

CIM 研究综述

许 镇 吴莹莹 郝新田 杨雅钧

(北京科技大学 土木与资源工程学院,北京 100083)

【摘要】 CIM 是智慧城市和数字孪生城市的重要模型基础,在“新基建”背景下,其重要性愈发突出。本文以国内外研究文献为基础,梳理了 CIM 的发展过程,总结了 CIM 的主要研究方向和技术实现平台,并介绍了其典型应用,为开展 CIM 相关研究提供了重要参考。

【关键词】 CIM; BIM; GIS; 智慧城市; 数字孪生

【中图分类号】 TU17 **【文献标识码】** A

【版权声明】 本文被《土木工程信息技术》、中国知网重要会议论文全文数据库(CPCD)收录上网,未经授权严禁登载。

1 CIM 的发展过程

在 2007 年, Khemlani^[1] 提出 City Information Modeling(CIM),也就是城市信息模型这一概念。随着 Building Information Modeling(BIM)技术的逐渐成熟, Khemlani 希望在城市规划中运用到类似 BIM 的技术,将信息模型从建筑层次提升到城市层次。因此,在很长一段时间里, CIM 被简单理解为是 BIM 在城市范围的应用。

在 2014 年, Xu 等人^[2] 提出通过集成 BIM 和 Geographic Information System(GIS)来建立 CIM。具体地, Xu 等人拟开发一个兼容 IFC(BIM 标准)与 CityGML(GIS 标准)的 CIM 平台,并将 CIM 的建模方法分为三种:城市实体测量、集成 Computer Aided Design(CAD)和 GIS、集成 GIS 和 BIM。其中,实体测量方法工作量大、应用范围有限,而 CAD 模型又难以包含建筑的多源信息^[3-4]。BIM 在建筑信息集成方面具有显著优势,而且日益普及,可提供构件级别的建筑内部信息。如果 BIM 与宏观 GIS 数据结合,将形成包含建筑内外的、微宏观的、跨尺度的 CIM 模型。因此,集成 BIM 与 GIS 建立 CIM 成为重要趋势。

在 2015 年,我国同济大学吴志强^[5] 院士将 CIM

的概念延伸为 City Intelligent Model,即城市智能信息模型。吴院士提出,“城市智能信息模型在城市信息模型的基础上进一步提出了智能(Intelligent)的目标,其内涵不仅是指城市模型中海量数据的收集、储存和处理,更强调基于多维模型解决发展过程中的问题”。在城市智能信息模型的概念下,物联网 Internet of Things(IoT)技术也逐渐与 BIM、GIS 一并成为 CIM 的主要技术支持。此外,云计算、大数据、虚拟现实、人工智能等先进技术也逐渐应用在 CIM 当中。

在 2018 年 11 月 12 日,国家住建部将雄安、北京城市副中心、广州、南京、厦门等列入“运用建筑信息模型(BIM)进行工程项目审查审批和城市信息模型(CIM)平台建设”五个试点城市^[6],这标志着 CIM 在我国由概念阶段开始正式进入到建设阶段。从这些城市数字化治理的建设目标来看, CIM 凭借其全面的信息集成特征会成为智慧城市^[7]和数字孪生城市的重要模型基础。

2020 年 3 月 4 日,中共中央政治局常务委员会会议提出,加快 5G 网络、数据中心等新型基础设施建设进度^[8]。“新基建”战略的实施会为智慧城市以及数字孪生城市提供更加强大的数字动力,加速其建设进程。作为智慧城市以及数字孪生城市的

【基金项目】 国家自然科学基金面上项目(编号:51978049);北京市科技新星计划项目(编号:Z191100001119115);中央高校基本科研业务费(编号:FRF-DF-20-01)

【作者简介】 许镇(1986-),男,主要研究方向:城市综合数字防灾。

重要模型基础, CIM 的重要性日益突出, 面临空前的发展机遇。

2 主要研究方向

整体上, CIM 研究在国内外都处于初级阶段。目前, CIM 主要研究方向可划分为如图 1 所示的三大方向: 框架设计、数据融合及可视化。



图 1 CIM 主要研究方向

2.1 框架设计

对 CIM 的概念的不同认知使得对 CIM 结构框架的定义也不尽相同。例如, 汪深等人^[9]认为 CIM 是 BIM 的扩展, 二者都包括物质、空间、性能和文化四个组成结构, 所不同的是, CIM 在 BIM 架构的基础上又增添了城市基础设施以及地理信息两大部分, 并综合了城市全生命周期的管理产业。Lee 等人^[10]基于洪灾分析情境下, 将 CIM 框架划分为土地、设施以及水体三个模块, 但该框架不够全面, 适用范围也有限。而相比起汪深和 Lee 等人提出的架构, Xu 等人的架构划分明显更加精细, 也更加全面。Xu 等人将城市信息模型划分为建筑、运输、水体、MEP (Mechanical, Electrical & Plumbing)、基础设施等多个模块, 见图 2, 然后建立了模块的 BIM 模型, 最后使用 GIS 将 BIM 模型定位在具体的城市区域中^[2], 这样的框架适用性相对更广。

虽然以上三个框架精细程度和适用范围不同, 但都是将 CIM 框架根据具体要素进行划分的。而 Stojanovski^[11]则是从城市形态方面来定义 CIM 框架。他把 CIM 的框架定义为是由无数不可再分割的街区构成的, 每个街区都有自己的一张属性表和一个有着对应坐标系的 3D 空间, 通过该坐标系在城市空间进行投影, 且每个街区都定义边界, 不同的街区通过边界建立联系。这样的框架相当于是把一个大的城市模型精分为无数个小的城市模型, 仅仅从城市规模出发, 忽略了城市内部更细致的信息结构。

根据 CIM 框架设计相关的调研可见, 目前 CIM

正处于起步阶段, 大部分框架的提出都是基于概念层面或是一定的情景分析, 精细度和层次性不够, 具有一定的局限性。而框架设计是 CIM 技术发展的一大基础。因此, 一个统一的、多层次的、适用性强的 CIM 框架依旧是未来 CIM 领域研究的一大热点。

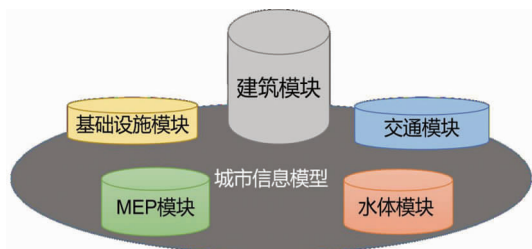


图 2 现有代表性 CIM 框架^[2]

2.2 数据融合

建立一个集设计、计算、管理、评估于一体的平台是 CIM 技术发展的关键, 而 CIM 平台搭建的重点和难点在于城市信息数据的融合。这里的城市信息数据包含城市基础信息、建筑内部信息以及物联网信息。其中, 城市基础信息以 GIS 技术为支撑, 建筑内部信息的获取则更多的运用 BIM 和 CAD, 而城市各个领域底层信息的采集则依赖于 IoT 技术。因此目前 CIM 研究领域主要有三种建模方式: 基于实体测量建模、基于 CAD 与 GIS 建模、基于 BIM 与 GIS 建模。根据这三种不同的建模方法又将数据融合方法分为两类, 即 CAD 与 GIS 的数据融合以及 BIM 与 GIS 的数据融合。

基于 CAD 的三维建模方法在建筑设计以及城市规划方面已经相当成熟, 作为绘图工具, CAD 能够准确、直观地呈现城市外观及建筑物内部信息, 但 CAD 缺乏空间及数据的分析和处理的功能, 具有一定的局限性。因此, GIS 和 CAD 的数据融合不仅能充分利用 CAD 提供的模型特征, 而且能够对模型信息进行必要的分析处理。早在 2000 年, Ozel 就曾经指出 GIS 能够为 CAD 所建立的复杂模型提供全面的空间分析^[12]。我国学者朱庆等人也认为 CAD 技术对 GIS 的发展至关重要并总结了多种 CAD 与 GIS 数据集成的方法^[13]。这证明 CAD 与 GIS 集成是具可行性的。因此现阶段也有许多基于 CAD 与 GIS 融合进行 CIM 建模的研究。如 Gil 等人^[4]就曾论证过通过开发一种集成 GIS 空间数据库的 CAD 工具实现 CIM 设计和分析的可行性。目前也已有

一些用于城市规划设计的软件是在 CAD 基础上结合 GIS 数据实现的,如 StadtCAD Hippodamo^[14]。

然而,不同的平台和标准使得二者之间的集成存在困难,主要集中在坐标转换、数据格式差异、数据量差异以及一些原始数据错误的问题上^[15-16]。虽然 Pu 等人利用 Database Management System (DBMS) 数据库管理系统方法来解决 CAD 与 GIS 之间数据类型差异的问题,但是对于 CAD 中的自由曲线和曲面等复杂数据类型却无法进行数据类型的转换^[17]。而 CAD 自身所存在的一些如数据叠加等原始数据问题使数据融合变得更为复杂,虽然 Badhrudeen 等人尝试利用机器学习来识别 CAD 到 GIS 转换过程中潜在的错误,以及原始 CAD 数据中的错误^[18],但是依旧无法完全避免原始数据所造成的错误,而且造成了实际应用过程的耗时费力。最关键的是 CAD 的协同工作能力不足,这对于以实现协同工作为主要目的的 CIM 技术来说可用性较差。

相较于 CAD 自身存在的一些缺陷,能够实现全流程协同工作的 BIM 技术使得 BIM 与 GIS 的融合更具优势,也成为目前 CIM 技术领域研究的热点,取得了较快的发展。学术界普遍认为协调语义是实现 BIM 与 GIS 集成的最佳途径,它能够实现 BIM 模型和 GIS 模型之间低形式化的映射^[19]。目前最为流行的两大语义模型分别是 IFC 和 CityGML,因此根据这两种语义模型的转换关系将现阶段的 BIM 与 GIS 集成方法分为的四类^[2,17],如表 1 所示。

从表 1 可以看出,尽管基于 IFC 和 CityGML 标准的 BIM 和 GIS 集成方法已经开展了一定的研究,但不同基础方法的优缺点都比较突出,尚未形成成熟的集成方法,仍有待于进一步的探索。

2.3 可视化

可视化是 CIM 发展的一大方向。将建筑信息

和地理数据通过计算机处理转化为图像的形式,能够更加直观有效地把信息传递给用户。在目前 CIM 可视化中,开发可视化平台、结合 VR 或 AR 成为热点。

(1) 可视化平台

Simstadt 是 2013 年斯图加特技术高等专科学校开发的一个城市模拟平台,基于 CityGML 可对多细节层次(Level of Detail, LoD)进行建模,导入 GIS 数据后,可对城市模型进行加强修复,最后通过模拟工具进行多种能源模拟,得到相应的仿真结果和评估指标,在 3D 城市模型中进行可视化^[20],该平台现主要用于能源方面的模拟和分析。

(2) 结合 VR 技术

在 2018 年俄罗斯叶卡捷琳堡国际工业创新展览会上,一家 VR 开发公司展示了叶卡捷琳堡中心部分信息模型的试点 VR 项目^[21],通过不断地完善 BIM 与 GIS 模型对该项目进行测试调整,来实现 VR 在 CIM 上的广泛应用。

(3) 结合 AR 技术

Urban CoBuide 应用程序通过 CIM 与 AR 技术和游戏相结合的方法让用户对城市环境进行探索,让利益相关者参与城市规划,从而收集到城市规划过程中需要涉及的一些信息^[22]。

目前,CIM 可视化发展相对较为成熟,许多 CIM 建模平台同时也具备可视化功能,而与 VR 或 AR 技术的结合也使得 CIM 模型能够传达的信息更加丰富和直观。

3 主要技术实现平台

目前,随着 5G 网络与物联网技术的兴起,很多软件开发商认识到了 CIM 平台的价值,2020 年 4 月 21 日,腾讯云推出了“基于 CIM 的产业互联网平

表 1 基于 IFC 和 CityGML 的 BIM 与 GIS 集成方法^[2,17]

方法	优点	缺点
IFC 转化为 CityGML	BIM 数据可以有效地集成到 GIS 平台	操作过于复杂,转换过程存在较大的细节损失
建立 IFC 和 CityGML 之间的映射规则,确保两个模型之间精确映射	准确度高,绘图效率高	由于 IFC 包含的信息比 CityGML 要详细得多,因此 IFC 和 CityGML 之间很难实现完整映射
采用能够在 BIM 平台使用的中间插件提取 GIS 信息	能够确保数据转换的质量,更为有效地管理数据和分析建筑模型	目前没有通用的数据格式,因此对不同的平台,需要不同的数据接口
基于语义 Web 技术,通过 IFC 和 CityGML 两个标准为相应数据提供参考,使原始数据共存,并保持一致性	可实现双向转换,能够较好地避免 BIM 与 GIS 融合过程的信息丢失	目前技术还不成熟,语义数据模型的开发耗时费力

表 2 CIM 主流技术实现平台

平台	功能	优点	缺点
Skyline ^[14-24,25]	通过二次开发,能够将 BIM 数据、地形数据以及相关规范等信息导入 GIS 平台,并实现可视化。	能够导入多种数据源,并集成大量数据,运行流畅,使城市信息建模更为简便。	分析和评估功能还较为单一。
Smart World Pro ^[26]	能够导入包括 BIM、GIS、IoT 在内的不同文件类型进行城市信息建模,并可实现对城市建筑阴影的一些分析。	操作简便,可直接在浏览器运行。	目前的分析功能比较单一,没有评估功能。
World Wind ^[27]	可实现 BIM 数据和 GIS 数据融合,并在地图上实现可视化,可对日照、气候等进行分析。	作为一个开源系统,开发者可以根据自身的需求进行二次开发。	分析功能单一。
Super Map ^[28]	基于该平台进行二次开发可将 BIM 模型与 GIS 相结合。	渲染效果好。	数据转换速度较慢。
virtualcity SYSTEMS ^[29]	能够创建基于 CityGML 的城市模型并进行可视化。	具有高性能的 web 可视化工具,可导出多种常见的 3D 格式。	仅限于建模与可视化,没有分析功能。
City Eye ^[30-31]	能够 1:1 复原真实城市信息,建立可视化数字底板,并进行计算分析。	集规划、建设、管理一体化;具有良好的开放性和兼容性;对大型项目具有强大的承载能力。	在综合应用方面有待研发。
鸿城 CIM 平台 ^[32]	对多源数据集成管理,使城市基础设施可视化。	模型标准统一化程度高,并可导出多种格式;可视化入库、精准化合模;具有多种特效,可以对日照、高程等进行空间指标分析。	目前主要应用在基础设施的数据集成管理与可视化,在分析方面有待提高。

台”——CityBase^[23],虽然还未开放使用,但从产品体系架构来看还是相当完备的。而现阶段世界各国也开发了许多能实现部分 CIM 技术的平台,表 2 列出了 CIM 领域的主流技术实现平台,并对它们的功能和优缺点进行了整理。

从表 2 可以看出,目前 CIM 技术实现平台数量虽然不少,但主要功能集中在建模和可视化方面,核心分析功能都比较有限。应该说,CIM 技术实现平台尚有很大的发展空间。

4 典型应用

杨滔等人曾指出 CIM 的本质是服务城市全生命周期^[33]。围绕城市建筑和市政基础设施全生命周期,本文整理了 CIM 技术在实际工程规划、建设、运维等阶段的典型应用。

4.1 规划阶段

在规划阶段,运用 CIM 技术能够预览规划成果,优化城市空间布局,促进城市科学规划、高效建设。

上海杨浦滨江开发区运用鲁班 CIM 技术 1:1 可视化还原规划设计成果,对建成后整体环境进行预览,进一步对比规划方案,提升规划的科学合理性^[34]。其水务项目在规划设计阶段,将 CIM 平台

与物联网设备的数据进行对接,实时模拟水位变化,并根据水位及时做出响应或报警,以便及时做出决策并管理^[35]。

河北雄安新区作为探索中国城市高质量发展新模式的前行者,也是目前国内最典型的 CIM 应用案例,从规划阶段便开始搭建以 CIM 为核心的时空大数据平台,建立园区 CIM 体系,通过“数字孪生”平台技术,在实现现实城市建设规划的同时,同步建设打造孪生城市 and 智能城市^[36-37]。

在深圳保障房建设过程中,运用 CIM 技术搭建保障房规划建设决策指挥平台、项目建设全过程监管与信息共享平台,解决体量大、任务重的问题,支撑深圳保障房规划建设^[38-39],有助于提升保障房建设的速度。

4.2 建设阶段

在建设阶段应用 CIM 技术,可以进行建设施工场景可视化、工程量计算、项目进度质量管理等,显著提升建设过程精细化监管效能。

重庆仙桃数据谷在建设阶段部署鲁班 CIM 平台,施工人员可视化监督建筑信息、工程进度、安全数据等内容,有助于大幅度提升项目的管控水平^[40]。

南京市南部新城集中展示区,以三维城市设计模型数据为基础,使用鸿业 3D GIS 平台,载入医疗

中心 BIM 模型、基础设施 BIM 模型和集中展示区倾斜摄影三维模型,搭建南部新城 CIM 平台,并接入市政基础设施建设,对工地进行实时监控管理,以了解现场施工进度,把控施工质量,及时制止违规操作^[41]。

4.3 运维阶段

在运维阶段运用 CIM 技术,可以消除各系统信息孤岛,实时监控运行态势,及时进行运营维护,可视化应急指挥,保障城市正常运行。

青岛中央商务区建立了基于 CIM 的城市综合管理平台,打造交通、综治、产业、安全四大运行指数衡量青岛中央商务区总体运行健康发展态势,实现了中央商务区全生命周期的业务贯通^[42]。

江苏南通创源科技园采用 CIM 数据平台,在各系统之间实时进行信息交流和数据共享,通过整合、分析计算各子系统采集到的数据,结合设计预案,对各种非正常状况做出实时判断,进而实施有效的预警联动^[43]。

河北南拒马河防洪治理工程,通过设置感知+物联+智慧+ CIM 防洪堤坝综合监控管理系统融合工程设计和 IT 设计,并依托物联网、云平台、遥感、GIS、BIM、监控报警等技术,将防洪堤坝管理系统纳入一个即时的可管理、可监控、可调度的智能平台上,实现快速、协同、智能管理与科学决策,并接入雄安 CIM 平台^[44]。

整体来看,目前 CIM 应用大都只是参与了城市生命周期的特定阶段,几乎未能贯穿整个城市生命周期。从 2013 年至今,我国已有 700 多个城市提出或在建智慧城市。而且,随着“新基建”战略的实施,更多的数字孪生城市也将被建立。作为智慧城市和数字孪生城市的模型基础,CIM 未来将有很大的应用前景。

5 结论

CIM 的内涵正从 City Information Modeling 到 City Intelligent Model 不断发展,而且面临国家“新基建”战略带来的重要发展机遇。

目前,CIM 研究在国内外都处于初级阶段。CIM 的框架设计尚不成熟,融合 BIM 和 GIS 是其主要建模方法,已有一定研究,但仍有待深化。相比之下,CIM 可视化研究较为成熟。

CIM 主流技术实现平台集中在建模和可视化功

能,但分析功能尚不成熟; CIM 在我国的应用已经分布到城市全生命周期各阶段中,但尚缺乏贯穿城市全生命周期的应用,发展空间广阔。

整体上,作为智慧城市和数字孪生城市的模型基础,CIM 作用不可替代,而且随着国家“新基建”战略带来的 5G、IoT 等相关支撑技术的普及,CIM 将为智慧城市和数字孪生城市创造出高性能、智能化、多方位的应用情景,具有广阔的发展前景。然而,庞大的应用需求与当前初期研究现状是 CIM 发展面临的重大矛盾,亟待加快、加大、加强 CIM 研发工作,为我国城市发展与管理提供深度信息化的新支点、新引擎。

参考文献

- [1] Khemlani L. Autodesk university 2007 [EB/OL]. http://www.aecbytes.com/newsletter/2007/issue_91.html, 2007.
- [2] Xu X, Ding L, Luo H, et al. From building information modeling to city information modeling[J]. Journal of information technology in construction, 2014, 19: 292-307.
- [3] Webster C J. GIS and the scientific inputs to urban planning. Part 1: description[J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 1993, 20(6): 709-728.
- [4] Gil J, Almeida J, Duarte J P. The backbone of a city information model (CIM) [J]. Respecting fragile places: Education in computer aided architectural design in Europe, 2011, 143-151.
- [5] 吴志强,甘惟. 转型时期的城市智能规划技术实践[J]. 城市建筑, 2018(3): 26-29.
- [6] 南京市规划局. 南京被国家住建部列为 BIM/CIM 试点城市 [EB/OL]. http://ghj.nanjing.gov.cn/xwzx/gzdt/201812/t20181228_1355949.html, 2018-12-28.
- [7] 耿丹,李丹彤. 智慧城市背景下城市信息模型相关技术发展综述[J]. 中国建设信息化, 2017(15): 72-73.
- [8] 新华社. 中共中央政治局常务委员会召开会议,研究当前新冠肺炎疫情防控 and 稳定经济社会运行重点工作,中共中央总书记习近平主持会议 [EB/OL]. http://www.xinhuanet.com/politics/leaders/2020-03/04/c_1125663971_3.htm, 2020-03-04.
- [9] 汪深,李兵,夏炎. 城市信息模型(CIM)技术应用领域拓展与人工环境智慧化解析[J]. 中国管理信息化, 2019, 22(22): 159-160.
- [10] Lee S H, Park J, Park S I. City Information Model-Based Damage Estimation in Inundation Condition [C]//Proceedings of the International Conference on Computing in

- Civil and Building Engineering (ICCCBE 2016), Osaka, Japan. 2016, 5-8.
- [11] Stojanovski T. City Information Modeling (CIM) and Urbanism; blocks, connections, territories, people and situations [C]//Proceedings of the Symposium on Simulation for Architecture & Urban Design. 2013, 1-8.
- [12] Ozel F. Spatial databases and the analysis of dynamic processes in buildings [J]. Proceedings of the Fifth Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia. 2000, 97-106.
- [13] 朱庆. 三维城市模型中的 CAD 与 GIS 的集成方法 [C]. 中国测绘学会科技信息网分会. 地理空间信息技术与应用——中国科协 2002 年学术年会测绘论文集. 中国测绘学会科技信息网分会:中国测绘学会科技信息网分会, 2002, 236-239.
- [14] Müller M, Broschart D, Zeile P. City Information Modeling-Potenziale für eine intelligente Stadtplanung [C]//REAL CORP 2016-SMART ME UP! How to become and how to stay a Smart City, and does this improve quality of life? Proceedings of 21st International Conference on Urban Planning, Regional Development and Information Society. CORP-Competence Center of Urban and Regional Planning, 2016, 843-850.
- [15] 龚俊, 朱庆, 眭海刚, 等. 从 CAD 模型到数码城市 GIS 模型的若干问题 [J]. 武汉大学学报(工学版), 2003 (3): 64-68.
- [16] Peachavanish R, Karimi H A, Akinci B, et al. An ontological engineering approach for integrating CAD and GIS in support of infrastructure management [J]. Advanced Engineering Informatics, 2006, 20(1): 71-88.
- [17] Pu S, Zlatanova S. Integration of GIS and CAD at DBMS level [C]//Proceedings of UDMS. 2006, 6(9): 61-71.
- [18] Badhrudeen M, Naranjo N, Mohavedi A, et al. Machine learning based tool for identifying errors in CAD to GIS converted data [M]//CIGOS 2019, Innovation for Sustainable Infrastructure. Springer, Singapore, 2020: 1185-1190.
- [19] Isikdag U, Zlatanova S. Towards defining a framework for automatic generation of buildings in CityGML using building information models [M]//3D geo-information sciences. Springer, Berlin, Heidelberg, 2009, 79-96.
- [20] Padsala R, Coors V. Conceptualizing, Managing and Developing: A Web Based 3D City Information Model for Urban Energy Demand Simulation [C]//UDMV. 2015, 37-42.
- [21] Racurs. Компания VR Concept презентovala функционал работы с векторными 3D моделями городской застройки в виртуальной реальности [EB/OL]. <https://racurs.ru/press-center/news/kompaniya-vr-concept-prezentovala-funksional-raboty-s-vektornymi-3d-modelyami-gorodskoy-zastroyki-v/>, 2018-08-08.
- [22] Ungureanu T. The potential of City Information Modeling (CIM) in Understanding and Learning from the Impact of Urban Regulations on Residential Areas in Romania [C]//Conference proceedings of eLearning and Software for Education (eLSE). "Carol I" National Defence University Publishing House, 2019, 1(15): 422-428.
- [23] 腾讯科技. 加码新基建, 腾讯云推出智慧城市底层平台 CityBase. [EB/OL]. <https://tech.qq.com/a/20200422/003910.htm>, 2020-04-21.
- [24] 彭雷, 汤圣君, 刘铭威, 等. BIM 与 GIS 集成的建筑物间距规划审批方法 [J]. 地理信息世界, 2016, 23(2): 32-37.
- [25] Skyline. Products [EB/OL]. <https://www.skylinesoft.com/urban-planning-transportation>.
- [26] Cityzenith. Smart world pro [EB/OL]. <https://cityzenith.com/>.
- [27] 曹国, 高光林, 丘衍航, 等. 基于 WorldWind 平台的建筑信息模型在 GIS 中的应用 [J]. 土木建筑工程信息技术, 2013, 5(5): 114-118.
- [28] Revit 中文网. BIM 与 GIS 如何融合? BIM 与 GIS 数据融合关键技术研究 [EB/OL]. <http://m.chinarevit.com/revit-56750-1-1.html>, 2020-03-09.
- [29] VirtualcitySYSTEMS. Präsentation des 3D-Stadtmodells von Helsinki [EB/OL]. <https://www.virtualcitysystems.de/aktuelles/447-3d-stadtmodell-helsinki>.
- [30] 本刊讯. 班联数字城市新品发布会暨公司成立大会隆重召开 [J]. 安装, 2017(6): 23.
- [31] 鲁班软件. 产品 [EB/OL]. <http://www.lubansoft.com/about/cim>.
- [32] 鸿业科技. 产品系列 [EB/OL]. <https://ke.qq.com/course/425312?taid=3480048791616864>.
- [33] 尧舜宇. 杨滔: 以“时空”为出发点打造城市信息操作系统 [N]. 中国建设报, 2020-03-30(008).
- [34] 鲁班软件. 鲁班 CIM 助力上海杨浦滨江智慧发展 [EB/OL]. https://www.sohu.com/a/355873483_450920.
- [35] 鲁班软件. 案例 [EB/OL]. http://www.lubansoft.com/bimcase/ent_show/2093.
- [36] 许斌. CIM 管理平台在智慧园区的应用探索 [C]. 中国图学学会建筑信息模型 (BIM) 专业委员会. 第五届全国 BIM 学术会议论文集. 中国图学学会建筑信息模型 (BIM) 专业委员会: 中国建筑工业出版社数字出版中心, 2019, 273-277.
- [37] 中共河北省委, 河北省人民政府. 河北雄安新区规划

- 纲要[N]. 河北日报, 2018-04-22(002).
- [38] 彭明. 从 BIM 到 CIM——迎接中国城市建设、管理及运营模式变革[J]. 中国经贸导刊, 2018(27): 45-46.
- [39] 从 BIM 到 CIM 助力新型智慧城市建设提质增效[J]. 建筑市场与招标投标, 2019(3): 19-20.
- [40] 鲁班软件. 案例[EB/OL]. http://www.lubansoft.com/bimcase/ent_show/2098.
- [41] 孙宏军. 基于 CIM 的智慧城市系统建设研究——以南京市南部新城集中展示区为例[J]. 城市建设理论研
- 究(电子版), 2018(26): 172.
- [42] 中国经济新闻网. 中国智慧城市大会分论坛开幕, 聚焦 CIM 应用与发展[EB/OL]. <http://www.cet.com.cn/xwsd/2430243.shtml>.
- [43] 班联数城. 班联数城客户案例:CIM 案例[EB/OL]. <http://www.citylinker.com/product/bimcase>.
- [44] 杨铁树. 感知 + 物联 + 智慧 + CIM 防洪堤坝综合监控系统设计[J]. 水科学与工程, 2019(2): 27-29.

Overview of Research on CIM

Xu Zhen, Wu Yingying, Hao Xintian, Yang Yajun

(School of Civil and Resource Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China)

Abstract: As the important model basis of smart city and digital twin city, CIM is becoming increasingly important in the context of "New Infrastructure Construction". Based on the domestic and foreign research literature, this study summarizes the development process of CIM, elaborates the main research directions and technical implementation platforms of CIM, and introduces its typical applications, which provides an important reference for the research of CIM.

Key Words: CIM; BIM; GIS; Smart City; Digital Twin