

文章编号: 1000-8241(2018)08-0878-07

西气东输改扩建工程经济输量界限的影响因素

公维龙¹ 张志方² 成渊朝² 师书勤² 罗天宝² 相璟瑞²

1. 中国石油管道局工程有限公司设计分公司; 2. 中石油管道有限责任公司西气东输分公司

摘要: 为满足西气东输下游用户对天然气用气的需求,需对近 20 座原有站场、干线阀室进行改扩建。鉴于投资计划资金有限,而下游用户需求较大,有必要对各改扩建项目的经济输量进行研究。根据改扩建工程的实际情况,选取影响因变量(经济输量)最大的 3 个自变量因素(管输费、工程费用及站场定员),借助统计分析软件 SPSS,进行多元线性回归分析。结果表明:自变量和因变量之间存在高度线性相关关系,并得到了两者之间的多元线性回归模型。该模型可用于判定改扩建项目的项目建议书和可行性研究阶段的经济评价工作,能够快速预测各种改扩建项目的经济输量,并对其进行排序,为筛选项目、快速决策提供数据支撑和理论依据。(图 1,表 6,参 20)

关键词: 改扩建工程; 经济输量; 显著性检验; 多元线性回归模型

中图分类号: TE832

文献标识码: A

doi: 10.6047/j.issn.1000-8241.2018.08.006

Influencing factors for the economic output limits of West-East Gas Pipeline upgrading and expansion projects

GONG Weilong¹, ZHANG Zhifang², CHENG Yuanchao², SHI Shuqin², LUO Tianbao², XIANG Jingrui²

1. China Petroleum Pipeline Engineering Co. Ltd. (Engineering);

2. PetroChina West-East Gas Pipeline Company

Abstract: To meet the demand for gas consumption by downstream users of West-East Gas Pipeline Company, it is necessary to upgrade and expand about 20 original gas stations and trunk-line stations. However, the planned investment is limited while the demand of the downstream users is great, so it is essential to study the economic output of each upgrading and expansion project. Three independent variables (pipeline transportation price, engineering cost and manpower of the station) which influence the dependent variable (economic output) the most were selected out according to the actual situations of upgrading and expansion engineering. Then, multivariate linear regression analysis was conducted by virtue of the statistical analysis software SPSS. It is shown that there is a highly linear correlation between independent variables and dependent variable and a multivariate linear regression model between them is established. The model is applicable to make upgrading and expansion projects' proposals and the economic evaluation of feasibility study. In this model, the economic output of upgrading and expansion projects can be predicted quickly and ranked. The model provides the data support and theoretical basis for project selection and rapid decision making. (1 Figure, 6 Tables, 20 References)

Key words: upgrading and expansion projects, economic output, significance test, multivariate linear regression model

在油气管道改扩建工程中,同样的管输价格和改扩建投资,输量大的改扩建工程经济效益较好,输量小的经济效益较差,而输量降低到一定程度则没有经济效益,这便是油气管道改扩建工程的规模效应。因此,经济效益,即利润等于零时的管道输送规模可以作为经济输量的界限值,经济输量的评价可以用经济输量

界限作为改扩建工程的经济评价指标。

1 经济输量界限模型的建立

经济输量界限是油气管道改扩建的一项重要参数,新增输量小于经济输量界限值的改扩建项目没有

建设的价值,而确定经济输量界限的理论依据是盈亏平衡原理,在对管输价格、管输量、总成本、利润等要素之间的相互依存关系进行综合分析的基础上,预测管输量、总成本等因素变化对项目盈亏的影响。通过盈亏平衡分析,可以确定盈亏平衡点(经济输量界限),在盈亏平衡点上,管输收入等于总成本费用。以经济输量界限值为截点,改扩建项目新增输量大于经济输量界限值则有开展的必要,反之则没有开展的必要。

公维龙等^[1]运用技术经济学的相关原理,考虑西

气东输改扩建项目的特殊性,建立了西气东输改扩建项目经济输量界限的经济评价模型。模型建立的总体思路为:税后利润等于零,即总投资=总收入-总成本-税金。其中经济输量是待求值,其他变量均已知。利用西气东输改扩建工程的经验数据和实际数据^[2]对其他参数赋值,得到了关于经济输量的评价模型。

根据经济技术学的评价原理,当整个计算期结束时,总投资=总收入-总成本,即:

$$I_Z = \sum_{t=1}^n 0.987 P Q_R (1+I_r)^{-t} - \sum_{t=1}^n (P_s Q_s + P_d Q_d + P_q Q_q + P_r Q_r + P_q Q_R r_{sh} + C_{zj} + I_Z r_{xl} + C_{yy} + A_{wz} + A_{qz} + C_{qg} + C_{aq} + I_{cq} + I_{ld} + I_{dq} + C_{qy} + C_{tx}) (1+I_r)^{-t} \quad (1)$$

经整理得到:

$$Q_R = \frac{1.26 I_{gc} + \sum_{t=1}^n (P_s Q_s + P_d Q_d + P_q Q_q + P_r Q_r + P_q r_{sh} + C_{zj} + 1.26 I_{gc} r_{xl} + C_{yy} + A_{wz} + A_{qz} + C_{qg} + C_{aq} + I_{cq} + I_{ld} + I_{dq} + C_{qy} + C_{tx}) (1+I_r)^{-t}}{\sum_{t=1}^n (0.987 P - P_q r_{sh}) (1+I_r)^{-t}} \quad (2)$$

式中: I_Z 为总投资, 10^4 元; Q_R 为经济输量(待求值), 10^4 m^3 ; I_{gc} 为工程费用, 10^4 元; t 为评价期限, a; P_s 为水价, 元/ m^3 ; Q_s 为年耗水量, $10^4 \text{ m}^3/\text{a}$; P_d 为电价, 元/($\text{kW}\cdot\text{h}$); Q_d 为年耗电量, 10^4 ($\text{kW}\cdot\text{h}$)/a; P_q 为天然气价格, 元/ m^3 ; Q_q 为站场年耗气量, $10^4 \text{ m}^3/\text{a}$; P_r 为人员工资费用, 10^4 元/(a·人); Q_r 为站场定员, 人; r_{sh} 为输气损耗率, %; C_{zj} 为年固定资产折旧额, 10^4 元/a; r_{xl} 为修理费率, %; C_{yy} 为年其他运营费, 10^4 元/a; A_{wz} 为年无形资产摊销费, 10^4 元/a; A_{qz} 为年其他资产摊销费, 10^4 元/a; C_{qg} 为年其他管理费, 10^4 元/a; C_{aq} 为年安全生产费, 10^4 元/a; I_{cq} 为年长期贷款利息额, 10^4 元/a; I_{ld} 为年流动资金贷款利息额, 10^4 元/a; I_{dq} 为年短期贷款利息额, 10^4 元/a; C_{qy} 为年其他营业费, 10^4 元/a; C_{tx} 为年通信租赁费, 10^4 元/a; P 为管输费, 元/ m^3 ; I_r 为基准收益率, %。

2 多元线性回归分析基本步骤

2.1 基本原理

多元线性回归是指含有多个自变量的线性回归,用于解释因变量与其他多个自变量之间的线性关系^[3]。线性回归分析一般解决以下问题:①确定因变量与若干自变量之间的定量表达式,通常称为回归方程式,并

确定它们之间联系的密切程度;②通过控制可控变量的数值,利用求出的回归方程式来预测或控制因变量的取值和精度;③进行自变量分析,找出最为显著的影响因素,以区别重要因素和次要因素。

多元线性回归分析的理论模型为:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_p x_{ip} + \varepsilon_i, i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

式中: Y_i 为因变量; β_0 为常量; $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ 为回归系数; $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip}$ 为自变量; ε_i 为偏回归系数。

因变量 Y_i 的变化由两部分解释:①由 p 个自变量 x_{ip} 的变化引起的 Y_i 变化部分;②由其他随机因素 ε_i 引起的 Y_i 变化部分,此部分可忽略。

利用 SPSS 线性回归分析,对自变量和因变量作了 n 次观测,得到的观测值为:

$$x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip}, y_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

式中: $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip}$ 分别为第 i 次观测时自变量的取值; y_i 为因变量的观测值。

偏回归系数表示假设在其他所有自变量不变的情况下,某一自变量变化引起的因变量变化的比率。对建立的回归方程进行回归系数显著性检验,检验假设值为 0,即第 i 个偏回归系数与 0 无显著差异。

多元线性回归方程显著性检验可以用复判定系数来解释。判定系数是指回归模型中自变量变异在

因变量变异中所占的比率,此时反映的是因变量的变异由自变量联合解释的比例。复判定系数随着进入回归方程的自变量的个数(或样本容量的大小)的增加而增大。

线性回归进行预测时,其适用范围一般不超过样本中自变量的取值范围,此时求得的预测值称为内插,而超出自变量取值范围所得到的预测值称为外延。若无充分理由说明现有自变量范围以外的任意两变量间仍然是线性关系,则应尽量避免不合理的外延。完成以下步骤,才认为得到的是一个统计学意义上无误的模型。

2.2 散点关系图及数据分布

在回归分析之前,需要对样本资料是否满足要求进行判断。可以先使用相关分析法确定自变量和因变量之间的相关系数,或者运用散点图功能,观察自变量和因变量之间关系,以及奇异值等情况。如果在图中发现有明显远离主题的观测值,则称之为异常点,这些点很可能对正确评价两变量之间关系有较大影响^[4]。

对异常点的识别与处理需要从专业知识和数据特征两方面结合考虑,原因可能是现有回归模型的假设不合理,需要改变模型,也可能是样本造成的误差。

分析因变量的正态性、方差齐性,确定是否可以进行线性回归分析。模拟拟合完毕,通过残差分析结果来考察模型是否可靠。如果变量进行了变换,则应重新绘制散点图并观察数据分布。

2.3 回归预测模型及残差分析

多元线性关系检验是指检验因变量与自变量之间的关系是否显著,也称为总体显著性检验^[5-6]。

在多元线性回归中,线性关系的检验与回归系数

的检验不等价。线性关系检验主要是检验因变量同多个自变量的线性关系是否显著,在 p 个自变量中,只要有一个自变量与因变量的线性关系显著,线性关系的检验就能通过,但这并不意味着每个自变量与因变量的关系都显著。回归系数检验则是对每个回归系数分别进行单独的检验,其主要用于检验每个自变量对因变量的影响是否都显著。如果某个自变量没有通过检验,则意味着该自变量对因变量的影响不显著,就没有必要将该自变量放入回归模型中。

利用检验统计量对回归预测模型进行显著性检验,得到拟合回归直线。

考察数据是否符合模型假设条件,主要包括以下两个方面:①考察残差是否独立,实际上是考察因变量取值是否相互独立,可以采用 DW(Durbin-Waston)^[7] 残差序列相关性进行分析。DW 是一个检验一阶变量自回归形式序列相关问题的统计量,其取值范围为: $0 < DW < 4$ 。DW 统计意义为:若 $DW \approx 2$,表明相邻两点的残差项相互独立;若 $0 < DW < 2$,表明相邻两点的残差项正相关;若 $2 < DW < 4$,表明相邻两点的残差项负相关。②考察残差分布是否正态,实际上是考察因变量趋势是否服从正态分布,可以采用残差列表及相关指标法进行分析。

3 多元线性回归计算

3.1 自变量和因变量的选取

文献[1]中已经建立了关于经济输量界限的函数关系式。鉴于改扩建项目的自身特点和特殊性,暂不考虑年无形资产摊销、年流动资金借款、年短期借款和年通信租赁费,简化公式后得到:

$$Q_R = \frac{1.26 I_{gc} + \sum_{t=1}^n (P_s Q_s + P_d Q_d + P_q Q_q + P_r Q_r + P_q r_{sh} + C_{zj} + 1.26 I_{gc} r_{x1} + C_{yy} + A_{qz} + C_{qg} + C_{aq} + I_{cq} + C_{qy})(1 + I_r)^{-t}}{\sum_{t=1}^n (0.987 P - P_q r_{sh})(1 + I_r)^{-t}} \quad (5)$$

在西气东输改扩建工程中,以下几个参数的取值可以根据工程需要和设计准则进行界定,即可以作为自变量:

3.1.1 管输费

管输是联系天然气生产与消费的纽带,是制约天

然气工业发展的重要因素,而管输费则是管道运输业的主要利润来源和筹资渠道^[8-10]。西气东输以管输费作为其公司的主要营业收入,按照《国家发展改革委关于西气东输天然气价格有关问题的通知》(发改价格[2003]1323号文)规定,推行“一省一价”、“一线一价”

模式,分别计算管道途经省份、自治区、直辖市的转运长度(中卫压气站—沿线各省),收取价格不等的管输费。经测算,管输费为0.375~0.562元/m³。因此将管输费定义为自变量,分别选取0.375元/m³、0.422元/m³、0.468元/m³、0.515元/m³及0.562元/m³进行经济输量界限的测算。

3.1.2 工程费

根据GB 50251—2015《输气管道工程设计规范》和《西气东输站场改扩建导则》的规定,改扩建站场的类型可分为标准站、简化站、无人站、简易站4种类型。每种站场类型的特点均不同:标准站通常具有过滤分离、计量、压力/流量控制功能,工艺流程应满足分输计量、压力/流量控制、站内自用气的需要,必要时还应满足清管功能;简化站是在标准站的基础上精简值守人员和生活设施;无人站是在标准站的基础上满足无人值守的要求;简易站要求站场用地及办公、生活设施均依托下游用户,不征地。经过测算,4种类型站场改扩建的工程费介于2 800×10⁴~3 600×10⁴元。因

此将工程费定义为自变量,分别选取2 800×10⁴元、3 000×10⁴元、3 200×10⁴元、3 400×10⁴元、3 600×10⁴元进行经济输量界限的测算。

3.1.3 站场定员

根据Q/SY 1279—2010《管道运营企业基层站队劳动定员》规定,结合站场的建设规模、管理运行模式,配置直接生产人员和辅助生产人员的定员。不同的建设规模、站场类型及管理方式决定了不同的定员人数。根据现场实际情况,站场定员人数为5~8人。因此将定员定义为自变量,分别选取5人、6人、7人、8人进行经济输量界限的测算。

3.2 基础数据

根据西气东输改扩建项目的经验数据和《建设项目经济评价方法与参数》^[11],结合上述自变量(管输费、工程费、站场定员)的取值,对公式(5)中的各项参数进行赋值(表1)。根据以上经济评价参数,结合选取的自变量,即可得到不同管输费下因变量(经济输量)的汇总表(表2)。

表1 西气东输改扩建工程经济输量界限因素赋值

经济输量/(10 ⁴ m ³)	水价/(元·m ⁻³)	年耗水量/(10 ⁴ m ³ ·a ⁻¹)	电价/[元(kW·h) ⁻¹]	年耗电量/(10 ⁴ kW·h·a ⁻¹)	天然气价格/(元·m ⁻³)	年耗气量/(10 ⁴ m ³ ·a ⁻¹)	站场定员/人	人员费用/(10 ⁴ 元·人 ⁻¹ ·a ⁻¹)	损耗率%
待求	4.7	0.264	0.89	37.8	2.86	0.29	5~8	11	0.2
工程费/(10 ⁴ 元)	其他运营费/(10 ⁴ 元·a ⁻¹)	其他资产/(10 ⁴ 元·a ⁻¹)	年其他管理费/(10 ⁴ 元·a ⁻¹)	年安全生产费/(10 ⁴ 元·a ⁻¹)	年其他营业费/(10 ⁴ 元·a ⁻¹)	基准收益率/%	评价期限/a	管输费/(元·m ⁻³)	修理费率/%
2 800~3 600	1.5	2.91	2.5	1.5	1	8	30	0.375~0.562	2.5

表2 西气东输改扩建工程不同管输费下经济输量

站场定员/人	工程费/(10 ⁴ 元)	经济输量/(10 ⁴ m ³)				
		管输费0.375元/m ³	管输费0.422元/m ³	管输费0.468元/m ³	管输费0.515元/m ³	管输费0.562元/m ³
5	2 800	1 204	1 068	960	872	799
	3 000	1 262	1 120	1 007	915	838
	3 200	1 322	1 173	1 054	958	877
	3 400	1 379	1 224	1 100	999	915
	3 600	1 438	1 276	1 147	1 042	954
6	2 800	1 244	1 106	995	903	827
	3 000	1 305	1 158	1 041	946	866
	3 200	1 365	1 211	1 089	989	906
	3 400	1 422	1 262	1 135	1 030	944
	3 600	1 481	1 314	1 181	1 073	983

续表

站场定员 /人	工程费 /(10^4 元)	经济输量/(10^4 m ³)				
		管输费 0.375 元/m ³	管输费 0.422 元/m ³	管输费 0.468 元/m ³	管输费 0.515 元/m ³	管输费 0.562 元/m ³
7	2 800	1 289	1 144	1 029	934	856
	3 000	1 348	1 196	1 075	977	894
	3 200	1 407	1 249	1 123	1 020	934
	3 400	1 465	1 300	1 169	1 061	972
	3 600	1 524	1 352	1 215	1 104	1 011
8	2 800	1 332	1 182	1 063	965	884
	3 000	1 391	1 234	1 109	1 008	923
	3 200	1 450	1 287	1 157	1 051	962
	3 400	1 508	1 338	1 203	1 092	1 000
	3 600	1 566	1 390	1 250	1 135	1 039

3.3 测算结果

3.3.1 样本数据关系

以表 2 中的经济输量界限值为样本数据,在定员为 5 人的情况下,得到经济输量、工程费与管输费之间的关系图(图 1)。分析可知:自变量因素(工程费和管输费)与因变量因素(经济输量界限值)基本呈斜上直线变化,且没有出现偏差较大的奇异值,因此可以判断自变量和因变量之间存在线性相关关系。

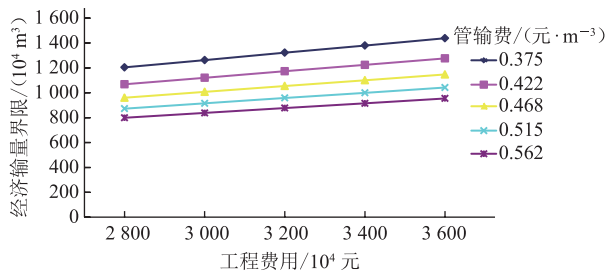


图 1 西气东输改扩建工程经济输量界限值样本数据关系图

3.3.2 回归模型

运用 SPSS^[12-13],以管输费、工程费、站场定员为自变量,经济输量为因变量,进行线性回归分析,得到回归模型计算值(表 3)。分析可知:相关系数和复判定系数接近 1,说明建立的回归方程拟合较好,即经济输量、管输费、工程费与站场定员之间存在高度线性相

表 3 西气东输改扩建工程经济输量多元回归模型计算值

相关系数	复判定系数	经调整的复判定系数	标准估计的误差	DW 统计量
0.992	0.984	0.983	23.684 57	0.099

关。DW 数值为 0.099,说明因变量相邻两点的残差项正相关。

3.3.3 方差分析

运用 SPSS 得到关于自变量和因变量的方差分析表(表 4)。分析可知:当回归方程包含不同的自变量时,其显著性概率为 0,小于显著性水平 0.05,说明拒绝总体回归系数为 0 的原假设^[14-15]。因此,回归方程应该包含这 3 个自变量。

表 4 西气东输改扩建工程经济输量多元回归模型方差分析

方差分析	平方和	自由度	均方根	检验量	显著性概率
回归	3 285 060.80	3	1 095 020.30	1 952.05	0
残差	53 852.05	96	560.96	—	—

3.3.4 线性回归方程系数

运用 SPSS 得到线性回归方程系数(表 5)。分析可知:管输费对经济输量有反向性影响,工程费和站场定员对经济输量有正向性影响;管输费对经济输量变化的影响最大,工程费次之,站场定员对经济输量的影响最小;回归系数的显著性概率为 0,均小于显著性水平 0.05,说明自变量和因变量间存在线性相关性,具有统计学意义^[16-17]。

表 5 西气东输改扩建工程经济输量多元线性回归方程系数

常量与因变量	非标准化系数	标准化系数	标准误差	回归系数检验统计量	显著性概率
常量	1 298.840	—	34.580	37.57	0
管输费	-2 477.660	-0.896	35.860	-69.09	0
工程费	0.239	0.369	0.008	28.49	0
站场定员	34.880	0.213	2.120	16.47	0

经过上述计算和分析,可以得到关于经济输量、管输费、工程费及站场定员的线性回归方程:

$$Q_R = 1\,298.84 - 2\,477.66P + 0.239I_{gc} + 34.88Q_r \quad (6)$$

3.3.5 残差统计量

残差是指回归方程计算得到的预测值与实际样本值之间的差距^[18]。对于上述线性回归分析来说,方程能够较好地反映被解释变量的特征和规律,因此残差序列中不包含明显的规律性。运用 SPSS 得到残差统计量结果(表 6)。分析可知:由于其残差均值为 0,因此残差服从正态分布,即因变量趋势服从正态分布^[19-20]。同时验证了计算得到的多元线性回归方程是成立的。

表 6 西气东输改扩建工程经济输量多元回归模型残差统计量

残差分析	极小值	极大值	均值	标准偏差	样本数
预测值	748.80	1 507.62	1 128.46	182.16	100
残差	-27.67	58.38	0	23.32	100
标准预测值	-2.08	2.08	0	1.00	100
标准残差	-1.17	2.46	0	0.98	100

3 结论

(1)根据西气东输改扩建项目的自身特点和特殊性,简化了关于经济输量的函数关系式,在不考虑无形资产、年流动资金借款、年短期借款及年通信租赁费的情况下,建立了关于经济输量界限的函数关系式。在管输费分别取 0.375 元/m³、0.422 元/m³、0.468 元/m³、0.515 元/m³、0.562 元/m³,工程费分别取 2 800×10⁴元、3 000×10⁴元、3 200×10⁴元、3 400×10⁴元、3 600×10⁴元,站场定员分别取 5 人、6 人、7 人、8 人的条件下,计算得到了经济输量的样本数据表。

(2)根据线性回归分析的相关原理,运用统计分析软件 SPSS,对样本数据进行测算,发现其相关系数达到 0.992,复判定系数为 0.984,显著性值为 0,证明因变量(经济输量)和自变量(管输费、工程费、站场定员)存在高度线性相关性。其中管输费对经济输量变化影响程度最大,其次为工程费,影响最小的是站场定员。最终得到关于经济输量、管输费、工程费、站场定员的多元回归预测模型。

(3)对西气东输改扩建项目可研进行经济评价时,可以借助上述多元回归预测模型。当改扩建项目的管输费、工程费、站场定员一定时,可以计算得到经济输

量。将经济输量与下游用户的用气需求量进行比较,如果经济输量大于下游用户的用气需求量,表明项目在经济上不可行;如果经济输量小于下游用户的用气需求量,表明项目在经济上可行。该评价方法适用于判定改扩建项目的项目建议书和可行性研究阶段,有助于建设单位快速把握机会、迅速决策、占领市场。

参考文献:

- [1] 公维龙,姜宏.西气东输改扩建的工程经济输量界限研究[J].西南石油大学学报(社会科学版),2016,18(4):8-13.
GONG W L, JIANG H. A study on economic output limits of the reconstruction and expansion of West-East gas pipeline project[J]. Journal of Southwest Petroleum University(Social Sciences Edition), 2016, 18(4):8-13.
- [2] 张莹,唐盛,姜翔飞,等.基于 3G 的监控系统在管道改扩建工程的应用[J].油气储运,2015,34(5):544-546.
ZHANG Y, TANG S, JIANG X F, et al. Application of 3G-based monitoring system in pipeline expansion and reconstruction projects[J]. Oil & Gas Storage and Transportation, 2015, 34(5):544-546.
- [3] 陈武,向杭,陈尘.一元线性回归方程估计标准误差的新认识[J].统计与决策,2017,12(2):2-3.
CHEN W, XIANG H, CHEN C. New understanding of standard error in estimating linear regression equation[J]. Statistics and Decision, 2017, 12(2):2-3.
- [4] 徐云龙,李颖华,马永军.大学生素质拓展的散点图研究法[J].时代教育,2015,11(21):50.
XU Y L, LI Y H, MA Y J. A scatter plot study of college's quality development[J]. Time Education, 2015, 11(21):50.
- [5] 贾俊平,何超群,金勇进.统计学[M].北京:中国人民大学出版社,2015:303-304.
JIA J P, HE C Q, JIN Y J. Statistics[M]. Beijing: Renmin University of China Press, 2015:303-304.
- [6] 黄渝祥,邢爱芳.工程经济学[M].上海:同济大学出版社,1995:8.
HUANG Y X, XING A F. Engineering economic[M]. Shanghai: Tongji University Press, 1995:8.
- [7] JOEL P. Conference to highlight HSE best practices, challenges[J]. Journal of Petroleum Technology, 2008, 60(1):40-41.
- [8] 郭海涛,赵忠德,周淑慧,等.天然气储运设施第三方准入机制

- 及其关键技术要素[J]. 国际石油经济, 2016, 24(6): 12-18.
- GUO H T, ZHAO Z D, ZHOU S H, et al. The third party access mechanism and its key technical factors for natural gas storage and transportation facilities[J]. International Petroleum Economics, 2016, 24(6): 12-18.
- [9] 高芸, 张长缨, 高钰杰, 等. 2016年中国天然气市场发展述评及2017年展望[J]. 天然气技术与经济, 2017, 11(2): 61-66.
- GAO Y, ZHANG C Y, GAO Y J, et al. Review of China's natural gas market in 2016 and outlook for 2017[J]. Natural Gas Technology and Economy, 2017, 11(2): 61-66.
- [10] 张孝松. 对天然气管输费合理计收理论依据的探讨[J]. 西安石油学院学报(社会科学版), 2003, 12(1): 49.
- ZHANG X S. The rationale for reasonable calculation of the cost of natural gas pipeline transportation[J]. Journal of Xi'an Petroleum Institute(Social Sciences), 2003, 12(1): 49.
- [11] 国家发展与改革委员会. 建设项目经济评价方法与参数[M]. 北京: 中国计划出版社, 2006: 15-16.
- National Development and Reform Commission. Economic evaluation method and parameters of construction project[M]. Beijing: China Planning Press, 2006: 15-16.
- [12] 沈渊, 吴丽民, 许胜江. SPSS17.0(中文版)统计分析及应用实验教程[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2013: 122-124, 132-133.
- SHEN Y, WU L M, XU S J. SPSS17.0 (Chinese edition) statistical analysis and application experiment course[M]. Hangzhou: Zhejiang University Press, 2013: 122-124, 132-133.
- [13] 余建英, 何旭宏. 数据统计分析与SPSS应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2003: 99-100.
- YU J Y, HE X H. Data statistics analysis and SPSS application[M]. Beijing: Posts & Telecom Press, 2003: 99-100.
- [14] NANCY L. A new accident model for engineering safer systems [J]. Safety Science, 2004, 42(4): 237-240.
- [15] LYN A. Progress and challenges for health, safety, and the environment in exploration and production[J]. Journal of Petroleum Technology, 2006, 58(2): 45-49.
- [16] 陈尘, 公维龙, 钟雨师, 等. 深层油气藏经济储量评价研究[J]. 钻采工艺, 2010, 33(1): 54-56.
- CHEN C, GONG W L, ZHONG Y S, et al. Study on the evaluation of economic reserves of deep oil and gas reservoirs[J]. Drilling & Production Technology, 2010, 33(1): 54-56.
- [17] 钟雨师, 陈尘, 公维龙, 等. 深层超深层油气藏最优经济储量界限研究[J]. 钻采工艺, 2010, 33(1): 66-69.
- ZHONG Y S, CHEN C, GONG W L, et al. Study on the optimal economic reserves of deep and ultra oil and gas reservoirs [J]. Drilling & Production Technology, 2010, 33(1): 66-69.
- [18] 罗洪群, 陈武. 低渗透气田经济极限储量界限研究[J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 2011, 33(3): 169-172.
- LUO H Q, CHEN W. Study on the limit of economic limit reserves in low permeability gas field[J]. Journal of Southwest Petroleum University (Science & Technology Edition), 2011, 33(3): 169-172.
- [19] 郑洪龙, 黄维和. 油气管道及储运设施安全保障技术发展现状及展望[J]. 油气储运, 2017, 36(1): 1-7.
- ZHENG H L, HUANG W H. Development status and prospect of safety insurance technologies for oil & gas pipelines and storage and transportation facilities[J]. Oil & Gas Storage and Transportation, 2017, 36(1): 1-7.
- [20] 彭祥, 胡峻, 徐铭. 管道建设项目后评价的成功度评价法[J]. 油气储运, 2014, 33(6): 632-635.
- PENG X, HU J, XU M. Success degree evaluation method for post-evaluation of pipeline project[J]. Oil & Gas Storage and Transportation, 2014, 33(6): 632-635.
- (收稿日期: 2017-02-20; 修回日期: 2018-05-26; 编辑: 杜娟)

基金项目: 中国石油西气东输管道公司科研项目“西气东输管道经济输量专项研究”, G2016-181.

作者简介: 公维龙, 男, 1985年生, 经济师, 2010年硕士毕业于西南石油大学技术经济专业, 现主要从事油气管道经济评价方面的研究工作。地址: 河北省廊坊市广阳区和平路146号, 065000。电话: 13816947716, Email: cppenlong@cnpc.com.cn