

# 小净距隧道开挖方法和中岩柱加固技术探讨

代树林, 佴磊, 门妮

(吉林大学建设工程学院, 吉林 长春 130026)

**摘要:**小净距隧道是有别于连拱隧道和分离式隧道的一种特殊的隧道结构形式,其施工方法和中岩柱加固技术还处于研究发展阶段。论述了小净距隧道开挖方法和中岩柱加固技术。

**关键词:**小净距隧道;开挖;中岩柱加固

**中图分类号:**U455.4 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2007)04-0060-02

**Discussion on Excavation Method of Neighborhood Tunnel and Middle Rock Wall Consolidation Technology/DAI Shu-lin, NAI Lei, MEN Ni** (Construction Department of Jilin University, Changchun Jilin 130026, China)

**Abstract:** Neighborhood tunnel is a special tunnel structural style different from multi-arch tunnel and separated tunnel, and the construction methods and middle rock wall consolidation technology are still in developing stage. This article illustrates all about these.

**Key words:** neighborhood tunnel; excavation; middle rock wall consolidation technology

随着我国公路网建设项目的实施,高等级公路建设迅猛发展,山区高速公路建设项目数量急剧增加,其中上、下行隧道的选线往往受地形、地质条件、土地征用、环境保护等多方面条件的制约,在这种情况下,一种特殊的隧道结构形式应运而生,这种隧道有别于传统的分离式隧道和双连拱隧道,它具有中间岩柱较薄,双洞净距较小的特点,称为小净距隧道。

## 1 小净距隧道的定义

《公路隧道设计规范》(JTG D70-2004)<sup>[1]</sup>(以下简称《规范》)第11.1.1条中指出小净距隧道是指隧道间的中间岩柱厚度小于《规范》中表4.3.2(见表1)建议的特殊隧道布置形式,宜用于洞口地形狭窄或有特殊要求的中、短隧道,也可用于长或特长隧道洞口局部地段。

表1 分离式独立双洞间的最小净距

围岩级别	I	II	III	IV	V	VI
最小净距/m	1.0B	1.5B	2.0B	2.5B	3.5B	4.0B

注: B 为隧道跨度。

严格地说,双洞最小净距小于正常使用规定范围的隧道都统称为小净距隧道。由此可见,它是介于连拱隧道与分离式隧道之间的一种特殊的隧道结构形式,由于其工程造价和施工难度与连拱隧道相

比较低,因此,小净距隧道成为高等级公路建设中的必然。采用小净距隧道这种特殊结构形式的隧道数量在近几年增加很快。目前,已有多条高速公路建设中均出现了小净距隧道。如安徽六潜高速公路中的板河隧道、太阳河隧道、花园河隧道等,有的虽非整条隧道采用小净距,但在洞口段也采用了小净距设计,如湘渝高速公路鹰嘴岩隧道等。

小净距隧道是从工程实践中脱颖而出的一种新的隧道结构形式,其开挖方式和中岩柱的加固技术还在不断研究发展中,需要在工程实践中不断的进行完善。

## 2 小净距隧道开挖方法

### 2.1 《规范》中建议的小净距隧道开挖方法

《规范》中建议对于 I、II、III 级围岩选用超前导坑预留光面层的开挖方法,IV 级围岩选用侧壁导坑法或台阶法施工,V、VI 级围岩选用单侧壁或双侧壁导坑法施工,同时两主洞掌子面建议保持在 1~2 倍洞径的距离。

### 2.2 实际工程小净距隧道选用的开挖方法

京福高速公路中有多条小净距隧道,也为小净距隧道施工方法的选择提供了有价值的参考,京福高速公路小净距隧道开挖方法详见表 2<sup>[2]</sup>。

### 2.3 小净距隧道开挖方法的选择

从工程安全性方面讲,《规范》中建议的开挖方

收稿日期:2006-10-30

作者简介:代树林(1968-),男(汉族),吉林德惠人,吉林大学副教授,地质工程专业,从事隧道与地下工程、岩土工程、爆破工程的教学和科研工作,吉林省长春市西民主大街6号,13943087827,daisl2006@126.com。

表 2 京福高速公路小净距隧道开挖方法一览表

隧道名称	施工部位	不同围岩级别开挖方法		
		V	IV	III
中胜隧道	先行洞进口	侧壁导洞法		
	先行洞出口	上下台阶法	上下台阶法	全断面法
	后行洞进口	侧壁导洞法		
	后行洞出口	无	下导洞先行全断面法	
东楼隧道	先行洞进口	上下台阶法		
	先行洞出口	上下台阶法		
	后行洞进口	侧壁导洞法		
	后行洞出口	上下台阶法		
跃村隧道	先行洞出口	侧壁导洞法	上下台阶法	下导洞先行的全断面法
	后行洞出口			
南洲 I 号隧道	先行洞出口	上下台阶法	全断面法	
	后行洞出口			
南洲 II 号隧道	先行洞出口	上下台阶法	全断面法	
	后行洞出口			
塔前隧道	先行洞出口	上下台阶法		
	后行洞出口			
金旗隧道	先行洞出口	上下台阶法和侧导组合法	上下台阶法	
	后行洞出口			
鸿尾 I 号隧道	先行洞出口	上下台阶法	上下台阶法	
	后行洞出口		全断面法	
里洋隧道	先行洞出口	上下台阶法		
	后行洞出口	外侧壁导洞法		

法有其合理性,而工程实际中还可根据工程具体情况进行变化。从京福高速公路小净距隧道开挖方法和其它工程实例情况看,在 V 级围岩中选用侧壁导坑法开挖的隧道数量还不到一半,而大部分隧道选用了上下台阶开挖方法,在 IV 级围岩隧道开挖时几乎都选用了上下台阶法,在 III 级围岩隧道开挖时全断面法开挖与上下台阶法开挖各占了很大比例,而只有个别隧道选用了下导坑超前预留光面层开挖方法。由此可见,在小净距隧道施工方法选择上,上下台阶法仍然是首选的,这主要是因为侧壁导坑施工工序繁琐,且施工空间狭小、在撤换支护结构时施工比较困难的原因所致。而选用台阶法开挖时,如果围岩自稳能力不好时,也可以变为上部弧形导坑留核心土法加以应对。在实际工程中,即使选用侧壁导坑法,笔者认为其断面也应做些调整,不宜使用弧形断面,而以直墙拱形代之会使施工空间更为宽敞,而且这种断面形式的侧壁导坑还可用作运输通道。

如果在主洞开挖之前已经采用了长管棚和地表注浆等辅助工法对地层进行了加固,对施工安全又起到了很好的保障,此时开挖方法选用上下台阶法更为合理,不但可以减少开挖工序,减少开挖对围岩的扰动次数,而且开挖作业空间大,施工难度低,易于施工组织。

### 3 中岩柱加固技术

中岩柱所处的部位和其受力特点决定了小净距隧道中岩柱加固是设计和施工的关键,在施工过程中,中岩柱加固技术和加固时机选择是否合理,都直接影响到小净距隧道施工的安全。

从中岩柱力学分析<sup>[3,4]</sup>情况来看,对于 IV、V 级围岩,中岩柱未加固前都会产生蝶形塑性区,而且随着围岩按 IV、V 级的变化,蝶形塑性区由小到大甚至贯通,及时加固处理后,塑性区明显变小甚至消失。对于 III 级围岩的力学分析表明,即使采用全断面法开挖,一般也不出现塑性区,但安全系数只略高于临界安全系数,因此也应对其进行加固处理,对于 II 级围岩,如果中岩柱厚度达 4 m 以上,则不需对中岩柱采取特殊的加固措施,依然可保证施工安全。

以上情况表明,对于 III、IV、V 级围岩,在施工过程中必须和所采用的开挖方式相配合,选择合理的加固时机和加固方式对中岩柱进行加固处理,才能确保施工的安全。

目前,对中岩柱的加固,人们提出了多种加固技术<sup>[5]</sup>,如(预)注浆加固技术、系统锚杆加固技术、水平预应力对拉锚杆加固技术等。同时,中岩柱同其它部位围岩一样采取喷、锚、网、架设钢支撑等初期支护措施。

以上几种方法应视围岩状况进行合理选择,如对于 IV、V 级围岩来讲,可采取注浆或系统锚杆和水平预应力对拉锚杆的方法对中岩柱进行加固,而注浆和系统锚杆不宜同时使用。对于 II、III 级围岩来讲,通常只选用水平预应力对拉锚杆对支护参数略加调整即可。

### 4 工程实例

在六潜高速公路中的板河隧道、花园河隧道和太阳河隧道都为小净距隧道,其开挖方法和中岩柱加固技术详见表 3。目前这几条隧道施工正常,有的隧道已经贯通。

表 3 六潜高速公路小净距隧道开挖方法和中岩柱加固技术一览表

隧道名称	围岩级别	最小净距 /m	开挖方法	中岩柱加固技术
板河隧道	IV、V	5.8	上下台阶法	水平对拉锚杆
花园河隧道	IV、V	4.8	上下台阶法	水平对拉锚杆
太阳河隧道	IV、V	6.8	上下台阶法	水平对拉锚杆

### 5 结语

小净距隧道是介于连拱隧道和分离式隧道之间

(下转第 63 页)

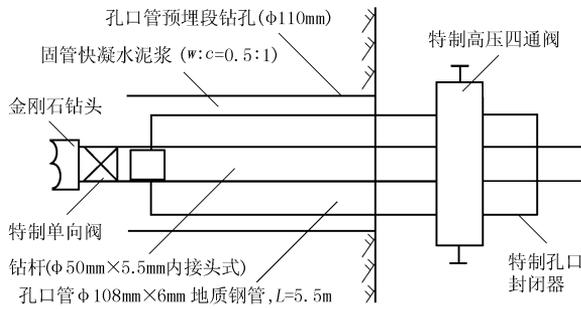


图 2 孔口管及防突装置结构示意图

极为复杂的突水段则采用导水挡墙进行封闭(见图 4),然后通过导水管进行注浆。

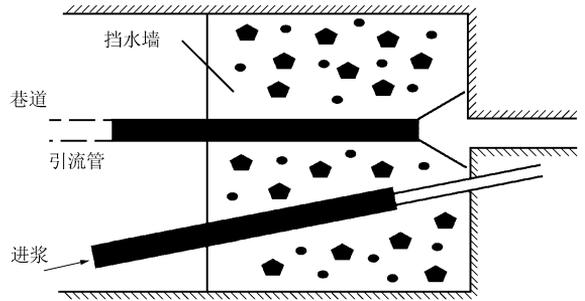


图 4 挡水墙法注浆止水示意图

钻机停机后孔口封闭器可将孔口完全封闭,然后可通过钻杆向孔内实施注浆。

(3)孔口外端连接特制泄水闸阀,泄水闸阀的出水方向与钻机操作平台方向相反,当孔口封闭器失效后,应立即退出钻杆,关闭高压闸阀,利用已安装的四通管进行注浆,四通接头安装 Dg 50 mm/Pg16 MPa 的高压球阀,外接 Ø108 mm×4.5 mm、长度为 0.4 m 的钢管作为缓冲器,缓冲器连接 Ø100 mm 高压胶管将涌水引离工作面。

(4)必要时使用孔内封闭器止水,当地质条件特别复杂、孔口封闭后高压水从其它通道流出时,则采用孔内封闭器在钻孔内适当点处进行封闭,然后通过封闭器内管进行注浆。

孔内封闭器的止水原理(见图 3):将自制的外管直径为 90 mm、内管直径为 76 mm 的止水器送入孔内适当位置,使止水器上的特种橡胶塞横向膨胀,将外管与孔壁之间的空间封闭,切断涌水,使涌水完全通过内管流出。



图 3 孔内封闭器的止水原理示意图

### 4 施工效果评价

掘进结束后,采用容器法对残余渗水进行了测量,结果此段巷道的残余渗水量为 2 m<sup>3</sup>/h,完全达到预定目标。铜陵井巷公司现在已顺利地完成了 -850 m 回风道的掘进,该回风道已在进出风井之间贯通,这表明本次注浆治水效果显著,工程质量合格,突水治理工程取得了圆满成功,为冬瓜山矿解决了燃眉之急,节省了工程费用,缩短了工期。

### 5 结语

随着冬瓜山回风道治水工程的成功,我公司探索出了一套在深井中治理高压突水的施工工艺方法,为国内同类型矿山水灾治理在技术上探索出了一条有效、经济、科学适用的治理途径,取得了宝贵的经验,尤其是在超深、水文地质条件复杂,高压水压条件下如何进行注浆治水工作,为大家总结出的一套切实可行的施工技术方法,可以指导以后类似工程的施工。

### 参考文献:

[1] DL/T 5148 - 2001, 水工建筑物水泥灌浆施工技术规范[S].

(5) 高压突水发生后进行砼挡水墙的施工,对

(上接第 61 页)

的一种特殊的隧道结构形式,近几年在各高速公路建设中数量激增,其开挖方法和中岩柱加固技术也是人们比较关注的课题之一。从实际工程情况看,其施工方法选择存在多样性,而上下台阶法由于其施工组织简便,可根据具体情况进行调整,笔者比较主张在进行小净距隧道开挖方法选择时,应以上下台阶法作为首选方案。中岩柱加固技术中应以水平预应力对拉锚杆为主,同时视具体情况辅以注浆或系统锚杆加固。

### 参考文献:

[1] JTG D70 - 2004, 公路隧道设计规范[S].

[2] 秦峰,吴存兴. 小净距隧道开挖方法浅论[J]. 现代隧道技术, 2003, 40, (6): 39 - 42.

[3] 靳晓光,等. 高速公路小净距隧道施工方法探讨[J]. 铁道工程学报, 2004, (2): 63 - 68.

[4] 杨转运,等. 小净距隧道中央岩柱的力学性能及加固处理[J]. 铁道建筑技术, 2005, (3): 57 - 61.

[5] 齐春峰. 小净距隧道关键施工技术[J]. 西部探矿工程, 2004, (10): 111 - 113.