

管网优化设计快速入门

第五节-管网水质

主讲人：牟天蔚
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

管网水质



- 1.什么是水质
- 2.管网水质的数学模型

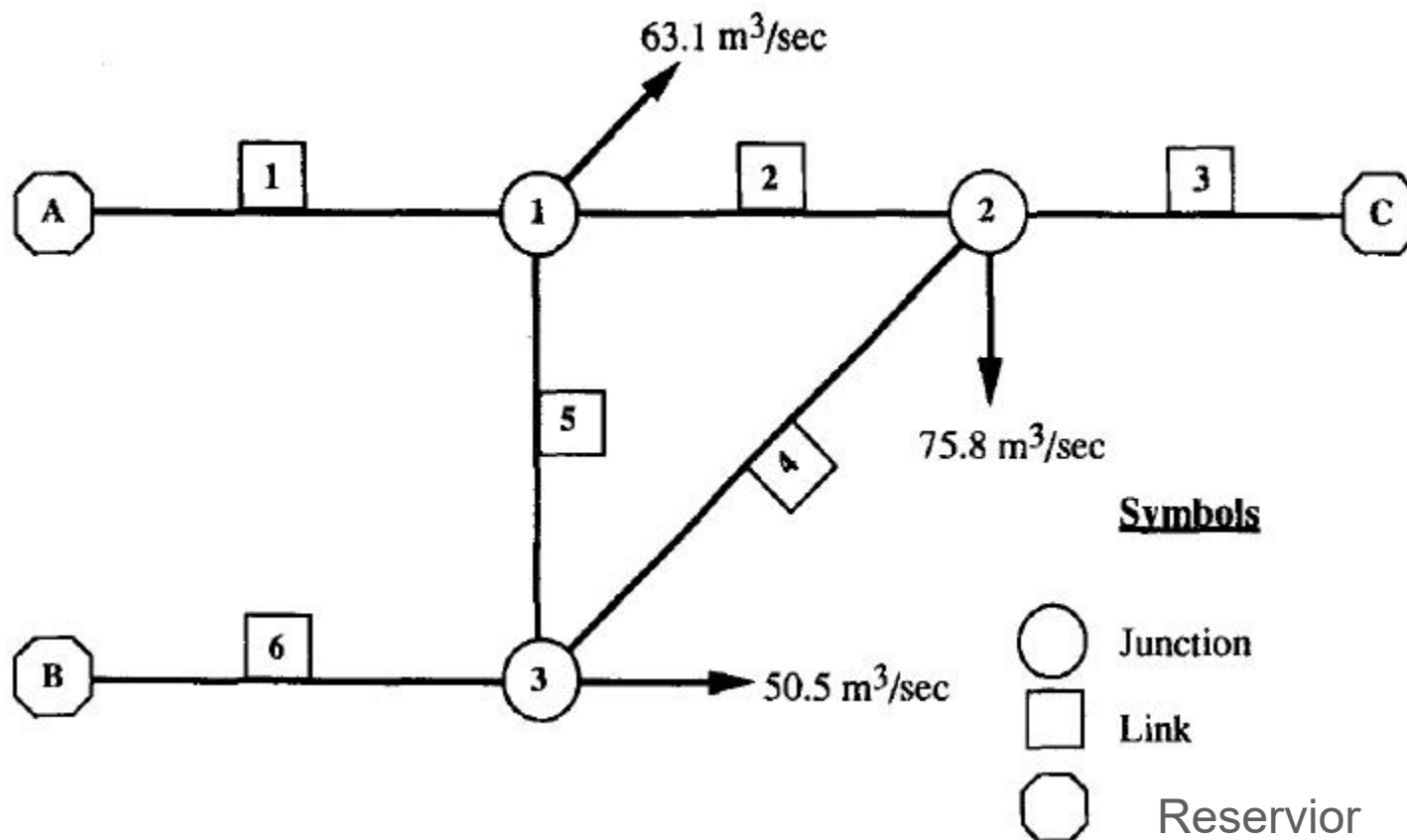
我的导师蒋老师就是研究管网水质出身的

什么叫水质



- 水经过水厂过滤消毒，变成自来水
- 自来水经过水厂流到自来水管中
- 在管中的自来水运送给居民
- 然而，自来水经过管道流动时候，由于需要一定的时间，所以它还会第二次受到污染。
- 所以，为了避免第二次污染，我们需要在自来水中加药最常用的药品是二氧化氯（ ClO_2 ）。

管网水质的数学模型



复习：管网组件的概念
(第二章内容)

管网水质的数学模型



○ 定义：有效地计算水中物质在时间和空间变化的模型。

应用管网水质模型进行给水系统的水质分析，是一种有效的描述污染物运动的管网水质管理工具。

在饮用水系统中控制水质是一个前沿且复杂的问题，其目的是通过饮用水管网向用户提供足够的饮用水，而不会含有过多的氯。我国在《生活饮用水卫生标准》(GB5749-85)中将余氯作为一项标准，规定出厂水游离性余氯在接触 30 分钟后，不应低于 0.3mg/l，管网末梢不低于 0.05mg/l 。

mass conservation differential equation（质量守恒差分方程）

溶解性物质将具有与携带流体相同的平均流速，沿着管道长度迁移，同时以给定速率反应（增长或者衰减）。在多数运行条件下，认为纵向扩散不是重要的迁移机制。这意味着在管道输送的相邻水体之间没有质量混掺。管道内的推流迁移表达为下式：

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} = -u_i \frac{\partial C_i}{\partial x} + r(C_i) \quad \xrightarrow{\text{特征线法}} \quad C_i(x, t + \tau) = C_i(x - u_i \tau, t) e^{\alpha \tau};$$

式中 C_i ——管道 i 中的浓度（质量/容积），作为距离 x 和时间 t 的函数；

u_i ——管道 i 中的流速（长度/时间）；

r ——反应速率（质量/容积/时间），作为浓度的函数。

$$R(C_i) = \alpha C_i$$

管网水质的数学模型



管道节点中的混合

在上游连接两个或者多个管段的节点中，认为流体是瞬间混合的。于是离开节点的物质浓度，简化为节点进流管段浓度的流量权重之和。对于特定节点 k ，可写为：

$$C_{i|x=0} = \frac{\sum_{j \in I_k} Q_j C_{j|x=L_j}}{\sum_{j \in I_k} Q_j}$$

式中 i ——节点 k 的下游管段；

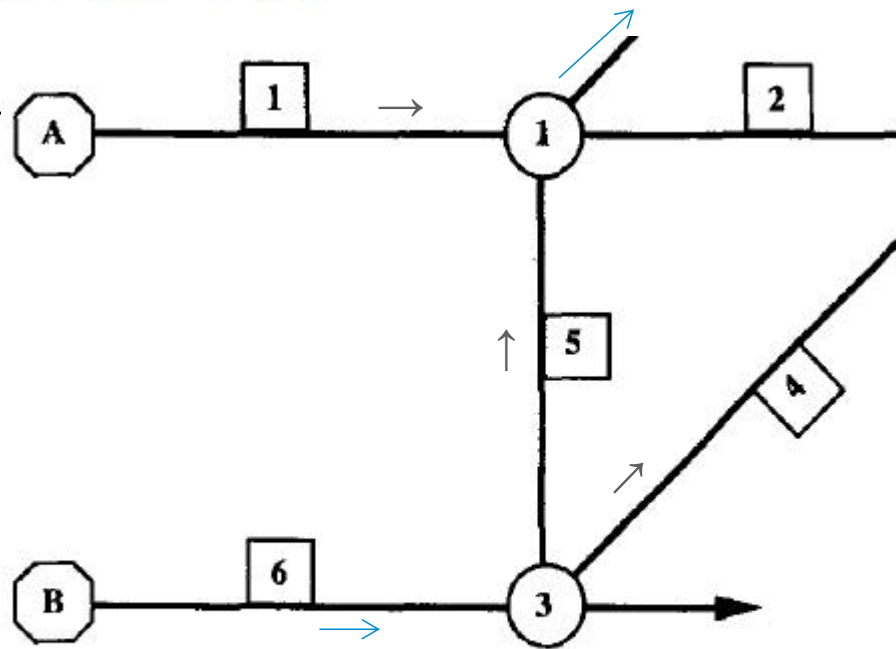
I_k ——节点 k 的上游管段集；

L_j ——管段 j 的长度；

Q_j ——管段 j 中的流量（容积/时间）；

$C_{i|x=0}$ ——管段 k 起始点的浓度；

$C_{i|k=L}$ ——管段 k 末端的浓度。



管网水质的数学模型



蓄水设施中的混合

假设蓄水设施（水池和水库）中的物质是完全混合的。假设充分的动量传递给进流，对于许多在注水和放水条件下的水池是合理的（Rossman和Grayman, 1999）。在完全混合状态下，通过水池的物质浓度是当前含量与任何进水含量的混合。同时，由于反应，内部浓度也在变化。以下公式表达了这些现象：

$$\frac{\partial(V_s C_s)}{\partial t} = \sum_{i \in I_s} Q_i C_{i|x=L_i} - \sum_{j \in O_s} Q_j C_s + r(C_s) \quad (D.7)$$

式中 V_s —— t 时刻蓄水设施中的容积；

C_s ——蓄水设施中的物质浓度；

I_s ——蓄水设施进水的管段集合；

O_s ——蓄水设施出水的管段集合。

管网水质的数学模型



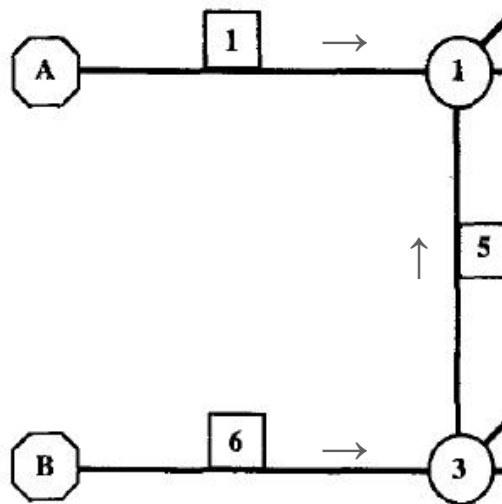
- 最开始的时候，管网中啥也没有，我们先假设里面水是慢慢的，但是没有药，然后通过插值法来往里面加药

$$m_i^k = C_i^0 v_i + \frac{(k-1)(C_i^{\eta_i} - C_i^0) v_i}{(\eta_i - 1)}, \quad k = 1, \dots, \eta_i$$

将管段分块>1

$$m_i^1 = \frac{(C_i^0 + C_i^1) v_i}{2}$$

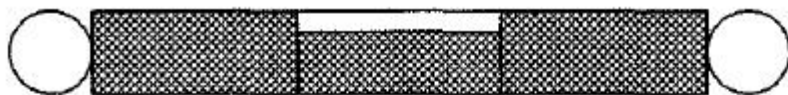
将管段分块=1



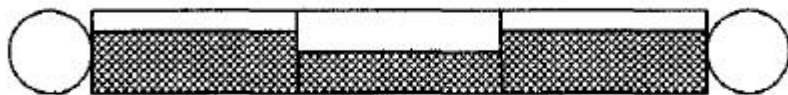
管网水质的数学模型



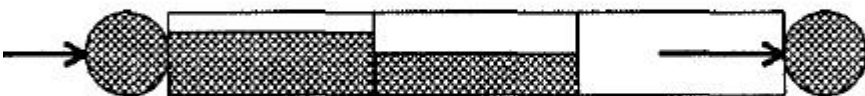
Original Mass



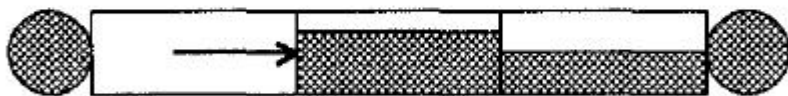
After Reaction



Transport Into Node



Transport Along Link



Transport Out of Node

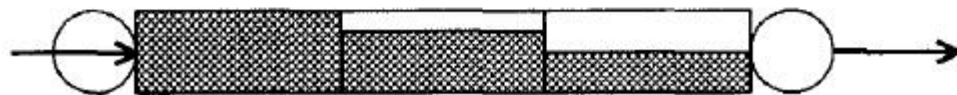


FIG. 1. Mass-Transport Steps within Link

0.将管段分块（相等）

$$\tau = \min_i \left(\frac{V_i}{Q_i} \right) \quad \eta_i = \left\lfloor \frac{V_i}{Q_i \tau} \right\rfloor \quad v_i = \frac{V_i}{n_i}$$

1.在各自的小块里面反应

$$m_i'^k = m_i^k e^{\alpha \tau};$$

2.把最后面的小块插入圆圈中

$$M_j = \sum_{i \in \{j\}}^{\beta_j} m_i'^{\eta_i} \quad V_j = \sum_{i \in \{j\}}^{\beta_j} Q_i \tau \quad C_j = \frac{M_j}{V_j}$$

3.把所有的小块向前移动一下

$$m_i'^{k+1} = m_i'^k;$$

4.把后面圆圈的东西插入第一个小块

$$m_i'^1 = C_j Q_i \tau$$

管网水质的数学模型



- 从第一个水力时间过去之后，到第二个时间，那么流速什么的都变了，所以小块得重新分配，但是这些小块大小不同，所以分配的时候，多去少补：

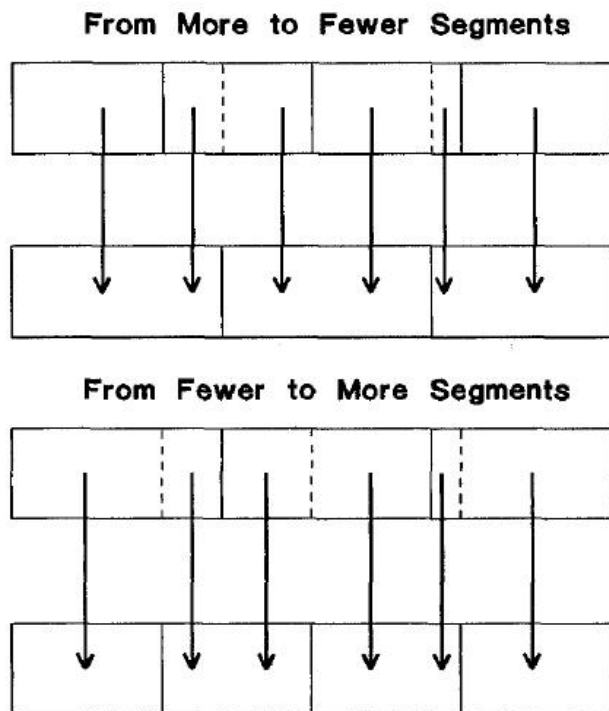


FIG. 2. Redistribution of Mass within Link



水质模型就这么多，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】 Rossman L A, Boulos P F, Altman T. Discrete Volume-Element Method for Network Water-Quality Models[J]. Journal of Water Resources Planning & Management, 1993, 119(5):505-517.

【2】 施银焕. M市供水管网余氯衰减模型的建立与校正研究[D]. 沈阳建筑大学, 2013.



请各位同学老
师批评指正

小木

求三连!!!

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

