

参考文献-1

- Collins, R. E. 1961, Flow of fluids through porous materials; New York, Reinhold Publishing Corp., 270 p.
- Crichlow, Henry B., 1977, Modern reservoir engineering – A simulation approach; Englewood Cliffs, N. J., Prentice Hall Inc., 354 p.
- McDonald, M. G., and Harbaugh, A. W. 1984, A modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model: U. S. Geological Survey Open-File Report 83-875, 528 p.
- Peaceman, Donald W., 1977, Fundamentals of numerical reservoir simulation; New York, Elsevier Scientific Publishing Company, 176 p.
- Remson, Irwin, Hornberger, George M. and Molz, Fred J., 1971, Numerical methods in subsurface hydrology; New York, Wiley-Interscience, 389 p.
- Rushton, K. R., Redshaw S. C., 1979, Seepage and groundwater flow-numerical analysis by analog and digital methods; New York, John Wiley and Sons.
- Trescott, Peter C., 1975, Documentation of finite-difference model for simulation of three-dimensional ground-water flow; U. S. Geological Survey Open-File Report 75-438, 32 p.
- Trescott, Peter C., and Larson, S. P., 1976, Supplement to Open-File Report 75-348, Documentation of finite-difference model for simulation of three-dimensional ground-water flow; U. S. Geological Survey Open-File Report 76-591, 21 p.
- Trescott, Peter C., Pinder, G. F., and Larson, S. P., 1976, Finite-difference model for aquifer simulation in two-dimensions with results of numerical experiments: U. S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations, Book 7, Chapter C1, 116 p.
- Weinstein, H. C., Stone, H. L. and Kwan, T. V., 1969, Iterative procedure for solution of systems of parabolic and elliptic equations in three-dimensions: Indus. Engineering Chemistry Fundamentals, v. 8, no. 2, p. 281-287.

参考文献-2

- Bennett, G. D., A. L. Kontis, and S. P. Larson, 1982, Representation of multiaquifer well effects in three-dimensional ground-water flow simulation, *Ground Water*, 20(3), pp. 334-344.
- Guo, W. and C. J. Neville, 1998, Adaptation of MODFLOW for transient air flow simulations, in *Proceedings of MODFLOW '98*, Colorado School of Mines, Golden Colorado, pp. 157-164.
- Guo, W. and G. D. Bennett, 1998, Simulation of saltwater/fresh water flows using MODFLOW, in *Proceedings of MODFLOW '98*, Colorado School of Mines, Golden Colorado, pp. 267-274.
- Harbaugh, A. W. and M. G. McDonald, 1996, User's documentation for MODFLOW-96, and update to the U.S. Geological Survey modular finite-difference ground-water flow model, U. S. Geological Survey Open-file Report 96-486, 220 p.
- Hill, M. C., 1990a, Preconditioned conjugate-gradient 2 (PCG2), a computer program for solving ground-water flow equations: U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 90-4048, 43 p.
- Hill, M. C., 1990b, Solving groundwater flow problems by conjugate-gradient methods and the strongly implicit procedure, *Water Resources Research*, 26(9), pp. 1961-1969.
- Hsieh, P. A., and J. R. Freckleton, 1993, Documentation of a computer program to simulate horizontal-flow barriers using the U.S. Geological Survey modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model: U.S. Geological Survey Open-File Report 92-477, 32 p.
- Kuiper, L. A., 1981, A comparison of incomplete Cholesky conjugate gradient method with strongly implicit method as applied to the solution of two-dimensional groundwater flow equations, *Water Resources Research*, 17(4), pp. 1082-1086.
- Leake, S.A., and D. E. Prudic, 1988, Documentation of a computer program to simulate aquifer-system compaction using the modular finite-difference ground-water flow model: U.S. Geological Survey Open-File Report 88-482, 80 p.
- McDonald, M. G., A. W. Harbaugh, 1988, A modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model, *Techniques of Water Resources Investigations*, Book 6, A1, U. S. Geological Survey.
- McDonald, M. G., A. W. Harbaugh, B. R. Orr, and D. J. Ackerman, 1992, A method of converting no-flow cells to variable-head cells for the U.S. Geological Survey

modular finite-difference ground-water flow model: U.S. Geological Survey Open-File Report 91-536, 99 p.

Prudic, D. E., 1989, Documentation of a computer program to simulate stream-aquifer relations using a modular, finite-difference, ground-water flow model: U.S. Geological Survey Open-File Report 88-729, 113 p.

Verga, R. S., 1962, Matrix iterative Analysis, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N. J., 322 p.

李荣华, 冯果忱, 1980, 微分方程数值解法, 人民教育出版社, 北京, 418 页。

附录A 干枯计算单元的几种处理方法

MODFLOW在迭代计算过程，一旦发现非承压含水层中某个计算单元的计算水头低于该单元的底面标高就将它列为干枯计算单元，并在以后的计算中按无效计算单元处理。如果这个计算单元中含有抽水井、河流等源汇，这些源汇也就随之而被排除出后面的计算过程。对于干枯计算单元的处理比较困难。MODFLOW中对干枯计算单元的处理方法还不够完善。

为避免干枯计算单元的出现，首先应当适当调整用于控制迭代计算的参数，以减小计算水位的震荡范围。例如，减小迭代求解中的加速因子等。其次应注意初始水头的选择。如果初始水头与实际情况比较接近，而且空间变化比较平缓，则出现干枯计算单元的可能性会有所降低。除了初始水头的分布，还应当仔细检查其它输入数据是否合理，例如抽水井的位置、抽水量、透水滤网的深度、含水层底板标高、贮水系数以及降水补给量等。

为克服88年版MODFLOW中计算单元“一旦变干就永远不能恢复”的问题，美国地质调查局的McDonald等人于1992年推出了一个新的子程序包，称为BCF2，并用来取代原有的BCF1子程序包。在BCF2中，MODFLOW允许干枯计算单元重新成为有效计算单元。但从BCF2的使用情况来看，效果并不理想。虽然干枯计算单元的问题有所解决，但同时也造成了计算难以收敛的问题。

在实际应用中，有人经常通过修改MODFLOW源程序(子程序SBCF1H)来保证计算单元不会出现干枯现象。例如，预先确定一个基本饱和厚度，在程序计算水力传导系数时，一旦发现计算水头低于底面标高，就用这个基本饱和厚度来计算导水系数。这样一来，即使计算水头低于底面标高，导水系数也不为零，从而避免了干枯计算单元的出现。这种方法并不严格，故使用时应当慎重。基本饱和厚度的取值并无标准可循，由用户自行决定。一般可取值0.1米左右，或取含水层的厚度的1%至5%。

还有一种理论上较为合理的解决方法是在MODFLOW中加入真正的非饱和流计算。这样做也需要修改MODFLOW源程序。首先定义一个反映非饱和带中水头（此时压力水头为负值）与渗透系数关系的通用函数，然后根据计算水头求出渗透系数和导水系数。这样做可以避免计算单元变干，但无疑会增加流动方程的非线性而造成求解时收敛上的问题。另外，用来反映水头与渗透系数通用的函数也很难确定。这种方法存在的一个严重缺陷是仍无法解决定流量抽水井的问题。从根本上来说，定流量抽水井的设定是许多计算单元变干的原因所在。在MODFLOW中，抽水井的流量是由用户事先确定的，与抽水井所在计算单

元的导水系数无关。在同一应力期中，抽水量保持不变。这与野外工作遇到的情况有所不同。在实际工作中，井的抽水量可能随含水层的水位下降而降低。

总之，干枯计算单元的处理是比较困难的。到目前为止，这个问题还没有令人满意的解决办法。我们在这里介绍的几种处理方法，都属于使用MODFLOW过程中的变通办法。这些方法都缺乏严格的论证，仅供读者参考。

附录B PCG2子程序包

有限差分方程组建立起来之后, 下面一个重要步骤就是对该线性方程组联立求解。一般来说, 求解的方法可以分为直接求解方法和迭代求解方法。直接求解不用进行迭代, 可直接求得线性方程组的解。常用的直接求解方法如高斯消元法、逆矩阵法等。但由于直接求解方法需要大量的内存, 故并不常用于工程计算。迭代求解的方法也有许多。它们的共同特点是通过一系列的迭代运算, 使每次迭代得到的近似解逐渐趋于真实解。当解的变化量(有时为残差的变化量)小于一个事先设定的收敛指标时, 则称迭代已经收敛, 而得到的结果则称为原线性方程组的解。

MODFLOW88年版含有两种迭代求解子程序包: SIP和SSOR。最近, Harbaugh(1996)又推出了一种直接求解子程序包。但由于直接求解子程序包仅适用于计算单元数目较少的情况, 故直接求解的方法不太具有实用价值。由Hill (1990a)推出的PCG2子程序包则是另一种迭代求解子程序包, 并得到了相当广泛的应用。因此, 我们对PCG2子程序包的使用法作一介绍。

PCG(即 Preconditioned Conjugate-gradient)也可称为预调共轭梯度法或预调共轭斜量法。它也是一种对大型线性方程组迭代求解的方法。在1988年版本MODFLOW中并不包括这种求解子程序包。PCG2子程序包于1990年由美国地质调查局的Hill推出。由于它的应用比较普遍, 我们在这里也加以介绍。

PCG方法已经广泛地应用于对大型线性方程组的迭代求解。在这方面有许多文献可供参考(Varga, 1962; Remson等, 1971; 李荣华和冯果忱, 1980)。PCG2子程序包中含有两种不同PCG的算法: MICCG (Modified Incomplete Cholesky Conjugate-Gradient)法和POLCG (Least-Squares Polynomial Conjugate-Gradient)法。这两种方法各有其优缺点。MICCG法较适用于标量型电子计算机(Scalar Computers), 而POLCG较适用于向量型电子计算机(Vector Computers)。与SIP方法相比, POLCG方法需要较少计算机内存。在多数情况下, MICCG方法比SIP方法更有效。但对于非线性问题, PCG方法又常不如SIP方法。Hill (1990b)曾通过大量的例子比较了SIP、POLCG和MICCG等解法的优缺点。

对于非线性问题, Kuiper (1981)发现, 如果在Picard法迭代之间进行若干次迭代计算(称内循环迭代)PCG方法会变得更有效。在内循环迭代过程中, 系数矩阵保持不变, 仅

为水头本身求解。内循环完成之后，再进行外循环。每次外循环开始时，MODFLOW需要重新计算导水系数等参数以及系数矩阵。对于内循环次数有以下规定：(1)由用户在输入数据中指定，即ITERI的值；(2)达到收敛指标。内循环结束后，计算转至外循环。PCG2首先根据内循环计算的结果对系统进行调整，然后开始新一轮内循环。如果在新一轮内循环中第一次迭代计算的结果就满足收敛指标，则表示本时间段的求解收敛。否则就继续进行内循环迭代。

另外，值得注意的是，PCG2方法规定的收敛指标不仅仅指水头，还包括计算单元之间的流量。只有当这两个指标同时得到满足时，计算才以收敛而结束。

PCG2子程序包输入数据及格式

由于PCG2并非标准MODFLOW的子程序包，故MODFLOW本身并没有指定PCG2子程序包中在IUNIT中的位置。一般PCG2子程序包使用IUNIT(13)所定义的输入文件设备号。

对每次模拟过程:

由子程序PCG2AL读入的数据

1. 数据名称: MXITER ITERI NPCOND

输入格式: I10 I10 I10

由子程序PCG2RP读入的数据

2. 数据名称: HCLOSE RCLOSE RELAX NBPOL IPRPCG MUTPCG IPCGCD

输入格式: F10.0 F10.0 F10.0 I10 I10 I10 I10

输入数据说明

- MXITER:** 最大外循环迭代次数。对线性问题，MXITER应为1；而对于非线性流动问题，MXITER的值应比较大。
- ITERI:** 最大内循环迭代次数。
- NPCOND:** 预调方法选择指示：
NPCOND=1: MICCG方法（用于标量计算机）；
NPCOND=2: POLCG方法（用于矢量或并行计算机）；
- HCLOSE:** 水头收敛指标。
- RCLOSE:** 流量收敛指标。这里的流量指的是迭代计算过程中流量的残差值。当流量残差的最大值低于RCLOSE时，则称解满足流量收敛指标。
- RELAX:** 在MICCG方法中使用的松弛因子。一般RELAX=1，有些情况下使用稍小于1的RELAX可以加快收敛过程。
- NBPOL:** 仅用于POLCG方法中。NBPOL的值即代表特征值，也可能作为操作标识码。如果NBPOL=2，则PCG2按此值求解。如果NBPOL不为2，则PCG2子

程序包会自行计算最大特征值。

IPRPCG: 打印频率控制。用法与前面提到的IPRSIP、IPRSOR相同。

MUTPCG: 打印方式控制:

MUTPCG=1, 仅打印迭代次数; MUTPCG=2, 不打印;

MUTPCG=0, 打印迭代次数、最大水头残差和流量残差。

IPCGCD: 仅用于NPCOND=1的情况。它用来指示程序如何进行Cholesky分解。绝大多数情况下, IPCGCD应为0。在目前的版本中, IPCGCD的值总为零。

PCG2 子程序包输入样单 (线性问题)

数据项	解释	输入记录
1	{MXITER, ITER1, NPCOND}	1 99 2
2	{HCLOSE, RCLOSE, RELAX, NBPOL, IPRPCG, MUTPCG, IPCGCD}	0.001 0.001 1. 2 1

PCG2 子程序包输入样单 (非线性问题)

数据项	解释	输入记录
1	{MXITER, ITER1, NPCOND}	10 5 1
2	{HCLOSE, RCLOSE, RELAX, NBPOL, IPRPCG, MUTPCG, IPCGCD}	0.01 0.01 1. 2 1

[译注: 样单中的数据可能不符合格式要求, 仅供参考。]

附录C MODFLOW计算结果的处理

MODFLOW的输出种类

MODFLOW的输出可分为三类:

- (1)屏幕输出: 主要内容为迭代运算的情况以及程序运行中的错误信息。通过对每次迭代计算得到的最大水头变化以及该计算单元所处位置的观察, 有助于用户检查模型设计的合理性以及输入数据的正确性。而对造成程序运行中断的错误信息的理解, 有助于纠正错误、排除故障。
- (2)标准输出文件: MODFLOW在程序运行过程中, 会将模拟计算的情况、输入数据、结果以及水均衡收支计算的情况写入这个标准输出文件以供参考。有些导致程序中止运行的原因也可以在这个文件中找到: 如“X”数组太小, 运算不收敛等等。此外, MODFLOW还将列出所有干枯计算单元的位置。水均衡收支表则是鉴定一个模型的设计及运算结果质量的重要指标。根据我们的经验, 当一个新建立的模型第一次完成运行后, 用户应当认真检查该次运行时产生的标准输出文件。在模型的调试和校准(calibration)过程中, 也应经常检查水均衡情况。这些对保证计算结果的质量都是非常重要的。
- (3)计算结果: 按用户要求, MODFLOW的计算结果可能分别以无格式的形式写入三个输出文件。它们的内容分别为水头、降深以及流量。由于这些文件均为无格式文件, 以二进制格式记录相应的内容, 故无法直接阅读。一般要通过程序来解读。尽管目前已有不少商业化软件可以直接将计算结果显示出来, 但在实际工作中我们常常需要从这些无格式文件中读取某部分数据进行分析。不幸的是, 对MODFLOW输出的无格式文件的解读并非一件易事。加上各种程序编译系统对无格式输出文件定义的不同, 常使用户感到困难。下面就这个问题专门进行讨论。

无格式输出

为减小输出文件的长度以及提高输出操作的速度, MODFLOW在输出结果(水头、降深以及流量)时采用了一种无格式(Unformatted)的方式。所输出的内容并不是ASCII码

的形式，而是以二进制(binary)的形式记录在文件中。这种文件不能以文本文件(TEXT)的方式去解读。

以无格式方式输出数据时，程序将按照数据的长度依次将数据以二进制机器码的形式写入文件。故在解读时，不仅要了解输出文件的内容，还要知道文件中数据的种类（即字长）以及排列的顺序。一般来说，这些情况都可以从源程序中输出部分获得。故在编写解读程序时，应当参考源程序中的输出部分，并按照输出数据的内容、长度以及顺序进行解读。只要有一个数据在解读时错位，其后所有的数据都会变得毫无意义。

值得注意的是，不同的编译程序对无格式文件的定义也可能不同，而且不能混用。例如，由Lahey发行的FORTRAN编译程序所定义的非格式文件就无法用Microsoft发行的FORTRAN编译程序所编译的解读程序直接去读。故在编写解读程序时，应当注意所使用的编译程序与MODFLOW的编译方式的差别。为解决这种矛盾，用户最好将MODFLOW源程序重新编译，这样，用同样FORTRAN编译程序编译的解读程序就可以正确读出MODFLOW的计算结果了。

无格式水头和降深文件的解读

MODFLOW计算的水头和降深分别以无格式的形式写入相应的输出文件。这两个文件虽然内容不同，但具有完全相同的形式。下面以无格式水头文件为例介绍如何解读。

无格式水头文件以模型的分层为单位，每个数据块相对于模型的一个分层。每个数据块占有相同的长度。一个文件中含有数据块的多少与模型的层数、输出的频率以及模拟时间的长度有关。这些数据块具有相同的结构。故只要能够对一个数据块进行解读，就很容易通过循环对文件中所有的数据块进行解读。

每个数据块中含有两部分：第一部分为定义行(header)，第二部分为数据。定义行中共由八项，分别为：当前应力期数、当前时间段数、步长、模拟历时、数据名称、总行数、总列数、当前层数。其中当前应力期数、当前时间段数、行数(NROW)、列数(NCOL)和当前层数为整型数，步长和模拟历时为实型数，而数据名称为16位字符串。在水头文件中，名称为“HEAD”；在降深文件中，该字符串表示“DRAWDOWN”（降深）。定义行后面便是输出数据。它包括该层中所存计算单元的水头值。数据的排列方式为：该层第

一行中各列计算单元的水头，然后为第二行的各列，直至最后一行的各列计算单元。

通过下面的解读程序，我们从中很容易看出解读顺序。

```
C  EXAMPLE PROGRAM READING UNFORMATTED HEAD OR DRAWDOWN FILES
C  Weixing Guo, 05/22/1998
      PARAMETER (NROW=10,NCOL=10,NLAY=2)
      INTEGER*4 NC,NR,ILAY, KSTP, KPER
      REAL PERTIM, TOTIM
      Character*16 TEXT
      DIMENSION H(ncol,nrow,nlay)

C  Open unformatted head file
      OPEN(unit=15,file='MODFLOW.UFH',form='unformatted')
      WRITE(*,11)
11  FORMAT(1X,'Reading Unformatted File.....')
      DO 166 it=1,100 !Number of stress periods and time steps
C  Read heads layer by layer
      DO 66 K=1,NLAY
      READ(15,END=1) KSTP,KPER,PERTIM,TOTIM,TEXT,NC,NR,ILAY
      READ(15)((H(J,I,K),J=1,NCOL),I=1,NROW)
66  CONTINUE

C  Codes for output

166  CONTINUE
      1  WRITE(*,*) ' FINISHED '
      STOP
      END
```

无格式流量文件的解读

MODFLOW可以按用户的要求，输出一个记录各项流量的无格式文件。与前面讲到的水头文件相似，流量文件内的数据也是按数据块的形式存写的。但不同的是，流量文件中的各个数据模块所代表的内容彼此可能很不相同。它们可能表示河段的流量，单元之间的流量等等。流量文件所包含数据块的数量与模型的层数、输出的项目、输出的频率、模拟的性质（稳定流或非稳定流）以及时间段的数目有关。

与水头文件中的数据模块相同，流量文件中的数据模块也有两部分：定义行和数据。定义行包括六项：当前时间段数、当前应力期数、数据名称、总行数、总列数以及当前层数。其中当前应力期数、当前时间段数、总行数、总列数以及当前层数为整型数。而数据名称为16位字符串。该字符串的内容由数据的性质而定，例如，“Storage”（贮水量），“River”（河流），“Well”（井）等。

定义行后面便是输出数据。它包括该层中所有计算单元的该项（即定义行中字符串所表示的内容）流量。与无格式水头文件不同的是，对一个三维模型来说，其流量数据是以三维数组的形式输出的。如果某一项流量在该单元不存在，其流量以零表示。如果在同一单元中同时有两项以上同一性质的流量，则此处所表示的流量为它们的和。数据排列的方式为：从第一层第一行第一列开始，然后为第一层第一行第二列，……。第一层第一行之后为第一层第二行之第一列，第二列，……。直至最后一行中的各列。然后是第二层的数据，……。直至最后一层的最后一列。

以88年MODFLOW为例，在同一时间段内，各数据块的排列顺序如下（具体情况要视用户的选定）：

1. 贮水量流量 (STORAGE)
2. 定水头计算单元流量 (CONSTANT HEAD)
3. 通过右侧面的流量 (FLOW RIGHT FACE)
4. 通过前侧面的流量 (FLOW FRONT FACE)
5. 通过底面的流量 (FLOW LOWER FACE)
6. 水井流量 (WELLS)
7. 沟渠流量 (DRAINS)
8. 补给流量 (RECHARGE)

- 9. 蒸发蒸腾流量 (ET)
- 10. 河流流量 (RIVER LEAKAGE)
- 11. 通用水头边界流量 (HEAD DEP BOUNDS)

括号中的内容为名称字符串所表示的内容。

为进一步说明该文件的解读, 下面是一个用于解读流量文件的FORTRAN程序。再强调一次, 这些项可能不会都出现。哪些项出现应视输出定义和子程序包的选用而定。对于未出现的数据块, 相应的读入部分则应从程序中删除。

```

C  EXAMPLE PROGRAM READING UNFORMATTED FLOW FILES
C  Weixing Guo, 05/22/1998
      PARAMETER (NROW=10,NCOL=10,NLAY=2)
      DIMENSION CONST(NCOL,NROW,NLAY),RIGHT(NCOL,NROW,NLAY),
& FRONT(NCOL,NROW,NLAY),FLOWER(NCOL,NROW,NLAY),
& RIVER(NCOL,NROW,NLAY),DRN(NCOL,NROW,NLAY),
& RCH(NCOL,NROW,NLAY),WEL(NCOL,NROW,NLAY),
& STG(NCOL,NROW,NLAY),GHB(NCOL,NROW,NLAY),
& EVT(NCOL,NROW,NLAY)
      CHARACTER TEXT*16
      INTEGER KSTP, KPER, NC, NR, NL
      OPEN(11,FILE='MODFLOW.UFF',FORM='UNFORMATTED')
      DO 200 IT=1,100 !Number of stress periods and time steps
C STORAGE  only for transient flow
      READ(11,END=1) KSTP, KPER, TEXT, NC, NR, NL
      PRINT*, 'STORAGE : ',TEXT
      READ(11)((STG(J,I,K),J=1,NCOL),I=1,NROW),K=1,NLAY)
C Flow from Constant Head Cells
      READ(11) KSTP, KPER, TEXT, NC, NR, NL
      PRINT*, 'CONSTANT-HEAD : ',TEXT
      READ(11)((CONST(J,I,K),J=1,NCOL),I=1,NROW),K=1,NLAY)

```

C Flow from Right Faces

```
READ(11) KSTP, KPER, TEXT, NC, NR, NL
PRINT*, 'RIGHT FACE : ',TEXT
READ(11) ((RIGHT(J,I,K),J=1,NCOL),I=1,NROW),K=1,NLAY)
```

C Flow from Front Faces

```
READ(11) KSTP, KPER, TEXT, NC, NR, NL
PRINT*, 'FRONT FACE : ',TEXT
READ(11) ((FRONT(J,I,K),J=1,NCOL),I=1,NROW),K=1,NLAY)
```

C Flow from Lower Faces

```
READ(11) KSTP, KPER, TEXT, NC, NR, NL
PRINT*, 'LOWER FACE : ',TEXT
READ(11) ((FLOWER(J,I,K),J=1,NCOL),I=1,NROW),K=1,NLAY)
```

C WELLS

```
READ(11) KSTP, KPER, TEXT, NC, NR, NL
PRINT*, 'WELL : ',TEXT
READ(11) ((WEL(J,I,K),J=1,NCOL),I=1,NROW),K=1,NLAY)
```

C DRAINS

```
READ(11) KSTP, KPER, TEXT, NC, NR, NL
PRINT*, 'DRAIN : ',TEXT
READ(11) ((DRN(J,I,K),J=1,NCOL),I=1,NROW),K=1,NLAY)
```

C RECHARGE

```
READ(11) KSTP, KPER, TEXT, NC, NR, NL
PRINT*, 'RECHARGE : ',TEXT
READ(11) ((RCH(J,I,K),J=1,NCOL),I=1,NROW),K=1,NLAY)
```

C EVT

```
READ(11) KSTP, KPER, TEXT, NC, NR, NL
PRINT*, 'EVT : ',TEXT
READ(11) ((EVT(J,I,K),J=1,NCOL),I=1,NROW),K=1,NLAY)
```

C RIVERS

```
READ(11) KSTP, KPER, TEXT, NC, NR, NL
PRINT*, 'RIVER : ',TEXT
```



```
READ(11)((RIVER(J,I,K),J=1,NCOL),I=1,NROW),K=1,NLAY)
```

C GHB

```
READ(11) KSTP, KPER, TEXT, NC, NR, NL
```

```
PRINT*, 'GENERAL HEAD : ',TEXT
```

```
READ(11)((GHB(J,I,K),J=1,NCOL),I=1,NROW),K=1,NLAY)
```

C Codes for output

```
200 CONTINUE
```

```
1 WRITE(*,*) ' Finished '
```

```
STOP
```

```
END
```

附录 D 一些新开发的子程序包

The stream package (STR1):

Prudic, D. E., 1989. Documentation of a computer program to simulate stream-aquifer relations using a modular, finite-difference, groundwater flow model: U. S. Geological Survey Open-File Report 88-729, 113 p.

The interbed-storage and time-variant specific-head package:

Leake, S. A., and Prudic, D. E., 1988. Documentation of a computer program to simulate aquifer-system compaction using the modular finite-difference groundwater flow model, U. S. Geological Survey Open-File Report 88-482, 80 p.

The general finite-difference flow package:

Harbaugh, A. W., 1992. A generalized finite-difference formulation for the U. S. Geological Survey modular three-dimensional finite-difference groundwater flow mode, U. S. Geological Survey Open-file Report 91-494, 60 p.

The version 2 of the block-centered flow package (BCF2):

McDonald, M. G., Harbaugh, A. W., Orr, B. R., and Ackerman, D. J., 1992. A method of converting no-flow cells to variable-head cells for the U. S. Geological Survey modular finite-difference groundwater flow model, U. S. Geological Survey Open-file Report 91-536, 99 p.

The version 3 of the block-centered flow package (BCF3):

Goode, D. J., and Appeal, C. E., 1992. Finite-difference interblock transmissivity for unconfined aquifers and for aquifers having smoothly varying transmissivity, U. S. Geological Survey Water Resources Investigations report 92-4124, 79 p.

The horizontal flow barrier package (HFB1):

Hsieh, P. A., and Freckleton, J. R., 1993. Documentation of a computer program to simulate horizontal-flow barriers using the U.S. Geological Survey modular three-dimensional finite-difference flow model, U. S. Geological Survey Open-File Report 92-477, 32 p.

The transient-leakage package (TLK1):

Leake, S. A., Leahy, P. P. and Navoy, A. S., 1994. Documentation of a computer program to simulate transient leakage from confining units using the modular finite-difference groundwater flow model, U. S. Geological Survey Open-File Report 94-59, 70 p.

The direct solution package (DE45):

Harbaugh, A. W., 1995. Direct solution package based on alternating diagonal ordering for the U. S. Geological Survey modular finite-difference groundwater flow model, U. S. Geological Survey Open-File Report 95-288, 46 p.

The reservoir leakage package (RES1):

Fenske, J. P., Leake, S. A. and Prudic, D. E., 1996. Documentation of a computer program (RES1) to simulate leakage from reservoirs using the modular finite-difference groundwater flow model (MODFLOW), U. S. Geological Survey Open-File Report 96-364, 51 p.