

STARS

热采及化学驱模型用户指南

简介	8
总论	8
STARS 2003.10 与 2002.10 版的重要改变	8
与前一版本 STARS 的数据不兼容性	8
STARS 2003.10 中新的关键词	9
已有关键词功能的增强	11
新的数据集样本	13
STARS 介绍	13
指南	16
引言	16
关键字输入系统的数据组	16
如何读关键字的语法	17
如何对你的数据文件建立文档方式	18
如何执行重新启动运行	19
控制打印输出文件的内容	21
控制模拟结果文件的内容	21
网格系统描述	21
无效网格的输入	22
局部加密网格描述	23
使用双孔/双渗模型	24
双孔双渗例子	24
步长过小或运行时间过长问题	24
井的定义	26
定义井的类型	26
如何关井以及重新开井	27
工作及监测限制	28
确定井指数	29
水平井	31
停止一个模拟运算	32
关于井数据设置的指导	32
模拟运行	32
改进数值方法的执行情况	34
最小限度使用内存	37
井的管理和组的控制	38
关键字数据输入系统	38
关键字系统介绍	38
注释行(可选择)	42
空行(可选择)	43
数据的范围检查(可选择) *RANGECHECK	43
包含文件(可选择) *INCLUDE	44
控制数据文件列表(可选择) *LIST, *NOLIST	45
改变注释标识符(可选择) *COMMENT	45
使用转换规则改变关键字(可选择) *TRANSLATE	46
用户网格地址	47

输入网格性质数组	47
基质网格性质的输入 *MATRIX.....	49
裂缝网格性质的输入 *FRACTURE.....	50
加密网格的位置 *RG	50
输入井筒的网格性质 *WELLBORE, *ANNULUS, *TUBING.....	51
对网格的所有属性赋值 *ALLELEM.....	52
常数值数组 *CON	52
以 IJK 方式输入数组 *IJK.....	52
数组输入值沿 I 方向变化 *IVAR.....	54
数组输入值沿 J 方向变化 *JVAR.....	55
数组输入值沿 K 方向变化 *KVAR.....	55
大多数或所有网格的值都不同时的输入 *ALL.....	56
由 I 方向确定 J 和 K 方向的数据 *EQUALSI.....	57
修改数组数据(条件) *MOD.....	57
内插求出表数据(可选择) *INT.....	60
输入/输出控制数据段	61
输入/输出控制汇总	61
命令行变量(可选择) *COMMAND-LINE-ARG.....	66
输入/输出文件名(可选择) *FILENAMES.....	68
维数覆盖(可选择) *DIM.....	72
检查错误的扫描方式(可选择) *CHECKONLY.....	76
方案和情况的标识(可选择) *TITLE1, *TITLE2, *TITLE3, *CASEID	77
输入/输出数据的单位(可选择) *INUNIT, *OUTUNIT.....	78
质量基础指示符(可选择) *MASSBASIS.....	81
错误信息的最大数(可选择) *MAXERROR.....	81
开始和停止的时间步 *RESTART, *MAXSTEPS.....	82
写重启记录(可选择) *WRST, *REWIND.....	83
打印输出的频率(可选择) *WPRN.....	84
打印输出文件的项目(可选择) *OUTPRN, *PARTCLSIZE.....	85
模拟结果的输出频率(可选择) *WSRF.....	90
模拟结果文件的项目(可选择) *OUTSRF, *SR2PREC, *SRFASCII, *XDR	91
网格数组打印的方向(可选择) *PRNTORIEN, *PRINT_REF.....	98
矩阵解法的打印输出(可选择) *OUTSOLVER.....	100
捕获 Control-C 中断(可选择) *INTERRUPT.....	100
详细的数据回应控制(可选择) *DATAECHO *NOLISTLIM.....	101
油藏描述数据段	102
油藏描述数据摘要	102
网格类型(要求) *GRID, *KDIR.....	107
9 点空间离散化(可选择) *NINEPOINT, *NINEPTH	111
I 方向的网格步长(要求) *DI.....	112
J 方向的网格步长(要求) *DJ.....	113
K 方向的网格尺寸(要求) *DK.....	114
网格深度(条件) *DEPTH.....	115
网格的顶部深度(条件) *DTOP.....	116

有效厚度中心的深度(条件) *PAYDDEPTH.....	118
网格块的深度(条件) *DEPTH-TOP.....	119
网格的倾角(条件) *DIP.....	119
角点网格的角点深度(条件) *ZCORN.....	120
角点网格的横向坐标(条件) *XCORN,*YCORN.....	121
共线角点坐标(条件) *COORD.....	123
角点网格的完整角点坐标(条件) *CORNERS.....	125
角点容限(可选择) *CORNER-TOL.....	127
局部加密网格(条件) *REFINE,*RANGE.....	128
网格的几何修正因子(可选择) *VAMOD,*VATYPE.....	137
无效网格标识符(可选择) *NULL.....	143
双孔(可选) *DUALPOR.....	144
双渗(可选) *DUALPERM.....	144
双孔子域(可选) *SUBDOMAIN.....	144
双孔 MINC(可选) *MINC.....	144
裂缝间距(条件) *DIFRAC,*DJFRAC,*DKFRAC.....	144
离 散 化 井 筒 (条 件)	
*WELLBORE,*RELROUGH,*LAMINAR,*TRANSIENT,*CIRCWELL,*WELLINFO,*REGIME,*WELL WALL,*TUBINSUL,*ANNULUSWAL,*CASING,*FILM_COND,*RANGE,*WBZ,*WBZADJ.....	145
孔隙度(要求) *POR.....	154
渗透率(要求) *PERMI,*PERMJ,*PERMK.....	155
孔隙体积修正因子(可选择) *VOLMOD.....	156
有效厚度(可选择) *NETPAY.....	157
净毛比(可选择) *NETGROSS.....	159
传导率乘子(可选择) *TRANSI,*TRANSJ,*TRANSK.....	160
传导率乘子(低端面)(可选择) *TRANLI,*TRANLJ,*TRANLK.....	162
尖灭层(可选择) *PINCHOUT.....	163
尖灭容限(可选择) *PINCHOUT-TOL.....	164
断层(可选择) *FAULT.....	165
断层数组(可选择) *FAULTARRAY.....	167
水 层 模 型	
*AQUIFER,*AQMETHOD,*AQPROP,*AQVISC,*AQCOMP,*AQLEAK,*HFPROP,*AQGEOM.....	168
压力影响方程(可选) *AQFUNC.....	168
孔隙体积阈值(可选择) *PVCUTOFF.....	168
扇区(可选择) *SECTOR.....	169
扇区数组(可选择) *SECTORARRAY.....	171
扇区名称和位置(可选) *SECTORNAMES,*ISECTOR.....	172
特殊连接(可选) *SCONNECT.....	173
其他油藏性质数据段.....	174
其他油藏性质概要.....	174
网格定义结束(要求) *END-GRID.....	176
岩石类型(可选择) *ROCKTYPE,*THTYPE.....	176
岩石压缩性(要求) *PRPOR,*CPOR,*CTPOR,*CPORPD,*PORMAX.....	178
油 藏 的 膨 胀 - 再 压 实 (可 选 择)	

*DILATION, *PBASE, *PDILA, *PPACT, *CRD, *FR, *PORRATMAX	180
油藏压实一反弹 (可选) *EPCOMPACT, *CRP, *PPLASTIC	182
变化的渗透率 (可选) *PERMCK, *PERMTAR, *PERMTABLOG, *PERMEXP, *PERMULI, *PERMULJ, *PERMULK	184
岩石热性质(可选择) *ROCKCP, *CPC, *THCONR, *THCONW, *THCONO, *THCONG, *THCONMIX	185
盖层热损失(可选择) *HLOSSPROP, *HLOSST, *HLOSSTDIF	188
诊断传导修正 (可选) *TRANSIJ+, *TRANSIJ-, *TRANSIK+, *TRANSIK-	190
组分性质数据段	191
组分类型和名称(要求) *MODEL, *COMPNAME	191
K 值关系式 *KV1, *KV2, *KV3, *KV4, *KV5	194
K 值表 *GASLIQKV, *LIQLIQKV, *KVTABLIM, *KVTABLE, *KVKEYCOMP	195
分子量(要求) *CMM	197
临界性质(要求) *PCRIT, *TCRIT, *IDELGAS	198
参考条件 *PRSR, *TEMR, *PSURF, *TSURF, *SURFLASH, *K_SURF, *KL_SURF	200
流体的焓 *CPL1, *CPL2, *CPL3, *CPL4, *CPG1, *CPG2, *CPG3, *CPG4, *HVR, *EV, *HVAPR	202
固相的属性 (要求) SOLID_DEN, *SOLID_CP	206
液相的标识 *LIQPHASE, *WATPHASE, *OILPHASE	208
液体密度(要求) *MOLDEN, *MASSDEN, *MOLVOL, *CP, *CT1, *CT2, *GASSYLIQ	208
液体密度的非线性混合 *DNMIXCOMP, *DNMIXENDP, *DNMIXFUNC	211
粘度类型(可选择) *VISCTYPE, *VSTYPE	214
气相粘度 *AVG, *BVG, *GVISCOR	215
液相粘度(要求) *AVISC, *BVISC, *VISCTABLE	216
液相粘度的非线性混合 *VSMIXCOMP, *VSMIXENDP, *VSMIXFUNC	218
非平衡堵塞 *BLOCKAGE, *SOLIDMIN	219
关键的化学反应数据 *STOREAC, *STOPROD, *FREQFAC	221
非 关 键 化 学 反 应 数 据 *RENTH, *RPHASE, *RORDER, *EACT, *O2PP, *O2CONC, *RTEMLWR, *RTEMUPR	224
常规反应 *PERMSCALE, *MTVEL	228
部分平衡反应(可选择) *RXEQFOR, *RXEQBAK	230
岩石流体性质数据段	233
岩石流体数据的摘要	233
多种岩石一流体数据	235
相对渗透率和毛细管压力的插值	236
临界和原始饱和度, 成比例缩小因子和标准化	238
三相模型	241
润湿性选项	242
岩石流体性质标识(要求) *ROCKFLUID	244
岩石流体的类型号 *RPT, *KRTYPE, *RTYPE	244
内插组分 *INTCOMP	246
界面张力 *INTLIN, *INTLOG, *IFTTABLE	247
泡沫的内插参数 *FMSURF, *FMCAP, *FMOIL, *FMGCP, *FMOMF, *FMMOB, *EPSURF, *EPCAP, *EPOIL, *EPGCP, *EPOMF	247

内插组号与参数	*KPINTERP, *DTRAPW, *DTRAPN, *WCRV, *OCR, *GCRV, *SCRV	248
水, 油的 KR 表	*SWT	249
液气的 kr 表	*SLT	250
滞后参数 (可选)	*HYS_KRO, *HYS_KRW, *HYS_KRG, *HYS_PCOW, *HYS_PCOG, *HYS_LEVEL, *HYS_TOLW, *HYS_REVW, *HYS_TOLG, *HYS_REVG, *HYS_DRAINW, *HYS_IMBIBW, *HYS_DRAIN, *HYS_IMBIBG	250
kr 的端点	*SWR	255
kr 与 T 的关系	*KRTEMTAB	256
每个网格块的岩石流体缩放比例		256
有效分子扩散系数	*DIFFI_WAT, *DIFFJ_WAT, *DIFFK_WAT, *DIFFI_OIL, *DIFFJ_OIL, *DIFFK_OIL, *DIFFI_GAS, *DIFFJ_GAS, *DIFFK_GAS	259
弥散系数	*DISPI	260
机械弥散	*MDSPI_WAT, *MDSPJ_WAT, *MDSPK_WAT, *MDSPI_OIL, *MDSPJ_OIL, *MDSPK_OIL, *MDSPI_GAS, *MDSPJ_GAS, *MDSPK_GAS	261
总弥散系数	*DISPI_WAT, *DISPJ_WAT, *DISPK_WAT, *DISPI_OIL, *DISPJ_OIL, *DISPK_OIL, *DISPI_GAS, *DISPJ_GAS, *DISPK_GAS	262
吸附组分的函数	*ADSCOMP	264
吸附依赖岩石性质的数据	*ADSRCK	265
初始条件		267
初始条件的标识(必须)	*INITIAL	267
初始化区域	*INTERGION, *INTYPE	267
垂向平衡(可选择)	*VERTICAL	267
初始油藏的 P, T	*PRES	269
初始饱和度	*SW	269
初始的相摩尔分数	*MOLEFR	270
初始固体的浓度		271
数值方法的控制		273
摘要		273
数值方法控制的标识(可选择)		274
最大时间步长(可选择)	*DTMAX	274
模型的公式(可选择)	*TFORM, *ISOTHERMAL	274
每时步基本变量的正常变化(可选择)	*NORM	274
收敛容限(可选择)	*CONVERGE	275
最大牛顿迭代次数(可选择)	*NEWTONCYC	276
低松弛选择(可选择)	*UNRELAX	276
上游计算选择(可选择)	*UPSTREAM	277
线性解法的收敛精度(可选择)	*PRECC	277
正交化(可选择)	*NORTH	277
方程的排序(可选择)	*SORDER	278
因式分解的级(可选择)	*SDEGREE	278
旋转提高稳定性(可选)	*PIVOT	278
最大内迭代次数(可选择)	*ITERMAX	278
自适应隐式标识(可选择)	*AIM	279

射开层的倒流开关(可选择) *BAKFLOSW.....	279
P 和 T 的限定(可选择) *MINPRES	279
每个时步, 相转换的最大次数(可选择) *PVTOSCMAX.....	280
井的预消去控制(可选择) *MAXLAYPRE.....	280
允许的最大切 ΔT 次数(可选择) *NCUTS	280
岩石力学模块	281
岩石力学模型简介	281
几何模型(可选)	283
塑性模型地层属性	284
膨胀区域相渗	285
原始应力分布	285
井径	287
其他膨胀属性	287
变形岩石类型	287
屈服标准	288
刚度矩阵的计算选择	289
平面应变选项	289
边界描述	289
点载荷	289
边界分布载荷	289
重力载荷	289
无效网格	289
盖层	289
岩石力学领域	289
耦合	289
变形解法的控制 ? ? ? ? ?	289
动态裂缝要求的数据	290
裂缝的 kr	291
其它动态裂缝数据	291
边界应力卸载	292
Geomechanics AIMSOL Control *SOLVERG, *PRECCG, *PRECABG, *NORTHG, *SORDERG, *SDEGREEG, *PIVOTG, *ITERMAXG, *ORTHOGG, *JDUMPG, *SITERPG	292
井和循环数据段	293
摘要	293
井与循环数据的标识符(必须) *RUN.....	296
模拟的参照时间 *TIME.....	296
组的标识 (可选) *GROUP.....	296
井的标识(必须) *WELL.....	296
井组的定义(可选择)	298
井口方式 (可选) *HEAD-METHOD.....	298
在未被激活的网格中进行射孔(可选) *NULL-PERF.....	300
井类型的定义(必须) *PRODUCER *INJECTOR.....	301
注入流体的属性 *TINJW.....	301
注入相的组成 *INCOMP.....	302

其它井的属性 *DOWNHOLE ? ? ? ?	303
井的操作约束(必须) *OPERATE.....	303
井的监视约束(可选择) *MONITOR.....	305
井的几何特征(条件) *GEOMETRY.....	306
完井位置(条件) *PERF.....	307
垂直井的完井位置(条件) *PERFV.....	310
细分网络的完井位置(条件) *PERFRG ? ? ?	310
依赖于 P 的传导率乘子 *PFRAC.....	313
斜井完井的几何数据 (条件) *LAYERXYZ.....	314
斜井完井的简化几何数据 (条件) *LAYERIJK.....	316
完井处间的压力梯度(条件) *LAYERGRAD.....	317
用户为井底流压定义参考深度(可选) *BHPDEPTH.....	319
用户为井底流压定义压力梯度(可选) *BHPGRAD.....	321
改变初步操作限制值(可选) *ALTER.....	322
值改变后重新设置井的操作限制(可选) *MRC-RESET	324
循环注蒸汽增产井组 *CYC_GROUP.....	325
蒸汽循环间的自动转换 *INJ_C_SWT, *PROD_C_SWT, *IN_PR_SHUT, *PR_IN_SHUT ...	326
井筒压力降和热损失(可选) *PHWELLBORE.....	328
气举选项 *GLIFT, *INCOMPGL.....	332
其它井属性 *TRANSIENT, *SAMINFO.....	333
组产量限制(可选) *GCONP.....	335
组注入量限制(可选) *GCONI.....	337
监测组的限制(可选) *GCONM.....	339
自动钻井优先序列(可选) *DRILLQ.....	340
组分配选项(可选) *GAPPOR.....	341
组或井的引导量 *GUIDEP, *GUIDEI.....	341
不受组控制的伴随井或组的标识(可选) *GCPOFF, *GCIOFF	343
恒定流和热对流交换模型 *HEATR, *TMPSET, *UHTR, *UHTRAREAI-, *UHTRAREAI+, *UHTRAREAJ-, *UHTRAREAJ+, *UHTRAREAK-, *UHTRAREAK+, *AUTOHEATER	344
绝热传导控制 *ADHEAT.....	345
从网格控制 *HEATSLAVE.....	347
井筒——网格传导率乘因子(可选) *TRANSWB.....	348
与压力有关的传导率乘因子 *PFRAC, *PFRACF, *PTRANSI, *PTRANSJ, *PTRANSK, *PTRANSIJ+, *PTRANSIJ-, *PTRANSIK+, *PTRANSIK-	349
自动的岩石—流体开关 *KR SWITCH, *KRRESET, *SGLIM, *TEMLIM, *KRNOPR, *KRPRGRID, *KRPRDET	350
重新设置自适应隐式 *AIMSET.....	351
终止模拟 *STOP	352
附录.....	353

简介

总论

此简介分为以下几个部分：

- STARS 2003.10 与 2002.10 版的重要改变
- 与前一版本 STARS 的数据不兼容性
- STARS 2003.10 中新的关键词
- 已有关键词功能的增强
- 新的数据集样本
- STARS 介绍

STARS 2003.10 与 2002.10 版的重要改变

多底井

所有汇源井井可用多底井配置。三个新的数据集可说明此新特征。

井筒摩阻与热损失

可对汇源井进行井筒摩阻压力降进行计算。另外，还可进行井筒热损失计算。以前，井筒摩阻和热损失计算仅可在离散井筒中进行。

井的轨迹

可清晰描述 3D 空间的井轨迹，改进对斜井和多底井的描述。这些轨迹可用 RESULTS 进行观看。

与速度有关的扩散

STARS 中有与速度有关的机械离散，还有分子散和以前的“全部离散”。

32 位

对于 32 位 windows 操作系统，STARS 的内存从 2GB 增加到 3GB，允许用户运行更大的模型。参阅输入和输出控制单元的 32 位和 64 位限制。

64 位

STARS 可在两个操作平台上进行运行：Win64 (Itanium) 和 AIX64 (P600's)。较大的模型可在此平台上运行，包括新的 100 万网格蒸汽驱数据集。

取消维数限制

组份数量，反应数量和岩石数量以及岩石流体数据岩石类型，还有扇区数量的内部矩阵维数取消。

确定化学反应中固体组份的量

化学反应中确定每固体组份的量，因为改进了处理接近为 0 的孔隙度的算法。

与前一版本 STARS 的数据不兼容性

*The following **mandatory** data changes must be done to an existing STARS data set in*

order for it to work correctly with version 2003.

Restrictions on Composition-Dependent K Values

For the composition-dependent K value option, the key component defined via *KVKEYCOMP may not use key phase W, X, Y, YK or M if a Z formulation is used (*TFORM *ZT or *ZH).

Using *MFRAC_OIL and *PBC Together

Keywords *MFRAC_OIL and *PBC may not be used for the same component.

*DFRACTYPE Not Recommended

The dynamic fracture model *DFRACTYPE is not recommended since it can degrade numerical performance significantly and give unphysical results. Also, this option is deemed obsolete since there are other more physically appropriate models such as *DILATION with variable permeability.

Keyword *PFRAC in the Geomechanics Model chapter is changed to *PDFRAC to prevent confusion with *PFRAC in the Recurrent Data chapter. If *PFRAC appears in the Geomechanics Model chapter then it will be accepted but a warning will be issued.

Obsolete Mole Fraction Defaults

Previous versions and the current version of STARS apply the following default on a per-block basis to each liquid phase (water and oil): if the initial mole fraction of each component in that phase is zero (e.g., not specified) then the mole fraction of component number 1 (water) or numw+1 (oil) is set to 1. For cases with more than one aqueous and oleic component, respectively, this practice is not recommended. STARS 2003 flags the non-recommended condition with a warning and performs the default as before, but future versions may disallow it.

Multiple Primary Keywords on One Line

STARS is changing its policy of allowing multiple primary keywords on one line, in order to be compatible with Builder and the other CMG simulators. See **STRINGING KEYWORDS** in the chapter **Keyword Data Entry System**. No data change is required at this time.

STARS 2003.10 中新的关键词

1.

Keyword *KVKEYCOMP has subkeywords for indicating which composition quantity to use for interpolating between K value tables. New subkeyword *YK indicates that the gas mole fraction is used on an implicit or updated basis instead of an explicit basis.

2.

New keyword *LAYERXYZ allows you to specify a well's trajectory in space and allows STARS to calculate more accurately the well-block indices. This method is preferred (over the sole use of I-J-K indices) when more than one of the I,J,K indices is different for blocks containing adjacent well layers. For example, a well through blocks (1,1,1) and (2,1,1) does not need *LAYERXYZ since only the I index is different, whereas a well through blocks (1,1,1) and (2,2,1) could use *LAYERXYZ since both the I and J indices are different and so describe a diagonal path. See new template "stwwm016.dat". These trajectories can be viewed by RESULTS 3D. Note that Builder will not create or write *LAYERXYZ data for STARS. Since this data is too complex

to create by hand, most *LAYERXYZ data will come to STARS from the conversion of IMEX or GEM data sets. In addition, CMG support can generate *LAYERXYZ for STARS upon request.

3.

STARS now supports multi-lateral source/sink wells via new *PERF subkeywords *FLOW-TO and *FLOW-FROM which let you attach one well leg to another well leg to create multi-lateral configurations. See new templates "stwwm017.dat", "stwwm018.dat" and "stwwm020.dat". Note that Builder will not create or write *FLOW-TO or *FLOW-FROM data for STARS.

4.

New keyword *HEAD-METHOD makes available a frictional pressure drop calculation for source/sink wells, including deviated and multi-lateral well types. Sub-keyword *GRAV-FRIC enables the calculation, and subkeyword *GRAV-FRIC-HLOS enable it with heat loss. See new templates "stwwm019.dat", "stwwm020.dat" and "stwwm021.dat". Note that Builder will not create or write *GRAV-FRIC data for STARS.

5.

New keywords *DIFFI_WAT, etc., allow you to model molecular diffusion separate from mechanical dispersion. The manual entry for *DISPI_WAT, etc., has been rewritten.

6.

New keywords *MDSPI_WAT, etc., are mechanical dispersivities for each direction and phase, and are multiplied by the local phase velocity to get a dispersion term for each component in the phase.

7.

New keyword *TORTU lets you choose between tortuosity options when using the diffusion or dispersion feature. For the new tortuosity option the entered coefficient does not contain implicitly the porosity and saturation and so will result in the same diffusion for different porosity and/or saturation.

8.

Keywords *PERF and *PERFV have new subkeywords *GEOA and *KHA that match the definition of IMEX.

9.

Keywords to control use of AIMSOL for solution of the geomechanics stress-strain equations are documented in the Geomechanics Model chapter.

10.

New *DIM subkeywords *MPLNE, *MCONNG and *MDICLU_PG are added for geomechanics options.

11.

New subkeyword *CPUS of *OUTSRF *SPECIAL allow you to view in RESULTS the rate and accumulation of CPU seconds.

12.

New keyword *RESTIME, and associated command-line argument "-restime", let you specify a time from which to restart.

13.

New keywords *SECTORNAMES and *ISECTOR together give another way to specify sectors.

14.

Transmissibility multipliers entered via *TRANSI, etc., and *TRANLI, etc., can be viewed in RESULTS 3D via the following new subkeywords of *OUTSRF *GRID: *TRMI, *TRMJ, *TRMK, *TRLI, *TRLJ and *TRLK.

已有关键词功能的增强

1.

Solid components are now available in the list of components for *OUTSRF *SPECIAL *MATBAL subkeywords CURRENT and REACTION. Also, these quantities now are in the Material Balance report in the ".out" file. Note that the material balance error for each solid component is zero within numerical round-off.

2.

It is no longer possible to assign a zero component gas phase viscosity via *AVG when the default does not apply.

3.

Initial mole fractions entered via *MFRAC_WAT, *MFRAC_OIL and *MFRAC_GAS are adjusted consistently to satisfy phase constraints, handling correctly cases with or without liquid-liquid solubility, oil saturation, gas zone and vertical equilibrium in combination. The DEFAULT, CONDITIONS and EXPLANATION parts of the manual for this keyword group are rewritten.

4.

The interaction of *KRINTERP with end-point scaling is improved.

5.

Special history *MATBAL stat *ENERGY no longer gives zero for stat = *AQUEOUS, *OLEIC, *GASEOUS and *ADSORBED.

6.

For *MASSBASIS the density is now correct for multi-component gas phase. Also, *GVISCOR may not be used with *MASSBASIS. The manual entry for *MASSBASIS is improved.

7.

Perf direction default based on I-J-K index sequence is now correct for a well's first perf layer.

8.

For saturation initialization, use of *DWOC and *DGOC without *VERTICAL no longer over-rides explicit assignments *SW, etc.

9.

$S_w = 1 - S_{oirw}$ (instead of S_{wc}) in water zone when oil is heavier than water and *DWOC appears without *VERTICAL.

10.

When *DWOG appears without *VERTICAL, the value of S_o in the oil zone (S_{oirg}) no longer ignores per-block end-point data *BSOIRG.

11.

When *KRTYPE *VERTICAL is used, the vertical relative permeability set is used in the *VERTICAL *DEPTH_AVE option.

12.

You can now enter *CONVERGE *MAXRES separately for different components, energy and constraint.

13.

The manual entry for *KVTABLE explains the interpolation between adjacent rows and columns.

14.

The manual entry for *MOLDEN shows the updated default water density correlations.

15.

In the manual entry for *BLOCKAGE the resistance factor formula is updated for multiple blocking components.

16.

The manual entry for *TDMAX contains the formula for transmissibility change due to dilation.

17.

Command-line argument "-log" is now documented and new command-line argument "-stoptime" is added.

18.

Well mass rates and accumulations are available as sector statistics when *OUTPRN *WELL *MASS is used.

19.

Limitations of the adaptive implicit (*STAB) option are explained.

20.

In the manual entry for *HLOSST, the DEFAULT description is corrected.

21.

In the summary of chapter Well and Recurrent Data, the description for **Specifying Injected Phase** is updated.

22.

In the manual entry for *GEOMETRY, the DEFAULTS and CONDITIONS descriptions are corrected.

23.

In the manual entry for *PERF, the EXPLANATION section **Direction Default of *GEO-Like Options** is updated for *LAYERIJK.

24.

In the manual entries for *XCORN, *YCORN, *ZCORN, *COORD and *CORNERS, a statement allowing *RG array qualifier is added.

25.

In the manual entry for *REFINE *HYBRID, *RW is changed to "required" and *NINEPOINT is deemed incompatible with *HYBRID.

26.

In the manual entry for *DIFRAC, section **Converting IMEX keywords *SHAPE and *TRANSFER** is added.

27.

In the manual entry for *KRTYPE, section **Discretized Wellbores** is added.

新的数据集样本

These files can be found in CMG release area `.../cmg/stars/2003.vv/tp1` where `vv` is the particular version number.

Geological Structures (directory /geo)

stgeo004.dat Axi-symmetric Cyclic Steam Injection (4 Rock Types, Rigid Top)
stgeo005.dat Single-Well Cold Flow with Sand Failure (2D Radial Model)
stgeo006.dat Overburden Loads and Reservoir Body Force
stgeo007.dat Geomechanics Domains and AIMSOL Matrix Solution
stgeo008.dat Corner Point Grid Deformation with Displacement Vectors
stgeo009.dat Corner Point Grid Deformation with Displacement Vectors
(Two Geomechanics Rock Types)
stgeo010.dat Axi-symmetric External Loads (Two Rock Types)

Simulator Options (directory /smo)

stsmo010.dat Water/Oil/Gas Ver. Eq. with Oil on Bottom, $P_c = 0$
stsmo011.dat Oil/Water/Gas Ver. Eq. with Oil on Bottom, Non-Zero P_{cow}
stsmo012.dat Water/Gas Vertical Equilibrium Initialization
stsmo013.dat G-L and L-L Surface K Values

Wells and Well Management (directory /wmm)

stwmm009.dat 4-Well Waterflood (Group Control, Voidage Replacement, Work-Over)
stwmm014.dat Miscible Flood with Group Control and Autodrill
stwmm015.dat Miscible Flood with Group Control, Autodrill, Gas Re-injection
stwmm016.dat STTST08 with *LAYERXYZ
stwmm017.dat STFLU018 with Multilateral Well
stwmm018.dat STWWM017 with Null Layers
stwmm019.dat STHRW007 with Source/Sink Wellbore Friction and Heat Loss
stwmm020.dat STWWM008 with Source/Sink Wellbore Friction
stwmm021.dat STTST70 with Source/Sink Friction/Heat Loss instead of Disc. Well

Introduction to STARS

STARS 介绍

STARS is a three-phase multi-component thermal and steam additive simulator. Grid systems may be Cartesian, cylindrical, or variable depth/variable thickness. Two-dimensional and three-dimensional configurations are possible with any of these grid systems.

Some of the novel features of STARS are:

DISPERSED COMPONENT INCLUDING FOAM

The concept of dispersed components – stabilized dispersions (droplets, bubbles, and lamellae) of one phase in another, which can be treated as components in the carrying phase at the scale of reservoir simulation – provides a unifying point of view in the modelling of polymers, gels, fines, emulsions, and foam. This concept can be coupled with the flexible component property input package capabilities (including adsorption, blockage, nonlinear viscosity, dispersion, and nonequilibrium mass transfer) to allow the user to design appropriate simulation models of complex phenomena via input data choices alone.

In particular, two general approaches to the modelling of foam flow are available. The first, a mechanistic model, allows direct simulation of foam creation, propagation, and coalescence effects such as can be observed in detailed laboratory core experiments. The second approach is more empirical and appears more appropriate

for foam scoping studies and field pilot history matching. The first approach can be used to justify aspects of the empirical model.

NATURALLY FRACTURED RESERVOIRS

The flow in naturally fractured reservoirs can be simulated by using four different models – dual porosity (DP), dual permeability (DK), multiple interacting continua (MINC), or vertical refinement (VR) – depending on the process or mechanisms to be studied.

The basic approach idealizes the fractured reservoir as consisting of two parts: fracture and matrix. The fractures, having small storativities, are the primary conduits of fluid flow, whereas the rock matrices have low fluid conductivities but larger storativities. The various simulation models differ in the details of matrix-matrix and matrix-fracture flow descriptions and are discussed in greater detail in the STARS Technical Manual.

ADAPTIVE IMPLICIT FORMULATION

STARS can be run in fully implicit and adaptive implicit modes. In many cases only a small number of grid blocks need to be solved fully implicitly, since most blocks can be solved by the explicit method. The adaptive implicit option accomplishes this and is useful for coning problems where high flow rates occur near the wellbore, or in stratified reservoirs with very thin layers.

By using the adaptive implicit option, a savings of one third to one half of the execution time may occur because time steps are as large as those obtained using the fully implicit method. STARS can select these blocks dynamically, based on specified thresholds or on matrix switching criteria.

FULLY IMPLICIT WELLS

Wells are solved in a very robust fashion. The bottomhole pressure and the block variables for the blocks where the well is completed are solved fully implicitly. If a well is completed in more than one layer, its bottomhole pressure is solved in a fully coupled manner, i.e. all completions are accounted for. This eliminates convergence problems for wells with multiple completions in highly stratified reservoirs. Also, a comprehensive well control facility is available. An extensive list of constraints (maximum, minimum bottomhole or wellhead pressures, rates, GOR, etc.) can be entered. As a constraint is violated, a new constraint can be selected according to the user's specifications.

MATRIX SOLUTION METHOD

STARS uses a state-of-the-art solution package AIMSOL based on incomplete Gaussian Elimination as a preconditioning step to GMRES acceleration. AIMSOL has been developed especially for adaptive implicit Jacobian matrices. For more information see the AIMSOL Technical Manual.

For most applications the defaults control values selected by STARS will enable AIMSOL to perform efficiently. Thus, users do not require detailed knowledge of matrix solution methods.

LOCAL CARTESIAN

Two facilities for local grid refinement are available. These options can be used to study near-well effects in field scale simulation. Static fractures can also be

efficiently modelled with this technique. With either method, the user specifies a region of the reservoir that is to be subdivided. All interblock connections and transmissibilities are calculated automatically. All extra terms are handled correctly by the matrix solution routine.

FLEXIBLE GRID SYSTEM

Several grid options are available: Cartesian coordinates, cylindrical coordinates and variable thickness/variable depth grids. Two-dimensional and three-dimensional systems are possible with any one of these options.

AQUIFER MODELS

Aquifers are modelled by either adding boundary cells that contain only water or by the use of a semi-analytical aquifer model.

The former method is useful in the situation where the aquifer dimensions and location are well known and its inclusion in the reservoir can be achieved by a relatively small number of additional blocks. The latter method is more useful for large to infinite aquifers where an approximate calculation of water influx into the reservoir is desired, but their representation through the addition of boundary reservoir blocks is not feasible. When reservoir fluid invades the aquifer a combination of both methods is required.

INPUT/OUTPUT UNITS

SI, field, or laboratory units can be specified.

GRAPHICS

CMG's graphics system RESULTS, uses the SR2 file system for post-processing of simulation output.

RESULTS can also be used for input data preparation, including grid design.

DISCRETIZED WELLBORE

The advent and growing acceptance of horizontal well technology has raised many new questions that need to be addressed with reservoir simulation models. In particular, the impact of long wellbore transients, viscous pressure drop and multiphase flow patterns in creating non-uniform injectivities and productivities along the wellbore are of concern. STARS provides an efficient and consistent method for handling these questions by discretizing wellbore flow and solving the resulting coupled wellbore/reservoir flow problem simultaneously. Appropriate multiphase flow correlations are used to adjust wellbore flow patterns in an explicit fashion at the end of each time step.

GEOMECHANICAL MODEL

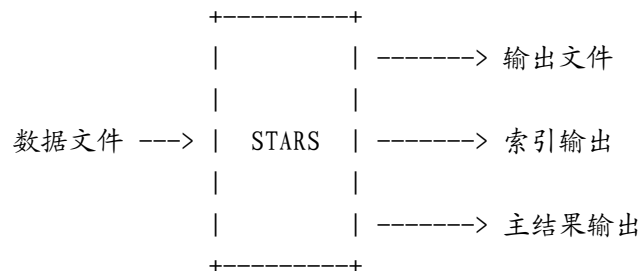
Several production practices depend critically on the fact that the producing formation responds dynamically to changes in applied stresses. These include plastic deformation, shear dilatancy, and compaction drive in cyclic injection/production strategies, injection induced fracturing, as well as near-well formation failure and sand co-production. A geomechanical model consisting of three submodules is available for treating aspects of the above problems. The coupling between the geomechanical model and the simulator is done in a modular and explicit fashion. This increases the flexibility and portability of the model, and decreases computational costs.

指南

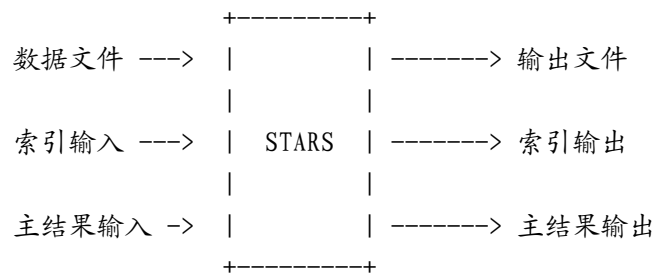
引言

该指南可引导新用户进入关键字输入系统。它并不能代替这个文档中的参考用户手册。在该指南中只对一些特定的关键字和问题进行了讨论。用户手册中包含了每个关键字的详细描述，而指导段只是解决在建立数据文件时可能出现的如何做的问题。

STARS 使用你初始建立的数据文件，然后生成其他三个文件。STARS 的每次运行产生一个文本输出文件(OUT)，一个 SR2 索引文件(IRF)，和一个 SR2 主文件(MRF)：



如果希望进行重新启动运行，则需要其它几个存在的文件，同时产生另外三个文件，具体说明见下图：



关键字输入系统的数据组

当你使用关键字输入系统建立数据文件时，有几点应当记住：

a) 在关键字输入系统中，有 9 个不同的数据组。

b) 这些数据组必须遵循下列顺序输入：

输入/输出控制
油藏描述
其他油藏性质
组份性质
岩石，流体数据
初始条件
数值计算方法控制
岩石力学模型
井的数据和循环数据。

c) 属于各组的关键字不能出现在其他组内，除非是在某些特殊情况下。通常是在井的数据和循环数据组中某些别的数据需要改变。

d) 同样，也应注意关键字在组内的输入顺序。

如何读关键字的语法

每个关键字都有语法，也就是确切的字符，选项，以及关键字处理程序能够接受的顺序，一旦你了解了这些少量的语法规则，你就能够对这本手册中每个关键字的形式进行解释。

在圆括号内包含的项是可选的。也就是你可以输入这些项也可以不输入，但不要把圆括号放在你的数据中。例如，对于 *RANGECHECK 关键字的语法是：

*RANGECHECK (*ON | *OFF)

这意味着如下形式是可以接受的：

*RANGECHECK
*RANGECHECK *ON
*RANGECHECK *OFF

垂直线是 '或'，并将选择列表中的项分开。

花括号 {} 表示任何数量的项列表，例如，{iw} 表示井序号 iw 的一个任意列表。

在一个关键字下面一行花括号中的项列表，表示一个任意长度的表，例如，油水相对渗透率表。

*SWT
{Sw krw krow(Pcow)}

表示可以输入任意多行的 Sw, krw 和 krow(以及可选的 Pcow)，只要有足够的空间。

赋值给网格的一种性质将使用数组表示，例如对孔隙度，

```
ARRAY: *POR
```

这说明 *POR 关键字必须使用一个网格数组读入选项。对于网格数组，你可能见到的另一种语法是

```
*POR {GRID}
```

某些关键字需要对每个组份一个数字，这将表示为

```
*KEYWORD {ncomp}  
*KEYWORD {numy}  
*KEYWORD {numx}
```

这里的 ncomp, numy 和 numx 是在 *MODEL 关键字下确定的，在这个关键字下定义了组份列表。

一个冒号表示一个范围，使用它最频繁的地方是对 I-J-K 地址，在 I 方向，

```
i1(: i2)
```

表示一个数 i1, 或是一个范围 i1:i2, 当然这个范围必须适合一定的背景。这里，i1 和 i2 必须在 [1, ni] 之间，并且 i1 不能大于 i2 (ni = I 方向网格)。

一个单独的组份可通过序号或名称表示，‘comp_num’ 需要一个通过 *MODEL 关键字定义的组分序号，通常 ‘comp_des’ (组份指示符) 意味着既可以使用组分序号，也可以使用名称 (在 *COMPNAME 关键字中给定)。

如何对你的数据文件建立文档方式

使用这些关键字建立你的数据文件文档方式：

- a) *TITLE1,
- b) *TITLE2,
- c) *TITLE3
- d) *CASEID.

它们必须位于输入/输出控制段。

这些关键字是可选择的，可以不包括在数据文件中，然而它们对于文件的文档化以及区别相似的数据文件是十分有用的，至少应使用一个标题，所有的标题和情况标识必须包括在单引号之间。

*TITLE1 和 *CASEID 均用于模拟结果文件系统，这一系统用于产生模拟结果的图形，*TITLE1 最长可以是 40 个字符，而 *TITLE2 和 *TITLE3 每个最多允许为 80 个字符，而 *CASEID 则仅限于 8 个字符。

你也可以使用两个关键字标识符即 “**” 在你的数据文件中插入注释，注释可以出现在数据文件中的任何地方。

例如：

```
*TITLE1
'Simulation Run #1 - 1989-01-23'
*TITLE2
'Dual Porosity Problem using the MINC option'
*TITLE3
'This is a 12 x 12 x 10 cartesian grid system'
*CASEID 'RUN1'
** 如果这些标题行没有足够的空间用于这个数据文件
** 的文档化，你也可以使用注释来描述你输入的数据。
** 这样你就可以在这里或其它任何地方加入附加信息。
```

如何执行重新启动运行

什么是重新启动文件？

重新启动文件包含一定的信息，这些信息允许模拟继续进行另一次运行。

为什么你需要做重新启动运行？

由于下述原因你可能想重新启动：

- a) 做敏感性研究或历史拟合，
- b) 改变井的工作制度，
- c) 在做一个较大的，时间较长的作业之前，执行一个短的模拟运行以观察结果是否满意。
- d) 为在一系列运行中节省执行时间，例如：你已经完成了一个模拟运行并且初步结果看上去不错，现在你想进行预测运行。

因为在初始运行中你已经生成了重新启动记录，你可以从你的运行中选择一个时间步并且重新启动模拟，模拟软件并不需要在开始时启动，而是从你选择的时间步开始继续执行。

如何进行重新启动运行？

重新启动记录是可选择的并不是必须要写的，但是如果你计划做重新启动，你就需要在初始运行中生成重新启动记录。

为了进行一个重新启动运行：

- a) 在第一次运行的输入/输出控制段或循环数据段中使用 *WRST 关键字，*WRST 用于说明写重新启动记录的频率。首先运行这个文件，结果文件包括一个 IRF 文件和一个 MRF 文件，也可能有一个 RRF 文件。
- b) 将第一个数据文件复制为另一个文件名(如果你使用了 *INCLUDE 选项，可能只是主数据文件)，最好使用一个类似的名称(例如，case1a.dat, case1b.dat)，不要改变任何原有的非循环数据(下面的注释例外)。在数据文件的输入/输出控制数据段加上关键字 *RESTART，如果你不希望交互式地提示输入重新启动 IRF 文件名，使用 *FILENAMES *INDEX-IN 确定文件名。
- c) 对循环数据进行需要的修改，但只是对重新启动时间之后的时间进行修改。如果必要的话，增加最大时间步数，或是不改变 *MAXSTEPS。
- d) 进行第二次运行，如果对你提示，输入第一次运行的 IRF 文件名。

例： *RESTART 30
 *WRST 10

在重新启动中可以改变什么

在重新启动中最安全的改变是对于循环数据段中的哪些数据。下面的数据只影响网格间的流动或源/汇项，可以在重新启动中慎重地改变。

- a) 化学反应和部分平衡反应。
- b) 岩石流体数据，但不包括吸附。最好的方法是使用 *RPT 定义多个岩石类型，然后在循环数据段中使用 *KRTYPE 进行赋值。
- c) 粘度。
- d) 绝对渗透率，只要它不影响孔隙度(例如，膨胀)。

建议在一个重新启动中不要人为改变组份性质或是油藏特征，因为它将覆盖模拟软件建立的一致性，并且会产生以后不可重现的结果。

在重新启动中改变与时间无关但影响储量的数据(例如，密度，K 值，网格大小和孔隙度)，会引起在重新启动运行第一个时间步不能解决物质平衡误差，不建议也不支持覆盖物质平衡检查而通过这个问题。

在重新启动中不能改变特定历史的定义。

在重新启动中不能改变 *TFORM 选项和 *ISOTHERMAL 设置，这意味着不能从一个等热运行重新启动一个非等热运行。

控制打印输出文件的内容

控制输出文件内容的打印时，需使用关键字：

- a) *WPRN
- b) *OUTPRN

这些关键字必须出现在输入/输出控制段中，也可能在以后参数改变时，出现在井的数据段中。

*WPRN 控制打印频率，打印内容包括网格数据，井的数据和计算方法控制数据，例如牛顿迭代和时间步的收敛情况。

如果不要要求在输出时打印网格，区段和井的数据，则将打印频率设置为零。

```
例： *WPRN *WELL    0
      *WPRN *GRID    0
      *WPRN *SECTOR  0
```

假如它们之中的某些不出现在数据文件中，缺省情况是在每个时间步打印这个信息，这种缺省将会产生非常大的输出文件，能很快地将计算机设备的可用空间添满。

*OUTPRN 用于限制打印什么样的网格数据，油藏数据和井的数据，以及打印多少个性列表，实际上你可以列出需要的网格数据类型。

对井的数据有不同的处理，你可以打印出各种可能的信息或是只打印一个井的汇总。使用 *OUTPRN *WELL *ALL 对所有井打印出分层信息，此项为缺省情况。使用 *OUTPRN *WELL *BRIEF 对每口井打印一行汇总。

控制模拟结果文件的内容

使用 *OUTSRF 控制模拟结果文件(SR2)的内容。

这个关键字可以出现在输入 / 输出控制段或是改变参数后出现在数据文件的井数据段。

如果不要将网格及井的数据输出到 SR2 文件，则将频率设置为零。这可以用于减小文件的输出量，然而你也可以在随后的井改变时对输出频率进行修改。

*OUTSRF 用于限制输出哪种井的数据，网格数据和油藏数据，你可以要求在给定的网格区域输出确定的变量，对于网格信息和井的信息可使用分别的变量表。

网格系统描述

对网格系统进行描述时，需要使用：

- a) *GRID
- b) *DI
- c) *DJ
- d) *DK,

可选择关键字为：

- e) *DEPTH, *DTOP 和 *DIP。

上述列出的关键字必须出现在油藏描述数据段中，而且必须出现在数据文件中的 *NULL 和 *POR 关键字之前。

*GRID 描述使用的网格系统类型，有三种选择：规则直角坐标，变深度/变厚度坐标和径向圆柱坐标。每种选择都要求输入 I, J, K 三个方向的网格数。

例如：

```
*GRID *CART 10 10 6
*GRID *VARI 10 10 6
*GRID *RADIAL 10 1 15
```

第一个描述一个直角坐标，网格为 10x10x6。第二个描述一个变深度/变厚度坐标，网格也是 10x10x6。第三个例子描述一个径向坐标系统用于锥进研究，网格为 10x1x15。

通常使用关键字 *DI, *DJ 和 *DK 输入网格步长，在这些关键字输入时必须使用的数组读入选项。

例如：

```
*GRID *CART 10 10 12
*DI *CON 100.0
*DJ *CON 100.0
*DK *KVAR
25.0 2*50.0 3*40.0 75.0 3*40 2*50
```

例中采用的是规则的直角网格系统，I 和 J 方向的每个网格都是 100 米宽，而 K 方向的每个层都具有相同的厚度，而各层的厚度互不相同。注意当使用 *KDIR *UP 时，你的数据从最底层开始。

无效网格的输入

在给定的网格系统中，有两种方式可指出存在的无效网格：

- a) *NULL
- b) *VAMOD

这两个关键字出现在油藏描述数据段。

在 *NULL 后跟一个数组，如果该网格无效则数为 0，有效网格的数为 1。在下面的例子中，除了 I 方向网格 1 到 4，J 方向网格 1 到 3，K 方向网格 1 到 3，其余都是有效网格。

对于这个例子可以使用 *IJK 数组读入选项。

例如：

```
*NULL *IJK 1:10 1:10 1:3 1
1:10 1:10 1:3 1
1:4 1:3 1:3 0
```

从例子中可以看出第二行数据覆盖了第一行，*NULL 是可选择的，如果不出现，那么假设所有网格为有效网格。

注意：在确定无效网格时最好使用 *NULL 方法。在 STARS 中具有零孔隙度的网格并不像等热模拟软件那样变为无效网格，在 STARS 中为了处理热传导，即使零孔隙度网格没有孔隙体积，但依然保持为有效网格。

局部加密网格描述

使用 *REFINE 关键字描述加密网格的位置，关键字 *REFINE 必须出现在油藏描述段中，而且必须出现在数据文件中的 *NULL 和 *POR 关键字之前。

*REFINE 要求给出基础网格将被划分的加密网格数，以及在每个方向上需要进行的细分。

例如：在一个 10x13x3 的规则直角坐标系统中，要将网格(1, 1, 3)进行加密，在三个坐标方向的加密网格数分别为 2, 3, 2. 其表示方式如下：

例如：

```
*REFINE 1 1 3 into 2 3 2
```

对于一个基础网格允许在每个方向上将网格最多划分为 4 个加密网格。如果你对不同范围内的网格采取不同的细分形式，可顺序输入 *REFINE 关键字，并指明哪些基础网格的正确位置。

注意：在使用双孔隙度选项时不允许使用网格加密。变厚度/变深度选项可以使用加密网格，然而，在每个基础网格中假设细分网格的厚度是相等的。

如果加密网格的性质与对应的基础网格性质不一致，使用关键字 *RG 描述加密网格的性质，否则，认为两者具有相同的性质。

使用双孔/双渗模型

可用以下关键词来调用双孔双渗模型：

- a) *DUALPOR
- b) *MINC
- c) *SUBDOMAIN
- d) *DUALPERM
- e) *DIFRAC
- f) *DJFRAC
- g) *DKFRAC

这些关键词必须出现在油藏描述段中。一个数据文件中只能使用一种选项。

如果使用这些关键词，要将它们放在*NULL 和*POR 前。

双孔双渗例子

在双孔双渗模型中，孔隙度的输入需要基岩和裂缝的输入，而且基岩必须首先输入，然后是裂缝的数据。对于其它数据，也应遵守这先后顺序。

如：

```
*POR *MATRIX *IJK
1:10 1:10 1:3 0.3
1:4 1:3 1:3 0.0
*POR *FRACTURE *IJK
```

```
1:10 1:10 1:3 0.0
8 7:9 1:2 0.4
*MOD
8 7:8 1 = 0.45
```

此例也说明了*MOD，它修正了某些网格的属性，从 0.4 到 0.45。

在双孔模型中，无效网格意味着基岩和裂缝有 0 孔隙度。通常，基岩孔隙度或者裂缝孔隙度被设为 0，其它为非 0。

步长过小或运行时间过长问题

当遇到数值计算问题时，使用关键字组合 *WPRN *ITER *MATRIX 重新运行程序是很有帮助的。

这样便打开了矩阵收敛以及牛顿迭代收敛诊断程序。

收敛失败可能是由于：

- a) 内部(线性求解)迭代收敛失败。
- b) 由于时间步截断引起的牛顿迭代不收敛。
- c) 物质平衡误差。

如果你发现输出文件中频繁出现“迭代例程收敛失败”，采用下述方法重新尝试：

1. 采用更小的时间步长。通过使用 *DTMAX 设置较小的最大时间步，或使用 *NORM *PRESS 以及 *NORM *SATUR 降低每一时间步内允许的压力，饱和度变化值以达到减小时间步的目的。
2. 使用关键字 *ITERMAX 增加最大迭代步数。或者，
3. 使用 *SDEGREE 增加矩阵分解的度，但应注意到这种方法会增加存储需要。

如果在第一个牛顿迭代或第二个牛顿迭代不收敛，而至少在最后一个牛顿迭代是收敛的，则不是一个严重问题。

牛顿迭代收敛失败引起时间步截断，而这是由于在迭代过程中某些基本变量超过了标定的变化范围，这样就会产生压力或饱和度负值这样的非物理值，牛顿迭代就会超过确定的最大次数。

如果问题是由最大允许变化引起的，并且不经常产生这种问题，这个问题就不是十分重要的。如果发生大量的时间步截断现象，就应采用下述方法加以改进：

4. 对相对渗透率和 PVT 的曲线进行检查是否存在非线性化，不连续，以及跳跃点，这些曲线应当是平滑的。
5. 检查是否正确地描述了网格及其他的性质。
6. 检查确定的井生产限制。最好始终对注入井给定最大井底压力，对生产井给定最小井底压力。
7. 如果不收敛是由于超过限定的牛顿迭代次数，使用关键字 *NEWTONCYC 增加牛顿迭代循环次数。

如果迭代超过限定次数是由于数值振荡引起的，可在输出文件中看到某些网格的气相反复出现或消失，这时采用平滑非线性曲线(4)和减小时间步长(1)的方法是解决此类问题的较好途径。

8. 在油藏的某些区域或整个油藏采用全隐式方法求解。如果使用缺省的转换临界值，*AIM *STAB 只对隐式网格的相邻点作解法转换检查，所以如果在油藏中的某些地区产生剧烈变化，而这些地区又不与井相邻，那么就需要将这些问题设置为隐式求解。

这种情况的产生的原因包括：

- a) 当不使用垂向初始化平衡计算时，即使所有井都不打开，有时也会造成初始压力和饱和度发生很大变化，在这种情况下，应使用全隐式方法求解。
- b) 当气顶存在时，如果有较大的气锥产生，应当将气顶底部层位设为全隐式求解，至少应将气锥产生地区设为全隐式。
- c) 当某些网格具有相当高的渗透率值时，很小的压力变化也会造成饱和度剧烈变化，建议将这些地区的网格设为全隐式求解。

如果收敛容限与每个时间步的标定变化相比太大就会造成物质平衡错误，检查收敛容限使其小于标定值。使用关键字 *MATBALTOL 改变模型的敏感性。

在大多数情况下，迭代过程中允许变化 *NORM *PRESS 和 *NORM *SATUR, 以及容限 *CONVERGE *PRESS 和 *CONVERGE *SATUR 的缺省值都是合适的，但在某种情况下，比如当你模拟裂缝油藏或使用裂缝代表水平井时，建议最好使用较小的值。对于模拟锥进问题，同样也建议使用较小的允许变化值。

见这个指导段后面的“改进运行情况”。

井的定义

使用下述关键字对井定义，关键字的输入顺序必须严格遵循：

*WELL (要求)
*PRODUCER (要求关键字，必须跟随完井关键字)
 或是 *INJECTOR, 或是 *SHUTIN, 或是*OPEN
*INCOMP (如果注入油或者气相，则为要求关键字，跟在 *INJECTOR 之后。)
*OPERATE (至少需要一个工作约束)
*MONITOR (监测约束是可选择的)
*GEOMETRY (可选择的，必须位于带有 *GEO 子关键字的完井关键字之前)
*PERF (至少这三个关键字其中之一或是它们的组合，是要求的)
或是 *PERFV
或是 *PERFRG

上述关键字必须全部位于用户数据文件的井数据段中。

定义井的类型

有四种井的类型，它们是：

- a) *PRODUCER
- b) *INJECTOR
- c) *SHUTIN
- d) *OPEN

这些关键字必须出现在井数据段，而且井的类型必须定义。

这些关键字必须始终位于完井关键字之前。

例如：

```
*WELL 1 'MED RIVER P1' *VERT 1 1
*WELL 2 'MED RIVER P2' *VERT 15 15
*WELL 3 'MED RIVER I1' *VERT 5 5
*WELL 4 'MED RIVER I2' *VERT 10 10
*PRODUCER 1:2
...
** 井 3 和井 4 为流度加权注入井
*INJECTOR 3:4 *MOBWEIGHT
```

```

...
*PERFV 1:2
** 生产井 1 和 2 通过层 1 到 3 完井，
** 每个层具有井指数 1.65。
1:3 1.65

*PERFV 3:4
** 注入井 3 和 4 通过层 2 和 3 完井，
** 每个层具有井指数 1.87。
2:3 1.87

```

如何关井以及重新开井

在关一口井之前：

- 1) 这口井必须经过充分定义，充分定义的内容包括：
 - (a) 工作约束关键字以及任何监测约束关键字的使用。
 - (b) 完井关键字的使用。

井经过充分定义后，就可以在使用 *TIME 或 *DATE 关键字的任何时间阶段关井，并且可以在定义之后立即关井。

你可以在采取关井措施后的任何时间重新开井，当关掉或打开一口井时，记住使用该井的井序号。

例如：一个蒸汽吞吐过程，定义两口井，然后根据需要打开及关闭。

```

time 0    ** Cycle No. 1 - Injection
** INJECTOR: Constant pressure steam injection
well 1 'Injector 1'
injector mobweight 1
operate bhp 1000
tinjw 450 qual .7
perf 1 ** i j k wi
          1 1 1 88

** PRODUCER: Constant liquid rate type
well 2 'Producer 1'
producer 2
operate liquid 1000
perf 2 ** i j k wi
          1 1 1 88
shutin 2 ** Shut in producer
time 10  ** Cycle No. 1 - Soak

```

```

shutin 1  ** Shut in injector
time 17   ** Cycle No. 1 - Production
open 2   ** Turn on producer
time 40   stop

```

工作及监测限制

*OPERATE 和 *MONITOR 关键字对于井给出某些限制。对于每口井，至少要求给出一个工作限制，而监测限制是可选的。

每口井在模拟时，都引入了一个新的未知变量 Pbh，井底压力，同时要求有一个限制方程来确定这一变量。

在最初的工作和监测限制中的第一个工作限制，被认为是主要限制，程序开始试着执行主要限制，而同时监测其他限制。假如运行违反了某一监测限制，并且这一限制使用了 *CONT 关键字，则这一限制转变为工作限制。

如果在运行时违反多个限制，则采取最严厉的措施：

最严厉：

*STOP

*SHUTIN

*CONT

最不严厉

生产井

对于一口生产井，你应当：

- a) 设置一个产量限制(作为主要限制)，并且
- b) 设置一个最小井底压力。

对于产油井，采用产油量限制，而对于产气井，则选用产气量限制。接下来使用的限制可能是最小产量限制。

例如：

```

*PRODUCER 1
*OPERATE *MAX *STO 12000.0 *CONT
*OPERATE *MIN *BHP 1500.0 *CONT

```

这个例子说明：

- a) 使用产油量作为这口井的主要限制。
- b) 其次的限制为井底压力。

如果达到限制，采取的措施为继续运行，并将刚达到的限制转换为主要限制。*CONT 是缺省值，不是必须输入的。

注入井

对于注入井，做如下设置：

- a) 采用最大注入量限制作为主要限制。
- b) 最大井底流压限制。

如果是注气井，选择注气量限制，对注水井则采用注水量限制。

例如：

```
*INJECTOR 2
*OPERATE *MAX *STW 10000.0 *STOP
*OPERATE *MAX *BHP 2250.0 *STOP
```

这个例子表明：

- a) 将注水量作为这口注水井的主要限制。
- b) 井底压力作为第二工作限制，同时受到程序监测。

在上述两种情况下，超过任一限制，模拟过程将停止运行。

监测限制

监测限制的格式包括 *MONITOR，然后是约束类型，除了倒灌之外所有的监测约束都需要一个数值。

如果违反了监测约束，那么将采取措施。当同时违反了一个以上的限制时，将采取最严厉的措施。

建议你对生产井监测油气比和含水，这样在模拟运行中可以防止产生某些问题。

例如：

```
*PRODUCER 1
*OPERATE *MAX *STO 1200.0 *CONT
*OPERATE *MIN *BHP 2500.0 *CONT
*MONITOR *GOR 15000.0 *STOP
```

确定井指数

在输入井指数时，使用这些关键字：

- a) *GEOMETRY,

- b) *PERF, 或
- c) *PERFV, 或
- d) *PERFRG.

这些关键字必须位于井的数据段。完井关键字是必须输入的数据，而 *GEOMETRY 是可选择的。*GEOMETRY 可用于流量加权注入井或生产井。

*GEOMETRY 要求输入必要的参数，在内部计算井指数。完井关键字 *PERF, *PERFV, 和 *PERFRG 需要完井位置和用户计算的井指数。

如果使用了 *GEOMETRY, 那么要求一个完井关键字与它一起使用, 这个完井关键字使用 *GEO 表示已经输入了井的参数。*GEOMETRY 始终位于 *PERF, *PERFV, 和 *PERFRG 之前。

*PERF 适用于水平井和斜井, 但也可以用于垂直井, 它具有如下格式:

例如:

```
*WELL 1 '12-09-18-56'
*PERF 1
** if jf kf wi
    1 1 2:4 1.24
```

-或者-

```
*WELL 1 '12-09-18-56'
**          rad geofac wfrac skin
*GEOMETRY *K .375 .2488 1.0 0.0
** The well completion keyword must follow
** the geometry keyword pertains to well 1.
*PERF *GEO 1
** if jf kf ff
    1 1 2:4 1.
```

如果在 *WELL 关键字下使用了 *VERT, 那么你就确定了一口垂直井。既然你已经使用 *VERT 输入了 I 和 J 的位置, 那么就使用 *PERFV, 这个关键字只需要输入 K 方向的网格或网格范围。如果你使用了 *GEOMETRY, 那么与 *PERFV 一起使用 *GEO。

例如:

```
*WELL 2 *VERT 2 2
*PERFV 1
** kf wi
    2:4 1.56
```

如果你使用了加密网格, 而井又位于其中, 那么必须使用 *PERFRG 射孔。如果使用了 *GEOMETRY, 则完井时需要使用 *GEO。*PERFRG 需要输入完井的基础网格位置和加密网格位置。

例如：

```
...
** Refinement will result in creating 3
** refined grids in the I direction, 3 in the
** J direction and two in the K direction in
** block (1,1,3).
*REFINE 3 3 2
*RANGE 1 1 3
...
*WELL 1
*PERFRG 1
** if   jf   kf   ir   jr   kr   wi
      1   1   3   2   2   1:2  1.75
```

水平井

可以使用两种不同的方法对水平井进行模拟。

方法 1：

将注入井作为线源，生产井作为线汇。这种方法忽略了井筒的摩阻压力降和流体的持液效应。

在使用源汇方法时，你应该知道是否你模拟的油田存在已知的倒灌问题，这种方法对于有倒灌的问题常给错误的结果，少量轻微的倒灌尚且不严重。渗透率的平面差异可引起水平井筒的倒灌。

定义水平源汇的关键字有：

- a) *WELL
- b) *INJECTOR 或 *PRODUCER
- c) *OPERATE
- d) *GEOMETRY
- e) *PERF *GEO

*GEOMETRY 和 *PERF 相当于输出了井的生产指数。运行这个数据文件，观察计算的产量，如果结果不是所希望的值，那么就去掉 *GEO，用 *PERF 直接输入用户计算的井指数。

方法 2：

第二种方法是使用离散化井筒模型模拟水平井。

这个模型能够动态地处理井筒的水动力学问题，既可用于水平井，又可用于垂直生产井。

它最适合模拟摩阻压力降，持液效应显著的那些问题。使用这个选项的关键字是 *WELLBORE，既然这种方法将井筒作为井网格的次要孔隙度，因而必须指定相应的压缩系数，岩石类型，相对渗透率表。

停止一个模拟运算

当时间步达到数据文件中确定的最后一个时间或日期时，模拟正常中止。使用关键字 *STOP 可以在最后一个时间或日期之前中止模拟运行。

例如：

```
*DATE 1998 09 08
*STOP
```

关于井数据设置的指导

下面的指导用于帮助你使用井和循环数据段，当第一次输入井的数据时，下面的信息必须以这样的顺序排列：

1. 需要初始的 *TIME 或 *DATE 关键字。
2. 对 *DTWELL 定义一个值，这是在井定义之后采用的第一个时间步长。
3. 使用 *WELL 标明所有新井。

一套井的定义包括：

- 4a) 定义一口新井，或将一口井转变为另一种生产方式，使用关键字 *PRODUCER 和 *INJECTOR 。
- 4b) 对这口井定义工作和监测限制。

5. 使用 *GEOMETRY 和任何完井关键字(*PERF, *PERFV 或 *PERFRG)指出井的位置，几何性质，或者是井指数。

在任何数据文件中必须出现步骤 1 到 5。

6. 只有在 1 至 5 步骤完成之后，才能使用 *SHUTIN。
7. 使用 *OPEN 重新打开一口先前关闭的井。
8. 当你使用不同的选项时，会有不同的关键字要求。

在以后的时间阶段内，如改变井的情况，便采用下述步骤：

9. 在调整现存井的参数之前，定义新井采用步骤 1, 3, 4, 5 和 6 。
10. 可以使用关键字 *ALTER，改变任何井的主要工作限制，这个关键字与 *DATE 或 *TIME 一起使用。
11. 可根据需要调整输入/输出控制以及传导率乘子。
12. 当井的情况改变时，关键字 *DTWELL, *DTMAX, *DTMIN 也可以出现在循环数据中。

模拟运行

本段讨论模拟运行的方法。

概要

STARS 要求用户提供输入数据文件名，这个文件名可以控制其他输入和输出文件名。这个数据文件名可以通过命令行变量方式提供，也可以通过交互式提示输入。STARS 将信息写到各种输出文件中，也对标准输出设备，如屏幕，写出有用的日志信息。确定数据文件名的方法以及获得日志输出的方法，取决于使用的运行方式，运行平台，批命令或是命令行输入。

CMG 技术平台

CMG 技术平台是用于包括 STARS 的一组 CMG 软件的图形界面。用户可以将一个输入数据文件应用(通过 Windows 平台的拖放功能)于 STARS 程序，并使它在一个新窗口下运行。技术平台将数据文件名传递给 STARS。然而，对于重新启动运行，用户必须通过数据文件中的 *FILENAME *INDEX-IN 关键字，或对交互式提示进行响应，输入重新启动 IRF 文件名。日志输出定向于新生成的窗口，在模拟完成之后这个窗口依然保留，并可生成一个文件。

脚本

脚本是运行 STARS 的一种方式，当一系列数据文件需要按顺序运行和在 UNIX 系统（不支持 Launcher）中使用。当使用脚本时，所有文件名（输入数据和可能的输入重起）最好通过命令行定义，或者定义为*FILENAME，此法不需提示。

可在如下文件夹中找到脚本：.../cmg/stars/yyyy.vv/tpl（此处 yyyy 表示年，vv 表示版本号）。任一个脚本都包括以下的原始命令。如果想有启动特殊 Launcher 的图标，修改图表的对话框包括可执行路径。

Win2000, WinNT, Win95: DOS 批命令文件 **runall.bat** 接受如 “st199910” 这样的应用程序名，并且使用它运行这个目录内的所有数据文件，而将每个日志输出写入文件名与数据文件相同，而后缀为 “.log” 的文件，这需要批命令文件 **runall1.bat** 一起工作。必须将 STARS 执行文件以及和它在一起的所有 “.dll” 文件复制到模拟运行的这个目录。典型的用法为：

```
runall st199910
```

UNIX: Korn shell 批命令 **run_stars** 接受一个输入数据路径名的列表，并且通过应用程序 “stars.exe” 顺序地运行这些数据文件，将每个运行的日志输出写到一个基于数据文件名的 log 文件中。建议使用 STARS 可执行路径名的一个关联文件名 “stars.exe”，或是在批命令中改变需要的可执行路径名。提交一系列后台作业而在退出注册后继续运行的典型应用为：

```
nohup run_stars *.dat &
```

命令行

在 UNIX 和 DOS 下，运行 STARS 的命令行类似这样：

```
stl999vv.exe -f datafile >logfile
```

这里的 vv 是特定版本号，可执行文件名可以是复制的或连接的，也可以使用全路径名。可以通过命令行变量或交互式提示的方式提供输入数据文件名。对于重新启动输入文件名，可以通过命令行变量，数据中的 *FILENAME *INDEX-IN 或交互式提示的方式提供。在输入/输出控制段的开头对所有允许的命令行变量进行了说明。

日志输出写到标准输出设备，允许在屏幕上滚动，而更有用的是使用 “>” 将其重新定向到一个文件。UNIX 平台可以使用 “&” 在后台运行，并且使用 “nohup” 保持在用户退出注册后继续运行。

WinNT 的运行优先级

在 WinNT 中可以使用三个优先级 (Low, Medium, High)，模拟运行使用的缺省优先级是 Medium，这个优先级能够显著地降低其他任务，例如编辑大文件以及使用 RESULTS 查看数据等的响应时间。经验表明，将模拟运行的优先级降低到 Low 可以恢复其他任务的响应时间，而对模拟运行时间几乎没有影响。

对于模拟运行过程，或是对于手工创建的命令窗口，在批命令或是命令行发出以前(子过程继承低优先级)，可以做下面的事情。

从任务管理(右击任务条)，到过程表，右击感兴趣的过程(例如，“stl99910.exe” 或 “CMD.EXE)。从菜单选择设置优先级并选中 Low，你也可以通过选择查看/选择列...以及选中基本优先级检查框，使得在过程表中可见到优先级。这个新的列在以后调用任务管理器将会显示，除非对它禁用。

改进数值方法的执行情况

这个段讨论模拟的数值方法执行情况不好时的诊断方法，以及改进的建议。

怎样读日志输出

除了模拟结果的常规输出文件之外，还有每个模拟时间步的汇总，称为日记或日志，写到屏幕上(或者通过重新定向写到一个文件中)，下面是一个日志输出的例子：

```
---Time Step---  -----Time-----  -----Production-----  --Injection--  Mat  ---Maximum Changes---
                C                      Oil   Gas   Water  GOR   Wat.   Gas   Water  Bal  Pres  Sat  Temp
                Size  U                      ft3   Cut                      Err
No.  Days  IT  T   days  yy/mm/dd  bbl/d  ft3/d  bbl/d  /bbl  %    ft3/d  bbl/d  %   psi  w/o/g  deg F
```

1 .5000 4 .5000 1980/01/02 7.555 3.280 30.27 403.6 0 196.6 0.0086w 4.940

时间步段具有四列：时间步数，以天为单位表示的时间步长，求解非线性时间步问题所需的牛顿迭代数，时间步收敛失败次数(截断数)。时间段具有时间步的时间和日期。生产段显示总的油，气，水产量，以及气油比和含水率。注入段显示总的气，水注入量(这些相可能不同，取决于注入流体)，然后是以百分数显示的物质平衡误差，最后显示的是压力，饱和度(带有相标识)和温度的最大变化。

时间步长

时间步长的确定可能来自下述几个方面：

- (a) 上一个时间步与 *NORM 值比较的最大变化。
- (b) 由 *DTMAX 确定的最大时间步长。
- (c) 由于频繁的收敛失败所造成的较小时间步长。

进行下面的检查是否时间步长比预计值小。

- 如果至少有一个最大变化接近于 *NORM 值，那么时间步长是适当的，并且增加时间步长的唯一方法是增加 *NORM 的值。注意：在日志输出中并不显示相组成的 *NORM 值(而在输出文件中显示)。组成的变化很少控制时间步长，除了少量的时间步。
- 小时间步长可能是由于频繁的截断，每次截断时通过一个因子(第一次用 1/2 试，第二次用 1/3，等等)减小时间步长。然而，每 1 到 3 次时间步截断可能反而会由于降低最大变化而使时间步长增加，在这种情况下需要调查截断的原因。
- 即使最大变化进较小并且也没有截断，对一个小的值仍然需要许多步以增加时间步长。在 *NORM 关键字的说明中有基于最大变化的时间步长公式的描述，并且存在着一个 2.3 的因子限制时间步长的增加，所以只有必要时，才应该使用 *DTWELL 确定小的时间步长值。
- 只有必要时才使用 *DTMAX，建议不要使用 *DTMAX 减少时间步截断，或其他数值方法执行不好的情况，因为它只能掩盖实际问题，而问题是可以解决的。

物质平衡误差

对于时间步的物质平衡误差百分数是对所有组份和能量的最大值。这个日志输出中给出的最大值只是一个概观，而对每个时间步汇总和详细报告可在文本输出文件中找到。

在正常情况下，物质平衡误差随着运行平缓地增加，以一个可接受的小值结束。使用缺省的 *CONVERGE 值，最初时间步的典型误差为 $1e-6\%$ ，而最终值 .01% 到 1% 表示可以控制收敛情况。如果最终的物质平衡误差非常小，增加 *CONVERGE 值可以减少牛顿迭代次数，并且使误差的增加仍然在可接受范围之内。

大的最终物质平衡误差(>5%)可能是由于这些原因引起的。

- 大的收敛容限可以导致过于大的物质平衡误差，建议使用 *CONVERGE 缺省值作为

一个起点。

- 物质平衡误差可能是由于矩阵迭代求解的精度不够所引起的，关键的参数是 *PRECC，平均方程残差必须由初始值降低到这个比例时，解才是可以接受的。正常情况下与缺省值相比，*PRECC 不应该增加太多，因为一个较松的矩阵容限会直接转变为较高的物质平衡误差。
- 物质平衡误差可能是由于持续的矩阵求解失败所引起的。尽管有可能具有较高的物质平衡误差，然而无论如何 STARS 仍使用目前的解法。

矩阵解法失败

矩阵解法有几个收敛标准，当违反了这些标准时，将立即返回当前解和一个失败标志。偶尔的失败是可以接受的，但一贯的或连续的矩阵求解失败则必须进行处理。当持续的矩阵求解失败产生时，下面为进行检查的要点。

- 在文本输出文件末尾打印的“mtfail”参数是这次运行中矩阵解法失败的总数。当一半以上的牛顿迭代经历矩阵解法失败时，也发出一个信息到日志输出。对于每 5 到 10 个牛顿迭代出现一个以上矩阵解法失败可能是太多了。
- 关键字 *ITERMAX 控制允许的矩阵解法内迭代最大次数。如果残差在 *ITERMAX 迭代次数内没有减少到 *PRECC 比例，那么矩阵求解失败。如果增加 *ITERMAX 不能减少矩阵求解失败次数，则需要采取进一步的措施。一般来说较多的网格需要较大的 *ITERMAX。
- 对 *NORTH 使用小值(<20)可能会限制迭代解法。在 1999 版本以前 *NORTH 的缺省值是 10，而在 1999 版之后为 30。一般来说，较多的网格需要较大的 *NORTH。
- 矩阵解法参数 *SDEGREE 确定在矩阵迭代求解过程中使用的充填程度。缺省值为 1，这只需要很少的 CPU 时间和内存。当增加 *ITERMAX 和 *NORTH 不能显著地降低矩阵残差时，则最后的手段就是增加 *SDEGREE，增加时使用的增量为 1。较高的度会显著地增加每次迭代的内存需求以及 CPU 时间，但是有希望在较少的迭代后收敛。较高的度可能需要通过关键字 *DIM 对某些解法的内存参数进行设置。
- 有时在矩阵求解中，矩阵的排序 *SORDER 对残差的减少具有影响。对于 *SORDER 没有具体规则，除了缺省情况更加健全有效。

所有这些矩阵解法参数都可以在一个重新启动中改变。一种有效的技术是仅从重新启动记录运行一个时间步，对上面说明的参数进行改变，以找出哪个参数最为有效。

怎样读牛顿迭代的详细信息

下面是一个详细的牛顿迭代输出的例子，使用 *OUTPRN *ITER 的 *NEWTON 选项打印这个输出。这个内容来自 Test Bed #9。

```
CYC dpmx block dsmx block dtmx block dymx block dxmx block urpm iconv nitr
1 1.00E+02 8,1,1 1.00E-02 16,1,1 4.72E+00 16,1,1 0.00E+00 1,1,1 -1.00E-02 16,1,1 1.00 20 1
2 1.95E+02 16,1,1 8.56E-03 16,1,1 4.95E+00 16,1,1 0.00E+00 1,1,1 -8.56E-03 16,1,1 1.00 12 1
3 1.97E+02 16,1,1 8.64E-03 16,1,1 4.94E+00 16,1,1 0.00E+00 1,1,1 -8.64E-03 16,1,1 1.00 2 2
4 1.97E+02 16,1,1 8.64E-03 16,1,1 4.94E+00 16,1,1 0.00E+00 1,1,1 -8.64E-03 16,1,1 1.00 0 2
```

在最左边的是牛顿迭代，或循环数，接下来是五组最大值和网格地址，分别为压力，饱和度，温度，气相摩尔分数和油相摩尔分数。每个值为所有网格中这个变量的最大变化，以及对应于这个变化的网格。正常的收敛显示在最初的迭代中具有较大的变化，然后这种变化变为常数，上面的例子中显示地很清楚，但是当每次迭代的最大变化发生在不同的网格时，则看上去不是这样。迭代之间的变化不允许超过相应的 *NORM 值(例如，在上面的例子中，压力的 *NORM 值为 100)。如果时间步的任何最大变化超过了相应的 *NORM 值的 3 倍，则对时间步长进行截断。

urpm 列是低松弛参数，显示说明这个运行没有使用低松弛，见关键字 *UNRELAX。

iconv 列是没有收敛的主要迭代变量或方程数。条件 iconv = 0 是这个时间步收敛的必要条件。在一般情况下，iconv 稳定地减少，但偶尔小的增加也是正常的。随着最大变化的增加而相应增加表示发散，一系列迭代的常数值或是重复的数值模式表示振荡不收敛。有时收敛只受少数变量阻碍，在这种情况下，iconv 很小但为常数。使用 *OUTPRN *ITER 的选项 *UNCONV 查看不收敛变量或方程的详细情况。当最后几个迭代都具有 iconv = 0 时，某些其他的收敛标准还需要附加的牛顿迭代，最常见的情况是物质平衡误差太高。

最后一列 nitr 是矩阵解法使用的内迭代数。只有当矩阵求解失败时，nitr 才超过 *ITERMAX。当 nitr 非常低时，如果 *SDEGREE 大于 1，可以降低 *SDEGREE 的值。当 nitr 持续地接近一个很高的 *ITERMAX 时，那么使用较高的 *NORTH 或 *SDEGREE 可能更加有效。

最小限度使用内存

此部分讲述找到最小关键维数的方法使运行 STARS 需要的最小内存。此方法也可用于在有限内存中使网格数最大化，如台式机或 32 位处理器的内存条。

重要的概念

Effective dimensioning of an entity (e.g., array) involves two quantities: the allocated (physical) size MD and the maximum N actually required. The best situation occurs when $N = MD$, called tight dimensioning. When $MD > N$ the entity is over-sized and space is wasted; when $MD < N$ then the entity is too small, a fatal condition. The key to understanding dimensioning issues for an array is to realize that the sequence of steps taken by STARS is

- a) determine MD, based on default settings or use of keyword *DIM,
- b) allocate array with dimension MD, and
- c) determine N.

In the case of tightly dimensioned arrays, N is known so MD is given the value N in step (a). However, for some large solver arrays, N is not known until after the array is allocated. Keyword *DIM allows the user to specify MD directly.

32-bit 2-Gb 限制

维数不够

最小化维数

优化配置程序

井的管理和组的控制

组的分级控制

生产控制

注水控制

单井限制

模拟开始后引进组控制

数据输入

组注水控制

限制

关键字数据输入系统

关键字系统介绍

介绍

在关键输入系统中，每个数据项或数据组之前都存在一个关键字，这个关键字说明数据项或数据组的类型及内容，例如：

*MAXERROR 10

说明在模拟停止之前，最多允许 10 个输入错误，许多数据项都有缺省值，如果在输入数据文件中没有发现这个关键字，则使用缺省值。

字符集

有一个允许使用的字符集，任何不属于它的字符都将被解释为空格，注释行字符或引号内的字符不受检查，它们可顺利通程序，无任何改变地被送到输出。

设置字符集的目的为了检测不可见的非空格字符，如 TAB 等，某些编辑软件可能将一些这样

的字符插在数据文件中。

CMG 关键字字符集由大小写字母，数字 0-9，关键字指示符(*)，和运算符 (=, +, -, /) 组成。也可通过 *TRANSLATE 功能使用额外附加的字符。

另外可以在安装期间，通过定义模拟软件源码中子程序 RDLIN 中的 CHRSET 数组的方式增加字符集定义内容，其限制为这些字符必须被计算机操作系统支持。

关键字标识符* (星号)

关键字标识符* (星号)必须出现在关键字之前，它与关键字之间不允许有空格。

对于关键字的一个例子是孔隙度关键字：

por 或 POR 或 *POR

在这本手册中，关键字都是大写的，并且都带要 '*'，这样是为了更加醒目，然而大小混写以及关键字没有 '*' 都是允许的。

两个关键字标识符即两个星号在一起，表示这是一个注释行，例如：

** 这是一个注释行，注释行几乎可以出现在数据文件中任何位置。
** 这对于数据文件的文档化是非常有用的。

也可以通过使用 *COMMENT 关键字改变注释行标识符，在本段落后面将对其进行描述。

关键字的输入顺序

关键字输入系统将所有关键字划分为组(段)。

关键字组在输入文件中的顺序与这本手册中出现的顺序相同。除了对某些关键字有特殊顺序要求外，大多数关键字在组内的出现顺序没有规定。

有少数关键字可出现文件中的任何位置,这些关键字是 *LIST,*NOLIST,*INCLUDE,*COMMENT,*TRANSLATE 和 *RANGE CHECK。

有些关键字除了可出现在本数据段外，还可出现在循环数据段中。

在关键字描述中注明了这一关键字是要求的还是可选择的，而某些关键字注明了与其他关键字一起合用时，是要求的还是可选择的，可选择的關鍵字具有缺省值，当这一关键字不输入时，程序就使用缺省值。

关键字字符串

如果需要的话，关键字可以串在一起写在同一行。只有在一种情况下行的结束才是重要的，那就是表的读入。

大小写

关键字与字符串可以是大写字母，或小写字母，或者是它们的组合形式。

文件名必须与所用的操作系统要求相一致，如对 IBM 大型机系统必须使用大写。

行的长度

在数据段中，任何行的最大长度为 130 个字符，超过此范围的字符将被忽略掉。可通过修改源码文件 KWC0M1. INC 中的参数 MDLINE 并对模拟软件重新编译，以改变长度限制。

分隔符

关键字，数字，字符串等，相互之间必须有分隔符，分隔符可以是空格，逗号或换行符。在数据文件中不允许在逗号之间除空格外，无其他字符的情况发生。

字符串

字符串必须始终放在一对单引号之间(例如：'5-35-48-W5')。不允许使用嵌套的单引号，然而在单引号内可使用双引号，例如，'This is the "right" way.'。

转换

可通过使用关键字 *TRANSLATE 定义转换规则，这样就可以对任何主要关键字进行替换，使用自己定义的关键字。

数字

数字以自由格式方式输入，对于实数不要求小数点，可以使用'E'，'e'，'D'或'd'表示指数形式，数字中不允许嵌套空格。

对要求整数的位置输入小数，程序就会发出错误信息并中止运行。

下面为有效的实数输入形式：

```
25.040
-3
1.23E+02
0.02D-4
34.e02
+2.3
```

+ .3
- .3

下面为无效的实数输入形式：

34. E 02 数字中含空格
- 34.E02 数字中含空格
34.E. 2 指数中含小数点

顺序输入的数据必须用空格或逗号分隔。

重复数据输入

对于多个重复的输入数字，可采用简便方法输入，假设你有如下顺序的 5 个数：

.23 .23 .23 .41 .27

有两种方法输入，其中一种是象上面那样直接输入，然而可使用乘号 ‘*’ 简化输入方法，既然前三个数据相同，就可以这样输入：

3*.23 .41 .27

注意 ‘*’ 前后不应该有空格。

整数范围

在任何要求一个顺序的整型数输入的情况下，必须使用一个冒号，用来指明一个整数范围，冒号与整数之间不允许有空格，例如：

1 2 3 4 6 10 11 12
和
1:4 6 10:12

以上两行给出的整数序列具有相同的效果。注意在要求实数输入的地方不要使用这种方法。

数据表

在数据文件中有时要求输入数据表，数据表中所有项是按特定顺序排列的，必须按照文档规定的顺序输入数据。

在表中的每一项都应输入一个值，除非文档明确表明对某些位于每行的后面的数据项是可选的，在表的语法格式中可选择项应包含在圆括号中。

下面是一个包含油水相对渗透率表(*SWT)的例子，Pcow 是可选的可以不输入，而在这种情况下用户有毛细管压力数据。

```

*SWT
**Sw      krw      krow      (Pcow)
0.2        0.0      1.0      45.0
0.2899     0.022    0.6769   19.03
0.3778     0.018    0.4153   10.07
0.4667     0.061    0.2178   4.09
0.5556     0.143    0.0835   1.80
0.6782     0.289    0.0123   .50
0.7561     0.450    0.0       .10
0.8325     0.780    0.0       .0
0.9222     1.000    0.0       .0
1.0000     1.000    0.0       .0

```

如果没有使用毛细管压力 (pcow = 0)，则表的输入如下

```

*SWT
**Sw      krw      krow
0.2        0.0      1.0
0.2899     0.022    0.6769
0.3778     0.018    0.4153
0.4667     0.061    0.2178
0.5556     0.143    0.0835
0.6782     0.289    0.0123
0.7561     0.450    0.0
0.8325     0.780    0.0
0.9222     1.000    0.0
1.0000     1.000    0.0

```

具有不同来源的表可以通过使用 *INT 表输入选项自动合并在一起。

错误及警告信息

在数据输入过程中，将数据文件的每行复制到打印输出文件，假如检测出任何错误，将产生错误信息及警告，根据错误的类型，错误或警告信息将在出错行的上面或下面与其一起印出。

如在文件中使用了 *NOLIST 关键字，将不打印出错误或警告发生的数据行。因此，建议你只有在数据文件进行过完全检错后，才能使用 *NOLIST 关键字。

注释行(可选择)

目的：

******(两个关键字标识符)可用于对数据来源，为什么使用选项等进行注释。

格式：

****** 注释内容

缺省：

可选择项，无缺省。

条件：

一个注释内容，可出现在数据文件中的任何地方。

说明：

两个连续的关键字标识符(`**`)说明注释语句的开始，在这两个关键字标识符出现后的输入行部分将被忽略掉。注释行可用于对数据来源，为什么使用选项等进行注释。

根据 *NOLIST 和 *LIST 关键字，注释将与数据文件的其它部分一起复制到输出文件，否则将忽略注释。

一个注释的例子如下：

*MAXERROR 14 ****** 改变最多允许错误数。

空行(可选择)

目的：

可使用空行分隔数据文件的段落，使其更易读。

条件：

空行可出现在数据文件中的任何地方。

说明：

根据 *NOLIST 和 *LIST 关键字，空行与数据文件的其它部分一起复制到输出文件，否则将忽略空行。

数据的范围检查(可选择) *RANGECHECK

目的：

*RANGECHECK 控制数据范围检查功能。

格式：

*RANGECHECK (*ON | *OFF)

定义:

***ON**

打开范围检查功能。

***OFF**

关闭范围检查功能。

缺省:

如果 ***RANGECHECK** 不存在, 那么假设为 ***RANGECHECK *ON**。

如果 ***RANGECHECK** 之后没有子关键字 ***ON** 或 ***OFF**, 则意味着 ***ON**。

条件:

这个关键字可以出现在数据文件中的任何地方, 需要时可多次出现。

说明:

对大多数输入数据进行检查以确定它是否在预料的数字范围之内, 确定 ***RANGECHECK *OFF** 将不对非重要的数据进行范围检查。

***RANGECHECK *OFF** 也将停止所有“警告”信息的打印, 错误信息是始终打印的。

例如: 跳过压力正常变化范围的检查:

```
*RANGECHECK *OFF
*NORM *PRESS 500
*RANGECHECK *ON
```

建议对尽可能多的数据文件进行数据范围检查。

包含文件(可选择) *INCLUDE

目的:

关键字 ***INCLUDE** 说明将主要输入数据文件的读入过程挂起, 转向读第二个文件,

格式:

***INCLUDE** '文件名'

缺省:

可选择项, 无缺省。

条件:

***INCLUDE** 关键字必须出现在单独一行, 每次只可以打开一个第二文件, 这一关键字不允许嵌套使用。

注意：

某些安装环境可能不支持 *INCLUDE 关键字，关于使 *INCLUDE 起作用的信息在子程序 OPNFIL 中。

说明：

包含文件名必须使用单引号。

当遇到 *INCLUDE 关键字时，将按文件名打开第二个文件并读入，当第二个文件读完后，将会关闭第二文件，继续读入原先的输入数据文件。

控制数据文件列表(可选择) *LIST, *NOLIST

目的：

*LIST 用于确定从这点开始，以后的输入文件内容将打印到输出文件中。

*NOLIST 用于确定从这行之后，以后的输入文件内容将不打印到输出文件中。

格式：

*LIST

*NOLIST

缺省：

可选择关键字，缺省为 *LIST。

条件：

*LIST 和 *NOLIST 可出现数据文件中任何地方，但必须单独使用一行。

说明：

在缺省情况下，整个数据文件将在模拟运行之前写到输出文件之中，如果有 *NOLIST 关键字插在数据文件中，数据文件从这点起将不列出，一直到出现 *LIST 关键字的地方或文件结尾。

改变注释标识符(可选择) *COMMENT

目的：

*COMMENT 用于定义两个连续字符，以此改变注释标志，说明一个注释的开始。

格式：

*COMMENT 'ab'

定义：

ab

两个连续字符串说明一个注释的开始，这一字符串必须使用单引号。

缺省：

可选择关键字，缺省：`*COMMENT '**'`

条件：

`*COMMENT` 可出现在文件中任何位置，但必须单独一行。从这一行起，以后的注释行必须使用新定义的标志。

说明：

在缺省情况下，文件中的注释由字符串 `'**'` 说明，可使用 `*COMMENT` 关键字进行改变。

例如：

```
*COMMENT  '--'
*TRANSLATE  'KX'  'PERMI'  -- This is a
                                -- translate rule
```

从数据文件中的这一点起，所有的注释开始使用 `'--'`，在上面的例子中，后两行开始使用 `'--'` 作为注释符。

使用转换规则改变关键字(可选择) *TRANSLATE

目的：

`*TRANSLATE` 将用户喜爱的关键字转变为 CMG 模拟软件承认的关键字。

格式：

`*TRANSLATE '自定义关键字' 'CMG 关键字'`

定义：

自定义关键字

用户想让 CMG 模拟软件承认的关键字，允许使用的字符是模拟软件源码中 `RDLINE` 子程序所确定的字符集，定义的关键字中不得含有空格，逗号或星号，用户可在这个字符集中增加任何其计算机操作系统支持的字符，字符串应使用单引号。

CMG 关键字

用户想替换的 CMG 模拟软件关键字(不包括星号)，这必须是模拟软件承认的有效关键字，必须对其使用单引号。

缺省：

可选择关键字，缺省：使用模拟软件内部关键字。

条件：

*TRANSLATE 可出现在文件中的任何地方，但必须单独一行。随后模拟软件将参考使用或者‘自定义关键字’（由 *TRANSLATE 关键字定义的），或者软件内部关键字‘CMG 关键字’。

说明：

如果你想使关键字更有意义或者简单地为了方便，需要自己重新定义关键字，关键字 *TRANSLATE 将帮助你完成这个任务。

例如：

```
*TRANSLATE 'KX' 'PERMI'
```

这样模拟软件就承认 *KX 或 KX 与 *PERMI 具有同等意义，随后关键字 *KX, KX, *PERMI 或 PERMI 将参考关键字 *PERMI 使用。

一个关键字可以具有一个以上转换规则，

例如：

```
*TRANSLATE 'KX' 'PERMI'
*TRANSLATE 'x_permeability' 'PERMI'
*TRANSLATE 'permx' 'PERMI'
```

用户网格地址

目的：为网格中的网格块分配地址

解释：用户网格地址（UBA）是

UBA 在输出中

用户网格地址在数模结果输出中多次出现。仅为输出为目的，2 个字母的缩写来描述每个网格的 UBA，这在单孔系统中是不正常的。

NL 无效网格

PN pinch out block

ZP 0 孔隙度网格

FR 双孔系统中的裂缝网格块

MT 双孔或双渗中的基岩网格

Mi MINC 网格，此处最里面网格 $i = 1$

Si 子域网格，此处最高网格 $i=1$

WB 井筒网格

TU 套管离散化网格

输出中没有足够长度的网格地址，可加上“+”，23, 13, 12+ WB。

输入网格性质数组

数组

事实上输入网格的性质就是对每个网格输入数组元素数据，网格性质由左边带冒号

的 'ARRAY:' 说明, 在手册中将其进行描述。

数组读入选项

数组的输入结构由 5 部分组成, 其中有两项是可选的。

```
grid_array (array_qualifier) read_option data (array_modifier)
```

定义:

grid_array

数组定义关键字, 如 *POR, 在手册中这样说明, ARRAY: *POR

array_qualifier

用于对网格的不同元素赋值(如裂缝和基质), 此项为可选择项, 可选择如下几种情况:

- *MATRIX
- *FRACTURE
- *RG block_address_range
- *WELLBORE block_address_range
- *ANNULUS block_address_range
- *TUBING block_address_range
- *ALLELEM

如果 array_qualifier 不存在, 则假设为 *ALLELEM, 这些 array_qualifier 是分别描述的。

上述的每个数组读入属性仅用于指定的数组元素, 用户必须确保每个网格的所有元素都已经用要求的数据进行了赋值。

block_address_range 可以包括一个网格范围, 也就是, i1(:i2) j1(:j2) k1(:k2)。

read_option

读入方式选择, 有如下几种情况:

- *CON
- *IVAR
- *JVAR
- *KVAR
- *ALL
- *IJK
- *EQUALSI

以上的读入选项关键字将分别描述。

所有的 read_option 中除了 *IJK 之外都可以确保对每个网格定义。使用 *IJK 时必须小心以确保其覆盖了所有网格，在循环数据段中对选择网格的定义有这种限制。

data

输入网络数组的实际值，数据的数量取决于读入方式。对于 *IJK 也取决于是否位于循环数据段。

array_modifier

在网络数组读入后，可立即使用 *MOD 对数组进行修改，允许在 read_option 完成之后对网格或区域进行修改，*MOD 关键字将分别描述。

说明：

一个网格最多可以分成两部分，基质和裂缝。所有其他网格，井筒和天然裂缝选项都作为加密网格处理。

例如，一个离散化井筒是作为包含在另一个网格中的加密网格处理的。如果基础网格的地址为 $i j k$ ，那么离散化井筒周围地层(可能有天然裂缝)的地址为 $i j k$ 。既然井筒是‘加密’网格中的第一个网格，那么它的地址为 $i j k / 1 1 1$ 。如果井筒中有两个流动，那么油管的地址为 $i j k / 1 1 1$ ，而环形空间的地址为 $i j k / 2 1 1$ 。在缺省情况下，它将继承基础网格 $i j k$ 的各种性质数组的赋值。

另一个例子是 MINC 天然裂缝选项，MINC 选项将一个网格划分为一个裂缝和几个不同的基质块。将这些基质块作为基础网格或父网格基质部分的加密网格进行处理。通过缺省，加密网格(MINC)将继承其基础网格 $i j k$ 的数组赋值。对于父网格 $i j k$ ，最内层的基质块具有地址 $i j k / 1 1 1$ ，第二层网格为 $i j k / 2 1 1$ ，依此类推。

基质网格性质的输入 *MATRIX

目的：

*MATRIX 跟在数组性质关键字之后，用于说明输入的是基质性质。

关键字：

*MATRIX

说明：

*MATRIX 可使用任何数组读入选项，read_option 关键字必须跟随*MATRIX 之后。

例： 对双孔隙系统输入基质孔隙度：

```
*POR *MATRIX *ALL
.12 5*.16 .18 .22 .21 8*.20
.19 10*.18 3*.21 .19 .16
```

裂缝网格性质的输入 *FRACTURE

目的:

*FRACTURE 跟在网格性质关键字后使用, 在双孔隙系统中用于指出裂缝性质的输入。

关键字:

*FRACTURE

解释:

任何数组读入方式选项都可用于*FRACTURE, 数组读入选项关键字必须位于*FRACTURE 关键字之后。

例: 假设某网格平面在 J=2 和 J=3 处为裂缝, 对这些网格输入裂缝孔隙度。

```
*POR *FRACTURE *IJK  
1:10 2:3 1:3 .08
```

加密网格的位置 *RG

目的:

*RG 用于对加密网格数值赋值。

格式:

```
*RG i1(:i2) j1(:j2) k(1:k2)
```

定义:

i1(:i2)

确定 I 方向包含加密网格的基础网格坐标或范围。

j1(:j2)

确定 J 方向包含加密网格的基础网格坐标或范围。

k1(:k2)

确定 K 方向包含加密网格的基础网格坐标或范围。

说明:

在油藏描述段中, 使用 *REFINE 关键字定义局部加密网格。

在缺省情况下, 加密网格使用基础网格的相同赋值。但允许使用关键字 *RG 对每个加密网格单独赋不同的值。

任何数组读入方式都可与 *RG 一起使用, 性质数组输入值的个数与加密网格相同而与基础网格不同。数组读入方式关键字必须位于 *RG 之后,

例如：假设网格 (1, 1, 1) 含有加密网格，加密网格在 i, j, k 三个方向上划分为 3, 2, 1，输入各加密网格的孔隙度。

```
*POR *RG 1 1 1 *ALL
.08 .079 .078 .081 .08 .076
```

输入井筒的网格性质 *WELLBORE, *ANNULUS, *TUBING

目的：

对井筒网格赋值。

格式：

```
*WELLBORE i1(:i2) j1(:j2) k1(:k2)
*ANNULUS  i1(:i2) j1(:j2) k1(:k2)
*TUBING   i1(:i2) j1(:j2) k1(:k2)
```

定义：

***WELLBORE**

表示将数据分配给网格的井简单元。对于循环井同时应用于环形空间和油管。

***ANNULUS**

表示将数据分配给网格的环形空间单元。当没有油管时，它也应用于井筒。

***TUBING**

表示将数据分配给网格的油管单元。

条件：

只有通过油藏描述关键字 ***WELLBORE** 和/或 ***CIRCWELL** 使用离散化井筒选项时，以上三种数组输入方式才是有效的。

说明：

例如：对位于网格 1:6 2 5 的一口循环井确定不同的初始含油饱和度：

```
*SO *MATRIX *CON 0.70      ** 70% 在网格基质中
*SO *ANNULUS 1:6 2 5 *CON 0.05 ** 5% 在环形空间中
*SO *TUBING 1:6 2 5 *CON 0   ** 在油管中没有油
```

确定在环形空间和油管中没有油。

```
*SO *MATRIX *CON 0.70      ** 70% 在网格基质中
*SO *WELLBORE 1:6 2 5 *CON 0 ** 0% 在环形空间和油管中
```

对于离散化井筒网格，这些数组读入方式是最好的选择。

对网格的所有属性赋值 *ALLELEM

目的：

对网格的所有属性赋值。

关键字：

*ALLELEM

说明：

这个数组输入选项表示对网格的所有属性赋值。只有当使用了天然裂缝选项时，这个选项才是必要的。既然此项为缺省情况，那么这个关键字不需要明确给出。

例如：对裂缝和基质确定相同的初始温度 40.5 度。

*TEMP *ALLELEM *CON 40.5

-或-

*TEMP *CON 40.5

常数值数组 *CON

目的：

*CON 表示对所有数组元素输入一常数值，常数值可以与关键字同一行输入，也可另起一行。

关键字：

*CON value

说明：

例如：假设一个油藏的孔隙为常数 0.16，并且 I 方向的渗透率为常数，等于 100 毫达西。

*POR *CON

0.16

*PERMI *CON 100.

以 IJK 方式输入数组 *IJK

目的：

*IJK 对数组内的某一区域赋一种网格性质的常数值，这一区域由三个方向上的最大最

小网格范围所确定。

格式：

```
*IJK  
{i1(:i2) j1(:j2) k1(:k2) value}
```

定义：

i1(:i2)

I 方向网格的坐标范围。

j1(:j2)

J 方向网格的坐标范围。

k1(:k2)

K 方向网格的坐标范围。

value

对于这一区域的数组常数值。

{...}

表示可以使用任意行(但至少一行)。

条件：

一般来说，在使用 *IJK 时必须定义所有网格。因为有可能在赋值时漏掉了某些网格(与其他数组读入选项不同)，所以在使用 *IJK 时必须小心。如果你仅仅跳过一个网格，则会有一个致命错误信息通知你。在循环数据段之外的所有其他数据段中，最安全的方法是使用其他数组读入选项与 *MOD 选项一起使用。

在循环数据段中，*IJK 数组读入选项是十分有用的，在这里对网格的赋值通常是用于覆盖以前的赋值。在这个数据段中允许只对选择的网格赋值。

说明：

*IJK 的数组读入选项对由三个方向上的最大最小网格范围所确定区域内的网格性质赋常数值，如对某网格重复赋值，前一次赋值将被覆盖。

例如：对一个 10 x 10 x 3 网格系统设置孔隙度，除了在其中一个 5 x 5 区域之外，所有的网格所赋的值相同。

```
*POR *IJK 1:10 1:10 1:3 0.246  
1:5 1:5 1 0.17
```

-或者-

```
*POR *CON 0.246  
*MOD 1:5 1:5 1 = 0.17
```

后者是正确的并建议使用，而

```
*POR *CON 0.246
*POR *IJK 1:5 1:5 1 0.17
```

将造成错误信息，说明某些网格没有赋值，这是因为当遇到 *POR *IJK 时，将丢弃由 *POR *CON 设置的数据。*CON 的用法本身是正确的，但是 *POR *IJK 必须覆盖所有网格。

在循环数据段中，*IJK 可用于选择网格。例如在 5 x 5 区域中将相对渗透率岩石类型改变为 4，使用关键字如下：

```
*KRTYPE *IJK 1:5 1:5 1 4
```

数组输入值沿 I 方向变化 *IVAR

目的：

*IVAR 用于表示输入值仅在 I 方向变化，在其它两个方向为常数。

关键字：

```
*IVAR value(1)... value(ni)
```

定义：

value(1)

沿 I 方向坐标 1 为所有网格所赋的值。

ni

I 方向的网格数。

说明：

输入由空格或逗号分隔的 ni 个值。

例：当 I 方向网格数为 10 时，输入 I 方向网格尺寸。

```
*DI *IVAR
2*1000 1100 1050 3*800 860 1010 1100
```

注意 '2*1000' 说明值 '1000' 输入两次。

例：当 I 方向网格数为 3 时，输入 I 方向网格尺寸。

```
*DI *IVAR 3000.0 4000.0 5000.0
```

数组输入值沿 J 方向变化 *JVAR

目的：

*JVAR 用于表示输入值仅在 J 方向变化，在其它两个方向为常数。

关键字：

*JVAR value(1)... value(nj)

定义：

value(1)

沿 J 方向坐标 1 为所有网格所赋的值。

nj

J 方向的网格数。

说明：

输入由空格或逗号分隔的 nj 个值。

例：当 J 方向网格数为 10 时，输入 J 方向网格尺寸。

*DJ *JVAR 3*755 2*825 2*1000 1100 2*800

例：J 方向仅有三个网格：

*DJ *JVAR 3000.0 4000.0 3000.0

数组输入值沿 K 方向变化 *KVAR

目的：

*KVAR 用于表示输入值仅在 K 方向变化，在其它两个方向为常数。

关键字：

*KVAR value(1)... value(nk)

定义：

value(1)

沿 K 方向坐标 1 为所有网格所赋的值。

nk

K 方向的网格数。

说明：

输入由空格或逗号分隔的 nk 个值，这种输入方式对只存在层间变化的性质是很方便的。

例：一个具有 5 个层的油藏，层内孔隙度为常数，而各层孔隙度不同。输入各层孔隙度：

```
*POR *KVAR .081 .21 .18 .157 .2
```

例：在油藏中每层的 I, J, K 三个方向渗透率相同，而各层渗透率不同，使用 *KVAR 按层输入。

```
*PERMI *KVAR 200.0 50.0 500.0
*PERMJ *KVAR 200.0 50.0 500.0
*PERMK *KVAR 20.0 40.0 60.0
```

大多数或所有网格的值都不同时的输入 *ALL

目的：

*ALL 用于说明在大多数或所有网格的值都是不同的，输入值的个数与网格相同，包括所有死结点和零孔隙度网格。

关键字：

```
*ALL value(1) ... value(ni*nj*nk)
```

说明：

输入值由网格(1, 1, 1)开始，数组元素增加顺序为，I 方向网格坐标变化最快，其次为 J 方向，K 坐标的变化最慢。

例如：在一个三维系统中网格为：ni=10, nj=3, nk=2，每个网格的孔隙度几乎都不相同。

```
*POR *ALL
.08 .08 .081 .09 .12 .15 .09 .097 .087 .011
.15 .134 .08 .087 .157 .145 .12 .135 .18 .092
.074 .12 .12 .154 .167 .187 .121 .122 .08 .08

.095 .13 .12 .157 .17 .18 .184 .122 .084 .09
.11 .12 .134 .157 .157 .18 .18 .098 .09 .09
.08 .09 .144 .143 .123 .16 .165 .102 .10 .10
```

由 I 方向确定 J 和 K 方向的数据 *EQUALSI

目的:

*EQUALSI 用于说明 J 和 K 方向与 I 方向的值相同, 或者它们的值可以由对 I 方向值进行乘除等运算修改而得到。

关键字:

EQUALSI ([|-|+|/=] value)

解释:

*EQUALSI 与依赖于方向的关键字一起使用, 如渗透率, 传导率和扩散系数。这个关键字对 *MATRIX 和 *FRACTURE 分别使用。

例如: 在单孔隙系统中, J 方向的渗透率与 I 方向相等, 而 K 方向是 I 方向值的两倍。

```
*PERMI *CON 100.0
*PERMJ *EQUALSI
*PERMK *EQUALSI * 2.
```

例如: 情况与上例相同, 只对天然裂缝选项产生影响。

```
*PERMI *MATRIX *CON 100.0
*PERMJ *MATRIX *EQUALSI
*PERMK *MATRIX *EQUALSI * 2.
*PERMI *FRACTURE *CON 10000
*PERMJ *FRACTURE *EQUALSI
*PERMK *FRACTURE *EQUALSI * 2.
```

修改数组数据(条件) *MOD

目的:

*MOD 表示对输入的网格数据进行修改。

格式:

```
*MOD
i1:i2 j1:j2 k1:k2 (+) value
(-)
(*)
(/)
(=)
```

或者

MOD () value
 (-)
 (+)
 (/)
 (=)

定义:

i1

修改区域的 I 方向网格初始坐标。

i2

修改区域的 I 方向网格结束坐标。

j1

修改区域的 J 方向网格初始坐标。

j2

修改区域的 J 方向网格结束坐标。

k1

修改区域的 K 方向网格初始坐标。

k2

修改区域的 K 方向网格结束坐标。

+

表示将此数值与所定区域的网格性质值做加法运算。

-

表示将此数值与所定区域的网格性质值做减法运算。

*

表示将此数值与所定区域的网格性质值做乘法运算。

/

表示将此数值与所定区域的网格性质值做除法运算。

=

表示以此数值对所定区域的网格性质值进行覆盖。

条件:

在数组性质输入之后，*MOD 关键字必须立即出现。

说明:

*MOD 选项用于对最后的网格性质数据数组通过加, 减, 乘, 除以及赋值运算进行修改。

如果在 *MOD 关键字后面不指定范围, 只有修改符和数值的情况, 表示对所有网格进行修改运算。

如果在指定范围的某个方向上最小值与最大值相同 (例如: i1=i2), 则可以省略冒号和后面的数值。

例如: 假设对一个 10 x 6 x 1 的油藏孔隙度进行修改, 在某一范围增加 0.01, 而将另一范围用 0.13 作替换。

```
*POR *ALL
.08 .08 .081 .09 .12 .15 .09 .097 .087 .011
.15 .134 .08 .087 .157 .145 .12 .135 .18 .092
.074 .12 .12 .154 .167 .187 .121 .122 .08 .08
.095 .13 .12 .157 .17 .18 .184 .122 .084 .09
.11 .12 .134 .157 .157 .18 .18 .098 .09 .09
.08 .09 .144 .143 .123 .16 .165 .102 .10 .10
*MOD
1:3 1:4 1 + .01
5 2 1 = .13
```

例如: 修改所有的孔隙值, 减少到原数值的 95%。

```
*POR *ALL
.08 .08 .081 .09 .12 .15 .09 .097 .087 .011
.15 .134 .08 .087 .157 .145 .12 .135 .18 .092
.074 .12 .12 .154 .167 .187 .121 .122 .08 .08
.095 .13 .12 .157 .17 .18 .184 .122 .084 .09
.11 .12 .134 .157 .157 .18 .18 .098 .09 .09
.08 .09 .144 .143 .123 .16 .165 .102 .10 .10
*MOD * .95
```

对于要求的数组关键字只允许输入一次, 不允许重复输入, 在下面的例子中, 用户想对输入的孔隙度值进行修改, 而这种输入方式是不正确的:

```
*POR *CON 0.3
*POR *IJK
5:8 14:23 4 0.22
```

正确的输入方法应该是在 *POR 之后紧接着使用 *MOD 关键字:

```
*POR *CON 0.3
```

$$*MOD \quad 5:8 \quad 14:23 \quad 4 \quad = 0.22$$

注意：如果 *EQUALSI 和 *MOD 同时出现，那么先执行 *EQUALSI 然后再处理 *MOD 的值。

内插求出表数据(可选择) *INT

目的：

*INT 表示数据表中相应的输入项的值由内插算出。

说明：

*INT 关键字可用于数据表的输入。这个关键字能够通过插值计算表中的值。数据表中 *INT 所在处输入项的值由线性内插求得。当数据表中输入项不全时该选项特别有用。这个特征将在例子中进一步详细说明。

例：假设在模拟时要输入一张油-水相对渗透率数据表，同时也假设已知的油水相对渗透率对应于不同的饱和度。

*SWT		
**SW	K _{rw}	K _{row}
0.2	0.0	1.0
0.3	0.05	*INT
0.4	*INT	0.7
0.5	0.4	*INT
0.6	*INT	0.5
0.7	0.8	*INT
0.8	1.0	0.0
1.0	1.0	0.0

上表中 *INT 处的值自动由线性内插算出。

注意：

*INT 不能出现在数据表的第一列中。尽管 *INT 选项能用于外推，但由于使用 *INT 外推时，要检查饱和度的端点值，所以最好不要使用 *INT 来外推饱和度表。如果一列中除 *INT 外仅有一项输入值，那么整列的值都相同(都等于该输入值)。

输入/输出控制数据段

输入/输出控制汇总

定义控制模拟软件输入/输出功能的各种参数，例如文件名，单位，标题，选择，以及对输出文件，SR2 文件和重新启动控制的写文件频率。

选项表

各种输入和输出的文件名：

只需要输入数据文件名

重启运算仅需要一个输入的重启文件名

一组完整的并具有一致性的文件名缺省

各种文件名的给定或缺省是独立的

根据输入和输出文件名的根名进行缺省

简单容易的重新启动运算引导

输入/输出单位具有如下选项：

有 SI，油田和实验三种单位

在这三种单位之外，个别单位可以改变

输出的单位可以不同于输入单位

基于摩尔的量，可用质量代替摩尔

输出文件有如下的写文件选项：

可以输出井，网格和数值解的情况

每个量的频率，输出个数是可改变的

对所有网格提供了很长的变量表

可以控制数组输出的方向排列

某些量可使用特殊的单位，如 ppm，pH 等

SR2 文件具有如下的写选择：

可以输出井，网格和特定的历史数据

每个量写出的频率及数量是可变的

对所有网格供了相当长的可用变量表

某些量可使用特殊的单位，如 ppm，pH 等

可以使用常规格式或 XDR 格式写出二进制文件

可以写出单精度二进制文件

重新启动机制有如下的选择：

写文件的频率

文件回绕的频率

在特定的时间步或最后一个时间步读重新启动记录

中断处理有如下的选择：

在齐整和关闭文件后立即结束运算

在完成当前时间步计算并写重启记录后结束运行

交互式地提示用户，要求给予指示

必要的数据库

在这个数据段没有必须或强制输入关键字，均为可选择的。每个关键字均有缺省值可供使用。

重要关键字的顺序

如果 *FILENAMES 存在，则必须是第一个关键字。

如果 *MASSBASIS, *PARTCLSIZE 和 *PARTCLMLWT 存在, 则必须出现在 *OUTPRN 和 *OUTSRF 之前。

在其它数据段可以使用的关键字

关键字 *MAXSTEPS 可以出现于本数据段和数值控制数据段内。

这个数据段的某些关键字可以出现在循环数据段, 见下表:

可以出现于循环数据段	不能出现在循环数据段	
-----	-----	-----
*MAXERROR	*TITLE1	*RESTART
*MAXERROR	*TITLE1	*RESTART
*BRENSCREF	*TITLE2	*MASSBASISE
*WRST	*CASEID	*PARTCLMLWT
*REWIND	*CHECKONLY	*MAXSTEPS
*OUTSOLVR	*INUNIT	*OUTSRF *WELL
*OUTPRN	*OUTUNIT	*OUTSRF *SPECIAL
*WPRN	*PRNTORIEN	*XDR
*OUTSRF *GRID	*DIM	
*WSRF		
*SR2PREC		

静态 dimensioning 管理

以下维数限制都是静态的, 也就是不能从数据文件中读取, 也不能进行更改。

值	说明
	组份数(流体和固体)
	流体组份数
	可凝析组份数
	化学反应数
	依赖于网格的性质组数
	网格的体积/面积修正因子组数
	在 MINC 或 VR 选项中的子矩阵数
	杂交网格中的径向细分数
4	杂交网格中的圆周细分数
	岩石流体数据组数
100	岩石流体数据表的输入数据数
	界面张力表输入的温度数据数
	界面张力表输入的等温数据数
5	端点温度输入数
	频率因子表的数据输入数
	堵塞阻力表的数据输入数
	2 特定历史数

温度表数据输入数
124 扇区数

动态内存管理

STARS 的动态内存管理功能通过预先对数据扫描以获得所需的信息。静态存储(任何数据文件的需求量)为 2 至 3 MB, 而执行文件本身为 4 至 5 MB, 所以启动 STARS 所需要的内存少于 8 MB, 然而在内部对总的存储量没有限制, STARS 将试图直接通过用户的数据对内存进行分配, 所以, 在运行较大的数据文件时, 用户具有更多的灵活性, 但是需要了解相应的存储需求。

为了了解一些可能遇到的维数限制, 可以考虑一组 ‘基本’ 参数, 其余所有的 ‘第二类’ 参数都是通过公式和条件由此导出的。例如, 网格数, 井数和组份数是基本参数; 而网格与组份的乘积是第二类的, 因为它依赖于公式和其他参数。

对于任何依赖于网格数, 井数和总完井层数的第二类参数将使用数据文件中的实际值。例如, 对依赖于网格数和组份数的第二类参数将使用数据中的实际组份数。所有大数组的维数参数都在这个分类中, 因此可以有效地将总的存储量降低的最小。

在下面的内容中, 一行开始处的 ‘>’ 表示对屏幕的一个输出行, 或者是经过重新定向的一个日志文件中的一行。

在正常情况下屏幕或日志文件的开始是这样的。

```
> Banner . . .
>
>   Opened data file           on unit 72, filename is 'correl.dat'
>
> Scanning data for dimensioning info ...
> Done.
>
>   Opened output file         on unit 73, filename is 'correl.out'
>   Opened INDEX-OUT           on unit 74, filename is 'correl.irf'
>   Opened MAIN-RESULTS-OUT on unit 76, filename is 'correl.mrf'
>
> ===== SUMMARY (from subroutine: INDATA) =====
> Reading of initial data is complete.
> Simulation will stop if there were error messages.
>   3 Warning messages.      0 Error messages.
> =====
```

表示这个数据文件打开, 然后对如网格数, 组份数和井数这样的维数参数值进行扫描, 然后打开输出文件并且读入, 处理和响应初始化(非循环)数据。

当使用了 *DIM *DIMSUM 或命令行变量 ‘-dimsum’ 时, 将打印出下面的扫描报告:

```

> Summary of Dimensions Obtained from Data Scan
> -----
>
>      2  NUMY   - Number of fluid components
>      2  NUMX   - Number of condensible components
>      2  NW     - Number of wells
>     34  MDPTGL - Number of unique completions
>      1  MFORM  - *TFORM flag:  1 for *SXY, 2 for *ZH, 3 for *ZT
>      1  MISOTH - *ISOTHERMAL flag:  1 for thermal, 2 for isothermal
>      1  NPTGN  - Number of grids
>    1190  NPTSS  - Number of matrix blocks
>    1190  NPTCS  - Number of blocks including nulls
>      1  M9PT   - *NINEPOINT flag:  1 - no, 2 - yes
>      3  NDIM   - Number of dimensions (= 3 for *REFINE)
>      0  NREF   - Number of refinements per fundamental block
>      0  MINC   - Number of *MINC or *SUBDOMAIN subdivisions
>      8  NORTH  - Number of orthogonalizations
>      0  NDWGL  - Number of discretized wellbore blocks from *WELLBORE
>    4320  NCLU   - Number of LU connections
>      0  NGAUSS - Bandwidth for *SDEGREE *GAUSS
>
>      Grid Module will be used

```

这个报告说明从对数据文件的预先扫描中获得了那些维数信息。对于这个特定的数据文件有 2 个组份，1190 个网格，2 口井和总共 34 个层。

和上述的扫描报告在一起的还有两个其他报告：每个模块使用的存储量的详细汇总，和一个所有维数参数的列表。

```

> Summary of Storage Required
> -----
>
> Storage used by STARS           2175170
> Storage used by WELLGRP         214
> . . .
> Storage used by AIMSOL          1160524
> Storage used by Total =         7331035
>
>
> Dimensioning Parameters
> -----
>
>    1190  MDPTCS - Total blocks, including nulls
>    1190  MDPTPS - Total non-null blocks

```

```

> . . .
>      20 MDNUMY - Fluid components
>     2380 MDPTY - Fluid components times blocks
> . . .
>      2 MDWELL - Source/sink wells
>     34 MDPTGL - Global well layers
> . . .
>    4320 MDICLU - Block entries in each of L & U
>   38880 MDLU   - Size of each of L & U

```

注意第二类参数 MDPTY = 2 * 1190 = 2380 使用了实际的组份数。

当产生内存分配错误时也出现最后这两个报告。这类错误出现的主要原因是企图分配超过有效内存的空间。STARS 对内存进行分配，除非分配失败，打印两个报告并停止。

在 STARS 算例中“verify”目录下的测试文件“verify25.dat”用于测试分配错误的处理，在 UNIX 工作站具有 480 MB 转换空间时，给出：

```

> ERROR: Memory allocation failure for array: t1, 38901600 bytes
>
> The following summaries will help you find the reason for
> the allocation error. The most common reason is that this
> data requires more swap space (virtual memory) than is
> available on this computer at this time. To get a summary
> of dimension parameters generated by your data use keywords
> *DIM *DIMSUM in the I/O Control section or command-line
> argument "-dimsum".

```

在后面跟随的两个报告中，最后指出总的内存量为 449043917 字节即大约 450 MB。以 39 MB 分配的数组 ‘t1’ 加在总数上为 489 MB，超过了有效空间。一个运行 Windows 95 的 PC 机在运行这个数据文件时没有错误，因为它具有一个 G 的可用硬盘，但是却会由于过度地分页转移而影响速度。

对于大多数数据文件通过扫描获得的维数都是有效的，然而有可能其中几个维数参数无效，在这种情况下用户可以直接通过 *DIM 的子关键字输入数值。

查阅“最小限度使用内存”。

命令行变量(可选择) *COMMAND-LINE-ARG

目的：

通过命令行的使用确定某些运行信息。

格式:

```
stars.exe ( -f input_data )  
          ( -r input_restart )  
          ( -checkonly )  
          ( -dimsum )  
          ( -onestep )  
          ( -wd path|-dd )  
          ( -wait )  
          ( -id98data )
```

定义:

stars.exe

STARS 调用命令，通常是可执行文件名，在 UNIX 系统下它可以是一个局部文件，一个对于某个文件的连接，或仅是一个通过查询路径的可执行文件。

input_data

用于 STARS 的输入数据路径文件名的一个字符串。

input_restart

用于 STARS 的由前一个运行产生的输入重新启动 IRF 路径和文件名的一个字符串，对于重新启动要求的 MRF 以及可能的 RRF 文件也将在类似的路径名中获得，这个选项覆盖可能在数据文件中出现的 *FILENAMES 关键字的子关键字 *INDEX-IN, *MAIN-RESULTS-IN 和 *REWIND-IN 所给定的路径名。

-checkonly

等同于在你的数据文件中加入 *CHECKONLY 关键字，见手册中关于 *CHECKONLY 的输入。

-dimsum

等同于将关键字 *DIM *DIMSUM 加在你的数据文件之中。

-onestep

等同于将关键字 *MAXSTEP 1 加在你的数据文件中。

-wd path

输出文件将写在由“path”给定的目录中。当通过“-f”变量提供了绝对路径名时，可通过这个选项改变输出目录。

-dd

输出文件将写在包含有数据文件的目录中。当通过“-f”变量提供了绝对路径名时，可通过这个选项确定输出目录。

-wait

等待许可证，假如所有的许可证都在使用，这个变量可以将处理过程保持在‘睡眠’状

态，一直到有许可证可用(最多 72 个小时)。从选项只对 PC 机有效。

当通过 CMG 技术平台一次提交了多个作业(例如在夜间或周末)，并且许可证数有限时，这个选项是有用的。可以在一个批命令中使用一种转换方式顺序地运行一系列作业，见指导段中**运行你的模拟**。

`-id98data`

等同于在循环数据段的顶部使用关键字 `*ID98DATA`。

缺省：

如果输入文件名没有通过变量 `"-f"` 提供，则 STARS 将进行提示。

如果这是一个重新启动运行，而输入重新启动文件名没有通过变量 `"-r"` 或通过关键字 `*FILENAME *INDEX-IN` 提供，则 STARS 将进行提示。

如果 `-wd` 和 `-dd` 都没有提供，那么将通过 `*FILENAMES` 关键字获得输出文件名。如果 `*FILENAMES` 不存在，那么输出文件将写在当前工作目录。

输入/输出文件名(可选择) *FILENAMES

目的：

确定输入和输出文件名。只有在覆盖缺省文件名，或是当没有使用命令行变量而确定重新启动输入时才是必要的。

输入数据文件必须通过标准输入设备(键盘/作业运行批命令)或是命令行变量 `"-f"` 确定。

格式：

`*FILENAME(S) { file_types(name_option)}`

这里 `file_types` 是下面的一种：

`*OUTPUT`
`*INDEX-OUT`
`*MAIN-RESULTS-OUT`
`*REWIND-OUT`
`*INDEX-IN`
`*MAIN-RESULTS-IN`
`*REWIND-IN`
`*GEOMECHOUT`

而 `name_option` 为下面的选项之一：

```
, ,  
' filename'  
*PROMPT
```

对于 file_type *OUTPUT, 允许附加 name_option *SCREEN。

定义:

*FILENAMES

文件名关键字, S 为可选择字符。

*OUTPUT

表示主要输出文件, 将写入模拟结果。

*INDEX-OUT

说明将在这个索引结果文件(irf)中写入 ASCII 码的模拟结果数据。

当重新启动运行时, 某些信息将从 SR2 输入文件复制到 SR2 输出文件, 基于时间的历史不进行复制, 但是当前运行的 SR2 文件对它的某些部分是可以访问的, 因此不要删除 SR2 输入文件直到不再需要它所包含的信息为止。

*MAIN-RESULTS-OUT

说明将在主结果文件(mrf)中写入二进制模拟结果数据。

*REWIND-OUT

说明当 *REWIND 选项使用时, 将在可回绕结果文件(rrf)中写入重新启动数据。

*INDEX-IN

说明将从这个索引结果文件中读出模拟结果和重新启动记录。只有对于重新启动运行这个文件才是必要的。

*MAIN-RESULTS-IN

说明将从这个主结果文件中读出模拟结果和重新启动记录(二进制)。只有对于重新启动运行这个文件才是必要的。

*REWIND-IN

说明将从这个可回绕结果文件中读出回绕的重新启动记录。只有对于重新启动运行这个文件才是必要的。

*GEOMECHOUT

说明如果选择了岩石力学模型选项, 将对这个文件写入由其生成的格式输出。如果 *GEOMECHOUT 不存在, 或是使用了 *PROMPT, 这个输出将写在由 *OUTPUT 给定的主要输出文件中。

‘ ’

空字符串，表示使用内部生成的缺省文件名。

‘filename’

文件名字符串，最多 80 个字符，文件名是否被接收取决于使用的操作系统。

*PROMPT

表示如果需要这个文件，将通过屏幕/键盘对用户提示文件名，除了 *INDEX-IN 之外的所有文件类型都具有可用的内部生成文件名，为了使用这些文件名，对提示输入一个空串进行响应。

*SCREEN

表示这个文件类型将输出到屏幕(标准输出设备)上。

缺省：

对于输入数据文件没有可用的缺省文件名，它必须由用户确定。可以通过标准输入设备(键盘/批命令)或是命令行变量“-f”(包括在 CMG 技术平台中)。

对于输入重新启动文件 *INDEX-IN 没有可用的缺省文件名，它必须由用户确定。可以通过标准输入设备(键盘/批命令)，关键字 *FILENAME *INDEX-IN (当使用 CMG 技术平台时两者都是适合的)或是命令行变量“-f”输入。

如果没有通过 *FILENAME(包括 *PROMPT) 确定任何其他的要求文件名，将使用内部生成的文件名，见下面的“内部生成缺省文件名”。

条件：

如果 *FILENAMES 存在，则必须是输入数据文件中的第一个关键字，否则将对用户提示需要的文件名，随后的任何 *FILENAMES 将不被承认。

所有输出文件皆以‘UNKNOWN’方式打开，所以并不对覆盖进行保护。一个原有文件将被覆盖或是附加，取决于使用的操作系统。

所有输入文件皆以‘OLD’方式打开，所以在模拟运行时必须存在。

命令行变量 -r 将覆盖所有通过 *FILENAMES 确定的重新启动输入文件名。

说明：

CMG 模拟结果文件系统(SR2)

SR2 文件系统由在一起工作的三个文件组成，它们是结果索引文件(irf)，主结果文件(mrf)和可回绕结果文件(rrf)。对于图形后处理软 RESULTS 和 Report Writer，其中两个文件是必须有的，它们是 irf 文件和 mrf 文件。

对于重新启动运行也同样需要这些文件，假如使用了 *REWIND 选项写重新启动记录，那么对于重新启动运行也需要可回绕结果文件 rrf。只有在最后一次回绕之后写到 RRF 中的重新启动信息才是有效的。

内部生成缺省文件名

内部生成的文件名具有一致性，每个文件类型的文件名都是三个根文件名之一加上一个唯一的后缀形成的，对于每个单独的文件类型这些文件名都可以用于作为缺省。在以一种可管理方式进行一系列重新启动运行时，这种一致性是非常有用的。这三个基本文件类型是：输入文件，输出文件和重新启动输入文件。从它们导出缺省的根文件名。

输入数据文件：通过屏幕提示或命令行输入这个文件名。如果这个文件名存在并且包含输入数据文件所在目录的全路径名，那么输入数据根文件名就是这个文件名去掉后缀 \.dat'，对于其他输入数据文件类型的缺省路径名(假定与输入数据文件在同一个目录)为这个根名加上一个唯一的后缀。

输出文件：对于 *OUTPUT 的缺省文件名是将输入数据根名去掉目录路径(使其变为局部)，并在末尾加上 \.out'。命令行变量 -wd 和 -dd 将覆盖这个缺省路径名的目录部分，这个文件名或通过 *FILENAME 关键字确定的另一个文件名用于打开这个文件。如果这个文件名存在并且包含了输出文件所在目录的全路径名，那么输出根文件名就是这个输出文件名去掉后缀 \.out'，对于其他输出文件类型，像 *INDEX-OUT 的缺省路径名为这个输出根名加上一个唯一的后缀。

重新启动输入文件：对于 *INDEX-IN 类型的文件名可以通过屏幕提示，*FILENAME 或命令行输入，这个文件名必须以后缀 \.irf' 结尾。如果这个文件名存在并且包含了文件所在目录的全路径名，那么输入重新启动根文件名就是这个文件名去掉后缀 \.irf'，对于其他输入重新启动文件类型，像 *MAIN-RESULTS-IN(假定与输入重新启动文件在同一个目录)的缺省路径名为这个根名加上一个唯一的后缀。

对各种文件类型的缺省文件名的来源汇总于下：

文件类型	根的来源	后缀
*OUTPUT	数据文件名	.out
*INDEX-OUT	*OUTPUT	.irf
*MAIN-RESULTS-OUT	*OUTPUT	.mrf
*REWIND-OUT	*OUTPUT	.rrf
*GEOMECHOUT	*OUTPUT	.geo
*MAIN-RESULTS-IN	*INDEX-IN	.mrf
*REWIND-IN	*INDEX-IN	.rrf

注意只有在文件系统具有 \/' 或 \\' 目录分隔符(UNIX 和 DOS 系统)时，才去掉目录路径名信息。

使用这个缺省系统，用户只需要通过改变 *INDEX-IN 文件名就可执行一系列重新启动运行。

例 1：

数据文件为 'cycle.dat'，因此 *OUTPUT 的缺省为 'cycle.out'，*INDEX-OUT 的缺省是 'cycle.irf'，而 *MAIN-RESULTS-OUT 的缺省是 'cycle.mrf'。

例 2：

在第一次运行时执行了命令行 “stars.exe -f run1.dat”，而输出文件为 'run1.out'，'run1.irf' 和 'run1.mrf'。

在第二次运行时，将 'run1.dat' 复制为 'run2.dat'。

在对 'run2.dat' 的修改中，加入了 *RESTART 关键字，并使用命令行 “stars.exe -f run2.dat -r run1”，输出文件为 'run2.out'，'run2.irf' 和 'run2.mrf'。

事实上，SR2 文件 'run2.irf' 将 'run1.irf' 看作它的父文件，当你使用 RESULTS 和 Report Writer 查看 'run2' 时，将自动地从 'run1' SR2 文件中查找并和特定历史的第一部分。

建议对较小文件的每个重新启动运行像上面那样分别保留它的拷贝，然而对大的数据文件这可能是不实际的，你可以注释掉无效的数据行，也可以将数据文件中大量的静态数据部分放入其他文件而使用 *INCLUDE 机制，以此只对较小的主要文件进行改变。

维数覆盖(可选择) *DIM

目的：

对基于数据预先扫描的模拟内存估算缺省值进行覆盖。

格式：

```
*DIM      ( *MDPTGL mdptgl )
           ( *MDICLU mdiclu )
           ( *MDJCM  mdjcm )
           ( *MDCALP mdcalp )
           ( *MDV     mdv )
           ( *MDDD    mddd )
           ( *MDLU    mdlu )
           ( *MDGMIG mdgmig )
           ( *MDGMRG mdgmrgr )
           ( *DIMSUM )
```

定义：

mdptgl

预计的最大总完井层数，只有在自动估算过程失败时才覆盖这个量，见下面的说明。

mdiclu

预计的解法充填连通数，只有在自动估算过程失败时才覆盖这个量，见下面的说明。

mdjcm

矩阵解法维数参数，只有在必要时才覆盖这个量。

mdcalp

矩阵解法维数参数，只有在必要时才覆盖这个量。

mdalp

矩阵解法维数参数，只有在必要时才覆盖这个量。

mdv

矩阵解法维数参数，只有在必要时才覆盖这个量。

mddd

矩阵解法维数参数，只有在必要时才覆盖这个量。

mdlu

矩阵解法维数参数，只有在必要时才覆盖这个量。

mdgmig

网格模块整型维数参数，只有在必要时才覆盖这个量，见下面的说明。

***DIMSUM**

将详细的维数参数和存储需求报告写到屏幕，或通过重新定向写到日志文件。这个报告也可以通过命令行变量 ‘-dimsum’ 写出，见本章开始处的 “动态内存管理”。

缺省：

如果 *DIM *DIMSUM 不存在，而且命令行变量 ‘-dimsum’ 也不存在，则不打印详细的报告。

其他每个 *DIM 子关键字的缺省值与通过数据扫描获得的值无关。

说明：

STARS 使用的动态内存管理方式通过预先对数据文件进行扫描，以获得所有必要的信息，然而在扫描之后可能会有几个维数参数无效，在这种情况下用户可以直接通过 *DIM 子关键字输入数值。

在下面一行开始处的 ‘>’ 表示一个输出行。

总的完井层数

总的完井层是一种唯一的井/网格组合，例如，井的一个层 I 在网格 J 完井。利用总

的完井层可以非常灵活地对网格随时间设置完井层，完井层总数为为这些唯一的井/网格组合的和。例如，具有 3 个射孔层的 4 口井的总完井层为 $4 \times 3 = 12$ 。既然一口井的方式(注入井或生产井)是不可以改变的，那么注入井和生产井之间的转换就需要使用两口井进行模拟，一个 10 层的吞吐井需要两口井模拟，所以总的完井层为 20。

离散化井筒需要一个层用于井筒存储，另外对每个井筒网格需要一个完井层，对于一口循环井的油管和环空则对完井层加倍。例如，一个 10 层的离散化循环井筒需要 $2 \times (10+1) = 22$ 个完井层，并且不包括需要通过 *WELL 对每种井筒注入流体进行定义的源/汇井。

通过数据扫描并不能从 *PERF 和 *WELLBORE 关键字中得到准确的总完井层数，而是通过井数，K 方向网格数和离散化井筒网格数进行估算。对于在 I 或 J 方向的许多网格中完井，或是杂交网格中的离散化井筒，这种估算可能是无效的。当你输入 *PERF 数据时可能会看到这样的信息：

```
> Insufficient dimensioning for number of global well layers.  
> Increase MDPTGL to at least N.
```

这里的 N 是一个数值，这个信息可能产生多次，所以应该使用信息中指出的最大 N 值。对于离散化井筒数据输入的信息在形式上可能是不同的，但是也将给出需要的最大 MDPTGL。

关键字 *DIM *MDPTGL 允许用户直接输入最大总完井层数。它可能通过几次迭代确定 MDPTGL 并且通过运行 STARS 确定最终的最大值。不要担心将 MDPTGL 确定的略微过大，因为与网格数相比总完井层只需要少量的内存。

解法矩阵填充项

矩阵解法数组维数的确定是复杂的，并且在很大程度上是自动的，然而在特定的情况下可能有两个量需要人为地覆盖，即对应于矩阵填充项的 MDICLU 和 MDLU，它们决定了解法矩阵的最大维数，而这些矩阵相当于 STARS 总存储需求的一半。

在正常情况下，对于矩阵解法控制 *SORDER, *SDEGREE(1 和 *GAUSS)以及 *MAXLAYPRE 的缺省值，通过数据扫描估算出的 MDICLU 和 MDLU 都是有效的。当这种估算无效时，STARS 将向输出文件(.out)发出信息以及对屏幕或日志文件发出简要信息。用户可以从这些信息中得知对这些量的要求值，并通过关键字 *DIM *MDICLU 输入这些值。允许用户通过 *OUTSOLVR 关键字在任何时间检查解法的内存需求。

在下面的例子中通过使用 STARS 的第 66 个测试(sttst66)进行说明，当在 STARS 98 下运行这个 96.00 版的数据时，在读入循环数据的第一段之后运行停止并出现如下信息：

```
> ===== ERROR (from subroutine: AIMPTR) =====  
> Increase Solution Array Dimension MDLU.  
> Required Dimension=59652          (Current=58208          )  
> =====
```

```

>
> Solver Array Dimensions:
> Jacobian Array Dimension= 86832 (maximum MDALP= 95320)
> Solution Vector Dimension= 2185 (maximum MDV = 4033)
> Diagonal Array Dimension= 8737 (maximum MDDD = 16128)
> LU Factors Dimension= 59652 (maximum MDLU = 58208)
>
> ===== FATAL ERROR (from subroutine: AIMPTR) =====
> Some of your dimensioning parameters are too small (see above).
> You must redimension the simulator to run your problem.
> =====

```

这里的 MDLU 太小而 MDICLU 没有问题，首先查看你的数值控制数据，是否矩阵解法控制被覆盖了，在这个例子中是被覆盖了，关键字如下：

```
*SDEGREE 1 *SORDER *RCMRB
```

1 度是缺省情况，但 *RCMRB 不是 *SORDER 的缺省情况。在这种情况下似乎没有特别的理由覆盖 *SORDER 的缺省情况，所以将这两个关键字删除，对于这个修改后的数据缺省的维数估算是有效的。注意这里只是 *SORDER 不同，从这里我们可以得出结论，*RCMRB 比缺省情况 *REDBLACK 需要更多的充填项。

在另一方面，如果这种 *SORDER 是需要的，或者存在其他的理由导致估算失败，那么你必须覆盖 MDLU。对于 MDICLU 和 MDLU 只有一个关键字 *DIM *MDICLU 可用于覆盖，可以通过这个关键字输入 MDICLU 的数值，而 $MDLU = MDICLU * nflow **2$ ，这里的 nflow 是每个网格的流动方程数：

```

nflow = numy + 2    对于 *TFORM *SXY (缺省情况)
        numy + 1    对于 *TFORM *ZT 或 *ZH 没有 *ISOTHERMAL
        numy        对于 *TFORM *ZT 以及 *ISOTHERMAL

```

在这个事例中的运行是等热过程，所以 $nflow = numy = 4$ ，我们需要的 MDLU 至少为 59652，对必要的内存不要给的过大，因为这些是非常大的数组。选择 $MDLU = 60000$ ，以此给出的 $MDICLU = 60000 / 4 * 4 = 3750$ ，在输入/输出控制数据段输入 *DIM *MDICLU 3750。记住关于整型数算法的说明：59652/16 将圆整为 3728，乘以 16 后为 59648，小于需求量。因为运行 sttst66 的总存储需求仅为 7.5e6 字节，以此可以选择较大的 MDICLU 值，但是当你试图执行超出固定转换空间或内存空间的运行时，这将是一个问题。

在某些情况下 *MDICLU 量本身就是无效的。对于数据的需求值是分阶段获得的，首先是网格(没有井)，然后是网格加上每个循环数据段定义的活动井，由于这种原因无效的 MDICLU(或 MDLU)可以发生在任何这种地方，所以在较晚时间阶段出现大量的活动井可以引起运算中途停止。增加 MDICLU 重新启动运行是可行的，对于较高的 *SDEGREE 和 *MAXLAYPRE，这时并造成大量的矩阵填充项时尤为如此。*OUTSOLVR 关键字可用于找出需要的 MDICLU 值(记住对报告出的数值至少加 1)，建议在大作业提交之前使用关键字 *CHECKONLY 检测维数的有效性。

注意对于 *SDEGREE 大于 1 时的错误信息并不指出需要的 MDICLU 值, 在这种情况下, 使用 *DIM *MDICLU 输入加倍的初始估算值, 使用 *OUTSOLVR 检查实际需求, 然后输入 MDICLU 的最小需要值。

其他矩阵解法维数

对应于 *MDJCM, *MDCALP, *MDALP, *MDV, *MDDD 和 *MDLU 的其他矩阵解法维数在正常情况下是有效的并且可以缺省, 然而, 在大量的网格运算并试图覆盖维数时, 可使用这些子关键字对给定的网格将内存分配降到最小。

网格模块维数

在网格模块中大量的加密网格可能会造成无效的缺省维数。当网格模块实数数组维数的缺省值 NNNN 太小时将出现如下信息:

```
===== FATAL ERROR (from subroutine: GRDBAS) =====  
The amount of Grid Module Real Data Base Space required is greater than the  
amount available (NNNN). Please redimension the Simulator.  
      0 Warning messages.      1 Error messages.  
=====
```

建议使用关键字 *MDGMRG 和两倍的缺省值对缺省情况进行覆盖, 如果仍然出现这个信息, 则再次对数值加倍直到这个信息消失。

当整型数组维数太小时会出现一个类似的信息, 在这种情况下, 进行上面的覆盖时应使用关键字 *MDGMIG。

检查错误的扫描方式(可选择) *CHECKONLY

目的:

启动对输入数据检查的扫描方式。

格式:

*CHECKONLY

缺省:

如果这个关键字不存在, 则开始时间步的计算。

说明:

在正常情况下(也就是没有 *CHECKONLY), 当读入数据文件时将检查语法, 内存分配和数据范围, 在运行开始前对所有的初始化数据(但不包括循环数据)进行处理, 因此将检测这部分数据的错误并立即打印出报告。

然而，随着模拟时间的进行，只有在需要时才读入循环数据，所以在运算的随后时间内将检测循环数据的错误并打印错误信息报告，这样对大规模的运算就很不方便。
*CHECKONLY 关键字允许你非常快速地扫描整个数据文件到末尾，这样就可以对数据的错误进行检测并立刻打印出报告。

事实上，在模拟中不进行扫描的部分只有时间步计算，这意味着已经进行了所有的读入，内存分配，检测，复制，打印以及 SR2 文件的形成。例如，你可以查看初始条件，通过 RESULTS 从扫描运行中生成的 SR2 文件中查看网格性质。

建议你在数据文件顶部保留 *CHECKONLY 关键字，在正常情况下这个关键字是禁用的（注释掉），你可以起用这个关键字快速地以扫描方式运行数据文件，记住在提交实际运算之前将这个关键字禁用。

以扫描方式运行 STARS 并不需要许可证，当许可证被其他模拟运行使用时允许你对数据进行验证。有一个例外：如果使用 *VERTICAL *ON 选项进行拟时间步计算时则需要许可证。

方案和情况的标识(可选择) *TITLE1, *TITLE2, *TITLE3, *CASEID

目的：

使用标题和注释对方案和个别运算事例进行标识。

格式：

*TITLE1 ‘字符串’

*TITLE2 ‘字符串’

*TITLE3 ‘字符串’

*CASEID ‘字符串’

定义：

*TITLE1

表示一个用于方案标识的字符串，最多 40 个字符，它将出现在打印输出文件和 SR2 文件内。

*TITLE2

表示一个用于方案标识的字符串，最多 80 个字符，它将出现在打印输出文件和 SR2 文件内。

*TITLE3

表示一个用于运行标识的字符串，最多 80 个字符，它将出现在打印输出文件和 SR2 文件内。

*CASEID

表示一个用于特殊事例标识的字符串，最多 8 个字符，它也在 SR2 文件中使用作为数据曲线图形的标识。

缺省:

对每个关键字的缺省为一个空字符串。

条件:

这个关键字必须出现在输入/输出控制数据段中, 位于数据文件的开始处。

说明:

例如:

```
*TITLE1 'DUAL POROSITY/DUAL PERMEABILITY RUN NO. 1'
*TITLE2 'Run by A.B. staff, Dec. 16, 1988. C.D. Co.'
*TITLE3 '4200 grid blocks; var. thickness'
*CASEID 'No Gas'
```

输入/输出数据的单位(可选择) *INUNIT, *OUTUNIT

目的:

*INUNIT 确定输入数据的单位。

*OUTUNIT 确定输出数据的单位。

格式:

```
*INUNIT ( *SI | *FIELD | *LAB )
        { *EXCEPT qnty_no unit_no }
*OUTUNIT ( *SI | *FIELD | *LAB )
        { *EXCEPT qnty_no unit_no }
```

定义:

***INUNIT**

表示随后的单位标识用于输入数据单位。

***OUTUNIT**

表示随后的单位标识用于输出数据单位。

***SI**

这个选项确定使用国际标准单位系统(见下面的单位表)。

***FIELD**

这个选项确定使用矿场单位系统(见下面的单位表)。

***LAB**

这个选项确定使用实验室单位系统(见下面的单位表)。

***EXCEPT**

这个选项允许对某些选择的量进行输入单位转换。

qnty_no

下表内的量编号。

unit_no

下表内的单位编号。

缺省:

如果 *INUNIT 不存在, 则假设为 *SI。如果 *OUTUNIT 不存在, 则输出单位与输入单位相同。

说明:

在这本手册中出现的有量纲量至少有两个单位标志:

第一组为 *SI 单位,

第二组为 *FIELD 单位,

而第三组为 *LAB 单位(如果与 *SI 单位不同)。

例如, 质量密度单位表示为:

(kg/m³ | lb/ft³ | kg/cm³)

这里:

kg/m³ 对应于 *SI,
lb/ft³ 对应于 *FIELD, 而
kg/cm³ 对应于 *LAB

通过选择 *INUNIT 关键字后面的 *SI, *FIELD 或 *LAB 确定实际使用的单位。在这本手册中出现的缺省值可能只使用 *SI 单位, 但是在运行时它们将进行转换并且以你选择的单位打印输出。

除了这三个单位系统之外, 通过使用 *EXCEPT 关键字可以对选择的量给定与 *SI, *FIELD 或 *LAB 隐含单位不同的单位。例如, 在 *SI 系统中使用华氏度代替摄氏度时输入:

*INUNIT *SI *EXCEPT 2 2 ** 使用 °F, 而不使用 °C

一旦通过 *INUNIT 确定了单位设置, 包括通过 *EXCEPT 对单位系统确定的例外情况, 那么整个文件中使用的单位必须保持一致性, 没有任何机制可以使数据文件中的一部分数据使用一种单位系统, 而另一部分数据使用另外一种单位系统。

与此相反，*OUTUNIT 可以对相同数据的一次运行和下一次运行的单位自由地进行改变，因为它只影响输出数据而不会影响输入数据。在任何一次运行中，选择的输出单位将自始至终应用于整个输出文件。

SR2 文件内的数据使用的是 STARS 的内部单位，与选择的输出单位无关。但是，结果索引文件 .irf 记录本次运行所选择的输出单位，并且在进行后处理(生成图形和报告)时，以此作为缺省输出单位。

表 7 给出了某些选择单位的转换因子。

单位表

量名称	*SI	*FIELD	*LAB
时间	days	days	minutes
温度	deg C	deg F	deg C
压力	kPa	psi	kPa
长度	m	ft	cm
体积	m3	ft3	cm3
渗透率	md	md	md
质量	kg	lb	kg
摩尔质量	gmole	lbmole	gmole
(质量基础)	(kg)	(lb)	(kg)
粘度	cp	cp	cp
能量	Joules	Btu	Joules
井液相体积	m3	bbl	cm3
井气相体积	m3	ft3	cm3
界面张力	dyne/cm	dyne/cm	dyne/cm

改变单位的选取

量名称	qnty_no	unit_no				
		0	1	2	3	4
时间	1	days	hr	min	yr	
温度	2	deg K	deg C	deg F	deg R	
压力	3	kPa	psi	atm	bar	kg/cm2
长度	4	m	ft	cm		
体积	5	m3	ft3	bbl	cm3	
渗透率	6		darcy	micro-m2	md	
质量	7	kg	lb			
摩尔质量	8	gmol	lbmol			
粘度	9	kPa-day	kPa-hr	cp		
能量	10	J	BTU			
井液相体积	11	m3	ft3	bbl	cm3	

井气相体积	13	m ³	ft ³	bbl	cm ³
界面张力	12	kPa-m	N/m	dyne/cm	

质量基础指示符(可选择) *MASSBASIS

目的:

*MASSBASIS 启用质量基础选项。

格式:

*MASSBASIS

说明:

在某些化学驱过程中，要求对组成使用质量分数去代替摩尔分数，缺省单位为摩尔分数。例如，当一组组分包含分子量极大的聚合物时，其对应的摩尔分数非常小，并且基于摩尔分数加权的混合规则可能不再适用。

关键字 *MASSBASIS 使得每次输入的摩尔量数据解释为质量数据，只有少数例外。组分的性质以单位质量为基础，K 值定义为相的质量分数比，而不是摩尔分数比。相的组成使用质量分数。

本手册输入每个组分的数据时，包含了它的单位的一般性定义。例如，密度单位是(摩尔 质量/体积)，根据摩尔/质量基础解释摩尔质量。对于 SI 单位，在正常情况下密度单位为 gmol/m³，但是如用 *MASSBASIS，那么它为 kg/m³。

唯一的例外是分子量的定义，它必须保持单位(质量/摩尔)，也就是对 SI 单位为(kg/gmol)，而在矿场单位时为(lb/lbmole)。

不要在有组份汽化的地方使用 *MASSBASIS 选项，这是因为 汽/液 K 值必须用摩尔分数定义。对蒸汽驱过程特别是这样。

错误信息的最大数(可选择) *MAXERROR

目的:

*MAXERROR 确定在中止模拟之前的最大错误信息数。

格式:

*MAXERROR num

定义:

num

允许的最大错误信息数，对于 num 的允许范围是 1~100。

缺省:

缺省为 *MAXERROR 20。

说明:

在数据输入期间,当产生语法错误或数值范围错误时,模拟软件将打印一个错误信息,然后试图继续扫描输入数据。

如果在初始化数据时出错,则停止模拟,这样初始化就没有完成并且井的数据没有读入。如果完成了初始化但是井的数据有错误,那么模拟将在这一点停止。在这两种情况下,运行都在 *MAXERROR 值未达到之前中止。

特定类型的语法错误会引起关键字处理程序发出许多错误信息,即使是只有一个错误。当有疑问时,你可以从上到下地改正错误,你会发现改正一个错误就会消除许多错误信息。

开始和停止的时间步 *RESTART, *MAXSTEPS

目的:

确定开始和停止时间步。

格式:

```
*RESTART (nstart)
*MAXSTEPS nstop
```

定义:

nstart

重新启动进行模拟计算的时间步数。

nstop

在这个时间步模拟停止计算,除非在此之前其他原因使它中止,例如 *STOP。nstop 不能是负数,命令行变量 '-onestep' 与 *MAXSTEPS 1 具有相同的功能。

缺省:

如果 *RESTART 不存在,则不需要读重新启动记录,并且第一个时间步数为 1。

如果 *RESTART 存在,但没有 nstart,就使用 *INDEX-IN 中的最后一个重新启动记录。

如果 *MAXSTEPS 不存在,那么 nstop=9999。

条件:

如果 *RESTART 存在,那么需要通过 *INDEX-IN 和 *MAIN-RESULTS-IN(可能还有 *REWIND-IN) 说明重新启动文件。

说明:

见指导段中的‘如何进行重新启动运行’。

当你不知道一个新的数据文件的运行需要多长时间时，*MAXSTEPS 是非常有用的。在数据文件的调试过程中，也可用于进行一个时间步的运算。

写重启记录(可选择) *WRST, *REWIND

目的:

*WRST 和 *REWIND 用于控制对输出重新启动文件的写出频率以及重新启动记录的回绕频率。

格式:

```
*WRST    (*TIME | freq)
*REWIND   (num)
```

定义:

freq

一个用于确定频率(时间步)的整数，根据给定的频率在井的循环数据段中的每个 *TIME 或每个 *DATE 时写出数据。如果 freq 为零则不产生重新启动记录。

*TIME

表示在后面循环数据段中的每个 *TIME 或 *DATE 所确定的每个时间，将网格数据写入重新启动文件。

num

重绕重启文件的频率。num 为重新启动文件回绕之前允许的最大累计时间步数，如果 num = 0 则不进行回绕。如果 num = 1，那么就保留最后一次重启记录。

缺省:

如果 *WRST 不存在，就不写出重新启动记录。如果 *WRST 存在而后面没有 *TIME 或 freq，那么就假设为 *TIME。

如果 *REWIND 不存在，则不回绕重新启动文件。如果 *REWIND 存在但没有 num，那么就假设 num = 1。

条件:

以上两个关键字可以出现在输入/输出控制数据段，也可以出现在循环数据段内。所以在模拟过程中是可以对重新启动文件的记录频率进行修改的。

说明:

重新启动记录储存了在一个特定时刻的油藏情况，利用重新启动记录，用户能够从运

行的某一中间点开始重新启动模拟。这样用户就可以尝试各种不同的井的生产方案，产生更详细的输出或者进行其他改变，而且节省了重复整个模拟运行的费用。

例如：

```
*WRST 10      ** 每 10 个时间步写重新启动记录。  
*WRST         ** 在每个时间阶段写重新启动记录。  
*REWIND 3     ** 在每 3 个重新启动记录之后回绕重新启动文件。
```

可以在 STARS 模板发行区的“restart”目录下找到使用重新启动选项的所有数据文件例子。

快速重新启动检查

为了快速发现模拟中的哪个时间步写出了重新启动记录，可以使用文本编辑软件查看 SR2 索引文件，通常这个文件使用文件名后缀“.irf”。下面是由在模板目录“restart”下的测试数据文件“rrfa.dat”生成的 IRF 文件，其中具有写入重新启动记录的一个时间步如下。

```
TIME 21      10.0000000000 19731005  
TIMCHR '      10.00000 days' ' 5 Oct 1973'  
FILE 2  
REWIND 2  
RESTART-CONTROL ( 3 ) 8 1 2 0 1  
RESTART ( 34 ) IFLGNN . . .  
FILE 1  
WELL ( 2 ) 1 2  
GROUP ( 2 ) 1 2  
SPEC-HISTORY ( 1 ) SPVALS /  
GRID-VALUE ( 3 ) PRES SG TEMP /
```

TIME 表示时间步数以及模拟的时间和日期。在能够从这个时间步读出重新启动记录之前必须存在 RESTART-CONTROL 和 RESTART，只有在使用了 *REWIND 选项时，FILE 和 REWIND 才存在。REWIND 表示对重新启动文件进行回绕，这意味着到这一点为止的所有重新启动记录都已经丢失了，所以，只有在 REWIND 之后的重新启动记录是可使用的。

打印输出的频率(可选择) *WPRN

目的：

*WPRN 控制将信息写入输出打印文件的频率，这些信息由 *OUTPRN 标识。

格式:

*WPRN (*GRID | *ITER | *SECTOR) (*TIME | freq)

定义:

*GRID

输出油藏条件，油藏内的流体以及详细的井动态报告。

*ITER

输出井的产量摘要，以及模拟的执行情况，例如，物质平衡。

*SECTOR

输出区段统计报告，对于区段的统计或者根本不输出 (freq = 0)，或者在与 *GRID 相同的时间输出。

freq

每 freq 个时间步向输出文件写出指定的计算结果，这里的 freq 是一个整数。如果 freq 等于 0，则不写出计算结果。

*TIME

在输入文件随后的循环数据段中 *TIME 或 *DATE 关键字所确定的每个时间，对输出文件写出指定的计算结果。

缺省:

如果 *WPRN x 不存在 (x = *GRID 或 *ITER)，那么假设为 *WPRN x *TIME。如果 *WPRN *SECTOR 不存在，则假设 freq = 0，对应于不写区段统计数据到输出文件。

条件:

关键字 *WPRN 既可以出现在输入/输出控制数据段，也可以出现在循环数据段，所以在模拟期间打印详细内容的量是可以改变的。

说明:

例如:

** 每 10 个时间步写出网格计算结果。

*WPRN *GRID 10

见关键字 *OUTPRN。

打印输出文件的项目(可选择) *OUTPRN, *PARTCLSIZE

目的:

*OUTPRN 标识出对输出打印文件写出哪些信息，对文件的写出频率由 *WPRN 确定。

*PARTCLSIZE 和 *PARTCLMLWT 对要求的性质提供了以某些可选择单位打印输出的功能。

格式:

```
*OUTPRN *GRID { *ALL | *NONE | *EXCEPT | *REMOVE
                | (special_unit) grid_var }
*OUTPRN *WELL { *ALL | *BRIEF | NONE | well_var }
*OUTPRN *ITER { BRIEF | NEWTON | UNCONV
                | TSS | NONE }

*PARTCLSIZE vol
*PARTCLMLWT cmm
```

定义:

*GRID

这个子关键字确定网格变量 grid_var 以 *WPRN *GRID 给定的频率写到输出打印文件。网格变量表为:

grid_var

PRES	压力(油相)
SW	水相饱和度
SO	油相饱和度
SG	气相饱和度
TEMP	温度
Y	气相的组分组成
X	油相的组分组成
W	水相的组分组成
Z	所有相的组分组成
BPP	泡点压力(仅用于基于油相的可蒸发组份, 见 蒸汽压 和 *KVTABLE)
SOLCONC	固体组分的浓度, 见下面的 special_unit
OBHLOSS	热损失率
VPOROS	无效孔隙度
FPOROS	流体孔隙度(在 RESULTS 3D 中需要油柱)
POREVOL	孔隙体积
VISW	水相粘度
VISO	油相粘度
VISG	气相粘度
KRW	水相相对渗透率
KRO	油相相对渗透率
KRG	气相相对渗透率
PCOW	水油毛细管压力
PCOG	油气毛细管压力
MOLDENW	水相摩尔密度
MOLDENO	油相摩尔密度

MOLDENG	气相摩尔密度
MASDENW	水相质量密度
MASDENO	油相质量密度
MASDENG	气相质量密度
RFW	水相阻力因子
RFO	油相阻力因子
RFG	气相阻力因子
FRCFLOW	相的分流量
ADSORP	吸附组分
KRINTER	相对渗透率插值
IFT	局部界面张力
CAPN	局部毛细管准数
LOGIFT	界面张力的自然对数
LOGCAPN	毛细管准数的自然对数
FLUIDH	流体的热焓
WATERHEAD	等价水柱项的深度(参考 *DTOP)
AQWATCUM	水层的净水侵量
AQWATRATE	水层的水侵速率
AQHEATCUM	水层的净热侵量
AQHEATRATE	水层的热侵速率
SWC	束缚水饱和度
SORW	对于水的残余油饱和度
SGC	临界气饱和度
SORG	对于气的残余油饱和度
SWRG	对于气的残余油饱和度(油湿)
KRWRO	残余油时的水相相对渗透率
KROCW	束缚水时的油相相对渗透率
KRG CW	束缚水时的气相相对渗透率
PCWMAX	最大油水毛细管压力
PCGMAX	最大油气毛细管压力
IMEXMAP	隐式/IMPES 图

以下的量受 special_unit 的控制:

VLKVCMP	关键组分的组成, 用于计算汽/液 K 值, 由 *KVKEYCOMP 给出。
LLKVCMP	关键组分的组成, 用于计算液/液 K 值, 由 *KVKEYCOMP 给出。
VISCCMP	关键组分的组成, 用于油水非线性混合粘度, 由 *VSMIXCOMP 给出。
ADSPCMP	关键组分的组成, 用于吸附组分的计算。
RLPMCMP	关键组分的组成, 用于相对渗透率的计算, 由 *INTCOMP 给出。

在通常情况下, 组成 Y, X, W 和 Z 用摩尔分数表示, 但是当使用 *MASSBASIS 时则使用质量分数。

special_unit

特殊组分的性质，如 VLKVCMP, LLKVCMP, VISCCMP, ADSPCMP, RLPMCMP 在报告中时用特殊单位进行转换。当涉及到微小量时它是非常有用的，用于指定的特殊单位仅覆盖缺省单位或先前定义的特殊单位。如果使用了 *MASSBASIS, 则缺省为 MASFR, 否则缺省为 MOLFR。

MOLFR	摩尔分数
MASFR	质量分数
PPM	百万分之几
VOLFR	体积分数
MOLAR	体积摩尔浓度
PH	$\text{pH} = 14 + \log(\text{体积摩尔浓度})$
NUM	单位相体积内的颗粒数 (可能需要使用 *PARTCLSIZE 关键字)

通过 *SOLCONC 或 *ADSORP 标识的固体，吸附或组份浓度可以使用下面的四种单位之一写入报告：

MOLE	单位为摩尔数/孔隙体积
MASS	单位为质量/孔隙体积
VOL	单位是固体体积/孔隙体积
NUM	单位是颗粒数/孔隙体积(可能需要使用 *PARTCLSIZE 关键字)

每种性质可以单独使用一种特殊的单位，例如，关键字：

*OUTPUT *GRID *PPM *ADSPCMP *NUM *RLPMCMP

使得在报告中 *ADSPCMP 组分的单位使用 ppm, 而 *RLPMCMP 组分的单位为数目密度。

*WELL

这个子关键字使指定的井变量 well_var 按照 *WPRN *GRID 所给定的频率写入输出文件，井变量列表为：

NONE	不写出下面的任何内容，同样也跳过对每口井操作条件和井指数的复制。
LAYPWF	层的标识和井底压力
LAYPHASE	层的相产量和累积量
LAYLIQ	层的油/水产量和累积量
LAYGAS	层的产气量和累计量
WELLCOMP	井的组分/相汇总
TYPECOMP	注入/产出的组分/相汇总
BRIEF	WELLCOMP 和 TYPECOMP

只有对多层井才能打印出层的信息，TYPECOMP 只有对一口以上井的类型才能产生打印输出，例如，一口以上生产井或注入井。

*ITER

这个子关键字确定打印以下的迭代结果：

BRIEF	收敛统计
NEWTON	每个牛顿迭代的汇总
TSS	BRIEF + NEWTON 迭代
UNCONV	TSS + 不收敛变量的细节 (仅用于调试)

*ALL

选择此表中的所有项目。

*NONE

不选择此表中的任何项目。

*EXCEPT

除了下面的例外变量表，选择所有其余项目。

*REMOVE

从表中去掉下述的项目。

vol

固相，吸附或关键夹带组分的一个颗粒的体积，(m³ | ft³ | cm³)，这个量仅用于计算 *NUM 子关键字的数目密度。缺省为 1.E-11cm³，对应半径为 1.33E-4cm 的球。

cmm

固相，吸附或俘获物质一个摩尔的质量(kg/gmole | lb/lbmole)，此量仅对 *MASS 子关键字使用，没有缺省值，所以如果使用 *MASS，则必须提供这个数据。

缺省：

可选择关键字，如果它不存在于数据文件中，那么缺省为：

*OUTPRN (*GRID | *WELL) *NONE
*OUTPRN *ITER *BRIEF

如果 *PARTCLSIZE 不存在，则使用 vol = 1.E-11 cm³。

如果没有使用 *MASSBASIS，则浓度的缺省单位为 *MOLE。如果使用了 *MASSBASIS，那么浓度的缺省单位为 *MASS。

条件：

此关键字可以出现在输入/输出控制数据段，也可以出现在循环数据段。所以在模拟中输出文件的详细内容是可以改变的。

仅当使用了 *MASS 子关键字时，*PARTCLMLWT 才是必须的。

说明：

使用 *OUTPRN *GRID 的一个例子，使用的选项列表如下：

*OUTPRN *GRID *OILSAT *GASSAT *WATSAT *PRES

使用质量确定焦炭浓度:

```
*PARTCLMLWT 13 ** COKE Mw = 13 lb/lbmole  
*OUTPRN *GRID *MASS *SOLCONE
```

模拟结果的输出频率(可选择) *WSRF

目的:

控制由 *OUTSRF 标识的信息写入模拟结果输出文件的频率。

格式:

```
*WSRF (*GRID | *WELL | *SECTOR) (*TIME | freq)
```

定义:

***GRID**

控制由 *OUTSRF *GRID 标识的网格信息写出频率, 使用比缺省情况更高的频率写出网格信息将会明显地增加模拟结果文件的长度。

***WELL**

控制由 *OUTSRF *WELL 和 *SPECIAL 标识的数据写出频率, 使用比缺省情况更低的信息写出频率将会减少模拟结果文件的长度。

***SECTOR**

写出关于区段的统计报告, 区段统计的写出或者根本没有(freq = 0), 或者与 *WELL 在相同的时间写出。

freq

一个非负的整数, 表示写出到模拟结果文件的信息频率, 更精确地说, 如果某一个时间步可以被 freq 整除, 那么就输出信息。

对于 *GRID 来说, 如果 freq 是 0, 则不输出任何结果。对于 *WELL 不允许使用零值。

***TIME**

在输入文件循环数据中由 *TIME 或 *DATE 关键字所确定的每一个时刻将指定的结果写到模拟结果文件。

缺省:

如果 *WSRF *GRID 没有出现, 则假设为 *WSRF *GRID *TIME。

如果 *WSRF *WELL 没有出现, 则假设为 *WSRF *WELL 1。

如果 *WSRF *SECTOR 没有出现, 则假设 freq = 0, 也就是不将区段统计写出到模拟

结果文件。

条件:

*WSRF 关键字可出现在输入/输出控制数据段, 以及循环数据段内, 所以在模拟过程中, 模拟结果文件的具体内容是可以改变的。

说明:

为了每 10 个时间步输出网格结果, 则使用 *WSRF *GRID 10; 为了在 *TIME 或 *DATE 所确定的时间输出结果, 则使用 *TIME 或是大于预料最大时间步长的 freq 值; 为了跳过在 *TIME 或 *DATE 所确定的时间输出 *GRID 结果, 则在这个时间之前使用 *WSRF *GRID 0。

注意:

来源于模拟结果文件 (Results Report Writer) 的产量是通过连续的 *WELL 输出累计量获得的, 所以, 当 *WELL 的输出次数小于每个时间步频率时, 这些平均产量可能与日志文件和输出文件中井的瞬时 (单个时间步) 产量不同。

见关键字 *OUTPRN。

模拟结果文件的项目 (可选择) *OUTSRF, *SR2PREC, *SRFASCII, *XDR

目的:

*OUTSRF 标识写入模拟结果文件的信息内容。

格式:

```
*OUTSRF *WELL { comp_unit | *DOWNHOLE | *BLOCKP
                | *COMPONENT ( *NONE | *ALL | comp_list )
                | *LAYER ( *NONE | *ALL | well_list ) }
*OUTSRF *GRID { *ALL | *NONE | *EXCEPT
                | *REMOVE | (special_unit) srf_var }
*OUTSRF *SPECIAL { special_his }
*SR2PREC ( *SINGLE | *DOUBLE )
*SRFASCII
*XDR ( *ON | *OFF)
```

定义:

*WELL

这个关键字表示在最小缺省信息基础上, 在关键字 *WSRF 确定的时间步输出每口井的附加信息到模拟结果文件。

comp_unit

除去体积之外 (见下面的缺省), 以质量和/或摩尔单位保存井的动态情况, comp_unit 可以是以下两者之一或全部:

*MASS 使用质量单位保存井的动态情况。

*MOLE 使用摩尔单位保存井的动态情况。

comp_unit 需要与 *COMPONENT *ALL 一起使用，并且增加了模拟结果文件的长度。

*DOWNHOLE

除了地面条件外(见下面的缺省)，还以井底条件写入井的动态情况(体积单位以及由 comp_unit 确定的质量和摩尔单位)，这个选项增加了模拟结果文件的长度。在项目标题之后附加“RC”表示参考于井下条件或油藏条件。

如果在循环数据的第一段对任何井使用了关键字 *DOWNHOLE，那么就像你使用了 *OUTSRF *WELL *DOWNHOLE 一样，将对所有井输出井底条件。

在一个重新启动中，*DOWNHOLE 选项可以使用或禁用，这样会产生下面两种情况：

- 1) 在重新启动记录中没有井底条件统计，但是在重新启动数据中存在 *DOWNHOLE，接下来的井底条件累计量将在重新启动时间以零开始，但是产量是正确的。
- 2) 在重新启动记录中存在井底条件统计，但是在重新启动数据中没有 *DOWNHOLE，这样将不再输出井底条件统计，但是累计到重新启动时间的量是正确的。

*BLOCKP

包含井底层的网格压力，井底层的定义见关键字 *PERF 中的说明，如果与 *LAYER 同时使用，则输出每个层的网格压力。

*COMPONENT

将对这个关键字所确定的组分写出井的动态，缺省为 *NONE(见下面的缺省)，使用 *ALL 确定所有组分，或输入一个组份序号列表。如果确定了 *MASS 或 *MOLE，则假设为 *ALL。

这个选项的使用，特别是与 *ALL 一起使用，会显著地增加模拟结果文件的长度。

*LAYER

将对这个关键字确定的井的所有层分别写出井的动态情况，缺省为 *NONE(见下面的缺省)，使用 *ALL 表示所有的井，也可输入一个井名表。

这个选项的使用，特别是与 *ALL 一起使用，会显著地增加模拟结果文件的长度。

*GRID

这个子关键字在每次井的情况改变时将确定的网格结果数据写入模拟结果文件。

*GRID 的使用将增加模拟结果文件的长度。

srf_var

srf_var 表为:

由 *OUTPRN 提供的 grid_var 表所有网格变量, 除了 FRCFLOW(此项由 WATFRFL, OILFRFL 和 GASFRFL 代替), 并且除了 POREVOL 和 IMEXMAP, 还有如下变量。

KVALXW	组分的气/水 K 值(y/w)
KVALYX	组分的气/油 K 值(y/x)
KVALXW	组分的油/水 K 值(x/w)
KVALWX	组分的水/油 K 值(w/x)
CMPDENW	水相组分的质量密度
CMPDENO	油相组分的质量密度
CMPVISW	水相组分的粘度
CMPVISO	油相组分的粘度
CMPVISG	气相组分的粘度
CCHLOSS	由恒定/对流热损失模型确定的热损失(-)或增加(+)
PERMI	I 方向的渗透率
PERMJ	J 方向的渗透率
PERMK	K 方向的渗透率
WATMOB	I 方向的水相流度
OILMOB	I 方向的油相流度
GASMOB	I 方向的气相流度
TOTMOB	I 方向的总流度
WATFRFL	水相的分流量
OILFRFL	油相的分流量
GASFRFL	气相的分流量
VISOCMP	由 *VSMIXCOMP 给定的油的粘度非线性混合中关键组分的组成。由 *VISOCOM 替代
VISOCOM	与 VISOCMP 相同, 但允许对多个关键组份进行访问(例如, 在 *OUTSRF *SPECIAL 中通过组份序号确定)
VISWCMP	由 *VSMIXCOMP 给定的水的粘度非线性混合中关键组分的组成。由 *VISWCOM 替代
VISWCOM	与 VISWCMP 相同, 但允许对多个关键组份进行访问(例如, 在 *OUTSRF *SPECIAL 中通过组份序号确定)
IFTCMP	已经弃用, 使用 RLPMCMP
KRSETN	相对渗透率数据的系列号
STRESI	I 方向的有效应力(X 或 R)
STRESJ	J 方向的有效应力(Y 或 theta)
STRESK	K 方向的有效应力(Z)
STRESSH	剪切应力(Y-Z 或 R-Z 平面)
STRESMP	最大主应力
STRESMNP	最小主应力
STRNEPL	有效塑性变形

VELOCSC	流体在地面条件闪蒸计算后每相的速度，与关键字 VELOC 相同，不能与 *SPECIAL 一起使用，见下面的说明。
FLUXSC	流体在地面条件闪蒸计算后每相的流线，与关键字 FLUX 相同，不能与 *SPECIAL 一起使用，见下面的说明。
VELOCRC	流体在油藏条件下每相的速度，不能与 *SPECIAL 一起使用，见下面的说明。
FLUXRC	流体在油藏条件下每相的流线，不能与 *SPECIAL 一起使用，见下面的说明。

special_unit

特殊单位与 *OUTPRN 中描述的相同。

在 *OUTSRF 中使用的特殊单位与 *OUTPRN 中使用的特殊单位无关。

同时也使用几个不同的单位输出相同的性质，例如，关键字

*OUTSRF *GRID *VOL *ADSORP *NUM *ADSORP

使用体积分数和数目密度对吸附组份输出报告，既然它们具有不同的单位转换，它们将分别使用变量 ADSORP3 和 ADSORP4 出现在模拟结果索引文件中。

*ALL

选取表内的所有项目，只标出对当前输入数据定义的量。

*NONE

不选取表内的任何项目。

*EXCEPT

除去后面列出的项目，选择表内的其余所有项目。

*REMOVE

从先前的表中去掉下述项目。

special_his

这个子关键字在每个时间步将确定的特殊历史写到模拟结果文件。special_his 为：

BLKVAR (special_unit) srf_var icmp iblk

组份 'icmp' 在网格 'iblk' 的性质 'srf_var'，'srf_var' 是 *OUTSRF *GRID 使用的同一列表的性质关键字。设置符 'special_unit' 也可以在这里应用，当 'srf_var' 的描述以组份开始时，则需要一个有效的组份序号 'icmp'，否则使用 0 值。网格序号 'iblk' 对应于压缩存储 (PS) 网格序号，无论什么时候使用 BLKVAR，这个序号都会出现在输出文件的特定历史复制段中，对于一个具有地址 (i, j, k) 的网格， $iblk = i + ni*(j-1) + ni*nj(k-1)$ 。

具有相同的 'srf_var'，'icmp' 和 'iblk'，而具有不同特定单位的两个特定历

史，将作为两个不同的历史写入报告。

MAXVAR (specail_unit) srf_var icmp

对于组份 ‘icmp’ 的所有网格性质 ‘srf_var’ 的最大值，见 BLKVAR。

MINVAR (specail_unit) srf_var icmp

对于组份 ‘icmp’ 的所有网格性质 ‘srf_var’ 的最小值，见 BLKVAR。

AVGVAR (specail_unit) srf_var icmp

对于组份 ‘icmp’ 的所有网格性质 ‘srf_var’ 的平均值，见 BLKVAR。

WOR iw (INST | CUM)

基于瞬时产量(INST)，缺省，或是到某时间的累计量(CUM)，井序号 ‘iw’ 的水油比。

GOR iw (INST | CUM)

基于瞬时产量(INST)，缺省，或是到某时间的累计量(CUM)，井序号 ‘iw’ 的气油比。

DELP iw1 iw2

井 ‘iw1’ 的井底压力减去井 ‘iw2’ 的井底压力。

OSR iw1 iw2 (INST | CUM)

基于瞬时产量(INST)，缺省，或是到某时间的累计量(CUM)，井 ‘iw1’ 产出的油量除以井 ‘iw2’ 的注入水量。

SOR iw1 iw2 (INST | CUM)

基于瞬时产量(INST)，缺省，或是到某时间的累计量(CUM)，井 ‘iw1’ 的注入水量除以井 ‘iw2’ 产出的油量。

MASSFRAC iw icmp (WATER | OIL | GAS)

井 ‘iw’ 的流体产物在地面条件下组份 ‘icmp’ 的质量分数。只有当这个组份在地面条件下产生多相(见 *SURFLASH)的情况，才需要后面的相标识。

MOLEFRAC iw icmp (WATER | OIL | GAS)

与 MASSFRAC 类似，只是用于摩尔分数。

VOLFRAC iw icmp (WATER | OIL | GAS)

与 MASSFRAC 类似，只是用于体积分。

STMQUAL iw

在井的数据段中由关键字 *QUAL 确定的注入蒸汽干度，仅对注入井有效。

MATBAL stat (icmp | ENERGY)

对于组份序号 ‘icmp’ 或能量的物质平衡统计类型 ‘stat’。

关键字 ‘stat’ 的选择为：

CURRENT	当前储量
REACTION	通过反应生成或消耗的净累计量
WELL	产出和注入的净累计量，包括在 CCHLOSS 中报告的源汇项。
AQUEOUS	当前的水相储量
OLEIC	当前的油相储量
GASEOUS	当前的气相储量
ADSORBED	当前的吸附量

注意：储量(任何相或总的)能量值的确切意义可能会被参考于某一相或温度的实际情况所掩盖。

OBHLOSS

由上覆岩层热损失模型确定的净累计能量损失或增加。

CCHLOSS

由恒定/对流热损失模型确定的净累计能量损失或增加。

TFRONT ideg (i1(:i2) j1(:j2) k1(:k2)
| FORWARD | BACKWARD)

温度前缘 ‘ideg’ 等值线的位置，通过对确定方向的确定网格列进行扫描求出，温度的复杂变化可能会降低 TFRONT 的实用性。

网格列可以通过 I-J-K 地址确定，在一个方向上确定一个范围，在这个范围内从第一个坐标执行扫描到第二个坐标，允许在向前前缘和向后前缘之间进行选择。例如，使用一个二维圆柱网格($n_i = 5$, $n_k = 30$)模拟一个火烧管道，在 $k = 1$ 处注入，因此前缘向 K 坐标增加方向移动。对中心轴($i = 1$)进行扫描，并避开两个端点网格，用坐标“1 1 28:3”求出向前前缘，而使用坐标“1 1 3:28”求出向后前缘。

早先的选项 FORWARD 和 BACKWARD 假设网格是一维的，并且在所有一维网格中进行扫描。FORWARD 从高坐标值到低坐标值扫描，而 BACKWARD 相反。使用上面的例子以及 $n_i = 1$ ，FORWARD 将从 $k = 30$ 到 $k = 1$ 扫描，并且将求出向前前缘。

在扫描列中不能有无效网格。

DELPBLOCK ib1 ib2

从网格 ‘ib1’ 到网格 ‘ib2’ 的压力降。在上面 BLKVAR 中对于 ‘iblk’ 的注释用于 ‘ib1’ 和 ‘ib2’。

*SR2PREC

用于标识写到二进制模拟结果文件的浮点数据的精度。使用 *SINGLE 表示 4 个字节，而 *DOUBLE 表示 8 个字节，*SINGLE 不能与 *XDR *OFF 一起使用。

经验证明在几乎所有情况下单精度都是足够的，除了某些十分特殊的应用(例如，在长时间的模拟之后，模拟一个非常短的时间间隔)。

*SINGLE 的使用会造成一个重新启动运行的结果与第一次运行的相同时间步有略微的不同，这是由于起始数值的低数据位被截断的缘故。

*SRFASCII

确定除了写出二进制的主结果文件之外，还要写出文本形式的主结果数据文件。缺省的扩展文件名为 “asc”。

*XDR

可以用外部数据的表示格式，或以用户平台的二进制格式写入二进制数据文件。使用 XDR 后，就允许在一个平台上写成的 SR2 二进制文件，又可在另一个平台上读出。例如，在 UNIX 工作站服务器上生成 SR2 文件，然后在一台 PC 机上用 RESULTS 或 REPORT WRITER 读出。如果 SR2 文件是 XDR 格式，那么 *XDR 关键字将出现在索引文件(irf)的顶部附近。

缺省：

如果 *OUTSRF *GRID 不存在，则效果等价于 *OUTSRF *GRID *NONE。

如果 *OUTSRF *WELL 不存在，则结果为：

- 1) 仅写出体积(没有摩尔和质量)
- 2) 仅写出地面条件
- 3) 仅写出各相(而不写出组份)
- 4) 仅写出井的总量(没有各层的量)

在 *OUTSRF *WELL 之后:

- 1) 如果没有 *MOLE 和 *MASS, 则仅写出体积量。
- 2) 如果没有 *DOWNHOLE, 则仅写出地面条件。
- 3) 如果没有 *COMPONENT, 则不写出单独组分的动态情况。
- 4) 如果没有 *LAYER, 则不写出层的动态情况。如果想要得到 96 版本以前的缺省情况, 使用 *COMPONENT *ALL 和 *LAYER *ALL, 必要时使用 *MOLE 或 *MASS。

如果 *OUTSRF *SPECIAL 不存在, 则不写出特殊历史。

将使用前面 *OUTSRF 确定的特殊单位, 除非它被覆盖。

如果 *SR2PREC 不存在, 那么则假设为 *SR2PREC *DOUBLE。

如果 *SRFASCII 不存在, 那么将不写出二进制 SR2 文件的文本拷贝。

如果 *XDR 不存在, 那么则假设为 *XDR *ON。

条件:

*OUTSRF *GRID 可以出现在输入/输出控制数据段, 应用于初始条件, 也可以出现在循环数据段内的任何位置, 所以网格的输出详细内容是可以控制的, 对于 *GRID 的缺省频率是 *TIME, 可以在不进行任何时间步运算的情况下输出初始条件, 也可以通过使用 *CHECKONLY 进行查看。

*WELL 和 *SPECIAL 只能出现在输入/输出控制数据段。

在一个重新启动运行中, 特殊历史的定义不能改变。

说明:

使用 *OUTSRF *GRID 的一个例子为

*OUTSRF *GRID *OILSAT *GASSAT *WATSAT *PRES

为了以质量确定焦炭浓度，使用

```
*PARTCLMLWT 13    ** Coke Mw is 13 lb/lbmole, comp #6
*OUTSRF *GRID *MASS *SOLCONC
```

以质量和摩尔方式保存网格 #20 的焦炭浓度历史

```
*OUTSRF *SPECIAL *BLKVAR *MASS *SOLCONC 6 20
*OUTSRF *SPECIAL *BLKVAR *MOLE *SOLCONC 6 20
```

在使用 BLKVAR 时为了求出想要的 ‘iblk’，在初始运行(仅计算一个时间步或是使用 *CHECKONLY)中使用 iblk = 1，这将产生打印压缩存储(PS)网格数，你可以查出你想要的 ‘iblk’，用于随后的运行中。

流速和流线

关键字 VELOCSC, FLUXSC, VELOCRC 和 FLUXRC 使得表示大小和方向的流线或速度矢量网格信息写入模拟结果文件。这些矢量对于各相(油，气，水)都是有效的，并且可以使用地面条件和油藏条件两种情况。

每个关键字都会造成对 SR2 文件写入每相和每个方向，总共 9 个网格长度的数组。所有 4 个关键字将增加 36 个网格长度的数组，这将会十分显著地增加 MRF 文件的长度，建议要小心使用这些关键字。

关键字 VELOCSC 和 FLUXSC 报告出地面条件的信息，根据地面相态关键字 *SURFLASH 或是它的缺省，将组份分配到各相。例如，在缺省情况下将报告出水组份全部处于水相，液体油组份全部处于油相，溶解(或非溶解)气组份全部处于气相。不可能对一个单独的组份使用独立的流线和速度信息，但是通过 *SURFLASH 可以确定哪一个组份处于哪一个地面相中。地面的统计基于组份的流动，同时也考虑了扩散。

关键字 VELOCRC 和 FLUXRC 报告出油藏条件的信息，既然油藏的相体积和流度可以从油藏流体条件直接获得，那么单独的组份将不会影响到这些统计，因为它将通过 *SURFLASH 进行地面统计。

网格数组打印的方向(可选择) *PRNTORIEN, *PRINT_REF

目的:

*PRNTORIEN 用于覆盖缺省的网格打印方向。

*PRINT_REF 使加密网格的打印无效。

格式:

```
*PRNTORIEN irotat ijkord
```

```
*PRINT_REF ( *ON | *OFF )
```

定义:

irotat

打印网格变量的轴旋转标志，允许的范围是 0 到 6，有效的 irotat 为:

irotat	行号	列号	平面
irotat	行号	列号	平面
---0--	---(最紧凑的打印)---		-----
1	I	J	K
2	I	K	J
3	K	I	J
4	K	J	I
5	J	I	K
6	J	K	I

ijkord

打印网格变量的轴反向标志，允许的范围是 0 到 8，有效的 ijkord 是:

ijkord	行号	列号	平面
-----	-----	-----	-----
0	(底层处于页的底部)		
1	正常	正常	正常
2	正常	正常	反向
3	正常	反向	正常
4	正常	反向	反向
5	反向	正常	正常
6	反向	正常	反向
7	反向	反向	正常
8	反向	反向	反向

*PRINT_REF

允许用户使用或禁用通过 *OUTPRN *GRID 确定的对加密网格以及基础网格数值的打印。*ON 使用打印，*OFF 禁用打印。

缺省:

如果 *PRNTORIEN 不存在，那么则假设为 *PRNTORIEN 0 0，给出最紧凑的打印格式，油藏底层位于页的底部。

如果 *PRINT_REF 不存在，那么就假设为 *PRINT_REF *ON。如果 *PRINT_REF 存在，但后面没有 *ON 或 *OFF，则假设为 *PRINT_REF *ON。

说明:

在将网格变量打印到输出文件时，需要三个轴的方向。一个轴的方向沿着水平行；另一个轴的方向沿着垂直列；剩下的一个轴作为包含有前两个轴行列的平面打印。在正常情况下，I，J，K 轴的打印方向给出最紧凑的格式，而在某些情况下可能要必要或

是希望使用 ‘irotat’ 改变缺省的打印方向。

通常，在一行内的顺序为从左至右的轴坐标增加方向，而列和平面的顺序为以上而下的轴坐标增加方向。在某些情况下可能有必要通过使用 ‘ijkord’ 将一个或多个轴的顺序改变为相反方向。

提示：*PRNTORIEN 1 1 使得网格数组以标准的顺序写到输出文件，与网格数组输入选项 *ALL 对应。为使一个运算的输出文件作为另一个运算的输入文件，应使用 *PRNTORIEN 1 1，将希望得到的数据复制并粘贴到新的数据文件，而且将轴的注释 “k=”，“j=” 和 “i=” 删除。

矩阵解法的打印输出(可选择) *OUTSOLVER

目的：

*OUTSOLVER 控制矩阵解法软件包 AIMSOL 详细结果的打印输出。

格式：

*OUTSOLVER (*ON | *OFF)

缺省：

缺省为 *OUTSOLVER *OFF。

说明：

将打印许多模拟软件使用的有关量(如网格间的连通性)的个数与维数值。这些数值可用于建立公共存储，公共存储优化了有效存储空间的使用。

同时也打印线性方程求解迭代残量减小的细节。

捕获 Control-C 中断(可选择) *INTERRUPT

目的：

在检测出中断信号后，确定应采取的行动。

格式：

*INTERRUPT (*INTERACTIVE | *STOP | *RESTART-STOP)

定义：

*INTERACTIVE

提示用户以交互方式输入指令，用户可选取 *STOP 或 *RESTART-STOP。

*STOP

立即结束模拟运算，当前的时间步没有算完，但是要关闭输出文件，以防止文件的损

坏。

***RESTART-STOP**

完成当前时间步的运算，写出由 *OUTPRN 和 *OUTSRF 确定的输出，写一个重新启动记录并停止运行。

缺省：

如果 *INTERRUPT 不存在，或是 *INTERRUPT 存在但没有子关键字，那么则假设为 *INTERRUPT *INTERACTIVE。

说明：

可以用两种方式对正在运行的 STARS 程序传送一个中断信号：

- (1) 同时按下“control”和“c”，可中断当前的交互式进程。在 UNIX 中将立即中断，对于 PC 则在完成当前时间步计算之后中断。
- (2) UNIX 命令“kill -2 pid”可以中断带有标识“pid”的进程(通常为后台作业)。

当用户退出一个运行时，使用中断处理可以确保文件正常关闭，某些平台不清理中断时的输出文件缓冲区，因此没有中断处理会丢失某些输出。

详细的数据回应控制(可选择) *DATAECHO *NOLISTLIM

目的：

控制对输入数据文件详细回应。

格式：

```
*DATAECHO (*ON | *OFF)
*NOLISTLIM
```

定义：

*DATAECHO 过时，由*OUTPRN *RES

*NOLISTLIM 没有每个网格矩阵关键词的数据响应数限制

缺省：

如果 *NOLISTLIM 不存在，网格矩阵关键词受到响应 20 次的限制。

说明：

详细的数据回应构成主要输出打印文件的一部分，包括网格定义，组分性质，岩石-流体性质，初始条件，以及作为数据输入的数值控制信息的汇总。

详细的数据回应并不包括对读入数据的按行复制，这种复制可通过 *NOLIST 关键字将其关闭。

正常情况下对重新启动运行和非重新启动运行都打印详细的数据回应，对于带有大量数据的运行(例如，数千个网格和每个网格一个值的数据输入)，关闭详细的数据回应可以显著地减小输出文件的长度，但是应该在数据调试正确后关闭回应。

油藏描述数据段

油藏描述数据摘要

这个段包含描述基本油藏定义的数据以及用于代表油藏的模拟网格，这些数据可以进行如下的分类：

- (1) 模拟网格与网格加密选项
- (2) 天然裂缝油藏选项
- (3) 井筒离散化选项
- (4) 基本的油藏岩石性质
- (5) 区段选项

重要的关键字顺序

重要的关键字顺序为：

- *OLD-GRID（如果存在）
- *GRID
- 网格定义，包括孔隙度和渗透率。

建议适当地遵循本手册中关键字的出现顺序。

使用 *OLD-GRID 时，网格的几何性质，加密网格，天然裂缝选项和离散化井筒选项关键字必须在 *NULL 和 *POR 关键字之前确定。

网格选项

STARS 支持如下两类网格：

- (1) 有限差分网格 (FD)
 - a) 直角网格
 - b) 径向网格
 - c) 变深度/厚度网格
- (2) 角点网格

对于有限差分网格选项，需要下列关键字：

*GRID	网格类型，应该跟随 *CART 或 *RADIAL 子关键字。
*DI	I 方向的网格维数。
*DJ	J 方向的网格维数。
*DK	K 方向的网格维数，如果使用了变厚度网格，则需要对每个网格确定一个数值。

可选择的关键字为：

*NINEPOINT	9 点差分选项。
*DIP	确定在 I 和 J 方向的倾角。
*REFINE	使用加密网格选项。
*VAMOD	体积和面积修正选项。
*NULL	用于确定无效网格。

当使用变深度网格时，要求使用 *DTOP：

*DTOP	每个网格列的顶部深度。
-------	-------------

在这种情况下假设地层倾角为 0。*DTOP 可以与流体初始化关键字 *DWOC，*DGOC 和 *REFDEPTH 同时使用。

裂缝油藏选项

通过使用下述关键字确定用于裂缝油藏模拟的有效选项：

*DUALPOR *DUALPERM *MINC *SUBDOMAIN *VERTNOSEG

每个坐标方向的裂缝间隔由下述关键字确定：

*DIFRAC *DJFRAC *DKFRAC

离散化井筒选项

这个选项使用网格对井筒进行模拟，这些网格的流动方程与油藏流动方程一起联立求解。通过使用 *WELLBORE 关键字激活这个选项，可使用子关键字 *CIRCWELL 表示环空与油管循环流动，当然环空与油管也被离散化。

离散化井筒可以从油层通过上覆岩层延伸到地面，非油层部分仅附加少量的网格。而从井筒到上覆岩层的热损失可使用 *AQUIFER *WELLBORE 进行模拟。

杂交网格内的离散化井筒

为了有效地模拟单井的 SAGD(蒸汽辅助重力泄油)，井筒需要直接与它的上下网格相

连，为的是同时允许蒸汽上浮和液体从底部流入，可通过将离散化井筒嵌入杂交加密网格得以实现，见 *WELLBORE 关键字的详细说明。

岩石性质

油藏的孔隙度，渗透率和传导率修正因子通过这些关键字确定：

*POR

*PERMI, *PERMJ, *PERMK

*TRANSI, *TRANSJ, *TRANSK, *TRANSIJ+, *TRANSIJ-, *TRANSIK+, *TRANSIK-

对于裂缝性油藏使用属性关键字 *MATRIX 和 *FRACTURE 区别基质和裂缝的性质。当使用了 *REFINE, *MINC, *SUBDOMAIN, *VERTNOSEG, *WELLBORE 选项时，属性关键字 *RG 用于加密网格的性质。

网格模块

对于三个 CMG 模拟软件网格定义的处理已经合并成一个模块，称作网格模块。这个模块读入并处理与网格定义和某些油藏表征化有关的所有关键字数据，并且包括以前对于 STARS 无效的关键字。

STARS 98 版是第一个将网格模块用于网格定义数据的读入和处理的版本，为了平缓地进行过渡，通过使用关键字 *OLD-GRID 使得先前的 STARS 网格处理代码依然有效。CMG 建议用户使用网格模块，仅当必要时才使用先前的网格处理代码，因为在将来的发行版中将会弃用。

网格数据处理的转换

98 版以前的数据可通过在 *GRID 关键字之前加入 *OLD-GRID 关键字不经修改地运行，*GRID 关键字位于油藏描述数据段的开始处。命令行变量 “-oldgrid” 具有相同的效果。

当数据文件中包含有下述内容时，建议使用 *OLD-GRID：

- (1) 使用径向网格进行网格的加密。
- (2) 径向网格(并且获得与 97 版本相同的网格大小和传导率是非常重要的)。
- (3) 径向网格具有 $n_i = 1$ 。

不包含任何这些项的数据应该能够使用网格模块。

98 版以前的网格数据转换

为了运行原先对 STARS 98 或更早版本形成的网格数据，必须进行下述的简单变更，

大多数数据文件只需要进行少量的改变。

- (1) 去掉 *GRID *MODULE, 关键字 *END-GRID 必须出现在本章所有网格定义数据之后, 在 *END-GRID 出现之后的关键字在章节“其他油藏性质”中。

通常它涉及到的是将 *CPOR 和 *PRPOR 移到 *POR 和渗透率数据之后, 通过使用 *END-GRID 将两者分开。

- (2) 如果使用 *GRID 确定了 *UP 或 *DOWN, 则使用主关键字 *KDIR。

- (3) 主关键字必须出现在不同的行, 例如:

*PERMI *CON 1000 *PERMJ *EQUALSI

必须分成两行, 如:

*PERMI *CON 1000

*PERMJ *EQUALSI

- (4) 如果使用了 *DTOP *CON 确定一个参考深度, 则用 *DEPTH *TOP 进行替换。与 *DEPTH 不同的是, *DTOP 不能与 *RADIAL 或 *DIP 一起使用。
- (5) 对于具有深度变化或厚度变化的直角坐标网格, 必须使用关键字 *GRID *VARI 确定。
- (6) 天然裂缝关键字选项 *VERTNOSEG 不再有效, 并且必须使用 *SUBDOMAIN 替代 *VERTSEG。
- (7) 在天然裂缝选项中没有关于裂缝间隔的缺省值, 因此如果使用这个选项, 则必须确定 *DIFRAC, *DJFRAC 和 *DKFRAC。
- (8) 对于 *HYBRID, *RWI rwi(1)....rwi(nr-1) 与没有使用网格模块的结果具有不同的意义。

下面是只能通过网格模块使用的有效关键字汇总:

*ZCORN, *XCORN, *YCORN, *COORD, *CORNERS

- 角点网格定义

*DEPTH, *PAYDEPTH

- 确定深度的转换

*VOLMOD, *NETPAY, *NETGROSS

- 修正孔隙体积和渗透率的转换方式

*TRANLI, *TRANLJ, *TRANLK

- 对网格低端面传导率的访问

*PINCHOUT, *FAULT, *PVCUTOFF

- 对几何情况更好地模拟方式

对 IMEX 和 GEM 兼容的网格数据

网格模块的一个特征是网格定义数据在 CMG 的三个模拟软件之间直接兼容。除了前面已经有的公共关键字之外还包括上面列出的新关键字：

*GRID (*CART 或 *RADIAL)
*KDIR
*DI, *DJ, *DK
*DTOP
*DIP
*REFINE (对网格范围使用不同的语法)
*NULL
*DUALPOR, *DUALPERM, *SUBDOMAIN 和 *MINC (但没有 *SHAPE)
*DIFRAC, *DJFRAC, *DKFRAC
*POR
*CPOR, *PRPOR (STARS 采用每个 *ROCKTYPE 一个数值)
*PERMI, *PERMJ, *PERMK
*TRANSI, *TRANSJ, *TRANSK

IMEX 和 GEM 可以支持某些 STARS 不支持的油藏描述数据段关键字，例如：水体，租赁线和区段选项。

STARS 也支持某些 IMEX 和 GEM 不支持的油藏描述数据段关键字：

*VAMOD, VATYPE (几何修正因子)
*VERTNOSEG, VERTSEG (天然裂缝选项)
*WELLBORE (离散化井筒)
*NINEPOINT, *TRANSIJ+, 等 (9 点格式)
*ROCKTYPE, *THTYPE (压缩性/热性质岩石类型)
*AQUIFER (STARS 水体模型与 IMEX 的模型具有很大的区别)
*CPORPD, *PORMAX (压缩系数对压力的变化)
*DILATION (膨胀/再压实模型)

角点网格

有几种方法可以定义角点网格，某些使用与直角坐标网格相同的网格步长关键字，见关键字 *ZCORN, *XCORN, *YCORN, *COORD 和 *CORNERS 中的描述，注意：对于角点网格假设为 *KDIR *DOWN，而 *UP 是无效的。

在 STARS 发行区的子目录 “stars/1999.xx/tp1/gmod” 下可以找到角点网格数据文件例子。

网格类型(要求) *GRID, *KDIR

目的:

*GRID 表示油藏条件数据输出的开始。

格式:

```
*GRID (*CART | *VARI | *CORNER) ni nj nk  
*GRID *RADIAL ni nj nk ( *RW rw )  
*KDIR (*UP | *DOWN )
```

定义:

***CART**

关键字表示使用直角直角网格。

***VARI**

关键字表示使用直角网格但允许层的深度和厚度变化。

***CORNER**

关键字表示将在下面使用角点网格进行描述,在这种情况下不能使用 *OLD-GRID 和 *KDIR *UP。

ni

I 方向的网格数。

nj

J 方向的网格数。

nk

K 方向的网格数。

***RADIAL**

关键字表示使用径向圆柱网格。

***RW rw**

确定最内圈网格边界的半径(m | ft | cm), 径向网格将从这里开始而不是网格的中心, 允许将此值设置为 0。

***UP**

表示 K 方向的指向为向上, 将层号 1 设置在油藏底部, 不能与 *GRID *CORNER 一起使用。

***DOWN**

表示 K 方向为向下, 将层号 1 设置在油藏顶部。

缺省:

如果 *RW 不存在, 那么假设半径为 8.6 cm。

如果 *KDIR 不存在, 则假设为 *KDIR *UP。

如果 *OLD-GRID 不存在, 那么将使用网格模块读入并处理网格定义数据。

条件:

*GRID 是要求关键字, 它必须是油藏描述数据段的第一个关键字(除了可能存在 *OLD-GRID)。

说明:

关键字 *GRID 用于说明网格类型以及这一系统中的基础网格数。

例如:

(a) 直角直角坐标, 在 X 方向上具有 10 个网格; Y 方向上有 5 个网格, Z 方向上有 4 个网格(ni=10, nj=5, nk=4), 输入:

```
*GRID *CART 10 5 4
```

(b) 径向圆柱坐标, 在径向上有 15 个网格; 在圆弧上划分为三个网格, 有 5 个层(ni=15, nj=3, nk=5), 输入:

```
*GRID *RADIAL 15 3 5
```

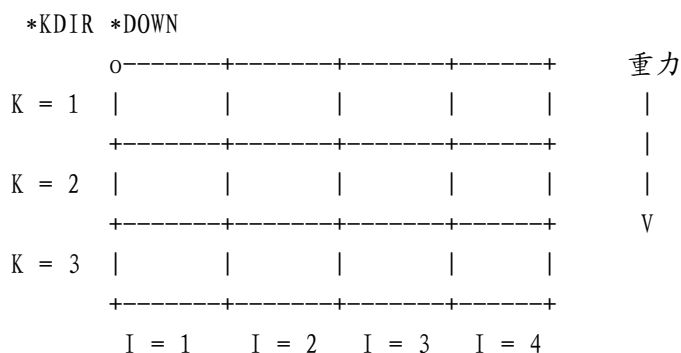
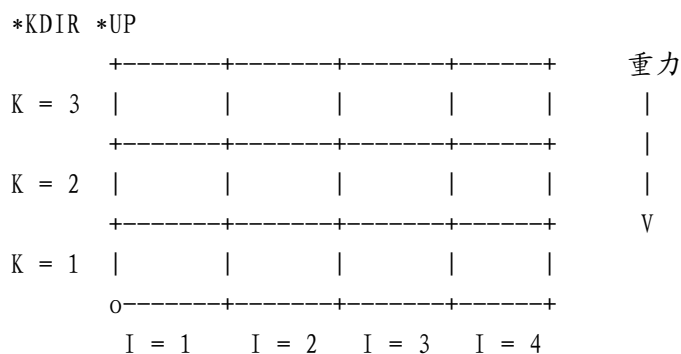
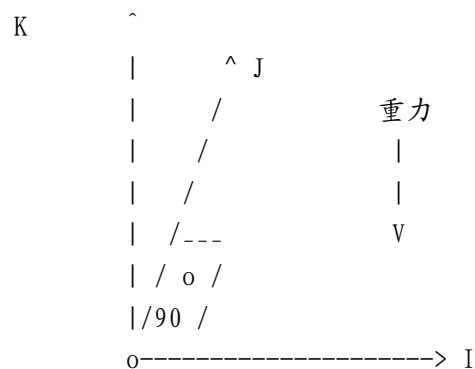
对于径向网格, 最内层网格不在弧度方向进行离散化。在上面的例子中, 径向网格 i=1 只有一个弧度划分, 即 j=1, 它与相邻外层 i=2 的所有三个弧度划分的网格连接。这意味着当 i=1 时只有 j=1; 而 i=2 到 15 时具有 j=1, 2, 3, 这表明中心井筒对每个 k 层只连接一个网格。

各种类型的网格坐标与方向的关系为:

网格	I	J	K
=====	===	===	===
*CART	x	y	z
*VARI	x	y	z
*CORNER	x	y	z
*RADIAL	r	θ	z

通过使用 *KDIR 关键字可以确定 K 坐标为向上增大或是向下增大。通过使用 *DIP 关键字可以将网格倾斜。

一个不倾斜并且 K 方向为 *UP 的坐标系统如下:



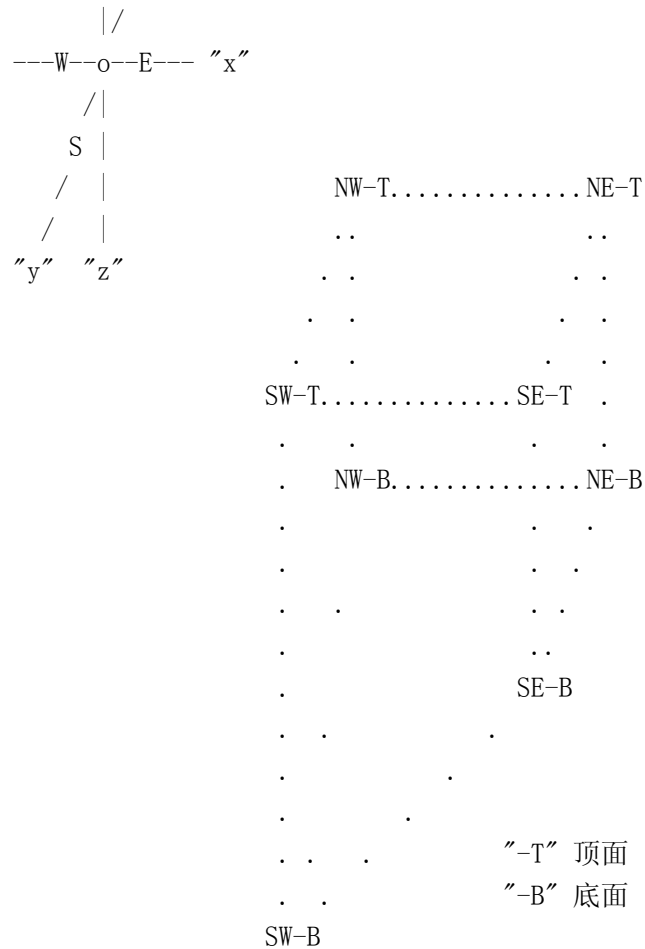
角点:

角点网格系统由定义 8 个角点的网格组成，每个角点由给出它的三个坐标 x, y, z 确定，这个坐标给出了它在油藏中的位置， x 和 y 坐标对应于一个水平参考面，而 z 坐标为从地面向下的角点深度，虽然在一般情况下其为正值，但正值和负值都是允许的，这取决于对应油藏的参考面位置。

所以，定义一个普通的角点网格需要 $3 \times 8 = 24$ 个网格，然而由于模拟软件对角点网格数据位置的限定，使得在所以情况下定义网格时都没有必要读入 $24 \times n_i \times n_j \times n_k$ 个数值，详见下段。

下面是一个角点网格模型，给出角的标号如下：

| N



如图所示，网格由使用线段连接角点的 6 个面所围成的体积组成。

模拟软件要求对设置 8 个角点(每个为 3 个坐标值)并加标号：

- (1) 从 NW-T 到 NE-T 的 x 坐标变化为正值，从 SW-T 到 SE-T 的情况也相同。
- (2) 从 NW-T 到 SW-T 的 y 坐标变化为正值，从 NE-T 到 SE-T 的情况也相同。
- (3) B 点直接位于 T 点之下，这样每个 T 和 B 对应该有相同的 x 和 y 坐标，而且 B 点应该有较大的 z 坐标。

所以，从顶或底看去，角点网格的边上有四个面而且网格是四边形，网格的顶底面由一个非线性(双线性)插值确定，一般说不是平面。

当使用角点网格定义多个网格时，模拟软件要求从顶或底看时，网格必须出现在直角坐标下，所以，对所有有效的 I, J, K 坐标有下面的要求：

- (4) 网格(I, J, K)的角点 NE-T 和网格(I+1, J, K)的角点 NW-T 必须在一条相同的垂线上，并且相应地，对于网格(I, J, K)的 NE-B 和 NW-B 角点， SE-T 和 SW-T 角点，以及 SE-B 和 SW-B 角点也类似。

(5) 网格(I, J, K)的角点 SW-T 和网格(I, J+1, K)的角点 NW-T 必须在一条相同的垂线上, 并且相应地, 对于网格(I, J, K)的 SW-B 和 NW-B 角点, SE-T 和 NE-T 角点, 以及 SE-B 和 NE-B 角点也类似。

注意: 垂直断层是允许的, 因为上面的(4)和(5)只要求角点位于相同的垂线, 而并不必在相同的点, (如果在条件(4)和(5)中的句子“必须位于同一条垂线”改为“是相同的”, 就不可能产生断层), 断层意味着允许对面的一部分进行覆盖。

最后模拟软件要求网格的顶部不与它垂直邻点的底部交叉。

(6) 网格(I, J, K)的 B 角点不应该深于网格(I, J+1, K)的 T 角点。

在允许角点网格间流体流动之前, 模拟软件要求网格面是实际接触的, 角点网络的结点位于它们的重心。

例如:

(a) 角点坐标, 在 X 方向上具有 20 个网格; Y 方向上有 20 个网格, Z 方向上有 5 个网格(ni=20, nj=20, nk=5), 输入:

```
*GRID *CORNER 20 20 5
```

9 点空间离散化(可选择) *NINEPOINT, *NINEPTH

目的:

*NINEPOINT 控制 9 点空间离散化选项。

格式:

```
*NINEPOINT (*OFF | *IJ | *IK)
*NINEPTH
```

定义:

*OFF

在所有三个平面上采用 5 点差分格式。

*IJ

在 I-J 平面采用 9 点差分格式, 对 J-K 和 I-K 两个平面使用 5 点差分格式, 这个选项仅对直角坐标网格有效。

*IK

在 I-K 平面采用 9 点差分格式, 对 J-K 和 I-J 两个平面使用 5 点差分格式。

缺省:

如果 *NINEPOINT 不存在, 则假设为 *NINEPOINT *OFF。

如果 *NINEPTH 不存在，则对热传导使用 5 点差分格式。

条件:

这些关键字必须位于油藏描述数据段，只有在使用了 *NINEPOINT 关键字时，才能使用 *NINEPTH。

说明:

9 点差分方法

根据 Amoco 方法(SPE 16975, 1991)，进行 9 点有限差分近似方法的传导率计算。与先前使用的方法比较(Coats 和 Modine, SPE 12248)，新方法具有如下特点:

1. 对于具有各向同性和均一的渗透率和网格步长的数据文件，平面 9 点差分格式的计算结果(例如，测试 sttst07.dat)或 CPU 时间没有改变。
2. 与先前的方法相比，对各向同性和均一的适当变更通常会对传导率造成较小的可接受误差，然而网格步长和/或渗透率的较大区别会造成局部结果的显著差别。对于严重的非均一或各向异性数据，新方法更有可能给出非物理结果，所以在使用这种数据时应该小心。
3. 新方法允许 9 点格式传导率的几何因子与相应的网格性质分离，因此与先前的方法不同，对于这个性质随时间改变的过程可以用新的 9 点格式离散化。在这里我们关心的两个过程之一是膨胀，渗透率的变化对应于随时间变化的孔隙度；另一个过程是热传导，热传导率依赖于当前饱和度和温度。

热传导

*NINEPTH 选项需要大量的 CPU 时间，只有在开采过程中热传导率占支配地位时，例如实验室更名的室内实验和详细的近井热研究时，才有必要实用 *NINEPTH 选项。对于大多数油田规模的模拟，热传导的主要机理是对流，因此并不需要使用 *NINEPTH。

拟一维模拟

当使用二维网格模拟一个拟一维问题时，如果网格构成不适当，*NINEPOINT 将会给出预料不到的结果。平行于拟一维方向的两个油藏边界必须将它们的结点位于油藏边界上，换句话说，油藏必须以一种重复方式处理，使用几何修正因子 *VAMOD 将这些边界网格修整成一半，使得这些网格的结点落在油藏边界上。

I 方向的网格步长(要求) *DI

目的:

*DI 表示输入 I 方向的网格长度。对于径向坐标系统，输入 R 方向的网格步长。

数组格式:

*DI

缺省:

此项为要求关键字, 无缺省。

条件:

此项关键字必须位于油藏描述数据段, 只允许使用数组输入子关键字 *CON 和 *IVAR 选项。

说明:

关键字 *DI 定义 I 方向的网格步长。

对于 I 方向网格步长可接受的数值范围是 $1.0\text{e-}4\text{ m}(3.23\text{e-}4\text{ ft})$ 到 $1.0\text{e}9\text{ m}(3.28\text{e}9\text{ ft})$ 。

例如:

(a) 对于直角坐标 $n_i=10$ 时 I 方向的网格增量为:

1000, 1000, 1500, 400, 400, 400, 400, 400, 1000, 1000, 使用:

*DI *IVAR 2*1000 1500 5*400 2*1000

(b) 对于直角坐标 $n_i = 10$, I 方向的网格增量都是 1200 时使用:

*DI *CON 1200

J 方向的网格步长(要求) *DJ

目的:

*DJ 表示输入 J 方向的网格长度。对于直角坐标网格, 输入网格长度; 对于径向坐标系统输入角度。

数组格式:

*DJ

缺省:

此项为要求关键字, 无缺省。

条件:

此项关键字必须位于油藏描述数据段, 只允许使用数组输入子关键字 *CON 和 *JVAR 选项。

说明:

关键字 *DJ 定义 J 方向的网格步长。

对于 J 方向网格步长可接受的数值范围是 $1.0\text{e-}4\text{ m}$ ($3.23\text{e-}4\text{ ft}$) 到 $1.0\text{e}9\text{ m}$ ($3.28\text{e}9\text{ ft}$)。

例如:

(a) 对于一个 $n_j=10$ 的问题 J 方向的网格增量为:

2000, 2000, 2500, 4000, 1500, 1500, 400, 400, 1000, 1000, 使用:

*DJ *JVAR 2*2000 2500 4000 2*1500 2*400 2*1000

(b) 对于直角坐标 $n_j = 10$, J 方向的网格增量都是 2200 时使用:

*DJ *CON 2200

(c) 对于一个使用径向网格问题, 在 J (theta) 方向为一个网格并具有角度对称性, 将 *DJ 设置为 360 度。

*DJ *CON 360

对于任何描述径向网格中使用的网格步长, 请参考图 3。在回应输出中, J 方向的网格步长是通过网格中心点的弧长, 对每个方向网格步长的乘积报告给出校正的网格体积。

K 方向的网格尺寸(要求) *DK

目的:

*DK 表示 K 方向网格厚度数组的输入。

数组格式:

*DK

缺省:

此项为要求关键字, 无缺省。

条件:

此项关键字必须位于油藏描述数据段。

如果使用了数组读入方式 *IJK, *IVAR, *JVAR 或是 *ALL 其中之一, 那么则假设为变厚度网格, 这等同于关键字 *VARI 在其他 CMG 关键字所执行情况, 变厚度网格选项不允许与 *RADIAL 或 *DIP 关键字一起使用。

说明:

这个关键字定义 K 方向的网格尺寸。这些尺寸为典型的地层厚度。

对于 K 方向网格步长可接受的数值范围是 1.0×10^{-4} m (3.23×10^{-4} ft) 到 1.0×10^9 m (3.28×10^9 ft)。

例如：

(a) 对于问题 nk=8 时 K 方向的网格增量为：

20, 20, 25, 40, 15, 45, 45, 45. 使用：

*DK *KVAR 2*20 25 40 15 3*45

(b) 对于 nk = 8, K 方向的网格增量都是 22 时使用：

*DK *CON 22.0

对于一个在 I 方向有 5 个网格，J 方向有 4 个网格，K 方向有 2 个网格的系统，必须输入总共 40 个厚度。

网格深度(条件) *DEPTH

目的：

*DEPTH 输入单个网格在油藏中的深度。该深度通常是指对网格中心的测量。

格式：

*DEPTH (*TOP) i j k
(*CENTRE) depth

定义：

*TOP

子关键字用于说明这个深度为参考网格的顶部(顶面中心)。

*CENTRE

子关键字用于说明这个深度为参考网格的中心。

i

参考网格在 I 方向上的位置。

j

参考网格在 J 方向上的位置。

k

参考网格在 K 方向上的位置。

depth

参考网格在油藏中的中心深度(如使用了 *TOP, 则是顶部深度)。这个数值可以使用任何符号。

缺省:

条件关键字, 无缺省。如果没有出现 *TOP, 则假设为 *CENTRE。

条件:

此项关键字必须位于油藏描述数据段, 对于 *GRID *CART, *GRID *VARI 或者 *GRID *RADIAL 必须确定 *DEPTH, *DTOP 或者是 *PAYDEPTH 其中之一, 对于角点网格不应该确定这一关键字, 如果需要的角点坐标网格进行深度修正, 可以使用 *PAYDEPTH 关键字。

说明:

深度是从水平参考面向下测量得出的。I, J, K 坐标用于说明一个已知深度的网格, 深度可以是对这个网格中心/顶部的测量, 深度值可以是正的或者是负的, 这取决于参考面的位置, 虽然通常为正值。

对于所有的油藏模拟, 都需要某一类深度信息。

当使用 *DEPTH 时, 根据提供的值设置所有网格的深度, 以网格厚度(*DK 关键字)和 *DIP 关键字(将在下面说明)提供的地层倾角为基础进行计算。

虽然 *DEPTH 的缺省值是中心, 但如果需要, 可以使用子关键字 *CENTRE。

例如:

*DEPTH 1 1 1 2000.0

可接受的深度值的范围如下:

	国际标准单位	矿场单位
	米	英尺
最小值	-1.0E+4	-32,808.0
最大值	1.0E+4	32,808.0

网格的顶部深度(条件) *DTOP

目的:

*DTOP 说明输入最上层每个网格顶面中心的深度。

数组格式:

*DTOP depth(1,1)... depth(ni,1) depth(1,2)... depth(ni,nj)

缺省:

如果 *DTOP 不存在, 那么由 *DEPTH 或 *PAYDEPTH 得到深度, 如果 *DTOP, *DEPTH 和 *PAYDEPTH 都不存在, 那么将列(1, 1)的顶部深度设置为 0。

条件:

在大多数情况下, 对于 *GRID *CART, *GRID *VARI 或者 *GRID *RADIAL 可以确定 *DEPTH, *DTOP 或者是 *PAYDEPTH 其中之一, 建议对于 *GRID *VARI 使用此项关键字或者是 *PAYDEPTH, 如果需要对角点网格进行深度修正时可以使用 *PAYDEPTH 而不能使用 *DTOP 这一关键字。

对于这个特殊的数组关键字, 不允许使用数组属性及读入选项, 它具有固定个数的输入值, 为 $n_i \times n_j$ 个。

1999 以前的 STARS 版本允许在 *DTOP 之后使用 *CON 和 *ALL 这样的数组读入选项子关键字, 在 1999 版依然允许输入, 但计划在将来的版本中删除。

说明:

这个关键字通常用于定义对变深/变厚坐标网格(*GRID *VARI)的深度, 必须输入总数为 $n_i \times n_j$ 个深度值, 这些值为从一个参考水平面向下到最上层网格顶面的中心的距离, 这些值可以是正的或者是负的, 这取决于参考面的位置, 逐行输入, 输入顺序为 I 坐标变化最快, J 坐标变化最慢。

注意对于这个数组 K 坐标的假设为最顶层, 也就是说, 如果 *KDIR 在数据文件中没有出现或是确定了 *KDIR *UP, 这层将是 $K = n_k$, 如果使用了 *KDIR *DOWN, 则这层为 $K = 1$ 。

根据这个关键字提供的深度和网格厚度(*DK 关键字), 对所有网格设定深度。见图 4。

例如:

一个 $n_i=6$, $n_j=4$ 和 $n_k=2$ 的变深/变厚网格可使用如下:

```
*DTOP
1000.0 1300.0 1250.0 1100.0 1200.0 1070.0
1070.0 1090.0 1080.0 1110.0 1120.0 1200.0
1000.0 1200.0 1110.0 1200.0 1200.0 1190.0
1070.0 1100.0 1100.0 1170.0 1070.0 1070.0
```

对于深度可接受的数值范围是:

	SI	Field	Lab
	m	ft	cm
min	-1.0E+4	-32,808.0	-1.0E+6
max	1.0E+4	32,808.0	1.0E+6

注意: 以前 STARS 使用 *DTOP 的语法允许带有 *CON 和 *ALL 数组读入选项, 为了

维持与 CMG 前处理软件和其他 CMG 模拟软件的一致性, 建议将使用原先语法的数据改为与上面说明的语法一致数据。

1. 选项 *ALL 具有与标准语法相同的操作, 所以将关键字 *ALL 删除不会产生影响。
2. *DTOP *CON 跟随一个单一深度可以使用 *DEPTH *TOP 1 1 k 进行替代, 这里对于 *KDIR *DOWN, $k = 1$; 而对于 *KDIR *UP, $k = nk$ 。

有效厚度中心的深度(条件) *PAYDEPTH

目的:

*PAYDEPTH 输入网格中油藏中每个网格有效厚度的中心深度, 假定有效厚度处于网格中心。

数组格式:

*PAYDEPTH

缺省:

条件关键字. 无缺省。

条件:

当使用了 *OLD-GRID 时, 这个关键字无效。

对于 *GRID *CART, *GRID *VARI 或 *GRID *RADIAL 必须确定 *DEPTH, *DTOP 或者是 *PAYDEPTH 其中之一。这个关键字不应该用于确定角点网格, 对 *GRID *VARI 推荐使用这个关键字或 *DTOP。

若该关键字用于 *GRID *CART, 那么每一层网格的深度必须相同, 而且两层之间深度之差应该与地层厚度(*DK 关键字)一致。

说明:

这个关键字定义每个网格有效厚度的深度, 允许使用各种数组属性和读入方式选项输入 $ni*nj*nk$ 个值。

这些值为从一个参考水平面向下到网格中心的距离, 在这里有效厚度假定为正的, 这些值可以是正的或者是负的, 这取决于参考面在油藏中的位置, 在通常情况下这些值是正的。

既然假设有效厚度位于网格中心, 那么 *PAYDEPTH 数组的深度值可直接赋给每个网格结点。

举例:

一个 $ni=6$, $nj=4$ 和 $nk=2$ 的变深/变厚网格可使用如下:

```

*PAYDEPTH *ALL
1000.0 1300.0 1250.0 1100.0 1200.0 1070.0
1070.0 1090.0 1080.0 1110.0 1120.0 1200.0
1000.0 1200.0 1110.0 1200.0 1200.0 1190.0
1070.0 1100.0 1100.0 1170.0 1070.0 1070.0
2000.0 2300.0 2250.0 2100.0 2200.0 2070.0
2070.0 2090.0 2080.0 2110.0 2120.0 2200.0
2000.0 2200.0 2110.0 2200.0 2200.0 2190.0
2070.0 2100.0 2100.0 2170.0 2070.0 2070.0

```

对于深度可接受的数值范围是：

	SI	Field	Lab
	m	ft	cm
min	-1.0E+4	-32,808.0	-1.0E+6
max	1.0E+4	32,808.0	1.0E+6

网格块的深度（条件） *DEPTH-TOP

网格的倾角(条件) *DIP

目的：

*DIP 确定倾角的输入。

格式：

```
*DIP idip (jdip)
```

定义：

idip

i 轴在水平面以上的角度，允许的角度范围是 -90° 到 90° ，见图 1。

jdip

j 轴在水平面以上的角度，允许的角度范围是 -90° 到 90° ，见图 1。

缺省：

```
*DIP 0 0
```

条件：

这个关键字必须位于油藏描述数据段。*DIP 对于 *GRID *CART 或 *GRID *RADIAL 是可选择的。如果确定了变深或变厚度选项，那么将假设 idip 和 jdip 等于 0。

说明：

对于径向网格系统，idip 为 K 轴与垂直方向之间的夹角，参照的径向方向 ($\theta = 0$) 处

于 K 轴与垂直方向定义的平面内，见图 2。

对径向网格，在 $r\theta$ 平面内模拟重力偏离垂直方向的影响是可能的，但仅当 r 和 θ 方向都已经离散化，也就是 $n_i > 1$ 并且 $n_j > 1$ 。当 $n_i = 1$ 时，那么就自动 $n_j = 1$ 。当 $n_j = 1$ 时，倾斜造成一个块的一部分上升而另一部分下降，因此在这种情况下不能很好地定义网格的中心，在任何情况下， Z 方向的重力处理都是正确的。

注意：Results 3D 并不显示油藏具有 *DIP 角度的倾斜，所以建议通过改变使用的网格坐标轴完成对接近 90 度的倾斜。例如，一个垂直一维网格可以使用 $n_i = n_j = 1$ 不倾斜作为与其相反的 $n_j = n_k = 1$ 具有 90 度的倾斜。

角点网格的角点深度(条件) *ZCORN

目的：

*ZCORN 表示对于角点网格输入角点深度数组。

数组格式：

*ZCORN

缺省：

条件关键字，无缺省值。

条件：

此项关键字只能与角点网格 *GRID *CORNER 一起使用。

该关键字应该与 *DI 和 *DJ，或是与 *COORD，或是与 *XCORN 和 *YCORN 一起用来确定角点网格的所有角点位置。

对于这个特定的数组关键字，不允许使用任何数组属性或数组读入选项。

说明：

见关于 *GRID *CORNER 关键字使用说明给出的一般性角点讨论。

对于角点深度可接受的数值范围是：

	国际标准单位	矿场单位	试验室单位
	米	英尺	厘米
最小值	-1.0E+20	-3.28E+20	-1.0E+22
最大值	1.0E+20	3.28E+20	1.0E+22

***ZCORN 顺序的算法：**

*ZCORN 关键字读入定义网格 $8 \times n_i \times n_j \times n_k$ 个角点的所有深度("Z"坐标)，输入时按下列算法进行。

按说明的顺序运算，注意在每个任务([...])之前的文字说明了这个任务执行的次数。

```

对于  K=1...nk[
对于  J=1...nj[
输入(1, J, K)网络的 NW_T 和 NE_T 深度值
...
输入(ni, J, K)网络的 NW_T 和 NE_T 深度值
输入(1, J, K)网络的 SW_T 和 SE_T 深度值
...
输入(ni, J, K)网络的 NW_T 和 NE_T 深度值
]
对于  J=1...nj[
输入(1, J, K)网络的 NW_B 和 NE_B 深度值
...
输入(ni, J, K)网络的 NW_B 和 NE_B 深度值
输入(1, J, K)网络的 SW_B 和 SE_B 深度值
...
输入(ni, J, K)网络的 SW_B 和 SE_B 深度值
]]

```

角点的“X”“Y”坐标由 *DI, *DJ 关键字，或是 *COORD，或是由 *XCORN 和 *YCORN 关键字给出。若选用了 *DI 和 *DJ，则网格(1, 1, 1)的 NW_T 的“X”坐标是 0.0，“Y”坐标也是 0.0。下一个网格的“X”，“Y”坐标由 *DI、*DJ 提供的步长给出。

举例：

为一个 $ni = 4$ ， $nj = 2$ ， $nk = 1$ 的油藏 *CORNER 网格提供角点深度，在“x”坐标方向具有倾角，层厚为 10 个单位。

```

*ZCORN
2000 2001 2001 2002 2002 2003 2003 2004
2000 2001 2001 2002 2002 2003 2003 2004
2000 2001 2001 2002 2002 2003 2003 2004
2000 2001 2001 2002 2002 2003 2003 2004
2010 2011 2011 2012 2012 2013 2013 2014
2010 2011 2011 2012 2012 2013 2013 2014
2010 2011 2011 2012 2012 2013 2013 2014
2010 2011 2011 2012 2012 2013 2013 2014

```

角点网格的横向坐标(条件) *XCORN, *YCORN

目的：

*XCORN 对角点网格输入角点的“X”坐标数组。

*YCORN 对角点网格输入角点的“Y”坐标数组。

数组格式:

*XCORN
*YCORN

缺省:

条件关键字, 无缺省。

条件:

*XCORN *YCORN 只能与角点网格 *GRID *CORNER 一起使用。这两个关键字应当成对出现, 与 *ZCORN 一起, 用于定义角点网格的角点位置。

对于这些特殊数组关键字, 不允许使用任何数组属性或网格读入选项。

说明:

见关于 *GRID *CORNER 关键字使用说明关于角点的一般性讨论。

*XCORN 和 *YCORN 关键字分别读入 $(n_i+1)*(n_j+1)*(n_k+1)$ 个定义角点网格横向位置所要求的“X”和“Y”坐标值。输入顺序遵循下列算法:

***XCORN 和 *YCORN 顺序的算法:**

按说明的顺序运算, 注意在每个任务([...])之前的文字说明了这个任务执行的次数。

```
对于 K=1... (nk+1)[
  对于 J=1... (nj+1)[
    对于 I=1... (ni+1)[
      若 I < ni, J < nj, K < nk
        写 NW_T 的 “X” (或 “Y”) 坐标
      若 J < nj, K < nk, I = ni
        写 NE_T 的 “X” (或 “Y”) 坐标
      若 I < ni, K < nk, J = nj
        写 SW_T 的 “X” (或 “Y”) 坐标
      若 I < ni, J < nj, K = nk
        写 NW_B 的 “X” (或 “Y”) 坐标
      若 I < ni, J = nj, K = nk
        写 SW_B 的 “X” (或 “Y”) 坐标
      若 J < nj, I = ni, K = nk
        写 NE_B 的 “X” (或 “Y”) 坐标
      若 K < nk, I = ni, J = nj
        写 SE_T 的 “X” (或 “Y”) 坐标
      若 I = ni, J = nj, K = nk
        写 SE_B 的 “X” (或 “Y”) 坐标
```

在这里对写 “X” 还是 “Y” 坐标的选择是由 *XCORN 和 *YCORN 关键字确定的。

]]]

算法完成，注意 I 的范围变化最快，J 次之，K 变化最慢。

举例：

为 $n_i = 4$, $n_j = 2$, $n_k = 1$ 的角点网格提供 *XCORN 和 *YCORN 数据，注意“X”方向网格间距为 100 单位，而“Y”方向网格间距位 200 单位。

*XCORN

0	100	200	300	400
0	100	200	300	400
0	100	200	300	400
0	100	200	300	400
0	100	200	300	400
0	100	200	300	400

*YCORN

0	0	0	0
200	200	200	200
400	400	400	400
0	0	0	0
200	200	200	200
400	400	400	400

对于角点坐标可接受的数值范围如下：

	国际标准单位	矿场单位	试验室单位
	米	英尺	厘米
最小值	-1.0E+20	-3.28E+20	-1.0E+22
最大值	1.0E+20	3.28E+20	1.0E+22

共线角点坐标(条件) *COORD

目的：

*COORD 表示为角点网格输入角点位置的“X”坐标和“Y”坐标。

数组格式：

*COORD

缺省：

条件关键字，无缺省。

条件：

该关键字只能与角点网格 *GRID *CORNER 一起使用，该关键字应与 *ZCORN 一起用于定义角点网格的角点位置。

对于这个特定的数组关键字，不允许使用任何数组属性或数组读入选项。

说明:

见 *GRID *CORNER 关键字的关于角点的讨论用于这里的说明。

当定义一个 *CORNER 网格时, *COORD 用于读入所有角点的“x”和“y”坐标位置信息, 角点网格的角点必须落在垂线上, 应该有 $(ni+1)*(nj+1)$ 条线, 而确定一条直线需要两个点, 每个点有 3 个坐标, 所以 *COORD 需要按下述算法读入 $2*3*(ni+1)*(nj+1)$ 个值。

对于 *COORD 顺序的算法:

按说明的顺序运算, 注意在每个任务([...])之前的文字说明了这个任务执行的次数。

对于 J=1(nj+1)[

对于 I=1(ni+1)[

首先, ...

若 $I < ni, J < nj$ 写出位于垂线并通过网格(I, J, 1)的 NW 角的“X”, “Y”, “Z”坐标, 这可以是顶, 底角, 或者是 (I, J, K) (K 为任意值) 网格的角点的“X”, “Y”, “Z”坐标, 因为所有这些是共线点。

若 $I = ni, J < nj$ 写出 NE 角(NE_T, NE_B)的三个坐标, 若 $I < ni, J = nj$ 写出 SW 角的三个坐标, 若 $I = ni, J = nj$ 写出 SE 角的坐标。

其次,

若 $I < ni, J < nj$ 写出位于垂线并通过网格(I, J, 1)NW 角点的另一点坐标, 与上面那个唯一不同的是“I”坐标不同。

若 $I = ni, J < nj$ 写出 NE 角的坐标。若 $I < ni, J = nj$ 写出 SW 角的坐标。

若 $I = ni, J = nj$ 写出 SE 角的坐标。

]]

算法完成。

注意在上面的算法中, I 的范围变化最快, J 变化最慢。

因为 *COORD 只是确定了通过角点的直线, 还需要 *ZCORN 数组数据来确定角点在线上的位置。

举例:

用 *COORD 关键字为 $ni = 4, nj = 2, nk = 1$ 的角点网格提供数据, 注意 X 方向网格间距为 100 单位, Y 方向网格间距为 200 单位。

*COORN

0	0 0	0	0 1	100	0 0	100	0 1
200	0 0	200	0 1	300	0 0	300	0 1
400	0 0	400	0 1				

0	200 0	0	200 1	100	200 0	100	200 1
200	200 0	200	200 1	300	200 0	300	200 1

```

400 200 0    400 200 1

      0 400 0      0 400 1      100 400 0      100 400 1
200 400 0    200 400 1    300 400 0    300 400 1
400 400 0    400 400 1

```

对于角点坐标可接受的数值范围如下：

	国际标准单位	矿场单位	试验室单位
	米	英尺	厘米
最小值	-1.0E+20	-3.28E+20	-1.0E+22
最大值	1.0E+20	3.28E+20	1.0E+22

角点网格的完整角点坐标(条件) *CORNERS

目的：

*CORNERS 表示对于角点网格输入一个所有角点位置的数组。

格式：

*CORNERS

缺省：

条件关键字，无缺省。

条件：

该关键字只能用于角点网格 *GRID *CORNER。

该关键字不必与其它用于角点网格的数组关键字配合使用，这个关键字对所有角点提供了一个完整的所需坐标值数组。

对于这个特殊的数组关键字，不允许使用任何数组属性或数组读入关键字。

说明：

见*GRID *CORNER 关键字关于角点的讨论用于这里的说明。

该关键字一共处理 $3 \times (8 \times n_i \times n_j \times n_k)$ 个数值。第一组 $8 \times n_i \times n_j \times n_k$ 个值是所有角点的“X”坐标；第二组值是所有角点的“Y”坐标；第三组值是所有角点的“Z”坐标。各个组采用相同的角点顺序(如下所述)，也就是 *ZCORN 关键字使用的输入顺序。只有坐标方向的选择能够引起组的改变，注意第三组 $8 \times n_i \times n_j \times n_k$ 个值与使用 *ZCORN 关键字输入的数组相同。

*CORNERS 数组的输入顺序算法：

按说明的顺序运算，注意在每个任务([...])之前的文字说明了这个任务执行的次数。

执行下面的操作三次：

- (1) 用“x”坐标值替换下面运算中的值；
- (2) 用“y”坐标值替换下面运算中的值；
- (3) 用“z”坐标值替换下面运算中的值，也就是深度。

对于 $K=1, \dots, nk$ ：

对于 $J=1, \dots, nj$ ：

对网格(1, J, K)，输入 NW-T 和 NE-T 角点的值

...

对网格(ni, J, K)，输入 NW-T 和 NE-T 角点的值

对网格(1, J, K)，输入 SW-T 和 SE-T 角点的值

...

对网格(ni, J, K)，输入 SW-T 和 SE-T 角点的值

]]

对于 $J=1, \dots, nj$ ：

对网格(1, J, K)，输入 NW-B 和 NE-B 角点的值

...

对网格(ni, J, K)，输入 NW-B 和 NE-B 角点的值

对网格(1, J, K)，输入 SW-B 和 SE-B 角点的值

...

对网格(ni, J, K)，输入 SW-B 和 SE-B 角点的值

]]]

算法完成。

由于角点必须位于垂线上，用于角点输入的这种技术展示了前两组 $8*ni*nj*nk$ 个值的复制过程。

举例：

对一个 $ni = 4, nj = 2, nk = 1$ 的角点网格，在 X 方向具有倾角的油藏，使用 *CORNER 关键字提供数据。注意单层厚 10 个单位，“X”方向网格间距为 100 单位，“Y”方向网格间距为 200 单位。

*CORNERS

0	100	100	200	200	300	300	400
0	100	100	200	200	300	300	400
0	100	100	200	200	300	300	400
0	100	100	200	200	300	300	400
0	100	100	200	200	300	300	400
0	100	100	200	200	300	300	400
0	100	100	200	200	300	300	400
0	100	100	200	200	300	300	400
0	0	0	0	0	0	0	0
200	200	200	200	200	200	200	200
200	200	200	200	200	200	200	200

400	400	400	400	400	400	400	400
0	0	0	0	0	0	0	0
200	200	200	200	200	200	200	200
200	200	200	200	200	200	200	200
400	400	400	400	400	400	400	400
2000	2001	2001	2002	2002	2003	2003	2004
2000	2001	2001	2002	2002	2003	2003	2004
2000	2001	2001	2002	2002	2003	2003	2004
2000	2001	2001	2002	2002	2003	2003	2004
2010	2011	2011	2012	2012	2013	2013	2014
2010	2011	2011	2012	2012	2013	2013	2014
2010	2011	2011	2012	2012	2013	2013	2014
2010	2011	2011	2012	2012	2013	2013	2014

	国际标准单位	矿场单位	试验室单位
	米	英尺	厘米
最小值	-1. 0E+20	-3. 28E+20	-1. 0E+22
最大值	1. 0E+20	3. 28E+20	1. 0E+22

角点容限(可选择) *CORNER-TOL

目的：
*CORNER-TOL 控制角点间要求的最小间距(见上面关于角点网格的描述)，它也用于角点网格的其他容限检查。

格式：
*CORNER-TOL cptol

定义：
cptol
 对角点之间和关联量所要求的最小间距。单位是(m | ft)。

缺省：
 可选择关键字，缺省为 0. 000001(m | ft)。

条件：
 此项关键字如存在必须位于油藏描述数据段。

说明：
 位于 cptol 距离内的角点将考虑为处于同一位置，如果在距离 cptol 内的两个角点属于同一个网格，那么，

- 一个点为网格的顶部而另一个是底部，那么这个角点网格将尖灭；
- 网格在 I 或 J 方向被挤压，将产生错误。

如果位于 `cptol` 距离内的角点为相邻网格角点，则假设它们是接触的并具有流动连通性。

如果一个网格的所有角点都尖灭了，那么这个网格将自动设置为尖灭。

然而对于那些上下连通的网格，其网格的顶底角点必须匹配。

局部加密网格(条件) *REFINE, *RANGE

目的：

`*REFINE` 表示输入局部加密网格。

格式：

```
*REFINE block_address *INTO nir njr nkr
*REFINE block_address *INTO nr ntheta nz *HYBRID
      (*IDIR | *JDIR | *KDIR)
      (*ALPHAI alphai) (*ALPHA alpha)
      (*RW rw) (*RWI rwi(1)...rwi(nr-1))
-或者-
*REFINE nir njr nkr
*REFINE *HYBRID nr ntheta nz (*IDIR | *JDIR | *KDIR)
      (*ALPHAI alphai) (*ALPHA alpha)
*RANGE block_address
```

定义：

`*REFINE`

表示对确定的网格或网格范围，使用确定的类型和参数进行局部网格加密。

`block_address`

要进行加密的基础网格。当允许使用范围时，形式为：`i1(:i2) j1(:j2) k1(:k2)`。

`*INTO`

表示新的网格加密，它必须在 `*REFINE` 第一次出现时存在。随后使用 `*REFINE` 而没有 `*INTO` 将引起使用相同的加密方式。

`nir`

每个基础网格内在 *I* 方向的加密网格数。

`njr`

每个基础网格内在 *J* 方向的加密网格数。

`nkr`

每个基础网格内在 *K* 方向的加密网格数。

nr

在 R-theta-Z 局部杂交网格中在 R 方向的加密网格数，对于 nr 的允许值为 2, 3, 4, ... 最大为 10。

ntheta

在 R-theta-Z 局部杂交网格中在 theta 方向的加密网格数，允许值为 1 或 4。对于杂交网格的最内层网格不进行 theta 方向的细分。

nz

在 R-theta-Z 局部杂交网格中在 Z 方向的加密网格数，使用 *IDIR, *JDIR 或 *KDIR 确定杂交网格的“Z”方向，最多允许将一个基础网格划分为 4 个加密网格，允许值为 1, 2, 3 和 4。

*HYBRID

表示使用杂交加密网格，即基础网格为直角网格，将网格加密为径向圆柱网格，通常基础网格内包含有井。

*IDIR

表示杂交网格的 Z 轴与基础网格的 I 方向平行。

*JDIR

表示杂交网格的 Z 轴与基础网格的 J 方向平行。

*KDIR

表示杂交网格的 Z 轴与基础网格的 K 方向平行，此为缺省情况。

*RW rw

用于井半径(m | ft | cm)的数值必须大于 0，并且不能超过 1 m(3.28 ft, 100 cm)，这个半径中的体积将从这个网格中去除。

如果在杂交网格内有一个离散化井筒，那么将使用 *WELLBORE 关键字的半径值，这个半径值将会被忽略。

*ALPHAI alphai

用于定义 *HYBRID 加密网格的第 1 环的外径与“rw”的比值，仅用于 *HYBRID 各向同性的情况。alphai 的数值应大于 1。这个关键字不能与 *OLD-GRID 一起使用。

*ALPHA alpha

*ALPHAI 参数用于定义 *HYBRID 加密网格的第 i 环的外径与第 i-1 环外径之比，i 从 2 到 nir-1，（这个情况不应用于环 nir，由于为了适应直角父网格的四个边它已被截整。）仅用于 *HYBRID 各向同性的情况，alpha 的数值应大于 1，这个关键字不能与 *OLD-GRID 一起使用。

*RWI rwi

对于混合网格的前 nr-1 个径向网格的半径。按体积守恒内部计算最外一个半径，即直

角网格的面积 = 圆面积(各向同性)或是一个椭圆的面积(各向异性), r_{wi} 从 1 到 $nr-1$ 的和必须小于两个垂直于杂交网格轴方向上的最小网格步长, 所有的 r_{wi} 必须大于 0。

在各向异性情况下, r_{wi} 的值对应于椭圆的半主轴。

当杂交网格包含有离散化井筒时, 最内圈半径必须等于井筒半径。

这个关键字只能与 *OLD-GRID 一起使用。

缺省:

如果 *REFINE 不存在就不加密网格, 如果 *INTO 不存在, 将缺省为使用先前的加密方式, 第一个 *REFINE 必须具有 *INTO。

没有 n_{ir} , n_{jr} , n_{kr} 的缺省值。对于 *HYBRID 没有 nr , n_{theta} , n_z 的缺省值。对于杂交网格的最内层网格不进行 $theta$ 方向的细分。

当使用了 *HYBRID 而没有确定 *IDIR, *JDIR 和 *KDIR, 则缺省为 *KDIR。

如果没有确定 *RW, 对于 *OLD-GRID, rw 为 8.6 cm; 而对于网格模块, $rw = 0$ 。

对于 *OLD-GRID 的 *RWI

如果没有确定 *RWI, 对于各向同性情况下的 r_{wi} 缺省为(r 为半径):

- 不含有离散化井筒的杂交网格

$$\begin{aligned} r(1/2) &= rw \\ r(i+1/2)/r(i-1/2) &= \\ &= (\sqrt{\text{block area}/\pi}/rw) ** (1/nr) \\ i &= 1, nr \end{aligned}$$

- 含有离散化井筒的杂交网格

$$\begin{aligned} r(1/2) &= 0 \\ r(1+1/2) &= rw \\ r(i+1/2)/r(i-1/2) &= \\ &= (\sqrt{\text{block area}/\pi}/rw) ** (1/(nr-1)) \\ i &= 2, nr \end{aligned}$$

各向异性的情况与各向同性类似, 但是在椭圆坐标内(类似于规则杂交网格径向坐标的对数并且在杂交网格含有离散化井筒时间隔相等)。

如果基础网格的长宽比很大时, 那么不能使用上述的缺省计算, 在这种情况下使用 *RWI。

对于网格模块的 *ALPHA

选择 *ALPHA 的缺省值，以至于如果允许最外环(环 nir)为一个外半径等于环 nir-1 乘以 'alpha' (这样它就可以像其他环那样处理)的圆，它的面积将等于总有效面积，当然像上面说明的那样，最外边的环被截成直边以便与相邻网格适当地连接。

对于各向异性介质，使用上面对各向同性情况讨论的相同标准，除了使用椭圆几何条件，内部计算 *ALPHAI 和 *ALPHA 的值。

条件：

*REFINE 必须出现在 *NULL 和 *POR 之前。

对于常规的加密，nir, njr 和 nkr 的大小没有内部限制，然而大于 3-5 的数值容易在粗网格与细网格之间产生不一致数值结果。

杂交加密网格只能与直角网格，也就是 *GRID *CART 一起使用。

当在杂交网格内定义离散化井筒时，必须首先定义杂交网格，见关于 *WELLBORE 的详细说明。

具有两个不同加密程度的区域，之间至少应有一个未加密的网格分隔开，见下面的详细说明。

网格加密不允许与如何天然裂缝选项一起使用。

*REFINE 可以与 *GRID *CART 和 *GRID *VARI 一起使用，但是不能与 *GRID *RADIAL 或 *GRID *CORNER 一起使用。当使用了 *OLD-GRID 时，*REFINE 可以与 *GRID *RADIAL 一起使用。

关键字 *ALPHAI, *ALPHA 和 *RANGE 不能与 *OLD-GRID 一起使用。

关键字 *RWI 只能与 *OLD-GRID 一起使用。

注意：如果杂交网格使用了 $n_{\theta} = 4$ ，并且至少有一个本数据段的数组(例如，*NULL, *VATYPE, *PERMI, *POR)确定的数据在 θ 方向是变化的，则必须使用 *OLD-GRID 关键字。

说明：

为了定义多个区域或多个细分类型，*REFINE 可以出现多次。

根据缺省情况，加密网格的物性与所在的基础网格物性相同。可以对任何数组关键字使用 *RG 数组属性关键字输入加密网格的物性。

变深/变厚选项可以与加密网格一起使用。

规则网格

将基础网格加密为与其具有相同类型和方向的子网格，在每个加密方向上的加密网格尺寸是相同的，局部加密网格的 I-J-K 坐标遵循与父网格相同的概念，但局部加密网格的起始点从父网格最接近于全局起点的角开始。

对于规则加密网格有一个用于相邻父网格的规则，对于每个加密方向，在这个方向上的相邻父网格必须以相同的标准量进行加密。例如，如果网格 (I, J, K) 已经加密为 $nir \times njr \times nkr$ ，那么：

- 如果网格 (I-1, J, K) 和 (I+1, J, K) 也进行加密，则必须具有相同的 njr 和 nkr 。
- 如果网格 (I, J-1, K) 和 (I, J+1, K) 也进行加密，则必须具有相同的 nir 和 nkr 。
- 如果网格 (I, J, K-1) 和 (I, J, K+1) 也进行加密，则必须具有相同的 nir 和 njr 。

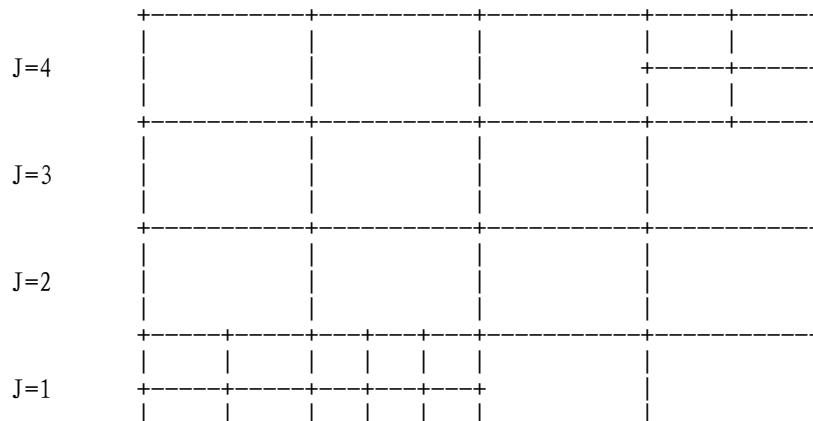
例如：

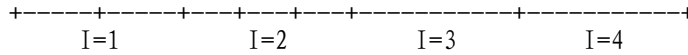
一个网格系统在 I 方向具有 4 个网格，J 方向具有 4 个网格，而 K 方向具有 2 个网格。对两列网格进行加密，在每个方向上加密为 2 个网格，数据文件如下：

```
*GRID *CART 4 4 2
      . . .
*REFINE 1 1 1:2 *INTO 2 2 2
*REFINE 4 4 1:2
*REFINE 2 1 2 *INTO 3 2 2
```

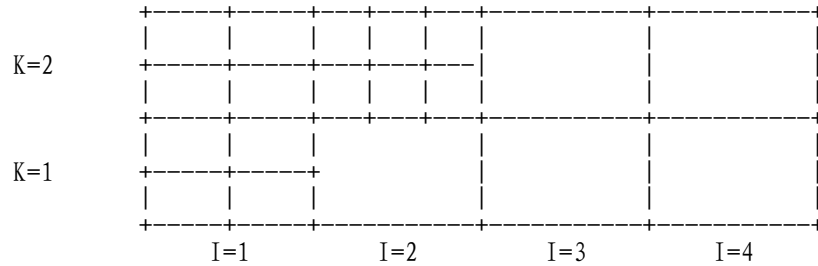
注意两个区域具有相同的加密类型 $2 \times 2 \times 2$ ，同时网格 (1, 1, 1) 与 (2, 1, 1) 为 I 方向相邻网格，因此必须在 J 方向和 K 方向上具有相同的加密方式，但是可以具有不同的 nir 。

对于 $K = 2$ 时网格的平面图为：





对于 $J = 1$ 时网格的剖面图为：



杂交加密网格

杂交加密网格选项将一个基础网格由直角网格加密为局部径向网格，而加密网格的轴方向可以是 I ， J ，或 K 方向。对径向方向可以进行 nr 个划分，其最外环的形式适应于父网格的形状；杂交网格的角度方向可进行 1 或 4 个划分，而最内层始终为一个不进行角度划分的圆；杂交网格的轴向可以划分为 nz 个均匀等份。预料在径向划分的最内层有一口井，但这不是必须的。

*HYBRID 选项可能影响计算结果，特别是对于受近井地带现象影响的开采过程，例如对循环注气的模拟更是如此。井可以是水平井或垂直井，井筒和相应的杂交网格的轴必须通过网格中心，所以，局部杂交网格的轴可以是依赖于井方向的任何全局 I ， J 或 K 方向。

垂直于这个轴的渗透率可以是相等的（各向同性情况）也可以是不等的（各向异性情况）。正常网格尺寸对轴方向的比值与相应绝对渗透率比值的平方根不应相差很多，如果差别超过因子 1.25 将会导致大量错误，因此是不允许的。

各向同性情况

这是杂交网格的正常情况，其轴处于垂直方向，网格尺寸必须在平方的 1.25 倍之内。

各向异性情况

这是杂交网格的正常情况，其轴处于水平方向，网格尺寸对轴方向的比应该在相应绝对渗透率比平方根的 1.5 到 2 倍之内。例如，一口 X 方向的水平井并且 $K_y = 10 K_z$ ，网格的宽高比约为 $\Delta Y / \Delta Z = \text{square_root}(10)$ 。

对于使用 *HYBRID 关键字进行加密的相邻基础网格应用两个规则：

- 1) 对于杂交网格轴方向的相邻杂交网格， nr 和 $ntheta$ 必须相同，而 nz 可以不同。
这种情况的典型应用是模拟一口井周围的杂交网格，而这口井必须通过多个网格。
- 2) 对于杂交网格除了轴向以外其他方向相邻网格，只有 nz 是必须相同的。

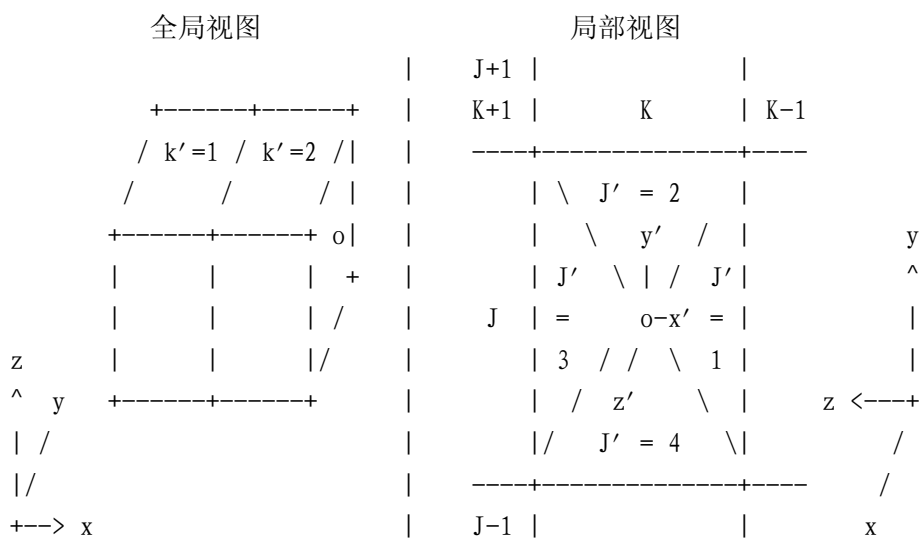
杂交网络的方向

在正常情况下，用户需要知道的只是确定了 *IDIR, *JDIR 或 *KDIR 中的哪个，用于说明杂交网络相对于周围基础网络的位置，然而，需要知道杂交加密网络 J 和 K 坐标的确切意义，以设置非均质物性和条件，并且在文本输出中详细说明。

在下面，x, y, z, I, J 和 K 对应于基础网格，而相应具有(‘)符号的对应杂交网格。

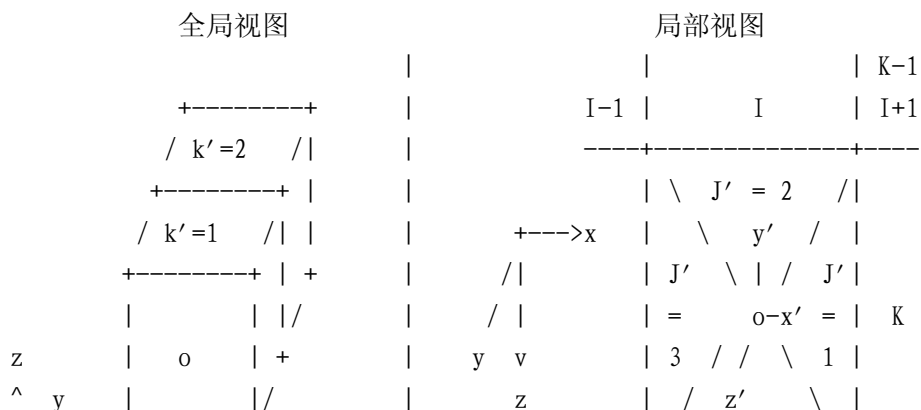
在下面的每种方向情况中，都显示一个全局视图和一个局部视图，局部视图中的视点位于杂交网格 z 轴，而向着 z 的负方向，也就是 z 轴指向观察者。注意局部视图之间的唯一区别是相对于全局坐标的区别。

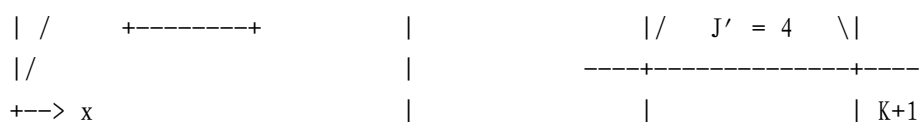
井处于 I 方向(*IDIR): $x = x_0 + z'$, $y = y_0 + y'$, $z = z_0 - x'$



相邻网格	(I, J, K-1)	(I, J+1, K)	(I, J, K+1)	(I, J-1, K)
连接于	J'=1	J'=2	J'=3	J'=4

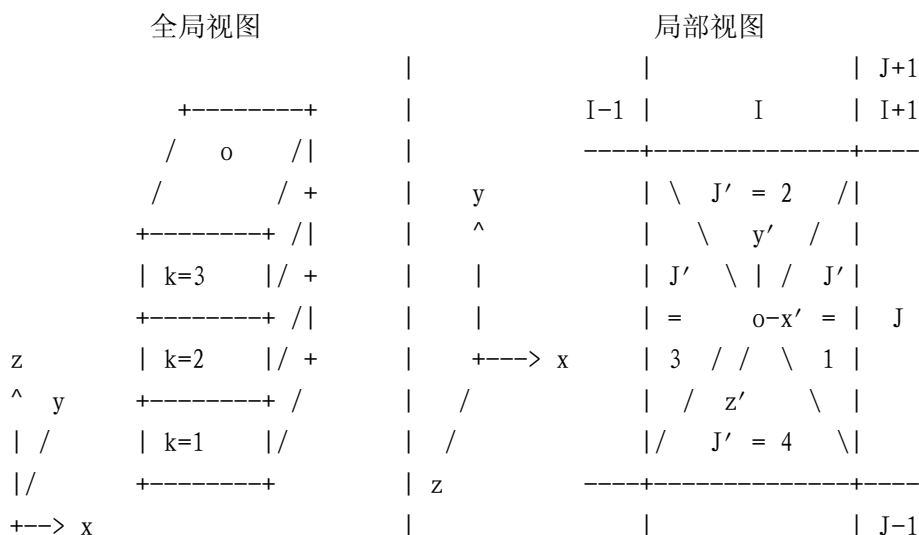
井处于 J 方向(*JDIR): $x = x_0 + x'$, $y = y_0 + z'$, $z = z_0 - y'$





相邻网格 (I+1, J, K) (I, J, K-1) (I-1, J, K) (I, J, K+1)
 连接于 J'=1 J'=2 J'=3 J'=4

井处于 K 方向(*KDIR): $x = x_o + x'$, $y = y_o + y'$, $z = z_o + z'$



相邻网格 (I+1, J, K) (I, J+1, K) (I-1, J, K) (I, J-1, K)
 连接于 J'=1 J'=2 J'=3 J'=4

依赖于方向的数据

依赖于方向的数据如何确定，对于基础网格或规则加密网格略有不同。对于局部杂交加密网格，数据输入关键字中没有明确的方法，例如，有 *PERMI, *PERMJ 和 *PERMK 用于输入渗透率，但是对于 R, Theta 和 Z 确没有明确的方式，用于杂交网格方向的方法如下。

对于上面说明的每个方向，有 I, J, K 方向和局部杂交网格径向，角度和轴向的对应关系。

方向	径向	角度方向	轴向
*IDIR	K	J	I
*JDIR	I	K	J
*KDIR	I	J	K

以 *IDIR 方向为例，将使用 PERMK 修正局部杂交网格径向渗透率；PERMJ 修正局部杂交网格角度方向渗透率；而 PERMI 修正轴向渗透率。检查 K 方向网格步长时会发现杂交网格径向网格尺寸，在 J 方向会发现角度大小，而在 I 方向会发现轴向网格

尺寸。

对于每个杂交网格，将在文本输出文件的网格汇总段中报告出这种对应关系，它应用于所以依赖于方向的输入数据(除了网格步长)

- 渗透率
- 传导率乘因子(不变的和依赖于压力的)
- 网格面积修正因子
- 扩散

以及输出数据

- 网格步长
- 渗透率
- 传导率乘因子(不变的和依赖于压力的)
- 传导率
- 传导几何因子
- 网格面积修正因子
- 扩散

注意，像传导率这样的连通量具有明确的径向和角度方向的打印输出，但是轴向数值则通过这个方向的对应关系求出。

网格步长

报告出的关于杂交网格的步长与径向网格系统类似，径向和轴向网格步长具有标准定义，角度方向的网格步长为弧长的中点，因此三个方向网格步长的积等于网格体积(没有体积修正因子)。

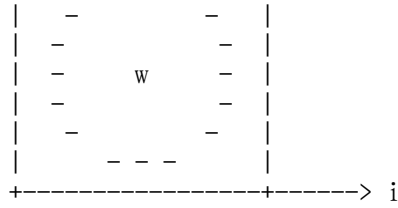
这里仅有的例外是最外圈网格的作用像径向网格与周围直角网格之间的界面。角度方向的网格步长为基础网格在相应方向的步长，而不是弧长的中点，径向网格步长为用于计算网格体积的平均值(没有体积修正因子)。

对于不进行角度划分的情况($n\theta = 1$)，径向网格步长并不基于整个最外圈网格的体积，而是与有关外部面相关的一个分数，这个总体积的分数与 $n\theta = 4$ 情况时的网格体积相同。

例：杂交加密网格具有 $nr = 2$, $n\theta = 1$

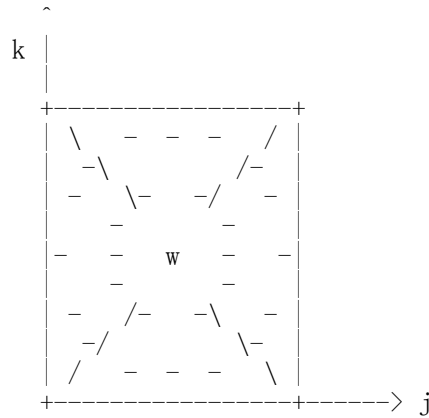
```
*REFINE 1 1 1 *INT0 2 1 1 *HYBRID *KDIR
```





例：杂交加密网格具有 $nr = 3$, $ntheta = 4$, 轴向为 X 方向

`*REFINE 1 1 1 *INTO 3 4 1 *HYBRID *IDIR`



网格的几何修正因子(可选择) `*VAMOD, *VATYPE`

目的：

说明对网格体积与表面积的修正。

格式：

`*VAMOD key v ai aj ak (ai- aj- ak-) (*9P aij+ aij-)`

数组：

`*VATYPE`

定义：

key

整数，表示与网格几何类型的关联的编号，将与 `*VATYPE` 一起使用，允许范围是 1 到 19。对于不修正的类型或是无效网格类型不需要定义此值。建议使用 key 值时从 2 开始并依次增加 1，对于不修正网格使用类型 1。

v

网格体积修正因子，等于(需要的总体积)/(网格步长 `*DI`, `*DJ` 和 `*DK` 的乘积)，即使对孔隙度为 0 的网格也需要进行考虑岩石能量的修正，v 的零值说明一个真正的无效网格，既没有孔隙体积也没有岩石体积。

ai

I 方向的面积修正因子，等于(需要的面积)/(网格步长 *DJ 和 *DK 的乘积)，ai = 0 将导致不流动。

aj

J 方向的面积修正因子，等于(需要的面积)/(网格步长 *DI 和 *DK 的乘积)，ai = 0 将导致不流动。

ak

K 方向的面积修正因子，等于(需要的面积)/(网格步长 *DJ 和 *DJ 的乘积)，ai = 0 将导致不流动。

ai-

-I 方向的面积修正因子，用于当 ai 沿着 I 方向变化时的情况。

aj-

-J 方向的面积修正因子，用于当 aj 沿着 J 方向变化时的情况。

ak-

-K 方向的面积修正因子，用于当 ak 沿着 K 方向变化时的情况。

aij+

对于 *NINEPOINT *IJ 选项，在 I+J+ 方向的面积修正因子；或是对于 *NINEPOINT *IK 选项，在 I+K+ 方向的面积修正因子。仅当沿井网对称单元的对角边界才需要使用。

aij-

对于 *NINEPOINT *IJ 选项，在 I+J- 方向的面积修正因子；或是对于 *NINEPOINT *IK 选项，在 I+K- 方向的面积修正因子。仅当沿井网对称单元的对角边界才需要使用。

*VATYPE

整型数组，为每个网格包括加密网格设置一个修正类型编号，0 值说明一个无效网格，对不修正类型不使用 *VAMOD 定义，见上面的 key。

缺省：

如果 *VAMOD 和 *VATYPE 不存在，那么所有网格为有效网格，并且它们的体积和面积不进行修正。

如果没有 ai-，aj-，ak-，那么 ai- = ai，aj- = aj，ak- = ak。这适应于修正因子不沿着它的方向变化的情况。当其变化时，一个网格的 +面和 -面将具有不同的乘子，ai 和 ai- 均应给定数值。

条件：

只在 *OLD-GRID 时使用，*VAMO 和 *VATYP 必须出现在关键字 *MINC，*VERTSEG，*SUBDOMAIN，*VERTNOSEG，*REFINE 之前。

说明:

几何修正因子的典型使用

网格几何修正因子的典型应用为:

- 1) 将外部网格的中心放置在油藏边界上,
- 2) 模拟井网单元的对称组成,
- 3) 模拟具有不规则形状的油藏。

在如何情况下, 这种方法都是相同的:

- 使用关键字 *GRID, *DI, *DJ, *DK 和 *DTOP 定义初始网格,
- 使用几何因子修正网格, 以得到需要的体积等,
- 输入整个网格的岩石和流体性质,
- 使用井和完井分数计算井指数。

一旦定义了几何修正因子, 就以通常的整个体积为基础输入各种性质, 几何因子将在初始化时应用于由体积和面积导出的各种量。例如, 导出量网格孔隙体积将包含 v 因子, 而用户输入的性质孔隙度则不包括。

参考网格面

一个面积修正因子应用于当前网格和坐标轴增加方向相邻网格之间的界面。 $+$ 方向为使你远离坐标系原点的那个方向, 对于径向网格, 在将网格“打开”为直角坐标后应用这个概念。

图 5 说明了这个规则, 网格从左下角原点开始计数, 假设网格 (4, 2, 1) 为当前网格, 也就是对网格 (4, 2, 1) 设置面积修正因子, 面积修正因子 “ai” 作用于 $I+$ 方向连接 (5, 1, 2) 到 (4, 1, 2) 的界面, 很少需要 “-” 方向的面积修正因子, 因为对这些界面的缺省值为相邻网格在 “+” 方向的修正因子数值, 所以, 通过对网格 (3, 2, 1) 使用 “ai” 设置 (3, 1, 2) 和 (4, 1, 2) 间的界面。

正如在缺省段中所提到的, 只有当修正因子的值在这个方向上变化时才需要 “-” 方向的面积修正因子。例如, 考虑图 5 中网格的最下面一行, 假设在 I 方向每个网格界面具有不同的体积和面积修正因子 $V1, A1, V2, A2$, 等, 进行下述设置使面积因子保持一致性, 对每个几何类型假设 $a_k = v$ 和 $a_j = 1$ 。

```
*VAMOD key1 V1 A1 1 V1          ** factors for (1, 1, 1)
*vAMOD key2 V2 A2 1 V2 A1 1 V2    ** factors for (2, 1, 1)
*vAMOD key3 V3 A3 1 V3 A2 1 V3    ** factors for (3, 1, 1)
等等
```

几何因子的定义

图 6 图形化地说明了几何修正因子的概念，假设我们希望放置一个网格结点(位于网格中心)在油藏的 YZ 边界上，并且具有期望的网格步长 DX，如图 6 中的左边所示。为达到这个目的，对这个边界网格设置 I 方向网格步长 $DX' = 2 \cdot DX$ ，并且使用 *VAMOD 进行修正以得到期望的体积和流动面积。

这些修正因子的意义为：

$$\begin{aligned} v &= [\text{期望体积}] / [\text{网格体积}] \\ &= [DX * DY * DZ] / [DX' * DY * DZ] \\ &= 0.5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_i &= [\text{期望面积}] / [\text{网格面积}] \\ &= [DY * DZ] / [DY * DZ] \\ &= 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_j &= [\text{期望面积}] / [\text{网格面积}] \\ &= [DX * DZ] / [DX' * DZ] \\ &= 0.5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_k &= [\text{期望面积}] / [\text{网格面积}] \\ &= [DX * DY] / [DX' * DY] \\ &= 0.5 \end{aligned}$$

而相应关键字为：

```
*DI *IVAR DX' . . .      ** 设置边界网格的 DX'
*VAMOD key 0.5 1 0.5 0.5  ** 将网格在 X 方向分为一半
```

图 7 说明了如何将一个网格结点放置在油藏的角上，对 X 和 Y 方向都进行扩展，也就是 $DX' = 2 \cdot DX$ 以及 $DY' = 2 \cdot DY$ ，然后用 1/2 进行修正，体积修正因子的意义是：

$$\begin{aligned} v &= [\text{期望体积}] / [\text{网格体积}] \\ &= [DX * DY * DZ] / [DX' * DY' * DZ] \\ &= 0.25 \end{aligned}$$

而相应关键字为：

```
*DI *IVAR DX' . . .      ** 设置边界网格的 DX'
*Dj *JVAR DY' . . .      ** 设置边界网格的 DY'
*VAMOD key 0.25 1 0.5 0.25 ** 将网格在 X 方向分为一半
```

图 8 说明了如何将一个网格结点放置在对角线边界上，对 X 和 Y 方向都进行扩展，而几何因子更多地来自调查，在这里说明了 9 点差分格式，几何因子的意义是：

$v = [\text{期望体积}] / [\text{网格体积}]$
 $= 0.5$ 通过调查

$a_i = 1$ 因为这个面整个处于网格的活动部分
 $a_j = 0$ 因为这个面处于网格的非活动部分
 $a_k = v = 0.5,$

$a_{ij+} = [\text{期望的对角线"面积"}] / [\text{当前的对角线"面积"}]$
 $= 0.5$ 通过调查

$a_{ij-} = [\text{期望的对角线"面积"}] / [\text{当前的对角线"面积"}]$
 $= 1$ 通过调查

而相应关键字为:

```
*NINEPOINT *IJ
*DI *IVAR DX' . . .          ** 设置边界网格的 DX'
*Dj *JVAR DY' . . .          ** 设置边界网格的 DY'
*vAMOD key 0.5 1 0 0.5 *9p 0.5 1    ** 将网格在 X 方向分为一半
```

无效网格

可以使用 *VATYPE 确定无效网格而不使用 *NULL。实际上如果通过使用 *VAMOD 设置几何修正因子，这应该是首选方法。对于无效网格使用 key 值 0，像使用 *NULL 一样。

对于无效网格或油藏边界之外不存在网格间的连通性，而对应于这种连通性的面积修正因子是不需要的。当要求有一个数值以满足 *VAMOD 关键字的语法，而你知道它不会被使用时，输入 0。

例题：一个 5 点法井网的 1/8 部分对称单元。

使用 9 点差分格式，9x5 正方形网格，然后修正到 5 点法井网的 1/8。

```
*GRID *CART 9 5 1 *NINEPOINT *IJ
*DI *CON 10
*Dj *EQUALSI
**      key  v      ai   aj   ak           aij+ aij-
*vAMOD  2  0.5      0.5  1.0  0.5           ** like Fig 6
*vAMOD  3  0.5      1.0  1.0  0.5      *9P  0.5  1.0    ** like Fig 8
*vAMOD  4  0.5      1.0  1.0  0.5      *9P  1.0  0.5    ** like Fig 8
*vAMOD  5  0.125    0.5  1.0  0.125    *9P  0.5  1.0
*vAMOD  6  0.25     1.0  1.0  0.25     *9P  1.0  0.5
```

```

*VATYPE *ALL    5 2 2 2 2 2 2 5
                0 3 1 1 1 1 1 4 0    **  ----- i
                0 0 3 1 1 1 4 0 0    **  |
                0 0 0 3 1 4 0 0 0    **  |
                0 0 0 0 6 0 0 0 0    **  j

```

key 3 和 key 4 之间的唯一不同之处是 *9P 的数值，如果没有使用 *NINEPOINT，这两个类型就可以合并。

数组读入选项 *ALL 与 *VATYPE 一起使用，这样在行等于 ni，列为 nj 而面为 nk 时，数据本身就可以形成一个网格图。

加密网格

通过缺省，所有加密网格都具有与其基础网格相同值的量或性质(除了网格步长)，这种规则也用于网格的修正因子，对于确定的加密网格可以使用 *RG 子关键字输入几何修正因子。

假设图 8 中的网格在面积上细分为 3x3，在 9 个加密网格中有 3 个完全处于无效区域，3 个完全处于有效区域，而另外 3 个像它们的基础网格一样被分为一半，除了上面对图 6 的关键字说明之外，下面为对这种网格加密情况的关键字：

```

*REFINE block_address *INTO 3 3 1
*VATYPE *RG block_address *IVAR 0 key 1

```

这里的 key 与基础网格使用的相同，我们将 I 方向的加密网格划分为奇数，使得新的网格结点位于油藏边界上，与对其基础网格所做的相同。

如果一个加密网格的外侧面与一个非加密网格在“+”方向连接，那么将使用加密网格的面积修正因子；如果加密网格的外侧面与另一个加密网格连接，那么将使用有效面积最小的一个。

杂交网格

确定杂交网格的面积修正因子更为复杂，因为对于径向，角度和轴向的方法与基础网格的 I, J 和 K 系统不同。关键字 *REFINE 的依赖于方向的数据段落中说明了这些方向系统之间的对应关系。一般来说，对于杂交网格的一部分可以使用下述方法(*IDIR 等说明杂交网格的方向)：

v	ai	aj	ak	
0.5	0.5	1.0	0.5	** 半个杂交网格 *IDIR 和 *KDIR
0.5	0.5	0.5	1.0	** 半个杂交网格 *JDIR
0.25	0.25	0.25	0.25	** 最内部杂交网格的 1/4

下面的例子数据片断说明如何将一个杂交网格的中心放置在油藏边界上，典型情况的详细例子见测试数据文件。

```
** Vertical hybrid grid on reservoir boundary in column I=3, J=1
refine 3 1 1:4 into 3 4 1 hybrid kdir

**      key   v      ai      aj      ak
vamod   2   0.5   1.0   0.5   0.5   ** I=1 plane
vamod   3   0.5   0.5   1.0   0.5   ** hybrid half-block *KDIR

** Assign geometry types to fundamental I=1 plane
vatype con 1
    mod 1 1:4 1:4 = 2

** Assign geometry types to hybrid blocks using diagram in section
** "Hybrid Grid Orientations" of *REFINE description.
** Hybrid's j'=1 & 3 are in fundamental J-K plane (split in half),
** j'=2 is on inner (full) side of reservoir boundary (next to J=2),
** j'=4 is on outer (null) side of reservoir boundary.
vatype rg 3 1 1:4 jvar 3 1 3 0
```

无效网格标识符(可选择) *NULL

目的：

*NULL 说明输入无效网格标识数组。

数组格式：

*NULL

缺省：

此项为可选择关键字，缺省为所有网格都是有效网格。

条件：

这个关键字必须位于油藏描述数据段。出现在 *MINC，*VERTSEG，*SUBDOMAIN，*VERTNOSEG 和 *REFINE 之前。

说明：

在给定的网格设置中，可使用任何一种数组读入选项对无效网格位置进行赋值。

0 = 无效网格
1 = 有效网格

如果使用了选项 *NULL 将网格设为无效网格，并且使用了 *POR 关键字对这个网格设定了非零孔隙度，则 *NULL 的设置覆盖孔隙度值。

网格的几何修正因子数组 *VATYPE 也可用于指出无效网格，事实上这是将网格确定为部分和无效的首选方式。

允许使用的数组属性只有 *RG。

双孔（可选） ***DUALPOR**

双渗（可选） ***DUALPERM**

双孔子域（可选） ***SUBDOMAIN**

双孔 MINC（可选） ***MINC**

裂缝间距(条件) *DIFRAC, *DJFRAC, *DKFRAC

目的：

*DIFRAC 表示输入 I 方向上的裂缝间距。

*DJFRAC 表示输入 J 方向上的裂缝间距。

*DKFRAC 表示输入 K 方向上的裂缝间距。

格式：

*DIFRAC

*DJFRAC

*DKFRAC

缺省：

如果关键字不存在则意味着所有网格在这个方向具有 0 裂缝间隔(没有裂缝)，如果某些网格具有裂缝而某些没有，则对没有裂缝的网格输入 0。

当 *DIFRAC, *DJFRAC 和 *DKFRAC 为负值时，将对应于确定方向网格步长设置裂缝间隔。

条件：

这些关键字必须位于油藏描述数据段，并且在 *NULL 和 *POR 关键字之前。

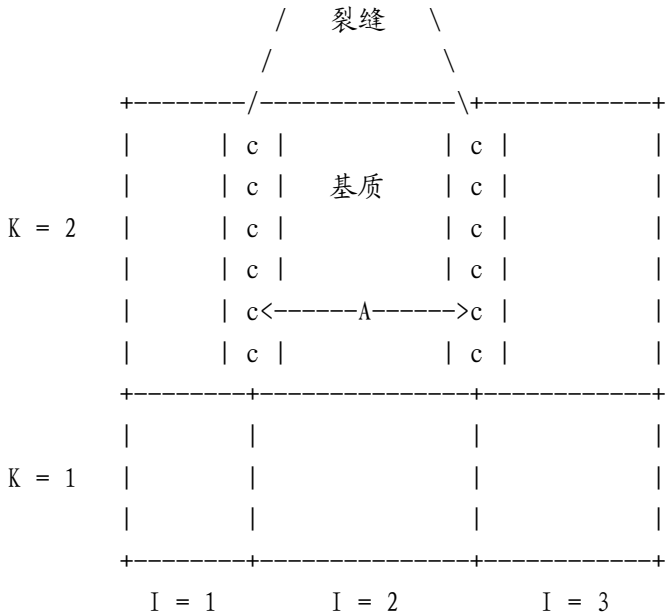
这些关键字与天然裂缝选项 *DUALPOR, *DUALPERM, *MINC, *SUBDOMAIN 和 *VERTNOSEG 一起使用。

当设置一个裂缝间隔为 0 时，表明垂直于这个轴方向没有裂缝面存在。

说明：

裂缝间距用于计算基质和裂缝之间流体传递系数。

下面的图说明了一个具有平行裂缝的系统，裂缝间距是由裂缝中心之间的距离表示的 (线 A)：



对于裂缝间距可接受的数值范围是：

	国际标准单位	矿场单位	实验室单位
	米	英尺	厘米
最小值	0.0	0.0	0.0
最大值	1.0E+4	32,808.0	1.0E+6

裂缝间隔对于裂缝的孔隙度和渗透率值有很大的影响。

离散化井筒(条件)

***WELLBORE, *RELROUGH, *LAMINAR, *TRANSIENT, *CIRCWELL, *WELLINFO, *REGIME, *WELLWALL, *TUBINSUL, *ANNULUSWAL, *CASING, *FILM_COND, *RANGE, *WBZ, *WBZADJ**

目的：

定义将被离散化的井。

格式：

```

*WELLBORE rw  (*RELROUGH relrof)
*LAMINAR
*TRANSIENT (*ON | *OFF))
*CIRCWELL ra i j k nwbwt (*RELROUGH relrof)
*WELLINFO
*REGIME
*WELLWALL      rwo  hcww
*TUBINSUL      rins hcins  nwbwin

```

```

*ANNULUSWAL  rao  hcaw
*CASING      rcas  hccas  nwbwca
*FILM_COND
*RANGE  i1(:i2) j1(:j2) k1(:k2)
        ( i1(:i2) j1(:j2) k1(:k2) )
*WBZ      z(1) ... z(nlayer)
          或者
*WBZADJ  dz(1) ... dz(nlayer)

```

定义:

***WELLBORE** rw

表示定义一口离散化井，每个离散化井筒都需要自己的 ***WELLBORE** 关键字。量“rw”为井的内半径(m | ft | cm)，当此井为循环井时，为油管的内半径。

***RELROUGH** relrof

一口井油管的相对粗糙度值。

***LAMINAR**

强制井筒流动为层流方式，故不使用流动关系式。将这个关键字用于垂直井，斜井或是存在反向流动存在时。

***TRANSIENT**

***ON**: 表示模拟井筒中的不稳定特性。

***OFF**: 井筒将初始化为拟稳定的状态
这个关键字也可以用在井的数据段。

***CIRCWELL**

表示对一口循环流动井的附加信息。

ra

环空内半径(m | ft | cm)，它必须大于油管半径 rw。

i j k

定义井底末端网格的 I-J-K 地址，这个网格必须是用 ***RANGE** 定义的井结构的一个端点网格。

nwbwt

不包含油管的循环井内的段(网格)数，它连同井底端点的 I-J-K 地址一起，表示不含油管的井筒部分。

***RELROUGH** relrof

一个环环形空间的相对粗糙度值。

***WELLINFO**

表示打印详细的井筒信息。

***REGIME**

这个关键字表示将使用计算摩阻压力降的另一种方法。它首先评价流动系统，然后计算摩阻压力降和相应的持液率。

***WELLWALL**

这个关键字表示将定义关于油管(井筒)壁的参数。

rwo

油管(井筒)外半径(m | ft | cm)，它必须不小于油管(井筒)内半径 rw。

hcww

油管(井筒)壁热传导率(J/m-day-C | Btu/ft-day-F | J/cm-min-C)。

***TUBINSUL**

这个关键字表示将输入关于油管隔热的参数。

rins

油管隔热外半径(m | ft | cm)，它必须不小于油管的为半径 rwo。

hcins

油管隔热的热传导率(J/m-day-C | Btu/ft-day-F | J/cm-min-C)。

nwbwin

在离散化井筒中没有隔热(部分油管隔热)的油管网格数。当油管短于环形空间时，只表示没有隔热的油管网格数。

***ANNULUSWAL**

这个关键字表示将输入关于环形空间壁的参数。

rao

环形空间壁外半径(m | ft | cm)，它必须不小于环形空间壁内半径 ra。

hcaw

环形空间壁的热传导率(J/m-day-C | Btu/ft-day-F | J/cm-min-C)。

***CASING**

这个关键字表示将输入关于套管的参数。

rcas

套管外半径(m | ft | cm)，它必须不小于环形空间壁外半径 rao。

hccas

套管的热传导率(J/m-day-C | Btu/ft-day-F | J/cm-min-C)。

nwbwca

没有套管的离散化井筒网格数。

*FILM_COND

表示将计算通过流体薄膜的热传导。这个参数与通过管壁，隔热层等的热传导一起，用于计算总的热传导系数。

注意：无因次参数，如 Reynolds, Prandtl, Nusselt 和 Grashof 数用于评价通过流体薄膜的热传导，所以，热容量，粘度和热传导率的输入值对每个组份和相必须是正确的，在这种情况下，不要使用水相，油相和气相热传导率的平均值。

*RANGE

表示井筒射孔的网格地址，所有的离散化井筒需要第一行地址，斜井需要第二行地址。每个地址行必须确切地指出某一方向的一个范围，射孔网格的总数不能超过井层的维数限制。

这个关键字仅定义包含离散化井筒的网格。对一口水平井，连接地面井端通过在井数据段内的射孔关键字定义。

对于一口斜井，要用两个 *RANGE 行定义两个范围，两个范围应有一个共用网格，这个共用网格必须是每个范围的一个端点。

i1(:i2)

井筒位置在 I 方向的坐标或范围。

j1(:j2)

井筒位置在 J 方向的坐标或范围。

k1(:k2)

井筒位置在 K 方向的坐标或范围。

*WBZ

表示将重新定义井筒深度。当网格深度变化时(也就是使用 *DTOP 时)并且你希望井筒深度保持不变或几乎不变时，这个选项是十分有用的。见下面关于深度调整的说明。

z(i)

井筒段 i 的网格中心深度(m | ft | cm)。通过 *RANGE 对每个网格地址输入一个数值，按 *RANGE 关键字的网格顺序输入。井筒网格中心深度与基础网格中心深度的差在垂向上不能大于网格尺寸的一半，这样传导率(井指数)计算所需要的假设依然可以使用。

*WBZADJ

表示将调整井筒的深度。当网格深度为不变时(也就是没有使用 *DTOP)，而你希望井筒深度沿着它的长度变化时，使用 *WBZADJ 是有用的。

dz(i)

对井筒段 i 的网格中心深度调整(m | ft | cm)。通过 *RANGE 对每个网格地址输入一个数值，按 *RANGE 关键字的网格顺序输入。dz 在垂向上不能超过网格尺寸的一半，这样传导率(井指数)计算所需要的假设依然可以使用。

缺省:

如果 *WELLBORE 不存在，则不定义离散化井筒。

如果 *RELROUGH 不存在，则将相对粗糙度设为 0.0001。

如果 *LAMINAR 不存在，则在每个时间步计算雷诺数，而且当流动变成湍流时，就要考虑适当的气液两相之间的滑脱效应和摩阻压力降。

如果 *TRANSIENT 不存在，那么就将井的初始状态或在井改变工作制，而没有其他确定时的井筒流动设置为拟稳态。如果 *TRANSIENT 存在但没有 *ON 或者 *OFF，则假设为 *ON。

如果在 *WELLBORE 之后不存在 *CIRCWELL，则这口井内没有油管。

如果 *WELLINFO 不存在，将不打印井筒参数。

如果 *REGIME 不存在，那么将使用 Dukler 关系式计算摩阻压力降，并使用 Bankoff 关系式评价持液率。注意：关键字 *LAMINAR 覆盖 *REGIME，这样就不对摩阻压力降和持液率进行计算。

如果 *WELLWALL 不存在，则油管(井筒)外半径将等于油管内半径。结果为油管壁厚度为 0，这样对热流动将不产生附加阻力。

如果 *TUBINSUL 不存在，则油管隔热层外半径将等于油管外半径。结果为油管隔热层厚度为 0，这样对热流动将不产生附加阻力。

如果 *ANNULUSWAL 不存在，则环形空间外半径将等于环形空间内半径。结果为环形空间壁厚度为 0，这样对热流动将不产生附加阻力。

如果 *CASING 不存在，则套管外半径将等于环形空间外半径。结果为套管壁厚度为 0，这样对热流动将不产生附加阻力。

如果 *FILM_COND 不存在，则热传导不考虑流体薄膜的存在。

如果 *WBZ 和 *WBZADJ 不存在，那么井筒网格深度等于包含它的网格中心深度。

条件:

这些关键字必须出现在 *NULL 和 *POR 之前(只用于 *OLD-GRID)。

如果 *WELLBORE 存在, 那么 *RANGE 也必须存在。

当在一个杂交网格中定义一个离散化井筒时, 必须首先定义杂交网格, 见本章开始的摘要中关于这个选项的说明。

上面描述的半径数值必须遵循递增顺序, 对于 rwo, rins, rao 和 rcas 的缺省值自动地满足这个顺序。

$$nw \leq nwo \leq rins \leq ra \leq rao \leq rcas$$

说明:

离散化井筒的描述

通过离散化井筒方法的应用使得对井筒流动的模拟更加精确, 同时也可以分别看出井的功能和先进的网格功能, 通过上面的关键字定义了“离散化”也就是使用网格模拟的井部分, 与任何其他网格一样计算出网格的体积和网格间的传导率。

使用与以前相同的方式通过井数据段中的 *WELL 关键字定义不进行离散化的井部分, 只定义一个层, 它与离散化井筒部分的一个端点连通, 这个源汇井为离散化井筒网格提供了一个进出口, 并且控制着井筒的几个方面(例如, 初始化), 几口源汇井可以在不同的时间连接同一个离散化井筒(例如, 由注入到采出的转换), 但每次只能与一个连接。

在常规情况下网格的性质和初始条件是与井筒不同的。当没有使用 *TRANSIENT 关键字时, 模拟软件将对井筒使用拟稳定状态条件计算, 这将改进数值解法的效果, 然而在某些情况下, 需要计算井筒中的不稳定特性(高粘度高分子的流动或注入), 因此用户应该在初始条件数据段适当地设置井筒性质, 见数组输入选项 *WELLBORE 或 *RG。在输出中, 井筒网格的射孔情况将附加一个 'WB', 例如, 1, 1, 1 + WB 或 1, 1, 1/1, 1, 1。

例题: 井 1 为水平生产井, 在网格 (1, 1, 1) 处与地面连接。

```
** 油藏描述数据段
wellbore 0.15
range 1:4 1 1
** 井和循环数据段
well 1 'Producer 1'
producer 1
operate bhp 154
operate max liquid 80000
perf 1 ** i j k      wi
```

使用两种不同的方法计算井筒中的摩阻压力降和持液率。第一种方法使用 Bankoff 关系式评价持液率，并使用 Dukler 关系式计算摩阻压力降，这些关系式仅当用于垂直共向向上流动和水平流动时才是有效的。这种方法在 98.00 版本以前是唯一方法，目前为缺省方法，详细的说明见 “Aspects of Discretized Wellbore Modelling Coupled to Compositional/Thermal Simulation”, V.Oballa, D.A.Coombe, W.L.Buchanan, JCPT, April 1997, Volume 36, No. 4, page 45.

第二种方法(使用关键字 *REGIME 激活)根据井筒中存在的流动体系计算摩阻压力降和持液率。这些关系式仅仅对于共向流动才是有效的。这种方法基于 “A Comprehensive Mechanistic Model for Two-Phase Flow in Pipelines”, J.J. Xiao, O. Shoham, J.P. Brill, Proceedings from 65th Annual Technical Conference of SPE, September 23-26, 1990, New Orleans, USA, SPE 20631.

循环井

一口循环井就像一个离散化井筒，在其中有第二个独立流动管串。从地面的注入连接于油管的一端并且注入流体从油管的此端流入开放的井筒，而后进入环空通过射孔部位流入油藏，环空中多余的流体采出到地面。每个离散化井筒都需要在井数据段中设置一口源汇井连接于它。

可以使用数组输入属性 *ANNULUS 和 *TUBING 对油管和环形空间设置物性与初始条件，*WELLBORE 指的是环形空间和油管。输出时，环形空间和油管内的情况分别使用 ‘WB’ 和 ‘TU’ 标识，例如 1, 1, 1 WB 和 1, 1, 1 TU。

例题：计算井 1 和井 2，连接于网格(1, 1, 1)，油管长度与井筒相同，初始时油管具有高温。

```

** 油藏描述数据段
wellbore 0.15
circwell 0.4 4 1 2 0
range 1:4 1 2
** 井和循环数据段
well 1 'TUBING'
injector mobweight 1
operate bhp 155
operate max water 80000
tinjw 355 qual .7
perf 1 ** i j k      wi
          1 1 2 tu 241.3
well 2 'ANNULUS'
producer 2
operate bhp 154

```



```

operate max water 80000
perf 2 ** i j k      wi
          1 1 2 wb  241.3

```

深度调整

深度调整选项 *WBZ 和 *WBZADJ 允许在深度不变的网格内模拟井筒的上下起伏。同样也可以控制井筒深度与用 *DTOP 和 *DK 提供的变深网格深度之间的差值。

*WBZADJ 仅需要相对的调整，因此容易使用。而 *WBZ 需要绝对深度，这可能是你没有的数据。当在一个模拟运行中使用了 *WELLBORE 时，将会打印出网格中心深度“Block Centre from Ref plane”。建议你在第一次模拟运行初始化中不要使用 *WBZ 关键字，然后检查打印出的网格深度，根据缺省情况，井筒深度与网格中心深度相同，然后输入与网格深度不同的井筒深度(其差值在半个网格厚度之内)。

对于循环井，环形空间和油管具有相同的深度。

注释

在模拟中并不是每口井都需要进行离散化。使用这个选项时应该小心，只有对适当的开采过程才考虑这种必要性，比如对水平井进行详细研究时。

井筒的初始条件的不稳定性流动

井筒(油管，环形空间)内的初始条件规定了不稳定状态的持续时间。当井筒的初始压力，温度和组成与流体的注入或采出条件有明显的差异时，不稳定状态可能会持续若干天。对不同的问题，这可以影响到最终的物理结果，如产量，压力，温度，饱和度等。

此外，与假定拟稳定状态的源汇方法相比，试图对不稳定期间进行模拟将会改变整个数值解法的计算情况。由于井筒容积小，压力，温度或饱和度都会产生很大的变化，即使使用全隐式方法模拟，时间步长也会相当小(约为 0.001~0.0001 天，当产量高时可能会更小)。例如，最糟的情况是在一次采油之后井筒内含有低温油时注入蒸汽，因此井的类型可能在瞬间改变，但井离散化部分的情况则需要时间改变。

如果用户对井筒不稳定状态不感兴趣，初始条件应该是拟稳态的，以避免平衡时间太长。为此去掉关键字 *TRANSIENT 即可。

杂交网格内的离散化井筒

在正常情况下离散化井筒对于包含它的网格只有一个一个连接点，这对于大多数情况都是足够的，在任何一个时间流动主要是单向的(井筒到网格或网格到井筒)，可以对井筒与网格的深度差进行调整，这样就可以模拟流体的位能，但是仅存在一个连接，因此在任何时间只有一个流动方向。

为了有效地模拟单井 SAGD 过程(蒸汽辅助重力泄油)，需要将井筒直接与它的上下网格连接，以允许蒸汽上升而同时液体运移到底部，这可以使用将离散化井筒包含在一个杂交网格内进行模拟。

当一个基础网格包含了离散化井筒与杂交网格时，井筒完全代替了最内层的杂交网格。离散化井筒/环形空间网格直接与径向方向上相邻一层的网格连接。

通过对基础网格定义杂交网格激活这个选项，然后对相同的网格定义具有相同方向的离散化井筒。除了对一口斜井的角之外，你可以对任何井筒段定义它周围的杂交网格。如果杂交网格在轴向上加密为多个网格，那么每个网格将具有一个离散化井筒段。

你可以分别地或单独地访问杂交网格以及井筒网格，对杂交网格使用 *RG 数组属性；而对于井筒网格使用 *WELLBORE, *ANNULUS 和 *TUBING 数组属性。例如，如果网格 (I, J, K) 包含有一个杂交网格中的离散化井筒，那么对于杂交网格使用 *RG I J K，而对于井筒网格使用 *WELLBORE I J K。例如，分别对基础网格设置相对渗透率类型 1；对网格 (3, 4, 5) 的近井区域设置类型 2；对其中的井筒设置类型 3：

```
*KRTYPE *CON 1          ** 所有网格
*KRTYPE *RG 3 4 5 *CON 2    ** 近井区域(杂交网格)
*KRTYPE *WELLBORE 3 4 5 *CON 3 ** 井筒或油管/环形空间
```

将一口源汇井连接到包含在杂交网格中的离散化井筒的一端，使用 *PERFRG 对最内层杂交网格进行射孔，使用上面的例子，井的连接为：

```
*WELL 1 'Producer 1'      ** 离散化井筒
*GEOMETRY -1 0 0 0        ** 使用油管端选项
*PERFRG *GEO 1            ** 将源汇井连接到井筒网格
    ** i j k  ir jr kr
      3 4 5   1  1  1 wb
```

在打印输出中，将出现如下 I-J-K 网格标志：(标志 i1, j1, k1, i2, j2, k2 为整数)

基础网格：

i1, j1, k1

杂交网格：

i1, j1, k1/i2, j2, k2

基础网格内的离散化井筒：

```
i1, j1, k1/1, 1, 1  WB  非循环井筒
i1, j1, k1/1, 1, 1  TU  循环井筒内的油管
i1, j1, k1/2, 1, 1  WB  循环井筒内的环空
```

最内层杂交网格中的离散化井筒:

i1, j1, k1/1, 1, k2/1, 1, 1	WB	非循环井筒
i1, j1, k1/1, 1, k2/1, 1, 1	TU	循环井筒内的油管
i1, j1, k1/1, 1, k2/2, 1, 1	WB	循环井筒内的环空

注意最内层杂交网格始终为 $i2 = j2 = 1$

将忽略通过 *WBZ 和 *WBZADJ 输入的深度调整, 因为井筒正好处于杂交网格的最内层网格。

孔隙度(要求) *POR

目的:

*POR 用于说明孔隙度数组的输入。

格式:

*POR

缺省:

此项为要求关键字, 不得缺省。

条件:

这个关键字必须位于油藏描述数据段。

说明:

输入值的单位是小数, 无因次量。

如果网格的孔隙度设置为零, 将认为这个网格为热传导网格。

在双孔隙度模型中, 裂缝孔隙度不等于零表示此为双孔隙度网格, 基质孔隙度为 0 表示无效网格, 而不管裂缝孔隙度是何值。

例如:

一个在 I 方向上有 5 个网格, J 方向上有 3 个网格, 并只有 1 个层的天然裂缝系统, 仅在网格 j=2 处有裂缝, 网格 (1, 1, 1) 没有孔隙度, 输入如下:

```
*POR *MATRIX *IJK
1:5  1:3  1  0.16
1    1    1  0.00
*POR *FRACTURE *CON 0.04
```

井筒网格和油管网格的孔隙度将自动计算, 并且与基质数值一起打印。

注意：网格模块(*OLD-GRID 不存在时)要求渗透率为非零值，以便于热流动到孔隙度为零的网格。

渗透率(要求) *PERMI, *PERMJ, *PERMK

目的：

*PERMI 表示输入 I 方向的渗透率数组。

*PERMJ 表示输入 J 方向的渗透率数组。

*PERMK 表示输入 K 方向的渗透率数组。

格式：

*PERMI

*PERMJ

*PERMK

缺省：

这三项为要求关键字，不能缺省。

条件：

这些关键字必须位于油藏描述数据段，并且在 *NULL 和 *POR 关键字之后。

说明：

必须对所有网格输入在每个方向上的网格渗透率。

如果使用了双孔隙度模型，则要求对 *MATRIX 和 *FRACTURE 都输入三个渗透率，因此应该具有 6 个渗透率值。基质渗透率用于计算基质和裂缝系统之间的流体流动，如果确定了双渗透率，则也用于计算基质与基质间的流体流动。对于裂缝输入有效裂缝渗透率，也就是裂缝渗透率乘以裂缝孔隙度。

注意：网格模块(*OLD-GRID 不存在时)要求渗透率为非零值，以便于热流动到孔隙度为零的网格。

只要先输入了 *PERMI 数组，就可使用 *EQUALSI 数组输入选项确定 *PERMJ 和 *PERMK。例如，对于一个双孔/双渗模型输入如下：

```
** 确定水平渗透率
*PERMI *FRACTURE *ALL
2500.    2200.    2150.    2300.    2200.
...
*PERMI *MATRIX *ALL
340.    315.    280.    260.    240.
...
** J 方向的渗透率等于 I 方向的值
```

```

*PERMJ *MATRIX *EQUALSI
*PERMJ *FRACTURE *EQUALSI
** 垂直渗透率是水平渗透率的十分之一
*PERMK *MATRIX *EQUALSI * 0.10
*PERMK *FRACTURE *EQUALSI * 0.10

```

这个例子说明，你可以只确定 I 方向的值，然后，如果必要的话，使其他方向的值等于 I 方向或对 I 方向的值进行转换。

对于渗透率，可接受的数值范围是：

	国际标准单位	矿场单位	实验室单位
	md	md	md
最小值	0.0	0.0	0.0
最大值	1.0E+13	1.0E+13	1.0E+13

孔隙体积修正因子(可选择) *VOLMOD

目的：

*VOLMOD 表示输入网格体积修正因子数组。

格式：

```
*VOLMOD
```

缺省：

此项为可选择关键字，缺省值为 1.0。

在双孔隙度模型中，可通过 *MATRIX 和 *FRACTURE 属性，分别对基质和裂缝使用孔隙体积修正因子，所以，即使出现 *VOLMOD *MATRIX (或者只是 *VOLMOD)，对于裂缝修正因子仍使用缺省值 1.0，同样，即使出现 *VOLMOD *FRACTURE，对于基质修正因子仍使用缺省值 1.0。

建议对于双孔隙度模型，或者同时使用 *VOLMOD *MATRIX 和 *VOLMOD *FRACTURE，或者都不使用。

条件：

这一关键字不能与 *OLD-GRID 一起使用。

用于孔隙体积修正因子的值必须是正的，而且可以超过 1。

说明：

在模拟软件中，根据网格尺寸计算出的油藏岩块体积；依赖于孔隙压力和压缩系数的孔隙度两者计算出孔隙体积，在模型中孔隙体积的流体累计对于所有计算都是基础。

孔隙体积修正因子使用乘法对上面计算给出的孔隙体积进行修正，当油藏边界穿过网格时，将网格的一部分留在油藏之外，或者在模拟注采井网时遇到流动单元的边界，这些修正因子都可用于调整孔隙体积。建议将孔隙体积修正因子用于这些情况，而不要直接用于调整孔隙度，以避免孔隙度值异常。

注意，对于只有一个网格的油藏，使用大于 1 的乘因子连接外部体积，例如，有一个被气井贯穿的网格，通过使用乘因子连接井筒的体积。

例如：

下面网格右边的区域不是油藏部分，相当以网格体积的 0.4，对于网格的油藏部分输入真实的平均孔隙度，并将网格的体积乘因子设置为 0.6。

```
+-----/-----+
|                /XXXXXX|
|                /XXXXXX|  网格 (2, 3, 4)
|  油藏部分    /XXXXXXXX|
|                /XXXXXXXX|
|  POR=0.1    /XXXXXXXXXX|
|                /XXXXXXXXXX|
+-----/-----+

*POR      *IJK ...
          2 3 4 0.1
          ...
*VOLMOD *IJK 2 3 4 0.6
```

对于其他网格，乘因子缺省为 1。

对于孔隙体积修正因子，可接受的数值范围是：

	国际标准单位	矿场单位	实验室单位
	米	英尺	厘米
最小值	0.0	0.0	0.0
最大值	1.0E+4	32,808.0	1.0E+6

有效厚度(可选择) *NETPAY

目的：

*NETPAY 表示输入有效厚度数组，在内部将其转换为净毛比乘因子。

数组格式：

*NETPAY

缺省：

此项为可选择关键字，对于没有提供有效厚度值或者有效厚度等于地层厚度的网格，缺省的净毛比乘因子为 1.0，后者由 *DK 或角点输入定义。

在双孔隙度模型中，可通过使用 *MATRIX 和 *FRACTURE 属性标识符，将有效厚度值分别应用于基质和裂缝孔隙体积，所以，即使出现 *NETPAY *MATRIX（或者只是 *NETPAY），对于裂缝乘因子仍使用缺省值 1.0，同样，即使出现 *NETPAY *FRACTURE，对于基质乘因子仍使用缺省值 1.0。

建议对于双孔隙度模型，或者同时使用 *NETPAY *MATRIX 和 *NETPAY *FRACTURE，或者都不使用。

条件：

这一关键字必须位于油藏描述数据段。

用于有效厚度的值必须是正的，而且可以超过地层厚度。

这个关键字不能与 *OLD-GRID 关键字一起使用。

说明：

关键字 *NETPAY 允许输入有效厚度 (m | ft | cm)，它通过与相应的网格厚度进行除法运算转换为净毛比，网格厚度通过 *DK 或角点输入获得，净毛比用于修改孔隙度数组和在 I 和 J 方向上的渗透率数组。

净毛比作为修正因子使用如下：

- (a) por 由 $\text{por} * \text{ntg}$ 替换
- (b) permi 由 $\text{permi} * \text{ntg}$ 替换
- (c) permj 由 $\text{permj} * \text{ntg}$ 替换

这里，por 为使用 *POR 关键字设定的网格孔隙度，permi 和 permj 是使用 *PERMI 和 *PERMJ 关键字设定的网格渗透率，ntg 是由 *NETPAY 关键字设定的有效厚度除以由 *DK 或角点输入得到的相应地层厚度得出的净毛比。

注意没有对 K 方向的渗透率进行转换。一般来说，由于泥岩或其他几何情况，垂直方向的流动存在着层间隔层及局部夹层，可以对 K 方向进行修改，可利用 K 方向传导率乘因子进行调整。也可以使用传导率乘因子对 I 和 J 方向的流动进行调整。

对于任何导出的净毛比，可接受的数值范围是：

	国际标准单位	矿场单位	实验室单位
最小值	0.0	0.0	0.0
最大值	1.0E+4	1.0E+4	1.0E+4

净毛比(可选择) *NETGROSS

目的：
*NETGROSS 说明输入净毛比乘因子数组。

格式：
*NETGROSS

缺省：
此项为可选择关键字，缺省的净毛比乘因子为 1.0。

在双孔隙度模型中，可通过使用 *MATRIX 和 *FRACTURE 属性标识符，将净毛比乘因子分别应用于基质和裂缝孔隙体积，所以，即使出现 *NETGROSS *MATRIX（或者只是 *NETGROSS），对于裂缝乘因子仍使用缺省值 1.0，同样，即使出现 *NETGROSS *FRACTURE，对于基质乘因子仍使用缺省值 1.0。

建议对于双孔隙度模型，或者同时使用 *NETGROSS *MATRIX 和 *NETGROSS *FRACTURE，或者都不使用。

条件：
这一关键字不能与 *OLD-GRID 关键字一起使用。

如果使用了 *NETPAY，则不应该使用此项关键字。

说明：
关键字 *NETGROSS 允许输入净毛比，净毛比用于修改孔隙度数组和在 I 和 J 方向上的渗透率数组。净毛比作为修正因子使用如下：

- (a) por 由 $por * ntg$ 替换
- (b) permi 由 $permi * ntg$ 替换
- (c) permj 由 $permj * ntg$ 替换

这里，por 是使用 *POR 关键字设定的网格孔隙度，permi 和 permj 是使用 *PERMI 和 *PERMJ 关键字设定的网格渗透率，ntg 是由 *NETGROSS 关键字设定的净毛比，这些修正只是在内部使用，并不出现在输出文件中。

注意没有对 K 方向的渗透率进行转换。一般来说，由于泥岩或其他几何情况，垂直方向的流动存在着层间隔层及局部夹层，可以对 K 方向进行修改，可利用 K 方向传导率乘因子进行调整，也可以对 I 和 J 方向的流动进行进一步调整。

对于净毛比，可接受的数值范围是：

	国际标准单位	矿场单位	实验室单位
最小值	0.0	0.0	0.0
最大值	1.0E+4	1.0E+4	1.0E+4

传导率乘子(可选择) *TRANSI, *TRANSJ, *TRANSK

目的:

*TRANSI 表示输入 I 方向的传导率乘因子数组。

*TRANSJ 表示输入 J 方向的传导率乘因子数组。

*TRANSK 表示输入 K 方向的传导率乘因子数组。

数组格式:

*TRANSI
*TRANSJ
*TRANSK
*TRANSIJ+
*TRANSIJ-
*TRANSIK+
*TRANSIK-

缺省:

如果这些关键字没有出现, 则缺省值假设为 1.0。

条件:

关键字 *TRANSI, *TRANSJ 和 *TRANSK 可以位于本数据段, 也可以位于其他油藏性质数据段(在 *END-GRID 之后)和循环数据段中。关键字 *TRANSIJ+, *TRANSIJ-, *TRANSIK+ 和 *TRANSIK- 必须位于关键字 *END-GRID 之后或是在循环数据段中。

仅对于 *OLD-GRID: 这些关键字必须出现在 *NULL 和 *POR 关键字之后。

在 *END-GRID 关键字之前确定乘因子等于 0.0 则完全消除了网格间的连通性。为了设置初始值 0.0 并保持连通性, 或者在 *END-GRID 关键字之后, 或者在循环数据段的第一段中设定 0.0。

说明:

传导率乘子是应用于对流流动和扩散流动的一个因子, 然而它影响的流体相流动涉及到相对渗透率和粘度, 热对流流动和扩散所引起的组份流动。考虑到这个因子仅应用于孔隙空间, 并不影响热传导流动。

可以对任何网格确定传导率乘子, 没有确定传导率乘子的网格使用缺省值 1.0。当在井和循环数据段中确定传导率乘子时, 可以对任何网格进行改变, 没有重新确定的传导率乘子的网格保持它们原先的值不变。

模拟软件使用网格步长, 面积修正因子和渗透率计算传导率, 然后传导率与输入的修正因子相乘并用于流动方程。

传导率乘因子是无因次量，但必须是正的，它们仅应用于 I，J 和 K 增加方向的网格面。

加密网格：

根据缺省情况，加密网格具有与相应基础网格相同的输入值，当加密网格的外侧面与一个非加密网格连接时，则使用加密网格的乘因子。如果加密网格的外侧面与另一个加密网格连接，那么则使用较高序号网格的乘因子。

例如：

假设网格 (2, 2, 2) 包含 $3 \times 2 \times 1$ 个加密网格，那么 I 方向的传导率乘因子可应用于加密网格的流入或流出：

```
*TRANSI *RG 1 1 1 *ALL
.8 1 .8 .8 1 .8
```

离散化井筒

传导率乘子 *TRANSI，*TRANSJ 和 *TRANSK 应用于井筒流动，可以使用数组输入属性 *WELLBORE 或 *RG。

例如：

改变水平井完井段 I 方向 (网格 1, 1, 1) 的流动和井筒与网格之间的流动。

```
*TRANSI WELLBORE 1 1 1 CON 0.5
*TRANSWB WELLBORE 1 1 1 CON 2.0 （在循环数据段）
```

天然裂缝油藏

可通过数组输入选项 *EQUALSI 确定 *TRANSJ 和 *TRANSK，在这种情况下必须首先输入 *TRANSI，例如，对于双孔/双渗系统：

```
** 确定水平方向传导率乘子
*TRANSI *FRACTURE *ALL
1.4 2*1.2 1.4 1.5 1.4
...

*TRANSI *MATRIX *ALL
1.2 1.3 1.4 1.1 1.2 1.4
...

*TRANSJ *MATRIX *EQUALSI
*TRANSJ *FRACTURE *EQUALSI
```

```
** 垂向传导率为水平方向传导率的 1/10。  
*TRAN SK *MATRIX *EQUALSI *0.10  
*TRAN SK *FRACTURE *CON 1.1
```

这个例子说明，你可以只确定 I 方向的值，然后，如果必要的话，使其他方向的值等于 I 方向或对 I 方向的值进行转换。

注意：传导率乘子可以在循环数据段中的任何时间进行改变。

传导率乘子(低端面)(可选择) *TRANLI, *TRANLJ, *TRANLK

目的：

*TRANLI 输入 I 方向与标号较低的网格接触面上的传导率乘子。

*TRANLJ 输入 J 方向与标号较低的网格接触面上的传导率乘子。

*TRANLK 输入 K 方向与标号较低的网格接触面上的传导率乘子。

格式：

```
*TRANLI  
*TRANLJ  
*TRANLK
```

缺省：

可选择关键字，缺省为 1.0

条件：

这些关键字可以位于油藏描述数据段，也可以位于井和循环数据段中。

说明：

既然网格之间的流动计算需要输入两个网格的数据，就需要有一种方法确定网格与乘因子的关系。

如果考虑一对网格之间的流动，对于 I 方向一对网格中坐标值高的网格，J 方向一对网格中坐标值高的网格，K 方向一对网格中坐标值高的网格，通过关键字 *TRANLI, *TRANLJ 和 *TRANLK 分别为它们提供了乘因子值。通过关键字 *TRANSI, *TRANSJ 和 *TRAN SK 所设置的正好相反，是由这对网格中坐标低的网格提供乘因子。

若对同一个面定义了两种类型的传导率修正因子。一种用 TRANSI, *TRANSJ 或 *TRAN SK 设置低坐标值网格，另一种用 *TRANLI, *TRANLJ 或 *TRANLK 设置高坐标值网格。那么可由下列原则，按出现顺序确定最终的传导率：

1. 若两个值都为 1，那么不对传导率进行修改，即传导率乘子为 1。
2. 若两个值中有一个为 0，那么不允许流体流动，传导率乘子为 0。

3. 若一个值为 1，另一个值不为 1，那么传导率乘子为不是 1 的那个值。
4. 若两个值都不是 1，那么传导率乘子为两者的算术平均。

所以，*TRANLI *TRANLJ *TRANLK 和 TRANSI *TRANSJ *TRANSK 相对的两个值中有一个为 0，那么对应面上的所有流体流动都不会发生了。

这些传导率乘子可用于控制加密网格之间，或基础网格到加密网格的流动，也可以用于断层，断层只用到 *TRANLI 和 *TRANLJ 乘子。

这些传导率乘子对双重孔隙模型(*DUALPOR 和 *DUALPERM)中的基质和裂缝间的流动不起作用。*MATRIX 值用于双渗模型中不同块中基质到基质的流动。

*TRANLI, *TRANLJ, *TRANLK 不能用于 *HYBRID 网格。

若先输入 *TRANLI 数组，*TRANLJ 和 *TRANLK 可以用 *EQUALSI 选项输入。

对于传导率乘因子，可接受的数值范围是：

	国际标准单位	矿场单位	实验室单位
最小值	0.0	0.0	0.0
最大值	1000.0	1000.0	1000.0

尖灭层(可选择)*PINCHOUT

目的：

*PINCHOUT 说明输入尖灭层的网格范围。

格式：

*PINCHOUT i1:i2 j1:j2 k1:k2

定义：

i1:i2

尖灭层网格 I 方向上的网格范围。

j1:j2

尖灭层网格 J 方向上的网格范围。

k1:k2

尖灭层网格 K 方向上的网格范围。

缺省：

可选择关键字，缺省为没有尖灭层。

条件:

该关键字不能与 *OLD-GRID 一起使用。

另一种定义尖灭层的方法是设置网格的零厚度值(*DK 值为 0.0 或对于角点网格其顶角点与底角点相等), 该网格会被自动尖灭掉。这样就提供了一种对于 *PINCHOUT 关键字的转换。

建议不要对 *HYBRID 加密网格设置尖灭层。

说明:

*PINCHOUT 表示要模拟尖灭层。设为尖灭层的网格不参与任何流动计算, 也就是说, 这些网格将不参加任何模拟流动计算, 也就是它们被设为死结点, 但是垂向上流体可通过它们(只在垂向上)流动。

*PINCHOUT 用于从模拟计算中对一定的区域抽掉一些层, 而根据模拟几何层的需要, 这些层不出现在尖灭区域, 而出现在其他网格区域。*PINCHOUT 关键字与真实的几何尖灭的概念是相对应的。

设置成尖灭的网格块允许流体垂向上通过, 但横向上不允许通过。流体可以通过一个网格上面的一个或多个尖灭网格。尖灭网格也可以设置在有效网格区和加密网格区之间, 在这些网格之间会存在垂向流动, 甚至两个 *HYBRID 网格可以通过在它们的父网格内插入尖灭层在垂向上连通。

尖灭网格的厚度应当很小, 或为 0(*DK 数组值为 0.0)。注意, 网格输入零厚度将自动尖灭, 所以对于这种情况使用 *PINCHOUT 关键字是多余的。

注意, *PINCHOUT 设置将覆盖 *NULL 设置, 这意味着如果网格被设置为 *PINCHOUT, 流体将能够通过它进行流动而不管是否它已经被设为 *NULL, 然而 *NULL 设置又覆盖掉厚度为零的设置。

例如: 在一个四个层的系统($n_k = 4$)中, 假设网格(1, 1, 2) 和 (1, 1, 3)被设为尖灭, 可使用下述关键字:

```
*PINCHOUT 1 1 2:3
```

结果使网格(1, 1, 1)与(1, 1, 4)直接连通。

尖灭容限(可选择) *PINCHOUT-TOL

目的:

*PINCHOUT-TOL 控制初始化尖灭连接的最小厚度(见 *PINCHOUT)。

格式:

```
*PINCHOUT-TOL pnc Tol
```

定义:

pnc_{tol}

要求的最小厚度, 低于此值的网格将从模拟中抽出, 其上下网格将直接连接, 单位是 (m | ft)。

缺省:

可选择关键字, 缺省为 0.05(m | ft)。

条件:

此项关键字如存在则必须位于油藏描述数据段。

说明:

一个网格的厚度如果小于 pnc_{tol} 就考虑为尖灭, 当尖灭发生时, 尖灭网格的上下网格直接连通就象尖灭网格不存在一样, 产生尖灭的最小厚度 “pnc_{tol}” 可以由用户控制。

断层(可选择) *FAULT

目的:

*FAULT 说明输入某些网格的设定, 这些网格的流动连通性将考虑它们在油藏中相对于横向相邻网格的确切位置。

每个 *FAULT 关键字用于描述一组网格, 它们结合在一起形成一个几何断块。

格式:

```
*FAULT    throw    i1:i2 j1:j2
           .         .
           .         .
           .         .
```

定义:

throw

几何断块之间即相邻油藏岩石之间的深度差 (m | ft | cm)。

在模拟软件中, throw 提供了对先前通过使用 *DEPTH, *DTOP 或 *PAYDEPTH 关键字给出的深度数据的修改。假如已完成深度信息的输入, 只要求对涉及几何断块的网格进行标识, 一个零值的 throw 也是有效的。

i1:i2 j1:j2

坐标 i1, i2, j1 和 j2 用于确定网格的位置, 它的 I 坐标位于 i1 和 i2 之间, J 坐标位于 j1 和 j2 之间, K 坐标位于 1 和 nk 之间。

通过这些连续的坐标行对网格列进行标识，就组成了几何断块。

缺省：

此项为可选择关键字，缺省意味着没有断层。

条件：

这个关键字不能与 *OLD-GRID 一起使用。

*FAULT 不能与 *GRID *CORNER 一起使用。正如先前所讨论的，对于角点网格断层数据可直接输入。

说明：

当油藏的一部分与对应的另一部分错开就形成了断层，这些错开部分形成了几何断块，在这种情况下，横向流动不能按照通常的几何层进行，当模拟一个油藏时，为考虑这些因素，有必要将网格组成断块，并且考虑断层对网格间连通性的影响。

这里描述的断层模型假设，每个几何断块可以由象上面说明的一系列网格范围描述进行说明，注意断块必须通过整个油藏，为方便起见，一个 throw 值可用于断块中所有网格的深度。

注意，throw 可以是正值，零，或者是负值，它们将直接加到目前的深度值上，所以可使用先前关于深度计算的注释（见 *DEPTH, *DTOP, *DEPTH-TOP 和 *PAYDEPTH 关键字），如果先前输入了一个完全的并经过修正的深度数组（例如使用 *PAYDEPTH 选项），throw 值可以设为 0.0。（如果一个网格设置了多个断块，throw 将按它们输入的顺序累计）

当断层存在并且计算网格间横向流动的传导率时，将执行一种特殊的检查，例如，如果考虑一个从正的 I 方向流入网格 (I, J, K) 的横向流动，正常情况是由网格 (I+1, J, K) 流出的，在 *FAULT 关键字出现时，将执行下面的步骤。

如果网格 (I, J, K) 的高端位于一个断层网格的边上（也就是说，(I, J, K) 在一个 *FAULT 列表中标出，而在这个列表中没有 (I+1, J, K)），或者它邻点的低端位于一个不同的断块边缘，（也就是 (I+1, J, K) 在一个 *FAULT 列表中标出，而在这个列表中没有 (I, J, K)），那么网格 (I, J, K) 将连接到任何网格形式 (I+1, J, KK)，这个网格在正向上与网格 (I, J, K) 垂直重叠，因此传导率计算将考虑这个实际重叠量，对于网格 (I, J, K) 的低端和 J 方向的情况也进行类似的计算。

垂向传导率的计算并不受这种断层考虑的影响，就像在断块内部流动一样。

所以，断块边界的确切位置制约网格间的流动，因为处于断块的网格不再与它通常的横向邻点对齐。

对于垂直断距，可接受的数值范围是：

国际标准单位	矿场单位	实验室单位
--------	------	-------

最小值	1. 0E-3	. 00328	0. 1
最大值	1. 0E+3	3, 280. 0	1. 0E+5

断层数组(可选择) *FAULTARRAY

目的:

*FAULTARRAY 表示输入一个二进制标志数组，以控制网格面的连通是使用标准连通还是断层连通。

数组格式:

*FAULTARRAY

缺省:

假设为标准连通。

条件:

这个关键字必须位于油藏描述数据段，*FAULTARRAY 对于角点网格是不必要的，因为网格角点直接确定了连通性。对于直角坐标，如果顶部构造图中有断层，GridBuilder 将自动生成这个数组。用户如果要覆盖这些自动生成值时必须小心。

可使用任何数组读入选项，对于这个关键字最常用的数组读入子关键字是 *CON。

说明:

*FAULTARRAY 的值由一个整型数字组成，它定义了所有网格是如何连通的，标准连通并不考虑两个连通网格的深度，它只考虑层号，换句话说，即使两个网格的深度差使得它们在物理上不可能连通，它们也被设为连通。断层连通考虑深度并生成网格间物理接触式的连通，这对于所有角点选项是缺省情况。

*FAULTARRAY 的值控制四个面的连通情况，四个连通表示为: nilow, nihigh, njlow, njhigh, 这里 i 表示 i 方向，而 j 表示 j 方向，low 表示网格 i(或 j)与网格 i-1(或 j-1) 间的流动，high 表示网格 i(或 j)与网格 i+1(或 j+1) 间的流动。

*FAULTARRAY 的二进制整型数标识使用下述规则:

如果连通是标准连通, nilow, nihigh, njlow, njhigh = 0

如果连通是断层连通, nilow, nihigh, njlow, njhigh = 1

对于一个网格，*FAULTARRAY 的值为:

$$IVAL = nilow + 2*nihigh + 4*njlow + 8*njhigh$$

所以如果所有的连通是标准的, IVAL = 0, 而如果所有的连通考虑网格的深度(是断层连通), IVAL = 15。

使用:

```
**所有的连通为断层连通
*FAULTARRAY *CON 15
**所有的 i 连通为断层连通,
**所有的 j 连通为标准连通
*FAULTARRAY *CON 3
```

例如:

标准连通:	断层连通:
i 连通	j 连通

```
1, 1 连通于 2, 1    2, 1 连通于 3, 1

2, 1 连通于 3, 1    1, 2 连通于 2, 1

1, 2 连通于 2, 2    2, 2 连通于 3, 2

2, 2 连通于 3, 2    2, 2 连通于 3, 1
```

```
      +---+
    +---+| 3, 2 |
    | 2, 2 | +---+
    +---+| 3, 1 |
+---+| 2, 1 | +---+
| 1, 2 | +---+
+---+
| 1, 1 |
+---+
i -->
```

水层模型

***AQUIFER, *AQMETHOD, *AQPROP, *AQVISC, *AQCOMP, *AQLEAK, *HFPROP, *AQGEOM**

压力影响方程（可选） ***AQFUNC**

孔隙体积阈值(可选择) ***PVCUTOFF**

目的:

*PVCUTOFF 控制将孔隙体积小的网格块设置为死结点的阈值。

格式:

```
*PVCUTOFF    pvcut
```

定义:

pvcut:

孔隙体积值(网格体积乘以孔隙度), 孔隙体积小于该值的网格被当作无效网格, 单位是(m3 | ft3)。

缺省:

可选择关键字。缺省为依据输入的 *POR 和 *NULL 来确定无效网格。

条件:

该关键字不能与 *OLD-GRID 一起使用。

说明:

使用该选项能够将影响收敛的那些孔隙体积小的网格从模拟计算中删除, 这些小孔隙体积网格影响收敛, 不应该在模拟中保留。

扇区(可选择) *SECTOR

目的:

*SECTOR 控制区段的定义, 用于对油藏分区域进行汇总。

格式:

```
*SECTOR  'Sector_Name'  i1:i2  j1:j2  k1:k2
          .              .      .
          .              .      .
```

定义:

'Sector_Name'

区段的标识名(最多 16 个字符), 使用单括号括住, 标识名 'Entire Field' 保留作为内部使用(见下面的缺省)。

i1:i2

指出确定区段所在网格区域在 I 方向的起始和结束坐标。

j1:j2

指出确定区段所在网格区域在 J 方向的起始和结束坐标。

k1:k2

指出确定区段所在网格区域在 K 方向的起始和结束坐标。

缺省:

第一个区段内部定义为全油田所有网格, 并命名为 'Entire Field'。

如果 *SECTOR 关键字不存在, 则没有其他的区段定义。

条件:

此关键字必须位于油藏描述数据段。

最多允许定义 48 个区段，不包括缺省区段。

使用关键字 *WPRN 和 *WSRF 对输出文件和模拟结果文件写出区段统计。

说明:

区段为一些网格的组合，可通过区段将各种各样的模拟结果写到文本输出和图形输出，利用区段获得区域汇总，一个网格可以属于不同的区段。

举例：考虑下面的一个 7 x 6 x 1 网格系统，具有三个区段：

	+---+---+---+---+---+---+---+						
J = 6	S1	S1	S1	S1/S3	S3	S3	S3
	+---+---+---+---+---+---+---+						
J = 5	S1	S1	S1	S3	S3	S3	S2/S3
	+---+---+---+---+---+---+---+						
J = 4	S1	S1	S1			S2	S2
	+---+---+---+---+---+---+---+						
J = 3					S2	S2	S2
	+---+---+---+---+---+---+---+						
J = 2				S2	S2	S2	S2
	+---+---+---+---+---+---+---+						
J = 1			S2	S2	S2	S2	
	+---+---+---+---+---+---+---+						
I =	1	2	3	4	5	6	7

需要下面的输入定义这三个段：

```
*SECTOR 'S1' 1:3 4:6 1
*SECTOR 'S1' 1:3 4:6 1
*SECTOR 'S1' 6:7 6 1
*SECTOR 'S2' 3:6 5 1
*SECTOR 'S2' 4:7 5:8 1
'S2' 5:7 3 1
```

*SECTOR 关键字的使用方法是十分灵活的，另一种方法见下面的 *SECTORARRAY 关键字。

区段统计

通过区段可进行如下统计：

井：

水相产量和累计产量

油相产量和累计产量
气相产量和累计产量
水相注入量和累计注入量
油相注入量和累计注入量
气相注入量和累计注入量

水区:

水区累计量

平均:

孔隙体积加权平均压力
烃类孔隙体积加权平均压力
平均含水饱和度
平均含油饱和度
平均含气饱和度
平均温度(总体积加权)

储量体积:

孔隙体积
烃类体积
水相地面体积
油相地面体积
气相地面体积
水相油藏体积
油相油藏体积
气相油藏体积
蒸汽腔体积($S_g * \text{组份 1 的气相摩尔分数}$)

相采出程度:

水相采出程度
油相采出程度
气相采出程度

地面体积是组份的质量储量除以相应的组份地面密度，在地面条件下对各相中的组份求和得出，见关键字 *SURFLASH。

扇区数组(可选择) *SECTORARRAY

目的:

*SECTORARRAY 使用一个数组输入格式对区段(见 *SECTOR)进行定义，对油藏分区域进行汇总打印。

数组格式:

*SECTORARRAY 'Sector_Name'

定义:

'Sector_Name'

区段的标识名(最多 16 个字符), 使用单括号括住, 标识名 'Entire Field' 保留作为内部使用(见下面的缺省)。

缺省:

第一个区段内部定义为全油田所有网格, 并命名为 'Entire Field'。

如果 *SECTORARRAY 关键字不存在, 则没有其他的区段定义。

条件:

此关键字必须位于油藏描述数据段。对于要求确定的 $n_i * n_j * n_k$ 个值可使用任何数组属性和读入方式, 属性和数组值应在 'Sector_Name' 之后, 数组值应由 0(表示这个网格不是区段成员)和 1(表示这个网格是区段成员)组成。

说明:

区段为一些网格的组合, 模拟软件用它进行各种量的汇总。一个网格可以属于不同的区段。关于区段的进一步信息见上面的 *SECTOR 关键字说明。

*SECTORARRAY 关键字提供了一种基于数组的输入格式以代替 *SECTOR 的基于范围格式。

举例:

将油藏中的一些网格设置为名字是 'Sector-1' 的区段成员如下:

```
*SECTORARRAY 'Sector-1' *IJK 1:5 1:5 1:1 0
                        4   4   1   1
                        2   3   1   1
```

这里假设网格为 $5 \times 5 \times 1$, 注意实际上对非区段成员并不要求字符串 "1:5 1:5 1:1 0", 此为缺省情况。

扇区名称和位置 (可选) *SECTORNAMES, *ISECTOR

目的:

通过一系列扇区名和相应的扇区号, 来定义扇区。

使用标准的格式, *ISECTOR 分配这些扇区号给网格。

格式: *SECTORNAMES 'Sector_Name_1' i1 'Sector_Name_2' i2 ...

形式: *ISECTOR

定义:

'Sector_Name_1' i1 'Sector_Name_2' i2 ...

一组扇区名 (最大 16 个字符), 和扇区号。

缺省:

关于此处使用的缺省扇区关键词 *SECTOR 的注释。

条件:

*SECTORNAMES 必须在*ISECTOR 之前。允许所有格式限定和读矩阵选项, 通过*ISECTOR 来限定值。*ISECTOR 分配的值必须出现*SECTORNAMES 中。

数据集中, 最多只能出现一次*SECTORNAMES, 但是*ISECTOR 可出现一次以上。

说明:

参阅扇区讨论部分的*SECTOR。

*ISECTOR 关键词给出了基于网格的选项, 以分配用*SECTORNAMES 进行定义的扇区号。

数据集中会有好几个*ISECTOR。

例:

设置两个名为'LAYER-1' 和'LAYER-2' 的扇区, 按如下所示:

```
*SECTORNAMES 'LAYER-1' 1 'LAYER-2' 2
```

```
*ISECTOR *IJK 1:5 1:5 1:1 1
```

```
1:5 1:5 2:2 2
```

此处假设网格是 $5 \times 5 \times 2$ 。假如这不是一个双孔模型, 那么会有'LAYER-1', 'LAYER-2' 和缺省扇区。

特殊连接 (可选) *SCONNECT

目的:

*SCONNECT 允许网格之间的流体连接的定义。同样, *SCONNECT 允许已经存在的流体连接被覆盖。

格式:

```
*SCONNECT      1st_cell_desc_1 2nd_cell_desc_1 trms_1
                1st_cell_desc_2 2nd_cell_desc_2 trms_2
                1st_cell_desc_3 2nd_cell_desc_3 trms_3
```

定义:

1st_cell_d..., 2nd_cell_d...

活性网格的描述。如果网格是在 2nd_cell_d... 的基本网格, 那么网格描述包括三个整数 $i\ j\ k$, 由空格隔开。如果网格是加密网格, 那么网格描述包括 3 个表明基本父网格的位置的整数, 一个斜杠/和 3 个表明加密网格的整数。如果采用*DUALPOR 或者*DUALPERM, *M 或 *F 分别表示基岩或裂缝。所有的项目都应该用空格键隔开。需要描述流动发生的网格。这些网格不能是无效的或尖灭的, 也不能是父网格。

trms

流动传导率的值。该值是流动 cross-sectional 区域的结果, 乘以渗透率, 并且根据中心至中心网格间距划分的。不期望有流体流动性, 模拟器内部有该性能。

单位是 md-m | md-ft。

缺省:

可选关键词。无缺省。

条件:

如果有此关键词, 它必须在油藏描述部分中。

说明:

*SCONNECT 允许特殊流动连接的定义, 和由模拟器产生的流动连接的改变。

如果两个用一个*SCONNECT 来描述连接的描述符是模拟器还没有产生连接的描述符, 那么这个由*SCONNECT 给出的连接被加入到模拟器连接列中。处理这些连接跟其它一样。

如果两个用一个*SCONNECT 来描述连接的描述符是模拟器已经产生连接的描述符, 那么这个

由*SCONNEC 给出的连接将覆盖模拟器产生的连接。*SCONNECT 提供的“trms”值可替代已经有的的传导率。也可用于设置为传导率为特定的值，以避免输出内部网格连接和使用乘法器来调整值。

例：

将第一个和最后一个网格连起来：

```
...
*GRID *CARTESIAN 10 1 1
...
*SCONNECT 1 1 1 10 1 1 200.
...
```

其他油藏性质数据段

其他油藏性质概要

这个数据段包括描述其他油藏性质的数据，这些数据可以分为如下几组：

- (1) 岩石压缩性
- (2) 油藏岩石热性质
- (3) 盖层热损失选项
- (4) 井筒热损失选项
- (5) 热力水区选项

重要的关键字顺序

重要的关键字顺序是：

*END-GRID

其他关键字

建议根据关键字在本手册中出现的先后顺序设置关键字。

岩石性质

岩石性质关键字 *ROCKTYPE 和 *THTYPE 对油藏设置多个岩石类型，岩石类型可按下列物性分组：

岩石压缩性：

*CPOR, *CTPOR, *CPORPD, *PORMAX

岩石热物性：

*ROCKCP, *THCONR, *THCONW, *THCONO, *THCONG, *CPC

盖层热损失：

*HLOSSPROP, *HLOSST, *HLOSSTDIF

关键字 *DILATION 使用为蒸汽吞吐模拟开发的膨胀-再压实选项，但也可以使用适当的参数将它应用于其他开采过程和方案。

盖层热损失选项

对半解析的无限大盖层热损失模型来说，热损失的方向与上下盖层的热性质使用下列关键字确定：

*HLOSSPROP, *HLOSST, *HLOSSTDIF

井筒热损失选项

这个选项计算蒸汽向下注入井筒时的热损失，对于这个选项的最少关键字要求为：

*RTI, *RTO, *RCI, *RCO, *RH 和 *DEPYH

并且井筒半径必须满足下面的要求：

$r_{ti} < r_{to} < r_{in} \leq r_{ci} < r_{co} < r_h$

热力水层选项

水层或热力水层选项为 *AQUIFER，这也是激活这个选项的最少输入，通过下列关键字确定水层的位置，方向和性质：

*AQUIFER (*BOTTOM | *BOUNDARY | *REGION | *WELLBORE)
*AQGEOM(*RADIAL | *RECTANG)
*AQH *AQPOR *AQVISC *AQRCAP *AQRCND
*AQCOMP

当使用了天然裂缝油藏选项时，水层与裂缝连结。

井至地面的选项

可以对油藏中的完井段到地面的井筒流动进行模拟，模拟时可使用如下的油藏与井的组合选项：

- a) 使用 *GRID 和 *DK 定义完井段和地面之间的盖层网格。额外增加的网格数取决于井筒盖层部分的离散化误差容限，例如，在模拟 1600m 厚的盖层时，你可以使用 16 个 100m 的网格或是使用 4 个 400m 网格，因为只有两列井筒网格参加时间步的数值计算，所以你可以不太在意这些网格。

对于 *KDIR *UP，盖层网格的编号在油层之后(自下而上)；而对于 *KDIR *DOWN 则在油层之前(自上而下)。

既然井筒位于网格的中心，就假设井筒是垂直向上的。除非使用了 *DIP 使整个油

藏是倾斜的，否则不允许井筒倾斜。

- b) 除了包含井筒的网格列之外，其它盖层网格全部使用 *NULL 标识为无效网格。
- c) 使用 *POR 将其它盖层网格列设置为零孔隙度。
- d) 除了油藏的完井段之外，在网格定义时使用 *WELLBORE 定义穿过其余列盖层网格的离散化井筒。它的典型使用是一个斜井筒：油层部分为水平，且垂直到地面。
- e) 使用 *AQUIFER 中的 *WELLBORE 选项，将盖层网格列内的每个网格外面的区域指定为解析热损失区域。每个层的网格处理成径向网格，而这些径向网格的中心即是井筒，按等体积算出网格的半径，认为热量从离散化井筒向周围网格传递与网格间的热传递相同，然后使用仅有热损失水层模型，热量成径向地流向上覆盖层。
- f) 在地表将源汇井与离散化井筒连接在一起。

网格定义结束(要求) *END-GRID

目的：

*END-GRID 标志着其他油藏性质定义数据的开始。

格式：

*END-GRID

缺省：

要求关键字，对于 *OLD-GRID 关键字它是可选择的。

条件：

这个关键字出现在所有油藏描述数据段网格定义关键字之后，并且在本章其他油藏性质数据段关键字之前。

说明：

这个关键字表示网格模块停止读入以及数据处理，将控制交还给 STARS。

组成这一章的关键字在 STARS 中是唯一的，因此在其他 CMG 模拟软件中是没有的，因此也不出现在网格模块中。

岩石类型(可选择) *ROCKTYPE, *THTYPE

目的：

定义以及设置多个岩石性质类型。

格式:

*ROCKTYPE key (COPY old_key)

数组:

*THTYPE

定义:

key

岩石性质类型序号, 允许值的范围是 1~最大维数值。下面列出的所有岩石性质将使用这个类型序号设置, 直到遇见另一个 *ROCKTYPE 为止。

COPY old_key

使用对应于 'old_key' 的数值对相应 'key' 的性质进行初始设置。当你需要两个岩石类型, 而除了极少的性质不同外, 大部分性质都相同, 那么这时使用 COPY 是十分有用的。

*THTYPE

对每个网格输入一个岩石性质类型号, 只允许使用 1 或序号值定义。

缺省:

缺省的岩石类型编号为 1, 只有在定义多个岩石类型时才需要使用 *ROCKTYPE。

对每个网格的缺省岩石类型号设置为 1, 只有在对网格设置多个岩石类型号时, 才需要使用 *THTYPE。

除非你具有多个岩石类型, 否则不需要使用 *ROCKTYPE 和 *THTYPE。

条件:

这些关键字必须位于其他油藏性质数据段。

说明:

可以对多个岩石类型设置以下的岩石性质:

岩石压缩性	*CPOR *CTPOR *CPORPD *PORMAX *DILATION
岩石热性质	*ROCKCP *THCONR *THCONW *THCONO *THCONG *CPC
盖层热损失	*HLOSSPROP *HLOSST *HLOSSTDIF

注释:

为了模拟岩石的压实和膨胀产生的滞后效应, 可以在井数据段内改变压缩性的类型。在数据输入时认为裂缝和基质属于不同的岩石类型, 因此大多数天然裂缝数据至少具有两个岩石类型, 一个用于基质而另一个用于裂缝。

在这个表中没有列出 *THCONMIX 关键字, 当 *THCONMIX 多次出现时, 使用最后一次出现的值用于所有岩石类型。

岩石压缩性(要求) *PRPOR, *CPOR, *CTPOR, *CPORPD, *PORMAX

目的:

*PRPOR 表示输入用于岩石压缩系数的参考压力。

*CPOR 表示输入岩石压缩系数。

*CTPOR 表示输入岩石热膨胀系数。

*CPORPD 表示输入岩石压缩系数对压力的变化率。

格式:

*PRPOR ref_pressure

*CPOR cpor

*CTPOR ctpor

*CPORPD cpor_p2 ppr1 ppr2

*PORMAX pormax

定义:

ref_pressure

参考压力(kPa | psi | kPa)。

cpor

有效地层压缩系数, 也就是地层孔隙空间的压缩系数(1/kPa | 1/psi | 1/kPa)。

ctpor

地层的有效热膨胀系数(1/C | 1/F | 1/C)。

cpor_p2

ppr2 附近的有效地层压缩系数(1/kPa | 1/psi | 1/kPa)。

ppr1

用于压缩系数对压力变化率的低端参照压力(kPa | psi | kPa)。在此压力下的压缩系数实际是 cpor。ppr1 必须小于 ppr2。

ppr22

用于压缩系数对压力变化率的高端参照压力(kPa | psi | kPa)。在此压力下的压缩系数实际是 cpor_p2。ppr2 必须大于 ppr1。

pormax

允许的孔隙度最大增加分数。可以简单地使用大的压缩系数模拟砂体的膨胀, 例如大于 0.0001 1/psi。但为避免孔隙度大到不真实的程度, 应强制给定最大孔隙度增加分数 pormax, pormax 的允许范围是 0 到 1, 典型值为 0.1~0.2。缺省值为 0.10。

缺省:

如果 *PRPOR 不存在，则参考压力等于编号 1 网格的初始压力。

如果 *CPOR 或 *CTPOR 不存在，则相应数值为 0.0。

如果 *PORMAX 不存在，则 pormax 为 0.1。

如果 *CPORPD 不存在，则压缩系数与压力无关。

条件：

这些关键字必须位于其他油藏性质数据段。

说明：

为模拟砂层的膨胀与再压实，应使用几何力学模型。

用于计算孔隙度 por 的函数形式为：

$$\begin{aligned} \text{por}(p, T, Cc) = & \\ & \text{por} * (1 + \min[\text{pormax}, \text{cpor} * (p - \text{prpor}) + \text{cporpd}] \\ & - \text{ctpor} * (T - \text{Temr})) * (1 - Cc / Cco) \end{aligned}$$

式中：

por	来自 *POR 的参考孔隙度。
p	流体压力。
cporpd	压力对压缩系数的贡献。
T	流体温度
Temr	来自 *TEMR 的参考温度。
Cc	孔隙空间的焦炭/固体浓度
Cco	来自 *SOLDEN 或 *ADSDEN 的焦炭/固体的密度

压力变化对压缩系数的贡献为：

$$\text{cporpd} = A * [D * (p - \text{prpor}) + \text{Log}(B / C)]$$

式中：

$$\begin{aligned} A &= (\text{cpor_p2} - \text{cpor}) / D \\ B &= 1 + \exp [D * (\text{pav} - p)] \\ C &= 1 + \exp [D * (\text{pav} - \text{prpor})] \\ D &= 10 / (\text{ppr2} - \text{ppr1}) \\ \text{pav} &= (\text{ppr1} + \text{ppr2}) / 2 \end{aligned}$$

例题：假设

cpor	= 0
prpor	= 5000 kPa
cpor_p2	= 1.0e-5 1/kPa
ppr1	= 5000 kPa
ppr2	= 9000 kPa

对于孔隙度的贡献分数在这个表中给出，

p (kPa)	cporpd	注释
1000	-2.68e-5	低压下
5000	0	P = PRORP = PPR1
7000	2.75e-3	P = Pav
9000	2.00e-2	P = PPR2
15000	8.00e-2	高压下

在上表中 p = ppr2 时，压缩系数等于 cpor_p2，当 p 小于 ppr1 时它接近于 0。

对于参考压力，可接受的数值范围是：

	国际标准单位	矿场单位	实验室单位
	kPa	psi	kPa
最小值	0.0	0.0	0.0
最大值	1.0E+5	14,504.0	1.0E+5

对于地层岩石压缩系数改变值，可接受的数值范围是：

	国际标准单位	矿场单位	实验室单位
最小值	0.0	0.0	0.0
最大值	0.001	0.001	0.001

油藏的膨胀-再压实(可选择)

*DILATION, *PBASE, *PDILA, *PPACT, *CRD, *FR, *PORRATMAX

目的：

膨胀-再压实模型。

格式：

```
*DILATION { *PBASE pbase | *PDILA pdila |
             *PPACT ppact | *CRD crd |
             *FR fr | *PORRATMAX rat }
```

定义：

*DILATION

关键字表示使用膨胀-再压实模型，并且可以跟随这个组的其他关键字。

pbase

参考压力(kPa | psi | kPa)。

pdila

膨胀起始压力(kPa | psi | kPa)。

ppact

再压实起始压力(kPa | psi | kPa)。

crd

膨胀岩石压缩系数(1/kPa | 1/psi | 1/kPa)。

fr

残余膨胀分数，也就是再压实中不可恢复的总膨胀分数。

rat

孔隙度的最大允许增加比例，单独应用于每个网格的基本孔隙度。rat 的最小允许值是 1，建议 rat 的最大值为 1.3，非常大的值会引起严重的收敛问题。

缺省：

如果 *DILATION 不存在，则不使用膨胀-再压实模型，也不允许使用 *DILATION 的子关键字，对渗透率乘因子输入的任何数据将被忽略。

如果 *PBASE 不存在，则假设它的值等于由 *PRPOR 给定的值或缺省值。

```
*PDILA    0
*PPACT    0
*CRD      0
*FR       0.5
*PORRATMAX 1
```

条件：

*PBASE, *PDILA, *PPACT, *CRD, *FR 和 *PORRATMAX 是 *DILATION 的子关键字，因此必须紧跟在 *DILATION 之后，但是能够以任何顺序出现。

*DILATION 的所有子关键字都具有岩石类型编号，而且将对当前岩石类型编号设置它们的值(见关键字 *ROCKTYPE)。

说明：

以下是每一种岩石类型都互斥的：*PERMCK, *PERMTAB, *PERMTABLOG, *PERMEXP, *DILATION and *EPCOMPACT.

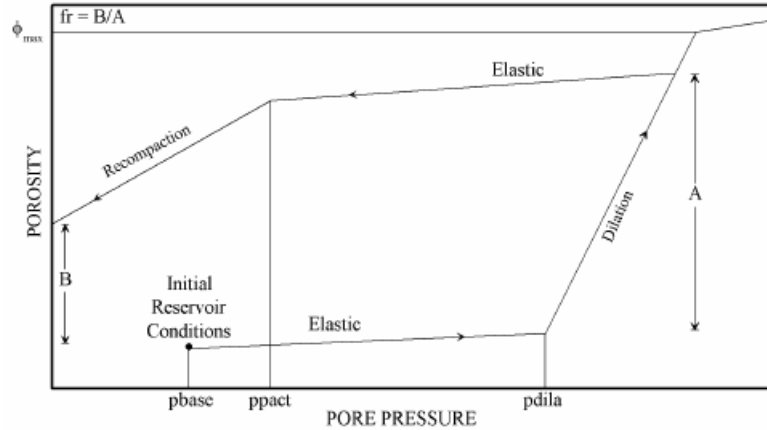
膨胀/再压实模型

膨胀-再压实模型描述了在蒸汽吞吐模拟过程期间发生的油砂层膨胀和再压实的主要特征，这个模型基于 Beattle, Boberg 和 McNab 的工作，见 "Reservoir Simulation of Cyclic Steam Stimulation in the Cold Lake Oil Sands", SPE Reservoir Engineering, May, 1991。

在这个模型中，在压力 p 时的孔隙度 $\text{por}(p)$ 由下式给出：

$$\text{por}(p) = \text{porref} * \exp [c * (p - \text{pref})]$$

式中： pref 是参考压力； porref 是压力在 pref 时的孔隙度； c 是地层压缩系数。对于图 13 说明的变形曲线的每个分支都有一组这三个量。



当油藏压力从初始条件增加时，岩石表现为弹性形变，如果压力继续增加并超过 pdila ，那么孔隙度将遵循不可逆转膨胀曲线直到压力下降或达到给定的最大孔隙度。如果压力从膨胀曲线上的某一点下降，孔隙度在开始时遵循弹性曲线，当压力进一步下降并低于再压实压力 ppact 时，将产生再压实，并且曲线的斜率由残余膨胀分数 fr 确定。当压力从再压实曲线上的一点增加时，另一个类似的膨胀/再压实循环开始，如图 13 所示。

渗透率的变化

网格的绝对渗透率的增加或减小都与孔隙度的改变有关。以下方程用于计算绝对渗透率：

$$K(p) = K_0 * \exp [\text{kmul} * (\text{por}(p) - \text{poro}) / (1 - \text{poro})]$$

式中： K_0 和 poro 是初始渗透率和孔隙度，而 kmul 是用 *PERMULI 定义的网格渗透率乘因子。用此法，网格中绝对渗透率的趋势会与图 13 中相似。

固相影响渗透率

公式中 $K(p)$ 是流体的渗透率，不是空间渗透率。由于液态体积是空间体积减去固相体积，物质质量的改变（固相或被吸附或圈闭的流体）将会对计算的渗透率有影响。例如，燃烧中焦炭的出现会降低流体的孔隙度和渗透率。

注意

膨胀—再压实模型不能解决温度的影响。因此，任何通过 *CTPOR 输入的热力膨胀系数将会被使用 *DILATION 的岩石类型忽略。

油藏压实—反弹（可选） *EPCOMPACT , *CRP , *PPLASTIC

目的：用弹塑性变形来定义油藏压实—反弹。

格式： $\text{*EPCOMPACT} (\text{*CRP crp}) (\text{*PPLASTIC pplastic})$

定义：

*EPCOMPACT 激活弹塑性压实——反弹模型，其它关键词如下。

Crp 塑性压实的岩石压缩系数 (1/kPa | 1/psi | 1/kPa)。此值不能为负数。

Pplastic 临界压力，在此压力下开始塑性压实 (kPa | psi | kPa)。此值不能为负数。

缺省：

如果没有*EPCOMPACT，弹塑性压实模型不被激活，子关键词*CRP 和 *PPLASTIC 也不被接受。

如果有*EPCOMPACT，但没有*CRP 或 *PPLASTIC，则相应的数据为 0。

条件：

*CRP 和 *PPLASTIC 是*EPCOMPACT 的子关键词，必须紧跟*EPCOMPACT 的后面，但是可以以任何顺序出现。

*EPCOMPACT 的所有关键词是由岩石类型进行索引的，其值被分配为岩石类型号（参阅关键词*ROCKTYPE）。

以下选项是相互排斥的：*PERMCK, *PERMTAB, *PERMTABLOG, *PERMEXP, *DILATION and *EPCOMPACT。

说明：

压实反弹模型主要是模拟由于压力下降造成地层收缩和由于注入而压力上升造成反弹的不可逆过程。此时，通过改变油藏孔隙度，压实或反弹对流体流动的影响可被 STARS 进行模拟。下图 14 表明了压力改变对孔隙度的影响。当压力从原始油藏条件下开始下降，岩石弹性变形，孔隙度由于弹性压缩系数而降低（关键词*CPOR）。如果压力进一步降低到临界压力之下（pplastic），会发生不可逆的压实，根据 CRP，孔隙度也会发生塑性变化。不象弹性，塑性压实是不可逆的过程，也就是说，当压力增加时，孔隙度会跟随一条反弹曲线，该曲线是分支于塑性压实的，而不是再次与原始压实曲线交叉。

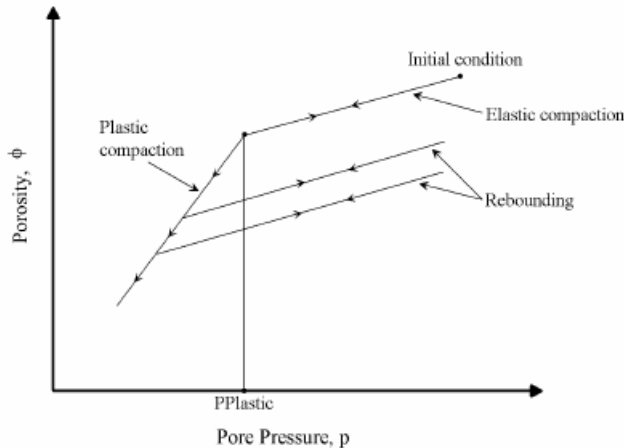


图 14：岩石压实—反弹模型

以下是计算孔隙度与压力关系的方程式：

$$\phi = \phi_{\text{ref}} * \exp [c * (p - p_{\text{ref}})]$$

此处，c 是弹性或塑性压实的压缩系数，pref 是参考压力，Φref 是在参考压力下的孔隙度。

某网格的绝对渗透率根据岩石变形而造成孔隙度相应的增加或较少。以下方程是用于计算网格绝对渗透率 (K)：

$$k = k_o * \exp \left[k_{\text{mml}} * \left(\frac{\phi - \phi_o}{1 - \phi_o} \right) \right]$$

在这个方程中，ko 和 fo 是原始渗透率和孔隙度，kmu1 是用*PERMULI 定义的乘因子。

通过*OUTPRN *GRID, OUTSRF *GRID and *OUTSRF *SPECIAL *BLOCKVAR 的子关键词*SBDZ 考察减少量。

例：

```
*EPCOMPACT *CRP 1.0e-5 *PPLASTIC 1500
*PERMULI *CON 10
*PERMULJ *CON 10
*PERMULK *CON 10
```

变化的渗透率 （可选）*PERMCK, *PERMTAR, *PERMTABLOG, *PERMEXP, *PERMULI, *PERMULJ, *PERMULK

目的：

流体孔隙度与渗透率之间的关系。

格式：

```
*PERMCK ckpower
*PERMTAB

{  $\phi/\phi_o K/K_o$  }

*PERMTABLOG

{  $\phi/\phi_o \log(K/K_o)$  }

*PERMEXP
```

形式：

```
*PERMULI
*PERMULJ
*PERMULK
```

定义：

*PERMCK ckpower

通过 Carmen-Kozeny 公式，渗透率可通过流体孔隙度得到。

$$K(\phi) = K_o * [\phi/\phi_o]^{**ckpower} * [(1-\phi_o)/(1-\phi)]^{**2}$$

ckpower 的下限是 0，上限是 10。

*PERMTAB

它是流体孔隙度与渗透率乘因子之间的关系，可从表中获得。此表采用关系式

$$\phi/\phi_o = 1 \text{ and } K/K_o = 1。$$

在这张表中， ϕ/ϕ_o 必须是非负值且递增。可以有 2 到 30 行。第一列的输入必须是均匀的，如果不是均匀的，会被调整为均匀的。

*PERMTABLOG

它是流体孔隙度与渗透率乘因子之间的关系，可从表中获得。此表采用关系式

$$\phi/\phi_o = 1 \text{ and } \log(K/K_o) = 0。$$

在这张表中， ϕ/ϕ_o 必须是非负值且递增。可以有 2 到 30 行。第一列的输入必须是均匀的，如果不是均匀的，会被调整为均匀的。

*PERMEXP

渗透率和流体孔隙度的关系可用以下关系式得到：

$$k = k_o * \exp \left[k_{mul} * \left(\frac{\phi - \phi_o}{1 - \phi_o} \right) \right]$$

此处， k_o and ϕ_o 是原始渗透率和孔隙度， k_{mul} 是用*PERMULI 定义的乘因子。

*PERMULI, *PERMULJ, *PERMULK

IJK 网格方向的渗透率乘因子。注意，这些是网格，不同的值会有不同的网格。这些许可的值的范围是 0 到 10，但正常情况下，值不超过 100，因为因子是出现在指数内部。

允许使用所有网格数据分配选项，包括*EQUALSI。所有三个方向的值被内部初始化为 0，该值是相应流体孔隙度的无渗透率变化。每个方向的这些网格显式为非 0 值将会有渗透率的改变。

参阅关键词*REFINE 介绍中的与方向有关的数据。

缺省：

如果*PERMCK, *PERMTAB, *PERMTABLOG 和 *PERMEXP 中的任一个不在数据集中，相应的模型则不能用于改变渗透率。其它选项可使用（如*DILATION 和 *EPCOMPACT）。

*PERMULI *CON 0

*PERMULJ *CON 0

*PERMULK *CON 0

条件：

关键词*PERMCK, *PERMTAB, *PERMTABLOG 和 *PERMEXP 由岩石类型进行索引，其值和标志被分配为目前岩石类型号（参阅*ROCKTYPE）。在同一次运行中，不同岩石类型也许有不同的渗透率选项。如果，在同一岩石类型中出现多个关键词，则使用最后出现的一个。

选项*PERMEXP 需要关键词*PERMULI, *PERMULJ 和 *PERMULK 以设定渗透率乘因子的网格相关性。

以下选项是每一个岩石类型互斥的： *PERMCK, *PERMTAB, *PERMTABLOG, *PERMEXP, *DILATION and *EPCOMPACT。

说明：

除了以上提到的以外，还有*DILATION 和 *EPCOMPACT 可用于改变渗透率。然而*PERMCK, *PERMTAB, *PERMTABLOG 和 *PERMEXP 不用*DILATION and *EPCOMPACT 定义的复杂空间渗透率模型，所以改变流体孔隙度。然而通常由于固相/吸附/圈闭相的物质发生改变，渗透率也发生改变。

原始流体孔隙度

原始压力，温度和固相的量， ϕ_o 有相应的值。原始渗透率 K_o 等于网格的参考渗透率，通过*PERMI, *PERMJ 和*PERMK 进行输入。

岩石热性质(可选择)

*ROCKCP, *CPC, *THCONR, *THCONW, *THCONO, *THCONG, *THCONMIX

目的:

*ROCKCP 表示输入岩石热容量。

*THCONR, *THCONW, *THCONO 和 *THCONG 表示输入岩石和流体相的热传导率。

*CPC 表示输入焦炭/固体的热容量。

格式:

```
*ROCKCP rockcp (rockcp2)
*CPC cpc
*THCONR thconr
*THCONW thconw
*THCONO thcono
*THCONG thcong
*THCONMIX ( *SIMPLE | *COMPLEX | *TEMPER )
```

定义:

rockcp

油藏中岩石骨架的体积热容量(J/m³-C | Btu/ft³-F | J/cm³-C)。

rockcp2

rockcp 的依赖于温度的系数(J/m³-C-C | Btu/ft³-F-F | J/cm³-C-C)。

岩石热容量 = rockcp + rockcp2 * T, 式中: T 是绝对温度, 而岩石的焓为从 TEMR 到 T 的积分。

cpc

所有焦炭/固体/吸附组分的热容量(J/gmol-C | Btu/lbmol-F | J/gmol-C)。

thconr

油藏岩石的热传导率(J/m-day-C | Btu/ft-day-F | J/cm-min-C), 二氧化硅的典型值为 6.6e5 J/m-day-C(106 Btu/ft-day-F), 对于无充填的裂缝热传导率应该是 0。

theonw

水相的热传导率(J/m-day-C | Btu/ft-day-F | J/cm-min-C), 典型值是 5.3 e4 J/m-day-C(8.6 Btu/ft-day-F)。

thcono

油相的热传导率(J/m-day-C | Btu/ft-day-F | J/cm-min-C), 典型值是 1.15 e4 J/m-day-C(1.8 Btu/ft-day-F)。

thcong

气相的热传导率(J/m-day-C | Btu/ft-day-F | J/cm-min-C), 蒸汽的值为 140 J/m-day-C(0.025 Btu/ft-day-F)。

***SIMPLE**

相热传导率的简单体积加权。

***COMPLEX**

相热传导率的更复杂混合，见下面。

***TEMPER**

与 *COMPLEX 混合相同，但有温度的校正，见下面。

缺省：

不存在	采取的行动
-----	-----
*ROCKCP	rockcp = 2.347e6 J/m ³ -C = 35 Btu/ft ³ -F
rockcp2	rockcp2 = 0
*CPC	cpc = 17 J/gmole-K
*THCONR	thconr = 1.496e5 J/m-day-K = 24 Btu/ft-day-F
*THCONW	“
*THCONO	“
*THCONG	“
*THCONMIX	*SIMPLE

条件：

这个关键字必须位于其他油藏性质数据段。

所有的岩石类型具有相同的 *THCONMIX 选项，当 *THCONMIX 出现多次时，将最后一次出现的那个用于所有岩石类型。

说明：

从 98 版本开始对网格间的热传导计算进行了修改。在先前方法中，对温度较高的网格进行标识，使用它的饱和度和温度计算这个网格的热传导率，然后将这个值与相应的几何因子一起应用于整个网格间距离，当岩石/水/油/气的传导率值没有显著的差别时，并且使用大网格进行油田规模的模拟时，这种“上游权”方法是适合的。然而，在对井筒模拟和实验室试管模拟时，通常会发生相或网格的传导率数值存在很大差别的情况，这时这种方法就不能完全保持它的一致性，例如，一个几乎全部为气相的网格与相邻的一个几乎全部为水或岩石的网格间的热流动，哪个网格的温度较高（假定对每相和岩石输入不同的传导率）会对结果产生很大的区别，并且会导致计算振荡现象难于收敛。

新的热传导计算方法计算两个网格的热传导率，然后使用调和加权方法计算网格间的热流动。这种方法对网格步长，流动方向和传导率值的所有情况都具有一致性，而且能够更精确地反映上述情况。当岩石/水/油/气具有相同的传导率，并且这些相同的传导率值应用于所有网格时，新方法原先方法计算出的结果相同。有一个例外的情况

是使用 9 点差分格式运行，因为原先的方法具有对角线方向的热传导流动而新方法没有，但是油田规模的 9 点格式运行结果只有很小的差别。

热传导选项

*SIMPLE

热传导率按体积进行加权，结果与温度无关：

$$tcond = por*(thconw * sw + thcono * so + thcong * sg) + (1-por)*(thconr)$$

为了得到了定常热传导率，对岩石/水/油/气设置相同的值。饱和水岩石的典型值为 $1.496e5 \text{ J/m-day-K}$ (24 Btu/ft/day-F)。

*COMPLEX

热传导率使用 J. Anand, W.H. Somerton, 和 E. Gomaa, SPEJ, Vol. 13, No. 5, October 1973 的关系式进行加权，结果与温度无关：

$$\begin{aligned} H(\text{液}) &= (So * thcono + Sw * thconw) / (So + Sw) \\ A &= thconr / H(\text{液}) \\ B &= 0.28 - 0.757 * \log_{10}(\text{porosity}) - 0.057 * \log_{10}(A) \\ H(\text{液-岩}) &= H(\text{液}) * (A ** B) \\ C &= thconr / thcong, \text{ and} \\ D &= 0.28 - 0.757 * \log_{10}(\text{porosity}) - 0.057 * \log_{10}(C) \\ H(\text{气-岩}) &= thcong * (C ** D) \\ E &= \text{sqrt}(SW + SO) \\ TCOND &= H(\text{液-气-岩}) = (1-E) * H(\text{气-岩}) + E * H(\text{液-岩}) \end{aligned}$$

*TEMPER

热传导率像 *COMPLEX 那样加权，但要作温度校正 (W.H. Somerton, J.A. Keese and S.L. Chu, SPEJ, Vol. 14, No. 5 October 1974)：

$$\begin{aligned} A &= H(\text{液-气-岩}) \quad \text{按上式计算} \\ B &= A ** (-0.64) \\ C &= A * (D ** E) + 110644.8 \\ D &= 1.8e-3 * T \quad \text{式中 } T \text{ 是温度} \\ TCOND &= A - 1.7524e-5 * (T-TEMPR) * (A - 119616) * B * C \end{aligned}$$

盖层热损失(可选择) *HLOSSPROP, *HLOSST, *HLOSSTDIFF

目的：

*HLOSSPROP 定义热损失方向以及上覆/下伏地层的热性质，用于半解析，无限大盖层热损失模型。

*HLOSST 和 *HLOSSTDIFF 控制盖层温度和临界温度差。

格式：

有限差分的选项：

```
*HLOSSPROP ( *OVERBUR | *UNDERBUR | *-I | *+I
              | *-J | *+J | *-K | *+K ) dnuro1 hcon1
*HLOSST thf
*HLOSSTDIFF dth1
```

定义：

*OVERBUR

将热损失性质用于油藏顶部的外部网格面，它考虑了 *KDIR 和 *DIP 的所有用法。

*UNDERBUR

将热损失性质用于油藏底部的外部网格面，它考虑了 *KDIR 和 *DIP 的所有用法。

*+I, *-I, *+J, *J, *+K, *-K

将热损失性质用于指定方向的外部网格面。

dnuro1

在指定方向上与油藏相邻地层的体积热容量(J/m³-C | Btu/ft³-F)，使用 0 值将导致没有热损失。湿岩石的典型值为 2.347e6 J/m³-K (35 Btu/ft³-F)，这个值不应该超过 1.0e8 J/m³-C。

hcon1

在指定方向上与油藏相邻地层的热传导率(J/m-day-C | Btu/ft-day-F)。使用 0 值将导致没有热损失。湿岩石的典型值为 1.496e5 J/m-day-K (24 Btu/ft-day-F)，这个值不应该超过 1.0e7 J/m-day-C。

thf

与油藏相邻地层的初始温度，用于热损失计算(C | F)。

dth1

网格与 thf 之间可以开始进行热损失计算的最小温度差(C | F)。

缺省：

如果 *HLOSSPROP 不存在，则没有热损失。

如果 *HLOSST 不存在，则假定 thf 为编号 1 网格的初始油藏温度。

如果 *HLOSSTDIFF 不存在，则 dth1 = 0.1 C。

说明:

参考: “A Simple Method for Predicting Cap and Base Rock Heat Losses in Thermal Reservoir Simulators”, Vinsome, P.K.W. 等人 J.D., JCPT, July-September 1980, Volume 19, No. 3。

关键字 *OUTPRN *GRID *OBHLOSS 可以将每个网格的热损失速率输出到 “.out” 文件, 在这之后, 将按上覆岩层和下伏岩层分别写出热损失速率和累计量汇总, 这里的上覆岩层是指在顶部 K 坐标层(例如, *KDIR *DOWN 时的 $K = 1$) 的所有网格总的热损失; 而下伏岩层对应于完全相反的 K 坐标层。当只对这两个层确定热损失(也就是使用 *OVERBUR 和 *UNDERBUR), 而这些层不同时, 那么就将上覆岩层和下伏岩层的热损失汇总在一起显示在物质平衡摘要中。

诊断传导修正 (可选) *TRANSIJ+, *TRANSIJ-, *TRANSIK+, *TRANSIK-

目的:

为各个方向设定传导率乘因子。

格式:

*TRANSIJ+
*TRANSIJ-
*TRANSIK+
*TRANSIK-

缺省:

如果此关键词不出现, 相应的乘因子假设为 1。如果出现了一个关键词, 而网格没有被饮用, 则相应的乘因子也为 1。

条件:

关键词 *TRANSIJ+, *TRANSIJ-, *TRANSIK+ 和 *TRANSIK- 必须在其它油藏属性部分中(在 *END-GRID 之后) 或者在循环数据中。

仅在 *NINEPOINT *IJ 后, *TRANSIJ+ 和 *TRANSIJ- 才可用。这些关键词分别说明斜方向 I+J+ 和 I+J-。同样, 仅在 *NINEPOINT *IK 后, *TRANSIK+ 和 *TRANSIK- 才可用。这些关键词分别说明斜方向 I+K+ 和 I+K-。

说明:

参阅 *TRANSI 对传导率乘因子的解释。

传导率乘因子可在循环数据内被更改。

当用九点法时, 才能使用斜传导率乘因子, 以修改斜内部网格之间连接的流动。

*TRANSIJ+ 指向的是 I+J+ 方向的内部网格连接, 也就是在 (I, j, k) 和 (i+1, j+1, k) 之间;

*TRANSIJ- 指向的是 I+J- 方向的内部网格连接, 也就是在 (I, j, k) 和 (i+1, j-1, k) 之间;

*TRANSIK+ 指向的是 I+K+ 方向的内部网格连接, 也就是在 (I, j, k) 和 (i+1, j, k+1) 之间;

*TRANSIK- 指向的是 I+K- 方向的内部网格连接, 也就是在 (I, j, k) 和 (i+1, j, k-1) 之间。

斜向的内部网格连接有传导率计算, 与正常 5 点法相似, 但是 9 点法的有效交叉区域和节点的分离是与 5 点法不同的。然而, 相应传导率的斜向连接的乘因子与 5 点法的相同。此关键在于 5 点法或 9 点法给出的缺省传导率乘因子。

组分性质数据段

组分类型和名称(要求) *MODEL, *COMPNAME

目的:

表示用于流体数据输入准备的每个组份类型和数目。

格式:

```
*MODEL ncomp numy numx (numw)
*COMPNAME 'namec'(1) ... 'namec'(ncomp)
```

定义:

ncomp

模拟中的总组分数，允许的范围是 numy~22，并包括 22。要求输入 ncomp 个组分名称，和 ncomp 个化学反应的系数。

numy

在油，水 and 气(流体)相内的总组分数，允许的最小值为 numx，允许的最大值为 ncomp 和 20 中较小的一个。要求输入 numy 个气相组分的性质，如热容量。

numx

在水和油(液)相内的总组分数，这些组分也可以存在于气相，或是作为吸附类，允许的范围是 numw~numy。要求输入 numx 个组分的液相性质数据，如密度。

numw

水相的组分数，正常情况下允许的范围 1~numx，如果用户使用了 Z 公式之一(在数值方法数据段的 *TFORM *ZH 或 *ZT)，那么对于 numw 的允许范围是 0~numx。

namec

组分名的字符串，仅使用前 8 字符，它们必须是唯一的。

缺省:

如果 numw 不存在，则假设为 1。

如果 *COMPNAME 不存在，则组分名为 'COMP_x'，这里 x 是组分序号。

条件:

*MODEL 关键字是始终需要的。

ncomp 的最大允许值为 22。

numy 的最大允许值为 20。

numx 的最大允许值为 20。

ncomp-numy 的最大允许值为 3。

说明：

组分结构顺序如表 1 所示。

通过在重新启动时使用 numw, numx 或 numy-numx 的新增加值, 在模拟期间可以增加可凝析的和油的组分个数和/或不可凝析组分个数。

为了对燃烧反应(*O2PP)使用氧气的分压, 氧气必须是组分号 numy。

水区或类似水的组分

它们为组份序号 1~numw。对于这些组份, 在定义 K 值时水相是参考液相:

$$K(\text{气/液}) = (\text{气的摩尔分数}) / (\text{水的摩尔分数}) = y/w$$

$$K(\text{液/液}) = (\text{油的摩尔分数}) / (\text{水的摩尔分数}) = x/w$$

例如, 一个只有很少部分处于油相的组份应该是这种类型, 因此液-液 K 值应该是非常小而不是非常大。一个在油相中根本不溶解的可凝析组份必须是水相, 而且它的液-液 K 值必须是 0。

油相或类似油的组分

它们为组份序号 numw+1~numx。对于这些组份, 在定义 K 值时油相是参考液相:

$$K(\text{气/液}) = (\text{气的摩尔分数}) / (\text{油的摩尔分数}) = y/x$$

$$K(\text{液/液}) = (\text{水的摩尔分数}) / (\text{油的摩尔分数}) = w/x$$

例如, 一个只有很少部分处于水相的组份应该是这种类型, 因此液-液 K 值应该是非常小而不是非常大。一个在水相中根本不溶解的可凝析组份必须是油相, 而且它的液-液 K 值必须是 0。

在这个组中必须包括显著地溶于液体的挥发组分, 如甲烷和二氧化碳。

非凝析气体

它们为组份序号 numx+1~numy, 并且仅以气相出现, 物理解释为这些组份挥发性很强, 它们的凝析物以及在液相中的溶解度可以忽略不计, 这些组份不需要液相性质也不需要 K 值。允许这些组份自由地与液相组份的蒸汽混合。

只使用一个非凝析气相组份, 也就是 $\text{numy} = \text{numx} + 1$, 可能会造成数值解法困难,

特别是对于火油过程。如果溶解度很低，尝试 $numy = numx$ (即使组份 $numy$ 的 K 值非常大并且溶解度很小) 或 $numy > numx + 1$ 。

固相或俘获组份

它们为组份序号 $numy+1 \sim ncomp$ ，仅以固相或不可流动相出现，这些组份只需要极少的数据。例如，这样的组份有：

- (a) 裂化反应生成的焦炭燃料。
- (b) 由于非平衡的质量传输而处于吸附或俘获状态的组份。
- (c) 岩石的溶解，如碳酸岩。

组份的缺省分布

对于未输入 K 值表，或 K 值关系式的系数的组份将进行缺省相的划分。缺省分布为：

- (1) 水区组份 (组份序号 $1 \sim numw$) 基于水相，根据内部的蒸汽表汽化，不划分为油相。

对于在正常情况下只有一个水组份，以及多个水组份情况都是期望的划分。这个缺省并不适合非水相组份主要分布在水相的情况，例如聚合物，使用单独的手工输入说明这些组份的 K 值为 0。

- (2) 油组份 (组份序号 $numw+1 \sim numx$) 基于油相，不会汽化，也不会划分到水相内。

这是死油组份的期望分布，如何挥发性都必须明确地通过关系式或表确定。

- (3) 非凝析组份 (组份序号 $numx+1 \sim numy$) 通过定义仅存在于气相。

组份	组份序号	水相	油相	气相	固相
水	1	X		X	
. . .		X		X	
水	numw	X		X	
油	numw+1		X		
. . .			X		
油	numx		X		
非凝析	numx+1			X	
. . .				X	
非凝析	numy			X	

缺省相的分布

例如：

油藏流体包含水，重油，轻油和甲烷组份。表面活性剂只能溶解于水相，并且注入氮气。考虑氮气为非凝析组份，也就是它只存在于气相。

numw = 2	认为水和表面活性剂类似水的组分。
numx = 5	增加三个油类组份(重油，轻油和甲烷)。
numy = 6	增加氮气作为非凝析气体组份。
ncomp = 6	没有固相组分存在。

K 值关系式 *KV1, *KV2, *KV3, *KV4, *KV5

目的：

确定气/液 K 值关系式。

格式：

*KV1	kv1(1) ... kv1(numx)
*KV2	kv2(1) ... kv2(numx)
*KV3	kv3(1) ... kv3(numx)
*KV4	kv4(1) ... kv4(numx)
*KV5	kv5(1) ... kv5(numx)

定义：

kv1

气/液 K 值关系式的第一个系数(kPa | psi)。

kv2

气/液 K 值关系式的第二个系数(1/kPa | 1/psi)。

kv3

气/液 K 值关系式的第三个系数。

kv4

气/液 K 值关系式的第四个系数(C | F)。这个系数具有温度差单位，对于温度 C 和 K 具有相同数值，对于温度 F 和 R 具有相同数值。

kv5

气/液 K 值关系式的第五个系数(C | F)。这个系数具有温度单位，并且对于每种温度刻度都是不同的，在其他资料中引用这个系数时通常使用绝对温度 K 或 R，即使引用的其他温度是 C 或 F。这里引用的这个系数具有与所有其他温度相同的单位，因此可能有必要将它从绝对温度转换为 C 或 F。

缺省：

对于相应的系数，每个不存在关键字表示为 0 值(对每个组份)。

所有这些关键字不出现，表示 K 值为 0，除非使用 K 值表选项代替，其中例外的是水相组份(1~numw)，它的缺省 K 值为内部的水相 K 值。

为了对每个水相组分设置 K 值为 0，对 KV4 输入非零值, 而对其余的 KV1, KV2, KV3 和 KV5 输入 0 值，这将迫使组份使用下面的关系式；如果 $KV1 = KV2 = KV3 = 0$ ，那么对所有的 P 和 T，K 值将等于 0。

说明：

K 值作为 p 和 T 的函数，其关系式为：

$$K = (kv1/p + kv2 * p + kv3) * EXP(kv4/(T - kv5))$$

式中：T 为温度，而 p 为气相压力。这个 K 值表达式考虑了蒸汽压曲线的曲率和压力。

表 2 给出了各个组分的 KV1, KV4, KV5 的值。

关系式的使用将逼使你输入所有可凝析组份的数值，如果想对某个组分使用缺省的分布，那么对那个组份的对应列输入 0。

这个关系式只应用于气-液 K 值，必须通过表格输入确定液-液 K 值。

K 值表 *GASLIQKV, *LIQLIQKV, *KVTABLIM, *KVTABLE, *KVKEYCOMP

目的：

以表的方式指定 K 值，液-液 K 值必须使用这种方法确定。

格式：

```
*GASLIQKV | *LIQLIQKV
*KVTABLIM plow phigh Tlow Thigh
*KVTABLE comp_des
           K_value_table
*KVKEYCOMP key_comp key_phase xlow xhigh (slope int)
*KVTABLE comp_des
           { *KEYCOMP
             K_value_table }
```

定义：

*GASLIQKV

随后的 *KVTABLIM, *KVKEYCOMP 和 *KVTABLE 应用于气-液 K 值，直到 *LIQLIQKV 出现。

*LIQLIQKV

随后的 *KV TABLIM, *KVKEYCOMP 和 *KVTABLE 应用于液-液 K 值, 直到 *GASLIQKV 出现。

p_{low}

K 值表的压力下限(kPa | psi), 这个值必须大于 0。

p_{high}

K 值表的压力上限(kPa | psi), 这个值必须超过 p_{low} 至少 1 kPa。

T_{low}

K 值表的温度下限(C | F)。

T_{high}

K 值表的温度上限(C | F), 这个值必须超过 T_{low} 至少 1 C。

comp_{des}

组分的标识符: ‘组分名’或组分序号。对于未输入表的组分, 除了设定了关系式系数的组份之外, 其余假设 K 值为 0。

K_{value}_{table}

K(T_{low}, p_{low}) . . . K(T_{low}, p_{high})
.
K(T_{high}, p_{low}) . . . K(T_{high}, p_{high})

一个组份表中元素的最多允许个数为 300, 最多允许行数(温度值)为 50, 最多允许列数(压力值)为 30, 表必须至少为两行两列。

所有的气-液表必须有相同的列数和行数。所有的液-液表必须有相同的列数和行数。

key_{comp}

与组成 *KEYCOMP x 对应的关键组分的名称或序号。

key_{phase}

与组成 *KEYCOMP x 对应的相或插值选项, 允许的选项如下:

- ‘W’ 水相摩尔分数
- ‘X’ 油相摩尔分数(也可表示为 ‘O’)
- ‘Y’ 气相摩尔分数(也可表示为 ‘G’)
- ‘Z’ 总的相摩尔分数(也可表示为 ‘GLOBAL’)
- ‘M’ ‘W’, ‘X’ 和 ‘Y’ 中的最大值。
- ‘R_w’ 使用手指法则: 系线参数涉及 $Z(\text{keycomp})/Z(1)$ 的比值
- ‘R_o’ 使用手指法则: 系线参数涉及 $Z(\text{keycomp})/Z(\text{numw}+1)$ 的比值
- ‘RATIO_W’ 与 ‘R_w’ 相同

‘RATIO0’ 与 ‘Ro’ 相同

只有 ‘Z’，‘Rw’ 和 ‘Ro’ 允许与 Z-T 或 Z-H 公式一起使用，见第 9 章数值方法控制中关于公式的说明。

xlow

在依赖于组成的 K 值表内的组成下限。

xhigh

在依赖于组成的 K 值表内的组成上限。

slope

最大系线的斜率，仅用于 Rw 和 Ro。

int

最大系线的截距。

*KEYCOMP 记依赖于组成的 K 值表，后面的表对应着 key-phase 内 key-comp 的某个组成。第一个表对应 Xlow，最后一个对应 Xhigh，中间的表对应 Xlow~Xhigh 的等间距组成。

*GASLIQKV 后面的表是 g/l 的 K 值表，对水组分这是 Y/W，对油组分这是 Y/X。

*LIQLIQKV 后面的表是 l/l 的 K 值表。对水组分这是 X/W，对油组分这是 W/X。

缺省： 如无 g/l 的 K 值表，那么水组分的为缺省 K 值表，其它组分为 $K=0$ 。

如无 l/l 的 K 值表，那么 $K=0$ 。水组分仅在水相内，油组分仅在油相内。

假设模拟器开始用 *GASLIQKV 读数据。如无 Slope 和 int，那么 Slope=1.0，int=0。

条件： 全部水组分的 g/l 的 K 值，用相同的方式给定，即为表或为关系式。

全部油组分的 g/l 的 K 值用相同的方式给定，即为表或为关系式。

水组分用 K 值表，油组分用关系式，这样的组合是不允许的。*GASLIQKV 或

*LIQLIQKV 表示 G/L 或 L/L 的 K 值表。

解释： 对组分 ‘Pseudo 3’ 查表：

P =	20	70	120	170	220		
		T= 70	1.0	2.0	3.0	4.0	3.0
		T=170	2.0	3.0	4.0	3.0	1.0

T=270 3.0 3.0 4.0 5.0 6.0 上表按下输入：

*KV TABLIM 20 220 70 270

*KV TABLE ‘Pseudo 3’

		1.	2.	3.	4.	3.
2.	3.	4.	3.	1.		
3.	3.	4.	5.	6.		

定义组 A 和 B 的关系参数为：

$$R = Z(A) / (Z(B) * slope + int)$$

分子量(要求) *CMM

目的:

设置分子量。

格式:

```
*CMM  cmm(1) ... cmm(numy)
```

定义:

cmm

组分的分子质量 (kg/gmol | lb/lbmol)。如果确定了 *MASSBASIS，则单位是为 (mass/mole)。

缺省:

如果对水组分 k 输入 $cmm(k) = 0$ ，那么将得到水的缺省值 0.01802kg/gmole (18.02 lb/lbmole)。

说明:

既然许多流体的性质都是以每个摩尔为基础进行定义的，那么 cmm 就十分重要。例如，确定每个相静水压头的液体密度将直接依赖于质量密度，也就是摩尔密度乘以质量除以摩尔的结果。

某些普通纯物质的分子量为:

水	0.01802 kg/gmole (18.02 lb/lbmole)
氮	0.02801 kg/gmole (28.01 lb/lbmole)
氧	0.03199 kg/gmole (31.99 lb/lbmole)

通常一个烃类组分实际上是一个拟组份，代表一组碳数在一定范围内的纯组分。例如：重油拟组份可能是 C15~C30 范围内的组份，这是蒸馏实验的结果。这部分馏分的质量密度可以直接测量，但分子量是用数学模型估计或假定的。cmm 的值本身并不重要，然而重要的是在模拟软件内使用质量密度等于测量质量密度。

表 3 给出了各种物质的分子量。

临界性质(要求) *PCRIT, *TCRIT, *IDELGAS

目的:

设置临界压力和临界温度。

格式:

```
*PCRIT  pcrit(1) ... pcrit(numy)
*TCRIT  tcrit(1) ... tcrit(numy)
*IDELGAS
```

定义:

pcrit

组分的临界压力(kPa | psi | kPa)。各组分的推荐值在表 5 内, 对于非挥发性的组分输入 0 值。

tcrit

组分的临界温度(C | F | C)。各组分的推荐值在表 5 内, 对于非挥发性组分输入 0 值。

*IDEALGAS

确定使用理想气体定律, 即压缩因子 Z 为 1.0。这种选项将节省一些 CPU 时间, 但结果可能很不精确。

缺省:

如果对水组分输入 $pcrit(1) = 0$, 那么将得到水的缺省值 22048 kPa (3198 psi)。

如果对水组分输入 $tcrit(1) = 0$, 那么将得到水的缺省值 374.15 C (705.47 F)。

如果 *PCRIT 不存在, 那么将使用理想气体定律计算气相密度。

条件:

如果 *PCRIT 与 *IDEALGAS 同时出现, 那么后者覆盖前者。

*TCRIT 是要求关键字。

说明:

临界温度 $TCR(I)$ 用于两种性质的计算中:

(a) 气体密度压缩因子 Z (见下面)

(b) 蒸发焓, 见本章中关于“蒸发焓的计算”。

气相密度压缩因子计算如下:

(1) 假设相互作用系数为 0, 由气相的组成及 Redlich-Kwong 混和规则计算气相临界压力和临界温度。

$$T_c = (A_{mix} * A_{mix} / B_{mix})^{**}(2/3)$$

$$P_c = T_c / B_{mix}$$

式中:

$A_{mix} = Y(I)$ 加权的 $(TCR(I)**2.5/PCR(I))$ 平方根之和

$B_{mix} = Y(I)$ 加权的 $TCR(I) / PCR(I)$ 之和

$Y(I)$ 为气相组分 i 的摩尔分数。

- (2) 假设相互作用系数为 0，用 Redlich-Kwong 状态方程计算 Z 因子，Z 是下面方程的最大根：

$$Z^3 - Z^2 + (A - B^2 - B) * Z - A * B = 0$$

式中：

$$A = 0.427480 * Pr / (Tr^{2.5})$$

$$B = 0.086640 * Pr / Tr$$

Pr = P/Pc 为对比压力。

Tr = T/Tc 为对比温度。

参考条件 *PRSR, *TEMR, *PSURF, *TSURF, *SURFLASH, *K SURF, *KL SURF

目的：

对流体性质和地面条件确定参考条件。

格式：

```
*SOLDEN cncco
*PRSR prsr
*TEMR temr
*PSURF psurf
*TSURF tsurf
*XNACL xnacl
*SURFLASH ( phase_list | *KVALUE | *THERMAL )
```

定义：

cncco

每个纯固相组分的摩尔密度(gmol/m³ | lbmol/ft³ | gmol/cm³)。这个量考虑了由于固相组分在孔隙空间的存在而引起的孔隙度变化。

prsr

对应于通过 *MOLDEN, *MASSDEN 或 *MOLVOL 输入密度的参考压力(kPa | psi)。

temr

依赖于温度的性质和热性质所使用的参考温度(C | F)。

psurf

对应于地面条件的压力，用于报告输出闪蒸计算到地面之后，在标准密度下的井产量与累积量(kPa | psi)。

tsurf

对应于地面条件的温度，用于报告输出闪蒸计算到地面之后，在标准密度下的井产量

与累积量(C | F)。

xnacl

盐水浓度(盐的质量分数)，允许范围是 0~0.6。

phase_list

对于 NUMY 流体组份中每个组份的油，气，水相标识符列表，这个选项使得每个组份完全划分为指定相，用于输出生产报告。

*KVALUE

按照条件 PSURF, TSURF 计算 K 值，根据这个 K 值将组分划分到各相内。按此可以将组份报告为两相的产量，例如溶解气处于油相和气相，计算条件为等温闪蒸。

*THERMAL

与 *KVALUE 得到的结果相同，但是使用热力闪蒸计算。这是 STARS 4.0.2 以及它之前版本的缺省条件。

缺省：

如果 *SOLDEN 不存在，则 $cncco = 48000 \text{ gmole/m}^3$ 。

如果 *PRSR 不存在，则 $prsr = 100 \text{ kPa}$ 。

如果 *TEMR 不存在，则 $temr = 25 \text{ C}$ 。

如果 *PSURF 不存在，则 $psurf = 101 \text{ kPa} = 14.65 \text{ psi}$ 。

如果 *TSURF 不存在，则 $tsurf = 290 \text{ K} = 62 \text{ F}$ 。

如果 *XNACL 不存在，则 $xnacl = 0$ 。

如果 *SURFLASH 不存在，则按照下面的相标识划分组分，见 *MODEL 关键字的说明。这里的 $ksurf$ 为在 $psurf$, $tsurf$ 条件下的气-液 K 值。

水组分 如果 $ksurfi < 1.0$ 那么为 W，否则为 G。

油组分 如果 $ksurfi < 1.0$ 那么为 O，否则为 G。

非凝析气 G

例如，黑油类型的组分设置缺省为：

对水组为 W，因为 $ksurf1 = 0.001$ 。

对油组为 O，因为 $ksurf2 = 0.0$ (死油)。

溶解气为 G，因为 $ksurf3 = 50$ 。

条件：

在 *SURFLASH 之后必须跟随相标识表，*KVALUE 或 *THERMAL。

说明：

固体密度的例子

焦炭燃料的密度为 65 lb/ft³ 并假设分子量为 13, 根据 H/C 比为 1。因此, $cncco = (65 \text{ lb/ft}^3) / (13 \text{ lb/lbmole}) = 5 \text{ lb mole/ft}^3$ (孔隙)。设一个网格的焦炭浓度 $sldcon = 0.513 \text{ lbmole/ft}^3$ (孔隙), 非燃料的孔隙 $PORI = 0.30$ 。因此流体的孔隙度为 $PORI * (1 - SLDCON/CNCCO) = 0.269$, 沉淀的燃料为: $SLDCON * (13 \text{ lb/lbmole}) * (0.30 \text{ pore ft}^3/\text{res ft}^3) = 2.00 \text{ lb/res ft}^3$ 。

TEMR 与以下输入数据联用:

- (1) 液体密度数据 (*MOLDEN, *MASSDEN 或 *MOLVOL)。
- (2) 液相和气相的焓数据 (*CPL1, *CPG1 等)。
- (3) 地层的热容量 (*ROCKCP)。
- (4) 反应焓数据 (*RENTH), 大部分反应焓的数据参考于 25 C, 因此这是燃烧模拟的推荐缺省值。
- (5) 井筒热损失选项, TEMR 是进入蒸气锅炉的水温。

只有使用了内部水粘度选项时, 才使用 *XNACL。 $xnac1 = 0.25$ 表示盐的重量百分比浓度为 25%。对应于盐水的粘度关系式由 SPE 文献导出: "Pressure Buildup and Flow Tests in Wells" by C.S. Matthews and D.G. Russell (1967), 见图 9。

流体的焓

***CPL1, *CPL2, *CPL3, *CPL4, *CPG1, *CPG2, *CPG3, *CPG4, *HVR, *EV, *HVAPR**

目的:

覆盖流体热容量的缺省值。

格式:

```
*CPG1  cpg1(1) ... cpg1(numy)
*CPG2  cpg2(1) ... cpg2(numy)
*CPG3  cpg3(1) ... cpg3(numy)
*CPG4  cpg4(1) ... cpg4(numy)
*CPL1  cpl1(1) ... cpl1(numy)
*CPL2  cpl2(1) ... cpl2(numy)
*CPL3  cpl3(1) ... cpl3(numy)
*CPL4  cpl4(1) ... cpl4(numy)
*HVR   hvr(1)   ... hvr(numx)
*EV    ev(1)    ... ev(numx)
*HVAPR hvapr(1) ... hvapr(numx)
```

定义:

cpg1

气相热容量关系式的第 1 个系数 (J/gmol-C | Btu/lbmol-F)。

cpg2

气相热容量关系式的第 2 个系数(J/gmol-C**2 | Btu/lbmol-F**2)。

cp_{g3}

气相热容量关系式的第 3 个系数(J/gmol-C**3 | Btu/lbmol-F**3)。

cp_{g4}

气相热容量关系式的第 4 个系数(J/gmol-C**4 | Btu/lbmol-F**4)。

cp_{l1}

液相热容量关系式的第 1 个系数(J/gmol-C | Btu/lbmol-F)。

cp_{l2}

液相热容量关系式的第 2 个系数(J/gmol-C**2 | Btu/lbmol-F**2)。

cp_{l3}

液相热容量关系式的第 3 个系数(J/gmol-C**3 | Btu/lbmol-F**3)。

cp_{l4}

液相热容量关系式的第 4 个系数(J/gmol-C**4 | Btu/lbmol-F**4)。

h_{vr}

蒸发焓关系式的第 1 个系数(J/gmol-C**ev | Btu/lbmol-F**ev)。

ev

蒸发焓关系式的第 2 个系数。

h_{vap_r}

在 *TEMR 给定的参考温度下的蒸发焓(J/gmol-C | Btu/lbmol-F)。

缺省:

如果这些关键字不存在, 那么流体热容量为:

(a) 水组分使用内部表。

(b) 液相油组分为 0.5 Btu/lb.F。

(c) 对于(a)中不包括的气相组份为 0.25 Btu/lb • F。

这些缺省值通常都是很适当的, 建议使用缺省值, 除非你有确定的可使用。

缺省值是基于每个组份的, 所以, 如果你想要覆盖一个特定组份的缺省值, 则对每个定义热焓关键字有数据的组份位置输入 0 即可, 这样做是必要的, 因为热焓关键字要求对每个组份输入一个数值。例如, 在 5 个组份中只对组份 3 覆盖液体热容量缺省值, 输入如下:

*CPL1 0 0 30.5 0 0

这样组份 1, 2, 4, 5 对所有热焓数据以 0 结束, 表示使用上面的缺省值。

如果数值 *EV 不出现, 那么 $ev = 0.38$ 。

说明:

焓的基本选项

使用以上的关键字, 可以对每个可凝析组分定义以下作为温度函数的三个量:

(a) 液相热容量 CPL(T)

(b) 气相热容量 CPG(T)

(c) 蒸发焓 HVAP(T)

然而这三个量中只有两个是独立的, 因为它们的关系是通过下式定义的:

$$HVAP(T) = HG(T) - HL(T)$$

式中: HL(T) 是液相组分的焓, 定义为 $CPL(T) = d(HL(T))/dT$; HG(T) 是气相组分的焓, 定义为 $CPG(T) = d(HG(T))/dT$ 。

三个焓的基准选项都可以使用, 允许用户选择上述三个量中的两个作为数据输入, 通过选择关键字确定选项。

(1) 液相的热容量

输入液相热容量与蒸发焓的系数 *CPL1 至 *CPL4, *HVR 和 *EV。焓的基准为是液相在 $T = TEMR$ 时的焓, 在这个关系式中, T 必须对应于绝对温度(也就是 K 或 R), 如果其他来源的系数不是对应于绝对温度(也就是 C 或 F), 那么必须对这些系数进行转换。

可凝析组分:

$$\begin{aligned} CPL(T) &= cpl1 + cpl2 * T + cpl3 * T**2 + cpl4 * T**3 \\ HVAP(T) &= hvr * (Tcrit-T)**ev \end{aligned}$$

组分的液相焓 HL(T) 为 CPL(T) 从 TEMR 到 T 的积分。组份的蒸发焓为:

$$HG(T) = HL(T) + HVAP(T)$$

非凝析组分：

$$CPL(T) = cpl1 + cpl2 * T + cpl3 * T**2 + cpl4 * T**3$$

组分的蒸发焓 $HG(T)$ 为 $CPG(T)$ 从 $TEMR$ 到 T 的积分，这些系数对应的 T 为绝对温度。

(2) 蒸汽热容量

输入蒸汽热容量与蒸发焓的系数 $*CPG1$ 至 $*CPG4$ 以及 $*HVR$ 。焓的基准为 $T = TEMR$ 时的气相焓。在这个关系式中， T 必须对应于绝对温度(也就是 K 或 R)，如果其他来源的系数不是对应于绝对温度(也就是 C 或 F)，那么必须对这些系数进行转换。

可凝析组分：

$$CPG(T) = cpg1 + cpg2 * T + cpg3 * T**2 + cpg4 * T**3$$
$$HVAP(T) = hvr * (Tcrit - T)**ev$$

组分的蒸发焓 $HG(T)$ 为 $CPG(T)$ 从 $TEMR$ 到 T 的积分，组分的液相焓为：

$$HL(G) = HG(T) - HVAP(T)$$

非凝析组分：与(1)的内容相同。

(3) 液相和蒸汽的热容量

输入液相和蒸汽的热容量系数 $*CPL1$ 至 $*CPL4$ ， $*CPG1$ 至 $*CPG4$ 和 $*HVAPR$ 。焓的基准为 $T = TEMR$ 时的液相焓。在这个关系式中， T 必须对应于绝对温度(也就是 K 或 R)，如果其他来源的系数不是对应于绝对温度(也就是 C 或 F)，那么必须对这些系数进行转换。

可冷凝组分：

$$CPG(T) = cpg1 + cpg2 * T + cpg3 * T**2 + cpg4 * T**3$$
$$CPL(T) = cpl1 + cpl2 * T + cpl3 * T**2 + cpl4 * T**3$$

$hvapr$ 是用于 $HG(T)$ 的积分常数，它是在 $T = TEMR$ 时的蒸发焓。

组分液相的焓 $HL(T)$ 为 $CPL(T)$ 从 $TEMR$ 到 T 的积分。组份 I 的蒸发焓为 $HVR(I)$ 加上 $CPG(T)$ 从 $TEMR$ 到 T 的积分。

非凝析组分

$$CPG(T) = cpg1 + cpg2 * T + cpg3 * T**2 + cpg4 * T**3$$

组分的蒸发焓 $HG(T)$ 为 $CPG(T)$ 从 $TEMPR$ 到 T 的积分，这些系数对应的 T 为绝对温度。

蒸发焓的计算

组分的蒸发焓 $HVAP(T)$ 可以使用 Watson 关系式，作为温度的函数进行模拟：

$$HVAP(T) = HVAP(T_b) * \left((T_c - T) / (T_c - T_b) \right)^{ev}$$

式中： T_c 为组分的临界温度， T_b 为组分的正常沸点温度， $HVAP(T_b)$ 是组分在 T_b 处的蒸发焓， ev 是一个常数，取值 0.375~0.380。 $HVAP(T)$ 的常数部分为：

$$HVR = HVAP(T_b) / (T_c - T_b)^{ev}$$

HVR 的建议值包括在表 8 内。

如果 T_b 、 T_c 和临界压力 P_c 已知，可使用 Reidal 关系式计算 $HVAP(T_b)$ ：

$$HVAP(T_b) = 1.093 * R * T_c * ((T_b/T_c) * (\ln(P_c) - 1) / (0.93 - T_b/T_c))$$

式中： T_b 、 T_c 的单位为 K， P_c 为 atm， R 为气体常数，等于 1.987 cal/gm mole-K，而 $HVAL(T_b)$ 为 cal/gm mole， $HVAP(T_b)$ 必须进行转换以改正用户的输入单位。

各相的焓

水，油，气和固相的焓与内能计算如下：

水相：

$ENTHW(T)$ = 水相摩尔分数加权的，组份 I 的 $HL(T)$ 之和， I 从 1 到 $NUMX$ 。

$UINW(T) = ENTHW(T) - P_w/DENW$

式中： $P_w = P - PRSCW$ ，而 $DENW$ 为水相摩尔密度。

油相：

$ENTHO(T)$ = 油相摩尔分数加权的，组份 I 的 $HL(T)$ 之和， I 从 1 到 $NUMX$ 。

$UINO(T) = ENTHO(T) - P/DENO$

式中： $DENO$ 为油相的摩尔密度。

气相：

$ENTHG(T)$ = 气相摩尔分数加权的，组份 I 的 $HG(T)$ 之和， I 从 1 到 $NUMY$ 。

$UING(T) = ENTHG(T) - P_g/DENG$

式中： $P_g = P + PRSCG$ ，而 $DENG$ 为气相摩尔密度。

固相的属性 (要求) SOLID_DEN, *SOLID_CP

目的：

固相/吸附/圈闭相中组份的属性。

格式:

```
*SOLID_DEN    'name'    density  cp  ct
*SOLID_CP      'name'    cps1    cps2
```

定义:

'name'

单引号内的组份名, 通过*MODEL 和 *COMPNAME 进行定义。

density

参考压力 PRSR 和温度 TEMR 下的质量密度 k_0 (kg/m³ | lb/ft³ | gm/cm³)。

cp

常温下的压缩系数 (1/kPa | 1/psi)。

ct

常温下的热膨胀系数 (1/C | 1/F)。

cps1

固相热能相关性的第一系数 (/gmol-C | Btu/lbmol-F)。

cps2

固相热能相关性的第二系数 (J/gmol-C**2 | Btu/lbmol-F**2)。

缺省:

对每一种吸附/圈闭可沉降组份, 如果没有*SOLID_DEN, 则 k_0 , cp 和 ct 可从*MASSDEN (或者相等), *CP 和 *CT1 得到值, 作为组份的液态参考相。如果没有*SOLID_CP, 那么 cps1 和 cps2 可从*CPL1 和 *CPL2 得到, 当流体焓的参考相是液相; 否则缺省值等于固相组份。

对每一种吸附/圈闭不可沉降组份, 需要*SOLID_DEN。如果没有*SOLID_CP, 那么 cps1 = 17J/gmole-C (4.06 Btu/lbmole-F), 并且 cps2 = 0。

说明:

压力 p 下和温度 T 下固相组份 k 的密度是

$$\rho_{sk}(p, T) = \rho_{k0} \cdot \exp [cp \cdot (p - PRSR) - ct \cdot (T - TEMR)]$$

固相总体积是固相中所有 k 组份的 $C_{ck} / \rho_{sk}(p, T)$ 之和, 此时 C_{ck} 是孔隙空间 k 组份的固相浓度。

当使用热能模型时 (参阅缺省), 热能是 $C_p(T) = cps1 + (cps2 \cdot T)$ 。

此处, T 是绝对温度 (K 或 R)。如果引用非绝对温度 T 的 cps2, 那么 cps2 必须被修正。

流体属性计算

孔隙空间有固相, 吸附或者圈闭物质引起的孔隙度和固相组份密度的变化。

如果一网格有无效孔隙 $\varphi_v = 0.3$, 且燃料浓度为 1.8 lb/reservoir ft³, 即 $C_c = 6.0$ lb/pore ft³。假设炭燃料有纯密度为 $\rho_c = 60$ lb/ft³。因此, C_c 下的流体孔隙度

$\varphi_f = \varphi_v [1 - C_c / \rho_c] = 0.27$, 但会随着 C_c 变化。对每一种组份来说, C_c / c 代表着无效孔隙的比例,

这些比例之和必须等于 φ_f 。

过期的关键词*SOLDEN 和*ADSDEN 的转换

把过期的关键词*SOLDEN 和*ADSDEN 的摩尔密度转换为*SOLID_DEN 的质量密度 k_0 for *SOLID_DEN, 乘以组份的摩尔质量。*SOLDEN and *ADSDEN 的缺省值是 48000 gmole/m³ (2.997 lbmole/ft³)。

液相的标识 *LIQPHASE, *WATPHASE, *OILPHASE

目的:

确定液相, 并且使用以后的液相数据对这个液相赋值。

格式:

*LIQPHASE

*WATPHASE

*OILPHASE

定义:

***LIQPHASE**

使用下面的液相数据对水相和油相赋值, 这是缺省情况, 只有在必要时才进行覆盖。

***WATPHASE**

使用下面的液相数据只对水相赋值, 当某个组分同时出现在两个液相内, 而它的组份性质在两相中并不相同, 则使用此关键字。

***OILPHASE**

使用下面的液相数据只对油相赋值, 当某个组分同时出现在两个液相内, 而它的组份性质在两相中并不相同, 则使用此关键字。

缺省:

使用假设 *LIQPHASE 开始读入数据。

说明:

这个选项只用于液体的密度和粘度。

只有在一个组分对每个液相性质的影响依赖于这个相时, 才想要使用 *WATPHASE 和 *OILPHASE。

组分的理想混合意味着: 一个组分对某个相的影响只依赖于这个纯组分的对应性质和此相中这个组份的摩尔分数。例如, 对于 *LIQPHASE 的情况, 用户可以假设 CO₂ 在水相中具有在油相中相同的密度, 其差别仅在于 CO₂ 在水相和油相中的摩尔分数不同。

对于其它选项的一个例子: 可以假设一个组分溶于水相, 但在油相中形成乳状液, 这个组分对油相的影响完全与对水相的影响不同。

液体密度(要求) *MOLDEN, *MASSDEN, *MOLVOL, *CP, *CT1, *CT2, *GASSYLIQ

目的:

设置组份的液相密度。

格式:

```
*MOLDEN      den(1) ... den(numx)
*MASSDEN      denm(1) ... denm(numx)
*MOLVOL       vol(1) ... vol(numx)
*CP           cp(1) ... cp(numx)
*CT1          ct1(1) ... ct1(numx)
*CT2          ct2(1) ... ct2(numx)
*GASSYLIQ     comp_des
```

定义:

den

在参考压力 PRSR 和参考温度 TEMR 下的分摩尔密度(分摩尔体积的倒数)(gmol/m3 | lbmol/ft3 | gmol/cm3)。

denm

在参考压力 PRSR 和 参考温度 TEMR 下的质量密度(kg/m3 | lb/ft3 | kg/cm3)，也就是分摩尔密度乘以分子量。

vol

在参考压力 PRSR 和 参考温度 TEMR 下的分摩尔体积(m3/gmol | ft3/lbmol | cm3/gmol)。

cp

液体的压缩系数(1/kPa | 1/psi)。这个值必须足够小，使得压力影响因子 (1 - cp*(p-prsr)) 能够大于 0 (p 为油藏压力，而 prsr 来自 *PRSR 关键字)。

ct1

热膨胀关系式的第一个系数(1/C | 1/F)。

ct2

热膨胀关系式的第二个系数(1/C**2 | 1/F**2)。

*GASSYLIQ

表示组分 comp_des 的液相密度使用类似气的压缩系数计算，而不使用通过 *CP 输入的数据，见下面说明中的“含气液体”。

这个关键字可用于多个组份。

如果关键字 *CP 存在，则必须跟随 numx 个数据，但是在内部将不使用对于这个组份的 cp 数值。

comp_des

一个液相组份的组分标识符(通过 *MODEL 和 *COMPNAME 关键字定义的组份序号或使用单引号的组份名)。如果使用了这个数字，则它的值必须是 1~numx。

缺省:

如果 *CP 不存在, 则意味着所有的 $cp(k) = 0$ 。

如果 *CT1 不存在, 则意味着所有的 $ct1(k) = 0$ 。

如果 *CT2 不存在, 则意味着所有的 $ct2(k) = 0$ 。

对每一个 $k \leq \text{numw}$ 的水相组分有一个附加的缺省: 如果所有的 $den(k)$ (或 $vol(k)$), $cp(k)$, $ct1(k)$ 和 $ct2(k)$ 为 0, 那么将使用内部值为组分 k 设置水的液相密度:

- $den(k) = 55486.2 \text{ gmole/m}^3$, 对应于 999.86 kg/m^3 , 当 cmm 为 0.01802 kg/gmol 时,
- $cp(k) = 5.8e-7 \text{ 1/kPa}$ ($4e-6 \text{ 1/psi}$),
- $ct1(k) = -1.9095e-3 \text{ 1/K}$
- $ct2(k) = 7.296e-6 \text{ 1/K**2}$

每一个水相组分的缺省是独立的。

如果 *GASSYLIQ 不出现, 则意味着没有组分使用类似气的压缩系数选项。

条件:

必须使用 *MOLDEN, *MASSDEN, *MOLVOL 其中之一。

这些数据对哪个相赋值取决于强制使用了 *LIQPHASE, *WATPHASE 和 *OILPHASE 关键字中的哪一个。

说明:

热膨胀系数的关系式为:

$$K(T) = \text{CMPFW2} + \text{CMPFW3} * T$$

式中: T 为绝对温度, 当计算密度时它是从 $TEMR$ 到 T 的定积分。使用 $ct1$, $ct2$ 的缺省值时, 参考条件下的热膨胀系数为 $K(TEMR) = 2.657E-4 \text{ 1/K}$ 。

在压力 P 和温度 T 条件下, 水相的分摩尔体积由下式给出:

$$V_w = (1 - cp*(p-prsr)) * (1 + ct1*(T-TEMR) + ct2*(T * T - TEMR*TEMR)/2) / den$$

水相摩尔体积 V_{aq} 由 $V_w(K)*W(K)$ 之和给出, $K=1$ 到 $NUMX$, 这里的 $W(K)$ 是组分 K 在水相中的摩尔分数, 水相的摩尔密度为 $1/V_{aq}$ 。

在压力 P 和温度 T 条件下, 油相的分摩尔体积由下式给出:

$$V_o = (1 - cp*(p-prsr)) * (1 + ct1*(T-TEMR) + ct2*(T * T - TEMR*TEMR)/2) / den$$

油相的摩尔体积 V_{oil} 由 $V_o(K)*X(K)$ 之和给出, $K=1$ 到 $NUMX$, 这里的 $X(K)$ 是组份 K 在油相中的摩尔分数, 油相摩尔密度为 $1/V_{oil}$:

溶解气

类似甲烷这种气相组份溶解于液相油中的情况也可以使用分摩尔体积概念。通常油藏工程师不注意组份名和相名称的区别而造成许多误解, 在使用 STARS 这样的组份模型时, 必须小心地注意研究的组份, 流体以及相(例如, 处于气相的溶解气组份和处于油相的溶解气组份)。

分摩尔密度(通过 *MOLDEN 或 *MASSDEN 关键字输入)与另外两个通常使用的气相密度有着明确的区别, 而另外两个密度, 即体积密度和气相密度的含义也有很大的不同。体积密度为气体的质量除以总的油相体积, 而 *MASSDEN 为气体的质量除以气相组份以液相(溶解)形式存在的体积, 气相密度为气体质量除以它的气相形式体积。通常 *MASSDEN 数值对应于比重范围 0.3 到 0.7, 类似于一种较轻的液体。通常体积密度具有一个更小的值, 而气相密度非常小。使用正确的 *MASSDEN 数值可以保证在使用混合规则之后含气原油的密度具有正确的数值。

含气液相

当含气原油的压力降至泡点压力以下时, 经常溶解气会从油中非常缓慢地脱出, 应该直接对开采过程中的这种不平衡阶段进行模拟。在这种泡沫油情况下, 气泡与油一起流动, 且使油相的压缩系数异常的高。这些气泡可以视为分散在油相内的组分, 关键字 *GASSYLIQ 允许这个组分对液相使用一个气相式的压缩系数。

在使用这个关键字时, 重要的是使用适当的对应于参考压力的组份分摩尔密度。所以当 *PRSR 很高时, 使用一个近似于液相的密度是适当的; 而当 *PRSR 处于地表压力或接近于地表压力时, 应使用一个类似于气相的分摩尔密度。

通常 *GASSYLIQ 关键字可以同非平衡的质量传输表达式(通过化学反应模型)一起使用, 这个表达式可以量化地给出这种类似气扩散的液相组份的气泡产生的速度, 以及聚合(合并)的速度。

液体密度的非线性混合 *DNMIXCOMP, *DNMIXENDP, *DNMIXFUNC

目的:

对液相密度确定非线性混合规则。

格式:

```
*DNMIXCOMP comp_des
*DNMIXENDP xlow xhigh
*DNMIXFUNC f(1) ... f(11)
```

定义:

comp_des

在密度的非线性混合中, 关键组分的名称或编号。

xlow

对应于第一个表格元素的横坐标。允许的范围是 0~xhigh。

xhigh

对应于最后一个表格元素的横坐标, 允许的范围是 xlow~1.0。

f(i)

表格元素定义了非线性混合规则函数, 这个函数应该是单调递增的, 并且应该是平滑的以减小计算收敛困难。

缺省:

如果 *DNMIXCOMP 不存在, 则假设对所有组份进行线性混合。

如果 *DNMIXENDP 不存在, 则假设 xlow = 0 而 xhigh = 1。

如果 *DNMIXFUNC 不存在, 则表格输入 f(i) 等于 (i - 1)/10, i = 1 到 11, 对应于 0 到 1 之间的线性间隔。

条件:

这些数据对哪个相赋值取决于强制使用了 *LIQPHASE, *WATPHASE 和 *OILPHASE 关键字中的哪一个。

可以对每个水相和油相中的多个组份确定一个非线性函数。在每个液相中必须至少有一个组份不是关键组份, 因为算法涉及到对非关键组份权因子的调整。

关键字 *DNMIXENDP 和 *DNMIXFUNC 应用于通过 *DNMIXCOMP 定义的最后一个关键组份, 对于每个液相中的一个关键组份只能确定一次。

说明:

密度非线性混合

对于液相密度的线性混合实际上对于摩尔体积是线性的:

$$V = V(i) * X(i) \text{ 之和}$$

式中:

V 相的摩尔体积(相摩尔密度的倒数)。

V(i) 组份 i 在此相中的分摩尔体积。

X(i) 组份 i 在此相中的摩尔分数。

非线性混合选项使用一个更加普通的权因子向量代替摩尔分数。当权因子等于摩尔分数时，将得到线性混合结果。关键字 *DNMIXENDP 与 *DNMIXFUNC 定义一个函数，以确定权因子是如何从线性方式改变的。

更确切地说，这个函数 $f(x)$ 是对应于线性因子(摩尔分数 x)的权因子 f 。例如，考虑一种中质油具有分摩尔体积 100 cc/mole，可溶于这种油的二氧化碳具有分摩尔体积 200 cc/mole，如果在混合物中的二氧化碳摩尔分数为 $x = 0.3$ ，那么线性混合规则给出的混合物摩尔体积为：

$$\begin{aligned} V &= (1-x) * 100 \text{ cc/mole} + x * 200 \text{ cc/mole} \\ &= 130 \text{ cc/mole} \end{aligned}$$

假设使用状态方程估算的在相同条件下的油相摩尔体积为 137 cc/mole，反映了特定的体积混合非线性程度，如果 f 是在这种条件下对于关键组份二氧化碳的非线性权因子，那么：

$$(1-f) * 100 \text{ cc/mole} + f * 200 \text{ cc/mole} = 137 \text{ cc/mole}$$

给出 $f = 0.37$ 。既然这个点对应于摩尔分数 0.3，那么非线性函数在此点具有 $f(0.3) = 0.37$ ，对于关键组份二氧化碳的其他摩尔分数给出相应的函数值，以获得从 $f(0.0)$ 到 $f(1.0)$ 的 11 个点的数值，使用 *DNMIXFUNC 输入这 11 个函数点，关键字 *DNMIXENDP 允许你规定对应于这 11 个函数点的摩尔分数范围。对于这 11 个点 $f(i)$ ， $i = 1$ 到 11，以及 x_{low} 和 x_{high} (所有的插值都是线性的)的 $f(x)$ 确切定义为：

$$x(i) = x_{low} + (i-1)*(x_{high}-x_{low})/10, \quad i = 1 \text{ 到 } 11$$

这样， $x_{low} = x(1)$ 而 $x_{high} = x(11)$ ；

$0 < x < x_{low}$: 在 $f(0) = 0$ 和 $f(x_{low}) = f(1)$ 之间插值
 $x(i) \leq x < x(i+1)$: 在 $f(i)$ 和 $f(i+1)$ 之间插值
 $x_{high} < x < 1$: 在 $f(x_{high}) = f(11)$ 和 $f(1) = 1$ 之间插值

如上所述，除了在权因子和相摩尔体积已知的情况，使用非线性混合选项进行密度计算(使用在摩尔分数 $x = 0.3$ 时用于得到权因子函数 f 的公式)。既然权因子是用于所有组份的，那么它的和必须是 1，对于非关键组份则使用因子乘以 R ：

$$\begin{aligned} w_{old} &= \text{关键组份摩尔分数之和} \\ w_{new} &= \text{关键组份非线性权因子之和} \\ R &= (1 - w_{new}) / (1 - w_{old}) \end{aligned}$$

如果 w_{new} 或 w_{old} 是 1 或大于 1(没有非关键组份存在)，那么关键组份的权因子将规格化为和等于 1。

非线性混合数据应该只对真正的关键组份输入，在上面只有两个组份的例子中，对另一个组份通过镜像作用输入非线性混合数据也可以获得相同的结果，然而，将二氧化碳设置为关键组份使得，在存在多个油相组份以及多个关键组份时可清楚地显示发生

的情况，例如，对中质油进行了劈分，非线性数据不变，二氧化碳为关键组份：

例： 两个关键组份： 'CO2' 和 'Naphtha'

```
*DNMIXCOMP 'CO2' *DNMIXENDP 0 0.2
*DNMIXFUNC
** 0.000 0.020 0.040 0.060 0.080 0.100 0.120 0.140 0.160 0.180 0.200
    0.000 0.025 0.048 0.069 0.091 0.112 0.129 0.145 0.163 0.181 0.200

*DNMIXCOMP 'Naphtha' *DNMIXENDP 0 0.05
*DNMIXFUNC
** 0.000 0.005 0.010 0.015 0.020 0.025 0.030 0.035 0.040 0.045 0.050
    0.000 0.014 0.018 0.022 0.026 0.030 0.034 0.033 0.042 0.046 0.050
```

粘度类型(可选择) *VISCTYPE, *VSTYPE

目的：

定义并对多个粘度性质类型赋值。

格式：

```
*VISCTYPE key (COPY old_key)
```

数组：

```
*VSTYPE
```

定义：

key

粘度性质类型编号，允许的范围是 1~50。对这个编号输入粘度性质，直到遇到另一个 VISCTYPE 为止。

COPY old_key

使用对应于 old_key 的性质数值初始化 key 对应的性质。如果两个粘度类型的大部分性质相同而只有少数性质不同时就可以用 COPY。

*VSTYPE

对每个网格输入一个粘度类型编号，允许值是 1 和已经定义的编号值。

缺省：

缺省的粘度类型编号值为 1，只是定义多个粘度类型时才需要 *VISCTYPE。

每个网格的缺省编号设置为 1。仅当对网格指定多个粘度类型编号时才需要使用 *VSTYPE。

除非你具有多个粘度类型，否则你不需要 *VISCTYPE 或 *VSTYPE。

注意：在井和循环数据段中的任何 *TIME 时刻可以改变粘度类型。注入和采出使用不同的粘度类型就可以模拟滞后的影响。

气相粘度 ***AVG, *BVG, *GVISCOR**

目的：

使用依赖于组成并可能依赖于压力的气相粘度，覆盖内部的气相粘度。

格式：

```
*AVG  avg(1) ... avg(numy)
*BVG  bvg(1) ... bvg(numy)
*GVISCOR
```

定义：

avg

气相中依赖于温度的组分粘度关系式的第 1 个系数 ($\text{cp/K}^{**}\text{bvg}$ | $\text{cp/R}^{**}\text{bvg}$)。它必须是正的，对组分 1 允许为 0 (见缺省)。

bvg

气相中依赖于温度的组分粘度关系式的第 2 个系数。它必须是正的，对组分 1 允许为 0 (见缺省)。

*GVISCOR

考虑在高气相密度时对气相粘度进行校正。

缺省：

如果所有三个关键字均不出现，则使用内部关系式：

$$\text{气相粘度} = 1.0\text{e-}13 * (1.574 + 0.0044 * T)$$

其中 T 的单位是 C，气相粘度为 kPa-day。

如果 *AVG 和 *BVG 存在，但输入的数为 0，那么对于组分 1 则假设 $\text{avg} = 2.3518\text{E-}5$ ， $\text{bvg} = 1.075$ ，随温度变化的结果为：

T(C) :	10	100	500
VISG(1) (cp) :	0.01017	0.01368	0.02994

条件：

为了能够使用依赖于组成的选项，*AVG 与 *BVG 必须出现。

为了使用高密度校正选项，*AVG, *BVG 和 *PCRIT 必须出现，因为计算使用临界压力。

说明：

内部缺省的方法最快，而且精度也相当高。仅当必要时才覆盖这个缺省方法，因为依赖于组成的选项费时而又不能显著地增加精度。另外，气相粘度的变化对采收率影响不大。

气相中的组分粘度 visg(i) 使用下式由绝对温度 T 计算:

$$\text{visg}(i) = \text{avg}(i) * (T ** \text{bvg}(i))$$

气相的粘度为:

$$\frac{\sum_{i=1}^{\text{numy}} \text{visg}(i) * y(i) * \sqrt{\text{cmm}(i)}}{\sum_{i=1}^{\text{numy}} y(i) * \sqrt{\text{cmm}(i)}}$$

当使用了 *GVISCOR 关键字时, 就对稠密的气体进行压力校正, 建议使用 Dean 和 Stiel, AIChEJ 1965, vol.11, p. 526 的关系式, 其形式如下:

$$(\text{vishp}-\text{vislp})C = 1.08 \exp (1.439 \text{ denr} - \exp (-1.111 \text{ denr} ** 1.858))$$

vishp	高压混合物粘度, (mp)微泊
vislp	低压混合物粘度, (MP)微泊
denr	拟对比混合物密度 = denm/dencm
denm	混合物密度(gmol/cm3)
dencm	拟临界混合物密度(gmol/cm3)
C	$(T_{cm} ** 1/6) / (MW_m ** 0.5 * P_{cm} ** 2/3)$
Tcm	拟临界混合物温度
Pcm	拟临界混合物压力
MWm	混合物的分子量

采用临界性质的摩尔分数加权平均计算 Pcm 和 Tcm, Zcm 约等于 0.27。

液相粘度(要求) *AVISC, *BVISC, *VISCTABLE

目的:

设置液相粘度。

格式:

```
*AVISC  avisc(1) ... avisc(numx)
*BVIS   bvisc(1) ... bvisc(numx)
*VISCTABLE
      { temp  visc(1) ... visc(numx) }
```

定义:

avisc

液相中依赖于温度的组分粘度关系式的第 1 个系数，单位是 cp。对于组分 i 的粘度 $\text{viso}(i)$ 的关系式如下：

$$\text{viso}(i) = \text{avisc}(i) * \exp(\text{bvisc}(i) / T)$$

在关系式中使用的 avisc 应该是正的，对组分 1(通常为水)可以输入 0，就可使用内部水粘度表(仅对水相)，对于在这个相中是否存在有疑问的组份输入 0 值。

bvisc

液相中依赖于温度的组分粘度关系式的第 2 个系数(C | F)(见上面的关系式),bvisc 的值必须是 0 或正值，如果 bvisc(i) 为 0 将导致 $\text{viso}(i) = \text{avisc}(i)$ 。

*VISCTABLE

表示下面是一个粘温关系表，允许的最多温度值数目为 40。当以等温方式运行时，或者指定粘度不随温度改变时，仅输入一行数据。

temp

表的温度(C | F)。

visc

表的粘度(cp)。仅对组分 1 允许输入 0，这样即可使用水的内部缺省数据。当发现粘度随温度增加时将发出警告信息。

对 numx 个组份中的每个组份必须输入一个值，对于在这个相中是否存在有疑问的组份输入 0 值。

缺省：

如果 *AVISC 存在，但没有 *BVISC，那么组份粘度为 $\text{viso}(i) = \text{avisc}(i)$ 。

如果对组分 1 输入了 0 值，那么对水相中的组份 1 使用内部水相数据。

条件：

*AVISC(可能还有 *BVISC)或 *VISCTABLE 必须出现，但不能同时出现。计算液相粘度的方法决定之后，这种方法必须用于所有组份。

这些数据对哪个相赋值取决于强制使用了 *LIQPHASE, *WATPHASE 和 *OILPHASE 关键字中的哪一个，缺省为 *LIQPHASE。

说明：

液相粘度关系式为：

$$\text{viso}(i) = \text{avisc}(i) * \exp(\text{bvisc}(i)/T)$$

这里的 T 为绝对温度，所以，使用这个关系式时必须进行由 C 到 K 或 由 F 到 R 的温度转换。

用如下的混合规则求得油相的粘度 visoil

$$\ln(\text{visoil}) = \ln(\text{viso}(i)) * x(i) \text{ 之和}$$

这里 $x(i)$ 是油相摩尔分数，为线性混合的缺省情况。

在非线性的混合情况下，混合规则为：

$$\ln(\text{visoil}) = \ln(\text{viso}(i)) * f(x(i)) \text{ 之和}$$

式中 $f(x(i))$ 是液相摩尔分数的函数，通过 *VSMIXCOMP,*VSMIXENDP 和 *VSMIXFCNG 关键字进行定义，更详细的内容见 STARS 技术手册。

液相粘度的非线性混合 *VSMIXCOMP, *VSMIXENDP, *VSMIXFUNC

目的：

确定对液相粘度的非线性混合规则。

格式：

```
*VSMIXCOMP comp_des  
*VSMIXENDP xlow xhigh  
*VSMIXFUNC f(1) ... f(11)
```

定义：

comp_des

在粘度非线性混合中关键组分的名称或序号。

xlow

对应于第一个表格元素的横坐标。允许的范围是 0~xhigh。

xhigh

对应于最后一个表格元素的横坐标，允许的范围是 xlow~1.0。

f(i)

表格元素定义了非线性混合规则函数，这个函数应该是单调递增的，并且应该是平滑的。

缺省：

如果 *VSMIXCOMP 不存在，则假设对所有组份进行线性混合。

如果 *VSMIXENDP 不存在，则假设 xlow = 0 而 xhigh = 1。

如果 *VSMIXFUNC 不存在，则表格输入 f(i) 等于 $(i - 1)/10$ ，i = 1 到 11，对应于 0 到 1 之间的线性间隔。

条件:

这些数据对哪个相赋值取决于强制使用了 *LIQPHASE, *WATPHASE 和 *OILPHASE 关键字中的哪一个。

可以对每个水相和油相中的多个组份确定一个非线性函数。在每个液相中必须至少有一个组份不是关键组份, 因为算法涉及到对非关键组份权因子的调整。

关键字 *VSMIXENDP 和 *VSMIXFUNC 应用于通过 *VSMIXCOMP 定义的最后一个关键组份, 对于每个液相中的一个关键组份只能确定一次。

说明:

粘度非线性混合选项的计算方式与 *DNMIXCOMP 关键字说明的密度选项相同, 唯一不同的是进行加权的量是粘度的对数。

在 STARS 技术手册中更详细地讨论了这个选项的使用。

可以通过 *OUTPRN *GRID 的 *VISCCMP 子关键字, 以及 *OUTSRF *GRID 的 *VISWCMP 和 *VISOCMP 子关键字和 *SPECIAL 检查粘度非线性混合关键组份的组成。

非平衡堵塞 *BLOCKAGE, *SOLIDMIN

目的:

确定因俘获固相(非流体)组分所引起的非平衡堵塞。

格式:

```
*BLOCKAGE phase_des (comp_des)
              { effplt rrsft }
*SOLIDMIN sldmin
```

定义:

*BLOCKAGE

描述流动阻力因子对有效渗透率的依赖关系表, 每行输入一套 effplt 与 rrsft 的关系。

phase_des

流动受阻的相:

‘W’ 水相
‘O’ 油相
‘G’ 气相
‘ALL’ 油, 气, 水相。

comp_des

由于俘获浓度造成流动阻力变化组分。

effplt

表中的渗透率值(md)，必须大于 0。

rrsft

俘获组分的流动阻力因子(m3/gmol | ft3/lbmol | cm3/gmol)，必须是正值。

sldmin

为了开始形成堵塞的最小固相浓度(gmol/m3 | lbmol/ft3 | gmol/cm3)。

缺省：

如果 *BOCKAGE 不存在，则假设 rrft = 0。

如果 comp_des 不存在，则假设为组分 1。

如果 *SOLIDMIN 不存在，则假设 sldmin = 0。

条件：

仅当存在一个固相(非流体)组分时，也就是 ncomp > numy，这个选项才有效。

说明：

非平衡堵塞

孔隙介质俘获固相微粒可以引起渗透率降低(堵塞)，这种方式类似于对岩石的平衡传质(吸附)。

如果假设俘获的液滴来自于油相，那么油相的有效渗透率为：

$$\frac{(\text{绝对渗透率}) * (\text{油相相对渗透率})}{(1 + \text{RRSFT} * \text{ccfac})}$$

式中：

$$\text{ccfac} = \max (0, \text{cc} - \text{sldmin})$$

以上的过程与平衡吸附堵塞类似。这里 cc 是俘获油滴的浓度。如果俘获滴来自于水相或气相，那么对这个相的有效渗透率进行类似的修正。

开始堵塞的最小固相浓度由 sldmin 给出，如果 cc 小于 sldmin，则不产生堵塞。

关键的化学反应数据 *STOREAC, *STOPROD, *FREQFAC

目的:

对一系列反应设置关键的反应数据。

格式:

```
*STOREAC  stol(1) ... stol(ncomp)
*STOPROD  sto2(1) ... sto2(ncomp)
*FREQFAC  rrf
```

定义:

stol

参加反应的组分在反应平衡式内的系数，它必须是正的，不参加反应的组分输入 0。
在正常情况下，化学平衡方程式的系数基于反应组份的一个摩尔。

sto2

生成组分在反应平衡式内的系数，它必须是正的，对反应中未生成的组分输入 0。通常，平衡系数是基于某个参加反应组份的一个摩尔。

rrf

反应频率因子，频率单位是可变的，它必须是正的。

在反应速度的表达式内，rrf 是一个常数(见下面)，单位取决于通过 *STOREAC, *RORDER, *O2PP 和 *O2CONC 输入的数据。

缺省:

如果 *STOREAC, *STOPROD 或 *FREQFAC 不出现，则不进行化学反应。

如果希望进行化学反应，则需要所有三个关键字，这是确定一个反应的最少数据要求。

一个具有 stol = 0 的组份将不进行反应，一个具有 sto2 = 0 的组份将不由这个反应生成。一个具有 rrf = 0 的反应将具有零反应速度，并且将不进行由 *STOREAC 和 *STOPROD 指出的反应或生成任何组份。

条件:

对每一个化学反应或非平衡的质量交换，必须同时输入这三个关键字。反应的最多数目是 30。

反应的个数没有明显的给定，但可以从三个关键字出现的顺序与次数猜出。另一组关键反应关键字的出现构成另一个反应，然而，每个反应的所有关键字(包括关键的和非关键的)必须在一起作为一个组出现。

正确数据输入的例子:

```

*STOREAC .... ** 第一个反应
*STOPROD .... ** 第一个反应
*REQFAC .... ** 第一个反应
*RENT, 等     ** 第一个反应
*STOREAC .... ** 第二个反应
*STOPROD .... ** 第二个反应
*RENT, 等     ** 第二个反应
*REQFAC .... ** 第二个反应

```

不正确的数据输入的例子：

```

*STOREAC .... ** 第一个反应
*STOREAC .... ** 第二个反应，错！对第一个反应没有 *STOPROD 和
*REQFAC。

```

说明：

对每一个反应，要假设每个参加反应的组分处于某个特定相内，有时一个组份可以在多个相内，这时应作为分开的反应进行模拟。例如：液相油组分与气相油组分的燃烧必须作为两个反应输入，反应的平衡方程系数是相同的，但反应动能(反应速度参数)可以不同。通常，假设油的燃烧为气相的氧与液相的油之间的反应。反应动能和焓考虑了油的汽化或氧的分解，事实上这可以是一个由反应速度确定的过程。

化学反应模型可以用于模拟非平衡的质量交换过程，如乳状液和泡沫在油层内的生成或聚合。

一组典型的燃烧反应是：

- (1) 重油裂解成轻油与固相炭
- (2) 焦炭燃烧生成水与碳氧化合物
- (3) 轻油燃烧
- (4) 重油燃烧

用户输入的反应平衡系数应满足质量守恒，一组质量守恒系数应满足：

$$cmm(i)*sto1(i)\text{-之和} = cmm(i)*sto2(i)\text{-之和}, \quad i = 1, ncomp$$

这里的 $cmm(i)$ 是通过 *CMM 和 *WPRTCL 输入的组分分子量，用户不必用 *WPRTCL 输入固相组分的分子量。然而为了满足质量守恒的约束，应使用一个合理的值。

*SOLDEN $cncco$ 的值通常是以焦炭的质量密度和 *WPRTCL 导出的。如果焦炭的质量密度与重油的相差太大，那么裂解反应的产物将与反应物的体积有很大的差异。如果只

有少量或没有气存在，那么系统总的压缩系数很小，可能导致大的压力变化。因此，在某些情况下减少反应的体积变化是重要的。体积守恒约束与质量守恒约束相似，使用组分 i 在相 $iph(i)$ 中的摩尔体积(摩尔密度的倒数)替代 $cmm(i)$ 。

在定义多个固相组分时有如下两个限制：

- (1) 在同一个反应中，两个固相组分不能发生反应。
- (2) 在同一个反应中，一个固相组分不能通过反应生成一个固相组分，然而它可以形成一个液相组份，这个液相组份在另一个反应中形成另一个固相组份。

数量 $renth$, $sto1$, $sto2$ ，以及反应速度与包含物质的量成正比，通常假定作为一种反应物的一个摩尔作为基础。

例如：焦炭的燃烧反应。如果 $sto1(\text{焦炭}) = 1$ ，那么

- (1) $renth$ 为每个摩尔焦炭燃烧释放出的能量。
- (2) 反应速度就是焦炭摩尔数的消失速度。
- (3) $sto1(numy)$ 是燃烧一个摩尔焦炭所需的氧摩尔数。
- (4) $sto2(i)$ 是燃烧一个摩尔焦炭所生成的组份 i 的摩尔数。

反应关键字

下述关键字的数据将与特定的反应序号相关联。

1. 关键的反应关键字：*STOREAC, *STOPROD, *FREQFAC。
2. 非关键的反应关键字：*RENTH, *RPHASE, *RORDER, *EACT, *O2PP, *O2CONC, *RTEMLWR, *RTEMUPR。
3. 一般反应：*PERMSCALE, *MTVEL。
4. 部分平衡反应：*RXEQFOR, *RXEQBAK。

较低的反应级

当 $*RORDER\ enrr$ 小于 1 时将发出一个警告信息，因为当组份的浓度接近于 0 时可能会影响数值解法的稳定性。这种关于稳定性的考虑防止了这种情况，反应速度对摩尔分数的导数 $d/(x**a)/dx = ax**(a-1)$ ，当 x 接近于 0 时，对于 $a < 1$ 为无穷。

非关键化学反应数据

***RENTH, *RPHASE, *RORDER, *EACT, *O2PP, *O2CONC, *RTEMLOWR, *RTEMUPR**

目的:

设置非关键化学反应, 可选择化学反应和非平衡质量传输数据。

格式:

```
*RENTH      renth
*RPHASE      iphas(1) ... iphas(ncomp)
*RORDER      enrr(1) ... enrr(ncomp)
*EACT        eact
*O2PP
*O2CONC
*RTEMLOWR    tlwt
*RTEMUPR     tupt
```

定义:

renth

反应焓(J/gmol | Btu/lbmol), 对于放热反应为正值, 对于吸热反应为负值。缺省值为 0。

反应焓参考于 *TEMR 给出的温度以及在别处输入的 CPL 和 CPG 给定的基本相的焓。对大部分情形, 反应焓的基点是气相和 25°C。

iphas

反应组分的相态标识, 允许的数值范围是 0~4:

0	非反应的组分
1	水相
2	油相
3	气相
4	固相

enrr

对应于每个反应组分浓度因子的反应级, 它必须是正数。

对非反应组分输入 0, 在通常情况下 enrr = 1.0, 如果为 enrr = 0, 那么反应速度将不依赖于这个组分的浓度。

eact

活化能(J/gmol | Btu/lbmol), 它决定了反应速度对网格温度的依赖(见下面), 它必须是正数。

*O2PP

氧(组份 numy)的浓度因子是其在气相内的分压。忽略 iphas(numy)，但使用 enrr(numy)。

*O2CONC

氧(组份 numy)浓度因子是常规的密度因子。

tlwt

用于计算反应速度的燃烧带温度的下限(C | F)。如果网格温度小于 tlwt，那么就使用 tlwt 作为燃烧带的温度，建议的取值范围是 280~2000°K。

使用下限温度可以保证在油田规模的网格上(大尺寸)有良好的燃烧，而不依赖于网格的平均温度。

tupt

用于计算反应速度的燃烧带温度的上限(C | F)。如果网格温度大于 tupt，那么就使用 tupt 作为燃烧带的温度，允许的最小值为 tlwt，建议的最大值为 2000 °K。

上限 tupt 可用于确保反应温度，使反应速度不至于太快，高燃烧反应速度对应于氧的近乎完全利用，只有非常少量的氧没有燃烧，这将引起数值稳定性问题。因此，对于某些燃烧的模拟，减少 tupt 可以提高稳定性。

缺省:

如果 *RENTH 不存在，则假设 renth = 0。

如果 *RPHASE 不存在，则假设为:

对于非反应组分，iphas = 0;

对于水组分 1 到 numw，iphas = 1;

对于油组分 numw+1 到 munx，iphas = 2;

对于非冷凝组分 numx+1 到 numy，iphas = 3;

对于固相组分 numy+1 到 ncomp，iphas = 4;

如果 *RORDER 不存在，则缺省为:

对于非反应组分，enrr = 0;

对于反应组分，enrr = 1;

如果 *EACT 不存在，则 eact = 0 表示反应与网格温度无关。

缺省的氧因子选项为 *O2PP。

如果 *RTEMLWR 不存在，则 $t_{lwt} = 7^{\circ}\text{C}$ (44 F)。

如果 *RTEMUPR 不存在，则 $t_{upt} = 1727^{\circ}\text{C}$ (3140 F)

条件：

所有这些关键字都是可选择的，把它们指定给当前的反应序号，当前反应号用相对于关键的反应关键字 *STOREAC, *STOPROD, *FREQFAC 的位置。

说明：

反应动力学

反应动力学提供了有关反应进行速度的信息，对于体积反应速度的表达式为下面的几组因子：

$$\text{rrf} * \exp(-\text{eact}/(T * R)) \\ * c(1)**\text{enrr}(1) * \dots * c(\text{ncomp})**\text{enrr}(\text{ncomp})$$

式中：

rrf 表达式的常数部分。
eact 活化能，提供了对温度的变化。
T 温度，通过 $t_{lwt} \leq T \leq t_{upt}$ 进行限制。
R 通用气体常数。
c(i) 反应组分 i 的浓度因子。
enrr(i) 定义组分 i 的反应级。

在流体相内组分 i 的浓度因子为：

$$c(i) = \text{porf} * \text{den}(\text{iphas}(i)) * \text{sat}(\text{iphas}(i)) * x(\text{iphas}(i), i)$$

porf 是流体孔隙度，已经对孔隙压力，温度，固相组分在孔隙空间中的体积进行了校正。固相组分体积的校正为因子 $(1 - \text{cncc}/\text{cncco})$ ，这里 cncc 是固体在孔隙空间中的当前浓度，cncco 是它的纯组分摩尔密度(*SOLDEN)。

den(iphas(i)) 和 sat(iphas(i)) 分别是组份 i 在反应流体相中的摩尔密度和饱和度，x(iphas(i), i) 是组分 i 在反应流体相内的摩尔分数。

组分 i 的固相浓度因子为：

$$c(i) = \text{por} * \text{cncc}$$

这里，por 是孔隙度，仅对孔隙压力和温度进行了校正；而 cncc 为孔隙空间中当前固体浓度。

当使用了氧的分压选项后，组分 $i = \text{numy}$ 的浓度因子为：

$$c(i) = y(\text{numy}) * pg$$

式中， y 是气相摩尔分数，而 pg 是气相压力。

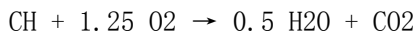
在正常情况下与 $eact$ 一起使用的温度是网格温度。在油田规模的运算中，它可能无法对应燃烧带的温度，结果会造成燃烧速度不真实地过低，或燃烧过早消失，可以使用 $tlwt$ 和 $tupt$ 燃烧带温度的范围。

例题：下面说明的是一组化学反应数据是如何设置的。

具有 6 个组分模型的化学反应：

H2O 水，
H0 重油，
L0 轻油
IG 惰性气体，包括氮和二氧化碳，
O2 氧气，
CH 焦炭

液相重油的燃烧反应：



反应焓为 $6.3E5$ (J/gmol)，活化能为 53500 J/gmole，反应速度为：

$$1.45E5 * \exp(-53500/RT) * (\text{por} * \text{cncc}(\text{ch})) * (y(O_2) * pg)$$

并且具有单位 (gmole/m³.d)，使用了氧气分压选项，频率因子 rrf 的单位为 1/day-kPa，因为：

(1) 压力 pg 具有单位 kPa。

(2) CH 浓度因子具有单位 gmole/m³。

(3) 结果为 gmole/day-m³。

这个例子的反应数据如下：

**	H2O	H0	L0	IG	O2	CH
*STOREAC	0	0	0	0	1.25	1
*STOPROD	.5	0	0	1	0	0
*FREQFAC	1.45e5	**	单位是	1/day-kPa		

*EACT 53,500 *RENTH 6.3e5

注意：*RPHASE, *RORDER, *O2PP, *RTEMLWR 和 *RTEMUPR 使用了缺省值。

常规反应 *PERMSCALE, *MTVEL

目的：

确定化学反应和非平衡传质对渗透率或相速度的依赖关系。

格式：

```
*PERMSCALE
    { effpt   freqt }
*MTVEL phase_des exp vref (vcrit)
```

定义：

***PERMSCALE**

描述反应速率或传质速率对渗透率的依赖关系表,对每行输入一套 effpt 与 freqt 的关系。

effpt

有效渗透率(md)，必须大于 0。

freqt

反应速率的比例因子，允许的取值范围是 0~10000。

***MTVEL**

表示当前反应的传质速率具有如下的无因次速度依赖因子：

$$((V - vcrit) / vref)**exp$$

phase_des

指定应用速度因子的相，允许的选择为 W – 水相，O – 油相，G – 气相。

exp

速度因子中的指数，允许的取值范围是 -4.0~4.0。取值为 1.0 时是线性依赖，取值为 0 将不使用这个因子。

vref

反应速率的参考速度(m/day | ft/day | cm/min)。当 $V - vcrit = vref$ 时，因子是 1.0。这个参数为因子提供了一个速度比例。

vcrit

反应速率的临界速度(m/day | ft/day | cm/min)。当相速度超过 vcrit 时，这个因

子为非零值，这个参数为因子提供了一个截断速度。vcrit 是可选择的，缺省为 0。

缺省：

如果没有 *PERMSCALE，则反应速率或传质速率与有效渗透率无关。

如果 *MTVEL 不存在，则假设不依赖于相速度；如果 *MTVEL 存在，但是没有 vcrit，则假设 vcrit = 0。

条件：

只有在与当前的化学反应一起使用时这个选项才是有效的，因为它应用于 *FREQFAC。

说明：

非平衡传质

反应模型的非均匀传质项(源汇项)可以应用于孔隙岩石对乳化微粒的非平衡俘获与释放。这要求反应速率常数依赖于渗透率，这样可以考虑当其微粒大小与孔喉尺寸之比改变时俘获效率的改变。关于这些影响见以下文献：

Radke, Soc. Pet. Eng. J. , June 1984, p 351,
Radke, J. Coll. Int. Sc., v. 102, 1984, p 462,
Folger, Soc. Pet. Eng. J. , Feb 1983, p 55,
Folger, J. Coll. Int. Sc., v 101, 1984, p 214.

例：孔隙介质对摩尔浓度为 $w(2)$ 的水包油型乳状液滴的俘获，可通过一级俘获过程来表示：

$$d(cc)/dt = k_a * denw * W(2)$$

这里，cc 是俘获液滴的摩尔数，t 是时间，denw 是水相密度。速率常数 k_a 被认为是过滤系数，一般说来 k_a 依赖于渗透率或速度。

可通过两个步骤模拟这个过程，首先对一个给定的渗透率求出参考速率常数 k_a ，并通过 *FREQFAC 输入，然后由几个其它渗透率求得速率常数，并作为相对于参考 k_a 的比例因子输入。对应于比例因子 FREQT=1，渗透率定义为 k_a 。

简单的数据可能如下：

*FREQFAC	40	**	单位是 1/min, 参考于 0.21 Darcy		
*PERMSCALE	**		渗透率	比例因子	速率
	**		EFFPT	FREQT	常数
	**		(Darcy)		k_a (1/min)
			0.14	2.000	** 80
			0.21	1.000	** 40 <--
			0.32	0.675	** 27
			0.58	0.200	** 8
			1.28	0.100	** 4

当前对乳化和/或泡沫的产生和在油藏中衰变的机理研究表明可能依赖于相的速度。

部分平衡反应(可选择) *RXEQFOR, *RXEQBAK

目的:

偏离了平衡的化学反应。

格式:

```
*RXEQFOR comp_des rxk1 rxk2 rxk3 rxk4 rxk5
*RXEQFOR comp_des *KVTABLE ( *GL_LIMIT | *LL_LIMIT )
      K_value_table
*RXEQFOR comp_des *KVTABLE ( *GL_LIMIT | *LL_LIMIT )
      { *KEYCOMP
      K_value_table }
```

关于 *RXEQBAK 的语法可通过使用 *RXEQBAK 替换上面的 *RXEQFOR 获得。

定义:

***RXEQFOR**

此关键字表示输入数据用于一个向前反应。

***RXEQBAK**

此关键字表示输入数据用于一个向前反应。

comp_des

组分标识符, 可以是单引号中的组分名或组分序号。

rxk1

K 值关系式的第 1 个系数(kPa | psi)。

rxk2

K 值关系式的第 2 个系数(1/kPa | 1/psi)。

rxk3

K 值关系式的第 3 个系数。

rxk4

K 值关系式的第 4 个系数(C | F), 这个系数的单位是温度差, 对于温度 C 和 K 具有相同数值, 而对于温度 F 和 R 具有相同数值。

rxk5

K 值关系式的第 5 个系数(C | F)，这个系数的单位是温度，并且对每种温度制都是不同的，这个系数经常从以 K 或 R 为单位的其他来源引用，因此，如果 *INUNIT 确定了温度为 C 或 F 时，则必须进行转换，将这个系数由 C 或 F 转换到绝对温度。

*GL, *LL

对于表中的压力，温度和组成参数的限制值，通过 *KVTABLIM 和 *KVKEYCOMP 对气-液(*GL)和液-液(*LL) K 值表设置这些值，见关键字 *GASLIQKV 和 *LIQLIQKV 中的定义。

K_value_table

见关键字 *KVTABLE 的定义。

*KEYCOMP

见关键字 *KVTABLE 的定义。

缺省：

如果关键字 *RXEQFOR 和 *RXEQBAK 不存在，则不使用这个选项。

如果 *KVTABLE 存在，但没有 *GL 和 *LL，则假设为 *GL。

条件：

如果使用了表选项 *KVTABLE，那么在此之前必须有对应于 *GL 或 *LL 的 *KVTABLIM。
如果使用了 *KEYCOMP，那么在此之前必须有对应于 *GL 或 *LL 的 *KVKEYCOMP。

这里定义的任何表必须具有与先前相同类型(*GL 或 *LL) K 值表相同的列数和行数，同时，如果这是 K 值表类型的第一个类型(*GL 或 *LL)，那么随后的 K 值表必须具有相同的行数和列数。

在任何一个反应定义中，*RXEQFOR 和 *RXEQBAK 不能出现多次，同时，一个反应只能具有 *RXEQFOR 和 *RXEQBAK 其中之一。

说明：

这个选项对组分 comp_des 的反应表达式进行修正，在这个从平衡到偏移的修正中使用了摩尔分数，因此，组分 comp_des(这里以下标 i 表示)的浓度因子变成：

$$c(i) = \text{porf} * \text{den}(\text{iphas}(i)) * \text{sat}(\text{iphas}(i)) * \text{delta_x}(\text{iphas}(i), i)$$

式中的所有项，除了 delta_x 之外，都在上面进行了定义。对于 *RXEQFOR：

$$\text{delta_x}(\text{iphas}(i), i) = x(\text{iphas}(i), i) - x_{\text{equil}}$$

而对于 *RXEQBAK：

$$\text{delta_x}(\text{iphas}(i), i) = x_{\text{equil}} - x(\text{iphas}(i), i)$$

平衡值 'xequil' 是 K 值关系式的倒数，

$$K(p, T) = (\text{rxk1}/p + \text{rxk2}*p + \text{rxk3}) * \text{EXP} (\text{rxk4} / (T - \text{rxk5}))$$

或者使用表 $K(p, T, X_{key})$ 中的值，这里 p 是压力， T 是温度而 X_{key} 是可选择的组成依赖项。

当气液类型为平衡状态时，推荐使用的关系式数值见表 2。

这个选项中使用的 K 值的物理意义由化学反应关键字确定。可能存在的过程包括气-液，液-液或液-固以及相反情况，然而，假如使用了 *KVTABLE 表选项确定 K 值，那么将使用先前确定 K 值表时的表限制参数，因此当确定了适当的化学反应时，*GL 或 *LL 关键字选项都可以用于例如固-液这样的部分平衡过程。

这个选项可用于描述依赖于速率的接近平衡状态，例如对泡沫油的模拟。

不使用的系数

根据关键字语法，在这个关键字之后对每个数据项必须有一个数值。如果你希望模拟使用的关系式为上面 $K(p, T)$ 关系式的一部分，那么对 rxk1~rxk5 中不使用的系数输入 0，rxk5 是否使用依赖于 *INUNIT 确定的温度单位。

例如，假设用 *INUNIT 给定的输入温度单位是 C，我们希望给组分 ‘Gas Bub1’ 指定一个向前的部分平衡的 K 值表达式：

$$K1(p, T) = (A / p) * \exp(B / T)$$

式中的 T 通常为绝对温度。首先必须按照我们的输入单位改写上式：

$$K1(p, T) = (A / p) * \exp(B / (TC+273))$$

式中 TC 是输入温度单位 C。我们看出 rxk5 并不是没有使用，而是具有值 -273，因为 $0 K = -273 C$ ，在这种情况下关键字数据为：

*RXEQFOR ‘Gas Bub1’ A 0 0 B -273

岩石流体性质数据段

岩石流体数据的摘要

定义相对渗透率，毛细管压力以及组分的吸附和扩散。

选项列表

相对渗透率和毛细管压力具有如下选项：

- 多个岩石类型
- 对温度的改变
- 通过岩石类型和网格灵活地对端点值覆盖
- STONE 的中间相模型
- 对中间相模型的线性内插
- 根据组成或毛细管准数，在多组性质之间内插
- 水湿，油湿或三种中间润湿选项之一
- 垂直方向与水平方向不同的相对渗透率
- 可通过毛细管压力确定初始的饱和度分布

扩散有如下的选项：

- 任何的组分
- 任何相
- 每一网格有不同的值

吸附有如下选项：

- 在任何相内的任何组分
- 来自 Langmuir 等温模型或表的依赖于组成的吸附
- 依赖于温度的吸附
- 多个吸附岩石类型
- 可逆或不可逆吸附
- 残余阻力因子

必要的数据库

这个数据段最少数据要求是一组相对渗透率曲线(*SWT 和 *SLT)。

如果使用了多组岩石类型，那么最少数据要求为：

*SWT 和 *SLT ** 岩石类型 1 的相对渗透率曲线
 *RPT 2 ** 使用岩石类型 2
 *SWT 和 *SLT ** 岩石类型 2 的相对渗透率曲线
 *KRTYPE ** 对网格设置岩石类型

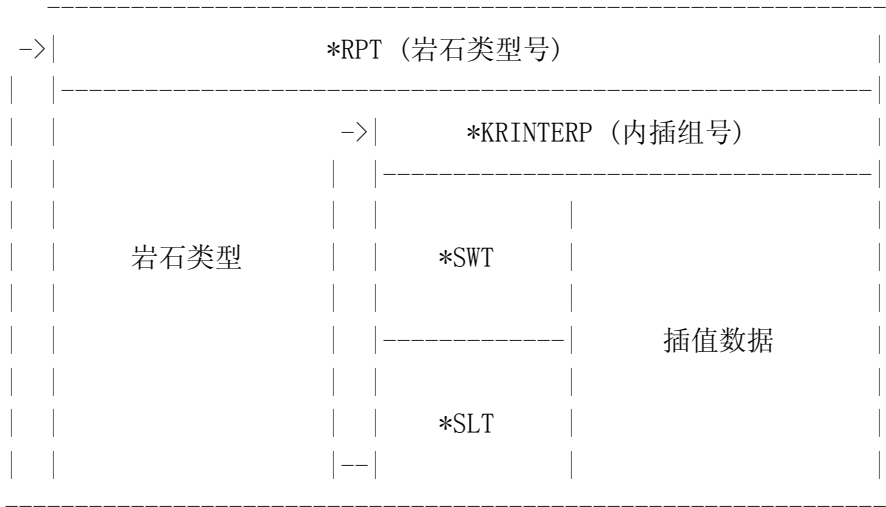
重要关键字的顺序

油水曲线 *SWT 必须出现在液气曲线 *SLT 之前，因为 *SLT 的端点检查依赖于 *SWT 的端点。

岩石流体数据可分为三组：仅在岩石类型之间变化的数据，在不同插值组之间变化的数据，以及严格根据网格变化的数据。以下是司组数据的汇总：

岩石类型			组间插值			网格	
*RPT	*IFTTABLE	*FMMOB	*KRINTERP	*SCRV	*KRWRO	*BSWR	*BKRWRO
*KRTYPE	*FMGCP	*EPSURF	*KRTEMTAB	*SWT	*KROCW	*BSGR	*BKROCW
*RTYPE	*FMOMF	*EPCAP	*DTRAPW	*SLT	*KRGCW	*BSORW	*BKRGCW
*INTCOMP	*FMSURF	*EPOIL	*DTRAPN	*SWR	*PCWEND	*BSORG	
*INTLIN	*FMCAP	*EPGCP	*WCRV	*SORW	*PCGEND	*BSWRG	
*INTLOG	*FMOIL	*EPOMF	*OCR	*SGR		*BPCWMAX	
			*GCRV	*SORG		*BPCGMAX	

下面的图表示了每个关键字的要求顺序和范围。垂直方向说明重要的顺序，而在水平方向连接的关键字可以混杂。这个图表示总有一个当前的岩石类型号仅用 *RPT 改变。因为从岩石类型 1 开始读入，所以不需要岩石类型号 1。当岩石类型 1 的所有数据输完后，就出现 *RPT 用于第二组岩石类型，这个图通过外循环重复这个过程。对于内插组号和它的内循环有类似的说明。



多组岩石流体数据

象多组岩石类型和基于流体组成的曲线插值这样的描述物理现象的能力，意味着需要多组岩石流体数据。下面给出的是这种数据输入方式的一个概述。这里的岩石类型 1 在对应于三种不同的表面活性剂浓度的三组数据之间内插，岩石类型 2 不进行内插。

岩石类型 1: 岩石类型标识符(*RPT)

插值定义(*INTCOMP 等)

第一组数据插值

插值组号标识符(*KRINTERP)

内插参数值(*DIRAPW 等)

相对渗透率/毛细管压力数据(*SWT 和 *SLT)

第二组数据插值

插值组号标识符(*KRINTERP)

内插参数值(*DIRAPW 等)

相对渗透率/毛细管压力数据(*SWT 和 *SLT)

第三组数据插值

插值组号标识符(*KRINTERP)

内插参数值(*DIRAPW 等)

相对渗透率/毛细管压力数据(*SWT 和 *SLT)

岩石类型 2: 岩石类型标识符(*RPT)

相对渗透率/毛细管压力数据(*SWT 和 *SLT)

设置岩石类型(*KRTYPE)

多种岩石—流体数据

可描述多种岩石类型和基于流体组份的曲线插值。以下是数据输入方式的总括。岩石类型 1 根据 3 个表面活性剂浓度在 3 组数据间有插值；岩石类型 2 无插值。

岩石类型 1: 指示岩石类型

插值定义(*INTCOMP, 等)

插值 1

指示插值类型(*KRINTERP)

插值参数值(*DTRAPW, 等)

相渗/盖层压力信息(*SWT 和 *SLT)

插值 2

指示插值类型(*KRINTERP)

插值参数值(*DTRAPW, 等)

相渗/盖层压力信息 (*SWT 和 *SLT)
插值 3
指示插值类型 (*KRINTERP)
插值参数值 (*DTRAPW, 等)
相渗/盖层压力信息 (*SWT 和 *SLT)
岩石类型 2: 指示岩石类型 (*RPT)
相渗/盖层压力信息 (*SWT 和 *SLT)
分配岩石类型 (*KRTYPE)

相对渗透率和毛细管压力的插值

选项 1 和 2: 组成对相对渗透率的影响

在特殊情况下(接近混相的流体, pH 值的改变, 表面活性剂浓度的变化, 流速有大的变化), 仅假设岩石流体性质是饱和度和饱和度历史的函数以及不能精确地描述所观察到的流动性质。

在这种情况下, 对相对渗透率和毛细管压力数据进行插值, 并以此作为浓度或毛细管准数的函数的能力证明是非常有用的。由于在插值参数选择的灵活性以及可以使用任意的相对渗透率和毛细管压力表数据, 因此可以对相当广泛的各种物理现象进行处理, 目前可以使用两种插值选项。

毛细管准数用无因次速度和粘性力与界面张力之比表示。对速度的典型值为 $v = 1 \text{ ft/day}$, 粘度 $\mu = 1.0 \text{ cp}$, 而界面张力 $\sigma = 30 \text{ dynes/cm}$, 毛细管准数 $Nc = \mu * v / \sigma = 1.0E-7$ 。注意比值 σ / μ 等价于参考速度 $vr = 1.0e+7 \text{ ft/day}$ 。

例如:

相对渗透率的插值方法为用户提供了一种灵活的工具, 用于表示表面活性剂对相对渗透率的影响。考虑一种岩石类型, 具有常规的油水相对渗透率曲线对应于高界面张力。当系统假如表面活性剂时, 残余饱和度将会降低, 而相的相对润湿性改变。最终由于表面活性剂的高浓度造成极低的界面张力值, 降低了残余饱和度并使相对渗透率曲线变成直线。实验证明了这一变化。见 Van Quy 和 Labrid (Soc. Pet. Eng. J., June 1983, p. 461) 以及 Amaefule 和 Handy (Soc. Pet. Eng. J., June 1982, p. 371)。

可使用两种方法表示 Van Quy 和 Labrid 的四条曲线。使用一个插值参数 DTRAPW, 输入四组对应于临界的毛细管准数相对渗透率曲线:

$Nc = 6.0E-8$ (水和油的残余饱和度开始减小),
 $Nc = 2.6E-4$ (Van Quy 和 Labrid 报告中的中间曲线),
 $Nc = 1.2E-3$ (残余油饱和度达到 0),
 $Nc = 2.3E-1$ (残余水饱和度达到 0, 而相对渗透率变为直线)

另外, 可使用 DTRAPW 和 DTRAPN, 仅输入两组具有相同信息的相对渗透率曲线如下:

(1) 高界面张力曲线(没有表面活性剂)

$$DTRAPW = DTRAPN = \log_{10}(6.0E-8)$$

(2) 极低的界面张力曲线(直线)

$$DTRAPW = \log_{10}(2.3E-1)$$

$$DTRAPN = \log_{10}(1.2E-3)$$

对于两种情况中的任何一个,如果我们假设它们不受影响,那么就可以对每个插值组输入相同的高张力液/气相对渗透率曲线。在另一方面,当注入溶剂造成油气相混合时,液/气相对渗透率曲线可以随溶剂的浓度变化。

这些插值方法可以进行推广以表示不同岩石类型的性质。例如,对润湿性不同的平行岩心系统注入表面活性剂,要求对两种岩石类型使用不同的高界面张力曲线。

两相相对渗透率曲线插值为:

$$krw = krwA * (1-wtr) + krwB * wtr$$

$$krow = krowA * (1-oil) + krowB * oil$$

$$krg = krgA * (1-gas) + krgB * gas$$

$$krog = krogA * (1-gos) + krogB * gos$$

式中:

$$wtr = ratw ** WCRV \quad gos = ratw ** SCR$$

$$oil = ratn ** OCRV \quad gas = ratn ** GRCV$$

而这里 $ratw$, $ratn$ 是无因次插值参数的当前值。 $0 \leq ratw, ratn < 1$ 。

$$ratw = \frac{\log_{10}(Nc) - DTRAPWA}{DTRAPWB - DTRAPWA} \quad ratn = \frac{\log_{10}(Nc) - DTRAPNA}{DTRAPNB - DTRAPNA}$$

$krwA$, $krwB$ 等中的端点值也根据 $ratw$, $ratn$ 的数值进行了修正。对插值结果使用 STONE 的三相相对渗透率模型。

如果实验证实需要使用曲率插值参数时,也可以在曲线组间内插时使用曲率内插参数 $WCRV$, $OCRV$, $GCRV$, SCR 以增加插值的灵活性。建议在通常情况下使用缺省值 1.0, 除非在观察到的历史拟合很差时才使用其他值。非缺省值意味着相对渗透率曲线插值斜率的变化速率与端点处不同。所以 $WCRV = 0.5$ 意味着对 krw 的插值保持了较多它的 $krwA$ 特征, 而 $WCRV = 2.0$ 表示 $krwB$ 的影响占优, 这可以通过考察上面关于 krw 的公式证实, 关于 $OCRV$, $GCRV$ 和 SCR 对 $krow$, krg 和 $krog$ 的作用具有类似的说明。

选项 3: 经验的泡沫插值方案

使用泡沫处理方法降低了气相的流度, 改善了驱油效率, 以及平面和纵向的波及体积。通过

假设流度的降低对应于降低的气相相对渗透率(作为实验观察因子乘积的函数,因子包括表面活性剂浓度)这种模拟的经验方法实现对泡沫影响的模拟。这种方法对于实验室的初步实验以及历史拟合和油田规模的泡沫处理预测是很有用的。这个选项更经常地用于表面活性剂流动模拟,在这种情况下需要增加表面活性剂性质数据,如吸附,在油中的分配系数和表面活性剂分解动力学。

利用将薄片作为扩散组份的概念可以实现一种使用较少的经验方法。这需要利用适当的粘度,吸附和阻力因子数据。后一种方法也可以看作是经验泡沫选项的部分验证,更详细的内容见 STARS 技术手册和 CMG 报告 90.08.T。

临界饱和度,规格化因子和规格化

通过相对渗透率和毛细管压力数据表可获得临界流体饱和度,将对这些临界饱和度以及端点值进行保存,然后对这些表进行规格化。可选择端点关键字 *SWR 等将覆盖保存的端点数据,关键字 *KRTEMTAB 在查表之前,也将用低温数值,以及在高温和低温端点值之间插值的标志温度值,对保存的端点值覆盖。

对 *KRTEMTAB 表中输入温度的插值是线性的,对大于表中所确定范围的温度,使用与它最接近的表中温度对应的端点值,也就是不进行外插。

对于液-气系统的两种度量方法的处理有两个选项。通过缺省(*SLT 没有 *NOSWC),假设液-气系统中的液相包括束缚水,因此 $S_l = S_o + S_{wc}$ 。当用液相不包括水,而是纯油时(*SLT *NOSWC), $S_l = S_o$ 。这种区别对使用的公式具有影响,然而,在两种情况下, S_{org} , 也就是在气/液(油)系统中的临界油饱和度的定义都是相同的。

一旦临界饱和度已知,对油-水系统中水相的规格化,以及对液-气系统中液相的规格化为:

$$S_{ew} = (S_w - S_{wc}) / (1 - S_{orw} - S_{wc})$$

$$S_{el} = (S_w + S_o - S_{lc}) / (1 - S_{gc} - S_{lc})$$

式中:

S_w = 水的饱和度

S_o = 油的饱和度

$S_{lc} = S_{org} + S_{wc}$ 在缺省情况

= S_{org} 对于 *NOSWC

通过查表获得作为 S_{ew} 和 S_{el} 函数的规格化相对渗透率和毛细管压力,最后,将相对渗透率乘以计算出的临界值,得到非正规化的结果。

临界和原始饱和度,成比例缩小因子和标准化

相渗和毛管力压力数据表中的临界和原始流体饱和度可从表中获得。这些饱和度和端点值可保存。将这些表格规范化。可选端点*SWR 等关键词将覆盖以前保存的端点数据。关键词 *KRTEMTAB 将以低温值覆盖以前的端点数据,然后在高温和低温端点间进行温度插值。

*KRTEMTAB 表中的温度插值是线性的。对于溢出表外的温度,可使用离端点值最近的表格温度,也就是不采用外推法。

对于气液系统的两种测量方法有两个选项。缺省情况下（*SLT 无*NOSWC），假设气液系统中的液体包含原生水，所以 $S_l = S_o + S_{wc}$ 。如果液体中没有原生水，只有油（*SLT *NOSWC），因此 $S_l = S_o$ 。此差别对使用的公式会有影响。然而， S_{org} 的定义在两种情况下是一样的，也就是说气液系统的临界油。

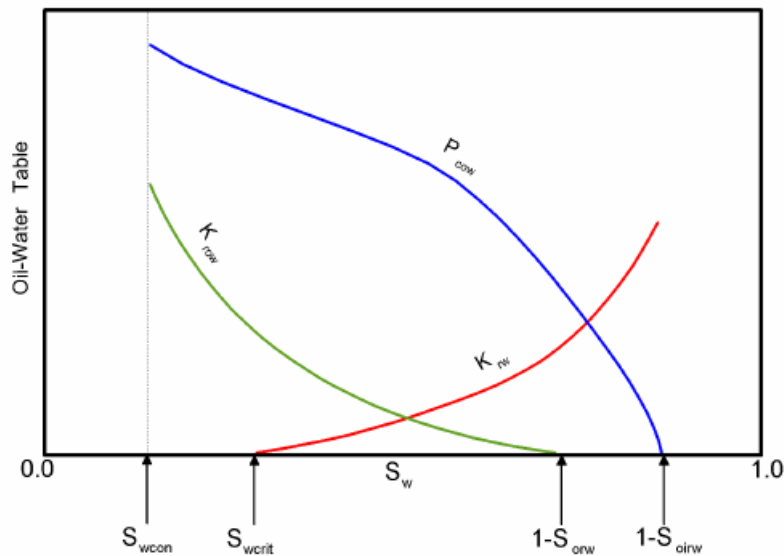
一旦知道临界饱和度和原始饱和度，油水系统中水和气液系统中液体的标准化，如下：

$$K_{rw}, \quad S'_w = S'_{wcrit} + (S_w - S_{wcrit}) * \left(\frac{1 - S'_{oirw} - S'_{wcrit}}{1 - S_{oirw} - S_{wcrit}} \right)$$

$$K_{row}, \quad S''_w = S'_{wcon} + (S_w - S_{wcon}) * \left(\frac{1 - S'_{orw} - S'_{wcon}}{1 - S_{orw} - S_{wcon}} \right)$$

$$P_{cow}, \quad S'''_w = S'_{wcon} + (S_w - S_{wcon}) * \left(\frac{1 - S'_{oirw} - S'_{wcon}}{1 - S_{oirw} - S_{wcon}} \right)$$

S_w	水饱和度
S'_w, S''_w, S'''_w	用于插值的饱和度，关于 K_{rw} ， K_{row} ，和 P_{cow}
S_{wcrit} ， S_{wcon} ， S_{oirw} 和 S_{orw}	用户输入的端点值（端点改变的或与温度有关的关键词）
S'_{wcrit} ， S'_{wcon} ， S'_{oirw} 和 S'_{orw}	是原始表格中端点值（从相渗表中直接进行计算）

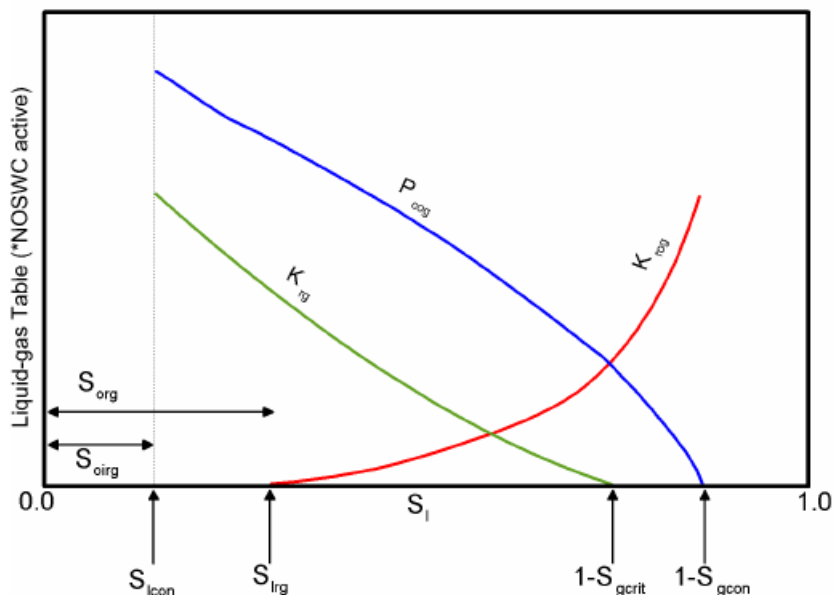


对于气液系统的表

$$K_{rog}, \quad S_1' = S_{lrg}' + (S_1 - S_{lrg}') * \left(\frac{1 - S_{lrg}' - S_{gcon}'}{1 - S_{lrg}' - S_{gcon}'} \right)$$

$$K_{rg}, \quad S_1'' = S_{lcon}' + (S_1 - S_{lcon}') * \left(\frac{1 - S_{lcon}' - S_{gcrit}'}{1 - S_{lcon}' - S_{gcrit}'} \right)$$

$$P_{cog}, \quad S_1''' = S_{lcon}' + (S_1 - S_{lcon}') * \left(\frac{1 - S_{lcon}' - S_{gcon}'}{1 - S_{lcon}' - S_{gcon}'} \right)$$



$$S_l = S_o + S_w$$

$$S_{lrg} = S_{wcon} + S_{org} \quad \text{如果没有使用*NOSWC 选项}$$

$$S_{lrg} = S_{org}, \quad \text{如果使用*NOSWC}$$

S_{org} 包含了所有的气液系统中的所有残余液体。

S_l 液体饱和度

S_1', S_1'', S_1''' 用于插值的饱和度，关于 K_{rog} , K_{rg} , 和 P_{cog}

S_{org} , S_{lcon} , S_{gcon} 和 S_{gcrit} 用户输入的端点值（端点改变的或与温度有关的关键词）

S_{org}' , S_{lcon}' , S_{gcon}' 和 S_{gcrit}' 原始表格中端点值（从相渗表中直接进行计算）

注意：每条相渗曲线都是根据不同曲线的端点范围成比例的。

k_{rw} S_{wcrit} S_w $1 - S_{oirw}$ k_{rw} 根据 S_{wcrit} 和 S_{oirw} 成比例

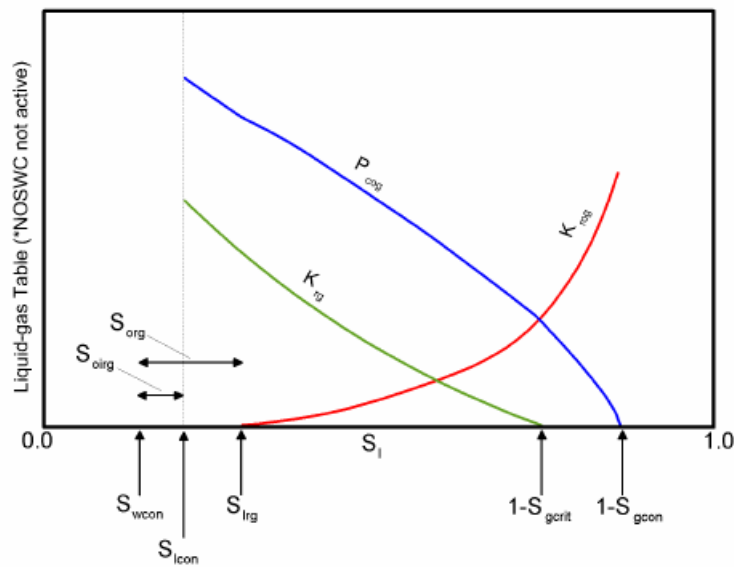
k_{row} S_{wcon} S_w $1 - S_{orw}$ k_{row} 根据 S_{wcon} 和 S_{orw} 成比例

P_{cow} S_{wcon} S_w $1 - S_{oirw}$ P_{cow} 根据 S_{wcon} 和 S_{oirw} 成比例

k_{rog} S_{lrg} S_l $1 - S_{gcon}$ 如果*NOSWC 未被激活, k_{rog} 则根据 S_{wcon} , S_{org} 和 S_{gcon} 成比例。
如果*NOSWC 被激活, k_{rog} 则根据 S_{org} 和 S_{gcon} 成比例。

k_{rg} S_{lcon} S_l $1 - S_{gcrit}$ k_{rg} 根据 S_{lcon} 和 S_{gcrit} 成比例

P_{cog} S_{lcon} S_l $1 - S_{gcon}$ P_{cog} 根据 S_{lcon} 和 S_{gcon} 成比例



那么，标准化的相渗曲线和毛管力可通过查表查 S_w' , S_w'' , S_w''' 和 S_l' , S_l'' , S_l''' 。最后，相渗曲线值可通过计算原始值得到非标准化的结果。

三相模型

STONE 模型 I

STONE 模型 I 可用于结合油-水和液-气两相相对渗透率。这个模型假设：(1) $S_{gc} = 0$ ，(2) S_{oc} 在 S_{orw} 和 S_{org} 之间变化。只有在 S_{wc} 包括在液相饱和度之中时，即 *NOSWC 不出现时，这个选项才是有效的。

三相相对渗透率的算法为：

$$S_{eo} = (S_o - S_{oc}) / (1 - S_{wc} - S_{oc})$$

$$K_{ro} = K_{row} * K_{rog} / (K_{rocw} * S_{el} * (1 - S_{ew})) * S_{eo}$$

这里： $K_{rocw} = K_{row}(S_w = S_{wc}) = K_{rog}(S_g = 0)$ ，以确保当 $S_g = 0$ 时 $K_{ro} = K_{row}$ ；当 $S_w = S_{wc}$ 时 $K_{ro} = K_{rog}$ 。

STONE 模型 II (修正)

在三相系统中，水相相对渗透率等于水-油两相系统中的水相相对渗透率，只是 S_w 的函数。三相系统中的气相相对渗透率等于液-气两相系统的气相相对渗透率，并且只是 S_g 的函数。三相中的油相相对渗透率使用 Settari 和 Aziz 的修正的方法计算，见 (Aziz, K., and Settari, A., "Petroleum Reservoir Simulation," Applied Science Publishers Ltd., London, 1979)。

液相包含 S_{wc} (缺省)：

$$K_{ro} = K_{rocw} * ((K_{row}/K_{rocw} + K_{rw}) * (K_{rog}/K_{rocw} + K_{rg}) - K_{rw} - K_{rg})$$

式中： $K_{rocw} = K_{row}(S_w = S_{wc}) = K_{rog}(S_g = 0)$ 以确保当 $S_g = 0$ 时 $K_{ro} = K_{row}$ ；而当 $S_w = S_{wc}$ 时 $K_{ro} = K_{rog}$ 。

液相不包含 S_{wc} (*NOSWC)：

$$K_{ro} = K_{romax} * ((K_{row}/K_{romax} + K_{rw}) * (K_{rog}/K_{romax} + K_{rg}) - K_{rw} - K_{rg})$$

式中： $K_{romax} = K_{row}(S_w = 0) = K_{rog}(S_g = 0)$ 以确保当 $S_g = 0$ 时 $K_{ro} = K_{row}$ ；而当 $S_w = 0$ 时 $K_{ro} = K_{rog}$ 。

Baker 线性插值模型

使用 L. E. Baker 提供的线性插值方法计算中间相的相对渗透率，见 “Three-Phase Relative Permeability Correlations”，SPE/DOE paper 17369。

图 12 是这个方法的几何图解，函数 $K_{row}(S_w)$ ， $K_{rog}(S_g)$ 位于饱和度三角图内的等油相渗透率点上，也就是 $K_{row}(S_w) = K_{rog}(S_g)$ ，将它们用一条直线相连，形成了一系列 K_{ro} 等值线。由于 K_{row} 和 K_{rog} 有相同的范围 ($0 \sim K_{rocw}$)，因此这种方法可以使用。

注意对于插值区内的任何点 (S_w, S_g)， K_{ro} 只依赖于 K_{row} 和 K_{rog} ，这与 STONE 模型 II 相反，在那个模型中 K_{ro} 还依赖于 K_{rw} 和 K_{rg} 。

润湿性选项

有 5 个润湿性选项：水湿，油湿和中间润湿的三种模型。使用的公式和数据要求汇总于这里，缺省为水湿岩石，只有在进行组间插值时 (*INTCOMP) 水湿选项才是有效的。

这些润湿性选项是静态的，因为它们对应于油藏原始流体组成和岩石类型。不要将它们与作为毛细管数准数和组成的函数的，用于模拟润湿性的动态岩石流体插值技术相混淆。

水湿 (*WATWET)

这是通常使用的润湿性选择，并且也是缺省情况。这个选项假设水相与岩石接触，而油为中间相。三相相对渗透率计算为：

- (1) 从 *SWT 得到作为 S_w 函数的 K_{rw} 和 K_{row}
- (2) $K_{rocw} = K_{row}(S_w = S_{wc})$
- (3) 从 *SLT 得到作为 S_g 函数的 K_{rg} 和 K_{rog}
- (4) $K_{ro} = K_{rocw} * ((K_{row}/K_{rocw} + K_{rw}) * (K_{rog}/K_{rocw} + K_{rg}) - K_{rw} - K_{rg})$
- (5) K_{rw} ， K_{rg} 与两相系统的值相同。

油湿(*OILWET)

这个选项假设油相与岩石接触，而水为中间相。三相相对渗透率计算为：

- (1) 从 *SWT 得到作为 S_o 函数的 K_{rwo} 和 K_{ro}
- (2) $K_{rwco} = K_{rwo}(S_o=S_{oc})$
- (3) 从 *SLT 得到作为 S_g 函数的 K_{rg} 和 K_{rog}
- (4) $K_{rw} = K_{rwco} * ((K_{rwo}/K_{rwco} + K_{ro}) * (K_{rwg}/K_{rwco} + K_{rg}) - K_{ro} - K_{rg})$
- (5) K_{ro} , K_{rg} 与两相系统的值相同。

中间润湿模型 1(*INTMED1)

这个选项假设一半的孔隙的水湿，而另一半孔隙为油湿。三相相对渗透率计算为：

- (1) 从 *SWT 得到作为 S_w 函数的 $K_{rw}(w)$ 和 K_{row}
- (2) $K_{rocw} = K_{row}(S_w=S_{wc})$
- (3) 从 *SLT 得到作为 S_g 函数的 K_{rg} 和 K_{rog}
- (4) $K_{ro}(w) = K_{rocw} * ((K_{row}/K_{rocw} + K_{rw}(w)) * (K_{rog}/K_{rocw} + K_{rg}) - K_{rw}(w) - K_{rg})$
- (5) 从 *SWT 得到作为 S_o 函数的 K_{rwo} 和 $K_{ro}(o)$
- (6) $K_{rwco} = K_{rwo}(S_o=S_{oc})$
- (7) 从 *SLT 得到作为 S_g 函数的 K_{rwg}
- (8) $K_{rw}(o) = K_{rwco} * ((K_{rwo}/K_{rwco} + K_{ro}(o)) * (K_{rwg}/K_{rwco} + K_{rg}) - K_{ro}(o) - K_{rg})$
- (9) $K_{rw} = (K_{rw}(w) + K_{rw}(o)) / 2$
- (10) $K_{ro} = (K_{ro}(w) + K_{ro}(o)) / 2$
- (11) K_{rg} 与两相系统的值相同

中间润湿模型 2(*INTMED2)

这个选项假设得到的 K_{rw} 为油湿，而得到的 K_{ro} 为水湿，三相相对渗透率计算为：

从(1)到(8)项与中间润湿模型 1 相同

- (9) $K_{rw} = K_{rw}(o)$
- (10) $K_{ro} = K_{ro}(w)$
- (11) K_{rg} 与两相系统的值相同

中间润湿模型 3(*INTMED3)

这个选项将 STONE 模型用于两相系统计算 K_{rw} 和 K_{ro} ，通过平均水湿和油湿数值得到 K_{rwo} 和 K_{row} ，三相相对渗透率计算为：

- (1) 从 *SWT 得到作为 S_w 函数的 $K_{rw}(w)$ 和 $K_{row}(w)$
- (2) 从 *SWT 得到作为 S_o 函数的 $K_{rwo}(o)$ 和 $K_{ro}(o)$
- (3) $K_{rwo} = (K_{rw}(w) + K_{rwo}(o)) / 2$

- (4) $K_{row} = (K_{row}(w) + K_{ro}(o)) / 2$
- (5) $K_{rocw} = K_{row}(w) (S_w = S_{wc})$
- (6) 从 *SLT 得到作为 Sg 函数的 Krg 和 Krog,
- (7) $K_{ro} = K_{rocw} * ((K_{row} / K_{rocw} + K_{rwo}) * (K_{rog} / K_{rocw} + K_{rg}) - K_{rwo} - K_{rg})$
- (8) $K_{rwco} = K_{rwo} (S_o = S_{oc})$
- (9) 从 *SLT 得到作为 Sg 函数的 Krg
- (10) $K_{rw} = K_{rwco} * ((K_{rwo} / K_{rwco} + K_{row}) * (K_{rwg} / K_{rwco} + K_{rg}) - K_{row} - K_{rg})$
- (11) Krg 与两相系统的值相同

*SWT 表的含义汇总		
选项	Krw 表	Krow 表
*WATWET	Krw	Krow
*OILWET	Krwo	Kro
*INTMED1	Krw(w) & Krwo	Krow & Kro(o)
*INTMED2	Krw(w) & Krwo	Krow & Kro(o)
*INTMED3	Krw(w) & Krwo(o)	Krow(w) & Kro(o)

岩石流体性质标识(要求) *ROCKFLUID

目的:

*ROCKFLUID 表示岩石流体数据的开始。

格式:

*ROCKFLUID

缺省:

要求关键字, 不能缺省。

条件:

这个关键字必须是岩石流体数据段的第一个关键字, 岩石流体数据段必须紧跟在组份性质数据段之后。

岩石流体的类型号 *RPT, *KRTYPE, *RTYPE

目的:

对岩石流体数据定义岩石类型号, 并且对网格设置岩石类型号。

格式:

```
*RPT nrock { *COPY old_nrock | *STONE2 | *STONE1
              | *LININTERP | *WATWET | *OILWET
              | *INTMED1 | *INTMED2 | *INTMED3 }
```

数组:

*KRTYPE { *HORIZONTAL | *VERTICAL }

定义:

nrock

下面岩石流体数据的岩石类型号，数值从 1 开始，而且不需要明确给定。

随后的岩石类型号必须依次递增 1，如，1，2，3。

岩石类型号的最大值为 50。

*COPY old_nrock

使用先前定义的岩石类型号 old_nrock 对当前岩石类型号 nrock 的数据进行初始化设置。当两个岩石类型的大部分性质相同而只有少数性质不同时使用。

*STONE2

使用 STONE 模型 II(规格化的)计算三相相对渗透率，这是缺省情况。

*STONE1

使用 STONE 模型 I(规格化的)计算三相相对渗透率，在使用 *STONE1 时不能使用 *SLT 的选项 *NOSWC。

*LININTERP

使用 L. E. Backer 在“Three-Phase Relative Permeability Correlations”, SPE/DOE paper 17369 中描述的线性插值方法计算中间相的相对渗透率。这个选项与 *INTCOMP 等给出的插值选项无关，可以与它们同时使用。

*WATWET

这是通常使用的水湿选择，而且是缺省情况。这个选项假设水相与岩石接触，而油相为中间相。

*OILWET

这个选项假设油相与岩石接触，而水相为中间相。

*INTMED1

这个选项假设孔隙的一半为油湿，而另一半为水湿。

*INTMED2

这个选项假设得到的 K_{rw} 为油湿，而得到的 K_{ro} 为水湿。

*INTMED3

这个选项将 STONE 模型用于两相系统计算 K_{rw} 和 K_{ro} ，通过平均水湿和油湿数值得到 K_{rwo} 和 K_{row} 。

***KRTYPE**

对每个网格设置一个岩石流体类型号。只能通过 *RPT 对岩石类型号赋值，允许岩石类型号为 1。

***HORIZONTAL**

表示后面的岩石类型将用于水平方向的流动。

***VERTICAL**

表示后面的岩石类型将只用于垂直方向的流动。

***RTYPE**

可以用于代替 *KRTYPE，以便于与其它的 CMG 模拟软件兼容。

缺省：

如无 *RPT，则为 *KRTYPE *CON 1。

对每一个岩石类型假设 *STONE2 和 *WATWET，除非有新的复写。如果在 *KRTYPE 后无 *HORIZONTAL，*VERTICAL，那么岩石类型号用于所有方向。

条件：岩石类型号用于它后面的数据，直到有新的岩石类型号出现。

只有 *INTMED2 可以与 *LININTERP 同用。

注记：岩石类型号可在井数据段内不同的 *TIME 时刻改变。注入和采出用不同的号可模拟滞后效应。

***LININTERP 选择**

要求在临界 S 之间，*SWT 表的润湿相 kr 元素应等于 *SLT 表内对应的液相的 kr 元素。如果不等，就内插入元素满足相等。

例如，水湿，*SWT 表有元素 $K_{row}=0.85$ ，如果 *SLT 表也有元素 $K_{rog}=0.85$ 就不采取行动。否则 *SLT 内所有列 (S1, Krg 等) 内插生成一个 $K_{rog}=0.85$ 的元素。在 *SWT 表内作用样的事件，要得到一个 K_{row} 元素等于已输入的 K_{rog} 元素。

内插组分 *INTCOMP

目的：表明插值组份

格式：*INTCOMP comp_des phase_des

定义：

comp_des 要作岩石流体内插的组分名或号

phae_des 组分组成的来源相：

‘WATER’ 水相 mole 分数

‘OIL’ 油相 mole 分数

‘GAS’ 气相 mole 分数

‘GLOBAL’ 总的 mole 分数

‘MAX’ 水，油，气相 mole 分数的大者。

缺省：如无 *INTCOMP，不作内插。

条件：除非 *IFTTABLE 存在，否则我们假设内插参数

*DTRAPW 和 *DTRAPN 对应着用 *INTCOMP 定义的 mole 分数。

界面张力 *INTLIN, *INTLOG, *IFTTABLE

目的：定义界面张力与内插函数

格式：

*IFTTABLE

cift sigift

· ·
· ·

或

*IFTTABLE

*TEMP temp

cift sigift

· ·

*TEMP temp

cift sigift

· ·

...

*INTLIN

*INTLOG

定义：

cift 用*INTCOMP 指定的组分/相的组成 sight 界面张力 (N/m)

temp 表 cift~sight 对应的 T(°C)，T 的依赖是可选择的。

*INTLIN 表格内插，这是缺省。

*INTLOG 表格的对数内插。

缺省：如无 *IFTTABLE，那么内插参数为 *DTRAPW，*DTRAPN 对应的用*INTCOMP 定义的 mole 分数。

如无 *TEMP，那么界面张力与 T 无关。*TEMP 对热采或等温问题可以不使用。

*INTLIN 是缺省的，除非出现了 *INTLOG。

泡沫的内插参数 *FMSURF, *FMCAP, *FMOIL, *FMGCP, *FMOMF, *FMMOB, *EPSURF, *EPCAP, *EPOIL, *EPGCP, *EPOMF

目的：

分配泡沫内插参数。

格式：

*FMSURF fmsurf

*FMCAP fmcap

*FMOIL fmoil

*FMGCP fmgcp

*FMOMF fmomf

*FMMOB fmmob

*EPSURF epsurf

*EPCAP epcap

*EPOIL epoil

*EPGCP epgcp

*EPOMF epomf

定义:

fmsurf 用于无因次泡沫内插计算的临界组分 mole 分数, 允许 0~1.0。
fmcap 用于无因次泡沫内插计算的参照流度 (Rrgeology) 毛管数, 允许 0~1.0。
fmoil 用于无因次泡沫内插计算的临界油饱和度, 允许 0~1.0。
fmgcp 用于无因次泡沫内插计算的临界总毛管数, 允许 0~1.0。
fmomf 用于无因次泡沫内插计算的组分的临界油 mole 分数, 允许 0~1.0。
fmmob 用于无因次泡沫内插计算, 参照的泡沫流度减小因子, 允许 0~1000。
epsurf 用于无因次泡沫内插计算, 组成的指数允许-4~4。缺省为 0, 即与组成无关。

epcap 用于无因次泡沫内插计算, 毛管数的指数允许-10~10。缺省 0, 与毛管数无关。

epoil 用于无因次泡沫内插计算, So 的指数, 允许 0~5, 缺省 0, 即与 So 无关。
Epgcp 用于无因次泡沫内插计算, 总毛管数的指数, 允许-10~10。缺省 0, 即与毛管数无关。
epomf 用于无因次泡沫内插计算, 油的 mole 分数指数, 允许 0~5。缺省 0, 即与组分 numx 的 mole 分数无关。

缺省: 如果以上全部关键字不出现, 那么内插参数 *DTRAPW, *DTRAPN 对应着用 *IFTTABLE 定义的界面张力(毛管数)选择。如果存在, 且用 *INTCOMP 定义了 mole 分数。条件: 仅当 *INTCOMP 和 *IFTTABLE 出现, 泡沫内插选择才可能。

解释: 通过无因次的内插因子在多组 KR 间内插:

1

$$FM = \frac{1}{1 + FMMOB * F1 * F2 * F3 * F4 * F5}$$

式中

F1 = (mole(ICPREL)) / FMSURF } ** EPSURF,
F2 = (So - FMOIL) / FMOIL } ** EPOIL,
F3 = (FMCAP / (毛管数)) ** EPCAP, F4 = (FMGCP - (毛管数)/FMGCP) ** EPGCP, and
F5 = (FMOMF - 油 mole 分数 (NUMW))/FMOMF) ** EPOMF

FM 是流度减小因子的倒数, 在 FM=1(无泡沫)和 FM《0(最多的泡沫)之间变化。

参照泡沫流度减小因子 FMMOB 是:

在观测值~表活浓度 FMSURF, 毛管数 FMCAP, (在 2 倍 FMGCP 以上), So=0. 油 mole 分数为 0 的条件。允许 5~100, 依赖于产生泡沫的强度。

其它因子的典型值是: FMSURF=0.00001mole 分数, FMCAP=0.0001, FMOIL=0.2, FPSURF=1.0, FPCAP=0.5, FPOIL=1.0, FMGCP=1.0E-6, FMOMF=0.2, EPGCP=1.0, EPOMF=1。

泡沫内插选择的最简单应用是重新标定 KRG, 即是, 从 Krg→FM*Krg。为了考虑因泡沫增加的气体捕集, 使用一个较高的临界 Sg, 在输入泡沫 kr 曲线时。

内插组号与参数 *KPINTERP, *DTRAPW, *DTRAPN, *WCRV, *OCRv, *GCRV, *SCRv

目的:

内插参数值的组号。

格式:

```
*KRINTERP nset (*COPY old_rock old_set)
*DTRAPW dtrapw
```

```

      *DTRAPN  dtrapn
      *WCRV   wcrv
      *OCRV   ocrv
      *GCRV   gcrv
      *SCRV   scrv

```

定义:

nset 对下面岩石一流体数据的内插组号。对每个岩石类型，nset 必须从 1 开始，每组增加 1。

old_rock 以前定义的岩石类型号，用希望 COPY 它。

old_set 以前定义的岩石一流体数据的组号，用户希望 COPY 它。

dtrapw 对当前岩石一流体数据组的润湿相内插参数的值，为了能够内插至少要有有一个 dtrapw 和 dtrapn。dtrapw 的物理意义依赖于内插选择。

dtrapn 对当前岩石一流体数据组的非湿相内插参数的值，为了能够内插至少要有有一个 dtrapw 和 dtrapn。dtrapn 的物理意义依赖于内插选择。

wcrv 对 Krw 的曲率变化参数。

ocrv 对 Kro 的曲率变化参数。

gcrv 对 Krg 的曲率变化参数。

scrv 对 Kr1 的曲率变化参数。

缺省: 如无 *KRINTERP，后面的数据就用到内插组号 1。至少要有有一个 *DTRAPW 和 *DTRAPN 才能内插。如果仅有一个值，那么具体缺省为第一个值。

如果 *WCRV/ *OCRN/ *GCRN/ *SCRV 缺省，那么对应参数为 1.0。

条件: 为了作内插，至少有两组岩石一流体数据。对内插的最少要求为: *INTCOMP **
内插组分

*DTRAPW **组号井 1，岩石类型 #1

*SWT

*SLT

 *KRINTERP 2 **COPY 1 1 **岩石类型井 1

*DTRAPW **组号井 2，仅 *SWT 不同。

*SWT

水，油的 KR 表 *SWT

目的:

定义油水相渗曲线表。

格式:

*SWT

{ Sw krw krow (Pcow) } 定义:

Sw 水饱和度，允许 0.0-1.0，递增。如果有水层，那么最后一个元素 Sw=1.0, Krw=1.0, Krow=0.0。

 Krw 水相对渗透率，第一个元素为 0，非减，最大为 1.0。Krw=0 的最大 Sw 为 Swc。

 对 *WATWET，它就是 Krw，对 *OILWET，它就是 Krwo，而且对中间润湿相它可以解释成 Krw 和 Krwo。

Krow 油的 kr，第一个元素不能超过 1.0，非增序列，最后一个元素应为 0，从第一个 Krow=0.0 求得 Sorw。对 *WATWET 它就是 Krow，对 *OILWET 它就是 Kro，对中间润湿它解释为

Krow 和 Kro。

Pcow Wo 毛管力(Po-Pw)，(KPa)。序列非增。当其使用了*VERTICAL *DEPTH_AVE 时，它确定了初始的 P，S 分布。

条件：至少要输入一个*SWT 表，而且应出现在*SLT 之前，允许的表最大行数为 30，不够可以改动维数文件‘stars.inc’内的 NKRTBD，并重新编译。

液气的 kr 表 *SLT

定义：

定义液气的相渗曲线表。

格式：

```
*SLT (*NOSWC)
      { S1      krg      krog      (Pcog) }
或
      *SLT (*NOSWC) *WATERGAS
      { S1      krg      krog      krwg      (Pcog) }
```

定义：

*NOSWC SL 不含临界水饱和度 SWC，因而全是油。选择 *STONE1 不能与*NOSWC 同用。

*WATERGAS 表示有 KRWG 出现。

s1 液体饱和度，允许 0~1.0，递增序列，最后一个应为 1.0。如果不存在 S1=1.0 的元素就内部自动加上。

Krg 气的 kr，第一个元素不能超过 1.0，非增序列，最后一个元素应为 0，从第一个 Krg=0. 求出 Sgc。Krog 在 S1=So+Sw 时对(水湿)油的 kr，第一个元素为 0，非减序列，最大值为 1.0，从最后一个元素 Krog=0. 求出 Slg。*SWT 表内，最后一个 Krog 元素等于第一个 Krow 元素。

Krwg 在 S1=Sw+So 时对水的 kr(油湿)。第一个元素为 0，非减序列，最大为 1.0，从最后一个 Krwg=0 求出 Slc，最后一个 Krwg 元素应等于 Krwo(Soc)。如果最后一个 S1≠1.0，那么就要补加一个元素使 S1=1.0。

Pcog OG 毛管力 Pg-Pg(KPa)，序列非增，当其使用了 *VERTICAL *DEPTH_AVE 选择时，它决定初始的 P，S 分布。

缺省：如无 *NOSWC，那么认为 S1 含有 Swc。如无 *WATERGAS 就认为 Krwg 表与 Krog 表相同。当其使用*OILWET 时，就可以用*SLT (无*WATERGAS)去定义 Krwg。

条件：此表必须出现最少一次，它在*SWT 之后。此表的表最大行数 30，如不够可以改动维数文件‘stars.inc’内的参数 NKRTBD，且重新编译。

解释：当其 *NOSWC 选择没有使用时，在 Swc 之前，*SWT 表的元素 KRow 应等于 Krow(Swc)，因为 STONE 模型假定了端点值是 Krow(Swc)。当其 *NOSWC 出现时，就无此限制了。

*LININTERP 选择 这个选择要求*SWT 表内润湿相的 kr 要等于*SLT 表内对应的液相的 kr 元素，在临界饱和度之间的区域上。如不满足此条件，要插值增加元素去满足。

滞后参数 (可选) *HYS_KRO, *HYS_KRW, *HYS_KRG, *HYS_PCOW, *HYS_PCOG, *HYS_LEVEL, *HYS_TOLW, *HYS_REVW, *HYS_TOLG, *HYS_REVG, *HYS_DRAINW, *HYS_IMBIBW, *HYS_DRAINW, *HYS_IMBIBG

目的：

这些关键词激活了滞后选项和单项输入的滞后参数。

格式:

定义目前内插数组:

*HYS_KRO *SOTMAX (sotmax)

*HYS_KRW *SWTMAX (swtmax)

*HYS_KRG *SGTMAX (sgtmax)

*HYS_PCOW *EPSOW (epsow)

*HYS_PCOG *EPSOG (epsog)

定义所有内插数组:

*HYS_LEVEL nlevel

*HYS_TOLW tolhyl

*HYS_REVW tolrel

*HYS_TOLG tolhyg

*HYS_REVG tolreg

*HYS_DRAINW | *HYS_IMBIBW

*HYS_DRAINW | *HYS_IMBIBG

定义:

*HYS_KRO 使滞后对油的相渗有作用。

*SOTMAX (sotmax) 吸入曲线的临界油饱和度 (参阅图 HY1)。是可能的最大值 K_{row} ($S_o = 1.0 - S_{wc}$) 下的油相渗排出曲线的吸入分支的端点。该值用于估算吸入曲线的趋势和路径。Sotmax 必须大雨残余油饱和度 S_{orw} , 小于 $1.0 - S_{wc}$ 。

*HYS_KRW 使滞后对水的相渗有作用。

*SWTMAX (swtmax) 吸入曲线的临界水饱和度。是可能的最大值 K_{rw} ($S_o = 1.0 - S_{oirw}$) 下的水相渗排出曲线的吸入分支的端点。该值用于估算吸入曲线的趋势和路径。Swtmax 必须大于非残余水饱和度 S_{wc} , 小于 $1.0 - S_{oirw}$ 。

*HYS_KRG 激活滞后作用对气的相渗产生影响的模型。

*SGTMAX (sgtmax)

吸入曲线的临界气饱和度。是可能的最大值 K_{rg} ($S_g = 1.0 - S_{lc}$) 下的气相渗排出曲线的吸入分支的端点。该值用于估算吸入曲线的趋势和路径。Sgtmax 必须大于临界气饱和度 S_{gc} , 小于 $1.0 - S_{lc}$ 。较大的 sgtmax 值会导致陡的吸入曲线, 该曲线会引起数值运算中的收敛困难。

*HYS_PCOW 激活滞后作用对油水毛管力产生影响的模型。

*EPSOW (epsow) 无量纲实数, 在油水毛管力的吸入和排出曲线之间过渡。Epsow 典型的曲线应满足以下表达式: $0.05 \leq \text{epsow} \leq 0.1$ 。小于 0.05 的值易引起数值运算中的收敛困难。

*HYS_PCOG 激活滞后作用对油气毛管力产生影响的模型。

*EPSOG (epsog) 无量纲实数, 在油气毛管力的吸入和排出曲线之间过渡。Epsog 典型的曲线应满足以下表达式: $0.05 \leq \text{epsog} \leq 0.1$ 。小于 0.05 的值易引起数值运算中的收敛困难。

*HYS_LEVEL 毛管力滞后的扫描曲线的级别。允许值为 1 或 2。

*HYS_TOLW tolhyl 增加的饱和度, 在滞后计算前, 水或油的饱和度必须超过临界值 (端点)。

*HYS_REVW tolrel 增加的饱和度, 在滞后计算前, 水或油的饱和度必须在历史最大饱和度之下。

*HYS_TOLG tolhyg 增加的饱和度, 在滞后计算前, 气饱和度必须超过临界值。

*HYS_REVG tolreg 增加的饱和度, 在滞后计算前, 气饱和度在历史最大饱和度之下。

*HYS_DRAINW | *HYS_IMBIBW 指示水油毛管力曲线，用于初始化*VERTICAL *DEPTH_AVE。
*HYS_DRAINW 指示排出曲线， *HYS_IMBIBW 指示吸入曲线。众多子关键词中，至多只能有一个。如果一个都没有，那么假设*HYS_DRAINW。

*HYS_DRAINW | *HYS_IMBIBG 指示气油毛管力曲线，用于初始化*VERTICAL *DEPTH_AVE。
*HYS_DRAINW 指示排出曲线。*HYS_IMBIBG 指示吸入曲线。众多子关键词中，至多只能有一个。如果一个都没有，那么假设*HYS_DRAINW。

缺省：

如果没有*HYS_KRO，那么内插组的油的相渗中没有滞后因素的影响。如果有*HYS_KRO *SOTMAX，但没有 sotmax，那么 $sotmax = Sorw + 0.5 * (1.0 - Sorw - Swr)$ 。

如果没有*HYS_KRW，那么内插组的水的相渗中没有滞后因素的影响。如果有*HYS_KRW *SWTMAX，但没有 swtmax，那么 $swtmax = Swr + 0.5 * (1.0 - Sorw - Swr)$ 。

如果没有*HYS_KRG，那么内插组的气的相渗中没有滞后因素的影响。如果有*HYS_KRG *SGTMAX，但没有 sgtmax，那么 $sgtmax = Sgr + 0.5 * (1.0 - Slr - Sgr)$ 。

这些缺省值分别对应的允许范围里的中间点。

如果没有*HYS_PCOW，那么内插组的油水的相渗中没有滞后因素的影响。如果有*HYS_PCOW *EPSOW，但没有 epsow，那么假设 $epsow = 0.1$ 。为激活油水毛管力滞后，Pcowi 栏必须通过关键词*SWT 输入。

如果没有*HYS_PCOG，那么内插组的油气毛管力没有滞后因素的影响。如果有*HYS_PCOG *EPSOG，但没有 epsog，那么假设 $epsog = 0.1$ 。为激活油气毛管力滞后，Pcogi 栏必须通过关键词*SLT 输入。

如果没有*HYS_LEVEL，那么假设*HYS_LEVEL 1。

如果没有*HYS_TOLW，那么假设*HYS_TOLW $1.0e-6$ 。

如果没有*HYS_REVW，那么假设*HYS_REVW $1.0e-6$ 。

如果没有*HYS_TOLG，那么假设*HYS_TOLG $1.0e-6$ 。

如果没有*HYS_REVG，那么假设*HYS_REVG $1.0e-6$ 。

条件：

这些关键词必须在岩石流体数据部分中，在已经有水油和液气相渗数据表后。可以对相渗，毛管力或两者同时使用滞后。然而，相渗滞后选项仅对非湿相。例如，如果已定义岩石类型为油湿 (*OILWET)，不能选择油相渗滞后 (*HYS_KRO)。如果油水毛管力滞后，水相应为湿相。气相被视为非湿相。

说明：

相渗滞后

图 HY1 说明了油相渗曲线中的滞后现象，假设油是非湿相。其它非湿相的分析和数值处理也与此处油相相似。

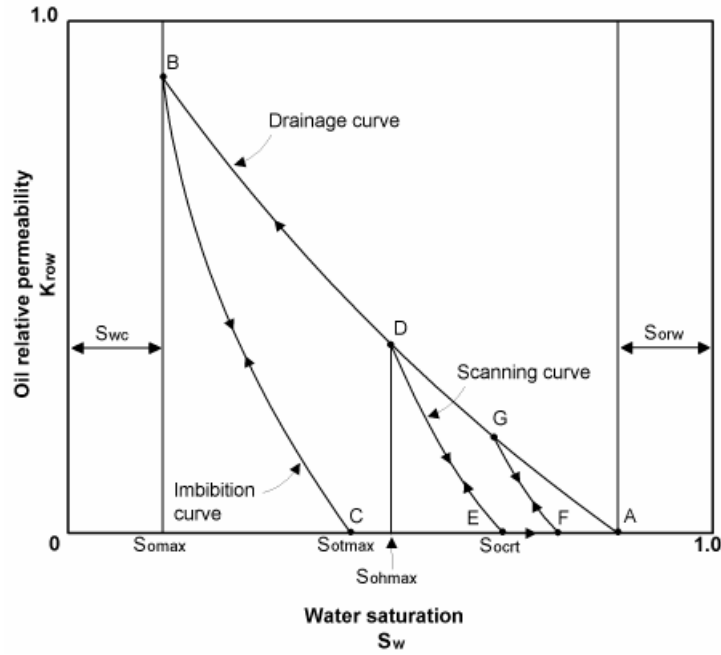


图 HY1： 滞后的油相渗曲线

如果含油饱和度单调增加，从 S_{orw} （点 A）到最大含油饱和度 $S_{wmax} = 1.0 - S_{orw}$ （point B），会接上排出曲线。如果含油饱和度从 B 降至 C，那么则采用吸入曲线。如果排出或吸入过程在某点颠倒过来，那么相渗可从扫描曲线处获得。

假设排出过程在中间含油饱和度 S_{ohmax} 处反转，则有了扫描曲线 DE。扫描曲线的端点是圈闭临界含油饱和度（ S_{oert} ），并且达到历史最大含油饱和度（ S_{ohmax} ）。

扫描曲线 DE 上的任意一种状态，变回排出状态将会接上同一条扫描曲线，直到与 S_{ohmax} 接触。当状态变成排出曲线 D 时，如果持续排出，则状态变为 DB，直到再次吸入。

当含油饱和度在 E 处下降，可能会发生另外一种情况，油相被燃烧或者被溶解。在点 E 的右边 F 处，后排出过程会使扫描曲线上扬至 G 点。

Carlson 开发了一种计算方案（《非湿相的相渗滞后模拟》，SPE 10157）运用在了 STARS 中。使用这种方法，在模拟计算过程中，每个网格的历史最大含油饱和度是随时更新的。如果含油饱和度等于或大于历史最大值， S_{ohmax} ，用户输入的排出曲线用来决定油相渗值。另一方面，如果网格中的含油饱和度低于 S_{ohmax} ，会使用扫描全曲线。在建立扫描曲线过程中，假设扫描相渗等于在自由含油饱和度， S_{of} ，计算出的排出相渗，也就是：

$$K_{ro}^{scanning}(S_o) = K_{ro}^{drainage}(S_{of})$$

此处，自由含油饱和度 S_{of} 可从以下公式获得：

$$S_{of} = S_{orw} + 0.5 \left[(S_o - S_{oert}) + \sqrt{(S_o - S_{oert})^2 + \frac{4(S_o - S_{oert})}{C}} \right]$$

在此公式中：

S_o ： 网格饱和度

S_{orw} ： 排出曲线的残余油饱和度

S_{oert} ： 圈闭含油饱和度，可从以下公式进行计算

$$S_{oert} = S_{orw} + \frac{S_{ohmax} - S_{orw}}{1 + C(S_{ohmax} - S_{orw})}$$

C： 常数

$$C = \frac{S_{o\max} - S_{ot\max}}{(S_{o\max} - S_{orw})(S_{ot\max} - S_{orw})}$$

$S_{oh\max}$: 历史最大含油饱和度

$S_{ot\max}$: 吸入曲线的临界含油饱和度

处理水或气相相渗滞后也采用相同的方法。

毛管力滞后

STARS 中用于模拟毛管力滞后采用的方法与 Killough 推荐使用的方方法相似 (Killough, J. E., "与历史有关的油藏模拟", Soc. Pet. Eng. J., Feb. 1976, Trans. AIME, Vol. 261, pp. 37-48)。

油水系统的毛管压力 P_{cow} 与含水饱和度 S_w 之间的关系曲线, 见图 HY2。三条曲线 AB, BC 和 CD 分别是原始排出曲线 (PDR), 边界吸入曲线 (BIM) 和第二条排出曲线 (2DR)。这些曲线发生当每个方向产生位移时。

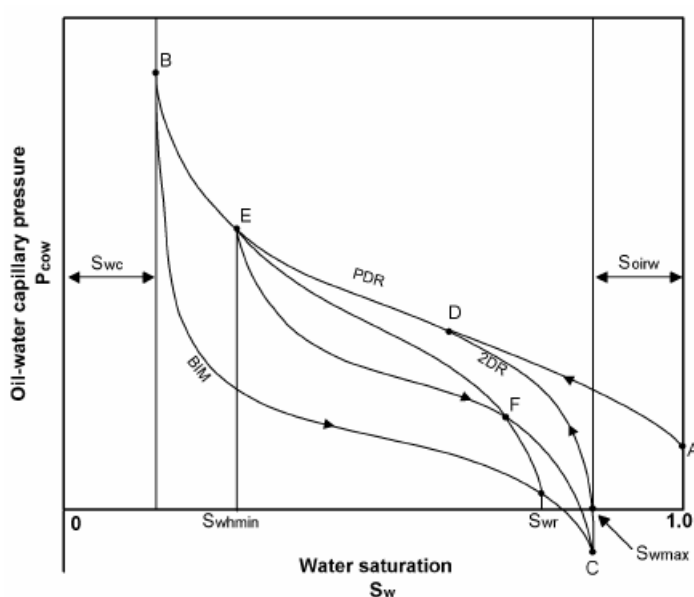


图 HY2: 油水反弹与扫描曲线

假设排出过程在含水饱和度 S_{whmin} (点 E) 进行订正, P_{cow} 会沿着吸入扫描曲线 EC。对于一个给定的含税饱和度, S_w , 吸入扫描曲线的毛管力通过第二排出和反弹吸入毛管压力曲线的平均权值进行计算。

$$P_{cow}^{scan}(S_w) = P_{cow}^{2DR}(S_w) - F(S_w) \left[P_{cow}^{2DR}(S_w) - P_{cow}^{BIM}(S_w) \right]$$

权值 $F(S_w)$:

$$F(S_w) = \frac{\frac{1}{S_w - S_{whmin} + \varepsilon} - \frac{1}{\varepsilon}}{\frac{1}{S_{wmax} - S_{whmin} + \varepsilon} - \frac{1}{\varepsilon}}$$

此处

S_{whmin} : 排出过程的历史最小含水饱和度

S_{wmax} : 历史最大含水饱和度, $S_{wmax} = 1.0 - S_{oirw}$

ε : 曲率参数 (= ε_{sow})

如果吸入扫描曲线从点 E 开始, 在点 F 处经历第二个参阅饱和度 (S_w 下降), 新的排出扫描曲线 FE 会跟着非再次交叉的曲线 EF。

$$P_{cow}^{scan}(S_w) = P_{cow}^{BIM}(S_w) + G(S_w) \left[P_{cow}^{2DR}(S_w) - P_{cow}^{BIM}(S_w) \right]$$

权值 $G(S_w)$:

$$G(S_w) = \frac{\frac{1}{S_w - S_{wr} + \varepsilon} - \frac{1}{\varepsilon}}{\frac{1}{S_{wft\ max} - S_{wr} + \varepsilon} - \frac{1}{\varepsilon}}$$

未知的饱和度 S_{wr} 可从以下条件得到，两条扫描曲线在点 F 处相交。在 Stars 中，关键词 *HYS_LEVEL 控制使用扫描曲线的级别。缺省值为 1，也就是第二条扫描曲线将再次与第一条扫描曲线交叉。

排出过程中的饱和度逆转与吸入过程逆转一样。用于计算扫描毛管力采用相同的公式，可参阅 Aziz 和 Settari (Aziz, K. 和 Settari, A., "石油油藏模拟", Applied Science Publishers, London, 1979, pp. 395-399)。

图 HY2 描述的扫描曲线系统已经有完全排出位移时才有效。如果剩余发生在原始排出曲线，而不是跟着一条扫描曲线返回残余油饱和度，会产生一些新的残余。STARS 中，会在内部检测网格是否已经完成初次排出，然后使用不同的公式进行扫描毛管力扫描的计算。

例:

对水湿系统来说，以下关键词将激活油相渗、气相渗以及油水毛管力的滞后效应。

*HYS_KRO *SOTMAX 0.45 **<- 吸入曲线临界含油饱和度
 *HYS_KRG *SGTMAX 0.40 **<- 吸入曲线的临界含气饱和度
 *HYS_PCOV *EPSOW 0.10 **<- 油水毛管力曲率参数

kr 的端点 *SWR

目的: 复写表格的临界 S 与端点

格式:

*SWR	Swr		
		*SORW	Sorw
*SGR	Sgr		
		*SORG	Sorg
		*SWRG	Swrg
		*KRWRO	krwro
		*KROCW	krocw
		*KRGCW	krgcw

*PCWEND pcwend

*PCGEND pcgend

定义:

Swr 残余水 S，有时当作 Swc。

Sorw 水驱的残余油 S

Sgr 临界气 S

Sorg 气驱的残余油 S。如果 S1 包含了 Swc，那么就对应 S1=Swc。

Swrg 气驱的残余水 S，如果 S1 包含了 Soc，那么就对应 S1=Soc。仅当系统为油湿或中间湿时才用此量。

Krwro 在残余油和无气时的 Krw。

Krocw 在束缚水 S 和无气时的 kr。

Krgcw 在束缚水 S 和油时的 Krg。

pcwend 最大的 Pcow, 通常为端点值(KPa)。

pcgend 最大的 Pcog, 通常为端点值(KPa)。

缺省: 仅当要复写用*SWT , *SLT 输入的表内的临界 S 与端点时, 才使用这些关键字。

条件: 这些关键字出现在*SWT , *SLT 之后, 属于同一岩石流体类型。

kr 与 T 的关系 *KRTEMTAB

目的: 给定临界 S 与端点对 T 的依赖。

格式

*KRTEMTAB key(1) . . . key(n)

{ T val(1) . . . val(n) } 定义:

*KRTEMTAB 后跟一个 kr 端点关键字的表, 和一个相应端点值~温度的关系表。

key(i) 可以是*SWR, *SORW, *SGR, *SORG, *SWRG, *KRWRO, *KROCW, *KRG CW, *PCWEND, *PCGEN D, maxn=10。

T 温度表元素(°C), 可以使用 2~5 个等间距的温度元素。

val(i) 与 key(i)对应的表格值。

缺省: 如无 *KRTEMTAB, 则不依赖于 T。如 *KRTEMTAB 出现, 对每一个端点关键字不出现, 对应的量将不依赖于 T。

条件: 应出现在*SWT , *SLT 之后, 属于同一岩石一流体类型。

每个网格块的岩石流体缩放比例

目的:

为每个网格限定岩石流体表的端点。

格式:

*BSWR or *BSWCON

*BSWCRT

*BSORW

*BSOIRW

*BSGR

*BSGCON

*BSORG

*BSOIRG

*BSWRG

*BSWIRG

*BKRWRO

*BKRWRO

*BKROCW

*BKRG CW

*BPCWMAX

*BPCGMAX

定义:

*BSWR or *BSWCON 原始含水饱和度, 允许范围从 0 到 1。

*BSWCRT 临界含水饱和度。允许范围从 0 到 1。

*BSORW	残余含油饱和度。允许范围从 0 到 1。
*BSOIRW	不可逆含油饱和度。允许范围从 0 到 1。
*BSGR	临界含气饱和度。允许范围从 0 到 1。
*BSGCON	原始含气饱和度。允许范围从 0 到 1。
*BSORG	剩余含油饱和度。允许范围从 0 到 1。
*BSOIRG	不可逆含油饱和度对气。允许范围从 0 到 1。
*BSWRG	剩余含水饱和度对气。允许范围从 0 到 1。
*BSWIRG	不可逆含油饱和度对气。允许范围从 0 到 1。
*BKRWRO	残余油和 0 含气饱和度时水的相渗，允许范围是 1.0e-9 到 1。关键词*BKRWRO 过时，应使用*BKRWIRO 代替。任何*BKRWRO 数据被内部转换为*BKRWIRO，并以 Krwiro 的形式报告出来。使用*BKRWRO 时成比例缩小 Krw 曲线成为可能，如 krwiro 超过 1。注意，当 Sorw > Soirw 时，krwro 也许不同于 Krwiro。
*BKRWIRO	在不可逆油相和 0 气体饱和度时水的相渗，允许范围从 1.0e-9 到 1。
*BKROCW	在原生水和 0 气体饱和度时油的相渗，允许范围是 1.0e-9 到 1。
*BKRGWCW	原生液的气的相渗，允许范围是 1.0e-9 到 1。
*BPCWMAX	水油毛管力的最大值，通常端点值 (kPa psi kPa)。
*BPCGMAX	气油毛管力的最大值，通常端点值 (kPa psi kPa)。

缺省：

每个值都有独立缺省的值。例如，*SWT, *SWR or *BSWR 的 Swr 的缺省值不影响*SLT, *SGR or *BSGR 的 Sgr 缺省值。

对每一个没出现的关键词来说，来自岩石类型的网格使用的相应的值被分配给那个网格，该值将在循环数据里，通过*KRTYPE 根据岩石类型的再次分配而改变。

这些关键词一旦首次出现，每个网格会赋予岩石类型值。继而，每个网格缺省值在模拟中被附值。

条件：

这些关键词如果存在，必须出现在其它定义或修改岩石流体数据表端点的关键词之后 (*SWT, *SLT, *KRTEMTAB, all modifiers such as *SWR)。

对每个网格来说，1-Swc-Sorw 和 1-Sgc-Slc 必须小于 0.02。

这些关键词可能也出现在井和循环数据部分中。

解释：

所有关键词是网格矩阵，所有读矩阵的选项子关键词是有效的。

岩石类型对单个网格数据

对一个指定的网格来说，有两种方法来限定端点比例值：

- (1) 通过与网格有关的岩石类型
- (2) 直接通过“block”关键词。如果没有“block”，那么该值可在模拟中从岩石类型中获得。

然而，一旦“block”关键词被赋予值，该值可为所有快进行附值。从岩石转为块是通过“block”的输入，当此关键词首次出现，会对有关的岩石类型产生影响。然而，也意味着该值不能从网格的岩石类型中获得，即使岩石类型通过*KRTYPE 来改变。不能从网格矩阵转回到岩石类型。值的任何改变必须通过“block”关键词来实现。

与其它选项相结合

关于岩石流体端点有 4 个选项，在表*SWT 和 *SLT 中已经进行说明：

1. 用*SWR 等关键词进行覆盖。

2. 用于温度有关的关键词*KRTEMTAB 进行覆盖。此关键词将覆盖*SWR 的值。
3. 通过*INTCOMP 和*KRINTERP 在数据中进行插值。
4. 通过*BSWR 对每个网格进行覆盖。

所有这些选项一起参与模拟计算。例如，用户可定义 Swr 有温度相关性 (*KRTEMTAB)，根据表面活性剂不同的值 (*INTCOMP 和 *KRINTERP) 和在空间上复杂的分布 (*BSWR)。

每个网格，如*BSWR，参考的是第一个*KRTEMTAB 温度（如果与温度有关），在*KRINTERP 中第一个插值数据集（如果有插值）。参考值中的单个网格值的相对变化（相关岩石类型的第一个温度和第一个插值数据集）。

每个网格选项可与油湿相或者中间可湿性岩石类型一起使用。相渗的插值也可与 *BKRWRO, *BKROCW 和 *BKRGWC 一起使用。

例：

```
*KRINTERP 1 *DTRAPW 0    ** No surfactant
Value from *SWT is 0.2
Value from *KRTEMTAB is 0.18 at 100 F and 0.28 at 300 F.
*KRINTERP 2 *DTRAPW 1e-3 ** Some surfactant
Value from *SWT is 0.08
Value from *KRTEMTAB is 0.06 at 100 F and 0.09 at 300 F.
Value from *BSWR for block 1 is 0.216
```

对表面活性剂量，温度以及每块值进行插值。此时，读取第一个*SWT，表的 Swr and Sorw 被保存下来，然后，该表的 Sw 输入被进行标准化。当读取第一个 *KRTEMTAB，S_{wr} = 0.18 代替了 S_{wr} = 0.2，因为*SWT 表参考的是最低的温度。对第二个插值数据集采用同样的方法，S_{wr} = 0.06。当读取*BSWR，该值为.216，参考的是 100 F，无表面活性剂，该值被保存在 block #1 中的 Swr 中。当温度为 235 F 时，S_{wr} 的值和一定剂量的表面活性剂。

a) 在 100 和 300F 间进行插值，无表面活性剂得到 S_{wr}

$$R = (235 - 100) / (300 - 100) = 0.675$$

$$S_{wr1} = (1-R)*0.18 + R*0.28 = 0.2475$$

在无表面活性剂和 100F 时，根据 S_{wr} 的参考值和相对的变化，调整单个块的值。

$$S_{wrA} = S_{wr1} * (0.216 / 0.18) = 0.297$$

使用该公式以得到标准化的块 Sw 和标准化的 K_{rw} and K_{row} 以得到“无表面活性剂”值。对为标准化的 K_{rw} 等使用其它端点缩放比例因子。

b) 1e-3 表面活性剂量

$$R = (235 - 100) / (300 - 100) = 0.675$$

$$S_{wr2} = (1-R)*0.06 + R*0.09 = 0.08025$$

$$S_{wrB} = S_{wr2} * (0.216 / 0.18) = 0.0963$$

c) 两种表面活性剂量 K_{rw} 和 K_{row} 值

此例有温度和组份。对单独的温度来说，算法见上。对单独组份来说，算法与因子 R=0 时相同。

加密网格的遗传性

从父关键词到子关键词定义的值遗传性体现在循环数据部分中，也就是说可直接读关键词的数据。参阅井和循环数据部分中的**发现网格遗传性**。

有效分子扩散系数 *DIFFI_WAT, *DIFFJ_WAT, *DIFFK_WAT, *DIFFI_OIL, *DIFFJ_OIL, *DIFFK_OIL, *DIFFI_GAS, *DIFFJ_GAS, *DIFFK_GAS

目的:

对期望的组份和相输入有效分子扩散系数。

矩阵:

*DIFFI_WAT	comp_des
*DIFFJ_WAT	comp_des
*DIFFK_WAT	comp_des
*DIFFI_OIL	comp_des
*DIFFJ_OIL	comp_des
*DIFFK_OIL	comp_des
*DIFFI_GAS	comp_des
*DIFFJ_GAS	comp_des
*DIFFK_GAS	comp_des

*TORTU (*INCPORSAT | *NOPORSAT)

定义:

*DIFFI_WAT, *DIFFJ_WAT, *DIFFK_WAT

水相 I, J 和 K 方向的 comp_des 的有效分子扩散系数 (m²/day | ft²/day)。

*DIFFI_OIL, *DIFFJ_OIL, *DIFFK_OIL

油相 I, J 和 K 方向的 comp_des 的有效分子扩散系数 (m²/day | ft²/day)。允许矩阵读取选项*EQUALSI。

*DIFFI_GAS, *DIFFJ_GAS, *DIFFK_GAS

气相 I, J 和 K 方向的 comp_des 的有效分子扩散系数 (m²/day | ft²/day)。允许矩阵读取选项*EQUALSI。

comp_des

Component 指示, 包括引号内的名称或组份序号。组份必须在关键词指定的相中, 就象 *MODEL 指定 K 值。

*TORTU (*INCPORSAT | *NOPORSAT)

为 tortuosity 选择选项 (岩层电阻率)。如果选择*INCPORSAT (缺省), 那么有效扩散系数包括 ϕS_j , 也就是系数定义为 $\phi S_j D_{ij}/F_{jk}$ (见以下)。如果选择*TORNOPS, ϕS_j 因子不包括在系数中, 也就是系数定义为 D_{ij}/F_{jk} , 使用目前的值 ϕS_j 。

*TORTU 适用于所有组份和相。

缺省:

如果对一种组份或相来说没有分子扩散关键词, 那么在此组份或相中也就没有分子扩散。

如果没有关键词*TORTU, 那么假设使用*TORTU *INCPORSAT。

条件:

对每一种组份或相, 三个方向必须定义。

分子选项不能跟总体扩散选项一起使用 (*DISPI_WAT, 等)。

说明:

EOR 过程中使用的示踪剂和化学药品被曲变流路径和流动过程中的多孔介质各相异性所影响。通常, 分子扩散占优势。因此, 许多多孔介质结构有用的信息可从扩散信息中得到。

*TRANSI 定义的传导率乘因子影响着扩散。因此，如果临近网格的传导率乘因子减少，对流和扩散流将相应减少。

在某些情况下，这些系数可被作为调整参数，需要给出适当的结果。实际上，实验室值不符合油藏模拟大型网格的需要。

由于扩散，K 方向 j 相的 I 组份的 J_{ijk} 流量如下：

$$J_{ijk} = -(\phi S_j D_{ij} / F_{jk}) \nabla_k (\rho_j X_{i,j})$$

此处

ϕS_j = j 相的孔隙度，饱和度
 D_{ij} = j 相组份 I 的分子扩散系数
 F_{jk} = k 方向 j 相的扭曲度

$\nabla_k (\rho_j X_{i,j})$ = k 方向 j 相 I 组份浓度梯度

输入的这些系数是有效的，因为他们包括地层扭曲度和 ϕS_j 根据物质流动通过宏观距离的真实路径长度来定义扭曲度。

要在全隐式模式下模拟分子扩散。（数值控制中的 *AIM *OFF）。

例如：

```
** Molecular diffusion
*DIFFI_OIL 'C3H8' *CON 0.03 ** C3H8 in oil phase
*DIFFJ_OIL 'C3H8' *CON 0.03
*DIFFK_OIL 'C3H8' *CON 0.03
*DIFFI_OIL 'C7H16' *CON 0.02 ** C7H16 in oil phase
*DIFFJ_OIL 'C7H16' *CON 0.02
*DIFFK_OIL 'C7H16' *CON 0.02
*DIFFI_GAS 'C3H8' *CON 0.05 ** C3H8 in gas phase
*DIFFJ_GAS 'C3H8' *CON 0.05
*DIFFK_GAS 'C3H8' *CON 0.05
```

弥散系数 *DISPI ??????

目的：对指定的组分和相输入弥散系数

数组：

```
*DISPI comp_des phase_des
*DISPJ comp_des phase_des
*DISPK comp_des phase_des
```

定义：

*DISPI I 方向的弥散系数 (m²/d)。

*DISPJ J 方向的弥散系数 (m²/d)，允许 *EQUALSI。

*DISPK K 方向的弥散系数 (m²/d)，允许 *EQUALSI。 comp_des 组分名或号
phase_des 相名：

‘W’ 或 ‘A’ — 水相

‘O’ K ‘X’ — 油相

‘G’ 或 ‘Y’ — 气相

缺省：如无 *DISPI 等，那么弥散系数为 0。

解释:

前缘的弥散以分子扩散为主, 如注示踪剂和化学剂。输入的弥散系数应该是真实的物理弥散系数减去数值分散性(数值截断误差引入的)。

机械弥散 *MDSPI_WAT, *MDSPJ_WAT, *MDSPI_OIL, *MDSPJ_OIL,
*MDSPI_GAS, *MDSPJ_GAS, *MDSPI_GAS, *MDSPK_GAS

目的:

为期望的相输入机械对流弥散度。

矩阵:

*MDSPI_WAT
*MDSPJ_WAT
*MDSPI_OIL
*MDSPJ_OIL
*MDSPI_GAS
*MDSPJ_GAS
*MDSPI_GAS
*MDSPK_GAS

定义:

*MDSPI_WAT, *MDSPJ_WAT, *MDSPI_OIL, *MDSPJ_OIL, *MDSPI_GAS, *MDSPJ_GAS, *MDSPI_GAS, *MDSPK_GAS

水相 IJK 三个方向上的机械弥散度 (m | ft)。

*MDSPI_OIL, *MDSPJ_OIL, *MDSPI_GAS, *MDSPJ_GAS, *MDSPI_GAS, *MDSPK_GAS

油相 IJK 三个方向上的机械弥散度 (m | ft)。

允许使用矩阵读取选项*EQUALSI。

*MDSPI_GAS, *MDSPJ_GAS, *MDSPI_GAS, *MDSPK_GAS

气相 IJK 三个方向上的机械弥散度 (m | ft)。

允许使用矩阵读取选项*EQUALSI。

缺省:

如果某相中没有机械弥散度关键词, 那么也就没有机械弥散度。

条件:

对每个限定的油藏岩石区域来说, 三个方向都必须限定。

机械弥散度选项可以不与总弥散选项一起使用, 关键词为*DISPI_WAT。

说明:

EOR 过程中使用的示踪剂和化学药品被曲变流路径和流动过程中的多孔介质各相异性所影响。通常, 分子扩散占优势。因此, 许多多孔介质结构有用的信息可从扩散信息中得到。

以上关键词允许使用与区域、方向和相有关的扩散系数。在模拟中, 输入扩散系数应该被视为真物理扩散系数减去由截断误差引起的数值差量。

通常应该在全隐式模式下模拟机械扩散。(数值控制中的*AIM *OFF)

通过关键词*TRANSI, 扩散受到传导率乘因子的影响。因此, 如果临近网格传导率乘因子减少, 那么对流和扩散流也相应减少。

理论：

扩散是由混合流体的弥散，当时速度梯度以及当时各相异性流线长度和机械混合（Lake，1989）。K 方向的 j 相的 I 组份机械扩散量 J_{ijk} 如下：

$$J_{ijk} = -\phi S_j \alpha_{jk} |\mu_j| \nabla_k (\rho_j X_{i,j})$$

此处

$$\begin{aligned} \phi, S_j &= j \text{ 相的孔隙度, 饱和度} \\ \alpha_{jk} &= k \text{ 方向 } j \text{ 相的弥散度} \\ |\mu_j| &= j \text{ 相的形成裂缝的速度量级} \\ \nabla_k (\rho_j X_{i,j}) &= k \text{ 方向 } j \text{ 相 } I \text{ 组份浓度梯度} \end{aligned}$$

纵向和横向的分散度

关于纵向和横向的分散度，隐式假设在整个模拟中主要流动是沿一个网格的方向。分散张量是横向的。纵向值可被分配给主要流动方向，横向值可被分配为其它两个方向。然而，数据输入弹性具有弹性。

例：

```
** Mechanical dispersivity
*MDSPI_OIL *CON 0.03 ** All components in oil phase
*MDSPJ_OIL *CON 0.03
*MDSPK_OIL *CON 0.03
*MDSPI_GAS *CON 0.05 ** All components in gas phase
*MDSPJ_GAS *CON 0.05
*MDSPK_GAS *CON 0.05
```

总弥散系数*DISPI_WAT, *DISPJ_WAT, *DISPK_WAT, *DISPI_OIL, *DISPJ_OIL, *DISPK_OIL, *DISPI_GAS, *DISPJ_GAS, *DISPK_GAS

目的：

为期望的组份和相输入总扩散系数。

矩阵：

*DISPI_WAT	comp_des
*DISPJ_WAT	comp_des
*DISPK_WAT	comp_des
*DISPI_OIL	comp_des
*DISPJ_OIL	comp_des
*DISPK_OIL	comp_des
*DISPI_GAS	comp_des
*DISPJ_GAS	comp_des
*DISPK_GAS	comp_des

定义：

*DISPI_WAT, *DISPJ_WAT, *DISPK_WAT

水相 I, J 和 K 方向的 comp_des 的有效总弥散系数 (m²/day | ft²/day)。

*DISPI_OIL, *DISPJ_OIL, *DISPK_OIL

油相 I, J 和 K 方向的 comp_des 的有效总弥散系数 (m2/day | ft2/day)。允许矩阵读取选项*EQUALSI。

*DISPI_GAS, *DISPJ_GAS, *DISPK_GAS

气相 I, J 和 K 方向的 comp_des 的有效总弥散系数 (m2/day | ft2/day)。允许矩阵读取选项*EQUALSI。

comp_des

Component 指示, 包括引号内的名称或组份序号。组份必须在关键词指定的相中, 就象 *MODEL 指定 K 值。

缺省:

对一种组份或相来说, 如果没有总弥散关键词, 那么由相应了分子扩散和机械弥散关键词来决定总弥散。

条件:

对每一种组份或相, 三个方向必须定义。

总弥散选项不能和分子扩散选项 (*DIFFI_WAT, 等) 或者机械弥散选项 (*MDSPI_WAT, 等) 一起使用。

说明:

EOR 过程中使用的示踪剂和化学药品被曲变流路径和流动过程中的多孔介质各相异性所影响。通常, 弥散占优势。因此, 许多多孔介质结构有用的信息可从弥散信息中得到。

通常, 弥散系数与区域和方向有关, 在不同的相是不同的。这种变化能根据灵活的输入选项而得到。在模拟过程中, 输入弥散系数应该被看做真实物理弥散系数减去由截断误差引入的数值弥散而得到。

K 方向 j 相 I 组份总弥散量 J_{ijk} 如下:

$$J_{ijk} = -D_{ijk} \nabla_k (\rho_j X_{i,j})$$

此处

D_{ijk} = k 方向 j 相 I 组份的总弥散系数

$\nabla_k (\rho_j X_{i,j})$ = k 方向 j 相 I 组份的浓度梯度

总弥散由两部分组成: 有效分子扩散 (与组份和相有关), 机械弥散 (是岩石属性)。由*TRANSI 定义的传导率乘因子影响着弥散。因此, 临近网格的传导率乘因子是下降的, 对流和扩散流也将相应的降低。

例:

```
** Total dispersion with natural fracture grid option
** Component "COMB WAT" in water phase
*DISPI_WAT ' COMB WAT' *MATRIX *CON 1e-4
*DISPJ_WAT ' COMB WAT' *MATRIX *EQUALSI
*DISPK_WAT ' COMB WAT' *MATRIX *EQUALSI
*DISPI_WAT ' COMB WAT' *FRACTURE *CON 1e-2
*DISPJ_WAT ' COMB WAT' *FRACTURE *EQUALSI
```



```

*DISPK_WAT ' COMB WAT' *FRACTURE *EQUALSI
** COMPONENT "OXYGEN" IN GAS PHASE
*DISPI_GAS ' OXYGEN' *MATRIX *CON 3e-4
*DISPJ_GAS ' OXYGEN' *MATRIX *EQUALSI
*DISPK_GAS ' OXYGEN' *MATRIX *EQUALSI
*DISPI_GAS ' OXYGEN' *FRACTURE *CON 3e-2
*DISPJ_GAS ' OXYGEN' *FRACTURE *EQUALSI
*DISPK_GAS ' OXYGEN' *FRACTURE *EQUALSI

```

吸附组分的函数 ***ADSCOMP**

目的：为吸附指定对组成及 T 的依赖关系

格式：

```
*ADSCOMP comp_des phase_des
```

```
*ADSLANG tad1 tad2 tad3
```

或

```
*ADSLANG *TEMP
```

```
{ tads tad1 tad2 tad3 }
```

```
*ADSTABLE
```

```
{ cpt adt }
```

或

```
*ADSTABLE
```

```
{ TEMP tads
```

```
{ cpt adt } }
```

定义：

comp_des 下面的吸附函数应用到的组分名或号。

phase_des 对吸附组分组成依赖来自于何相：

'WATER'	水相 mole 分数
'OIL'	油相 mole 分数
'GAS'	气相 mole 分数
'GLOBAL'	总的 mole 分数
'MAX'	水，油，气 mole 分数的大者

*ADSLANG 用 Langmuir 等温吸附系数给定对组成的依赖。如有 *TEMP，就输入一个系数~T 的关系表。

tad1 Langmuir 表达式内的第一个参数(gmol/m3)，>0.。

tad2 Langmuir 表达式内的第二个参数(gmol/m3)，与盐的影响有关，>0.，这个参数目前不使用，请输入 0。

tad3 Langmuir 表达式内的第三个参数>0.。

tads 等温吸附数据的温度(Langmuir 或表)。

*ADSTABLE 给出吸附对组成的依赖表，如果有 *TEMP，对不同的温度 tads 输入不同的表。

cpt comp_des 在 phase_des 内的 mole 分数，允许 0~1.0，递增序列。

adt 在组成 cpt 条件下单位孔隙体积的吸附 mole 数(gmole/m3)。缺省：如无 *TEMP，吸附与温度无关。

条件：*ADSCOMP 和 *ADSLANG/ *ADSTABLE 必须对每一个吸附组分出现。

解释: Langmuir 等温吸附给定了单位 PV 吸附的组分 moles 为:

$$\text{ad} = \frac{(\text{tad1} + \text{tad2} * \text{xnac1}) * \text{ca}}{(1 + \text{tad3} * \text{ca})}$$

xnac1 是盐水的矿化度, ca 是 comp_des 在 phase_des 内的 mole 分数。在高浓度(高的 CA)情况下, 最大吸附是 $(\text{tad1} + \text{tad2} * \text{xnac1}) / \text{tad3}$

吸附依赖岩石性质的数据 *ADSRock

目的: 给定用 *ADSCOMP 指示的相, 组分吸附对渗透率 K 的依赖关系。

格式:

*ADSRock key

*ADMAXT admxt

*ADRT adrt

*PORFT porft

*RRFT rrft

*ADSDEN cncco

数组: *ADSTYPE

定义:

*ADSRock nrock 给定 *ADMAXT, *ADRT, *PORFT, *RRFT 的当前岩石类型号, 缺省为 1, 仅当有多个吸附岩石类型时才需要 *ADSRock nrock。

admxt 最大的吸附容量(gmole/m3), >0.。

adrt 残余的吸附水平(gmole/m3), 允许 0~admxt。adrt=0. 意味吸附是完全可逆的, adrt=admxt 表示吸附完全不可逆。

porft (可进入 PV, 或)可利用的 PV 分数。允许 0~1.0。它可以视为 1.0 减去不可进入的 PV 分数。

rrft 吸附组分的残余阻力因子, ≥ 1.0 , 缺省为 1.0。

cncco 处于吸附状态的每个纯组分的 mole 密度(gmole/m3), 这决定了被吸附组分占据的 PV 分数。*ADSDEN 和 *SOLDEN 指定此量。

*ADSTYPE 给每个网格块指定岩石吸附的类型号。

缺省: *ADSRock 1

*ADMAXT 0

*ADRT 0

*PORFT 0

*RRFT 1

*ADSDEN 48000

*ADSTYPE *CON 1

条件: *ADMAXT 对吸附是必须的。因为缺省是对焦炭 MW=13 而不是通常的吸附组分, 故 *ADSDEN 必须。

解释: 吸附性质, 诸如组分的滞留, 残余阻力因子, 不可进入 PV, 吸附水平均依赖于渗透率 K。油藏非均匀性可以造成这些性质的明显改变。因此, 平衡吸附是空间位置, 组分浓度以及 T 的函数。

用以下的因子去标定从局部浓度与 T 条件得到的吸附就可以考虑以上的函数关系:

$ADMAXT(I)/adm(C, T)$, $ADMAXT(I)$ 是网格块 I 的最大吸附容量, $adm(C, T)$ 是从对 T , 浓度的依赖得到的最大可能吸附。因此:

$$ad(C, T, I) = ADMAXT(I) * ad(C, T) / adm(C, T)$$

吸附组分 ic 在网格块 i 减小的孔隙度为:

$$porft(i, ic) * por(P(i), T(i))$$

吸附可以造成堵塞降低 K , 引入 K 的减小因子:

$$RKW = 1 + (RRF - 1) * AD(C, T) / ADMAXT$$

$$RKO = 1 + (RRF - 1) * AD(C, T) / ADMAXT$$

$$RKG = 1 + (RRF - 1) * AD(C, T) / ADMAXT$$

各相的有效 K 为:

$$AKW(I) = AK(I) * KRW / RKW(I)$$

$$AKO(I) = AK(I) * KRO / RKO(I)$$

$$AKG(I) = AK(I) * KRG / RKG(I)$$

相的相对流度可能受到粘度变化(非牛顿), 渗透率变化(吸附堵塞)。

初始条件

初始条件的标识(必须) *INITIAL

目的：表示初始条件数据的输入开始

格式：*INITIAL

条件：它是初始条件数据段的第一个关键字。仅定义了初始压力分布的关键字才是必须的。

初始化区域 *INTERGION, *INTYPE

垂向平衡(可选择) *VERTICAL

格式：

```
*VERTICAL ( *OFF | *DEPTH_AVE
| *ON (*PSTEP n)
| *ALLPROP (*PSTEP n) )
*REFPRES ref_pres
               *REFDEPTH ref_depth
               *REFBLOCK i j k (*RG ir jr kr)
```

定义：

*OFF 不作重力平衡计算

*DEPTH_AVE, 利用数据 *DWOC, *DGOC 完成按深度平均的 PC~重力垂向 平衡计算。这是推荐的选择，但应用了某些限制。

*ON 完成了拟时步的垂向平衡计算，在这个计算中使用了大的 ST，且无源汇项。仅仅改变初始条件形成的压力。

这个方法未考虑 Pc 对 S 的指定，但是它可以处理广泛的 ρ , kr 的选择。

*ALLPROP 类似于*ALL，但允许所有的量与初始条件形成的值不同。由于热采的常是重油，使用这个选择常导致各相的几乎完全的分离，如果你的数据没有违反它的限制，最好使用 *DEPTH_AVE 选择。

*PSTEP n 利用 n 个拟时步，无源汇项计算垂向平衡。

ref_pres 参照块的压力(KPa)，必须处于允许的压力范围内。

ref_depth 对 *REFPRES 的参照深度(m)，必须处于油藏的深度内。

i j k 参照块的基本网格块地址。

ir jr kr 参照块在细分网格内的块地址。

缺省：如无 *VERTICAL，则为 *VERTICAL *OFF。

如有 *VERTICAL，但无 *PSTEP，则为*PSTEP 4。

如有 *REFBLOCK, i j k 指基本网格块，无 *RG ir jr kr，则 *RG 1 1 1。

条件：*REFPRES 和 *REFDEPTH 或 *REFBLOCK 是必须的，这个选择覆盖 *PRES。

*VERTICAL, *DEPTH_AVE 使用了 *DWOC 与 *DGOC，不用*SW, *SO, *SG 输入的数据。

解释：*VERTICAL, *DEPTH_AVE 具有三种流体系统的选择： (1)如果 *DWOC 与 *DGOC 出现且数据不等，那么为 W, O, G 三相系统。DWOC, DGOC 在油藏顶底之间。

(2) 如果无*DGOC, 或有但数值是在油藏顶深以上, 那么为 W, O 系统, DWOC 在油藏顶底之间。

(3) 如果 *DWOC 和 *DGOC 出现, 且数值相等, 那么为 W, G 系统。DWOC 在油藏顶底之间。

垂向平衡计算

有两个方法指定了垂向平衡计算: 拟时步和 $P_c \sim$ 重力。

(1) 拟时步: *VERTICAL/*ON, 相压力重力平衡, S_w , S_o 指定。

这个方法在 stars 内已用了许多年, 它具有两个阶段: 指定 S , 计算 P 分布。

不考虑 $\Delta \rho$ 与 ΔP_c , 用 *SW, *SO, *SG 外部输入 S 的初始分布。或者, 仅考虑 $\Delta \rho$, 但不考虑 ΔP_c , 按重力完全分离方式内部指定 OWC, OGC 上下带内的初始 S 分布。OGC 以上 $S_g = 1 - S_{wc} - S_{org}$, 以下为 0。OWC 以上 $S_w = S_{wc}$, 以下为 1.0。

根据参照点深度及 P , 用重力平衡计算 P_o 的初始近似场, 附去参照块的压力已知外, 还有 NXNYNZ—1 个块的压力未知, 联立这些压力方程, 无源汇项, 求解 N 个大 ΔT 的 P 方程组, 得到近似的垂直平衡分布, 用它作为油藏的初始条件。

(2) $\Delta P_c \sim \Delta \rho$ 平衡的方法是一个更常规的近似。这个方法也用于等温的 IMEX, GEM 模型内。

分两个阶段: 构造深度表, 指定块的条件:

深度表: 建立相压力, P_c 随深度的变化, 可以有 OWG, WO, WG 三种系统的选择。

指定块的条件: 从 P_{com} , P_{cog} 反求 S_w , S_g 分布, 当然 S_w , S_g 还依赖于 T 与岩石的类型。调整气层块的组分的组成, 满足 g/l 平衡比。有如下的限制:

(1) $\rho_o < \rho_w$

(2) 有多组 k_r 的内插表(组分内插), 在构造深度表时仅用第一组表。因此第一组表应与初始条件对应, 例如无表活剂存在。(3) 饱和度不是通过 *SW, *SO, *SG 覆盖的, 用户应选用哪一个方法, 建议:

①如果没有违反以上的限制, 就用 *VERTICAL, *DEPTH_AVE 选择。

②否则用 *VERTICAL *ON。

在不违反限制的条件下, 对 $P_{cow} = P_{cog} = 0$ 的情形, 两个方法几乎给出了相同的结果。注意: 如果用 *VETLICAL *ON *PSTEP n , 必须 $P_c \equiv 0$, 且有 *SW, *SO, *SG。

用非端点的 S 作初始化

有时候要求使用 $\Delta P_c \sim \Delta \rho$ 平衡的方法, 但要求覆盖一个限定区内的初始 S 。例如, 油层 $S_w = S_{wc}$, 而覆盖以后油层还包含了一个连通道道具有 $S_w > S_{wc}$ 。

*DEPTH_AVE 选择严格基于 P_c 和 P 剖面为网格块指定初始的 S 。但是用于初始化的 k_r 的岩石类型可能与时步计算的不同。下面几步完成了这一点: (1) 输入一个附加的 KR 的岩石类型, 对相应的端点使用要求的初始 S 值, 可以使用 *RPT 的子关键字 *COPY。例如, 置 S_w 等于 S_{wi} :

*RPT 2 *COPY 1 *SWR S_{wi}

(2) 在 *ROCKFLUID 数据段, 通过 *KRTYPE 将这种岩石类型指定给要求的区域。

(3) 在循环数据的第一部分内, 用 *KRTYPE 给要求的区域指定正常的岩石类型。

(4) 检查初始 S 是否是要求的数值。且对时步 1 打印出块的 k_r (用 *OUTPRN *GRID),

检查这些块的初始流量。

当其用 $P_c \sim \Delta \rho$ 平衡计算的初始 S 在一个限定区用 *SW 等被覆盖时,这个方法工作得最好。
如果要对每一块给定非端点的 S, 请使用 *VERTICAL *ON。

初始油藏的 P, T *PRES

目的: 给定初始油藏的 P, T

数组: *PRES

*TEMP

定义: *PRES 初始油相 P (KPa), 应处于允许的范围。

*TEMP 初始温度 (°C), 应处于允许的范围。

缺省: 如无 *TEMP, 则为 *TEMP *CON temp

条件: 如未使用垂向平衡选择, 那么 *PRES 必须。

初始饱和度 *SW

目的: 给定初始油藏的初始饱和度

数组: *SW

*S0

*SG

格式: *DWOC dwoc

*DGOC dgoc

定义: *SW 初始化 Sw, 允许 0—1.0

*S0 初始的 So, 允许 0—1.0

*SG 初始的 Sg, 允许 0—1.0

*DWOC dwoc 按油水界面初始化 Sw(m)。对于 *VERTICAL *DEPTH_AVE, 初始 SW 反映了非 0 P_c 造成的 WO 过渡带。对其它的选择, 如 *VERTICAL *ON 或 *OFF, 如果 $P_{cow}=0$ 就人为指定 SW。

*DGOC dgoc 按 GW 界面深度去初始化 Sg(m)。指定精确的值依赖于垂向平衡选择。对于 *VERTICAL *DEPTH_AVE, 初始的 Sg 反映了非 0 P_{cog} 造成的 LG 过渡带。对其它的选择, 如 *VERTICAL *ON 或 *OFF, 如果 $P_{cog}=0$ 就人为指定 Sg。

缺省: 如无 *DWOC, 如要使用 WOC, 它将在油藏以下。

如无 *DGOC, 如要使用 GOC, 它将在油藏以上。

Sw, So, Sg 的指定是可选择的, 但缺省值受到 $Sw+So+Sg=1.0$ 的约束。下面的表给出了缺省行动, X 记输入的 S。SWC 是从岩石—流体数据得到的临界 Sw。

情形	SW	SO	SG	行动	检查守恒
1	x	x	x		$Sw+So+Sg=1$
2	x	x		$Sg=1-Sw-So$	$Sg<0$
3	x		x	$So=1-Sw-Sg$	$So<0$
4		x	x	$Sw=1-So-Sg$	$Sw<0$
5					x

Sg=0, So=1-Sw

6 x Sg=0, Sw=1-So
 7 x Sw=Swc, So=1-Sw-Sg So<0
 8 Sw=Swc, Sg=0, So=1-Sw

条件: *DWOC 与 *DGOC 是相互独立的, 即如果用 *DWOC 指定 Sw, 那么就可使用 *SG 指定气的 S, 但是, 较为简单的是同时使用 *SW, *SO, 和 *SG, *DWOC 和 *DGOC。

*DWOC 与 *DGOC 指从是油藏内的深度, 假设 *DTOP 已显式地定义了这些深度, 即使无 *DTOP 也定义了深度, 故需要确认界面深度与油藏深度的一致性。

注意用 *DWOC 指定的 S 不依赖于 kr 的润湿性。

初始的相摩尔分数 *MOLEFR

数组:

```
*MOLEFRAC *WATER  w(1) ... w(numx)
*MOLEFRAC *OIL    x(1) ... x(numx)
*MOLEFRAC *GAS    y(1) ... y(numy)
```

缺省: 如无 *MOLEFRAC *WATER, 那么 W(1)=1.0, 其它的 W(i)=0, 为了满足相平衡, 在初始化期间可以修正某些 W(i)。 如无 *MOLEFRAC *OIL, 那么 X(numw+1)=1, 且其它 X(i)=0, 为了满足相平衡, 在初始化期间可以修正某些 X(i)。

如无 *MOLEFRAC *GAS, 那么全部 Y(i)=0, 某个或全部的 Y(i) 可以在初始化期间修正, 为了满足相平衡。

条件: 仅当初始条件包含了非凝析气或过热液体时, *GAS 是必要的, 因为 Y(i) 通常用 $Y=K \cdot X$ 计算。

解释: 关于对数组输入 numx 或 numy 个组分数值, 其规则是: 在每个地方提供一组 numx 或 numy 个值, 一个非组成的数组如像 *POR 要求用数组读入方式, 例如, *CON 后跟一组数值:

```
*MOLEFRAC *OIL *KVAR 0 .7 .3 ** 层 1
0 .71 .29 ** 层 2
0 .73 .27 ** 层 3
```

初始相平衡

对于一个处于热动力平衡的多组分系统, 相的 mole 组分间满足 K 值约束。在输入 mole 分数以后, 要作 K 值的相容性检查, 必要时作某些调整。调整依赖于 *TFORM 给定的选择。

(1) *SXY 公式

水组分 $i=1 \sim \text{numw}$:

Sw>0 时, W(i) 不变, 用从 K 值计算的值去覆盖 X(i) 和 Y(i)。

Sw=0 时, Y(i) 不变, 用从 K 值计算的值去覆盖 X(i) 和 W(i)。

油组分 $i=\text{numw}+1 \sim \text{numx}$:

So>0 时, 如果

, 且 Sg=0, 那么 X(i) 不变, 否则调整 X(i) 至饱和条件, 从 K 值重新计算 W(i) 和 Y(i)。

So=0 时, Y(i) 不变, 用 K 值计算的去覆盖 W(i) 和 X(i)。

非凝析气 $i=\text{numx}+1 \sim \text{numy}$: Sg>0 时, Y(i) 不变。

$S_g=0$, $Y(i)$ 不变, 并置为 0。

例如, 如果 $S_w>0$ 和 $S_o>0$, 那么 $i \leq \text{numx}$ 的全部 $Y(i)$ 覆盖, 因此没有必要输入它们。仅当 $\text{numy}>\text{numx}$ 和/或至少有一个液相是过热的, $Y(i)$ 才必须。 (2)*ZT 公式

用输入或缺省的 $W(i)$, $X(i)$, $Y(i)$ 去计算总的 mole 分数 $Z(i)$; 闪蒸这些 $Z(i)$ 就可得到新的相饱和度与 MOLE 分数。如果偏离输入值太多要标出。

(3)*ZH 公式

S 与 mole 分数的作法与 *ZT 的相同。此外, 从初始 T 计算能量; 这个能量的热闪蒸生成一个新的 T , S , mole 分数。

气带相成的调整

用户经常想定义一个初始气层, 或用 *DGOC, 或用 *SW, *SO, *SG 可实现这一点。给定未饱和带 ($S_g=0$) 的油组成是容易的, 因为仅有的约束是油 mole 分数之和为 1.0。但是, 在气带内附加的相平衡约束是有效的。事实上, 饱和油的 mole 分数随 P 变化, 而 P 随深度变化。用手去计算这些组成是不切实际的。一般说来, 你可以输入未饱和油的组成, 在气带内自动以未饱和到饱和调整油的 mole 分数。用最后的气 mole 分数去那些输入值, 因此 *MOLEFRAC *GAS 是不必要的。

仅当以下各项为真时, 这个调整才是可能的:

- (1) 不存在非凝析气组分, 即是在 *MODEL 内 $\text{numy}=\text{numx}$
- (2) 至少存在两个油组分
- (3) 在存在的若干油组分中, 至少有一个 $K=\text{vapour/liquid} > 1.0$, 例如溶解气。
- (4) 在存在的若干油组分中, 至少有一个 K 值小于 1.0, 例如油。
- (5) T 低因而水的汽化 P 也低, 即是初始条件内无蒸汽。
- (6) $\text{vapour/liquid} = K$ 不依赖于组成。当其 K 依赖于组成时, 就调整总的组成。

在黑油型流体系统内, 这些条件将满足。使用的算法如下:

(1) 将组分划为两组: K 值大于 1.0, K 值小于 1.0 各为一组, 前者总的油 mole 分为 X_a , 后者为 X_b , 因此 $X_a+X_b=1.0$, 如果 X_a 或 X_b 为 0, 就不能作调整。

(2) 求出水相总的气 mole 分数 Y_{aq} 。

(3) 求出 X_a , X_b 组总的 mole 分数, 各为 Y_a , Y_b 。

(4) 求出调整比 R_a 和 R_b , 分别用到两组的油 mole 分数去, 为了满足气带的全部约束。因为 K 值是常数(不依赖于组分), 在一组内用某个比调整所有的油 mole 分数将导致一个总的气 mole 分数, 它的改变具有相同的比。

$R_a \cdot X_a + R_b \cdot X_b = 1.0$ (新的 X 的和为 1.0)

$Y_{aq} + R_a \cdot Y_a + R_b \cdot Y_b = 1.0$ (新的 Y 的和为 1.0)

解出 R_a 和 R_b 。对未饱和油 $Y_{aq}+Y_a+Y_b < 1.0$, 在这种情况下 $R_a > 1$, $R_b < 1$ 。

(5) 检查调整后的油 MOLE 分在物理范围内?

初始固体的浓度

数组: *CONCENT $c(\text{numy}+1) \dots c(\text{ncomp})$

定义: $C(i)$ 固体组分 i 的初始浓度 (gmol/m^3 孔隙)

缺省: 所有 $C(i)=0$

解释: 例题, 如果沉淀的燃料为 $2.0 \text{ lb}/\text{ft}^3$, $\Phi=0.30$, 焦炭分子量 13, 那么:

$\text{SLDCON} = (2.0 \text{ lb}/\text{ft}^3 \text{ 油藏体积}) \cdot (1.0 \text{ lbmole}/13 \text{ lb}) \cdot (1.0 \text{ 油藏体积}/0.3 \text{ Pv}) = 0.513 \text{ lbmole 燃料}$

/Pv

0 孔隙度块不需要输入 C(i)

数值方法的控制

摘要

为数值方法定义参数，如时间步长的选取，内外迭代收敛控制等。

选择的列表

方程/变量公式有如下的选择：

(1) 热的或等温的

(2) S/mole 分数/T，总 mole/T，总 mole/焓。

线性代数方程组解法的选择：

(1) 网格块排序的四种选择，如自然的，红黑的……。

(2) 直接的高斯法，迭代的不完全分解 LU (ILU) 方法。

(3) 对 ILU 填充级的选择。

建立流动方程的选择：

(1) 基于稳定性或阈值的自适应方法。

(2) 允许或不允许井筒内的侧流

(3) 控制某些流动量上游数的级 (N 或 K)

(4) 控制 ΔT 大小

(5) 控制迭代收敛的容限

必要的参数

本段的参数全为可选的，因而都带有缺省值。如果本段的关键词全不出现，那么 *NUMERIAL 可以省略。

重要的关键词顺序

无重要的顺序，可按任意顺序出现。

缺省的使用

对大部分问题，缺省值是有效的。如果不用缺省值，且给定的值不恰当，那么会增加 CPU 算时。

在其它数据段内的使用

*MAXSTEPS 可出现在本段或 I/O 控制数据段。

本段大部分关键词也可出现在井数据段内。

可出现在井数据段内

不能出现在井数据段内

-----		-----	
*MAXSTEPS	*SDEGREE	*TFORM	
*DTMAX	*NORTH	*ISOTHERMAL	
*BAKFLOSW	*ITERMAX	*MINPRES	
*MATBALTOL	*PRECC	*MAXPRES	
*NEWTONCYC	*SORDER	*MINTEMP	
*UPSTREAM	*PIVOT	*MAXTEMP	
*PVTOSCMAX	*NCUTS	*NORM	
*UNRELAX	*AIM	*CONVERGE	

数值方法控制的标识(可选择)

目的：用*NUMERICAL 指示后面全是数值方法控制数据

格式：*NUMERICAL

缺省：整个数据段可选择，因而 *NUMERICAL 可以不出现。

最大时间步长(可选择) *DTMAX

格式：*DTMAX max_time_size max_time_size

定义：max_time_size 最大步的值(d)

缺省：1.0E35

解释：*DTMAX 0.5

模型的公式(可选择) *TFORM, *ISOTHERMAL

格式：*TFORM (*SXY | *ZH | *ZT)

定义：*SXY 标准的选择，基本变量为相的 S，相的 mole 分数和 T。相的出现或消失，造成变量的转换。

*ZH 等焓闪蒸算法。能量方程写成焓的形式。流体焓作为基本变量，T 是 P，总组成和流体焓的函数。不允许有 0 孔隙度的块。

*ZT 温度闪蒸算法。适合于宽沸点的热流动问题，如无蒸汽的冷/热水问题，非渗凝气的浓度很高的火烧问题。这个近似等价于组分模型的闪蒸。

*ISOTHERMAL 等温问题，不释 T 方程。非均匀的初始 T 是允许的，仅能同*ZT 一起使用。初始运算是等温的，重启运算是非等温的，那么在重启数据输入文件内应去掉 *ISOTHERMAL。

缺省：*TFORM *SXY

每时步基本变量的正常变化(可选择) *NORM

格式：*NORM { *PRESS x | *SATUR x | *TEMP x | *Y x
| *X x | *W x | *FLUIDH x

| *ZO x | *ZNCG x | *ZAQ x }

定义：

*PRESS x 正常的 P 变化(KPa)，建议 100-2000KPa。

*SATUR x 正常的 S 变化，建议 0.05-0.40。

*TEMP x 正常的 T 变化(°C)，建议 5-150°C。

*Y x 正常的气 mole 分数，建议 0.05-0.40。

*X x 正常的油 mole 分数，建议 0.05-0.40。

*W x 正常的水 mole 分数，建议 0.05-0.40。

*FLUIDH x 正常的流体焓 mole 分数，(J/gmol)，建议 0-1.0E9。

*ZO x 正常的油组分总 mole 分数变化，建议 0.05-0.4。

*ZNCG x 正常的非凝析气组分，总 mole 分数变化：建议 0.05-0.4。

*ZAQ x 正常的水组分总 mole 分数变化, 建议 0.05-0.4。

缺省:

*NORM *PRESS 500 ** KPa

*SATUR 0.2

*TEMP 30 ** C deg*Y 0.2

*X 0.2

*W 0.2

*ZO 0.2

*ZNCG 0.2

*ZAQ 0.2

*FLUIDH 2500 ** J/gmol

条件: *TEMP 不能与 *ISOTHERMAL 一起使用。

*ZO, *ZNCG, *ZAQ, *FLUIDH 不能与 *TFORM *SXY 一同使用。

*Y, *X, *W 不能与 *ZT/*ZH 一同使用。

解释: 正常变化值用于自动选 Δt 的计算, 例如:

*NORM *PRESS 145, *SATUR 0.08

计算 Δt 的公式如下:

DNORM(i) 基本变量之要求的正常变化。

D(i)max 上个时步变量之时所有块的最大变化。

收敛容限(可选择) *CONVERGE

格式:

```
*CONVERGE { *PRESS x | *SATUR x | *TEMP x | *Y x
              | *X x | *W x | *BHP x
              | *ZO x | *ZNCG x | *ZAQ x }
*CONVERGE { *WELLRES x | *MAXRES ( ( eqn_id ) x ) }
            eqn_id = comp_name | *ENERGY | *PHASEQ
            *MATBALTOL x
```

定义:

*PRESS	x	P 的容限 (KPa), 建议 1-30。
*SATUR	x	S 的容限, (KPA), 建议 0.0001-0.05。
*TEMP	x	T 的容限 (°C), 建议 0.01-1.0。
*Y	x	气相 mole 分数容限, 建议 0.0001-1.0。
*X	x	油相 mole 分数容限, 建议 1.0E-7-1.0。
*W	x	水相 mole 分数容限 (KPa), 建议 1.0E-7-1.0。
*BHP	x	流压容限 (KPa), 建议 1-30。
*ZO	x	油组分总 mole 分数容限 (也用到水组分 H2O), 建议 0.0001-0.05。
*ZNCG	x	非凝析气总 mole 分数容限 1.0E-7-1.0。
*ZAQ	x	水组分 (不是 H2O) 总 mole 分数容限, 1.0E-7-1.0。
*WELLRES	x	每口井速率约束方程残量的相对容限, 1.0E-5-1.0。如果基本迭代变量已收敛, 井速率约束方程的残量超过了 X 乘目标速率, 就再作一次牛顿迭代。较小的

值导致井速率较小的偏差，但 CPU 时间增加。例如， $X=0.001$ ，计算收敛后，(计算速率—给定速率) ≤ 0.001 给定速率。

*MATBALTOL x 一个时步期间，相对物质守恒误差允许的最大增加，允许 $1.0E-7-1.0$ 。如果基本迭代变量已收敛，一个 ΔT 上的物质守恒误差超过 X ，就再作一次迭代。较小的值就导致运算结束时有较小的物质守恒误差，且增加了 CPU 时间，增加了迭代次数，增加削减 ΔT 的次数。如有振荡发生应放大 X 。

缺省：

```
*CONVERGE *PRESS 1 ** KPa
*SATUR 0.002

*TEMP 0.5 ** C deg
*Y 0.002
*X 0.002
*W 0.002
*BHP **KPa
*ZO 0.002
*ZNG 0.002
*ZAQ 0.002 *WELLRES 0.001
*MATBALTOL 1e-5
```

条件：*TEMP 不能与 *ISOTHERMAL 同用。

*ZO, *ZNG, *ZAQ 不能与 *TFORM *SXY 同用。

*SATUR, *Y, *X, *W 不能与 *ZT/*ZH 同用。

解释：给定了收敛的标准，物质守恒误差，井方程残量的收敛标准。如：

```
*CONVERGE *PRESS 10 *SATUR 0.01
```

最大牛顿迭代次数(可选择) *NEWTONCYC

格式： *NEWTONCYC maxn

定义：maxn 最大迭代次数，允许 1-30。

缺省：15

解释：如果达到 maxn 仍不收敛，就减小 ΔT 重算此步。

如 *NEWTONCYC 8。

低松弛选择(可选择) *UNRELAX

格式： *UNRELAX urpm 定义：urpm 低松弛参数，允许 -0.1 - 1.0。

=1.0 不作低松弛计算。

<0，自动计算一个低松弛参数，这个选择通常比 urpm>0 完成得好。第三次牛顿迭代以后使用的最大值是 urpm。如果选取了这个选择，那么就从 -1.0 开始。不推荐 urpm<0.5。

>0，第三次牛顿迭代以后使用低松弛参数可以加快收敛。这个选择应少使用，即使使用应 URPM 值尽可能接近于 1.0。对某些困难的问题可以改善总体的收敛性。不推荐 urpm<0.5。

缺省：*UNRELAX 1.0

解释：在第三次牛顿迭代以后使用低松弛参数可加快收敛，对困难问题特别有用。当其收敛

性不间断地失败时，应使用 0.5。如果问题不需要低松弛，强行使用低松弛会增加迭代次数。
如：

*UNRELAX 0.5

上游计算选择(可选择) *UPSTREAM

格式：*UPSTREAM(*NLEVEL) (*KLEVEL)

定义： ρ 与 P_c 用 N 级值计算，即时步的初始时刻 $T = N$ 的值。采用这个选择对上游值，通常导致较小的振荡。因而收敛较快。

*KLEVEL ρ 与 P_c 用 K 级值计算，即 t^{n+1} 的迭代值 t^k ，振荡比 *NLEVEL 大，但可以防止某些类型的物理超限。双孔隙问题建议用 *KLEVEL。

缺省：*UPSTREAM *NLEVEL

解释：重新计算上游流动方向的时刻在：

- (1) 时步的开始
- (2) 每当一个相出现或消失
- (3) 每当一口井关闭或打开 上游流动方向依赖于流动相的势，势与 P , T , $P_c(S)$, ρ (因而组成) 有关。使用的 P , T 总是 K 级的，这个关键字决定了使用什么样的 ρ 与 P_c 值。

线性解法的收敛精度(可选择) *PRECC

目的：给定线性方程组解收敛的容限 (AIMSOL)

格式：*PRECC precc 定义：precc 达到收敛时要求的残量减小的相对量，允许 $1.0E-9 \sim 1.0E9$ 。

缺省：*PRECC 1.E-4

解释：当其残量的 RMS 值减小到 precc 残量原始值时，认为线性解法收敛。

方程： $AV=b$

RMS 残量定义为：

收敛发生于 $r(i)/r(0) < \text{precc}$ ， i 是第 i 次迭代。

正交化(可选择) *NORTH

目的：给定最大正交化的次数

格式：*NORTH num

定义：num 最大正交化次数，允许 $1 \sim$ 维数值。

缺省：*NORTH 10

解释：如果需要大的 num，可以改动 INCLUDE 文件内的 COMMON 块的维数。

方程的排序(可选择) *SORDER

目的: 给定了方程在 ILU 因式分解中的排序。 格式: *SORDER (*NATURAL | *REDBLACK | *RCM | *RCMRB)

定义:

*NATURAL 使用自然排序

*REDBLACK 使用红—黑减小系统的排序, 与 D4 排序类似。时黑块的减小系统实行消去, 节省了存储量与计算量。使用 9 点选择将导致更多的黑块和较少的节省。

*RCM 使用逆的 Cuthill-McKee 排序。排序算法的目的是减小 L,U 因子的带宽。与 *NATURAL 相比, 使用 *RCM 对高阶的方程可以明显地减少 CPU 时间, 特别是 *GAUSS。当其 IDEG 小时, 因为矩阵的填充少了, 节省的 CPU 时间更多。对于无井, 无空块的正规网格, 此法等价于 D2 排序。

*RCMRB 先用 *RCM, 后用 *REDBLACK。对于一个无井, 无空缺的正规网格, 此法等价于 D4 排序。

缺省: 对于块数 > 20 的 2D 和 3D 问题, 为 *SORDER *REDBLACK, 否则为 *SORDER, *NATURAL。

因式分解的级(可选择) *SDEGREE

目的: *SDEGREE 控制了因式分解中使用的填充项的最大级

格式: *SDEGREE (max_deg/*GAUSS)

定义: max_deg 给定最大级, 为正整数。

*GAUSS 使用高斯消去法。

缺省: 对块数 > 20 的 2D 和 3D 问题, 为 *SDEGREE1, 否则为 *SDEGREE *GAUSS。

解释: *SDEGREE 控制着通过不定量的高斯消去计算 LU 时使用的填充项的最大级。如果 max_deg 大于带宽, 或使用了 *GAUSS, 那么会导致完全的高斯消去。

通常, 问题越困难 max_deg 越大。困难指渗透率的级差大, 燃烧驱的热动力问题等。大的 max_deg 有多的 CPU 时间。如: *SDEGREE *GAUSS。

旋转提高稳定性(可选) *PIVOT

目的: 控制是否要对角子阵求逆旋转稳定化。

格式: *PIVOT (*ON/*OFF)

定义:

*ON 执行旋转稳定化, 与选择主元素有关。

*OFF 不执行旋转稳定化。

缺省: *PIVOT *OFF

最大内迭代次数(可选择) *ITERMAX

格式: *ITERMAX maxn

定义: maxn 最大内迭代次数, 允许 1-300。

缺省: 30

自适应隐式标识(可选择) *AIM

格式: *AIM(*OFF/*STAB/*THRESH frnorm)

定义: *OFF 所有网格块为全隐式

*STAB 按稳定性标准, 在全隐式与自适应隐式之间转换网格块, 这是推荐的 AIM 方法

*THRESH frnorm 隐式—自适应隐式转换的阈值参数, 允许 0-10, 推荐方法为:

*AIM *STAB

对注蒸汽问题, 典型值为 frnorm =0.5。

对燃烧问题, 经验表明数值动态对阈值 frnorm*dnorm 十分敏感。大的 frnorm 阈值导致更多的块使用 IMPES 方法, 从而减少了每次迭代的 CPU 时间, 当然也降低了稳定性(更多的迭代)。

当其井的工作制度改变时, 要用 *AIMSET 重新设置。

缺省: *AIM *OFF

射开层的倒流开关(可选择) *BAKFLOSW

格式: *BAKFLOSW(*OFF/*ON)

定义:

*OFF 不检测倒流, 且是允许的。

*ON 当其发现某射开井层倒流时就关闭此井层, 如果后来此井层的流动势指向井轴再次自动开井。对井筒离散的井不作倒流检测。

缺省: *BAKFLOSW *ON

解释: 对注入井, 正常的流动方向是井筒向油藏流, 相反的方向为倒流。对采油井给的相反。

易发生倒流的原因: 垂直井, 源汇项的井模型, 井筒(射开部分)较长, 水油气同时流动, 井层间的 K 级差大, 突然减小全井的速率。采用离散井筒可以真实, 合理地处理倒流。

P 和 T 的限定(可选择) *MINPRES

格式:

*MINPRES minpres

*MAXPRES maxpres

*MINTEMP mintemp

*MAXTEMP maxtemp

定义:

minpres 模拟期间的 P 下限(KPa), 允许 0.01-1000KPa。

maxpres P 的上限(KPa), 100-1.0E9 KPa。

mintemp T 的下限(°C) 允许 0-1000°C。

maxtemp T 的上限(°C), 允许 2—3000°C。

缺省: *MINPRES 50 **KPa

*MAXPRES 1.0E6 **KPa

*MINTEMP 1 **°C

*MAXTEMP 2000 **°C

解释: 在以下的场合, P, T 要与它们的上下限对比:

- 初始的 T, P
- 井底操作条件(井数据段)
- 每次外迭代结束时, 井与井块的 P。

每个时步, 相转换的最大次数(可选择) *PVTOSCMAX

目的: 给定每时步, 每块内的最大相转换的次数, 如从水变汽, 又从流变回水。

格式: *PVTOSCMAX maxn

定义: maxn 最大次数

缺省: 如无*PVTOSCMAX, 为 60

解释: 当其油藏处于饱和条件, 液相包含着极易挥发的组分, 或一个网格块的总热容太小(如裂缝的岩石体积小或为 0), 那么非常小的 T 或 P 变化就可以引发相的出现/消失, 在一块内随迭代次数交替发生。带来收敛性问题。如果给定了 MAXN 就可以减轻数值计算的困难。

井的预消去控制(可选择) *MAXLAYPRE

格式: *MAXLAYPRE nlypre

定义: nlypre 在一口井实现预消去之前, 允许它具有的最大射开井层数, 正整数。

缺省: 如无 *MAXLAYPRE, 则为 3。

解释: 为了对井方程使用高斯消去法, 对一口井的射开井层数作预消去。当其相邻的射开井层数不超过 3 时, 这样的消去不产生或仅产生较小的填充。缺省 3 反映了这个事实。

如相邻的射开井层数大于 3, 那么产生附加的填充, 即大约 $(nly-1)*(nly-2)$ 个子阵, 每个阵为 nly 阶, nly 为射开层数, neg 是每个块的方程个数。如果 nly 大, 那么附加的填充就非常的大, 甚至可以超网格块的填充, 要是这样就不应作井的预消去了。仅 $nly \leq nlypre$ 的井作预消去, 其它井不作。

如果不做预消去, 一个井方程和它的基本迭代变量就进入到矩阵迭代求解。在这种情况下, 一个井方程就享有低填充, 低 CPU 算时的好处。预消去的唯一缺乏是降低数值性能, 但可能性很小。

96 年的版本, 对所有的情形均作预消去。

允许的最大切 ΔT 次数(可选择) *NCUTS

目的: 在一个时步内, 允许连续切小 ΔT 的最大次数。达此次数后仍切小则作业失败。

格式: *NCUTS value

定义: value 最大次数

缺省: 如无*NCUTS, 则为 7。

解释: 如果某时步的解不收敛就切小 ΔT 重算, 可以如此重复多次。如像蒸汽实破采油井。

岩石力学模块

岩石力学模型简介

有三个独立的模块：

1. 塑性变形模型
2. 裂缝或水力压裂模型
3. 单井边界卸载模型

关键字

整个部分均为可选。如选择任一种，需要的关键字如下：

塑性变形模型

塑性变形模型中考虑了油藏中有限元弹塑性应力分析，采用定位移和牵引边界条件。此塑性理论是一物体在理论的张力和应力关系描述。

当一物体有弹性，其应力与张力属性由两物体常数描述。例如，杨氏模量和泊松比。然而，该物质可能会在增大应力的情况下表现塑性。在这种情况下，必须描述应力状态的屈服标准，在此应力状态下开始塑性流。不同类别的物质表现出不同的弹塑性。在弹性变形和塑性变形处，屈服应力张力需要描述塑性流。

通常认为塑性张力是不可逆，此现象发生在物质受到某一应力时，达到屈服状态。此屈服标准是 Mohr-Coulomb 和 Drucker-Prager，它们适合描述地层，还可用来描述屈服条件。同时，这也可用于各项同性。此物体承受塑性张力。更多关于地层的相关定律和屈服标准可在 Desai 和 Christian (1977) 中查到。

加载和卸载的循环过程就象循环注采过程一样，能被模拟。在注气水过程中，局部的应力状态能达到屈服条件，并开始积累塑性张力。剪切是导致体积膨胀的一种因素。当开采时，加在物体上的应力被卸去，会导致屈服表面失去应力状态。在此期间，物体会失去一些可逆的弹塑性张力。

此模型考虑了弹性和塑性应变，能解决地层的应力平衡问题，并能计算体积膨胀/压缩。孔隙体积的改变可能由剪切应力或压缩/膨胀引起。孔隙体积的改变和相关的变化用来计算油藏模型中质量和能量守恒。

此模型能用直角坐标，直角坐标，还能用轴对称径向坐标。对于非径向网格，初始最小应力方向假设为正交于 y 轴 (x 轴)。平面张力分析在 y-z 平面或 x-z 平面。以上是假设 x (y 轴) 的方向张力可忽略。对于一口单井，可用轴对称径向网格。

此模型使用以下关键词：

*ELASTMOD *POISSRATIO *YLDSTRESS *COHESION *HARDEN *FRICANGLE *BIOTSCOEF

*STRESS *STRESSGRAD *WRADIUS *RPWTABD *RPLTABD *FPVOLM *TDMAX *TDMIN
 *GEOTYPE *GEOROCK *PRINTGEO *NODE4 *NODE8 *NODE9 *GAUSSPNT *STIFFINIT
 *STIFFTANG *STIFFCOM1 *STIFFCOM2 *TRESCA *VONMISES *MOHRCOUL *DRUCKER *NINCS
 *FORCETOL *DISPLACTOL *NITERGEO *PLSTRAIN *PRESCBC *PLOADBC *DLOADBC *GLOADBC
 *SPECGRAV *RIGIDNULL *RIGIDTOP *GEODOMAIN *GCOUPLING

以上关键词中，有 5 个是必需给出具体数据的（其他选项都有缺省数据）：

*ELASTMOD 杨氏弹性模量
 *POISSRATIO 伯松比
 *RPWTABD 膨胀区域的水油相渗
 *RPLTABD 膨胀区域的液/气相渗
 *STRESS 初始应力

模型中有多岩石类型选项，使用*GEOROCK 和*GEOTYPE 关键词。如果这些关键词不存在，假设仅有一种岩石类型。以下关键词是对应于正在使用的岩石类型序号：

*ELASTMOD *POISSRATIO *YLDSTRESS *COHESION *HARDEN *FRICANGLE
 *BIOTSCOEF *RPWTABD *RPLTABD

裂缝或水力裂缝模型

水力裂缝模型用一种简单有效的方式来模拟注水引起的裂缝。裂缝的方向应垂直于最小主应力方向。有效导流能力体现了基岩和裂缝之间关系。此模型可用来计算裂缝的导流能力。而且，假设在注入过程中，裂缝中填充了注入液，在开采过程中，裂缝也填充了流体。

此模型使用以下关键词：

*PFRAC *PRANG *DFWELLNDX *TFMAX
 *TWMAX *DFRACROCK *PRWTABF *RPLTABF *DFRACTYPE

以上关键词中，有 4 个是必需给出具体数据的（其他选项都有缺省数据）：

*PFRAC 裂缝破裂压力
 *PRANG 裂缝范围
 *TFMAX 最大导流能力
 *DFRACTYPE 裂缝位置

不象岩石类型，裂缝在网格中的分布仅限于几个网格，需要关键词*DFRACTYPE。

可选择多条裂缝，需使用关键词*DFRACROCK。如果该关键词缺省，假设仅有一条裂缝。以下关键词对应于使用的裂缝序号

*PFRAC, *PRANG, *TFMAX, *TWMAX, *RPWTABF, *RPLTABF

单井边界卸载模型

在轴对称径向网格分析中使用边界卸载模型，井筒位于轴上。此模型使用弹塑性分析，就象以上描述的塑性变形模型。另外，它允许用户详细说明当砂运移到井筒中，外部边界应力卸载。井边界的压缩应力的减少可能会导致射孔孔眼附近的张应力失效。

此模型使用以下关键词*UNLOADSTR。关键词*WRADIUS 用来定义边界卸载发生处的井半径。除了*UNLOADSTR，此模型中的关键词与塑性变形中需要的关键词共享，并且其他可选关键词用来定义此模型的相关参数。

注意：有限元分析中，模型中无效有限元始终存在，不能从模型中去除，虽然失效有限元可能包括张裂缝，有很少或者很少的应力。另外，基岩中的砂的去除了不被考虑。这些会不充分的考虑边界条件。CMG 考虑了这些方面。

使用其他网格选项

岩石力学模型不能与下列同用：

1. 径向网格（*GRID *RADIAL），除了 *UNLOADSTR.
2. 细分网格（*REFINE）.
3. 九点离散（*NINEPOINT）.
4. 天然裂缝（*DUALPOR, etc.）.
5. 井筒离散化（*WELLBORE）.

参考

1. Hoffman, O. and Sachs, G., "Introduction to the Theory of Plasticity for Engineers," McGraw-Hill, 1953.
2. Prager, W., "An Introduction to Plasticity," Addison-Wesley, Amsterdam and London, 1959.
3. Desai, C. S. and Christian, J. T., "Numerical Method in Geotechnical Engineering," Chapter 2 & 3, McGraw-Hill, 1977.

几何模型（可选）

目标

激活岩石力学模型

格式

*GEOMECH

定义

*GEOMECH

此关键词表示可选的岩石力学模型的关键词在以后会出现

条件

力学几何模型是可选的。然而，如果激活了子模型中的一个，应提供子模型中必需的数据。

岩石力学模型不能与下列同用：

1. 径向网格
2. 细分网格
3. 九点法离散
4. 天然裂缝
5. 井筒离散化

备注

岩石力学模型包括三个子模型：

1. 砂的塑性变形
2. 与压力有关的裂缝
3. 单井边界卸载分析

每个模型都能通过至少一个相关关键词激活。模型 1 和模型 2 能同时激活，而模型 3 不能和模型 2 一起使用。

请查阅本章的简介部分。

塑性模型地层属性

目标

定义地层的强度属性

格式

*ELASTMOD 杨氏模量 (kPa | psi)
*POISSRATIO 伯松比
*YLDSTRESS Tresca 和 Von Mises 的屈服应力 (kPa | psi)
*COHESION Mohr-Coulomb and Drucker-Prager 的内聚力 (kPa | psi)
*HARDEN 线性机械硬化淬火参数 (kPa | psi)
*FRICANGLE Mohr-Coulomb and Drucker-Prager 内摩擦度 (°)
*BIOTSCOEf Biot's 系数

缺省

*ELASTMOD and *POISSRATIO 没有缺省值。

*YLDSTRESS 0
*COHESION 0
*HARDEN 0
*FRICANGLE 30
*BIOTSCOEf 1

条件

*ELASTMOD and *POISSRATIO 是必填的。参阅*GEOMECH 关键词。其他关键词是可选的。

这些关键词都与岩石类型有关。参阅 *GEOROCK and *GEOTYPE 关键词

备注

当使用 Mohr-Coulomb 或者 Drucker-Prager 屈服标准时，相关关键词是：

*ELASTMOD *POISSRATIO *COHESION *FRICANGLE *HARDEN *BIOTSCOEf

Mohr-Coulomb 和 Drucker-Prager 是岩石力学中常用的屈服标准。在缺省时，地层假设非结性，有 30° 的摩擦角度。Biot's 系数代表和张力的交互作用。

当使用 Von Mises 或 Tresca 屈服标准时，使用以下关键词：

*ELASTMOD *POISSRATIO *YLDSTRESS *HARDEN *BIOTSCOEf

Von Mises 和 Tresca 是金属塑性学中常用的屈服标准。由于它们的相似性，它们主要用于测试用途。

膨胀区域相渗

目标

定义膨胀区域的相渗

格式

*RPWTABD

sw krw krow

*RPLTABD

sl krg krog

定义

sw: 含水饱和度。应呈上升趋势，并每个点间隔至少为 0.001

kr: 水/油系统中水的相渗。呈上升趋势

Krow: 水/油系统中油的相渗。呈下降趋势

sl: 液体饱和度。呈上升趋势，并每个点间隔至少为 0.001。

krg: 液/气系统中气体的相渗。呈下降趋势。

krog: 液/气系统中液体的相渗。呈上升趋势，在临界水饱和度，最后一个点应等于 krow

缺省

无缺省

条件

如选用塑性变形模型，表格都是可选的。参阅*GEOMECH 关键词。

这些关键词都跟岩石类型有关。参阅*GEOROCK 和 *GEOTYPE 关键词。

备注

膨胀区域的相渗能用来解释砂岩基质的塑性变形。一个塑性屈服的网格会包括变形区和原始岩石基岩，其干扰会保持相对小。可假设变形区会有线性相渗。然而，为了稳定，相渗上升不应该超过原始基岩的 20 倍。

通过使用原始岩石的相渗曲线，相渗曲线的变形的影响会被去除。

原始应力分布

目标

原始应力分布

格式

直角坐标

*STRESS sigma_y sigma_z sigma_yz sigma_x

*STRESSGRAD strgrd_y strgrd_z strgrd_yz strgrd_x

径向坐标

*STRESS sigma_r sigma_z sigma_rz sigma_t
*STRESSGRAD strgrd_r strgrd_z strgrd_rz strgrd_t

定义

sigma_y: Y 方向主应力也是最小有效应力 (kPa | psi)。

sigma_z: Z 方向或垂直有效应力, 是最大值或者是中间值 (kPa | psi)。

sigma_yz: YZ 平面的剪切应力 (kPa | psi)。

sigma_x: X 方向有效应力, 是最大值或中间值 (kPa | psi)。

strgrd_y: Y 方向有效应力梯度 (kPa/m | psi/ft)。

strgrd_z: Z 方向有效应力梯度 (kPa/m | psi/ft)。

strgrd_yz: YZ 平面剪切应力梯度 (kPa/m | psi/ft)。

strgrd_x: X 方向有效应力梯度 (kPa/m | psi/ft)。

sigma_r: 径向有效梯度 (kPa | psi)。

sigma_rz: RZ 平面剪切应力 (kPa | psi)。

sigma_t: 切线方向有效应力 (kPa | psi)。

strgrd_r: 径向有效应力梯度 (kPa/m | psi/ft)。

strgrd_rz: RZ 平面剪切应力梯度 (kPa/m | psi/ft)。

strgrd_t: 切线方向有效应力梯度 (kPa/m | psi/ft)。

缺省

*STRESS 无缺省。

条件

当使用塑性变形模型时, 使用*STRESS。参阅*GEOMECH。

备注

*STRESS 和 *STRESSGRAD 用来定义油藏的原始有效应力。

如果仅定义*STRESS, 假设整个油藏的原始应力为常数。

单个应力的随深度线性变化通过定义*STRESSGRAD。此时, 可假设定义在网格 (1, 1, 1) 中心。

井径

目标

定义轴对称径向网格的边界条件下的井径。既能用于塑性模型，也能用于井边界卸载模型。

格式

*WRADIUS wrad

定义

wrad 井径 (m | ft)。

缺省

*WRADIUS 0

条件

仅当选择径向网格时。

备注

塑性变形模型能与轴对称径向网格模型一起使用。此时，井边界被认为是刚性的，就象加了套管的井筒。当使用*UNLOADSTR 关键词时，就选择井边界卸载模型，假设边界应力在井径处卸载，其大小由关键词*UNLOADSTR 定义。

其他膨胀属性

目标

由于体积膨胀，包括剪切膨胀，定义孔隙体积和导流能力的变化。

格式

*FPVOLM*TDMAX*TDMIN fpvolm tdmx tdmn

定义

fpvolm: 由于体积膨胀，孔隙体积变化的最大值。

Tdmx: 由于体积膨胀，导流能力变化的最大值。

Tdmn: 由于体积膨胀，导流能力变化的最小值。

缺省

*FPVOLM 0.05 *TDMAX 1 *TDMIN 1

条件

*TDMAX 和 *TDMIN 必须满足 tdmx 大于或等于 tdmn。

备注

每个网格的体积膨胀通过有限元应力变形分析法随着每一个时间步长进行数值计算。*FPVOLM 使用户能控制该模型，使计算不会溢出用户自定义体积膨胀的最大值。

*TDMAX 和 *TDMIN 分别是膨胀区绝对渗透率增加的最大值和最小值。使用一个平滑的三次方程来表示孔隙体积的增加导致渗透率的增加。定义 *TDMAX 1 *TDMIN 1 将会有效降低由于体积膨胀导致渗透率增加的影响。

变形岩石类型

目标

定义多种变形岩石类型。

格式

*GEOROCK typ_num (*COPY old_typ_num)

ARRAY

*GEOTYPE

定义

typ_num: 目前定义的岩石类型序号。查阅 *GEOMECH。类型#1 是缺省的。“typ_num”可能是从 1 到定义的序号最大值。

old_typ_num: 以前定义的岩石类型序号。 *COPY 是可选项。当岩石类型不同时使用该选项。

*GEOTYPE: 定义岩石类型号。

缺省

*GEOROCK 1 *GEOTYPE *CON 1

条件

定义岩石类型必须用到*GEOTYPE。

备注

参阅*GEOMECH，岩石类型不同，关键词也不同。

屈服标准

目标

定义屈服标准。

格式

*MOHRCOUL *DRUCKER *TRESCA *VONMISES

定义

*MOHRCOUL Mohr-Coulomb 屈服标准。

*DRUCKER Drucker-Prager 屈服标准。

*TRESCA Tresca 屈服标准。

*VONMISES Von Mises 屈服标准。

缺省

*MOHRCOUL

条件

只能使用一个标准。

备注

图 10 中显示了 3D 应力空间的绘画区域。

这些屈服表面描述了应力状态。当物体张力变硬时，屈服表面扩张象累积的塑性张力。

目前，此模型假设等方性淬火，此时屈服表面扩张是屈服区轴对称的。

多孔界质常用到 Mohr-Coulomb 和 the Drucker-Prager 法，用于分析泥质和岩石。

金属塑性学中常用到 Tresca 和 the Von Mises 法，在本软件中主要用于试验。

刚度矩阵的计算选择

目的：分配刚性矩阵计算

格式：*STIFFINIT | *STIFFTANG | *STIFFCOM1 | *STIFFCOM2

定义：

*STIFFINIT 仅在每时步初计算一次弹塑性刚度矩阵。

*STIFFTANG 在每时步的每个加载增量的每次迭代，计算弹塑性刚度矩阵。

*STIFFCOM1 在每个时步，每个加载增量的开始计算一次弹塑性的刚度矩阵，每次检测卸载时也计算。

*STIFFCOM2 在每时步，每个加载增量，第二次迭代的开始计算弹塑性的刚度矩阵，除去第一个增量在每次迭代计算矩阵时。

缺省：*STIFFTANG

条件：只能使用其中的一个选择。

平面应变选项

边界描述

点载荷

边界分布载荷

重力载荷

无效网格

盖层

岩石力学领域

耦合

变形解法的控制 ? ? ? ? ?

目的：不考虑塑性变形的缺省控制参数

格式： *NODE4 | *NODE8 | *NODE9

 *GAUSSPNT ngaus

 *NINCS nincs

 *FORCETOL tol1

 *DISPLACTOL tol2

 *NITERGEO niter

 *PRINTGEO n

定义:

*NODE4 使用 4 节点的有限元

*NODE8 使用 8 节点的有限元。

*NODE9 使用 9 节点的有限元。

ngaus 高斯求积法的系数, 允许 2-4。

nincs 每时步细分加载增量的个数, 允许 1-10。

tol1 力平衡方程收敛的相对容限, 允许 1.0E-4-1.0。

tol2 节点位移向量收敛的容限(m), 允许 1.0E-6-1.0E-2m。

niter 力平衡方程迭代的最大次数, 最大是 30。

n 打印标识:

0—最少的附加打印输出。 3—最多的附加打印输出。

缺省: *NODE4 *GAUSSPNT 2 *NINCS 1 *FORCETOL 0.1

*DISPLACTOL 0.0001 *NITERGEO 30 *PRINTGEO 0

解释: 每种元*NODE4, *NODE8, *NODE9 的节点位置和有关的元的形状函数如图 11 所示。

*GAUSSPNT 给定了每个局部坐标方向的高斯求积法的系数。

可以用 *NINCS 细分每时步的加载增量, 这可以提高塑性分析的精度, 同时占用较多内存和时间。

*FORCETOL 给定了全部节点的力平衡方程的 rms 残量, 用于收敛判别。

*DISPLACTOL 给定节点位移残量的收敛容限。不应大于最小元素长度的 1%。大一些的值有效去除收敛标准的影响。

动态裂缝要求的数据

目的: 为动态裂缝模型分配重要数据

格式: *PFRAC pfrac

*PRANG prang

*TFMAX tfmax

数组: *DFRACTYPE

定义:

pfrac 裂缝的开启/闭合压力(KPa)。

prang 裂缝开启的压力范围(KPa)。

tfmax 完全开启裂缝的最大传导率乘子。

*DFRACTYPE 将网络块指定给裂缝, 可以使用任何数组读入选择。块内无裂缝为 0, 块内有裂缝为 1。

条件:

如果使用了压裂选择, 那么这些关键字是必须的。这个选择只能与直角的 5 点差分选择一同使用。当前只允许垂向裂缝, 且裂缝必须平行于一个坐标方向。

例题:

网格 20*10*5, 在 y=0 的垂直平面内指定一条裂缝。开启/闭合的压力为 800, P=1000 时完全开启。裂缝完全开启时, 传导率增大 100 倍, 井指数增大 400 倍。

*PFRAC 800 *PRANG 200 *TFMAX 100

*TFMAX 400

*DFRACTYPE ijk 1:20 1 1:5 1

裂缝的 kr

目的：定义裂缝的相渗

格式： *RPWTABF

	sw	krw	krow
*RPLTABF			
	sl	kr	krog

定义：

Sw 含水饱和度，递增序列。最小值为 0.001

Krw 水油系统中的水的相渗，递增序列。

Krow 水油系统中油的相渗，递减序列。

Sl 含液饱和度，递增序列。最小值为 0.001

Krg 气液系统中气的相渗，递减序列。

Krog 气液系统中油的相渗，递增序列。最后一个元素应等于 Krow（临界含水饱和度）。

缺省：

*RPWTABF	**	sw	krw	krow
		0	0	1
		1	1	0
*RPLTABF	**	sl	kr	krog
		0	1	0
		1	0	1

条件：

以上两关键字与裂缝数量有关。

解释：

动态裂缝模型计算裂缝块间的有效传导率。裂缝渗透率等于岩石渗透率乘以依赖于 P 的裂缝传导率因子。裂缝可以有自己的 kr 曲线，缺省为直线。

其它动态裂缝数据

目的：不考虑其它裂缝数据的缺省值

格式：

*TWMAX twmax
*DFWELLNDX (*ON | *OFF)
*DFRACROCK frac_num (*COPY old_frac_num)

定义：

twmax 对一条完全张开的裂缝，应用于井指数的最大传导率乘子。此量依赖于裂缝数目。

*DFWELLNDX 裂缝井指数选择的接通或关闭。

frac_num 依赖于岩石类型的那些数据所使用的裂缝号，允许 1—最大维数。

old_frac_num 将以前定义的裂缝拷贝到当前的岩石类型。

缺省:

*TWMAX tfmax
*DFWELLNDX *OFF
*DFRACROCK 1

解释:

裂缝井指数乘子与裂缝块传导率乘子可以分开使用，互不相干。

*DFWELLNDX 接通了相流度对井指数计算的影响。因此，由于注入时块内与裂缝内饱和度的差异产生了对流度的影响可以近似地考虑。假定注入时裂缝内充满了注入的流体，生产时充满的流体与岩块的相同。缺省时，关闭裂缝流度的影响。

边界应力卸载

目的：在井边界上给定，卸载的总应力

格式： *UNLOADSTR k1(:k2) stress

定义:

*UNLOADSTR 激活了单井边界应力的卸载选择。

k1(:k2)应用边界应力卸载的网格层范围。

stress 卸载的径向边界应力(KPa)。

缺省:

对单井边界应力卸载选择是必要的，无缺省。

条件:

这个选择仅同径向网格一起使用。不能与直角坐标一同使用。

解释:

这个关键字允许用户给定在井筒边界条件下外边界卸载应力的大小。发生卸载的实际半径用 *WRADIUS 给定。井筒附近产出流体与砂子引起卸载。外边界处支撑应力大的减小，可导致井筒附近单元的张性破裂。

尚未执行消除拉张破裂的单之，因此为避免稳定性问题建议运行这个模型时带有一些内聚力。同样，此模型未考虑出砂。

**Geomechanics AIMSOL Control *SOLVERG, *PRECCG, *PRECABG, *NORTHG,
*SORDERG, *SDEGREEG, *PIVOTG, *ITERMAXG, *ORTHOGG, *JDUMPG, *SITERPG**

井和循环数据段

摘要

本数据段给定随时间改变的数据

必要的关键字

最少的必要关键字有：

*RUN

*TIME 或 *DATE ** 开始时间

*DTWELL

*WELL

*INJECTOR 或 *PRODUCER

*OPERATE

*PERF 或 *PERFV 或 *PERFRG

*TIME 或 *DATE

重要的关键字顺序

*RUN

*TIME

*DATE

*WELL

*INJECTOR

*PRODUCER

*SHUTIN

*OPEN

*OPERATE

*MONITOR

*GEOMETRY

*PERF *GEO

井标识符与井表

有四类井的标识符：

(1)用*WELL 定义每口井的井名与井号

(2)用 *INJECTOR, *PRODUCER, *SHUTIN, *OPEN

定义井的类型。后跟一个井号表作为当前的表，一直到遇见另一类井的标识符为止。

这个井号表是整体有效的，它被如下的井属性的关键字所使用：

*OPERATE

*TINJW

*PINJW

*MONITOR

*TINJOV

*DOWNHOLE

*INCOMP

*QUAL

*HEATLOSS

例如：井号 1, 5 的属性为： *INJECTOR1, 5 *TINJW 350 *QUAL 0.7, 即

使跨过了*TIME, 当前的井号表

仍被存诸和记忆。为了在 10d 后改变干度使用：

*TIME 10 *QUAL 0.65

(3)用*PERF, *PERFV, *PERFRG 定义井的射孔段, *PERF 与 *PERFRG 给定了一个完整的 i j k

地址，因而它们需要一个井号，这个井号是局部有效的。*PERFV 可以给定多口井的位置，因而它需要一个局部有效的井号表，这个表对当前的整体有效的井号表无任何影响。

(4)*ALTER 也有一个局部的井号表。

井的分数(部分井)

有两类井的分数：

(1)*WELL 后有子关键字 *FRAC，输入全井的速率，与井指数，内部使用时乘以 frac。用途为对称井网单元的部分井。

还要用 *VAMOD 去修正对称单元边界块的 PV，A 和传导率。

(2)*GEOMETRY 给定了计算井指数的数据。在*PERF，*PERFV，*PERFRG 内它是用 *GEO 标识。如果没有使用*GEO，那么也就不要使用 wfrac。

如果使用了 *GEO，那么最经常的使用是去为一个有一口井的内部块定义*GEOMETRY，这时 wfrac=1.0。然后使用 *FRAC。如果井位于对称单元的边界上就应使用这个方法(看图 6，7，8)。

对径向网络也可使用*FRAE。关于井的分数 wfrac 与井的几何因子 geofac 的不同组合请看图 A. 1。

射孔选择

有三个选择指定了井的射开位置，有两个选择指定了井的指数。两种选择混合共有 6 种情况。

(1)*PERF 是通常的选择，要求一口单井的 ijk 位置。

(2)*PERFRG 与*PERF 相同，但可以应用到细分网格块。

(3)*PERFV 用于一个垂直井号表，具有相同的射开层段 k1：k2，各井的位置在*WELL 内定义 IJ。

(4)缺省的井指数选择是要为每一层直接读入一个值。

(5)*GEOMETRY 内有一个选择，假设井块中心与井块外边界间为直线压降，可以求出井的指数，这用于油管头的情形。

(6)*GEO 表示井指数的几何部分用当前*GEOMETRY 提供的数据去计算(径向流，或直线压力降)。径向流模型使用了完进分数 ff，和近井渗透率 weprm，每层的这两个数可以变化不同。

给定注入相

使用*OPERATE 和 *INCOMP 可以给定注入的是哪一相或哪几相，当其速率约束：

*WATER 水相

*GAS 气相

*OIL 油相

*WATER/*GAS 水和气相

*LIQULD 水和油相

出现在一口井的*OPERATE 表的任何地方时，就标识了注入的相。此外，注入相的组成用

*INCOMP 定义，如：

*OPERATE *GAS 10000。

*INCOMP *GAS 0, 0, 0, 0.79, 0.21 *air(0.79N2, 0.21 O2)

表示注入空气燃烧油层, 如果同时注水和空气:

*OPERATE *GAS 10000

 *INCOMP *GAS 0 0 0 .79 .21

 *INCOMP *WATER 1 0 0

水相不明显出现在*OPERATE 内, 而是用*INCOMP *WATER 标识的。如果同时注入两相, 那么水气比用*PERF, *PERFV 或*PERFRG 输入水井指数与气井指数之比实现。

水相组分的缺省是 100% 的组分井 1。如果水相用 *OPERATE 表标识的, 那么 *INCOMP *WATER 就没有必要出现。

由于 *OPERATE *BHP 未标识一个注入相, 所以注入相只能用 *INCOMP 给定。

如

*OPERATE *BHP 2000。

*INCOMP *GAS 0, 0, 0, 0.79, 0.21

表示压风机的井底压力为 20000psi, 注入空气。

如果没有用*OPERATE 或 INCOMP 给定注入相, 那么只注入由组分井 1 构成的水相。

井组的统计

任何井组可以用 *GROUP 和 *GROUPWT 定义带权因子的输出。一口井可以在多个井组内出现。

还有两个缺省井组(生产井井组, 注入井井组), 总注入量和总采出量可以在 SR2 内得到。

其它数据段的关键字

其它数据段的关键字可以出现在本段内:

(1) I/O 数据段

*MAXERROR, *PRINT_REF, *WRST, *REWIND, *WSRF,

 *OUTSOLVR, *OUTPRN, *WPRN, *OUTSRF *GRID,

 *SR2PREC

(2) 油藏描述数据段

*THTYPE, *TRANSI, *TRANSJ, *TRANSE, *TRANSIJ+

 *TRANSIJ-, *TRANSEI+, *TRANSEI+, *TRANSIENT

(3) 组分性质数据段

 *VSTYPE

(4) 岩石—流体性质数据段

 *KPTYPE

(5) 数值方法数据段

 *MAXSTEPS, *DTMAX, *BAKFLOSW, *MATBALTOL,

 *NEWTONCYC, *UPSTREAM, *PVTOSCMAX, *UNRELAX,

 *SDEGREE, *NORTH, *ITERMAX, *PRECC, *SORDER,

*PIVOT, *NCUTS, *AIM

当其使用数组输入选择 *IJK 时, 用户可以输入一个子区域的数据, 而不是整个网格。这样就可以改动 KPTYPE。

井与循环数据的标识符(必须) *RUN

目的: RUN 表示后面数据是井的循环数据段。

格式: *RUN

模拟的参照时间 *TIME

目的: 控制起始时间, 结束时间, 并改变时间以及打印输出的时间。

格式: *TIME num

*DATE yyyy mm dd

*DTWELL time_size

定义:

num 模拟的参照时间(d)

yyyy mm dd 参照时间的年, 月, 天。天可以带小数(不够一天)如:

*DATE 1988 08 19. 5

time_size 紧跟参照时间的时间步长大小(d)。

缺省:

*DATE 1901 1 1

*TIME 0

如无 *DTWELL, 那么就取前一个 ΔT 的大小。

条件: 在第一个与第二个 *TIME/*DATE 之间, 必须有 *DTWELL, 以后是可选择的。

解释: 在循环数据不改变的时间阶段内, 可以增加 *TIME, 为的是打印输入结果。

例题:

*TIME 100

*PRODUCER2 *OPERATE(*MAX) *OIL 750

*TIME 150 *ALTER 2 500

*TIME 365

*TIME 900 *STOP

组的标识 (可选) *GROUP

井的标识(必须) *WELL

格式: *WELL wnum name (*VERT ibl jbl) (*FRAC frac)

定义:

wnum 整数表示井的顺序编号。

name 字母数字串井名。至多 10 个字符, 放入 ‘ ’ 内,

*VERT 表示垂直井, 各层具有相同的井位 i 和 j。

ibl, jbl jbl 井块的 i, j 号。

*FRAC frac 井的分数(部分井), 允许 0-1.0。输入全井的速率与井指数, 内部乘以 frac。

缺省: 如无 *VERT, 就不能使用 *PERFV。

如无 *FRAC, 那么为 frac 1. 0。

解释: *FRAC 时常用于对称的井网单元, 它对以下的量有影响:

(1) 用 *OPERATE 给定的井速率。

(2) 用 *PERF/*PERFV/*PERFRG(后不带*GEO) 给定全井指数。使用的井指数为: *WI *FRAC。

(3) 用*GEOMETRY 和*PERF(或*PERFV 或*PERFRG)

*GEO 输入的参数计算井指数。用*GEOMETRY 给定全井的参数, 井系数由*FRAC 提供。

例题: 反 9 点井网的 1/8 部分, 远, 近采油井有相同的油层物性与操作条件, 但井分数不同, 近井 frac=0.25, 远井 frac=0.125

```
*WELL 1 'Far Prod' *VERT 9 1 *FRAC 0.125
*WELL 2 'Near Prod' *VERT 5 5 *FRAC 0.25
*PRODUCER 1 2
*OPERATE MIN BHP 50
*OPERATE MAX WATER 12
*GEOMETRY .4 .249 1 0
*PERFV *GEO 1 2 ** k
```

1:4

离散井筒

如果油藏描述数据段读入了*WELLBORE, 那么对一口非循环的井离散井筒号内部加 1, 对一口循环的井离散井筒内部加 2(油管与套管)。每个离散井筒将与用*PERF/*PERFRG 引入的源汇井相连。

例如, 有 2 个非循环的离散井筒, 井号 1, 4。

有 1 循环的离散井筒, 井号 2, 3。

有 2 正常的源汇井, 井号 5, 6。

离散井筒号	井号	相连
1(非循环)	1	井筒
2(循环)	2	油管
2(循环)	3	环空
3(非循环)	4	井筒
6		5

*WELLBORE rw ** 第一口水平井

*RANGE . . .

*WELLBORE rw ** 第二口水平井

*CIRCWELL ra i j k nwbt

*RANGE . . .

*WELL 1 'HorzProd 1'

*WELL 2 'Inj Tubing'

*WELL 3 'Inj Vent '

*WELL 4 'HorzProd 2'

*WELL 5 'VertWell 1'

*WELL 6 'VertWell 2'

提醒: 离散井筒近似包括了井筒不稳定性的模拟, 即是发生在短时间内的不稳定性。每当井条件发生急剧的改变时就出现不稳定性, 如开井, 关井, 速率大的变化, 以注入转为生产等。

这些均可导致极小的 ΔT ，直到不稳定性结束为止。

*GROUP

井组的定义(可选择)

目的：为了输出到 SR2 文件，定义井组和它的权因子。

格式： *GROUP { well-name } *ATTACHTO group-name

*GROUPWLT group-name { wt }

定义：

well-name 最多 10 字符的井名，放在 ‘ ’ 内。井名已在*WELL 内定义。

group-name 最多 10 字符的井组名，放在 ‘ ’ 内。

wt 井组的权因子序列，每口井一个数值，常为井分数。

缺省：

如无*GROUP，那么只有‘TOT-INJ’和‘TOT-PROD’两个井组，且没有权因子。

如无*GROUPWLT，那么井组内每口井的权因子为 1.0。如果重新定义一个井组，那么也应重新定义权因子。

条件：某井组内的全部井必须事先定义。*GROUP 在*GROUPWLT 之前，先定义井组，后引用井组。

可以多次定义一个井组的井和权因子。缺省井组的井表是不断更新的，手动修改(用*GROUP)井表是不允许的。

缺省井组内井的权因子可以用*GROUPWLT 改变。但只能在使用 *INJECTOR 或 *PRODUCER 输入每一口井之后。

解释：

通过在.irf 文件内寻找 GROUP-NAME，GROUP-REC，和 GROUP 记录就可得到井组的统计数据。

允许一口井出现在多个井组内。如果用*GROUPWLT 改变缺省井组的权因子，那么我们建议：全部井在循环数据的第一部分出现(后来打开的井可以先定义，定义完立即关闭)，且*GROUPWLT 出现在全部的 *INJECTOR 或 *PRODUCER 之后。

一个井组的定义可以出现若干次。在重启时加入新井就会发生这种情况。我们不建议将一口累积量非 0 井加入一个井组，因为这会造成井组的累积量不连续。同样的情况可以应用到改变井的权因子。

唯一的限制是井组数不能超过维数。在源程序内相应的变量是 MDPTWG，可以在文件‘wellgrp.inc’或主源程序内找到它。

井口方式 (可选) *HEAD-METHOD

目的：

*HEAD-METHOD 用于识别使用的井口方式。

格式：

*HEAD-METHOD well_list

(*GRAVITY | *GRAV-FRIC (*HEADRRROUGH rrough) | *GRAV-FRIC-HLOS

(*HEADRRROUGH rrough)

定义：

well_list
 ('well_names' | wellnums)
'well_names'
 为井命名来定义井。（参见说明）。

注意：

通配符在井名中有如下用法：

* 在井名末代替任意字符，或者本身用来代替井。（e.g. *ALTER '*' or *ALTER 'wel*'）。
? 代替井名中的任意字符（*ALTER '?ell1'）。

这俩通配符可合并使用。

wellnums
 任意整数，或者整数范围，用以限定井号。（参考说明）

*GRAVITY
 计算井层间的 head，在考虑权重密度的基础上。

*GRAV-FRIC
 计算井层间的 head，采用的公式考虑了流体密度，摩擦效应和动能影响。

*GRAV-FRIC-HLOS
 *GRAV-FRIC 是介于井筒和油藏间的关于热传导计算的关键词。从岩石类型 1 取岩石和相热传导。这些值必须是实数值，不是水饱和岩石的某些平均值。参考关于摩擦压力降和 *PHWELLBORE 下的无热计算的说明。

*HEADDRROUGH
 *GRAV-FRIC 或者 *GRAV-FRIC-HLOS 的子关键词，引入相对粗糙度值，用在井口摩擦计算。

rrough
 相对粗糙度值，用在井口摩擦计算。无量纲。

缺省：
 缺省井口方式是 *GRAVITY。

条件：
 此关键词必须在井和循环数据部分中。
 无论采用 *GRAV-FRIC 还是 *GRAV-FRIC-HLOS，*PERF 第一层必须指向地表。

说明：
 此关键词用井名或井号来识别采用的井口方式。井号可能是一个整数，或一系列整数，采用空格，逗号隔开，或者用最大最小值来限定整数范围。

例：
 *WELL 1 'Producer1'

```
*WELL 2 'Injector1' *VERT 12 14
*WELL 3 'Prod. 54-233a'
*HEAD-METHOD 1 3 *GRAV-FRIC
*HEAD-METHOD 2 *GRAVITY
```

在未被激活的网格中进行射孔（可选）*NULL-PERF

目的：

*NULL-PERF 说明了在未激活的网格（无效或尖灭）中怎样处理射孔。

格式：

```
*NULL-PERF well_list
(*STOP-SIM | *CLOSED)
```

定义：

well_list

井名或井号，来限定井。井名必须扩在单引号中。井名和井号不能在同一列中一起使用。（参考说明）。

注意：当列表中包括井名，通配符可用在井名中，用法如下：

* 代表井名后任意字符或者可代替井名（e.g. *ALTER '*' or *ALTER 'wel*'）。

? 代表井名中的任意字符（*ALTER '?ell1'）。

这俩通配符可合并使用。

当列表包括井号，可用冒号来限定范围，如 1:4。

*STOP-SIM

如果在运行过程中，发现在已命名的井中的未激活的网格中进行射孔，那么会产生错误信息指明井和网格，运行中止。

*CLOSED

如果在运行过程中，发现在已命名的井中的未激活的网格中进行射孔，那么会产生警告信息，射孔变为 CLOSED 状态。当变为 CLOSED 状态，该油层没有流体流动，但该层保留在井中，输入井的 head 计算。

缺省：

缺省值是 *CLOSED。

条件：

此关键词必须在井和循环数据部分中。

说明：

此关键词说明了在未激活（无效或尖灭）网格中射孔发生的情况。此举会产生导致运行中断的错误，或者导致射孔层 CLOSED。处于关闭状态的层位可以是井参考层（定义井底压力）。

井号可能是一整数，或者是由空格键和逗号隔开的一系列整数，或者是有最大值和最小值限定的整数范围。

例：

```

*WELL 1 'Producer1'
*WELL 2 'Injector1'
*WELL 3 'Prod. 54-233a'
*NULL-PERF 1:2 *CLOSED
*NULL-PERF 3 *STOP-SIM

```

井类型的定义(必须) *PRODUCER *INJECTOR

格式:

```

*PRODUCER well_list
*INJECTOR (*UNWEIGHT | *MOBWEIGHT) well_list
*SHUTIN   well_list
*OPEN     well_list

```

定义:

well_list 井引表, 可以为井名也可以为井的编号, 可以离散形式, 或区间形式出现。

*MOBWEIGHT 定义总流量加权的注入井, 应与*GEO 同时用。

*UNWEIGHT 定义总流量不加权的注入井。它不能与*GEO 同用, 否则转为*MOBWEIGHT 选择。

缺省:

如果在 *INJECTOR 后无 *UNWEIGHT/ *MOBWEIGHT, 那么为 *UNWEIGHT。

条件:

一口井或为注入井, 或为生产井, 不可以从一种类型转为另一种类型。一口井在 *INJECTOR/ *PRODUCER 内出现后, 可以在 *OPEN/ *SHUTIN 的井号表内出现多次。一口井完全定义后并用操作约束规定后, 它才可以使用 *SHUTIN。

解释:

用 *PRODUCER, *INJECTOR, *SHUTIN 和 *OPEN 定义井的类型, 它们还定义了当前的井类型表, 这个表明可以被如下的关键字使用:

```

*OPERATE   *TIMJW   *PINJW   *MONITOR   *TINJOV
*DOWNHOLE  *INCOMP  *QUAL    *HEATLOSS

```

这些关键字后的那一个数值是给当前井表的全部井。

不同时间阶段的井类型表可以重新编号, 否则视为不变表。

例题:

```

*INJECTOR1 : 3 6 8   *TINJW 350  *QUAL 0.7
*TIME10     *QUAL 0.65

```

如果一口井先定义后关闭, 当其用*OPEN 再次开井时, 操作条件为原先的条件。可以用*ALTEN 修改操作条件的数值。其它的属性如 *TINJW 等也可以修改。

接上面:

```

*TIME30     *SHUTIN 4 8
*TIME35     *OPEN 4 8   *TINJW 320

```

注入流体的属性 *TINJW

格式:

```

*TINJW tinjw
*QUAL qual
*HEATLOSS (*ON | *OFF)

```

*PINJW pinjw
*TINJOV tinjov

定义:

tinjw 注入水相的温度(°C), 处于允许的范围。如果注入的是水的饱和蒸汽, 那么 tinjwTI 为饱和温度。如果要模拟井筒的热损, 那么 TINJW 就是井口注入温度。否则就是井底注入温度。

qual 蒸汽干度, 表示为蒸汽/(蒸汽+液态水)的质量比。有两种干度选择: (1) ≥ 0 , 湿饱和度和蒸汽的注入速率为冷水当量。将使用水相的注入能力指数。

(2) < 0 , 湿饱和和蒸汽的气与液态的气与液态水分开处理。水相与气相注入的相对体积只能用井注入能力比表示。对一口定常注速的注入井, 注入速率是这些体积速率的和。

*HEATLOSS *ON 此注入井完成井筒热损失计算。tinjw, qual(当其 > 0 时), pinjw 是发生器的出口值, 每个时步要修正注入油藏的热速率。此选择需要计算井筒热损失的数据。蒸汽速率是对全井而不是部分井的。

*OFF 此注入井不作井筒热损失计算。它可以再次用 *ON 接通。井关闭时不必使用 *OFF。

pinjw 注入单相蒸汽的压力(KPa), 应处于允许的范围, 如果 qual=0, pinjw 就是未饱和水的压力。如果 qual=1.0, pinjw 就是过热蒸汽的压力。如果是饱和蒸汽, 就不需要 pinjw, 这种情况内部可用 tinjw 计算 pinjw。

tinjov 注入气相的油相混合物的温度(°C), 应处于允许的范围。

缺省:

如有 *TINJOV 存在, *TINJW tinjov。

如有 *TINJW 存在, *TINJOV tinjw。

*QUAL 0 如无 *PINJW, 那么注入 tinjw 条件下的饱和蒸汽。

如无 *HEATLOSS, 那么不作井筒热损计算。

条件: 对热力计算, *TINJW/*TINJOV 是必须的。仅当 qual=0 或 1.0 时, *PINJW 才是必须的。当其 qual=0 时, $\text{tinjw} < \text{tsat}(\text{pinjw})$, 当其 qual=1.0 时, $\text{tinjw} > \text{tsat}(\text{pinjw})$ 。井筒热损模型要求用 *OPERATE 输入的井速率是对全井而不是部分井的。对于对称单元, 在 *WELL 内使用 *FRAC 给定井的分数。

注入相的组成 *INCOMP

格式:

*INCOMP *WATER w(1) ... w(numx)

*INCOMP *OIL x(1) ... x(numx)

*INCOMP *GAS y(1) ... y(numy) 定义:

W(i) 注入水相的 mole 分数, 允许 0~1.0, 应该

如果不则重新规格化。

X(i) 注入油相的 MOLE 分数, 允许 0~1.0。应该

如果不则重新规格化。

Y(i) 注入气相的 MOLE 分数, 允许 0~1.0。应该

如果不则重新规格化。

缺省:

如果已用 *OPERATE 在表标识了注入的是水相, 且 *INCOMP *WATER 无, 那么 *INCOMP *WATER

1

0.....0

条件：如果注入了气或油，那么 *INCOMP *GAS 或 *INCOMP *OIL 应出现。

其它井的属性 *DOWNHOLE ? ? ? ?

格式：*DOWNHOLE

定义：*DOWNHOLE 用*OPERATE 给定的产率是井底条件的，在输出的井速率的摘要中同时给出井底和地面条件的值。

参看*OUTSRF *WELL *DOWNHOLE

缺省：如果一口井未使用*DOWNHOLE，那么*OPERATE 内的井速率指地面条件的。

井的操作约束(必须) *OPERATE

目的：给定操作约束，和建议约束后采取的行动。

格式：

```

                                *OPERATE (*MAX) (*OIL)          val (*CONT)
                                (*MIN) (*GAS)                (*SHUTIN)
                                (*WATER)                     (*STOP)
                                (*LIQUID)                    (*NEXTSEG)

(*BHP)                        (*PUMPOFF)

(*STEAM)

(*WATER/GAS)

(*OXYGEN)

*OPERATE (*MIN) (*STEAMTRAP) val (I J K) (*CONT)

(*SHUTIN)

(*STOP)

(*NEXTSEG)
```

定义：

*MAX *MIN 给定最大或最小约束，如果二者无，那么为*MAX。

*OIL 约束油速率 (m3/d)，不允许为 0。

*GAS 约束气速率 (m3/d)，不允许为 0。

*WATER 约束水速率 (m3/d)，不允许为 0。

*LIQUID 约束液速率 (m3/d)，不允许为 0。 B

*BHP 井底压力 (KPa)，全部生产井有 min 井底压力约束。建议的 minBHP=100KPa。
此量应处于 P 的允许范围内。

*STEAM 约束蒸汽速率 (m3/d)，只能用于生产井。

*WATER/ *GAS 约束注入水+气的速率 (m3/d)。应用时给定这两个注入指数，看*PERF 等。

*STEAMTRAP 表示拦阻蒸汽的产出，数值是井底压力的饱和蒸汽温度应超过产水温度的多少度(℃)。它只能同 *MAX 同用。

*OXYGEN 约束氧速率 (m3/d)，。指地面条件，不允许为 0，只能与 *MAX 同用。对生产井，它不能控制 O2 在气相内的浓度。

val 给定约束的数值。

*CONT 当其此约束速度时，并转到此约束条件操作，模拟继续。

*SHUTIN 约束违反就关井。

*STOP 约束违反就结束模拟运算。

*NEXTSEG 约束违反，模拟转入下一个 *TIME 的井条件(全部井)。

*PUMPOFF 用 min BHP 作 PUMPOFF 操作。仅 *OPERATE *MIN *BHP val

*PUMPOFF 才有效。可以出现在第一个*OPERATE 条件内。

缺省：每口开着的井至少应有一个操作条件的约束出现。如无*MAX 和 *MIN，那么就是 MAX。

约束违反时，缺省的补救行动为 *CONT。

条件：

在 *PRODUCER/ *INJECTOR 的后面至少有一个*OPERATE。第一个*OPERATE 称为起始的或基本的操作约束，它不需要 *MIN 或 *MAX。注入井和生产井允许的井操作条件为：

注入井 生产井

BHP WATER BHP LIQUID

GAS LIQUID GAS OIL OIL WATER/GAS

其它的操作约束在以后带有 *MAX,*MIN 的*OPERATE 内出现。允许的最大，最小约束有： 最

大 最小

BHP LIQUID BHP

WATER STEAMTRAP GAS

GAS OXYGEN OIL STEAM

可以用 *ALTER 改变起始操作约束内的数值。但是，如果任何其它约束值都与以前定义的不同，那么所有的 *OPERATE 和 *MONITER 必须重复出现，但数值要改动。

解释：

*OPERATE 定义了一口井的操作约束与约束违反时应采取的补救行动。可以在*MONITOR 内出现的约束如 *WOR 不能出现在*OPERATE 内。

输入的井操作约束称为基本的操作约束。模拟器开始以这个约束进行操作。同时监视其它的约束。

如果同时违反多个约束，采取的最严厉的行动按优先级为：*STOP，*SHUTIN，*CONT。

第一个操作约束违反以后，就再也不回去了，如果想回去，办法是在第二操作约束之后重复出现第一个操作约束。

例题：

```
*OPERATE *MAX *OIL 500
```

```
                                 *OPERATE *MIN *BHP 2500 *SHUTIN
```

```
                                 *MONITOR *MAX *GOR 2000 *STOP
```

```
                                 *OPERATE *MAX *WOR 0.98 *STOP
```

pumpoff 选择

分别对一口井的每一个层，将 pumpoff 选择应用到 min BHP。从井底采出液体，液面下降，从顶层开始逐次往下，各层的 min BHP=1.0atm 先后发生。

对于多层井，仅当第一个射开层位拉井底时才可以使用这个选择。按 K 方向的编号分成两种情况：

```
*KDIR            *UP            *PERF   *GEO       **ijk
```

1 1 3:6
 第一射开井层是块(1, 1, 3)，处于井底。 又如：

```
*KDIR    *DOWN
*PERF    *GEO    **ijk
1 6
1 5
1 1 4
1 1 3
```

第一射开井层是块(1, 1, 6)，处于井底。

蒸汽的拦阻

使用此选择可以防止生产井采出蒸汽。办法是回升井底流压，内部仍是*BHP 选择。井方程：

$$T_{\text{sat}}(\text{BHP}) - T(\text{block}) = \text{val}$$

已知 VAL 和井块的 T(block)，因而可求出 Tsat (BHP)，进而求出不产蒸汽的新井底流压 BHP。

井的监视约束(可选择) *MONITOR

格式：

```
*MONITOR (*MAX) (*WOR) val (*STOP)
                                (*MIN) (*GOR) (*SHUTIN)
                                (*WGR) (*NEXTSEG)
                                (*O2CONC)
                                (*TEMP)
```

定义：

*MAX 监视最大约束。

*MIN 监视最小约束。

*WOR 水油比约束 (m3/m3)

*GOR 气油比约束 (m3/m3)

*WGR 水气比约束 (m3/m3)

*O2CONC 这口井完井块的最大 O2 浓度，(仅*MAX)。

*TEMP 这口井完井块的最大温度(℃)，应处于 T 的允许范围内。

val 约束值。

*STOP 约束违反，结束模拟运放。

*SHUTIN 约束违反，关井。

*NEXTSEG 约束违反，读入并模拟下一个时间阶段。

缺省：

如无 *MAX 如 *MIN，那么为 *MAX。

如无*STOP, *SHUTIN 和 *NEXTSEG，则为 *SHUTIN。

条件：如果*MONITOR 出现，那么它就要紧跟一个*OPERATE 提供的操作条件表。

解释：某些约束仅对某类井有效，如 *GOR, *WOR, *WGR 只能用于生产井。

井的几何特征(条件) *GEOMETRY

目的：提供内部计算井指数的井几何特征。

格式：*GEOMETRY (*I | *J | *K) rad geofac wfrac skin

定义：*I, *J, *K 井筒的指向，对线性压力降选择，是流动的方向。

rad 井半径(m)，负数标识线性压力降选择。

geofac 井单元的几何因子，看图 A.1，当其 $rad < 0$ ，输入 0。

wfrac 井的分数(部分井)，看图 A.1。如果 $rad < 0$ ，则输入 0。

skin 井的表皮因子，如果 $rad < 0$ ，则输入 0。

缺省：如无 *GEOMETRY，那么 $rad=8.6\text{cm}$ ， $skin=0$ ，井处于内块的中心， $wfrac=1.0$ ， $geofac=0.249$ 。

如果无 *I/ *J/ *K，那么为 *K。

条件：全部完井关键字 *PERF 用上面最近一个 *GEOMETRY 的值去计算井指数。如果无 *GEOMETRY，就用缺省值。

```
解释：
** 3 wells are defined.
** 3 wells are defined.
...
** The well geometries are input for well 1
** The well geometries are input for well 2
** The well geometries are input for well 3
** The well completion is defined for wells 1,2
*PERFV *GEO 1:2
** kf wi
2:4 1.
** Well geometries are input for well 3
** The well completion is defined for well 3
*PERFV *GEO 3
** kf wi
2:4 1.
```

对称单元

直角网格：井处于内块或边界块。图 A.1 提供了各种情况的 wfrac 和 geofac 的值。另外，用户还要使用 *VAMOD 去修正块的体积面积。还需修正传导率。

径向网格，部分井如图 A.1(F)。井分数用 wfrac 或 *FRAC 提供，不能二者同时使用。象直角网格那样，井也可在内块或边界块上。

方向关键字

*I/ *J/ *K 可选择。它仅在给定单层井的方向或线性压力降的流动方向时才是必须的。对于使用了径向流的多层井，井的方向可以从 *PERF 等后跟的井块地址得知。

线性压力降选择

为了估算井指数，可以使用线性流模型去代替通常的径向井模型。指数的几何部分与块间线性传导率计算相同，但分开的距离是从块中心到块的表面，即是块长度的一半。如果网格参数是均匀的，那么指数就是对应方向上面的传导率的 2 倍。

这个模型对岩心的端面是合适的。但是，它可以用在井块满足如下条件的任何情形。

(1) 井块是基本网格块(不是细分块)。

(2) 井块处于网格的外表面上，即是它的 i, j, k 地址至少满足如下的条件之一：i=1, i=NI, j=1, j=NJ, k=1 和 k=NK。

传导率计算的候选方向是全部井块满足条件(2)的方向。如果对选定的井块有多个候选的方向，譬如它们都在网格的边线上，那么要使用如下附加的标准：

(1) 如果用当前的*GEOMETRY 给定的方向是一个候选的方向，它被选定，那么你可以用*GEOMETRY 手工地求解多个候选的方向。但是，因为*GEOMETRY 方向是最后一个定义的或缺省的方向，故而结果是不可预料的，除非*GEOMETRY 明显地为这口井提供了方向。

(2) 如果在那个方向上网格是不能求解的，那么就应消去那个候选的方向，且必须使用*GEOMETRY 手工地求解它。

完井位置(条件) *PERF

目的：给定完井位置与井指数。井处于混合网格内应使用*PERFRG。

格式：

*PERF wn

{ i1(:i2) j1(:j2) k1(:k2) (*TU (*SS) | *WB (*SS))
wi (wi) }

或

*PERF *GEO wn

{ i1(:i2) j1(:j2) k1(:k2) (*TU (*SS) | *WB (*SS))
(ff (wlprm)) }

定义：

*GEO 表示用最近一个*GEOMETRY 提供的几何信息以及井块的尺寸，渗透率去计算各井层的井指数。如果*GEO 不出现，那么就直接输入井的指数。

wn 放在 ‘ ’ 内的井名或井号。

i1(:i2) 完井块(也是基本块)在 i 方向的范围。

j1(:j2) 完井块(也是基本块)在 j 方向的范围。

k1(:k2) 完井块(也是基本块)在 K 方向的范围。

*WB 这口井将系在离散井筒上，对一个循环井，它是系在环空上。有一个完井块必须处在离散井筒的一端。

*TU 这口井将系在离散井筒的油管上。有一个完井块必须处在离散井筒的一端。

*SS 这口井系在这个离散的井筒块上，将不控制井筒，因此也不必定位在井筒的一端上，当其深井泵放在环空/油管中部时就使用这个选择(可降低液面)。

wi (wi) 井层的井指数。对于同时注入水与气的*WATER/GAS 情况，第一个 wi 是水相的井指数，第二个 wi 是气相的井指数。用 wi=0，标识一个层关闭或未射开。

生产

某层，某相的速率为：

$q = w_i * (\text{相流度}) * (P_{\text{井块}} - P_{\text{井底}})$

wi 不含流度，单位($m^3 \cdot \text{cp} / \text{KPa} \cdot \text{d}$)，因此 wi 是井指数的常数部分(几何因子部分)。

注入(*MOBWEIGHT)

某层的注入速率为：

$q = w_i * (\text{总流度}) * (P_{\text{井块}} - P_{\text{井底}})$

wi 不含流度，单位($m^3 \cdot \text{cp} / \text{KPa} \cdot \text{d}$)。因此 wi 是井指数的常数部分(几何因子部分)，可以使用射孔选择*GEO。

总流量是上游流量权。

注入(*UNWEIGHT)

某层的注入速率为：

$$q=wi*(P_{\text{井块}}-P_{\text{井底}})$$

wi 包含了相流度，单位 (m³/KPa·d) *GEO 选择不能使用。

如果注入的操作条件是 *WATER/GAS，那么第一个 wi 是对水相的，第二个是对气相的。

ff 井指数用*GEOMETRY 的几何因子，井块尺寸以及渗透率计算，而各用 ff 乘。ff 可以考虑一个井层的部分厚度射开。可 ff=0 表示关闭的井层。

wlprn 井筒附近的渗透率。

缺省：如无 wlprn，那么井的 K 等于垂直于井筒的平面内两个坐标方向上 K 的几何平均值。

如无 ff，则为 1.0

如果完井块包含了一个离散的非循环的井筒，且 *WB 不出现，那么为 *WB

条件：如果 *GEO 出现，那么 *PERF 前面至少有一个 *GEOMETRY。*PERF/*PERFV/*PERFRG 必须的。

如果注入井是 *UNWEIGHT，那么就不能使用 *GEO。

仅当一口源汇井系在一个离散井筒块上时，才可以使用 *TU，*WB，*SS。必须用 *TU 或 *WB 将一口源汇井系在一个循环的井筒块上。

解释：*PERF 可以用于水平井或斜井。垂直井可以用 *PERFV。

```
*WELL 1 'Producer 1'
*WELL 2 'Producer 2'
*WELL 3 'Tubing'
*WELL 4 'Annulus'
*WELL 5 'Pump'
```

井 3 是控制油管端，井 4 是控制环空端，井 5 是泵在环空内，环空作为离散井筒模拟。

```
**          rad    geofac    wfrac    skin
*GEOMETRY *K 0.375    0.2488    1.0    0.0
*PERF *GEO 1
**  i   j     k     ff
    12  6     2:4   1.
```

```
13  6     5     .5
```

```
*PERF  2
```

```
**  i   j     k     wi
```

```
16  8     4     1.56
```

```
17  8     5     2.34
```

```
18:20  8     6     12.4
```

```
*PERF GEO 3
```

```
**  i   j     k
```

```
1  1    15    TU
```

```
*PERF GEO 4
```

```
**  i   j     k
    1  1    15    WB
*PERF GEO 5
**  i   j     k
    1  1    12    WB SS
```

注意，对径向网格，最里面一个径向块在 θ 方向是不离散的，这意味着在中心 $i=1$ 处的井只在 $j=1$ 完井，而 $j>1$ 称为空块。

定义井底的位置

用块地址表定义的第一个完井层称为井底层。精确的位置是在这块的中心。就是在这个位置使用了*BHP 的 P，此块应是多层井的底层或顶层。

如果你想将 k1 定为井底层，那么就写为短形式：

```
**ijk
  1  1  k1:k2
```

如果你想将 k2 定为井底层，那么就写为长形式(每层一行)：

```
**ijk
  1  k2
  1  1  k2-1
.....
  1  1  k1
```

改变层数 在以后的*PERF/*PERFV/*PERFRG 中可以增，减一口井的完井层数。没有必要用 $W_i=0$ ，或 $ff=0$ 去关闭一个无用的层

*GEO 的方向缺省

方向来源于：

- ①包含了区间的块地址行，区间指示的方向即为井筒方向。
- ②当其将一口源汇井系到一个离散井筒块时，从油藏描述数据段内定义的离散井筒就可知道井筒方向。
- ③在 *GEOMETRY 内明显地给了井筒的方向 *I/ *J/ *K。
- ④缺省方向为 *K。

从每个块地址行就可以得到一个方向，各行间相互独立(为了描述斜井)，因此不同的层可以有不同的方向。当其从区间转换到非区间的地址块定义时，可能得到出乎意料的结果。以下的例子试图考虑一个部分完井：

```
*WELL 1 'Producer 1'
      **          rad    geofac    wfrac    skin
*GEOMETRY *K 0.375    0.2488    1.0      0.0
. . .
*PERF *GEO 1
**  i    j    k    ff
    1:9  6    2    1.    ** 区间在 i 方向上
```

```
10   6    2    .5    **无区间，因此使用了*GEOMETRY 内指示的*K
```

如果用 *GEO 太麻烦，那么就可用手计算井指数，输入它时不带 *GEO。

离散井筒选择

在油藏描述数据段内定义离散井筒，同时在井数据段内定义一口源汇井，规定源汇井的操作条件，源汇井与离散井筒的一个端块相联系。

如果水平井筒离散，但它的垂直井筒部分不离散，那么源汇井就与二者的交接块联系。如果垂直井筒也同时离散，那么源汇井就与地表块联系。

为了降低液面，有时将泵放在离散井筒的中部。对此应使用一个附加的源汇井去模拟泵。在上面给的例子内，泵(5号井)处于4号井筒以下的三个网格块内。由于重力的作用，流体将在井筒内分离。因此，泵井只采液，其它井可能只采气。

垂直井的完井位置(条件) *PERFV

目的：给定垂直井的指数与完井位置。如果井在混合网格内就使用*PERFRG
格式：

```
*PERFV well_list
{ k1(:k2) ( *TU (*SS) | *WB (*SS) ) wi (wi) }
或
*PERFV *GEO well_list
{ k1(:k2) ( *TU (*SS) | *WB (*SS) ) ( ff (wlprm) ) }
```

定义：

*GEO 看 *PERF。

well_list 井号表。

k1(:k2)看 *PERF。

wi 看 *PERF。

ff 看 *PERF。

wlprm 看 *PERF。

缺省：看 *PERF。

条件：看*PERF。

井号表内的每个井必须用*WELL *VERT i j 定义它的井位置。 解释：给定了垂直井的完井井段。如果若干口垂直井有相同的完井井段，那么它们可以用一个*PERFV 定义：

```
*WELL 1 'Producer 1' *VERT 12 16
      *WELL 2 'Producer 2' *VERT 10 5
      *WELL 3 'Producer 3' *VERT 21 3
*WELL 4 'Producer 4' *VERT 17 12
...
**          rad    geofac  wfrac  skin
*GEOMETRY *K 0.375  0.2488  1.0    0.0
*PERFV *GEO 2:3
**   kf   ff
      2:4   1.
5      .5
*PERFV   1 4
      **   kf   ff
          2:4  1.56
5      1.1
```

细分网络的完井位置(条件) *PERFRG ???

目的：给定完井块在细分混合网格内所处的位置。

格式：

```
*PERFRG wn
{ i1(:i2) j1(:j2) k1(:k2)
  ir1(:ir2) jr1(:jr2) kr1(:kr2)
  ( *TU (*SS) | *WB (*SS) ) wi (wi) }
或
*PERFRG *GEO wn
```

```
{ i1(:i2) j1(:j2) k1(:k2)
  ir1(:ir2) jr1(:jr2) kr1(:kr2)
  ( *TU (*SS) | *WB (*SS) ) (ff (wlprm)) }
```

定义:

*GEO 看 *PERF

wn 看 *PERF

i1(:i2) 看 *PERF

j1(:j2) 看 *PERF

k1(:k2) 看 *PERF

ir1(:ir2) 完井块在细网格内的块地址

jr1(:jr2) 完井块在细网格内的块地址

kr1(:kr2) 完井块在细网格内的块地址

wi 看 *PERF

ff 看 *PERF

wlprm 看 *PERF

缺省: 看 *PERF

条件: 看 *PERF

为了在一个方向上有个完井的区间, 允许一行粗网格块的地址。

为了在一个方向上有个完井的区间, 允许一行细网格块的地址。

解释:

```
*WELL 1 'Producer 1'
*PERFRG 1
** if jf kf ir jr kr wi
   12 6 2:4 2 2 1:3 1.78
   13 6 5 2 2 1:3 1.5
*WELL 2 'Injector 2' ** 在混合网格内
*PERFRG 2
** if jf kf ir jr kr wi
   12 6 2:4 1 1 1 1.78
```

为了将一口源汇井系到离散井筒的一端, 使用

*PERFRG 去查找最内一个混合网络块:

*GEOMETRY -1 0 0 0 **使用油管头选择

*PERFRG *GEO 1 **系源汇井到一块

```
** i j k ir jr kr
```

```
3 4 5 1 1 1
```

*ALTER

改变井的各种属性(可选择)

格式:

*ALTER well_list (well_prop) values

定义:

well_list 井号表

well_prop 是关键字, 表示哪一个井属性要改变。如为 *SPEC, 表示井的第一个操作约束的

值要改变。

value 每口井一个数值，第一个数不能为整数，否则误认为井号。

缺省：如果无 well_prop，那么为 *SPEC。

条件：为有效计，*ALTER 应出现在要修正的原始值之后。

解释：使用 *ALTER 去改变一口井或一个井组的基本操作约束，因而无必要重新定义所有的附加操作约束。在作历史拟合时，这个方法特别方便有效。它也可以使井重新回到原始的基本操作。 例题：

```
*PRODUCER 1
*OPERATE MAX OIL 500
...
*ALTER 1 750
```

例题：

```
*PRODUCER 1 *OPERATE *MAX *OIL 500.00
*PRODUCER 2 *OPERATE *MAX *OIL 750.00
*PRODUCER 3 *OPERATE *MAX *BHP 2500.0
*INJECTOR 4 *OPERATE *MIN *WATER 100.0
.
.
*TIME 1200.
*ALTER 1:2 3 4
2*1000.0 800.0 50.0
```

*HEATR

定常的和对流的热传递模型

数组：*HEATR

*TMPSET

*UHTR

定义：*HEATR 给定网格块的定常热交换速率(J/d)。把它加到用 *UHTR 和 *TMPSET 给定的比例部分，即 $UHTR*(TMPSET-T)$ 。

*UHTR 成比例的热交换系数，与 *TMPSET 同时使用(J/d·℃)。

$UHTR>0$ 一个温度控制器的放大系数。当其 $TMPSET>T$ 时，得到热的速率为： $UHTR*(TMPSET-T)$ 否则速率为 0，这可以模拟火烧管外的加热器(热损失的补偿器)。当其燃烧前缘到达加热器时，管子的 $T>TMPSET$ ，加热器就关闭，否则就供给定常的热交换速率。

<0 ，总的对流热交换系数。当其 $T>TMPSET$ 时，热损失速率为：

$ABS(UHTR)*(T-TMPSET)$ 否则速率为 0。

*TMPSET 温度控制器的设置，温度(℃)，当其 $UHTR>0$ 时，否则为参照温度。

缺省：*HEATR *CON 0

*UHTR *CON 0

条件：带有数组读入选择 *IJK 时，仅允许查找选定的网格区域。

*TRANWB

井筒块传导率乘子(可选择)

目的：修正离散井筒块与包含井筒的父亲块之间的传导率。

数组：*TRANSWB (允许使用 *IJK 读入选择)

缺省：如无 *TRANSWB，那么传导率乘子保持不变，初值为 1.0。

解释：例题：将传导率乘子*TRANSI，*TRANSJ，*TRANSK 应用到井筒流动，可以使用数组的限定符 *RG，*WELLBORE，*ANNULUS，*TUBING 间接给定修正区域。

例题：垂直井筒部分，水平井筒部分均离散，但只有水平部分完井。

```
*WELLBORE 15 **水平井
RANGE 1 1 1:9 **垂直井筒
1:4 1 1 **水平井筒
TRANSWB *WELLBORE 1 1 2:9 CON 0
```

依赖于 P 的传导率乘子 *PFRAC

数组：

*PFRAC

*PFRACF
*PTRANSI
*PTRANSJ
*PTRANSK
*PTRANSIJ+

*PTRANSIJ-

*PTRANSIK+

*PTRANSIK-

定义：

*PFRAC 参照 P 的下限 (KPa)，也为裂缝闭合的 P，允许范围 0~ *PFRACF 的值。

*PFRACF 参照 P 的上限 (KPa)，也为裂缝开放的 P，允许范围 *PFRAC~10MPa。

*PTRANSI 对应于 maxp 的 I 方向可变的传导率乘子，范围 0~1.0E5。

*PTRANSJ 对应于 maxp 的 J 方向可变的传导率乘子，范围 0~1.0E5。

*PTRANSK 对应于 maxp 的 K 方向可变的传导率乘子，范围 0~1.0E5。

*PTRANSIJ+ 对应于 maxp 的 I+J+对角方向可变的传导率乘子，范围 0~10E5。

*PTRANSIJ 对应于 maxp 的 I+J 对角方向可变的传导率乘子，范围 0~1.0E5。

*PTRANSIK+ 对应于 maxp 的 I+K+对角方向可变的传导率乘子，范围 0~1.0E5。

*PTRANSIK 对应于 maxp 的 I+K 对角方向可变的传导率乘子，范围 0~1.0E5。

缺省：不使用此选择，内部置 1.0。

条件：如使用读入选择 *IJK，那么仅允许查找选定的网格区域。

解释：如果参照 P 的上限值等于下限值，那么就不作可变乘子的计算。

乘子为： $F=R+(1-R)*ptrans$

ptrans 是 $*PTRANSI / *PTRANSJ \dots$

$R=1/(1+\exp(x))$

$X=10*(P-P_{av})/(pfracf-pfrac)$

P 是水流的上游块压力，Pav 是上游块内 pfrac 与 pfracf 的平均值。当其 $P=P_{av}$ ，那么 $X=0$ ，

$R=0.5$ 对应着 ptrans 的中点影响。先低压下，R 接近于 1.0 但不等于 1.0。

在压力 pfrac 下，可变的传导乘子为：

0.9933+0.0067*ptrans

在压力 pfracf 下，乘子为：

0.0067+0.9933*ptrans

例如，如果 ptrans=1000，那么乘子的可变部分是 993，在压力 pfracf 下。

由于 P 的 Pav 取自上激块，故在 pfrac, pfracf, *PTRANSI 等不同值区域的边界上其结果是不可预料的。

斜井完井的几何数据 （条件） *LAYERXYZ

目的：

*LAYERXYZ 允许用户提供几何信息来限定斜射孔——井筒方向不是平行于当地坐标轴。

格式：

```
*LAYERXYZ 'wname'
{locat.} {deviated layer information}
:
```

定义：

wname

单引号内的井名限定斜层。不支持通配符。

{location}

```
if jf kf / ir1 jr1 kr1 { / ... { / irn jrn krn } }
```

这些整数说明了井层将会与斜层一样处理。可为一些井的层进行命名，在与*LAYERXYZ 同行的语句中，没有其它层，但是没有提及到的层不需要井斜状态，并会在*I, *J, or *K 进行射孔。*LAYERXYZ 定义的层必须已经采用*PERF, *PERFV, 或者*PERFRG 定义过的井。

{deviated layer information}

(x1 y1 z1 x2 y2 z2 plength | *UNDEVIATED)

if 单个整数，说明基本网格的 i 方向上网格指数（参考说明）。

Jf 单个整数，说明基本网格的 J 方向上网格指数（参考说明）。

Kf 单个整数，说明加密网格的 K 方向上网格指数（参考说明）。

ir1 jr1 kr1 3 个整数，说明第一级加密网格 ijk 方向上的网格指数，该井已完井。

irn jrn krn 3 个整数，说明第 n 级加密网格 ijk 方向上的网格指数，该井已完井。

x1 y1 z1 在网格射孔处上“输入点”坐标。（m|ft）。参考说明。

x2 y2 z2 在网格射孔处上“输出点”坐标。（m|ft）。参考说明。

Plength 已命名网格内井筒中射孔深度（m|ft）。参考说明。

*UNDEVIATED 子关键词，该层的处理方法跟已经射孔的层位的*I, *J, or *K 方向上的非斜层一样。

缺省：

*LAYERXYZ 命名的层有几何信息（与*UNDEVIATED 子关键词相反）被标记被井斜；undeiated 是在运行开始时就被认为是缺省状态。非斜状态能通过*UNDEVIATED 子关键词进行设置。

条件：

使用*GEO or *GEOA 设定来计算井索引，并用*PERF or *PERFV 限定井名后，再为层命名。如果已设定另外一口井的索引计算，该层则被认为井斜射孔是无效的。如果有几何信息，必须有 x1, y1, z1, x2, y2, z2 和长度，否则会产生错误。不是所有井的层位都要在*LAYERXYZ

下进行命名；根据原来的*PERF，那些被省略的与非斜的一样。

说明：

此关键词说明了几何信息，这些信息允许为射孔计算井的索引，而井筒的方向不平行于任何一个网格坐标轴。坐标 x_1, y_1, z_1 和 x_2, y_2, z_2 必须采用直角坐标系统。输入点和输出点限定了井筒的方向；通过设定的网格给出射孔深度。为拟合更多的井索引，深度可超过 (x_1, y_1, z_1) 和 (x_2, y_2, z_2) 之间的距离。然而， (x_1, y_1, z_1) 和 (x_2, y_2, z_2) 之间的距离必须是正的；如果 (x_1, y_1, z_1) 和 (x_2, y_2, z_2) 是同一个点，则会产生错误。*PERF 或者 *PERFV 输入的 ff 因子适用于斜层。如果用户希望射孔深度仅控制井索引计算，ff 应该在*PERF 一行中输入为 1.0。

井斜索引可用如下公式计算：

$$WI = 2 * wfrac * K * plength * ff / (\ln(re/rw) + ss)$$

井 angular fraction wfrac, 完井因子 ff, 井半径 rw, 以及表皮因子 ss 输入到 *GEOMETRY 或者 *PERF。射孔深度则直接在 *LAYERXYZ 数据中读取。

根据 *LAYERXYZ 输入的信息计算排出半径 re。当井筒平行于 D 轴 (D is I, J, or K), 则 re(D) 如下计算：

$$Re(D) = geofac * \sqrt{V / (xh(D) * wfrac)}$$

此处，V 是射孔网格的提及，xh(D) 是 D 方向上的网格厚度，geofac 是采用 *GEOMETRY 输入的几何因子。

一旦 re(D) 在三个方向 I, J, K 进行计算，斜井筒方向上的插值如下：u 是井筒方向上的单位相量 $(x_2 - x_1, y_2 - y_1, z_2 - z_1)$ 。U 顺着或逆着井筒流体流动的方向都对结果没有什么影响。i, j, 和 k 是指向当地 ijk 方向上的单位相量。这些数据都在油藏描述部分中找到。注意对于角点网格（参考油藏描述部分），这些方向不必与网格的直角轴一致（ x_1, y_1 等都是直角坐标系统的），也不必是 jik 互相正交的相量。

定义 $\cos(\theta_I)$ 为 u_i ， $\cos(\theta_J)$ 和 $\cos(\theta_K)$ 相似。定义 $\sin^2(\theta_I) = 1 - \cos^2(\theta_I)$ 并且 j 和 k 也相似。Re 的插值适用于井筒的方向。

$$re(u) = \frac{(re(I) * \cos^2(\theta_I) * \sin^2(\theta_J) * \sin^2(\theta_K) + re(J) * \cos^2(\theta_J) * \sin^2(\theta_K) * \sin^2(\theta_I) + re(K) * \cos^2(\theta_K) * \sin^2(\theta_I) * \sin^2(\theta_J))}{S}$$

此处 s 是三个分子中三角法权值因子之和。

完井平均渗透率 k 采用相似方法计算，除了 re(I)，re(J)，and re(K) 可用如下公式替代。

$$\begin{aligned} K(I) &= \sqrt{K_y * K_z} \\ K(J) &= \sqrt{K_z * K_x} \\ K(K) &= \sqrt{K_x * K_y} \end{aligned}$$

例：

例 1：

*LAYERXYZ 'WELL-NNE17'

```

65 23 5
** x1   y1   z1   x2   y2   z2 plength
2287.49 1457.64 3949.09 2284.34 1460.23 3944.28 2.67

```

井‘WELL-NNE17’的完井处在于网格 65 23 5。该井必须已经采用*PERF 进行设置。

例 2:

```

*LAYERXYZ 'WELL-MULTI-REF'
16 48 11 / 1 1 2 / 2 2 1
** x1   y1   z1   x2   y2   z2 plength
102.11 493.74 2285.53 102.48 494.87 2284.13 2.67

```

此例中，‘WELL-MULTI-REF’多倍加密网格 16 48 11 / 1 1 2 / 2 2 1 已定义完井，被标记为斜井，7 个值分别为 x1, y1, z1, x2, y2, z2 和射孔深度。

斜井完井的简化几何数据 （条件）*LAYERIJK

目的:

*LAYERIJK 可为每层提供一个层向。射孔平行于坐标轴方向之一，但是层与层之间是不同的。*LAYERIJK 定义的方向覆盖*GEOMETRY 定义的井的方向。

格式:

```

*LAYERIJK 'wname'
    {locat.}    {layer direction}
    :           :

```

定义:

wname 单引号内的井名限定斜层。不支持通配符。

```

{location}
if jf kf / ir1 jr1 kr1 { / ... { / irn jrn krn } }

```

这些整数说明了井层将会与斜层一样处理。可为一些井的层进行命名，在与*LAYERIJK 同行的语句中，没有其它层，但是没有提及到的层不需要井斜状态，由 GEOMETRY 关键词定义层向。*LAYERIJK 定义的层必须已经采用*PERF 或者*PERFV 定义过的井。

```

{layer direction}
(*I | *J | *K | *UNDEVIATED)
if          单个整数，说明基本网格的 i 方向上网格指数（参考说明）。
Jf          单个整数，说明基本网格的 j 方向上网格指数（参考说明）。
Kf          单个整数，说明基本网格的 k 方向上网格指数（参考说明）。
ir1 jr1 kr1 3 个整数，说明第一级加密网格 ijk 方向上的网格指数，该井已完井。
irn jrn krn 3 个整数，说明第 n 级加密网格 ijk 方向上的网格指数，该井已完井。
*I          说明在 I 方向的层位上射孔。
*J          说明在 j 方向的层位上射孔。
*K          说明在 k 方向的层位上射孔。

```

*UNDEVIATED 子关键词，该层的处理方法跟已经射孔的层位的*I, *J, or *K 方向的非斜层一样，该方向上的层已进行射孔（由*GEOMETRY 进行定义）。

缺省：

*LAYERIJK 命名的层有几何信息*I, *J 或者*K（与*UNDEVIATED 子关键词相反）被标记被井斜；undeiated 是在运行开始时就被认为是缺省状态。非斜状态能通过*UNDEVIATED 子关键词进行设置。

条件：

使用*GEO 或者 *GEOA 设定来计算井索引，并用*PERF 或者 *PERFV 限定井名后，再为层命名。如果已设定另外一口井的索引计算（如*KH），该层则被认为井斜射孔是无效的。不是所有井的层位都要在*LAYERIJK 下进行命名；根据原来的*PERF，那些被省略的与非斜的一样。

说明：

此关键词说明了几何信息，这些信息允许为射孔计算井的索引，而井筒的方向平行于任何一个网格坐标轴，但是层与层不同。当层适用于斜层时，*PERF or *PERFV 下输入 ff 因子。

采用以下假设，与*LAYERXYZ 关键词同样的方式来计算斜井索引。假设，某个网格中的射孔输入是一面与层向（*I, *J, or *K）正交的中心上，输出在另一面的中心上。射孔长度是连接一面中心与另一面的长度。

例如， *LAYERIJK *I 射孔应该沿着定义好的路径，连接较低 I 面中心（网格块 I 与网格块 I-1）与较高 I 面（网格块 I 与网格块 I+1）连接的长度是较低 I 面和较高 I 面之间的距离。根据*LAYERXYZ 所作的说明，假设 $re(u) = re(I)$ and $K(u) = K(I)$ 。

*LAYERIJK *J 或者*LAYERIJK *K 射孔应有射孔深度，有效半径和类比方式计算的井渗透率（以上章节中，I 可被 JK 所替代）。

例

例 1: *LAYERIJK ‘WELL-NNE17’
 65 23 5 *I

井 ‘WELL-NNE17’ 在网格块 65 23 5 处完井，该井已经采用*PERF 进行过设置，井的射孔平行于 I 方向。

例 2: *LAYERIJK ‘WELL-MULTI-REF’
 16 48 11 / 1 1 2 / 2 2 1 *J

此例中，已经完井的井 ‘WELL-MULTI-REF’ 多级加密网格块 16 48 11 / 1 1 2 / 2 2 1，井射孔平行于 J 方向。

完井处间的压力梯度（条件）*LAYERGRAD

目的：

*LAYERGRAD 允许用户定义压力梯度，用在井筒内临近完井的压力差的静态计算。此关键词能用于模拟停抽生产井。

格式:

```
*LAYERGRAD          'wname'  
{location}          (pressure_gradient_value | *DEFAULT)  
      :                               :
```

定义:

wname

单引号内的井名来限定井，适用于有压力梯度的层。不支持通配符。

{location}

if jf kf / ir1 jr1 kr1 { / ... { / irn jrn krn } }

这些整数为井层设定井口压力梯度。为已有井名的井命名层位有效，在*LAYERGRAD 行中不能有其它层，但是没有命名的层不需要特殊的梯度值，它采用常用的计算方法。*LAYERGRAD 命名的层必须是在已经定义井后，这些井还用*PERF 或者*PERFV 进行设置。设定的梯度用于已命名层和下一指向根部完井间的井口计算。参考手册中关于*PERF 的说明。

pressure_gradient_value

非负实数 (kPa/m | psi/ft) 限定用于计算压差的梯度。

*DEFAULT

已命名层和下一指向根部完井的层间的压力差可正常进行计算，而不是已设置好的压力梯度值。

If 单个整数，说明基本网格的 i 方向上网格指数（参考说明）。

Jf 单个整数，说明基本网格的 j 方向上网格指数（参考说明）。

Kf 单个整数，说明基本网格的 k 方向上网格指数（参考说明）。

ir1 jr1 kr1 3 个整数，说明第一级加密网格 ijk 方向上的网格指数，该井已完井。

irn jrn krn 3 个整数，说明第 n 级加密网格 ijk 方向上的网格指数，该井已完井。

缺省:

在计算时遇上特殊的处理，*LAYERGRAD 命名的层有梯度值（与*DEFAULT 关键词相反）会有标记显式。在运行开始时，每层都使用缺省状态。此缺省状态能通过*DEFAULT 子关键词再次设定。

条件:

在为层命名前，必须为井先命名（'wname'），并用*PERF 或者 *PERFV 设置。非负实数或*DEFAULT 子关键词都必须遵照层的定义方式，否则会产生错误。不是所有层都必须在*LAYERGRAD 下定义；余下的在缺省状态下进行计算。

说明:

当某层没有设定压力梯度，井筒中层与流体流向的层之间的压差进行静态计算，根据当时流体密度使用压力梯度。当井口压力梯度 hgrad 采用*LAYERGRAD 进行设置，已命名层和下一指向根部完井的层间压差可用以下公式计算：

$$Delp = (P_{next} - P_{named}) = hgrad * (depth_{next} - depth_{named})$$

参考手册中关于*PERF 的说明，怎样识别下一指向根部层（已命名层流向的层位）。最先在*PERF 中命名的层流向地表，没有层顶部与相应压差有关；然而此层的梯度限定可以忽略（但是有效的）。

*LAYERGRAD 关键词能用于模拟停抽生产井，通过设定高于泵工作液面的射孔间的 0 值或象气体一样的压力梯度，有效地维持液面控制。例如，泵放置在井筒中期望液面的 6 英尺下，当泵压超过大气压力和 6 英尺液柱压力，泵设置为工作。可设置通过高于液面的梯度和低于液面的期望流体梯度（水是 9.8 kPa/m or 0.43 psi/f），可模拟此种情况。

另外，*BHPDEPTH 选项允许用设置 BHP 参考深度，在泵的放置处，而不是在网格中心。井筒压力不能低于物理情况下的最小值（如，1 atm）。关键词*BHPGRAD 允许用户设置压力梯度值，该值用于计算参考完井处和井底参考深度间的压差。

例：

例 1: *LAYERGRAD 'WELL-NNE17'

65 23 5 0.5

65 23 6 0.4

井'WELL-NNE17'在网格块 65 23 5 和 65 23 6 进行完井，必须先用*PERF 进行设置。

例 2:

*LAYERGRAD 'PUMPED-WELL'

16 48 11 0.

16 48 12 0.

16 48 13 0.

16 48 14 0.

如果井'PUMPED-WELL'在块 16 48 10:15 处进行完井，并且层纵深 15，以上表示泵的位置在块 16 48 14 处。井筒中块 16 48 15 and 16 48 14 的压差通过常用的井口方式进行计算，以模拟层 14 完井处以上区域没有液体存在的情况，但是以上压力都被设置 0。注意，在 16 48 10 处没有梯度设置，因为该层指向地表。

用户为井底流压定义参考深度（可选）*BHPDEPTH

目的：

*BHPDEPTH 允许用户设定以井底流压为参考的深度。当*BHPDEPTH 设置了一口井，通常井的井底流压不是井筒的完井压力。相关的关键词*BHPGRAD 能用于限定压力梯度来计算参考深度和参考完井间的压力差。

格式：

*BHPDEPTH well_list depth_values

定义：

well_list

井名或井号；见以下。

well_names

单引号中的井名使用规范与参考深度使用的一样。井名可用字数有限的通配符；参考技术手册中关于*SHUTIN 关键词的说明。

well_numbers

整数，或者整数范围，规范与参考深度使用的一样。

depth_values

一系列有非负实数（m | ft）或者子关键词*DEFAULT 的值。如果 depth_values 列仅含有单个输入，那么该输入值将适用于井列表中所有井；如果有多于一个的值，那么输入值的个数必须与井列表的井数相匹配，第一个深度值对应于第一口井。这些代表着深度的值，必须有小数点以与井号区别开来。

*DEFAULT

当*DEFAULT 出现在深度值列中，该值将井的状态恢复为缺省状态，在该状态下井底流压是参考完井的井筒压力。

缺省：

可选关键词。如果 BHPDEPTH 没有出现在数据集中，所有的井的井底流压等于参考完井的井筒压力。数据集中有 BHPDEPTH 不影响未经过 BHPDEPTH 命名的井。

条件：

该关键词必须在井和循环数据部分中。必须出现在（但不是紧跟）第一个*DATE 后。所有出现在*BHPDEPTH 中的井必须在*WELL 进行定义。多行*BHPDEPTH 可以持续影响运行。也就是说，如果*BHPDEPTH 第一次出现在井列中，然后跟着另外一个，那么在两个列表的第二个*BHPDEPTH 后，会有设定的井底流压参考深度。通过在另外一行*BHPDEPTH 中输入*DEFAULT，那么已经定义了参考深度的井会恢复到缺省状态的计算中来。如果一口井在早期的*BHPDEPTH 中有一个参考深度，然后在下一个*BHPDEPTH 有有不用深度值，那么最近的值会覆盖先前的值，最近的值会参与井底流压计算中来。深度值必须包括小数点以与代表井号的实数分别开来。在数据集中，关于井列表或者不同行的深度值没有限制；深度值可以与列表中最后标识符在同一行中，可根据需要在许多行中继续发挥作用。井列表可在很多行中。

说明：

当使用*BHPDEPTH 输入井底流压参考深度，井底流压不同于井的参考完井的井筒压力。压差为

$$\text{delp} = g * \text{rho} * (\text{ref_depth} - \text{completion_depth})$$

此处 g 是重力加速度，rho 是参考完井的流动流体密度。使用*BHPGRAD，用户可输入压力梯度，该值可替代公式中的 g*rho。手册中的*PERF，了解参考层怎样设定的。

例：

*BHPDEPTH	'Prod1'	'Prod2'	'Inj1'	'Inj2'
	1500.	1500.	1000.	1000.

两口生产井在 1500（英尺或米）处，设定井底流压参考深度，两口注入井在 1000（英

尺或米)处, 设定井底流压参考深度。此例中, 深度值出现在数据集中新的一行中。

用户为井底流压定义压力梯度 (可选) *BHPGRAD

目的:

*BHPGRAD 允许用户设定压力梯度, 用于计算井的参考完井和井底流压的参考深度间的压差。如果井没有用*BHPDEPTH 进行设置, 输入的梯度不会产生影响。

格式:

*BHPGRAD well_list gradient_values

定义:

well_list

一系列单引号括的井名或者井号; 参见以下。

well_names

单引号中的井名使用规范与压力梯度使用的一样。井名可用字数有限的通配符; 参考技术手册中关于*SHUTIN 关键词的说明。

well_numbers

整数, 或者整数范围, 规范与压力梯度使用的一样。

gradient_values

一系列有非负实数(kPa/m | psi/ft)或者子关键词*DEFAULT 的值。如果 gradient_values 列仅含有单个输入, 那么该输入值将适用于井列表中所有井; 如果有多于一个的值, 那么输入值的个数必须与井列表的井数相匹配, 第一个深度值对应于第一口井。这些代表着深度的值, 必须有小数点以与井号区别开来。

*DEFAULT

当*DEFAULT 出现在梯度值列中, 该值将井的状态恢复为缺省状态, 在该状态下该参考完井的密度用于计算参考深度和参考完井间压差。

缺省:

可选关键词。如果 BHPGRAD 没有出现在数据集中, 所有*BHPDEPTH 下的井由在参考完井和参考深度间的压差, 通过使用参考完井的流体密度计算。BHPGRAD 的出现不影响那些没有在 BHPGRAD 下命名的井的操作, 并且如果数据集中有 BHPDEPTH 不影响未经过 BHPDEPTH 命名的井。

条件:

该关键词必须在井和循环数据部分中。必须出现在(但不是紧跟)第一个*DATE 后。所有出现在*BHPGRAD 中的井必须在*WELL 进行定义。多行*BHPGRAD 可以持续影响运行。也就是说, 如果*BHPGRAD 第一次出现在井列中, 然后跟着另外一个, 那么在两个列表的第二个*BHPGRAD 后, 会有设定的井底流压参考深度。通过在另外一行*BHPGRAD 中输入*DEFAULT, 那么已经定义了参考梯度的井会恢复到缺省状态的计算中来。如果一口井在早期的*BHPGRAD 中有一个参考梯度, 然后在下一个*BHPGRAD 有不同的深度值, 那么最近的值会覆盖先前的值,

最近的值会参与井底流压计算中来。梯度值必须包括小数点以与代表井号的实数分别开来。在数据集中，关于井列表或者不同行的梯度值没有限制；梯度值可以与列表中最后井标识符在同一行中，可根据需要在许多行中继续发挥作用。井列表可在很多行中。

说明：

当使用*BHPGRAD 输入井底流压梯度，参考完井和参考深度间的压力差为：

$$\text{delp} = \text{p_grad} * (\text{ref_depth} - \text{completion_depth})$$

参考手册中*PERF 的说明，关于怎样设定参考层。

例：

```
*BHPGRAD 'Prod1' 'Prod2' 'Inj1' 'Inj2'
          0.5      0.5      0.4      0.4
```

两口生产井的参考压力梯度是 0.5 psi/ft，两口注入井的参考压力梯度是 0.4 psi/ft。此例中，梯度值出现在数据集中新的一行中。

改变初步操作限制值（可选） *ALTER

目的：

*ALTER 允许修改那些列出的井名或井号的初步操作限制。初步操作限制是第一个限制，当使用*OPERATE 关键词时输入。

格式：

```
*ALTER ('well_names') or (well_numbers)
values
```

定义：

well_names

单引号括起来的是井名，其数量限定了初步操作限制的改变次数。这些井名必须与*ALTER 关键词在同一行中。如果多于一行需要设定，那么有几行就需要几个*ALTER 关键词。请参阅手册中关于*SHUTIN 的说明。

well_numbers

整数或整数范围，设定井号，也适用于初步操作限制的改变。这些井号必须与*ALTER 关键词在同一行中。如果多于一行需要设定，那么有几行就需要几个*ALTER 关键词。

values

被井号或井名识别的一个数，设定初步操作限制的新值。值必须紧跟在*ALTER 后一行中。

缺省：

可选关键词。无缺省。

条件：

*ALTER 必须在井和循环数据关键词组中，在这个关键词组中，它可出现在任何地方，该关键词组跟在*ALTER 列表中所有井初始的*OPERATE 声明后。

说明：

可选关键词用于改变井原来的操作限制，而不用再次定义操作限制。当进行历史拟合时，改变值是一种有效的方式。

跟着一个非 0 的值，如果井已经在前一步的操作中关闭，或者井从一开始就被定义为关井，*ALTER 将会打开这口井。

当数据集中有*ALTER，如果带有新值的初步限制变成井的主要限制，模拟器将会自行检查。如果这样，井会转换为初步限制。如果不是这样，初步限制会输入新值，但井会转为（或者继续运行）目前最具有约束力的限制。

如果对开的井使用*ALTER，设定初步限制，值为 0，那么这这口井会关井。如果为关的井输入非 0 的值，那么这口井会打开。

例：

```
*PRODUCER 1
*OPERATE *MAX *STO 500.00
.
.
.
*ALTER 1
750
```

当井已经定义时，*ALTER 关键词可以有如下用法：

```
*WELL 1 'Producer 1'
*WELL 2 'Producer 2'
*WELL 3 'Producer 3'
*WELL 4 'Injector 1'
.
.
.
*PRODUCER 1
*OPERATE *MAX *STO 500.00
*PRODUCER 2
*OPERATE *MAX *STO 750.00
*PRODUCER 3
*OPERATE *MAX *BHP 2500.0
*INJECTOR 4
.
.
.
*TIME 1200.
** At a later date, want to adjust the operating
** constraint values.
```

```
        ** well_numbers
*ALTER  1:2    3
        ** values
2*1000.0  800.0
```

值改变后重新设置井的操作限制（可选）*MRC-RESET

目的：

在操作限制值改变之后，*MRC-RESET 允许用户设置井是否应该设置为约束力很强的限制（通过*OPERATE 或者 *ALTER 下的数据）。

格式：

```
*MRC-RESET well_list      (*RESET)
                          (*NO-RESET)
```

定义：

well_list

一系列井名或井号；参阅以下。

well_names

单引号括起来的是井名，其数量限定了初始化频率的改变次数。井名列表中有有限的通配符这些井名必须与*ALTER 关键词在同一行中。请参阅手册中关于*SHUTIN 关于通配符的说明。

well_numbers

整数范围或整数的数量设定井号，也限定了初始化频率的改变次数。

RESET

限制值后井列表中所有井应该进行最具有约束力的操作限制。在执行下一个时间步长之前，最常用的最具有约束力的限制应该被设置为目前操作限制。

NO-RESET

使用 NO-RESET，通过数据输入，即使改变了限制值，在井列中井也没有操作限制的改变。下一时间步长后会发生操作限制的改变。使用列中第一个操作限制。

缺省：

可选关键词。在运行一开始，所有井被默认为在*RESET 模式下；*MRC-RESET 下的任何改变都可以累积的。如果井列中没有子关键词出现，就假设是*RESET。

定义：

如果此关键词出现，此关键词必须出现在井和循环数据关键词组中。必须在第一个*DATE 行后（但不必紧跟）。如果一口井在*MRC-RESET 中，那么*MRC-RESET 行必须跟在列表中定义井的所有*WELL 后。

说明：

当改变操作限制值，最有约束力的限制也会改变；例如，当产量限制值增加时，井底流

压会变成最有约束力的限制。如果没有为最有约束力限制进行检查，那么模拟器必须收敛在原先的限制上，作为限制改变的结果，完成限制的更改。如果时间步长必须在产量较高下进行运行，那么收敛可能是非常困难的。为解决这种潜在的困难，在缺省情况下，检查所有用 *OPERATE 或者 *ALTER 改变限制的井，以找出最有约束力的限制，并在下一时间步前，用这种最有约束力的限制来设置该井。如果有 *NO-RESET，在某些情况下，用户希望覆盖自动限制转换。

例：

```
*MRC-RESET 'SPECIAL-PRODUCER' *NO-RESET
*ALTER *STO 500.0
```

为井 'SPECIAL-PRODUCER' 设定油产量限制值为 500 个单位每天，操作限制将会保持该状态，而不管产油量在时间步的最初是否是最有约束力的限制。

为离散循环井筒选择最优化操作限制是非常复杂的，因为油管 and 环空流体是相互耦合的，但是有独立的运行条件。在某些情况下，因为油管运行条件，所有环空内的运行条件不能达到要求。当油管或环空关闭，为两者设定相同的操作条件，会有助于逆稳定流的初始化。（参考关键词油藏描述部分中的 *TRANSIENT）。

循环注蒸汽增产井组 *CYC_GROUP

目的：

设定用于循环蒸汽操作井组的个数。

格式：

```
*CYC_GROUP group-number *INCLUDES { well-name | well-number }
```

定义：

group-number 整数，代表循环井组序列号。编号必须从 1 开始，依次递增。

well-name 引号括起来的井名。这些井名都由 *WELL 关键词进行定义。每组仅能有两口井（注入井和生产井）。

well-number 整数，代表井的序列号。每组仅能有两口井（注入井和生产井）。

缺省：

如果没有 *CYC_GROUP，使用蒸汽增产选项，那么假设仅有一个循环井组。

条件：

所有定义过 *CYC_GROUP 的井必须已在数据集中定义过。

说明：

当对油田使用循环蒸汽增产过程中，有超过一对的汇源井（注入井和生产井），那么有必要为每对汇源井定义井组。根据设定，井组中的井将交替改变角色。

蒸汽循环间的自动转换 *INJ_C SWT, *PROD_C SWT, *IN_PR SHUT, *PR_IN SHUT

目的:

在循环注气模拟过程中, 为在注入井, 注入—生产, 生产和生产, 注入关井循环的转换限定条件限定条件。

格式:

```
*CYC_GROUP 1 *INCLUDES 1 4  ** Define well pair
*CYC_GROUP 2 *INCLUDES 2 5  ** groups
*CYC_GROUP 3 *INCLUDES 3 6
*INJ_C_SWT 1:3  ** switching conditions for an
                    injection cycle for group 1:3

*TOT_TIME 10.0
*TOT_WATR 2100.0
*DTWCYC 0.02
*IN_PR_SHUT 1:3  ** switching condition for soak
*TOT_TIME 7.0
*PROD_C_SWT 1  ** switching conditions for a
                    production cycle for group 1

*TOT_TIME 348.0
*MIN_QOIL 128.0
*DTWCYC 0.02
*PROD_C_SWT 2:3  ** switching conditions for a production
                    cycle for groups 2 and 3

*TOT_TIME 30.0
*DTWCYC 0.02
*TIME 30.0
*PROD_C_SWT 2:3  ** redefine switching conditions for a
                    production cycle for groups 2 and 3

*TOT_TIME 300.0
*MIN_BHP 20.0
*DTWCYC 0.02
*TIME 1095
```

定义:

*INJ_C_SWT 此关键词识别注入循环转换条件。

group-number 一个整数或者一系列整数代表循环井组序列号, 用*CYC_GROUP 进行定义。

*MAX_BHP x 此关键词设定最大井底流压 (kPa | psi | kPa), 在注入循环中可作为一个条件。

*TOT_TIME x 设定循环过程的总时间 (day | day | min)。

*TOT_WATR x 作为一个转换条件, 该关键词设定每一次循环需要的总注入蒸汽量 (CWE) (m3 | bbl | cm3)。

*TOT_HEAT x 作为一个转换条件, 该关键词设定每一次循环需要的总注入热蒸汽量 (J | BTU | J)。

*MIN_QWTR x 作为一个转换条件，该关键词设定最小蒸汽（CWE）注入量（m3/day | bbl/day | cm3/min）。仅当蒸汽注入量高于设定值时，该转换才被激活。

*DTWCYC x 在循环初期，此关键词时间步长（days | days | min）。

*PROD_C_SWT 此关键词设别生产循环转换条件。

*MIN_BHP x 作为一个转换条件，该关键词设定在生产循环期间的最小井底压力（kPa | psi | kPa）。

*MIN_QOIL x 作为一个转换条件，该关键词设定最小产油量（m3/day | bbl/day | cm3/min）。如果井目前的*OPERATE 是*MIN *BHP，至少在一次循环中产油量已超过设定的最小值，应检查该限制。

*TOT_LIQ x 作为一个转换条件，该关键词设定每次循环的总产液量（m3 | bbl | cm3）。

*DEPL_NDX x 设定每次循环的损耗。

*IN_PR_SHUT 注入和生产循环间识别转换条件。

*PR_IN_SHUT 生产和注入循环间识别转换条件。

缺省：

如果没有关键词*INJ_C_SWT， *PROD_C_SWT， *IN_PR_SHUT 和 *PR_IN_SHUT，那么在循环之间也就没有自动转换。

当设定的关键词*INJ_C_SWT， *PROD_C_SWT， *IN_PR_SHUT 或者 *PR_IN_SHUT 没有组号时，假设组号为 1。

条件：

*INJ_C_SWT， *PROD_C_SWT， *IN_PR_SHUT 或者 *PR_IN_SHUT 出现的任一个，后面必须跟着至少一个转换条件。当使用*FRAC，适用于所有产量或者累积的曲线。组中仅有一口井可以被激活。

说明：

在循环期间，循环注蒸汽增产过程的自动转换被激活，模拟器将检查每一组的转换条件。当组中的一个转换条件没有满足，将会有警告信息，还可根据需要打印输出网格输出和重起等信息。下一循环将从该组开始。其它组将继续原来的循环，直到条件不被满足。直到下一设定的*TIME 满足时，循环将会改变。*TIME 会用在常规的数据集中。*TIME 后在新条件下设定关键词*INJ_C_SWT， *PROD_C_SWT， *IN_PR_SHUT 或者 *PR_IN_SHUT，转换条件会被改变。尤其是在生产循环里，推荐使用*TOT_TIME 来设定最大时间。有时，渐近达到其它设定的转换标准，循环会持续很长一段时间。例如，当*MIN *STO 被设定为转换标准时，会发生此种情况。

例：一油田有 3 对井，使用循环蒸汽增产。井 1 到井 3 是注入井，井 4 到井 6 是生产井。井对分别是井 1 和 4，井 2 和 5，井 3 和 6。定义了井和操作条件后，限定转换。

```
*CYC_GROUP 1 *INCLUDES 1 4    ** Define well pair
*CYC_GROUP 2 *INCLUDES 2 5    ** groups
*CYC_GROUP 3 *INCLUDES 3 6
*INJ_C_SWT 1:3    ** switching conditions for an injection cycle for group
1:3*TOT_TIME 10.0*TOT_WATR 2100.0*DTWCYC 0.02*IN_PR_SHUT 1:3
** switching condition for soak
*TOT_TIME 7.0
```



```

*PROD_C_SWT 1    ** switching conditions for a production cycle for group 1
*TOT_TIME 348.0
*MIN_QOIL 128.0*DTWCYC 0.02
*PROD_C_SWT 2:3  ** switching conditions for a production cycle for groups 2
and 3
*TOT_TIME 30.0
*DTWCYC 0.02
*TIME 30.0*PROD_C_SWT 2:3  ** redefine switching conditions for a production
cycle for groups 2 and 3
*TOT_TIME 300.0*MIN_BHP 20.0
*DTWCYC 0.02

```

井筒压力降和热损失（可选）*PHWELLBORE

目的：

*PHWELLBORE 设定将要被计算的压力降和热损失。

*TABLE 子选项（与*PTUBE 有关）过时。

格式：

```

*PHWELLBORE *SAMODEL
{ *RTUBIN x          | *RTUBOUT x          | *RINSUL x
  | *RHOLE x          | *RHOLE x          | *RHOLE x
  | *EMTUB x          | *EMTUB x          | *EMCAS x
  | *EMFORM x         | *COND TUB x       | *CONDINS x
  | *CONDCAS x        | *CONDCEM x        | *CONDFORM x
  | *HCAPFORM x       | *GEOGRAD x        | *DEPTH x
  | *CASLENGTH x      | *WLENGTH x        | *RELROUGH x
  | *SURFACE_TEMP x } | *INSLENGTH x      | *KICKOFF_DEPTH x }

```

定义：

*SAMODEL 此关键词设定了半分析模式将被用于计算井筒压力降和热损失。

*RTUBIN x 实数，限定油管内半径（m | ft | cm）。

*RTUBOUT x 实数，限定油管外半径（m | ft | cm）。*RTUBOUT 和 *RTUBIN 间的差别是油管壁厚度。

*RINSUL x 实数，限定绝缘半径（m | ft | cm）。*RINSUL 和 *RTUBOUT 间的差别是绝缘厚度。

*RCASIN x 实数，限定套管内半径（m | ft | cm）。*RCASIN 和 *RINSUL 的差别是环空。

*RCASOUT x 实数，限定套管外半径（m | ft | cm）。*RCASOUT 和 *RCASIN 间的差别是套管厚度。

*RHOLE x 实数，限定井口半径（m | ft | cm）。*RHOLE 和 RCASOUT 的差别是水泥厚度。

*EMTUB x 实数，限定油管的发射率（无量纲）。当不存在绝缘时，用于计算环空的辐射热传导系数。

*EMINS x 实数，限定绝缘体的发射率（无量纲）。用于计算环空的辐射热传导系数。

*EMCAS x 实数，限定套管的发射率（无量纲）。用于计算环空的辐射热传导系数。

*EMFORM x 实数，限定近井地带的发射率（无量纲）。当套管不存在时，用于计算环空的辐射热传导系数。

*CONDTUB x 油管壁的热传导系数（J/m-day-C | Btu/ft-day-F | J/cm-min-C）。

*CONDINS x 绝缘的热传导系数（J/m-day-C | Btu/ft-day-F | J/cm-min-C）。

*CONDCAS x 套管壁套管壁的热传导系数（J/m-day-C | Btu/ft-day-F | J/cm-min-C）。

*CONDCEM x 水泥的热传导系数（J/m-day-C | Btu/ft-day-F | J/cm-min-C）。

*CONDFORM x 近井地带的热传导系数（J/m-day-C | Btu/ft-day-F | J/cm-min-C）。

*HCAPFORM x 近井地带的热容（J/m-day-C | Btu/ft-day-F | J/cm-min-C）。

*GEOGRAD x 平均地热梯度（C/m | F/ft）。

*DEPTH x 井深（m | ft | cm）。从地表至参考层中心的垂直深度。

*CASLENGTH x 实际套管长度（C/m | F/ft）。没有套管的井筒假设为裸井。

*WLENGTH x 实际井筒长度（C/m | F/ft）。从地表至参考层中心的距离。

*RELROUGH x 相对套管粗糙度（无量纲）。

*SURFACE_TEMP x 地表温度（C | F）。

*INSLLENGTH x 绝缘体长度（m | ft | cm）。当油管绝缘比井深短时，使用此关键词。

*KICKOFF_DEPTH x 启动深度（m | ft | cm）。此处，井筒开始斜向。当以任意不同于 90° 的角度钻水平井时，启动深度为 0。输入的角度将会根据井的长度和深度进行计算。

缺省：

如果没有*PHWELLBORE，那么不能计算井筒压力降和热损失。如果有*PHWELLBORE，以下缺省参数可用。

```
*RHOLE = *RCASOUT = *RCASIN = *RINSUL = *RTUBOUT
*EMTUB, *EMCAS = 0.8; *EMINS = 0.9;
*CONDTUB, *CONDCAS = 3.738e6 J/m-day-C; 576.85 Btu/ft-day-F;
*CONDINS = 7776 J/m-day-C; 1.2 Btu/ft-day-F;
*CONDCEM = 3.024e4 J/m-day-C; 4.8 Btu/ft-day-F;
*CONDFORM = 1.496e5 J/m-day-C; 24 Btu/ft-day-F;
*HCAPFORM = 2.347e6 J/m3-C; 35 Btu/ft3-F;
*CASLENGTH = *WLENGTH = *DEPTH
*GEOGRAD = 0;
*RELROUGH = 0.0001;
*SURFACE_TEMP = *TSURF
*INSLLENGTH = 0 m; 0 ft;
*KICKOFF_DEPTH = 0 m; 0 ft;
```

条件：

*PHWELLBORE 必须在井和循环数据部分中。由最后*PRODUCER 或者*INJECTOR 关键词定义的井，应该跟在其后。如果运行限制之一是*WHP，或者当需要井筒模型时，那么需要*PHWELLBORE。计算中需要水，油和气的导热系数。这些值必须是实际的导热系数，因为他们需要计算无量纲量，如 Prandtl number。不能使用平均值。使用 ROCKTYPE 1 的属性值。

如果 SAM *DEPTH 不匹配列中的井的网格深度，将会有警告信息。原因是深度不是油藏深度。

*PERF 的第一个射孔必须是直接与模型连接的。

每次设定*INJECTOR 或者*PRODUCER，都必须重复*PHWELLBORE 信息。当这些信息没有重复，那么就不计算摩阻压力降和热损失。STARS 会产生警告信息。当使用*ALTER，那么会保留*PHWELLBORE 信息，不是必须重复。

说明：

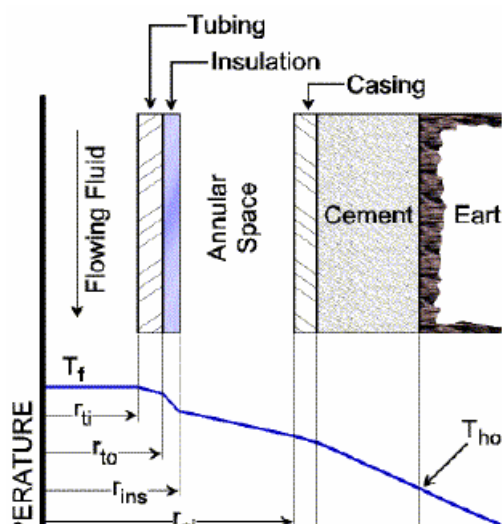
井筒上的压力降和径向热损失半解析进行计算。最初的想法来自一篇文章，J. P. Fontanilla, K. Aziz, ‘《湿蒸汽注入井井底流压预测》’，JCPT, March-April 1982, p. 82-88。此想法用于两类井中——注入井，生产井，注入或生产。半解析模型（SAM）采用汇源井和离散井。井能在任意角度下输入信息。可根据深度和井筒长度信息来计算角度。当钻水平井，角度从 90° 变为其它值，那么关键词*KICKOFF_DEPTH 应用于说明角度变化处的深度。

根据动量守恒和能量守恒公式，来计算井筒中的压力和焓的变化。根据摩擦，重力和动能，计算压力降。根据相关关系式来计算摩阻压力降和重力，这些关系式与流动特征和流体类型（如两相）油管。根据速度和流体性质来计算动能。井筒中热属性的改变可计算不同深度的焓。因为注入蒸汽，必须使用焓，而不是温度。焓的改变与重力，动能，径向井筒热损失，以及井筒流动的流体量油管。总热转换系数和流体地层温度间的差异可计算径向井筒热损失。

通过输入数据来计算总体热转换系数。与流体，套管壁，绝缘体，环空，套管壁和水泥的电阻有关。径向热损失将随着时间而减少。

计算总焓要知道流量。当井在不同于流量限制的限制中运行时，精确计算流量是有些难度的。当离散的井筒是双蒸汽（油管，环空），并且拟稳态初始化（*TRANSIENT OFF），此问题会便复杂。此时，油管和环空必须在非常接近与拟稳态，并且在井底流压条件下，没有井筒压力数据或者流体组份的情况下，进行初始化。由于井筒的渗透率很高，井筒压力估计有个小误差（误差小于 0.1Kpa），估计的流量可能会很高，也可能会很低。当估计流量过高，那么计算的摩阻也会增高，并且会有非物理压力值。当估计流量过低，可用的热量是不足于热损失以及同时发生的凝析。由于很复杂，因此油管和环空中仅允许某些起始操作条件。当前，生产井的井口压力不能用作起始条件。然而，可用作第二个运行限制。仅当其它蒸汽（油管或环空）在限制流量下运行，井口压力可用作注入井的起始运行限制。井口压力可用作其它组合的次要运行限制。STARS 会检查所有组合，当不能初始化双蒸汽井筒时，会产生错误。

半解析模型完全与模拟器耦合，除了地层温度。Thole 和 TE（见下图）间的温度梯度在井筒模型中进行计算，并对径向热损失有影响。然而，设定的井筒深度是在产油层中（如水平井底部），热损失/热聚积不会对网格温度有影响。当是离散井时，如果网格温度改变很大，那么半解析井应该在产油层顶部结束。对于汇源井则没有影响，因为没有进行热的转换。



井筒分布图

例:

*WELL 2 'INJECTOR'

*INJECTOR 2

** 对注入井来说,使用半解析模型来计算井底流压。该井是水平井,在地层中的任意角度下。使用汇源井模型。

RTUBIN 0.15

DEPTH 460.0

WLENGTH 600.0

:

*OPERATE

:

PERF 2

1:19 1 24 ** horizontal section

*HEATLOSS 模型转换数据

过时的井筒热损失模型以前能在循环数据中通过关键词*HEATLOSS 进行激活,现在能转换为 PHWELLBORE *SAMODEL。大部分单个数据项通过改变关键词来进行修改。以下步骤指引转换数据。注意,即使在很简单的例子中不使用未在*HEATLOSS 模型中发现的项,结果会因计算中遇到的实际情况不同而不同(如水的属性)。

1. 在循环数据中识别第一个*HEATLOSS (*ON) 关键词,并用*PHWELLBORE *SAMODEL 代替它。
2. 将“其它油藏属性”章节中的井筒热损失定义数据转移到*PHWELLBORE *SAMODEL 中来。
3. 根据以下表格来改变关键词。

*HEATLOSS	*PHWELLBORE *SAMODEL
*RTI rti	*RTUBIN rti
*RTO rto	*RTUBOUT rto
*RIN rin	*RINSUL rin
*RCI rci	*RCASIN rci
*RCO rco	*RCASOUT rco

*RH rh	*RHOLE rh
*ETO eto	*EMTUB eto
*ECI eci	*EMCAS eci
*EIN ein	*EMINS ein
*EE ee	*EMFORM ee
*XKE xke	*CONDFORM xke
*XKIN xkin	*CONDINS xkin
*XKCM xkcm	*CONDCEM xkcm
*XAE xae	*HCAPFORM xke/xae
*DEPTH depth	*WLENGTH wlength
*CDEPTH cdepth	*CASLENGTH cdepth
*ANG ang	*DEPTH wlength*sin(ang)
*AGD agd	*GEOGRAD agd
*WBHLOUT	*SAMINFO

气举选项 ***GLIFT**, ***INCOMPGL**

目的:

*GLIFT 为生产井设定举升气体量。

*INCOMPGL 设定注入气体组份。

格式:

```
*GLIFT *RATE ('well_names' | well_numbers ) values
*INCOMPGL ('well_names' | well_numbers ) y(1).....y(numy)
```

定义:

well_names 单引号内为井名，设定主要运行限制。这些井名必须与*GLIFT 在同一行。如果超过一行，那么必须重复*GLIFT 关键词。井名可使用有限的通配符；请参阅手册中关于*SHUTIN 的说明。

well_numbers 整数，或者整数范围，以设定井号，采用主要运行限制。这些井号必须与*GLIFT 在同一行。如果超过一行，那么必须重复*GLIFT 关键词。

*RATE 气举注入量必须直接进行设定。它是唯一允许的子项。

Values 设别井号或'井名'的数，用来设定气举量的新值。值必须紧跟*GLIFT 后的一行或多行中。并且这些值一定不能与*GLIFT 同行中。单位是 (m3/day | SCF/day)。气举量必须为全井进行输入（不是部分）。

*INCOMPGL 此关键词说明注入气组份。仅用于半解析井筒模型（*SAMODEL）。

y(i) 注入气相的摩尔分数。允许的范围是从 0 到 1。和应该为 1，但如果不为 1 应该进行标准化。参阅关键词*MODEL。值必须紧跟*INCOMPGL 后的一行或多行上。

缺省:

当没有关键词*GLIFT 时，就认为没有气体举升。

条件:

这些关键词必须在井和循环数据部分中。*GLIFT 与*PHWELLBORE 一起使用。当对称元素被模拟时，气量必须输入到全井中去。

说明:

*GLIFT 允许为任一口生产井设定气举注入量。通过再次使用*GLIFT 关键词, 这些量可通过不同的*DATE 或者*TIME 关键词进行修改。当各井的气举量或者组份互不相同, 它们必须分别为每一口井进行设定。在计算井筒热损失和压力降前, 每一口注入井的气量被加入到相应生产层气量。当使用*PHWELLBORE *SAMODEL, 那么注入气体组份必须通过*INCOMPGL 来进行设定。当*GLIFT 有效, 设定量不包括生产的累积气量。

例:

```
When *SAMODEL is used
*GLIFT *RATE 1 3:5 7
1000.0      (all wells will have a rate of 1000.0)
*INCOMPGL 1 3:5 7
0.0 0.0 1.0 (components must have the same order as in *MODEL)
- or-
*GLIFT *RATE 1
200.0
*INCOMPGL 1
0.0 0.0 1.0 (components must have the same order as in *MODEL)
*GLIFT *RATE 2
3000
*INCOMPGL 2
0.0 0.0 1.0 (components must have the same order as in *MODEL)
```

其它井属性 *TRANSIENT, *SAMINFO

目的:

设定其它井属性。

格式:

```
*TRANSIENT well_list (*ON | *OFF)
*SAMINFO ( *ON ) ( *TIME | freq)
- or-
*SAMINFO ( *OFF)
```

定义:

*TRANSIENT

*ON 说明模拟离散井筒的暂时情况, 反之*OFF 说明不模拟暂时情况。
此关键词允许在循环数据中转换。

well_list

识别井的列表。可以是引号内的井名, 也可以是通过关键词*WELL 设定的井号。序列号可以是单个数字, 也可以是整数范围。

*SAMINFO

*ON 会产生详细的输出结果，如压力，温度，注入井的蒸汽量，生产井的气量，*RHOLE 处的地层温度，以及在不同深度的焓。输出的结果通过 freq 或者*TIME 进行控制。仅会对含有*PHWELLBORE 关键词的井写入结果。

*TIME

根据在 input 文件中通过*TIME 或者*DATE 输入的时间步长，在 output 文件中写入半解析井筒模型的结果。

freq

每 freq 个时间步长，在 output 文件中写入半解析井筒模型的结果，此时 freq 是整数。如果 freq 为 0，没有结果被写入。

缺省：

直到被修改，*TRANSIENT 选项才会改变。

当没有*SAMINFO，那么假设选择了*SAMINFO *OFF。当有*SAMINFO *TIME 或者 freq，就认为选择了*ON。如果设定了*SAMINFO，那么就认为选用了 *SAMINFO *ON *TIME。

条件：

两个关键词是可选的，但是如果存在，那就必须在*PERF 之后，或者*OPERATE 之后。

例：

```
*WELL 2 'INJECTOR'
*INJECTOR 2
** For injector use SAM to calculate bottom-hole pressure and
** quality. It is a horizontal well that enters the formation
** under an angle different from 90 degrees. A sink/Source
** well model is used.

*PHWELLBORE *SAMODEL
RTUBIN 0.15
DEPTH 460.0
WLENGTH 600.0
.
.
*INCOMP WATER 1.0 0.0 0.0
*QUAL 0.8 *TINJW 250.0
*OPERATE .....
.
.
PERF 2
      1:19 1 24 ** horizontal section
.
*PRODUCER 3
*OPERATE MIN BHP 150.0
.
```

```

*TRANSIENT 3 *ON    **Well No. 3 is a discretized well and will be
                    ** initialized to pseudo-steady state
*SAMINFO *ON *TIME ** Results for SAM well will be written every
                    ** time card

```

组产量限制（可选） *GCONP

目的：

*GCONP 用于设定井的生产控制。

格式：

```

*GCONP 'group_name_1' 'group_name_2' ... 'group_name_n'
      (*MAX)  (*STO)   value  (*STOP)
              (*STG)          (*CONT)
              (*STW)          (*SHUTALL)
              (*STL)          (*SHUTMOW)
              (*BHF)          (*SHUTMOL)
                              (*SHUTMOLDOWN)
                              (*SHUTMOLUP)

```

```

      (*TARGET) (*STO)   value
                (*STG)
                (*STW)
                (*STL)
                (*BHF)

      (*IPP)

```

定义：

'group_name_1', 'group_name_2', ..., 'group_name_n' 是井组名，使用以下限制。这些井必须采用关键词*WELL 进行设定。根据瞬时生产潜能或者采用*GUIDEP 设定的产量来分配生产目标。

*MAX 设定最大限制值。当没有执行*CONT 时，该值成为目标量。

*TARGET 子关键词设定目标产量。蒸汽量作为目标量。如果*CONT 没有执行，那么目标量转换为限制，*TARGET 设定的目标量则不发挥作用。

*STO 子关键词设定地面产油量（m3/day | STB/day）限制。允许 0 值，其作用如同组中所有井关井一样。

*STG 子关键词设定地面产气量（m3/day | SCF/day | cm3/day）限制。允许 0 值，其作用如同组中所有井关井一样。

*STW 子关键词设定地面产水量（m3/day | STB/day | cm3/day）限制。允许 0 值，其作用如同组中所有井关井一样。

*STL 子关键词设定地面产液量（m3/day | STB/day | cm3/day）限制。允许 0 值，其作用如同组中所有井关井一样。

*BHF 子关键词设定井底产液量（m3/day | rbb1/day）限制。允许 0 值，其作用如同组中所有井关井一样。

*IPP 子关键词设定瞬时产能以在井或井组间分配产量来满足设定的井组生产目标。

Value 限制值，参见以上单位。

*STOP 执行子关键词，如果不能满足限制，那么模拟也就被停止。

*CONT 执行子关键词，模拟会继续进行。如果没有限定执行子关键词，*CONT 就是缺省值。

*SHUTALL 执行子关键词，如果井组产量大于最大储油罐量，那么所有工作的井都将关闭。

*SHUTMOW 执行子关键词，如果井组产量大于最大储油罐量，那么有最高产量的井应该被关闭。

*SHUTMOL 执行子关键词，如果井组产量大于最大储油罐量，那么在产量最高的井所在产量最高的层将会被关闭。

*SHUTMOLDOWN 执行子关键词，如果井组产量大于最大储油罐量，那么在产量最高的井所在的产量最高的层和以下的层将会被关闭。

*SHUTMOLUP 执行子关键词，如果井组产量大于最大储油罐量，那么在产量最高的井所在的产量最高的层和以上的层将会被关闭。

缺省：

可选关键词。缺省是除了油田以外，没有生产限制；对每一设定的目标产量来说（如，STO， STG， 等），为初始化分配算法，油田接受缺省的目标量 1.0d+15。用户输入的油田目标量将覆盖缺省值。缺省执行关键词是*CONT。

条件：

此关键词必须在井和循环数据部分中。组必须在给出限制前进行定义。

说明：

*GCONP 用于设定限制关于井组中会生产多少流体。

*IPP 或者*GUIDEP（将会在独立的手册中说明）用来分配井组目标产量。采用两种方式：

1. 瞬时产能（IPP），通过模拟器内部进行计算，能用于决定目标产量的分配。为缺省。
2. 采用*GUIDEP 来限定指导产量，用于决定分配。

当 IPP 用于分配目标量，每个组或井会按一定比例来分配最大产量。产量分配与组满足设定目标的能力有关。当目标量满足时，所有井都会根据最大量来进行平均分配。当目标量不能被满足，那么所有井应为它们的最大量。

*GUIDEP overrides *IPP if *GUIDEP is specified.

Example # 1: Use IPP to distribute production.

*GCONP 'Group1'

*MAX *STG 100000.0

*TARGET *STO 1000.0

*IPP

Example # 2: Use oil phase guide rates to distribute production.

*GCONP 'Group1'

*MAX *STG 100000.0

*TARGET *STO 1000.0

*GUIDEP *STO 'well-1' 'well-2' 'well-3'
200.0 150.0 650.0

组注入量限制（可选） *GCONI

目的：

*GCONI 用于设定井的注入控制。

格式：

```
*GCONI 'group_name_1' 'group_name_2' ... 'group_name_n'
(*MAX)      (*STG)  value  (*STOP)
              (*STW)      (*CONT)
              (*BHG)
              (*BHW)
(*TARGET)    (*STG)  value
              (*STW)
              (*BHG)
              (*BHW)
(*VREP)      (*GAS)  vrep_frac
              (*WATER) vrep_frac
(*IIP)
```

定义：

'group_name_1', 'group_name_2', ..., 'group_name_n' 是井组名，使用以下限制。这些井必须采用关键词*WELL 进行设定。根据瞬时注入潜能或者采用*GUIDEI 设定的产量来分配注入目标。

*MAX 设定最大限制值。当与执行*CONT 发生冲突时，该值成为注入目标量。

*TARGET 子关键词设定注入目标产量。蒸汽量作为目标量。如果带有*CONT 其它限制有冲突时，那么目标量转换为限制，*TARGET 设定的目标量则不发挥作用。

*STG 子关键词设定地面注气量（m³/day | SCF/day | cm³/day）最大值或目标量。允许 0 值，其作用如同组中所有注气井关井一样。

*STW 子关键词设定地面注水量（m³/day | STB/day | cm³/day）最大值或目标量。允许 0 值，其作用如同组中所有注水井关井一样。

*BHG 子关键词设定油藏气量（m³/day | rbb1/day）最大值或目标量。允许 0 值，其作用如同组中所有注气井关井一样。

*BHW 子关键词设定油藏水量（m³/day | STB/day | cm³/day）最大值或目标量。允许 0 值，其作用如同组中所有注水井关井一样。

*VREP 子关键词引进了孔隙空间注入目标量。说明组中的注入井注气或注水，由生产井产生的孔隙空间被驱替。此时，*GAS or *WATER 限定哪一相驱替孔隙空间。如果注入超过一相驱替孔隙空间，那么每相中必须要有*VREP。

*IIP 子关键词设定瞬时注入以在井或井组间分配产量来满足设定的井组注入目标。

*GAS 被注入用于驱替或循环的气。

*WATER 被注入用于驱替或循环的水。

Value 限制值。

vrep_frac 当使用孔隙空间置换子关键词*VREP 时，vrep_frac 是孔隙空间置换率。为 1 说明设定的相完全进行了孔隙置换。当有好几个值输入时（好几相），每相设定的值对应每相的 vrep_frac。

*STOP 执行子关键词，如果不能满足限制，那么模拟也就被停止。

*CONT 执行子关键词，当有冲突的限制转换为目标限制时，模拟会继续进行。

缺省:

可选关键词。组中没有限制为缺省。

条件:

此关键词必须在井和循环数据部分中。在给限制值时，组必须经过定义，通过紧跟在 *GROUP 行中 *GROUP 后的列中，或者在 *GROUP 行中的 *ATTACHTO 后。

说明:

*GCONI 用于限定最大值或目标注入量。*GCONI 也能用于设定孔隙置换量和循环目标量。

例:

此例使用孔隙空间置换。此处，50%的空间是注入水，另外 50%是注入气。注意，在油藏条件下进行孔隙空间置换，地表量与地下量不同。

```
*GCONI 'Group1'
      *VREP *SOLVENT 0.5
      *VREP *GAS      0.5
      *IIP
```

*IIP 或者 *GUIDEI （会单独描述）用于分布注入量。可采用以下两种方式:

1. 瞬时注入量（IIP），通过模拟器内部进行计算，能用于决定目标注入量的分配。为缺省。
2. 采用 *GUIDEI 来限定指导注入量，用于决定分配。

当 IIP 用于分配目标量，每个组或井会按一定比例来分配最大注入量。注入量分配与组满足设定目标的能力有关。当目标量满足时，所有井都会根据最大量来进行平均分配。当目标量不能被满足，那么所有井应为它们的最大量。

如果设定 *GUIDEI，*GUIDEI 值将会覆盖 *IIP。

例 1: 使用 IIP 来分配注入量

```
*GCONI 'Group1'
      *TARGET *STW 1000.0
      *IIP
```

例 2: 使用气相指导量来分配注入量

```
*GCONI 'Group1'
      *TARGET *STG 50000.0
      *GUIDEI *STG 'well-1' 'well-2' 'well-3'
                2000.0    1500.0    6500.0
```

监测组的限制（可选） *GCONM

目的：

*GCONM 用于设定监测组的产量限制。与 *GCONP and *GCONI 进行的控制不一样，*GCONM 下设定的量不能分配给组中的井，不能对设置冲突的值产生响应。

格式：

*GCONM 'group_name_1' 'group_name_2' ... 'group_name_n'

*GOR value (*STOP)
*WCUT value (*SHUTALL)
*WGR value (*SHUTMOW)
(*SHUTMOL)
(*SHUTMOLDOWN)
(*SHUTMOLUP)
*MINOIL value (*STOP)
*MINGAS value (*STOP)
*MINBHF value (*STOP)

定义：

'group_name_1', 'group_name_2', ..., 'group_name_n' 是井组名，使用以下限制。这些井必须采用关键词 *WELL 进行设定。根据瞬时注入潜能或者采用 *GUIDEI 设定的产量来分配注入目标。组内的井已经通过 *WELL 进行设定。注入和生产目标可通过关键词 *GUIDEP 或者 *GUIDEI 设定瞬时潜能或者引导量来满足。

*GOR 子关键词设定最大油气比 (m3/m3 | scf/STB | cm3/cm3) 以监测组产量。

*WCUT 子关键词设定最大含水率以监测监测组产量。

*MINOIL 子关键词设定最小产油量 (m3/day | STB/day | cm3/day) 以监测组产量。被监测的限制仅允许用 *STOP。

*MINGAS 子关键词设定最小产气量 (m3/day | SCF/day | cm3/day)。被监测的限制仅允许用 *STOP。

*MINBHF 子关键词设定最小井底流量 (m3/day | bbl/day)。被监测的限制仅允许用 *STOP。Value 限制值。

*STOP 执行子关键词，如果一组的监测限制有冲突，那么模拟将会被停止。如果没有其它执行被明确输入，所有限制的缺省执行是 *STOP。

*SHUTALL 执行子关键词，如果一组的监测限制有冲突，那么组中所有开的井应该被关闭。

*SHUTMOL 如果对监测有冲突，那么上述指标较高的井所在指标较高的层应该被关闭。

*SHUTMOLDOWN 如果 GOR 或者 WCUT 监测有冲突，那么在上述指标较高的井所在指标较高的层和以下层应该被关闭。

*SHUTMOLUP 如果 GOR 或者 WCUT 监测有冲突，那么在上述指标较高的井所在指标较高的层和以上层应该被关闭。

*SHUTMOW 如果 GOR 或者 WCUT 监测有冲突，那么在上述指标较高的井应该被关闭。

缺省：

可选关键词。缺省情况是对组没有监测。*STOP 是所有限制的缺省执行。

条件：

此关键词必须在井和循环数据部分中。在被附监测值前，组必须定义。

说明：

*GCONM 用于限定监测限制，不象 *GCONP and *GCONI 后的限制，*GCONM 输入的值不能用作目标量。使用 *GAPPOR *AUTODRILL *ON，并且限定井的状态为 *AUTODRILL，而井组不能满足目标量时，井会自动钻井。请参阅技术手册中关于这些关键词的说明，以了解更多信息。

如果列中使用井名，字数有限的通配符可用于允许用户限定期望的井，而不用为每口井单独命名。此功能的描述如下：

1. 有两通配符 '?' 和 '*'。
2. 仅有井名的列表能用通配符，而不是没有组名的列表。
3. 多个?能出现在井名字符串中；在井名中的同一个位置上每个?可匹配任何字符，包括内面的空格键，但是不包括最外面的空格键例如，'WELL??' 与 'WELL 1' 匹配，但是 'WELL?' 不能与 'WELL' 匹配。
4. 在井名字符串中单个*可象最后非空格键字符一样。例如，字符串 '*' 匹配所有的井，'WELL*' 匹配 'WELL'。
5. ? 和 * 能出现在同一字符串中；例如 'WELL????PROD*' 与 'WELL_NW_PROD_15'，以及 'WELL_SE_PROD_2'。
6. 当使用通配符，在 output 文件中打印出井的列表，用户可以检查该列表。

自动钻井优先序列（可选） *DRILLQ

目的：

*DRILLQ 允许进行顺序的设定，并可自动进行。

格式：

```
*DRILLQ      *IPP
*DRILLQ      *IIP
*DRILLQ      well_list
```

定义：

*IPP 采用关键词 *AUTODRILL 标明状态的瞬时产能会被用于决定钻井的顺序，有较高产能的井优先。*IPP 必须用于生产井。

*IIP 采用关键词 *AUTODRILL 标明状态的瞬时注入潜能会被用于决定钻井的顺序，有较高注入潜能的井优先。*IIP 必须用于注入井。

well_list 有井名或者井号的井会按顺序进行开钻。列表中的第一口井要最先开钻，依此类推。生产井和注入井能在同一列中出现。有限字数的通配符可用在井名的列表中。请参阅技术手册中关于 *SHUTIN 关键词中通配符的说明解释。

缺省：

可选关键词。缺省是使用瞬时注入/生产潜能以决定钻井的优先权。

条件：

*DRILLQ 必须在井和循环数据部分中，必须跟在 *GCONI 或者 *GCONP 后。

说明：

此可选关键词用于设定那些用 *AUTODRILL 标明状态的井被钻井的优先权。可用瞬时注入/生产潜能或者提供钻井优先顺序。

在组的目标量分配间，如果一组不能满足目标量，如果该组已经有 *AUTODRILL，会触发用 *AUTODRILL 标明的井开钻。

```
*GAPPOR 'group_name'
*AUTODRILL *ON
```

请参考*GAPPOR 的说明以得到更多信息。

并将根据列表中井的顺序进行施工。如果列表中没有全部的井名，那么会根据 IIP 或者 IPP 优先施工列表中有的井。

例：

```
*GCONP 'Group1'
*MAX *STO 1000.0
*GUIDEP *STO 'well-1' 'well-2' 'well-3'
          200.0    150.0    650.0
*DRILLQ 'well-4' 'well-5' 'well-6'
```

组分配选项（可选） *GAPPOR

目的：

*GAPPOR 引进子关键词，来控制组目标量的分配。当前的*AUTODRILL 是子关键词唯一支持的。

格式：

```
*GAPPOR 'group_name_1' ... 'group_name_n'
*AUTODRILL (*ON)
           (*OFF)
```

定义：

'group_name_1', 'group_name_2', ..., 'group_name_n' 是井组名，使用以下限制。这些井必须采用关键词*WELL 进行设定。注入井和生产井的分配是根据关键词*GUIDEP or *GUIDEI 设定的瞬时潜能或者引导量而来的。

*AUTODRILL 子关键词，如果列表中的一组要满足目标量，并且组分配程序认为井有不足的注入或生产潜能来达到该目标，任何有*AUTODRILL 状态值并被关闭的井会自动开井并满足目标。

*ON 打开*AUTODRILL 分配选项。

*OFF 关闭*AUTODRILL 分配选项。

缺省：

可选关键词。缺省是在分配中没有*AUTODRILL。如果*AUTODRILL 没有明确说明是*ON 后者*OFF，那么就假设采用的是*ON。

条件：

此关键词必须在井和循环数据部分中。在*GAPPOR 之前，组必须被定义。

说明：

*GAPPOR 用于设定在相关井中分配组的目标量的选项。

例：

如果 GROUP1 不能满足当前目标量（如果有），任何直接或间接与 GROUP1 有联系的井应该按顺序开井，直到没有留下更多 AUTODRILL 井或者直到目标被满足。开井的顺序是由关键词*DRILLQ 决定的；缺省开井以根据瞬时的注入/产能递减的顺序。

```
*GAPPOR 'GROUP1' *AUTODRILL *ON
```

组或井的引导量*GUIDEP, *GUIDEI

目的：

*GUIDEP 设定引导量的使用，为组或井分配产量，以满足生产目标量。

*GUIDEI 设定引导量的使用，为组或井分配输入量，以满足注入目标量。

格式：

```
*GUIDEP    *STO    ('group_names')    guide_rates
*GUIDEI     *STG    ('well_names')     guide_rates
*STW
*STL
*BHF
```

定义：

*STO 子关键词，说明油相是引导量使用的参考相；如引导量值应该是产油量或者按一定比例分配给产油量。该值的单位是 m3/day | STB/day。与*GUIDEI 一起使用无效。

*STG 子关键词，说明气相是引导量使用的参考相；如引导量值应该是气量或者按一定比例分配给气量。该值的单位是 m3/day|SCF/day。

*STW 子关键词，说明水相是引导量使用的参考相；如引导量值应该是水量或者按一定比例分配给水量。该值的单位是 m3/day|STB/day。

*STL 子关键词，说明引导量适用于总液量；如引导量值应该是总液量或者按一定比例分配给总液量。与*GUIDEI 一起使用无效。该值的单位是 m3/day|STB/day。

*BHF 井底流量。单位是 m3/day|rbb1/day。与*GUIDEI 一起无效。

group_names 使用引导量的‘组名’。在组名中没有通配符。

well_names 使用引导量的‘井名’。可使用字数有限的通配符（组名不能使用通配符）。参阅技术手册中*SHUTIN 关键词关于通配符的说明。

guide_rates 组或井使用的引导量。参看蒸汽指定字符串中带有相关单位的输入值。

缺省：

可选关键词。缺省是使用瞬时注入/生产潜能（IIP or IPP），以决定井或组的分配量以满足目标量。

条件：

*GUIDEP 和 *GUIDEI 必须在井和循环数据部分中，必须跟在*GCONI，*GCONP 或者*GCONM 的后面。

说明：

为‘井名’或‘组名’设定引导量。如果使用了引导量，那么，所有与组联系的生产井或注入井必须于引导量。如果某一组没有设定引导量，那么把瞬时注入/生产潜能当做引导量。

当使用引导量，相关的井组会有于引导量成比例的目标量。如果该值超过井或组的最大量，那么分配该最大值，该目标量的余值将在其它井中按比例分配。

当使用*GUIDEI，引导量仅适用余蒸汽识别来设定的目标量；如，注入井有*GUIDEI *STW 设定的引导量。

当使用*GUIDEP，引导量适用于列中的井或组；也就是说，目标量根据一定比例进行分配，以至于井产生用*GUIDEP 进行设置的参考蒸汽设置。例如，如果以下内容采用 SI 单位制。

```
*GUIDEP    *STO    'Well 1' 'Well 2' 'Well 3'
                100.        200.        300.
```

STG 组的目标量在生产井中进行分配，如果 Well 1 的 GOR 值为 600，Well 2 的 GOR 值为 300，Well 3 的 GOR 为 200，那么 STG 用于井的引导量分别是 60000，60000，和 60000；如果没有其它限制发生冲突，STG 目标量将在井间平均分配。

Example:

*GUIDEP	*STO	'GR-PA'	'GR-PB'	'GR-PC'
		300.00	100.00	400.00
*GUIDEP	*STO	'PA1'	'PA2'	'PA3'
		100.0	100.0	100.0
*GUIDEP	*STL	'PB1'	'PB2'	'PB3'
		100.0	100.0	100.0
*GUIDEP	*STG	'PC1'	'PC2'	
		100.0	200.0	
*GUIDEI	*STW	'IA1'	'IB1'	'IC1'
		100.0	200.0	100.0

不受组控制的伴随井或组的标识（可选）*GCPOFF, *GCIOFF

目的：

*GCPOFF 设定较高级别的组中不在组的生产限制下的井或组。

*GCIOFF 设定较高级别的组中不在组的注入限制下的井或组。

格式：

```
*GCPOFF    ('group_names')
            ('well_names')

-or-

*GCIOFF    *GAS    ('group_names')
            *WATER ('well_names')
```

定义：

*GAS 用于注气计算，不在组控制下。

*WATER 用于注水计算，不在组控制下。

group_names 不应该使用较高级别的组限制‘组名’。组名中不能使用通配符。

well_names 不应该使用较高级别的组限制‘井名’。

注意：通配符可与‘井名’中的字符串一起使用，用法如下：

* 代替井名末的字符个数，或者本身能用于代替井（*ALTER '*' 或*ALTER 'wel*'）。

? 代替井名中任意地方的一个字符（*ALTER '?e111'）。

两个通配符能在任一系列中合并，当两个通配符能用在井列中，可打印出来，以便用户察看。

缺省：

缺省关键词。缺省是使用组限制。

条件：

*GCPOFF 和*GCIOFF 必须在井和循环数据关键词组中，必须跟在*GCONI, *GCONP 或者*GCONM 关键词后面。

说明：

此关键词将组或井分离开来，以使井能根据它们自己的产量或注入量以及压力限制进行生产或者注入，而不用被较高级别的限制进行控制。

例：

```
*GCPOFF 'GR-PA' 'GR-PB' 'GR-PC'
*GCPOFF 'PA1' 'PB2' 'PC3'
*GCIOFF *GAS 'GR-PA'
*GCIOFF *WATER 'IB2' 'IC1'
```


恒定流和热对流交换模型 *HEATR, *TMPSET, *UHTR, *UHTRAREAI-, *UHTRAREAI+, *UHTRAREAJ-, *UHTRAREAJ+, *UHTRAREAK-, *UHTRAREAK+, *AUTOHEATER

目的:

为常温和对流热交换模型分配数据。

格式:

*HEATR
*TMPSET
*UHTR
*UHTRAREAI-
*UHTRAREAI+
*UHTRAREAJ-
*UHTRAREAJ+
*UHTRAREAK-
*UHTRAREAK+

定义:

*HEATR 为网格分配恒定的热交换率 (J/day | Btu/day | J/min)。此恒定的热交换率加到*UHTR and *TMPSET 给定的部分中。

*UHTR 按一定比例的热交换系数,与*TMPSET 一起使用(J/day-C | Btu/day-F | J/min-C)。

> 0 温度控制器的获得系数。获得的热值是 $UHTR * (TMPSET - T)$, 当 $TMPSET > T$; 否则, 该值为 0。能模拟加热器, 环绕一个加热试管以弥补热损失。当火的前缘叨叨加热器时, 试管温度 T 超过 $TMPSET$, 该加热器关闭。

< 0 总对流热传导系数。热损失率是 $ABS(UHTR) * (T - TMPSET)$, 当 $T > TMPSET$; 否则该值为 0。

*UHTRAREAI-, *UHTRAREAI+, *UHTRAREAJ-, *UHTRAREAJ-, *UHTRAREAK-, *UHTRAREAK+
热传导系数 U_a , 单位 J/m²-day-C | Btu/ft²-day-F | J/cm²-min-C。以下 A 是与指定方向交叉的面积。

> 0 温度控制器的获得系数。获得的热值是 $U_a A (TMPSET - T)$, 当 $TMPSET > T$; 否则, 该值为 0。能通过设定的网格面来模拟热传导。当温度 T 超过 $TMPSET$, 加热器关闭。

< 0 总对流热传导系数。热损失率是 $|U_a| A (T - TMPSET)$, 当 $T > TMPSET$; 否则该值为 0。

热传导是通过某网格特定的一面, 此处+或者指的是在参考网格和邻网格之间, 延该方向。例如, 为接近网格 (i, j, k) 和 (i+1, i, j) 的该面, 可使用 (i, j, k) 的*UHTRAREAI+, 也可使用 (i+1, i, j) 的*UHTRAREAI-。

*TMPSET 温度控制器 ($UHTR > 0$) 的温度设置点 (C | F), 或者参考温度 ($UHTR < 0$)。每个非 0*UHTR 或者*UHTRAREAI-等网格都必须输入温度, 允许的范围与运行的温度限制一致, 由关键词*MINTEMP 和*MAXTEMP 决定。

*AUTOHEATER (*ON | *OFF) block_address

此选项使恒定的和成比例的热获得模型一起来模拟热控制器，该热控制器在某给定温度下的恒定热值下运行，高于该温度时，关闭。

通过该选项，某网格的热值是

- (a) 通过*HEATR 设定的恒定的值。
- (b) *UHTR 和*TMPSET 计算的值。

很典型，*HEATR 是最大热值，能在加热器中恒定。最大期望温度设为*TMPSET。该值设定*UHTR 的值是恒定值，来自*HEATR，由在网格温度和*TMPSET 间的期望差异进行分配，该转换是从恒定模型到比例模型。

正常情况下，某恒定量下，网格开始加热，然后转换比例模型，当 T 接近 TMPSET。如果 T 超过 TMPSET，热值则为 0。UHTR 较大的值将较少从恒定到比例加热的过渡，但是通常情况下，要采用更多的牛顿迭代。10° 的转换温度差异（UHTR/HEATR）是典型的。

缺省：

```
*HEATR *CON 0
*UHTR *CON 0
*UHTRAREAI-, 等。所有缺省值为 0。
*AUTOHEATER *OFF 对所有网格都有效。
```

条件：

对于读矩阵选项*IJK，可允许参考选择的网格。

对于热对流模型，推荐使用*UHTR 或者*UHTRAREAI-，但是两者不能同时使用。*UHTR 将覆盖先前的数据（网格上的值），反之采用*UHTRAREAI-。

非 0 的*UHTR 或者*UHTRAREAI-的网格必须输入*TMPSET。

*AUTOHEATER 不能和热损失一起使用，也就是说，*HEATR 或者*UHTR 的负值。

绝热传导控制 *ADHEAT

目的：

分配数据控制绝热值。

格式：

```
*ADHEAT heat_blk heat_coef (T_diff) *REF ref_blk
*ADHEAT heat_blk heat_coef (T_diff)
```

定义：

heat_blk 加热的网格块，在 UBA 单个格式或范围。当网格无效，会给出警告信息，加密网格的父网格会给出错误信息。

heat_coef 成比例增热系数（J/day-C | Btu/day-F | J/min-C）。此数包括热通过的交叉面积，与*UHTR > 0 的情况相似。该值一定不能是负值。0 值则被认为是没有增热。

T_diff 温度差异（C deg | F deg）。要发生热传导，加热器与参考面的温度差必须大于 T_diff。T_diff 一定不能小于 0。该值是可选的，如果不存在，并假设是不能改变的。由于是温度差异，所以该值与 C 和 K 同一个单位 The unit is，也于 F 和 R 一致。

*REF ref_blk 网格列，以 UBA 的单个形式或范围，其温度将会控制增热率。遇上无效网格会有警告信息。如果是加密网格的父网格，则会有错误产生。

子关键词在 heat_blk and ref_blk 间有建立的相关关系，需要定义第一时间的 heat_blk 的*ADHEAT 参数。heat_coef and T_diff 的改变可能会比 ref_blk 不改变并且没有*REF ref_blk 的时间长。

ref_blk 参考与 heat_blk 相同数目的网格。参考“User Block Address”“用户网格地址”中的关键词数据输入系统中关于 UBA 范围的说明。

缺省：

如果没有为某网格设定*ADHEAT，假设 heat_coef 为 0。然而，其它加热选项如*HEATER or *UHTR，会产生非 0 值。

在被明确的改变之前，每个 heat_blk 的 T_diff 都有 0 值。

条件：

某范围内的网格绝热控制通过 heat_blk 进行设定，但是此处必须在 heat_blk 和 ref_block 内形成有比例的关系。

每个 heat_blk 的 ref_blk 必须明确定义，当 heat_coef 首先被定义。heat_blk 可能不是自己的 ref_blk，也就是说，必须使用两个明确清晰的网格。

说明：

作为 heat_blk 和 ref_blk 的温度 T 功能，网格增热率 heat_blk：

$$= \text{heat_coef} * [T(\text{ref_blk}) - T_{\text{diff}} - T(\text{heat_blk})]$$

when $T(\text{heat_blk}) < T(\text{ref_blk}) - T_{\text{diff}}$;

$= 0$ otherwise.

在这表达式中，为稳定， $T(\text{ref_blk})$ 是初期的值。另一方面， $T(\text{heat_blk})$ 是目前最新的值，由于该值是加热网格的主要迭代参数之一。*ADHEAT and *UHTR 的主要差异是温度设置点与*UHTR 一致，而不是与*ADHEAT 的网格温度一致。

*ADHEAT 可与*UHTR 一起使用，*UHTR 能模拟外部加热网格的热损失，与加热行为无关。每一次*ADHEAT 出现时，加热规范会在输出文件 (.out) 有响应，绝热加热网格摘要会在全网格中打印出来（由*WPRN *GRID 进行控制）。

例：

假设加热系数为 10，损失系数 1.2，周边环境 20°，温度差为 2°。网格是圆柱型的， $n_i = 5$ ， $n_j = 1$ 和 $n_k = 40$ 。以下是*ADHEAT 的有效使用方法。

```
** Adiabatic control of skin heater
  using probe T in center, with heat loss
*ADHEAT  5 1 1 10. 2.  *REF 1 1 1
*UHTR    *IJK 5 1 1 1.2
*TMPSET  *IJK 5 1 1 20.

** Adiabatic control of series of heaters
*ADHEAT  5 1 1:40 10. 2.  *REF 1 1 1:40
*UHTR    *IJK 5 1 1:40 1.2
*TMPSET  *IJK 5 1 1:40 20.

** Change value of heat_coef later in run
*ADHEAT  5 1 1:40 16.

** Turn off heater but not heat loss
*ADHEAT  5 1 1:40 0.
```

```

** Control of several heaters from single
    reference block; T_diff = 0.
*ADHEAT  5 1 1 10. *REF 1 1 1
*ADHEAT  5 1 2 10. *REF 1 1 1

```

从网格控制 *HEATSLAVE

目的：

为从属加热控制分配数据。

格式：

```

*HEATSLAVE slave_block factor_option master_block
*HEATSLAVE slave_block *OFF

```

定义：

slave_block 从网格的 UBA 地址。如果无效，则会产生错误。

Factor_option 当根据主网格的热值来计算从网格的热值，设定因子。下表中，ratio 指的是从网格的值。

*OFF factor = 0；用于关闭活性加热器。此时，没有 master_block。

*USER x factor = x；当其它选项不合适时，允许手动输入。

*GROSSVOL factor = 网格总体积率。统一网格体积的加热值。

*IAREA factor = I 方向的交叉面积。JK 面上网格发生的热交换。

*JAREA factor = J 方向的交叉面积。

*KAREA factor = K 方向的交叉面积。

master_block UBA 的地址是主网格，其热值决定从网格的热值。当主网格无效，会产生错误。当因子选项是*OFF 时，主网格一定不能出现。

缺省：

如果从网格没有设置*HEATSLAVE，假设因子为 0。然而，其它加热选项*HEATER 或者*UHTR 会产生非 0 热值。

条件：

从网格一定不能跟主网格相同。主网格的热值不能通过*HEATSLAVE 以从网格为依据。从网格不能通过*ADHEAT 进行加热。从网格和主网格一定不能是加密网络的父网格。

说明：

从网格的热值：

slave_block heater rate = factor * master_block 热值，

此处 factor 由 factor_option 决定。

热值选项能用于主网格，但是通过*ADHEAT or *HEATSLAVE，热值一定不能直接依据从网格。

*HEATSLAVE 可于其它加热选项一起使用。每一次*HEATSLAVE 出现，输出文件（out）的加热规范摘要可在输出文件（out）得到响应。绝热网格值摘要可在全网格中打印输出（*WPRN *GRID）。

例：

20 非均匀层厚 K 方向的径向网格有在中心有加热器，穿过 8 层到 10 层。第 10 层的控制全部输出。在第 11 层靠近中心的网格被加密。见以下：

```

** 多层电热丝加热器的单点控制。
. . .
*GRID *RADIAL 15 1 20    ** 20 K layers
*DK 5*5. 4. 3. 2. 1.4 1.2 1.1 1.5 2.1 3.5 6*5.
*REFINE 1 1 11 *INTO 1 1 3 ** Layer 11 is refined
. . .
*TIME 100.
  *UHTRAREAI- *IJK 1 1 10 30.5 ** Heater control
  *TMPSET      *IJK 1 1 10 360.
  *HEATSLAVE 1 1 8 *IAREA 1 1 10
  *HEATSLAVE 1 1 9 *IAREA 1 1 10
  *HEATSLAVE 1 1 11 / 1 1 1 *IAREA 1 1 10
  *HEATSLAVE 1 1 11 / 1 1 2 *IAREA 1 1 10
  *HEATSLAVE 1 1 11 / 1 1 3 *IAREA 1 1 10
  *HEATSLAVE 1 1 12 *IAREA 1 1 10
  *HEATSLAVE 1 1 13 *IAREA 1 1 10
  *HEATSLAVE 1 1 14 *IAREA 1 1 10
  *HEATSLAVE 1 1 15 *IAREA 1 1 10
*TIME 140.
  *UHTRAREAI- *IJK 1 1 10 0.    ** Turn off heater
. . .
*TIME 240.
  *UHTRAREAI- *IJK 1 1 10 30.5 ** Heater on again
  *TMPSET      *IJK 1 1 10 450.

```

井筒——网络传导率乘因子（可选）*TRANSWB

目的：

*TRANSWB 修正离散井筒网格和父网格间的传导乘因子。

矩阵：

*TRANSWB （允许读*IJK 矩阵）

缺省：

If 在循环数据部分中没有*TRANSWB，这些传导乘因子保持不变。如果整个数据中没有*TRANSWB，那么乘因子是 1。

网络——井筒的连接（如当读*IJK 矩阵）也保持不变。

说明：

使用网格维数，面积修正和渗透率来计算传导率，那么这些传导率乘以输入的修正因子，使用以下公式。

传导率乘因子是无量纲，并且不能是负数。

例

传导率乘因子 *TRANS，*TRANSJ 和 *TRANSK 用在井筒流动中。使用*RG，*WELLBORE，*TUBING 和*ANNULUS 来限定矩阵。

模拟离散井筒从地表到狗腿，再至水平。仅完成了水平部分。

```
*WELLBORE 0.15          ** Horizontal well
*RANGE 1 1 1:9          - vertical (from surface)
      1:4 1 1          - horizontal

** Perforate producer only in horizontal section
*TRANSWB *WELLBORE 1 1 2:9 *CON 0.0
```

参阅“其它部分关键词”。

与压力有关的传导率乘因子*PFRAC, *PFRACF, *PTRANSI, *PTRANSJ, *PTRANSK, *PTRANSIJ+, *PTRANSIJ-, *PTRANSIK+, *PTRANSIK-

目的：

分配与压力有关的传导率乘因子的参数和位置。

矩阵：

```
*PFRAC
*PFRACF
*PTRANSI
*PTRANSJ
*PTRANSK
*PTRANSIJ+
*PTRANSIJ-
*PTRANSIK+
*PTRANSIK-
```

定义：

*PFRAC 参考压力的下限(kPa | psi)，此处，裂缝实际是关闭的。建议的范围是从 0 到 *PFRACF 给定的值。

*PFRACF 参考压力的上限 (kPa | psi)，此处，裂缝实际是开的。建议的范围是从 *PFRAC 给定的值到 10MPa。

*PTRANSI 最大压力下的 I 方向的变化的传导率乘因子。建议的范围是从 0 到 1e5。

*PTRANSJ 最大压力下的 J 方向的变化的传导率乘因子。建议的范围是从 0 到 1e5。

*PTRANSK 最大压力下的 K 方向的变化的传导率乘因子。建议的范围是从 0 到 1e5。

*PTRANSIJ+ 最大压力下的 I+J+诊断方向的变化的传导率乘因子。建议的范围是从 0 到 1e5。

*PTRANSIJ- 最大压力下的 I+J-诊断方向的变化的传导率乘因子。建议的范围是从 0 到 1e5。

*PTRANSIK+ 最大压力下的 I+K+诊断方向的变化的传导率乘因子。建议的范围是从 0 到 1e5。

*PTRANSIK- 最大压力下的 I+K-诊断方向的变化的传导率乘因子。建议的范围是从 0 到 1e5。

缺省：

在缺省情况下，该选项未被激活。当选项被激活时，缺省乘因子是 1。

条件：

采用*IJK 读矩阵，允许参考选中的网格块。

说明：

如果参考压力的上下限 (*PFRAC 和 *PFRACF) 相等，那么不能进行变化的乘因子计算。

$$F = R + (1-R) * ptrans$$

此处 ptrans 是*PTRANSI 等中的一个。此处 R 是

$$R = 1 / (1 + \exp(x))$$

此处 x 是与压力有关的值 t

$$x = 10 * (P - Pav) / (pfracf - pfrac)$$

此处 P 是上游网格的压力，Pav 是同一上游网格 pfrac 和 pfracf 的平均值。当 P = Pav，那么 x = 0 并且 R = 0.5。注意，低压力下，R 会非常接近于 1，而不是 1。

pfrac 压力下，变化的乘因子是 $0.9933 + 0.0067 * ptrans$ 。pfracf 压力下，变化的乘因子是 $0.0067 + 0.9933 * ptrans$ 。此处 PTMX 是 PTMRXI， PTMRXJ 或者 PTMRXK 之一。例如，如果 ptrans = 1000，那么 pfracf 压力下的传导性乘因子的可变部分是 993。

因为 P 和 Pav 来自于上游网格，pfrac， pfracf 和*PTRANSI 的不同值的区域间会发生意想不到的结果。

加密网格的遗传性

与*PTRANSx 有关的没有加密网格的遗传性。因此，用户必须明确分配值给加密网格，而不是依靠父网格的遗传值。

自动的岩石一流体开关*KRSWITCH, *KRRESET, *SGLIM, *TEMLIM, *KRNOPR, *KRPRGRID, *KRPRDET

格式：

*KRSWITCH	(*OFF ikswch)
*KRRESET	ikreset
*SGLIM	sglim
*TEMLIM	temlim
*KRNOPR	
*KRPRGRID	
*KRPRDET	

定义：

*OFF 在模拟的这个点上不转换，直到遇见 *KRSWITCH。

ikswch 当其下面的转换标准满足时，就要将岩石一流体数据转换到这个组号：Sg ≥ sglim 和 T ≥ temlim 仅在本时步开始之前作检查和转换。

ikreset 全部的网格块都要重新设置到这个岩石一流体组号。

sglim 气饱和度限，允许 0~2.0，0 值使转换不依赖于 Sg，值 2.0 阻止转换。

temlim 温度限(℃)，允许 0—2000。0 值使转换不依赖于 T。如果 temlim 高于预计的 max T 就阻止转换。

*KRNOPR 关闭这个选择的打印输出。 *KRPRGRID 在打印其它油藏性质的同时，要打印整个网格的岩石一流体数据的组号。

*KRPRDET 除去 *KRPRGRID 的打印输出外，当其一个网格块的组号转换时还要打印一个信息。

缺省:

*KRSWITCH *OFF

*KRNOPR

*SGLIM 0

*TEMLIM 0

重新设置自适应隐式 *AIMSET

目的:

覆盖自适应隐式。

矩阵:

*AIMSET

定义:

通过*AIMSET 设定的网格值, 假设网格是隐式状态, 值如下:

0 - IMPES

1 - Fully Implicit

如果使用*STAB 选项, 每个网格不会变成 IMPES 。

如果使用*THRESH 选项, 仅有一种方式能转换网格从全隐式至 IMPES, 临界标准不能自动从隐式转为 IMPES 。

缺省:

如果没有*AIMSET, IMPES 和全隐式网格未被覆盖。

条件:

如果通过*AIM 来设定全隐式, 此关键词是有用的。

说明:

例:

```
** With stability adaptive implicit, keep all blocks  
fully implicit in a communication path.
```

```
...
```

```
*AIM *STAB
```

```
...
```

```
** Recurrent data
```

```
*AIMSET *CON 0
```

```
*MOD 3:4 8:9 3:3 = 1 ** Communication path
```

参阅附录 F.9, 以了解详细的关于自隐式方式的信息。

终止模拟 *STOP

目的:

*STOP 使模拟终止。

格式:

*STOP

缺省:

如果数据文件中没有*STOP，那么运行中将在循环部分的最后一部分被执行后终止。

说明:

*STOP 会在得到结果后，模拟终止。根据*TIME 或*DATE 知道运行时间。

1. *STOP 紧跟在参考时间后，例如*TIME 100 *STOP *DTWELL 0.1 *TIME 200

此处，当时间超过参考时间，运行将会终止（如，100 天）

2. *STOP 会在任何地方出现，例如*TIME 100 *DTWELL 0.1 *STOP *TIME 200

此时，在下一个参考时间，运行将会终止（如，200 天）

*STOP 也许会出现在*DATE 或者 *TIME 后，至少需要两个时间点来设定一组循环数据。

*STOP 也许会出现在任意时间中，但是仅第一个遇上时间的*STOP 才会起作用，其后的所有*STOP 都会被忽略。在重起文件中，重起时间前的任何与时间有关的*STOP 会被忽略。

参阅关键词*TIME 的详细说明。

附录

附录 A 多块井模型

A.1 径向流井模型

对生产井：

q_l 相 l 的地下产率

$\lambda_l = kr/\mu$ 相的流度

h 地层厚度

P_i 井块的压力

P_w 井底流压

f 井的分数

fh 厚度的乘子，射开一个层的部分。

k 井筒附近的绝对渗透率

r_e 有效井半径

$geofac$ 井的几何因子(看图 A • 1)

r_w 井筒半径

S 表皮因子

对注入井：

$q_{ls} = WI(P_w + \text{压头} - P_i)$

q_{ls} 相 l 的地面注入速率

WI 井的注入指数，或固定，或与井块的总流度成正比。

P_w 井底压力

P_i 井块压力

A • 2 井的方程

井的操作有：定常速度和定常压力。对定常速率：

l 是相号，如果是定常压力：

$P_w = \text{给定压力}$

A • 3 附加的操作约束

一口井必须从给定的速率或压力开始操作。但是，同时还应选定 min/max 的操作约束。这些 min/max 约束受到连续的监视，当其操作条件(A—4)或(A—5)违反时就转换到 MIN/MAX 约束去。多个约束的违反通过优先级系统来控制。

某些类型的约束只能用于监视目的。例如，WOR，GOR，min T. 另一方面，可以使用速率和压力的约束来监视和操作这口井。

每个约束均带有采取行动的标识，当其 min/max 约束违反时就采取相应的行动，行动可以为：

- (1) 用约束作为操作条件
- (2) 关闭一口井
- (3) 结束运算
- (4) 立即读入和执行下一个时间阶段的操作

以下是附加约束的典型使用： 注入井：

- (1) 从定常的注汽速率开始。
- (2) 监视 MAX 的井口或井底压力，当其吸汽能力低或有堵塞时就这样。
- (3) 监视原始的最大注汽速率，解堵以后及汽能力提高就是这样。

生产井：(1) 从定常流压开始。

- (2) 监视某个大产率，当产能高时。
- (3) 监视最大产汽率，当蒸汽突破时。

- (4) 监视最大的 WOR，如达到它停止运算。

A.4 各向异性的渗透率

给定 K 的主轴与 X, Y 轴平行。那么稳态 P 方程

KX, KY 分别为 x, y 方向的 K。

作变量替换

$$u = (KY/KX)^{1/4} X$$

$$v = (KX/KY)^{1/4} Y$$

压力将满足方程：

$$\text{其中： } r^{uv} = (u^2 + v^2)^{1/2}$$

在 U—V 平面内，差分方程与各向同性的差分方程相同。

因此：

A5 井的注入指数

常测 K 但不测注入指数。但可按以下方法去估计。

f_{1s} 地面条件下，流体 1 占总流量的体积系数。

ρ_{1s} 地面条件下，流体 1 的密度。

ρ₁ 井底条件下，流体 1 的密度。

q_{1s} 地面条件，流体 1 的流速。

q₁ 井底条件，流体 1 的流速。

假设气水同时注入，在稳态条件下，某相流体地面和地下的质量分数应相同：

$$m_g = \rho_{gs} f_{gs} / (l_{gs} f_{gs} + \rho_{ws} f_{ws}) = \rho_g \lambda_g / (\rho_g \lambda_g + \rho_w \lambda_w)$$

对 m_w 有类似的表达式。相对流度 λ_g 和 λ_w 是在井筒的砂面附近。因为质量分数流曲线是 S 的函数，故可以求出井筒附近的饱和度。流度 λ_g(S_g) 和 λ_w(S_w) 对 S 的依赖通过 k_r 体现。井底的注汽速率为：

地面条件注汽速率为：

仅当气体注入时，密度的校正才是重要的。因此，每层的气，水注入指数为：

$$W I_g = (\rho_g / \rho_{gs}) \lambda_g (S_g) h f 2 \pi k / (\ln(r_e / r_w) + S)$$

$$W I_n = (\rho_w / \rho_{ws}) \lambda_w (S_w) h f 2 \pi k / (\ln(r_e / r_w) + S)$$

如果仅有一种流体在流动，那么就可以从端点的 k_r 计算适当的流量。

附录 B 数据集

测试数据集摘要

测试数据集用来解释在 STARS 中遇到的各种特征和选项。它们在“testbed”文件夹下。这些数据集是在无修正情况下运行。例如，当在*MAXSTEPS 1 进行输入或其他选项，可能运行不会成功。

序号	描述
1,	干式燃烧管
2,	湿式燃烧管
3,	COATS 的实验室蒸汽驱
4,	直角坐标 (*COORD & *ZCORN)
5,	Vapex, 采用 2D 直角坐标 (*DI, *DJ & *ZCORN)
6,	三个周期的吞吐, SPE4#1
7,	死油井网蒸汽驱, SPE4#2
8,	活油井网蒸汽驱, SPE4#3
9,	变深度与厚度
10,	干式燃烧管, 具有水组分
11,	实验室(小规模)的等温乳化驱
12,	实验室的碱性聚合物驱
13,	北海油田表面活性剂段塞驱实验
15,	COATS 的试验蒸汽驱, ZH 解法
17,	带添加剂的蒸汽驱试验
18,	凝胶
19,	预生成泡沫的传播试验, CHEVRON#1
20,	带井筒热损失的注蒸汽
22,	COATS 的蒸汽驱试验, 局部加密网格
23,	油田的注汽历史划合, 注泡沫预测
24,	带有水平水层的 SPE4#1
25,	带底水的蒸汽驱试验
26,	多层可变深度和厚度
27,	油层内生成泡沫的传播试验, CHEVRON#2
28,	修正的 KAZIMI 双孔隙问题(DP 选择)
29,	5 点井网 1/8 部分的地热问题(MINC 选择)
30,	重力驱问题(DK 选择)
31,	CHEN 问题(VR 选择)
32,	薄层模型的泡沫试验, CHEVRON#3
33,	带有离散的循环井(注入井和生产井)的 SAGD
34,	用混合网格模拟近井现象

- 35, 有动态裂缝的弹塑性问题
- 36, 用 2D 径向网格的弹塑性问题
- 37, 压力降引起砂岩破裂
- 38, 测试 NO. 7, 用 CVFE 网格
- 39, 测试 NO. 33, 用 CVFE 网格
- 40, 测试 NO. 33, 用 CVFE/混合网格
- 41, 测试 NO. 7, 用 CVFE/混合网格
- 42, 第 8 届 SPE 对比解法
- 43, 测试 NO. 31 较小的版本
- 44, 测试 NO. 6, CVFE/混合网格
- 45, 测试 NO. 7, 反 7 点井网的 1/6 部分, CVFE 网格
- 47, 测试 0 孔隙块与全打印输出
- 48, 测试 8MB 定维—最大块数
- 49, 测试 8MB 定维—最大组分数 50, 测试 16MB 定维—最大块数
- 51, 测试 16MB 定维—最大组分数
- 52, 测试 32MB 定维—最大块数
- 53, 测试 32MB 定维—最大组分数
- 54, 测试 64MB 定维—最大块数
- 55, 测试 64MB 定维—最大组分数
- 56, 水平井与泡沫, TROLL 油田
- 57, 多次接触混相
- 58, 测试 128MB 定维—最大块数
- 59, 测试 128MB 定维—最大组分数
- 60, 重力驱, 井到地面的选择
- 61, 水油的垂直平衡选择
- 62, 水油气的垂直平衡选择, 有两个过渡带
- 63, 生产井的蒸汽拦阻选择
- 64, 混合网格内的水平离散井筒
- 65, 泡沫油过程—泡沫的油近似
- 66, 泡沫油过程—油的泡沫近似

→