

【统计应用研究】

中国油砂富集区域资源勘探开发序列研究

——基于探索性空间数据分析

胡 健, 周艳春

(西安财经学院 管理学院, 陕西 西安 710061)

摘要:以中国油砂资源富集的省域为研究对象,综合运用 SPSS 和 GeoDA 软件,对中国区域油砂资源丰度和投资环境的空间差异分析后发现:中国油砂富集区域的资源丰度与投资环境差异较大,资源丰度较高的区域主要集中于西部,而投资环境较优的区域则主要集中于东部和中部;资源丰度的全局自相关特征明显,存在着相似值的空间集聚特征;依据油砂资源丰度与区域投资环境组合类型的空间特征,可以规划出中国区域油砂资源的勘探开发序列。

关键词:探索性空间数据分析;油砂;资源丰度;投资环境;空间分析

中图分类号:F429.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1007-3116(2014)01-0076-05

一、引言

中国油砂资源比较丰富,据新一轮全国油砂资源评价结果,中国油砂地质资源量为 59.7 亿吨,位居世界第五位。主要分布于新疆、青海、西藏、内蒙、四川等 11 个省份及准噶尔、塔里木、柴达木、鄂尔多斯、四川等盆地。其中,西部地区的油砂资源最为集中,地质资源量为 32.89 亿吨,占全国的 55.1%。随着中国对石油资源需求的不断增加,常规石油资源逐渐减少,油砂、油页岩等作为今后较有可能成为过渡性或替代型能源的资源,开始得到人们的普遍关注。因此,了解并投入适当的力量研究油砂,为开发利用油砂资源做准备,将对中国能源战略安全起到一定的作用^[1-3]。

油砂长期以来被看成是高成本的非常规能源,由于其前期投入比常规油气还要大,具有极大的风险性,而使很多投资者望而生畏。因此,加强对区域油砂资源开发潜力的评价,有利于引导勘探决策的优化,提高勘探、开发的经济效益^{[4][19]}。然而,对现有的相关文献进行梳理可以发现,目前国内学者此

方面的研究还极少且主要是针对单个矿区的评价,而基于省域视角采用空间统计分析工具对中国油砂资源的整体情况进行综合评价的研究,目前尚属空白。因此,本文将中国油砂富集省(区)为评价的基本单元,将传统的统计方法与空间统计方法相结合,采用 Geoda 空间统计分析工具及 SPSS 统计分析软件,对各区域油砂的赋存状况及支撑油砂资源开发利用的投资环境因素进行综合评价和排序,以为该种资源进行大规模开发提供参考依据。

二、研究区域、数据选取和研究方法

(一)研究区域与数据选取

以中国油砂资源富集的省域为研究对象。根据 2004—2006 年中国首次开展的全国性油砂资源评价结果,我们将拥有中国绝大部分油砂资源的 11 个省(区)作为我们的研究对象,包括新疆、青海、西藏、四川、内蒙古、贵州、甘肃、浙江、云南、广西、广东等,其中,各省(区)油砂资源丰度数据来源于首轮全国性油砂资源评价的结果,区域投资环境数据则来源于 2011 年的《中国统计年鉴》及《中国工业经济统计年鉴》。

收稿日期:2013-11-20

基金项目:国家社会科学基金重点项目《技术创新视角下的我国能源产业成长战略研究》(11AJL007)

作者简介:胡 健,男,甘肃天水人,经济学博士,教授,博士生导师,研究方向:能源经济学,技术创新管理;

周艳春,女,辽宁锦州人,管理学博士,教授,研究方向:技术创新管理,战略与决策管理。

本文中的油砂资源丰度系指油砂资源的富集和丰富程度,为资源的自然属性,它决定了资源的开发规模和经济发展方向。由于集中型资源如气候资源、能源资源和矿产资源通常以绝对丰度来衡量,因此,本文以地质资源量作为油砂资源丰度的衡量指标^{[5]62}。

此外,由于油砂等石油产业的发展高度依赖硬环境,因此,从数据的可获得性考虑,本文力求能够从地方经济发展水平、科技支撑、产业支撑、基础设施等多方面反映区域油砂开发投资环境的差异,选取了人均 GDP、人均社会消费品零售总额、R&D 支出占 GDP 的比重、每万人中研发人员数、人均能源工业投资、相关产业支持度、人均铁路营业里程、人均公路里程、人均供水量、人均供电量等 10 个指标。其中,人均 GDP 和人均社会消费品零售总额是反映地区经济发展水平的指标,通常,经济基础好的地区,对能源的需求也会日益显著,油砂的市场前景会比较好;R&D 投入(包括经费投入及人员投入)是国际通用的用于衡量一个国家或地区科技活动规模、科技投入程度以及科技创新能力的重要指标,在很大程度上反映了一个国家或地区经济增长的潜力和可持续发展的能力;基础设施是构成地区投资环境不可或缺的物质硬件,尤其是交通运输及水电供给状况。与油气资源产业技术关联度强的相关产业的发展能有效地促进油砂产业的技术升级并提升产业的竞争力,根据本课题组成员的前期研究成果,我们认为,相关产业包含了化工、机械制造、仪器仪表等行业。本文用区位熵的方法计算各省域相关产业的支持度,即各省域相关产业的产值在地区工业总产值中所占的比重与全国该产业产值在全国工业总产值中所占比重之间的比值^[6]。该比值若大于 1,表明该省区相关产业的发育程度好于全国平均水平,对油砂产业的发展较为有利;若小于 1,则表明对油砂产业的发展较为不利。

(二) 研究方法

ESDA(Exploratory Spatial Data Analysis),即探索性空间数据分析,是指利用统计学原理和图形表达相结合对空间信息的性质进行分析、鉴别,用以引导确定性模型的结构和解法^[7]。该方法的核心就是对空间自相关性进行测度,通过对空间自相关的测度可以检验具有空间位置的某要素的观测值是否显著地与其相邻空间点上的观测值相关联。本文引入 Moran's I 和 Local Moran Index 来测度全局和局部的空间关联特征,前者是用于衡量整个研究区域的空间关联与空间差异程度的指标,它检验整个

研究区中邻近地区间是相似、相异(空间正相关、负相关),还是相互独立的;后者是用于衡量局部地区之间是否存在相似或相异的属性值聚集在一起的指标,即测度相邻地区之间属性值的异质性。

1. Moran's I 指数。该指数处于-1 和 1 之间,值接近 1 时表明具有相似的属性聚集在一起(即高值与高值相邻、低值与低值相邻);值接近-1 时表明具有相异的属性聚集在一起(即高值与低值相邻、低值与高值相邻);值接近于 0,则表示属性是随机分布的,或者不存在空间自相关^[8]。其计算公式如下:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \quad (1)$$

式中, $S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$, 为方差, n 是研究地区总数, x_i 和 x_j 为区域 i 和 j 的属性值, w_{ij} 为空间权重矩阵, $\bar{x}$ 是属性的平均值。

2. Local Moran's I 指数。从本质上看,该指数是将基于全局自相关分析的 Moran's I 统计量分解到了各局部空间上。其计算公式如下:

$$I_i = \frac{(x_i - \bar{x})}{S^2} \sum_{j \neq i} w_{ij} (x_j - \bar{x}) \quad (2)$$

注意式中 j 的累加不包括区域 i 本身,即 $j \neq i$ 。正的 I_i 表示一个高值被高值所包围(高-高),或者是一个低值被低值所包围(低-低);负的 I_i 表示一个低值被高值所包围(低-高),或者是一个高值被低值所包围(高-低)。

三、数据处理与分析

(一) 基于主成分分析的投资环境综合指数测度

本文使用 SPSS 统计软件,对所选 10 项统计指标标准化处理后,采用主成分分析法进行分析。计算得到 KMO 统计量等于 0.803,表明适合做主成分分析,最终提取出来 3 个主成分,其方差累计贡献率达 81.805%,包含了 10 项指标的大部分信息,说明选择 3 个主成分较为恰当。经过方差极大法旋转后得到主成分载荷矩阵(见表 1)。从表 1 可以看出,第一主成分在人均社会消费品零售总额、每万人中研发人员数、人均 GDP、研发支出占 GDP 比重上有较大载荷,是从经济实力角度反映一个地区的投资环境;第二、三主成分在人均铁路营业里程、人均公路里程、人均能源工业投资、人均供电量、人均供水量、相关产业支持度上有较大载荷,是从基础设施投入角度反映一个地区的投资环境。

表 1 旋转后因子载荷矩阵表

指标	F ₁	F ₂	F ₃
人均社会消费品零售总额	0.941	0.066	-0.092
每万人中研发人员数	0.935	-0.222	0.015
人均 GDP	0.906	0.323	0.005
研发支出占 GDP 比重	0.788	-0.492	0.024
人均公路里程	-0.534	0.463	-0.305
人均铁路营业里程	-0.128	0.970	-0.035
人均能源工业投资	0.007	0.860	0.155
人均供电量	0.544	0.607	0.044
相关产业支持度	0.159	-0.076	0.936
人均供水量	-0.349	0.388	0.636

以旋转后各主成分的方差贡献率为权重,与各主成分得分加权求和得到 2010 年各区域油砂开发投资环境综合得分及排序(见表 2)。该指数越高,说明该区域油砂开发的投资环境越优,反之越差。从表 2 结果看,综合得分正指数的省份有 5 个,负指数的省份有 6 个,得分最高的是内蒙古 1.00248,得分最低的是西藏-0.73323。最高分与最低分的级差为 1.7357,表明各省(区)油砂开发的投资环境差异巨大。

表 2 各省油砂开发投资环境综合评价排序表

省(区)名称	F ₁	F ₂	F ₃	综合得分	排序
内蒙古	0.695 96	2.213 51	-0.561 93	1.002 48	1
浙江	1.978 08	-0.505 97	0.513 73	0.868 657	2
广东	1.461 72	-0.613 66	-0.565 56	0.396 176	3
新疆	-0.653 76	0.680 65	2.564 51	0.361 603	4
青海	-0.026 57	1.210 1	-0.314 93	0.350 28	5
甘肃	-0.327 9	-0.453	0.440 54	-0.238 52	6
四川	0.070 93	-0.970 1	-0.207 86	-0.336 25	7
广西	-0.512 29	-0.569 77	-0.271 74	-0.490 63	8
贵州	-0.727 19	-0.758 31	0.264 52	-0.566 88	9
云南	-0.651 23	-0.599 91	-0.536 11	-0.613 67	10
西藏	-1.307 75	0.366 49	-1.325 16	-0.733 23	11

(二)油砂资源丰度与区域投资环境的空间差异度量

1. 空间分布特征

本文中的空间分布,是指所选 11 个省(区)各自的资源丰度和投资环境在地理空间上的展示。

图 1 按照不同省(区)资源丰度与全体平均值的偏离程度,将所选省(区)划分为四类:

介于-0.5 个标准差和 0.5 个标准差之间,本文称之为第四类,即资源丰度较低且与平均值偏离相对较近,所选 11 个省(区)中共有 5 个省(区);介于 0.5 到 1.5 个标准差之间,本文称之为第三类,即资源丰度较高且与平均值偏离相对较远,共计 4 个省(区);介于 1.5 个标准差和 2.5 个标准差之间,本文称之为第二类,即资源丰度较高且与平均值偏离较第三类更远,共计 1 个省(区);大于 2.5 个标准差,本文称之为第一类,即资源丰度较高且与平均值偏离较第二类更远,共计 1 个省(区)。为了更简洁

地描述不同省份在油砂资源丰度方面的差异,我们将前三类地区划为第一大类,即资源丰裕型省份,共 6 个;第四类地区划为第二大类,即非资源丰裕型省份,共 5 个。从图 1 可以看出,中国油砂资源主要集中分布于新疆、西藏、青海、内蒙、四川等中西部省份,经济较发达的东部沿海省份及绝大部分南方省份资源丰度则较低。

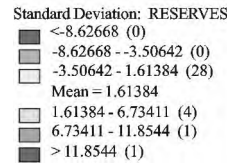


图 1 资源丰度的空间格局图

图 2 依据同样方法,将所选 11 个省份的投资环境分为四类,进而划分为两大类,即油砂开发投资环境较优的省(区)和投资环境较差的省(区),前者包含 5 个省份后者包含 6 个省份。从图 2 可以看出,投资环境较优的区域东、中、西部均有。需要注意的是,这里所指的投资环境优与差,仅是在油砂富集区域之间的相对称谓,并不具有全国意义。

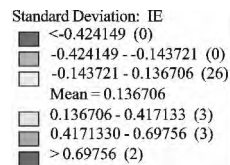


图 2 区域投资环境(2010)的空间格局图

2. 空间关联性分析

(1)全局空间关联分析

为了对属性值在整个区域空间分布情况的总体特征进行描述,我们分别计算了 11 个省份油砂资源丰度和投资环境的 Moran's I(具体见图 3、图 4),资源丰度的 Moran's I 为 0.2425,表明各省(区)的油砂资源存在显著的正的空间自相关特性,即资源丰度相似的省份在空间上呈集聚趋势(即高值与高值相邻、低值与低值相邻);区域投资环境的 Moran's I 为-0.1749,说明油砂富集区域的投资环境存在负的空间自相关特性,即投资环境相异的区域在空间上呈集聚趋势。

(2)局部空间关联分析

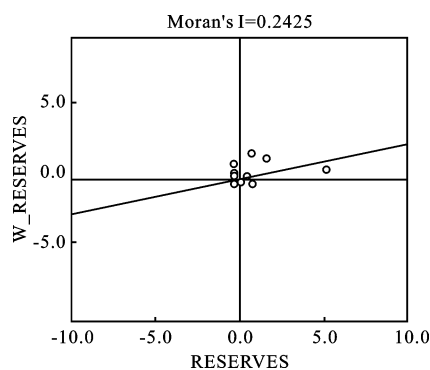


图3 资源丰度的全域集聚性图

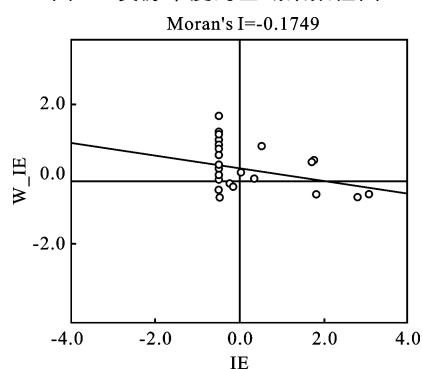


图4 油砂投资环境的全域集聚性图

为进一步分析所选区域与周边地区之间的局部空间关联和空间差异程度,从而发现属性值的区域空间分布规律,我们利用 GeoDA 分别对油砂资源丰度与 2010 年各区域投资环境综合指数求 LISA 值,并在 Z 检验的基础上($P \leq 0.05$)绘制 LISA 聚集图(见图 5、图 6),发现油砂资源丰度存在高值与高值集聚、低值与低值集聚,即相似值聚集在一起的现象。可以看出,高一高集聚的省份主要集中于西部的新疆、青海、西藏等省份;而区域投资环境则存在低值与高值集聚或高值与低值集聚,即相异值聚集在一起的现象。

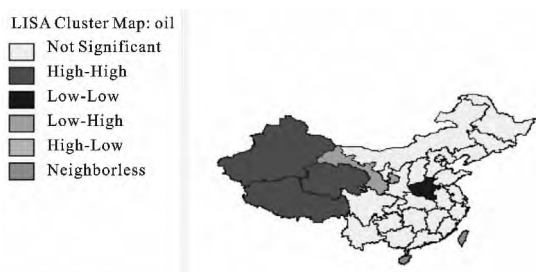


图5 资源丰度的局域集聚性图

(三)资源丰度与投资环境组合类型的空间特征

为了直观地分析油砂资源丰度和区域投资环境的匹配关系,我们依据图 1 和图 2 的数据绘出了图 7,即油砂资源丰度和区域投资环境组合类型的空间分布图,此图将所选区域分为四类:同时为资源丰裕

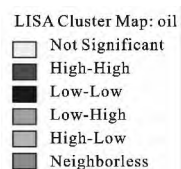


图6 投资环境的局域集聚性图

型和投资环境较优的省(区)为第一类,命名为高高型(High-High);同时为非资源丰裕型和投资环境较优的省份为第二类,命名为低高型(Low-High);同时为非资源丰裕型和投资环境较差的省(区)为第三类,命名为低低型(Low-Low);同时为资源丰裕型和投资环境较差的省(区)为第四类,命名为高低型(High-Low)。高高型可以作为油砂资源的近期开发区域;高低型或低高型可以作为油砂资源的中期开发区域;低低型则可以作为油砂资源的远期开发区域。

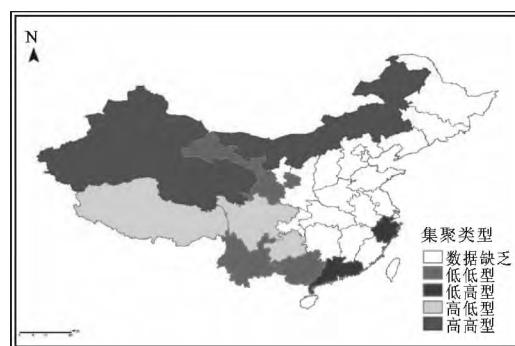


图7 油砂资源丰度与区域投资环境组合类型的空间分布图

依据图 7,可以规划出中国油砂富集区域资源的勘探开发序列并汇总出各类区域的地质资源量和可采资源量,见表 3。

表3 油砂富集区域勘探开发序列表

开发规划目标	个数	省域名称	地质资源量/ 10^8 t	可采资源量/ 10^8 t
近期开发区域 (高高型)	3	新疆、内蒙古、青海	38.77	18.35
中期开发区域 (高低型或低高型)	5	西藏、四川、贵州、浙江、广东	15.98	4.75
远期开发区域 (低低型)	3	甘肃、广西、云南	0.12	0.045

四、结论与讨论

本文运用新近发展的 ESDA 空分技术,计算分析了我国油砂富集区域资源丰度与区域投资环境空间结构的变化特点,并运用资源丰度与投资环境组合类型的空间分布特征,规划出了我国油砂富集区

域资源的勘探开发序列,为研究油砂资源的勘探开发投资决策提供了综合的、全新的参考,其主要结论如下:

1. 从 ESDA 的全局相关分析看,所选 11 个省份的资源丰度在全域上表现出了明显的空间集聚性,或者说存在显著的空间自相关特征;而区域投资环境在空间关联性上呈负相关,表明在区域投资环境上具有相异值的区域在空间上呈现出集聚趋势。从局部相关分析看,可以发现在资源丰度上局域高高集聚的省份主要集中在西部地区;而区域投资环境则未出现相似值的集聚,表明投资环境较优的区域对周围地区的带动能力有待提高。

2. 基于对 2010 年油砂富集区域投资环境的综合评价,发现投资环境较差的区域主要集中于云贵川藏,主要是这些区域自然条件较差,经济基础较为薄弱,经济发展水平整体不高。而投资环境较优的区域除了浙江、广东等东部较发达省份外,一些中西部省

份,如内蒙古、新疆、青海等排名也比较靠前。与东部沿海省份相比,虽然这些区域在整体经济发展水平及科技投入上并不占有优势,但由于近几年,国家不断加大对中西部省份交通、能源、水利、通信、市政等基础设施建设的支持力度,加之人口稀少,使得这些区域在人均基础设施的投入及人均能源工业投资上均呈现出较高的水平,因而,投资环境综合得分较高。

3. 依据油砂资源丰度与区域投资环境组合类型的空间分布图,我们规划出了中国油砂富集区域的勘探开发序列,可以看出,11 个油砂富集省份落在近期开发区域的只有三个,分别是新疆、内蒙和青海,但其油砂地质资源量却占到了全国的近 65%,可采资源量更是占到了 80% 以上,表明后续可供开发的接续资源不足。因此,为维护国家的能源安全,保证油砂作为石油资源的替代产品,应进一步加大油砂资源的勘探力度,挖掘中国油砂资源的巨大潜力,促进油砂产业的合理布局和发展。

参考文献:

- [1] 李莉. 油砂——一种新的替代能源[J]. 当代石油化工, 2005, 13(12).
- [2] 张德云. 全国油砂和油页岩资源评价项目研究工作进展[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2005, 35(1).
- [3] 崔苗苗, 李文深, 李晓鸥, 封瑞江. 油砂资源的开发和利用[J]. 化学工业与工程, 2009(1).
- [4] 贾承造, 等. 油砂资源状况与储量评估方法[M]. 北京: 石油工业出版社, 2007.
- [5] 李金发, 吴巧生. 矿产资源战略评价体系研究[M]. 北京: 中国地质大学出版社, 2006.
- [6] 胡健, 印玺. 基于专利引用的技术流矩阵的分析——对石油天然气产业技术溢出效应的测度[J]. 科学学研究, 2012(12).
- [7] Bao Y C, Li X. Spatial Data Analysis and Spatial Models[J]. Geographical Research, 1999, 18(2).
- [8] Goodchild M F. A Spatial Analytical Perspective on Geographical Information Systems[J]. Geographical Information Systems, 1987, 1(4).

Study on Exploration and Exploitation Sequence of Regional Oil Sands Resources in China: Based on ESDA

HU Jian, ZHOU Yan-chun

(School of Management Engineering, Xi'an University of Finance and Economics, Xi'an 710061, China)

Abstract: This paper intends to discuss spatial disparities of regional oil sands resources abundance and investment environment in China by taking the oil sands enrichment area as a research object, based on the use of SPSS and GeoDA. We found that: there are great differences among the oil sands enrichment areas in resources abundance and investment environment, the higher resources abundance areas mainly locate in the western provinces, however, the superior investment environment areas mainly focus on the eastern provinces; the global autocorrelation and spatial aggregate characteristics of resources abundance are obvious; based on the spatial characteristics of oil sands resources abundance and regional investment environment, we can plan out the exploration and exploitation sequence of regional oil sands resources in China.

Key words: ESDA; oil sands; resources abundance; investment environment; spatial analysis

(责任编辑: 陈 正)