

地下综合管廊混凝土结构裂缝成因识别与耐久性提升对策

张明华

武汉建维综合管廊有限公司 湖北 武汉 430000

【摘要】：城市化进程的加快，地下综合管廊作为重要的城市基础设施，发挥着重要的作用。受环境因素、施工质量及设计缺陷等影响，地下综合管廊混凝土结构易产生裂缝，影响结构的稳定性和耐久性。本文主要分析了地下综合管廊混凝土结构裂缝的成因，结合现有技术探讨了裂缝的识别方法，并提出了一系列提升结构耐久性的对策。研究结果表明，根据裂缝不同成因采取差异化修复措施，可有效提升混凝土结构耐久性，从而延长地下管廊的使用寿命。通过综合分析，提出的对策为地下管廊的设计和维修提供了宝贵的参考。

【关键词】：地下综合管廊；混凝土结构；裂缝成因；识别方法；耐久性提升

DOI:10.12417/3041-0630.26.04.028

随着地下空间的开发和城市基础设施的日益复杂化，地下综合管廊成为现代城市建设的重要组成部分。地下管廊不仅需要承担大量的管道、电力和通信设施的铺设任务，还需承受复杂的外部环境作用与荷载。混凝土作为管廊结构的主要材料，其耐久性直接关系到管廊的使用寿命和安全性。地下管廊中的混凝土结构裂缝问题频繁发生，严重影响了结构的稳定性和耐久性。裂缝的产生不仅与施工工艺、设计方案相关，还受到环境因素如地下水位、温湿度变化等的影响。为有效解决这一问题，研究如何识别裂缝的成因并提出有效的耐久性提升措施，成为确保地下管廊长期稳定运行的重要课题。

1 裂缝成因的分析与分类

地下综合管廊混凝土结构裂缝的成因复杂多样，主要受施工质量、设计缺陷、外部环境等多种因素的影响。施工过程中，混凝土配比不当、搅拌不均匀或养护不到位，均易引发混凝土开裂。尤其在地下管廊这种特殊环境中，温差变化、湿度波动以及地下水的浸泡都可能对混凝土产生不良影响。环境因素（如土壤含水率、地下水位变化及化学物质侵蚀），会造成混凝土劣化与腐蚀，进而诱发裂缝。设计缺陷也是导致裂缝的一个重要原因。若设计时未充分考虑地下管廊所处的特殊地质条件，未充分考虑温度变化、地层沉降等因素影响，可能会导致混凝土结构在使用过程中出现裂缝。

裂缝的类型根据其成因可以分为结构性裂缝和非结构性裂缝^[1]。结构性裂缝多因实际荷载超出设计承载力，造成混凝土受力不均而产生损伤破坏，这类裂缝往往与结构的承载力和稳定性密切相关。非结构性裂缝多由混凝土的物理化学变化引起，如温度变化产生的收缩裂缝、湿度变化引发的膨胀裂缝、以及水泥水化速率过快或不均产生的裂缝。这些裂缝的发生通常不影响结构的整体稳定性，但却会影响管廊的使用寿命和耐久性。

管廊的施工条件和使用环境也极大影响着裂缝的出现和

发展。地下管廊在施工过程中往往处于封闭环境中，通风与温控条件不足，易造成混凝土硬化过程中水分蒸发不均，造成表面裂缝。而在使用过程中，外部荷载、地下水渗流、化学侵蚀等因素的综合作用，进一步加剧了混凝土的劣化，导致裂缝的形成和扩展。因此，准确识别裂缝成因并进行分类，能够为后续的修复和耐久性提升措施提供重要依据。

2 混凝土裂缝的识别技术研究

针对不同类型的裂缝，需要采用不同的检测和分析方法，以便有效评估结构的损伤程度。传统裂缝检测以人工目视检查与简易量具测量为主，存在主观性强、效率低、精度不足等问题，无法满足现代地下管廊复杂环境中的裂缝识别需求。近年来，随着科技的进步，裂缝检测技术逐步向自动化和智能化方向发展。激光扫描技术是目前应用广泛的非接触式检测手段，通过激光扫描混凝土表面，可精准测定裂缝宽度、深度及分布形态。该技术可实时获取高精度三维点云数据，构建三维模型，实现裂缝定量分析。根据研究，激光扫描技术的误差可控制在0.2mm以内，精度相较于传统方法有显著提升。超声波检测也是一种常用的无损检测方法，利用声波在混凝土内部传播的特性，结合反射波的变化，判断裂缝的存在和位置。超声波在裂缝穿通过程中会发生波速变化，通过分析波速和衰减程度，可以准确识别裂缝的大小和形态。超声波检测灵敏度较高，可识别微小裂缝，检测精度可达毫米级，广泛应用于混凝土结构的健康监测。

红外热成像技术逐渐成为裂缝检测的热门选择。该技术通过捕捉混凝土表面温度场分布差异，判断裂缝存在及位置^[2]。混凝土导热性能较差，裂缝区域与周边健全区域存在明显温度差异，红外热像仪能够清晰地反映出这一变化。该技术在识别表面裂缝时具有较高的效率和准确性，特别适用于大面积、难以直接接触的区域。热成像设备温度分辨率可达0.1℃，识别精度较高。除上述高端检测手段外，裂缝识别技术正朝着数据

分析与智能化方向发展。通过将裂缝图像与大数据分析相结合,利用深度学习算法实现裂缝特征自动识别与分类,能够大大提高裂缝识别的准确率与自动化程度。融合多源检测数据,人工智能模型可更全面地评估裂缝风险等级,从而提出更为科学的维修与加固建议。根据某项研究,基于人工智能的裂缝识别方法准确率可达到90%以上,大大提高了裂缝检测的效率和精度。在地下管廊的裂缝识别中,选择合适的检测技术至关重要。根据裂缝的类型、位置和严重程度,综合应用不同的检测技术,不仅能准确识别裂缝的成因,还能够为后续的维修和加固措施提供科学依据。

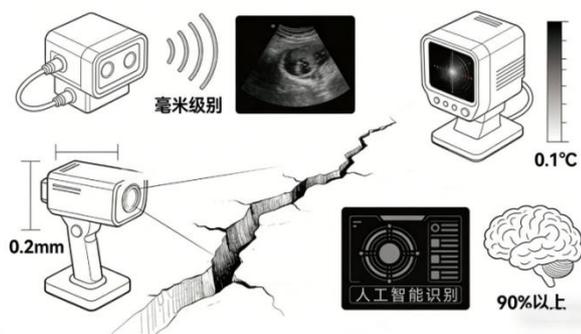


图1 毫米级感知:智能探测技术图谱

3 提升地下管廊结构耐久性的对策

提升地下综合管廊结构耐久性,首先应优化混凝土材料选型与配合比设计。高性能混凝土对提升结构耐久性具有关键作用,掺加适当的外加剂,如减水剂、抗渗剂、膨胀剂等,可显著提升混凝土的抗渗、抗冻与抗裂性能。优化水胶比、选用优质水泥,降低混凝土孔隙率,提升结构密实度,从而增强其对

外部环境的抵抗能力。结构设计上,应充分考虑到地下管廊所处的复杂环境因素。地质条件差异、地下水位波动及温湿度变化等,均会影响混凝土结构长期耐久性。合理的结构设计既可保障管廊使用阶段的稳定性,又能提升结构对环境变化的适应能力。针对地下管廊中可能出现的沉降、振动等问题,设计时应考虑采用防裂缝设计,提高结构的抗震性能和抗沉降能力。

施工过程质量控制同样至关重要。在浇筑混凝土时,施工质量必须严格把关,保证混凝土密实均匀,避免因施工操作不当产生裂缝与内部缺陷^[3]。养护阶段应严格控制温湿度,防止混凝土产生干缩裂缝。强化施工现场监测与过程管控,确保各工序满足规范要求,能够有效提升地下管廊结构的长期耐久性。维护和修复工作也是延长地下管廊使用寿命的关键。定期检测混凝土结构的健康状况,及时发现裂缝及其他潜在病害,并采取针对性修复处置措施,可有效抑制裂缝扩展,避免结构损伤进一步加剧。对已产生裂缝的部位,可采用渗透性修补材料进行封闭加固,或通过植筋加固等技术进行修复,以确保结构的整体稳定性。综合考虑材料选型、结构设计、施工质量及运维管理等多方面因素,采取一系列针对性措施,能够显著提高地下管廊的结构耐久性,从而延长其使用寿命,确保其在复杂环境中的安全稳定运行。

4 结语

地下管廊混凝土结构的裂缝问题直接影响其安全性和耐久性。通过裂缝成因分析、识别技术研究与耐久性提升对策实施,可有效预防与控制裂缝产生,延长地下管廊的使用寿命。未来,随着检测技术与施工管理水平不断提升,地下综合管廊结构耐久性将得到进一步保障,确保其在复杂环境中的稳定运行。

参考文献:

- [1] 蔡婧妮,李江宁,朱毅.新型装配式环氧树脂混凝土地下综合管廊结构优化分析[J].吉林建筑大学学报,2024,41(03):22-28.
- [2] 杜英亮.基于复合材料建筑模板的地下综合管廊施工技术研究[J].四川建材,2024,50(02):138-139+145.
- [3] 陈峰,李勇,潘琳锋,等.综合管廊结构混凝土裂缝成因及处理工艺[J].工程建设与设计,2023,(20):141-143.