

A Management Model of International Petroleum Exploration Project Risks Based on Dissipative Structure

Hao Ding, Jingjing Zhang, Xuemin Chen, Yahong Cao

Economics and Management School, China University of Petroleum, Qingdao
Email: 379333307@qq.com

Received: Sep. 5th, 2012; revised: Sep. 8th, 2012; accepted: Sep. 12th, 2012

Abstract: Through the introduction and analysis of dissipative structure and international petroleum exploration project, came to the conclusion that international petroleum exploration project is a dissipative structure. Then analysis the process of risk development of international petroleum exploration project with dissipative structure. Finally, build the risk management models of international petroleum exploration project based on dissipative structure.

Keywords: International Petroleum Exploration Project; Risk Management; Dissipative Structure; Entropy

基于耗散结构的国际石油勘探开发项目风险管理模型分析

丁浩, 章晶晶, 陈雪敏, 曹亚宏

中国石油大学(华东)经济管理学院, 青岛
Email: 379333307@qq.com

收稿日期: 2012年9月5日; 修回日期: 2012年9月8日; 录用日期: 2012年9月12日

摘要: 通过对耗散结构的介绍以及国际石油勘探开发项目的分析, 得出国际石油勘探开发项目是一个耗散结构的结论, 并给出了基于耗散结构的海外石油勘探开发项目风险演化过程分析。最后, 构建了基于耗散结构的国际石油勘探开发项目的风险管理模型。

关键词: 国际石油勘探开发项目; 风险管理; 耗散结构; 熵

1. 引言

目前, 我国已成为仅次于美国的世界第二大能源消费国家, 根据工信部网站的数据显示, 2011年上半年, 我国国内石油的消费量为 1.98 亿吨, 同比增长 10.3%, 已超过 GDP 的增速。我国石油的对外依存度以达到 55.2%, 已经超越美国^[1]。因此, 实施石油海外经营战略, 进行国际石油勘探开发已经成为我国的必然选择。但毋庸置疑的是, 国际石油勘探开发项目

面对比国际勘探开发更加复杂的多变的国际环境, 因而面临更大风险。耗散结构理论认为, 在开放的系统中, 系统外部负熵的流入可以抵消系统内的熵增, 一个开放系统可以与外部环境不断地交换物质及能量, 在一定的条件下可以产生从无序到有序, 进而形成稳定结构的自组织现象^[2]。石油勘探开发项目符合耗散结构形成的条件, 是一个耗散结构, 该系统中熵增较多的是由项目的风险引起, 系统的负熵来源于项目管

理者对风险的控制。由此可见,利用耗散结构对国际石油勘探开发项目的风险管理进行分析对于指导项目风险的防范和控制具有重大意义。

2. 国际石油勘探开发项目的风险管理

国际油气勘探开发项目的风险管理指的是石油企业识别和分析国际油气勘探开发项目的具体实施过程中存在的不同类型的风险,并及时的采取有效的方法对各种不同的风险进行控制,使用最经济合理的方法对海外经营风险事故进行综合处理,从而保障国际油气勘探开发项目能够按照计划进行有效实施,达到项目预期的目标的科学的管理过程^[3]。就目前的形势来看,西方石油企业占据了世界上大多数的有较大生产能力的油气产区,我国石油企业能够进入的油气产区主要集中于局势动荡的非洲地区、具有较高开采难度的拉美地区、与西方关系错综复杂的中东地区和未被西方完全占据的前苏联地区,同时还包括被西方石油企业放弃开采的边际油田^[4]。由于受到海外油气开发区块选择的限制,这必然会使我国石油企业的国际油气勘探开发项目面临很大的风险。同时油气开发项目本身就存在投资规模大、回收期限长、不确定性高等特点,海外油气开发项目还具有投资区块选择难度大、作业环境差、受资源国政策影响大等特点,这些都决定了我国石油企业的国际油气勘探开发项目面临巨大的风险。因此,国际石油勘探开发项目的管理者应当选择有效地模型对国际石油勘探开发项目的风险进行有效管理。

3. 国际油气勘探开发项目的耗散结构特征分析

3.1. 耗散结构的内涵

耗散结构(Dissipative Structure)由比利时物理学家普里高利(I. Prigogine)于1967年提出^[5],主要的研究内容是一个远离平衡状态的非线性开放系统通过连续不断地和外界交换物质和能量,当这种交换使得系统内部某个要素参量的变化达到一定的阈值时,系统可能会发生突变,由原来的混沌无序的状态转化为在时间、空间或者功能上的一种有序状态。由于这种在远离平衡状态时的非线性区域上形成的新的稳定结构,需要不断地与外界交换物质和能量才能够维

持,因而将其称为耗散结构。

耗散结构的形成需要满足以下三个条件^[6]:第一,系统必须是开放的。在一个封闭的系统中,物质总是从高能区向低能区转化,因而只有系统处于开放时,才可以从外部吸收物质和能量,即向系统中输入负熵,以抵消熵增,从而使系统向有序转化。第二,系统处于非平衡的状态。非平衡状态的系统指的是系统内部的物质和能量分布不均衡,系统只有物质和能量分布不均衡时,才能出现流动和转化,呈现出动态的特征。第三,系统的各要素之间存在非线性耦合。非线性耦合指的是系统内要素之间以网络的形式相互作用的机制,耗散结构是一种空间上的有序结构,这种结构只有系统内部要素相互关联相互作用时才能形成。

3.2. 熵理论的内涵

熵描述的是耗散结构内能量的演化状态,即耗散结构在运动的过程中,内部的各种要素在交互作用中表现出的混乱或无序的状态。熵越大表示耗散结构内部越混乱,反之表示表示耗散结构内部越有序。一个完整耗散结构总是由不同类型的子系统和要素组成,并不断地从外部环境中获得物质和能量(即输入负熵流),并对获得的物质和能量进行加工整合并输出。如果外部环境中输入的负熵大于耗散结构内部要素相互作用产生的正熵,那么整个耗散结构的总熵就会相应减少,结构内部的有序度增加并产生新的效能,此时耗散结构内熵的变化等于外部环境的负熵和结构内部的正熵变化之和^[7],即

$$ds = dse + dsi \quad (1)$$

其中 ds 表示耗散结构熵的变化; dse 表示耗散结构与外部环境的交换熵流,可正可负; dsi 耗散结构内部熵的变化,总为正。当 dse 为负,且 $|dse| > |dsi|$ 时,就可以使得耗散结构的熵逐渐减小($ds < 0$),表示耗散结构正由无序到有序、由较低层次的有序向较高层次的有序方向发展。

3.3. 国际油气勘探开发项目的耗散结构特征分析

3.3.1. 国际油气勘探开发项目是一个开放的系统

国际油气勘探开发项目总是与外界存在着物质、

信息、能量的交换，因而它是一个开放的系统。国际油气勘探开发项目是一个复杂的系统，它包括许许多的子系统，如勘探系统、开发系统、基础设施建设系统、财务会计系统以及人力资源系统等。通过简单的分析就可以发现，国际油气勘探开发项目的各个子系统都属于开放系统，这些系统与其他系统一样，也是由许多相互作用的不同元素构成。

首先，国际油气勘探开发项目系统同外界存在物质交换。这表现在两个方面，其一，项目中的员工会因招聘或离职等原因与外界发生交换；其二，项目运行过程中会不断地从外界获取原材料，同时向外界提供产品并排放废弃物。

其次，该项目和外界存在信息交换。一方面，系统内部会通过各种媒体获得外界的信息；同时，系统还会通过各种渠道向外界传输与该项目有关的信息。

最后，该系统与外界存在能量交换。任何生产系统在与外界进行物质交换的同时必然存在能量的交换，因为系统中的原材料要加工成成品，必须要能量进行推动，因此需要外界能量的导入，该过程也伴随着能量的消耗，这属于能量的导出，即该系统与外界存在能量的交换。

3.3.2. 国际油气勘探开发项目是一个远离平衡态的系统

国际油气勘探开发项目系统作为一个开放系统，其系统内部的状态集合与外部环境状态集合都是非空集合，状态参量总是在不断变化，即使在某个时间点出现相对定态，在系统内部仍然存在宏观的物理量流动。从时间维度来看，国际油气勘探开发项目内部各要素发展的速度极不平衡，就空间的维度看，国际油气勘探开发项目投资区块的选择、技术的应用、人员的配备等各方面都存在很大程度的非一致性以及非平衡性。这种非平衡性使得国际油气勘探开发项目在于外界环境的互动过程中出现随机的扰动，从而使国际油气勘探开发项目系统中出现新的涨落。

3.3.3. 国际油气勘探开发项目系统中存在非线性耦合

国际油气勘探开发项目系统涨落的随机性、各个要素的动态关联使得国际油气勘探开发项目内部要素之间的作用呈现非线性的关系。非线性关系系统的最显著地特点在于“整体大于部分之和”，即国际油气勘探开发项目系统的非线性耦合效应使得在某段

时间内只有某一或某几段反馈回路对系统起主导性作用，并且能够产生相应的系统动力效应，系统的功能会随着效应程度的增加而放大，由此产生的协同动力即国际油气勘探开发项目系统耗散结构的动力。若用 $X_i (i = 1, 2, \dots, m)$ 表示国际油气勘探开发项目系统的状态变量，则国际油气勘探开发项目系统的演化方程^[8]可以表示为：

$$\frac{dX_i}{dt} = F_i(\{X_i\}, r, t, \lambda) \quad (2)$$

其中， r 表示空间变量， t 表示时间变量， λ 表示的是控制参数。

该演化方程表示国际油气勘探开发项目系统耗散结构形成后，其发展的趋势总是按照无序到有序然后在演化到无序的螺旋式上升的方式演进。

4. 国际油气勘探开发项目风险演化机理分析

国际石油勘探开发项目具备耗散结构的三个条件，是一个耗散结构体，因此，该耗散结构体为了能够保持其正常的生产过程，必须要与外部环境保持物质和能量的交换，通过不断的向系统内部输入负熵来抵消其内部要素相互作用产生的正熵。国际油气勘探开发项目会因为特殊的海外作业环境、技术及设备、人力资源配置等原因产生稳定的正熵，这些在国际油气勘探开发项目的运行中正熵基本都是由项目的风险引起。同时，作为一个开放的系统，国际石油勘探开发项目还会不断地从外部环境中输入熵，这些熵中有正熵也有负熵。其中正熵包括自然灾害、不利的地质条件、突发的战争或者其他的政治事件等，这些也都是由不同的项目风险引起；负熵包括设备更新、技术培训、作业环境的改善，这些涉及到对项目风险进行有针对性管理的内容。

当输入到国际石油勘探开发项目的负熵大于项目自身产生以及输入到项目内部的正熵之和时，项目可以按照计划稳定的运行，否则，当负熵不能抵消正熵时，国际石油勘探开发项目将处于无序的状态，极易造成风险事故的发生。

4.1. 国际油气勘探开发项目熵产生因素分析

国际石油勘探开发项目的正熵可以使项目由有

序状态逐渐转化为混沌无序的状态，它是国际石油勘探开发项目不稳定的源泉，正熵的不断增长必然会导致事故的发生。国际石油勘探开发项目正熵的来源主要是项目进行过程中遇到的各类风险，包括外部风险和内部风险两大类。其中，外部风险包括政治风险、经济风险、自然风险、社会风险、法律风险、地质风险、文化风险、合同风险和同行竞争风险等；内部风险包括管理风险、人力资源风险、技术风险、项目建设风险、财务风险和 HSE(健康、安全、环境)风险^[9]。

国际石油勘探开发项目的负熵可以使项目由混沌无序的状态转化为一种在时间、空间或功能上的有序结构，降低国际石油勘探开发项目的不确定性，从而保证项目的顺利进行^[10]。与正熵不同，国际石油勘探开发项目的负熵并不是自发形成，负熵的形成是为了与正熵相抵消并加强国际石油勘探开发项目的负熵，以确保项目的各项生产活动的有序进行。因此负熵的产生依赖于人为因素的强加，即项目管理者对国际石油勘探开发项目的风险管理，即国际石油勘探开发项目的负熵产生于对项目的风险进行管理的整个过程中。

4.2. 基于耗散结构的国际油气勘探开发项目风险演化分析

根据对国际石油勘探开发项目耗散结构的分析，在该项目的运行过程中始终存在着熵增与熵减的矛盾运动，国际石油勘探开发项目的风险演化过程也基于这种熵增与熵减的矛盾运动过程。如图 1 所示。

在国际石油勘探开发项目的风险事故发生以前，系统中的熵增因素不断加强，促使风险发生的能量不断积聚膨胀，并不断地将负熵中和抵消。与此同时，保障国际石油勘探开发项目顺利进行的各种负熵明显受到抑制，难以将熵增的能量化解，因此系统会越来越呈现出一种混沌无序的状态。当熵增的能量达到风险发生的临界点时，一个随机的小的干扰因素就可以造成风险的发生，使国际石油勘探开发项目不能正常运行，给项目带来损失，这是风险的发生阶段。当风险事故发生后，针对事故的救援处理及其他的管理工作会马上展开，此时，各种有利于项目恢复到有序状态的负熵会被集中输入到项目系统中，使得系统中负熵急剧增加，以消减熵增的能量。在经过各种熵增与熵减因素的涨落运动后，系统中的正熵再次受到抑



Figure 1. Progress of international petroleum exploration project risk development
图 1. 国际石油勘探开发项目的风险演化过程

制，国际石油勘探开发项目形成新的耗散结构，项目恢复正常运行。

5. 基于耗散结构的国际石油勘探开发项目的风险管理模型

由上文分析可知，国际石油勘探开发项目的实施过程中，正熵会不可避免的产生与积累，但是正熵的增加会增加系统的不确定性，最终有可能导致风险事故的发生。因此对国际石油勘探开发项目的风险管理应当要对项目中的熵增进行有效地控制，使项目的熵值维持在一个较低的水平。但熵增基本都是在项目的运行过程中自发形成，国际石油勘探开发项目的管理者对熵增的控制程度相对较弱，从总体上来看，管理者对熵增的控制仅仅是延缓了熵增的速度，或者是改变了熵增的方式^[11]。因而，控制国际石油勘探开发项目的熵增，使项目稳定运行的更有效的方式是更多的向系统中注入大量的负熵，从而形成强有力的负熵合力来实现对国际石油勘探开发项目的熵增进行有效地控制。

从国际石油勘探开发项目风险事故的演化过程来看，该系统正熵的变化经过了一个从无到有，不断积累并引起质变，然后又被项目系统内外负熵的合力不断削弱到至低点的过程。伴随该过程的发生，国际石油勘探开发项目经历了从稳定到失稳再到稳定的过程。因而对该项目负熵的引入也应该贯穿于以上的过程中，因此建立对国际石油勘探开发项目的熵增有效控制的国际石油勘探开发项目风险管理机制应该是一个涵盖以上过程的全面的管理体系。

国际石油勘探开发项目风险管理体系过程可以分为四个阶段：风险的识别阶段、风险的预先管理阶段、风险的监控管理阶段以及风险管理后评价阶段。这四个阶段并不是单独存在，而是彼此联系相互制约

的，他们共同构成了石油企业海外经营风险管理的动态系统。其中，风险识别要求海外经营管理者必须能够正确的识别国际油气勘探开发项目背后隐藏的风险，而且还要正确判断风险发生后带来的损失。风险的预先管理要求管理者对国际油气勘探开发项目实施过程中可能出现的风险进行评估和控制，做到防患于未然，从而有效地促进开发项目的顺利进行。风险的监控管理指的是在项目实施过程中，针对风险预先管理阶段分析出的风险不断地监测预警，同时还应对风险发生时做出处理措施，尽可能的将风险的损失降到最低限度。风险管理后评估是指针对风险管理的计划要求，对国际油气勘探开发项目的风险管理进行总结评价，为下个周期的风险管理工作提供参考。由此可见，国际油气勘探开发项目的风险管理并不是几个孤立的过程，而是一个可以不断循环往复的回路，这意味着石油企业国际油气勘探开发项目的风险管理动态系统的管理能力会不断加强。

国际石油勘探开发项目风险管理的运行流程图 2。

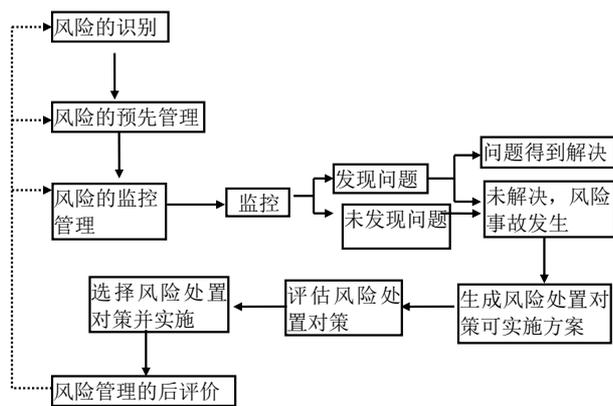


Figure 2. Progress of international petroleum exploration project risk management

图 2. 国际石油勘探开发项目风险管理的运行流程

6. 小结

文章通过对基于耗散结构的国际石油勘探开发项目的风险管理模型分析得出了以下结论：第一，国际石油勘探开发项目的特点符合耗散结构形成的基本条件因而国际石油勘探开发项目是一个耗散结构；第二，其中项目进行过程中的风险和项目负责人对风险的管理分别构成了该耗散结构中熵与负熵的主要来源，接；第三，构建了基于耗散结构的国际石油勘探开发项目的风险管理模型，从风险的识别、风险的预先管理、风险的监控管理以及风险管理后评价四个阶段对项目的风险进行全面有效地管理。

参考文献 (References)

- [1] 中新网能源频道. 我国石油消费超过GDP增速, 能源消费增速过快[URL]. 2011. <http://www.chinanews.com/ny/2011/08-02/3227599.shtml>
- [2] M. Wieser. Virtual high tech cluster: The modern silicon valley. The 7th International Conference, Institute of Astronautics (Germany), 2009: 397-403.
- [3] B. Timothyb, G. Alfomsog. Building high-tech clusters: Silicon valley and beyond. Cambridge University, 2010: 1-7.
- [4] 王桂荣, 李小飞. 境外勘探开发投资项目风险分析[J]. 中国石油大学学报(社会科学版), 2006, 22(3): 12-16.
- [5] 曾智洪. 基于管理熵和管理耗散结构理论的企业危机管理思考[J]. 华东经济管理, 2010, 24(2): 118-120.
- [6] 陈蔚华. 论项目管理的耗散结构特征[J]. 财会通讯, 2009, 8(3): 55-56.
- [7] 任佩瑜, 张莉. 基于复杂性科学的管理熵、管理耗散结构理论及其在企业组织与决策中的作用[J]. 管理世界, 2001, 6: 142-147.
- [8] 宋毅, 何国祥. 耗散结构论[M]. 北京: 中国展望出版社, 1996: 60-85.
- [9] 杨彬. 中国石油企业海外油气开发项目风险识别与控制研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2010.
- [10] 杨建平. 重大工程项目风险管理研究[D]. 北京航空航天大学博士论文, 1999: 42-43.
- [11] 郭伟刚. 基于管理熵管理耗散结构理论的企业激励机制研究[J]. 企业经济, 2009, 2: 62-65.