

# EPANETH2 (EPANET2 中文版) 用户手册

原著: **Lewis A. Rossman**

(俄亥俄州辛辛那提市美国环境保护局研究和开发办公室  
国家风险管理研究实验室供水和水资源分部, **45268**)

翻译: 李树平

(上海市同济大学环境科学与工程学院, **200092**)

## 序言

输配水系统水力和水质特性的模拟，是输配水系统设计、运行和管理的基本依据和重要工具，历来受到供水企业、科研和教学部门的重视。EPANET 作为一套功能齐全、界面友好、易于使用的优秀免费软件，得到广泛应用，成为许多商业软件的核心，也为输配水系统的科学研究提供了便利。但是由于该软件为英文界面，目前只在国内部分高校、软件开发企业等小范围得到使用。而对于广大从事输配水系统设计、运行和管理的工程技术人员，以及进入专业学习阶段的大学生，尽快掌握该软件的使用方法还具有一定难度。因此为普及输配水系统水力和水力特性模拟软件在供水各部门、各层次的应用，促进输配水系统的设计、运行管理水平，很有必要将该软件的代码、界面、用户手册和帮助文件翻译成中文。

目前该模拟软件翻译工作得到同济大学教学改革与研究项目的资助，立项目的是将软件汉化后，作为给水管网课程的教学辅助软件，提高课程教学效果。

EPANET 软件的翻译已得到 Rossman 先生的许可，汉化版定名为 EPANETH。同时声明该用户手册以及 EPANETH 程序作为实验性软件，尽管力求结果正确，但是译者对计算结果的应用，以及应用中所造成的损失不负任何责任。

李树平  
2009 年 7 月

## 原《EPANET2 用户手册》声明

本文档（EPANET2 用户手册）信息由美国环境保护局（EPA）全部或者部分资助。它已经接受了与该局相当的机构和管理人员审核，并经 EPA 许可而公布。文中提及的商标名称或者商业产品，并不意味对其认可或者推荐。

为了确保获得结果的正确性，尽管进行了大量的工作，但本文档描述的计算程序仍是实验性的。因此作者和美国环境保护局对任何结果或者从这些程序获得任何结果的使用，以及对于任何目的使用这些程序得到的结果而造成损害或者诉讼，不承担任何责任，同时也不承担这方面的任何义务。

# 目 录

第 1 章 引言.....	1
1.1 什么是EPANETH.....	1
1.2 水力模拟能力.....	1
1.3 水质模拟能力.....	1
1.4 EPANETH应用步骤.....	2
1.5 关于本手册.....	2
第 2 章 快速入门教程.....	4
2.1 EPANETH安装.....	4
2.2 管网示例.....	4
2.3 工程设置.....	5
2.4 管网图绘制.....	6
2.5 设置对象属性.....	8
2.6 保存和打开工程.....	9
2.7 执行单时段分析.....	10
2.8 执行延时分析.....	10
2.9 执行水质分析.....	12
第 3 章 管网模型.....	14
3.1 物理构成.....	14
3.2 非物理组件.....	19
3.3 水力模拟模型.....	23
3.4 水质模拟模型.....	24
第 4 章 EPANETH工作空间.....	28
4.1 引言.....	28
4.2 菜单条.....	29
4.3 工具条.....	31
4.4 状态条.....	33
4.5 管网地图.....	33
4.6 数据浏览.....	33
4.7 地图浏览.....	34
4.8 属性编辑器.....	34
4.9 程序偏好.....	35
第 5 章 工程操作.....	37
5.1 打开和保存工程文件.....	37
5.2 工程缺省值.....	38
5.3 校验数据.....	39
5.4 工程总结.....	41
第 6 章 对象操作.....	42
6.1 对象类型.....	42
6.2 添加对象.....	42
6.3 选择对象.....	44

6.4 编辑可视化对象.....	44
6.5 编辑非可视化对象.....	48
6.6 复制和粘贴对象.....	52
6.7 管段变形和逆向.....	52
6.8 删除对象.....	53
6.9 移动对象.....	53
6.10 选择对象组.....	54
6.11 编辑对象组.....	54
第 7 章 地图操作.....	55
7.1 选择地图视窗.....	55
7.2 设置地图尺寸.....	55
7.3 利用背景地图.....	56
7.4 缩放地图.....	57
7.5 移动地图.....	57
7.6 查找对象.....	58
7.7 地图图例.....	58
7.8 纵览地图.....	59
7.9 地图显示选项.....	59
第 8 章 管网分析.....	62
8.1 设置分析选项.....	62
8.2 执行模拟分析.....	65
8.3 疑难解答.....	65
第 9 章 显示结果.....	67
9.1 地图中显示结果.....	67
9.2 图形结果显示.....	68
9.3 表格结果显示.....	74
9.4 显示特殊报表.....	76
第 10 章 打印和复制.....	80
10.1 选择打印机.....	80
10.2 设置页面格式.....	80
10.3 打印预览.....	81
10.4 打印当前视窗.....	81
10.5 复制到剪贴板或者文件.....	81
第 11 章 导入和导出.....	83
11.1 工程方案.....	83
11.2 导出方案.....	83
11.3 导入方案.....	83
11.4 导入部分管网.....	84
11.5 导入管网地图.....	85
11.6 导出管网地图.....	85
11.7 导出到文本文件.....	86
第 12 章 常见问题释疑.....	87
附录A 计量单位.....	89
附录B 错误信息.....	90

附录C 命令行EPANETH .....	92
C.1 一般指令 .....	92
C.2 输入文件格式 .....	92
C.3 报告文件格式 .....	115
C.4 二进制输出文件格式 .....	118
附录D 分析算法 .....	122
D.1 水力分析 .....	122
D.2 水质分析 .....	127
D.3 参考文献 .....	131

# 第 1 章 引言

## 1.1 什么是EPANETH

EPANETH 软件是美国环保局软件 EPANET 的汉化版本，是一个可以执行有压管网水力和水质特性延时模拟的计算机程序。管网包括管道、节点（管道连接节点）、水泵、阀门和蓄水池（或者水库）等组件。EPANETH 可跟踪延时阶段管道水流、节点压力、水池水位高度以及整个管网中化学物质的浓度。除了模拟延时阶段的化学成分，也可以模拟水龄和进行源头跟踪。

EPANETH 开发的目的是为了改善对配水系统中物质迁移转化规律的理解。它可以实现许多不同类型的配水系统分析。采样程序设计、水力模型校验、余氯分析以及用户暴露评价就是一些例子。EPANETH 有助于评价整个系统水质改善的不同管理策略，这些可能包括：

- 改变多水源供水系统的水源配置；
- 改变水泵提升和水池注水/放水时间调度安排；
- 水处理的补充措施，例如蓄水池中重新加氯；
- 管道清洗和替换。

在 Windows 环境下，EPANETH 提供了管网输入数据编辑、水力和水质模拟，以及以各种方式显示计算结果的集成环境。结果的表达形式包括管网地图颜色表示、数据表格、时间序列图和等值线图。

## 1.2 水力模拟能力

完整和精确的水力模拟是有效水质模拟的先决条件。EPANETH 包含了先进的水力分析引擎，具有以下功能：

- 对管网规模未加限制；
- 可利用 Hazen-Williams, Darcy-Weisbach 或 Chezy-Manning 公式计算摩擦水头损失；
- 包含了弯头、附件等处的局部水头损失计算；
- 可模拟恒速和变速水泵；
- 可进行水泵提升能量和成本分析；
- 可模拟各种类型的阀门，包括遮蔽阀、止回阀、调压阀和流量控制阀；
- 允许包含各种形状的蓄水池（即直径可以随高度变化）；
- 考虑节点多需水量类型，每一节点可具有自己的时变模式；
- 可模拟依赖于压力的流量，例如扩散器（喷头水头）；
- 系统运行能够基于简单水池水位或者计时器控制，以及基于规则的复杂控制。

## 1.3 水质模拟能力

EPANETH 提供了以下水质模拟能力：

- 模拟管网中非反应性示踪剂随时间的运动；
- 模拟反应物质的运动变化，它可以随时间增长（例如消毒副产物）或者降低（例如余氯）；

- 模拟整个管网的水龄；
- 跟踪从已知节点来的水流百分比；
- 模拟主流水体和管壁处的反应；
- 利用  $n$  级反应动力学模拟主流水体中的反应；
- 利用零级或者一级反应动力学模拟管壁处的反应；
- 模拟管壁处的反应时可考虑质量转移限值；
- 允许持续达到一个极限浓度的增长或者衰减反应；
- 利用全局反应速率系数，可在单管道基础上纠正；
- 允许管网中任何位置的时间变化浓度或者质量输入；
- 将蓄水池作为完全混合、柱塞流或者双室反应器进行模拟。

通过利用这些特性，EPANETH 能够研究以下水质现象：

- 不同水源来水的混合；
- 整个系统的水龄；
- 余氯的损失；
- 消毒副产物的增长；
- 污染事件跟踪。

## 1.4 EPANETH应用步骤

利用 EPANETH 模拟配水系统时，通常执行以下步骤：

1. 绘制表示配水系统的管网（参见第 6.1 部分），或者导入具有管网基本描述的文本文件（参见第 11.4 部分）；
2. 编辑系统对象的属性（参见第 6.4 部分）；
3. 编辑系统运行属性（参见第 6.5 部分）；
4. 选择一组分析选项（参见第 8.1 部分）；
5. 执行水力/水质分析（参见第 8.2 部分）；
6. 显示分析结果（参见第 9 章）。

## 1.5 关于本手册

本手册第 2 章描述怎样安装 EPANETH，提供 EPANETH 应用的快速教程。对配水系统模拟基本知识不熟悉的读者，可在学习整个快速教程之前，首先阅读第 3 章的知识。

第 3 章讨论了 EPANETH 模拟配水系统的背景材料。它描述了构成配水系统的物理组件特性，以及附加的模拟信息（例如时间变化和运行控制）。它也提供了怎样执行系统水力和水质性能数值模拟的信息。

第 4 章说明了怎样组织 EPANETH 工作空间。它描述了各种菜单选项和工具按钮的功能，以及怎样使用三种主要的窗口——管网地图、浏览器和属性编辑器。

第 5 章讨论了工程文件，其中存储了配水系统 EPANETH 模型需要的所有信息。它说明了怎样创建、打开和保存这些文件，以及怎样设置缺省工程选项。它也讨论了注册模拟结果与实际测试相比较的校验数据。

第 6 章描述了怎样利用 EPANETH 创建配水系统网络模型。它说明了怎样创建构成系统的各种物理对象（管道、水泵、阀门、节点、水池等），怎样编辑这些对象的属性，以及怎样描述系统的需求和运行随时间的改变。



第 7 章解释了怎样利用管网地图，提供被模拟系统的图形显示。它说明怎样在地图上以颜色编码方式，浏览不同的设计和计算参数，怎样重新设置比例、缩放和移动地图，怎样定位地图中的对象，以及哪些选项可用于定制地图的外观。

第 8 章说明了怎样执行管网模型的水力/水质分析。它描述了怎样利用不同选项控制分析，以及为检验模拟结果时使用故障寻求提供提示。

第 9 章讨论了显示分析结果的各种方式。这些包括管网地图的不同显示，各种类型的图形和表格，以及不同类型的特殊报表。

第 10 章解释了怎样打印和复制第 9 章所描述的显示。

第 11 章描述了 EPANETH 怎样导入和导出工程方案。方案是描述管网分析中当前状态的数据子集（例如，用户需水量、运行规则、水质反应系数等）。也讨论了怎样将工程整体数据库保存到一个可读文本文件，以及怎样将管网地图以各种格式导出。

第 12 章回答了关于 EPANET 怎样模拟特殊类型状况的问题，例如模拟液压气动水箱、寻找特定压力的最大流量，以及模拟消毒副产物。

手册也包含了几个附录。附录 A 提供所有设计和计算参数计量单位的列表。附录 B 是在程序中生成的错误信息代号及其意义列表。附录 C 描述了 EPANETH 怎样在 DOS 窗口下采用命令行方式运行，以及讨论了该运行模式下的文件格式。附录 D 提供了 EPANETH 水力和水质分析算法中使用的过程和公式。

## 第 2 章 快速入门教程

本章提供了一个使用 EPANETH 的教程。如果你不熟悉构成配水系统的组件，以及这些组件怎样在管网模型中表达，希望首先阅读第 3 章的前两部分。

### 2.1 EPANETH 安装

EPANETH 2 程序可在 IBM/Intel 兼容个人计算机，Window 95/98/NT 环境下运行。它以文件 **enh2setup.exe** 发布，其中包含了一个自解压安装程序。为了安装 EPANETH：

1. 从 Windows **开始** 菜单选择 **Run**。
2. 输入 **enh2setup.exe** 文件的完整路径和文件名，或者点击**浏览**按钮在计算机中定位该文件。
3. 单击**确定**按钮，开始安装。

安装程序将询问选择一个放置 EPANETH 文件的文件夹。缺省文件夹为 **c:\Program Files\EPANETH2**。在文件安装完成后，**开始** 菜单将添加一个新项，称作 EPANETH 2.0。为了启动 EPANETH，简单选择**开始菜单**中的该项，然后从显示的子菜单中选择 EPANETH 2.0。（在 Windows 下运行 EPANETH，可执行文件名为 **epaneth2w.exe**）。

如果希望从计算机中删除 EPANETH，可以利用以下过程：

1. 从 Windows **开始** 菜单选择**设置**；
2. 从**设置**菜单中选择**控制面板**；
3. 双击**添加或删除程序**项；
4. 从程序列表中选择 EPANETH 2.0；
5. 单击**更改/删除**按钮。

### 2.2 管网示例

本教程将分析如图 2.1 所示的简单配水管网。它包含了一个水源水库（例如处理厂的清水池），经水泵抽升，输送到具有两个环的管网。在系统中有一条管道通向蓄水池。图中说明了各种组件的 ID 标签。管网中的节点具有如表 2.1 所示的属性。管段属性列于表 2.2。此外，水泵（管段 9）输送扬程为 40 m，流量为 200 L/s；水池（节点 8）直径为 18 m，水位在 1 m，其最大水位为 4 m。

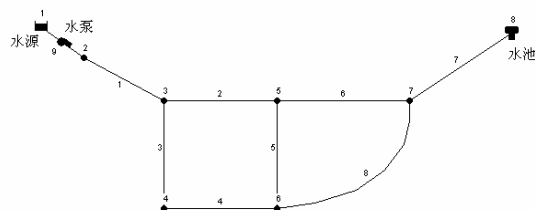


图 2.1 示例管网

表 2.1 示例管网节点属性

节点	标高 (ft)	需水量 (L/s)
1	13.6	0
2	13.6	0
3	18.8	14.6
4	18.3	35.1
5	19.1	51.2
6	17.3	82.3
7	22.0	40.8
8	32.2	0

表 2.2 示例管网管道属性

管道	长度 (m)	直径 (mm)	C 因子
1	320	400	100
2	650	300	100
3	330	300	100
4	590	300	100
5	350	200	100
6	550	200	100
7	270	300	100
8	660	200	100

## 2.3 工程设置

第一项任务是在 EPANETH 中创建新工程，确保选择特定的缺省选项。开始启动 EPANETH；或者在 EPANETH 已运行情况下，（从菜单条中）选择**文件>>新建**，创建一项新工程。然后选择**工程>>缺省**，打开一个对话框，见图 2.2。利用该对话框可以使 EPANETH 从 1 开始使用连续的编号，自动标注新添加到管网的对象。在对话框的 ID 标签页，明确所有 ID 前缀域，设置 ID 增量为 1。然后选择对话框的水力特性页，设置流量单位选项为 LPS（升每秒）。这隐含了将在所有其它量中使用公制单位（长度以米计，管道直径以毫米计，压力以米水头计等）。选择海曾—威廉公式(H-W)作为水头损失计算公式。如果对于将来所有新建工程都采用这些选项，可以检查对话框底部的缺省值保存框，之后点击**确定**按钮。

下一步将选择一些地图显示选项，以便向地图添加对象，并可查看它们显示的 ID 标签和符号。选择**视图>>选项**，出现**地图选项**对话框。选择该框的**标注**页，检查如图 2.3 所示的设置。然后转向**符号**页，检查所有选项。点击**确定**按钮，接受这些选项并关闭对话框。

最后在绘制管网图之前，应确保地图比例设置是合理的。选择**视图>>尺寸**，启动**地图尺寸**对话框，为当前工程赋以缺省尺寸。这些设置在该例中是充分的，因此点击**确定**按钮接受这些缺省尺寸。

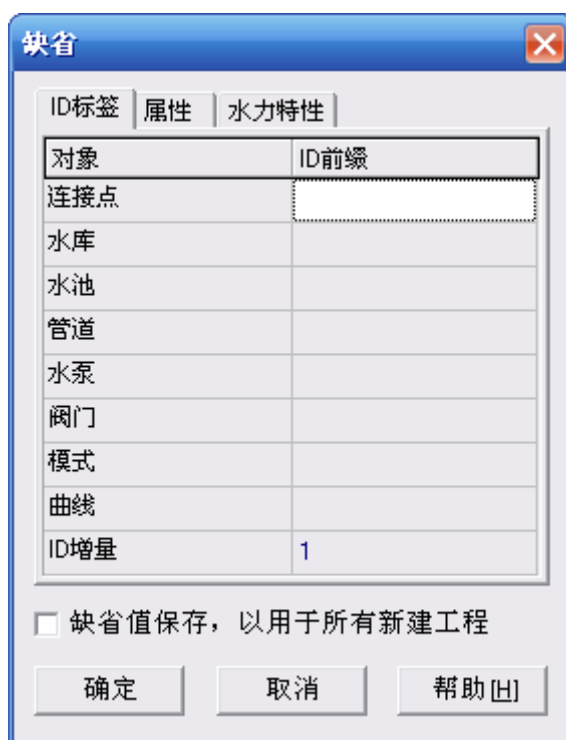


图 2.2 工程缺省对话框

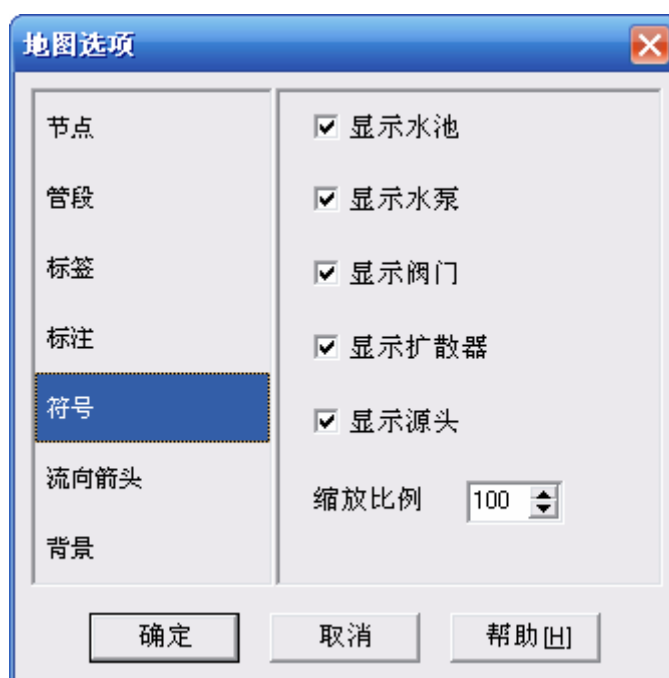



图 2.3 地图选项对话框


## 2.4 管网图绘制

现在准备通过鼠标和包含在**地图工具条**中的按钮，绘制管网图（如果工具条不可见，选择**视图>>工具条>>地图**，使其可见）。



首先添加水库。点击**添加水库**按钮。然后点击鼠标，在地图上设置水库的位置（略微靠近地图左侧）。

下一步是添加连接节点。点击**添加节点**按钮，然后在地图上需要设置节点 2 到 7 的位置点击。

最后通过点击**添加水池**按钮，添加水池，在地图上设置水池位置点击。这时**管网地图**应看上去如图 2.4 所示。

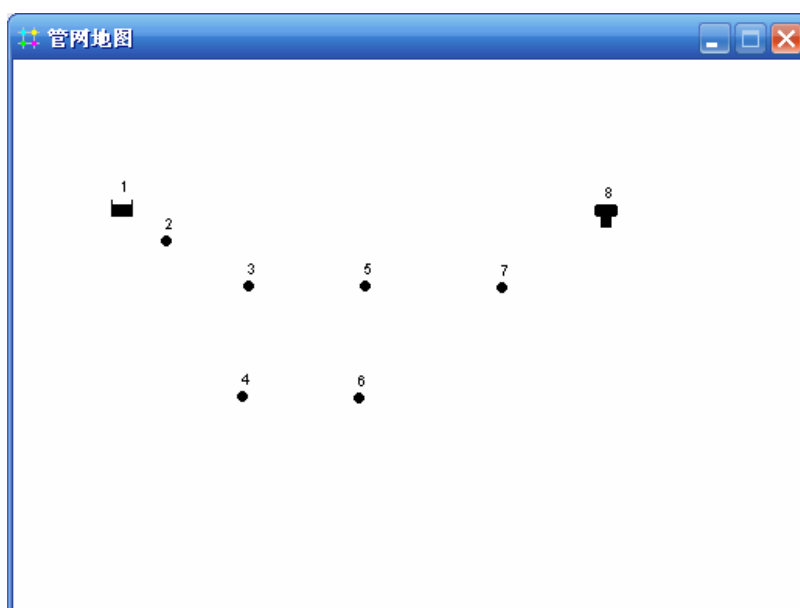





图 2.4 添加节点之后的管网地图



下一步将添加管段。假设从管段 1 开始，连接节点 2 和节点 3。首先在**工具条**上点击**添加管段**按钮。在地图的节点 2 上点击鼠标，然后点击节点 3。当从节点 2 到 3 移动鼠标时，注意管段是怎样绘制的。重复该过程，绘制管段 2 到管段 7。

管段 8 是一条曲线。为了绘制，在节点 6 点击鼠标。为了维护期望的形状，在需要改变方向的地方点击，向节点 7 方向移动鼠标。通过点击节点 6 完成该过程。

最后添加水泵。点击**添加水泵**按钮后，点击节点 1，其次点击节点 2。


再下一步将标注水库、水泵和水池。在**地图工具条**上选择**添加标签**按钮，并在靠近水库（节点 1）处点击，将显示一个编辑框。输入词**水源**，然后点击回车（Enter）键。靠近水泵点击，输入它的标签。对于水池采取同样操作。为了将地图输入到**对象选择**模式，而不是**文本插入**模式，然后在**工具条**上点击**对象选择**按钮.

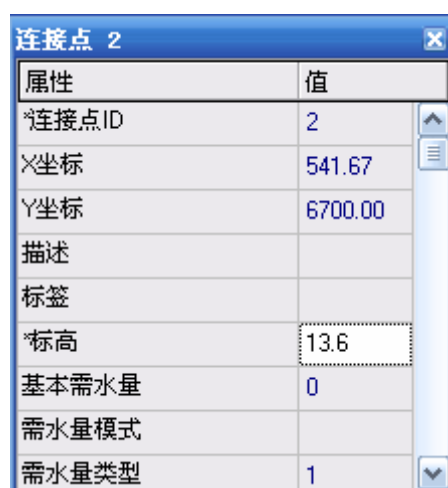
这时完成了示例管网图的绘制。**管网地图**应看上去如图 2.1 所示。如果节点在预期位置之外，可以通过点击节点，利用鼠标左键将节点拖动到新位置。注意随着节点移动，管道怎样与节点连接。标签可以类似方式重新定位。为了重新绘制曲线管段 8 的形状：

1. 首先在管段 8 上点击，选择该管段，然后点击**地图工具条**上的按钮，使地图进入**顶点选择**模式。
2. 点击被选管道上的顶点，然后按住鼠标左键，将其拖动到新的位置。
3. 如果需要，通过点击鼠标右键，从弹出菜单中选择适当的选项，可以在管道上添加或者删除顶点。
4. 完成后点击，返回到**对象选择**模式。

## 2.5 设置对象属性

对象添加到工程时，它们将被赋以一组缺省属性。为了改变对象特定属性的数值，需选择对象，进入**属性编辑器**（图 2.5）。具有几种不同的方式来完成该操作。如果**编辑器**处于可视状态，那么可以简单点击对象或者从**浏览器的数据**页选择。如果**编辑器**不可见，那么需要通过以下操作之一，使它可见：

- 在地图上双击对象。
  - 右键点击对象，从弹出菜单中选择**属性**。
  - 从**浏览器**窗口的**数据**页中选择对象，然后点击**浏览器的编辑**按钮。
- 当**属性编辑器**处于焦点时，通过点击 F1 键，可获得下列属性的较完整描述。




属性	值
*连接点ID	2
X坐标	541.67
Y坐标	6700.00
描述	
标签	
*标高	13.6
基本需水量	0
需水量模式	
需水量类型	1

图 2.5 属性编辑器

通过在**属性编辑器**中选择节点 2，如上图所示，开始编辑。现在在合适的域内输入该节点的标高和水量。可以利用键盘上的 **Up (↑)** 和 **Down (↓)** 箭头键或者鼠标，在域之间移动。为了使另一个对象的属性显示在下一个**属性编辑器**中，仅仅需要点击该对象（节点或者管段）。（也可通过点击 **Page Down (PgDn)** 或者 **Page Up (PgUp)** 键，移向数据库中前一个或者后一个同类对象）。于是能够简单地从一个对象移向另一个对象，对于节点添入标高和水量；对于管段填入长度、直径和粗糙系数（C 因子）。

对于水库，将在**总水头**域中输入它的标高（13.6）。水池的标高输入 32.2，初始水位为 0.3，最高水位为 4.5，以及直径为 12。对于水泵，需要赋给它一条水泵曲线（扬程与流量关系曲线）。在**水泵曲线**域内输入 ID 标签 1。

下一步将创建**水泵曲线 1**。在**浏览器**窗口的**数据**页中，从下拉式列表框中选择**曲线**，然后点击**添加按钮** 。新的**曲线 1** 将被添加到数据库，此时显示**曲线编辑器**对话框（见图 2.6）。在该框中输入水泵的设计流量（250）和扬程（35）。EPANETH 自动根据该工况创建完整的水泵曲线。曲线的方程说明了它的形状。点击**确定**关闭该**编辑器**。

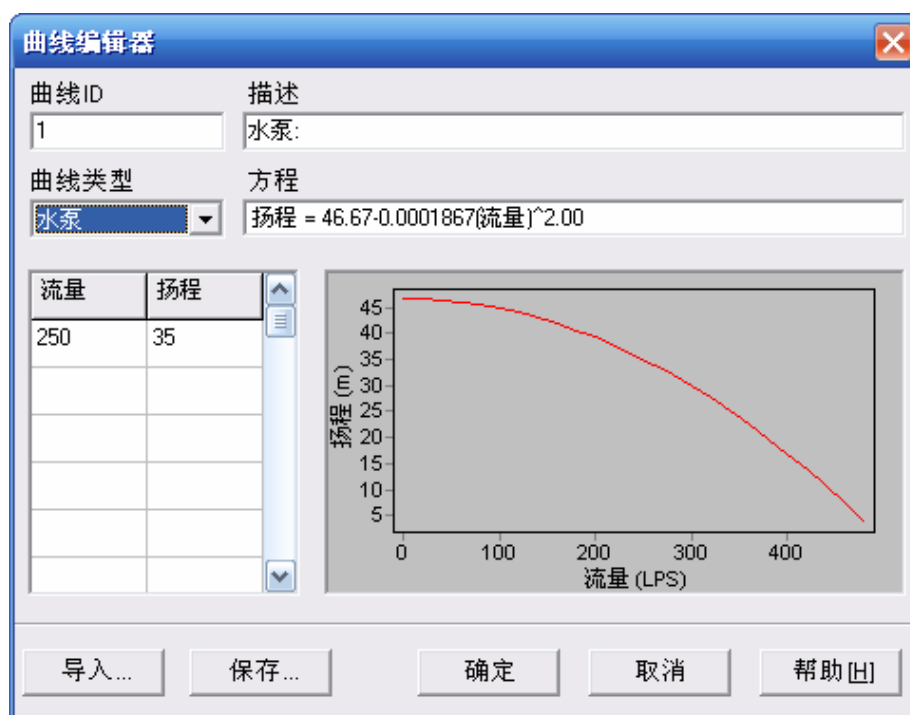


图 2.6 曲线编辑器

## 2.6 保存和打开工程


现在完成了管网的初始设计，良好的习惯是将所做工作及时保存到文件。

1. 从**文件**菜单中选择**另存为**选项。
2. 在显示的**另存为**对话框中，选择需要保存工程的文件夹和文件名。建议文件名为 **rumen.net**。（如果未提供文件扩展名，**.net** 将作为缺省选项，加在文件名之后。）
3. 点击**保存**，将工程保存到文件。


工程数据以二进制格式保存在文件中。如果希望将管网数据保存为可读文本，使用**文件 >> 导出 >> 管网**命令。

为了在随后打开工程，可从**文件**菜单中选择**打开**命令。

## 2.7 执行单时段分析

现在示例管网具有充分信息进行单时段的水力分析。为了执行分析，选择**工程>>执行分析**或者在**标准工具条**中选择执行按钮。（如果工具条不可见，从菜单条中选择**视图>>工具条>>标准**）。

如果运行未成功，那么**状态报告**窗口将显示问题发生在哪里。如果运行成功，可利用不同方式浏览计算结果。尝试以下方式：

- 在**浏览器的地图**页中选择**节点压力**，观察节点的压力数值怎样设置颜色。为了浏览地图颜色的图例，选择**视图>>图例>>节点**（或者在地图的空白部分点击鼠标右键，从弹出菜单中选择**节点图例**）。为了改变图例间隔和颜色，在图例中点击鼠标右键，显示**图例编辑器**。
- 利用**属性编辑器**（在任何节点或者管段双击鼠标左键），注意计算结果怎样在属性列表内显示。
- 通过选择**报告>>表格**（或者通过点击**标准工具条**中的**表格按钮**）创建显示结果的表格。图 2.7 说明了该管网运行结果的类似表格。注意带负号的流量数值，说明流向与管道初始绘制时设置的方向相反。



管段ID	流量 LPS	速度 m/s	单位水头损失 m/km	状态
管道 1	239.27	1.90	12.94	开启
管道 2	105.83	1.50	11.60	开启
管道 3	118.83	1.68	14.38	开启
管道 4	83.73	1.18	7.52	开启
管道 5	22.33	0.71	4.68	开启
管道 6	32.31	1.03	9.29	开启
管道 7	15.27	0.22	0.32	开启
管道 8	23.76	0.76	5.26	开启

图 2.7 示例中管段计算结果表


## 2.8 执行延时分析

为了使管网更加接近真实，可采用管网延时状况分析，为此需要创建一个**时间模式**，使节点需水量在一日内以周期变化。对于本例，时间模式步长设为 6 小时，于是一日内需水量具有四种不同时段的变化。（1 小时模式时间步长更为典型，这是新建工程的缺省设置）。通过从**数据浏览器**中选择**选项—时间**来设置模式时间步长。为了显示**属性编辑器**（如果还不可见），点击**浏览器的编辑按钮**，在**模式时间步长**域中输入数值 6（如图 2.8 所示）。在具有可用**时间选项**的同时，也可以设置**历时**，即希望运行的延长时间。假设使用一个 3 日周期时间（在**历时**属性域中输入 72 小时）。





图 2.8 时间选项

为了创建模式，选择**浏览器**中的**模式类**，然后点击**添加按钮** 。新的模式 1 将被创建，**模式编辑器**对话框如图 2.9 所示。输入多重乘子 0.5, 1.3, 1.0, 1.2，对应于时段 1 到 4，将给出 24 小时历时的模式。**乘子**用于在每一时段的基本水平上修改需水量。由于将执行 72 小时，在 24 小时之后，模式将绕回到开始的乘子。

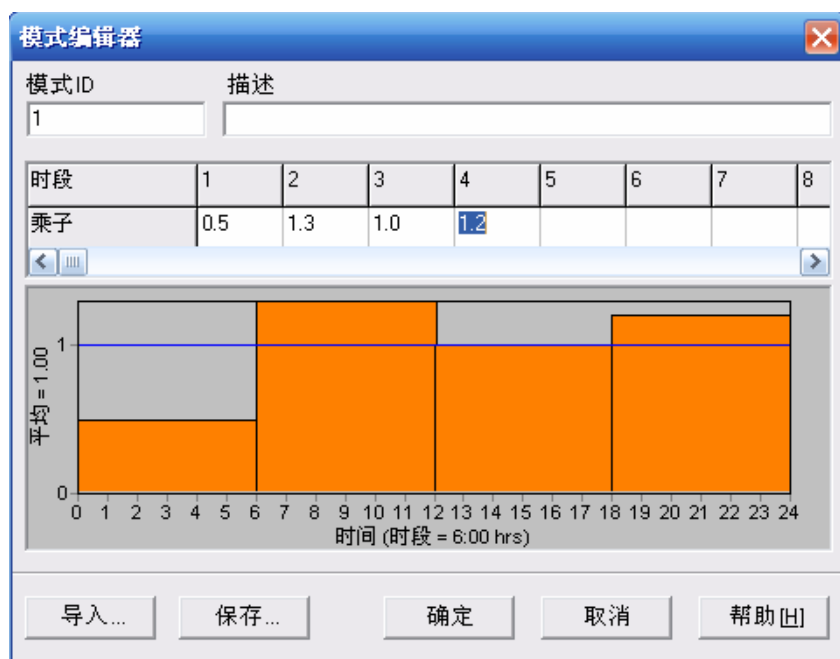






图 2.9 模式编辑器

现在将模式 1 赋给管网中所有节点的**需水量模式**属性。为了避免单独编辑每一个节点，可以利用 EPANETH 的**水力特性选项**之一。如果在**属性编辑器**中采用了**水力特性选项**，可以看到具有一项**缺省模式**。设置它的数值等于 1，只要没有其它模式赋给节点，将使每一节点的**需水量模式**等于模式 1。

下一步执行分析（选择**工程>>执行分析**或者在**标准工具条**上点击  按钮）。对于延时分析，具有几种模式来浏览结果：

- **浏览器的时间控件**滚动条，用于及时显示不同点的管网地图。例如选择**压力**为节点参数，**流量**作为管段参数。

- 浏览器中的 VCR 模式按钮，能够模拟地图随时间的变化。点击**前进**按钮，启动模拟，点击**停止**按钮终止。
- 在地图中增加流向箭头（选择**视图>>选项**，从**地图选项**对话框中选择**流向箭头**页，检查想利用的箭头形式）。然后开始模拟，当水池随时间注水和放水时，注意连接水池管道的流向变化。
- 对任意节点或者管段创建一个时间序列图。例如，为查看水池水位怎样随时间变化：
  1. 点击水池。
  2. 选择**报告>>图形**（或者在**标准工具条**中点击**图形**按钮），这将显示**图形选择**对话框。
  3. 选择对话框中的**时间序列**按钮。
  4. 选择**水头**作为需要绘制的参数。
  5. 点击**确定**，接受所作的选择。

注意水池水位随时间变化的周期行为（图 2.10）。

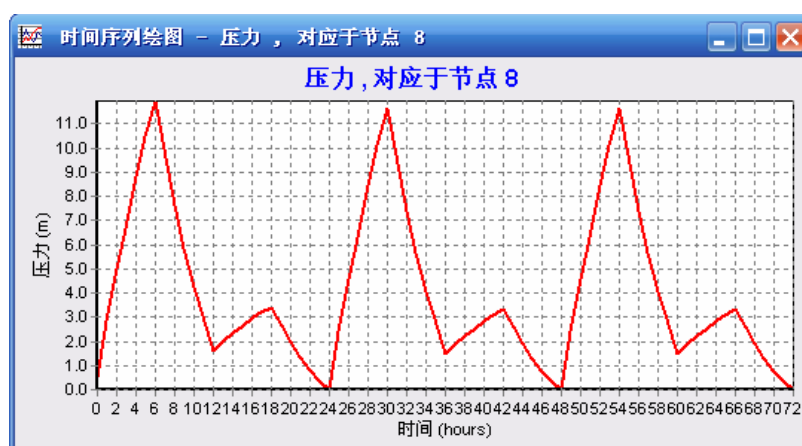


图 2.10 时间序列图的例子

## 2.9 执行水质分析

下一步将看到怎样在示例管网中包含水质分析。最简单的情况是追踪水龄怎样在管网中随时间增长。为了进行水质分析，仅仅需要在水质选项的参数属性中选择**水龄**（为了使**属性编辑器**出现，从浏览器的**数据**页中选择**选项—水质**，然后点击浏览器的**编辑**按钮）。然后执行分析。为了观察地图，以**水龄**作为参数。创建水池中**水龄**的一个时间序列。注意与水位不同，为了达到水龄的周期行为，72 小时对于水池是不够的。（对于所有节点，缺省初始条件开始时水龄为 0）。利用 240 小时历时或者为水池赋值 60 小时的初始水龄，进行重复模拟（输入 60 作为水池**属性编辑器**中**初始水质**的数值）。

最后可以查看管网中氯是怎样迁移和衰减的。对数据库作如下变化：

1. 从**数据浏览器**中选择需要编辑的**选项—水质**。在**属性编辑器**的**参数域**输入**氯**。
2. 转换到**浏览器**中的**选项—反应**。对于**总体反应系数**，输入数值-1.0。这反映了氯在水中随时间的衰减反应速率。该速率将用于管网的所有管段。如果需要的话，可以对单个管道编辑该数值。
3. 单击水库节点，设置它的**初始水质**为 1.0。这将是输入到管网的氯浓度。（如果已经

改变了它，重新设置水池的初始质量为 0)。

现在运行例子。利用**地图浏览器**中的**时间**控件，查看模拟过程中各个位置和时间上氯水平是怎样变化的。注意对于该简单管网，因为通过水池低氯水平的输入，仅仅连接节点 5，6 和 7 看作衰减的氯水平。通过从主菜单上选择**报告>> 反应**，为该次运行创建反应报告，如图 2.11。“**水体**”是指发生在流体中的反应，“**管壁**”是指与管壁材料的反应。因为在该例中没有指定管壁反应系数，后者的反应是零。

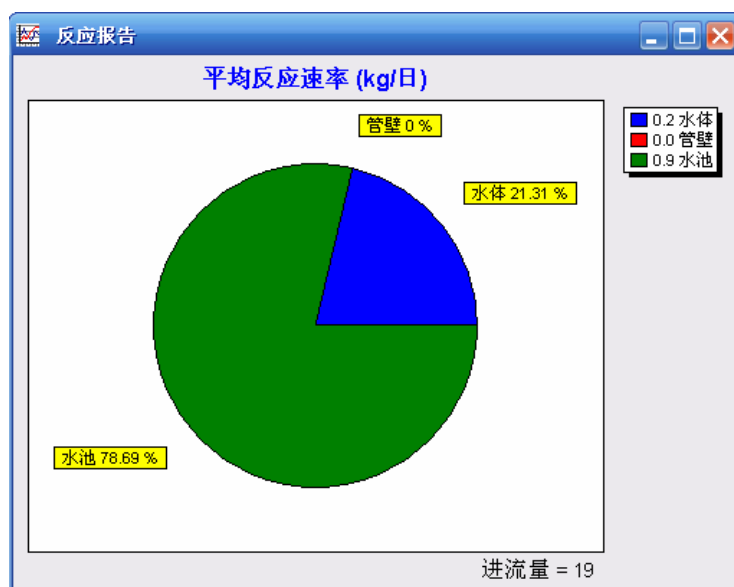


图 2.11 反应报告示例

直到目前仅仅接触了 EPANETH 各种能力的初步。程序的其他附加特性也进行实验：

- 在用户定义范围内，对一组目标的属性编辑。
- 在每日时间上，或者水池水位上，利用 Control 语句，编辑基本水泵的运行。
- 探索不同的**地图选项**，例如使节点尺寸与其数值相关。
- 将背景地图（例如街道地图）覆盖在管网地图上。
- 创建不同类型的图形，例如剖面线绘制和等高线绘制。
- 为项目添加校验数据，查看校验报告。
- 将地图、图形或者报告复制到粘贴板或者文件。
- 保存和搜索设计方案（即当前节点需水量、管道粗糙度值等）。

## 第3章 管网模型

本章讨论 EPANETH 怎样利用配水系统的物理对象及其运行参数进行模拟。而这些信息输入到程序的细节将在后续章节介绍。本章也给出了 EPANETH 水力和水质迁移行为模拟的计算方法。

### 3.1 物理构成

EPANETH 将配水系统模拟为相互关联的管段和节点集合。管段代表了管道、水泵和控制阀门。节点表示了连接节点、水池和水库。下图说明了这些对象怎样相互连接而形成管网。

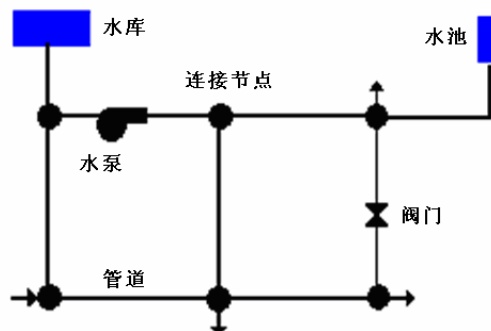


图 3.1 配水系统的物理构成

#### 连接节点

连接节点是管网中将管段相互连接的点，水从这里流入或者流出管网。连接节点的基本输入数据为：

- 参考面（常常是平均海平面）之上的标高；
- 需水量；
- 初始水质。

所有模拟时段连接节点的计算输出结果为：

- 水头（单位重量液体的势能）；
- 压强；
- 水质。

连接节点也可能：

- 具有随时间变化的需水量；
- 具有多种类型的需水量；
- 具有负的需水量，说明水从这里流入管网；
- 进入管网的水质源头；
- 包含了扩散器（或者喷嘴），其出流量取决于压强。

## 水库

水库表示了管网的外部水源或者汇。它们用于模拟湖泊、河流、地下含水层，以及与其它系统的接头。水库也可作为水质源点。

水库的基本输入特性是它的水头（如果水库没有压强，等于水面标高）和初始水质。

因为水库是管网的边界点，它的水头和水质不受管网影响，没有计算输出特性。可是它的水头通过赋给一个时间模式，可以随时间而变化（参见以下的**时间模式**）。

## 水池

水池是具有蓄水能力的节点，蓄水量在模拟过程中随时变化。水池的基本输入属性为：

- 底部标高（此处水位为零）；
- 直径（或者非圆形形状）；
- 初始水位、最低水位和最高水位；
- 初始水质。

计算的主要输出有：

- 水头（水面标高）；
- 水质。

水池需要在最低和最高水位之间运行。如果水池处于最低水位，EPANETH 停止出流；如果达到最高水位，停止进流。水池也可作为水质源点。

## 扩散器

扩散器是与连接节点相关的设备，通过喷嘴或者控制模拟流量排向大气。通过扩散器的流量是节点压强的函数：

$$q = Cp^{\gamma}$$

式中  $q$ ——流量；

$p$ ——压强；

$C$ ——流量系数；

$\gamma$ ——压强指数。

对于喷嘴， $\gamma$  采用 0.5。厂家常常提供了流量系数的数值。

扩散器用于模拟喷嘴系统和灌溉网络的水流。它们也可模拟与连接节点相连的管道渗漏，或者计算连接节点的消防流量（在特定最小剩余压强下可用的流量）。后者情况中，为了包括压力目标的等价水头，将利用很高的流量系数值（例如 100 倍的期望最大流量）并修正连接节点的标高。EPANETH 将扩散器处理为连接节点的属性，而不是作为独立的管网组件。

## 管道

管道是从管网中一点向另一点输水的管段。EPANETH 假设管道内都是满管流，从较高水头（单位重量水的内部能量）端流向较低水头端。管道主要水力输入参数有：

- 起始和终止节点；
- 直径；
- 长度；
- 粗糙系数（为了确定水头损失）；
- 状态（开启、关闭或者包含了止回阀）。

状态参数允许管道包含常开（或常关）阀门和检查阀（即止回阀，仅仅允许单向流动）。

管道的水质输入包括：

- 主流反应系数；
- 管壁反应系数。

这些系数在第 3.4 部分被更详细解释。

计算的管道输出包括：

- 流量；
- 流速；
- 水头损失；
- Darcy-Weisbach 摩擦因子；
- （管道长度上）平均反应速率；
- （管道长度上）平均水质。

由管壁摩擦引起的管道水头损失，可利用以下三种公式计算：

- Hazen-Williams 公式
- Darcy-Weisbach 公式
- Chezy-Manning 公式

通常 Hazen-Williams 公式是水头损失计算的最常用公式，最初仅用于紊流状态。理论上 Darcy-Weisbach 公式最合适，它可用于所有流态。Chezy-Manning 公式常用于明渠流。

为了计算管道起始和终止节点之间的水头损失，每一种公式可写成以下通式：

$$h_L = Aq^B$$

式中  $h_L$ ——水头损失（长度）；

$q$ ——流量（容积/时间）；

$A$ ——阻力系数；

$B$ ——流量指数。

表 3.1 列出了每一公式的阻力系数表达式和流量指数的数值。各公式利用了不同的管道粗糙系数，它必须通过实验确定。表 3.2 列出了不同类型新管材下，这些系数的一般范围。注意管道的粗糙系数可随时间出现相当大的变化。

EPANETH 利用不同方法，根据不同的流态计算 Darcy-Weisbach 公式中的摩擦因子  $f$ ：

- Hagen-Poiseuille 公式，用于层流（ $Re < 2,000$ ）。
- Colebrook-White 公式的 Swamee-Jain 近似，用于完全紊流（ $Re > 4,000$ ）。
- Moody 图的 Cubic 内插，用于过渡区（ $2,000 < Re < 4,000$ ）。

实际使用的公式参见附录 D。

特定条件下管道能够在预定时间设置为开启或者关闭。例如在水池水位降落到低于或者高于某设置点时，或者当节点压力降落到低于或者高于特定数值时。参见第 3.2 部分对**控制**的讨论。

## 局部损失

局部水头损失（也称作局部损失）由增加的紊流造成，发生在弯头和配件。这些损失的重要性取决于管网的布置和需要的精确程度。它们通过赋给管道一个局部损失系数来考虑。局部水头损失为该系数与管道流速水头的乘积，即

$$h_L = \zeta \left( \frac{v^2}{2g} \right)$$

式中  $\zeta$ ——局部损失系数；

$v$ ——流速（L/T）；

$g$ ——重力加速度 ( $L/T^2$ )。

表 3.3 列出了几种附件类型的局部损失系数。

**表 3.1** 管道在满管流时的水头损失公式

(水头损失以米计, 流量以  $m^3/s$  计)

公式	阻力系数 ( $A$ )	流量指数( $B$ )
Hazen-Williams	$10.667C^{-1.852}d^{4.871}L$	1.852
Darcy-Weisbach	$0.0828f(k_s, d, q)d^5L$	2
Chezy-Manning	$10.29n^2d^{5.33}L$	2
式中: $C$ ——Hazen-Williams 粗糙系数; $k_s$ ——Darcy-Weisbach 粗糙系数 (m); $f$ ——摩擦因子 (取决于 $k_s$ , $d$ 和 $q$ ); $n$ ——曼宁粗糙系数; $d$ ——管道直径 (m); $L$ ——管道长度 (m); $Q$ ——流量 ( $m^3/s$ )。		

**表 3.2** 新管材的粗糙系数

材料	Hazen-Williams $C$ (无量纲)	Darcy-Weisbach $k_s$ ( $m \times 10^{-3}$ )	Manning's $n$ ( $m^{-1/3}.s$ )
铸铁管	130 - 140	0.26	0.012 - 0.015
混凝土管或者混凝土衬里	120 - 140	0.3 - 3	0.012 - 0.017
镀锌铁管	120	0.15	0.015 - 0.017
塑料管	140 - 150	0.0015	0.011 - 0.015
钢管	140 - 150	0.045	0.015 - 0.017
陶土管	110		0.013 - 0.015

**表 3.3** 管道附件的局部损失系数

附件	损失系数
球阀, 全开	10.0
角阀, 全开	5.0
翼型止回阀, 全开	2.5
闸阀, 全开	0.2
短径弯头	0.9
中径弯头	0.8
长径弯头	0.6
45 度弯头	0.4
密闭回水弯头	2.2
标准三通, 运行通过	0.6
标准三通, 支管通过	1.8
四通交叉	0.5
出水口	1.0

## 水泵

在 EPANETH 中，水泵表示为流体提供能量，抬高流体水头的管段。水泵的主要输入参数为它的起始和终止节点，以及它的水泵曲线（水泵扬程和流量的工况组合）。除了水泵曲线，水泵能够表示为常能量设备，即在所有流量和扬程组合，它提供恒定能量（马力或千瓦）给流体。

主要的输出参数仍然是流量和扬程。通过水泵的流量是单向的，EPANETH 不允许水泵运行在其特性曲线之外。

变速水泵可以设置它们的转速。通过定义提供给程序的初始水泵曲线，相对转速设置为 1。如果水泵速度加倍，那么相对设置应为 2；如果运行速度减半，相对设置为 0.5，等等。水泵转速改变了水泵曲线的位置和形状（参见以下**水泵曲线**章节）。

与管道类似，在预定时段，或在管网特定条件下，水泵能够开启和关闭。水泵的运行也可以通过赋给一个相对转速设置的时间模式来描述。EPANET 也能够计算水泵的能量消耗和成本。每一水泵能够赋给一条效率曲线，以及能量价格时间表。如果没有提供这些，那么将采用一组全局能量选项。

通过水泵的流量是单向的。如果系统条件需要超过比水泵所能提供的扬程，EPANETH 将关闭水泵。如果高于需要的最大流量，EPANETH 外延水泵曲线到需要的流量，即使产生一个负的扬程。在这两种情况中，均会显示警告信息。

## 阀门

阀门是限制管网中特定部位压力或者流量的管段。它们的主要输入参数包括：

- 起始节点和终止节点；
- 直径；
- 设置；
- 状态。

阀门的计算输出结果为流量和水头损失。

EPANETH 中包含的阀门类型有：

- 减压阀（PRV）
- 稳压阀（PSV）
- 压力制动阀（PBV）
- 流量控制阀（FCV）
- 节流控制阀（TCV）
- 常规阀门（GPV）。

PRV 限制了管网特定位置的壓力。EPANET 中设置了三种不同的 PRV 状态，它们是：

- 部分开启（即活动状态），当上游压力高于设置时，使其下游侧达到压力设置状态；
- 完全开启，当上游压力低于设置值；
- 如果下游侧压力超过了上游侧压力，则关闭（即不允许倒流）。

PSV 维护了管网特定位置的壓力设置。EPANET 计算 PSV 的三种不同状态，为：

- 部分开启（即活动状态），当下游压力低于该值时，在其上游侧维护该压力设置值；
- 完全开启，如果下游压力高于设置值；
- 关闭，如果下游侧压力超过上游侧压力（即不允许倒流）。

PBV 迫使阀门处发生特定的压力损失。通过阀门的流量是双向的。PBV 不是真实的物理设施，仅用于模拟状态，其中特定压降是已知的。

FCV 限制了特定的流量。如果该流量没有维护，程序产生一个警告信息，阀门处不会增加的额外水头（即，没有流量被维护，甚至阀门全部开启）。



TCV 通过调整阀门的局部水头损失系数，模拟半关闭的阀门。在阀门关闭的程度和结果水头损失系数之间的关系常来自阀门厂家。

GPV 用于表达用于提供特殊的流量—水头损失关系式，而不是遵从标准的水力公式之一的管段。它们能够用于模拟紊流，良好的抽水或者降低流量回流防止阀门。

闸阀和止回阀，是完全开启或者关闭的管段，没有考虑为独立的阀门管段，但是在它们的位置作为一个管道属性被包括。

各种类型的阀门具有不同的设置参数，描述了它们的工况（PRV，PSV 和 PBV 的压力；FCV 的流量；TCV 的损失系数；以及 GPV 的水头损失曲线）。

阀门通过指定它们完全开启或者完全关闭的叠加，可具有一定的控制状态。通过利用控制语句，阀门的状态和它的设置能够在模拟过程发生变化。

当在管网中设有阀门时，阀门模拟的方式采用下列规则：

- PRV, PSV 或 FCV 不能直接连接到水库或者水池（利用管长来分离）；
- 多个 PRV 不能连接至相同的下游节点，或者串联连接；
- 多个 PSV 不能连接到相同的上游节点，或者串联连接；
- PSV 不能连接到 PRV 的下游节点。

## 3.2 非物理组件

除了物理组件，EPANETH 利用三种类型的信息对象—曲线、模式和控制—描述配水系统的运行特性。

### 曲线

曲线表示两个量之间关系数据的对象。两个或者多个对象能够共用相同的曲线。

EPANET 模型采用了以下类型曲线：

- 水泵曲线；
- 效率曲线；
- 容积曲线；
- 水头损失曲线。

### 水泵曲线

水泵曲线表示了水泵扬程和流量之间的关系，其中水泵能够在它的额定转速下运行。扬程是通过水泵传输给水的水头，绘制为曲线的竖向（Y）轴，以米（英尺）计。流量绘制为水平（X）轴，以流量单位计。水泵曲线通常随流量增加，扬程逐渐下降。

根据已知点的数量，EPANETH 将采用不同形状的水泵曲线（见图 3.2）：

**单点式曲线**—单点式水泵曲线通过单个代表了水泵期望工况点的扬程--流量组合来定义。EPANETH 在曲线上增加其它两个点，假设零流量时的虚总扬程等于设计扬程的 133%，零扬程时的最大流量等于设计流量的 2 倍。然后将曲线处理为三点式曲线。

**三点式曲线**—三点式水泵曲线通过三个工况点来定义：低流量点（在低流量或者零流量条件下的流量和扬程），设计流量点（期望工况点的流量和扬程），以及最大流量点（最大流量时的流量和扬程）。EPANET 试图通过三点定义整个水泵曲线，拟合的连续函数为如下形式

$$h_G = A - Bq^C$$

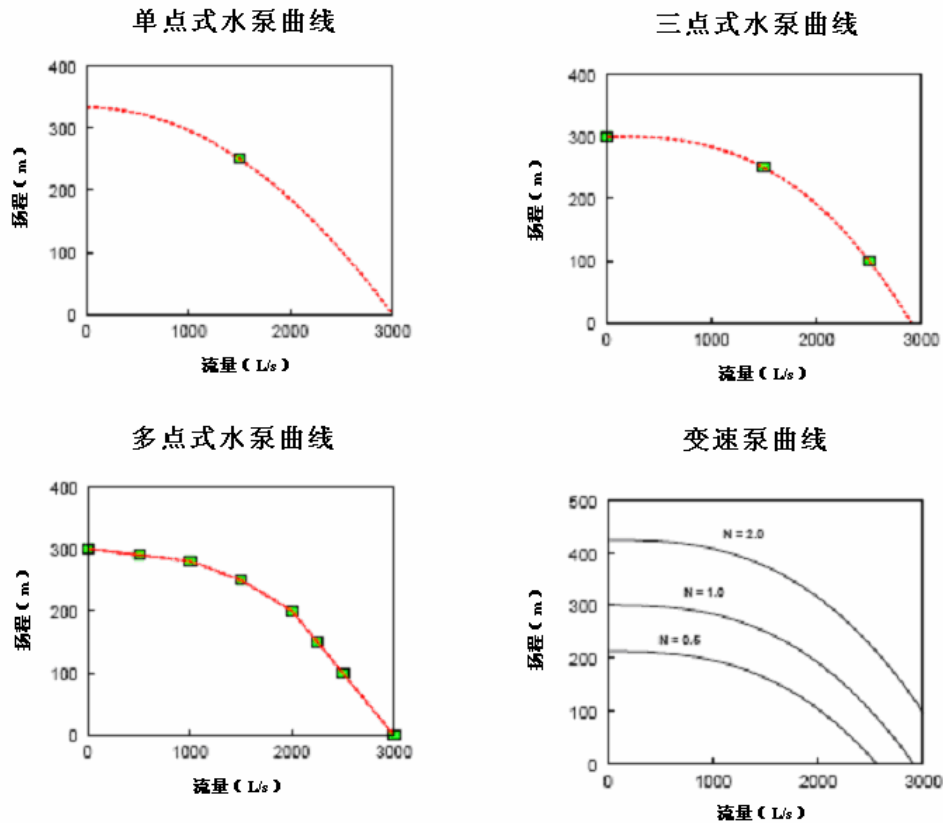


图 3.2 水泵曲线的例子

式中,  $h_g$ ——水泵扬程;

$q$ ——流量;

$A, B$  和  $C$ ——系数。

**多点式曲线**—通过四个以上的扬程—流量点来定义多点式水泵曲线。EPANETH 通过用直线段连接这些点, 以创建完整的曲线。

对于变速水泵, 水泵曲线随着转速而变化。在速度  $N_1$  和  $N_2$  时的流量 ( $Q$ ) 和扬程 ( $H$ ) 之间的关系为

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2$$

### 效率曲线

效率曲线中水泵效率 ( $Y$  以百分数计) 为水泵流量 ( $X$  以流量单位计) 的函数。效率曲线示例见图 3.3。效率应表示水泵进线到输水的效率, 即考虑了水泵本身的机械损失和水泵电机的电力损失。曲线仅仅用于能量计算。如果没有提供该曲线, 那么将使用固定的全局水泵效率。

### 容积曲线

容积曲线确定了蓄水池容积 ( $Y$  以立方米或者立方英尺计) 怎样随水位 ( $X$  以米或者英尺计) 而变化。精确表示水池时, 过水断面可以随水深变化。曲线提供的低水位和高水位必须处于最低和最高水位之间。水池容积曲线例子见图 3.4。

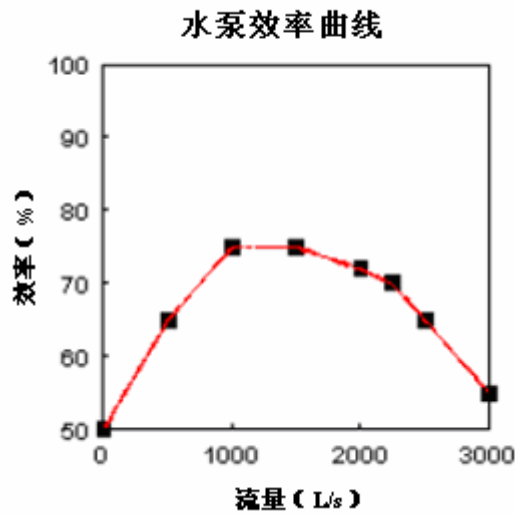


图 3.3 水泵效率曲线

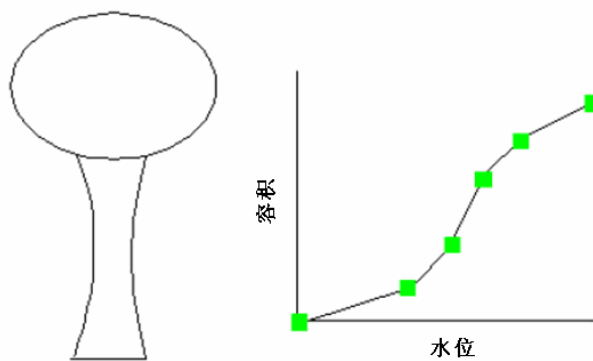


图 3.4 水池容积曲线

### 水头损失曲线

水头损失曲线中常规阀门 (GPV) 水头损失 (Y 以米或者英尺计) 为流量 (X 以流量单位计) 的函数, 描述。它提供了模拟设施状态的能力, 具有唯一的水头损失—流量关系式。

### 时间模式

时间模式是一组量化的乘子, 允许它随时间而变化。节点需水量、水库水头、水泵调度以及水质源头输入, 都可以具有相应的时间模式。所有模式中的时间间隔可以是一个固定值, 通过设置工程的时间选项 (参见第 8.1 部分)。在该间隔内, 数值保持不变, 等于它的常规数值与该时段模式乘子的乘积。所有时间模式必须利用相同的时间间隔, 但每一个可具有不同数量的时段。当模拟时间超过模式中的时段数量时, 模式将重新返回到第一个时段。

为说明时间模式怎样工作, 考虑具有平均需水量为 100 L/s 的连接节点。假设时间模式间隔设置为 4 小时, 该节点的需水量指定以下乘子的模式:

时段	1	2	3	4	5	6
乘子	0.5	0.8	1.0	1.2	0.9	0.7

于是在模拟过程中，该节点的实际需水量将为：

时段 (h)	0-4	4-8	8-12	12-16	16-20	20-24	24-28
需水量 (L/s)	50	80	100	120	90	70	50

## 控制

控制是确定管网怎样随时间运行的语句。它们将被选管段的状态设置，作为被选节点时间、水池水位和压力的函数。可以采用两类控制之一：

- 简单控制；
- 基于规则控制。

### 简单控制

简单控制根据以下变量，改变管段的状态和设置：

- 水池水位；
- 连接节点压力；
- 模拟时间；
- 钟表时间。

它们表达为以下三种语句格式之一：

LINK *x status* IF NODE *y* ABOVE/BELOW *z*

LINK *x status* AT TIME *t*

LINK *x status* AT CLOCKTIME *c* AM/PM

式中：

- x*——管段 ID 标签；
- status*——水泵速度设置（或者控制阀门）设置为 OPEN 或者 CLOSED,；
- y*——节点 ID 标签；
- z*——节点压力或者水池水位；
- t*——从模拟开始起算的时间，以小数或者以时:分方式表示；
- c*——钟表时间。

简单控制的一些例子为：

控制语句	意义
LINK 12 CLOSED IF NODE 23 ABOVE 20	(Tank 23的水位高于20 ft时，关闭Link 12)
LINK 12 OPEN IF NODE 130 BELOW 30	(Node 130压力低于30 psi时，开启 Link 12)
LINK 12 1.5 AT TIME 16	(模拟时间在16小时时，设置Pump 12 的相对转速为1.5)
LINK 12 CLOSED AT CLOCKTIME 10 AM	(模拟时间为 10 AM 时 Link 12 关闭，时间为 8 PM 时开启)

简单控制语句在使用上没有限制。

**注意：**水位控制是池底以上的水深，而不是水面标高（总水头）。

**注意：**利用一对压力控制开关开启和关闭管段，如果两个压力设置得太接近，会造成系统的不稳定。在这种情况下，利用一组基于规则的控制可能提供了更大的稳定性。

### 基于规则控制

基于规则的控制允许根据条件组合，设置管段状态。以下为几个基于规则控制的例子：

例1：当水池水位超过特定数值时，该规则集关闭水泵，开启旁通管道；当水位低于另一个数值时，执行相反的操作。

RULE 1

```
IF TANK 1 LEVEL ABOVE 19.1
THEN PUMP 335 STATUS IS CLOSED
AND PIPE 330 STATUS IS OPEN
```

RULE 2

```
IF TANK 1 LEVEL BELOW 17.1
THEN PUMP 335 STATUS IS OPEN
AND PIPE 330 STATUS IS CLOSED
```

例2：以下规则根据水池水位变化执行，其中水泵开启或关闭取决于钟表时间。

RULE 3

```
IF SYSTEM CLOCKTIME >= 8 AM
AND SYSTEM CLOCKTIME < 6 PM
AND TANK 1 LEVEL BELOW 12
THEN PUMP 335 STATUS IS OPEN
```

RULE 4

```
IF SYSTEM CLOCKTIME >= 6 PM
OR SYSTEM CLOCKTIME < 8 AM
AND TANK 1 LEVEL BELOW 14
THEN PUMP 335 STATUS IS OPEN
```

基于规则控制中使用的格式描述参见附录C，标题为[RULES]。

## 3.3 水力模拟模型

对于连续时间点固定集合的水库水位、水池水位和需水量，EPANETH的水力模拟模型计算了节点水头和管段流量。水库水位和节点需水量根据它们的设置时间模式从一个时间步到另一个更新，同时利用当前的流量结果，更新水池水位。当前特定位置的水头和流量结果，涉及到同时求解每一节点的流量守恒方程，和管网中每一管段的水头损失方程。该过程称作管网的“水力平差”，可利用迭代技术求解非线性方程组。为此EPANETH使用了“梯度算法”，细节参见附录D。

用户可以设置延时模拟（EPS）的水力时间步长，缺省数值为1小时。如果出现以下事件之一，将自动发生比常规短的时间步长：

- 进入下一个输出报告时间段；
- 进入下一个时间模式段；
- 水池被放空或者注满；
- 简单控制或者基于规则控制被激发。

## 3.4 水质模拟模型

### 基本迁移

当水沿着管道移动，在具有固定时间步长的节点处相混合，EPANETH水质模拟器利用基于拉格朗日时间的方法，跟踪水的离散变化。为了容纳在管道内短时间的迁移，这些水质时间步长一般要短于水力时间步长（例如采用分钟而不是小时）。

该方法跟踪了一系列满管网每一管段非叠加管节的浓度和尺寸。随着时间，管段最上游管节尺寸增加，随水进入管段，同时当水离开管段时，最下游管节中的相同损失发生。在这些之间的管节尺寸仍旧不变。

对于每一水质步长，每一管节的含量受到反应的制约，累积的数字维持了进入每一节点的总质量和流量容积，以及管节的位置被更新。然后计算新的节点浓度，这包括来自任何外来源头的贡献。蓄水池浓度更新取决于混合模型（参见以下内容）。最后，新的管段将在每一管节的末端创造，如果新的节点水质通过用户特定的容忍度而不同，从节点接受来自管段的最后管节的进流。

管网中每一管段最初包含了一个简单的管段，其水质等于初始水质，赋值给上游节点。无论何时在管道中具有一个流量逆转，管道中的水将从前到后重新排序。

### 蓄水池中的混合

EPANET能够利用四种不同类型模型描述蓄水池中的混合现象，见图3.5：

- 完全混合
- 双室混合
- FIFO柱塞流
- LIFO柱塞流

管网中在不同情况下，水池也将使用不同的模型。

完全混合模型（图3.5（a））假设水池在进流瞬间与池内存水完全混合。这是混合假设的最简单形式，不需要额外参数来描述，可能适合于注水和放水方式下运行的大量设施。

双室混合模型（图3.5（b））将水池的可用蓄水容积分为两个室，它们均假设为完全混合。水池的进水/出水管道假设位于第一个室。进池的新水与第一个室内的水混合。如果该室注满，那么它将溢流到第二个室，在这里与存水完全混合。当水离开池子时，它从第一个室出来，这里如果注满，从第二个室接收等量的水，以弥补差异。第一个室能够模拟进流和出流之间发生的断路，同时可以表达第二个室中死水区。用户必须使用一个参数，即第一个室占总水池容积的分数。

FIFO柱塞流模型（图3.5（c））假设在水池内没有发生混合。水以互不混掺的方式通过水池移动，其中第一部分首先进入，第一部分也首先离开。物理上讲，该模型适合于同时进流和出流运行的缓冲水池。该混合模型的描述不需要额外参数。

LIFO柱塞流模型（图3.5（d））也假设在进入水池后，水体之间没有混合。可是与FIFO柱塞流相反，水体一层压着另一层，进流和出流均在水池底部。该类型的模型可应用于高的、狭窄的竖筒形水塔，在底部具有进水/出水管道以及低动量的进流。它不

需要提供额外的参数。

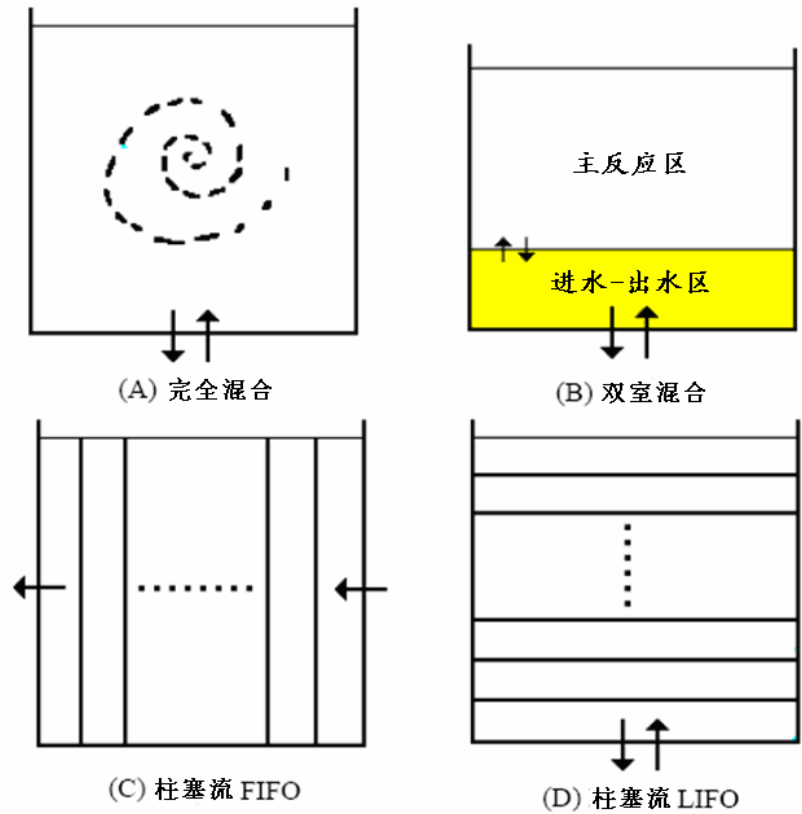


图3.5 水池混合模型

水质反应

EPANETH能够跟踪配水系统反应物质的增长和衰减，这要知道物质反应的速率，以及该速率与物质浓度之间的关系。在管道内部和管壁材料上均可以发生反应，如图 3.6所示。在该例中，自由氯（HOCL）与水中自然有机物（NOM）反应；也通过管壁的边界层迁移，氧化管壁腐蚀释放的铁（Fe）离子。主流区反应也在池中也发生。EPANETH 允许模拟人员来分别处理这两个反应区域。

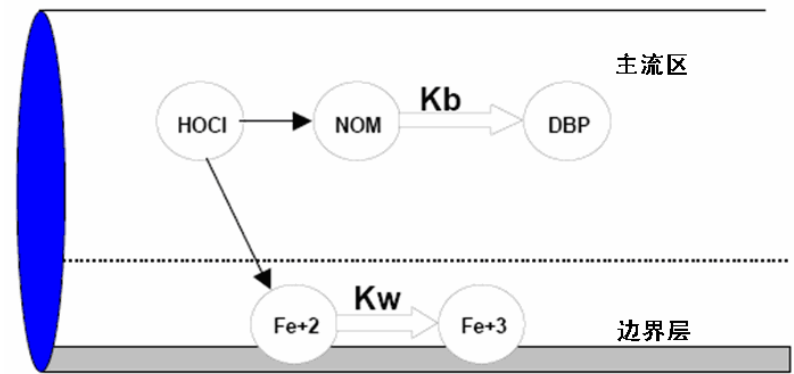


图3.6 管道中的反应区域

### 主流区反应

EPANETH模拟具有n级反应动力学的主流区水体反应，其中反应的瞬时速率（R以质量/容积/时间计）假设依赖于浓度，即

$$R = K_b C^n$$

式中 $K_b$ ——主流区反应速率系数；

$C$ ——反应剂浓度（质量/容积）；

$n$ ——反应级数。对于生成反应该值为正，衰减反应该值为负。

EPANETH也考虑在物质极端增长和损失中存在的极限浓度反应。这种情况下速率表达变为

$$R = K_b (C_L - C) C^{(n-1)} \quad \text{对于 } n > 0, K_b > 0$$

$$R = K_b (C - C_L) C^{(n-1)} \quad \text{对于 } n > 0, K_b < 0$$

式中 $C_L$ ——界限浓度。

于是具有三个参数（ $K_b$ ， $C_L$ 和 $n$ ），用于描述主流区反应速率。下表列出了常见的反应动力学模型（更多的例子参见附录D）：

模型	参数	例子
一级衰减	$C_L = 0, K_b < 0, n = 1$	氯
一级饱和增长	$C_L > 0, K_b > 0, n = 1$	三卤甲烷
零级动力学	$C_L = 0, K_b < 0, n = 0$	水龄
没有反应	$C_L = 0, K_b = 0$	氟化物示踪剂

对于一级反应的 $K_b$ ，可通过系列非反应玻璃瓶中的水样静置来估计，随时分析每一瓶中不同点的含量。如果反应是一级的，那么自然对数（ $C_t/C_0$ ）与时间的曲线应为一条直线，其中 $C_t$ 为时刻 $t$ 的浓度， $C_0$ 为时刻零时的浓度。于是 $K_b$ 为该直线的坡度估计。

主流区的反应系数常常随着温度的增加而增加。在不同温度进行多次瓶试，将可提供速率系数随温度变化的更精确估计。

### 管壁处反应

靠近管壁处的水质反应速率，可认为取决于主流区的浓度，采用以下公式

$$R = (A/V) K_w C^n$$

式中 $K_w$ ——管壁反应速率系数；

$(A/V)$ ——管道内单位容积的表面积（等于管道直径的四分之一）。

后者将单位管壁面积的质量反应转成了单位容积情况。EPANETH限制管壁反应级数的选择为0或者1，以便 $K_w$ 的单位分别是质量/面积/时间或者长度/时间。与 $K_b$ 类似， $K_w$ 必须由模拟人员设置。一级 $K_w$ 数值范围从0到5 ft/日。

$K_w$ 应被调整，以考虑任何在主流和管壁之间运动反应物和产物的质量转化限值。根据被模拟物质的分子扩散，以及根据水流的雷诺数，EPANET会自动完成调整。细节参见附录D。（分子扩散设置为零时，可以忽略质量转化效应。）

管壁反应系数取决于温度，也可能与管龄和材料相关。已经知道的是，随着金属管道的老化，由于腐蚀产物在管壁上的结壳和结瘤，它们的粗糙系数趋于增加。粗糙系数



中的这种增加，产生了较低的Hazen-Williams C因子，或者较高的Darcy-Weisbach粗糙系数，导致水流通过管道时的较高摩擦水头损失。

具有有一些证据建议，管道粗糙系数随着老化而增加的过程，也趋向于增加管壁与一些化学物中之间的反应，尤其氯和其它消毒剂。EPANETH能够将每一管段的 $K_w$ 作为粗糙系数的函数。不同函数的应用，取决于管道水头损失的计算公式

水头损失公式	管壁反应公式
Hazen-Williams	$K_w = F / C$
Darcy-Weisbach	$K_w = -F / \log(e / d)$
Chezy-Manning	$K_w = Fn$

式中 $C$ ——Hazen-Williams C因子；  
 $e$ ——Darcy-Weisbach粗糙系数；  
 $d$ ——管道直径；  
 $n$ ——曼宁粗糙系数；  
 $F$ ——管壁反应-管道粗糙系数。

系数 $F$ 必须取自特定现场的调查，不同的意义取决于使用的水头损失公式。利用该方法的优点是：它仅仅需要单一的参数 $F$ ，以一种物理意义的方式允许管壁反映系数在整个管网中变化。

### 水龄和源头跟踪

除了化学迁移，EPANETH也能够模拟整个配水系统中水龄的变化。水龄是水在管网中的停留时间。水从水库或者水源节点进入管网，此时水龄为零。水龄提供了饮用水整体水质的一种简单非特定测试方式。从内部来看，EPANETH将水龄处理为一种反应成分，它的增长遵从具有速率常数为1的零级动力学（即，水在管网中经历1秒，就有1秒钟的年龄）。

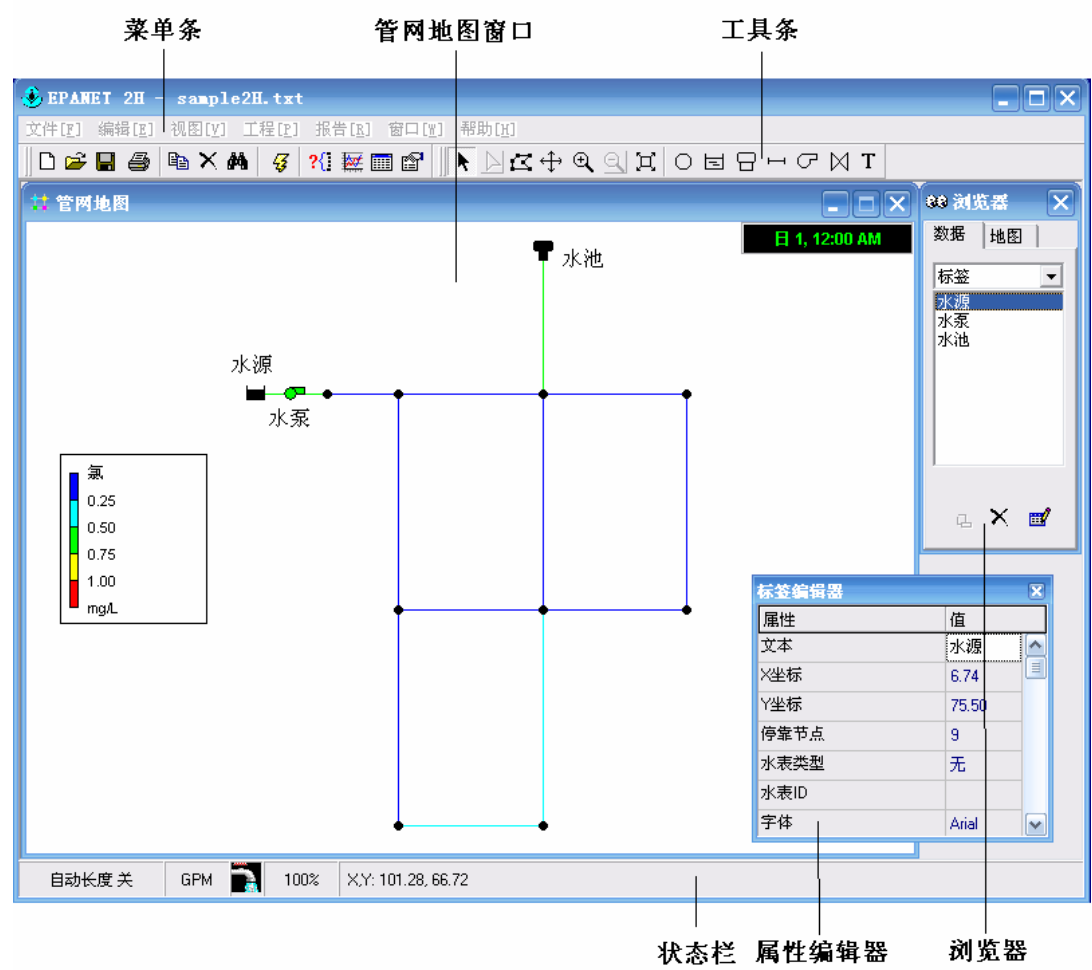
EPANETH也能够执行源头跟踪，跟踪水随时间达到管网任何节点的百分比，包括水池或者水库。在内部，EPANETH将该节点处理为一个非反应成分的恒定水源，具有浓度100进入管网。源头跟踪是分析配水系统从两个或者多个不同水源取水的有效工具。它能够说明给定水源来水与其它水源来水混合的程度，以及该空间混合模式怎样随时间而变化。

# 第 4 章 EPANETH工作空间

本章讨论EPANETH工作空间的重要特征，描述主要的菜单条、工具条和状态栏，以及三个最常使用的窗口-管网地图、浏览器和属性编辑器，也对怎样设置程序偏好进行了说明。

## 4.1 引言

基本的EPANETH工作空间如下图所示。它包含以下界面元素：一个菜单条、两个工具条、一个状态栏、以及管网地图窗口，浏览器窗口和属性编辑器窗口。以下对每一元素进行描述。



## 4.2 菜单条

菜单条位于EPANETH工作空间的顶部，包含了控制程序的菜单命令集合：

- 文件菜单；
- 编辑菜单；
- 视图菜单；
- 工程菜单；
- 报告菜单；
- 窗口菜单；
- 帮助菜单。

### 文件菜单

文件菜单包含了打开、保存数据文件和打印的命令：

命令	描述
新建	创建新的EPANETH工程
打开	打开一个现有工程
保存	保存当前工程
另存为	以不同文件名保存当前工程文件
导入	从文件导入管网数据或者管网地图
导出	将管网数据或者管网地图导出到文件
页面设置	设置打印页面的边界、标题和脚注
打印预览	在当前视图下预览打印输出
打印	打印当前视图
偏好设置	设置程序的偏好项
退出	退出EPANETH

### 编辑菜单

编辑菜单包含了编辑、复制等命令。

命令	描述
复制到	将当前活动视图（地图、报表、图形或者表格）复制到剪贴板或者文件
选择对象	选择地图中对象
选择顶点	选择地图中的连线的顶点
选择区域	选择地图中的轮廓区域
全选	选择整个可视地图区域
组编辑	编辑地图轮廓区域内的对象组特性

## 视图菜单

视图菜单控制了管网地图的显示。

命令	描述
尺寸	设置地图尺寸
背景	显示背景地图
移动	移动地图
放大	放大地图
缩小	缩小地图
全尺度	以全尺寸绘制地图
查找	定位地图上的特定项
查询	在地图上搜寻满足特定准则项
地图纵览	转换纵览地图开关
图例	控制地图图例的显示
工具条	工具条转换开关
选项	设置地图显示选项

## 工程菜单

工程菜单包括与当前工程分析相关的命令。

命令	描述
总结	提供工程特征的总结性描述
缺省	编辑工程的缺省特征
校验数据	注册包含工程校验数据的文件
分析选项	编辑分析选项
执行分析	执行模拟运算

## 报告菜单

报告菜单包括以不同格式报告分析结果的命令。

命令	描述
状态	报告随时间变化的管段状态
能量	报告水泵的能量消耗
校验	报告模拟和测试数据之间的差异
反应	报告整个管网的平均反应速率
全部	创建所有节点和管段计算结果在所有时段的完整报告，它将存储在一个纯文本文件中
图形	创建被选参数的时间序列图、剖面图、频率图和等高线图
表格	创建被选节点和管段参数的表格显示
选项	控制报告、图形或者表格的显示方式

## 窗口菜单

窗口菜单包含了以下命令。

命令	描述
重排	重新布置适应于主窗口的所有子窗口
全关	关闭所有打开的窗口（除了 <b>地图</b> 窗口和 <b>浏览器</b> 窗口）
窗口列表	列出所有打开的窗口；当前窗口具有选择焦点

## 帮助菜单

帮助菜单包含获得EPANETH帮助的命令。

命令	描述
帮助主题	显示帮助主题对话框
计量单位	列出所有EPANETH参数的计量单位
教程	提供EPANETH用户入门的简明教程
关于	列出EPANETH的当前版本信息

也可通过点击F1键获得上下文敏感帮助。

## 4.3 工具条

工具条提供了常用操作命令的快捷键。EPANETH的两个工具条分别为：

- 标准工具条；
- 地图工具条。

工具条可以停靠在主菜单之下，或者浮于EPANETH工作空间的任何位置。当处于非停靠状态时，它们也可以改变显示尺寸。通过选择**视图>>工具条**，可以使工具条处于可视或者不可视状态。

### 标准工具条

标准工具条包含了常用命令的快捷键。



新建工程（**文件>>新建**）



打开现有工程（**文件>>打开**）



保存当前工程（**文件>>保存**）



打印当前活动窗口（**文件>>打印**）








将所选内容复制到粘贴板或者文件（**编辑>>复制到**）



删除当前所选项

















在地图上查找特定项（**视图>>查找**）

-  执行模拟运算（**工程>>执行分析**）
-  在地图中执行可视化查询（**视图>>查询**）
-  创建新的结果图形视窗（**报告>>图形**）
-  创建新的结果表格视窗（**报告>>表格**）
-  修改当前活动视窗的选项（**视图>>选项**或者**报告>>选项**）

### 地图工具条

地图工具条包含了管网地图操作命令按钮。

-  在地图中选择对象（**编辑>>选择对象**）
-  选择管段顶点（**编辑>>选择顶点**）
-  在地图中选择区域（**编辑>>选择区域**）
-  移动地图（**视图>>平移**）
-  放大地图（**视图>>放大**）
-  缩小地图（**视图>>缩小**）
-  全尺寸绘制地图（**视图>>全尺度**）
-  向地图中添加节点
-  向地图中添加水库
-  向地图中添加水池
-  向地图中添加管道
-  向地图中添加水泵
-  向地图中添加阀门
-  向地图中添加标签

## 4.4 状态条

状态条显示在EPANETH工作空间的底部，分四个部分显示以下信息：

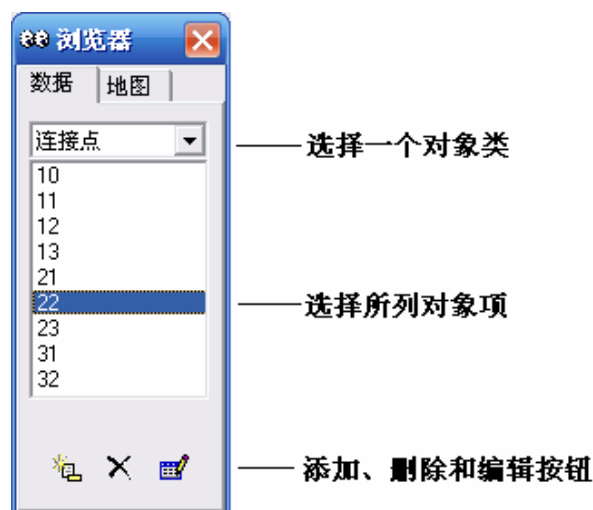
- **自动长度**—说明管道长度自动计算功能是否开启；
- **流量单位**—说明当前采用的流量计量单位；
- **缩放水平**—说明地图中当前的缩放水平（100%为全尺寸）；
- **运行状态**—水龙头图标说明：
  - 如果没有可用的分析结果时，龙头无水流，
  - 当具有合理分析结果时，龙头有水流，
  - 管网数据被修改，或当分析结果可用但不合理时，龙头断开。
- **xy位置**—说明当前鼠标光标位置的地图坐标。

## 4.5 管网地图

管网地图提供了配水管网对象的平面示意图。对象的位置和它们之间的距离不必与实际物理尺寸相一致。对象的属性，例如节点水质或者管段流量，可利用不同的颜色来显示。图例的颜色显示，可以通过点击进行编辑、删除或者重新定位。一张背景图纸（例如一条街道或者地形图）能够放置在管网地图下作为参考。地图可缩放到任何尺寸，或者从一个位置移到另一个位置。节点和管段可采用不同尺寸绘制，增加流向箭头，以及显示对象符号、ID标签和数值属性值。地图能够打印、复制到Windows剪贴板，也可以作为DXF文件或者Windows图元文件导出。

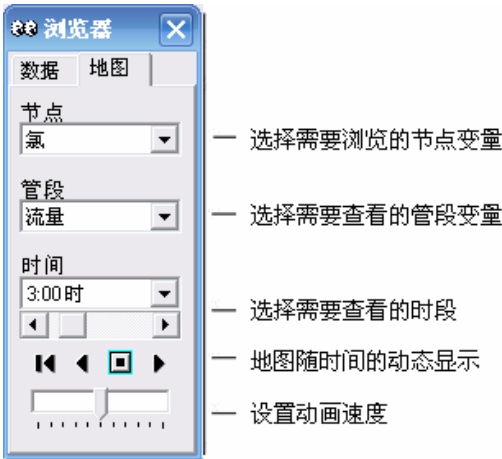
## 4.6 数据浏览

数据浏览（见下图）从浏览器窗口中的**数据**页访问。它通过分类（节点、管段等），给出了分析管网中的各种对象。底部按钮用于添加、删除和编辑对象。







## 4.7 地图浏览

地图浏览（见下图）位于**浏览器**窗口的**地图**页。它用于选择管网地图中以颜色显示的参数和时段，它也包含了地图随时间控制的动画效果。



地图浏览器中的动画控制按钮工作如下：

-  返回到初始模拟时间
-  动画后退
-  动画停止
-  动画前进

## 4.8 属性编辑器

管道 21	
属性	值
*管道ID	21
*起始节点	21
*终止节点	22
描述	
标签	1965
*长度	5280
*直径	10
*粗糙系数	100

**属性编辑器**（如左图所示）用于编辑管网节点、管段、标签和分析选项的属性。当这些对象之一被选择（通过**管网地图**或者在**数据浏览器**中），以及双击或者点击**浏览器的编辑按钮**，其功能被激发。以下几点有助于使用编辑器。

- 编辑器表格有两列，一列为属性名称，另一列为属性数值。
- 利用鼠标拖动编辑器顶部的题头，可以重新调整列的尺寸。
- 利用一般Windows过程，能够移动**编辑器**窗口或改变其尺寸。
- 名称前带星号的属性，说明是一个必须赋值的属性，即数值域不能空白。

- 根据属性情况，数值域可为如下内容之一：
  - 文本框，可以在其中键入一个数值；
  - 下拉式列表，可以从列表中选择数值；
  - 省略号按钮，点击出现特殊的编辑器；



- 显示计算结果的只读标签。
- 编辑器中当前具有焦点的属性将高亮度显示，具有白色背景。
- 可以利用鼠标或者键盘上的上下箭头键，在属性之间移动。
- 编辑具有焦点的属性，可通过键入一个数值，或者点击回车键。
- 为了使EPANETH接受输入，点击回车键，或者移向其它属性；取消输入，点击ESC键。
- 点击标题条右上角的关闭按钮，将隐藏编辑器。

4.9 程序偏好

程序偏好用于定义特定的程序特征。为了设置程序偏好，可从文件菜单中选择**偏好设置**。一个偏好对话框将显示，其中包含了两个标签页：常用偏好页和格式偏好页。

常用偏好

偏好对话框的常用页中设置内容如下。

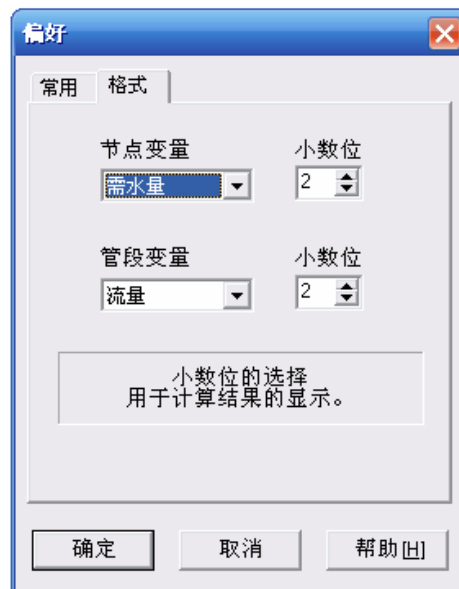
参考	描述
加粗字体	所有创建的窗口中是否使用加粗字体
地图醒目闪烁	在地图中选择的节点、管段或者标签是否闪烁
地图标注显示	当鼠标经过管网地图的节点或者管段时，是否显示ID标签和当前参数值
删除确认	删除任何对象之前，是否显示确认对话框
自动备份文件	是否利用.bak扩展名，将新打开工程文件备份到磁盘
临时文件目录	EPANETH将临时文件写入的目录名称（文件夹）

**注意：**临时文件目录必须是一个可以容纳超过较大管网和模拟运行数据所需空间以上数十兆比特，具有书写权限，具有充分的空间存储文件。初始缺省是Windows TEMP文件夹（通常为c:\Windows\Temp）。



## 格式偏好

当变量的计算结果被报告时，偏好对话框的格式页控制了数据应显示多少小数位。利用下拉式列表框，选择特定的节点或者管段变量。当显示变量的计算结果时，利用微调编辑框来选择小数位。为了特定输入设计变量，小数位的显示是用户输入的，例如管道直径、长度等。




## 第5章 工程操作

本章讨论EPANETH怎样利用工程文件存储管网数据,说明了怎样设置工程的缺省选项,以及怎样注册对工程模型评价的校验数据(观测测试数据)。

### 5.1 打开和保存工程文件


工程文件包含了用于模拟管网的所有信息,通常以.NET作为扩展名。

为了创建一个新工程:


1. 从菜单条选择**文件>>新建**,或者点击标准工具条上的.
2. 首先保存现有工程(在新工程创建之前,如果现有工程内容发生了改变)。
3. 一项所有选项设置为缺省数值、没有命名的新工程被创建。

当EPANETH首次打开时,总是自动创建一项新工程。

为了打开存储在磁盘上的现有工程:

1. 从菜单条选择**文件>>打开**,或者在标准工具条上点击.
2. 首先保存现有工程(如果其内容发生了变化)。
3. 在打开文件对话框中选择需要打开的文件,可以选择文件类型(一般以.NET作为扩展名),或者导入一个文本文件(一般以.INP为扩展名)。EPANETH辨识文件类型是根据文件内容而不是文件名称。
4. 点击**打开**键,关闭对话框,选择的文件将被打开。

为了以当前文件名保存工程:

- 从菜单条中选择**文件>>保存**,或者在标准工具条上点击.

为了利用不同文件名称来保存工程:

1. 从菜单条中选择**文件>>另存为**。
2. 标准文件保存对话框出现,从中可以选择要保存到的文件夹和文件名称。

**注意:** 工程总是保存为二进制.NET文件。为了将工程数据保存为可读SCAII文件,可利用**文件**菜单中的**导出>>管网**命令。

## 5.2 工程缺省值

每一工程可使用一组缺省值，除非EPANETH用户将其重载。这些缺省数值分为三大类：

- 缺省ID标签（它们首次被创建时，用于标识节点和管段的标签）
- 缺省节点/管段属性（例如节点的标高，管道的长度、直径和粗糙系数）
- 缺省水力分析选项（例如计量单位系统、水头损失公式等）

为了设置工程缺省值：

1. 从菜单条中选择**工程>>缺省**。
2. 缺省对话框出现，其中具有三页内容。
3. 如果希望在所有将来新建工程中使用缺省选择，检查对话框左下角的检查框。
4. 点击**确定**，接受缺省选项。

工程的每一类缺省值将在下面讨论。

### 缺省ID标签

缺省对话框中的ID标签页（图5.1），用于确定EPANETH怎样将缺省ID标签赋值给首次创建的管网组件。对于每种类型对象，能够输入标签的前缀；如果缺省ID采用简单的数字表示，保留域为空白。当增加数值后缀到缺省标签时，将出现一个增量。例如，如果J作为节点的前缀，增量为5，那么创建节点时，使用的缺省标签为J5，J10，J15等等。如果需要，创建对象之后，属性编辑器可用于修改它的ID标签。

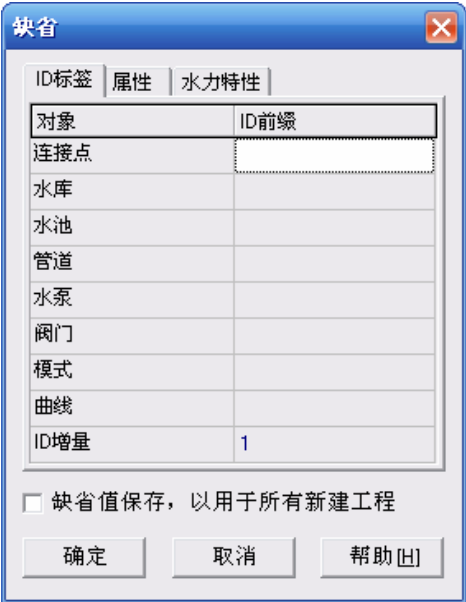


图5.1 工程缺省对话框中的ID标签页

### 缺省节点/管段属性

缺省对话框属性页（图5.2）设置了新创建节点和管段的缺省属性数值。这些属性包括：

- 节点标高；
- 水池直径；

- 水池高度；
- 管道长度；
- 管道自动长度（长度自动计算功能）；
- 管道直径；
- 管道粗糙系数。

当自动长度功能开启，当添加管道，或者管道在管网地图中移动位置时，将自动计算管道长度。具有这些缺省属性的节点或者管段，随后可利用属性编辑器修改。

属性	缺省值
节点标高	0
水池直径	50
水池高度	20
管道长度	1000
自动长度	关
管道直径	12
管道粗糙系数	100

☐ 缺省值保存，以用于所有新建工程

确定      取消      帮助 [H]

图5.2 工程缺省对话框中的属性页

### 缺省水力选项

缺省对话框的第三页用于为缺省水力分析选项赋值。对于来自浏览器（见第8.1部分）访问的工程水力选项，包含了相同集合的水力选项。它们在工程缺省对话框中重复出现，以便能够为了将来工程和当前工程的使用而保存。当设置新工程的流量单位、水头损失公式和缺省模式时，重要的水力选项被检查。流量单位的选择，决定了怎样在公制单位或者美制单位中表达所有其它管网数值。水头损失公式的选择，定义了管网中管道粗糙系数的类型。在延时模拟中，对于所有没有赋以任何模式的节点，缺省模式自动作为需水量变化的时间模式。

## 5.3 校验数据

对于管网中选择的位置，通过时间序列绘图，或者通过特殊的校验报告，并考虑多个位置情况，EPANETH允许将模拟数据与现场测试数据相比较。在EPANETH在利用这些校验数据之前，必须将其输入到文件并注册到工程。

### 校验文件

校验文件是一个包含了配水系统中特定时段特定量测试数据的文本文件。文件提供的观测数据可与管网模拟结果比较。对于不同的参数（例如压力、氟化物、氯，流量等）和

不同的采样研究，应创建独立的文件。文件的每一行包含以下事项：

- 位置ID—位置的ID标签（用在管网模型中）；
- 时间—测试时的时间（以小时计）；
- 数值—测试的结果。

关于模拟零时刻的测试时间，可以输入为小数（例如27.5）或者小时:分钟格式（例如27:30）。对于简单稳态分析中的数据，所有时间数值可以为0。通过在注释语句前放置分号（;），可以将注释语句加入到文件。对于一系列在相同位置的测试，位置ID不必重复。部分校验文件内容如下。

```
;Fluoride      Tracer      Measurements
;Location      Time        Value
;-----
N1              0          0.5
                6.4        1.2
                12.7       0.9
N2              0.5        0.72
                5.6        0.77
```

### 注册校验数据

为了将校验数据注册到一个校验文件：

1. 从菜单条中选择**工程>>校验数据**。
2. 在图5.3所示的校验数据对话框中，对于欲注册的数据，点击靠近该参数的文本框。
3. 通过在键入该参数校验文件名称，或者点击**浏览**按钮，搜索校验文件。
4. 如果希望在Windows**记事本**（NodePad）中打开校验文件编辑，点击**编辑**按钮。
5. 对于任何需要校验数据的其它参数，重复2-4步骤。
6. 点击**确定**，接受所作选择。



图5.3 校验数据对话框

## 5.4 工程总结

为了浏览当前工程的总结性描述，从菜单条中选择**工程>>总结**。工程总结对话框将出现，其中可以编辑工程的描述性标题，增加备注事项等，进一步描述工程。当打开原先保存的文件，显示打开文件对话框时，这些项可以作为不同的文件名选择。这对于定位特定的管网分析很有用。对话框也显示了管网统计数据，例如节点、管段、水泵等的数量。

## 第 6 章 对象操作

EPANETH 利用各种类型的对象模拟配水系统。这些对象可以直接在管网地图上访问，或者从浏览器窗口的数据页访问。本章描述了这些对象，以及怎样创建、选择、编辑、删除和重新定位对象。

### 6.1 对象类型




EPANETH 可显示管网地图中的物理对象，并包含具有设计和运行信息的非物理对象。这些对象分类如下：

- (1) 节点
  - (a) 连接节点
  - (b) 水库
  - (c) 水池
- (2) 管段
  - (a) 管道
  - (b) 水泵
  - (c) 阀门
- (3) 地图标签
- (4) 时间模式
- (5) 曲线
- (6) 控制
  - (a) 简单控制
  - (b) 基于规则控制


### 6.2 添加对象

#### 添加节点

利用地图工具条添加节点：

1. 如果添加节点类型的按钮（连接节点, 水库, 或者水池) 还未处于被选状态，在地图工具条中点击。
2. 将鼠标移到地图中期望放置节点的位置，并点击。

利用浏览器添加节点：




1. 从数据浏览器对象列表中选择节点类型（连接节点，水库或者水池）。
2. 点击添加按钮.



3. 在属性编辑器中输入地图坐标（可选项）。

## 添加管段

利用地图工具条添加直线或者曲线管段：

1. 如果管段类型按钮（管道, 水泵或者阀门）还未处于被选择状态，在地图工具条中相应按钮上点击鼠标。
2. 在地图窗口中，点击管段的起始节点。
3. 沿欲绘制管段方向移动鼠标，如果需要变化连线方向时，在中间点上点击。
4. 最后在管段终点上点击鼠标。


在绘制管段过程中，点击鼠标右键或者**Escape (Esc)**键，将取消该操作。

利用浏览器添加直线段管段：

1. 从数据浏览器对象列表中选择需要添加的管段类型（管道、水泵或者阀门）。
2. 点击添加按钮。
3. 在属性编辑器中输入连线的起始节点和终止节点编号ID。

## 添加地图标签

在地图上添加标签：

1. 在地图工具条上点击文本按钮.
2. 在地图窗口需要显示标签的地方点击鼠标。
3. 输入标签的文本。
4. 按回车键。

## 添加曲线

为了在管网数据库中添加曲线：

1. 从数据浏览器的对象分类列表中选择曲线。
2. 点击添加按钮。
3. 利用曲线编辑器编辑曲线。

## 添加时间模式

为了在管网中添加时间模式：


1. 在数据浏览器的对象类型列表中选择模式。
2. 点击添加按钮。
3. 利用模式编辑器编辑模式。

## 使用文本文件

除了交互式增加单个对象外，可以导入包含节点ID列表及其坐标、连线ID及其连接节点的文本文件（参见第11.4部分—导入部分管网）。

### 6.3 选择对象


在地图中选择对象：

1. 确保地图处于选择模式（鼠标图标具有箭头指向左上方的形状）。通过在地图工具条中点击选择对象按钮，或者从**编辑**菜单中选择**选择对象**，转换到该模式。
2. 在地图中需选择的对象上点击鼠标。

利用浏览器选择对象：

1. 从数据浏览器的下拉列表中选择对象类型。
2. 从类型标题下的列表中选择期望的对象。

### 6.4 编辑可视化对象

属性编辑器（见第4.8部分）用于编辑可在管网地图窗口中显示的（连接节点、水库、水池、管道、水泵、阀门或者标签）对象属性。为了编辑这些对象，从地图或者数据浏览器中选择对象，然后在数据浏览器中点击编辑按钮（或者简单在地图中双击对象）。与对象类型相关的属性见表6.1到表6.7。

**注意：**对表达象属性的计量单位系统，取决于使用的流量单位。利用升或者立方米表示流量，意味着将使用SI公制单位。利用立方英尺、加仑或者英亩-英尺表示流量，意味着采用US单位。流量单位从工程的水力特性中选择，可以通过**工程>>缺省**菜单访问。所有属性的计量单位总结在附录A。

表6.1 连接节点属性

属性	描述
连接节点ID	标识连接节点的唯一标签。它包含最多15个字符的组合。不同节点必须具有不同的ID。这是一个必须设置数值的属性。
x坐标	地图中连接节点的水平位置，以地图距离单位衡量。若为空，连接节点将不显示在管网地图中。
y坐标	地图中连接节点的竖向位置，以地图距离单位衡量。若为空，连接节点将不显示在管网地图中。
描述	描述了其它重要信息的可选文字串。
标签	可选文字串（无空格），将连接节点赋值给一个类，例如压力分区。
标高	高于连接节点的一些通用参考标高，以米（英尺）计。这是一个必须设置数值的属性。标高仅用于计算连接节点的压力。它不影响任何其它计算量。
基本需水量	连接节点用户主要分类中的平均或者常规需水量，以当前流量单位衡量。负值表示外部水源进入节点。若为空，需水量假设为零。
需水量模式	时间模式的ID标签，用于表示连接节点用户主要分类需水量随时间的变化模式。模式提供了用于基本需水量的乘子，以确定给定时段的实际需水量。若为空，使用在水力特性选项（见第8.1部分）中赋值的 <b>缺省时间模式</b> 。
需水量类型	对于连接节点定义的用户分类编号。点击省略号按钮（或者点击回车键），出现

扩散器系数	特殊的需水量编辑器，可以给基本需水量和时间模式赋予多重类型用户在连接节点。如果仅仅单一需水类型，则忽略。 放置在连接节点的扩散器流量系数（喷嘴）。系数表示压力下降1米（或者psi）下的流量（以当前流量单位计）。若为空，则不存在扩散器。更多细节参见第3.1部分对扩散器的描述。
初始水质	模拟开始时节点水质浓度。若为空，不进行水质分析，或者浓度为零。
源头水质	任何在该点进入管网的水质。点击省略号按钮（或者点击回车键），显示源头水质编辑器（参见第6.5部分）。

**表6.2 水库属性**

属性	描述
水库ID	标识水库的唯一标签。它可能包括最多15个字符的组合。它不能够与其它任何节点具有相同的ID。这是一个必须输入数值的属性。
x坐标	地图中水库的水平位置，以地图距离单位衡量。若为空，水库将不出现在管网地图中。
y坐标	水库在地图上的竖向位置，以地图的距离单位衡量。若为空，管网地图中不显示。
描述	可选文字串，描述水库的其它重要信息。
标签	可选文字串（无空格），用于将水库赋以一个类型，例如一个压力分区。
总水头	水库水的水力水头（标高 + 压力水头），以米（英尺）计。这是一个必须输入数值的属性。
水头模式	模拟水库水头随时间变化模式的ID标签。若为空，没有供水。如果水库代表了一种联系，该属性是有用的，对于另一个系统，其压力是随时间变化的。
初始水质	水库的水质浓度。若为空，不进行水质分析，或者浓度为零。
源头水质	任何在该位置进入管网的水质。点击省略号按钮（或点击回车键），显示源头水质编辑器（参见第6.5部分）。

**表6.3 水池属性**

属性	描述
水池ID	标识水池的唯一标签。它可能包含最多15个字符的组合。它不能够与任何其它节点的ID相同。这是一个必须输入数值的属性。
x坐标	地图中水池的水平位置，利用地图距离单位衡量。若为空，水池将不出现在管网地图中。
y坐标	地图中水池的竖向位置，利用地图距离单位衡量。若为空，水池将不出现在管网地图中。
描述	可选文字串，描述了水池的其它重要信息。
标签	可选文字串（无空格），用于将水池赋以大类，例如一个压力分区。
标高	常用参考面之上池底的标高，以米（英尺）计。这是一个必须设置数值的属性。
初始水位	模拟开始时高于池底标高的高度，以米（英尺）计。这是一个必须设置数值的属性。
最低水位	需要维持并高于底部标高的最小水位，以米（英尺）计。水池不允许降落到该水位之下。这是一个必须设置数值的属性。
最高水位	需要维持并高于池底标高的最大水位，以米（英尺）计。水池不允许超过该水位。这是一个必须设置数值的属性。
直径	水池的直径，以米（英尺）计。对于圆筒形水池，这是一个实际直径。对于方形或者矩形水池，可能是一个当量直径，等于1.128倍横断面积的平方根。对于通过曲

最小容积	线描述其几何形状的水池，可能设置为任意数值。这是一个必须输入数值的属性。
容积曲线	当水池处于最低水位时，池中水的容积，以立方米（立方英尺）计。这是一个可选属性，其中不提供总容积与水深曲线时，用于描述非圆筒形水池的底部几何形状。
混合模型	用于描述水池容积与水位曲线的ID标签。如果没有数值，水池假设为圆筒形的。 水池内水质混合的类型。选择包括 <ul style="list-style-type: none"> <li>● MIXED（完全混合）</li> <li>● 2COMP（双室混合）</li> <li>● FIFO（先进先出柱塞流）</li> <li>● LIFO（后进先出柱塞流）</li> </ul> 更多信息参见第3.5部分混合模型描述。
混合分数	水池总容积的分数，包含了两室（2COMP）混合模型的进水-出水室。如果使用其他类型的混合模型，可以为空白。
反应系数	水池中药剂反应的主流反应系数。单位为1/日。对于增长反应为正值，衰减为负值。如果全局主流反应系数在工程反应选项中使用，则可以为空白。更多信息参见第3.4部分对水质反应的描述。
初始水质	模拟开始时的水池水质浓度。如果不进行水质分析，或者浓度为零，可以为空白。
源头水质	在该点进入管网的水质。点击省略号按钮（或者单击回车键），显示源头水质编辑器（参见第6.5部分）。

表6.4 管道属性

属性	描述
管道ID	标识管道的唯一标签。它可以由最多15个字符组合而成。它不能够与任何其它管段的ID相同。这是一个必须输入数值的属性。
起始节点	管道开始的节点ID。这是一个必须输入数值的属性。
终止节点	管道终止的节点ID。这是一个必须输入数值的属性。
描述	可选文字串，描述了管道的其它重要信息。
标签	可选文字串（没有空格），用于将管道赋值给可能根据年代或者材料的大类。
长度	管道的实际长度，以米（英尺）计。这是一个必须输入数值的属性。
直径	管道直径，以mm（英寸）计。这是一个必须输入数值的属性。
粗糙系数	管道的粗糙系数。对于Hazen-Williams粗糙系数，这是无量纲的；对于Darcy-Weisbach粗糙系数，单位为毫米（mm）；对于Chezy-Manning粗糙系数，单位为 $m^{-1/3} \cdot s$ 。这是一个必须输入数值的属性。
损失系数	与弯头、配件等相关的无量纲局部水头损失系数。若为空，则假设为0。
初始状态	确定管道最初开启、关闭或者包含有止回阀。如果指定了止回阀，那么将总是从管道起始节点流向终止节点。
主流系数	管道的主流反应系数，单位为1/日。对于增长为正值，衰减为负值。如果全局主流反应系数在工程反应选项中使用，则为空白。更多信息参见第3.4部分对水质反应的描述。
管壁系数	管道的管壁反应系数，单位1/日。对于增长为正值，衰减为负值。如果工程反应选项中使用全局管壁反应系数，则为空白。更多信息参见第3.4部分对水质反应的描述。

注：当在管网地图中添加或者重新定位管道时，如果**自动长度**设为开启，管道长度可以自动计算。为了转换该设置：

- 选择**工程>>缺省**，编辑缺省对话框属性页中的自动长度域。

- 右键点击状态条上的自动长度部分，然后点击弹出式菜单。

在利用自动长度特征之前，应确保为管网地图提供了有意义的尺寸（见第7.2部分）。

**表6.5 水泵属性**

属性	描述
水泵ID	标识水泵的唯一标签。它包含最多15位的字符组合。它不能与任何其它管段的ID相同。这是一个必须输入数值的属性。
起始节点	水泵吸水侧节点的ID。这是一个必须输入数值的属性。
终止节点	水泵出水侧节点的ID。这是一个必须输入数值的属性。
描述	可选文本串，描述了水泵的其它重要信息。
标签	可选文本串（没有空格），用于将水泵赋值给可能根据年代、尺寸或者位置设置的大类。
水泵曲线	水泵曲线的ID标签，用于描述水泵扬程和流量之间的关系。如果水泵为定常能量水泵，则为空白。
功率	水泵的功率，以千瓦（kW）计。无论流量多少，假设水泵供应相同的能量。如果使用了水泵曲线，则为空白。当水泵曲线信息不可用时才使用。
转速比	水泵的相对转速设置（无量纲）。例如，转速比设置为1.2，意味着水泵的转速高于额定转速20%。
模式	用于控制水泵运行时间模式的ID标签。模式的乘子等价于转速设置。乘子为零，意味着在相应时段水泵关闭。如果不可用则为空白。
初始状态	模拟时段开始时的水泵状态（开启或者关闭）。
效率曲线	曲线的ID标签，代表了进泵电缆到水获得能量的效率（以百分比表示），为流量的函数。该信息仅用于计算能耗。如果不可用，或者具有全局水泵效率相同的能量选项（见第8.1部分），则为空白。
能量价格	平均或者额定能量价格，以货币单位每kW-hr计。仅仅为了计算能量消耗费用时使用。如果不可用，或者如果全局数值用在工程的能量选项（见第8.1部分），则为空白。
价格模式	时间模式的ID标签，用于描述能量价格在每日内的变化。模式中的每一个乘子用于水泵能量价格，为了确定对应时段内的时间价格。如果不可用，或者如果全局价格模式在工程能量选项（见第8.1部分）中指定，则为空白。

**表6.6 阀门属性**

属性	描述
阀门ID	标识阀门的唯一标签。它包含了不多于15个字符的组合。它不能够与任何其它管段的ID相同。这是一个必须属性。
起始节点	阀门常规上游或者进流侧的节点ID。（PRV和PSV仅维持单向流量。）这是一个必须设置数值的属性。
终止节点	阀门的常规下游或者出流侧的节点ID。这是一个必须设置数值的属性。
描述	可选文字串，描述了阀门的其它重要信息。
标签	可选文字串（没有空格），用于例如根据类型或者位置为阀门分类。
直径	阀门口径，以mm（英寸）计。这是一个必须设置数值的属性。
类型	阀门类型（PRV，PSV，PBV，FCV，TCV或者GPV）。参见第6.1部分对各种类型阀门的描述。这是一个必须输入数值的属性。
设置	描述阀门运行设置必须设置的参数。

	阀门类型	设置参数
	PRV	压强 (m或psi)
	PSV	压强 (m或psi)
	PBV	压强 (m或psi)
	FCV	流量 (流量单位)
	TCV	损失系数 (无量纲)
	GPV	水头损失曲线的ID
损失系数	无量纲局部损失系数，当阀门完全开启时使用。如果为空白，则假设为0。	
固定状态	模拟开始时的阀门状态。如果设置为开或者关，那么阀门的控制设置被忽略，阀门行为分别作为一个开启或者关闭的管段。阀门的固定状态和它的设置，能够通过利用控制语句，在整个模拟中发生变化。如果阀门设置固定为OPEN/CLOSED，那么能够利用控制再次激活，将新的数值设置赋给它。	


表6.7 地图标签属性

属性	描述
文本	标签的文本
x坐标	标签左上角在地图中的水平位置，以地图单位衡量。这是一个必须设置数值的属性。
y坐标	标签左上角在地图中的竖向位置，以地图单位衡量。这是一个必须设置数值的属性。
相关节点	作为与标签相关节点的ID（参见以下注解1）。如果标签无相关节点则为空白。
计量类型	通过标签计量的对象类型（参见以下注解2）。选项为无、节点或者管段。
计量ID	被计量的对象（节点或者管段）ID。
字体	激发一个字体对话框，允许选择标签的字体、尺寸和模式。

注：

1. 标签相关的节点属性，用于将标签对应于地图给定的位置。当地图放大时，标签将显示到相关节点的相同距离，正如全范围视图那样。当地图被缩放时，该特征防止标签游离被描述的对象太远。
2. 计量类型和ID属性确定了标签是否作为一种计量。计量标签显示了在标签文本之下，当前视图参数的数值（来自地图浏览器的选择）。计量类型和ID必须是指一个管网中现有的节点或者管段。否则，仅仅显示标签文本。

## 6.5 编辑非可视化对象

需要特殊的编辑器定义曲线、时间模式 and 控制的属性。为了编辑这些对象，从数据浏览器或者点击**编辑**按钮来选择对象。此外，连接节点的属性编辑器在需水量类的域内包含了一个省略按钮，当点击时带来特殊的需水量编辑器。类似地，连接节点、水库和水池的属性编辑器中的源头水质域，具有一个按钮启动特殊的源头水质编辑器。每一种特殊编辑器描述如下。

### 曲线编辑器

曲线编辑器是一个对话框，如图6.1所示。为了使用曲线编辑器，输入以下数值项：

项目	描述
曲线ID	曲线的ID标签（最多达15个字符）
描述	曲线表示什么的选项描述
曲线类型	曲线的类型
X-Y数据	曲线的X-Y数据点

在X-Y数据表方格之间移动时（或者点击回车键），曲线在预览窗口中重新绘制。对单点和三点水泵曲线，曲线方程显示在方程框中。点击**确定**按钮将接受曲线，点击**取消**按钮将取消输入。也可以点击**导入**按钮，调入原先保存在文件中的曲线数据，或者点击**保存**按钮，保存当前曲线数据到文件。

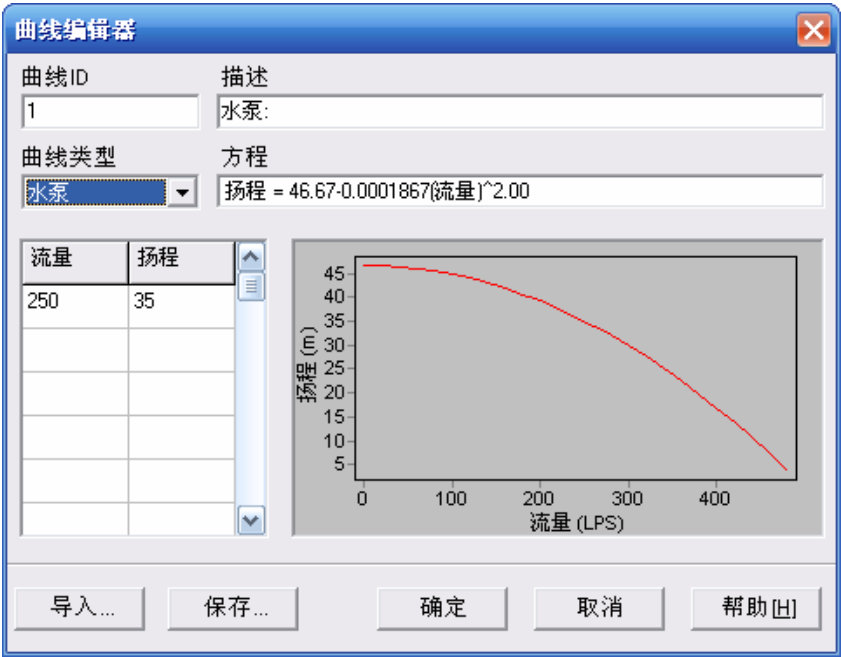


图6.1 曲线编辑器

### 模式编辑器

模式编辑器（如图6.2所示）用于编辑时间模式对象的属性。为了利用模式编辑器，输入如下事项数值：

事项	描述
模式ID	模式的ID标签（最多达15个字符）
描述	模式表示什么的选择性描述
乘子	模式每一时间段的乘子

当输入乘子时，为了提供模式的可视化描述，预览图被绘制。当输入乘子到达可用时间段的末尾时，简单点击**回车（Enter）**键，增加另一个时段。当完成编辑时，点击**确定**按钮接受该模式，或者点击**取消**按钮取消输入。也可以点击**导入**按钮调用保存在文件中的模式数据，或者点击**保存**按钮将当前模式数据保存到文件。

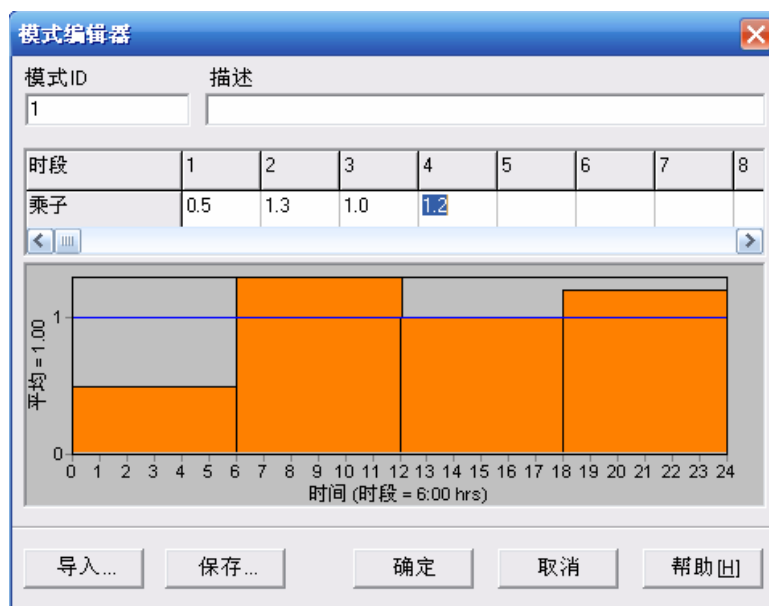


图6.2 模式编辑器

### 控制编辑器

控制编辑器，如图6.3所示，它是一个文本窗口，为了编辑简单控制和基于规则控制。它具有一个标准文本编辑菜单，可以在编辑器的任何位置点击右键激活。该菜单包含了撤销、剪切、复制、粘贴、删除和全选命令。

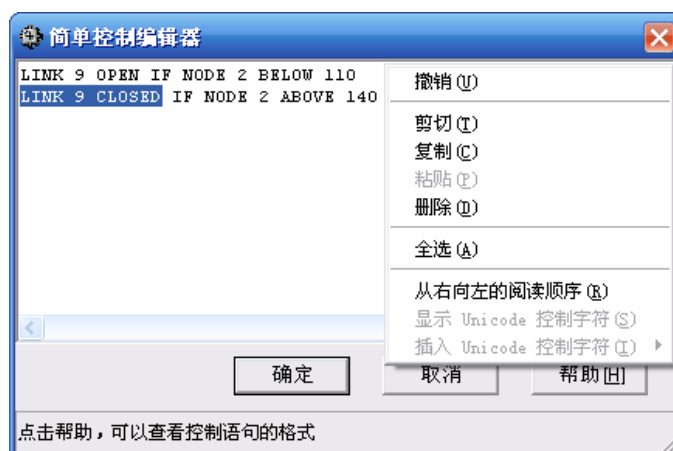


图6.3 控制编辑器

### 需水量编辑器

需水量编辑器如图6.4所示，当节点具有超过一种类型的用水户时，用于为基本需水量和时间模式赋值。当需水量类型域位于焦点时，通过点击省略号按钮(或者点击回车键)，该编辑器从属性编辑器中激发。

编辑器中的表格具有三列，每一类需水量作为表中新行输入。列中包含了以下信息：

- **基本需水量**：类型的基准或者平均需水量（必需输入项）
- **时间模式**：允许需水量随时间变化的时间模式ID标签（可选的）
- **类型**：标识需水量类型的文本标签（可选的）



	基本需水量	时间模式	类型
1	200	1	生活用水
2	10	2	工业用水
3			
4			
5			
6			

图6.4 需水量编辑器

表格的初始尺寸为10行。如果需要增加行，可在最后一行选择任何方格，点击回车（Enter）键。

**注意：**常规情况下，位于编辑器第一行的需水量作为是连接节点的主要类型，出现在属性编辑器的基本需水量域内。

### 源头水质编辑器

源头水质编辑器是一个弹出式对话框，用于描述从特定节点进入管网源头流量的水质。该源头可能表示了主要的处理厂，一个水井头部或者卫星处理设施，或者一个不希望的侵入污染源。该对话框如图6.5所示，包含了以下域：

图6.5 源头水质编辑器

域	描述
源头类型	选项： <ul style="list-style-type: none"> <li>- 浓度</li> <li>- 质量注入</li> <li>- 流量步进注入</li> <li>- 设置点注入</li> </ul>
源头水质	源头基准浓度或者平均浓度（或者每分钟的质量流量）--为空白，则移除源头
时间模式	源头水质随时间变化的时间模式ID标签--为空白，则不可用

水质源头能够指定为浓度或者注入源头。

- **浓度源头**固定了任何进入管网的外部流量浓度，例如来自水库或者位于连接节点的负需水量流量。
- **质量注入源头**将固定的质量流量，从管网中的其它点进入节点。
- **流量步进注入源头**将固定浓度，从管网中其它节点所有进流的混合结果。
- **设置点注入源头**固定了离开节点的任何流量浓度（只要来自节点的所有进流结果浓度低于设置点）。

最好将浓度类型的源头用于节点，代表了源头供水或者处理厂（例如水库或者赋以负需水量的节点）。注入类型的源头最好用于模拟示踪剂或者附加消毒剂直接注入到管网，或者模拟污染物的侵入。

## 6.6 复制和粘贴对象

显示在管网地图窗口中的对象属性，能够被复制和粘贴到相同类的另一个对象。为了将对象的属性复制到EPANETH的内部剪贴板：


1. 在地图中右击对象。
2. 从显示的弹出式菜单中选择**复制**。

为了将复制属性粘贴到一个对象：

1. 右键点击地图中的对象。
2. 从显示的弹出式菜单中选择**粘贴**。

## 6.7 管段变形和逆向

管段可以绘制为包含了任何数量直线段的折线。一旦管段绘制在地图中，定义这些线段的内部点能够被添加、删除和移动（见图6.6）。为了编辑管段的内部点：

1. 在管网中地图选择需要编辑的管段，在地图工具条中点击（或者在菜单条中选择**编辑>>选择顶点**，或者右键点击管段，从弹出式菜单中**顶点**）。
2. 鼠标图标形状将变为箭头，管段中的现有顶点将被显示，周围具有小的手柄。为了选择特定的顶点，在其上点击鼠标。
3. 为了在管段上添加新的顶点，右键点击鼠标，从弹出式菜单中选择**添加顶点**（或者在键盘上简单点击**插入（Insert）**键）。
4. 为了删除现有选择顶点，右键点击鼠标，在弹出式菜单中选择**删除顶点**（或者在键盘上点击**删除（Delete）**键）。
5. 为了将一个顶点移到另一个位置，用鼠标左键拖动它，直到新的位置。
6. 在顶点选择模式下，可以通过点击另一条管段，转换到该管段的顶点编辑模式。为了离开顶点选择模式，右键点击地图，从弹出式菜单中选择**退出编辑**，或者在地图工具条中选择任何其它按钮。

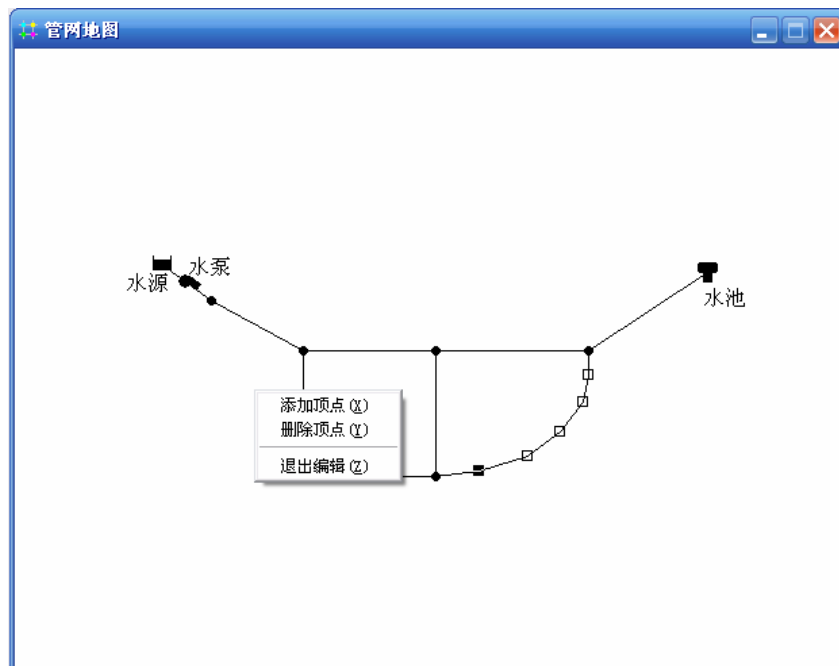



图6.6 曲线管段

管段也可以反向（即它两个端点的相互变换），通过右键点击管段，从弹出式菜单中选择**逆向**。当原来添加水泵或阀门时具有错误的方向，对于它们的重新定向是有用的。

## 6.8 删除对象

为了删除对象：

1. 在地图或者数据浏览器中选择对象。
2. 通过：

- 在标准工具条中点击  按钮，
- 在数据浏览器中选择相同的按钮，
- 在键盘上选择**删除 (Delete)** 键。

**注意：**在它们生效之前，需要对所有删除进行确认。参见第4.9部分对程序偏好对话框中常用偏好页的描述。

## 6.9 移动对象


为了将节点或者标签移动到地图的另一位置：

1. 选择节点或者标签。
2. 利用鼠标左键拖动对象，直到新的位置。
3. 释放鼠标左键。


另一种方式是在所选对象的属性编辑器中手工输入新的x和y坐标。无论节点怎样移动，所有连接到它的管段也同时移动。

## 6.10 选择对象组

为了选择位于管网地图不规则区域内的对象组：

1. 选择**编辑>>选择区域**或者在地图工具条中点击。
2. 通过在每一个多边形的连续顶点点击鼠标左键，沿着地图中感兴趣的区域绘制多边形边线。
3. 点击鼠标右键封闭该多边形，或者通过点击**回车（Enter）**键；通过点击**取消（Escape）**键取消该选择。

为了选择地图视图中当前的所有对象，选择**编辑>>全选**。（在地图当前试图范围之外的对象将不被选择。）

一旦选中一组对象，可以编辑它们的通用属性，或者从管网中删除选择的对象，通过点击或者点击**删除（Delete）**键。

## 6.11 编辑对象组

为了编辑对象组的属性：

1. 利用前面部分描述的方法，选择包含需要编辑的对象组地图区域。
2. 从菜单条中选择**编辑>>组编辑**。
3. 定义组编辑对话框中需要编辑的内容。

组编辑对话框如图6.6所示，用于修改一组被选择对象的属性。为了利用该对话框：

1. 选择需要编辑的一类对象（节点或者管段）。
2. 检查“具有”框，如果希望添加一个过滤器，限制编辑所选择的对象，选择一项属性、关系和数值来定义过滤器。一个例子可能是“具有直径低于200 mm”。
3. 选择需要改变的类型—替换、乘以或者加上。
4. 选择需要改变的属性。
5. 输入应替换、乘以或者加上现有数值的数值。
6. 点击**确定**，执行组编辑。

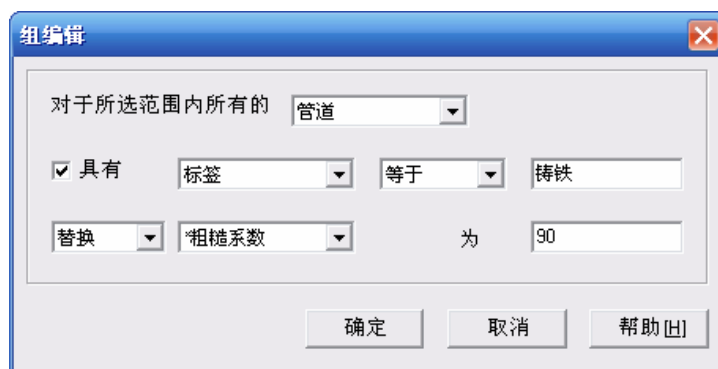


图6.7 组编辑对话框

# 第7章 地图操作

*EPANETH*显示了需要模拟的管网地图。为了增强系统模拟的可视化，本章描述怎样操作地图。

## 7.1 选择地图视窗

为在地图中显示，利用浏览器的地图页（第4.7部分）选择节点和管段参数。地图中利用不同颜色，显示不同范围参数的数值，并通过地图图例（见以下）来指定。

可显示的节点参数包括：

- 标高
- 基本需水量（常规或者平均需水量）
- 初始水质（模拟初始时刻的水质）
- \*实际需水量（当前时间的总需水量）
- \*总水头（标高加上压力水头）
- \*压强
- \*水质

可显示的管段参数包括：

- 长度
- 直径
- 粗糙系数
- 主流反应系数
- 管壁反应系数
- \*流量
- \*流速
- \*水头损失（每1000米（或者英尺）管道）
- \*摩擦因子（用于Darcy-Weisbach水头损失公式）
- \*（管道长度上的平均）反应速率
- \*（管道长度上的平均）水质

带有星号的事项为计算量，其值仅仅在管网成功分析之后可以表示（见第8章—管网分析）。

## 7.2 设置地图尺寸

地图物理尺寸的设置，为了使地图坐标能够以适当比例在计算机显示器上显示。为了设置地图尺寸：

1. 选择**视图>>尺寸**。
2. 在地图尺寸对话框中输入新的尺寸信息（见图7.1），或者点击**自动尺寸**按钮，根据管网图中当前对象的坐标，由EPANETH计算尺寸。
3. 点击**确定**完成地图尺寸。



图7.1 地图尺寸对话框

地图尺寸对话框中提供的信息如下：

事项	描述
左下角坐标	地图左下角的x和y坐标。
右上角坐标	地图右上角的x和y坐标。
长度单位	用于计量地图中距离的单位。选择包括英尺、米、度和无（即任意单位）。

**注意：**如果想利用具有自动管道长度计算的背景地图，建议新工程创建之后，立即设置地图尺寸。地图长度单位与管道长度单位不同。后者（米或者英尺）取决于流量表达为公制还是美制。如果必要，EPANETH将自动转换单位。

### 7.3 利用背景地图

EPANETH可以在管网地图之下显示背景地图。背景地图可能是街道地图、公共设施地图、地形图、地块开发图，以及任何其它图形或者绘图。例如，利用街道地图，可简化管道添加到管网的过程，直接在其上数字化管网节点和管段。



背景地图应在EPANETH外，创建的Windows增强图元文件或者位图文件。一旦导入，就可以编辑其特征，尽管地图窗口被缩放和移动时，将改变它的比例和范围。通常Windows图元文件要优于位图，因为当重新定位时不会降低分辨率。多数CAD和GIS程序可将它们的绘图文件和地图文件保存为图元文件。

从菜单条中选择**视图>>背景**，将显示具有下列命令的子菜单：

- **调用**（将背景地图文件调入到工程）
- **不调用**（从工程中取消对背景地图的调用）
- **对齐**（将管网与背景对齐）
- **显示/隐藏**（转换背景显示与否）


首次调用时，背景图像的左上角，与管网边界矩形重合。相对于管网地图，背景可重新定位，通过选择**视图>>背景>>对齐**。允许管网在背景图上移动（通过按住左键移动鼠标），直到两者相一致。无论何时工程存储到文件时，随着工程的其它数据，背景文件的名称和当前对齐方式将被保存，。

最好在调入背景地图时：


- 利用元文件，而不是位图文件。
- 尺寸管网地图，以便它的边界矩形具有与背景相同的特征比（宽度与高度比）。

## 7.4 缩放地图

为了放大地图：


1. 选择**视图>>放大**或者在地图工具条中点击。
2. 为了放大至100%，移动鼠标到放大面积的中心，并点击鼠标左键。
3. 为了对放大进行定制，将鼠标移到放大区域的左上角，按住鼠标左键，沿着缩放区域拖出一个矩形框，然后释放鼠标左键。

为了缩小地图：

1. 选择**视图>>缩小**，或者在地图工具条上点击。
2. 将鼠标移向新的缩放区域中心，点击鼠标左键。
3. 地图将返回到原来的缩放水平。

## 7.5 移动地图

为了在地图窗口中移动地图：


1. 选择**视图>>平移**，或者在地图工具条中选择。
2. 在地图中任意点按住鼠标左键，在希望的方向上拖动鼠标。
3. 完成移动后释放鼠标键。

为了使用纵览地图（将在第7.7部分描述）：

1. 如果不可见，通过选择**视图>>地图纵览**，显示纵览地图。
2. 在纵览地图的缩放窗口中定位鼠标。
3. 按住鼠标左键，拖动缩放窗口到新的位置。
4. 释放鼠标左键，主地图将移动到对应于纵览地图缩放窗口的区域。


## 7.6 查找对象

为了在地图中查找已知ID标签的节点或者管段：

1. 选择**视图>>查找**，或者在标准工具条上单击。
2. 在地图查找对话框中，选择**节点**或者**管段**，输入ID标签。
3. 点击**查找**。

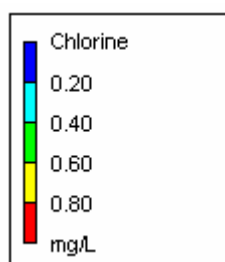
如果该节点/管段存在，将在地图和浏览器中高亮显示。如果节点/管段落在当前地图边界之外，地图将移至节点/管段能够显示的位置。地图查找对话框也将列出连接到查找节点的管段ID标签，或者与查找管段相接的节点。

为了查找服务于水质源头的的所有节点列表：

1. 选择**视图>>查找**，或者在标准工具条中点击。
2. 在地图查找对话框中，选择**源头**。
3. 点击**查找**。

所有水质源头节点的ID标签将列在地图查找器中。点击任何ID标签，将在地图中高亮显示节点。

## 7.7 地图图例



具有三种类型的地图图例显示。节点图例和管段图例将颜色对应于显示在地图中当前参数大范围的数值。时间图例显示了模拟时段的时间。为了显示或者隐藏这些图例的检查或者非检查图例，从**视图>>图例**菜单，或者在地图上点击鼠标右键，从弹出式菜单中进行相同的操作。双击鼠标，也可以隐藏可见的图例。

为了将图例移动到另一个位置：

1. 在图例上点击鼠标左键。
2. 按住鼠标左键，拖动图例到新的位置，并释放鼠标键。

为了编辑节点图例：

1. 如果是可见的，选择**视图>>图例>>修改>>节点**，或者右键点击图例。
2. 利用出现的图例编辑器对话框（见图7.2），修改图例的颜色和间距。

类似方法可用于编辑管段图例。



图例编辑器（图7.2）以不同的颜色设置数值范围，表示管网地图中的特定参数。它的工作如下：

- 在编辑框中以递增方式输入数字数值，定义颜色表示的范围。并非所有四种框需要数值。
- 为了改变颜色，在编辑器中点击其色带，然后从颜色对话框中选择新的颜色。
- 根据当前时段的参数范围分割成等间距，点击**等间距**按钮，设置范围。
- 点击**等分位数量**按钮设置范围，根据当前时段存在的数值，以便具有等价数量的目标在每一个范围。
- **颜色系列**按钮用于从已有颜色方案列表中选择。
- **逆向颜色**按钮反转当前颜色设置的次序（最低范围的颜色变成最高范围的颜色，等等）。
- 如果需要绘制一个图例框，检查**外框**。

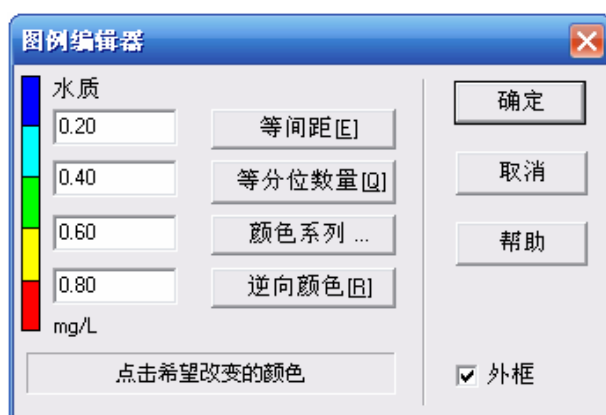


图7.2 图例编辑器对话框


## 7.8 纵览地图



纵览地图允许根据总体系统，查看当前显示的管网主体地图。该缩放区域通过矩形边界表示，显示在纵览地图中。当将该矩形拖动到另一个位置，主体地图的视窗将随后改变。纵览地图可以进行开关转换，通过选择**视图>>地图纵览**。

## 7.9 地图显示选项

为改变管网地图的外观，具有几种方式显示地图选项对话框（图7.3），：

- 选择**视图>>选项**,
- 当地图窗口处于焦点时, 在标准工具条中点击选项按钮.
- 在地图任何空白部位点击右键, 在弹出式菜单中选择**选项**。

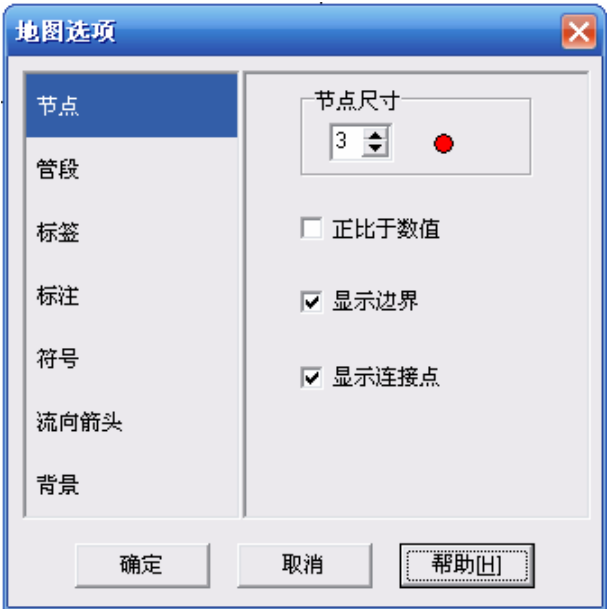


图7.3 地图选项对话框

从对话框的左侧面板中选择, 显示以下类型的单独页:

- **节点** (控制节点的尺寸, 或使尺寸与数值成比例)
- **管段** (控制管段的宽度, 或使宽度与数值成比例)
- **标签** (转换地图标签开关)
- **标注** (显示或者隐藏节点/管段ID标签和参数值)
- **符号** (转换显示水池、水泵、阀门符号开关)
- **流向箭头** (选择流量箭头的可视性和类型)
- **背景** (改变地图背景的颜色)

节点选项

地图选项对话框中的节点页, 控制节点怎样显示在管网地图中。

选项	描述
节点尺寸	选择节点直径
正比于数值	节点尺寸根据参数数值大小而变
显示边界	沿着每一个节点（推荐淡颜色背景）绘制边界
显示连接节点	显示连接节点（所有节点将被隐藏，除非该选项被检查）

管段选项

地图选项对话框中的管段页, 控制管段怎样显示在地图中。

选项	描述
管段尺寸	设置显示在地图中管段的宽度
正比于数值	管段宽度随着参数值的增加而增加

## 标签选项

地图选项对话框中的标签页，控制标签怎样显示在地图中。

选项	描述
显示地图标签	显示地图标签（标签将隐藏，除非该选项被检查）
使用透明文本	显示具有透明背景的标签（否则使用不透明背景）
缩放比例	选择最小的缩放，标签应被显示；当缩放小于该值时，标签能够被隐藏，除非它们是计量标签

## 标注选项

地图选项对话框的标注页，确定了沿着地图节点和管段提供什么类型的注解。

选项	描述
显示节点ID	显示节点ID标签
显示节点数值	显示当前需要看到的节点参数值
显示管段ID	显示管段ID标签
显示管段数值	显示当前需要看到的管段参数值
使用透明文本	显示具有透明背景的文本（否则使用不透明背景）
缩放比例	选择最小的缩放，标注将被显示；所有注解将在缩放小于该值时隐藏

**注意：**当前观察参数的数值仅对应于特定的节点和管段。

## 符号选项

地图选项对话框的符号页，确定哪些类型的对象将利用地图中特殊符号表示。

选项	描述
显示水池	显示水池符号
显示水泵	显示水泵符号
显示阀门	显示阀门符号
显示扩散器	显示扩散器符号
显示源头	显示水质源头符号
缩放比例	选择最小缩放，这时符号应被显示；缩放小于该值时，符号将被隐藏

## 流向箭头选项

地图选项对话框中的流向箭头，控制流向箭头怎样显示在管网地图中。

选项	描述
箭头类型	选择箭头需要显示的类型（选择无，则隐藏箭头）
箭头尺寸	设置箭头尺寸
缩放比例	选择最小缩放，此时箭头应被显示；缩放低于该值时，箭头将隐藏

**注意：**水流方向箭头仅在管网成功分析之后才可显示（参见第8.2部分，执行一次分析）。

## 背景选项


地图选项对话框的背景页，提供用于喷涂地图背景使用的颜色选择。

# 第 8 章 管网分析

管网被适当描述后，就可以对其进行水力和水质特性分析。本章描述怎样在分析中指定使用选项，怎样执行分析，以及怎样解决分析中可能出现的问题。

## 8.1 设置分析选项

具有五类选项控制了EPANETH对管网的分析：水力、水质、反应、时间和能量。为了设置这些选项：

1. 从数据浏览器中选择选项分类，或者从菜单条选择工程>>选项。
2. 从浏览器中选择水力特性、水质、反应、时间或者能量。
3. 如果属性编辑器还未出现，点击浏览器编辑按钮（或者点击回车键）。
4. 在属性编辑器中进行选项编辑。

属性编辑器中编辑选项大类时，分别通过简单点击Page Down或者Page UP键，从一大类移向另一大类。

### 水力特性选项

水力特性选项控制了水力计算的执行，包括如下事项：

选项	描述
流量单位	表示节点需水量和管段流量的计量单位。选择升或者立方米，所有其它单位为公制。选择加仑、立方英尺或者英亩-英尺，说明所有其它管网量的单位为美制单位。使用时注意，改变流量单位，可能影响到项目中使用的所有其它数据（参见附录A，计量单位。）
水头损失公式	计算水头损失使用的公式，在管道中作为流量的函数。选择为： <ul style="list-style-type: none"><li>● Hazen-Williams</li><li>● Darcy-Weisbach</li><li>● Chezy-Manning</li></ul> 因为每一公式利用不同的管道粗糙系数，变换公式可能需要更新所有管道的粗糙系数。
比重	模拟流体密度与4℃时水的密度之比（无量纲）
相对粘度	流体运动粘度与20℃时水的粘度比值（1.0厘斯或者0.94 sq ft/day）（无量纲）。
最大试算次数	求解给定时刻管网水力特性非线性方程组的最大试算次数。建议值为40。
精度	表示非线性方程组求解的收敛准则，它控制了管网的水力特性。当所有流量变化总和除以所有管段流量总和低于该值时，试算终止。建议值为0.001。
如果不平衡	如果在最大试算次数下不能够求解，采取行动。选择 <b>停止</b> ，停止在该点的模拟；或者 <b>继续</b> ，使用另外10次试算，不允许管线状态改变，试图达到收敛。
缺省模式	没有指定时间模式的节点，使用的需水量时间模式ID标签。如果没有这样的模式，那么需水量将在这些点不变。
需水量乘子	用于所有需水量的全局乘子，使得整个系统耗水量以固定的量变化，例如2.0为所有需水

扩散器指数	量的二倍，0.5则减半，1.0不变。
状态报告	<p>计算通过扩散器装置的流量时，压力上升的幂。喷嘴的教材数值为1/2，这不可用于管道漏水。更多的细节参见第3.1部分。</p> <p>在分析之后，报告状态信息的数量。选择为：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 否（没有状态报告）</li> <li>● 是（常规状态报告--列出模拟过程中所有管道状态的变化）</li> <li>● 所有（完整报告--列出每一次水力分析试算，每一时段的常规报告加上收敛误差）</li> </ul> <p>完整状态报告仅仅用于调试。</p>

**注意：**也可以从工程>>缺省菜单开始，使将来所有工程采用保存的水力选项（参见第5.2部分）。

## 水质选项

水质选项控制怎样进行水质分析，它们包括：

选项	描述
参数	<p>被模拟水质参数的类型。选择包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 无（没有水质分析），</li> <li>● 化学成分（计算物质浓度），</li> <li>● 水龄（计算水龄），</li> <li>● 跟踪（跟踪来自特定节点的流量百分比）。</li> </ul> <p>化学成分可以输入被模拟物质的实际名称（例如氯）。</p>
物质单位	用于表达浓度的物质单位。选择为mg/L或者µg/L。水龄和跟踪分析中的单位分别设定为小时和百分比。
相对扩散性	被模拟物质分子扩散与20℃时氯的扩散之比（0.00112 sq ft/day）。如果物质扩散是氯的二倍，则为2；一半则为0.5，等等。仅在模拟管壁反应物质转换时使用。忽略质量转化效应时设置为零。
跟踪节点	流量被跟踪的节点ID标签。仅用于流量跟踪分析中。
水质公差	可以表达的管段水质最小变化。典型设置可能为测试物质的0.01，以mg/L计；或者水龄和源头跟踪的0.01。

**注意：**水质公差确定了何时主流水体水质实质上与另一部分主流水体相同。对于物质分析，这可能是测试物质过程的监测限度，通过合适的安全因子来调整。使用的数值太大，该精度值可能影响到模拟精度。使用数值太小，将影响计算效率。该数值设置需要一定的经验。

## 反应选项

反应选项设置了水质分析的反应类型，它们包括：

选项	描述
主流反应级数	计算主流区水体反应速率时浓度上升的幂。一级反应为1，二级反应为2，等等。对于Michaelis-Menton动力学利用任何负数。如果没有全局或者指定管道水体反应系数，那么忽略该选项。
管壁反应级数	当计算水流反应速率时浓度上升的幂。对于一级反应选择 <b>一级</b> (1)，对于常速率反应选择 <b>零级</b> (0)。如果没有全局或者指定管道管壁反应系数，那么忽略该选项。
全局主流反应系数	缺省主流反应速率系数( $K_b$ )，赋值给全部管道。该全局系数可通过编辑特定管道的属性重新设置。对于增长利用正值，衰减为负值，或者没有主流反应发生为0。单位为上升浓度对应的(1 - n)次幂除以日期，其中n为主流反应级数。

全局管壁系数	赋值给所有管道的管壁反应速率系数 ( $K_w$ )。通过对特定管道编辑该属性。对于增长采用正值, 衰减为负值, 没有管壁反应发生为0。对于一级反应, 单位为m/day (SI) 或者ft/day (US), 对于零级反应, 为mass/aq m/day (SI) 或者mass/sq ft/day (US)。
浓度限值	物质能够增长的最大浓度, 或者衰减的最低值。主流反应速率将正比于当前浓度与该值之差。参见第3.4部分对水体反应的详细讨论。如果不可用, 设置为空。
管壁反应相关性	将管壁反应系数与管道粗糙系数相对应的因子。详细信息参见第3.4部分对管壁反应的讨论。如果不可用, 设置为空。

## 时间选项

时间选项设置延时模拟中的各个时间步数值, 列表如下(时间可以输入为小数或者小时:分钟形式):

选项	描述
总历时	模拟的时间总长度, 以小时计。执行单时段(点)水力分析, 采用0。
水力时间步长	系统水力计算的时间间隔。缺省值为1小时。
水质时间步长	水质成分演算的时间间隔。缺省值为5分钟(0:05小时)。
模式时间步长	所有时间模式中使用的时间间隔。缺省值为1小时。
模式起始时间	模拟开始(例如, 数值2意味着模拟从时间模式的第二小时开始)进入所有时间模式的小时。缺省为0。
报告时间步长	报告计算结果的时间间隔。缺省为1小时。
报告起始时间	开始报告进入模拟计算结果的时间。缺省为0。
钟表起始时间	模拟的开始时间(例如7:30 am, 10:00 pm)。缺省为12:00 am(半夜)。
统计	<p>总结延时模拟结果的统计过程类型。选项为:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 无(每一报告时间步长中报告结果)</li> <li>● 平均(报告时间平均结果)</li> <li>● 最小(报告最小数值结果)</li> <li>● 最大(报告最大数值结果)</li> <li>● 范围(报告最大和最小结果之间的差异)</li> </ul> <p>统计报告起始时间和总历时之间获得的过程, 用于所有节点和管段的计算结果。</p>

**注意:** 为了执行单时段水力分析(也称作点分析), 总历时输入0。该情况中所有其它时间选项的输入(具有例外钟表起始时间)将不被使用。水质分析总是需要非零的总历时。


## 能量选项


当给定的水泵没有指定能量参数时, 能量分析选项提供了计算水泵能量和成本的缺省数值, 它们包含如下:

选项	描述
水泵效率(%)	缺省水泵效率
能量价格/kWh	单位千瓦时的能量价格。货币单位没有明确指定。
价格模式	用于表示能量价格变化的时间模式ID标签。不可用则为空白。
需电量	单位最大千瓦的额外能量费用

## 8.2 执行模拟分析

为了执行水力/水质分析：

1. 选择**工程>>执行分析**，或者在标准工具条上单击。
2. 分析过程将显示在运行状态窗口。
3. 分析结束后，点击**确定**。

如果分析执行成功，图标将显示在EPANETH工作空间底部状态条的运行状况部分。状态报告窗口将显示任何错误或者警告信息。如果成功执行之后编辑管网的属性，水龙头图标中的水流断开，说明当前计算结果不再适用于更改后的管网。

## 8.3 疑难解答

执行水力/水质分析中遇到问题时，EPANETH将公布特定的错误和警告消息（信息完全列表参见附录B）。最常见问题讨论如下。

### 水泵难以提升流量或者扬程

当水泵在其特性曲线范围之外运行时，EPANETH将公布警告消息。与它的虚总扬程相比，如果水泵需要输送更高的扬程，EPANETH将关闭水泵。这可能导致部分管网从一些水源断开。

### 管网是断开的

如果没有向所有需水节点供水，EPANETH将认为管网是断开的。如果在具有需水量的连接节点之间没有管线路径，水库、水池或者连接节点具有负的需水量时可能发生。如果问题通过封闭管段造成，EPANETH将仍旧进行水力计算（可能具有极大的负压），试图在它的状态报告中确定问题管段。如果没有管段存在，当进行分析时，EPANETH将不能够求解水力方程组，返回到错误110消息。在延时模拟情况下，如果管段随时间改变了状态，可能产生节点的断开。

### 存在负压

当在连接节点遇到负压，但具有需水量时，EPANETH将公布警告消息。这常常说明管网的设计或者运行方式具有一些问题。当部分管网仅通过已经被关闭的管段供水，可能发生负压。在这些情况中，关于管网不连接的额外警告消息也将公布。

### 系统不平衡

在一些时段或在允许的最大试算次数范围内，当EPANETH不能够收敛到水力计算结果，系统不平衡条件发生。当阀门、水泵或者管线开始转换它们的状态，从一次尝试到另一次，随着水力结果搜索的进行，该状况能够发生。例如，压力限值控制了水泵的状态，可能设置得太靠近；或者水泵扬程曲线可能太平缓，造成持续的关闭和开启。

为了消除不平衡条件，试图增加允许的最大试算次数，或者放松收敛精度需求。在项目水力选项中，设置这些参数。如果不平衡条件仍然出现，那么另一个水力选项，标签为

“如果不平衡”提供了两种方式来处理。一种是一旦遇到这种状况，终止整个分析。另一个是对于另外的10次试算，继续搜索水力计算结果，所有管段状态冻结到它们的当前数值。如果收敛达到，那么关于系统可能不稳定的警告消息被公布。如果收敛没有达到，那么“系统不平衡”警告消息被公布。在这两种情况中，分析将继续到下一时间段。

如果在给定时段内的分析具有系统不平衡，那么用户应意识到该时段产生的水力结果是不准确的。取决于环境，例如流进或者流出蓄水池的误差，可能在所有将来的时段影响到结果精度。

### **难以求解水力方程组**

如果方程组模拟流量和能量平衡，在管网中不能够求解，错误110被公布。当部分系统需要水，但是没有物理管段连接到任何水源，这可能发生。在这样情况中，EPANETH也将公布关于节点不连接的警告消息。如果不现实的数字用于特定管网属性，方程组也可能无解。



## 第9章 显示结果

本章描述分析结果和基本管网输入数据的不同显示方式，包括地图视图、图形、表格和特殊报表。

### 9.1 地图中显示结果

具有几种方式直接将数据库的数值和模拟结果，显示在管网地图中：

- 对于地图浏览器的当前设置（参见第4.6部分），根据地图图例中设置的颜色，地图中的节点和管段将具有颜色显示（参见第7.6部分）。当在浏览器中选择了新的时段，地图的颜色设置也将更新。
- 当选择了交叉地图标签的程序偏好（参见第4.9部分），在任何节点或者管段上移动鼠标将显示它的ID标签，对于在提示方式框中的节点或者管段，显示当前参数的数值。
- 通过在地图选项对话框的标注页中选择适当的选项，靠近所有节点和/或管段（参见第7.8部分），能够显示ID标签和参数值。
- 满足特定准则的节点或者管段，可以通过提交地图询问来辨别（见以下）。
- 通过时间向前或者向后，利用地图浏览器中的动画按钮，可以动画显示管网地图的结果。动画仅用于节点或者管段显示参数是一个计算数值时（例如管段流量能够被动画，但是直径不能）。
- 地图能够被打印、复制到Windows剪贴板，并可保存为DXF文件或者Windows元文件。

#### 提交地图查询

地图查询标示了管网地图中满足特定准则的节点或者管段（例如压力低于20 psi的节点，流速高于2 ft/sec的管段，等等），示例参见图9.1。为了提交地图查询：

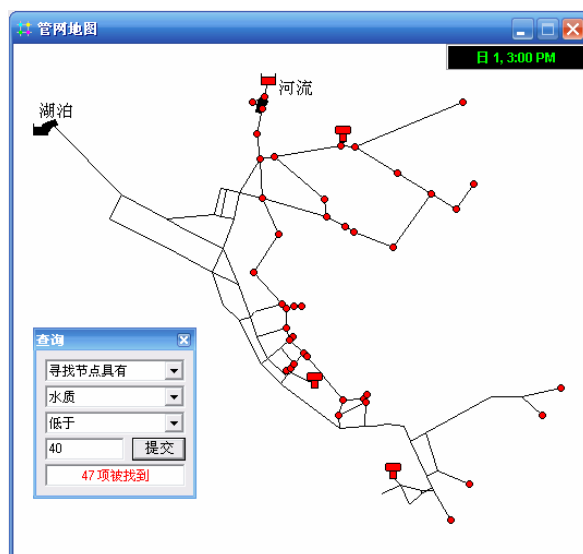



图9.1 地图查询的结果

1. 为了查询地图，从地图浏览器中选择一个时段。
  2. 选择**视图>>查询**，或者在地图工具条中点击.
  3. 在查询对话框中填入以下信息：
    - 选择搜索节点还是管段
    - 选择需要比较的参数
    - 选择**高于，低于，或者等于**
    - 输入一个比较数值
  4. 点击**提交**按钮。满足准则的对象将在地图中高亮显示。
  5. 当在浏览器中选择新的时段，查询结果将自动更新。
  6. 利用对话框可以提交另一个查询，或者点击右上角的按钮将其关闭。
- 在查询框关闭之后，地图将返回到它的原始显示。


## 9.2 图形结果显示

能够利用几种不同类型的图形来显示分析结果和一些设计参数。图形可以被打印，复制到Windows剪贴板，保存为一个数据文件或者Windows元文件。以下类型的图形可用于显示选择的参数值（各种图形显示示例参见图9.2）：

图形类型	描述	适用条件
时间序列图	数值—时间图	各时段下的特定节点或者管段
剖面线图	数值—距离图	特定时刻的节点
等值线图	地图区域内数值落在特定间隔之内	特定时刻的所有节点
频率图	等于或者低于该数值的部分对象图	特定时刻的所有节点或者管段
系统流量图	总系统产水和耗水随时间的变化	所有节点在所有时段的需水量

**注意：**仅当一个节点或者管段以时间序列图绘制时，图形也将显示驻留在已经注册到该工程任何测试数据的校验文件中（参见第5.3部分）。

为了创建图形：

1. 选择**报告>>图形**，或者在标准工具条中点击.
2. 在图形选择对话框中设置选项。
3. 点击**确定**，创建图形。

图形选择对话框，如图9.3所示，用于选择一类图形及其显示的内容。可用在对话框中的选项包括：

事项	描述
图形类型	选择一种图形类型
参数	选择图形参数
时段	选择图形时段（不用于时间序列图）
对象类型	选择节点或者管段（仅仅节点可绘制为剖面线图和等值线图）
绘制项	选择需要再图形中绘制哪些节点或管段参数（仅用于时间序列图和剖面线图）

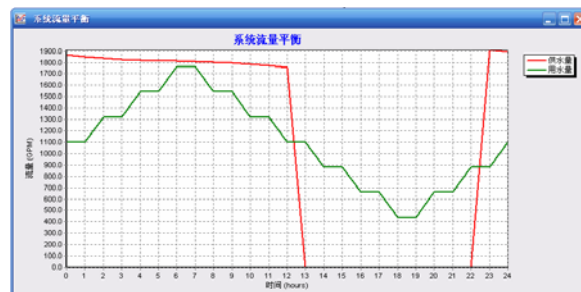
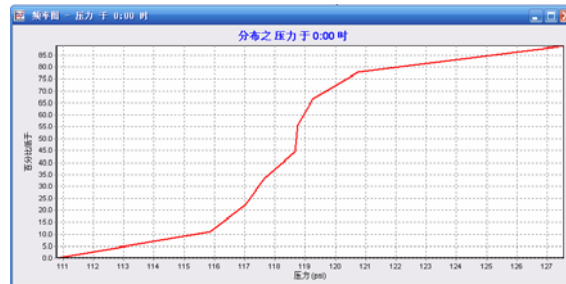
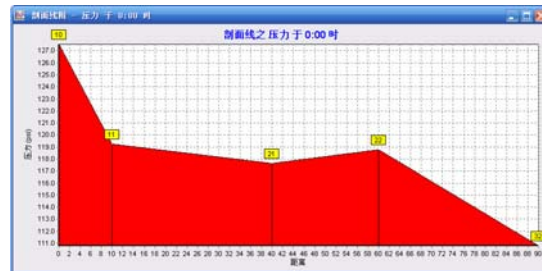


图9.2 不同类型图形的例子



图9.3 图形选择对话框

时间序列图和剖面线图需要选择一个或者多个对象。为了从图形选择对话框中选择事项：


1. 从管网地图或者数据浏览器中选择对象（节点或者管段）。（该过程中图形选择对话框保持可视）。
2. 为了添加被选择事项（节点或管段）到列表，在地图选择对话框中点击**添加**按钮。

在第2步，从数据浏览器也可以拖动对象标签到框图的标题条，或者到图形列表框中。

**图形选择**对话框中的其它按钮使用如下：

按钮	目的
调用（仅用于剖面线图）	调用原来保存的节点列表
保存（仅用于剖面线图）	将当前节点列表保存到文件
删除	从列表中删除选择的事项
上移	将选择的事项在列表中上移一个位置
下移	将选择的事项在列表中下移一个位置

为了定制图形的外观：

1. 使图形处于活动窗口（点击它的标题条）。
2. 选择**报告>>选项**，或者在标准工具条中点击，或者在图形上点击右键。
3. 对于时间序列图、剖面线图、频率图或者系统流量图，利用图形选项对话框（图9.4）来定制图形外观。
4. 对于等值线图，利用等值线选项对话框定制图形。

**注意：**时间序列图、剖面线图、或者频率图，可以通过按住**Ctrl**键进行缩放。绘制缩放矩形时应按住鼠标左键。从左向右绘制为放大，从右向左绘制为缩小。通过按住**Ctrl**

键和鼠标右键，在图形上移动鼠标，也可以向任意方向移动图形。

图形选项对话框（图9.4）用于定制x-y图形的外观。为了利用对话框：

1. 五个标签页分别为：
  - 一般选项
  - 水平轴
  - 竖向轴
  - 图例
  - 系列
2. 对于所有新的图形，如果希望利用当前的设置作为缺省设置，检查**缺省**框。
3. 选择**确定**，接受所作选择。

图形选项对话框中每一页具体事项如下。

一般选项页

选项	描述
面板颜色	绘图周围的面板颜色
背景颜色	绘图区域的颜色
3D视图	如果图形以3D绘制，检查
3D效果百分比	绘制3D效果的程度
主标题	图形主标题的文本
字体	用于改变主标题的字体

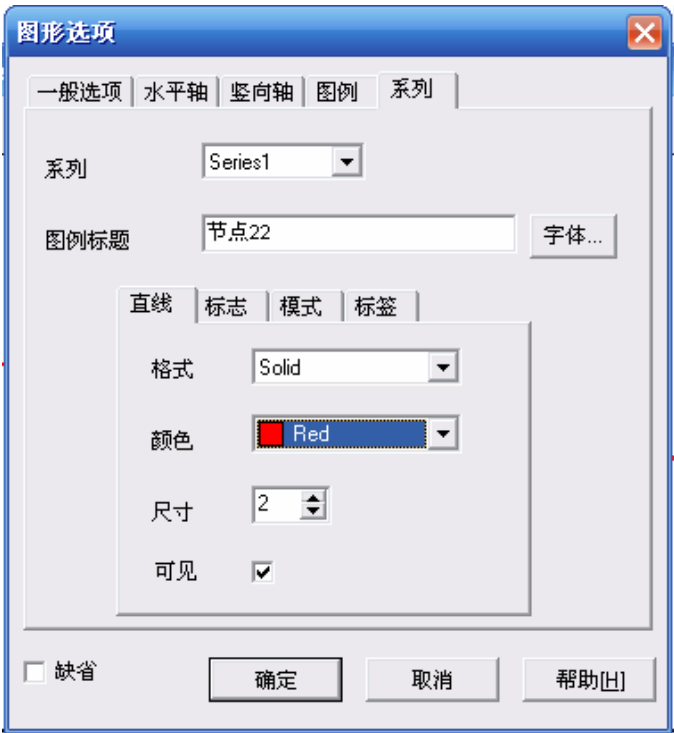


图9.4 图形选项对话框

### 水平轴和竖向轴页

选项	描述
最小值	设置轴上最小值（缺省为圆括号中所示的最小数据值）。可为空白。
最大值	设置轴上最大值（缺省为圆括号中所示的最大数据值）。可为空白。
增量	设置轴标签之间的增量。可为空白。
自动比例	如果检查，那么忽略最小值、最大值和增量设置。
网格线	如果检查，绘制网格线。
轴标题	轴标题文本。
字体	点击，改变轴标题的字体。

### 图例页

选项	描述
位置	选择放置图例的位置。
颜色	选择用于图例背景的颜色。
符号宽度	选择用于绘制图例符号部分的宽度。
边框	检查，图例将设置边框。
可见性	检查，使图例可见。

### 系列页

图形选项对话框中的系列页（图9.4）控制数据序列（或者曲线）在图形中的显示。为了使用该页：

- 从系列组合框中选择数据系列。
- 编辑图例中标识该系列的标题。
- 为了修改图例的字体，点击字体按钮。（其它图例属性在对话框的图例页选择。）
- 选择希望修改的数据系列属性。选择为：
  - 直线
  - 标志
  - 模式
  - 标签

（并非所有属性可用于各种类型的图形。）

修改数据系列属性，包括以下事项：

类型	选项	描述
直线	样式	选择直线样式。
	颜色	选择直线颜色。
	尺寸	选择直线宽度（仅用于实线样式）。
	可见	确定直线是否可见。
标志	样式	选择标志样式。
	颜色	选择标志颜色。
	尺寸	选择标志尺寸。

模式	可见	确定标志是否可见。
	样式	选择模式样式。
	颜色 分层	选择模式颜色。 EPANETH不使用该选项。
标签	样式	选择显示在标签中的信息类型。
	颜色	选择标签背景的颜色。
	透明	确定图形是否透过标签显示
	显示箭头	确定箭头是否显示在饼状图中。
	可见性	确定标签是否可见。

等值线选项对话框（图9.5）用于定制等值线图形的外观。每一选项的描述如下：



图9.5 等值线图形选项对话框

分类	选项	描述
图例	显示图例	转换图例显示与否
	修改图例	改变颜色和等值线的间隔
管网背景	前景	显示在图形上的管网图像颜色
	背景	用于等值线图形的背景颜色
	线尺寸	用于显示管网的直线宽度
样式	填充等值线	利用颜色填充区域绘制等值线
	线性等值性	利用带颜色直线绘制等值线
等值线	宽度	用于等值线间隔的直线宽度
	每水平上的直线数	单位主要等值线水平，子等值线的数量
缺省		保存等值线图形选项作为缺省设置


### 9.3 表格结果显示

EPANETH允许以表格形式显示所选工程数据和分析结果：

- 管网表：可列出指定时段所有节点或者管段的属性和结果。
- 时间序列表：可列出所有时段特定节点或者管段的属性和结果。

表格可以打印、复制到Windows剪贴板，或者保存到文件。一个示例表格见图9.6。

为了创建表格：

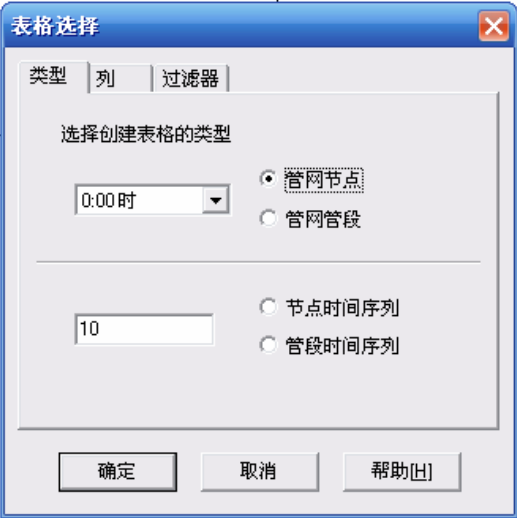
1. 选择**报告>>表格**或者在标准工具条中点击。
2. 利用显示的表格选项对话框选择：
  - 表格类型
  - 表格中显示的参数列
  - 数据过滤器



节点ID	需水量 GPM	总水头 ft	压力 psi	Chlorine mg/L
连接点 10	0.00	1010.67	130.28	1.00
连接点 11	210.00	992.42	122.37	0.86
连接点 12	210.00	980.17	121.40	0.79
连接点 13	140.00	977.08	122.23	0.30
连接点 21	210.00	977.24	120.13	0.75
连接点 22	280.00	976.29	121.88	0.49
连接点 23	210.00	975.76	123.82	0.30
连接点 31	140.00	970.32	117.13	0.54
连接点 32	140.00	969.22	111.89	0.21

图9.6管网节点表格示例

表格选项对话框具有三个标签页，见图9.7。当一个表格首次被创建时，所有三页均可以使用。在表格创建之后，仅仅显示列和过滤器。在每一页中的可用选项如下：



表格选择

类型 | 列 | 过滤器

选择创建表格的类型

0:00 时 ☒ 管网节点 ☐ 管网管段

10 ☐ 节点时间序列 ☐ 管段时间序列

确定 取消 帮助(H)

表9.7 表格选择对话框



## 类型页

表格选项对话框的类型页，用于选择需要创建的表格类型。选项为：

- 指定时段的所有管网节点；
- 指定时段的所有管网管段；
- 所有时段的特定节点；
- 所有时段的特定管段。

## 列页

表格选项对话框的列页（图9.8）选择显示在表格列中的参数。

- 若希望将参数包含在表格中，检查靠近每一参数名字的检查框；如果参数项已被选择，框中点击即可取消。（键盘中的箭头键Up（↑）和Down（↓），可用于在参数名称之间移动，空格键用于选择/取消选择）。
- 为了利用特定参数值，对管网类型表格内的数值排序，可在对话框的底部检查**排序通过**框。（作为表格中的列，不必选择筛选参数。）时间序列表格不能被筛选。

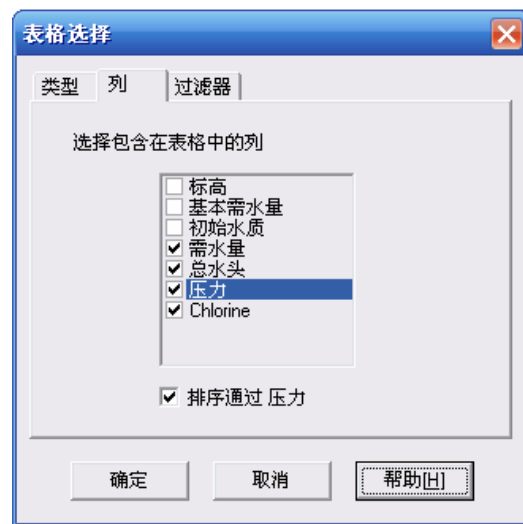


图9.8 表格选项对话框中的列页


## 过滤器页

表格选项对话框的过滤器页（图9.9）用于定义显示在表格中选择项的状态。为使用过滤表格的内容：

- 利用页顶部的控制项创建一种条件（例如压力低于20）。
- 点击**添加**按钮，在列表中添加条件。
- 利用**删除**按钮，从列表中删除选择的条件。

用于过滤表格的多重条件通过**AND**连接。如果表格已经被过滤，一个重新可变尺寸面板将显示在底部，说明多少事项满足了过滤器的状态。

一旦表格被创建，就可以添加/删除列，进行数据筛选或过滤：

- 选择**报告>>选项**或者在标准工具条中点击，或者在表格中点击右键。
- 利用表格选择对话框中的列和过滤器页，修改表格。

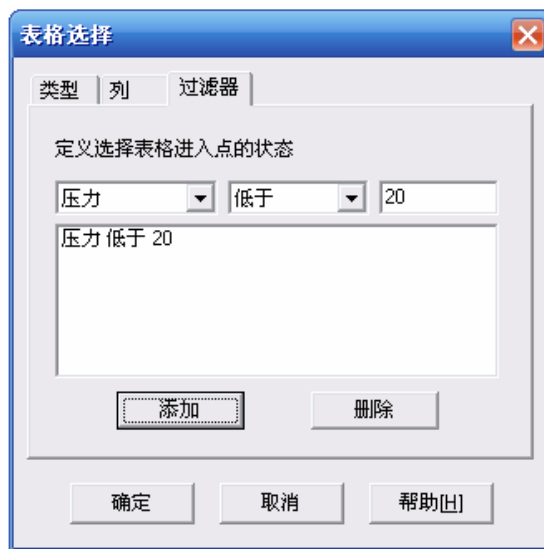


图9.9 表格选项对话框中的过滤器页

## 9.4 显示特殊报表

EPANETH可以产生一些处理图形和表格的特殊报表。这些包括：

- 状态报表
- 能量报表
- 校验报表
- 反应报表
- 完整报表

所有这些报表能够被打印、复制到文件，或者复制到Windows剪贴板（完整报表仅可以保存到文件。）



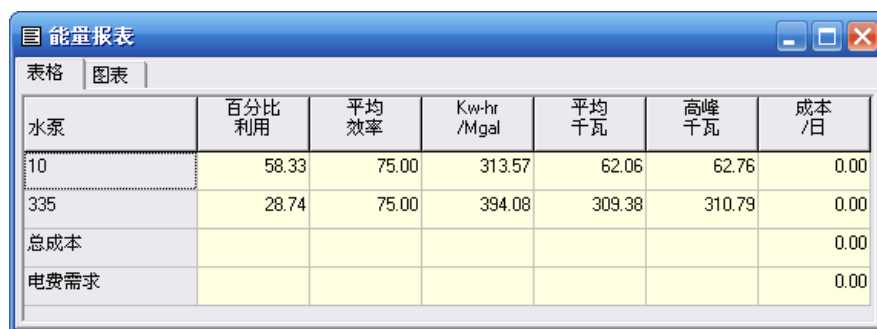
图9.10 状态报表的一部分

## 状态报表

分析过程中，EPANETH向状态报表写入产生的所有错误和警告消息（见图9.10）。如果在工程水力选项中的状态报告选项被设置为**是**或者**所有**，管网对象变化状态的额外信息也写在该报表中。为了查看最新分析运行后的状态报表，从主菜单中选择**报告>>状态**。

## 能量报表

为了显示关于每一台水泵消耗的能量，以及在模拟历时中能量成本的统计，EPANETH能够产生一个能量报表（见图9.11）。在主菜单中选择**报告>>能量**，产生一个能量报表。报表具有两个标签页。一个以表格方式显示水泵耗用能量情况。第二个利用柱状图比较水泵之间的耗能情况。



The image shows a software window titled "能量报表" (Energy Report). It has two tabs: "表格" (Table) and "图表" (Chart). The "表格" tab is active, displaying a table with the following data:

水泵	百分比 利用	平均 效率	Kw-hr /Mgal	平均 千瓦	高峰 千瓦	成本 /日
10	58.33	75.00	313.57	62.06	62.76	0.00
335	28.74	75.00	394.08	309.38	310.79	0.00
总成本						0.00
电费需求						0.00

图9.11 能量报表示例


## 校验报表

校验报表可以看出EPANETH模拟结果与被模拟系统测试结果的匹配程度。为了创建校验报表：

1. 首先确保校验数据已经在工程中注册（见第5.3部分）。
2. 从主菜单中选择**报告>>校验**。
3. 在显示的校验报表选项对话框中（见图9.12）：
  - 选择需要校验的参数
  - 选择用在报表中的测试点
4. 点击**确定**，创建报表。



图9.12 校验报表选项对话框

在创建报表之后，校验报表选项对话框能够重新出现，当报表是EPANETH工作空间的当前活动窗口时通过**报告>>选项**，或者通过在标准工具条中点击，以设置报表选项。

一个校验报表样本见图9.13。它包含了三个标签页：统计、数据相关性分析图形和均值比较。

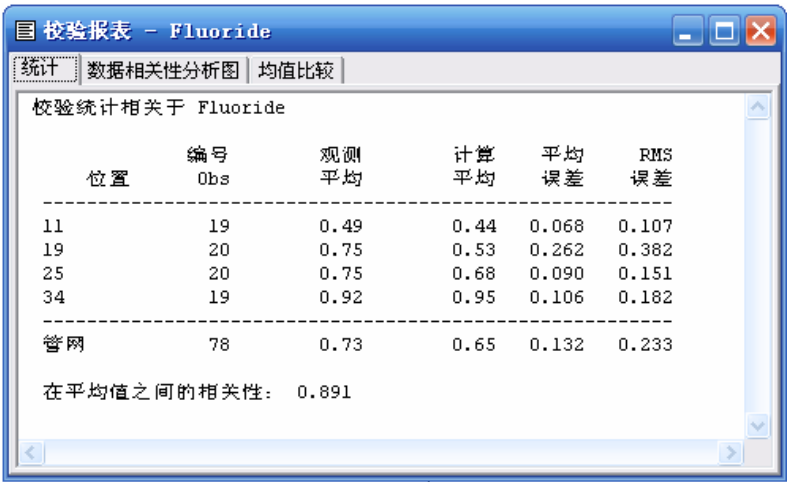


图9.13校验报表示例

统计页

校验报表的统计页列出了在每一测试位置的模拟和观察数据之间，以及对于管网作为整体的各种错误统计。如果一个位置的测试值在一个时间提取，在模拟报表时间间隔之间，那么当时的模拟数值可以通过在间隔终端之间模拟数值的内插来查找。

每一测试位置列出的统计量为：

- 观察值数量；
- 观察值的平均数；
- 模拟值的平均数；
- 每一观察值和模拟值之间的平均绝对误差；
- 平方根误差（观察与模拟数值误差平方和均值的平方根）。

也列出管网作为整体时的均值相关性（在每一位置的平均观察数值和平均模拟数值之间的相关系数）。

数据相关性分析图页

校验报表的数据相关性分析图页，显示每一位置每一次测试值和模拟值的离散图。图形中每一位置赋以不同的颜色。点离图形中的45度线越近，观察值和模拟值的匹配性越好。

均值比较页

校验报表的均值比较页提供了一个柱状图，比较了每一位置每一校验参数的观察平均值和模拟平均值的比较。


## 反应报表

当模拟水质成分的反应变化时使用反应报表，图形化描述了发生在整个管网以下位置的平均反应速率：


- 主流水体；
- 管壁处；
- 蓄水池内。

饼状图说明总体反应速率在每一位置发生的百分比。图例说明了平均速率，以质量单位每小时计。图形的标注说明反应剂进入系统的速率。

反应报表中的信息能够一眼说明，什么样的机制导致了物质在管网中的增长或者衰减。例如，如果观察到多数氯衰减，发生在蓄水池中而不是在管壁，那么可能推断管道清洗和替换的纠正策略将对改善余氯影响较小。

为了修改饼状图的外观，图形选项对话框能够被激发，通过选择**报告>>选项**或者通过在标准工具条中点击，或者通过在图形的任何位置点击右键。

## 完整报表

当显示在状态条的运行状态部分时，通过从**报告**菜单中选择**全部**，对于所有节点、管段和时段计算结果的报表可能存储进文件。该报表可以在EPANETH之外，利用任何文本编辑器或者文本处理器显示或者打印，其中包括以下信息：

- 项目标题和注脚；
- 列出了每一管段的两端节点、长度和直径的表格；
- 列出了每一水泵耗能统计表格；
- 每一时段，列出了每一节点（需水量、水头、压力和水质）和每一管段（流量、流速、水头损失和状态）计算数值的表格。

对于小型到中型管网（对大型管网在许多时段，完整报表文件可能要消耗大量的字节和磁盘空间），该特征主要用于记录管网分析的最终结果。在本章描述的其它报告工具可在更具有选择性的基础上显示计算结果。

## 第 10 章 打印和复制

本章描述怎样将EPANETH工作空间中当前活动窗口的内容打印、复制到Windows剪贴板或者文件，其中包括管网地图、图形、表格、报表或者在浏览器中选择的对象属性。

### 10.1 选择打印机

为了从安装的Windows打印机中选择打印机并设置其属性：

1. 从主菜单中选择**文件>>页面设置**。
2. 在显示的页面设置对话框中点击**打印机**按钮（见图10.1）。
3. 从显示的下一个对话框的组合框中，选择一台打印机。
4. 点击**属性**按钮，选择打印机的属性（这随打印机而异）。
5. 在每一对话框中点击**确定**，接受所作选择。

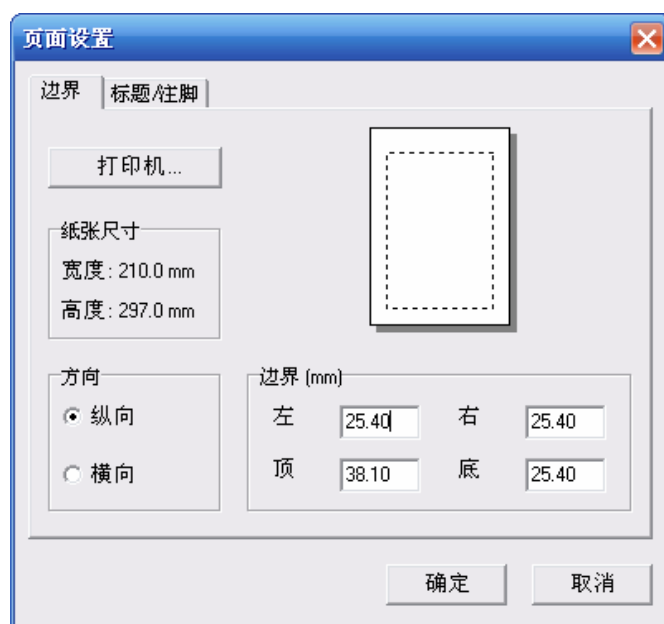


图10.1 页面设置对话框

### 10.2 设置页面格式

为了格式化打印页面：


1. 在主菜单中选择**文件>>页面设置**。
2. 利用显示的页面设置对话框边界页（图10.1）：
  - 选择一台打印机
  - 选择纸张方向（横向或者纵向）
  - 设置左、右、上、下边界

3. 利用对话框的标题/注脚页：
  - 将显示在每一页的标题文本；
  - 说明是否打印标题；
  - 提供显示在每一页的注脚文本；
  - 表明是否打印注脚；
  - 设置页码放置位置。
4. 点击**确定**，接受所作选择。

## 10.3 打印预览

从主菜单中选择**文件>>打印预览**，将显示预览窗口，说明每一页显示的打印对象。


## 10.4 打印当前视窗

为了打印EPANETH工作空间中当前显示的视窗，从主菜单中选择**文件>>打印**，或者在标准工具条中点击。以下视图可以被打印：

- 数据浏览器（当前被选对象的属性）；
- 管网地图（在当前缩放水平）；
- 图形（时间序列图、剖面线图、等值线图、频率图和系统流量图）；
- 表格（管网和时间序列表）；
- 状态、能量、校验和反应报表。

## 10.5 复制到剪贴板或者文件

EPANETH能够将当前视窗中的文本和图形复制到Windows剪贴板和文件。视窗复制包括管网地图、图形、表格和报表。为了将当前视窗复制到剪贴板和文件：

1. 从主菜单中选择**编辑>>复制到**，或者点击.
2. 从显示的复制对话框中选择选项（见图10.2），点击**确定**按钮。
3. 如果选择复制到文件，在**另存为**对话框显示时，输入文件的名称，并点击**保存**。

为了定义希望数据复制的位置，按以下使用**复制**对话框：

1. 对于要复制的材料（剪贴板或者文件），选择目标
2. 选择复制的格式：
  - 位图（仅针对图形）
  - 图元文件（仅针对图形）
  - 数据（文本、选择的部分表格，或者用于构建图形的数据）
3. 点击**确定**按钮，接受选择；或者点击**取消**按钮，取消复制请求。

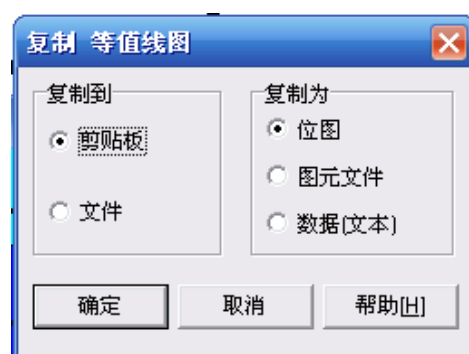


图10.2 复制对话框



# 第 11 章 导入和导出

本章引入了工程方案的概念，描述了EPANETH导入和导出数据，例如管网地图和整个工程数据库。

## 11.1 工程方案

当进行管网分析时，工程方案包含了刻画当前状况的数据子集。一个方案能够包含以下一个或者多个数据类型：

- 所有节点的需水量（对于所有类型的需水量，或基线需水量加上时间模式）；
- 所有节点的初始水质；
- 所有管道的直径；
- 所有管道的粗糙系数；
- 所有管道的反应系数（主流水体和管壁）；
- 简单和基于规则控制。

EPANETH能够编辑方案，根据以上列出的一些或者所有数据类型，将方案保存到文件，以便以后可以阅读模式返回。

设计和运行可选方案能够提供系统有效的分析。它们可用于检验不同负荷条件的影响，寻找优化的参数估计，以及评价运行策略的变化。方案文件被保存为ASCII文件，可以在EPANETH之外利用文本编辑器和电子表格程序创建或者修改。

## 11.2 导出方案

为了将工程方案导出到文本文件：

1. 从主菜单中选择**文件>>导出>>方案**。
2. 在显示的导出数据对话框中（见图11.1），选择希望保存的数据类型。
3. 输入模型的选择性描述，保存在**备注**域中。
4. 选择**确定**按钮，接受选择。
5. 如果随后显示**保存**对话框，选择方案文件的文件夹和名称。方案文件缺省扩展名为.SCN。
6. 点击**保存**按钮，完成导出。

如下一部分描述的那样，导出方案能够在以后导入到工程。

## 11.3 导入方案

为了从文件导入工程方案：

1. 从主菜单选择**文件>>导入>>方案**。

2. 利用显示的打开文件对话框，选择需要导入的方案文件。为了定位期望的文件，当它们被选择时，对话框的内容面板将显示文件的前几行。
  3. 点击**打开**按钮，接受选择。
- 包含在方案文件中的数据，将替换当前工程中任何已存在相同类型的数据。

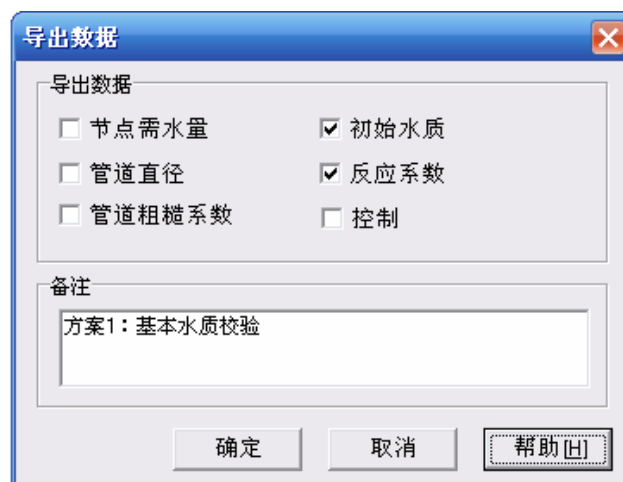


图11.1 导出数据对话框

## 11.4 导入部分管网

EPANETH能够以文本格式导入管网的几何描述。该描述简单地包含了节点ID标签和地图坐标，管段ID标签及其两端节点。这简化了利用其它程序数字化管网几何尺寸的过程，例如CAD和GIS软件包，便于将这些数据转换到EPANETH。

部分管网文本文件的格式如下，其中尖括号（<>）之间的文本描述了文件中显示的信息类型：

[TITLE]

<文件的选择性描述>

[JUNCTION]

<每一节点的ID标签>

[PIPES]

<每一管道的ID标签，其后是其每一端点ID标签>

[COORDINATES]

<连接节点ID及其X、Y坐标>

[VERTICES]

<管道ID及其中间顶点的X、Y坐标>

注意，仅仅表示了连接节点和管段。其它管网元素，例如水库和水泵，可导入为连接节

点或者管道，随后被转换或者简单加入。用户负责转换任何从CAD或者GIS软件包产生的数据，成为具有以上格式的文本文件。

除了该部分表达，管网的完整性能可以放在一个文件内，格式描述见附录c。在这种情况下，文件也包含了节点和管段的属性信息，例如标高、需水量、直径、粗糙系数等。

## 11.5 导入管网地图

为了导入存储在文本文件中的管网地图坐标：

1. 从主菜单中选择**文件>>导入>>地图**。
2. 在显示的打开文件对话框中，选择包含地图信息的文件。
3. 点击**打开**按钮，将利用文件中描述的情况代替当前管网地图。

## 11.6 导出管网地图

利用Autodesk的DXF（图形转换格式）格式、the Windows增强图元文件(EMF)格式，或者EPANETH拥有的ASCII文本（地图）格式，可将管网地图的当前视图能够保存到文件。DXF格式是许多计算机辅助设计（CAD）程序可读的。为了重设比例和编辑，元文件能够插入到文字处理文档，以及调入到绘图程序。这两种格式是基于矢量的，当它们在不同尺寸下显示时，不会丢失分辨率。

为了以全尺寸导出管网地图到DXF、图元文件或者文本文件：

1. 从主菜单中选择**文件>>导出>>地图**。
2. 在显示的地图导出对话框中（见图11.2），选择期望地图保存的格式。
3. 如果选择了DXF格式，需要选择连接节点怎样在DXF文件中表示。它们能够绘制为空心圆，实心圆，或者实心方形。为了绘制一个实心圆形，并非所有DXF阅读器能够识别DXF文件中的命令。
4. 在选择格式之后，点击确定，在显示的另存为对话框中输入文件名称。

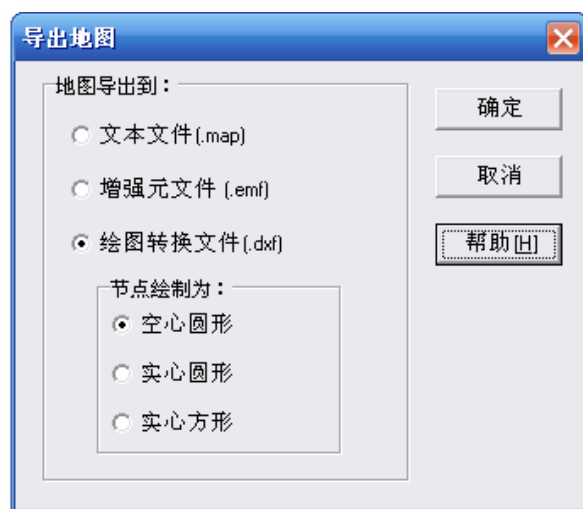


图11.2 地图导出对话框

## 11.7 导出到文本文件

为了将工程数据导出到文本文件：

1. 从主菜单中选择**文件>>导出>>管网**。
2. 在显示的保存对话框中输入需要保存的文件名称（缺省扩展名为`.INP`）。
3. 点击**保存**按钮，完成导出。

结果文件将以ASCII文本格式书写，具有明确辨识的各种数据类型和属性标签。为了下一次分析，利用**文件>>打开**或者**文件>>导入>>管网**命令，可以读回EPANETH。利用该输入格式的完整管网描述，也在EPANETH外部，利用任何文本编辑器或者电子表格程序进行创建。`.INP`文件格式的完整性能见附录C。

以这种格式保存数据库的文档版本，这是很好的想法，以便能够以人工阅读的版本来访问数据。可是，对于EPANETH的每日应用，更有效的是利用EPANETH特有的工程文件格式保存数据（这创建了一个`.NET`文件），通过利用**文件>>保存**或者**文件>>另存为**命令。该格式包含了附加的工程信息，例如地图图例选择的颜色和范围，注册校验数据文件的名称，以及被选择的任何打印选项。

## 第 12 章 常见问题释疑

### 怎样导入由CAD或者GIS程序创建的管网？

参见第11.4部分。

### 怎样模拟水泵从水井抽取地下水情况？

将水井表示为水库，它的水头等于地下水含水层的压力计水头。然后从水库由水泵连接到管网其余部分。为了表达沿水泵的局部损失，可以在水泵之前增加管道。

如果已知水井的抽水量，那么可选的方法是替换水井，利用具有一个节点的水泵组合，赋值一个等于水泵抽水量的负需水量。如果水泵抽水量随时间而变化，时间模式也可赋值给需水量。

### 怎样确定满足特定流量的水泵尺寸？

设置水泵的状态为CLOSED。在水泵的吸水节点（吸水口）增加一个等于水泵流量的需水量，在出水节点放置一个相同程度的负需水量。管网分析之后，在两节点之间的水头差就是水泵需要提升的扬程。

### 怎样确定满足特定扬程的水泵尺寸？

利用压力制动阀门，在相反方向导向代替水泵。将设计扬程转换为等价的压力，利用该值作为阀门的设置。执行分析之后，通过阀门的流量即为水泵的设计流量。

### 怎样增强水库进入管网时的水源调度？

将水库替换为节点，具有等于水源流量调度的负需水量。（确保至少具有一座水池，或者保留管网中的水库，否则EPANETH将公布一个错误消息。）

### 怎样分析特定连接节点的消防流量？

为了确定施加消防流量后节点的可用最大压力，将消防流量增加到节点的常规需水量，执行分析，注意节点的结果压力。

为确定特定压力下可用的最大流量，设置节点的扩散器系数为大的数值（例如，100倍的最大期望流量），以及增加期望的压力水头（2.3倍压力，以psi计）到节点的标高。执行分析之后，可用消防流量等于节点报告的实际需水量减去任何用户需水量。

### 怎样模拟减压防回流阀门？

利用一般目的、具有水头损失曲线的阀门，随着流量的降低，水头损失增加。来自阀门厂家的信息有助于构造曲线。为了限制流向，在阀门上串联一个止回阀（即，短长度管道，其状态设置为cv）。

### 怎样模拟压力气动水池？

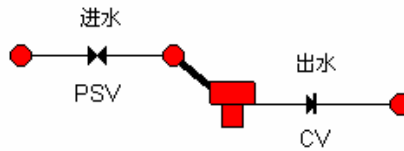
如果水池中的压力变化忽略，利用大口径圆筒水池，标高设置接近于水池的压力水头性能。选择水池尺寸，以便容积的变化仅仅产生很小的水位变化。

如果水池中建立的压力水头范围在H1和H2之间，对应的容积为V1和V2，那么利用

圆筒形水池，其断面积等于  $(V2 - V1) / (H2 - H1)$ 。

### 怎样模拟在水面之上放水的水池进水口？

利用下图所示的配置：



水池的进水口包含一个稳压阀，后跟短长度的大口径管道。PSV的压力设置应为0，它的两端节点标高应等于连接水池的真正管道标高。为了预防回流，在水池出水管路上设置一个止回阀。

### 怎样确定水质分析中的初始条件？

如果模拟监视的现有条件作为校准研究的一部分，将测试数值赋值给测试的节点并内插，将数值赋给其它位置。推荐将蓄水池和源头位置包含在需要测试的位置集合中。

为了从任意初始值开始（除了水池）模拟将来的条件，对于大量重复性需水量模式循环分析，以便水质结果也以周期性模式开始重复。如果良好的初始估计进行，对于水池中的水质，这样的循环数量较少。例如，如果模拟水龄，初始值可以设置为水池的平均停留时间，这大约等于它的每日容积交换部分。

### 怎样估计主流水体和管壁反应系数的数值？

主流水体反应系数能够通过实验室瓶试来估计（参见第3.4部分的主流区反应）。管壁反应速率不能够直接测试。它们必须来自现场研究的数据收集，根据校验数据反复拟合（例如，为了确定系数值，利用试算法产生最好匹配于现场观察的模拟结果，）。对于消毒，例如氯和氯胺，塑料管道和较新衬里的铸铁管道不希望施加任何显著的管壁需求。

### 怎样模拟加氯站？

在连接节点或者水池处放置加氯站，具有零或者正的需水量。将节点选入属性编辑器，点击源水质域的省略号按钮，启动源头水质编辑器。在编辑器中，设置源头类型为**设置点注入**，源头水质为氯浓度。另一种方式，如果加氯站利用步进流量加氯，将源头类型设置为**流量步进注入**，将源头水质设置为氯浓度。如果希望使加氯水平随时变化，在时间模式域中指定一个时间模式ID。

### 怎样模拟管网中THM的增长？

THM的增长可以利用一级饱和和动力学来模拟。来自数据浏览器的**选项—反应**。设置主流反应级数为1，假设具有长的充分时间，水能够产生有限的浓度达到最大THM水平。将主流反应级数设置为THM生产速率的正数值反应（例如0.7除以THM双倍时间）。反应系数和有限浓度的估计可从实验室测试获得。反应系数将随水温的增加而增加。所有管网节点的初始浓度应至少等于从它的源头节点进入管网的THM浓度。

### 同时是否可以运行多个EPANETH应用程序？

是的。对于两个或者多个不同的设计或者运行方案的比较，这证明是有益的。

## 附录A 计量单位

参数	公制单位	美制单位
浓度	mg/L或者μg/L	mg/L或者μg/L
需水量	(参见流量单位)	(参见流量单位)
(管道) 直径	毫米	英寸
(水池) 直径	米	英尺
效率	百分比	百分比
标高	米	英尺
扩散器系数	流量单位/(米) <sup>1/2</sup>	流量单位/(psi) <sup>1/2</sup>
能量	千瓦-小时	千瓦-小时
流量	LPS (升/秒) LPM (升/分) MLD (兆升/日) CMH (立方米/时) CMD (立方米/日)	CFS (立方英尺/秒) GPM (加仑/分) MGD (百万加仑/日) IMGD (英制MGD) AFD (英亩-英尺/日)
摩擦因子	无量纲	无量纲
水头	米	英尺
长度	米	英尺
局部损失系数	无量纲	无量纲
功率	千瓦	马力
压强	米	磅每平方英寸
反应系数 (主流区)	1/日 (1级)	1/日 (1级)
反应系数 (管壁区)	质量/平方米/日 (0级) 米/日 (1级)	质量/平方英尺/日 (0级) ft/日 (1级)
粗糙系数	毫米 (Darcy-Weisbach), 其它为无量纲	10 <sup>-3</sup> 英尺 (Darcy-Weisbach) 其它为无量纲
源头质量注射	质量/分钟	质量/分钟
流速	米/秒	英尺/秒
容积	立方米	立方英尺
水龄	小时	小时

**注意：**流量单位表示为升或者立方米时，采用公制单位。当CFS，GPM，AFD或者MGD作为流量单位时，采用美制单位。

## 附录B 错误信息

<i>ID</i>	<i>解释</i>
101	可用内存不充分，分析终止。
110	不能求解管网水力方程组，分析终止。应检查管网是否将任何物理连接到水池或者水库，或者管网输入数据不合理。
200	输入数据中发现一处或者多处错误。
201	输入文件行存在语法错误。最可能发生在由EPANETH外部用户所创建的.INP文件中。
202	非法数值赋给了一个属性。
203	对象指向未定义节点。
204	对象指向未定义管段。
205	对象指向未定义时间模式。
206	对象指向未定义曲线。
207	试图控制止回阀。一旦管道利用属性编辑器赋以止回阀状态，其状态不能够通过简单或者基于规则控制改变。
208	参考到一个未定义节点。这可能发生在控制语句中。
209	非法数值赋给了节点属性。
210	参考到一个未定义管段。这可能发生在控制语句中。
211	非法数值赋给了管段属性。
212	源头跟踪分析参考到未定义的跟踪节点。
213	分析选项具有非法数值（例如时间步长为负值）。
214	从输入文件行读取了太多的字符。.INP文件每行限制最多255个字符。
215	两个（或者多个）节点（或管段）共享了相同的ID标签。
216	能量数据提供给了未定义的水泵。
217	非法能量数据提供给了水泵。
219	阀门非法连接到水库或者水池。PRV，PSV或者FCV不能够直接连接到水库或者水池。应利用管道来分离这两个组件。
220	阀门非法连接到另一个阀门。PRV不能够共享相同的下游节点，或者串联连接；PSV不能够共享相同的上游节点，或者串联连接；PSV不能够直接连接到PRV的下游节点。
221	基于规则控制包含了错误语句。
223	分析管网中没有充分的节点。合理的管网必须包含至少一个水池/水库和一个连接节点。
224	管网中没有水池或者水库。
225	水池指定了非法的最高/最低水位（例如最低水位值大于最高水位值）。
226	没有水泵曲线或者能量性能提供给水泵。在水泵曲线属性中，水泵必须赋以一条曲线ID，或者在它的能量属性中赋以能量性能。如果这两个属性被赋值，那么使用水泵曲线。
227	水泵具有非法水泵曲线。合理水泵曲线必须随着流量增加，扬程降低。
230	曲线没有增加的x值。
233	节点没有连接到任何管段。
302	系统不能够打开临时输入文件。确保选择的EPANET临时文件夹具有写入权限（参见第



4.9部分)。

- 303 系统不能够打开状态报表文件。参见错误302。
- 304 系统不能够打开二进制输出文件。参见错误302。
- 308 不能够将结果保存到文件。如果磁盘已满，这可能发生。
- 309 不能够将结果写入报表文件。如果磁盘已满，这可能发生。

# 附录C 命令行EPANETH

## C.1 一般指令

EPANETH能够利用DOS窗口内的命令行在工作台上应用。这种情况下，管网输入数据放置在一个文本文件，结果写入另一个文本文件。以这种方式运行EPANETH的命令行为：

```
epanet2h infile rptfile outfile
```

其中**infile**为输入文件名称，**rptfile**为输出报表文件名称，**outfile**为以特殊二进制格式存储结果的可选文件名。如果后者文件不需要，那么可仅提供输入和报表文件名称。注意以上命令假设在EPANETH安装的文件夹下工作，或者已将该文件夹加入在AUTOEXEC.BAT文件的PATH语句中。否则，可执行文件**epanet2h.exe**和命令行中必须使用文件的完整路径名称。命令行EPANETH的错误消息与Window EPANETH的相同，列于附录B。

## C.2 输入文件格式

命令行EPANETH具有与Windows EPANETH产生相同的文本输入文件格式，通过**文件>>导出>>管网**命令。它利用节组织，以括有关键词方括号开始。主要关键词见下表。

管网组件	系统运行	水质	选项和报表	管网地图/ 标签
[TITLE]	[CURVES]	[QUALITY]	[OPTIONS]	[COORDINATES]
[JUNCTIONS]	[PATTERNS]	[REACTIONS]	[TIMES]	[VERTICES]
[RESERVOIRS]	[ENERGY]	[SOURCES]	[REPORT]	[LABELS]
[TANKS]	[STATUS]	[MIXING]		[BACKDROP]
[PIPES]	[CONTROLS]			[TAGS]
[PUMPS]	[RULES]			
[VALVES]	[DEMANDS]			
[EMITTERS]				

节的次序并不重要。可是当一个节需要节点或者管段作为参考时，必须放在[JUNCTIONS]、[RESERVOIRS]、[TANKS]、[PIPES]或者[VALVES]节定义之后。于是建议，以上几节可在在[TITLE]部分之后首先被放置。管网地图和标签节在命令行EPANETH中没有使用，可以从文件中删除。

每一节包含了一行或者多行数据。可在文件中的任何位置出现空白行。分号（;）后面的文本，是文本行中的注释而非数据。一行可最多显示255个字符。ID标签用于标识节点、管段、曲线和模式，可采用多达15个字符的任意组合。

图C.1显示了表示了第2章讨论管网教程的输入文件。

```

[TITLE]
EPANETH入门示例管网

[JUNCTIONS]
;ID          Elev          Demand
;-----
2            13.6          0
3            18.8          14.6
4            18.3          35.1
5            19.1          51.2
6            17.3          82.3
7            22.0          40.8

[RESERVOIRS]
;ID          Head
;-----
1            13.6

[TANKS]
;ID  Elevation  InitLevel  MinLevel  MaxLevel  Diameter  MinVol  VolCurve
;-----
8    32.2       0.5         0         20        12         0

[PIPES]
;ID  Node1  Node2  Length  Diameter  Roughness  MinorLoss  Status
;-----
1    2      3      320     400       100        0          Open
2    3      5      650     300       100        0          Open
3    3      4      330     300       100        0          Open
4    4      6      590     300       100        0          Open
5    5      6      350     200       100        0          Open
6    5      7      550     200       100        0          Open
7    7      8      270     300       100        0          Open
8    6      7      660     200       100        0          Open;

[PUMPS]
;-----
;ID          Node1          Node2          Parameters
9            1              2              HEAD 1  ;

```

图C.1 示例EPANET输入文件（下页继续）

```

[PATTERNS]
;ID Multipliers
;-----
1 0.5 1.3 1 1.2

[CURVES]
;ID X-Value Y-Value
;-----
1 250 35

[QUALITY]
;Node InitQual
;-----
1 1

[REACTIONS]
Global Bulk -1
Global Wall 0

[TIMES]
Duration 24:00
Hydraulic Timestep 1:00
Quality Timestep 0:05
Pattern Timestep 6:00

[REPORT]
Page 55
Energy Yes
Nodes All
Links All

[OPTIONS]
Units LPS
Headloss H-W
Pattern 1
Quality 氯 mg/L
Tolerance 0.01

[END]

```

图C.1 示例EPANET输入文件（续前页）

以下以字母次序描述每一数据节的内容和格式。

## [BACKDROP]

目的：

标识管网地图的背景图像及其尺寸。

格式：

**DIMENSIONS** *LLx LLy URx URy*

**UNITS** **FEET/METERS/DEGREES/NONE**

**FILE** *filename*

**OFFSET** *X Y*

定义：

DIMENSION提供了地图边界矩形左下角和右上角的X和Y坐标。缺省值为[COORDINATES]节提供的节点坐标范围。

UNITS指定了当缺省为NONE时的地图尺寸单位。

FILE是包含背景图像的文件名称。

OFFSET列出了X和Y距离，背景图的右上角是从地图边界矩形的左上角开始的偏移量。缺省为零偏移。

备注：

- a. [BACKDROP]节是可选的，在EPANET平台应用下无作用。
- b. 只有Windows增强元文件和位图文件可用作背景。

## [CONTROLS]

目的：

定义简单的控制，可根据简单条件修改管段属性。

格式：

每一控制为一行，可以为以下格式：

**LINK** *linkID* *status* **IF** **NODE** *nodeID* **ABOVE/BELOW** *value*

**LINK** *linkID* *status* **AT** **TIME** *time*

**LINK** *linkID* *status* **AT** **CLOCKTIME** *clocktime* **AM/PM**

其中：

*linkID*——管段ID标签；

*status*——OPEN或者CLOSED，水泵速度设置或者控制阀门设置

*nodeID*——节点ID标签；

*value*——连接节点压力或者水池水位；

*time*——从模拟开始起算的时间，以小数或者小时:分钟计；

*clocktime*——24小时的钟表时间（小时:分钟）。

备注：

- a. 简单控制将根据水池水位、节点压强、进入模拟时间或者一日中的时间，改变管段状态或者设置。
- b. 对于用在指定管段状态和设置的常规情况，尤其阀门控制，参见[STATUS]节的备注。

**示例:**

```
[CONTROLS]
;如果Tank 23的水位超过20 ft, 关闭Link
LINK 12 CLOSED IF NODE 23 ABOVE 20

;如果Node 130的压力低于30 psi, 开启Link 12
LINK 12 OPEN IF NODE 130 BELOW 30

;在进入模拟16小时后水泵PUMP02的转速比设置为1.5
LINK PUMP02 1.5 AT TIME 16

;整个模拟过程中Lin 12在上午10时关闭, 下午8时开启
LINK 12 CLOSED AT CLOCKTIME 10 AM
LINK 12 OPEN AT CLOCKTIME 8 PM
```

## [COORDINATES]

**目的:**

给节点赋以管网地图坐标。

**格式:**

每一节点为一行, 包括:

- 节点ID标签;
- x坐标;
- y坐标。

**备注:**

- a. 地图中显示的每一个节点为一输入行。
- b. 坐标代表了节点从地图左下角开始的任意区域距离。对于该距离, 可以使用任何方便的计量单位。
- c. 在地图中不需要包含所有节点, 它们的距离不必对应于实际比例。
- d. [COORDINATES]部分是可选的, 当EPANET运行在平台应用中, 不使用该节数据。

**示例:**

```
[COORDINATES]
;Node X-Coord. Y-Coord
;-----
1 10023 128
2 10056 95
```

## [CURVES]

**目的:**

定义数据曲线及其x、y点。

**格式:**

一条曲线中每一x、y点占一输入行, 包含了:

- 曲线ID标签
- X数值
- Y数值

**备注：**

a. 曲线可用于表示以下关系：

- \* 水泵扬程与流量；
- \* 水泵效率与流量；
- \* 水池容积与水深；
- \* 常规阀门的水头损失与流量。

b. 曲线上的点必须以X数值递增的方式输入（即从小到大）。

c. 如果输入文件利用了EPANETH的Windows版本，那么直接在曲线的第一输入行上面，增加一个包含了曲线的类型和描述的注释，通过分号分割，这将保证这些事项直接显示在EPANETH的曲线编辑器中。曲线类型包括**水泵**，**效率**，**容积**和**水头损失**。参见下例：

**示例：**

[CURVES]

;ID 流量 水头

;水泵: Pump 1的曲线

C1 0 200

C1 1000 100

C1 3000 0

;ID 流量 效率

;效率:

E1 200 50

E1 1000 85

E1 2000 75

E1 3000 65

## [DEMANDS]

**目的：**

定义连接节点的多模式需水，是对[JUNCTIONS]的补充。

**格式：**

一个节点中每一类需水量为一输入行，包括：

- 连接节点ID标签；
- 基本需水量（流量单位）；
- 需水量模式ID（可选）；
- 分号之后的需水量类型名称（可选）。

**备注：**

a. 仅用于需水量需要改变或者补充[JUNCTIONS]节的连接节点。

b. 该部分的数据代替了相同节点处[JUNCTIONS]节输入的需水量。

c. 对于每个节点，可以输入没有限制数量的需水量大类。

d. 如果没有提供需水量模式，那么连接节点需水量遵从在[OPTIONS]节指定的缺省需水量模式；或者如果没有缺省模式，指定模式为1。如果缺省模式（或者模式1）不存在，那么需水

量保持恒定。

#### 示例：

```
[DEMANDS]
;ID 需水量 模式 类型
;-----
J1 100 101 ;住宅
J1 25 102 ;学校
J256 50 101 ;住宅
```

## [EMITTERS]

#### 目的：

将模拟节点定义为扩散器（喷嘴或者孔口）。

#### 格式：

每一扩散器为一输入行，包含了：

- 连接节点ID标签
- 流量系数，在1米（1 psi）压降下的流量单位。

#### 备注：

- 扩散器用于模拟通过喷水或者管道渗漏的流量。
- 扩散器的出流等于流量系数与提升的连接节点压力乘积。
- 功率可以利用[OPTIONS]节的EMITTER EXPONENT选项指定。缺省功率为0.5，通常用于喷嘴。
- 程序结果中报告的实际需水量，包括节点的常规需水量加上通过扩散器的流量。
- [EMITTERS]节是可选的。

## [ENERGY]

#### 目的：

定义计算水泵提升能量和成本的参数。

#### 格式：

```
GLOBAL PRICE/PATTERN/EFFIC value
PUMP PumpID PRICE/PATTERN/EFFIC value
DEMAND CHARGE value
```

#### 备注：

- 以关键词GLOBAL为开头的行，用于设置所有水泵的能量价格、价格模式和水泵效率的全局缺省。
- 以关键词PUMP为开头的行，用于对特定水泵重新设置全局缺省。
- 参数定义如下：
  - PRICE——每千瓦时的平均成本，
  - PATTERN——描述能量价格怎样变化的时间模式ID标签，
  - EFFIC——对于全局设置的单一百分比效率，或者指定水泵的效率曲线ID标签，
  - DEMAND CHARGE——模拟时段每最大kW用量增加的成本。
- 缺省全局水泵效率为75%，缺省全局能量价格为0。



e. 本节的所有输入是可选的。反斜杠 (/) 后的项说明允许选项。

#### 示例:

[ENERGY]

GLOBAL PRICE 0.05 ;设置全局能量价格

GLOBAL PATTERN PAT1 ;和一日内时间模式

PUMP 23 PRICE 0.10 ;重载Pump 23的价格

PUMP 23 EFFIC E23 ;将效率曲线赋给Pump 23

## [JUNCTIONS]

#### 目的:

定义包含在管网中的连接节点。

#### 格式:

每一节点占一输入行, 包括:

- ID标签
- 标高, m(ft)
- 基本需水量(流量单位)(可选)
- 需水量模式ID(可选)

#### 备注:

- [JUNCTIONS]节至少需要一个节点。
- 如果没有提供需水量模式, 那么节点需水量遵从缺省需水量模式, 它在[OPTIONS]节指定; 或者如果没有指定模式, 采用模式1。如果缺省模式(或者模式1)不存在, 那么需水量保持恒定。
- 需水量也可在[DEMANDS]节输入, 每个节点包括多个需水量类型。

#### 示例:

[JUNCTIONS]

;ID 标高 需水量 模式

;-----

J1 100 50 Pat1

J2 120 10 ;利用缺省需水量模式

J3 115 ;该连接节点无需水量

## [LABELS]

#### 目的:

给地图标签赋以坐标值。

#### 格式:

每一标签占一输入行, 包括:

- X坐标
- Y坐标
- 双引号中的标签文本
- 锚定节点的ID标签(可选)

#### 备注:

- 地图中每一标签占一输入行。

- b. 坐标是指标签的左上角，并对应于地图左下角的任意起点。
- c. 当地图在缩放操作中重新绘制时，可选锚定节点将标签锚定在节点。
- d. [LABELS]部分是可选的，当DOS平台应用下运行EPANETH时，不使用。

#### 示例:

```
[LABELS]
;X坐标 Y坐标 标签 参考对象
;-----
1230 3459 "Pump 1"
34.57 12.75 "North Tank" T22
```

## [MIXING]

#### 目的:

确定控制蓄水池混合的模型。

#### 格式:

一个水池占一输入行，包括:

- 水池ID标签
- 混合模型 (MIXED, 2COMP, FIFO或LIFO)
- 室的容积 (小数)

#### 备注:

- a. 混合模型包括:
  - 完全混合 (MIXED)
  - 双室混合 (2COMP)
  - 先进先出 (FIFO)
  - 后进先出 (LIFO)
- b. 室容积参数仅仅用于双室模型，代表了总水池容积贡献于进水/出水室的部分。
- c. [MIXING]节是可选的。不在本节描述的水池假设为完全混合。

#### 示例:

```
[MIXING]
;水池 模型
;-----
T12 LIFO
T23 2COMP 0.2
```

## [OPTIONS]

#### 目的:

定义不同的模拟选项。

#### 格式:

```
UNITS CFS/GPM/MGD/IMGD/AFD/
LPS/LPM/MLD/CMH/CMD
HEADLOSS H-W/D-W/C-M
HYDRAULICS USE/SAVE filename
QUALITY NONE/CHEMICAL/AGE/TRACE id
```

**VISCOSITY** value  
**DIFFUSIVITY** value  
**SPECIFIC GRAVITY** value  
**TRIALS** value  
**ACCURACY** value  
**UNBALANCED STOP/CONTINUE/CONTINUE n**  
**PATTERN** id  
**DEMAND MULTIPLIER** value  
**EMITTER EXPONENT** value  
**TOLERANCE** value  
**MAP** filename

#### 定义:

UNITS设置了流量被表达的单位:

LPS——升/秒  
LPM——升/分  
MLD——百万升/日  
CMH——立方米/小时  
CMG——立方米/日  
CFS——立方英尺/秒  
GPM——加仑/分  
MGD——百万加仑/日  
IMGD——英制MGD  
AFD——英亩-英尺/日

如果流量单位为升或者立方米,那么公制单位也必须用于所有其它输入量。对于CFS, GPM, MGD, IMGD和AFD,其它输入量表达为美制单位。(计量单位参见附录A)。缺省流量单位为GPM。

HEADLOSS选择了用于计算通过管道水流的水头损失公式。包括Hazen-Williams (H-W), Darcy-Weisbach (D-W)或Chezy-Manning (C-M)公式。缺省为H-W。

HYDRAULICS选项允许将当前水力结果SAVE (保存)到文件,或者USE (利用)以前保存的水力结果。当研究仅仅影响水质行为的因子时,很有用。

QUALITY选择了执行水质分析的类型。选择包括NONE (无), CHEMICAL (化学药剂), AGE (水龄)和TRACE (跟踪)。在CHEMICAL情况中,化合物的实际名称之后为其浓度单位(例如CHLORINE mg/L)。如果TRACE被选择,必须跟踪节点的ID标签。缺省选项为NONE (没有水质分析)。

VISCOSITY是被模拟流体的运动粘度,相对于20摄氏度时的情况(1.0 厘斯)。缺省值为1.0。

DIFFUSIVITY是化合物的分析扩散系数,相对于水中的氯情况。缺省值为1.0。扩散系数仅仅适用于管壁反应中考虑质量转换限制时。数值0将造成EPANETH忽略质量转换限制。

SPECIFIC GRAVITY是被模拟流体密度与4摄氏度水的密度之比(无量纲)。

TRIALS是在每一模拟水力时间步长中,求解管网水力特性使用的最大试算次数。缺省为40。

ACCURACY指定了确定何时达到水力结果的收敛准则。当所有流量总和改变,来自原先求解除以所有管段的总流量低于该数值时,试算中止。缺省为0.001。

UNBALANCED确定了何时进行,如果水力结果在指定的TRIAL数值内不能够达到,对于水力时间步长来模拟。“STOP”将在该点终止整个分析。“CONTINUE”将在公布警告消息的情况下继续分析。“CONTINUE n”将在另外“n”次试算中搜索结果,所有管线状态保持它们的当

前设置。模拟将在该点继续，关于收敛是否达到，具有消息公布。缺省选项为“STOP”。

PATTERN提供了用于没有指定需水量模式的所有节点缺省需水量模式的ID标签。如果没有这样的模式在[PATTERNS]节中存在，那么通过缺省的模式，包含一个等于1.0的单一乘子。如果没有使用该选项，总体缺省需水量模式具有标签“1”。

DEMAND MULTIPLIER用于调整所有连接节点的基本需水量数值，以及所有需水量的类型。例如，数值2为两倍的基准需水量，而数值0.5将为它们的一半。缺省值为1.0。

EMITTER EXPONENT指定了当计算扩散器的流量时，节点压力上升的幂指数。缺省为0.5。

MAP用于提供包含了管网节点坐标的文件名称，以便绘制管网地图。对于任何水力或者水质计算这是无用的。

TOLERANCE是水质水平精度。对于所有水质分析（化合物、水龄（以小时度量），或者源头跟踪（以百分比度量）），缺省值为0.01。

**备注：**

- a. 如果在本节没有明确指定，所有选项假设为缺省数值。
- b. 反斜杠 (/) 后的项说明为允许选项。

**示例：**

```
[OPTIONS]
UNITS CFS
HEADLOSS D-W
QUALITY TRACE Tank23
UNBALANCED CONTINUE 10
```

## [PATTERNS]

**目的：**

定义时间模式。

**格式：**

每一模式为一输入行或者多输入行，包括：

- 模式ID标签
- 一个或者多个乘子

**备注：**

- a. 乘子定义了一些基本量（例如需水量）对于每一时段需要调整的数量。
- b. 所有模式共享[TIMES]节定义的相同时段间隔。
- c. 每一模式能够具有不同的时段数量。
- d. 当模式时间超过模式长度时，模式返回到第一个时段。
- e. 为了包括每一模式的所有乘子，尽可能使用多输入行。

**示例：**

```
[PATTERNS]
;模式P1
P1 1.1 1.4 0.9 0.7
P1 0.6 0.5 0.8 1.0
;模式P2
P2 1 1 1 1
P2 0 0 1
```

## [PIPES]

### 目的:

定义包含在管网中的所有管道。

### 格式:

每一管道为一输入行，包括：

- 管段的ID标签
- 起始节点ID
- 终止节点ID
- 长度，ft(m)
- 直径，英寸(mm)
- 粗糙系数
- 局部损失系数
- 状态（OPEN，CLOSED或CV）

### 备注:

- 对于Hazen-Williams和Chezy-Manning水头损失公式，粗糙系数为无量纲的；对于Darcy-Weisbach公式，具有毫米(mm)单位。水头损失公式的选择由[OPTIONS]节提供。
- 设置CV的状态，意味着管道包含了止回阀，流量限制为单向流动。
- 如果局部损失系数为0，且管道状态为OPEN，那么这两项能够形成输入行。

### 示例:

[PIPES]

;ID 节点1 节点2 长度 直径 粗糙系数 局部损失 状态

;------

P1 J1 J2 1200 12 120 0.2 OPEN

P2 J3 J2 600 6 110 0 CV

P3 J1 J10 1000 12 120

## [PUMPS]

### 目的:

定义包含在管网中的所有水泵。

### 格式:

每一台水泵为一输入行，包括：

- 水泵的ID标签
- 起始节点ID
- 终止节点ID
- 关键词和数值（可以重复）

### 备注:

- 关键词包括：
  - \* POWER——定速能量水泵的功率数值，hp (kW)
  - \* HEAD——描述了水泵扬程与流量关系的曲线ID
  - \* SPEED——相对速度设置（额定速度为1.0，0意味着水泵关闭）
  - \* PATTERN——时间模式的ID，描述了速度设置怎样随时间变化
- 对于每一台水泵，必须提供POWER或者HEAD。其它关键词是可选的。

### 示例:

[PUMPS]

;ID 节点1 节点2 属性

;-

Pump1 N12 N32 HEAD Curve1

Pump2 N121 N55 HEAD Curve1 SPEED 1.2

Pump3 N22 N23 POWER 100

## [QUALITY]

### 目的:

定义节点的初始水质。

### 格式:

每一节点为一输入行，包括:

- 节点ID标签
- 初始水质

### 备注:

- 对于没有列入的节点，水质假设为零。
- 水质表示了化学成分的浓度、水龄的小时或源头跟踪的百分比。
- [QUALITY]节是可选的。

## [REACTIONS]

### 目的:

定义对应于管网中与化学成分反应的参数。

### 格式:

ORDER BULK/WALL/TANK value

GLOBAL BULK/WALL value

BULK/WALL/TANK pipeID value

LIMITING POTENTIAL value

ROUGHNESS CORRELATION value

### 定义:

ORDER用于设置分别发生在主流水体、管壁或者水池中的反应级数。管壁反应的数值必须为0或者1。如果没有提供，缺省反应级数为1.0。

GLOBAL用于设置所有主流水体反应系数（管道和水池）或者所有管壁系数的全局数值。缺省值为零。

BULK, WALL和TANK用于对指定管道和水池重新设置全局反应系数。

LIMITING POTENTIAL指定了反应速率正比于当前浓度和一些限制值之间的差异。

ROUGHNESS CORRELATION将使所有缺省管壁反应系数，以以下方式，相关于管道粗糙系数:

水头损失公式	粗糙相关性
Hazen-Williams	F/C
Darcy-Weisbach	$F/\log(e/D)$
Chezy-Manning	$F \cdot n$

式中F——粗糙系数相关性;

C——Hazen-Williams C因子;

e——Darcy-Weisbach粗糙系数;

D——管道直径;

n——Chezy-Manning粗糙系数。

这种方式计算的缺省值能够通过利用WALL格式，对于任何使用特定数值管道重载。

#### 备注:

- 注意增长反应系数采用正值，衰减反应系数为负值。
- 所有反应系数的时间单位为1/日。
- 本节所有输入为可选的，反斜杠 (/) 之后的事项说明了允许选项。

#### 示例:

[REACTIONS]

ORDER WALL 0 ;管壁反应为零级

GLOBAL BULK -0.5 ;全局主流衰减系数

GLOBAL WALL -1.0 ;全局管壁衰减系数

WALL P220 -0.5 ;特定管道的管壁系数

WALL P244 -0.7

## [REPORT]

#### 目标:

描述模拟生成的输出报表内容。

#### 格式:

**PAGESIZE** value

**FILE** filename

**STATUS** YES/NO/FULL

**SUMMARY** YES/NO

**ENERGY** YES/NO

**NODES** NONE/ALL/node1 node2 ...

**LINKS** NONE/ALL/link1 link2 ...

parameter **YES/NO**

parameter **BELOW/ABOVE/PRECISION** value

#### 定义:

PAGESIZES设置了输出报表中每一页中的行数。缺省为0，意味着事实上每一页没有行数限制。

对于将要写入的输出报告（在EPANETH的Windows版本中忽略），FILE提供了文件的名称。

STATUS确定了应怎样生成水力状态报告。如果YES被选择，在模拟的每一时间步长中改变状态的所有管网组件将输出到报告。如果FULL被选择，那么也将包括每一水力分析的每一试算中的信息输出到报告。详细水平仅仅对于调试管网是有用的，这时水力不平衡。缺省为NO。

SUMMARY确定了管网组件数量的总结表，以及产生的关键分析选项。缺省为YES。

ENERGY确定是否提供表格报告平均能量使用和每一台水泵的成本。缺省为NO。

NODES确定了哪些节点将被报告。可以列出单个节点ID标签，或者利用关键词NONE或者ALL。额外NODES行可用于继续该表。缺省为NONE。

LINKS确定了哪些管段将被报告。可以列出单个管段ID标签，或者使用关键词NONE或者

ALL。额外LINKS行可用于继续该表。缺省为NONE。

“参数”报告选项，用于确定报告哪些量，多少小数位被显示，哪种类型的过滤用于限制输出报告。可以被报告的节点参数包括：

- 标高；
- 需水量；
- 水头；
- 压强；
- 水质。

管段参数包括：

- 长度；
- 直径；
- 流量；
- 流速；
- 水头损失；
- 位置（与状态相同-开启、活动、关闭）；
- 设置（对应于管道的粗糙系数、水泵的转速、阀门的压力/流量设置）；
- 反应（反应速率）；
- F-因子（摩擦因子）。

报告的缺省量对于节点的需水量、水头、压强和水质，以及管段的流量、流速和水头损失。缺省精度为两个小数位。

**备注：**

- a. 如果在本节没有明确指出，所有选项假设为它们的缺省数值。
- b. 反斜杠 (/) 后的项为可选项。
- c. 缺省值对应于任何节点或者管段没有报告，因此如果希望报告这些事项的结果，必须提供**NODES**或者**LINKS**选项。
- d. 对于EPANETH的Windows版本，仅仅意识到的[REPORT]选项为STATUS。所有其它被忽略。

**示例：**

以下示例报告了节点N1，N2，N3和N17，以及所有流速大于3.0的管段。标准节点参数（需水量、水头、压强和水质）被报告，同时仅仅管段的流量、流速和F因子（摩擦因子）被报告。

```
[REPORT]
NODES N1 N2 N3 N17
LINKS ALL
FLOW YES
VELOCITY PRECISION 4
F-FACTOR PRECISION 4
VELOCITY ABOVE 3.0
```

## [RESERVOIRS]

**目的：**

定义管网中包含的所有水库节点。

**格式：**

每一水库为一输入行，包括：



- ID标签
- 水头, ft(m)
- 水头模式ID (可选)

#### 备注:

- 水头为水库中的测压管水头 (标高 + 压力水头)。
- 水头模式用于说明水库水头随时间的变化。
- 在管网中必须包含至少一座水库或者水池。

#### 示例:

```
[RESERVOIRS]
;ID 水头 模式
;-----
R1 512 ;水头保持恒定
R2 120 Pat1 ;水头随时间变化
```

## [RULES]

#### 目的:

定义基于规则控制, 根据状况的组合来修改管段。

#### 格式:

每一规则为一系列语句:

```
RULE ruleID
IF condition_1
AND condition_2
OR condition_3
AND condition_4
etc.
THEN action_1
AND action_2
etc.
ELSE action_3
AND action_4
etc.
```

**PRIORITY** value

#### 式中:

ruleID——赋给规则的ID标签  
condition\_n——条件语句  
action\_n——行动语句  
Priority——优先数值 (例如数值从1到5)

条件语句格式:

基于规则控制中的条件语句如下:

```
object id attribute relation value
```

#### 式中

object——管网对象的类型  
id——对象ID标签

attribute——对象的属性

relation——关系操作符

value——属性值

一些条件语句的例子为：

JUNCTION 23 PRESSURE > 20

TANK T200 FILLTIME BELOW 3.5

LINK 44 STATUS IS OPEN

SYSTEM DEMAND >= 1500

SYSTEM CLOCKTIME = 7:30 AM

对象关键词可以为：

**NODE LINK SYSTEM**

**JUNCTION PIPE**

**RESERVOIR PUMP**

**TANK VALVE**

当SYSTEM在状态中使用，不提供ID。

以下属性用于节点类型对象：

**DEMAND**

**HEAD**

**PRESSURE**

以下属性可用于水池类型对象：

**LEVEL**

**FILLTIME** (水池注水需要的小时数)

**DRAINTIME** (水池放空需要的小时数)

以下属性可用于管段类型对象：

**FLOW**

**STATUS** (OPEN, CLOSED或者 ACTIVE)

**SETTING** (水泵转速或者阀门设置)

SYSTEM对象可使用以下属性：

**DEMAND** (系统总需水量)

**TIME** (从模拟开始后的小时数，表示为小数或者小时:分钟格式)

**CLOCKTIME** (24小时钟表时间，具有后缀AM或者PM)

关系操作符包括：

**= IS**

**<> NOT**

**< BELOW**

**> ABOVE**

**<= >=**

行动语句格式：

基于规则控制中的行动语句如下：

object id STATUS/SETTING IS value

式中

object——LINK, PIPE, PUMP或VALVE关键词

id——对象ID标签

value——状态条件 (OPEN或CLOSED)，水泵速度设置，或者阀门设置

一些示例行动语句为：

```
LINK 23 STATUS IS CLOSED
PUMP P100 SETTING IS 1.5
VALVE 123 SETTING IS 90
```

**备注：**

- a. 仅仅RULE，IF和THEN部分是需要；其它部分是可选的。
- b. 当混合了AND和OR语句，OR操作符优先于AND，即  
IF A or B and C  
等价于  
IF (A or B) and C.  
如果表达A or (B and C)，需要使用以下两个规则  
IF A THEN ...  
IF B and C THEN ...
- c. 当两个或者多个规则需要时，在管段上具有冲突行动，PRIORITY数值用于确定使用哪些规则。没有优先性的规则总是具有低的优先度。对于两个具有相同优先数值的规则，首先出现的规则具有较高优先权。

**示例：**

```
[RULES]
RULE 1
IF TANK 1 LEVEL ABOVE 19.1
THEN PUMP 335 STATUS IS CLOSED
AND PIPE 330 STATUS IS OPEN
RULE 2
IF SYSTEM CLOCKTIME >= 8 AM
AND SYSTEM CLOCKTIME < 6 PM
AND TANK 1 LEVEL BELOW 12
THEN PUMP 335 STATUS IS OPEN
RULE 3
IF SYSTEM CLOCKTIME >= 6 PM
OR SYSTEM CLOCKTIME < 8 AM
AND TANK 1 LEVEL BELOW 14
THEN PUMP 335 STATUS IS OPEN
```

## [SOURCES]

**目的：**

定义水质源头的位置。

**格式：**

每一水质源头为一输入行，包括：

- 节点ID标签
- 源头类型（CONCEN，MASS，FLOWPACED或SETPOINT）
- 基准源头强度
- 时间模式ID（可选）

#### 备注:

- a. MASS类型源头的强度以质量流量每分钟计。所有其它类型以浓度单位来计量源头强度。
- b. 源头强度可以指定时间模式，使其随时间变化。
- c. CONCEN源头为：
  - 表示节点的任何外部源头进流浓度
  - 仅仅在节点具有净负需水量时使用（水从节点进入管网）
  - 如果节点为连接节点，报告浓度时混合了源流量和从管网其它部分的进流
  - 如果节点为水库，报告的浓度为源头浓度
  - 如果节点为水池，报告的浓度为水池的内部浓度
  - 用于节点，表示了源水供应或者处理厂（例如，水库或者节点具有负的需水量）
  - 不可用于同时具有进流/出流的蓄水池。
- d. MASS, FLOWPACED或SETPOINT源头：
  - 表示了增强源头，这里物质被直接注射到管网，不考虑节点的需水量怎样
  - 以下方式影响了离开节点到管网的其它部分的水：
    - MASS注入，增加了固定的质量流量到节点的进流
    - FLOWPACED注入，增加了固定浓度到节点的进流浓度
    - SETPOINT注入，固定了任何离开节点的浓度（只要进流带来的浓度低于设置值）
  - 连接节点或者水库注入源头报告的浓度，是在注入之后的浓度；报告具有注入源头的水池的浓度，为水池的内部浓度
  - 适合于模拟示踪剂或者消毒剂直接注入到管网，或者为了模拟污染物的入侵。
- e. 对于模拟水龄或者源头跟踪，[SOURCES]节是不需要的。

#### 示例:

```
[SOURCES]
;节点 类型 强度 模式
;-----
N1 CONCEN 1.2 Pat1 ;浓度随时间变化
N44 MASS 12 ;恒定质量注入
```

## [STATUS]

#### 目的:

定义模拟开始时被选管段的初始状态。

#### 格式:

每一控制管段占一输入行，包括:

- 管段ID标签
- 状态或者设置

#### 备注:

- a. 该部分没有列出的管段，缺省状态为**OPEN**（对于管道和水泵）或者**ACTIVE**（对于阀门）。
- b. 状态值可以为OPEN或者CLOSED。对于控制阀（例如PRV, FCV等），意味着阀门是全开或者全闭，在其控制点不是活动的。
- c. 设置数值可以是水泵的转速设置，或者阀门的开启度设置。
- d. 管道的初始状态也可以在[PIPES]节设置。
- e. 止回阀不能够预先设置它们的状态。

- f. 利用[CONTROLS]或者[RULES], 可改变模拟中一些将来点的状态或者工况。
- g. 如果CLOSED或者OPEN控制阀门再次变为ACTIVE, 那么它的压力(或者流量)工况必须在控制(或者规则)中指定, 重新被激发。

**示例:**

```
[STATUS]
; 管段 状态/设置
;-----
L22 CLOSED ;Link L22被关闭
P14 1.5 ;水泵P14的转速比
PRV1 OPEN ;PRV1被迫开启
;(常在常规运行条件)
```

## [TAGS]

**目的:**

将类型标签与特定节点和管段相连。

**格式:**

具有标签的每一节点和管段为一输入行, 包括

- 关键词为NODE或者LINK
- 节点或者管段ID标签
- 标签的文本(无空格)

**备注:**

- a. 标签将节点赋给不同的压力分区, 或者通过材料、年代来分类管道。
- b. 如果节点或者管段的标签在本部分没有确定, 那么可设为空白。
- c. [TAGS]节是可选的, 对于水力或者水质计算没有影响。

**示例:**

```
[TAGS]
;对象 ID 标签
;-----
NODE 1001 Zone_A
NODE 1002 Zone_A
NODE 45 Zone_B
LINK 201 UNCI-1960
LINK 202 PVC-1985
```

## [TANKS]

**目的:**

定义包含在管网中的所有水池节点。

**格式:**

每一水池为一输入行, 包括:

- ID标签
- 池底标高, m(ft)
- 初始水位, m(ft)

- 最低水位, m(ft)
- 最高水位, m(ft)
- 公称直径, m(ft)
- 最小容积, 立方米 (立方ft)
- 容积曲线ID (可选的)

**备注:**

- 水面标高等于池底标高加水位。
- 非圆筒形水池能够通过[CURVES]节指定容积与水深曲线来模拟。
- 如果提供了容积曲线, 直径可以为任何非零数值。
- 对于圆筒形水池, 或者如果使用了容积曲线, 最小容积(最小水位时的水池容积)能够为零。
- 管网必须至少包含一座水池或者水库。

**示例:**

```
[TANKS]
;ID 标高 初始水位 最低水位 最高水位 直径 最小容积 容积曲线
;-----
;圆筒形水池
T1 100 15 5 25 120 0
;具有任意直径的非圆筒形水池
T2 100 15 5 25 1 0 VC1
```

## [TIMES]

**目的:**

定义模拟中的各种事件时间步长参数。

**格式:**

**DURATION**

**HYDRAULIC TIMESTEP**

**QUALITY TIMESTEP**

**RULE TIMESTEP**

**PATTERN TIMESTEP**

**PATTERN START**

**REPORT TIMESTEP**

**REPORT START**

**START CLOCKTIME**

**STATISTIC**

Value (units)

Value (units)

Value (units)

Value (units)

Value (units)

Value (units)

Value (units)

Value (units)

Value (AM/PM)

**NONE/AVERAGED/  
MINIMUM/MAXIMUM  
RANGE**

**定义:**

DURATION是模拟的历时。设为0来运行简单的瞬时分析。缺省为0。

HYDRAULIC TIMESTEP定义了管网新的水力状态计算频率。如果它大于PATTERN或者REPORT时间步长，将自动降低。缺省为1小时。

QUALITY TIMESTEP用于跟踪水质通过管网变化的时间步长。缺省为水力时间步长的1/10。  
RULE TIMESTEP用于检查水力时间步长之间，基于规则控制引起的系统状态变化的时间步长。缺省为1/10的水力时间步长。

PATTERN TIMESTEP是所有事件模式中时段之间的间隔。缺省为1小时。

PATTERN START是所有模式开始时的时间分量。例如，6小时的数值将开始模拟，在时段中的每一模式，对应于6小时。缺省为0。

REPORT TIMESTEP设置了输出结果被报告的时间间隔。缺省为1小时。

REPORT START是进入模拟的时间长度，此时输出结果开始报告。缺省为0。

START CLOCKTIME是模拟开始的钟表时间（例如3:00 PM）。缺省为子夜12:00 AM。

STATISTICS确定了在产生模拟结果的时间序列中，统计后处理的类型。AVERAGED报告了时间平均结果集合，MINIMUM仅仅报告最小值，MAXIMUM为最大值，以及RANGE报告了最大值和最小值之间的差异。NONE报告了所有节点和管段量的完整时间序列，它为缺省的。

**备注:**

- a. 单位应为SECONDS (SEC), MINUTES (MIN), HOURS或DAYS。缺省为小时。
- b. 如果没有提供计量单位，该时间数值可能输入为小数小时或者为小时:分钟。
- c. 所有在[TIMES]节的输入是可选的。在反斜杠 (/) 后的事项说明了可选情况。

**示例:**

```
[TIMES]
DURATION 240 HOURS
QUALITY TIMESTEP 3 MIN
REPORT START 120
STATISTIC AVERAGED
START CLOCKTIME 6:00 AM
```

## [TITLE]

**目的:**

将描述性标题粘贴于被分析的管网。

**格式:**

任何数量文本行。

**备注:**

[TITLE]部分是可选的。

## [VALVES]

**目的:**

定义包含在管网中所有控制阀门。

**格式:**

每一阀门为一输入行，包括:

- 阀门的ID标签
- 起始节点ID
- 终止节点ID
- 直径, mm (英寸)
- 阀门类型
- 阀门设置
- 局部损失系数

**备注:**

a. 阀门类型和设置包括:

阀门类型	设置
PRV (减压阀)	压力, m(psi)
PSV (稳压阀)	压力, m(psi)
PBV (压力制动阀)	压力, m(psi)
FCV (流量控制阀)	流量 (流量单位)
TCV (节流控制阀)	损失系数
GPV (常规阀门)	水头损失曲线的ID

b. 隔断阀和止回阀被认为是管道的一部分，并非独立的控制阀组件 (参见[PIPES])

**[VERTICES]**

**目的:**

将内部顶点赋值给管网管段。

**格式:**

包含每一管段每一顶点为一输入行，包括:

- 管段ID标签
- X坐标
- Y坐标

**备注:**

- a. 管道两端节点之间允许将管段绘制为折线，而不是简单的直线。
- b. 坐标是指用于节点和标签相同坐标的系统。
- c. [VERTICES]节是可选的，当EPANET运行平台应用时不使用。

**示例:**

```
[COORDINATES]
;Node X-Coord. Y-Coord
;-----
1 10023 128
2 10056 95
```



## C.3 报告文件格式

用于输入文件的[REPORT]节语句控制了EPANETH命令行产生的报告文件内容。由图C.1输入文件产生的部分报告见图C.2。通常报告可能包含以下部分：

- 状态部分
- 能量部分
- 节点部分
- 管段部分

### 状态部分

输出报告的状态部分列出了所有水库、水池、水泵、阀门和封闭管道的初始状态，以及当它们在延时模拟中，这些组件状态随时间的任何变化。水库和水池的状态说明了它们怎样注水或者放水。管段的状态说明了它们是打开的或者是关闭的，包括水泵的相关转速设置，以及控制阀门的压力/流量设置。为了在报告中包含状态部分，使用输入文件[REPORT]部分中的命令**STATUS YES**。

利用**STATUS FULL**也将在模拟过程中产生每一水力分析所有迭代收敛结果的所有列表。该列表也将说明在迭代中哪些组件改变了状态。

### 能量部分

输出报告的能量部分列出了整体能量消耗，以及管网中每一水泵的成本。对于每一台水泵列出的事项包括：

- 百分比利用率（水泵在线的时间百分比）
- 平均效率
- 每立方米（或者百万加仑）水提升消耗的千瓦小时数
- 平均消耗的千瓦小时
- 使用的高峰千瓦
- 每日的平均成本

也列出每日水泵抽升的总成本。为了在报告中包含能量部分，命令**ENERGY YES**必须出现在输入文件的[REPORT]节。

```

*****
*                               E P A N E T H                               *
*                               水力和水质                                   *
*                               管网分析                                   *
*                               2.00.12版                                   *
*****

```

# EPANETH入门示例管网

```

输入数据文件 ..... rumen.inp
节点数..... 6
水库数..... 1
水池数..... 1
管道数 ..... 8
水泵数 ..... 1
阀门数 ..... 0
水头损失公式 ..... Hazen-Williams
水力时间步长 ..... 1.00 hrs
水力精度 ..... 0.001000
状态检查频率 ..... 2
最大迭代次数检查 ..... 10
阻尼限制临界 ..... 0.000000
最大试算数 ..... 200
水质分析 ..... 氯
水质时间步长 ..... 5.00 min
水质置信度 ..... 0.01 mg/L
比重 ..... 1.00
相对运动粘度 ..... 1.00
相对化学扩散 ..... 1.00
需水量乘子 ..... 1.00
总历时 ..... 24.00 hrs

```

## 报告准则:

```

    所有节点
    所有管段

```

## 能量使用:

	使用	平均	Kw-hr	平均	高峰	成本
水泵	因子	效率	/m3	Kw	Kw	/日
9	100.00	75.00	0.13	107.51	116.56	0.00
需求支付:					0.00	
总成本:					0.00	

图 C.2 部分报告文件示例（下页继续）

节点结果在时刻 0:00:00 :

节点	需水量 L/s	水头 m	压力 m	氯 mg/L	
2	0.00	53.84	40.24	0.00	
3	7.30	51.25	32.45	0.00	
4	17.55	48.46	30.16	0.00	
5	25.60	45.77	26.67	0.00	
6	41.15	45.14	27.84	0.00	
7	20.40	34.30	12.30	0.00	
1	-185.56	13.60	0.00	1.00	水库
8	73.56	32.70	0.50	0.00	水池

管段结果在时刻 0:00:00 :

管段	流量 L/s	流速 m/s	水头损失 /1000m	
1	185.56	1.48	8.08	
2	89.04	1.26	8.43	
3	89.22	1.26	8.46	
4	71.67	1.01	5.64	
5	13.43	0.43	1.83	
6	50.02	1.59	20.87	
7	73.56	1.04	5.92	
8	43.95	1.40	16.42	
9	185.56	0.00	-40.24	水泵

节点结果在时刻 1:00:00 :

节点	需水量 L/s	水头 m	压力 m	氯 mg/L	
2	0.00	54.23	40.63	1.00	
3	7.30	51.79	32.99	1.00	
4	17.55	49.14	30.84	0.99	
5	25.60	46.66	27.56	0.99	
6	41.15	46.04	28.74	0.99	
7	20.40	36.42	14.42	0.98	
1	-179.85	13.60	0.00	1.00	水库
8	67.85	35.04	2.84	0.35	水池

图 C.2 部分摘自报告文件示例（续前页）

### 节点部分

输出报告的节点部分，列出了输入文件的[REPORT]节确定的节点和参数的模拟结果。对于延时模拟列出每一报告时间步长结果。报告时间步长在输入文件的[TIMES]节被确定。当特定水力时间发生的瞬时结果，例如水泵启闭，或者因为它们被排空或者注满，水池的关闭，将不被报告。为了报告节点结果，输入文件的[REPORT]部分必须包含关键词 **NODES**，之后是包含在报告中的节点 ID 标签列表。这些可能是文件中几个这样 **NODES** 的行。为了报告所有节点结果，利用命令 **NODES ALL**。

报告节点数量的缺省集合包括需水量、水头、压强和水质。当列出参数结果时，通过在输入文件中使用命令例如 **PRESSURE PRECISION 3**（即当报告压力结果是为 3 位小数位），可以指定多少小数位被使用。缺省精度为所有量含 2 位小数位。可以过滤报告列表，仅仅出现低于或者高于特定数值，通过在输入文件中增加语句类型 **PRESSURE BELOW 20**。

### 管段部分

输出报告的管段部分列出了在输入文件的[REPORT]部分中确定的那些管线和参数模拟结果。报告时间遵从对节点部分相同的惯例。

与节点一样，为了报告管线的任何结果，必须在输入文件的[REPORT]部分包括关键词 **LINKS**，随后为管段 ID 标签的列表。为了包括所有管段的结果，使用命令 **LINKS ALL**。

对于管段报告的缺省参数为流量、流速和水头损失。管径、长度、水质、状态、设置、反应速率和摩擦因子，通过使用命令例如 **DIAMETER YES** 或者 **DIAMETER PRECISION 0**。对于指定报告精度，使用与节点参数相同的惯例，以及过滤也用于管段。

## C.4 二进制输出文件格式

如果第三个文件名称用于运行 EPANETH 命令行方式，那么对于所有报告时段所有节点和管段的所有参数结果将以二进制格式保存在该文件中。该文件用于特殊的后处理。写入文件的数据为 4 比特整数、4 比特浮点数或者固定尺寸字符串，其尺寸是 4 比特的倍数。这允许文件便于分为 4 比特记录。文件包括四个部分，为以下尺寸的比特：

部分	比特尺寸
前言	$852 + 20 * N_{nodes} + 36 * N_{links} + 8 * N_{tanks}$
能量利用	$28 * N_{pumps} + 4$
延时结果	$(16 * N_{nodes} + 32 * N_{links}) * N_{periods}$
后序	28

式中

$N_{nodes}$ ——节点总数（连接节点 + 水库 + 水池）

$N_{links}$ ——管段总数（管道 + 水泵 + 阀门）

$N_{tanks}$ ——水池和水库总数

$N_{pumps}$ ——水泵总数

$N_{periods}$ ——报告时段总数

以及所有写入到文件的前言或者后序部分的统计。

### 前言部分

二进制输出文件的前言部分包括如下数据：

数据项	类型	比特数
幻数 (= 516114521)	整型	4
版本 (= 200)	整型	4
节点总数 (连接节点 + 水库 + 水池)	整型	4
管段总数 (管道 + 水泵 + 阀门)	整型	4
水泵总数	整型	4
阀门总数	整型	4
水质选项 0 = 无 1 = 化学成分 2 = 水龄 3 = 源头跟踪	整型	4
源头跟踪节点索引	整型	4
流量单位选项 0 = cfs 1 = gpm 2 = mgd 3 = 英制 mgd 4 = acre-ft/day 5 = 升/秒 6 = 升/分钟 7 = 百万升/日 8 = 立方米/时 9 = 立方米/日	整型	4
压强单位选项 0 = psi 1 = 米 2 = kPa	整型	4
统计标志 0 = 不进行统计处理 1 = 时均结果 2 = 仅报告最小值 3 = 仅报告最大值 4 = 仅报告取值范围	整型	4
报告起始时间 (秒)	整型	4
报告时间步长 (秒)	整型	4
模拟历时 (秒)	整型	4
问题标题 (第 1 行)	字符型	80
问题标题 (第 2 行)	字符型	80
问题标题 (第 3 行)	字符型	80
输入文件名	字符型	260
报告文件名	字符型	260

化学成分名	字符型	16
化学成分浓度单位	字符型	16
每一节点 ID 标签	字符型	16
每一管段 ID 标签	字符型	16
每一管段起始节点索引	整型	4*NLinks
每一管段终止节点索引	整型	4*NLinks
每一管段的类型编码 0 = 具有 CV 的管道 1 = 管道 2 = 水泵 3 = PRV 4 = PSV 5 = PBV 6 = FCV 7 = TCV 8 = GPV	整型	4*NLinks
每一水池的节点索引	整型	4*NLinks
每一水池的断面积	浮点型	4*Nlinks
每一节点的标高	浮点型	4*Nlinks
每一管段的长度	浮点型	4*Nlinks
每一管段的直径	浮点型	4*Nlinks

其中节点和管段的 ID 标签写进文件，这些组件的指标数量，在次序之间具有一一对应关系。此外，水库与水池通过它们的过水断面设置为零来区分。

### 能量利用部分

二进制输出文件的能量利用部分位于序言部分之后。它包括以下数据：

数据项	类型	比特数
每一水泵重复：		
● 管段列表中的水泵索引	浮点型	4
● 水泵利用率（%）	浮点型	4
● 平均效率（%）	浮点型	4
● 平均千瓦/米 <sup>3</sup> （/百万加仑）	浮点型	4
● 平均千瓦	浮点型	4
● 高峰千瓦	浮点型	4
● 每日平均成本	浮点型	4
总体高峰耗能	浮点型	4

该部分统计报告是指输出报告节点的开始到模拟结束之间的时段。

### 延时部分

二进制输出文件的延时部分包括分析的每一报告阶段模拟结果（报告的开始时间和时间步长写在输出文件的前言部分，步长的数量写在后序部分）。对于每一报告时段，以下数值将写入文件：

数据项	类型	比特数
每一节点的需水量	浮点型	4*Nnodes
每一节点的测压管水头	浮点型	4*Nnodes
每一节点的压强	浮点型	4*Nnodes
每一节点的水质	浮点型	4*Nnodes
每一管段的流量（负值为逆向流动）	浮点型	4*Nlinks
每一管段的流速	浮点型	4*Nlinks
每一管段 1000 单位长度的水头损失（水泵获得负的水头，阀门获得总水头损失）	浮点型	4*Nlinks
每一管段的平均水质		
每一管段的状态代码 0 = 关闭（超过最大水头） 1 = 临时关闭 2 = 关闭 3 = 开启 4 = 激活（部分开启） 5 = 开启（超过最大流量） 6 = 开启（不满足流量设置） 7 = 开启（不满足压力设置）	浮点型	4*Nlinks
每一管段的设置： 管道的粗糙系数 水泵的转速 阀门的设置	浮点型	4*Nlinks
每一管段的反应速率（质量/L/日）	浮点型	4*Nlinks
每一管段的摩擦因子	浮点型	4*Nlinks

## 后序部分

二进制输出文件的后序部分包含以下数据：

数据项	类型	比特数
主流平均反应速率（mass/hr）	浮点型	4
管壁平均反应速率（mass/hr）	浮点型	4
水池平均反应速率（mass/hr）	浮点型	4
平均源头进流速率（mass/hr）	浮点型	4
报告时段数	整型	4
警告： 0 = 没有警告 1 = 产生了警告	整型	4
幻数（= 516114521）	整型	4

这里的以及在延时输出中的反应速率质量单位取决于模拟化合物的浓度单位。在本部分所列的反应速率是指在整个模拟报告阶段，所有管道（或者所有水池）中的平均速率。

# 附录D 分析算法

## D.1 水力分析

EPANETH 为求解给定时间点管网水力状态的流量连续性和水头损失方程组，所使用的方法称作混合节点-环方法。Todini 和 Pilati (1987 年)和随后 Salgado 等人(1988 年)选择了“梯度方法”。类似的方法曾被 Haman 和 Brameller (1971 年) (“混合方法”)和 Osiadacz (1987 年) (“牛顿环-节点方法”)使用过。这些方法之间的差异仅仅对于节点水头、管段流量在新的试算结果中被更新的方式。因为 Todini 方法较简单，它被 EPANETH 所选用。

假设具有  $N$  个连接节点和  $NF$  个已知水头节点（水池和水库）的管网。在节点  $i$  和  $j$  之间的管道流量—水头损失关系为：

$$H_i - H_j = h_{ij} = rQ_{ij}^n + mQ_{ij}^2 \quad (D.1)$$

式中  $H$ ——节点水头；

$h$ ——水头损失；

$r$ ——阻力系数；

$Q$ ——流量；

$n$ ——流量指数；

$m$ ——局部损失系数。

阻力系数值取决于使用的沿程水头损失公式。对于水泵，水头损失（获得负的水头）能够可表示为

$$h_{ij} = -\omega^2 (h_0 - r(Q_{ij} / \omega)^n)$$

式中  $h_0$ ——水泵的虚总扬程；

$\omega$ ——相对转速；

$r$  和  $n$ ——水泵曲线系数。

必须满足的第二组方程是所有节点的流量连续性：

$$\sum_j Q_{ij} - D_i = 0 \quad i = 1, \dots, N. \quad (D.2)$$

式中  $D_i$ ——节点  $i$  的需水量，按照惯例，流入节点为正。给水管网的水力分析，将联立式 (D.1) 和 (D.2)，求解除已知水头节点之外  $H_i$  和管段流量  $Q_{ij}$ 。

梯度方法开始估计每一管道的初始流量，不必满足流量连续性。在每一次迭代中，通过求解矩阵方程找到节点水头：

$$\mathbf{AH} = \mathbf{F} \quad (D.3)$$

式中  $\mathbf{A}$ ——雅柯比矩阵 ( $N \times N$ )；

$\mathbf{H}$ ——未知节点水头的向量 ( $N \times 1$ )；

$\mathbf{F}$ ——右侧向量 ( $N \times 1$ )。



雅柯比矩阵的对角线元素为：

$$A_{ii} = \sum_j p_{ij}$$

同时非零、非对角线项为：

$$A_{ij} = -p_{ij}$$

式中  $p_{ij}$ ——节点  $i$  和  $j$  之间管段水头损失关于流量求导的倒数。对于管道，

$$p_{ij} = \frac{1}{nr |Q_{ij}|^{n-1} + 2m |Q_{ij}|}$$

而对于水泵

$$p_{ij} = \frac{1}{n\omega^2 r (Q_{ij} / \omega)^{n-1}}$$

右侧每一项包含了节点中净流量的不平衡与流量校正因子之和：

$$F_i = (\sum_j Q_{ij} - D_i) + \sum_j y_{ij} + \sum_f p_{if} H_f$$

式中最后一项用于任何将节点  $j$  连接到已知水头节点  $f$  的管段，流量校正因子  $y_{ij}$  对于管道为：

$$y_{ij} = p_{ij} (r |Q_{ij}|^n + m |Q_{ij}|^2) \text{sgn}(Q_{ij})$$

对于水泵

$$y_{ij} = -p_{ij} \omega^2 (h_0 - r (Q_{ij} / \omega)^n)$$

式中  $\text{sgn}(x)$ ，当  $x > 0$  时为 1，否则为 -1。（ $Q_{ij}$  对于水泵总为正值。）

在求解式 (D.3)，计算新的水头之后，新的流量为：

$$Q_{ij} = Q_{ij} - (y_{ij} - p_{ij} (H_i - H_j)) \quad (\text{D.4})$$

如果绝对流量变化之和相对于所有管段的总流量，大于容许数值（例如 0.001），那么式 (D.3) 和 (D.4) 重新求解。流量更新公式 (D.4)，总是使迭代之后每一节点的流量连续。

EPANET 按照以下步骤使用该方法：

1. 将节点排序，利用系数矩阵方法求解方程 D.3 的线性系统（George 和 Liu, 1981）。为了矩阵 A 最小化填充量之后重新排序节点，执行符号的因数分解，以便仅仅 A 的非零元素在内存中存储和运行。对于延时模拟，该重新排序和因数分解仅仅在分析开始时执行一次。
2. 对于最初的迭代，选择管道中的流量，对应于 1 ft/sec 的流量，而通过水泵的流量等于水泵指定的设计流量。（所有计算，利用水头（以英尺计）和流量（以 cfs 计）进行）。
3. 利用表 3.1 的描述，计算管道的阻力系数（r）。对于 Darcy-Weisbach 水头损失公式，摩擦因子 f 取决于水流的雷诺数（Re），将通过不同的方程组来计算：

哈根—泊肃叶（Hagen-Poiseuille）公式，当  $\text{Re} < 2,000$ （Bhave, 1991）：

$$f = \frac{64}{\text{Re}}$$

Swamee 和 Jain 对 Colebrook-White 公式的近似, 对于  $\text{Re} > 4,000$  (Bhave, 1991):

$$f = \frac{0.25}{[\text{Ln}(\frac{\varepsilon}{3.7d} + \frac{5.74}{\text{Re}^{0.9}})]^2}$$

在  $2,000 < \text{Re} < 4,000$  之间, 根据 Moody 图的 Cubic 内插 (Dunlop, 1991):

$$f = (X1 + R(X2 + R(X3 + X4)))$$

$$R = \frac{\text{Re}}{2000}$$

$$X1 = 7FA - FB$$

$$X2 = 0.128 - 17FA + 2.5FB$$

$$X3 = -0.128 + 13FA - 2FB$$

$$X4 = R(0.032 - 3FA + 0.5FB)$$

$$FA = (Y3)^{-2}$$

$$FB = FA(2 - \frac{0.00514215}{(Y2)(Y3)})$$

$$Y2 = \frac{\varepsilon}{3.7d} + \frac{5.74}{\text{Re}^{0.9}}$$

$$Y3 = -0.86895 \text{Ln}(\frac{\varepsilon}{3.7d} + \frac{5.74}{4000^{0.9}})$$

式中  $\varepsilon$ ——管道粗糙系数;

$D$ ——管道直径。

4. 根据速度水头的局部损失系数 ( $K$ ) 转换为基于流量的系数 ( $m$ ), 利用以下关系:

$$m = \frac{0.02517K}{d^4}$$

5. 在节点和虚拟的水库之间, 节点扩散器模拟为虚拟管道。管道的水头损失参数为  $n = (1/\gamma)$ ,  $r = (1/C)^n$ , 以及  $m = 0$ , 式中  $C$  为扩散器流量系数,  $\gamma$  为压力指数。虚拟水库的水头是节点的标高。通过虚拟管道的计算流量, 成为与扩散器相关的流量。

6. 开启的阀门赋以一个  $r$ -数值, 通过假设开启阀门为一个光滑管道 ( $f = 0.02$ ), 其长度为阀门直径的两倍。封闭管线假设遵从线性水头损失关系, 具有大的阻力因子, 即  $h = 10^8 Q$ , 以便  $p = 10^{-8}$ , 且  $y = Q$ 。对于管段, 其中  $(r + m)Q < 10^{-7}$ ,  $p = 10^7$  且  $y = Q/n$ 。

7. 在第一次迭代之后, 进行水泵、止回阀 (CV)、流量控制阀门以及管道连接到全满/全空水池的状态检查。此后, 状态检查仅仅在达到收敛后进行。对压力控制阀门 (PRV 和 PSV) 的状态检查在每一次迭代之后进行。

8. 在状态检查过程中, 如果获得的扬程大于虚总扬程 (为了防止回流), 水泵关闭。类似的, 如果通过它们的水头损失为负值 (见以下), 止回阀关闭。当这些条件不存在时, 管线重新开启。对于连接到排空/全满的水池进行类似的状态检查。如果通过管线的水头带来空池排放, 或者满

池注水时，这样的管线关闭。如果这样的条件不再继续，它们在下一次状态检查时重新开启。

9. 在一些管网中由于数值精度的限制，为了确定止回阀是否应关闭或者开启，发现造成这两种状态之间的循环，如果  $h < 0$  简单检查。为了提高更可靠的止回阀（CV）状态的测试，以下过程将被设计：

```
if  $|h| > H_{tol}$  then
if  $h < -H_{tol}$  then status = CLOSED
if  $Q < -Q_{tol}$  then status = CLOSED
else status = OPEN
else
if  $Q < -Q_{tol}$  then status = CLOSED
else status = unchanged
```

以上语句中  $H_{tol} = 0.0005 \text{ ft}$  且  $Q_{tol} = 0.001 \text{ cfs}$ 。

10. 如果状态检查关闭了开启的水泵、管道或者止回阀，它的流量被设置为  $10^{-6} \text{ cfs}$ 。如果水泵重新开启，它的流量通过将当前获得的扬程，利用特性曲线计算。如果管道或者 CV 重新开启，通过求解式（D. 1）确定流量，对于在当前水头损失  $h$  下的  $Q$ ，忽略任何局部损失。

11. 压力制动阀门（PBV）的矩阵系数，设置如下： $p = 10^8$  且  $y = 10^8 H_{set}$ ，式中  $H_{set}$  为阀门的降压设置（以英尺计）。节流控制阀（TCV）处理为具有  $r$  的管段，在以上第 6 项描述， $m$  为阀门设置的转换数值（参见以上步骤 4）。

12. 减压阀、稳压阀和流量控制阀（PRV, PSV 和 FCV）的矩阵系数，在所有其它管线被分析之后计算。对 PRV 和 PSV 的状态检查在以上第 7 步描述。这些阀门可以完全开启，完全关闭，或者在它们的压力或流量设置上活动。

13. 用于测试 PRV 状态的逻辑如下：

```
If current status = ACTIVE then
if  $Q < -Q_{tol}$  then new status = CLOSED
if  $H_i < H_{set} + H_{ml} - H_{tol}$  then new status = OPEN
else new status = ACTIVE

If current status = OPEN then
if  $Q < -Q_{tol}$  then new status = CLOSED
if  $H_i > H_{set} + H_{ml} + H_{tol}$  then new status = ACTIVE
else new status = OPEN
```

```
If current status = CLOSED then
if  $H_i > H_j + H_{tol}$ 
and  $H_i < H_{set} - H_{tol}$  then new status = OPEN
if  $H_i > H_j + H_{tol}$ 
and  $H_j < H_{set} - H_{tol}$  then new status = ACTIVE
else new status = CLOSED
```

以上语句中  $Q$ ——通过阀门的当前流量；

$H_i$ ——阀门上游水头；

$H_j$ ——阀门下游水头；

$H_{set}$ ——阀门压力设置转换为水头；

H<sub>ml</sub>——局部损失，当阀门开启时（ $= mQ^2$ ）；

H<sub>tol</sub>和Q<sub>tol</sub>——分别为用于止回阀相同的数值，见以上第9步。测试的类似设置用于PSV，除了当测试H<sub>set</sub>时，下标i和j转换为>和<算子。

14. 通过活动PRV的流量维护了其下游节点压力连续性，而通过PSV的流量与其上游节点相同。对于活动的PRV，从i到j：

$$p_{ij} = 0$$

$$F_j = F_j + 10^8 H_{set}$$

$$A_{ji} = A_{ji} + 10^8$$

它迫使下游节点的水头成为在阀门工况的H<sub>set</sub>。系数的等价只对活动PSV进行，除了下标F和A是上游节点i。打开/关闭PRV和PSV的系数以与管道相同的方式处理。

15. 对于从节点i到j，具有流量工况的Q<sub>set</sub>的活动FCV，Q<sub>set</sub>加入到离开节点i的流量，以及进入节点j，且从F<sub>i</sub>减去，加入到F<sub>j</sub>。如果节点i的水头低于节点j，那么阀门不能够输送流量，这认为是一个开放的管道。

16. 在达到初步收敛之后（流量收敛加上PRV和PSV状态没有变化），另一个对水泵、CV，FCV和到水池的管段状态进行检查。此外，通过压力开关控制管段的状态（例如水泵通过连接节点的压力来控制）被检查。如果任何状态发生变化，迭代必须继续，至少再多两次迭代（即，收敛检查在很下一次迭代查看）。否则，获得最终结果。

17. 对于延时模拟（EPS），以下程序被执行：

a. 寻找到当前时段的结果之后，下一次求解的时间步长是以下的最小值：

- 直到新的需水量阶段开始的时间，
- 水池注水或者放水的最短时间，
- 直到水池水位达到一些管段状态变化点的最短时间（例如开启或者关闭水泵），通过简单的控制，
- 直到管段简单计时器控制的下一时间，
- 基于规则控制的下一时间，造成管网某处状态的变化。

在根据水池水位计算时间时，后者根据当前流量的计算结果，假设以线性形式改变。基于规则控制的激发时间计算如下：

- 从当前时间开始，以规则时间步长评价。它的缺省值为1/10的常规水力时间步长（例如如果水力特性每小时更新，那么规则每6分钟被评价）。
- 超过该规则时间步长，钟表时间被更新，作为蓄水池中水位的更新（根据最后管道流量计算的集合）。
- 如果满足规则的状态，那么它的行动加入到表中。如果行为与列表中相同管段的冲突，那么来自具有高优先权的规则行为保留在列表中，另一个被删除。如果优先性相同，那么原来的行为保留在列表中。
- 评价了所有规则之后，如果列表没有清空，那么采取新的行动。如果造成了一个或者多个管段状态的改变，那么进行新的水力计算，过程开始新一轮。
- 如果没有状态变化出现，行为列表被清除，采用下一个规则时间步长，除非常规水力时间步长已过去。

b. 随着计算时间步长前进，查找新的需水量，根据当前水流计算结果，调整水池水位，并检查管段控制规则，为了确定哪些管段改变了状态。

c. 利用式 (D.3) 和 (D.4)，在当前流量集合下产生新的迭代集合。

## D.2 水质分析

EPANET水质求解器的控制方程组是基于质量守恒原理和反应动力学。描述了以下现象 (Rossman 等人, 1993; Rossman和Boulos, 1996):

### 管道中的推流迁移

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：

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} = -u_i \frac{\partial C_i}{\partial x} + r(C_i) \quad (D.5)$$

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。

### 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：

$$C_{i|x=0} = \frac{\sum_{j \in I_k} Q_j C_{j|x=L_j} + Q_{k,ext} C_{k,ext}}{\sum_{j \in I_k} Q_j + Q_{k,ext}} \quad (D.6)$$

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）；

$Q_{k,ext}$ ——节点  $k$  处直接进入管网的外部源流；

$C_{k,ext}$ ——直接进入节点  $k$  的外部流量浓度。

$C_{i|x=0}$ ——管段  $k$  起始点的浓度；

$C_{i|x=L}$ ——管段  $k$  末端的浓度。

### 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。

## 水体反应

当物质在管道中向下游移动或者驻留在蓄水池中时，水中成分可能发生了反应。反应速率通常描述为浓度的幂函数：

$$r = kC^n$$

式中 $k$ ——反应常数；

$n$ ——反应级数。

当存在物质的最终增长或者损失的极限浓度时，那么速率表达为

$$R = K_b(C_L - C)C^{(n-1)} \quad \text{对于 } n > 0, K_b > 0$$

$$R = K_b(C - C_L)C^{(n-1)} \quad \text{对于 } n < 0, K_b < 0$$

式中 $C_L$ ——极限浓度。

一些不同反应速率的例子如：

- 简单一级衰减 ( $C_L = 0, K_b < 0, n = 1$ )

$$R = K_b C$$

许多物质的衰减（例如氯）可模拟为简单一级反应。

- 一级饱和增长 ( $C_L > 0, K_b > 0, n = 1$ ):

$$R = K_b(C_L - C)$$

该模型可用于消毒副产物的增长（例如三卤甲烷），其中由于反应前驱物的存在，副产物的最终浓度（ $C_L$ ）是有限的。

- 两种成分，二级衰减 ( $C_L \neq 0, K_b < 0, n = 2$ ):

$$R = K_b C(C - C_L)$$

该模型假设物质A与物质B反应，在未知比例上产生物质P。A消失的速率正比于剩余A和B的乘积。 $C_L$ 可以是正值或者负值，取决于成分A或者B的过剩量。Clark（1998）已经成功将该模型用于不遵从简单一级模型的氯衰减数据。

- 米-门（Michaelis-Menton）衰减动力学 ( $C_L > 0, K_b < 0, n < 0$ ):

$$R = \frac{K_b C}{C_L - C}$$

当指定负的反应级数 $n$ 时，EPANET将利用Michaelis-Menton速率公式，以上作为特例说明了衰减反应（增长反应中分母变为 $C_L + C$ ）。该速率方程常常用于描述酶催化反应以及微生物生长，在低浓度时表现为一级反应，较高浓度时为零级反应。注意对于衰减反应， $C_L$ 必须高于当前的初始浓度。

Koechling (1998年)已经将Michaelis-Menton动力学用于模拟大量不同水体中氯的衰减，发现 $K_b$ 和 $C_L$ 与水体有机物含量，及其紫外线吸收相关，如下：

$$K_b = -0.32UVA^{1.365} \frac{(100UVA)}{DOC}$$

$$C_L = 4.98UVA - 1.91DOC$$

式中 $UVA$ ——254 nm (1/cm) 下的紫外线吸收;

$DOC$ ——溶解性有机碳浓度 (mg/L)。

**注意：这些表达式仅用于Michaelis-Menton动力学中 $K_b$ 和 $C_L$ 的数值。**

- 零级增长 ( $C_L = 0, K_b = 1, n = 0$ )

$$R = 1.0$$

这种特殊情况用于模拟水龄，其中每一个时间单位，“浓度”（例如年龄）通过一个单位的增长。

特定温度 ( $T_1$ ) 下水体速率常数与另一温度 ( $T_2$ ) 下水体速率常数之间的关系，常常利用范特霍夫—阿累尼乌斯 (van't Hoff - Arrhenius) 公式表示：

$$K_{b2} = K_{b1} \theta^{T_2 - T_1}$$

式中 $\theta$ ——常数。在氯的调查中，当 $T_1$ 为20摄氏度时 (Koechling, 1998)， $\theta$ 估计为1.1。

### 管壁反应

溶解物质流过管道时，可以迁移到管壁并与管壁材料（例如位于管壁上或者靠近管壁的腐蚀产物或者生物膜）反应。用于反应的管壁面积和在水体和管壁之间传输的质量速率，也将影响该反应的整体速率。对于管道，单位容积的表面积，为半径除以2，确定了第一个的因子。第二个因子可能通过质量传输系数来表示，其值取决于反应物质的分子扩散性和流体的雷诺数 (Rossman等人, 1994年)。对于一级动力学，管壁反应的速率可以表示为：

$$r = \frac{2k_w k_f C}{R(k_w + k_f)}$$

式中 $k_w$ ——管壁反应常数 (长度/时间);

$k_f$ ——质量传输系数 (长度/时间);

$R$ ——管道半径。

对于零级动力学，反应速率不能够高于物质传输速率，因此

$$r = \min(k_w, k_f C)(2/R)$$

式中 $k_w$ 单位为质量/面积/时间。

质量传输系数常常表达为无量纲Sherwood数 ( $Sh$ ):

$$k_f = Sh \frac{D}{d}$$

式中 $D$ ——迁移物质的分子扩散度 (长度<sup>2</sup>/时间);

$d$ ——管道直径。

在完全层流中，沿管长的平均Sherwood数可以表示为：

$$Sh = 3.65 + \frac{0.0668(d/L) Re Sc}{1 + 0.04[(d/L) Re Sc]^{2/3}}$$

式中 $Re$ ——雷诺数；

$Sc$ ——Schmidt数（水的运动粘度与化合物的扩散度之比）（Edwards等人, 1976）。对于紊流，Notter-Sleicher（1971年）的经验关系式为：

$$Sh = 0.0149 Re^{0.88} Sc^{1/3}$$

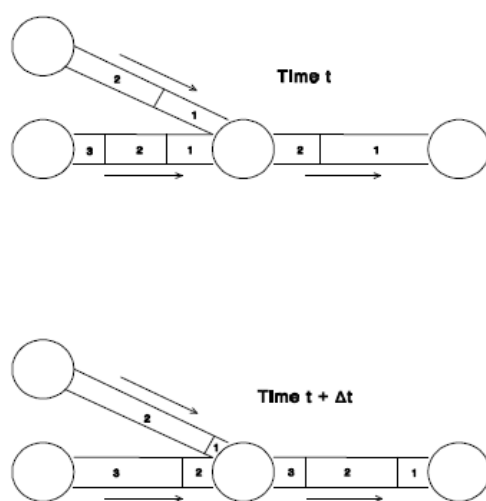
### 方程组系统

当将管网作为一个整体时，方程（D.5）–（D.7）表示了一组具有时变系数的微分/代数方程组，求解每一管段 $i$ 的 $C_i$ ，以及蓄水设施 $s$ 的 $C_s$ 。该求解结果受到以下外部强加条件约束：

- 初始状态，对于每一管道 $i$ 中所有 $x$ ，指定 $C_i$ ，以及每一蓄水设施 $s$ 时刻0指定 $C_s$ ；
- 边界条件，对于每一节点 $k$ 的所有时段指定具有外部质量输入的 $C_{k, ext}$ 和 $Q_{k, ext}$ 数值；
- 水力条件，指定每一蓄水设施 $s$ 的容积 $V_s$ ，以及所有时刻 $t$ 每一管段 $i$ 的流量 $Q_i$ 。

### 拉格朗日迁移算法

EPANETH的水质模拟器，为了跟踪离散水体在管道中移动的变化，以及节点处固定长度时间步长下的混合（Liou和Kroon, 1987），使用了基于拉格朗日时间的方法。这些水质时间步长一般短于水力时间步长（例如采用分钟而不是小时），为了接纳管道内发生的短时间迁移。随着时间推移，管道中最上游管节尺寸随着水进入管道而增加，同时最下游管节尺寸随着水离开管段，发生相同的损失。这之间的管节的尺寸仍保持不变（参见图D.1）。



图D.1 拉格朗日求解方法中管节的特性

这样在每一的时间步长终端采用以下步骤：

1. 为了反映任何反应，在时间步长上，更新每一管节的水质。
2. 来自管道前端管节的水，流进节点，经混合，以计算节点处新的水质数值。每一管节贡献的容积，等于管道流量和时间步长乘积。
3. 外部源头的贡献加入了连接节点的水质数值。蓄水池中水质的更新，取决于水池模型混合使用的方法（见下）。
4. 在管道中创建新的管节，流出每一节点、水库和水池。管节容积等于管道流量和时间步



长的乘积。管节水质等于该节点计算的新水质值。

为了削减管节的数量，如果新的节点水质通过用户指定精度，不同于来自出流管道的最后管节，仅仅执行步骤4。如果水质中的差异低于所需精度，那么出流管道中当前最后管节的尺寸，简单增加时间步长内流进管道的容积。

于是对于下一水质时间步长重复该过程。从下一水力时间步长开始，经历流向逆转的任何管段，管节次序包含了简单的管段转换。最初管网中的每一管段包含了一个管节，其水质等于赋给上游节点的初始水质。

## D.3 参考文献

- Bhave, P.R. 1991. *Analysis of Flow in Water Distribution Networks*. Technomic Publishing. Lancaster, PA.
- Clark, R.M. 1998. "Chlorine demand and Trihalomethane formation kinetics: a second-order model", *Jour. Env. Eng.*, Vol. 124, No. 1, pp. 16-24.
- Dunlop, E.J. 1991. *WADI Users Manual*. Local Government Computer Services Board, Dublin, Ireland.
- George, A. & Liu, J. W-H. 1981. *Computer Solution of Large Sparse Positive Definite Systems*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Hamam, Y.M, & Brameller, A. 1971. "Hybrid method for the solution of piping networks", *Proc. IEE*, Vol. 113, No. 11, pp. 1607-1612.
- Koechling, M.T. 1998. *Assessment and Modeling of Chlorine Reactions with Natural Organic Matter: Impact of Source Water Quality and Reaction Conditions*, Ph.D. Thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Cincinnati, Cincinnati, Ohio.
- Liou, C.P. and Kroon, J.R. 1987. "Modeling the propagation of waterborne substances in distribution networks", *J. AWWA*, 79(11), 54-58.
- Notter, R.H. and Sleicher, C.A. 1971. "The eddy diffusivity in the turbulent boundary layer near a wall", *Chem. Eng. Sci.*, Vol. 26, pp. 161-171.
- Osiadacz, A.J. 1987. *Simulation and Analysis of Gas Networks*. E. & F.N. Spon, London.
- Rossman, L.A., Boulos, P.F., and Altman, T. (1993). "Discrete volume-element method for network water-quality models", *J. Water Resour. Plng. and Mgmt.*, Vol. 119, No. 5, 505-517.
- Rossman, L.A., Clark, R.M., and Grayman, W.M. (1994). "Modeling chlorine residuals in drinking-water distribution systems", *Jour. Env. Eng.*, Vol. 120, No. 4, 803-820.
- Rossman, L.A. and Boulos, P.F. (1996). "Numerical methods for modeling water quality in distribution systems: A comparison", *J. Water Resour. Plng. And Mgmt*, Vol. 122, No. 2, 137-146.
- Rossman, L.A. and Grayman, W.M. 1999. "Scale-model studies of mixing in drinking water storage tanks", *Jour. Env. Eng.*, Vol. 125, No. 8, pp. 755-761.
- Salgado, R., Todini, E., & O'Connell, P.E. 1988. "Extending the gradient method to include pressure regulating valves in pipe networks". *Proc. Inter. Symposium on Computer Modeling of Water Distribution Systems*, University of Kentucky, May 12-13.
- Todini, E. & Pilati, S. 1987. "A gradient method for the analysis of pipe networks". *International Conference on Computer Applications for Water Supply and Distribution*, Leicester Polytechnic, UK, September 8-10.