

地下车站主体结构裂缝形成机理及预防措施

戴坤

南通市交通建设咨询监理有限公司

摘要：地下车站作为现代城市交通建设的重要组成部分，其安全性和稳定性备受关注。然而，地下车站结构裂缝问题日益凸显，给地下车站的运行和使用带来严重隐患。为了提高地下车站的工程质量和可持续发展，有必要深入分析地下车站结构裂缝的成因，并采取有效的预防措施。本文旨在探讨地下车站结构裂缝的成因及预防方法，涵盖设计、施工和运营全过程。通过对多种因素的综合分析，本文为地下车站结构裂缝的预防提供了理论依据和实践指导。

关键词：地下车站；结构裂缝；原因及机理；裂缝预防

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.23.045

引言

地下车站结构裂缝可能导致地下车站的结构强度降低，甚至引发结构失效，从而危及到乘客的生命安全，地下车站结构裂缝的有效治理，有助于避免这些潜在的安全隐患，保障乘客的出行安全。此外，地下车站结构裂缝可能导致设备损坏、设施老化等问题，增加地下车站的维修和保养成本，通过采取有效的裂缝治理措施，可以降低运营成本，提高地下车站的运营效率。因此，为了提高地下车站的工程质量和可持续发展，有必要深入分析地下车站结构裂缝的成因，并采取有效的预防措施。

一、地下车站结构裂缝的成因

（一）土压力与水压力

在地下车站的建设过程中，由于土壤对建筑物施加的压力不均匀，这种不均匀压力随着地下深度的增加而增大，可能导致地下车站结构受到较大的侧向压力。这种侧向压力会使得结构承受更大的荷载，从而在一定程度上增加裂缝的产生风险。除此之外，地下水位的变化也会对地下车站周围的土壤产生很大影响。当地下水位上升时，土壤中的水分含量增加，导致水压力增大，会进一步加大地下车站结构所承受的压力，从而可能导致裂缝的产生^[1]。因此，在地下车站的设计和建设过程中，土压力与水压力的综合影响必须得到充分的考虑。除了在设计阶段采取相应应对措施外，施工阶段诸如开挖及构筑顺序的选择尤为重要，只有合理的施工顺序才

能将外部水土压力对结构带来的不利影响降到最低。

（二）施工过程中的不良操作

在地下车站的建设过程中，施工人员需要严格遵守规范和操作程序，以确保工程质量。然而，由于各种原因，包括技术水平、经验不足、监管不力等，施工过程中可能出现一些不良操作，这些操作可能对地下车站结构产生不利影响，从而导致裂缝的产生。例如，在土方开挖过程中出现严重超挖现象，扰动原土层，造成结构出现不均匀沉降。同样，在支护结构的安装、拆除过程中，如果支护体系或安装、拆除不规范，可能导致支护力与实际所需力量不匹配，从而使结构承受过大的应力或过早承受应力。此外，混凝土浇筑过程中的不良操作，如砂浆比例不合适、浇筑不均匀、振捣不充分等，也可能导致混凝土内部的空洞和裂缝。

（三）材料老化与自然环境的影响

地下车站使用的各种建筑材料，如混凝土、钢筋、止水系统等，在长时间的使用过程中，难免会出现老化现象。这种老化可能是由于材料本身的物理和化学特性变化，也可能是受到外部环境因素的影响。随着材料性能的逐渐下降，地下车站结构的承载能力可能会受到影响，或者结构缝中止水系统出现老化，从而将裂缝反射到结构表面。另一方面，自然环境对地下车站结构的影响也不容忽视，例如，温度变化会导致材料的热膨胀和收缩，进而引发结构内应力的变化。长期的温度波动可能使结构材料产生疲劳，增加裂缝的发生可能性^[2]。此外，地下车站周围土壤的湿度变化、地下水位的波动等环境因素都可能对结构产生不利影响，从而导致结构裂缝的产生。

（四）设计不当与结构复杂性

设计不当与结构复杂性是地下车站结构裂缝形成的另一重要原因。设计阶段的问题自然会严重影响结构受力状态与稳定状态，并且目前由于地下空间结构的利用率逐步提高，地下车站与周边联合开发日益紧密，造成地下车站的结构外形根据其多接口，功能化的布局特点造成结构日益复杂，易出现应力集中现象，从而出现裂缝。

（五）自然灾害

地下车站作为百年工程，在其服役过程中不可避免

的面临自然灾害的考验，面对不同强度的灾害类型如地震、洪水等自然会造成结构出现裂缝甚至更严重问题，此类问题在此不再赘述。

二、地下车站主体结构裂缝形成机理

（一）土方开挖与支护结构的作用

土方开挖是地下车站施工的基础环节，其目的是为地下车站提供足够的空间。在开挖过程中，施工方需要严格控制挖掘的深度和边界，以保证结构安全和稳定。过快的挖掘速度或不明确的挖掘边界可能会导致地下车站结构受到不必要的扭曲或变形，从而引发裂缝的产生。支护结构则是为了维持开挖区域的稳定性以及保护周边建筑物和地下设施，在地下车站施工过程中具有重要意义。支护结构通过提供足够的支撑力来抵抗土壤侧压力，确保地下车站结构在开挖和建设过程中不会发生失稳或塌陷^[3]。如果支护结构设置不当或安装不规范，可能导致支护力与实际所需力量不匹配，从而使地下车站结构承受过大的应力，进一步引发裂缝。为了减少土方开挖与支护结构对地下车站结构裂缝的影响，工程师和施工方需要合理规划挖掘作业，确保挖掘速度和范围符合设计要求。此外，还需设计并实施合适的支护体系，对支护结构的安装和维护进行严格监控，以确保地下车站在施工过程中的稳定性和安全性。

（二）基础沉降与不均匀沉降

基础沉降是指地下车站所在地基土在承受结构荷载作用下发生的下沉现象。正常情况下，基础沉降是可预期且允许的，但当沉降量超过设计允许范围时，可能会对地下车站结构造成不良影响，从而导致裂缝的产生。不均匀沉降是指地下车站结构在地基土上沉降过程中，各部位沉降量之间存在较大差异。由于不均匀沉降可能导致地下车站结构产生变形，结构内部应力分布发生变化，从而增加裂缝产生的风险。不均匀沉降的原因可能包括地基土的不均匀性、地下水位变化、附近施工活动等。为了降低基础沉降与不均匀沉降对地下车站结构裂缝的影响，工程师需要在设计阶段充分评估地基土的承载能力和沉降特性，合理制定地基处理方案。此外，施工过程中需要密切监测地基沉降情况，一旦发现超过设计允许范围的沉降现象，应及时采取补救措施。地下车站的运营和维护方在后期管理中应加强对结构的定期检查与评估，以便及时发现并处理沉降引起的裂缝问题。

（三）破坏性荷载及其传递

破坏性荷载是指可能对地下车站结构产生破坏性影响的力，包括过大的施工荷载、交通荷载、地震荷载等。这些荷载在传递过程中可能导致地下车站结构承受

超过其承载能力的应力，进而引发裂缝的产生。破坏性荷载的传递通常是通过结构内部的应力集中点进行的。当这些荷载作用在结构的某一部分时，可能会导致局部应力水平显著增加，从而增加裂缝产生的风险。此外，破坏性荷载的传递还可能受到结构材料、结构形式和施工方法等多种因素的影响。

（四）结构材料的疲劳与老化

随着地下车站使用年限的增加，结构材料可能会因为长时间承受重复荷载和环境侵蚀等因素而逐渐失去原有的性能和强度，从而导致裂缝的形成。疲劳是指结构材料在反复荷载作用下逐渐失去承载能力的过程，当地下车站承受交通荷载、地震荷载等周期性荷载时，结构材料可能产生微小的损伤。这些损伤在长期累积过程中，可能导致裂缝的扩展和结构性能的下降^[4]。另一方面，老化是指结构材料因自然环境和化学侵蚀等因素而逐渐降解的过程。例如，钢筋混凝土结构中的钢筋可能会因氧化和腐蚀而失去承载能力，导致裂缝的产生和扩展。为了减轻结构材料疲劳与老化对地下车站结构裂缝的影响，工程师应选择高性能且抗疲劳、抗老化性能良好的结构材料。同时，施工过程中需要遵循规范和标准，确保结构材料的质量和施工质量。地下车站的运营和维护方在后期管理中应加强对结构的定期检查与评估，以便及时发现并处理疲劳与老化引起的裂缝问题。此外，采取防护措施如防水、防腐处理等，可以延缓材料老化过程，从而降低裂缝风险。

三、地下车站裂缝预防措施

（一）合理设计与优化结构

通过选用适宜的设计方法、合理布局与分布以及选择适当的结构材料，可以显著降低裂缝风险，从而提高地下车站的使用安全和耐久性。选用适宜的设计方法是确保地下车站结构安全和稳定的基础，工程师在设计阶段需要充分考虑地下车站的功能需求、地质条件、水文地质等多种因素，采用科学的计算和分析方法，确保结构设计满足承载能力、稳定性和抗变形等方面的要求。合理的设计方法可以提高地下车站结构的性能，降低结构内部应力集中，从而减小裂缝产生的可能性。工程师需要根据地下车站的空间布局、周边建筑和基础设施等因素，对地下车站结构进行合理的布局 and 分布。优化结构的布局可以避免不良地基条件和不均匀沉降等问题，从而降低裂缝风险，还有助于减轻结构荷载传递过程中的应力集中，进一步提高地下车站的使用安全^[5]。选择适当的结构材料在预防地下车站结构裂缝方面至关重要，高质量的结构材料具有较高的抗疲劳、抗老化和抗

侵蚀性能,可以有效降低裂缝的产生和扩展。例如,高质量的钢材具有较高的抗拉强度、抗压强度、弹性模量等优良性能,能够有效地承受地下车站结构的荷载和变形,减少裂缝的产生和扩展,钢材还具有较好的可塑性和韧性,能够适应地下车站结构的变形和振动,提高结构的耐久性和可靠性。除了钢材,混凝土也是地下车站结构中常用的材料。高强度混凝土具有较高的抗压强度、耐久性和抗裂性能,能够有效地降低地下车站结构的裂缝产生和扩展。此外,还可以通过添加适当的添加剂,如纤维素、改性剂等,进一步提高混凝土的抗裂性能和耐久性,保证地下车站结构的稳定性和安全性。工程师在设计阶段应综合考虑材料的性能、成本和可持续性等因素,选用适当的结构材料,确保地下车站结构的长期稳定和耐久性。

(二) 施工过程的控制与监测

施工方需要按照国家和行业标准、规范进行施工,严格遵循设计文件和施工图纸的要求。通过规范施工操作,可以确保地下车站结构的各个部分都按照设计要求进行施工,从而降低结构内部应力集中和裂缝产生的可能性。此外,规范施工操作还有助于提高施工效率和降低施工成本。还需要建立健全质量管理体系,确保施工过程中的各项工序都能达到预定的质量标准。为了达到这个目标,施工方应加强对施工人员的培训和技能提升,确保施工人员具备足够的专业知识和技能。同时,施工方还应定期进行质量检查和验收,对不合格的工程进行整改,确保地下车站结构的质量。通过实时监测地下车站结构的应力、变形、位移等参数,工程师可以及时发现潜在的裂缝风险,并采取相应的措施进行修复^[6]。此外,预警系统可以在结构发生异常变化时自动发出预警信号,提醒相关人员进行检查和处理,从而避免因裂缝问题导致的严重后果。

(三) 工程后期维护与管理

地下车站的运营方应根据实际情况制定合理的检查与评估计划,对地下车站结构进行全面的检查,包括裂缝、变形、位移等方面的情况。通过定期检查与评估,运营方可以及时发现潜在的裂缝问题,并对结构进行必要的评估,以判断其安全性和可靠性,有助于避免因裂缝问题导致的严重后果,同时为后续的修复和加固工作提供依据。一旦在定期检查与评估过程中发现裂缝问题,运营方应立即采取相应的修复与加固措施,以防止裂缝的扩展和恶化。修复与加固措施包括但不限于填补裂缝、加固结构、改善地基条件等,有效提高地下车站

结构的承载能力和抗变形性能,从而降低裂缝风险。运营方应制定完善的维护管理制度和程序,明确维护管理的责任和权限,确保工程后期维护与管理工作的有效实施。此外,运营方还应加强对维护管理人员的培训和技能提升,提高维护管理水平,以确保地下车站结构的长期稳定性和耐久性。同时,建立完善的信息管理系统,对维护管理过程中的各项数据和信息进行有效整合和利用,以便为决策者提供有力支持。

结语:

综合上述分析,地下车站结构裂缝问题的成因多样,需要从设计、施工和运营等多个环节进行综合防治。在设计阶段,采用合理的设计方法、优化结构布局 and 选择适当的结构材料对预防裂缝至关重要;在施工过程中,规范施工操作、加强质量管理和建立监测与预警系统有助于降低裂缝风险;在工程后期维护与管理方面,实施定期检查与评估、及时修复与加固以及建立健全维护管理体系,可以确保地下车站结构的长期稳定性和耐久性。本文强调了在预防地下车站结构裂缝方面,各环节的协同作用以及及时有效的预警和应对措施至关重要。在这一过程中,运用先进的监测技术和预警系统,可以更好地发现潜在的裂缝风险,并及时采取有效的应对措施,避免因裂缝问题导致的严重后果。在今后的实践中,应不断总结经验、探索创新,以期在地下车站结构裂缝预防方面取得更为显著的成果。同时,地下车站的设计、施工和运营方应加强沟通与协作,确保各项措施得以有效执行,共同为城市交通建设和发展做出积极贡献。在这个过程中,政府、行业协会和有关研究机构也应承担起相应的责任,加大监管力度,制定更为科学合理的规范和标准,推动地下车站结构裂缝预防工作的不断发展与进步。

参考文献

- [1] 高帅. 地铁施工中地下车站防水施工技术研究[J]. 清洗世界, 2021, 37(2): 91-92.
- [2] 杨秀仁. 地铁车站装配式结构建造技术研究与应用[J]. 隧道建设(中英文), 2022, 42(3): 345-354.
- [3] 李玉强. 地铁施工中地下车站防水施工技术分析[J]. 中国科技纵横, 2022(10): 103-105.
- [4] 王旭伟. 地铁施工中地下车站防水施工技术[J]. 四川水泥. 2020, (3).
- [5] 许奎. 地铁施工中地下车站防水施工技术研究[J]. 中华建设. 2020, (11).