

煤炭与石油保障风险综合评价实证研究 ——以北京和浙江为例

魏丹青^{1,2}, 赵建安¹, 李红强^{1,2}, 郎一环¹

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘 要:在构建煤炭与石油保障风险综合评价指标体系, 计算煤炭和石油保障综合风险度以及简历风险源、风险度评价模型等研究成果的基础上, 采用层次分析法, 划分了中国煤炭和石油保障风险的综合等级, 将风险可能性划分为极低、低、中、高、极高5个级别。进一步选择了北京和浙江, 结合两地煤炭石油保障的实际情况, 利用这一评价体系评价了两地的煤炭和石油各风险源、风险度, 集成得到综合风险度指数, 进而划分了两地的煤炭与石油保障风险等级。结果表明:北京市和浙江省的煤炭综合风险级别分别为较低和中等, 石油综合风险级别分别为中等和较高, 研究结果基本符合现状, 从而验证了该指标体系及其评价方法的适用性与合理性;同时, 实证结果还对两地煤炭和石油的风险发生概率进行了预测, 以期起到一定的预警参考作用。

关 键 词:煤炭; 石油; 保障风险; 风险度; 北京市; 浙江省

煤炭与石油保障风险综合指标体系研究属于能源保障风险评价的基础工作, 而对该指标体系的实证研究又是证实其适用性和合理性的必要步骤。本文选取了浙江省和北京市作为实证研究对象, 两地能源保障方面情况相似又有所区别, 通过比较研究来验证该体系的评价结果是否符合实际情况, 同时也可以认识两地的潜在能源风险, 预测风险发生的概率。

1 煤炭与石油保障风险指标体系构建

煤炭与石油保障风险由致险因子引发, 每个风险对应着一个或若干个风险源^[1-3]。对煤炭与石油保障风险的综合评价, 实质上是在对各风险源产生风险可能性评估的基础上进行集成和综合, 进而形成煤炭与石油保障综合风险指数。由于已经完成了整个指标体系及其模型的构建, 在此, 为实证研究的需要和具体运用, 主要将方法的过程予以概述性的介绍。

1.1 综合风险度的确定

该指标体系运用层次分析模型, 将影响风险源的所有因子逐一列出, 然后分析主次并从中遴选出主要因素, 舍弃次要因素。对影响风险源的主要因素分别进行分层次的分析, 从最高层直到最底层, 从子系统、因子直到指标^[4]。在前期进行的指标体系结构和具体指标研究基础上, 已形成目标层、准则

层、子准则层和指标层4个层次14个指标的保障风险识别与评估指标体系(表1), 并构建了煤炭与石油保障综合风险度以及各风险源风险度的评价模型。各指标计算方法也在充分考虑数据来源的易获得性、可计算性和可比较性等可操作性因素的情况下确定(表2)。其中, 指标D7~D9的获得分别参见表3~5。

1.2 归一化方法

上述指标中, D7~D9为定性指标, 采取了定性指标半定量化的处理方法, 处理数据可直接用于评价。D1~D6和D10~D14为定量指标, 通过收集整理的数据计算, 并需归一化处理后再用于评价。在归一化处理时, 对于正向指标(D3、D5~D11、D13~D14), 即指标数值与煤炭和石油保障风险呈正相关的数值, 按式(1)计算, 而负向指标(D1、D2、D4、D12)按式(2)计算。

$$\text{对于正向指标, } d_i' = \frac{d_i}{\lambda_i} \quad (1)$$

若 $d_i' > 1$, 则按 $d_i' = 1$ 处理;

$$\text{对于负向指标, } d_i' = 1 - \frac{d_i}{\lambda_i} \quad (2)$$

若 $d_i' < 0$, 则按 $d_i' = 0$ 处理。

式中: d_i , d_i' , λ_i 为第 i 个指标直接计算得到的数值、归一化数值和归一化基准值。

收稿日期: 2010-01; 修订日期: 2010-05。

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2006BAD20B06)。

作者简介: 魏丹青, 女, 浙江绍兴人, 硕士生, 主要从事资源经济与资源安全研究。E-mail: weidanqing0804@126.com。

通讯作者: 赵建安。zhaoja@igsrr.ac.cn。

表 1 煤炭和石油保障风险综合评价指标体系

Tab.1 Comprehensive appraisal index system for the security risk of coal and oil

目标层	准则层	子准则层	指标层	指标计算方法	单位
煤炭和石油保障综合风险度	资源 B1	资源保障程度 C1	资源保证年限 D1	区域内资源剩余探明可采储量/年开采量	a/年
		资源储备程度 C2	资源储备天数 D2	区域内储备资源量/每日消费量	d/天
		区外资源依存状况 C3	区外资源依存度 D3	区外调入资源量/资源消耗总量	%
		外调资源能力 C4	人均 GDP D4	GDP 总量/总人口	CNY/元
		生产弹性系数 C5	生产弹性系数 D5	生产量增长率/GDP 增长率	%
	生产 B2	生产事故状况 C6	重大生产事故发生率 D6	重大生产事故死亡人数/产品总量	per capita /10 ⁶ tce
	运输 B3	运输方式综合风险状况 C7	运输方式综合风险指数 D7	详见下文	%
		运输距离 C8	运输距离风险指数 D8	详见下文	%
		运输事故 C9	运输事故发生率 D9	详见下文	%
		进口产品状况 C10	进口煤炭和石油产品比率 D10	进口能源产品数量/该产品总消耗量	%
	市场 B4	价格波动状况 C11	价格波动系数 D11	(评价时段内最高价格—评价时段内最低价格)/评价时段内平均价格	%
		替代产品发展状况 C12	替代煤炭和石油产品比重 D12	替代能源消耗量/区域能源消耗总量	%
	消费 B5	消费弹性系数 C13	消费弹性系数 D13	能源消费量增长率/GDP 增长率	%
		消费排污情况 C14	人均 SO ₂ 排放量 D14	能源消耗的 SO ₂ 排放量/总人口	kg/公斤

表 2 煤炭和石油保障风险的指标计算

Tab.2 Index calculations related to coal and oil security risk

代码	指标名称	指标计算方法	单位	归一化基准值
D1	资源保证年限	区域内资源剩余探明可采储量/年开采量	a/年	30
D2	资源储备天数	区域内储备资源量/每日消费量	d/天	90
D3	区外资源依存度	区外调入资源量/资源消耗总量	%	80%
D4	人均 GDP	GDP 总量/总人口	CNY/元	50000
D5	生产弹性系数	生产量增长率/GDP 增长率	%	0.45
D6	重大生产事故发生率	重大生产事故死亡人数/产品总量	per capita/10 ⁶ tce	5
D7	运输方式综合风险指数	详见下文	%	1
D8	运输距离风险指数	详见下文	%	1
D9	运输事故发生率	详见下文	%	1
D10	进口能源产品比率	进口能源产品数量/该产品总消耗量	%	0.50
D11	价格波动系数	(评价时段内最高价格—评价时段内最低价格)/评价时段内平均价格	%	1
D12	替代能源产品比重	替代能源消耗量/区域能源消耗总量	%	30%
D13	消费弹性系数	能源消费量增长率/GDP 增长率	%	55%
D14	人均 SO ₂ 排放量	能源消耗的 SO ₂ 排放量/总人口	kg/公斤	30

注:归一化基准值通过专家咨询、行业标准等方式来加以确定。

1.3 权重选择

煤炭与石油保障风险综合评价指标体系权重的计算采取层次分析法和熵值法相结合的方法。通过专家打分及对各个指标的(相互)比较,得出各个指标的权重,进而利用熵技术方法对上述权重进行修正(表 6)。

1.4 综合风险的分等定级

煤炭和石油保障综合风险度 (Coal and Oil Comprehensive Security Risk Index, 在此我们以能

表 3 不同运输方式的风险系数

Tab.3 Risks coefficient of different transportation types

运输方式	管道	水运	铁路	公路
煤炭运输风险系数	-	2	1	2
石油运输风险系数	1	2	2	-

表 4 不同运输距离的风险度

Tab.4 Risk degrees of different transportation distances

运输距离 风险度	低	较低	中等	较高	高
量化分值	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9
铁路/km	<300	300~600	600~900	900~1200	>1200
海运/mile	<1000	1000~2500	2500~4000	4000~5500	>5500
管道/km	<500	500~1500	1500~2500	2500~3500	>3500
其余运输方式	<200	200~400	400~600	600~800	>800

表 5 运输事故发生率

Tab.5 The occurrence rate of transportation accidents

运输事故发生率	低	较低	中等	较高	高
量化分值	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9
运输事故状况	运输工具和线路条件好, 发生自然和人文重大事故在 1 件以下	运输工具和线路条件较好, 发生自然和人文重大事故在 2~3 件	运输工具和线路条件一般, 发生自然和人文重大事故在 3~4 件	运输工具和线路条件较差, 发生自然和人文重大事故在 4~5 件	运输工具和线路条件很差, 发生自然和人文重大事故在 5 件以上

源保障综合风险度表达为 ECSRI,下同)可最终表述为:

$$ECSRI=\sum_{i=1}^5(b_i\times\beta_i)$$

(3)

各风险源的风险度 b_i

$$b_i=\sum_{k=m}^n(d_k\times\mu_k)$$

(4)

式中: $ECSRI$ 为煤炭和石油保障综合风险度指数; $b_1、b_2、b_3、b_4、b_5$ 分别为资源风险度指数、生产风险度指数、运输风险度指数、市场风险度指数和消费风险度指数; β_i 为各风险度对应权重; d_k 为各指标归一化指数; μ_k 为各指标对应的权重; $m、n$ 分别为第 i 个风险源所对应的具体指标的初始编码和末位编码。将评价模型得到的 $ECSRI$ 指数,与综合等级级别标准值进行比较,就可以获得煤炭和石油保障综合风险等级的级别(表 7)。

2 实证分析对象的基本背景

2.1 数据来源

本文数据来源包括:①北京市统计局等编的《2008 年北京统计年鉴》;②浙江省统计局等编的《2008 年浙江省统计年鉴》;③国家统计局能源统计司和国家能源局综合司编的《2008 年中国能源统计年鉴》。

2.2 经济发展的结构与态势

1995-2007 年,北京市的 GDP 总量从 1507.7 亿元增加到 9353.3 亿元,第一、二和第三产业所占生产总值比重从 4.9:42.8:52.3 演进为 1.1:26.8:72.1,第一产业和第二产业比重趋于下降,第三产业比重快速上升,产业结构不断得以优化,以第三产业为主导的产业结构已经形成。总体上,北京市正在进入后工业化发展时期。

1995-2007 年,浙江省 GDP 总量由 3557.55 亿元增加到 18780.44 亿元,第一、二和第三产业所占生产总值比重从 15.5:52.1:32.4 调整到 5.3:54.0:40.7,尽管第三产业比重大幅度提高,以工业为主导的产业结构仍在继续。浙江的产业结构与同一经济发展水平的国家和区域相比(农业低于 5%,服务业高于 60%),明显不够合理,亟待加大产业结构调整力度。

2.3 能源消费趋势

1995-2007 年,北京市和浙江省终端能源消费量平均年增长率都在 5.0%以上,各年能源弹性消费系数介于 0.5~1.0,浙江省甚至达到 9.67%,其中煤炭的终端消费量北京市逐年递减,浙江省的年均增长率也仅为 3.77%,而石油、电力、热力和天然气等优质能源的消费量增长明显。

过去 10 多年里,北京市和浙江省的能源消费结构都发生了显著变化,煤炭消费量从占总消费量的近 1/2,转变为电力和石油占据终端能源消费量的 1/2 以上^[5],可见终端能源消费日趋优质化和清洁化,电力终端消费已占主导地位,热力及其他清洁能源比重也迅速提高^[6]。

表 6 AHP 和熵技术确定的指标体系权重

Tab.6 Weights of index system via AHP and entropy technique

准则层 指标	B1	B2	B3	B4	B5		
最终组合权重	0.393	0.079	0.352	0.151	0.025		
指标层 指标	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
最终组合权重	0.150	0.073	0.152	0.018	0.063	0.016	0.210
指标层 指标	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14
最终组合权重	0.122	0.020	0.103	0.035	0.013	0.006	0.019

表 7 煤炭和石油保障综合风险等级

Tab.7 Grades for comprehensive risks on the security of coal and oil

$ECSRI$	0~0.20	0.20~0.40	0.40~0.60	0.60~0.80	>0.80
风险级别	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
风险发生可能性	极低	低	中等	高	极高
风险发生可能性	今后 20 年内发生的可 能少于 1 次	今后 10~19 年内可能发 生 1 次	今后 5~9 年内可能 发生 1 次	今后 1~4 年内可能 发生 1 次	今后 1 年内至少 发生 1 次

从三次产业的能源消费比重看,2007 年北京市第一、二、三产业能源消费比重为 1.6:43.1:38.0,浙江省为 2.5:74.5:14.0。与 1995 年相比,两地尽管第三产业能源消费量增长明显,第二产业的总体耗能量基本变化不大,第二产业能源消费仍占主导地位。其中,北京市第三产业能源消费直逼第二产业,可预见用能量将超过第二产业^[5];而浙江省第三产业终端能源消费比重偏小,能源消费需求较大程度取决于第二产业的发展。

2.4 煤炭石油综合风险

北京市和浙江省作为全国主要的能源消费省市,都属于煤炭、石油资源低保障区^[7],区内煤炭、石油基础储量少,生产能力薄弱,且替代能源产品比重也较小,而经济增长快速,能源消费需求旺盛,能源对外依存度高,煤炭、石油基本要靠区外调入,因此运输风险较大。由于能源利用率还较低,能源消费结构尚不够合理,尤其是浙江省大量煤炭能源低效燃烧带来的大气污染,造成了高昂经济成本和环境成本^[8]。

3 实证分析对象的综合风险度评价

3.1 相关分析要素的选择与确定

依据前述方法,分别评价了北京市和浙江省的煤炭和石油保障风险。

资源风险可由资源保障程度、资源储备程度、从外区域调入的资源量占本区域资源量的比重和该区域调入外部资源的能力(通常由该区域经济发

展水平来决定)来综合衡量,由于煤炭资源战略储备意义不大,故在实际操作时忽略该项因素不计,只选择资源保障年限、区外资源依存度和人均 GDP 这 3 个指标来反映。

生产风险可用生产事故发生率和生产弹性系数来衡量,由于石油的生产事故发生率数据较难收集,故实际计算时忽略不计。

运输风险以分析不同运输方式的构成,通过运输线路长度以及运输事故发生概率进行表征。其中运输事故发生率较难收集,煤炭部分数据由估算所得,石油部分忽略不计。

市场风险由价格波动形成,与价格波动系数、产品进口比重、替代产品发展情况相关。消费风险可通过消费弹性系数和消费排污率加以表征。其中消费排污率以人均 SO₂ 排放量来衡量。

3.2 各项指标的量化结果

将已选择的指标用各自的计算公式量化,再进行归一化处理,计算数据选取了 2007 年的值(表 8)。

3.3 综合风险度的评价分析结果

按综合风险度的计算公式计算,得到浙江省和北京市的综合风险指数和风险级别(表 9)。

从评价结果看,风险指数偏高的有资源风险和运输风险。资源风险指数偏高反映了两地煤炭石油基础储量少,对外依存度高,而经济发展水平高,调入外部资源的能力强,煤炭、石油基本靠区外调入的实际情况。而运输风险是煤炭和石油保障风险中贯穿全过程的风险,从资源开采到产品生产,再到产品的销售和消费,都需要进行空间上大尺度、大规模的转换,两地煤炭石油大规模的调入及消费都会导致运输风险的增加,因此运输风险指数也偏高。市场风险指数较高。市场风险主要是价格波动引起,煤炭基本不存在净进口的情况,而 2007 年北京市和浙江省的石油进口比重高达 19%和 75%,浙江省石油严重依赖进口,面对价格波动,风险承受能力较弱,市场风险指数反映了两地的石油市场风险较高。相对较低的风险指数为生产风险和消费风险。生产风险指数反映了两地煤炭、石油的生产能力薄弱。实际上,2007 年两地能源生产量总和仅占全国能源生产量的 0.73%。尽管两地的能源消费弹性系数介于 0.5~1.0,消费量增长较快,但由于从区外调入资源能力强,高昂的环境污染治理成本也有经济实力支撑,所以消费风险相对较小。

综上,煤炭综合风险级别北京市和浙江省分别为Ⅱ级和Ⅲ级,石油综合风险级别分别Ⅲ级和Ⅳ

表 8 2007 年北京市和浙江省煤炭与石油保障风险指标量化结果
Tab.8 Quantitative results of coal and oil security risk indexes for Zhejiang and Beijing in 2007

代码	指标名称	归一化基准值	北京市归一化数值		浙江省归一化数值	
			煤炭	石油	煤炭	石油
D1	资源保证年限	50/15	0	1	1	1
D2	资源储备天数	35	-	0.60	-	0.60
D3	区外资源依存度	80%	0.98	1	1	1
D4	人均 GDP	50000	0	0	0.25	0.25
D5	生产弹性系数	0.45	0.20	0.20	0	0
D6	重大生产事故发生率	5	0.31	-	0	-
D7	运输方式综合风险指数	1	0.40	0.33	0.45	0.67
D8	运输距离风险指数	1	0.30	0.03	0.30	0.47
D9	运输事故发生率	1	0.10	-	0.10	-
D10	进口能源产品比率	0.5	0	0.24	0.01	0.55
D11	价格波动系数	1	0.08	0.11	0.13	0.11
D12	替代能源产品比重	30%	0.99	0.99	0.97	0.97
D13	消费弹性系数	55%	0.88	0.88	1	1
D14	人均 SO ₂ 排放量	30	0.31	0.31	0.51	0.51

表 9 北京市和浙江省煤炭与石油保障综合风险指数和风险等级
Tab.9 Coal and oil comprehensive securityrisk index and levels for Beijing and Zhejiang

代码	指标名称	北京市		浙江省	
		煤炭	石油	煤炭	石油
b_1	资源风险指数	0.1490	0.3458	0.3065	0.3503
b_2	生产风险指数	0.0176	0.0126	0.0000	0.0000
b_3	运输风险指数	0.1226	0.0730	0.1331	0.1980
b_4	市场风险指数	0.0157	0.0414	0.0172	0.0731
b_5	消费风险指数	0.0112	0.0112	0.0157	0.0157
ECSRI	综合风险度指数	0.3160	0.4840	0.4725	0.6371
	风险级别	Ⅱ级	Ⅲ级	Ⅲ级	Ⅳ级

级,该评价结果基本符合现状。比较而言,北京市的煤炭保障风险度较低,北京市的石油保障风险和浙江省的煤炭保障风险都属于中等,浙江省的石油风险较高。

4 结论

建立煤炭和石油保障风险评估指标体系是评价中国能源安全的重要基础和主要内容,而对该风险评估指标体系的实证研究是完善该指标体系的重要步骤。本文运用煤炭与石油保障风险综合评价指标体系,选取北京市和浙江省作为分析对象,对其煤炭与石油保障风险进行了评价,评价结果基本符合现状,印证了该评价体系的合理性,具有在其

他省/市推广应用的价值。实证结果显示了北京市和浙江省煤炭与石油保障的资源、运输和市场风险较大,也预见了两地风险发生概率,有助于识别和应对风险,做到防患于未然,使可能发生的风险损失降低到最低程度。另外,由于煤炭和石油保障风险指标体系只是针对煤炭和石油风险源发生风险的可能性大小进行评价,而对于风险源可能造成风险级别大小以及风险发生后承险体的损失大小未作分析。

参考文献

[1] 郭晓亭, 蒲永健, 林略. 风险概念及其数量刻画. 数量经济技术经济研究, 2004(2): 111-115.
[2] Mowbray A H, Blanchard R H, Williams C A. Jr. Insur

ance 14th ed. New York: McGraw-Hill, 1995.
[3] Radandt S, Shi J Y. The Need for Risk Management-Risk management is a tool to treat the Complexity of Risk Structures. The Seminar Symposium on Security Science and Technological Academy, 2006.
[4] 赵建安, 郎一环. 能源保障风险体系的研究: 以煤炭与石油为例. 地球信息科学, 2008, 10(4): 419-425.
[5] 刘达, 康薇. 北京市终端能源消费结构特点分析. 电力需求侧管理, 2008, 10(4): 78-80.
[6] 黄东风. 浙江省能源消费趋势的分析. 中国能源, 2009, 31(5): 37-44.
[7] 郭义强, 葛全胜, 郑景云. 中国能源保障水平分区初探. 资源科学, 2008, 30(3): 336-341.
[8] 谭忠富, 陈广娟. 我国能源发展的风险影响因素与预警系统分析. 中国能源, 2007, 29(5): 40-44.

Empirical Study for Comprehensive Appraisal of Coal and Oil Security Risk:
A Case study in Beijing and Zhejiang

WEI Danqing^{1,2}, ZHAO Jian'an¹, LI Hongqiang^{1,2}, LANG Yihuan¹

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Research, CAS, Beijing 100101, China;
2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: On the basis of the risk appraisal index system of coal and oil, a risk appraisal model for the comprehensive risk degrees was established and the degrees of various risk sources for the coal and oil security were estimated. In this paper, we use the AHP and 14 indicators to calculate the risk indexes, and made a comprehensive grading of the coal and oil security risk, and classified the possibility of risks into the lowest, low, medium, high and very high levels. Concerning the comprehensive risk index (ECSRI), 0-0.2 is I (the lowest), 0.2-0.4 is II (low), 0.4-0.6 is III (medium), 0.6-0.8 is IV (high), and ≥ 0.8 is V (very high). We applied the system to the empirical research in Beijing and Zhejiang, two regions with high levels of social and economic development in eastern China, obtained the comprehensive risk degrees and the degrees of various risk sources for the coal and oil security for this two places, and then evaluated coal and oil security risk ratings. The result is that coal security risk ratings of Beijing and Zhejiang are at the lower and medium levels respectively. The rating for Beijing is 0.3160 and for Zhejiang is 0.4725. Oil security risk ratings are at medium and higher levels (Beijing is 0.4840 and Zhejiang is 0.6371). Compared with the actual coal and oil security of these two places, the result is generally coincident with the reality, and thus confirmed the reliability of the index system and evaluation method. At the same time, the empirical results also predicted the risk probability of two places within the next few years.

Key words: coal; oil; security risk system; comprehensive risk degree; Beijing; Zhejiang

本文引用格式:

魏丹青, 赵建安, 李红强, 等. 煤炭与石油保障风险综合评价实证研究: 以北京和浙江为例. 地理科学进展, 2010, 29(9): 1055-1059.