



No. 2002-02

微机机群油藏数值模拟并行软件

PRIS1.0 使用说明

中国科学院软件研究所

并行软件研究开发中心 (RDCPS)

2002 年 9 月

本档所有内容的最终解释权归 **中国科学院软件研究所并行软件研究开发中心** 所有。
最新信息请访问网站：www.rdcps.ac.cn

PRIS1.0 使用说明

目 录

PRIS1.0 使用说明.....	3
一. PRIS1.0 介绍.....	4
二. 数据格式.....	10
三. 输入输出文件.....	17
四. 递交作业.....	23
五. 常见问题.....	26
六. PRIS1.0 使用限制.....	36
七. 模拟实例：“宁海油田 T62 模型”.....	36

一. PRIS1.0 介绍

PRIS1.0 是基于高性能并行计算机及微机机群的并行油藏数值模拟器, 主要技术(包括: 完全的数据并行-SPMD, 并行 I/O, 通信极小化, 井的并行处理算法, 高效并行解法器等等)由中国科学院软件研究所并行软件研究开发中心(RDCPS)自主研制开发.

PRIS 简要介绍:

- 1997 年开始并行版本软件的应用开发, 形成 PRIS1.0 PVM 版;
- 1998 年对并行软件的关键部位进行加速, 形成 PRIS1.0 MPI 版;
- 1998 年在高性能计算机 SR2201、SGI PowerChallenge、IBM SP2、SGI Origin 2000 上, 针对国内石油部门提供的数十套油藏数值模拟历史拟合数据(2 万-45 万规模不等)进行计算, 取得了较好的效果;
- 1999 年在国产高性能并行计算机神威、曙光及自行组装的 Linux 微机机群上, 进行 104 万和 116 万网格点规模、三维三相黑油模型、历史拟合 13 年-31 年的两套实际数据的大规模测算和应用分析, 通过了大庆油田专家的测试, 主要成果已列入国家“八六三”十五周年成果展览中;
- 2000 年, 油藏数值模拟并行版本软件 PRIS 正式定版, 并于 9 月份正式对外宣布;
- 2001 年, 提出并有效地实现了“微机机群软硬件一体化的油藏数值模拟并行模拟专用系统”。

PRIS1.0 主要特性:

- 油藏数值模拟并行版软件 PRIS 采用了完全的数据并行方式, 有效解决了并行程序对内存需求的可缩放性, 减少了并行系统对问题求解规模的限制;
- PRIS 完全适用于共享的高性能计算机
- PRIS 完全适用于分布式并行机(MPP)以及微机机群(PC Cluster)、Beowulf 机群等并行计算机系统;
- PRIS 在线性方程高效求解技术方面得到大的突破, 采用了“内迭代-外迭代”的双重迭代模式, 有效地综合了不同类型的 Krylov 子空间算法的优点, 形成了两套最佳求解方案, 缺省方案采用基于“子空间多角度斜交投影校正”预处理的 GMRES 方法;
- 线性方程组求解方法中采用的多角度投影校正预条件子, 由嵌套预处理、加法 Schwarz 预处理、松弛型 ILU 分解预处理、约束剩余预处理、多重网格加速、内迭代方式预处理等组成, 采用多步法的手段有机结合在一起, 得到了优势互补、效果叠加的新型预条件子;
- 并行软件的基本模块调用 BLAS 库函数;
- 并行软件的消息传递模块采用了独立定义的模块子程序, 体现了计算程序与通讯平台相对分离的研究开发思想, 有利于并行软件在不同的高性能计算平台上的移植。缺省的消息传递模块采用 MPI 通讯库函数进行通

讯。.

PRIS1.0 已经运行成功的并行计算平台：

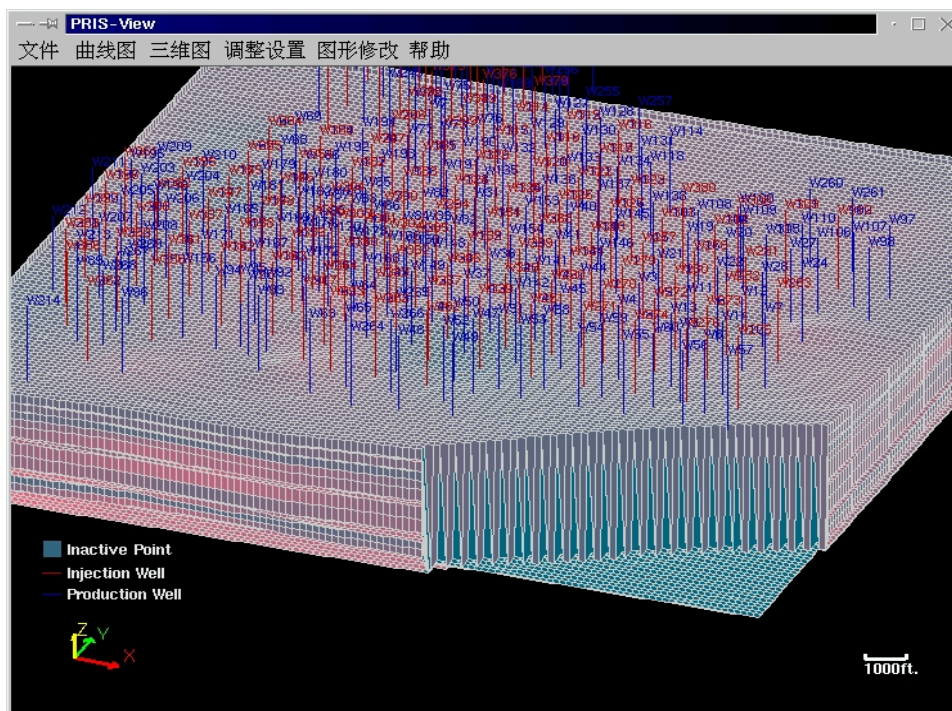
- HITACHI SR2201;
- SGI Origin 2000.
- SGI PowerChallenge;
- Intel Paragon;
- IBM SP2;
- 曙光 1000A;
- 曙光 2000-II;
- 曙光 3000;
- 国家气象中心神威-I;
- 国家并行计算机工程技术研究中心神威机;
- 国家高性能计算环境网格计算平台;
- 中科院软件所并行中心 Linux 机群（四套）;
- 联想深腾 i1800;
- 中科院大规模科学与工程计算国家重点实验室 Linux 机群（两套）;
- 中科院网络中心超级计算研究室 Linux 机群;
- 大庆油田勘探开发研究院 Linux 机群;

PRIS1.0 的运行分为两个阶段：初始化模型和主模型。

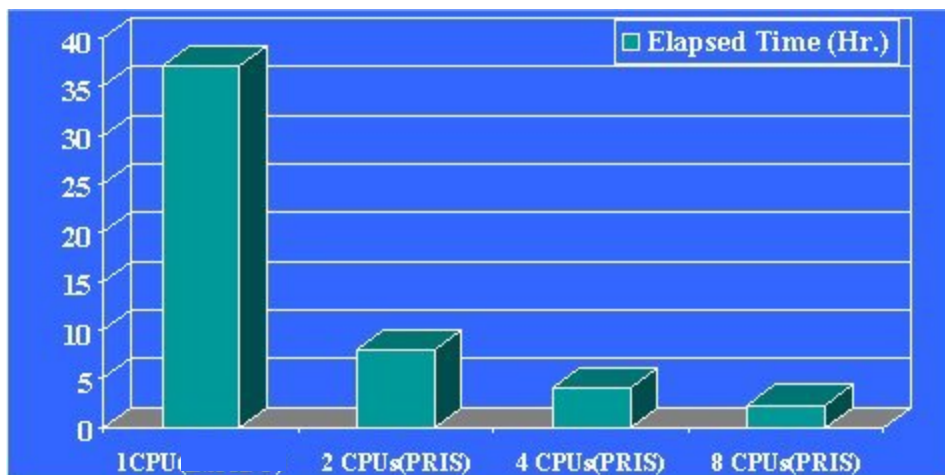
- 初始化部分负责对静态初始化数据文件进行合理性检查，计算油藏初始压力和饱和度的分布，生成重启记录文件，以及对整体数据场进行区域划分等。
- 在初始化完成之后，用户启动主模拟器，读取动态模拟数据文件，对油藏开采过程进行数值模拟和预测。

数值计算实例：

- 实例 1(国内某油田)： 网格剖分为 130x123x10(159,900)，双孔介质，黑油模型，377 口井，英制，5 种岩石类型，历史拟合时间 31.5 年。

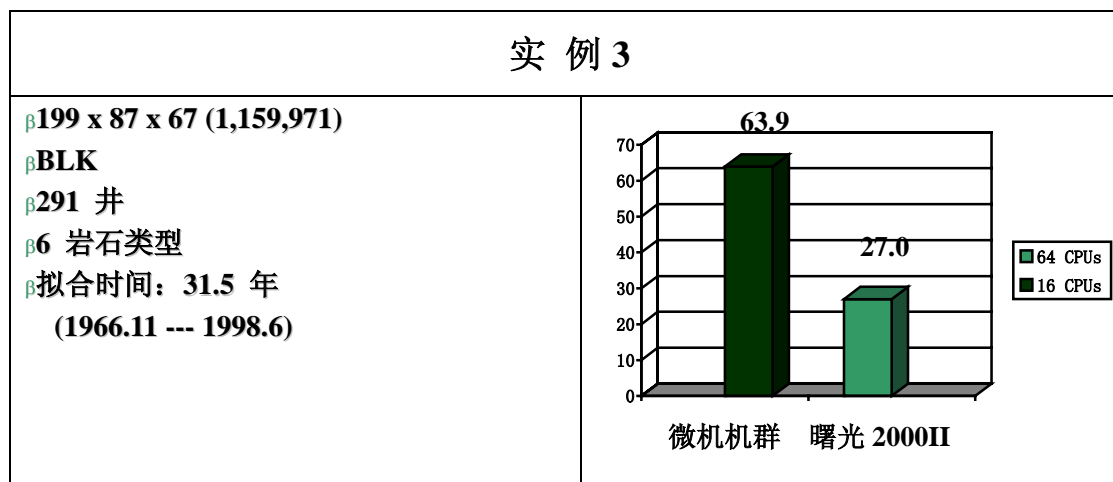
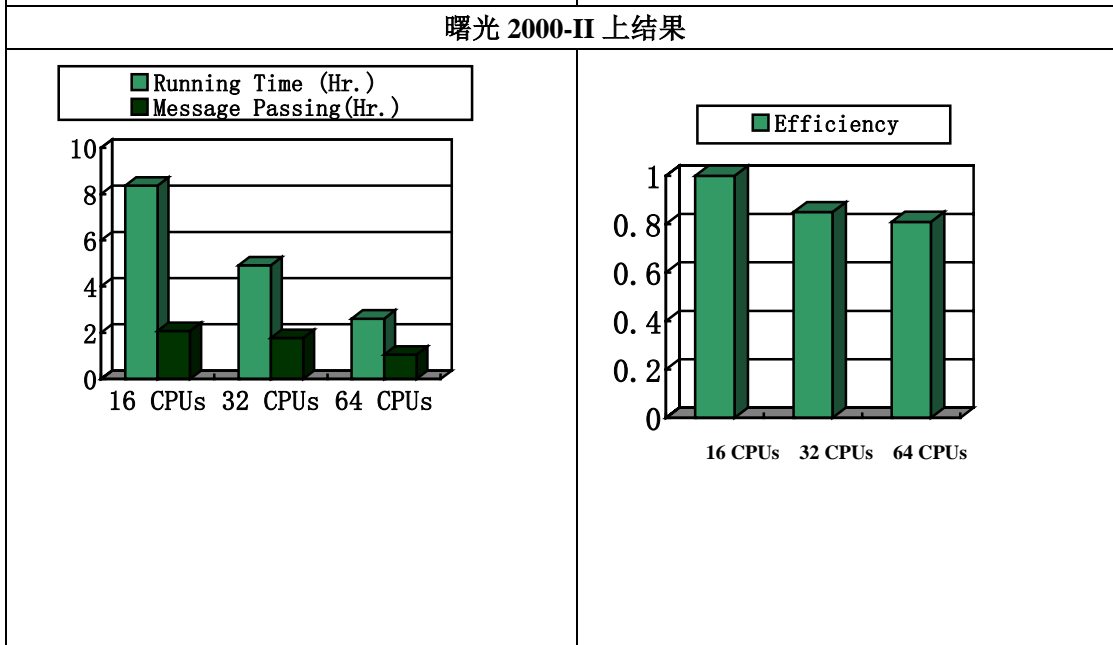
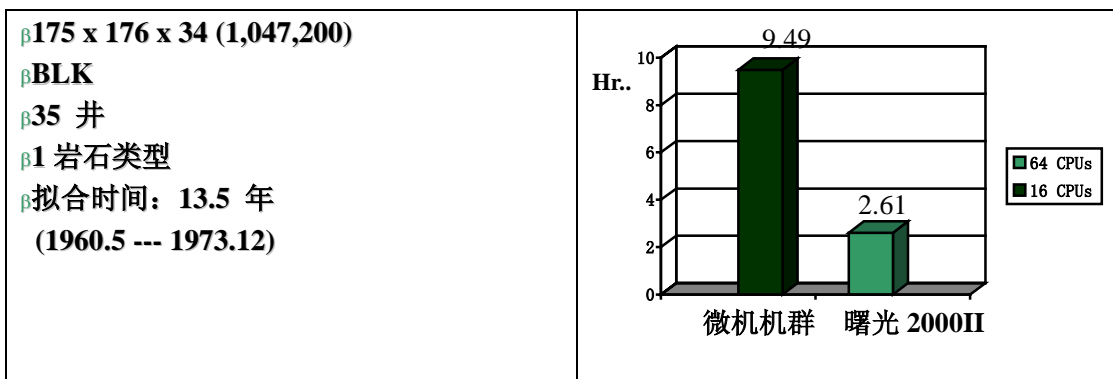


• 图 1. 实例 1 网格剖分及井位信息图



• 图 2. 实例 1 在 RDCPS-I 上的并行解法器 PRIS(DQGMRES)计算时间(小时)

实例 2

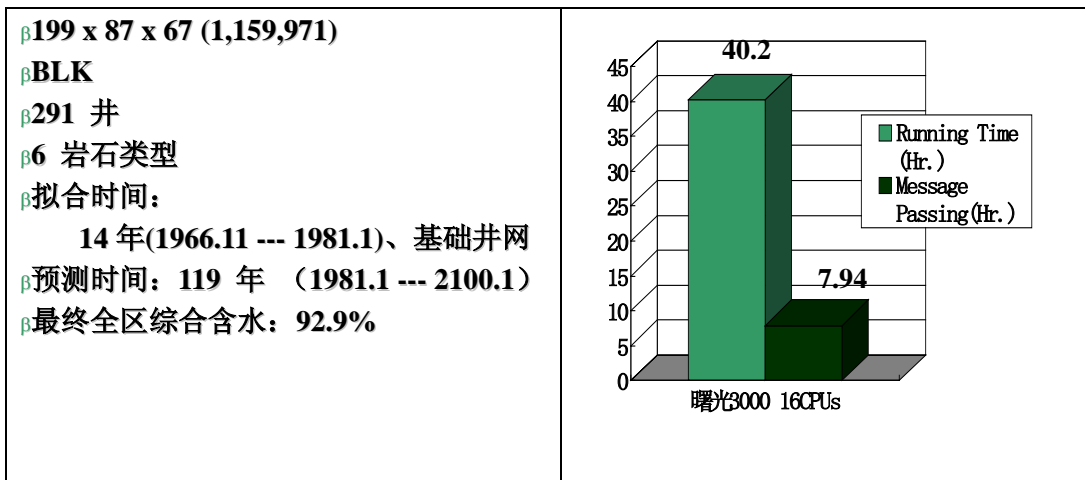


曙光 3000 上结果

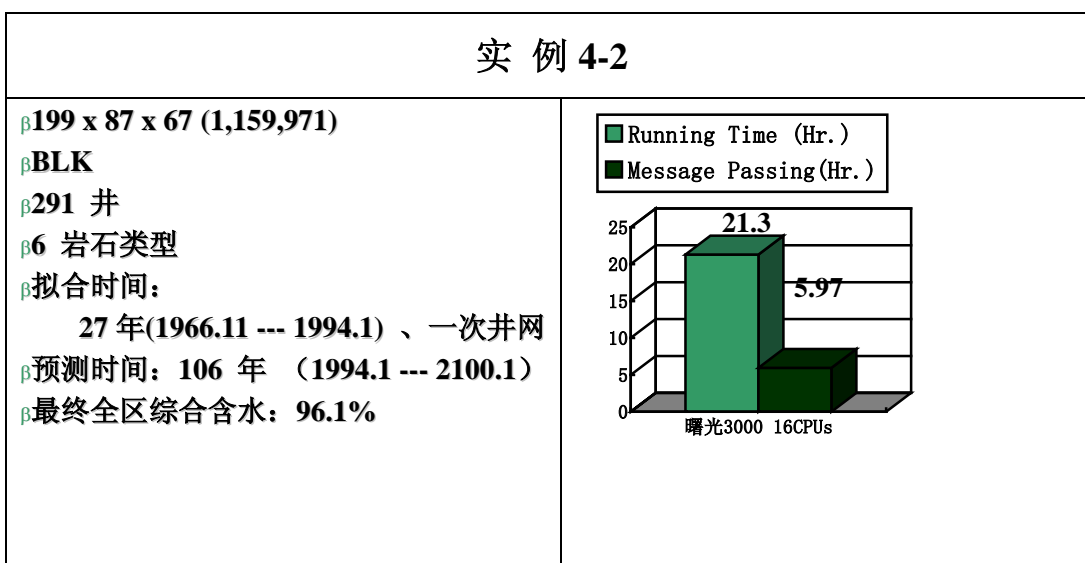
NO. processors	Running time (hr.)	Comm. time (hr.)
16	11.9	3.99

百万网格点, 模拟 20-30 年历史, 夕发朝至

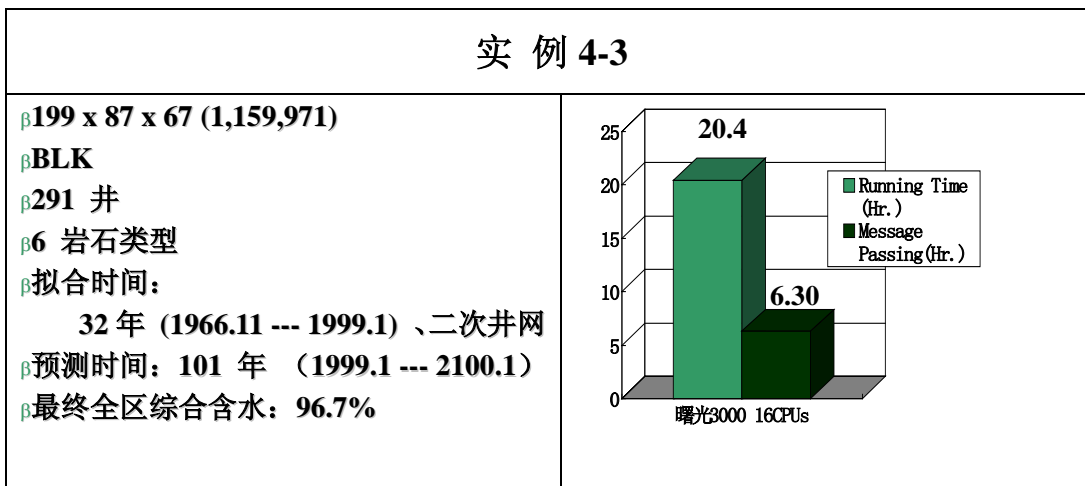
实例 4-1



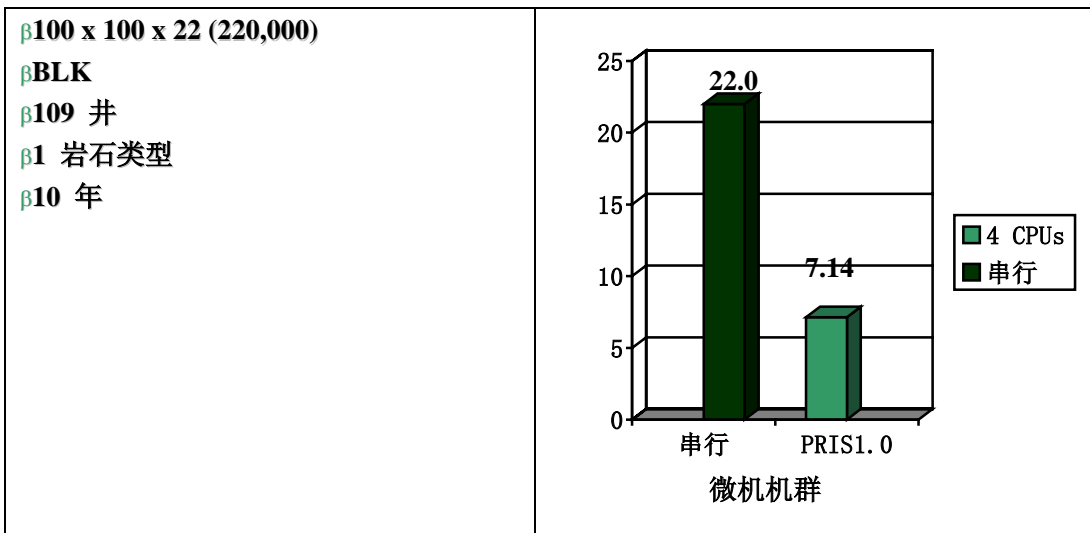
实例 4-2



实例 4-3



实例 5



二. 数据格式

PRIS1.0 采用“自由域格式”作为输入数据流的格式，并保持与国际著名油藏模拟器 SimBest II 兼容。这里“自由域格式”是指在一个记录里面，其数据项不必限定在某些特定的位置上出现。下面是与 PRIS1.0 初始数据流格式相关的一些术语：

Keyword(关键词)：

由至多 6 个字符（字母和数字）组成的字符串，中间没有空格，而且在其前面由一个控制字符 ‘*’ 引导。如果字符串的长度大于 6，则只有前 6 个字符被识别。

Integer

Values（整型变量）：

遵循 I-N 规则，除非特别声明，由 I, J, K, L, M 和 N 打头的变量表示一个整数。

Floating

Point

Values（浮点型变量）：

不是整型的变量被认为是一个浮点数。这些浮点数可以以整数，小数以及指数形式被识别。下例是数字 1000 的各种浮点表示

1000 1000. 1.E3 1E3 10E2

下面有关数据类型的概念有助于理解初始数据文件。

Scalars(标量)： 由某关键词引导的记录，如果后面跟随其它的关键词或者数值，那么这个记录就表示某个标量的值。如下面的初始日期记录

**Idate 5 1 1970*

数据表： 相对渗透率曲线和 PVT 性质等是由数据表来表示的。这些数据表由一个单一的关键字记录来表征。下例表示气-水相对渗透率曲线

**SATGW 2*

.237	0	1	8.5
.35	.0031	.863	6.4

此外，还有**数组**和**数据串**等重要数据类型，这些类型与 Simbest-II 相应类型相同。

1. 初始化模型输入数据 — 静态初始化数据文件

如前所述，输入数据文件是由数据记录组成的，而每一个记录是由某个关键词引导的。初始化模型的输入数据记录的关键词可以分为如下几类：

- a) 数据文件过程控制
- b) 系统相关
- c) 网格定义
- d) 标量数据
- e) 输出，单位制等
- f) 饱和度函数
- g) 流体性质
- h) 平衡和区域数据
- i) 断层数据
- j) 数组数据
- ⋮

我们仅仅对一些与运行过程密切相关的关键词做一说明。

数据文件过程控制：

***C** 注释，用于对数据记录的说明，初始化模型忽略该行。

***NOLIST**

停止后继输入数据的列表输出。如果预处理器检测到

某一行数据有语法错误，那么这一行不受该关键词的影响，有错误的行以及错误信息照常输出。

***LIST**

用于终止 *NOLIST 的影响，重新启动输入数据的列表输出。

***ENDJOB**

表示数据文件的结束。

系统相关:

***WO**

表示所求解的问题是水—油两相系统，不存在自由气，溶解气—油比(R_s)不随空间和时间而变。

***BLK**

三相黑油系统。

⋮

网格定义

***GRID (*XYZ) NX NY NZ** 笛卡儿坐标系

标量数据

***IDATE IDAY IMON IYR**

表示主模型模拟的开始时间和日期。

断层数据

***FAULT IFAULT(*NAME)
INDEX I1 J1 I2 J2**

***FAULT** 主关键词
IFAULT 断层指标数。
***NAME** 断层的名字，至多 8 个字符，中间没有空格
INDEX 断层连接索引（对于断层 IFAULT）。
I1, J1 断层连接相关网格块
I2, J2 断层连接相关网格块

此外，还有其它的断层数据关键词，如 ***FK**, ***FKH**, ***FTHOP** 等，请参阅相关资料。

其它

***TITLE** (后跟由数字和字母组成的字符串)
 表示所求解问题的标题。

***OUTPUT** 初始化数据输出控制.

***SATGW** 气-水饱和度函数表.

***SATWO** 油-水饱和度函数表.

***SATGO** 气-油饱和度函数表.

2. 主模型的输入数据 — 动态模拟数据文件

主模型的输入记录的关键词可以归为如下几类

- 作业控制
- 输出控制
- 求解器参数
- 井描述
- 集输中心描述
- 产率控制
- 实时传导率修改

这里我们仅仅对前三类的关键词做一说明.

作业控制关键词

***RESTART IREST *CONT**

表示作业将从重启文件重新开始. 重启功能对于程序的运行是非常重要的, 可以在一定程度上消除因异常情况导致程序运行出错而造成的计算时间方面的损失.

注: 本软件增加了自动重启功能, 但要求如上填写 RESTART 卡

片

IREST: 整型数, 作业将从 IREST 时间步重启.

**CONT:* 表示重启记录仍然输出到输入文件里面, 不重新生成重启输出文件. 重启输入文件的通道号, 缺省为 15.

***STOP**

用以控制模拟的时间， 模拟器仅仅对 **STOP* 记录以前的运行数据进行模拟， 而 **STOP* 之后的运行数据将由预处理模块检查合理性。

***ENDJOB**

表明所有的数据输入完毕， **ENDJOB* 之后的记录不被处理。

***DATE IDAY IMONTH IYEAR**

标志一个动态数据段的结束和下一个动态数据段的开始。

***TIME**

类似于 **DATE*。

***WREST**

用于唤醒重启功能， 设置输出重启记录的频率等。基本选项为：**TIME*, **TONLY*

例： 重启记录在 1100 天和后面所有由 **TIME(*DATE)* 指定的时间输出。

```
*TIME 1000
*WREST *TIME
*TIME 1100
!
*ENDJOB
```

例： 重启记录分别在 1974 年和 1976 年前输出。

```
*DATE 1 1 73
*WREST *TONLY
*DATE 1 1 74
*DATE 1 1 75
*WREST *TONLY
*DATE 1 1 76
*ENDJOB
```

输出控制关键词

***OUTPUT**

和 **PRINT* 一起控制模拟过程中所有的打印输出信息.

牛顿迭代控制参数

***ITER NMINIT NMAXIT (DSTIN DPITN DRSITN TOLS TOLP TOLRS TOLMB)**

其中

NMINIT 最小外迭代次数.

NMAXIT 最大外迭代次数.

DSITN 每次迭代中饱和度的最大变化量.

DPITN 每次迭代中压力的最大变化量.

DRSITN 每次迭代中溶解气—油比 (R_s) 的最大变化量.

TOLS 最后一次迭代饱和度的最大变化量.

TOLP 最后一次迭代压力的最大变化量.

TOLRS 最后一次迭代中溶解气—油比 (R_s) 的最大变化量.

TOLMB 物质平衡收敛标准.

***ESPIDO (LITN NDIAG TOLP TOLS JDIFW NWATT NORTMX NSOR)**

其中:

LITN 最大线性迭代次数.

NDIAG 整型数, 表示程序运行过程中诊断级别.

TOLP 压力收敛标准.

TOLS 饱和度收敛标准.

JDIFW 问题难度级别指标.

NWATT 整型数, Watt 校正指标.

NORTMX 正定向量的个数.

NSOR 收敛精度控制.

时间步控制参数

***TSTEP (*HRS) DT (DTMIN DTMAX TARGDS CUTDS TARGDP TARGDRS MAXCUT)**

其中:

***HRS** 第二个关键词, 表示 DT , $DTMIN$ 和 $DTMAX$ 以“小时”来度量.

DT 时间步尺寸指标. 如果 $DT > 0$, 则每一个时间步的尺寸设定为 DT , 如果 $DT < 0$, 则下一个时间步的尺寸为 $-DT$, 而后续的时间步由程序自动控制选取. 如果 $DT = 0$, 那么将立即唤醒时间步自动选取功能.

DTMIN 在自动时间步选取控制中所允许的最小时间步.

DTMAX 在自动时间步选取控制中所允许的最大时间步.

TARGDS 时间步自动选取控制中预期饱和度的变化量.

CUTDS 时间步分割时饱和度的变化量. 缺省为无穷大.

TARGDP 时间步自动选取控制中预期压力的变化量.

TARGDRS 时间步自动选取控制中预期溶解气的变化量.

MAXCUT 时间步自动选取控制中所允许的时间步分割的最大次数.

PRIS1.0 采用**全隐式方法**作为求解器. 在运行过程中, 相关的输入文件有两个: 静态初始化数据文件和动态模拟数据文件. 我们将在后面做进一步的说明.

三. 输入输出文件

1. 输入文件

与用户相关的输入文件有两个，分别为静态初始化数据文件和动态模拟数据文件，且以 **.dat** 为后缀。以后我们假定这两个文件分别为：

aai.dat
aas.dat

用户当然也可以选择其它的文件名。但文件名应该满足如下规则：

静态初始化数据文件名： *****i.dat*
动态模拟数据文件名： *****s.dat*

其中，“****”代表Linux系统允许的可以作为文件名的任意字符串，长度不超过9。

PRIS1.0 由两部分组成，分别为初始化模型和主模型。以后我们分别用

parainit
和
parasimu

来表示。

例：黑油模型， 网格：35×44×34

静态初始化数据文件 aai.dat：

*TITLE CASE 4: BLK	标题
*BLK	三相黑油
*OUTPUT *KX	输出控制
*METRIC *INPUT *OUTPUT *KPA	输入输出采用公制单位
	(以
*C	KPA为基础)
*IDATE 1 5 1960	模拟的开始时间
*C WINIT *SKIP	
*GRID *XYZ 35 44 34	笛卡儿坐标， 网格尺寸
*C	
*C DW CW BW UW T	

```

*C      ---  ----  ----  -----  ---
*MISC  1.0  6.62E-7  1.0  .600  20  杂项数据, 检查合理性
*C
*CRVAR  *CONSTANT  9.3E-7  岩石压缩率
*C
*SATWO  1  水油饱和度表
0.163  0.0  .707  0
|
*SATWO  2
0.185  0.0  .707  -1
|
*SATWO  3
0.205  0.0  .707  -1
|
*SATWO  4
0.205  0.0  .707  -1
|
*SATGO  1  气水饱和度表
1  .707  0  0
*SATGO  2
.235  0  1  0
|
*PVT0  1  10300  油的 PVT 性质
*API  34  *CO  9.0E-7  *VCO  1.63E-5  API 重力空间变化
1013  5.103  26.00  1.036
|
*PVTG  *ZFAC  1  0.766  气的 PVT 性质
|
*LIST
*ENDJOB  输入数据流结束

```

动态模拟数据文件 aas. dat:

```

*RESTART 0  *CONT  从第零个时间步开始计算
*RTITLE  BLK PROBLEM  黑油模型
*OUTPUT *SW  输出控制
*WMAP *TIME  *WMAP 与 *MAPOUT 配合, 在
所
*MAPOUT *SW  有 *TIME 和 *DATE 输出
水饱和度 (SW) 数组
*C  指定的时刻输出 map 记录
*C  在所有 *TIME 和 *DATE
*WPLOT *TIME  指定的时刻输出绘图记录
*C

```

```

*C  NMINIT NMAXIT DSITN DPITN DRSITN TOLS TOLP TOLRS TOLMB
*C  -----
*ITER  1    25    .1    800   10    .01   100    6   .005
*ESPIDO 25    0 0.00005 .00001  4  4   10    1           线性求解器
*TSTEP -.01 .01 180   .1    .15  3000  20    1           相关参数
*WELL  1  *B1      1  1           井定义
*WELL  36 *B105    34 44
  ⋮
*PERF 35 22 34  450 595 2500 36 68 1081 0 32 114 48 0 562 8 井射孔层信
息
*PERF 36 23 34  103 914 180 320 1750 0 48 135 12 0 760 106
  ⋮
*PROD *LIQ    1  *TO 36           生产井定义
*C INJ *W 22 *TO 34
*C WMAP *TIME
*C -----
*RFLOW 1  *TO 36  .1  5.9  0           井的径向流参数
*C -----
*PRINT *WELL *REGION *TONLY           输出控制
*Q 1 *TO  36           井的注入/产出率
*C    1    2    3    4    5    6    7    8    9
10
      60.26 18.33  0.00  0.00  0.00  9.89  63.8  46.67 44.61
0
*C   11   12   13   14   15   16   17   18   19
20
      0    0.00  0.00 16.26  0.00  0.00  7.45  0.00 13.44
0.00
*C   21   22   23   24   25   26   27   28   29
30
      9.02 13.95  0.00  3.26  0.00  0.00  0.00  0.00  0.00
0.00
*C   31   32   33   34   35   36   37   38   39
40
      3.32  0.00  0.00  0.00  6.12  0.00
*C
*DATE 10  5  1960
  ⋮
*C -----
*STOP
*ENDJOB

```

2. 输出文件

PRIS1.0 的基本输出文件有两个(相应于主模型输入文件 *aas.dat*):

aas.lis
aas.log

这两个文件记录了 PRIS1.0 运行过程中及运行结束后产生的大部分信息, 以 aas.log 文件为例, 其形式如下所示:

```

----- aas.log -----
*****
: RDCPS-10S' S PRIS SIMULATOR :                CASE 4: BLK                : START IN 22-Apr-02 16:02 :
: CURRENT SIMULATION DATE   : 2 MAY 1960 (    0.010 DAYS ) ELAPSED TIME :      0 mins   : NOW   IN 22-Apr-02 16:02 :
*****

                                TIME STEP SUMMARY
                                =====

+-----+
I  TIME      PRODUCTION  GOR WATER  INJECTION  AVG MATERIAL BALANCES  MAX SATN CHG  MAX PRESS  CHG TIME I DATA I
I  -----  OIL      GAS  NM3/ CUT    GAS  WATER  PRESS  -----  -----  -----  STEP T OUT- I
I  STEP  DAYS  SM3/D  NM3/D  SM3  FRACT  NM3/D  SM3/D  KPA  OIL   GAS   WATER  I  J  K  DSMAX  I  J  K  DPMAX CUTS N PUT I
+-----+

I
I  1  0.01   316  13142  42 0.000   0   0 12332 1.0000 1.0000 0.0000 20 2 26 0.000 20 2 26 -258.4 0 2   I
I  2  0.03   316  13139  42 0.000   0   0 12331 1.0000 1.0000 0.0000 20 2 26 0.000 20 2 26 -297.6 0 2   I
I  3  0.07   316  13136  42 0.001   0   0 12331 1.0000 1.0000 0.0000 1 1 25 0.000 1 1 25 -288.2 0 2   I
I  4  0.15   316  13131  42 0.001   0   0 12330 1.0000 1.0000 0.0000 1 1 25 0.000 1 1 24 -440.9 0 2   I
I  5  0.31   316  13126  42 0.001   0   0 12329 1.0000 1.0000 0.0000 1 1 25 0.000 1 1 24 -630.1 0 2   I
I  6  0.63   316  13120  42 0.002   0   0 12326 1.0000 1.0000 0.0000 1 1 25 0.000 1 1 24 -830.7 0 2   I
I  7  1.27   316  13113  42 0.002   0   0 12320 1.0000 1.0000 0.0000 1 1 25 0.000 1 1 24 -969.0 0 3   I
I  8  2.55   303  12575  42 0.002   0   0 12309 1.0000 1.0000 0.0000 1 1 30 0.000 1 1 30 -906.2 0 3   I
I  9  5.11   298  12366  42 0.002   0   0 12288 1.0000 1.0000 0.0000 1 1 24 0.002 1 2 30 -921.6 0 3   I

:
:

I 38 2601   157  6525  42 0.176   0  219 13375 1.0009 1.0009 0.9998 25 29 7 -0.066 11 26 27  915.6 0 4   I
I 39 2781   153  6373  42 0.195   0  221 13448 1.0009 1.0009 0.9998 20 2 30 0.219 20 2 31 2731.0 0 6   I
I 40 2863   152  6298  42 0.204   0  220 13478 1.0009 1.0009 0.9998 20 2 30 -0.055 25 2 32  380.0 0 2   I
I 41 3013   148  6156  42 0.222   0  218 13528 1.0008 1.0008 0.9998 20 2 29 -0.053 27 2 32  458.0 0 2   I
*****

: RDCPS-10S' S PRIS SIMULATOR :                CASE 4: BLK                : START IN 22-Apr-02 16:02 :
: CURRENT SIMULATION DATE   : 1 JAN 1969 (  3167.000 DAYS ) ELAPSED TIME :     25 mins   : NOW   IN 22-Apr-02 16:27 :
*****

                                TIME STEP SUMMARY
                                =====

```

I	TIME	PRODUCTION	GOR	WATER	INJECTION	AVG	MATERIAL	BALANCES	MAX	SATN	CHG	MAX PRESS	CHG TIME	I	DATA	I								
I	-----	OIL	GAS	NM3/	CUT	GAS	WATER	PRESS	-----	-----	-----	-----	-----	STEP	T	OUT-	I							
I	STEP	DAYS	SM3/D	NM3/D	SM3	FRACT	NM3/D	SM3/D	KPA	OIL	GAS	WATER	I	J	K	DSMAX	I	J	K	DPMAX	CUTS	N	PUT	I
I	42	3167	145	6012	42	0.241	0	217	13576	1.0008	1.0008	0.9998	25	29	7	-0.040	27	2	32	339.6	0	2		I
I	43	3347	276	11478	42	0.236	0	453	13871	1.0009	1.0009	1.0001	30	27	26	0.195	13	43	5	-3608.4	0	10		I
I	44	3410	271	11256	42	0.250	0	447	13966	1.0009	1.0009	1.0001	30	28	26	-0.055	1	44	5	-345.5	0	2		I
I	45	3590	394	16354	42	0.216	0	532	13925	1.0008	1.0008	1.0001	30	29	26	0.154	34	44	34	-2240.2	0	15		I
I	56	4962	402	16687	42	0.432	0	768	13492	1.0009	1.0009	1.0010	27	37	26	0.012	35	44	28	-180.6	0	2		I

Accounting information:

job started at Mon Apr 22 16:02:40 2002

job terminated at Mon Apr 22 16:34:37 2002

Elapsed time : 0 00:31:57.000

----- end of aas.log -----

从输出文件 aas.log 我们可以获取如牛顿迭代步，时间步以及物质平衡，线性求解器等许多相关信息。

此外， 还有两个用于绘图的二进制数据文件，文件名扩展名为 **.edt**。

aai.edt aas.edt

可方便用户对模拟结果进行可视化操作， 其中 **aai.edt** 是由初始化模型生成的，内容为与绘图有关的静态数据场信息； **aas.edt** 是由主模型的专门后处理输出模块 --- MAP 和 PLOT 输出生成， 内容为动态数据场及井信息。

◇ MAP 模块的每条纪录内容为 map 数组：

- ◆ *P Grid cell pressures
- ◆ *BP Bubble point pressures for matrix
- ◆ *SW Water saturations
- ◆ *RS Solution gas-oil ratios
- ◆

◇ PLOT 模块的每条纪录内容为 plot 数据：

- ◆ Production rates
- ◆ Injection rates
- ◆ Production cumulatives
- ◆ Injection cumulatives

- ◆ Net fluid influx
- ◆ Volumes in place
- ◆ Pressures

◇ 使用方法:

- ◆ 用于动态模拟数据文件
- ◆ 关键字*WMAP 要与 *MAPOUT 联合使用.
- ◆ 关键字*WPLOT 单独使用.
- ◆ 语法如下

***WMAP (NTS)
(*TIME)
(*TONLY)**

- NTS -- 整型数, 表示从当前时间步开始, 每 NTS 个时间步写一个 MAP 记录
- *TIME -- 表示在所有有*DATE 和*TIME 卡的时间步写 MAP 记录
- *TONLY -- 表示在下一个*DATE 和*TIME 卡的时间步写 MAP 记录

***MAPOUT (*SKIP) (*array)**

- *SKIP -- 表示除了后面*array 指定的数组外, 当前问题的所有数组数据全部输出; 如: *MAPOUT *SKIP 就表示全部输出当前问题的所有数组数据.
- *array -- 诸如 *P, *BP, *SW, *RS 等, 与 SimBest II 相同.

***WPLOT (NTS)
(*TIME)
(*TONLY)**

注意: 如果在多个时间步输出多个数组数据, 请考虑一下机器的存储空间大小, 因为这时输出文件会很大.

四. 递交作业

1. 目录结构

PRIS1.0 的设置非常简单，直接在用户主目录下（/home/shengli）展开压缩包 pris.tgz

```
$ tar zxvf pris.tgz \
```

在用户主目录下会产生如下目录：

```
~/data
~/bin
```

其中，~/bin 目录下存放的是可执行码以及一些脚本程序。~/data 目录是用来存放输入数据文件的，程序运行过程中产生的输出文件也存放在这个目录下。

在递交作业前，用户应该准备好两个数据文件，比如：

```
aai.dat      (初始化模型数据文件)
aas.dat      (主模型输入文件)
```

把这两个文件拷贝到 ~/data 目录下。

2. 提交作业

```
$ cd ~/data \ (回车键)
$ parainit aai \ (初始化模型运行)
```

接着程序要求用户输入参数：处理器的个数。

```
*****
*   NO FAULT DATA DETECTED!   *
*****
initiation run j050ki started
PLEASE INPUT THE NUMBER OF PROCESS :
4
NNODES, NXPE, NYPE = 4 2 2
initiation run j050ki ended
```

程序首先检查静态初始化数据文件是否含有断层数据，如果没有，接

着要求用户输入处理器（进程）的个数，然后初始化模型自动进行区域划分。如果一切正常，那么初始化模型运行成功。用户可以检查文件

```
~/data/aai.lis
```

的结尾是否具有正常结束标志

```
*** END OF INITIALIZATION ***
```

来帮助判断初始化是否正常。

如果初始化模型输入文件含有断层数据，那么不需要输入处理器（进程）的个数：

```
$ cd ~/data \
$ parainit aai \      (初始化模型运行)
```

```
*****
*      FAULT DATA DETECTED!      *
*****
initialization run aai started

initialization run aai ended
```

如果初始化正常结束，那么用户可以启动主模型：

```
$ parasimu aas 4 \
```

```
*****
* NO FAULT DATA DETECTED!      *
*****
simulation run aas started
```

```
*****
**
* Job will be running on nodes:
  SERVER8 node1:2 node2:2 node3:2
*****
```

```
**
current path lenth, max lenth is 33 80
current path is /home/shengli/data/8w_shengcai_wo
/home/shengli/data/8w_shengcai_wo/bbs.dat
```



```
current path lenth, max lenth is 33 80
current path is /home/shengli/data/8w_shengcai_wo
/home/shengli/data/8w_shengcai_wo/bbs.dat
current path lenth, max lenth is 33 80
current path is /home/shengli/data/8w_shengcai_wo
/home/shengli/data/8w_shengcai_wo/bbs.dat
current path lenth, max lenth is 33 80
current path is /home/shengli/data/8w_shengcai_wo

|
```

正常情况下，主模型会将任务分配在 4 个处理器上开始运行，直至运行结束。运行结束后，模拟结果的输出文件将放在

~/data

目录下面。

如果主模型运行正常结束，在文件 aas.lis 结尾处会有如下信息：

***** END OF SIMULATION *****

（注：初始化模型是否含有断层数据是由关键字：***FAULT** 决定的。PRIS1.0 对于断层数据和非断层数据采用不同的初始化策略。）

五. 常见问题

1. 如何获取程序运行状况?

用户可以使用 Linux 系统以及扩充的 Linux 微机机群的相关 shell 命令来显示各个处理器的进程和负载状况. 此外, 也可以通过观察 PRIS1.0 的输出文件来了解其运行的相关信息, 如观察 *.log* 文件可以知道 PRIS1.0 已经模拟了多少时间, 计算了多少个时间步以及每个时间步的物质平衡状况和牛顿迭代次数等.

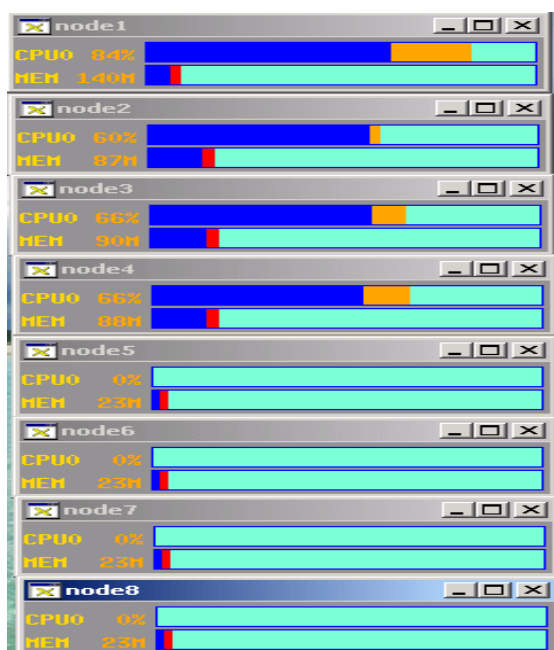
相关的 shell 命令有

```
$ forall psu \
```

以字符界面显示所有处理器的进程运行状况.

```
SERVER8 ~/data/data 28 > forall psu
===== node1: /usr/local/bin/psu =====
USER      PID %CPU %MEM  VSZ  RSS TTY      STAT START   TIME COMMAND
shengli   184  0.0  0.0  2272 1216 tty0    S    10:26   0:00 -tcsh
shengli   195  0.0  0.0  2272 1248 tty1    S    10:26   0:00 -tcsh
shengli   3946 77.3  4.2 421824 65260 tty1    R    10:54   8:37 /home/shengli/bin/Pa
shengli   3947  0.0  0.0  417792 788 tty1    S    10:54   0:00 /home/shengli/bin/Pa
===== node2: /usr/local/bin/psu =====
USER      PID %CPU %MEM  VSZ  RSS TTY      STAT START   TIME COMMAND
shengli   253 65.5 12.2 421528 63048 ?        S    10:54   7:19 /home/shengli/bin/Pa
shengli   254  0.0  0.1  417576 676 ?        S    10:54   0:00 /home/shengli/bin/Pa
===== node3: /usr/local/bin/psu =====
USER      PID %CPU %MEM  VSZ  RSS TTY      STAT START   TIME COMMAND
shengli   252 68.7 12.6 421528 65068 ?        S    10:54   7:40 /home/shengli/bin/Pa
shengli   253  0.0  0.1  417576 676 ?        S    10:54   0:00 /home/shengli/bin/Pa
===== node4: /usr/local/bin/psu =====
USER      PID %CPU %MEM  VSZ  RSS TTY      STAT START   TIME COMMAND
shengli   240 67.0 12.2 421528 63048 ?        R    10:54   7:28 /home/shengli/bin/Pa
shengli   241  0.0  0.1  417576 676 ?        S    10:54   0:00 /home/shengli/bin/Pa
===== node5: /usr/local/bin/psu =====
USER      PID %CPU %MEM  VSZ  RSS TTY      STAT START   TIME COMMAND
===== node6: /usr/local/bin/psu =====
USER      PID %CPU %MEM  VSZ  RSS TTY      STAT START   TIME COMMAND
===== node7: /usr/local/bin/psu =====
USER      PID %CPU %MEM  VSZ  RSS TTY      STAT START   TIME COMMAND
===== node8: /usr/local/bin/psu =====
USER      PID %CPU %MEM  VSZ  RSS TTY      STAT START   TIME COMMAND
```

```
$ xosviwall \
```



以图形界面显示所有处理器的 CPU 和内存状况. 上图是某一运行在四个处理器上的程序所占用的 CPU 和内存资源在某一时刻的图像显示. 其中, 在 CPU 栏中蓝条表示用户的 CPU 利用率, 青色为 CPU 空闲率; 在 MEM 栏中蓝条表示已用的内存数, 青色为内存空闲数。

```
$ forall killall prisi2000 \
$ forall killall priss2000 \
```

杀死所有处理器上的指定进程 *prisi2000* 或 *priss2000*.
通常情况下, 用户在运行程序前应该检查一下是否有“垃圾进程”在运行, 如果有就可以用上述命令方便的杀死所有的垃圾进程.

2. 如何判断程序正常结束?

用户可以通过查看 .lis 文件在结尾处是否具有正常结束标志来判断. 假定输入数据文件分别为 aai.dat 和 aas.dat

	文件名	正常结束标志
初始化模型	aai.lis	*** END OF INITIALIZATION ***
主模型	aas.lis	*** END OF SIMULATION ***

如果没有正常结束标志, 用户可通过屏幕输出和 .lis 文件获取出错信息, 并参考第五部分[常见问题](#).

3. 如何使程序只模拟一段数据而不是全部数据?

有时，用户仅仅想对数据做试算，而不是模拟全部数据；如果结果合理再模拟所有的时间段。通过这种方式可以有效的节省试算时间。用户可以通过修改主模型的输入数据文件

aas.dat

来达到这个目的。如下例所示：

```
----- aas.dat -----
*RESTART 0 *CONT
*RTITLE BLK PROBLEM
*OUTPUT *SW
*WMAP *TIME
*WPLOT *TIME
*TSTEP -.1
*C 井相关数据
  |
  |
*C -----
*RFLOW 1 *TO 36 .1 5.9 0
*C RFLOW 5 *TO 34 .1 27.5 1
*C -----
*PRINT *WELL *REGION *TONLY
  |
  |
*C
*DATE 10 5 1960
*C STOP
*STOP
  |
  |
*STOP
*ENDJOB
```

在某一个 *DATE 记录的后面，如果加上 *STOP 关键词，那么 STOP 后面所有的数据将不被主模型处理，主模型仅仅模拟计算到 1960 年 5 月 10 号。

3. 初始化正常结束，但主模型无法运行。典型情况是，提交作业后，屏幕输出类似下面的信息：

```
current path length, max length is 22 80
current path is /home/lhw/data
/home/lhw/data/aas.dat
current path length, max length is 22 80
current path is /home/lhw/data
/home/lhw/data/aas.dat
current path length, max length is 22 80
```

```
current path is /home/lhw/data
/home/lhw/data/aas.dat
current path lenth, max lenth is 22 80
current path is /home/lhw/data
/home/lhw/data/aas.dat
rm_1_3_16326: p4_error: net_recv read: probable EOF on socket:
1
current path is /home/lhw/data
/home/lhw/data/aas.dat
current path lenth, max lenth is 22 80
current path is /home/lhw/data
/home/lhw/data/aas.dat
current path lenth, max lenth is 22 80
current path is /home/lhw/data
/home/lhw/data/aas.dat
rm_1_6_15275: p4_error: net_recv read: probable EOF on socket:
1
rm_1_7_15275: p4_error: net_recv read: probable EOF on socket:
1
rm_1_5_15499: p4_error: net_recv read: probable EOF on socket:
1
rm_1_4_15591: p4_error: net_recv read: probable EOF on socket:
1
current path lenth, max lenth is 22 80
current path is /home/lhw/data
/home/lhw/data/aas.dat
rm_1_1_16386: p4_error: net_recv read: probable EOF on socket:
1
rm_1_2_16326: p4_error: net_recv read: probable EOF on socket:
1
bm_list_4877: p4_error: net_recv read: probable EOF on socket:
1
:
:
```

出现这种情况大都是因为初始化并没有正常结束，或者初始化的结果与主模型预期的结果不同，尽管初始化模型运行可能会正常结束。导致这种错误的可能原因有：

对于大规模问题，而且处理器个数又比较多时，初始化过程的内存开销比较大，而初始化过程是在一个处理器上完成的。所以，对于分布式存储的 Linux 微机机群，有可能因为内存不够而导致初始化出错。解决的办法是：把初始化过程放在内存比较大的节点上完成。

4. 由于停电等异常情况导致程序中途退出，有什么挽救措施吗？

对于大规模问题，由于模拟需要的时间很长，很难保证程序能够不受干扰的一次运行完成。经常会由于一些突发因素导致程序中途退出。那么在这种情况下要不要从头开始计算呢？

PRIS1.0 和当前流行油藏数值模拟软件一样，具有“重启”功能。它能够最大限度地挽回由于突发因素导致程序中途退出而造成的计算时间方面的损失。

所谓“重启”功能是指 PRIS1.0 会按照用户的要求或缺省设置，在某些时间步输出“现场信息”，以使得 PRIS1.0 可以根据现场信息，在这些时间步重新开始运行。用户可以在目录

~/data

下面看到一些 .rst 文件，这些文件就是用来记录“现场信息”的。

当 PRIS1.0 由于突发因素中途退出时，用户可以通过以下步骤来重启 PRIS1.0 以使 PRIS1.0 从输出重启信息的最近时间步重新开始计算：

- a) 从 .log 文件获取 PRIS1.0 输出最后一次重启记录的时间步和已经计算完的天数。

```
$ cd ~/data \
$ vi aas.log \
```

从后往前在该文件中搜索字符串“R”，然后记录下在该行中的时间步和天数。假定时间步为 80，相应的天数为 1308。如下面文件所示：

```
----- aas.log -----
:
I 76 1234 1148 46744 41 0.003 0 0 9594 1.0007 0.9990 1.0000119 46 11 -0.005156 2 1 -250.7 0 2
I 77 1243 1148 46731 41 0.003 0 0 9565 1.0007 0.9990 1.0000119 46 1 -0.007148 1 1 -402.1 0 2
I 78 1260 1148 46617 41 0.003 0 0 9511 1.0008 0.9988 1.0000155 5 1 -0.009144 1 1 -632.8 0 2
I 79 1282 1148 46533 41 0.003 0 0 9449 1.0010 0.9985 1.0000155 5 1 -0.011144 10 1 -580.6 0 2
I 80 1308 1148 46413 40 0.003 0 0 9383 1.0012 0.9983 1.0000155 5 1 -0.010145 17 1 -521.5 0 2 RP
I
I 81 1338 1243 50113 40 0.003 0 0 9308 1.0011 0.9984 1.0000 17 23 4 -0.036 17 23 11 -4644.7 0 7 P
I 82 1343 1010 40618 40 0.003 0 46 9297 1.0011 0.9984 1.0000156 29 11 -0.072156 29 11 3959.2 0 7
I 83 1344 1010 40492 40 0.003 0 25 9295 1.0011 0.9984 1.0000156 29 8 0.004156 29 11 364.1 0 2
*****
```

```

: RDCPS-IOS' S PRIS SIMULATOR :                LR                : START IN 22-Apr-02 16:45
: CURRENT SIMULATION DATE   : 9 JUL 1970 (   1346.299 DAYS ) ELAPSED TIME :      77 mins   : NOW   IN 22-Apr-02 18:02

```

TIME STEP SUMMARY

=====

I	TIME	PRODUCTION		GOR WATER		INJECTION		AVG MATERIAL BALANCES			MAX SATN CHG			MAX PRESS			CHG TIME I DATA						
		OIL	GAS	NM3/	CUT	GAS	WATER	PRESS				I	J	K	DSMAX	I	J	K	DPMAX	CUTS	N	PUT	
I	STEP	DAYS	SM3/D	NM3/D	SM3	FRACT	NM3/D	SM3/D	KPA	OIL	GAS	WATER	I	J	K	DSMAX	I	J	K	DPMAX	CUTS	N	PUT
I	84	1346	1010	40508	40	0.003	0	18	9291	1.0011	0.9984	1.0000	156	29	2	0.006	51	67	5	315.1	0	3	
I	85	1350	1010	40638	40	0.003	0	13	9282	1.0011	0.9984	1.0000	156	29	2	0.006	156	29	9	288.5	0	2	
I	86	1359	1010	40718	40	0.003	0	7	9266	1.0011	0.9985	1.0000	12	31	11	-0.009	156	29	13	303.5	0	2	
I	87	1376	1010	40679	40	0.003	0	2	9235	1.0010	0.9985	1.0000	12	31	11	-0.014	157	29	13	654.8	0	3	

⋮

----- end of aas.log -----

b) 从 .lis 文件找到“1308” 所对应的绝对日期.

```

$ cd ~/data \
$ vi aas.lis \

```

----- aas.lis -----

⋮

```

+                187      LIQUID      38.40      M3/DAY
+                237      LIQUID      37.30      M3/DAY
+                286      LIQUID      40.50      M3/DAY

```

```

: RDCPS-IOS' S PRIS SIMULATOR :                LR                : START IN 22-Apr-02 16:45
: CURRENT SIMULATION DATE   : 1 MAR 1970 (   1216.000 DAYS ) ELAPSED TIME :      65 mins   : NOW   IN 22-Apr-02 17:50

```

CURRENT SIMULATION DATE IS 1 MAR 1970 (TIME IS 1216.000 DAYS)

DATA CARDS

=====

DATE CARD (*DATE) - NEXT RECURRENT DATA RECORD WILL BE READ ON **1 JUN 1970** (TIME **1308.00** DAYS)

MAXIMUM FLOW RATE (*Q) - WELL NO. FLUID RATE UNITS FOR

```

-----
                PRODUCED                RATE
-----
+                207                LIQUID                40.60                M3/DAY
+                208                LIQUID                40.50                M3/DAY
+                209                LIQUID                39.40                M3/DAY
+                210                LIQUID                26.60                M3/DAY
+                274                LIQUID                25.40                M3/DAY
*****
: RDCPS-10S' S PRIS SIMULATOR :                LR                : START IN 22-Apr-02 16:45
                23834,117                81%

----- end of aas.lis -----

```

记录下“1308”对应的绝对时间“1 JUN 1970”。这说明1970年6月1号之前的数据已经模拟完毕。而且PRIS1.0可以根据重启记录从该时间开始模拟。

c) 接下来修改主模型的输入文件 *aas.dat*，使其从第80个时间步开始模拟。

```

$ cd ~/data \
$ vi aas.dat \

```

删除“*DATE 1 6 1970”行以前所有的数据(含该行)，然后在文件头上添加如下一行：

```
*RESTART 80 *CONT
```

如下所示

```

----- aas.dat -----
*RESTART 80 *CONT
***** 已删除!
* :::: * 已删除!
*C *DATE 1 6 1970 * 已删除!
***** 已删除!
*Q 102 94.9
*DATE 1 7 1970
*INJ *W 1 13 65
*Q 102 53.9
*Q 103 28.3
*Q 104 40.5
*Q 105 37.8
*Q 107 28.5
*Q 115 27.2
*Q 116 39.0
*Q 117 39.6

```



```
*Q 118 45.0
 *Q 119 68.2
 *Q 186 42.4
 *Q 187 38.2
 *Q 207 37.2
```

```
⋮
```

----- end of aas.dat -----
至此，用户就可以重新启动主模型从第 80 个时间步开始模拟了。

注： PRIS1.0 携带有一个脚本 *restart*，用户可以运行这个脚本程序来完成上述所有任务。（如果脚本失效，用户仍然可以采用上述步骤手工完成重启过程）。

5. 如何后台运行作业？

用户可以用以下两种方式后台运行作业：

假定用户的主模型输入数据文件为 *aas.dat* 在 4 个处理器上运行作业

a) `$ parasimu aas 4 \`

```
*****
 * NO FAULT DATA DETECTED!          *
*****
simulation run aas started

*****
 * Job will be running on nodes:
   SERVER8 nodel:2 node2:2 node3:2
*****

current path lenth, max lenth is 33 80
current path is /home/shengli/data/8w_shengcai_wo
/home/shengli/data/8w_shengcai_wo/bbs.dat
current path lenth, max lenth is 33 80
current path is /home/shengli/data/8w_shengcai_wo
/home/shengli/data/8w_shengcai_wo/bbs.dat
current path lenth, max lenth is 33 80
current path is /home/shengli/data/8w_shengcai_wo
/home/shengli/data/8w_shengcai_wo/bbs.dat
current path lenth, max lenth is 33 80
current path is /home/shengli/data/8w_shengcai_wo
/home/shengli/data/8w_shengcai_wo/bbs.dat
```

`ctrl + z \`

```
Suspended
SERVER8 ~/data/8w_shengcai_wo 30 > &bg \
[1] parasimu aas 4 &
SERVER8 ~/data/8w_shengcai_wo 31 >
```

这样作业已经开始后台运行了。这种方式的好处是，用户可以在前台运行作业

一段时间，如果一切正常，那么再放后台运行。

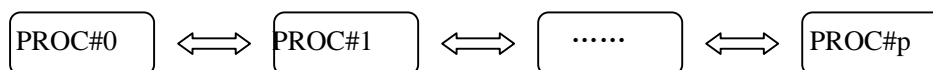
b) `$ parasimu aas 4 </dev/null >& output & \`

上述命令使得作业一开始就放在后台运行，所有的输出重定向到文件“output”，用户当然也可以选择自己喜欢的文件名。

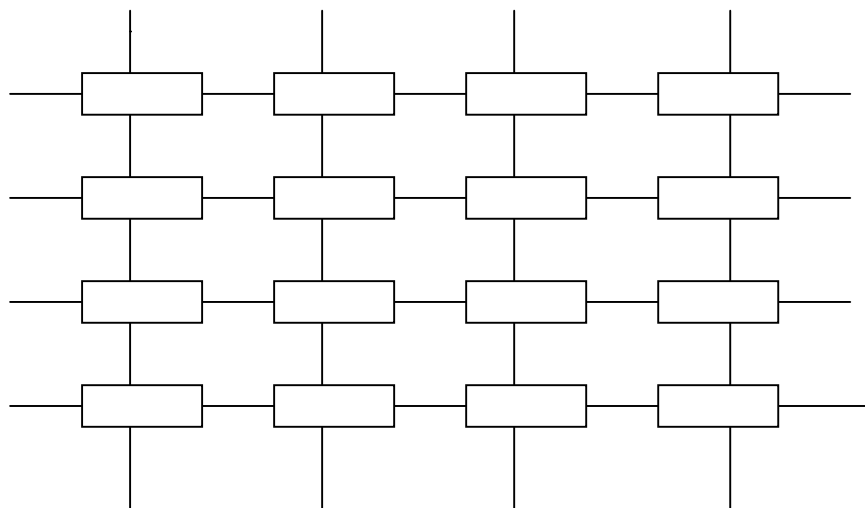
6. 用户应该如何选择区域划分的方式？

区域分裂的方式常用的有如下两种

a) 线性排列



b) Mesh 结构（二维和三维）



对于处理器排列方式的选择，或者说区域分裂方式的选择，应该具体问题具体分析，对于一般问题，最优的排列方式是不存在的。但我们还是有一些准则可以帮助选择：

- 如果问题本身具有明显的各向异性，则区域应该沿着耦合最弱的方向分裂，从而处理器呈线型排列。
- 对于一般椭圆型问题，区域不宜在一个方向上分裂。通常情况下，应

该采用 Mesh 结构的分裂.

但是, PRIS1.0 对于处理器的排列方式做了特别规定:

- a) 可以选择线性排列, 但处理器的个数 p 必须是个质数, 就是说 p 不可分解.
- b) 选择二维 Mesh 排列, 用户只需指定处理器个数, 而不必分别指定 x , y 方向上处理器的个数. PRIS1.0 会自动选择较优的处理器排列方式.
- c) 分裂只能沿着 xy 方向上进行, 目前不支持在 z 方向上分裂.

六. PRIS1.0 使用限制

◇ 该版本目前支持 *BLK 和 *WO 两种模型数据;

◇ 该版本若干数组长度的有效范围:

- 直角坐标系
 - ◆ X—方向的最大网格数: 200
 - ◆ Y—方向的最大网格数: 200
 - ◆ Z—方向的最大网格数: 70
- 最大总网格数: 600000
- 最大集输中心数: 5
- 最大井数: 350
- 每口井的最大射孔层数: 80
- 最多岩石类型数: 20
- 最多油类型数: 5
- 最多基准区数: 50
- 最多平衡区数: 50

七. 模拟实例: “宁海油田 T62 模型”

本部分以“宁海油田 T62 模型”数据为例,详细介绍用油藏数值模拟并行软件---PRIS1.0 模拟的全过程,包括数据准备、模拟目录生成、作业递交及结果察看、作业监视、重启作业等部分.

➤ 数据准备

正如我们在前面介绍的，油藏数值模拟并行软件 PRIS1.0 的输入数据包括两个文件：静态初始化数据文件和动态模拟数据文件，并要求其数据格式与国外主流油藏数值模拟软件 SimBestII 相同。下面，我们来分析“宁海油田 T62 模型”数据，以帮助软件用户尽快熟悉该种数据格式。

t62i.dat	静态初始化数据文件
t62s.dat	动态模拟数据文件

先分析 t62i.dat:

```

*TITLE          宁海油田 T62 初始化模型
*TITLE          t62i.idk (2002.06)
*WO
*GRID   *XYZ    65 35 34
*IDATE      1   8 1982
*C OUTPUT *SW  *P *DX *DY *DZNET *PHI *RTYPE
*OUTPUT *SKIP *ARRAYS
*METRIC   *BAR
*C  DWSTD   CW   BWINIT   VISW   TRSTD
*MISC      1.00 13.1E-05 1.00   0.5   85.00

*CRVAR *CONSTANT 1.19E-05

*DXH   *XVAR
30.4348 26.087 36.9565 39.1304 32.6087 43.4783
34.7826 34.7826 36.9565 36.9565 39.1304 39.1304
35.0501 41.6076 26.0047 36.4066 28.6052 33.8061
26.0047 28.6052 28.6052 23.4043 28.6052 33.8061
41.6076 39.0071 36.4066 26.0047 33.8061 31.2057
33.8061 36.4066 28.6052 28.6052 26.0047 28.6052
28.6052 23.4043 39.0071 33.8061 33.8061 31.2057
33.8061 28.6052 31.2057 31.2057 31.2057 26.087
28.2609 32.6087 34.7826 39.1304 39.1304 36.9565
28.2609 32.6087 34.7826 41.3044 39.1304 36.9565
    
```

- ◇ 静态初始化数据标题, 在每个数据中可使用 1 或 2 次.
- ◇ 油水模型
- ◇ 笛卡尔坐标及 XYZ 三方向的网格数目
- ◇ 数据模拟的初始日期
- ◇ 初始化输出: 表示所有数组数据都不输出
- ◇ 输入和输出数据的单位制为 *METRIC
- ◇ *MISC 杂相数据:
DWSTD = Density of water at standard conditions in g/cm3.
CW = Water compressibility at reservoir temperature
BWINIT = Water formation volume factor at initial reservoir pressure and temperature
VISW = Viscosity of water at reservoir temperature
TRSTD = Reservoir temperature
- ◇ 基质的 the constant compressibility
- ◇ x-direction 网格水平尺寸

```

43.4783 47.8261 45.6522 39.1304 1037.03
*DYH *YVAR
45.6522 30.4348 39.1304 28.2609 32.6087 34.7826
36.9565 32.6087 28.2609 32.6087 32.6087 32.6087
39.1304 26.087 26.087 26.087 26.087 28.2609
26.087 30.4348 32.6087 26.087 28.2609 32.6087
32.6087 30.4348 23.913 26.087 26.087 28.2609
28.2609 19.5652 26.087 32.6087 21.7391
*C CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
*SATWO 1
*C
*C SWT KRWT KROWT PCWO
0.409 0.000 1.000 0.877
0.743 0.101 0.031 0.435
0.745 0.10111 0.028 0.433
0.746 0.102 0.027 0.431
0.755 0.105 0.018 0.419
0.77 0.109 0.009 0.400
0.774 0.10911 0.007 0.395
0.779 0.110 0.006 0.388
0.788 0.112 0.004 0.376
0.798 0.113 0.003 0.363
0.806 0.114 0.002 0.353
0.815 0.115 0.00111 0.341
0.825 0.117 0.00101 0.328
0.831 0.11711 0.001 0.320
0.856 0.120 0.000 0.288
1.0 1.0 0 0
*C
*C CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
*C
*C IPVT BPTCH
*PVTO 1 114.700
*C (valapi)
*API 33.03 *CO 13.1E-05 *VCO 1.16E-3 *BP 114.700
*C
*C BPT RST VOT BOT
114.700 70.8 2.48 1.2091
130.710 102.3 2.39 1.2852
186.900 112.3 2.35 1.2900
300.000 122.3 2.30 1.3052
*C
*C PVTG *BG 1 0.8
*C

```

◇ y-direction 网格水平尺寸

◇ 油水饱和度表

SWT = Water saturation

KRWT = Relative permeability to water

KROWT = Relative permeability of oil in the presence of water

PCWO = Water-oil capillary pressure

◇ 油性质表

◇ 气性质表

```

*C PT      BGT      VGT
*C 114.700 .0800   .1000
*C 130.710 .0800   .1000
*CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
*EQUIL
*C IREGEQ  HINIT    PINIT    WOC      PCWOC
   1      2013.00  201.300 1988.4   0.0 0.0 0.0
   2      2013.00  201.300 1988.2   0.0 0.0 0.0
   3      2013.00  201.300 1989.2   0.0 0.0 0.0
   4      2013.00  201.300 1991.3   0.0 0.0 0.0
   5      2013.00  201.300 1968.2   0.0 0.0 0.0
   6      2013.00  201.300 1994.0   0.0 0.0 0.0
   7      2013.00  201.300 2005.3   0.0 0.0 0.0
   8      2013.00  201.300 2020.6   0.0 0.0 0.0
   9      2013.00  201.300 2043.8   0.0 0.0 0.0
  10      2013.00  201.300 2043.3   0.0 0.0 0.0
  11      2013.00  201.300 2048.1   0.0 0.0 0.0
  12      2013.00  201.300 2058.4   0.0 0.0 0.0
  13      2013.00  201.300 2061.0   0.0 0.0 0.0
  14      2013.00  201.300 2070.8   0.0 0.0 0.0
  15      2013.00  201.300 2073.1   0.0 0.0 0.0
  16      2013.00  201.300 2079.8   0.0 0.0 0.0
  17      2013.00  201.300 2080.2   0.0 0.0 0.0
  18      2013.00  201.300 2080.3   0.0 0.0 0.0
  19      2013.00  201.300 2100.3   0.0 0.0 0.0
  20      2013.00  201.300 2110.3   0.0 0.0 0.0
  21      2013.00  201.300 2253.3   0.0 0.0 0.0
*CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
*IREGEQ   *ZVAR
  1 2 3 4 4 4 5 5 4 4 5 6 6 6 7 8 9 10 10 11 11 12 13 13 14 14 15 16 17 18 19 20
 20 21
*CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
*DATUM
*C IREG    HDATUM   DWDAT   DODAT   DGDAT
   1      2013.00   0.    0.    0.
   2      2013.00   0.    0.    0.
   3      2013.00   0.    0.    0.
   4      2013.00   0.    0.    0.
   5      2013.00   0.    0.    0.
   6      2013.00   0.    0.    0.
   7      2013.00   0.    0.    0.
   8      2013.00   0.    0.    0.
   9      2013.00   0.    0.    0.
  10      2013.00   0.    0.    0.

```

◇ 平衡区参数

◇ 说明每个网格属于哪个平衡区

◇ datum parameters

11	2013.00	0.	0.	0.
12	2013.00	0.	0.	0.
13	2013.00	0.	0.	0.
14	2013.00	0.	0.	0.
15	2013.00	0.	0.	0.
16	2013.00	0.	0.	0.
17	2013.00	0.	0.	0.
18	2013.00	0.	0.	0.
19	2013.00	0.	0.	0.
20	2013.00	0.	0.	0.
21	2013.00	0.	0.	0.
22	2013.00	0.	0.	0.
23	2013.00	0.	0.	0.
24	2013.00	0.	0.	0.
25	2013.00	0.	0.	0.
26	2013.00	0.	0.	0.
27	2013.00	0.	0.	0.
28	2013.00	0.	0.	0.
29	2013.00	0.	0.	0.
30	2013.00	0.	0.	0.
31	2013.00	0.	0.	0.
32	2013.00	0.	0.	0.
33	2013.00	0.	0.	0.
34	2013.00	0.	0.	0.

*C CCC

*C

*RTYPE *CON

1

*C CCC

*C

*IREG *ZVAR

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25

26 27 28 29 30 31 32 33 34

*HTOP *LAYER

1983.72	1983.88	1984.08	1984.38	1984.7	1985.08
1985.53	1986	1986.59	1987.35	1988.36	1989.68
1991.22	1993.12	1995.04	1997.02	1999.27	2001.62
2004.01	2006.31	2008.86	2011.35	2014.07	2017.66
2022.38	2027.16	2030.42	2031.92	2032.57	2032.84
2032.99	2033.15	2033.18	2032.92	2032.27	2031.2
2029.82	2028.56	2027.31	2026.36	2025.98	2025.95
2026.16	2026.46	2026.73	2026.9	2026.87	2026.62
2026.21	2025.57	2024.74	2023.78	2022.82	2022
2021.4	2020.92	2020.46	2020	2019.56	2019.17

◇ 说明每个网格的岩石类型

◇ 说明每个网格所属的 datum or production 区

◇ 按层说明每个网格的顶深

	2018.77	2018.31	2017.83	2017.39	2012.37
.....					
*DZNET	*VALUE				
1.49281	1.46002	1.42021	1.36822	1.31627	1.25975
1.2025	1.15484	1.11154	1.07589	1.05119	1.04022
1.04381	1.06132	1.08739	1.11901	1.1577	1.19752
1.23453	1.26375	1.28591	1.29558	1.29308	1.2724
1.22371	1.15753	1.10565	1.08012	1.06835	1.06237
1.05731	1.05037	1.04407	1.04061	1.03905	1.03651
1.02832	1.01252	0.980459	0.924265	0.856607	0.783168
0.708825	0.643469	0.591585	0.55248	0.530721	0.525982
0.533537	0.553078	0.583881	0.622935	0.664663	0.701981
0.730105	0.752864	0.774284	0.79419	0.811047	0.823751
0.834443	0.843931	0.851478	0.856969	0.901992	
.....					
*DZ	*VALUE				
1.49281	1.46002	1.42021	1.36822	1.31627	1.25975
1.2025	1.15484	1.11154	1.07589	1.05119	1.04022
1.04381	1.06132	1.08739	1.11901	1.1577	1.19752
1.23453	1.26375	1.28591	1.29558	1.29308	1.2724
1.22371	1.15753	1.10565	1.08012	1.06835	1.06237
1.05731	1.05037	1.04407	1.04061	1.03905	1.03651
1.02832	1.01252	0.980459	0.924265	0.856607	0.783168
0.708825	0.643469	0.591585	0.55248	0.530721	0.525982
0.533537	0.553078	0.583881	0.622935	0.664663	0.701981
0.730105	0.752864	0.774284	0.79419	0.811047	0.823751
0.834443	0.843931	0.851478	0.856969	0.901992	
.....					
*KX	*VALUE				
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	182.146	184.55	187.375	190.475	193.525
196.565	200.106	204.153	208.697	213.579	218.353
222.44	226.235	230.399	235.038	239.856	244.32
248.933	254.029	259.086	263.53	309.02	
.....					
*KY	*VALUE				
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0

说明每个网格的厚度

说明每个网格的毛厚度

说明每个网格的 KX 值

说明每个网格的 KY 值

```

0      0      0      0      0      0
0      0      0      0      0      0
0      0      0      0      0      0
0      0      0      0      0      0
0      0      0      0      0      0
0      182.146    184.55    187.375    190.475    193.525
196.565    200.106    204.153    208.697    213.579    218.353
222.44    226.235    230.399    235.038    239.856    244.32
248.933    254.029    259.086    263.53    309.02

```

.....

```

*KZ      *VALUE
0      0      0      0      0      0
0      0      0      0      0      0
0      0      0      0      0      0
0      0      0      0      0      0
0      0      0      0      0      0
0      0      0      0      0      0
0      0      0      0      0      0
0      18.2146    18.455    18.7375    19.0475    19.3525
19.6565    20.0106    20.4153    20.8697    21.3579    21.8353
22.244    22.6235    23.0399    23.5038    23.9856    24.432
24.8933    25.4029    25.9086    26.353    30.902

```

◇ 说明每个网格的 KZ 值

.....

```

*PHI      *VALUE
0      0      0      0      0      0
0      0      0      0      0      0
0      0      0      0      0      0
0      0      0      0      0      0
0      0      0      0      0      0
0      0      0      0      0      0
0      0      0      0      0      0
0      0.180866    0.182736    0.18473    0.186736    0.188566
0.190276    0.192149    0.194158    0.196272    0.198402    0.200362
0.201956    0.203374    0.204868    0.206463    0.208047    0.209457
0.210859    0.212347    0.213768    0.214972    0.225408

```

◇ 说明每个网格的孔隙度

.....

```

*IPVT *CON
1
*ENDJOB

```

◇ 说明每个网格相关的流体性质

◇ 初始化数据结束

再分析 t62s.dat:

```

*RESTART 0 *CONT
*C CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
*WREST *TIME

```

◇ 重启卡片，从第 0 时间步重启

◇ 每个时间阶段写一次重启

<pre> *W PLOT *TIME *W MAP *TIME *MA POUT *P *SW *ESPIDO *C *WELL 1 *T62 9 29 *WELL 2 *T62-1 22 26 *WELL 3 *T80 31 18 *WELL 4 *T62-3 20 13 *C *C pan PRINT *ARRAYS *WELL *REGION *TIME *PRINT *WELL *REGION *TIME *PROD *LIQRES 1 *PROD *LIQRES 2 *PROD *LIQRES 3 *PROD *LIQRES 4 *C *C *PERF 1 23 23 1*-1.0 *PERF 1 25 25 1*-1.0 *PERF 1 30 31 2*-1.0 *PERF 2 27 31 5*-1.0 *PERF 3 17 18 2*-1.0 *PERF 3 20 20 1*-1.0 *PERF 3 22 23 2*-1.0 *PERF 3 25 25 1*-1.0 *PERF 4 22 24 3*-1.0 *PERF 4 27 29 3*-1.0 *C *Q 1 0 *Q 2 0 *Q 3 0 *Q 4 0 *C *C pan 0315 *W MAP *TONLY *C pan 0315 *DATE 1 9 1982 *C STOP *C *C CCC *C *WELL 5 *T62-9 31 29 *WELL 6 *Xt25 40 27 </pre>	<p>纪录、PLOT 纪录、MAP 纪录;且 MAP 纪录包括压力场和饱和度场</p> <p>◇ 解法器卡片</p> <p>◇ 井卡片: 1 为井号、T62 为井名、(9, 29) 为井的 (x,y)坐标</p> <p>◇ 表明 *WELL *REGION 数据在每个时间阶段输出一次</p> <p>◇ 定义 1,2,3,4 井为生产井</p> <p>◇ 定义井的射开层的 KH 值</p> <p>◇ 定义井的产量</p> <p>◇ 时间阶段 DATE 卡片: 1982-9-1</p>
---	---

```
*C
*PROD *LIQRES 5
*PROD *LIQRES 6
*C
*C
*PERF 5 25 25 1*-1.0
*PERF 6 22 24 3*-1.0
*C
*C
*Q 1 28271
*Q 2 8110
*Q 5 0
*Q 6 0
*Q 3 19912
*Q 4 7113
*C
*DATE 1 12 1982
*C
*C CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
*C
*WELL 7 *T62-7 17 21
*WELL 8 *T62-15 32 10
*C
*PROD *LIQRES 7
*PROD *LIQRES 8
*C
*C
*PERF 7 15 16 2*-1.0
*PERF 8 33 34 2*-1.0
*C
*C
*Q 1 20566
*Q 7 0
*Q 2 21233
*Q 5 1735
*Q 6 1395
*Q 3 20534
*Q 4 21288
*Q 8 0
*C
*DATE 1 3 1983
*C
*C CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
*C *C CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
*C
*C
*Q 16 8707
```

```

*Q 25 356
*Q 12 203
*Q 13 1737
*Q 29 32126
*Q 27 6017
*Q 5 7077
*Q 6 15006
*Q 20 4534
*Q 21 13523
*Q 23 0
*Q 8 10141
*Q 11 20448
*Q 31 1589
*C
*C pan 0315
*WMAP *TONLY
*C pan 0315
*C
*DATE 1 9 2001
*C
*C
*ENDJOB

```

➤ 模拟目录生成

有了两个数据文件，你可以随意建个目录，准备计算；比如建立 **shengcai** 目录，并把两个文件放到该目录下。

➤ 作业递交及结果察看

(1) 静态初始化过程

提交作业命令 **parainit**:

```
$ cd shengcai \
```

```
$ parainit t62i \
```

```

*****
* NO FAULT DATA DETECTED! *
*****
initiation run t62i started
PLEASE INPUT THE NUMBER OF PROCESS :

```

```
4
NNODES, NXPE, NYPE = 4 2 2
initiation run t62i ended
```

运行结果文件

```
$ ls -l t62i* \
```

会看到 **t62i.rst**, **t62i.edt**, **t62i.lis** 文件，具体说明

静态初始化过程结果文件说明		
文件名	类型	内容
t62i.rst	二进制文件	初始化重启记录
t62i.edt	二进制文件	绘图相关静态数据场
t62i.lis	文本文件	初始化运行结果文件

(2) 动态模拟过程

提交作业命令 **parasimu**, **4** 为进程个数:

```
$ cd shengcai \
```

```
$ parasimu t62s 4 \
```

运行结果文件

```
$ ls -l t62s* \
```

会看到 **t62s.rst**, **t62s.edt**, **t62s.lis**, **t62s.log** 文件，具体说明

动态模拟过程结果文件说明		
文件名	类型	内容
t62s.rst	二进制文件	模拟重启记录
t62s.edt	二进制文件	绘图相关动态数据场 及井信息
t62s.lis	文本文件	模拟运行结果文件
t62s.log	文本文件	模拟运行时间步统计 文件

➤ 作业监视

用户可以使用 Linux 系统以及扩充的 Linux 微机机群的相关 shell 命令来显示各个处理器的进程和负载状况. 此外, 也可以通过观察 PRIS1.0 的输出文件来了解其运行的相关信息, 如观察 *.log* 文件可

的损失及可以让用户自由调整重启的时间步. 所谓“重启”功能是指 PRIS1.0 会按照用户的要求, 在某些时间步输出“现场信息”, 以使得 PRIS1.0 可以根据现场信息, 在这些时间步重新开始运行. 用户在动态模拟数据文件中加入如下关键字:

***WREST (NTS)**
(*TIME)
(*TONLY)

- NTS - 整数; 表示从当前时间步记起, 每 NTS 个时间步写一个 MAP 记录
- *TIME - 表示在所有有*DATE 和*TIME 卡的时间步写 MAP 记录
- *TONLY - 表示在下一个*DATE 和*TIME 卡的时间步写 MAP 记录

例如:

```
*RESTART 0 *CONT
*WREST *TIME
.....
```

此时, 用户模拟结束后, 在运行目录

shengcai

下面看到一些以 .rst 为后缀的文件, 这些文件就是用来记录“现场信息”的. 用户可以通过以下步骤实现重启功能:

- a) 从 t62s.log 文件获取 PRIS1.0 输出最后一次重启记录的时间步和已经计算完的天数.

```
$ cd shengcai \
$ vi t62s.log \
```

从后往前在该文件中搜索字符串“R”, 然后记录下在该行中的时间步和天数. 如下面文件所示, 知道在第 25 个时间步(相应的天数为 487.0 天)时, PRIS1.0 输出了一次重启纪录;

----- aas.log starts -----																						
I	21	338.3	734	51940	71	0.565	0	4161	155	0.9976	0.9976	0.9779	34	24	16	-0.091	53	1	22	9.4	0	7
I	22	370.2	897	63529	71	0.574	0	3856	164	0.9981	0.9981	0.9862	34	25	15	0.134	65	1	23	12.1	0	5
I	23	396.0	976	69114	71	0.582	0	3686	169	0.9981	0.9981	0.9893	33	25	15	0.100	65	1	22	7.7	0	5
I	24	459.8	1084	76735	71	0.561	0	3448	176	0.9993	0.9993	0.9984	24	30	23	-0.172	17	21	16	16.2	0	9
RP																						
I	25	487.0	1099	77796	71	0.573	0	3360	179	0.9994	0.9994	0.9986	25	28	28	0.063	40	9	15	4.2	0	4
RP																						
----- aas.log ends -----																						

- b) 从 t62s.lis 文件找到“487.0”所对应的绝对日期.


```
$ cd shengcai \
$ vi t62s.lis \
```

在该文件中搜索字符串“CURRENT SIMULATION DATE IS”，找到 487.0 天所对应的绝对日期 1 DEC 1983:

```
----- aas.lis starts -----
.....
CURRENT SIMULATION DATE IS 1 DEC 1983 ( TIME IS 487.000 DAYS )
=====
DATA CARDS
=====
STOP CARD (*STOP) - THIS RUN WILL STOP WHEN THE CURRENT SET OF RECURRENT DATA HAS BEEN PROCESSED
-----
.....
----- aas.lis ends -----
```

c) 接下来修改动态模拟数据文件 *t62s.dat*，使其从第 25 个时间步开始模拟。

```
$ cd shengcai \
$ vi t62s.dat \
```

删除“*DATE 1 12 1983”行以前所有的数据(含该行)，然后在文件头上添加如下一行:

```
*RESTART 25 *CONT
```

如下所示:

```
----- aas.dat starts -----
.....
*RESTART 25 *CONT
***** 已删除!
* : : : * 已删除!
*C *DATE 1 12 1983 * 已删除!
***** 已删除!
*Q 102 94.9
!
.....
----- aas.dat ends -----
```

至此，用户再重新提交动态模拟过程的作业:

```
$ cd shengcai \
```

```
$ parasimu t62s 4 \
```

就可以重新启动主模型从第 25 个时间步开始模拟了。

- ◆ 若用户想从第 24 个时间步 (459.8 天) 重启模拟. 首先, 在 lis 文件中确定出日期区间: 1 SEP 1983 (396.000 DAYS) 至 1 DEC 1983 (487.000 DAYS), 修改动态模拟数据文件 *t62s.dat* , 使其从第 24 个时间步开始模拟.

```
$ cd shengcai \
```

```
$ vi t62s.dat \
```

删除 “*DATE 1 12 1983” 行以前所有的数据(不含该行), 然后在文件头上添加如下行:

```
*RESTART 24 *CONT
```

如下所示:

```
----- aas.dat starts -----
.....
*RESTART 24 *CONT
***** 已删除!
* ::: * 已删除!
*C *DATE 1 12 1983 * 已删除!
***** 已删除!
*DATE 1 12 1983
*Q 102 94.9
!
.....
----- aas.dat ends -----
```

注: 脚本程序 *restart* 可以自动完成上述所有任务.