

doi:10.11835/j.issn.1674-4764.2015.S0.001

基于 Google earth 和 BIM 的线路设计和 外业调查新方法

曾祥玉

(中交第二公路工程局有限公司, 西安 710064)

摘要:成塔系列软件是基于 Google earth COM API 接口和 BIM, 结合卫星、手机、GPS 而开发的地理信息系统软件, 旨在扩展 Google earth 的应用, 实现 Google earth 上直接进行线路设计、高程提取, SRTM DEM 下载, CAD 等高线绘制, 地球影像截图, 地形断面生成, AutoCAD、KML (KMZ)、GPS 和 Excel 文件导入导出地球, 坐标纠正, 地图叠加等功能, 提高工作效率。

关键词:Google earth、BIM; 成塔路线设计; 成塔卫片下载纠偏; 成塔真三维; 成塔智能外业

中图分类号: U495 文献标志码: A 文章编号: 1674-4764(2015)S0-0001-04

A new method of using Google earth and BIM on road design and field investigation

Zeng Xiangyu

(CCCC Second Highway Engineering Co., Ltd., Xi'an 710064, P. R. China)

Abstract: Chengta series software is based on Google earth COM API and latest BIM methodology, GIS technology with satellite picture, intelligent mobile phone, GPS, directly using Google earth on alignment design, elevation extraction, SRTM DEM download, CAD contour line drawing, satellite imaging downloading, existing ground profile creation, AutoCAD, KML (KMZ), import and export GPS or Excel file to Google earth, overlap the contour line with satellite images, etc. It can dramatically improve the work efficiency.

Key words: Google earth; BIM; Chengta alignment design; Chengta satellite images downloading; Chengta real three-dimensional design; Chengta intelligent field investigation

纸质化转为电子化设计, 是我国设计行业的一大进步, 但目前大部分设计人员进行电子自动化设计的流程是将纸质的 1:10 000 或 1:50 000 地形图扫描为光栅图后, 在其基础上进行设计, 该方法仅仅只是二维设计, 不具体、不直观, 且我国的地形图测绘时间距今较久远, 与现状相差较大, 已不满足社会发展进程和设计人员的需求。虽然设计单位会通过实地测量, 对现场进行散点采集, 然后进行三维数模化, 但方案研究阶段此过程费时费力, 受散点采集精度和数量的影响较大。

Google earth 的诞生, 完美的解决了这些问题,

由于其能与地形地物实景精确匹配, 对设计行业产生了重大的技术变革。Google earth 提供了全球丰富的数字地形和航空影像资料, 可以在 Google earth 三维数字平台上完成线路设计, 并可以实时提取线路行经地区的地形数据和影像资源, 直观地进行线路规划、设计和方案比选, 为方案评审、环境评估、安全审计等提供形象的辅助决策平台。

由于 Google earth 提供了全球近 1~2 年的数字地形和影像资料, 对于一些设计项目(尤其是海外项目)、缺少勘测设计资料、地形图测绘时间距今较久远, 与现状相差较大的情况, 可以借助数字地球提

取指定区域的地形和影像资料,进行规划设计,从而减少了野外勘测工作,显著降低勘测设计的成本。

建立基于数字地球的三维空间选线平台,使传统的基于线划等高线地形图进行线路设计的方法产生了重大变革,极大地促进基础建设行业的技术进步和设计水平的提高,提升了企业核心竞争力。同时 Google earth 漫游展示功能,为决策者提供更加直观的决策依据,而智能联动设计为各个专业的配合协作,提供更加直观方便的工具,方案评审者也可以参与到实际线路的设计过程中,凭借直观的三维图形显示提出自己的见解。

因此,研究基于 Google earth 的线路设计系统和基于 BIM 的智能联动,能显著提高设计的质量,加快设计进度,使基础建设项目达到方案优、投资省、工期短、效益好的要求,基于此,成塔系列软件应运而生。

1 成塔系列软件的特点

当我们进行投标和前期方案研究时,因为时间紧迫,往往遇到没有地形图和影像图的尴尬;在现场踏勘和外业调查时,也经常因为测量工作的延迟,没有 1:2 000 的地形图,没有中桩的困境;在地形复杂的山区,参照地物少时,甚至不知身在何处。利用 Google earth 结合 GPS 的成塔系列软件,可以完美地解决这一系列难题,如图 1 所示。

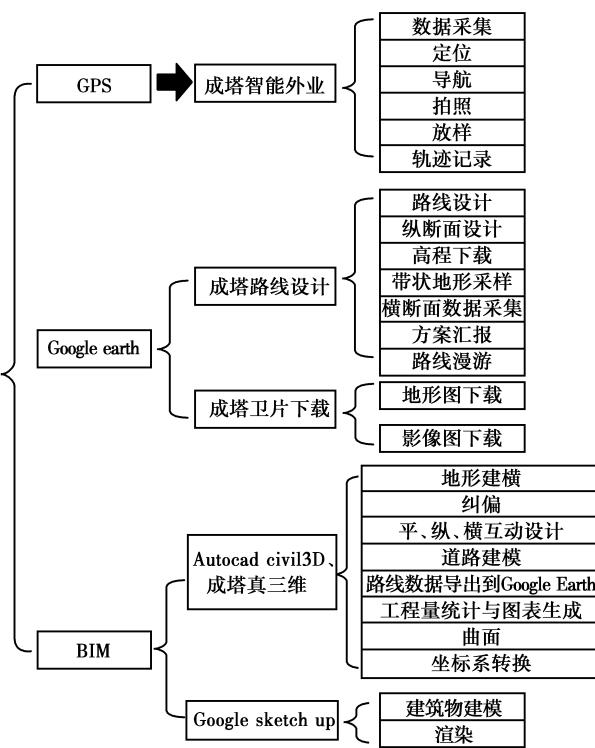


图 1 成塔系列软件

成塔系列软件是采用 Visual C、Visual C++ 语言,基于 Windows API、Google earth COM API 接口,结合卫星、手机、GPS 定位而开发的地理信息系统软件,直接在 Google earth 上进行公路、铁路、电力、水利方案设计和纵断面设计的新一代创新工具,旨在扩展 Google earth 的应用,实现高程提取、SRTM DEM 下载、CAD 等高线绘制、地球影像截图、地形断面生成、坐标纠正,地图叠加,将实测的高精度地形数据和 Google earth 高程数据混合使用、方案演示、外业调查、现场数据采集、轨迹记录、GPS 定位与导航等功能,方便大家适当获取数据资源,提高工作效率。可广泛应用于学术科研、工程、测量、地质、交通、规划、石油、林业、农业和旅游等领域。

2 成塔路线设计软件

成塔路线设计软件是在 Google earth 中直接进行路线设计,可以同时进行多个路线方案的布设,它通过绘制、显示、拾取、变换等多种交互绘图机制,在 Google earth 上轻松实现缓和曲线,圆曲线、S 形曲线、复曲线及凸形曲线、卵形曲线的动态交互定线,实时显示各项参数指标,通过类似于 AutoCAD 的夹点,可以对路线进行参数化编辑,也可以同时在 Google earth 中创建和操作多个路线对象,简洁而直观,并且是三维全景化设计,如图 2 所示。

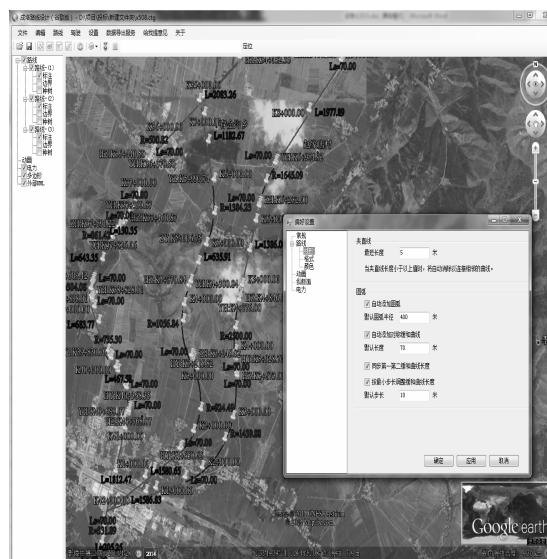


图 2 平面设计

平面设计完成后,可以在 Google earth 中进行实时的纵断面自动拉坡设计,通过输入最大纵坡、最小坡长、竖曲线半径、最小竖曲线长度、平包纵等限制参数,然后就可以像看电影一样观察纵断面设计

线的自动“生长过程”,在觉得结果满意时点击“停止自动设计”按钮来保存设计数据,如图 3 所示。

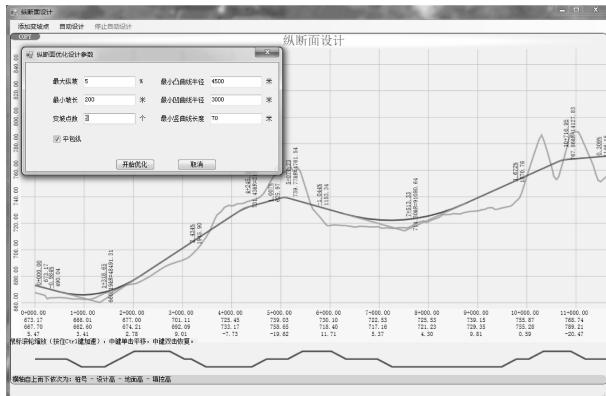


图 3 纵断面拉坡设计

完成线路、纵断面设计后,可以将设计数据导出为其他专业道路设计软件的数据格式,以便通过 BIM 进行后续更精细的优化设计,也可以将设计好的路线导出成 Google earth 标准的 kml 文件,这样任何人只要安装了免费版的 Google earth 就可以打开查看或者导入到手机版的 Google earth 中,以实现外业调查时进行定位和路线导航。

通过带状地形采样功能,指定左右侧宽度和采样间距,就可以生成文件格式为 x, y, z 的带状数模点文件,这是在路线方案确定后,沿路线前进方向和垂直于路线方向上采用鱼骨式方式采集数字地形模型,这种数据采集方法简便,速度快捷,只考虑中线及两侧一定范围宽度的地形,节省计算机内存和反应时间。

软件也可以直接将线路数据作为相机轨迹,通过对视点高度、多相机切换、相机速度,相机初始等待时间进行设置后,可以像看动画一样的欣赏到三维行车模拟动画,并可以进行路线透视检查和视距检查。

同时,成塔路线设计软件也提供了 3D 仿真建模、沿路线植树、电力设计等功能,增强了软件的实用性。

3 成塔卫片下载纠偏软件

Google earth 在生活和工作中应用越来越广,主要是因为可以查看世界上任何一个角落的高清卫星图片和三维地形,在工作中常常需要将这些数据获取下来,导入到熟悉的工作环境中,比如 AutoCAD 中进行后续的设计工作,如图 4 所示。对于获取高清卫星图片,充分考虑了线路设计一般处于狭长的带状区域这一特点,成塔卫片下载纠偏软

件提供了指定矩形框和沿路线指定带宽等下载方式,能将 Google earth 影像图片无缝下载到本地,纠偏,拼接,并放到 CAD 里,有效地减少了提取图片的数量,大大提高了提取速度。由于卫星图片的清晰度越高,下载的时间和占用内存就越大,软件提供了图片下载等级和下载宽度设置等功能,满足各行业的需求。



图 4 成塔卫片下载纠偏软件

4 BIM

基于 BIM 理念,可以进行规划、设计、方案修改、平纵横智能互动、全景漫游、数字建模、纠偏等,实现所见即所得,进行模拟、优化,以及各专业间智能互动,图文互动,可以从数据文件改图,从图改数据文件。

在成塔软件中设计好路线并下载数模和卫片后,可以将数据导入 AutoCAD Civil 3D 软件中进行详细的设计,出图等工作,由于 Google earth 采用的是 WGS84 参考椭球系,其坐标以经纬度表示,而国内目前采用的坐标系有北京 54、国家 80 等,甚至可能是特定城市的区域坐标或者是测量人员虚拟的假定坐标,从谷歌获取的数据是从“球面环境”中得到的,而 AutoCAD 是“平面环境”,因此,就需要对数据进行必要的处理,将其平移、旋转、纠偏到正在使用的工程坐标系中。成塔卫片下载纠偏软件在对卫片进行下载、拼接的过程中,已经对卫片进行了自动纠偏,这种纠偏和路线里程无关,和抓取的左右侧宽度无关,不存在累计误差。在整个卫片范围内进行平差校正,理论上已经做到了从“球面环境”到“平面环境”的零误差转化。

换带计算方法参照下列公式:

已知一个点的经度 l ,计算其所在 6 度带的中央子午线经度 L 。

东经公式为: $n = \text{截断取整}(L/6) + 31$, $L_0 =$

$6 \times \text{int}(L/6+1) - 3;$

西经公式为： $n = 30 - \text{截断取整}(L/6)$ ；

其中 n 为带号， L_0 为中央子午线经度。

对于 WGS84 参考椭球系与 80 坐标系的转化，可以通过布尔沙 7 参数转换模型进行转换。

$$\begin{bmatrix} X_B \\ Y_B \\ Z_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_X \\ T_Y \\ T_Z \end{bmatrix} + (1+m)R(\omega_z) \cdot R(\omega_y) \cdot R(\omega_x) \begin{bmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} T_X \\ T_Y \\ T_Z \end{bmatrix} + (1+m)R(\omega) \begin{bmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{bmatrix}$$

如果 $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ 都是小角度，则 $\sin\omega \approx \omega$, $\cos\omega \approx 1$, 则有：

$$R(\omega) = \begin{bmatrix} 1 & \omega_z & -\omega_y \\ -\omega_z & 1 & \omega_x \\ \omega_y & -\omega_x & 1 \end{bmatrix}$$

转换公式也可以表示为

$$\begin{bmatrix} X_B \\ Y_B \\ Z_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_X \\ T_Y \\ T_Z \end{bmatrix} + (1+m) \begin{bmatrix} 1 & \omega_z & -\omega_y \\ -\omega_z & 1 & \omega_x \\ \omega_y & -\omega_x & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{bmatrix}$$

传统的道路设计软件,当平纵设计完成需要调线的时候,如果路线位置变化了,桩号也会跟随发生变化,原来桩号对应的纵断面和横断面以及设计好的参数就不一致了。这时,要么添加断链,要么需要将纵面设计重新顺一遍,也就是原来设计好的纵断面设计需要重新来一遍。

现在,基于 BIM 的成塔真三维软件提出了“基于位置的平纵横设计三维互动”概念,让路线和纵横断面的对应不仅仅建立在桩号关系上,同时还建立在地理位置上。也就是在路线调整的时候,路线没有发生变化的区域,纵横断面地面线和设计线都不变;路线发生变化的区域,纵断面地面线实时更新,纵断面设计线发生挤压或拉伸变形,同时变坡点标注颜色变成黄色,提醒这个地方发生了改变,需要重新调整设计。道路的三维模型是实时动态刷新的,无论做任何修改都可实时查看;实时显示填挖边界,

可以更好控制工程量、填挖、线位及控制纵坡。

而 Google sketch up 是一个极受欢迎并且易于使用的 3D 建模软件,建立三维模型就像我们使用铅笔在图纸上作图一般,sketchup 本身能自动识别你的这些线条,加以自动捕捉。它的建模流程简单明了,就是画线成面,而后挤压成型,快速利用等高线建立地形等,不仅能够让你自由的创建 3D 模型,同时还可以快速生成任何位置的剖面,使设计者清楚的了解建筑的内部结构,可以随意生成二维剖面图并快速导入 AutoCAD 进行处理,将你自己的制作成果发布到 Google earth 上和其他人共享。

5 结语

简要分析了以 Google earth 为代表的数字地球在各行业的应用现状,提出基于数字地球进行选线设计的思想,基于 Google earth 和 BIM 的三维空间选线系统的总体目标、总体结构、功能模块和工作流程,通过 Google earth 平台中线路的关键计算、图形显示和图形交互等原理和算法,实现了在 Google earth 上进行平面交互式定线、纵断面拉坡设计,提高了方案设计的速度。但由于涉及的软件较多,也给设计工作者带来了一定的麻烦,在综合集成化方面还有待加强。同时,由于受 Google earth 模型精度的限制,所获取的数据仅作为设计的参考,期待我国高精度的数字三维模型能早日用于工程实践中,给中国的设计行业带来划时代的变革。

参考文献:

- [1] 易共才,王彦军,高宏. Google earth 在公路工程中的应用研究[J]. 中外公路,2008,28(1):1-4.
- [2] 张思祥,汤涛,康东升. 手持 GPS 和 Google earth 软件在线路选线中的应用[J]. 电力建设,2008,29(5):37-39.
- [3] 朱颖,蒲浩,刘江涛. 基于数字地球的铁路三维空间选线技术研究[J]. 铁道工程学报,2009(7):33-37.

(编辑 王维朗)