

DOI: 10. 20040/j. cnki. 1000-7709. 2023. 20221258

# 输水管道瞬态泄漏检测数值方法与试验研究

杨建喜<sup>1</sup>, 梁焕华<sup>2</sup>, 李 晨<sup>1</sup>, 李兆恒<sup>3</sup>, 余炎威<sup>4</sup>, 冉树升<sup>4</sup>

(1. 广东粤海珠三角供水有限公司, 广东 广州 511458; 2. 澳门城市大学, 澳门 999078;  
3. 广东省水利水电科学研究院, 广东 广州 510635; 4. 深圳市水务工程检测有限公司, 广东 深圳 510000)

**摘要:** 为分析非稳态摩擦、管壁黏弹性等因素对泄漏的动态影响, 首先根据密闭管道瞬态水流能量守恒理论, 考虑非稳定摩擦中的动态项和管壁的黏弹性效应, 构建水力瞬态管网泄漏数值模型, 改进瞬态水流逆分析法 (ITA), 在山东省许家崖水库灌区开展野外试验, 假定泄漏过程呈准正态分布, 基于现场水流瞬态试验数据, 模拟管线泄漏位置和泄漏量, 用 ITA 方法计算模拟误差。结果表明, 当试验管线发生单点泄漏时, 模拟计算泄漏位置平均误差为 1.44%, 最大误差为 6.89%, 泄漏孔口面积平均误差为 3.85%, 最大误差为 14.77%, 当试验管线发生多点泄漏时, 计算泄漏位置平均误差为 1.31%, 最大误差为 3.91%; 泄漏孔口面积平均误差为 1.74%, 最大误差为 4.35%。研究结果可为供水管网泄漏检测提供理论和技术支持。

**关键词:** 供水管网; 瞬态水流; 泄漏检测; ITA

**中图分类号:** TV213.4      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-7709(2023)01-0116-04

## 1 引言

随着供水管网工程设施的老化, 管网泄漏与爆裂事故不断发生。据统计, 从引水水源到用户水的损失约占总供水的 15%~40%, 有些地方甚至达到了 80%<sup>[1]</sup>。因此, 控制管网泄漏是管理和决策部门实现节水目标的重要任务。近年来, 由于高分子管材 (PE、PVC 等) 明显的技术与价格优势, 在输水管网建设中应用广泛<sup>[2]</sup>。高分子管材中的瞬态水流主要与流体震动对管壁的交互作用有关, 其流体模型的构建与运行分析和其他材料截然不同。基于瞬态流体力学理论的供水管网破裂检测技术主要包括频域技术和时间域技术两类。瞬态逆分析法 (ITA) 属于时间域技术法, 一般适用于简单的供水系统。SARKAMARYAN S 等<sup>[3]</sup> 基于高斯理论函数, 将管道泄漏视为准正态分布, 应用 ITA 方法分析标准弹性管网的泄漏检测。这一方法减少了决策变量的数量, 简化了模型维数, 简少了 ITA 方法的复杂性。但迄今为止, 该方法还未在实验室或野外试验资料的基础上验证模型方法中的有关参数。因此, 本文针对黏弹性管网构建管网泄漏数值模型, 研究黏弹性

管网泄漏水流状态分布规律; 计算验证模型中的有关参数; 验证与管网泄漏位置和泄漏量大小有关的动力参数、流态、样本、空间分布等; 通过单点泄漏和多点泄漏, 用 ITA 方法计算模拟误差; 在山东省大型灌区许家崖水库南坡村灌溉示范小区开展野外试验, 分析瞬态水流模型和 ITA 方法应用于供水管道泄漏预测的有效性。研究结果对供水管道泄漏检测、节水社会建设具有重要意义。

## 2 研究方法

### 2.1 瞬态水流模型构建

假设一段供水管线, 根据流体运动雷诺定理, 考虑非稳定摩擦中的动态项和管壁的黏弹性效应, 构建瞬态水流数值模型:

$$\frac{dH}{dt} + \frac{a^2}{gA} \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{2a^2}{g} \frac{d\epsilon_r}{dt} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial H}{\partial x} + \frac{1}{gA} \frac{dQ}{dt} + (h_{fs} + h_{fu}) = 0 \quad (2)$$

式中,  $H$  为压力水头,  $m$ ;  $t$  为时间,  $min$ ;  $a$  为压力波速,  $m$ ;  $g$  为重力加速度;  $A$  为管道横断面面积,  $m^2$ ;  $Q$  为瞬态水流流量,  $m^3/s$ ;  $x$  为沿管道轴线的距离,  $m$ ;  $\epsilon_r$  为延迟应力;  $h_{fs}$ 、 $h_{fu}$  分别为单位长度

收稿日期: 2022-06-17, 修回日期: 2022-07-18

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFC0401809)

作者简介: 杨建喜(1985-), 男, 硕士、高级工程师, 研究方向为水利工程建设与管理, E-mail: yangjianxi2022@163.com

内稳定与非稳定摩擦损失。

层流和紊流摩擦损失可以用达西公式计算;

$$h_{fs} = (f/D)(Q | Q/(2gA^2)) \quad (3)$$

其中  $f = \begin{cases} 64/Re & Re < 2000 \\ 0.316Re^{-0.25} & Re > 4000 \end{cases}$

式中,  $f$  为达西摩擦损失系数;  $D$  为管道内径,  $m$ ;  $Re$  为雷诺数。

估算非稳定摩擦的计算公式<sup>[4]</sup>为:

$$h_{fu} = \frac{k'}{gA} \left( \frac{\partial Q}{\partial t} + a \text{SGN}(Q) \left| \frac{\partial Q}{\partial x} \right| \right) \quad (4)$$

式中,  $k'$  为达西系数;  $\text{SGN}()$  为括号内项目的算子。

其他局部水头损失按总水头损失的 5% 估算。由于单位应力的作用, 应力  $\epsilon$  可取为瞬时弹性应力  $\epsilon_0$  和延迟粘性应力  $\epsilon_r$  之和, 总应力  $\epsilon(t)$  可表示为:

$$\epsilon(t) = J_0 \sigma(t) + \int_0^t \sigma(t-t') \frac{\partial J(t')}{\partial t'} dt' \quad (5)$$

式中,  $J_0$  为瞬时蠕变协函数;  $\sigma(t)$  为  $t$  时刻连续性应力;  $J(t')$  为  $t'$  时刻的蠕变协函数。

PE 管材的蠕变协函数在管壁黏弹性线性范围内, 可用概化 Kelvin-Voigt 模型求得<sup>[5]</sup>, 计算公式为:

$$J(t) = J_0 + \sum_{k=1}^{N_{kv}} J_k (1 - e^{-t/\tau_k}) \quad (6)$$

其中  $J_k = 1/E_k$ ;  $\tau_k = \mu_k/E_k$

式中,  $J$  为蠕变协函数;  $N_{kv}$  为模型中的总元素数量;  $J_k$  为模型中的第  $k$  个元素弹性蠕变;  $\tau_k$  为  $k$  元素阻尼的迟滞时间;  $E_k$  为  $k$  元素的弹性模量;  $\mu_k$  为  $k$  元素阻尼的粘性。

式(6)可用 Covas et al. 2004<sup>[6]</sup> 提出的特征值法求解。每个时间步长的计算均需考虑上下边界条件。

### 2.2 瞬态逆分析法(ITA)

ITA 法是管网系统泄漏或破裂模拟评价的著名方法<sup>[7]</sup>。本文采用的实测资料为瞬态调节阀上游的压力信号。通常情况下, 由于环境因素, 模型中输入的压力信号易被高频噪声污染。因此, 实测压力信号首先要通过低通滤波器滤波处理, 然后再输入到 ITA 模型中计算。ITA 方法的一般流程见图 1。

### 2.3 管道泄漏分布模拟

泄漏检测传统方法费时费力。试验证明, 泄漏点的泄漏水量为准正态分布, 本文将潜在泄漏量作为准正态高斯分布函数输入到数值模型中, 见图 2。图 2 中,  $e$  为高斯函数中的自然对数; 参数  $b$  为每个泄漏节点的泄漏面积;  $c$  为泄漏中心

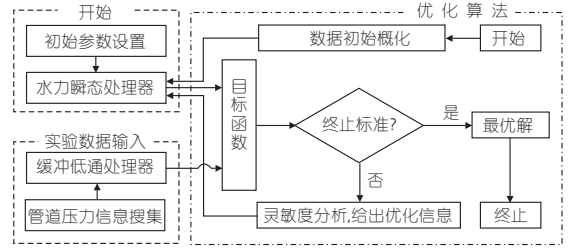


图 1 瞬态逆分析法流程图

Fig. 1 Flowchart of inverse transient analysis method

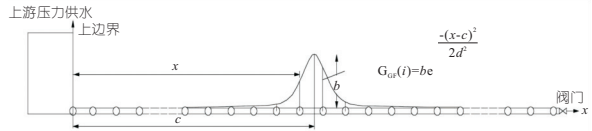


图 2 准正态分布管道泄漏高斯函数示意图

Fig. 2 Sketch map of leakage using a quasi-normal Gaussian function

点位置;  $d$  为泄漏节点周围的泄漏分布;  $b$ 、 $c$ 、 $d > 0$  均为高斯函数的常量。

根据孔口出流公式计算泄漏量  $Q_L$ , 泄漏量取决于泄漏位置的压力水头和泄漏孔口有效面积,  $Q_L$  计算公式为:

$$Q_L = A_e \sqrt{2gH} \quad (7)$$

式中,  $A_e$  为孔口有效面积,  $cm^2$ ;  $H$  为泄漏点压力水头,  $m$ 。

泄漏位置相对误差 ( $\epsilon_L$ ) 和泄漏孔口面积相对误差 ( $\epsilon_A$ ) 的计算公式分别为:

$$\epsilon_L = |X - X_{\text{实测}}| / L \quad (8)$$

$$\epsilon_A = \frac{|A_e - A_{e(\text{实测})}|}{A_{e(\text{实测})}} = \sum_i^{N_L} (A_e)_i \quad (9)$$

其中  $X = \sum_i^{N_L} L_i (A_e)_i / \sum_i^{N_L} (A_e)_i$

式中,  $X$ 、 $X_{\text{实测}}$  分别为自上游边界开始的计算和实际泄漏距离;  $L$  为管道总长度;  $A_e$ 、 $A_{e(\text{实际})}$  分别为泄漏孔口面积计算值和实测值;  $N_L$  为泄漏节点总数。

## 3 野外试验布置

选择山东省许家崖水库灌区的田间输水管线开展输水管道泄漏野外试验<sup>[8]</sup>。该水库位于山东省费县城西南 13 km, 控制流域面积为 580  $km^2$ , 总库容为 2.93  $\times 10^8 m^3$ , 兴利库容为 1.74  $\times 10^8 m^3$ , 设计灌溉面积为 1.79  $\times 10^4 hm^2$ 。管道泄漏试验选择在费县城西南 4 km 的南坡村示范小区, 输水管道控制灌溉面积为 89  $hm^2$ ; 该段输水管道全长 1.1 km, 管道材质为黏弹性 PE 材料, 可产生瞬变流态, 根据《管道输水灌溉工程技术规

范》(GB/T 20203-2017)<sup>[9]</sup>,本次试验设计管道压力为 1.5 MPa,管道压力下降不大于 0.05 MPa,试验管线中安装了压力阀,可根据需要随时调整管道压力。试验管线平面布置见图 3。

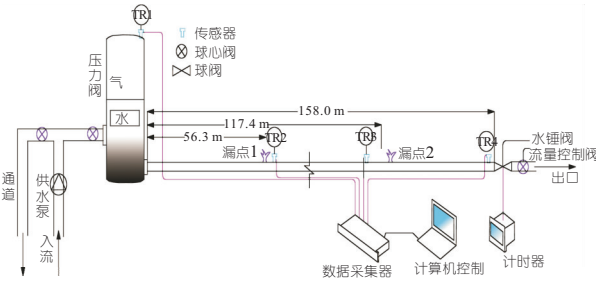


图 3 管线泄漏检测试验布置平面图

Fig. 3 Experiment layout of pipeline leakage detection

试验管线中,瞬变流系统包括单向离心泵(转速  $n=2\ 900\ \text{rpm}$ )、上游压力水槽(总容量为 650 L)、标准高密度 PE 管道(长度、内径、厚度分别为 158 m、5.0 cm、6.5 mm)、水锤阀和流量控制阀等。球心阀的作用是调节流量,球阀的作用是产生瞬变水流。试验中,瞬态水流过程由下游球阀发出信号,下游球阀安装一个计时器,精度为 0.001 s。管线末端出流和管线沿程泄漏量用体积法测量,压力信号在四个点位观测(即压力水箱、两个泄漏点和球阀上游),数据信号采集器将收集的信号输入到计算机控制系统,并完成计算分析。

## 4 结果与讨论

试验泄漏点位置分别距上边界 117.4、56.3 m 两套泄漏参数分别为  $Q_{L1}=0.57\ \text{L/S}$ 、 $Q_{L2}=0.58\ \text{L/S}$ ;下游流量  $Q_1=1.0\ \text{L/s}$ 、下游流量  $Q_2=0.5\ \text{L/s}$ 。

### 4.1 瞬态水流模型精度分析

瞬态水流模型验证内容包括稳态和非稳态摩擦、压力波速、蠕变函数和泄漏水量。边界条件可以实测,稳态摩擦系数可直接计算。采用 10 种不同方法来验证模型参数的复合效应,结果见表 1。

蠕变函数是黏弹性材料的固有特征,可通过不同温度下的力学试验得到。然而,蠕变的一致性受到非确定性因素(如应力、历时、轴向和周围环境等)的影响。因此,在运行阶段,蠕变一致性函数应当用精确的模拟模型和 ITA 算法进行耦合对比验证。

### 4.2 单点泄漏检测

按照沿管线长度发生一个泄漏点的场景,分别在两个不同位置处进行试验,应用 ITA 方法计

表 1 不同模型参数验证结果

Tab. 1 Calibrated parameters for various models

场景 编号	泄漏 编号	$\tau_c/s$	验证参数								
			$b$	$c$	$d$	$\tau_3$	$J_1$	$J_2$	$J_3$	$a$	$k'$
1	I	0.1	3.25	151.84	1.17	0.78	1.93	0.92	0.56	385	0.02
	II	0.07	2.98	151.88	1.17	0.89	1.92	0.66	0.65	390	0.05
2	I	0.1	2.91	151.79	1.13	0.75	1.92	0.93	0.80	380	0.01
	II	0.07	2.62	151.68	1.01	0.90	1.93	0.75	0.45	375	0.03
3	I	0.1	2.63	152.32	1.29	0.80	1.80	0.95	0.89	390	0.01
	II	0.07	2.50	151.71	0.98	0.90	1.86	0.65	0.65	360	0.02
4	I	0.1	3.19	119.48	0.93	0.77	1.75	0.89	0.96	399	0.18
	II	0.07	2.62	120.26	0.71	0.88	1.80	0.56	0.55	401	0.25
5	I	0.1	2.46	114.09	0.89	0.72	1.93	0.90	0.40	385	0.16
	II	0.07	2.24	114.12	0.66	0.88	1.92	0.53	0.10	390	0.18
6	I	0.1	1.67	102.41	0.67	0.76	1.65	0.88	0.75	375	0.30
	II	0.07	1.63	104.61	0.62	0.90	1.90	0.45	0.60	389	0.30
7	I	0.1	3.85	125.45	0.41	0.80	1.65	0.91	0.80	396	0.03
	II	0.07	2.58	128.25	0.91	0.80	1.78	0.90	0.54	399	0.05
8	I	0.1	2.38	114.14	0.70	0.75	1.82	0.99	1.04	360	0.01
	II	0.07	2.58	116.65	0.51	0.95	1.75	0.53	0.10	390	0.12
9	I	0.1	2.03	122.77	0.76	0.77	0.75	1.52	1.40	398	0.02
	I(UF)	0.1	3.79	117.20	0.93	1.16	0.97	1.51	1.45	411	0.04
10	II(UF)	0.07	1.94	119.80	0.55	0.89	0.99	0.82	1.86	404	0.02
	I	0.1	2.15	119.87	0.49	0.78	0.85	1.33	1.32	400	0.02
I(UF)	I	0.1	2.51	119.81	0.74	1.15	1.16	1.27	0.71	408	0.10
	II(UF)	0.07	2.12	119.39	0.68	0.81	1.15	1.33	1.13	407	0.05
II	0.07	1.97	120.25	0.67	0.73	0.86	1.27	1.31	402	0.03	

注:I(UF)、II(UF)分别为两种超高频信号下的试验结果。

算试验点的位置和泄漏孔口面积,与实测资料对比,计算结果见表 2。由表 2 可知,大部分计算误差小于 3%。

表 2 单点泄漏位置和泄漏孔口面积误差计算(ITA)

Tab. 2 The calculation results of single leak with different sizes and locations by the ITA method

试验 编号	$Q$ (L/s)	$X$ /m	$X_{\text{实测}}$ /m	$A_e$ /m <sup>2</sup>	$A_{e\text{实测}}$ /m <sup>2</sup>	样本 时间	$\epsilon_L/\%$	$\epsilon_A/\%$	
1	0.909	57.2	56.3	$1.520 \times 10^{-5}$	$1.49 \times 10^{-5}$	0.5T	1.60	2.01	
	0.909	56.0	56.5	$1.710 \times 10^{-5}$	$1.49 \times 10^{-5}$	T	-0.90	14.77	
	1.004	56.8	55.8	$1.907 \times 10^{-5}$	$1.955 \times 10^{-5}$	0.5T	1.79	-2.46	
	1.004	55.5	56.3	$2.107 \times 10^{-5}$	$1.960 \times 10^{-5}$	T	-1.42	7.50	
	1.071	57.2	57.0	$2.605 \times 10^{-5}$	$2.648 \times 10^{-5}$	0.5T	0.35	-1.62	
	1.071	58.3	57.3	$2.507 \times 10^{-5}$	$2.449 \times 10^{-5}$	T	1.75	2.37	
	0.905	56.6	57.3	$3.376 \times 10^{-5}$	$3.288 \times 10^{-5}$	0.5T	1.22	2.68	
	0.905	56.8	56.0	$3.617 \times 10^{-5}$	$3.508 \times 10^{-5}$	T	1.43	3.11	
	2	1.003	117.4	116.8	$0.141 \times 10^{-5}$	$0.124 \times 10^{-5}$	0.5T	1.20	13.71
		1.003	118.5	117.1	$0.150 \times 10^{-5}$	$0.132 \times 10^{-5}$	T	1.20	13.64
0.846		116.5	118.5	$0.261 \times 10^{-5}$	$0.247 \times 10^{-5}$	0.5T	-2.12	5.67	
0.846		117.3	113.3	$0.415 \times 10^{-5}$	$0.421 \times 10^{-5}$	T	3.53	-1.43	
1.000		119.0	114.5	$0.813 \times 10^{-5}$	$0.721 \times 10^{-5}$	0.5T	3.93	12.76	
1.000		119.5	113.5	$0.941 \times 10^{-5}$	$1.013 \times 10^{-5}$	T	5.28	-7.11	
1.071		120.1	114.1	$1.185 \times 10^{-5}$	$1.216 \times 10^{-5}$	0.5T	5.26	-2.55	
1.071		121.5	125.5	$1.585 \times 10^{-5}$	$1.522 \times 10^{-5}$	T	-3.19	4.14	
1.019		123.6	120.5	$1.991 \times 10^{-5}$	$1.929 \times 10^{-5}$	0.5T	2.57	3.21	
1.019		123.5	121.5	$2.452 \times 10^{-5}$	$2.256 \times 10^{-5}$	T	1.65	8.69	
1.100		125.5	122.6	$2.731 \times 10^{-5}$	$2.767 \times 10^{-5}$	0.5T	2.37	-1.30	
1.100		125.8	126.9	$2.931 \times 10^{-5}$	$2.892 \times 10^{-5}$	T	-0.87	1.35	
0.850		112.5	114.6	$3.550 \times 10^{-5}$	$3.598 \times 10^{-5}$	0.5T	6.89	-1.33	
0.850		113.5	120.8	$4.550 \times 10^{-5}$	$4.186 \times 10^{-5}$	T	6.04	8.70	

注:T 为一个完整压力波信号周期。

### 4.3 多点泄漏检测

对于在一段管线同时发生两个泄漏点的情况,用瞬态水流 ITA 方法进行检测。根据图 3,第一个泄漏点位于  $x = 56.3 \text{ m}$  (距离上游),  $A_e = 1.15 \times 10^{-5} \text{ m}^2$  ( $Q_L = 0.57 \text{ L/s}$ ); 第二个泄漏点位于  $x = 117.4 \text{ m}$ ,  $A_e = 1.94 \times 10^{-5} \text{ m}^2$  ( $Q_L = 0.33 \text{ L/s}$ ); 管道末端流量为  $0.95 \text{ L/s}$ 。对于  $0.5T$ 、 $T$  处的样本,逐步进行 ITA 计算,结果见表 3。由表 3 可知,同时发生两个泄漏点的情况,计算位置平均误差为  $1.31\%$ ,最大误差为  $3.91\%$ ; 泄漏孔口面积平均误差为  $1.74\%$ ,最大误差为  $4.35\%$ 。与同类方法对比,本方法对管网漏损检测精度有较大提高,见参考文献 [8,10,11]。

表 3 两点泄漏位置和泄漏量计算结果 (ITA)

Tab. 3 Two leak location and size results based on ITA

试验 编号	$Q$	$X$ /m	$X_{\text{实测}}$ /m	$A_e$ /m <sup>2</sup>	$A_{e\text{实测}}$ /m <sup>2</sup>	样本 时间	$\epsilon_L/\%$	$\epsilon_A/\%$
1	0.57	57.1	56.3	$2.02 \times 10^{-5}$	$1.98 \times 10^{-5}$	0.5T	1.42	2.02
2	0.33	114.8	117.4	$1.20 \times 10^{-5}$	$1.15 \times 10^{-5}$	T	-2.21	4.35
3	0.57	58.5	56.3	$1.94 \times 10^{-5}$	$1.98 \times 10^{-5}$	0.5T	3.91	-2.02
4	0.33	119.9	117.4	$1.18 \times 10^{-5}$	$1.15 \times 10^{-5}$	T	2.13	2.61

注:Q 单位为 L/s。

## 5 结论

a. 研究了与动力参数、流态、样本量、空间步长、噪声、泄漏量和泄漏位置有关的黏弹性。应用 ITA 方法,计算了管道泄漏位置和泄漏量检测误差,分析了水力瞬态模型的非稳定摩擦动态效应、管壁的黏弹性效应。

b. 在山东省大型水库灌区田间输水管道进行野外试验,发现用 ITA 方法计算的泄漏位置与孔口泄漏面积误差均在较小范围内,可有效预测

管线泄漏位置和泄漏量。

### 参考文献:

- [1] 姜文来. 中国 21 世纪水资源安全对策研究[J]. 水科学进展, 2001, 12(1): 66-71.
- [2] 郭新蕾, 马慧敏, 李甲振, 等. 管道系统漏损控制技术进展[J]. 水利水电技术(中英文), 2018, 49(6): 65-71.
- [3] SARKAMARYAN S, HAGHIGHI A, ADIB A. Leakage detection and calibration of pipe networks by the inverse transient analysis modified by Gaussian functions for leakage simulation[J]. Journal of water supply: Research and technology-AQUA, 2018, 67(4): 404-413.
- [4] VÍTKOVSKÝ J P, LAMBERT M F, SIMPSON A R, et al. Experimental observation and analysis of inverse transients for pipeline leak detection[J]. Journal of water resource planning and management, 2007, 133(6): 519-530.
- [5] KIM S H. Development of multiple leakage detection method for a reservoir pipeline valve system[J]. Water resources management, 2018, 32(6): 2099-2112.
- [6] COVAS D, RAMOS H, GRAHAM N, et al. Application of hydraulic transients for leak detection in water supply systems[J]. Water supply, 2004, 4(5/6): 365-374.
- [7] 王彤, 金赵归, 杨瑞虎, 等. 基于 PSO-LSSVM 时序预测模型的管网漏失信号识别[J]. 水电能源科学, 2022, 40(2): 132-135, 181.
- [8] 冉雨晴, 吴玮, 狄鑫. 基于遗传算法优化 BP 神经网络的管网漏失定位模型研究[J]. 水电能源科学, 2021, 39(5): 123-126, 122.
- [9] 中华人民共和国水利部. 管道输水灌溉工程技术规范: GB/T 20203-2017[S]. 北京: 中国质检出版社, 2017.
- [10] 张清周, 黄源, 齐晶瑶, 等. 给水管网新增压力监测点优化布置方法[J]. 给水排水, 2017, 43(3): 127-131.
- [11] COVAS D, RAMOS H. Case studies of leak detection and location in water pipe systems by inverse transient analysis[J]. Journal of water resources planning and management, 2010, 136(2): 248-257.

## Study on Transient Leakage Detection Method and Experiment for Water Supply Pipelines

YANG Jian-xi<sup>1</sup>, LIANG Huan-hua<sup>2</sup>, LI Chen<sup>1</sup>, LI Zhao-heng<sup>3</sup>, YU Yan-wei<sup>4</sup>, RAN Shu-sheng<sup>4</sup>

(1. Guangdong Yuehai Pearl River Delta Water Supply Co., Ltd., Guangzhou 511458, China; 2. City University of Macau, Macau 999078, China; 3. Guangdong Research Institute of Water Resources and Hydropower, Guangzhou 510635, China; 4. Shenzhen Water Engineering Testing Co., Ltd., Shenzhen 510000, China)

**Abstract:** To analyze the impact of unsteady state friction and tube wall viscoelastic on leakage, based on the energy conservation theory of the transient flow in a closed pipeline, the leakage numerical model for the hydraulic transient pipeline was constructed considering the dynamic term in the unstable friction and the elastic viscosity effect of the pipe wall. The transient flow reverse analysis method (ITA) was improved. As a case study, Xujiaya Reservoir Irrigation District in Shandong Province was selected to carry out field experiments. The leakage process was assumed to be quasi-normal distribution. Based on the field water flow transient test data, pipeline leakage location and leakage amount were simulated. The simulated error was calculated by the ITA method. When a single point leakage occurs in the experimental pipeline, the average location error of the simulated leakage is  $1.44\%$ , and the maximum error is  $6.89\%$ , the average area error of the simulated leakage hole is  $3.85\%$ , and the maximum error is  $14.77\%$ . When multipoint leakage occurs in the experimental pipeline, the average error of the simulated leakage location is  $1.31\%$  and the maximum error is  $3.91\%$ ; the average area error of the simulated leakage hole is  $1.74\%$  and the maximum error is  $4.35\%$ . The study results could provide theoretical and technical support for the leakage detection of water pipelines.

**Key words:** water supply pipelines; transient flow; leakage detection; ITA