



管网优化设计快速入门

第七节-爆管分析

主讲人：小木
东华大学



课程大纲



- 1.水量预测
- 2.管网建模
- 3.监测点布置
- 4.水泵优化调度
- 5.管网水质
- 6.管网分区
- 7.爆管分析
- 8.模型校核

爆管定位



- 1.什么是漏失
- 2.漏失检测方法
- 3.爆管定位模型的建立
- 4.实例分析

什么叫漏失



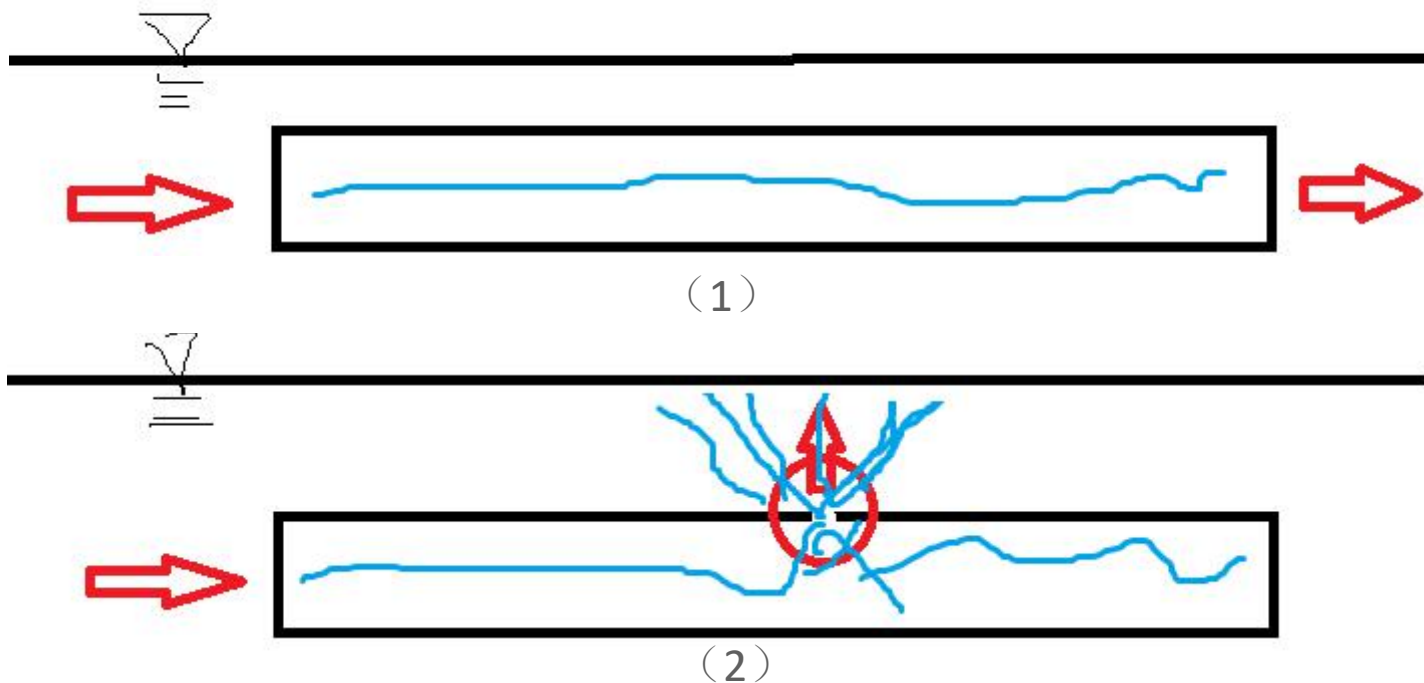
- 漏失，就是水管中漏水了
- 漏失分为大漏和小漏，小漏不容易被检测出来
- 爆管：就是水管上面漏一个口，本来水是沿着管走的，结果从口里面喷出去了，爆管也是漏失的一种

什么叫漏失定位？



- 定位：给水管在地下，你看不到，所以不知道漏没漏，或者知道漏了但不知道在哪，因此得想办法找出爆管的位置。

水管：



传统漏失检测方法

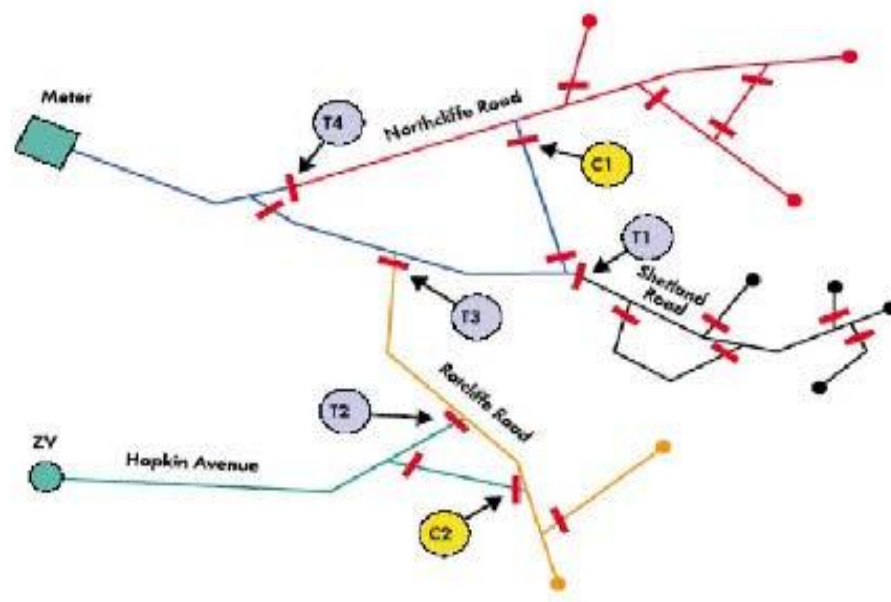


音听检漏法



听遍每段的管道，发现声音不对，那就是爆管了！

逐步测试法：最小夜间流量



漏失量=测量值-用户用水量

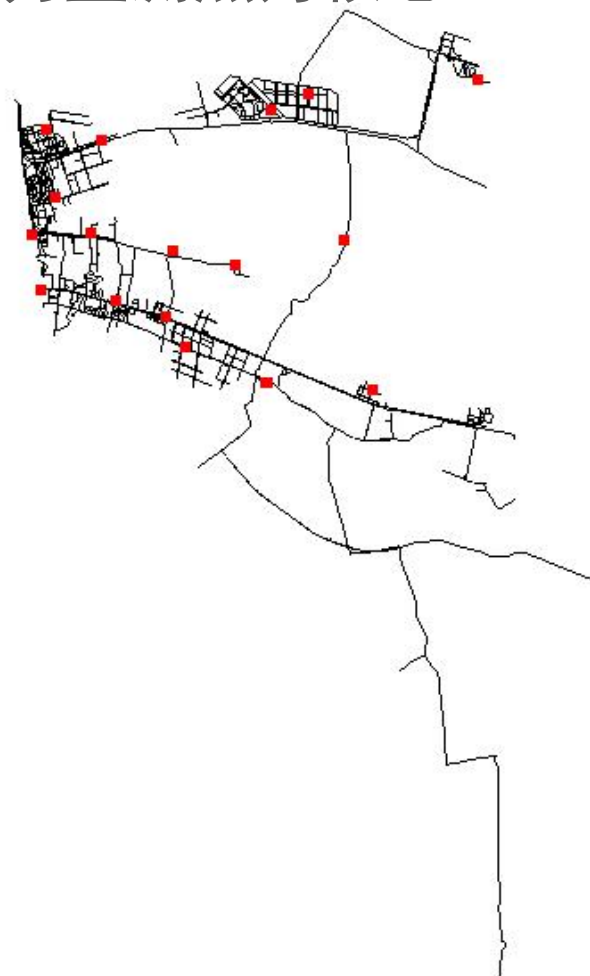
在夜间，没人用水，水表还走字儿，走的还挺多，那就是爆管了！

供水管网漏失定位模型的研究



○ 1. SCADA监测点：管网节点中，安装检测仪器，可检测压力或流量的节点。本次演讲中以压力监测点为核心。

○ Supervisory Control And Data Acquisition



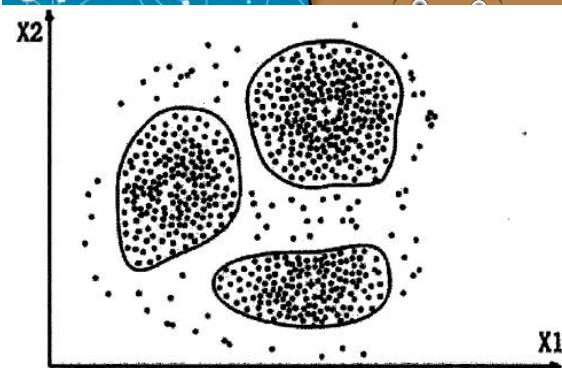
供水管网漏失定位模型的研究



- 漏失定位模型的建立与求解主要分为四大部分：
聚类->分类->回归->预测

管网分区

$$\Delta \mathbf{p}'' = \begin{bmatrix} \Delta \mathbf{p}_1'' \\ \vdots \\ \Delta \mathbf{p}_M'' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta p_{11}'' & \cdots & \Delta p_{1M}'' \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \Delta p_{M1}'' & \cdots & \Delta p_{MM}'' \end{bmatrix}^T$$



1.FCM聚类

假设把点 $\mathbf{p}=[p_1, p_2, \dots, p_n]^T$, 分为3类

求出3个点作为中心点, 生成隶属度矩阵 U

$$\mathbf{v}_j = \frac{\sum_{i=1}^M u_{ij}^m \Delta \mathbf{p}_j''}{\sum_{i=1}^M u_{ij}^m}$$

$$\mathbf{U} = \begin{bmatrix} \Delta \mathbf{u}_1 \\ \vdots \\ \Delta \mathbf{u}_M \end{bmatrix}^T = \begin{bmatrix} u_{11} & \cdots & u_{M1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ u_{1c} & \cdots & u_{Mc} \end{bmatrix}$$

$$u_{ij} = \frac{1}{\sum_{k=1}^c \left(\frac{d_{ij}}{d_{ik}} \right)^{2/m-1}}$$

$$d_{ij} = \left\| \Delta \mathbf{p}_j'' - \mathbf{v}_j \right\|$$

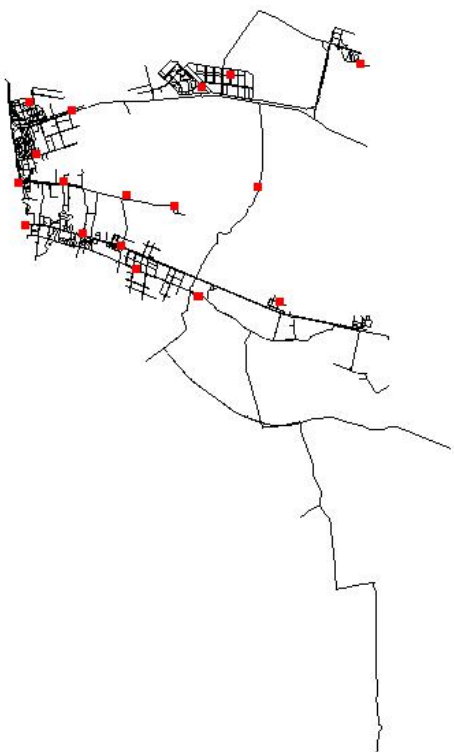
$$F(\mathbf{U}, \mathbf{V}) = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^c u_{ij} d_{ij}^2$$

供水管网漏失定位模型的研究



○2.FCM聚类应用

一.使用EPANET，把每一个SCADA监测点的没爆管时候的压力数据记录下来，如图（1）所示。



(1)

二. 把某一个节点（非SCADA监测点），的需水量数据改大，模拟爆管情况。

三. 重新进行水力计算，求出每个SCADA的新的压力数据。如图（2）

总水头	292.30
压力	61.66
水质	1.00

(2)

四. 把两次压力数据相减，求出压力差，将压力差成为灵敏度。

供水管网漏失定位模型的研究



五.对每一个（非SCADA）节点进行改大需水量，求出更改后各个SCADA监测点对原始监测点压力差（灵敏度），求得矩阵：

$$S = \{S_1, S_2, \dots, S_m\} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \dots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & \dots & S_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ S_{m1} & S_{m2} & \dots & S_{mn} \end{bmatrix}$$

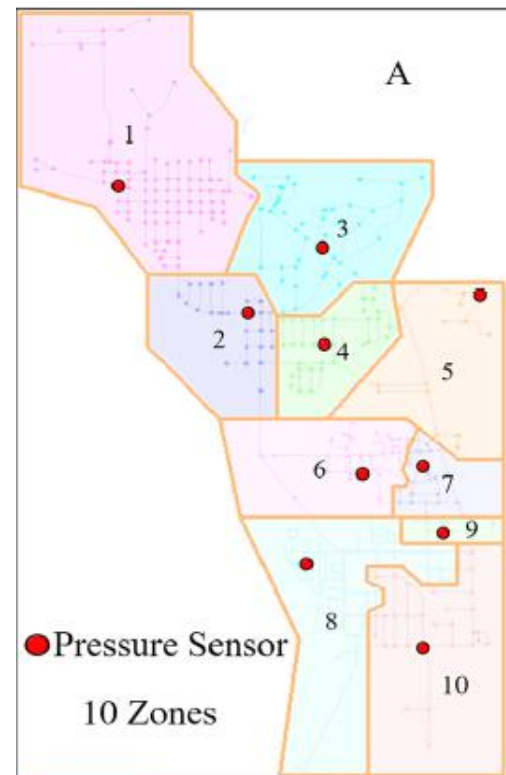
其中m代表非监测点节点数量为m，n代表监测点数量为n。
例如：第二行第三列，代表第二个节点对第三个检测点的灵敏度。

供水管网漏失定位模型的研究



六.将求得的矩阵S中的 S_1, S_2, \dots, S_{10} 十个节点的向量作为初始中心点，使用FCM方法聚类,并将每类节点区域用不同颜色表示，求出其分区方案。红色节点代表中心点。

$$S = \{S_1, S_2, \dots, S_m\} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \dots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & \dots & S_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ S_{m1} & S_{m2} & \dots & S_{mn} \end{bmatrix}$$



供水管网漏失定位模型的研究



○3.通过BP神经网络分类模型判断漏失位置

第一步：计算未漏失时SCADA监测点的压力

第二步：通过EPANET，增大上述K-Means模型求得的每一类的区域中的随机 $1-L_k$ 个节点的需水量，模拟爆管情况。

求得矩阵：

$$T = \begin{bmatrix} P_{11}^1 - P_1^0 & P_{12}^1 - P_2^0 & \cdots & P_{1n}^1 - P_n^0 & 1 \\ P_{21}^1 - P_1^0 & P_{22}^1 - P_2^0 & \cdots & P_{2n}^1 - P_n^0 & 1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ P_{L_1 1}^1 - P_1^0 & P_{L_1 2}^1 - P_2^0 & \cdots & P_{L_1 n}^1 - P_n^0 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ P_{11}^k - P_1^0 & P_{12}^k - P_2^0 & \cdots & P_{1n}^k - P_n^0 & k \\ P_{21}^k - P_1^0 & P_{22}^k - P_2^0 & \cdots & P_{2n}^k - P_n^0 & k \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ P_{L_k 1}^k - P_1^0 & P_{L_k 2}^k - P_2^0 & \cdots & P_{L_k n}^k - P_n^0 & k \end{bmatrix}$$

其中 $P_{ij}^m - p_j^0$ 指的是
在第 m 个区域中，
第 i 个节点对于第 j
个SCADA监测点的
灵敏度

供水管网漏失定位模型的研究



第三步：剔除矩阵T中的某些离群变量（各行所有的 $P_{ij}^m - p_j^0 < 0.15$ ）

第四步：将矩阵T前n行作为自变量，n+1行作为因变量导入到BP分类模型中。

第五步：求出参数a,b以及非线性公式f(x)。

$$T = \begin{bmatrix} P_{11}^1 - P_1^0 & P_{12}^1 - P_2^0 & \cdots & P_{1n}^1 - P_n^0 & 1 \\ P_{21}^1 - P_1^0 & P_{22}^1 - P_2^0 & \cdots & P_{2n}^1 - P_n^0 & 1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ P_{L_1 1}^1 - P_1^0 & P_{L_1 2}^1 - P_2^0 & \cdots & P_{L_1 n}^1 - P_n^0 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ P_{11}^k - P_1^0 & P_{12}^k - P_2^0 & \cdots & P_{1n}^k - P_n^0 & k \\ P_{21}^k - P_1^0 & P_{22}^k - P_2^0 & \cdots & P_{2n}^k - P_n^0 & k \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ P_{L_k 1}^k - P_1^0 & P_{L_k 2}^k - P_2^0 & \cdots & P_{L_k n}^k - P_n^0 & k \end{bmatrix}$$

供水管网漏失定位模型的研究



○4.模型的验证（预测）

第一步：拿新的爆管数据带入到最后拟合的公式中，求出漏失的位置。

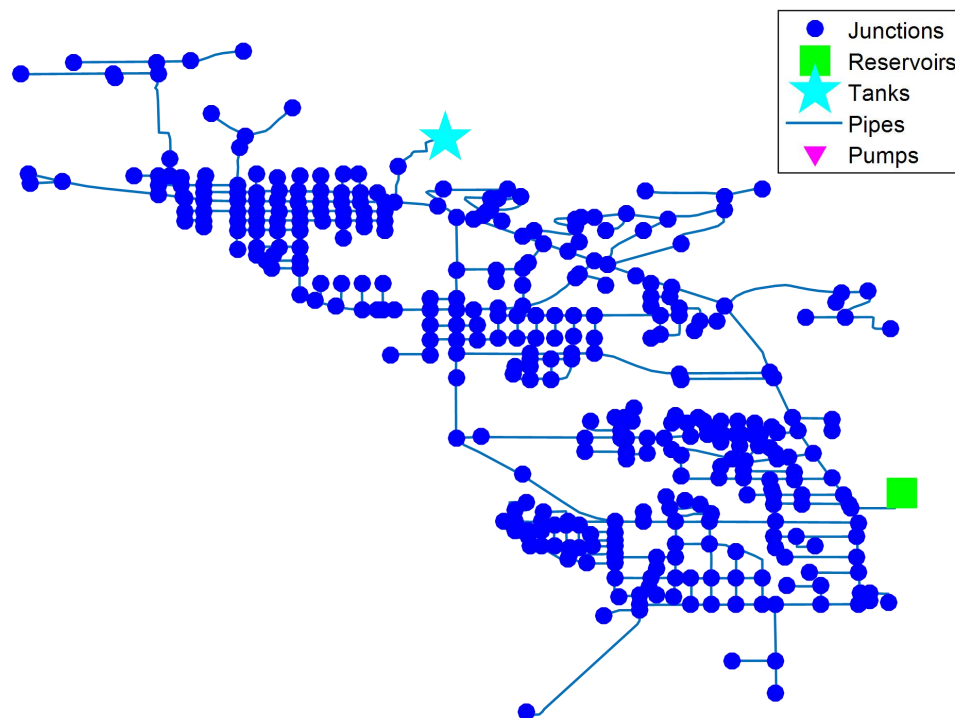
第二步：将这些爆管数据通过模型得出的区域与真实的爆管区域做对比，计算出准确率。

第三步：通过准确率判断模型是否符合要求（90%），若不符合，重新训练模型，之至符合为止。

管网分区



实例分析





爆管分析就这么多，没啥可讲的了，对于模型更深入的研究，那就是研究生的课题了，希望看我视频的学弟学妹们能有所成就！

○参考文献：

- 1.Zhang Q, Wu Z Y, Zhao M, et al. Leakage Zone Identification in Large-Scale Water Distribution Systems Using Multiclass Support Vector Machines[J]. Journal of Water Resources Planning & Management, 2016, 142(11).
- 2.张蕊, 给水管网漏损定位及压力控制研究, 沈阳建筑大学, 2012.



请各位同学老
师批评指正

小木

求三连!!!

<http://blog.csdn.net/u013631121>

