

DOI:10.3969/j.issn.1004-4655.2018.01.009

# 华为松山湖智慧园区有轨电车延伸线工程: UGB(UAV+GIS+BIM)的综合应用

李 慧

[上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司, 上海 200125]

**摘要:** 华为松山湖智慧园区有轨电车延伸线工程, 是业界第一次将 UAV、GIS、BIM 及 VR 等多元技术无缝结合应用的超大体量项目。在大数据时代, 通过高精度无人机倾斜摄影、地形导出、方案创建、模型生成、优化设计、方案深化以及更新模型等技术, 极大提高设计效率, 这是工程领域的重要变革。

**关键词:** 有轨电车; UGB; UAV; GIS; BIM; VR; 精度; INFRAWORKS

**中图分类号:** U482.1      **文献标志码:** B      **文章编号:** 1004-4655 (2018) 01-0029-04

随着世界科技的进步, 计算机技术日新月异, 人工智能、云计算已实现, 智能化、信息化和自动化时代已到来。BIM 技术、无人机倾斜摄影技术, 就是新科技的产物; 将其与 GIS (地理信息系统) 高效无缝结合, 提高市政工程设计的质量和效率, 是文章讨论的重点。

## 1 项目概况

华为松山湖智慧园区有轨电车延伸线项目组拥有一支整合强大的设计力量, 约 30 位专业人员组成, 包括线路、景观、建筑、桥梁、结构、排水、电气以及 GIS 等; 项目组集成日建设计、华阳国际、岭南园林、英海特 (INHABIT) 等国际知名设计院的设计成果。

华为作为中国当代民族企业的代表, 要求在园区设计中必须遵循“绿色、生态、创新”的理念, 从建筑设计、轨道设计、景观设计等方面, 充分利用生态资源, 与高新技术结合, 节约能源。华为松山湖智慧园区 BIM 整体图及全景图分别见图 1 和图 2。



图 1 华为松山湖智慧园区 BIM 整体图



图 2 华为松山湖智慧园区 BIM 全景图

华为终端总部地处东莞市松山湖科技产业园区, 总占地面积约 12 km<sup>2</sup>。华为松山湖基地重塑世界闻名的 12 个经典城市或地区, 以群体构筑的手法营造一座经典的园区, 并以标志性建筑物、中心广场、庭院以及与周围相呼应的建筑群相互贯通、交融, 展现“整体”的意境。

2014 年 3 月, 华为公司董事长任正非正式委托上海市城市建设设计研究总院 (集团) 有限公司独立承担“华为松山湖智慧园区有轨电车延伸线工程”的设计工作, 延伸线工程共分为 3 段, 串联整个园区, 全长约 13 km。

## 2 UGB 体系的应用

### 2.1 项目难点

1) 项目涉及与现有泄洪渠、水库、桥梁以及山体等协调问题; 也有和正在建设的终端项目有轨电车线路的合流问题, 情况比较复杂。

收稿日期: 2017-12-05

作者简介: 李慧 (1989—), 女, 工程师, 硕士研究生, 主要从事 GIS 与 BIM 技术的研究。

2) 业主(华为公司)对于桥梁造型和全线环境景观的要求很高。

## 2.2 UGB 体系

传统平面设计和表达方式已不能满足设计需求,UGB 体系恰能展现强大的设计能力。UGB 体系(见图 3)是指:UAV(无人机)倾斜摄影技术、GIS(地理信息系统)技术及 BIM(建筑信息模型)技术等 3 种高科技相结合的设计方式<sup>[1-2]</sup>。

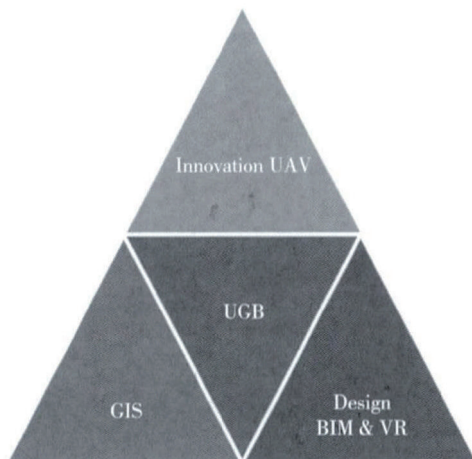


图 3 UGB 体系示意图

1) 无人机(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)摄影测量技术是一种新型数据获取方式,具有数据采集快捷、成果精度较高、成本低、便于携带和容易转场等优点,已成为当前测量的重要手段之一。

2) 地理信息系统(Geographic Information System 或 Geo-Information system, GIS)也称为“地学信息系统”。它是一种特定的、十分重要的空间信息系统,是在计算机硬、软件系统支持下,对整个或部分地球表层(包括大气层)空间中的有关地理分布数据进行采集、储存、管理、运算、分析、显示和描述的技术系统。

3) 建筑信息模型(Building Information Modeling, BIM)是以建筑工程项目的各项相关信息数据为基础,通过数字信息仿真模拟建筑物所具有的真实信息。通过 3D 建筑模型,实现工程监理、物业管理、设备管理、数字化加工及工程化管理等功能。用 BIM 正向设计并直接运用于业主汇报,直接打破常规的设计与汇报手段。

运用 GIS 和 BIM 技术结合,可直观反映复杂地形。设计师在现状地形上进行有轨电车线路设计更加直观清晰,极大提高设计效率。业主对景观要求极高,任意视角快速修改可满足业主要求。现场

与设计对比图见图 4。

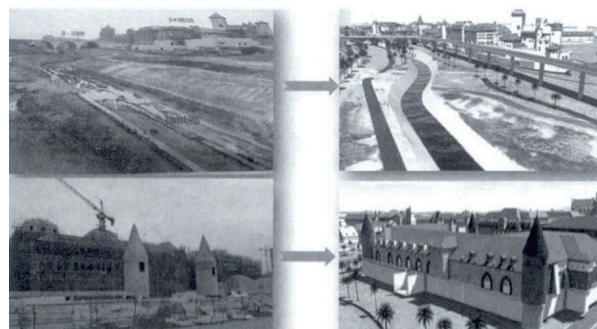


图 4 现场与设计对比图

## 2.3 第一阶段：人机倾斜摄影数据采集

在设计初期,采用无人机倾斜摄影软件等技术生成环境模型,其中包括规划建设中的房屋建筑模型。华为松山湖智慧园区有轨电车项目,是业界第一次将 UAV、GIS、BIM 及 VR 等多元技术无缝结合在一起的超大体量项目;运用多款软件,包括 CAD、REVIT、CIVIL3D、INFRAWORKS、FUZOR、LUMION、ARCGIS、ALTIZURE 及 3DMAX,进行多专业的协同<sup>[3]</sup>。

由于园区环境的复杂性,采用瑞士固定翼无人机和大疆多旋翼无人机,进行现状高精度数据采集,运用 AUTODESK、RECAP 等软件进行复杂数据处理,得到点云数据、3D 模型数据。还原真实地形和现状,为后期高效的 BIM 设计打下基础。通过多次飞行,包括设计阶段、施工阶段,提高设计精度,贯穿项目的全生命周期。EBEE 无人机示意图见图 5。

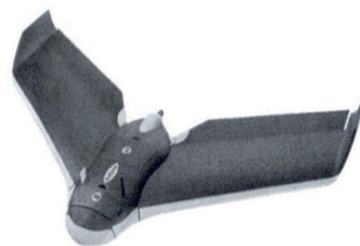


图 5 EBEE 无人机示意图

无人机飞行具体流程如下。

1) SET FLYPATH。设定飞行路线,播放模拟线路行进中的周边环境。

2) EBEE FIGHT。使用安全性、稳定性很高的智能高精度测绘固定翼无人机,现场规划路线;手抛起飞,地面站实时观测飞行参数,智能降落。

3) CLOUD PROCESSING。无人机航测数据进行云端处理后,可下载一个分层显示优化的浏览



器，进行 3D 量测，获得直线距离、投影高度、表面面积、投影面积以及填挖方数，为后续设计提供辅助决策和资料。

4) RECAP360。使用 RECAP 对无人机航拍照片生成的点云进行手工编辑，剔除水面、建筑物等，获得纯地形实景模型。

5) ARCGIS 地形制作。利用 ARCGIS 的 GIS3D 分析功能，对 RECAP 编辑后的地面点进行差值，生成栅格的地形模型，导入 AIW 和 CAD 进行设计、展示。

6) 3DMAX 操作视频。作为设计软件的效果和性能，使用 3DMAX 对无人机建模数据进行修饰、修复和简化，且对重点模型进行单体建模。

7) WEB BROWSING。无人机航测数据直接导入 WEB 中，进行网上展示。结合周边地图，对设计、效果进行深入解读、决策。

无人机数据处理应用示意图见图 6。

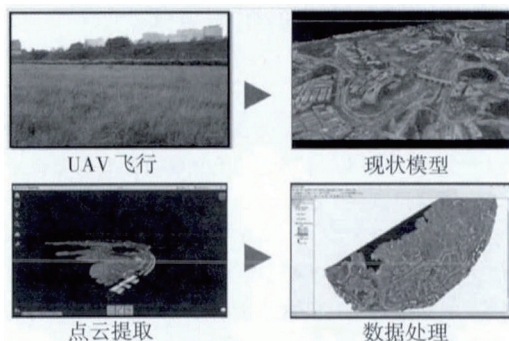


图 6 无人机数据处理应用示意图

作为一个大集成综合设计软件，集合多家设计院的设计成果；整合建筑、河流、景观、桥梁、管线、道路、轨道、山体及泄洪渠等多方数据。全面翔实的综合环境模型，高精度的现状地形和环境数据，极大提高设计精度和效率，使线路方案与周边环境相融合。在综合环境模型中，直接进行各专业设计，充分考虑各方影响因素，沟通便利，提高设计效率，减少返工。

另外，使用 RECAP 对无人机航拍照片的点云进行手工编辑，剔除水面、建筑物等，获得纯地形实景模型。由于数据量达到 50 GB，利用云端数据传输可在不同时间、不同城市、不同专业实现共享和协同设计，为各专业的协同设计提供极大便利，设计效率是传统设计的 10 倍。

## 2.4 第二阶段：BIM 正向设计

在后续设计中，采用 INFRAWORKS 直接进行

BIM 正向设计，INFRAWORKS 与 CIVIL 3D 协同运作，发挥重要的设计作用。BIM 正向设计步骤示意图见图 7。

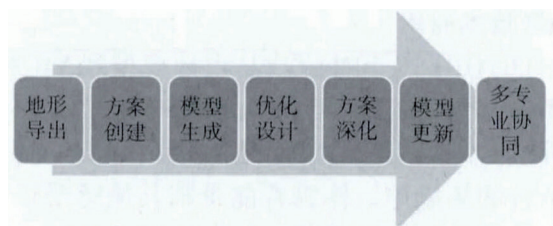


图 7 BIM 正向设计步骤示意图

1) 地形导出。在获得真实地形后，从 INFRAWORKS 导出地形曲面至 CIVIL3D，并开展线路方案设计。

2) 方案创建。在 CIVIL3D 中创建线路和纵断面。

3) 模型生成。将线路导入 INFRAWORKS，初步确定道路及有轨电车敷设方式，包括地面轨道、高架轨道、地下隧道等。

4) 优化设计。在真实的 3D 环境中对线路进行优化、调整及比选。

5) 方案深化。将调整好的线路更新 CIVIL3D 模型，确定道路横断面、放坡等要素。

6) 更新模型。将更新的 CIVIL3D 成果反映到 INFRAWORKS 中。

此外，对于水渠、辅路及桥梁等，在 CIVIL3D 中描绘平面线路后直接导入 INFRAWORKS 中，生成 3D 模型。

INFRAWORKS 和 CIVIL3D 协同支撑 BIM 正向设计。在具体设计中，采用 BIM 正向设计，让“小火车”在水面行驶，体现科技与美和谐共生。最大程度将功能与环境完美结合，人、水、车、桥在空间上的错落有致，造就水中慢行的独特境界（见图 8）。



图 8 “水与车和谐共生” BIM 设计效果图

INFRAWORKS 在模型上可及时修正错误，通过调整优化，降低工程对环境的影响，提高设计合理性、经济性及可持续性。此外，模型生成器可快速下载项目周边地形，将核心园区及以外区域批量

下载，为方案设计打下准确基础，再叠加高精度无人机倾斜摄影，进行完美融合，从视觉到设计，都有质的飞跃。

### 3 VR 技术应用

AUTODESK BIM 完成从设计模型到 VR 展示，为优化设计方案提供极大便利。VR 技术在可视化分析中比传统 3D 浏览更加出色。在站点与周边环境结合的场景中，体验者能身临其境感受设计风格。将 VR 与 BIM 结合，身临其境的体验，让设计师与使用者相互探讨、优化完善设计方案，打造更为完美的产品；还可进行施工方案优化，虚拟交底等。

在设计阶段，模拟园区道路交通，通过交通模拟功能分析进出园区车流量与等待时间，直观反映道路通行能力。另外还进行行为模拟分析，结合行为模拟能够清晰反映道路拥堵点，辅助设计师及时优化园区路网设置，减少拥堵。分析模拟功能的加入使设计优化手段更丰富、更科学。VR 虚拟现实应用示意图见图 9。



图 9 VR 虚拟现实应用示意图

（上接第 28 页）

### 4 结语

基于 REVIT 进行参数化建模，完成隧道的建模过程。参数化模型具有以下优点。

1) 参数化自动生成模型主要采取零件组装的建模思路。从建立各类型管片到装配成单环，再到多个单环装配成隧道的过程。组装过程可视化，及时发现管片排版碰撞点。

2) 参数化建模对模型的后期应用起到重要作用。基于 Dynamo 开发的 Revit 外部程序，利用参数化模型，只要改变对应的 EXCEL 输入文件，就能同步更新至整个隧道，快速调整其中某一环管片的参数。

3) 参数化建模能添加更多的模型细节。以单环模型为例，亦可通过修改基础的单环文件，为其添加螺栓孔、排水槽、口字件、公路面等多种细节。

### 4 结语

在华为松山湖智慧园区有轨电车设计中，多种新技术无缝融合，在 INFROWORKS 平台上，多专业进行协同设计，为设计人员带来极大便利。设计周期从 6 个月缩短至 2 个月，成功节约设计团队约 30% 的人力。通过 BIM 与 GIS 结合，在华为项目地形复杂、景观要求高、多期工程紧密衔接的工程中发挥重要作用。特别在以下 4 点具有突出优势：轨道与地形结合，提高轨道纵断面 3D 设计准确性；方案变化，可实现快速调整响应；向业主汇报时，完全打破平面化汇报方式，利于与业主达成共识；指导施工，以 BIM 精准模型指导施工，减少返工。

此项目融入多种新技术、多方协同、多方参与，运用 UGB 体系，真正实现 BIM 正向设计。华为松山湖园区项目的 BIM 应用与研究，是当下设计手段进步与融合的革命，开创一个崭新的 BIM 时代，在市政工程领域创造出一条崭新的设计路线。将是未来设计、施工与管理的主流方式。

### 参考文献：

- [1] 清华大学 BIM 课题组. 中国建筑信息模型标准框架研究 [M]. 北京：清华大学出版社，2011.
- [2] 林友强，曾明根，马天乐，等. 桥梁工程设计 BIM 技术应用探索 [J]. 结构工程师，2016，32（4）：7-12.
- [3] 王树源. 国外军用无人机发展现状与趋势 [J]. 硅谷，2014，7（18）：5-7.

4) 通过工程实例，建模所需时间由 8 d 缩减为 4 h，模型修改和调整基本在 1 h 之内完成，大幅提高工作效率。

### 参考文献：

- [1] 陆海燕，钟铁夫，王秀文. 基于 BIM 的框架结构参数化设计研究 [J]. 土木工程工程信息技术，2015，7（5）：107-112.
- [2] 喻钢，胡珉，高新闻，等. 基于 BIM 的盾构隧道施工管理的三维可视化辅助技术 [J]. 现代隧道技术，2016，53（1）：1-5，16.
- [3] 刘风华. 盾构隧道通用管片拟合排版与管片选型技术研究 [D]. 上海：同济大学，2007.
- [4] 赵国旭，何川. 隧道管片设计优化分析 [J]. 中国铁道科学，2003，24（6）：61-66.
- [5] 滕丽，刘艳滨，张湄. 周家嘴越江隧道工程 BIM 技术研究应用概述 [J]. 城市道桥与防洪，2016（8）：256-259，287.
- [6] 李媛，王其明，李宝龙，等. 预制装配式停车楼的参数化生成设计 [J]. 土木建筑工程信息技术，2016，8（5）：51-57.

automatic assembly within the whole-process for the tunnel model. Making use of DYNAMO + REVIT, and by inputting simple segment feature data, it can build tunnel model quickly. What's more, it can update the entire model and complete the modification synchronously just by changing the segment parameter in the input file. The realization of this technology greatly improves the speed of REVIT modeling and modification, it also save labor cost effectively. Ideas are proposed on how to parameterize the creation of line-type REVIT 3D model, effective solutions are found out and applied to the engineering practice.

**Key words:** REVIT;

DYNAMO;

parametric;

3D model

**Huawei Songshan Lake Intelligent Park Tram**

**Extension Project: Comprehensive Application  
of UGB (UAV+GIS+BIM)**

**LI Hui**

**(Shanghai Urban Construction Design &**

**Research Institute [Group] Co., Ltd., Shanghai**

**200125, China)**

**Abstract:** With the background of Huawei Songshan Lake Intelligent Park tram extension project in this paper, it is a super-large volume project and it is the first time that UAV, GIS, BIM, VR and other multi-element technologies are combined seamlessly to realize the application in this industry. In the era of big data, technologies such as high-precision UAV tilt photography, topographic export, plan creation, model generation, optimization design, program deepening and update models have greatly improved the design efficiency. This is a significant revolution in the engineering field.

**Key words:** tram;

UGB; UAV;

GIS; BIM; VR;

precision;

INFRAWORKS

**ENVIRONMENTAL ENGINEERING**

**British Sludge Treatment & Disposal and Its**

**Enlightenment to China**

**CHEN Qi-nan**

**(Shanghai Drainage Administration Agent,**

**Shanghai 200001, China)**