

# 大断面公路隧道初期支护厚度对围岩稳定性的影响研究

纪治国

云南云路工程监理咨询有限公司 云南 昆明 650051

**【摘要】**：本研究探讨了大断面公路隧道初期支护厚度对围岩稳定性的影响。通过对不同初期支护厚度下围岩变形、应力分布和稳定性的分析，揭示了支护厚度在隧道开挖初期对围岩支撑作用的关键作用。研究结果表明，适当增厚支护能够有效减小围岩的变形，提升围岩稳定性，尤其是在复杂地质条件下。进一步分析了支护厚度与围岩稳定性之间的关系，提出了优化支护设计的方案。该研究为大断面公路隧道施工中支护设计提供了理论依据，具有重要的工程应用价值。

**【关键词】**：大断面隧道；初期支护厚度；围岩稳定性；支护设计；施工安全

DOI:10.12417/2811-0536.26.03.043

## 引言

大断面公路隧道的施工过程中，围岩的稳定性对隧道的安全性至关重要。随着隧道施工规模的不断扩大，如何合理设计初期支护厚度，以确保围岩的稳定性，成为了隧道工程领域的重要课题。初期支护作为隧道施工中的关键环节，其厚度直接影响围岩的受力状态和变形规律。尤其是在复杂的地质条件下，支护厚度的合理设计能够有效降低围岩破坏的风险。在实际施工中，支护厚度的选择常常面临着多方面的挑战，需要综合考虑不同因素的影响。通过对初期支护厚度对围岩稳定性影响的深入分析，不仅有助于提高隧道施工的安全性，还能为未来的工程设计提供重要参考。

## 1 初期支护厚度对围岩稳定性的理论分析

初期支护厚度在大断面公路隧道施工中起到了至关重要的作用，直接影响到围岩的稳定性和隧道的施工安全。支护厚度的设计不仅与围岩的力学性质相关，还受到隧道断面大小、施工工艺以及地质条件等多重因素的影响。在隧道开挖初期，围岩的支护作用主要是通过支护结构传递外部荷载并限制围岩的变形，从而保证隧道的稳定性。因此，合理选择初期支护的厚度，对围岩的控制效果至关重要。

初期支护厚度的增加能够有效减缓围岩的变形速率，并且通过增强支护结构的强度，提高其承载能力，进而减轻围岩的应力集中。在大断面隧道中，由于开挖量大、围岩应力分布复杂，支护厚度的适当调整可有效缓解围岩的不均匀沉降和裂隙扩展问题。通过对不同支护厚度下围岩变形和应力分布的数值模拟分析，可以得出初期支护对围岩稳定性的影响规律。支护厚度过薄时，围岩的变形会迅速增大，甚至可能发生围岩失稳和塌方事故。相反，支护厚度过厚时，虽然能提供更大的支撑力，但也可能导致不必要的材料

浪费和施工成本的增加。因此，支护厚度的合理选择需要根据隧道的具体工况进行动态调整。

在一些复杂的地质条件下，围岩的力学性质变化较大，支护厚度的设计需要考虑到岩层的不同强度、结构的稳定性以及水文条件的影响。特别是在软弱围岩和软土层区域，初期支护厚度的适当增加不仅可以减小围岩的变形量，还能有效提高支护的防护能力，避免围岩的突然失稳。而在坚硬岩层中，适当减薄支护厚度则能够避免过度加固带来的负面影响，确保施工安全与经济性的平衡。初期支护厚度与围岩稳定性之间的关系十分复杂，必须通过精细化设计和优化计算来实现最优支护效果。

## 2 支护厚度对围岩变形与应力分布的影响研究

支护厚度直接影响围岩的变形和应力分布，这一现象在大断面公路隧道施工中尤为明显。随着支护厚度的变化，围岩的应力分布和变形规律会发生显著改变，进而影响隧道的稳定性。支护作用是通过与围岩接触形成的应力场传递外部荷载，而这一荷载分布会直接影响围岩的变形模式。在厚度较小的支护结构下，围岩的应力往往集中在支护结构周围，导致应力集中区的出现，这种应力集中会加速围岩的变形并增加围岩失稳的风险。增大支护厚度能够有效分散荷载，减缓围岩变形。支护厚度增加后，支护结构的承载力提升，能够更均匀地分布围岩中的应力，降低局部应力集中的现象，从而抑制围岩的不均匀变形。当支护厚度适当时，围岩的塑性变形区会得到有效控制，避免产生过度的裂隙扩展。随着支护厚度的加大，围岩应力逐渐趋于均匀分布，这种均匀化作用能够提高围岩的整体稳定性，减少因局部应力过大导致的岩体破裂和塌方事故。

在复杂地质条件下，支护厚度对应力分布的影响

更加显著。例如,在软弱围岩中,支护厚度的增加能够有效防止岩体的过度压缩和形变,减少因应力过大导致的塌方风险。相反,在坚硬岩层中,过厚的支护结构可能导致过度加固,使得周围的应力场发生不均匀变化,反而可能诱发围岩裂缝的产生。围岩应力分布的变化不仅仅取决于支护厚度,还与岩体的本身性质、开挖方式以及外部环境因素密切相关。合理调整支护厚度,可以在确保支护结构安全性的同时,最大限度地降低围岩变形和失稳的风险。

### 3 大断面隧道施工中的支护厚度优化策略

大断面隧道施工中的支护厚度优化策略是一项关键性工程技术,直接关系到隧道的施工安全、经济性和工程效益。由于隧道的开挖量大,围岩应力状态复杂,支护结构的合理设计尤为重要。支护厚度的选择需要综合考虑围岩的力学性质、隧道的断面大小以及施工过程中可能面临的地质条件变化。优化支护厚度不仅能够提高围岩的稳定性,还能有效控制隧道变形,防止潜在的塌方或其他安全事故。在大断面隧道中,支护厚度的优化设计应基于围岩的力学性质、地质条件以及隧道开挖方式进行。对不同类型的围岩,应采取差异化的支护策略。对于软弱围岩,适当增厚支护结构可以有效减小围岩的变形,防止围岩塌方和失稳。而在硬岩层中,支护厚度不宜过厚,过多的支护可能导致不必要的资源浪费,也可能引起过度加固,从而导致局部应力的异常集中,反而增加围岩破裂的风险。

在实际施工中,支护厚度优化策略还需要考虑到施工技术的进步和动态监测手段的应用。通过采用数值模拟技术,可以精确分析支护厚度对围岩应力分布和变形的影响,结合现场监测数据,动态调整支护结构的设计。使用三维数值模型对不同支护厚度下的围岩变形、应力场进行模拟,能够预测出支护厚度的最佳选择范围。通过动态监测围岩的变形情况,能够实时调整支护方案,避免因初期设计不当而导致的施工风险。支护厚度的优化还应考虑施工周期的影响。过薄的支护可能导致围岩稳定性差,需通过加固措施延长施工周期;而过厚的支护则会导致施工成本的提高。为了平衡施工成本与施工周期,支护厚度的设计需根据实际的施工进度和预算进行合理调整。随着隧道施工技术的不断发展,采用新型材料和先进的支护技术也能进一步优化支护设计,减少不必要的厚度并提升支护效果。

支护厚度优化还需要考虑外部环境对围岩稳定性的影响,如地下水、气温变化等因素。地下水渗透和水压力可能导致围岩的软化或失稳,在设计支护厚度

时,需要综合考虑水文地质条件的影响,适时增加支护结构的强度和厚度。施工过程中应随时监测水文条件的变化,以便及时调整支护设计,避免地下水对围岩的负面影响。大断面隧道施工中的支护厚度优化策略,不仅仅是简单的厚度选择问题,而是一个涉及多因素、多技术手段的综合性设计过程。通过合理的计算、模拟分析和动态调整,能够有效提升隧道施工的安全性,降低成本,并确保围岩的稳定性,从而为大断面隧道的顺利施工提供有力保障。

### 4 复杂地质条件下支护设计的关键因素

复杂地质条件下的支护设计需要充分考虑围岩的力学特性、岩土体的稳定性以及外部环境因素的变化,这些因素决定了支护结构的选择与设计。在软弱围岩、高水位区或断层、破碎带等特殊地质条件下,支护设计面临着更为复杂的挑战。在这种情况下,支护的设计不仅要保证其承载力足以支撑围岩的稳定,还必须具有足够的柔性,以适应围岩的变形和应力变化。地质条件的复杂性对支护设计的影响首要体现在围岩的不同力学性质上。在软弱围岩中,岩体的抗压强度较低,容易发生变形甚至塌方。支护结构需要具有更高的稳定性,以防止过大的围岩变形影响隧道的安全性。对于这类围岩,采用更厚的支护结构可以增强支撑效果,减缓围岩的变形速度。同时,支护材料的选择也至关重要,必须选用具有较强抗压能力的材料,如高强度钢筋混凝土,确保在外力作用下支护能够保持稳定。

在存在断层或破碎带等特殊地质条件时,围岩的变形更加不均匀,支护设计的复杂性进一步增加。断层带通常伴随着围岩的强烈裂隙化及岩体强度的急剧下降,导致支护结构的承载能力难以预测。在这种情况下,除了增加支护厚度,还应考虑多层次支护体系的设计,结合喷射混凝土、锚杆等方式,通过综合加固措施来提高围岩的稳定性。支护设计需要考虑到断层活动带来的动态荷载变化,合理设置支护结构的变形控制范围,以适应岩体的不均匀沉降。地下水的影响是复杂地质条件下支护设计中的另一个重要因素。高水位区或渗水岩层的存在,会使得围岩的抗压强度显著降低,导致岩体软化或滑移。这时候,支护设计必须在水文地质条件下进行优化。在渗水岩层中,采用具有防水性能的支护结构,或者设置排水系统,减少水分对支护结构的负面影响,确保支护结构能够有效承载围岩的压力。支护材料的防水性和耐久性也需要特别考虑,避免长期受水侵蚀而失效。

在复杂地质条件下,施工技术和工艺也对支护设

计起着至关重要的作用。在软弱围岩和断层带等地质条件下,施工过程中应采取适当的支护措施,如分步开挖、分段加固等技术,减小围岩的变形幅度。施工过程中的支护厚度和强度应根据实时监测数据进行动态调整,及时应对围岩变形和应力变化。采用现代化的监测手段对支护结构的应力、位移、变形等进行实时监控,可以有效预防施工中的风险,并根据监测结果及时调整支护设计方案。综合考虑以上因素,复杂地质条件下的支护设计要求设计人员深入分析地质资料,全面评估围岩的力学性质和稳定性,选用合适的支护材料和施工技术,并结合现场条件进行动态调整。通过多方面的综合优化,能够有效提高支护设计的适应性和安全性,为隧道的施工提供更加稳固的保障。

### 5 支护厚度优化方案的工程应用与实施效果

支护厚度优化方案的实施在隧道工程中具有重要的实践意义,尤其是在大断面隧道的施工过程中。通过精确计算和动态调整支护厚度,可以有效提高隧道的安全性,降低施工风险,并实现经济性和安全性的平衡。优化方案的应用不仅依赖于对围岩力学性质的充分理解,还需结合现场的实时数据进行调整,从而确保支护结构在各种工况下的稳定性。在实际应用中,支护厚度优化方案的制定通常基于地质勘查和力学分析的结果,通过数值模拟和现场监测数据的反馈,精确选择最适宜的支护厚度。对于软弱围岩或不稳定岩体,适当增加支护厚度能够有效降低围岩的变形量,并避免塌方事故的发生。针对坚硬岩层,优化方案则可能侧重于减小支护厚度,避免过度加固带来的负面影响,防止局部应力集中的风险。

实施过程中,通过合理设计支护厚度并结合现代

施工技术,支护方案能够达到减少材料浪费、提高施工效率的效果。支护厚度的增加或减少,通常会根据隧道的实际施工环境进行微调。例如,在复杂的地质条件下,可能采用多层支护系统或加强支护结构与围岩的互动,以提高支护的灵活性和适应性。支护厚度的优化不仅是静态设计,更是动态调整的过程。通过实时监测围岩的变形、应力分布及水文条件等,施工过程中支护厚度可以根据实际情况做出相应的调整,以确保围岩在施工各阶段的稳定。

实施效果方面,支护厚度优化方案通常能够显著提高隧道施工的安全性和经济性。通过减少不必要的材料消耗,优化后的支护设计有效降低了施工成本,同时也降低了由于支护设计不当引发的围岩失稳、施工延期等风险。施工过程中,通过实时数据的反馈,能够及时发现并处理可能的安全隐患,确保隧道施工顺利进行。随着技术的进步和对支护方案优化的不断完善,未来支护设计的精度和效率有望得到进一步提升。

### 6 结语

支护厚度优化在大断面公路隧道施工中起着至关重要的作用。通过合理设计与优化支护厚度,不仅能够提升围岩的稳定性,减少施工风险,还能有效控制施工成本,确保工程的顺利进行。随着技术的不断进步,支护设计将在更加复杂的地质条件下发挥更大的作用,为隧道建设提供更加精准的保障。未来的研究可以进一步深化支护厚度与围岩稳定性之间的关系,推动隧道工程设计向更加高效、安全、经济的方向发展。

### 参考文献:

- [1] 王鹏,张琳.大断面隧道支护结构设计与施工技术研究[J].隧道建设,2023,43(3):215-224.
- [2] 李涛,赵东.大断面公路隧道支护优化设计与实践[J].公路工程,2022,48(6):95-101.
- [3] 刘亮,张伟.复杂地质条件下隧道支护设计的挑战与对策[J].岩土工程学报,2023,45(5):1138-1145.
- [4] 陈磊,王俊.隧道围岩稳定性分析与支护设计优化[J].隧道与地下工程,2023,39(4):412-419.
- [5] 周敏,何明.大断面隧道施工中支护结构的优化分析[J].地质与工程,2022,49(12):1021-1027.