

石化工程设计集成系统的构建

余勤锋

(中石化宁波工程有限公司,浙江宁波 315103)

摘要:石化工程设计集成系统已成为数字化工厂发展的必然趋势,也是提高设计质量和设计效率的必要手段。本文从集成策略、平台软件选择、实现等方面论述了设计集成技术路线,指出了设计集成存在的主要问题,提出了设计集成目标即以工程数据和工程文档为核心,用功能强大的数据库管理系统,基于设计 workflow,实现相关设计应用软件、设计人员、项目数据及文档均在此系统平台进行统一集成。

关键词:数字化; workflow; 集成; 工程设计; 石化项目

中图分类号:TB21;TP319

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2015)08-0006-05

Construction of design integrated system for petrochemical engineering corporations

YU Qin-feng

(SINOPEC Ningbo Engineering Co., Ltd., Ningbo 315103, China)

Abstract: Construction of design integrated system for petrochemical engineering corporations has become an inevitable trend in the development of digital factory, which is also a necessary means to improve the design quality and efficiency. In this paper, the design of technical route from the integrated strategy, software platform selection and implementation, is reviewed. The main problems of the design integration are put forward. The targets of design integration are proposed, with engineering data and engineering documents as the core, by utilization of a powerful database management system and realization of the integration of the relevant design application software, designers, project data and documents in the end, based on the design of workflow.

Key words: digital; work flow; integration; engineering design; petrochemical projects

1 设计集成系统构建背景

在工业化和信息化“两化融合”这一时代大背景下,石化行业的未来发展方向将是打造数字化工厂,即运用计算机技术对真实工厂进行虚拟现实的仿真;实现在工厂全生命周期各阶段下,本源与运行状态信息的数字化^[1]。数字化工厂技术已在航空航天、汽车、造船以及电子等行业得到了较为广泛的应用^[2],特别是在复杂产品制造企业取得了良好的效益。石化行业数字化的实现,其中设计、制造或施工建设的数字化是静态数字化工厂的实现,工厂运行管理和维护过程的数字化是动态数字化工厂的实现。正是由于石化行业实现数字化工厂的这种外部需求,使得石化工程设计集成系统成为当务之急。

国内石化工程企业面临着日趋激烈的竞争与挑战。设计要求不断提高,设计时间不断被压缩,设计费用不断被降低,市场环境日趋严酷。人员的频繁流动导致设计能力的不稳定,存档与交付的内容不

断增加等等,都要求工程公司必须提高自身的设计能力与效率,要求各专业之间的协同设计必须上一个新的台阶。目前基于纸介质的信息交换形式导致设计协调难度较大,容易受时间约束而使协调工作无效^[3],导致设计效率低,出错概率高,影响项目进度、费用和质量。以更低的费用和更高的质量在更短的时间内完成工程设计,才能有效应对新的挑战。构建一个合适的工程设计集成系统,将各个工程作业程序进行有效的整合,也是石化工程企业生存发展的内在要求。

2 设计集成国内外发展状况

国外大型工程公司在设计集成的应用方面已经有多年经验,形成了包括工艺、仪表、电气、管道、材料等大部分专业的平台系统。部分公司拥有多套系统,根据项目特点和业主或合作伙伴的要求,选用不同的系统进行设计工作和数字化移交,建立了企业级工程数据库,设计规范、工程数据和材料编码等均包括在内。可以在全球多地实现跨专业的数据共享

以及协同设计。有的公司正研究和部署云系统,以便更高效、便捷地管理和使用数据。

国内工程企业对工程设计集成做了不少研究与尝试^[4-7],积累了不少经验。在电力^[8]、海上油田建设^[9]等行业目前已实现设计集成,能够进行数字化移交。数字化设计有3个层次^[10]:图纸数字化、设计数字化和设计过程数字化,其中还贯穿了规则数字化和经验数字化。石化行业从早前计算机的普及——“甩图板”,到设计工具软件的应用,再到具有数据属性和三维石化工程软件的应用、数据库的建立,集成平台软件的引进,基本实现了图纸数字化和设计数字化,设计过程、结果数字化以及规则数字化和经验数字化正是需要通过设计集成系统的构建来实现。国内石化工程企业在与国外工程公司合作、参与国际工程项目时,虽然从国外大型工程公司学到了很多先进的理念和经验,但还有比较大的差距。目前,设计集成系统的构建基本处于应用试点阶段,并且主要集中在国内大型工程公司。

SEI较早地开始了这方面的应用与研究^[11-15],也先后尝试了多种不同的平台性软件^[16-17]。从2008年开始,在中原OCC项目中开始了集成化应用试点。该集成试点项目以Intergraph公司SmartPlant Foundation(SPF)为数据集成平台,集成智能工艺系统SmartPlant PID(SPP&ID)、智能仪表系统SmartPlant Instrumentation(SPI)、三维工厂设计软件SmartPlant 3D(SP3D)等设计软件。2012年,SEI率先开展“数字化工厂”建设,在已有集成SPP&ID、SPI、SP3D、PDS、PDMS的基础上,逐步建立与材料管理系统SmartPlant Material(SPM)、Documentum、Comos等软件的集成,在中海油惠州二期裂解汽油

加氢项目上全面推进工艺设计和工程设计集成。目前,已建立了工程设计集成系统,实现了多专业集成化和协同设计,基本确定了EPC项目集成化方案和“数字化工厂”架构。

中石化上海工程公司在2009年完成的沙特聚烯烃项目中,其承担的详细工程设计为满足业主数字化交付的要求,采用了SPF系统、SP3D、SPP&ID、SPI、智能电气系统SmartPlant Electrical(SPEL)等系列软件。工程设计文件通过SPF系统移交,所有设计、采购等方面的文件均通过文件编号、位号进行有效的关联。除了使用智能软件产生的文档,大部分是利用SPF系统的装载工具将文件上传到系统中,此次试点应用尚不能够完全满足真正意义上集成化设计的要求。

2001—2003年,中国寰球工程公司分别参与了中海壳牌南海石化项目和扬子石化—巴斯夫一体化项目,被海外业主要求同步使用国际主流软件。三维设计2002年在管道专业全面运用;2004年,覆盖项目所有专业;2007年,启动三维协同设计研究和试点;2009年,启动三维协同施工研究;至今,寰球公司实现了从二维到三维的过渡。中国石油集团公司工程建设板块正在进行数字化设计集成系统建设研究试点,中国寰球工程公司承担了部分试点工作。经过长时间的调研认证,寰球公司选定了以Intergraph公司SPF和西门子公司COMOS FEED为基础平台的工艺和工程设计集成方案。该设计集成系统的构建从2013年启动。

2014年6月,惠生工程公司宣布实现其首个数字化工厂设计^[18]——新疆独山子天利实业4万t/a苯乙烯项目的数字化交付。设计过程中,惠生工程综合应用了SP3D、材料编码系统SPRD、SPP&ID、

(上接第5页)

- [41] Kim J, Yoo G, Lee H, *et al.* Methods of downstream processing for the production of biodiesel from microalgae[J]. *Biotechnology Advances*, 2013, 31(6): 862-876.
- [42] 刘圣臣, 邹宁, 吴电云, 等. 小球藻海藻油提取中不同破壁方法的研究[J]. *中国食品添加剂*, 2009, (5): 100-102.
- [43] Hyeon-Soo Cho, You-Kwan Oh, Soon-Chul Park, *et al.* Effects of enzymatic hydrolysis on lipid extraction from *Chlorella vulgaris*[J]. *Renewable Energy*, 2012, 12(9): 1-5.
- [44] 何扩, 张秀媛, 李玉峰. 小球藻破壁技术及其藻片研制[J]. *食品工业科技*, 2006, 27(2): 147-151.
- [45] Alberto Steriti, Roberto Rossi, Alessandro Concas, *et al.* A novel cell disruption technique to enhance lipid extraction from microalgae[J]. *Bioresource Technology*, 2014, (164): 70-77.

- [46] Dai Y M, Chen K T, Chen C C. Study of the microwave lipid extraction from microalgae for biodiesel production[J]. *Chemical Engineering Journal*, 2014, (250): 267-273.
- [47] Jae-Yon Lee, Chan Yoo, So-Young Jun, *et al.* Comparison of several methods for effective lipid extraction from microalgae[J]. *Biore-source Technology*, 2010, (101): s75-s77.
- [48] Demirbaş A. Diesel fuel from vegetable oil via transesterification and soap pyrolysis[J]. *Energy Sources*, 2002, 24(9): 835-841.
- [49] Kouzu M, Kasuno T, Tajika M, *et al.* Calcium oxide as a solid base catalyst for transesterification of soybean oil and its application to biodiesel production[J]. *Fuel*, 2008, 87(12): 2798-2806.
- [50] Lam M K, Lee K T. Catalytic transesterification of high viscosity crude microalgae lipid to biodiesel: Effect of co-solvent[J]. *Fuel Processing Technology*, 2013, (110): 242-248. ■

SPI 及 SPF 等系列软件,实现了专业间数据自动传递,实施了 SPP&ID 和 SP3D 一致性校验机制。

数字化工厂建设和数字化交付的概念刚刚在业内提出,没有现成的交付标准可循。国家标准《石油化工工程数字化交付标准》正在由中石化、中石油作为主编部门进行制订中。目前的数字化交付一般是根据业主的相关要求进行实施。

3 设计集成技术路线

3.1 设计集成策略

集成系统的构建有 3 种模式^[19]:自行开发软件;购买现成的商业软件;以现有的商业平台软件为基础、结合企业需求进行二次开发。目前各石化工程企业基本采用第 3 种模式。针对第 3 种模式,用户结合自身条件和企业需求有针对性的进行二次开发,合理调整现有 workflow,根据 workflow 建立数据库,打通专业间及工程各阶段的数据流,从而实现多数专业乃至全部专业的设计集成,是该软件在实际工程项目应用的关键。

构建设计集成系统,亦分步骤、分阶段实施。先纵向集成,再横向集成;先局部集成,再整体集成。在梳理现有工程设计软件,分析工程设计集成需求的基础上,结合集成策略、集成步骤,对集成平台软件进行比选,确定适合公司的工程设计集成整体框架方案。实施步骤如下:首先掌握集成平台软件基本功能,然后对公司现有 workflow 梳理,选择适当的设计应用软件集成到平台,并对工程设计集成系统进行适应公司设计体系的定制,如文档模板、图例符号、软件接口定制等,并总结定制过程中出现的问题。以实例项目作为导航项目,加以应用验证,并对其进一步完善和磨合匹配。记录系统应用过程需要着重注意的方面,以期在后续项目中对设计集成系统进行推广应用,并对工程设计全过程集成提供借鉴和参考。

3.2 平台软件的选择

随着各种具有数据属性和三维石化工程软件的应用,以及网络技术的迅猛发展,伴随着工程设计对于一体化集成的需求日益强烈,专门的集成平台软件被商业开发应用。主流的平台软件有:Aspen 公司的 Zyqad、Bentley 公司的 Axsys、AVEVA 公司的 AVEVA Plant、Intergraph 公司的 SmartPlant Foundation,以及西门子公司的 COMOS。

Zyqad 是 Aspen 公司推出 FEED 阶段的协同工程解决方案,通过它可以搭建一个初步的 FEED 阶

段的设计集成系统。Bentley 公司的 Axsys 是一个前端工程设计(FEED)系统,可显著简化概念性工厂设计的工作流。Axsys 支持用户使用自己选择的设计工具,按照自己选择的格式生成交付内容,并且可以重复使用设计数据。评估备选设计方案,以便找出最具性价比的案例,是其较显著特点。AVEVA Plant 是用于工厂工程、设计与设计管理的集成软件系统,涵盖了一系列解决方案,其中包括 AVEVA Everything3D 和 AVEVA PDMS。它以 AVEVA PDMS 为核心,通过将它们组合在一起,在项目的每个执行阶段中支持各种工程及设计专业领域。

Intergraph 公司的 SmartPlant 集成了工厂设计中的几个主要专业设计工具,同时提供了统一的工厂数据模型表达。Smart Plant Foundation 是整个工厂生命周期中数据共享和数据重复使用的中心;提供全球性的、并行的工程设计能力,允许多个专业在同一个关系数据库上同时进行工作,这时所有对模型所做的修改可在所有用户之间实时共享。Smart-Plant Foundation 设计集成平台如图 1 所示。

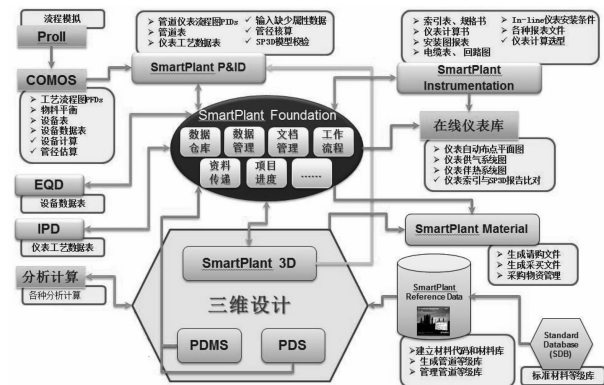


图 1 SmartPlant Foundation 设计集成平台

西门子公司的 COMOS 采用数据库和面向对象的技术,实现同专业或不同专业之间设计数据共享,确保数据源的唯一性以及设计内容在整个设计周期的一致性。COMOS 开放式系统架构的主要特点是能实现与第三方系统集成,能依据企业需求进行定制。其中 COMOS FEED 为前端工程设计集成系统,集成了工艺设计常用软件,实现对工艺设计过程的集成,也称为工艺集成系统。COMOS 设计集成平台见图 2。

在众多的集成平台中,SmartPlant Foundation、COMOS 因其自身拥有石化设计系列软件,而受到广泛青睐。对石化工程企业而言,梳理现有设计工具软件,寻求最大契合度的平台软件,可以减少相应的数据接口和模板定制等工作。以下提供 2 种设计集

成系统供参考。

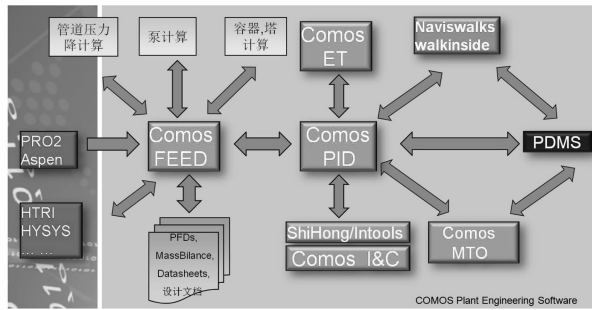


图2 COMOS设计集成平台

(1)以COMOS为集成平台,集成平台自身软件及外部软件,如图3所示。

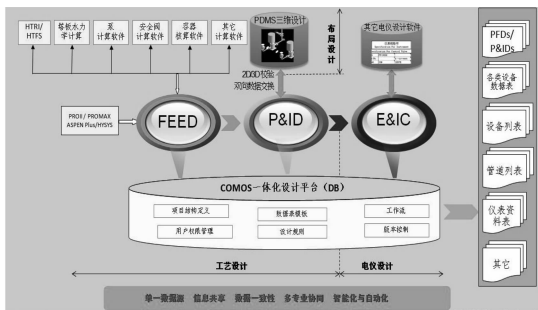


图3 以COMOS为平台的设计集成系统

(2)以SmartPlant Foundation和COMOS FEED相结合,集成2个平台自身软件及外部软件,如图4所示。

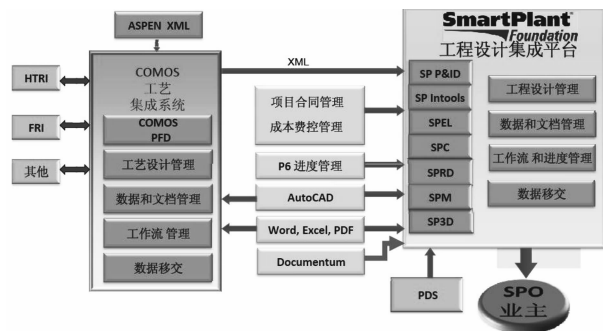


图4 以SmartPlant Foundation与COMOS FEED相结合的设计集成系统

3.3 设计集成的实现

设计集成系统中多个专业之间的集成是以数据为基础的,通过数据流实现专业间共享,以位号为依据,传递其附带的相关业务属性,实现专业间数据的数字化提取。达到一次提取、多次利用的目的,下游专业减少设计数据重复输入的工作量,提高数据的正确性及完整性。集成系统就是将工作流的数据进行整合,并形成数据库。工程设计工作流简图如图5所示。

图5所示。

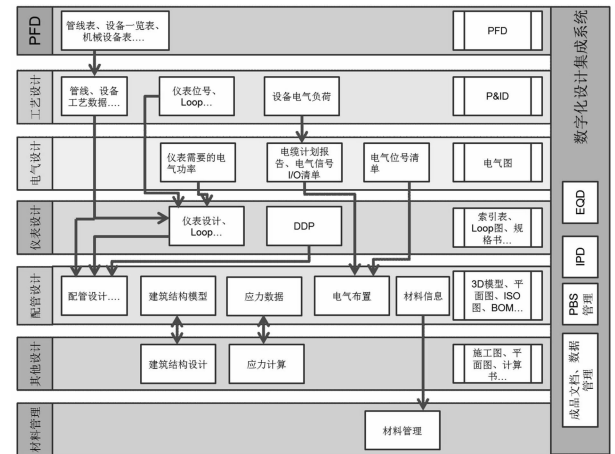


图5 工程设计工作流简图

系统集成利用数据仓库技术可以聚集并整合各个来源的数据,并在数据流更新时重写数据。各专业建立起本专业的“数据域”,通过数据域分离各专业的数据,也可分隔工作状态的数据和已发布的数据。使用数据域技术,各专业的内容可为其他专业可用,但不可由其更改,确保数据访问权限;各应用程序可将数据发布于中央数据库,供其他专业共享;同时各应用程序在该库内都具备一个该程序的数据专用的部分,这样就可以实现专业间数据一致性检查。

4 设计集成目标和存在主要问题

图6为系统总体技术架构,也是设计集成目标。以工程数据和工程文档为核心,用功能强大的数据库管理系统,基于设计工作流,实现相关设计应用软件、设计人员、项目数据及文档均在此系统平台进行统一集成。设计集成系统的构建,将实现以下功能:①设计信息一流转、管理、交付;②数据源唯一性及数据的高度共享;③实现各专业设计常用软件集成;④知识库管理及项目复用功能;⑤用户权限及文档版次、工况管理功能;⑥设计过程可控,标准化。集成系统的应用,将大大提高设计质量和效率,缩短设计周期,同时随着知识库的不断开发,原型库的不断完善,为设计规范化奠定基础。随着系统的深入应用,可以将设计集成系统与设计管理系统进行对接整合,利用设计集成系统已有的数据、信息实现设计管理,如经营目标、综合计划、项目计划、任务下达分派、工时填报、合同管理、人力资源管理、报价管理、分包管理等等。并与采购、建造和施工等管理系统集成,形成真正意义上的设计集成系统,最终为实

现面向业主的数字化工厂系统服务。



图 6 系统总体技术架构

构建集成系统存在的主要问题:①组织领导与协调力度问题,构建集成系统涉及各个方面、各个层面的变革,应自上而下通力协作,加强调度与协调,保证人力、物力、财力的投入;②项目管理、采购、施工现代化管理等配套系统建设仍需完善,以达到石化工程企业相关业务全面集成;③企业管理应由辅助管理向辅助决策发展,向信息共享、深层分析方面发展;④ workflow、信息流等需梳理调整,并与管理机制相协调;⑤标准化、规范化及相应编码体系亟需建立。

5 结语

现代石化工程除建设物理意义上的石油化工工厂外,更要通过“数字化工厂”的建设,实现工程项目从工程建设到运行维护、再到改造扩建的全生命周期管理。石化行业实现数字化工厂的前提是石化工程企业对所承建工厂的数字化移交,而数字化移交要求石化工程设计过程和结果都实现数字化。石化工程企业构建设计集成系统已经成为数字化工厂发展的必然趋势,也是提高设计质量和设计效率的必要手段。工程设计系统集成的思想和理念已经越来越得到广泛认同。随着国内工程公司特别是大型工程公司现有软硬件及网络平台环境的完善,众多设计应用软件已得到熟练运用,以及平台集成软件的引进,工程设计集成系统的构建和推广应用的时机已经成熟,并且相当迫切。但是工程设计集成系统建设是一个庞大而且长期的系统工程,需要循序渐进并且持之以恒;工程设计集成系统的运用改变

了设计工作的工作模式,对于设计人员势必有一个磨合以及适应的过程,需要做好引导以及领导管理工作;工程设计集成对业务标准化、业务流程优化及企业管理都有很高的要求,需要进行通盘规划和顶层设计。

参考文献

- [1] 万晓楠,钱新华. 炼油化工行业信息化发展趋势研究[J]. 中国信息界,2010,(11):7-14.
- [2] 张国军,黄刚. 数字化工厂技术的应用现状与趋势[J]. 航空制造技术,2013,(8):34-37.
- [3] Teicholz P, M Fisher. Strategy for computer integrated construction technology[J]. Journal of Construction Engineering and Management-ASCE,1994,120(1):117-131.
- [4] 王涛. 化工设计企业的信息化解决方案[J]. 化工生产与技术,2002,(4):37-40.
- [5] 宋继周. 石油化工项目 FEED 的最佳实践[J]. 炼油技术与工程,2011,41(7):57-60.
- [6] 刘建兵. 设计单位工程设计集成化系统浅谈[J]. 炼油与化工,2004,15(4):42-42.
- [7] 隋玉良. 石油化工项目 EPC 管理模式下的设计管理[J]. 施工技术,2011,(S2):255-257.
- [8] 黄增宏. 电力工程设计数字化移交的实施方案[J]. 高科技与产业化,2009,(8):92-94.
- [9] 李其锐. 基于设计集成系统海洋平台项目复用及模块化设计的应用[J]. 中国勘察设计,2013,(9):97-100.
- [10] 叶向东. 数字化石油炼制和石油化工工厂建设初探[J]. 石油化工自动化,2013,(4):1-4.
- [11] 北京石油化工工程公司. 工程协同设计 CAD 系统——工程设计集成化系统[A]. 工程勘察设计计算机应用工作研讨会资料汇编[C]. 北京:建设部勘察设计司,1999.15-23.
- [12] 林炳荣. 中国石化集团北京设计院 863/CIMS 的实践[J]. 中国勘察设计,2001,(Z2):76-81.
- [13] 高学武. 工程企业 IT 应用面向集成化和智能化[J]. 信息系统工程,2002,(7):14-14.
- [14] 郑华东. 集成化设计在工厂设计中的应用及发展[J]. 石油化工设计,2007,24(4):21-22.
- [15] 高学武. 石化工程公司的信息化建设[J]. 数字化工,2005,(S1):34-36.
- [16] 彭颖,胡素萍. Comos FEED 在工艺设计中的应用[J]. 石油化工设计,2011,28(4):29-31.
- [17] 杜宏阁. 协同设计系统 Asepn Zyqad 应用浅析[J]. 石油化工设计,2006,23(2):36-39.
- [18] 刘岑屹. 惠生工程实现其首个数字化工厂设计交付[J]. 中国工程咨询,2014,(8):84-84.
- [19] 张金才. 设计企业管理信息系统的设计与应用研究[D]. 天津:天津大学,2004. ■