

文章编号:1006—2106(2001)04—0100—04

大跨度公路隧道大型塌方处理

张崇栋*

(中铁十一局集团有限公司,湖北襄樊 441003)

提 要: 大跨度隧道大型塌方的处理方案是先处理陷穴,采用注浆挂网喷混凝土稳定陷穴边坡,再多次深孔注浆加固稳定塌方漏斗松散体。进行洞内施工时,采用超前小导管辅助施工,用双侧壁导坑开挖,开挖后立即进行初期支护,初期支护后立即进行二次衬砌。实践证明方案科学。

关键词: 大跨度隧道;大型塌方;处理

中图分类号: U412 **文献标识码:** A

1 概况

京珠高速公路靠椅山隧道,地处广东省翁源县境内,设计为分离式双向 6 车道,分左右线穿越靠椅山,全长 5 930 m;按新奥法原理设计,采用单心圆曲墙式复合衬砌,最大开挖跨度 17.04 m,高度 12.24 m,最大开挖断面 165.45 m²;其跨度、长度综合指标居全国第一、亚洲前列,是京珠高速公路粤境控制工程。

隧道通过地段处于南岭中段中低山区,构造属于华南褶皱带的侵蚀或风化剥蚀地貌,山形陡峭,地形复杂,地面自然坡度约 30~60°,冲沟深切,水系发育,年均降雨量 1 537.4 mm。隧道进口段为一沿山间小溪分布的岩溶盆地,盆地内发育一系列隐伏的溶沟、溶洞、地层为石炭统大塘阶石磴子组及测水组炭岩、炭质灰岩、炭质页岩、砂岩夹煤层,第四系残坡积、冲洪积物,包括 I 层填土、II 层粘土、III 层、IV 层亚粘土。

该隧道地质复杂,进口段为浅埋,最小覆盖层仅 7.9 m,设计采用长管棚辅助进洞。1997 年进口端进入暗洞施工,前期由于地质复杂多变,设计变更、施工方案变更频繁发生,进展缓慢。1999 年 9 月隧道右线进口 YK145+014~+028 段初期支护发生脆性破坏,突然发生大塌方,20 000 m³ 泥流涌入隧道内,堵塞长度达 188 m,地表 YK145+020 处形成一个长约 70 m、宽 50 m、深 20 m 的陷穴(见图 1)。此类塌方很少见,处理稍有不慎,不但会给施工安全造成威胁,还会给隧道结构的长期稳定留下后患。

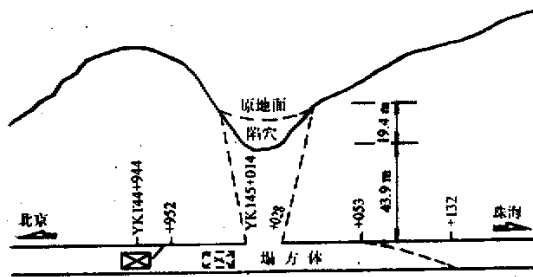


图 1

2 塌方处理方案

针对该塌方的特点,根据围岩地质特性,本着安全、稳妥、可靠、科学、快速的原则,经各方专家研究确定,地表采用深孔注浆加固塌方松散体,洞内选用双侧壁导坑法辅以辅助施工措施通过塌方段的处理方案。同时对此段的初期支护、二次衬砌作加强处理。方案的主要内容:

2.1 地表陷穴处理

- 2.1.1 地表、陷穴做防排水处理;
- 2.1.2 陷穴边坡打注浆钢管挂网喷混凝土加固;
- 2.1.3 对塌方漏斗松散体进行深孔注浆固结。

2.2 洞内施工

- 2.2.1 采用双侧壁导坑法,辅以小管棚进行开挖;
- 2.2.2 初期支护采用 I_{25b} 钢拱挂网喷混凝土并增设周

万方数据

壁注浆小导管;

2.2.3 二次衬砌采用 C₃₀钢筋混凝土,主筋 ϕ_25 双层。

3 施工过程

3.1 地表陷穴处理

3.1.1 地表、陷穴防排水

为防止地表水流入陷穴及陷穴内水下渗到塌方漏斗松散体中,降低其物理力学指标,根据陷穴周围地形,在陷穴坡顶外缘 10 m 以外设梯形排水沟;穴底夯填粘土做隔水层,并向左侧做成 1% 的排水,坑底周边设排水沟和集水坑,机械排出陷穴外。

3.1.2 陷穴边坡打注浆钢花管挂网喷混凝土加固

边坡封闭,按 1:1 坡度,自上而下进行刷坡,对局部松散体人工夯实,边刷边初喷 C₂₀混凝土 5 cm 厚,然后施作注浆钢花管。注浆花管采用 $\phi 42 \times 3.5$ mm 热轧无缝钢管,长 6.0 m,间距 1.5 m \times 1.5 m 梅花型布置,垂直边坡坡面打入(花管尖头电焊封闭,见图 4),挂网喷混凝土。采用 $\phi 8$ 钢筋绑 25 cm \times 25 cm 钢筋网,并与注浆花管焊接,自上而下补喷 C₂₀混凝土 5 cm,使坡面喷混凝土厚度达到 10 cm。双液注浆,注浆材料采用水泥浆与水玻璃浆混合而成的双液浆,掺磷酸氢二钠作缓凝剂,注浆顺序自下而上逐管注浆,注浆参数,水泥浆水灰比 1:1,水玻璃浆浓度 35 Be,模数 2.4,水泥浆与水玻璃浆体积比 1:0.5,磷酸氢二钠掺量为水泥质量的 2%,注浆终压 1.5 MPa,稳压 20 min,最终达到边坡稳定,为漏斗口松散体深孔注浆创造条件。

3.1.3 对塌方漏斗松散体进行深孔注浆固结

3.1.3.1 钻机工作平台。为防止钻孔机具下陷及施工

用水下渗,确保施工人员和设备安全,在穴底全部范围内原粘土隔水层表面铺设双层 PVC 防水板,并嵌入边坡 1.0 m,在 PVC 防水板上现浇 C₂₀混凝土厚 20 cm,用做钻机施工平台。

3.1.3.2 注浆孔设计与施工。通过地质钻探确定布孔范围,纵向 YK145+013~+028,横向隧道中线每侧各 15 m。注浆孔间距采用 1.0 m \times 1.0 m 梅花形布置。孔深从钻机工作平台到隧道底以下 2.0 m,YK145+020 处孔深 71.179 m。固结范围洞顶以上 35 m,过隧道底 2.0 m,共 47 m。注浆管采用 $\phi 89 \times 6$ mm 热轧无缝钢管,固结范围以外不设注浆孔,钻孔采用 200 型地质钻机,钻孔斜度控制在 1° 范围内,当钻至顶定标高后,用同一钻机顶进注浆管并进行清孔。

3.1.3.3 深孔注浆。为减少串浆,保证施工质量,钻孔与注浆采取平行作业,即成一孔注一孔,钻孔与注浆孔之间的距离不少于 4 m,特殊情况下也不应小于 3 m,相邻两孔的注浆时间间隔 36 h 以上,以免浆液压力破坏已注孔周边已固结土体。

3.1.3.4 注浆序次。隧道内的塌方岩土体经浸水软化、塌落、运移后异常软弱,隧道内塌方漏斗口附近围岩结构也遭到不同程度的破坏,塌方体内空隙很大,在注浆过程中将造成大量的浆液流失,无法形成设计所要求的注浆压力,土体得不到有效的加固。不解决上述问题,注浆施工按等腰三角形分序次进行,见图 2。第 1 序次选择小量的、分布合理的钻孔,进行大流量、大浆量、快固结的低压注浆,其目的是封堵隧道内塌方体及隧道顶板邻近围岩的漏浆通道,为高压注浆创造条件。

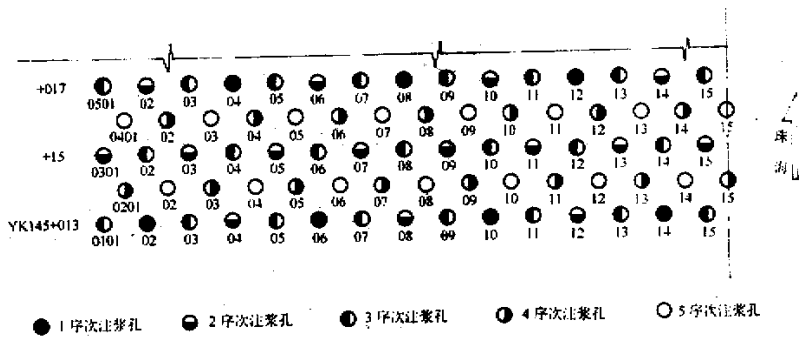


图 2

① 低压注浆

在低压注浆过程中,应根据实际情况按试验室提供的数据及时调整水泥浆泵、水玻璃浆泵的送浆数量及水泥浆的水灰比。同时,调整掺入水泥浆中的缓凝剂

含量,以保证水泥浆凝固时间的准确性。注浆数量的确定,按隧道洞顶以上 5 m 和隧道内需固结封闭范围,估算第一阶段总注浆数量及每孔平均注浆量,达到下列条件之一,可终止注浆。第一每孔实际注浆量达到平

均注浆量的 200%;第二,实际注浆量达到平均注浆量的 60%,所有邻近钻孔的地下水升幅达到 1.4 m;第三,若发现泵压明显上升,泵压+浆柱压力——管道损失 >2.6 MPa。

②高压注浆。本工程的高压注浆目标压力为 2.1 MPa;单孔终压是根据每孔的实际地下流体动力场的条件而确定的强制性执行指标。在确定单孔终压时,考虑了以下因素:一,必须保证不因压力过大形成新的泄浆通道;二,尽量减少孔间串浆和对已注浆孔的破坏;三,随注浆孔封闭条件的提高,单孔终压也要相应提高,且任何一单元的注浆孔,必须有一孔的终压达到或略高于目标压力(每单元内中心孔终压必须达到目标压力),见图 3。当同时满足下列条件时,可认定该孔已完成高压注浆:①孔口压力不低于该孔的单孔终压,②有效注浆量为设计注浆量的 70%~120%,③最后 5 min 的注浆量不大于 0.3 m^3 。

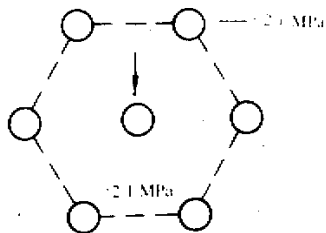


图 3

3.1.3.5 质量检测

深孔注浆效果的检测方法采用抽芯检查。不同序

次注浆孔施工后,取 5%有代表性的钻孔作取芯分析,检查上一序次钻孔注浆的效果,形成连续的边施工边检测的自检体系。抽芯检查的主要内容是松散岩土体中浆液渗透结块、土体物理力学性质的改善及由此而引起塌体密实度变化情况。最后再注浆试验,即在某一区段注浆完成后,进行更高压力注浆试验,检查土体的吸浆能力。

3.2 洞内施工

为保持塌方体稳定,洞内塌体两末端设砂包反压,待深孔注浆完成后,在保持洞内塌体稳定的条件下,清除部分洞内(除漏斗口以外)塌方体,洞内塌方漏斗口及附近采用双侧壁导坑施工,并辅以超前小导管保护开挖。

3.2.1 辅助施工超前小导管

原定辅助施工措施采用小管棚加超前小导管,在洞内塌体部分清除之后,挖探槽进一步检查深孔注浆效果时结果发现,深孔注浆钢管在隧道开挖轮廓内走向不规则,难以采用管棚方案,因此改管棚为 $\phi 42 \times 3.5 \text{ mm}$ 热轧无缝钢管做超前小导管预注浆加固,范围在拱部 150° ,环向间距 30 cm,施作中超前小导管尾端焊接在初期支护的钢拱架上,见图 4。其注浆参数是:水泥浆水灰比 1:1,水泥浆与玻璃浆体积比 1:0.5,水玻璃浆浓度 35 Be,模数 2.4,注浆压力 0.5~1.0 MPa,缓凝剂按水泥质量的 2%掺加。

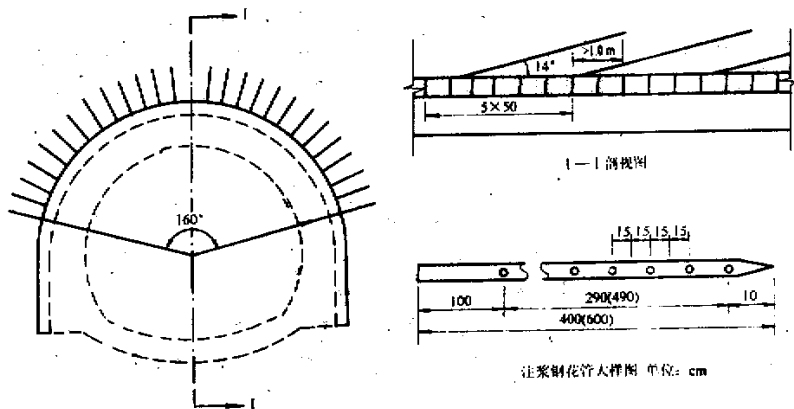


图 4

3.2.2 双侧壁导坑开挖及初期支护

此段施工原则是:短开挖、少扰动、快封闭、强支护、勤量测、早衬砌。第一环超前小导管施作之后,先开挖初期支护破坏较轻地质较好的左侧壁导坑,采用人工分上下两台阶或上、中、下三台阶开挖,边开挖边喷混凝土封闭,侧壁导坑外侧壁与内侧壁分别用 I_{25b} 、 I_{20b}

钢拱作初期支护,拱部开挖滞后于侧壁导坑 3 m,采用环形分部开挖,在拱部初期支护成环后,拆除内侧壁钢拱,开挖核心土。开挖顺序见图 5。每部每次开挖后立即喷混凝土封闭,并架立初期支护的钢拱及周壁注浆加固。初期支护由间距 50 cm 的 I_{25b} 钢拱、 $\phi 8$ 双层钢筋网(网格 $25 \text{ cm} \times 25 \text{ cm}$)喷 C_{20} 混凝土 32 cm,及纵向间

距 50 cm、环向间距 60 cm、 $\phi 42 \times 3.5$ mm、长 4.0 m 热扎无缝周壁注浆钢花管(注浆参数同超前小导管)组成。

3.2.3 二次衬砌

塌方漏斗初期支护恢复后,及时采用 12 m 大模板整体衬砌台车施作二次衬砌。二次衬砌采用 C₃₀ 钢筋混凝土厚 50 cm,主筋 $\phi 25$ mm 钢筋,纵向间距 10 cm,双层布置,净保护层 4.4 cm。

4 监控量测

由于该项目的特殊性,其监控量测由地表陷穴沉降观测和洞内监控量测两部分组成。

4.1 陷穴沉降观测

陷穴沉降观测是在陷穴底部及周围布点进行,用

水准仪测量,主要掌握地表变化情况,保证深孔注浆施工的人机安全。

4.2 洞内监控量测

按设计的三个必测项目,加大观测频率,同时围岩观察项目中,重点观测深孔注浆效果。

5 效果

通过采用以上措施,顺利通过了塌方段,实现了原定方案的安全、质量、工期目标,从而证实了方案的正确性,对大跨度隧道大型塌方处理有较高的参考价值。

TREATMENT ON LARGE-SCALE LANDSLIDE FOR LONG-SPAN HIGHWAY TUNNEL

ZHANG Chong-dong

NO. 11 Engineering Bureau of the Railway of China

Abstract: The schemes for treating the large-scale landslide in the long-span tunnel lay on the treatment of subsided pit at first. The side slopes of subsided pit are stabilized by grouting concrete reinforced with mesh-works. Then, by deep-hole grouting several times ,the funnel-typed porous soil during subsidence may be strengthened and stabilized. During construction inside of the tunnel, the advance auxiliary tunnelling method with small ducts was used through the twin-side headings for excavation. The primary supports should be put forward after excavation immediately, and constructing the secondary lining immediately behind the primary supports. The practices show that the above schemes are scientific.

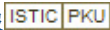
Key words: long-span tunnel; large-scale landslide; treatment

(上接第 66 页)

Department of Capital Construction, Shanghai Railway Administration

Abstract: In recent years, the development of urban light-rail transit and a new tendency advanced to the standardization of light-rail vehicles in Europe are expounded. At the same time, a bi-system traffic system suitable for the urban construction has been introduced in this paper. For the light-rail vehicles in this system, the rubber wheel tires were used for train running, and they may be used running on the special railway line also. These vehicles possess the advantages of low cost, reducing the transfer for passengers and being both usable on highways and railways. It may be used as reference for urban planning and construction of light-rail transit hereafter.

Key words: urban light-rail transit; new traffic system

作者: [张崇栋](#)
作者单位: [中铁十一局集团有限公司](#),
刊名: [铁道工程学报](#) 
英文刊名: [JOURNAL OF THE RAIL WAY ENGINEERING SOCIETY](#)
年, 卷(期): 2001 (4)
被引用次数: 5次

本文读者也读过(10条)

1. [唐卫华](#) [阿娜隧道塌方原因分析及处理技术研究](#)[期刊论文]-[公路与汽运](#)2008 (5)
2. [罗纪彬](#) [鹤上隧道塌方情况及处理方案](#)[期刊论文]-[公路与汽运](#)2009 (3)
3. [陈森森](#) [崇加树](#) [衡昆国道平锁高速公路飞鱼泽隧道裂缝处理](#)[会议论文]-2008
4. [赵占超](#) [陈才意](#) [ZHAO Zhan-chao](#) [CHEN Cai-yi](#) [桃坪隧道塌方处理经验总结](#)[期刊论文]-[水电站设计](#)2009, 25 (1)
5. [李忠国](#) [裂缝处理技术在剑门关口隧道中的应用](#)[期刊论文]-[中国科技博览](#)2010 (21)
6. [黄建林](#) [张厚泉](#) [公路隧道二次衬砌混凝土裂缝探析](#)[会议论文]-2004
7. [朱慧](#) [ZHU Hui](#) [浅谈隧道塌方处理](#)[期刊论文]-[科技传播](#)2010 (12)
8. [王燎原](#) [注浆小导管在隧道仰坡裂缝处理中的应用](#)[期刊论文]-[建筑](#)2007 (12)
9. [严永德](#) [李宝川](#) [砼裂缝处理技术浅谈](#)[期刊论文]-[西部探矿工程](#)2004, 16 (1)
10. [冯卫星](#) [杨丙龙](#) [杨宽](#) [代维达](#) [Feng Weixing](#) [Yang Binglong](#) [Yang Kuan](#) [Dai Weida](#) [大华岭隧道塌方处理方案研究](#)[期刊论文]-[国防交通工程与技术](#)2008, 6 (2)

引证文献(5条)

1. [程浩](#) [周建春](#) [某隧道初期支护混凝土开裂处理及效果分析](#)[期刊论文]-[现代隧道技术](#) 2011 (4)
2. [胡居义](#) [张永兴](#) [欧敏](#) [鲁瑞林](#) [重庆金山隧道左洞进口端塌方及处理措施研究](#)[期刊论文]-[中国地质灾害与防治学报](#) 2005 (3)
3. [路继平](#) [张文新](#) [隧道塌方整治方案浅谈](#)[期刊论文]-[公路](#) 2012 (5)
4. [吴旻硕](#) [李晓](#) [隧道围岩强度不均地段塌方成因及其处理方法](#)[期刊论文]-[工程地质学报](#) 2008 (5)
5. [吴旻硕](#) [李作恒](#) [隧道围岩强度不均地段塌方成因及其处理方法](#)[期刊论文]-[石家庄铁道学院学报](#) 2007 (2)

引用本文格式: [张崇栋](#) [大跨度公路隧道大型塌方处理](#)[期刊论文]-[铁道工程学报](#) 2001 (4)