

基于 BIM 技术的道路改扩建研究与应用

沈照庆, 魏鹏飞, 董朝辉, 鲁武当

(长安大学 公路学院, 陕西 西安 710064)

摘 要:为方便设计行业人员了解以及选用 BIM 软件进行道路的三维建模,结合 BIM 技术在国内道路设计领域的应用现状,运用 SWOT 分析法对当下国际上最流行的 3 种道路建模软件的应用情况及特点进行了详尽的对比和分析。以商洛市香菊路道路改扩建项目为例,对 Bentley 平台的 PowerCivil for China 的三维建模设计流程做了详细的介绍,即从建立数字地面模型、道路几何线形设计、横断面模板定制、廊道设计等方面分析了 PowerCivil 在使用过程中存在的优缺点,并从几何线形设计和廊道设计方面对比了 PowerCivil 和 Civil 3D 的异同,接着尝试将 PowerCivil 的建模成果与实景网格进行合并,指出了两者合并过程中可能会出现的问题,给出了相应的解决办法,最后将两者融合的成果导入 LumenRT 输出动画。研究认为,BIM 方法相较于其他建模方法来说,设计成果更加直观、形象,可以为项目决策提供更加可靠的依据,但其设计成果目前还并不能完全应用于指导项目的施工阶段。研究结果表明,运用 PowerCivil 软件进行道路的三维建模,可以更准确地呈现其在实际项目场景中的情况,对推广 BIM 技术在道路改扩建中的应用具有很大的意义。

关键词:BIM 技术;道路;实景;改扩建;SWOT 分析法

中图分类号:U416

文献标志码:A

文章编号:1671-6248(2017)06-0043-11

Research and application of road reconstruction based on BIM technology

SHEN Zhao-qing, WEI Peng-fei, DONG Chao-hui, LU Wu-dang

(School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

Abstract: Combined with the application of BIM technology in the field of road design in China, the application and characteristics of the three kinds of the most popular road modeling software in the world were compared and analyzed detailedly by SWOT analysis method to facilitate design industry personnel to understand and use BIM software for three - dimensional modeling of road. Taking the road reorganization

收稿日期:2017-09-13

作者简介:沈照庆(1981-),男,山东沂源人,副教授,工学博士。

and expansion of Xiangju Road in Shangluo city as an example, the three - dimensional modeling design process of the PowerCivil for China on the Bentley platform was introduced in detail. Specifically, the advantages and disadvantages of PowerCivil in the process use were analyzed from the aspects of establishment of digital ground model, road geometric alignment design, cross - section template customization, corridor design and so on. The similarities and differences between PowerCivil and Civil 3D were compared from geometric line design and corridor design. Then, the modeling results of PowerCivil and real scene grid were merged, the problems which may appear in the process of merging two were pointed out, and the corresponding solutions were also given. Finally, the results of the integration of the two were imported into the LumenRT output animation. It is considered that the BIM method is more intuitive and visual than other modeling methods and can provide a more reliable basis for project decision. However, the design results cannot be fully applied to guide the construction phase of the project at present. The results show that the three - dimensional modeling of road by using PowerCivil software can more accurately present the situation in the actual project scene, which has great significance for popularizing the application of BIM technology in road reorganization and expansion.

Key words: BIM technology; road; real scene; reorganization and expansion; SWOT analysis method

BIM (Building Information Modeling) 为“建筑信息模型”的简称,由美国乔治亚理工大学查克伊士曼博士提出,其被定义为:建筑信息建模是将一个建设项目在整个生命周期内所有构件的几何特性和功能整合到一个三维的模型中,这个模型还包括施工进度、建造过程的过程信息。BIM 的核心不是模型本身(几何信息、可视化信息),而是存放在其中的专业信息(建筑、结构、机电、热工、声学、材料、价格、采购、规范、标准等)。当下国内道路设计领域中有关 BIM 技术的应用参差不齐,关于 A (AutoDesk) 好还是 B (Bentley) 好的争论更是仁者见仁智者见智,本文旨在通过实际道路改扩建中的应用,为道路三维设计提供参考^[1]。

国内的 BIM 技术应用已经有十几年,尤其是最近几年 BIM 技术的发展更加迅猛,相较于建筑行业 BIM 的发展速度,道路行业的发展相对缓慢,因为道路多呈带状分布,与地形紧密结合,涉及的面广,不可控因素较多,且数据量庞大。

李俊超指出在道路的三维建模领域中,通过将 Civil 3D 做出的成果导入到 3ds Max Design 中渲染加工,最终获取道路的三维景观模型,结果表明

Civil 3D 的渲染能力有限,其研究结论给本文中的 SWOT 分析提供一种参考^[2]。殷爱国等针对 BIM 技术在交通领域的应用以及在应用各个阶段中遇到的问题进行了详细说明,结果表明,应选择复杂程度低、规模较小的工点,并着重理顺某专业的 BIM 三维设计过程^[3]。张波将 BIM 技术应用于道路设计领域,通过 Infraworks 360 与 Civil 3D 进行协同设计提高了道路三维可视化的设计质量,但是 Civil 3D 在国内路线和立交出图标准的设计库方面不够丰富^[4]。蒋艺等将 BIM 技术应用于道路建模领域,阐述了 PowerCivil for China 可以根据现有的规范标准对道路进行设计,也可根据二维设计成果导入自身构建三维模型,并着重对横断面模板的定制、挡墙的设置等设计要点进行了说明,结果表明“PEPCTO”项目模式的全生命周期管理是未来发展的趋势^[5]。张波将 BIM 技术应用于道路设计领域,将二维道路设计成果导入 CATIA 软件进行三维建模,结果表明 CATIA 不能套用现有的规范标准直接对道路进行三维建模^[6]。李银将 BIM 技术应用于道路设计领域,运用 SWOT 分析法对国际上主流的数字化平台 Dassault Catia、Bentley MicroStation、Auto

Desk Revit 进行了对比分析,结果表明 Bentley 平台的产品模块可以覆盖设计过程中的全部专业^[7]。曾俊等将 BIM 技术应用于道路设计领域,采用理论结合实践的方法对 Power InRoads 使用中问题进行分析,结果表明 Power InRoads 在施工图出图方面实现现行规范样式要求程度比较繁琐^[8]。王丽园等对在道路勘察设计阶段中需要满足 BIM 的条件进行了研究,结果表明在完整的 BIM 公路全生命周期应用、BIM 设计效率与设计质量等方面仍有待研究^[9]。吴守荣等结合实际的地铁施工项目构建 3D 施工模型,研究了 BIM 技术在轨道交通施工管理中各环节的应用,结果表明利用 BIM 技术可以更好地对城市地下空间及城市交通进行施工管理^[10]。张人友等对近年来国内外不同种类的 BIM 类建模软件进行了功能上以及优劣势的分析,其研究结论使我们对 BIM 类软件的了解更加清晰^[11]。蒋先进等分析了 BIM 技术在实际城市轨道交通项目中的应用前景,结果表明需要各方共同努力才能更好地推广 BIM 技术^[12]。戴荣里将 BIM 技术应用于施工领域,证明了 BIM 技术能够很好地解决施工现场的各种棘手问题^[13]。刘占省等将 BIM 技术应用预应力结构施工领域,在钢结构施工中运用参数化的设计方法,结果表明这种方法可以有效提高效率且减少出错率^[14]。孙倩在道路交通建设整个过程应用 BIM 技术进行模拟,结果表明其三维化的形态可以帮助设计人员简化设计过程^[15]。朱明等在道路设计的全过程应用 BIM 的方法,结果表明其设计成果具有一处变动,引起多处联动的效果^[16]。冀程在轨道交通设计全过程应用 BIM 技术的方法,结果表明 BIM 技术在协同、优化设计以及碰撞检测等方面具有很大的优势^[17]。张春丽通过与传统算量软件功能进行对比分析,结果表明 BIM 技术在工程造价上有很大的应用价值,但由于软件功能有限,在造价领域并不能得到完全的推广^[18]。周鹏光等在项目管理中融入现代化信息的方法,结果表明运用 BIM 技术进行工程设计,可以有效避免设计错误,提高工程质量^[19]。曾华等通过在项目全生命周期内运用 BIM 的方法,结果表明相较于传统设计方法,BIM

技术在交通领域各关键建设过程中具有显著的优势^[20]。王进丰等在水电工程设计领域运用 BIM 技术中的 CATIA 软件及其附属模块进行三维协同设计,结果表明这种方法能够有效减少出错率且加快设计进程^[21]。许相宜在三维道路设计领域对比分析当下各大建模软件的优缺点,结果表明在设计初期阶段运用 Google Earth 会有效提高设计效率^[22]。王河川等在水利工程进场道路设计领域采用三维分析的方法,结果表明 Civil 3D 软件进行道路设计的成果显得更加真实^[23]。荣幸在提取 DEM 数据领域,将 DEM 导入 Civil 3D 软件中,结果表明利用 BIM 技术中的 Civil 3D 软件提取 DEM 中的断面数据可以有效提高测量行业的自动化水平^[24]。陈立楠等在数字地形模型构建领域,通过将 Civil 3D 构建的 DEM 与传统软件构建的 DEM 对比分析,结果表明利用 BIM 技术中的 Civil 3D 软件进行数字地面模型的创建,能够更加直观地反映出其真实的地形地貌等信息^[25]。

一、主流道路建模软件应用的对比分析

当下国际上主流的几款针对道路进行三维建模的软件有 AutoDesk 公司的 Civil 3D, Bentley 公司的 PowerCivil for China, 以及 Dassault 公司的 Catia, 表 1 ~ 表 4 运用 SWOT 分析法做对比分析。

Bentley 旗下的产品可谓是覆盖了道路交通领域的全部专业, PowerCivil for China 是一款面向道路、铁路、桥隧、场地、雨水道等基础设施设计的专业软件,也是土木行业的 BIM 平台(内嵌 MicroStation,可集成其他专业产品设计的模型),可为土木工程和交通运输基础设施项目的整个生命周期提供支持。这些软件提供了信息量丰富的建模功能,这些功能与 CAD 工具、地图工具、GIS 工具以及诸如 PDF、i-model 及超模型等业务工具完美集成。通过详细的比较,以及结合项目的实际情况,本文最后选用 PowerCivil 对商洛市香菊路进行改扩建。

表 1 主流道路建模软件对比分析

软件	优势 Strengths	劣势 Weaknesses	机会 Opportunities	威胁 Threats
AutoDesk 公司的 Civil 3D	1) 中国用户使用 AutoCAD 由来已久,在本土化方面较好。 2) 各大设计院一直都在使用 CAD 生产,用户在界面使用习惯上容易转换。 3) 开放性好,方便用户进行二次开发。	1) 对模型的轻量化处理能力差,用户只能采用对道路进行分段建模的方法,否则数据量过大就会导致软件运行迟缓。 2) 渲染能力有限,需要借助 3dMAX 导入模型进行渲染、出动画等,且导入后通常导致模型属性的丢失。	1) 拥有广大的 AutoCAD 用户,容易推广。 2) 政府越来越重视 BIM 技术的应用,并加大推行力度。	1) 广大用户使用的盗版软件居多,用户的使用水平也是参差不齐,不利于三维建模行业的健康发展。 2) 公司产品链的单一导致部分用户一开始就尝试其他建模公司的三维设计产品
Bentley 公司的 Power Civil for China	1) 在道路设计模块专业化程度高,添加了中国规范标准,可直接进行道路的平纵设计;已开发了中国工具包,可直接导入 Weidi、EICAD 等平、纵数据。 2) 轻量化处理能力好,使用本公司的其他软件进行模型的进一步加工很方便。 3) 廊道设计中的横断面模板定制功能可高效地建立模型,进行参数化的联动修改。	1) 广大用户习惯了 AutoCAD 的产品,使得 Bentley 产品的推广受到很大阻碍。 2) 本土化程度低,很多东西需要用户自己定制。 3) 相应的出图标准还不完善,离真正的投入生产还有很长距离。 4) Bentley 产品开放性程度低,不利于用户的二次开发。 5) 软件及培训费用昂贵,学习资源相对较少,学习起来难度较大。	1) 国家对 BIM 技术应用于基础设施建设的力度越来越大。 2) Bentley 旗下的 APM、eB、ProjectWise 产品可更专业地实现项目的全生命周期,是未来发展的趋势。	1) 目前用户主要集中在大型客户,普通用户难以负担高额的购买费用。 2) 相对于主流的 DWG 文件格式,DGN 格式的文件在交互使用中存在一定的困难。
Dassault 公司的 Catia	1) 对形体复杂、规模庞大的建筑物的建模能力很强大。 2) 借助 VPM 模块可将零散的设计转变为多专业的在线设计。	1) 还不能套用现有的规范和标准直接进行道路三维建模,只能通过导入二维设计成果进行三维建模。 2) 本地化程度较低。 3) 当路线工程的数据量增大时,软件的运行迟缓。	1) 政府越来越重视 BIM 技术的应用,加大推行力度。 2) 基础设施项目的复杂程度越来越高。	1) Dassault 专注于制造行业,因此 AEC 设计人员掌握软件较困难。 2) 软件昂贵,普通用户难以负担。

二、BIM 技术在商洛市道路改扩建中的应用案例

(一) 数字地面模型(DTM)的建立

使用 PowerCivil 软件进行道路设计时,首先要做地形的处理,它支持文本数据、点云数据、图形文件等多种方式创建地形模型。数字地面模型(DTM)生成以后,它提供高程过滤、最大三角网长度等方式对 DTM 进行过滤检查,对错误的三角网进行修正,提高构建模型的准确性。当地形比较大时,一次性建模不仅增加了建模时间,对电脑的硬件设施要求也比较高,它支持合并地形模型,通过分区域建立模型,最后合并成一个整体,有效地解决大地形建模容易“死机”的难题。

PowerCivil 软件提供了对 DTM 的分析功能,可以根据高程的高低,用不同的颜色显示。如图 1 所示,深色表示高程越高,浅色表示高程越低,同时可以根据高程不同对水流方向进行分析。这样就很直观地反映了地形的大致情况,方便快速、准确地

进行选线工作,也为后续根据汇水情况设置排水构筑物提供了依据。

(二) 道路几何线形设计

道路三维建模过程如图 2 所示,各设计模块最终通过“参考”组成道路三维模型。

1. 道路平面线形设计

在道路平面线形设计阶段,根据规范对圆曲线半径、缓和曲线长度、平曲线长度等合理取值。设计人员通常需要不断通过规范对设计成果进行检查,以免出现不满足规范要求的情况。PowerCivil 软件通过导入设计规范,选择相应的设计速度,只要进行规范检查就能够对设计成果完成检查,并输出

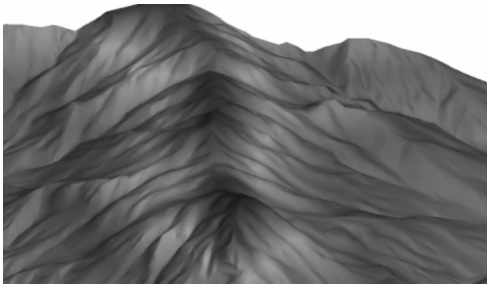


图 1 不同高程显示的地形图

结果,极大地方便设计人员设计与修改。

当前道路平面设计大都采用“交点法”或者“积木法”,在一些复杂线形的处理上变的很繁琐。而 PowerCivil 提供了多种设计模式,不仅有传统的“交点法”,还把直线与缓和曲线、圆曲线与缓和曲线等单独组合成一种设计方法,设计人员可以根据设计线形灵活的选择设计模式,简化以往的组合设计,提高设计效率。

2. 道路纵断面设计

路线平面设计完成以后,需要对道路进行纵断面设计,只要把之前建立的三维地形模型激活,则设计线的地面线会自动生成,更重要的是只要道路的平面线形发生变化,则纵断面地面线会自动发生变化,没必要像“纬地设计软件”那样重新进行插值计算。

同样,在竖曲线设计时也提供了多种设计方法。它不仅包含“插入变坡点设计竖曲线”的方式,还提供了“按竖曲线单元”“按竖交点”“插入反向竖曲线”等设计方式。当两条道路相交或者在同一地形模型时,可以通过“纵断面投影”功能将已设计道路的纵坡信息投影到未设计的道路,尤其在平面交叉、立体交叉设计时,极大简化了设计流程。

PowerCivil 软件是参数化的设计,对设计参数的修改不仅可以通过设计菜单进行修改,还可以对参数进行修改。它的联动不仅包含模型中个别变化导致导致其他部分也发生变化,还包含设计时对平曲线、竖曲线参数值的修改,它会自动调整设计值。这样就可以减少打开对话框调整所需要的时间,此外,PowerCivil 软件提供了 8 个视口,在纵断面设计时,可以在同一个画面中采用 3 个视口实时观看道路平面、纵断面、三维模型,从而使纵断面设计更加快速流畅。

如图 3、图 4 所示,PowerCivil 和 Civil 3D 在纵断面设计中的原则是相同的,都是基于地面线进行纵断面的拉坡设计,而且两者都可以实现联动设计,即修改了平面线形,纵断面也随之改变。

(三) 定制横断面模板

定制横断面模板包含对路面、路基、道路构造物(如桥梁、隧道、涵洞等)和附属设施等模板的定制,廊道中的代码是结构三维建模的基础。通过定义不同的约束条件,建立不同形式的构造物模型,更加切合实际地实现道路的整体三维建模。

1. 路基路面

首先根据路基的组成情况,定义各组成部分的厚度、宽度、坡度和材质特征,三维路基是随着线形中心的变化而变化,以适应曲线、超高、加宽路段变化的要求。路基边坡因地形不同边坡放坡形式不同,PowerCivil 采取条件约束的方式进行边坡计算,直到与地面相交为止。如图 5 所示,以填方为例,具体步骤如下:

由路基中心点的高程和路拱横坡值可得出路基边界点的高程 Z_1 ,设地面点的高程为 Z_2 ,定义一级边坡的坡度和最大坡高 H_1 ,若 $Z_1 - Z_2 \leq H_1$,则只需要设置一级边坡;若 $Z_1 - Z_2 > H_1$,则需要设置二级边坡;并依据二级边坡的最大坡高 H_2 ,依据上述算法进行计算,直至 $Z_1 - Z_2 \leq i$ 时停止放坡,边坡最终级数为 i 。有时边坡放坡级数太多,需要在坡脚设置挡墙,可通过设置“约束条件”,当级数超过设置级数时,自动放置挡墙。

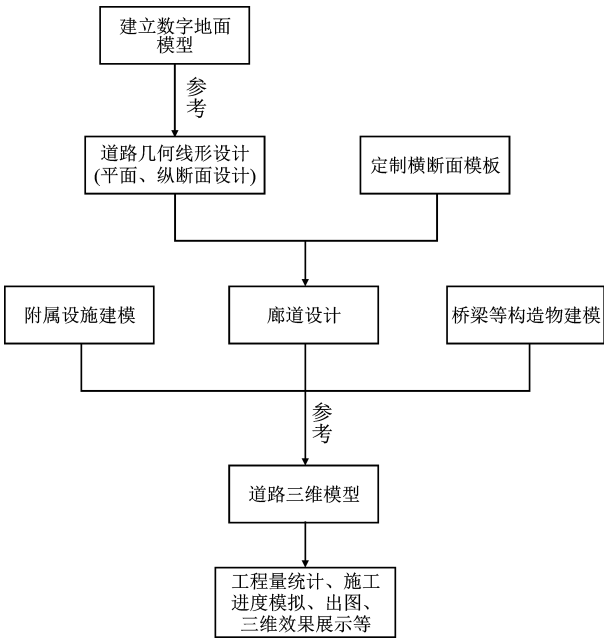


图 2 道路三维建模过程

如图 6、图 7 所示,PowerCivil 和 Civil 3D 在道路横断面模板定制上原则也是相同的,都需要根据项目的标准横断面图构建模板,类似于“搭积木”,每块“积木”之间通过“约束点”进行相互约束,最终构建的模板都可以满足改动每相邻两个约束点的距离,模板的整体样式也会相应变动。

2. 桥梁

桥梁横断面模板库中有一些桥梁的横断面模板可以直接利用,但由于 PowerCivil 的本土化程度不高,所以很多类型的桥梁结构模型还需要自己定制,这样就无形中增大了工作量。桥梁的整体模型可以通过一系列标准构件组成,构件可分为两种类型:一种是与地面标高没有关系的组件,如梁板、防

护墙、栏杆等,对这些组件模型的构建只需要通过参数设计构造出模型断面形状,最后沿路线设计中线放样就可以构建三维模型;另一种是与地面标高有关系的构件,如桥墩、墩台,这一类构件可细分为方体、柱体等体元素,应用第一种构建方法,将体元素进行组合拼接形成桥墩模型。除了在横断面模板中直接定制模板外,另外一种方法是通过在 Microstation 中切换不同的视图模式来画好自己需要的桥梁结构,而后通过“参考”的方法进行模型的组装,如图 8 所示桥梁模型。

3. 隧道

隧道模型建立包括洞口、洞门、洞身等,由于隧道模型建立在地形内部,其最复杂的工序是开挖隧

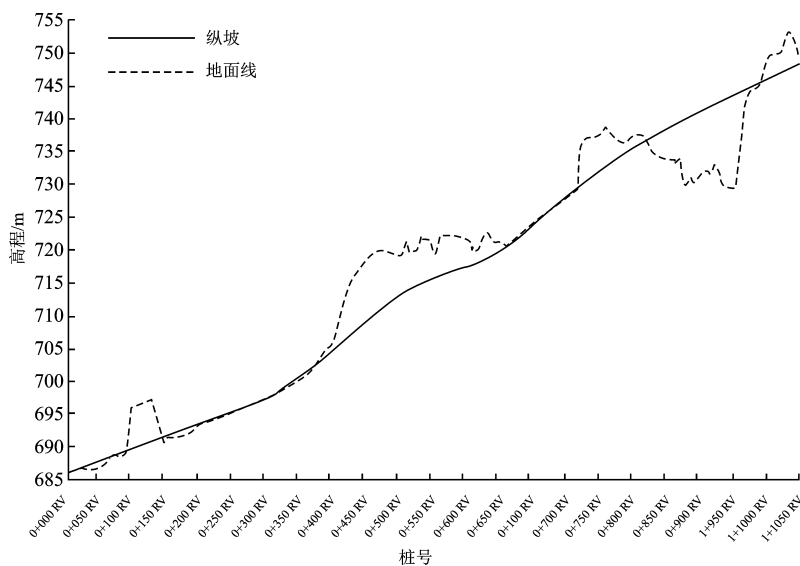


图 3 PowerCivil 纵断面设计页面

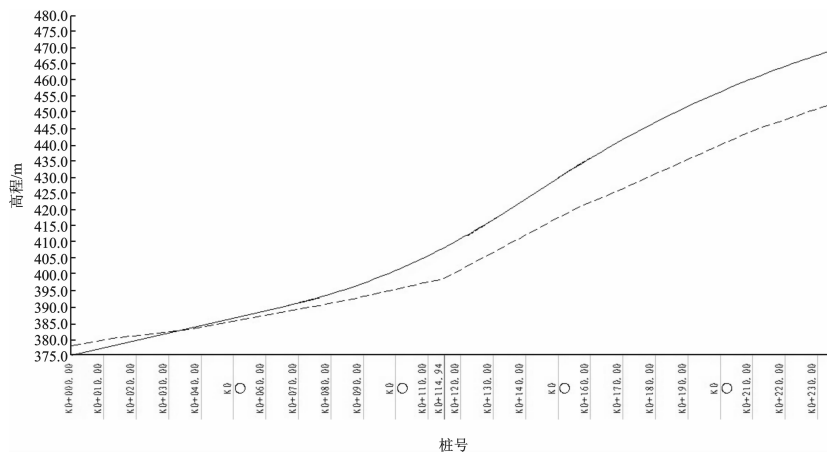


图 4 Civil 3D 纵断面设计页面

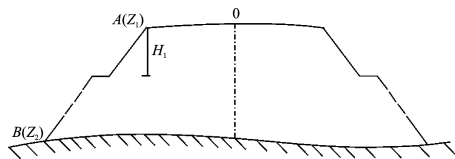


图 5 三维路基边坡放坡示意图

道口及洞身。为了简化建模过程,将隧道洞身横断面分为直线段和圆弧段,对于洞顶圆弧段的处理可采用直线段近似代替,以洞顶圆弧中点为分界,将圆弧左右两边各平均分为 n 段, n 越大,精度越高。通过连接各分段点从而形成整个隧道模型,本文采用 PowerCivil 中廊道模型的代码约束条件,通过设置相邻两点水平和竖直的约束构建出整个隧道的模型。

图 9 中,根据道路中线的坐标,可得出 A 、 A_1 、 B 、

B_1 、 P 点的坐标, P_1 、 P_2 为分段点,依据 $A_1(x_a, y_a)$ 、 $B_1(x_b, y_b)$ 的坐标,以及 W 、 A ,得圆弧的半径为:

$$R = \frac{W/2}{\sin\alpha/2} \tag{1}$$

$$\varphi = \frac{\alpha}{n} \tag{2}$$

则 ΔP_1P 的 $(\Delta X_{P_1P}, \Delta Y_{P_1P})$ 的坐标为:

$$\Delta X_{P_1P} = R\sin\varphi \tag{3}$$

$$\Delta Y_{P_1P} = Y_P - R\cos\varphi \tag{4}$$

$$\Delta Y_{P_1P_2} = R(\cos2\varphi - \cos\varphi) \tag{5}$$

依次类推,可得出 ΔP_nP_{n-1} 的 $(\Delta X_{P_nP_{n-1}}, \Delta Y_{P_nP_{n-1}})$ 的坐标为:

$$\Delta X_{P_nP_{n-1}} = R(\sin n\varphi - \sin(n-1)\varphi) \tag{6}$$

$$\Delta Y_{P_nP_{n-1}} = R(\cos n\varphi - \cos(n-1)\varphi) \tag{7}$$

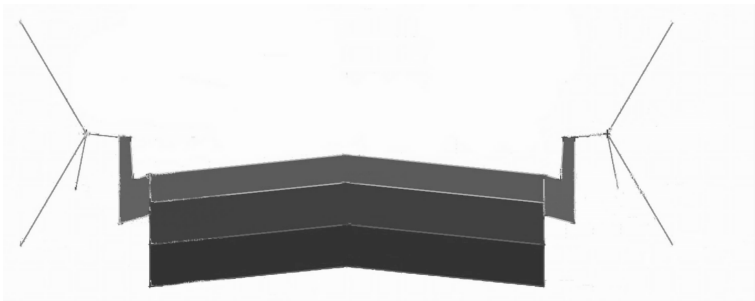


图 6 PowerCivil 道路横断面模板定制结果

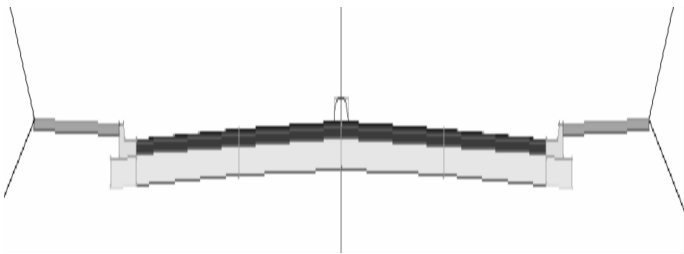


图 7 Civil 3D 道路横断面模板定制结果



图 8 桥梁模型

根据 φ 的取值,以 P 点为控制点,计算得出相邻两点的水平和竖直约束条件,构造隧道模型如图 10 所示。

4. 附属设施

道路附属设施主要有护栏、交通标志标线、中央隔离带等,可通过廊道中的代码约束条件建立模型。首先构建出模型的边界,然后建立不同的约束规则,并对其赋予材质特征,最后指定模型放置的位置,按路线走向扫描放样完成三维建模。同样,附属设施的构建也可以在 Microstation 中通过各种构建体块的快捷功能输入参数化数据来构建实体模型,或者通过线拉伸成面,面拉伸成体来构建实体模型,最后将构建的实体模型 dgn 文件“参考”到路廊模型中,完成模型的组装。

因为交通标志标线在交叉路口的形式多样化,所以单纯地在横断面模板中采用添加“空点”生成的方法就无法满足通常需求。通常采用的方法是偏移路中心线及手动描绘,最后通过“盖印章”的方法来“参考”到路廊模型里,完成标志标线的创建。

同样,由于 PowerCivil 本土化程度低,模型中的边坡绿化无法呈现出现实中的多种需求,所以需要采用自定义边坡材质的方法使模型看起来更加美观。自定义边坡分“三步走”,第一步,将需要的边坡样式的图片放入软件的材质库根目录下,在“可视化”菜单中定义该材质;第二步,在元素模板中,新建一个元素模板并选择上一步中定义的材质;第

三步,在边坡的横断面模板中将构件的特征定义为上一步中的元素模板,或在“项目浏览器”的“civil 标准”中修改特征定义。

(四) 廊道设计

廊道设计也就是道路横断面设计,廊道设计是 PowerCivil 在道路设计中最复杂的一部分,也是与其他二维道路设计软件最大的不同之处。它是基于装配式的设计理念,根据道路不同的断面组成情况进行不同的装配,通过打开创建横断面模板对话框,选择组成断面的组件,如行车道、中央分隔带、硬路肩、土路肩、边坡、挡墙、边沟等,把各个组件连接起来,从而形成道路的横断面。同时,可根据组件的不同含义,添加其特征信息,根据路基各层材料材质的不同,分别赋予不同的厚度、材质颜色,可以直观地看到道路的组成情况(图 11),也为统计工程量奠定了基础。

每个组件都有一些约束点,每个约束点都有一个代码,组件之间的连接就是通过这些代码来实现的,代码是横断面设计中的精髓。如果说组件是横断面的基础,那么代码则是组件的核心。道路模型与隧道、桥梁模型的组合、填挖方放坡、土方和材料体积汇总、材质渲染等,这些属于 BIM 技术的特色

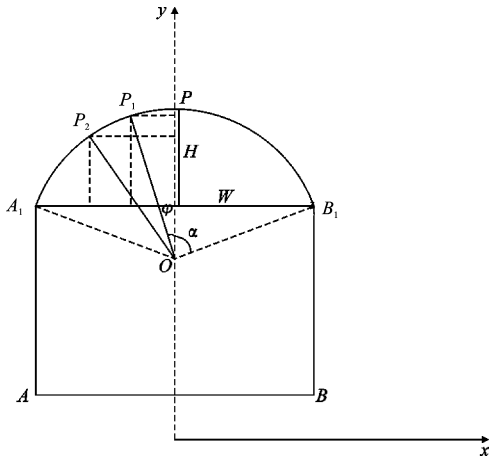


图 9 隧道洞顶示意图

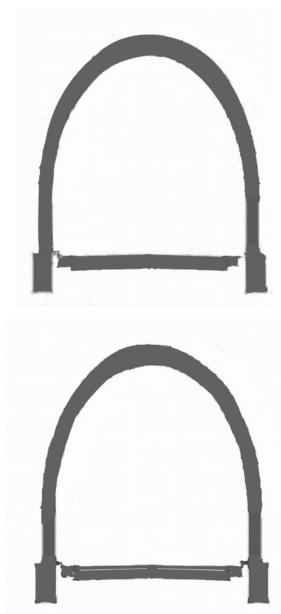


图 10 隧道模型

内容都是基于代码实现的,表 2 是部分代码的意义。

在进行组件连接时,需要对代码的特性进行定义,其中最重要的就是约束条件,代码的约束条件直接影响到道路三维断面的生成情况,也影响到联动设计的实现与否。如果约束条件不合理,当道路断面发生变化时,有些组件不发生联动设计,则会出现非正常的扭曲断面,不符合设计要求。代码的约束条件设置好以后,对组件的特性进行定义,需要根据实际情况定义优先级顺序,尤其在定义坡度系数时,根据不同的填挖高度,需要采用不同的坡度值。优先级越高,就优先采用这个坡度系数,一级坡是优先级最高的,其次是二级坡,依此类推。

以上所描述的都是道路基本路段横断面设计的相关内容,在实际情况中常会遇到道路加宽、道路设置超高、路基分离等情况,现分别对其进行分析。

1. 超高、加宽处理

当圆曲线半径小于不设超高最小半径时,需要

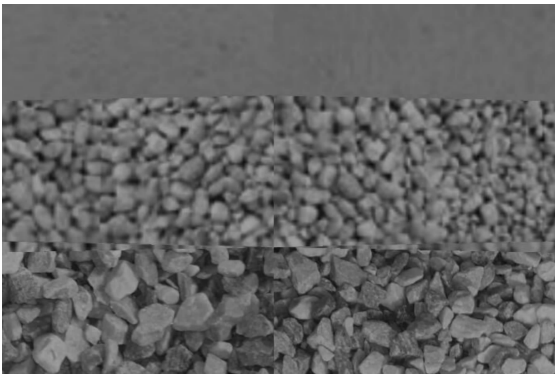


图 11 道路廊道模型
表 2 部分代码表示的意义

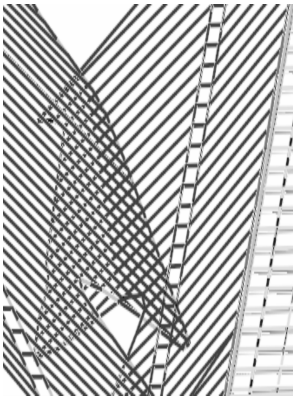
代码	表示含义
CL	道路中心线
EOP	路边缘线
SHDR	路肩
FILL	挖方边坡
CUT	填方边坡
DITCH	边沟
CURB	路缘石
Guardrail	护栏
Median	中央分隔带

对道路设置超高,通过软件中的“创建超高区间”对话框进行超高设置,软件会根据选择的规范、旋转轴的方式、超高过渡方式自动计算超值,当超高计算完成时,会生成一个超高报告,通过报告可以清楚查看超高设置情况,同时会在道路平面图中显示设置超高的区间、超高类型,方便设计人员查看。

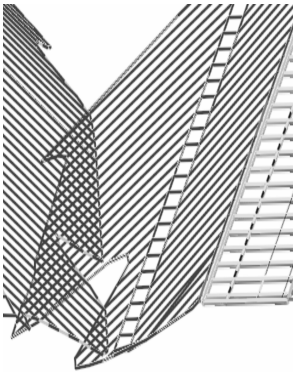
当道路需要加宽时,设计人员可以通过“创建曲线加宽”命令,按照设置超高的方法进行加宽设计设计完成时,打开横断面查看器,查看每个断面的设置情况。

2. 分离路基处理

设计高速公路时通常会遇到路基分离的情况,不仅要分段定义横断面组成部件,还要对分离式路基放坡线交织到一起进行处理。软件通过“多重目标修改”这个命令,很方便地修改交织到一起的放坡线,从而使统计的土方工程数量更加准确。



(a) 处理前



(b) 处理后

图 12 分离路基处理

总的来说,基于 PowerCivil 的廊道设计与传统 2D 道路设计软件方法有很大不同,从手工对数据编辑转变为对组件的装配,设计过程变得更加繁琐,但其结果变得更加准确,内容变得更加丰富。

当道路完成平面、纵断面、横断面设计时,软件会根据整个路廊对象生成一个详细的报表。报表包含整个道路设计中所有的材料用量。根据当地材料价格,通过编辑报表中的单价,可以快速准确地计算整个工程造价。而不用专门的造价人员分项去估算工程造价,极大地简化设计流程,提高估价准确率。

如图 13、图 14 所示,基于 PowerCivil 和 Civil 3D 的廊道设计结果都可以很好地展示 BIM 技术“可视化”的特点,设计方法上并没有优劣之分,所不同的是 AutoDesk 和 Bentley 两大公司的企业文化决定了各自的软件在中国必定有不同的发展历程。

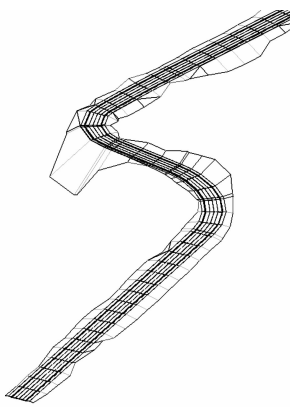


图 13 Civil 3D 廊道设计结果

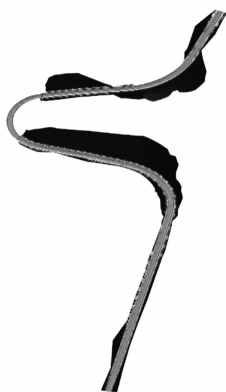


图 14 PowerCivil 廊道设计结果

(五) 结合实景模型对改扩建道路进行三维效果的展示

使用无人机倾斜摄影得到的实景影像,可用 Bentley 公司的 ContextCapture 软件进行快速计算处理,能输出高分辨率的带有真实纹理的三角网格模型,所输出的三角网格模型能够准确、精细地复原出建模主体的真实色泽、几何形态及细节构成。将 ContextCapture 生成的实景网格与 PowerCivil 设计出的道路模型导入 Bentley 公司的 Descartes CONNECT Edition,通过对两者进行移动、缩放、旋转最后实现配准。接着,在 Descartes 里对实景进行修剪,因为实景网格是由许多小三角网单元构成,因此很难做到严格按照边界像刀切出来的那样精确美观,通常是使用 Descartes 主菜单下 Selection 工具组中的 Place fence 和 Delete Fence Contents 工具,通过画线删除指定区域的三角网,近似地和道路边界平齐。

最后将修剪过的实景和道路模型一并导入到 Bentley 公司的 LumenRT 软件中进行渲染,可用 LumenRT 在场景中模拟行驶中的车辆,行人散步,加入树木、路灯、标志牌等,还能根据需要模拟不同季节及不同时段场景变化。图 15 是展示的渲染后的三维效果图。

三、结语

本文运用 SWOT 分析法分析地较当前国际上流行的 3 种道路建模软件。本文以商洛市香菊道路



图 15 渲染后的三维效果图

路改扩建建模为例,从建立数字地面模型、道路几何线形设计、定制横断面模板、廊道设计、附属设施(如标志标线、护栏等)及桥梁等构造物的建模限出发,结合实景模型进行三维效果展示介绍了 PowerCivil for China 在道路建模中的应用。结合商洛市香菊路道路改扩建实例展示的结果,本文总结出利用 PowerCivil 在道路改扩建过程中有以下 4 点优势。第一,可以快速地从各个角度查看改扩建后的道路方案在实际场景中的情况,尤其是在城区道路改扩建过程中,拆迁问题可以更直观地反映出来。第二,可以查看设计的道路在实际场景中与原有路网的交叉情况。第三,可以直观地查看设计的道路线形在实际的自然地理环境中是否美观。第四,设计成果可以渲染得到逼真的三维动画,达到实景浏览的效果。

参考文献:

- [1] 纪博雅,戚振强. 国内 BIM 技术研究现状[J]. 科技管理研究,2015,35(6):184-190.
- [2] 李俊超,李楼. AutoCAD Civil 3D 和 3ds Max Design 在道路建模中的应用[J]. 测绘通报,2013(2):91-94.
- [3] 殷爱国,刘明辉. BIM 技术在交通领域应用分析[J]. 土木建筑工程信息技术,2015(6):113-117.
- [4] 张波. AutoCAD Civil 3D 与 AutoCAD InRoads 360 协同设计在 3D 模型方案中的应用[J]. 中国市政工程,2015(6):58-60,93.
- [5] 蒋艺,雷鹏,曹磊. 基于 Open Roads 技术的道路三维设计方法研究[J]. 中国水运(下半月),2015(11):244-246,249.
- [6] 张波. 基于 CATIA 软件的道路三维建模方法[J]. 土木建筑工程信息技术,2016(1):71-74.
- [7] 李银. BIM 技术在城市轨道交通工程的施工管理及应用[J]. 水利水电施工,2016(2):115-117,120.
- [8] 曾俊,王静斋,刘武军,等. PowerIn Roads 在水利水电工程道路设计中的应用研究[J]. 水利水电工程设计,2016(1):14-16,56.
- [9] 王丽园,陈楚江,余飞. 基于 BIM 的公路勘察设计与实践[J]. 中外公路,2016(3):342-346.

- [10] 吴守荣,李琪,孙槐园,等. BIM 技术在城市轨道交通工程施工管理中的应用与研究[J]. 铁道标准设计,2016,60(11):115-119.
- [11] 张人友,王珺. BIM 核心建模软件概述[J]. 工业建筑,2012,42(S1):66-73.
- [12] 蒋先进,罗金,蒋淮申. BIM 技术在城市轨道交通工程中的应用分析[J]. 电子技术与软件工程,2017(1):69-70.
- [13] 戴荣里. BIM 技术在兰州西站项目的应用[J]. 施工技术,2014,43(9):99-101,119.
- [14] 刘占省,马锦姝,卫启星,等. BIM 技术在徐州奥体中心体育场施工项目管理中的应用研究[J]. 施工技术,2015,44(6):35-39.
- [15] 孙倩. BIM 技术在道路交通建设中的应用[C]. 中国城市科学研究会轨道交通学组. 苏州:智慧城市与轨道交通,2016:184-186.
- [16] 朱明,肖春红. BIM 技术在公路设计行业应用[J]. 四川水泥,2016(2):100,63.
- [17] 冀程. BIM 技术在轨道交通工程设计中的应用[J]. 地下空间与工程学报,2014,10(S1):1663-1668.
- [18] 张春丽. BIM 技术在轨道交通工程造价上的应用[J]. 建设科技,2017(3):46-48.
- [19] 周鹏光,黄杰. BIM 技术在轨道交通工程中的应用探索[J]. 武汉勘察设计,2015(6):37-40,47.
- [20] 曾华,林敏,张积慧,等. BIM 技术在轨道交通建设中的运用[C]. 中国城市科学研究会轨道交通学组. 苏州:智慧城市与轨道交通,2016:337-341.
- [21] 王进丰,李小帅,傅尤杰. CATIA 软件在水电工程三维协同设计中的应用[J]. 人民长江,2009,40(4):68-70.
- [22] 许相宜. InRoads、纬地及 Civil 3D 软件在三维道路设计中的应用[J]. 黑龙江水利科技,2015,43(10):23-24.
- [23] 王河川,万迪文. 基于 Civil 3D 的道路工程设计方案比选[J]. 江西水利科技,2010,36(3):173-175,180.
- [24] 荣幸. 利用 DEM 在 AutoCAD Civil 3D 下自动提取断面数据[J]. 地矿测绘,2013,29(4):31-34.
- [25] 陈立楠,安阳,张娟. 应用 Civil 3D 创建三维数字化地形[J]. 市政技术,2015,33(4):145-147.