

BIM 辅助市政道路工程交互设计及协同管理应用

钟 炜¹, 王鹤霖¹, 王 帅²

(1. 天津理工大学 管理学院, 天津 300384; 2. 中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘 要: 论述以交互设计对道路工程空间复杂布局精细化设计和多专业协同管理的重要性, 探索以交互式设计为理念的道路工程设计创新思路及理论方法, 并结合当下流行的 BIM、VR 等技术, 构建了协同平台, 探索大型城市道路多专业协同设计工作的升级模式和实现路径。以实际工程为研究对象, 采用该理论方法和流程体系进行设计, 结果表明, 对道路多专业集成辅助设计的精确度、方案合理性以及协同一致性均可显著提高。

关键词: 交互设计; 建筑信息模型; 道路设计; 协同管理

中图分类号: TU997 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)12-0074-05

Application of BIM in Municipal Road Project Interaction Design and Collaborative Management

ZHONG Wei¹, WANG He-lin¹, WANG Shuai²

(1. School of Management, Tianjin University of Technology, Tianjin 300384, China; 2. China Water Transportation Planning and Design Institute, Beijing 100007, China)

Abstract: The paper discussed the importance of design and professional cooperative management in the interaction design for road project space. The application of the concept of interactive design for road project design innovation thought and theory method was investigated. Combined with the popular technologies such as BIM and VR, the collaborative platform was built up. Then, the professional upgrading of collaborative design work mode and implement path of roads in large city was explored. According to a case study with practical project, it was concluded to use the presented theoretical method and process system. Results indicated that the accuracy of the professional integration of cad, scheme rationality and coordination consistency could be significantly improved.

Key words: interaction design; building information modeling; road design; collaborative management

现代城市道路工程设计工作需综合考虑两方面难题:一是道路沿线服务及到达功能复杂多样,线型设计受较大制约,与周围建构物及用地的衔接要求紧密,涉及平面、纵断、横断构造繁冗;二是需综合考虑道路排水等管网配套设施的空间布局,涉及多

专业在道路选线方案的纵横空间及多个控制点间寻求满足规范的设计施工图^[1],是个较为复杂且有一定难度的系统工程。设计阶段通过借助现代化技术支持,过程实施协同统一的管理体系,可提高方案的准确性和设计人员的工作效率^[2]。交互设计(Inter-

action Design)^[3],起源于图形设计,由 Bill Moggridge 在 1984 年提出,要求设计师的表现手段远非仅仅使用文字和图片,而是要将设计与创建在屏幕上的所有元素进行关联,所有用户可通过触摸、点按或输入,获得更加逼真的体验。其核心思想是以“目标导向”态度解决产品设计。

1 交互设计在道路设计中的价值分析

近年来,建筑信息模型(BIM)、虚拟现实(VR)、人工智能(AI)及可视化仿真等技术逐渐在城市道路工程设计中得到普及应用^[4~8],通过查阅文献^[9,10],以三维立体建模结合多种专业协同,从而优化设计、提高效率是未来道路工程设计工作的发展趋势。采用交互设计思想,不仅将道路设计工作中的多个参建方作为互动的个体,而且是作为联动的整体进行信息传递和沟通,可极大提高内容的顺畅表达和避免沟通层结构的混乱,使项目设计团队互相配合共同达成提高设计效率的目的。

通过阐述传统道路工程设计工作中的难点和弊病,结合项目管理^[11,12]理论体系构建了道路工程可视化设计方案流程体系,并开展以三维实景仿真应用为导向的精准空间布局道路工程三维建模系统理论、方法,并搭建了可用于多专业协同交互信息平台,将上述成果在河北省科技园区某道路工程设计工作中进行了实际应用,与传统道路设计工作相比,该方法应用于道路辅助设计及直观表达,精确度、方案合理性以及协同一致性均显著提高。

2 道路三维设计流程体系

交互设计的目标是创造和建立人与产品及服务之间的有机整体,以“充满社会复杂性的物质世界中嵌入信息技术”为中心思想^[13]。因此,以交互设计的“可用性”和“用户体验”两个层面,对道路工程交互三维设计的原理、流程及方法进行研究,确定了以数字模型为核心的设计优化工作流程,先以无人机航拍结合实景重构三维建模确定道路沿线周边实景模型及初步数字地形数据模型,利用地理信息系统(GIS)平台提取公路工程地形模型,在获得地形(TIN)模型的基础上进行道路平面选线、纵断线及横断面设计,软件会根据道路空间信息及边坡系数与自然地形进行扣减,将工程选线与场地不平整坡面数字化模型测量与开挖计算有效结合,再通过虚拟现实(VR)将上述成果集成输出至终端。具体流程及方法如图1所示。

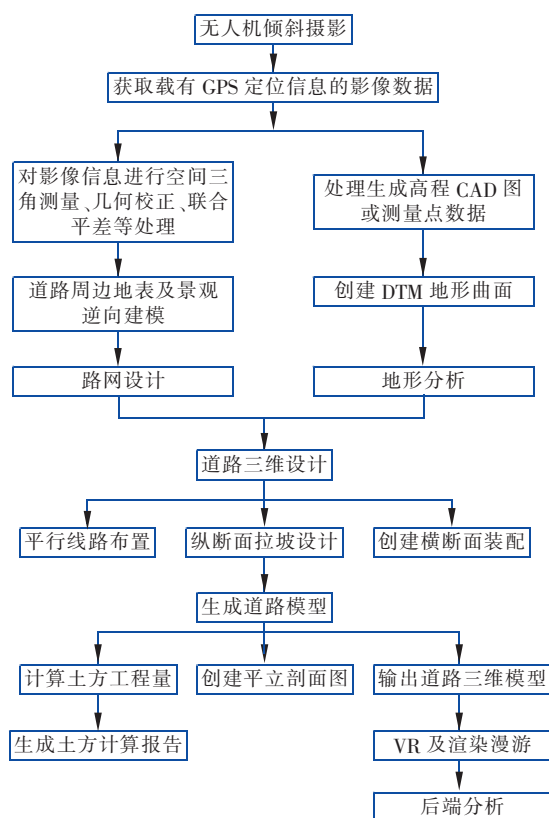


图1 三维道路建模流程体系示意

Fig.1 Three-dimensional road modeling flow diagram

3 协同管理系统平台架构设计

交互设计工作是关心以人为本的用户需要,当设计建模工作完成后,如何在道路工程地面以下进行复杂空间优化布局是另一个亟待解决的关键问题^[7]。传统设计人员需将三维设计构思运用二维平面单向表达的过程,业主、设计、施工和监理依据经验理解设计意图,这在三维空间复杂度低、工程相似性高的时候问题不大。但是,市政道路工程目前发展主要呈现空间结构复杂(高架互通)和协调难度大(多专业管网综合)的态势,突出表现为:断面复杂、地形起伏大、涉及专业较多、空间布局有限、设计数据庞大且文件资料多等特点;而市政道路的路面边坡、交叉口、互通立交、绿化带开口、公交站等通常要求更加精细、复杂的协同工作为支撑,在传统二维设计模式下多专业分散设计,将面临信息“孤岛”效应,体现为信息传达效率低、数据错漏、资料管理混乱、误解风险高、各方沟通成本高、方案论证时支撑数据不足等问题。

笔者采用工程创建平台与工程管理平台相结合的方式,针对案例工程设计了多专业协同建模平台,

旨在提升该工程海量设计信息的一致性和协调性;所建立协同平台旨在实现项目全生命周期协同,其意义并非仅指向设计成果的共享协同,而是一种自设计而始、至运维而终的协同(见图2)。设计完成后,可实现基于设计成果共享的项目协同(见图3)。

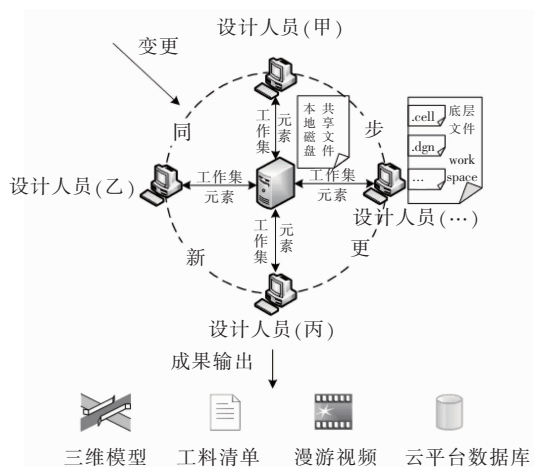


图2 工程创建平台协同设计原理示意

Fig.2 Project design platform collaborative design principle



图3 工程管理平台示意

Fig.3 Project management platform diagram

针对实际工作中参与设计的人员可能来自不同企业或同一企业不同部门,设计人员的交互可能是实时(协同造型或标注)或异步,平台具有针对协同设计的分布性、交互性、动态性。

4 工程实例

4.1 工程介绍

某道路工程位于河北某科技城区域,为一期市政基础设施及配套工程。主要包含场地平整工程、道路工程、桥梁工程、交通工程、给水工程、中水工程、雨水工程、污水工程、燃气工程、热力工程、通信工程、电力工程(预留位置)、照明工程、景观绿化工程(含综合公园及街区公园、路侧绿化、道路绿化)等,项目规划见图4。该工程特点如下:道路众多,

各道路平立面交叉及交流道联络形式多样;地形起伏较大,立面线型设计繁琐;地下管线复杂,涉及雨污、给排水、燃气、电力等多专业管线综合,协调难度大;工程体量大,参与方多,资料往来频繁,沟通成本高;空间紧凑且配套管线管材、工艺要求、埋深及技术标准不同,事前统筹难度大。

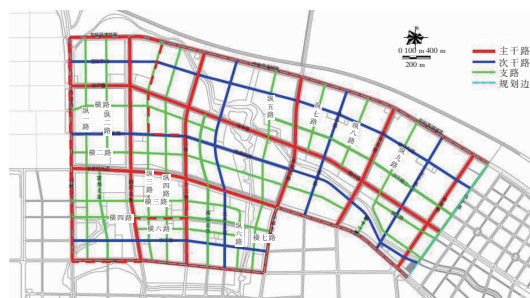


图4 项目规划

Fig.4 Project plan

4.2 案例应用

4.2.1 三维地形及填挖方量分析

路网布置需优先考虑地形,不同地形特征影响不同的路网分布特征,同时其起伏变化也反映了不同层次景观视觉效果。道路平面及纵断取线需以现有地形条件为基础,在优化填挖平衡方案、消解道路坡度带来的撞击阻力或落差、增长来车视线距离、保护行车安全、增进道路美观等多者间寻求平衡。

具体流程如下:步骤1,创建三维地形,链接地形数据 TIN 格式进行操作和分析;步骤2,以道路的平面取线为轨迹、纵断走向为深度,对道路平面轮廓进行投影;步骤3,定义填挖深度、坡度、挖填比创建和处理地址区域地形模型,通过差值分析,可得到填挖工程量(见图5)。经多方案对比,笔者所采用方法得到的土方量比传统方法^[12]更加精确,且计算过程自动化、规划化,是对道路设计的巨大优化。

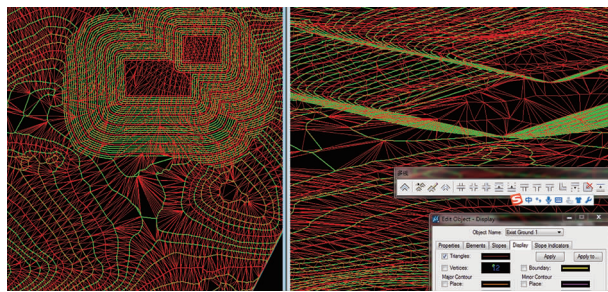


图5 地形及填挖方案处理及分析

Fig.5 Topography and reclamation solution processing and analysis

4.2.2 道路主体设计

在本案例中,采用基于设计的三维建模方法,而非平面 CAD 设计文件的二次翻模,且相关道路多以直线与线性渐变为主,故采用交点法进行设计建模,操作简便、快捷,工作效率高。将道路主体设计分为道路平面取线设计、纵断线设计、横断面设计、土木单元(交叉口)设计。平面、纵断线、横断面共同拟合成道路空间线型三维实体,与土木单元组合即为道路主体,这样保证道路模型与地形始终保持契合性,从而保证设计的合理性、规范性。

4.2.3 管网设施设计

对于断面的交叉部分,通过管线会造成施工难度增加等问题,设计中要有效结合地形以及地质条件,充分考虑管网与主体结构的有效搭接,采用数字三维地质模型(见图 6)预判工程管网在某些关键部位的空间、位置的安置合理性,预先采取手段,克服管网密集区域设计难度较大、施工复杂程度增高等问题。

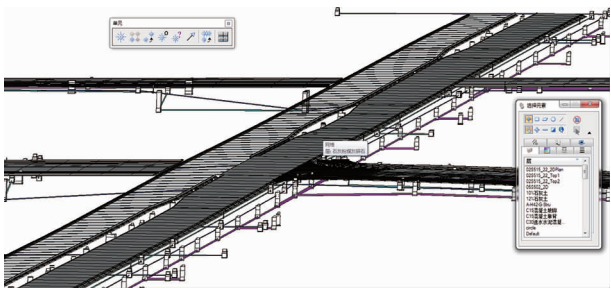


图 6 多专业综合模型

Fig. 6 Multi-disciplinary integrated model

基于平台协同设计的特性,当某一专业的设计发生变更时,因为参照映射的原理,其他专业设计人员均可实时更新观察到,若与本专业发生碰撞可及时沟通协调再定点修改,提高了模型的校正效率。

4.3 道路虚拟仿真场景设计

城市道路服务承载城市交通功能,服务的对象是人和车,强调人、车、路和环境的整体协调,在细部设计中应体现人文关怀。传统的道路设计理念将车辆指标作为设计的出发点,在考虑车辆外轮廓尺寸、交通量、设计速度的基础上进行公式推导和数理计算以满足车辆行驶要求,从而保证安全。但是人作为车辆驾驶者的主体同样是交通安全的重要因素,以往的人性化设计受理念或技术条件的限制难以具体落实。

应用交互设计理念,结合虚拟现实技术的沉浸、想象、交互三大特征与公路设计进行结合以体现以人为本的设计理念:①通过模拟驾驶和任意角度漫游等交互操作体验驾驶员视觉感受、通过驾驶人安全感评价校验道路线型组合。②将设计构念与现实环境进行融合,对景观方案进行实时模拟,直观检查设计方案的合理性与协调性,开展多方案比选和优化达到最优方案。虚拟市政道路建模主要包括地形、交通工程设施、道路线型、植物、道路两边建筑物。这种新型人机对话的方式将艺术思维与科技工具密切交融、相互渗透生成全新认知体验,赋予设计过程以新的含义,同时促进设计者与项目利益相关者的沟通与反馈,甚至赋予相关者参与再创造的机会。项目虚拟场景仿真如图 7 所示。



图 7 项目虚拟场景仿真实景漫游截图

Fig. 7 Project virtual scene simulation real roaming screenshot

5 结语

交互设计在道路工程中的具体应用,不仅以设计“产品”为结果,而重视设计工作的行为和过程,强调设计部门的过程性信息共享及协同管理能力,运用无人机航拍建筑信息模型、地理信息系统和虚拟现实这类现代化技术均成为道路工程设计的重要手段,从而有利于设计方案的成功输出和评估工作。

选取实际道路工程的设计工作加以验证,经实践得出,应用该方法对于复杂城市道路设计工作所涉及的多专业在设计出图整体合并环节当中的部件冲突甚至施工图搭接混乱起到了较为明显的改善作用,并且通过上述方法,使得各专业工程和工艺输出信息流畅,对于工程主要和次要工作表述清晰。实践成果证明,该方法相对于传统二维设计,对于不同专业设计人员直接的内部信息共享,以及与施工单位在施工图技术交底环节的信息协调,与建设单位设计方案直观表述,均能体现设计阶段信息横向传

递、纵向传导的高效性和科学性,成为可供项目参建方进行工程实体有效表达的各方满意的表述成果。

参考文献:

- [1] 杨辉,陈冬冬. BIM在城市道路设计中应用的探索[J]. 公路交通科技:应用技术版,2017,(5):141-142.
Yang Hui, Chen Dongdong. Application of BIM in urban road design[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development: Application Technology, 2017,(5):141-142(in Chinese).
- [2] 刘茂华,肖健宇,刘柏良. 三维虚拟场景中道路选线设计方法研究[J]. 中国科技论文,2017,12(3):332-335.
Liu Maohua, Xiao Jianyu, Liu Bailiang. Study on design method of road alignment in 3D virtual scene[J]. China Science Paper, 2017, 12(3):332-335(in Chinese).
- [3] Shedroff N. Information Interaction Design: A Unified Fied Theory of Design[M]. Massachusetts: The MIT Press, 1999.
- [4] 吴建,刘向阳,郭腾峰,等. 道路BIM技术在设计领域的研发现状分析与发展策略初探[J]. 公路,2016,(4):7-13.
Wu Jian, Liu Xiangyang, Guo Tengfeng, et al. Exploration to current situation and development strategy analysis of BIM in highway design[J]. Highway, 2016,(4):7-13(in Chinese).
- [5] 王长虹,陈加核,朱合华,等. 三维环境下的地下管线实时设计[J]. 同济大学学报:自然科学版,2008,36(10):1332-1336.
Wang Changhong, Chen Jiahe, Zhu Hehua, et al. Subterranean pipeline real-time design in three dimensional system[J]. Journal of Tongji University: Natural Science, 2008, 36(10):1332-1336(in Chinese).
- [6] Mohammadali H, Erfaneh A, Bauke de Vries, et al. Smart-BIM virtual prototype implementation[J]. Automat Constr, 2014, 39:134-144.
- [7] Li X, Wu P, Shen G Q, et al. Mapping the knowledge domains of Building Information Modeling (BIM): A bibliometric approach[J]. Automat Constr, 2017, 84:195-206.
- [8] Liu Y, Sander van Nederveen, Marcel H. Understanding effects of BIM on collaborative design and construction: An empirical study in China[J]. Int J Project Manage, 2017, 35(4):686-698.
- [9] 李朦,王舜和,郭淑琴. Bentley在三维市政管线综合中的应用与探讨[J]. 中国给水排水,2016,32(16):63-65.
Li Meng, Wang Shunhe, Guo Shuqin. Application and discussion on Bentley in comprehensive three-dimensional design of municipal pipelines[J]. China Water & Wastewater, 2016, 32(16):63-65(in Chinese).
- [10] 王雯珏. Civil 3D在电厂总图道路设计中的应用[J]. 武汉大学学报:工学版,2013,46(S1):5-8.
Wang Wenjue. Application of Civil 3D to general plan road design of power plants[J]. Engineering Journal of Wuhan University, 2013, 46(S1):5-8(in Chinese).
- [11] 孙明荣,赵军. 传统项目管理模式在某高速公路工程中的应用[J]. 水运工程,2006,(7):49-53.
Sun Mingrong, Zhao Jun. Application of traditional project management method in an expressway project[J]. Port & Waterway Engineering, 2006,(7):49-53(in Chinese).
- [12] 马智亮,张东东,马健坤. 基于BIM的IPD协同工作模型与信息利用框架[J]. 同济大学学报:自然科学版,2014,42(9):1325-1332.
Ma Zhiliang, Zhang Dongdong, Ma Jiankun. BIM-based collaborative work model and information utilization framework for IPD project[J]. Journal of Tongji University: Natural Science, 2014, 42(9):1325-1332(in Chinese).
- [13] Rosaline B, Yngve L, Fazle R. A bottom up approach for synchronous user interaction design and workflow modeling[J]. Proced Comput Sci, 2016, 98:340-347.



作者简介:钟伟(1977-),男,天津人,管理学博士,副教授,副院长,主要研究方向为工程系统优化决策、三维信息仿真。

E-mail:895638705@qq.com

收稿日期:2017-11-30