

组合拱式管桥可变载荷统计分析

宋文利*

姚安林

(中国石油天然气总公司西北石油管道建设指挥部) (西南石油学院)

摘 要 研究组合拱式管桥可靠性分析中的载荷处理问题。基于这种管桥所受可变载荷的随机性,采用平稳二项随机过程作为可变载荷的概率模型,并利用该模型的基本特性,通过一定的数学变换得出了设计基准期内可变载荷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。然后,针对一组在 50 年设计基准期内组合拱式管桥输送介质内压、环境最高气温和环境最低气温的模拟数据以及建筑部门对风载荷的统计结果,推导了这些可变载荷统计参数(均值和标准差)的计算表达式。其结果可作为组合拱式管桥可靠性分析与设计的参考。

主题词 集输管道 管道跨越 可变载荷 统计分析 参数 计算

现阶段,工程技术人员均采用传统的安全系数法即容许应力法进行管桥的结构设计与强度校核。这种设计方法将影响管桥结构安全可靠性的主要因素(如载荷、材料强度、几何参数等)视为确定性因素,取其均值作为设计的标准值,并采用以工程经验为主确定的安全系数大小来度量管桥结构的安全性;然而,事实上影响管桥结构安全可靠性的主要因素并非是确定性因素,其量值是随机变化的,因此采用传统安全系数法设计的管桥结构或因所取安全系数值的过大而造成经济上的不合理;或因将非确定性因素视作确定性因素考虑,使我们设计的结构存在一定潜在的破坏危险;所以,很有必要运用现代结构设计理论和方法进行管桥结构设计,以改进和提高现行管桥结构的设计水平。本文进行组合拱式管桥可变载荷统计分析的目的在于为将来运用可靠性理论进行组合拱式管桥的结构分析与设计提供参考依据。

载荷概率模型的选定

工程实践表明,组合拱式管桥在建成投产使用期间,所受到的载荷主要有:竖向载荷(包括组合管拱自重、介质重、保温层及运载管上其它附件的重量等)、输送介质内压、风荷载和温度变化等,在多雪地区还应包括雪载荷,这些载荷的量值并非是不变化的。实际上,它们在时间和空间上都客观存在着随机变异性,按其随时间的变异性可分为永久载荷和

可变载荷两类。

永久载荷(通常亦称为恒载)是指在结构使用期间,其量值不随时间变化,或其变化与平均值相比可忽略不计的载荷(如上述管桥竖向载荷就属此类载荷)。对于永久载荷,因其量值不随时间变化,或变化很小可忽略不计。所以,其概率模型的确定比较简单,一般用随机变量描述即可。

可变载荷是指在结构使用期间,其量值随时间变化,且其变化与平均值相比不可忽略的载荷(如上述输送介质内压、风荷载及温度变化等)。对于可变载荷,因其在时间和空间上均表现出随机性,因而须用随机过程加以描述。但目前缺乏对管桥可变载荷进行广泛的调查、试验和统计,尚不可能确切地掌握载荷的全部信息。为了实用,只有尽可能切合载荷现象的主要方面,选择有利于数据收集与计算分析的随机过程作为概率模型。考虑到实际应用和分析计算的简便,且偏于安全等因素,参照文献[1],采用平稳二项随机过程作为可变载荷的概率模型。平稳二项随机过程的样本函数为等时段矩形波,如图 1 所示。具有下述特性:

(1)在 $[0, T]$ 时间域内可划分为 r 个相等的时段 τ , 即 $\tau = T/r$;

(2)在任一时段 τ_i 上,载荷出现,即 $Q(t) > 0$ 的概率为 P , 载荷不出现,即 $Q(t) \leq 0$ 的概率为 $q = 1 - P$;

* 宋文利,工程师,1969年生;1994年毕业于西南石油学院储运专业,获工学硕士学位。现在中国石油天然气总公司西北管道建设指挥部生产准备部从事长输原油管道的生产管理及科研等工作。地址:(710032)西安市长缨东路 37 号。电话:(029)6239860 转 2377。

(3)在任一时段 τ_i 上,当载荷出现时,其幅值 $Q(t)$ 为非负随机变量,其概率分布函数称为任意时点载荷概率分布函数 $F_Q(x)$ 。各不同时段上,

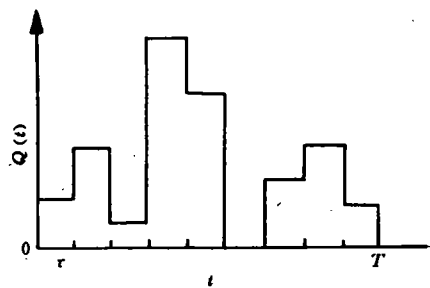


图1 平稳二项随机过程的样本函数曲线

Fig.1. Sample function curve of stationary binomial stochastic process.

$F_Q(x)$ 彼此相同且相互独立;

(4)任一时段 τ_i 上,载荷是否出现与出现幅值随机变量无关,此二事件相互独立。

根据上述特性,组合拱式管桥输送介质内压、温度变化、风荷载等主要载荷的随机变化过程均可用平稳二项随机过程概率模型来描述。在此,引用文献[1]中的规定,取组合拱式管桥的设计基准期 T 为50年。因这里考虑一般性问题,所以在本文中根据工程经验,设定在 T 内。这几种载荷在每年均必出现一次最大值,即 $P = 1, r = 50$,并且任意时点载荷概率分布函数,对于输送介质内压、温度变化认为服从正态分布,如图2(a)、(b)、(c)所示;对于风荷载,参照文献[1, 3, 4, 5],认为服从极值 I 型分布,如图2(d)所示。

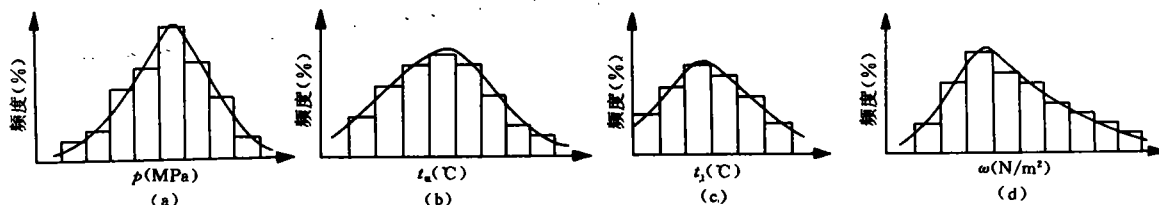


图2 分布直方图

(a)输送介质内压;(b)环境最高气温;(c)环境最低气温;(d)年最大风荷载

Fig.2. Distribution histograms of internal pressure of transfer medium (a), the highest environmental temperature (b), the lowest environmental temperature (c) and the maximum annual wind loads (d).

可变载荷随机过程与随机变量的转换

目前在用可靠性理论分析计算结构可靠性(度)时,结构中各种基本变量均是按随机变量考虑的,而前述组合拱式管桥的可变载荷是用随机过程来描述的。为取得一致以便于分析计算,需将描述可变载荷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[1]中的规定,采用在设计基准期内可变载荷的最大值 Q_M (随机变量)去代替随机过程 $[Q(t), 0 \leq t \leq T]$ 。利用前述平稳二项随机过程的特性,经过一些数学变换和运算,可得到实用的设计基准期内可变载荷最大值 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 为在设计基准期内载荷的平均出现次数,

$m = Pr$ 。需说明的是,对于在每一时段 τ_i 上必然出现的载荷,即 $P = 1$,式(1)为精确的等式;而在每一时段 τ_i 上出现概率为 $P \neq 1$ 的载荷,该式则为经近似处理而得的关系式。

可变载荷统计参数计算

目前,因受各种客观条件的限制,设计人员尚未对管桥载荷进行大量的调查和实测工作,因而不可能获取有关的实测统计数据。为此,本文在参照文献[1]有关规定的基礎上,结合油气管道工程建设的实践经验,采取人工模拟方式,模拟了在设计基准期内管桥输送介质内压、环境最高气温、环境最低气温的年最大值变化的50个数据。所模拟的这些数据不仅要符合工程实际,而且用数理统计理论中的分布拟合假设检验(X^2 检验、 $K-S$ 检验等)进行分布假设检验,所得出的分布假设与前述设定的分布类型相一致,即输送介质内压、温度变化(环境

最高、最低气温变化)的年最大值分布服从正态分布。对于风荷载,因建筑结构方面已对此进行了调查、实测与统计,取得了风荷载的统计分布函数,因

此,本文就直接引用该统计结果,而不再人工模拟风荷载的有关数据了。本文采用的输送介质内压、最高气温、最低气温的模拟数据见表 1。

表 1 设计基准期内可变载荷的模拟数据
Table 1. Simulated data of variable loads in design reference period

设计基准 期年序号	输送介质内压 p (MPa)	年环境最高气温 t_u (℃)	年环境最低气温 t_L (℃)	设计基准 期年序号	输送介质内压 p (MPa)	年环境最高气温 t_u (℃)	年环境最低气温 t_L (℃)
1	2.200	34.00	-2.00	26	2.640	37.15	-4.30
2	2.350	35.50	-2.50	27	2.375	38.35	-2.70
3	2.530	34.20	-3.00	28	2.280	39.35	-0.50
4	2.500	36.80	-5.00	29	2.465	37.25	-1.20
5	2.450	37.00	-3.50	30	2.510	38.65	-5.80
6	2.570	35.25	-4.00	31	2.340	39.85	-2.30
7	2.440	36.50	0.00	32	2.370	37.45	-1.20
8	2.620	38.00	-1.00	33	2.420	36.85	-5.20
9	2.515	41.00	-1.50	34	2.150	36.20	-3.10
10	2.400	37.80	-4.50	35	2.600	41.30	-5.30
11	2.550	34.50	-3.60	36	2.250	40.00	-2.40
12	2.650	36.40	-2.60	37	2.495	37.55	-0.60
13	2.445	35.80	-4.60	38	2.580	38.40	-2.80
14	2.460	39.00	-1.60	39	2.270	39.15	-3.40
15	2.600	38.20	-2.20	40	2.382	37.90	-1.30
16	2.490	37.50	-3.30	41	2.230	38.30	-3.70
17	2.395	35.45	-4.40	42	2.190	37.30	-4.20
18	2.335	38.60	-5.50	43	2.435	35.00	-0.40
19	2.540	39.10	-3.40	44	2.070	36.90	-0.70
20	2.730	38.55	-1.80	45	2.000	40.30	-2.10
21	2.415	34.70	-3.90	46	2.610	37.70	-5.40
22	2.475	35.90	-4.70	47	2.190	40.50	-4.10
23	2.365	36.70	-2.90	48	2.310	36.00	-2.20
24	2.455	39.25	-1.70	49	2.240	38.90	-1.10
25	2.700	36.45	-3.20	50	2.220	35.60	-0.90

对表 1 所列数据,利用数理统计公式

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \tag{2}$$

可分别求得 p 、 t_u 、 t_L 各自的均值。在这里, $n = 50$ 。

1. 统计参数计算方法

如前所述,在管桥可变载荷平稳二项随机过程概率模型中,任意时段载荷概率分布函数 $F(x)$ 在每一时段 τ_i ($i = 1, 2, \dots, 50$) 上均相同且相互独立。设用 μ_{Q_i} 和 σ_{Q_i} ($i = 1, 2, \dots, 50$) 分别表示 $F(x)$ 的分布函数,利用式(1)和 $F(x)$ 的统计参数即可求得在设计基准期 ($T = 50$ 年)内,管桥可变载荷最大值 Q_M (随机变量)的概率分布函数 $F_M(x)$ 及其统计

参数 μ_{Q_i} 和 σ_{Q_i} 。

(1)当 $F(x)$ 为正态分布时,按如下方法求 Q_M 的概率分布函数 $F_M(x)$ 及其参数^[2]。

正态分布函数:

$$F(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{1}{2}(\frac{x-\mu}{\sigma})^2} dx \tag{3}$$

经标准化变换,可得:

$$F(x) = \Phi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right) \tag{4}$$

上式等号右边为标准正态分布函数。

根据式(1),可得设计基准期 ($T = 50$ 年)内最大值 Q_M 的概率分布为:

$$\begin{aligned}
 F_M(x) &= [F(x)]^m \\
 &= [F(x)]^{50} \\
 &= \left[\Phi \left(\frac{x - \mu}{\sigma} \right) \right]^{50} \quad (5)
 \end{aligned}$$

从式(5)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 $F_M(x)$ 的参数值,即利用正态极值平均值图和正态极值标准差图求出 μ_{Q_T} 和 σ_{Q_T} 。具体求解方法读者可参考文献[2]。

(2)当 $F(x)$ 为极值 I 型分布时,按下述方法求 Q_T 的概率分布函数 $F_M(x)$ 及其参数。

极值 I 型分布函数为:

$$F_M(x) = \exp \left[- \exp \left(- \frac{x - \beta_y}{\alpha_y} \right) \right] \quad (6)$$

根据式(1), $F_M(x) = [F(x)]^m$, 经推导可得:

$$F_M(x) = \exp \left[- \exp \left(- \frac{x - \beta_T}{\alpha_T} \right) \right] \quad (7)$$

式中, $\alpha_T = \alpha_y$, $\beta_T = \beta_y + \alpha_y \ln(m)$ 。

由此可见,当 $F(x)$ 为极值 I 型分布时,其最大值 Q_M 的确切分布 $F_M(x)$ 仍是极值 I 型分布,且其分布参数 α_y 保持不变,参数 β_y 变为 β_T 。故 $F_M(x)$ 的均值和标准差分别为:

$$\begin{aligned}
 \mu_{Q_T} &= \beta_T + 0.5772 \alpha_T \\
 \sigma_{Q_T} &= 1.2825 \alpha_T \quad (8)
 \end{aligned}$$

(3)随机变量函数运算法则。

当随机变量与随机自变量之间的关系能用一具体解析表达式即随机变量函数关系式来表示时,随机自变量服从正态分布,则随机变量的统计参数可通过随机变量函数运算法则即误差传递公式间接求得。

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

$$Y = \varphi(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (9)$$

即, Y 的均值 μ_y 、标准差 σ_y 及变异系数 V_y 分别为:

$$\begin{aligned}
 \mu_y &= \varphi(\mu_{x_1}, \mu_{x_2}, \dots, \mu_{x_n}) \\
 \sigma_y &= \left[\sum_{i=1}^n \left[\left. \frac{\partial \varphi}{\partial x_i} \right|_{\mu_{x_i}} \sigma_{x_i} \right]^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (10)
 \end{aligned}$$

式中: $\left. \frac{\partial \varphi}{\partial x_i} \right|_{\mu_{x_i}}$ 表示计算偏导数时,变量 x_i 均用各自的

的平均值赋值。

2. 统计参数计算举例

(1)输送介质内压 (p)、环境最高及最低气温 (t_u, t_L) 在设计基准期 T 内最大值的统计参数计算。

前面已述,组合拱式管桥的输送介质内压,环境最高、最低气温变化随机过程任意时点的概率分布函数均设为正态分布函数。由于尚缺少它们各自在任意一年(12个月)内实测数据资料,因此,这里假定其任意时点分布参数分别为:

输送介质内压: $\mu_{p_y} = 2.36(\text{MPa})$,

$\sigma_{p_y} = 0.163(\text{MPa})$

环境最高气温: $\mu_{t_{uy}} = 37.5(^{\circ}\text{C})$,

$\sigma_{t_{uy}} = 2.9(^{\circ}\text{C})$

环境最低气温: $\mu_{t_{ly}} = -3.5(^{\circ}\text{C})$,

$\sigma_{t_{ly}} = -0.7(^{\circ}\text{C})$

按前述图解法,可分别求得 p, t_u, t_L 在设计基准期 T 内最大值的统计参数为:

输送介质内压: $\mu_{p_T} = 2.724(\text{MPa})$,

$\sigma_{p_T} = 0.046(\text{MPa})$

环境最高气温: $\mu_{t_{uT}} = 43.967(^{\circ}\text{C})$,

$\sigma_{t_{uT}} = 0.46(^{\circ}\text{C})$

环境最低气温: $\mu_{t_{lT}} = -5.061(^{\circ}\text{C})$,

$\sigma_{t_{lT}} = -0.46(^{\circ}\text{C})$

(2)风载荷 (ω) 在设计基准期 T 内最大值的统计参数计算。

本文引用建筑设计部门已取得的风荷载的统计分析结果^[1],认为管桥所受的最大风压和年最大风载的概率分布均服从极值 I 型分布。

据文献[1、4],考虑风向影响的年最大风压概率分布为:

$$\begin{aligned}
 F_{\omega_0}(x) &= \exp \left[- \exp \left(- \frac{x - 0.328\omega_{0k}}{0.142\omega_{0k}} \right) \right] \\
 &= \exp \left[- \exp \left(- \frac{x - \beta_{\omega_0}}{\alpha_{\omega_0}} \right) \right] \quad (11)
 \end{aligned}$$

式中: ω_{0k} 为现行规范规定的基本风压值。

于是,考虑风向影响年最大风压的统计参数为:

$$\begin{aligned}\text{均值: } \mu_{\omega_{0y}} &= \beta_{\omega_0} + 0.5772 \alpha_{\omega_0} \\ &= C_{\omega_{0m}} \omega_{0k}\end{aligned}\quad (12)$$

$$\text{标准差: } \sigma_{\omega_{0y}} = 1.2825 \alpha_{\omega_0} = C_{\omega_{0n}} \omega_{0k} \quad (13)$$

式(12)、(13)中, $C_{\omega_{0m}} = 0.41$, $C_{\omega_{0n}} = 0.182$ 。

年最大风荷载 ω_y 根据年最大风压 ω_{0y} 和结构挡风面积 A , 并考虑结构的风载体形系数 μ_s 和风压高度变化系数 μ_z 来确定。对于组合拱式管桥, 由文献[5]可知年最大风荷载 ω_y 的具体计算式为:

$$\omega_y = (D_{pi} + D_s) \mu_{z,1} \mu_{s,1} \omega_{0y} + \frac{A_{in}}{l_f} \mu_{z,sw} \mu_{s,sw} \omega_{0y} \quad (14)$$

式中, ω_{0y} 表示年最大风压, 其余符号请见参考资料*。

在此,风载体形系数 μ_s 和风压高度变化系数 μ_z 均为随机变量,其均值为按公式计算或荷载规范中给定的值,其变异系数根据文献[4]分别取为 $V_{\mu_s} = 0.12$, $V_{\mu_z} = 0.10$ 。

由式(11),可求得 ω_y 的统计参数。

均值:

$$\begin{aligned}\mu_{\omega_y} &= (D_{pi} + D_s) \mu_{\mu_z} \mu_{\mu_{s,1}} \mu_{\omega_{0y}} \\ &+ \frac{A_{in}}{l_f} \mu_{\mu_z} \mu_{\mu_{s,sw}} \mu_{\omega_{0y}}\end{aligned}\quad (15)$$

标准差:

$$\begin{aligned}\sigma_{\omega_y} &= \left\{ \left[(D_{pi} + D_s) \mu_{\mu_{s,1}} + \frac{A_{in}}{l_f} \mu_{\mu_{s,sw}} \right]^2 (\mu_{\omega_{0y}} \sigma_{\mu_z})^2 \right. \\ &+ [(D_{pi} + D_s) \mu_{\mu_z} \mu_{\omega_{0y}} \mu_{\mu_{s,1}}]^2 \\ &+ \left[\frac{A_{in}}{l_f} \mu_{\mu_z} \mu_{\omega_{0y}} \mu_{\mu_{s,sw}} \right]^2 \\ &\left. + \left[(D_{pi} + D_s) \mu_{\mu_{s,1}} + \frac{A_{in}}{l_f} \mu_{\mu_{s,sw}} \right]^2 (\mu_{\mu_z} \sigma_{\omega_{0y}})^2 \right\}^{\frac{1}{2}}\end{aligned}\quad (16)$$

式中: μ_{μ_z} 为风压高度变化系数的均值,按荷载规范取定值; $\mu_{\mu_{s,1}}$ 、 $\mu_{\mu_{s,sw}}$ 分别为组合管拱结构弦管和腹杆体系的风载体形系数的均值,其值按参考资料*有关公式计算得到。

σ_{μ_z} 、 $\sigma_{\mu_{s,1}}$ 、 $\sigma_{\mu_{s,sw}}$ 分别为 μ_{μ_z} 、 $\mu_{\mu_{s,1}}$ 、 $\mu_{\mu_{s,sw}}$ 相应的标准差,按下式计算:

$$\left. \begin{aligned}\sigma_{\mu_z} &= V_{\mu_z} \mu_{\mu_z} \\ \sigma_{\mu_{s,1}} &= V_{\mu_{s,1}} \mu_{\mu_{s,1}} \\ \sigma_{\mu_{s,sw}} &= V_{\mu_{s,sw}} \mu_{\mu_{s,sw}}\end{aligned}\right\} \quad (17)$$

年最大风荷载服从极值 I 型分布,其概率分布函数为:

$$F_{\omega_y}(x) = \exp \left[- \exp \left(- \frac{x - \beta_{\omega_y}}{\alpha_{\omega_y}} \right) \right] \quad (18)$$

式中: $\alpha_{\omega_y} = \frac{\sigma_{\omega_y}}{1.2825}$; $\beta_{\omega_y} = \mu_{\omega_y} - 0.5772 \alpha_{\omega_y}$ 。

于是,根据式(1)可求得设计基准期内,年最大风荷载 ω_T 的概率分布函数为:

$$\begin{aligned}F_{\omega_T}(x) &= [F_{\omega_y}(x)]^{50} \\ &= \exp \left[- \exp \left(- \frac{x - \beta_{\omega_T}}{\alpha_{\omega_T}} \right) \right]\end{aligned}\quad (19)$$

式中: $\alpha_{\omega_T} = \alpha_{\omega_y} = \frac{\sigma_{\omega_y}}{1.2825}$;

$$\beta_{\omega_T} = \beta_{\omega_y} + \alpha_{\omega_T} \ln(50)。$$

从而,由式(8)可求得在设计基准期内,年最大风荷载 ω_T 的统计参数。

$$\left. \begin{aligned}\text{均值: } \mu_{\omega_T} &= \beta_{\omega_T} + 0.5772 \alpha_{\omega_T} \\ \text{标准差: } \sigma_{\omega_T} &= 1.2825 \alpha_{\omega_T}\end{aligned}\right\} \quad (20)$$

结 束 语

本文以组合拱式跨越管桥结构为研究对象,对其可变荷载进行了统计分析,根据荷载本身固有的随机变化特征和平稳二项随机过程的概率模型,推导出了可变荷载统计参数(均值和标准差)的计算表达式。本文所得研究结果对组合拱式管桥的可靠性分析和设计具有较大的参考价值。

参 考 文 献

- 1 中国建筑科学研究院主编. 建筑结构设计统一标准 (GBJ68-84). 北京: 中国建筑工业出版社, 1984
- 2 邹天一. 桥梁结构可靠度. 北京: 人民交通出版社, 1991
- 3 李继华, 林忠民, 李明顺, 马坤贞等. 建筑结构概率极限状态设计. 北京: 中国建筑工业出版社, 1990
- 4 黄兴棣. 工程结构可靠性设计. 北京: 人民交通出版社, 1989
- 5 屠向远, 沈荣芳, 何健丽. 风荷载问题研究. 同济大学学报, 1981; (1)

(审稿人 教授级高级工程师 程文江)
(收稿日期 1996-05-20 编辑 王瑞兰)

* 宋文利, 组合拱式管桥可靠性设计, 西南石油学院硕士论文, 1994 年。

Song Wenli (*Command Post of Northwest Petroleum Pipeline Construction*), **Yao Anlin**: **STATISTICAL ANALYSIS FOR VARIABLE LOADS OF COMBINED ARCHED PIPELINE BRIDGE**, NGI 16(5), 1996:58~62

ABSTRACT: This paper studies the load process problems in reliability analysis of the combined arched pipeline bridge. As the variable loads acting on this kind of bridge have the characteristic of randomness, so stationary binomial stochastic process is used as the probability model of the variable loads. Based on the properties of the model, a practical formula which express the relationship between the probability distribution function of the maximum value of variable loads in the design reference period $F_M(x)$ and the probability distribution function $F(x)$ at arbitrary time-point is obtained through mathematical transformation. Then, according to a group of simulated data about the internal pressure of transfer medium, the highest and the lowest environmental temperature acting on the combined arched pipeline bridge in 50 years of design reference period, and the statistical results of wind load obtained by the architectural research institute, the calculation formula for the statistical parameters (mean value and standard deviation) about these variable loads is developed. The results can be used as the reference in reliability analysis and designing of the combined arched pipeline bridge.

SUBJECT HEADINGS: Gathering line, Pipeline aerial crossing, Variable load, Statistical analysis, Parameter, Calculation.

Song Wenli, engineer, graduated from Southwest Petroleum Institute with master's degree in 1994; Now he is engaged in the production control and research of long distance oil pipeline. Add: (710032) Xi'an. Tel: (029) 6239860—2377.

Chen Jinghua (*Southwest Petroleum Institute*), **Song Dongyu, Yan Dafan**: **PROBABILITY CALCULATION OF NATURAL GAS PIPELINE STATES**, NGI 16(5), 1996:63~66

ABSTRACT: Based on the operation data of natural gas pipeline in Sichuan and the classified statistics of pipeline accidents, the accident rate, time distribution for accidental maintenance and maintenance rate in normal operation period of pipeline are obtained. Aimed at the actual condition of natural gas pipeline operation and management in our country, through the research about the possible states of natural gas pipeline, the state probability formula is derived.

SUBJECT HEADINGS: Natural gas pipeline, Pipeline accident, Pipeline maintenance, Analysis, Calculation.

Chen Jinghua, lecturer, graduated from Chengdu University of Science and Technology in 1982; Now he is engaged in teaching at Southwest Petroleum Institute. Add: (637001) Nanchong, Sichuan. Tel: (0817)2224433.

Li Pinyou (*Shanghai Communication University*), **Gu Anzhong**: **THEORETICAL RESEARCH ABOUT CONDENSATION CHARACTERISTICS OF NATURAL GAS**, NGI 16(5), 1996:66~68

ABSTRACT: Based on the theoretical analysis of the essence of Marangoni phenomena in Liquefied Natural Gas (LNG) and its effects on heat transfer during the condensation of natural gas, rules for judging the stability of film hindering heat transfer are proposed and used for the stability analysis of binary condensation of some usual compositions in natural gas.

SUBJECT HEADINGS: Liquefied natural gas, Marangoni effect, Condensation, Stability, Research.

Li Pinyou, graduated from Shanghai Sea Transportation Institute in 1989 and got master's degree in 1992; Now he is the specialized doctor of Shanghai Communication University; He is mainly engaged in the research of the liquification and separation of gas (natural gas and petroleum gas), and sea transportation of liquified gas at low temperature. Add: (200030) Hushan Rd., Shanghai. Tel: 95002BB.

Tu Liping (*Natural Gas Research Institute of Sichuan Petroleum Administration*): **CT8—4B SOLID DESULFURIZER AND IT'S APPLICATIONS IN INDUSTRY**, NGI 16(5), 1996:69~71