

基于油田经营绩效最大化的投资优化方法

朱力挥¹ 罗东坤^{1,2} 孟新³

1. 中国石油大学(北京)工商管理学院, 北京 102249;

2. 重庆地质矿产研究院, 重庆 400042;

3. 中国石化石油勘探开发研究院, 北京 100083

摘要:为保证油田的投资效益与长期稳定发展,优化投资结构,实现资源最优配置和资金最佳投向,从油田层面面临的投资优化问题出发,研究了油田经营绩效综合评价方法、油田投资种类构成、各类投资对应效益类型及不同类型投资与其对应效益关系,在此基础上建立了油田各类投资与经营绩效间的关系函数。最后依据投资与经营绩效关系,采用非线性规划方法构建了油田在经营绩效最大化战略下的投资规模与结构优化模型。投资规模与结构优化的方法与模型适用于中国各油田的投资优化决策,可为油田投资规划工作提供决策工具。

关键词:投资优化;投资决策;经营绩效;投资规模;投资结构

DOI:10.3969/j.issn.1006-5539.2016.03.023

0 前言

石油工业是资金密集型、技术密集型产业。石油勘探开发项目工程量大、投资额度高、建设周期长、投资风险大、影响因素众多,具有诸多不确定性,因此,石油工程项目的投资决策往往为重大决策。要保证油田的投资效益与长期稳定发展,就必须慎重选择投资方向及投资规模,优化投资结构,实现资源最优配置和资金最佳投向。

油田规划工作不仅要考虑油田的短期收益,还要关注油田的长期发展。油田短期与长期投资规划决定油田未来的投资方向,关系整个油田生存发展,科学合理和符合油田生产实际的投资规划方法,能保证油田的投资效益与稳定发展。

对石油公司投资规划、投资规模与结构优化的研究基于三个层面:公司层面,进行上下游投资比例之间的优化;油田层面,进行勘探开发项目投资比例之间的优化;项目层面,进行同一类型不同投资项目之间的优选。目前的研究多从公司层面,研究上下游投资,即勘探开

发、炼油销售和化工投资之间的最佳比例构成^[1];或从项目层面出发,研究多项目之间的优选问题。陈玲丽等人^[2]从石油工程项目角度出发,筛选了经济、社会和技术三方面项目可行性评价指标,研究了基于模糊层次分析法的项目可行性评价方法;刘金兰等人^[3]基于投资组合的优化思想和模糊决策理论进行了石油企业投资优化方法的研究;刘福顺等人^[4]研究了采用目标规划方法优化石油公司上下游投资结构的方法;裘国泰等人^[5]、赵厚学等人^[6]、吕文静^[7]对中外石油公司在上下游投资结构上的异同点进行了对比分析。

油田作为石油公司的基本组成部分,是进行油气投资的关键决策单位,从油田层面进行油田投资规模与结构优化的方法还鲜有人研究。仅有的针对油田层面投资优化的研究也是基于油田现状,以油田当年的收益最大化为目标进行的静态投资优化方法的研究,无法满足油田三年、五年,甚至十年的长短期投资规划的动态长期优化工作要求。

油田进行投资的最终目标是经营绩效最大化,同时

收稿日期:2015-11-25

基金项目:国家社会科学基金重大项目(11 & ZD 164);国家高技术研究发展计划(863计划)项目(2009 AA 063407)

作者简介:朱力挥(1970-),男,江苏邗江人,高级工程师,博士研究生,主要从事油气田基础建设和管理工作。

满足稳定油气产量等战略性目标,因此对投资规模与结构的优化应在满足战略性目标的前提下,以提高经营绩效为导向,研究以经营绩效最大化为优化目标的投资规模与结构优化方法。本文基于非线性规划方法,首先明确油田投资规模与结构优化的目标,研究油田经营绩效评价方法,建立目标函数;其次分析我国油田投资类别,研究不同类别投资与油田经营绩效评价指标之间的内在关系;再研究油田各项投资限额和资源储量基础约束;最后,建立一定时间内经营绩效评价指标综合表现最优的油田投资规模与结构优化模型。

1 油田投资优化目标函数的确定

油田勘探开发投资规模与结构优化的最终目标是油田经营绩效最大化,因此,要建立目标函数,首先要明确油田经营绩效评估方法。

1.1 经营绩效评价方法

经营绩效评价方法有传统的杜邦分析法、平衡计分卡和经济增加值法,也有化多为少法、模糊综合评价和数据包络分析等多目标评价方法^[8]。我国油田经营绩效评价由三大石油集团公司(中国石油、中国石化、中国海洋石油)进行,评价方法也由三大石油集团公司确定。传统经营绩效评价方法评价指标主要为价值量指标,而油田在考察经营绩效时也要考察实物量指标。因此,本文选择化多为少法进行油田经营绩效评价。

1.1.1 评价指标的选取

油田经营绩效评价指标的选取是绩效评价工作中的关键环节。对不同绩效评价指标的取舍与指标权重的确定体现了油田对不同指标的重视程度,也体现了油田不同的经营策略。我国油田经营绩效评价涉及指标主要包括五大类 19 个指标^[8-12],见表 1。不同油田不同年度的经营绩效评价中,同类不同指标的选择和不同类指标的偏重可能有所不同。

1.1.2 指标权重的确定

综合评价时,需要通过赋予各项指标不同的权重体现其对企业绩效的贡献大小。根据原始数据的来源不同,指标权重的确定方法可分主观赋权法、客观赋值法和主客观结合的层次分析法^[8]。有大量数据支撑时,选择客观赋权法;无数据支撑,但专家经验非常重要时,选择主观赋权法;在需要历史数据又要考虑专家意见时,采用层次分析法。

1.1.3 评价指标的标准化

油田经营绩效评价指标中,既包含价值量指标,又包含实物量指标,指标单位各不相同。因此要将单位不同指标相加减,还需要将指标标准化。本文选取直线型无量纲化方法中的阈值法进行经营绩效评价指标的标

准化。评价指标分正指标、负指标和适度指标。正指标是指指标值越大越好的指标,负指标相反,适度指标指与适度值越接近的指标。

表 1 油田常用经营绩效评价指标

指标类别	评价指标	指标类别	评价指标
盈利能力指标	投资资本回报率	营运能力指标	总资产周转率
	销售(营业)利润率		油气当量
	现金贡献率		人均利润
	桶油利润	经营风险指标	人均油气当量
	桶油 EVA		资产负债率
	人均利润		速动比率
成本控制指标	桶油完全成本	发展能力指标	营业收入增长率
	桶油操作成本		储量接替率
	人均销管费用		油气桶当量增长率
			总资产增长率

正指标标准化公式:

$$y = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (1)$$

负指标标准化公式:

$$y = \frac{x_{\max} - x}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (2)$$

适度指标标准化公式:

$$y = \frac{\left(\frac{x_{\max} - x_{\min}}{2} \right) - |x - a|}{\frac{x_{\max} - x_{\min}}{2}} \quad (3)$$

式中: $x_{\max}$ 、 $x_{\min}$ 、 a 分别为各经营绩效评价指标可接受的最大值、最小值和适度值,根据各油田实际情况确定。

按照式(1)~(3)标准化后可得到不同经营绩效指标标准值。标准化后的正指标随指标值增大而增大,负指标会随指标值增大而减小,适度指标随指标值与适度值距离加大而减小,三种指标标准化后的取值范围均在 $[0,1]$ 之间。

1.2 建立目标函数

设第 i 年的第 t 类投资为 I_t^i ,第 j 个经营绩效评价指标为 x_{ij} ,标准化后可表示为 y_{ij} ,共有 n 个评价指标,每个指标权重为 w_j 。该非线性优化问题的目标可描述为求 m 个年度的 I_t^i 值,使 m 年的 n 个评价指标按 w_j 加权的总经营绩效最大。

目标函数:

$$\max Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n [w_j \cdot y_{ij}(I^i, E^i, C^i, S^i, D^i)] \quad (4)$$

2 油田投资与经营绩效评价指标关系

油田各项投资是一切经营绩效产生的基础。油田生产投资分为预探投资、油藏评价投资、新老区产能建设投资和老区改造投资,另外还包括附属配套设施投资等。预探投资与油藏评价投资最终形成油田探明储量,新老区产能建设投资将探明储量形成油气产量,产生经济效益。

经营绩效评价指标的计算主要基于油田当年经营活动形成的收益成本、产量等流量值,及资产、总人数等存量值。收益成本、产量等流量值与资产、总人数等存量值每年的增量均与当年或上几年的各项投资有关。因此,研究油田各项投资与油田经营绩效评价指标的关系,只需找出油田各项投资与流量值及存量值增量之间的内在函数关系即可。

油田每年流量值主要为收益成本,包括投资、成本、收入以及产量等实物流量。其中油田每年度各类投资是需要优化的目标;油田各类效益,包括价值效益(如销售收入)与实物效益(如产量),均可以表示成投资的函数;油田成本则与投资及效益有关,可表示成投资与效益的函数。油田某一时点的存量值主要为资产负债。资产负债某一时点的存量值与上一年度资产或负债存量值及本年度投资资本化及投资中的借款比例有关,可以表示成上一年度存量值与投资及借款比例的函数。

分析可知,通过建立油田各类投资与其相应效益的关系,即可得到油田投资与经营绩效评价指标的关系。

2.1 油田投资与效益关系的建立

油田投资类型诸多,不同类型的投资产生的效益类型不同,不同类型投资与其产生效益的关系也不同。例如,预探投资形成预测与控制储量,而新老区产能建设投资形成新建产能;预探投资与预测、控制储量是复杂的非线性关系,而新老区产能建设投资与新建产能一般呈指数关系。因此,为更准确地表示油田投资与效益关系,应将投资与其产生的效益划分为不同类型,根据投资与效益的因果关系,分别建立关系函数。

大多数油田投资包括预探投资、油藏评价投资、新老区产能建设投资、老区改造投资及油田管道铺设和公用工程投资等。管道和公用工程投资不产生效益,但作为油田辅助投资必须存在,不作为油田投资结构优化的目标,无需进行投资与效益关系研究,只作为本年度经营绩效评价指标的计算基础。其他类型投资及相应效益类别见表2。

油田每年的油气产量由新老区新建、新增产能形成的油气产量及老区改造措施产量构成。新区新建产能受已探明未开发储量限制。

表2 油田投资及相应效益类别划分

投资类别	相应效益类别
预探投资	预测储量、控制储量
油藏评价投资	探明储量
新区产能建设投资	新区新建产能
老区产能建设投资	老区新增产能
老区改造投资	措施增产产量

上述油田投资及相应效益的关系可通过油田历史数据,采用 Eviews 或 SPSS 等统计软件进行回归分析取得。由于油田的地质条件、油藏条件和地理环境等差别,同一类投资及效益的关系会有所不同,因此在对不同油田进行投资优化时要分别进行拟合。设油田投资为 I ,效益为 E ,则油田第 i 年第 t 类投资 I_t^i 产生的效益可表示为 $E_t^i(I_t^i)$,第 i 年投资产生的总效益为 $E^i = \sum_1^t E_t^i(I_t^i)$ 。

2.2 投资与经营绩效评价指标关系的建立

在上述油田投资与效益关系研究基础上,计算公司未来年度流量与存量参数增量值,从而计算油田未来经营绩效评价指标,建立投资与经营绩效评价指标的关系。

对于流量参数,已知未来某年度的各项投资为 I_t^i ,效益为 $E_t^i(I_t^i)$,还需计算增量成本。不同类别投资形成不同类别收益,成本也需根据投资类别分别计算。设第 i 年第 t 类投资在生产经营期每年发生的成本为 C_t^i 。则第 i 年第 t 类投资经营期每年生产成本为 $C_t^i = C_t^i(I_t^i) + C_t^i(E_t^i) + C_{t_f}^i$,第 i 年总成本为 $C^i = \sum_1^t C_t^i = \sum_1^t (C_t^i(I_t^i) + C_t^i(E_t^i) + C_{t_f}^i)$ 。

对于存量参数,主要指油田资产及负债。其中每年资产增量与每年投资 I 及投资中资本化率相关,且油田各类投资的资本化率各不相同。设油田第 i 年年初资产为 S^{i-1} ,第 t 类投资的资本化率为 k_t ,则第 i 年年末油田总资产 $S^i = S^{i-1} + \sum_1^t (I_t \cdot k_t)$ 。每年负债增量与每年投资 I 及投资中的借款比例有关,设油田第 i 年年初总负债 D^{i-1} ,第 i 年投资的借款比例为 k_d ,则第 i 年年末油田总负债为 $D^i = D^{i-1} + \sum_1^t I_t \cdot k_d$ 。

除以上参数,油田还包括油田改造投资、油田管道铺设和公用工程投资等的每年固定投资 I_f ,则第 i 年总投资 $I^i = \sum_1^t (I_t^i + I_f^i)$ 。其他经营绩效评价指标需要的流量与存量参数值均可以采用与成本、资产和负债相同的计算方法。

油田未来某年度的流量与存量参数增量均求出,经营绩效评价指标即可根据投资、投资与效益关系及其他

根据投资与效益计算的流量与存量参数值进行计算,表示为 $x_i = f(I^i, E^i, C^i, S^i, D^i)$ 。

3 油田投资优化约束条件的确定

油田投资规模与结构优化过程中,需考虑两方面制约因素:一为投资类约束,二为储量资源类约束。

3.1 投资类约束

投资类约束主要是每年总投资限额,不同类别投资年度总投资限额,每类投资与上一年度投资相比的增长率限制,总投资增长率限制,各年度各类投资额不为负限制。

设第 i 年总投资限额为 $I_{\max}^i$,第 i 年度的第 t 类投资限额为 $I_{t\max}^i$,每类投资第 i 年度与上一年度投资增长率绝对值限值为 $R_{t\max}^i$,第 i 年度总投资较上一年度增长率绝对值限值为 $R_{\max}^i$,则投资类的约束条件可表示为:

$$\sum_{t=1}^5 (I_t^i + I_F^i) \leq I_{\max}^i, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (5)$$

$$I_t^i \leq I_{t\max}^i, \quad t = 1, 2, 3, 4, 5; i = 1, 2, \dots, m \quad (6)$$

$$|(I_t^i - I_t^{i-1}) / I_t^{i-1}| \leq R_{t\max}^i, \quad t = 1, 2, 3, 4, 5; i = 1, 2, \dots, m \quad (7)$$

$$\left| \left(\sum_{t=1}^5 I_t^i - \sum_{t=1}^5 I_t^{i-1} \right) / \sum_{t=1}^5 I_t^{i-1} \right| \leq R_{\max}^i, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (8)$$

$$I_t^i \geq 0, \quad t = 1, 2, 3, 4, 5; i = 1, 2, \dots, m \quad (9)$$

如投资和增长率有最低值限制,还可在各约束条件中加入最低值限制。

3.2 储量资源类约束

储量资源类约束是指油田新老区产能建设要受已探明未开发储量的限制,其中新区产能建设的资源基础为新区探明未开发储量,老区新建产能的资源基础为已

开发区块扩边等新增探明储量。

3.2.1 新区建产储量约束

新区新增探明储量由油藏评价投资形成,可根据油藏评价投资及形成的探明储量关系求得。由投资与效益关系研究可知,第 i 年的新增探明储量为 $E_2^i(I_2^i)$,新区产能建设投资为 I_3^i ,其对应形成的新区新建产能为 $E_3^i(I_3^i)$ 。设截至目前的新区累积探明可采未开发储量为 N_1 ,新区新建 1 t 产能需动用的可采储量为 Q_1 ,新增探明储量中的可采比例为 r_1 (N_1 为油田实际数据, Q_1 、 r_1 为历史经验数据),则新区建产储量约束条件表示为:

$$N_1 \geq E_3^1(I_3^1) \cdot Q_1 \quad (10)$$

$$N_1 + \sum_{i=1}^i E_2^{i-1}(I_2^{i-1}) \cdot r_1 - \sum_{i=1}^i E_3^{i-1}(I_3^{i-1}) \cdot Q_1 \geq E_3^i(I_3^i) \cdot Q_1, \quad i = 2, 3, \dots, m; \quad (11)$$

3.2.2 老区建产储量约束

老区指油田已开发的区块,由于扩边等活动新增部分探明储量,其新建产能就要受新增探明可采储量的限制。由于储量资源有限及探明程度的不断加大,老区每年新增可采储量呈逐渐递减趋势。为简化计算,假设每年递减率相同,均为 D ,设截止目前老区累计新增可采未开发储量为 N_2 ,上一年老区新增可采储量为 N_0 ,则第 i 年老区新增可采储量表示为 $N_0(1-D)^i$,老区产能建设投资为 I_4^i ,老区新建产能为 $E_4^i(I_4^i)$ 。设老区新建 1 t 产能需要动用的可采储量为 Q_2 ,则老区储量资源约束条件表示为:

$$N_2 \geq E_4^1(I_4^1) \cdot Q_2; \quad (12)$$

$$N_2 + \sum_{i=1}^i N_0(1-D)^{i-1} - \sum_{i=1}^i E_4^{i-1}(I_4^{i-1}) \cdot Q_2 \geq E_4^i(I_4^i) \cdot Q_2, \quad i = 2, 3, \dots, m \quad (13)$$

完整的非线性规划模型如下:

$$\begin{aligned} \max Z = & \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n [w_j \cdot y_{ij}(I^i, E^i, C^i, S^i, D^i)] \\ & \left\{ \begin{aligned} & \sum_{t=1}^5 (I_t^i + I_F^i) \leq I_{\max}^i, \quad i = 1, 2, \dots, m \\ & I_t^i \leq I_{t\max}^i, \quad t = 1, 2, 3, 4, 5; i = 1, 2, \dots, m \\ & |(I_t^i - I_t^{i-1}) / I_t^{i-1}| \leq R_{t\max}^i, \quad t = 1, 2, 3, 4, 5; i = 1, 2, \dots, m \\ & \left| \left(\sum_{t=1}^5 I_t^i - \sum_{t=1}^5 I_t^{i-1} \right) / \sum_{t=1}^5 I_t^{i-1} \right| \leq R_{\max}^i, \quad i = 1, 2, \dots, m \\ & N_1 \geq E_3^1(I_3^1) \cdot Q_1 \\ & N_1 + \sum_{i=1}^i E_2^{i-1}(I_2^{i-1}) \cdot r_1 - \sum_{i=1}^i E_3^{i-1}(I_3^{i-1}) \cdot Q_1 \geq E_3^i(I_3^i) \cdot Q_1, \quad i = 2, 3, \dots, m \\ & N_2 \geq E_4^1(I_4^1) \cdot Q_2 \\ & N_2 + \sum_{i=1}^i N_0(1-D)^{i-1} - \sum_{i=1}^i E_4^{i-1}(I_4^{i-1}) \cdot Q_2 \geq E_4^i(I_4^i) \cdot Q_2, \quad i = 2, 3, \dots, m \\ & I_t^i \geq 0, \quad t = 1, 2, 3, 4, 5; i = 1, 2, \dots, m \end{aligned} \right. \quad (14) \end{aligned}$$

自此,建立了完整的以油田经营绩效最大化为优化目标的油田投资规模与结构优化模型,此模型为非线性规划模型,可采用黄金分割法、罚函数法、插值法求解。

4 油田投资规模与结构优化实例

某油田投资分预探投资、油藏评价投资、新区产能建设投资、老区产能建设投资和老区改造投资。根据油田各类投资及相应效益历史数据,采用 Eviews 软件拟合各类投资与效益关系如下:

预测储量 = 5 275.56 × 当年投资增长率 + 1.18 × 10⁸ × 当年油气预探投资倒数 + 0.006 9 × 截至上年累计油气预探投资 (15)

控制储量 = exp(7.02 + 5.32 × 10⁶ × 当年油气预探投资 + 6.07 × 10⁻⁷ × 截至上年累计预探投资 + 1 079.69 × 三年前预测储量倒数) (16)

探明储量 = exp{-2.02 × exp(1/年份 - 2001) + 1.08 × ln(上年预探投资) - 0.01 × √当年评价投资 + 0.66 × [ln(当年评价投资) - ln(上年评价投资)]} (17)

新区新建产能 = exp(2.264 + 1.5 × 10⁻⁵ × 新区产能建设投资) (18)

老区新建产能 = exp(1.614 + 2.7 × 10⁻⁵ × 老区产能建设投资) (19)

老区措施产量 = 措施投资 / (-4 137.66 + 1.31 × 措施投资 - 0.12 × 10⁻³ × 措施投资² + 3.8 × 10⁻⁹ × 措施投资³) (20)

油田勘探开发总体投资约束 40 亿元,各项投资按照当前投资额度设最低投资限制,分别为预探投资 9 亿元、评价投资 3 亿元、新区产能建设投资 19 亿元、老区产能建设投资 9 亿元、老区改造措施增产投资固定每年 1 亿元。各项投资每年最高增长 5%,老区新增探明储量每年以 5%速度递减。

该油田经营绩效评价指标见表 3。

采用 VBA 编程技术,在 Excel 中使用逐步寻优法对该油田未来五年投资进行优化,结果见表 4。

由表 4 可见,该油田老区投资效益好,优化过程中开发投资首先满足老区产能建设投资,将老区新增储量全部建成产能,其余开发投资落在新区;预探与油藏评价投资在保证新区产能建设所需探明储量最小化的情况下,即预探投资形成的探明储量得到最大化利用时,油田各项投资形成的总体经营绩效最大。

表 3 某油田经营绩效评价指标

指标名称	盈利能力指标				成本控制指标				营运能力指标		经营风险指标	发展能力指标			
	投资资本回报率 / (%)	现金贡献率 / (%)	桶油利润 / (元·桶 ⁻¹)	桶油 EVA / (元·桶 ⁻¹)	人均利润 / 万元	桶油完全成本 / (元·桶 ⁻¹)	桶油操作成本 / (元·桶 ⁻¹)	人均销管费用 / 万元	总资产周转率 / 次	油气当量 / 万桶	资产负债率 / (%)	营业收入增长率 / (%)	储量接替率 / (%)	油气桶当量增长率 / (%)	总资产增长率 / (%)
权重	10	10	10	10	5	5	5	5	5	10	5	5	5	5	5
适度值	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50	-	-	-	-
最小	10	0	0	0	0	30	0	0	0	3 000	20	0	0	0	0
最大	40	30	50	600	40	80	25	10	1	6 000	80	50	4	30	20

表 4 某油田未来五年投资优化结果 万元

投资类型	第 1 年	第 2 年	第 3 年	第 4 年	第 5 年
油气预探投资	90 000	90 000	90 000	90 000	90 000
油藏评价投资	30 000	30 000	30 000	30 000	30 000
新区产能建设投资	150 000	157 500	165 375	173 644	170 000
老区产能建设投资	90 000	87 800	85 000	82 000	80 000
老区措施增产	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000
合计	370 000	375 300	380 375	385 644	380 000

5 结论

本文基于油田各类未来投资规模与结构的规划问题,采用非线性规划方法,建立基于油田经营绩效最大化战略下的未来投资规模与结构优化方法和模型。模型中绩效指标的权重,投资类别的划分、经验参数的取值均可以根据油田具体情况确定;投资与效益的关系根据油田自有数据求得,更加符合不同油田的实际情况,计算结果更加准确;模型中约束条件可根据油田具体情况相应添加或减少,油田投资规模与结构优化方法与模型适用于我国各类油田未来投资规模与结构的规划问题。

实例验证表明,投资规模与结构优化模型符合油田实际。优化结果可以反映油田各类投资效益情况及油田投资应倾向的投资类别,可以供油田制定各类投资策略及优化投资结构参照。

本文研究的油田投资规模与结构优化方法可以为油田的规划计划部门提供决策工具,为油田开展未来几年的投资规划提供科学的方法支持,保证油田投资的最优投资规模与结构,实现资源最优配置和资金最佳投向,提高投资效率,保障油田可持续发展和优化运营。

参考文献:

- [1] 全兆松. 国外石油公司投资结构研究及中石化股份有限公司投资结构分析[J]. 经济师, 2003, 15(7): 164-166.
Quan Zhaosong. Study of Foreign Oil Investment Structure and Analysis of Investment Structure of Sinopec Corporation [J]. China Economist, 2003, 15 (7): 164-166.
- [2] 陈玲丽, 陈一君, 林映光. 基于模糊理论的石油工程项目投资决策优化研究[J]. 四川理工学院学报(自然科学版), 2009, 22(3): 117-120.
Chen Lingli, Chen Yijun, Lin Yingguang. Research on the Optimization Investment Decision of Petroleum Engineering Project Based on Fuzzy Theory [J]. Journal of Sichuan University of Science & Engineering (Natural Science Edition), 2009, 22 (3): 117-120.
- [3] 刘金兰, 陈丽华, 郝建春. 石油行业基于模糊决策理论的投资组合优化模型方法[J]. 工业工程, 2005, 8(4): 74-76, 101.
Liu Jinlan, Chen Lihua, Hao Jianchun. A Portfolio Model for Petroleum Industry Based upon Fuzzy Decision-making Theory [J]. Industrial Engineering Journal, 2005, 8 (4): 74-76, 101.
- [4] 刘福顺, 梁海云. 运用目标规划方法优化石油公司投资结构[J]. 西南石油学院学报, 2001, 23(5): 67-69, 76.
Liu Fushun, Liang Haiyun. Application of Objective Programming for the Optimal Investing Structure in Petroleum Company [J]. Journal of Southwest Petroleum Institute, 2001, 23 (5): 67-69, 76.
- [5] 裴国泰, 全兆松, 刘洪波, 等. 中外大石油公司上中下游投资结构对比分析[J]. 国际石油经济, 2002, 10(6): 47-49.
Qiu Guotai, Quan Zhaosong, Liu Hongbo, et al. Comparison and Analysis of Investment Structures Used for Upstream, Middle-stream and Downstream Businesses by Major Chinese and Foreign Oil Companies [J]. International Petroleum Economics, 2002, 10 (6): 47-49.
- [6] 赵厚学, 贾士超. 中外石油公司上中下游投资结构对比分析[J]. 经济师, 2002, 14(5): 288-289.
Zhao Houxue, Jia Shichao. Comparison and Analysis of Investment Structures Used for Upstream, Middle-stream and Downstream Businesses by Chinese and Foreign Oil Companies [J]. China Economist, 2002, 14 (5): 288-289.
- [7] 吕文静. 追求投资结构更优化——中外石油公司投资结构对比[J]. 中国石油企业, 2005, 11(1): 130-132.
Lü Wenjing. Comparison on Investment Structure Between Domestic Oil Companies and Their Counterparts [J]. China Petroleum Enterprise, 2005, 11 (1): 130-132.
- [8] 殷冬青. 石油石化企业经营绩效综合评价指标体系与评价方法[J]. 国际石油经济, 2007, 15(4): 53-57.
Yin Dongqing. A Comprehensive Index of Indicators for Evaluating Petroleum & Petrochemical Enterprise's Performance [J]. International Petroleum Economics, 2007, 15 (4): 53-57.
- [9] 彭贤强, 张宝生, 殷冬青, 等. 石油石化企业绩效指标设计及综合评价研究[J]. 中国管理科学, 2007, 15(增刊1): 687-690.
Peng Xianqiang, Zhang Baosheng, Yin Dongqing, et al. Research on Index System Design and Comprehensive Evaluation of Petroleum & Petrochemical Enterprise Performance [J]. Chinese Journal of Management Science, 2007, 15 (Suppl 1): 687-690.
- [10] 徐经长, 唐圣林. 石油石化企业业绩评价指标体系的构建[J]. 经济理论与经济管理, 2003, (11): 41-45.
Xu Jingchang, Tang Shenglin. Construction of Evaluation System of Petroleum and Petrochemical Enterprise Performance [J]. Economic Theory and Business Management, 2003, (11): 41-45.
- [11] 霍凯琳. 石油石化行业上市公司绩效评价实证研究[J]. 科学决策, 2013, 19(10): 45-62.
Huo Kailin. Empirical Study on the Petroleum and Petrochemical Industry's Performance Evaluation [J]. Scientific Decision-Making, 2013, 19 (10): 45-62.
- [12] 吴枚, 韩文秀, 林盛. 石油公司投资组合优化模型研究[J]. 数学的实践与认识, 2003, 33(4): 13-21.
Wu Mei, Han Wenxiu, Lin Sheng. Study on Portfolio Model in Petroleum Enterprises [J]. Mathematics in Practice and Theory, 2003, 33 (4): 13-21.