

# 混凝土在输水隧洞衬砌缺陷修复中的应用研究

陈拜平<sup>1</sup> 孙国强<sup>2</sup>

1.中国水利水电第三工程局有限公司; 2.内蒙古引绰济辽供水有限责任公司

DOI:10.12238/jpm.v4i10.6323

**[摘要]** 本文旨在探讨混凝土在输水隧洞衬砌缺陷修复中的应用,以提高输水隧洞的结构完整性和可靠性。研究采用环氧树脂灌浆材料、丙乳砂浆以及水溶性聚氨酯灌浆材料等先进修复技术,通过详细的施工流程和技术要点,针对不同类型的裂缝和渗水问题进行处理。施工进度计划和资源配置确保了工程的高效完成。安全保证措施和文明施工环保措施的实施提高了施工过程的安全性和环保性。质量保证措施确保了修复工作的质量可控。研究结果表明,本方法具有较高的修复效果和可行性为输水隧洞维护提供了有力支持。

**[关键词]** 输水隧洞、混凝土缺陷修复、环氧树脂灌浆、丙乳砂浆

## Research on the Application of Concrete in Repairing Lining Defects of Water Conveyance Tunnel

**[Abstract]** This article aims to explore the application of concrete in the repair of lining defects in water tunnels, in order to improve the structural integrity and reliability of water tunnels. The research adopts advanced repair technologies such as epoxy resin grouting materials, acrylic emulsion mortar, and water-soluble polyurethane grouting materials. Through detailed construction processes and technical points, different types of cracks and water seepage problems are addressed. The construction schedule and resource allocation ensure the efficient completion of the project. The implementation of safety assurance measures and civilized construction environmental protection measures has improved the safety and environmental protection of the construction process. Quality assurance measures ensure that the quality of repair work is controllable. The research results indicate that this method has high repair effectiveness and feasibility, providing strong support for the maintenance of water conveyance tunnels.

**[Key words]** water conveyance tunnel, concrete defect repair, epoxy resin grouting, acrylic emulsion mortar

输水隧洞作为水利工程的重要组成部分,承担着输水任务其结构安全和稳定性对于水资源的输送至关重要。根据统计数据,我国拥有大量的输水隧洞,其中很多已经投入使用多年,衬砌结构出现了各种不同程度的缺陷。约有20%的输水隧洞存在不同程度的裂缝问题,其中大于0.1mm的裂缝占到了15%以上。同时,渗水问题也普遍存在,多达200%的输水隧洞发生渗水现象,严重影响了输水隧洞的正常运行和寿命,也带来了巨大的维修和维护成本。因此,如何有效地修复输水隧洞的缺陷,提高其结构的稳定性和安全性,已成为水利工程领域的一个紧迫问题。

### 一、施工技术及材料选型

#### 1.1 环氧树脂灌浆材料

环氧树脂灌浆材料在输水隧洞裂缝和渗水缺陷修复中发挥着关键作用。这种双组分材料具有粘度低、渗透性好、强度

高、操作简便等显著特点,为混凝土结构的修复提供了可靠的解决方案。经过固化后环氧树脂灌浆材料表现出出色的力学性能,抗拉强度和抗折强度分别提高了15%和20%,极限引伸率增加了1-2倍。这种优越的力学性能为修复后的结构提供了更高的稳定性和可靠性。环氧树脂灌浆材料还具有良好的潮湿面亲水性和浸润性,使其能够有效地渗透到混凝土结构中的微细裂缝和渗水缺陷中。其高弹性模量使其在灌注后粘结面处能够有效地传递应力,提高了结构的整体稳定性。而材料本身的粘度较低,接触角小,即使对0.1mm的细缝也能够有效地灌入。环氧树脂灌浆材料具有可操作时间长特点,施工人员可以根据需要调整灌注时间而不会影响性能。

#### 1.2 丙乳砂浆

丙乳砂浆是一种广泛用于混凝土结构修复的材料,它表现出了卓越的粘结性能、防渗性能、抗腐蚀性能以及力学性能。

根据数据和实验结果，丙乳砂浆在各项性能指标上都表现出色。丙乳砂浆被证明是一种无毒、无害、环保的材料，不对环境造成污染。其施工简便可手工涂抹或机械喷涂，因此操作方便，适用性广泛。在粘结性能方面，丙乳砂浆表现出优异的新旧混凝土粘结和修复性能。它能够有效地粘接到混凝土表面提供可靠的修复。丙乳砂浆还具有卓越的抗渗能力，比普通水泥砂浆的抗水渗透性提高了2倍以上，2天吸水率降低了5倍，因此在防水修复方面表现出色。

### 1.3 水溶性聚氨酯灌浆材料

水溶性聚氨酯灌浆材料是一种用于混凝土结构修复的材料，它表现出出色的性能特点，水溶性聚氨酯灌浆材料具有良好的渗透性，能够有效地渗透到混凝土结构的微细裂缝中。其渗透深度可达到2-5毫米，使其能够在裂缝和孔隙中提供均匀的填充。这种材料在固化后表现出卓越的力学性能，水溶性聚氨酯灌浆材料的抗压强度可达到20-25MPa，抗折强度可达到5-8MPa，这些性能优势使其能够有效地加固和修复混凝土结构。水溶性聚氨酯灌浆材料还具有出色的耐久性，能够抵抗化学腐蚀和紫外线辐射。它可以耐受盐酸、硫酸、氢氧化钠等腐蚀介质的侵蚀而不受到明显的影响。

## 二、施工流程与技术要点

### 2.1 大于0.2mm 裂缝处理

针对大于0.2mm的裂缝处理是混凝土输水隧洞衬砌缺陷修复中的重要环节。这些裂缝可能会对结构的整体稳定性和密封性造成严重影响，因此需要采取有效的处理措施。在处理大于0.2mm的裂缝时需要对裂缝进行充分的清理和准备工作，确保裂缝表面干净、无尘、无杂物。然后，可以使用合适的灌浆材料，如环氧树脂、丙乳砂浆或水溶性聚氨酯，将其注入裂缝中。这些材料具有出色的渗透性和粘结性能，能够充分填充裂缝形成坚固的修复层。针对大于0.2mm的裂缝，还可以采用增强措施，如植筋或粘贴碳纤维布等，以增加修复层的抗拉强度和抗裂性能提高结构的整体稳定性。

### 2.2 小于0.2mm 裂缝处理

对于小于0.2mm的裂缝处理，虽然它们在混凝土结构中可能相对较小，但同样需要特殊关注和适当的修复措施。这些微细裂缝可能会在长期使用和受力过程中扩展，因此需要及时处理以防止进一步损害。针对小于0.2mm的裂缝需要进行裂缝的检查和清理工作，以确保裂缝周围的表面干净。可以采用丙乳砂浆或水溶性聚氨酯灌浆材料进行修复。这些材料具有较低的粘度和优异的浸润性，可以渗透到微细裂缝中，填充它们形成防水屏障。针对小于0.2mm的裂缝也可以考虑进行表面封闭工作，使用丙乳基液或丙乳砂浆进行刮涂，以增加表面的防水性能防止水分渗透。

### 2.3 施工缝渗水处理

施工缝渗水处理是混凝土结构维护和防水工程中的一个重要环节，主要针对零星点状渗漏问题以及与蜂窝、麻面相关的渗漏情况。这些渗漏问题通常会影响到混凝土结构的防水性能

和耐久性，因此需要及时有效地处理。在施工缝渗水处理中需要进行渗水点的检查和标记，以明确渗漏位置。在处理施工缝部位的蜂窝、麻面后，可以进行钻孔和安装灌浆塞的工作。钻孔通常采用14mm的孔径，孔深20~30cm，以确保足够的深度渗透到混凝土结构内部。随后，使用适当的灌浆材料进行注浆工作，一般使用略高于渗漏压力的灌浆压力以确保充分渗透到渗漏点并堵塞渗漏。对于蜂窝、麻面等渗漏，可以使用速凝材料进行封堵然后继续进行灌浆。

## 三、施工进度计划与资源配置

### 3.1 施工进度计划

施工进度计划对于混凝土在输水隧洞衬砌缺陷修复工程至关重要。计划的合理性和准确性直接影响到工程的顺利进行和按时完成。根据前期普查的缺陷量，制定了详细的施工进度计划，分别针对不同的隧洞和缺陷进行了分段施工的安排。

计划的时间节点和任务分配充分考虑了工程的复杂性和施工的技术要求，确保了施工过程的有序进行。计划中还对各隧洞和缺陷的处理顺序进行了合理安排，考虑了工程的紧急性和重要性，确保了优先处理需要优先修复的问题。这种有序的施工进度计划为工程的成功完成提供了有力的保障，同时也有助于资源的合理配置和工程进展的监督和控制在。

### 3.2 资源配置

资源配置在混凝土在输水隧洞衬砌缺陷修复工程中具有关键性的作用。为了确保工程的顺利进行和高质量的完成，必须合理分配各种资源，包括人力、物资、设备和技术支持。施工人员的配置至关重要。在本工程中采用了经验丰富的管理和技术人员，他们曾参与过类似项目的施工，具有丰富的管理和施工经验，可以有效应对各种复杂情况和问题。还需合理安排工人的队伍，确保施工过程中有足够的劳动力以按计划完成各项任务。物资和设备的供应也是资源配置的关键方面。需要确保所需的化学材料、灌浆设备、工具等物资充足，并在需要的时候及时供应。对施工设备的运行和维护也需要合理的安排，以保证其正常运转不影响工程进度。

## 四、安全保证措施与文明施工环保措施

### 4.1 安全保证措施

为了确保混凝土在输水隧洞衬砌缺陷修复工程的安全进行，采取了一系列重要的安全保证措施。施工人员在作业前接受安全教育和考核，只有合格后才能上岗作业。其次，在进入施工区域之前，对隧洞和箱涵内的空气进行检测，确保安全条件。同时，施工人员必须佩戴必要的个人防护装备，包括防护眼镜、安全手套、安全帽、工作服、绝缘鞋和绝缘手套。对于高空作业，施工人员必须佩戴安全帽、安全带和防滑鞋，并确保有适当的防护设施，如安全防护栏和安全网，以防止掉落和其他危险。所有施工机具和材料也必须有保护措施避免对下方造成伤害。在注浆施工中，必须严格按照注浆机的操作规程进行操作，以防止发生意外事故，如注浆管脱扣或涨爆。注浆施工过程中，操作人员必须佩戴防护面具，特别是要保护眼睛等

易受伤的部位严禁将注浆口对准工作人员。

#### 4.2 文明施工环保措施

为了促进混凝土在输水隧洞衬砌缺陷修复工程的文明施工和环保实践,采取了一系列措施。实行全过程、全员、全方位的文明施工管理,确保工作面或责任区域的清洁文明。废水、废液等垃圾被清理到指定的区域,不随意排放,以减少环境污染。施工材料堆放整齐有序,管路、电缆线等设施沿墙壁整齐铺设,以确保工作区域的安全和整洁。一旦生产施工结束,所有生产垃圾都必须清除,工作面保持平整和清洁,符合“工完、料净、场清”的原则。同时,还对材料的购进和质量检验工作进行了严格监督,只有合格的材料才能用于施工。质检员对每道工序进行检查确保质量符合要求。

### 五、结论

综上所述,混凝土在输水隧洞衬砌缺陷修复中的应用研究表明,环氧树脂灌浆材料、丙乳砂浆以及水溶性聚氨酯灌浆材料等先进修复材料在不同类型的裂缝和缺陷处理中发挥了重要作用。合理的施工进度计划和资源配置能够有效提高施工效率,而严格的安全保证和文明施工环保措施则确保了工程的安

全和环保。这些研究结果为今后类似工程提供了有益的经验 and 参考,有助于改善工程施工质量,推动工程建设领域的可持续发展。混凝土结构的缺陷修复工作对于维护工程的长期稳定性和延长使用寿命至关重要,因此对于相关材料和施工技术的研究和应用具有重要的实际意义。

#### [参考文献]

- [1]涂婷婷,高夫杰,赵飞.复杂交互软岩输水隧洞衬砌防渗漏施工技术研究[J].中国水运,2021,(11):143-145.DOI:10.13646/j.
- [2]曾思远,曹生荣,邓飞等.输水隧洞管养巡检智能 AR 平台构建与技术实现[J].水电与新能源,2021,35(07):1-4+13.DOI:10.13622/j.
- [3]齐坤.输水隧洞衬砌拱顶空洞缺陷动力响应数值研究[J].水利科学与寒区工程,2021,4(01):150-152.
- [4]徐忠涛.系统锚杆被动约束加固输水隧洞缺陷衬砌研究[J].东北水利水电,2020,38(06):18-20.DOI:10.14124/j.
- [5]孜木耐提·尔肯.输水隧洞衬砌减薄范围的结构安全性影响数值模拟研究[J].水利技术监督,2020,(03):9-12.