

doi: 10.11799/ce201810007

隧道穿越浅埋段沟谷长管棚注浆加固施工技术

刘文彬¹, 任大勇¹, 王旭升², 孙星辰¹

(1. 中煤隧道工程有限公司, 上海 宝山 201907;

2. 中煤第五建设有限公司第一工程处, 江苏 徐州 221163)

摘要: 延安市小砭沟隧道左线穿越约 20m 宽覆盖层仅有 2.2m 厚的沟谷段, 且覆盖层含淤泥积水、围岩条件差的情况下, 根据现场条件的变化, 将洞门施工的超前长管棚支护技术采取梯次扩大断面等措施应用至隧道内通过浅埋段施工, 采用长管棚注浆加固措施为主, 结合地表注浆外加固和隧道帷幕注浆内加固挤水固结淤泥及碎岩土使围岩形成整体帷幕结构, 再根据现场实际情况采用加密小导管二次加固减小钢管间距增加支撑力, 最后开挖时采用短掘短支小循环永久支护施工渐次通过。结果表明, 通过综合应用技术措施安全顺利通过了含淤泥积水围岩不稳定的浅埋段沟谷, 在施工通过后监控测量累计变形量小于 8mm, 大大小于该浅埋段设计变形量 200mm 的要求。通过长管棚超前支护在隧道内的应用技术, 对顶板有淤泥等不稳定岩土类似地貌施工有较高的参考价值。

关键词: 隧道工程; 浅埋段; 超前管棚; 注浆; 短掘短支

中图分类号: U457 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-0959(2018)10-0030-03

Tunnel construction technology of grouting reinforcement of long pipe shed through shallow buried section

LIU Wen-bin¹, REN Da-yong¹, WANG Xu-sheng², SUN Xing-chen¹

(1. China Coal Tunnel Engineering Co., Ltd., Shanghai 201907, China;

2. First Agency of China Coal 5th Construction Co., Ltd., Xuzhou 221163, China)

Abstract: The left line of Xiaobiangou tunnel in Yan'an is used to pass through only 2.2m thick gully section of about 20m wide overburden layer, and the overburden layer contains silt and stagnant water. In the case of poor surrounding rock condition, according to the change of site conditions, in this paper, the advance long pipe shed supporting technology of tunnel door construction is applied to the construction of shallow buried section in tunnel by using trapezoidal expansion of section and other measures. Long pipe shed grouting reinforcement measures are adopted, with the combination of surface grouting and tunnel curtain grouting, the surrounding rock can be formed into a whole curtain structure, and then according to the actual situation of the field, the reinforcement with small infill ducts is used to reduce the steel pipe spacing and increase the supporting force. At the end of the excavation, the short-distance excavation and short-distance supporting and small circulation permanent support is adopted gradually. The results show that the comprehensive application of technical measures can safely and smoothly pass through the shallow buried gullies which are unstable in the surrounding rock containing silt and stagnant water. After construction, the accumulative deformation is less than 8mm, which is much smaller than the design deformation of the shallow buried section (200mm). The application of long pipe shed advance support in tunnel has a great reference value for the construction in the roof with similar landform.

Keywords: tunnel construction; shallow buried section; leading pipe shed; slip casting; short-distance excavation and short-distance supporting

隧道施工穿越地层覆盖较薄的浅埋段时, 受不良地质状况影响, 若施工方法不当, 常会发生隧道塌方和冒顶事故, 不仅严重制约了工程进度, 增加工程投资, 同时会危

及洞内施工人员的生命安全^[1-3]。国内外针对隧道穿越浅埋段施工, 通常在洞口段采用长管棚法, 暗洞段采用小导管注浆法超前加固, 掘进时采用单侧壁导坑法、中隔壁

收稿日期: 2018-08-18

作者简介: 刘文彬(1978—), 男, 陕西大荔人, 工程师, 从事 TBM 及矿山法隧道施工, 市政冻结、盾构领域的研究, E-mail: 439236237@qq.com。

引用格式: 刘文彬, 任大勇, 王旭升, 等. 隧道穿越浅埋段沟谷长管棚注浆加固施工技术 [J]. 煤炭工程, 2018, 50(10): 30-32.

CD法、预留核心土法、台阶法等施工方法^[4-10]。现场技术人员需要根据现场实际情况,采取不同的补充措施来通过风险源段,预防安全风险的发生。

本文基于延安市小砭沟隧道左线 ZK4+180—ZK4+158 过沟谷浅埋段实际地质情况,采取长管棚、地表预注浆、洞内帷幕注浆、小导管补充注浆等加固措施,结合短段掘进、预留核心土、钢拱架临时支护的综合措施,安全顺利通过了该风险点。

1 工程概况

延安市小砭沟至消林村道路工程位于延安市西部的小砭沟至消林村之间,是延安市总规划中的“一环、三轴”快速路系统中“一环”的重要组成部分,其主要为各区域间大交通服务。

工程主体为穿越小砭沟至消林村间黄土梁峁的小砭沟隧道工程。设计为双线分离式隧道,平面最小距离 19.6m,单向隧道三车道设计,左右线全长均为 1310m,属于长隧道。其中隧道掘进断面 164.63m²,净断面 98.01m²,净宽 14.79m,净高 8.07m,仰拱高度 1.97m。隧道施工遵照“管超前,严注浆,短进尺,强支护,早封闭,勤量测”八字方针,隧道洞口及明洞段均采用明挖法施工,隧道洞身段 V 级围岩采用单侧壁导坑分步开挖法左右断面间距控制在 1~2 倍洞径尺寸,IV 级围岩采用微台阶弧形导坑预留核心土的方法开挖,上下断面间距控制在 1~2 倍洞径。暗洞掘砌主要按新奥法原理施工,采用超前小导管进行围岩预加固,支护体系结构均为复合式衬砌支护,即以锚杆,钢筋网、喷射混凝土、工字钢拱架等为初期支护,二次衬砌采用衬砌台车立模浇筑钢筋混凝土,并在两次衬砌之间敷设土工布及防水板。其中在左线 ZK4+180—ZK4+158 沟谷浅埋段,顶板为含水的马兰黄土和湿陷性离石黄土形成的淤泥不稳定地层,需要采取特殊的加固方法进行施工。

2 现场地质地貌情况

隧道左线起讫桩号为 ZK2+920—ZK4+230,隧道掘砌从大里程向小里程方向施工,明洞段 10m,浅埋段 90m。隧道洞身穿越上覆地层围岩性质为第四系全新统粉质粘土(Q4dl+pl)、第四系上更新统(Q3eol)、第四系中更新统(Q2eol),下伏基岩主要为侏罗系下统延安组枣园段(J1y3)页岩夹砂岩。根据设计图纸及地勘资料提供浅埋段为 V 级围岩,覆土厚度 2.2~16m。

在施工过程中,左线 ZK4+158—ZK4+180 段位于峡谷段,沟谷中土质主要为第四系上更新统(Q3eol)马兰黄土及第四系中更新统(Q2eol)离石黄土冲刷淤积土层。马兰黄土工程性质差,离石黄土湿陷性,土质较均匀,质地坚硬,致密,但遇水湿陷。该段沟谷地表实际勘测为淤泥层,且有山体裂隙水为补给水源,沟谷中淤泥厚度 2.6m,隧道顶板距地表仅 2.214m,顶板处于不稳定淤泥层中,存在较大

的冒顶塌方安全风险。如图 1 所示。

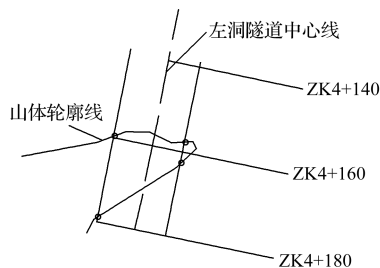


图 1 隧道 ZK4+158—ZK4+180 段沟谷平面图

据现场勘查除沟谷为淤泥,两侧山体均露出可见围岩,V 级围岩,风化较重,但整体结构比较完整。

3 施工技术方案

3.1 长管棚超前支护

3.1.1 长管棚设计参数

- 1) 钢管规格: $\Phi 108\text{mm} \times 6\text{mm}$ 热轧无缝钢管,管节长度为 3~6m,总长控制在 30~36m。
- 2) 管距: 环向间距 400mm。
- 3) 外插角: 1.0° (相对于隧道轴线)。
- 4) 隧道纵向同一横断面内的接头数不大于 50%,相邻钢管的接头至少需错开 1.5m。
- 5) 注浆孔: 每 100mm 对称平均钻 4 个 $\Phi 12\text{mm}$ 注浆孔,相邻注浆孔间隔布置。如图 2 所示。

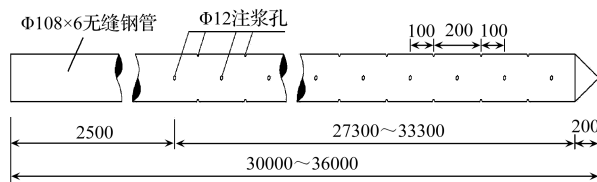


图 2 钢管加工大样图(mm)

3.2.2 长管棚施工

- 1) 管棚钻孔采用地质钻机,钻孔直径为 130mm。
- 2) 根据超前探测揭露土层位置布置钻孔,按设计间距 400mm 打设长管棚,打一根,安装一根,钢管接头采用丝扣连接,以保持钢管的整体稳定性和强度。
- 3) 安装一根,注浆一根,以固结管棚钢管和周围淤泥,减少后期打钻淤泥陷落影响成孔效果。

3.2 注浆固结围岩

3.2.1 道内帷幕注浆

1) 钢管注浆: 利用钢管做注浆孔,采用梯次加高拱架在 ZK4+180 位置钻孔,其中开孔间距 400mm,孔深 40m,孔底间距 430mm,在安装钢管后,在钢管末端安装注浆接头,通过钢管做注浆管,沿隧道钢拱架轮廓对周边进行帷幕注浆,控制注浆扩散半径在 0.5~1.5m。

2) 一般注浆参数: 采用水泥单浆液注浆,水泥采用 P.042.5 级普通硅酸盐水泥,注浆压力 1.5~2.5MPa,水泥

浆水灰比 $W/C=1:1$ ，也可以根据现场适当调整水灰比先稀后浓进行注浆。

3) 地下水较大或岩面渗漏较多时注浆参数：采用水泥-水玻璃双液浆，水泥浆水灰比 $1:1$ ，水泥浆与水玻璃体积比 $1:0.5$ ，水玻璃浓度 35 波美度，注浆压力不变，同时可采用间隔注浆法注浆，以及套孔补充注浆。

4) 注浆结束标准：注浆压力逐步提升，当注浆孔终压达到 1.5MPa 以上，继续注浆 10~20min，可结束注浆。或注浆进浆量在 20~30L/min 以下，继续注浆 10~20min，可结束注浆。

3.2.2 隧道外地表区域注浆

1) 注浆范围：隧道延伸方向 ZK4+185—ZK4+153 段，隧道中心线左右各 10m 宽度。由于该段两侧为山体，肉眼可见山体根部裸露超出地表 1.2~2m 为风化岩，上覆黄土，两山体中间为沟谷淤积黄土，山体岩石渗漏岩隙水形成淤泥，淤泥范围内注浆深度以淤泥实际深度为主，能深入淤泥下部岩石 1m 为宜。该段注浆范围内遇山体岩石则使用长钻杆垂直钻孔至隧道轮廓线处，封堵该段岩隙水，减少积水对隧道的影响。

2) 注浆顺序：先进行隧道内帷幕注浆，待处理区段地坪稳定后，先相连两侧围岩山体进行注浆切断淤泥补给水源，最后对淤泥进行挤水注浆固结。

3) 注浆方法：地面注浆采用 $\Phi 42\text{mm}$ 的钢花管，间距 1.5m，梅花型布置，注浆其余参数同帷幕注浆。

4) 集水井排水：在沟谷下沿隧道 5m 外开挖集水井，使用水泵将积水聚流排出。

5) 处理地坪：根据排水后的淤泥含水饱和程度采取不同处理措施，先尽可能排水减少淤泥含水量，该土质有自立性。土体自立性以承受人员自重和钻机等设备为限，淤泥稳定性较好时可采用钢板铺设进入施工；稳定性不好时可以铺设石渣碾压进入。

3.3 小导管补充支护

在长管棚超前支护和内外注浆固结淤泥后，按正常开挖往前掘砌施工。开挖后时发现顶板淤泥仍有往下沉坠现象，或渗水成线状流淌，则停止挖掘，在管棚间出现状况的地方补打超前小导管二次加固。

超前小导管采用 $\Phi 50\text{mm}$ 热轧无缝钢管，每根长 5.0m，外插角 12° ，压注水泥浆液。小导管可以减小管棚间距，同时补充注浆，二次挤水固结淤泥，确保顶板安全。

3.4 短掘短支

该段掘进施工时，采用钢拱架作为临时支护。钢拱架间距 500mm，每开挖 500mm，及时架设一榀钢拱架，且开挖时采用预留核心土的施工办法，先将周边沿开挖断面刷扩到位，架设完成钢拱架等初期支护后，再进行中心预留岩石的掘进。

上部软弱土层采用机械配合人工开挖，下部岩层采用放小炮震动爆破，配合机械挖掘，尽可能减少影响围岩的稳定性。

4 结论

1) 在遇到累似浅埋段淤泥、破碎围岩等不稳定施工地层时，运用长管棚超前支护的悬臂原理和担架原理，可以对隧道顶板提供充足的超前支撑保护。

2) 长管棚操作空间限制时，可采用丝扣连接方式，保证管棚的整体强度和稳定性。

3) 在地面和隧道内对软弱围岩进行注浆加固，可以加强不稳定围岩的固结强度，挤水密实，充填裂隙，增加围岩的整体性和抗渗性。

4) 在施工过程中，要专业技术人员跟班作业，发现情况，要及时采用小导管等补强支护，确保作业安全。

5) 掘进施工时，要严格按技术措施和规范施工，采用短掘短支，尽量减少围岩的震动和破坏。

6) 延安市小砭沟至消林村道路工程 2015 年 12 月 4 月开工，于 2017 年 9 月 25 日竣工，安全顺利完成了工程施工任务。在施工通过后，监控测量累计变形量小于 8mm，大大小于该浅埋段设计变形量 200mm 的要求。

参考文献：

- [1] 齐广林, 吴风, 周旺. 公路隧道浅埋段塌方冒顶的预防与治理 [J]. 森林工程, 2009, 25(5): 70-72.
- [2] 梅勇文. 浅埋隧道塌方冒顶处理方法 [J]. 北方交通, 2012(10): 97-99.
- [3] 邹金杰, 顾鑫杰, 章立峰, 等. 浅埋暗挖原理在西部某隧道冒顶塌方治理中的应用 [J]. 现代隧道技术, 2016, 53(2): 202-206.
- [4] 林希鹤, 卢清国, 马艳春. 超前管棚支护在隧道工程中的应用 [J]. 铁道建筑, 2006(8): 58-60.
- [5] 张林青. 浅谈隧道洞口长管棚施工方法及要点 [J]. 企业技术开挖, 2015, 34(3): 167-172.
- [6] 高怀棚, 毛海东. 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 [J]. 公路, 2005(10): 214-217.
- [7] 邢厚俊, 徐祯祥. 大管棚在超浅埋暗挖大跨度隧道工程中的应用 [J]. 岩石力学与工程学报, 1999, 18(S1): 1059-1061.
- [8] 李明亮, 王国体, 刘志楠, 等. 公路隧道浅埋段地表加固分析 [J]. 工程与建设, 2011, 25(2): 248-249.
- [9] 吕丽敏. 岩石基础灌浆技术在水工建设中的应用 [J]. 科技创新与应用, 2014(29): 194-195.
- [10] 董国庆, 顾训水. 帷幕注浆法堵水实例 [J]. 中国高新技术企业, 2011(25): 82-84.

(责任编辑 杨蛟洋)