

地震作用下埋地管道纵向 振动加权余量解

张进国* 吕英民 崔淑萍

(石油大学(北京)) (莱阳农学院)

张进国 吕英民等:地震作用下埋地管道纵向振动加权余量解,油气储运,1997(12)16,30~32。

摘 要 埋地管道是重要的生命线工程,地震时由于土壤与管道的相互作用而引起管道的运动,在管道中产生地震应力,应力过大会引起管道的破坏,从而影响管道的安全运行。针对地震作用下埋地管道纵向振动微分方程,提出以满足边界条件和初始条件的三角函数作为试函数,用加权余量法计算地震作用时管道的纵向运动位移反应,进而可求出管道中的纵向应变、应力,确定出管道应具有强度。给出的算例表明,所给出的方法能有效地对地震作用下埋地管道纵向振动进行计算,可为工程中埋地管道的抗震设计提供参考。

主题词 埋地管道 防震设计 计算 方法

埋地管道是重要的生命线工程,如何确保埋地管道在地震时安全可靠地运行,是管道工程设计迫切需要解决的问题^[1]。本文利用加权余量法,计算了埋地长输管道地震作用时的纵向运动反应,可为工程中埋地管道的抗震设计提供参考。

一、地震作用时埋地管道 纵向振动方程

埋地管道通常很长,实际计算时可取其中的一段长度 L 进行分析。当 L 取的足够长时,边界条件对所取分析段中间部位的反应影响较小,故可将分析段视为可自由轴向移动的边界,其计算模型如图 1 所示。图中, m 为管道单位长质量, E_p 为管道材料弹性模量, F 为管道横截面面积, C_A 、 K_A 分别为土壤与管道的相互作用阻尼和刚度。

在图 1 的坐标系中,以 $u(x,t)$ 表示 t 时刻管道 x 截面沿管道轴向的绝对位移, $u_g(x,t)$ 地震沿管道轴向的激励,则管道纵向振动微分方程为^[2,3]:

$$m \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial t^2} + C_A \frac{\partial u(x,t)}{\partial t} + K_A u(x,t) - E_p F \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x^2} = C_A \frac{\partial u_g(x,t)}{\partial t} + K_A u_g(x,t) \quad (1)$$

其边界条件为:

$$\left. \frac{\partial u(x,t)}{\partial x} \right|_{x=0} = \left. \frac{\partial u(x,t)}{\partial x} \right|_{x=L} = 0 \quad (2)$$

初始条件为:

$$u(x,t) \Big|_{t=0} = \left. \frac{\partial u(x,t)}{\partial t} \right|_{t=0} = 0 \quad (3)$$

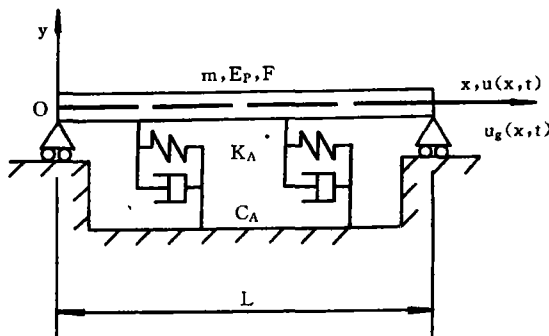


图 1 埋地管道纵向振动计算模型

* 102200,北京市昌平区水库路,电话:(010)69745566-3443。

二、管道纵向振动求解的 加权余量法

取管道纵向位移表达式为:

$$u(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n A_n(t) \varphi_n(x) \quad (4)$$

根据边界条件方程(2),取振型函数为:

$$\varphi_n(x) = \cos \frac{n\pi x}{L} \quad (n=0, 1, 2, \dots, \infty) \quad (5)$$

对应的无阻尼自振频率为:

$$\omega_n = \sqrt{\frac{n^2 \pi^2 E F}{L^2 m} + \frac{K_A}{m}} \quad (n=0, 1, 2, \dots, \infty) \quad (6)$$

$$\text{令 } A_n(t) = 1 - \cos \omega_n t \quad (7)$$

将式(5)、(7)代入式(4),则管道纵向位移既满足边界条件式(2)又满足初始条件式(3), C_n 为待定常数。

将式(4)代入式(1)得到余量函数 $R(x, t)$ ^[4]:

$$\begin{aligned} R(x, t) = & m \sum_{n=0}^{\infty} a_n \frac{\partial^2 A_n(t)}{\partial t^2} \varphi_n(x) \\ & + C_A \sum_{n=0}^{\infty} a_n \frac{\partial^2 A_n(t)}{\partial t} \varphi_n(x) + K_A \sum_{n=0}^{\infty} a_n A_n(t) \varphi_n(x) \\ & - E_p F \sum_{n=0}^{\infty} a_n A_n(t) \frac{\partial^2 \varphi_n(x)}{\partial x^2} \\ & - C_A \frac{\partial u_g(x, t)}{\partial t} - K_A u_g(x, t) \end{aligned} \quad (8)$$

沿管道以等间距 $\frac{L}{N-1}$ 取 N 个配点,并令余量 $R(x, t)$ 在这些点为零,则得到线性方程组:

$$[C] \{a\} = \{B\} \quad (9)$$

式中 $\{a\}$ —— t 时刻待求系数列阵。

$$\{a\} = [a_0, a_1, a_2, \dots, a_{N-1}]^T \quad (10)$$

$[C]$ 、 $\{B\}$ 分别为 t 时刻已知系数矩阵和列阵,其元素为:

$$\begin{aligned} B_i = & C_A \frac{\partial u_g \left(\frac{(i-1)L}{N-1}, t \right)}{\partial t} \\ & + K_A u_g \left(\frac{(i-1)L}{N-1}, t \right) \quad (1 \leq i \leq N) \quad (11) \\ C_{ij} = & m \omega_{j-1}^2 \cos(\omega_{j-1} t) \cos \frac{(i-1)(j-1)\pi}{N-1} \\ & + C_A \omega_{j-1} \sin(\omega_{j-1} t) \cos \frac{(i-1)(j-1)\pi}{N-1} \\ & + K_A (1 - \cos \omega_{j-1} t) \cos \frac{(i-1)(j-1)\pi}{N-1} \\ & + \frac{E_p F (j-1)^2 \pi^2}{L^2} (1 - \cos \omega_{j-1} t) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \times \cos \frac{(i-1)(j-1)\pi}{N-1} \\ & (1 \leq i \leq n), (1 \leq j \leq n) \quad (12) \end{aligned}$$

求解方程(9)可得到 t 时刻系数列阵 $\{a\}$,当 N 取的足够大时, t 时刻管道的纵向位移可足够精确地由下式得到。

$$u(x, t) = \sum_{n=0}^{N-1} a_n (1 - \cos \omega_n t) \cos \frac{n\pi x}{L} \quad (13)$$

改变时刻 t ,即可得到管道不同时刻位移,进而可确定管道中的应变及应力。

三、算 例

设有一正弦加速度脉冲波在场地沿管道的纵向从 O 点向另一端传播(如图 1 所示),传播速度为 c ,则场地的加速度表达式为:

$$\frac{\partial^2 u_g(x, t)}{\partial t^2} = \begin{cases} \ddot{u}_0 \sin \bar{\omega} \left(t - \frac{x}{c} \right) & \left(\frac{x}{c} \leq t \leq \frac{2\pi}{\bar{\omega}} + \frac{x}{c} \right) \\ 0 & \text{其它时间} \end{cases} \quad (14)$$

相应的场地位移表达式为:

$$u_g(x, t) = \begin{cases} \frac{\ddot{u}_0}{\bar{\omega}} \left(t - \frac{x}{c} \right) - \frac{\ddot{u}_0}{\bar{\omega}^2} \sin \bar{\omega} \left(t - \frac{x}{c} \right) & \left(\frac{x}{c} \leq t \leq \frac{2\pi}{\bar{\omega}} + \frac{x}{c} \right) \\ 0 & \text{其它时间} \end{cases} \quad (15)$$

计算中,脉冲参数取 $\ddot{u}_0 = 0.3 \text{ m/s}^2, \bar{\omega} = 12.56 \text{ rad/s}, c = 150 \text{ m/s}$;管道参数取 $L = 200 \text{ m}, K_A = 95.2 \text{ MPa}, m = 2072 \text{ kg/m}, E_p = 2 \times 10^5 \text{ MPa} \cdot \text{m}^2, F = 9.75 \times 10^{-2} \text{ m}^2, C_A = 1 \times 10^5 \text{ kg/(s} \cdot \text{m)}$ 。管道距离左端部 45 m 处的位移随时间的变化见图 2。

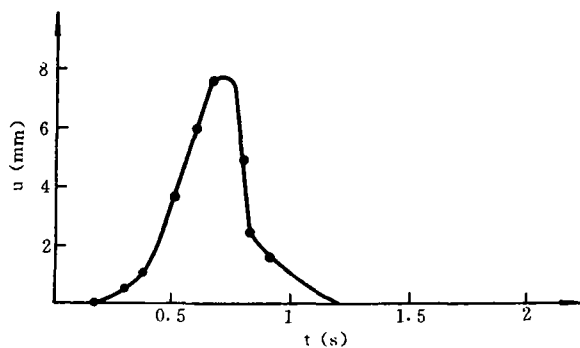


图 2 管道位移随时间的变化

由以上分析及算例可以看出,用加权余量法可



库鄯输油管道光纤通信系统与 SCADA 系统的接口

阎 祥*

(中国石油天然气总公司西北石油管道建设指挥部)

阎 祥:库鄯输油管道光纤通信系统与 SCADA 系统的接口,油气储运,1997(12)16,32~34。

摘 要 介绍了库鄯输油管道的特点、SCADA 系统的组成及接口的特征(机械特性、电器特性、功能特性和规程特性)。SCADA 系统点对点通信方式中通信接口的要求为 64 kb/s 的同步通信方式;对点对多点通信方式中通信接口的要求为 1200 b/s 的异步通信方式。根据此要求和接口特点,库鄯输油管道光纤通信系统与 SCADA 系统的接口在点对点通信方式中采用 V. 35 接口;在点对多点通信方式中采用 V. 28/V. 24 接口。

主题词 输油管道 光纤 通信系统 SCADA 系统 接口

库鄯输油管道 SCADA 系统是保证管道输油运营生产的主要手段,而库鄯输油管道光纤通信系统是 SCADA 系统赖以覆盖全管道的物质基础,所有 SCADA 系统内站与站之间的数据传输都依赖于光纤通信系统才能实施,光纤通信系统为 SCADA 系统提供信道服务,所以光纤通信系统与 SCADA 系统之间的接口问题就成为设计、设备选型以及调试中必须认真考虑的问题。

一、接口特性^[1]

在数据通信中,微机或终端设备称为数据终端设备(DTE),调制解调器称为数据电路终端设备(DCE),所以这里所述的接口,即 DTE 与 DCE 的接

口,是通信实体与传输媒介向硬件连接的物理接口。该接口的标准就是开放系统互连(OSI)中的物理层协议(第一层),具有四大特性。

1、机械特性

接口的机械特性是指接口所用连接器的形状、尺寸和引线分配等。

(1)ISO-2110 是一种 25 针连接器,可用于音频调制解调器、公共数据网接口等。EIA RS-232C、RS-366A 与 ISO-2110 兼容。

(2)ISO-2593 是一种 34 针接口,可用于 V. 35 建议的宽带调制解调器。

(3)ISO-4902 是 37 针和 9 针连接器,用于音频和宽带调制解调器中,EIA RS-449 与其兼容。

(4)ISO-4903 是一种 15 针连接器,可用于

gy,1993(2) 115,53~58.

- 3, 屈铁军 王前信:地下管线多点激励纵向振动的级数解,地震工程与工程震动,1993(4)13,39~45.
- 4, 刘北辰(主编):工程计算力学,机械工业出版社(北京),1994 11~163.

(收稿日期:1997-04-18)

编辑:刘春阳

方便求解地震波作用下管道纵向反应,可为工程中地下管道抗震设计提供参考。

参 考 文 献

- 1, 刘 昆 张宗礼(译):管道的抗震设计施工与监护,地震出版社(北京),1992 66~92.
- 2, Zerva, A.: Pipeline Response to Directionally and Spatially Correlated Seismic Ground, Journal of Pressure Vessel Technolo-

* 710021,陕西省西安市未央区张家堡,电话:(029)6239860-2411。