doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2023.02.008

南京CIM全息底板建设初探

王树魁[1,2]，崔　蓓[2*]，迟有忠[2]，毛燕翎[2]
（1. 商丘师范学院，河南 商丘 476000；2. 南京市国土资源信息中心，江苏 南京 210005）

摘　要：面向多对象、多层次、多维度智慧城市的建设要求，把城市视为有机生命体，以GIS为基础构架、BIM为内部组织、IoT为神经系统，利用多源异构数据的治理融合和系统集成，探索构建二三维一体、地上地表地下衔接、室外室内连通、历史现状规划共存、虚拟与现实映射联动的城市信息模型（CIM）全息数字底板。通过工程建设项目BIM化数字报建和物联网实时感知“流”信息接入，为CIM提供自我完善机制，持续推动CIM新陈代谢和自我生长，实现对城市空间细节精准刻画的数字孪生，虚实融合、以虚控实，在虚拟世界试错、在物理世界执行，有效促进新型智慧城市的开放共享和协同互联。作为南京城市智慧化转型的数字底板，赋能城市治理体系和治理能力现代化。

关键词：城市信息模型；CIM；GIS；数据治理；智慧城市
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）02-0041-05

Preliminary Study on the Construction of CIM Holographic Backplane

WANG Shukui[1,2], CUI Bei[2], CHI Youzhong[2], MAO Yanling[2]
(1. Shangqiu Normal University, Shangqiu 476000, China; 2. Nanjing Land and Resources Information Center, Nanjing 210005, China)

Abstract: Facing the construction requirements of multi-object, multi-level and multi-dimensional smart city, regarding the city as an organic organism, taking GIS as the basic skeleton, BIM as the cell organization and IoT as the nerve blood, we explored the city information modeling (CIM) holographic digital backplane including integration of two and three dimensions, connection of surface, aboveground and underground, connection of outdoor and indoor, coexistence of history, current situation and planning, linkage of virtual and reality by combining the governance fusion and system integration of multi-source heterogeneous data. And then, we realized the accurate description of urban spatial details, the integration of virtual and reality, and virtual control of reality, so as to promote the collaborative sharing, openness and interconnection of smart cities. Besides, it also promoted the modernization of urban governance system and governance capacity as the digital backplane for the intelligent transformation of Nanjing.

Key words: CIM, GIS, data governance, smart city

近年来，随着GIS、BIM、IoT、AI等技术发展和应用，CIM平台建设成为新型智慧城市转型升级的重要抓手，列入了国家“十四五”规划等一系列的重要文件，已成为一项国家战略。CIM是城市智慧化运营管理的基础性平台[1-7]，为智慧城市提供空间协同的“数字底板”，南京市借助全国首批CIM平台建设试点城市和实景三维中国建设等契机，结合地方的切实需求，对CIM全息底板建设进行了相关的探索。

1　建设需求与思路

通过调研收集汇总，CIM全息底板建设的需求主要包括以下几个方面：①国家层面。要求统筹协调标准体系，消除数据壁垒，探索建设底层数据打通的CIM平台，以BIM报建为切入点，不断丰富和完善城市规划建设管理数据信息，为智慧城市管理平台建设奠定基础[8]。开展实景三维建设，为数字中国建设提供统一的空间基底[9]。②地方政府层面。要求建设统一权威的智慧城市空间底板，统筹各部门智能系统有机衔接，促进智慧城市转型升级。③城市运营管理方面。需要建设真实准确、精细美观、现势动态的现状城市空间数字底板。④城市发展规划方面。需要建设能够直观重现历史、反映现在、模拟未来的城市空间应用场景。⑤企业方面。需要能支撑专业分析应用的空间可视化共享服务数字底板。⑥市民方面。希望能够以立体直观的方式了解、参与、监督城市的发展规划和建设，共治家园，体现市民的参与感、归属感和

收稿日期：2021-12-01。
项目来源：工业和信息化部科研项目（TC19083WA）。
（*为通信作者）

幸福感。

南京面向多对象、多层次、多维度CIM需求，采用总体规划、分步实施的总体思路。首先研究构建CIM标准，通过标准引领，从数据存储、管理、分析、可视化和服务发布等方面全面考虑，分类开展多源异构数据的规范化治理。其次理清数据关系、制定融合规则、建立信息关联，再以GIS数据为基础、BIM数据为核心，将正射影像、数字高程模型、城市三维模型和BIM等多源异构数据体系化融合建库。然后挂接承载物联网、经济、社会等信息，形成立体空间全覆盖的CIM全息底板。最后采用数据和服务统一框架管理的方式，实现二三维数据一源存储、统一库管、统一注册、发布多种标准服务，支撑智慧城市各领域应用。

2 数据资源收集

本着开放共享、重复利用、充分挖掘的原则，收集了各部门CIM相关的既有数据，用于本项目开展CIM全息底板建设研究，主要汇集的数据资源目录如表1所示。

表1 CIM相关数据资源目录

数据资源类别	要素及特征说明
测绘数据	电子地图，正射影像（历年），数字高程模型，兴趣点
三维数据	倾斜摄影，190多km^2人工精模
地下数据	17万km地下管线，4 000多万km^2地下空间，4 000多个地址钻孔
规划成果	规划成果一张图，城市设计三维模型
BIM模型	20个工建项目的报建模型，213栋不动产BIM模型，一批历史建筑BIM模型
物联网数据	慧眼守土800多个监控视频，华侨路交通监控视频，室内烟感、温感、视频、门磁等感知信息
其他数据	用电量能耗信息，人口信息，工商信息等

3 CIM全息底板构建

围绕CIM全息底板构建的核心任务，首先研制标准，在标准引领下，由简入深研究和实践，通过治理整合地上模型要素、地下空间、BIM、物联网大数据等信息资源，形成CIM全息底板，支撑CIM基础平台融合二三维空间业务属性信息和应用的能力。

3.1 标准研制

立足城市CIM标准化需求，基于系统论、顶层设计思维等方法论，运用“A-C-R-E-O”循环法：分析（Analyzing）、编制（Compiling）、运行（Running）、评价（Evaluating）、优化（Optimizing）、UML建模语言等技术手段，充分考虑未来动态优化与迭代升级的开放兼容能力，构建了3个层次（基础层、通用层和应用层）8大类38小类CIM标准体系框架（如图1），制定了全面成套的CIM标准体系，内容涵盖CIM数据采集、生产、数据建库及更新、CIM平台服务及运维等，为CIM建设提供规范、指引和预测。

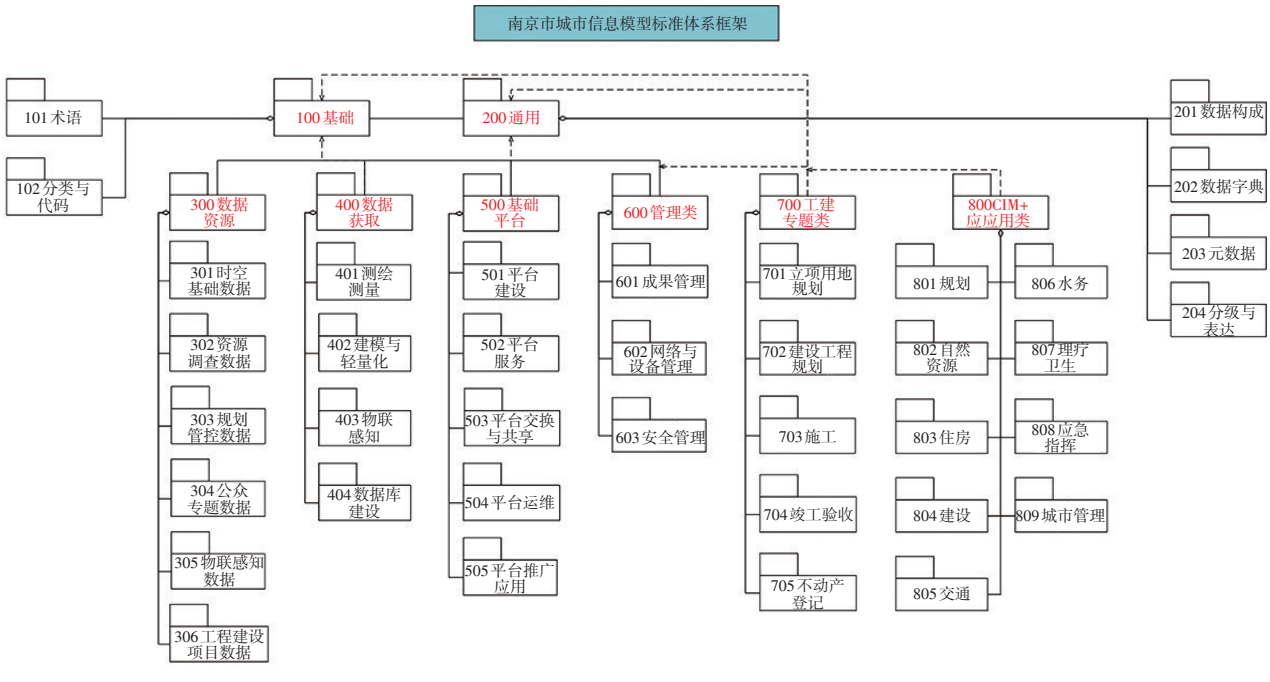


图1 CIM标准体系框架

在CIM标准体系指引下，制定了城市地下地表全空间、物理实体全要素、BIM构件全覆盖的一套CIM数据标准。将城市地上地下基础设施和空间资源全面数字化，创建全空间一体的CIM数据结构；制定了数字空间与物理空间一一映射的全要素数据分类和编码[10]，涵盖建筑、交通、植被、水系、城市部件、地质、管线等要素实体类型，在南京市《三维地理信息模型数据规范》规定的三维模型LOD1至LOD4分级的基础上[11]，增加了功能级BIM、构件级BIM和零件级BIM的精细分级表达，面向不同应用领域对实体对象精细程度的需求，标准还支撑了墙、门、窗等内部构件分层次在数字空间进行呈现和表达。实体通过统一标识编码进行索引，对接实现数据调用和更新。

3.2　CIM空间底板构建

针对不同来源的数据，实现不同空间尺度数据的组织管理，从不同范围表达城市空间形态。电子地图、正射影像和数字高程模型等基础地理数据可在大尺度的场景中表达全市的地形地貌，三维白模数据可在中尺度的场景中表达城市建筑群空间形态，精模、倾斜摄影、激光点云数据适合在中小尺度的场景中精确表达城市建筑形态以及建筑色彩，而BIM数据则可在小尺度场景中精准地表达建筑单体及其内部构件。

城市精细三维模型的生产成本高、周期长，一般只在主城和重点开发建设区建设，为了实现市域范围全覆盖，项目组基于数字高程模型和电子地图（建筑物不同高度分别构建闭合面，并带有高度、层数、结构等属性信息），采用参数化建模技术[12]，结合人眼视觉特性，构建了市域全覆盖的精工白模，相比传统白模，增加了女儿墙、层线、材质文理等要素的细节表达，体现手绘建筑留白艺术之美（如图2），既保证了城市现状底板的完整性，又降低了建模成本。

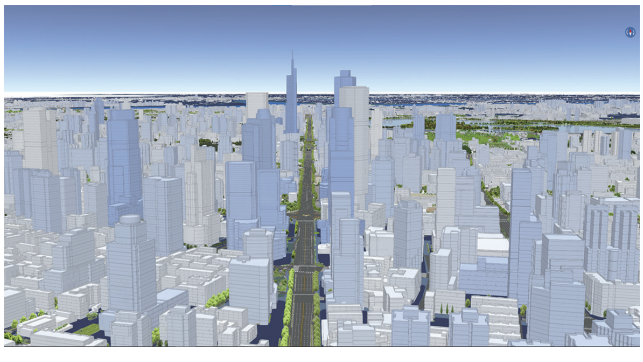


图2　精工白模

针对不同应用场景的要求，数字底板能提前预设，按需组合灵活应对，比如通过虚拟看现场研究某地区环境提升方案，需要较大范围详细了解现状环境情况，简单图层叠加无法满足，还要考虑多源数据根据覆盖范围的物理拼接、去除冗余有机融合，可以先将人工精模、倾斜摄影、激光雷达等高精度现状三维模型按范围拼接，根据现势性、精细度等因素综合取舍去除冗余，再将精细模型未覆盖的区域用精工白模补充，从而实现不同精度现状模型信息的最优全域覆盖（如图3）。



图3　集成融合城市空间底板

在数字地下空间的构建中，将全市普查积累的二维地下管线、地下空间数据，驱动生成三维管井、管线和各种地下空间设施模型，并带有丰富的属性信息，通过项目、设施关系与地上地物有机关联，实现地上地下一体化（如图4）。通过收集汇总工程建设项目建设和地质勘探活动中形成的大量钻孔数据，将其驱动生成三维地质钻孔模型，采用插值拟合方法，构建地质层模型，形成地上地下全空间底板。



图4　地上地下一体

城市发展规划研究中，需要根据不同时期城市建设发展情况，研究城市发展动因和演变规律，在发展规律的基础上进行合理的城市规划和建设；设计师也希望把理想的设计成果融入城市场景，更大范围模拟分析城市未来的发展规划。因此在CIM底板构建中，引入了过去不同时期的正射影像。基于南京历史演变

研究成果[13]，复原了从东吴、东晋到隋唐、南唐、宋、元、明、清、民国不同历史时期的城市空间格局，直观模拟南京市千年文脉、历史格局演变以及城市发展规律（如图5）。在历史文化名城保护中，把历史建筑中真正遗存下来有保护价值的部件（如门、窗、雕花、斗拱等），利用BIM技术建设构件级数字模型，并以BIM构件为载体，挂接细节图片，整合历史建筑的结构、材料、残损、修缮等信息，实现历史建筑的数字化复原和精准保护。在城市未来规划中，将规划成果根据建筑高度、容积率等开发强度指标，驱动生成不同专题的三维规划成果一张图，实现规划成果直观建立起来的目标，让老百姓也能看懂规划、参与城市建设，更加科学高效地管控规划建设活动[14]；在现状底板上，融合植入城市设计模型，开展天际线、街墙立面、景观等分析，使其能更直观地回顾过去、把握现在、规划未来。

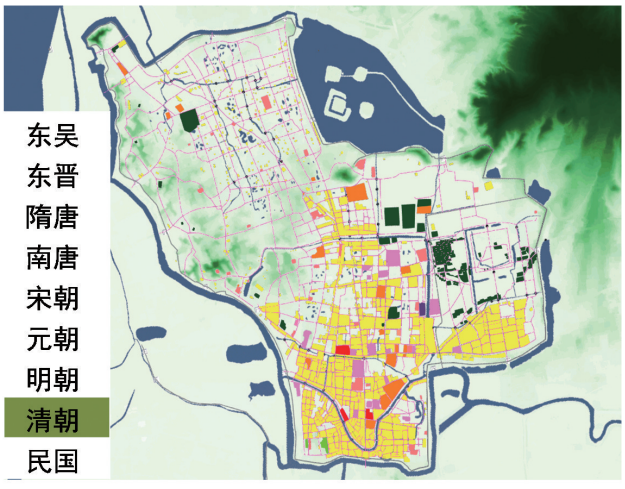


图5 城市空间格局历史演变

BIM数据可高精度地表达城市建筑对象，包括对建筑外廓、功能空间、内部构件等。GIS优势在城市中宏观领域的应用场景，BIM优势在于工程项目级，以GIS作为CIM框架，BIM作为新的数据源补充，让智慧城市的应用场景从室外走向室内功能空间，精度上从建筑单体级走向构件级（如图6），大大提升了服务管理的精细化程度，实现与真实世界的一一映射[15]。通过与工程建设项目在工程规划、施工图、竣工等阶段的BIM方案报建审查系统对接集成，BIM报建模型自动植入CIM场景（如图3），动态更新CIM数字底板，可为CIM提供持久生命力，内生CIM自生长动力。南京市自BIM报建试点项目成果上线运行半年多来，已为CIM底板更新自动提供了20多个建设项目的BIM模型。

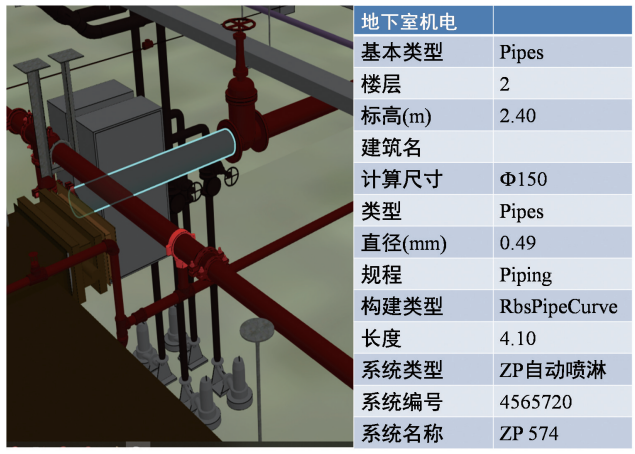


图6 BIM构件级模型

通过多元异构数据的治理融合，尤其BIM与GIS技术有机集成，共同构成了二三维一体、地上地表地下衔接、室外室内连通、历史现状规划共存的多源多尺度全空间的“城市空间数字底板”，实现对城市空间细节的精准刻画。

3.3 CIM动态全息底板构建

以“城市空间数字底板”为载体，项目组尝试接入了城市用水、用电等能耗信息，环境检测、雨情、城市监控视频、物联网监测等动态数据，让城市空间数字底板产生了“神经和血液”，共同构成CIM全息底板。

基于CIM全息底板，可按需构建城市各领域实时动态应用场景，支撑智慧城市的建设与运营。例如在三维不动产示范应用中，基于BIM模型，按照建筑面积的计算规则，提取构建了一套分层分户的不动产权空间模型，挂接不动产权管理信息。为了充分挖掘数据资源价值，以不动产空间模型为载体，进一步尝试挂接用水、用电量等能耗信息，进行可视化分析，直观动态显示片区或者某户过去一段时间的用电量变化情况（如图7），可用于辅助开展房屋空置率分析和单位GDP能耗分析等应用。

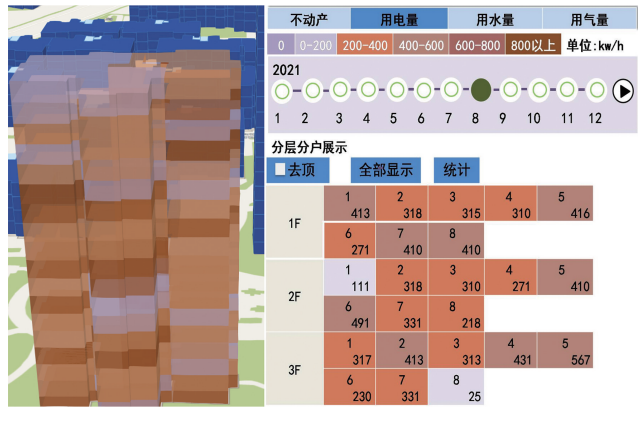


图7 能耗（用电量）分析



图8　多路视频与CIM场景自动融合

为了在CIM场景中融入城市运行的动态信息，利用基于启发式算法的多路视频与CIM场景自动融合技术，实现了多路实时视频自动投影、校准、畸变纠正与CIM场景融合及相邻摄像头实时视频的无缝衔接（如图8），让整个城市的数据处于生动鲜活状态，进一步夯实了CIM的全息底板。

为适应智慧城市应用需要，将CIM二三维数据发布成多种三维服务，满足基于不同三维引擎构建的智慧城市应用系统调用。充分利用时空云或天地图等公共服务平台的现有成果，研发三维数据转换及服务发布公共组件，在组件中集成IFC、RVT、OBJ、OSG、FBX、3DMax等格式的模型转换程序和I3S格式、3DTiles格式、S3M格式的三维服务发布程序，并对外提供统一的调用接口，在此基础上开发了南京市CIM基础平台，用户只要通过平台上传模型数据，平台便会调用公共组件的接口来实现模型格式自动转换及I3S、3DTiles等格式的三维服务自动发布，为智慧城市各领域应用提供全市协同共享的全息空间信息服务支撑。

4　结　论

CIM是GIS应对新时代需求的一种融合创新，它从数据源、展现效果、技术等层面给GIS带来新的生命力。CIM具有良好的开放性、兼容性和可扩展性，通过多源异构数据融合与技术集成，尤其在GIS的基础上融合BIM，不但克服了GIS缺乏对城市实体内部、细节、参数化的精准刻画，还通过工程建设项目BIM报建，为CIM提供自我完善机制，持续推动CIM新陈代谢、自我生长、发展壮大。通过整合经济社会物联网等实时“流”信息大数据，共同构成城市有机生命体的CIM全息底板，实现对城市空间细节的精准刻画，虚实融合、以虚控实，在数字空间对城市治理方案进行不限次数的模拟仿真试错，找到最优解，然后在物理世界执行最优方案，避免在物理世界中为试错付出高昂的成本，实现更精细、更高效、更智能的城市治理。作为城市智慧化转型的空间协同载体，促进智慧城市开放共享、协同互联，为智慧城市的建设和运营提供坚实有力的基础支撑，赋能城市治理体系和治理能力现代化。

参考文献

[1] 习近平. 实施国家大数据战略加快建设数字中国[J]. 中国卫生信息管理杂志,2018,15(1):5-6

[2] 王琦,王鹏,高蕾,等. 让城市更聪明更智慧:习近平总书记浙江考察为推进城市治理体系和治理能力现代化提供重要遵循[J]. 杭州,2020(7):14-16

[3] 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)

[4] 佚名. 达索系统和新加坡政府合作开发“虚拟新加坡”[J]. 智能制造,2015,7(4):98

[5] 文平熙. 数字化芬兰[J]. 中关村,2003(6):43

[6] 习近平. 湖北省考察新冠肺炎疫情防控工作时的讲话[J]. 中国工运,2020,35(5):19-22

[7] 汪科,杨柳忠,季珏. 新时期我国推进智慧城市和CIM工作的认识和思考[J]. 建设科技,2020,41(18):9-12

[8] 住房和城乡建设部. 城市信息模型(CIM)基础平台技术导则[S].

[9] 自然资源部. 实景三维中国建设技术大纲(2021版)[S].

[10] 王亚平,迟有忠,王芙蓉,等. 应用导向下城市级BIM建筑功能分类编码路径探析[C]//南京市国土资源信息中心30周年学术交流会论文集,2020

[11] 李灿灿,王青. 规划管理视角下的三维模型数据标准建设探索:以《南京城市三维地理信息模型数据规范》建设为例[J]. 智能城市,2016,2(10):212

[12] 赵雨琪,牟乃夏,张灵先. 利用City Engine进行三维校园参数化精细建模[J]. 测绘通报,2017(1):83-86

[13] 毛燕翎,王芙蓉,孙玉婷,等. 明朝以后南京老城区用地结构变化与城市系统通达性关系的研究[J]. 城市发展研究,2017,24(1):94-99

[14] 王树魁,王芙蓉,崔蓓,等. 基于现状三维GIS的南京城市设计综合管理平台研究及建设[J]. 测绘通报,2018(12):138-143

[15] 吴志强,甘惟,臧伟,等. 城市智能模型(CIM)的概念及发展[J]. 城市规划,2021,45(4):106-113

第一作者简介：王树魁（1981—），高级工程师，主要从事地理信息、智慧城市、自然资源信息化研究及系统建设。