

# 油气田开采项目环境保护运行机制研究

刘红勇<sup>1</sup>, 钟声<sup>1</sup>, 韩侠<sup>2</sup>

(1. 西南石油大学 土木工程与建筑学院, 四川 成都 610500; 2. 中石化西南油气分公司物资供应处, 四川 成都 610016)

**摘要:**从政府、业主、科研、设计、监理、施工、媒体、当地居民、第三方检测机构 9 大参与方入手, 基于系统的角度, 分析了各参与方对油气田开发项目环境的影响, 构建了油气田开采项目环境影响分析结构模型, 针对各隐变量之间高度相关的特点, 研究了油气田开发项目环境保护的运行机制, 采用基于主成分和典型相关分析的偏最小二乘法, 求解油气田开采项目环境影响分析结构模型, 相比传统求解方法结果更精确。通过对川西某钻井环境保护问题进行调查问卷, 分析了环境保护的主要影响因素, 提出了加强环境保护的措施和建议, 以实现油气田开发项目环境保护问题的动态管理。

**关键词:**油气田开采项目; 环境保护; 影响因素; 分析模型; 运行机制

**DOI:**10.6049/kjbydc.2013GC0082

**中图分类号:**F426.22

**文献标识码:**A

**文章编号:**1001-7348(2013)23-0104-04

## 0 引言

中国正以历史上最脆弱的生态系统承受着世界上最多的人口和最大的经济压力, 石油石化行业作为支柱产业, 是资源依赖型和高碳排放行业, 其无序发展威胁着人们赖以生存的地球。在石油石化勘探开采过程中产生废气、废水、固体废物、噪声等污染, 破坏生态环境。例如在勘探、开采阶段, 施工产生的施工扬尘污染, 使用柴油作为动力(燃料)产生的废气污染; 项目所在地没有良好的水循环系统, 导致钻井过程废水排放、生活废水排放、泥浆水排放对当地水资源造成的水污染; 钻井过程中产生的大量钻屑造成的废物污染以及钻井废弃液等, 都会影响当地居民的生产、生活。中国石化提出了绿色低碳是中国石化履行社会责任的庄严承诺, 将加大对循环利用型、资源节约型、环境友好型产品的采购力度, 帮助供应商加快节能技术改造, 推行清洁生产, 淘汰消耗高、污染重、技术落后的工艺和产品。

## 1 研究评述

油气田开采过程中的环境保护问题已引起了社会各界的高度重视, 国内外专家学者从不同角度阐述了其重要性及措施建议, 主要体现在以下几个方面: Hannah Jacobs Wiseman<sup>[1]</sup>分析了水力压裂对环境产生影响, 却没有相应的联邦法规确保监管是否得当的现状, 提出了监督方案的相关建议。Ahmadun Fakhru'I—

Razi<sup>[2]</sup>对比了石油、天然气公司产生水污染时不同的传统处理方法, 指出在陆上, 用生物预处理方法处理含油废水, 既成本效益低, 又环境友好。并进一步提出了海上平台含油废水处理技术的优化方案, 以符合排放限值。K. D. Fennessey, ConocoPhillips<sup>[3]</sup>提出了全球水工具, 以帮助相关机构更有效地了解和管理项目所在地区的水污染风险, 提高利益相关者和业内人士关于石油和天然气部门水资源管理问题的认识。

曹耀峰<sup>[4]</sup>针对川东北地区敏感脆弱的生态环境及含剧毒高酸天然气的资源禀赋, 积极运用最新技术成果, 通过优化设计从源头上实现了生态环保效果整体最优, 积极破解了影响工程施工与生态环保兼顾的技术难题, 实现了全过程清洁生产, 严格了环境监测, 全面落实了还原、复耕措施。蔡雨兰<sup>[5]</sup>从不同角度阐述了环境保护的必要性。楼必胜<sup>[6]</sup>分析了常用含油污水处理方法(过滤法、混凝剂法、生化法、浮选法)的再次污染情况。杨嵘<sup>[7]</sup>通过分析石油化工生产过程中的污染源, 利用数理统计方法分析了环境保护的影响因素, 认为应注重环境保护, 加强环保意识, 切实加强对石油化工中水、废渣、废气的处理力度, 降低环境污染。

油气田开采项目涉及多个利益相关方, 影响因素、动态关系复杂<sup>[8-9]</sup>。本文突破了将焦点集中于环境保护重要性、技术创新、提高认识等传统的研究模式, 提出油气田开采项目环境影响分析模型, 利用偏最小二乘法(Partial Least Square, PLS)解决各个变量之间高度相关的难点, 分析模型中各个影响因素之间的关系强弱, 为企业决策者提供强有力的数据支撑。该模型将

相互联系、相互作用的相关参与方融合在一起。与传统的分析模型相比, 该模型针对某一群体而非个体, 可以反映影响环保的综合因素; 包含了业主、施工单位、设计单位、科研单位、监理单位、媒体、政府、周边居民、专业检测机构等 9 个结构变量, 测评结果将给出每一变量指数及各指数间的相互关联程度, 使测评更加全面有效。

## 2 油气田开采项目环境影响分析模型

### 2.1 逻辑模型构建

油气田开采项目环境影响分析模型包括 9 个因素: 政府、业主、科研、设计、监理、施工、媒体、当地居民、第三方检测机构, 如图 1 所示, 共同影响油气田开采项目的环境保护成效。

模型中, 正负号表示变量之间呈正相关或负相关关系。具体相关关系为: ①各个结构变量之间的间接关系通过模型中的箭头方向产生影响, 影响程度大小是所有具有相关关系变量影响系数的乘积之和; ②政府与业主单位存在正相关关系, 政府负责组织制定相应法律法规, 法律法规要求越严、标准越高, 地方政府越重视, 监督力度越大, 对业主的行为约束也就越严格, 对环境保护的保证力度就越大; ③媒体与业主单位、政府均存在正相关关系。在环境保护中, 媒体一方面唤醒民众的环保意识, 一方面发挥舆论监督作用, 报道和批评破坏环境的违法行为, 媒体的宣传与监督均有利于政府、业主增强环保意识、提高环保执行力; ④业主单位与科研单位、设计单位、监理单位存在正相关关系。业主环保意识、社会责任感, 决定了其环境保护态度, 决定了其对工程的指导思想。业主社会责任感和环保意识越强, 对工程系统优化的要求越高, 对节能环保技术创新越重视, 对清洁生产与严格监督要求也越高, 这些都通过科研单位、设计单位、施工单位、监理单位实现; ⑤科研单位与设计单位、施工单位存在正相关关系。科研单位的科研成果通过设计单位应用、施工单位实施, 将科学技术转化成生产力。科研成果水平对成果应用起决定作用; ⑥设计单位、监理单位与施工单位存在正相关关系。施工单位按照设计文件实施设计意图, 设计所使用的材料越节能环保, 工程就越环保; 施工技术要求节能环保指标越高, 对施工单位的施工部署、施工方法要求就越高, 对施工技术创新、新工艺运用、设备选择的要求就越高, 管理机制创新程度、质量保障体系将越完善。监理单位代表业主对承包商的工作进行监督管理, 有关合同内的一切工程信息都通过监理传递, 监理是业主工程理念的贯彻者和监督者。因此, 监理的工作态度、工作水平、监督力度,

对施工单位施工过程和最终成果的节能环保程度成正相关关系; ⑦施工单位、当地居民、第三方检测机构与环境保护问题存在负相关关系。如果施工单位清洁生产措施越得力, 第三方环境检测机构水平越高, 当地居民对工程带来的环境影响认识越充分、环保知识了解越多、风险识辨能力越强, 对空气质量、地表水、地下水、植物和土壤等环境变化越敏感, 信息反馈越及时, 工程参与方采取相应应急措施就越及时, 对环境保护越有利, 对环境影响就越小; ⑧第三方检测机构与业主单位存在正相关关系。第三方检测机构布点、施测时间越合理, 数据准确性越高, 越能真实反映工程实际, 越有利于业主对工程建设作出正确判断和决策并向参与各方发出正确指令, 越有利于提高环境保护成效; ⑨当地居民与业主间存在正相关关系。当地居民对环境保护起监督作用, 如果当地居民的环保意识越强、生活感知(对生活环境变化感知)越敏锐, 信息反馈越及时, 越有利于业主及时采取有效措施, 减小环境污染, 避免重大事故发生, 对环境保护起积极作用。

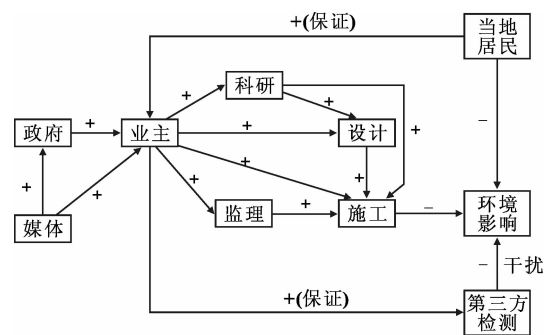


图 1 油气田开采项目环境影响分析

### 2.2 模型隐变量分析

本模型中包含的结构隐变量不能直接被测量, 所以每个隐变量必须有相对应的观测变量才能使测评有效进行。表 1 给出了模型中隐变量对应的观测变量。

### 2.3 模型数学表达式

在油气田开采项目环境影响分析模型中, 隐变量为模型中不能直接测评的结构变量, 外生隐变量为结构模型中受外部因素影响决定的隐变量, 如媒体; 内生隐变量为结构模型中受内部因素决定的隐变量, 如政府、业主、科研、设计、监理、施工、当地居民和第三方检测机构。外生隐变量用  $\xi$  表示, 内生隐变量所组成的向量用  $\eta$  表示,  $\eta = [\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4, \eta_5, \eta_6, \eta_7, \eta_8]^T$ 。媒体的观测变量所组成的向量用  $X$  表示,  $X = [x_1, x_2]^T$ , 内生隐变量的观测变量所组成的向量用  $Y$  表示,  $Y = [y_1, y_2, \dots, y_{28}]^T$ 。

表 1 隐变量对应的观测变量统计

隐变量	观测变量
媒体 $\xi$	$x_1$ : 舆论导向
	$x_2$ : 舆论监督
政府 $\eta_1$	$y_1$ : 法律法规制定
	$y_2$ : 政策制定
	$y_3$ : 监督力度(工程所在地政府环保部门对工程环境进行监测,如环保局的监测)
业主 $\eta_2$	$y_4$ : 环保意识
	$y_5$ : 社会责任
	$y_6$ : 管理机制
	$y_7$ : 创新意识和态度(创新主动性、资金投入情况)
	$y_8$ : 资金保证(对工程项目的资金保证)
科研 $\eta_3$	$y_9$ : 信息沟通(信息透明度、与当地居民的沟通)
	$y_{10}$ : 科研水平
	$y_{11}$ : 创新能力
设计 $\eta_4$	$y_{12}$ : 设计部署(含系统优化如井场部署、井口数量选择)
	$y_{13}$ : 设计方案和设计优化
监理 $\eta_5$	$y_{14}$ : 对新技术的认知和应用
	$y_{15}$ : 监理责任心
	$y_{16}$ : 工作水平(技术水平和紧急事件处理能力)
施工 $\eta_6$	$y_{17}$ : 监理制度和程序
	$y_{18}$ : 环保意识
	$y_{19}$ : 施工方案
	$y_{20}$ : 施工技术、工艺水平(创新意识和对施工新技术、新工艺的接受度)
	$y_{21}$ : 工程材料(材料选择、使用方式)
当地居民 $\eta_7$	$y_{22}$ : 施工设备(设备选型、数量配置)
	$y_{23}$ : 管理机制、环境质量安全保证体系
	$y_{24}$ : 环保意识(环保知识的了解和风险识别能力及自我保护意识)
	$y_{25}$ : 生活感知(对环境变化的敏感度)
	$y_{26}$ : 信息沟通(反馈)
	$y_{27}$ : 公信力
第三方检测、检查机构 $\eta_8$	$y_{28}$ : 数据的准确性(职业道德、检测方案、检测方法、技术水平)

(1) 隐变量之间的数学表达式。模型隐变量之间的因果关系可以表达为:

$$\eta = \beta\eta + \gamma\xi + \zeta \quad (1)$$

其中,  $\beta$  为内生隐变量( $\eta$  的分量)之间的回归系数矩阵,  $\gamma$  为外生隐变量( $\xi$  的分量)与内生隐变量之间的回归系数向量,  $\zeta = [\zeta_1, \zeta_2, \zeta_3, \zeta_4, \zeta_5, \zeta_6, \zeta_7, \zeta_8]^T$  为偏差向量。

(2) 隐变量和观测变量之间的线性关系。对于外生隐变量有:

$$X = \lambda_x \xi + \delta \quad (2)$$

对于内生隐变量有:

$$Y = \lambda_y \eta + \epsilon \quad (3)$$

其中,  $\delta, \epsilon$  为偏差向量;  $\lambda_x, \lambda_y$  为载荷矩阵, 表示变量间影响程度的大小。

### 3 案例分析

#### 3.1 案例背景

川西平原蕴含丰富的天然气资源,以川西地区某钻井工程为例,设计井深 6 350m,井场东北方距井口 350m

有两户民房,井场南面有一水渠,距井口 300m;井场西面 130m 处有多处民居,300m 处有一个水库,与井场高差 5m,水量 50 000m<sup>3</sup>,井场西南面 150m 处也有多处民居,其中,离放喷池最近的一户民居只有 80m 左右。

#### 3.2 信度分析

根据油气田开采项目环境影响分析模型中的隐变量和显变量,设计油气田开采项目环境影响分析模型调查问卷,共发放调查问卷 120 份,回收 107 份,经分析验收,有效问卷 105 份。根据调查数据,运用 SAS 软件编程对模型进行求解。

为了检验测评模型的合理性,用调查收集到的数据进行信度分析,根据克朗巴哈信度系数法计算式,利用 Spss10.0 软件的可靠性检验,直接计算出信度系数为 0.923 6,表明模型具有较高的可信度。

#### 3.3 结果求解

油气田开采项目环境影响分析模型中各个变量之间存在多重共线性,同时还面临着:①存在着必须解释但又不能定量的变量因素;②观测变量(显变量)值往往不符合正态分布,而出现偏态或呈现双峰等状态;③由于时间和经费问题,样本点个数小于变量个数(超饱和和设计建模问题)。当出现上述问题时,常规统计方法构建出来的回归拟合模型很难反映环境影响及其变量之间的相关关系,而基于主成分和典型相关分析的偏最小二乘回归能很好地解决这些问题。

将调查问卷数据进行整理,利用 SAS 软件进行编程处理,求解各个隐变量之间的影响系数,求解结果如图 2 所示。

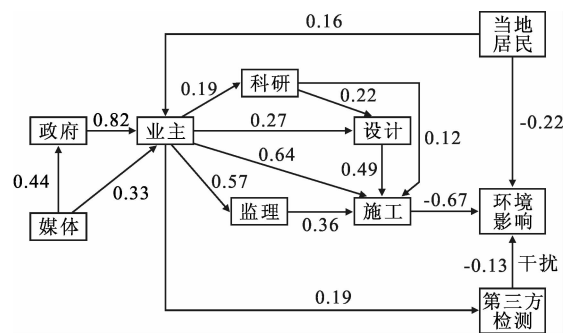


图 2 求解结果

#### 3.4 综合分析

可以看出,各隐变量之间影响系数最大的是政府对业主的影响,主要原因在于法律法规制定、监督检查、行政命令等均会对业主产生巨大影响。正相关关系中,影响最小的是科研对施工的影响,仅为 0.16,主要原因在于,因工程所在地属油气开采成熟地段,地质情况清楚,开采技术成熟,对此种地段设计无需专项研究即可满足环保要求。因设计必须按标准化进行,业主不能过多干预,所以业主对设计的影响也较小,为 0.27。业主为承包商提供的环境保护资金是实现环境保护的前提条件,所以相关程度较高。业主的环保意

识、环保思想和对承包商的环保要求通过监理传递和体现,所以业主对监理的影响较大,为 0.57。监理负责对承包商的工作进行监督管理,监理要求严,承包商工作认真程度就高,执行施工技术要求、质量标准、环境保护要求就好,所以监理与承包商的相关性较高。设计直接影响承包商的施工过程。采用什么样的完井方式、设计什么样的钻井液等都将对施工方案和施工过程有较大影响,即对环境有较大影响,相关系数为 0.49。媒体与政府有较强的正相关关系,相关系数为 0.44。媒体是政府的喉舌,其宣传导向和监督作用都将影响政府的政策制定和监督、处罚力度。负相关关系中,影响最大的是施工对环境的影响,达到 0.67,因为工程作业和气井生产产生的大量污染物(主要包括钻屑、压裂返排液、气井产出水、钻井液等)是导致环境污染的主要因素,若节能减排措施有力,将会减小对环境的不利影响。第三方检测对环境的影响系数为 0.13,在负相关关系中影响最小。因第三方检测是当地环保局下属公司,环保局对其进行指导、监督和检查,所以该公司技术保障性较好,在测点布设、检测方法、人员培训等方面均能得到保证,其监测数据因准确度高、公信力强,从未发生弄虚作假、谎报、错报现象,故对环境保护干扰小,对减小环境影响起到了保驾护航的作用。由于井场附近有多家村民居住,施工前业主对村民进行了安全环保教育,村民风险意识强,对环境变化敏感且信息反馈及时,对工程无形中起到了监督作用,使工程对环境的影响得到了有效控制。

### 3.5 环境保护持续改进

根据以上调查结果,影响最大的是施工,结合该工程井场西 300m 处有一个水库,与井场高差 5m,水量 50 000m<sup>3</sup>的实际情况,施工单位除按成熟地段钻井工程做好常规节能环保工作外,还需做好以下工作才能达到环保要求。

(1)井场场地必须有足够的抗压强度,场地平整、中间略高于四周,有 1%~2%的坡度,排水良好。在各种车辆和自然因素作用下,不发生过大的变形。

(2)钻井作业井场应进行清污分流,排水系统及设施应根据当地历年降雨量、地质情况等进行专门设计。在截水沟与排水沟接口处布设沉沙凼,使坡面径流由截水沟经沉沙凼沉淀后汇入排水边沟。沉沙凼需做防渗处理。在可能产生污水的生产区域设置污水沟,污水沟外缘高出地面 10cm。在循环罐区、泥浆材料库区等搭设防雨篷的生产区,防雨篷外缘应超过污水沟外缘。

## 4 结语

利用偏最小二乘法求解油气田开采项目环境影响,得出了影响环境各因素之间的关联度,给出了模型中隐变量指数值,为企业领导提供了环境保护的相关

信息。以川西地区某口钻井为例,分析了影响环境的主要因素,进行了具有针对性的环境影响分析测评,并对各因素之间的关系进行了分析,为企业高层提供了切实可行的合理建议。

(1)油气田开采项目环境影响分析模型包含 9 个隐变量和 30 个显性观测变量,各个隐变量之间影响系数最大的是政府对业主的影响,体现了政府法律法规、行政命令等因素对环境的巨大影响。

(2)在地质情况清楚,开采技术成熟,推行标准化设计的前提下,科研对环境保护的影响作用尚未得到明显体现,说明这方面环保能力有提升的空间;另外,在地质条件复杂,新工艺、新技术推广的环境下,科研必将对环境保护产生较大影响。如何通过科研挖掘潜力,减少对环境影响,产生积极的社会效益和经济效益是企业环境保护的必然选择。

(3)施工技术、施工方案、施工队伍的环境保护意识决定了他们对环境保护的影响程度,应尽可能地提高施工队伍素质,优化施工方案,采用新技术、新工艺,尽量减少对环境的影响。

环境保护是每个企业的责任,通过提高员工素质、员工意识,利用新工艺、新技术等手段进行环境保护的不二选择。改进影响环境保护的重要因素,一方面使企业创造积极的社会效益,另一方面为企业带来巨大的经济效益。

### 参考文献:

- [1] WISEMAN, HANNAH JACOBS. Untested waters: the rise of hydraulic fracturing in oil and gas production and the need to revisit regulation[J]. *Fordham Environmental Law Review*, 2009(20): 115-116.
- [2] AHMADUN FAKHRU'L-RAZI, ALIREZA PENDASHTEH. Review of technologies for oil and gas produced water treatment [J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2009, 170(3): 530-551.
- [3] K D FENNESSEY, CONOCOPHILLIPS. New tools to assess water risk and enhance environmental and operational performance in oil and gas[J]. *Society of Petroleum Engineers*, 2012(9): 11-13.
- [4] 曹耀峰. 川气东送工程节能环保技术的创新与应用[J]. *中国工程科学*, 2012(12): 15-18.
- [5] 蔡雨兰. 步入环境保护的最高境界[J]. *中国石油企业*, 2011(1): 127.
- [6] 楼必胜. 石化企业环境保护中的再次污染问题[J]. *石油库与加油站*, 2000(6): 37-38.
- [7] 杨嵘, 王祎. 陕西石油开发中的资源环境问题与对策[J]. *生态经济*, 2009(1): 67-69.
- [8] 刘红勇, 郑俊巍, 林诚. 低碳建筑利益相关方动态关系分析[J]. *中国工程科学*, 2012(12): 94-99.
- [9] 郑俊巍. 低碳建筑评价指标体系分析研究[D]. 成都: 西南石油大学, 2012.

(责任编辑:张益坚)