

Visual MODFLOW 用户手册

专业地下水流动和污染物运移模拟的集成三维图形模拟环境

许可证

Waterloo Hydrogeologic 公司 (WHI) 保留这个软件复制品的所有权。该许可证允许你在以下条件下使用该软件复制品：

1、版权说明

本软件受加拿大版权法和相关国际协定条款保护。因此，你必须象对待一本书一样对待该软件，但有一例外。为了让你能长期使本软件，保证你的投资不受损失。Waterloo Hydrogeologic 公司授权你可以复制软件的文档副本。

说该软件“象一本书”，Waterloo Hydrogeologic 公司的意思是，比如，任何人可以使用该软件，并且它可以自由地从一台计算机移到另一台计算机上，只要它不是同时在两台计算机上使用。正象一本书不能同时被不同地方的读者浏览一样。

特别是，你不能出售、出租、分发下一级许可、或租借本软件或其文档；在没有得到 Waterloo Hydrogeologic 公司书面同意以前不能对该软件或文献做篡改、修订、或摘用，包括，但不限于翻译、反编译、反汇编、或制造下游产品。所提供的软件和文档包含有商业秘密，持证者同意在没有得到 Waterloo Hydrogeologic 公司书面同意以前不会将这些商业秘密对非持证者公开。

2、保证

Waterloo Hydrogeologic 公司保证，在正常使用情况下，从购买之日起 30 天内磁盘材料和文件在材料和制造工艺上不会受到损坏，一旦材料和制造工艺上有缺损，Waterloo Hydrogeologic 公司将给你替换缺损的磁盘和文件。

该保证仅限于替换，并不包括其他的任何损伤，包括但不限于利润方面以及特别的、偶然性的、连续的，或其他相似的索赔。

3、弃权

除如上所述以外，不管是该软件的研制者还是其它的个人或组织都没有权力代表他（他们）制定有关该软件的明确的或者是隐含的保证。任何情况下，Waterloo Hydrogeologic 公司不承担因软件的使用或误用、因对软件所得的结果的解释或错误解释、以及因使用该软件而导致的直接的、间接的、特殊的、偶然的、持续的损失的责任。

特别地，Waterloo Hydrogeologic 公司不对以下任何损失负责，包括，但不限于，由于损失利润或交税而负债、计算机程序使用上的损失、资料损失、修复此类程序和资料所花费用、购买其他替代程序所花费用、第三方的索赔，或其它类似的费用。任何情况下，Waterloo Hydrogeologic 公司的所负责任不会超出你为许可证所付的费用。

4、商标保护

Waterloo Hydrogeologic 公司是该软件的唯一所有者。Waterloo Hydrogeologic 公司保证软件和文件或任何部分，包括他人提供以及接合到软件和文件中的部分，不会侵犯或违反任何专利、商标、出版权、商业秘密，或财产权。

使用税或用于该软件和文件的专利、商标、出版权、商业秘密，或财产权的信息的费用应该考虑并包括在合同价格中。

5、监督的法律

许可证由加拿大安大略省和美国法律颁发、解释和监督。协议中的任何不可强加的、非法的、或与任何管辖区的公共政策相左的词句和条件都将被删除，但不影响协约中其它词句和条件。

6、完整的协约

本协议是你和 Waterloo Hydrogeologic 公司之间的完整协约。

目录

简介.....	1
界面.....	1
建议参考书 (略)	2
怎样和 WATERLOO 水文地质公司联系	2
WATERLOO HYDROGEOLOGIC 公司的其他产品	2
WATERLOO HYDROGEOLOGIC 公司的培训和咨询	3
第一章 快速入门.....	5
1.1 硬件要求.....	5
1.2 安装 VISUAL MODFLOW	5
1.2.1 Windows 95/Windows NT 4.0 下的安装过程.....	5
1.3 启动 VISUAL MODFLOW	6
1.4 菜单简介.....	6
1.5 窗口概览.....	7
1.5.1 图层功能.....	7
1.6 VISUAL MODFLOW 中的打印功能.....	8
1.6.1 打印到 DXF 文件.....	8
1.7 设置.....	8
1.7.1 数值引擎.....	9
1.7.2 Windows95/NT 交换文件.....	9
1.8 疑难解答.....	9
1.8.1 常见问题.....	9
1.9 如何获得技术支持.....	10
第二章 使用教程.....	13
2.1 实例模型介绍.....	13
2.2 有关的术语和记号.....	13
2.3 启动 VISUAL MODFLOW	13
2.4 打开文件.....	14
2.5 模块 I：模型输入.....	14
2.5.1 第 1 节：设置数值引擎.....	14
2.5.2 第 2 节：生成模型网格.....	15
2.5.3 第 3 节：细化模型网格.....	16
2.5.4 第 4 节：添加井位.....	18
2.5.5 第 5 节：设置模型的属性.....	20
2.5.6 第 6 节：设置模型边界条件.....	22
2.5.7 第 7 节：设置质点.....	25
2.5.8 第 8 节：设置模型的运移参数.....	25
2.5.8.1 第 8A 节：MT3D1.1, 1.5 或 1.86	25
2.5.8.2 第 8B 节：MT3D96	26
2.5.9 第 9 节：标志污染源.....	28
2.6 模块 II：运行 VISUAL MODFLOW	29
2.6.1 第 10 节：流动模拟运行选项.....	29

2.6.2 第11节: MT3D v.1.5 和 MT3D96 模拟的运行选项	30
2.7 模块 III: 输出的可视化	31
2.7.1 第12节: 等势线和等值线绘制选项	32
2.7.2 第13节: 流速矢量及其选项	33
2.7.3 第14节: 流线及其选项	34
2.7.4 第15节: MT3D 浓度等值线	35
第三章 输入	37
3.1 新模型的建立	37
3.1.1 底图	37
3.1.1.1 DXF 格式的底图	38
3.1.1.2 BMP 格式的底图	38
3.2 载入原有的模型	39
3.2.1 MODFLOW	39
3.2.2 FLOWPATH 5.x	41
3.3 基本输入	41
3.4 文件菜单 (FILE)	42
3.5 网格菜单 (GRID)	42
3.5.1 网格线编辑 (行或列)	43
3.5.2 网线的添加 (行或列)	43
3.5.3 网线的删除	44
3.5.4 网格间距的平滑	44
3.5.5 网格线的固定	45
3.5.6 表面的输入	46
3.5.7 边界几何形状的定义	47
3.5.8 无效和有效单元的复制	47
3.6 抽水/注水井	48
3.6.1 具有多个滤水段的井	50
3.6.2 观测井	50
3.6.3 使井无效和井位的删除	50
3.6.4 井的移动	51
3.6.5 井的复制	51
3.7 流动模拟的观测井	51
3.8 属性	52
3.8.1 水力传导系数	53
3.8.2 储水系数	54
3.9 边界	54
3.9.1 最小边界规定	55
3.9.2 设置到合适层位上	55
3.9.3 定水头边界	55
3.9.4 河流	56
3.9.5 一般水头边界	57
3.9.6 排水沟	58
3.9.7 档墙 (水平流障)	59
3.9.8 补给边界	60

3.9.9 蒸发.....	61
3.10 质点 (MODPATH)	61
3.10.1 质点释放时间.....	63
3.11 标注.....	63
3.12 区域均衡.....	63
3.13 MT3D 简介	64
3.13.1 MT3D 各种版本之间的比较.....	64
3.14 MT3D 的输入	65
3.15 初始浓度	66
3.15.1 定义运移边界几何形状.....	66
3.15.2 复制无效单元.....	67
3.16 边界	67
3.16.1 定浓度边界.....	67
3.16.2 补给浓度边界.....	68
3.16.3 蒸发浓度边界.....	69
3.16.4 点源浓度边界.....	69
3.17 验证	70
3.18 弥散	71
3.19 化学反应	72
3.19.1 MT3D v.1.1 , 1.86 或 DoD_1.5	72
3.19.2 MT3D96	72
3.20 工具	73
第四章 运行选项.....	75
4.1 运行模块菜单	75
4.1.1 流动的运行模块菜单.....	75
4.1.2 MT3D 的运行模块菜单	75
4.2 文件 (FILE) 菜单.....	76
4.3 基本资料 (BASIC) 菜单	76
4.3.1 时间 (Time)	76
4.3.2 初始水头 (Initial Heads)	77
4.3.2.1 按层保持不变.....	77
4.3.2.2 从 SURFER 的.grd 文件或 ASCII 文件中输入.....	77
4.3.2.3 前一次 Visual MODFLOW 运行结果	77
4.4 求解器 (SOLVER) 菜单	77
4.4.1 前承条件共轭斜量程序包 (PCG2)	78
4.4.2 强隐式求解程序包 (SIP)	78
4.4.3 分层连续超松弛程序包 (SOR)	79
4.4.4 WHS 的 Visual MODFLOW 求解器 (WHS)	79
4.5 补给 (RECHARGE) 菜单	81
4.6 层 (LAYERS) 菜单	81
4.7 块中流 (BCF) 菜单	81
4.7.1 二次湿润.....	81
4.7.2 各向异性.....	82
4.8 输出控制 (OC) 菜单	82

4.8.1 输出控制 (Output Control)	82
4.8.2 列表文件选项 (List File Opts.)	83
4.9 线路 (PATHLINES) 菜单	83
4.9.1 放置 (Discharge)	83
4.9.2 参考时间 (Reference Time)	84
4.10 运行 (RUN) 菜单	84
4.10.1 运行 (批处理方式)	85
4.10.2 MODFLOW 程序包	86
4.10.3 MODPATH 选项	86
4.10.4 Zone Budget 选项	86
4.10.5 MT3D 程序包	86
4.11 WIN32 MODFLOW 程序组	87
4.11.1 MODFLOW	87
4.11.1.1 解的收敛情况的图形化显示	87
4.11.1.2 修改求解器参数	88
4.11.2 MODPATH	88
4.11.3 Zone Budget 区域均衡	88
4.11.3.1 输出 (Output) 选项卡	88
4.11.3.2 图形 (Charts) 选项卡	88
4.11.3.3 Z 形树 (Ztree) 选项卡	89
4.11.4 MT3D	89
4.12 工具	90
4.13 帮助	90
4.14 对流项	90
4.14.1 对流项的类型 (MIXELM)	90
4.14.2 质点追踪方法 (ITRACK ; MOC , MMOC , HMOC)	91
4.14.3 对流项的参数	91
4.15 输出/时间步选项	92
4.16 初始浓度	93
第五章 模型输出	95
5.1 文件 (FILE) 菜单	95
5.1.1 输出 (Exporting)	95
5.2 一般等值线图	96
5.2.1 等值线选项 (Option)	96
5.2.2 等值线的选择 (Select)	97
5.2.3 等水头线 (Head Equipotential)	97
5.2.4 水头~时间选项(Head vs. Time)	97
5.2.5 计算水头~观测水头选项(Calc. vs. Obs.)	97
5.2.6 校验残差	98
5.3 水头差 (HEAD DIFFERENCE)	98
5.4 水头引起的流量 (HEAD FLUX)	98
5.5 降深 (DRAWDOWN)	98
5.6 降深~时间关系	98
5.7 高程 (ELEVATION)	98

5.7.1 顶板高程/底板高程/层厚.....	99
5.8 净补给量 (NET RECHARGE)	99
5.9 水位 (WATER TABLE)	99
5.10 MT3D 浓度 (MT3D CONCENTRATION)	99
5.10.1 浓度~时间图.....	99
5.10.2 计算浓度~实测浓度图.....	99
5.11 流速 (VELOCITIES)	100
5.11.1 流速选项.....	100
5.11.2 投影.....	100
5.11.3 方向.....	101
5.11.4 大小.....	101
5.12 流线 (PATHLINES)	101
5.12.1 流线选项.....	101
5.13 区域均衡 (ZBUD)	101
5.13.1 区域均衡选项.....	102
5.13.2 区域均衡输出.....	102
5.13.3 质量平衡.....	102
5.14 注释 (ANNOTATE)	102

简介

Visual MODFLOW 是三维地下水流动和污染物运移模拟实际应用的最完整、易用的模拟环境。这个完整的集成软件将 MODFLOW、MODPATH 和 MT3D 同最直观强大的图形用户界面结合在一起。全新的菜单结构让你轻而易举地确定模拟区域大小和选择参数单位、以及方便地设置模型参数和边界条件、运行模型模拟（MT3D、MODFLOW 和 MODPATH）对模型进行校正以及用等值线或颜色填充将其结果可视化显示。在建立模型和显示结果的任何时候，都可以用剖面图和平面图的形式将模型网格、输入参数和结果加以可视化显示。对于三维地下水流动和污染物运移模拟工作，Visual MODFLOW 是你所需的唯一软件包。

当你购买 Visual MODFLOW 或 Waterloo Hydrogeologic 公司的任何软件产品时，你将不仅仅只得到软件，而且还将获得产品以外的公司信誉（保证）以及来自我们资格模拟专家的免费技术支持。Waterloo Hydrogeologic 公司从 1989 年就开始研制地下水软件，这一名字得到了世界范围内 60 多个国家的地下水专家的认可。这种认可对建立客户和管理机构对你们的模拟软件的信任方面是难以估价的。

Visual MODFLOW 在 1994 年 8 月首次推出并迅速成为世界范围内 1500 多个咨询公司、教育机构和政府机关用户的标准模拟环境。它已为美国地调局（USGS）和美国环境保护局（USEPA）所使用，目前英国国家河流管理局（National Rivers Authority）正在审议将其作为全国三维井头保护研究的标准模型。另外，Visual MODFLOW 作为特色课程已列入了许多继续教育课程中，包括：

- NGWA 的 Visual MODFLOW 短训班；
- NGWA 的 IBM-PC 在风险评价，风险治理和模拟中的应用培训；
- Princeton 治理技术培训；
- 英国 West Yorkshire 的 Bradford 大学 Visual MODFLOW 培训；
- 德国 Koln 的应用三维地下水模拟培训。

界面

为了提高模拟的效率，减少建立三维地下水流动和污染物运移模型过程的复杂性，Visual MODFLOW 对界面作了特别设计。界面分为三个独立的模块：输入、运行和输出模块。当你打开或创建了一个文件后，你就可以自由地在这些模块之间切换，以便建立或修改模型的输入参数、运行模型、校正模型以及显示结果（平面或全屏剖面形式）。

输入模块允许用户以图形方式设置所有建立三维地下水流动和污染物模型所需的输入参数。输入菜单代表了对用于 MODFLOW、MODPATH 和 MT3D 的数据进行汇总的基本的“建模模块”。这些菜单按逻辑顺序排列，以便模拟者能够通过必需的步骤建立地下水流动和污染物运移模型。

运行模块允许用户修改各种 MODFLOW、MODPATH、MT3D 参数和选项。包括选择初始水头估算方法、设置求解器参数、启用二次湿润包、指定输出控制等。每个菜单选项都有缺省设置，这些缺省控制适合运行大部分的模拟。

输出模块可以显示所有 MODFLOW、MODPATH 和 MT3D 的模拟和校正结果。输出菜单允许你选择、定制和覆盖各种显示模拟结果的显示选项。

建议参考书（略）

怎样和 Waterloo 水文地质公司联系

在读了这一手册和使用 Visual MODFLOW 后，你可能要和 Waterloo Hydrogeologic 公司联系提出评述和建议，或者如果你需要帮助，你可以按以下地址和该软件的作者联系：

serial cord: 2346
Waterloo Hydrogeologic Inc.
180 Columbia Street West-Unit 1104
Waterloo, Ontario, CANADA
N2L 3L3
Phone (519) 746 1798
Fax (519) 885 5262
Email: techsupport@flowpath.com
Web: www.flowpath.com

我们的技术支持时间是：从星期一到星期五每天下午 1：30---4：30。为了帮助我们尽快地解决你的问题，请阅读第一章后面“获得技术支持”部分。

Waterloo Hydrogeologic 公司的其他产品

FLOWPATH

最完整的二维，稳定，地下水流动和流线模拟。它能计算水头值、流线、运移时间、流速和水均衡（已被 USGS MODFLOW 证实，US EPA 认可，IGWMC 推荐）。

FLONET/TRANS

一个强大的，简便的二维，稳定地下水流动和瞬变的污染物运移模型。计算并显示等水头线、流线、流网、速度向量和多个观测孔浓度的时间图。

AIRFLOW/SVE

唯一全面的土壤气抽取模型，它可模拟非饱和区土壤气和多成分气体运移的耦合过程。

PRINCE

组合了十个 Princeton 解析模型，包括 7 个质量迁移模型（一、二、三维）和三个二维流动模型。

AQUIFER TEST

一个简便的、面向图形的程序包，它可用于估算多种类型含水层的透水性、水力传导系数和储水系数。该程序包括承压含水层、无压含水层和越流承压含水层的抽水实验解析解。

Visual Groundwater

第一个包括 3-D 可视化最新的图形技术和动画能力的软件包 ,这些都是给环境工程应用特意设计的简便图形界面。

Visual HELP

Visual HELP 将最新的 HELP 模型版 (v 3.07) 和简便的界面及强大的图形功能结合在一起 ,用于提供可视结果和设计模型的。

AquaChem

Windows 95/NT 的 AquaChem 是一个完整的软件包 ,它是为水化学数据的图形和数值分析特意研制的。

我们还在继续研制和 Visual MODFLOW 接口兼容的其它模型。要了解更多的信息请和我们联系。

Waterloo Hydrogeologic 公司的培训和咨询

Waterloo Hydrogeologic 公司在地下水模拟和含水层试验方面提供了独立的训练课程。我们模拟课的重点是怎样建立一个恰当的地下水模型 (网格设计 , 边界条件等) 解释结果 (校正、预测等) 和地下水模型机制的其它方面。课程可在和 Waterloo Hydrogeologic 公司联系后安排。

Waterloo Hydrogeologic 公司还提供与地下水流动和物质运移有关的数值模型问题的专家咨询和评论服务。想得到更多的信息请和我们联系。

第一章 快速入门

本章主要内容为：

- ◆ 安装 Visual MODFLOW 的硬件要求
- ◆ Visual MODFLOW 的安装
- ◆ Visual MODFLOW 的基本运行过程

1.1 硬件要求

为了运行 Visual MODFLOW，你至少需要如下的系统配置：

- CPU：486DX 或奔腾（推荐奔腾）
- RAM：32MB（推荐 64 MB）
- 软驱：用于软件安装，高密（1.44MB），3.5”
- 硬盘：至少有 40 MB 的可用空间
- 鼠标：Microsoft 或其它兼容鼠标
- 操作系统：Windows 95/Windows NT 4.0（Service Pack 3）操作系统

如果在你的系统配置下软件出现了问题，请先确信你的软件是否严格按照安装说明来安装的（见**安装 Visual MODFLOW**）。如果问题仍没有解决，请参阅**设置或疑难解答**，同时与你的硬件商联系。最后请阅读本章最后部分了解一下如何与 Waterloo Hydrogeologic 公司进行联系。

1.2 安装 Visual MODFLOW

Visual MODFLOW 必须安装在你的硬盘或网络盘上运行。请阅读本章开始有关硬件要求部分，在安装以前确保你的系统满足这一要求。用以下可执行文件安装 Visual MODFLOW：

Setup32.exe 在 Windows 95/NT 下安装 Visual MODFLOW for Windows

这里讲述的安装过程假定 Visual MODFLOW 是从 A 盘（源盘）安装到 C 盘（目标盘），缺省安装目录为\vmmodnt，但是也可以修改它。

注意：安装盘必须去掉写保护

1.2.1 Windows 95/Windows NT 4.0 下的安装过程

按如下步骤在 Windows 95/Windows NT 4.0 下安装 Visual MODFLOW：

- [1]插入 1 号软盘。
- [2]进入 Windows。
- [3]单击开始按钮，然后单击弹出菜单的**运行**项并在对话框中键入 **A:\Setup.EXE**。Visual MODFLOW 将开始安装。
- [4]单击 **OK** 按钮继续。
- [5]键入安装路径或单击 **OK** 按钮选择缺省目录开始复制 Visual MODFLOW 文件。
- [6]安装完成以后，单击 **OK** 按钮完成安装。

现在在你的屏幕上就可以看到名为“WHI Software”的程序组，窗口内会有一个 **VmodWin2.70** 的图标。你现在就可以使用 Visual MODFLOW 了。要从你的系统中删除 Visual MODFLOW，只要双击 **Uninstall VmodWin2.70** 图标即可。它会从你的计算机中删除所有的程序文件，但不会删除工程文件。

1.3 启动 Visual MODFLOW

安装完毕后，双击“WHI Software”程序组中的 Visual MODFLOW 快捷图标或依次打开**开始/程序/WHI Software/VmodWin2.70**，并单击它就可以启动 Visual MODFLOW 了。你第一次启动 Visual MODFLOW 时将出现一 Visual MODFLOW 注册窗口，输入你的公司名和软件盒上提供的系列号。以后你的公司名称将出现在你的 Visual MODFLOW 打印输出中，系列号将出现在**帮助/关于**菜单中。

单击 **Next** 按钮以识别你所输入的资料，一旦识别成功，你就不必再次输入了。

1.4 菜单简介

Visual MODFLOW 的集成环境由四个主要窗口组成：主窗口、输入窗口、运行窗口、输出窗口，再加上系统设置和帮助窗口。主窗口包括如下菜单选项：

File	Input	Run	Output	Setup	Help
File	选择一种文件功能或退出 Visual MODFLOW。				
Input	进入输入窗口修改当前的 Visual MODFLOW 数据文件。				
Run	进入运行窗口修改工程或批处理模式的运行时间参数和运行数值模型。				
Output	进入输出窗口数值模拟结果做后处理。				
Setup	选择你想用的数值引擎。				
Help	关于 Visual MODFLOW 的主要帮助窗口和一般信息。				

你的 Microsoft 兼容鼠标键功能如下：

- 左键：这是一个常规“单击”键。在输入框上部按下它并拖动鼠标，字符将变为高亮显示，可为后面输入的字符覆盖。
- 右键：该键根据情形的不同有不同的功能。例如，在设置属性和边界条件时，它用来闭合多边形或结束一条线。在网格设置时，它用来精确地定位网格的行和列。

当要输入数据和文本时，数字和字母键才有效；所有其它键在 Visual MODFLOW 中都是无效的。

启动 Visual MODFLOW 以后，你将进入主窗口，要继续进行你的工作，你应该单击 **File** 菜单，它有六个子菜单：

- 1、单击 **Open**，打开一个已经存在的文件；或
- 2、单击 **New**，键入一新文件名创建一个新的数据文件；
- 3、单击 **Save as**，以不同的文件名保存当前模型；
- 4、单击 **Import**，装入一个已经存在的 MODFLOW 模型或通过下拉菜单底部的文件路径来选择一个已经存在的文件；
- 5、单击 **Export**，以 AutoCad (dxf)或增强的 Windows 元文件格式 (emf) 输出文件。

你可以双击文件名或单击文件名然后按下回车键来选择一个文件。

为了获得更多的信息请查阅第三章与创立一个新的数据文件，修改一个已经存在的数据文件和装入一个 MODFLOW 模型有关的部分，或按照第二章一步一步地进行。

1.5 窗口概览

打开一个文件并选择输入、运行或输出，将出现类似于下图的窗口。

上部菜单按钮： 提供选项，这将根据情况不同而不同

边部选项按钮： 包括视图选项和特别针对当前窗口或模型的功能选项。视图选项如下：

View Column	按列方向上显示一剖面图
View Row	按行方向上显示一剖面图
View layer	从剖面图切换到平面图
Goto	显示某一特定的行、列或层
Previous	显示前一行、列或层
Next	显示后一行、列或层

立方体导航块： 用十字丝表示的模拟区一个简单的 3D 示图，用于确定空间位置。

坐标区： 显示当前光标所在的实际世界坐标，并显示当前光标所在的单元。

功能按钮： 输入、运行和输出窗口的通用功能。

F1	特定窗口或当前区的帮助。
F2	为未来的 3-D 选项保留。
F3	以原文件名保存文件。
F4	弹出一个文件选择窗口，你可以选择输入一.DXF 格式的图形文件，该图形可以在图层窗口上打开或者关闭。
F5	按鼠标左键让你全屏放大一窗口。按右键将弹出一个窗口允许你全屏放大一特定区。
F6	使屏幕重新显示整个模拟范围。
F7	在模型上单击鼠标左键，拖动该点到新的位置后再单击左键。
F8	在按行列显示时指定垂向放大倍数。
F9	图层窗口允许你打开或关闭各种图形。
F10	返回主窗口。

状态栏： 每个按钮的功能和使用描述

CAD（计算机辅助设计）环境是 Visual MODFLOW 的最大特征之一。它让用户轻松快速地设置复杂问题，同时允许用户监视输入，因此避免了在数据输入过程中经常产生的许多错误。

CAD 环境必须要有一个 Microsoft（或兼容）鼠标。在所有的 CAD 环境中以下的键都是有效的：

功能键	如上所述。
回车键	选择当前高亮度显示区。
Esc 键	取消当前窗口。
光标键	有限的功能（如选择菜单项）。
Tab 键	单元之间移动。

1.5.1 图层功能

Visual MODFLOW 的显示是以一系列层的方式来组织的。各种特征，如网格线、观测井和导水系数分区的描画是独立的，并且可以独立地打开或关闭，使你的图件或屏幕具有更好的可读性。这种不同的层称为**图层（Overlay）**，它可以让你对数据进行交叉检验。

带有你的计算结果的图层只能在输出（Output）屏幕中使用。除此之外，输入（Input）和输出（Output）的图层是一致的。

当你在主菜单、输入、输出和运行窗口之间切换时，这些图层都有一些特殊的缺省设置。在主菜单窗口中仅显示模型边界的底图.DXF 和.BMP 图层。当你首次进入输入窗口时自动加上网格（Grid）图层，但当以输入模式进行操作时，缺省的图层就和前后操作有关了。在输出窗口中，缺省的图层也和前后操作有关，但是当你操作时以前的图层依然是可见的，除非你明确地将其关闭。

按 **F9** 键或用鼠标单击屏幕底部的 **F9** 按钮，将显示图层对话框。

各种各样的图层都可以让你对数据进行交叉检验，或者从你的图件中增删一些特性来使用你的图件更具可读性。输入的图件也可以从图层窗口中加以删除。

你可以用设置（**Settings**）按钮更改某些图层的显示特征。分区类的特征如导水系数和补给，既可用填充区块也可用外廓线的形式显示。DXF 图件的上色以及计算所得的特征如等值线和流速矢量的选项，都可通过设置按钮来设置。

图层在表列里出现的顺序将决定图层在屏幕上的描绘顺序。描绘顺序与表列里的顺序相反（也就是说表列中最前的特征是屏幕上最后才描绘的特征）。将 **Default** 按钮切换为 **User Defined** 后，图层表列可以用图层控制对话框右下方的四个按钮来作调整。

1.6 Visual MODFLOW 中的打印功能

Visual MODFLOW 可以让你打印当前模型的资料。从主窗口、输入、运行或输出窗口中选择 **File**，再选择 **Print**。你会看到如下对话框：

Project Information（项目信息）指图件标题栏的文字信息。当 **Full Image**（全图像）被选中时，就不会打印标题栏。

对一个连贯的图形窗口，在选择放大（**Zoom In**）后可用鼠标右键为你的模型指定视图的区域。该特征取得顶底的网格坐标后再对左右边界的网格坐标进行计算，形成一个矩形视域。它还可以让用户转回到上一次缩放窗口或改变当前的缩放窗口。

程序将会自动地选择缺省的 Windows 打印机为当前的打印设备。要改变当前的打印机，单击 **Select**，你会看到如下对话框：

通过选择打印机名称（Name）输入框旁的箭头，你就可以将当前打印机切换到任意一台目前已安装的 Windows 打印机上。选择 **Properties** 会有一个标准的 Windows 打印选项对话框，可让你调整纸张、字体和设备的设置。

1.6.1 打印到 DXF 文件

如果你要将结果输出到 DXF 文件中以便于在诸如 AutoCAD 之类的 CAD 程序中进行后处理，你可以将你的结果“打印”到 DXF 文件中去。

要将结果输出到 DXF 文件中，先从主菜单上选择 **File** 再选择 **Print to DXF file**。下面的对话框将提示你输入 DXF 的文件名。

1.7 设置

我们用 **Setup** 选项为不同的 Visual MODFLOW 软件包选择不同的数值引擎。要进入设置，点击顶部菜单的 **Setup**，就会出现一个下拉式菜单。

1.7.1 数值引擎

Visual MODFLOW 允许用户为 MODFLOW 和 MT3D 选择不同的数值引擎(FORTRAN 可执行程序)。选择 **Setup** 后 ,从下拉式菜单中选择 **Numeric Engines** ,就会出现数值引擎(Numeric Engines)对话框。

MODFLOW 的数值引擎只有一个即 **USGS MODFLOW 96 from WHI**。

MODPATH 和分区均衡都只有一个数值引擎：分别是 **USGS MODPATH from Waterloo Hydrogeologic** 和 **Zone Budget from Waterloo Hydrogeologic**。

运移的数值引擎有四个可供选用：

- EPA MT3D , v.1.1 (公共版权);
- DOD MT3D , v.1.1 (公共版权);
- MT3D , v.1.86 (Papadopoulos & Associate Inc.);
- MT3D96 (Papadopoulos & Associate Inc.)(只有在单独购买了 MT3D96 后才可用)。

如果 MODFLOW 运行后 MT3D 的数值引擎发生了变化，就要重新运行 MODFLOW，更新 *projectname.flo* 文件，使之与 MT3D 的数值引擎保持一致。

1.7.2 Windows95/NT 交换文件

Windows95/NT 管理系统的虚拟内存。要改变这些设置请询问你的系统管理员。

1.8 疑难解答

1.8.1 常见问题

问：为何 Visual MODFLOW 有时反应迟缓？

答：在数据量很大时，如果 Visual MODFLOW 将 RAM 用完，它就会占用你的硬盘作为临时空间。对许多操作而言，将不用的数据移入移出临时空间增加了运行时间。Visual MODFLOW 拥有的 RAM 越多，对临时空间的需求就会减少。

另外，你可能需要为计算机购买一些 RAM 了。

问：OUT OF MEMORY- CANNOT CONTINUE 这条错误信息是什么意思？

答：Visual MODFLOW 已经用掉了运行你的数据所需的内存。增加这个值就可以让 Visual MODFLOW 占用一些硬盘作为不常用的数据的临时存储空间。请注意，在运行前，你的硬盘上至少有这么多 KB 的自由空间。

问：为何在和模拟区比较时我的 DXF 图是 HUGE (巨型) ？

答：Visual MODFLOW 要求你的 DXF 图形单位是十进制。你要输入的 DXF 文件可能是用英尺和英寸这种工程或建筑尺度。为了准备 Visual MODFLOW 的 DXF 文件，你应该先用 AUTOCAD 或其他恰当的 CAD 软件编辑一下你的 DXF 文件。首先，你应该把单位转变成 DECIMAL 形式。这会将你的图形转变成十进制英寸形式。然而，这也将把你的图形文件放大成 12 倍。为了弥补这一点，你需要用 SCALE 命令把整个图以 0.0833333(1/12)系数缩小，缩放完成之后，你需要用 DXFOUT

或用类似的命令把整个图形再保存一次。文件现在就可以以正确的尺寸输入到 Visual MODFLOW 中去, Visual MODFLOW 的未来版本将可以识别这种情况, 并自动的缩放图形。

问：我想重编译 USGS MODFLOW。我的 Visual MODFLOW 还能用吗？

答：Visual MODFLOW 使用 Watcom F77 编译器来编译 MODFLOW 源文件。另外, MODFLOW 源文件还可以用 Lahey F77 编译器编译, 它可以和 Visual MODFLOW 兼容。应该知道, 用 Fortran 编译器编译的非格式化二进制文件是不必兼容的。如果使用其它编译器, 在对.HDS 和.DDN 进行后处理时可能会出现问題。如果你想使用其它编译器或在快速工作站运行 MODFLOW, 请向我们询问有关如何读取你特有的二进制文件的 Visual MODFLOW 用户定制的修改问题。

问：Visual MODFLOW 不能创立必要的 XXXX Kbytes 的交换文件, 为什么？

答：MODFLOW 的数据文件可能非常大, 经常需要比你的 PC 机所能提供的 RAM 存储空间还要大。然而, 在 MODFLOW 处理你的问题时, Visual MODFLOW 通过利用你的硬盘空间来暂时存储不需要的数据的方法来产生更多的“内存”。但是, 根据你的程序大小, 当你使用虚拟内存时, 如果不能得到所需的总内存, MODFLOW 可能仍然不能处理你的数据文件。

交换文件的大小等于虚拟内存减去可用内存, 如果它大于可用的硬盘空间, 那么 Visual MODFLOW 就会给出这条消息。

在这一点上你有三种选择：

1. 尽力按正常去运行模型。有时, 某个问题可能并不需要虚拟内存参数规定的内存的大小。
2. 按指定空出硬盘空间。
3. 在 vmod.vmc 文件中把虚拟内存参数改小。然而请注意, 如果你的问题所需内存大于规定的值时将产生一个错误消息：DOS4Gpro Error 1307—not enough memory when attempting to run MODFLOW。

1.9 如何获得技术支持

如果你有任何问题, 请随时和 Waterloo Hydrogeologic 公司联系。我们对已注册使用 Visual MODFLOW 的用户提供免费技术服务。在简介那一章中你可以找到我们的地址。

一般情况下, 我们会在一个业务天中回答所有技术服务问题, 但是可能要两个业务天来作答复。

在信中除了简单描述你的问题外请写上你的：

- 名字
- 公司和办公室
- 电话和传真号码
- email 地址 (如果你有的话)
- 产品序列号
- 版本注册日期

你的版本注册日期可以在主菜单窗口中的 **HELP** 菜单的 **About Visual MODFLOW** 子菜单中找到。

如果你的问题是“我要如何去做...”之类的话, 附上这些资料就足够了。但是, 如果你是报告一种故障 (特别是导致系统崩溃的故障) 或有关该软件的技术问题, 请另外提供如下信息：

- 计算机的硬件配置。
- 操作系统 (Win 95 /WinNT)。
- 计算机的 RAM 大小。
- 计算机的剩余硬盘空间大小。

- 详细描述问题是在什么时候和如何发生的。

如果我们不能重现你所遇到的问题或不能解决此问题,我们将要求你给我们寄一份你的工程文件的副本。

第二章 使用教程

本章是 Visual MODFLOW 的使用教程，它用一个具有完整的输入、输出文件的模型例子（Airport）来让你熟悉后处理能力和 Visual MODFLOW 的功能。该问题的数值模拟结果（MODFLOW、MODPATH 和 MT3D）已经完成，你可以用它来评价一下该例模拟结果的可视化输出能力。

该章将向你显示设计并运行模型以及如何将结果可视化显示的一些必要的步骤。本教程是以按一步一步的方式组织的，你可以选择感兴趣的章节而不必做全部练习。

2.1 实例模型介绍



本场地位于 Waterloo 城外的一个机场附近。场地表层地质情况是：上下各有一层砂砾含水层，中间有一粘土和粉砂弱透水层将它们分开。相关的场地地物有一个飞机加油场、一个生活供水井场和一块弱透水层不连续区（含水层天窗）。如下图所示。

生活供水井场有两眼井。东井抽水量稳定在 $550\text{m}^3/\text{d}$ ，西井为 $400\text{m}^3/\text{d}$ 。在过去十年中，在加油场中不断地有飞机燃料的泄漏，其自然下渗已在上层含水层中产生了一个污染羽。本教程将向你显示如何一步步地为这个场地建立一个地下水流动和污染物运移的模型。这个模型将显示燃料污染物对生活供水井的潜在影响。

在讨论时，我们将该场地在平面上的视图指定为上北下南左西右东。如图所示，地下水在一个由上部潜水含水层、中间弱透水层和下部承压含水层所组成的三层系统中自北向南（平面图上是从上到下）流动。上下含水层的水力传导系数为 $2\text{e-}4\text{m/s}$ ，弱透水层的水力传导系数为 $1\text{e-}10\text{m/s}$ 。

2.2 有关的术语和记号

在本教程中，将用到以下的术语和记号：

TYPE	输入给定的词或值
SELECT	在所指的地方按下鼠标左键
↔	按下 Tab 键
↵	按下 Enter 键
	在所指的地方单击鼠标左键
	在所指的地方双击鼠标左键

2.3 启动 Visual MODFLOW

在 Windows 环境下，你只需简单地双击 WHI Software 程序组里的 Vmod 图标，即可启动 Visual MODFLOW。

现在你就可以看到 Visual MODFLOW 的启动屏幕。要进入主菜单：

 **OK**

2.4 打开文件

在本教程中，你可以从任意地方开始，在章节之间跳来跳去，或者离开，或者从你停止的地方开始。要创建一个新文件，请跳至**模块 I**。要打开一个已有的模型，在顶部菜单条上：



File

会有一个下拉菜单提示你从一个标准文件选项的表列中进行选择。



Open

将会出现一个文件选择窗口。



Tutorial 文件夹

如果你要开始学习第 2 节：



Grid1.vmf

如果你要开始学习第 3-7 节：



Grid2.vmf

如果你要开始学习第 8-10 节：



Airport.vmf

如果你要开始学习第 11-14 节：



Output.vmf

如果你要继续本教程：



filename.vmf (你在第 1 节创建的文件)



OK 打开文件

几秒钟后，主菜单就会出现，同时显示出模型网格和场地地图，如下图所示。

2.5 模块 I：模型输入

2.5.1 第 1 节：设置数值引擎

在进入输入屏幕以前，很重要的一项工件是选择运行模型所需的数值引擎。从顶部菜单条上：



Setup



Numeric Engines

新模型的缺省数值引擎如下所示：

重要说明：

Visual MODFLOW 包括免费的 MT3D 的公共版本 (EPA 的 1.1 版和 DOD 的 1.5 版)。但是 1.10 版没有 1.86 版稳定，它们都没有 MT3D96 那么快而灵活。本教程的飞机场模型练习是用 MT3D v.1.10 和 MT3D96 做的。对那些需要精确模拟污染物运移的专业咨询公司来说，所有的模拟都应该用 MT3D96 来做。

要换一种数值引擎的话，单击你想要的改变的那种数值引擎的选择框旁边的向下箭头键，然后在下拉对话框中选择。对于本教程中的模拟练习，你可以使用 DOD1.5 或 MT3D96，如果你已分别购买了的话。



Transport Numeric Engineer



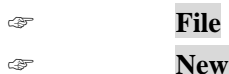
MT3D by Papadoplulos_Associates Inc.



OK

2.5.2 第 2 节：生成模型网格

第一个模块将教你如何利用 Visual MODFLOW 模拟环境通过必要的步骤生成一个新的模型数据文件。



此时将出现一个**创建新文件**的窗口。



在**文件名**输入框中输入一个新的数据文件名（比如，键入 'Tutorial'），然后选择 **Save**，就生成了一个新的数据文件。

Visual MODFLOW 会自动在文件名后加入 vmf 扩展名。

然后，将出现一个选择单位的窗口。在下图中用鼠标为你的特定系统指定度量单位。



下一步你必须说明.DXF 底图文件的目录和文件名。



在你安装 Visual MODFLOW 的目录（缺省为：c:\VMODNT\tutorial）下找到并选中下面这个文件：



下一步你应该输入模型的行数、列数以及层数。

Enter Number of Columns (j) (列数)	40↔
Enter Number of Rows (i) (行数)	40↔
Enter Number of Layers (k) (层数)	3↔
Enter Zmin (最小的高程值)	0↔
Enter Zmax (最大的高程值)	18↔

在上述窗口的 Units (单位) 部分，用鼠标从它们各自的下拉列表选择如下选项：

Length (长度)	meters
Time (时间)	days
Conductivity (传导系数)	m/second
Mass (质量)	kg
Concentration (浓度)	mg/L
Pumping Rate (抽水速率)	m3/day
Recharge (补给速率)	mm/year
Create	(确认这些设置)

之后，将出现一个**模型区域选择 (Select Model Region)** 窗口，你可以在这里定义模拟区的范围。Visual MODFLOW 会从 sitemap.dxf (场地底图) 中读取坐标的最大值和最小值，并默认它是处于模拟区域的中心。现在的 Visual MODFLOW 允许用户转动 dxf 图像、使用局部坐标系、设置 DXF 图的范围。如果用位图作为底图，则可以对图形进行地理参照处理和旋转。在屏幕中的原来的数字上输入以下数值：

Enter Start Point X	0↔
Enter Start Point Y	0↔
Enter Angle	0↔
Enter Grid Co-ordinates X1	0↔
Enter Grid Co-ordinates Y1	0↔

Enter Grid Co-ordinates X2 **2000 ↔**

Enter Grid Co-ordinates Y2 **2000↔**

☞ **OK** 接受网格尺寸

在模拟区内将会自动生成一个大小均一的 40X40X3 的有限差分网格，同时在屏幕上将会出现一个如下图所示的场地底图。

从这儿你可以进入输入部分的任何一节，看看 Visual MODFLOW 是如何处理各种输入参数组的。

前面已经提到，如果是想看看结果的显示，是没有必要将本教程所写的所有步骤全部运行一遍的。本教程已提供了每个模块所需的所有文件。

2.5.3 第 3 节：细化模型网格

本节介绍了对感兴趣的地段如供水井周围地区、含水层天窗区与加油场之间地段进行模型网格细化的步骤。由于单元的大小代表了井的尺寸，因而用更细的网格来模拟井的影响将会更接近实际情况。另外，如果在井周围出现了水位下降，用小的网格剖分可使水面更平滑。

如果你是从别的小节转到此地，你可以跳过框中的步骤。

☞ **File**

☞ **Open**

此时针对出现一个文件选择窗口。

☞ **Grid_1.Vmf** （Tutorial 目录下）

打开文件后，就会出现 Visual MOFLOW 的主菜单。

首先我们要细化供水井周围的网格。从主菜单的顶部菜单条上：

☞ **Input**

就进入了输入模块中，其中模型的组成部分（Building Blocks）在顶部以菜单方式给出。当你首次进入输入模块时，Visual MODFLOW 会装入网格（Grid）输入窗口。屏幕左边的最上面的四个按钮（**View Column**、**View Row**、**View Layer**、**Goto**、**Next** 和 **Previous**）在每个屏幕上都会出现，使你在任何时候都可以将模型的显示方式从平面变为剖面。屏幕左边其它的按钮有各种进行模型网格修改的功能。要细化 X 方向的网格，

☞ **Edit Columns**

然后将鼠标移至网格的任一处。注意在模型网格上有一个高亮度的竖线会随鼠标移动。这条竖线可以用来在模拟区的任何位置加上一列。在本练习中，我们通过按鼠标右键引出一个添加垂直网线（Add Vertical Line）窗口，以指定的间隔增加网格线。如图所示。

☞ **⊙Every spaced gridlines from :**

单击其后的输入框，输入以下数值：

from : **500↔**

to : **1600↔**

at intervals of : **25↔**

☞ **OK** 接受这些值

☞ **Close** 离开

现在我们要细化从加油场至供水井 Y 方向的网格。

☞ **Edit Rows**

然后将鼠标移至网格的任一处，按鼠标右键，将会有有一个弹出窗口要求你输入网格的信息。

☞ **⊙Every spaced gridlines from :**

单击其后的输入框，输入以下数值：

from : 400↔
to : 1900↔
at intervals of : 25↔

☞ **OK** 接受这些值

☞ **Close** 离开

细化后的网格如图所示。

下一步将向你展示如何在剖面上观察模型，以及向模型添加层位。要在剖面上观察模型，在左边菜单上

☞ **View Column**

将鼠标移至网格的任一处，当你在屏幕上移动光标时，光标对应位置的列就会以高亮度显示。如要观察某一列，在该列上单击左键。Visual MODFLOW 将模型的显示方式从平面变为剖面视图。此时模型还没有进行垂向放大，剖面图看起来就象一条粗线，根本不能区分出三个层来。为了能恰当地显示出这三个层，你必须对剖面图进行垂向放大。在窗口底部选择：

☞ **F8-Vertical Exaggeration**

就会出现一个垂向放大窗口，供你输入垂向放大系数。

Type : 40

☞ **OK**

如下图所示，这模型的三个层就会在屏幕上显示出来。从图上可以看出在整个剖面上每一层的厚度都是一样的。

在 Visual MODFLOW 中，你可以从 Surfer 的 .grd 文件或以空格分隔的 x, y, z 的 ASCII 文件中输入变化的层位标高。本例中，我们将输入一个 ASCII 格式的 x, y, z 文件来生成一个有坡度的地表及层位，同时后者的厚度也是变化的。

☞ **Import Surface**

此时将出现如下窗口：

☞ **Choose Filename**

显示一个所有 ASCII 文件的选择窗口。你将输入的地表高程文件名为 **airpt_gs.asc**。要选择此地表高程文件，

☞ **airpt_gs.asc**

应确认以下缺省设置。

☞ **OK**

这是一个有一定坡度的地表，北部边界高程为 20 米，南部边界高程为 17 米。Visual MODFLOW 从 ASCII 文件中读取 X, Y, Z 数据，并利用五个最近采样数据点利用距离平方倒数插值方法求出第 1 层的每个单元顶板的块中心高程。

现在要输入层 1 底板的高程。

☞ **Import Surface**

☞ **Choose Filename**

☞ **airpt_b1.asc** 第 1 层的底板高程数据文件。

☞ **☐ Import bottom elevation of layer (输入第...层的底板高程):(默认为 1)**

☞ **Minimum Layer Thickness 0.75**

☞ **OK** 接受其它的默认参数值

几秒钟以后，第一层底板就会显现出来，它具有一个变化的表面。下一步要输入第二层底板高程。从左侧菜单上选择：

☞ **Import Surface**

- ☞ **Choose Filename** (选择输入的文件)
- ☞ **airpt_b2.asc** 第 2 层的底板高程数据文件。
- ☞ **☉ Import bottom elevation of layer** : 向框中输入 2。
- ☞ **Minimum Layer Thickness** **0.75**
- ☞ **OK** 接受其它的默认参数值

第二层的底板就会显现出来，它也具有一个变化的表面。接着输入第三层底板高程。从左侧菜单上选择：

- ☞ **Import Surface**
- ☞ **Choose Filename** (选择输入的文件)
- ☞ **airpt_b3.asc** 第 3 层的底板高程数据文件。
- ☞ **☉ Import bottom elevation of layer** : 向框中输入 3。
- ☞ **Minimum Layer Thickness** **0.75**
- ☞ **OK** 接受其它的默认参数值

第三层的底板就会显现出来，它具有一个变化的表面。

为对模型网格进行更细的垂向离散，你可以对每一层进行细分。从左边的菜单中选择：

- ☞ **Edit Layers**

把鼠标移到模型横剖面中。在横剖面中将会有一条水平方向的线随着鼠标移动。要细分某个层位，只要让这条线移到第一层大致的垂向中央并单击鼠标左键。在此处就会加入一条分层线。

为了细分中部承压层，把这条水平线移到弱透水层中单击鼠标右键。将出现一个添加水平层位 (Add Horizontal Layer) 窗口，如下所示。

- ☞ **☉ Split current layer into '2' evenly spaced layers** (将当前层分为 2 个等大小的层)
- ☞ **OK**

对模型的底层重复这一过程。

当你完成这些操作后：

- ☞ **Close** 退出

现在，模型的横剖面上应该有六个层位，类似下图：

用左边菜单的 **Next** 和 **Previous** 按钮在模型列剖面中移动。

接着选择 **View Row**，在剖面的一高亮垂直列中用鼠标选择一行。使光亮区在模型剖面的行上移动。

要返回到模型区的平面视图状态，选择 **View Layer** 按钮，然后使模型顶层变成高亮显示，然后单击鼠标左键。就会显示飞机场的平面图。

2.5.4 第 4 节：添加井位

这一节的目的是一步一步地指导你怎样在模型中加入抽水井。

如果你已经阅读完了其它小节，你可以跳过该框中的步骤。

- ☞ **File**
 - ☞ **Open**
- 将出现一个文件对话框。
- ☞ **grid_2.vmf** (细化网格后的模型)
- 此时文件就会打开，出现 Visual MODFLOW 主菜单窗口。要进入输入模块：
- ☞ **Input**

从顶部菜单中选择



Well

再从下拉菜单中选择：



Pumping Wells

系统将要求你保存你的数据



Yes

现在开始加入井位，将供水井周围区域（模拟区的右下部）放大：



F5-Zoom In

把光标移到供水井的左上方，单击鼠标左键。然后，拖出一个方框围住供水井，再次单击左键，闭合放大窗口。



Add Well

把光标移到西边那眼井上，单击鼠标左键。就会出现一个井位编辑窗口，你可在此输入井位资料。

在标有 **Well Name** 的输入框中单击鼠标：

Type :

Supply Well 1



Add Screen

把光标移到窗口左边的井孔中，在高程为 5 米处单击一下鼠标。然后把鼠标移到高程为 0.3 米处再单击一次。就会在井中高程大约为 5-0.3 米处加入一滤水段。另外你也可以在方框中直接输入数值来精确确定滤水段的位置。

因为 Visual MODFLOW 计算的是每个单元的水头值，而不是井的水头值，因此 Visual MODFLOW 允许你把井当作观测点。然后你可以输入抽水井的半径，Visual MODFLOW 会去计算校正后的水头值。这在与抽水井的实测降深进行校验时非常有用。

下面我们要输入井位抽水的时间安排，在标有 **Stop** 的列下的方框内单击鼠标左键，并输入以下信息：

Stop[day] : **7300↔**

Rate[m³/d] : **-400↔**



OK

如果某些所需的数据没有输入的话，Visual MODFLOW 会提醒你马上完成。

下一步是设置第二眼抽水井的参数，我们要使用从一眼井向另一眼井复制属性的快捷方法来完成。



Copy Well

把光标移到西边的那眼井上，单击鼠标。然后把光标移到东边井位上，再次单击一次，就把井复制完成。下一步我们要编辑复制过来的井的资料。



Edit Well

单击井位标记，选择新的那眼井。就会出现一个井位编辑窗口。

在标有 **Well Name** 的输入框中单击鼠标：

Type :

Supply Well 2

在标有 **Rate[m³/d]** 的方框中单击鼠标：

Type : **-550**



OK 接受这些井参数





F6-Zoom Out

2.5.5 第 5 节：设置模型的属性


本节将向你显示如何一步步地设置一个由水力传导系数相差很大的层位所组成的模型的属性。


如果你已经完成了其它小节，你可以跳过框中的步骤。

 **File**


 **Open**




出现一个文件选择窗口。

 **Tutorial 文件夹**

 **grid_2.vmf**

打开文件，出现 Visual MODFLOW 主菜单。

 **Input**

-  **Properties**
-  **Conductivity**
-  **Yes** （保存你的文件）

如果你正在创建一个新的模型，在此将出现一个默认 K 值（Default K Property）窗口，让你输入水力传导系数、储水系数、给水度以及空隙度的初值。模型会把这些值赋给模型中的每个单元。

我们可以使用 **Assign Single**、**Assign Polygon** 或 **Assign Windows** 来输入具有不同的水力传导系数的区域或层位。

用给定的格式输入如下值。

- Hydraulic Conductivity in x (m/sec) Kx :** **2e-4↔**
（X 方向水力传导系数 Kx）
- Hydraulic Conductivity in y (m/sec) Ky :** **2e-4（输入 Kx 后自动出现）↔**
（Y 方向水力传导系数 Ky）
- Hydraulic Conductivity in z (m/sec) Kz :** **2e-4↔**
（Z 方向水力传导系数 Kz）
- Specific Storage (Ss) :** **1e-4↔**
（单位储水系数）
- Specific Yield (Sy) :** **0.2↔**
（单位给水度）
- Effective porosity (Eff.Por) :** **0.15↔**
（有效孔隙度）
- Total Porosity (Total Porosity) :** **0.15**
（总孔隙度）

-  **OK** 接受这些数值。


当你输入 Kx 的值时，Ky 就自动给出了，因为 Visual MODFLOW 假设模型是水平各向同性的。现在输入第三和第四弱透水层的水力传导系数值。

-  **Goto**

显示**转到层**弹出窗口

- Type :** **3**
-  **OK**

Assign Windows 让你可以在一个矩形窗口内设置一个不同的水力传导系数。现在，让我们给第三、四层弱透水层输入一个较小的水力传导系数。

-  **Assign Windows**

把鼠标移到网格的西北角，在单元中间单击。然后把鼠标移到东南角，点击单元中部。这就形成了一个覆盖整个层面的窗口。

出现一个属性设置 (Assign Property) 对话框。

 **New** (整个网格将变成蓝色)

输入下列弱透水层的水力传导系数：

把鼠标移到 **Kx (m/s)** 框中单击并输入如下值：

Kx (m/s)	1e-8↔
Ky (m/s)	自动设置为 1e-8↔
Kz (m/s)	1e-9↔

 **OK** 接受这些值


从底部菜单栏中选择 **F6-Zoom Out** 更新屏幕显示。

现在把第三层的水力传导系数复制到第四层。在左边菜单上选择：

 **Copy Layer**

出现一个复制窗口。在窗口中：

 ☒ **Copy All Properties** (复制所有的值)


 **Layer 4** (它就会以高亮度显示)

 **OK** 把第三层的 K 值复制到第四层

尽管在含水层天窗地段代表弱透水层的模型层已收缩到非常薄 (0.2m)，但是这对于重新设置 K 值来表现弱透水层的不连续性是一个很好的练习。

在这个特例中，含水层天窗区在底图上就已有体现。然而，在许多情况下是没有这种资料的，你必需依靠某些参数比如层厚来确定这个不连续的地段。要显示第三层的厚度可在下部菜单条上选择 **F9-Overlay** 按钮。这时就会出现一个**图层控制 (Overlay Control)** 窗口 (如下图)，其中有一个表列，上面包含以字母顺序排列的所有在设置模型输入参数可能出现的图层。

向下浏览表列直到找厚度图层 (**Layer Thickness Overlay**)，然后双击它，在它的左边就会出现一个“*”，表示它现在是一个活动图层。

 **OK** 将显示层厚的等值线图

现在将等值线收缩到 0.5m 的最小厚度的地段放大。

 **F5-Zoom In**

将鼠标移动到含水层天窗地段的左上部，单击左键。在该区上拉出一个框，再单击一次。屏幕上就会出现含水层天窗地段放大后的图形。

 **Assign Single** (对单个单元进行设置)

将会出现一个属性设置框，其缺省值是最后输入的 K 值 (**Property #2**)。按下 **New** 键下的向下箭头。**Property #1** 就会是 K 的当前值。**此时千万别选择 OK**。将鼠标移到由 0.5m 等值线所圈定的表示含水层天窗的地段。按下鼠标，绕着该区拖动直到区内单元格成为白色显示 (如图)。

如果你已对区外的单元重新作了设置，那么，松开左键，按下右键就可以将单元恢复为它们原先的值的颜色。完成单元格的“描画”后，选择 **Assign Single** 窗口中的 **OK** 键。

现在你要将该值复制到第四层。


 **Copy Layer** (在左侧菜单条上)

就会出现一个复制窗口，其缺省设置是 **Copy only property #1** (仅复制第一种属性)

 **Layer 4** 激亮该层

 **OK** 把层 3 中的 K 的 **Property #1** 值复制到层 4 上

要检查 K 值是否已经复制到层 4，在左边菜单上选择 **Next** 进入层 4。

 **F6-Zoom Out** 回到整个模拟区的全屏显示状态。

要在剖面上观察模型，从左边菜单选择 **View Column** 键，移到含水层天窗地段。通过左键选

择要观察的列。就会出现一个如图所示的剖面图。

用左侧菜单上的 **Next** 和 **Previous** 按钮可在整个模型中移动。通过屏幕左下侧的立方体导航器可以观察剖面的相对位置。

选择 **View Layer**，然后点中模型剖面中的第 1 层，回到平面显示方式。

然后 Visual MODFLOW 将会计算模型顶层的层厚度等值线。

要去掉层厚等值线，可选择底部菜单的 **F9-Overlay**。浏览图层表列，双击 **Layer Thickness Overlay**，将它变为不活动即可。



OK

2.5.6 第 6 节：设置模型边界条件

本节介绍了设置各种模型边界条件的步骤。

如果你已经完成了其它小节，你可以跳过框中的步骤。



File



Open

出现一个文件选择窗口。



在 **Tutorial** 文件夹中



grid_2.vmf

打开文件，出现 Visual MODFLOW 主菜单。



Input

要设置补给条件，你必须是在处于模型顶层的平面视图情况下。检查一下左下角的立方体导航器，看看你目前所处的层位，如果不在第 1 层，就用 **Next**，**Previous** 或 **Goto** 进入到第 1 层。

我们首先要设置的边界条件是含水层的补给通量。



Boundaries



Recharge

如果你是正在建立新模型，此处会出现一个**缺省补给 (Default Recharge)**窗口，提示你输入补给量的初始值。Visual MODFLOW 自动地将这个补给量值赋给模型的整个顶层。在框中输入：

Stop Time[days] : 7300↔

Recharge[mm/yr] : 100



OK 接受赋值



F5-Zoom-In

将光标移到加油场的左上角，单击鼠标左键。沿加油场拉出一个框，然后再点一次闭合放大窗口。

现在我们要给加油场设置一个较高的补给值：



Assign Window

将光标移到加油场的某个角上。单击鼠标左键，沿加油场拖出一个窗口，然后再单击鼠标左键。就会出现 **Assign Recharge** 窗口。



New

设置了补给条件的窗口将变为 **Property #2** 属性的蓝色，给 **Property #2** 输入以下值：

Stop Time [days] : 7300↔

Recharge [mm/yr] : 250






OK 接受赋值



F6-Zoom-Out 将模拟区恢复为全屏显示。

下一步是给承压和非承压含水层的南北边界设置定水头边界条件。

从顶部菜单上选择：



-  **Boundaries**
-  **Constant Head**
-  **Yes** (保存输入的补给量数据)

首先我们为上部潜水含水层沿模拟区北部的边界设置的边界条件。

-  **Assign Line**

将鼠标移至网格的西北角。用鼠标左键点击该单元中心。然后用鼠标右键点击该单元中心。此时单元格组成的水平线将以高亮度显示，同时出现一个如图所示的定水头边界输入窗口。



输入以下数值：

- Code # :** 1
-  **Stop Time**
- Stop Time :** 7300↔
- Start Point :** 19↔
- End Point :** 19
-  **OK** 接受输入


此时，粉色线将会变成暗红色，表示常水头边界值已经设置完毕。从左边菜单上选择：

-  **Copy Layer**



会出现一个复制窗口，在 **Copy only code # (仅复制第...种属性)** 缺省设置旁边的框中值为 1。

-  **Layer 2** (该层会高亮度显示)
-  **OK** 将定水头边界 1 号属性复制到第 2 层




我们现在要输入下部承压含水层沿模拟区北部的边界的边界条件。

-  **Goto** (在边上的菜单条上)



此时会有一个 **Goto Layer** 的弹出窗口。在 **Layer you wish to go to (你想去的层位)** 框中，1 是缺省值，并高亮度显示。

- Type :** 5
-  **OK** 进入第 5 层
-  **Assign Line**

将鼠标移至网格的西北角。用鼠标左键单击该单元中心。然后用鼠标右键单击网格东北角的单元的中心。该线会以高亮度显示，同时出现一个定水头边界输入弹出窗口。输入以下数值：

- Code # :** 2
-  **Stop Time**
- Stop Time :** 7300↔
- Start Point :** 18↔
- End Point :** 18
-  **OK** 接受输入
-  **Copy Layer**

会出现一个复制窗口，选择 **Copy only code #**并在旁边框中输入“2”。

-  **Layer 6** (该层会高亮度显示)
-  **OK** 将定水头边界 2 号属性复制到第 6 层

下一步我们要设置下部承压含水层沿模拟区南部的边界的边界条件。

-  **Assign Line**

将鼠标移至网格的西南角。用鼠标左键单击该单元中心。然后用鼠标右键单击东南角单元的中心。该线会以高亮度显示，同时出现一个定水头边界输入弹出窗口。输入以下数值：

Code # : 3

☞ Stop Time

Stop Time : 7300↔

Start Point : 16.5↔

End Point : 16.5

☞ OK 接受输入

☞ Copy Layer

会出现一个复制窗口，选择 **Copy only code #**并在旁边框中输入“3”。

☞ Layer 6 (该层会高亮度显示)

☞ OK 将定水头边界3号属性复制到第6层

设置完定水头值后

☞ View Column

将鼠标移至模拟区，选择通过含水层天窗地段的列。将会出现一个与下图相似的剖面图。

同时它还可以显示表示水力传导系数属性的颜色。选择 **F9-Overlay**，将显示图层窗口，此窗口显示了一系列能显示和关闭的图层。使用鼠标双击 **Conductivity Overlay**。将在 **Conductivity Overlay** 旁边显示一星号，表明它被激活了。

☞ OK 显示水力传导系数层

现在从左边菜单栏选择 **View Layer** 并单击模型横剖面的顶层，返回显示模拟区的平面图。

下一步沿着模拟区南部边界的顶层输入河流边界条件。

☞ Boundaries

☞ River 切换到河流输入窗口

☞ Assign Line

按照图层布置，(从网格的西南部开始)沿着河流单击鼠标左键使河流数字化。当到达东南边界时单击鼠标右键。

此时会出现一个弹出窗口将让你输入河流的资料。

键入以下数据：

Code # 4

☒ Assign to appropriate Layer

☞ Stop Time

Stop Time 7300↔

Start Point River Stage 16.0↔

Start Point River Bottom 15.5↔

Conductance 1000 ↔

End Point River Stage 15.5 ↔

End Point River Bottom 15.0↔

Conductance 1000

☞ OK 接受这些值

☞ F6-Zoom Out 刷新屏幕

定义河流后，将显示一条用网格单元表示河流边界条件的蓝线，如下图所示。

注意：技术角度上来说，这些传导系数值是错误的，因为在 MODFLOW 中传导系数的定义如下：

$$\text{传导系数} = \frac{\text{河床的水力传导系数}}{\text{河床厚度}} \times \text{河流面积}$$

细化网格时产生不同表面积的单元，相应地应输入不同的传导系数值。为了节约时间，在该例中不给单个单元赋予不同的传导系数值。

2.5.7 第 7 节：设置质点

本节将一步一步地指导你输入向前追踪的质点以确定污染物的途径。

如果你已经完成了其它小节，你可以跳过框中的步骤。

☞ **File**

☞ **Open**

出现一个文件选择窗口。

☞ 在 **Tutorial** 文件夹中

☞ **grid_2.vmf**

打开文件，出现 Visual MODFLOW 主菜单。

☞ **Input**

在顶部菜单栏上选择：

☞ **Particles**

此时程序会要求你保存数据：

☞ **Yes**

我们在此要做的第一步是放大加油场地段。

☞ **F5-Zoom In** 在底部菜单栏

在加油场的左上角单击鼠标左键，然后在该区上拖出一窗口，再单击鼠标左键闭合放大窗口。

☞ **Add Line**

把光标移到加油场的左边并单击鼠标左键。拖出一根线到加油场的右边，然后再单击一次。将显示一添加质点窗口。缺省的质点数是 10。把质点数变成 5。

☞ **OK** 设置好加油场中的五个质点的线

通过加油站区的绿色质点线表示是向前追踪的质点。现在返回到模拟区的满屏显示状态。

☞ **F6-Zoom Out**

2.5.8 第 8 节：设置模型的运移参数

如果你有 MT3D1.1, 1.5 或 1.86，请进入第 8A 节。

如果你购买的是 MT3D96，请进入第 8B 节。

2.5.8.1 第 8A 节：MT3D1.1, 1.5 或 1.86

本小节将一步一步地向你介绍如何输入运行 MT3D 所需的污染物运移参数。

如果你已经完成了其它小节，你可以跳过框中的步骤。

☞ **File**

☞ **Open**

出现一个文件选择窗口。

☞ 在 **Tutorial** 文件夹中

☞ **grid_2.vmf**

打开文件，出现 Visual MODFLOW 主菜单。

☞ **Input**

在顶部菜单栏上选择：

☞ **MT3D**

此时程序会要求你保存数据。

☞ **Yes**

如果你以前没有进入过 MT3D 窗口，程序就会要求你输入质量运移参数所用的质量和浓度的单位。

然后程序会要求你输入整个模拟区的背景浓度。

Type : 0

☞ **OK** 设置好背景浓度

下一步我们要为模型的每一层输入一个污染物延迟系数。

☞ **Chem. reaction** (顶部菜单栏上)

☞ **Options/Defaults** (边部菜单栏上)

此时屏幕上会将显示一个化学反应 (Chemical Reaction) 窗口，如图所示。

在本例子中我们只使用吸附等温线选项。

☞ ☒ **Sorption isotherm**

我们要使放射性衰变或生物降解选项 (Radioactive decay or biodegradation Option) 无效。如果它前面是 ☒，请在方框中单击鼠标去掉 ☒。注意现在窗口右下角的两个小窗口变灰了，表明它们已变为无效。

现在我们要选择吸附等温线的类型。

☞ ☒ **Linear isotherm**

注意因为选择了线性吸附等温线，窗口右上角的 Second Sorption Constant (吸附方程第二常数项) 窗口已经无效了。

下一步，你必须输入每层的土壤容重值。

在窗口左下部的标有 Bulk density of porous medium (Kg/m^3) (孔隙介质容重) 的窗口中的第一个方框中双击鼠标。方框左边的数对应于层号。每层的土壤容重值都有设为 2650 Kg/m^3 。

现在我们将输入用于计算污染物延迟系数的 K_d 值。

用鼠标单击 First Sorption Constant (吸附方程第一常数项) 窗口中第一个方框。

Type : $5.7\text{e-}5 \leftrightarrow$

所有六层都输入该值。

☞ **OK** 接受这些化学反应参数

2.5.8.2 第 8B 节 : MT3D96

本小节将向你介绍如何设置运行 MT3D96 所必需的污染物运移参数。

如果你已经完成了其它小节，你可以跳过框中的步骤。

☞ **File**

☞ **Open**

出现一个文件选择窗口。

☞ 在 Tutorial 文件夹中

☞ **grid_2.vmf**

打开文件，出现 Visual MODFLOW 主菜单。

☞ **Input**

从底部工具条上选择：

☞ **F10-Main Menu**

此时程序会要求你保存数据。

☞ **Yes**

☞ **Setup**

☞ **Numeric Engines**

新模型的缺省数值引擎如下图所示：

重要提示：

Visual MODFLOW 包括免费的 MT3D1.10 (EPA) 和 MT3D1.5 (DoD)。然而，MT3D1.10 没有 MT3D1.86 那么稳定，且这些版本都没有 MT3D96 的速度快或有弹性。本教程中的机场练习是用 MT3D1.10 和 MT3D96 都做过。对那些要求进行精确的污染物运移模拟的所有专业咨询业务都应使用 MT3D96。

要改变某个数值引擎，单击该引擎旁的下拉箭头键，在下拉框中选择你想要的数值引擎即可。在我们这次模拟中，我们将使用 MT3D96（如果你没有购买 MT3D96，你可以使用具有 MMOC 技术的 MT3D1.10 或 MT3D1.5）。

☞ **Transport Numeric Engine**

☞ **MT3D96 by Papadopoulos _Associates Inc.**

☞ **OK 接受数值引擎**

☞ **Input 设置**

☞ **MT3D**

然后你可以输入整个模拟区的背景（缺省）浓度（如果你事先没有进入过 MT3D 菜单）。

Type : **0**

☞ **OK 接受背景浓度**

下一步你应输入每层的污染物延迟系数。

☞ **Chem. reaction**

☞ **Options/Defaults**

将出现**化学反应窗口**，如图所示。

在本例中我们只使用吸附等温线选项。

☞ ☒ **Sorption isotherm**

在方框中单击鼠标去掉✓，使**放射性衰退或生物降解选项**无效。

现在你必须选择吸附等温线的类型。

☞ ☒ **Linear isotherm**

☞ **OK**

MT3D96 允许你按单元输入化学反应参数。缺省时，MT3D96 给模型的每一层都赋予模型开始建立所定义的值。

☞ **Database**

你必须为每一种化学反应属性输入土壤容重。

在标有 **Bulk density (Kg/m³)** 的窗口的第一个方框中双击鼠标。方框左边的数对应于层号。把每层的土壤容重都设为 2650 Kg/m³。

现在我们将输入用于计算污染物延迟系数的 K_d 值。

在**第一项系数 (1st coeff.)** 窗口下的第一个方框中单击鼠标。

Type : **5.7e-5**

给所有的层都赋予这些值。



OK 接受这些化学反应参数。

2.5.9 第 9 节：标志污染源

加油场的污染源将以污染物下渗源的**补给浓度 (Recharge Concentration)**的方式给出。

从顶部菜单条上选择：



Boundaries



Recharge Conc.

检查一下左下角的立方体导航器，确信你已经处于第一层上。如果不在第 1 层，就用 **Next**，**Previous** 或 **Goto** 进入到第 1 层。



F5-Zoom In

同时在加油场上拉出一个放大窗口。

然后，给进入模型的加油场的天然补给量设置一个浓度：



Assign Polygon

沿加油场周长移动鼠标，并同时用鼠标左键单击该区的角点，然后单击鼠标右键，该区就会变成阴影图像。此时就会出现一个**补给通量浓度设置 (Assign Recharge Flux Concentration)**窗口，输入以下数值：

Code # : 1↔
Stop Time[days] : 7300↔
Recharge Conc.[mg/l] : 5000↔



OK 接受这些补给浓度值



F6-Zoom Out 回到模拟区全屏显示状态

MT3D 最后一个需要输入的参数是弥散资料。从上部菜单条上选择：



Dispersion

如果你以前没有输入过弥散资料，程序就会让你输入纵向弥散度和横向弥散度比值。

Long. Dispersion[m] (纵向弥散度) : 0.1↔
Horiz. to Long. Ratio (水平横向/纵向) : 0.1↔
Vert. to Long. Ratio (垂直横向/纵向) : 0.00001↔



OK 接受弥散资料

在这个例子中，模型中每层的弥散系数都是均匀的。

最后，我们要向模型中加入三个观测井以监测整个模拟区内不同位置的浓度。



Calibrate

此时程序会提示你保存数据。



Yes






Add Obs.




将鼠标移至模拟区的任意一点，单击左键。将会有有一个**编辑观测点 (Edit Observation Point)**窗口让你输入以下信息：

Observation Name : OW1↔
X Location : 760↔
Y Location : 1667↔



Time	Observed Conc.[mg/l]
500↔	500.↓
1000↔	1600.↓
2000↔	2700.↓

 7300↔ 3300
 **OK** 接受这些数值
 **Add Obs.**

再将鼠标移至模拟区的另外任意一点，单击左键。将会出现一个 **Edit Observation Point** 窗口让你输入以下信息：

Observation Name : OW2↔
X Location : 760↔
Y Location : 1350↔
 **Time** **Observed Conc.mg/l**
 7300↔ 800.1
 **OK** 接受这些数值
 **Add Obs.**

再将鼠标移至模拟区的另外任意一点，单击左键。将会出现一个 **Edit Observation Point** 窗口让你输入以下信息：

Observation Name : OW3↔
X Location : 760↔
Y Location : 900↔
 **Time** **Observed Conc.mg/l**
 7300↔ 100
 **OK** 接受这些数值

要进入下一模块，请在选底部菜单条上选择 **F10-Main Menu**，再选择 **Yes** 保存数据。

2.6 模块 II：运行 Visual MODFLOW

下面我们将学习用于 Visual MODFLOW 的 MODFLOW、MODPATH 和 MT3D 的某些运行选项的选择。

2.6.1 第 10 节：流动模拟运行选项

如果你已经完成了模块 I 中的所有小节或模块 II 中的其它小节，你可以跳过框中的步骤。

 **File**
 **Open**

出现一个文件选择窗口。


 **Tutorial 文件夹**
 **airport.vmf**

打开文件，出现 Visual MODFLOW 主菜单。

从主菜单上选择：

 **Run**

你就会进入运行选项屏幕，此时会有一个窗口提示你选择**稳定**（Steady-state）还是**渐变**（Transient）模拟。

 **☉Steady state**
 **OK**

在 Visual MODFLOW 中，运行选项分为两个独立部分：流动模拟的运行选项和 MT3D 模拟的运行选项。当进入运行选项屏幕时，Visual MODFLOW 在默认条件下将进入流动模拟的运行选项。从顶部菜单上选择



Basic



Initial Heads

新模型的默认初始条件是 ☒ **Constant by layer**（按层给定定水头条件）。Visual MODFLOW 将根据每层的标高和边界条件为各层确定一个初始估计值。对于简单的问题而言，这一般都会得到一个收敛的解。然而，一个好的估计值往往可以显著地减少找到收敛值所需的迭代次数。注意，用于输入初始水头估计值的文件可以有多种格式可供选择。因为我们要做的是个简单问题，所以用 ☒ **Constant by layer** 做初始水头估计就已经足够了。



OK

此时就会出现一个**初始水头条件（Initial Heads）**窗口，上面列出了模型中每一层所用的初始水头值。它们应该都是一样的。



OK

现在，检查一下 Visual MODFLOW 所提供的数值求解器的选项。



Solver

默认求解器是 WHS Solver，这是由 Waterloo Hydrogeologic Inc. 开发并拥有的求解器。这是目前最快、最稳定的 MODFLOW 求解器。在本例中，用 WHS Solver 来求流动解。



OK 接受

此时会出现一个 **WHS 求解器参数设置（WHS Solver Parameters）** 窗口，其中列出了所有默认的求解器设置。



OK 接受

还有其它一些流动模拟的运行选项，如果你有时间的话，可以看看这些本教程中未提到的选项。

2.6.2 第 11 节：MT3D v.1.5 和 MT3D96 模拟的运行选项

如果你已经完成了模块 I 中的所有小节或模块 II 中的其它小节，你可以跳过框中的步骤。



File



Open

出现一个文件选择窗口。



Tutorial 文件夹



airport.vmf

打开文件，出现 Visual MODFLOW 主菜单。



Run



☒ **Steady state**



OK

从顶部菜单上选择：



MT3D

进入 MT3D 运行选项屏幕。再从顶部菜单上选择：



Advection

此时就会出现一个如下图所示的**对流参数设置（Advection Parameters）**窗口。



☒ **Method of Characteristics (MOC)**

特征值法（MOC）和改进的特征值法（MMOC）都能求得污染物运移的稳定解，但是 MMOC

有很大的数值弥散现象。在**模块 III：输出的可视化**中我们将对这两种方法作一个比较。



OK 接受其余的默认参数

此时将返回到 MT3D 运行选项屏幕。



Output/Time Steps

出现一个**输出和时间步控制 (Output and Time Steps Control)** 窗口，如图所示。

MT3D 输出控制的默认设置是仅保存模拟结束时的一组浓度值。此处我们要作一些修改。首先，单击 ☒ **Save simulation results at the end of simulation only** (仅模拟结束时保存一次模拟结果) 的前面的框，去掉 ☒，即不选该项，然后填入并核对下列各项：

Simulation Time : 7300 days ↔

单击标明 **Max # of transport steps (最大运移步数)** 的框

type : 10000 ↔



☒ **specified times**

在 ☒ **specified times (指定时间)** 标签下的框内输入下列数值：

1825 ↵

3650 ↵

7300



OK 接受这些参数

以上就是 MT3D 的运行选项部分的教程。需要再次说明的是，还有许多本教程未提及的运行选项，如果你有时间的话，可以看看这些选项。

虽然本教程可以让模型进入运行，但可能由于时间的关系你还不想就在此时运行。下面将向你显示模型是如何开始运行的。

从上部菜单栏中选择 **Translate/Run**，将出现**运行设置 (Run Setting)** 窗口，其中有以下一些可设置的项目：

选择恰当的用于模拟的数值引擎，Visual MODFLOW 将把程序输入部分提供的信息转换成带有合适扩展名 (.BAS, .WEL, .BCF 等) 的标准 MODFLOW、MODPATH 和 MT3D 输入文件。然后 Visual MODFLOW 将自动地执行模型计算分析。模拟完成，得到一组收敛解后，它就会返回 Visual MODFLOW 的主菜单。**注意：**运行 Visual MODFLOW 的 MT3D1.10 时，运行时间可能很长。对于不同的计算机运行所花时间大致如下：

	MT3D 1.5	MT3D 96
● 486	10-12 小时	3-4 小时
● 奔腾 100	5-6 小时	1.5-2.5 小时
● 奔腾 150	3-4 小时	1-2 小时



OK 开始运行

如果不想运行该模型而是继续我们的教程，就从底部菜单栏中选择 **F10-Main Menu** 按钮。

如果你选择了运行模型，Visual MODFLOW 将启动 Win32 MODFLOW 程序组。在本手册**第四章：运行选项**中你可找到有关 Win32 MODFLOW 程序组的信息。

2.7 模块 III：输出的可视化

如果你已运行了模型，你可以将你的模拟结果可视化显示，如果你没有运行模型，你还可以将包含在 Visual MODFLOW 安装盘中的 AIRPORT 模型模拟结果可视化显示。

如果你已经完成了模块 I 和 II 并且运行了模型，你可以跳过框中的步骤。
从主菜单：

☞ **File**

☞ **Open**

出现一个包含一系列 Visual MODFLOW 输入文件的文件选择窗口。

☞ **Tutorial** 文件夹

☞ **output.vmf**

☞ **OK**

☞

Output

此时转到 Visual MODFLOW 的输出屏幕上。在默认情况下，输出屏幕将显示不带颜色填充的等势线图，如下图所示。

从顶部菜单上选择 **Contours** 就可以看看程序能绘制哪些等值线。其下拉菜单会列出以下一些可以选择的等值线。

选择 **Head Equipotentials** 回到等势线图上。

2.7.1 第 12 节：等势线和等值线绘制选项

如果你已经完成了模块 I 和 II 并且运行了模型，你可以跳过框中的步骤。

从主菜单上：

☞ **File**

☞ **Open**

出现一个包含一系列 Visual MODFLOW 输入文件的文件选择窗口。

☞ **Tutorial** 文件夹

☞ **output.vmf**

☞ **OK**

☞ **Output**

要选择等水头线的等值线绘制选项：

☞

Options（在左边的菜单条上）

就会出现一个如图所示的**等水头线绘制选项（Equipotential Overlay Contouring Options）**窗口，但没有右边的颜色充填条。要激活颜色充填：

☞

☒ **Colour shading**

在标明**间隔（Interval）**的文本框中，将值从 0.5 改为 0.25。在标着**标注（Labels）**的框中，将小数位数改为 2。

你也可以通过单击标着**等值线生成精度/速度（Contouring resolution/speed）**的按钮来改变等值线的绘制速度。每点一次，等值线的绘制速度增大 2 倍。在本次练习中，按钮上应该是 **High/Slow**。

☞

OK 接受

等值线的位置应该与前一个图非常相似，但由于等值线的精度降低了，这些线会有一些轻微的摆动。上图没有加入颜色充填。

其它没有通过菜单激活的等值线选项可通过在模拟区内按下**鼠标右键**来激活。此时会有一个带有增添、删除、移动等值线和标注的选项的弹出窗口（见下图）。




选择 **Add Contour** 选项，将鼠标移至模拟区的任意一处并单击鼠标左键。在你鼠标点下的位置就会加入一条等值线。要再加入一条，只需再点一下鼠标即可。要再次弹出等值线选项窗口，只需简单地再按一下鼠标右键即可。这一次我们选择 **Move Label**，然后将鼠标移至你想要移动的等值线标注的位置上。在标注上按下鼠标不放，然后将其沿等值线拖至想放的位置，放开鼠标，这样就设定了标注的新位置。标注都移动完后，再按一下鼠标右键。

下面，让我们看看场地的剖面情况。从左边菜单上选择 **View Column**，然后将鼠标移至模拟区内。在模拟区中间位置按下鼠标左键选择一列。

要去掉用户设置上去的等值线，在剖面上单击鼠标右键弹出等值线绘制选项窗口。


-  **Delete all custom**
-  **View Layer** 回到平面模式

在进入下一节前，必须关掉色彩充填功能。在左侧菜单条上





-  **Options**
-  **Colour shading**
-  **OK**

2.7.2 第 13 节：流速矢量及其选项

如果你已经完成了模块 I 和 II 并且运行了模型，或者来自模块 III 的某一节，那么你可以跳过框中的步骤。

-  **File**
-  **Open**

出现一个包含一系列 Visual MODFLOW 输入文件的文件选择窗口。

-  **Tutorial** 文件夹
-  **output.vmf**
-  **OK**
-  **Output**

要察看流速矢量选择：

-  **Velocities**

你将进入流速矢量输出选项屏幕，见下图。流速矢量将根据其默认的设置进行绘制，即矢量相对大小与流速的大小一致。

要让流速矢量与大小无关

-  **Direction** (左边菜单上)

这样所有的箭头的大小都将是一样的，它们只代表了流动方向。

如果想改变显示的矢量箭头数目

-  **Options** (左边菜单上)

并输入：

Vectors : 40

这就指定了一行上的流速矢量的数目。

☒ **Autoscale**

☐ **Variable Scale**

-  **OK** 接受

注意颜色：在默认情况下，红色表示朝外（也就是说，从层的角度看是向上的）的流速，蓝色表示向里（也就是说，从层的角度看是向下的），绿色表示与平面平行（也就是说，从层的角度看是水平的）。

再让我们看看场地的剖面情况。从左边菜单上选择 **View Column**，然后将鼠标移至模拟区内。单击鼠标左键，选择任意一列。就会出现一个与下图类似的在剖面上同时显示等势线和流速矢量的图。

为显示水力传导系数图层的离散化情况，从底部菜单栏中选择 **F9-Overlay** 按钮，将出现一图

层控制 (Overlay Control) 窗口，该窗口按字母顺序列出所有可以打开或关闭的图层。把鼠标置于 **Conductivity Overlay**(水力传导系数图层)之上并双击鼠标左键。这样就会在 **Conductivity Overlay** 旁出现一个星号 (*)，意味着它被激活了。



OK 显示水力传导系数图层剖面。

从左边菜单选择 **View Layer**，单击模型横剖面中的第一层，返回到模型平面视图。

要从屏幕中消除流速矢量，从底部菜单栏中选择 **F9-Overlay** 按钮，出现图层控制窗口后，把鼠标置于 **Velocity Overlay** 上并单击使之高亮度显示，再单击标有 **ON** 的按钮使之变为 **OFF**。这样 **Velocity Overlay** 旁的星号将会消失，意味着它已无效了。



OK 显示没有流速矢量的窗口

2.7.3 第 14 节：流线及其选项

如果你已经完成了模块 I 和 II 并且运行了模型，或者来自模块 III 的某一节，那么你可以跳过框中的步骤。



File



Open

出现一个包含一系列 Visual MODFLOW 输入文件的文件选择窗口。



Tutorial 文件夹



output.vmf



OK



Output



Pathlines

默认条件下的屏幕将显示所有流线在模型当前层上的投影（如下图所示）。

要显示当前层的流线，从左边菜单栏中选择 **Segments** 按钮。这样图上就会只显示模型当前活动层的流线。

用 **Next** 按钮可以顺序向下显示模型的每一层来查看质点流线的位置。



Projections 观察所有流线。

注意流线上标有箭头表明流向。这些箭头也作为时间标志表示一质点到达某一目的地的时间长度。要确定每一时间标志的时间间隔，从左边菜单栏中选择 **Options**，此时将显示**一流线选项 (Pathlines Options)** 窗口，如图所示。

注意：☒ **Use time marks** 选项是有效的。在标有 ☐ **Regular every '1000' days** 方框中显示了标志时间间隔。

为了显示在 10，000 天内流线能走多远；



☒ **Time Related** 并在方框中输入 10，000。



OK 显示 10，000 天内与时间相关的流线

现在显示横剖面上的流线。



View Column

在屏幕上移动光标，使高亮度条带位于不连续弱含水层区附近，并单击它。

现在我们返回到平面视图显示。



View Layer

在屏幕上移动光标使高亮度条带位于第一层，并单击它。

要从图中删除流线，可从左边菜单栏选择 **F9-Overlay** 按钮，并向下滚动图层列表直到你看到 **Particle Overlay** 和 **Pathline Overlay** 为止。在它们上面双击鼠标去掉星号，使这两个图层失效。

**OK**

2.7.4 第 15 节：MT3D 浓度等值线

如果你已经完成了模块 I 和 II 并且运行了模型，或者来自模块 III 的某一节，那么你可以跳过框中的步骤。

从主菜单：

**File****Open**

出现一个包含一系列 Visual MODFLOW 输入文件的文件选择窗口。

**Tutorial 文件夹****output.vmf****OK****Output**

在这一节中，我们将对特征值法和改进的特征值法进行比较。

**Contours****MT3D Concentration**

此时将会出现浓度等值线图，该图显示了第一个输出时间 1825 天时的浓度情况。因为用对数坐标及颜色充填来表现浓度等值线会更简单一些，因而你可以按如下步骤来自行设计等值线图：

**Options**

☐ Automatic contour levels

☒ Use custom contour levels

☒ Colour shading

在方框中输入如下用户自定义的等值线间隔：

0.0**100.0****500.0****1000.0****2000.0****4000.0****OK**

尽管这不是一个严格的对数坐标，但它还是能提供一种更好的浓度等值线的表示法。

下图是用特征值法（MOC）和改进的特征值法（MMOC）所计算出的在 1825 天时的浓度等值线。

上图是用改进的特征值法（MMOC）所计算出的在 1825 天后的解。

上图是用特征值法（MOC）所计算出的在 1825 天后的污染羽。

用 MMOC 来计算的污染物运移模拟的数值弥散性比 MOC 要高。尽管这两种模拟在数值上都是稳定的，但我们仍建议用户利用自己的专业知识来判断到底多大的数值弥散是允许的。

这些 MT3D 模拟指定了三个输出时间：1825 天、3650 天和 7300 天。从左边菜单栏选择 **Time** 可以查看输出时间的序列。

**7300****OK**

绘制 7300 天以后的浓度等值线图。

下面两图分别显示了用 MMOC 和 MOC 所做的第 7300 天的污染羽分布。

上图显示了用 MMOC 所做的第 7300 天的污染羽。

上图显示了用 MOC 所做的第 7300 天的污染羽。

在 7300 天以后，MMOC 模拟的数值弥散量比第 1825 天要大得多。而 MOC 模拟则表明污染物向不连续弱含水层中的运移情况。

对单个或多个观测点都可以画出其浓度穿透曲线。从左侧菜单条上



Select 来选择观测井

会有一个弹出窗口提示你选一种选择观测井的方法（**Single**、**Box** 和 **Polygon**）



Box

沿三个观测井用鼠标拉一个框后，这些井就会变为红色，表示它们已被选中。

从左边菜单上



Conc. Vs Time

就会显示一个包括每个井的浓度对时间关系图。观测到的浓度在图上以星号表示。下图是 MOC 模拟的浓度-时间图。穿透曲线的不规则是 MOC 技术的**离散性**的结果。对于高浓度，稳定状态的浓度可以通过时间上的平均来求得近似值。而在低浓度的情况下，由于噪声的影响，很难确定一个平均浓度。

作为对比，下图是 MMOC 模拟的浓度-时间图。其曲线要光滑一些是因为 MMOC 中增加了数值弥散的结果。下面的稳定浓度也显示出作为使用 MMOC 的结果，出现了数值弥散。



Close

整个教程到此为止就结束了。正如前面所说，这些说明的目的是给你提供一个 Visual MODFLOW 的主要特征和功能的介绍。如果你有时间的话，我们鼓励你回过头去试试那些使用说明中还未涉及的特征和功能。

第三章 输入

本章主要内容如下：

- ◆ 建立一个新的 Visual MODFLOW 模型
- ◆ 向 Visual MODFLOW 输入已有的 MODFLOW 模型
- ◆ 编辑已有的 Visual MODFLOW 模型

如果你以前没有用过 Visual MODFLOW，又想尽快地熟悉 Visual MODFLOW 的用户界面，我们建议你先看完第一章，再跟着做第二章的练习。

Visual MODFLOW 的数据有两种方法生成。我们推荐使用 Visual MODFLOW 的图形环境，我们将在本节中描述有关内容。但是你也可以用文本编辑器创建和修改数据文件。有时，在你对模型已经比较熟悉，并且只需对现有的文件作一点小小的修改时，用文本编辑器可能会更快一些。为方便起见，所有 Visual MODFLOW 数据文件的结构和形式都有将在第五章中加以描述。然而，如果你使用文本编辑器，Visual MODFLOW 并不会去检查数据的一致性。Visual MODFLOW 仅监测和检查在图形环境下输入的数据的一致性和合理性。因此，在用文本编辑器修改数据文件时，我们建议你特别小心。

3.1 新模型的建立

如果你正要创建一个新的 Visual MODFLOW 模型，请继续做下去。但是，如果你要用一个已经存在的模型，请跳过这一节到**基本输入**那一节。

在 Visual MODFLOW 中，要创建一个新的模型的话就在 **File** 菜单中选择 **New** 即可。输入一个新的文件名。如果操作不成功的话将显示一个错误信息（比如已存在与此相同的文件名）。

然后将显示如下对话框让你去

- 设置网格的默认大小，
- 设置底图（.BMP 或.DXF 文件），以及
- 选择模型的运算单位。

在对话框中，你必需输入行、列和层数，以及模拟区最大、最小 X，Y，Z 坐标值。如果你已选择使用.DXF 文件的坐标值，则该文件中的最大、最小 X 和 Y 坐标值将作为缺省的最大、最小 X 和 Y 坐标值。总层数和模型的最大、最小标高也应在此输入。Visual MODFLOW 将在此基础上生成一个均匀的网格。而后，象在**网格（Grid）**一节所描述的那样可以细化网格，但是它的总体大小不变。

注意：运算单位一旦确定就不能再加以修改。

你必须为你的数据选择单位。单位不必和国际单位或英制单位一致；允许使用比如水力传导系数的单位用厘米/秒而抽水量用克/分之类的单位。在你输入运算单位后，选择 **Create**。

3.1.1 底图

Visual MODFLOW 程序的所有模块都支持使用底图。这些底图既可以是 DXF（AutoCAD v14）也可以是 BMP 格式。在**选择模拟区域（Select Model Region）**窗口中，对于 DXF 和 BMP 文件都会出现如下图标。



放大：单击你想扩大区域的一角，再单击该区的另一角。



缩小：缩至显出整个模型。



新图：弹出一个**选择模型底图 (Select Map for Model)** 窗口，你可在该窗口指定一个新的 DXF 或 BMP 文件作为底图。



重设区域大小：允许用户在区域窗口的一角处单击鼠标并拖动它到所需的大小。双击该区将在 Rotate 和 Resize Region 之间切换。



旋转区域：允许用户在区域窗口的一角处单击鼠标并拖动它到所需的角度。双击该区将在 Rotate 和 Resize Region 之间切换。



对齐区域：按零度角排列区域。



扩充区域：把区域扩充到整个 dxf 图。



把鼠标转化为一般的光标。

3.1.1.1 DXF 格式的底图

使用 DXF 文件作为底图时，你既可以用鼠标也可以通过在文本框中键入值方法来重新设置区域大小。图象的坐标直接从 DXF 文件中读取，并显示在**世界坐标系 (World Co-ordinates)** 的文本框中。你也可以输入和世界坐标不同的局部坐标，它要在**网格坐标系 (Grid Co-ordinates)** 的文本框中输入。最后一点，允许用户改变模型的行列数并显示网格。

输入一般模型创建信息后，你将进入输入窗口。

3.1.1.2 BMP 格式的底图

使用 BMP 文件作为底图时，因为文件中没有包含坐标信息，所以这种 BMP 文件必须具有地理参考系。将会出现如下窗口提示用户如何对图形作地理参考系统。

在你设置模拟区域以前，BMP 图形应该有两个具有已知世界坐标的参考点。在图形上单击鼠标，然后在右边活动的文本框中输入坐标设置地理参考点。重复一次输入另一个地理参考点。一旦这两个坐标被接受，其余的文本框就会激活，你也就可以设置网格坐标、旋转角度、行列数，并显示网格。

在建立图形的地理参考点时，会用到以下图标：



设置地理参考点



删除地理参考点

使用 BMP 作为底图时，你既可以用鼠标也可以通过在文本框中键入值的方法来重新设置区域的大小。图象的坐标直接从 BMP 文件中读取，并显示在世界坐标系的文本框中。你也可以输入和世界坐标不同的局部坐标，它要在网格坐标系的文本框中输入。最后一点，允许用户改变模型的行列数并显示网格。

输入一般模型创建信息后，你将进入输入窗口。

3.2 载入原有的模型

在主屏幕的顶部菜单中选择 **File**、**Import** 后，你就可以载入已经存在的 MODFLOW 或 FLOWPATH 模型。

3.2.1 MODFLOW

在输入 MODFLOW 数据时，Visual MODFLOW 将尽力从 MODFLOW 文件的数据中重建你的数据集。然而，由于数据或 Visual MODFLOW 中的某些特定的设置，下面所说的顺序可能会有所不同。**你必须核对你的数据以确保其中所有信息都是正确的。**

下面列出了一些目前已知的在载入 MODFLOW 数据时会存在的限制。

- **层间越流 (VCONT)：**Visual MODFLOW 要求输入每一层的明确的层厚和水力传导系数。然后，Visual MODFLOW 在转换时生成层间越流项。这将会给那些现有的具有不同越流项的隐含弱透水层的 MODFLOW 模型带来严重的问题，因为它们的弱透水层的厚度和水力传导系数已合并并在越流项之中了。
- **垂向导水系数：**在载入 MODFLOW 数据文件时，.BCF 包中的 VCONT 参数被省去了。在 Visual MODFLOW 中垂向和水平向水力传导系数之比设为 1：10。这个值可在数据文件载入后进行修改。
- **层底标高：**如果 Visual MODFLOW 在数据文件碰到类型为 0 或 2 的层位时，就会提示用户输入层底标高。对于顶层，将会提示用户输入层顶标高。如果层底标高有变化将会出现一些问题。你可以把所有层位都设置为类型 3，这样在重新生成 MODFLOW 的数据文件时就会使数据的损失降到最小。
- **单位储水系数、单位给水度和空隙度：**在输入时每层都只能设置一个单位储水系数、单位给水度和空隙度的值。但以后你可以逐单元地修改这些值。
- **洪水演算包：**Visual MODFLOW 不支持洪水演算包，但是如果存在是不会忽略的（见下文）。
- **弱透水层压缩性包：**Visual MODFLOW 不支持它，如果 MODFLOW 数据文件存在该项也会被忽略。

用 Visual MODFLOW 运行洪水演算程序

虽然 Visual MODFLOW 支持大多数常用的 MODFLOW 的程序包，但它目前还不支持用户对洪

水演算程序的输入数据进行创建和可视化显示。但 Visual MODFLOW 可以利用用户所提供的适当的洪水演算的输入数据文件来生成合适的运行 MODFLOW 模拟所需的 MODFLOW.IN 和 FILENAME.BAS 文件。

第四章介绍了如何在模型模拟中包含洪水演算程序的方法。在 Visual MODFLOW 对输入数据进行转换时,程序对工作目录进行检查,寻找是否存在洪水演算程序的输入数据文件(*filename.STR*, 其中 *filename* 是模型文件的名字)。如果存在, Visual MODFLOW 就会用这个数据文件来运行 MODFLOW (假设它与模型数据文件的其它部分是兼容的)。这个.STR 文件必须包含一个与.BAS 文件中给出的模型网格及应力期相兼容的数据输入结构。只要模型网格或应力期有什么改变,都必须手工调整.STR 数据文件以反映模型网格或应力期的变化。

如果在弹出菜单中选择 **MODFLOW**,将会出现一个选择文件的窗口,要求你输入 MODFLOW 模型的.BAS 文件名。程序会自动识别.BAS 文件中用于特定模拟的程序包,同时程序将读取如下带有标准扩展名的标准 MODFLOW 文件并输入数据:

```

modelname.BAS
modelname.BCF
modelname.DRN
modelname.EVT/EVP
modelname.GHB
modelname.HFB
modelname.RCH
modelname.RIV
modelname.STR
modelname.SIP
modelname.WEL

```

其中所有文件的 *modelname* 必须相同。

为 MODFLOW 模型选择了一个 MODFLOW.BAS 后,程序会要求你为这个新建的 Visual MODFLOW 模型选择一个名字。如果你选择了一个和 MODFLOW 模型一样的名字,在数据转换时将覆盖掉所有的 MODFLOW 源文件。

此时, **输入工具包 (Import Utility)** 将会要求你输入模型的单位。

这类似于创建一个新模型时的单位选择。缺省时间单位直接从原始的.BAS 文件中读取,同时与此相应地读入并保存所有的数据。然而用户可以用上述窗口来修改 Visual MODFLOW 显示水力传导系数和补给的单位。选择好模型单位后,将出现如下窗口,问你模型的基点是否从.DXF 文件中读取。

如果你回答是,将出现一个选择.DXF 文件的窗口。选择了.DXF 文件后,或你在上面的窗口中回答了否,将出现如下的弹出窗口,问你是确认还是输入模型基点。默认值是.DXF 的原点或零。

如果你的数据中少了一些文件,输入工具包将会通知你同时中止输入。在试图输入同一个数据集以前,请找到或创建必需的文件并把它们放在.BAS 文件的目录。如果你不想创建这些文件或不想把它们包含在输入中,修改.BAS 文件使它不包括这些文件的设备号。

此时,输入工具包将要求你输入每层的顶底板标高。如果层的类型是 1 或 3,就不要在此编辑这些数据。

输入层位标高后,程序会要你输入指定的和计算出来的水力传导系数的有效数字的位数。这个值仅在输入时发生作用,它通过减少水力传导系数计算的位数而减少了输入时间。

下一步将显示水力传导系数数据库,如下图所示。生成的水力传导系数是唯一的, Visual MODFLOW 将这些值无重复列出。应仔细核对这些值,如果有必要,修改一下。

最后的窗口要用户输入单位储水度、单位给水度和空隙度的缺省值。这些变量的值没有输入,

对所有的层位这些值在开始时都将设置为常量。

3.2.2 FLOWPATH 5.x

如果在弹出菜单中选择了 FLOWPATH,将会出现一个文件选择窗口,要求你输入 FLOWPATH 5.x 模型的名字。程序将读入所有具有标准扩展名的标准 FLOWPATH 5.x 文件并输入数据。然而,因为数据文件或 Visual MODFLOW 中的某些特定设置,下列顺序可能会有所不同。**你必须核对你的数据文件确保其中所有信息都是正确的。**

指定了文件名后,出现的第一个窗口将要求你输入单位储水度和单位给水度的缺省值,因为在 FLOWPATH 5.x 中不使用这些值。

接着,输入工具包将显示由 FLOWPATH 文件确定的水力传导系数数据。应仔细核对这些值,如果有必要,修改一下。

因为 FLOWPATH 5.2 模拟的是二维地下水流,没有垂向分量。显示的下一个窗口要求输入垂向水力传导系数因子。

最后一个窗口显示由 FLOWPATH 5.2 文件确定的单位储水度、单位给水度和空隙度数据。应仔细核对这些值,如果有必要,修改一下。

3.3 基本输入

如果你要编辑一个已有的数据文件,启动 Visual MODFLOW 后在主菜单选择 **File** 项的 **Open**。从文件选择窗口中选择要用的文件。

打开一个已有模型或如上节所述建立了一个新的模型后,从主菜单中选择 **Input**。程序将会转到 **Flow** 输入窗口,如下图所示。

在这个窗口内你可以定义三维有限差分网格、井位、属性、边界条件、流线的起始点、模型校验的观测点、分析模型内流量的分区以及附加的注释。另外,MT3D 输入屏幕(从 **Flow** 输入窗口中进入)可用来输入初始浓度、运移边界条件、模型校验的实测浓度以及弥散系数,如下所示。

创建一个流动模型需要一个完整的数据集,包括网格和边界形状、边界条件和含水层属性。校验资料、流线的设置、区域均衡计算资料和注释是可选的。另外,MT3D 运移模拟需要指定初始条件、一个浓度边界条件和弥散系数分布情况。用于模拟校正的浓度实测值是可选的。

Flow 输入窗口的顶部菜单栏包含如下输入选项:

File	Grid	Wells	Properties	Boundaries	Particles	Annotate	Zbud	MT3D	Tools	Help
	File	保存文件,打印或返回主菜单								
	Grid	修改网格(默认屏幕)								
	Wells	插入、修改或删除抽水井和观测井								
	Properties	增加或修改水力和储水特性								
	Boundaries	输入或修改流动边界条件								
	Particles	插入或修改用于质点追踪的质点								
	Annotate	注释模型								
	Zbud	插入或修改区域均衡数据								
	MT3D	切换到 MT3D 输入窗口								
	Tools	调用单元监测器和预测工具								
	Help	获取一般帮助								

MT3D 输入窗口的顶部菜单栏包含如下输入按钮:

File	Initial Concentration	Boundaries	Calibrate	Dispersion	Chem.Reaction	Flow	Help
File	保存文件，打印或返回主菜单						
Initial Concentration	输入或修改初始浓度分布						
Boundaries	输入或修改 TRANSPORT 边界条件						
Calibrate	输入或修改 TRANSPORT 校正数据						
Dispersion	输入或修改弥散数据						
Chem.Reaction	设置吸附和放射性衰变系数						
Flow	切换到 Flow 输入窗口						
Help	获取一般帮助						

3.4 文件菜单（File）

当你从输入菜单栏单击 **File** 时将出现如下菜单选项：

Save	保存数据集
Print	在当前输出设备上打印屏幕并选择打印设备
Print to DXF file	把屏幕打印到.DXF 文件
Main Menu	返回主菜单

3.5 网格菜单（Grid）

网格设计窗口允许用户定义和离散化模拟区域。用户可以增加网格线或删除单元或者将某些单元排除在计算之外。

当你在输入窗口中选择 **Grid** 选项，就会激活一个 ‘grid’ 边菜单栏，该菜单具有以下选项：

Edit Columns	打开一个弹出窗口选择列编辑选项，包括增添、删除、移动、输入或输出列。（仅在行或层显示方式下有效）。
Edit Rows	打开一个弹出窗口选择行编辑选项，包括增添、删除、移动、输入或输出行。（仅在列或层显示方式下有效）。
Edit Layer	打开一个弹出窗口选择层编辑选项，包括增添、删除、移动、输入或输出列。（仅在行或层显示方式下有效）。
Inactive Cells	打开一个下拉式菜单设置模型的无效区域，有以下选项：
Mark Poly. Active	把一个多边形区域设置为流动计算的有效单元。按鼠标右键封闭多边形。
Mark Inactive	把一个多边形区域设置为流动计算的无效单元。按鼠标右键封闭多边形。
Mark Single	按鼠标左键使单元无效，右键使单元有效。
Copy Single	按左键复制单个无效单元到其它层、行或列。
Copy Polygon	复制一个无效单元区域到其它层、行或列。
Import Surface	从 ASCII 文件或 SURFER 的 ‘.grd’ 文件输入一个变化的表面来定义地表或指定层位的底板。同时提示用户输入层的最小厚度和用于内插的观测点数。
X smoothing	在 X 方向上平滑网格奇点
Y smoothing	在 Y 方向上平滑网格奇点

3.5.1 网格线编辑（行或列）

允许的最大网格是：X 方向上 500 根网线（499 列），Y 方向上 500 根网线（499 行），Z 方向上 60 层。因此未知水头值的最大数量是 15,000,000。如果这个数量还不能解决你的问题，请与我们联系。

如果你的计算机没有足够的内存，Visual MODFLOW 将通过 Windows 的内存管理使用你的硬盘作虚拟内存。

要编辑网格请从边上的工具条中选择 **Edit Column** 或 **Edit Row**。此时会弹出一个带有如下选项的菜单：

Add	以图形方式或通过弹出对话框在特定的位置上增加网线
Delete	删除一个以高亮度显示的网线
Move	移动一个以高亮度显示的网线
Refine by	用所选择的因数细化两网线间的网格（比如细化因数是二，将把每行或列等分成两行或两列）
Coarsen by	用所选的因数粗化两网线间的网格（比如粗化因数是二，将把两行或两列合并成一行或一列）
Import form file	从.txt 文件载入网线坐标
Export to file	输出网线坐标到.txt 文件

3.5.2 网线的添加（行或列）

添加单个网线：

- 1) 选择 **Edit Columns** 或 **Edit Rows**。
- 2) 选择 **Add**。
- 3) 把鼠标移到想去的位置（在定位立方体上核对坐标）。
- 4) 在该位置单击鼠标左键添加一根网线或单击鼠标右键精确加入一根网线（见下图）。
- 5) 重复步骤 1) 到 4) 可添加更多的网线或选择 **Close** 结束。

要增加多条网线：

- 1) 选择 **Edit Columns** 或 **Edit Rows**。
- 2) 把光标移到模拟区的大致位置。
- 3) 单击鼠标右键。
- 4) 输入最小和最大坐标以及网格细化的行、列间距。
- 5) 重复步骤 1) 到 4) 可添加更多的网线或选择 **Close** 结束。

要细化网格：

- 1) 选择 **Edit Columns** 或 **Edit Rows**。
- 2) 输入细化因子。
- 3) 在细化范围的起始网线上单击鼠标左键。
- 4) 在细化范围的结束网线上单击鼠标左键。
- 5) 重复步骤 1) 到 4) 来细化更多的网格或选择 **Close** 结束。

在添加网线时，新生成的单元具有的原单元的属性。因此，增加新单元时参数分布保持不变。

3.5.3 网线的删除

在某些情况下，你可能使用较小的均匀间距来建立初始有限差分网格。然后你可能要删除远离研究区的行和列，以提高模拟效率。留下的单元取两个原始单元中较大单元的属性，或如果它们的大小一致，留下的单元取行号小的单元的值。

要删除网线：

- 1) 选择 **Edit Columns** 或 **Edit Rows**。
- 2) 选择 **Delete**。
- 3) 把光标直接移到要删除线的上方，单击鼠标左键。
- 4) 选择 **Close** 停止删除。

要粗化网线：

- 1) 选择 **Edit Columns** 或 **Edit Rows**。
- 2) 键入粗化因子。
- 3) 在粗化范围的起始网线上单击鼠标左键。
- 4) 在粗化范围的结束网线上单击鼠标左键。
- 5) 重复步骤 1) 到 4) 可粗化更多的网格或选择 **Close** 结束。

3.5.4 网格间距的平滑

注意：水头场的精度随网格精度的增加而增加。

一个较细的网格通常可以得出更精确的解，特别是在那些水力梯度变化非常快得地方。然而在所需的计算时间和精度之间应选择一个折中方案。为了得到一个最好的结果，网格间距应该逐渐变化。在邻近得单元之间，网格间距不应增加 50% 以上。同时也必须注意高宽比；一个网格单元在一个方向的长度不能比另一方向大 10 倍以上。

网格平滑技术用来提高数值解的收敛性以减少所需的网线数。在没有进行网格平滑时，网格间距如果变化太大会导致数值解不收敛。我们建议你在增加模拟层之前应对网格间距进行平滑。修改一个大网格所需 CPU 时间与层数成正比，对于一个多层网格可能要花一小时或更长时间。

要平滑网格线，从边上工具条中选择 **X smoothing** 或 **Y smoothing**，将出现如下窗口：

不均匀的网格间距具有三种典型模式：**尖峰点**、**阶梯**和**离散折线**。对不均匀的网格间距推荐使用两步过程来平滑：

- 1) 对仅包含网格间距的一个主要变化的小范围进行强平滑（平滑因子等于或大于 1）；
- 2) 对包含第一步平滑过的小范围的整个区域或大范围进行柔平滑（平滑因子小于 1）。

该方法保留了均匀网格间距的区域，而为平滑前间距变化较大的区域提供了平滑的过渡。如果仅进行了强平滑，不管需不需要所有的网格间距都将改变。

在对话框中有以下选项：

Fix Grid Elements	使某个网线或网格间距不能移动（见 网格线的固定 ）。
Smoothing Factor	定义平滑强度。参数越大，网格间距变化越大
From	定义要平滑网格间距的左边界。选择该按钮，然后在要改变边界的图形上单击鼠标左键。或者在 From 框中用键盘输入数据。
To	定义要平滑网格间距的右边界。选择该按钮，然后在要改变边界的图形上单击鼠标左键。或者在 From 框中用键盘输入数据。

Apply	如果直接在 From 和 To 框中输入变化值，用它来更新平滑间距的变化。
Repeat Times	指定选择 Go 后的重复平滑次数。
Go	以当前的设置开始平滑过程。
Undo	取消最后一次平滑动作，包括重复动作。
Reset	恢复第一次选中 Go 以前的原始网格。

在对话框中，网格间距仅交互地在屏幕上发生变化。而选择 **OK** 后网格间距将永久地保持这种变化并且是不可逆的，除非你在退出网格菜单时没有保存所有网格的修改。

3.5.5 网格线的固定

在网格的某些区域，在平滑过程中并不能对网格间距进行调整。例如，沿着河流边界的设置的网格的间距反映了河的宽度，不应该加以改变。另外，MODFLOW v.1.10 中的 MOC 技术在模拟污染物运移时要求运移区内的网格间距均匀。为达到这一点，可将指定网格范围内的网格间距固定下来。通过固定网格范围，可以防止网格间距在平滑处理过程中被调整。

要固定网格线，选择 **Fix Grid Elements**。此时将显示如下的菜单选项：

Fix single	固定代表网格区间边界的网线位置。用鼠标左键来选择网线。
Release single	释放一条固定网线使之不再表示网格区间的边界。用鼠标左键释放网线。
Fix interval	在两条固定的网线间选择一个网格范围，其间的网格间距在平滑处理过程中将不会发生变化。用鼠标左键选择网格范围。可选择一个以上的网格范围。
release interval	释放一个固定的网格区间。鼠标左键选择要释放的网格区间。

MODFLOW 利用模拟地下水通过预先定义的垂直层位的流动来阐释三维地下水流动。这些层在垂向上进行了离散处理并且为它们设置了最能表征三维系统的水力学参数。Visual MODFLOW 能计算多达 59 个有限差分层。这是最大的层数，在大多数情况下为了处理这么多层需要大量的 RAM。然而，这些对你的问题还不够的话，请与我们联系。

要编辑层，选择 **View Column** 或 **View Row**。现在把你的鼠标移到模拟区（即网格上）。你将看到一个移动的红色条带。该红色条带表示了剖面的位置。使任何一列变成高亮度显示后单击鼠标左键。图形将从平面显示切换到剖面显示。

要加入一层：

- 1) 选择 **Edit Layer**。
- 2) 选择 **Add**。
- 3) 把鼠标移到绘图区。
- 4) 单击鼠标左键使当前层在光标处分开，或单击鼠标右键精确地增加一层（如下图所示）。
- 5) 重复步骤 1) 到 4) 增加更多层或选择 **Close** 结束

要细化模型的层位：

- 1) 选择 **Edit Layer**。
- 2) 输入细化因子。
- 3) 在细化范围的起始网线上单击鼠标左键。
- 4) 在细化范围的结束网线上单击鼠标左键。
- 5) 重复步骤 1) 到 4) 细化更多的层间距或选择 **Close** 结束

在第一个选项中输入的最小层厚表示：如果细化网格时层厚比规定的最小厚度要小的话，其底下一层向下移动以容纳新的层位。

要粗化模型的层位：

- 1) 选择 **Edit Layer**。
- 2) 输入粗化因子。
- 3) 在粗化范围的起始网线上单击鼠标左键。
- 4) 在粗化范围的结束网线上单击鼠标左键。
- 5) 重复步骤 1) 到 4) 粗化更多的层间距或选择 **Close** 结束

删除一层时，剩下的层将具有两个原层位中较厚的层的属性。在具有可变层厚模型中，就用两个原始层在鼠标单击的行/列处的厚度来确定哪个是较厚的层。

要删除一层：

- 1) 选择 **Edit Layer**。
- 2) 选择 **Delete**。
- 3) 把鼠标移到绘图区，使目标层变亮并单击目标层。
- 4) 选择 **Close** 结束。

3.5.6 表面的输入

使用具有不变标高的层位的数值模型通常并不能反映真实的水文地质条件。Visual MODFLOW 允许你输入数据来内插求得每层的顶底板标高。在 Visual MODFLOW 的网格窗口的左侧菜单栏中单击 **Import Surface** 就会出现**表面输入 (Import Surface)** 窗口。

可以用外部网格剖分程序来给 Visual MODFLOW 提供层标高数据。Visual MODFLOW 能读取 Golden Software 公司的 SURFER 程序的网格数据文件 (*.GRD)。要使用别的等值线绘制程序的层面标高数据，你必须从这些程序中把层面标高数据输入到一个以空格作为分隔符（即数字之间用空格而不是逗号分隔开）的包括点的 X、Y、Z 坐标的 ASCII（文本）文件中。

现在 Visual MODFLOW 允许你交互地用位图或 DXF 文件为背景建立一个新的模型。模型创建以后，你的局部（模型）坐标可能不再与位图或 DXF 所基于的 UTM 坐标相对应。Visual MODFLOW 保留了这些变换的步骤，你可以使用单元监测工具查看局部（模型）坐标或世界（图形，UTM）坐标。

所有数据和表面的输入都假定你使用的是世界（即图形或 UTM）坐标。这对用于输入层面标高的 SURFER 程序的 GRD 文件和 ASCII 文件都适用。

表面输入窗口如下所示：

输入层面标高所需的数据如下：

- **输入选项：**按你在表面输入窗口内的选择，输入的文件可以是带空格分隔符的 ASCII 文件或 Surfer 程序的 GRD 文件。输入的文件采用世界坐标作为参考系。ASCII 文件必须有 DOS 文件扩展名 “.ASC”。Surfer 文件必须有 DOS 文件扩展名 “.GRD”。单元标高是用**距离平方倒数技术**从’.ASC’和’.GRD’文件中通过插值求得的。ASCII 文件可以包含已知层面标高的位置或用其它网格剖分程序形成的层面标高。
- **表面选项：**数据文件可以作为地表（第一层的顶板）标高的数据文件（选择 **Import ground surface**）或层位的底板标高的数据文件（选择 **Import bottom elevation**）。在对层面标高进行插值时，注意相邻层位的底板有可能会发生相交的情况。在 Visual MODFLOW 中，这种情况会遵循层顶为主的思想来调节。例如，如果在输入下一层层面时出现了与上一层层面相交的情况，下一层的层面就会被裁剪到与上一层层面保

持一个由最小层厚决定的距离为止。输入一组底板标高数据时，必须在层位的输入框中指明是哪一个层位。用输入层面选项可以覆盖掉已有的层位标高资料。在输入层面菜单中不能加入新层；它们必须在网格窗口中用 **Add Layer** 来加入。

- **最小层厚**：最小层厚是层面输入时两个层面之间的最小距离。当相邻两层层面相交时，这个最小层厚优先于插值所得的层面标高。如果一个层必须通过作一些改变来满足最小层厚时，应以上层为主（即尽量通过改变下层而不是上层来达到）。
- **最近点的数目**：Visual MODFLOW 在输入一个文件之后，将通过**距离平方倒数法**从输入的数据中对单元底板标高进行插值。**最近采样点数**（**Number of Nearest Sample Points**）表示用于单元顶面或底面标高插值的输入数据的点数。这会改变层面平滑程度和插值所得的层面在多大程度上体现了输入文件。

插值方程如下：

$$Z_{cell} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{Z_i}{d_i^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^2}}$$

其中： Z_{cell} 为所求单元底板（或第一层顶板）标高。

Z_i 为采样点标高。

d_i 为采样点到单元中点的距离，如果 $d_i=0$ ，则 $Z_{cell}=Z_i$

3.5.7 边界几何形状的定义

如果要用 Visual MODFLOW 来定义一个不规则的几何边界，你可以通过将矩形网格内的有限差分单元定义为无效的方法来实现。无效的单元中不会进行地下水流动的模拟，因此，由这些单元的轮廓线代表的边界是一个“无流”边界。另外，模型区域的外边界也是一个“无流”边界。

要定义无效单元：

- 1) 从边部菜单栏中选择 **Inactive Cells**，并从弹出菜单中选择 **Mark Poly. Inactive** 或 **Mark Single**。用这些选项你可分别定义一个内部为无效单元组成的多边形，或单个无效单元。
- 2) 如果你选择 **Mark Poly. Inactive**，把光标移到你想要使之无效的多边形的一个顶角，单击鼠标左键并把鼠标移到多边形的另一顶角。要闭合这个多边形，单击鼠标右键。无效区将变暗。
- 3) 如果你选择 **Mark Single**，你可以按下鼠标左键不放，画出无效区。鼠标右键使单元有效。

注意：使无效单元变有效单元的步骤类似于步骤 1) 到 3)。

3.5.8 无效和有效单元的复制

选择 **Inactive Cells**，再选择弹出菜单中的 **Copy Single** 和 **Copy Polygon** 可以把无效/有效单元分布复制到模型的其它层中去。

要把无效单元复制到其它层：

- 1) 从边部菜单栏中选择 **Inactive Cells**，接着选择弹出菜单中的 **Copy Single** 或者 **Copy Polygon**。选择要复制的单个单元或围绕无效单元画一个多边形，这取决于你的选择。被选中的单元将变为黑色；
- 2) 从单元复制窗口中选择你想要复制的目标层；

3) 选择 **OK** 继续。

3.6 抽水/注水井

在井位的下拉菜单中你可以选择图形化地增加、删除或编辑：

- 抽水/注水井
- 观测井

当你在输入窗口中选择 **Well** 选项时，出现如下附加的有关井的选项：

Add Well	添加井位，输入抽水时间安排和滤水段。
Delete Well	用单击井位的方式删除一眼井
Edit Well	用单击井位的方式编辑井的抽水量，滤水段的位置和网格坐标。
Graph	显示所选井抽水过程图。
Move Well	把现有的井移到一个新的位置
Copy Well	将现有的井复制到别的位置

抽水 and 注水井的数量仅受计算机内存的限制。

如果一口井在你观测到的一系列中，你看到该井及相应的滤水段。

当加入或编辑井时会出现一个**井的编辑 (Well Edit)**窗口，我们可以增加或修改井名、井的坐标和滤水段位置。Visual MODFLOW 将这些 X, Y 坐标和滤水段间距独立于模型网格保存。因此，在修改网格时原有井的位置不会受到影响。用于瞬变流模拟的抽水时间安排也可在此输入。如果抽水时间安排是存储在数据库或电子数据表中，那么包含这些信息的 ASCII 文件就可以通过右上角的 **Import** 按钮输入。在该窗口的下面是将该井作为观测井和使该井无效的选项。

注意：

注水井的注水速率为正，抽水井的抽水速率为负。

MODFLOW 把单元中的井看作在单元的中央，而不管 Visual MODFLOW 中输入的坐标如何。如果可能，要求井附近的行列间距尽可能小以便能得到足够的小尺度上的精度。

MODFLOW 认为井的滤水段穿过了它所位于的层位的整个层厚，而不管 Visual MODFLOW 中所设置的滤水段长度如何。滤水段长度用于解释穿过相邻层的滤水情况。如果可能，层厚应尽可能小，以解释小的滤水段长度。

在稳定流模拟中用抽水时间安排中的第一个抽水速率作为整个模拟期间的抽水速率。

所有应力期中都应给出抽水速率。在瞬变流模拟中，如果在下一个应力期没有输入抽水速率，抽水井将被关闭。

正如目前的公式所表述的，MODFLOW 的井程序包不适用于**对一个以上层开放的井**。然而，在 Visual MODFLOW 中，这种类型的井代表的是一组单层井，每口井只对多层井所打穿的层中的某一层开放，且每口井在每个应力期有一个独立给定的 Q。多层井的抽水量以每层中滤水段的长度按比例分给各层，即：

$$Q_i = \frac{L_i K_{x_i}}{\sum (LK_x)_i} Q_T$$

其中 Q_i 表示在某个应力期内从第 i 层进入某井的水量， Q_T 为在该应力期井的抽水量，

L_i 为第 i 层中滤水段长度， K_x 为第 i 层中 x 方向的水力传导系数， $\sum (LK_x)_i$ 为所有

为该井穿透的层位的滤水段长度与各层在 x 方向的水力传导系数乘积之和。

这种用一组单层井代表多层井的方法不能考虑到不同层位之间的相互联系。

如果一个井单元在模拟过程中变干了，该单元变为无效。这意味着不能再从该单元抽水了，但是，MODFLOW 在模拟过程中不修改属于这口井的其它单元的抽水速率。因此，**如果一个井单元在模拟过程中变干了，在那个位置井的抽水速率将会自动降低。**

要增加一个抽水或注水井：

- 1) 从边部菜单栏中选择 **Add Well** 并把光标移到预定的位置，按下鼠标左键。
- 2) 在所出现的井编辑窗口中输入井名，如果需要的话，修改 X，Y 的坐标。
- 3) 单击窗口中间的 **Add Screen**。现在，在井内单击你想要安置滤水段处，并拉出一个红色的涵盖所需滤水段间距的矩形再次单击。
- 4) 在**抽水时间安排**窗口中，在 **Stop** 下面的方框中单击鼠标并输入抽水时间和抽水速率。
- 5) 单击 **OK** 退出。

要输入抽水井：

- 1) 从主菜单中单击 **File**。
- 2) 从下拉菜单中选择 **Import**。
- 3) 出现一对话框，提示你输入一个文件名，并给你显示当前的设置比如时间段长和抽水速率。在下一版本中你也可以输入和交换其它单位体系中的抽水信息。

抽水信息的文件格式见 Pumpwell.txt，它包括有几口稳定抽水速率的井，以及包括一例瞬变抽水井的 Pumptran.txt。**文件在输入到 Visual MODFLOW 必须去掉首行。**

Name	X	Y	Scrn#	ScrnTop	ScrnBot	Stop	Pump
其中：Name 为井名							
X 为 X 坐标							
Y 为 Y 坐标							
Scrn#为滤水段 ID 号							
ScrnTop 为每一滤水段 ID 的滤水段顶部标高							
ScrnBot 为每一滤水段 ID 的滤水段底部标高							
Stop 为应力期停止时间（非零）							
Pump 为抽水速率（抽水为正，注水为负）							

注意：文件必须是以空格为分隔符且不能包含页眉行。

警告：当所给坐标超出你的模拟区时 Visual MODFLOW 可能出现一些不可预测的操作。

要输入一个抽水时间表：

- 1) 在井编辑窗口对话框中单击 **Import** 按钮。
- 2) 输入的文件中数据之间必须以空格为分隔符，并以类似如下的格式输入输入框中：

Start	Stop	Pump
其中：Start 为开始时间		
Stop 为结束时间		
Pump 为抽水速率		

要编辑抽水或注水井：

- 1) 从边部菜单中选择 **Edit Well**;
- 2) 把光标直接移到要编辑井的上部，并单击鼠标左键。
- 3) 在“**Well Edit Windows**”中修改并选择 **OK** 结束编辑。

3.6.1 具有多个滤水段的井

在井编辑窗口中可以加入多个滤水段或对其进行编辑。可在窗口中央用箭头键滚动滤水段号或用鼠标直接单击滤水段来选择滤水段。然后可以在这两个文本框中手工增加或编辑滤水段，但是要使用这些变化必须单击其下部的大按钮。该按钮中的文本随着在它前面所进行的操作而改变。因此必须单击它来影响这些变化。例如，用滚动箭头（或用鼠标单击）选择了一个滤水段后，就可以单击 **Clear Screen** 来清除该滤水段。但是，在你清除之前，必须单击已变为“**Clear This Well Internal Now**”的大按钮。

3.6.2 观测井

单击 **Use as Obs** 可以将抽水井用于水头观测井。这意味着对于该结点的每一个时间步水头对时间的数据都可以保存下来，该点就可以作为一个流动问题的校验点，如**校验**一节所述。

在把抽水井设置为观测井后，应输入井的半径，以便计算一个井效应的校正因子。井的校正水头可用稳定流的 Theim 公式计算：

$$h_w = h - \frac{Q_{WT}}{2\pi T} \ln\left(\frac{r_e}{r_w}\right) \quad \text{承压水}$$

$$h_w = h - \frac{Q_{WT}}{2\pi T} \ln\left(\frac{r_e}{r_w}\right) \quad \text{潜水}$$

其中： h_w 为井的估计水头值， $h_{i,j}$ 为单元水头值， Q_{WT} 为抽水速率， T 为该层导水系数， K 为水力传导系数， r_w 井半径， r_e 为从井到水头为 $h_{i,j}$ 的单元之间的径向距离。

如果假定一小段时间后在井附近含水层释放的储存水可以忽略的话，该公式也可用于瞬变流的模拟（Anderson 和 Woessner, 1992）。

该公式假定向井中运动的水流是放射状对称，这意味着流动是二维的，井的滤水段打通整个模型，水力传导系数的分布是各向同性的。尽管这些假设在三维模拟中不一定严格成立，但对大多数的问题它们的确代表了一种合理的近似（M.McDonald, 1996）。

Visual MODFLOW 用以下公式实现上述 Theim 公式：

$$h_w^2 \sum_{unconfined} K_i + 2h_w \sum_{confined} K_i \Delta z_i - \sum_{unconfined} K_i h_i^2 - 2 \sum_{confined} K_i \Delta z_i h_i = \frac{Q}{\pi} \ln \frac{r_e}{r_w}$$

式中各项为垂直列上的有压单元和无压单元之和。当 $h_i > z_{top}$ 时单元为有压单元，当 $h_i \leq z_{top}$ 时单元为无压单元。

3.6.3 使井无效和井位的删除

使一口井无效但又不从模型删除它，单击 **Deactivate Well** 并激活它。这样在以后就不需重新定义它就可使之再次有效。

要删除一口抽水或注水井：

- 1) 从边部菜单栏中选择 **Delete Well**。
- 2) 把光标直接移到要删除的井上并单击鼠标左键。

3.6.4 井的移动

在 Visual MODFLOW 中你可以将一口井以及它的所有相关设置移动到一个新的位置。当要把抽水/注水井放到一个最佳位置时这是个特别有用的方法。

要移动一口抽水/注水井：

- 1) 从边部菜单栏中选择 **Move Well**。
- 2) 把光标直接移到要移动井上并单击鼠标左键（该井将消失）。
- 3) 把光标直接移到新的井位并单击鼠标左键。

3.6.5 井的复制

在 Visual MODFLOW 中你可以将一口井以及它的所有相关设置复制到另外一个位置。当你有一个详细的抽水时间安排或滤水段布置时这是个特别有用的方法。

要复制一口抽水/注水井：

- 1) 选择 **Copy Well**。
- 2) 把光标直接移到要复制的井上并单击鼠标左键（该井将消失）。
- 3) 把光标直接移到新的井位并单击鼠标左键。
- 4) 要复制更多的井请重复步骤 1) 到 3)。重复复制同一口井，可以简单地在合适的位置单击鼠标左键即可。

3.7 流动模拟的观测井

MODFLOW 的 Waterloo Hydrogeologic 版包含了几项使模型校正更为有效的增强功能。该校正程序包把在特定观测井位置的每一个时间步的计算水头保存在一个.HVT（水头对时间）文件中。你可以比较模拟水头和实测水头，生成校正统计资料，生成观测点的水文图而不需每个时间步都保存整个的 MODFLOW 解。

校正程序需要观测井信息。从顶部菜单栏中选择 **Wells** 然后选择 **Observation Wells** 输入观测井。输入的观测井数量可达 400 个，并且 Visual MODFLOW 将保存这些点上每一时间步的水头值和降深值。

选择了 **Observation Wells** 将出现如下的边上菜单选项：

Add Obs.	加入一个观测井。
Delete Obs.	删除一个观测井。
Edit Obs.	编辑与所选观测井相应的观测数据。
Move Obs.	在保留原有观测数据的情况下把观测井移到模拟区的另一处。
Import Obs.	输入观测井数据。这将允许你以一个文本文件的形式输入观测井数据。

在剖面视图中，如果观测井包含于指定的行或列中，它就会显示出来。井上的红线表示观测点的位置。观测井在平面视图上的位置用一个绿色标志表示。如果观测井没有数据输入，在屏幕上就会用“+”显示，否则会用“⊕”显示。

要增加一个观测井：

- 1) 从校验窗口的边部菜单栏中选择 **Add Obs.**。

- 2) 把光标移到你想要加入观测井的单元并单击鼠标左键。就会出现一个如上图所示的观测井输入窗口。
- 3) 键入观测井名，如果需要的话你还可以细化井的坐标。
- 4) 从输入窗口中选择 **Set Obs. Point** 并在井中观测点标高处单击鼠标来设置观测点在井中的位置。在此处将出现一根红线。另外，你也可以直接输入观测点标高。
- 5) 在窗口右边也可以给观测井输入观测水头。输入许多观测水头和相应的时间（参考下面的输入向导）。对于稳定模拟，使用第一个观测水头。

要从一个文件中输入观测水头标高：

- 1) 创建一个以空格为分隔符的文本文件，格式如下，每一行只输一组时间和观测水头数据。

Time Obs

其中：Time 为观测时间

Obs 为观测水头

- 2) 从编辑观测点对话框中选择 **Import**。然后你可以选择带有观测水头信息的文件。该文件的扩展名必须为.TXT 或.ASC

要从一个文件中输入观测数据：

- 1) 用如下格式创建一个以空格为分隔符的文本文件，格式如下：

Name₁ X₁ Y₁ Z₁ T₁ H₁

Name₂ X₂ Y₂ Z₂ T₂ H₂

Name_n X_n Y_n Z_n T_n H_n

其中：Name_n 为观测井名（不超过 20 个字符，字符间不能有空格）

X_n 为观测井的 X 坐标

Y_n 为观测井的 Y 坐标

Z_n 为观测点的标高

T_n 为观测时间

H_n 为观测水头

- 2) 一行只输一组时间和观测水头数据。如果同一个观测井有许多观测值，必须重复输入观测井名和坐标。
- 3) 从边部菜单栏中选择 **Import Obs.**。然后你可以选择带有观测水头信息的文件。该文件的扩展名必须为.TXT 或.ASC。

3.8 属性

在 Visual MODFLOW 的属性模块中可输入和编辑水文地质学属性，包括：

- 水力传导系数
- 单位给水度
- 单位储水系数
- 空隙度

Visual MODFLOW 管理着水文地质属性，因此具有相同属性值的区域一起被分为一组或一区。比如，一个模型根据水力传导系数的不同可分为四个区。在屏幕上察看时每个区都会有不同的颜色。在默认的情况下，整个模型（所有行、列和层）中的每一个单元都会被赋予 1 号属性的值（白色）。通过一个简单的数据界面，我们可以对属性值进行编辑。

从输入菜单栏中选择 **Properties**。从下拉菜单中选择 **Conductivity** 或 **Storage**。边部菜单栏将具有如下选项：

Assign Single	给单个单元设置水力传导系数/储水系数
Assign Polygon	给一个不规则区中的单元设置水力传导系数/储水系数
Assign Windows	给一个矩形区内的单元设置水力传导系数/储水系数
Edit Single	编辑单个单元的水力传导系数/储水系数
Edit Property	编辑一个属性区中所有单元的水力传导系数/储水系数
Copy Layer	把一个或所有的属性区从当前层复制到模型的其它层
Database	查看或编辑属性数据库
Copy Distribution	(仅用于 Storage) 把水力传导系数区复制到与水力传导系数区一致的储水系数区。

要设置属性：

- 1) 从输入窗口菜单中选择 **Properties**，选择你想输入的属性（水力传导系数或储水系数）。
- 2) 如果你还没有输入过某种属性，程序将提示你输入该属性的缺省值。这个缺省值将设置为 1 号属性（以白色显示）。
- 3) 从边部菜单栏的 **Assign Single**、**Assign Polygon** 或 **Assign Windows** 中选择一个选项。
- 4) 把光标移到你想设置属性的网格单元上。
- 5) 单击鼠标左键。如果你在 3) 步骤中选择的是 **Assign Single**，就会出现属性设置对话框。你可以按下鼠标左键在模拟区中挑选或“画”出你想要设置属性的单元。你也可以用鼠标右键取消你所选择的单元。如果你使用多边形来选择单元，可单击鼠标右键来闭合多边形。如果你用一个窗口选择单元，单击鼠标选择窗口的另一个角。
- 6) 你可以用属性设置对话框输入你要设置的属性编号。如果你要设置一个新的属性，选择 **New**，并且你必须输入属性的值。你也可以用对话框中的上下箭头键滚动寻找数据库中已有的属性。

要编辑某个单元的属性：

- 1) 从边上的菜单中选择 **Edit Single**，然后修改属性号。这在只修改几个单元时很有用，不必通过前面所提到的属性设置过程。

要编辑属性值：

- 1) 从边上的菜单上选择 **Edit Property** 或 **Database**。会出现一个对话框，让你修改以前所设置的任何属性的值。

Visual MODFLOW 允许用户从当前层向任意层复制部分或全部的属性分布。

要向另一层复制属性分布：

- 1) 从边部菜单栏选择 **Copy Layer**。将出现一弹出菜单。选择 **Copy All Properties** 来复制全部属性分布，或选择 **Copy Only Property#** 把某个属性复制到其它层。为了选择正确的待复制属性，把光标移到属性号输入框中键入所需要的属性号。
- 2) 选择属性复制的目标层。
- 3) 选择 **OK** 完成复制过程。

3.8.1 水力传导系数

你可以在 **Property** 下的 **Conductivity** 选项中一个单元一个单元地输入或编辑模型的水平或垂直水力传导系数值。这允许你输入多个 $K_x \cdot K_y$ 和 $K_x \cdot K_z$ 的比值来反映模拟区的地质条件。下面是一

个水力传导系数数据库的例子。

注意：在 **Run** 窗口的 **BCF** 菜单选项下，Visual MODFLOW 允许你一层一层地输入 K_x 、 K_y 比值常数。给每层输入一个比值常数后，你将无法删除原始的 K_y 值。这一特性对于检验 MODFLOW 结果对 K_x 、 K_y 比值的敏感性是有用的。

3.8.2 储水系数

Visual MODFLOW 的 **Storage** 选项中需要输入三个参数。它们是：

Ss-单位储水系数。饱和含水层的储水系数的定义为单位体积的含水层在水头下降一个单位时所释放出来的水的体积。Visual MODFLOW 用单位储水系数来确定 MODFLOW 的原生储水系数 (sf1)。原生储水系数由 Visual MODFLOW 计算出来，它等于单位储水系数乘以层厚。单位储水系数的数值引入和原生储水系数在 USGS 的 MODFLOW 用户手册的第五章中有所说明。

Sy-给水度。潜水含水层的单位储水系数被称为给水度。给水度定义为在水位下降一个单位时，潜水含水层每单位表面积所给出的水的体积。对于砂质或砾石含水层，给水度通常就等于空隙度。

Eff. Por-有效空隙度。MODPATH 用有效空隙度项来确定地下水的平均线速度，这个速度用于与时间无关的俘获带和流线时间标志计算。MODFLOW 的模拟并不使用这一项。

Tot. Por-总空隙度。总空隙度在 MT3D 中被用于确定化学反应系数，在采用质点追踪方案来求解时用来计算地下水的平均线速度。MT3D 可能会使用一种不同的空隙度，因为 MT3D 考虑了附加的运移和反应过程，比如弥散，而 MODPATH 就没有必要。总空隙度这一项在 MODFLOW 中没有使用。

正如输入水力传导系数一样，在第一次进入 **Storage** 时，会有一个弹出菜单让你输入整个模型的储水系数属性的缺省值。然后就可以在储水系数菜单下设置非均匀的属性分布。下面是一个储水系数属性数据库的例子。

正如定义水力传导系数区一样，Visual MODFLOW 允许用户定义具有相同属性分布的储水系数区。

分配储水系数区的方法和分配水力传导系数区一样：

- 1) 选择 **Properties**，然后从顶部菜单栏中选择 **Storage**；
- 2) 从边部菜单栏中选择 **Copy Distribution**；
- 3) 程序将自动为每个已有的水力传导系数区创建一个储水系数属性区。所有新建的储水系数属性区的储水系数值自动设置为缺省值。
- 4) 选择 **Database** 并根据需要修改储水系数值。

3.9 边界

边界条件模块为 MODFLOW 模型的各种边界条件的编辑提供了便利。在 Visual MODFLOW 中允许出现以下几种边界条件：

- 等水头单元；
- 河流；
- 排水沟；
- 一般水头单元；
- 补给；
- 蒸发。

要输入边界条件，从顶部菜单栏中选择 **Boundaries**。将会有有一个下拉菜单，其中列出了所有可能的边界条件（如上）。在你想要定义的边界条件选项上单击鼠标左键。从边部菜单栏选择定义边

界条件的方法，用鼠标来定义边界。从边部菜单栏中选择各自的复制按钮可以把边界条件复制到其它单元或其它层。

一般来说，除了标准的视图选项外每一个边界窗口还有如下的边部菜单选项：

Assign Single

单击鼠标左键来给单个单元指定边界条件。与属性输入一样，可以按下鼠标左键并移动鼠标来给许多单个单元指定边界条件。按下鼠标右键撤消所选择的单元。你可以为所选边界条件输入所需的合适信息。

Assign Line

用鼠标左键选择线的起始点和中间的点。用鼠标右键设置线的终点。你可以为所选边界条件输入所需的合适信息。在线的始点和终点你可以输入不同的边界条件值。两个端点之间的值由程序通过插值求得并赋值。

Assign Poly

用鼠标左键选择多边形的角点，用鼠标右键闭合它。然后你可以指定多边形内的边界条件值。

Assign Windows

选择窗口的一个角，然后把光标移到窗口的对角并按下鼠标左键。你可以指定窗口内的边界条件值。

Edit Single

单击鼠标左键来编辑单个单元的边界条件参数。

Erase Single

单击鼠标左键来删除单个单元的边界条件参数。

Erase Poly

删除多边形内的单元的边界条件。用鼠标左键选择多边形的角，并用鼠标右键闭合多边形。

Copy Layer

在输入对话框中选择目标层。用不同边界条件的号码来有选择地复制边界条件。所有有效边界条件都可以被复制，那些有编号定义的子区也可被复制。

Copy Single

选择一个有效边界单元并单击它。然后把光标指向目标单元并再次单击鼠标左键。

3.9.1 最小边界规定

对于一个稳定流模拟，在一个模型中至少要有有一个水头边界。否则模型将是不确定的。该水头边界对整个计算起着参考水头的作用。该水头边界可以是一个定水头边界、河流、排水沟或一般水头边界。对于一个瞬变流模拟，要得到一个确定的解有初始水头值就够了。

3.9.2 设置到合适层位上

有几种边界条件提供了一个选项，可以将该边界赋与适当的层位。这在设置窗口的左上角复选框说明。当该选项被选中（☒）时，如果设置的水头低于单元的底板，边界将自动设置到该单元底下的单元中去。这可能会让某些单元“神秘地”消失，跑到下面的层位中去。这种功能可以让你去数字化穿过几个层位的边界特征。

3.9.3 定水头边界

在早期的 USGS MODFLOW 中，定水头边界在进行瞬变流模拟时是不能改变的。然而，Visual MODFLOW 包括了由 Leake 和 Prudic (1988) 研制的经过扩展的随时间变化的定水头程序包，该附

录见 MODFLOW 程序包手册。

一般来说，瞬变边界条件在一个应力期内保持不变，在应力期之间发生突变。然而，随时间变化的定水头是不同的；每个时间步的“定水头”是由每个应力期首尾两端的“定水头”通过线性插值而得到的。实际上，定水头从来都是不定的，除非应力期始末的水头值相同。想要了解 MODFLOW 是如何来处理随时间变化的定水头，请参阅参考手册。

要定义定水头结点：

- 1) 在输入窗口的顶部菜单栏中选择 **Boundary**。在其下拉菜单中选择 **Constant Head**；再从边部菜单栏的 **Assign Single**、**Assign Line**、**Assign Poly** 和 **Assign Windows** 中选择其中一项。
- 2) 把光标移到你想要定义定水头边界的网格结点。
- 3) 单击鼠标左键。如果你选择的是 **Assign Line**，数值化的是一条线，单击鼠标右键结束。如果你选择的是 **Assign Poly**，数值化的是多边形的外部边界，单击鼠标右键结束。如果你选择的是 **Assign Windows**，选择窗口区的一个角，然后把光标移到对角并单击鼠标左键。
- 4) 此时会出现一个弹出窗口，提示你输入数据，包括水头值及水头有效的起止时间。对于一个稳定流模拟，用的是只第一时段的定水头值。

Assign Line 的定水头边界参数输入窗口如下。

要输入一个定水头边界时间表：

- 1) 在定水头设置对话框中单击 **Import** 按钮。
- 2) 输入的文件中数据必须以空格为分隔符，格式如下：

对于 **Assign Single**、**Assign Poly** 和 **Assign Windows**：

Start Stop Const

对于 **Assign Line**：

Start Stop SP EP Const

其中：Start 为开始时间

Stop 为结束时间

SP 为起始点

EP 为结束点

Const 为定水头值

3.9.4 河流

MODFLOW 的河程序包允许你把地表水边界条件引入到地下水流模拟中。江河、溪流和湖泊与地下水系统之间的补给或排泄关系取决于地表水体和地下水之间的水力梯度。河程序包允许你模拟被一层低渗透性材料与地下水系统分开的地表水体。

河程序完整详细的假设，限制和执行信息见 USGS MODFLOW 手册第六章。

河程序要求河流边界所包括的每一个单元都要输入如下信息：

河水位标高：河水位标高是地表水体水面的标高。该标高可随时间改变。

河底标高：河底标高为溪、河或湖底标高。

传导系数：传导系数是一个数字参数，它代表地表水体和地下水之间阻止水流的能力。传导系数由经过某单元的河段长度 (L)、该单元中的河宽 (W)、河床厚度 (M) 以及河床物质的水力传导系数 (K) 计算得到。河床的传导系数 C 为：

$$C = \frac{KLW}{M}$$

要定义河流边界条件：

- 1) 在输入窗口的顶部菜单栏中选择 **Boundary**。从下拉菜单中选择 **River**；再从其边部菜单栏的 **Assign Single**、**Assign Line**、**Assign Poly** 和 **Assign Windows** 中选择其中的一个选项。
- 2) 把光标移到你想要定义河流边界的网格结点上。
- 3) 单击鼠标左键。如果你选择的是 **Assign Line**，单击鼠标右键结束。如果你选择的是 **Assign Poly**，单击鼠标右键闭合多边形。如果你选择的是 **Assign Windows**，选择窗口区的一个角，然后把光标移到对角并再次单击鼠标左键。
- 4) 此时出现一个弹出窗口提示你输入数据，包括河水位标高、河床标高及河床的传导系数。你也必须输入边界条件的起止时间。

输入一个河流边界时间表：

- 1) 在指定河流边界对话框中单击输入按钮。
- 2) 输入的文件中数据必须以空格键隔开，格式如下。
 对于 **Assign Single**、**Assign Poly** 和 **Assign Windows** :
 Start Stop RE RB Cond
 对于 **Assign Line** :
 Start Stop SPRE EPRE SPRB EPRB SPCond EPCond
 其中：Start 为开始时间
 Stop 为结束时间
 RE 为河水位标高
 RB 为河床标高
 SPRE 为开始点的河水位标高
 EPRE 为结束点的河水位标高
 SPRB 为开始点的河床标高
 EPRB 为结束点的河床标高
 Cond 为传导系数值
 SPCond 为开始时传导系数值
 EPCond 为结束时传导系数值

对于稳定流模拟，使用的是第一个时段的价值。

具有相同属性编号的单元组可以一起复制到其它层。

对于一个多层模型，如果选择了 **Assign to Appropriate Layer** 框，河流边界条件将使用与河床标高相对应的层。这将允许你把一条穿过模型的几层的河流数值化。

Assign Line 的河流边界参数设置窗口如下所示。

当一个河流边界条件被设置到一个**多边形或窗口**中时，实质上那是模拟一个没有任何蒸发的湖或湿地。正如所有河流边界条件一样，它假设地表水体的水位不受地下水流动系统的影响。

3.9.5 一般水头边界

在数学上，一般水头边界程序的功能与河流、排水沟和蒸发程序包的功能相类似，其中从外源中流入或从单元中流出的水量与单元水头和外源的水头之间的差异成比例。正如其名字那样，该边界条件是适用于一般情况。有关一般水头边界程序包的完整详细的假设、限制和运行在 USGS MODFLOW 手册第 11 章有所描述。

一般水头边界可用于表述许多不同情况，在这些地方流入或流出模型的水量取决于模型中的单元水头。该边界可用于：

- 代表模型中的那些受模拟区外的具有已知水位标高的大型地表水体影响的水头，
- 提供了一种地下水流动的局部模型与区域模型之间的联系。

一般水头边界程序包要求为包含该边界的每一单元输入如下信息：

- **一般水头**：该水头为一般水头边界的地表水体的水面标高。该水头可能是基于物理实体，比如一个大湖，也可能只是通过模型校正而得到的。
- **传导系数**：传导性系数是一个数字参数，它代表一般水头边界和地下水体之间流动的阻力。

与河流、排水沟和蒸发程序包相比，一般水头边界程序包给线性方程提供了一个任何方向都没有上限的水头值。因此，当模型单元水头和参考水头之间的水头差增加时，流入或流出单元的水量也可以无限制地继续增加。相应地，应小心地避免在模拟过程中出现不切实际的系统流入流出量。传导系数值可以是基于物理实体（代表了模拟区和大湖之间的含水层的传导性），或通过模型校正来得到。

一般水头边界的输入与河流边界的输入相类似。**Assign Line** 的一般水头边界参数输入窗口如下所示。

要输入一个一般水头边界的时间表：

1) 在指定一般水头边界对话框中单击 **Import** 按钮。

2) 输入的文件中数据必须用空格隔开，格式如下：

对于 **Assign Single**、**Assign Poly** 和 **Assign Windows**：

Start Stop GH Cond

对于 **Assign Line**：

Start Stop SPGH EPGH SPCond EPCond

其中：Start 为开始时间

Stop 为结束时间

SP 为起始点

EP 为结束点

GH 为一般水头

Cond 为传导系数值

SPGH 为开始点的一般水头

EPGH 为结束点的一般水头

SPCond 为开始时传导系数值

EPCond 为结束时传导系数值

3.9.6 排水沟

MODFLOW 的排水沟程序包用来模拟诸如农田排水沟之类**物体**的效应，它从含水层中排水的速率同含水层水头与某些固定的水头或标高之间的差值成比例。排水沟程序包假定如果含水层的水头降至排水沟的固定水头以下，排水沟就不起作用。

MODFLOW 排水沟边界条件的数值实现与河流、一般水头边界相似。有关排水沟程序包的完整详细的假设、限制和运行见 USGS MODFLOW 手册第 9 章。

排水沟程序包要求对包含该边界的每一单元输入如下信息：

- **排水标高**：指排水标高，或者说是排水沟中自由水面的排水水头。假设排水沟仅部分有水时才有用，因此排水沟中的水头大约为排水沟的中值标高。
- **传导系数**：排水沟的传导系数是一个综合系数，它表示排水沟和地下水系统之间所有

的水头损失。这种水头损失是由排水沟附近的聚流状态、排水沟周围的外部材料、沟底材料、排水沟墙的存在以及排水沟口被化学沉淀物，植物根系等阻塞的程度所引起的。

没有一个普遍的用于计算排水沟传导系数的公式。在大多数情况下，地下水模拟工作者无法得到计算排水沟传导系数所需的详细资料。这些资料包括排水沟的详细的水头分布、排水沟附近的含水层水力传导系数、填充材料的分布、排水管道的大小和数量、阻塞物的数量以及阻塞物的水力传导系数。通常用水流的测量值和水头差来计算水管传导系数。一般情况下在模型校正时要修正排水沟传导系数。

实际上，如果选择了合适的系数，河流程序包可代替排水沟程序包。排水沟边界的输入和河流边界相类似。**Assign Line** 的排水沟边界参数输入窗口如下所示。

要输入一个排水沟边界时间表：

- 1) 在指定排水沟边界对话框中单击输入按钮。
- 2) 输入的文件中数据必须用空格隔开，格式如下。

对于 **Assign Single**、**Assign Poly** 和 **Assign Windows**：

Start Stop Drain Cond

对于 **Assign Line**：

Start Stop SPDRAIN EPDRAIN SPCOND EPCOND

其中：Start 为开始时间

Stop 为结束时间

SP 为起始点

EP 为结束点

Drain 为排水沟标高

Cond 为传导系数值

SPDRAIN 为开始点的排水沟标高

EPDRAIN 为结束点的排水沟标高

SPCOND 为开始时传导系数值

EPCOND 为结束时传导系数值

3.9.7 档墙（水平流障）

Visual MODFLOW 中的水平流障（HFB）程序包，或档墙边界程序包是用来模拟阻碍地下水水平流动的垂向伸展的薄层低渗透性物体。该程序包不需要在大量的模拟单元中减小格距就可以模拟这类物体，因此提高了模拟效率。从概念上来说，这些物体大致相当于一系列的位于有限差分网格的相邻单元的边界上的水平流动屏障。

HFB 程序包的主要假定是屏障的宽度与网格单元的水平方向的长度相比可以忽略。程序中没有明确考虑屏障宽度，但它在 MODFLOW 中用一种水力特性来表示，这种水力特征定义为流障的水力传导系数除以屏障宽度。

HFB 程序的解析方法和数值方法的实现见 USUG 的 Open-File Report 92-477：“Documentation of a Computer Program to Simulate Horizontal-Flow Barriers Using the US Geological Survey’s Modular Three-Dimensional Finite-Difference Groundwater Flow Model, by Paul A. Hsieh and John R. Freckleton” 和 MODFLOW 程序包参考手册。

要定义一个档墙或水平流障边界：

- 1) 在输入窗口的顶部菜单栏中选择 **Boundary**。从下拉菜单中选择 **Wall**；再从边部菜单栏中选择

Assign Single 或 **Assign Line**。

- 2) 把光标移到你想要定义水平流障边界的网格单元上。
- 3) 单击鼠标左键。如果你选择的是 **Assign Line**，单击鼠标右键结束。
- 4) 出现一个弹出窗口提示你输入数据，包括档墙厚度和档墙的水力传导系数。一个标有 ‘ Face ’ 的输入框让你填入是在单元哪个面（上、下、左、右）上使用 HFB。在该窗口中单击鼠标来改变有 HFB 的面。
- 5) 输入号码 “ **Code #** ”，用来为档墙边界单元分组。具有相同编号的单元组可以一起复制到模型的另外层位中去。

注意：每个单元只能有一个边为档墙边界。因此，当要设置一条对角线为档墙边界时，每个单元只能设置一条边为档墙边界。然后你必须编辑单元线，给档墙指定相邻单元的垂直边来构成你的档墙边界。

3.9.8 补给边界

MODFLOW 用补给程序包（RCH）来处理地下水补给。补给程序包用来模拟地下水来自大气的补给。大多数情况下，大气补给表现为降水向地下水系统的入渗结果。除了大气降水补给以外，补给程序包还可以用来模拟其它来源的补给，比如人工补给。

在 Visual MODFLOW 中补给仅输入到顶层即第一层中。因为天然补给是由地表进入地下水系统的，因此没有必要在同一垂直列的多个深度同时发生补给。然而，在一次模拟中，各层之间的地下水水位垂向位置可能会有所不同。你可以在 **Run** 菜单中指定补给只发生在第一层还是包含地下水水位的层（即最高的有效层）。

在 USUG MODFLOW 手册的第七章中有详细的补给程序包的描述。

当用户第一次从主菜单中选择 **Recharge** 时，系统将会让你输入补给的缺省值。在 Visual MODFLOW 中，不同的补给参数通过如下弹出对话框窗口输入。在补给输入模块窗口中的边部菜单栏上选择 **Assign Single**、**Assign Line**、**Assign Poly**、**Assign Windows** 中的一项，即可进入该弹出窗口。

要定义补给边界条件：

- 1) 在输入环境的顶部菜单栏中选择 **Boundary**。从下拉菜单中选择 **Recharge**；再从边部菜单栏的 **Assign Single**、**Assign Line**、**Assign Poly** 和 **Assign Window** 中选择其中的一个选项。
- 2) 把光标移到你想要定义补给边界的网格单元上。
- 3) 单击鼠标左键。如果你选择的是 **Assign Line**，单击鼠标右键结束。如果你选择的是 **Assign Poly**，单击鼠标右键结束对多边形的外部边界数值化。如果你选择的是 **Assign Window**，选择窗口区的一个角，然后把光标移到对角并再次单击鼠标左键。
- 4) 给补给区设置一个 “ **Property#** ”，把补给单元分组。如果要设置一种新属性，选择 **New**，并输入属性的值。你可以在对话框中用上下箭头键滚动察看数据库中已有的属性。
- 5) 具有相同属性号的单元组可以用边部菜单栏中的 **Edit Property** 一起进行编辑。

对于稳定流模拟，使用的是第一时段的补给值。你也可以把已有的 “ **Property#** ” 通过 **Copy Schedule From**：（从...中复制时间表）复制过去。然后用 **Multiply Values by**：（即乘上一个常数）来得到一个新的随时间变化的属性。

对于 **Recharge** 中的 **Assign Line**，假定沿线补给为常数。这对于线性边界比如掩埋的河床等，是很有用的。

3.9.9 蒸发

MODFLOW 用蒸发程序包 (ET) 来处理蒸发作用。蒸发与蒸腾程序包模拟植物蒸腾、直接蒸发和从地下水饱水区渗出到地表的水的去除效应。该方法以以下假设为基础：

- 当地下水位位于或高出地表 (层 1 的顶板) 时, 蒸发损失达到用户设定的最大值。
- 当地下水位标高在地表以下的 “消失深度 (Extinction Depth)”, 或低于第一层时, 将不会出现蒸发作用。
- 在这两个界限之间, 蒸发作用随水位标高变化呈线性变化。

在 Visual MODFLOW 中蒸发仅输入到顶层。输入参数可设置 1000 个不同的分区, 如下面的 ET 属性数据库所示。

该程序包在 MODFLOW 手册的第 10 章中有所描述。

要定义蒸发边界条件：

- 1) 在输入窗口的顶部菜单栏中选择 **Boundary**。从下拉菜单中选择 **Evapotranspiration**。
- 2) 再从边部菜单栏的 **Assign Single**、**Assign Line**、**Assign Poly** 和 **Assign Window** 中选择其中的一个选项。
- 3) 把光标移到你想要定义蒸发边界的网格单元上。
- 4) 单击鼠标左键。如果你选择的是 **Assign Line**, 单击鼠标右键结束。如果你选择的是 **Assign Poly**, 单击鼠标右键结束。如果你选择的是 **Assign Window**, 选择窗口区的一个角, 然后把光标移到对角并再次单击鼠标左键。
- 5) 给蒸发区设置一个 “**Property#**”, 把蒸发单元分组, 如果你要设置一个新的属性, 选择 **New**, 并输入属性的值。你可以在对话框中用上下箭头键滚动察看数据库中已有的属性。
- 6) 具有相同属性号的单元组可用边部菜单栏中的 **Edit Property** 一起进行编辑。

对于稳定流模拟, 使用的是第一时段的蒸发值。你也可以把已有的 “**Property#**” 通过复制 (**Copy Schedule From :**), 然后用乘以一个常数 (**Multiply Values by:**) 的方法而得到一种新的随时间变化的属性。

对于 **Evapotranspiration** 中的 **Assign Line**, 假定一条线的起始和结束点的蒸发值是相同的。这对于线性边界比如掩埋的河床等, 是很有用的。

3.10 质点 (MODPATH)

MODPATH (Pollock, 1989) 由 USUG 研制开发的计算机程序, 它利用 MODFLOW 的稳定流模拟的输出结果来计算三维质点追踪。MODPATH 可用于计算三维流线和在指定时间的质点的位置。

MODPATH 使用一个半解析质点追踪方案。该方法假定每个网格单元的各方向的速度分量在它们自己的坐标方向上呈线性变化。该假定使得我们可得到一个描述网格单元内的流线的解析表达式。已知单元内质点的任意初始位置, 那么该单元内流线上的其它点的坐标及这两点之间的所需的时间间隔都可以计算出来。

MODPATH 程序的理论和数值的实现见 MODFLOW 参考手册中所附的 USGS Open-File Report 89-381: “Documentation of Computer Programs to Compute and Display Pathlines Using Results from the US Geological Survey Modular Three-Dimensional Finite-Difference Groundwater Model, by David W. Pollock”。

要进入 MODPATH 输入窗口, 在输入模块窗口的顶部菜单上单击 **Particles**, 在边部菜单栏中将出现如下附加菜单项。

Add Particle

加入单个质点。单个质点可加入到任何一层的向前或向后的对流

Add Line

流线模拟中。

加入一条质点线。质点可沿着一条指定的向前或向后的对流流线模拟线加入。

Add Circle

加入一个质点环。质点可沿着一个向前或向后的流线模拟环的周长加入。这通常用于指定井周围的质点来进行俘获带的预测。

Delete

删除质点。

Tracking

改变指定质点的追踪方向。沿地下水流向（向前）追踪的质点为绿色。与地下水流向相反（向后）的追踪质点为红色。

Copy

把质点复制到其它层、行或列。

Release Time

指定向前追踪质点的释放时间（用于 MODPATH 的瞬变流模型）。

任何质点输入都可以以剖面或平面视图显示。

要加入单个质点：

- 1) 在边部菜单栏中选择 **Add Particle**。出现一个单质点（Single Particle）对话框，让你输入追踪方向。选择好方向，**但是你只有在加完所有单个质点后才能单击 OK。**
- 2) 把光标放到你想要加入质点的位置并单击鼠标。每一次单击鼠标就加入一个质点。完成加入单个质点后单击 **OK**。

要加入一质点线：

- 1) 从边部菜单中选择 **Add Line**。
- 2) 把光标移到你想要加入线的起点并单击，把线延伸到线结束的位置，再次单击鼠标。
- 3) 出现一个质点线（Line Particle）对话框，让你输入追踪方向和质点数。完成后单击 **OK**。

加入一质点环：

- 1) 从边部菜单中选择 **Add Circle**。
- 2) 把光标移到你想要加入质点的环中点，单击鼠标左键。移动光标把环延伸至划出了所需区（一般就是那些有井的单元）的边界，再次单击鼠标。
- 3) 出现一个质点环（Circle Particle）对话框，输入追踪方向和质点数。完成后单击 **OK**。

要删除质点或质点组：

- 1) 从边部菜单栏中选择 **Delete**。将出现一个删除质点（Delete Particle）对话框。在未选择完质点前切勿单击 **OK**。
- 2) 把鼠标置于你想要删除的质点上并单击。如果在质点线或质点环上单击将会选择该线或环上所有质点。选择完了质点后，单击 **OK** 删除质点。

要改变质点的追踪方向：

- 1) 在边部菜单栏中单击 **Tracking**。
- 2) 把光标置于你想改变追踪方向的质点上并单击鼠标。要向前改变方向，用鼠标左键；要向后改变方向，用鼠标右键。在质点线或环上单击鼠标将选择该线或环上所有的质点。

要从当前层复制质点到其它层：

- 1) 在边部菜单栏上单击 **Copy**。将出现一个质点复制（Copy Particle）对话框。在未选择完想要复制的质点及要复制的目标层前切勿单击 **OK**。
- 2) 把光标放置到你想要复制的质点上并单击鼠标。在质点线或质点环上单击将选择该线或环上所有质点。

- 3) 选择你想要复制的目标层 (**Select All** 将选择所有层)
- 4) 当你选择完了质点和目标层后, 单击 **OK**。

3.10.1 质点释放时间

在瞬变流模拟中释放质点的时间可在如下对话框中设置, 用 **Release Time** 按钮即可进入该对话框。该选项仅对向前追踪的质点有效。

第一选项即同时释放所有质点, 将对所有质点设置相同的释放时间。

第二选项即在不同时间释放质点, 将允许你给单个质点或质点组设置释放时间。下面设置的时间是相对于模拟的起始时间。

要在不同时间释放质点:

- 1) 单击 **Release Time**, 将出现质点释放选项 (Particle Release Options) 对话框。
- 2) 把光标置于你想改变释放时间的质点上并单击鼠标左键。在对话框中输入时间后选择 **Assign** 设置这些质点的释放时间。重复这一过程。单击质点线或质点环将选择该线或环上的所有质点。
- 3) 选择 **OK** 退出。

3.11 标注

在 Visual MODFLOW 中包括了一些简单的标注功能, 可以给你的模型结果输出增加文本、线、箭头和形状的标注。

当你在输入窗口选择 **Annotate** 选项时, 如下附加菜单将出现在边部菜单栏中。

Add Arrow	给当前层、行或列加入一箭头。
Add Rectangle	给当前层、行或列加入一矩形。
Add Circle	给当前层、行或列加入一圆。
Add Text	给当前层、行或列加入一文本。
Add Line	给当前层、行或列加入一条线。
Edit Single	编辑与箭头、文本、线、圆或矩形有关的属性。
Move Single	移动箭头、文本、线、圆或矩形。
Erase Single	删除单个箭头、文本、线、圆或矩形。
Erase Box	删除一个窗口内的标注对象。

标注对象的属性包括位置、线宽、填充情况、颜色以及旋转角 (如果有的话)。还有一个如下图所示的编辑文本设置窗口, 可让你选择是显示所有的层、行或列还是仅显示当前层、行或列的标注。

3.12 区域均衡

区域均衡使用稳定流或瞬变流的 MODFLOW 模拟的结果来计算子区的水均衡状况。区域均衡利用 MODFLOW 在逐单元流动选项下生成的均衡数据采用列表的方法来计算均衡情况。用户只需简单地指定要进行均衡计算的子区即可。这些子区域以 'zones' 属性输入, 类似于其它如水力传导系数之类的属性的输入。模拟完成后, 区域均衡的结果可以在 **Output** 的 **Zbud** 窗口中察看。

区域均衡程序的理论和数值的实现见 MODFLOW 程序包参考手册中所附的 USGS 报告 "A Computer Program for Calculating Subregional Water Budgets Using Results from the US Geological

Survey Modular Three-Dimensional Finite-Difference Groundwater Flow Model, by Arlen W. Harbaugh”。

从顶部菜单栏中选择 **Zbud**，将显示如下附加的边部菜单项：

Assign Single	给单个单元设置不同的水均衡区。
Assign Polygon	把所定义多边形中的单元设置为水均衡区。
Assign Window	把所定义窗口中的单元设置为水均衡区。
Copy Layer	把设置的区从一层复制到另一层。
Database	显示所有定义的水均衡区列表，并显示与区号相应的颜色。

要指定一个均衡区：

- 1) 从顶部菜单栏中选择 **Zbud**。
- 2) 在边部菜单栏中选择 **Assign Single**、**Assign Polygon** 或 **Assign Window**。
- 3) 把光标移到你想要指定为一个子区的网格单元上。
- 4) 单击鼠标左键。如果选择的是 **Assign Single**，将出现区域设置 (Assign Zone) 对话框。你可以选择或按下鼠标左键在模型中“画”单元。鼠标右键取消对单元的选择。如果是 **Assign Polygon**，单击鼠标右键闭合多边形。如果是 **Assign Window**，就用鼠标左键来选择窗口各角点。
- 5) 在区域设置对话框中，输入区域号。1 号区域缺省定义为整个模拟区并为白色。如果你要设置新区，选择 **New**，然后选择所需单元。你可使用对话框中的上下箭头键来察看数据库中的区域。

3.13 MT3D 简介

MT3D 是一个用来模拟三维地下水流动系统中对流、弥散和化学反应的计算机模型。该模型设计用于连接诸如 Visual MODFLOW 之类的中心格式的有限差分流动模型，这种连接基于以下的假设即浓度场的变化并不会影响流场。MT3D 用一种混合的 Euler-Lagrangian 法来求解对流-弥散方程，这种方法是特征值法 (MOC) 和改进的特征值法结合起来使用。

用户在运行这个程序之前应该先熟悉溶质运移理论、有限差分方法、特征值法以及 MT3D 的程序结构。有关溶质运移理论的基础性文献可见 Freeze 和 Cherry (1979)、Dominico 和 Schwartz (1990) 及 Fetter (1993) 的文章。我们积极鼓励用户阅读 Visual MODFLOW 中包含的 **MT3D 手册**。有关特征值法的其它资料可见 Zheng (1993)。

用户在决定 MODFLOW /MT3D 对某个特定的问题是否适用时，应对 MODFLOW /MT3D 的长处和弱点了然于心。Henry (1995) 对一些常用的地下水模拟程序进行了比较，认为 MODFLOW /MT3D 最适合用于水平流动系统的溶质运移问题，而用于那些具有较大的垂向梯度和沿有限差分网格对角线方向流动的地下水系统时就应当小心从事。Henry (1995) 还指出 MT3D 不能处理系统的象穿层之类的各向异性问题。这些因素通常在流动分析时并不那么重要，但在涉及运移时就可能会变得重要起来，因为浓度羽迁移途径可能会受到这类因素的强烈影响。

3.13.1 MT3D 各种版本之间的比较

现在 Visual MODFLOW 支持 MT3D 的 1.1 版 (USEPA, 公共版), DoD_1.5 版 (国防部, 公共版), 1.86 版 (S.S. Papadopoulos, 有版权版本) 和 MT3D⁹⁶ (S.S. Papadopoulos, 有版权版本)。以下总结了从 MT3D1.1 版到 MT3D DoD_1.5 和 MT3D⁹⁶ 的主要修正和改进之处：

1. MT3D 采用体积加权方案代替了 MOC 法中根据质点浓度计算单元浓度的简单的算术平均法。这个改变可显著地减少不规则网格间距的 MOC 解的质量平衡差异。
2. 修改了 MOC 法中的**操作分离方案**以提高极度非均质含水层模拟的解的准确度。

3. 为更好地处理弥散交叉项，改进的弥散包在计算弥散量时采用了“弥散传导系数”。
4. 改进了对瞬变地下水贮存项和非均匀孔隙度分布问题的处理，减少了这些情况引起的质量平衡差异。
5. 改进了显式、上游有限差分的解的时间步进控制以确保稳定。
6. 支持 MODFLOW BCF2 包的二次湿润功能。
7. 支持 MODFLOW 河流流动 (STR1) 包。注意 RIV1 和 STR1 包不能在同一次模拟中使用。
8. 允许多应力期运移模拟与单应力期稳定流模型结合使用。MT3D 只需读入一次由 MODFLOW 保存的、包括运移模拟所需的流动速率和汇/源项数据的流动—运移连接文件。
9. 在汇/源混合包 (SSM) 中加进了一个新的汇/源类型，它可用于定义那些在不同应力期内浓度不同的定浓度单元。

MT3D⁹⁶ 与 MT3D1.5 版相比具有如下特征：

1. 生成详细的质量均衡资料，包括含水层内任意时间的总质量，净质量流入量与质量贮存之间的差异。另外，逐单元的质量，包括溶解相和固相，可保存到一个可选的输出文件 (.cbm) 中，用于后处理。
2. 支持三维、逐单元地指定所有化学反应的系数。

下表总结了 MODFLOW /MT3D 的长处和弱点：

长处	弱点
<ul style="list-style-type: none"> ● 得到企业界和政府的承认 ● 直接与应用最广泛的三维地下水流动模型 MODFLOW 集成 ● 模块化，能够处理附加的运移过程 ● 标准 FORTRAN 程序，可编译用于 DOS、Windows、UNIX、Macintosh 等环境 ● 对三维模拟来说，对计算机内存的要求相对较少。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 对存在很大的垂向梯度/流速的问题会出现数值法方面的问题 ● 在层厚度有变化的模型中，可能会引入局部的质量平衡误差 ● 用 MOC 法求解在水面上存在污染源边界条件时会引入数值法方面的问题

3.14 MT3D 的输入

从输入模块的顶部菜单条上选择 MT3D 进入 MT3D 输入屏幕，输入屏幕的顶部菜单条包括以下菜单项：

File	Initial Conc.	Boundaries	Calibrate	Dispersion	Chem. Reaction	Flow	Help
File							保存文件、打印或回到主屏幕。
Initial Conc.							输入或修改初始浓度分布。
Boundaries							输入或修改 TRANSPORT 的浓度边界。
Calibrate							插入或修改 TRANSPORT 的检验资料。
Dispersion							插入或修改弥散资料。
Chem. Reaction							设置吸附或放射性衰变的参数。
Flow							转至 FLOW 输入屏幕。
Help							获得一般帮助。

在首次进入 MT3D 输入屏幕时，会提示你为整个模拟区输入一个初始浓度。然后就可以通过选择 **Initial Concentration** 来修改这个初始浓度。

3.15 初始浓度

MT3D 要求所有单元都有一个初始（背景）浓度，但它可以是零。除此外可以输入初始浓度外，MT3D 运行模块也允许用户从 ASCII 码或.GRD 文件，或者是上一个 Visual MODFLOW 的模拟轮次的结果中输入初始浓度。此时，输入模块中指定的值将无效。这就允许运移模拟可以从一个实测的或模拟的浓度羽开始。

选择了 **Initial Concentration** 之后，边上会出现如下的菜单：

Assign Single	对某个单元赋初始浓度。
Assign Polygon	对定义的多边形赋初始浓度。
Assign Window	对定义的窗口赋初始浓度。
Edit Single	编辑某个单元先前所赋予的初始浓度。
Edit Property	编辑先前给属性所赋予的初始浓度。
Copy layer	将赋予某一层的属性复制到另一层上。
Database	浏览及编辑所有赋予的属性。
Inactive Trans	指定对运移无效的单元和区域。

要赋初始浓度：

- 1) 从（MT3D 模块的）顶部菜单上选择 **Initial Concentration**。
- 2) 从边上菜单条上选择以下一项来赋给初始浓度：**Assign Single**、**Assign Polygon** 或 **Assign Window**。
- 3) 将光标移至你想要赋一个不为缺省（背景）浓度的值的网格单元上。
- 4) 单击鼠标左键。如果你选择的是 **Assign Single**，就会出现一个设置初始浓度（Assign Initial Concentration）的对话框。你可以选择或者通过按住鼠标左键来“画”出单元；鼠标右键可以取消对单元的选择。如果你是用 **Assign Polygon** 来选择单元，则要用鼠标的右键来结束。如果用的是 **Assign Window**，则单击左键来选择窗口的另一个角。
- 5) 利用设置初始条件（Assign Initial Condition）对话框，你可以输入你要设置的属性的编号。如果你要设置一种新属性，就选择 **New**，然后输入浓度值。你可以利用对话框的上下箭头在数据库中已有的属性之间滚动。

要编辑初始浓度：

- 1) 要将一个单元已设置好的浓度值改为另一个不同的已有值，则从边上菜单中选择 **Edit Single**。它会允许你从先前设置的属性值中选择一个。
- 2) 要改变某个特定属性的值，则从边上的菜单中选择 **Edit Property** 或 **Database**，会有一个对话框出现，并允许你修改任何一个先前设定的初始浓度属性的值。

3.15.1 定义运移边界几何形状

Visual MODFLOW 允许你在流动模拟区域的某个子区上进行污染物运移模拟。MT3D 并不对那些已定义为对运移无效的单元进行污染物的运移模拟。因而如果溶质到达了一个对运移模拟无效的单元时，地下水可以通过该单元，但溶质将形成上游运移边界。因而，污染物边界应该设在预期浓度羽将到达的地区之外。

要定义对运移无效的单元：

- 1) 在 MT3D 输入模式下的顶部菜单上选择 **Initial Concentration**；然后从边上的菜单条中选择

Inactive Trans，再从弹出菜单上选择 **Mark Poly. Inactive** 或 **Mark Single**。你可用这些选项分别来定义一个内部单元都无效的多边形或单个的无效单元。

- 2) 将光标移至定义其为边界的区域的一个角上，然后移至多边形的另一角上并单击鼠标左键。要闭合多边形，只需单击一下鼠标的右键即可。重新定义的区域在屏幕上将以阴影表示。

3.15.2 复制无效单元

单击边上的 **Inactive Trans** 菜单项，出现的弹出菜单上的 **Copy Single** 和 **Copy Polygon** 允许你将无效单元复制到模型其它的层位上。

要复制无效单元：

- 1) 在 MT3D 输入模式下的顶部菜单上选择 **Initial Concentration**；然后从边上的菜单条中选择 **Inactive Trans**，再从弹出菜单上选择 **Copy Single** 或 **Copy Polygon**。然后按你的选择的方法，选择某个单元或沿要复制的单元画一个多边形。选中的单元会变成黑色。
- 2) 从单元复制窗口中，选择复制的目的层，并按下 **OK**。

3.16 边界

MT3D 的边界条件模块用于设置和修改运移边界条件。MT3D 提供的边界条件类型有：

- 定浓度边界
- 补给浓度边界
- 蒸发浓度边界
- 点源浓度边界

3.16.1 定浓度边界

对于这种第一类浓度边界条件，整个边界上浓度都已确定，并在整个模拟期间保持不变。定浓度边界类似于一个向模拟区提供溶质的污染源。这类边界条件的实例有：一个长期以固定浓度释放溶解相污染物的泄漏点。

从顶部菜单上选择 **Constant Concentration** 后，边上的菜单中将会出现以下一些菜单项：

Assign Single	给单个单元设置定浓度。
Assign Line	给单元组成的线设置定浓度。
Assign Polygon	给单元组成的多边形设置定浓度。
Assign Window	给一长方形窗口设置定浓度。
Edit Property	编辑先前为属性设置的定浓度值。
Copy Layer	将某层设置的属性复制到另一层上。
Erase Single	清除以前给单个单元设置的定浓度。
Erase Poly	清除以前给某个区域设置的定浓度。

要设置定浓度值：

- 1) 从 (MT3D 模块的) 顶部菜单条上选择 **Boundaries**，然后再从下拉菜单中选择 **Constant Concentration**。
- 2) 从边上的菜单条中选择一项来设置定浓度 **Assign Single**、**Assign Line**、**Assign Polygon** 或 **Assign Window**。

- 3) 将光标移至你想要设置定浓度单元的网格上，单击鼠标左键。如果你选择的是 **Assign Single**，就会出现一个设置定浓度 (Assign Constant Concentration) 的对话框。你可以选择或者通过按住鼠标左键来“画”出单元；鼠标右键可以取消对单元的选择。如果你是用 **Assign Line** 来选择单元，单击鼠标左键来设置一条线段，单击右键结束这条线。如果用的是 **Assign Polygon**，则要用鼠标的右键来结束。如果用的是 **Assign Window**，则单击左键来选择窗口的另一个角。
- 4) 利用设置定浓度 (Assign Constant Concentration) 对话框，你可以输入你要设置的属性的编号。如果你要设置一种新属性，就选择 **New**，然后输入浓度值。你可以利用对话框的上下箭头在数据库中已有的属性之间滚动。最后，按下 **OK**。

3.16.2 补给浓度边界

在补给模块中，你可以定义由 FLOW 输入模块指定的补给相应的溶质浓度。

从顶部菜单上选择 **Recharge Conc.**后，边上的菜单中将会出现以下一些菜单项：

Assign Single	给单个单元设置补给浓度。
Assign Line	给单元组成的线设置补给浓度。
Assign Polygon	给定义好的多边形设置补给浓度。
Edit Single	编辑先前为某个单元设置的补给浓度值。
Erase Single	清除以前给某个单元设置的补给浓度。
Erase Poly	清除以前给某个区域设置的补给浓度。
Copy Layer	将给某层设置的属性复制到另一层上。
Copy Single	将给某个单元设置补给浓度的复制到其它选中的层上。
Copy Distrib	复制 FLOW 输入模块中设置的瞬变或稳定的补给分布，并设置补给流量浓度。

下面是一个用于给 FLOW 输入模块中指定的补给设置浓度值的对话框。

要设置补给浓度值：

- 1) 从 (MT3D 模块的) 顶部菜单条上选择 **Boundaries**，然后再从下拉菜单中选择 **Recharge Conc.**。
- 2) 从边上的菜单条中选择一项来设置补给浓度：**Assign Single**，**Assign Line** 或 **Assign Polygon**。
- 3) 将光标移至你想要设置补给浓度单元的网格上，单击鼠标左键。如果你选择的是 **Assign Single**，就会出现一个设置补给浓度 (Assign Recharge Concentration) 的对话框。你可以选择或者通过按住鼠标左键来“画”出单元；鼠标右键可以取消对单元的选择。如果你是用 **Assign Line** 来选择单元，单击鼠标左键来设置一条线段，单击右键结束这条线段。如果用的是 **Assign Polygon**，则要用鼠标的右键来结束。
- 4) 利用设置补给浓度对话框，输入与当前补给流量相应的号码。输入起始和终止时间，以及浓度。最后，按下 **OK** 关闭对话框。

要复制补给通量分布：

- 1) 对某种属性，从边上的菜单上选择 **Copy Distrib** 来复制 (FLOW 输入模块中设置的) 瞬变或稳定的补给的空间分布。
- 2) 选择你要从中复制补给分布的属性号 (用上下箭头选择或直接在 I/O 框中输入属性号)，设置 **Code #**来设置该补给浓度边界，然后选择 **Copy** 完成。
- 3) 输入与这个补给通量相应的浓度值，并按 **OK** 关闭对话框。

3.16.3 蒸发浓度边界

在本模块中，你可以定义由 FLOW 输入模块指定的蒸发相应的溶质浓度。

从顶部菜单上选择 **Boundaries** 和 **Evapotr. Conc.**后，边上的菜单中将会出现以下一些菜单项：

Assign Single	给单个单元设置蒸发浓度。
Assign Line	给单元组成的线设置蒸发浓度。
Assign Polygon	给定义好的多边形设置蒸发浓度。
Edit Single	编辑先前为某个单元设置的蒸发浓度值。
Erase Single	清除以前给某个单元设置的蒸发浓度。
Erase Polygon	清除以前给某个区域设置的蒸发浓度。
Copy Layer	将给某层设置的蒸发浓度属性复制到另一层上。
Copy Single	将给某个单元设置蒸发浓度的复制到其它选中的层上。
Copy Distrib	复制 FLOW 输入模块中设置的瞬变或稳定的蒸发分布，并设置蒸发流量浓度。

要设置蒸发浓度值：

- 1) 从 (MT3D 模块的) 顶部菜单条上选择 **Boundaries**，然后再从下拉菜单中选择 **Evapotr. Conc.**。
- 2) 从边上的菜单条中选择一项来设置蒸发浓度：**Assign Single**，**Assign Line** 或 **Assign Polygon**。
- 3) 将光标移至你想要设置蒸发浓度单元的网格上，单击鼠标左键。如果你选择的是 **Assign Single**，就会出现一个 (Assign Evapotranspiration Flux) 的对话框。你可以选择或者通过按住鼠标左键来“画”出单元；鼠标右键可以取消对单元的选择。如果你是用 **Assign Line** 来选择单元，单击鼠标左键来设置一条线段，单击右键结束这条线段。如果用的是 **Assign Polygon**，则要用鼠标的右键来结束。
- 4) 利用设置蒸发浓度对话框，输入与当前蒸发浓度相应的号码。输入起始和终止时间，以及浓度。最后，按下 **OK** 关闭对话框。

要复制蒸发分布：

- 1) 从 (MT3D 模块的) 顶部菜单条上选择 **Boundaries**，然后再从下拉菜单中选择 **Evapotr. Conc.**。
- 2) 对某种属性，从边上的菜单上选择 **Copy Distrib** 来复制 (FLOW 输入模块中设置的) 瞬变或稳定的蒸发的空间分布。
- 3) 选择你要从中复制蒸发分布的属性号 (用上下箭头选择或直接在 I/O 框中输入属性号)，设置 **Code #**来设置该蒸发浓度边界，然后选择 **Copy** 完成。
- 4) 输入与这个蒸发通量相应的浓度值，并按 **OK** 关闭对话框。

3.16.4 点源浓度边界

点源边界浓度只能设置在已有的流动边界上，如河流、排水沟和井单元上。这是给单元内的内源或汇设置浓度的唯一的方法。

从顶部菜单上选择 **Boundaries** 和 **Point Source** 后，边上的菜单中将会出现以下一些菜单项：

Assign Single	给单个单元设置点源浓度。
Assign Window	给定义好的窗口设置点源浓度。
Assign Polygon	给定义好的多边形设置点源浓度。
Edit Single	编辑先前为某个单元设置的点源浓度值。

Erase Single	清除以前给某个单元设置的点源浓度。
Erase Polygon	清除以前给某个区域设置的点源浓度。

要设置点源浓度值：

1) 从 (MT3D 模块的) 顶部菜单条上选择 **Boundaries**，然后再从下拉菜单中选择 **Point Source**。

2) 从边上的菜单条中选择一项来设置点源浓度：**Assign Single**、**Assign Window** 或 **Assign Polygon**。

3) 将光标移至你想要设置点源浓度单元的网格上，单击鼠标左键。如果你选择的是 **Assign Single**，就会出现一个设置点源浓度 (Assign Point Source) 的对话框。你可以选择或者通过按住鼠标左键来“画”出单元；鼠标右键可以取消对单元的选择。如果你是用 **Assign Window** 来选择单元，单击鼠标左键来设置窗口。如果用的是 **Assign Polygon**，则要用鼠标的右键来结束。

4) 利用设置点源浓度对话框，输入与当前点源浓度相应的号码。选择从流动边界条件中复制时间表或者设置一个新的时间表。输入起始和终止时间，以及浓度。最后，按下 **OK** 关闭对话框。

3.17 验证

我们可以加入一些记录某个特定位置 (单元) 的浓度——时间资料的观测井，并可以将实测浓度与计算浓度比较，帮助进行模型的校验。模型会保存系统设置的每个观测点的每个运移时间步的浓度值。

从顶部菜单上选择 **Calibrate** 后，边上的菜单中将会出现以下一些菜单项：

Add Obs.	加入一个浓度观测井。
Del Obs.	去掉一个浓度观测井。
Edit Obs.	编辑已有的浓度观测井。
Import Obs.	输入浓度观测井资料。

要加入一个浓度观测井：

1) 从 (MT3D 模块的) 顶部菜单条上选择 **Calibrate**，从校验的边上菜单中选择 **Add Obs.**。

2) 将鼠标移至你要加入观测井的单元上，按下左键。将出现观测井输入 (Observation Well Input) 屏幕。

3) 输入观测井名称，如有需要，输入井的坐标。

4) 要输入观测井的垂向位置，在输入屏幕上选择“Set Obs Point”，在井的正确的观测位置上按下鼠标。将会有一红线移至该处。另外，你还可以直接输入观测标高。

5) 在屏幕右边，给观测井输入实测浓度。可以输入任何实测浓度及相应的时间 (见下面输入说明)。对稳定模拟，用第一次实测水头。

6) 选择 **OK** 完成观测井输入。

要从一个文件中输入观测浓度资料：

1) 以下列格式建立一个空格分隔 (即以空格而不是逗号作为分隔符) 的文本文件，每个时间和实测水头占一行。

时间	实测值
----	-----

其中

时间 = 观测时间

实测值 = 实测浓度

2) 从“Edit Observation Point”对话框中选择 **Import**，将会提示你选择包含实测水头资料的文件，文件扩展名必须是.TXT 或者.ASC。

要从一个文件中输入观测浓度资料：

1) 以下列格式建立一个空格分隔（即以空格而不是逗号作为分隔符）的文本文件

Name X Y Z T C

其中

Name = 观测井名称（≤20 个字符，不能有空格）

X = 观测井的 X 坐标

Y = 观测井的 Y 坐标

Z = 观测点标高（即屏幕标高）

T = 观测时间

C = 观测水头

2) 每个实测浓度必须占一行。如果同一个井有多次观测资料，则观测井的名称和坐标都必须重复输入。

3.18 弥散

当你第一次从顶部菜单上选择 **Dispersion** 时，系统会提示你输入整个模拟区域内的“纵向弥散系数(Longitudinal Ratio)”、“水平向弥散系数(Horizontal Ratio)”和“垂向弥散系数(Vertical Ratio)”。这些初始（缺省）值在后面可以加以更改。指定的纵向弥散系数是土体类型的一种表征（与连通空隙的弯曲程度相关），它代表了污染物沿浓度羽的流动路径的扩散倾向。MT3D 需要以纵向弥散系数的比例（分数）表示的水平横向（浓度羽宽度方向）和垂直横向（浓度羽高度方向）的弥散系数。分子扩散系数也应在此对话框中输入。MT3D 的水动力弥散系数是弥散系数、流速（机械弥散）加分子扩散系数之和。

选择 **Dispersion** 后，边上的菜单中将会出现以下一些菜单项：

Assign Single	给单个单元设置纵向弥散系数参数。
Assign Polygon	给定义好的多边形设置纵向弥散系数参数。
Assign Window	给单元窗口设置纵向弥散系数参数。
Edit Single	编辑先前为某个单元设置的纵向弥散系数参数。
Edit Property	编辑先前为各属性设置的纵向弥散系数参数。
Database	察看与编辑所有设定的纵向弥散系数。
Dispersion Options	编辑各层水平横向和垂直横向弥散系数对纵向弥散系数的比例及扩散系数。

要设置弥散系数值：

- 1) 从（MT3D 模块的）顶部菜单条上选择 **Dispersion**。
- 2) 从边上菜单条中选择 **Assign Single**，**Assign Window** 或 **Assign Polygon** 中的一项来设置弥散系数。
- 3) 将光标移至你想要设置弥散系数的网格区上，单击鼠标左键。如果你选择的是 **Assign Single**，就会出现一个设置弥散系数（Assign Dispersion）的对话框。你可以选择或者通过按住鼠标左键来“画”出单元；鼠标右键可以取消对单元的选择。如果你是用 **Assign Window** 来选择单元，按下鼠标左键来设置窗口。如果用的是 **Assign Polygon**，则要用鼠标的右键来结束。
- 4) 利用设置弥散系数对话框，你可以输入你要设置的属性的编号。如果你要设置一种新属性，就选择 **New**，然后输入弥散系数值。你可以利用对话框的上下箭头在数据库中已有的属性之间滚动。
- 5) 按下 **OK**。

要修改弥散系数比率：

- 1) 从(MT3D 模块的)顶部菜单条上选择 **Dispersion** ,然后在边上的菜单上选择 **Dispersion Options**。
- 2) 在 **Dispersion Package** 窗口中修改每层的水平横向：纵向，垂直横向：纵向的弥散系数比率。
- 3) 按 **OK** 关闭对话框。

要设置分子扩散系数：

- 1) 从(MT3D 模块的)顶部菜单条上选择 **Dispersion** ,然后在边上的菜单上选择 **Dispersion Options**。
- 2) 在 **Dispersion Package** 窗口中修改每层的分子扩散系数值（单位：L²/T）。
- 3) 按 **OK** 关闭对话框。

3.19 化学反应

这个菜单选项用于指明 MT3D 所用的化学反应的参数。MT3D 模型中可以有污染物的吸附（阻滞）和溶质与吸附相的衰变（放射性衰变与生物降解）。MT3D 还允许你为阻滞系数的计算选择吸附等温线的类型（线性、Freundlich 或 Langmuir），指定用于确定等温线的常数、以及给出孔隙介质的容重。

有关各种等温线的类型、每种等温线变量之间的关系和衰变项的求解的详细资料，请参阅 MT3D 参考手册。

3.19.1 MT3D v.1.1 , 1.86 或 DoD_1.5

如果在主菜单的 **Setup** 选择了 MT3D v.1.x 作为运移计算的数值引擎，那么它所用的参数在每个层中都是不变的，每个模拟层只指定一个值。从边上的工具条上选择 **Default/Options** 后，将出现以下输入窗口：

在 MT3D 中，对溶解相和吸附相的一级衰变反应（放射性衰变与生物降解）的计算是分开进行的。

3.19.2 MT3D96

如果在主菜单的 **Setup** 下选择了 MT3D96 作为运移计算的数值引擎，那么化学反应就是基于单元而不是基于层进行设置的，这在模拟某些补救方法如反应墙时特别有用。从边上的工具条上选择 **Default/Options** 后，将出现以下输入窗口：

选定合适的反应包后，选择 **OK**。边上工具条上的下列选项就会被激活：

Assign Single	给单个单元设置化学反应属性。
Assign Polygon	给一个不规则的单元区域设置化学反应属性。
Assign Window	给一个长方形的单元区域设置化学反应属性。
Edit Property	编辑为某区内所有单元设置的化学反应属性。
Copy Layer	从当前层向模型中其它层复制一个或所有的属性区。
Database	察看与编辑属性数据库。
Dispersion Options	指定发生的化学反应，如果有吸附反应，指明它的类型。

在数据库窗口可以让你察看及编辑属性。每层都设置了一个缺省的属性。这些属性并没有限定

设在一层，它们可用于单个的单元中。

要设置化学反应属性：

- 1) 如果你还没有输入过属性，选择 **Edit Property** 来编辑设定为 1 号属性的缺省值（白色）。它会提示你为所选的化学反应输入合适的资料。
- 2) 从边上菜单条中选择一项来设置弥散系数：**Assign Single**，**Assign Polygon** 或 **Assign Window**。
- 3) 将光标移至你想要设置属性的网格单元上。
- 4) 单击鼠标左键。如果你选择的是 **Assign Single** 就会出现一个设置化学反应属性 (Assign Chemical Reactions Property) 的对话框。你可以选择或者通过按住鼠标左键来“画”出单元；鼠标右键可以取消对单元的选择。如果你是用 **Assign Polygon** 来选择单元，则要用鼠标的右键来结束。如果用的是 **Assign Window**，单击鼠标左键来设置窗口。
- 5) 利用设置化学反应属性对话框，你可以输入你要设置的属性的编号。如果你要设置一种新属性，就选择 **New**，然后输入该属性的值。你可以利用对话框的上下箭头在数据库中已有的属性之间滚动。

要编辑属性的值：

- 1) 从边上的菜单条上选择 **Edit Property** 或 **Database**。将出现一个对话框，让你修改任何先前设置的属性的值。

Visual MODFLOW 允许用户从当前层向所有其它的模拟层位复制部分或全部属性分布。

要向其它的模拟层位复制属性分布：

- 1) 从边上的菜单条上选择 **Copy Layer**。会有一个对话框出现。要复制所有的属性分布，选择“**Copy All Properties**”，如只复制一种属性，则选择“**Copy Only Property #_**”。将光标移至输入框中输入想要复制的属性号。
- 2) 接下来，选择属性复制的目的层。
- 3) 选择 **OK** 完成属性复制。

3.20 工具

单元检查器 (Cell Inspector) 可在输入、运行和输出模式下调用。当你将光标移到模拟区域的时候，你可以让它显示你想要的信息。

单元检查器具有将你想要的信息进行显示/隐藏的功能。有两种方法可以显示/隐藏要显示的值。如果你在 **Cell Values** 选项卡上按下鼠标右键。就会出现一个弹出菜单让用户选择或取消要显示的参数。

第二种方法是选择 **Options** 选项卡，按击能够显示的单元参数。如果在参数的题头上双击鼠标则其下的次级参数都将会被选中或取消。你还可以单击窗口底部的“**All On**”或“**All Off**”按钮来选中或者取消所有的参数。

选中/取消参数的方法在输入、运行和输出菜单中是一致的。然而，用于输入中的参数与输出和运行菜单中的参数会有一些细微的差别。

选定参数后，当你将光标移到模拟区域时，窗口中的值就会根据单元的值而更新。

第四章 运行选项

本章将详细给出：

- ◆ 以工程或批处理方式运行模型；
- ◆ 编辑层宽变量；
- ◆ 编辑运行时间选项。

4.1 运行模块菜单

从主菜单的下拉菜单中选择 **Run** 进入运行屏幕后，会出现下列对话框：

用户必须选定当前进行的模拟是瞬变流还是稳定流。选定后，用户可以看到流动运行模块的下拉式菜单的选项（见图）。

4.1.1 流动的运行模块菜单

File	Basic	Solver	Recharge	Layers	BCF	OC	Pathlines	Run/Translate	MT3D	Tools	Help
File	保存或返回主菜单。										
Basic	设立模型时间步参数（如果模拟瞬变流），指定初始水头（或者是每层保持不变，或者从 Surfer，ASCII 文件，或前一次 Visual MODFLOW 运行结果中输入）。										
Solver	选择 MODFLOW 求解器包。										
Recharge	给模型顶层或最上面的活动单元指定初给量。										
Layers	按 MODFLOW 手册所述指定模型中各层的类型。										
BCF	定义块中心流动选项：单元二次湿润和层的各向异性。										
OC	指定保存结果（输出控制）的时间和格式。										
Pathlines	设置用于 USGS MODPATH 的质点选项。										
Run/Translate	将 Visual MODFLOW 文件转换成 MODFLOW、MODPATH、ZONE BUDGET 和 MT3D 格式的文件以及按要求运行模型。										
MT3D	转至 Visual MODFLOW 的 MT3D 运行模块。										
Tools	激活单元检查器。										
Help	运行菜单的通用帮助屏幕。										

4.1.2 MT3D 的运行模块菜单

从流动运行模块的菜单上选择 **MT3D** 菜单项，设置进行 MT3D 模拟的选取项。用户将会见到如下的 MT3D 运行模块的下拉式菜单（见图）。

File	Advection	Output/Time Steps	Initial Concs.	Run/Translate	Flow	Tools	Help
File	保存或返回主菜单。						
Advection	设置 MT3D 的求解方法的选项。						
Output/Time Steps	设置将 MT3D 结果保存到文件的时间。						

Initial Concs.	告诉 MT3D 使用哪种初始浓度(在 MT3D 模块中指定、从 SURFER、ASCII 文件或前一次 MT3D 解中输入)。
Run/Translate	将 Visual MODFLOW 文件转换成 MODFLOW、MODPATH、ZONE BUDGET 和 MT3D 格式的文件以及按要求运行模型。
Flow	转至 Visual MODFLOW 的流动运行模块。
Tools	激活单元检查器。
Help	运行菜单的通用帮助屏幕。

4.2 文件 (File) 菜单

在运行菜单中选择 **File** , 会出现一下拉菜单 :

Save	以原数据集名保存选项。
Export...	将 Visual MODFLOW 图形窗口输出到 AutoCAD 的 DXF 文件 (世界坐标或局部坐标) 或 WMF 文件。
Main Menu	返回主菜单。

4.3 基本资料 (Basic) 菜单

在运行菜单中选择 **Basic** , 会出现一下拉菜单 :

Time	定义每个应力期的时间步数和时间步乘数。本项只在瞬变流模式下才有效。
Initial Heads	定义起始水头。其选项有 : 每层水头保持不变、从 SURFER 的.grd 文件中输入水头、以及使用前一次的 Visual MODFLOW 运行轮次、SURFER 的.grd 文件或 ASCII 文件中的水头。

4.3.1 时间 (Time)

如果选择的是瞬变流模式 , 那么你的 **Basic** 下拉菜单下就会有 **Time** 选项。你会看到如下的**应力期 (Stress Period)** 窗口 , 你可以输入每个应力期的时间步数和时间步长乘数。

MODFLOW 中的模拟时间被 Visual MODFLOW 分为应力期。应力期的定义为系统上所有的应力 (边界条件、抽水速率等) 保持不变的时间期。Visual MODFLOW 利用用户加入的边界条件来确定瞬变流模拟的每个应力期的长度。应力期限的长度不能由用户直接设置。接着每个应力期又可以分为时间步。在每个应力期内 , 时间步组成几何级数。用户要定义时间步数的时间步长乘数 , 或者说是每个时间步与前一时间步的比例。Visual MODFLOW 利用这些定义来计算应力期内每个时间步的长度。

MODFLOW 在各应力期、时间步和打印时间上是有区别的。每个时间步都会计算水头场。但水头场只在每个打印时间 (printout time) 结束时才保存到某个文件中去。在默认情况下 , 打印时间就是应力期的结束 , 而用户可以通过 **OC** 菜单的选项对此进行修改。但在输入模块中指定的观测点的水头和降深值却是在每个时间步都计算并加以保存。

一般情况下 , 时间步长越小 , 其对流场的瞬时变化的刻画就越好。因此增加时间步数能使水头或降深的曲线更加光滑。

4.3.2 初始水头 (Initial Heads)

对稳定流模式，MODFLOW 需要一个水头分布的初始猜测值，而对瞬变流模拟，MODFLOW 需要起始水头分布。降深值也从初始水头中算得。对稳定流模拟，一个好的猜测值可以极大地减少所需的运行时间。从 **Basic** 菜单中选择 **Initial Heads** 后，会出现如下弹出窗口。

它允许用户指定初始水头分布是否是按层保持不变，或者从 SURFER 的.grd 文件、ASCII 文件还是前一次的 Visual MODFLOW 运行结果中输入。

4.3.2.1 按层保持不变

按层保持不变是默认选择。如果没有选择 **Initial Heads**，程序就会用它来模拟。如果选择了“**Constant by Layer**”，就会出现如下的窗口。

该窗口允许用户按层设置初始水头的猜测值。

4.3.2.2 从 SURFER 的.grd 文件或 ASCII 文件中输入

Visual MODFLOW 允许初始水头从已有的数据中插值求得。如果水位资料可用，它就能从 SURFER 的.grd 文件或 ASCII 文件中插值出来，将有一个与如下窗口类似的窗口出现。

如果选择了 ASCII 文件，其类型可以是 ASC, TXT 或 XYZ。然而，文件必须以空格为分隔符，每组 X, Y, Z 坐标占一行。对 SURFER，文件必须是 GRD 格式，其扩展名必须是 GRD。

ASCII 和 SURFER 选项都是用距离倒数插值方法确定每个单元的初始水头的。

4.3.2.3 前一次 Visual MODFLOW 运行结果

“**Previous Visual MODFLOW Run**”选项允许用户将上一次的 HDS 文件作为初始水头的猜测值。选择该项后，将出现如下窗口。

HDS 文件必须与当前的模型具有相同的行、列和层数。这在模型校正和敏感性分析时是十分有用的，因为它为模型提供了接近于解的猜测值。如果网格作了重新剖分，旧的 HDS 文件就不能再用了。

4.4 求解器 (Solver) 菜单

选择 **Solver** 后就会出现求解器的选项表列。对每个求解器都会出现一个不同的“**Solver Parameter**”对话框。你可根据所需的计算水头分布的精度在其中修改默认的收敛标准。一般情况下，默认值就可以得到较好的结果。然而，我们推荐用户去试验这些数，以确信迭代的解确实是收敛的。这也是用户的责任所在。

选择 **Solver** 后就会出现如下对话框。

4.4.1 前承条件共轭斜量程序包 (PCG2)

PCG2 用前承条件共轭斜量法 (Preconditioned Conjugate-Gradient) 来求解模型的联立方程。可以模拟线性和非线性的流动条件。PCG2 有两个前承条件选项：改进的不完全 Cholesky 前承条件，它在标量计算机上效率很高；多项式前承条件，它对计算机的存储要求不高，并且通过针对计算机的优化，在矢量计算机上效率极高。求解器的收敛条件采用水头变化和残差判别标准。非线性问题采用 Picard 迭代算法。对 PCG2 的说明见 USGS 的 *Water-Resource Investigations Report 90-4048*，它也已包含在用户参考手册中。

对求解器参数的解释

PCG2 求解器在每个时间步上用双层迭代法求解。外层迭代用于向解的方向改变前承条件参数矩阵。每进行一次外层迭代，前承条件参数矩阵中的流动系统的水文地质参数（即水力传导系数、饱水厚度、储水系数）就作了一次更新。

最大外层迭代次数 (Maximum Number of Outer (non-linear) Iterations) 默认值=50

本参数指定外层迭代次数的上限。这个值只有在迭代结束前不能达到收敛解的时候才用到。对大多数问题而言，25 次就足够了。然而，如果达到了最大迭代次数，而不能得到较好的质量平衡差异，就应加大该值。

最大内层迭代次数 (Maximum Number of Inner Iterations) 默认值=10

本参数指定内层迭代次数的上限。这个值只有在迭代结束前不能达到当前外层迭代的矩阵条件下的收敛解的时候才用到。对大多数问题而言，10 次就足够了。超过 10 次的迭代往往对解并没有什么用处，因为在返回外层迭代时，解要进行更新。

收敛的水头变化判别标准 (Head Change Criterion for Convergence): 默认值=0.01

在所有的外层迭代完成后，求解器就会检查每个单元的解，找出最大的变化量。如果这个值小于收敛标准（以英尺或米为单位）。就认为解已收敛，求解器就停止运行，否则开始新的外层迭代过程。

通常对大多数问题来说，解的精度达到 0.01ft 或 m 就足够了，除非模拟区域的水头的最大差值小于 1 (ft 或 m)。如果内外层迭代的次数没有达到上面所设置的最大值，却没有得到较好的质量平衡结果，可以将这个值减少一个数量级，如 0.001。

收敛的残差判别标准 (Residual Criterion for Convergence): 默认值=0.01

水头变化的判别标准用于判断整个求解器的收敛，而残差判别标准则用于判断求解器内层迭代的收敛情况。如果所有节点上的残差的最大绝对值小于这里指定的值(单位:长度³/时间)，那么就进行下一个外层迭代。

通常，水头变化和残差判别标准是等价的。一般 0.01ft³/s 或 m³/s 就足够了。然而，如果你注意到所有的外层迭代都只运行了一些内层迭代，而却没有得到较好的质量平衡结果，则可以将该值减少一个或几个数量级。

注意：残差判别标准与所用的单位是有关的。如果你所用的长度单位是英尺或米，时间单位是秒，则 0.01 就足够了。如果不是，你就应该将默认值乘上你所用的时间单位的秒数（例如，如果时间单位是天，则残差判别标准应采用 864）。

打印间隔 (Printout Interval): 默认值=10

打印间隔的值说明了将水头资料写入表列文件 (.LST) 之间要进行的迭代次数。

4.4.2 强隐式求解程序包 (SIP)

强隐式求解法 (SIP) 是一种通过迭代来求解大型联立方程组的方法。其优点是非常稳定且常

常可以收敛于某个解，但通常很慢。它不如 PCG 法快速，但占用的计算机内存要少。由于每个方程最多可涉及 7 个未知水头以及在整个网格中某个方程与其下一个方程的未知量是不同的，所以整个网格上的方程必须在每个时间步上都同时求解。本程序包的说明见 MODFLOW 手册第十二章。

4.4.3 分层连续超松弛程序包 (SOR)

分层连续超松弛法 (Slice-Successive Overrelaxation) 是一种用迭代求解大型线性方程组的方法。在 SOR 中通过将有限差分网格分成垂向的层，并将节点方程重新组成分开的方程组，每组对应于一层。在每次迭代中将这组方程按顺序求解，就得到各层的一组新的水头估计值。当处理各层方程时，它们首先写成两次相连迭代间的计算水头的变化的形式。然后，通过将相邻层的项当作已知量，用高斯消去法直接求解相应层的方程组。接着，计算出来的水头变化值乘上一个加速因子 T ， T 一般在 1-2 之间；这个结果就作为该层在此次迭代中的水头变化值。按顺序对每个层重复这个过程，直到三维阵列中的所有层都计算完成，就完成了一次整个模拟区域的迭代。然后再重复这个求解序列，直到相邻两次迭代之间的水头计算值的差值小于网格中所有的节点的判别标准为止。SOR 程序包详见 MODFLOW 手册第十三章。

参数说明

最大迭代次数 (Maximum Number of Iterations): 默认值=50

本参数指定迭代次数的上限。这个值只有在迭代结束前不能达到收敛解的时候才用到。对大多数问题而言，50 次就足够了。然而，如果达到了最大迭代次数，而不能得到较好的质量平衡差异，就应加大该值。

加速因子 (Acceleration Factor): 默认值=1

加速因子用于控制两次迭代间的水头变化的大小。它必须是正数。该值如大于 1 将会加大迭代间的水头的变化；可能可以较快得到解但也易使解失稳。小于 1 的值会使水头变化减少，因而增加了迭代次数。

收敛的水头变化判别标准 (Head Change Criterion for Convergence): 默认值=0.01

在每次迭代完成后，求解器就会检查每个单元的解，找出最大的变化量。如果这个值小于收敛标准（以英尺或米为单位），就认为解已收敛，求解器就停止运行，否则开始新的迭代过程。通常对大多数问题来说，解的精度达到 0.01ft 或 m 就足够了，除非模拟区域的水头的最大差值小于 1 (ft 或 m)。如果迭代的次数还没有达到上面所设置的最大值，却没有得到较好的质量平衡结果，可以将这个值减少一个数量级。

打印间隔 (Printout Interval): 默认值=10

打印间隔的值说明了将水头资料写入表列文件 (.LST) 之间要进行的迭代次数。

4.4.4 WHS 的 Visual MODFLOW 求解器 (WHS)

WHS 使用了一种双共轭斜量稳定 (Bi-CGSTAB) 加速程序，它由用于预处理地下水流动偏微分方程的 Stone 不完全分解作为补充。这个求解器如同其它所有的迭代算法的求解器一样通过对近似解的迭代来求得大型偏微分方程组的解。由于地下水流动的矩阵方程最初是“病态的”，因而要求得一个有效解，就必须对这些矩阵进行有效的预处理。WHS 中有两种等级的因式分解。程序在一级因式分解时收敛所需的迭代次数要少一些。而随着因式分解等级升高，运行程序所需内存变大。而且，在一级因式分解时，每次迭代的工作量也加大了，因而总计算时间未必比采用 0 级因式分解少。

参数说明

WHS 求解器在每个时间步上用双层迭代法求解。

外层迭代用于向解的方向改变因式分解参数矩阵。每进行一次外层迭代，因式分解参数矩阵中的流动系统的水文地质参数（即水力传导系数、饱水厚度、储水系数）就作了一次更新。不同等级的因式分解允许这些矩阵进行不同的初始化，以增加求解效率和模型稳定性。内层迭代用于迭代求解外层迭代建立的矩阵。

最大外层迭代次数 (Maximum Number of Outer (non-linear) Iterations) 默认值=100

本参数指定外层迭代次数的上限。这个值只有在迭代结束前不能达到收敛解的时候才用到。对大多数问题而言，50 次就足够了。然而，如果达到了最大迭代次数，而不能得到较好的质量平衡差异，就应加大该值。

最大内层迭代次数 (Maximum Number of Inner Iterations) 默认值=25

本参数指定内层迭代次数的上限。这个值只有在迭代结束前不能达到当前外层迭代的矩阵条件下的收敛解的时候才用到。对大多数问题而言，500 次就足够了。然而，如果所有的内层迭代都达到了最大迭代次数，而不能得到较好的质量平衡差异，就应加大该值。

收敛的水头变化判别标准 (Head Change Criterion for Convergence): 默认值=0.05

在所有的外层迭代完成后，求解器就会检查每个单元的解，找出最大的变化量。如果这个值小于收敛标准（以英尺或米为单位），就认为解已收敛，求解器就停止运行，否则开始新的外层迭代过程。通常对大多数问题来说，解的精度达到 0.01ft 或 m 就足够了，除非模拟区域的水头的最大差值小于 1 (ft 或 m)。如果内外层迭代的次数没有达到上面所设置的最大值，却没有得到较好的质量平衡结果，可以将这个值减少一个数量级。

收敛的残差判别标准 (Residual Criterion for Convergence): 默认值=0.005

水头变化的判别标准用于判断整个求解器的收敛，而残差判别标准则用于判断求解器内层迭代的收敛情况。如果相邻两次迭代的变化小于这里指定的值（单位：长度³/时间），那么就进行下一个外层迭代。

残差标准对大多数问题来说 0.001 是比较合适的。然而，如果你注意到所有的外层迭代都只运行了一些内层迭代，而却没有得到较好的质量平衡结果，则可以将该值减少一个或几个数量级。

外层迭代阻尼因子 (Dampening Factor for the Outer Iterations): 默认值=0.5

这个因子允许用户在每两次相邻的迭代中减少（阻减）计算的水头变化。对大多数“井型”或物理意义上的地下水流动问题，阻尼因子选择 1 就可以了。这个参数可以用于非收敛（摆动或发散）的问题中，使其稳定下来，可以得到一个解。这是将该因子减少到 0-1 之间（很少小于 0.6）来运行的。该因子类似于其它求解器中的加速因子。

相对残差判别标准 (Relative Residual Criterion): 默认值=0

本参数是另一种检查内层迭代的方法。该方法是将最近一次内层迭代的残差与最开始时的内层迭代的残差相比较。一旦最近一次内层迭代的残差小于最开始时的内层迭代的残差乘上相对残差判别标准，当前外层迭代就完成了，开始进行新的一次外层迭代。例如：

如果：最近一次内层迭代的残差

< 最开始时的内层迭代的残差 × 相对残差判别标准

因式分解等级 (Factorization Level): 默认值=1

0 级 (Level 0) 需要	1 级 (Level 1) 需要
较多的外层迭代次数	较少的外层迭代次数
较少的内存	较多的内存

4.5 补给 (Recharge) 菜单

在 Visual MODFLOW 中补给仅限于最上一层。然而，补给允许通过某列的无效单元（默认条件）。常水头边界总是**截断补给，防止更深的渗透**。因此，当你从运行屏幕上选择了 **Recharge** 时，就会有以下的对话框让你选择要用哪种补给。

4.6 层 (Layers) 菜单

当你在运行屏幕中选择 **Layers** 时，就会有以下的对话框让你选择每个层的类型。

Type 0 Confined	在整个模拟期间，该层的导水系数和储水系数保持不变。
Type 1 Unconfined	层的导水系数是变化的，它从饱水层厚度和水力传导系数中计算出来。储水系数保持不变；本类型只适用于第 1 层。
Type 2 Confined/Unconfined	层的导水系数和储水系数保持不变。储水系数可以有承压和非承压两种值。
Type 1 Unconfined/Confined	层的导水系数是变化的，它从饱水层厚度和水力传导系数中计算出来。储水系数可以有承压和非承压两种值。如果是含水层稀释，则限制从上面来的垂向渗透。

4.7 块中流 (BCF) 菜单

在块中流 (Block-Centered-Flow **BCF**) 选项下，你可以指定单元二次湿润参数和层各向异性比率。

4.7.1 二次湿润

最初的 USGS 的 MODFLOW 是不允许在一次模拟中变干的单元再次饱水；它们简单地处理为无效单元。然而，USGS 后来扩展了 BCF 包 (BCF2)，使得用户可以让干的单元二次湿润。其缺点是数值解的稳定性会下降。关于单元二次湿润和 BCF 包更详细的说明可见 MODFLOW 程序包参考手册。

BCF 菜单下的 **Rewetting** 选项可以让用户激活 BCF2 程序包中的湿润选项并指定二次湿润参数。通过单击“**Activate cell wetting**”框可激活单元二次湿润选项。

单元湿润控制 (Cell Wetting Control)

单元的湿润的控制有两种：通过单元底部的水头直接控制或通过四个相邻的水平单元加上其底下的单元的水头控制。第一种方法更稳定一些，并且在相邻单元难以指示是否一个单元应该湿润的时候就特别有用（例如在很陡的垂向水力梯度的地区或底板高程变化的地区）。在某些情况下，会导致干的单元处在湿的单元下。

湿/干阈值 (Wet/Dry threshold)

对一个要湿润的单元来说，相邻单元的水头必须大于当前单元底部高程与湿/干阈值之和。例如，有一个底部高程为 10 的干单元，如果湿/干阈值设置为 2，单元湿润由下面的单元控制，那么，该单元只有在下面的单元的水头达到 12 后才能被二次湿润。

总是在使用，以确定单元在何时湿润。

单元湿润间隔 (Cell Wetting Interval)

单元湿润间隔表明了 MODFLOW 多久就测试是否要湿润单元。例如,如果单元湿润间隔为 2,则每隔一次迭代就看看是否要进行单元湿润检查。

单元湿润计算 (Cell Wetting Calculations)

单元湿润时,新水头可用以下两个方程之一来计算:

$$\text{水头} = Z_{\text{底部}} + \text{湿润因子} (\text{相邻水头} - Z_{\text{底部}})$$

$$\text{水头} = Z_{\text{底部}} + \text{湿润因子} (\text{湿/干阈值})$$

其中 $Z_{\text{底部}}$ 是当前单元的底部高程。

通常,第一个方程认为更合理一些,因为单元的新水头是随相邻水头而变化的,而正是后者使其湿润的。然而在 MODFLOW 在迭代时高估水头变化的情况下,该方程有可能会不收敛。此时可用方程 2 来获得一个较稳定的解。

解的收敛

单元二次湿润常产生不收敛或不稳定的解,这可从单元不断地湿润排干看出。如果发生这种情况,我们推荐你试试以下方法:

- 将你已知肯定不会湿润的单元设置为无效单元。
- 加大湿/干阈值。这会使单元的湿润更加困难,因而让 MODFLOW 从不停地重复开关单元的过程中停止下来。然而,这可能会降低解的精度,因为应该湿润的单元会一直处在干的状态。
- 改变湿润因子。这会增加或减少湿润单元的水头。
- 改变控制单元湿润的相邻单元。
- 改变计算湿润单元新水头的方程。
- 试用 SIP 或 PCG 求解器,并修改求解器参数。
- 对稳定态解,用符合最终条件的较好的初始猜测值开始求解。这将很好地指示哪个单元会湿润和排干,因而将单元在干湿之间的变换降至最小。

4.7.2 各向异性

水平各向异性是指列向的导水系数或水力传导系数与行向的分量的比值。从 **BCF** 选择该项时,会出现如下对话框。

各向异性系数可逐层设定或保留水力传导系数数据库 (Hydraulic Conductivity Database) 中的值。如果你选择逐层设置,则必须为每层输入一个 T_y/T_x 系数。选择逐层设定并不会冲去 K_y 的原始值,但将用 T_y/T_x 系数重新对它们进行计算。

4.8 输出控制 (OC) 菜单

当你从运行屏幕上选择 **OC** (输出控制) 菜单项时,会出现一个包括 **Output Control** 和 **List File Opts** 选项的下拉菜单。

4.8.1 输出控制 (Output Control)

输出控制可让你指定哪些资料要写入 LST、BGT 和 HDS 文件中以及其写入的频率。表列文件 (LST) 包含了关于 MODFLOW 运行情况的信息。这个文件在模拟出现错误而你想知道

MODFLOW 运行到了哪一步，或者你想检查给定时间间隔内的水头或降深时是很有用的。在默认情况下，信息将在每个应力期的结束时存入二进制文件中，而在每次模拟结束时存入 LST 文件一次。

区域均衡程序 BGT 文件来计算区域间的流动情况。因而，要改变输出区域均衡信息的输出频率，要在 **F. Term in Bin** 中改变保存间隔。

要选择某个输出项目，单击方框，要写入 LST、BGT 或 HDS 文件的资料就会出现一个√。

输出控制窗口包括以下内容：

保存到二进制文件 (Save to Binary)

Heads	将水头存入二进制水头文件 (HDS) 中。
Ddown	将降深存入二进制降深文件 (DDN) 中。
F. Term	保存流量项 (逐单元流量项) 到均衡文件 (BGT) 中。(MODFLOW 只允许流量项信息保存入二进制文件或者 LST 文件中)

写入 LST 文件 (Print to LST)

Heads	将水头存入列表文件中。
Ddown	将降深存入列表文件中。
F. Term	保存流量项 (逐单元流量项) 到列表文件中。
Bud.	将均衡存入列表文件中。

☐ **保存 FLO 文件 (Save FLO file)** 屏幕底部的 “Save FLO file” 选择框让你可以在 MT3D 不在运行时逐单元保存用于 MT3D 的流动项资料。

后两列说明了资料写入的应力期和时间步。对稳定模拟来说，这些值总是 1，但对瞬变流模拟来说，在每个时间步这些值将组成一条直线。

4.8.2 列表文件选项 (List File Opts.)

表列文件选项让你可以指定将哪些信息写入 LST 文件，同时也可以指定其格式。

4.9 线路 (Pathlines) 菜单

选择 **Pathlines** 后，会有一个如下的菜单出现：

Discharge	设置控制质点放置的选项。
Reference Time	设置质点参考时间的选项。

4.9.1 放置 (Discharge)

如果选择 **Discharge**，就会出现如下对话框。

这三个放置选项指明了边界条件对质点追踪方法的影响。汇是一种将质点从系统中移走的边界条件。因而，抽水井是汇，第一层中具有蒸发作用的单元也是。因为 MODPATH 并不能知道质点遇到弱汇时是否会被移走，所以它提供了以下三种选项：

- 质点通过弱汇单元，
- 质点在进入内源单元后停止运动，
- 当汇的排泄量超过单元入流量的某个特定百分比时，质点停止运动。默认情况下该值

为 5%。

4.9.2 参考时间 (Reference Time)

如果选择 **Reference Time**，就会出现如下对话框。

MODPATH “参考时间”是作为向前或向后追踪的质点的模拟起始时间。MODPATH 的瞬变模式的参考时间的设置有两种：

- 1) 用应力期 (Prd)、时间步 (Stp) 和时间步内的相对时间 (Rel. Tm) 来指定参考时间。
- 2) 按从模拟开始的绝对时间来指定参考时间。

4.10 运行 (Run) 菜单

Visual MODFLOW 包含有 Win32 MODFLOW 程序包，它包括 32 位的在 Windows95/NT 环境下运行的 MODFLOW、MODPATH、ZONE BUDGET 和 MT3D。这套独特的工具可运行所有的数值引擎，并且可以为 MODFLOW 的解的收敛情况和 Zone Budget 的流量资料提供一种图形化的进程报告。另外，它还允许在迭代进行期间对求解器参数进行运行间修改。

当你在运行屏幕上选择 **Run/Translate** 后，Visual MODFLOW 将提示你在对话框中选择你想要执行的数值模型。Visual MODFLOW 支持以下的数值引擎，它们可在主菜单窗口的 **Setup** 下选择：

- USGS MODFLOW 88
- USGS MODFLOW 96
- USGS MODPATH
- USGS Zone Budget
- USEPA MT3D 1.1
- DOD MT3D 1.5
- S.S. Padadopoulos MT3D 1.86
- S.S. Padadopoulos MT3D⁹⁶

要执行其中之一或全部的 MODFLOW、MODPATH、ZONE BUDGET 或 MT3D 都可以。你可以指明运行这四个模块中的一个，或者是四个模块的任意组合。然而，MODFLOW 必须在其余三者之前运行。

运行模型后，在每个数值模型运行期间都会出现**数值引擎控制窗口 (Numeric Engine Control Window)**。

Translate & Run
Translate

将输入文件转化为如上的模型 ASCII 文件，并运行所选择的模型。

将所选择的 MODFLOW 和 MT3D 程序包以及 MODPATH 和 Zone Budget 的选项转化为 MODFLOW、MODPATH、Zone Budget 和 MT3D 模型的输入 ASCII 文件。然而，并不运行模型。本选项在你准备以批处理方式运行 MODFLOW 或 MT3D 时非常有用。在此情况下，你可以将转化到各自的目录下，然后在以后建立模型，连续运行。

Cancel

不作保存退出对话框。

Advanced>>

展开对话框，显出如下所示的每个模型的各种转化选项。

在 **Advanced** 对话框中有四个附加选项。

Close & Save

关闭对话框，保存设置。

Run

只运行所选模型，不转化任何文件。它在你已修改了某些以前转化的

<<Standard Batch Run

文件，而又想运行那些没有被 Visual MODFLOW 的新的转化覆盖的文件的模型时有用。

转回简减的**转化/运行 (Translate &Run)** 窗口。

本选项在运行一系列项目或大型模型时显得很方便。模型可在 Visual MODFLOW 未打开情况下在后台运行。下面是批处理运行选的详细说明。

4.10.1 运行（批处理方式）

在主菜单上选择 **Run** 进入运行屏幕，再选择下拉菜单中的 **Batch**，将出现如下窗口。

要使用批处理运行功能，你的 Visual MODFLOW 项目必须用 Visual MODFLOW 2.7 版来保存和转化。转化过程将产生所有的 MODFLOW、MODPATH、Zone Budget 和 MT3D 所需的输入文件。另外，转化过程也生成一个项目批处理文件 (*modelname.BAT*)，它将调用所有的选定的模型 (如 MODFLOW、MODPATH、Zone Budget 和 MT3D) 并调用这些模型所需的相关文件 (如 *modelname.BAS*、*modelname.BCF* 等等)。

如果你还没有转化 Visual MODFLOW 项目文件，请返回主菜单并按下列步骤进行：

- ☞ **Run**
- ☞ **Run/Translate**
- ☞ 合适的模型 (如 MODFLOW、MODPATH、MT3D)
- ☞ **Translate**

对每个你想要包括进批处理文件的模型都按上述步骤进行操作。将会出现**批处理运行功能 (Batch Run Utility)** 对话框。要开始你的批处理运行，你需要先通过 **Add** 选项或载入一个包含的要运行的模型列表的文件来编写你所要运行的模型的列表。

要将文件名加入到你的批处理运行列表中：

从顶部菜单上选择：

- ☞ **File**

从下拉菜单上选择：

- ☞ **Add**

在**模型选择 (Model Selection)** 窗口中选择 Visual MODFLOW 项目文件 (扩展名为 vmf) 以便加入你要加入到批处理运行的模型。

- ☞ **Open**

要载入**批处理运行选择 (Batch Run Selection)** 文件

- ☞ 从顶部菜单选择 **File**
- ☞ 从下拉菜单上选择 **Loading from file...**
- ☞ 找到批处理运行选择文件 (filename.txt)
- ☞ **Open**

要保存批处理运行选择文件

- ☞ 从顶部菜单选择 **File**
- ☞ 从下拉菜单上选择 **Save as...**
- ☞ 输入一个文件名以保存批处理表
- ☞ **Save**

批处理运行功能包先去寻找 Visual MODFLOW 的以 VMF 为扩展名的项目文件，然后，在让你运行批处理模拟前检查是否有下列文件存在：

- *modelname.BAS*

- *modelname.BCF*
- *modelname.BAT*

如果以上的任一文件在 VMF 文件目录中不存在的话，所选的 VMF 文件将以高红亮色表示，同时 **Run** 按钮无效。在运行开始前所有不完整的项目都应删除，点中那些不完整的项目，按 **Delete** 按钮删除。

在加入项目后，你可以改变它们运行的顺序。先选中一个项目，再按 **Up** 或 **Down** 调整项目执行顺序。在表列前面的项目先运行。按 **Run** 即可开始运行这些项目。

4.10.2 MODFLOW 程序包

USGS 的 MODFLOW 由许多个“程序包”组成。Visual MODFLOW 可以支持大多数 MODFLOW 的程序包。Visual MODFLOW 所支持的 MODFLOW 程序包说明见 MODFLOW 参考手册 (*MODFLOW Reference Manual*) 和 MODFLOW 程序包参考手册 (*MODFLOW Packages References Manual*)。前者包括了原有的 MODFLOW 程序包，而后者则包括了一些新的程序包及原有和程序包的新版本。

在前一个对话框中选择 **Advanced>>** 按钮可展开高级选项，你可以选择让 Visual MODFLOW 转化及运行哪一个程序包。

MODFLOW 所需的程序包最低要求有基本包 (**Basic Package**)，块中流包 (**BCF Package**)，输出控制包 (**Output Control Package**) 和一个求解器包 (**Solver Package**)。这些包必须处于运行状态，但其转化功能可以处于不活动状态。其它的包由你自己选择。

Visual MODFLOW 将会把所有活动程序包的名字转化到控制文件中。该文件详见 MODFLOW 参考手册的 MODFLOW '96 补充说明。Visual MODFLOW 假定这些文件名是遵循它的文件命名原则的。即每个文件都以项目名为文件名称，而以标准的 MODFLOW 扩展名结束。

各程序包特别的选项可通过运行菜单下的下拉式对话框进行设置。

4.10.3 MODPATH 选项

MODPATH 选项卡可让你开闭向前和向后质点追踪方法。在硬盘空间紧张时可以设置一下这个选项。

4.10.4 Zone Budget 选项

区域均衡程序读入 MODFLOW 输出数据并在用户定义的区域上计算水量均衡。

一般情况下，设置均衡区是为了校验。例如你可能想知道有多少水通过常水头边界流出了模型。Visual MODFLOW 给各个导水系数不同的区域和边界条件分配区域号。然而，默认条件下，这些区域并没有处于活动状态，因为你可能有别的目的。

在对话框，你可以编辑区域的名称。

4.10.5 MT3D 程序包

与 MODFLOW 相类似，MT3D 也是模块化程序。其基本包 (**Basic Package**) 一直处于运行状态，但可以关闭转化功能。其它四个程序包都可以不运行或不转化。其说明见 MT3D 参考手册。

MT3D 的特别选项 **Run** 下 **MT3D** 对话框进行编辑。

4.11 Win32 MODFLOW 程序组

Visual MODFLOW for Windows95/NT (2.5 及以上版本) 带有 Win32 MODFLOW 程序组。它包括了 MODFLOW 、 MODPATH、 ZoneBudget 和 MT3D 程序包。它们是 32 位 WINDOWS95/NT 应用程序。

在 Visual MODFLOW 下运行 Win32 MODFLOW 程序组时,将出现显示所选模型状态的数值引擎控制窗口。出现检验标志意味着数值引擎运行完毕,跑马意味着目前正在运行,红圈意味着正等待运。

每个引擎都有一个显示模拟结果和进展的信息窗口。从数值引擎控制窗口选择 **Minimize All** 可使这些窗口最小化。在数值引擎控制窗口中单击特定模型也可再次打开这些窗口。

4.11.1 MODFLOW

对 MODFLOW 会出现如下窗口。

窗口的上部是项目名称及 MODFLOW 正在模拟的当前应力期与时间步。其下为求解器的参数及解收敛情况的图形化显示 (最大残差水头对迭代次数)。如选择了 ☒ **View Output Window**, 也可以显示数值输出情况。

4.11.1.1 解的收敛情况的图形化显示

解的收敛情况可以以图形方式显示最大残差水头对迭代次数变化情况。该图每迭代一次就会更新一次。

由 **Min/Max** 按钮可改变该图的范围。选择 ☒ **User Defined**, 输入 X, Y 坐标即可。如果选择 ☒ **Default** 再按 **Apply**, 就会恢复原先的范围值。一般地,最大残差在开始时大后来小,见图。选择 **Show Tail** 后,该图就会从当前的迭代开始绘制, Y 的范围也会更为适合。图形显示也可以用项目名称下的工具栏进行修改。工具条有下列选项:

复制图形 (作为位图) 到剪切板上。

将输出图形打印到当前选定的 WINDOWS 打印机上。

将该图从二维转化为三维。

沿 X 或 Y 轴旋转图件。(只在三维时有效)

放大, 按下并拖拉鼠标选择放大区。

显示或隐去垂向网格线。

显示或隐去水平网格线。

编辑标题名称。

改变文字的字体。

工具条下的颜色条用来改变屏幕的颜色。要改变某项的颜色,在想要的颜色上按下鼠标不放并将其拖至该项上即可。

4.11.1.2 修改求解器参数

求解器和求解器收敛判别标准在 MODFLOW 窗口的右侧。这些东西也可以修改。先选择 **Pause**，然后输入新的参数或换一种求解器，再按 **Apply** 接受修改。按 **Resume** 就可重新运行 MODFLOW 了。

如果改变了求解器的类型，MODFLOW 将会重新开始整个模拟过程。否则 MODFLOW 将根据修改的参数情况决定是否要重新开始模拟。下列参数的变化都将使 MODFLOW 重新开始模拟过程。

PCG2	最大外层迭代次数 最大内层迭代次数 前承条件的方法
SIP	最大迭代次数 前承条件的方法
SOR	最大迭代次数
WHS 求解器	最大外层迭代次数 最大内层迭代次数 因式分解等级

如果必须要重新开始 MODFLOW，将会出现一个错误信息：“非正常结束：用户中止”。选择 **OK** 重新运行 MODFLOW。

4.11.2 MODPATH

MODPATH 将会有如下的消息窗口。

该窗口显示了 MODPATH 计算的结果及其进展情况。它还提供了所有质点的行走时间的汇总资料以及在模拟期间每个质点在何处转为无效或停止的资料。

4.11.3 Zone Budget 区域均衡

下列窗口是区域均衡计算结果的图形化显示。

窗口的上部是项目名称及当前应力期与时间步。该图可以按进出含水层的累积流量或单个的流量（定水头边界和河流等）显示。右侧有三个选项卡：**Output**、**Charts** 和 **Ztree**。

4.11.3.1 输出（Output）选项卡

它是区域均衡计算量包括文件输入输出的情况的汇总。

4.11.3.2 图形（Charts）选项卡

区域均衡结果可用两种图形来显示。第一种是 **Inflow/Outflow**（流入/流出）图，它可以显示每个区的累积流入流出情况。第二种是 **Flow Terms**（流动项）图，它可以显示当前模型中所用的下

述流动项中每一个的流量（流入或流出模拟区）情况：

- 定水头
- 排水沟
- 河流
- 一般水头边界
- 补给
- 蒸发
- 井
- 水贮

默认条件下，显示的是区域均衡的第一应力期和最后一个时间步的结果。通过应力期和时间步旁边的上下箭头就可以改变应力期和时间步。

图形显示也可以用项目名称下的工具栏进行修改。工具条有下列选项：

复制图形（作为位图）到剪切板上。

复制数据（作为文本）到剪切板上。

将输出图形打印到当前选定的 WINDOWS 打印机上。

改变图形的形式

将该图从二维转化为三维。

沿 X 或 Y 轴旋转图件。（只在三维时有效）

放大，按下并拖拉鼠标选择放大区。

显示或隐去图例

显示或隐去垂向网格线。

显示或隐去水平网格线。

编辑标题名称。

改变图形选项，如序列性质、标题、比例尺和三维视点。

4.11.3.3 Z 形树（Ztree）选项卡

该选项卡可以让你改变你在图上看到的应力期、时间步、区域以及相应的区域流量。Z 形树是一个以“应力期”为分支的目录树。每个应力期都可以扩展开来，按顺序显示相关时间步、区域和流量。按“X”就会展开下一级，按“-”就缩回。

要选择让某项显示在图上，只要在其紧左边的框中按下鼠标左键即可。要取消某项，在其紧左边的框中按下鼠标左键取消选中标志即可。

4.11.4 MT3D

MT3D 有如下信息窗口显示。

MT3D 运行时，它会显示运移步、运移步长和总用时。当前应力期和运移步在项目名称的旁边。

窗口中有两个进度条。步数进度条显示的是目前运移步数占最大允许运移步数的百分比例。时间进度条则显示目前已模拟了多少时间。

4.12 工具

单元检查器可在输入、运行和输出模式下调用。详见[第三章：输入](#)的说明

4.13 帮助

在运行菜单的 **Help** 下，你可获得关于 Visual MODFLOW 运行的一般帮助。

4.14 对流项

对默认的对流项参数进行修改需要对溶质运移的对流部分的求解技术有一定的了解才行。我们鼓励用户去学习 MT3D 参考手册。下面是 MT3D 的一个简要说明，其中所用的符号都与 MT3D 中保持一致。

从菜单中选择 **Advection** 后，将会出现如下的“**Advection Parameters**”窗口。

下面介绍对流项输入窗口中出现的参数。

4.14.1 对流项的类型 (MIXELM)

上游有限差分法

上游有限差分技术是通过将上游加权方法应用于固定欧拉网格的标准有限差分法来直接求解未扩展的对流项和源/汇项。有限差分法在解决浓度锋很陡（低弥散性）的问题时，可能会引起显著的数值弥散。但是，因为纯有限差分不涉及质点追踪计算或浓度插值，其计算效率一般较特征值法要高。而且，由于有限差分法以质量守恒原则为基础，因而质量平衡差异就很小。

如果选择了上游有限差分方法，那么将只有“**Courant Number**”参数可以被修改。

特征值法 (MOC)

特征值法采用一种基于欧拉-拉格朗日方法的传统质点追踪技术来求解对流项。而用有限差分法来计算弥散、汇/源混合、化学反应各项。MOC 技术在时间上向前追踪大量的运动质点并记录每个质点的浓度和位置。

MOC 技术的优点在于它实际上避免了数值弥散问题。然而，MOC 技术的主要缺陷在于它的速度会很慢，并需要大量的计算机内存。

改进的特征值法 (MMOC)

改进的特征值法是为了改进 MOC 技术的计算效率而发展起来的。MOC 技术要记录大量的移动质点的浓度与位置，与 MOC 法不同的是，MMOC 技术在每个新时间层上在每个单元的中点上放置一个质点。通过向后追踪这个质点来找出它在旧时间层的位置，并用旧时间层相应的浓度用来估算新时间层的浓度。

与 MOC 相比，MMOC 技术要快一些，且对计算机内存要求更少。但是，如采用 MT3D 中的低阶插值方案，MMOC 技术会引入一些数值弥散问题。

混合特征值法 (HMOC)

HMOC 技术通过一种自动适应方案将 MOC 与 MMOC 技术的长处相结合。在陡浓度前锋时采用 MOC 技术而在远离这些前锋的地方采用 MMOC 技术。只要给 MOC 与 MMOC 方案的控制开关选择一个合适的评判标准，这个方法就可以为尖峰或非尖峰问题提供准确的解。

与上游有限差分法不同的是，混合欧拉-拉格朗日方法（MOC、MMOC 和 HMOC）并不完全基于质量守恒原理。由于运动质点的离散性，它们的解不能保证进入某单元的质量等于离开该单元的质量。在其初期。这些质量平衡差异可能会相当大，但一般到了后期就会减少。可以通过调节各种参数，如运动质点的数量和初始放置方法、质点追踪方法以及步长来减少这些质量平衡差异。

下表是这四种 MT3D 溶质运移求解技术的比较：

对流项类型	优点	缺点	适用条件
上游有限差分 (FD)	计算效率高 质量平衡差异最少	有数值弥散问题	弥散前锋 Pelect 数<2
特征值法 (MOC)	数值弥散少	有质量平衡差异问题	非弥散前锋 Pelect 数>10
改进的特征值法 (MMOC)	计算效率高	有数值弥散问题 有质量平衡差异问题	弥散前锋 Pelect 数<0.1
混合特征值法 (HMOC)	计算效率高 数值弥散少	要选择自适应标准 有质量平衡差异问题	全部

4.14.2 质点追踪方法 (ITRACK ; MOC , MMOC , HMOC)

一般来说，质点追踪是采用一阶欧拉算法进行的。在质点追踪计算中，对每个运移步期间的所有运动质点都采用一个统一的步长。对位于相对流速均一地区的质点采用一阶欧拉算法就足够了。而对那些处于强辐聚或发散流（如源汇）附近的质点，采用较高阶的方法如四阶 Runge-Kutta 算法可得到更准确一些的解。虽然四阶 Runge-Kutta 算法较为准确且可以有较大的追踪步长，但对有大量质点的问题来说，它对计算机内存的要求也要高得多。因而 MT3D 提供了三种选项以供选择：

- 一阶欧拉算法
- 四阶 Runge-Kutta 算法
- 近源汇处采用四阶 Runge-Kutta 算法，其它地方采用一阶欧拉算法。

4.14.3 对流项的参数

Courant 数 (PERCEL ; MOC , MMOC , HMOC)

Courant 数是指在一个运移步中，每个质点允许向各个方向移动的单元个数。一般有 $0.5 \leq \text{PERCEL} \leq 1$ ，然而大于 1 的值也可以使用，只是要小心处理。如果采用的是上游有限差分算法，则 PERCEL 的值不能超过 1。由于在计算质点追踪允许的最大步长时，要检查整个网格中的所有单元，所以就可能会有一些处于较高流速但我们并不感兴趣的单元。但它们控制了时间步的计算。在这种情况下，将其设置为 PERCEL>1 不会影响精确度。

最大质点数量 (MXPART ; MOC , HMOC)

它指模拟区域中所允许的最多移动质点数，仅在采用 MOC 和 HMOC 技术时才使用。

浓度加权系数 (WD ; MOC , MMOC , HMOC)

WD 为在 0 与 1 之间的浓度加权系数。一般选择 0.5 较好。同一个单元中浓度高的质点具有较高的权重。通常当对流的主导地位增强时，WD 值就向 1 方向增加。某些条件下调节这个数字可以获得更好的质量平衡结果。

质点平面的数量 (NPLANE ; MOC , MMOC , HMOC)

如果初始布置选择固定方式，每个单元块中，放置初始质点的水平平面的个数必须指明。对平面上的二维模拟，可选择 1 个水平平面，在剖面或三维模拟中，通常选两个水平平面就够了。如果在垂向上需要更高的精度，可增加水平平面的数量。

临界浓度梯度 (DCHMOC ; HMOC)

这是当前单元与其相邻单元之间的相对浓度梯度，用来评价浓度锋的陡峭程度。如果采用了 HMOC 法且计算所得的相对浓度梯度大于 DCHMOC，就采用 MOC 来求解，否则就采用 MMOC 方法。DCHMOC 是一个经验值，一般地对大多数问题 0.001 到 0.01 就可以了。

每单元最少质点数 (NPMIN ; MOC , HMOC)

这是每个单元允许的最少质点数。如果在某个运移步结束时某个单元的质点数小于 NPMIN，就会有新的质点加入以保证有足够的质点数。在相对均一的流场中，NPMIN 可设置为 0。在发散/汇聚流场中，可设置一个较大一点的数值。一般地， $0 \leq \text{NPMIN} \leq 4$ 就足够了。

每单元最多质点数 (NPMAX ; MOC , HMOC)

这是每个单元中允许的最多质点数。如果某单元中的质点数超过了 NPMAX，就从这个单元中移走一些质点直到满足 NPMAX 要求。一般 NPMAX 的值大约为 NPH 的两倍。

质点号乘数 (SEMULT ; MOC , HMOC)

这是源单元中质点数的乘数。在多数情况下，SRMULT = 1 就够了。但是，如果增大 SRMULT，常常有可能获得更好的结果。

可忽略浓度梯度 (DCEPS ; MOC , HMOC)

该值用于改善 MOC 方法的计算效率。它在涉及对流计算的单元中放置较多的质点，而在不涉及对流计算的单元放置较少的质点。如果相邻单元之间的计算所得的相对浓度梯度大于 DCEPS，就在单元中放置 NPMAX 个质点。如果计算所得的相对浓度梯度小于 DCEPS，就在单元中放置 NPMIN 个质点。通常用 10^{-5} 。

质点布置方式 (NLSINK ; MOC , HMOC)

单击 Partical Pattern 框，选择每个水平平面上的质点数。固定方式是将固定数量的质点按布置方式框中所示的方式放置。单元中的总质点数要乘以水平平面数 (NPLANE)。如果流场相对均一，固定方式工件良好。

随机布置方式将质点在水平和垂直方向上随机布置。质点数在的随机方式的初始质点数 (Number of Initial Particals for Random Pattern (NPH)) 的下面输入。如果流场是非均一的，随机方式比固定方式更能体现流场的本质。随机方式在非均一或发散/汇聚流场中可以获得更小的质量平衡差异。

随机方式的初始质点数 (NPH ; MOC , MMOC , HMOC)

这是在 DCCCELL>DCEPS 的单元中，每个单元中放置的初始质点数。一般在相对均匀流场中选择一个小的数，并随流场的非均匀程度增大 NPH。很少有必要的在二维模拟中选择超过 16 的数或在三维模拟中选择超过 32 的数。

小于可忽略浓度梯度单元的初始质点数 (NPL ; MOC , HMOC)

这是在计算所得浓度梯度小于或等于 DCEPS 的单元中，每个单元最初放置的质点数。一般来说 NPL 可以置为 0。如把 NPL 值置为与 NPH 相等，就会在整个网格中每个单元中放置相同的质点数。

4.15 输出/时间步选项

从顶部菜单上选择 **Output/Time Steps** 后会出现下列输入框。

如果没有选择 **Save simulation results at the end of simulation only** (仅在模拟结束时才保存模拟结果) 选择框，你就可以按有规则的时间间隔或指定的时间来保存结果。

Simulation Time (模拟时间) 按指定的时间单位计算的运移模型的总长度。该值必须大于 0。

Maximum # of Transport Steps (最大运移步数) 就是模拟的运移步的最大数目。

Specified Maximum Stepsize (指定的最大运步长)，在计算出的最小步长小于它时，MT3D 就

用它来进行计算，否则就用计算所得的步长。

MT3D 计算的运移步长

MT3D 中所有的运移步步长是一致的，该长度是通过求取所有单元的下列三个标准的最小值来计算的。步长并不能控制。不幸的是，这往往在许多情况下会导致一些太小的时间步长。

$$1) \text{ Courant 条件 (4.8 式, MT3D 参考手册): } |\Delta t| \leq \gamma_c \cdot R \cdot \min \left(\frac{\Delta t}{v_x}, \frac{\Delta t}{v_y}, \frac{\Delta t}{v_z} \right)$$

$$2) \text{ 弥散的数值稳定条件 (4.28 式, MT3D 参考手册): } \Delta t \leq \frac{0.5R}{\left(\frac{D_{xx}}{\Delta x^2} + \frac{D_{yy}}{\Delta y^2} + \frac{D_{zz}}{\Delta z^2} \right)}$$

$$3) \text{ 源汇项的数值稳定条件 (4.32 式, MT3D 参考手册): } \Delta t \leq \left| \frac{R_{i,j,k}^n \theta_{i,j,k}}{q_{s,i,j,k}^n} \right|$$

运移步长太小这个问题是普遍存在的。从上面三个条件可以看出，当单元的尺寸太小或流速过大时，最小时间步长都会很小。因而，能控制计算运移步长第一种方法是将所有对运移步长有控制作用而又处于研究区之外单元置为对运移无效。例如，研究区之外的抽水井附近的地区可以设为对运移无效。

MT3D 的输出文件 *projectname.OT* 包含有这三种计算出来的时间步长标准的汇总，其中有这三个控制了运移时间步的单元的坐标（行、列、层）。这个文件可能会很大，这取决于模拟结果的保存方法。如果该文件载入到文本编辑器中就可以用“STWPSIZE”来寻找这个标准。然而，如果模拟被中途中止，那么这些资料可能会没有保存进去。

最后，如果还是很小时，那么最好的方法只能是去找一台更快的计算机来运行 MT3D 了。

有关 MT3D 计算运移时间步的更详细说明请参阅 MT3D 参考手册。这三种标准的描述见其第四章的 4-5，4-19 和 4-20 页。

4.16 初始浓度

如果你选择 **Initial Conces.**，会出现如下窗口。该窗口让你选择 MT3D 使用何种初始浓度分布。在输入窗口中我们曾输入过一个初始浓度。默认条件下就使用这个浓度，然而，如果你有一份以 ASCII 或 SURFER 的 GRD 格式保存的实测浓度羽资料，你就可以在这里输入进去。如果以 ASCII 格式输入，其格式必须是：X，Y，浓度。一个 ASCII 文件输入后将赋给所有的层位。然而，输入该文件后，你就可以给每层设置一个 ASCII 文件，从而逐层设置了初始浓度。Visual MODFLOW 将对 ASCII 文件和 GRD 文件进行网格点上的插值。

“上次 MT3D 运行结果”选项允许你输入上一次的溶质浓度。上一次运行结果必须来自同一个 Visual MODFLOW 网格。如果你要输入不同网格（如区域模型）的浓度羽结果，那么就先用“Active cells only”选项将数据输出到 ASCII 文件，再作为 ASCII 文件在此输入。

第五章 模型输出

本章将讨论如下内容：

- ◆ 等值线图的生成
- ◆ 往图上添加流速矢量信息
- ◆ 观察流线
- ◆ 检查区域均衡输出结果

Visual MODFLOW 允许用户将其结果在屏幕上可视化显示、输出到打印机上打印或以其它的图形或文本格式文件保存。在主窗口 (Main) 的主菜单上选择 Output, 就会出现输出窗口。它包括如下选项：

File	Contours	Velocities	Pathlines	Zbud	Annotate	Help
File	保存文件、输出到 ASCII 文件、打印、返回主菜单。					
Contours	生成定水头、降深、浓度等项目的等值线。					
Velocities	画出流速矢量。					
Pathlines	画出 MODPATH 计算出的流线。					
Zbud	显示来自 Zone Budget 程序的输出结果。					
Annotate	用文字、线段等来注释图形。					
Help	输出窗口的一般帮助信息。					

5.1 文件 (File) 菜单

你选择 **File** 后会出现如下的菜单项：

Save	保存数据。
Export	将结果以 ASCII 文件保存或将窗口中的图形以 DXF 或 EMF (增强型 WINDOWS 图形文件) 文件格式保存。
Print	打印窗口, 选择打印机。
Main Menu	返回主窗口。

5.1.1 输出 (Exporting)

可让用户将当前的三维数据以 ASCII 文件格式保存或将当前图形以 DXF 或 EMF 文件格式保存。由于 Visual MODFLOW 采用了局部坐标和世界坐标, 因而在将结果输出到文件时要确定你选用哪种坐标系 (见 Save as 的类型组合框)。

输出窗口可以将整个当前的三维数据保存到 ASCII 文件中去。此时会出现一个文件选择 (File Selection) 窗口让你选择一个文件名 (以 ASC 为扩展名)。选择 Save as 类型框旁的向下箭头, 就可以选择是以局部坐标还是世界坐标将结果保存到 ASCII 文件中去。该文件以空格作为分隔符, 包括了每个单元中点的 X, Y, Z 坐标和该单元当前的值。例如, 如果当前等值线是净补给的等值线, 那么保存到文件中的就是净补给的结果。无流 (no-flow) 单元的值是 1.0E+30, 而干 (dry) 单元则为 1.0E-30。结果的数据按底层到顶层保存至文件中去。

5.2 一般等值线图

在默认情况下，当你进入输出屏幕时，显示的是等势线图。Contour 菜单下有下列等值线可供选择：

Head Equipotentials	单元水头值。
Head Difference	所选两层的水头差。
Darcy Flux	相邻层位之间的流量。
Drawdown	初始水头与计算水头差值。
Elevation	单元的底、顶的高程或单元厚度。
Net Recharge	指定的补给量与计算的蒸发量的差值。
Water Table	处于最上部的活动单元的水头值。
MT3D Concentration	MT3D 的浓度分布计算结果。

对大多数的等值线绘制程序来说，等值线绘制窗口都会有一些相同的按钮：

Options	选择等值线间隔与颜色。
Time	选择要显示的水头等势线的渐变时间。
Next	显示下一个时间增量的等势线。
Previous	显示上一个时间增量的等势线。
Inspect Cell	显示某个单元的属性。
Select	选择观测点来作各种折线图。
Export Layer	可以将某层的数据保存到某个 ASCII 文件中。此时会有两个选项： All cells （保存所有单元）或 Active cells only （只保存有效单元）。选择保存所有单元时，无效单元的值是 $1.0E+30$ ，而干单元则为 $1.0E-30$ 。但这种特别大的数值在 SURFER 之类的程序中会引起一些问题。为避免出现这种值，可用 Active cells only 这个选项在输出时忽略掉无效（和干）单元。

5.2.1 等值线选项（Option）

选择 **Option** 后，出现如下窗口。

等值线选项窗口让你选择是自动还是定制生成等值线。如果希望自动生成，应填入最小和最大的等值线和等值线间隔。Visual MODFLOW 提供了默认条件。如果选择定制，就要求有明确的等值线值。

等值线的精度有五个等级，每个精度对应一个等值线生成速度（精度上升速度下降）。对每个模型的等值线绘制速度和精度之间的权衡需要一些经验。

检查等值线精度的一个较好的方法是填充颜色。颜色填充是一种将模型结果转化成适合演示、汇报或屏幕可视化的高质量彩色图形的快速有效的方法。要激活颜色填充，只需选中等值线选项的 **colour shading** 项即可。用户可以指定 8 个不同的填充间隔，其间是采用了线性插值分隔的。同样，还要指定上下限以限制输出中的颜色填充范围。

使用鼠标右键的弹出菜单可以动态地增减等值线以及增减或移动标注：

要加入一条等值线，单击右键选择 **Add Contour**。接着，无论你在屏幕何处点下左键，就会加入一条通过该点的等值线。重画屏幕可以使加入的线更平滑一些。这条等值线会加入到选项窗口的定制的等值线列表中去，如果有必要的话，也可以修改这个数值。选择 **Add Label** 后，在某条等值线上点下左键就可以加入一个标注。选择 **Move Label** 可以移动标注，用左键将它移动到新位置即

可。

5.2.2 等值线的选择 (Select)

该选项可以选择观测井来作计算值~实测值和水头~时间图。该按钮有如下的窗口：

选择观测井有三种方式：单独 (Single)、方框 (Box) 和多边形 (Polygon)。单选就是将鼠标移至井上按下左键。方框和多边形则要将观测井用方框或多边形围起来。当某个观测井被选中后，其颜色会从绿色变成蓝色。

5.2.3 等水头线 (Head Equipotential)

选中该项后会出现等水头线，而且边上菜单将会激活以下两项：

Head vs. Time

显示观测点的水头~时间图（只有瞬变流模拟时才可用）。

Calc. vs. Obs.

显示观测点的计算值~观测值图。

5.2.4 水头~时间选项(Head vs. Time)

该选项将会生成一个如下图所示的水头~时间图。观测点从 **Select** 下选择。该项只有瞬变流模拟时才可用。坐标轴可以改变以显示图形的不同区域。图形可以打印或生成 ASCII 的水头~时间资料输出。

5.2.5 计算水头~观测水头选项(Calc. vs. Obs.)

选择 **Calc. vs. Obs.** 将显示所有观测点或选定观测点的计算值~观测值图。观测井从边上的菜单中选择。下图是一个典型的计算水头~观测水头图。

本图说明了模型对实测野外条件的模拟的符合程度。在理想的情况下，所有井的资料都应准确地位于 45 度角的直线上。对图上显示的点计算平均误差、平均绝对误差和平均平方误差的平方根并将其显示于窗口底部（显示范围的改变并不会影响这些值）。

平均误差为每个观测井的计算水头与实测水头的差值总和除以观测井数。

平均绝对误差与平均误差类似，但它的求和用的是每个观测井的计算水头与实测水头的差值的绝对值。

平均平方误差的平方根 (RMS) 为每个观测井的计算水头与实测水头的差值平方和除以观测井数后的平方根。

比例平均平方误差的平方根指将平均平方误差的平方根除以整个模型区的最大水头差所得的值。

在观测点上单击就会在图形的底部显出该点的名称和计算、实测的水头。

对稳定流模拟，所有的观测井都会在图中显示出来。对存在多个值的井将只考虑第一个值。

对瞬变流模拟，图上所用的值是从测量值中内插得到的。因而所有时间段上的图形的观测井数是相同的。如果模拟开始于有观测资料的时段之前或结束于该时段之后。就会用观测值外插来获得。因为外插值一般来说对瞬变流的意义不大，你可以按窗口右下方的 **show extrapolated** 开关将其关掉。

如果抽水井同时也作为水头观测井，选择 **Well Effects** 就会显示修正的水头。井影响的修正系

数用井位编辑菜单中指定的井径来计算。

5.2.6 校验残差

打开称为“CalibResid”的层后，对每个选择的校验井都会带有一个包括井的名称、实测值和计算值的框。校验井是通过 **select** 按钮来选定的，它没有层的区分（即在平面图上不同层位上的井都可以选择）。然而，校验残差只显示于相应的层中。

5.3 水头差（Head Difference）

在输出屏幕中选择 **Head Difference** 时，就会显示出层间水头差等值线图。在水头差选项中，你可以指定要与当前层相比较的层位。在当前层与比较层一致的地方将不会进行比较。

5.4 水头引起的流量（Head Flux）

在输出屏幕中选择 **Head Flux** 时，就会显示出相邻层位间 Darcy 流量等值线图。在水头引起的流量的选项中，你可以指定要与当前层相比较的层位。在当前层与比较层一致的地方将不会进行比较。

5.5 降深（Drawdown）

在输出屏幕中选择 **Drawdown** 时，就会显示出降深等值线图，同时在边上的菜单上出现：

Drawdown vs. Time 显示所选的井的降深~时间图

降深是从模拟的初始水头中计算而得的。因而，要确定由于增加了抽水量而产生的降深，只要用原始的无抽水模拟情况作为初始水头条件。

5.6 降深~时间关系

Drawdown vs. Time 按钮会生成一个你所选择的观测井的降深~时间图。观测井必须用 **Select** 来选择。某个井被选中后颜色会由绿色变成蓝色。

选好观测井后，按 **Drawdown vs. Time** 按钮会生成你所选择的观测井的降深~时间图。如下图所示。它的轴大小可以改变，以显示图形的各个部分。该图可以打印或将降深~时间资料以 ASCII 文件格式保存。

5.7 高程（Elevation）

在输出屏幕中选择 **Elevation** 时，就会显示出高程或厚度等值线图，同时在边上的菜单上出现：

Top/Bottom/Thickness 选择显示单元的顶或底部高程，或者是它的厚度的等值线。

5.7.1 顶板高程/底板高程/层厚

单击该按钮会在 **Top**、**Bottom** 和 **Thickness** 这三种选项中转换。要提高重绘速度，可在 **Option** 对话框中试着减少等值线的精度。

5.8 净补给量 (Net Recharge)

在输出屏幕中选择 **Net Recharge** 时，就会显示出指定的补给量减去计算出的蒸发量的等值线图。

补给和蒸发都只能用于最上的模型层中。补给速率是在输入中就指定了的，而蒸发量的大小却可以从 0 一直到等于某个给定的速率，这取决于计算出的水位与单元顶部之间的距离。因此，最大净补给量等于最大的指定补给速率，而最小净补给量等于最小的指定补给量减去最大蒸发量。

要提高重绘速度，可在 **Option** 对话框中试着减少等值线的精度。

5.9 水位 (Water Table)

在输出屏幕中选择 **Water Table** 时，就会显示最上层有效单元的水头值等值线图。与等势线不同的是干单元中没有等值线。

5.10 MT3D 浓度 (MT3D Concentration)

在输出屏幕中选择 **MT3D Concentration** 时，就会显示浓度等值线图。同时将激活边上菜单的下列两项：

Conc. vs. Time

显示所选的井的浓度~时间图

Calc. vs. Obs

显示所选的井的计算值~实测值图

5.10.1 浓度~时间图

Conc. vs. Time 按钮会生成一个你所选择的观测井的浓度~时间图。如下图所示。观测井必须用 **Select** 来选择。它的轴大小可以改变，以显示图形的各个部分。该图可以打印或将浓度~时间资料以 ASCII 文件格式保存。

5.10.2 计算浓度~实测浓度图

Calc. vs. Obs.按钮会生成所有的观测井或其中某些井的计算值~实测值图。如下图所示。观测井必须用 **Select** 来选择。

本图说明了模型对实测野外条件的模拟的符合程度。在理想的情况下，所有井的资料都应准确地位于 45 度角的直线上。对图上显示的点计算平均误差、平均绝对误差和平均平方误差的平方根并将其显示于窗口底部（显示范围的改变并不会影响这些值）。

平均误差为每个观测井的计算浓度与实测浓度的差值总和除以观测井数。

平均绝对误差与平均误差类似，但它的求和用的是每个观测井的计算浓度与实测浓度的差值的绝对值。

平均平方误差的平方根是每个观测井的计算浓度与实测浓度的差值平方和除以观测井数后的平方根。

在观测点上单击就会在图形的底部显出该点的名称和计算、实测的浓度。

对稳定流模拟，所有的观测井都会在图中显示出来。对存在多个值的井将只考虑最后一个值。

对瞬变流模拟，图上所用的值是从测量值中内插得到的。因而所有时间段上的图形的观测井数是相同的。如果模拟开始于有观测资料的时段之前或结束于该时段之后。就会用观测值外插来获得。因为外插值一般来说对瞬变流的意义不大，你可以按窗口右下方的 **show extrapolated** 开关将其关掉。

5.11 流速 (Velocities)

在输出屏幕中选择 **Velocities** 时，就会显示流速矢量图。同时边上菜单将出现下列三个选项：

Projection	显示流速的投影
Direction	显示用不按比例绘制的流速矢量表示的地下水流向
Magnitude	显示用按比例绘制的流速矢量表示的地下水流向

如果你要增加一个流速矢量，单击鼠标左键，就会在你点击的地方加入一个额外的流速矢量。要删去一个矢量，则将鼠标放于矢量上或其附近，按下<CTRL>键同时单击鼠标左键即可。

5.11.1 流速选项

从边上菜单中选择 **Option** 就会出现一个流速选项 (Velocity Option) 窗口。

流速选项窗口可以让你选择要显示的矢量的数目和不同方向的矢量的颜色。

“ 矢量 ” 数是指沿模型最长方向上的一行中的矢量的个数。短一些那个方向上的矢量数是计算出现的，以保持矢量分布均匀。因此，显示的矢量的总个数大致上等于矢量数的平方，具体取决于两条边长的比例。

该窗口还可以设定矢量的比例以便也可以看清流速较小时的情况。自动调整比例也会按当前视口内的流速情况调节流速矢量的大小。例如，以平面方式观察 (按层方式)，层 1 上的 0.001cm/s 的矢量大小也许并不会和层 3 上的 0.001cm/s 相同，但层 1 上的 0.001cm/s 矢量肯定是该层上 0.0005cm/s 矢量大小的两倍。

另外，自动调整比例有两种方式：固定比例和可变比例。可变比例方式在加入额外的矢量 (即增加了矢量个数) 时，将会协调一致地调整流速矢量的大小，这样矢量不会发生交叉。而固定比例这种方式在矢量个数发生变化时并不会改变比例。这样新加入的矢量就有可能发生交叉。

5.11.2 投影

投影选项是用来显示流速矢量在当前视口内的分量 (即如果模型处于平面方式显示，那么就显示 X-Y 平面内的流速分量或大小)。

5.11.3 方向

方向选项将只显示流速矢量的方向而不考虑它的大小。所有的矢量都大小相同。

5.11.4 大小

大小选项将显示流速矢量的大小，尽管流速可能会有 X, Y, Z 方向的分量，但大小选项会将它当作就在当前视口内一样。

5.12 流线 (Pathlines)

你在输出屏幕上选择 Pathlines 后，MODPATH 计算出来的流线就会被显示出来，边上菜单条上将出现如下选项：

Projection	在当前视口内显示所有流线的投影
Segment	只显示穿过当前视口的流线
Toggle	打开或关闭一条或一组流线的显示

质点从单元的中点开始出发。这会使最上层中的质点出现一些问题。如果水位低于单元的中点或者单元是干的话，质点就不会发生运移。在局部水力梯度很陡的地方，或者由于有可变的表面高程，都会使质点过早地停止。这种情况有时也有可能是由于近水面的局部质量均衡差异超过了默认的 5% 引起的。3.9 节简要说明了如何修改这个默认值。

5.12.1 流线选项

从边上菜单中选择 **Option** 就会出现一个流线选项 (Pathlines Option) 窗口。

流线类型 (Pathline Type) 选项让你可以画出某个指定时间内——比如 5 年——的流线。例如，它可以给某个井一个 18000 天的捕获范围。如果你选择了稳定流，流线将是连续的，直到它们从汇中离开系统为止。

流线的颜色可以变成高亮度显示，可以按它们相对于当前平面的方向或者按它们相对于当前层位的位置。

你也可以选择显示所有的流线或者只显示源于当前层的流线。

如果选择了时间标记，那么流线将以规则的间隔或者以右下角所给出的间隔序列作上时间标记。

最后，这些设置用 **Save** 来保存起来。

5.13 区域均衡 (Zbud)

区域均衡提供了整个模拟区的质量平衡信息，同时还有一些在模型输入的 **Zbud** 项下设置的均衡区的特定的质量平衡情况。

从顶部菜单中选择 **Zbud** 就会在边上菜单中出现如下选项。

Zbud Output	显示一个表，其中有指定区域的输入和计算出来的输出资料。
Mass Balance	显示一个表，其中有质量平衡计算结果。

5.13.1 区域均衡选项

该选项将让均衡区以外廓线或者填色区域的方式显示。选该项就会出现如下窗口。
如果在复选框中打勾，那么区域就只以外廓线方式显示。

5.13.2 区域均衡输出

选中该项将会出现如下区域均衡输出（Zone Budget Output）窗口。

该窗口详细描述了区域均衡计算结果。默认情况下显示的是 1 号区的结果。其它区的结果用窗口底部的 **Prev Zone** 和 **Next Zone** 来观看。这是当前时间段的结果，其它时间段的结果可用边上菜单的 **Choose Time**、**Next Time** 或者 **Prev Time** 来观看。输出结果详细地给出了下列各种边界的流速（进入或流出模拟区）：

- 常水头边界
- 排水沟
- 河流
- 一般水头边界
- 补给
- 蒸发
- 井
- 水贮

该窗口也给出了进出该区的累加流量以及进出的百分误差。

5.13.3 质量平衡

选择质量平衡后会出现如下窗口。

该窗口给出了与区域均衡窗口类似的信息，但整个模拟区除外。也给出了流量及进出的百分误差。

5.14 注释（Annotate）

Visual MODFLOW 中已加入了一些简单的注释功能，你可以在你的模型输出中加入文字、直线、箭头和图形。你在输入屏幕中选择 **Annotate** 后，就会出现下列注释功能：

Add Arrow	在当前层、行或列中加入一个箭头
Add Rectangle	在当前层、行或列中加入一个矩形
Add Circle	在当前层、行或列中加入一个圆
Add Text	在当前层、行或列中加入文字
Add Line	在当前层、行或列中加入一条直线
Edit Single	编辑与上述各项有关的属性，包括位置、线宽、填充、颜色以及有可能的话，旋转角度。下图所示的编辑文字设置窗口中可以让你选择观看所有层、行、列的注释或者只观看当前层、行、列的注释。

Move Single

移动箭头、文字、直线、圆、或矩形

Erase Single

删除一个箭头、文字、直线、圆、或矩形

Erase Box

删除一个窗口中的上述对象。