



管网模拟特征线法

王寿喜 曾自强

(西南石油学院)

内容提要 本文介绍了用特征线法模拟管网内气体流动的具体方法,给出了所用差分格式的收敛性和稳定性条件,阐述了节点及节点连接元件的处理方法。最后给出分析实例。

随着天然气工业的发展,天然气输送系统愈来愈复杂,要想进行有效的管理,实现自动控制,就必须要知道管网工况及变化规律,这就提出了管网瞬时模拟和瞬变分析的任务。

对于管网中的瞬变流现象,通常采用显示、隐式、特征线、伽辽金及积分变换等方法来分析。通过综合对比分析,从计算的准确性及经济性来看,特征线法都具有明显的优越性。

一、特征线方程

描述管道内气流动态的数学模型可用下列拟线性双曲方程组来表示:

$$A \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial X} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{dM}{dt} + A \frac{\partial p}{\partial X} + g \rho A \frac{\partial Z}{\partial X} + \frac{\pi D f}{8 \rho A^2} M |M| = 0 \quad (2)$$

式中: A ——管道横截面积; P ——介质压力; X ——管道位置变量; t ——时间变量; ρ ——介质密度; g ——重力加速度; M ——平均质量流量; D ——管子内径; f ——水力摩擦系数; Z ——管子高程。

考虑气体的状态方程 $\frac{P}{\rho} = Z^* RT = a^2$, (其中: Z^* ——介质压缩系数, R ——气体常数,

CaCO₃结垢倾向,当pco₂分压发生变化时,因平衡条件改变,造成气田水中CaCO₃过饱和而发生结垢。从地层到井筒,从井筒到分离系统,从分离系统到集水池,这些压力发生剧烈变化的部位最有可能发生CaCO₃结垢堵塞,应该是实施防垢技术时重点的防垢目标。

参 考 资 料

[1] 刘二本 《天然气工业》第5卷 第1期第41~46页 1985年

[2] 杨雅和等 《天然气工业》第4卷 第4期 第1~4页 1984年

[3] Dr. Charles C. Patton «Oilfield Water Systems» P. 46 Printed and Bound in USA 1974

[4] «Industrial Water Treatment Practice» Ed. by P. Hamer P. 414, 422, 457 1961

[5] H. R. Hausler O. G. J. Vol. 76 No. 38 P146 1978

[6] Jim Leonard O. G. J. Vol. 81 No. 50 P. 78 1983

(本文收到日期 1986年1月2日)

T ——介质绝对温度, a ——介质等温声速) 可得到描述管网内瞬变流现象的特征线方程组:

$$C \pm = \frac{\alpha^2}{A} \frac{dM}{dt} \pm \frac{\alpha}{a} \frac{dP}{dt} + \frac{Pg}{a^2} \frac{dz}{dx} - \frac{fa^2 M |M|}{2DA^2 P} = 0 \quad (3)$$

$$C \pm = \frac{dx}{dt} = \pm \frac{a}{\alpha} \quad (4)$$

式中: α ——惯性因子

式(4)描述了方程(1)、(2)的两条特征线, 式(3)分别是这两条特征线上的特征方程。这里要特别指出, 式(3)只有在式(4)满足时才能成立。特征线法的实质就是将整个 $x-t$ 平面上的偏微分方程问题化为只有特征线上成立的常微分方程问题。

二、特征线方程的网格差分格式

1. 划分网格

分别取时间步长和空间步长为 Δt 和 Δx , 可得 $x-t$ 平面上的网格点:

$$x_i = i\Delta x, \quad i = 0, 1, 2, \dots, N,$$

$$\Delta x = L/N,$$

$$t_j = j\Delta t, \quad j = 0, 1, 2, \dots \left[\frac{T_{\text{增加}}}{\Delta t} \right]$$

其中 L 是管长, N 是此管的分段长。

Δx 和 Δt 并非任意选定, 它们之间有一定的关系, 必须满足一定条件。

2. 差分格式

假设管道无起伏, 斜度为 θ , 从 T 点引出的 C^+ 、 C^- 特征线, 分别交于上一时间层的 R 和 S 点, 用关于特征线 TR 和 TS 中点 M 、 N 的中心差商代替式(3)的特征方程, 可得其网格差分格式(见图1):

$$C^+: \frac{\alpha^2}{A} \frac{M_T - M_R}{\Delta t} + \frac{\alpha}{a} \frac{P_T - P_R}{\Delta t} + \frac{(P_T + P_R)}{2a^2} g \sin \theta + \frac{fa^2 |M_T + M_R|}{4DA^2} \times \frac{M_T + M_R}{P_T + P_R} = 0 \quad (5)$$

$$C^-: \frac{\alpha^2}{A} \frac{M_T - M_S}{\Delta t} - \frac{\alpha}{a} \frac{P_T - P_S}{\Delta t} + \frac{(P_T + P_S)}{2a^2} g \sin \theta + \frac{fa^2 |M_T + M_S|}{4DA^2} \times \frac{M_T + M_S}{P_T + P_S} = 0 \quad (6)$$

如果已知 R 、 S 点的值, 就可通过(5)式和(6)式的联立解求出 T 点的值。

3. 差分格式的收敛性条件

为了保证所用差分格式的收敛和稳定, 步长 Δt 和 Δx 间必须满足下面的关系:

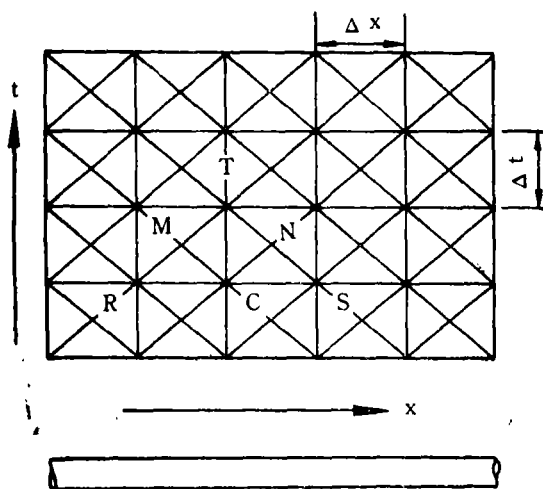


图1 差分网格

$$\left| \frac{\Delta t}{\Delta x} \lambda_i \right| \leq 1 \quad (7)$$

式中 $\lambda_i = \frac{dx}{dt} = \pm \frac{a}{\alpha}$, 是方程组 (1)、(2) 式的特征值。若已知步长 Δx , 可由 (7) 式求得时间步长 Δt ; 同样, 如果已知时间步长 Δt , 也可求得 Δx , 如此确定的网格能保证计算的收敛。若 Δx 给定, 则有:

$$\Delta t \leq M_{i,n} \left| \frac{\Delta x}{\lambda_i} \right| = M_{i,n} \left| \frac{\Delta x \cdot \alpha}{a} \right| \quad (8)$$

4. 惯性因子的意义及计算

惯性因子不仅使问题得到了简化, 还增大了时间步长, 从而提高了计算的经济性。

惯性因子的选取应反映瞬变的特征。当瞬变剧烈时, 惯性因子宜取小, 反之应取大, 这主要考虑到减少计算的时间和增加模拟的真实性。通常采用下式计算惯性因子:

$$\alpha^2 = 1 - \frac{(\sigma m h)^2}{3 P_d} + \psi \sqrt{\frac{P_d [1 + (\sigma m \omega^*)^2]}{m \omega^* \Delta q}} \quad (9)$$

式中:

$$m = \frac{V_0}{a}, \quad P_d = \sqrt{1 - 2\sigma m^2}, \quad \omega^* = \frac{\omega \cdot L}{a},$$

$$\Delta q = \frac{\Delta M}{M_0}, \quad h = \frac{\Delta x}{L}, \quad \sigma = \frac{fL}{2D}$$

Ψ ——无量纲误差限, V_0 ——管端气体流速;

ω ——振荡圆频率, M_0 ——初始质量流量;

ΔM ——质量流量振动半幅值。

瞬变为非周期性的运动时, 没有明显的频率和振幅, 这时有:

$$\omega = \frac{dM}{dt} / \Delta M \quad \text{或者} \quad \omega = \frac{dp}{dt} / \Delta p; \quad \Delta \omega = A - \frac{\Delta P}{a}$$

Δp ——压力增值。

三、单管混合问题的特征线差分方法

按 X_i 与 t_j 划分网格, 为方便起见, 用 (i, j) 表示 (X_i, t_j) , $M_{i,j}$ 表示 $M(X_i, t_j)$ 。

设管子初始时刻 ($t=0$) 的流量和压力分布已知, $P(x, 0) = \Psi_1(x)$, $M(x, 0) = \Psi_2(x)$; 首端压力和末端输出的变化规律给定: $P(0, t) = \Psi_1(t)$, $M(l, t) = \Psi_2(t)$ 。再考虑特征线方程, 即得出差分格式:

$$\begin{aligned} & \frac{\alpha^2}{A} \frac{M_{i,j+1} - M_{i-k,j}}{\Delta t} + K \frac{\alpha}{a} \frac{P_{i,j+1} - P_{i-k,j}}{\Delta t} + \frac{P_{i,j+1} + P_{i-k,j}}{2a^2} g \sin \theta + \\ & + \frac{fa^2}{4DA^2} \frac{M_{i,j+1} + M_{i-k,j}}{P_{i,j+1} + P_{i-k,j}} \cdot |M_{i,j+1} + M_{i-k,j}| = 0 \end{aligned} \quad (10)$$

$$P_{i,0} = \varphi_1(X_i) = \varphi_{1i} \quad M_{i,0} = \varphi_2(X_i) = \varphi_{2i}$$

$$P_{0,j+1} = \psi(t_{j+1}) = \psi_{1j+1} \quad M_{N,j+1} = \psi_2(t_{j+1}) = \psi_{2j+1}$$

其中: $i = 0, 1, 2, \dots, N$; $j = 0, 1, 2, \dots, [\frac{T(\text{总})}{\Delta t}]$

$K = -1$ 时 $i = 0$; $K = \pm 1$ 时 $i = 1, 2, \dots, N-1$;

$K = +1$ 时 $i = N$

在管线中, 还可能出现压气机, 阀和调节器等设备, 可用下列式子表示它们各自参数间的关系:

$$\text{阀: } M = K_0 \sqrt{(P_{ih} - P_{out})P_{ih}}$$

$$\text{或: } M_{ij} = K_0 \sqrt{(P_{ij,in} - P_{ij,out})P_{ij,in}} \quad (11)$$

$$\text{压缩机: } HP = M[K_1(\frac{P_{out}}{P_{in}})^{K_3} - K_2]$$

或:

$$HP_{ij} = M_{ij}[K_1(\frac{P_{ij,out}}{P_{ij,in}})^{K_3} - K_2] \quad (12)$$

式中: M ——设备的通过能力, K_0 ——阀系数,

P_{in} ——阀的进口压力, 压缩机的吸气压力,

P_{out} ——阀的出口压力, 压缩机的排气压力,

K_1 、 K_2 、 K_3 ——压缩机系数,

HP ——压缩机耗费功率

当设备在管子中部时, 在设备的进出口可建立两个特征线方程, 加上设备方程(11)或(12), 组成三个方程的方程组。此方程组对仅有三个待求量的阀来说是封闭的, 而解压气机问题时, 还必须要给定一个待求参数。

当设备在管子的首末端时, 借助于边界条件, 很容易求得各未知量。应当注意, 在任何情况下, 都要给定一个压缩机的参数。

对于管端连有储气田的情况, 可通过气田模型, 边界条件和管端特征线方程的联立来求解。储气田的模型如下:

$$M = N_w C_w |P_c^2 - P_{wb}^2|^n$$

$$\text{或: } M_{wj} = N_w C_w |(P_{wa,j} + C)^2 - P_c^2|^n$$

式中: M ——气田供气量, N_w ——气井数目,

$C_{w,n}$ ——表示气井生产能力的参数,

P_c ——气层压力, P_{wb} ——井底压力,

C ——气柱静压, $P_{wb} = P_{wh} + C$ (P_{wh} 为井口压力)。

四、管网模拟计算

管网由单管连接而成, 其主要特征是管子和节点。关于管子的处理方法如前所述, 这里

仅就节点和连接时所遇到的问题加以讨论。

1. 统一时间步长和线性内插

如图2—a, 按(8)式算得的时间步长分别为 Δt_1 和 Δt_2 , 其中 $\Delta t_1 \neq \Delta t_2$, 这样, 在管子的连接点处, 计算无法进行。因此, 要在全管网选择一个统一的时间步长, 以使计算进行并保证计算收敛, 根据(8)式, 此时间步长为:

$$\Delta t = M_{ini} \left| \frac{\Delta X_i \alpha_i}{a_i} \right| \quad i = 1, 2, 3, \dots, N,$$

其中 i 是管道编号, N_1 是管道数目。

统一时步后, 势必造成特征线偏离网格点的现象(如图2—b和图3所示)。为此, 通过线性内插, 用网格点上的值代替特征线上的点 R 和 S 的值。

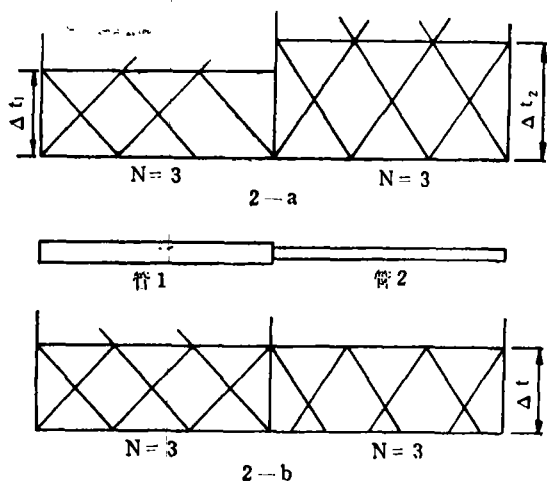


图2 管网时步选取

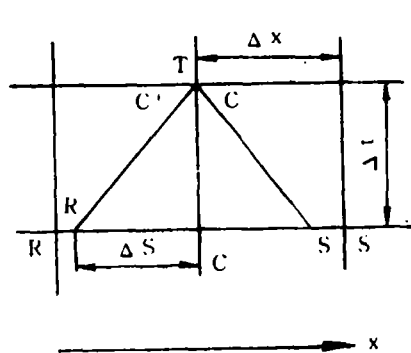


图3 线性内插

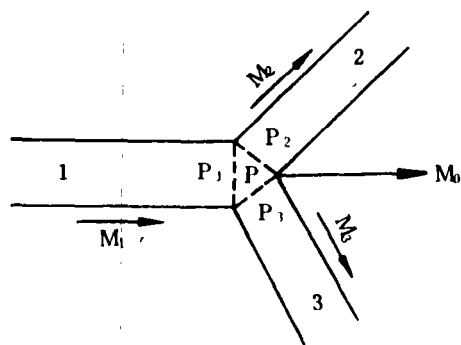


图4 简单节点连接条件

$$M_R = RR M_R' + (1 - RR) M_c$$

$$P_R = RR P_R' + (1 - RR) P_c$$

$$M_S = RR M_S' + (1 - RR) M_c$$

$$P_S = RR P_S' + (1 - RR) P_c$$

$$\text{式中 } RR = \frac{a \Delta t}{\alpha \Delta x}$$

2. 节点连接条件

节点满足连续性条件, 并且每个所连管子都可建立一个特征线方程, 加上设备方程和控制参量, 就可建立任何情况下的封闭方程组。下面讨论只含管子的简单节点和包括设备的复杂节点的分析方法, 系一般处理情况。

(1) 简单节点如图4所示, 忽略节点处的局部压力损失, 有: $P = P_1 = P_2 = P_3$ 此外, 在 $\sum M_i = 0$ 时得: $F_0 = m_1 - m_2 - m_3 - m_0 = 0$

对于每根管子, 还可以写出相应的特征线方程:

$$F_1 = \frac{\alpha_1^2}{A_1} \frac{M_1 - M_{1,N-1}^j}{\Delta t} + \frac{\alpha_1}{a_1} \frac{p - p_{1,N-1}^j}{\Delta t} + \frac{p + p_{1,N-1}^j}{2a_1^2} g \sin \theta_1 \\ + \frac{f_1 a_1^2}{2D_1 A_1^2} \frac{M_1 + M_{1,N-1}^j}{p + p_{1,N-1}^j} \left| \frac{M_1 + M_{1,N-1}^j}{2} \right| = 0$$

$$F_2 = \frac{\alpha_2^2}{a_2^2} \frac{M_2 - M_{2,1}^j}{\Delta t} - \frac{\alpha_2}{a_2} \frac{p - p_{2,1}^j}{\Delta t} + \frac{p + p_{2,1}^j}{2a_2^2} g \sin \theta_2 \\ + \frac{f_2 a_2^2}{2D_2 A_2^2} \frac{M_2 + M_{2,1}^j}{p + p_{2,1}^j} \left| \frac{M_2 + M_{2,1}^j}{2} \right| = 0$$

$$F_3 = \frac{\alpha_3^2}{a_3^2} \frac{M_3 - M_{3,1}^j}{\Delta t} - \frac{\alpha_3}{a_3} \frac{p - p_{3,1}^j}{\Delta t} + \frac{p + p_{3,1}^j}{2a_3^2} g \sin \theta_3 + \\ + \frac{f_3 a_3^2}{2D_3 A_3^2} \frac{M_3 + M_{3,1}^j}{p + p_{3,1}^j} \left| \frac{M_3 + M_{3,1}^j}{2} \right| = 0$$

这样可得 F_i ($i=0, 1, 2, 3$) 四个方程, 正好解出 p, M_1, M_2, M_3 四个变量。式中 N 为管子分段数, $M_{i,k}^j$ 和 $p_{i,k}^j$ 分别表示着第 i 根管子第 k 个网格点上在 j 时刻的流量和压力; $M_i = M_{i,1}^j$ 。

(2) 复杂节点 如图5所示, 节点接有管子、阀、压缩机和储气田, 有 M_1, M_2, M_3, M_4, M_w 和 P, P_c, P_3, P_4, H_{p4} 共十个变量, 下面分别建立节点连续条件方程, 管子特征线方程, 设备方程及控制方程。

$$F_0 = M_1 - M_2 + M_w - M_3 - M_4 = 0$$

图5 一般节点连接条件

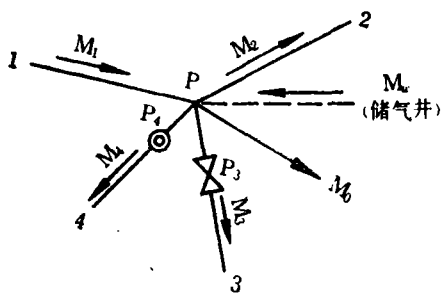
$$F_1 = \frac{\alpha_1^2}{A_1} \frac{M_1 - M_{1,N-1}^j}{\Delta t} + \frac{\alpha_1}{a_1} \frac{p - p_{1,N-1}^j}{\Delta t} + \frac{p + p_{1,N-1}^j}{2a_1^2} g \sin \theta_1 \\ + \frac{f_1 a_1^2}{2D_1 A_1^2} \frac{M_1 + M_{1,N-1}^j}{p + p_{1,N-1}^j} \left| \frac{M_1 + M_{1,N-1}^j}{2} \right| = 0$$

$$F_2 = \frac{\alpha_2^2}{A_2} \frac{M_2 - M_{2,1}^j}{\Delta t} - \frac{\alpha_2}{a_2} \frac{p - p_{2,1}^j}{\Delta t} + \frac{p + p_{2,1}^j}{2a_2^2} g \sin \theta_2 \\ + \frac{f_2 a_2^2}{2D_2 A_2^2} \frac{M_2 + M_{2,1}^j}{p + p_{2,1}^j} \left| \frac{M_2 + M_{2,1}^j}{2} \right| = 0$$

$$F_3 = \frac{\alpha_3^2}{A_3} \frac{M_3 - M_{3,1}^j}{\Delta t} - \frac{\alpha_3}{a_3} \frac{p_3 - p_{3,1}^j}{\Delta t} + \frac{p_3 + p_{3,1}^j}{2a_3^2} g \sin \theta_3 \\ + \frac{f_3 a_3^2}{2D_3 A_3^2} \frac{M_3 + M_{3,1}^j}{p_3 + p_{3,1}^j} \left| \frac{M_3 + M_{3,1}^j}{2} \right| = 0$$

$$F_4 = \frac{\alpha_4^2}{A_4} \frac{M_4 - M_{4,1}^j}{\Delta t} - \frac{\alpha_4}{a_4} \frac{p_4 - p_{4,1}^j}{\Delta t} + \frac{p_4 + p_{4,1}^j}{2a_4^2} g \sin \theta_4 \\ + \frac{f_4 a_4^2}{2D_4 A_4^2} \frac{M_4 + M_{4,1}^j}{p_4 + p_{4,1}^j} \left| \frac{M_4 + M_{4,1}^j}{2} \right| = 0$$

$$F_5 = M_3 - K_0 \sqrt{(p - p_3)p} = 0$$



$$F_4' = HP_4 - M_4 [K_1 (\frac{P_4}{P})^{k_3} - K_2] = 0$$

$$F_4'' = HP_4 - f_{i+1} = 0$$

$$F_5 = M_w - N_w C_w [(P+C)^2 - P_c^2]^n = 0$$

$$F_5' = P_5 + P_{c,i+1} = 0$$

式中, $P_i = P_{i+1}$ 而 $K = \begin{cases} \text{O管首} \\ \text{N管末} \end{cases}$

这样建立了包括十个方程的方程组, 方程的个数同方程中待求量的个数相同, 方程是封闭的, 采用下文介绍的Newton-Raphson迭代法即可求得各工作参数。

五、Newon-Raphson迭代法

现已将管网模型化为一系列描述管道、设备、储气田及节点的非线性方程组, 对此代数方程组, 用Newton-Raphson方法求解很有效。

对于方程组

$$F_1(x_1, x_2, \dots, x_k) = 0$$

$$F_2(x_1, x_2, \dots, x_k) = 0$$

.....

$$F_k(x_1, x_2, \dots, x_k) = 0$$

$$\text{有迭代式 } X^{(j)} = X^{(j-1)} - \delta X^{(j-1)}$$

$$\text{其中: } \delta X^{(j)} = [J^{(j)}]^{-1} F^{(j)}$$

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial F_1}{\partial X_1} & \frac{\partial F_1}{\partial X_2} & \dots & \frac{\partial F_1}{\partial X_k} \\ \frac{\partial F_2}{\partial X_1} & \frac{\partial F_2}{\partial X_2} & \dots & \frac{\partial F_2}{\partial X_k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial F_k}{\partial X_1} & \frac{\partial F_k}{\partial X_2} & \dots & \frac{\partial F_k}{\partial X_k} \end{bmatrix}$$

$F = \{F_1, F_2, \dots, F_k\}^T$, 是迭代函数列,

$X = \{X_1, X_2, \dots, X_k\}^T$, 是迭代序列,

$\delta X = \{\delta X_1, \delta X_2, \dots, \delta X_k\}^T$

$F_i = F_i(X_1, X_2, \dots, X_k)$ 是迭代函数, $i = 1, 2, \dots, k$

式中上标 j 示第 j 次迭代。

下面结合图4所示的简单节点, 说明迭代法的使用步骤。

在此有 F_0, F_1, F_2, F_3 四个方程, 变量为

$$X = \{M_1, M_2, M_3, P\}^T$$

(1) 求偏导数。 F_0, F_1, F_2, F_3 对各变量求偏导数, 可得系数矩阵:

$$J = \begin{pmatrix} \frac{\partial F_0}{\partial M_1} & \frac{\partial F_0}{\partial M_2} & \frac{\partial F_0}{\partial M_3} & \frac{\partial F_0}{\partial p} \\ \frac{\partial F_1}{\partial M_1} & \frac{\partial F_1}{\partial M_2} & \frac{\partial F_1}{\partial M_3} & \frac{\partial F_1}{\partial p} \\ \frac{\partial F_2}{\partial M_1} & \frac{\partial F_2}{\partial M_2} & \frac{\partial F_2}{\partial M_3} & \frac{\partial F_2}{\partial p} \\ \frac{\partial F_3}{\partial M_1} & \frac{\partial F_3}{\partial M_2} & \frac{\partial F_3}{\partial M_3} & \frac{\partial F_3}{\partial p} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & -1 & -1 & 0 \\ \frac{\partial F_1}{\partial M_1} & 0 & 0 & \frac{\partial F_1}{\partial p} \\ 0 & \frac{\partial F_2}{\partial M_2} & 0 & \frac{\partial F_2}{\partial p} \\ 0 & 0 & \frac{\partial F_3}{\partial M_3} & \frac{\partial F_3}{\partial p} \end{pmatrix}$$

(2) 赋初值。取 $p = p^j$, $M_1 = M_1^j$, $M_2 = M_2^j$, $M_3 = M_3^j$, 为第一次迭代值, j 示时刻。

(3) 根据 p 、 M_1 、 M_2 、 M_3 的迭代值及其它已知量, 计算 F_0 、 F_1 、 F_2 、 F_3 及其各项偏导数。

(4) 解方程, 求修正量

从 $j \cdot \delta x = F$ 解得 δm_1 , δm_2 , δm_3 , δp

(5) 于是, $M_1 = M_1 - \delta M_1$, $M_2 = M_2 - \delta M_2$, $M_3 = M_3 - \delta M_3$, $p = p - \delta p$

(6) 以新的迭代值反复(3)、(4)、(5), 直到获得满意的结果。

六、管网模拟的实现

仅根据前面的分析还不能进行管网工况模拟, 还必须借助计算机, 按一定的步骤, 才能进行管网瞬变分析。

1. 计算框图

为了直观起见, 这里给出简单的框图, 拟示计算过程(见图6)。

2. 程序设计

在做程序设计时, 应注意以下问题:

- (1) 画好管网简图, 将其中所有设备按类编号。
- (2) 管网简图上以箭头指明各管预期的流向, 计算值为负说明实际流向与假设相反。
- (3) 给管网中所有管子和节点编号, 编号首先要保证调用方便, 各种关系明确, 其次要力求简单, 尽量节省计算机内存。
- (4) 管网数据作为数据块子程序单独编写, 这样不仅增加了程序的通用性, 管网资料还可以长期保存, 以备调用。
- (5) 管网静态分析结果, 边界条件及设备工况的变化通过调用相应的子程序而得到。

七、举例

按上述的方法, 对图7所示的管网进行了瞬变分析。表1、表2给出了管网的原始数据和流量、压力的初始分布。当 $t > 0$ 时, 瞬变分析开始, 这时, 让节点1、3的输入和节点的10的压

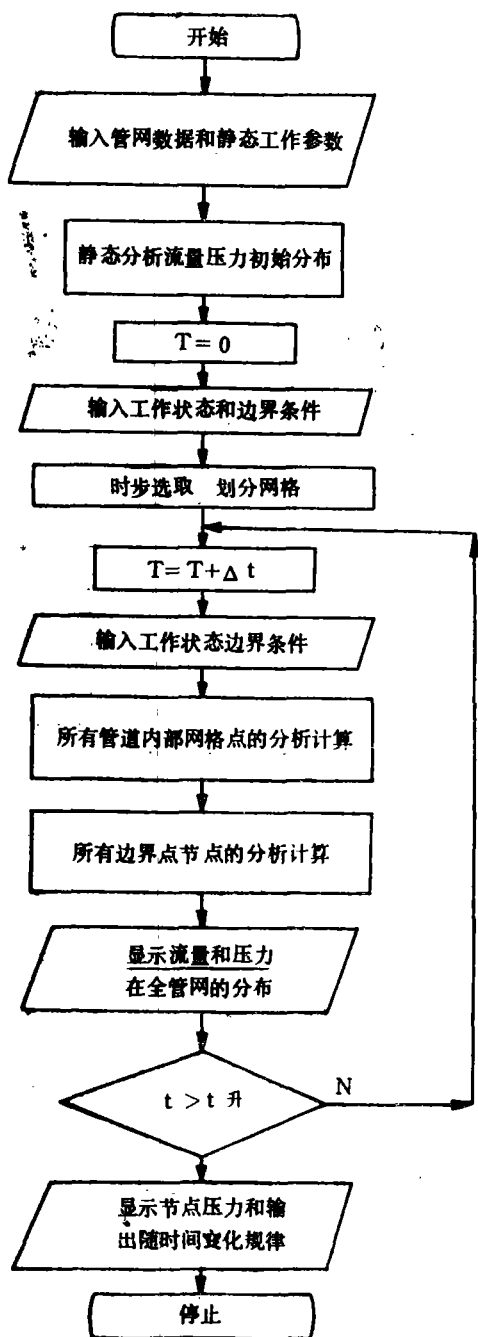


图6 管网瞬变分析计算框图

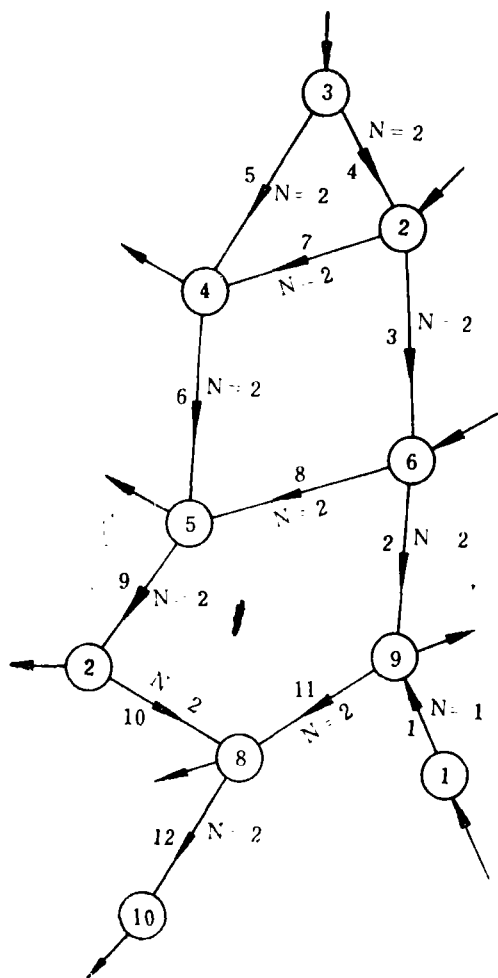


图7 管网简图

力按正弦规律变化, 节点2的输入和余下节点的压力保持不变, 这样可得各个时间层上的流量、压力分布和各个节点压力和输出随时间的变化规律(见图8)。图中 \$ 表示给定值, ? 表示计算结果, Δt 取为116.2秒。

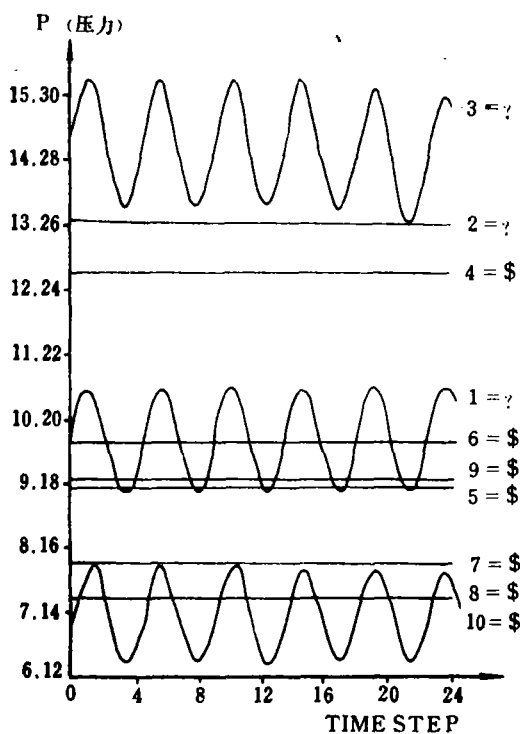


图 8-A 节点压力的变化规律

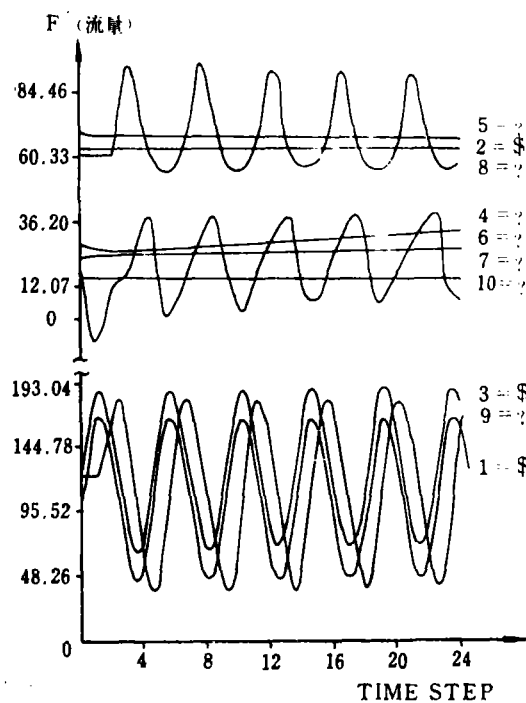


图 8-B 节点输出变化规律

注: $1\text{p}_a = 1\text{N/m}^2 = 1.019716 \times 10^{-5}\text{kg/cm}^2$

$1\text{kg/s} = 0.12067 \times 10^6\text{m}^3/\text{s}$

管 网 数 据 及 初 始 状 态 表

管 线 数 据

表1

序号	长度(km)	直径(mm)	粗糙度(mm)	上结点	初始流量(kg/s)	下结点
1	20.3000	500.0000	0.1500	1	8.7660	9
2	30.6000	465.0000	0.1500	6	5.9552	9
3	39.0000	356.0000	0.1500	2	6.8967	6
4	25.0000	350.0000	0.1500	3	5.2147	2
5	40.5000	350.0000	0.1500	3	5.2917	4
6	35.0000	350.0000	0.1500	4	6.6244	5
7	35.0000	350.0000	0.1500	2	3.6026	4
8	35.0000	350.0000	0.1500	6	2.8601	5
9	30.5000	350.0000	0.1500	5	3.7078	7
10	30.5000	350.0000	0.1500	7	2.4077	8
11	30.5000	350.0000	0.1500	9	4.5095	8
12	30.5000	350.0000	0.1500	8	1.8571	10

节 点 数 据

表2

序号	压力(N/m ²)	输出流量 (kg/s)	管子编号	管 子 编 号				
				1	2	3	4	5
1	0.9650E+06	8.7660	1	1	0	0	0	0
2	0.1309E+07	5.2846	3	4	7	3	0	0
3	0.1423E+07	10.5063	2	4	5	0	0	0
4	0.1227E+07	- 2.2698	3	5	6	7	0	0
5	0.8940E+06	- 5.7767	3	6	9	8	0	0
6	0.9650E+06	1.9186	3	2	3	8	0	0
7	0.7782E+06	- 1.3001	2	9	10	0	0	0
8	0.7237E+06	- 5.0601	3	10	11	12	0	0
9	0.9002E+06	- 10.2116	3	1	2	11	0	0
10	0.6893E+06	- 1.8571	1	12	0	0	0	0

参 考 文 献

〔1〕 (美) E.B.怀特, V.L.斯特里特, 清华大学流体传动与控制教研组译《瞬变流》水力电力出版社。

〔2〕 Yow. w. Numerical Error in Natural Gas Transient Calculations. Paper 72-FE-26, ASME, March, 1972

〔3〕 Gray Z, Watters, Modern Analysis and Control of Unsteady Flow in Pipelines, Ann Arbor Science Publisher's Inc. 1979

〔4〕 Wylie, E. B. V. L. Streeter, and M. A. Stoner, Unsteady Natural Gas Calculations in Complex Piping System, SPEJ, PP-25-42, Feb, 1974

〔5〕 (美) G.E.福雪斯, W.R.华沙《偏微分方程的有限差分法》上海科技出版社

〔6〕 北京大学、吉林大学、南京大学计算数学教研室《计算方法》人民教育出版社

(本文收到日期 1985年12月6日)

+++++

广东加紧培养天然气工业人材

1983年我国和阿科公司合作勘探,发现了莺歌海崖13-1气田,该气田面积55km²,估计储量900亿m³。另外在珠江口盆地已钻获的高产油井中也有大量伴生气。为了能长期、稳定、可靠地向广东省供应天然气,1985年9月28日我国与阿科公司签订了合同。合同规定,自1989年7月1日开始供气,1992年供气量达到32.5亿m³/y,稳定供气20年。国务院作出决定,从海南岛铺设一条1050km的输气管线到深圳,沿途可供32个市、县天然气,这对改善广东的能源结构,缓和广东的能源紧张状况有重要意义。

为配合莺歌海天然气开发利用,1986年3月21日至4月5日,广东省石油学会和中国煤气技术发展

中心在南海县联合举办了“城市天然气规划和可行性研究”学习班。聘请该中心李献嘉等四位同志任教,并邀请英国RUSTON公司的专家对利用天然气联合发电发热技术进行了讲座。参加学习的有来自琼-琛输气管道沿线各市、县的学员共49人,结业后他们将回到各市、县参加天然气的利用规划和可行性研究工作。

根据各市、县的要求,广东省石油学会今后还要举办各种类型的学习班,为各市、县的天然气公司培训管网设计、施工、维修、管理等生产骨干,希有关方面给予合作。

广东省石油学会 吴清标

73 Cement Retarder—Low Viscosity CMC

This paper introduces the results of laboratory experiment and field application by using the low viscosity CMC as a retarder in cement slurry. It is showed that the low viscosity CMC has thermostable performance and the retardation increases with increase of its addition. The low viscosity CMC also has the characteristics of not allowing the cement slurry to become thickening.

Yang Zongwen

76 Practice and Recognition of Water withdrawal in Gas Production by Use of Electric Submersible Pump

The intensive water withdrawal in gas production by using a set of electric submersible pump are achieved primarily in the development of water-bearing gas fields in Sichuan. It made the flooded wells, such as Wei-34, Na-20, which were off production for many years, to restore production capacity speedily. The field test and the characteristics of this technology are introduced, and some measures adopted for popularizing and applying this technology are presented in this paper also.

Luo Junyuan

80 Types and Origin of Scale of Formation Water in Weiyuan Gas Field

Through the analysis of the quality and scale of gas field water, it has been determined that the scale of formation water in weiyuan gas field belongs in type- CaCO_3 . According to the change of system pressure in gas well, the origin of scale, its tendency and possible amount have been estimated in this paper by using Stiff-Davis method and equilibrium data.

Fan Siying

STORAGE/TRANSPORTATION/SURFACE CONSTRUCTION

84 Characteristic Method of Simulating Pipe Network

This paper introduces the concrete method of simulating the gas flow in pipe network with characteristic method, puts forward calculation convergence and stability for the applied finite-difference format. It also includes how to deal with node and node connecting elements. Finally, the example is given.

Wang Shouxi, Zeng Ziqiang

GAS PROCESSING AND UTILIZATION

97 An Evaluation of Operation Conditions and Economic Effect in the Process of DIPA to be Substituted by MDEA

Based on the study of equilibrium solubility of H_2S and CO_2 in alkanolamine aqueous solutions and mechanism of selective absorption, the operation conditions in the process of DIPA to be substituted by MDEA and the economic effect may be obtained by such approach are evaluated in this paper. Such predicted results is in good agreement with data of pilot test in commercial scale to a certain extent.

Zhu Likai