

1. 范围

本采购技术标准规定了海洋石油平台 tNavigator 精细油气藏高效建模数模一体化软件 V22.3 的要求。

2. 规范性引用文件

按国家/行业/企业标准技术规范执行，满足以下标准：

SY/T 5232-2012 《石油工业应用软件工程规范》

上列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

3. 术语和定义

无

4. 使用（或安装）条件

1) 系统需求：Windows7/10/11 64 位系统；Linux redhat5.0 及以上。

2) 最小硬件需求： 256M RAM 2G 剩余硬盘空间；

推荐硬件配置：Intel 或 Core 2.00 GHZ 以上 64GB RAM 支持 OpenGL2.0 或以上版本
1T 硬盘空间 GPU 支持 CUDA 及现存 8G 及以上。

5. 技术要求

5.1 供货范围

1	供货范围	tNavigator 精细油气藏高效建模数模一体化软件 V22.3 (供货时最新版本)
1.1	安装光盘两张或 U 盘一个	含 tNavigator 精细油气藏高效建模数模一体化软件 V22.3 安装程序（供货时最新版本），电子版操作手册。
1.2	单机许可加密狗一个	激活后网络版加密狗许可一个
1.3	操作手册	纸质操作手册两套

5.2 资质要求

提供 tNavigator 数值模拟软件销售、技术支持和售后服务。

5.3 技术要求

设备需求		
描述		要求
1	主要技术指标	具备单机千万网格节点高精度数值模拟能力，支持高效 CPU+GPU 协同并行计算。便捷高效的数模后处理分析平台
1.1	“图形用户界面（数模分析平台、后处理器）”指标	<ol style="list-style-type: none"> 1. 支持在进行模拟计算时可以实时监控计算进度并显示计算曲线和场图等计算结果； 2. 开放 Python 接口，用户可自定义曲线图表输出； 3. 模拟过程中支持任意暂停和续算； 4. 模拟运算过程中可实时生成流线结果，流线结果与模拟器结果配套一致； 5. 支持模型一键劈分与自动合并； 6. 支持中文界面；
1.2	“GPU 级核心并行模拟器（黑油）”指标	<ol style="list-style-type: none"> 1. 支持 CPU+GPU 协同并行，支持 Full GPU 并行计算； 2. 支持启动压力梯度场的自定义，可以建立启动压力梯度与渗透率的关系式； 3. 支持通过过水倍数等变量对物性参数进行时变模拟； 4. 支持 2 种及以上其他数模软件黑油模型格式的数据体加载和模拟运算； 5. 支持水驱优化管理技术，可在模拟中直接计算油水气井之间的对应关系，并量化为具体数值； 6. 支持“一键”优化水驱油藏注水方案； 7. 支持“单节点不限并行”，即当用户所使用的机器 CPU 升级时，所有的 CPU 内核资源仍然可用于并行计算； 8. 能实现全油田水力压裂模拟，能模拟生产井压裂缝失效过程的产能递减和重复压裂；
2	一般技术指标	要求具有地质模型加载、数模前处理能力，包括动态数据、相渗曲线、PVT 实验拟合等，具备考虑地质力学参数的压裂缝模拟设计功能；支持凝析气藏、高挥发性油藏等组分相态变化较大的油气藏模拟；支持 CO ₂ 封存模拟，地热模拟等
2.1	“组分模拟器”指标	<ol style="list-style-type: none"> 1. 支持凝析气藏、挥发油藏、注气混相驱、CO₂ 封存模拟等，并支持对固相组分的模拟。

		2. 支持 2 种及以上其他数模软件组分模型格式的数据体加载和模拟运算。
2.2	“数模模型设计”指标	1. 水力压裂缝模拟可以考虑地质力学参数（杨氏模量、泊松比）和压裂液注入速度等工程参数； 2. 支持加载 Rescue 格式地质模型文件； 3. 支持动态数据转换 SCHEDULE 处理； 4. 支持 PVT 实验数据拟合； 5. 支持相渗曲线处理，归一化等；

6. 部件材料配置要求

7. 检测和试验

1) 合同签字生效后的 15 天内，在用户指定的地点和机器上为用户安装和调试软件。

2) 在现场安装软件前，与用户确认所有硬件环境和操作系统符合软件安装要求，在收到通知后两日内到现场安装。

3) 卖方技术人员在用户现场安装、调试软件期间，用户应指派专人协助并参与软件安装。用户在检查确认软件版本、模块和数量安装正确后，双方共同签署“软件安装验收表”。

8. 铭牌/标识、涂敷、包装、运输、储存

无

9. 技术文件

9.1 投标技术文件

供货方应填写下列《设备投标技术响应表》，并随同投标文件一同提交，供评标时使用。

设备投保技术文件响应表			
设备名称 <u>tNavigator 数值模拟软件</u> 供货方 _____			
设备需求		供货方答复	
描述	要求	要求响应	建议/备注

1	主要技术指标	具备单机千万网格节点高精度数值模拟能力，支持高效 CPU+GPU 协同并行计算。便捷高效的数模后处理分析平台		
1.1	“图形用户界面（数模分析平台、后处理器）”指标	<ol style="list-style-type: none"> 1. 支持在进行模拟计算时可以实时监控计算进度并显示计算曲线和场图等计算结果； 2. 开放 Python 接口，用户可自定义曲线图表输出； 3. 模拟过程中支持任意暂停和续算； 4. 模拟运算过程中可实时生成流线结果，流线结果与模拟器结果配套一致； 5. 支持模型一键劈分与自动合并； 6. 支持中文界面； 		
1.2	“GPU 级核心并行模拟器（黑油）”指标	<ol style="list-style-type: none"> 1. 支持 CPU+GPU 协同并行，支持 Full GPU 并行计算； 2. 支持启动压力梯度场的自定义，可以建立启动压力梯度与渗透率的关系式； 3. 支持通过过水倍数等变量对物性参数进行时变模拟； 4. 支持 2 种及以上其他数模软件黑油模型格式的数据体加载和模拟运算； 5. 支持水驱优化管理技术，可在模拟中直接计算油水气井之间的对应关系，并量化为具体数值； 6. 支持“一键”优化水驱油藏注水方案； 7. 支持“单节点不限并行”，即当用户所使用的机器 CPU 升级时，所有的 CPU 内核资源仍然可用于并行计算； 8. 能实现全油田水力压裂模拟，能模拟生产井压裂缝失效过程的产能递减和重复压裂； 		
2	一般技术指标	要求具有地质模型加载、数模前处理能力，包括动态数据、相渗曲线、PVT 实验拟合等，具备考虑地质力学参数的压裂缝模拟设计功能；支持凝析气藏、高挥发性油藏等组分相态变化较大的油气藏模拟；支持 CO ₂ 封存模拟，地热模拟等		

2.1	“组分模拟器”指标	1. 支持凝析气藏、挥发油藏、注气混相驱、CO ₂ 封存模拟等，并支持对固相组分的模拟。 2. 支持2种及以上其他数模软件组分模型格式的数据体加载和模拟运算。		
2.2	“数模模型设计”指标	1. 水力压裂缝模拟可以考虑地质力学参数（杨氏模量、泊松比）和压裂液注入速度等工程参数； 2. 支持加载 Rescue 格式地质模型文件； 3. 支持动态数据转换 SCHEDULE 处理； 4. 支持 PVT 实验数据拟合； 5. 支持相渗曲线处理，归一化等；		
3	供货范围	tNavigator 精细油气藏高效建模数模一体化软件 V22.3（供货时最新版本）		
3.1	安装光盘两张或 U 盘一个	含 tNavigator 精细油气藏高效建模数模一体化软件 V22.3 安装程序（供货时最新版本），电子版操作手册。		
3.2	单机许可加密狗一个	激活后网络版加密狗许可一个		
3.3	操作手册	纸质操作手册两套		
4	其他			
注：				
1. 供货方完成“供货方答复”栏，填写提供的设备详细资料，填写不下的资料可另附。				
2. 买方未要求的部分由供货方给出建议				

9.2 交付技术文件

tNavigator 软件交付功模块如下：

- (1) GUI，图形用户界面（数模分析平台、后处理器）

业内唯一的 GPU 级高性能交互式数值模拟用户界面设计，计算的同时可以查看结果。支持断点保护功能，可从任意中断时间继续计算。全面支持 E1/E3/、IM/GE/ST、MO、IN、NE 模拟器文件格式，支持一键导入。优化的 3D/2D 显示引擎，显示千万以上网格模型无卡顿，方便用户进行分析。支持开发现状图与注采井网量化分析，可以加速数值模拟的拟合和优化过程。综合多种剖面便于分析层间矛盾。支持多种属性编辑器以及属性刷子功能方便修改网格属性。

Definitions 模型定义

- 本地化中文用户操作界面
- 可以在 Simulation GUI 界面中一键打开工区
- 运行进程实时监控、模拟结果后处理是通过使用同一个多窗口图形界面在 Windows 和

Linux 下工作；

- 实现模型的开始、暂停、重启；建立多个预测模型；
- 模型的模拟时间、IJK 网格、井、模拟类型等基本信息定义；

Maps 图形界面

- 过水倍数参数场图的输出和查看；
- 时变参数场 SATNUM、PERMX、PERMY、PERMZ 等作为动态参数场图输出到 Calculated

Maps 中；

• 油藏的静态动态属性模型以及计算模型均在 map 窗口实现二维、三维、流线和自定义剖面的实时查看；

- 多功能二维、三维及剖面气泡图可以显示产注井的瞬时和累积产量；
- 实时显示单井射孔网格的属性和产率随时间的变化；
- 生成动态属性 2D 等值线图；实时显示单井产吸剖面图；
- User maps 和 user cuts 高级的自定义计算功能，可计算新的 3D 属性数据体、2D 属性相关性等；

- 实现储量及储量丰度等 2D、3D MAPS 计算；

- 定义分区；

- 计算及 2D、3D 显示；

Graphs 曲线分析

- Graph Calculator 中编辑 Python 代码时，可以同时设置多个脚本；
- 实时分析查看单井、分区、全油田生产曲线模拟（含日产率、月产、累积等）；
- 实时分析查看单井、分区、全油田压力、含水曲线模拟等；
- 实时分析查看 well profile 和 well section；
- 实时分析查看网格压力、温度、含油等信息；
- Hist/Calc 拟合曲线对比；
- 不同时间不同分区或油田的模拟结果对比分析；

- 高级自定义功能等等；

2D Hisogram 直方图分析

- 建立各种属性直方图。方便用户分析属性的相关性，如孔渗等；
- 高级的自定义计算功能，分析计算静态与动态数据；

Waterflood 水驱矩阵分析

- 计算每个时间点的压力分布，水驱情况和注入效率图，以及自定义的属性等等，均可在

3D、2D 窗口使用流线显示；

- 计算瞬时和累积产量等矩阵分析；

Schedule 生产数据

- 井文件定义；
- 井史资料（含单井产吸剖面、井措施等）分析；
- 其它的井模拟关键字；
- 新井井轨迹创建等；

Properties 油藏属性参数

- 支持查看并修改 ROCK、PVT、SCAL、FLOW FUNCTION 等属性；
- SRP Water-Oil 功能分析；
- Rates vs SWAT 功能分析；
- 支撑剂属性；
- CPU、GPU 并行控制；

(2) Black Oil *GPU Advanced, GPU 级核心并行模拟器（黑油）

tNavigator 软件核心模拟器用于模拟各种黑油及干气油气藏，包括化学驱、双重介质、端点标定、润湿滞后模拟等高级功能。支持全油田重复压裂模拟技术。核心模拟器已经包含单节点内并行许可，支持单节点或单机内无上限的 CPU 并行核心数量和 2 块 GPU 显卡不限并行核心数量，保证硬件单价内升级 CPU 核数增多后软件能自动扩充许可，无须再购买新增并行许可。模拟器综合了硬件特性如 NUMA, Hyperthreading, MPI/SMP 混合同步并行技术。

- 启动压力梯度模拟，可建立启动压力与原油粘度之间的关系式；
- 可基于过水倍数等变量进行物性参数时变模拟；
- 支持模型自动劈分和合并；
- 三维重力分离流动模拟；双孔/双渗油藏；
- 示踪剂跟踪（注入水的前缘）；
- 水驱优化；
- 示踪剂跟踪；
- 盐水跟踪；
- 温度模型；垂直井、斜井和水平井模拟；

- 井筒内窜流；
- 精确模拟复杂地质特征的角度网格系统、LGR；
- 功能丰富的井、井组和油田生产控制功能、注采受效（水驱矩阵）分析；
- 动态流线模拟；
- 预测模块；
- 支持测井数据(LAS)可视化；
- 三元复合驱、泡沫驱等等；
- 油藏模型的自动劈分和合并功能；
- 集有限差分和流线模拟于一体；
- 双孔双渗、聚合物驱、水力压裂模拟技术；
- E1 和 IM 模型的加载和运算。

(3) Compositional, 组分模拟器

tNavigator 组分模块用于研究组分变化较大或者需要精细研究相态变化的油气藏，例如凝析气藏、挥发油藏、注气混相驱、CO₂ 封存模拟等，并支持对固相组分的模拟。支持 E3、GE 格式的数据体加载和模拟运算。

(4) Model Designer, 数模模型设计

该模块支持通过已有地质模型、流体 PVT 数据、相渗数据、井史数据等完成数模模型前处理。或可以直接导入已有数值模拟模型进行修改完善。支持流体 PVT 数据分析，根据相应的状态方程、样品测试生成和分析 PVT 相态特性。支持使用相关式创建 VFP 表并直接添加到数模模型中。应用该模块用户可以快速的搭建数值模拟模型并执行运算。支持地热模型创建。

软件模块补功能充说明：

tNavigator 软件与第三方软件的关系：Model Designer 模块兼容 Petrel 软件地质模型数据体，GUI 模块兼容 Petrel RE 和 Eclipse 软件完成数模模型数据体。

软件模块之间的相互关系

序号	模块名称	说明
1	图形用户界面 GUI	可独立使用
2	GPU 级核心并行模拟器（黑油） Black Oil *GPU Advanced	通过 GUI 模块使用或者使用命令独立使用
3	组分模拟器 Compositional	通过 GUI 模块使用或者使用命令独立使用， 两种使用方式均依赖 Black Oil 模块
4	数模模型设计 Model Designer	依赖 GUI 模块使用

10. 工作进度、监造和现场验收

供货时间：.合同签订后 15 天内交货。

供货地点：中海油服天津产业园区。

11. 质量保证

1) 卖方为用户提供终身免费技术支持服务：当用户通过电话和 Email 等方式提出技术服务要求时，卖方将在 24 小时内及时作出响应，并在 2 天内协助用户解决所遇问题，努力确保用户所购系统的正常使用。技术支持类型分别为远程支持及现场支持。

2) 卖方对所售软件产品提供免费软件故障排除和灾难性恢复支持（灾难性恢复是指如软件锁被损坏，仅提供技术支持并重新提供产品，而不涉及其它问题）。

12. 售后服务及培训

1) 卖方有义务保证每个引进功能的正常使用。对用户发现的软件缺陷问题，卖方要在 5 个工作日内给予明确答复；对软件缺陷要及时提供补丁程序。

2) 对用户提出的一般性技术问题和技术咨询，卖方须在 2 个工作日内予以答复。

3) 卖方为买方提供在用户现场 2 周，不少于 10 个工作日的技术培训，培训人数 20 名以上，为参加培训人员免费安装该软件试用版。培训主要内容应包括购买软件基本原理和方法、软件安装、软件应用及典型案例分析。