

# 基于 BIM 的工程项目管理数据关系模型及应用

张 谦, 雷 洋

(深圳大学 土木与交通工程学院, 广东 深圳 518060)

**摘 要:** BIM 在工程项目全生命周期没有得到充分运用,一个重要原因是没有实现传统工程项目管理数据与 BIM 模型数据之间的关联集成,建立传统工程项目管理数据与 BIM 数据之间的联系成为在工程项目管理中充分应用 BIM 技术的研究重点。本文在深入研究了传统工程项目管理数据关系模型和 BIM 数据的特点后提出并改进了基于 BIM 的工程项目管理数据关系模型,建立了传统工程项目管理数据与 BIM 数据之间的联系。在此基础上,提出了基于 Revit 的工程项目管理计划系统构造方案,集成 BIM 技术、数据库和项目管理软件 MS Project 开发了基于 Revit 的工程项目管理计划系统并验证了关系模型和系统的可靠性,使 BIM 技术在工程项目管理中得到了更充分的应用,也使工程项目管理过程的信息化水平得到了提升。

**关键词:** BIM; 数据; 关联; 关系模型; 工程项目管理计划系统

**中图分类号:** TU17; TU71      **文献标识码:** A      **文章编号:** 2095-0985(2020)03-0067-06

## Construction Project Management Data Relationship Model and Application Based on BIM

ZHANG Qian, LEI Yang

(College of Civil and Transportation Engineering, Shenzhen University, Shenzhen 518060, China)

**Abstract:** BIM has not been fully utilized in the whole life cycle of engineering projects. An important reason is that the correlation between traditional engineering project management data and BIM model data has not been realized. The connection between traditional engineering project management data and BIM data has become the research focus of full application of BIM Technology in engineering project management. After in-depth study of the characteristics of traditional engineering project management data relation model and BIM data, this paper proposes and improves the BIM based engineering project management data relation model, and establishes the connection between traditional engineering project management data and BIM data. On this basis, the construction project management planning system based on Revit is proposed. The integrated project of BIM technology, database and project management software MS project has developed the project management planning system based on Revit and has verified the reliability of the relationship model and system. The BIM technology has been more fully applied in engineering project management, and the informationization level of the project management process has also been improved.

**Key words:** BIM; data; correlation; relational model; project management planning system

BIM 有助于对工程项目进度、成本、质量进行管控,在建筑业得到了快速的发展<sup>[1]</sup>。目前 BIM 的应用集中在工程项目设计阶段的方案论证和可视化设计以及施工阶段的碰撞检查、施工模拟和模型渲染等方面<sup>[2]</sup>,在连接工程项目全生命周期

数据并实现工程项目的集成管理方面没有发挥其价值。一个重要原因是没有实现传统工程项目管理数据与 BIM 模型数据间的关联集成<sup>[3]</sup>。

本研究在深入分析了传统工程项目管理数据关系和 BIM 数据结构后提出并改进了基于 BIM

的工程项目管理数据关系模型。从 BIM 模型中提取数据并与成本、进度等传统工程项目管理数据进行集成。利用集成数据在 MS Project 中完成项目进度计划并对项目进行进度实时跟踪、成本预算与跟踪以及状态综合评估。使工程项目管理过程的信息化程度得到了提升<sup>[3]</sup>。

## 1 传统工程项目管理及 BIM 数据关系

### 1.1 传统工程项目管理数据关系

#### 1.1.1 传统工程项目管理数据关系

传统的项目管理通常将项目的施工过程分解为不同的任务,并为不同的任务分配资源。传统工程项目管理数据关系模型如图 1,其中,任务资源配置数据是基础数据,项目数据是对其进行汇总得到。在施工中,完成一项工作任务往往需要多种资源,一种资源也可以被配置给多项任务,任务与资源之间是多对多的关系。存在两种基础数据汇总方式。第一种方式是先分别对每项任务所配置的资源进行汇总,再汇总整个项目的任务数据得到项目数据;第二种方式是先将项目的任务信息汇总,再分别为每项任务配置资源,最后汇总所有的资源数据得到项目数据。两种方式的结果是一致的,根据得到的项目数据可以进一步得到项目总成本。第一种方式中,资源配置在每项任务上,任务具有时间标记,所以这种方式可以对工程项目进行进度实时跟踪和动态成本管理。第二种方式的实质是先计算整个工程项目的资源工程量,再结合资源单价计算出整个工程项目的预算成本,是我国传统概预算的计算方式,这种方式投入的资源信息中不带有时间标记。

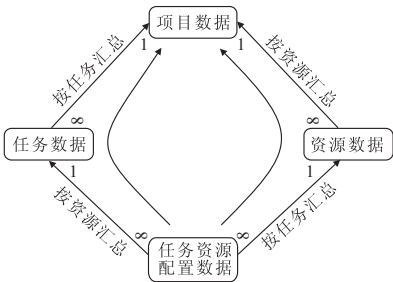


图 1 传统工程项目管理数据关系模型

#### 1.1.2 通用的工程项目管理数据关系

施工企业在利用传统方法进行工程项目管理过程中存在无法对项目进行实时动态管理<sup>[4]</sup>,不能对投入的资源数据进行逆向追溯而造成工程进度款审核效率低<sup>[5]</sup>及进度管理与成本管理分离的问题<sup>[6]</sup>。这些问题在国际工程实践中存在科学的解决方法。目前国际通用的主流项目管理软

件 MS Project 和 P3 内部数据都是采用上述的数据结构,所以该数据结构在国际上具有通用性<sup>[7]</sup>。采用这种数据结构,既可以先汇总任务再汇总资源得到项目的总成本,也可以先汇总资源再汇总任务得到项目的总成本。同时可以统计各项资源在不同时间节点的消耗量,对资源及成本数据进行追溯。根据时间进行累计汇总,可以得到每个时间点施工所需要的各项资源量,为资源采购计划的制定提供依据。还能得到项目的 BCWS、BCWP 值,便于采用赢值法对项目的成本、进度情况进行分析,比较准确地掌握项目的成本、进度情况和趋势,以便采取纠正措施以减小对项目的影 响。目前,因为难以获取符合工程实际需要的工程量,多数情况项目管理软件只是用于进度管理。所以,基于 BIM 的工程项目管理数据关系模型应该在此通用模型的基础上进一步完成与 BIM 数据的关联集成。

BIM 应用环境下,这种数据关系并没有被颠覆和否定,且 BIM 应用更应该将可视化与这些通行的数据结构紧密地结合起来。

### 1.2 BIM 数据结构关系

BIM 模型的本质是一个可视化的、包含全面建筑信息的数据库。Revit 中模型图元是 BIM 数据的主要载体<sup>[8]</sup>。本文通过分析模型图元的数据结构关系来揭示 BIM 数据结构关系。BIM 模型图元的数据由基本数据和扩充数据组成。基本数据是存储于 Revit 中的图元所具有的不变的属性。扩充数据是存储在软件外部的共享参数文件中的数据<sup>[9]</sup>。

## 2 基于 BIM 的工程项目管理数据关系模型

### 2.1 基于 BIM 的工程项目管理数据关系模型

BIM 模型构件是 BIM 数据的主要载体<sup>[10]</sup>。而传统的工程项目管理数据关系模型的核心是工作任务,所以建立 BIM 数据与传统工程项目管理数据之间联系的前提是建立 BIM 构件与任务之间的联系<sup>[11]</sup>。在对如何建立任务和模型构件之间的关联进行研究后本文提出了基于 BIM 的工程项目管理数据关系模型,如图 2 所示。

该模型建立了传统工程项目数据关系模型任务与 BIM 模型构件之间的联系。完成一个构件往往需要多项工作任务,一项工作任务通常也会涉及多个构件同时作业,所以工作任务与模型构件之间存在多对多的数据关系。任务具有时间标

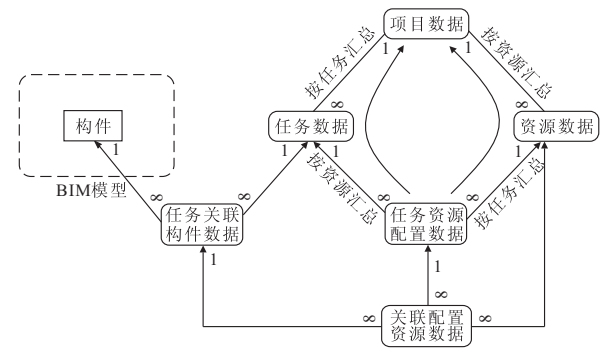


图2 基于 BIM 的工程项目管理数据关系模型

记,关联配置资源(为任务关联构件、为构件配置资源)使构件及资源都具有了时间标记。由于构件是资源的载体,且任务是构件的载体,这为资源的追溯提供了前提。根据任务完成百分比及任务所配资源可以得到单项任务的实际成本,对该项目所有任务的实际成本进行累加可以得到项目在该时间节点的实际成本,汇总各个时间节点项目的实际成本可以得到整个项目的动态成本。在设计出现变更或需要返工时,成本数据可以反应在具体的任务和构件上。

该模型主要包括三部分:BIM 模型构件、工作任务和成本资源数据。将构件的施工过程分解为多项任务并为任务关联相应的模型构件及分配资源。任务与构件之间的关联使构件具有了时间标记,给任务配置资源为任务赋予了成本信息,从而围绕工作任务形成了具有时间、成本等集成信息的工程项目管理数据关系模型。

2.2 简化基于 BIM 的工程项目管理数据关系模型

为了减少附加的信息存储文件,可以将信息存储到 MS Project 文件中。于是对原数据关系模型进行了简化,如图 3 所示。

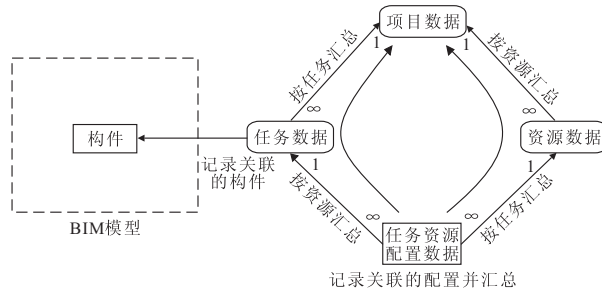


图3 简化后的基于 BIM 的工程项目管理数据关系模型

简化后的模型省略了“任务关联构件”联系,直接在“任务”中记录其关联构件的 ID。还省略了“关联配置资源”联系,将关联配置信息存储在“任务配置资源”中。“关联配置信息”与在“任务”中记录的构件 ID 之间是依次对应的。

MS Project 中,“任务工作表”是存储任务信息的工作表,包含任务唯一 ID、任务名称、备注等

字段,将每项任务关联的构件 ID 以特定的格式存储在备注中,相当于 MS Project 中存在一张虚拟的“任务关联构件数据表”,该表包含任务唯一 ID 和构件 ID 等字段。“资源工作表”用于存储项目所用资源的信息,该表包含资源名称、材料标签、标准费率、代码等字段。在 MS Project 中还存在着一张虚拟的“任务配置资源数据表”,记录了任务配置资源的信息,包含任务唯一编号、资源名称、配置量、备注等字段。将该行资源分别在该行任务所关联的每一个构件上的配置量存储在该表备注中,并且这些配置量与“任务工作表”中同一任务“备注”中记录的构件 ID 依次对应。这两张表的“备注”信息结合、对应起来共同记录了整个项目所用各种资源在各项任务关联的各个构件上的配置量,相当于在 MS Project 中存在一张虚拟的“关联配置资源数据表”,该表包含资源编码、构件 ID、计量单位及标准费率等字段。

2.3 BIM 数据与传统项目管理数据之间的关系

BIM 数据与进度数据、造价数据等传统项目管理数据之间的关系如图 4(图中: \* 代表数据表的关键字段)所示。BIM 模型本质是一个可视化的数据库,其主要组成部分是构件,可以认为 BIM 数据库中含有一张“构件表”,该表含有构件 ID、长、宽、高、面积及体积等字段。MS Project 文件是存储工程项目信息的数据库,其中包含“任务工作表”“资源工作表”等实体表,还虚拟存在“任务关联构件数据表”“任务资源配置数据表”及“关联配置资源数据表”等关联表,“任务工作表”通过“任务关联构件数据表”与“构件表”关联,建立了构件和任务的对应关联,在 MS Project 中任务具有工期、开始时间和结束时间等进度信息,所以该过程建立了 BIM 构件及其具有的 BIM 数据和进度数据之间的联系。“资源工作表”通过“任务资源配置表”与“任务工作表”关联,结合“资源工作表”中的资源数据和“任务资源配置表”中的配置量可以计算成本数据,从而可以实现成本数据与进度数据之间的对应关联,并且可以将成本按任务工期分布,便于成本的跟踪和管控。通过“关联配置资源数据表”建立“资源工作表”和“任务关联构件数据表”之间的联系,将资源和任务关联构件数据联系起来,即资源、任务及单个构件三者间对应关联,记录每个构件在不同任务上各种资源的配置量,由资源的标准费率和构件中的



BIM 数据能够得到成本数据,从而建立成本数据与 BIM 数据、进度数据之间的对应关系。并且关联配置数据将资源量对应到每项任务涉及的每个构件上,对成本进行跟踪和管控时可以追溯到具体构件。

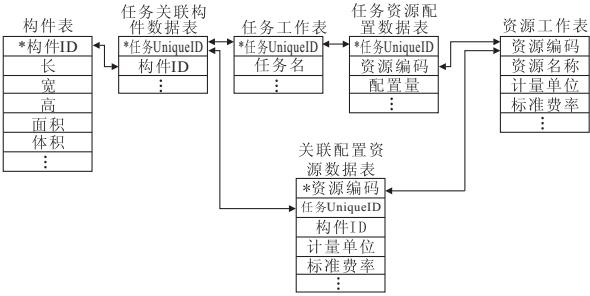


图 4 BIM 数据与传统工程项目管理数据之间的关系

3 系统的设计与实现

根据改进后的数据关系模型提出了基于 Revit 的项目管理计划系统 (RVTPanner) 的架构设计和方案框架并完成了开发,该系统主要用于施工企业的工程项目管理。

3.1 系统的架构设计

系统的架构如图 5 所示,主要包括:数据层、业务逻辑层、界面层、数据存储层和应用层。业务逻辑层的功能是提取模型构件的 ID、名称和几何参数,并依据任务所配置资源的计量单位提取或计算相应的工程量。界面层是为用户提供输入数据和显示结果的界面。该系统作为 Revit 的插件,包含 3 个 Ribbon 按钮:打开链接文件、关联构件和配置资源。“打开链接文件”的功能是弹出对话框让用户选择打开 MS Project 文件。“关联构件”的功能是打开“关联构件”窗口,如图 6 所示,在窗口中可以为任务关联构件、更新任务关联的构件及显示任务名称(可以修改并在 MS Project 文件中更新)。“配置资源”的功能是打开“配置资源”窗口,如图 7 所示,该窗口主要功能有:(1)显示当前任务关联模型构件的名称及 ID;(2)选择用于成本计算的定额并显示所选定额中的成本资源信息;(3)显示每种资源分别在当前任务关联的每个构件上的配置量及该任务配置的每种资源总量;(4)添加、删除任务所配置资源等。数据存储层的主要功能是将系统计算得到或更新的任务数据存储到 MS Project 文件中。应用层的作用是利用系统得到的集成数据完成施工进度计划、项目成本预算,对各项资源进行分析及利用赢值法对项目进行综合评估,实现对项目进度、成本的综合管控。

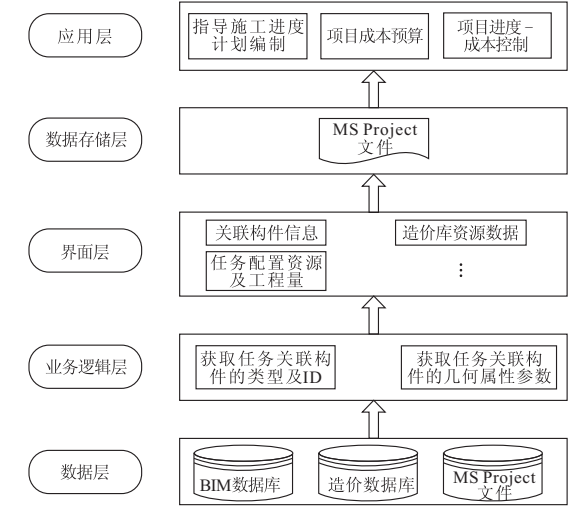


图 5 基于 Revit 的工程项目管理计划系统架构

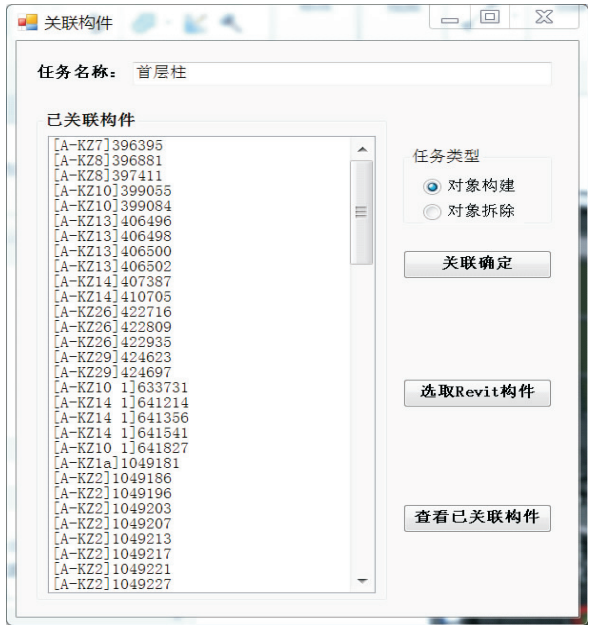


图 6 “关联构件”窗口

3.2 系统的方案框架

系统的方案框架如图 8 所示。系统运行时首先访问成本资源库读取成本资源数据。为各项任务关联构件并配置施工所需的资源后,系统将访问 BIM 数据库读取关联构件的有关几何数据,并根据任务所配资源的计量单位提取或利用系统设置的计算公式自动计算资源配置量,最后将系统得到的任务、资源数据写入到 MS Project 文件中对应的位置。对项目信息进行更改时,系统从 MS Project 文件中读取任务数据,完成修改后会更新 MS Project 文件中的相关数据。

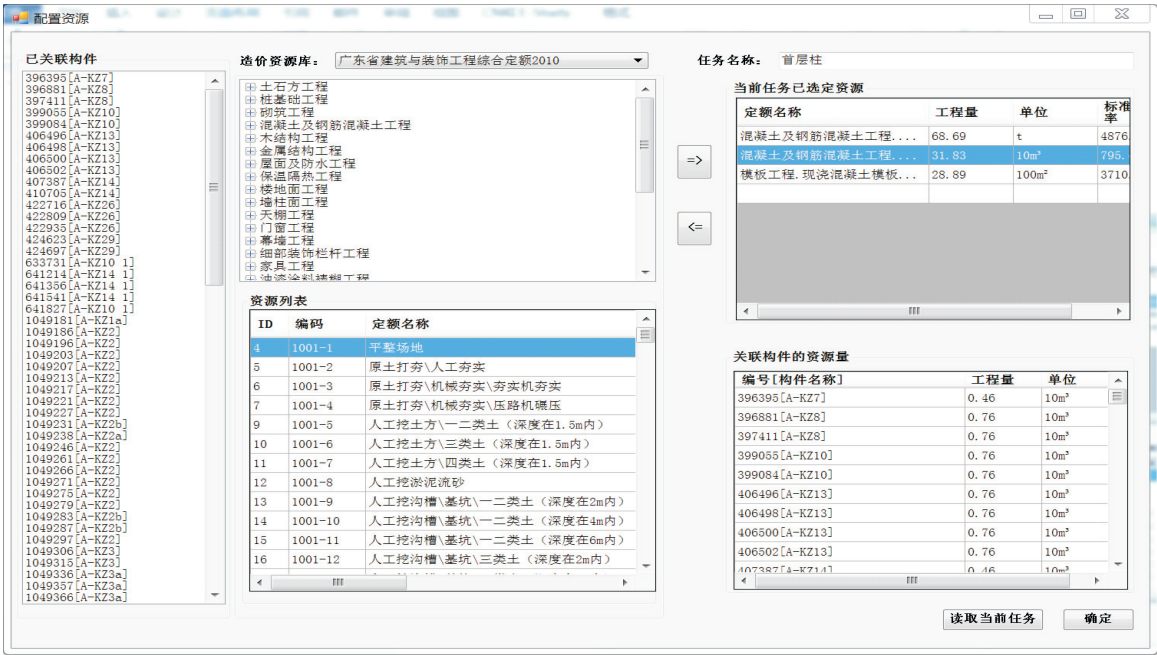


图 7 “配置资源”窗口

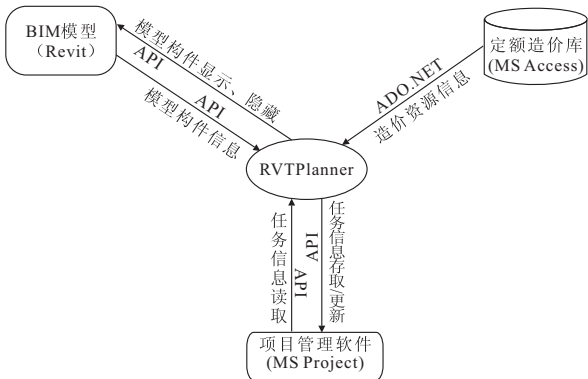


图 8 基于 Revit 的工程项目管理计划系统方案框架

3.3 系统的功能展示及数据关系模型可靠性验证

3.3.1 系统的功能展示

该系统的操作方法如下：(1) 选择并打开相应的 MS Project 文件；(2) 点击“关联构件”，在打开的“关联构件”窗口中点击“选取 Revit 构件”按钮并选择当前任务需要关联的构件，然后点击“关联确定”按钮，将关联构件的信息存储到 MS Project 文件中；(3) 点击“配置资源”，在打开的“配置资源”窗口中选取资源配置给任务；(4) 点击“确定”按钮，将该任务的资源信息存储到 MS Project 文件中。(2)~(4) 的操作顺序可以互换，因为该系统设置了两种操作方式。第一种是上述的先为任务关联构件，再为任务配置资源并根据资源的计量单位提取或计算工程量；第二种是先为任务配置资源，需要的时候再为任务关联构件，关联构件后，资源的配置量会根据关联构件的工程量进行更新。

3.3.2 数据关系模型可靠性验证

以某体育馆项目为例，对数据关系模型及系统在 BIM 数据与工程项目管理数据关联方面的可行性及可靠性进行验证，MS Project 中“任务工作表”如图 9 所示，最底层任务的“备注”中存储该任务所关联构件的 ID，建立了 BIM 构件及其 BIM 数据和进度数据之间的联系。表中的总成本可以汇总所有任务的成本得到，也可以汇总“资源工作表”中所有资源的成本得到，分别对应前文的两种项目数据汇总方式。“任务分配状况”表如图 10 所示，该表展示了任务数据与资源数据之间的关联关系，该关系是 MS Project 软件建立的，在开发的系统中只需将资源分配给对应的任务。表中资源的“备注”中存储着任务关联的每个构件工程量，任务的“备注”中存储着每个构件的 ID，并且构件工程量和构件 ID 依次对应，从而建立了 BIM 数据、成本数据、进度数据之间的联系。案例证明该模型能实现 BIM 数据和工程项目管理数据之间的关联，且具有较高可靠性。

4 结 语

本研究分析了传统项目管理数据关系模型及 BIM 数据结构的特点及两者关系，在此基础上提出并简化了基于 BIM 的工程项目管理数据关系模型，将 BIM 数据与工程项目管理数据关联。基于简化的模型，运用编程技术将 Revit，MS Project 及成本资源库链接起来，开发了基于 Revit 的工





[11] 薛彦瑾,王起才,马丽娜,等. 原状泥岩膨胀变形试验及计算模型研究[J]. 地下空间与工程学报, 2019, 15(4): 1041-1047.

[12] 刘祖强,罗红明,郑敏,等. 南水北调渠坡膨胀土胀缩特性及变形模型研究[J]. 岩土力学, 2019, 40(s1): 409-414.

[13] 张锐,张博亚,郑健龙,等. 改进的膨胀土侧限膨胀试验研究[J]. 岩土工程学报, 2018, 40(12): 2223-2230.

[14] 王炳忠,王起才,张戎令,等. 无砟轨道地基泥岩膨胀变形及水分迁移速率衰减规律[J]. 水利水电工程学报, 2019, (2): 41-47.

[15] 何彬,肖宏彬,尹铎霖,等. 基于 Sigmoid 函数的膨胀土膨胀时程试验研究[J]. 人民长江, 2017, 48(21): 108-114.

[16] 范臻辉. 膨胀土地基胀缩特性及桩—土相互作用研究[D]. 长沙: 中南大学, 2007.

[17] Sridharan A, Gurtug Y. Swelling behaviour of compacted fine-grained soils[J]. Engineering Geology, 2004, 72: 9-18.

[18] Schanz T, Al-Badran Y. Swelling pressure characteristics of compacted Chinese Gaomiaozi bentonite GMZ01[J]. Soils and Foundations, 2014, 54(4): 748-759.

[19] Wang Q, Tang A M, Cui Y J, et al. A comparative study on the hydro-mechanical behavior of compacted bentonite/sand plug based on laboratory and field infiltration tests[J]. Engineering Geology, 2013, 162: 79-87.

[20] 钟志彬,李安洪,邓荣贵,等. 川中红层泥岩时效膨胀变形特性试验研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2019, 38(1): 76-86.

[21] 鞠英博,李伟,姚磊. 基于总体最小二乘的直线拟合方法探究[J]. 测绘与空间地理信息, 2017, 40(6): 166-168.

(上接第 72 页)

[8] 唐欣. 基于 BIM 的建设工程质量控制体系研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2015.

[9] 赵继伟,魏群,张国新. 水利水电工程的图形信息模型研究[J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2016, 14(2): 155-159.

[10] 孙伟超. 基于 Revit Architecture 的古建筑信息模型系统设计初探[D]. 天津: 天津大学, 2001.

[11] 吴亮. 基于 BIM 技术的工程管理应用的施工计划构成方案研究[D]. 深圳: 深圳大学, 2016.

(上接第 78 页)

[12] Zou Y, Kiviniemi A, Jones S. Developing a tailored RBS linking to BIM for risk management of bridge projects[J]. Engineering, Construction and Architectural Management, 2016, 23(6): 727-750.

[13] Saaty T L. Multicriteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process[M]. Pittsburgh: WS Publication, 1990.

[14] 高会生,冉静学,孙逸群. 基于改进的 FAHP 电力通信网风险评估[J]. 系统工程理论与实践, 2008, (3): 133-138.

[15] Zeng J, An M, Smith N J. Application of a fuzzy based decision making methodology to construction project risk assessment[J]. International Journal of Project Management, 2007, 25: 589-600.