

浅埋偏压、软弱围岩双线客运专线 隧道施工综合技术研究

王必军

(中铁十九局集团第五工程有限公司,辽宁大连 116100)

摘要:以武广客运专线狮公岩二号隧道为工程背景,针对该隧道埋深浅、偏压显著、围岩软弱破碎、受降雨影响大、隧道断面大、施工变形大且控制困难等特点,基于浅埋偏压显著段隧道大变形原因分析,提出了地表网喷加固、洞内加长锚杆、增设水平横撑的应急措施,在隧道变形初步控制后,进一步采取地表坡顶减负、坡脚反压增阻,以及局部锚固桩等措施,有效控制了隧道变形,保证了隧道施工安全,并成功保护了地表构筑物。

关键词:客运专线隧道;浅埋偏压;大变形;施工控制

中图分类号:U455.4 **文献标识码:**A **文章编号:**2095-0373(2011)01-0014-03

随高速铁路隧道的快速发展,隧道遇到的地质条件千变万化,给隧道建设者提出了严峻挑战。如高速铁路隧道空气动力学问题、防排水问题、消防和防灾救援问题、大断面和超大断面隧道施工设计及施工技术等问题都需要进一步研究和完善^[1-2]。对隧道施工方法,特别是浅埋与超浅埋段、软弱破碎围岩段施工方法,应进行深入研究^[3-5]。以武广客运专线狮公岩二号隧道浅埋偏压显著段为工程背景,开展了软弱围岩双线客运专线隧道施工综合控制技术研究,以企对类似工程提供借鉴。

1 工程概况

狮公岩二号隧道为客运专线双线铁路隧道,位于广东省韶关市西联境内,处于武汉至广州客运专线乌龙泉至花都段,武广客运专线设计行车速度目标值为350 km/h。双线隧道净空有效面积100 m²,设计为无碴轨道。该隧道全长392 m,隧道进口里程为DK1985+162,出口里程为DK1985+554。隧道最大埋深约22 m,全隧道均为浅埋大断面隧道。隧道围岩为IV级、V级。在DK1985+280~DK1985+340线路左侧约15 m有一孤立山头,高约10 m,山顶为一信号塔,在施工过程中应注意保护^[6]。

本隧道属于浅埋大跨隧道,上覆土体为粉质黏土,夹有碎石,下伏灰岩、泥岩、粉砂岩等软岩石,岩溶发育,隧道暗挖施工极易引起塌顶,开挖必须及时支护。受附近断层的影响,隧道范围内岩石体褶皱及揉皱较发育,岩性较破碎。隧道范围附近无连续水源,主要受大气降水补给,水位季节性波动大。

根据隧道沿程的地形、地貌特征,在设计里程DK1985+280~DK1985+370段地面有明显的横坡,隧道施工过程中存在显著的偏压现象(典型坡面横断面如图1所示)。对于偏压隧道而言,施工过程中围岩及结构受力复杂,加之埋深浅、围岩软弱,如果施工措施不当,势必引起隧道变形过大或边坡失稳,因此,该段施工方法的选择必须慎重。

2 浅埋显著偏压段隧道施工大变形情况及原因分析

根据隧道沿程地形条件和埋深分布,在设计里程DK1985+280~DK1985+370段,地面横坡明显,存在显著的偏压现象。隧道采用三台阶预留核心土法施工,在DK1985+360~+342段18 m范围内,曾发生严重变形,最大拱顶下沉986.62 mm,最大拱脚水平收敛876.54 mm,最大径向位移1 023.51 mm,支护

收稿日期:2011-01-17

作者简介:王必军 男 1973年出生 高级工程师

最大侵限达 85 cm。隧道开挖引发地表产生显著水平位移,最大水平位移 102 mm,在水平位移的作用下,地表粘土将产生明显纵向裂缝,而裂缝的发生和发展又加速了地表水对地层围岩的侵蚀和软化,进而促使隧道变形的发展和边坡的失稳。在实际施工过程中,洞顶在洞内变形后出现裂缝,裂缝纵向有主裂缝 3~4 条,小裂缝密布,最大缝宽 15~20 cm,并伴有明显坍塌台阶。靠左侧较大,至右侧悬空处依次减弱。

根据现场施工情况以及施工过程中对地表的调查分析结果,经多次专家组现场讨论研究认为,该段发生显著大变形的主要原因体现在以下几个方面:

(1)浅埋、偏压、软弱地层是大变形发生的内在原因。根据地质勘察结果,该段隧道埋深仅 20 m 左右,约为 1.5 倍洞跨,属于典型浅埋隧道,隧道上覆地层主要为粉质粘土和全风化泥岩、页岩。经现场取样和室内试验,岩样性质接近粘土。该区段地表横坡明显,隧道一侧山体覆盖厚度过薄,属显著偏压地层,因此,施工中坡体向山体外侧发生水平位移不可避免。

(2)连续大雨的天气情况是大变形发生的客观原因。在施工过程中,从 2007 年 2 月 14 日开始,施工现场连降大雨,持续时间达 1 个月之久。此时,正值隧道偏压段开挖施工,由于隧道埋深相对较浅,加之覆盖泥岩、页岩地层风化严重,裂隙发育并彼此连通,为地表水的渗入提供了有利条件,这种岩性地层遇水后软化势必导致隧道开挖变形加剧和影响边坡稳定。

(3)隧道开挖施工效应是造成大变形现象发生的直接原因。隧道开挖施工破坏了围岩的初始应力平衡,由于偏压存在,拱顶位移发生偏移,地表位移方向指向坡向一侧,并存在明显向坡向侧滑动趋势,隧道两拱脚斜上方岩体以及边坡坡脚围岩屈服,边坡有失稳可能。

3 浅埋显著偏压段隧道大变形整治措施

浅埋显著偏压段隧道发生大变形后,根据现场条件,首先采取了单侧加长锚杆和增设水平钢支撑的应急措施,然后根据变形控制情况进一步采取了坡顶减压坡脚填方反压,以及局部抗滑桩措施。

3.1 单侧加长锚杆和增设水平钢支撑

在大变形发生的最初阶段针对现场情况采取如下应急措施:

(1)洞外地表处理措施。将地面冲沟填平,裂隙夯填压实,在隧道顶部进行 8 cm 厚 $\Phi 6$ 钢筋网(间距 30 cm \times 30 cm)喷混凝土铺砌,铺砌范围为中线左侧 20 m 至右侧坡边,铺砌两侧做成斜坡状,设置横向和环向地表截、排水沟,加强排水。

(2)洞内增设水平钢支撑。在 DK1985 + 340 ~ + 370 段设置横向 I20 钢支撑,间距 1.2 m,工字钢上下二排,中间等间距设三道竖向支撑,工字钢两侧与型钢钢架焊接,并将所有工字钢在纵向用 $\Phi 22$ 的钢筋连接成一体。

(3)在 DK1985 + 340 ~ + 375 段左侧隧道边墙采用 10 m 长 $\Phi 52$ 自进式注浆预应力锚杆,水平间距 1 m,竖向布置 3 排。

(4)DK1985 + 320 ~ + 370 段衬砌采用“武广隧参 01-26”V 级偏压式衬砌加强支护,即 C25 喷射混凝土全环 28 cm 厚, I22a 型钢钢架,间距 0.5 m/榀,二次衬砌钢筋混凝土拱墙厚 55 cm,仰拱厚 60 cm。

3.2 坡顶减压坡脚填方反压措施

在采取加长锚杆、增设横向钢支撑的措施下,隧道变形得到了基本控制,但变形仍有缓慢增长趋势,为保证边坡稳定和施工安全,经多方论证,决定采取洞顶减压卸载,坡脚反压增阻的措施,稳定坡体的稳定。具体方法为:在洞顶上方采取挖方措施,以减轻坡体下滑动力,挖方深度视地形条件为 4~7 m 不等,所挖岩土回填至坡脚,并在坡脚设置顶宽 1.0 m 的浆砌片石挡墙,形成反压护道,以达增阻之目的。处理后的典型断面的坡面形式如图 2 所示,右侧坡脚为浆砌片石挡墙,顶宽 1.0 m。

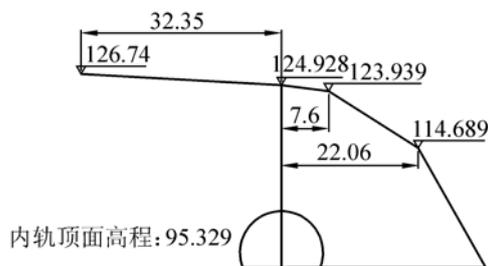


图1 DK1985 + 355 断面地形横断面(单位:m)

3.3 抗滑桩措施

为保护线路左侧既有构筑物(信号塔),并防止山体的继续滑移,在线路左侧孤立山头下方设置 8 根直径 1.0 m 的钻孔灌注桩,间距 3~8 m,桩深 35 m,嵌入稳定基岩 2.0 m 以上,在桩顶设系梁以加强整体性。

3.4 侵限支护拆换措施

由于前期施工过程中部分支护结构变形较大,局部初期支护侵限严重,为保证二次衬砌厚度,确保施工质量,应对侵限部分的支护进行换拱处理。

(1)小导管注浆加固地层。由于围岩软弱,为确保换拱过程洞室稳定和作业安全,在换拱作业前应进行小导管注浆加固地层,小导管采用 $\Phi 42$ 钢管,边墙长度 1.5 m,拱部长度 3.0 m,环向间距 30 cm。

(2)爆除原有混凝土结构。爆破采用密眼、少药的原则,减小对围岩的扰动。

(3)架设拱架。钢架工字钢采用 I 22,拱架间距 60 cm。钢架长度视具体需要拆换支护长度及原钢架接头位置具体加工。当拱墙支护均需要拆换时,先换拱圈再换边墙,为避免掉拱现象发生,在拱脚接头处施作 6 根锁脚锚杆进行稳定拱圈,锁脚锚杆采用 $\Phi 42$ 钢管,长度 4 m。

(4)锚喷混凝土施工。待拱架架立完成后,施作锚喷支护,支护参数同原设计,新喷混凝土应与原混凝土面保持平顺。

经过以上措施的综合处理,隧道变形和坡面稳定得到了极大的改善和较好的控制效果,确保了工程施工安全和施工质量。处理后围岩变形控制在 40 mm 以内。

4 结语

狮公岩二号隧道围岩软弱破碎,浸水极易软化,隧道开挖断面大,浅埋偏压显著,围岩自稳能力差,降雨对隧道施工影响大。针对上述不利条件,提出了地表网喷加固、洞内加长锚杆、增设水平横撑的应急措施,在隧道变形初步控制后,进一步采取地表坡顶减负、坡脚反压增阻,以及局部锚固桩等措施,有效控制了隧道变形,保证了隧道施工安全,成功保护了地表构筑物,并积累了成功的施工经验。

参 考 文 献

- [1]铁道部工程设计鉴定中心. 高速铁路隧道[M]. 北京:中国铁道出版社,2006.
- [2]铁道部工程设计鉴定中心. 2006 中国高速铁路隧道国际技术交流会论文集[M]. 北京:中国铁道出版社,2006.
- [3]杨帆. 隧道浅埋偏压段地表回填注浆及开挖支护施工技术[J]. 铁道标准设计,2007(5):74-77.
- [4]张小军. 软弱围岩浅埋偏压条件下隧道施工技术[J]. 铁道建设,2005(3):45-49.
- [5]袁海清. 浅埋偏压状态下软弱泥质页岩隧道洞室及围岩的稳定分析[J]. 中南公路工程,2006,31(1):163-166.
- [6]王必军. 浅埋偏压、大断面客运专线隧道施工综合技术研究[D]. 石家庄:石家庄铁道学院土木工程分院,2008.

Construction Technology of Unevenly-pressured Shallow Soft Rock Tunnel in Passenger Dedicated Railway

Wang Bijun

(The 5th Engineering Co., Ltd. of the 19th China Railway Bureau Group, Dalian 116100, China)

Abstract: Based on Sigongyang 2nd tunnel of Wuguang passenger transport railway line, according to characteristics of the tunnel, such as unevenly-pressured shallow depth, soft surrounding rock, influenced distinctly by rainfall, big tunnel cross-section, large tunnel deformation, and so on, this paper studies the construction control technology of the tunnel, including emergency measures such as shotcrete on ground, longer rock bolt in tunnel and horizontal braces, and farther control methods such as reducing stress on ground and additional resistance in side slope and slide pile.

Key words: passenger dedicated railway tunnel; unevenly-pressured shallow; large deformation; construction control

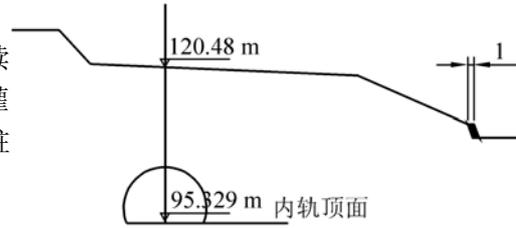


图 2 DK1985+355 断面处理后地面坡形