

# 数字孪生软件在智慧油气管网建设中的应用

邢令海（烟台港裕龙管输仓储物流有限公司，山东 烟台 264006）

**摘要：**本文研究的是现代智慧油气管网建设过程中的数字孪生技术及其软件应用。包括智慧油气管网建设中的数字孪生技术概述、数字孪生软件应用策略及其应用实例。经分析发现，充分了解数字孪生软件的基本情况，明确其主要应用功能，并结合实际需求对其进行合理操作，便可使该软件在现代智慧后期管网建设中发挥出充分的技术优势。希望通过本次的分析，可以为数字孪生软件的应用与现代智慧油气管网的发展提供一定参考。

**关键词：**智慧油气管网；油气管网建设；数字孪生技术；应用策略

## 0 前言

随着智能化技术在当今时代中的应用和发展，智慧油气管网的建设也开始备受关注。在此类工程中，数字孪生技术及其相关软件发挥着至关重要的应用优势。基于此，具体建设中，相关单位与工作人员一定要对此项技术及其软件做到充分了解，并根据实际需求，对其加以合理应用。通过这样的方式，才可以让数字孪生技术在其中得以合理应用，以此来促进现代智慧油气管网的良好建设、应用及其发展。

## 1 智慧油气管网建设中的数字孪生技术概述

在通过数字孪生技术进行智慧油气管网工程的建设及其监管过程中，为实现此项技术的合理应用，相关单位、研究者与技术人员一定要对此项技术的基本情况做到足够了解，包括其基本内涵及其应用现状。以下便是对此项技术的基本情况所进行的分析。

### 1.1 基本内涵

所谓数字孪生技术，指的是将各种的数据、场景和物体等集成到一个虚拟空间中，从而实现虚拟仿真模型的建立，并通过该模型来完成真实空间中相应物理实体的映射。就目前的数字孪生技术来看，其主要手段包括以传感器为基础的虚拟空间到物理世界映射、以数字孪生模型为基础的虚拟建模、以运动状态为基础的仿真估计等<sup>[1]</sup>。借助于数字孪生模型，可对真实空间里的事物进行仿真模拟，并在虚拟空间中完成各种的问题预测，从而为其生产、建设、应用等提供全生命周期的管理与控制服务。

### 1.2 应用现状

在当前的智慧油气管网建设工作中，应用到的数字孪生技术模型主要包括虚拟管道、实体管道、管道孪生数据以及管道服务系统。其中，虚拟管道主要包括管道介质、管道本体、管道设施以及周边环境等，

该数字化模型可以对真实管道的实际运行情况及其和周边环境之间的关系做出真实反映。管道实体是一项重要的油气储运载体，因此在智能化建设中，需要使其具备良好的实时感知能力和信息处理能力。基于此，具体建设中，相关单位可通过相应的智能传感器对实体管道和其他配套设施设施进行监测，以此来实时获取其实际的运行情况，并将管道和各类配套设备的实时运行数据上传给 SCADA 系统。管道孪生数据包括真实管道运行数据以及周边环境数据等，将这些数据导入到虚拟空间里，便可实现智慧油气管网虚拟模型的科学构建。管道服务系统的主要组成部分有管道站场、管道本体、周边环境和运输介质等。

在对数字孪生软件中的虚拟仿真油气管网模型进行建立与分析时，需要通过很多方式对其进行测试和分析，包括空气动力学测试、热分析、应力应变测试、有限元分析等，从而使其与真实空间里的物理规律相符，并以此为依据建立起合理的行为约束。通过这样的方式，才可以让数字孪生软件中的智慧油气管网虚拟模型与现实中的生产运营数据之间实现有机融合，以此来促进现代油气行业的智能化创新和发展，从而为其核心竞争力的提升提供有力的技术支持。

## 2 智慧油气管网建设中的数字孪生软件应用策略分析

在通过数字孪生软件进行智慧油气管网建设的过程中，工作人员首先需要对此项技术中的主要软件进行深入研究，掌握其中的主要应用功能，然后再以此为依据，结合智慧油气管网的实际建设及其运营监管需求，对数字孪生软件进行合理操作。通过这样的方式，才可以实现数字孪生模型的科学建立，满足智慧油气管网的实际建设、运维及其发展需求。以下是智慧油气管网建设中的数字孪生软件应用策略分析。

## 2.1 数字孪生软件介绍

在当前的智慧油气管网建设中, ANSYS Twin Builder 是最为常用的一款数字孪生软件, 该软件是基于 Simplorer 软件升级之后的新版本, 其计算和分析能力十分强大, 用户界面简单易懂, 可以为智慧油气管网建设所需的各类数据输入及其结果输出等相关操作提供支持。Simplorer 软件是专门为电力电子行业提供支持的工程师应用软件, 而升级之后的 ANSYS Twin Builder 软件不仅囊括了 Simplorer 软件中的所有应用功能, 也引进了 Modelica 基于非因果的多学科建模语言和相应的模型库, 并以此为基础, 将 ANSYS 中的 ROM Bulider 核心降阶模块引入其中, 从而使原本三维形式的有限元模型降阶成了一维形式的仿真模型<sup>[2]</sup>。

具体应用中, ANSYS Twin Builder 软件会将物理实体作为基础, 完成其数字孪生体的精准构造, 并对其合理的验证与优化处理, 最终建立起数字孪生体和 IIOT 平台之间的有效连接, 同时也可以将数字孪生体模型部署到智慧油气管网工程的运营环节中, 使其整体系统达到良好的数字孪生管理效果。

## 2.2 数字孪生软件功能

在 ANSYS Twin Builder 软件的实际应用中, 可通过多域以及多语言的形式来进行用户名系统构建, 并完成多域系统以及复杂电力电路的仿真模型创建。就目前的 ANSYS Twin Builder 软件来看, 其主要的建模语言有 SPICE 建模语言、C/C++ 建模语言、SML 建模语言、Modelica 建模语言以及 VHDL-AMS 建模语言等。其应用程序专业库主要包括 Modeln 以及 Modelica Standard Library 商业库 (热功率、热交换器、液体冷却、气动、液压等); 电力系统、机动车辆、航天电子网络等的专业设备库; 逻辑与数字模块、液压组件、机械组件、传感器、控制模块、电源电子产品组件等<sup>[3]</sup>。

在该软件中, 降阶模型可对部件级别的三维有限元分析结果进行降阶处理, 使其转变为一维系统可以进行模拟操作的一维 ROM 模型。通过这样的方式, 便可实现整体仿真时间的显著缩短, 并使其运算精度得以良好保障。

同时, 在 ANSYS Twin Builder 软件中, 也可以实现 HMI 设计以及各种嵌入式控制软件的轻松集成, 并为在环境模型以及在环中的软件应用提供支持, 使嵌入式控件的实际性能可通过物理系统模型的方式进行测试。而通过和 SCADE Display 以及 Ansys SCADE

套件之间的紧密耦合, 该软件在运行期间也可以为各种的交互式调试与监控等工作提供支持。

在软件系统优化中, Twin Bulider 可将指定的变量成本函数设计作为基础, 通过 Ansys OptoSlang 以及 Design Xploere 相结合的方式或借助于相应的内置算法来进行系统性能的优化。在此过程中, 用户可对该系统应用中的各种极端情况及其敏感性进行识别, 也可以对影响该系统性能的制造公差以及统计偏差等进行分析。

为充分满足数字孪生技术的实际应用需求, 具体应用中, 该系统可将所有物理实体的数字孪生体都部署到各个 IIOT 平台上, 包括 SAP Leonardo、GE Predix 以及 PTC ThingWorx 等平台。同时, Twin Builder depoyer 也可以为用户的 IIOT 平台自主开发及其数字孪生体部署提供支持, 使用户可以通过虚拟化平台对实物进行实时监测, 并根据实际情况作出预测性的维护。另外, Twin Bulider 中的接口具有很好的兼容性, 可以和 Icepak、HFSS 以及 Maxwell 等多种 Ansys 工具进行联合仿真, 避免数据丢失和文件格式不兼容等情况的发生。且其中还设置了 FMI 接口, 该接口能够兼容当前市场上的 150 余款其他主流工业软件, 可充分满足智慧油气管网建设中对于数字孪生技术的实际应用需求。

## 2.3 数字孪生软件操作

在通过 ANSYS Twin Builder 软件对现代智慧油气管网进行数字孪生模型构建与虚拟化仿真管理的过程中, 其主要的操作流程包括以下几个方面: \在 ANSYS Twin Builder 软件中完成智慧油气管网数字模型的构建, 在 Workbench 模块里对该模型进行网格化处理; 将网格划分结果以及网格化模型中的相关参数作为依据, 对该模型进行参数化设定, 包括边界条件设置以及初始条件施加; 将 ANSYS Twin Builder 软件中的 ROM Bulidre 模块开启, 通过该模块对三维 CAE 进行仿真简化, 使其降阶成一维运算模式, 并做好输入变量和输出变量的设置, 再以此为依据, 在 DOM 实验法的支持下实现 Static ROM 的生成, 降阶模型的部署工作也就此完成; 对于智慧油气管网中的各个目标管线, 需要在简化之后的一维模型中完成数字孪生主体的构建, 并将其与实体管线的实际运行情况进行对比, 以此来实现整体数字孪生模型的不断改进, 直到整个数字孪生模型完全符合智慧油气管网工程实际为止。图 1 是 ANSYS Twin Builder 软件条件下的智慧

油气管网数字化孪生模型构建流程示意图：

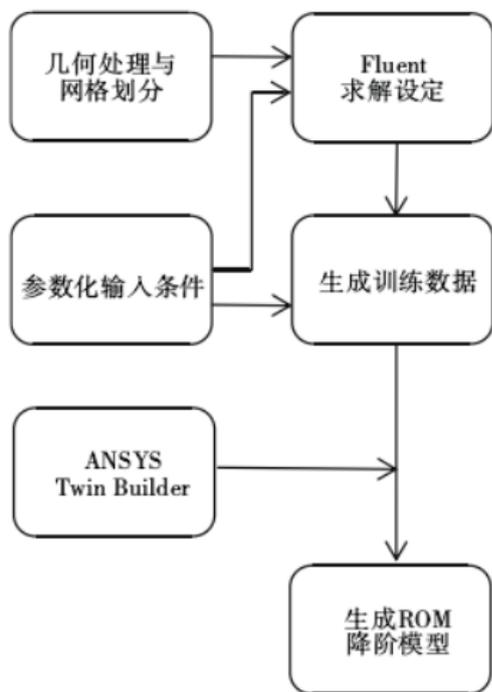


图1 ANSYS Twin Builder 软件条件下的智慧油气管网数字化孪生模型构建流程示意图

### 3 智慧油气管网建设中的数字孪生技术应用实例

#### 3.1 应用背景

随着现代智能技术的不断发展，智慧油气管网建设中的数字孪生技术也发挥出了越来越显著的应用优势。尤其是在5G移动通信技术的支持下，数字孪生技术更是在其中得到了更好的应用和发展。在这样的情况下，如何使智能化设备在智慧油气管网建设工程中生根发芽、开花结果已经成为了相关单位、研究者和重点技术人员的研究内容。

#### 3.2 应用目标

为适应当今信息化、智能化时代的发展，提升油气管网建设及其运维管理质量，满足现代社会对于智慧油气管网的实际应用需求，山东港口烟台港便以“聪明大脑”作为油气管道运输目标，通过数字孪生技术的合理应用，建设了一个智慧油气管网系统，并通过数字孪生软件对油气管道进行建设和管理。

#### 3.3 实际应用

在智慧油气管网建设及其管理工作中，为实现油气管道智慧运营管理机制的进一步完善，并进一步提升整体的管网安全管理水平，烟台港管道公司在2020年完成了“立体化”管网保护系统的建设，打造了一个“空中+地面”、“人防+技防”形式的360°无

死角立体化智慧油气管网保护系统，通过数字孪生技术和ANSYS Twin Builder软件完成了油气管网数字化孪生模型的构建，并建立了基于PDA智能数据采集和故障抓取、自动识别技术的储罐智慧浮舱巡检系统。目前，该数字孪生模型和应用在其中的其他智能化技术都已经在该公司智慧油气管网的建设及其运维管理中得到了合理应用。比如，在2022年10月份，烟台港管道公司对烟台至招远区间的油气管道进行了智能化的内检测工作。通过数字孪生软件以及“立体化”智慧油气管网保护系统等技术，对管网中的油气管道应力变形情况及其所在位置做出了及时、准确的检定，并使其得到了及时、有效的预防性保护。

#### 3.4 应用效果

作为全国唯一码头、罐区、管道一体化运营的港口，山东港口烟台港通过数字孪生技术以及数字孪生软件的合理应用，实现了国内首创港口液化油品智脑生产管控系统的建设，并将其构建成了一个全域智能排产、全线数字孪生、全程多重防护的原油智慧平安储运系统，成功将系统风险降低50%，提高支线供给效率超13%。由此可见，在山东港口烟台港的智慧油气管网建设及其运营过程中，数字孪生技术与数字孪生软件发挥出了非常显著的应用优势。

### 4 结束语

综上所述，数字孪生软件是现代最为先进的一款虚拟建模软件，凭借着简单、高效、功能齐全、兼容性强等的诸多优势，此类软件在现代的智慧油气管网建设中备受瞩目。基于此，在具体的智慧管网工程建设及其监管研究中，研究者与工作人员一定要加强数字孪生技术的研究，对其软件加以合理应用。通过这样的方式，才可以在数字孪生软件中完成智慧油气管网的虚拟化模型构建，并为其建设、运维等工作提供有力的技术支持。

#### 参考文献：

- [1] 丛瑞, 冯骋, 沈晨, 王秀宇, 黄申, 刘恩斌. 油气管道数字孪生技术应用 [J]. 油气田地面工程, 2022(10): 108-113.
- [2] 韩珍珍, 刘鹏, 王策, 姜斐, 李双能, 于婷婷. 在役油气站场数字孪生体建设探索与研究 [A]. 中国建筑学会工程勘察分会, 2022:304-307.
- [3] 喻斌, 冯骋, 丛瑞, 荣海伦. 数字孪生体在中缅原油管道智能化建设中的应用 [J]. 石油工程建设, 2022(04):1-6.