

# 水下穿越管道可变荷载的统计分析

蒲爱华\* 姚安林

(西南石油学院)

蒲爱华 姚安林:水下穿越管道可变荷载的统计分析,油气储运,1998,17(8) 7~10,26。

**摘要** 基于水下穿越管道所受可变荷载的随机性,采用平稳二项随机过程作为可变荷载的概率模型,并利用该模型的基本特性,得出了设计基准期内可变荷载最大值的概率分布函数  $F_M(x)$  与任意时点概率分布函数  $F(x)$  之间的实用关系式。对于裸露悬空水下穿越管道承受的动水荷载,采用相关模型理论计算管道的动力响应幅值,进而求出管道所受的动应力,最后根据水下穿越管道服役期内的荷载状况将其划分为空管状态、正常运行状态、裸露悬空状态等三个服役阶段,并针对这三种状态的管道分别进行荷载效应组合。上述可变荷载统计分析方法符合在役水下穿越管道可变荷载的实际情况,其结果可作为水下穿越管道可靠性分析与设计的参考。

**关键词** 水下管道 荷载 效应组合 分析

## 一、荷载概率模型的选定

水下穿越管道承受的荷载主要包括管道自重、输送介质重、土压力、静水压力、输送介质内压以及温度荷载。工程经验表明,管道自重、介质重、土压力、静水压力在管道服役期内变化较小,故可按恒载考虑;而输送介质内压、动水荷载、温度荷载在管道服役期内,其量值随时间变化,并且其变化与平均值相比不可忽略,因此必须按可变荷载分析。

对于恒载,因其量值不随时间变化或变化很小可忽略不计,故其统计规律与时间参数无关。因此,其概率模型的确定比较简单,一般用随机变量描述。目前尚未收集到有关管道实际荷载的统计资料,故参照文献[1,2],设定水下穿越管道的恒载为服从正态分布的随机变量。

由于可变荷载在时间和空间上均表现出随机性,因此可用随机过程加以描述。但目前缺乏对水下穿越管道可变荷载广泛的调查、试验和统计分析,尚不能确切地掌握荷载的全部信息,只能尽可能考虑荷载现象的主要方面,选择有利于数据收集与计算分析的随机过程概率模型。根据可变荷载的特性,采用平稳二项随机过程作为可变荷载的概率模型。

对于平稳二项随机过程模型,必须通过荷载调查获得三个统计要素,设计基准期  $T$  内荷载变动次数  $r$  (或荷载变动一次的平均延续时间  $\tau$ )、任一时段上  $Q(t)$  出现的概率  $P$ 、任意时点荷载概率分布  $F_Q(x)$ 。现在所涉及的可变荷载均属于持久性活荷载 ( $P=1$ )。根据文献[3]中的规定,取水下穿越管道的设计基准期为 50 a,时段长度为 1 a,即  $r=50$ ,  $\tau=1$ 。对于输送介质内压、温度、动水荷载,任意时点荷载概率分布函数服从正态分布<sup>[4,5]</sup>(见图 1)。

目前在结构可靠性分析中广泛应用的一次二阶矩理论将结构中各种基本变量均视作随机变量,因此,为与该理论相适应,需将上述可变荷载的随机过程转换为随机变量来考虑。从保证结构安全可靠的角度出发,根据文献[3]中的规定,采用在设计基准期内可变荷载的最大值  $Q_M$  (随机变量)代替随机过程  $\{Q(t), 0 \leq t \leq T\}$ 。根据平稳二项随机过程的特性,经过数学转换和计算,可得到实用的设计基准期内可变荷载最大值  $Q_M$  的概率分布函数  $F_M(x)$  与任意时点概率分布函数  $F(x)$  之间的近似关系式:

$$F_M(x) \approx [F(x)]^m \quad (x \geq 0) \quad (1)$$

式中,  $m = pr$  即为荷载在设计基准期内平均出现次数。需要说明的是,对于每一时段  $\tau_i$  上必然出现的荷载,即  $P=1$  时的荷载,式(1)为精确的等式;

\* 637001,四川省南充市;电话:(0817)2255578。

而在每一时段  $\tau_i$  上出现概率  $P \neq 1$  的荷载, 该式则为经近似处理而得的关系式。

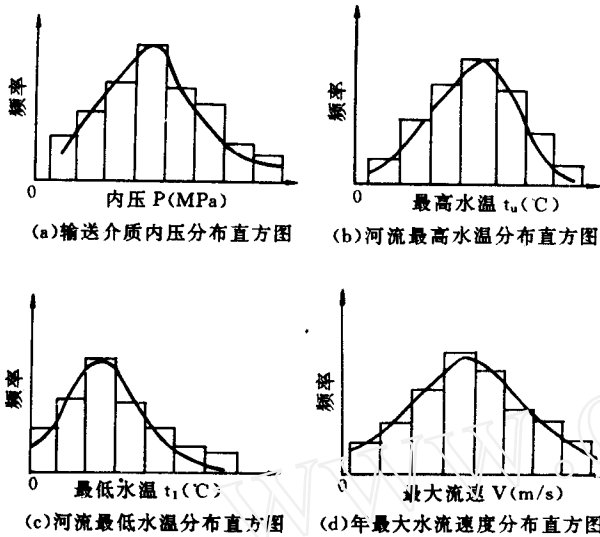


图 1 分布直方图

## 二、水下穿越管道动应力计算

当水下穿越管道因水流冲刷出现裸露悬空管段时, 管道承受的动水荷载是影响其安全可靠性的主要因素。采用相关模型理论计算管道的动力响应幅值, 用管道的振型函数表达管道上各点的动位移响应, 进而求出管道承受的动应力。

### 1、水下穿越管道位移响应幅值计算

由于河床受到冲刷, 埋在河床下的管道裸露悬空后形成两端弹性固定梁, 如图 2 所示。

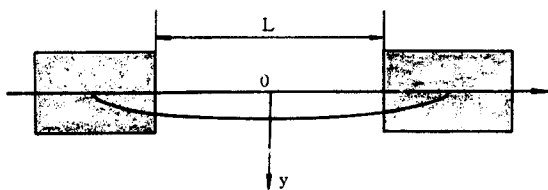


图 2 悬空管段示意图

稳态振动时主坐标响应幅值  $A_j$ , 由下述公式计算:

$$A_j = \frac{GD_1 C_y}{\omega_n^2 \sqrt{(1 - \gamma_j^2)^2 + 4 \xi_j \gamma_j^2}} \quad (2)$$

$$\gamma_j = \omega_s / \omega_n \quad (3)$$

$$\omega_s = 2 \pi \frac{SV}{D} \quad (4)$$

$$\omega_n = \frac{a}{L^2} \sqrt{\frac{EI}{m}} \quad (5)$$

$$G = \frac{\omega_s^2}{8 \pi^2 \frac{m}{\gamma_s D_1^2} S^2} \int_0^L \Phi(x) dx / \int_0^L \Phi^2(x) dx \quad (6)$$

式中  $C_y$ ——取决于管道表面的粗糙度和水流态的系数;

$L$ ——悬空段跨长;

$D_1$ ——管道外直径;

$\omega_n$ ——管道固有频率;

$\xi_j$ ——阻尼比;

$\omega_s$ ——水流激振频率;

$V$ ——河面水流速度;

$a$ ——边界条件系数, 当两端固定时:  $a = 22.37$ , 当一端固定、一端铰接时:  $a = 15.4$ , 当两端铰接时:  $a = 9.87$ ;

$m$ ——单位长度管道质量;

$E$ ——管材弹性模量;

$I$ ——管道横截面惯性矩;

$\Phi(x)$ ——管道振型函数, 视两端支承情况按文献[6]选取;

$\gamma_s$ ——管材密度;

$S$ ——Strouhal 数。

### 2、裸露悬空水下穿越管道动应力计算

由工程经验可知, 大多数裸露悬空水下穿越管道的失效发生在管段端部, 也有一部分管道的失效是由于管段中部破坏而引起的, 因此, 工程人员应对这两处主要失效部位的弯曲动应力进行计算。

$$\left. \begin{aligned} \text{端部: } S_0 &= \frac{E \lambda_1^3 D_1}{L^2} A_1 \\ \text{跨中: } S_1 &= \frac{0.607 E \lambda_1^3 D_1}{L^2} A_1 \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

式中  $A_1$ ——管段的一阶响应幅值;

$S_0$ ——管段端部动应力;

$S_1$ ——管段跨中动应力。

$\lambda_1$  取 4.753。

其余符号意义同前。

## 三、可变荷载统计参数计算

目前, 因受各种客观条件的限制, 工程技术人员尚未对水下穿越管道荷载进行大量的调查和实测工作。因而无法获取有关实测统计数据, 在现有条件

下,结合管道工程的实践经验,采用计算机模拟的方式获取有关水下穿越管道主要荷载的数据是一种可行的方式。

现采用的输送介质内压、年河流最高水温、年河流最低水温、年最大水流速度的模拟数据见表 1。

对表 1 中所列数据,利用数理统计公式(8)可分别求得  $P$ 、 $t_U$ 、 $t_L$ 、 $V$  各自的均值。

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (8)$$

在这里  $n=50$ 。

表 1 荷载模拟数据表

设计基 准期年 序号	输送介 质内压 P(MPa)	年河流最 高水温 $t_U$ (°C)	年河流最 低水温 $t_L$ (°C)	河面水 流速度 V(m/s)	设计基 准期年 序号	输送介 质内压 P(MPa)	年河流最 高水温 $t_U$ (°C)	年河流最 低水温 $t_L$ (°C)	河面水 流速度 V(m/s)
1	4.008	21.593	9.814	1.542	26	4.013	20.520	9.570	1.571
2	4.110	21.378	11.240	1.809	27	3.925	22.537	11.449	1.806
3	3.866	20.520	9.570	1.570	28	4.012	20.032	9.399	1.560
4	4.008	22.537	11.449	1.806	29	3.984	23.087	11.269	1.811
5	3.994	20.031	9.399	1.559	30	3.869	19.508	9.594	1.555
6	3.742	23.086	11.269	1.811	31	4.138	23.535	11.242	1.766
7	3.836	19.508	9.594	1.554	32	3.804	19.142	9.517	1.581
8	4.000	23.534	11.242	1.746	33	4.212	23.148	11.283	1.760
9	3.818	19.141	9.517	1.580	34	3.734	19.559	9.484	1.561
10	3.925	23.147	11.282	1.760	35	4.271	23.090	10.960	1.760
11	3.406	19.558	9.483	1.560	36	3.686	19.394	9.665	1.606
12	4.271	23.090	10.959	1.759	37	4.119	21.593	9.815	1.543
13	3.685	19.394	9.665	1.606	38	3.812	21.378	11.241	1.810
14	4.219	23.176	10.920	1.709	39	4.220	23.180	10.920	1.709
15	3.741	19.322	9.523	1.662	40	3.741	19.322	9.524	1.663
16	4.212	22.484	10.919	1.706	41	4.212	22.485	10.919	1.706
17	3.719	19.711	9.843	1.691	42	3.719	19.711	9.843	1.692
18	4.223	22.400	10.564	1.634	43	4.019	20.521	9.570	1.571
19	3.709	19.407	10.238	1.769	44	3.925	22.538	11.449	1.806
20	4.131	22.398	10.543	1.602	45	4.224	22.400	10.565	1.645
21	3.761	20.092	10.443	1.805	46	3.780	19.408	10.239	1.769
22	4.120	21.639	10.042	1.567	47	4.131	22.398	10.544	1.602
23	3.721	20.939	10.984	1.835	48	3.762	20.093	10.443	1.806
24	4.119	21.593	9.814	1.542	49	4.120	21.639	10.043	1.567
25	3.812	21.378	11.240	1.809	50	3.721	20.940	10.984	1.836

### 1、统计参数计算方法

在管道可变荷载平稳二项随机过程概率模型中,任意时点荷载概率分布函数  $F(x)$  在每一时段  $\tau_i$  ( $i=1,2,\dots,50$ ) 均相同,并且相互独立。设用  $\mu_{Q_i}$  和  $\sigma_{Q_i}$  ( $i=1,2,\dots,50$ ) 分别表示  $F(x)$  的统计参数,利用式(1)和  $F(x)$  的统计参数即可求得在设计基准期( $T=50$  a)内,管道可变荷载最大值  $Q_M$  (随机变量)的概率分布函数  $F_M(x)$  及其统计参数  $\mu_{Q_T}$  和  $\sigma_{Q_T}$ 。

由此可知,  $F(x)$  服从正态分布,即

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} dx$$

经标准化变化,可得:

$$F(x) = \Phi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right) \quad (9)$$

式(9)等号右边为标准正态函数。

根据式(1),设计基准期内最大值  $Q_M$  的概率分布为:

$$\begin{aligned} F_M(x) &= [F(x)]^n \\ &= [F(x)]^{50} \\ &= \left[\Phi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)\right]^{50} \end{aligned} \quad (10)$$

从式(10)可直接求得  $F_M(x)$  的各分位值,但却不易从该式直接求得  $F_M(x)$  的参数。因此,可采用图解法来求解  $F_M(x)$  的参数。即利用正态极值平均值图和正态极值标准差图求出  $\mu_{Q_T}$  和  $\sigma_{Q_T}^{(7)}$ 。

随机变量的统计参数可通过随机变量函数运算法则,即用误差传递公式求得。

若随机变量  $Y$  为随机自变量  $x_i (i=1, 2, \dots, n)$  的函数,即

$$Y = \varphi(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

则  $Y$  的均值  $\mu_Y$ , 标准差  $\sigma_Y$  及变异系数  $V_Y$  分别为:

$$\left. \begin{aligned} \mu_Y &= \varphi(\mu_{x_1}, \mu_{x_2}, \dots, \mu_{x_n}) \\ \sigma_Y &= \left[ \sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial \varphi}{\partial x_i} \Big|_{\mu_{x_i}} \cdot \sigma_{x_i} \right)^2 \right]^{1/2} \\ V_Y &= \sigma_Y / \mu_Y \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

式中  $\frac{\partial \varphi}{\partial x_i} \Big|_{\mu_{x_i}}$  —— 计算偏导数时,变量  $x_i$  均用各自的平均值赋值。

### 2、统计参数举例

由上述可知,水下穿越管道输送介质的内压、河流水温、动水荷载任意时点的概率分布函数均为正态分布函数,由于尚缺少它们各自在任意 1 年(12 个月)内实测数据资料,因此,这里假定其任意时点分布函数分别为:

输送介质内压:  $\mu_{PY} = 4.0 \text{ MPa}, \sigma_{PY} = 0.2 \text{ MPa};$

河流最高水温:  $\mu_{UY} = 21.5 \text{ }^\circ\text{C}, \sigma_{UY} = 1.5 \text{ }^\circ\text{C};$

河流最低水温:  $\mu_{LY} = 10.5 \text{ }^\circ\text{C}, \sigma_{LY} = 0.7 \text{ }^\circ\text{C};$

河面水流速度:  $\mu_{VY} = 1.7 \text{ m/s}, \sigma_{VY} = 0.1 \text{ m/s}.$

由图解法<sup>(7)</sup>可分别求得  $P, t_U, t_L, V$  在设计基准期内最大值的统计参数。

输送介质内压:  $\mu_{PT} = 4.45 \text{ MPa}, \sigma_{PT} = 0.205 \text{ MPa};$

河流最高水温:  $\mu_{UT} = 24.85 \text{ }^\circ\text{C}, \sigma_{UT} = 1.143 \text{ }^\circ\text{C};$

河流最低水温:  $\mu_{LT} = 12.0 \text{ }^\circ\text{C}, \sigma_{LT} = 0.552 \text{ }^\circ\text{C};$

河面水流速度:  $\mu_{VT} = 1.923 \text{ m/s}, \sigma_{VT} = 0.088 \text{ m/s}.$

## 四、水下穿越管道荷载效应组合

所谓荷载效应,是指施加在结构上的各种荷载使结构产生的内力、变形。结构在其使用期间,通常要同时承受恒载和两种或两种以上可变荷载的作用。这时,在进行结构分析和设计时,必须确定和考虑两种以上可变荷载同时作用而引起的荷载效应组合,实质是在设计基准期  $[0, T]$  内,寻求若干个可变荷载随机过程  $\{Q_i(t), t \in [0, 1], i=1, 2, \dots, n\}$  的组合的统计规律的问题,下面给出荷载效应的综合表达式:

$$S(t) = \sum_{i=1}^n C_i Q_i(t)$$

式中  $S(t)$  —— 综合荷载效应;

$C_i$  —— 荷载  $Q_i(t)$  的效应系数。

考虑荷载效应组合,首要的是要研究多个可变荷载是否相遇以及相遇概率大小的问题。一般说来,多种可变荷载在设计基准期内以最大值相遇的概率是很小的,因而在进行荷载分析时,必须研究如何进行荷载的效应组合问题。迄今为止,人们已从不同的角度对荷载效应组合问题进行了大量研究,提出了多种理论和组合模型。文中采用国际结构安全度联合委员会(JCSS)推荐的,并被我国《建筑结构设计统一标准》采用的“JC”荷载组合模式进行荷载效应组合。

由于水下穿越管道在服役期内承受荷载的情况并不是确定不变的,因此,对管道进行荷载效应组合时,也按照管道的实际情况分为三个阶段。

### 1、输送油气前(即空管状态)荷载效应组合

$$S_1 = C_i Q(t_{UT}) + C_z Q_z + C_w Q_w$$

$$S_2 = C_i Q(t_{LT}) + C_z Q_z + C_w Q_w$$

式中  $t_{UT}$  —— 年河流最高水温在设计基准期内的最大值;

$t_{LT}$  —— 年河流最低水温在设计基准期内的最大值;

$Q(t_{UT})$  —— 年值温度荷载在设计基准期内的最大值;

$Q(t_{LT})$  —— 年值温度荷载在设计基准期内的最小值;

$Q_z$  —— 土荷载;

$Q_w$  —— 静水荷载;

$C_i$  —— 温度荷载的效应系数;

$C_z$  —— 土荷载的效应系数;

$C_w$  —— 静水荷载的效应系数;

$S_i$  —— 综合荷载效应 ( $i=1, \dots, n$ )。

### 2、管道正常运行工况的荷载效应组合

$$S_1 = C_i Q(t_{UT}) + C_P P_T + C_z Q_z + C_w Q_w$$

$$S_2 = C_i Q(t_{UY}) + C_P P_T + C_z Q_z + C_w Q_w$$

$$S_3 = C_i Q(t_{LT}) + C_P P_Y + C_z Q_z + C_w Q_w$$

$$S_4 = C_i Q(t_{LY}) + C_P P_T + C_z Q_z + C_w Q_w$$

式中  $t_{UY}$  —— 年河流最高水温;

$t_{LY}$  —— 年河流最低水温;

$P_Y$  —— 年值输送介质内压;

(下转第 26 页)

粘住电磁阀的衔铁,造成线圈发热直至被烧坏。为此,提出了两种解决问题的方案。

方案一,改变测温点的位置(见图1)。将测温点由A点改到B点,避开回油温度,将温控表设定值改为35~40℃,使管道保持恒温而不出现凝油。

方案二,经常改变温控表的设定温度。在停炉后或启炉前,人为到现场将温控表的设定值相应提高,以高出回油温度5~10℃为宜。约30~60 min后再点炉,热媒炉燃烧正常后将炉前伴热停掉或将设定值降为原定值,此方法可作为一种规程来管理。

为了找出更好的改造方案,1996年2月至1997年6月,在301号、401号炉上实施了方案一,在302号、402号炉上实施了方案二。通过对电磁阀监测得出,采用方案一的两台炉电磁阀均无损坏,改造费用为每台100元。采用方案二的两台炉有两个电磁阀损坏,造成经济损失720元,改造费用为20元。

实践证明,改造以后线圈被烧坏事件明显减少,方案一效果最好,几乎没有经济损失,方案二实施后线圈损坏次数也大为降低,但需要值班人员按照规

程及时调整温度设定值。因此,方案一具有一定的推广应用价值。

电磁阀在日常维护中还应注意以下几点。

(1)给电磁阀保温时,线圈部分一定要裸露出来,以利于线圈散热。

(2)线圈电阻在100~200 Ω左右时,如发现阻值降低应及时更换线圈。

(3)线圈从阀体上取下来后,不能再给线圈通电,以免烧坏线圈。

(4)电磁阀附近要保持清洁,不能有原油,以免发生火灾。

(5)电磁阀使用一年要检修一次。

(6)电磁阀内密封用橡胶件老化期为一年,要定期更换。

(7)燃料油压力不大于0.8 MPa,否则开阀压差大,易产生过大阻尼,使阀芯打不开而烧坏线圈。

(收稿日期:1998-02-05)

编辑:吕彦

(上接第10页)

$P_T$ ——年值输送介质内压在设计基准期内的最大值;

$C_P$ ——输送介质内压的荷载效应系数。

其余符号意义同前。

### 3、 裸露悬空段的荷载效应组合

$$S_1 = C_i Q(t_{UT}) + C_P P_Y + C_V Q(V_Y) + C_g Q_g + C_f Q_f$$

$$S_2 = C_i Q(t_{LT}) + C_P P_Y + C_V Q(V_Y) + C_g Q_g + C_f Q_f$$

$$S_3 = C_i Q(t_{UY}) + C_P P_T + C_V Q(V_Y) + C_g Q_g + C_f Q_f$$

$$S_4 = C_i Q(t_{LY}) + C_P P_T + C_V Q(V_Y) + C_g Q_g + C_f Q_f$$

$$S_5 = C_i Q(t_{UY}) + C_P P_Y + C_V Q(V_T) + C_g Q_g + C_f Q_f$$

$$S_6 = C_i Q(t_{LY}) + C_P P_Y + C_V Q(V_T) + C_g Q_g + C_f Q_f$$

式中  $V_Y$ ——年值河水流速;

$V_T$ ——年值河水流速在设计基准期内的最大值;

$Q_g$ ——管道自重荷载;

$Q_f$ ——静水浮力;

$Q(V_Y)$ ——年值动水荷载;

$Q(V_T)$ ——年值动水荷载在设计基准期内的最大值;

$C_V$ ——动水荷载的效应系数;

$C_g$ ——重力荷载的效应系数;

$C_f$ ——浮力荷载的效应系数。

其余符号意义同前。

在进行水下穿越管道可靠性分析时,将以上各种荷载组合代入可靠指标计算公式中,其中最小的可靠指标所对应的那组荷载效应组合即为所寻求的水下穿越管道的最不利的荷载组合。

### 参 考 文 献

- 1, 吴世伟:结构可靠度分析,人民交通出版社(北京),1990。
- 2, 李继华等:建筑结构概率极限状态设计,中国建筑工业出版社(北京),1990。
- 3, 中国建筑科学研究院:建筑结构设计统一标准 GB68-84(试行),中国建筑工业出版社(北京),1984。
- 4, 黄兴棣:工程结构可靠性设计,人民交通出版社(北京),1989。
- 5, 李夫特克里斯坦森,P.等:结构可靠性理论及其应用,科学出版社(北京),1988。
- 6, 季文美等:机械振动,科学出版社(北京),1985。
- 7, 邹天一:桥梁可靠度,人民交通出版社(北京),1991。

(收稿日期:1998-01-19)

编辑:康力平

## 作 者 介 绍

- 王善珂** 讲师,1966年生,1987年毕业于石油大学(山东)储运专业,现在中国石油天然气管道局职工教育培训中心从事教学与科研工作。
- 张帆** 见本刊1998年第2期。
- 蒲爱华** 助教,1973年生,1994年毕业于西南石油学院储运专业,1997年毕业于西南石油学院研究生部,现在西南石油学院从事石油天然气储运工程技术研究及教学工作。
- 张进国** 副教授,1963年生,1989年毕业于石油大学(北京)机械专业,获硕士学位,1998年在石油大学(北京)机电工程学院获博士学位,现在莱阳农学院任教。
- 周思柱** 副教授,1963年生,1988年毕业于西南石油学院研究生部,获硕士学位,现任江汉石油学院机械系主任,从事石油化工机械和设备教学及研究工作。
- 王凤英** 见本刊1998年第7期。
- 陈浩** 工程师,1955年生,1985年毕业于原中国石油天然气管道职工学院储运专业,现任中国石油天然气管道局特种施工装备处副处长。
- 姜炳卫** 助理工程师,1967年生,1990年毕业于西南石油学院采油工程专业,现在中原油田采油六厂从事管理工作。
- 李伟** 助理工程师,1970年生,1993年毕业于西南石油学院石油储运专业,现在中国石油天然气东北输油管理局长春输油公司从事输油生产工作。
- 古植** 助理试验师,1971年生,1991年毕业于大连大学化学工程系,现在中国石油天然气管道局职工教育培训中心从事热工试验工作。
- 楚海明** 工程师,1965年生,1987年毕业于浙江大学信息电子工程系物理电子专业,现在中国石油天然气管道局胜利输油公司维修中心工作。
- 李小红** 助理工程师,1971年生,1994年毕业于四川师范学院物理系,1997年毕业于西南石油学院研究生部,现在中国石油天然气管道勘察设计院从事管道设计工作。
- 李桂芝** 工程师,1964年生,1986年毕业于北京化工学院化工腐蚀与防护专业,曾在中油管道多种经营总公司从事防腐涂料的研制与开发工作,现在北京科技大学表面科学与腐蚀工程系攻读硕士学位。
- 吴珠珠** 高级工程师,1957年生,1983年毕业于原中国石油天然气管道职工学院通信专业,现在中国石油天然气管道勘察设计院从事设计工作。
- 安家荣** 见本刊1998年第2期。
- 杨光发** 技术员,1973年生,1995年毕业于承德石油高等专科学校焊接工艺及设备专业,现在中国石油天然气华东输油管理局工程公司四处从事大型石油储罐的维修工作。
- 庞永庆** 工程师,1955年生,1985年毕业于原中国石油天然气管道职工学院仪表自动化专业,现在中国石油天然气管道局运销处从事原油与天然气计量管理工作。
- 孙国锋** 1972年生,1997年毕业于中国计量学院热工计量测试专业,现在浙江省石油总公司计量室从事成品油计量工作。
- 闫向宏** 讲师,1966年生,1993年毕业于陕西师范大学应用声学研究所,获硕士学位,现在石油大学(山东)应用物理系从事超声波在石油工业中的应用研究工作。
- 冯伟章** 工程师,1962年生,1981年毕业于原中国石油天然气管道职工学院线路工程专业,1990年毕业于石油大学企业管理工程专业,现任中国石油天然气华东输油管理局山东第一输油管理处储运分部副经理。
- 王耕地** 高级工程师,1951年生,1974年毕业于原华东石油学院机械系储运专业,现在兰州炼油化工总厂设计院公用工程室工作。
- 罗时金** 高级工程师,1963年生,1984年毕业于石油大学储运专业,现任中外合资华德石化有限公司副总经理。

# OIL & GAS STORAGE AND TRANSPORTATION

(MONTHLY)

Vol. 17 No. 8 (Total No. 116) Aug. 25, 1998

## CONTENTS AND ABSTRACTS

### • OVERVIEW •

Wang Shanke and Chang Dahai: **Raising pipeline's design level of our country through application of simulating technology**, *OGST*, 1998, 17(8) 1~3.

Introduces an establishing technology of SPS (long-distance pipeline simulation software) made by Stoner Co. and image display and data report during operation procedure of the software, discusses the application of SPS in personnel training, design and science and technology. Pipeline simulation software provides a strong tool for dynamic hydraulic analysis, operation plan determination and pipeline leak detection and analysis, and make the plan test which would be conducted in actual pipeline and experimental pipeline previously be realized in computer simulation system.

**Subject Headings:** long distance pipeline, simulation, technology, application

### • TRANSPORTATION PROCESS •

Chang Fan: **An influence of water content oil on pipeline operation**, *OGST*, 1998, 17(8) 4~6.

Introduces the statue of water in oil and measure method of water content rate, and makes a test study on such effective problems as influence of ware content on crude rheological property, on pipeline operation and on equipment in combination with recent actual situation in Mahuining Pipeline. It is pointed out that: (1) the viscosity and pour point of crude oil will be increased with large proportion of water content to a certain extent. When water content rate is less than 5%, there will be few influence on crude rheological property; (2) heavy water content crude will bring unstability to pipeline's operation and increase pipeline energy consumption evidently; (3) Jingma crude has strong corrosiveness to pipeline and equipment due to its water contained, which affects heater's normal operation; (4) Jingma crude of heavy water content 3 m below oil tank level shall be avoided to enter into the pipeline concentrately. This part of the crude should be transported with Maling crude by means of mixing process.

**Subject Headings:** long distance pipeline, crude oil, water content rate, rheological property, operation, effect

### • DESIGN & CALCULATION •

Pu Aihua and Yao Anlin: **Statistic analysis of variable load on underwater crossing pipeline**, *OGST*, 1998, 17(8) 7~10, 26.

Based on a randomness of variable load on underwater crossing pipeline, using stable binomial random process as a probability model of variable load and by means of a basic characteristic of the model, obtains an applicable relational expression between probability distribution function  $F_M(x)$  of maximum variable load value within design base period and probability distribution function  $F(x)$  of random point. As for the dynamic water load on underwater crossing pipeline naked and suspended, relative model theory is used to calculate pipeline's dynamic response extent value, thus obtains the dynamic stress on pipeline, and finally divides the pipeline into such three service stages as empty pipeline statue, normal operation statue and

naked and suspended statue according to load statue in pipeline's service span, and makes a load effective combination of pipelines with the three statues. This statistic analysis method for variable load conforms to real situation of variable load on service underwater crossing pipeline and its result offers an reference to underwater crossing pipeline's reliability analysis and design.

**Subject Headings:** underwater pipeline, load, effective combination, analysis

Zhang Jinguo and Zhang Duihong: **Finite value analysis of cylindrical tanks under wind load action**, *OGST*, 1998, 17(8) 11~14.

Storage tank will be affected by wind load besides the action of dead weight and internal hydraulic pressure, which will generate a stress in storage tank and over stress will lead to its damage. The article puts forward a displacing finite element method for cylindrical storage tank analysis under wind load action. According to its structure feature that cylindrical storage tank belongs to axial symmetry casing body, discrete it to cylindrical casing unit and annular casing unit, with nodal point circle connected between each unit, wind load and displacement will spread along the circle into a trigonometric series, thus reduces calculating dimension, working load and time. It is shown with an arithmetic example calculated with a programmed finite element analysis program, the method can be used to calculate a stress on cylindrical storage tanks conveniently and effectively. It provides a theoretical basis for design of cylindrical storage tanks.

**Subject Headings:** wind load, action, cylindrical casing body, stress, finite element method, analysis

Zhou Sizhu and Zeng Xiancheng: **Using optimizing method to solve tentative calculation problem in variable wall point design of oil tank**, *OGST*, 1998, 17(8) 15~17.

Discusses the problem of tentative calculation in oil tank's design with variable wall point design method. It is thought that a key problem in the tentative calculation is to solve an equation that is hard to get an accurate solution. In light of this problem, it point out the shortcoming of the tentative calculation method in engineering application and puts forward a new thinking and solution to solve tank wall thickness with general optimizing calculation method, and gives a mathematics model for the new solution and shows an arithmetic example to describe practical application of the new solution.

**Subject Headings:** oil tank, design, calculation Construction Technique

## • CONSTRUCTION TECHNIQUE •

Wang Fengying: **Quality control in production of oil tank's prefabrication**, *OGST*, 1998, 17(8) 18~20.

In order to understand briefly the regular practice of quality control in oil tank's prefabrication production aboard, the article introduces a quality control program in tank prefabrication production of Kuwait Gathering Station Engineering Project by China Engineering Construction Corporation (CPEC) and international standards and control process applied. It represents a valuable reference of quality control in contracted tank project aboard in the future.

**Subject Headings:** oil gathering station, storage tank, prefabrication, quality control

Cheng Hao: **Application of caterpillar rock trencher in pipeline construction**, *OGST*, 1998, 17(8) 20~22.

In pipeline construction, traditional explosive trenching method has been applied in stonework section. Caterpillar rock trencher will play an important role in practical pipeline laying process. The article introduces technical quota, construction method, applicable scope and using situation of the equipment in foreign countries and makes a comparison to the two trenching methods in the aspects of advantage/disadvantage and cost.

**Subject Headings:** pipeline laying, trench excavation, rock type, trencher