

下穿高速公路桥梁改造方案及交通组织研究

陈登峰

(百色枢纽通航投资有限公司, 广西 百色 533000)

摘要: 为探究下穿高速公路桥梁最优改造方案, 分析讨论区域合理交通组织方案, 最大限度地保证下穿桥梁改造施工过程中高速公路的行车安全。本文结合昆明的东绕城高速, 某下穿桥梁改造项目, 采用 MIDAS/GTS 有限元分析软件及 Vissim 交通仿真软件对下穿桥梁改造过程中高速公路路面沉降变化及区域交通组织分析及研究, 提出较优的改造设计方案及交通组织方案, 对后期相似项目实施提供一定参考。

关键词: 下穿; 桥梁改造; 高速公路; 交通组织

中图分类号: U448.14 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 06—0135—03

随着国家经济建设的稳步持续发展, 为满足铁路、公路、市政道路及电力、输油输气管道等设施的规划或设计要求, 需上跨、下穿公路设施的工程日趋增加。对运行中的高速公路或开放交通时的公路下穿桥梁开展改造施工, 容易破坏原有的道路结构及配套设施, 更会对道路功能的发挥和行车安全造成一定影响。

因区域条件限制, 部分下穿高速公路桥梁常常是其他道路及管线穿越的最优通道。但由于部分桥梁跨径不足, 为满足下穿构筑物修建施工及运营, 需对其进行改造。下穿高速公路桥梁的改造采取何种方式最佳, 采取何种交通组织方式对运营的高速公路通行影响较小, 需对其进行研究。本文结合昆明东绕城高速公路某下穿桥梁改造项目进行改造方案及交通组织进行研究, 能为类似项目实施提供重要的参考。

1 工程概况

昆明的东绕城高速已于 2006 年 12 月 28 日通车, 桥梁下穿改造处, 昆明东绕城按 80km/h 速度设计, 采用双向六车道沥青混凝土路面, 路幅 35 米, 中分带宽 2.5m, 现场调查交通量如下表所示:

表 1 所涉及道路交通情况统计表

路段名	行车方向	大车 (辆)	中型车 (辆)	小车 (辆)	转化交通量 (pcu/h)	大车比例 (%)
昆明东绕城高速公路	广福路方向	252	24	1452	2118	14.58
	昆曲高速公路方向	180	96	1464	2058	10.34

需改造的下穿桥梁原为单线铁路下穿通道, 为满足铁路远期客货运需求, 需在该铁路线路附近增设一处双线铁路。改造增设桥为一座 (4+14+4)m 的钢筋混凝土刚构桥。

2 改造及交通组织方案

2.1 改造设计及施工方案

下穿桥梁改造原设计采用一座 1-12.5m 框架桥下穿既有昆明东绕城高速公路, 桥梁采用分幅顶进施工, 设计及保通方案于 2013 年 1 月通过了由昆明枢纽建设指挥部组织的专家评审。

变更设计采用 (4+14+4) 刚构桥, 全长 24.51m, 桥面总宽 35m, 分左、右两幅, 中间设置 2m 宽的中央分隔带, 每幅组成为: 0.5m 防撞墙 +14.75m 行车道 +0.75m 路缘带 +0.5m 防撞墙, 桥面设 2% 的人字形横坡, 桥面横坡通过梁部结构倾斜设置, 桥面桥墩及基础混凝土为 C40, 梁部混凝土为 C40。

变更后此处桥梁将采用盖挖逆作法进行施工作业。首先, 在铁路穿越处昆明东绕城高速公路的中央绿化带采用 12 根 1.25 × 1.25m × 7m 人工挖孔桩防护进行防护, 以防止路基在后面的借道保通过程中路基的稳定性; 其次, 进行左幅桥梁施工; 再次, 进行右幅桥梁施工; 最后进行刚构桥桥下路基开挖及土钉墙防护施工。

2.2 交通组织方案

第一阶段防护桩施工期间占用高速两侧靠近绿化带各一条车道, 通过导流将车辆导入外侧两条车道, 保证两侧各有两条车道 60km/h 通过。

第二阶段公路桥施工期间将占用昆曲路方向全部车道, 将原昆曲路方向车辆导入原广福路方向两内侧车道, 车辆并行段断面形式为 0.5m (侧向净距) +3.5 × 2 (车行道) +0.5 (双黄线) +3.5 × 2 (车行道) +0.75 (路肩) =16m。保证双向各有两条车道 60km/h 通行。

第三阶段公路桥施工期间将占用广福路方向全部

车道，将原广福路方向车辆导入原昆曲路方向两内侧车道，车辆并行段断面形式为 0.5m(侧向净距)+3.5×2(车行道)+0.5(双黄线)+3.5×2(车行道)+0.75(路肩)=16m。保证双向各有两条车道 60km/h 通行。

3 改造及交通组织方案分析

3.1 改造方案分析

为了较为准确的判别桥梁改造方案是否合理，项目采用 MIDAS/GTS 有限元分析软件对项目施工过程进行分析，分析采用的参数及过程如下：

根据有限元分析处理经验，在水平方向的影响范围为 3 ~ 5 倍开挖深度（开挖边界外）^[1]，而竖向的影响范围则为开挖底部向下 2 ~ 4 倍开挖深度^[2]。综合考虑模型实际情况，整体三维模型尺寸为 131m×150m×52m（宽×长×高）。

表 2 岩土体物理力学参数

岩土名称	天然重度 γ (kN/m^3)	压缩模量 E (MPa)	黏黏聚力 C (kPa)	内摩擦角 Φ ($^\circ$)
粉质黏土	18	/	20	12
黏土	19	5.5	25	16
黏土	19	6.3	43.7	15.2

对本项目建立三维有限元模型，计算模型的网格节点为 86758 个，单元为 109142 个。

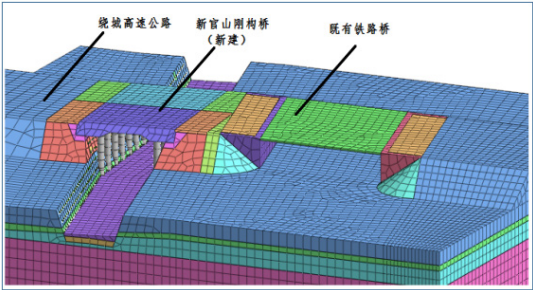


图 1 网格模型细部（项目施工后）

桥梁施工阶段中最为关键的阶段为左幅桥、右幅桥开挖及开挖桥下铁路路基路堑、施工土钉墙等 3 个阶段。结合 MIDAS/GTS 有限元分析可知：

（1）左幅桥路基开挖阶段。左幅桥施工阶段，引起的基坑最大水平向变形为 4.21mm，最大竖向变形为 9.0mm。左幅桥路基开挖阶段，塑性应变主要影响范围为开挖面及临近右幅桥待开挖部分土体。对比左幅桥开挖前和开挖后的基坑应力应变云图，基坑开挖存在一定程度的应力释放，但是整体影响较小。

（2）右幅桥路基开挖阶段。右幅桥实施时导致的地层最大水平向变形为 2.12mm，最大竖向变形为

8.99mm。右幅桥施工阶段，塑性应变主要影响范围为开挖面及左右幅桥坡底土体。对比左右幅桥开挖阶段的应力应变云图可知，其应力及应变有小幅增长。

（3）刚架桥施工完成阶段。刚架桥施工完成时，引起的基坑最大水平变形为 3.26mm，最大竖向变形为 9.10mm。施工完成，引起临近既有桥台结构的最大水平变形为 0.53mm，最大竖向变形为 5.86mm。可见，刚架桥施工对既有铁路桥的变形影响较小。

下穿高速公路桥梁盖挖逆作法施工中左右幅桥及进行桥梁清方和土钉墙施工时，既有铁道桥受基坑开挖影响的应力及塑性应变分布范围较小，桥台位移值满足相关技术规范要求。因此，采取盖挖逆作法施工对其影响甚微，方案是有效可行的。

3.2 区域交通组织分析

结合项目道路参数及现场调查情况，建立仿真路网模型，模型结合现场调查情况及委托方所提供的施工方案为背景，建模涉及昆明东绕城高速公路涉路施工段 900m 范围，在建模起终点插入行程时间检测器和检测点，仿真确定在未施工时单车通过拟施工区域昆明东绕城高速公路行程时间及排队情况。

结合委托方所提供的方案，其中对项目实施期间道路保通说明较为详细，对保通方案的分析结合方案分三个阶段进行具体分析如下：

（1）绿化隔离带人工挖孔桩施工（封闭两侧最内侧车道）。通过导流将车辆导入外侧两条车道，保证两侧各有两条车道通行，区域限速 60km/h 通过，对施工路段进行模拟分析如下：

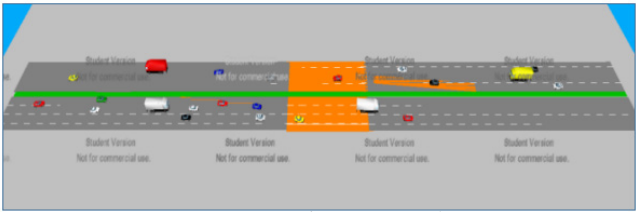


图 2 项目实施第一阶段路段仿真

（2）监控门式桁架拆除与安装及左幅刚构桥施工（封闭左幅车道车辆借道通行）。封闭左幅路（王家营西侧），将左幅（王家营西侧）公路车流分至右幅（昆明东侧）通行，区域限速 60km/h 通过，对施工路段进行模拟分析如下：

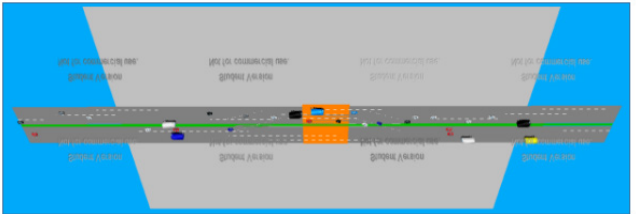


图 3 项目实施第二阶段路段仿真

(3) 右幅刚构桥施工期间的保通(封闭右幅车道车辆借道通行)。左幅(王家营西侧)恢复路面通行后,将右幅(王家营西侧)公路车流分至左幅(昆明东侧)通行,区域限速 60km/h 通过,对施工路段进行模拟分析如下:

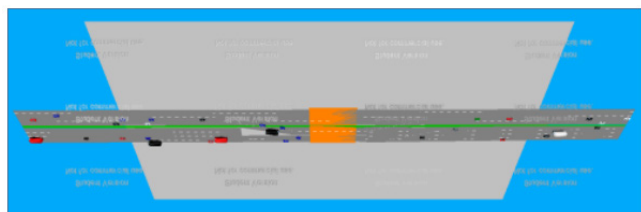


图 4 项目实施第三阶段路段仿真

3.3 道路交通组织优化

由于该道路交通流量相对较大,在施工未进行时,该路段按调查交通量分析时,昆曲高速公路方向、广福路方向服务水平为二级;按委托方方案进行保通施工时,第一、二、三阶段均导致东绕城高速公路服务水平降为四级。但保通方案未考虑拥堵期间的交通分流措施,需进一步完善。具体分析数据详见下表:

表 3 项目实施过程中路段通行情况分析结果统计表

施工	行车	交通	平均	服务
一阶段	昆曲	2058	46.7	四级
	广福	2118	43.3	四级
二阶段	昆曲	2058	45.5	四级
	广福	2118	46.6	四级
三阶段	昆曲	2058	47.3	四级
	广福	2118	46.5	四级

为确保施工过程中道路通行顺畅、安全,建议需对本项目交通组织做进一步优化及补充。具体分阶段组织实施情况如下:

(1) 第一阶段。结合施工实际情况及分析计算结论,建议在施工第一阶段完成:中央分隔带开口拆除施工及人工挖孔桩施工作业,该阶段施工过程中考虑区域限速 60km/h,封闭两方向最内侧行车道,车辆通过剩余车道通行,在交通流量较大的情况下可考虑增加硬路肩通行,实施过程中设置相应安全防护设施及警示标志通行,具体保通及交通组织示意图详见下图所示。

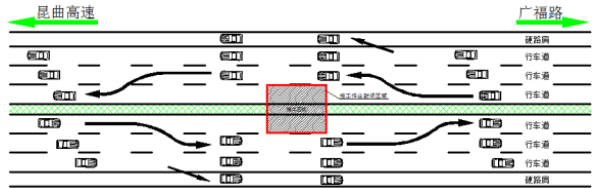


图 5 建议第一阶段施工期间交通组织

(2) 第二阶段。结合施工实际情况及分析计算结论,建议在施工第二阶段完成:电子监控门式桁架拆除与安装及左幅刚构桥施工,该阶段施工过程中考虑区域限速 60km/h,封闭东绕城高速公路昆曲高速公路方向所有行车道,该方向车流通过第一阶段拆除的中央分隔带跨越至对向车道进行通行,在交通流量较大的情况下组织车辆绕行分流通行,实施过程中设置相应安全防护设施及警示标志通行。

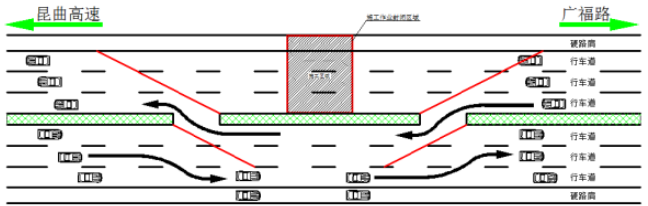


图 6 建议第二阶段施工期间交通组织

(3) 第三阶段。结合施工实际情况及分析计算结论,建议在施工第三阶段完成:右幅刚构桥施工,该阶段施工过程中考虑区域限速 60km/h,封闭东绕城高速公路广福路方向所有行车道,该方向车流通过第一阶段拆除的中央分隔带跨越至对向车道进行通行,在交通流量较大的情况下组织车辆绕行分流通行,实施过程中设置相应安全防护设施及警示标志通行。交通组织方式与第二阶段相似。

(4) 第四阶段。结合施工实际情况及分析计算结论,建议在施工第四阶段完成:中央分隔带开口恢复施工作业,该阶段施工过程中考虑区域限速 60km/h,封闭两方向最内侧行车道,车辆通过剩余车道通行,在交通流量较大的情况下可考虑增加硬路肩通行,实施过程中设置相应安全防护设施及警示标志通行。

4 结语

采用盖挖逆作法进行运营公路桥梁改造是行之有效的施工工艺,对施工区域结合施工工序分阶段采取借道、分车道等交通组织方式,可在确保区域施工时有效地保障施工区域车辆基本通行及行车安全。本工程作为一个下穿高速公路桥梁改造及交通组织应用案例,希望对以后的同类工程有借鉴作用。

参考文献:

[1] 唐超华. 基坑开挖卸荷对地铁隧道结构的影响浅析 [J]. 建筑工程技术与设计, 2016 (11): 2687—2689.
宋晓东. 软土地基某地铁站明挖施工对地面沉降影响研究 [T]. 工程力学, 2012.