

# BIM 在水利工程中应用的影响因素研究

董灵莉<sup>1,2</sup>, 丰景春<sup>1,2,3</sup>, 杨志祥<sup>4</sup>, 王 婷<sup>1,2</sup>, 薛 松<sup>1,2</sup>

(1. 河海大学商学院, 江苏 南京 211100; 2. 河海大学项目管理研究所, 江苏 南京 211100;  
3. 河海大学国际河流研究中心, 江苏 南京 211100; 4. 杭州市南排工程建设管理服务中心, 浙江 杭州 310020)

**摘要:**为促进 BIM 在水利工程中的应用和发展,提高 BIM 的应用效率并促进全生命周期的应用,需要找出 BIM 在水利工程中应用的影响因素并分析其内在联系。在文献整理和分析的基础上,总结归纳 19 项影响 BIM 在我国水利工程领域应用的主要因素;运用 ISM 方法,研究并构建了影响因素关系的多级递阶结构模型,找出直接因素、根本因素,对因素之间的层次关系进行分析;运用 MIC-MAC 方法,确定影响因素的驱动力和依赖性,据此对各因素进行分类。研究表明:BIM 认识、BIM 专家人才数量、行业统一标准和指南、行业主管部门支持力度、法律责任界限、BIM 标准合同示范文本、BIM 模型知识产权等具有较高的驱动力,它们是影响 BIM 应用的根本因素;BIM 软件兼容性、软硬件配置及升级费用、培训员工费用和时间、BIM 所带来的收益等具有较高的依赖性和较低的驱动力,它们是影响 BIM 应用的直接因素。

**关键词:**水利工程;BIM;影响因素;解释结构模型;交叉影响矩阵相乘法

**中图分类号:**C935;G255.75      **文献标志码:**A      **文章编号:**1003-9511(2021)06-0010-06

根据美国建筑科学研究院研究成果,建筑业无效工作高达 57%,高于制造业无效工作(26%)31%,建筑信息模型(Building Information Modeling, BIM)是减少建筑业无效工作的有效手段,为此需要引入欧美等国家广泛应用的 BIM<sup>[1]</sup>。我国为推动 BIM 应用,中央及地方政府相继发布相关政策性文件。据统计,2011—2018 年包含“BIM”等相关词汇的有效文件共 347 份<sup>[2]</sup>。这充分表明了我国对 BIM 的重视和极大推广。BIM 在水利工程碰撞检测、三维展示等方面得到了广泛的应用,但 BIM 的应用范围没有涵盖水利工程全生命周期及各参建方,而且投入与产出不匹配、效率过低,究其原因之一是没有厘清影响 BIM 应用的关键因素。为有效促进 BIM 在水利工程中的应用,本文据此开展关于 BIM 在水利工程中应用的影响因素研究。

国内学者张建新<sup>[3]</sup>定义 BIM 是一种建筑集成概念,即以三维数字技术为基础的集成项目全生命周期所有数据的一种技术概念。目前,建筑业关于 BIM 的研究主要集中于设计、施工等方面的应用效

果,关于 BIM 在建筑领域应用影响因素研究主要成果如下:Marshall-Ponting 等<sup>[4]</sup>和 Tse 等<sup>[5]</sup>认为对 BIM 应用影响最大的是 BIM 标准。Howard 等<sup>[6]</sup>指出软件的复杂性是影响 BIM 采用的主要障碍。Enshassi 等<sup>[7]</sup>认为缺乏使用和培训不足是阻碍 BIM 应用的因素。Azhar<sup>[8]</sup>、Matarne 等<sup>[9]</sup>分别讨论了中国和约旦 AEC 行业 BIM 的当前趋势、益处和未来挑战。Migilinskas 等<sup>[10]</sup>提出缺乏高层的支持是 BIM 采用的最大障碍。Herr 等<sup>[11]</sup>提出了一个新的扩展模型来描述 BIM 采用过程。Chiu 等<sup>[12]</sup>探讨了 BIM 在建筑服务工程使用的障碍。Huang 等<sup>[13]</sup>研究了当前 BIM 在绿色建筑推广中最迫切的障碍。何清华等<sup>[14]</sup>结合项目实例,探讨分析了 BIM 在我国建筑业应用中的主要障碍。Olawumi 等<sup>[15]</sup>研究得出三个关键因素是行业的抗等拒、对新技术的适应期长、对 BIM 工作流程缺乏理解。丰景春等<sup>[16]</sup>分析了 BIM 在国外应用过程中的主要障碍。赵颖萍<sup>[17]</sup>从 TOE 和 UTAUT 视角下研究发现环境和技术因素对 BIM 的应用性有直接影响。秦璇等<sup>[18]</sup>对中意两国

基金项目:国家自然科学基金(17BGL156);中央高校基本科研业务费专项(2018B53014)

作者简介:董灵莉(1997—),女,硕士研究生,主要从事工程管理与项目管理研究。E-mail:2321144104@qq.com

BIM 采纳障碍因素进行了对比研究。杨高升等<sup>[19]</sup>研究发现资金支持和组织学习与创新是组织提升 BIM 采纳的关键。以上研究成果集中于对关键、直接因素等的确定,缺乏对因素关系的深入分析,且较少涉及水利行业。关于 BIM 在水利工程中应用的研究成果主要如下:蒯鹏程等<sup>[20]</sup>以福建省某面板堆石坝为例,分析了 BIM 在水利工程全生命周期中的应用效果。姜楠等<sup>[21]</sup>认为结合 BIM 与 VB 技术可以有效提高水利工程的施工效率。田林钢等<sup>[22]</sup>分析了 BIM 在水利工程中应用的数据格式、行业标准等方面存在的问题,但缺乏对各问题因素关系深入的分析。闫文杰等<sup>[23]</sup>以 BIM 和 RFID 集成技术对水利工程施工现场进行监控,可有效提高施工安全管理效率。张云宁等<sup>[24]</sup>运用云物元理论,对水利工程 BIM 应用效益进行了评价。

综上所述,现有研究虽涉及 BIM 在水利工程中应用的障碍,但缺乏对各因素的深入研究。本文在以往研究的基础上,总结归纳并深入分析 BIM 在水利工程中应用的影响因素。首先改进解释结构模型的采用,借鉴了 DEMATEL 与 ISM 相结合时所采用的影响程度打分方法,在此基础上,结合 MICMAC,确定各因素的驱动力和依赖性,对 BIM 在水利工程中应用的影响因素相互关系进行深度分析。

## 1 BIM 应用影响因素的提取

采用文献计量法识别因素。在文献阅读中发现影响 BIM 应用因素主要包括 BIM 本身、行业、环境等方面,为明确 BIM 因素的界限,将 BIM 应用因素划分为技术、经济、组织、人员、行业、法律 6 类。综上,将因素筛选步骤分为 3 步:①提取归纳影响因素;②划分类别;③计算各因素出现的频率,剔除频率极低因素。根据上述筛选步骤,最终确定了 19 项子因素,如表 1 所示。

## 2 基于 ISM 模型的 BIM 应用影响因素层级确定

解释结构模型 (ISM) 用于描述影响因素之间是否存在相关性。本文通过构建 BIM 影响因素的解释结构模型来分析各因素之间的层级关系,为促进 BIM 在我国水利工程深入应用提供依据。

### 2.1 BIM 影响因素之间关系的确定

通过 Delphi 来确定影响因素之间的关系,邀请 12 位 BIM 相关工作人员对 BIM 应用影响因素之间的关系进行打分,每位专家按照无影响 0、低影响 1、中影响 2、高影响 3 的原则进行打分。对得到的 12

份数据进行加权平均处理得到相互关系矩阵,进行

表 1 BIM 影响因素

因素类别	因素	BIM 应用主要影响因素
技术支持	$S_1$	BIM 软件功能完善程度
	$S_2$	BIM 软件兼容性
	$S_3$	BIM 软件本土化程度
	$S_4$	BIM 软件自主开发程度
经济效益	$S_5$	软硬件配置及升级费用
	$S_6$	培训员工费用和时间
	$S_7$	BIM 带来的收益
组织规划	$S_8$	组织内部各参与方的协调工作能力
	$S_9$	组织内部采用 BIM 的应用计划和方案
	$S_{10}$	BIM 应用模式
人员态度	$S_{11}$	对 BIM 的认识
	$S_{12}$	BIM 专家人才的数量
	$S_{13}$	思维模式转变能力
行业环境	$S_{14}$	行业统一标准和指南
	$S_{15}$	行业主管部门的支持力度
	$S_{16}$	BIM 应用案例和经验
法律合同	$S_{17}$	法律责任界限
	$S_{18}$	BIM 标准合同示范文本
	$S_{19}$	BIM 模型的知识产权

验证之后,取阈值 2.3。取值试验表明,取 2.3 作为划分影响因素有无关系的阈值,所得到的影响因素之间的层次级别以及层级关系更清晰明显。本文在以往传统 0、1 打分基础上进行改进,使研究更加准确、客观。

### 2.2 邻接矩阵 A 和可达矩阵 M 的建立

邻接矩阵 A 是系统内两两要素之间关系的数字化表示。为构建解释结构模型,以上述得到的影响因素相互关系为依据建立邻接矩阵。邻接矩阵 A 的元素用  $a_{ij}$  表示,转化规则如下:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{当 } S_i \text{ 对 } S_j \text{ 有影响关系时} \\ 0 & \text{当 } S_i \text{ 对 } S_j \text{ 无影响关系时} \end{cases} \quad (1)$$

式中: $S_i$  为第  $i$  个影响因素; $S_j$  为系统要素。若存在任何一条通路从要素  $S_i$  指向要素  $S_j$ ,则称  $S_i$  可达  $S_j$ 。可达矩阵 M 描述的是一个  $S_i$  与另一个系统要素  $S_j$  之间是否存在连接的通路,以邻接矩阵 A 为基础,运用布尔矩阵运算法则,建立可达矩阵 M,若矩阵 A 能够满足以下条件:

$$A + I \neq (A + I)^2 \neq (A + I)^3 \neq \dots \neq (A + I)^{k-1} \neq (A + I)^k = (A + I)^{k+1} = M \quad (2)$$

式中: $n$  为邻接矩阵的阶数; $k$  为影响因素编号, $k < n$ ;I 为单位矩阵;M 为邻接矩阵 A 的可达矩。根据上述公式,得出:

$$(A + I)^6 = (A + I)^7 = M \quad (3)$$



表 2 首层因素的可达集合和先行集合

$S_i$	$R(S_i)$	$Q(S_i)$	$R(S_i) \cap Q(S_i)$
$S_1$	1,7	1	1
$S_2$	2	2,11,12,14,15,17,18,19	2
$S_3$	3,4,6,7,9,10,13	3,4,8,9,11,12,13,14,15,16,17,18,19	3,4,9,13
$S_4$	3,4,6,7,9,10,13	3,4,8,9,11,12,13,14,15,16,17,18,19	3,4,9,13
$S_5$	5	5,11,12,14,15,17,18,19	5
$S_6$	6	3,4,6,8,9,11,12,13,14,15,16,17,18,19	6
$S_7$	7	1,3,4,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19	7
$S_8$	3,4,6,7,8,9,10,13	8,11,12,14,15,17,18,19	8
$S_9$	3,4,6,7,9,10,13	3,4,8,9,11,12,13,14,15,16,17,18,19	3,4,9,13
$S_{10}$	7,10	3,4,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19	10
$S_{11}$	2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19	11,12,14,15,17,18,19	11,12,14,15,17,18,19
$S_{12}$	2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19	11,12,14,15,17,18,19	11,12,14,15,17,18,19
$S_{13}$	3,4,6,7,9,10,13	3,4,8,9,11,12,13,14,15,16,17,18,19	3,4,9,13
$S_{14}$	2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19	11,12,14,15,17,18,19	11,12,14,15,17,18,19
$S_{15}$	2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19	11,12,14,15,17,18,19	11,12,14,15,17,18,19
$S_{16}$	3,4,6,7,9,10,13,16	11,12,14,15,16,17,18,19	16
$S_{17}$	2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19	11,12,14,15,17,18,19	11,12,14,15,17,18,19
$S_{18}$	2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19	11,12,14,15,17,18,19	11,12,14,15,17,18,19
$S_{19}$	2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19	11,12,14,15,17,18,19	11,12,14,15,17,18,19

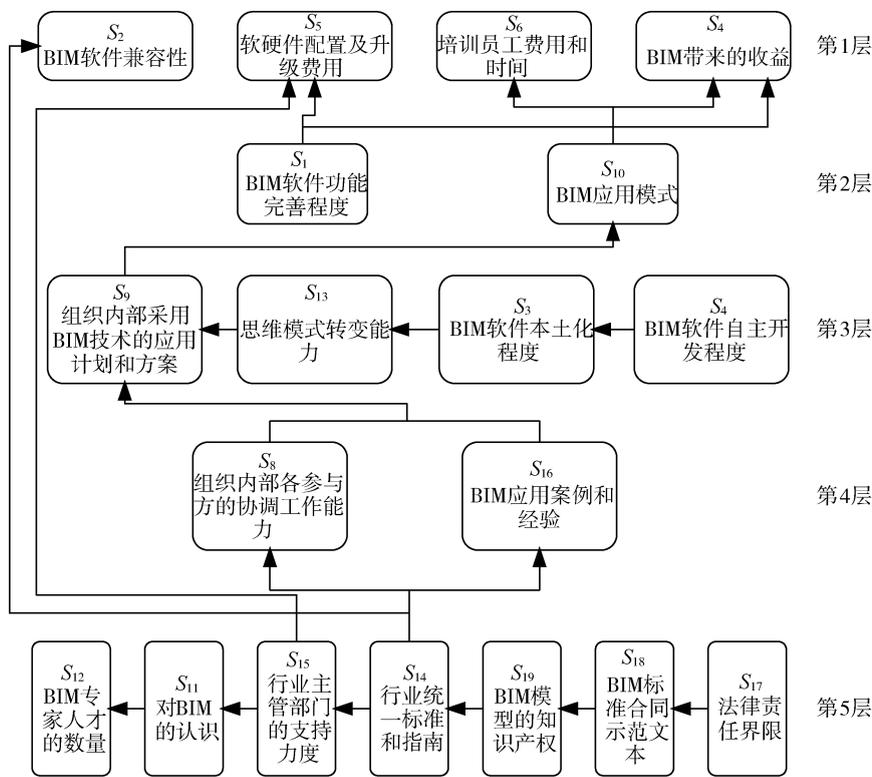


图 1 影响因素的 ISM 模型

c. 根本影响因素层(底层)。法律责任界限、BIM 标准合同文本、BIM 知识产权、行业的统一标准和指南、行业主管部门的支持力度、对 BIM 的认识、BIM 人才数量。该层因素作为系统的根本因素,对上层其他因素产生直接或间接的影响。拥有完善的法律环境、政府部门的强大支持,BIM 方面足够的专家人才将在外部环境上对促进 BIM 在我国水利工程的应用提供强有力的支持。

### 3 BIM 影响因素的 MICMAC 分析

#### 3.1 MICMAC 模型的构建

本文以构建的 ISM 模型为基础,进一步建立 MICMAC 模型,对 19 项因素进行更深入的分析。MICMAC 模型能够识别各影响因素的驱动力和依赖性。根据驱动力和依赖性两个指标的数值大小,将要素分为自治类、联系类、依赖类、驱动类。依据分

类结果,可以找到 BIM 深入应用的策略。各因素的驱动力和依赖性可以通过对可达矩阵的行和列分别求和的方法来确定,如表 3 所示。

表 3 各因素驱动力和依赖性

影响因素	驱动力	依赖性	影响因素	驱动力	依赖性
$S_1$	2	1	$S_{11}$	18	7
$S_2$	1	8	$S_{12}$	18	7
$S_3$	7	13	$S_{13}$	7	13
$S_4$	7	13	$S_{14}$	18	7
$S_5$	1	8	$S_{15}$	18	7
$S_6$	1	14	$S_{16}$	8	8
$S_7$	1	16	$S_{17}$	18	7
$S_8$	8	8	$S_{18}$	18	7
$S_9$	7	13	$S_{19}$	18	7
$S_{10}$	2	14			

一般来说,若因素具有较强的驱动力,表示其对其他因素有着巨大的影响;若因素具有较强的依赖性,表示其深受其他因素的强烈影响。据表 3 可得, $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_5$ 、 $S_8$ 、 $S_{16}$  属于自治类因素; $S_3$ 、 $S_4$ 、 $S_6$ 、 $S_7$ 、 $S_9$ 、 $S_{10}$ 、 $S_{13}$  属于依赖类因素; $S_{11}$ 、 $S_{12}$ 、 $S_{14}$ 、 $S_{15}$ 、 $S_{17}$ 、 $S_{18}$ 、 $S_{19}$  属于驱动类因素,为系统的关键因素。可见,该结果与 ISM 结果基本一致。

### 3.2 基于 MICMACBIM 的影响因素结果分析

**a. 自治类因素:**软件功能、软件兼容性、软硬件配置及升级费用、各参与方的协调工作能力、应用案例和经验属于该类因素。该类因素的驱动力和依赖性较弱,比较容易克服。

**b. 依赖类因素:**软件本土化程度、软件自主开发程度、培训员工费用和时间、BIM 带来的收益、BIM 的应用计划和方案、应用模式、人员思维模式转变能力属于该类因素。MICMAC 模型显示, $S_7$  的依赖性最强,深受 BIM 软件功能完善程度、BIM 应用模式的影响。从独立类和依赖类因素可知, $S_2$ 、 $S_5$ 、 $S_6$ 、 $S_7$  的驱动力最弱,对其他因素的影响较弱,是 ISM 模型中的表层因素。

**c. 联系类因素:**在本文构建的 ISM 模型中不具备这种层级关系的因素。

**d. 驱动力因素:**对 BIM 的认识、BIM 专家人才的数量、行业统一标准和指南、行业主管部门的支持力度、法律责任界限、BIM 标准合同示范文本、BIM 模型的知识产权属于该类因素。驱动力因素具有较强的驱动力,位于 ISM 模型的底层,属于根本影响因素。

### 3.3 MICMAC 模型与 ISM 模型的内在联系

根据上述 MICMAC 模型结果的分析,可发现 MICMAC 模型中的驱动力因素、依赖类因素分别与 ISM 模型中的根本因素、直接因素相对应。以上内在联系可从两个模型的结构特点来分析。

**a. ISM 模型中的底层因素属于系统中的根本**

因素,对其他因素往往有着较大的影响;而 MICMAC 模型中的驱动类因素具有较强的驱动力,对其他因素的影响较大。因此,ISM 模型中的底层因素往往与 MICMAC 模型中的驱动类因素一一对应。

**b. 位于 ISM 模型顶层的因素即直接因素,**深受其他因素的影响,而对其他因素的影响较小;MICMAC 模型中的依赖类因素具有较强的依赖性,较弱的驱动力,不易影响其他因素,却受其他因素的强烈影响。故 ISM 模型中的直接因素往往与 MICMAC 模型中的依赖类因素相对应。

## 4 结 论

**a. 对 BIM 的认识、BIM 专家人才的数量、行业统一标准和指南、行业主管部门的支持力度、法律责任界限、BIM 标准合同示范文本、BIM 模型的知识产权位于系统的底层,**具有较强的驱动力和较低的依赖性,对其他因素产生较大的影响,需对该类因素给予高度重视。行业主管部门应加大对 BIM 的支持力度,在教育和软硬件配置方面给予企业一定的支持,出台相应的鼓励和优惠政策。完善相关法律合同示范文本、明确法律责任、建立保护 BIM 模型知识产权机制将会在法律环境方面促进 BIM 在我国水利工程更深入的应用。

**b. 软件兼容性、软硬件配置及升级费用、培训员工费用和时间、BIM 带来的收益**具有较弱的驱动力和较强的依赖性,是影响 BIM 应用的直接因素。该类因素深受其他因素的影响,说明该类因素的解决需通过对其他因素进行解决。比如 BIM 带来的收益的提升可通过完善软件功能来解决。

本文模型分析是以主观分析为基础的定性分析模型,在分析上还存在很多局限性,未来应结合定量分析法对本研究做进一步的改进,为促进 BIM 在我国水利工程的应用提供更有力的理论依据。

### 参考文献:

[ 1 ] RAHMAN R A, ALSAFOURI S, TANG P, et al. Comparing building information modeling skills of project managers and BIM managers based on social media analysis[J]. Procedia Engineering, 2016, 145: 812-819.

[ 2 ] 丰景春,李晟,罗豪,等. 政策工具视角下我国 BIM 政策评价研究[J]. 软科学, 2020, 34(3): 70-74.

[ 3 ] 张建新. 建筑信息模型在我国工程设计行业中应用障碍研究[J]. 工程管理学报, 2010, 24(4): 387-392.

[ 4 ] MARSHALL-PONTING A J, AOUAD G. An nD modelling approach to improve communication processes for construction[J]. Automation in Construction, 2005, 14(3): 311-321.

[ 5 ] TSE T, WONG K A, WONG K F. The utilisation of

- building information models in nD modelling: A study of data interfacing and adoption barriers[J]. *Journal of Information Technology in Construction*, 2005,10:85-110.
- [ 6 ] HOWARD R, BJÖRK B. Building information modelling: experts'views on standardisation and industry deployment [J]. *Advanced Engineering Informatics*, 2008,22(2): 271-280.
- [ 7 ] ENSHASSI A, AYYASH A, CHOUDHRY R. BIM for construction safety improvement in Gaza strip: awareness, applications and barriers [J]. *International Journal of Construction Management*, 2016,16:1-17.
- [ 8 ] AZHAR S. Building information modeling(BIM): trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry[J]. *Leadership and Management in Engineering*, 2011,11(3):241-252.
- [ 9 ] MATARNE H R, HAMED S. Barriers to the adoption of building information modeling in the jordanian building industry[J]. *Open Journal of Civil Engineering*, 2017,7: 325-335.
- [10] MIGILINSKAS D, POPOV V, JUOCEVICIUS V, et al. The benefits, obstacles and problems of practical bim implementation [J]. *Procedia Engineering*, 2013, 57: 767-774.
- [11] HERR C M, FISCHER T. BIM adoption across the Chinese AEC industries: an extended BIM adoption model [J]. *Journal of Computational Design and Engineering*, 2019,6(2):173-178.
- [12] CHIU W Y B, LAI J H K. Building information modelling for building services engineering: benefits, barriers and conducive measures [J]. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 2020,27(9):2221-2252.
- [13] HUANG B, LEI J, REN F, et al. Contribution and obstacle analysis of applying BIM in promoting green buildings [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2021,278:123946.
- [14] 何清华,钱丽丽,段运峰,等. BIM 在国内外应用的现状及障碍研究[J]. *工程管理学报*,2012,26(1):12-16.
- [15] OLAWUMI T O, CHAN D W M, WONG J K W, et al. Barriers to the integration of BIM and sustainability practices in construction projects: a delphi survey of international experts [J]. *Journal of Building Engineering*, 2018,20:60-71.
- [16] 丰景春,赵颖萍. 建设工程项目管理 BIM 应用障碍研究[J]. *科技管理研究*,2017,37(18):202-209.
- [17] 赵颖萍. TOE-UTAUT 视角下 BIM 适用性分析与实证研究[J]. *软科学*,2018,32(2):101-105.
- [18] 秦旋,MAURO M, AGNESE T,等. 基于市场推广视角的 BIM 技术采纳障碍因素中意对比研究[J]. *管理学报*,2016,13(11):1718-1727.
- [19] 杨高升,张梦雨,贾建尧,等. 基于 SNA 的工程组织 BIM 采纳提升路径研究[J]. *土木工程学报*,2020,53(4):119-128.
- [20] 蒯鹏程,赵二峰,杰德尔别克·马迪尼叶提,等. 基于 BIM 的水利水电工程全生命周期管理研究[J]. *水电能源科学*,2018,36(12):133-136.
- [21] 姜楠,刘永强. 基于 BIM 与 VB 技术的水闸模型信息应用[J]. *水资源与水工程学报*,2018,29(6):145-150.
- [22] 田林钢,王素云,王福强,等. 我国水利行业 BIM 技术应用现状[J]. *华北水利水电大学学报(社会科学版)*, 2018,34(3):20-23.
- [23] 闫文杰,刘永强,肖俊龙. BIM 与 RFID 集成技术在水利工程施工作业安全管理中的应用[J]. *水电能源科学*, 2018,36(5):117-121.
- [24] 张云宁,施陆燕,秦韬,等. 基于 SEM 和云物元的水利工程 BIM 应用效益评价[J]. *水利经济*,2020,38(1): 29-35.

(收稿日期:2021-04-17 编辑:张志琴)

· 简讯 ·

## 第七届水利、土木工程学术会议暨智慧水利与智能减灾高峰论坛在河海大学召开

2021年11月6—8日,第七届水利、土木工程学术会议暨智慧水利与智能减灾高峰论坛在河海大学国际学术交流中心召开。此次会议主题为“智慧水利与智能减灾”,会议以线上线下联合会议方式举行。大会主席、中国工程院院士、英国皇家工程院外籍院士张建云,国际土力学及岩土工程学会主席、香港科技大学(广州)副校长、英国皇家工程院院士吴宏伟,中国华能集团副总经理、国家突出贡献中青年专家樊启祥,河海大学常务副校长李俊杰在开幕式上致辞。开幕式由河海大学副校长郑金海主持。中国科学院院士、清华大学教授张楚汉,英国皇家工程院院士、香港科技大学讲席教授吴宏伟,南昌大学校长周创兵,中国华能集团副总经理樊启祥,黄河勘测规划设计研究院有限公司董事长张金良,河海大学原副校长朱跃龙等专家分别就城市暴雨致灾防御、泥石流机理与灾害防治、水利水电工程渗流控制、大型水电工程智能建造、多沙河流水库蓄清调浑、智慧水利与流域管理等关键技术做了主题报告。来自清华大学、上海交通大学、武汉大学、东南大学、大连理工大学、河海大学、中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司和南水北调中线干线工程建设管理局等单位的多位专家分别作了大会特邀报告。

会议设立了水利、土木分会场,110多家单位的学者参会,收到会议交流论文360余篇。会议交流论文由国际知名组织IEEE出版论文集(Ei Compendex收录)。

(本刊编辑部供稿)