

智能变电站的三维协同设计

项 玲, 邵俊伟, 谭海兰, 李思浩

(江苏省电力设计院, 江苏 南京 211102)

摘 要: 智能变电站三维协同设计以 MICROSTATION 为基础数据库平台, 集成 SUBSTATION、PROMIS E 电气专业软件、其它专业软件及 PROJECT WISE 协同管理软件。在剖析三维协同设计软件框架基础之上, 提出协同设计管理的基本思路, 应用“智能变电站图形化模型设计”专利技术, 对 500kV 智能变电站施工图图纸提出设计思路, “三维设计、二维出图”确保图纸设计质量, 专业协同设计以提高设计效率, 准确的数量统计功能及数字化移交功能为工程全寿命周期设计与管理提供保障。

关键词: 智能变电站; 三维协同设计; 全寿命周期; 数字化移交

0 引言

智能变电站是采用先进、可靠、集成、低碳、环保的智能设备, 以全站信息数字化、通信平台网络化、信息共享标准化为基本要求, 自动完成信息采集、测量、控制、保护、计量和监测等基本功能, 并可根据需要支持电网实时自动控制、智能调节、在线分析决策、协同互动等高级功能的变电站^[1]。

三维协同设计是新一代数字化、智能化设计平台的基础, 是未来发展的必然趋势。目前我国发电厂工程的三维协同设计已趋于成熟, 并体现出了较高的效益。而变电站工程三维协同设计尚处于起步和探索阶段。去年, 国家电网公司相关部门就电网工程的数字化移交规范进行了编制和讨论, 即将正式发布。

为满足变电工程从设计、采购、施工、运行全过程的集成化和智能化管理, 提高设计的效率和质量, 根据电网工程的设计特点, 构建智能变电站三维协同设计平台, 实现智能变电站的数字化移交, 为工程全寿命周期管理奠定基础^[2]。

本文以500kV智能变电站工程施工图设计为例, 探讨智能变电站的三维协同设计。

1 三维协同设计软件

1.1 软件构建框架

变电站三维设计是调用智能化、参数化的三维模型, 在三维环境下布置电气设备与导体、建(构)筑物等, 并自动生成图纸。协同设计是在三维设计

基础上, 集成多种三维设计软件生成设计数据和文件, 并融入设计流程管理, 形成智能变电站设计数据的集成管理平台^[3]。三维协同设计软件是以数字化设计为主、以三维制图为辅, 具有如下特点: (1) 组成上, 以兼容性强大的数据库作基础平台, 集成多种专业软件模块及协同管理软件以支撑详细设计和设计管理; (2) 功能上, 一般分工艺设计与布置设计; (3) 内核上, 数据信息高度关联统一, 因此须依赖“标准化”以提高设计效率, 同时可推进“标准化”深入; (4) 管理上, 对开展同一工程项目设计工作的各专业实行设计数据统一管理(网络数据库), 并对公用数据库(包括基础数据库、标准模板定制、管理图纸调用和使用规则等)实行统一管理和维护。

目前主流三维设计软件有 PDMS (Plant Design Management System)、MICROSTATION、博超等。PDMS 软件在国内应用较早, 特别在发电厂设计中应用很广泛、深入。近年来 MICROSTATION 软件发展较快, 两者特点比较如下:

表1 软件特点比较一览表

软件名称	PDMS	MICROSTATION
基础	管道布置设计	电气专业软件
保障	元件库、等级库	基础数据库、工程数据库
纽带	协同式设计	交互式、发布式设计
平台	数据级管理	文件级管理

对于变电站工程, 电气专业是主导专业。MICROSTATION 软件更适合于变电站工程设计。

MICROSTATION软件构建框架如图1所示。以 MICROSTATION为基础数据库平台，集成以 SUBSTATION、PROMIS E电气专业软件为主、其它总图、建筑、结构、暖通、水工等专业软件为辅的设计软件群，以及PROJECT WISE协同和管理软件。

电气一次专业以SUBSTATION软件开展设计，电气主接线和总平面之间有详尽且唯一的过程数据，模型关联性强。在SUBSTATION软件平台上开发多种应用程序，诸如导线力学工具、断面图剖切工具、防雷接地照明设计工具等。

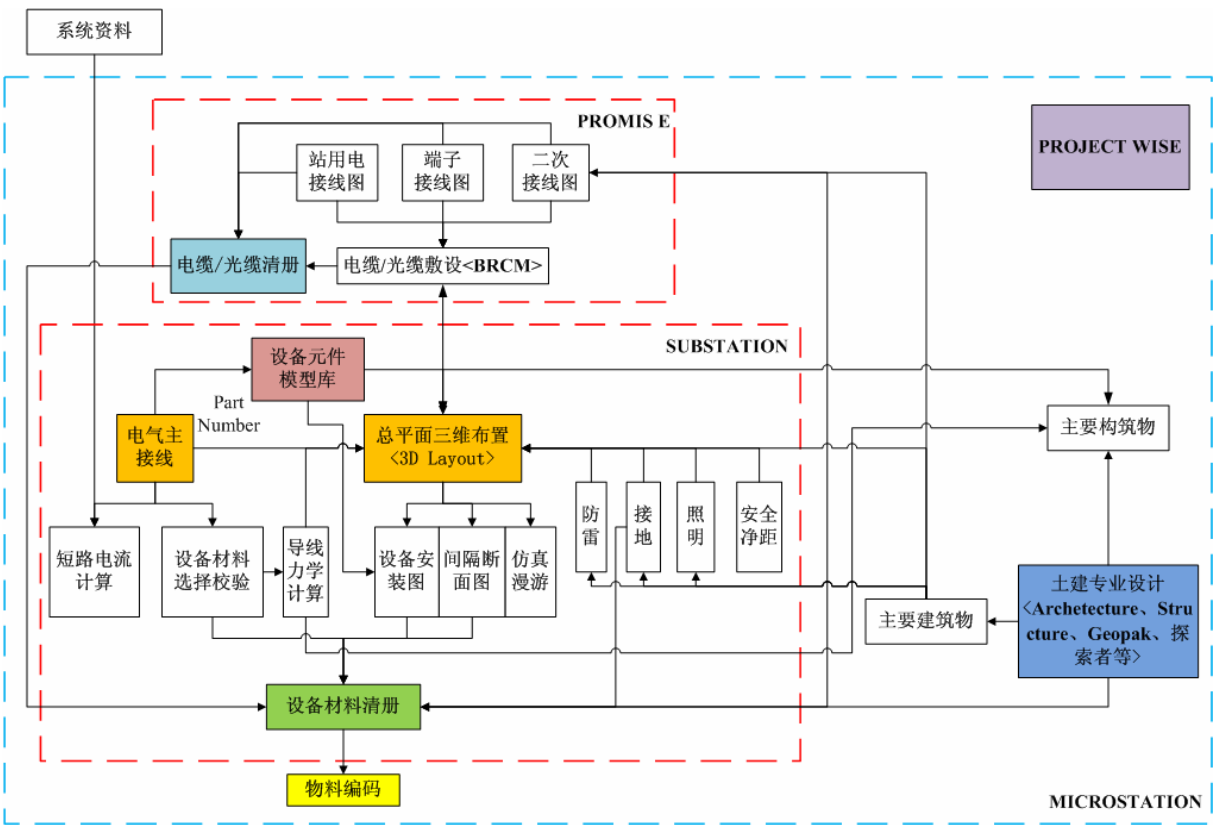


图1 智能变电站三维协同设计软件构建框架

电气二次专业采用PROMIS E专业软件和智能变电站图形化模型设计专利技术，建立全站 IEC61850数据模型。采用BRCM（Bentley Raceway Cable Manager）进行电缆/光缆敷设及材料统计。

土建专业以ARCHETECTURE、STRUCTURE、GEOPAK、探索者等软件为主要依托，分块设计。土建专业自SUBSTATION软件获取设计资料，设计成果包含主要建筑物及构筑物等三维模型。

集成PROJECT WISE协同和管理软件，使各专业以团队模式共享信息、在MICROSTATION统一平台上并行开展设计。

此外，MICROSTATION软件的数据接口对外开放，而且其接口格式简易、规范，二次开发比较方便。这一点对于软件的适应性有着很大的帮助，也有利于针对变电站的详细设计进行的其它专业软

件以及小程序的集成。

1.2 协同设计与管理基本思路

PROJECT WISE是一款工程全寿命周期协同管理软件，其将项目周期中各个参与方集成在统一的工作平台上，改变了传统的分散的、独立的、单向串联的设计与管理模式，实现了信息资源共享、双向并行的设计与管理模式，从而缩短了项目设计周期，增强了信息的准确性和及时性，提高了设计效率。协同设计流程如图2所示。

协同设计包含两部分：（1）专业内协同设计。同一专业内，以接线和平面为设计依据，根据电压等级或者配电装置场地区域由主设人对设计任务进行分配，各设计人员并行开展相关工作，最终由主设人统一协调管理，形成本专业设计图纸和文件。

（2）专业间协同设计。不同专业之间，依旧以接线

和平面为设计依据，以团队形式、信息共享模式开展设计工作，由项目经理统一协调管理，形成工程项目的全部设计图纸和文件。

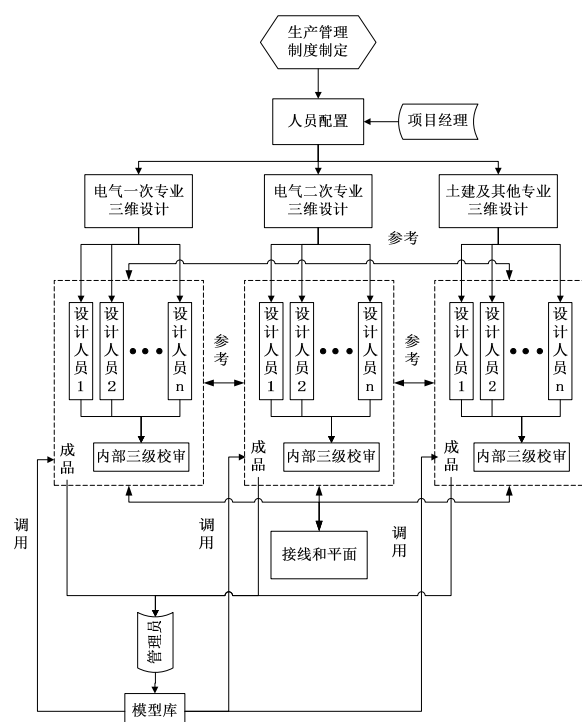


图2 协同设计流程

而协同管理是根据上述协同设计模式和流程，提出相应的生产管理模式与制度，按工程项目开展团队建设和管理，主要内容包括人员配置与管理、成品校审与管理

在实现协同设计之前，需根据变电站项目特有的设计流程制定相关应用规则，诸如专业内和专业间层级关系、文件命名规则、种子文件使用环境、常用模型库、设计成品相互参照关系和提交方式等。

1.3 软件设计特点

MICROSTATION系列软件作为智能变电站设计软件，其三维直观可视性显著提升设计质量、协同设计模式有效提升设计效率，具体特点如下：

(1) 三维设计、二维出图。对三维模型全部或部分剖切、自动生成图纸，保证设计质量；采用二维出图形式，方便施工和运行人员。

(2) 数、量统计准确。变电站中设备、材料、混凝土量、钢材量等统计均来源于底层数据库，准确、方便，避免人为疏漏。基于同一平台，还可进行多专业、横向统计，适合总承包项目设备、材料合并或切割。

(3) 竖向布置设计。利用GEOPAK专业软件，

在测量图上预设标高，快速、准确计算出该标高下的挖、填方量，为土方平衡经济的标高提供参考数据，控制工程造价。

(4) 碰撞检查和安全距离校验。工程设计初期进行碰撞检查和带电距离等校验工作，避免错误，确保设计质量。

(5) 设备属性管理。通过标准设备型号库给设备赋予信息、属性。特别是设备的KKS编码信息，对数字化移交后的台账管理大有好处。标准设备型号库中的每一个条目均可录入或增加数据。工程的不同阶段、不同人员可共享数据信息，保证了各种设备或管理台帐的完整性、准确性和唯一性。型号库中属性栏的数量随着工程的进展可进行扩充。

(6) 设备关联导航。基于型号库中的设备代码信息（Part Number），可以实现接线图中二维符号和布置图中三维模型的设计数据关联，并可实现接线图符号与布置图中三维模型之间的相互导航，方便设计或管理人员的查询和数据维护。

(7) 协同设计。支持专业内以及专业间协同设计，设计过程中可随时检查，提高设计质量，避免错误，减少施工中返工现象，节省建设费用。设计成果专业间可互相参考，提高设计效率。

(8) 高级功能。提供动态漫游等高级功能，预览建成后的变电站全貌，增强变电站的可视性和可预期性。分解变电站的施工项目和进度，直观指导工程的施工。

(9) “标准化”的推进作用。采用的标准设备库对设计、管理的“标准化”工作起到支撑作用。

2 智能变电站图形化模型设计

目前，智能变电站工程设计方式和常规变电站的方式基本一致。由IED制造商采用装置配置工具建立IED能力描述ICD（IED Capability Description）模型文件，由变电站自动化系统SAS（Substation Automation System）集成商采用系统配置工具根据变电站的主接线图配置系统规范描述SSD（System Specification Description）模型文件，然后根据变电站的一、二次系统原理图配置变电站配置描述SCD（Substation Configuration Description）模型文件^[4]。流程如图3所示。

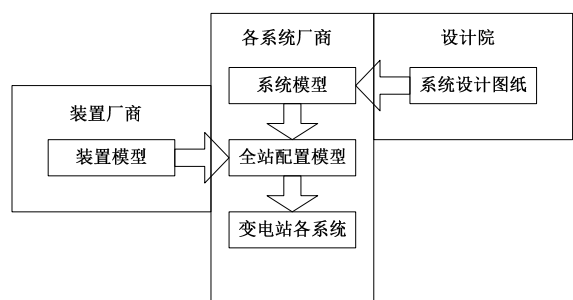


图3 目前智能变电站设计流程

这种设计方式的弊端是：（1）对照图纸人为输入信息重复劳动，并加大出错可能性；（2）设计进度严重依赖设备厂商；（3）工程改扩建灵活性受限。

理想的智能变电站设计方案中，由第三方设计院承担部分系统集成商的职责，设计中除完成常规一、二次接线图外，还需根据各设备厂商提供的ICD模型文件及变电站一、二次设备配置原理完成完整的全站数据模型配置和变电站的数据流连接。完整的数据模型包括反应一次接线的SSD文件和包含SSD、ICD及数据流配置的SCD文件，数据流连接包括通用面向对象的变电站事件GOOSE（Generic Object Oriented SubStation Event）和采样SV（Sampled Values）的虚端子连接。真正做到变电站中信息只输入一次，通过交互的方式实现信息的共享，在设计层面上完善和实现智能变电站的开放性^[5]。据此，开发具有“智能变电站图形化模型设计”专利技术的软件。

软件主要功能模块包括：①图形编辑模块，用于绘制常规图纸和扩展属性定义功能；②模型编辑模块，用于最终生成模型文件，支持文件的导入、

导出、编辑和校验等高级功能。2个模块通过访问XML数据库接口，完成模型信息的共享操作。软件总体方案如图4所示。

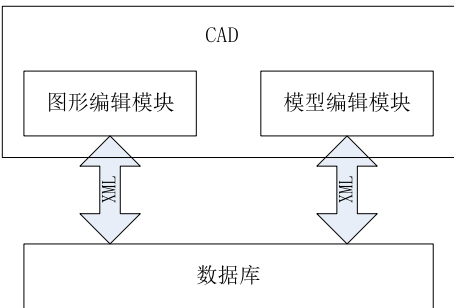


图4 图形设计软件总体方案

软件的具体实现步骤如下：（1）定义智能变电站一、二次系统中各设备的图元块，如：断路器、隔离开关、互感器、变压器、保护装置、合并单元等；（2）所有图元块按IEC 61850-6标准中要求的信息添加扩展属性，如：IED名称、逻辑设备LD（Logical Device）名称、逻辑节点LN(Logical Node)名称、前缀名prefix、实例号inst（Instance number）、虚端子的开入和开出名称等；（3）定义专用图层，分别绘制变电站一、二次系统接线图、变电站自动化系统网络图以及虚端子连接图，图层中的各类图元块均采用具有IEC 61850扩展属性的图元块；（4）根据接线和网络图生成图元块扩展属性值，按照IEC 61850-6标准将扩展属性值导入XML数据库；（5）生成及编辑模型，从XML数据库中读取数据生成SCD模型文件，或将修改后的模型文件导入数据库反向关联图形，并对导入、导出的模型进行语法校验等。

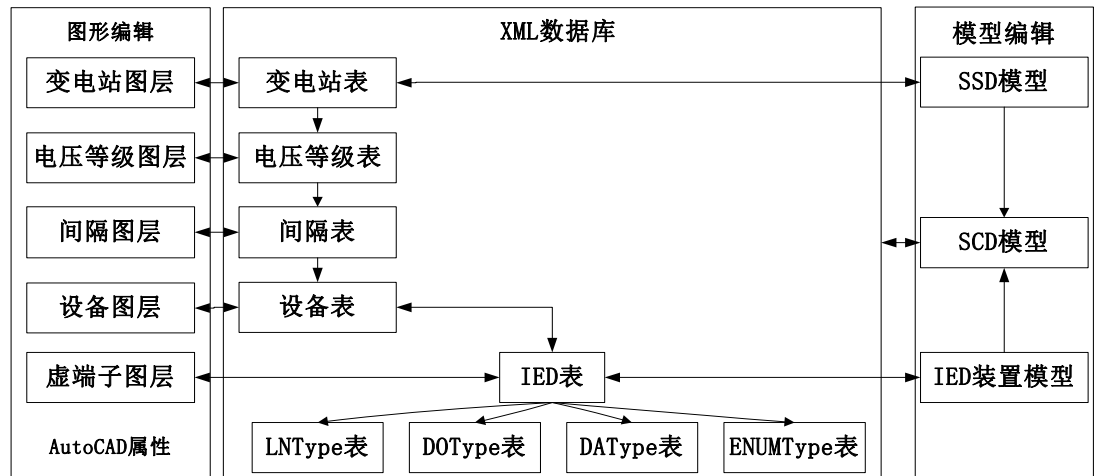


图5 软件模块与XML数据库的关联图

图5为图形编辑模块和模型编辑模块通过XML数据库实现模型信息共享的示意图。改进后的智能变电站设计流程如图6所示。在设计阶段即可建立全站IEC 61850数据模型,直接提供全套的图纸和变电站配置模型文件,指导工程施工、调试;不需要再由厂商采用各自的配置工具将设计图纸“翻译”为模型文件,也为今后工程的维护和改扩建提供便利;实现了智能变电站设计及系统集成工作的融合,在设计层面上完善和实现智能变电站的开放性。

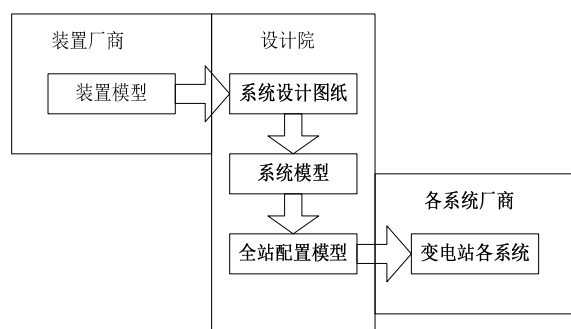


图6 改进后的智能变电站设计流程

3 实例分析

以江苏地区某500kV智能变电站工程施工图设计为例,首先明确图纸的设计规划思路如下:

(1) 对与接线、总平面、分平面、断面有关的一级、二级图纸均采用三维协同设计软件完成。这些图纸是变电站设计中最关键的图纸,并且这些图纸之间存在关联关系,比如引用、包含、映射等。三维协同设计软件的数据库功能对相关图纸的关联更新起到很好的约束作用,即基于同一个底层数据库对全站的两张“司令图”(主接线、总平面)进行不同的关联提取或者切面,实现“三维设计、二维出图”。这一特性对控制设计质量,提高设计效率有很大的帮助。

(2) 对三级及以下的图纸采用二维平面设计功能,可以沿用AutoCAD成果。例如:设备安装图等。一般,这类图纸具有单个、独立、非关联性表达特点,侧重于安装设计、详细的制造设计。运用二维设计完全可以满足包括设计、施工、工程管理、运行维护等各方面的需求。

(3) 对各类图纸划分归类。目前使用三维设计软件完全能实现的图纸包括:主接线图及各配电装置接线图、总平面布置图及各配电装置平面图、防雷图、接地图、一般建筑物建筑图、基础平面布

置图、构架平面图、构架透视图、支架平面图、场地平整设计等。全站材料清册统计可以利用底层数据库很方便的进行分专业的统计汇总。

土建的构支架等工程量可以全站统计、按图截取,或者框选截取,非常方便。对场地平整方面,在测绘专业提供的测量图基础上,可以采用三角网或方格网等多种形式,进行场地平整设计,包括了站内的道路、配电装置场地、基础出土等,比较准确的统计挖填土方量,对土方平衡的调整很有帮助。

断面图的图面工作完全能够通过在全站模型上进行框选剖切来实现。

建筑物结构图采用PKPM软件设计,设计成品可单向导入三维软件里。钢结构计算方面,采用一套集计算、建模、详图设计并出图的一体化软件。

设备安装图/结构详图采用平面图纸,实现安装图/结构详图与设备模型/建构筑物模型的数据关联工作,方便设计人员直接调用成品图。

电气照明图等采用建筑物的平面切面进行,照明的设计采用平面设计。

4 结论

根据本文分析,在智能变电站工程施工图设计阶段,采用MICROSTATION三维协同设计平台、集成SUBSTATION、PROMIS E电气专业软件、其它专业软件及PROJECT WISE协同管理软件,并应用“智能变电站图形化模型设计”专利软件,可实现“三维设计、二维出图”,从而确保图纸设计质量;专业内及专业间的协同设计,实现了以团队形式并行开展的信息资源共享化的设计新模式,对设计效率有显著提升,使得工程师有更多精力与时间开展精细化设计以及创新设计工作。此外,软件准确的数量统计功能及数字化移交功能为工程全寿命周期设计与管理提供保障。

参考文献:

- [1] 刘娇,刘斯佳,王刚. 智能变电站建设方案的研究[J]. 华东电力, 2010, 38(7): 0974-0977.
Li Jiao, Liu Sijia, Wang Gang. Study on Construction Plans of Intelligent Substation[J]. East China Electric Power, 2010, 38(7): 0974-0977.
- [2] 林榕,李中,蔡桂华. 智能变电站三维设计系统构建[J]. 中国电业·技术, 2012, 6: 27-30.

- Lin Rong, Li Zhong, Cai Guihua. Construction of Smart Substation Three-dimensional Design System[J]. China Electric • Technology, 2012, 6: 27-30.
- [3] 王勇. 三维设计和协同设计平台在核电设计院的应用[J]. 核动力工程, 2010, 31 (3): 96-101.
- Wang Yong. Application of Three-dimensional Design and Cooperation Design Platform in Nuclear Power Institutes[J]. Nuclear Power Engineering, 2010, 31 (3): 96-101.
- [4] 窦晓波, 陶洪平, 胡敏强, 等. 基于C#.NET的IEC61850配置工具的设计和实现[J]. 电力自动化设备, 2007, 27 (11): 67-70.
- DOU Xiaobo, TAO Hongping, HU Minqiang, et al. Design and realization of IEC61850 configuration tool based on C#. NET[J]. Electric Power Automation Equipment, 2007, 27 (11): 67-70.
- [5] 林俊, 胡华威. 智能变电站中基于CAD的图形化模型设计软件开发方案[J]. 电力自动化设备, 2012, 32 (9): 142-148.
- Lin Jun, Hu Huawei. Software Development Scheme based on AutoCAD for Graphical Model Design of Smart Substation[J]. Electric Power Automation Equipment, 2012, 32 (9): 142-148.
- [6] 国家电网公司. (Q / GDW 383-2009) 智能变电站技术导则[Z]. 北京: 国家电网公司, 2009.
- [7] 国家电网公司. (Q / GDW 393-2009) 110 (66) kV~220kV智能变电站设计规范[Z]. 北京: 国家电网公司, 2010.
- [8] 国家电网公司. (Q / GDW 394—2009) 330~750 kV 智能变电站设计规范[Z]. 北京: 国家电网公司, 2010.