

引汉济渭工程三河口水利枢纽 BIM 设计应用

刘少龙¹ 张春林¹ 毛拥政² 补舒棋² 付登辉² 蒋 锐²

(1. 成都希盟泰克科技发展有限公司, 成都 610094; 2. 陕西省水利电力勘测设计研究院, 西安 710001)

【摘 要】三河口水利枢纽由大坝、泄洪消能、坝后供水系统、连接洞等工程组成,大坝为碾压混凝土双曲拱坝,是国内排名第二的高碾压混凝土拱坝。大坝建造难度大,枢纽工程地质、地形条件复杂,厂房电气设备众多,专业协同配合多,工程计算工作量大。本文利用建筑信息模型(Building Information Modeling, BIM)技术进行在线协同设计,通过地质模型、水工模型、水机模型、电气设备模型、建筑结构模型和金属结构模型实现了多专业同平台的设计。基于 BIM 技术的三河口水利枢纽应用,实现了与业主间的高效沟通,优化了设计方案。通过三维设计成果解决了现场问题,方便快捷统计项目进行过程中的工程量,将计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)技术与计算机辅助工程(Computer Aided Engineering, CAE)仿真相结合,实现了建模和计算的分离,提高了设计效率。

【关键词】BIM 技术; 枢纽大坝; 水利水电工程; 协同平台

【中图分类号】TU17 **【文献标识码】**A

【版权声明】本文被《土木建筑工程信息技术》、中国知网重要会议论文全文数据库(CPCD)收录上网,未经授权严禁登载。

1 工程概况

1.1 项目简介

引汉济渭工程是陕西省境内的跨流域调水工程,工程设计年调水规模为 15 亿 m³,主要解决供水范围内的城市生活、工业生产用水问题,为国务院确定的 172 项重大水利工程中的重点项目,重中之重。三河口水利枢纽是引汉济渭工程的调蓄中心,位于佛坪县大河坝乡三河口村下游 2km 处,枢纽由大坝、泄洪消能、坝后供水系统、连接洞等工程组成。大坝为碾压混凝土双曲拱坝,最大坝高 141.5m,总库容 7.1 亿 m³,调节库容 6.6 亿 m³,正常蓄水位 643m,死水位 558m。供水系统设两台水泵水轮机组装机容量 2.4 万千瓦,抽水设计流量 18m³/s; 两台水轮机组装机容量 4.0 万千瓦; 并设两台减压调流阀,设计流量 31m³/s。工程总工期 54 个月,总投资 52 亿元。布置效果图如图 1 所示。

1.2 工程特点和难点

枢纽大坝是国内排名第二的高碾压混凝土拱坝,采用的结构为抛物线型双曲拱坝,枢纽周边地



图 1 三河口水利枢纽工程布置效果图

形地质条件复杂,为满足工程泄洪和兴利的需要,坝身建筑物集中,所以空间布置及项目设计工作量大。同时,设计采用了抽蓄机组和常规水轮发电机组共用厂房方案,机电设备众多。为满足项目设计需要,一开始就明确了利用 BIM 技术解决工程设计中技术问题^[1],提高设计效率。

2 BIM 组织与应用环境

2.1 BIM 应用目标

制定项目的 BIM 实施标准,统计项目实施过程

【作者简介】 刘少龙(1985 -),男,工程师,主要研究方向:项目管理、建筑信息模型(BIM)技术在工程行业的应用;毛拥政(1971 -),男,正高级工程师,主要研究方向:水利水电工程设计、BIM 技术应用。



图2 VPM + CATIA 实现协同

中的工程量,对各专业人员分配相应的设计任务,保证专业间建模参数衔接,提高整个项目的进行速度,能够有效解决项目进行过程中出现的问题,为项目的有序进行提供有力的技术保障,并为以后建立电站设计平台奠定基础。通过达索公司的协同设计平台 ENOVIA^[2],实现线上协同作业,各专业建模参数层层传递,便于管理者实时查看项目进度,统筹管理。

2.2 实施方案

根据枢纽区范围完成地形及地质的处理,搭建基础应用的条件,确定土建布置和控制点形成骨架控制后提交下游专业。利用 CATIA 设计软件创建模型^[3-4],然后导入企业自主开发的参数化设备模型库,快速拼装完成工程建筑物体型设计。建筑、结构设计人员根据骨架和控制资料,使用 CATIA 软件同步进行 BIM 设计^[5],完成设计后导入总体模型中。其设计过程如图 2 所示。

2.3 团队组织

三河口水利枢纽工程 BIM 小组由信息中心、地质、水工、金属结构、建筑和机电全专业技术骨干组成,设有 BIM 负责人,BIM 交付、运维管理及技术指导,BIM 数据组织及协同平台管理以及各专业 BIM 设计人员,为本项目 BIM 设计应用提供保障。

2.4 BIM 软硬件环境

BIM 技术的应用需要若干软件相互协作共同完成,要求信息模型能在各软件之间无损交换、无缝链接^[6-7],因此可选择同系列的软件相互配合以实

现 BIM 技术的应用。目前国际上领先的三维软件公司主要有欧特克、达索、奔特力等^[8],项目组在综合考虑软件性能、设计需求、施工模拟等因素后,选择达索系列软件作为主平台^[9],其他软件配合完成三河口水利枢纽的设计工作。本项目主要应用的软硬件如图 3 所示。

软件环境		硬件环境	
软件名称	应用环境	配置	数量
达索ENOVIA VPM V5R20	数据管理平台、在线协同设计平台	建模人员配置	30
达索CATIA V5R20	BIM模型建模	CPU: Intel Core i7-6700处理器; 内存: 16GB DDR4; 视频显示: 1920*1080真彩色显示; 视频适配器: 独立显卡, 显存4GB	
AUTODESK 三维设计礼包 V2016	BIM模型建模	DDRS; 硬盘: 固态硬盘与机械1TB硬盘组合。	
博超 STD V4.2	电器设计	专业图形工作站	4
ANSYS MECHANICAL v17.0	结构有限元分析	CPU: Intel至强E5-1620V3处理器; 内存: 32GB DDR4; 视频显示: 1920*1080真彩色显示; 视频适配器: NVIDIA Quadro系列显	
3DVIA Composer	可视化交底	卡, 显存4GB DDR5; 硬盘: 固态硬盘与机械2TB硬盘组合。	

图3 主要应用软硬件

3 BIM 应用

3.1 BIM 模型搭建

BIM 模型的成功搭建可以让 BIM 更加快速地应用到项目中去^[10]。本项目在 BIM 模型搭建中的工作主要有:地质模型、水工建筑物模型、水机结构模型、新设备模型、厂房建筑结构模型、金属结构模型等的建立。本项目在实施开始前,团队内部先行制定了完整的 BIM 建模标准。ENOVIA 协同平台上实现各专业人员协同作业,确保参数标准能够一致,项目管理者根据项目规划成果与各专业综合协调进行总体设计确定总体设计模型骨架后提交给

各专业人员进行方案设计,各专业人员将设计好的模型导入虚拟产品管理 (Virtual Product Management, VPM) 和 CATIA 平台,完成整体骨架的搭建。实现了项目分工合作,模型参数层层传递并由多个设计人员共同参与完成项目模型的搭建。骨架关联设计如图 4 所示。

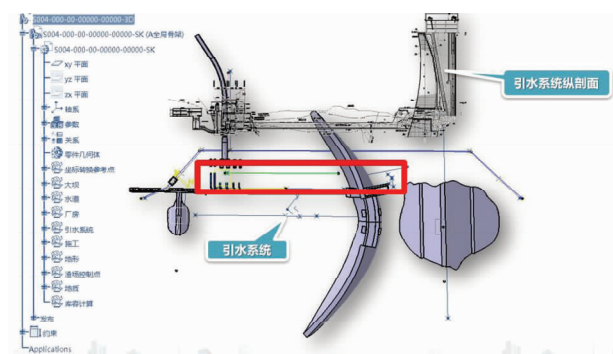


图 4 骨架关联设计

3.2 BIM 应用情况

(1)地质模型建立

利用地质建模 (Geological Object Computer Aided Design, GOCAD) 软件将地质勘察的原始资料整理到 GOCAD 软件中^[11],通过软件和分析完成地质模型的建立,并根据水利工程特点的需要建立了风化模型和吸水率模型,满足大坝设计需要。

三河口水利枢纽坝址位于变质岩地区,断层构造发育,岩性多变,三维地质建模工作较为复杂。岩体风化关系着建基面开挖深度,因此也是地质建模的一个重点,由于岩体风化的数据主要来源与勘探点,将勘探点数据导入 GOCAD 软件,利用这些勘探点的风化数据,即可生成枢纽区的岩体风化界面三维空间分布,该界面在勘探点处与勘探数据完全吻合。水工使用地质模型可以明确地质结构面和风化等情况,提升设计效率。地质模型设计如图 5 所示。

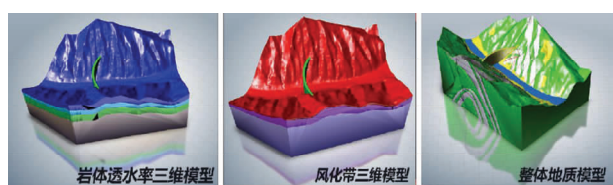


图 5 地质模型

(2)水工模型建立

项目进行过程中建立了水工专业的专用模板

库,开发了参数化的模板,目前已建立水工模板 50 多个,利用骨架及模板化的方式进行水工建筑物单体设计,快速完成建筑物布置三维设计方案。利用完成的建筑物模型设计 BIM 模型和地质模型提供的风化情况完成拱坝及枢纽其他建筑物开挖设计。

该设计图纸已应用到实际施工中并已完成坝肩及坝基开挖,与现场符合性良好,工程量准确。大坝设计利用 CATIA 强大的曲面设计能力,按水工设计的习惯,根据曲线方程形成拱圈,拟合形成抛物线型拱坝坝体,通过 BIM 软件求出曲面交线,确定设计尺寸,减少手工计算工作,大大提高了设计效率,如图 6 所示。

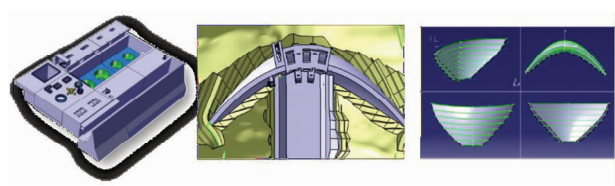


图 6 水工模型

(3)电气设备模型

电气专业设计人员从 VPM 平台导出的水工建筑物布置方案的三维模型,采用博超 BIM 电气设计软件进行设计。为抽蓄机组和常规水轮发电机组采用共用厂房的设计,电气设备众多,复杂性和难度大大增加,针对三河口工程中的电气设备多和密集的特点,进行了一系列新设备建模工作,扩充了已有的设备库,并对新建立好的模型进行了电气属性赋值,完工后将其导入到 VPM 中进行总体拼装。如图 7 所示。



图 7 电气结构模型

(4)建筑结构模型

建筑和结构设计人员根据工程布置方案,在 VPM 平台上同步进行 BIM 设计,并将需要计算的三维模型导入 ANSYS 软件中,进行结构的三有限元计算。利用 BIM 模型导入 Simulation CFD 中完成计算流体动力学 (Computational Fluid Dynamics, CFD)

的数据模拟,完成副厂房会议室的气流组织模拟,减少常规计算工作。如图 8 所示。

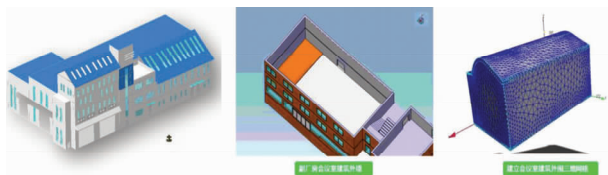


图 8 建筑结构模型

(5)金属结构模型

金属结构专业设计人员按照本项目的设计流程,依据闸门、钢管控制条件,初步拟定其主要尺寸,利用模板参数化在 VPM 金属节点下完成装配成闸门、钢管和启闭机,并将主要结构件导入仿真计算软件优化设计,最后利用 BIM 生成工程图。如图 9 所示。

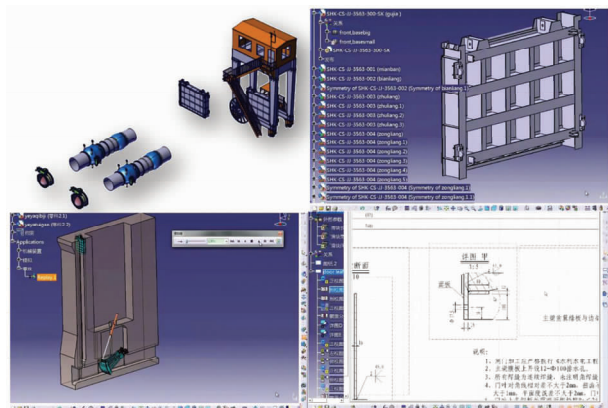


图 9 金属结构模型

4 应用效果

(1)提供更加直观的展示效果

在给业主进行厂房参观廊道的汇报时,为了达到更直观的效果,三河口水利枢纽应用 CATIA DELMIA 软件在建成的厂房设计模型的基础上进行动态的展示,并在空间汇出参观线路,可让参会人员设计方案更好地理解,最后将建筑方案和设计的路线动画进行剪辑方便沟通。视频截图如图 10 所示。

(2)对项目的方案进行优化

在对上蒲家沟的堆渣方案的选择上,需要根据渣量的情况来进行不同堆渣方案比选从而选择出最适宜的堆渣方案,通过 BIM 技术可以很快地设计出可实现的方案,以供业主参考和决策。在渣场的

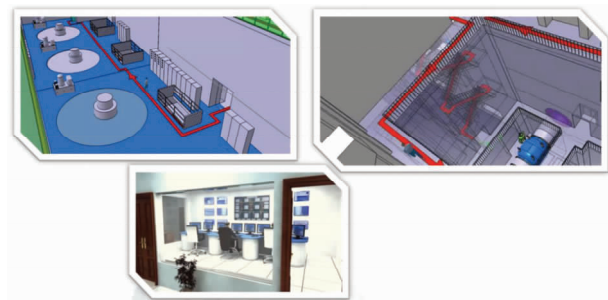


图 10 视频截图

选择上,业主重点关心的是渣场面积、堆渣形状和堆渣量等情况,如图 11 所示。

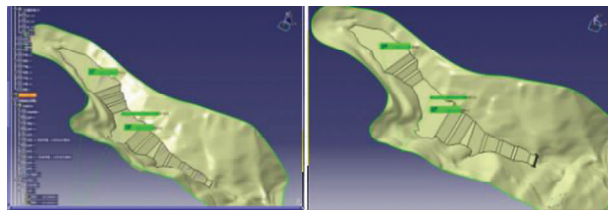


图 11 方案优化图

(3)解决项目现场问题

三河口拱坝开挖体型复杂,设计为复核现场开挖情况与设计的准确度,需要利用多轴无人机对大坝开挖情况进行了三维测量,

形成的实测结果和设计 BIM 开挖模型进行了比照,结果实际开挖和设计开挖线符合度很好,如图 12 所示。

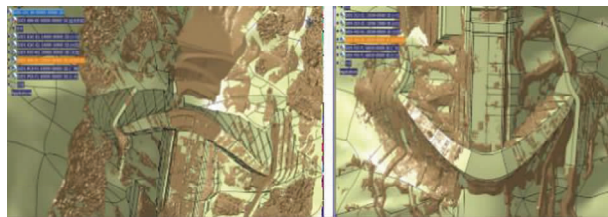


图 12 解决现场问题

(4)对项目的工程量进行统计

项目开发过程中需要进行大量的工程计算,通过 BIM 技术能够对本项目涉及到的所有工程进行整合统计,将设计模型拆分成单个零件进而从下到上统计项目所需的工程量,能够给设计者更加精确的数据,同时也为本项目能够顺利完成保驾护航。其统计方法如图 13 所示。

(5)CAD 与 CAE 仿真计算结合

将 CATIA 建立好的水工建筑物等实体模型导

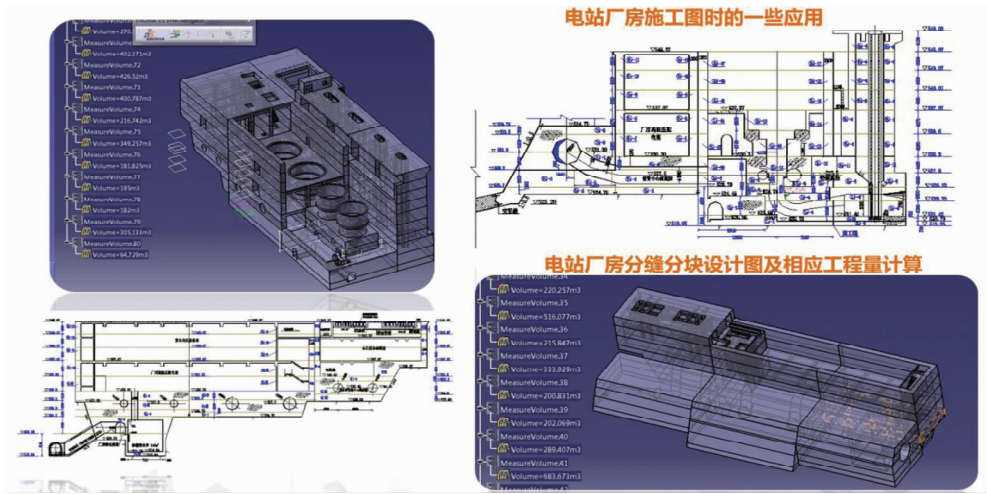


图 13 工程统计

人有限元仿真计算软件,将模型的建立和工程计算有效地分割开来,这样可以弥补有限元仿真计算软件建模能力的不足同时也能让有限元仿真计算软件更好地进行有限元的计算;重要的建筑物模型需要通过有限元仿真计算,验证了建筑物的合理性,并为结构优化提供了依据。如图 14 所示。

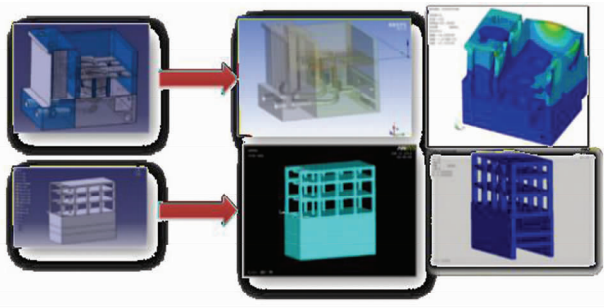


图 14 计算结合

5 总结与展望

5.1 主要贡献

(1)协同平台管理项目

依托达索平台实现多专业实时、在线、协同、正向设计,确保数据源的唯一性和设计方案的最优性。各专业人员获取到本专业所需的设计任务后在本地完成模型建立和参数优化,然后将涉及好的模型导入到协同平台中与其他专业的设计模型进行整合最终得到设计结果。基于最新设计产品全貌实时获取,全方位及时把控设计进度。

(2)巧妙使用三维模型

利用三维的地形模型进行建筑的基础开挖和

开挖工程量计算;直观的地质三维模型可以快速分析建筑物所处环境的地质信息,使得各专业人员能够了解到本专业设计模型所面临的问题,以及与其他专业衔接时可能出现的状况,让各专业间的交流更加顺畅,更便于进行相应的工程措施处理,提高了工作效率。

(3)水机设备模型库建立

建立水机专业全套设备模型。建立院系列化、标准化的水机设备库、管路零件库。设备库目前已有球阀、蝶阀、电动止回阀、止回阀、闸阀、油罐、气罐、三通、离心泵、深井泵、供水泵、排水泵、空压机、调速器、蜗壳、尾水管、发电机和混流式水轮机等,合计 23 种常用部件。通过系列化、参数化的建模入库,实现各种口径阀门的调用。

(4)电站设计平台

本项目在 BIM 应用经验的基础上,建立了一套综合的电站设计平台,将设计规范和已有的项目模板库融入其中,实现了水利水电工程设计的智能化、标准化、快速化。

5.2 工程总结

引汉济渭工程三河口水利枢纽 BIM 项目整体模型展示,是模板库建设、专业间协同和仿真分析等 BIM 工作的整合,BIM 设计平台参数化模型库设计,有限元仿真计算评估,标准化出图使得自动化协同程度提高,设计效率明显提升;为项目的差错检查、三维分析、技术展示提供更真实、直观的评估平台,为业主及施工方提供了更加直观简洁的工程管理平台,为全生命周期的管理提供了准确的数据

支撑平台。

BIM 是一项新兴技术,作为先进水利水电建筑工程设计解决方案,将会在水电行业项目的全过程体系中广泛应用。随着 BIM 技术应用的推广及发展,各专业间实际应用的软件必将实现数据互通,使协同设计更加顺畅。

参考文献

[1] 王富俊. BIM 技术与设计应用探析[J]. 住宅与房地产, 2019(12): 69.
 [2] 刘晓明. ENOVIA VPM 系统二次开发技术研究[J]. 信息化建设, 2016,(3): 340.
 [3] 何玉明, 王磊. CATIA 在桥梁 BIM 建模中的应用[J]. 特种结构, 2019, 36(3): 96-100.
 [4] 王雪青, 张康熙, 谢银. BIM 模型的创建和来源选择[J]. 建筑经济, 2011,(9): 90-92.

[5] 袁胜强, 顾民杰, 刘辉, 等. 宁波中兴大桥及接线工程 BIM 设计与应用[J]. 土木建筑工程信息技术, 2018, 10(2): 17-22.
 [6] 王皓, 李崇标. 叶巴滩水电站地质 BIM 设计与应用[J]. 水利规划与设计, 2018,(2): 68-73.
 [7] 曹蕾. BIM 技术与设计应用[J]. 有色冶金设计与研究, 2018, 39(6): 141-143.
 [8] 李福进. 水电站水力机械专业 BIM 设计及应用[J]. 建筑工程技术与设计, 2018,(31): 628.
 [9] 纪长刚. 基于 ENOVIA 的产品结构管理解决方案[J]. 科技与企业, 2013,(7): 29.
 [10] 刘足, 许福, 彭良忠, 等. BIM 技术在某项目结构优化设计中的应用研究[J]. 土木建筑工程信息技术, 2018, 10(1): 37-42.
 [11] 李豪, 王世明, 吴腾飞, 等. 基于 GOCAD 的地下工程三维地质建模与分析[J]. 四川建筑, 2018, 38(6): 83-85, 88.

BIM Application in Design of Sanhekou Water Control Project in Yinhanjiwei Project

Liu Shaolong¹, Zhang Chunlin¹, Mao Yongzheng²,
 Bu Shuqi², Fu Denghui², Jiang Rui²

(1. Simutech Technology Development Co., Ltd., Chengdu 610094, China;
 2. Shaanxi Province Institute of Water Resources and Electric Power Investigation and Design, Xi'an 710001, China)

Abstract: The Sanhekou water control project is composed of dam, flood discharge and energy dissipation, water supply system behind dam, connecting tunnel and other projects. The dam is a RCC (Roller Compacted Concrete) double-curved arch dam, which is the second highest domestic RCC arch dam in China. The construction of the dam faces difficulties, including the complex geological and topographic conditions of the project, numerous electrical equipment in different plants, complicated professional cooperation, and large engineering calculation workload. This paper applies the BIM technology to carry out online collaborative design, achieving the design of multi-specialty in same platform through using the geological model, hydraulic model, hydraulic model, electrical equipment model, building structure model and metal structure model. The application of BIM-based technology in the Sanhekou water control project has realized the efficient communication with the owner, and optimized the design scheme. The 3D design results is able to solve the on-site problems, and to facilitate the rapid statistics of the project in the process of engineering. The combination of the CAD (Computer Aided Design) technology and CAE (Computer Aided Engineering) simulation has realized the separation of modeling and calculation, and improved the design efficiency.

Key Words: BIM Technology; Hydro Project Dam; Water Resources and Hydropower Engineering; Collaborative Platform