

高风压潜孔锤钻进在阳蟒高速公路 采空区治理中的应用

郭淑娟¹, 邢云虎², 康智鹏², 赵青岩², 王振福¹

(1. 陕西地质工程总公司, 陕西 西安 710054; 2. 山西路桥集团阳蟒高速公路有限责任公司, 山西 阳城 048100)

摘要: 阳城—济源高速公路阳城—蟒河段 CK3 合同段采空区地基不稳定, 用全充填压力注浆法治理。由于限制使用泥浆, 以及卵石层成孔困难等问题, 选择采用高风压潜孔锤钻进成孔, 取得了良好的效果。本文从注浆孔的设计、施工设备的选择、钻具组合以及钻进工艺、除尘污染控制等总结了高风压潜孔锤钻进技术在采空区注浆钻孔施工的经验, 对同类型工程的采空区治理具有参考意义。

关键词: 潜孔锤钻进; 采空区治理; 注浆孔

中图分类号: U416.1⁺6; P634.5 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2017)11-0089-04

Application of High Air-pressure DTH Drilling in Mined-out Area Treatment for Yangcheng - Manghe Expressway/GUO Shu-juan¹, XING Yun-hu², KANG Zhi-peng², ZHAO Qing-yan², WANG Zhen-fu¹ (1. Shaanxi Geological Engineering Corporation, Xi'an Shaanxi 710054, China; 2. Shanxi Road and Bridge Group, YangMang Expressway Co., Ltd., Yangcheng Shanxi 048100, China)

Abstract: For being situated in a mined out area, the foundation was unstable in CK3 contract section of Yangcheng-Manghe section of Yangcheng-Jiyuan expressway, the full filling pressure grouting method was used in the treatment. Because mud was restricted and hole completion was difficult in gravel layer, high pressure DTH hammer was applied with good effect. This paper summarizes the construction experience of grouting boring in mined-out area with high air-pressure DTH drilling technology in grouting hole design, equipments selection, BHA & drilling technology and dust & pollution control, which can be reference to the mined-out area treatment for the similar project.

Key words: DTH drilling; mined-out area treatment; application; grouting boring

0 引言

阳城—济源高速公路阳城—蟒河段 CK3 合同段采空区形成时间为 1990—2009 年。采空区为单层采空区, 开采方式为房柱式, 回采率 50%, 煤层最厚 5.0 m, 最薄 3.6 m, 平均采厚为 4.3 m。采空区埋深 50~105 m, 产状 335°∠10°。采空区所在地表曾发现有塌陷和裂缝, 目前均已被填埋, 采空区下部有充水。根据勘察结果, 该采空区采深采厚比为 11~23, 低于标准值, 为场地不稳定区; 采空区剩余倾斜量为 57.7 mm/m、剩余曲率为 3.8 mm/m²、剩余水平变形为 21.9 mm/m, 均大于桥梁、路基地基允许变形值, 为地基不稳定区。因此须对采空区进行治理。

根据采空区特征, 设计采用全充填压力注浆法处治采空区, 浆液采用水泥粉煤灰浆, 采用高风压潜孔锤钻进技术成孔。本文就高风压潜孔锤钻进技术

在 CK3 合同段采空区治理钻孔施工中的应用技术进行总结介绍。

1 工程概况

1.1 采空区地层概况

根据勘察资料, 地层由第四系全新统(Q₄)洪积物、上更新统(Q₃)风积物、中更新统(Q₂)洪积物、二叠系下石盒子组(P_{1x})、石炭系山西组(C_{3s})沉积岩组成。松散土层厚度 0~28 m, 采空区上部基岩厚度 39~72 m, 主要为砂岩、泥岩。

1.2 注浆钻孔设计

1.2.1 钻孔布设

帷幕注浆孔为采空区处治范围最外边缘一排孔, 间距为 15 m, 共计 80 个孔, 孔深 46~105 m。注浆孔沿公路中心线及两侧梅花形布设, 在桥梁宽度范围内排距 10 m, 孔距 10 m, 桥梁宽度范围外排距

15 m,孔距 15 m;在路基宽度范围内排距 15 m,孔距 15 m,路基宽度范围外排距 25 m,孔距 20 m;共计 215 个孔,孔深 46 ~ 106 m。

1.2.2 钻孔结构设计

用 $\phi 127$ mm 钻头开孔,钻至完整基岩 6 m 后,下入 $\phi 114$ mm 注浆管(兼做护壁套管);变径后用 $\phi 89$ mm 钻头,钻至煤层采空区中的塌陷冒落带或煤层底板以下 1 m。注浆钻孔结构设计示意图见图 1。

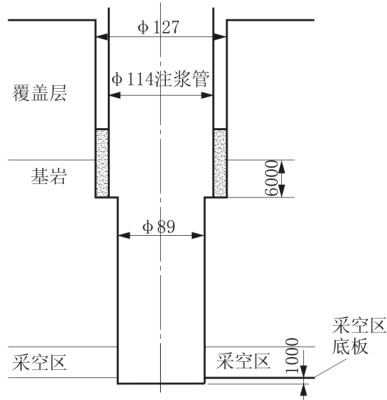


图 1 注浆钻孔结构设计示意

1.2.3 本采空区治理注浆孔施工难点

(1)限制泥浆的使用。当钻至裂隙带、冒落带时不允许采用泥浆护壁钻进。本注浆孔为全面钻进,钻进过程产生的钻屑、岩粉量大,采用清水钻进时携带钻屑、岩粉的能力降低,导致钻进效率降低,加接钻杆停止循环时钻屑沉淀速度快容易发生埋钻事故。

(2)卵砾石层钻并成孔困难。本治理工程部分注浆孔上部卵砾石层厚度达 28 m,钻进卵砾石层时如采用常规的冲击钻进方法时须采用高粘度、大密度的泥浆进行护壁和用抽筒进行捞渣,钻进效率低、维护孔壁稳定困难。

(3)孔斜质量指标要求高。要求钻孔的孔斜 <

$1^\circ/100$ m。

1.2.4 选择风动潜孔锤钻进方法的因素

(1)风动潜孔锤钻进采用空气作为循环介质,不会对采空区上部的裂隙造成堵塞,可满足钻至裂隙带、冒落带时不允许采用泥浆护壁钻进的设计要求。

(2)采用潜孔锤钻进工艺时可采用偏心跟管钻进技术,采用高频冲击钻进工艺可有效钻进卵砾石层,跟管钻进可有效维护孔壁的稳定,同时钻至设计安放注浆管深度后可将套管留在孔内作为注浆管,省略了安放注浆管的步骤,提高了施工效率。

(3)潜孔锤钻进碎岩方式为高频冲击钻进方法,冲击钻进方式可有效防止钻孔发生偏斜,潜孔锤钻进工艺可满足注浆孔孔斜质量指标高的要求。

2 高压潜孔锤钻进工艺

2.1 设备与钻具组合

(1)空压机:巨山 LGCY - 27/23 型高压空气压缩机,额定风压 2.3 MPa,额定风量 $27 \text{ m}^3/\text{min}$ 。

(2)钻机:SL - 400 型履带式全液压钻机,钻孔直径 90 ~ 300 mm,钻进深度 400 m。

(3)孔口收集旋流式两级粉尘收集和除尘装置。

(4)开孔及覆盖地层钻进用钻具组合:采用 PGZ90 - 3.5 - 114/6 型偏心跟管钻具,其组成为 $\phi 90$ mm 导向钻头 + $\phi 123$ mm 偏心钻头 + $\phi 100$ mm 导向器 + GM3.5 型冲击器 + $\phi 76$ mm 外平钻杆 + $\phi 114$ mm 管靴及套管。PGZ90 - 3.5 - 114/6 型偏心跟管钻具组成见图 2,GM3.5 型冲击器主要性能参数见表 1。

(5)岩石地层钻进钻具组合: $\phi 90$ mm 钻头 + GM3.5 型冲击器 + $\phi 76$ mm 外平钻杆。

2.2 开孔及覆盖层钻进工艺

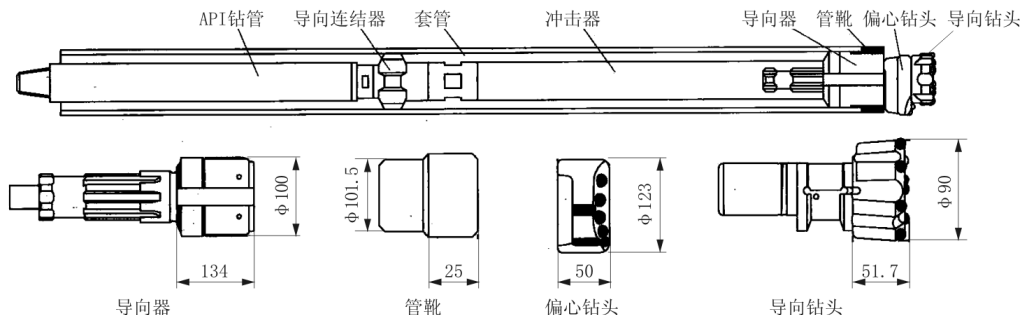


图 2 PGZ90 - 3.5 - 114/6 型偏心跟管钻具组成示意

表1 GM3.5型冲击器性能参数

有效长度/mm	API螺纹/in	外径/mm	扳手槽/mm	总质量/kg	工作压力/bar	耗气量/(L·s ⁻¹)		
						10 bar	18 bar	24 bar
880	2 3/8	80	65	27.5	6~25	90	170	220

注:1 bar = 10⁵ Pa。

(1) 钻具组合:Ø90 mm 导向钻头 + Ø123 mm 偏心钻头 + Ø100 mm 导向器 + GM3.5 型冲击器 + Ø76 mm 外平钻杆 + Ø114 mm 管靴及套管。

(2) 钻进规程参数:风量 6 ~ 9 m³/min; 风压 0.6 ~ 1.2 MPa; 转速 25 ~ 40 r/min; 钻压为钻具自重, 不再施加附加压力。

(3) 钻遇卵石地层时, 采用较高转速、低钻压的钻进参数, 钻进过程中要不断上下窜动钻具, 直至钻孔通畅后方能停钻接长钻杆。

(4) 钻进过程中若遇钻具卡死情况发生时, 绝对禁止强行开动钻机正转, 应尽快用千斤顶把钻具顶离孔底或反转上拉钻具, 脱离卡死位置后再采用轻钻压、较高转速的钻进参数重复窜动通过卡钻位置。

(5) 钻至完整基岩 6 m 深度后, 反转 1 ~ 2 转提出钻头、潜孔锤及孔内钻具, 将 Ø114 mm 管靴及套管留在孔内。用配制好的 1: 2 的稠水泥浆灌注孔内, 浇注长度为 4 ~ 6 m, 对套管进行浇注固定。

2.3 岩石地层钻进工艺

(1) 钻具组合:Ø90 mm 钻头 + GM3.5 型冲击器 + Ø76 mm 外平钻杆。

(2) 钻进规程参数:风量 9 ~ 12 m³/min; 风压 1.0 ~ 1.6 MPa; 转速 15 ~ 25 r/min; 钻压为钻具自重, 必要时提钻减压钻进。

(3) 钻进过程若出现冲击器空打(不工作)情况时, 应减小风量至均匀冲击后再恢复到正常风量钻进。

(4) 在提钻或加接钻杆前, 将孔内钻具提高 100 ~ 200 mm 进行吹孔, 将孔内环状间隙中的岩屑吹出, 吹孔时间 30 s 左右。

(5) 穿过采空区后继续钻进 1 m 方可结束钻进工作。判断方法为钻进过程依据设计采空区位置结合掉钻情况综合判定。

2.4 钻进注意事项

(1) 准备工作。安装钻机时保证钻机动头对正孔位且导向杆垂直, 支座调平、钻机安装稳固, 以保证开孔和钻进过程钻孔垂直度。空压机与钻机连

接风管必须采用 2 in 钢编橡胶管, 连接长度 ≤ 40 m, 保证空压机和孔口间有一定的距离, 以利于空压机工作环境干净。

(2) 开孔钻进。开孔准备工作做好后, 按要求扶正偏心跟管钻具, 开动冲击器并且不回转钻具, 将开孔钻具打入地面 20 ~ 30 cm 并使其定位后再开动回转继续钻进。

3 潜孔锤钻进除尘污染控制

3.1 潜孔锤钻进粉尘污染

采用潜孔锤钻进时, 因循环介质为空气, 当施工地层较干燥或含水率较低时, 在孔口处会产生大量粉尘。产生的粉尘漂浮在空气中一是对环境产生严重污染, 二是会给操作人员带来尘肺病, 严重危害操作人员的健康。因此采用潜孔锤钻进技术时必须做好钻孔粉尘的控制工作。未采取粉尘控制措施时潜孔锤钻进过程粉尘污染情况见图 3。



图3 未采取粉尘控制措施钻进照片

3.2 潜孔锤钻进除尘方法

(1) 采用孔口除尘装置。钻进过程在孔口安装粉尘收集及除尘装置, CK3 合同段采空区治理钻孔除尘装置为定制的孔口收集旋流式两级粉尘收集和除尘装置。采用孔口除尘装置后潜孔锤钻进情况见图 4。



图4 采取除尘装置后钻进照片

(2)辅助除尘措施。当孔口粉尘收集装置密封不严、除尘装置效果不理想时,可在孔口加设透气遮盖物并向上部浇水增湿进行辅助除尘。

(3)当有条件时,建议采用双壁反循环潜孔锤钻进技术。通过较长的软胶管将从钻杆中心孔排出的粉尘引到距操作点较远的地点进行湿化或旋流处理,除尘效果更理想。

4 应用效果及潜孔锤钻进特点

4.1 应用效果

(1)钻进效率:在CK3合同段采空区治理钻孔施工中,使用了3台GJ-150A型履带式工程钻机 and 4台XY-4型岩心钻机采用回转钻进工艺进行钻进,使用了3台SL-400型履带式全液压钻机采用潜孔锤钻进工艺进行钻进,三种钻机平均钻进效率对比见表2。

表2 三种钻机平均钻进效率对比

钻机型号	钻进方法	覆盖层	岩层钻	搬迁就
		钻进时 效/m	进时 效/m	位时 间/min
GJ-150A型履带式工程钻机	回转钻进	10	7.5	40
XY-4型岩心钻机	回转钻进	12	10	240
SL-400型履带式全液压钻机	潜孔锤钻进	25	36	30

(2)钻孔质量:使用潜孔锤钻进技术完成钻孔110个,完成进尺9026 m;在覆盖层跟管钻进2775 m,完成钻孔的孔斜均小于 $1^\circ/100$ m。

4.2 潜孔锤钻进特点

(1)钻进效率高,搬迁时间短。与同工区施工的GJ-150A型履带式工程钻机和XY-4型岩心钻机相比,覆盖层平均时效高出2倍以上,基岩地层时效高出3倍以上。

(2)钻孔孔斜率小。由于钻具转速低,钻进无需加压,以高频冲击方式碎岩,钻具不发生弯曲,钻孔垂直度好,均可满足钻孔孔斜小于 $1^\circ/100$ m的要求。

(3)钻进过程不需要液体冲洗液循环护壁携渣,不需要修筑泥浆池、循环槽等循环系统,可在无水条件下使用,施工准备简单、不存在泥浆污染问题。

(4)潜孔锤跟管钻进过程套管对孔壁起到保护作用,能有效穿越卵石层等松散覆盖层;钻进到位后套管留在孔内作为护壁套管和注浆管,简化了安放

套管和注浆管的工序。

(5)潜孔锤钻进需配置高风压空压机和除尘装置,高风压空压机耗油量(耗电量)大,钻进成本相对较高,设备配置相对复杂。

(6)钻进过程需做好孔口除尘工作,否则钻进过程产生的粉尘会对作业人员产生职业危害和对周围环境产生污染。

(7)潜孔锤钻进技术不能用于采空区勘察和治理效果检查的取心钻进施工中。

5 结语

通过在阳麟高速CK3标段采空区治理注浆钻孔施工中对高风压潜孔锤钻进技术的应用,摸索出了高风压潜孔锤钻进技术在该采空区注浆钻孔施工中的钻进工艺和钻进技术参数,高风压潜孔锤钻进技术在该采空区注浆钻孔施工中钻进效率远远高于常规的回转钻进方法。下一步通过优化高风压空压机的配置(例如选择1.7 MPa风压、 $15.5 \text{ m}^3/\text{min}$ 风量的空压机)来降低潜孔锤钻进的成本,高风压潜孔锤钻进技术必将在采空区治理钻孔施工中得到更广泛地应用。

参考文献:

- [1] 李广兵,叶礼明,李泉,等.采用空气潜孔锤钻进技术在井筒内施工泄水孔实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(6):48-51.
- [2] 丁晓庆,何龙飞.气动潜孔锤跟管钻进技术在岩土工程勘察施工中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(1):17-21.
- [3] 卢予北,王建华,陈莹,等.空气潜孔锤在松散地层中的钻进试验[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(7):9-11,27.
- [4] 刘建华,魏淑华,徐爱臣,等.空气潜孔锤钻进技术在铝土矿探施工中的应用试验[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(1):28-30.
- [5] 严君凤.潜孔锤跟管钻进技术在应急抢险中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(7):84-87.
- [6] 朱益明,王润伦,王亚凤.复杂采空区地质灾害治理钻探施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(S1):337-338,347.
- [7] 张金柱,张金良,朱宏伟,等.潜孔锤技术在三道庄钼矿采空区探测中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(7):66-68,72.
- [8] 刘家荣,王建华,王文斌,等.气动潜孔锤钻进技术若干问题[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(5):40-44.
- [9] 赵建勤,李子章,石绍云,等.空气潜孔锤跟管钻进技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(7):55-59.
- [10] 蒋泽泉,姚建明.煤矿采空区注浆治理工程探讨[J].陕西煤炭,2007,26(5):23-24.