「管理平台」

三维动态建模与信息集成技术在丰满大坝重建工程中的应用

文/国网新源控股有限公司　路振刚
丰满大坝重建工程建设局　刘茂军　孟继慧　张晓光
北京易用视点科技有限公司　刘生智　叶红星

丰满大坝重建工程创新应用了三维动态建模与信息集成技术，通过该技术应用，使得动态划分的单元工程能够自动转化成三维模型，解决了手工建模带来的时间滞后和成本高问题；通过信息集成平台集成了多系统数据，使用户能够直观快速地找到单元工程管理所需的各种管理信息，形成了可视化施工管理平台，为施工管理和决策提供支持。

研究背景

1. 工程概况

丰满水电站位于吉林省吉林市丰满区，距离吉林市区16 km，对外交通十分便利，电站始建于1937年日伪时期。丰满水电站全面治理（重建）工程是按恢复电站原任务和功能，在原大坝下游120 m处新建一座大坝。治理工程实施后以发电为主，兼顾防洪、城市及工业供水、灌溉、生态环境保护，并具有旅游、水产养殖等效益。供电范围为东北电网，在系统中担负调峰、调频和事故备用等任务。

坝址控制流域面积42 500 m^2，坝址处多年平均流量432 m^3/s，多年平均年径流量136亿m^3。水库正常蓄水位263.50 m，汛限水位260.50 m，死水位242.00 m，校核洪水位268.50 m，总库容103.77亿m^3。新建电站安装6台单机容量为200 MW的水轮发电机组，利用原电站三期2台单机容量140 MW的机组，总装机容量1 480 MW，保证出力146 MW，多年平均发电量17.09亿kW·h。

2. 工程施工管理面临的难题

近年来随着三维、BIM、虚拟现实、信息集成等技术快速发展，在基建工程等领域广泛应用，能有效解决工程施工管理面临的一系列问题，但如何应对施工计划中施工模型的多变性对三维建模带来的挑战，以及如何把散落在多专业系统的数据有机整合在一起并进行可视化的展现，是丰满重建工程实现可视化施工管理亟需解决的难题。

主要需求

1. 三维动态建模需求

现场施工时，实际混凝土大坝的单元工程划分过程是：随着施工的进行，根据现场的施工环境条件，工程进展情况的变化逐步划分出对应的单元工程，相应的单元工程的桩号参数的变动，并不能及时反映在原有的单位工程的台账中。而传统建模模式下：单元工程模型是根据施工单位的台账信息，由建模人员手工在建模软件中切分出来，因此造成单元模型的切分效率不高，时间滞后，同时遇到桩号数据的调整时，还需要建模人员再次手工重新切分，影响工作效率。需要一种动态建模的技术实现随单元工程桩号参数变动自动建立新模型。

2. 信息集成需求

水利水电大坝工程施工涉及的专业多，在信息化过程中，各自建立了独立的管理系统，而每

个应用系统都有独立的数据库和数据存储格式，例如大坝碾压监控系统、混凝土温度控制系统等，各系统间数据无法进行共享，当需要对大坝进行整体的施工质量过程管理时，需要在不同的专业系统中进行查询，效率低下、使用不便。因此，迫切需要建立统一的数据标准，通过信息集成技术实现数据、应用和展现多个层面的集成与展现，为管理者提供一体化的管理信息平台。

三维动态建模技术与应用

1. 技术原理

三维动态建模技术主要针对工程结构特点，解决实际施工过程中单元工程模型自动生成的问题。根据不同的单元工程模型的结构特点，建立不同的被切割模型体，按照相应的桩号参数生成切割标准体，通过被切割模型体与切割标准体的运算，生成大坝单元工程模型，同时要解决动态切分效率及生成单元模型的完整性和准确性。

三维动态建模步骤：

1）首先根据图纸建立整体模型，然后按照对象结构特点，将对象划分成不同的区域，生成相应的分部工程模型。

2）根据输入单元工程的桩号参数，生成单元模型的切割体，单元模型切割体与整体模型进行运算，得到实际的单元工程模型。如图1所示。

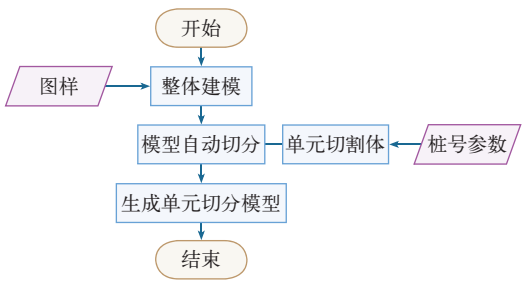

图1　单元模型动态切分流程图

通过模型动态切分的技术，可以极大地提高单元工程模型的建模效率，同时在施工设计阶段单元工程信息录入时，就能自动根据录入信息生成相应的单元工程模型，将建模过程前置，能够更有效实行施工过程管理。

2. 应用场景

丰满重建工程的单元模型动态切分主要应用在土建工程模型上，包括大坝碾压混凝土浇筑模型、厂房混凝土浇筑模型、洞室石方洞挖工程模型等。针对不同的模型将采用不同的桩号坐标系统，例如针对大坝工程，一个基本的单元工程模型桩号数据包括上、下游桩号、左、右岸桩号、底高程和顶高程六个桩号数据；对于洞室工程，一个基本的单元工程模型桩号数据包括洞室轴线起、止桩号，底高程和顶高程四个桩号数据。系统根据录入的桩号数据，通过三维动态建模技术可自动生成单元工程模型。

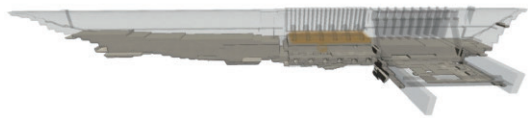

图2　三维动态建模方法生成的丰满大坝单元模型

信息集成技术与应用

1. 技术原理

通过建立统一数据库与数据交换与共享平台来实现多系统的信息集成。由基础数据库、管理数据库、模型库形成统一数据库，实现数据整合和统一存储，由数据交换与共享平台实现多源数据采集。

基础数据库管理各类相对稳定的核心数据，为数据统计分析与综合利用提供基础数据支持。丰满智慧管控基础数据库主要包括参建单位数据库、人员数据库、项目数据库、资产数据库、资源数据库等基础数据库。

管理数据库基于施工现场管控全局数据模型，又可分为安全主题库、质量主题库、进度主题库、费用主题库等主题数据库，为各项管理业务开展提供支撑。安全主题库支撑着从危险源辨识到安全管控实施和分析预警的全部业务过程数据管理与查询。质量主题库管理着从质量标准配置到质量管控实施和分析预警的各业务过程数据管理与查询。进度主题库管理着从进度计划配置到质量管控实施和分析预警的各业务过程数据管理与查询。费用主题库管理着从费用标准配置到费用计算和分析预警的各业务过程数据管理与查询。

模型库管理着全部三维工程模型，三维模型与各项工程项目数据、管理数据相结合，用于支撑实现三维可视化的实现。

在定义主题数据库模型基础上需要定义主数据及其编码，主数据是指系统间共享数据，它相对其他数据变化缓慢，需要并且可以进行统一管理，主数据统一管理有利于系统间数据交换顺

畅和保障数据一致性。丰满重建工程智慧管控主数据主要包括参建单位、人员、项目、工程划分等。

为了便于交换与共享，应制订交换共享数据元和元数据标准，定义哪些数据需要共享，数据格式是什么。其中数据元通过定义、标识、表示以及允许值等属性进行描述，在特定的语义环境下，数据元被认为是不可再分的最小数据单元。元数据是描述数据的数据，主要是描述数据属性的信息，用来支持如指示存储位置、历史数据、资源查找、文件记录等功能。

数据交换与共享平台主要用于实现系统之间数据库及文件级的数据交换，即数据集成，一体化平台通过数据交换与共享平台获取各专项系统数据及外部数据，同时也向专项系统提供工程划分等数据，向外部系统提供质量验评结果等数据。

2. 应用场景

在丰满重建工程中通过以大坝三维动态单元施工模型为载体，将大坝施工过程中多系统数据进行实时动态集成；包括仓面设计、试验检测、碾压监控、温度监控、质量验评数据，实现在统一的大坝三维模型上动态集成多专业的施工过程数据，便于大坝的施工过程监控与管理。

基于大坝三维动态施工模型的施工过程监控大数据集成技术的应用过程：

（1）建立大坝三维施工模型

按照大坝工程的划分标准，以大坝的单元工程为最小模型单元，建立大坝的三维施工模型。

（2）建立统一数据集成标准

建立大坝施工过程监控数据的统一集成标准；包括仓面设计、试验检测、碾压监控、温度监控、质量验评等数据标准。

（3）集成多专业动态数据

通过集成技术和标准实现多数据系统的融合，将不同的源数据转换成所需的数据格式和结构，比如大坝施工仓面模型上，集成仓面设计信息、原材料检测信息、混凝土检测信息、碾压轨迹、碾压遍数、压实度、碾压速度监控信息、出机口温度、入仓温度、浇筑温度、仓块内部温度、工序三检表、工序验评表、单元验评表等数据。提高了大坝施工过程监控的效率，提升大坝施工管理的水平。如图3所示。

通过基于大坝三维施工模型的质量过程监控

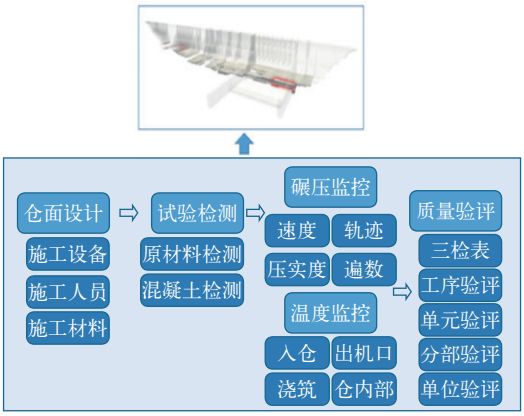

图3　三维动态单元模型集成信息

大数据集成技术，能够更加直观有效地进行工程施工质量过程管理，将施工设计数据、施工试验检测数据、碾压质量监控过程数据、混凝土温度控制数据进行实时动态集成，有效地进行大坝施工质量过程监控与管理，控制整体工程的施工质量，提升工程管理水平。

（4）施工仿真与分析

基于三维施工模型标准定义施工优化与过程控制管理相关的人员、设备、物资等工程资源信息模型，构建施工仿真与分析信息模型。工程信息模型充分利用BIM技术在信息集成和共享上的特点，将施工仿真数据进行有机的组织和集成管理。

通过施工优化及过程可视化的模拟方法，实现三维可视化的施工过程以及施工操作模拟。与一般的过程模拟相比，可展示施工机械、施工资源的动态使用情况，为验证施工优化结果的可行性和有效性提供技术方法。

结束语

三维动态建模与信息集成技术，通过实现单元模型与实体工程动态一一对应，解决了BIM在施工阶段应用的关键技术问题，实现了多专业数据的实时动态可视化管理；在此基础上通过将水电施工三维模型与施工进度、资源和空间位置等信息关联，在系统中实现了施工过程模拟，可以对施工强度、资源需求进行合理性分析，为施工方案优化和决策提供支持，最终达到全程可视、精细管理、科学决策的智慧管控目标。**EA**

（收稿日期：2018.03.30）

（编辑：白文亭）