

DOI: 10.11779/CJGE201503012

# 衬砌背后双空洞影响下隧道结构的安全状态分析

张成平, 冯 岗, 张 旭, 韩凯航, 张项立

(北京交通大学城市地下工程教育部重点实验室, 北京 100044)

**摘要:** 衬砌背后多空洞的存在使隧道结构受力状态更加复杂, 极易引起结构开裂并直接影响到隧道结构的安全性。针对IV级围岩两车道公路隧道, 采用数值模拟和模型试验分别研究拱顶或拱肩背后存在双空洞条件下隧道结构的安全状态。数值模拟结果表明: 衬砌背后双空洞的存在, 显著改变了隧道结构内力分布, 恶化了结构受力状态; 空洞尺寸增大会导致隧道结构轴力整体降低, 并使空洞范围内及两空洞之间的隧道结构弯矩明显增大; 两空洞间隧道结构各截面安全系数较无空洞时显著降低, 并表现出随空洞尺寸增加而逐渐降低的趋势, 该区域也是隧道结构安全性评价重点部位; 拱肩衬砌背后存在双空洞时, 其对结构截面安全系数的影响较拱顶和拱肩分别存在空洞的情况更大。模型试验得到的空洞对衬砌结构安全系数影响规律与数值模拟结果基本一致, 并获得了双空洞作用下衬砌结构的破坏演化规律。研究成果可为隧道衬砌背后空洞的致灾机制和灾变控制研究提供参考和借鉴。

**关键词:** 隧道工程; 衬砌背后空洞; 安全系数; 破坏过程; 数值模拟; 模型试验

**中图分类号:** U45      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-4548(2015)03-0487-07

**作者简介:** 张成平(1975-), 男, 副教授, 博士生导师, 主要从事隧道及地下工程方面的教学与研究工作。E-mail: chpzhang@bjtu.edu.cn。

## Effect of double voids behind lining on safety state of tunnel structures

ZHANG Cheng-ping, FENG Gang, ZHANG Xu, HAN Kai-hang, ZHANG Ding-li

(MOE Key Lab of Urban Underground Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

**Abstract:** The existence of multiple-voids behind the lining leads to a more complicated stress state of the tunnel structures, which can easily cause the structural cracking and directly affect the safety of the tunnel structures. Based on a two-lane highway tunnel with the IV-class surrounding rock, numerical simulations and model tests are performed to study the safety state of tunnel structures under the influence of double voids behind the lining. The results of numerical simulation indicate that the existence of the double voids significantly changes the distribution of the internal forces in the tunnel structures, and worsens the stress state of the structures. The increase of the range of the void leads to the decrease of the axial forces of the whole tunnel structures, and makes the bending moments of the tunnel structures near the two voids obviously increase. The safety factor of each cross section of the tunnel structures between two voids obviously decreases compared with that in the situation without void. And it presents the trend that the safety factors gradually decrease with the increase of the range of the void. The region between two voids is the key part for security evaluation and improvement of the tunnel structures. When the double voids exist behind the lining of tunnel shoulders, it has a larger influence on the structural safety factors than the situation that the vault and shoulder of tunnel have the voids behind the lining respectively. The effects of voids on structural safety factors obtained by model tests agree well with the results of numerical simulation, and the failure evolution processes of the tunnel structures affected by double voids are also acquired by model tests. The results obtained in this study may provide useful reference for studying the failure mechanisms and safety control techniques of tunnel structures with voids behind the lining.

**Key words:** tunnel engineering; void behind lining; safety factor; failure process; numerical simulation; model test

## 0 引言

交通隧道病害的存在严重地威胁着行车安全, 而衬砌背后空洞是最典型也是最常见的病害形式<sup>[1-2]</sup>。由于受隧道施工等因素的影响, 很难保证衬砌背后回填密实, 因此在衬砌与围岩之间极易产生接触不密实的

空洞<sup>[3]</sup>。空洞的存在将严重影响衬砌与围岩间的相互

---

基金项目: 国家自然科学基金项目(51378002); 中央高校基本科研业务费专项资金项目(2012JBZ013); 新世纪优秀人才支持计划项目(NCET-12-0770)

收稿日期: 2014-05-15

作用, 导致衬砌结构承载不均匀并产生应力集中现象, 致使二次衬砌极易开裂, 进而引起渗漏水、冻害和钢筋锈蚀等一系列危害, 还可能诱发围岩松弛或失稳脱落, 严重时会发生突发性崩塌事故, 使得隧道的维修保养周期和使用寿命显著缩短, 并对交通质量和人员的生命安全构成严重威胁<sup>[4-5]</sup> (图 1)。

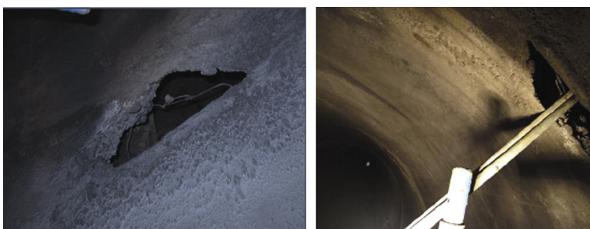


图 1 隧道衬砌背后空洞照片<sup>[4]</sup>

Fig. 1 Photographs of voids behind tunnel lining<sup>[4]</sup>

鉴于衬砌背后空洞这一隧道病害所导致的危害性, 相关工程技术人员和学者对其重视程度越来越高, 分别采用数值模拟、理论分析和室内模型试验等手段进行了相关研究。Meguid 等<sup>[6-8]</sup>通过数值模拟分析了衬砌背后空洞对隧道结构内力的影响规律; 吴江滨<sup>[9]</sup>基于平面复变函数法推导了含衬砌背后空洞时围岩三次应力与衬砌内力计算公式; 余健等<sup>[10-11]</sup>利用室内模型试验对衬砌背后空洞存在时衬砌结构的变形规律和承载特性进行了研究。现有研究多是针对衬砌背后存在单一空洞的情况, 而对衬砌背后存在多空洞情况下隧道结构的安全状态研究较少, 缺乏多空洞对隧道结构安全性影响规律的基础数据, 难以对多空洞隧道病害进行科学的分析和评价。

相比衬砌背后存在单空洞情况, 衬砌背后多空洞的存在对隧道结构安全性的影响机制和影响规律更为复杂。本文以两车道公路隧道为工程背景, 针对衬砌背后存在双空洞情况, 通过数值模拟和模型试验研究衬砌结构内力和安全系数的变化规律, 分析衬砌结构破坏的演化过程, 为隧道衬砌背后多空洞存在下的致灾机制和灾变控制研究提供参考。

## 1 数值模拟分析

### 1.1 模型建立与参数选取

选用IV级围岩两车道公路隧道作为计算模型, 采用规范<sup>[12]</sup>给出的隧道标准断面, 二次衬砌为C25模筑混凝土结构, 围岩与衬砌结构力学参数见表 1。

表 1 围岩及衬砌力学参数

Table 1 Mechanical parameters of surrounding rock and lining

材料	泊松比 $\nu$	弹性模量 $E/\text{GPa}$	重度 $\gamma/(kN\cdot m^{-3})$	黏聚力 $c/kPa$	内摩擦角 $\phi/(^\circ)$
围岩	0.32	2.4	20	200	30
衬砌	0.20	28.0	25		

IV级围岩两车道隧道二次衬砌厚度为 35 cm, 喷

射混凝土厚度为 12~15 cm, 在数值模型中将衬砌厚度设定为 40 cm, 以间接考虑初期支护的作用。通过地层-结构模型对隧道衬砌结构进行模拟分析, 以杀死衬砌背后围岩单元的方法来模拟空洞效应。隧道拱顶埋深 40 m, 平面模型上边界取自地表, 其余边界各取 5 倍洞径。围岩和衬砌结构分别使用 PLANE42 和 BEAM3 单元模拟, 围岩满足 Drucker-Prager 屈服准则。

### 1.2 衬砌背后无空洞时隧道结构内力分布

衬砌背后无空洞时, 计算得到的结构轴力和弯矩分布规律见图 2 所示, 该计算结果可作为分析空洞对隧道结构安全性影响规律的基础数据。

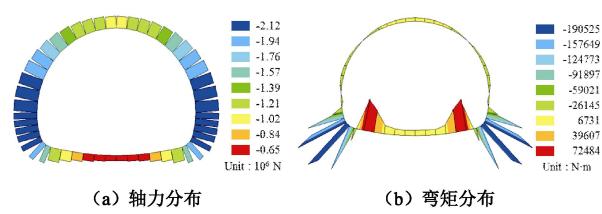


图 2 无空洞时隧道衬砌结构内力分布

Fig. 2 Structural internal forces without voids behind lining

### 1.3 衬砌背后双空洞作用下数值模拟方案

针对拱顶与拱肩背后存在空洞和两侧拱肩背后存在空洞的 2 种分析工况, 分别采用 15°, 30° 及 45° 的空洞范围(即空洞尺寸变化), 共设计 6 组对比计算方案, 其中方案 1~3 针对两侧拱肩背后存在空洞的情况, 分析空洞尺寸变化对结构内力和安全系数的影响规律; 方案 4~6 针对拱顶与一侧拱肩背后存在空洞的情况, 分析空洞尺寸变化对结构内力和安全系数的影响规律, 数值计算方案详见表 2。

表 2 数值模拟方案

Table 2 Schemes of numerical simulation

参数	空洞位置					
	两侧拱肩背后 (工况 1)			拱顶与右拱肩背后 (工况 2)		
空洞尺寸	15°	30°	45°	15°	30°	45°
方案序号	1	2	3	4	5	6

衬砌背后空洞三维几何特征可用长、宽、深 3 个几何尺度表示, 刘海京<sup>[13]</sup>认为空洞形状对围岩压力大小及分布规律影响较小, 因此计算模型可忽略空洞形状影响。数值模拟中空洞尺寸大小见图 3 所示。

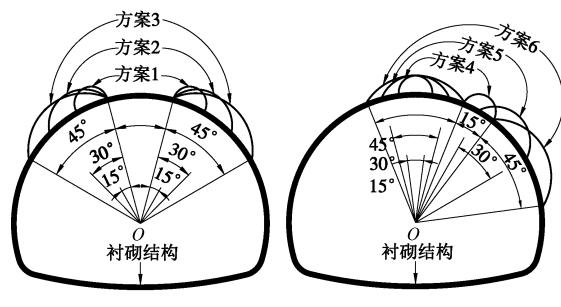


图 3 隧道衬砌背后双空洞布置情况

Fig. 3 Arrangement of double voids behind lining

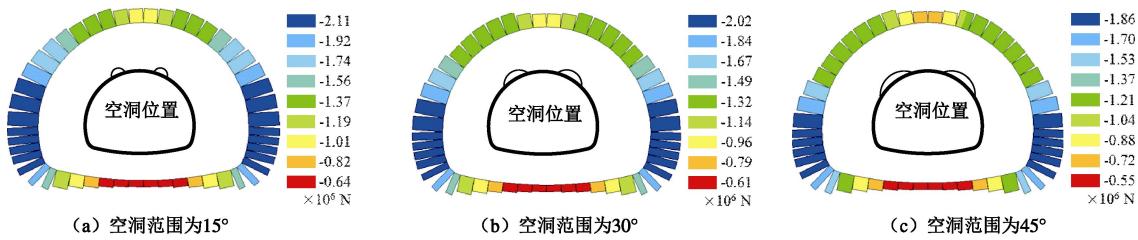


图 4 两侧拱肩背后存在空洞时衬砌结构轴力

Fig. 4 Axial forces of lining structures with double voids behind tunnel shoulders

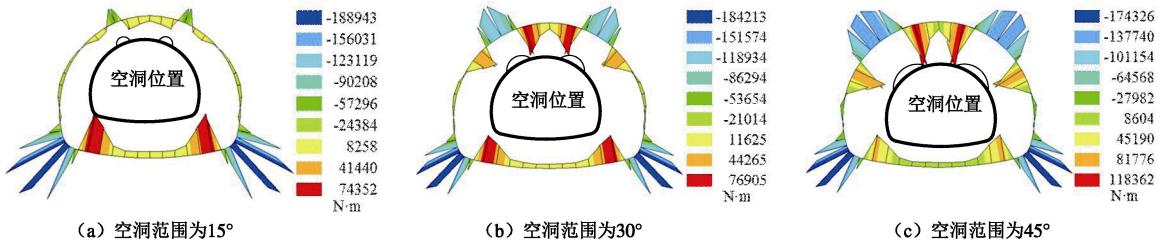


图 5 两侧拱肩背后存在空洞时衬砌结构弯矩

Fig. 5 Bending moments of lining structures with double voids behind tunnel shoulders

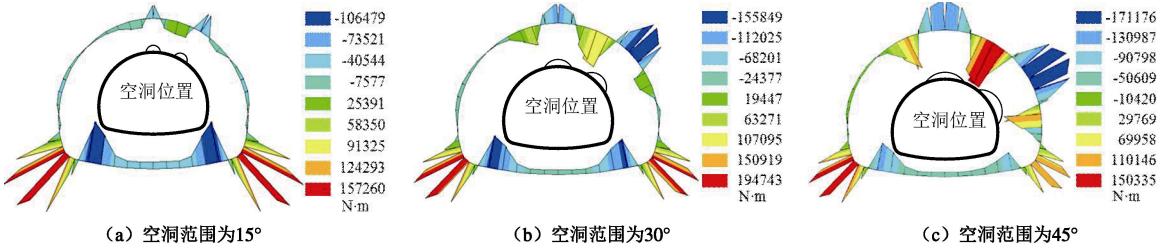


图 6 拱顶与拱肩背后存在空洞时衬砌结构弯矩

Fig. 6 Bending moments of lining structures with double voids behind tunnel vault and shoulder

#### 1.4 衬砌背后双空洞作用下隧道结构内力分布

两侧拱肩背后存在空洞时的轴力与弯矩变化规律见图 4 和图 5 所示, 拱顶与拱肩背后存在空洞时的弯矩变化规律见图 6 所示。对比图 2 和图 4~6 可见, 衬砌背后空洞的存在使得衬砌和围岩间的接触应力重新分布, 导致隧道结构内力分布规律发生了显著改变。根据 2 种工况的 6 种方案内力计算结果可知, 当双空洞同时存在于衬砌背后时, 空洞范围内衬砌结构的弯矩为负值(面向围岩一侧受拉), 而空洞间衬砌结构弯矩为正值(背向围岩一侧受拉); 随着空洞范围的增大, 衬砌结构轴力呈整体下降的趋势, 但空洞及其邻近处衬砌弯矩表现为增大的趋势。拱顶与右拱肩背后存在空洞时, 其内力分布规律较两侧拱肩背后存在空洞时更为复杂, 衬砌轴力与弯矩的变化规律不再对称, 隧道结构受偏压效应的影响导致左拱脚承受比右拱脚更大的弯矩作用; 空洞范围为 15° 和 30° 时, 由于曲墙拱断面的特殊形式两拱脚位置产生相对较大的弯矩值(见图 6), 而当空洞范围为 45° 时, 右侧拱肩位置出现了最大弯矩。

#### 1.5 衬砌背后双空洞作用下隧道结构安全状态分析

《公路隧道设计规范》(JTGD70—2004)<sup>[12]</sup>规定, 根据隧道结构混凝土材料的极限强度来计算偏心受压时衬砌结构的极限承载力  $N_{\text{极限}}$ , 并与衬砌结构实际轴力  $N$  进行比较, 从而确定截面的安全系数  $K$ , 据此判断是否满足规范规定的安全系数  $K_{\text{规范}}$  要求, 即

$$K = N_{\text{极限}} / N \geq K_{\text{规范}} \quad (1)$$

当  $e_0 \leq 0.20h$  时 ( $e_0$  为轴向偏心距,  $h$  为衬砌截面厚度), 确定衬砌截面按抗压强度进行验算; 当  $e_0 > 0.20h$  时, 确定衬砌截面按抗拉强度验算。根据数值计算结果, 采用上述公式确定衬砌截面的安全系数  $K$ , 并与规范规定的安全系数  $K_{\text{规范}}$  进行比较, 据此分析隧道结构在双空洞作用下的安全状态。

双空洞时安全系数分布规律见图 7 所示, 距离隧道断面中心越远, 表示安全系数值越大。2 种工况下选取监测点的位置相同, 自拱顶开始顺时针每隔 15° 取点 A, B, C, D, E, 在右拱脚取点 F。上述 6 个监测点的安全系数随空洞范围变化规律见图 8 所示。通过图 7 和图 8 可以得出以下 3 点认识:

(1) 空洞范围内及其邻近位置处的隧道结构安全系数呈整体下降趋势, 而且双空洞的存在使得隧道结构多处安全系数显著降低; 拱肩衬砌背后存在双空洞时, 其对隧道结构安全系数的影响较拱顶和拱肩同时存在空洞的情况更大; 围岩压力重分布效应导致隧道边墙和拱脚位置的结构安全系数有所增加, 但增幅较小。

(2) 由于空洞范围内的围岩无法向隧道结构传递压力, 使得两空洞之间范围内的围岩对隧道结构的压力升高, 加之空洞范围内围岩也无法对隧道结构提供约束反力, 从而导致两空洞间衬砌结构的安全系数降低最为显著, 成为隧道结构的最不利位置, 该处往往会先于其他截面开裂和破坏。

(3) 随着空洞尺寸的增大, 空洞范围内及其邻近位置处的隧道结构安全系数相应降低; 两侧拱肩背后存在空洞时, 当空洞范围为 30° 时两空洞间衬砌结构的最小安全系数(2.14)已小于规范规定值(2.4), 而当空洞范围为 45° 时衬砌结构安全系数已经降低至 0.53, 隧道结构将发生破坏; 拱顶与右拱肩背后存在空洞时, 当空洞范围为 30° 时两空洞间结构的最小安全系数(2.24)已小于规范规定值, 而当空洞范围为 45° 时衬砌结构安全系数已经降低至 1.03。

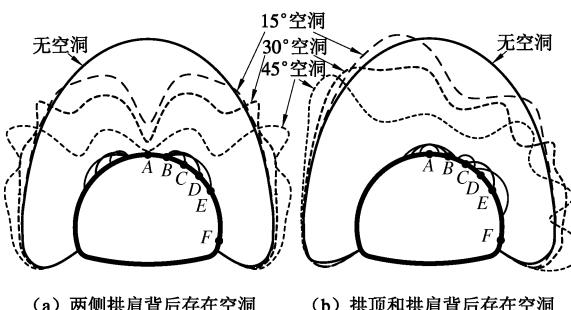
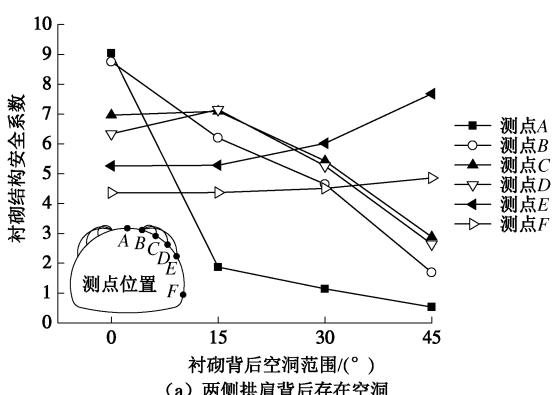
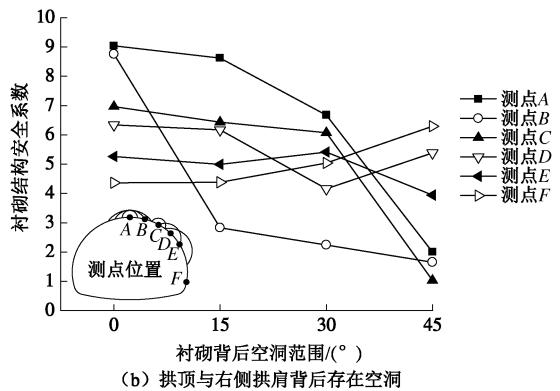


图 7 双空洞影响下隧道结构安全系数分布规律

Fig. 7 Distribution of safety factors of tunnel structures with double voids behind lining



(a) 两侧拱肩背后存在空洞



(b) 拱顶与右侧拱肩背后存在空洞

图 8 衬砌结构安全系数与空洞尺寸的关系

Fig. 8 Relationship between safety factors of tunnel structures and void sizes

## 2 模型试验研究

### 2.1 模型试验系统

本试验采用平面应变隧道模型试验系统, 试验台架尺寸为 1.0 m(长)×0.3 m(宽)×1.62 m(高), 其结构材料承压大于 0.3 MPa, 通过液压千斤顶加载系统实现分级加载(见图 9)。通过在衬砌内外表面粘贴电阻式应变片来获得衬砌结构的应变变化。



图 9 液压千斤顶加载系统

Fig. 9 Hydraulic jack loading system

### 2.2 相似材料选择与试验步骤

本试验的几何相似比为  $\alpha_l=70$ , 根据相似原理<sup>[14]</sup>确定重度相似比  $\alpha_r=1$ , 泊松比相似比  $\alpha_\mu=1$ , 内摩擦角相似比应力  $\alpha_\phi=1$ , 黏聚力相似比  $\alpha_c=70$ , 弹性模量相似比  $\alpha_E=70$ 。根据已有研究成果<sup>[15]</sup>, 选定重晶石、石英砂、凡士林为原料, 各组分比重为重晶石:石英砂:凡士林=9.0:3.75:1.0, 原型和模型物理参数理论值见表 3。衬砌结构材料采用直径 4 mm 的铁丝和水膏比为 1:1.05 的特种石膏, 通过原型与模型的等效抗弯刚度的方法加以模拟, 衬砌模型通过预制加工现场安装。

本文设计了两组模型试验方案, 一组针对两侧拱肩背后存在 45° 范围空洞的情况, 另一组针对拱顶与拱肩背后分别存在 45° 范围空洞的情况, 分别对应数

值模拟时工况1中的方案3和工况2中的方案6。

表3 原型及模型材料物理力学指标

Table 3 Physico-mechanical parameters of prototype materials and model materials

材料	重度 $\gamma$ ( $\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$ )	弹性模量 $E/\text{GPa}$	泊松比 $\nu$	内摩擦角 $\phi/^\circ$	黏聚力 $c/\text{kPa}$
原型	20.0	2.40	0.32	30.0	200
模型	20.2	0.03	0.31	29.2	3.1

### 2.3 双空洞影响下隧道结构破坏过程分析

隧道双侧拱肩背后存在 $45^\circ$ 范围空洞时, 加载到0.02 MPa时, 仰拱出现了2条纵向裂缝(图10(a)); 加载到0.04 MPa时, 两空洞间隧道结构出现了多条裂缝并不断扩展, 拱脚与仰拱处也随之出现多条裂缝(图10(b)); 加载到0.06 MPa时, 拱肩衬砌和空洞边缘相继出现裂缝(图10(c)), 其他位置裂缝均有所扩展; 加载到0.08 MPa时, 拱顶衬砌出现掉块现象, 衬砌结构整体破坏(图10(d))。

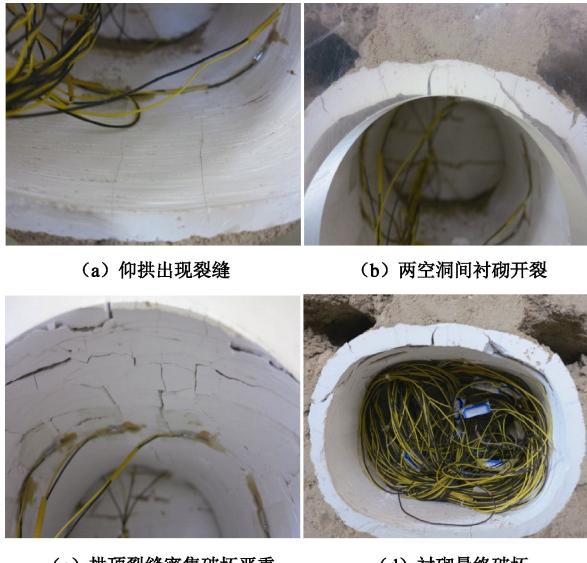


图10 两侧拱肩背后存在空洞时衬砌破坏过程

Fig. 10 Failure processes of lining structures with double voids behind tunnel shoulders

隧道拱顶与拱肩背后存在 $45^\circ$ 范围空洞时, 与工况1的模型试验结果相比, 直至加载0.06 MPa时, 仰拱中间位置才出现2条裂缝(图11(a)), 说明在相同荷载下工况2对应的衬砌结构更安全, 这与数值模拟结果一致; 加载至0.08 MPa时, 仰拱处裂缝增多, 拱顶处衬砌出现1条裂缝(图11(b)); 加载至0.1 MPa时, 裂缝扩展更为严重, 拱肩空洞右侧边缘衬砌结构出现裂缝(图11(c)); 加载至0.14 MPa时, 两空洞间衬砌结构出现错台现象, 拱肩空洞边缘裂缝扩展严重, 衬砌结构基本破坏(图11(d))。

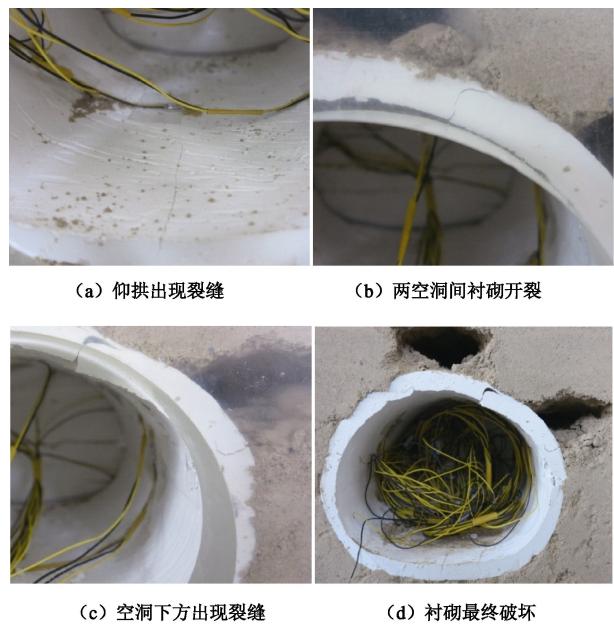


图11 拱顶和一侧拱肩背后存在空洞时衬砌破坏过程

Fig. 11 Failure processes of lining structures with double voids behind tunnel vault and shoulder

从以上两组模型试验结果可见, 由于两空洞之间隧道结构所承受的围岩压力升高, 该处也成为隧道衬砌结构破坏的重点区域, 这与数值模拟分析的结果相吻合。实际工程中, 双空洞之间的衬砌结构应是病害隧道结构安全性评价的重点部位。

### 2.4 衬砌结构内力分布规律

衬砌产生开裂后其结构应力将调整进而表现出复杂的变化规律, 为此, 本文主要给出初始开裂发生时刻的衬砌结构内力(弯矩)。因选用的隧道模型较小, 在一个横断面上布置的应变片数量有限, 只能根据贴应变片处内外的应变值计算并绘制衬砌初始开裂时隧道结构的弯矩图(见图12)。

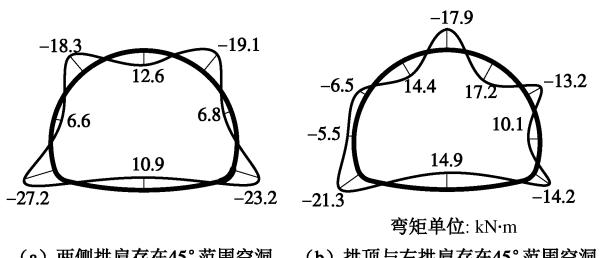


图12 衬砌结构初始开裂时衬砌弯矩

Fig. 12 Bending moments of lining structures at initial cracking time

为对比分析模型试验和数值模拟结果, 将通过上述两种方法获得的衬砌结构弯矩分布情况绘制在图13中。模型试验获得的隧道结构弯矩值小于数值模拟值, 但通过上述两种方法得到的结构弯矩分布规律具有很好的吻合度, 说明本文采用的研究方法和结果是

合理的。

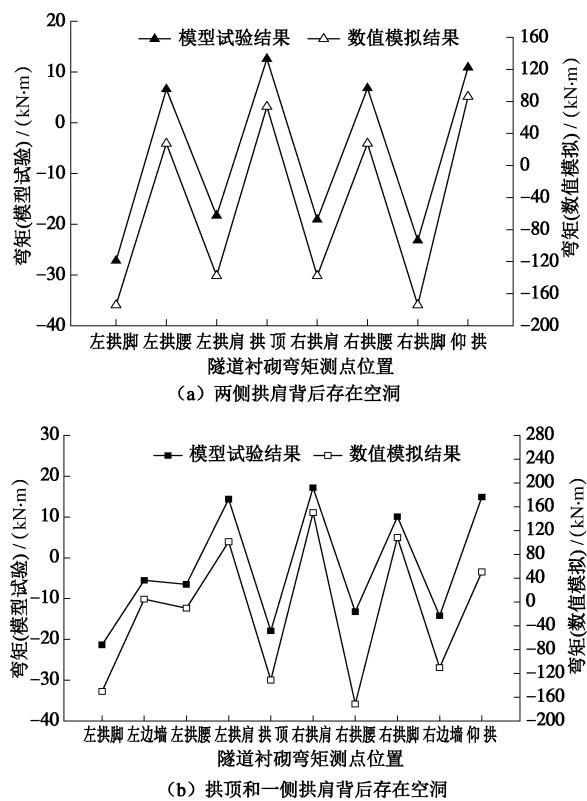


图 13 模型试验与数值模拟得到的衬砌弯矩对比

Fig. 13 Bending moments of lining structures obtained from model tests and numerical simulations

### 3 结 论

(1) 衬砌背后双空洞的存在, 显著改变了隧道结构的内力分布, 恶化了结构的受力状态; 空洞尺寸的增大会导致隧道结构轴力的整体降低, 并使空洞范围内及两空洞之间的隧道结构弯矩明显增大。

(2) 空洞位置变化对隧道结构各截面的安全系数有较大影响, 本文中拱肩衬砌背后存在双空洞时, 其对结构截面安全系数的影响较拱顶和拱肩分别存在空洞的情况更大。

(3) 两空洞间隧道结构各截面安全系数较无空洞时显著降低, 表现出随空洞尺寸增加而逐渐降低的趋势, 空洞尺寸增加到一定程度后衬砌结构将开裂破坏。

(4) 由于两空洞间隧道结构承受的围岩压力相对于无空洞情况下更高, 使得该处成为隧道衬砌结构破坏的重点区域, 该区域也是双空洞影响下隧道结构安全性评价的重点部位。

### 参考文献:

[1] 刘新荣, 舒志乐, 朱成红, 等. 隧道衬砌空洞探地雷达三维探测正演研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2010, 29(11):

2221–2229. (LIU Xin-rong, SHU Zhi-le, ZHU Cheng-hong, et al. Study of forward simulation for ground penetrating radar three-dimensional detection of tunnel lining cavity[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2010, 29(11): 2221–2229. (in Chinese))

- [2] 黄福, 朱海海, 徐国伟, 等. 弱层对隧道围岩破坏模式的影响[J]. 隧道和地下空间技术, 2013, 35(4): 207–218.
- [3] 张顶立, 张素磊, 房倩, 等. 铁路运营隧道衬砌背后接触状态及其分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2013, 32(2): 217–224. (ZHANG Ding-li, ZHANG Su-lei, FANG Qian, et al. Study of contact state behind tunnel lining in process of railway operation and its analysis[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2013, 32(2): 217–224. (in Chinese))
- [4] 王江峰, 黄海伟, 谢晓燕, 等. 空洞引起的衬砌变形和应力重分布[J]. 隧道和地下空间技术, 2014, 40(2): 263–276.
- [5] 肖丰英, 王春林, 陈建忠. 隧道交叉口处围岩变形数值模拟[J]. 隧道和地下空间技术, 2009, 24(1): 14–21.
- [6] MEGUID M A, DANG H K. The effect of erosion voids on existing tunnel linings[J]. Tunneling and Underground Space Technology, 2009, 24(3): 278–286.
- [7] 彭跃, 王桂林, 张永兴, 等. 衬砌背后空洞对在役隧道结构安全性影响研究[J]. 地下空间与工程学报, 2008, 4(6): 1101–1104. (PENG Yue, WANG Gui-lin, ZHANG Yong-xing, et al. Research about effect of cavity behind lining on structural safety of tunnel in active service[J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2008, 4(6): 1101–1104. (in Chinese))
- [8] 朱春生, 杨晓华, 来弘鹏, 等. 公路隧道衬砌后空洞对结构安全的影响[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2010, 30(5): 63–68. (ZHU Chun-sheng, YANG Xiao-hua, LAI Hong-peng, et al. Impact of empty hole behind expressway tunnel lining on structure safety[J]. Journal of Chang'an University (Natural Science), 2010, 30(5): 63–68. (in Chinese))
- [9] 吴江滨. 铁路运营隧道衬砌状态评估体系的建立及工程应用研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2004. (WU Jiang-bin. Research on lining condition assessment and engineering application of railway operating tunnel lining status evaluation system [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2004. (in Chinese))

- application for railway operation tunnel[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2004. (in Chinese))
- [10] 余健, 何川, 汪波, 等. 衬砌背后空洞对隧道结构承载力影响的模型试验研究[J]. 公路交通科技, 2008, 25(1): 105–110. (SHE Jian, HE Chuan, WANG Bo, et al. Study on effect of cavities behind linings on bearing capacity of tunnel structure by model test[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2008, 25(1): 105–110. (in Chinese))
- [11] 李明, 陈洪凯, 熊峰伟. 隧道衬砌背后空洞健康判据试验研究[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2011, 30(3): 398–402. (LI Ming, CHEN Hong-kai, XIONG Feng-wei. Test research on health criterion of cavities behind the lining[J]. Journal of Chongqing Jiaotong University (Natural Science), 2011, 30(3): 398–402. (in Chinese))
- [12] JTGD70—2004 公路隧道设计规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2004. (JTGD70—2004 Code for design of road tunnel[S]. Beijing: China Communications Press, 2004. (in Chinese))
- [13] 刘海京. 公路隧道健康诊断计算模型研究[D]. 上海: 同济大学, 2003. (LIU Hai-jing. Study on mechanical and numerical model for road tunnel defects diagnosis[D]. Shanghai: Tongji University, 2007. (in Chinese))
- [14] 袁文忠. 相似理论与静力学模型试验[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 1998. (YUAN Wen-zhong. Similar theory and statics model test[M]. Chengdu: Southwest Jiaotong University Press, 1998. (in Chinese))
- [15] 王戌平. 破碎围岩隧道的模拟试验研究[D]. 浙江: 浙江大学, 2004. (WANG Xu-ping. Study on simulation experiment of crushed surrounding rock tunnel[D]. Zhejiang: Zhejiang University, 2004. (in Chinese))

## 热烈祝贺南京水利科学研究院建院 80 周年

2015 年南京水利科学研究院将迎来 80 周年华诞! 值此建院 80 周年之际, 谨向长期以来关心和支持本刊创刊、建设与发展的南京水利科学研究院致以衷心的感谢和崇高的敬意!

南京水利科学研究院建于 1935 年, 原名中央水工试验处, 是我国最早成立的水利科学研究机构。2009 年, 经中编办批准, 更名为水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院。主要从事基础理论、应用基础研究和高新技术研发, 承担水利、交通、能源领域中具有方向性、关键性和综合性的科学的研究任务, 兼作水利部大坝安全管理中心、水利部基本建设工程质量检测中心、水利部应对气候变化研究中心、水利部水闸安全管理中心。

80 年风雨兼程, 80 年薪火相传, 不论是战火纷飞的年代, 还是“文革”浩劫的风雨, 从未能阻止过南京水利科学研究院探索和追求的步伐。历经 80 年的发展, 南京水利科学研究院已经在水文水资源、水工水力学、河流海岸、岩土工程、材料结构、大坝安全管理、生态环境、农村水利、海洋资源利用、农村电气化、水文自动化等 40 多个研究方向上具有一定的特色和优势, 完成了一大批国家和省部级重大科研任务, 解决了我国水利、交通、能源等领域大量重大工程建设与运行管理中的关键技术问题, 为国家的经济社会发展做出了重要贡献, 取得了丰硕重要科研成果。自 1978 年全国科技大会以来, 共获得国家和省部级科技进步奖 555 项, 其中国家级奖励 87 项。

八十年来, 南京水利科学研究院培养和造就了一批以黄文熙、严恺、窦国仁、沈珠江、张建云等院士为杰出代表的科学家和一支具有创新精神、梯队合理的科研队伍, 同时也为我国

的水利、交通、能源的建设和管理培养了大批专业人才。南京水利科学研究院是国家首批相关学科博士、硕士学位授予权单位, 现有水利工程一级学科博士点, 岩土工程学科博士点, 土木工程一级学科硕士点、环境工程、材料学等 12 个学科硕士点和水利工程博士后流动站。2014 年, 南京水利科学研究院入选“国家创新人才培养示范基地”、“国家级国际联合研究中心”, 荣获“全国专业技术人才先进集体”称号。

南京水利科学研究院建设有水文水资源与水利工程科学国家重点实验室以及水利、交通、能源行业 9 个部级重点实验室、技术研发中心和工程技术研究中心。藏有中、外文图书、资料和期刊 33 万卷册。现有试验室面积达 24.5 万 m<sup>2</sup>, 拥有一大批先进的试验设施和仪器设备, 建设了在国内外有重要影响的院本部科研及科技创新基地、铁心桥水科学与水工程实验基地、滁州实验基地、当涂科学试验及科技开发基地、无锡河湖治理研究基地等科研基地。与 80 多个国家和地区的高等院校和科研院所建立了良好合作关系并拥有直接进出口权。

作为国家级水利类科研院所, 南京水利科学研究院不仅注重科研创新, 还非常注重科研成果的交流和传播, 除承办了我刊外, 还主办或承办了一系列的学术期刊, 为国家的科技进步做出了重要贡献。

南京水利科学研究院一定能够继续秉承“科学、规范、诚信、卓越”的科研质量方针, 发扬“勤奋、严谨、求实、创新”的科研精神, 组织开展重大科学技术问题研究, 建设成为国际一流的水利科研机构, 为国家经济社会发展做出新的更大的贡献!

(本刊编辑部)