

市政隧道施工浅埋暗挖技术的应用

伍芬和

保利长大工程有限公司 广东 广州 510000

摘要：浅埋暗挖技术在市政隧道施工中具有良好的灵活性，与断面处的契合度较高，因此市政隧道工程中应用十分广泛。本文概述了浅埋暗挖技术的基本原理和特点，分析了该技术在市政隧道施工中的应用准则，并结合市政工程隧道的特殊性，详细阐述了超前支护、地表水截排、土方开挖、仰拱与仰拱回填、地表注浆处理以及隔离桩设定等关键施工技术的具体应用。旨在为市政隧道施工提供浅埋暗挖技术的全面指导，确保施工过程的安全性和效率，同时保障隧道结构的稳定性和耐久性。

关键词：市政隧道施工；浅埋暗挖技术；应用

引言：市政隧道作为城市交通体系的重要组成部分，其施工质量和安全性至关重要。浅埋暗挖技术作为一种先进的隧道施工方法，具有适应性强、灵活性高、施工效率高等优点。本文旨在深入探讨浅埋暗挖技术在市政隧道施工中的应用，分析该技术的特点和应用准则，并结合市政工程隧道的特殊性，提出相应的施工策略和技术措施。

1 浅埋暗挖技术概述

浅埋暗挖技术，是一种在接近地表的位置进行地下洞室暗挖施工的技术。该技术特别适用于城市中的软弱围岩和土层，特别是在那些需要改变地质结构以防止地表沉降的工程项目中。其理论基础源于著名的新奥法（New Austrian Tunneling Method）。在我国，浅埋暗挖技术由王梦恕院士在军都山隧道黄土段的实践中率先取得成功，并经历了多次的实践检验与优化。特别是在北京复兴门地铁折返线工程中的成功运用，标志着这一技术在我国已经成熟并得到了广泛应用。结合我国的地质和水文特点，浅埋暗挖技术还发展出了一系列创新技术，如小导管超前支护、8字型网构钢拱架设计等。这些技术的应用，使得浅埋暗挖法具有造价低、拆迁量少、灵活多变、无需过多专用设备、不影响地面交通和周围环境等诸多优点。浅埋暗挖技术在城市地铁、地下停车场、地下运输廊道、地下热力及电力管道、地下过街通道等市政工程中得到了广泛应用^[1]。

2 浅埋暗挖技术在市政隧道施工中的应用准则

2.1 “管超前”准则

在浅埋暗挖技术的实施过程中，“管超前”要求在隧道正式开挖之前，必须根据隧道的拱部位置以及具体的施工设计要求，精确地进行超前小导管的打入工作。这一步骤的目的是为了最大化地发挥超前支护的作用，

为后续的施工过程提供有力的支撑。超前小导管的设计和施工必须严格遵循相关规范，以确保其能够有效地支撑起隧道周围的围岩。在开挖之后，需要确保这些小导管之间的围岩能够实现成拱效应，这样不仅可以进一步增强支护的稳定性，还能有效地防止围岩出现变形，从而保障后续工作的顺利开展。

2.2 “严注浆”准则

在超前小导管工作完成之后，需要在底层处进行注浆，以将砂砾等材料有效地粘接在一起，从而起到加固的作用。注浆材料的选择和注浆压力的设定都需要经过严格的计算和试验，以确保注浆效果达到最佳。注浆过程中，需要特别关注砂层的细缝填充情况，确保水泥浆能够充分灌满这些细缝。经过一段时间的凝固，这些砂砾胶将形成一种强力的“结石体”，并在周围形成一个坚固的壳体，从而进一步提升围岩的稳定性。

2.3 “短进尺”准则

“短进尺”准则强调在隧道实际开挖中，应尽可能缩短每次开挖的循环距离，以迅速完成开挖及支护设置，缩减工期。此准则有助于削弱嵌制效应并降低纵向围岩的不良影响，为施工安全创造有利条件。为实现该准则，施工团队需周密策划开挖流程与支护布置，确保各步骤高效衔接，迅速推进。

2.4 “强支护”准则

在初期支护作业中，“强支护”原则常倾向于采用格栅钢架与速凝混凝土等材料，旨在有效遏制地层下沉。此类材料的选择及其搭配，需依据具体的工程项目条件进行周密设计，以保障支护体系的稳固性和承重性能^[2]。若浅埋暗挖的网喷支护具备较强的承载能力，二次支护承力环节或可省略。但这绝不意味着支护结构的保养与监测工作可轻视。相反，施工队伍应定期展开支护结构的

检查与维护作业，确保其保持良好运行状态，以防范潜在风险，确保工程安全与质量。

2.5 “早封闭”准则

在初期支护开挖工作完成之后，施工工作人员应迅速进行封闭工作，以改善初期支护开挖的受力条件。封闭工作包括但不限于隧道顶部的封闭、侧壁的封闭以及底部的封闭等。通过及时封闭，可以有效减少围岩的暴露时间和变形量，从而增强支护结构的整体稳定性。这一准则的实施对于确保施工安全和后续工程的顺利进行至关重要。

2.6 “多测量”准则：

在施工过程中必须经常对土壤地表沉降与坑内拱顶沉降状况进行检查。准确的检查数据可以直观发现围岩构造和支护结构的动态变化，给工程建设组织带来重要的决策依据。工作人员应认真记下所有的计算参数，并尽快回复至施工主管单位。此举旨在协助工程公司尽快发现潜在问题，并及时制定针对性的实施策略。尤其在运用浅埋式暗挖技术于城市隧道中施工时，深入了解工程周边环境与地质特征，这有助于施工团队选择最适宜的施工方法，并预先制定详尽的应急计划，以应对可能出现的各种挑战，确保工程安全、高效推进。

3 市政工程隧道施工特殊性

市政工程隧道施工面临着诸多独特的挑战，这些挑战主要源于其复杂的环境条件、地下管线的潜在渗漏以及土质条件的不稳定性。（1）环境条件复杂。城市地下空间错综复杂，隧道施工不仅要考虑地质条件，还需兼顾上部建筑结构、交通负荷以及地下管线的布局。在挖掘过程中，松散均匀的土壤结构可能会因施工活动而失衡，导致渗漏、下沉等问题，进而影响施工进度。地下水位的波动也可能对隧道施工造成不利影响，需要采取特殊措施进行应对。（2）地下管线的渗漏。城市地下管线密布，包括供水、排水、燃气等各类管道。在隧道施工过程中，一旦施工顺序不当或土壤稳定性不足，就有可能引发管线渗漏，进而增加工程风险。在施工前必须对地下管线进行充分了解，并采取相应的保护措施，以确保施工过程的顺利进行。（3）土质条件的不稳定性。隧道所在区域的土壤可能因地质构造、地下水等因素而呈现不稳定状态。当隧道穿越软土层时，就需要特别关注岩石的软化和塌陷风险。

4 浅埋暗挖施工技术的具体应用

4.1 超前支护技术

浅埋暗挖施工中，为实现高效的支护效果，需构建一套精密联合支护体系，该体系集成了超前长管棚、超

前小导管施工及喷射混凝土等多种技术手段。（1）超前长管棚施工采用优质热轧无缝钢管，以15厘米丝扣对口精准连接钢管接头。安装过程中，人工与钻机顶进相结合，严格控制施工误差，确保误差低于20厘米。优化钢管接头布局，同一断面接头数量低于50%，相邻接头错位1厘米，以提升整体支护效能。钢管上均匀钻设30厘米间隔的注浆孔，采用奇偶孔交替注浆法，有效防止串浆。注浆完成后，管内填充M30水泥砂浆，进一步加固钢管结构。（2）超前小导管施工采用无缝钢管，前端锥形设计，设置注浆孔与溢浆孔。通过高压注浆泵注入水泥浆，形成注浆加固圈，显著提升地层承载力与稳定性。（3）喷射混凝土施工紧跟开挖面，迅速封闭掌子面，缩短围岩暴露时间，有效防止围岩风化剥落，为隧道施工提供坚实保障。整个超前支护体系施工过程中，严格遵守操作流程，细致处理每一道工序，确保施工质量与安全。

4.2 地表水截排技术

在浅埋暗挖施工中，地表水含量高的区域需特别关注地表水截排，以避免地表塌陷，确保施工安全、质量和进度。采用防水板铺设技术，采用无射钉铺设，保证防水层的完整性和密封性。防水板施工遵循以下严格的工艺流程：基面检查、防水板卷材铺设及就地、土工布与衬垫铺贴、水泥钉的锚固长度、防水板安装、检测及质量检查。每一步均要求细致施工，以保证所喷水泥表面平整、防水板卷材无缺陷。防水板搭接采用双缝热融式自动焊接，并严格控制连接参数，以保证连接质量。同时结合防水混凝土、二衬止水带及止水带安装、软制透管道安装、路缘排水旁沟安装及渗漏处导流盲管安装等方案，形成完整的地表水截排体系。这一系列手段的联合作用下，可以合理截断和排出大量地表水，为浅埋式挖掘等工程建设提供了有力的安全保证^[1]。

4.3 土方开挖技术

在隧道工程的实施过程中，土方开挖技术需依据围岩的具体状况灵活选用不同的开挖策略。针对Ⅲ级和Ⅳ级围岩段，采用台阶法开挖施工技术。这种技术特别适合于围岩条件相对稳定的场景，能够有效保障施工的安全性和效率。但面对更为复杂多变的Ⅴ级围岩段，则选用了双侧壁导坑开挖法与核心土预留环形开挖法相结合的策略。双侧壁导坑开挖法巧妙地利用中隔壁将大断面分割为多个小型洞室，先施工先导洞，再逐步推进至中间断面。这些措施都可以大幅度降低施工时对围岩结构的影响，以便于合理处理浅埋、大断面的施工中存在的安全挑战。虽然该技术在生产成本方面相对较贵，但其良好的稳定性可以让人们有效避免地表塌陷等潜在危

害,因此其应用价值不容忽视。在施工过程中,严格按照设计要求进行有序开挖,并在每完成一部分开挖后,都立即进行初期支护和临时支护作业。当所有断面均被顺利挖开后,要迅速展开仰拱施工、仰拱回填施工以及二次衬砌施工,以确保隧道结构能够保持稳定和安全。

4.4 仰拱与仰拱回填技术

仰拱及其回填施工在隧道浅埋暗挖法对整体工程的安全稳定具有决定性影响。结合施工实际与经验,以下是仰拱与回填施工的关键注意事项:(1)仰拱施工需紧跟开挖进度,尤其在软弱围岩段,需严格控制仰拱与开挖面的距离,保持在30至50米内,以缩短围岩暴露时间,降低安全风险。(2)仰拱施工力求一次成型,以提升其整体与稳定性。施工缝处需使用止水条进行防水处理,避免水分侵入损害仰拱结构。(3)仰拱与填充施工应交错进行,避免相互干扰。采用仰拱栈桥施工时,需根据实际需求设定栈桥技术参数,如主跨、行车道宽、前后坡道长度等,确保施工高效安全。(4)仰拱填充混凝土施工需待仰拱混凝土强度达到设计强度的70%后进行,防止质量隐患。仰拱底板回填前,需彻底清洁仰拱面,为回填施工奠定坚实基础。(5)回填材料应选择质地均匀、无杂质且符合设计要求的砂石或碎石,确保回填的密实度和稳定性。回填过程中,应分层回填并逐层夯实,每层回填厚度不宜过大,以控制回填质量和提高施工效率。加强回填后的检测和验收工作,确保回填质量符合设计要求,为隧道工程的整体安全稳定提供有力保障。

4.5 地表注浆处理技术

地表注浆处理技术是针对隧道掌子面前方可能出现的下沉问题而采取的有效解决方案。施工团队根据隧道具体情况,精心设计和实施了地表注浆处理方案。应做好以下几方面:(1)明确注浆范围,选定在隧道洞口,宽度设为30米,以隧道中心线为中心,向两端各延伸15米,形成约30米长的注浆区域。此范围旨在全面覆盖潜在下沉区域,确保注浆效果最大化。(2)注浆孔的布设至关重要。采用 $\phi 10$ 的注浆孔,并配备 $\phi 50$ 的塑料管作为注浆管道。注浆孔间距精确控制在15厘米 \times 15厘米,确保注浆的均匀性和密实性。注浆深度严格控制,确保注浆孔垂直穿透地表软弱层。(3)注浆材料的选择同样关

键。施工团队采用1:1比例混合的水泥砂浆,该材料固结性和稳定性优越,能有效增强地表强度。注浆过程中,严格控制注浆压力,初压设定在0.5至1.0兆帕,终压控制在1.0至1.5兆帕。这一压力范围旨在确保注浆材料充分渗透地表软弱层,形成坚固的固结体。通过地表注浆处理,注浆材料从地表软弱层向四周扩散,固结后显著提升地表稳定性。导管与土体紧密结合,有效防止支护结构下沉,为隧道施工提供坚实保障^[4]。

4.6 隔离桩设定技术

隔离桩设定技术旨在实现有效隔离与保护,确保建筑物结构、通风管道等关键部位下方土层结构的完整性,防止结构严重变形。该技术通过整合小管坯等手段,进一步加固土层,提升稳定性与承载能力。在实际操作中,需精心策划并执行隔离桩的设定。选择位置时,既要有效隔离潜在风险,又要避免对周边环境造成干扰。利用小管坯等辅助材料,增强土层结构,确保施工效果。隔离桩设定过程中,采用先进监测设备和技术,持续跟踪土层位移、应力变化等关键指标。一旦发现异常,立即采取措施调整优化,确保施工安全与质量。加强施工人员培训与管理同样关键。确保每位施工人员熟练掌握操作技能,严格按照既定方案执行,减少人为因素对施工效果的影响。

结束语:浅埋暗挖技术在市政隧道施工中具有广泛的应用前景。通过精心设计和科学施工,可以充分发挥该技术的优势,确保隧道施工的安全性和效率。随着技术的不断进步和施工经验的积累,浅埋暗挖技术将在市政隧道施工中发挥更加重要的作用,为城市交通建设贡献更多力量。

参考文献

- [1]李泉.分析隧道工程浅埋暗挖法施工要点[J].建材与装饰,2020(13):265-267.
- [2]田越增.浅埋暗挖技术在市政工程隧道施工中的应用研究[J].建筑技术开发,2019,46(17):39-40.
- [3]马亮,聂佳佳,裴祎伟.浅埋暗挖技术在市政工程隧道施工中的应用研究[J].建材与装饰,2019(04):257-258.
- [4]刘卫.市政工程隧道施工中浅埋暗挖法的具体应用[J].城市建设理论研究(电子版),2019(01):162-163.