

“一带一路”沿线撒哈拉以南非洲地区能矿资源投资风险指数研究

韩权^{1,2}, 江东^{2,3}, 付晶莹^{2,3}, 林刚²

1. 中国矿业大学(北京)地球科学与测绘工程学院, 北京 100083

2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101

3. 中国科学院大学资源与环境学院, 北京 100049

摘要 撒哈拉以南非洲地区能源矿产种类繁多、储量丰富,其天然的矿产资源禀赋,极具投资吸引力。能源矿产领域是中国与非洲众多合作领域中一个重要的方面,增强与撒哈拉以南地区能源矿产投资合作建设,将会积极响应中国“一带一路”倡议。本文综合考虑了撒哈拉以南非洲地区能源矿产储量、社会经济因素、自然地理情况及政治外交等,通过鱼骨图方法分析找出能源矿产投资的主次因素,重点考虑能源矿产投资因素和自然地理因素,构建了基于多级模糊综合评价方法的撒哈拉以南非洲地区能源矿产投资分析模型,通过评价指标选取、指标体系建立和指标权重分析,对主控投资因素进行研究和评价分析,得到撒哈拉以南非洲国家能源矿产行业投资权重排名,其中能源储量大、地理适宜度良好是最大的投资吸引力;外交能力、法制环境和文化交融程度是投资可能面临的主要风险因素;综合投资环境属于“优”。

关键词 撒哈拉以南非洲;模糊数学;层次分析法;能源矿产;投资风险指数

非洲是全球矿产资源最为丰富的地区,拥有 50 余种重要的矿产,至少有 17 种矿产的储藏量位居世界第 1^[1]。中国矿产资源虽然丰富,但人均占有量极低,从长远发展来看无法满足生产消费需求^[2]。非洲地区是中国“一带一路”倡议大背景下的重要合作对象,能源矿产领域是中国与非洲众多合作领域中极其重要的一个方面。非洲地区能源矿产的天然储量优势,更具投资

吸引力,加强与该区能源矿产投资合作建设,将会有力地推动中国“一带一路”倡议,为向中国供应丰富的能源奠定基础。

撒哈拉以南非洲地区,是指撒哈拉大沙漠中部以南的非洲,该区域地大物博,各种自然资源非常丰富,尤其是矿产资源,其国际能源战略地位已引起世界各国关注^[3]。撒哈拉以南非洲地区的能源矿产能够为国

收稿日期:2017-12-27;修回日期:2018-01-16

基金项目:中国科学院科技战略咨询研究院重大咨询项目(Y02015001);中国博士后科学基金第 61 批面上项目(2017M610974)

作者简介:韩权,硕士研究生,研究方向为资源开发和遥感应用,电子信箱:hanquan03@163.com;林刚(通信作者),博士后,研究方向为资源开发和遥感应用,电子信箱:ling@reis.ac.cn

引用格式:韩权,江东,付晶莹,等.“一带一路”沿线撒哈拉以南非洲地区能矿资源投资风险指数研究[J]. 科技导报, 2018, 36(3): 108-116; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2018.03.014

际能源提供充分的后备储量,形成一个潜力巨大且具有明显优势的国际能源市场,同时该地区也将成为新时期国际能源利益争夺的新高地^[4]。因此,加强对该地区能源矿产方面的投资建设迫在眉睫。而在投资的同时会面临众多不确定性的风险因素,如政治风险、市场风险等,冒然投资将会造成不可挽回的经济损失,甚至社会安全^[5]。因此,需要建立合理的投资因素评价指标体系,划分投资安全等级,为中国企业对撒哈拉以南非洲地区能源矿产领域的投资提供参考。

学界已对整个非洲以及其他区域的矿业投资因素进行了很多研究。Kaplinsky 等^[6]研究了中国对撒哈拉以南非洲地区的重要投资影响及中国企业对撒哈拉以南非洲地区资源和基础行业的投资情况,认为中国在不同行业方向上的投资程度对该地区的发展具有重要影响。Gopel 等^[7]分析了撒哈拉以南非洲地区的石油和矿产资源分布情况,指出石油和矿产是中国企业一直关注的重点,中国快速的经济发展为该地区相关领域发展提供了经济和技术保障。王峰等^[8]研究了中国企业对非洲投资存在的问题与风险分析,认为较为突出的影响因素是政策法规风险因素、政治风险因素及市场风险因素。刘庆成等^[9]概述了中国矿业公司在投资境外矿业开发时遇到的各种风险、如何对风险进行识别评估以及在项目实施过程中如何控制和防范风险,指出主要突出风险有金融财务风险因素、政治风险因素、环境保护风险因素等。林刚等^[10]研究了印度矿业投资市场的投资风险因素,并采用层次分析法对矿业投资因素做了分析,提出主要风险有政治风险、法律环境风险、金融风险及当地文化影响因素等。但对撒哈拉以南非洲地区能源矿产投资的专属研究很少。以往的投资分析侧重于政治风险、市场风险、金融风险等,没有考虑到自然地理因素的影响,姜忠尽^[11]等研究了现代非洲人文地理特征,探索了非洲的社会经济、文化活动及其与自然地理环境之间的重要影响关系。在能源矿产投资风险分析中,自然地理环境因素将具有不可忽视的影响。

本研究在综合分析撒哈拉以南非洲地区自然地理、能源矿产储量、政治外交等多源数据的基础上,建立多因素影响下的投资因素层次分析模型,通过多级模糊综合评价对撒哈拉以南非洲地区进行能源矿产行业投资权重分析。

1 研究区概况及数据来源

1.1 研究区概况

撒哈拉以南非洲位于 25.36°W~63.50°E、34.84°S~27.30°N,东濒印度洋,西临大西洋,北隔地中海、直布罗陀海峡与欧洲相望,横跨赤道南北,东北以红海和苏伊士运河与亚洲分界(图 1)。该区域陆地面积约为 2430 万 km²,占据非洲大陆绝大部分土地,生活着~85%的非洲人口。撒哈拉以南非洲地区有 44 个国家,其中南部非洲国家 12 个,中部非洲国家 32 个,其中肯尼亚是中国“一带一路”倡议在非洲的一个支点,并将逐步扩大,打破国家界限。撒哈拉以南非洲地区全球竞争力指数在世界排名前 100 的 9 个主要国家包括南非、喀麦隆、博茨瓦纳、科特迪瓦、加蓬、赞比亚、纳米比亚、肯尼亚和卢旺达^[12]。撒哈拉以南非洲石油资源主要分布在利比亚、尼日利亚和阿尔及利亚等国,在突尼斯、安哥拉、刚果、加蓬、喀麦隆等国也有一定量分布;天然气资源主要分布在利比亚、尼日利亚等国,在喀麦隆、突尼斯、安哥拉、刚果、纳米比亚、南非、民主刚果、加蓬等国也有一定量分布;矿产资源分布集中、便于开采、种类繁多、储量巨大,金刚石与黄金产量居世界第 1,钽、锆、锂、铬、钴、钛与金钢石蕴藏量占世界总储存量的绝大部分,铜、锡、石油、天然气、黄金、白金、铀和铝土蕴藏量也很大。

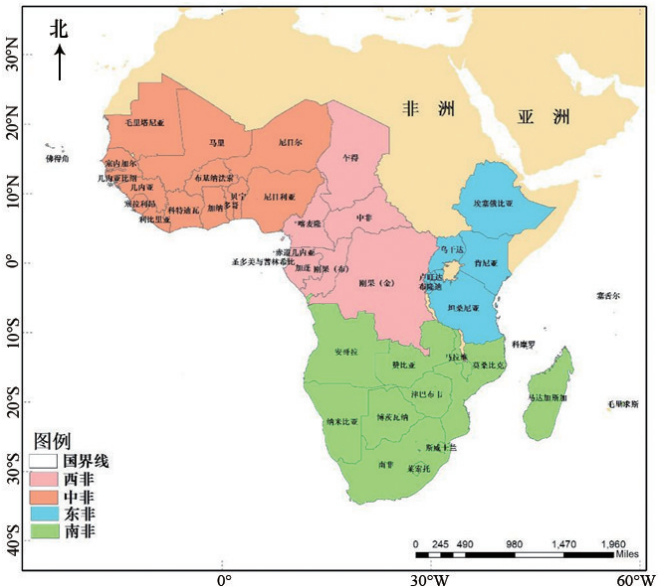


图 1 撒哈拉以南非洲地理示意图
Fig. 1 Sub-Saharan Africa geographic map

1.2 数据来源

在综合分析撒哈拉以南非洲地区自然地理因素、能源矿产储量因素、社会经济因素、政治外交等多源数据基础上,通过鱼骨图方法分析找出其主要投资因素,据此构建基于多级模糊综合评价方法的撒哈拉以南非洲地区能源矿产投资因素分析模型,对主控投资因素进行研究,给出客观的投资评价分析。主要用到的数据包括撒哈拉以南各国的基础地理数据、人文社会经济数据及油气资源、矿产资源数据等(表1)。

表1 数据来源
Table 1 Data sources

数据	数据来源
矿产开发	世界矿业数据 ^[13]
金属矿产资源	Actualitix World Data and Statistics ^[14]
水资源	Schuol ^[15]
气候条件因素	陈海嵩 ^[16]
政治外交	Alex Thomson ^[17]
文化宗教	王正龙 ^[18]
社会经济	非洲发展银行 ^[19]
贸易活动	世界银行 ^[20]

2 矿产投资评价体系建立

2.1 构建评价指标体系的鱼骨结构图方法

鱼骨图即发现问题“根本原因”的一种方法,又被称为“因果图”。鱼骨图是一个非定量工具,通过鱼骨图的分析可以理清投资因素的层次关系,找出主要投资因素和次要投资因素^[21]。

撒哈拉以南非洲地区能源矿产投资风险分析问题,本质上是分析在海外以能矿资源为目标开展投资活动的实际操作中,对投资者最终受益与亏损关联度较大的影响因子。依据鱼骨分析法的要求和步骤,组建的研究小组有基金项目组成员5人和聘请的风险投资分析专家4人组成;以头脑风暴的形式,集思广益,同时集中收集相关意见,分“主骨”“中骨”“小骨”和“尾骨”4个层次,归类整理结果,绘制鱼骨结构图(图2)。

撒哈拉以南非洲地区能源矿产投资分析鱼骨结构图中选取指标因子的解释如下。

1) 能源矿产因素包括2个子因素:(a)为能源类资源储量,例如石油资源和天然气资源的储量;(b)为矿产资源储量,包括黄金、钻石、镍等矿产资源储量情

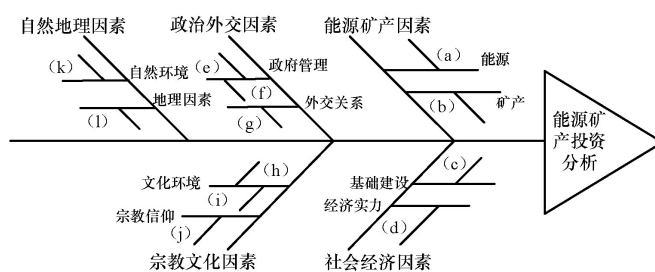


图2 撒哈拉以南非洲地区能源矿产投资分析鱼骨图

Fig. 2 Fishbone analysis chart of energy and mineral investment in sub-Saharan Africa

况。撒哈拉以南非洲地区拥有丰富的能矿资源,包括石油、天然气等能源资源和黄金、钻石等矿产资源,使得其能源矿产开发投资机会巨大。

2) 社会经济因素包括2个子因素:(c)为基础设施的建设程度,即各个国家的交通条件和基建建设;(d)为国家的经济水平,即为国内生产总值(GDP)。撒哈拉以南非洲地区在全球经济形势严峻的环境之下,仍然保持较快发展速度。目前,能源矿产出口和外部投资增加,已成为拉动非洲经济增长的重要因素。只有当地经济的持续稳定发展,贸易的繁荣,才能促进矿产品市场的频繁流通,增大能源矿产市场的开发,决定能源矿产投资策略。因此,在能源矿产投资过程中,要充分考虑该地区的经济发展特征。

3) 政治外交因素包含3个子因素:(e)为政府的廉政程度,即政府部门的透明度和官僚腐败程度;(f)为环境法制度,包括矿产开采、投资开发等相关法律法规;(g)为外交能力,主要考虑与中国的高层互动频次和外交关系。非洲各国家政府间存在不同程度的腐败问题,因此政府的廉政程度与投资者的利益息息相关。矿产开采权、矿业投资法规等相关法治环境与投资方的实际生产有重要影响。政治外交因素是企业投资需要慎重考虑的因素之一,各地区政治体制不同与中国的友好程度也有所差别。综合而言,这3个因素都会对企业的投资决策产生影响。

4) 文化宗教因素包含3个子因素:(h)为外来文化的接受能力,主要考虑当地文化和中国文化的差异程度以及接受外来文化的能力;(i)为文化交融程度,主要考虑本土文化和中国文化相互交融的程度;(j)为宗教信仰对工人日常生活的影响程度。非洲地区宗教众多,各个国家信仰不同,当地文化与外来文化交融过程中应避免摩擦。20世纪50年代以来,在中非两国高层

高度重视下,两国政府间进行了卓有成效的文化交流合作。然而,非洲地区仍是一个动荡的社会,有众多民族及不同的文化,各地区本土文化与中国文化的交融程度的差异,也会令矿业投资充满风险。因此,文化宗教因素是影响矿业投资决策中不容忽视的一环。

5) 自然地理因素包含2个子因素:(k)为自然环境的影响程度,包括水资源在内的自然因素对能矿资源投资开发的影响程度;(l)为地理适宜度,考虑包括气候条件和温度对投资活动的适宜程度。矿产资源开发深受水资源和气候条件的限制,因此,自然地理因素也是影响投资的重要因素。非洲气候带南北对称,少雨、干燥、高温,降水分布极不平衡,降水总体规律分布从赤道向南北两侧减少。矿产开发不适合在降水集中的季节开采,工人不宜在超高温或极度寒冷条件下工作,因此,自然地理条件的不同对矿业投资的影响也极为重要。

以上关于撒哈拉以南非洲地区能源矿产投资风险分析的鱼骨结构图,是经过专家组分析探讨的结果。在结合实际情况通过咨询相关行业的专家和学者后,一致认为该结果可以作为撒哈拉以南非洲地区能源矿产投资风险分析的依据。

2.2 评价指标体系建立及各指标分析

用专家打分法确定各个指标的权重。鱼骨结构图的分析结果仅针对撒哈拉以南非洲地区能源矿产投资问题提供一系列评价指标(主因素、次因素、影响因子等)。为了精准量化及评价撒哈拉以南非洲地区能源矿产投资问题,将鱼骨结构图的结果转换为层次结构模型。

层次结构模型通常采用专家评定打分的形式,同时充分结合市场调研结果和调查统计数据,对各投资因素的重要程度进行判定,最终确定各个指标的权重^[22]。其中专家评定打分环节是由2位经营管理专家、4位海外能源矿产投资专家与2位风险投资专家,通过调查问卷的方式对核查表的各类投资因素进行评估,最终确立在该阶段能够反映出项目整体投资所需要考虑到的主控投资因素,并以此为基础建立数学模型。

1) 撒哈拉以南非洲地区能源矿产投资的递进层次结构模型。以撒哈拉以南非洲地区能源矿产投资风险分析的鱼骨结构图分析结果为依据,建立递进层次结构模型(图3)。

能源矿产的递进层次模型自上而下,共设置A、B、

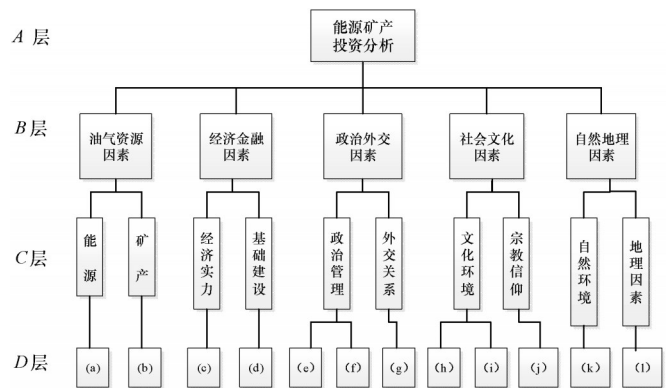


图3 能源矿产资源投资的递进层次结构模型

Fig. 3 Hierarchical structure model of energy and mineral resources investment

C、D 4个等级因素层,主层A为目标层,B为因素层,C为过渡层,D为指标层;相邻上下等级因素层之间存在相对从属关系,如C层的“能源”和“矿产”2个因素均从属于B层中的“油气资源因素”;D层中的(a)~(l)与鱼骨结构图中(a)~(l)所表示的内容一致。

2) 构建判断矩阵。召集研究小组成员以“1~9度”评价法为准则,对已构建的递进层次结构模型中的各级指标因素对上级因素的优先等级进行两两对比,进而构建判断矩阵。按照层次分析模型结构和等级层的主从关系的特征,从左到右依次命名为B, $C_1 \sim C_5$, $D_1 \sim D_5$ 。由于C层为因素过渡层,承接B层和D层指标,故D层指标从属于B层。矩阵 $D_1 \sim D_5$ 表示指标层D相对于因素层B重要程度的判断矩阵。

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 3 & \frac{3}{2} & \frac{3}{2} & 3 \\ \frac{1}{3} & 1 & 1 & 1 & \frac{1}{3} \\ \frac{2}{3} & 3 & 3 & 3 & 1 \\ \frac{2}{3} & 1 & 1 & 1 & \frac{1}{3} \\ \frac{1}{3} & 1 & 1 & 1 & \frac{1}{3} \end{bmatrix}$$

$$C_1 = \begin{bmatrix} 1 & \frac{3}{2} \\ \frac{2}{3} & 1 \end{bmatrix}, C_2 = \begin{bmatrix} 1 & \frac{3}{2} \\ \frac{2}{3} & 1 \end{bmatrix}, C_3 = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{2} \\ 2 & 1 \end{bmatrix}$$

$$C_4 = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{2} \\ 2 & 1 \end{bmatrix}, C_5 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$D_1 = \begin{bmatrix} 1 & \frac{3}{2} \\ \frac{2}{3} & 1 \end{bmatrix}, D_2 = \begin{bmatrix} 1 & \frac{3}{2} \\ \frac{2}{3} & 1 \end{bmatrix}, D_3 = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 2 \\ \frac{1}{3} & 1 & 1 \\ \frac{1}{2} & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$D_4 = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 1 \\ \frac{1}{3} & 1 & \frac{1}{2} \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}, D_5 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

3) 一致性检验和权重排名。通过特征根法计算判断矩阵的最大特征值以及对应的特征向量,得出各层次因素相对与该准则的权重。判断矩阵 $C_1 \sim C_5$ 、 D_1 、 D_2 和 D_5 全部为二阶矩阵,满足完全一致性检验,特征向量结果具体见表2。

表2 已满足一致性检验的矩阵及特征向量

Table 2 Consistency check matrix and eigenvector

特征向量	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	D_1	D_2	D_5
ω	0.6	0.6	0.33	0.33	0.5	0.6	0.6	0.5
	0.4	0.4	0.67	0.67	0.5	0.4	0.4	0.5

对于待检验矩阵 B 、 D_3 和 D_4 ,利用计算得出特征向量和最大特征值,并计算检验系数 $C.R.$ 、一致性指标 $C.I.$ 、平均随机一致性指标值 $R.I.$ 。本文以矩阵 B 的一致性检验为例,进行详细说明。

矩阵 B 的特征向量: $\omega^{(B)} = (0.3277 \ 0.3147 \ 0.112 \ 0.112 \ 0.1335)^T$, 矩阵 B 的最大特征值: $\lambda_{\max} = 5.1024$ 。

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (1)$$

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \quad (2)$$

$R.I.$ 通过查询随机一致性指标表可得,同时利用公式(1)和(2)计算得出

$$C.R.(B) = 0.0229 < 0.10$$

故因素层 B 的判断矩阵符合一致性要求。

由 $\omega^{D_3} = (0.5499 \ 0.2098 \ 0.2402)^T$, $\omega^{D_4} = (0.4434 \ 0.1692 \ 0.3874)^T$ 同理可得矩阵 D_3 和 D_4 对应的一致性比例 $C.R.(D_3)$ 和 $C.R.(D_4)$, 均小于 0.10, 符合一致性要求(表3)。

综合以上判断矩阵,计算得出 $D_1 \sim D_{12}$ 相对与 A 的影响程度分布情况(图4)。

由分析结果得出能源类资源储量是投资者前往撒哈拉以南非洲地区进行投资商业活动的最大吸引力,权重值为 0.1966;其次为地理适宜度、自然环境的影响

表3 待检验矩阵的最大特征值和一致性比例

Table 3 Maximum eigenvalue and consistency ratio of the matrix to be tested

	B	D_3	D_4
λ_{\max}	5.1024	3.0183	3.0183
$C.R.$	0.0229	0.0176	0.0176

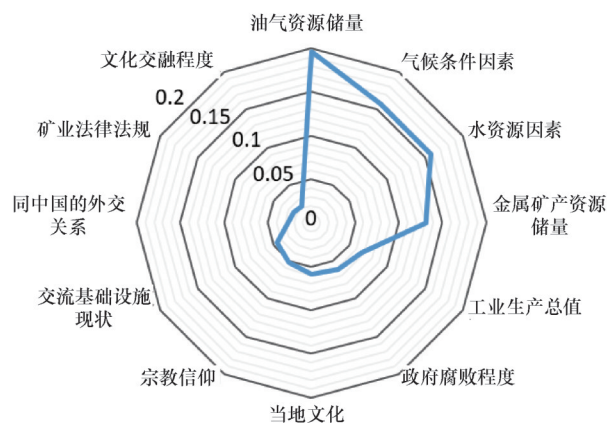


图4 各投资因素影响能力分布

Fig. 4 Distribution map of investment factors influence ability

度和金属矿产资源量,所占比例均大于0.1;外交能力、法制环境和文化交融程度是中资企业在撒哈拉以南非洲地区投资时不可忽略的因素,这些因素很大程度上影响企业最终受益结果。

2.3 能源矿产投资风险分析的多级模糊评价

运用多级模糊综合评价模型,构建相邻指标之间的评价向量,对上层因素进行评价,最终得到撒哈拉以南非洲地区能源矿产投资分析综合评价值。建立综合评价模型,首先确定能源矿产投资因素中的4个重要的投资因素,建立指标集合 $A = \{B_1, B_2, B_3, B_4\}^{[23]}$ 。

按照科学性、代表性的原则,结合由相关领域专家组成的咨询小组综合考评,得出撒哈拉以南非洲地区能源矿产投资指数评价各项指标的9位专家打分表。在本案例中,专家对每个投资因素的评价可分为优、良、一般、差,评价尺度为优(0.4),良(0.3),一般(0.2),差(0.1),即 $v = (0.4, 0.3, 0.2, 0.1)$ 。综合评价结果也分为4级:0.3~0.4为优,0.2~0.3为良好,0.1~0.2为一般,0~0.1为差。根据层次分析计算结果可知,评估各层次指标的权向量见表4。由于层次模型中三级指标为过渡层,对整体评价影响较小,故表4中权重为四级指标相对于二级指标的影响程度。

表4 撒哈拉以南非洲地区能源矿产投资分析评价结构

Table 4 Energy and mineral investment analysis and evaluation structure in sub-Saharan Africa

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	权重	专家评判			
					优	良	一般	差
撒哈拉以南 非洲地区能 源矿产投资 分析	能源矿产因素	能源	能源类资源储量	0.6000	2/3	2/9	1/9	0
		矿产	矿产资源储量	0.4000	1/3	4/9	1/9	1/9
	社会经济因素	经济实力	国内经济水平	0.5000	5/9	2/9	2/9	0
		基础建设	基建程度	0.5000	5/9	2/9	2/9	1/9
	政治外交因素	政府管理	政府廉政程度	0.0004	2/9	1/3	1/3	1/9
			法制环境	0.2098	1/9	2/9	4/9	2/9
		外交关系	外交能力	0.2402	1/9	1/3	4/9	1/9
	文化宗教因素	文化环境	外来文化接受能力	0.4434	2/9	4/9	2/9	1/9
			文化交融程度	0.1692	2/9	2/9	1/3	2/9
		宗教信仰	宗教信仰影响度	0.3874	1/3	2/9	1/3	1/9
	自然地理因素	自然环境	自然环境影响度	0.6000	1/3	1/3	1/3	0
		地理因素	地理适宜度	0.4000	2/9	2/9	1/3	2/9

2.3.1 评价矩阵的确定

以“经济实力”指标为例,对表4专家评判环节和隶属度的计算过程具体如下。对撒哈拉以南非洲地区各国的经济实力水平评价中,有6位专家认为此项指标影响程度较高,有2位专家认为“一般”,1位专家认为较低。因此,此计算各评价尺度的隶属度为

$R_{11}=5/9=0.56; R_{12}=2/9=0.22; R_{13}=1/9=0.11; R_{14}=0$

同理,可计算其他各因素的隶属度。从而得到B层5个单因素模糊综合评判矩阵,计算结果为

$$R_{B_1} = \begin{bmatrix} \frac{1}{3} & \frac{2}{9} & \frac{1}{9} & 0 \\ \frac{1}{3} & \frac{4}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} \end{bmatrix}, R_{B_2} = \begin{bmatrix} \frac{5}{9} & \frac{2}{9} & \frac{1}{9} & 0 \\ \frac{5}{9} & \frac{2}{9} & \frac{2}{9} & 0 \end{bmatrix}$$
$$R_{B_3} = \begin{bmatrix} \frac{2}{9} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{9} \\ \frac{1}{9} & \frac{2}{9} & \frac{4}{9} & \frac{2}{9} \end{bmatrix}, R_{B_4} = \begin{bmatrix} \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & 0 \\ \frac{2}{9} & \frac{2}{9} & \frac{1}{3} & \frac{2}{9} \end{bmatrix}$$
$$R_{B_5} = \begin{bmatrix} \frac{2}{9} & \frac{4}{9} & \frac{2}{9} & \frac{1}{9} \\ \frac{2}{9} & \frac{2}{9} & \frac{1}{3} & \frac{2}{9} \\ \frac{1}{3} & \frac{2}{9} & \frac{1}{3} & \frac{1}{9} \end{bmatrix}$$

2.3.2 一级综合评价

进行单因素评价: $B_i=W_{B_i} \times R_{B_i}(i=1,2,3,4)$

B层各因素模糊运算结果为

$B_1=(0.5, 0.33, 0.07, 0.04); B_2=(0.56, 0.22, 0.22, 0)$

$B_3=(0.17, 0.31, 0.38, 0.13); B_4=(0.29, 0.29, 0.33, 0.09)$

$B_5=(0.27, 0.32, 0.28, 0.13)$

2.3.3 二级综合评价

可以将 $B_i(i=1,2,\cdots,5)$ 看作是目标层A的5个单因子判断指标,则对A的综合评价为

$B=W \times R$

式中,B为目标层A包含的各相应下级因素对A的综合模糊运算结果

$W=(0.33, 0.31, 0.13, 0.11, 0.11)$

W 为A层下级各因素(B_1, B_2, B_3, B_4, B_5)相对于A层的权重。即

$$R = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.33 & 0.07 & 0.04 \\ 0.56 & 0.22 & 0.22 & 0 \\ 0.17 & 0.31 & 0.38 & 0.13 \\ 0.29 & 0.29 & 0.33 & 0.09 \\ 0.26 & 0.32 & 0.28 & 0.13 \end{bmatrix}$$

则 $B=W \times R=(0.42, 0.29, 0.21, 0.06)$

R 为一级指标模糊评价的隶属度矩阵,表示目标层A下各因素相对于综合评判结果的关系,二级评价评语集见表5。

计算撒哈拉以南非洲地区能源矿产投资综合评价值为

$E=B \cdot V^T=0.304$

对照相应的评价等级标准,结果表明撒哈拉以南非洲地区能源矿产资源投资处于“优”的投资行列。关

表5 二级评价结果

Table 5 second-level evaluation results

能源矿产 资源投资 分析	评价结果			
	优	良	一般	差
	0.423	0.289	0.212	0.057

于撒哈拉以南非洲地区能源矿产投资分析指数是动态的投资分析指数,是按照专家对于研究区现状打分数据,同时利用多级模糊评价方法计算得到。

2.3.4 评价结果讨论分析

依据以上计算得到的权重结果,对于撒哈拉以南非洲地区能源矿产投资有42.3%的可能属于“优”,有28.9%的可能属于“良”,有21.2%的可能属于“一般”,有5.7%属于“低”。根据最大隶属度原则,在4个等级的隶属度中“42.3%”的数值最大,因此,对撒哈拉以南非洲地区能源矿产投资级别属于“优”。

依照一级评价得到的结果,由最大隶属度原则可以得出:在影响撒哈拉以南非洲地区能源矿产投资的分析中,能源矿产因素和社会经济因素介于“优”与“良”级别,是权重较大的影响因素,这与撒哈拉以南非洲地区各个国家的能源矿产资源和工业发展水平密切相关。在能源矿产资源领域,撒哈拉以南非洲地区南非、喀麦隆、博茨瓦纳、科特迪瓦以及加蓬等国家拥有世界上极为丰富的石油天然气以及金属矿产资源储量,投资优势显著。自然地理因素、文化宗教因素介于“一般”与“良”级别;撒哈拉以南非洲个别地区自然环境相对恶劣,对外来文化接受力不高,有一定的排外性。政治因素属于“一般”级别,是中资企业在撒哈拉以南非洲地区投资需要特别考虑的重要因素。撒哈拉以南非洲地区政局动荡不安,政权更迭导致政府管理能力下降,相关职能部门廉政程度不高,法律对外商的保护力度不足。

3 能源矿产投资合作建议

中国与撒哈拉以南非洲地区经贸关系正在持续升温,许多中国企业对前往撒哈拉以南地区进行矿业投资的兴趣逐步提高,本文在研究结果基础上提出以下合作建议。

1) 能源矿产领域投资潜力巨大。巨大的能源储量是吸引众多投资者目光的主要投资优势。同时,撒哈拉

以南非洲地区能源矿产投资事关全球能源战略动态变化,也关系到中国能源矿产“走出去”战略。通过分析撒哈拉以南非洲各投资因素发现,撒哈拉以南非洲地区能源矿产市场潜力巨大,是一个很好的投资区域,需要在做好企业投资评估工作的基础上,加强投资力度。

2) 注重法律环境,尊重当地的宗教文化。法制环境和宗教文化是限制中非地区能矿合作的主要因素。中资企业应加快对撒哈拉以南非洲地区的投资立法,了解当地的宗教文化。同时,中国应尽早出台相关法律政策,为企业投资撒哈拉以南非洲地区提供法律政策保障,保护企业的合法利益。投资该地区的相关企业要注重学习和掌握所在国的矿业法律法规、投资政策及宗教习俗,减少矛盾冲突,确保矿产的安全开发、贸易的顺利进行,减少投资风险,提高投资效率。

3) 重视地区自然资源环境。作为非传统投资影响因素,自然地理因素是本研究的一个创新点,分析发现自然地理因素同样是影响撒哈拉以南非洲地区能源矿产投资的重要因素。水资源的分布和气候条件的特征影响着矿业的开发、生产等各个环节,企业投资矿产行业时,需要调查周围地理环境的水资源分布、流域状况、水文地质条件等,同时气候特征也影响矿产开发的适宜时段,企业应结合相关地区的气温、降水等气候特征合理安排工作进度,投资前应进行充分的自然地理环境调查。

4 结论

撒哈拉以南非洲地区的能源矿产资源投资对加快中非地区“一带一路”的建设具有积极推动作用,本文在鱼骨分析法的基础上,利用层次分析原理和模糊数学评价法对撒哈拉以南非洲地区的主要投资因素进行了研究。把自然地理因素考虑在内是一项重大突破,结合其他主控投资因素的分析,便于全方位的掌握投资环境,科学合理地分配资源。通过对撒哈拉以南非洲地区投资问题的研究探索,得出以下结论。

1) 针对撒哈拉以南非洲地区能源矿产资源的投资活动,为中国解决国内油气资源匮乏和开拓国外市场提供了可行方案。通过模型计算,认为撒哈拉以南非洲地区的能源矿产资源投资属于优等级别,投资前景良好,适合中国企业“走出去”政策。

2) 结合层次分析模型和多级模糊综合评价原理,

对研究区投资活动进行定性和量化交叉结合的综合评价分析,可以达到动态评价撒哈拉以南非洲地区的能源矿产投资状况的研究目的;已建立的完整指标评价体系有助于中国企业在撒哈拉以南非洲地区的投资活动中科学合理安排资源。

3) 由最终的评价结果得出,社会经济和政治外交是限制撒哈拉以南非洲地区能源矿产资源投资活动的主要风险因素,其中文化交融程度和法律环境是中国企业在制定投资方案时需要特别注意的风险指标,中国企业应对这些风险因素积极制定相应措施。能源矿产因素是撒哈拉以南非洲地区能源矿产资源主要投资优势,其中能源类资源储量巨大,对企业吸引力最大。

但本研究存在一定不足,未能考虑到金融风险、市场产品的流通情况、劳工法等因素,需进一步完善,考虑更多的投资因素,科学指导投资,规避风险。

参考文献 (References)

- [1] 宋国明. 非洲矿业投资环境分析[J]. 国土资源情报, 2005(6): 39-45.
Song Guoming. Analysis on investment environment of African mining industry[J]. China Metal Bulletin, 2005(6): 39-45.
- [2] 韩可琦, 王玉浚. 中国能源消费的发展趋势与前景展望[J]. 中国矿业大学学报, 2004, 33(1): 1-5.
Han Keqi, Wang Yujun. Development trend and prospect of China's energy consumption[J]. Journal of China University of Mining and Technology, 2004, 33(1): 1-5.
- [3] 姚桂梅. 关于开发利用非洲矿产资源的战略思考[J]. 西亚非洲, 2003(2): 53-57.
Yao Guimei. Strategic consideration on exploitation and utilization of African mineral resources[J]. West Asia and Africa, 2003(2): 53-57.
- [4] Tull D M. Chinas engagement in Africa: Scope significance and consequences[J]. The Journal of Modern African Studies, 2006, 44(3): 459-479.
- [5] 方思傑, 刘芸. 中国企业境外矿业投资存在的问题及建议[J]. 中国矿业, 2014, 23(4): 47-49.
Fang Sijie, Liu Yun. Problem analysis and suggestions on Chinese enterprises' overseas mining investment[J]. China Mining, 2014, 23(4): 47-49.
- [6] Kaplinsky R, Morris M. Chinese FDI in sub-Saharan Africa: Engaging with large dragons[J]. The European Journal of Development Research, 2009, 21(4): 551-569.
- [7] Gopel W, Wiechmann B. Building bridges updates: China's growing role as infrastructure financier for sub-Saharan Africa [J]. International Finance, 2009, 13(3): 495-506.
- [8] 王峰. 中国企业对非洲投资存在的问题与风险分析[J]. 对外经贸, 2012(4): 34-35.
Wang Feng. An Analysis of the problems and risks of Chinese enterprises' investment in Africa[J]. Foreign Trade, 2012(4): 34-35.
- [9] 刘庆成, 齐长恒. 境外矿业开发的风险识别与管理[J]. 中国矿业, 2006, 15(1): 19-21.
Liu Qingcheng, Qi Changheng. Risk identification and management of overseas mining development[J]. China Mining, 2006, 15(1): 19-21.
- [10] 林刚, 董东林, 郎静波, 等. 印度矿业投资风险分析[J]. 国土资源情报, 2012(9): 23-27.
Lin Gang, Dong Donglin, Lang Jingbo, et al. India mining investment risk analysis[J]. Land and Resources Information, 2012(9): 23-27.
- [11] 姜忠尽. 现代非洲人文地理[M]. 南京: 南京大学出版社, 2014.
Jiang Zhongjin. Modern African human geography[M]. Nanjing: Nanjing University Press, 2014.
- [12] Elvis T N. 非洲区域经济发展研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2013.
Elvis T N. Regional economic development in Africa[D]. Shanghai: East China Normal University, 2013.
- [13] Reichl C, Schatz M, Zsak G. World mining data[EB/OL]. (2017-02-28)[2017-12-10]. <http://www.wmc.org.pl/sites/default/files/WMD2017.pdf>.
- [14] Actualitix World Data and Statistics. Energy production interactive map[EB/OL]. (2013-06-30)[2018-01-12]. <https://en.actualitix.com/find-an-interactive-map.php>.
- [15] Schuol J, Abbaspour K C, Yang H, et al. Modeling blue and green water availability in Africa[J]. Water Resources Research, 2008, 44(7): 212-221.
- [16] 陈海嵩. 非洲国家应对气候变化政策分析[J]. 国外理论动态, 2015(3): 27-35.
Chen Haisong. Policy analysis on climate change in African countries[J]. Foreign Theoretical Trends. 2015(03): 27-35.
- [17] Alex Thomson. An introduction to African politics[M]. London: Routledge, 2010.
- [18] 王正龙. 非洲人的宗教信仰[J]. 中国投资, 2016(22): 84-89.
Wang Zhenglong. African religious beliefs[J]. China Investment, 2016(22): 84-89.
- [19] World Bank Group. Global economic prospects 2016: Spillovers amid weak growth[M/OL]. Washington D. C.: World Bank, 2016: 4. <http://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/23435>.
- [20] African Development Bank Group. AFDB strategy for 2013-2022: At the Center of Africa's Transformation[EB/OL]. [2017-

- 12-11]. https://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Policy-Documents/AfDB_Strategy_for_2013%E2%80%932022_-_At_the_Center_of_Africa%E2%80%99s_Transformation.pdf.
- [21] 王世鹏. 煤矿瓦斯爆炸事故鱼刺图分析[J]. 煤矿安全, 2011, 42(2): 113-116.
Wang Shipeng. Analysis on the fishbone of gas explosion accident in coal mine[J]. Micro-Mine Safety, 2011, 42(2): 113-116.
- [22] 邓雪, 李家铭, 曾浩健, 等. 层次分析法权重计算方法分析及其应用研究[J]. 数学的实践与认识, 2012, 42(7): 93-100.
- Deng Xue, Li Jiaming, Zeng Haojian, et al. Research on computation methods of AHP weight vector and its applications [J]. Journal of Mathematics in Practice and Theory 2012, 42 (7): 93-100.
- [23] 张继国. 基于信息扩散原理的模糊综合评价模型[J]. 统计与决策, 2007(20): 155-156.
Zhang Jiguo. Fuzzy comprehensive evaluation model based on information diffusion principle[J]. Statistics and Decision, 2007(20): 155-156.

On the risk index of energy resources investment in sub-Saharan Africa along "the Belt and Road Initiative"

HAN Quan^{1,2}, JIANG Dong^{2,3}, FU Jingying^{2,3}, LIN Gang²

1. College of Geoscience and Surveying Engineering, China University of Mining & Technology(Beijing), Beijing 100083, China
2. Institute of Geographic Science and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China
3. College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract There are a wide range of energy minerals and abundant reserves in the sub-Saharan Africa region. The natural mineral resources endowments are highly attractive to investment. Thus, it is important to strengthen the construction of energy and mineral investment in sub-Saharan region for promoting the implementation of "the Belt and Road Initiative" (B&R). This paper uses the fishbone diagram to analyze the primary and secondary factors of energy and mineral investment, which takes into account the energy and mineral reserves, socioeconomic factors, natural geography and political diplomacy in sub-Saharan Africa, and pays much attention to the energy and mineral investment factor. It provides an analysis model of energy and mineral investment in sub-Saharan Africa based on the multi-level fuzzy comprehensive evaluation method. Based on the selection of index, establishment of index system and analysis of index weight, it also presents a study and evaluation analysis of the main investment factors, and obtains the investment weight ranking of energy and mineral industry among sub-Saharan African countries. Rich energy reserves and good geographical suitability are the greatest investment attraction; the capacity of diplomacy, legal environment and culture are the main risk factors that investment may face; the comprehensive investment environment is "excellent". This study provides a scientific basis and objective understanding for Chinese enterprises in the field of energy and mineral resources to invest in sub-Saharan Africa.

Keywords sub-Saharan Africa; fuzzy mathematics; analytic hierarchy process; energy and mineral resources; investment risk index ●



(责任编辑 王志敏)