

探究道路桥梁工程中混凝土裂缝的防治技术

文 / 陆亚丰 嘉兴市长鼎建设有限公司

摘要：在道路桥梁工程中，混凝土作为一种重要的建筑材料，具有价格适中、操作简便、可塑性强、损坏率低和养护成本不高等显著优势。然而，在实际施工过程中，混凝土裂缝问题一直困扰着施工人员和工程师，对工程质量、安全性和耐久性产生了不可忽视的影响。因此，混凝土裂缝的防治技术成为道路桥梁工程领域的重要研究课题。

关键词：道路桥梁工程；混凝土裂缝；防治技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.09.070

引言

道路桥梁作为交通运输系统的关键基础设施，其质量直接关系到交通运输的安全与顺畅。混凝土以其良好的力学性能、经济性和适用性，在道路桥梁工程中得到广泛应用。然而，混凝土裂缝问题一直是困扰道路桥梁工程的常见病害之一。裂缝的出现不仅影响道路桥梁的外观质量，更可能削弱结构的承载能力，降低结构的耐久性，甚至引发安全事故。因此，深入研究道路桥梁工程中混凝土裂缝的防治技术具有重要的现实意义。

一、道路桥梁工程中混凝土裂缝防治技术的重要性

（一）确保结构安全

道路桥梁作为交通基础设施，承载着巨大的车辆荷载与自然力作用。混凝土裂缝的出现，会削弱结构的承载能力，降低其稳定性。微小裂缝若不及时防治，逐渐扩展成贯穿性裂缝，导致结构局部或整体破坏。通过运用混凝土裂缝防治技术，能有效减少裂缝产生，保障结构的完整性和强度，使道路桥梁在设计使用年限内安全可靠地运行，避免因结构破坏引发的交通安全事故，保护人民生命财产安全。

（二）延长使用寿命

混凝土裂缝一旦形成，水分、空气及有害物质易侵入，加速混凝土碳化和钢筋锈蚀。钢筋锈蚀会导致体积膨胀，进一步加剧裂缝发展，恶性循环下，道路桥梁的耐久性大幅降低。采用裂缝防治技术，可阻止外界因素对混凝土和钢筋的侵蚀，延缓结构老化速度，减少维修和更换频率，从而延长道路桥梁的使用寿命，充分发挥其投资效益，降低社会经济成本。

（三）提升行车体验

有裂缝的道路桥梁表面不平整，车辆行驶时会产生颠簸、跳动，这种状况带来的负面影响不容小觑。对于驾乘人员而言，颠簸感极大地降低了行车舒适性，旅途体验大打折扣。对车辆来说，频繁的震动会导致零部件磨损加剧，缩短其使用寿命，增加燃油消耗，提高运营成本。运用裂缝防治技术保持路面平整，能为车辆提供平稳行驶环境，有效降低车辆损耗，减少运营成本。同时，平稳的行车条件有助于提高行车速度，提升交通运输效率。

二、道路桥梁工程中混凝土裂缝的类型及成因

（一）温度裂缝

混凝土在浇筑后，水泥水化过程中会释放大量的热量，使混凝土内部温度急剧升高。当混凝土内部与表面温差过大时，内部混凝土因膨胀受到外部约束而产生拉应力。当拉应力超过混凝土的抗拉强度时，就会在混凝土表面产生裂缝。在混凝土降温阶段，由于混凝土的热胀冷缩特性，温度降低导致混凝土体积收缩，若受到基础或其他结构的约束，也会产生拉应力，进而引发裂缝。水泥品种及用量、环境温度变化、混凝土浇筑厚度等因素都会影响温度裂缝的产生。

（二）收缩裂缝

混凝土施工中会出现塑性收缩裂缝和干燥收缩裂缝。塑性收缩裂缝形成于混凝土浇筑后尚未凝结硬化前，此时表面水分在高温、干燥、多风等环境下迅速蒸发，表面失水收缩，而内部仍处于塑性状态，表面收缩受内部约束，便在混凝土表面产生裂缝，通常出现在浇筑后的数小时内，环境湿度、风速、混凝土配合比中的水灰比等是主要影响因素，环境湿度低、风速大加速表面水分蒸发，水灰比过大使干缩性增大，增加裂缝产生几率。干燥收缩裂缝则在混凝土硬化过程中，因内部水分逐渐散失致体积收缩，当收缩拉应力超过混凝土抗拉强度时出现，一般在浇筑后数周甚至数月逐渐显现且随时间发展，水泥的品种和用量、骨料特性、养护条件等是重要影响因素。

（三）荷载裂缝

道路桥梁在使用过程中，会承受各种荷载的作用，如车辆荷载、人群荷载、风荷载等。当结构所承受的荷载超过其设计承载能力时，混凝土结构内部会产生过大的应力，当应力超过混凝土的极限强度时，就会引发荷载裂缝。荷载裂缝的出现位置和形态与结构的受力状态密切相关，例如在梁式桥的跨中、支座附近等应力集中部位容易出现荷载裂缝。超载、结构设计不合理、施工质量缺陷等因素会导致荷载裂缝的产生。车辆超载行驶会使道路桥梁结构承受的荷载远超设计标准；结构设计时对荷载考虑不足、计算错误或结构形式选择不当等，会使结构在正常使用荷载下也可能出现裂缝；施工过程中混凝土浇筑不密实、钢筋布置不当等质量问题，会削弱结构的承载能力，增加荷载裂缝出现的风险。

三、道路桥梁工程中混凝土裂缝防治技术

(一) 原材料选择与控制

在原材料选择与控制环节，水泥的挑选至关重要。低水化热的水泥品种，如矿渣硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥，水化过程中释放热量少，能有效降低混凝土因水化热产生的温度应力，减少裂缝风险。大体积混凝土工程对温度控制要求更高，优先选用中低热的大坝水泥，从源头上保障结构的稳定性。同时，严格把控水泥安定性、强度等质量指标，安定性不合格的水泥会使混凝土结构产生膨胀性裂缝，强度不足则无法满足工程设计要求，只有符合相关标准，才能为混凝土质量奠定坚实基础。骨料方面，质地坚硬、级配良好的粗细骨料是关键。粗骨料最大粒径需综合考虑结构尺寸和施工条件，过大的粒径可能导致混

土在浇筑过程中出现离析现象，过小则会增加水泥用量，提高成本并增大收缩风险。细骨料采用中砂，其含泥量和泥块含量必须严格符合规范要求，过多的泥土和泥块会削弱骨料与水泥石之间的粘结力，降低混凝土强度和耐久性。良好的骨料级配能使混凝土内部结构更加密实，减少水泥用量，进而降低混凝土的收缩和水化热，显著提升混凝土的综合性能。外加剂的合理选用是优化混凝土性能的重要手段。根据工程实际需要，减水剂可降低混凝土水灰比，在减少用水量的情况下提高混凝土强度与耐久性；缓凝剂延长混凝土凝结时间，特别适用于高温环境下的浇筑，减少水分蒸发，防止塑性收缩裂缝；膨胀剂补偿混凝土收缩，有效降低收缩裂缝出现的概率。道路桥梁混凝土裂缝控制流程见图1。

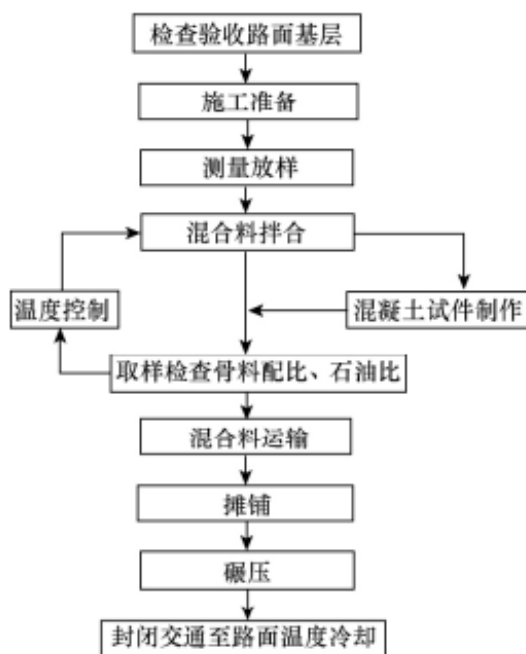


图1 道路桥梁混凝土裂缝控制流程

(二) 配合比设计优化

在道路桥梁工程的混凝土施工中，水灰比、水泥用量以及砂率的合理控制与选择对混凝土性能起着决定性作用。水灰比作为影响混凝土性能的关键因素，直接关系到混凝土的强度、耐久性和工作性。在确保混凝土工作性的基础上，应尽可能降低水灰比。通过大量试验来确定合理的水灰比，使混凝土具备良好的流动性、可塑性和保水性，同时满足强度与耐久性要求。通常，道路桥梁工程里混凝土的水灰比不宜超过0.55，这一数值是经过长期实践和研究得出的经验范围，在此范围内，混凝土的各项性能能够达到最佳平衡，既保证施工过程顺利，又能满足结构长期使用的需求。水泥用量需依据混凝土的设计强度等级和耐久性要求来合理确定。在满足强度标准的情况下，着力减少水泥用量具有多重意义。一方面，可降低混凝土的水化热，减少因水化热引起的温度裂缝；另一方面，能减小混凝土的收缩变形。通过掺加适量的粉煤灰、矿粉等矿物掺合料部分替代水泥，

不仅能有效改善混凝土的性能，如提高混凝土的后期强度、增强抗渗性和抗侵蚀性等，还能在节约成本的同时提升混凝土质量，实现经济效益和工程质量的双赢。砂率对混凝土工作性和性能同样影响重大。恰当选择砂率能使混凝土中的骨料形成良好级配，增强混凝土的密实性与工作性。

(三) 施工过程控制

在混凝土搅拌过程中，严格按照配合比进行配料是确保混凝土质量的首要步骤。各种原材料的用量必须准确无误，哪怕微小的偏差都可能对混凝土性能产生显著影响。搅拌时间应满足规范要求，足够的搅拌时间能使水泥充分水化，骨料与水泥浆均匀混合，保证混凝土的工作性和质量。只有搅拌均匀的混凝土，才能在后续施工中表现出良好的性能，避免出现强度不均等问题。在混凝土运输过程中，防止混凝土离析和水分蒸发至关重要。对于长距离运输或高温天气运输，采用搅拌车运输并保持搅拌筒的低速转动是有效的措施。搅拌筒的低速

转动能使混凝土在运输过程中持续处于均匀混合状态，减少离析现象。为防止水分蒸发，可对搅拌车采取适当的覆盖措施，确保混凝土的坍落度和工作性满足施工要求。混凝土浇筑应分层进行，每层厚度不宜过大，这是保证混凝土振捣质量的关键。分层浇筑能使振捣设备更好地作用于混凝土，确保混凝土内部密实。在浇筑过程中，要特别注意避免混凝土出现离析现象，当自由倾落高度过大时，应设置串筒或溜槽，使混凝土缓慢下落，保持其均匀性。混凝土振捣要密实，采用合适的振捣设备和振捣方法是确保混凝土内部不存在蜂窝、麻面等缺陷的关键。振捣时间不宜过长或过短，过长会导致混凝土出现泌水、离析现象，使混凝土表面强度降低；过短则混凝土振捣不密实，存在内部缺陷，影响结构强度和耐久性。钢筋的加工、制作和安装应符合设计和规范要求。钢筋的品种、规格、数量和间距等必须准确无误，确保钢筋在混凝土结构中能够发挥有效的受力作用。在钢筋安装过程中，要注意钢筋的保护层厚度，保护层厚度不足会使钢筋直接暴露在外界环境中，容易发生锈蚀，铁锈体积膨胀会导致混凝土开裂，进而影响结构的安全性和耐久性。

(四) 混凝土养护

混凝土浇筑完成后，及时进行保湿养护是至关重要的环节，它直接关系到混凝土的强度增长和耐久性。混凝土在硬化过程中需要充足的水分参与水化反应，若表面水分蒸发过快，会导致混凝土表面干缩，产生裂缝。采用覆盖塑料薄膜、土工布等方式进行保湿，能有效阻止水分蒸发，保持混凝土表面湿润，为混凝土的水化反应提供良好的环境。保湿养护时间应根据混凝土的类型和环境条件确定。一般普通硅酸盐水泥拌制的混凝土保湿养护时间不少于7天，这是因为在这段时间内，水泥的水化反应较为活跃，需要持续的水分供应来保证强度的正常增长。对于大体积混凝土或有抗渗要求的混凝土，保湿养护时间不少于14天。大体积混凝土由于体积较大，内部水化热释放缓慢，较长时间的保湿养护有助于降低内部温度应力，减少裂缝产生的可能性；有抗渗要求的混凝土则需要更充分的水化反应来形成致密的结构，提高抗渗性能。对于大体积混凝土，还需要进行温控养护，严格控制混凝土内部与表面的温差。在混凝土内部埋设温度传感器，能够实时监测混凝土内部温度变化，为采取相应的降温措施提供准确依据。采取在混凝土表面覆盖保温材料、在混凝土内部通冷却水等方法，使混凝土内部与表面温差控制在一定范围内（一般不宜超过25℃）。温差过大容易产生温度应力，当温度应力超过混凝土的抗拉强度时，就会引发裂缝。通过有效的温控养护措施，能确保大体积混凝土结构的稳定性和可靠性。

(五) 裂缝处理技术

对于宽度较小（一般小于0.2mm）且对结构承载力影响较小的裂缝，可采用表面修补法。这类裂缝虽然对结构整体强度影响不大，但如果不加以处理，水分和

有害介质可能会顺着裂缝侵入混凝土内部，加速钢筋锈蚀，进而影响结构的耐久性。常用的方法有涂抹水泥砂浆、环氧胶泥等。首先要将裂缝表面清理干净，去除灰尘、油污等杂质，保证修补材料与混凝土表面能够紧密结合。然后均匀涂抹修补材料，使其填充裂缝，形成一道防护屏障，阻止水分和有害介质的侵入，延长混凝土结构的使用寿命。对于宽度较大（一般大于0.2mm）的裂缝，压力灌浆法是较为有效的处理方式。裂缝宽度较大意味着内部空间较大，单纯的表面修补无法从根本上解决问题。将灌浆材料通过压力注入裂缝内部，能够填充整个裂缝空间，使裂缝部位重新形成一个整体，提高裂缝部位混凝土的强度和耐久性。在灌浆前，对裂缝进行细致处理是必不可少的步骤，清理裂缝中的杂物，确保灌浆材料能够顺利进入；粘贴灌浆嘴，为灌浆提供通道，保证灌浆过程的顺利进行，从而达到良好的灌浆效果。对于影响结构承载能力的严重裂缝，必须采用结构加固法进行处理。这些裂缝已经对结构的安全性构成威胁，需要采取有效措施提高结构的承载能力和刚度。常用的加固方法有粘贴碳纤维布、粘贴钢板、增设支撑等。粘贴碳纤维布利用碳纤维材料高强度、轻质的特点，增强结构的抗拉性能；粘贴钢板则通过增加结构的受力面积和刚度来提高承载能力；增设支撑能够改变结构的受力体系，分担结构所承受的荷载。这些方法可以根据具体情况单独或联合使用，保证结构的安全可靠。

结语

道路桥梁工程中混凝土裂缝问题是一个复杂的课题，涉及原材料、配合比设计、施工过程、养护等多个方面。通过对混凝土裂缝的类型及成因进行深入分析，并采取针对性的防治技术，如合理选择原材料、优化配合比设计、加强施工过程控制、做好混凝土养护以及及时有效的裂缝处理等，可以有效减少混凝土裂缝的产生，提高道路桥梁工程的质量和耐久性。

参考文献

- [1] 丁川洋. 浅析道路桥梁工程中混凝土施工技术及其裂缝防治措施 [J]. 价值工程, 2024, 43(30): 141-144.
- [2] 杜乐琪. 探究道路桥梁工程中混凝土裂缝防治技术 [J]. 四川建材, 2024, 50(01): 112-114.
- [3] 王涛. 道路桥梁工程中的混凝土施工及裂缝控制技术 [J]. 工程技术研究, 2022, 7(08): 79-81.
- [4] 金智军. 混凝土裂缝防治技术在道路桥梁施工中的运用 [J]. 石油化工建设, 2021, 43(06): 138-140.
- [5] 毛金锐. 路桥施工中裂缝防治技术措施探讨 [J]. 人民交通, 2019, (10): 65+67.
- [6] 张亚宾. 交通工程施工中混凝土裂缝防治技术分析 [J]. 科技创新导报, 2018, 15(06): 178+180.
- [7] 尹强. 道路桥梁工程施工中混凝土的裂缝成因及防治对策 [J]. 住宅与房地产, 2017, (35): 204.
- [8] 成治国. 道路桥梁工程施工中的混凝土裂缝成因与防治措施 [J]. 交通世界, 2017, (11): 118-119.