

水平泥岩砂岩互层隧道超欠挖控制技术研究

倪睿达

中铁二十一局第二工程有限公司 安徽宣城 245331

摘要: 文章阐述水平泥岩砂岩互层隧道超欠挖的相关控制技术,分析了隧道施工过程中泥岩与砂岩相互渗透的难点及相关影响因素,并探讨了在超欠挖过程中,采用超欠挖施工工艺的必要性和优势。结合水平泥岩砂岩互层隧道超欠挖施工的实际情况,提出了一些有效的控制措施,包括优化注浆材料与注浆浓度、加装支护杆和实施预支护等隧道支护方式,以降低隧道施工风险。

关键词: 泥岩;砂岩;互层隧道;超欠挖

引言:

隧道工程是现代城市化建设中不可或缺的基础设施。虽然建造隧道有很多优点,例如能够跨越障碍物、节省空间等,但也伴随着很多困难和危险。水平泥岩砂岩互层隧道的施工特别困难,因为泥岩和砂岩互相渗透,极易导致地层塌陷和隧道失稳。因此,有必要结合水平泥岩砂岩互层隧道工程的特点,以及超欠挖施工工艺的工艺标准及要求,对相应的质量、安全控制措施进行更进一步探究。

一、水平泥岩砂岩互层隧道施工概述

(一) 水平泥岩砂岩互层隧道

水平泥岩砂岩互层隧道是指在水平泥岩砂岩互层地质条件下建造的交通隧道,这种类型的隧道在我国交通工程建设中比较常见。水平泥岩砂岩互层是指在地质构造作用下,泥岩和砂岩交替堆积并形成连续而水平的地层结构。这种结构比较常见,可以在许多地质区域中找到,如沉积盆地、海岸平原、河谷和平原等。它们通常由水或风带来的沙子和泥土在地质历史上沉积、压实和固化而成。水平泥岩砂岩互层结构的特点是粒度较小的砂岩层和粘土态的泥岩层相间分布,这种结构有时也被称为砂岩包裹泥岩结构^[1]。

(二) 施工难点

水平泥岩和砂岩互层的隧道施工难点主要有以下几个方面:

1.地质情况不稳定。水平泥岩和砂岩互层的地质结构较为复杂,地质情况不稳定,容易发生坍塌、滑坡和崩塌等地质灾害。因此,在施工过程中需要采取相应的预防措施,比如加强支护、加大法桩间距等来减少地质灾害的风险。

2.欠挖现象普遍。在水平泥岩和砂岩互层的隧道施工中,欠挖现象普遍存在,尤其是在硬度差异较大的砂岩和泥岩交替分布的情况下,易出现超挖或欠挖的现象,给施工带来困难。

3.注浆施工难度较高。由于水平泥岩和砂岩互层的地质情况复杂,注浆效果常常不佳,导致地下水渗漏和隧道坍塌等问题的出现。

二、水平泥岩砂岩互层隧道超欠挖施工技术特征

(一) 超欠挖施工

在水平泥岩砂岩互层隧道掘进施工中,通常采用的是超欠挖技术,也就是把隧道内的岩土掘除得比设计断面尺寸更大,以创造出足够的空间安置加固材料和设施,确保施工中的安全性和可靠性^[2]。作为现代岩土工程中的一种常用施工方法,超欠挖施工涉及到的施工流程包括挖掘、加固、设施设置、监测、养护等,要求施工人员需要具备一定的经验和技能,并严格按照设计要求和相关规定进行

施工。

(二) 工艺优势

水平泥岩砂岩互层隧道工程的施工条件较差,地质风险较大,而超欠挖施工方案具有很好的适用性。超欠挖可以增加地下空间的可用空间,提高加固和支护材料的使用效率,也有利于隧道中的设备及施工人员的操作和安全管理。同时,超欠挖也可以预留一定的设计余量,以应对未知的地质和工程变化,避免因掘进过程中遇到意外情况而导致工程质量问题或者施工事故的发生。在超欠挖施工过程中,能够规避多种干扰因素,高施工效率,降低施工成本。同时,采取超欠挖施工方案能够有效地减少地质灾害的风险,提高施工安全。值得一提的是,超欠挖实际施工中能够加强隧道支护,提高注浆效果,有效地防止地下水渗漏和隧道坍塌等问题的出现。

三、水平泥岩砂岩互层隧道超欠挖施工中的常见问题

(一) 复杂地质条件下的稳定性问题

水平泥岩砂岩互层地层在隧道工程中比较常见,但其地质条件较为复杂,容易触发地质灾害,如塌方、滑坡等。在该地质条件下,超欠挖施工会导致掘进面积的增大,进而导致隧道的稳定性降低,可能会带来地面沉降、掘进面塌方和隧道结构变形等问题。

(二) 松软地层的支护问题

水平泥岩砂岩互层地层的一些层位可能比较松软,对支护的要求较高^[3]。如果支护不当,会导致隧道结构受损或部分坍塌。而在超欠挖施工中,由于在岩土交界面处的劣质地层难以支撑,隧道断面通常会超出设计断面,导致隧道断面变形扩大,加剧了支护工程难度。同时,随着施工进程的深入,可能会遇到各种意外情况,如冒顶、冒落、水涌等等,也会给支护工程带来更大的挑战。

(三) 人工挖掘中的顶板显露问题

在隧道人工掘进的施工技术中,由于受地层条件等因素的影响,可能会出现掘进过程中顶板的显露。这会导致顶板的负荷集中,极易发生顶板塌方或者支撑杆失效等问题,造成安全事故。

(四) TBM 掘进中的润滑剂漏失问题

在 TBM 隧道掘进中,由于切削液的滑动压力,可能会发生润滑剂的漏失,带来土体侵蚀等问题,这对环境的安全都有很大影响。

(五) 施工中的设备供电及排水问题

在水平泥岩砂岩互层隧道超欠挖施工中,受到复杂地质条件及施工环境的影响,设备供电和排水问题比较突出。尤其在一些大型隧道工程中,隧道施工需要大量的设备支持,并且需要稳定的供电

¹⁴。水平泥岩砂岩互层地层隧道施工中设备布置、供电方案的设计和实施都需要注意。而隧道掘进过程中,大量施工水及地下水渗出,给现场排水工作带来一定挑战。尤其大量水的存在,会给施工活动产生一定干扰,甚至引发安全事故。

四、水平泥岩砂岩互层隧道超欠挖施工中的控制策略

(一) 多措并举, 保证地质稳定

在水平泥岩砂岩互层隧道超欠挖施工前需要进行充分的地质勘察, 并准确了解隧道周边地质情况和预测可能出现的地质问题。结合勘察分析结果, 采取预先处理措施, 如灌浆加固、钢丝网加固等, 以增强地基承载力和固结性。结合施工计划和现场情况, 设置严密的支护体系, 包括加固钢架、锚杆等, 以保证隧道的稳定和安全¹⁵。另外, 针对超欠挖的实际情况, 在施工过程中, 要严格控制在超欠挖深度, 避免因超挖导致地质变形或崩塌等不稳定情况。施工过程中需要设置地质监测系统, 及时发现地质变化迹象, 并及时采取措施防止发生地质灾害并保证隧道施工的持续稳定。在超欠挖后, 在掘进面设置合适的加固材料, 比如砂浆、钢筋网等。同时, 重视隧道的监测, 对不同位置的变形情况及时采取补充加固措施¹⁶。

(二) 结合实际, 科学设计支护体系

针对水平泥岩砂岩互层隧道超欠挖施工中比较常见的支护问题, 可以采取以下处置方案: 首先, 在超欠挖的基础上, 施工人员将钢架结构和钢网网格固定在岩层上, 形成网壳, 接着再采用锚杆加固支护的方式, 这种隧道支护方式可以增大隧道的支撑面积, 减少隧道的变形。其次, 采用各类锚杆和纤维增强材料, 即隧道施工过程中, 根据情况选择不同的锚杆和纤维增强材料, 它们的选择要基于地质条件、施工进度、应力状态等多种因素。对于非常劣质的地层, 采用喷射混凝土的方式进行支护。在喷射混凝土的过程中, 将混凝土喷射到岩土表面形成一层厚度适当的衬砌, 使之摆脱先前的质地薄弱缺陷, 提高岩土强度和稳定性。最后, 对于支护困难或者地层较软的地段, 可以采用借助土压平衡盾构机等专业设备进一步加固支护, 以满足对于隧道安全的严格要求¹⁷。

(三) 顶板显露问题的处置

为了解决人工挖掘过程中比较常见的顶板显露问题, 可以采用特殊的支护方式, 如钢管支架、网壳支护等技术, 对顶板进行加固。如在西太高速公路云南段隧道施工中, 由于掘进面的围岩条件较差, 其间歇性出现了一些“房灯”式岩体, 直接导致掌子面竖岩失稳, 进而使得超前地质预报不准确, 出现了严重的顶部断面塌落事故。为了避免类似问题的重复, 施工人员采用了钢管支架及喷网进行加固和限制, 保证了施工的安全进行。

(四) TBM 掘进润滑剂漏失问题的防治

为了解决相关问题, 可以采用控制压力、减小液位等措施, 降低润滑剂的漏失率, 同时, 在液位控制方面, 要合理安排出口位置, 以保证液位控制达标。如在深圳地铁7号线中, TBM 掘进隧道过程中, 由于掘进泥浆中颗粒浓度过高及流量大等原因, 溢出部分泥浆无法被控制, 导致环保问题及现场难以清理, 严重影响了施工进度。为了解决这个问题, 施工人员采用了降低流量、设立溢洪口等措施, 降低漏失率, 同时对液位进行了优化调整, 保证控制液位。这些措施有效减少了润滑剂漏失的问题, 保障了隧道的施工和环境保护¹⁸。

(五) 设备供电及排水问题的处置

在水平泥岩砂岩互层隧道超欠挖施工中, 应当根据具体施工方案及所用到的机电设备配置情况, 对设备、电缆等设施进行分析及优化设计, 避免对整个隧道的设备和供电造成影响。排水处置方面, 应在充分勘察和实时分析的基础上, 避免排水蓄水带来的影响。即需要在施工前进行地下水勘探, 并确定适当的排水措施。同时, 对水位进行及时监测, 及时采取应对措施, 确保施工的顺利进行。具体来讲, 在施工中为了增强隧道的自稳性, 同时兼顾排水工作, 可以在超欠挖段周围采取一些密实措施, 提高周边土体的密实度。同时, 在进行互层隧道超欠挖施工时, 结合现场情况预留足够的泵站位置, 以保障排水的效果。泵站位置应该经过合理规划, 并在施工前及时建设完善。在隧道施工的各个阶段, 进行高低水位的勘探和确定, 以便及时进行排水。各个阶段应当制定更适用的排水方案, 包括开挖前、开挖中、爆破后等施工环节。应根据实际情况调整排水方案, 以达到最佳效果。值得一提的是, 水平泥岩砂岩互层隧道超欠挖施工中可以采用更为科学的三级排水系统, 其一级排水为预排水, 在施工前进行; 二级排水为开挖中的排水, 通过隧道内泵站或者外部泵站进行排水; 三级排水为爆破后的排水, 对漏水区域进行排水, 以保证隧道内部的水流畅通。

结束语:

综上所述, 可以通过采取一些有效的控制措施来规避水平泥岩砂岩互层隧道的施工风险。从全方位的地质稳定控制、科学适用的支护体系设计等措施, 到顶板显露、施工排水等问题的科学处置, 都能够提高隧道的稳定性和安全。然而, 我们也意识到本研究仍有一些局限性, 例如一些特殊实地条件的不确定性、施工过程突发事件的处置难点等。在未来的研究中, 建议加入更多针对特定地质条件下的隧道施工安全性优化的研究方向, 同时我们可以通过在软件及数学模型中添加更为丰富、详尽的参数, 来更好地探索隧道超欠挖控制的问题。

参考文献:

- [1]朱耀璋. 高地应力互层软岩隧道爆破控制技术[J]. 北方交通, 2022(12): 57-60.
- [2]韦征, 周臻, 俞旻韬, 等. 基于三维激光扫描点云整体分析的铁路隧道超欠挖检测方法[J]. 铁道学报, 2023, 45(1): 135-140.
- [3]李瑶, 赓一, 吴勇生, 等. 基于三维激光扫描技术的超欠挖算法在隧道开挖中的应用[J]. 铁道标准设计, 2021, 65(10): 200-204.
- [4]张豪, 谢明君, 韦征, 等. 基于隧道点云数据的超欠挖检测应用研究[J]. 浙江工业大学学报, 2021, 49(5): 539-545.
- [5]刘金书. 一种新型隧道超欠挖控制装置及其应用[J]. 工程机械, 2022, 53(6): 1-5.
- [6]杨波, 赵军, 周明聪, 等. 隧道爆破掘进超欠挖原因分析及控制措施[J]. 化工矿物与加工, 2021, 50(1): 5-9.
- [7]廖凯, 李林, 吴剑. 隧道超欠挖检测信息系统设计与实现[J]. 现代隧道技术, 2020, 57(2): 42-48.
- [8]龙先林. 隧道爆破掘进超欠挖原因分析及控制措施[J]. 交通世界(下旬刊), 2022(9): 69-71.