

文章编号: 0451-0712(2005)11-0164-04

中图分类号: U412.32; TP311.1

文献标识码: B

公路三维关联优化设计技术的研究与开发

郭腾峰, 刘建蓓, 张明波

(中交第一公路勘察设计研究院 西安市 710075)

摘 要: 为解决山区高速公路设计中路线方案比选和优化等迫切问题,在数字地面模型技术的基础上,研究和开发了公路平、纵、横和三维模型之间实时关联互动的公路三维关联优化设计技术。

关键词: 公路优化设计; 公路 CAD 软件; 路线方案比选

近年来随着我国交通基础设施建设力度的加大,我国的高速公路建设已经取得了飞速的发展,尤其是随着西部大开发战略的实施,山区高速公路的建设已经成为我国近期高速公路建设的重要内容。但是,在我国西部山区的高速公路建设中,由山高、坡陡、沟深、地质变化复杂等自然条件引起的问题也日趋严重,如高边坡稳定性、设计安全隐患、造价过高、高填深挖、环境保护等等。在设计阶段,因地形高差变化大,准确的地表信息获得困难,导致路线总体方案比选深度不够,其中路线方案优化问题尤为突出,甚至出现漏选大的路线方案的现象。

“坚持以人为本,注重安全、环保、舒适、和谐”,是我国高速公路建设特别是山区高速公路建设的新理念和指导思想。如何贯彻和落实这一理念,抓好公路建设第一环节——勘察设计,加强总体设计及路线方案比选和优化,实施地形选线、地质选线、环保选线和安全选线等等,都对我们勘察设计工作和技术提出了更新更高的要求。

1 目前路线方案优化的方法和流程

1.1 目前利用 CAD 技术进行路线方案优化的方法和流程

目前,国内较为成熟的公路 CAD 软件已经具备了数字地面模型(DTM)功能模块,能够实现在路线平面方案确定后,从 DTM 上采集获得路线纵横断面地面高程等功能。

目前,进行具体路线方案优化的流程是:路线平面设计定线或修改→应用 DTM 插值得到纵横断面地

面线数据资料→纵断面设计和竖曲线设计或修改→路基设计(超高和加宽设计)→横断面设计与绘图→土石方数量计算。当发现土石方数量过大、横断面与实际地面的组合不够恰当、填挖方边坡较高或者受不良地质制约等情况需要优化时,则回到第一步调整平面线形,重新开始设计,就这样依次进行多次的循环,直到满意为止。优化设计流程如图 1~图 5 所示。

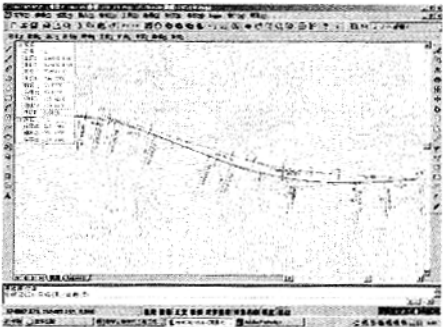


图 1 平面调整优化

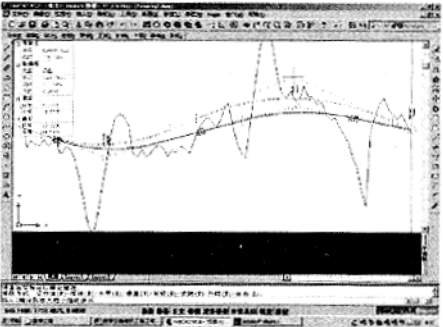


图 2 纵断面调整优化

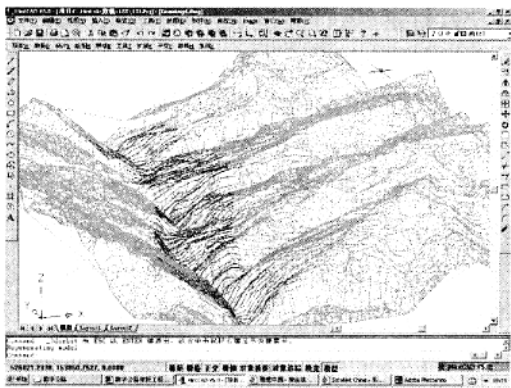


图3 纵横地面线剖切

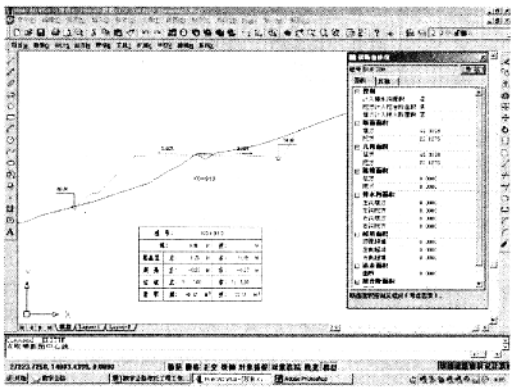


图4 横断面设计修改

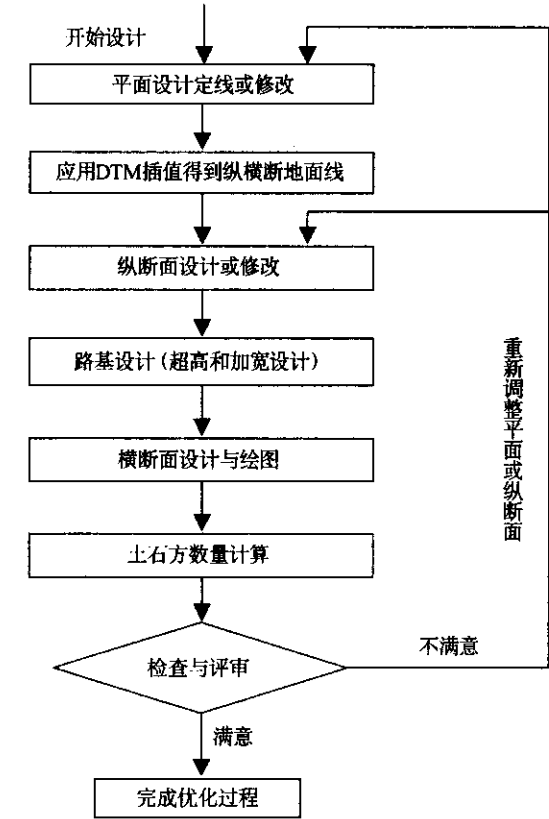


图5 目前公路路线优化设计流程

在优化过程中,每调整一次路线平面(或纵断面)设计,都必须重新采集得到一次纵横断面的地面高程数据,重新做一次路基设计,进行一次横断面设计(戴帽子)与绘图。很明显,这种循环是单向的、需要反复很多次,需要花费较长的时间和很多的精力,实际设计中还需要多名设计人员的相互配合,这就常常导致路线方案比选工作不够充分,优化深度不够。所以有人说:山区公路路线方案的比选与优化工作的深度,取决于设计者所花费的时间、精力和耐心程度。

1.2 三维关联优化设计技术的专业应用需求

如何提高路线优化效率和精度,能够在DTM的基础上实现实时剖切纵横断面,能在屏幕上直接任意动态修改和调整平面、纵面的同时,实时浏览到横断面以及横断面与原始地面的填挖切割等情况,一直是许多路线专业工程师所期望的理想效果。

第一,在高速公路设计中,特别是对于山区高速公路,路线方案大范围的同深度比选是必须的,因为总体路线方案比选影响整个项目的成败。而实际设计中因为数据获得的困难、方案设计过程的繁琐、设计周期紧等因素,往往使许多项目的方案比选深度不够,可能会使更为经济合理的有价值的方案漏选。

第二,在大的路线方案确定以后,局部线位和方案的优化显得尤为重要,因为路线的稍稍移动修改,有可能引起填挖方和工程量巨大的变化。如何通过方案优化,把线位放到最经济合理的位置和标高上,通过目前公路CAD软件的方法很难快速达到设计者的要求,需要花费较长的时间和投入更多的精力,需要经过多次反复的循环。

2 三维关联优化设计技术的开发

基于以上背景和需求,在目前全国各专业设计企业广泛应用的纬地三维道路CAD系统的基础上,研究开发国内第一套公路三维关联优化设计技术和CAD软件系统,实现真正意义上的公路平、纵、横和三维模型的可视化、关联式优化设计。

2.1 公路三维关联优化设计技术结构组成

2.1.1 高速DTM引擎

三维关联优化设计技术是以高速DTM内核引擎为基础的,保证在平纵面动态调整的同时,实时地剖切插值,获得任意坐标位置的准确的地面高程信息。该功能模块支持公路所特有的海量带状DTM数据,同时具备自动分段、快速提取等功能。

2.1.2 多线程网络数据协同交换中心

该中心是三维关联优化技术各功能模块的数据交换中心,所有功能模块均要与数据交换中心实时通讯,通过数据中心交换发送各功能指令和数据。它是基于网络协同技术支撑的,正是这一点使各功能模块之间可以各自独立运行(可以分别在不同的计算机终端上运行),又成为一个有机整体,完成三维优化设计功能。数据中心的协同运行功能,解决了本技术在处理超大数据量对计算机配置的高端要求:第一,使各功能模块的运行各自独立,互不影响(如不会因为三维模型数据量大,使刷新速度降低而影响平纵面优化功能的执行);第二,使该技术可以在一般配置的计算机上正常运行。

2.1.3 平面动态定线与优化模块

该模块继承原纬地路线平面动态定线设计的功能,主要完成用户平面定线和动态调整,同时把调整线形的信息实时发送给数据中心,从而与其他功能模块协同工作。

2.1.4 纵断面动态拉坡与竖曲线设计模块

该模块主要完成路线纵断面拉坡设计、动态调整优化和竖曲线设计功能,同时与数据中心进行信息通讯,以达到协同设计功能。

2.1.5 路基设计模块

该模块响应每次从数据中心发送来的项目平纵面刷新信息,实时进行逐桩断面的路基设计计算,为横断面设计和刷新提供数据支撑。

2.1.6 横断面设计与修改模块

该模块响应从数据中心发送来的项目平纵面和路基设计的刷新信息,自动计算并绘制指定优化区间的逐桩横断面设计图和数据。

2.1.7 土石方计算模块

该模块响应从数据中心发送来的项目刷新信息,自动计算逐桩断面和整个优化区间的土石方数量并发送回数据中心。

2.1.8 三维虚拟仿真分析与评价模块

该模块通过DTM地面模型与卫星或航空正射影像图的准确叠加和对公路三维模型的实时贴图与渲染,营造出公路建成后的一个逼真的虚拟显示环境;通过响应从数据中心发送来的刷新信息,自动刷新生成公路路基、桥梁、隧道等的实体三维模型。该功能不仅支持用户从任意角度位置的缩放浏览,使用户可以直观地观察公路几何设计的三维成果(如填挖方情况)等;更为重要的是通过建立的公路行车

(或驾驶)、行走、飞行等模型,进行虚拟仿真分析,从而得到一系列的相关参数数据,从而对公路几何设计成果、公路与周围环境的协调性、行车安全等进行综合评价,为项目方案比选优化、景观设计、交通安全审查提供科学依据。

2.2 三维关联优化设计技术各功能模块的协同关系

三维关联优化设计技术各主要功能模块之间以网络协同技术和 Windows 多线程运行技术为基础,以平、纵、横和三维虚拟仿真等四大专业功能为重点,以数据交换中心为软件核心协同工作,共同实现路线三维关联优化设计功能(图6、图7)。

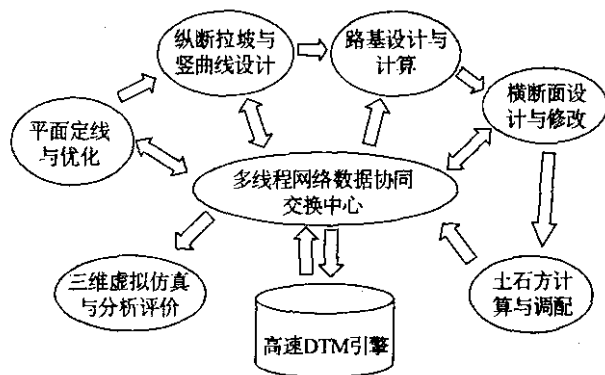


图6 公路三维互动优化设计技术框架

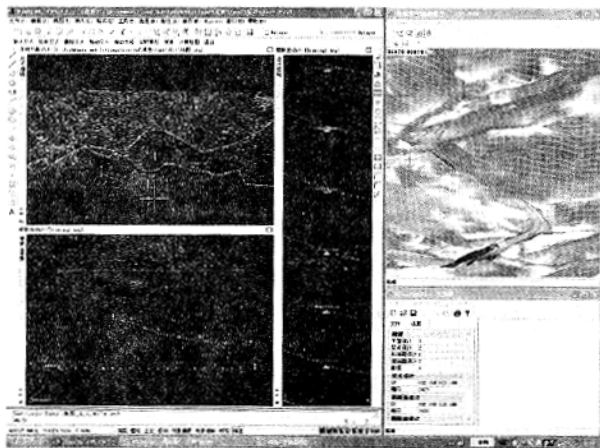


图7 三维关联优化设计系统界面

2.3 关键技术和创新点

由于三维关联优化设计技术和CAD系统的开发,不仅涉及到公路几何设计方面的理论和方法,而且更多地应用到许多计算机软件方面的新技术和网络技术,这里限于篇幅原因仅就应用到的部分关键技术和创新点进行简述。

该技术开发应用到以下关键技术:(1)公路数字地面模型构建、优化、分层简化(数模金字塔)技术;

- (2)长大公路数字地面模型的自动分段提取技术；
- (3)公路平、纵、横三维关联优化设计技术；
- (4)网络数据交换技术和网络协同设计技术；
- (5)计算机多线程运用技术(双 CPU 和多 CPU 计算机运用技术)；
- (6)OpenGL 等三维动态影像处理技术。

图 8 所示是三维关联优化设计系统所需的关键技术。

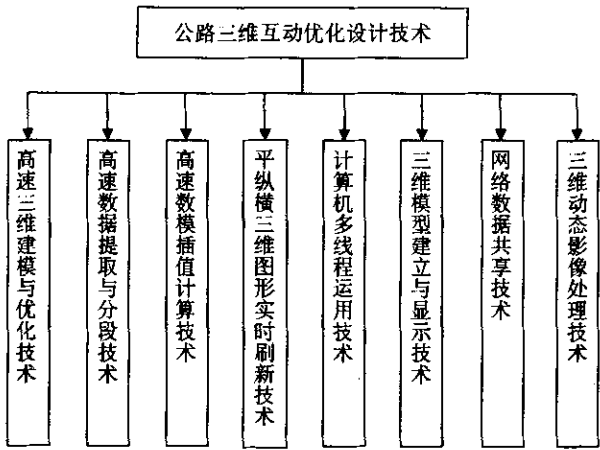


图 8 三维互动优化设计技术所需的关键技术

本项目研发的主要创新点就在于：通过对数字地面模型自动分段、任意切割与缝合，以及平纵横三维关联技术、网络协同技术和计算机多线程运行技术的开发和集成应用，真正意义上实现三维化关联式的公路智能化设计，改变以往二维或二维半化的设计模式，彻底解决山区高速公路路线方案优化设计的困难，为大范围同深度的路线方案比选提供核心技术支撑。

3 三维关联优化设计技术推广应用的重要意义

三维关联优化设计技术和 CAD 软件系统的推广应用的价值和意义可以从以下 2 个方面来总结。

(1)公路三维关联优化设计技术和软件系统的开发和应用，完全改变以往国内二维或二维半化的公路勘察设计的思路和方法，实现基于 DTM 基础上全三维化、互动式、集成化的勘察设计，使我国公路 CAD 技术达到一个全新的更高层面。

(2)应用该技术将改变我国公路优化设计先平后纵再横的常规设计流程和理念，实现从静态经验设计到动态优化设计的转变，提高了勘察设计的质量和效率。更为重要的是，这一技术的普及应用，使高速公路设计的方案优化工作更加方便、快捷和深入，进一步合理地降低了公路建设造价，促进实施地质选线、环保选线和安全选线等高速公路建设新理念，促进解决目前我国高速公路建设中经济、技术、安全、环保和地质病害等一系列的重大问题。

目前三维互动优化设计技术和 CAD 软件系统已经依托中交第一公路勘察设计院所承担的安徽省岳西～潜山高速公路设计等项目进行产品化的开发工作。

参考文献：

- [1] JTG B01—2003, 公路工程技术标准[S].
- [2] JTJ 011—94, 公路路线设计规范[S].
- [3] 张雨化, 朱照宏. 道路勘测设计[M]. 北京: 人民交通出版社, 1997
- [4] 郭腾峰, 王蒙. 道路三维动态可视化几何设计[M]. 北京: 中国电力出版社, 2002.

甘肃“东部战略”重点高速公路开工

2005 年 10 月 31 日，甘肃公路建设实施“东部战略”的重点项目——平凉至定西高速公路开工奠基。该路是目前甘肃里程最长、引进外资最多的高速公路项目，是甘肃第一个利用亚洲开发银行贷款建设的交通项目。

该路横穿甘肃和宁夏两省，是国家高速公路网青岛至兰州公路和西部大通道银川至武汉公路的重要组成部分。项目由东西两段组成，东段起于平凉市泾川县的罗汉洞，止于甘宁界沿川子；西段起于宁甘界静宁县司桥，止于定西市安定区的十八里铺，与岷柳高速公路相接，全长 258 km，双向四车道设计，总投资 76.8 亿元，其中亚行贷款 24.3 亿元，工程计划于 2009 年 9 月建成通车，总工期 4 年。

该条高速公路建成后，将成为贯通西北与东部发达省份陆路交通的主动脉，在陕、甘、宁三省区的国家公路网中起着承东启西的作用，对加快甘肃境内国道高速化和使甘肃经济融入中东部地区具有十分重要的意义。