

海洋石油深水水下生产虚拟可视化仿真软件开发

陈从磊¹ 张多^{1,2} 张建兵² 连远锋²
(1. 中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院 北京市 100083)
(2. 中国石油大学(北京)信息科学与工程学院 北京市 102249)

摘 要: 本文为实现海洋石油深水水下生产过程的实时可视化仿真, 基于过程模拟计算建立了水下生产流程案例库, 将 Vortex 物理仿真引擎与 Vega Prime 虚拟现实平台相结合构建实时动力学虚拟仿真环境。针对深水水下生产业务流程功能, 完成了系统结构分析与功能模块划分, 确定了分布式仿真体系的硬件系统和数据接口规范。在构建具有高度物理真实感的实时动力学仿真模型基础上, 建立了海洋石油深水水下生产可视化仿真平台。
关键词: 虚拟仿真; 虚拟可视化; 软件开发

随着深水油气开发日趋繁荣, 如何保障我国海洋油气资源的安全开采, 实现对石油生产的分析、预警与防治, 成为现阶段海上油气安全生产的重要发展战略^[1]。由于海洋石油深水水下生产过程及其运作机理较为复杂并存在严重的安全风险, 三维海洋工程模拟仿真与可视化作为模拟现实场景的重要手段, 可直观地展示海洋环境细节, 提升油气工程工艺环节认知, 为实现海洋油气资源的勘探开发提供坚实的技术支撑^[2]。

1 软件结构设计与模块划分

海洋石油深水水下生产虚拟可视化仿真系统利用虚拟现实技术来模拟生产运行状况, 将仿真结果数据进行实时读取、评估与可视化展示, 如图 1 所示, 由 3 个模块构成。各模块具体包括:

(1) 系统设置模块: 水下生产作业仿真中, 虚拟海洋环境应该为受训人员提供不同区域、不同海况以及不同天气状况下的真实海洋环境。海上环境设置包括天空包围盒、雨雪雾天气等; 海面环境设置包括海面风速、有义波高、海面流速、波浪周期等; 海底环境设置包括海水密度、洋流大小、洋流方向和海底地形等。

(2) 生产案例库模块: 海上工程建设、投产及生产运行作业包括半潜式平台上部组块安装、自由站立式立管安装、水下采油树安装、水下管汇安装、水下跨接管安装、海底管道终端安装、海底集输管线安装、水下生产系统投产试运行、密封圈更换、海底管道泄漏不停产维修等 10 个典型案例。

(3) 评估决策模块: 为了实现生产运行过程中的动态数据实时监测和同步评价, 采用工业自动化 WinCC 组态软件, 以交互式图形化界面方式显示理论期望值、传感器实际测量值、故障报警信息等仿真实验信息^[3]。通过将仿真数据输入评价系统, 依据评估指标和操作流程来实现综合评判。

2 硬件环境与接口规范

海洋石油深水水下生产虚拟仿真系统硬件环境与接口规范如图 2 所示。仿真系统采用标准 HLA 分布式架构, 各仿真组件均遵循统一的接口规范接入仿真框架运行, 具有良好的可扩展性^[4]。系统从功能角度分为 3 个子系统:

(1) 仿真控制系统, 主要包括教练员站、移动数字控制端、评估模块和仿真控制数据库。教练员站负责从生产案例仿真库中选择水下案例并配置场景初始化参数, 在系统运行过程中发出指令对作业流程进行控制。移动数字控制端基于 VAPS 软件设计并定义吊机控制台、绞车控制台和 ROV 控制台的图形控制面板及数据链路^[5], 如图 3 所示。虚拟仪表盘控制面通过通信链路实现与视景仿真系统的完整数据流传输, 体现了良好的灵活性、通用性和便捷性。

(2) 视景仿真系统, 主要包括动力解算服务器、模型视景生成器和实时监测服务器。动力解算服务器在动力学空间中将动力学

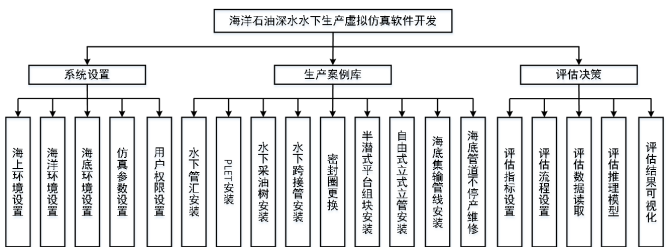


图 1: 海洋石油深水水下生产虚拟仿真系统软件模块

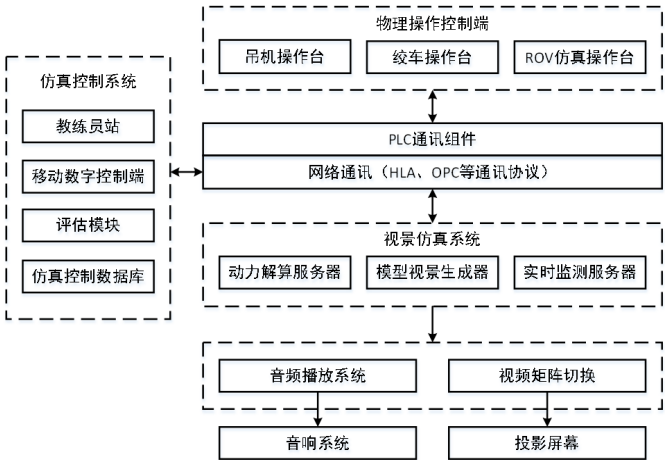


图 2: 系统的硬件环境与接口规范

模型与几何模型相关联, 进行实时和较高精度的场景目标动力学解算, 并将解算结果传递给视景仿真服务器中对应的场景和模型, 进而得到逼真的动力学视景效果^[6]。实时监测服务器负责监测生产案例的仿真操作运行状态、接收模型运行参数、报警信息并发出处置命令。同时, 视景仿真生成器采用三通道合成绘制, 通过投影系统将画面输出到大屏。

(3) 物理操作控制端, 主要由吊机仿真子系统、绞车仿真子系统和 ROV 仿真子系统和三部分组成, 如图 4 所示。物理操作控制端通过 OPC 技术实现可编程逻辑控制器 (PLC) 与仿真服务器之间的通信, 将模拟信号映射为参数指令, 驱动视景仿真系统进行动力学解算及视景绘制。

3 典型应用实例可视化仿真

3.1 水下管汇安装

●基金支持: 1、国家重大科技专项大型油气田及煤层气开发“海洋工程模拟仿真系统”2016ZX05033-004-003; 2、National Key R&D program of China, 2016YFC0303707。



图 3: 数字移动操作控制端

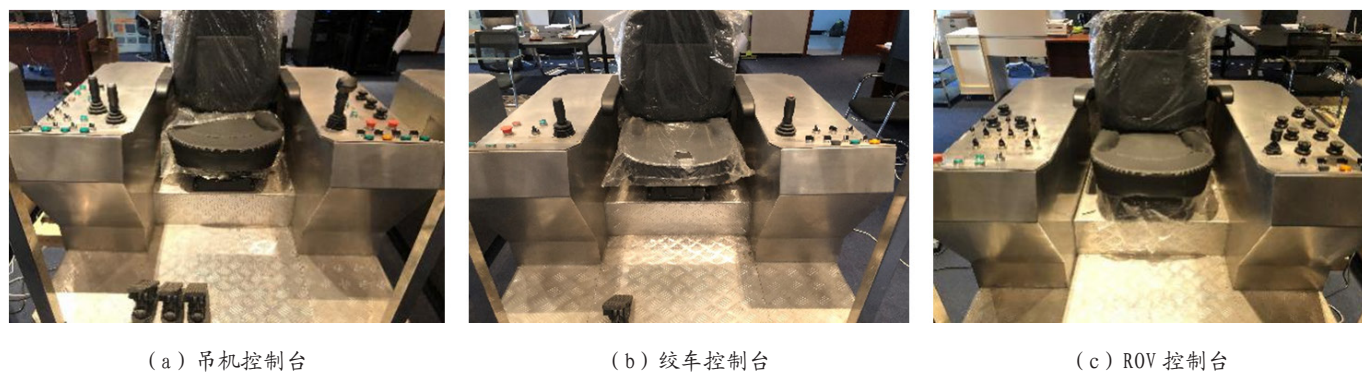


图 4: 物理操作控制端



图 5: 水下管汇安装过程仿真

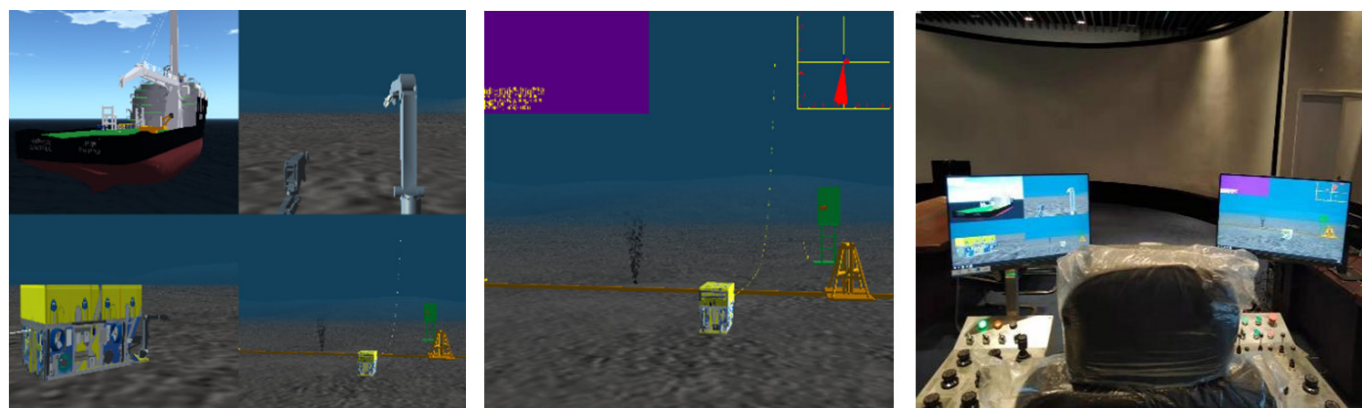


图 6: 海底管道不停产维修仿真

水下管汇安装可视化仿真案例应用过程，如图 5 所示。
整个案例分为 10 个海上工程作业过程，包括：
(1) 管汇安装准备；

(2) 吊机起吊管汇；
(3) 旋转吊机，将管汇置于海面上方；
(4) 下放管汇通过飞溅区；

一种在手机屏幕上绘制大量数据动态曲线图的方法

李焕丽

(中国煤炭科工集团太原研究院山西天地煤机装备有限公司 山西省太原市 030006)

摘要: 本文针对智能手机触摸屏的特性, 解析了 Android 系统提供的 Graphics 类的属性和方法, 使用 JAVA 语言开发了基于 Android 手机的绘制动态曲线图的 API, 本 API 设计和开发了绘制大量数据的曲线图的压缩算法、左右移动曲线图算法、缩放曲线图算法、多条曲线图的绘制算法, 实现了在分辨率有限的手机屏幕上绘制数量上万的统计数据的曲线图, 并且具有单点触控左右滑动曲线和两点触控缩放曲线的功能, 方便软件开发者调用, 从而将曲线图灵活地嵌入到程序中, 具有重要的参考价值。

关键词: Android 开发; 曲线图; 触控滑动; 触控缩放

随着智能手机的普及, 手机 APP 的使用量急速上升, 人们更多的是希望通过手机便捷、快速的浏览信息, 因此手机 APP 开发已经成为当前一项很热门的技术。市面上有这样一类 APP, 需要将几组上万条数据以曲线的形式显示在手机屏幕上, 并且具有左右滑动功能、多点触控缩放功能, 如股票走势分析软件、温度趋势分析软件。而此类功能并没有成熟的 API 供开发者使用^[1, 2, 3, 6], 如果开发者想要将曲线显示功能灵活的嵌入到自己的软件中, 需要做大量的编程工作, 这就给开发者带来了一定的困难。

本文针对以上问题, 本文参考张军^[4]、张伟^[5]介绍的在液晶屏或计算机屏幕上显示温度数据曲线的方法后, 以 2 组 3 万多条温度数据为例, 基于 Android 手机, 以 Graphics 类为基础, 设计和开发了一个绘制动态曲线图的 API, 方便开发者灵活调用并嵌入到程序中, 该接口函数实现了 4 大功能: 绘制大量数据曲线图、两点触控缩放曲线、单点触控左右滑动曲线、多组数据的曲线显示。本文依次介绍这 4 个功能的设计与实现过程。

1 方法概述

Android 系统为开发者提供了 Graphics 类来绘制曲线图, Graphics 类包含在 System.Drawing 名称空间下, 此类封装了绘图接口, 可以绘制曲线、圆弧、线条、矩形和文本等。表 1 列出了 Graphics 类中常用的 drawLine 方法和 drawRect 方法的参数及功能描述, 这两个方法分别用于绘制线段和矩形框。

本文使用的实验数据为 32000 条温度数据, 而目前主流 Android 智能手机屏幕的分辨率为 1080×2340, 假设显示温度数据曲线图的控件的像素为: 100×1020 (横向像素点×纵向像素点)。数据曲线图效果图如 1 所示, 图中标有“A”的红色虚线是指温度报警上限警示线, 标有“B”的红色虚线是指温度报警下限警示线。

2 曲线显示及数据压缩算法

在手机屏幕上绘制曲线图的基本思想是: 首先依次将温度数据 (记录时间, 记录温度) 换算成手机屏幕上的像素点 (横坐标, 纵坐标), 然后使用 drawLine 方法依次将相邻像素点连接, 这样就

- (5) 减慢放缆速度, 将管汇下放至基盘上方;
- (6) 利用 ROV 将管汇与基盘上较高的桩腿对中;
- (7) 利用 ROV 调整管汇主体位置, 使其与基盘另一桩腿对中;
- (8) 继续下放并利用 ROV 将管汇主体和管汇基盘锁紧;
- (9) 利用 ROV 解除索具;
- (10) 回收索具。

此案例能够真实地模拟深水水下管汇下放的操作, 现场沉浸感强。

3.2 海底管道不停产维修

海底管道不停产维修可视化仿真案例应用过程, 如图 6 所示。整个案例分为 9 个海上工程作业过程, 包括:

- (1) 漏点检测;
- (2) 海床基础处理;
- (3) 管道表面处理;
- (4) 安装三通并开孔;
- (5) 安装水下封堵机和旁通管道;
- (6) 切除破损管段;
- (7) 连接替换管段;
- (8) 回收维修工具;
- (9) 连接替换管段。

海底原油管道泄漏基于计算流体动力学 CFD 方法计算泄漏扩散特性并根据粒子追踪模型对溢油粒子的局部速度和位置进行预测, 沿着时间轴迭代更新, 实现海底管道溢油流场三维动态可视化。

4 结论

本文通过对海上工程建设、投产及生产运行等作业场景多人协同作业分布式仿真系统分析, 实现了立体、直观的水下生产作业过程实时可视化仿真与评估。该系统可以用于工程人员的操作培训与

考核及对拟定维修方案进行演练, 对提高施工效率和质量以及灾害应急辅助决策具有重要意义。

参考文献

- [1] 毛东风, 余阳, 孙成功等. 基于水动力学与虚拟现实的深水水下应急维修仿真系统 [J]. 中国石油大学学报 (自然科学版), 2019, 43 (1): 125-130.
- [2] 魏国. 关于海上溢油应急处理的仿真和三维可视化的研究 [J]. 电子技术与软件工程, 2016 (5): 100.
- [3] 李冬梅, 吴相甫, 张毅等. 大型气候环境实验室综合控制管理系统网络结构设计 [J]. 装备环境工程, 2018, 15 (6): 11-15.
- [4] 吴优, 付立军, 马凡等. 基于 HLA 的舰船综合电力系统信息物理混合仿真 [J]. 电网技术, 2019, 43 (7): 2422-2429.
- [5] 石磊, 张瑞平. 用 VAPS XT 与 Open GL 进行三维视景开发 [J]. 电光与控制, 2015, 22 (3): 97-100.
- [6] 纪连恩, 孙瑞生, 栾琪等. 一种支持水下虚拟维修的高层仿真描述模 [J]. 系统仿真学报, 2016, 28 (10): 2415-2422.

作者简介

陈从磊 (1985-), 男, 山东省菏泽市人。硕士学位, 高级工程师。研究方向为油田地面工程 (海工) 规划、科研和技术研发与咨询工作。

张多 (1994-), 男, 河北省张家口市人, 硕士在读。研究方向为虚拟现实。

张建兵 (1974-), 男, 湖北省洪湖市人, 博士, 讲师。研究方向为数字地球, 空间信息服务。

连远锋 (1977-), 男, 吉林省延吉市人, 博士, 副教授。研究方向为虚拟现实, 机器视觉。