

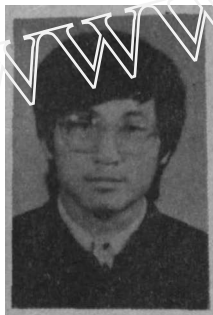
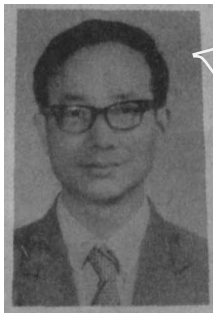
# 提篮半穿式管桥静态特性的 计算机分析 (待续)

姚安林

(西南石油学院)

雍歧卫

(后勤工程学院)



姚安林 生于1959年, 1982年毕业于西南石油学院。一直从事油气管道工程的教学和科研工作, 近年来主要从事复合材料在油气储运工程中应用的研究工作。现任西南石油学院油气储运专业讲师。曾在国际复合材料 (ICCM)、国际复合材料结构 (ICCS) 以及国际结构工程与计算 (ICSEC) 等学术交流会上交流和宣读学术论文。

雍歧卫 生于1967年, 1989年毕业于西南石油学院油气储运专业, 获工学学士学位。现在中国人民解放军后勤工程学院攻读硕士研究生。

**摘要** 本文在总结近年来关于组合拱式管桥和提篮半穿式管桥的研究成果的基础上, 全面系统地论述了分析提篮半穿式管桥静态特性的各种有效方法。鉴于提篮半穿式管桥静态特性公式的复杂性, 笔者为了克服手算可能遇到的诸多麻烦, 进而为设计人员提供简便、快速的设计方法, 使用 BASIC 语言编制了这个设计软件。应用该软件在普通微机上即可完成提篮半穿式管桥的几何特性分析、内力计算、强度校核和稳定性验算等大量复杂的计算工作。举例应用表明, 该设计软件具有人机对话式交流的灵活性和计算精度高的可靠性。

**关键词:** 提篮半穿式管桥 静态特性 计算机分析

## 1 前言

提篮半穿式管桥是在组合拱式管桥的基础上发展起来的一种新型管桥结构。这种管桥不仅继承了组合拱式管桥的结构优点, 而且在降低拱体结构的相对温差内力和提高管桥的抗侧倾稳定性能力等方面取得了卓有成效的创新。文献 [1] 对提篮半穿式管桥在结构体系上的合理性、结构承载能力的可靠性和施工安装的简易性等方面作过详细阐述。

回顾有关提篮半穿式管桥的理论研究结果 [1~4] 不难看出, 涉及这种管桥内力分析和稳定性分析的数学公式均较繁冗。若是依靠手

工计算来处理这样一种复杂结构的设计问题, 势必要耗费设计人员的大量时间去处理数值问题, 而且也难保证计算结果的精度, 进而可能影响设计方案的质量或导致工程投资上的浪费。随着计算机技术在我国科研、设计和生产管理中的日益广泛应用, 我们认为在提篮半穿式管桥的实际设计中使用计算机来代替设计人员处理繁杂的数值计算问题是很有必要的。这不仅可以保证计算结果的精确性和设计方案的质量, 而且有利于提高设计效率。为此, 本文将着重研究用计算机分析提篮半穿式管桥的静态特性这一课题。

## 2 静态特性分析的计算公式

从提篮半穿式管桥的构造型式可以看出,由4根弦管与众多腹杆构成的变宽度桁拱体系是这种管桥的主要承重结构<sup>[1]</sup>。在设计计算中,运载管本身可作为弹性支承上的连续梁来处理,它对提篮桁拱的影响只需以其自重及其管内所输介质的重量作为沿跨度均匀分布的荷载来考虑。于是,提篮半穿式管桥的静态特性分析的工作主要集中在对提篮桁拱结构的分析和计算。下面就过去取得的研究成果对有关计算公式作一概括介绍。

### 2.1 设计基本参数

- (1) 提篮桁拱的跨度及矢跨比, 记为  $L$  和  $D$ ;
- (2) 提篮桁拱的厚度, 记为  $h$ ;
- (3) 提篮桁拱在拱脚和拱顶的宽度, 记为  $a$  和  $b$ ;
- (4) 桁拱结构弦管的直径、壁厚, 记为  $d_1$ 、 $e$ ;
- (5) 提篮桁拱斜面桁架片和平面桁架片的腹杆节距, 记为  $l_0$ ;
- (6) 平面桁架片的腹杆横截面积, 拱顶处为  $F_{d2}$ 、拱脚处为  $F_{j2}$ ;
- (7) 斜面桁架片的腹杆横截面积, 记为  $F_1$ ;
- (8) 钢材的重度、拉压弹性模量、剪切弹性模量、线膨胀系数、屈服极限、设计系数, 分别记为  $\gamma$ 、 $E$ 、 $G$ 、 $\alpha$ 、 $\sigma_s$ 、 $K$ ;
- (9) 最高气温、最低气温和施工温度, 分别记为  $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$ ;
- (10) 沿提篮桁拱拱轴线均匀分布的水平风荷载, 记为  $p$ ;
- (11) 单位长度内运载管的自重及其所输介质的重量, 记为  $q_3$ 。

### 2.2 确定提篮桁拱的几何参数

矢高

$$f = DL \quad (1)$$

圆弧半径

$$R = \frac{4D^2 + 1}{8D} L \quad (2)$$

圆弧拱半圆心角

$$\varphi_0 = \sin^{-1} \left( \frac{4D}{4D^2 + 1} \right) \quad (3)$$

斜面桁架片的倾斜角度

$$\beta = \tan^{-1} \left[ \frac{2f}{(a-b)} \right] \quad (4)$$

拱顶上弦管间距

$$S_{1d} = b - h \operatorname{ctg} \beta \quad (5)$$

拱顶下弦管间距

$$S_{2d} = b + h \operatorname{ctg} \beta \quad (6)$$

拱脚上弦管间距

$$S_{1j} = a - h \operatorname{ctg} \beta \quad (7)$$

拱脚下弦管间距

$$S_{2j} = a + h \operatorname{ctg} \beta \quad (8)$$

桁拱弦管的横截面积

$$F_s = \frac{\pi}{4} [d_1^2 - (d_1 - 2e)^2] \quad (9)$$

拱顶截面惯性矩:

拱平面内

$$I_{xd} = F_s h^2 \quad (10)$$

拱平面外

$$I_{yd} = 2F_s \left[ \left( \frac{S_{1d}}{2} \right)^2 + \left( \frac{S_{2d}}{2} \right)^2 \right] \quad (11)$$

拱脚截面惯性矩:

拱平面内

$$I_{xj} = I_{xd} = F_s h^2 \quad (12)$$

拱平面外

$$I_{yj} = 2F_s \left[ \left( \frac{S_{1j}}{2} \right)^2 + \left( \frac{S_{2j}}{2} \right)^2 \right] \quad (13)$$

提篮桁拱的抗扭刚度:

根据文献 [5] 可知, 等腰梯形断面的抗

扭刚度为

$$C = \frac{a_1^2 (S_1 + S_2)^2 K_0 K_1 K_2 \sin^2 \beta}{2a_1^2 K_1 K_2 + S_1^2 K_0 K_2 + S_2^2 K_0 K_1} \quad (14)$$

式中  $a_1$ ——表示等腰梯形腰边的长度,

$$\text{且 } a_1 = \frac{h}{\sin \beta};$$

$S_1$ 、 $S_2$ ——分别代表等腰梯形上、下底边的长度;

$K_0$ 、 $K_1$ 、 $K_2$ ——分别为斜面及上、下平面桁架片的抗剪刚度, 按下列公式计算

$$K_0 = \frac{EF_1 l_0 (h / \sin \beta)^2}{2[(h / \sin \beta)^2 + (l_0^2 / 4)]^{\frac{3}{2}}} \quad (15)$$

$$K_1 = \frac{EF_2 l_0 S_1^2}{S_1^3 + (l_0^2 + S_1^2)^{\frac{3}{2}}} \quad (16)$$

$$K_2 = \frac{EF_2 l_0 S_2^2}{S_2^3 + (l_0^2 + S_2^2)^{\frac{3}{2}}} \quad (17)$$

将(15)~(17)三式代回(14)式, 经整理后得提篮桁拱的抗扭刚度

$$C = EF_1 l_0 h^2 (S_1 + S_2)^2 \cdot \left\{ \frac{1}{2} \left[ 4 \left( \frac{h}{\sin \beta} \right)^2 + l_0^2 \right]^{\frac{3}{2}} + \frac{F_1}{F_2} [S_1^3 + S_2^3 + (S_1^2 + l_0^2)^{\frac{3}{2}} + (S_2^2 + l_0^2)^{\frac{3}{2}}] \right\}^{-1} \quad (18)$$

注意到上式中的  $S_1$  和  $S_2$  沿拱轴线均是变化的, 所以(18)式反映了提篮桁拱任意横截面的抗扭刚度。

### 2.3 计算提篮桁拱的自重

2.3.1 提篮桁拱腹杆的重量根据文献〔2〕的研究结果, 可用下式来表示提篮桁拱腹杆的重量沿拱轴线的变化规律:

$$q_1 = q_d [1 + u(1 - \cos \varphi)] \quad (19)$$

$$\text{式中 } u = \frac{R(a-b)\sin \beta}{(h + b\sin \beta)f} \quad (20)$$

$\varphi$ ——拱轴线上任意点到拱顶圆弧段所对应的圆心角;

$q_d$ ——拱顶处腹杆的重量, 按下式计算

$$q_d = 2\gamma \delta_d \left( b + \frac{h}{\sin \beta} \right) \quad (21)$$

式中  $\delta_d$  表示拱顶处“箱梁”断面中较大的“拟腹板”厚度, 按下列步骤确定。

根据文献〔6〕, 提篮桁拱的横截面可以处理成图1所示那样的等效箱梁断面。拱顶处“薄壁箱梁”的“拟腹板”厚度分别由下列公式确定〔5, 6〕:

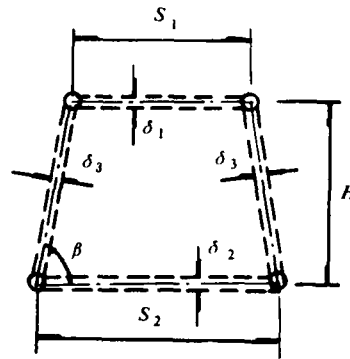


图1 等效箱梁断面

$$\delta_{1d} = \frac{EF_{d2} l_0 S_{1d}}{G[S_{1d}^3 + (l_0^2 + S_{1d}^2)^{\frac{3}{2}}]} \quad (22)$$

$$\delta_{2d} = \frac{EF_{d2} l_0 S_{2d}}{G[S_{2d}^3 + (l_0^2 + S_{2d}^2)^{\frac{3}{2}}]} \quad (23)$$

$$\delta_{3d} = \frac{EF_1 l_0 (h / \sin \beta)}{2G[(h / \sin \beta)^2 + (l_0^2 / 4)]^{\frac{3}{2}}} \quad (24)$$

$$\text{所以 } \delta_d = \max \{ \delta_{1d}, \delta_{2d}, \delta_{3d} \} \quad (25)$$

2.3.2 桁拱弦管的重量, 从提篮桁拱的实际构造型式〔1〕可以看出, 桁拱弦管的自重基本

上是沿拱轴线呈均匀分布的线性载荷, 即

$$q_2 = 4\gamma F, \quad (26)$$

2.4 提篮桁拱的内力计算:

2.4.1 均匀温差引起的内力, 根据文献 [1, 7] 的推导结果有:

水平推力

$$H_t = \frac{1}{(\varphi_0 / \sin\varphi_0) + \cos\varphi_0 - (2\sin\varphi_0 / \varphi_0)} \cdot \frac{2.6E\alpha\Delta t I_x}{R^2} \quad (27)$$

轴力

$$N_t = \frac{\cos\varphi}{(\varphi_0 / \sin\varphi_0) + \cos\varphi_0 - (2\sin\varphi_0 / \varphi_0)} \cdot \frac{2.6E\alpha\Delta t I_x}{R^2} \quad (28)$$

剪力

$$Q_t = \frac{\sin\varphi}{(\varphi_0 / \sin\varphi_0) + \cos\varphi_0 - (2\sin\varphi_0 / \varphi_0)} \cdot \frac{2.6E\alpha\Delta t I_x}{R^2} \quad (29)$$

弯矩

$$M_t = \frac{(\sin\varphi_0 / \varphi_0) - \cos\varphi}{(\varphi_0 / \sin\varphi_0) + \cos\varphi_0 - (2\sin\varphi_0 / \varphi_0)} \cdot \frac{2.6E\alpha\Delta t I_x}{R} \quad (30)$$

式(27)~(30)中,  $\Delta t$ ——提篮桁拱的设计温差, 计算时取

$$\Delta t = \max \{ |t_1 - t|, |t_2 - t| \} \quad (31)$$

2.4.2 水平风荷载引起的内力由文献 [3] 有: 弯矩

$$M_p = -pR^2 [1 - (1 + K_v)\cos\varphi] \quad (32)$$

扭矩

$$L_p = pR^2 [\varphi - (1 + K_v)\sin\varphi] \quad (33)$$

剪力

$$Q_p = pR\varphi \quad (34)$$

式中

$$K_v = V_{1p} / V_{11}$$

$$V_{1p} = \frac{1}{EI_{yd}} \left(\frac{f}{m}\right)^2 \left\{ -2K\text{tg}\left(\frac{\varphi_0}{2}\right) \cdot \right.$$

$$(K+1)^{-1} [(K-1) + (K+1) \cdot$$

$$\text{tg}^2\left(\frac{\varphi_0}{2}\right)]^{-1} + \frac{2K^3 - 4K + 2}{(K^2 - 1)^{3/2}} \cdot$$

$$\arctg\left(\sqrt{\frac{K+1}{K-1}} \text{tg}\frac{\varphi_0}{2}\right) - \varphi_0 \left. \right\}$$

$$- \frac{1}{C} \left(\frac{1}{2}\varphi_0 - \frac{1}{4}\sin 2\varphi_0 -$$

$$\sin\varphi_0 + \varphi_0 \cos\varphi_0\right)$$

$$V_{11} = \frac{1}{EI_{yd}} \left(\frac{f}{m}\right)^2 \cdot$$

$$\left\{ 2K\text{tg}\left(\frac{\varphi_0}{2}\right) \cdot (K^2 - 1)^{-1} \cdot$$

$$[(K-1) + (K+1)\text{tg}^2\left(\frac{\varphi_0}{2}\right)]^{-1}$$

$$+ \frac{4K - 2K^3}{(K^2 - 1)^{3/2}} \arctg\left(\sqrt{\frac{K+1}{K-1}} \cdot$$

$$\text{tg}\frac{\varphi_0}{2}\right) + \varphi_0 \left. \right\} + \frac{1}{C} \cdot$$

$$\left(\frac{1}{2}\varphi_0 - \frac{1}{4}\sin 2\varphi_0\right)$$

$$m = R(n-1), \quad k = \frac{m+f}{m}, \quad n = \frac{a}{b}$$

式中的  $C$  表示被近似处理成常量的桁拱截面抗扭刚度, 一般取  $C = \frac{1}{3}C_j + \frac{2}{3}C_d$  (36)

这里的  $C_j$  和  $C_d$  分别为拱脚和拱顶截面的抗扭刚度, 可按式(18)计算。

2.4.3 竖直荷载引起的内力由文献 [2, 4] 可得:

水平推力

$$H_s = X_2 - E_q \quad (37)$$

$$N_g = (X_2 - E_q) \cos \varphi - X_3 \sin \varphi + N_q \quad (38)$$

$$Q_g = -(X_2 - E_q) \sin \varphi + X_3 \cos \varphi + Q_q \quad (39)$$

$$M_g = X_1 + (X_2 - E_q) \left( \frac{\sin \varphi_0}{\varphi_0} - \cos \varphi \right) R - X_3 R \sin \varphi + M_q \quad (40)$$

式(37)~(40)中:

$X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ ——分别为不考虑拱轴弹性压缩影响时竖向荷载在弹性中心处产生的赘余弯矩、水平推力和剪力;

$N_q$ 、 $Q_q$ 、 $M_q$ ——分别为竖向荷载作用在基本结构上产生的轴向压力、剪力和弯矩;

$E_2$ ——竖向荷载作用下拱轴弹性压缩在弹性中心处产生的附加水平拉力。

(1) 提篮桁拱腹杆自重荷载( $q_1$ )引起的内力:

$$X_{11} = q_d R^2 \left[ (1+u) \left( \frac{2 \sin \varphi_0}{\varphi_0} - \cos \varphi_0 - 1 \right) + \frac{1}{4} u \left( \frac{\sin 2 \varphi_0}{2 \varphi_0} - 1 \right) \right] \quad (41)$$

$$X_{21} = \frac{8 R^2 (t_5 + u t_7)}{8 R^2 t_4 + h^2 t_1} q_d R \quad (42)$$

$$X_{31} = 0 \quad (43)$$

$$N_{q1} = q_d R [(1+u)\varphi - u \sin \varphi] \sin \varphi \quad (44)$$

$$Q_{q1} = q_d R [(1+u)\varphi - u \sin \varphi] \cos \varphi \quad (44)$$

$$M_{q1} = -q_d R^2 [(1+u)(\varphi \sin \varphi - 1 + \cos \varphi) - \frac{1}{2} u \sin^2 \varphi] \quad (45)$$

$$E_{q1} = [R^2 (C_1 + u C_2) + h^2 (C_3 + u C_4)] \cdot h^2 q_d R \cdot (8 R^2 t_4 + h^2 t_1)^{-2} \quad (46)$$

(2) 提篮桁拱弦管自重荷载( $q_2$ )引起的内力:

$$X_{12} = q_2 R^2 [(2 \sin \varphi_0 / \varphi_0) - \cos \varphi_0 - 1] \quad (47)$$

$$X_{22} = - \left[ \left( 3 \cos \varphi_0 - \frac{3 \sin \varphi_0}{\varphi_0} + \varphi_0 \sin \varphi_0 \right) \cdot \left( \frac{\varphi_0}{\sin \varphi_0} + \cos \varphi_0 - \frac{2 \sin \varphi_0}{\varphi_0} \right)^{-1} + \frac{1}{2} \right] q_2 R \quad (48)$$

$$X_{32} = 0 \quad (49)$$

$$N_{q2} = q_2 R \varphi \sin \varphi \quad (50)$$

$$Q_{q2} = q_2 R \varphi \cos \varphi \quad (50)$$

$$M_{q2} = -q_2 R^2 (\varphi \sin \varphi - 1 + \cos \varphi) \quad (51)$$

$$E_{q2} = \frac{[R^2 C_1 + h^2 C_3] h^2}{(8 R^2 t_4 + h^2 t_1)^2} q_2 R \quad (52)$$

(3) 运载管自重及所输介质重量荷载( $q_3$ , 沿跨度均匀分布)引起的内力:

$$X_{13} = q_3 R^2 \left( \frac{1}{4} - \frac{\sin 2 \varphi_0}{8 \varphi_0} \right) \quad (53)$$

$$X_{23} = \left( \frac{1}{2} \sin \varphi_0 - \frac{\sin^2 \varphi_0 \cos \varphi_0}{2 \varphi_0} - \frac{1}{3} \sin^3 \varphi_0 \right) \cdot (\varphi_0 + \sin \varphi_0 \cos \varphi_0 - \frac{2 \sin^2 \varphi_0}{\varphi_0})^{-1} \cdot q_3 R \quad (54)$$

$$X_{33} = 0 \quad (55)$$

$$N_{q3} = q_3 R \sin^2 \varphi \quad (56)$$

$$Q_{q3} = q_3 R \sin \varphi \cos \varphi \quad (56)$$

$$M_{q3} = -\frac{1}{2} q_3 R^2 \sin^2 \varphi \quad (57)$$

$$E_{q3} = \frac{[R^2 C_5 + h^2 C_6] h^2}{(8 R^2 t_4 + h^2 t_1)^2} q_3 R \quad (58)$$

公式(42)、(46)、(52)和(58)中的常数 $t_1$ 、

$t_2$ 、 $t_3$ 、 $t_4$ 、 $t_5$ 、 $t_6$ 、 $t_7$ 、 $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ 、 $C_4$ 、

$C_5$ 、 $C_6$ 均按文献[2]中的对应公式计算。

由内力迭加原理可得式(37)~(40)中各分量的计算公式:

$$E_q = E_{q1} + E_{q2} + E_{q3} \quad (59)$$

$$\left. \begin{aligned} X_1 &= X_{11} + X_{12} + X_{13} \\ X_2 &= X_{21} + X_{22} + X_{23} \\ X_3 &= X_{31} + X_{32} + X_{33} \end{aligned} \right\} \quad (60)$$

$$\left. \begin{aligned} N_q &= N_{q1} + N_{q2} + N_{q3} \\ Q_q &= Q_{q1} + Q_{q2} + Q_{q3} \\ M_q &= M_{q1} + M_{q2} + M_{q3} \end{aligned} \right\} \quad (61)$$

### 2.5 强度校核

根据提篮桁拱的构造特征和内力分布的情况容易看出, 尽管在一般情况下拱脚处的内力比拱顶处的内力大, 但提篮桁拱拱顶处的截面刚度总比拱脚处要小, 所以在作强度校核时一般都应当分别校核拱顶和拱脚的强度。校核时取钢材的许用应力为

$$[\sigma] = K\sigma_s \quad (62)$$

上式右端的  $K$  和  $\sigma_s$  分别代表设计系数和钢材的屈服极限。

#### 2.5.1 校核拱顶的强度

由于当设计温差为负数 (即  $\Delta t < 0$ ) 时, 拱顶处的温差弯矩与竖向荷载引起的弯矩同向, 所以此时拱顶有最大轴向压应力, 即

$$\sigma_d = \frac{N_{gd} + N_{ld}}{4F_s} + \frac{(M_{gd} - M_{ld})h}{2I_{xd}} + \frac{|M_{pd}| |S_{ld}|}{2I_{yd}} \quad (63)$$

为保证拱顶有足够的强度, 应满足如下的强度条件:

$$\sigma_d < [\sigma]$$

#### 2.5.2 校核拱脚的强度

分析提篮桁拱的内力分布情况可知, 在负温差 (即  $\Delta t < 0$ ) 时拱脚应力最大。

压应力

$$\sigma_0 = \frac{N_j}{4F_s} + \frac{M_{xj}h}{2I_{xj}} + \frac{M_{yj}S_{2j}}{2I_{yj}} \quad (64)$$

式中

$$\begin{aligned} N_j &= N_{gj} + N_{lj} \\ M_{xj} &= |M_{gj} + M_{lj}| \\ M_{yj} &= |M_{pj}| \end{aligned}$$

弯曲剪应力:

$$\text{令 } Q_j = \sqrt{Q_{pj}^2 + Q_{yj}^2} \quad (65)$$

式中  $Q_{yj} = Q_{gj} + Q_{lj}$ , 近似按“薄壁箱梁”

$$\text{考虑, 由文献 [8] 得: } \tau_1 \approx \frac{Q_j}{4F_s} \quad (66)$$

扭转剪应力:

根据文献 [9] 关于箱梁自由扭转时的剪应力计算公式得:

$$\tau_2 = \frac{L_{pj}}{h\delta_j(S_{1j} + S_{2j})} \quad (67)$$

式中  $\delta_j$  表示拱脚处“箱梁”中较小的“拟腹板”厚度, 即

$$\delta_j = \min \{ \delta_{1j}, \delta_{2j}, \delta_{3j} \} \quad (68)$$

由第四强度理论得拱脚处危险点的相当应力为

$$\sigma_j = \sqrt{\sigma_0^2 + 3(\tau_1 + \tau_2)^2} \quad (69)$$

如果  $\sigma_j < [\sigma]$  则拱脚强度足够。

### 2.6 稳定性验算

#### 2.6.1 面内稳定性:

计算长度

$$S_0 = \frac{\sqrt{1 + \frac{EI_x}{C}(\varphi_0/\pi)^2}}{1 - (\varphi_0/\pi)^2} \varphi_0 R \quad (70)$$

惯性半径

$$i_{dx} = \sqrt{\frac{I_x}{4F_s}} = \frac{h}{2} \quad (71)$$

长细比

$$\lambda = S_0 / i_{dx} \quad (72)$$

根据  $\lambda$  的计算值查《规范》<sup>[10]</sup> 得稳定系数  $K_\varphi$ , 于是

$$\sigma = \frac{N_{gd} + N_{ld}}{4K_\varphi F_s} \quad (73)$$

如果  $\sigma < [\sigma]$ , 则提篮桁拱在面内不会失稳。

2.6.2 面外稳定性由文献 [4] 得提篮桁拱的临界侧向水平风荷载为

$$P_{cr} = \eta(\sigma_s - \sigma_b - \sigma_c) \quad (74)$$

$$\text{式中 } \eta = \frac{2(EI_{yd}\pi^2 - 2R^2\varphi_0^2 H_g)}{\pi^2 R^2 K_y b E} \quad (75)$$

$$\sigma_b = \frac{h}{2I_x} |X_1 + H_g R (\frac{\sin\varphi_0}{\varphi_0} - 1)| \quad (76)$$

$$\sigma_c = H_g / 4F_s \quad (77)$$

如果满足条件  $P_{cr} / p > 2.6$ , 则提篮桁拱不会发生面外失稳。  
(未完待续)

# PETROLEUM ENGINEERING CONSTRUCTION

Vol. 16, No. 5, Oct. 1990

---

## CONTENTS AND ABSTRACTS

### · RESEARCH AND DISCUSSION ·

#### (1) Computer Analysis of Static Characters of the Basket-type Semi-Crossing Pipe Bridges (To be continued)

Based on the summarization of study results in the combined arch pipe bridges and the basket-type semi-crossing pipe bridges achieved in recent years, this paper discusses various effective methods in the static analysis of basket-type semi-crossing pipe bridges. Owing to the complication of many formulas analyzing basket-type semi-crossing pipe bridges, the authors develop this design software with BASIC language, in which the static characteristics of a basket-type semi-crossing pipe bridge can be calculated, in order to overcome some troubles that may be arisen in manual calculation and provide designers with a convenient and fast-speed design method. The analysis of geometrical configuration, calculation of internal forces, examination of strength, checking of stability and other complicated calculations in a basket-type semi-crossing pipe bridge can be done by a common micro-computer with this software. It is shown that by an applied example, this design software possesses the flexibility of communication by interviewing between man and computer as well as the reliability of high precision in calculation.

*Yao Anlin Yong Qiwei*

#### (7) Discussion on Some Problems in Assembling and Adjusting Horizontal Compressor

This paper discusses, in theory, how to centre the central line of piston of compressor with the central line of cylinder, and how to choose turning direction of crankshaft of compressor. It gives a new idea relatively different from others. The new idea includes: a. To ensure centering the central line of piston with the central line of cylinder, the central line of slide shoe must be higher by a very small amount  $\delta$  than that of cross head. b. When cylinder is located left side of the main bearing, the crankshaft had better turn in anticlockwise direction. Otherwise, the crankshaft had better turn in clockwise direction.

*Xu Furen*

#### (11) Research on Using Water Glass Starch to Strengthen Soft Soil Foundation *Liu Tongchun*

### · ENGINEERING MANAGEMENT ·

#### (13) Introduce Work Method System (WMS) to Promote Enterprise Progress

This paper introduces in detail what WMS is, Why WMS should be carry out, how to make