

“双碳”目标下石油供应链风险预警研究

——基于系统动力学方法

李娜 胡灵芝 (江西应用科技学院, 江西 南昌 330100)

摘要: 通过系统动力学的分析, 本文探讨了石油供应链中的风险来源, 包括进口来源、生产过程、采购过程、运输过程和储备过程5个方面, 绘制了因果关系图和系统动力学流图, 以便更好地预测各个子系统和整个供应链的风险。研究表明: 受“新冠”疫情影响, 进口源地、石油生产、石油采购、石油运输和石油储备子系统风险都呈增长趋势, 进口源地风险水平处于安全预警范围, 石油生产, 石油采购, 石油运输的预警阈值显示有轻微警情, 而石油储备风险水平最高, 处于中度警情; 整体来看, 石油供应链系统风险处于轻微警情。

关键词: 石油供应链; 风险预警; 系统动力学

1 “双碳”目标下石油供应链风险预警理论思考

“双碳”的目标规定了一种明确的政策限制, 使得进口源地、石油生产、采购、运输等环节出现异常, 这些异常会随着时间的推移而不断扩散, 最终形成一个复杂的供应链风险。针对“双碳”目标所带来的石油供应链风险, 我们必须首先识别其中的节点, 以便更好地了解它们之间的内在联系以及它们之间的相互影响。只有通过精确的分析, 我们才能够更好地掌握石油供应链的稳定性, 从而有效地控制和预防关键的风险, 从而更好地评估供应链的风险程度以及未来的发展趋势。

根据“双碳”的目标, 我们构建的石油供应链预警系统将具备以下特点:

- ①只涵盖那些可能会产生重大风险的节点;
- ②清楚地描绘出每个实体之间的相互作用的机制。

通过建立一个全面、动态的预警系统, 我们可以更好地了解供应链的风险, 并通过分析它们之间的相互影响, 来评估它们是否会导致危机。此外, 我们还可以通过量化系统中的属性参数, 来更好地反映供应链的实际情况, 并且当系统的指标超过一定的阈值时, 就会发出警报。

根据石油供应链的环节, 将影响石油供应链风险的因素分为进口源地风险、石油生产风险、石油采购风险、进口运输风险和石油储备风险五类一级指标, 以及用十九个指标从不同的方面对这五个一级指标进行评价, 采用G1法获得各指标的重要性, 为下一步构建“双碳”目标下石油供应链风险预警模型及仿真

预测供应链风险安全水平和发展趋势打下理论基础。

2 基于系统动力学的“双碳”目标下石油供应链风险预警模型建立

2.1 “双碳”目标下石油供应链风险系统边界确定

“双碳”提出的石油供应链风险预警系统是一个复杂的、多元的、跨越国家、政府和企业的系统, 它将不同的资源、供应链要素有机结合, 形成一个完整的、可控的、可追溯的系统, 以便更好的发现、识别、控制、管理、监督、分析、评估这些风险, 从而实现“双碳”的目标。

①进口源地风险系统的边界: 我国石油对外依存度、我国石油进口集中程度、进口源地政治稳定性;

②石油生产风险系统的边界: 石油资源的储采比、石油勘探开发水平、世界石油储量和石油资源的替代率;

③石油采购风险系统的边界: 世界石油价格波动幅度、我国对石油价格的影响力;

④石油运输风险系统的边界: 运输网络状况、对石油运输线路的保护能力、海盗袭击与恐怖主义;

⑤石油储备风险系统的边界: 石油战略储备量、储备基地与生产基地的距离。

2.2 “双碳”目标下石油供应链风险系统动力学因果关系图

根据“双碳”目标下石油供应链风险预警系统包括进口源地风险系统、石油生产风险系统、石油采购风险系统、石油运输风险系统和石油储备风险系统, 设计完成的“双碳”目标下石油供应链风险预警系统因果关系图(图1)。

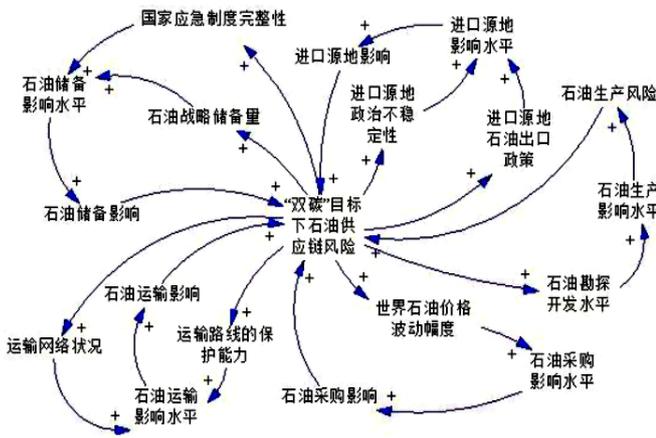


图1 “双碳”目标下石油供应链风险预警系统因果关系图

2.3 “双碳”目标下石油供应链风险系统动力学模型流图

“双碳”目标下石油供应链风险系统动力学模型流图的绘制,借助 Vensim PLEx32 系统动力学软件来进行。在绘制之前,设置“双碳”目标下石油供应链风险系统动力学模型的水平变量、辅助变量和常数变量等,并明确模型流图中水平变量、辅助变量和常数变量等各变量的标识规则。

“双碳”目标下石油供应链风险系统动力学模型流图中的各个变量全部采用汉字简称标识,如“石油战略储备量”“网络运输状况”等。“双碳”目标下石油供应链风险系统动力学模型流图中的其余绘制规则采用 Vensim 软件的编码原则。准备工作完毕后,绘制“双碳”目标下石油供应链风险系统动力学模型的系统流图(图2)。

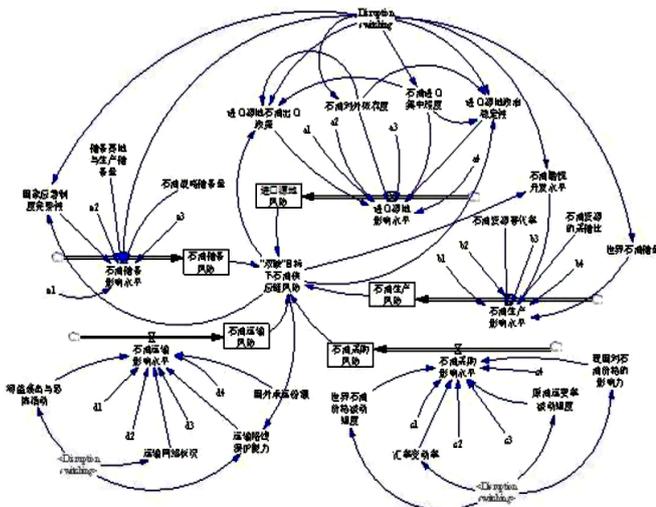


图2 “双碳”目标下石油供应链风险系统动力学模型的系统流图

3 基于系统动力学对“双碳”目标下石油供应链风险仿真预测

Vensim PLEx32 可以将“双碳”目标下的进口源地风险数据转换为动力学基本方程,并通过模拟仿真,从而获得“双碳”目标下的进口源地风险的准确预测结果。将进口源地政治稳定性、进口源地石油出口政策、我国石油对外依存度和我国石油进口集中度4个二级指标对于“双碳”目标下引起的进口源地风险的影响系数分别增加10%和减少10%,作为进口源地风险敏感性分析的数据。其余子系统同样操作。

4 “双碳”目标下石油供应链风险预警险级判断

4.1 石油供应链风险预警等级

根据“双碳”目标下引起的石油供应链进口源地风险敏感性分析数据,并分别计算影响系数+10%和影响系数-10%敏感性分析情况下,“双碳”目标下引起的进口源地政治稳定性、进口源地石油出口政策、我国石油对外依存度和我国石油进口集中度等供应链风险敏感性平均值,计算的结果(见表1)。其余子系统同样操作。

表1 “双碳”目标下引起的进

口源地风险类型影响系数敏感性平均值

序号	风险	影响系数+10%敏感性平均值	影响系数-10%敏感性平均值
1	进口源地风险水平	6.32	6.32
2	石油对外依存度	6.49	5.55
3	石油进口集中度	6.44	5.82
4	进口源地政治稳定性	6.53	5.11
5	进口源地石油出口政策	6.46	5.54

通过敏感性分析,我们将“双碳”目标下的进口源地供应链风险,包括出口政策、政治稳定性、进口集中度和对外依存度等,进行+10%和-10%的差值处理,以计算出其绝对值,并与“双碳”目标下的进口源地风险水平平均值进行比较,以确定其相对值。

在敏感性分析情况下,如果影响系数改变相同,对于“双碳”目标下引起的进口源地石油出口政策、进口源地政治稳定性、石油进口集中度和石油对外依存度等进口源地供应链风险水平由大到小分别是进口源地政治稳定性(0.23)、石油对外依存度(0.15)、进口源地石油出口政策(0.14)、石油进口集中度(0.1)。根据公式(1)计算进口源地石油供应链风险预警阈值。

$$SDR = \sum_{i=1}^n p_i x_i = p_1 x_1 + p_2 x_2 + \dots + p_n x_n$$

$$SDR_{\text{进口源地风险}} = \sum_{i=1}^4 p_i x_i = P1 (\text{石油对外依存度}) + P2 (\text{石油进口集中度}) + P3 (\text{进口源地政治稳定性}) + P4 (\text{进口源地石油出口政策}) = 0.2407 * 0.15 + 0.1582 * 0.1 + 0.3658 * 0.23 + 0.2353 * 0.14 = 0.1676$$

(1)

同理，可以得出石油生产风险预警阈值、石油采购风险阈值、石油运输风险阈值、石油储备风险阈值，并对其进行供应链风险预警定级（见表2）。

表2 “双碳”目标下引发的各子系统供应链风险预警所属等级

供应链风险预警指标子系统	预警计算结果	预警判断依据	风险等级
石油进口源地风险	0.1676	0-0.2 (安全无警情)	轻微警情
石油生产风险	0.3265	0.2-0.4 (比较安全轻微警情)	
石油采购风险	0.3876	0.4-0.6 (比较危险中级警情)	
石油运输风险	0.2650	0.6-0.8 (危险重级警情)	
石油储备风险	0.5694	0.8-1 (非常危险巨大警情)	

4.2 “双碳”目标下引起的整体石油供应链风险预警等级

确定“双碳”目标下引起的进口源地、石油生产、石油采购、石油运输和石油储备的供应链风险预警等级评估后，可以通过公式(2)来确定“双碳”目标下引发的石油供应链风险总体水平预警等级。

$$SDR_t = \sum_{i=1}^t SDR_i W_i = 0.1676 * 0.33 + 0.3265 * 0.09 + 0.3876 * 0.11 + 0.2650 * 0.26 + 0.5694 * 0.22 = 0.2875$$

(2)

根据“双碳”目标，我们可以通过评估风险预警区间值（表3），来确定可能导致石油供应链风险的等级。

表3 “双碳”目标下引发的石油供应链风险预警等级表

预警级别	一级	二级	三级	四级	五级
预警等级	无警情	轻微警情	中级警情	重级警情	巨大警情
预警信号	绿色	蓝色	黄色	橙色	红色
预警含义	安全	比较安全	比较危险	危险	非常危险
预警区间值	0-0.2	0.2-0.4	0.4-0.6	0.6-0.8	0.8-1
“双碳”目标下石油供应链风险水平 (0.2875)					

从表3中可以看出，“双碳”目标下石油供应链风险总体水平(0.2875)落于轻微警情区间，预警信号是蓝色，表示“双碳”目标下有可能引发石油供应链风险，供应链处于比较稳定状态。

5 结论

长期以来，有关突发事件对石油供应链风险的研究，集中于其影响的机制研究，或者供应链某个具体环节的风险评估，忽略了突发事件对供应链整体风险预警研究。

通过系统动力学分析，“双碳”目标下的石油供应链风险状况具有复杂的非线性特征，并且存在多种反馈机制。

结果表明，尽管进口源地的风险呈现出线性上升的趋势，但并未出现明显的危害迹象；石油生产、石油采购、石油运输风险呈线型增长趋势，有可能会引发供应链风险；石油储备风险同样呈线型增长趋势，且引发石油供应链危机的可能性最大，需要采取措施降低风险。

在目前状态下，“双碳”目标下对于石油供应链的影响虽处于可控状态，但仍需要时刻关注国际形势变化对我国石油供应链的影响，从多方面降低风险。

参考文献：

[1] Vivoda V, Manicom J. Oil import diversification in Northeast Asia: a comparison between China and Japan[J]. Journal of East Asian Studies, 2011, 11(2): 223-254.

[2] Cohen G, Joutz F, Loungani P. Measuring energy security: Trends in the diversification of oil and natural gas supplies[J]. Energy policy, 2011, 39(9): 4860-4869.

[3] Wang K, Su C, Umar M. Geopolitical risk and crude oil security: A Chinese perspective[J]. Energy, 2021, 219: 119555.

作者简介：

李娜，女，江西南昌人，江西应用科技学院，讲师，学士。

胡灵芝，女，江西南昌人，江西应用科技学院，讲师，硕士。

基金项目：

江西省高校人文社会科学研究2021年度项目“双碳目标下江西省资源循环利用产业发展现状与对策研究”(JJ21203)