

原油长输管道油电损耗的回归预测

云辉, 隋富娟

(辽宁石油化工大学机械工程分院, 辽宁 抚顺 113001)

摘 要: 对于管道运输来说, 影响输油成本变化的因素有很多, 但是对总成本影响最大的是油电损耗费用。为了更深入地探索输油过程中输量对能量消耗的关系, 以某输油管线多年来输量及油、电耗数据为观测值, 用数理统计方法, 假想了可能出现的几种待定模型, 通过比较各模型的拟合优度, 确定输量影响油、电消耗的最佳拟合方程和拟合曲线。

关键词: 输油管线; 能耗; 油电损耗; 回归预测

中图分类号: TE832. 2; O212

文献标识码: A

0 前言

原油常输管道的加热输送是高粘、高凝原油的主要输送方式。它需要外界提供动力和热力, 而输油管道的工艺计算要妥善地解决管路沿线的能量消耗和能量供给这对矛盾, 以达到安全、经济地完成输送任务的目的。具体地说, 在运行过程中, 根据输送的条件, 找出输油站工作特性和管路中压能和热能的损失规律, 以确定最佳流动资金额。本文的目的就是以某管线为例, 用数理统计的方法对长输管线油、电损耗进行预测, 建立了长距离输油管道输送的数学模型, 并用回归分析方法, 编制了一个计算待定模型的拟合方程和拟合曲线程序, 以求得输量与电单耗间的函数关系。

1 理论依据

1.1 采用一元回归方法进行动力消耗预测的理论依据^[1]

油品粘度、管线长度、流量和管径对管线动力消耗的影响依次增强, 对某一具体管线而言; 如果管径和管的长度固定不变, 管内壁粗糙度也可认为是不变的, 所输油品也是一定的, m 和 ρ 值, 对某一固定

流态, 也是一常数, 则油品粘度随温度的变化规律(即粘温特性)也是一定的, 而这种温度变化的粘度对摩阻的影响已经包容在历史统计资料中。因此, 在研究某一具体管线输量对动力消耗的影响时, 其它因素可视为固定因素。则动力消耗 Q_D 是关于输量 Q 的单一函数, 即 $Q_D = f(Q)$ 。根据流体力学常识, 管道中的水力摩阻为^[2]:

$$h_1 = \beta \frac{Q^{2-m} \gamma^m}{d^{5-m}} \cdot L \quad (1)$$

式中 h ——水力摩阻(沿程), m;

β ——层流时, $\beta = 4.15$; 水力光滑时, $\beta = 0.0246$; 混合摩擦时, $\beta = 0.0802 \times$

$10^{0.127 \lg \frac{e}{d} - 0.0627}$; 粗糙区时, $\beta = 0.0802$

$\times 0.11 \left(\frac{e}{d} \right)^{0.25}$;

e ——管道内壁粗糙度, m;

Q ——体积流量, m^3/s ;

m ——层流时, $m = 1$; 水力光滑时, $m = 0.25$; 混合摩擦时, $m = 0.123$; 粗糙区时, $m = 0$;

γ ——运动粘度, m^2/s ;

d ——管道内径, m;

L ——管道长度, m。

收稿日期: 2003-05-14; 修回日期: 2003-06-27

作者简介: 丁云辉(1978-), 男, 辽宁绥中人, 在读硕士研究生。电话: (0413)6653150。

1.2 采用一元回归方法进行热量消耗预测的理论依据^[1]

据传热学知,为满足输油工艺要求,原油升温所需热量要满足方程式^[3]为

$$Q_{\text{热}} = Q \cdot \rho \cdot C \sum_{i=1}^n (T_R - T_Z) \quad (2)$$

式中 $Q_{\text{热}}$ ——单位时间内油品升温所需要的热量, kJ;

Q ——体积流量, m^3/s ;

C ——油品比热容, $\text{kJ}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}$;

T_R ——第 i 站出站温度, $^\circ\text{C}$;

T_Z ——第 $i+1$ 站进站温度, $^\circ\text{C}$;

ρ ——油品密度, kg/m^3 。

式(2)中 T_Z 和 T_R 的关系如下^[4] (摩擦产生的温升相对较小,未加考虑):

$$T_Z = T_0 + (T_R - T_0)e^{-al_R} \quad (3)$$

式中 T_0 ——管道埋深处土壤温度, $^\circ\text{C}$;

l_R ——站间距, m。

$$a = \frac{K\pi D}{GC} = \frac{K\pi D}{Q\rho C} \quad (4)$$

其中 K ——总传热系数, $\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$;

D ——管道内径, m;

G ——管道质量流量, kg/s 。

其它符号同上。将式(3)、(4)代入式(2),得:

$$Q_{\text{热}} = Q \cdot \rho \cdot C \sum_{i=1}^n \left[T_R - T_0 - (T_R - T_0)e^{-\frac{K\pi D l_R}{Q\rho C}} \right] \quad (5)$$

由式(5)可知,原油升温所需的热量,取决于体积流量、流体密度、比热容和各站的进出站温差,而流体密度、比热容尽管也随温度变化,但取定常值足以满足预测结果在允许范围内。至于各站温差的变化。在地温相近的情况下(统计数据要按月分组就是保证这个条件)也是输量的函数。当输量增加时,各进出站温差都降低,因此,由式(5)知公式(2)中 $\sum_{i=1}^n (T_R - T_Z)$ 不是独立变化的,也是输量的函数,所以在地温相近的条件下,最终影响热量消耗的还是输量。因此,热量消耗 $Q_{\text{热}}$ 是关于输量 Q 的单一函数,即 $Q_{\text{热}} = f(Q)$ 。

由式(1)和(5)可以看出,输油管线油电损耗在理论上与输油流量有直接的因果关系,这就是采用回归方法进行预测的理论依据。

2 计算过程

本文根据回归分析方法编制了一个采用一元回归的程序,只需数组(要求历史数据最少取 20~25 组,否则产生的误差可能较大)输量与油或电单耗的对应数据,就可对长输管线中的油电损耗进行预测,运行程序,输入数据,即可求出输量和油或电单耗的最可能的函数关系式。求出关系式后,只要给定任一输量值,即可求出油或电单耗的预测值。

3 曲线回归方程的优选

曲线方程的变化是多种多样的,在众多的曲线模型中,选用哪几种最能接近数据散点的分布趋势呢?在工程流体力学中,前人的研究成果表明:流体在管道中流动,流量对动力消耗的影响是随流态变化的。在层流区,摩阻 $h \propto Q^1$;在水力光滑区, $h \propto Q^{1.75}$;在混合摩擦区, $h \propto Q^{1.875}$;在阻力平方区, $h \propto Q^2$ (其中 h 为沿程摩阻, m; Q 为流量, m^3/s)。这充分说明:输量对动力消耗的影响呈幂指数关系,且指数在 1~2 之间变化。由于流量和沿程温度的变化,在某一期管内流体的流动状态不一定相同,这样,流量对动力消耗的影响也会偏离幂指数关系,而呈现其它的函数形式。而热量单耗也是输量的单一函数。对于式(5)中的 $e^{-\frac{K\pi D l_R}{Q\rho C}}$ 的影响使得输量对热量消耗的影响也呈幂指数关系,且指数在 1~2 之间变化。但在实际输送过程中,由于输量和沿程温度的变化,在某一期管内流体的流动状态不一定相同,这样,流量对热量消耗的影响可能也会偏离指数关系,而呈现其它的函数形式。

为此,本文构想了这种变化可能出现的 9 种函数形式,并逐一回归(由计算程序完成),通过比较 9 种回归方程的相关指数,优选最佳拟合方程。

4 算例

本文搜集并整理了长春—吉林 $\Phi 323.9 \times 6$ 管线 1990~1995 年共 5 年间各月的输油量及电单耗,共计 60 组数据作为回归预测资料(见表 1)。根据上述数据,在以输量为横坐标 x ,以电单耗为纵坐标

y 的坐标系中,作出散点图(见图 1)。

表 1 月输量与电单耗观测值数据

输油量 / 10^4 t	电单耗 / $\text{kW}\cdot\text{h}(10^4\text{ t}\cdot\text{km})^{-1}$	输油量 / 10^4 t	电单耗 / $\text{kW}\cdot\text{h}(10^4\text{ t}\cdot\text{km})^{-1}$
76.41	153.96	108.44	185.91
83.40	159.63	109.34	188.52
86.59	162.52	110.21	186.46
87.68	163.20	110.73	186.54
87.96	159.51	111.05	188.35
87.96	161.51	112.27	187.30
91.77	165.15	113.40	190.42
92.31	165.37	114.84	191.43
92.42	167.06	115.46	193.57
92.68	169.51	117.33	194.86
92.85	168.23	119.24	196.93
92.85	167.31	119.03	198.54
92.86	169.75	120.67	200.45
93.05	169.39	123.11	203.76
93.11	166.27	124.57	202.29
93.42	168.94	124.92	203.19
100.26	173.56	126.41	205.67
100.42	174.20	127.24	208.35
100.94	174.08	127.36	211.23
101.29	175.84	127.44	212.96
103.10	181.77	128.46	215.71
104.22	180.26	129.49	214.23
104.85	182.94	129.49	214.53
105.11	183.17	131.74	216.53
105.34	183.14	129.62	216.11
106.12	184.20	131.46	214.26
106.31	186.77	132.57	217.58
106.38	182.15	133.26	219.73
106.68	184.77	136.79	226.64
108.02	186.73	138.82	230.53

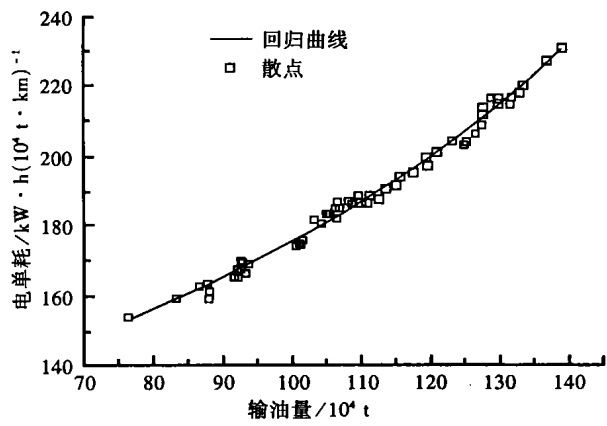


图 1 输油量、电单耗的散点分布和拟合曲线

以电耗为例建立预测模型,将已知数据输入程序,结果见表 2。

表 2 计算结果

预测模型	模型参数		相关系数 r
	a	b	
$y=a+bx$	53.123 7	1.231 71	0.982 903
$y=a+b\log(x)$	-429.924	303.658	0.965 301
$y=\frac{1}{a+b\cdot\exp(-\pi)}$	0.005 349 52	1.753 25e+030	0.072 455 2
$y=1/(a+bx)$	0.009 185 46	-3.479 78e-005	0.990 299
$y=x/(a+bx)$	0.394 292	0.001 698 33	0.971 44
$y=ax^b$	7.003 57	0.701 033	0.978 422
$y=a\cdot\exp(\frac{b}{x})$	370.754	-73.389 3	0.956 31
$y=a\cdot\exp(bx)$	91.539	0.006 524 29	0.989 193
$y=a\cdot\exp(bx^2)$	130.137	2.963 97e-005	0.989 753

由文献[5] 可知,表 2 中预测模型(1)、(2)、(4)、(5)、(6)、(7)、(8)和(9)的相关指数均满足显著性检验条件。其中方程(4)是显著性最高的。所以,第 4 个方程为最优拟合方程,方程形式为, $y=1/(a+b\times x)$ 。

则电单耗 $y_{\text{电}}$ 随输量 x 变化的拟合方程为: $y_{\text{电}}=10\,000/(91.854\,6-0.347\,978x)$ 。

拟合方程曲线如图 1 所示。

5 结论

本文运用一元回归方法建立了电单耗随输量变化的预测模型。根据预测模型可计算出任一给定输量下的电单耗。该数学模型的建立,进一步反映了输油管道输送过程中输量与能量的关系。从而为整条输油管道最佳资金额度的计算提供了可靠的依据。

参考文献:

[1] 闫宝东. 热输管线油电损耗的回归预测[J] . 油气储运, 1993, 12(5): 36-40.
[2] 王树立, 马贵阳. 化工流体力学[M] . 北京: 中国林业出版社, 2000. 163-190.
[3] 俞佐平. 传热学[M] . 北京: 高等教育出版社, 1995. 1-7.
[4] 严大凡. 输油管设计与管理[M] . 北京: 石油工业出版社, 1986. 56-62.
[5] 中国科学院研究所数理统计组. 回归分析方法[M] . 北京: 科学出版社, 1974. 1-200.

ABSTRACT: LNG is a colorless, tasteless, non-poisonous and non-corroding gas. Its volume when it is gaseous is 600 times than it is liquid. It is an effective supply form of natural gas. Described are equipments and process flows applied in Baoying LNG filling station, standards followed, some considerations and useful solutions during station construction.

KEY WORDS: LNG; Gas supply station; Construction

CORROSION AND CORROSION CONTROL

Reason Analysis on Corrosion in Oil Tank Wall and Countermeasure

Zhang Minghua (PetroChina Chemical Co. Changling Refining Company Oil and Port Department, Yueyang, Hu'nan, 414013, China) **NGO**, 2004, 22(2): 32 ~ 33

ABSTRACT: Analysis is made on wall corrosion in 14 # crude oil tank of Changling Refining Company Oil and Port Department. The results show that this corrosion is caused by water entering the insulating layer. After oil tank structure was reformed, the rigor-ousness of oil tank protective layer has been improved and above-mentioned problems have been solved effectively.

KEY WORDS: Oil tank; Oil tank wall corrosion; Crude oil analysis; Countermeasure

OIL & GAS TREATING AND PROCESSING

Application of Clinsulf-SDP Sulfur Recovery Process in Dianjiang Branch Plant

Du Tonglin, Peng Lei, Zhou Ping (China Petroleum Engineering Co., Ltd. Southwest Company, Chengdu, Sichuan, 610017, China) **NGO**, 2004, 22(2): 34 ~ 36

ABSTRACT: Described are design, acceptance test and operation of Clinsulf-SDP unit in Dianjiang Branch of Chongqing Natural Gas General Purification Plant. Analyzed are some problems occurring during operation and stated are some knowledge to the unit.

KEY WORDS: Clinsulf-SDP process; Acceptance test; Operation; Reason; Knowledge

Development of Dual Purpose Oil for Tractor Transmission and Hydraulic System

Han Deqi, Xue Longyu, Guo Lili, Sun Suhong (He'nan Oil Exploration Administration Nanyang Wax Fine Chemical Plant, Nanyang, He'nan, 473132, China) **NGO**, 2004, 22(2): 37 ~ 39

ABSTRACT: Described is development of dual-purpose oil for tractor transmission and hydraulic system. Normally refined vacuum distillates of paraffinic Nanyang crude oil are used as base stocks and are packaged with composite additives. The relative properties of the dual-purpose oil meet corresponding requirements of U. S. John Deer Co.'s J20A. This oil can be used in both transmission and hydraulic system in high power tractor and engineering machinery.

KEY WORDS: Diesel oil; Transmission oil; Hydraulic oil; Additive

INSTRUMENTATION AND AUTOMATATION

Clinsulf-SDP Sulfur Recovery Auto-Control Feature and Principle

Tan Zhiqiang (PetroChina Southwest Oil and Gas Field Branch Chongqing General Gas Purification Plant, Changshou, Chongqing, 410259, China)

Luo Bin, Chen Xiaobo (PetroChina Southwest Oil and Gas Field Branch Chongqing General Gas Purification Plant Dianjiang Branch, Dianjiang Chongqing, 408323, China) **NGO**, 2004, 22(2): 53 ~ 56

ABSTRACT: The Clinsulf-SDP sulfur recovery technique is one of the extended advanced CLAUSE techniques at present. It is the first imported set of industrialized unit in China, as well as the second one so far in the world. Its process is simple and clear, however, its control is relatively complicated. Introduced is the control principle of the Clinsulf-SDP sulfur recovery unit and analysis is made on the basic features of different control chain. Through introduction and analysis its advanced control principle can be recognized better.

KEY WORDS: Auto-Control feature; Principle; Introduction

MACHINERY AND EQUIPMENT

Regression Forecast of Oil/Power Consumption in Long Distance Oil Pipeline

Ding Yunhui, Sui Fujuan (Liaoning PetroChemical University Machinery Engineering College, Fushun, Liaoning, 113001, China) **NGO**, 2004, 22(2): 61 ~ 63

ABSTRACT: There are a lot of factors affecting the oil transportation capital in oil pipelines, but the consumption of electricity and fuel oil in pipelines is the most important one. Taking the data of throughput rate and oil/power consumption for many years in an oil pipeline as observed values, by using mathematical statistic, a few possible model equations are supposed to make a more throughput rate study on the effect of throughput rate on energy consumption. After comparing the goodness of fit of each equation, optimum fitted equation and fitted curve affecting oil/power consumption are determined.

KEY WORDS: Oil pipeline; Energy consumption; Oil/power consumption; Regression forecast