

文章编号: 0451-0712(2005)10-0214-04

中图分类号: U455.7

文献标识码: B

长管棚预注浆超前支护技术在浅埋偏压大跨隧道洞口施工中的应用

高怀鹏, 毛海东

(路桥集团第一公路工程局隧道公司 北京市 100085)

摘 要: 以百步垭隧道为例, 介绍了浅埋偏压隧道洞口超前大管棚的施工设计和施工工艺, 并对监控量测结果进行了分析, 总结了超前预支护技术在通过软弱围岩时的作用。

关键词: 百步垭隧道; 长管棚; 施工; 效果评价

1 工程概况

沪蓉国道主干线是我国规划的公路主骨架“五纵七横”中的“一横”, 宜昌~恩施(以下简称沪蓉西)高速公路是沪蓉国道的组成部分, 也是湖北省高等级公路网规划主骨架的重要部分。

百步垭隧道位于沪蓉西高速公路 ZK27+480~ZK28+094、YK27+422~YK28+146 段, 是一座上下行分离的四车道中长隧道, 左洞长 614 m, 右洞长 669 m。隧道单洞建筑限界为 9.75 m×5 m。

右洞进口 YK27+422~+520 与左洞出口 ZK27+480~+580 均属 V 级围岩。左洞出口覆盖层厚为

1.7~2.5 m, 右洞进口覆盖层厚为 1.5~2.0 m。洞室为强风化层, 岩石呈碎块状, 裂隙发育, 岩体完整性差, 呈碎石状松散结构, 拱部无支护时可产生较大坍塌, 围岩不稳定, 成洞困难。

2 问题的提出及方案确定

自隧道准备进洞开始, 随着清除表土, 逐渐形成了洞口开挖工作面, 此时南方雨季提前到来。因长时间降雨造成围岩受浸泡而富水饱和, 地表泉水涌出, 造成洞口段围岩软化, 仰坡地表多处产生裂缝, 最大裂缝宽 6 cm, 形成 2~4 cm 错台。洞口开挖工作面发

收稿日期: 2005-09-01

大门口隧道在分段上底眼最后起爆, 目的是为了将石炸翻出, 利于出渣。凿岩台架就位后应由值班人员对风枪手进行分工并划分区域, 按设计点出炮眼位置。施工过程中应有辅助人员随时检查周边眼的及掏槽眼的角度。凿岩完毕经检查合格后方可装药起爆。

4 结语

三车道公路隧道跨径大、洞身扁平, 受力体系不如小跨径隧道稳定, 尤其是洞口段围岩差, 并存在严重浅埋偏压, 施工中应尤其注意安全。随着我国高速公路建设的加快发展、规范标准的不断提高、公路用地的受限, 山区高速公路已经成为发展的必然趋势, 必然会带来大跨径、中短隧道的高速发展。根据以往

经验, 隧道越短, 围岩情况越差, 浅埋偏压情况就越是容易出现, 大门口隧道就是个很好的例子。可见, 提高处理弱围岩、偏压、浅埋隧道的技术并不断积累经验有着极为重要的实际意义。大门口隧道左线通过山体小导管注浆及护拱和超前管棚注浆的方式, 施工过程中真正贯彻新奥法施工原理, 有效控制了围岩变形, 成功进洞, 为处理类似工程积累了一定的经验。

另外, 三车道公路隧道的广泛兴起对隧道开挖施工技术提出了更高的要求。大门口隧道属中短隧道, 在施工过程中更注重了开挖掘进方案的合理性和科学性, 如凿岩台架的设计、钻爆设计等, 以便更合理地利用现有施工力量, 保证开挖质量, 提高工作效率, 节约成本。

生坍塌,施工进洞困难。

根据现场实际情况,结合其他隧道施工经验,认为较为合理的施工方法是采用大管棚超前预注浆,先对洞口段进行固结处理再进行开挖,可以有效保证洞口边仰坡安全,确保顺利进洞。

3 管棚施工设计

3.1 管棚设置原则

管棚一般设于进出洞口,是施工过程中保证地层安全稳定、控制施工引起地表沉降的常用措施。主要有钻孔引入法和导管直接打入法等,一般采用钻孔引入法。根据地层成孔的难易程度,可选择不同的成孔机械,当地层允许先钻孔后排桩时,可选用普通的地质钻机、液压钻孔台车、锚杆钻机等钻进设备;当成孔困难时,必须采用跟管钻机,边钻孔,边打入导管。开挖轮廓周线钻设与隧道轴线大致平行,为了保证钻孔方向,管棚一般有 $1^{\circ}\sim 3^{\circ}$ 的外插角,而后插入不同直径的钢管,并向管内注浆,固结管周边的围岩,并在预定的范围内棚架支护体系。管棚的主要作用是,提高管周围岩的抗剪强度,先行支护围岩,把因开挖引起的松弛控制在最小范围之内。本隧道洞口属于浅埋段且岩体松散,自稳性差,采用长管棚注浆及施设套拱的措施,确保安全、顺利进洞。

3.2 管棚施工长度的选择

管棚长度应视隧道所处地形、地质等情况而定,首先必须要穿过掌子面上的土体破裂面一定长度,使土压力传到已封闭的支护结构上,其次满足钻机设备的工作参数要求。特别是在地质条件比较复杂的情况下,为慎重起见,应该沿隧道轴向进行试验钻孔,取得更详细的资料,以决定长管棚的施工区长度。从确保施工质量角度考虑,管棚的长度一般为 $10\sim 35$ m。本隧道管棚长度为 30 m。

3.3 管棚参数的选择

3.3.1 钢管的选择

根据计算结果和技术经济因素分析,管棚钢管型号的选择可根据支护条件和地层条件,对于支护条件要求较高的松软地层,应选用 $\phi 127$ 钢管;土体凝聚力较高的粘性土,可选取 $\phi 89$ 钢管;一般土层在多数情况下选取 $\phi 108$ 钢管。本隧道采用热轧无缝钢管规格为 $\phi 108\times 6$,节长为 6 m和 9 m两种。

3.3.2 钢管的间距

管棚环向布设间距,对防止上方土体坍塌及松弛有很大的影响,施工中根据结构埋深、地层情况、

周围结构物状况等选择合理的间距,但目前的水平钻机施工,很难避免一定程度的弯曲,因此钢管的最小间距,要视施工精度确定。在水平钻孔中,钢管弯曲量随施工长度而增加,尤其是长度超过 30 m后,弯曲会急剧增加,大致在 $1/200\sim 1/300$ 。本隧道钢管间距采用 50 cm。

3.3.3 管棚仰角的确定

管棚方向应与隧道轴线平行,但是,因受松软地层和钻杆自重的影响,开孔时钻杆应有一定的上仰角度,以免钢管发生向隧道设计断面内弯曲。从土质条件、管材刚度和钻进工艺等综合考虑,其仰角确定为 $1^{\circ}\sim 3^{\circ}$,见图1所示。

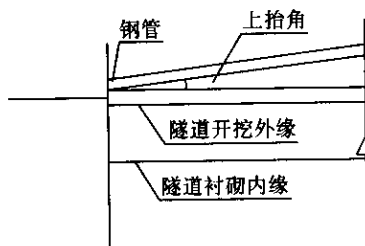


图1 管棚仰角

3.4 注浆参数设计

(1)注浆材料及配合比:注浆浆液采用水泥浆,水泥采用 $32.5(R)$ 普通硅酸盐水泥,水泥浆液灰水比为 $0.8:1$;

(2)注浆压力: $1.0\sim 2.0$ MPa;

(3)浆液扩散半径:不小于 0.5 m;

(4)单根钢管注浆量:

$$Q = \pi \times r^2 \times L + \pi \times R^2 \times L \times \eta \times \alpha \times \beta$$

式中: r 为钢管半径; L 为钢管总长度,考虑与钻机连接,取 29 m; R 为浆液扩散半径,取 0.5 m; η 为地层孔隙率; α 为浆液有效充填率,取 $0.3\sim 0.9$; β 为浆液损耗系数。

4 管棚施工工艺

4.1 大管棚施工前的准备工作

4.1.1 疏排地表水

洞口仰坡稳定地层,增设 1 道环形截水沟,拦截地表水;建立枝状排水系统,使地表水尽快顺畅地排出洞口不稳定范围,以防积水下渗。

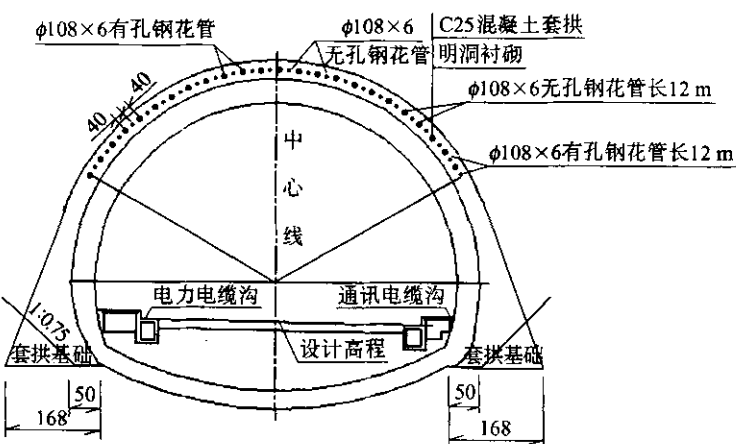
4.1.2 施做套拱作为大管棚导向墙

用混凝土套拱作为超前管棚导向墙,洞口开挖至成洞面后,先停止开挖,进行成洞面临时支护,并

平整地面,在其上搭设管棚施工平台。

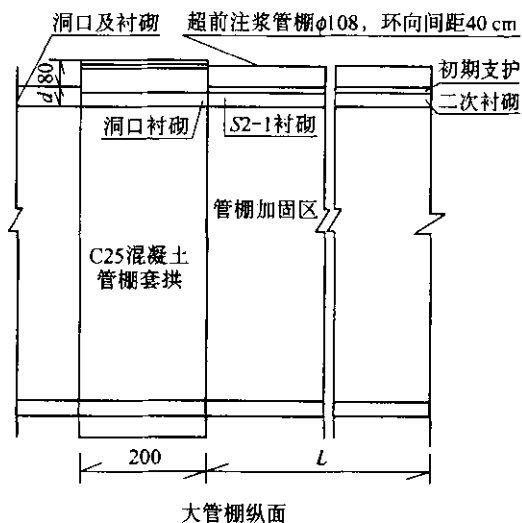
在洞口衬砌背部做管棚导向拱。为保证管棚打设精度,在进暗洞位置侧 2 m 范围的拱部开挖外轮廓线外缘,施工 80 cm 厚管制 C25 混凝土套拱做管棚固定端,套拱内埋设 2 根工字钢支撑,在导向拱内

设置 $\phi 127 \times 6.0$ 的孔口管作为管棚的导向管,其位置和间距按管棚位置和间距布设,见图 2 所示。管棚孔口套管用 $\phi 108$ 热轧无缝钢管制作,节长分为 6.0 m 和 9.0 m 两种,按设计采用焊接,焊缝不小于 4 mm。



单位:cm

图 2 管棚位置及布设



4.2 管棚施工

洞口及成洞面临时支护好后,就可进行大管棚超前支护的施工。

管棚施工采用潜孔钻钻孔顶管;用 BW-250 型注浆泵注浆。

先施钻、安设及注浆所有有孔钢管,见图 3 所示,再施做无孔钢花管。

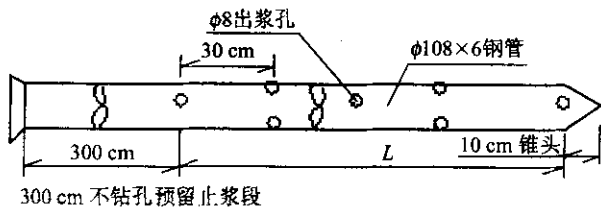


图 3 钢花管大样

管棚采用外径为 $\phi 108$ 的热轧无缝钢管加工制作,采用钻机逐根顶进接长安装,施工工艺见图 4 所示。

4.2.1 钻孔

(1)以套拱中预埋的钢套管作为导向管,用普通地质钻机开始钻孔,达到深度后进行扫孔,撤去钻具钻孔。掌子面必须按要求先喷一层素混凝土作为止浆墙,以确保掌子面在进行压力注浆时不出现漏浆、坍塌。

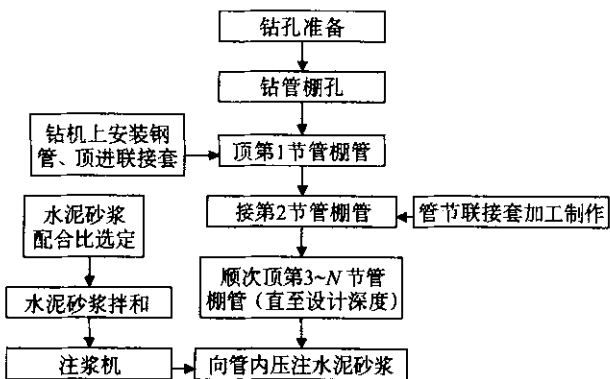


图 4 管棚施工工艺

(2)钻孔时根据情况确定是否加泥浆或水泥浆钻进,当钻至砂层易塌孔时,应加泥浆护壁方可继续钻进;如不能成孔时,可加套筒或将钻头直接焊接在钢管前端钻进。

(3)要注意观察并测量对正在钻进的钻孔及插入的钢管是否发生弯曲,必要时应加以修正。

(4)钻孔应保持匀速,特别是遇到夹泥夹砂层时,应控制钻进速度,避免发生夹钻现象。

(5)为避免钻杆太长,钻头因自重下垂或遇到孤石钻进方向不易控制等现象,开钻上挑角度控制在 $1^{\circ} \sim 3^{\circ}$ 之间,并随时用测斜仪量测角度和钻进方向。

4.2.2 安设管棚

(1) 钻孔完成后,及时安设管棚钢管,避免出现塌孔。

(2) 钢管安装困难时,可用卷扬机反压顶入或用其他方式将钢管顶至设计位置。

(3) 钢管逐节顶入,采用丝扣直接对口连接,丝扣长 15 cm。

(4) 钢管设置于衬砌拱部,管心与衬砌设计外轮廓线间距采用 50 cm。

(5) 管棚钢管外插角以不侵入隧道开挖轮廓线为原则,外插角一般为 $2^{\circ}\sim 3^{\circ}$,方向与隧道中线平行,沿隧道纵向同一断面内钢管接头不大于 50%,相邻钢管接头至少应错开 1 m。

(6) 及时将钢管与钻孔壁间缝隙填塞密实,在钢管外露端焊上法兰盘、止浆阀,并检查焊接强度和密实度。

4.3 管棚注浆

4.3.1 施工程序及注意事项

(1) 注浆前先检查管路和机械状况,确认正常后做压浆实验,注浆采用水泥单液浆,水泥浆为 M30。

(2) 注浆时采取低压力中液量注入,注浆初压为 0.5~1 MPa。注浆过程中压力逐渐加大,流量逐渐减小,当压力加至要求的注浆终压 2~2.5 MPa 后,持续压注 5 min。

(3) 注浆过程中随时检查孔口、邻孔、覆盖层较薄部位有无串浆现象,如发生串浆,应立即停止注浆或采用间歇式注浆封堵串浆口,也可用麻纱、木楔、快硬水泥砂浆或锚固剂封堵,直至不再串浆时才可继续注浆。注浆过程中压力如突然升高,可能发生堵管,应停机检查。

(4) 注浆过程应派专人负责填写《注浆记录表》,记录注浆时间、浆液消耗量及注浆压力等数据,观察压力表值,监控连通装置,避免因压力猛增而发生异常情况。

(5) 注浆结束后,应有一段养护期,浆液强度符合设计要求后,即可进行洞身开挖。

(6) 待有孔钢管全部注浆完毕后,再进行无孔钢管的钻孔、安设。

4.3.2 注浆效果评定

(1) 对注浆加固区进行钻孔取芯,观察注浆充填情况。

(2) 在进行无孔钢管钻孔时,观察孔内涌水颜色及涌水量,涌水如较澄清或夹带水泥渣块,涌水量小于 0.4 L/min,说明注浆效果较好,如涌水为泥浆颜色或涌水量较大时,应补注浆或重新注浆。

5 效果评价

为保证施工安全及检查大管棚的实施效果,专门组织了对隧道洞口段位移下沉的量测。通过地表下沉位移图显示,进口右洞在开挖前 15 d 后有 15 mm 左右的下沉,随后趋于稳定,符合规范要求。出口右洞地表各观测点变化还在加速,但符合规范要求,需要更进一步地观察。说明大管棚预注浆超前支护对控制隧道变形作用是明显的。

6 结语

长管棚在百步垭隧道浅埋偏压洞口加固效果明显,加速了进洞的速度,缩短了工期,取得了显著的经济效益和社会效益。

参考文献:

- [1] JTG D70—2004,公路隧道设计规范[S].
- [2] JTJ042—94,公路隧道施工规范[S].
- [3] 王梦恕. 地下工程浅埋暗挖技术通论[M]. 合肥:安徽教育出版社,2004.
- [4] 黄成光. 公路隧道施工[M]. 北京:人民交通出版社,2001.
- [5] 梁炯望. 锚固与注浆技术手册[M]. 北京:中国电力出版社,1999.