



管网优化设计快速入门

第三课-监测点布置

主讲人：小木

东华大学



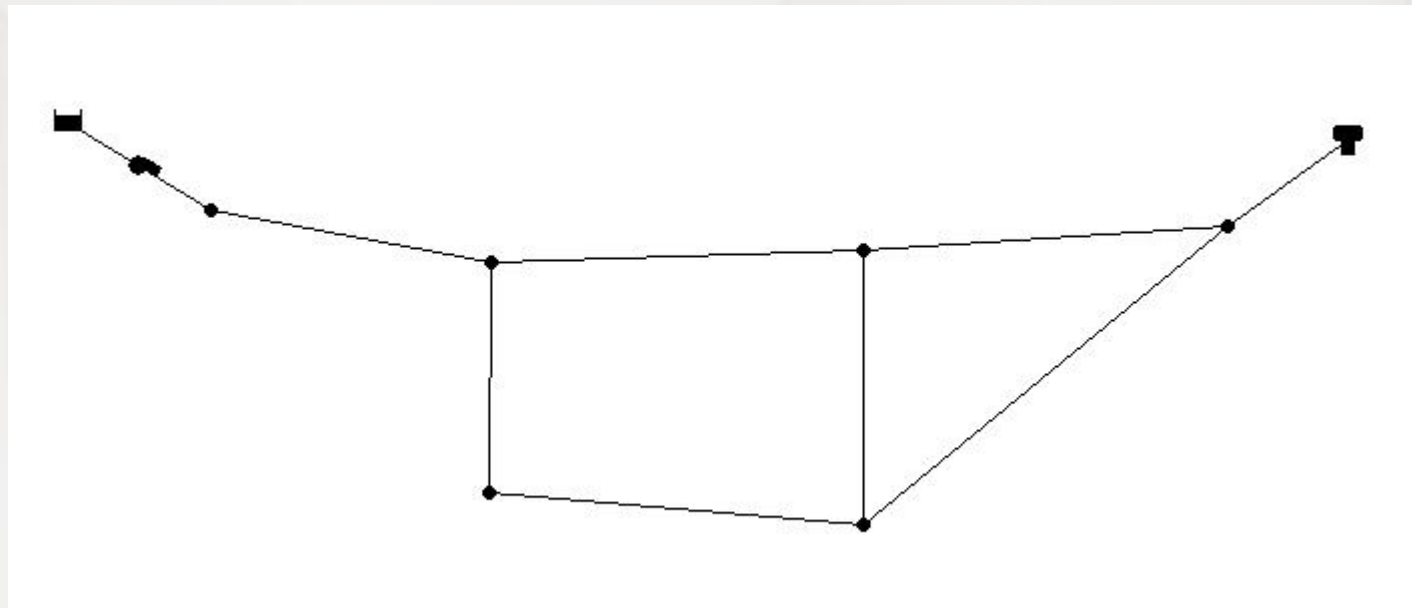
课程大纲

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



监测点布置

- 1.水压监测点
- 2.流量监测点
- 3.水质监测点





监测点布置

监测点的定义

我们不可能安装那么多的检测器，所以说我们需要监测点就是管网上面的可以检测到数据的节点。那么，我们今天就来讲一下，在EPANET模拟的模型中，通过水力计算后，每一个节点都可以检测到余氯、压力等参数，但是现实生活中就没有那么多好事儿了，因为现实生活中，没有节点这个抽象的东西，且管网埋在底下，我们在节点处除非安装检测器，不然就不能检测到数据。

然而，把所有的管段都安装上检测器，你有钱吗？

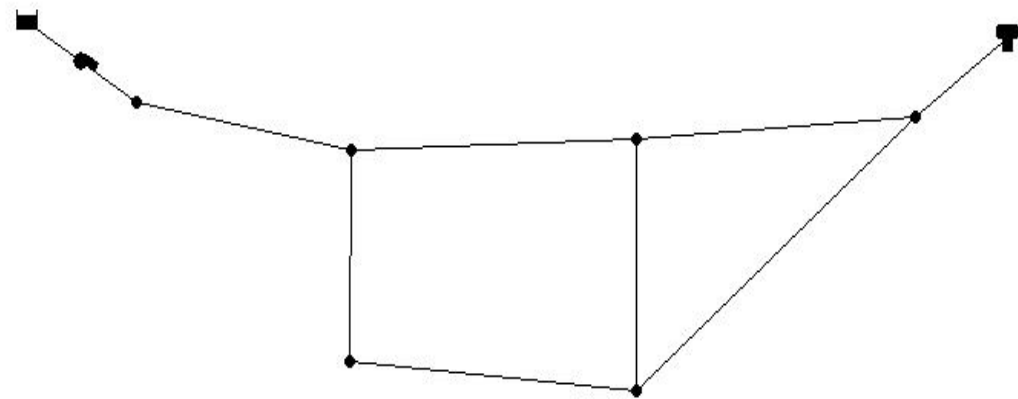
Junction 4	
Property	Value
*Junction ID	4
X-Coordinate	3937.07
Y-Coordinate	7040.82
Description	
Tag	
*Elevation	19.1
Base Demand	51.2
Demand Pattern	1
Demand Categories	1
Emitter Coeff.	
Initial Quality	
Source Quality	
Actual Demand	25.60
Total Head	52.00
Pressure	32.90
Quality	0.00



监测点布置

- 1.压力监测点的布置
- (1) 影响系数
- 影响系数是一个节点的流量变化，对其它节点的压力影响。比如公式中，我们在EPANET中，把基本需水量加大，求出正常及加大后K节点的压力之差，作为分母。
- 之后管网中其他节点压力变化之差作为分子，这样，我们就能求出一个矩阵X， $x(m,n)$ 代表第n个节点水量改变，对第m个节点的影响系数

$$X(i, k) = \frac{H_i - H'_i}{H_k - H'_k}$$





监测点布置

- 1.压力监测点的布置
- (2) 归一化处理
- 对矩阵的各列元素分别求平均值和方差，然后对各列的数据做归一化处理，得出一个新的矩阵X',之后对矩阵进行标准化处理，求出X''

$$X = \begin{bmatrix} x(1,1) & x(1,2) & \dots & x(1,n) \\ x(2,1) & x(2,2) & \dots & x(2,n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x(m,1) & x(m,2) & \dots & x(m,n) \end{bmatrix}$$

$$\bar{X}_k = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^n X(i,k) \quad S_k = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (X(i,k) - \bar{X}_k)^2}$$

$$X'(i,k) = \frac{|X(i,k) - \bar{X}_k|}{S_k}$$

$$X''(i,k) = \frac{X'(i,k) - X'_{k_{\min}}}{X'_{k_{\max}} - X'_{k_{\min}}}$$



监测点布置

- 1.压力监测点的布置
- (3) 测压点位置确定
- 选择一个节点，求出它与其它节点之间的平均距离差。
- 与其余的节点平均欧氏距离最小的节点是最具代表性的，则选此点为测压点。如果我们选择多个节点的话，那么就继续选择次最小，次次最小等等。

$$R = \begin{bmatrix} 1 & r(1,2) & \dots & r(1,k) & \dots \\ r(2,1) & 1 & \dots & r(2,k) & \dots \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \dots \\ r(m,1) & r(m,2) & \dots & r(m,k) & \dots \end{bmatrix}$$

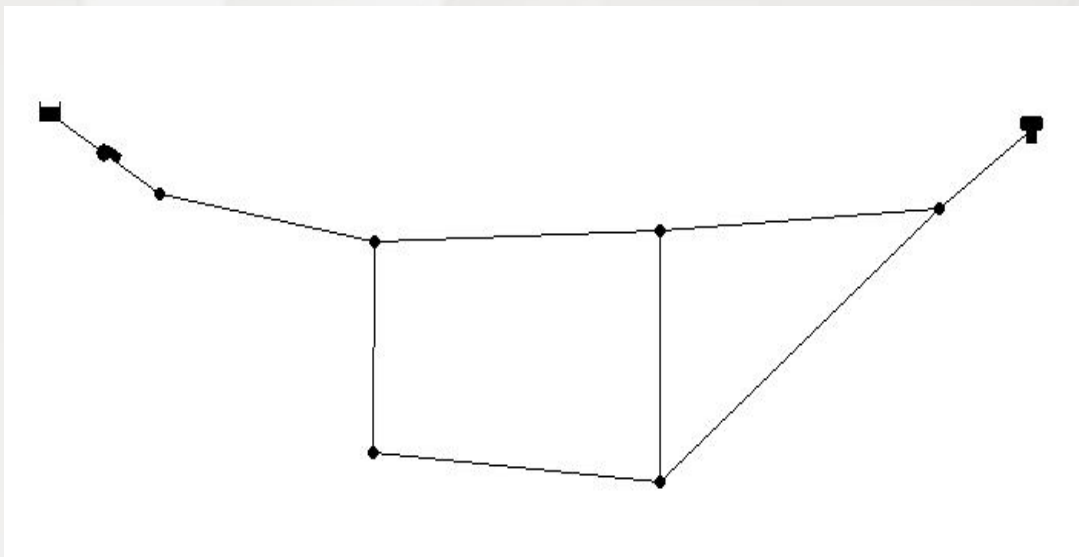
$$\bar{r}_i = \frac{1}{m-1} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^m r(i, j)$$

$$r(i, j) = 1 - \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (X''(i, k) - X''(j, k))^2}$$



监测点布置

- 实战演练



<https://github.com/OpenWaterAnalytics/EPANET-Matlab-Toolkit>



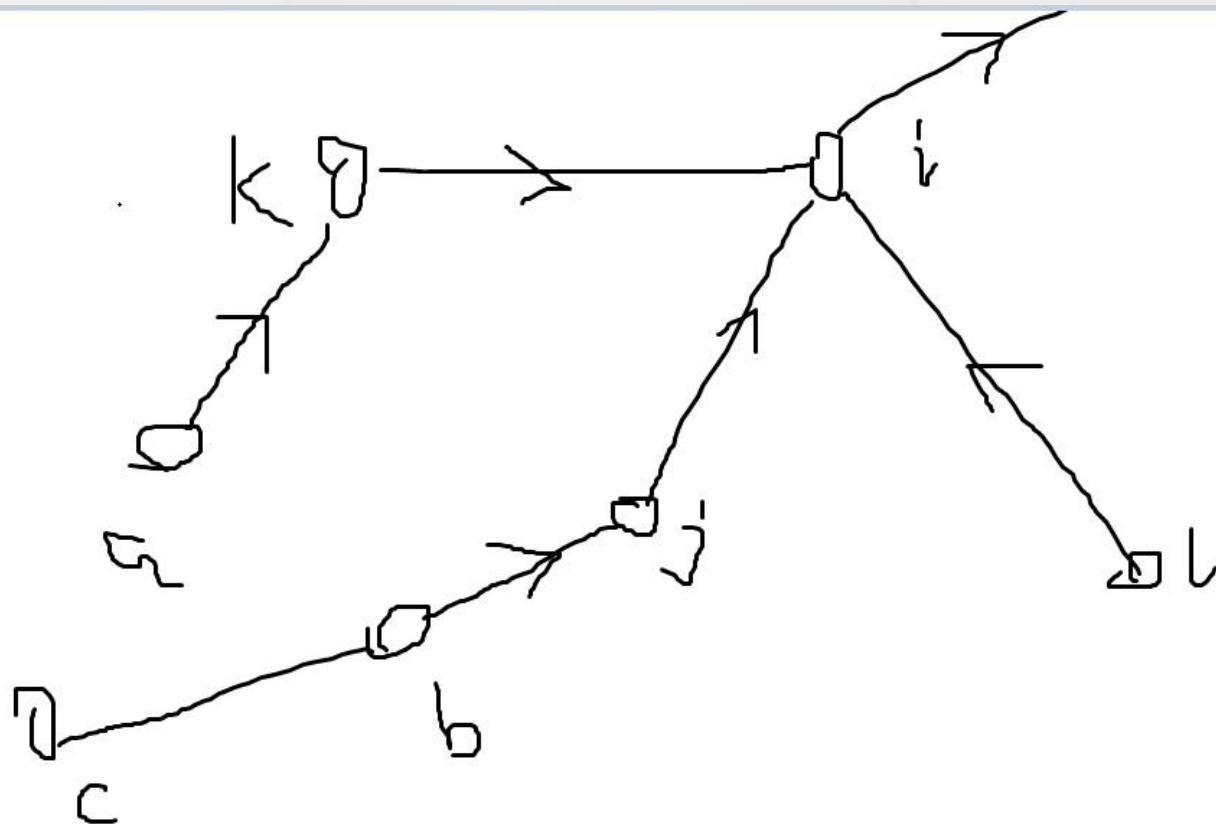
监测点布置

- 2.水质检测点的布置
- (1) 建立水质比例矩阵
- 求出节点中的流量对应矩阵 W ，其中 $W(i,j)$ 为第 i 个节点中的流量有是来自点 j 的比例。

如果两节点之间是直接关联的，那么就用第一个公式求，要是间接关联的，就用第二个公式求

$$W(i,j) = \frac{Q(i,j)}{\sum_{k \in m} Q(i,k)}$$

$$W(i,j) = \sum_{k,h \in \epsilon} W(i,k) * W(h,j)$$





监测点布置

- 2.水质检测点的布置
- (2)覆盖水量矩阵
- DC即为覆盖水量矩阵
- 具有最大DC(i)的节点将成为监测点。

$$R = \begin{bmatrix} DC(1) & R(1,1) & R(1,2) & \dots & R(1,n) \\ R(2,1) & R(2,2) & \dots & R(2,n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ R(m,1) & R(m,2) & \dots & R(m,n) \end{bmatrix}$$

$$[W] = \begin{bmatrix} W(1,1) & W(1,2) & \dots & W(1,n) \\ W(2,1) & W(2,2) & \dots & W(2,n) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ W(n,1) & W(n,2) & \dots & W(n,n) \end{bmatrix}$$

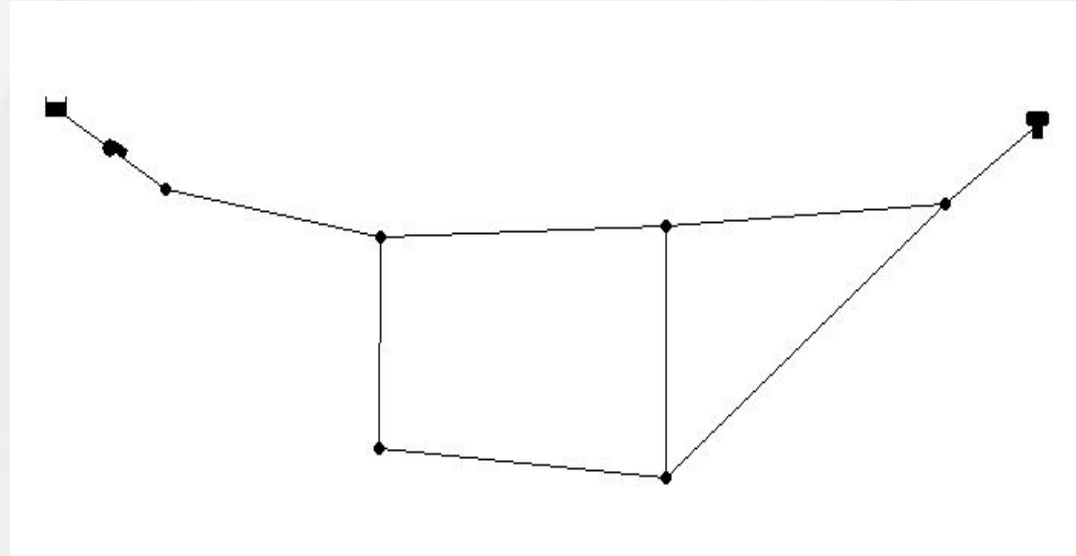
$$[R(CC)] = \begin{cases} 1 & W(i,j) \geq CC \\ 0 & W(i,j) < CC \end{cases} \quad (i, j=1,2,\dots,n)$$

$$DC(i) = \sum_{j=1}^n [R(CC)(i,j) \times dj]$$



监测点布置

- 实战演练



[1] T. Mu, M. Huang, H. Tan, G. Chen, and R. Zhang, “**Pressure and Water Quality Integrated Sensor Placement Considering Leakage and Contamination Intrusion within Water Distribution Systems,**” ACS ES&T Water, p. acsestwater.1c00209, Nov. 2021, doi: 10.1021/acsestwater.1c00209.

手机扫一扫，分享网页到微信

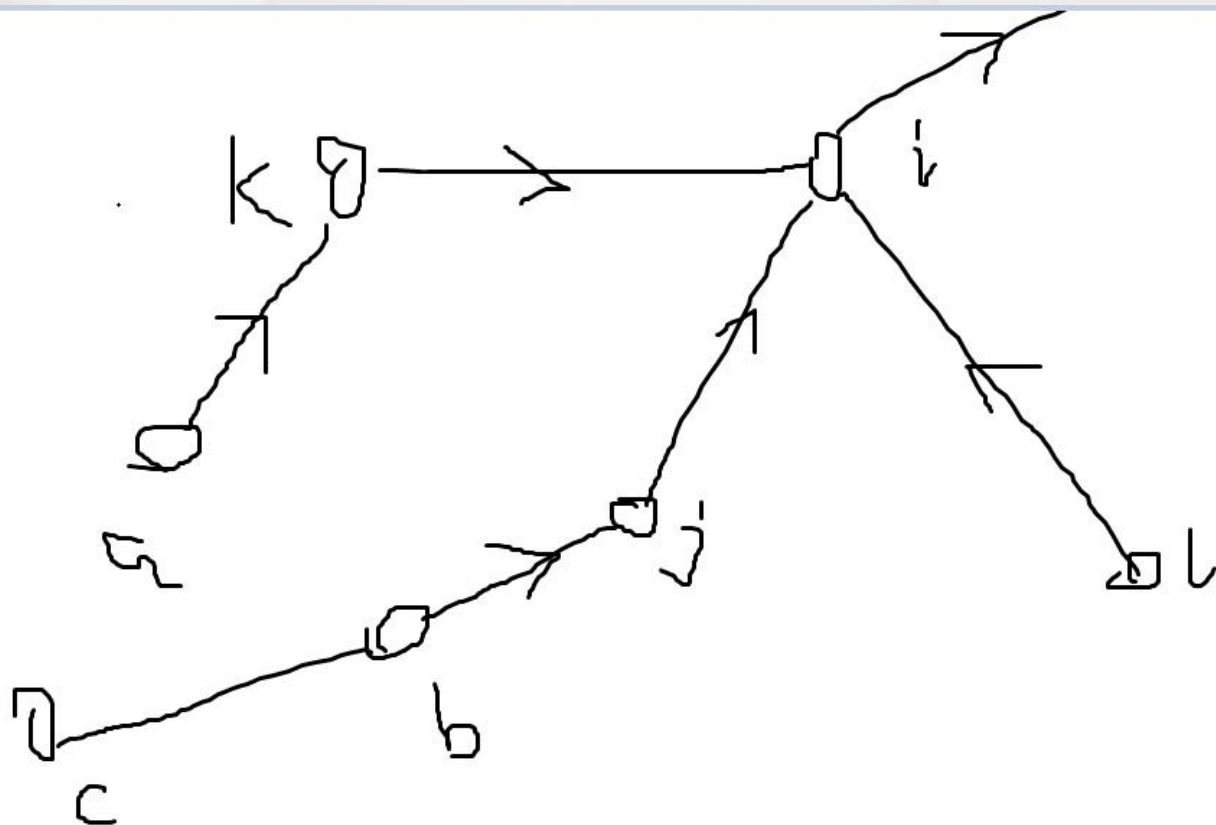




监测点布置

- 3.流量检测点的布置
- (1) 影响系数
- 同压力监测点，是一个节点的流量变化，对其它节点的流量影响。比如公式中，我们在EPANET中，把基本需水量加大，求出正常及加大后K节点的流量之差，作为分母。
- 之后管网中其他管段流入K节点的流量变化之差作为分子，这样，我们就能求出一个矩阵X， $x(m,n)$ 代表第n个节点水量改变，对第m个管段的影响系数

$$X_{ik} = \frac{|Q_i - Q_i'|}{|q_k - q_k'|}$$





监测点布置

- 3.流量监测点的布置
- (2) 灵敏度分析
- 将矩阵X中的每一行的平方相加，求出各行的（各个节点）灵敏度S
- 选择灵敏度大的管段流出的节点作为流量监测点即可

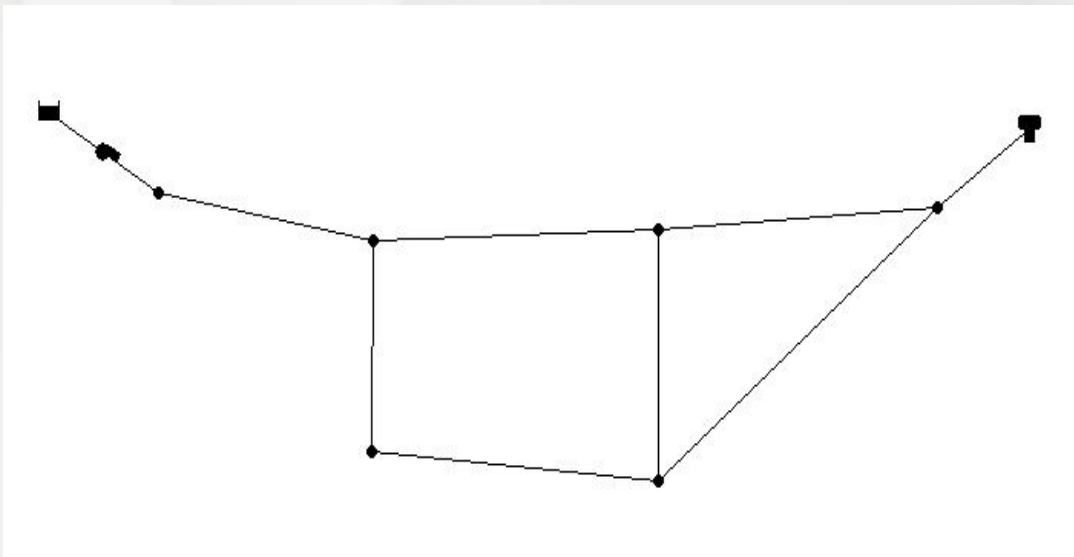
$$X = \begin{bmatrix} x(1,1) & x(1,2) & \dots & x(1,n) \\ x(2,1) & x(2,2) & \dots & x(2,n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x(m,1) & x(m,2) & \dots & x(m,n) \end{bmatrix}$$

$$S_i = \sqrt{\sum_{k=1}^n X^2(i,k)}$$

监测点布置



- 实战演练





结语

- 在实际中，我们没有节点这个东西，那么我们就选择任意一个节点连接的管段上面安置检测器就好了
- 检测点布置就这么多，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：**
- 周书葵. 城市供水SCADA系统管网监测点优化布置的研究[D]. 湖南大学, 2003.

THANK

小木

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