

文章编号:1009-6825(2004)05-0117-02

# 山岭公路隧道洞口段的施工方法

郑杰

**摘要:**结合多年从事隧道施工的实践,详细阐述了洞口段围岩预加固的措施,隧道洞口段施工稳定掌子面的方法以及隧道洞口段施工开挖的方法,指出坚持施工原则,采取有效的施工方法,对确保隧道施工和运营安全至关重要。

**关键词:**山岭公路,隧道洞口,施工方法

**中图分类号:**U453.1

**文献标识码:**A

## 1 洞口段围岩预加固措施

洞口段围岩的自支护能力比较弱,有的甚至没有自支护能力。因此,在洞口段施工中最重要的是提高围岩的自支护能力,保证开挖及后续作业的进行。

根据国内外的施工经验,提高围岩自支护能力的基本方法是控制围岩的坍塌、松弛。洞口施工大多是在预加固的支护系统下进行的。尤其是在浅埋、破碎、滑坡、崩塌、软弱、地下水丰富并具有软弱夹层等极易发生滑移、坍塌的地段,更需要采取综合预加固措施。根据隧道设计原则“早进洞、晚出洞”和环境保护等要求,隧道洞口较多处于浅埋段。下面以浅埋隧道洞口为例来说明洞口段围岩常用的预加固措施。

浅埋隧道为埋深不足毛洞洞跨2倍的隧道或区段。国内外大量工程实例证明,覆盖层浅的隧道,其围岩难以自成拱,同时多数伴有地形偏压、表层软弱堆积物、风化带等对隧道开挖有很大影响的特殊问题,如地表易沉陷问题。如果对隧道变形控制不

当,围岩就会很快松弛,产生张裂破坏,将造成直达地表面的塌陷。所以,浅埋隧道洞口段开挖时应重点控制围岩的变形,采用强度较高和刚度较大的初期支护,避免破坏围岩结构。

浅埋隧道洞口段的预加固措施主要有:

1) 锚网喷:主要作用有两点:第一,对边仰坡进行加固,防止边仰坡坍塌,影响洞内施工。第二,防止地表水、雨水渗入边仰坡,增加围岩的不稳定因素,引起坍塌。具体做法是:刷坡 初喷混凝土 打锚杆 挂网 复喷。

2) 地表预注浆技术:适用于如砂性土、孔隙率较大等不良地质,在粘性土中的效果不好。主要是以加固围岩、止水为目的。为了保证注浆效果,须采用与围岩性质相适应的浆液才行。一般采用地质钻机钻孔,孔径大于100 mm,浆液采用水泥浆液或水泥—水玻璃双液,注浆压力在2.0 MPa左右。另外,在洞口段地基承载力较低,不能满足明洞或洞门承载力要求时,用此法亦可提高地基承载力。

1) 在钢筋较密的部位或预留孔洞和埋件处,混凝土下料被搁住,未振捣就继续浇筑上层混凝土;2) 混凝土离析,砂浆分离,石子成堆,严重跑浆,又未进行振捣;3) 混凝土一次下料过多、过厚,下料过高,振捣器振动不到,形成松散孔洞;4) 混凝土内掉入工具、木块、泥块等杂物,混凝土被卡住。

### 3.2.2 防治措施

1) 在钢筋密集处及复杂部位,采用细石混凝土浇灌,在模板内充满,认真分层振捣密实,预留孔洞,应两侧同时下料,侧面加开浇灌门,严防漏振,砂石中混有粘土块、模板工具等杂物掉入混凝土内,应及时清除干净;2) 将孔洞周围的松散混凝土和软弱浆膜凿除,用压力水冲洗,湿润后用高强度等级细石混凝土仔细浇灌、捣实。

### 3.3 露筋

#### 3.3.1 产生原因

1) 浇灌混凝土时,钢筋保护层垫块位移或垫块太少或漏放,

致使钢筋紧贴模板外露;2) 混凝土配合比不当,产生离析,靠模板部位缺浆或模板漏浆;3) 混凝土保护层太薄或保护层处混凝土振捣不实;或振捣棒撞击钢筋或踩踏钢筋,使钢筋位移,造成露筋。

#### 3.3.2 防治措施

浇灌混凝土应保证钢筋位置和保护层厚度正确,并加强检查,钢筋密集时,选用适当粒径的石子,保证混凝土配合比准确并具有良好的和易性;混凝土振捣严禁撞击钢筋,操作时,避免踩踏钢筋,保护层混凝土要振捣密实;正确掌握脱模时间,防止过早拆模。

## 4 结语

提高二次衬砌混凝土外观质量不能忽视耐久性,所以,追求内在质量还是第一位的,一味地强调外观质量是不行的。对混凝土外观质量不能进入误区,认为“光、亮、平”就是外观质量好,其实混凝土外观质量强调的是:“混凝土密实的表现体现”,要达到内实外美的施工标准。

## Factors influencing appearance quality of secondary lining of tunnel and preventive measures

LI Yong-qing

(The Second Engineering Company, The 12th Engineering Bureau of China Railway, Taiyuan 030032, China)

**Abstract:** In view of the factors influencing the appearance quality of concrete in secondary lining of tunnel from shrinkage crack of concrete, tunnel leakage and concrete pouring analysis is carried out; corresponding preventive measures are also proposed.

**Key words:** secondary lining, appearance quality, influencing factor, preventive measure

收稿日期:2003-12-19

作者简介:郑杰(1962-),男,2003年毕业于兰州铁道学院土木工程专业,工程师,中铁三局铁科工程有限责任公司,河北霸州 065700

3) 地面垂直锚杆技术:隧道开挖之前,在隧道上部钻直径为100 mm~120 mm的钻孔,钻孔中插入直径为25 mm~32 mm的粗钢筋,再压注砂浆或水泥浆,在地层中形成棒状的钢筋加固体,可阻止因开挖产生的围岩变形,提高围岩的抗剪强度。这种方法广泛应用于防止地表下沉,稳定隧道掌子面,处理偏压,防止坡面崩塌等情况。尤其适用于浅埋的软弱围岩和滑坡地段等施工条件恶劣的地段,施工时地面垂直锚杆可超前于隧道掌子面安设,与隧道内开挖作业无干扰。

此外,若洞口处于滑坡带、顺层带、偏压带或岩层间有塑性滑层时,较多采用抗滑桩、挡土墙及锚索技术。在西南地区如内昆线,很多隧道洞口段均采用了上述方法,以确保洞口段的稳定。

## 2 隧道洞口段施工稳定掌子面的方法

掌子面是隧道工程施工开挖作业面。掌子面只有处于正常、安全的状态,隧道施工才能继续下去,才能保证工程进度。但是在软弱围岩中进行隧道施工,由于围岩自身承载力差,开挖又破坏了围岩自身结构,造成掌子面塌方而使隧道施工陷入困境。

掌子面稳定性降低的原因,视围岩条件而异。在多数情况下,是由于以下几方面原因造成的:1) 因凝聚力不足而崩塌(未固结围岩、裂隙性围岩);2) 因地下水而崩塌(未固结围岩、裂隙性围岩);3) 因强度不足产生大变形而崩塌(膨胀性围岩)。

稳定掌子面的方法,根据其作用的不同,可分为以下几种:

1) 超前支护:超前锚杆或超前小导管一般与钢拱架、钢格栅配合使用。使用钢管、锚杆沿隧道开挖外轮廓线以 $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 外插角打入开挖面前方,防止掉块,是加固掌子面前方围岩、约束围岩的方法。它一端支在钢拱架(格栅)上,另一端支在未开挖的围岩上,相当于形成了组合梁,利用自身的抗弯强度来达到稳定围岩的目的,一般设计参数为 $\phi 25$  mm钢筋或 $\phi 50\times 5$  mm小钢管,长5 m,在拱部以上打设,间距30 cm~50 cm。结合使用的钢拱架(格栅)一般间距1 m。

2) 改良围岩:主要有超前长管棚、超前小导管预注浆和超前围岩预注浆等。它的原理是:通过高压向固结性较差的围岩压注浆液,使围岩固结在开挖范围形成承载力较强的拱,来达到改善围岩结构、稳定掌子面的目的。超前长管棚和超前预注浆小导管常与钢拱架(格栅)联合使用,在受力上起着重要的作用。

3) 预留核心土:在台阶分部开挖法中,上部留核心土以支挡开挖工作面,利用及时施作拱部初期支护增强开挖工作面的稳定,核心土及下部开挖在拱部初期支护下进行,施工安全性较好。

4) 斜锚杆、正面锚杆、喷混凝土支护

斜锚杆作为支护结构的一部分轴力构件而发挥作用,用以改善拱顶斜上方的围岩。多用在易崩塌的围岩中。斜锚杆通常与系统锚杆同时施工。

正面锚杆在掌子面有显著崩塌的情况下采用,在膨胀性围岩中、岩爆发生地段也经常采用。

掌子面正面喷射混凝土:在开挖后自稳性差的开挖面喷射3 cm~10 cm左右的混凝土,覆盖掌子面,以防止掌子面松弛,提

高掌子面的自稳性。喷混凝土是防止剥离的,常与正面锚杆同时使用,通过目视喷射混凝土表面是否有龟裂现象,可以获得有无崩塌发生的信息。

实际上,在洞口软弱围岩施工中,上述方法往往是互相结合使用的,单纯的一种方法并不能取得良好的效果。

## 3 隧道洞口段施工开挖方法

对于隧道施工来说,选择合理的施工方法对于隧道洞口防坍塌和施工安全具有重要的意义。

通常在洞口段施工时不采用全断面爆破开挖法,这是因为公路隧道属大断面隧道,采用全断面开挖,对围岩的扰动大,增大坍塌的可能性,与常用的台阶法和分部开挖法相比较而言。

1) 台阶法多适用于Ⅱ、Ⅲ类软弱而节理发育的围岩中,根据上、下台阶保持距离的不同,又可分为长台阶法、短台阶法、微台阶法三种,在洞口段施工中常用长台阶法。长台阶法上下台阶距离保持在50 m以上。开挖断面变小有利于隧道的稳定,在上台阶进入较好的围岩后,加快下台阶的施工速度,变台阶法为全断面法。在公路隧道这种大断面隧道施工中,上下台阶可配置同类的较大型机械平行作业,下台阶可分左右两断面分别开挖,减少上下台阶施工中的相互干扰。当隧道较短时,可将上台阶挖通后,再挖下台阶。

2) 分步开挖法中常用环形开挖留核心土法及单(双)侧壁导坑法。环形开挖留核心土法适用于一般土质或易坍塌的软弱围岩地段。上部留核心土有两个作用,其一支挡开挖面,保证开挖面稳定;其二可作为上部初期支护的工作平台。核心土及下部开挖在拱部初期支护下进行,施工较安全。

单(双)侧壁导坑法:适用于围岩稳定性较差,对地表下沉量要求严格,断面大时采用。在城市修建公路隧道应用较多。

## 4 监控量测

监控量测是新奥法施工中一个十分重要的环节,根据量测数据可对已开挖区间和掌子面前方的围岩状况做出判断,对于指导隧道的安全施工具有重要意义。

隧道洞口段施工时,一般要进行地表监测和洞内监测。地表监测主要是利用水准仪观测地表有无下沉,观察隧道地表有无裂缝等;洞内监测项目通常有拱顶下沉、周边位移以及地质和支护状况观察等。

## 5 结语

1) 隧道洞口段施工应坚持“管超前、严注浆、短进尺、强支护、弱爆破、勤量测、快封闭”的施工原则。2) 由于不提倡先拱后墙法施工,在高速公路隧道施工中,收敛速率满足规范要求时方可衬砌。衬砌与开挖在时间上有一定间隔(特别是分步开挖法),因此,采用强支护尤为重要。3) 水是影响隧道稳定的十分重要的因素。洞口段施工时必须先做好地表排水系统。4) 快封闭是控制围岩变形的有效手段,在分步开挖法中,临时仰拱经常被采用。5) 监控量测是判断围岩活动状况的重要依据,要引起充分重视。

## Construction method in portal part of Shanling highway tunnel

ZHENG Jie

(Hebei Bazhou Tiede Engineering Co. Ltd., Bazhou 065700, China)

**Abstract:** Combined with several years' experiences in tunnel construction the measures for pre-reinforcement of wall rocks at the portal of tunnel are elaborated as well as the stability method of tunnel face and portal excavation method. Author points out that effective construction method and normative operation play important roles in ensuring the safety in construction and transportation.

**Key words:** Shanling Highway Tunnel, tunnel portal, construction method