



“十三五”国家科技重大专项任务“页岩气藏数值模拟平台研发(2016ZX05037003-002)”承担单位

北京软能创科技有限公司

Energy Innovation Software Co., Ltd.

A blue-tinted background image showing the silhouettes of several oil pumpjacks (jack-o'-lanterns) in an oil field.

2019-2020

产品简介

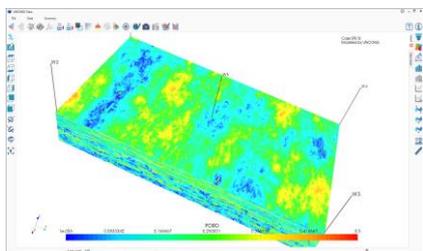
关于我们

北京软能创科技有限公司 (Energy Innovation Software Co., Ltd.)，简称Ennosoft，成立于2015年，注册资本2640万元，是由北京协同创新研究院等发起成立的，主要从事石油天然气专业软件研发与销售、技术研发与技术服务、以及硬件定制与销售的高科技公司，是“十三五”国家科技重大专项任务“页岩气藏数值模拟平台研发(2016ZX05037003-002)”承担单位。

公司核心团队主要来自北京大学、国内外著名企业、科研院所和石油院校的既精通石油天然气理论研究又擅长数学与软件编程的技术专家组成。公司紧随石油行业最新的研究成果，为石油单位提供专业化的服务。



软件研发与销售



软件产品

- ◆ QUICK气藏产能评价软件
- ◆ USTIM水力压裂模拟软件
- ◆ UNCONG油气藏数值模拟软件
- ◆ QWELL井筒多相流计算软件等

软件定制

- ◆ 代码加工
- ◆ 模块研发定制
- ◆ 完整软件研发定制
- ◆ 商业软件插件研发定制

技术研发与技术服务



技术研发

- ◆ 十三五国家科技重大专项“页岩气藏数值模拟平台研发”
- ◆ 北京市科委“非常规油气藏压裂复杂缝网模拟与设计软件开发”等

技术服务

- ◆ 行业咨询
- ◆ 技术与软件培训
- ◆ 勘探开发技术服务

硬件研制与销售



硬件产品

- ◆ EnnoCloud数值模拟云计算平台
- ◆ 提供销售、租赁和云计算服务等多种解决方案

硬件定制

- ◆ 软件产品配套硬件定制
- ◆ 数值模拟私有云产品定制

研发机制

公司通过自主研发以及与北京大学等高校和科研院所合作研发新理论和技术，采用产、学、研结合的模式，把最新的科研成果产业化，为客户提供专业化、定制化的产品和服务，并可根据客户的需求对产品和服务做出快速而精准的调整，更有效地提高客户的生产效率。

公司官网：www.ennosoft.com。官网提供UNCONG和QUICK软件的三个月试用版，试用版软件包含示范算例和使用手册。



UNCONG

油气藏数值模拟软件
版本：2019



QUICK

气藏产能评价软件
版本：2019



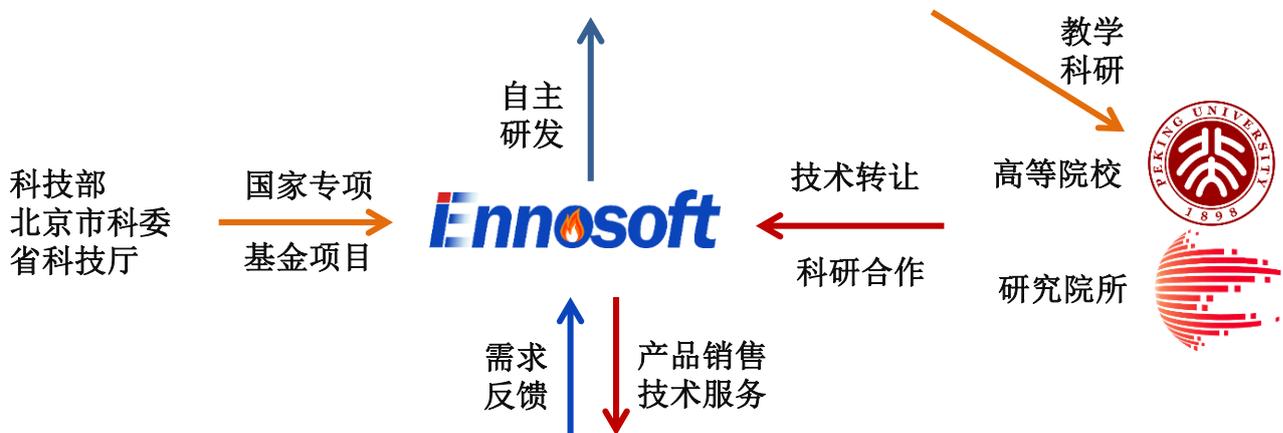
USTIM

水力压裂模拟软件
版本：1.0 (在研)



EnnoCloud

数值模拟云计算平台
型号：I型 (在研)



企业客户



中国石油





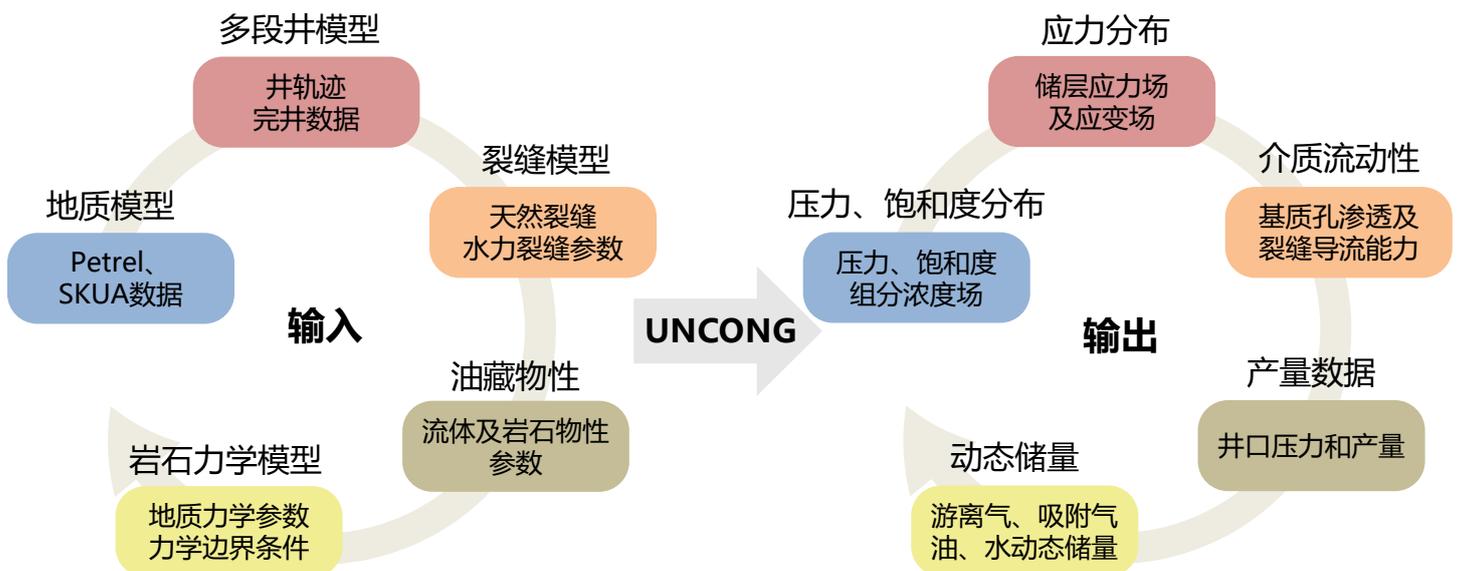
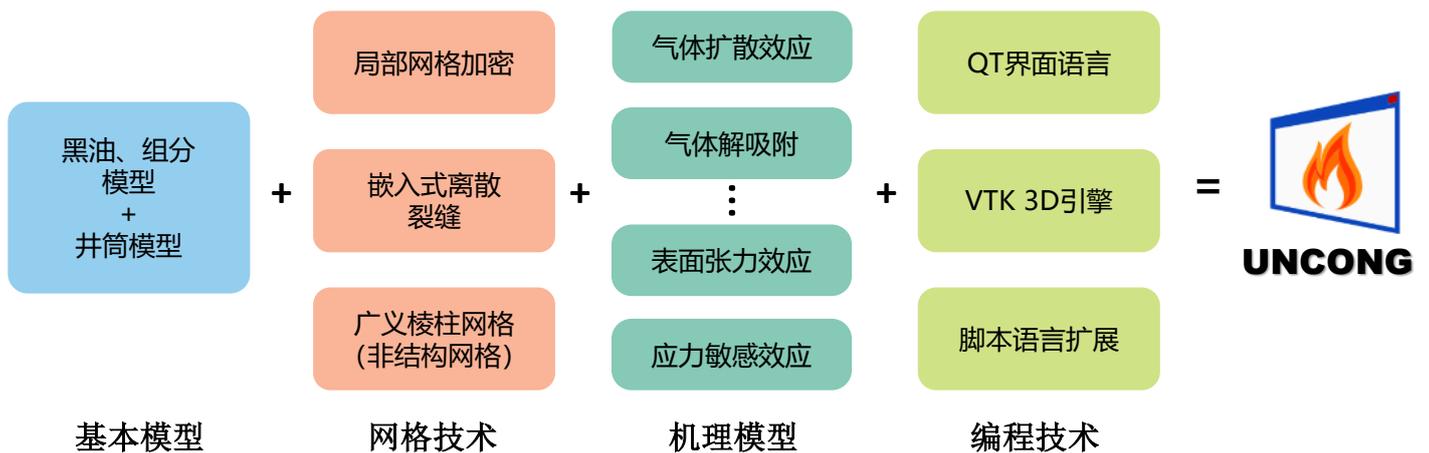
UNCONG多功能油藏模拟软件

UNCONG是黑油/组分模拟器，能够有效解决常规油气藏、页岩油、页岩气和煤层气藏模拟中的难点问题。UNCONG**擅长模拟裂缝型油藏**，可以快捷地建立复杂的裂缝模型，通过高精度算法计算裂缝内的多相流。UNCONG自2010年起由北京大学研发，2015年后由北京软能创科技有限公司进行商业化开发。

UNCONG的主要特点

- ◆ 模拟裂缝型油藏时能保留裂缝的细节信息
- ◆ 包含流固耦合模型，地质力学方程与储层流动方程全隐式耦合
- ◆ 井筒管流模型与油藏模型的全隐式耦合
- ◆ 模拟器采用OpenMP并行，高效运行于工作站电脑
- ◆ 支持Petrel地质模型导入，支持主流数模软件Eclipse、CMG的物性数据导入

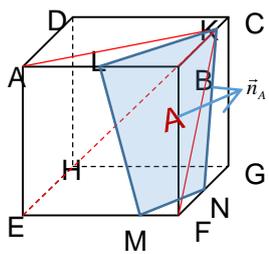
行业领先的油气藏模拟软件



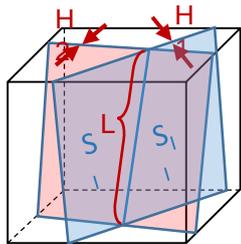
UNCONG—特点与优势

嵌入离散裂缝 (EDFM)

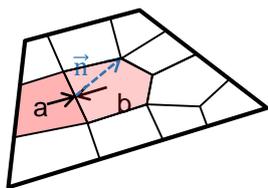
- ◆ EDFM是目前最易用的裂缝描述方法
- ◆ 修改裂缝时只需变动裂缝文件数据，原数据文件的其他部分无需修改
- ◆ 裂缝与基质、裂缝与裂缝、裂缝与井的接触完全由模拟器自动搜索
- ◆ 基质网格支持任意角点网格、双重介质、MINC模型、张量渗透率和局部加密



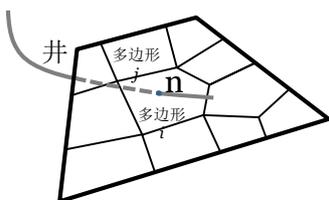
基质与裂缝的传导率



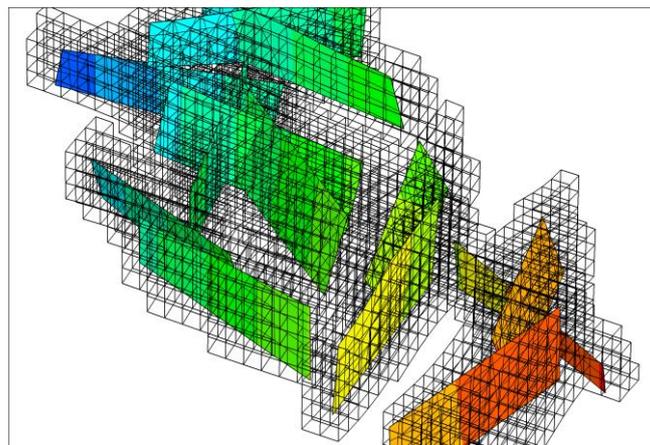
裂缝与裂缝的传导率



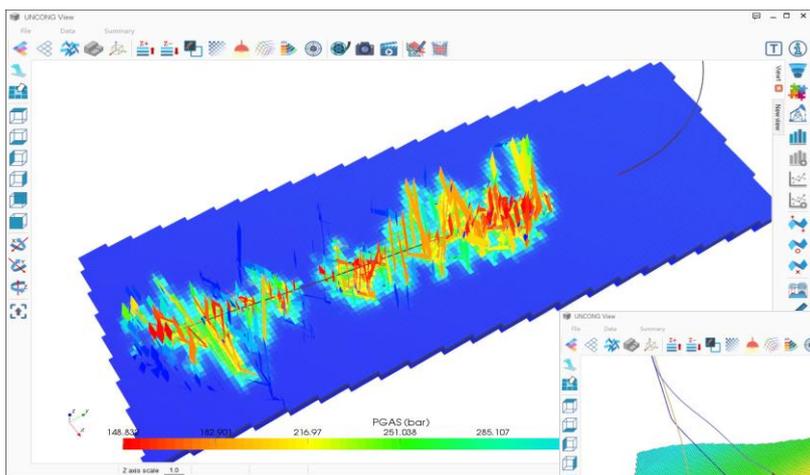
裂缝内部的传导率



裂缝与井筒的井指数

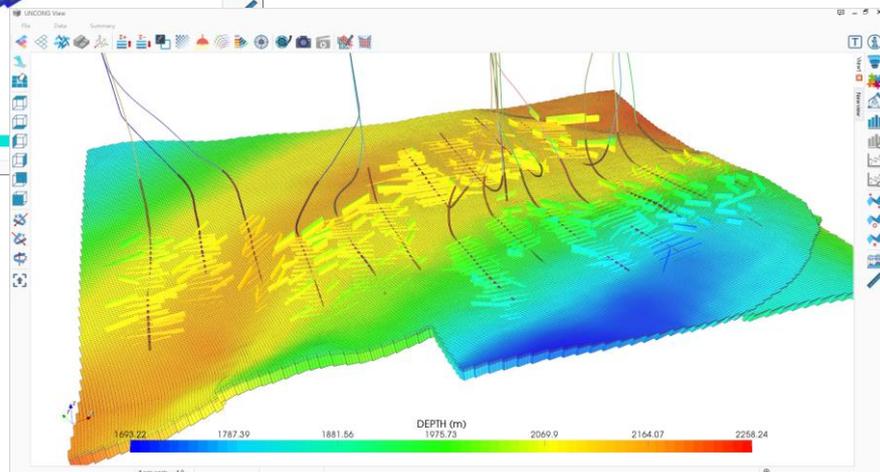


嵌入式裂缝与基质网格的关系示意图



水平井与嵌入式离散裂缝

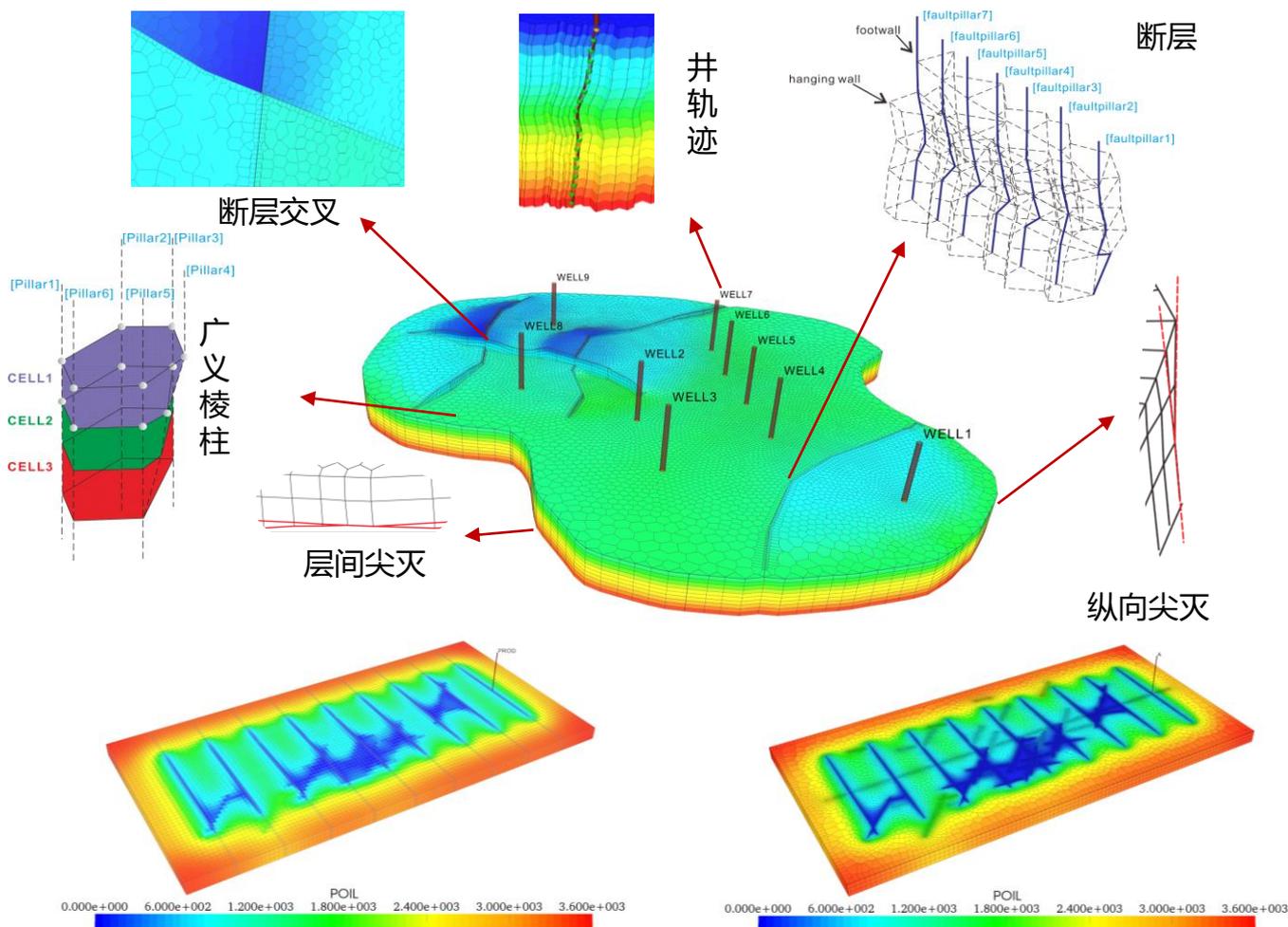
全工区嵌入式离散裂缝



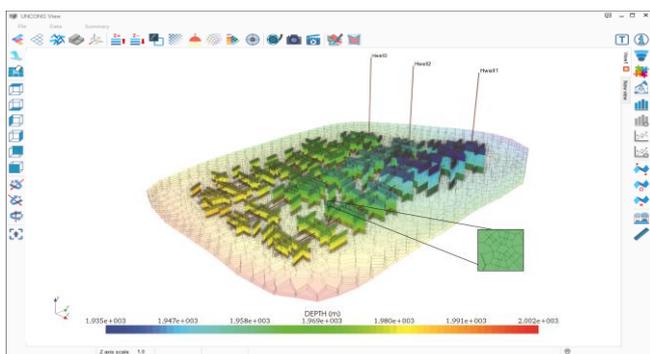
UNCONG—特点与优势

广义棱柱网格 (GPG)

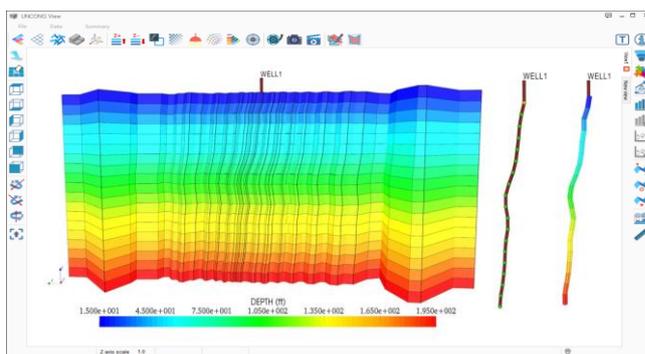
- ◆ GPG以柱线为基础，数据格式与角点网格 (CPG) 相似
- ◆ 可以自然模拟断层、尖灭、井轨迹、裂缝和不规则边界
- ◆ 整合了GPG传导率、井指数的算法，无需从外部输入
- ◆ GPG允许不同层网格发生“同胚”变形
- ◆ 剖分算法快速，大于10万多边形/分钟



示例一：EDFM (左) 与GPG裂缝模型 (右) 结果一致



示例二：两百万网格GPG模型

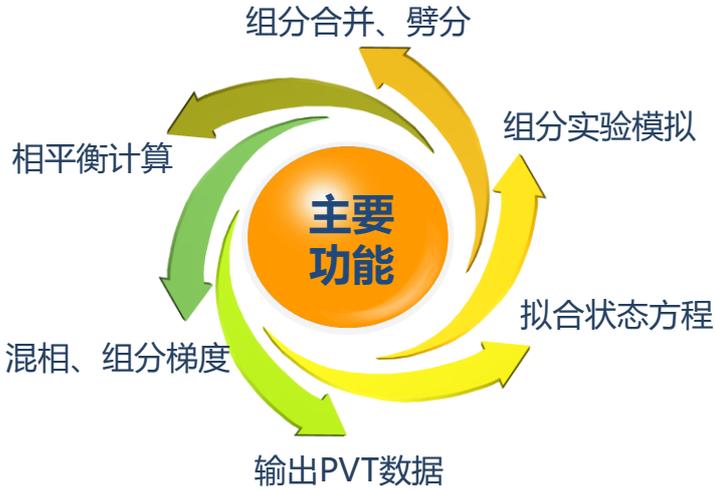


示例三：弯曲的井轨迹

UNCONG—特点与优势

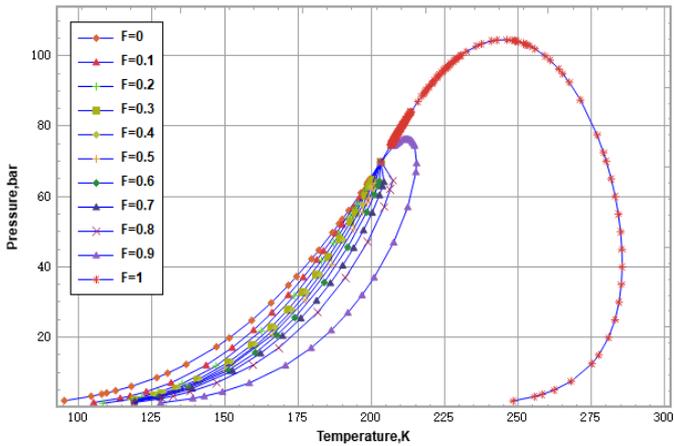
整合PVT分析功能

UCPVT针对油气藏烃类与非烃的多组分流体，基于三参数状态方程和实验样品数据，通过组分模拟与分析，计算流体在不同压力温度下的相态及流体属性变化，为组分模拟器提供组分数据。

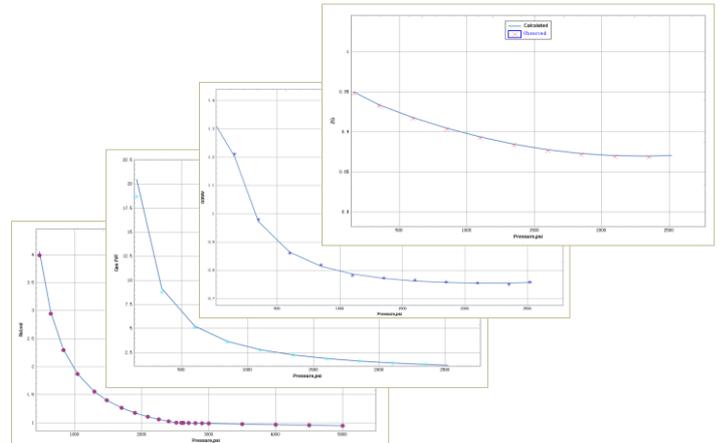


Component	Prefun	Tu(P)	Acentric fact	Molweight	Volshift	Vz(10 ³ cm ³ /mol)	Zcrit	OmegaA	c	
1	CO2	1071.33	548.46	0.225	44.01	0.151164	1.50374	0.274078	0.42748	0.0
2	N2	492.313	227.16	0.04	28.013	0.0428091	1.64616	0.291152	0.42748	0.0
3	C1	667.782	343.08	0.013	16.043	0.0208004	1.58881	0.28473	0.42748	0.0
4	C2	708.343	549.774	0.0966	30.07	0.0770151	2.37073	0.284835	0.42748	0.0
5	C3	615.759	665.64	0.1524	44.097	0.108675	3.20369	0.276165	0.42748	0.0
6	IC4	550.053	734.58	0.1848	58.124	0.127582	4.01285	0.282737	0.42748	0.0
7	NC4	550.056	765.36	0.201	58.124	0.137985	4.98471	0.273856	0.42748	0.0
8	IC5	491.579	828.72	0.227	72.151	0.152337	4.93369	0.272711	0.42748	0.0
9	NC5	488.789	845.28	0.251	72.151	0.164416	4.98174	0.268439	0.42748	0.0
10	C6	436.616	913.5	0.299	84	0.184274	5.62248	0.250418	0.42748	0.0
11	CP+	284.593	1259.73	0.703973	218	0.256489	13.6142	0.236605	0.42748	0.0

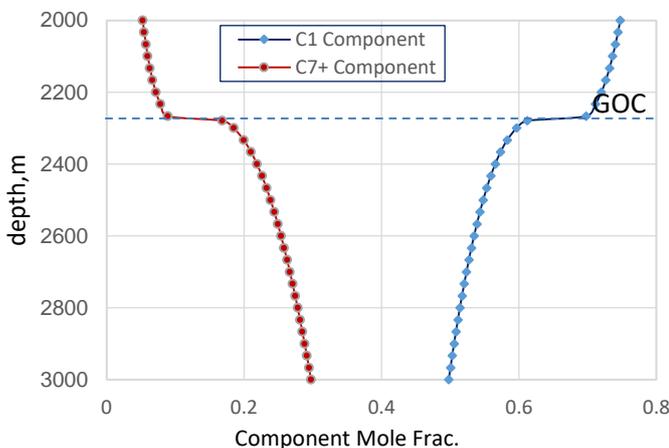
组分数据库



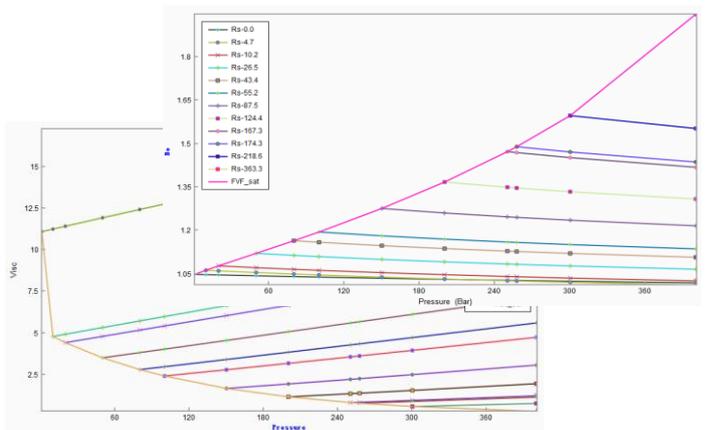
等液量线相图



组分实验拟合



组分梯度计算

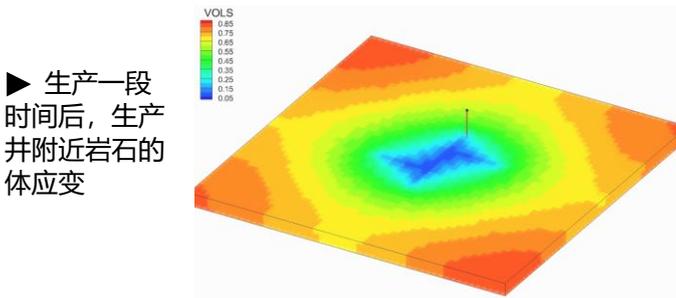


输出黑油PVT数据

UNCONG—特点与优势

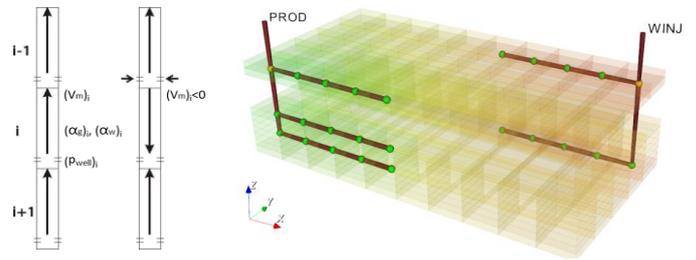
流固耦合

- ◆ 有限元地质力学方程与有限差分储层流动方程全隐式耦合
- ◆ 考虑了裂缝对单元刚度的影响
- ◆ 力边界条件可以是固定载荷或固定位移
- ◆ 兼容角点网格



多段井模型

- ◆ 井筒被离散为一维井段
- ◆ 可模拟正向流和逆向流
- ◆ 使用漂移(drift-flux)模型模拟气相滑移
- ◆ 可以设定井口压力
- ◆ 多段井方程与油藏方程全隐式耦合

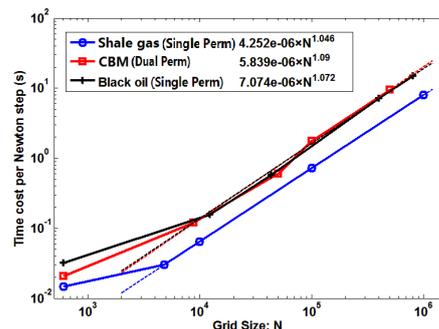


实现了多种物理机理

- ◆ 吸附解析：动态吸附/解吸模型
- ◆ 气体扩散效应：Klinkenberg模型
- ◆ BKT模型、D-R模型
- ◆ 基质-裂缝非稳态流动：“MINC”多重基质模型
- ◆ 高速非达西流：Forchheimer二次修正项
- ◆ 水敏效应：孔隙度和渗透率随浸润历史(历史最大水饱和度)变化
- ◆ 饱和度滞后：Killough模型或Odd Hustad模型
- ◆ 应力敏感效应：基质、裂缝的孔隙度、渗透率与介质体应变耦合
- ◆ 裂缝等效渗透率：用全张量渗透率，以多点流动格式(MPFA)离散流动方程
- ◆ 界面张力效应：相对渗透率和毛管力随界面张力变化

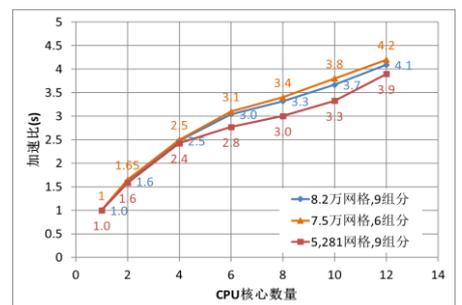
计算高效

- ◆ UNCONG使用CPR-AMG线性求解器，求解“油藏-裂缝-多段井”耦合方程的Jacobi矩阵
- ◆ CPR-AMG是公认的最适合求解油藏方程(压力驱动问题)的线性求解器，被新一代油藏模拟器广泛采用



单线程的时间复杂度接近线性

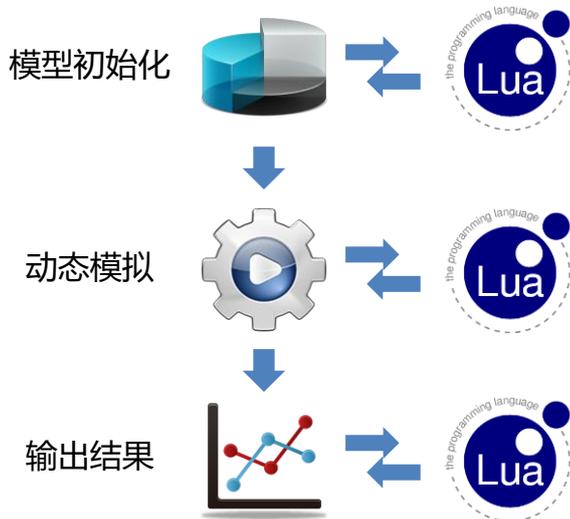
OMP并行加速比
8核3倍
12核4倍



UNCONG—特点与优势

开放与兼容

- ◆ 用Lua脚本操作模拟器，实现复杂逻辑



- ◆ 兼容多款商业软件的数据文件

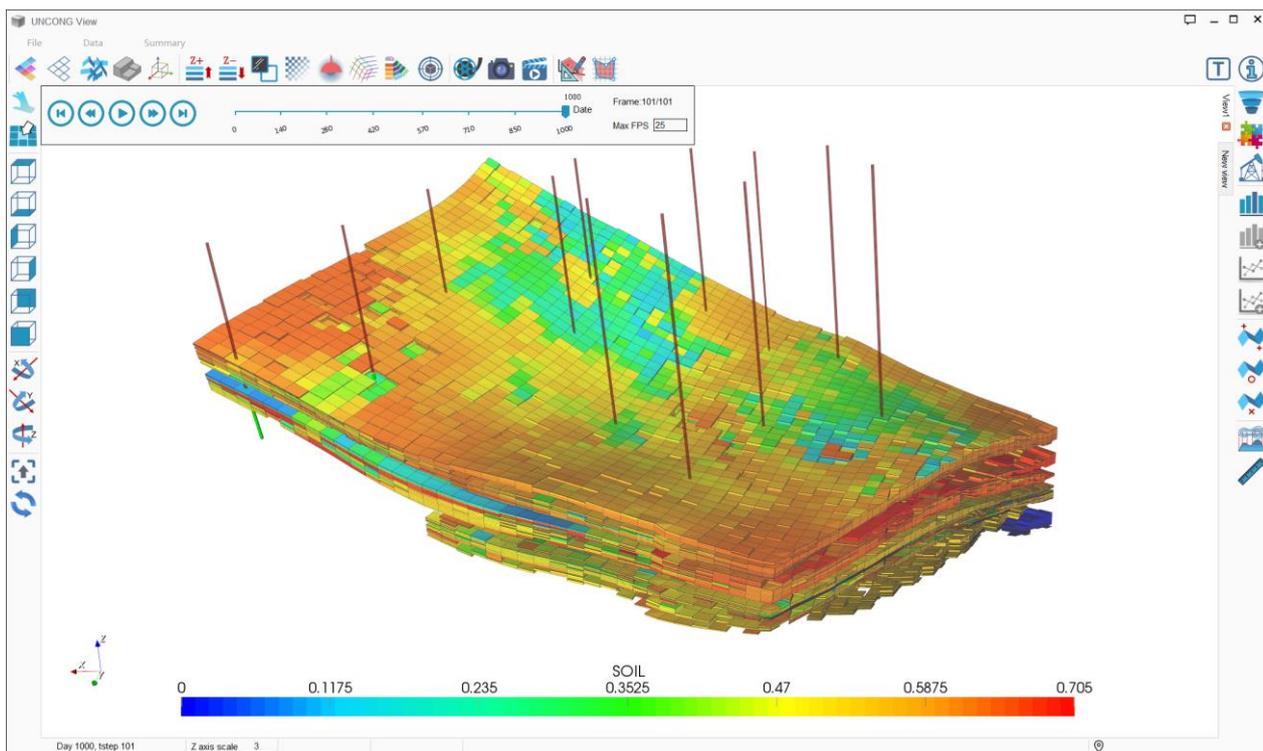
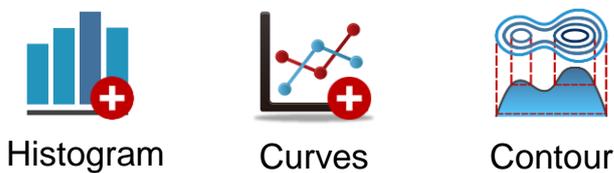


现代化界面设计

- ◆ 界面设计：拟物、无边框、简化操作

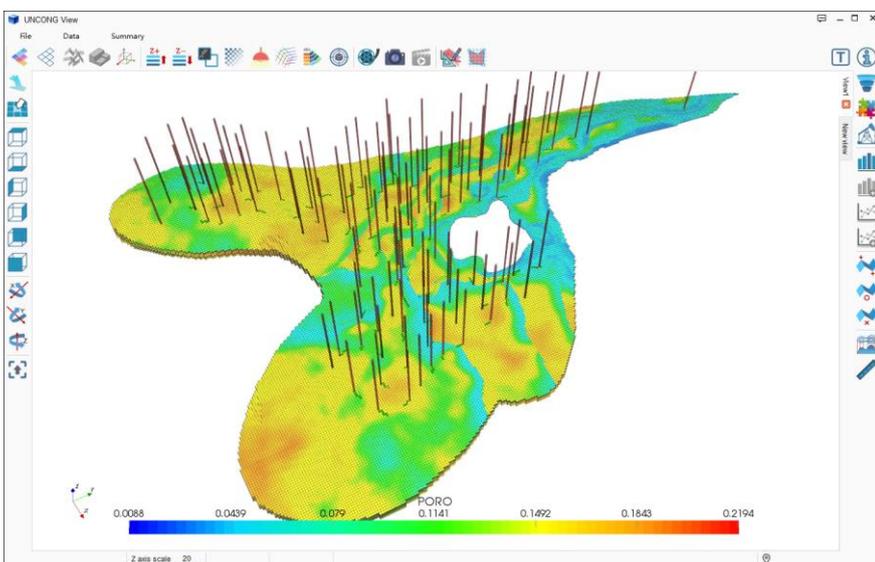
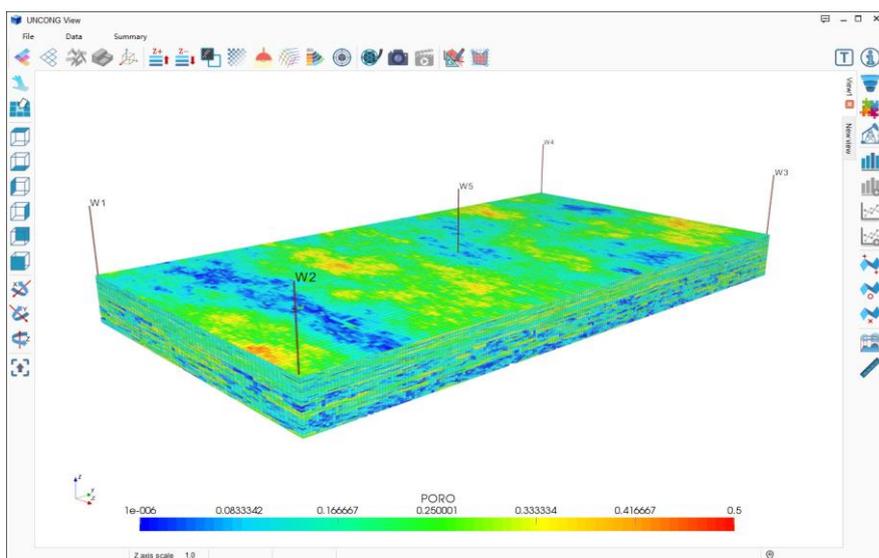


- ◆ 可根据用户需求定制新的功能



UNCONG—实际案例

算例1	SPE10
特点	极强非均质性
流体模型	三相黑油
有效网格	110万
井数	5
生产时间	2000天
时间步	470
模拟耗时	6.67小时

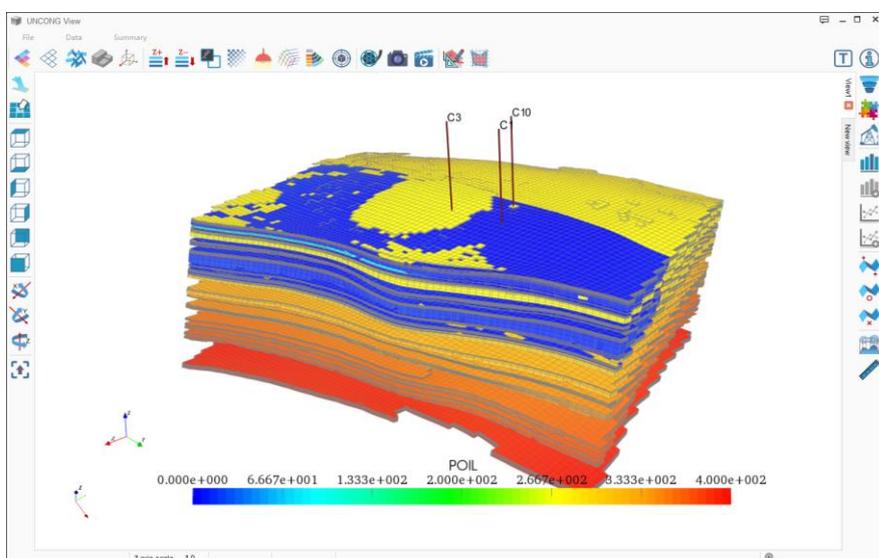


算例2

特点	井数量多
流体模型	油水两相
有效网格	37万
井数	104
生产时间	11年
时间步	337
模拟耗时	0.71小时

算例3

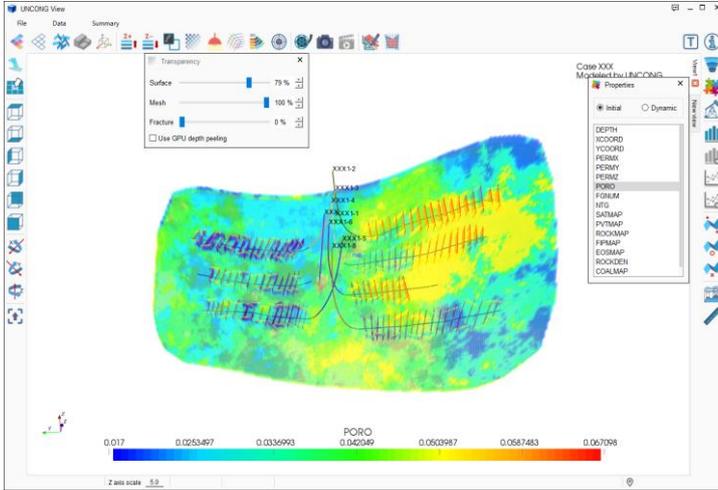
特点	182层网格
流体模型	6组分
有效网格	44万
井数	3
生产时间	4年
时间步	360
模拟耗时	7.20小时



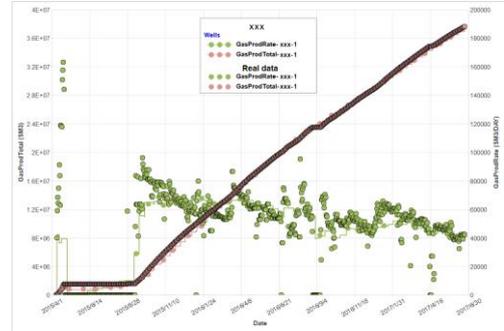
UNCONG—实际案例

算例4 某页岩气平台数值模拟

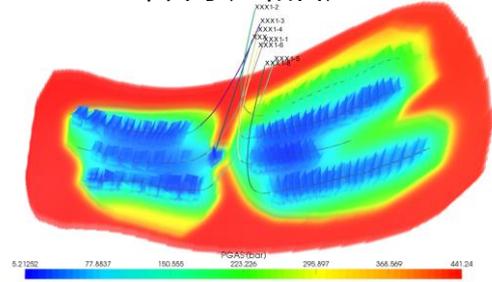
- ◆ 模拟8层，40万网格，1口直井、7口水平井，120条水力裂缝和若干天然裂缝
- ◆ 2017年3月15日模拟预测，1年后与油田实际生产数据对比，误差小于8%



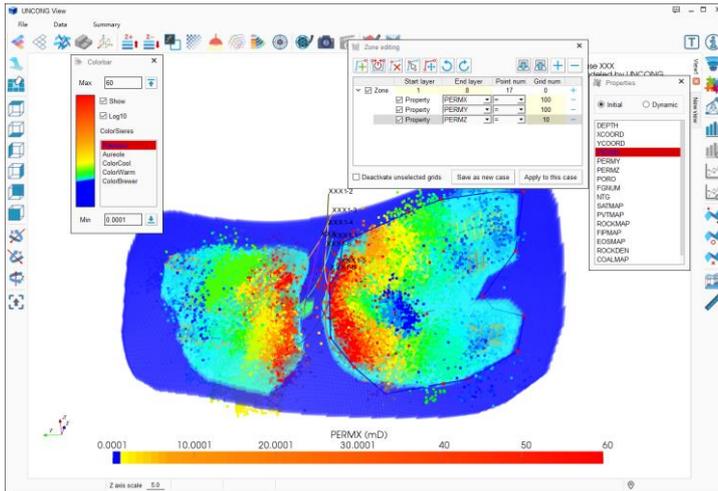
根据压裂施工报告和微地震添加嵌入式裂缝



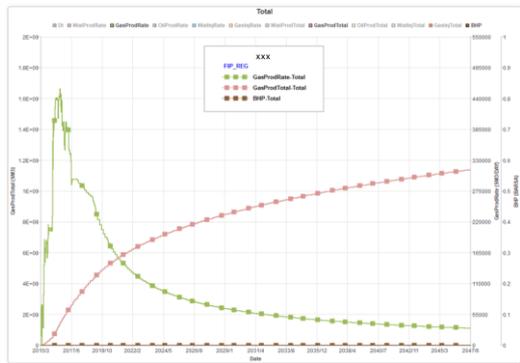
单井累产和日产



30年后压力分布



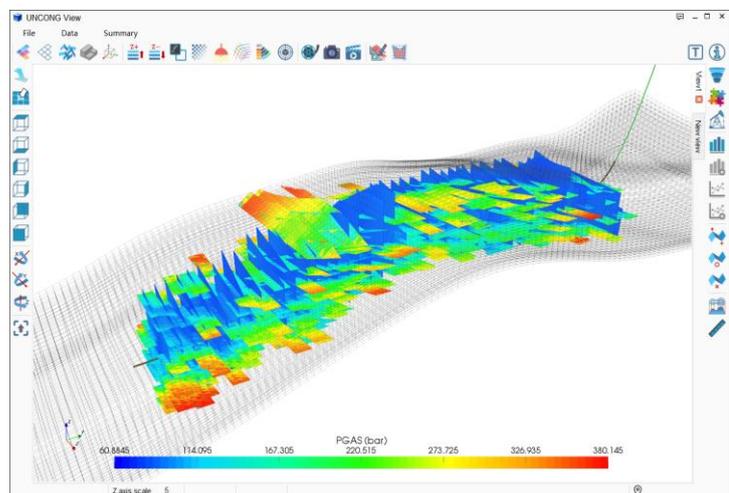
根据微地震数据划分SRV区域



模拟至2018年3月15日

算例5 某页岩气水平井

- ◆ 基质网格44万
- ◆ 裂缝网格5.1万
- ◆ 完整的保留了Fracman压裂模拟结果
- ◆ 计算耗时约20分钟





QUICK气藏产能评价软件

常规气藏

致密气藏

页岩气藏

煤层气藏

QUICK是针对气井的生产动态分析软件，该软件能够快速评价气藏的储层物性和完井效果，计算原始地质储量和最终可采储量，进行生产数据历史拟合以及预测。尤其对非常规气藏而言，软件提供了丰富的模型和方法供用户选择。软件解析解模型全面，自动历史拟合快速、准确，气体PVT计算方法适用范围广。多种分析方法可相互验证，可靠性强。软件通过数据库方式进行数据管理提高数据管理和分析的效率，支持中英文界面切换显示。

QUICK主要模块功能

- 折算井底流压
- 绘制井轨迹示意图

- 高效数据管理
- 实现协同工作
- 链接油田数据库

- 计算经济参数
- 绘制成本分布图

- 建立产能方程
- 绘制IPR和OPR曲线

- 预测单井产量
- 最终可采储量

- 拟合单井储量
- 计算产能指数
- 计算地层压力

- 拟合储层物性参数
- 评价气藏生产能力

- 拟合历史生产数据
- 预测压力和产量



QUICK—功能和模块

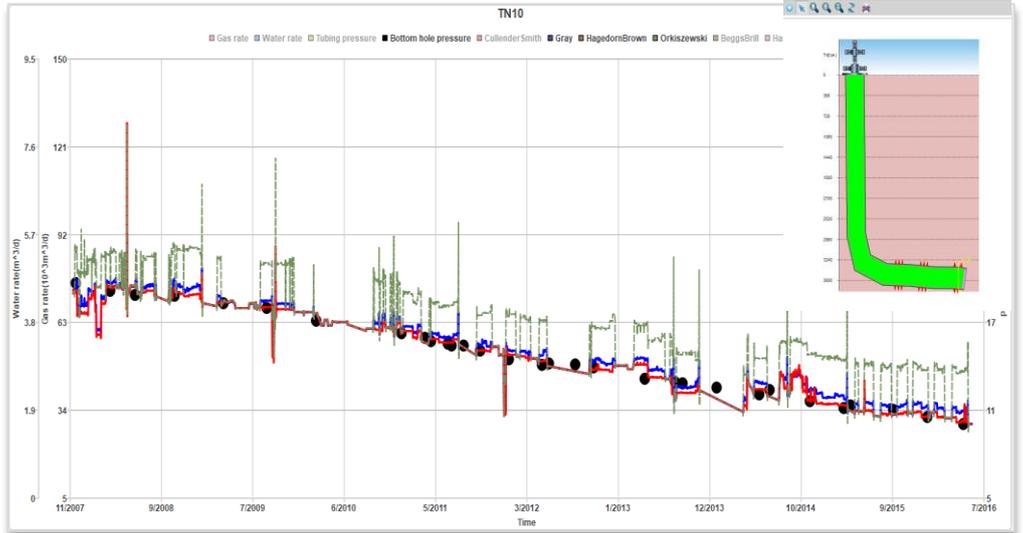
管流计算



多种方法折算井底流压，支持多相流和复合生产条件模型。

折算方法

- ◆ Cullender Smith
- ◆ Hagedorn Brown
- ◆ Gray
- ◆ Orkiszewski
- ◆ Hasan Kabir
- ◆ Beggs Brill

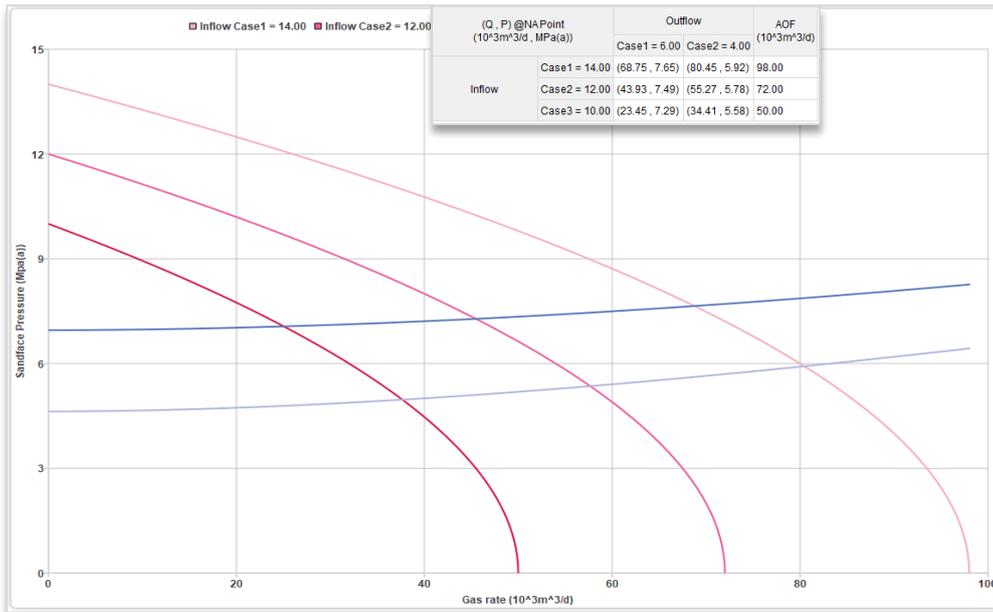


实测压力点矫正折算结果

节点分析



计算无阻流量和产能方程，绘制IPR和OPR曲线，评价单井产能。



IPR和OPR曲线压力敏感性分析

产能试井

- ◆ 二项式
- ◆ 指数式

理论计算

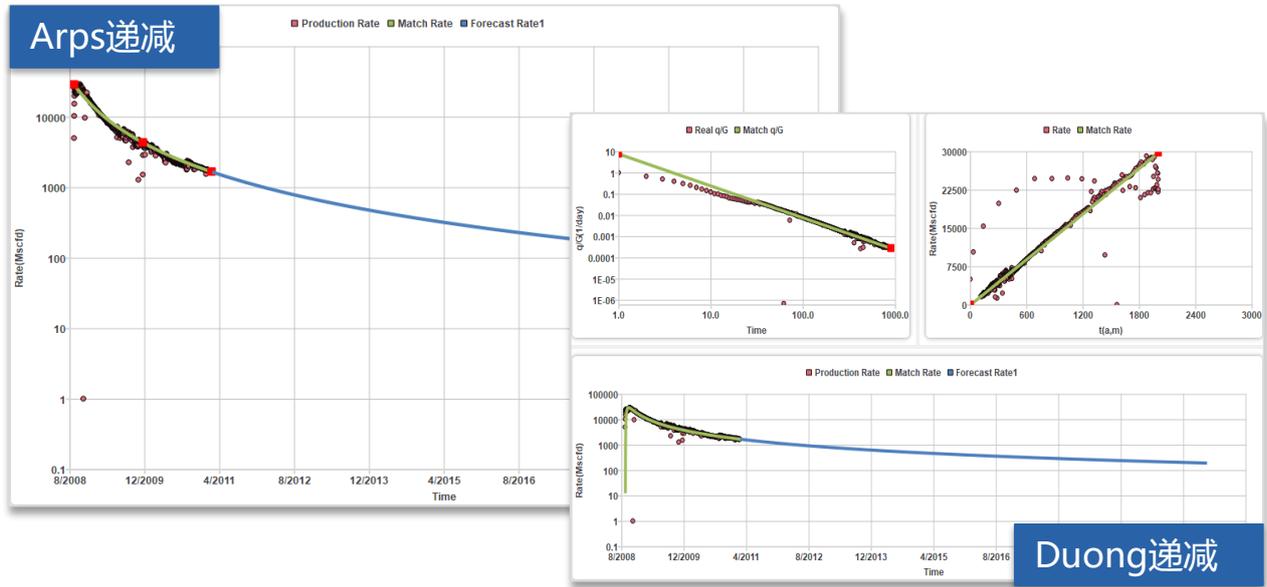
- ◆ 垂直井
- ◆ 压裂井
- ◆ 水平井

QUICK—功能和模块

递减分析



应用Arps递减、延伸指数递减、幂律指数递减和Duong递减方法估算最终可采储量。

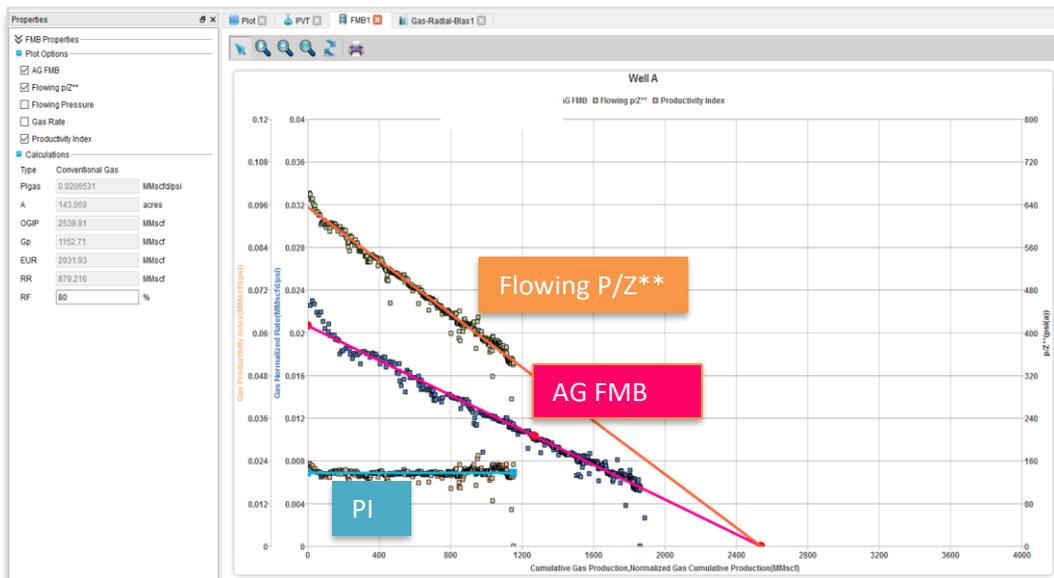


递减分析示例

流动物质平衡



应用产量和流压数据来预测地层平均压力并计算气藏原始地质储量，并通过监测产能指数为识别早期生产过程中的问题提供依据。



煤层气井的FMB方法示例

QUICK—功能和模块

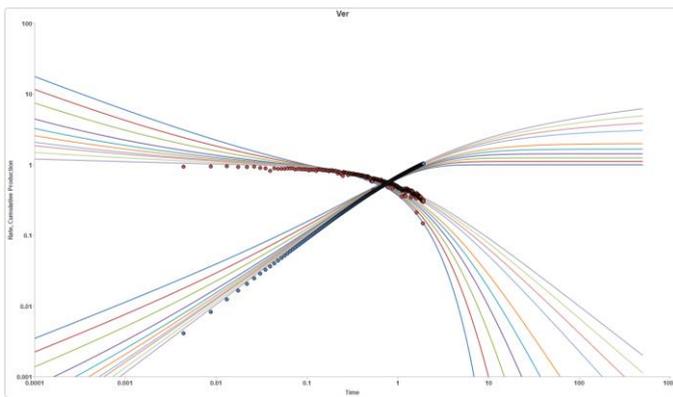


典型图版分析

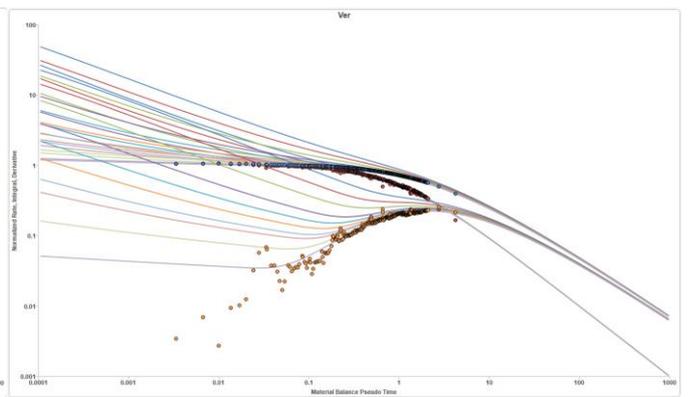


通过直井、压裂直井和水平井模型的Fetkovich、Blasingame、Agarwal-Gardner、Normalized Pressure Integral (NPI)、Transient和Wattenbarger 这6种典型图版来划分流动特征，估算原始地质储量，气藏渗透率、表皮因子和裂缝半长等参数。

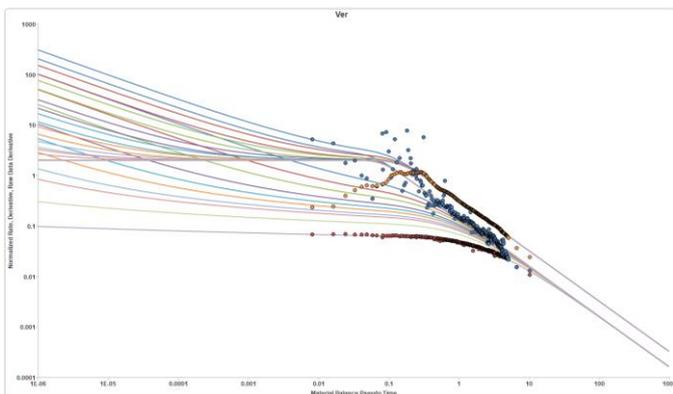
图版	适用范围	特点
Fetkovich	封闭边界定压生产	不需要井底流压数据即可拟合分析但多解性强
Blasingame	边界控制流阶段	考虑变井底流压生产以及气体物性随压力变化情况
AG		曲线前段较Blasingame图版更分散，可降低拟合多解性
NPI		通过积分建立一种可靠的、不受数据分散影响的方法
Transient	不稳定流阶段	针对不稳定流动阶段
Wattenbarger	线性流阶段	针对低渗致密气藏气井长期线性流动



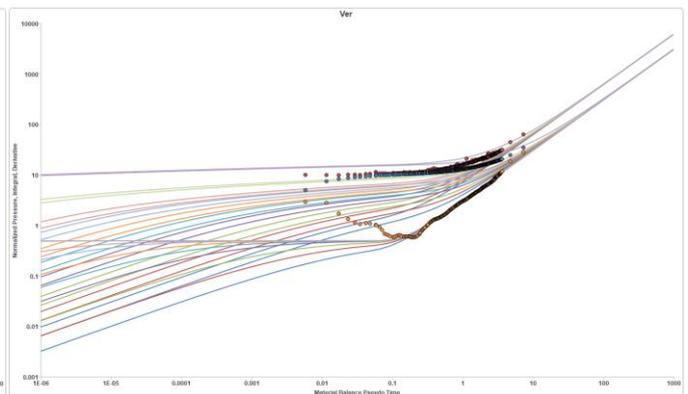
Fetkovich-Arps典型图版



Blasingame典型图版



AG典型图版



NPI典型图版

QUICK—功能和模块

解析解模型



选择解析解模型拟合生产数据，预测产量和压力。QUICK实现了多参数自动历史拟合。

气藏类型

常规气藏
煤层气藏
页岩气藏

储层模型

均质储层
复合储层
双孔模型

井型

垂直井、压裂井
水平井
多段压裂水平井

多裂缝模型

复合模型 - 五线性流
复合模型 - 三线性流
SRV模型

多种模型选择

裂缝导流

无限导流
有限导流

外边界条件

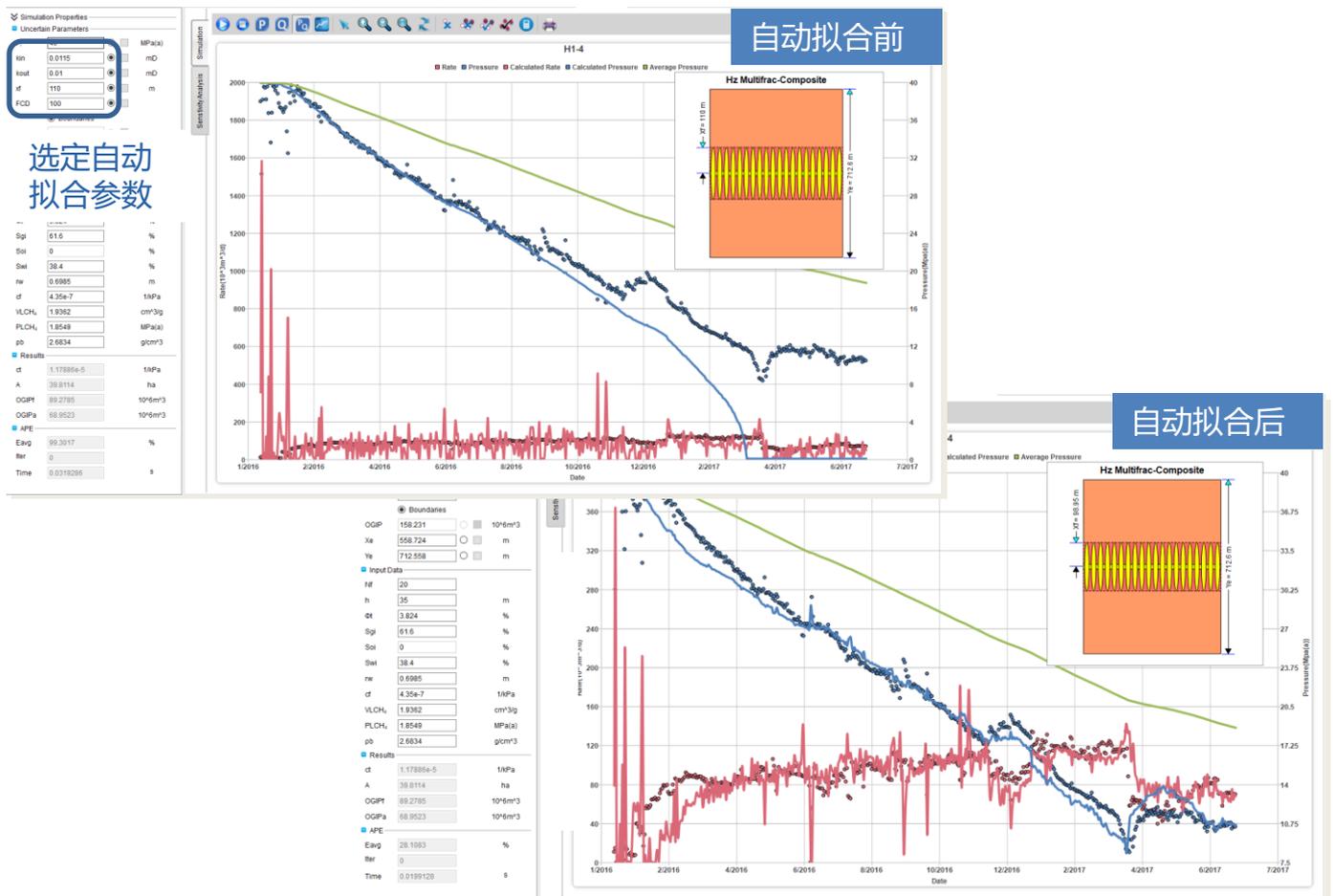
圆形封闭 / 定压边界
矩形封闭 / 定压边界

渗透率

各向同性
各向异性

井位

中心井
偏心井



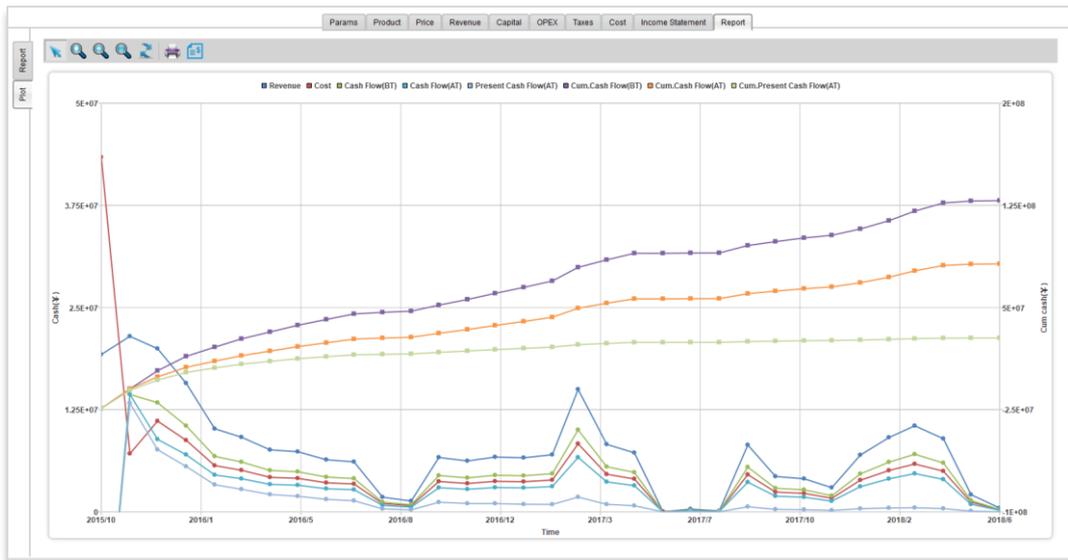
QUICK—功能和模块

经济评价



采用现金流方法，根据整个项目周期内实际发生的现金流入和现金流出计算净现值和内部收益率等经济指标，帮助用户选择出技术上可行、经济上合理的最优方案。

目前QUICK涵盖了中国和美国的经济评价方法。

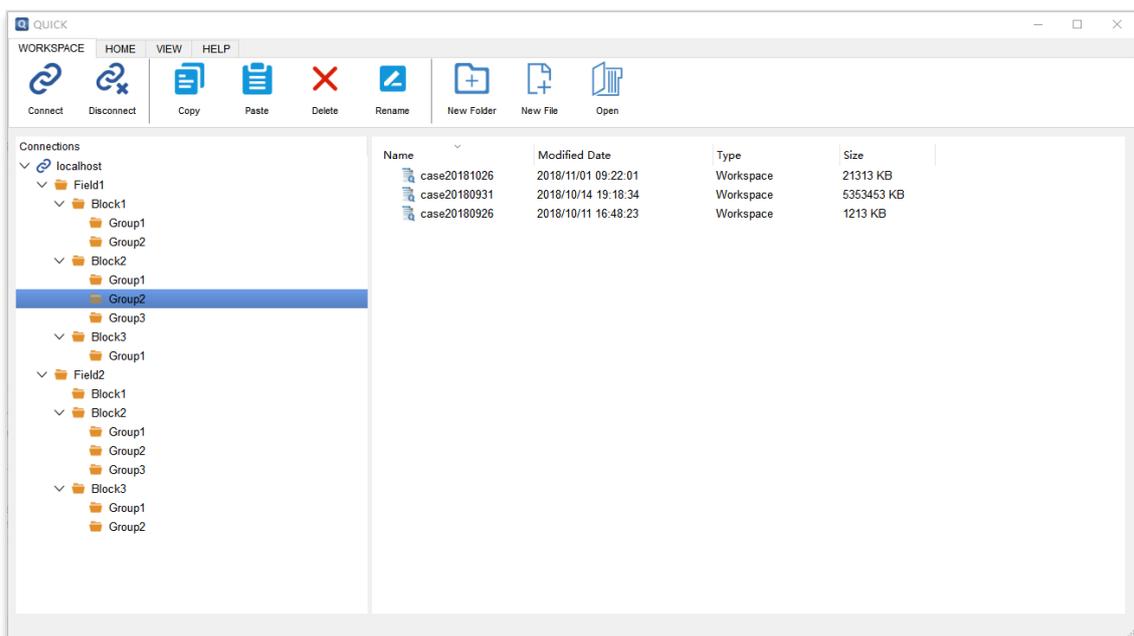


经济指标曲线

数据库



数据库管理方式可提高软件运行速度，实现数据共享和协同工作，对数据进行集中控制确保数据安全性和可靠性，并与油田数据库链接提高数据导入效率。



数据库管理

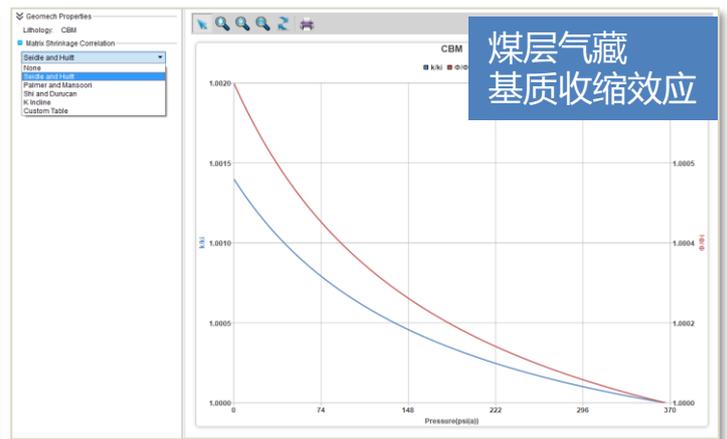
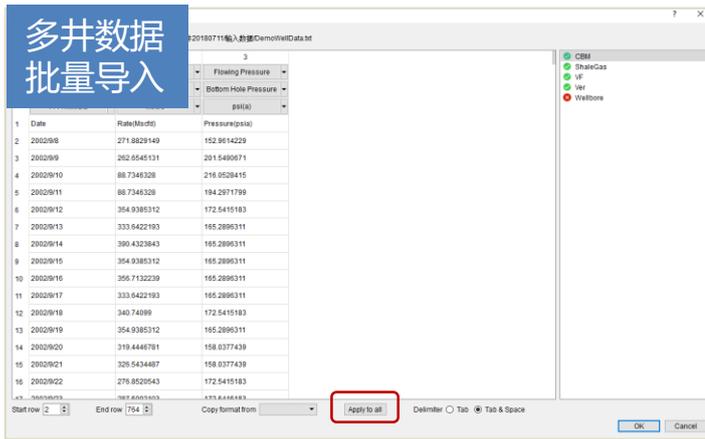
QUICK—特点与优势

完整的功能模块链

- ◆ 强大的数据管理功能
- ◆ PVT模块和管流模块为“一体化”分析提供基础
- ◆ 各模块相互印证提高结果准确性

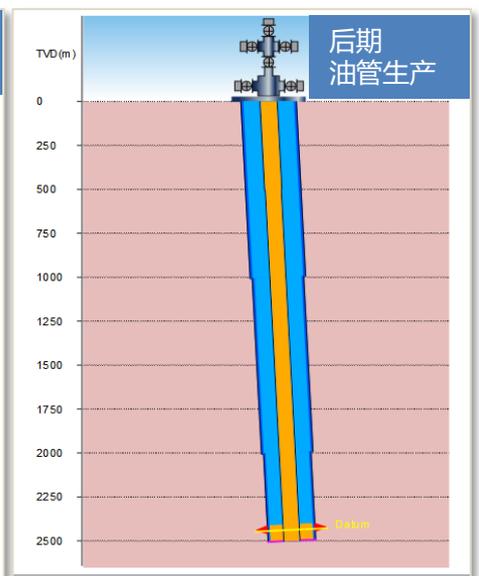
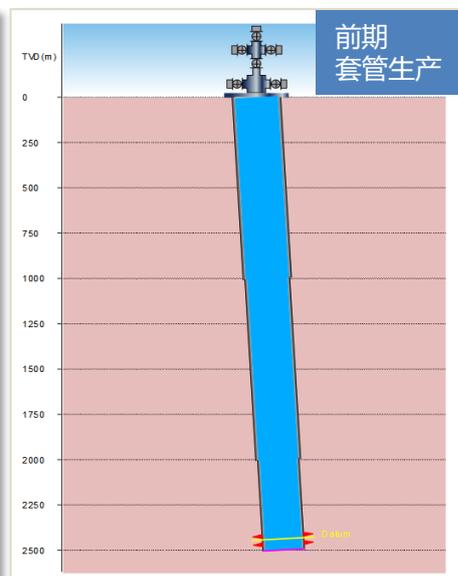
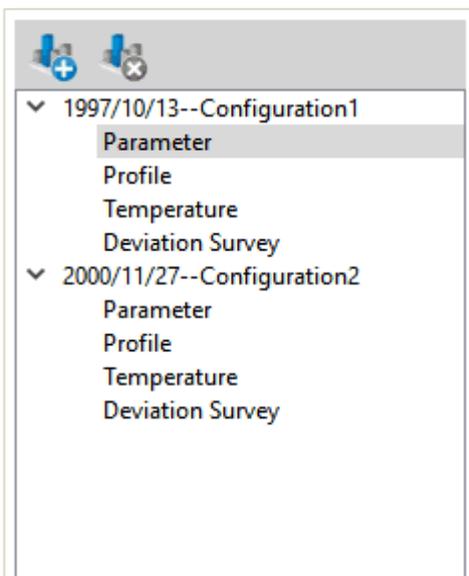
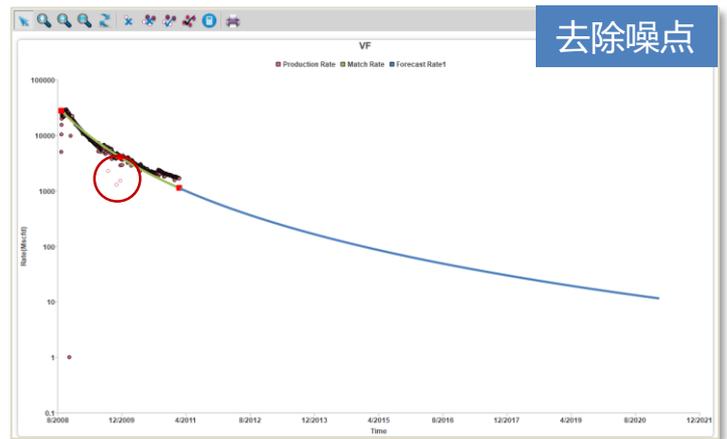
理论全面，功能丰富

- ◆ 产能方程中考虑高速非达西流
- ◆ 常规气藏考虑应力敏感效应
- ◆ 煤层气藏考虑Matrix-Shrinkage效应



操作灵活、方便易用、界面简洁美观

- ◆ 管流计算中根据生产历史调整流动通道
- ◆ 导入实测数据即得到井斜剖面，简化垂深计算过程
- ◆ 导入导出单井分析结果，实现协同工作
- ◆ 数据噪点编辑、删除及恢复
- ◆ 中英文界面自由切换
- ◆ 一键单位转换



QUICK—实际案例

算例1 常规气藏垂直井

模型 原始地质储量

典型图版 0.74亿方

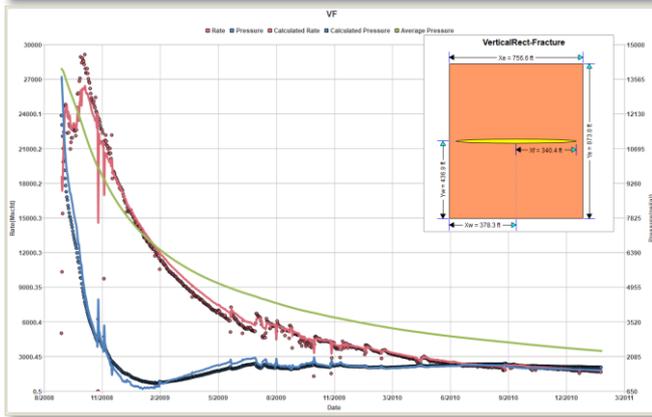
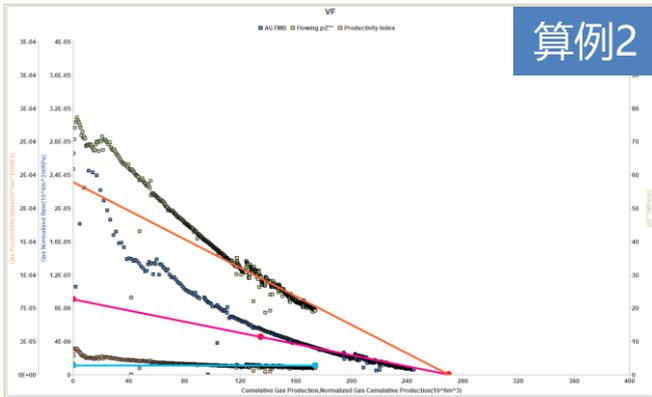
解析解拟合 0.73亿方

算例2 致密气藏垂直压裂井

模型 原始地质储量

流动物质平衡 2.69亿方

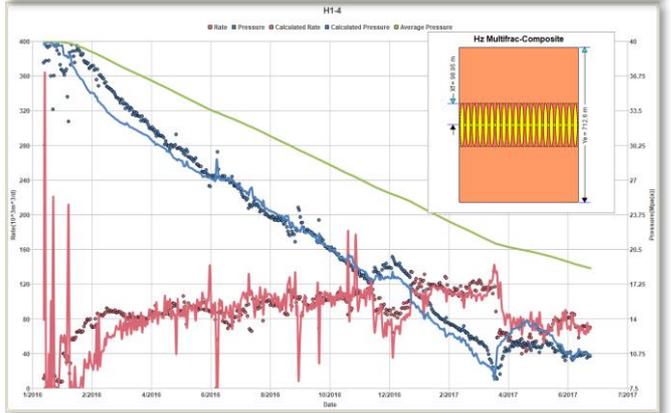
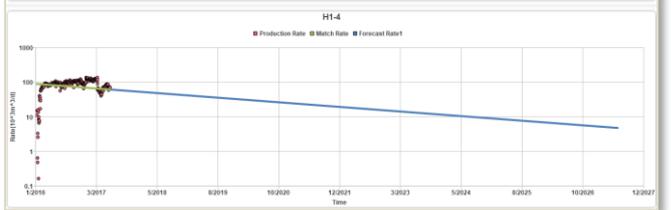
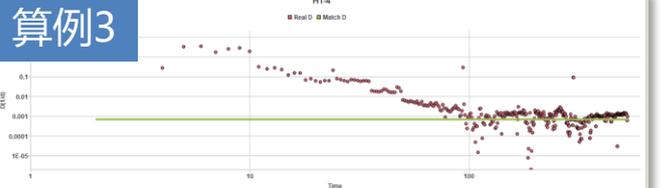
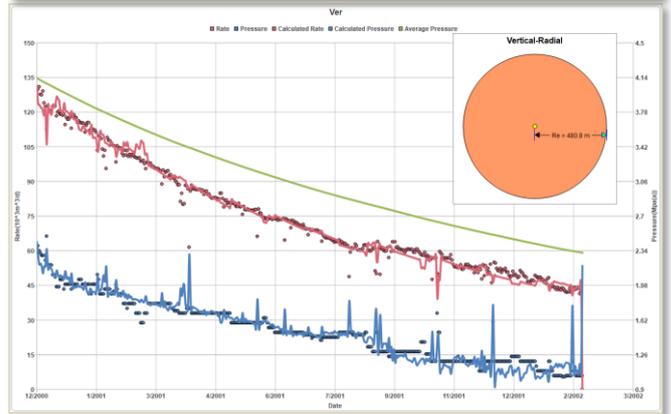
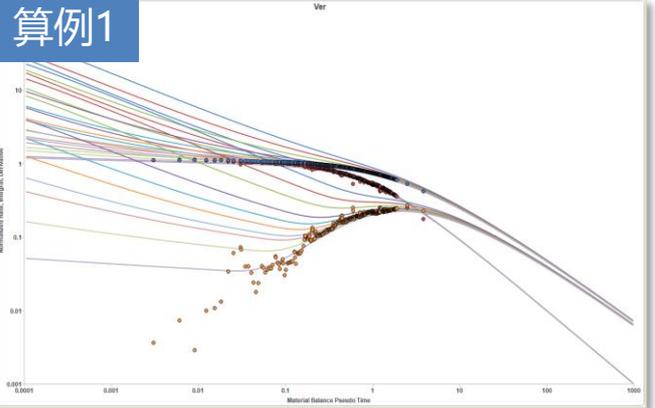
解析解拟合 2.31亿方



算例3 页岩气藏多段压裂水平井

递减分析 最终可采储量 1.26亿方

解析解拟合 原始地质储量 1.58亿方





Ustim 全三维水力压裂模拟软件

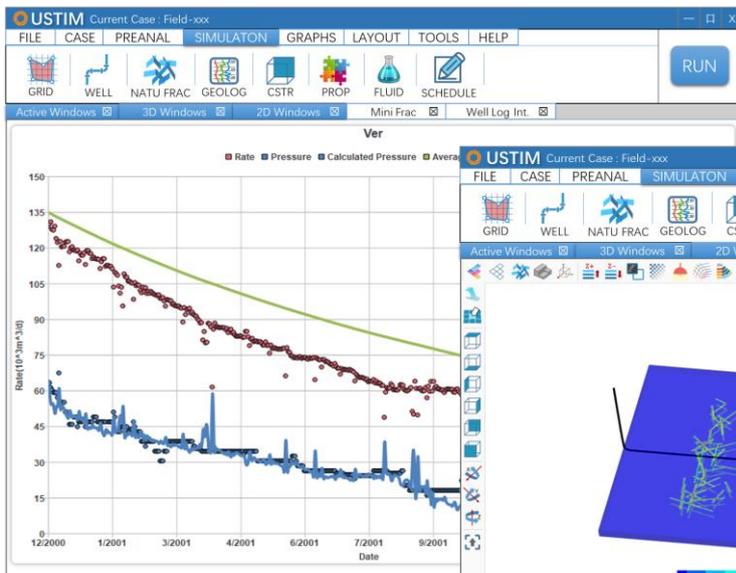
USTIM是一款全三维水力压裂模拟软件，能够有效解决当前致密油气藏、页岩油、页岩气和煤层气藏水力压裂过程中的难点问题。USTIM使用拟连续有限元方法模拟水力压裂过程，可以快捷地建立复杂的裂缝模型，通过高精度流固耦合全隐式算法计算裂缝的动态扩展过程。USTIM现已完成核心算法测试，初步具备商业化计算能力。

USTIM 主要特点

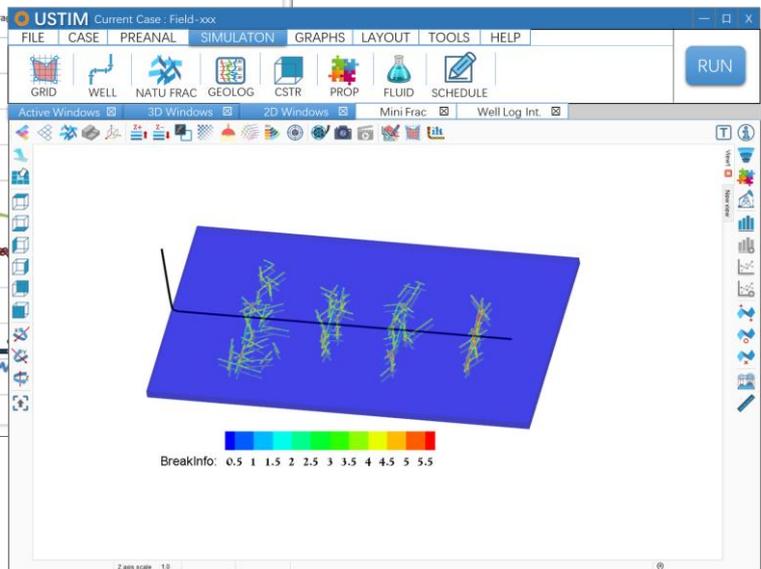
- ◆ 突破常规压裂软件的局限，可以模拟全三维复杂裂缝的扩展行为
- ◆ 考虑基质与裂缝中各参数场的同步变化，并实现应力场和压力场全隐式耦合
- ◆ 考虑地层的强非均质性，可以对每个基质网格设置不同的参数值
- ◆ 支持嵌入任意形状的天然裂缝并考虑其影响，模拟水力裂缝在天然裂缝网络中的扩展过程



USTIM 软件界面展示



卡片式交互界面

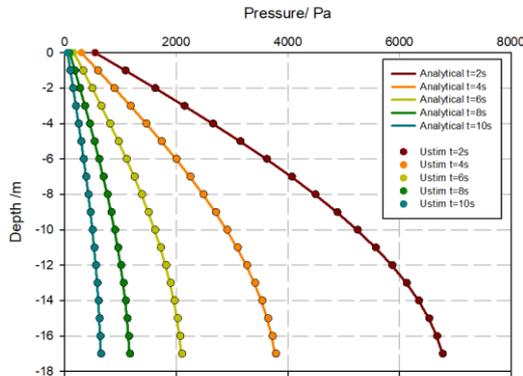
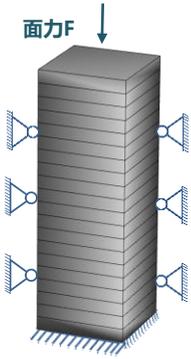


三维可视化界面

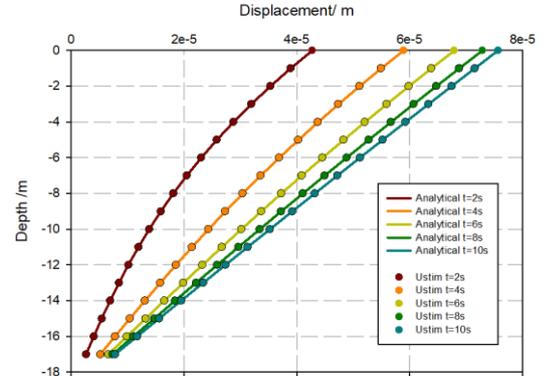
USTIM—结果验证

流固耦合解析解验证

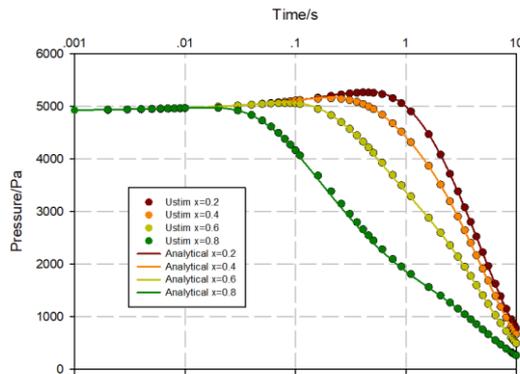
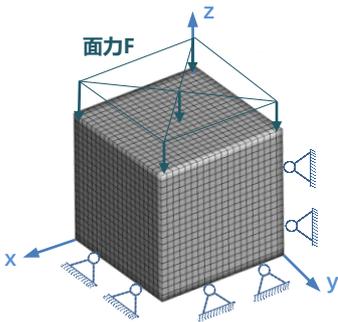
验证流固耦合Terzaphi和Mandel解析解算例，误差小于1%。



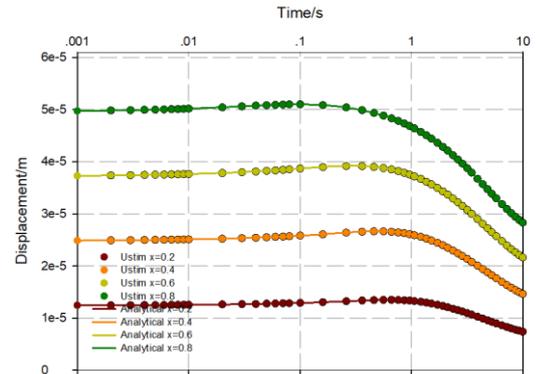
Terzaghi算例对比：压力场



Terzaghi算例对比：位移场



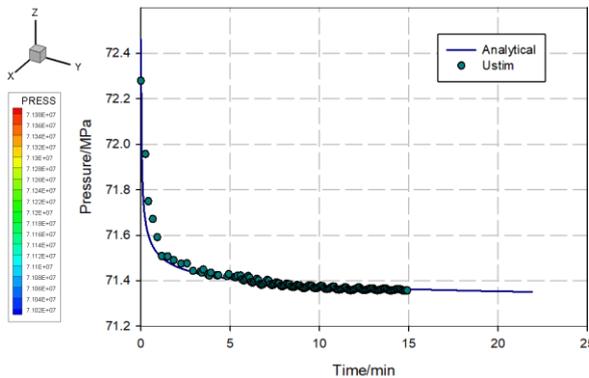
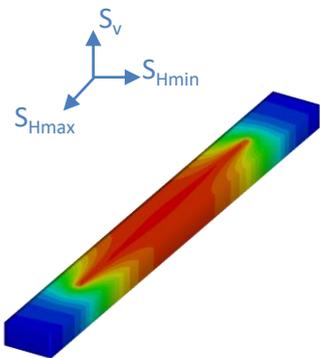
Mandel算例对比：压力场



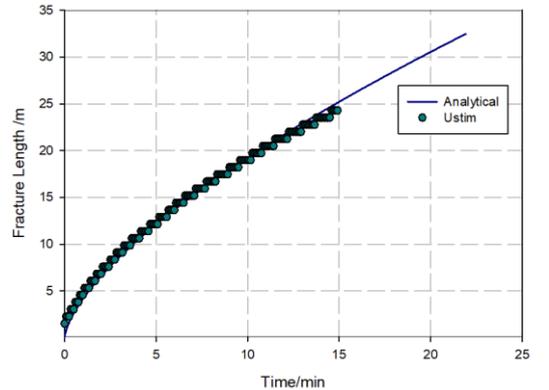
Mandel算例对比：位移场

KGD模型解析解验证

验证KGD模型解析解算例，与解析解趋势基本保持一致。



KGD算例对比：压力场



KGD算例对比：裂缝半长

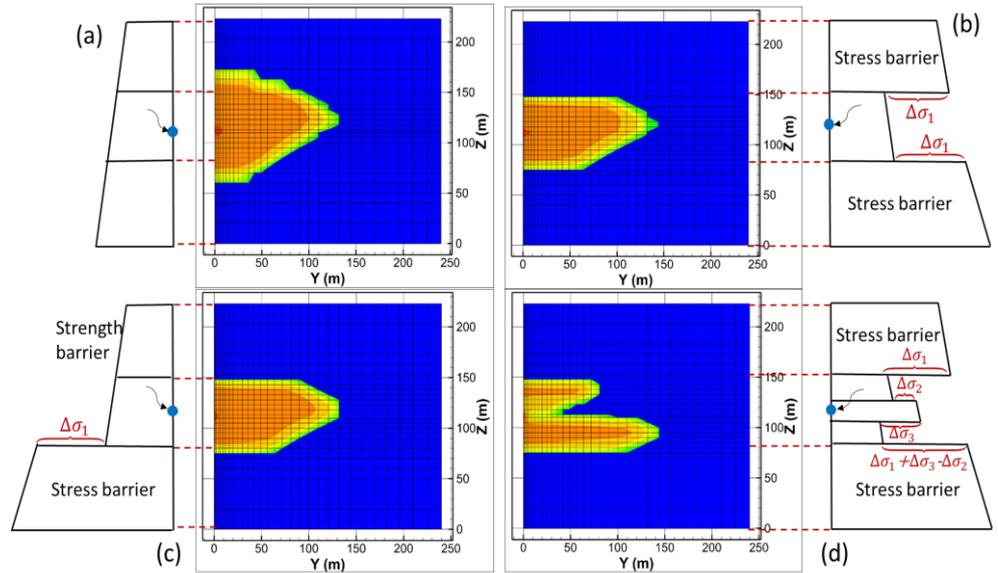
USTIM—特点与优势

考虑二维、三维应力影响

- ◆ 兼容常规压裂软件的二维扩展模拟方式
- ◆ 充分考虑二维和三维空间内的应力影响

- ◆ 有效模拟裂缝穿层压裂的情形

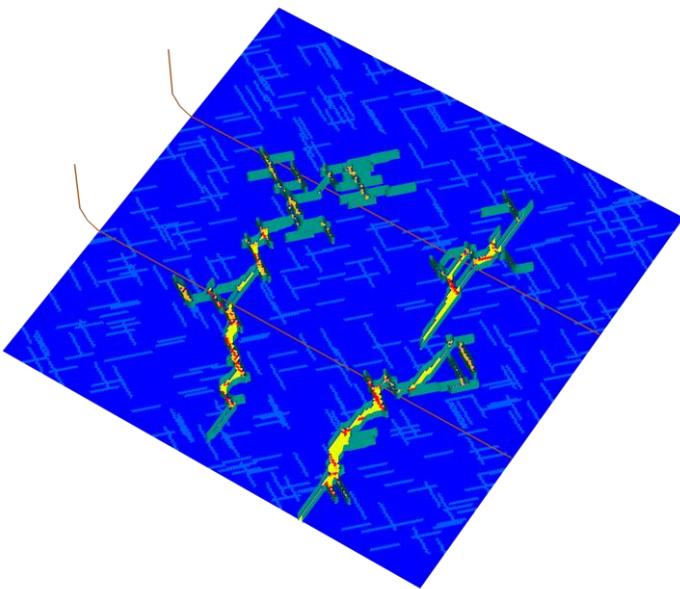
算例	直井压裂
特点	非均匀应力
基质网格	1万
井段数	1井1段
施工时间	3h
时间步	1080
模拟耗时	1小时



实现多井复杂裂缝地层模拟

- ◆ 支持关键字导入或随机生成天然裂缝
- ◆ 支持多井多段多簇压裂流程模拟

- ◆ 考虑天然裂缝与水力裂缝的交互
- ◆ 求解器支持OMP并行优化加速



算例 多井复杂裂缝扩展

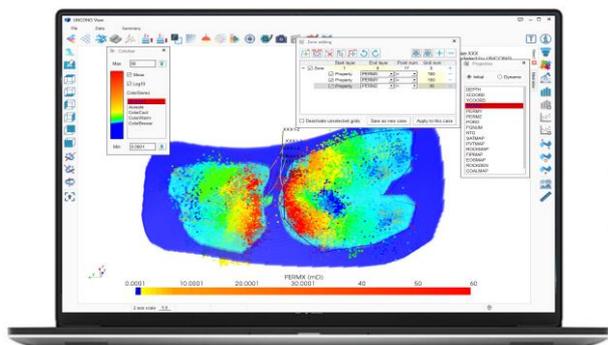
特点	多井多段、复杂天然裂缝
基质网格	6.25万
井段数	2井4段
天然裂缝	500条
裂缝产状	45度、135度
施工时间	4h/段
时步数	10000



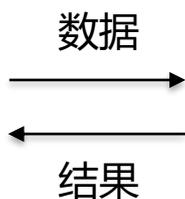
EnnoCloud 数值模拟云计算平台

EnnoCloud I 是一套正在研发的数值模拟云计算平台，可以提供完善的油气藏开发数值模拟、压裂数值模拟等云计算解决方案。EnnoCloud I 型数值模拟云计算平台运算速度超过20TFLOPS，每个计算节点能够同时运行20个以上的百万网格级的问题。

微机客户端



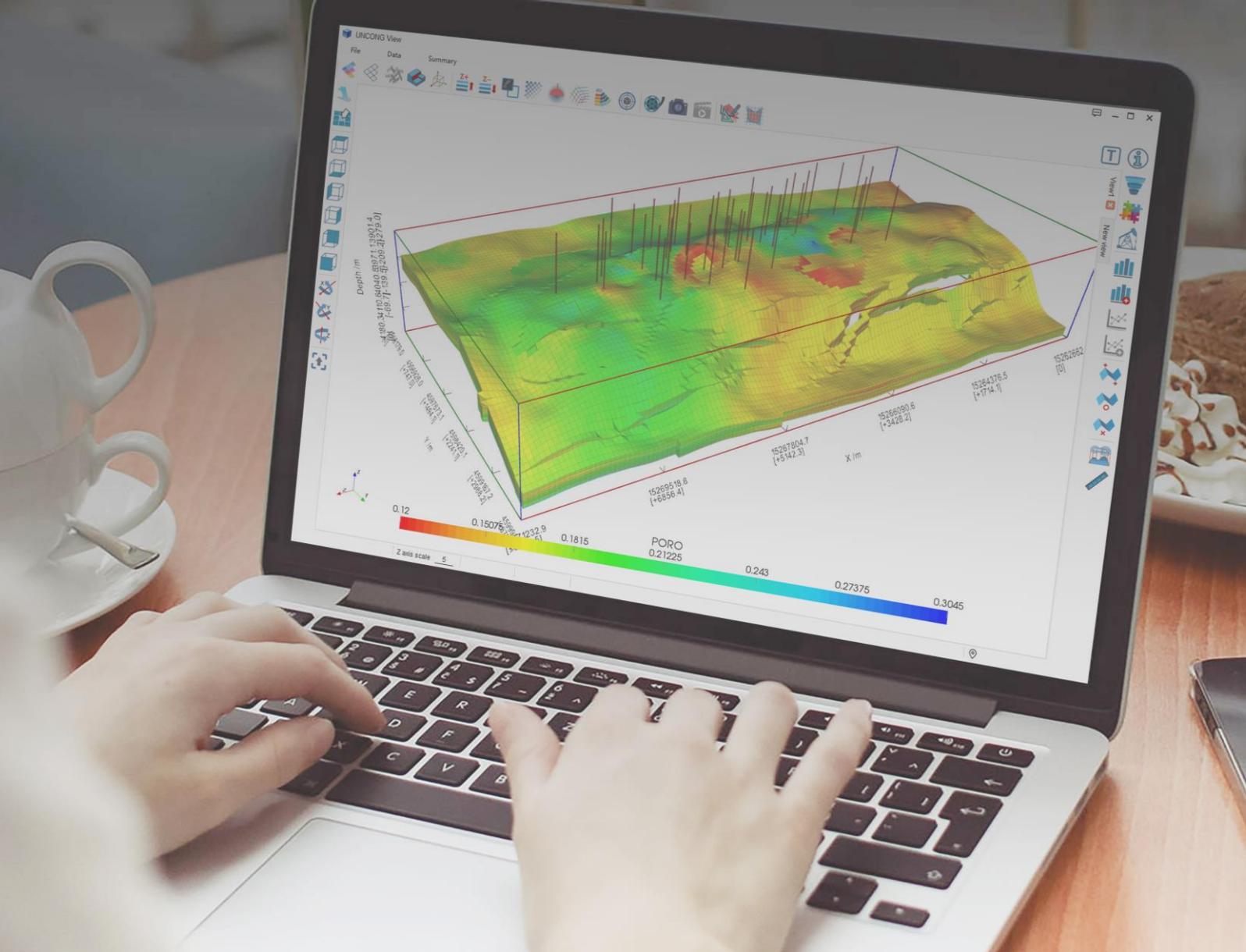
EnnoCloud I型云计算平台



Ennocloud 云计算平台的特点:

- ✓ X86硬件, 低成本, 易扩展
- ✓ 多用户、多算例同时运算
- ✓ 可根据客户需求配置硬件
- ✓ 私有云可保证数据的安全
- ✓ 不占用个人电脑的计算力
- ✓ 可远程实时监控运算状态
- ✓ 提供完善的售后技术服务

EnnoCloud I 型云计算平台配置			
计算节点	8个	CPU	2颗 Intel Xeon Gold 6126, 2.6GHz, 共24核
		内存	64GB 2666MHz
		硬盘	1.2TB 企业版 SSD
		每个计算节点提供20个百万级或1个千万级网格的模拟能力	
储存节点	1个	CPU	Intel Xeon Silver 4122
		内存	32GB 2133MHz
		硬盘	22块 8TB HGST硬盘, 12Gb/s
		每个储存节点提供160TB的连续储存空间	



市场与销售

联系人: 周长迁

手机/微信: 15810098536

QQ 号: 402032033

邮 箱: zhoucq@ennosoft.com

技术支持

联系人: 李想

手机/微信: 13466390379

QQ 群: 658386903

邮 箱: uncong@ennosoft.com
quick@ennosoft.com

Ennosoft

北京软能创科技有限公司

Energy Innovation Software Co., Ltd.

网址: www.ennosoft.com

地址: 北京市海淀区翠湖南环路13号院1号楼

