

郭湧, 胡洁, 郑越, 尤嘉庆. 面向行业实践的风景园林信息模型技术应用体系研究: 企业 LIM 平台构建 [J]. 风景园林, 2019, 26 (5) : 13-17.

面向行业实践的风景园林信息模型技术应用体系研究: 企业 LIM 平台构建

Research on Technological Application System of Landscape Information Modeling Orientated to Professional Practice: The Establishment of LIM Platform for Design Enterprises

郭湧 胡洁 郑越 尤嘉庆

GUO Yong, HU Jie, ZHENG Yue, YOU Jiaqing

中图分类号: TU986

文献标识码: A

文章编号: 1673-1530(2019)05-0013-05

DOI: 10.14085/j.fjyl.2019.05.0013.05

收稿日期: 2019-02-20

修回日期: 2019-04-11

郭湧 / 男 / 博士 / 清华大学建筑学院助理教授 / 本刊特约编辑 / 研究方向为风景园林技术科学、风景园林信息模型应用

GUO Yong, Ph.D., is an assistant professor in the School of Architecture, Tsinghua University and a contributing editor of this journal. His research focuses on landscape architecture technical science and the application of landscape information modeling.

胡洁 / 男 / 硕士 / 北京清华同衡规划设计研究院有限公司副院长、高级工程师 / 本刊编委 / 研究方向为风景园林规划设计、风景园林技术

HU Jie, MLA, is a senior engineer and vice president of Beijing Tsinghua Tongheng Urban Planning and Design Institute and an editorial board member of this journal. His research focuses on landscape architecture planning and design as well as landscape technology.

郑越 / 女 / 北京市园林古建设计研究院有限公司副总工 / 研究方向为风景园林规划设计

ZHENG Yue is a deputy chief engineer in Beijing Institute of Landscape and Traditional Architectural Design and Research Co.,Ltd. Her research focuses on landscape architecture planning and design.

尤嘉庆 / 男 / 马钢集团设计研究院有限责任公司 BIM 技术研究院院长、高级工程师 / 研究方向为建筑信息模型应用、计算机信息应用

YOU Jiaqing is a senior engineer and president of Institute of BIM Technology Research, MaGang Group Design & Research Institute Co.,Ltd. His research focuses on the application of building information modeling and computer information application.

摘要: 风景园林信息模型 (LIM) 需要面向设计实践的体系化应用研究。在此背景下探索硬件、软件、网络、人员相结合的 LIM 技术应用体系构建方法, 以形成有效地应用于设计实践的企业 LIM 平台。研究采取基于项目的设计研究方法, 历经理论研究阶段、系统规划阶段、分步实施阶段, 构建了以 LIM workflow 为核心的风景园林信息模型技术应用体系原型。该体系的构建方法包括开发 Autodesk Civil 3D 和 Revit 等关键软件的企业模板, 部署基于雾计算的 LIM 协同设计平台, 编制 LIM 平台使用管理手册等。12 项实践项目的验证结果表明: LIM 平台是具有实践意义的行业信息化发展技术路径。

关键词: 风景园林信息模型; 建筑信息模型; LIM 平台; 应用实验; 设计研究

基金项目: 国家自然科学基金 (编号 51808311)

Abstract: For Landscape Information Modeling (LIM), it is necessary to perform systematic application research to meet the requirements from professional practice. Under such a background, to establish the design enterprise LIM platform that effectively responds to the requirements from practical applications, this paper studies the methods of establishing the LIM application system with the integration of hardware, software, network and teamwork. The research adopts a through-project-based designerly research approach. The research process includes theoretical study, system prototyping and system deployment. An experimental landscape information modeling technological application system, whose essential component is LIM workflow, is conducted by developing Autodesk Civil 3D and Revit enterprise templates, deploying "fog computing" technology-supported LIM coordinating design platform, as well as composing operating and managing manual. As the outcomes of 12 experimental design projects suggest, the LIM platform is a professionally significant technological approach to the informationization of the landscape architecture practice.

Keywords: Landscape Information Modeling (LIM); Building Information Modeling (BIM); LIM platform; application research; design research

Fund Item: National Natural Science Foundation of China (No. 51808311)

1 研究对象: 风景园林信息模型

风景园林信息模型 (Landscape Information Modeling, 简称 LIM) 从广义上讲是以数字化模型为载体的风景园林行业信息资源库, 为行业实践的各个环节和所有参与者提供信息输入、存储、操作、输出的平台, 是信息共享、协同、互操作的基础, 可在风景园林的规划、设计、建造、养护、管理等生命周期的不同阶

段中发挥不同的作用^[1]。

按照行业实践中的使用目的划分, 风景园林信息模型包括: 面向规划设计的 LIM、面向工程建造的 LIM、面向运营管理的 LIM。面向规划设计的 LIM 为规划设计实践提供信息化的技术工具, 主要作用于业务流程中的项目方案设计阶段至施工图设计阶段; 面向工程建造的 LIM 是自动施工机械控制和

施工管理的工具；面向运营管理的 LIM 作为承载风景园林信息的数字模型在智慧城市、智慧园林等应用场景中发挥重要作用。同时，基于自身承载的数据内容和信息处理能力，LIM 可以作为风景园林技术科学的研究工具。

面向工程建设领域的实践，更为聚焦地认识风景园林信息模型。LIM 的定义是创建并利用数字化模型对风景园林工程项目的设计、建造和运营全过程进行管理和优化的过程、方法和技术。LIM 是建筑信息模型 (Building Information Modeling, 简称 BIM) 针对风景园林对象，面向风景园林工程项目这一特定场景的应用。

笔者将研究对象进一步聚焦，特指风景园林规划设计实践中主要作用于规划设计方案至施工图设计环节的 LIM 技术。

2 研究背景

2.1 国家政策引领 BIM 技术作为行业信息化发展路径

风景园林信息模型是 BIM 技术在风景园林行业的应用。从 2001 年至今相关部门陆续出台系列政策大力推动建筑业信息化进程。近 10 年的国家政策明确了推动 BIM 实施的目标，加强了推动 BIM 实施的力度。目前虽无针对风景园林 BIM 的专门政策，但是相关政策指明了通过 BIM 实现行业信息化发展的路径，这应该作为风景园林行业跟进的方向。

2015 年《关于推进建筑信息模型应用的指导意见》发布之后，中国 23 个地区陆续出台 BIM 技术推广应用的文件，全面贯彻落实住建部发布的 BIM 技术指导政策。北京市、深圳市、天津市、浙江省还发布了 BIM 相关应用标准和导则，对于本地区相关企业应用 BIM 技术提供了指导规范和管理依据。

通过对相关政策的梳理可见，国家政策和地方政策都在大力推动以 BIM 技术应用为主要实施路径的建筑行业信息化发展。风景园林行业广义上属于勘察设计和工程建造行业，自身的信息化发展应该遵循国家和地方政策的引领，以风景园林信息模型为方向，加快

相关技术的研究。

2.2 市场需求推动风景园林行业加快 LIM 技术研究

以 2008 北京奥运建设项目为契机，BIM 应用在中国市场快速发展^[2]。2010 年以来，大型基础设施领域、勘察设计和工程建造部门对 BIM 技术应用的要求不断提高。2014 年以来，公共建筑、保障性住房等领域 BIM 应用显著发展，在应用对象、实施主体、成果要求、资金补贴等方面形成了规范的制度。据不完全统计，目前已有超过 20 个地区分别发布地方政策指导建筑市场，推动 BIM 技术的市场应用。

近年来，出现了由房地产企业推动的 LIM 应用，逐步形成企业标准。铁路、水利、道桥等领域的大型国有建设集团发展总包式的业务，将风景园林领域的工作也涵盖在内，这类企业基于综合平台推动 BIM 应用，对 LIM 的需求也在增加。另外，随着雄安新区、通州副中心等对技术应用具有前瞻性要求的大型建设项目的开展，风景园林行业在此类项目中也开始面临应用 LIM 技术和提交 LIM 成果的市场需求。可以预见在市场推动下，设计企业必将面对应用 LIM 的市场需求。

2.3 技术发展趋势表明 LIM 是行业必需的技术

高速发展的信息技术正深刻影响着规划设计的工具与方法，风景园林实践面临工具革新。20 世纪 90 年代，设计行业应用 CAD 等数字化工具替代手绘等方式，数字化工作方式持续近 30 年。如今大数据、人工智能、智能制造等前沿技术快速发展，规划设计技术呈现“数字化—信息化—智能化—智慧化”的发展趋势，在此趋势下风景园林行业的实践迎来从数字化走向信息化，并展望智能化和智慧化的时代。

LIM 技术是数字化到智能化之间的桥梁，从应用数字化工具辅助制图到应用人工智能技术辅助设计决策，风景园林行业只有发展 LIM 技术才能步入当今的技术体系，与广泛的专业部门进行协作，也只有发展 LIM 技术才能面向未来探索和布局智能化技术条件下的行业发展。各实践主体在这一轮技术革新中越早行动，

在未来的发展中越易获得有利地位。

2.4 LIM 的发展需要面向实践的体系化应用研究

中国现有的 LIM 研究以“新系统”构建^[3-5]、发展动态介绍和技术展望为主^[6-9]。应用研究和理论研究较少，相关的应用研究多以单独软件功能的使用和结合工程项目的报告为主^[10-11]。国际上发表的 LIM 研究成果多集中在植物数字化模型构建、GIS 开发等软件功能的开发方面^[12]。基于规划设计和工程项目的体系化应用研究甚少见诸报道。在此研究背景下，开展面向行业实践需求的 LIM 体系化应用研究具有很强的现实意义。

3 研究问题：LIM 平台构建的技术方法

在目前的行业实践中，LIM 的体系化应用远未充分展开。其原因包括：1) 现有 BIM 软件功能不能满足风景园林规划设计实践的需要；2) BIM 软件应用能力低下导致从事风景园林规划设计的效率较传统工作方法低；3) 依托 BIM 工具形成的规划设计成果难以与现行的管理体系融合。

针对以上问题，笔者提出从行业实践的实际需求出发构建 LIM 平台，综合性地提升风景园林规划设计实践应用信息化设计工具的能力。本研究探索硬件、软件、网络、人员相结合的 LIM 技术应用体系构建方法，目标是形成有效应用于设计实践的企业 LIM 平台。

4 研究方法：基于设计研究方法的技术应用研究

研究坚持设计研究方法论，以规划设计项目为研究的介质，将技术应用研究置于设计思维框架内^[13]。同时，重点考虑新技术工具与设计行为和设计过程的关系，即技术应用研究与企业业务流程、管理机制之间的关联与互动^[14]。

研究团队在设计企业的技术体系内实际执行规划设计项目，技术应用研究则贯穿研究团队执行的每个具体项目。研究坚持将 LIM 技术应用于实际项目，从而形成技术应用经验积累；并及时对应用的过程进行理论总结和技术回顾，形成可以指导下一个项目的技

术要点。

研究过程中的技术攻关重点解决从技术应用和项目实践中涌现的具体问题：1) LIM 平台原型的搭建，包括硬件、软件部署和“互联网+”LIM 平台的网络环境建设；2) 关键软件的模板开发，主要指 Autodesk Civil 3D 和 Revit 的企业模板开发。

5 实验过程：清华产学研平台 5 年研究历程

5.1 理论研究阶段

2013 年 4 月—2015 年 4 月，研究团队依托清华大学建筑学院城市规划系博士后在站科研项目启动 LIM 理论研究，对国内外信息化技术的行业应用进行调查；对 BIM 技术发展动态进行跟踪；系统梳理风景园林信息模型的概念、发展历程、应用阻力，并探索可行的技术路径；重点研究了面向可持续发展目标的风园林信息模型构建技术；同时以大遗址公园规划设计为例，探索了在规划设计项目中构建及应用 LIM 模型的技术方法^[19]。研究为 LIM 平台应用奠定了基础。

5.2 平台原型规划与构建阶段

2015 年 5—12 月，研究团队依托北京清华同衡规划设计研究院有限公司风景园林中心启动企业 LIM 平台原型规划与构建。在此期间重点针对软件供应、硬件供应、系统开发、软件模板开发等技术服务进行市场调查；对具有优秀 BIM 应用经验的企业进行走访调研，了解 BIM 企业化应用的发展动态，考察 BIM 系统融入企业人员管理、质量管理、经营管理等方面的经验。研究团队对清华同衡 LIM 平台的基本构架、技术路径、软硬件构成、实验团队的人员构成提出初步方案。

同时，研究团队启动企业信息化环境现状调研，就企业信息门户、图文档管理系统、三审流程、软件应用习惯、现有技术积累、企业对 LIM 的应用需求等问题与各业务部所、质量管理部门、经营管理部门等进行充分沟通，搭建系统原型，开展内部技术交流等。

5.3 分步实施阶段

2016 年 1 月—2018 年 9 月，研究团队依

托企业内部科研课题“清华同衡 LIM 施工图平台研究”对 LIM 技术的体系化应用分步展开技术应用实验。实验分为 3 个技术攻关阶段：LIM 软件模板开发、LIM workflow 开发、LIM 平台系统开发。

第 1 阶段的主要工作是选定核心软件，开发企业 LIM 模板。在比较多种标准体系之后，Autodesk Civil 3D 被选为核心软件。新模板开发策略参照 ISO 9000 国际标准和现行国家标准，兼顾传统二维设计习惯和未来三维设计方法，对现行企业标准进行改良。企业模板在应用于项目实践之后，根据反馈进行更新，采取循环更新方式，使其更为贴近项目团队工作习惯。

第 2 阶段的主要工作是 LIM workflow 开发，核心任务包括 2 个方面：1) 整合企业已有技术储备，规范项目技术应用方法，实现项目级别的团队协同；2) 优化项目的设计流程，保障 LIM 技术在项目过程中充分应用，探索新技术对设计团队的赋能作用。

第 3 阶段的主要工作是 LIM 平台开发，核心任务是完成“互联网+”LIM 平台，从而实现基于数据管理服务器的部所级别的团队协同；完善企业组织知识管理；基于信息化、平台化的技术方法优化企业质量管理流程；提升设计流程的标准化程度和项目效率，进而提升企业的经营管理效果。

设计团队联合清华大学建筑学院景观学系，引入马钢集团设计研究院有限责任公司 BIM 技术研究院开发的“雾计算”技术，实现了基于 Autodesk Vault 的数据管理功能和多节点远程协同功能。根据平台构建情况进一步规范员工操作流程，编写 LIM 平台使用手册。

2018 年 10—12 月，研究团队依托清华大学海外文教专家项目和清华大学建筑设计研究院有限公司第六分院的规划设计项目，展开基于 Revit 的 LIM 工程应用实验。该阶段的主要工作是开发 Revit 风景园林企业模板；完善 LIM 平台，扩展企业 LIM 平台应用的范围；拓展 LIM workflow，从规划设计向施工建造发展，逐渐推动 LIM 技术在企业平台上发挥全周期作用。

6 研究成果：LIM 技术应用体系

6.1 以 LIM workflow 为核心的软硬件部署

研究团队实现硬件、软件的协同部署，依托 LIM 服务器和 Autodesk 的多种 AEC BIM 软件开发了 LIM workflow，针对风景园林规划设计的需要实现多种 BIM 软件功能的组合应用（图 1）。workflow 保证了多源数据在数字模型中的有效融合，允许信息以多种数据格式呈现在不同的软件应用中，并根据特定应用目的导出形式多样的数字交付成果。

6.2 关键 LIM 软件的企业模板开发

研究团队完成了 Autodesk Civil 3D 和 Revit 等 LIM 软件的企业模板开发，其中 Civil 3D 企业模板完成开发工作和版本更新。模板预设了与对象信息管理要求和设计实践习惯相适应的标准图层；对模型构成要素所在图层、显示方式、默认命名方式等内容进行了定义；对标注的形式、位置、字体、字号等内容进行了预设。根据项目组反馈，模板进行了 4 次版本更新（图 2）。应用企业模板构建模型，设计师的软件操作动作平均减少 75%，文件的标准性和一致性显著提高。研究团队还开展了 Revit 的企业模板开发，目前仍在不断实验和更新。

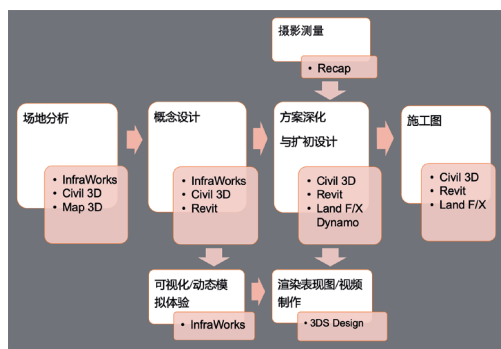
6.3 基于“雾计算”技术的“互联网+”LIM 协同设计平台

基于多节点分布式“雾计算”技术，研究团队完成了 LIM 协同设计平台构建。设计人员通过局域网或互联网登录平台后，可利用虚拟桌面操作集中部署在 LIM 服务器上的软件，开展设计工作。通过远程多节点协同，可实现设计团队的异地协作（图 3）。

协同设计平台以数据管理服务器为核心，其上部署 Autodesk Vault 文件管理和设计成果版本控制系统（图 4）。该系统通过 Vault 文件存储功能储存项目数据，通过 Vault 数据库管理文件的特征数据和文件关系，从而提高数据安全性，实现设计文件的版本管理。设计团队依托数据管理服务器实现图文档管理、族库管理等组织知识管理功能；以及企业内部协同设计、外部协作、成果发布等信息化设计能力。

6.4 LIM 平台应用与管理手册

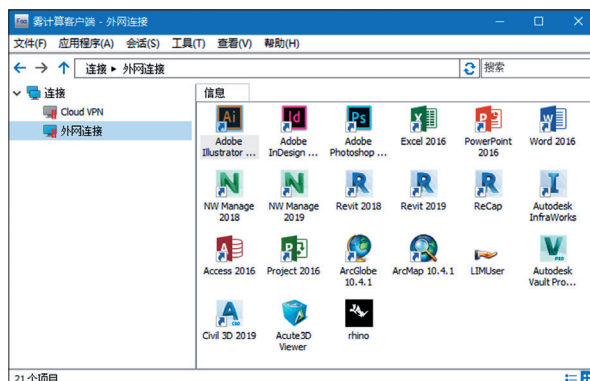
研究团队面向 LIM 平台用户和管理人



```

:Sample CivLayers file
:Expected format:
:LayerName[ Color# LineType NoPlot(0/1) Off(0/1) Freeze(0/1) LWtag hnt[ Description]]]]]]
:
:Road layers
:
R2-road 7 Continuous 1 1 1 0 道路
R2-road-assembly 40 Continuous 道路:装配和零件
R2-road-assembly-baseline 1 Continuous 道路:装配基准线
R2-road-alignment-label 92 Continuous 道路:路线标签(方向、距离、坡度)
R2-road-assembly-offset 1 Continuous 道路:装配偏移
R2-road-assembly-text 7 Continuous 道路:装配文本
R2-road-alignment-label-elevation 92 Continuous 道路路线:标签(点高程以及高低点)
R2-road-alignment-label-stations 11 Continuous 道路路线:标签(测站)
R2-road-alignment-midline 1 CENTER2 道路路线:中线
    
```

- 1 LIM workflow
- 2 Civil 3D 标准图层编码 (局部)
- 3 LIM 雾平台虚拟桌面界面
- 4 LIM 平台设计成果版本管理界面



历史	使用	使用位置	变量单	预览	CAD BOM	数据表
版本数:	2	(本地 = 未知)				
修订数量:	1					<input checked="" type="checkbox"/> 显示所有版本
缩略图	文件名	修订	状态(历史)	创建人	输入日期	注释
	Standard.dwg	1	正在工作	Administrator	2017/6/28 12:48	
	Standard.dwg	1	正在工作	Administrator	2017/6/28 11:26	

表 1 项目管理文件数据结构
Tab. 1 Data structure of project management file

管理文件	说明
01 设计要求	外部要求 (设计合同、技术协议、外部委托单)
02 设计策划	设计目标、设计人员安排、进度计划, 标准规范要求
03 设计输入	专业设计要求文件 一般分两级。一级是项目经理或总师对整个项目设计的要求, 二级是各专业负责人对本专业设计人员的要求(要求包括: 项目目标、标准、七大质量特性、LIM 技术要求等)
04 外部接口	与甲方往来文件
05 内部接口	互提资料, 可以根据本单位情况, 放提交其他专业(沟通区)或本专业(自用区)用的资料
06 设计控制	多专业方案评审意见
0601 设计评审	多专业方案评审意见
0602 设计验证 (三级审核)	校核、审核、审定意见
0603 设计确认	业主、图审公司审核意见
07 设计输出	放完成的图纸、正在设计的文件
08 设计更改	设计变更通知单
09 设计服务	驻场记录、现场处理问题过程记录 (问题单、处理意见等)
10 设计总结	
11 会议纪要	

员编制 LIM 平台应用与管理手册。LIM 平台应用手册规范了平台的登录、登出规定, 各项操作流程, 以及关键技术标准化应用。手册内容包括: 平台操作流程、项目操作流程、模型操作流程、关键技术操作方法等。管理手册规定了网络环境设置、用户管理规则、文档管理规则等内容。其中关于文档管理, 在数据管理服务器上, 设计团队基于质量管理思路, 建立了项目管理文件的数据结

表 2 项目过程文件数据结构
Tab. 2 Data structure of project process file

过程文件	说明
00 PB- 项目底图	Project Base_ 项目基础模型: Civil 3D、GIS、Revit
01 PD- 调研与分析	Pre Design_ 项目前期工作: 业务访谈、场地分析、用户调查、专题研究等
02 CD- 概念设计	Concept Design_ 项目设计概念: 使用功能、设计意图、设计主题、设计导则、设计案例、设计原则等
03 SD- 方案解析	Schematic Design_ 阐释设计方案的分析性成果: 方案三维模型、分析底图、功能分区、交通分析、空间布局、建设分期、关键节点、细化设计草图、方案评估与评价(数据模拟与模型仿真)
04 DD- 扩初设计	Design Development_ 扩大初步设计: Revit、Civil 3D、Infraworks 等数字模型成果
05 CD- 施工图设计	Construction Documentation_ 施工图设计: 从三维模型导出二维图纸, 完善信息标注

表 3 LIM 技术应用验证性项目列表
Tab. 3 The list of LIM technological application verification project

编号	项目名称	技术应用验证要点
1	山东邹城彭庄湿地公园规划设计	地形建模、水体建模、沉降分析
2	林州黄华镇景观体系规划研究	地形建模、土方计算
3	泰州市凤城河风景区提升工程	施工图设计
4	扬州城遗址规划研究	地形建模
5	潍坊临朐九山镇规划研究	地形建模、水文过程数据模拟
6	中国重庆前沿科技城数字化场地设计专项规划	地形建模、土方计算、数据模拟
7	山东邹城邾国故城遗址规划研究	地形建模
8	延庆妫川广场	种植设计、动态图块预设
9	崇礼奥林匹克森林公园	地形建模、空间模型仿真
10	儋州市云月湖综合整治规划	地形建模、快速鸟瞰
11	乡愁贵州概念性规划	地形建模、方案模拟比较、快速鸟瞰
12	平潭十大公园(玉井公园)工程	地形建模、施工图出图、方案仿真模拟

构(表 1); 基于设计周期管理的思路, 建立了项目过程文件的数据结构(表 2)。

6.5 验证 LIM 技术的规划设计项目

研究团队依托项目开展技术应用试验, 积累了 12 项试验项目(表 3), 形成了丰富的 LIM 项目应用经验。

7 总结

LIM 技术的应用研究只有与设计企业紧密结合才能取得对实践具有指导意义的技术

成果。本研究基于设计企业的实践环境, 深度结合项目实践过程开展技术应用实验, 在研究方法上具有新意。研究成果直接作用于生产实践, 具有很强的现实指导意义。

作为对行业实践具体问题的回应, 研究团队提出并验证了企业 LIM 平台构建的技术方法, 塑造了设计企业应用 LIM 技术的能力: 完成硬件和软件部署、开发企业模板、构建 LIM 协同设计平台; 通过项目实践积累了技术应用经验并获得行业认可, 其中“福建平潭

玉井公园”工程获得 2017 年中勘协第八届“创新杯”BIM 大赛绿色设计 BIM 应用奖^[16]。以上成果证明, 研究团队提出的 LIM 平台构建技术方法可以作为行业实践大规模应用 LIM 技术的可行路径。

注释:

图 3、4 为软件操作界面; 其余图表均由作者绘制。

参考文献 (References):

[1] 查克·伊斯曼, 保罗·泰肖尔兹, 拉斐尔·萨克斯, 等. BIM 手册 [M]. 第 2 版. 耿跃云, 译. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.

[2] 黄强. 论 BIM [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.

[3] 赖文波, 杜春兰, 贾锐. 景观信息模型 (LIM) 框架构建研究: 以重庆大学 B 校区三角地改造为例 [J]. 中国园林, 2015 (7): 26-30.

[4] 郭湧, 孙楠. 风景园林信息模型语义信息框架构建的技术路线刍议 [C]// 成玉宁, 杨锐. 数字景观: 中国第二届数字景观国际论坛. 南京: 东南大学出版社, 2015: 229-236.

[5] 杨晨. 遗产景观信息模型初探 [C]// 中国风景园林学会. 中国风景园林学会 2016 年会论文集. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016: 428-431.

[6] 孙鹏, 李雄. BIM 在风景园林设计中应用的必要性 [J]. 中国园林, 2012 (6): 106-109.

[7] 周梁俊. 英国建筑信息模型 (BIM) 战略及其在风景园林行业落实情况分析 [J]. 风景园林, 2016 (4): 122-128.

[8] 钟继涛, 李雷. 我国园林行业建筑信息模型发展前景探讨 [J]. 风景园林, 2012 (1): 91-94.

[9] 郭湧. 面向可持续性场地设计的风景园林信息模型前景展望 [J]. 动感 (生态城市与绿色建筑), 2014 (4): 62-65.

[10] 高振江, 王朝忠. 度假酒店植物配置 BIM 应用研究: 青岛东方影都文华酒店植物配置 BIM 应用实例分析 [J]. 建筑与文化, 2017 (5): 41-43.

[11] 刘东云, 郭再斌, 段旺. 基于 BIM 技术的景观复杂曲面高精度控制: 奥体文化商务中心绿地设计实践 [J]. 中国园林, 2017 (3): 125-128.

[12] ZAHRAKOVÁ V, ACHTEN H. Required Components for Landscape Information Modeling (LIM): A Literature Review [M]// BUHMAN E, ERVIN S, PIETSCH M. Peer Reviewed Proceedings of Digital Landscape Architecture 2015 at Anhalt University of Applied Sciences. Berlin and Offenbach: Herbert Wichmann Verlag, 2015: 284-288.

[13] 朱育帆, 郭湧. 设计介质论: 风景园林学研究方法论的新进路 [J]. 中国园林, 2014 (7): 5-10.

[14] 郭湧. 风景园林设计研究方法论的“相关性”刍议 [J]. 风景园林, 2015 (6): 117-122.

[15] 郭湧, 武廷海, 王学荣. LIM 模型辅助“规画”研究: 秦始皇陵园数字地面模型构建实验 [J]. 风景园林, 2017 (11): 29-34.

[16] 郭湧, Andreas Luka, 闫少宁, 等. 风景园林信息模型应用: 以平潭玉井公园一期工程方案设计为例 [C]// 成玉宁, 杨锐. 数字景观: 中国第三届数字景观国际论坛. 南京: 东南大学出版社, 2017: 370-383.

(编辑 / 刘玉霞)