

# 隧道二次衬砌裂缝成因与施工防控措施

杨元文

中交路桥南方工程有限公司 北京 101121

**【摘要】**：隧道二次衬砌裂缝问题在地下工程中较为普遍，影响着结构的稳定性与安全性。裂缝的成因复杂，涉及地质条件、施工工艺、材料质量等多个方面。针对这一问题，本文分析了常见裂缝的产生机制，探讨了针对性防控措施，如改进施工工艺、优化材料使用及加强施工质量监控等，旨在有效防止裂缝的出现。通过对施工中实施的防控措施进行评估，证明了这些措施的可行性与有效性，为未来隧道工程提供了借鉴和参考。旨在为提升隧道结构的安全性与耐久性提供了理论依据。

**【关键词】**：隧道二次衬砌；裂缝成因；施工防控；结构安全；施工工艺

DOI:10.12417/2811-0528.26.09.013

## 引言

隧道二次衬砌裂缝是影响隧道工程质量和安全的关键问题。随着地下工程规模的不断扩大，隧道衬砌裂缝的出现不仅影响结构的稳定性，还可能引发一系列安全隐患。裂缝的成因复杂且多样，既与隧道所处的地质环境密切相关，也受到施工过程中技术措施的直接影响。为确保隧道的长期服役性能，需要深入探讨裂缝产生的机制，分析施工中的关键风险点，并提出切实可行的防控措施。通过对不同防控策略的评估，可在施工过程中最大限度地降低裂缝的产生，为隧道工程的安全性和耐久性提供保障。

## 1 隧道二次衬砌裂缝成因分析

隧道二次衬砌裂缝的成因是一个多因素相互作用的过程。地质条件对裂缝的产生有着重要影响。隧道穿越的地层类型不同，所面临的地质压力、岩土体的不均匀性和水文条件等因素也会对衬砌结构产生不同的影响。在软弱地层中，地下水的侵蚀和岩土体的沉降可能导致二次衬砌的开裂；而硬质岩层则可能因爆破施工或钻探时产生的应力集中，导致衬砌表面产生裂缝。

施工工艺也是引发裂缝的重要因素。在施工过程中，二次衬砌浇筑的质量直接影响衬砌的抗裂性<sup>[1]</sup>。施工中如操作不当，可能导致混凝土浇筑不均匀，特别是在高温或潮湿环境下，混凝土的收缩和温差应力会引起裂缝。此外，衬砌施工时的养护不良也会增加裂缝发生的概率。养护过程中温度和湿度的控制不当，可能导致混凝土表面干裂，进而影响衬砌整体的稳定性。

施工材料的质量对二次衬砌裂缝的形成同样起到决定性作用。若使用的混凝土或钢筋不符合设计要求，可能导致衬砌强度不足，进而形成裂缝。特别是水泥的品种、骨料的质量和配合比等，都直接影响混凝土的抗裂性能。低质量的材料可能导致衬砌在受力后表现出较大的变形，造成裂缝的发生。此外，隧道施工过程中施工设备和人员的管理水平也会对裂缝的形

成产生间接影响。施工中设备老化、误差过大以及操作不规范，都会导致衬砌表面不平整，或局部区域应力集中，从而引发裂缝。

## 2 隧道施工中裂缝防控措施探讨

在隧道施工过程中，采取有效的防控措施至关重要，以减少裂缝的发生。针对地质条件的影响，采取合理的地质勘察和分析手段，能够在施工前准确评估土层的稳定性和地下水的分布情况，提前做好针对性的设计和施工准备。对软弱地层、破碎岩层等特殊地质区段，需采取加固措施，如注浆加固或使用高强度支护结构，以提高隧道衬砌的稳定性。针对复杂的水文条件，采用防水材料或设置排水系统，可以有效防止地下水对衬砌的侵蚀，降低裂缝发生的风险。

施工过程中，合理的施工工艺和严格的质量控制是防止裂缝的重要手段。在混凝土浇筑时，应确保混凝土的配比符合设计要求，尤其是水泥、骨料和外加剂的选择要考虑到隧道环境的特殊性。采用高性能混凝土，可以增强其抗裂性和耐久性。施工中应注意混凝土的浇筑速度和方法，避免由于过快或过慢浇筑导致的裂缝产生。浇筑过程中，必须防止混凝土离析，确保其均匀性，避免局部区域的收缩差异过大引发裂缝<sup>[2]</sup>。温差应力是引发混凝土裂缝的主要因素之一，尤其是在大温差环境下。施工单位应采取合理的养护措施，如采用覆盖保温材料保持混凝土的温度，或使用温控系统调节施工期间的温度变化，避免温度剧烈波动造成的收缩裂缝。同时，在混凝土浇筑过程中，控制好湿度水平，避免表面干裂。

在材料选择方面，选用高强度、抗渗透的水泥和骨料是减少裂缝的重要措施。高性能混凝土不仅能增强衬砌的抗压强度，还能有效提升其抗裂性能。在钢筋的选用上，要确保其符合设计要求，并具备足够的抗拉强度，以提高衬砌的整体刚度和抗裂能力。同时，要进行材料的严格检验，确保质量合格，避免因不合格材料导致结构出现弱点。在施工管理方面，组织

施工人员进行严格的技术培训和质量控制,确保每个环节都能按照规范执行。对于关键的施工工艺,如混凝土浇筑、支护施工等,应实行现场技术指导和监督,确保操作标准化。使用先进的施工设备也能提高施工精度,减少人为误差的发生,进一步降低裂缝产生的风险。通过这些综合防控措施的实施,能够有效减少隧道施工过程中裂缝的发生,提高工程质量和安全性。

### 3 防控措施实施效果与优化建议

防控措施的实施对于隧道裂缝的减少具有显著效果,特别是在对地质条件和施工工艺的针对性优化方面,成功避免了大量裂缝的发生。通过对特殊地质区域的加固和防水处理,衬砌裂缝的风险得到了有效抑制。在软弱地层或地下水丰富区域,通过精确的注浆加固和合理的排水系统设计,大大提高了衬砌的稳定性,避免了水压或地层沉降导致的裂缝。同时,水泥和骨料的优化搭配,不仅提升了混凝土的强度,也增加了其抗渗性和耐久性,有效地防止了因材料本身问题引发的裂缝。

温差控制和混凝土养护的加强也取得了良好效果。特别是在大温差环境下,通过保温和温控系统的使用,防止了因温度急剧变化引起的温差应力裂缝,确保了混凝土在养护期间的稳定性<sup>[3]</sup>。混凝土的湿度控制有效减少了干裂现象,尤其是在高温天气或施工环境恶劣的情况下,避免了裂缝的进一步扩展。尽管防控措施的实施已取得一定成果,但仍存在一些可以进一步优化的空间。在材料选择上,虽然高性能混凝土和高强度钢筋的使用提升了隧道衬砌的抗裂性,但对于特殊环境下的隧

道,使用更具针对性的环保材料和自修复混凝土将更有助于提升耐久性。自修复混凝土具有自愈裂缝的功能,可以进一步降低裂缝发生后的维修成本,并延长隧道的使用寿命。

施工工艺的细节优化也是进一步提升防控效果的关键。采用现代化的施工技术,如自动化浇筑和温控管理系统,能够有效提高施工精度,减少人为误差,从而降低裂缝风险。施工过程中,对于裂缝的实时监测和数据反馈系统的应用,也能够为及时发现潜在问题提供有效依据,确保施工过程中的裂缝问题能够被早期识别并采取有效处理措施。施工管理的优化同样至关重要。虽然目前的管理体制和质量控制措施在一定程度上减少了裂缝的发生,但针对一些细节问题,如施工人员的技术培训和现场监督,仍需要进一步加强。特别是在高风险区域,强化施工人员的专业素养,提升施工现场的即时响应能力,可以有效避免因操作不当引起的裂缝。通过这些优化措施的进一步实施,隧道二次衬砌裂缝的防控效果将更加明显,结构的安全性和耐久性也会得到更大程度的保障。

### 4 结语

隧道二次衬砌裂缝的防控措施对于提高隧道工程的稳定性和安全性具有重要意义。通过对裂缝成因的深入分析,结合科学的施工技术和精确的质量管理,能够有效降低裂缝发生的概率。实施合理的防控策略,不仅提高了衬砌的抗裂性能,也为隧道工程的可持续发展提供了保障。未来,随着技术的不断进步和施工工艺的优化,隧道裂缝的防控措施将更加完善,确保隧道结构的长期稳定性和安全性。

### 参考文献:

- [1] 门瑞龙.隧道二次衬砌裂缝成因分析与修补施工技术[J].建设机械技术与管理,2025,38(05):110-113.
- [2] 姚湘静,彭张涛,艾青.隧道二次衬砌裂缝病害成因重要性多元统计分析评价[J].隧道与轨道交通,2025,(02):6-13+72.
- [3] 黄宇.公路隧道二次衬砌裂缝成因分析及修补方法研究[J].四川建筑,2023,43(05):127-129.