

基于 BIM 技术的特高压工程设计协同与 评审系统设计与应用

许玉凤 杨刚 孙孟昊
(北京洛斯达科技发展有限公司)

摘要：为提升特高压工程数据资料归集以及评审工作效率，本文设计实现了特高压工程设计协同与评审系统。系统通过搭建设计协同应用实现大规模设计成果资料归集、设计过程管理实现设计成果质量监督，并基于 BIM 技术，融合高精度地理信息、叠加展示工程本体三维设计模型形成可视化评审环境，辅助数字化评审应用。

关键词：特高压工程；三维；GIM 模型；BIM；评审

2024.08.DQGY
81

0 引言

项目评审是电力工程建设的关键环节和重要保障^[1]，传统智能电网输变电工程设计的最终成果主要是通过二维评审进行检验^[2]，基于电网信息模型（Grid Information Model, GIM）^[3]，通过 BIM（Building Information Model）技术^[4]融合 GIS 技术推动审查方式由传统二维评审转向三维评审，有利于打造阶段融合、终端融合、专业融合的升级版特高压工程数字化协同设计^[5]建设模式，可以实现对项目进度、安全、质量、技术、投资的实时掌控，满足特高压工程建设的数字化、智能化、可视化管控和辅助决策，提高特高压设计施工质量和安全管控水平。目前对在工程建设项目评审中的管理方式仍然通过线下传递文档资料，不同部门间存在着信息传递不畅、效率低下等问题^[6]。此外针对三维设计成果的评审多采用人工方式，缺少有效的三维辅助评审工具^[7]，提出设计一种基于 BIM 技术的特高压

工程设计协同与评审系统，利用 BIM 技术研究实现三维设计成果的加载及可视化，通过设计协同管控实现方案的审查与管理，另一方面利用 BIM 技术实现存量工程设计成果的渲染，通过建立三维模型设备与二维图纸的关联关系实现信息查询，达到工程数据归集和统一管理的目的，满足后续应用需求。

1 系统架构设计

1.1 数据库设计

1.1.1 基础地理信息库

存储包括倾斜摄影、卫星影像、数字高程模型数据，行政区划、风区、冰污区、舞动等专题数据，障碍物、交叉跨越等通道数据，水文、气象、地质等工程测量数据等多源电网工程数据，为二三维地图可视化场景渲染提供基础数据支撑。

1.1.2 三维模型库

系统三维模型数据基于 GIM 格式文件作为模型数据存储标准，GIM 文件包括文件头和存储域，文件头存储了模型文件的元数据信息，包括文件标识、文件名称、创建时间、版本号等，在编制数据接口时需要考虑对应的数据项，还要考虑元数据信息的可扩展性。存储域存储了模型的数据实体，其内存为连续存储。

1.1.2 图纸文本资料库

评审资料多为非结构化文本数据和图纸类文件^[8]，文本数据根据资料分类上传入库，图纸类文件根据卷册目录批量上传，记录图纸版本、卷册编号、所属工

程信息等信息并关联三维模型，实现文档多格式文档型数据以及 CAD 图纸在线查看，从而实现二三维结合的审查方法。

1.1.3 工程指标库

汇集已建特高压工程成果以及报告，解析成果数据，参数化关键指标数据，按照工程类型、工程阶段，建立不同类型工程指标库。

1.2 系统总体架构设计

系统自下而上分为数据层、基础服务层、业务应用层、前端展示层。平台技术架构，如图 1 所示。

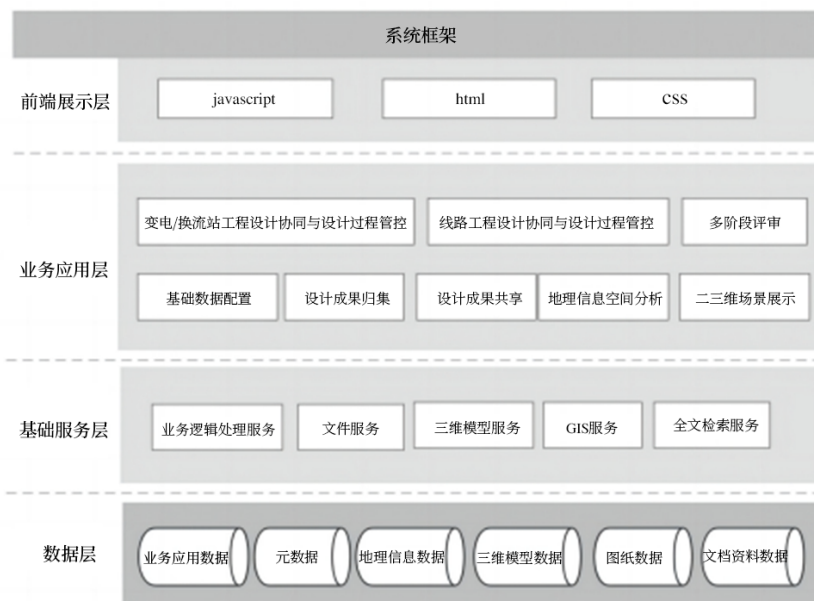


图 1 系统总体架构图

数据层：是系统管理及业务应用实现的基础，主要对各个系统所产生的各类业务数据进行存储、计算和处理。系统数据主要包括地理信息数据、业务应用数据、元数据等结构化数据，以及图片、文档、GIM 模型等文件数据。

基础服务层：为应用层提供各种业务逻辑组件以及数据服务代理等，提供各类业务服务组件及数据处理引擎。文件服务提供各类文档格式的分片上传、查询、下载服务及预览服务。三维模型服务基于 GIM 模

型进行模型解析与处理，构建三维场景，并基于三维模型和三维场景，提供属性查询和校核计算服务。GIS 服务提供基础地理信息数据与专题数据服务发布与查看，空间查询以及空间分析等服务。全文检索服务基于 Elastic Search 技术^[9]进行中文分词、信息提取、索引创建，提供工程海量文件信息在线查询服务。

业务应用层：基础业务服务层依照统一标准构建公共组件服务与通用应用服务，并以此为基准，深入实际业务，组成业务服务，各项功能均以微服务的

思想封装，以轻量化机制进行相互通信，做到完全独立部署，可使用不同的语言编写，对于耗时大开发应用，可采用集群的方式做到高性能、高可用，针对遇到资源瓶颈的服务，增加集群数量即可完成升级，做到极强的可拓展性。包括基础数据配置、设计成果归集、设计成果共享、地理信息空间分析、二三维场景展示、多阶段评审，以及变电/换流站工程设计协同与设计过程管理、线路工程设计协同与设计过程管理等应用。

前端展现层：前端展现层是最终用户的使用页

面，负责数据的可视化展现，同时接受用户更新数据，完成对数据的前端校验，并进行简单的逻辑处理。通过整合所有展示渠道，完成统一门户网站搭建。Web端、业务应用端以及展示大屏采用HTML、Javascript、css等技术构建。

1.3 系统业务架构设计

系统按不同职能分为业务配置后台、设计协同模块、设计过程管理模块、辅助评审模块，业务架构如图2所示。

(1) 业务配置后台

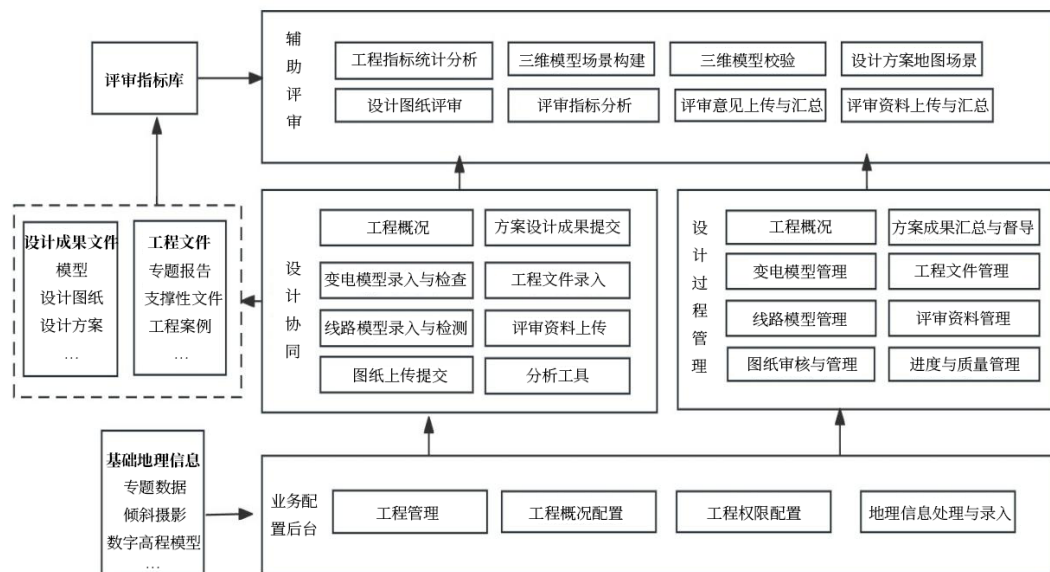


图2 系统业务架构图

辅助管理人员进行数据处理及配置，完成工程建立、用户角色及功能权限配置，按线路、变电工程类型差异化配置，完成工程影像地形等基础地理信息处理，工程概况、设计进度信息录入及基础数据配置。

(2) 设计协同

通过实现各单位各部门间数据共享，数据汇总查看，建立线上设计协同流程和机制。辅助设计人员完成三维模型、图纸卷册、报告文件等设计资料线上标准化填报，配合设计人员开展院间接口检查、提资配

合、数据共享等。

(3) 设计过程管理

辅助设计管理单位开展设计质量、进度过程管控，基于可视化场景，完成模型、图纸、报告等设计成果质量检查；基于设计进度计划，完成模型设计、图纸设计进度统计；按需批量提取模型、图纸、文件等设计过程信息。

(4) 设计成果及工程文件汇总

设计成果文件包括设计图纸、模型、路径站址

设计方案等。工程文件包括会议纪要、路径协议、批复文件、报告等。各类文件格式各异、上传预览需求不同，系统基于 Elastic Search 技术搭建全文检索服务支撑文档汇总以及快速检索，不同业务文件上传自动匹配文件分类及文件路径，使用标签方式实现不同业务模块文件的分类检索。

(5) 分阶段辅助评审

按可研、初设、施工图各节点评审要求，基于 BIM 技术，利用模型自动校核、关键指标分析等工具辅助数字化设计评审。融合高精度地理信息、叠加展示工程本体三维设计模型形成可视化评审环境，基于国网公司 GIM 标准建立自动校核工具，自动完成模型成果设计质量预检，提高专家审查效率。配合设计人员评审前完成评审数据规范化填报，辅助评审专家评审中完成评审资料审查、评审意见反馈，评审后完

成相关问题闭环、评审资料在线归集。

2 系统关键技术

2.1 数模一体关联融合技术

数字模型和审查规范的关联识别是数字化审查的关键过程之一^[10]，系统将关注重点从三维模型本身延伸到更加关注各类工程数据、工程资料、审查规范与三维模型的融合。将特高压工程各阶段收集到的各类数据按照工程阶段、种类、级别进行划分，构建基于关联数据的数据资源融合模型，主要包含数据资源层、语义描述层、关联融合层，将三维模型实体要素与属性信息、文档资料等进行映射，每一层为上一层提供支撑，实现数据资源逐层深化融合，形成系统化的融合服务体系，如图 3 所示。

(1) 定义数据资源层

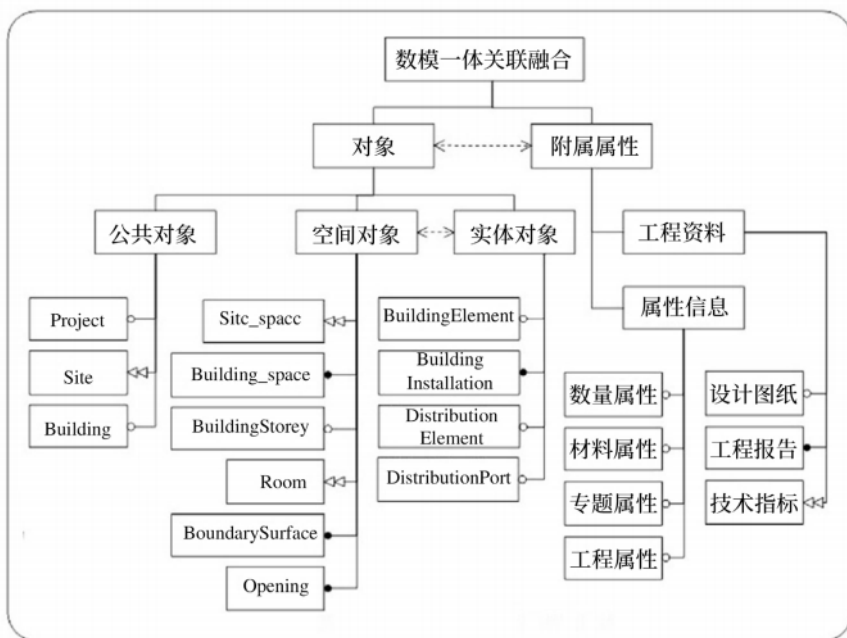


图 3 数模一体融合设计

数据资源是关联融合的基础，智能识别并抽取实体之间的关系，从而建立起数据资源之间的相关性。

(2) 构建语义描述层

语义描述是数据资源关联构建和资源融合的重要步骤，数据资源本身体系庞大，资源类型的多样化，包括文本、图片，视频以及三维模型等形式，通过建立

元数据表揭示这些特定资源所涉及的属性和概念，并且引入本体概念来实现不同资源间的语义描述和互操作。

(3) 搭建数模关联融合关系

通过在不同实体之间建立关联，并且尽可能地与外部数据建立联系，从而构建起关联数据网络，实现数据资源关联融合的关键层。

2.2 模型轻量化处理方法

针对特高压工程三维模型体量大、三角面片数量多，主流三维设计软件在解析调用时，会出现模型无法打开、加载速度慢、渲染效率低等问题。在 BIM 引擎基础上，对底层数据引擎算法进行适应性优化，将特高压换流站加载时间由半小时左右压缩到一分钟内。具体是通过二次误差测度的边折叠算法（Quadric Edge Collapse Decimation）简化三角面数。同时使用 Draco 压缩算法对 Mesh 数据进行压缩，减少 Mesh 体量。将常规材质转为 PBR 材质，对于相同材质的图元进行合并，减少渲染批次。并搭建分布式数据库存储模型本体信息及工程属性信息。为每一条入库的记录加入时间戳及标签信息便于查询。对于数据量很大、并发压力很大的情况采用分库、读写分离的策略。对于单表数据量较大的情况采取分区表、分表的方式。

2.3 GIS+BIM 可视化场景搭建

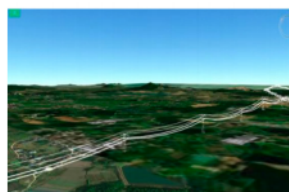
基于 GIS 引擎，结合地理信息数据（地形、专题图、倾斜摄影模型），展示工程关键数据资料，如图 4a 所示为结合叠加等高线的三维场景，图 4b 为叠加倾斜摄影模型。基于 BIM 技术，构建不同工程类型下的三维模型展示场景，图 4c 为输电线路三维场景，图 4d 为大场景下的换流站工程三维场景。



(a) 叠加等高线



(b) 叠加倾斜摄影



(c) 输电线路三维场景



(d) 换流站三维场景

图 4 基于 GIS 的三维场景

3 应用情况

截至目前，系统已累计为十余条在建特高压工程提供了设计协同、辅助过程评审、成果在线归集等工程应用服务。其中，在山东某工程中开展数字化评审工作，专家利用平台反馈评审意见，实时共享修改方案，在线开展方案以及专题报告、设计图纸等数字化评审，实现双向互动。

利用设计协同模块，在江苏某工程完成了设计成果在线归集与审查。设计单位按专业、部分等建立图纸目录以及三维模型目录树，按目录上传提交图纸和模型。在提交模型前可以利用系统校核工具进行模型自检，系统根据提交模型，自动生成校核报告，根据校核报告进行模型修改，上传最终版模型。

4 结束语

特高压工程设计协同与评审系统融合了 GIS、BIM、互联网+等多种关键技术，实现了工程设计成果的在线可视化协同共享、过程管控、辅助评审可视化环境搭建，并积累了工程设计共享资源库，为快速协同共享、准确管理决策提供重要数据支撑。通过过程信息全要素记录，设计质量在线检查，设计进度实时跟踪、设计与管理沟通互动，能有效加强特高压工程设计精细化管控水平。

参考文献

- [1] 王波，陈建飞，秦加林，等. 输变电工程三维设计评审要点研究[J]. 中国电力企业管理，2020

(下转第 90 页)

(上接第85页)

- (18): 26-27.
- [2] 董鈇涛, 穆瑞芳, 张建广, 等. 数字电网工程三维可视化及辅助评审应用研究 [J]. 科学技术创新, 2022 (2): 69-72.
- [3] 盛大凯, 郗鑫, 胡君慧, 等. 研发电网信息模型 (GIM) 技术, 构建智能电网信息共享平台 [J]. 电力建设, 2013, 34 (8): 1-5.
- [4] 朱惠娟, 王永利, 陈琳琳. 面向三维模型轻量化的自私羊群优化算法研究 [J]. 计算机工程与应用, 2020, 56 (3): 42-48.
- [5] 李世豪, 缪巍巍, 曾程, 等. 面向电力物联网的边缘计算框架设计初探 [J]. 电力信息与通信技术, 2020, 18 (12): 51-58.
- [6] 郑丹婕. 信息化技术在工程建设项目评审中的应用——以“多规合一”信息化平台为例 [J]. 中国信息化, 2023 (10): 72-74.
- [7] 李明臻, 路翎. 三维数字化设计技术在输变电工程中的应用研究 [J]. 山东电力高等专科学校学报, 2024, 27 (1): 14-17.
- [8] 胡杰, 许刚, 齐立忠, 等. 基于知识图谱的输变电工程辅助评审系统架构及关键技术分析 [J]. 电力建设, 2023, 44 (11): 104-112.
- [9] 田丽娜. 基于ElasticSearch的搜索引擎设计与实现 [J]. 无线互联科技, 2023, 20 (23): 64-67.
- [10] 程俊溢, 雷川丽, 周伟, 等. 基于电网资源大数据的智能精细辅助评审系统设计与应用 [J]. 电力信息与通信技术, 2023, 21 (8): 52-58.

(收稿日期: 2024-03-15)