

基于数字孪生的黄岛油库管理系统设计与研究

卢小静¹ 朱倩倩² 杨秋²

(1. 山东数源地理信息技术有限公司, 山东 淄博 255035;

2. 山东正元地球物理信息技术有限公司, 山东 济南 250000)

【摘要】随着油库的数量和存储量的日益加剧,传统的油库管理方式已经无法满足新时代的需求,油库的数字化和智能化发展趋势将不可避免。通过数字孪生模型构建与地下、地下管道、油库实体相融合,实现黄岛油库的安全稳定运营和高效管理。利用虚拟现实技术对油库范围内的油库和管道数据进行模型还原作为真实系统的数字化映射对象,通过数据协同和模型可视化来达到整体效益最优。本文基于数字孪生、倾斜摄影、地理信息等技术针对黄岛油库管理系统进行了设计与研究。

【关键词】数字孪生;黄岛油库;管理系统;模型构建;数据采集

一、引言

随着中国经济的快速发展,能源需求也呈现出快速增长的趋势。油库作为能源储备和物流配送的重要节点,发挥着至关重要的作用。目前中国国内的油库数量逐年增加,规模不断扩大。油库的分布也逐渐从沿海地区扩散到内陆城市,以便更好地满足区域发展的需求。随着油库的数量和存储量的日益加剧,传统的油库管理方式已经无法满足新型库区的发展变化,导致安全事故、管理事故等的频繁发生。如1989年黄岛油库特大爆炸事故、2005年英国第五大油库邦斯菲尔德油库的特大爆炸事件、2017年安庆市安庆万华油品储罐燃烧爆炸事件等,只有更智能、更信息化的进行库区的管理,在事故发生时更精确、更及时地进行辅助决策才能最大的保证社会和人民的财产、生命安全^[1]。

黄岛油库数字孪生智慧管理系统基于山东省内的黄岛油库依托于GIS地图的三维管道,借助于互联网、云计算、大数据挖掘分析、物联网、数字孪生、虚拟仿真等数字化技术对油库环境、油罐、输油管道、场内设备建筑等各要素实时现状进行真实复现。并可结合前端智能感知设备数据和专业模型算法,对油库概况、设备运维、管理维护、管道液压、储罐压力等进行可视化预报预警,保障油库的正常运行和科学管理,帮助企业实现更高效、更安全、更可持续的生产。

二、现状分析

现有油库管理系统存在以下问题:

1. 监控手段单一:传统的油库管理系统主要依靠人工巡检和简单的监控设备,监控手段单一、效率低下。

2. 数据分析能力弱:油库管理系统产生大量的实时数据,但传统系统对数据的分析和利用能力较弱,难以发现潜在的问题和优化空间。

3. 安全隐患:油库作为石油储存和分配中心,安全隐患较大,需要更加智能、精准的监控和预警系统。

基于传统的油库管理系统存在监控手段单一、数据分析能力弱等问题,亟需引入数字孪生技术进行优化升级以上问题和需求。黄岛油库数字孪生智慧管理系统利用数字化技术构建物理系统的数字化模型,并通过实时数据采集、分析和仿真来实现对物理系统的监控、预测和优化^[2]。黄岛油库作为重要的石油储存和分配中心,其管理系统的高效运行对于国家能源安全和经济发展具有重要意义,旨在通过数字化技术提升油库管理系统的监控能力、数据分析能力和安全性。

三、数据生产

黄岛油库位于中国山东半岛东南部,靠近渤海湾,距离青岛市中心约50公里。油库占地面积广阔,总储存容量巨大,是中国最大的石油储备基地之一。油库的主要功能包括储存原油、成品油和化工产品,根据需求进行调度和分销,以满足中国国内各地的供应需求。库区库容195万立方,

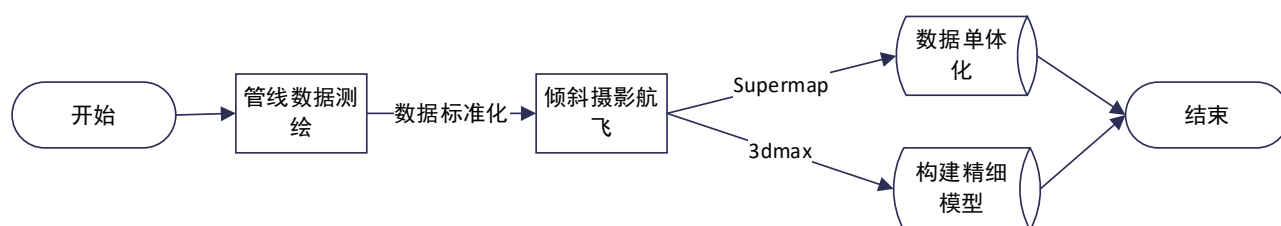


图1 数据生产流程图

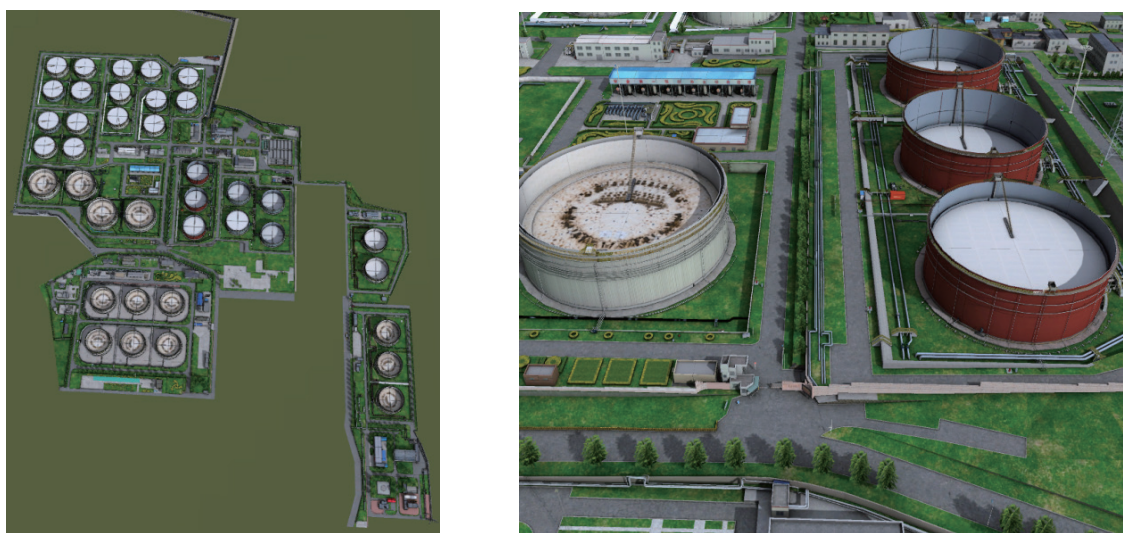


图2 油库精细化模型

其中10万立方米储罐4座，5万立方米储罐31座。具体数据生产流程如图1所示。

（一）管道测量

管道测量主要指黄岛油库范围内的地下、地下输油管道、电信管线、污水管道等平面位置、埋深、走向、规格等进行探测，在已有原始设计资源的前提下利用勘察测量设备进行实地测量，形成1:500数字化地形图^[3]。

（二）倾斜摄影

倾斜摄影技术就是其中一类新兴技术，属于高新技术，突破了最初正射影像的困境，可以多角度进行拍摄，除垂直角度拍摄外，还可以通过不同的角度采集摄像。近几年来，倾斜摄影模型在测绘、规划设计、地质勘测等许多领域得到了广泛运用，而这样迅速发展得益于无人机的普及。现在我们能够看到的不少倾斜摄影模型都是靠着无人机的拍摄得到的，其基本原理是在无人机上配置五个不同方向的高清摄像头，一个垂直、四个倾斜，从五个不同角度同步采集影像，获取丰富的建筑物顶面和侧视的高分辨率纹理，之后再依靠自动化的建模软件生成模型。

（三）精细模型构建

该研究基于黄岛油库进行3cm航飞，生成高精度的倾斜摄影模型，基于高精度的倾斜摄影基于3Dmax构建精细化三维模型，包括储罐、地上地下输油管道、阀门等。通过传统测量获取地上、地下管线的详细数据信息，绘制全要素的二维库区测绘图，按照国家管线标准生成库区地上、地下三维管道模型。

四、基于数字孪生的黄岛油库管理系统设计

黄岛油库数字孪生智慧管理系统基于大数据、微服务、数字孪生、精细模型三维构建一个复杂而高效的黄岛油库大数据中心，以满足现代社会的需求。实现数据的全面采集、处理、分析和可视化，提供更准确、更及时的决策支持，同时提高系统的灵活性和可扩展性。对油库环境、油罐、设备建筑等各要素态势进行1:1还原展示，并可结合前端智能感知设备数据和专业模型算法实现对某时间段的运行状态进行复盘，对油库概况、设备运维、管理维护、场内人员等进行实时监测和分析，对异常事件和异常数据实现预报预警，并直线所有地物要素的信息、运行数据查看，保障油库的正常运行和科学管理。

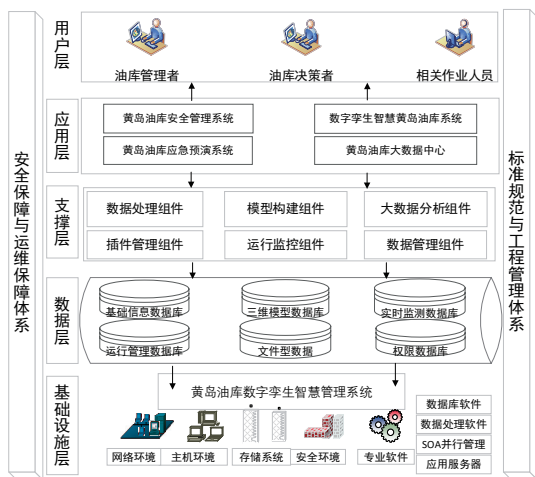


图 3 系统整体设计图

利用大数据技术，对油库内海量监测数据和地物特征数据进行采集、存储、处理、分析和可视化，以提供决策支持；采用微服务架构，将系统功能拆分成一系列小型的、独立的、可互相通信的微服务，以实现系统的灵活性和可扩展性；基于倾斜摄影实景照片和对应的位置、实体大小信息等，建立 1:1 的三维精细化模型，对库区实体进行还原和矢量化；基于大数据信息和三维精细模型建立数字孪生模型，实现对油库物理世界的虚拟仿真。实时接收来自物理世界的的数据，并通过数据分析与预测技术，实现对物理世界的实时监控与预测；通过数据可视化技术，将数字孪生模型的数据进行可视化展示，以提供更直观、更易于理解的数据分析结果数据交互：用户可以通过与数字孪生模型进行交互，获取更详细的数据信息和分析结果，以实现更准确、更及时的决策支持。

黄岛油库数字孪生智慧管理平台主要包括油库概况、分析漫游、场景管理和系统管理四个部分，平台系统设计如下图所示：



图 4 系统功能设计图

五、展望

通过实际验证，基于数字孪生的黄岛油库管理系统设计方案取得了良好的效果，提高了油库管理系统的监控能力、数据分析能力和安全性。未来可以进一步探索数字孪生技术在油库管理系统中的应用，包括智能化的设备维护、能源消耗优化等方面，为油库管理系统的智能化升级提供更多的可能性。

1. 油库业务信息化：通过传感器实时监测油罐液位、温度等信息并对数据进行处理和分析，生成库存报表、进油订单、销售订单等信息。

2. 油库生产作业自动化：可以通过门禁一卡通、地磅一卡通自助发油、储罐液位管理等技术，实现油库生产作业的自动化和智能化，储罐液位管理可以实现对油罐状态的实时监控和管理。

3. 安全监控智能化：通过高低液位报警、可燃气体报警、周界报警、视频监控、巡更管理等技术，实现对油库安全的自动化监控和管理。传感器实时监测油罐液位、可燃气体浓度等信息，一旦超出安全范围，系统将自动报警。安防系统实时监测油库周界，一旦有异常情况，系统将自动报警。摄像头实时监控油库内外的情况，提高安全监控的效果。

六、结论

本文基于数字孪生技术，设计并研究了黄岛油库管理系统的优化方案，通过数字化技术提升了油库管理系统的监控能力、数据分析能力和安全性。未来，数字孪生技术有望在油库管理系统中发挥更大的作用，为能源领域的智能化升级提供重要支持。

参考文献：

- [1] 白嘉祺. 我国油气管道的建设现状与发展趋势浅析[J]. 中小企业管理与科技, 2016(4): 98.
- [2] 李亮. GIS 在油气管道完整性管理应用研究[D]. 西安: 西安石油大学. 2015.
- [3] 郭达志. 地理信息系统原理与应用[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社. 2014.

作者简介：卢小静（1985.2-），女，本科，专业：电气工程及其自动化，研究方向：输油管道测量和管理。