

基于 BIM 模型的快速化设计在 水工建筑物中的应用研究

蔺志刚 陶玉波 梁春光

(工程设计院)

〔摘要〕 水利工程具有很强的系统性和综合性。水工建筑物的结构复杂、形态各异,利用数字模型进行虚拟建造,提前优化设计,并最终形成实体建筑物,是目前水利工程结构体设计过程中的主要方法。

本文通过中国在非洲最大的 EPC 总承包项目凯乐塔水利枢纽建造过程中,基于 BIM 模型,通过构件模板、参数及 API 二次开发,对建筑物进行快速化设计;并借助 3D 打印技术,进行数字模型与实体建筑物的同源、可对比优化体型;同时,在施工过程中,根据现场施工进行深化设计,提取模型及数据,进行技术、现场、进度、成本管理,并最终形成竣工模型。在竣工模型上添加设备运行维护等信息,用于运行维护管理。

〔关键词〕 BIM 快速化设计 数字模型 3D 打印

1 前言

目前,BIM 技术的应用越来越广泛,成为建筑业许多课题的支撑^[1]。M Yalcinkaya^[2]通过应用 Latent Semantic Analysis(LSA)的方法,分析 975 篇和 BIM 有关的学术论文摘要,指出了现阶段 BIM 研究的模式和趋势;LV Berlo^[3]通过案例介绍了基于 BIM 技术的项目中心服务器的创建及 BIM 数据的共享;张建平^[4]自主研发了建筑工程施工 BIM 建模系统和基于 BIM 的 4D 施工项目管理系列软件;何关培^[5]通过对几种可能技术路线的分析,提出了建筑施工企业 BIM 技术路线在 BIM 应用不同成熟阶段的发展走向。但是水利工程和建筑工程的特点有所不同,水工建筑物的结构复杂、形态各异,具有很强的系统性和综合性。本文通过一个具体的水利工程项目案例,详细阐述如果利用数字模型进行虚拟建造、优化设计以及在设计、施工、运维全生命周期的应用。

2 项目介绍

凯乐塔水利枢纽是中国在非洲最大的 EPC (Engineering Procurement Construction 是指受业主委托,按照合同约定对工程建设项目的的设计、采购、施工、试运行等实行全过程或若干阶段的承包。通常

公司在总价合同条件下,对其所承包工程的质量、安全、费用和进度进行负责)项目。它位于非洲几内亚孔库雷河流域,该枢纽采用碾压混凝土重力坝,全长 1145.5m,大坝坝顶高程 114.0m,坝顶宽度 5m,大坝共计 40 个坝段,电站总装机容量为 234.6 MW,凯乐塔水利枢纽混凝土 33 万 m³、钢筋 7000 t 左右,工程体量大,工期紧;坝后式电站厂房,电站厂房内部水机、电气、暖通、消防等众多专业,系统复杂(图 1)。



图 1 工程效果图

项目所在地经济落后、物资匮乏,项目实施需要物资依赖进口,且材料供应商与项目所在地距离远,运输周期长。建造期间,正值当地疟疾、霍乱、埃博拉病毒肆虐,几内亚国家政局动荡,工程建造面临较大的合同风险。针对一系列问题及风险,作为 EPC

总承包方设计方,借助 BIM 技术,研究对工程进行快速化设计、建造过程管理等应用,致力为工程的顺利实施提供新的方法。

3 主要技术

3.1 快速建模

CATIA 软件是 Dassault Systemes (达索公司, IBM 战略合作伙伴)进行工程数字化设计、分析的高端软件产品,是当前主流的 BIM 软件之一。

参数化设计是利用原有设计,提取一些主要的定形、定位尺寸或数量等数据作为自定义变量,修改这些变量的同时由一些简单公式计算出并变动其它相关尺寸,即可得到所需的新的设计产品。基于 CATIA 软件平台,对于标准化模型,利用模型的参数化设计技术,建立水工建筑物的参数化模型。利用参数化设计开发出来的参数化模型,可以使设计人员从大量繁琐的绘图工作中解脱出来,可以大大提高设计速度,并减少信息的存储量(图2)。



图2 建筑物模板库

然而,水利工程有着较大的投资规模和较长的建设周期,较为复杂的工程地质条件和设计施工难度,决定了大多数水工建筑物有着特殊的结构和设计方法,因此,将知识、方法、流程、经验集成显得尤为重要,它可以大大地提高设计的效率,很好地解决相似设计的重用问题。

API(Application Programming Interface,应用程序编程接口)是一些预先定义的函数,目的是提供应用程序与开发人员基于某软件或硬件得以访问一组例程的能力,而又无需访问源码,或理解内部工作机制的细节。在本项目中,利用 CATIA 知识工程模块,根据传统的厂房设计流程及模板、参数以及其他常用命令开放的 API 进行二次开发,开发厂房设计系统,系统将参数集成到可编辑的文档,并实现模型和文档的双向驱动,根据需要调取模板库中符合设计要求的模板,程序自动关联协调不同模板间的参数值,一键生成所需的模型。将用户已完成的模型

生成实例库,可为相似的工程提供参考(图3)。

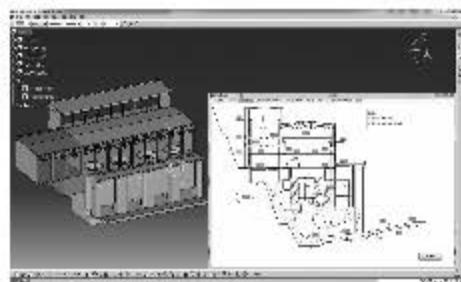


图3 厂房设计系统

将模板与设计知识集成是快速建模技术的一次重大的深化和提高,每个模板都包含的是设计院多年积累的经验 and 成果,在实际工程设计时,直接调用模板库中研发的模板,通过调整参数完成模型的构建,可以提高设计速度,最大幅度减少重复性的劳动,共享最佳设计方法,提高工作效率。对建筑工程的方案布置及优化起到关键作用。

3.2 3D打印

工程设计通常经历方案设计、初步设计和施工图设计等阶段,不同阶段伴随着设计工作的深入,需要对上一阶段的设计方法进行验证和优化,然而,在没有足够的设计周期情况下,如何能够快速通过设计咨询方案的评审,对工程建设按期完成,提高项目收益,降低合同风险等至关重要。

3D打印是快速成型技术的一种,它是一种以数字模型文件为基础,运用粉末状金属或塑料等可粘材料,通过逐层打印的方式来构造物体的技术。该技术在工业设计、建筑、工程和施工(AEC)、汽车,航空航天、土木工程以及其他领域都有所应用。

在本项目中,由于受周边环境及地质结构影响,大坝轴线设计为二次曲线,复合混凝土材料分区,厂房空间狭小,涉及专业众多,3D打印技术尤为适用。在掌握必要的3D打印设计规则之后,为了使得数字模型可以直接连上3D打印机进行打印,不再需要再从头创建可3D打印的文件。且保证打印出高细节和表面平滑的建筑模型,采用国际通用的 STL (Standard Template Library) 作为最终打印3D模型格式。

通过3D打印,使设计更加灵活地处理模型,基于同一数字模型,利用3D打印技术进行枢纽建筑物数字模型与实体建筑物的同源、可比照优化体型,对于各方提出的修改意见,在3D设计平台 CATIA 软件中进行模型修改调整,并重新打印成型(图4)。



图4 3D 打印模型

3.3 计算分析

三维计算模拟商用软件其前处理功能相对较弱,对于较为复杂的体型,基础建模工作是较为繁重的一个环节,它占据整个计算模拟分析的时间较多。需要模拟更为复杂的应力场或流场时,往往占据的时间更多。模型体型完全反映工程实际体型,通过分析可对模型细节进行简化或在模型的基础上建立模拟区域,可节省大量时间,提高模拟效率。凯乐塔电站引水发电系统的模型,特别是蜗壳部分,体型结构异常复杂,使用模拟软件建造体型费时费力,在模型的基础上进行布尔运算,可轻松建立流场模拟区域,节省时间。

3.4 深化设计

模型的建立能形象、准确展示工程布置,所见即所得,依据模型,可以非常方便地对工程方案进行布置优化。例如,在凯乐塔水利枢纽设计过程中,通过模型深化设计,发现原方案工期长、度汛风险大并且使得原 FRAN 瀑布永久消失。若将此方案布置在 SONGO 河湾的泄洪底孔,移至电站引水口左岸的 FRAN BANGA 河湾。则工程施工导流可以简化为两期。相比原四期导流方案,一期围堰防洪标准提高到 20 年一遇的洪水,且导流期长达 3 a,基坑防洪及整个施工期安全水平大大提高。现两期导流方案大大简化了导流程序,在工期控制上更加灵活。施工控制节点大为减少,为控制工期、均衡施工强度、电站连续施工创造了良好的施工条件。

另外,通过模型技术,设备库可有效的对同类设备进行系列化建模,并利用专业环境,融入知识工程,快速进行管道敷设且无需进行合规性验证,从而大大加快了设计进程。在三维环境中利用虚拟布置的方式改善原方案布置形式,新布置方案充分利用了空间,根据全场的总体规划要求,保留了合理的设备空间和净空要求。设备布置和安装符合安全生产和环境保护要求,为后续施工、操作和维修提供方

便,给操作人员创造良好的操作条件(图 5)。



图5 设备布置深化

3.5 施工管理

以模型为基础的 BIM/PLM 为实现建设项目全生命期的信息交换与共享,为根本解决项目建设各阶段的信息断层和信息流失问题提供了方法和途径。基于 BIM 技术的全生命周期信息管理,集成工程项目各阶段、各关键指标、各组织、各专业、各项目的信息融合,协调工程项目系统目标、外部资源、内部资源的信息流网络。BIM 为项目的生产和管理提供了大量可供深加工和再利用的数据信息,有效利用和管理这些海量信息和数据需要信息化管理系统的支撑。以 BIM 数据架构为基础的项目协同和管理平台,为设计师、建筑师、承包商、开发商等各环节参与人员提供“模拟和分析”的可视化科学协作平台,帮助他们利用三维数字模型对项目进行设计、建造及运营管理。

凯乐塔水利枢纽以 BIM 模型为载体,研究如何为处于全球各地的项目人员传递信息提供了平台。从项目全生命周期的综合效益角度分析,分别从设计阶段、施工阶段、运营阶段构建基于参建三方的三大模块,具备进度管理、设计管理、项目图文资料管理、运维管理等功能。其中,进度管理模块将施工进度、材料、机械等各项施工资源与 BIM 模型通过数据库整合,进行 4D 进度监控(虚拟建造、进度录入等)、机械资源管理、物资动态管理等应用,通过施工进度计划进行 4D 施工模拟,预测存在的工期风险,将实际进度与计划进度进行对比分析,分析实际施工与进度计划的偏差,合理纠偏并调整进度计划,制定赶工措施,避免出现工期滞后和延误情况发生。为最终使工程工期提前提供了有力保障(图 6)。



图6 4D 进度管理

在施工阶段将工程所有土建、机电专业的竣工图纸以及厂房内部主要设备信息录入数据库,形成工程数字化资产,通过 BIM 模型检索设计及施工信息,实现对设备的巡检和维护管理,全面掌握关键设施与设备的运行、保养、维修等相关的信息,把握设备设施现状,减少设备维护和维修的成本,延长设备使用寿命。

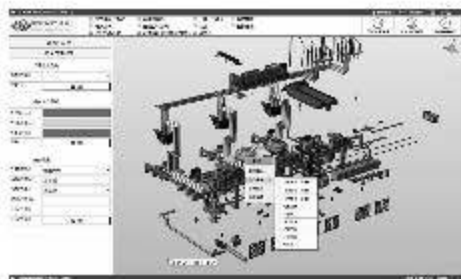


图7 设备信息查询

4 结语

BIM 技术改变以往水电工程传统设计不易解决的复杂空间体型设计,曲面结构设计精准,其“所见即所得”的强大功能,使工程师通过虚拟建造能够提前判断水利工程中难以预料的工程问题。然而 BIM 技术在中国应用才刚刚开始,推广还有待提高,

BIM 软件功能不完善、BIM 标准不统一、各参见方认识以及实施能力参差不齐,BIM 管理制度不匹配等因素之间相互制约,影响 BIM 的长远发展。只有顶层统一实施,采取规范有力的制度、培养既懂专业知识又懂 BIM 技术的复合型人才,才能保证 BIM 实施取得预期的效果,创造更大的价值。

参考文献

- [1] L Y Ding, Y Zhou, B Alincici. Building Information Modeling (BIM) application Framework: The process of expanding from 3D to computable nD[J]. Automation in Construction, 2014(46): 82-93.
- [2] M Yalcinkaya, V Singh. Patterns and trends in Building Information Modeling (BIM) research: A Latent Semantic Analysis [J]. Automation in construction, 2015, 59: 68-80.
- [3] L V Bedo, T Krijnen. Using the BIM Collaboration Format in a Server Based Workflow[J]. procedia Environmental Sciences, 2014(22): 325-332.
- [4] 张建平,李丁,林佳瑞,等. BIM 在工程施工中的应用[J]. 施工技术, 2012(16): 10-17.
- [5] 何关培. 施工企业 BIM 应用技术路线分析[J]. 工程管理学报, 2014(2): 1-5.