DOI:10.3969/j.issn.1001-5485.2013.12.022 2013,30(12):118-121,125

BIM在混凝土坝工程施工信息管理中的应用

王仁超,曹永雷
(天津大学 水利工程仿真与安全国家重点实验室,天津 300072)

摘要:针对工程信息的交换和共享性不足、项目信息管理落后等问题,提出将BIM(Building Information Modeling)技术应用于混凝土坝工程施工信息管理中。通过建立混凝土坝工程施工信息模型和系统开发,实现了对多维信息的有效管理、信息的交流和共享以及资源成本等信息的实时监测管理,为混凝土坝工程施工信息管理提供了有力支持。最后以某水利工程混凝土坝为例,验证了该技术的实用性和优越性。

关 键 词:水利工程;建筑信息模型(BIM);混凝土坝;施工信息管理
中图分类号:TV512 **文献标志码**:A **文章编号**:1001-5485(2013)12-0118-04

1 研究背景

作为工程中重要的一部分,混凝土坝的施工影响着整个水利水电工程的进度和费用,因此对其进行有效的管理是十分有必要的[1]。工程施工涉及到众多的专业和参与者,各方施工中会不断地发生信息的产生、积累、传递和交换[2]。随着工程规模不断扩大,对混凝土坝工程项目的管理已经产生了如下问题:

(1) 人们将信息技术应用于工程领域,以取代传统的以纸张为基础的管理方式,希望工程信息可以应用于工程整个生命周期中。但是不同的工程参与者对信息有着各自不同的要求,这样就造成了信息定义、格式等不同,给信息的整合造成了一定的障碍。

(2) 如今的信息管理方式是基于文件的,但是文件之间缺少联系,使项目相关人员不能综合地考查项目信息,对项目实施实时、准确的控制。

(3) 虽然很多信息生成于计算机,但是信息的交流与共享仍然是通过纸张实现的,相关人员并不能直观、迅速地接受所传达的信息。

(4) 项目各参与方需要进行沟通与数据交流,但是缺乏一个高效方便的平台。

基于以上问题,本研究将建筑信息模型(BIM)技术应用于混凝土坝工程施工信息管理中。提出在工业基础类(IFC)标准[3]的基础上构建基于BIM的施工信息模型,该模型引入IFC标准对信息及信息间的关系进行表述,是具有完备性且支持工程全生命周期各阶段信息共享和交换的信息模型。同时在Microsoft Visual Studio 2008系统平台下,应用C#语言、数据库Microsoft SQL Server 2005,开发了混凝土坝工程施工信息管理系统。系统分为3个功能模块:数据管理操作模块、数据可视化模块以及数据分析输出模块。3个功能模块可以实现模型的创建、转换,数据信息间关系的创建,数据保存、管理、和维护,数据模型可视化,以及数据输出等功能,有力地支持了多维信息的有效统一管理、信息的交流和共享以及资源成本等信息的实时监测管理。

最后以某水利工程中混凝土坝为例,基于IFC标准建立大坝工程施工信息模型,该模型包含大坝结构三维数字模型信息、进度信息、资源信息、成本信息以及各个信息之间的关联。应用开发的混凝土坝工程施工信息管理系统实现了大坝模型漫游可视化,施工阶段人力、材料、机械和成本等信息查询,大坝施工过程模拟可视化以及数据信息的输出等功能。为大坝施工中信息的高效管理提供了支持,验证了该技术的实用性和优越性。

2 混凝土坝工程施工信息模型

建筑信息模型BIM(Building Information Modeling),是由美国乔治亚技术学院(Georgia Tech College)建筑与计算机专业查克·伊斯曼(Chuck Eastman)博士于1975年前提出的:"建筑信息模型综合了所有的几何模型信息、功能要求和构件性能,将一个建筑项目整个生命周期内的所有信息整合到一个单独的建筑模型中,而且还包括施工进度、建造过程、维护管理等的过程信息"[4]。作为一种理念,一

收稿日期:2012-10-09;修回日期:2012-11-20
作者简介:王仁超(1963-)男,山东龙口人,教授,博士,主要从事大型工程系统分析、项目管理及计算机仿真研究,(电话)022-27890037(电子信箱)renchao1881@vip.sina.com。

项技术,BIM 可参与项目全生命周期。并且,国内外对 BIM 技术在设计、施工、物业管理等阶段的应用已经做了很多研究[5-7]。本研究应用 BIM 技术,通过引入 IFC(industry foundation class)标准,对模型信息进行表述、扩展和集成,建立了混凝土坝工程施工信息模型。

混凝土坝工程施工信息模型将大坝三维模型与施工进度信息相链接,并与施工资源以及成本信息集成在一起。该模型具体由 3 个模型组成:基本信息模型、4D 信息模型以及成本信息模型。其中,大坝基本信息模型是整个模型的基础,支持大坝的三维漫游浏览与管理功能;4D 信息模型提供了大坝施工仿真可视化以及信息实时查询监测等功能;成本信息模型使管理者更高效地管理工程所需资源和成本。

2.1　基本信息模型

作为 BIM 的基础,大坝基本信息模型包含了 BIM 的基本信息,这些信息是施工资源信息模型的核心,包括了以大坝组成产品为基本单元对象的空间坐标、几何尺寸、各个组成产品单元之间的空间关系,以及整个工程项目类型、名称、用途、项目建设单位等基本的工程信息。这些基本信息可以用于项目整个生命周期。

2.2　4D 信息模型

大坝 4D 信息模型是将基本信息模型同大坝进度信息、资源信息等相链接,为 3D 模型赋以时间维(度)。建立模型后,用户即可借助于各种可视化设备对项目进行虚拟描述,其主要目的是按照已经拟定的施工进度对工程施工实施仿真可视化。通过虚拟环境下的仿真,发现施工过程中可能存在的问题和风险,并且针对问题对施工进度计划进行修改,起到优化施工进度计划,实现对工程施工高效管理的作用。

此外,资源信息同进度信息结合,支持任意时间点或时间段对资源的查询功能,实现对大坝所用人力、机械、材料等资源的实时监测。

2.3　成本信息模型

成本信息模型是在基本信息模型的基础上增加工程成本类信息,形成具有资源和成本信息的子信息模型。成本类信息主要包括大坝构件清单类型、工程定额、各种资源价格信息、工程量计算信息等。通过此模型,系统能识别并自动提取大坝构件的清单类型和工程量(如体积、质量、面积、长度等)等信息,自动计算建筑构件的资源用量及成本,协助管理者对工程的资源和成本进行有效地监控。

2.4　混凝土坝工程施工信息模型

混凝土坝工程施工资源信息模型大坝基本信息模型、4D 信息模型与成本信息模型的集成与扩展,包括了大坝工程项目 WBS 编码、大坝三维模型信息、进度信息、人力信息、资源信息、成本信息等。图 1描述了混凝土坝工程施工信息模型的基本组成以及子模型之间的关系。其中,大坝基本信息模型为整个模型的基础,4D 信息模型以及成本模型以基本信息模型为基础,关联相关信息构建施工信息模型的子模型。混凝土坝工程施工信息模型的构造逻辑结构如图 2 所示,该图描述了大坝三维模型、WBS 编码、进度信息、以及成本信息之间的关联关系。模型构建是通过引入 IFC 标准,对模型实体对象进行定义和描述,并建立相应的数据交换与共享机制。通过建立混凝土坝工程施工信息模型,为系统开发奠定了基础。

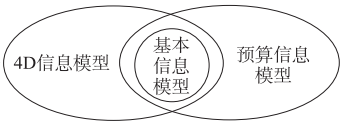


图 1　施工信息模型的组成
Fig. 1　Composition of the construction information model

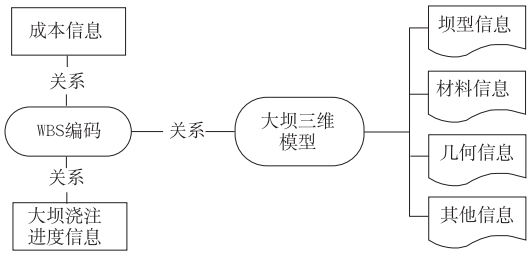


图 2　大坝工程施工信息模型的结构图
Fig. 2　Structure of the information model for concrete dam construction

3　混凝土坝工程施工信息管理系统构架

基于上述施工信息模型,本文研究开发了混凝土坝工程施工信息管理系统。该系统以 Microsoft Visual Studio 2008 为平台,应用了 C#语言以及数据库 Microsoft SQL Server 2005。该系统分为 4 个模块:数据创建转换模块、数据管理操作模块、数据可视化模块以及数据分析输出模块。具体可以实现模型数据创建、导入,模型数据保存、管理、和维护,大坝模型漫游可视化,人力、材料、机械和成本等信息可视化查询,大坝工程仿真可视化等功能。同时,可以通过数据分析计算工程量、资源成本用量等,并且以文档形式或图表形式输出。为大坝施工的高效管理提供了有力依据,达到缩短工期、降低成本的目的。该系统的功能框架逻辑结构如图 3 所示。

3.1　数据管理操作模块

系统允许用户直接从其他支持 IFC 标准的 3D 建

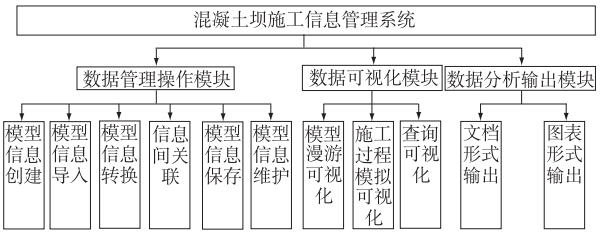


图3 混凝土坝工程施工信息管理系统功能框架逻辑结构图

Fig.3 Structure of functions of the information management system for concrete dam construction

模系统中导入建筑物的三维模型,还提供了建模工具直接建立三维模型。同时,系统提供了数据转换接口,以支持多种进度管理软件(如 Primavera Project Management 4/5、Microsoft Project MPX、Microsoft Project 等)及 CSV 格式的 Excel 文件。使用系统提供的向导和工具,用户可以直接或做少量修改,通过 WBS 建立三维模型同进度信息、资源成本信息之间的关联,构建基于 IFC 标准的混凝土坝工程施工信息模型。

此外,还可以对模型数据进行保存、管理和维护。信息模型可保存为文本文件(.ifc 格式)或关系类型数据库的形式,文件包含模型中的各种信息(几何、拓扑、几何实体、人力、成本、资源、材料等),支持实现信息共享。系统提供工具允许用户根据实体属性数据对实体对象、进度信息、资源信息等进行分类查询、统计和修改,实现数据信息管理和维护。

3.2 数据可视化模块

该模块主要分为 3 部分:模型漫游可视化、施工过程模拟可视化和查询可视化。

(1) 模型漫游可视化。为能达到逼真的显示效果,系统提供了渲染功能。通过应用系统所提供的材质,背景效果,工程真实的背景环境,对模型添加纹理,以及选择合理光源等,可以创建真实的照片集的视觉效果,增强三维场景的真实感。同时,提供了先进的导航工具(漫游、环视、缩放、平移、动态观察、飞行等),可以轻松地对模型进行漫游,实时地分析集成的项目模型,为三维校审提供最佳的支持。

(2) 施工过程模拟可视化。通过将大坝三维数字模型同进度信息链接,实现了大坝工程施工过程模拟可视化。系统可实现整体工程施工模拟、任意时段施工模拟以及任意分部分项工程施工模拟。用户既可以查看大坝工程施工全过程动态演示,从工程不同视角对施工有总体的把握;也可以选择任意时间段或 WBS 节点,对不同时间段、不同分部分项工程施工情况作更进一步的了解。通过对工程施工进行模拟可发现施工过程中可能存在的问题和风险,并针对问题对模型和计划进行调整和修改,以达到优化施工计划的目的。

(3) 查询可视化。模型的 WBS 编码与人力、材料、机械、成本以及进度信息有一一对应性,系统应用条件查询原理,以特定的逻辑表达式作为查询条件,找到相应的 BIM,然后遍历模型即可得到所需信息。例如输入一个时间点,可获取小于该时间点的信息模型,遍历模型可以得到人力、材料、机械、成本等信息,这些信息即为到达该时间点已用资源信息,同时还可以显示大坝面貌。通过与实际的进行比较可为工程施工管理提供有力依据。

3.3 数据分析输出模块

通过对数据的分析,可以将信息通过 2 种方式进行输出。一种以文档形式将决策者所关心的由仿真计算所产生的数据、工程量信息、成本信息、资源机械等信息以电子表格的形式输出,决策者可以由此获取相应的数值信息来辅以决策活动;另一种形式是图表形式输出,系统通过对数据的分析计算输出直观的形象面貌图、直方图、曲线图、列表。该表现形式已将决策者所需信息进行归类,形式十分直观,便于快捷、准确地进行系统判定与决策。

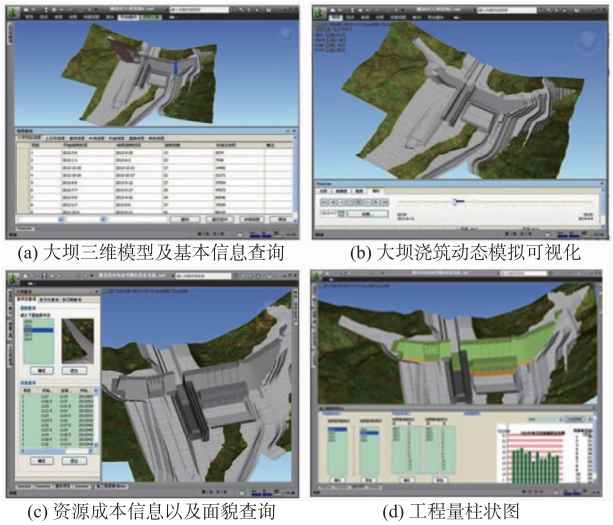
4 工程应用

现以某工程混凝土坝为例,该坝从左至右依次为:左岸非溢流坝段、左冲沙底孔坝段、河中厂房坝段、导流底孔坝段、双泄中孔坝段、导流明渠坝段、溢洪道过渡坝段、岸边溢流坝段以及过渡坝段。混凝土重力坝坝顶高程1 139.00 m,全长838.035 m,最大坝高 159 m。坝体基本剖面顶点高程1 139.00 m,上游面坝顶至高程1 045.00 m为垂直坡,高程1 045.00 m以下坝坡为 1∶0.3,下游坝坡为 1∶0.75。

应用本文所提方法,首先建立大坝工程施工信息模型,该模型包含大坝结构、地形、附属结构等三维数字模型信息、进度信息、资源信息、成本信息以及各个信息之间的关联。引入 IFC 标准对上述模型实体对象进行定义和描述,并建立相应的数据交换与共享机制,构建具有完备性且支持工程全生命周期各阶段信息共享和交换的大坝施工信息模型。

如图 4 所示,表述了混凝土坝工程施工信息管理系统所实现的功能。图 4(a)显示了大坝三维模型以及对模型基本信息查询的功能,此外还可以对模型进行漫游;图 4(b)为大坝施工动态模拟可视化图,该图显示了大坝施工到某时刻时面貌图;图 4(c)显示了人力、材料、机械等资源信息以及成本查询以及坝体

面貌图,支持大坝施工时对资源的实时监测管理;图4(d)显示了工程量柱状图输出,图中为某年大坝每月工程所用混凝土量柱状图。表 1 为大坝浇筑块模型基本信息,包含了工程块编号、实体句柄、浇筑开始结束时间、体积、所用机械等信息。



(a) 大坝三维模型及基本信息查询　(b) 大坝浇筑动态模拟可视化

(c) 资源成本信息以及面貌查询　(d) 工程量柱状图

图 4　混凝土坝工程施工信息管理系统功能展示图

Fig. 4　Display of the functions of information management system for concrete dam construction

表 1　大坝筑块基本信息

Table 1　Basic information of dam building blocks

筑块编号	实体句柄	浇筑开始时间	浇筑结束时间	方量/m^3	浇筑机械
01	42D	2011-06-07T02	2011-06-13T04	5 792	明渠塔机和溜槽
02	457	2011-06-07T07	2011-06-07T12	1 332	右岸自卸汽车
03	471	2011-06-07T20	2011-06-08T01	1 383	右岸自卸汽车
04	48B	2011-06-08T10	2011-06-08T17	2 107	右岸自卸汽车
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

5　结　语

提出了将 BIM 技术应用于混凝土坝工程施工信息管理中。在 IFC 标准的基础上构建基于 BIM 的施工信息模型,对施工中所涉及信息进行有效的、统一的管理。开发混凝土坝工程施工信息管理系统,实现了大坝模型漫游可视化,施工阶段人力、材料、机械和成本等信息查询,大坝施工过程模拟可视化以及数据信息的输出等功能。为混凝土坝工程施工所涉及的多维信息的有效管理、信息的交流和共享以及资源成本等信息的实时监测管理提供了有力支持,提高了混凝土坝工程施工中信息管理的水平。

参考文献:

[1] 袁光裕, 胡志根. 水利工程施工[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005. (YUAN Guang-yu, HU Zhi-gen. Hydraulic Engineering Construction[M]. Beijing: China Water Power Press, 2005. (in Chinese))

[2] WU I C, HSIEH S H. A Framework for Facilitating Multi-dimensional Information Integration, Management and Visualization in Engineering Projects[J]. Automation in Construction, 2012,23:71 – 86.

[3] LIEBICH T, WIX J. IFC Technical Guide[M]. New York: International Alliance of Interoperability (IAI), 2003.

[4] EASTMAN C, TEICHOLZ P, SACKS P, *et al.* BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors [M]. New York: John Wiley & Sons Inc, 2011.

[5] SANGUINETTI P, ABDELMOHSEN S, LEE J M, *et al.* General System Architecture for BIM: An Integrated Approach for Design and Analysis[J]. Advanced Engineering Informatics, 2012, 26(2): 317 – 333.

[6] 张建平, 郭　杰, 王盛卫,等. 基于 IFC 标准和建筑设备集成的智能物业管理系统[J]. 清华大学学报(自然科学版),2008,48(6):940 – 942. (ZHANG Jian-ping, GUO Jie, WANG Sheng-wei, *et al.* Intelligent Facilities Management System Based on IFC Standard and Building Equipment Integration[J]. Journal of Tsinghua University (Science and Technology), 2008,48(6):940 – 942. (in Chinese))

[7] BECERIK-GERBER B, JAZIZADEH F, LI N, *et al.* Application Areas and Data Requirements for BIM-Enabled Facilities Management[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2012,137(3):431 – 442.

(编辑:王　慰)

Application of BIM to Construction Information Management for Concrete Dam

WANG Ren-chao, CAO Yong-lei

(State Key Laboratory of Hydraulic Engineering Simulation and Safety, Tianjin University, Tianjin　300072, China)

Abstract: Aiming at the inadequate information exchange and sharing and the backward project management, we

(下转第 125 页)