Yellow River[J]. Chemical Industry, 2012, 30(9): 6-11.]
- [20] 周能福, 董旭辉, 王亚男. 黄河中上游能源化工区重点产业发展战略环境评价研究[M]. 北京: 中国环境出版社, 2013. [Zhou N F, Dong X H, Wang Y N. Strategic Environmental Assessment of Key Industry Development in the Upper & Middle Catchment of the Yellow River[M]. Beijing: China Environmental Press, 2013.]
- [21] 水利部黄河水利委员会. 2017年黄河水资源公报[EB/OL]. (2018-12-29) [2019-11-20]. <http://www.yrcc.gov.cn/other/hhgb/2017szygb/index.html#p=1>. [Yellow River Conservation Commission of MWR. 2017 Yellow River Water Resource Bulletin[EB/OL]. (2018-12-29) [2019-11-20]. <http://www.yrcc.gov.cn/other/hhgb/2017szygb/index.html#p=1>.]
- [22] 中国能源网. 中国煤化工十年环保政策历程回顾[EB/OL]. (2018-04-26) [2019-11-20]. <https://www.sohu.com/a/>

229606831_249491. [www.china5e.com. Review of China Coal Chemical Industry's Ten-Year Environmental Protection Policy Process[EB/OL]. (2018-04-26) [2019-11-20]. https://www.sohu.com/a/229606831_249491.]

[23] 金凤君. 黄河流域生态保护与高质量发展的协调推进策略[J]. 改革, 2019, (11): 33-39. [Jin F J. Coordinated promotion strategy of ecological protection and high-quality development in the Yellow River Basin[J]. Reform, 2019, (11): 33-39.]

Environmental stress and optimized path of industrial development in the Yellow River Basin

JIN Fengjun^{1,2}, MA Li^{1,2}, XU Die^{1,2}

(1. Key Laboratory of Regional Sustainable Development Modeling of the Chinese Academy of Sciences, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 2. College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: The Yellow River Basin is a key area for China's regional development strategy and national ecological security. However, affected by the location, physical environment, and resource endowments, the economic foundation of the region is relatively weak. It has formed an industrial system dominated by energy and heavy chemical industries, which greatly increased the regional ecological burden. The Yellow River Basin is facing the predicaments of weak economic foundation and weak development ability, the pressures of accelerating social and economic development and transformation of development mode, the contradictions between resource use and ecological protection and between industrial development and environmental carrying capacity, and the challenges of deteriorating local living environment. The core contents of ecological environment protection and high-quality development of the Yellow River Basin is to balance the relationship between resource use and environmental protection, the scale of development and the carrying capacity of resources and the environment, and the development of key areas and the protection of the total ecological security to ensure energy security, ecological security, food security, watershed security, and the health of human settlements. We suggest that the region should optimize the industrial development path, actively promote the new industrialization with green industrial development as its core, and improve the level of industrial development and resource and environmental efficiency; optimize the industrial space based on the resource and environmental carrying capacity, determine suitable industrial development space and ecological protection red line, promote the construction of key energy and chemical bases and the construction of industrial clusters in urban agglomerations, implement strict environmental access policies, and improve environmental control standards for industrial development; strengthen spatial control and ecological restoration of energy and mining development projects, and implement a series of regional ecological environment governance and restoration projects.

Key words: Yellow River Basin; industrial development; ecological environment; stress; optimized path