

# 十里山隧道进口既有线扩堑与桩板墙工程爆破影响研究

王宏伟

身份证号码: 612725198406233013

**摘要:** 本文依托十里山隧道改线工程,对隧道既有线进口扩堑与桩板墙工程爆破施工进行数值模拟,得到以下结论。路堑、桩板墙爆破振动对既有北环上行线路基与桑园子隧道结构的影响有限,既有北环上行线路基与桑园子隧道结构安全。路堑爆破不会产生滑塌、飞石影响既有北环上行线路基。扩堑、桩板墙开挖前在边坡适当位置设置SNS被动防护网防护。爆破区应进行主动防护。

**关键词:** 既有线扩堑;隧道桩板墙;爆破施工;数值模拟

## Study on blasting effect of cutting expansion and pile-slab wall of Shilishan Tunnel entrance

Hongwei Wang

Id No.: 612725198406233013

**Abstract:** Relying on the rerouting project of Shishan tunnel, the numerical simulation of the tunnel inlet expansion and pile wall engineering blasting construction is conducted, and then the following conclusion is obtained. The blasting vibration of cutting and pile wall has limited impact on the foundation and tunnel structure, and the foundation and Sangyuanzi tunnel are safe. Cutting blasting will not affect the existing north ring uplink line base. SNS passive protective net shall be set at the appropriate position of the slope before cutting expansion and pile plate wall excavation. The blasting area shall be actively protected.

**Keywords:** Existing line cutting expansion; Tunnel pile slab wall; Blasting construction; Numerical simulation

### 引言:

隧道既有线进口扩堑工程施工不可避免会对既有隧道造成影响,也是工程施工的难点、重点,而且不少工程人士研究了新建工程对既有工程的影响。王志杰<sup>[1]</sup>等人采用数值模拟、现场监测等方法,对双侧近接既有隧道的新隧道施工进行研究,并提出影响分区及相应施工对策。董文斌<sup>[2]</sup>等人应用Ansys软件对基坑近接既有地铁隧道施工影响分区展开研究,以辅助工程施工。叶逢春<sup>[3]</sup>等人以杭州地铁5号线某区间隧道为依托,结合数值模拟与安全监测对高架桥近接既有盾构隧道施工的进行安全评估。王辉<sup>[4]</sup>等人自行编程采用ABAQUS软件进行动态模拟,分析城市隧道近接建筑施工的相互影响规律。曹雪<sup>[5]</sup>以重庆市某近接地铁隧道高层建筑为例,采用Midasc-GTS软件进行数值模拟,分析高层建筑施工各个阶段围岩变形、衬砌位移、内力变化。

本文依托兰州至重庆线兰州枢纽项目十里山隧道改线工程,对隧道既有线进口扩堑与桩板墙工程爆破施工

进行数值模拟,并一定的施工对此,以期类似工程提供参考。

### 一、工程概况

兰州至重庆线兰州枢纽项目十里山隧道改线工程,新十里山隧道位于兰州北环线上、下行之间同一山体,净间距12~59.5m,最大埋深46m,起讫里程GYK25+951~GYK26+506,全长555m。隧道进口端165.69m、出口端210.08m位于R=500m的曲线上,其余位于直线段,隧道纵坡为6.2‰单面下坡。桑园子端洞门靠山侧边坡较陡,采用偏压式明洞门,洞口里程GYK25+951,明暗分界里程GYK25+977,明洞长26m;兰州北端隧道接长明洞与下穿包兰线框架桥顺接,顺接里程GYK26+506,明暗分界里程GYK26+400,明洞长106m。新十里山隧道暗洞总长423m,IV级围岩110m,占26%;V级围岩313m,占74%。

新十里山一号隧道位于北环上行线既有十里山隧道与北环下行线桑园子隧道之间,最小净距12m,最大净

表1 桑园子至青白石间十里山一号隧道改线工程邻近既有有线一览表

| 序号 | 工点名称          | 新建里程                  | 对应既有结构名称            | 对应营业线里程               | 长度/m | 与既有隧道净间距/m |
|----|---------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|------|------------|
| 1  | 新十里山隧道        | GYK25+977 ~ GYK26+172 | 新十里山隧道和既有线十里山一号隧道   | YK25+982.1 ~ YK26+178 | 15.9 | 12 ~ 44    |
| 2  | 新十里山隧道        | GYK25+977 ~ GYK26+400 | 新十里山隧道和既有线桑园子隧道     | ZK25+939 ~ ZK26+362   | 423  | 25 ~ 59.5  |
| 3  | 新十里山隧道        | GYK26+172 ~ GYK26+314 | 新十里山隧道和北环上行线高边坡     | YK26+178 ~ YK26+320   | 142  | 43-53      |
| 4  | 路基扩堑、挖孔桩及进口明洞 | GYK25+885 ~ GYK25+977 | 新建线路扩堑及进口明洞和兰州北环上行线 | YK25+890 ~ YK25+982   | 92   | 6-12       |

距59.5m。桑园子至青白石间十里山一号隧道改线工程邻近既有有线一览表如表1所示。

本工程为变更增建工程，与既有隧道的净间距较小，线路受营业线影响的工程范围大，施工干扰大，安全风险多，施工安全防护、配合协调任务重，必须将确保营业线行车运输安全作为隧道施工安全的控制重点。

新建十里山隧道与既有有线基本平行，与既有十里山一号隧道的净间距在12米~44米之间，共195.9m；与桑园子隧道的净间距在25米~59.5米之间，共423m。隧道暗洞采用控制爆破开挖，控制爆破施工，安全风险大。

GYK25+885 ~ GYK25+951段路基扩堑及高边坡，仅靠既有有线和接触网；扩堑堑高坡度，扩堑宽度狭窄；受场地限制，施工场地狭窄，交通不便，弃渣困难；施工与运营干扰大，有效施工时间短。

## 二、数值计算

### 1. 计算模型及参数

#### (1) 模型建立

根据现场近接情况，十里山隧道进口电气化铁路既有有线扩堑工程近接既有十里山一号隧道与北环下行线桑园子隧道的三维数值模型如图1~图2所示。

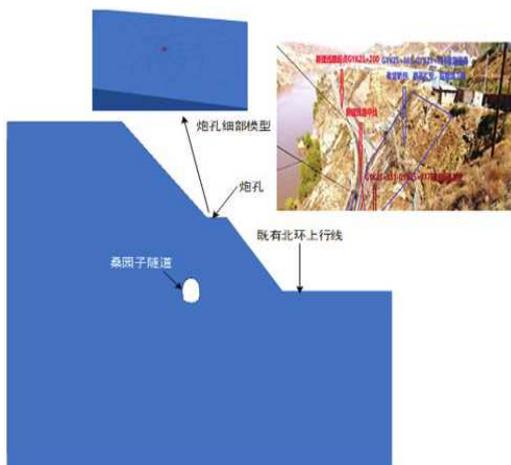


图1 既有有线扩堑工程近接北环上行线路基、北环下行线桑园子隧道数值模型



图2 既有有线扩堑工程桩板墙近接既有十里山一号隧道与北环下行线桑园子隧道

#### (2) 计算参数

根据地勘报告，并结合桑园子隧道、十里山隧道竣工资料、复线隧道设计资料及《铁路设计规范》选取地层及结构物物理力学参数如表2所示。

表2 计算参数表

| 类别  | 名称    | 重度<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 弹性<br>模量<br>(GPa) | 泊松比  | 内摩<br>擦角<br>(°) | 内聚力<br>(MPa) |
|-----|-------|----------------------------|-------------------|------|-----------------|--------------|
| 围岩  | 细圆砾土  | 15.0                       | 0.1               | 0.4  | 15              | 0.02         |
|     | 砂质黄土  | 17.0                       | 0.15              | 0.35 | 20              | 0.05         |
|     | 花岗岩W3 | 21.0                       | 1.3               | 0.32 | 33.0            | 0.5          |
|     | 花岗岩W2 | 21.0                       | 1.15              | 0.42 | 27.0            | 0.2          |
| 桑园  | C35   | 25.0                       | 32.5              | 0.20 | /               | /            |
| 十里山 | C35   | 25.0                       | 32.5              | 0.20 | /               | /            |

#### (3) 爆破荷载

路堑开挖爆破参数如表3所示。爆炸脉冲荷载作用时程曲线如图3所示。

表3 路堑开挖爆破计算参数

|       | 线装药密度/g/cm <sup>3</sup> | 爆速/km/s | 药卷半径/m | 炮孔半径/m | m    | n    |
|-------|-------------------------|---------|--------|--------|------|------|
| 路堑爆破  | 0.4                     | 2.0     | 0.08   | 0.1    | 0.42 | 0.34 |
| 桩板墙爆破 | 0.4                     | 2.0     | 0.08   | 0.1    | 0.42 | 0.34 |

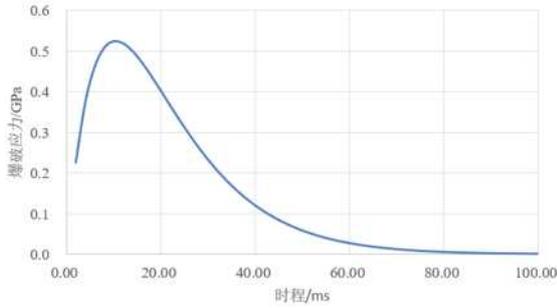


图3 爆炸脉冲荷载作用时程曲线

2. 振动影响分析

(1) 路堑爆破的影响

选取YK25+885位置进行爆破振动计算分析。监测得到桑园子隧道与北环上行线路基的振动响应时程曲线如图4~图5所示。

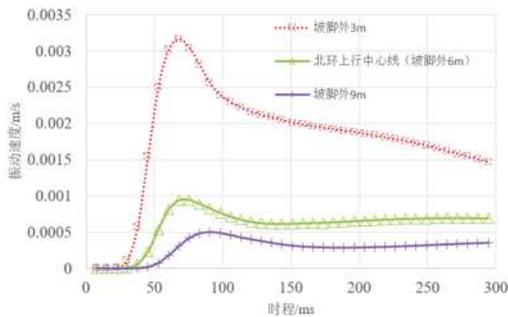


图4 北环上行线路基的振动响应时程曲线

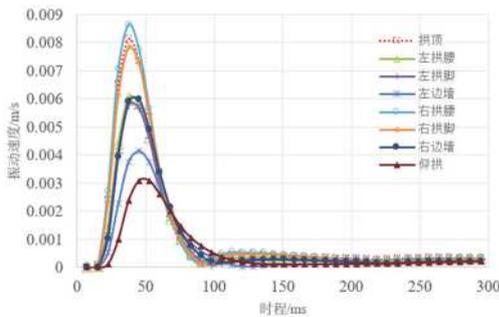


图5 既有线北环上行线振动响应时程曲线

通过图4~图5可知，桑园子隧道二次衬砌振动最大振速发生在右拱腰，最大时刻为40ms，最大振速为9mm/s；既有线北环上行线路基振动响应最大时刻为60ms，路基中心位置的振速为1mm/s，远小于标准值的5cm/s。图6~图7则展示了在振动最大时刻的振动速度云图。

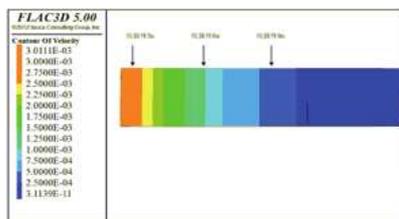


图6 既有线北环上行线路基振动响应最大时刻 (60ms) 振速云图 (俯视图)

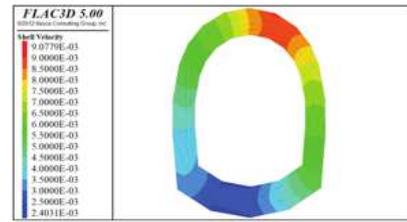


图7 桑园子隧道二次衬砌振动响应最大时刻 (40ms) 振速云图

图8展示了边坡爆破后最终时刻水平位移云图。根据图8可知，路堑爆破后，最大水平位移为4cm，且该点距离路基大于30m。路堑爆破不会产生滑塌、飞石影响既有北环上行线路基。

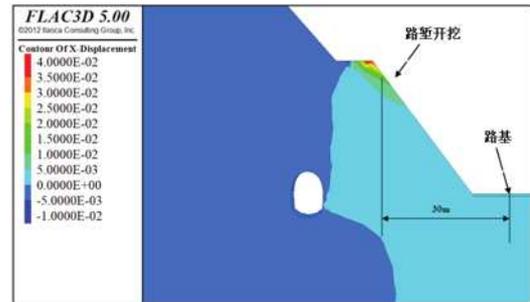


图8 边坡爆破后最终时刻位移云图

根据计算结果分析振动对既有北环上行线路基与桑园子隧道结构的影响有限，既有北环上行线与桑园子隧道结构安全。

(2) 桩板墙爆破的影响

通过计算得到桑园子隧道与北环上行线路基的振动响应时程曲线如图9~图10所示。

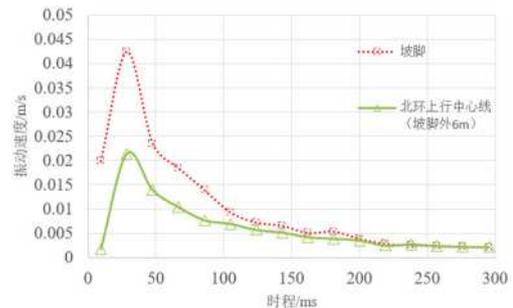


图9 北环上行线路基的振动响应时程曲线

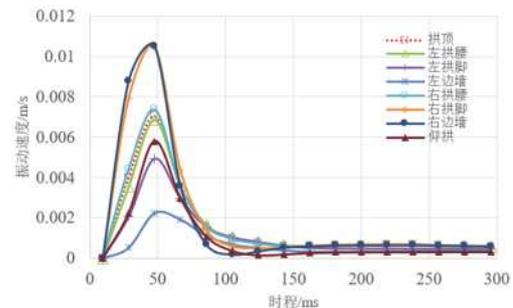


图10 北环下行线桑园子隧道二次衬砌振动响应时程曲线

通过图9~图10可知,桑园子隧道二次衬砌振动最大振速发生在右边墙,最大时刻为50ms,最大振速为1.05cm/s,小于标准值的5cm/s;既有线北环上行线路路基振动响应最大时刻为30ms,路基中心位置的振速为2.2cm/s,小于标准值的5cm/s。图11~图12则展示了在振动最大时刻的振动速度云图。根据计算结果分析振动对既有北环上行线路路基与桑园子隧道结构的影响有限,既有北环上行线与桑园子隧道结构安全。

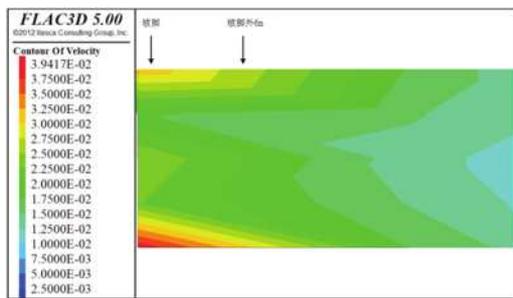


图11 既有线北环上行线路路基振动响应最大时刻(30ms)振速云图(俯视图)

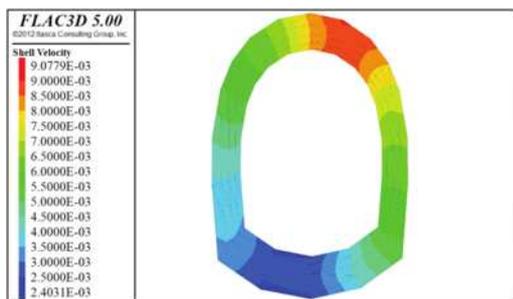


图12 桑园子隧道二次衬砌振动响应最大时刻(50ms)振速云图

### 三、施工对策

本节通过理论公式计算爆破振动速度。爆破振动速度计算公式为:

$$v = K \left( \frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right)^\alpha$$

式中:K、 $\alpha$ 为系数,与地形地质有关,根据《爆破安全规程》13.2.4表3,结合爆破区的工程地质条件进行选取。

Q—最大一段起爆药量。

R—药包中心距离被保护物的水平距离, m。

计算得到爆破振动速度如表4所示。

表4 爆破振动速度

| 围岩 | K   | $\alpha$ | R/m  | Q/kg | v/cm/s |
|----|-----|----------|------|------|--------|
| V  | 150 | 1.80     | 25   | 7.5  | 1.53   |
| IV | 150 | 1.80     | 20.5 | 6.8  | 2.07   |

根据计算得到爆破振动速度均小于5cm/s,衬砌结构安全,与数值计算得到的结果一致。由此提出既有线保

护对策:

(1)扩堍、桩板墙开挖前在既有北环上行线边坡底部设置钢管排架防护,在边坡适当位置设置SNS被动防护网防护。

(2)扩堍、桩板墙开挖的爆破区距离既有铁路北环上行线较近,应进行主动防护。可采用编织袋装风化砂成“井”字型覆盖在炮眼口处,再用“炮被”覆盖一层。

(3)对既有北环上行线YK26+175~YK26+320段高边坡进行土体位移监测,纵向15m布设一个监测断面,每个断面根据边坡高度设2~3个位移测点。

### 四、结论

本节根据三维数值分别计算分析了既有线扩堍爆破施工、桩板墙对既有北环上行线路路基与桑园子隧道结构的影响进行了分析,并得出了以下结论:

(1)既有线扩堍爆破施工时桑园子隧道二次衬砌、北环上行线路路基最大振速分别为9mm/s、1mm/s,均远小于标准值的5cm/s。爆破振动对既有北环上行线路路基与桑园子隧道结构的影响有限,既有北环上行线路路基与桑园子隧道结构安全。路堍爆破不会产生滑塌、飞石影响既有北环上行线路路基。

(2)桩板墙爆破施工时桑园子隧道二次衬砌、北环上行线路路基最大振速分别为1.05cm/s、2.2cm/s,小于标准值的5cm/s。爆破振动对既有北环上行线路路基与桑园子隧道结构的影响有限,既有北环上行线路路基与桑园子隧道结构安全。

(3)扩堍、桩板墙开挖前在既有北环上行线边坡底部设置钢管排架防护,在边坡适当位置设置SNS被动防护网防护。扩堍、桩板墙开挖的爆破区距离既有铁路北环上行线较近,应进行主动防护。可采用编织袋装风化砂成“井”字型覆盖在炮眼口处,再用“炮被”覆盖一层。

### 参考文献:

[1]王志杰,李金宜,蒋新政,李振,曾青,王宁.浅埋偏压双侧近接隧道影响分区及对策研究[J].现代隧道技术,2021,58(04):1-11.

[2]董文斌,钟杨.基坑近接既有地铁隧道施工影响分区及应用研究[J].交通世界,2020(22):85-89.

[3]叶逢春,夏霄,甘鹏路.高架桥近接施工对既有盾构隧道的影响评价研究[J].西部探矿工程,2021,33(12):161-165.

[4]王辉,蒋成,郑朋强,李楠.城市隧道近接建筑施工的相互影响规律研究[J].山东科技大学学报(自然科学版),2019,38(04):27-32+49.

[5]曹雪.城市高层建筑近接地铁隧道施工的影响研究[J].公路交通技术,2017,33(02):70-75.