

# 公路与隧道立体交叉形式及影响探讨

梁洪涛, 党高峰, 王 萌

(湖北省交通规划设计院股份有限公司, 湖北 武汉 430051)

**摘 要:** 随着我国交通建设的发展, 公路与隧道交叉的情况也越来越多, 如何保证公路工程自身安全以及既有隧道的安全也成为公路设计的重大问题。结合具体实例, 对不同交叉形式下公路施工和运营对既有隧道的影响进行分析探讨, 为公路选线及与隧道交叉设计方案提供一定的参考与借鉴。

**关键词:** 隧道交叉; 数值计算; 安全评价

**中图分类号:** U412.35<sup>+</sup>2

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2021)01-0040-02

## 0 引言

随着我国经济的快速发展, 公路、铁路等交通基础设施也迅速增加。由于公路网络与铁路网络“跨省区、长干线、高标准”的特点, 在公路设计过程中, 不可避免会出现公路或铁路与已建隧道进行交叉的情况<sup>[1]</sup>。在此背景下, 本文对公路与既有隧道立体交叉的形式和影响进行探讨, 希望能为类似工程提供一定参考。

## 1 安全性评价方法

公路与既有隧道的交叉形式包括桥梁、路基和隧道3种。不论以何种形式与隧道进行交叉, 公路建设与运营均会对隧道产生影响, 严重情况下, 当既有隧道的变形达到一定程度时, 会导致隧道结构的损坏, 影响行车安全。因此, 公路工程必须采取安全可靠的结构形式、施工方案和施工工艺, 同时还需要对已建隧道的影响做相关安全性评价, 以达到既有隧道运营安全的目的。

在评估项目建成后对既有隧道结构影响时, 主要采用有限元程序建立模型, 进行数值模拟计算。数值模拟分析方法可以考虑地层条件、空间条件、辅助工法等外在因素, 对不同工况下既有隧道的受力和变形情况进行分析, 能够较为真实地模拟公路施工和运营过程中对既有隧道的影响, 在安全性评价中应用广泛。

## 2 以桥梁形式上跨既有隧道

公路以桥梁形式与隧道交叉是最常用的交叉形

式, 其风险主要在于桥梁桩基施工过程中使周边土体产生挤压变形, 使隧道受力状况发生改变, 可能引起隧道的不均匀沉降, 严重时可能导致隧道衬砌开裂, 影响隧道结构安全<sup>[2]</sup>。

以某上跨既有隧道的公路桥梁工程为例, 该桥梁与隧道基本呈正交角度交叉, 上部构造采用4×40 m预应力钢筋混凝土T梁, 下部构造采用柱式墩, 基础采用挖孔灌注桩以减少施工对隧道的影响。隧道埋深约为13 m, 梁底与地面的距离约为14 m, 桥墩边缘与隧道边缘的最小距离约为12 m。通过数值分析计算可知, 桩基开挖时地层各向位移最大位置发生在桩孔中心位置, 最大值为2.56 mm, 车辆行车荷载对隧道的影响基本可忽略不计, 说明公路桥梁的施工及运营不会影响既有隧道结构的安全性。

总体来看, 公路采用大跨径桥梁上跨隧道的情况下, 由于桩基距隧道较远, 可有效减小公路施工和运营过程中对隧道的干扰, 安全风险相对较小。

## 3 以路基形式上跨既有隧道

采用路基形式上跨既有隧道时, 路基施工、自重和车辆行车荷载对隧道结构的影响较为复杂, 本文则重点对采用路基形式上跨既有隧道的影响进行分析研究。

以湖北省某新建高速公路与襄渝铁路及复线新、老白云山隧道交叉为例, 根据其设计资料, 高速公路采用路基形式上跨既有隧道。路线方案与铁路交叉点有2处, 交叉点铁路隧道由南至北分别为新白云山隧道、老白云山隧道。与襄渝铁路复线交角约为69°, 交叉处新白云山隧道覆土厚度约为63 m, 隧道围岩等级为IV级, 初支厚度18 cm, 二衬结构厚35 cm, 公路路基填方高度8 m; 与襄渝铁路老线交角约为

收稿日期: 2020-05-27

作者简介: 梁洪涛(1988—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事路线设计工作。

63°,交叉处老白云山隧道覆土厚度约为51 m,隧道围岩等级为IV级,结构厚45 cm,公路路基填方高度9 m。根据设计方案,采用有限元软件对交叉工程进行仿真计算分析。

### 3.1 计算假定

在明确分析目的的情况下,根据项目实际情况和特点,做如下假定和简化。

(1)土层为各向同性、均质的连续材料;

(2)地层参数参照工程地勘报告中所给出的土体参数及地质工程手册;

(3)既有铁路隧道在施工前处于良好状态;

(4)荷载分为恒载与活载两部分:恒载为路基自重,活载均按公路-I级荷载考虑。

### 3.2 模型尺寸与边界条件

两条铁路隧道的水平间距约120 m,隧道最大覆土厚度63 m。考虑到模型的边界效应,整个模型地层的长、宽、高为225 m×200 m×100 m,地层简化为3层,第一层为碎石土,第二层为强风化片岩,第三层为微风化片岩。

### 3.3 模型参数

在设计资料地质参数的基础上,通过查阅相关规范及手册,确定参数表(见表1)。

表1 模型相关参数表

项目	重度 $\gamma$ ( $\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$ )	泊松比 $\nu$	弹性 模量 $E/\text{MPa}$	承载力 /kPa	黏聚力 $C/\text{kPa}$	摩擦角 $\varphi/(\text{°})$
150 混凝土	25	0.2	25 000			
C35 钢筋 混凝土	25	0.2	32 500			
碎石土	19	0.3	35		30	25
强风化片岩	24	0.3	250	400	50	35
微风化片岩	25	0.2	1 000	600	140	45
路基土	20		150		30	35

### 3.4 计算结果

根据工程情况,将整个仿真分析分为初始地应力、现状隧道、高速公路建成后路基压力和车道荷载作用3个阶段,模拟整个施工过程。对地层竖向应力、地层沉降、隧道沉降等进行计算,如图1、图2和图3所示。

从计算结果看,在高速公路路基和公路荷载的作用下,隧道产生了局部沉降,其中老白云山隧道最大沉降为2 mm,新白云山隧道最大沉降为1.4 mm。隧道沉降最大的位置在公路路基下部,然后向两侧递减。隧道的沉降主要是由地层的整体沉降引起,隧道结构本身产生的变形很小,对隧道的结构安全的

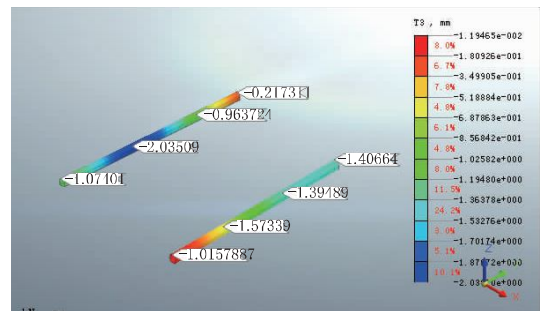


图1 隧道沉降图

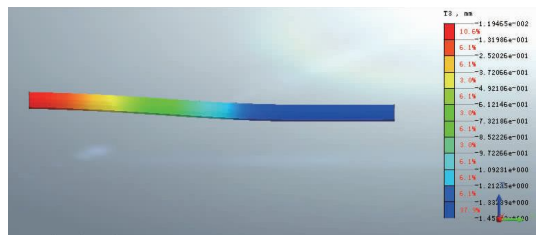


图2 新白云山隧道纵向沉降趋势图

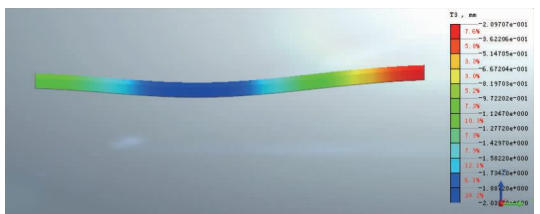


图3 老白云山隧道纵向沉降趋势图

影响不大。

因此,通过以上实例分析,在既有隧道埋深较深时,公路可采用路基形式与隧道进行交叉,以减小建设和运营过程中对隧道的影响。

## 4 以隧道形式与既有隧道交叉

若采用隧道形式与既有隧道交叉,两座隧道的间距、空间关系、隧道的规模、施工方法、地形地质条件对两座隧道均有影响<sup>[3]</sup>。本文结合相关工程项目,对隧道与隧道交叉的相互影响总结如下:

(1)当两隧道净距超过35 m时,隧道之间相互影响作用非常微弱,基本可不考虑新建隧道施工对既有隧道结构的影响,一般不需要采取特殊措施;

(2)当两隧道净距在20~35 m时,会产生一定影响,需对隧道进行监控量测,并根据既有结构的位移、变形量等推定允许值,再决定是否采取其他措施;对于新建隧道应采用控制爆破、静态爆破等方法减少围岩扰动,采用超前管棚支护、径向注浆等措施减少围岩变形;

(3)当两隧道净距在10~20 m时,相互影响作用较大,除了对既有隧道的监测,新建隧道的特殊施工方法外,对新建隧道结构还应进行加强,短开挖,强支护,对既有隧道应根据情况加固或提前采取加

(下转第60页)

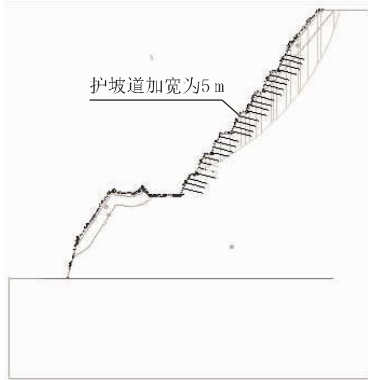


图4 护坡道加宽边坡计算图

应力锚索并计算稳定安全系数。几种不同工况下的坡面稳定分析计算结果见表3。

表3 现状坡面稳定分析计算结果

工况	抗滑稳定安全系数	允许安全系数 K	是否满足要求
植草防护	0.855	1.25	不满足
框架植草防护	1.275	1.25	满足
加宽护坡道 + 框架植草防护	1.417	1.25	满足
预应力锚索防护	1.493	1.25	满足

根据框架植草防护的稳定性计算结果,稳定安全系数很接近允许安全系数,为了充分保证边坡的稳定安全系数,现将第三级边坡的护坡道拓宽为5m,起到给下面边坡卸载的作用,计算得到此时的安全稳定系数为1.417,较护坡道拓宽前增加11%。而将锚杆换成锚索支护,安全系数仅提高了5.4%,对边坡稳定作用并不明显。

### 4 不同支护方案的可行性与优缺点

根据表4的结果,对比这两种防护方式,护坡道

加宽虽然比正常宽度造价高23.24万元(加宽护坡道之后挖方量有所增加),但是对于边坡稳定性有所提高,下面三级坡的荷载变小,加宽的护坡道给上面挖方段提供了一个很好的缓冲平台。同时给施工提供了相对较大的空间,增加了施工的安全性和便利性。宽的护坡道可以增加绿化、种植灌木等,使景观更加协调。

表4 方案指标对比结果

支护方案	抗滑稳定安全系数	技术优缺点	支护强度	工程造价/万元
框架植草防护	1.275	优点:防护效果好,布置灵活 缺点:工艺复杂,造价高	强	126.89
加宽护坡道 + 框架植草防护	1.417	对比普通植草防护,该防护方式边坡稳定性更好	强	150.13

因此本文推荐边坡中间加宽护坡道并采用框架植草防护的方式进行防护。

### 5 结语

综上所述,在经济条件允许的情况下,为保证边坡的充分稳定,对于高边坡可采用挂网喷混凝土防护,每三级边坡可加宽一个护坡道以给下方边坡卸载的同时给上方边坡提供足够的施工空间和缓冲平台。

#### 参考文献:

[1] 唐鹏飞.边坡锚索预应力变化特征分析[J].中国石油和化工标准与质量,2019,39(2):128-129.  
 [2] 刘兆成.岩质边坡锚喷加固研究及加固效果分析[D].济南:山东大学,2013.  
 [3] 付超阳.预应力锚索数值模拟分析与工程应用[D].西安:西安理工大学,2015.  
 [4] 李宏伟.高边坡支护预应力锚索施工技术研究[J].中国标准化,2017(6):183-184.

(上接第41页)

固措施。

### 5 结语

通过对公路分别采用桥梁、路基和隧道形式与既有隧道交叉的研究可知,在进行路线方案设计时,若与隧道的交叉不可避免,应优先采用大跨径桥梁跨越;当隧道埋深较深时,可采用低路基形式进行交叉;当必须以隧道形式进行交叉时,应控制好纵面指标,增加新建隧道与既有隧道的净距,降低安全风险。

总而言之,公路在与既有隧道进行交叉时,必须对路线进行多方案比选,并对交叉方案进行安全性评价,最终确定出安全合理的交叉方案。

#### 参考文献:

[1] 郭剑勇.新建高速公路上跨既有隧道方案设计安全性评价[J].铁道建筑技术,2014(S1):313-315,338.  
 [2] 徐亚光,曹文,康圣雨.新建公路桥梁对既有铁路桥隧的影响分析[J].铁道建筑,2019,59(3):22-25.  
 [3] 徐慧芬,郑少华,马超.公路与铁路立体交叉隧道施工安全性分析[J].公路,2017,62(10):299-302.