

基于供应链角度的中国天然气进口风险研究

董秀成 孔朝阳

中国石油大学（北京）

摘 要 近年来，中国天然气对外依存度快速增长，2016 年已达 33.4%。在天然气进口的过程中会面临各种风险，由于地理位置、经济环境、资源禀赋等的差异，中国从不同国家和地区进口天然气的风险并不完全相同。为此，以供应链为基础，构建了中国天然气进口风险指标体系，并使用熵权法计算指标权重，进而计算了中国 2011—2014 年从不同国家进口天然气的风险。研究结果表明：① 2011—2014 年，中国天然气进口风险总体呈上升趋势，其中陆上管道进口风险总体上小于海上进口风险；② 从进口来源的角度分析，从土库曼斯坦进口天然气的风险最大，其次是卡塔尔、也门、乌兹别克斯坦、马来西亚、印度尼西亚、澳大利亚等国家。结论认为：中国应从优化天然气进口来源、加强天然气运输通道安全、扩大海外天然气开发投资、培养天然气自给能力等 4 个方面着手，降低天然气进口的风险，从而保证天然气供应的持续性和稳定性。

关键词 中国 天然气 进口风险 指标 体系 供应链 熵权法 持续性 稳定性

DOI: 10.3787/j.issn.1000-0976.2017.05.015

Risk analysis of natural gas imports in China from the perspective of supply chain

Dong Xiucheng & Kong Zhaoyang

(China University of Petroleum, Beijing 102249, China)

NATUR. GAS IND. VOLUME 37, ISSUE 5, pp.113-118, 5/25/2017. (ISSN 1000-0976; In Chinese)

Abstract: In recent years, natural gas foreign dependence in China has been rapidly increasing, reaching 33.4% in 2016, for example. However, the risks in the process of import vary with different source countries or regions due to geophysical location, economic environment, resources quality, etc. In view of this, a risk index system of natural gas imports in China was established from the perspective of supply chain. The entropy method was applied to calculate the index weight so as to obtain the risk values from different countries and regions during 2011–2014, with the following findings obtained. (1) Natural gas import risks are generally rising, with continental risks being lower than sea risks on the whole. (2) From the perspective of import sources, the risks of natural gas imports from Turkmenistan are the highest, followed by Uzbekistan, Malaysia, Yemen, Indonesia, Australia, etc. In conclusion, countermeasures should be taken in China from the aspects of optimizing natural gas import sources, strengthening the security of natural gas transporting channels, expanding natural gas development investment, and enhancing self-sufficiency, so as to mitigate such import risks and guarantee the sustainability and stability of natural gas supply in China.

Keywords: China; Natural gas; Imports risk; Index; System; Supply chain; Entropy method; Sustainability; Stability

基金项目：国家自然科学基金项目“我国天然气安全预警与应急系统研究”（编号：71273277）、教育部哲学社会科学研究重大课题攻关项目“扩大我国油气战略储备研究”（编号：11JZD048）。

作者简介：董秀成，1962 年生，教授，博士；主要从事天然气经济和能源战略等方面的研究工作。地址：（102249）北京市昌平区府学路 18 号。ORCID: 0000-0002-0310-4839. E-mail: dongxiucheng@cup.edu.cn

通信作者：孔朝阳，1990 年生，博士研究生；主要从事天然气安全预警方面的研究工作。地址：（102249）北京市昌平区府学路 18 号。ORCID: 0000-0001-5672-5316. E-mail: zhaoyangkong1990@126.com

近年来,中国天然气消费量增速高于国内生产量增速,天然气进口量不断加大。2016年,我国天然气进口量约为 $721 \times 10^8 \text{ m}^3$, 对外依存度也提升到了 33.4%。在天然气进口的过程中,会面临各种风险,例如在海上运输过程中可能遭到海盗的袭击等。由于地理位置、经济环境、资源禀赋等的差异,中国从不同国家进口天然气的风险并不完全相同。为此,笔者以天然气进口供应链为基础,系统分析了中国从不同地区进口天然气的风险,并计算了不同风险的大小。

1 模型和方法

笔者首先以天然气进口供应链为基础,构建了天然气进口风险指标,然后使用改进的熵权法确定天然气进口指标的权重,进而计算出从各个国家和地区进口天然气风险的大小以及主要的风险因素。

1.1 天然气进口风险指标的构建

天然气进口供应链包括通过贸易从外部供应者处购买天然气来满足本国需求、购买的天然气被运输到消费者手中这整个过程^[1]。这一过程主要包括 3 个阶段:外部供给阶段、外部购买阶段、外部依存阶段。外部供给阶段反映供应商向天然气消费者提供天然气的稳定性;外部购买阶段可测量获取过程中经济和交通方面的稳定性;外部依存阶段可衡量消费者对外部天然气资源的依赖程度,是确定进口

天然气数量和来源的主要依据。外部供应阶段的风险主要包括资源风险和国家风险;外部购买阶段的风险主要包括价格波动风险、购买力风险、运输风险;外部依存阶段的风险为依存风险(图 1)。

1.1.1 资源风险

天然气是一种不可再生能源,其储量是有限的。根据 2016 年的 BP 统计年鉴^[2],2015 年全球天然气消费量约为 $35\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$, 相比 1970 年增长了 2.5 倍。对天然气出口国家和地区而言,储量的有限性和产量的增加,将导致供给持续性和稳定性的下降。天然气资源风险的计算公式为:

$$RR_i = \frac{NGP_i}{NGR_i} \quad (1)$$

1.1.2 国家风险

国家风险是指在国际经济活动中,由于国家的主权行为引起损失的可能性。在主权风险的范围内,国家作为交易的一方,通过其违约行为直接构成风险,通过政策和法规的变动间接构成风险。在转移风险范围内,国家不一定是交易的直接参与者,但国家的政策、法规却影响着该国企业或个人的交易行为。国家风险还包括由于政治因素而产生的社会变动所造成的风险,这些变动包括战争、政变、骚乱等,它们对外国贷款人和投资人的经济利益有同样的威胁。笔者主要采用由 Political Risk Services Group 计算的 ICRG (International Country Risk Guide) 指标计算国家风险。ICRG 是一个综合性的国家风险指标,

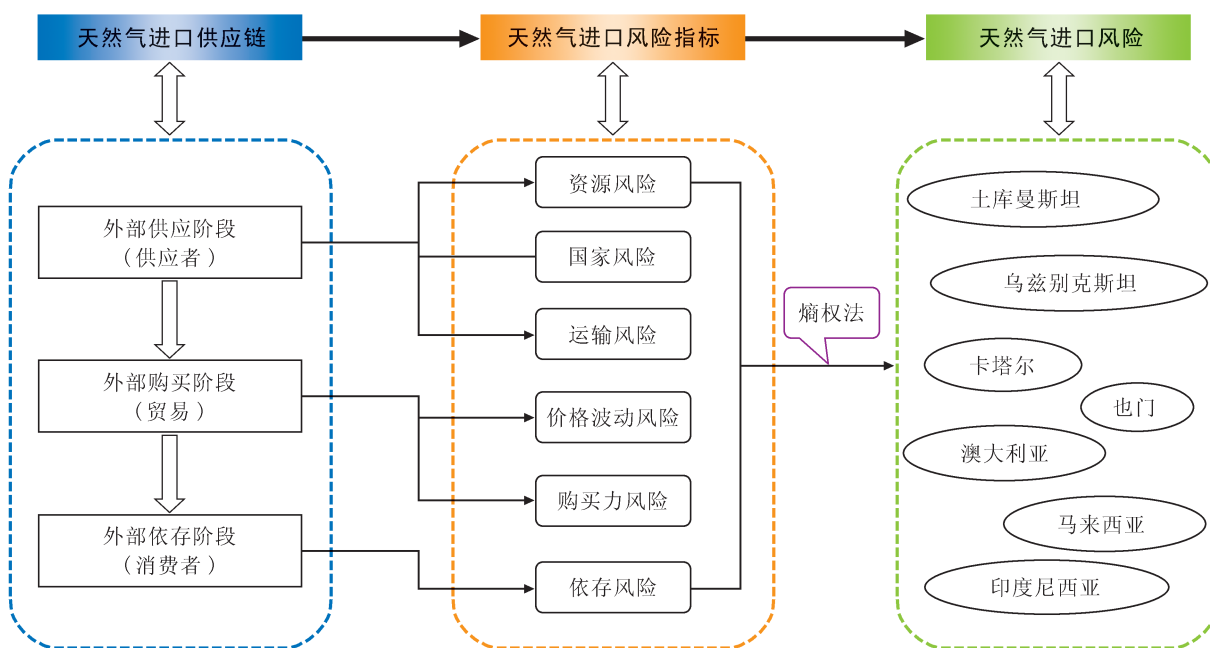


图 1 天然气进口阶段和风险指标图

由考虑了政治、经济、社会等方面的 22 变量指标计算而成,ICRG 的值介于 0~100。对于一个国家来说,其 ICRG 值越大,说明其国家风险越低。国家风险评价公式为:

$$CR_i = \frac{100}{ICRG_i} \quad (2)$$

1.1.3 价格波动风险

价格波动风险指天然气贸易过程中天然气价格突然变动导致的风险。近年来,天然气的价格波动频繁。Mulhall 和 Bryson^[3] 的研究表明,天然气价格波动正逐渐成为区域天然气市场的主要特征之一。天然气价格波动的主要原因是天然气供给量和需求量都缺乏弹性,一旦出现供应中断或者需求量突增等现象,供给和需求调节困难,就会出现价格的剧烈波动。对于天然气进口国来说,天然气价格波动可能对其经济产生巨大的影响。价格波动风险的计算公式为:

$$PVR_i = \frac{1}{11} \sum_{t=1}^{11} \ln \left(\frac{P_{m,t+1}^i}{P_{m,t}^i} \right)^2 \quad (3)$$

1.1.4 购买力风险

购买力是指经济主体一定时间内在市场上购买商品或者服务来满足生产或者生活需要的能力。商品购买成本的上升或者购买者收入的下降,都会导致购买力的下降。天然气进口的购买力风险可以用天然气进口成本与购买者的收入之比来表示,其值越大表明进口国越缺乏对天然气进口成本波动的抵抗力,购买力风险越大。对中国而言,天然气进口的成本包括天然气购买成本和运输成本等,笔者主要采用 Wind 资讯数据库数据。中国的天然气进口主要是由中石油、中石化以及中海油等企业实施,因此可以考虑采用这些企业的收入代表天然气进口能力。笔者主要使用中国统计年鉴中的“油气行业的主营业务收入”计算油气企业收入。购买力风险指标计算公式为:

$$PPR_i = \frac{CING_i}{BIOG} \quad (4)$$

1.1.5 运输风险

运输风险主要考虑 4 个方面的因素:①运输量,运输天然气的量越大,运输风险就越大。②运输距离,运输距离越远,所遇到的不确定风险和潜在风险就越大。③军事因素,天然气运输需要经过一些海盗出没或者地区冲突频发的危险区域,海盗袭击或者局部冲突会影响运输安全,笔者文使用 Political Risk Services Group 提供的 MP_i (Military in Politics) 指标

来衡量军事风险,其值介于 0~6,取值越小,说明风险越大。④气象因素,气象因素引发了超过 5% 的海运事故,笔者主要考虑热带气旋这一主要的气象灾害对于天然气运输安全的影响。

Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies 的研究将运输过程中经过的风暴发生区域划分为 8 个区域^[4]:东北太平洋、东南太平洋、西北太平洋、北大西洋、东大西洋、印度洋、西澳大利亚、东澳大利亚。笔者统计各海域年度发生的所有风暴及每一次风暴的持续天数,得到每个海域年度遭受风暴危害的强度。海上运输路线经过的风暴区域增加,风暴带来的风险也会相应增加。风暴带来的潜在风险与海盗风险不同,即使提前预测到风暴袭击,LNG 运输船停泊在海港中也有可能受到的影响。除此之外,停留在海港中耽误运输时间也会造成一定的损失。天然气运输风险指标计算公式为:

$$TR_i = \frac{ING_i}{TNG} \frac{D_i}{D_{\max}} \frac{6}{MP_i} \prod_h \left(\frac{365}{365 - \sum T_f} \right)^a \quad (5)$$

1.1.6 依存风险

外部依存阶段的主要风险是依存风险,主要通过天然气进口依存度指标来衡量。天然气进口依存度是天然气进口量除以天然气消费量。笔者采用中国统计年鉴数据计算天然气消费量^[5]。天然气依存风险的计算公式为:

$$DR_i = \frac{NNGI_i}{TNGC} \quad (6)$$

1.2 天然气进口风险指标权重的确定

笔者采用客观赋权法中的熵值法进行评价,通过信息熵原理确定指标权重,能客观准确地评价研究对象。为了能够实现不同年份之间的比较,笔者对熵值法作了改进,加入时间变量,使得分析结果更加合理^[6]。

首先选取指标:设有 R 个年份, N 个供应国, M 个指标,则 $X_{\theta ij}$ 为第 θ 年 i 供应国的第 j 个指标值。其次,由于不同的指标具有不同的量纲和单位,因此需要对指标进行标准化处理:

$$X_{\theta ij}^0 = \frac{X_{\theta ij}}{X_{\max}} \quad (7)$$

确定指标权重:

$$y_{\theta ij} = \frac{X_{\theta ij}^0}{\sum_{\theta} \sum_i X_{\theta ij}^0} \quad (8)$$

计算第 j 项指标的熵值:

$$e_j = -k \sum_{\theta} \sum_i y_{\theta ij} \ln(y_{\theta ij}) \quad (9)$$

式中 $k > 0$, $k = \ln(RN)$ 。计算 j 指标的信息效用值:

$$g_j = 1 - e_j \quad (10)$$

计算各指标的权重:

$$w_j = \frac{g_j}{\sum_j g_j} \quad (11)$$

利用计算出来的指标权重可以计算出进口风险值。

2 实证分析

如图 2 所示, 2010—2014 年中国天然气进口风险呈现上升趋势。从风险类型来看, 国家风险、资源风险、购买力风险、价格波动风险、依存风险都呈现上升趋势, 只有运输风险在波动中略有下降。国家风险是中国天然气进口过程中面临的最大风险, 主要原因可能是中国超过 54% 的天然气进口来自于中东地区, 而该地区长期以来存在地区冲突和局部战争, 严重影响了天然气出口国的出口稳定性。排在国家风险之后的依次是价格波动风险、资源风险、购买力风险、依存风险、运输风险。运输风险下降的原因包括海盗袭击数量下降等, 全球海盗袭击数量已由 2011 年的 544 次下降到 2015 年的 303 次。

从进口来源角度来看, 从土库曼斯坦进口天然气的风险最大(图 3), 排在其后的依次是卡塔尔、也门、乌兹别克斯坦、马来西亚、印度尼西亚、澳大利亚。2014 年, 中国从土库曼斯坦和乌兹别克斯坦通过管道运输合计进口天然气 $317 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占天然气总进口量的 53%。然而从两国进口天然气的风险值之和仅为 1.06, 占总风险的 33.2%。而中国通过 LNG 运输船进口的天然气占总进口量的 47%, 其风险却占了总风险的 66.7%。这表明通过管道运输进口

天然气的单位风险低于 LNG 运输。从图 3 可以进一步看出, 运输风险在从土库曼斯坦和乌兹别克斯坦进口天然气的风险中所占的比重非常小, 远低于其他国家。

从图 3 可以看出, 国家风险对各个出口国而言, 都是重要的风险之一, 但是该风险总体相对稳定, 没有太大的变化。对中国天然气的主要进口来源国进行分析可知: ①从土库曼斯坦进口天然气所面临的最大的风险是依存风险。其原因可能是自 2010 年中国第一条国际天然气管道——中亚天然气管道开始运营后^[7], 中亚天然气通过 3 条并行管道从土库曼斯坦、乌兹别克斯坦和哈萨克斯坦输送到中国西部边境, 从土库曼斯坦进口的天然气量随后大幅增加, 进口总额从 2010 年的 23.3% 上升到 2014 年的 49.8%。②从乌兹别克斯坦和马来西亚进口天然气面临的主要风险是资源风险。天然气产量的增加和天然气资源的限制降低了也门和乌兹别克斯坦的天然气出口能力^[8]。以乌兹别克斯坦为例, 其天然气储采比仅为 28 年^[9], 但在过去的 10 年中, 乌兹别克斯坦大量生产和出口天然气, 2010 年其天然气出口额已占总出口额的 19%。③从卡塔尔和也门进口天然气的最大风险是价格风险。2010 年福岛核事件之后, 日本不得不增加 LNG 进口量, 以抵消关闭核电站造成的能源损失。这次事故也让德国和意大利等国家立即关闭了一些核反应堆或放弃了建造新核反应堆的计划^[10]。这一变化导致国际天然气市场在一段时间内供应紧张, 而作为主要天然气出口国的卡塔尔和也门等国家则借机提高天然气出口的价格。然而价格的提高使卡塔尔和也门失去了在国际市场的竞争优势, 亚洲天然气买家没有兴趣与他们签署长期进口合同^[11]。作为卡塔尔和也门天然气的主要进口国, 中国和印度试图从北美、东非、俄罗斯和澳大利亚进口更便宜的天然气。

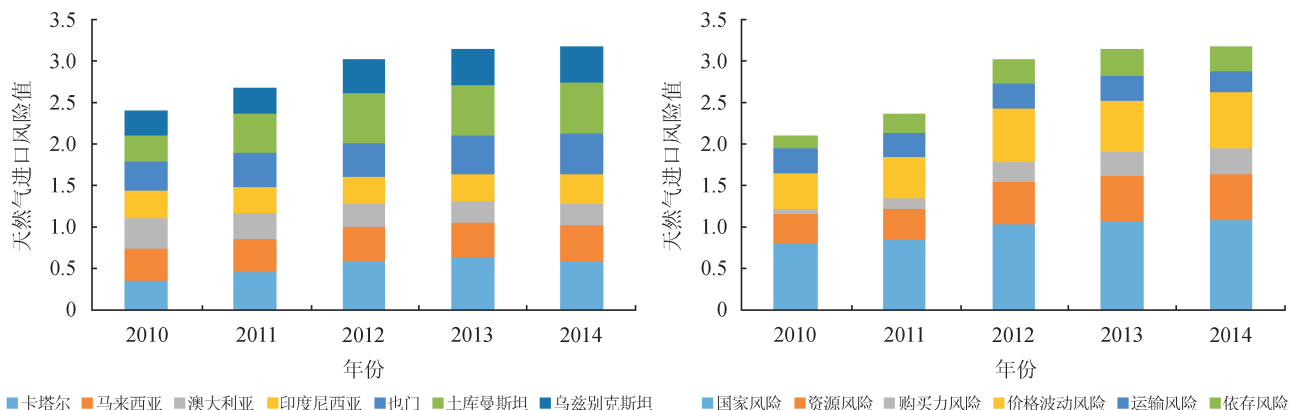


图 2 中国天然气进口风险分析图

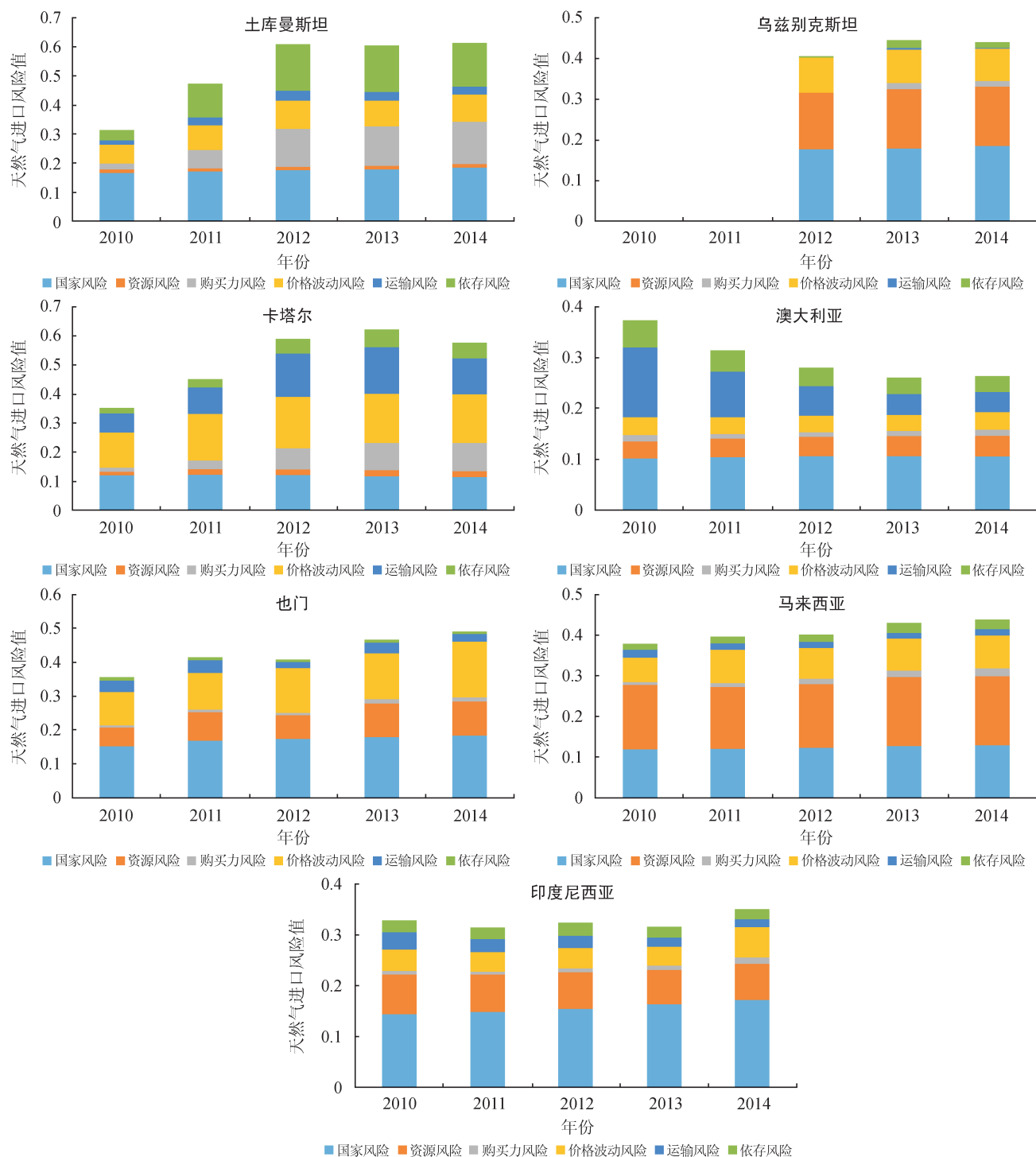


图 3 2010—2014 年中国从不同国家进口天然气风险结构图

为了与能源进口商保持长期的能源供需关系,2013 年卡塔尔等出口国决定降低天然气价格。天然气主要出口国家战略的频繁调整造成了天然气价格的剧烈波动,也成为增加天然气进口风险的主要驱动力。④澳大利亚的天然气进口风险呈现下降趋势,其主要原因就是依存风险逐渐下降,2010—2014 年中国从澳大利亚进口天然气比例由 14.8% 下降到 7.8%。

3 结论与建议

笔者以供应链为基础构建了中国天然气进口风险指标体系,并使用熵权法计算指标权重,从而统计分析了中国 2011—2014 年从不同国家进口天然气所面临的危险。由分析可知:① 2011—2014 年,中国天然气进口风险总体呈上升趋势,其中陆上管道进口

风险总体小于海上进口风险；②从进口来源角度分析，从土库曼斯坦进口天然气的风险最大，其次是卡塔尔、也门、乌兹别克斯坦、马来西亚、印度尼西亚、澳大利亚等国家。除了澳大利亚，其他国家的天然气进口风险也都呈上升趋势。由于中国从不同来源地进口天然气所面临的主要风险不同，笔者提出了一些应对的策略：

1) 优化天然气进口来源。中国应优化天然气进口来源，以确保供应的稳定性，从政治不稳定地区向政治稳定的国家或者地区转移。

2) 加强天然气运输通道的安全。首先，中国应减少对高风险运输路线和节点的依赖，积极推动中俄天然气管道等管道项目的进程；其次，应加强海上灾害预警服务，提高灾害预报的准确性；最后，应加强与供应商和过境国合作，保障国际运输渠道的安全。

3) 加强海外天然气开发投资。目前中国天然气已经以贸易天然气为主，并以权益天然气为补充。贸易天然气容易受外部贸易模式和市场因素的影响，权益天然气的供应则更加稳定^[12]。因此，中国有必要审慎估计海外投资的利益和风险。

4) 培养自给能力。提高国内天然气的生产能力可以有效降低对进口的依赖。建议政府考虑放开上游勘探开发准入限制，鼓励更多的公司特别是民营企业参与其中。此外，建议相关部门为勘探和开发页岩气、致密气和煤层气等非常规天然气资源提供更多的优惠条件。

符 号 说 明

RR_i 表示资源风险； NGP_i 表示天然气年产量； NGR_i 表示天然气储量； CR_i 表示国家投资风险； $ICRG_i$ 表示 i 国的 $ICRG$ 统计值； PVR_i 表示价格波动风险； $P_{m,t}^i$ 表示在 m 年 t 月中国从国家 i 进口天然气价格； PPR_i 表示购买力风险； $CING_i$ 表示天然气进口总成本； $BIOG$ 表示油气行业的主营业务收入； TR_i 表示运输风险； ING_i 表示天然气进口量； TNG 表示天然气进口总量； D_i 表示运输距离； D_{max} 表示最长的运输距离； MP_i 表示运输过程中途经国的“Military in Politics”指标的平均值； T_f 表示海域 h 上的风暴 f 的持续天数， α 为虚拟变量，如果运输路线经过 h 海域则 $\alpha = 0$ ，否则 $\alpha = 1$ ； DR_i 表示依存风险； $NNGI_i$ 表示天然气净进口量， $TNGC$ 表示天然气总消费量； $X_{\theta ij}$ 表示 θ 年份， i 供应国， j 风险指标数值； X_{max} 表示 $X_{\theta ij}$ 的最大值； $X_{\theta ij}^0$ 表示指标数值归一化之后的结果； $y_{\theta ij}$ 表示 θ 年份， i 供应国， j 风险指标权重； e_j 表示 j 指标的熵值； g_j 表示 j 指标的效用值； w_j 表示 j 指标的权重。

参 考 文 献

[1] Zhang Haiying, Ji Qiang & Fan Ying. An evaluation framework

for oil import security based on the supply chain with a case study focused on China[J]. Energy Economics, 2013, 38(2): 87-95.

[2] BP Statistical review of world energy 2016[EB/OL]. (2016-06-27)[2017-01-09]. <http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>.

[3] Mulhall RA & Bryson JR. Energy price risk and the sustainability of demand side supply chains[J]. Applied Energy, 2014, 123: 327-334.

[4] Dong Xiucheng & Kong Zhaoyang. The impact of China's natural gas import risks on the national economy[J]. Journal of Natural Gas Science and Engineering, 2016, 36: 97-107.

[5] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴 [EB/OL]. (2016-06-27) [2017-01-09]. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/>. National Bureau of Statistics. China statistical yearbook[EB/OL]. (2016-06-27)[2017-01-09]. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/>.

[6] 杨丽, 孙之淳. 基于熵值法的西部新型城镇化发展水平测评[J]. 经济问题, 2015(3): 115-119.

Yang Li & Sun Zhichun. The development of western new-type urbanization level evaluation based on entropy method[J]. On Economic Problems, 2015(3): 115-119.

[7] 中国—中亚天然气管道累计输气突破 1000 亿立方米 [J]. 天然气工业, 2014, 34(11): 147.

The China-to-Central Asia Gas Pipeline Project: A breakthrough in its transportation capacity up to 100 bcm[J]. Natural Gas Industry, 2014, 34(11): 147.

[8] Mujiyanto S & Tiess G. Secure energy supply in 2025: Indonesia's need for an energy policy strategy[J]. Energy Policy, 2013, 61: 31-41.

[9] Gómez A, Dopazo C & Fueyo N. The future of energy in Uzbekistan[J]. Energy, 2015, 85: 329-338.

[10] Kong Zhaoyang, Dong Xiucheng & Zhou Zhongbing. Seasonal imbalances in natural gas imports in major northeast Asian countries: Variations, reasons, outlooks and countermeasures[J]. Sustainability, 2015, 7(2): 1690-1711.

[11] 中华人民共和国驻阿拉伯埃及共和国大使馆经济商务参赞处. 卡塔尔为保持竞争优势调低天然气价格 [EB/OL]. (2013-11-11) [2016-06-27]. <http://eg.mofcom.gov.cn/article/ab/201311/20131100388178.shtml>.

Economic and Commercial Counsellor's Office of the Embassy of the People's Republic of China in the Arab Republic of Egypt. Qatar lowered gas prices to maintain the competitive advantage[EB/OL]. (2013-11-11) [2016-06-27]. <http://eg.mofcom.gov.cn/article/ab/201311/20131100388178.shtml>.

[12] 童晓光, 郑炯, 方波. 对我国构建天然气交易中心的战略思考 [J]. 天然气工业, 2014, 34(9): 1-10.

Tong Xiaoguang, Zheng Jiong & Fang Bo. A strategic analysis on establishing a natural gas trading hub in China[J]. Natural Gas Industry, 2014, 34(9): 1-10.

(修改回稿日期 2017-05-04 编辑 陈 嵩)