

入门辅导--压裂设计

压裂设计选项

本屏幕类似于**压裂分析方式**中的压裂分析的选择项[F4] 屏幕。这两个屏幕有两个选项是共同的：(1) 所使用的压裂裂缝模型的选择项， (2) 支撑剂沉降或对流的选择项。另外，本屏幕包含了一个前置液的体积百分比选项，它在**压裂分析方式**中的压裂分析的选择项[F4] 屏幕上是不存在的。本选项（稍后在本入门辅导中将讨论）给定确定前置液体积的方法。现在，请选定以下选项：

- **FracproPT** 的三维模型
- **FracproPT** 计算的前置液体积百分比
- 支撑剂对流
- 常规储藏
- 垂直裂缝

选定 **FracproPT** 的三维模型，将使用 **FracproPT** 的 三维模型（它与传统的三维模型、PKN 模型、KGD 模型或径向裂缝模型是不同的），这与你在压裂分析方式的入门辅导中所使用过的选定是一样的。同样地，**支撑剂对流**的选定将包括模拟支撑剂泵注阶段的对流（它与颗粒沉降是不同的）。**FracproPT** 计算的前置液体积百分比的选定表示 **FracproPT** 将根据压裂施工的总规模来确定前置液（没有支撑剂的净压裂液）的规模，计算的根据是：在泵注的结束时刻前置液将正好完全滤失掉（默认情况）。

选定**继续**来前往常规储藏参数/基于岩性的储藏参数[F9] 屏幕。

入门辅导--压裂设计

储藏参数

本屏幕与先前的**压裂分析方式**的入门辅导中所访问过的常规储藏参数/基于岩性的储藏参数 [F9]屏幕是完全相同的。本屏幕上的数值与给你在压裂分析方式中所使用过的那些数据完全相同。这两个方式（以及在下面的入门辅导中被讨论别的方式）共同拥有本屏幕。例如，如果你在本屏幕上改变一个数值，当你进入**压裂分析方式**的常规储藏参数/基于岩性的储藏参数 [F9]屏幕时，那么，你将发现[F9]屏幕也发生了相应的变化。

但是请注意，两个屏幕之间的一个差别是：在本屏幕上，你可以改变**射孔段的顶部深度**和**射孔段的底部深度**，但是你不能在**压裂分析方式**中进行这样的改变。在本方式中（**压裂设计**），因为你仅仅处理压裂施工一览表的设计，所以你不用输入任何井筒结构或管柱工具的数据。但是，在压裂分析方式中，你可以选择这些数据来模拟井筒（当你在先前的入门辅导的早期阶段的压裂分析的选择项[F4]屏幕中选定了**模拟井筒和射孔段**的时候）。

如果你确信已经了解了应力剖面、渗透率剖面和模量剖面（通过你在**压裂分析方式**的入门辅导的不同章节中已经进行过的数据拟合的工作），你不需要改变本屏幕上的任何输入参数。但是需要注意：如果你不确信了解这些剖面（那就是你在泵注之前使用本方式来确定施工泵序一览表的情况）的话，那么，为了根据假设的储藏特征来产生几个方案，你将应该通过反复地改变某些数值来分析 **FracproPT** 推荐的相应的施工泵序一览表。

选定**继续**来进入压裂液和支撑剂的选择[F5]屏幕。

入门辅导--压裂设计

压裂液和支撑剂的选择

本屏幕与你先前在入门辅导中所使用过的压裂液和支撑剂的选择[F5]屏幕完全相同。请注意这一点：你在**压裂分析方式**中选定的压裂液和支撑剂也出现在这里。本屏幕是这两个方式所共同拥有的（它也被压裂裂缝优化方式所拥有，我们将在一个独立的入门辅导中讨论**压裂裂缝优化方式**），在一个方式中做出的任何改变都将在所有别的方式中被体现。鉴于你已经在先前的入门辅导中装入所需要的压裂液和支撑剂，所以，你可以前进到下一个屏幕。选定**继续**来前往**压裂设计的参数**屏幕。

入门辅导--压裂设计

压裂设计的参数屏幕允许你给定希望完成该施工泵序一览表的必要条件。*FracproPT* 将设计一个尽可能精确地满足给定的必要条件的施工泵序一览表。

位于本屏幕左上角的**前置压裂液**区域和**携砂压裂液**区域被用来指定你希望分别在前置液泵注阶段中和携砂液泵注阶段中 *FracproPT* 所使用的压裂液。选定挨着**前置压裂液**的区域，按动[ENTER]键。将会出现一个在压裂液和支撑剂的选择[F5]屏幕上被列出的压裂液目录。对于**前置压裂液**，请选定 40#。重复本步骤来选定 40#作为被使用的**携砂压裂液**。**支撑剂类型**的选定是类似的。选定位于**支撑剂类型**下边的区域，将会出现一个你在压裂液和支撑剂的选择[F5]屏幕上选定的支撑剂的目录。请选定 Brady2040。

压裂施工泵注排量允许你来设置一个 *FracproPT* 在设计的施工泵序一览表的过程中所使用的恒定的泵注排量。在这里，请输入 27。

鉴于你在压裂设计的选择项[F4]屏幕上选定了 *FracproPT* 计算的**前置液体积百分比**，在这里你将需要给定**计算前置液体积的附加安全界限**。本输入参数允许你增加超过 *FracproPT* 默认设计值的前置液的规模，该默认值是在泵注结束时刻将不会引起端部脱砂而前置液全部滤失的最小规模。例如，**计算前置液体积的附加安全界限**为 0 %将提供给你一个在本次泵注结束时刻脱砂正好开始所必须的 *FracproPT* 的前置液体积，**计算前置液体积的附加安全界限**为 20 %将提供给你一个比默认值大出 20 %的前置液规模。但是，如果你希望在你的设计中更加有进取心的话，那么，为了在压裂作业的最后强制支撑剂脱砂，你应该输入负的数值（例如 -10~-20）。对于充分地被表征的储藏（例如在合理的范围内应力剖面和渗透率剖面为已知参数）来说，产生一个更有进取心的设计应该是一个好的理念，原因是在压裂裂缝内部把支撑剂的对流影响减少到最小的条件就是脱砂。

如果在压裂设计的选择项[F4]屏幕上你已经选定了**用户给定的前置液体积百分比**的话，那么，你应该在这里输入一个**用户给定的前置液体积百分比**。

支撑剂坡道指数修正系数允许你对线性加砂情况来给定你希望 *FracproPT* 如何迅速地增加支撑剂浓度的坡度（从零到你在**泵注结束时刻携砂液的支撑剂（浓度）值**中所给定的数值）。较大的本数值将给出较快的支撑剂（浓度）的上升斜坡

FracproPT 使用**希望的支撑裂缝长度**来确定为了产生希望的长度所需要的施工泵序一览表的规模。*FracproPT* 将对**希望的支撑裂缝长度**进行迭代直到该长度被得到（同时保持在本屏幕上被给定的全部技术要求的完整性）

当浓度> 由 *FracproPT* 规定的压裂裂缝所需的支撑剂最低浓度时，认为裂缝被支撑。

泵注结束时刻压裂裂缝内部希望的平均支撑剂浓度提示 *FracproPT*：在产生了期望的支撑裂缝长度的时候，平均的支撑剂浓度应该达到的值。*FracproPT* 将对被泵注的支撑剂的总体积进行迭代直到该指定数值被达到。

对于本次压裂作业，使用在表 16-1 中被概述的输入参数。

在本屏幕的右下角选定**继续**来前往压裂设计的控制[F10]屏幕。

压裂施工的泵注排量(bpm)	27.0
计算前置液体积的附加安全余量(%)	-5.0
泵注结束时刻泥浆中的支撑剂(ppg)	8.0-9.0
支撑剂坡道指数修正系数	1.0
期望得到的支撑裂缝长度	300
当浓度>----时认为压裂裂缝面积被支撑(lb/ft2)	0.2
在泵注结束时刻期望得到的压裂裂缝内部的平均支撑剂浓度	1.5

表 16-1 设计参数明细表

入门辅导--压裂设计

压裂设计控制

你将会发现本屏幕在结构和效果方面是非常类似于**压裂分析方式**中的压裂分析的控制[F10]屏幕。在本屏幕上不同的选项仅仅是**压裂设计的选择项**、**显示作业设计**和**压裂设计的输入参数**，它们把你分别地带到压裂设计的选择项[F4]屏幕、施工泵序一览表[F6]屏幕和**压裂设计的参数**屏幕。

请选定**开始迭代**。这将启动模型的迭代计算（该迭代计算对应于在**压裂设计的参数**屏幕上被给定的在泵注结束时刻希望得到的**支撑裂缝长度**和**压裂裂缝内部希望得到的平均支撑剂浓度**），直到产生出一个满足设计参数的施工泵序一览表。

当迭代正在进行的期间，位于本屏幕顶部的被称之为**计算阶段显示**框将显示一个从左往右移动的栏。该栏显示迭代的当前进行程度。另外，位于本屏幕右边中部的被称做**当前的压裂裂缝结果**的框将显示**支撑裂缝长度**、**压裂液效率**和**平均支撑剂浓度**。一旦模拟计算被结束，位于本屏幕左边中部的包含**支撑剂浓度对时间**的框将显示支撑剂（浓度）的增加斜率。

你可以使用与你在**压裂分析**的入门辅导中的相同方法来进入本屏幕上的曲线/剖面的任何一个。选定**显示作业设计**将显示当前的施工泵序一览表。如果稍后你又选定了它的话，那么，鉴于 *FracproPT* 是不断地更改压裂施工泵序一览表来试图满足你在**压裂设计的参数**屏幕上给定的条件，所显示的压裂施工参数可能会是不同的。

你将会注意到：当 *FracproPT* 结束它的迭代计算的时候，位于**当前的压裂裂缝结果**下边的、被称之为**最终的作业设计参数**的框将包括对应于相应的施工泵序一览表的**压裂液总体积**、**前置液总体积**、**支撑剂总量**和**泵注总时间**等信息。这些参数的数值应该是非常接近于在表 16-2 中被显示的数值。

支撑裂缝长度 (ft)	295
压裂液效率 (%)	66
平均铺砂浓度 (lb/ft2)	1.5
压裂液总体积 (kgal)	45
前置液总体积 (kgal)	7

支撑剂总量	(klbs)	260
泵注总时间	(min)	50

表 16-2 *FracproPT* 的迭代结果

为了保存这些计算结果，请选定位于本屏幕右下角的**保存结果**。象你在以前的**压裂分析方式**的**入门辅导**中进行保存操作的那样，采用相同的方法把本运行结果保存为 **DESIGN-2**。

入门辅导--压裂设计

新的压裂施工设计与实际的压裂施工的比较

在本入门辅导中 *FracproPT* 所产生的施工泵序一览表与实际上被泵注的施工泵序一览表之间具有本质上的不同。表 16-3 比较了这两个泵序一览表。请特别地注意：实际泵注的一览表与 *FracproPT* 推荐的设计一览表之间在前置液规模上的差别。因为你选定了 ***FracproPT* 计算的前置液体积百分比**（在**压裂设计的选择项**屏幕上）和**计算前置液体积的附加安全余量**的给定值为-5%，所以，*FracproPT* 计算得到的前置液规模使得在泵注结束时刻之前，前置液被完全地滤失掉了。

	新的设计	实际施工
前置液体积 (Bbls)	170	600
净液总量 (Bbls)	1100	1327
支撑剂总量 (klbs)	260	119
平均支撑剂浓度 (lb/ft ²)	1.5	0.86
总的泵注时间	50	60
闭合时的支撑裂缝长度 (ft)	295	300
闭合时的支撑裂缝的上部高度 (ft)	50	57
闭合时的支撑裂缝的下部高度 (ft)	251	210

表 16-3 设计泵序一览表和实际泵序一览表的比较

通过比较图 16-1 和图 16-2，可以见到较小的前置液体积所造成的差异，图 16-1 和图 16-2 分别地显示实际的施工泵序一览表和设计的施工泵序一览表的支撑剂浓度剖面。图 16-1 表明，在停泵时刻实际的前置液有多少被保留在压裂裂缝内部，同时，16-2 显示，在泵注结束时刻设计的前置液如何完全地被滤失掉（对于这一点，稍后会进行更多的说明）。

关于两个施工泵序一览表之间的差异，需要注意的另一点是这样一个事实：更有进取心的设计泵序一览表所达到的泵注进入压裂裂缝的支撑剂总体积大于实际泵注一览表的二倍。这一点转化为一个非常高的平均铺砂浓度(1.6 vs. 0.86 lb/ft²)。

最重要的是，在压裂裂缝的范围内请注意支撑剂的位置。支撑剂的对流非常迅速地发生（具有英寸/秒数量级的速度）。因此，高浓度的支撑剂会更迅速变成不能移动的（砂堤），使得支撑裂缝将更有可能覆盖（整个）压裂目的层。把支撑剂放置在压裂目的层内部的能力是与停泵时在压裂裂缝内部剩余的前置液体积强烈相关的。这是因为：停泵时在压裂裂缝内部存在的前置液将允许泵注结束之后支撑剂更容易地对流。因此，在停泵时压裂裂缝内部的较少的（或者没有）前置液会导致支撑剂更好地分布。本要点在图 16-1 和 16-2 中用图示说明了。这些图形清楚地表明：在设计泵序一览表中使用较少的前置液导致了在压裂目的层内部的较

高的支撑剂浓度（图 16-2）。

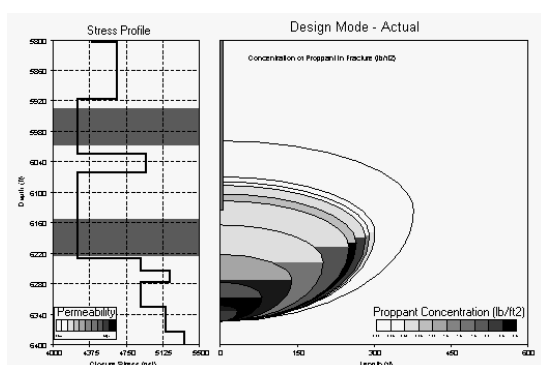


图 16-1 实际泵注一览表的支撑剂浓度剖面（闭合时）

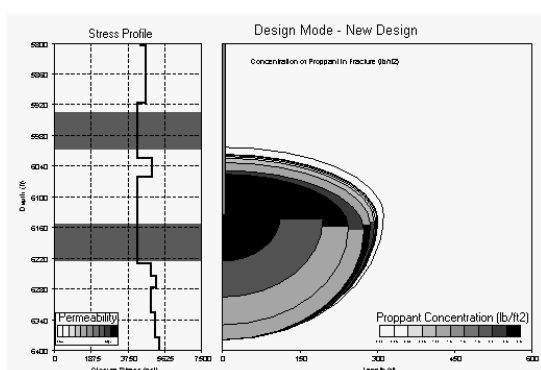


图 16-2 设计泵注一览表的支撑剂浓度剖面（闭合时）

入门辅导--产能预测

综述

本章的目的是介绍 *ReservoirPT* 两个方式中的一个：产能预测方式。产能预测方式有两个主要的应用：

- 预测压裂井或非压裂井的生产响应。压裂裂缝尺寸可以是用户输入的，也可以是 *FracproPT* 模拟计算的结果
- 拟合井的动态，它可以是长期生产历史或者短期试井二者中的任何一个。

产能预测的两个实例文件：UCANSIM.INP 和 UCANSIM.RRS 包含在你的 *FracproPT* 安装盘上。输入文件（.INP）包括了在四个方式（**压裂分析方式**，**压裂设计方式**，**产能预测方式**，**压裂裂缝优化方式**）中的任何一个方式中运行 *FracproPT* 所必要的全部输入数据。*ReservoirPT* 的结果文件（.RRS）包含了最近保存的压裂裂缝优化的（计算）结果。在（软件）安装期间，这些文件被复制到 *FracproPT* 文件夹。

UCANSIM 文件是在 GRI 合作项目中（德克萨斯州，萨顿县）上部峡谷砂岩的作业井的生产拟合和停泵历史拟合期间里被建立的。对于该井来说，压裂后的压力下降和压力恢复数据以及压裂施工期间里的施工数据都是可以利用的。

压裂施工数据已经被拟合过；压裂后的历史拟合将使用 *FracproPT* 计算得到的支撑剂分布。在本入门辅导中，你将强制 *ReservoirPT* 在压力下降期间来模拟测定的产量，在压力恢复期间对井底压力上进行真实的（储藏渗透率的）历史拟合。

假如一个令人满意的拟合已经被获得的话，那么，为了确定该井历史拟合过的压裂施工和生

产的收益性，你可以允许 *ReservoirPT* 来预测 10 年的产量。目标结果将是净现值和投资回报率对时间的曲线。其它感兴趣的参数，例如累积产量或 [采收率](#)，也可以被绘制为时间函数的曲线。

在 *FracproPT* 主菜单屏幕上选定**产能预测方式**。与 *FracproPT* 的全部方式一样，使用**继续**功能将为你出示一组连续的屏幕。

入门辅导--产能预测

查找输入文件和生产数据库（文件）

和你在先前的入门辅导中恢复文件的时候所做的完全一样，打开**选择文件...**来选定 UCANSIM.INP，然后按动[是]来确认你希望使用 UCANSIM 文件来改写你当前的工作文件（工作文件是位于 *FracproPT* 文件夹中的被命名为 DEFAULT.INP 的文件，该文件是临时记录你做出的全部改变的地方）。你的原始的 UCANSIM.INP 文件将保持不变直到你明确地把它保存到磁盘。

现在，确认生产数据库（它包含有在压力下降期间的产量和在压力恢复期间的井底压力）是被打开的。为了做到这一点，请选定**继续**区域。**产能预测的选择项**屏幕将被显示。

核对本入门辅导的数据库（文件）的名称（UCANPROD）是否在**数据库文件位置**的区域中出现。如果没有出现的话，那么，在你的 *FracproPT* 对话期间，你可以使用**选择...**按钮来加载 UCANPROD 数据库（文件）。

为了了解生产数据库（文件）是如何被产生的，请参见本入门辅导中稍后的章节：**生成生产数据库（文件）**。

在**产能预测的选择项**屏幕上有相当数量的其它框，在线帮助屏幕上对每个框都进行了详细的描述（通过按动[F1]键，可以在任意时刻进入在线帮助屏幕）。这些选择项将控制在产能预测方式的屏幕组中哪些屏幕是可以利用的。为了达到本入门辅导的目的，请保持这些选择项不变。

通过选定位于每个屏幕的右下角处的**继续**区域，你现在可以从头到尾地进入**产能预测**屏幕组。下列屏幕将被显示：

- **ReservoirPT 的储藏参数**
- **储藏 PVT 相关关系**
- **储藏的井筒参数**
- **储藏的支撑剂库**
- **储藏模型的压裂裂缝参数**
- **储藏的经济优化参数**
- **储藏产能**
- **产能预测的控制 [F10] 屏幕**

在这些屏幕上的数据定义了 *ReservoirPT* 在预测井的产能动态的过程中所使用到的全部数据。请不要忘记：在线帮助屏幕（[F1]键）为 *FracproPT* 和 *ReservoirPT* 的全部屏幕上的每个区域都提供了相应的详细信息。

入门辅导--产能预测

运行产能预测模型

为了运行产能预测软件，请在产能预测的控制（[F10]）屏幕上选定**运行模拟程序**。随着模拟软件的运行，模拟计算的时间将在位于本屏幕下部中心位置附近的**模拟时间**区域中被显示。随着每个时间步长的运行，模拟计算的压力和产量在覆盖本屏幕上部 2/3 区域的表格中被更新。根据你的计算机的性能，你能预计完成本次模拟计算最优化需要 1~5 分钟。

幸运的是，由于 *FracproPT* 独特的多任务处理的体系结构，在运行最优化计算的同时，你可以访问任何屏幕，或者生成、打印曲线。但是，当运行模拟计算的时候，大部分输入数据的区域将被锁定。

为了改变输入数据，请首先在**产能预测的控制**（屏幕）上选定**暂停模拟程序**，然后在你改变了输入数据之后，再启动模拟软件。为了检查模拟计算的状态和查看最新的信息，你也可以按动 [Alt+F1] 来访问**系统信息**屏幕。

在**产能预测的控制**屏幕上，几个便利的**系统设置的曲线**是可以利用的。选定**产能曲线**，你将看到产量和累积产量对时间的曲线。通过选定**切换标识符**，对应于每个被绘制成曲线的数据信道的标题和坐标轴比例尺可以被切换。为了进行停泵后压力恢复的历史拟合，停泵前的实际生产数据已经被输入了。因此，曲线图上的产量是飘忽不定的。如果模拟软件仍然是正在运行的话，那么，你可能需要定期地选定**自动调节**来保持模拟软件当前的正常显示。

按动 [Esc] 键来返回到**产能预测的控制**屏幕，再选定**压力曲线**来查看压力下降和压力恢复期间的井底压力和地面压力。

对于快捷浏览来说，**系统设置的曲线**是非常便利的，为了输入到文字处理软件，它还可以被打印或者被发送给另一个文件（借助于压缩附录 encapsulated postscript, EPS）。对于历史拟合的应用来说，人们更喜欢把系统设置的曲线自定义为可以与模拟计算得到的产量和压力一起同时显示实际测定的产量和压力的曲线。但是，为了使用的便利，**系统设置的曲线**是‘被固化’的，它不能被更改。不过，它们可以被复制到另一个曲线的定义中，在那里是可以被更改的。通过复制、更改**系统设置的曲线**来得到**产能和压力曲线**，这些历史拟合曲线已经为你在 UCANSIM 文件中被定义过了。为了了解它们是如何被产生的，请参见**产能预测的入门辅导**的有关章节：**使用模拟计算的和实际的数据来生成曲线**。

入门辅导--产能预测

查看自定义的曲线

为了进入自定义（既用户设定）的曲线，请按动**曲线显示目录**的‘热键’（[Alt+F8]）来进入**曲线显示目录**。（请记住：通过按动 [Alt+H] 来打开**键盘帮助**，可以在任何时刻查看全部热键的分配。）全部可以利用的曲线的定义都在本屏幕上被列出。#24 到 #36 的曲线是不可更改的**系统设置的曲线**，不过，#1 到 #23 的曲线是自定义曲线或者称之为**用户设定的曲线**。请选定**15 号曲线**，在该（曲线）屏幕上，同时包含了模拟计算得到的和实际数据的产量和累积产量。在模拟计算得到的和实际测定的产量之间有某些小的差别，原因是，为了运行的简易和速度，在模拟计算中某些数据点被放到一起加以平均了。但是，在压力下降期间，累积产量的拟合几乎始终是精确的，这表明你已经正确地模拟计算了产量。在停泵期间里，拟合过程将针对井底压力来进行；在压力下降期间里，你必须用 *ReservoirPT* 来模拟测定的产量。

为了了解最初的运行是如何准确地拟合了该井的储藏环境，你应该把模拟计算得到的压力和停泵期间里测定的实际压力进行比较。请按动 [Alt+F8] 来返回到**曲线显示目录**（屏幕）。把光标移动到靠近**16 号曲线**的区域，然后按动 [ENTER] 键。图 17-1 显示了压力恢复期间的压力拟合。因为在压力下降期间里没有进行测定，所以在压力恢复之前测定的（井底）压力的读数为零。看来停泵压力是过高的。或许储藏渗透率没有最初想象的那样高。



图 17-1 压力恢复期间的压力拟合--高渗透率.

入门辅导--产能预测

改善历史拟合

通过按动它的热键 ([F9]), 或者通过返回到 *FracproPT* 主菜单[F2]屏幕, 选定**产能预测方式**, 然后再选定**继续**两次, 来访问 **ReservoirPT** 的储藏参数屏幕。请把 X 方向的渗透率和 Y 方向的渗透率从.005 改变为.00260。然后, 通过按动[F10]键, 或者通过选定**继续**按钮 6 次, 来进入**产能预测控制** (屏幕), 再次选定**运行模拟软件**。现在, 请重新显示 16 号曲线 (如果 16 号曲线仍然是当前的 XY 曲线的话, 那么, 请按动[Alt+F10]组合功能键, 否则, 请按动[Alt+F8] 组合功能键, 然后再选定 16 号曲线)。这时, 可以看到, 停泵期间的拟合质量被大大地改善了 (参见图 17-2)。

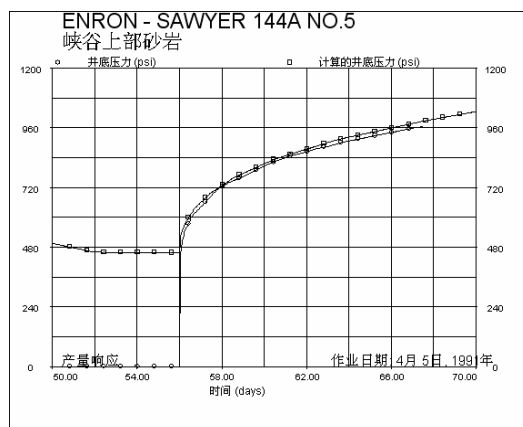


图 17-2 压力恢复期间的压力拟合--低渗透率.

入门辅导--产能预测

产量经济效果的长期预测

压力恢复期间的压力性状已经被精密地拟合, 现在, 使用拟合过的储藏渗透率和 *FracproPT* 给出的支撑裂缝剖面来产生该井的长期预测。进入经济评价数据 [F8] 屏幕, 并且选定**继续** 7 次。**经济评价数据**屏幕包含了 *FracproPT* 确定净现值和投资回报率所必须的信息 (全部的 *FracproPT* 屏幕是一样的, 通过打开在线帮助屏幕, 每个区域的详细信息都是可以得到的。为了打开在线帮助屏幕, 请按动[F1]键)。对于熟知贴现现金流量计算的人们来说, 本屏幕上的信息应该是熟悉的。必须指出的是, 在本入门辅导中, 初始投资被设置为零, 仅仅**压裂施工成本**是被考虑的。鉴于钻井的成本已经被花费掉了, 所以, 它在这里不被考虑。

你是否希望包括井的费用可能会依赖于压裂施工的时间, 或者可能会依赖于贵公司的实践。

选定**继续**来前进到**油井生产条件约束**屏幕。

本屏幕包含了产量的最大值和压力的最小值，在这些（约束）条件下，该计算井被允许开采。该表中的每一行对应于一个以上的产能预测软件的时间步长。为了详细模拟压力恢复之前的压力下降，在本表格中输入过很多小的时间步长。对于该井来说，压力下降和压力恢复很可能对预测没有太大的影响，你可以简单地全部删除这些时间步长，从早期就使用大的时间步长来开采该井。但是，因为压力下降-压力恢复的试井数据已经被输入了，并且仅仅占用一或两分钟的模拟计算时间，所以在该表格中保留。通过保留压力下降--压力恢复的数据，再在其后附加大的时间步长，来严格地模拟本井的生产预测。

放置光标在**时间间隔**列的最下行。通过按动[PgUp]或[PgDn]，该表格被上下滚动。按动[PgDn]直到你达到数据的末尾（**时间间隔**为 0.0，第 42#步长的地方）。从 42#步长开始，在后续行上的**时间间隔**列中输入下面一组数值：**70, 183, 365, 730, 730, 1,460**。这将把预测扩展到 3,650 天即 10 年。计算井应该在恒定的井底压力条件下来开采，所以，请为**油气 (Hydrocarbon)产量的最大值**输入任意大的数。这是一个低生产能力的井，所以，你对已经产生的六个新的时间步长，在**产量的最大值**的列中输入 **400**。在 10 年的预测期间里，计算井将始终在井底流动压力为 400 psi 的条件下开采，所以，对于六个新产生的时间步长，在**压力的最小值**的列中输入 **400**。

选定**继续**来进入到产能预测控制 [F10]屏幕。选定**运行模拟程序**来开始预测。当模拟软件运行的时候，你可能希望通过系统设置的曲线（例如**产能曲线**）来图解地监视它的进行过程。选定**产能曲线**来观测产量和累积产量对时间的变化。当模拟计算运行的时候，随着更多的数据变成是可以利用的，你在查看曲线期间可能需要定期地选定**自动调节**。

或许[F10]屏幕上的**经济曲线**是更令人关心的。**经济曲线**显示净现值（NPV）对时间的变化。净现值在大约 1 年时达到零，或者说，‘贴现支出’（仅仅考虑压裂施工成本）是 1 年。你可能希望对该曲线追加另一个 *ReservoirPT* 确定的经济‘判断标准’：投资回报率（ROI）。

投资回报率（ROI）被定义为净现值对投资的比。但是，**系统设置的曲线**是不能修改的，所以，为了把投资回报率添加到曲线上，将需要把**经济曲线**复制到另一个可以自定义的曲线定义中。该步骤将在下一个章节中被讨论。

有关 *ReservoirPT* 运行的最新的详细信息在 DEFAULT.SUM 和 DEFAULT.OUT 文件中是可以利用的。附录 B 中的 *ReservoirPT* 的技术性说明书更详细地描述了这些文件的内容。

入门辅导--产能预测

把系统设置的曲线复制为用户定义的曲线

为了把**系统设置的曲线**复制为自定义的曲线，请进入**曲线显示目录**屏幕（按动[Alt+F8]）。

请选定曲线 30，按动**拷贝**按钮，然后再选定的曲线 22。你可以看到曲线 30 的信道 ID 标识符已经被复制给曲线 22。单击更改按钮来改变曲线 22 的外观。

根据菜单的顺序，选定 *ReservoirPT*，**投资回报率%**，再为它选定颜色。然后设置适当的**时间界限**和**工程界限**。**时间界限**可以单独地被编辑，或者通过选定时间比例尺区域，再根据屏幕提示来同时完成全部的设置。通过选定曲线（[End]键），或通过按动当前曲线的热键[Alt+F10]来显示该曲线。你的曲线看来应该如同在图 17-5 中被显示的那样。

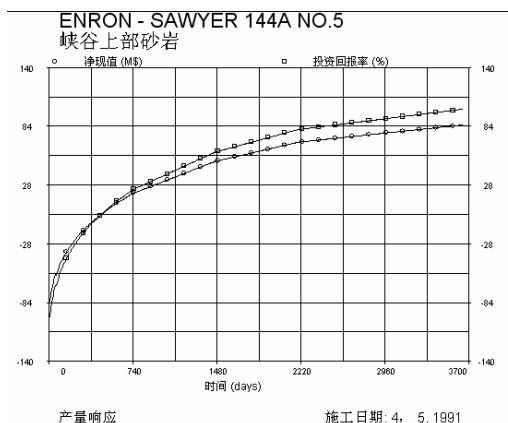


图 17-5 用户定义的经济曲线

入门辅导--产能预测

概要--产能预测

如果你已经完成**产能预测**的入门辅导而到达本处的话，那么，你已经掌握了几个重要的 *FracproPT-ReservoirPT* 功能：

- 输入文件和真实数据的数据库文件的恢复
- 为了进行历史拟合，运行和编辑 *ReservoirPT* 的输入数据
- 显示系统设置的曲线
- 显示用户设定的曲线
- 产量经济效益的长期预测
- 系统设置的曲线的复制以及生成你自己的用户设定的曲线

入门辅导还图示说明了 *ReservoirPT* 的功能：输入 *FracproPT* 生成的支撑裂缝剖面（压裂施工实际数据的历史拟合结果）以及 *ReservoirPT* 生成的储藏响应结果与实际的产量数据或试井数据的拟合。事实上，测定的数据是 *FracproPT* 软件包的焦点。从前，该类深入彻底的研究需要大型计算机、各色俱全的软件和大量的人工作日。使用 *FracproPT*（以及很少的练习），你将能在一个下午完成这样的分析。

入门辅导--产能预测

创建生产数据库

在本入门辅导中使用的生产数据库，UCANPROD，是根据包含产量和压力的 ASCII 文件（UCANPROD.DAT）生成的。在安装过程中，UCANPROD.DAT 被安装到你的 *FracproPT* 文件夹中。*FracproPT* 的 *DataConvertPT* 公用软件将根据 UCANPROD.DAT 来产生 *ReservoirPT* 数据库格式和 *FracproPT* 格式的 ASCII 文件。为了练习生成这样的文件，请按动数据转换和编辑的热键[Ctrl+F3]并且选定 *DataConvertPT* 的**转换、合并 ASCII 数据**来进入 *DataConvertPT*。

打开入门辅导文件夹中的 UCANPROD.DAT 文件。在 *DataConvertPT* 控制面板上选定以下内容。

选定列 A（在该列的标题上单击），然后在**选定基数列**的区域上单击来将该列设置为时间列。

选定第 8 行（在选定行最左边的列上单击），然后在**选定开始行**的区域上单击来告诉 *DataConvertPT*：该行是数值数据的开始行。

设置输入：时间步长为可变。

选定格式：时间[hours]

在位于 B 列第 1 行右边的向下箭头上单击，然后键入测定的产量（千标准立方英尺/天）；在 B 列第 3 行上输入一个短名称（即 ID 标识符，*FracproPT* 将使用该短名称来识别每个数据信道）：产量（RATE）。

在位于 C 列第 1 行右边的向下箭头上单击，然后输入测定的累积产量（百万标准立方英尺）；然后在第 3 行中输入：累积（CUM）。

在位于 D 列第 1 行右边的向下箭头上单击，输入测定的井底压力，然后在第 3 行中输入：压力（PRES）。

设置输出：时间步长为变化的。

选定 B 列并且按动输出：选定信道。

对 C 和 D 列重复最后的步骤。

按动生成输出文件按钮来生成 ASCII 和二进制（.DBS）的生产数据库（文件）。该二进制文件应该与在入门辅导中被使用过的文件（UCANPROD.DBS）是完全相同的。

入门辅导--产能预测

生成(同时)具有模拟计算的数据和真实的数据的曲线

在以前的章节中，你从 ASCII 文件生成了生产数据库（文件）。生成生产数据库（文件）的主要目的是：在一个相同的曲线上同时绘制真实的产量和压力以及模拟计算得到的产量和压力的曲线，然后在产能预测方式中使用该曲线来进行历史拟合。本章节假定，如同在产能预测的入门辅导的早期被提到过的那样，UCANSIM 输入文件和 UCANPROD 数据库文件都已经被打开了。本章节将一步一步地前进来产生与图 17-1 相似的曲线。

按动[Alt+F8]组合功能键来进入曲线显示目录。把光标移动到一个空白的曲线定义区域，比如说曲线 8，选定曲线 8 并且按动修改。这将显示修改曲线屏幕。对于大多数最近选定的曲线来说，通过按动[Alt+F3] 组合功能键，也可以随时进入修改曲线屏幕。

你打算同时绘制测定的井底压力（psi）（来源于生产数据库文件：UCANPROD）和（模拟）计算得到的井底压力（由 *ReservoirPT* 计算得到）对时间的曲线。

在信道名称下面的第一个单元上双击，从信道类型目录中选定数据库。

从信道名称目录中选定井底压力。按动 确定。对于第二个的信道，选定 *ReservoirPT* 以及（模拟）计算得到的井底压力。

在 UCANPROD 中仅仅有 68 天可以利用的数据，因此，对于每个信道，把时间界限设定为[0 , 70]，把工程界限设定为[0 , 1200]。

为了查看本曲线，请选定曲线或者按动[Alt+F10]曲线显示。对于（模拟）计算得到的井底压力来说，如果没有数据出现的话，那么，自从恢复了输入文件以来，*ReservoirPT* 可能还没有被运行过。如果是这样的话，那么，请访问产能预测控制[F10]屏幕并且选定运行模拟程序，然后，通过按动（曲线）或者按动[Alt+F10]来返回到你的用户定义的曲线，在 *ReservoirPT* 运行的同时查看（模拟）计算得到的井底压力曲线。该曲线应该类似于图 17-1 或者类似于图 17-2。

你可以添加包括以前的模拟计算结果的更多的信道到该曲线上（参见压裂裂缝优化的入门辅导的有关章节：产生模拟计算结果的比较曲线），或者选定打印曲线来产生一个硬拷贝或.EPS 文件。

入门辅导--压裂优化方式

综述

本入门辅导的目的是介绍两个 *ReservoirPT* 方式中的第二个：**压裂优化方式**。

压裂优化方式允许你对于储藏特征来说，给出经济上最优的压裂作业规模的范围，然后，在该范围内部确定目标。对应于你定义的一组压裂施工规模，**压裂优化方式**依次地运行 *FracproPT* 和 *ReservoirPT*。

产能预测方式允许你更详细地观察压后生产、历史拟合实际的产量数据或试井数据、对于任意的（换句话说，用户定义的）支撑剂砂堤来分析压后生产。为了了解 *ReservoirPT* 的综合产能预测软件的理论基础的技术性细节，请在附录 B 中查看 ***ReservoirPT* 的技术性描述**。

进行优化的第一步是，产生一个**压裂施工泵序一览表**的单元，它将在感兴趣的压裂施工规模和对于确定每个压裂施工规模的压裂裂缝扩展和支撑剂分布来说是必要的储藏特性的范围上被按比例缩放。下一步，输入对于 *ReservoirPT* 为每个支撑剂分布剖面而确定（生产）响应来说是必要的储藏特性。最后，输入与已经输入过的施工泵序一览表和储藏参数有关的经济参数：必须的投资、单位产量的净值、希望得到的把未来的现金流量折扣到当前时间的贴现率。

在一般情况下，**压裂优化方式**应该是压裂施工设计的第一步（尤其是在新区域中压裂时）。由于 *FracproPT* 的充分综合的设计（方式），用于**压裂优化方式**运行的**压裂施工单元**的全部输入数据将是准备好的，当你继续运行进入**压裂设计方式**或**压裂分析方式**的时候，它们不需要被重新输入。

模拟计算的最终结果将是净现值和投资回报率对压裂施工规模的曲线。其它感兴趣的参数，例如累积产量或支撑裂缝长度，也可以被绘制为压裂施工规模的函数的曲线。

实例的优化文件被包括在你的 *FracproPT* 安装盘上：UCANOPT.INP, UCANOPT.LOP, UCANOPT1.INP 和 UCANOPT1.LOP。

.INP 文件包括了在四个方式（**压裂分析方式**，**压裂设计方式**，**产能预测方式**，**压裂优化方式**）的任何一个方式中运行 *FracproPT* 所必要的全部输入数据。.LOP 文件包含了最近保存的压裂裂缝优化的（计算）结果。在（软件）的安装期间，这些文件被复制到 *FracproPT* 的文件夹中。UCANOPT 和 UCANOPT1 文件是在 GRI 合作项目中（德克萨斯州，萨顿县）上部峡谷砂岩的作业井的压裂设计、实时数据的压裂模拟和优化的期间里被建立的。

在本入门辅导的开始，你将体验 *FracproPT* 最强大的可选软件中的一个：**模拟计算结果的比较**。**模拟计算结果的比较**提供了对于最多四个先前的运行结果进行恢复和绘制曲线操作的能力。这些先前的结果可以与其它先前运行过的结果或者当前新的运行结果一起来被绘制成曲线。鉴于再生出全部优化点的结果可能需要 5~20 分钟，**模拟计算结果的比较**在**压裂优化方式**中是尤其有用的。

在查看过先前的结果之后，你将会得到新的信息，该新信息表明：与先前确信的值相比，储藏中的地应力差是更小的。或许以前进行过的应力试验会导致应力测井的新的关系式。或许在邻近井上最近实施的压裂施工中显示出的相对未被限制住的压裂裂缝扩展是更合理的。或许你希望仅仅留心经济对于压裂裂缝高度扩展的敏感性。无论什么理由，新的应力剖面将导致支撑裂缝的形态比（总的支撑裂缝长度对总的支撑裂缝高度）为 2:1，而先前的应力剖面给出的支撑裂缝的形态比大约为 4:1。你将看到，这一点不仅仅对于计算井的整体经济指标，而且对于压裂施工规模的最优化都有深刻的含意。

请从主菜单上**选定压裂优化方式**。和 *FracproPT* 的全部方式一样，用**继续**功能连接到一起的

屏幕组将被出示给你。

当恢复对应于先前的入门辅导的文件的时候，就在这里选定**选择文件...**。请选定文件 UCANOPT1，然后按动**[是]**。

现在 UCANOPT1 文件已经被复制到 *FracproPT* 文件夹中的工作文件（DEFAULT.INP），该文件是临时保存全部改变的地方。你的原始的 UCANOPT1.INP 文件将保持不变直到你明确地把它保存到磁盘。

入门辅导--压裂优化

查看先前的结果(比较计算结果)

在进行任何新的优化之前，通过使用 *FracproPT* 的可选软件**比较计算结果**来恢复被储存在文件 UCANOPT.LOP 中的先前的最优化结果。通过按动热键 **[SHIFT+F4]**来直接地进入**比较计算结果**屏幕（通过按动**[Alt+H]**来打开键盘帮助，可以在任何时刻查看全部热键的分配）。

在本屏幕上有一个大的图文框，每个图文框都可以包含先前保存过的 *FracproPT* 的模拟计算结果。在**结果选择**框中确认 **A** 被选定，然后按动**选择文件...**来选定 UCANOPT.LOP 文件。来自于 UCANOPT 文件的标题和注释会出现在图文框 **A** 中。

现在，UCANOPT 的最优化结果可以被绘制成曲线，或者单独地被绘制，或者和新的最优化结果一起被绘制，或者与其它先前得到的最优化结果一起被绘制（如果有更多的文件被装入到**模拟计算结果的比较**上的话）。在本入门辅导开始处被恢复的 UCANOPT1 文件已经包含了用于显示这些先前得到的 UCANOPT 结果的曲线定义。为了了解如何生成曲线，请查看**压裂优化方式入门辅导**的有关章节：**为模拟计算结果的比较生成曲线**。

为了进入为你已经定义过的曲线，请按动**[Alt+F8]**来显示**曲线显示目录**屏幕。本屏幕包含有一个大的表格，该表格的每个行都对应于一个可以利用的曲线的定义。这些定义可以被更改，也可以被复制到其它曲线的定义中。但是，为了轻松地使用，位于屏幕底部的**系统设置的曲线**是‘被固化’的，它们不能被更改，不过，它们可以被复制到其它的定义中，在那里可以根据你的要求来进行更改。

表格的左列显示每个曲线的标识号，下一个列显示绘制的**曲线**：在曲线 11 上双击，或者选定曲线 11 后再按动（绘制）**曲线**。

作为泵注总体积的函数的净现值和支撑裂缝长度被绘制为曲线。本曲线仅仅使用了可以被用来绘制曲线的 13 个最优化信道中的 3 个。图 18-2 显示了你当前正好所在的屏幕上显示出的曲线的硬拷贝（通过选定**打印曲线**）。

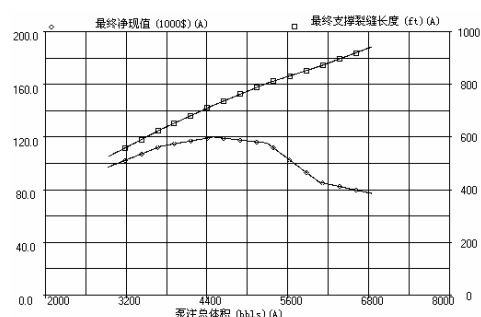


图 18-2 优化结果（高地应力差）

入门辅导--压裂优化方式

进行新的优化

新的应力剖面（更低的地应力差）已经被输入进 UCANOPT1 文件。两个应力剖面的比较在表 18-1 中被显示。如同先前所论及的那样，新的应力剖面将给出支撑裂缝的形态比大约为 2 : 1，而 UCANOPT 文件中先前运行结果的形态比大约为 4:1。为了查看全部与新的最优化计算有关系的数据，请前往 *FracproPT* 的主菜单[F2]屏幕，确认光标是在**压裂优化方式**上，然后按动[ENTER]键。这将使你依次进入**压裂优化方式**的屏幕组（通过在每个屏幕上选定**继续**），首先前往 *FracproPT* 的屏幕（组）是：

- 查找输入文件
- 压裂优化选项
- 常规储藏参数
- 压裂液和支撑剂的选择
- 施工泵序一览表。

你可能会希望停留在**常规储藏的参数**屏幕上来确认显示的应力剖面是表 18-1 中的低地应力差的内容。

#	深度(ft)	高应力差(psi)	低应力差(psi)
1	0	5000	4200
2	5275	3500	3500
3	5290	3900	3900
4	5333	4400	4400
5	5362	3950	3950
6	5382	4100	4100
7	5393	4450	4450
8	5407	3600	3600
9	5440	4550	4300
10	5482	5000	4200
11	5554	5200	4100

表 18-1 地层应力

然后，继续通过屏幕组来进入以下 *ReservoirPT* 的屏幕：

- **ReservoirPT** 的储藏参数
- 储藏 PVT 关系式
- 经济优化
- 储藏产能
- 优化控制

你可能会希望停留在**经济优化**屏幕上；将被分析的压裂施工规模的范围是在本屏幕下部附近的框中被输入的，该框被称之为**压裂优化参数**。

在到达的**压裂优化的控制**屏幕上，请选定**运行模拟程序**。最优化将首先对于未被压裂的井来运行 *ReservoirPT*，这是增加经济效果的基础。然后，如同在**经济优化**屏幕上被指定的那样，

FracproPT 和 *ReservoirPT* 将交替地连续运行 6 次。

你能预计完成本次最优化需要 5-20 分钟。幸运地是：由于 *FracproPT* 独特的多任务处理的体系结构，在运行最优化计算的同时，你可以访问任何屏幕，或者产生、打印曲线。但是，当运行最优化的时候，大部分输入数据的区域将被锁定。（为了改变输入数据，请选定**停止模拟软件**，然后在你改变了输入数据之后，再在**优化控制屏幕**上选定**运行模拟程序**。）为了检查模拟计算的状态和查看最新的信息，你还可以按动[Alt+F1]键来进入系统信息屏幕。

在**优化的控制屏幕**上，几个便利的**系统设置的曲线**是可以利用的。或许最令人关心的是经济曲线。为了监视最优化的运行过程，请选定**经济曲线**。因为在本曲线上的一个线段能够被描画之前至少两个完整的最优化点必须被计算完成，所以你不能马上看到任何被绘制成曲线的数据。当最优化的计算完成的时候，，如同在图 18-3 中显示的曲线将会出现。

如同你看到的那样，对于该井，减少的地应力差应该是得到了很勉强的经济效果。就压裂设计而言，更重要的是：它对于最优的压裂作业规模已经产生了什么样的影响？它与高的地应力差的情况之间已经从本质上发生变化了吗？对于快捷浏览来说，**经济曲线**是非常便利的，为了输入给文字处理软件，它可以被打印或者被发送到其它文件中（通过压缩附录 EPS）。不过，为了对它进行自定义，**系统设置的曲线**必须被复制到另一个曲线的定义中来进行修改。该用户定义的曲线也已经在 UCANOPT1 文件中生成了。为了了解用户定义的曲线是如何生成的实例，请参见**产能预测方式入门辅导**的有关章节：**为了自定义而复制系统（设定的）曲线**。为了浏览来自于 UCANOPT 文件的结果，请采用你查看用户定义的曲线的相同方法来查看该先前定义过的曲线。首先，通过进入**比较模拟结果**[SHIFT+F4]屏幕来确认 UCANOPT 结果仍然是被装入的，请选定**加载 UCANOPT 的模拟计算结果 A**（该文件应该仍然是被装入的除非你在某个位置退出 *FracproPT* 之后又重新起动过本软件）。然后，按动[Alt+F8]来进入**曲线显示目录**屏幕，把光标移动到曲线 12 的**曲线区域**，再按动[ENTER]键。分别对应于高地应力差的和 low 地应力差的这两种情况的、作为压裂施工规模的函数的净现值和支撑裂缝长度被绘制成曲线。在图 18-4 中显示了该曲线。请注意，对于低地应力差的情况，不仅仅是经济效果变得具有较小的吸引力，最优的压裂施工规模也从大约 5,500 桶下降为 3,000 桶，最优的支撑裂缝长度则从 600 feet 下降为 400feet。

需要注意的是：增加的经济效果还可以被用作最优化的基础。例如，根据高于未压裂井的产量值而计算得到的净现值的增加是小于压裂施工成本的（没有包括压裂施工之前的井的成本）。

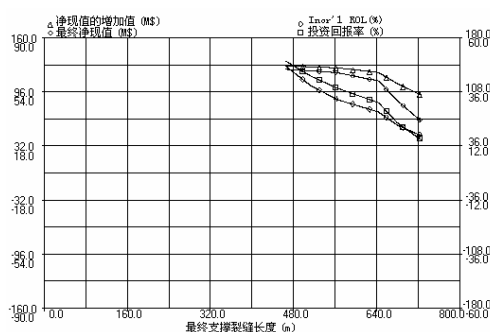


图 18-3 优化的结果（低的地应力差）。

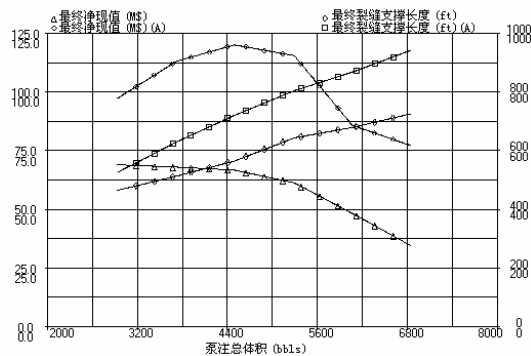


图 18-4 低的地应力差和高的地应力差的优化结果

入门辅导--压裂优化

概要--压裂优化

本章节已经图示说明了在几分钟之内进行优化研究的能力，而在以前，这需要一个工程师干一个星期。在你已经学习过的入门辅导中强调了地应力差是压裂施工经济效益的敏感函数，不过它对于任何重要的设计变量的敏感性都能被迅速地并且容易地被查明。敏感性研究的其它可能的选择参数是：地层渗透率，滤失特征，支撑剂类型，压裂液类型，施工泵序一览表等。

入门辅导--压裂优化

生成比较模拟计算结果曲线

本章节假设你已经恢复了 UCANOPT1，并且，如上所述地在**比较模拟结果**屏幕上加载了来自于 UCANOPT 的结果。为了生成与图 18-2 中显示相同的曲线，你将一步一步地前进。

按动[Alt+F8]来进入**曲线显示目录**屏幕。在该屏幕上按动**更改键**。

这将显示**更改曲线**屏幕。对于最近选定的曲线，还可以随时按动[Alt+F3]热键来进入**更改曲线**屏幕。请在**信道名称**区域下面的区域上双击。

你打算根据 UCANOPT 文件来绘制净现值和支撑裂缝长度对压裂施工规模的曲线（它在**比较模拟结果**屏幕上的**模拟计算结果框 A**的单元中被装入）。根据本菜单的顺序，请选定**比较模拟结果，最优化，模拟计算结果 A，最终净现值（\$1000）**，然后再选定你希望使用的颜色。请按动一下向下的箭头来进入下一个区域，重复上述的顺序，选定**最终的支撑裂缝长度(Ft)**。再进入下一个区域，重复本过程，这次请选定**泵注总体积(Bbls)**。

对应于最优化信道的默认 x 轴总是模拟计算次数。鉴于你希望绘制作**泵注总体积(Bbls)**的函数的数据曲线，请把光标移动到本屏幕下部的中心附近的**十字曲线**处。在**十字曲线**上按动[ENTER]键，从弹出框中选定**泵注总体积(Bbls)**。对于每个被绘制曲线的信道，设置**时间界限**的最小值为 1 和**时间界限**的最大值为 6。对于最优化信道来说，**时间界限**实际上指的是模拟计算的次数。

现在，分别地设置**最终净现值**的工程界限为 **0-200（\$1000）**，**最终支撑裂缝长度**的工程界限为 **0-1000 (Ft)**，**泵注总体积**的工程界限为 **2,000-8,000(Bbls)**。为了查看某曲线的区域（按动[End]键），或者使用**曲线显示**热键[Alt+F4]。你的曲线应该是和图 18-2 显示的曲线非常相似的。

入门辅导--压裂优化

具有最优化曲线的比较模拟结果：提醒

提醒是为了妥当地使用 *FracproPT* 的功能强大的可选软件：带有最优化曲线的**比较模拟结果**。用于进行模拟计算结果比较的最优化结果是根据模拟计算的次数被储存的。最优化结果也是根据模拟计算的次数来被绘制成曲线的。因此，如果你运行一个采用六个最优化点来覆盖从 1,000~3,000 桶的压裂施工规模范围的最优化计算，接着运行另一个采用六个最优化点来覆盖从 2,000~4,000 桶的压裂施工规模范围的最优化计算的话，那么，它们的最优化结果将不能直接地在相同的曲线上进行比较。在本入门辅导中，因为最优化范围是完全相同的，所以两个运行的最优化结果可以安全地被绘制成作为压裂施工规模的函数的曲线。但是，即使在本入门辅导中，绘制作为支撑裂缝长度的函数的最优化结果的曲线也会使人误解，这是因为对于每个模拟计算的次数来说，高地应力差的和低地应力差的情况具有不同的支撑裂缝长度。

入门辅导--压裂分析方式

综述

此入门辅导将带领你通过 *FracproPT* 压裂分析方式所用到的基本操作。

你将首先模拟计算计划进行的主（加砂）压裂施工。本步骤是压裂施工前的典型做法，可以根据泵入一览表来预测压裂裂缝的几何尺寸以及压力。

- 第二，你将使用 *FracproPT* 中的数据转换功能，把测试压裂中得到的真实数据（由服务公司采集）转换为一个 *FracproPT* 的数据库（文件）。
- 第三，你将详细地分析测试压裂（使用这个数据库）来得到有关储藏滤失特性的合理值。该分析是在进行主（加砂）压裂施工之前的典型的做法，这样潜在的问题能够被确认，你可以调整主（加砂）压裂的施工泵序一览表来进行更适当的压裂施工。在很多情况下，测试压裂和主（加砂）压裂施工在各自独立的工作日里进行，以至于可以根据需要，使用测试压裂的结果来修改主（加砂）压裂施工。（但是，对于在相同的工作日内完成测试压裂和主（加砂）压裂施工的情况，仍然有可能应用测试压裂的数据结果来对后续的主（加砂）压裂施工进行较大的重新设计。
- 第四，你可以使用由测试压裂模拟计算得到的储藏参数作为一个起算点来在主（加砂）压裂压力响应中拟合测定的数据。
- 最后，在本章节中的末尾，将讨论在拟合压力响应时可能遇到的某些错误和困难的原因。

入门辅导--压裂分析方式

根据设计参数来运行 *FracproPT*

绪论

在 *FracproPT* 主菜单[F2]屏幕上，选定**压裂分析方式**。这将带你进入井及施工信息[F3]屏幕。

入门辅导--压裂分析方式

根据设计参数来运行 *FracproPT*

输入文件的查找

选定**文件>打开**（或者使用查找输入文件工具栏按钮）并且选择"**Mainfrac-job design-start.inp**" 文件，该文件位于 **..\TUTORIAL\FRACTURE ANALYSIS TUTORIAL** 文件夹中。

你将看到信息：是否**改写当前的输入文件**？选择 **是** *FracproPT* 将把这个文件加载到内存。

现在选定位于本屏幕底部的**继续**，来进入压裂分析的选择项 [F4] 屏幕。

入门辅导--压裂分析方式

根据设计参数来运行 FracproPT

压裂分析选项

本屏幕允许你选定模拟计算的条件。位于本屏幕顶部的方框指的是模型的输入数据的来源。鉴于你正在使用**压裂设计数据**而不是真实数据来运行，所以，请选定**根据作业设计数据来运行**。被充填的圆圈表示所选定过的选项。在本入门辅导的后面，你将根据数据库的数据来运行 *FracproPT*。

下一步，使用鼠标或箭头记号键以及[Tab]键在基本选项制表键上来选定以下的模拟计算的条件：

- **裂缝端部为主导的三维模型 (默认)**

之后，在附加的选项制表键上来选定以下的模拟计算的条件：

- **集总参数 (默认)**
- **停泵后冻结裂缝尺寸**
- **忽略回应力影响**
- **支撑剂对流**
- **垂直裂缝**
- **运行裂缝和井筒模型**
- **常规迭代**
- **常规储藏**

在压裂分析方式一章中，详细地描述了**压裂分析方式**的选择项屏幕。

选定位于本屏幕底部的**继续**来进入井筒结构[F7]屏幕。

入门辅导--压裂分析方式

根据设计参数来运行 FracproPT

管柱工具结构

本屏幕包含了井筒结构。对于该计算井，下表 1 给出了压裂作业参数。

井段类型	长度	井斜方位	套管内径	油管外径	油管内径
环形空间	5,609	0.000	4.892	2.60 0	2.000
水泥固井套管	6,186	0.000	4.892	0.000	0.000

表-1 油管和套管尺寸

有关井筒若干个制表键屏幕的介绍。我们将在这个屏幕上从左至右输入所有制表键的信息。

因为在 **FracproPT** 中钻孔信息不是必需输入的,因此在该过程中未包含任何有关的介绍。因此,移动到套管制表键，设定套管井段**长度**。接下来,在套管的下拉菜单中给定**套管类型**。选择**水泥固结套管**。套管重量为 **17#**，并且一旦选定此项，套管内径将自动地显现 **4.892** 英寸。

进入地面管线/油管制表键，设定油管段**长度**和**类型**。选择**油管**。可从美国石油学会标准油管尺寸列表选定。然而,也可以不使用美国石油学会标准,而在他们的各自的方框中直接地输入内径和外径。为了注明泵注是在整个环形空间中实施的,选定该屏幕底部左边的压裂液入井通道为环空。

然后,对 6086 和 6186 ft 分别输入该射孔段**顶部测量深度**和**底部测量深度**。在该屏幕右边,输入**射孔孔眼的数目 200** 和**射孔孔眼直径 0.330**。选在开始该压裂施工之前,检查到射孔孔眼顶部的井筒容积并且选定压裂管柱完全充满。

在该屏幕底部提供了一个区域用来作为切换**压裂管柱完全充满**或部分充满。从**压裂管柱完全充满**可以切换到**压裂管柱部分充满**,在这种情况下你必需输入在泵注开始之前存在于井筒中的液量。注意井筒中总容积自动地由该屏幕的输入参数计算。为了确定在你油井中的携砂液是否正确,请检查**路径概要**制表键。

在**井斜测量**制表键,你可以从 FracproPT 基于深度的数据库文件或者使用**加载测量数据**按钮从 ASCII 码文件来加载一个轨迹。然而,本入门辅导中井筒是垂直的,因此无须指定一个轨迹。

通过选定 FracproPT 菜单栏上的**二维示意图浏览器**图标来查看最后的井筒结构。

然后,选择该屏幕右下方的**继续**按钮进入储藏参数[F9]屏幕。

入门辅导--压裂分析方式

根据设计参数来运行 FracproPT

储藏参数

储藏参数[F9]屏幕是你输入应力剖面、渗透率剖面、模量剖面以及指定储藏的热力学特性的地方。

应力剖面、渗透率/滤失剖面、杨氏模量和泊松比剖面的输入区域,可以分别地在本屏幕的左边、中间和右边被找到。为了建立起应力剖面,请对每个地层输入深度值和对应的应力值。对于渗透率/滤失剖面和模量剖面来说,步骤是相似的。请注意,在各个剖面中有不同深度的地层是可能的(也是常有的)。如果在你的剖面上你有大于 9 的地层数(在本入门辅导中的例子不是这种情况)的话,那么,一旦你在某个表格中选定了输入项,通过使用[PgUp]和[PgDn]键,或者通过使用邻近对应列处所提供的滚动条,你可以在应力表格、渗透率/滤失表格和模量表格中向上/向下滚动。

在下表 2 中输入所给定的该计算井的应力剖面估算值。请注意,闭合应力(在本例中为 4250psi)被定义为包含了**压裂裂缝初始深度**的地层的应力,它被显示在本屏幕的底部(当你输入了应力剖面之后,该值应该是 6092 英尺)。需要给出在**储藏参数[F9]**屏幕上使用的应力剖面的两个简单的提示。第一,应力剖面中最顶部的地层总是从地面延伸到某一深度。这就是**深度**的第一个值总是被设置为 0(即在地面处的深度)的原因。第二,为了保证模型的正确运行,应力剖面至少需要有三个层,其中,中间层包含了**压裂裂缝的初始深度**。

编号	深度 (ft)	应力 (psi)
1	0	4100
2	5695	4400
3	5805	4650

4	5917	4250
5	6023	4950
6	6060	4250
7	6230	4900
8	6255	5200
9	6277	4900
10	6325	5150
11	6375	5350
12	6470	5450

表 2：根据校正过的应力测井数据估算出的应力剖面

下一步是输入表 3 给出的该计算井的渗透率/滤失剖面。位于渗透率/滤失表格底部的切换区域被用来指出你希望输入哪一个参数（渗透率或者滤失系数）。切换本区域会导致出现这样的信息：在**滤失的输入模式**中选定**输入渗透率**，切换本区域会导致出现这样的信息：**根据渗透率来计算综合滤失系数**，然后，输入由下表给定的渗透率剖面。请注意，模型既可以接受**孔隙流体渗透率**也可以接受**滤失系数**，这取决于位于表格下部的切换是如何被设置的。如果你输入了一个值的话，那么，*FracproPT* 将根据你在**储藏的滤失参数**屏幕上所给定的参数来自动地计算出另一个值（在本入门辅导的后面，会有更多的介绍）。该计算还要根据在**编辑/查看压裂液滤失和密度数据**屏幕上被给定的压裂液的滤失特性，该屏幕是从编辑/查看内插的压裂液数据[SHIFT+F5]屏幕上被访问的（在本入门辅导的后面会讨论到）。.

深度 (ft)	孔隙流体渗透率 (mD)	目的层
0	0	-
5933	0.02	?
6008	0	-
6152	0.02	?
6227	0	-

表 3：渗透率剖面

接下来，使用表 4 中所给定的值来建立杨氏模量和泊松比剖面。**任何合理的泊松比值（比如 0.25）都是适用的。**

开始深度 (ft)	杨氏模量 (psi)	泊松比
0	5.00e+06	0.2
5918	5.00e+06	0.2
6470	7.50e+06	0.22

表 4：杨氏模量和泊松比剖面

当你已经完成了应力剖面、渗透率剖面、模量和泊松比剖面的输入之后，选定本屏幕底部的**显示地层**可以看到应力剖面、渗透率剖面、杨氏模量和泊松比剖面的图形表示，从下拉式目录中可以选择地层（参数）的名称。选定**继续**来返回到储藏参数[F9]屏幕。

现在，只是为了显示的目的，你可以通过在储藏参数[F9]屏幕上选定**储藏岩性**而进入储藏的岩性屏幕来改变岩石类型。使用下表 5 中所给定的值来改变该屏幕上的表格。完成了这个改变之后，请选定**继续**。

深度 (ft)	岩石类型
0	页岩
5917	砂岩
6023	页岩
6060	砂岩
6230	页岩

表 5：储藏岩性剖面

射孔段顶部的深度和**射孔段底部**的深度（显示在屏幕右下部）是根据你在井筒结构[F7]屏幕上定义的套管/油管井段长度来计算得到的。位于这两个值的下面被给定的**压裂裂缝初始深度**取决于射孔段区域的应力剖面。*FracproPT* 总是将**压裂裂缝初始深度**分配到位于射孔段内部的、具有最小应力的地层的中间位置。

对于地下足够深处的压裂裂缝，例如本计算井，对于控制压裂裂缝的延伸来说，**断裂韧性**起不到主要的作用。对于本计算井，使用 $1500 \text{ psi} \sqrt{\text{in}}$ 为断裂韧性值。为了输入该值，请选定位于本屏幕底部的**断裂韧性**来进入**断裂韧性**屏幕。在每个列出深度的右列中，都输入 **1500**。然后，请选定**继续**来返回到[F9]屏幕。

根据井下测斜图或者微地震裂缝图测得的裂缝延伸长度，**端部效应因子**常常被用来校准裂缝高度的增长，也可以根据应力层深度将其全部设置为 1.0。

对于储藏温度，请输入 **170°F**。该输入值位于本屏幕的下部。

除了模拟计算单一的平面压裂裂缝之外，*FracproP* 还允许你模拟计算多条压裂裂缝的延伸。这可通过在储藏参数[F9]屏幕上选定**多裂缝表格**按钮来实现。你可以使用本表格来模拟计算多条压裂裂缝的扩展（它们或者是相互平行的，或者是沿着井筒垂直地形成直线分布的），以及它们在施工期间的不同时期内的起裂和（或）闭合。鉴于在本入门辅导中，你将不使用多条压裂裂缝，所以照原样保留该值，选定**继续**来返回到**储藏参数[F9]**屏幕。

现在，你必须给定**孔隙流体渗透率与滤失系数**之间的关系。首先，你必须通过移动到**储藏的类型**区域，然后选定**用户给定的选项**来选择储藏的类型。下一步，选定**附加的储藏特性**。在出现的**附加的储藏特性**屏幕上，输入下表 6 中所给出的值：

滤失压裂液（滤液）的渗透率比(Kp/KI)	10.0
储藏孔隙压力 (psi)	2010
压裂裂缝内部的平均压力 (psi)	4750

孔隙流体压缩系数(1/psi)	0.0005
孔隙流体粘度(cp)	0.01
孔隙度	0.075
泡沫中气体滤失百分比 (%)	100

表 6：附加的储藏特性屏幕上的输入值

一旦你输入了表 6 中的给定值之后，请选定**继续**进入压裂液和支撑剂的选择[F5]屏幕。

入门辅导--压裂分析方式

根据设计参数来运行 FracproPT

压裂液和支撑剂的选择

本屏幕允许你为模拟计算来从**压裂液库**和**支撑剂库**中选定适当的压裂液和支撑剂。*FracproPT*将对你选定的各个压裂液根据压裂液库来加载流变参数和摩阻特性参数，将对你选定的各个支撑剂根据支撑剂库来加载特征参数（即：价格、视密度、孔隙度、紊流系数、粒径、闭合应力对渗透率的关系等）。

首先，你需要加载压裂施工模拟计算所需要的压裂液。为了选择适当的压裂液，请在本屏幕的左侧选定**添加新的压裂液到目录中**。将出现一个带有**系统库**和**用户库**的选择项的屏幕，系统库是一个有由主要的服务公司提供的最常用的压裂液的数据库，用户库是一个可以由每个用户自定义压裂液数据的数据库。在本例中，设计中使用的压裂液位于**系统库**中。选定系统数据库，然后，再选定 **Miscellaneous**。下一步，选定 **Tutorial**，再从那里边选定 **40#**凝胶；在你选定每一种压裂液之后，可能花费几秒时间加载压裂液到 FracproPT 的存储器。

当你已经加载了一个压裂液之后，为了查看该压裂液的特性，请在本目录中选定该压裂液的名称，然后按动[ENTER]键。作为示范，来查看 **40#** 凝胶压裂液的可以利用的数据：在本目录中选定 **40#**。这就把你带到编辑/查看内插的压裂液数据[shift+F5]屏幕，该屏幕含有若干个带有说明的制表键。在该屏幕上，所选压裂液的名称以及完整的表述（在本例子中，使用的是 **40#** 压裂液）都显示在本屏幕的顶部，同时有一条信息来提示：该类型的压裂液在第一次从压裂液库中被加载之后，它的数据是否已经被修改过。

压裂液摩阻特性制表键包含 **40#_凝胶**的摩阻压力资料。为了根据地面测量压力计算井底压力，在表格中添写正确的砂浆排量。在压裂液流变特性制表键屏幕给出 **40#_凝胶**可利用的流变数据。

本屏幕左边的表格显示了在当前的储藏温度处，作为时间函数的流态指数（ n' ）和稠度系数（ K' ）。本表格是由服务公司在他们提供的压裂液手册中流变参数曲线的一个数字表达形式。流变参数特性是依赖于压裂液温度的，该温度是在**储藏参数**[F9]屏幕上被给定的**储藏温度**。储藏温度被显示在本表格上面的**对应于储藏温度的压裂液流变数据**的区域中。根据给定的时间和**剪切速率**（你在挨着本表格的区域中给定相应的值），*FracproPT* 计算出视粘度（App. Visc.）。

选定 n' 对时间的曲线、 K' 对时间的曲线、粘度对时间的曲线中的任何一个，来查看图形显示的数据。它将把你带到一个系统设置的曲线（在本入门辅导的后面，有更多的系统设置的曲线与用户自定义的曲线的对比）。为了从一个系统设置的曲线返回，请按动[Esc]键。对于这些曲线所希望的时间范围（用小时计），可以在本屏幕的**曲线的最大时间**的区域中被给定。

选定**压裂液滤失和热力学特性制表键**屏幕，在该屏幕上，允许你编辑所选压裂液的**造壁滤失系数**(C_w)、初滤失和压裂液密度。位于右边的表格显示了**孔隙流体渗透率**（它是你在**储藏参数**[F9]

屏幕上输入的)、综合滤失系数和储藏滤失系数。位于表格顶部的信息(为蓝色)提示你:
*FracproPT*正在根据渗透率(你在储藏参数[F9]屏幕上输入的)来计算 C_{total} 。

改变造壁滤失系数对综合滤失系数的影响(C_{total})仅在选定了输入渗透率(在储藏参数[F9]屏幕上)的时候才被执行。否则,当改变造壁滤失系数的时候,仅仅是计算得到的渗透率有所改变,而综合滤失系数保持不变。对于造壁滤失系数来说,一个合理值的范围是在 0.0001 到 0.01 之间 $f t/\sqrt{\min}$,而对于初滤失来说,是在 0 到 $1.0 \text{ gal}/f t^2$ 之间。

在本屏幕(编辑/查看内插的压裂液数据屏幕)上显示的所选压裂液(在本例子中,它是 40# 压裂液)的井筒摩阻压力损失值和流变参数特性,是用于当前的模拟计算的。如果你希望在另一个输入文件中使用改变过的压裂液特性的话,那么,你可以把改变的版本保存到用户库中。通过选定库中数据,改变相应的选项并且保存成为新的压裂液。位于本屏幕上(编辑/查看库的数据)的选项是:

- 编辑/查看库数据粘度 η 枋 $\dot{\gamma}$
- 编辑/查看库数据佛朗西斯 $\dot{\gamma}$
- 编辑/查看库数据米沽岩郝耸腿攘 ρ $\dot{\gamma}$
- 保存压裂液到用户库
- 从用户库中删除压裂液

这些选项把你带到相应的屏幕,在这些屏幕上,允许你永久性地改变流变参数和摩阻压力数据,还允许你保存这些压裂液数据到你自定义的用户库中,或者从你自定义的用户库中删除这些压裂液数据。关于这些选项以及它的使用的更详尽的讨论,请参阅本帮助文件压裂分析方式中的章节:压裂液和支撑剂的选择。

在编辑/查看库的数据屏幕中选定继续,来返回到编辑/查看内插的压裂液数据[shift+F5]屏幕。在该屏幕上,选定继续来返回到初始的压裂液和支撑剂的选择[F5]屏幕。

支撑剂库的结构以及从库中选定一个支撑剂,并查看它的特性的过程与压裂液库的应用情况很相似。为了从库中加载所需要的支撑剂类型,请选定添加新的支撑剂到目录中。具有系统库的和用户库的选项的一个弹出式菜单将出现。在性质和目的方面,这些库类似于刚刚被阐述过的压裂液库。从库的选项选定系统,然后选定 Brady Sand。下一步,从弹出式菜单中选定 20/40 目。这就意味着,对于本次压裂作业来说,泵注的是 20/40 目的 Brady 砂。

为了查看一个支撑剂类型的特性,请在本表格中选定该支撑剂的名称(在本例中,它是 Brady 20/40)。这会把你带进编辑/查看支撑剂库屏幕。在该屏幕上,你可以编辑该支撑剂的特性并保存支撑剂到用户库,或者从用户库中删除支撑剂。

在本屏幕的中心位置处,支撑剂的物理特性被列出。请注意,你可以直接地输入这些特性的任意值,除了支撑剂比重之外,它是根据支撑剂视密度和压实的支撑剂孔隙度来计算得到的。位于本屏幕右边的表格允许你定义该支撑剂的闭合应力对渗透率的特性。请注意,闭合应力值是由 *FracproPT* 所给定的。

选定继续来返回到压裂液和支撑剂的选择[F5]屏幕。

生成用户自定义的支撑剂区域会把你带到上面讨论过的编辑/查看支撑剂库屏幕。在该屏幕上,按照上面讨论过的方法,允许你定义该支撑剂的特性。支撑剂对井筒摩阻的影响的选择

项把你带到一个屏幕。在该屏幕上，你可以改变支撑剂对井筒摩阻的影响。该选项在本入门辅导的最后章节中讨论（在拟合中发生困难的可能的原因）。

在任何一个屏幕上通过按动 [F1]键，你可以使用在线帮助系统，或者参阅本帮助文件的**压裂分析方式**章节，这样可以得到关于这些选项和屏幕的更详尽的描述。

选定**继续**来进入施工泵序一览表[F6]屏幕。

入门辅导--压裂分析方式

根据设计参数来运行 FracproPT

施工泵序一览表

在施工泵序施工一览表[F6]屏幕中设计的施工泵序一览表中，允许你在一个压裂作业中给定不同泵注阶段的长度和条件。当在第 7 列和第 8 列分别地以弹出式区域的方式输入被使用的压裂液(**压裂液类型**)和支撑剂(**支撑剂类型**)的同时，在第 1 列到第 4 列数值地输入泵注的净液体积 (**CleanVol**)、携砂液排量(**Slry Rate**)、支撑剂浓度 (**PropCon**)和泵注阶段长度 (**StageLen**)。压裂液和支撑剂的数据来自于你在压裂液和支撑剂的选择[F5]屏幕上选定的目录。

请注意，当你在压裂分析选项(F4)屏幕上选定**根据作业设计数据**并且选定**运行裂缝和井筒模型**时，设计的**施工泵序一览表**制表键是可以使用的制表键。 当你在压裂分析选项(F4)屏幕上选定**根据数据库数据**或者**实时数据**以及**运行裂缝和井筒模型**时，FracproPT 将根据实际的施工泵序一览表运行(但此刻不可用)。

为了在施工泵序一览表输入下表 7 的数据,首先移动光标到本屏幕的右下角。切换显示信息选项为**根据时间计算体积**。通过选择该选项,表明你将以分钟为单位输入每个泵段的长度，并且允许 FracproPT 计算相应的**净液体积**。换句话说,你还可以选择**根据体积计算时间**,这隐含你将对于每个泵段输入**净液体积**，并且让模型计算相应的**泵段长度**。

现在,移动光标到第一个行并且在带有" 1 "的首列点击使该行突出显示。按键盘上的 Insert 键插入其它行。对于本次作业在设计的施工泵序一览表中输入下表数值。可以在贯穿复选框的列表中选择泵段类型、压裂液类型和支撑剂类型，并且使用标准的 Windows 命令 [Cntr+C] 和 [Cntr+V]来复制和粘贴单元格。

	泵段类型	携砂液 排量 (bpm)	支撑剂 浓度 (ppg)	泵段 长度 (min)	压裂液 类型	支撑剂类型
1	主压裂前置液	27.0	0.0	23	40#	
2	主压裂携砂液	27.0	1.0	3.0	40#	Brady2040
3	主压裂携砂液	27.0	2.0	2.5	40#	Brady2040
4	主压裂携砂液	27.0	3.0	4.0	40#	Brady2040
5	主压裂携砂液	27.0	4.0	3.5	40#	Brady2040
6	主压裂携砂液	27.0	5.0	5.0	40#	Brady2040
7	主压裂携砂液	27.0	6.0	4.5	40#	Brady2040
8	主压裂携砂液	27.0	7.0	4.8	40#	Brady2040

9	主压裂携砂液	27.0	8.0	2.0	40#	Brady2040
10	主压裂顶替	27.0	0.0	3.5	Slickwater	
11	停泵	0.0	0.0	40	*停泵*	

表 7 主压裂的施工泵序一览表（设计）

完成了本泵注一览表的输入之后，移动到**井筒液体**区域（位于本屏幕右部的顶部），并且选定 **Slickwater** 来表示在泵注开始的时候在井筒中存在的流体的类型。

选定位于本屏幕底部的**继续**，来进入压裂分析控制[F10]屏幕。

入门辅导--压裂分析方式

根据设计参数来运行 FracproPT

压裂分析的控制屏幕

压裂分析的控制[F10]屏幕是**压裂分析方式**中的主屏幕。前面已经访问过的大多数屏幕，还有另外一些屏幕，都可以从本屏幕上访问。在本屏幕上有一些选项，它们在压力拟合过程中是常用的，现在我们将对其进行讨论。对于本屏幕的更详细的描述，你可以通过在当前正在浏览的屏幕上按动[F1]键，来使用 *FracproPT* 里面的在线帮助。

输入**开始时间**为 **0**，**时间步长**为 **0.5**，**结束时间**为 **100** 分钟。下一步，为了运行模拟程序，请选定**运行模拟程序**（或者按动[Alt+R]）。当完成了上述工作之后，请注意位于本屏幕上半部的一长列的条形图。这些条形图在对数刻度下显示每一个泵注阶段的长度（与在**施工泵序一览表[F6]**屏幕上所给定的长度是等同的）。最初的条形图表示最初的泵注阶段的长度；随着模型的运行，正在被覆盖的条形图表示：相对于施工泵序一览表，本模型已经运行了多少。

入门辅导--压裂分析方式

根据设计参数来运行 FracproPT

压裂分析的控制屏幕

结果曲线

在压裂分析的控制[F10]屏幕上，选定**曲线目录**选项来进入曲线目录[Alt+F8]屏幕。在本屏幕上，你可以选定查看**系统设置的曲线**（例如**压力拟合**、产生的**压裂裂缝尺寸**和**支撑裂缝尺寸**）或者选定查看**用户自定义的曲线**。**系统设置的曲线**是通常被使用的曲线，它们很容易被访问。曲线显示目录的下部有 **13** 条**系统设置的曲线**，这些曲线是不能修改的。作为替代，如果曲线超出了图框范围的话，那么，你可以选定**自动调节刻度**来将曲线适当地包含在图框中。

为了说明系统设置的曲线，选定**压力拟合**（见下图 2 的 35 号曲线）来查看一个 **净压力**（由模型计算得到的）以及携砂液排量和支撑剂浓度（在**施工泵序一览表 [F6]** 屏幕上被给定的）的曲线。当浏览本屏幕的时候，按动 **[Alt+R]** 组合键来再次运行本模型。当模型正在运行的时候，图上的曲线超过了图的范围，这时，请选定**自动调节当前信道**图标来修正曲线的范围。一旦模型已经运行完毕，为了得到一个曲线的硬拷贝，请选定**打印当前屏幕**图标。这将把你带到页面设置屏幕。

下图 1 是本屏幕的样本拷贝。输入区域（位于本屏幕的顶部）被用来对曲线添加文本。**标题 #1**，**标题 #2**，**标题 #3** 和**标题 #4** 区域被用来添加 X-Y 曲线的标题，同时，**压裂裂缝**、**泵注阶段**和**宽度等剖面的标题**是被用来对**压裂裂缝剖面**或者**泵注阶段剖面**添加标题的（在后面讨论）。



图 1 图形输出的控制屏幕

位于本屏幕下半部的输入区域允许你来定义打印选项。**输出方式**允许你即可以直接地打印本曲线的一个硬拷贝，也可以把它保存到文件以便于将来的打印。选定位于右下角的**继续**来返回到本屏幕上的曲线。

现在，选定**光标编辑**。这将把你带到另一个屏幕，该屏幕包含了本曲线的按照（新）比例绘制的拷贝。

你可以通过在**信道**的下拉式目录中选定、或者使用 TAB 键、或者使用切换标识符来显示不同的信道。通过使用滚动条来前后移动光标或者在信道的光标位置处使用鼠标。光标的（移动）速度在**光标增量**的下拉菜单中被定义。

通过点击**井筒输运时间**，还可以显示**井筒输运时间**。

做完上述工作之后，在本屏幕上的一条绿色的垂直线会在时间域中确定某点的位置，该点是从光标位置处（本屏幕上的箭头位置处）开始泵注的压裂材料进入压裂裂缝的时间。请注意，在停泵（或低泵速）期间，井筒的输运时间将是非常大的。

位于曲线的下面，给出了相对于当前光标位置处的几个信息框：**时间**（水平轴）、**数值**（垂直轴）、**斜率**、**泵注阶段**、**井筒输运时间**，以及**光标增量**（使用[+]或[-]键来改变）、**设置泵注阶段的方式**（使用[ins] 键来切换）等。你也可以在图形上部的彩色条段上右击鼠标键来插入泵段。

现在，按动[Esc]键来退出本屏幕并且返回到曲线。再按动一次[Esc]键，就返回到了**曲线显示目录 [Alt+F8]** 屏幕。

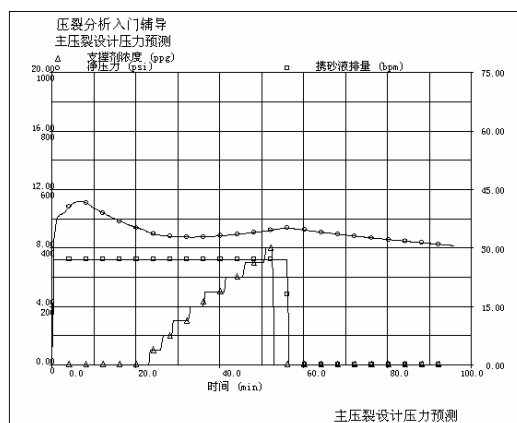


图 2：主压裂设计的压力预测

在结果曲线屏幕上被列出的**用户定义的曲线**是可以从本屏幕上访问它们的。这些曲线可以随时被修改，这里有 **23 条用户定义的曲线**。这些曲线的名称是取决于用户的，并且可以通过在本屏幕上选定编辑**用户定义的曲线**来改变它们。假如你希望编辑系统设置的曲线，你可以使用本屏幕上的**复制**按钮将其复制成为一条用户定义的曲线。

为了演示这些曲线的使用，选定位于该屏幕分类下的第 **5 个曲线(摩阻压力)**。这将把你带到一个包括有总的摩阻(psi)，邻近井筒区域的摩阻(psi)和射孔孔眼的摩阻(psi)的曲线。这类曲线与**系统设置的曲线**之间的区别是，你可以在曲线显示菜单栏选定**曲线的参数选择**来修改这条曲线。位于该屏幕上的选项将在稍后的本入门辅导中详细地被解释(在**压裂分析方式的拟合测试压裂**的章节中)。

按动[Esc]键，直到你返回到**曲线显示目录[Alt+F8]**屏幕，在该屏幕上列出了 *FracproPT* 中的所有曲线。按动[Esc]键来返回到**结果曲线**屏幕，再按动**继续**来返回到**压裂分析的控制[F10]**屏幕。

入门辅导--压裂分析方式

根据设计参数来运行 FracproPT

压裂分析的控制屏幕

裂缝剖面

为了查看一个二维的压裂裂缝，在**压裂分析的控制[F10]**屏幕上选定**压裂裂缝剖面**。这将把你带到另一个具有井筒和压裂裂缝视图的屏幕。渗透层(在**储藏参数[F9]**屏幕上被定义)被显示在左边，同时，应力剖面(也是在**储藏参数[F9]**屏幕上被定义)被显示在右边。支撑裂缝的轮廓被表示在压裂裂缝的左边。最左边的垂直轴表示地下深度，X 轴表示到井筒处的距离。本屏幕的选项都被显示在曲线的下面。**图象比例尺**允许你来定义曲线图的界线，**最大长度**是一个数值输入参数，它对应于在该屏幕上所希望的水平轴的范围，**打印曲线**允许你来打印压裂裂缝剖面(使用与在**结果曲线**屏幕上叙述过的同样的方式)。

选定**图象比例尺**来改变本剖面上的某些界线。当完成该选定之后，你将看见一个屏幕，它包含了一个有三个选项的方框。对于本次压裂作业，设定**最小应力**为 **3500**，设定**最大应力**为 **5500**，设定**曲线增量**为 **10**。**曲线增量**会影响到本压裂裂缝剖面中被显示的环形(它对应于本次压裂施工的泵注阶段)的析像清晰度。完成之后，请选定**继续**来返回到压裂裂缝剖面屏幕。请注意，根据你做出的修改，本曲线中的界线已经如何地被改变了。下一步，输入 **500** 作为**最大长度**，然后选定**继续**来返回到压裂分析的控制[F10]屏幕。

入门辅导--压裂分析方式

根据设计参数来运行 FracproPT

压裂分析的控制屏幕

泵注阶段剖面

在**压裂分析的控制屏幕[F10]**上选定**泵注阶段剖面**。在该屏幕上，你将有**绘制支撑剂浓度曲线**、**绘制压裂裂缝导流能力曲线**、**绘制支撑剂的体积百分比曲线**、**绘制温度曲线**、**绘制粘度曲线**等选项。当选定了这些选项中的某一项的时候，会出现一个具有居中的压裂裂缝剖面的屏幕。现在，请选定**绘制支撑剂浓度曲线**。本剖面中的每一个环形代表了在**施工泵序一览表[F6]**屏幕上定义的施工泵序一览表中的相应的泵注阶段。不同的颜色/形状表示被绘制成曲线的参数

(支撑剂浓度、压裂裂缝导流能力、支撑剂的体积百分比、温度或粘度)的变化水平。剖面的单位被显示本屏幕的顶部，位于压裂裂缝剖面的上方。垂直轴是距离地面的深度，同时，水平轴是到井筒处的距离。垂直轴的**蓝色线段**表示被射孔的岩层(射孔段)。

本图的左边是压裂裂缝缝宽剖面(与在后面讨论的**缝宽剖面[Alt+F7]**屏幕上所看到的剖面是相似的)。选定位于本图下面的**泵注阶段信息**，来进入**支撑剂泵注阶段显示**屏幕，该屏幕提供了关于每一环形的数值数据。在该屏幕上，你可以为了在一个独立的产能预测软件中的使用而对一个压裂裂缝**产生三维网格**。选定**继续**来返回到泵注阶段剖面屏幕。

水平轴的范围可以通过**最大长度**的选择项来改变(如同你在上面的**压裂裂缝剖面**中所做的那样)，同时，**最大值**的选项会影响到被绘制成曲线的变量的范围(在本例子中，变量是支撑剂浓度)。**打印曲线**的选项与在结果曲线屏幕上的使用是一样的。

选定**继续**来返回到压裂分析的控制[F10]屏幕。

入门辅导--压裂分析方式

根据设计参数来运行 FracproPT

压裂分析的控制屏幕

缝宽剖面

在压裂分析的控制[F10]屏幕上选定**缝宽剖面**来进入缝宽剖面[Alt+F7]屏幕。这将把你带到一个二维的裂缝缝宽剖面。垂直轴表示地面下的深度(英尺)，水平轴是裂缝宽度(英寸)。**最大宽度**区域会影响到水平轴的范围，同时，**最大高度**区域会影响到垂直轴的范围。选定**打印曲线**会允许你打印该剖面。

选定**继续**来返回到压裂分析的控制[F10]屏幕。

入门辅导--压裂分析方式

根据设计参数来运行 FracproPT

压裂分析的控制屏幕

表格显示

通过在压裂分析的控制[F10]屏幕上选定**数值输出**，你还可以来查看数值形式的模拟结果。在本屏幕上所显示的所有数据也都可以曲线中以图形的形式被显示出来。

选定**继续**来返回到压裂分析的控制[F10]屏幕。

入门辅导--压裂分析方式

根据设计参数来运行 FracproPT

压裂分析的控制屏幕

保存结果

一旦本模型已经完成了模拟计算(在压裂分析的控制[F10]屏幕上的原始棒形图已经被其它颜色的棒形图所覆盖)，请从 FracproPT 的菜单上选定**文件**和**另存文件为**并输入《**浆嫖募 獭**》的图标并且键入你自己的文件名。现在，你已经保存了本次设计的运行结果。一个叫做"Mainfrac-job design-final.inp"文件被包含在 Tutorial 中。如果你认为到目前为止，还没有正确地输入所有的参数的话，那么，你可以恢复该文件并且**继续**本入门辅导。.

选定**继续**来返回到压裂分析的控制[F10]屏幕。

入门辅导--压裂分析方式

根据设计参数来运行 **FracproPT**

压裂分析的控制屏幕

压裂分析的控制[F10]屏幕上的其它选择项

模型的输入曲线显示了本模型当前使用的输入(参数)曲线。在本例子中(自从你正在根据施工设计数据来运行之后),你将看到一个输入曲线,该输入曲线是你在施工泵序一览表[F6]屏幕上给定的。如果你正在根据数据库的数据来运行、或者正在根据实时数据来运行的话,那么,该曲线应该显示你在模型的信道输入[Shift+F6]屏幕上所给定的信道(关于当你选定**根据数据库数据来运行**时的更多介绍,会在本入门辅导的后面被讲到)。

井筒剖面选项将把你带到一个包含了井筒剖面的屏幕。在该屏幕上,你可以查看**井筒中携砂液的粘度**,**井筒中支撑剂的浓度**或者**井筒中携砂液的温度**。在下拉式目录中可以选择各个剖面。你还可以设置本剖面的**最大值**。选定**井筒信息**将把你带到一个屏幕,该屏幕包含了在井筒中当前存在的施工泵序一览表的**泵注阶段#**,以及每个泵注阶段所占据的井筒**长度**。

选定**继续**来返回到本剖面,然后选定**继续**来再次返回到压裂分析的控制[F10]屏幕。

储藏参数、运行选项将分别地把你带进储藏参数[F9]屏幕和压裂分析的选择项[F4]屏幕。仅仅在实时分析的时候,**运行到数据结束**的选择项才被使用。**停止运行模拟程序**选项和**继续运行模拟程序**选项就不需加以说明了。**系统信息**选项会把你带到一个包含最新信息目录的屏幕。为了退出本屏幕,请按动[Esc]键。**比较结果**选项允许你恢复其它的运算(结果),这样,它们可以相互地进行比较,或者与当前的运行结果进行比较。**生成报告**选项允许你来打印一个报告,该报告包含了你给定的模型的输入参数和模型的运行结果。在本入门辅导结束的时候,该选项将被用来生成一个主(加砂)压裂分析的报告。

本入门辅导的下一个章节将详细地说明如何将实时数据从 ASCII 文件转换为 *FracproPT* 数据库(文件)的步骤。

入门辅导--压裂分析方式

根据设计参数来运行 **FracproPT**

压裂分析的控制屏幕

根据 ASCII 文件来生成数据库(文件)

激活 **DataConvertPT** 公用模块

为了使用真实数据来运行 *FracproPT*,首先,你将需要将服务公司采集到的原始的数据转换成 *FracproPT* 数据库的数据。进入 **FracproPT** 主菜单[F2]屏幕,然后选定**输入 ASCII 数据**。这将把你带到 *FracproPT* 的数据转换公用软件包: *DataConvertPT*。

在本入门辅导的本章节中,你将首先把两个服务公司的测试压裂的数据文件合并为一个 *FracproPT* 的数据库(文件)。在本入门辅导的后面章节,你将针对主(加砂)压裂的数据来重复本步骤。

入门辅导--压裂分析方式

根据 ASCII 文件生成数据库文件

输入文件的选定

DataConvertPT 可以转换基于时间的数据和基于深度的数据。服务公司给出的施工数据是基于时间的，因此使用正确的单选按钮选定此选择然后选定运行 DataConvertPT。从下拉菜单中选定**文件**和**打开**来选定一个 ASCII 文件并且打开它。在 *FracproPT* 安装的 tutorial 子目录下选定 MIN1.ASC。

这是一个实例数据文件的一部分，它是从一个服务公司得到的，包含了本次压裂作业期间实施的测试压裂过程中的井底压力和排量。DataConvertPT 将从该文件中来加载 ASCII 数据。

将会出现一个新的窗口，它的上半部是显示 MIN1.ASC 内容的网格，下半部是控制面板。将会出现一个新的窗口，它的上半部是显示 MIN1.ASC 内容的网格，下半部是控制面板。使用鼠标选中该表格，然后按动[PgDn]来查看后续的数据。

DataConvertPT 已经自动标记开始行。如果你希望选定另外一个行作为数值数据的开始行的话，那么，为了变换，你通过点击第该行的第 1 列，然后按动**选定输入数据的开始行**按钮，可以选定你所需要的行作为开始行。

已知该数据文件有一个固定的时间步长，为 5 秒钟。在**时间步长**选择框中选择**固定的**，并且在下面的方框中输入 5 秒。对于**开始时间**和**开始日期**，分别输入 09:43:00.00 和 11/28/90

MINI2.ASC 包含了本次测试压裂的温度、pH 值和粘度数据，你会希望将 MIN1.ASC 和 MINI2.ASC 合并成一个公共数据库来运行 *FracproPT*。就象你刚刚打开前面的文件一样，打开 MINI2.ASC。你将看见一个新的制表键和网格，它出现在本窗口的上半部，包含了 MINI2.ASC 的内容。同样,数据文件固定的**时间步长**为 5 秒,因此在下面时间步长方框中选择**固定的**，然后输入 5 秒。对于**开始时间**和**开始日期**,输入 09:43:00.00 和 11/28/2000。

入门辅导--压裂分析方式

根据 ASCII 文件生成数据库文件

输出文件的说明

现在你已经打开了你需要的所有的(输入)文件，你将命名输出信道。选定 MINI1.ASC 制表键。选定 MINI1.ASC 制表键。第一列包含了在套管中测量的地面压力。在 **A** 栏表头选定向下箭头符号和包含名称的行。选定**地面压力[Csg]**。FracproPT 将自动选择输出信道并按信道选定的**单位**输出。继续选定在下面给出的其他全部信道。对于 pH 和压裂液粘度,选定**用户定义**然后重新键入正确的信道名称。

文件名	输入列	输出列	完整名称	缩写名称
MINI1.ASC	第 1 列	1	地面压力（套管） (psi)	THCS
MINI1.ASC	第 2 列	2	死管柱压力(psi)	DSPR
MINI1.ASC	第 3 列	3	净液排量(bpm)	CLRT
MINI2.ASC	第 1 列	4	井底温度(癔)	BTEM
MINI2.ASC	第 2 列	5	压裂液 pH 值	-
MINI2.ASC	第 3 列	6	粘度(cp)	-

表 8：测试压裂的 ASCII 数据信道

一旦你已经给定全部信道,在 DataConvertPT 屏幕底部的左边将会出现 6 个选定的**输出信道**。

现在选定**固定的时间步长**，并且输入 5 秒作为输出时间步长。选定 **FracproPT 数据库** 选作为输出文件类型。

入门辅导--压裂分析方式

根据 ASCII 文件生成数据库文件

生成输出文件

现在，你准备生成一个合并了的数据库和 ASCII 文件；按动**生成输出文件**，会提示你输入一个 ASCII 文件名；比如，输入 Minidata.dbs 作为**输出的二进制文件的名称**(数据库)，一个信息框会显示该转换的进程。

为了退出 DataConvertPT，点击**文件**并且选择**退出**然后返回到 FracproPT 主菜单[F2]屏幕。你也可以使 DataConvertPT 处于打开状态，直到你在 FracproPT 已查对你刚才的运行是否正确。一旦你做了误操作，这将保存你在 DataConvertPT 中的设置。在这种情况下，使用 [Alt+Tab]键将 Windows 切换到 FracproPT。

入门辅导--压裂分析方式

在压裂分析方式进行测试压裂的拟合

在本入门辅导的本章节，你将使用在 **Sawyer144A 5 # 井**的测试压裂过程中所得到的 **FracproPT** 数据库（文件）来作为模型的输入参数，以获得一个压力响应的好的拟合。因此，可以得到在拟合主（加砂）压裂的压力响应时所必要的输入参数的合理的预测值（在本入门辅导的下一章节中会讲到）。

首先，你将恢复（调用）已经事先生成的 **FracproPT** 数据库（文件）。下一步，因为测试压裂和主（加砂）压裂有相似的条件（即：在压裂分析的选择项[F4]屏幕、井筒结构[F7]屏幕、射孔孔眼和邻近井筒区域的摩阻[F8]屏幕和储藏参数[F9]屏幕上的输入参数），你将使用很多在测试压裂拟合过程中你已经输入到输入文件中的数据。你还将从压裂液库中加载测试压裂所使用的压裂液（与你在主（加砂）压裂设计中所使用的压裂液是不一样的），并且定义测试压裂的施工泵序一览表（它与主（加砂）压裂的施工泵序一览表也是不同的）。

必须从数据库中选定的信道作为输入到模拟器中的压力、排量的数据源。当这一切都完成之后，你将运行本模型，然后查看模拟计算的结果。根据得到的压力拟合（在测定的净压力与预测的净压力之间的拟合，测定的净压力是根据现场采集到的压力数据而计算得到的，预测的净压力是由 **FracproPT** 模拟计算得到的），你将回过头去对输入参数进行修改，然后重新运行本模型。你将重复本步骤直到对于压力拟合结果感到满意为止。这时，你将使用最后得到的输入参数做为拟合主（加砂）压裂施工过程的压力响应的初始值。在本入门辅导的下一个章节，将进行主（加砂）压裂施工过程的压力响应的拟合工作。

入门辅导--压裂分析方式

压裂分析方式中的测试压裂拟合

输入文件的查找

就象你在本入门辅导的第一章节中所做的那样，在 **FracproPT** 主菜单[F2]屏幕上，选定**压裂分析方式**。这将把你带到**井及施工信息**[F3]屏幕。如果你不能确定，到目前为止，你已经正确地完成了所有的步骤的话或者你正要从这里开始学习，那么，你应该从压裂分析入门辅导文件夹加载文件 "Mainfrac- job design-final.inp" 。

选定位于右下角的**继续**来进入压裂分析的选择项[F4]屏幕。

入门辅导--压裂分析方式

压裂分析方式中的测试压裂拟合

压裂分析的选择项屏幕

本屏幕允许你来选定模拟计算的条件。位于本屏幕的上部的方框提示出本模型输入的原始数据。在本入门辅导的第一章节中，你选定了**根据作业设计数据来运行裂缝和井筒模型**。现在，因为你希望根据由服务公司在测试压裂过程中采集到的数据（*FracproPT* 数据库（文件）形式的 **Minidata.db**s 文件）来运行，所以，请选定**根据数据库数据来运行裂缝和井筒模型**。

在**数据库文件的位置**，按动**选择……**按钮，并且从..\TUTORIAL\FRACTURE ANALYSIS TUTORIAL 文件夹中选定"Minidata.db"。在**数据库文件的位置**，按动**选择……**按钮，并且从..\TUTORIAL\FRACTURE ANALYSIS TUTORIAL 文件夹中选定"Minidata.db"。如果你对按照本入门辅导的前面章节的指令（**根据 ASCII 文件生成的数据库（文件）**）没有把握的或你正开始对本章学习的话，那么，作为替代，你可以加载数据库文件"Minifrac data.db"。现在，数据已经加载到 *FracproPT* 中。

选定位于本屏幕下部的**继续**来进入模型的信道输入 [SHIFT+F6] 屏幕。

入门辅导--压裂分析方式

压裂分析方式中的测试压裂拟合

模型的信道输入

只有当你正在根据真实数据来运行的时候，本屏幕才可以被使用（在压裂分析的选择项[F4]屏幕上，选定**根据数据库（文件）数据来运行裂缝和井筒模型**或选定**根据实时数据来运行裂缝和井筒模型**）。该屏幕允许你来指定：哪个数据库(文件)的信道(或者真实数据的信道)应该被用作 *FracproPT* 的输入参数。"Minidata.db"，这是个你先前生成的文件（或者是在入门辅导中包含的"Minifrac data.db"文件），包含了你将要使用的 6 个信道：

- 地面压力[Csg] (THCS)
- 死管柱压力 (DSPR)
- 净液排量 (CLRT)
- 井底温度 (BTEM)
- 压裂液 pH 值 (-)
- 粘度 (-)

FracproPT 模型要求至少使用压力信道中和排量信道中的一个。不过，你将会把所有的压力信道和排量信道都加载到本屏幕上的下面的输入区域中：

地面压力[Csg]	==>	施工压力
死管柱压力	==>	死管柱压力
净液排量	==>	净液排量

为了加载一个信道(在本例中是**死管柱压力**)，请进入相应的输入参数区域(在本例中为**死管柱压力**)，并且在**数据库信道名称**的双击，这时会出现包含在数据库文件中 6 个信道的目录。在

目录中选定相应的信道(死管柱压力)并且对于其它的两个信道(地面压力[Csg]和净液排量),重复该步骤。

一旦你已经给定了这三个信道,请进入位于本屏幕底部的、被命名为测定净压力的**计算模式**的输入区域并且选定**根据死管柱压力来计算**。该选项告诉 *FracproPT*: 你希望根据上面的**死管柱压力**输入参数区域中所指定的数据(在本例子中,它是"Minifrac data.dbs"的**死管柱压力**的信道)来计算**测定净压力**(稍后,将会有关于测定净压力的更多的介绍)。如果你有了一个准确的井底压力信道的話,那么,你应该选定:**根据井底压力来计算**测定的净压力。你也可以选定**根据地面施工压力计算**,但是这不能像**根据井底压力计算**那样精确的反应在泵注过程中的井底压力,因为井筒摩阻一般是不好掌握的。

你在施工泵序一览表 [F6] 屏幕以及设计的施工泵序一览表制表键中已设定了的泵注阶段类型。由于测试压裂的泵注阶段还没有设定,所以在本屏幕的实际施工泵序一览表中没有出现。因此,在屏幕的底部选择考贝**设计一览表到实际一览表**。

在此作图中设定泵注段最简便的方法是点击**自动(设置)泵段**。这将自动设置 4 个泵注段 2 个泵入段和 2 个停泵段。[F6] 屏幕的实际施工泵序一览表制表键。一旦我们进入到施工泵序一览表 [F6] 屏幕的回路中,则编辑这些泵注阶段。

关闭压裂模型输入曲线然后在本屏幕下部点击**继续**,进入到井筒结构[F7]屏幕。

入门辅导--压裂分析方式

压裂分析方式中的测试压裂拟合

管柱工具结构

在本屏幕上的所有的输入参数与你在本入门辅导的第一章节中用来产生"Mainfrac- job design-final.inp"的输入参数都是相同的。因此,选定位于本屏幕右下角的**继续**,来进入储藏参数 [F9]屏幕。

入门辅导--压裂分析方式

压裂分析方式中的测试压裂拟合

储藏参数

本屏幕上的参数,至少在当前是不用改变的。因此,选定本屏幕右下角的**继续**,来进入其他的储藏特性屏幕,再按**继续**进入压裂液和支撑剂的选择[F5]屏幕。

入门辅导--压裂分析方式

压裂分析方式中的测试压裂拟合

压裂液和支撑剂的选择

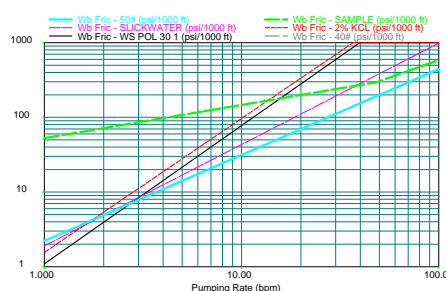
就象你已经在前边的入门辅导**根据设计参数来运行 FracproPT** 中所看到的那样,本屏幕允许你从数据库选定相应的压裂液和支撑剂来进行模拟计算。但是,在测试压裂中,没有支撑剂被泵注,因此,你只是使用本屏幕来选定和编辑所使用的压裂液。这些压裂液与你早先(在**根据设计参数来运行 FracproPT** 中的)主(加砂)压裂设计时所使用的压裂液是不一样的。在本例中,你希望加载的压裂液是系统库中的**2%氯化钾(KCl)**、**50#压裂液**和**SAMPLE 压裂液**;就象你先前在**根据设计参数来运行 FracproPT** 中所做过的那样。请选择供应商为**Miscellaneous**、分类为**Tutorial**来加载这些压裂液。

现在通过在压裂液名称上双击来查看 SAMPLE 压裂液可以利用的井筒摩阻数据这将把你带到编

辑/查看内插的压裂液数据[SHIFT+F5]屏幕。在本屏幕上，压裂液(SAMPLE)的名称和全部的描述、和本模型中使用的压裂液参数的修正信息的情况一起，都被显示在本屏幕的上部。压裂液摩阻特性制表键含有 SAMPLE 的摩阻压力数据。该表格表示了：当 SAMPLE 压裂液被泵注通过该类型管柱(在井筒结构[F7]屏幕上被给定)的时候，SAMPLE 压裂液的井筒摩阻压力的损失。对于井筒段#的井筒摩阻数据的评述(位于压裂液的修改过的数据情况的下面)告诉你：被显示的摩阻数据是相对于哪个管柱段的。在多于一个类型的管柱的情况下(在先前的井筒结构[F7]屏幕上被给定)，下一个井段区域和上一个井段区域允许你在选定井段的情况下切换并且查看对应于每个井段的不同的摩阻压力的损失

本屏幕上显示(和编辑)的井筒摩阻压力损失数据是服务公司提供的相应曲线的数值化形式。三种流速和相应的摩阻压力的损失被用来描绘这些曲线的特征。第一个流速和与之相应的摩阻压力的损失是从层流区域中得到的；第三个是从紊流区域中得到的；第二个是在这两种流态之间的区域中得到的。

你可以在编辑/查看压裂液数据[SHIFT+F5]屏幕上的压裂液摩阻特性制表键，通过选定摩擦压力--排量按钮绘制在压裂液和支撑剂的选择[F5]屏幕上给出的全部压裂液摩阻数据。这将生成一条类似于如下图显示的系统设置的曲线。



图：井筒摩阻曲线的例子

按动[Esc]键来返回到编辑/查看内插的压裂液数据[shift+F5]屏幕。

因为你将使用死管柱压力来计算测定的静压力(在本章节中的后面，有更多的介绍)，所以，你不需要估算井筒摩阻压力的损失。

为了查看其它被选定的压裂液的可以利用的数据，请在名称的下拉式菜单中选定所希望的压裂液。

本屏幕上的压裂液流变特性制表键含有流态指数(n')和稠度系数(k')，它们都是时间的函数。

现在，选定继续来返回到压裂液和支撑剂的选择[F5]屏幕，然后选定继续来进入施工泵序一览表[F6]屏幕。

入门辅导--压裂分析方式

压裂分析方式中的测试压裂拟合

施工泵序一览表

本屏幕允许你来定义施工中不同的泵注阶段。当处理真实数据的时候，通常较容易的方法是：首先采用图形的方式来确定泵注阶段的长度，然后返回到该屏幕，来给定对应于每一个泵注阶段的被泵注的压裂液类型(和支撑剂类型)。达到该目的的一种方法是：使用一个用户自定

义的曲线。对于本例子来说，下面的方框含有制作该用户定义的曲线的特定的使用说明。在继续后面的步骤以前，请执行方框中所给定的特定的使用说明。

在**信道输入模型**一章中已经自动地设置泵段。只要排量、支撑剂浓度有显著的变化，FracproPT 就会自动地设置泵段。使用 FracproPT 中的**光标编辑方式**，泵段还可以被设置为用图表表示。在**光标编辑方式**中，设置一个泵段只须通过移动光标到泵段的末尾并且按**设置泵段**按钮。当你这么做时，所显示的带有默认值的泵段结束设置信息可能会改变。在确定合理的泵段数目之后按[**Tab**]键更新该屏幕的另一个区域，检查并且按[**Enter**]键。接下来,弹出一个询问框，证实你想这么设置泵段。按 **是** 然后按 [**Enter**] 将认可泵段的设置。

有两种设置泵注阶段的办法，了解这点是很重要的：

- **插入方式**
- **改写方式**

使用前面所描述的方法来进入这两种方式。这两个方式的区别在于，**插入**方式允许你插入一个泵注阶段(或者改变泵注阶段的长度)，而不会影响泵序一览表中后面的泵注阶段的长度。例如，如果你决定采用**插入**方式，来把泵注阶段 2 的长度从 10 分钟增加到 20 分钟的话，那么，后面的泵注阶段的长度不会受到影响。但是，泵序一览表的总长度将被增加 10 分钟。另一方面，**改写**方式允许你通过改变后面泵注阶段的长度来改变一个泵注阶段的长度。例如，如果你采用**改写**方式把泵注阶段 2 的长度增加了 10 分钟的话，那么，泵注阶段 3 的长度就会被减少 10 分钟(如果泵注阶段 3 的长度小于 10 分钟长的话，那么，可能会有更多的泵注阶段的长度会被减少)，同时泵序一览表的总长度会保持不变。

我们现在将通过设定一条**用户定义的曲线**来确定自动泵注阶段。按[**Alt+F8**]进入曲线显示目录屏幕；在曲线 7 上双击然后选定曲线菜单上的**曲线的参数选择**图标。

首先,设定**曲线标题**为" Minifrac data "。然后,在**信道名称**下面的第一个单元格上双击,在**信道类型**方框中选定**数据库**，并且在**信道名称**方框中选定**地面压力[Csg]**。

接下来,选定你在图表上描述这条曲线的颜色。对于**死管柱压力**、**净液排量**和**粘度**信道重复此步骤。当你这样做时,对于如下的每个信道在最右边的数列中输入 **Ymin** 和 **Ymax** 值：

信道	Ymin	Ymax
地面压力(Csg)(psi)	0	4000
死管柱压力(psi)	0	4000
净液排量(bpm)	0	50
粘度(cp)	0	200

表 9: 数据库信道比例因子

做完后，选 **X 轴**并输入**最小值**为 **0**，而**最大值**为 **150**，然后点击**应用**按钮。点击确定按钮返回曲线。该结果曲线应该与图 3 是一致的。

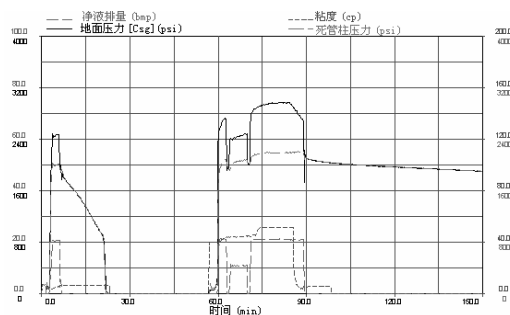


图 3: 测试压裂数据

在你刚建立的作图窗口点击**光标编辑图标**。在这个例子中，我们已经设定了泵注段，但是 *FracproPT* 不能自动识别粘度信道，因此在用 2% KCl 顶替交联冻胶的测试压裂中是不能识别的。

考虑到这种改变，我们必须设定第三段的结束在 85.6 分钟。

当粘度由大约 50 cP 降到小于 10 cP 时，在粘度信道上移动光标到这个时间，然后点击**设定泵段**按钮。现在，在图上方的泵注段上拉动光标到第四段，按鼠标右键来**插入泵段**并确定。该第四段将用 **2% KCl** 顶替 (由 85.6 到 89.3 分钟)。你可以再次在图上方的泵注段条的第四段上右击鼠标选定**自动设置泵段**，于是正确的结束时间便设定。这将自动的找到在 89.3 分钟停泵时这一段的结束点。第五段将是作业结束的停泵时间(由 89.3 到 150 分钟)。移动光标到 150 分钟，按**设置泵段**按钮来设置第五段的结束。

返回到施工泵序一览表屏幕（通过按[F6]键）然后选定**实际的施工泵序一览表**制表键来给定平均的携砂液排量、支撑剂浓度和压裂液类型。施工泵序一览表所用数据如下表 10 所示。注意在此例子中(与主压裂设计不同)没有泵注支撑剂。注意还要根据运行数据库数据运行,你实际上已经选择了**根据时间计算体积**。如果还有其他的泵段超过泵段 5 ,敲击该行编号并选定该行，并且按键盘上 **Delete** 键来去掉此泵段。

泵注阶段	泵段类型	携砂液排量	泵段长度	压裂液类型
1	注水	21	3.9	2% KCl
2	停泵	0.0	53.1	停泵
3	测试压裂	17.0	25.5	50#
4	测试压裂	17.0	4.1	2% KCl
5	停泵	0.0	60.7	停泵

表 10: 测试压裂的施工泵序一览表

一旦该一览表已经设定,选择 **2% KCl** 作为**井筒中液体**，它被指定为在泵注开始之前井筒中的当前压裂液。

接下来,选择该屏幕右下方的**继续**按钮来进入模拟控制[F10]屏幕。

入门辅导--压裂分析方式

压裂分析方式中的测试压裂拟合

压裂分析的控制屏幕

就如较早的时候所解释过的那样，本屏幕是**压裂分析方式**的主屏幕，大多数先前所看到过的屏幕，以及其它先前没有看到过的屏幕，都可以在该屏幕上访问。

请输入**开始时间**为 0，**结束时间**为 200，**时间步长**为 0.1 分钟。注意：*FracproPT* 重新定值的**开始时间**为 2.75 分钟，该值替代了原有的输入值 0。这是因为，这是具有净液排量为正的第一个数据点。

下一步，请选定**运行模拟程序**来启动模型。当完成上述工作之后，请再一次注意本屏幕上半部显示的棒形图。在下图 4 中显示了合成的压力响应。如果你未得到相同的结果,请查找名称为 " minifrac - stagesok.inp "的中间输入文件。

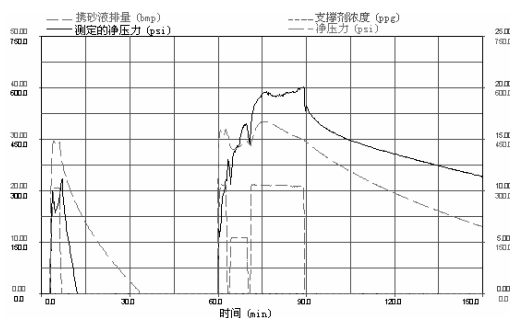


图 4 测试压裂的净压力拟合（尚未拟合）

入门辅导--压裂分析方式

压裂分析方式中的测试压裂拟合

压力分析的讨论

在你继续进行更深一层的学习之前，首先给出测定的净压力和净压力的定义是必须的。为了准确地模拟水力压裂的施工过程，必须知道具有相当精确度的井底压力，当 $P_{\text{Bottomhole}}$ 不能直接测定时，通过使用下列公式，可以计算井底压力：

$$P_{\text{Bottomhole}} = P_{\text{Surface}} + P_{\text{Head}} - P_{\text{Friction}} \quad \text{方程 1}$$

式中： P_{Surface} 是在地面处测定的施工压力； P_{Head} 是井筒中的静水柱压力或压裂液重力；

P_{Friction} 一旦得到了井底压力，通过使用下列公式，净压力， P_{Net} (高于闭合应力的压裂裂缝内部的液体压力)可以被计算：

$$P_{\text{Net}} = P_{\text{Bottomhole}} - P_{\text{Closure}} - P_{\text{Perf/Wellbore}} \quad \text{方程 2}$$

式中： P_{Closure} 是作用在压裂裂缝壁面上的闭合应力； $P_{\text{Perf / Wellbore}}$ 是跨过射孔孔眼的摩阻压力降和跨过邻近井筒区域的压力损失(它是由于压裂液通道的扭曲而产生的)。

在 *FracproPT* 中，测定的净压力根据公式 2 定义。在另外的一方面，净压力（是由模拟软件计算得到的）是测定的排量、压裂液流变参数、支撑剂浓度和储藏参数的函数。净压力拟合的根据是：为了估算压裂裂缝尺寸，需要拟合这些压力(测定的净压力和计算的净压力)的变化趋势。

为了做到这一点，你应该知道某些重要的防止误解的说明。首先，当井底压力数据没有被提

供的时候, 在计算井底压力 P_{Friction} 的过程中, 管柱中的压力损失, $P_{\text{Bottomhole}}$ 的确定是至关紧要的。鉴于这些未知量是依赖于每个压裂作业的特定条件的, 所以, 预测它们是非常困难的工作。作为其结果, 与在施工之前计算得到它们的数值相比, 在压裂作业期间里测定这些摩阻的损失是更容易的事情。在测定这些损失的时候, 通过排量的改变和(或)停泵可以提供有用的数据(参见**确定摩阻损失**)。第二, 在计算得到测定的净压力的过程中, 压裂裂缝闭合压力的准确测定也是重要的。根据声波测井数据, 该值不能精确地被确定。明智的方法是: 在压裂目的层和在其它地层处, 进行应力测试或者小体积的测试压裂来测定闭合应力, 而不是使用声波测井资料(参见**确定应力剖面**)。第三, 准确地确定储藏的滤失特征同样是重要的, 因为在压裂裂缝的扩展过程中, 它是一个关键性的参数(参见**确定渗透率/滤失剖面**)。

入门辅导--压裂分析方式

压裂分析方式中的测试压裂拟合

闭合应力的确定

首先, 我们对于二个测试压裂以及测试压裂分析 (SHIFT+F8) 屏幕的**输入**制表键上设定泵注开始和泵注结束时间。FracproPT 允许你对 3 个泵注过程进行诊断分析, 在本入门辅导中我们将仅仅集中讨论泵注#_1。设定该泵注段的类型为**清水注入**(与施工泵序一览表 (F6) 屏幕中的**实际的施工泵序一览表**制表键中的泵段 1 相对应)。设定开始时间和结束时间最容易的方法是选定**自动**, FracproPT 会根据已经设定的泵段自动地拾取时间。注意到在压力下降期间, 压力在 21 分钟被释放, 所以设定**压力下降结束**时间为 21 分钟。使用[Alt+R]运行模型并且选定**生成曲线**按钮。然后, 选定**结果**制表键来分析压力下降曲线。

结果屏幕的表格当前的显示为零, 但是当我们使用二个测试压裂进行计算分析时, 该表格将被填写。首先, 为确保拾取准确的时间段, 在曲线名称的**泵注阶段摘要**上双击。如果该泵段的垂向的线条未与实际的泵注阶段对应, 那么你必须首先正确地设定你的泵段时间。关闭此曲线并且在**瞬时停泵压力**曲线上双击。一旦你已经选定一条曲线, 在该曲线上如何进行操作的详细指令可以很容易地通过选定帮助(F1)键来查看。通过在测定的井底压力信道上右击来确定一条切线位置。通过提拉切线的端点或者切线本身来改变该切线的位置。一旦你对测定的井底压力信道的调整感到满意, 移动光标到该切线与泵注结束的垂线的交叉点处右击。单击**确定**接纳 4614 psi (0.75 psi/ft) 作为 BH 瞬时停泵压力值并且该值进入**结果**制表键。为确定在泵注结束时近似的净压力, 拾取 BH 瞬时停泵压力是必需的, 这很容易根据下式来确定:

$$P_{\text{net, obs, end of pumping}} = \text{BH ISIP} - \sigma_{\text{closure}} \quad \text{方程 3}$$

我们现在将使用若干条诊断曲线来确定裂缝闭合应力。对于每条诊断曲线请按照帮助文件(F1)屏幕上的专用指令去做。在开始分析每条曲线之前, 进入**选项**制表键, 然后在**根据以下状况选择闭合应力**的选项选定**偏离一直线**。为了查看压力详情, 对于压力信道在 Y 轴**自动比例**下选定**最大最小**。

进入**结果**制表键然后双击**平方根曲线**。在测定的井底压力信道上的压力下降处做一切线, 并且求出裂缝闭合应力大约为 4250 psi (0.692 psi/ft)。裂缝看起来大约在 5 分钟以后闭合, 因为这时压力信道对应的测定的井底压力显著地下降并且偏离该切线。在该切线开始偏离这个信道处右击鼠标, FracproPT 将为你提供一个大约为 4250 psi 闭合应力。

G 函数曲线的叠加导数显示的裂缝闭合应力要稍微地高一些, 为 0.71 psi/ft, 但是实际上来说这个解释还有缺陷, 叠加导数在后来的时间不是向下而是向上。在一些实例中给出了较好

的闭合应力分析的实例。

在闭合应力剖面中已经包括裂缝闭合应力,在深度 6136 ft 处的裂缝闭合应力等于 4250 psi,这与平方根曲线分析的一样。我们将因此对其余的分析保持这个值。

入门辅导--压裂分析方式

压裂分析方式中的测试压裂拟合

确定摩阻损失

在完成该测试压裂的净压力拟合以前,我们将有测定的净压力减去近井筒区域摩阻和射孔孔眼摩阻。在压裂作业中估算入口摩阻(近井筒区域摩阻加射孔孔眼摩阻)的最有效方法是进行一系列的排量变化和/或停泵。每次排量改变(或停泵),你获得排量和对应的压力两个数值。由此,你可以估算出管柱存在的整个摩阻以及射孔孔眼与近井筒区域的摩阻。

当你运行模型时, **FracproPT** 计算射孔孔眼摩阻(如你以前规定的孔眼直径为 0.330"的 200 个孔眼时的结果)并从**死管柱压力**减去便得到图 4 的观测净压力。(然后如方程 1 和 2 所示,加上净液柱压力再减去闭合应力)。然而,要注意不仅在停泵最后时(在 89.1 分钟时)而且在两次短暂停泵的开始时测定的净压力也瞬时降低(在 62.9 和 69.9 分钟)。

由于在这些测试压裂过程中没做分步排量降试验,所以不能确定多大的入口摩阻是由于射孔孔眼的摩阻,而多大的入口摩阻是由于近井筒区域的摩阻。因此,假设射孔孔眼的摩阻等于根据射孔孔眼个数、压裂液密度、排量来算出的理论数值,而其余的则是由于近井筒区域的摩阻。**FracproPT** 允许在射孔孔眼和近井筒区域摩阻[F8]屏幕中模拟近井筒区域摩阻。在这个屏幕上,你可以输入压裂液改变的**入口摩阻檢奔洌** 謔墙崧 ψ 璧谋湮

将下表中的数据输入到射孔孔眼和近井筒区域摩阻[F8]屏幕的**入口摩阻檢奔** 然后运行模型(通过选定在压裂分析的模拟控制[F10]屏幕的**运行模拟程序按钮**)。下图显示为压力拟合的结果。注意测定的净压力的瞬时压降将不再存在。这表明大多数的摩阻已从数据中除掉。

时间 (min)	排量 #1 (bpm)	排量 #2 (bpm)	近井筒摩阻 (psi)
0	25	0	0
90	25	0	60

表 11: 近井筒摩阻屏幕的参数输入

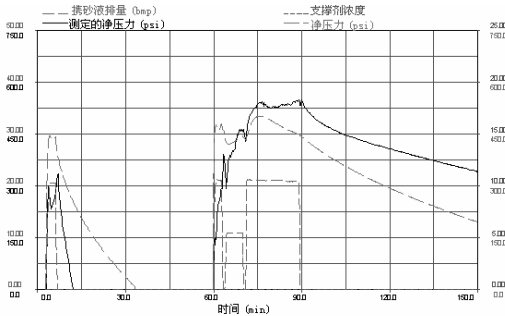


图 5: 在测试压裂中除掉摩阻的净压力拟合结果

重要的是要注意到在这一点,当 **2% KCl** (第一次停泵) 和 **50#** (最后停泵) 进入地层时,即停泵的第一次与最后一次不仅是有助于确定摩阻存在的大小,而且有助于确定地层滤失特性

(见**确定渗透率/滤失剖面**)。

该分析的中间结果则以"Minifrac-closure&frictionOK.inp"为文件名被保存。

入门辅导--压裂分析方式

压裂分析方式中的测试压裂拟合

确定渗透率/滤失剖面

渗透率/滤失剖面，它在储藏参数[F9]屏幕上被输入，在净压力的模拟计算中被使用。它是模型的一个非常重要的输入参数。实际上，压裂目的层和周围地层的渗透率可以起到比应力剖面更大的作用。这就是对于一个好的压力拟合来说，确定可靠的渗透率剖面是必不可少的理由。但是，存在的问题是：测定本参数的物理学角度上的复杂性。地层的渗透率或者它的一部分依赖于很多参数，其中包括岩石类型、孔隙度、流体类型和天然裂缝的存在等，还有很多其它的参数。可以通过多种多样的方法来估算渗透率，包括岩心的直接测量、根据各种测井曲线的估算以及压力恢复试井(PBU)等。由于在文献中描述过的各种原因，这些方法中没有一个方法可以提供相似的甚至是可以复验的结果。

然而，在一个长的停泵期间使用压力下降数据来估算滤失是相当简便的。这些停泵不但提供了由于摩阻引起的压力损失的计算方法,而且可以用来确定滤失和压裂液效率,用他在任何时候可估算裂缝系统内部总容积。然而，在一个长的停泵期间使用压力下降数据来估算滤失是相当简便的。这些停泵不仅提供了估算由于摩阻引起的压力损失的方法，还可以用来确定滤失。如果在泵注的早期阶段和泵注结束时刻停泵时间足够长的话，那么，为了在这些期间里拟合压力逐渐下降的斜率，你可以通过反复地改变滤失/渗透率剖面来估算储藏的滤失(及在压裂进程中的相关渗透率)。当压力下降被拟合之后，你可以在压裂施工的剩余(其它)泵注阶段的压力拟合过程中使用相应的渗透率/滤失剖面。

在本次压裂作业中，通过在第一次停泵和最后一次停泵，即从 6.6 到 59.6 分钟期间和从 89.3 到 150 分钟期间的压力下降的斜率的拟合，可以分别地估算对应于 **2%KC1** 和 **50#** 压裂液的地层的渗透率(在压裂进程中)。可以预计到，每个压裂液的滤失还将依赖于它自己所特有的滤失特性(例如造壁滤失系数 C_w 和初滤失特性)。特定地，因为 **2%的 KC1** 不会形成任何滤饼，所以，它的滤失应该将比 **50#** 凝胶压裂液的滤失要大得多。当你比较 **2%KC1** (在第一次停泵期间)与 **50#** 凝胶压裂液(在最后一次停泵期间)正在滤失期间的压力下降的时候，在图 15—6 中就会看到这一点。

因此，如果 **50#**凝胶被预计有重大的造壁滤失系数的话，那么，通过在储藏参数[F9]屏幕上改变地层的渗透率，你会更容易地拟合 **2 %KC1** 的压力下降。在完成了 **2 %KC1** 的压力下降的拟合之后，你可以保持地层渗透率为常数，然后通过改变 **50#** 凝胶压裂液的造壁滤失系数来拟合在最后停泵期间里的压力下降曲线。

因此，如果 **50#**凝胶被预计有重大的造壁滤失系数的话，那么，通过在储藏参数[F9]屏幕上改变地层的渗透率，你会更容易地拟合 **2 %KC1** 的压力下降。在完成了 **2 %KC1** 的压力下降的拟合之后，你可以保持地层渗透率为常数，然后通过改变 **50#** 凝胶压裂液的造壁滤失系数来拟合在最后停泵期间里的压力下降曲线。

到目前为止，你已经使用了表 3 的渗透率剖面，这导致了图 5 所示的净压力拟合的结果。在该图上注意：(模拟)净压力下降的斜率比测定的净压力(现场数据)下降的斜率要缓慢。这意味着，在储藏参数[F9]屏幕上假设的滤失，比实际的滤失要小。为了补偿，(在储藏参数[F9]屏幕上)把孔隙流体渗透率从 **0.01** 增加到 **0.1mD**，该值对应的是从 5917 英尺开始到 6060 英尺结束的地层，然后，通过在压裂分析的控制[F10]屏幕上选定**运行模拟程序**，或者在任何时候

按动[Alt+R]组合功能键来再次运行模拟程序。

请查看压力拟合(结果)(通过在结果曲线[Alt+F2]屏幕上选定**压力拟合**)。相应的曲线被复制在下图 6 中。在该图中,你将注意到:净压力下降的斜率现在比它早先的净压力拟合图中所显示的要更接近了,但是,它还是比测定的净压力要小。所以,你需要进一步增加渗透率。请令这些地层的渗透率为 **0.05mD**。当你完成上述工作、然后查看压力拟合(结果)的时候,你将注意到,紧随第一次注水试验后的净压力下降几乎与测定的净压力的下降是完全相同的,如图 7 所示。因此,保持用 0.05mD 作为地层渗透率的估算值。

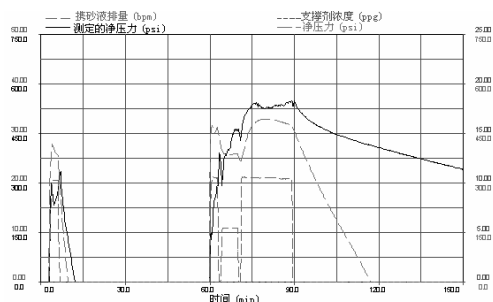


图 6: 渗透率取 0.1mD 时的压力拟合 (尚未拟合)

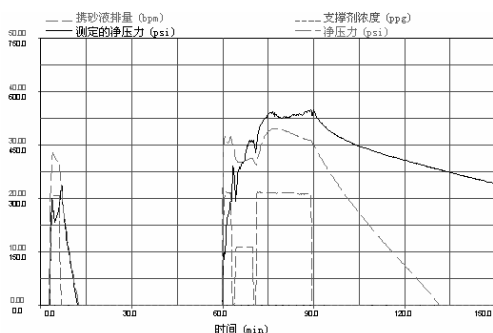


图 7: 渗透率取 0.05mD 时的压力拟合 (拟合注水试验)

地层渗透率和压裂液滤失特征之间的关系是由从储藏参数[F9]屏幕上进入的储藏滤失参数/多层滤失参数屏幕上的参数来确定的。泵注的压裂液的造壁滤失系数也对滤失有影响。该参数是在从压裂液和支撑剂的选择[F5]屏幕上进入的编辑/查看压裂液滤失和密度数据屏幕上被给定的。就本次压裂施工来说,鉴于 **2 % KC1** 的滤失是非常不同于 **50#**凝胶压裂液的滤失,所以,该参数是重要的。因此,你可以通过改变 **50#**凝胶压裂液的造壁滤失系数来改变它的滤失,而不需要改变储藏参数。为了完成上述工作,请进入编辑/查看压裂液数据[SHIFT+F5]

屏幕,在压裂液滤失和热力学特性制表键的造壁滤失数据框中输入 $0.001 \text{ ft}/\sqrt{\text{min}}$,然后,运行模型。

图 8 是 CW 为 **0.002** 时的压力拟合的曲线。请注意, **50#**凝胶压裂液的 CW 的改变不影响在第一次停泵期间(因为在压裂裂缝内部是 **2% 的 KC1**)的净压力。在另一方面, CW 的增加会显著地影响第二次停泵期间的滤失,原因是,这时在压裂裂缝内部的是 **50#**凝胶压裂液。

再次改变 CW 为 0.0004,然后运行模型。现在,当你查看曲线的时候,测定的净压力和模拟的净压力应该是相互拟合的。下图 9 显示了该拟合结果。

在这里,注意到以下说明也是重要的:造壁滤失系数对滤失的影响是有限的。所以, CW 的无限的增加/减少将仅仅在压裂液的滤失中导致有限的影响。

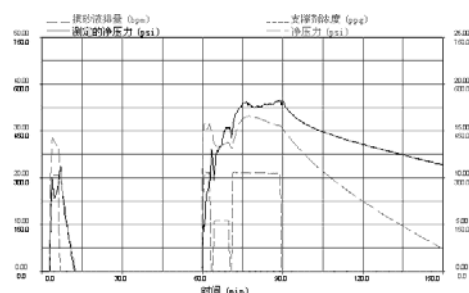


图 8：渗透率取 0.001mD 时的压力拟合

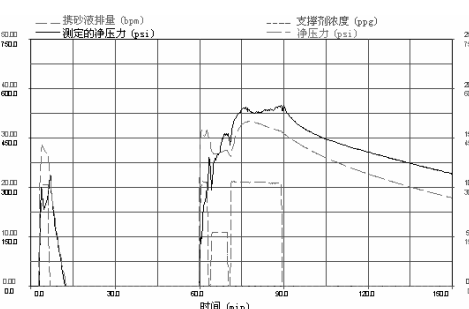


图 9：造壁滤失系数取 0.0004 时的压力拟合

我们可以用造壁系数来拟合压力下降的斜率，但是无法拟合压降的大小。在较大规模压裂施工过程中净压力较高的一个可能的原因是现场压裂裂缝相当的复杂。最然不可能精确地确定这些裂缝的本性，但是 FracproPT 可以通过引入同时有多条裂缝的延伸而将其简化。该压裂裂缝系统被解释为数个等效（相同尺寸）重叠的裂缝。你可以在多裂缝屏幕中做如下变更，该屏幕可以从储藏参数[F9]屏幕进入。

时间(min)	体积因子	滤失因子	宽度因子
0	1.0	1.0	1.0
60	1.0	1.0	1.0
90	1.4	1.0	1.4

表 12：多裂缝屏幕的输入参数

按经验，你们应仅改变在泵入过程中的多裂缝设定。为此，在 60 分钟的裂缝条数应保持与开始是一样的。在测试压裂过程中，FracproPT 线性插值为多条同时生成的“等效”裂缝。裂缝的复杂程度（体积因子和宽度因子两者均增大）数值为 1.4，则解释为裂缝面有一半是被附加的裂缝所重叠。实际上，裂缝的几何尺寸是远比此简化解释要复杂的多。下图 10 为由于多裂缝的生长通过增大裂缝复杂相关因子的压力拟合曲线。

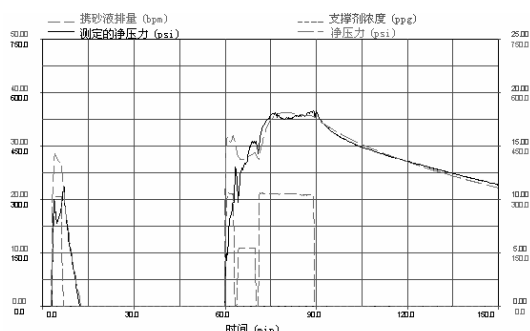


图 10: 多裂缝的体积因子和宽度因子为 1.4 的压力拟合曲线

入门辅导--压裂分析方式

压裂分析方式中的测试压裂拟合

确定应力剖面

在储藏参数屏幕[F9]上被描述的应力剖面也被本模型用来计算净压力。该剖面可以从直接泵注测试的结果来获得(极为昂贵)。这些应力测试,是在压裂目的层里面以及相邻地层里面的适当的层段中进行的,通常是地层中应力大小的唯一的直接测量方法。当应力测试是不能被使用的、或者不适当地被实施/解释的时候,在一般情况下,通常唯有使用准确的岩性测井数据才能足以估算出这些应力。地层的岩性学知识允许你估算出不同地层的应力梯度(根据地层的矿物组分),从而建立起一个应力剖面;当这两个方法中的任何一个都不能被采用时,你也许能够使用邻近井的应力剖面或岩性测井数据。

虽然从应力测试中推导出的应力不可避免地具有与其有关的误差范围,但是,通过应力测试得到的应力比根据声波测井数据导出的应力要更准确。当然,在拟合压力的时候,这些值应该不是绝对的可信的。好的压力拟合将总是伴随着一些对最初应力剖面的修改。Pakenham 提供的一个实例也包含在 Tutorial 中。

应力大小的改变,尤其是在射孔层段的内部,还将影响到测定的净压力。*FracproPT* 寻找在射孔段顶部和射孔段底部之间(它们位于储藏参数[F9]屏幕的左侧)的层段间隔,然后,根据该层段间隔的最小地应力的加权函数以及到射孔层段中部的距离的加权函数,来确定**压裂裂**

缝的初始深度。模型使用该应力为 P_{Closure} ,并且通过方程 2 来影响测定的净压力。

入门辅导--压裂分析方式

压裂分析方式中的测试压裂拟合

保存测试压裂的拟合结果

当你已经完成在拟合测试压裂数据中用到的所有的上述步骤之后,你就该准备把你的结果保存到磁盘上了。在 *FracproPT* 上选定图标**另存为**并且保存你最终的拟合。最终的拟合已经以名称" minifrac - matchok.inp "进行了保存。

入门辅导--压裂分析方式

拟合主(加砂)压裂

既然你已经拟合了测试压裂的压力响应,那么,对于拟合主(加砂)压裂的压力响应所需要的参数,你已经具有了好的理念,包括地层的应力剖面和渗透率剖面,还有被泵注的凝胶压裂液的造壁系数。

入门辅导--压裂分析方式

拟合主压裂施工

查找测试压裂拟合的输入文件

为了拟合主压裂的压力响应,你需要像压裂设计和测试压裂拟合那样创建一个 *FracproPT* 的输入文件。最容易的方法是采用包含在你的最终测试压裂拟合中的输入文件" Minifrac - matchOK.inp "。如果你在 *FracproPT* 中的当前打开的文件不是这个,那么使用**查找输入文**

件的图标来查找" Minifrac - matchOK.inp "。

入门辅导--压裂分析方式

拟合主压裂施工

修改测试压裂拟合的输入文件

现在,你将修改" Minifrac - matchOK.inp "必需修改的部分。选定**继续**按钮进入压裂分析选项[F4]屏幕，然后选定主压裂数据库(mainfrac data.dbs),该文件与测试压裂数据在相同的目录。

按继续键然后进入**模型的信道输入**[Shift+F6]屏幕。 在本屏幕上的数据库信道名称输入区域中加载两个压力信道和排量信道以及支撑剂浓度信道：

地面压力 [Csg]	==>	施工压力
死管柱压力	==>	死管柱压力
携砂液排量	==>	携砂液排量
支撑剂浓度	==>	支撑剂浓度

为了加载一个信道（比如**死管柱压力**）,进入适当的输入区域（在这个区域含有**死管柱压力**），然后在**数据库信道名称**列上双击。将显现包含在数据库文件中六个信道的列表。从列表选定适当的信道(**死管柱压力**)并且对其他的二个信道（**地面压力**[csg]和**净液排量**）重复此步骤。

一旦你已经指定了四个信道，请进入本屏幕的底部的测定净压力的计算模式并且选定**根据死管柱压力计算**。

选定此屏幕底部的**根据测定的数据来设置泵注阶段**按钮并且选定此屏幕底部**自动设置泵段**按钮。 这将自动地设定 11 个泵段并且把它添加到施工泵序一览表[F6]屏幕上的实际的**施工泵序一览表**制表键中。

关闭裂缝模型的输入曲线并且按 F6 键进入施工泵序一览表[F6]]屏幕。在这个循环中其他的屏幕是无须改变的。

为了创建一条具有 **X 轴极大值**为 150 的用户定义的曲线重复该步骤（如前一章提要），使用 MAINDATA 信道并且取坐标极限与曲线显示目录[Alt+F8]屏幕的曲线 7 相同。

信道	Ymin	Ymax
地面压力	0	4000
死管柱压力	0	4000
携砂液排量	0	100
支撑剂浓度	0	40

表 13：数据库信道比例因子

相应的曲线应该与下图 11 中显示的曲线是完全相同的。在该曲线窗口中，选定**光标编辑**。这将把你带到另一个屏幕，它包含有该曲线的按比例绘制的拷贝。

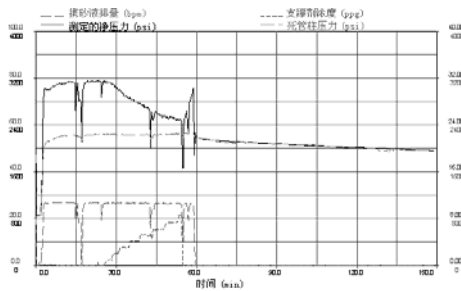


图 11 主压裂的施工数据

一旦泵段长度已设定，那么进入压裂施工泵序一览表[F6]屏幕，显示每个泵注段的泵段类型、压裂液类型、支撑剂类型。这些是和你们在入门辅导的第一章中根据作业设计参数运行 *FracproPT* 是一样的，这些参数仍保留在施工泵序一览表中。

最后要改的是射孔及近井筒摩阻[F8]屏幕。近井筒摩阻可变为时间的函数，而测试压裂的结束点应是主压裂的开始点。为能在施工结束停泵过程中不断观测净压力，设定在排量为 25 bpm 时近井筒摩阻需为 60psi.

时间 (min)	排量 #1 (bpm)	排量 #2 (bpm)	近井筒摩阻 (psi)
0	25	0	60

表 14：主压裂拟合的射孔和近井筒摩阻输入参数屏幕

最后，用测试压裂的多裂缝屏幕输入数据的最后一行的数值作为新输入数据的第一行。该多裂缝屏幕看上去应和以下表 15 是一样的。这还是遵循在停泵期间裂缝复杂性不会改变的定律（在此情况下，停泵期间为测试压裂和主压裂之间的间隔时间）。

时间(min)	体积因子	滤失因子	宽度因子
0	1.4	1.0	1.4

表 15：多裂缝屏幕的输入参数

按继续键进入模拟控制[F10]屏幕。.

入门辅导--压裂分析方式

拟合主(加砂)压裂施工

净压力拟合

在运行模型之前，你需要输入开始时间为 0，结束时间为 100，时间步长为 0.5 分钟。请注意，*FracproPT* 指定 1.92 分钟为开始时间(替换了你所给定的开始时间为 0 分钟)，原因是，1.92 分钟是具有正的携砂液排量的第一个数据点。

下图 12 是压力拟合结果的拷贝。通过比较净压力（计算的）和测定的净压力（实时采集的），很明显，在停泵之后（在大约 60 分钟）计算的滤失比实际的要高。然而,在储藏参数[F9 屏幕]所用到的地层渗透率的值来源于测试压裂。这个事实说明滤失是可以随压力变化的。

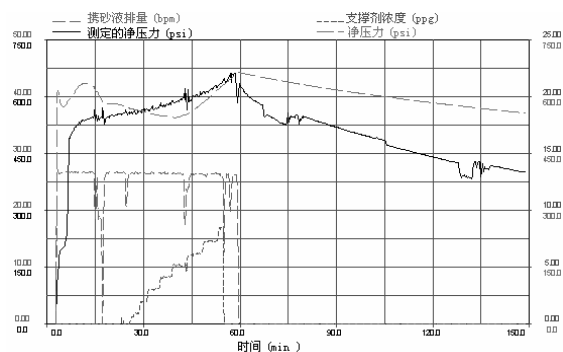


图 12 根据测试压裂参数得到主压裂的初始压力拟合

我们可以在多裂缝屏幕通过改变滤失因子来间接地体现随压力变化的滤失。通过使用以下的表格设置可以获得最终的拟合。

时间(min)	体积因子	滤失因子	宽度因子
0	1.4	1.0	1.4
60	1.4	2.0	1.4

表 16：主压裂拟合时多裂缝屏幕的输入参数

图 13 显示了造壁滤失系数为 0.0014 的时候的压力拟合。拟合主(加砂)压裂所需的渗透率剖面、应力剖面和模量剖面都是根据测试压裂的数据而得到的。实质上，在拟合主(加砂)压裂的压力响应的时候，这些参数都没有被修正过。这就突出说明了在主(加砂)压裂之前进行测试压裂的重要性，原因是：测试压裂为压裂施工作业的分析提供了很多的数据。因为测试压裂提供的数据允许分析者更容易地、更迅速地、实时地分析主(加砂)压裂，然后调整施工泵序一览表来达到所希望的效果，所以，在进行实时分析的时候，上述论述尤其是正确的(实时分析是 *FracproPT* 的独一无二的特性)。

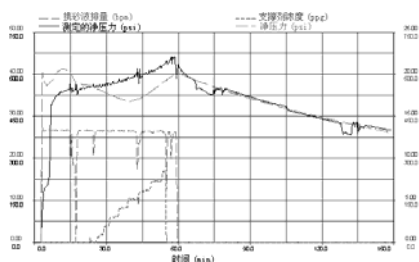


图 13：主压裂的压力拟合

入门辅导--压裂分析方式

拟合主(加砂)压裂

保存压力拟合结果

一旦你已经结束了为了拟合主(加砂)压裂施工数据而进行的上面所略述的步骤，你应该准备保存你的文件。使用图标 **另存为** 来保存文件。注意最后的文件已经被作为 "mainfrac-matchok.inp" 保存到 Tutorial 中。

入门辅导--压裂分析方式

拟合主(加砂)压裂

入门辅导--压裂分析方式

拟合主(加砂)压裂

生成报告

一旦你完成了拟合,你可以点击**工具**,也可以从 **FracproPT** 选单中选定**生成报告**。这将带你来到[**SHIFT+F2**]报告设置屏幕。

在**曲线制表键**上,你可以选定一些你已经生成的用户定义的曲线,并且可以在**内容和版面设计**制表键选定**报告内容**。在完成你的选定之后,压**生成报告**按钮接着 **FracproPT** 将用选定的报告内容生成 Word 文档。

入门辅导--压裂分析方式

在拟合能出现困难的原因

本入门辅导的本章节将讨论:当拟合真实数据的时候,你可能会遇到困难的某些领域。

入门辅导--压裂分析方式

在拟合渗透率剖面中出现困难的可能的原因

渗透率剖面

在测试压裂拟合和主(加砂)压裂拟合之间变换的时候,往往需要对渗透率的估算值进行修改。这与两个(测试压裂的和主(加砂)压裂的)压裂裂缝尺寸之间的差异有关。鉴于测试压裂所使用压裂液的体积较小,其压裂裂缝壁面的表面积也较小,所以,压裂液滤失进入地层的面积也较小。作为其结果,测试压裂期间的压裂液滤失可能与主(加砂)压裂期间的压裂液滤失是不同的。另外,如果距离射孔段的某处有高渗透率薄夹层(高于射孔段或低于射孔段),较大规模的主(加砂)压裂的压裂裂缝可能会遇到它们,而测试压裂的压裂裂缝则没有遇见。很明显,这当然会导致在测试压裂和主(加砂)压裂之间的滤失性状的不同。

入门辅导--压裂分析方式

在拟合应力剖面中出现困难的可能的原因

应力剖面

应力剖面的测定也是不确定性的一个来源。应力测井数据是不精确的。这就是在一般情况下,为什么要使用测定的应力来校准它们的原因。即使这样,测定的应力是根据泵注/停泵和泵注/反排试验的数据被得到的。这些试验是在很少的射孔段间隔的范围内被实施的,同时,它们的结果被用来校准整个的应力测井剖面。在一般情况下,这些结果是根据压力对时间的平方根的曲线的解释被得到的。因为至少有三种方法根据这些曲线来解释闭合应力(通常会有三个不同的结果),所以,这是不确定性的另一个来源。另外,根据这些曲线获得的、用来校准应力测井数据的闭合应力,实际上是每一被实施试验的层段间隔中的闭合应力的平均值。这就是为什么应力测井的校对者在提供确定的、唯一的应力值的时候,可能会有欺诈感觉的原因(由于过程中的固有误差,还不如提供应力值的范围)。这些在应力测井的解释中固有误差的来源使得结果具有不确定性。因此,在很多情况下,使用地层的简便的岩性测井数据经常是更有效的。在很多情况下,根据地层中的岩性知识而提供的它们特有的应力梯度往往与昂贵的测井数据具有同样精度的地应力测定值。然而,在地层的不同的射孔段间隔内部、通过泵注/停泵试验而得到地应力的实际测定方法是没有代替技术的。

但是,当实施泵注/停泵试验的时候,必须充分注意:要有足够的时间来使压裂裂缝闭合。通常,

压裂裂缝没有被允许完全地闭合，这会导致过早的、不正确的闭合应力估算值。