

砂卵石地层中浅埋暗挖马头门施工技术分析

戴镇泽

北京市第五建筑工程集团有限公司, 北京 100071

[摘要] 砂卵石地层因其特殊的地质条件, 给浅埋暗挖出入口施工带来了诸多挑战。文中以某城市高压线入地电力隧道工程为背景, 分析了砂卵石地层中浅埋暗挖出入口施工的技术难点, 并从施工工艺、支护措施、施工组织与管理等方面提出了相应的施工技术措施, 为类似工程提供了有益的参考。

[关键词] 砂卵石地层; 浅埋暗挖; 出入口; 施工技术; 支护措施

DOI: 10.33142/sca.v7i9.13411

中图分类号: U455.4

文献标识码: A

Analysis of Construction Technology for Shallow Burial and Hidden Excavation of Ingate in Sand and Gravel Strata

DAI Zhenze

Beijing No.5 Construction Engineering Group Co., Ltd., Beijing, 100071, China

Abstract: Due to its special geological conditions, the sand and gravel strata have brought many challenges to the construction of shallow buried and excavated entrances. The article takes the high-voltage line underground power tunnel project in a certain city as the background, analyzes the technical difficulties of shallow buried and excavated entrance construction in sandy gravel strata, and proposes corresponding construction technical measures from the aspects of construction technology, support measures, construction organization and management, providing useful reference for similar projects.

Keywords: sand and gravel formation; shallow burial and hidden excavation; entrance and exit; construction technology; support measures

引言

随着我国城市建设的快速发展, 地下空间的利用越来越受到重视。砂卵石地层作为一种典型的地质条件, 其浅埋暗挖出入口施工具有较大的技术难度。如何在保证施工安全、降低施工风险的前提下, 提高施工效率, 成为亟待解决的问题。本文以某城市高压线入地电力隧道工程为背景, 对砂卵石地层中浅埋暗挖出入口施工技术进行分析。

1 工程概况

某城市高压线入地电力隧道工程, 全长约 1.5km, 共设竖井 6 座。其中出入口均为浅埋暗挖施工。本工程所在地地质条件复杂, 主要为砂卵石地层, 地下水位较低无地下水影响, 但隧道顶部沿隧道方向顺行有两条雨水污水管线, 现况地质调查调查雨水污水管线存在漏水现象, 施工区域有渗水影响。砂卵石地层具有强度低、稳定性差、渗透性好等特点, 给施工带来了较大困难。

2 注浆材料的性能以及优缺点

在砂卵石地层中进行浅埋暗挖出入口施工时, 注浆材料的应用起着至关重要的作用。注浆材料可以有效地加固地层, 防止地层松散和塌陷, 同时也可以提高施工安全性和效率。目前, 常用的注浆材料主要有水泥浆、聚氨酯浆、环氧树脂浆和水泥-水玻璃浆。

(1) 水泥浆。水泥浆是常见的注浆材料, 具有良好的流动性和较高的强度。它主要由水泥、水和一些外加剂组成。水泥浆的优点是施工简单, 成本较低, 而且对环境

的影响较小。然而, 水泥浆的凝固时间较长, 有时需要几天才能达到足够的强度, 这可能会影响施工进度。

(2) 聚氨酯浆。聚氨酯浆是高性能的注浆材料, 具有良好的韧性和耐久性。它主要由聚氨酯预聚体、催化剂和溶剂组成。聚氨酯浆的优点是凝固时间短, 可以在几分钟内达到足够的强度, 从而加快施工进度。此外, 聚氨酯浆还具有较好的耐化学性和耐候性, 适用于各种环境, 然而聚氨酯浆的成本较高, 对施工设备的要求也较高^[1]。

(3) 环氧树脂浆。环氧树脂浆具有良好的韧性和耐久性。它主要由环氧树脂、固化剂和溶剂组成。环氧树脂浆的优点是凝固时间可调, 可以根据施工需要进行调整, 从而满足不同施工要求。此外, 环氧树脂浆还具有较好的耐化学性和耐候性, 适用于各种环境。然而, 环氧树脂浆的成本较高, 对施工设备的要求也较高。

(4) 水泥-水玻璃浆。水泥-水玻璃浆是复合型注浆材料, 具有良好的流动性和较高的强度。它主要由水泥、水玻璃和一些外加剂组成。水泥-水玻璃浆的优点是凝固时间短, 可以在几小时内达到足够的强度, 从而加快施工进度。此外, 水泥-水玻璃浆还具有较好的耐化学性和耐候性, 适用于各种环境。然而, 水泥-水玻璃浆的成本较高, 对施工设备的要求也较高。

上所述, 砂卵石地层中浅埋暗挖出入口施工注浆材料的种类性能以及优缺点各异。在选择注浆材料时, 需要根据具体的施工环境和要求进行综合考虑, 以保证施工的顺

利进行。本工程考虑施工安全、施工工期等因素,综合考虑选用水泥-水玻璃双液浆。

3 砂卵石地层中浅埋暗挖出入口施工技术难点

(1) 地层稳定性差。砂卵石地层的稳定性差,给施工带来了极大的挑战。在该种地层中,孔壁容易失去稳定性,导致塌孔事故。同时,地层中的砂卵石颗粒较大,间隙较大,容易产生涌砂现象,使施工环境变得极为恶劣。这就要求施工方在施工前,必须对地层进行详细的调查,了解其地质特性和力学性质,从而制定出合理的施工方案,确保施工的安全进行。

(2) 马头门施工。马头门的施工是暗挖工程中的关键环节,马头门是暗挖隧道与竖井相连接的部分,其施工质量直接关系到隧道整体的稳定性和使用寿命。在砂卵石地层中,由于地层的不稳定性,马头门的施工面临着巨大的风险,如何在保证施工安全的前提下,顺利完成马头门的施工,是施工方需要解决的重要问题^[2]。

(3) 砂卵石不断掉落。砂卵石地层中颗粒状特点,导致施工过程中砂卵石不断掉落,这对施工进度和质量都产生了影响。施工过程中砂卵石掉落除了自然掉落还有喷射混凝土的冲击力导致掉落,需通过试验选择最佳的喷射距离、喷射角度、喷射压力、喷射混凝土配合比等。砂卵石的不断掉落,不仅会影响施工的进度,还可能对施工设备造成损坏,甚至可能引发安全事故。因此,如何有效地控制砂卵石的掉落,提高施工的效率和质量,也是施工方需要面对的主要问题。

4 砂卵石地层中浅埋暗挖出入口施工技术要点

4.1 施工准备

砂卵石地层因其特殊的地质结构,给浅埋暗挖出入口的施工带来了诸多挑战。首先,施工前的准备工作需要详细地质勘察是必不可少的环节。通过对砂卵石地层的深入研究,了解其分布、厚度和颗粒大小等关键参数,为制定合理的施工方案和措施提供科学依据。此外,还需对地下水文地质情况进行调查,以评估施工过程中可能遇到的水患风险。其次,施工方案的设计应充分考虑砂卵石地层的特性。采用适合该地层的施工方法,如两步台阶法施工,确保施工过程中的稳定性和安全性。同时,针对地层的松散性和流动性,采取有效的加固措施,如冻结法、注浆法等措施,提高地层的承载能力和稳定性。此外,施工过程中的监控量测,通过设置合理的监控网点,对施工过程中的地层变形、需监测路面沉降等参数进行实时监测,及时掌握施工动态,为调整施工策略提供依据。同时,通过对施工过程中遇到的问题进行分析,不断优化施工方案,确保施工的顺利进行。总之,在砂卵石地层中进行浅埋暗挖出入口施工,需要充分准备、合理设计施工方案、加强监控量测,才能确保施工的顺利进行。

4.2 地层加固

砂卵石地层是地质工程中常见的一种地层类型,由于

其特殊的物理性质和力学性质,常常给工程带来许多难题,如塌孔、涌砂等事故。为提高地层的稳定性,减少这些事故的发生,需要对砂卵石地层进行加固处理。

注浆加固是利用注浆泵将水泥浆、化学浆或其他类型的浆液注入地层的裂缝和孔隙中,通过浆液的凝固反应,使地层形成一层坚固的帷幕,从而提高地层的整体稳定性。注浆加固的优点在于施工设备简单,成本较低,且对地层的破坏小。冻结法加固是另一种常用的加固方法。冻结法加固是通过在地面上安装冻结器,将地层的地下水冻结,使地层温度降低,从而达到加固地层的目的。冻结法加固的优点在于可以有效地防止地下水的渗透,提高地层的稳定性。但冻结法加固的缺点是施工周期较长,成本较高,适合在地下水丰富的环境使用。全断面注浆和半断面注浆是注浆加固方法的两种变形。全断面注浆是指将浆液注入地层的整个断面,使地层形成一层完整的帷幕;半断面注浆是指将浆液注入地层的一半断面,使地层形成一半帷幕。这两种方法都是利用浆液的凝固反应来提高地层的稳定性。本工程由于地下水较低,现场存在雨水渗漏影响,为保证施工安全选用全断面注浆法施工。总的来说,砂卵石地层加固的目的是提高地层的稳定性,减少塌孔、涌砂等事故的发生。在选择加固方法时,需要根据具体的工程地质条件、施工环境和经济效益等因素进行综合考虑。

4.3 马头门施工技术

(1) 合理设计马头门尺寸和形状,确保结构稳定。在施工过程中,合理设计马头门尺寸和形状是至关重要的,因为这直接关系到结构的稳定性。设计师需要充分考虑地下水位、地质条件、施工环境等多种因素,精确计算出马头门的尺寸和形状,以确保其在施工过程中的稳定性和使用寿命。

(2) 马头门施工技术采用喷射混凝土施工,在开挖马头门前,需要先施工超前小导管,小导管的施工需要严格按照设计要求进行,其长度、间距和角度都需要精确控制。在施工过程中,需要先在地面上加工好小导管,然后将其沿隧道拱顶打入土层中。小导管的打入长度需要根据土层的稳定性和隧道深度来确定,本工程要求小导管长度不小于2.5m,搭接长度不小于1m。小导管施工完成后,就可以进行马头门破除开挖安装钢拱架施工,拱架与竖井预留的纵向连接筋需焊接牢固,钢拱架安装后进行喷射混凝土施工。喷射混凝土的配合比需要根据具体的工程条件试验确定,不得以过往经验判断。喷射混凝土的施工需要使用专业的喷射设备,施工过程中需要对试验确定的喷射速度、压力和喷射角度进行精确控制,以保证混凝土的喷射效果。

(3) 在隧道工程中,根据工程设计要求,在马头门的一侧进行掘进,掘进长度达到15m之后,才能进行另一侧的马头门施工。因为在进行隧道开挖时,需要保证马头门的稳定性,避免因为开挖导致马头门失稳,从而影响整个隧道的安全。在马头门施工过程中,钢拱架的应用是非常关键的。在马头门处,需要对钢拱架进行连续加密,共

计加密 3 榀。因为马头门处的受力情况比较特殊,需要通过加密钢拱架来提高其稳定性。在非加密区域,钢拱架的间距为 0.5m,也是根据工程设计要求进行设置的。在进行马头门施工时,还需要注意一些其他的技术要求。比如,在掘进过程中,需要通过激光准直仪和隧道断面仪控制好隧道的中线和水平度,确保隧道开挖的质量和精度。

(4) 钢筋格栅安装。钢筋格栅安装是砂卵石地层中浅埋暗挖出入口施工的重要环节。在施工过程中,钢筋格栅的安装质量和精度对整个工程的稳定性和安全性至关重要。

在安装前,需要对钢筋格栅进行加工和检查。钢筋格栅应按照设计要求进行加工,保证其尺寸、形状和强度等指标符合要求。在加工过程中,应严格控制钢筋的弯曲度和长度,以确保钢筋格栅的整体质量。加工完成后,需要对钢筋格栅进行检查,确保其符合设计和规范要求。在安装钢筋格栅前,需要先确定其安装位置。安装位置应根据设计图纸和实际地质情况确定,保证钢筋格栅的覆盖范围和深度符合要求。在确定安装位置后,需要在地面上标出钢筋格栅的中心线和边缘线,以便于后续的安装工作。在安装钢筋格栅时,需要同步安装纵向连接筋。纵向连接筋应按照设计要求进行安装,保证其位置和长度符合要求,纵向连接筋的作用是连接钢筋格栅,并将其与主体结构连接起来,以提高整个结构的稳定性和安全性。在安装纵向连接筋时,需要注意预埋件的防腐和防水处理,以防止其受到腐蚀和损坏。安装过程中应先将钢筋格栅的一端固定在上一段纵向连接筋上,然后缓慢地将新做纵向连接筋插入土中,直至全部插入,插入过程中要注意前方土体,出现失稳现象立即停止作业,远离施工作业面,待土体稳定后再继续施工^[3]。在安装过程中,需要保证纵向连接筋的水平和垂直度,以防止其出现变形和扭曲。安装完成后,需要对纵向连接筋、钢筋格栅进行焊接和锚固,以提高其稳定性和安全性。

钢筋格栅安装过程中施工工艺,在钢格栅运到现场后检查是否符合要求,才可吊运下井并加以安装。搭接长度单面焊为 10d,双面焊为 5d,主要包括以下要点。①钢格栅的纵向连接筋为 $\Phi 20$ 钢筋,环向间距 1m,梅花型布置,内外双排;网格采用光圆 $\Phi 6$ 钢筋,网格间距为 $10*10\text{cm}$,网片搭接长度为 $100\sim 200\text{mm}$,钢筋格栅钢筋保护层内外均为 30mm。②钢格栅间距为 0.5m,进隧道洞口处连续设三榀。③钢格栅网之间的连接螺栓要求上紧,并按设计要求采用钢筋焊接。④格栅组装在螺栓上紧以后再采用钢筋条进行连接(单面焊 10d),规格 4 $\Phi 18$,长度 180mm。⑤安装钢格栅时,必须检查钢格栅的尺寸是否合适。⑥隧道钢格栅安装焊接时,采用 E50 焊条,所有焊缝厚均不小于 12mm,并保证所焊接的两根钢筋要顺直、无局部曲折^[4]。

(5) 喷射混凝土施工完成后,及时进行养护,提高混凝土强度。在混凝土施工成后,及时进行养护也是提高混凝土强度的重要措施。养护是指在混凝土硬化过程中对其进行保护,防止其受到外部环境的侵蚀。养护方法有喷

水养护、覆盖薄膜养护、刷养护剂养护等,施工单位应根据混凝土的种类和环境条件选择合适的养护方法,并严格按照养护规范进行养护,以确保混凝土的强度和耐久性^[5]。

4.4 土方开挖

土方开挖前,应摸清地下管线等障碍物,并应根据施工方案的要求,将施工区域内的地上、地下障碍物清除和处理完毕,做好防护措施;其次,在隧道内施工时做好照明准备工作,防止超挖;最后,竖井及隧道格栅应准备到位并核实准备无误。

在开挖过程中应注意:(1) 施工中注意留置核心土,核心土应保持 2m,施工中必须保证每环封闭后再施作下一榀,施工中应密切注意掌子面土体的稳定,必要时喷射 50mm 厚混凝土封闭。(特殊地段格栅间距为 400mm)。(2) 在初期支护的纵向,每品格栅间设 $\Phi 20$ 纵向连接钢筋,间距不大于 1.0m,同时,初衬中设 $\Phi 6@100\times 100$ 的双层网片,网片搭接长度不少于一个网孔。(3) 隧道的施工由施工竖井开始进洞,在凿除竖井隧道口部初衬前,应预先打入隧道的第一组超前支护(小导管),对开口段地层进行注浆加固。凿除口部初衬后架设隧道第一榀格栅,隧道第一榀格栅与小室的格栅牢固地焊接在一起,随后进行隧道施工。(4) 土方开挖前拱顶采用 $\Phi 32$ 小导管注浆超前支护,环向间距 300mm,纵向搭接长度为 1m。等土体凝结密实开挖上半段面土方,然后进行下半段面土方。(5) 待隧道上部台阶掌子面进尺 1.5 倍洞径时开挖下台阶,同时预留好背后注浆管,背后注浆管 4 米一组,每组为三根。

5 结语

砂卵石地层中浅埋暗挖出入口施工技术具有较大难度,通过分析工程实例,提出了针对性的施工技术措施。在实际施工过程中,应根据地质条件、施工环境等因素,灵活调整施工工艺、支护措施和施工组织与管理,确保施工安全、提高施工效率。本文为类似工程提供了有益的参考,对推动我国城市轨道交通建设具有重要意义。

[参考文献]

- [1] 王建春. 砂卵石地层中浅埋暗挖出入口施工技术[J]. 建筑技术, 2022, 53(9): 1141-1145.
 - [2] 孙强. 暗挖车站横通道马头门破除施工技术[J]. 四川水泥, 2022(6): 244-246.
 - [3] 薛小义. 浅谈浅埋暗挖穿越地下管线施工技术[J]. 建设监理, 2024(1): 136-139.
 - [4] 詹涛, 吴波, 吴兵兵, 等. 紧邻浅埋暗挖地铁隧道地下密集管线及土层变形[J]. 科学技术与工程, 2023, 23(11): 4755-4764.
 - [5] 戴仕敏. 大断面软弱土层浅埋暗挖隧道土体预加固模拟分析[J]. 施工技术, 2020, 49(11): 87-90.
- 作者简介: 戴镇泽(1993.7—), 沈阳建筑大学城市建设学院, 工程管理专业, 单位: 北京市第五建筑工程集团有限公司, 职务项目技术负责人, 职称: 中级工程师。