

数字化协同设计及交付应用研究

胡耀义¹ 赵国洪² 严紫含¹ 李 烈¹

1. 中国石油工程建设有限公司西南分公司, 四川 成都 610041;
2. 中国石油天然气股份有限公司天然气销售河北分公司, 河北 唐山 063000

摘 要:随着油气工业数字化转型、智能化发展战略的推进,工程设计经历了二维设计二维交付、二三维设计二维交付后,目前正加速从全专业二三维数字化协同设计向二三维关联交付方向发展,设计成果的二三维关联交付不仅可用于指导物理实体工程建设,也面向数字孪生虚拟工程的交付。由于智能油气田建设及数字化交付内涵和外延的变化,全专业二三维数字化协同设计的新设计理念正快速成形。总结了面向智能油气田全专业二三维数字化协同设计的特点,提出了由数字化交付需求决定全专业二三维数字化协同设计的组织方式,归纳了面向智能油气田全专业二三维数字化协同设计的方法和应用成效,其成果可为智能油气田的形成提供基础条件。

关键词:智能油气田;数字化协同设计;数字化交付;数字孪生体;设计目标;交付标准

DOI:10.3969/j.issn.1006-5539.2021.03.020

Research on application of digital collaborative design and delivery

HU Yaoyi¹, ZHAO Guohong², YAN Zihan¹, LI Lie¹

1. CPECC Southwest Company, Chengdu, Sichuan, 610041, China;
2. CNPC Gas Sales Hebei Branch, Tangshan, Hebei, 063000, China

Abstract: Engineering design has experienced two stages of development: two-dimensional design and two-dimensional delivery, two-dimensional and three-dimensional design and two-dimensional delivery. With the advancement of digital transformation and artificial intelligence development strategy of oil and gas industry, it is rapidly developing to achieve two-dimensional and three-dimensional related delivery. The design documentation delivery of digital collaborative design is not only used to guide the physical entity engineering construction, but can also be oriented to the documentation delivery of its digital twin, namely, virtual engineering. Due to the change of connotation and extension of intelligent oil and gas field construction and digital delivery, the new design concept of full engineering disciplines digital collaborative design is taking shape rapidly. This paper summarizes the characteristics of intelligent oil and gas field digital collaborative design, puts forward the organization mode and structure of digital collaborative design as determined by digital delivery requirements, and generalizes the application methods and application effectiveness of intelligent oil and gas field digital collaborative design. The research results can provide basic conditions and foundation for the setting up of intelligent or smart oil and gas fields.

收稿日期:2020-05-25

基金项目:中国石油集团工程股份有限公司“数字化/智能化油气田关键技术研究与应用科研攻关项目”(2018 ZYGC-02-02)

作者简介:胡耀义(1984-),男,甘肃定西人,工程师,硕士,主要从事企业信息化规划、建设和管理工作以及智能油气田的体系架构与设计工作。E-mail:huyaoyi_sw@cnpc.com.cn

Keywords: Intelligent oil and gas field; Digital collaborative design; Digital delivery; Digital twin;
Design objective; Delivery standard

0 前言

油气田工程建设与生产运行涵盖了地下勘探与开发、地面建设、生产运行和检维修的全过程,而工程设计的核心目的、规范、标准、方法和结果,均主要用于指导物理实体工程的建设与后期运行管理^[1-7]。随着近年来企业数字化转型的迫切要求和工程设计工具的不断更新发展,人们面向智能油气田建设市场的数字化交付要求也在不断攀升。在此背景下,基于二三维数字化交付的全专业二三维数字化协同设计的新设计理念正快速形成,设计成果在用于指导物理实体工程建设的同时,面临着智能油气田数字孪生体建设和应用的新课题^[8-13],如何做好在此背景下的二三维数字化协同设计成果的交付及应用,不仅成为工程设计公司数字化转型、智能化发展需要解决的迫切问题,也成为工程设计公司增强数字化交付能力的新诉求。

工程实践中,需要对以下问题提出解决方案:1)通过二三维数字化协同设计输出的成果,具备以电子形式进行数字档案交付的能力,但这种基于档案的数字化交付能力无法适应未来油气田的数字化转型和智能化发展;2)通过二三维协同设计形成的设计成果达到了建设物理实体工程的设计深度和要求,但建设期数字孪生体的交付是面向智能油气田数据生态建设的重点内容之一;3)面向智能油气田的数字化交付起于数字化协同设计,贯穿业务链和数据链,止于数据资产管理生命周期的结束,这将对数据资产化的程度和管理深度提出新的要求;4)在工程设计项目组织管理环节,面向未来智能油气田的二三维关联交付要求,将对传统设计的目的、方法和设计组织形式提出巨大挑战,且带来工作量和成本的增加。

1 传统设计的目的与特点

1.1 目的

一次完整的油气田工程设计通常由前期阶段和设计阶段构成:前期阶段一般指初步设计及以前组织开展的规划、预可研、可研、初设等;设计阶段通常指施工图设计或详细设计、施工组织设计等。每个设计阶段都有特定的目的和任务,由浅入深、由粗到细,将一个工程的系统布局、总体方案、设计方案、设计细节、工程量与投资、施工组织方法等^[14-20]逐步且完整地呈现在决策者和参建者面前。尽管每个阶段的目的、任务、组织方式、技术资源配置、使用的设计工具、参建单位都不同,但工程

设计所有工作的交付成果都将建设一个技术经济合理的物理实体工程作为目标。

1.2 特点

20 世纪 80 年代兴起并迅速发展的计算机辅助设计,将延续了几十年的“手工设计(计算器计算)+人工制图+人工描图”的工作模式,转变为基于单一计算机软件的设计,将绝大部分繁琐的手工计算和人工制图等工作交给计算机完成,提高了设计效率和设计质量。尽管如此,计算机辅助设计仍属于二维设计二维交付的初级阶段。

20 世纪 90 年代以来,随着我国油气田勘探与开发的井喷式发展和对外交流的扩大,工程设计行业加快了设计工具的升级和优化,工程设计公司逐步形成了 AUTODESK、AVEVA 和 SP 等为主导的三维设计体系,并形成了三维设计二维交付的成果交付特点。尽管设计单位在软件配置完整性、基础工作推进程度、平台深化应用、人才结构的快速转化与培养、软件定制与研发组织能力等方面存在一定差距,但总体而言,三维设计的组织是以部分专业参与的、部分项目实施的、部分专业之间协同的三维设计为主,成果交付仍面向物理实体工程建设与运行,亦存在一定程度的数据交付。

2 数字化协同设计的目的与特点

2.1 目的

2017 年末,中国石油工程建设有限公司西南分公司提出了一种“数字化/智能化油气田业务链和纵向数据链的架构模型”^[10],其业务链包括勘探、钻采、开发、地面建设工程和运行过程的生产经营管理业务,数据链包括横向数据流的传递和纵向数据流的传递。该模型中有两项内容与数字化设计相关:一是业务链中,设计、采购、施工及相关企业在智能油气田产业链中的业务位置和数字化交付关系;二是数据链中,业务链的层级和逐步向上分层交付的路径和目标。通过该模型,可以找到各参建企业在智能油气田建设中的业务链和数据链位置以及数字化交付系统的完整结构,并揭示出建设方的数据资产管理和数据应用需求是决定产业链所有企业的数字化交付内容、格式、方式和数据标准的关键性因素,数字化协同设计也不例外。

2.2 特点

面向智能油气田数字化交付的数字化设计,是一种以“全专业二三维数字化协同设计”为基础、满足物理实体工程建设和运行要求、有助于油气田数据资产化管

理、可推动油气田数据生态与应用生态形成的新的设计体系,其特点可总结如下。

1)站在横向业务链数字化交付视角,数字化设计与传统设计一样,居于工程建设的龙头地位,其作用是交付设计成果、指导物理实体工程建设、推动数字化协同建设和建设期数字孪生体的形成和交付。

2)站在纵向数据链数字化交付视角,数字化设计与采购、施工、制造等企业一样,居于智能应用的数据链底层,是数据的制造者和提供者,所交付的数据范围、内容、格式、路径要满足数字化交付的要求,以及可视化、智能化应用的数据需求。

3)在国家和行业尚未对数字档案颗粒度及相关数据标准提出新的要求前,传统设计文件的电子版交付,是面向数字化交付的数字化设计成果交付的一个组成部分,但不是全部内容。

4)工程设计公司数字化设计的交付范围、内容和深度,取决于面向智能油气田数字化交付数据的颗粒度;同时,工程设计公司数字化设计的跨平台交付能力,取决于异构平台之间的适配能力和协同设计作业体系的完整性。

综上,面向智能油气田的数字化协同设计一方面从传统设计的单一维度向多维度方向发展,并从传统设计的流程作业向协同作业转变,且技术规范与标准向标准化的数据库方向演变;另一方面数字化协同设计从传统设计的单一专业软件向软件集成、数据同源与共享的平台化方向发展,且数字化设计人才需要从参与传统设计的专业技术人才向同时还具备计算机工程技术的人才方向倾斜。

3 数字化协同设计及交付应用的意义

智能油气田建设是物理油气田建设内容的拓展和延伸,其本质是实现企业的提质增效,而这一过程中,数字化协同设计成果既是实现智能油气田数字孪生体构建的基础,也是保障智能油气田生产运行的条件,数字化协同设计及交付应用的意义主要表现在以下方面。

1)二三维协同设计是全专业参与的协同设计,该项工作将通过数字化手段为工程建设过程中解决错、漏、碰、缺等问题提供原始几何模型、业务模型和数据模型,可有效提高油气田建设的效率,降低油气田建设的成本。

2)数字化设计使工程设计团队、建造团队和运维团队具备了协同工作的基础,提供的高质量原始数据占据智能油气田数据生态中的重要位置,尤其是全专业参与的、基于统一平台的二三维一体化协同设计,其成果是智能油气田数据生态建设的重要原生数据。

3)基于数字化全专业三维协同设计成果和数据编

码,实现气田设计、采购、施工地面建设工程横向业务链的贯通,形成设计、采购、施工三位一体的数字化协同建造,将为智能油气田建设提供高质量的原生数据,并交付建设期数字孪生体。

4)建设期数字孪生体加载生产运行(含检维修)仿真模型、业务模型和数据后,将成为智能油气田运行期的数字孪生体,其成果可实时感知、诊断、预测物理实体对象的状态,并通过优化和指令来调控物理实体对象的行为。

数字化协同设计信息是数字化交付的重要组成部分,智能油气田数字孪生体的构建和应用是数字化交付的本质。数字孪生体构建的核心是实现几何模型、仿真模型、业务模型和数据模型的融合,其目标指向油气田的生产优化和智能决策,且体现油气田的全生命周期管理过程信息,保证物理油气田信息与数字孪生体信息的一致,这意味着数字孪生体不应该仅是物理实体的数字镜像,更要实现对于物理实体的反向驱动,成为对物理实体全面感知、主动管理、业务协同、趋势预测和智能决策的载体。

4 数字化协同设计及交付应用的重点

数字化技术催生了企业发展的新业态、新模式,已成为全球经济发展的重要驱动力和经济高质量发展的重要引擎。数字化转型和智能化发展是油气工业不可逆转的发展趋势,而基于数字化协同设计的交付应用是数字化转型的基础工作。由于面向智能油气田数字化交付的数字化协同设计在目的、范围、内容、深度、软件工具选择、数据交付标准和设计组织方法等方面均发生了相应变化,工程设计公司的数字化设计规划与组织也应进行调整和适配。

1)基于数字化协同设计目的开展业务规划和体系建设,包括设计管理体系、工艺设计体系、设计计算体系、三维模型设计体系、材料管理体系和成果交付体系等。各体系的规划、设计、验证、优化和深化应用需以业务为导向、以软件为基础、以交付为目的进行总体布局和建设。

2)基于数字化协同设计目的构建基础设施与支撑环境,包括软件部署和取用方法、硬件环境、数据库(标准库、知识库、编码库、模型库、模板库、元件库、支吊架库等)及配套支撑条件等,需建立在以软件、知识和数据为核心的协同环境之上。

3)全专业参与的二三维数字化协同设计意味着所有专业设计工具的统一化和体系化,以及大量的专业库表标准化和IT定制,同时设计工具的改造和变化也带来了设计从业者适应性与用工成本再评估的问题。

4) 全专业协同设计的组织包括设计各专业之间业务的协同和数据的协同。其挑战在于,这是一种全新的生产组织关系,需要对传统设计组织模式进行重构,重构过程又是一种基于IT的实践,需要提高企业软件开发能力和应用水平。

5) 与以往传统设计模式相比,数字化协同设计大大减少了中间提交资料的环节,使得设计人员在统一的环境、平台和标准下作业,确保了设计数据的一致性、时效性和高质量。数字化设计工作的项目策划和实施落实,需体现数字化协同设计面向智能油气田的数字化交付。

6) 随着数字化油气田向智能油气田的延伸和发展,不仅数字化交付的内涵发生了深刻改变,而且数字化交付的目标、范围和任务也发生了转移,新形势下的数字化交付应解决交付目标、范围和规则的一致性问题。

全专业二三维协同设计的目标就是要实现设计成果的高效应用和价值传递,以满足工程建设、生产运行、设备管理、安全与应急管理等业务的提质增效。而设计成果的使用方式直接决定了数据潜在价值释放与应用用户的体验。在属性数据交付层面,需要交付结构化的,可直接被数字化交付平台识别,与数字化交付标准保持一致的可靠数据;在文档数据交付层面,既需要考虑档案交付,也要关注档案数据交付的碎片化问题,紧跟档案管理对数据形式要求发展的前瞻性和可用性;在模型数据交付层面,要综合考虑数据资产化、数字孪生体等对数字化设计模型精度、模型解析及复用,以及对数据二三维关联交付的规范性、完整性、准确性和时效性问题。

5 结论

1) 没有三维模型就没有数字化,没有数字化就没有智能化,发展全专业二三维关联交付数字化协同设计能力,需要兼顾协同设计技术水平的提升和协同设计成果交付水平的提升,并与IT配套技术协调发展。

2) 面向智能油气田数字化交付的二三维数字化协同设计,既是物理实体工程建设的引领者,也是油气田智能管理的高质量数据提供者之一,数字化交付既要面向档案交付,又要面向智能油气田的应用。

3) 全专业二三维关联交付协同设计成果交付的三维模型可作为数字孪生体几何模型,二维数据可作为数字孪生体几何属性。数字孪生体的应用可构建基于过程信息共享的协同建设机制,促进工程建设质量和效率的提升。

模式[J]. 山东化工, 2017, 46(8): 135.

CUI Li, HUANG Yunhao, TIAN Deyong. Digital opens the new style of petrochemical engineering design [J]. Shandong Chemical Industry, 2017, 46 (8): 135.

[2] 唐秀良. SOA 发展探索与研究[J]. 中国电子科学研究院学报, 2009, 4(5): 473-479.

TANG Xiuliang. Exploring SOA: its development and application [J]. Journal of China Academy of Electronics and Information Technology, 2009, 4 (5): 473-479.

[3] 姜力. 智能油田标准体系框架研究[J]. 中国管理信息化, 2016, 19(12): 40-41.

JIANG Li. Research on the framework of intelligent oil field standard system [J]. China Management Informationization, 2016, 19 (12): 40-41.

[4] 杨金华, 邱茂鑫, 郝宏娜, 等. 智能化——油气工业发展大趋势[J]. 石油科技论坛, 2016(6): 36-42.

YANG Jinhua, QIU Maoxin, HAO Hongna, et al. Intelligence - oil and gas industrial development trend [J]. Petroleum Science and Technology Forum, 2016 (6): 36-42.

[5] 王海龙. 九江石化: 流程型智能制造样本[J]. 中国工业评论, 2016(6): 72-77.

WANG Hailong. Sinopec Jiujiang Petrochemical Company: flow-type intelligent manufacturing sample [J]. China Industry Review, 2016 (6): 72-77.

[6] 贾爱林, 郭建林. 智能化油气田建设关键技术与认识[J]. 石油勘探与开发, 2012, 39(1): 118-122.

JIA Ailin, GUO Jianlin. Key technologies and understandings on the construction of smart fields [J]. Petroleum Exploration and Development, 2012, 39 (1): 118-122.

[7] 谢军. “互联网+”时代智慧油气田建设的思考与实践[J]. 天然气工业, 2016, 36(1): 137-145.

XIE Jun. Construction of smart oil and gas fields in the “Internet Plus” era [J]. Natural Gas Industry, 2016, 36 (1): 137-145.

[8] 张宇. 信息环境下智能油田的构建[J]. 油气田地面工程, 2015, 34(9): 17-18.

ZHANG Yu. Construction of intelligent oilfield under information environment [J]. Oil-Gas Field Surface Engineering, 2015, 34 (9): 17-18.

[9] 刘慧婷, 徐华, 周东焱. 基于“互联网+”模式下的石化行业智能管网的发展现状研究[J]. 石化技术, 2015, 22 (5): 90-91.

LIU Huiting, XU Hua, ZHOU Dongyan. Study on development situation of smart pipeline net in petro-chemical industry based on internet + model [J]. Petrochemical Industry Technology, 2015, 22 (5): 90-91.

[10] 汤晓勇, 王鸿捷, 胡耀义. 油气企业智能化转型的规划与建设方法研究[J]. 天然气与石油, 2018, 36(1): 96-100.

参考文献:

[1] 崔丽, 黄云浩, 田德永. 数字化开启石油化工工程设计新

- TANG Xiaoyong, WANG Hongjie, HU Yaoyi. Research on the planning and construction of intelligent transition of oil and gas enterprises [J]. Natural Gas and Oil, 2018, 36 (1): 96-100.
- [11] 覃伟中. 积极推进智能制造是传统石化企业提质增效转型升级的有效途径[J]. 当地石油石化, 2016, 24(6): 1-4.
- QIN Weizhong. Intelligent process manufacturing-an efficient way to upgrade traditional refineries [J]. Petroleum & Petrochemical Today, 2016, 24 (6): 1-4.
- [12] 李姗姗. 浅谈辅助设计 GIS 平台[J]. 油气田地面工程, 2010, 29(7): 42-43.
- LI Shanshan. Brief discussion on assistant design GIS platform [J]. Oil-Gasfield Surface Engineering, 2010, 29 (7): 42-43.
- [13] 汤晓勇. 对工程公司协同办公平台的认识与实践[J]. 天然气与石油, 2016, 34(4): 75-78.
- TANG Xiaoyong. Understanding and practice of collaborative working platform in engineering company [J]. Natural Gas and Oil, 2016, 34 (4): 75-78.
- [14] 闵新平, 李庆忠, 孔兰菊, 等. 许可链多中心动态共识机制[J]. 计算机学报, 2018, 41(5): 39-42.
- MIN Xinping, LI Qingzhong, KONG Lanju, et al. Permissioned blockchain dynamic consensus mechanism based multi-centers [J]. Chinese Journal of Computers, 2018, 41 (5): 39-42.
- [15] 郭成华. 工程公司企业信息化建设的规划[J]. 天然气与石油, 2016, 34(2): 78-81.
- GUO Chenghua. Planning for engineering company's informatization construction [J]. Natural Gas and Oil, 2016, 34 (2): 78-81.
- [16] 李 鹏. 中国石化北京石油分公司虚拟化应用系统建设的思路[J]. 石油库与加油站, 2013, 22(5): 18-24.
- LI Peng. Thinking on the construction of virtual application system of Sinopec Beijing branch [J]. Oil Depot and Gas Station, 2013, 22 (5): 18-24.
- [17] 王鸿捷. 一种与工程公司业态高度适应的云平台建设理论与实践[J]. 天然气与石油, 2017, 35(4): 120-124.
- WANG Hongjie. An innovation construction theory and practice for cloud platform based on engineering company [J]. Natural Gas and Oil, 2017, 35 (4): 120-124.
- [18] 张恒春. 智能化多功能实验台钻进参数检测与控制系统的设计与实现[D]. 北京: 中国地质大学, 2012.
- ZHANG Hengchun. Implementation and design for intelligent multi-functional test-bed drilling parameters detection and control system [D]. Beijing: China University of Geosciences, 2012.
- [19] 王利君. 智能油田建设中的关键技术研究与应用[J]. 中国管理信息化. 2017, 20(7): 164-167.
- WANG Lijun. Research and application of key technologies in intelligent oil field construction [J]. China Management Informationization, 2017, 20 (7): 164-167.
- [20] 张海军. 基于 SOA 架构的企业应用集成(EAI)研究与设计[D]. 西安: 西北大学, 2008.
- ZHANG Haijun. Research and design of enterprise application integration based on SOA [D]. Xi'an: Northwest University, 2008.

四川首座储气库开始注气

2021年3月10日,西南油气田公司牟9井开始注气,天然气瞬时流量为 $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,标志着四川首座储气库牟家坪储气库开始注气,为打造川南地区天然气“夏储冬用”新模式按下快进键。

根据规划,西南油气田公司将在四川省宜宾市境内建设四川首个地下储气库群,用于成都及川西、川南天然气调峰。这个储气库群由牟家坪、老翁场两个储气库组成,设计库容 $59 \times 10^8 \text{ m}^3$,工作气量 $30 \times 10^8 \text{ m}^3$,计划建设集注站2座、注采井场10座、新钻注采井39口,建成后日注气能力 $2\,000 \times 10^4 \text{ m}^3$ 、日采气能力 $3\,900 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

根据建库整体规划,两座储气库将于2022年完成先导性试验建设及试注气,2023年完成施工建设,2025年投产,2030年全面建成。

(周 舟 摘自中国石油新闻中心)