

三维信息模型在变电站构架设计软件中的应用

徐志¹ 刘小云² 芮继东¹ 刘建秋² 余学霜¹ 商文念²

(1. 北京筑信达工程咨询有限公司, 北京 100043; 2. 山东电力工程咨询院有限公司, 济南 250013)

【摘要】目前通用有限元计算软件比较成熟,但针对特定行业的高效实用软件还比较欠缺。本文介绍了三维信息模型在变电站构架设计软件的应用方法,阐述了利用SAP2000的API功能实现自主研发特种结构专业设计软件的整体思路。详细介绍了利用三维信息模型生成二维施工图的方法以及施工图的联动修改、材料表的统计、撤销重做操作的实现等关键技术。本文对于进一步开拓SAP2000的应用范畴具有实际意义,为特种结构定制专业设计软件提供了良好的指导作用。

【关键词】三维信息模型; 变电站; 构架设计; 施工图; SAP2000; API

【中图分类号】TU27; TU201.4; TU3 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1674-7461(2016)04-0109-05

【DOI】10.16670/j.cnki.cn11-5823/tu.2016.04.20

1 概述

变电站构架设计软件是由山东电力工程咨询院有限公司和北京筑信达工程咨询有限公司联合开发、专门针对变电站构架设计的计算机辅助设计系统。软件分为快速建模、计算分析和施工图绘制三大功能模块,利用SAP2000提供的API技术将自行研发的建模和施工图模块无缝集成,构建了变电站构架快速建模、计算分析、截面优化、详图设计等功能的一体化应用平台。

2 软件整体架构

变电站构架结构特殊,荷载计算繁琐,传统的有限元计算软件存在建模效率低,后处理功能不能满足行业需求等问题。软件针对这些问题提供了可视化的快速建模工具和交互式编辑的施工图处理工具。在快速建模模块(以下简称前处理)中,用户只需要简单的输入构架的几何尺寸、荷载参数即可快速拼装成正确的计算模型,然后利用SAP2000的分析功能快速得到杆件的内力信息,并生成施工图需要的三维信息模型。在施工图处理模块(以下简称后处理)中,实现了自动节点连接设计、施工图自动生成等功能。用户只需要利用软件提供的丰

富交互编辑功能简单修改即可达到施工图的深度要求。软件操作整体流程如图1所示。



图1 软件总体流程图

3 软件数据结构

变电站构架设计软件的数据结构包括两大部分,一部分是描述真实构架的三维信息模型数据(以下简称三维信息模型),另一部分是描述施工图图块的二维信息数据(以下简称施工图模型)。三维信息模型记录所有杆件、节点板、连接板、螺栓、钢筋以及其它组合构件(如法兰、支座等)的信息,施工图模型记录了图块的位置、绘图比例、图层、颜色以及与之关联的模型数据信息。

软件通过建立构架三维信息模型,实现构架构件信息的统一管理。施工图模型根据三维信息模型数据动态更新,有效的解决了施工图的联动修改、材料表的归并统计以及用户撤销重做功能等技术难题。

【作者简介】徐志(1989-),男,研发工程师,主要研究方向:建筑结构计算机辅助设计软件研发。

软件数据流程如图 2 所示。

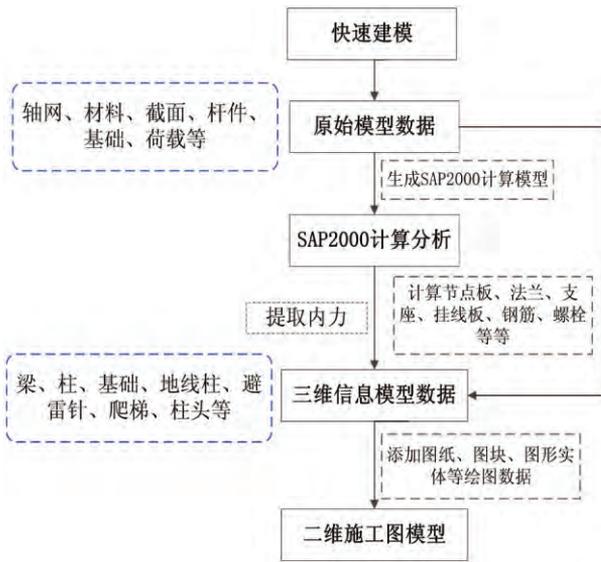


图 2 软件数据流程图

3.1 构架三维信息模型的建立

构架的信息模型是通过面向对象的 C++ 编程语言建立的。软件定义了零部件基类 CIS_BaseEnt，基类描述了零部件的类型、位置、归并时优先等级、编号、以及对应的二维图形实体 CIS_DrawEnt 等信息。构架中所有零部件类均由 CIS_BaseEnt 派生。

3.2 二维施工图模型的建立

二维施工图模型是在三维构架信息模型的基础上创建的。二维信息模型的基类是二维图形实

体 CIS_DrawEnt。CIS_DrawEnt 中描述了图形实体类型、对应的零部件 CIS_BaseEnt、所属图纸、所属图块、图层、线型、字体等绘图信息。施工图上所有图形单元类都是基于 CIS_DrawEnt 派生。

3.3 三维信息模型到施工图模型的转换

三维信息模型中完整地记录了构架的设计信息，包括所有杆件及零部件的空间位置、材料属性、受力状态等信息。在进行施工图绘制时需要从三维信息模型中提取相关信息，生成二维施工图模型。

生成二维施工图模型的步骤一般如下：

- (1) 规划设计图纸 CIS_DrawPaper 上需要绘制的所有图块 CIS_DrawBolck;
- (2) 确定每个图块的位置比例，图块在三维信息模型中的位置(投影面)；
- (3) 确定图块投影面二维坐标的两个单位向量 $\vec{Ox_1}$ 和 $\vec{Oy_1}$ ；
- (4) 在三维信息模型中提取需要在图块中绘制的所有零部件 CIS_BaseEnt；
- (5) 经过坐标转换等步骤创建 CIS_BaseEnt 在图块中的图形实体 CIS_DrawEnt，并建立关联关系。

例如空间任一点在坐标系 $Oxyz$ 中坐标为 $P(x, y, z)$ ，投影到指定投影面 Ox_1y_1 上的点为 $P_1(x_1, y_1, 0)$ 在投影面上取正交单位向量 $\vec{Ox_1}$ 和 $\vec{Oy_1}$ ，则可得 P 点在投影面上投影坐标为 $x_1 = \vec{OP} \cdot \vec{Ox_1}$ ， $y_1 = \vec{OP} \cdot \vec{Oy_1}$ 。其中 (x_1, y_1) 即为空间坐标转换到二维图形后的坐标。

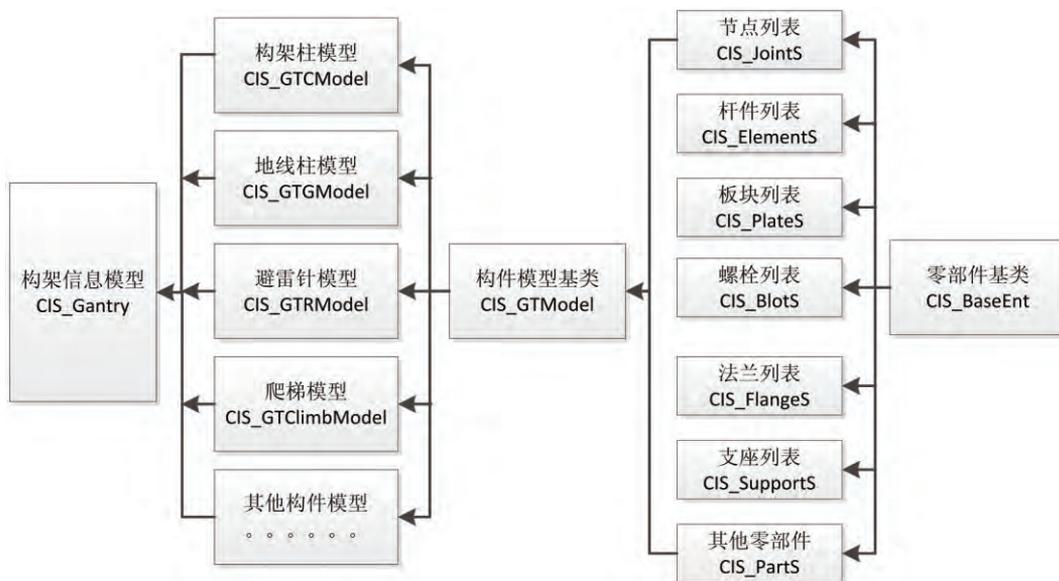


图 3 构架三维信息模型示意图

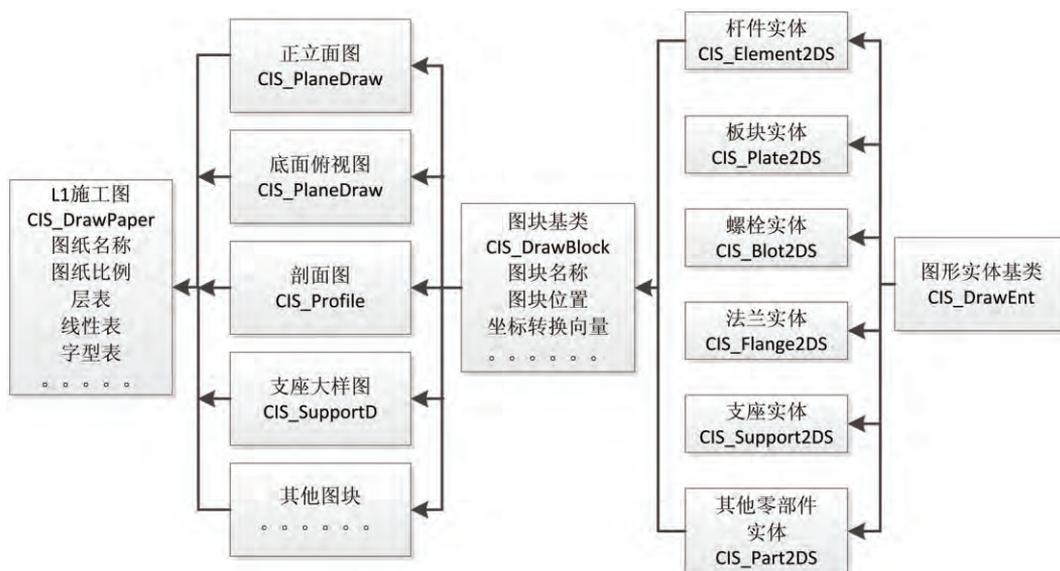


图4 施工图模型模型示意图

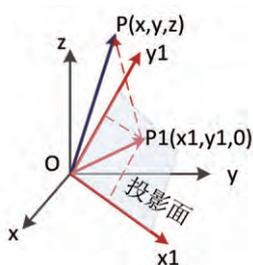


图5 坐标转换示意图

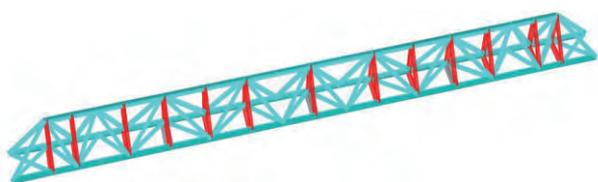


图6 格构梁三维效果图

对于图6所示格构梁,正立面与底面夹角为 60° ,则计算得到正立面投影平面上单位向量为 $\vec{Ox_1} = (1, 0, 0)$, $\vec{Oy_1} = (0, 1/2, \sqrt{3}/2)$ 。绘制正立面施工图时只需要取出所有正立面的杆件,对其坐标进行转换 $F(x, y, z) = (x, (y * 1/2 + z * \sqrt{3}/2))$ 。经过坐标变换即可得到如图7所示格构梁施工图。

3.4 图形的编辑和联动修改

三维信息模型中构架上的每一个部件都是唯一的一个CIS_BaseEnt,在施工图模型中可能会出现多个图块中,创建出多个图形实体CIS_DrawEnt。当用户在施工图某个图块中修改构件实体参数时,应该保证每一个与之相关的图形实体都能修改。程序中建立了三维信息模型中的部件CIS_BaseEnt与施工图模型中各图块中的图形实体CIS_DrawEnt

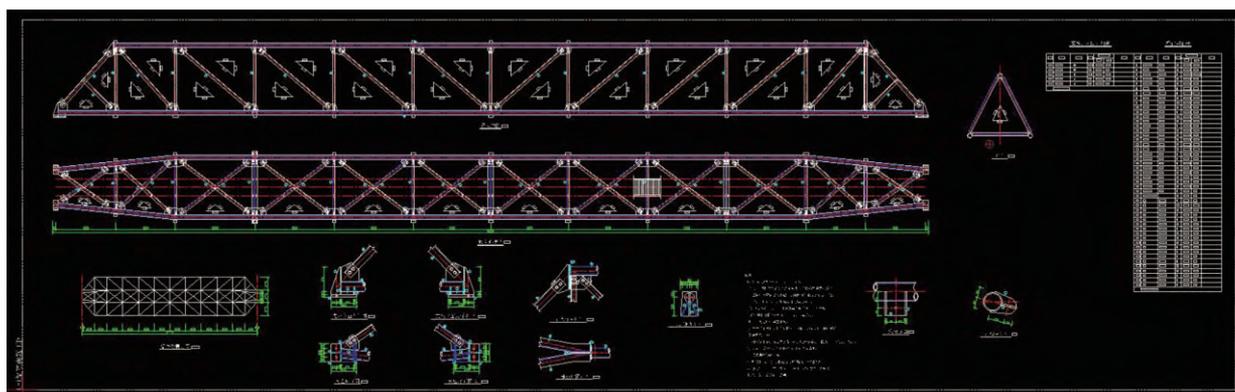


图7 格构梁施工图

之间的相互关联关系。当用户在视图中选中某个图形实体 CIS_DrawEnt 后,程序将弹出该图块对应部件 CIS_BaseEnt 的编辑对话框,通过编辑参数,用户实际更改的是三维信息模型中的部件参数。修改完参数后,程序会根据修改部件的类型判断是否需要修改关联构件的参数。比如修改格构梁主杆截面尺寸后,与之连接的斜杆回退长度会相应修改,同时这也会导致连接主杆和斜杆的节点板尺寸修改。当三维信息模型修改后,程序会重新计算相关构件在各个图块中的绘图位置并完成图形的更新。

例如避雷针顶部,用户只需要在图纸任一图块上(例如避雷针示意图(图 8a)或柱顶详图(图 8b))中选中该部件,都会弹出编辑对话框(图 8c),将柱帽类型从包裹式修改为插入式后(图 9a),对应参数如柱帽直径、端部长度都会自动修改,用户也可人工干预。应用修改后,所有相关图块都会自动重新绘制,如图 9-b 和图 9-c 所示。

3.5 材料表的统计

每一个实际的构件(如一根杆件或者一块节点板)在图纸上可能会出现在不同的图块中,但是其在三维信息模型中只对应一个 CIS_BaseEnt,因此在材料表统计中我们只需要统计三维信息模型中 CIS_BaseEnt 对象的数量即可。在每一种构件对应的 CIS_BaseEnt 基类中,都指定了排序优先级和归并条

件。最终生成的材料统计表中将会把排序优先级高的类型排在前面,如材料表的一般规则是先统计杆件,然后再统计板材,最后统计螺栓。当我们交互式修改图纸后,只需要利用软件的重新归并功能即可重新对所有构件进行归并编号并生成新的材料表,避免了人工统计容易出错的问题。

在模型数据中,每一个构件实体都包含编号、规格名称、长度、单位重量、数量以及排序优先级等变量。对所有的构件归并后将得到相同构件的总数量。最终生成的材料表如图 10 所示。

3.6 Redo 和 Undo 的实现

要实现撤销和重做功能,必须记录用户的每一次操作对程序内部数据的影响。软件通过 CIS_Transaction 类来实现这个过程。用户的每一次操作将通过 CIS_Transaction 类在系统中产生一条记录,CIS_Transaction 类中记录了用户操作的索引号以及三维信息模型操作前数据状态 PreData 和操作后数据状态 LastData。当系统中存在用户操作记录时,用户可以使用撤销和重做功能。当用户需要执行“撤销”命令时,程序将用 PreData 中的数据对三维信息模型中的数据进行还原;当用户需要执行“重做”命令时,程序将用 LastData 中的数据进行还原。撤销和重做操作对应三维信息模型中的数据变化如图 11 所示。



图 8-a

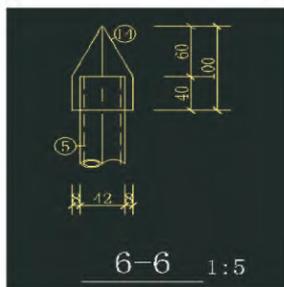


图 8-b



图 8-c



图 9-a

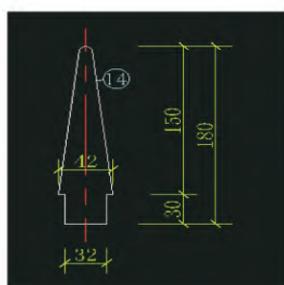


图 9-b

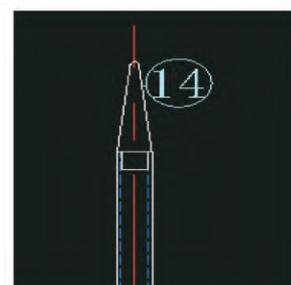


图 9-c

名称	编号	规格	长度	数量	重量(kg)		备注
					一件	小计	
GF-1	1	-20a270/a114		1	8.932	8.9	
	2	-10X78		8	0.596	4.8	
	3	M20x75	75	8	0.313	2.5	(双螺帽, 8级)
合计:					16.2 kg		

图 10 材料表

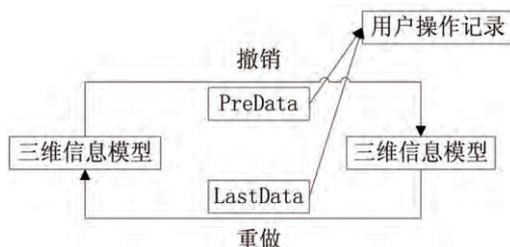


图 11 撤销和重做数据变化示意图

3.7 其他相关技术

变电站构架设计软件作为一款变电站设计一体化应用平台软件,集成了丰富的功能,也使用了多种计算机技术。比如利用三维图形引擎 vtk 实现快速建模中的三维模型显示,利用 XPTable 实现表格数据的编辑,利用二维图形引擎 QCAD 来实现施

工图中图形的捕捉、选择以及导出 dxf 功能。

4 结语

随着 SAP2000 的 API 功能的不断完善,利用 SAP2000 开发个性化定制软件将会越来越普遍。利用三维信息模型技术开发的变电站构架设计软件,是将计算机技术和行业软件相结合的一次成功尝试。软件将解决通用有限元软件存在的建模繁琐、参数调整复杂以及传统施工图绘制中构架统计困难,修改图纸繁琐等问题,极大地提高工程师的工作效率。

参考文献

- [1] DL/T 5457-2012 变电站建筑结构设计技术规程[S]. 北京:中国计划出版社,2012.
- [2] 中南电力设计院. 变电站构架设计手册[M]. 湖北:湖北科学技术出版社,2006.
- [3] 中国建筑标准设计研究院. SAP2000 中文版使用指南(第二版)[M]. 北京:人民交通出版社,2011.
- [4] SAP2000_API_Documentation. chm[M]. Computers and Structures Inc. 2015.
- [5] Computers and Structures Inc. 北京筑信达工程咨询有限公司. CSI 分析参考手册[M]. 2015.

The Application of 3D Information Model in Substation Gantry Design Software

Xu Zhi¹, Liu Xiaoyun², Ru Jidong³, Liu Jianqiu⁴, Yu Xueshuang⁵, Shang Wennian⁶

(Beijing Construction Information Solution Engineering Consulting, Beijing 100043, China;
2. Shandong Electric Power Engineering Consulting Institute Co., Ltd., Ji'nan 250013, China)

Abstract: At present, the general finite element software has become more mature, but there is few efficient practical software for specific industry. This article introduces the 3D information model applied in substation gantry design software and expounds the using of SAP2000 API function to realize the independent research and development of special structure of professional design software. It also introduces the use of 3D information model to generate the linkage of the two-dimensional construction method and construction drawing modification, material tables of statistics, the realization of the undo redo operation. This article has practical significance for further development of SAP2000 application, and provides a good guidance of professional custom design software for special structure.

Key Words: 3DInformation Model; Substation; Gantry design Software; Construction Drawing; SAP2000; API