

基于 GIS-BIM 技术的山地城市长大通道选线方案及空间协同论证研究

黄 凯

(重庆市勘测院,重庆市 401121)

摘 要: 山地城市长大通道具有地形条件复杂、里程长、控制因素多、工程投资大的特征。在国土空间规划“三区三线”划定落地的背景下,通道选线阶段应提前做好与“三区三线”的协同对接,集约利用土地等资源。针对山地城市长大通道的特征,分析线路设计方法与原则。以重庆中心城区—綦万快速通道工程为例,运用三维 GIS 技术建立基于大范围地形数据的基础模型,对路线方案进行三维可视化模拟分析,进行山地城市长大通道选线及空间协同论证实例分析。

关键词: 山地城市;GIS-BIM;长大通道;空间协同

中图分类号: U412.37

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2024)06-0070-04

0 引 言

长大通道是指规模较大的能够实现快速运输的市政道路交通系统,是增强区域间快速连接的纽带^[1]。在生态文明和数字化建设的背景下,对设计方法和理念提出了更高的要求。传统市政通道设计仅依赖 AutoCAD 等绘图软件技术,难以克服控制因素多,建设环境复杂等现实难点,且难以满足全新理念的设计需求^[2]。

近几年,国内外相关学者开展了 GIS 与 BIM 集成应用的探索。熊桂开等^[2]分析了山地城市路网设计的特点,提出将 GIS-BIM 技术运用于路网优化设计。罗睿等^[3]将 GIS-BIM 技术用于园区路网平面和竖向优化设计中,可显著减少道路填挖方规模。赵一帆^[4]以重庆某高速公路为例,研究了基于 GIS 和辅助设计模块的三维智能辅助通道方案选线方法。黄东初^[5]以宜万同城快速通道工程为例,分析了通道沿线地质情况和控制因素,对与环境协同设计的方法进行了总结。

2019 年 5 月,随着空间规划体系改革,通过划定“三区三线”建立统一的国土空间用途管制制度。2022 年 4 月,自然资源部组织全国各省市、自治区

开展“三区三线”划定工作。张尚武等^[6]剖析了在国土空间规划体系中科学划定“三区三线”的难点及解决思路。孙小康^[7]研究了以“三区三线”为导向的公路线路方案设计理念。2022 年 9 月,重庆市完成“三区三线”划定成果报批。根据《重庆市市级重大项目前期工作管理办法的通知》(渝府办发〔2022〕96 号),要求市级重点项目应开展空间协同论证,提前做好与“三区三线”的协同对接,集约节约利用土地等资源。重大线性工程未提前开展空间协同论证的,原则上不得开展后续深化设计工作。

在“三区三线”管控要素划定的背景下,针对长大通道项目,提前开展路线和红线的预研预控,对提高通道方案的落地性、科学性具有重要意义。

因此,针对长大通道线路里程长、控制因素多、工程投资大的特征,如果能将 GIS 与 BIM 技术引入长大通道前期路线设计中,就能克服传统二维界面设计的局限性,使长大通道设计向三维、实景时代转变,提高长大通道设计效率,使其设计更具科学性与合理性。

本文研究运用基础测绘、三维数字模型、工程设计组成的基础数据设计平台,可直观展示长大通道与周边环境的相对关系。充分利用 GIS-BIM 技术在山地城市中针对长大通道设计的技术优势,以重庆中心城区—綦万快速通道为例,在前期研究阶段应用 GIS-BIM 技术进行线路论证优化,利用三维技术的可视化、动态化、实景化、数据化等优势,建立项目精

收稿日期:2023-10-15

基金项目:重庆市建设科技计划项目(城科字 2021 第 2-10)

作者简介:黄凯(1992—),男,硕士,工程师,从事道路工程设计及山地城市研究工作。

细化三维模型。运用国土空间用途管制红线智检平台进行项目“三区三线”关系分析,辅助方案决策。

1 长大通道线路设计原则

1.1 契合上位规划原则

以国土空间规划、沿线区域控制性详细规划、区域综合交通规划为依据,契合区域空间规划发展布局。合理确定通道走向,更好地服务沿线产业带,实现中心城区与城市群的快速联系,带动片区经济快速发展。

1.2 集约设计原则

随着重庆主城都市区的建设,区域融合发展进程加快。为支撑综合交通体系的建设,以快速路、主干路等为主的进城快速通道建设具有重要意义。快速路、主干路路基宽度大,占地面积相对较大。集约用地是当前工程建设领域亟待解决的重要问题。如何有效利用土地,实现经济效益和社会效益最大化,已经成为设计中需要考虑的重要因素。集约设计可以有效控制项目用地规模,减少与基本农田、耕地的冲突。

1.3 生态设计原则

通道线路的选择应充分结合生态景观、自然地形、地质情况进行线位比选,将生态保护红线作为底线控制线。对工程设计的科学性、生态性、精细化提出更高的要求。

基于 GIS-BIM 技术的长大通道设计优化咨询采用生态设计理念,建立通道沿线三维地形模型,通过三维可视化的方案和比选,分析论证本项目与自然环境的的关系。以减少工程填挖方规模,保护通道沿线自然山水本底。

1.4 尊重现状,适应现状设计原则

长大通道里程长,沿线控制因素多。在通道线位选择和方案设计时应处理好与现状道路、铁路、山体、水系、重大管线等的关系,充分考虑关键控制因素,减少对现状的影响。

1.5 经济适用原则

在满足使用功能和设计规范的前提下,通过三维模型分析和方案优化,减少桥梁和隧道等结构工程规模、优化立交型式、减少填挖方,多方案分析工程总投资、单公里造价,降低工程投资。

2 工程概况

2.1 项目概况

重庆中心城区綦万快速通道总体方案为“一主

三支”,如图 1 所示。其中主线沿线途经圣灯山镇、新盛新区、通惠新区、三角镇、永城镇,永桐新城。线路全长 50.4 km,城市快速路设计车速 80 km/h,双向 6 车道,标准路幅宽度为 33 m。

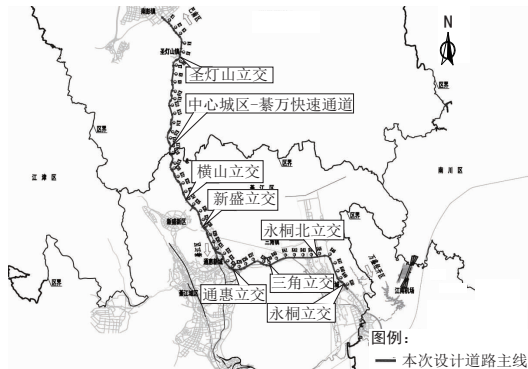


图 1 项目区域位置图

三条支线分别为綦江城区连接线,长度为 15.6 km;万盛城区连接线,长度为 11.75 km;江南机场连接线,6.85 km。

2.2 技术指标

(1)道路等级:主线为城市快速路,支线城市主干路。

(2)设计车速:主线 80 km/h,支线 60 km/h。

(3)设计荷载:标准轴载 BZZ-100。

(4)标准路幅宽度:城镇开发边界内为 33 m、城镇开发边界外为 29 m。

(5)交通量饱和和设计年限:20 a。

3 总体方案

3.1 控制因素分析

(1)与现状国省干道的关系分析

现状国道位于兰海高速西侧,本次研究快速通道位于兰海高速以东,如图 2 所示。现状国道 G210 指标较低,绕行距离较长,本次新建通道可作巴南至綦江区段的便捷通道,现状 G210 继续保留使用。



图 2 本项目与现状国省干道的关系

现状省道为双向 2 车道,纵坡大(部分超 10%),平面指标低(盘山路,部分路段小于 20 m)。S104 利用现状拓宽改造难度大,横山至通惠段平均纵坡为 6%,需大范围的平面改线,平面指标无法满足快速路指标要求,不具备可行性。

(2)地形地貌

项目为跨区域长大通道,结合地形地貌及区域空间规划布局,中心城区—綦江段线位拟沿太公山和横山中间的槽谷地带布线,位于现状渝黔高速东侧,线位整体靠近东侧横山。綦江—万盛段线位拟沿老瀛山北侧布线,线位沿线呈典型山地地貌,地形起伏较大。

(3)“三区三线”等管控要素

根据收集的资料,本项目沿线分布有生态红线、基本农田、圣灯山风景名胜区、老瀛山自然保护等重要景点。线路选择应尽量少占基本农田,不占用生态红线。

(4)沿线街镇

该通道沿线区域大多位于城市规划区范围外,沿线主要有圣灯山镇、横山镇、新盛街道、通惠街道、三角镇、永城镇等。

(5)市域铁路 C5 线

中心城区—綦江万盛线(C5 线)是连接中心城区与綦江万盛南部支点城市的客运线路。东城大道—万盛段全长 58.9 km,时速 160 km/h,市域 D 型车,设站 9 座。

C5 线桥隧总长 38.7 km,桥隧比为 65.7%,轨桥隧比大,线位穿越多座山体,若快速通道与快轨共线,工程建安费巨大,建设成本过高,经济效益差。

3.2 路线平面选线

通道主线线路起点接巴南区东城大道百合立交,沿太公山与圣灯山—横山形成的中部槽谷布线,在綦江区沿通惠新城东侧布线,再沿横山与老瀛山中槽谷布线,终点接永桐新城,线路全长 50.4 km,城市快速路 80 km/h,双向 6 车道。其中,巴南段途经圣灯山镇,约 18.0 km;綦江万盛段途径新盛、通惠、三角、永城、永桐新城,约 32.4 km。本次快速路主通道结合地形条件及沿线镇街进行线位局部比选(中心城区—綦江通惠段)。

A 线位于圣灯山镇东侧,全长 50.4 km,桥梁长度 7.1 km,隧道长度 5.85 km;B 线位于圣灯山镇西侧,全长 50.19 km,桥梁长度 9.6 km,隧道长度 5.88 km。

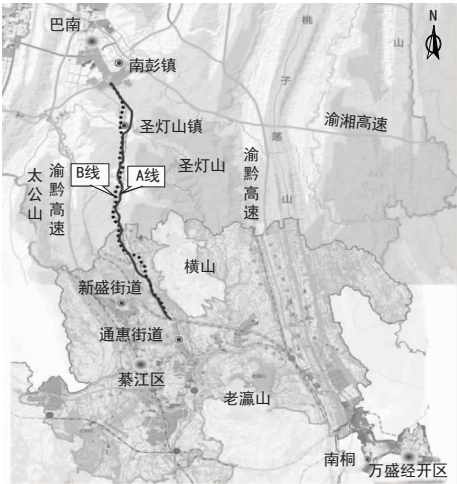


图 3 主线线路比选图

如表 1 所示,两个方案里程长度相近,平纵技术指标基本一致,均未占用生态红线。A 线虽占地面积略大,但桥隧比相对较低,占用基本农田和城镇开发边界面积较少,且工程投资较低,因此选择 A 线为推荐线位。

表 1 路线比选表

项目	A 线(推荐)	B 线
里程长度/km	50.4	50.19
最小圆曲线半径/m	600	600
最大纵坡/‰	4	4
桥梁长度/km	7.1	9.6
隧道长度/km	5.85	5.88
桥隧比例	0.26	0.31
占地面积/hm ²	295.68	284.05
占基本农田/hm ²	68.07	74.97
城镇开发边界/hm ²	15.94	17.28
工程建安投资/亿元	55.32	60.77

3.3 路线竖向设计

主线北侧起点接百合立交南侧东城大道现状预留路口高程为 383.5 m,终点接永桐新城规划纵向主干路高程为 355.866 m。沿线共设置 57 段纵坡,最大纵坡为 4%,最小纵坡为 0.5%,最小坡长为 345 m,凸曲线最小半径为 1 200 m,凹曲线最小半径为 800 m,满足规范要求。

3.4 横断面设计

(1)33 m 宽标准路幅

该路幅适用于城镇开发边界内,有人行需求,标准路幅宽度按 33 m 控制:

33 m=3.5 m(人行系统)+12 m(车行道)+2 m(中央分隔带)+12 m(车行道)+3.5 m(人行系统)。

(2)29 m 宽标准路幅

该路幅适用于城镇开发边界外,基本无人行需求,标准路幅宽度按 29 m 控制:

29 m=1.5 m(检修带)+12 m(车行道)+2 m(中央分隔带)+12 m(车行道)+1.5 m(检修带)。

3.5 立交节点

主线沿线分别在圣灯山镇、横山镇、新盛街道、通惠新城、三角产业园、永桐新城设置 7 座立交。其中,枢纽立交 3 座,一般立交 4 座,如图 4 所示。



图 4 立交节点分布图

4 空间协同论证分析

4.1 基于 GIS-BIM 技术的建模分析

通过获取通道沿线的航摄影像、数字地形模型等基础资料,建立三维地形模型平台。项目构建基于三维 TIN 的高精度数字地形模型。通过该模型可以对项目沿线地形、地物、地势起伏直观展示,实现三维地理设计环境的多角度展示与表达,大幅缩减外业踏勘时间,提高设计效率。为大型通道规划研究与设计提供了三维地形基础。

如图 5 所示,基于三维数字地形进行通道选线方案的模拟分析和比选论证,可视化、三维化、直观化展示通道方案填挖深度、边坡、桥隧结构等,支撑方案论证。

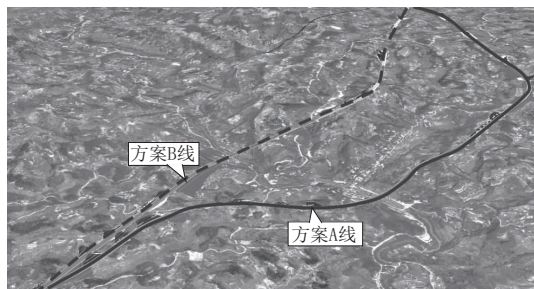


图 5 基于三维地形的通道线位比选

4.2 空间协同论证

本项目线路里程达 50 km,沿线分布有大量的基

本农田、生态红线。运用 Arcgis 及 CAD 对通道方案 A 线和方案 B 线分别进行道路红线及占地线进行矢量化、参数化表达,如图 6 所示。基于三维数字平台,对“三区三线”管控条件(永久基本农田、生态保护红线、城镇开发边界)进行分层要素叠置分析和底线冲突检测,促进项目方案锁定与落地。



图 6 “三区三线”论证分析

4.3 结果分析

经叠置分析,本项目推荐方案 A 线占地总面积约 295.68 hm²。因通道沿线分布有大量的基本农田,存在不可避免性。推荐方案 A 线占用基本农田 68.07 hm²,城镇开发边界范围内占地约 15.94 hm²;比选方案 B 线占用基本农田 74.97 hm²,城镇开发边界范围内占地 17.27 hm²。两个方案均未占用生态保护红线和自然保护区。推荐方案对基本农田和城镇开发边界的占用更少,有利于后期用途管制协调和项目建设实施。

5 结 语

山地城市地形条件复杂,长大通道具体里程长、桥隧比例大、控制因素多、与“三区三线”管控要素关系复杂的特征。在国土空间规划成果逐步落地的背景下,在前期线位研究阶段,应以“三区三线”为导向,论证线路方案与国土空间格局、城镇体系布局等的关系,运用智能化、信息化手段,基于 GIS-BIM 等技术加强方案比选论证。本文以重庆中心城区—綦万快速通道为例,通过三维技术对线路实现可视化、动态化、实景化、数据化,建立项目精细化三维模型,开展线路方案的空间协同论证。科学辅助建设单位和主管部门进行方案决策。对长跨度的山地城市快速通道选线具有一定参考意义。

参考文献:

- [1]罗杰.重庆主城至涪陵区快速通道建设可行性分析[J].重庆建筑,2019,18(3):19-22.

(下转第 82 页)

锚头与张拉端锚具进行连接

4.5 索鞍、索夹设计

4.5.1 主索鞍

主索鞍鞍体采用全铸结构,将主索设于鞍槽内,沿桥向设竖式隔板,在顶部加锌块填平后,再用螺栓将鞍槽侧壁紧固,使钢索全部到位并调整到位。

4.5.2 索夹

索夹采用上下对合的结构形式,用螺杆将上下两半的索夹连接起来,夹紧在主缆上,接缝处用橡胶防水条嵌入其中,起到防水的作用,索夹的壁厚为35 mm。全桥索夹分为三大类:有吊索索夹连接主缆和吊索;散索套口密闭索夹;在主索鞍出口位置密闭索夹。

由于各种吊索的拉力和主缆的倾角不同,所需的夹紧力、夹力长度、螺杆数量也不同,为了便于制造和施工,销接式吊索将长度相近的索夹分为5类。上、下半部索夹均需配套加工,以保证吊索索夹紧固螺杆的受力平衡。同时要与吊索中心线的延长线重合,既要在销孔重合,又要在索夹中心重合。另外,防水螺母也设置在索夹螺杆的末端。将橡胶防水条嵌入索夹上下部分的接缝中,起到防水作用。

5 结构总体计算

自锚式悬索桥的总体结构通过空间有限元程序进行空间静力分析。桥塔采用梁单元仿真模拟,纵梁截面采用梁单元仿真模拟,索单元仿真模拟主缆及吊索结构。索单元68个,梁单元139个,节点210个,见图7。

边界条件:主塔塔底采用完全固结,0#台、1#墩、2#墩和3#台处按照实际支座布置添加约束。主塔与加劲梁之间的连接通过主塔横梁处的边界条件确定。

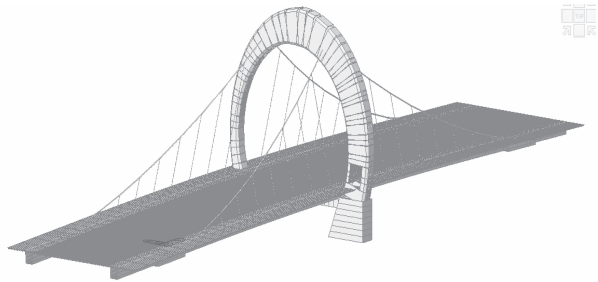


图7 计算模型

设计过程中对自锚式悬索桥进行了静力、抗风、抗震、稳定性以及局部结构的详细计算分析,主缆、主梁和主塔结构的强度、刚度和稳定性均满足规范要求。主缆应力验算安全系数 $2.25 > 1.85^{[1]}$,吊杆安全系数为 $3.8 > 2.2^{[3]}$;汽车荷载作用下主梁最大挠度为6.4 cm,挠跨比为 $1/1\ 250 < 1/250$,满足规范要求。

6 结 语

(1)圆月形独塔空间双索面组合梁自锚式悬索桥,塔型以月亮文化为背景,圆月形塔柱造型独特、美观,充分体现当地地域文化特色。

(2)结合现场建设条件,桥跨总体布置采用斜交正做法,外边跨起到平衡主缆上拔力,增加结构刚度的作用。与已往悬索桥塔柱索鞍上部多为装饰结构不参与结构受力相比,圆月形塔柱结构为全断面整体受力结构体系,结构新颖;组合梁结构受力性能,桥面板耐久性好;空间主缆线性轻盈柔美。

(3)桥梁整体造型协调,富有时代特色,大桥建成后必将成为城市标志性建筑物,为其它中等跨径自锚式悬索桥设计提供很好的造型思路,结构设计的借鉴。

参考文献:

- [1] JTG/T D64-01—2015,公路钢混组合桥梁设计与施工规范[S].
- [2] JTG/T 3650—2020,公路桥涵施工技术规范[S].
- [3] JTG/T D65-05—2015,公路悬索桥设计规范[S].

(上接第73页)

- [2] 熊桂开,朱丽丽,薛梅.GIS—BIM技术在山地城市路网优化设计中的应用[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2017,36(4):90-95.
- [3] 罗睿,黄凯.基于GIS的BIM技术在路网优化设计中的应用研究[J].城市道桥与防洪,2019,247(11):160-163.
- [4] 赵一帆.山区高等级公路路线方案三维智能辅助设计方法研究[D].重庆:重庆交通大学,2018.

- [5] 黄东初.宜万同城快速通道工程设计总结[J].城市道桥与防洪,2022,284(12):4-7.
- [6] 张尚武,刘振宇,王昱菲.“三区三线”统筹划定与国土空间布局优化:难点与方法思考[J].城市规划学刊,2022,12(84):12-19.
- [7] 孙小康.“三区三线”关系下的公路公路设计原则及控制要点[J].江西建材,2023(4):149-151.