



BIM技术在水利水电工程可视化仿真中的应用

文_宋承平（甘肃省水利水电勘测设计研究院有限责任公司，工程师）

BIM（Building Information Modeling）技术是指利用3D数字模型，将有关工程项目中的各类数据进行有效集成，并进行数字化处理。BIM技术可以为项目生命周期管理、数字水利枢纽建设、水利枢纽运营提供解决方案，为运营管理部门创造价值，为设计产品延长服务周期，提高生产力，助力企业成长。为了使BIM技术运用更加稳定、健康，必须根据不同的业务特点，制订符合其发展要求的方案，并逐步完善相关的质量管理制度。

一、BIM应用程序模块简介

目前，BIM技术在国外已经发展得比较成熟，比如Autodesk（欧特克）公司的BIM软件，主要包括CAD（Computer Aided Design，即利用计算机绘图系统及其图形设备帮助设计人员进行工程设计工作）工程设计、Civil 3D（根据专业需要进行专门定制的计算机绘图系统及图形设备，是业界认可的土木工程道路与土石方解决的软件包）地形处理、Revit（欧特克公司一套系列软件的名称，是为建筑信息模型构建的，可帮助建筑设计师设计、建造和维护质量更好、能效更高的建筑的软件）建筑结构建模、AIM（高级集成模块）快速表现、Navisworks（可视化和仿真）建筑仿真等模块。

CAD模块集成了以Auto CAD为代表的CAD系统，以及各种机电产品的CAD软件。在该系统中，二维模块可以通过超链接的方式，将Auto CAD的工程图纸进行编辑和存储。二维模型是BIM设计的最后一步，因为3D结构设计、机械设计、电气布置、施工组织布置都需要用平面图纸来完成。

3D模块主要是由Autodesk公司开发的Inventor（三维可视化实体模拟软件）等软件组成，并与IGS（根据IGES标准生成的文件，主要用于不同三维软件系统的文件转换）等常用的3D模型文件兼容。Civil 3D软件能够根据传统的点、折线等测量资料建立曲面。同时，利用版图工具生成地块模型，并且这些模型间存在着过渡关系，也就是说，当某个地块发生改变时，其邻近的地块与其过渡地带也会发生变化。在BIM中动态效果、施工进度用动画显示，采用Navisworks或3D Max（3D Studio Max，是基于PC系统的3D建模渲染和制作软件）等软件，可以达到良好的视觉效果。

在我国社会科技快速发展的同时，建筑行业也实现了由传统手绘到计算机辅助的技术革新，CAD的出现使手工绘图变为电脑绘图，这不仅提高了绘图的质量，也促进了建筑信息的快速传播。BIM技术的快速应用可以使二维平面图转变为三维立体图，通过对建筑物的有关信息进行动态化收集，实现资源的快速共享，也能够为决策者提供准确可靠的信息参考（见图1）。

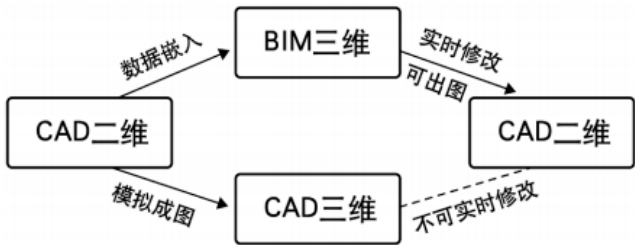


图1 传统CAD技术与BIM技术对比

二、BIM技术在水利水电项目中的优势

（一）设计优势

首先，通过BIM软件建立起的3D模型，可以精确地生成和显示大坝的各个截面，大大降低传统的平面图绘制工作量，提高工程的工作效率和质量。其次是互动设计功能，当采用传统的二维设计方法进行水利水电工程的设计施工时，往往会因为工作人员的疏忽大意而导致设计错误，很容易影响工程质量。通过BIM技术，可以将所有的视图、剖面、3D图连接在一起，不仅可以大大地提高施工的效率和质量，还可以降低设计者的工作负担。此外，在实际工程中应用BIM技术，可以提高设计者对空间的把控能力，减少设计错误的可能性。

（二）施工优势

在水利水电设施施工过程中，可以使用BIM技术进行多维度分析，通过BIM软件建立工程模型，展示工程的3D施工状态，并与施工进度相结合，利用BIM技术进行四维的施工模拟，同时也可以利用BIM技术进行工程造价的五维化和分析。通过应用BIM技术，施工人员可以对建筑设计图有更直观、更深入的理解，提高阅读设计图的效率和质量。通过应用BIM技术，可以实现水利水电施工现场的简单协作，并有效提高施工现场的管理水平，减少施工作业中的错误，提高施工的效率和质量。

在BIM轻量化应用中，通过设计轻量化可以确保整个设计方案绿色、节能、环保。在初步设计、施工图纸设计和管线综合规划设计中，利用BIM技术来实现施工模拟，通过可视化功能对整个施工流程进行深入的分析理解与应用。根据招投标时展示的图形算量碰撞检查技术，应用BIM技术可实现自动检查碰撞。

在工程项目咨询中，通过BIM技术轻量化应用可以全面提高工程咨询的可行性，还能够为工程设计招标代理公司提供重要的帮助。BIM技术应用的理论非常成熟，可以根据施工方案和进度加以完善，更好地实现工程项目成本控制，广联达公司的BIM 5D软件具有只需将BIM软件模拟和项目进度计划导入到软件中就可以初步建模的特点。该软件与BIM算量软件结合可以保障造价控制效果全面提高，且因BIM模型与工程项目竣工实体完全一致，并对整个施工过程的信息进行准确记录，可为承包方进行竣工结算提供准确的价格参考，实现结算手续的快速办理。建设单位应用BIM轻量化技术可以直观地看见建筑项目总体的规划环境、建筑造型、平面立面展示，避免出现重大设计变更。工程项目预算超支的情况非常普遍，工程咨询单位通过在3D模型基础上加入进度和造价等相关信息，可以帮助业主快速了解施工进度，避免出现工程量预估超额的情况，进而起到良好的造价控制效果。

（三）应用优势

在以前的工程项目中，由于施工过程的复杂，容易导致施工效率和质量受到影响。在此基础上，BIM技术可以对项目设计、施工等各方面数据进行自动采集和整理，提高资料的处理效率。采用BIM技术，可以将可视化过程和监测系统有机地结合在一起，达到节约人力、物力和财力的目的。BIM技术不仅可以构建多维模型，还能够实现全过程的技术管理，通过模型信息



层面的构建可以保证每一个构件都形成完善的工程信息，包括物理信息、功能信息、施工信息等，这些信息具有明确的关联性，可以对信息进行快速的统计分类与处理，并且自动生成文档以及图片，保证信息的管理内容更加多元化，而且在三维模型信息中，随着信息的不断修改和完善，各种信息都能够实现自动化处理，保证了信息的完整性和有序性。BIM技术实际应用具有可视化、参数化、协调性、模拟性、可出图性等特点，根据参考资料构建立体三维模型，可以保障模型所见即所得，针对一些模型进行可视化的展示，形成三维模型参数，通过构建三维模型参数，在PC端就能够进行多专业跨角度的参数协调，实现“一处修改，处处修改”，减少项目的冲突，还能对整个三维模型进行物理模拟和展示，添加时间和成本维度，实现最终的成本化管理。

水利水电工程中会涉及桥梁的设计和施工，其重点是对整个桥梁结构的力学分析和有限元模拟，为了保障整个桥梁的安全性和稳定性，在桥梁结构分析计算时，可以通过BIM软件进行处理。例如在前期规划阶段，可以利用BIM可视化功能对桥梁施工的复杂地形地貌进行还原，还可以将建设环境参数存入数据库中，针对不同建设方案进行交通仿真模拟，提高方案决策的科学性与合理性，而且在设计阶段通过参数化设计，按照设计原则和方法将设计的方案进行参数化模型表达，可以使方案直接以三维模型呈现，通过修改参数即可实现模型更新。BIM技术具有强大的参数功能，尽管不同软件的参数化方法不同，但都可以实现构建信息的自动化存储和管理。在施工阶段通过参数模型化设计，可以应用虚拟施工来判断最终的施工仿真模拟效果，通过在三维模型中加入时间参数，可以建立动态施工模型，做出科学高效的进度预测。对于水利水电工程中的桥梁施工而言，由于其施工环境过于复杂恶劣，通过提前进行施工模拟，不仅能够提前发现问题并针对问题进行全面分析与优化，而且还可以协调施工机械与人员的进场时间。在运维养护阶段，利用BIM结合点云扫描、无人机倾斜摄影等相关技术，能够极大提高信息采集和整理的效率，有效减少环境条件的制约，节省人力、物力、财力。在BIM运维平台可以使用视频的形式对桥梁设备的具体使用状况进行自动维护与处理，将监测点的信息传入到平台进行直观展示，全面提高桥梁维护的整体效率。

三、BIM技术在水利水电可视化仿真中的应用

（一）水利水电工程施工导流三维动态可视化仿真方法研究

在水利水电工程的设计与管理中，往往要运用大量的资料、图表等。例如大坝地区的水文、地形、地貌、地质资料和枢纽设计、施工场地布置和施工导流设计等各种资料。如何有效、快速地获取和管理复杂的信息，是提高工程设计效率和管理的重要内容。施工导流的方案设计是工程组织设计中的一个关键环节，其设计过程十分烦琐，无法进行直观的比较。因此，在水利水电工程的导流设计中实现BIM的可视化仿真技术，能够形象、直观地反映出其实际应用效果，具有十分重要的现实意义。



（二）利用BIM可视化仿真展示混凝土坝施工过程的三维动态过程

由于施工现场受到温度、应力、浇筑机械设备的配置、浇筑能力等诸多因素的影响，施工过程采用了分段浇筑混凝土坝的方式。然而，混凝土大坝的浇筑量庞大，往往需要数千甚至数万吨的混凝土，再加上混凝土大坝的施工限制太多，所以人工浇注顺序和进度的安排都比较困难。目前，在水利水电建设中，混凝土浇筑施工根据每个月增加的浇筑层数和混凝土浇筑强度等参数，采用了基于经验的类推方法。然而，由于缺乏对大坝工程进行量化分析的技术，不能准确地判定各个阶段的施工进度，以及混凝土坝的抬高过程能否满足大坝建设的需要。随着计算机与系统仿真技术的发展，如今可以在计算机上实时地仿真模拟大坝的施工过程。通过对混凝土工程的各种施工方案进行仿真模拟对比，并进行数值比较，可得出科学、合理、准确的施工进度规划。在此基础上，将多种可能对灌浆过程产生影响的可变参数输入计算机中，构建出一个基于此模型的水库大坝仿真计算程序，再利用该软件进行水利水电项目的仿真建造，输入可实现的机械配合方案和相关技术参数，即可得到最优机械利用率。在相应的施工方案中，设定每月混凝土浇筑强度，即可掌握具体的施工进度。

（三）可视化建模研究

构建一个能直观、准确地展示工程建设动态过程的3D数字模型，是对水利水电工程动态仿真数据进行可视化查询与分析的重要条件。该数字模型应该具有一定的静态和动态的信息，比如施工场地的地形地貌、施工建筑物、施工设备的位置、材料的运输路线等。通过Navisworks



软件及其他建模技术，实现了水利水电工程的可视化仿真。水利建设施工工艺的好坏，将直接关系到水利建设的效益与效果。

（四）实时动态仿真与施工进度管理

BIM系统还整合了Navisworks、3D Max等动态仿真和动画绘制软件，Navisworks可以将CAD、Civil 3D、Revit等软件创建的建筑结构、设备、地形、施工设备等进行建模，并进行动态的仿真。同时导入工程项目的输出资料，可以将力学分析数据、土方计算数据、AIM全周期的施工布局数据输入该系统中，实现对建筑的3D形态、具体结构强度、土方作业数据的查询。在反映施工进度成本、工期效果、工程量的同时，也可以综合考虑结构力学的计算结果，但建议将分析结果分开保存，以免给系统带来过大的运行压力。

（五）BIM技术在可视化信息查询中的具体应用

BIM技术在可视化信息检索中的具体应用，有关施工单位可以通过“查找项目”的功能，对水利水电工程的仿真数据进行可视化的查询，确定相应图形的属性，或通过BIM技术的“API”和“NET”功能进行二次开发，获取工程施工的各种仿真数据，例如工程强度、工程各分项的施工情况等。建筑公司还可以利用“年、月、日”的方法，对某一时期的水利水电建设项目的强度、外观等信息进行查询。在查询的时候，会将仿真信息以各种颜色的图形直观地呈现在用户的面前，方便用户的理解。另外，技术人员通过BIM技术构建动态链接库，创建具备继承能力的新插件并设置相应属性，最后将DLL文件保存在软件安装包内即可构建模块，对仿真数据进行可视化查询。

（六）BIM技术在建筑结构仿真中的具体应用

BIM相关软件中的Revit软件可以用于水利水电的结构加固、布局、设备的建模等方面，达到高效的3D建模效果，并且将建筑的材质和结构特点融合到3D模型中，增加其逼真度，可以更好地反映工程的实际情况。在水利水电工程中应用BIM技术进行加固设计，设计者可根据已有的工程3D模型，对不同的钢筋进行选型，并将其资料数据化后转换成3D仿真模式，为以后的施工过程提供依据（见表1）。

表1 BIM技术在建筑结构仿真中应配备的模拟系统

序号	货物名称	数量	单位
1	平台防火墙	1	套
2	BIM施工工艺仿真实训系统	1	套
3	建筑工程全过程BIM仿真模拟系统	1	套
4	与建筑工程全过程BIM仿真模拟系统配套的全套图纸及Revit 算量软件	1	套

（七）BIM技术在水利水电工程施工监控中的具体应用

施工单位可以利用BIM技术的监测和识别功能，实现对项目的可视化和安全管理，实时监控项目建设的全过程，有效地收集、整理施工资料，对施工现场情况进行仿真模拟，让有关工作人员能够从多个角度观察和分析，使其对项目的整体情况有一个全面的认识，掌握整个施工进度和施工中出现的问题，及时发现施工现场的潜在危险并进行预警处理，有效规避相关施工风险。

四、结语

BIM技术在水利水电项目的可视化仿真中的运用，可以促进水利水电工程从设计到施工各方面工作质量的提高，保证水利工程的施工质量。BIM技术是现代建筑技术的重要革命，能够为建筑行业的发展提供重要支持。参数化设计可以大大提高模型的生成和修改的速度，在产品的系列设计、相似设计及专用CAD系统开发方面都具有较大的应用价值。因此，有关施工单位应更加重视BIM技术，充分、深入地理解BIM技术及其有关的可视化仿真技术，并根据实际情况提高BIM技术的使用效果。🏠