

## 山西省能源圈辐射的环境效应

陈雅琳<sup>1,2</sup>, 高吉喜<sup>3\*</sup>, 韩永伟<sup>2</sup>, 李咏红<sup>2</sup>

1. 北京师范大学水科学研究院, 北京 100875; 2. 中国环境科学研究院生态所, 北京 100012;  
3. 中华人民共和国环境保护部科技标准司, 北京 100035

**摘要:** 根据历年《山西统计年鉴》提供的能源输出数据, 分析了 1985—2007 年间山西省煤炭的输出情况, 并借助于 GIS 软件, 分析了 2006 年山西省煤炭的流向及流量。山西省是一个大的能源辐射基地, 每年产出煤炭的三分之二左右供应外省市, 在外省市的经济水平、人民生活质量不断得到提升的同时, 对于为周边地区的发展做出巨大贡献的能源输出地——山西来说, 人均地区生产总值却低于全国平均水平, 更低于其能源辐射到的其它省市。山西省在不断向外省市输出能源的同时, 也产生了巨大的环境辐射效应, 但这种效应对于山西这个能源输出地来说却是负向的。主要表现在: 山西省由于煤炭开采导致空气污染、地下水位下降、地面塌陷等地质灾害, 而这些环境压力有三分之二是替煤炭输入地所承担的。输送电力, 山西省不仅要承担煤炭开采造成的环境破坏, 还要承担火力发电所造成的巨大环境二次污染, 仅 2007 年, 山西省生产外调电量就产生  $381.75 \times 10^4$  t SO<sub>2</sub>,  $139.98 \times 10^4$  t NO<sub>2</sub>,  $2799.51 \times 10^4$  t 灰粉。

**关键词:** 能源圈; 能源辐射; 环境效应; 煤炭; 山西省

**中图分类号:** 24      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1674-5906 (2009) 06-2220-04

区域合作与交流的不断深入与拓展, 城市信息化、工业化的快速发展, 使得城市群体化的现象大规模涌现, 以特大城市为核心的都市圈的研究也成为国内外许多学者研究的热点问题<sup>[1-4]</sup>。能源是一国工业经济发展的命脉, 但往往由于其地理分布的限制, 能源消费均是由大的能源产地不断向外部圈层转出、供应。同样, 也形成了以能源产地为中心的, 不断向周围区域辐射能源的“能源圈”。这种辐射效应涉及到环境、经济和社会各个方面, 许多学者对煤炭开采所引发的环境效应进行了论述<sup>[5-7]</sup>, 也有学者对煤炭资源的流动格局、供需格局等进行了分析<sup>[8-12]</sup>, 但将能源转出地作为辐射中心, 对其所引发的效应进行系统分析的报道尚未见到。本文以山西省能源资源的流转为例, 根据《山西统计年鉴》中提供的数据, 分析能源圈的辐射及所引发的环境、经济、社会等效应, 以期环境保护和制定资源转出地的生态补偿对策提供一定的参考依据。

### 1 山西省煤炭流转评估

山西是我国发现和利用煤炭最早的地区之一, 也是我国煤炭资源最丰富的地区, 被称为“煤炭之乡”。含煤面积占全省面积的近 40%, 已经探明煤炭资源保有储量占全国的 26%, 位居全国之首, 山西省煤炭开发的兴起源于工业发展对煤炭需求的增加。21 世纪以来, 全国经济的高速发展, 城市化进程的不断加快, 人口数量的迅速增长, 都促使山

西省煤炭资源开采量和对外供应量的不断增加。由图 1 可以看出, 1985 年以来, 山西省煤炭开采量除个别年份出现波动外, 一直处于增加状态, 尤其是 2000 年以来, 增幅明显增大, 虽然在此期间山西省煤炭消费量也在稳步增长, 但二者间的差距日益增大, 这也说明了山西省近年来向外省市供应的煤炭数量越来越多 (图 2)。

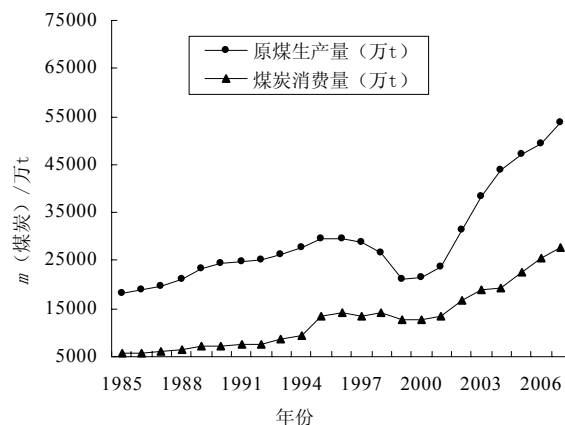


图 1 山西省 1985-2007 年煤炭生产与消费量  
Fig.1 Production and consumption of coal in Shanxi province from 1985 to 2007

1985-1997 年间, 山西省煤炭外调量基本以每年 593.69 万 t 的增量平稳增加, 煤炭外调量由 1985 年的 13 562 万 t 增加到 1997 年 21 280 万 t, 随后的

基金项目: 中华人民共和国环境保护部环保公益项目 (200709029)

作者简介: 陈雅琳 (1981 年生), 女, 博士研究生, 主要从事区域生态研究。E-mail: cyllp-0806@163.com

\*通讯作者: 高吉喜, E-mail: gaojx@craes.org.cn

收稿日期: 2009-09-28

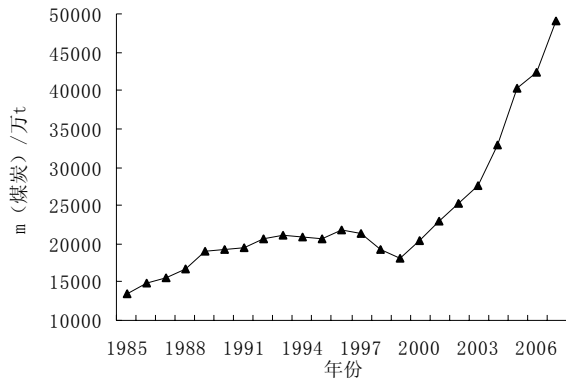


图2 山西省 1985-2007 年煤炭外调量

Fig.2 Coal output in Shanxi province from 1985 to 2007

两年，山西省煤炭外调量出现减少，但进入 2000 年以来，煤炭外调量大幅增加，由 2000 年的 20 341 万 t 增加到 2007 年的 49 168 万 t，增幅达到 141.72%。山西煤炭外调量的增加，主要是国家煤炭需求量的大幅增加引起的，同时，山西省交通状况逐年改善，也是山西省煤炭外运量增大的重要原因。虽然山西煤炭外运以铁路为主，但铁路运输能力已远远满足不了能源需求的高涨，公路煤炭运量不但增加，近年来，山西省公路里程数增加迅速，2006 年，山西省公路交通密度指数达到 0.72 km·km<sup>-2</sup>。“十五”以来，公路外调量以每年 1 000 万 t 的速度递增，2007 年，公路外调量占全省外调量的 22% 左右<sup>[13]</sup>。

根据《山西统计年鉴 2007》中提供的数据，借助 GIS 软件，分析 2006 年山西省煤炭输往外省市的情况（图 3），2006 年，晋煤到达全国 22 个省市自治区，但其集中供应邻近山西的人口密集、经济发达的东部省市自治区，其中调出量大于 100 万 t 的主要有河北、山东、天津、江苏等 13 个省市自治区，这种分布态势主要体现了经济指向性和交通指向性。2006 年，山西省向这 13 个省市供应煤炭达 43 040 万 t，占山西省煤炭总输出量的 99.47%，其中，河北省是山西煤炭最大的输入地，输入河北的晋煤占山西煤炭总输出量的 49.86%，其余输入量大于 100 万 t 的省份按照晋煤输入量大小排序依次为山东 > 天津 > 江苏 > 辽宁 > 湖北 > 河南 > 北京 > 安徽 > 湖南 > 江西 > 浙江 > 内蒙古。该研究中讲的输入输出量并非净输入输出量，以河北省为例，从山西运往河北的煤炭中，有些仅是经过河北省中转继而运向别的省份或者出口，其他省区情况也是如此。

## 2 山西省能源输出环境效应分析

都市圈的发展，往往是以中心城市为核心，与周边区域保持密切的社会经济联系，中心城市强大的经济力量不断向周边辐射，带动周边地区共同发展、壮大。而能源圈的发展却相反，能源圈不断的

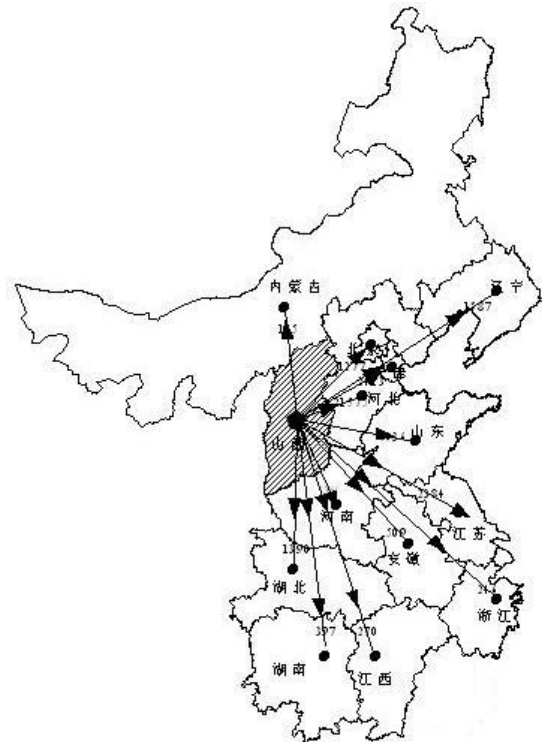


图3 2006 年山西省煤炭输出图（输出量大于 100 万 t）

Fig.3 Coal output of Shanxi province in 2006(output > 1million tons)

向周边区域供应其能源，但却与周边接受其辐射的区域经济实力相差悬殊，也就是说，能源圈中心区在不断将能源输送给外部圈层的同时，经济反而落后，生态环境也更加恶化。

据统计，从 1996 年起，山西省生产的三分之二的煤炭外运全国及出口，全国 70% 以上的外运煤来自山西，山西煤炭和焦炭的调出量占全国市场交易量的三分之二以上，山西作为产煤大省，为全国经济建设做出了巨大的贡献，但山西省的经济发展却远低于全国平均水平，2006 年我国人均国民生产总值为 18 557.95 元 RMB，而山西省人均地区生产总值为 14 081.6 元 RMB。由图 4 可以看出，人均地区生产总值大于全国平均水平的 10 个省市自治区中，除上海、广东和福建三个省市以外，其余 7 个省市自治区均是晋煤的输入大户。

### 2.1 山西省煤炭输出环境效应分析

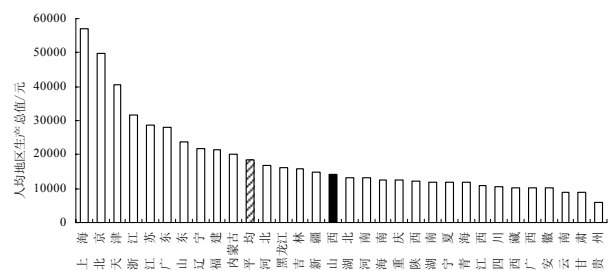


图4 2006 年中国各省市人均地区生产总值排序

Fig.4 The order of per capita GDP of different Chinese province in 2006

煤炭开采在给社会带来经济效益的同时,也导致了矿区的环境污染和生态破坏,如废水污染、地下水位下降、空气污染、煤矸石占用土地、地面塌陷等灾害。

截至2000年,山西省因煤炭开采破坏的地下水静储量为71.34亿 $m^3$ ,平均每开采1 t原煤破坏地下水静储量 $1.05 m^3$ 、动储量 $1.34 m^3$ ,煤炭开采对水资源破坏的总面积已达2.04万 $km^2$ ,占全省总面积的13%,并同时产生井、泉水位下降,造成81.3万人和10.8万头牲畜饮水困难,0.65万 $hm^2$ 水浇地变为旱地。据测算,1981-2000年20年间,山西省因煤炭开采产生的地表塌陷和水资源破坏造成的经济损失约972亿元,占全省同期GDP总和的7.8%。仅2000年,山西省矿山开采造成的地面塌陷等土地破坏年经济损失达25亿元,采煤造成的地下水破坏年经济损失达45.9亿元,二者占当年山西省矿业产值的28.5%,占各种生态灾害损失的44.3%<sup>[14]</sup>。以上的各种环境问题并不单是山西省经济发展造成的,若按照山西省每年生产煤炭的三分之二输出供应其他地区算,山西承担的外省市的生态环境压力是自身产生的环境压力的两倍。

## 2.2 山西省电力输出环境效应分析

电力输出不仅减少了运煤的燃油费用及车辆的损耗,更重要的是减少了转入区由于燃煤发电而产生的大量废气、废水、废渣等污染物。火力发电属于污染严重行业,主要通过直接燃煤的方式进行,煤炭燃烧产生烟尘、硫氧化物、氮氧化物、汞等重金属氧化物污染物以及大量的 $CO_2$ 温室气体,按照山西火电供电煤耗393 gce·(kWh)计算<sup>[15]</sup>,2007年山西省电力外调耗煤量达到 $1.82 \times 10^7$  t标煤,若按照文献16中的指标进行计算<sup>[16]</sup>,2007年山西省外调电量产生的污染物如表1所示,也就是说,电力输入省在接受山西省电力的同时,却将如此大的环境压力留在了转出地。从全国环境状况来看(图5),山西省2005年 $SO_2$ 排放量居全国各省市的第三位,全国各大城市可吸入颗粒物排序中,太原市也居第三位,可见,山西省在为国家经济做出巨大贡献、源源不断地将能源输向外省市的同时,大气环境质量却遭到了严重的破坏。

## 3 结论

山西省煤炭资源丰富,是我国最大的产煤区,也是周边许多省市经济发展主要的煤炭供应基地,且随着经济的高速发展,城市化程度的不断加快,

表1 山西省外调电量煤炭燃烧污染物计算

Tab 1 Pollutants initiated by output thermal power in Shanxi province

项目	$m(SO_2)/10^4 t$	$m(NO_2)/10^4 t$	$m(\text{灰粉})/10^4 t$
数量	381.75	139.98	2799.51

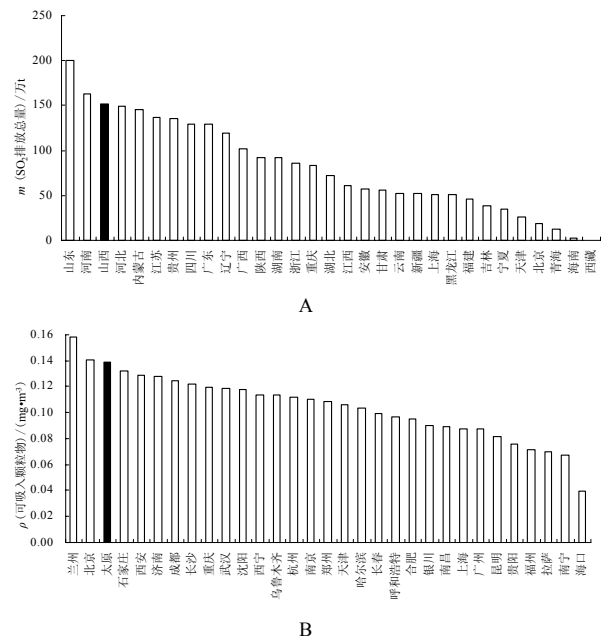


图5 2006年我国各省市 $SO_2$ 排放量(图A)和可吸入颗粒物量(图B)排序

Fig.5 The order of sulphur dioxide and particulate matters of different Chinese province in 2006

山西省向外省市供应的煤炭量有逐年增加的趋势。2006年,河北、山东、天津、江苏等13个省市自治区是山西省主要的输煤大户(输出量大于100万t),这种流向格局主要体现了区域经济指向性和交通指向性(图3)。

山西省不断地向周边省区供应能源,但其经济实力、环境状态、人民生活水平等却与周边接受其能源辐射的区域相差悬殊,经济发展远低于全国平均水平,2006年,山西省人均地区生产总值仅为14081.6元,比全国平均水平低了4476.35元,而在高出全国平均水平的10个省市中,有7个省区是晋煤的输入大户,这种反差鲜明的对比,进一步显示出了山西省能源辐射对周边地区产生的巨大经济推动作用,但这种作用对能源转出区的影响却是负向的。能源流转所产生的环境效应,对于能源转出地来说同样是负向的。能源输入地在接受输出地煤炭、电力等能源的同时,将巨大的环境压力扔在了能源转出地,且转出量越大,这种负向效应越明显,主要表现在能源转出越多,转出地的环境状况越恶劣,人民的生活条件越是艰苦。

虽然能源辐射对能源转出地产生的巨大负效应已经引起了相关部门的重视,国家及山西省也制定了相关的政策保障山西省煤炭资源的合理开发及补偿,但山西省贫困的现状且日益恶劣的自然环境仍未得到根本性的改善,如何制定合理的税收政策及生态补偿机制,促使能源的有效、可持续开发与利用,是当前及今后要解决的关键问题。

## 参考文献：

- [1] 朱英明, 姚士谋. 国外区域联系研究综述[J]. 世界地理研究, 2001, 10(2): 16-24.  
ZHU Yingming, YAO Shimou. Overview of studies of regional linkages in foreign countries[J]. World Regional Studies, 2001, 10(2): 16-24.
- [2] 熊剑平, 刘承良. 国外城市群经济联系空间研究进展[J]. 世界地理研究, 2006, 15(1): 63-70.  
XIONG Jianping, LIU Chengliang. Progress in foreign research on economic linkages of city agglomeration[J]. World Regional Studies, 2006, 15(1): 63-70.
- [3] SCHONHARTING J, ALEXANDER SCHMIDT, et al. Towards the multimodal transport of people and freight: interconnective networks in the Rhein Ruhr Metropolis[J]. Journal of Transport Geography, 2003, 11: 193-203.
- [4] HESSE M, RODRIGUE J P. The transport geography of logistics and freight distribution[J]. Journal of Transport Geography, 2004, 12: 171-184.
- [5] 宋晓梅, 周晓燕. 煤炭开采对矿区环境得影响及保护对策[J]. 煤炭技术, 2004, 23(1): 5-8.  
SONG Xiaomei, ZHOU Xiaoyan. The effect and protective counter-measures of coal mining on mine area environment[J]. Coal Technology, 2004, 23(1): 5-8.
- [6] 赵伟东. 煤炭开采对地质环境影响及防治措施[J]. 煤, 2005, 14(2): 25-26.  
ZHAO Weidong. Coal mining affecting geology environment and prevention measures[J]. Coal, 2005, 14(2): 25-26.
- [7] 赵娜. 煤炭行业环境影响评价有效性研究-煤炭开采项目环境影响后评价研究[D]. 西安: 西安科技大学, 2008: 13-18.  
ZHAO Na. The research on the effectiveness of coal industry environmental impact assessment-the research on the mineral exploiting environmental impact post assessment[D]. Xi'an: Xi'an University of Science and Technology, 2008: 13-18.
- [8] 汪应宏, 郭达志, 张海荣, 等. 我国煤炭资源势的空间分布及其应用[J]. 自然资源学报, 2006, 21(2): 225-230.  
WANG Yinghong, GUO Dazhi, ZHANG Hairong, et al. Spatial distribution and applications of coal resource potential in China[J]. Journal of Natural Resources, 2006, 21(2): 225-230.
- [9] 王成金, 莫辉辉, 王姣娥. 中国煤炭资源的流动格局及流场规律研究[J]. 自然资源学报, 2009, 24(8): 1402-1411.  
WANG Chengjin, MO Huihui, WANG Jiaoe. Regularity and pattern of Chinese coal resources flow field[J]. Journal of Natural Resources, 2009, 24(8): 1402-1411.
- [10] 刘毅. 沿海地区能源供需保障与解决途径研究[J]. 地理学报, 1999, 54(6): 509-517.  
LIU Yi. Measures for problems of energy issues and supply in coastal region[J]. Acta Geographical Sinica, 1999, 54(6): 509-517.
- [11] 张雷. 中国能源安全和资源国际化[J]. 资源科学, 2002, 24(1): 1-4.  
ZHANG Lei. Energy security and resources internationalization[J]. Resources Science, 2002, 24(1): 1-4.
- [12] 成升魁, 闵庆文, 闫丽珍. 从静态的断面分析到动态的过程评价-兼论资源流动的研究内容与方法[J]. 自然资源学报, 2005, 20(3): 407-414.  
CHENG Shengkui, MIN Qingwen, YAN Lizhen. From static assessment to dynamic processing resources flow and its contents and methods[J]. Journal of Natural Resources, 2005, 20(3): 407-414.
- [13] 程凤禹, 刘金妹, 翟补栓. 浅析山西煤炭外运发展现状[J]. 物流科技, 2009, 4: 12-14.  
CHENG Fengyu, LIU Jinmei, ZHAI Bushuan. The analysis of the actuality of shipping out its coal of Shanxi[J]. Logistics Sci-Tech, 2009, 4: 12-14.
- [14] 国家环境保护总局. 全国生态现状调查与评估. 综合卷[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2005: 49-51.  
National Environmental Protection Bureau. Investigation and Assessment of National Ecological Situation. Comprehensive Volume[M]. Beijing: China Environmental Science Press, 2005: 49-51.
- [15] 张君杰. 山西火力发电的能耗水耗及对环境影响分析[J]. 山西能源与节能, 2000, 1: 31-33.  
ZHANG Junjie. Energy and water consumption and effect on environment of thermal power generation in Shanxi province[J]. Shanxi Energy and Conservation, 2000, 1: 31-33.
- [16] 董志强, 马晓茜, 张凌, 等. 天然气利用对环境影响的生命周期分析[J]. 天然气工程, 2003, 23(6): 126-130.  
DONG Zhiqiang, MA Xiaoxi, ZHANG Ling, et al. Lifecycle of the effect of natural gas use on environment[J]. Natural Gas Industry, 2002, 23(6): 126-130.

## Environmental effect of energy circle in Shanxi province

CHEN Yalin<sup>1,2</sup>, GAO Jixi<sup>3</sup>, HAN Yongwei<sup>2</sup>, LI Yonghong<sup>2</sup>

1. Ministry of Education College of Water Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

2. Institute of Ecology, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China;

3. Department of Science, Technology and Standards, Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China, Beijing 100035, China

**Abstract:** Based on data of export to other provinces in Shanxi province, with spatial analysis by GIS, coal flux and flow direction were analyzed. Shanxi province is a big energy radiation source, when it was exporting energy to other provinces unceasingly, it had also bring huge radiation effects. But this kind of effect on energy output province was actually negative. Shanxi province exported two-thirds of coal to other provinces every year, which made great contributions to economic development of radiated areas. Meanwhile, per capital gross regional product of Shanxi province was lower than the national average, and lower more than what of the provinces that Shanxi energy could radiated. Environmental effects of Shanxi energy radiation was mainly showed that: coal mining brought many geological hazards, such as air pollution, groundwater lowering, land collapse, and so on, two-thirds of which undertook for coal input areas. Due to providing electricity to other provinces, Shanxi province took not only the environmental pollution by coal mining, but also the pollution brought by thermal power generation. There were 381.75 t SO<sub>2</sub>, 139.98 t NO<sub>2</sub>, 2799.51t ash produced due to generating the power that export to other provinces in 2007.

**Key words:** energy circle; energy radiation; environmental effect; coal; Shanxi province