

穿堤涵闸的渗透变形破坏及加固措施

王 婧

河北省水利水电勘测设计研究院集团有限公司 天津 300221

摘要：穿堤涵闸是水利工程中的关键结构，面临渗透变形破坏的严重威胁。渗透变形破坏主要由水流渗透引起，导致土壤颗粒流失、结构失稳。为应对此问题，需采取有效加固措施，如增设防渗帷幕、注浆加固、排水设施等，以减小渗透压力，提高结构稳定性。同时，结合新型材料和智能监测技术，实现精准加固和实时预警，确保穿堤涵闸的安全运行。

关键词：穿堤涵闸；渗透变形；产生原因；加固技术

1 穿堤涵闸在水利工程中的作用

穿堤涵闸在水利工程中扮演着至关重要的角色，它们不仅是水系连接的纽带，更是水资源调控的关键设施。穿堤涵闸是连接不同水系、河道的重要通道，在水流需要跨越堤防、坝体等障碍物时，穿堤涵闸能够提供稳定的通道，确保水流的顺畅流动，从而维护水系的连通性，防止因水流受阻而导致的洪涝灾害。穿堤涵闸在水资源调控方面发挥着重要作用，通过控制闸门的开启和关闭，可以实现对水位的精确调节，进而控制水流的速度和流量。这不仅能够满足农业灌溉、城市供水等用水需求，还能在汛期及时排放多余的洪水，减轻防洪压力，确保水利工程的安全运行。穿堤涵闸还具有一定的生态功能，它们能够为水生生物提供栖息地和迁徙通道，维护水生态系统的多样性。合理的闸门调控还能改善水质，提高水环境的承载能力。

2 渗透变形破坏对穿堤涵闸结构安全的影响

渗透变形破坏对穿堤涵闸的结构安全构成了不容忽视的影响。穿堤涵闸作为水利工程中的关键设施，其结构安全直接关系到整个水利系统的稳定运行和防洪安全。渗透变形破坏通常指的是由于水流的渗透作用，土壤中的颗粒发生移动，导致土壤结构发生改变，从而引发的一系列地质变形现象。在穿堤涵闸的周边区域，如果地基土壤受到渗透水流的长期冲刷和侵蚀，就容易出现渗透变形破坏。一旦渗透变形破坏发生，先会对穿堤涵闸的地基稳定性产生严重影响，地基土壤的流失和空洞的形成，将直接降低地基的承载能力，使涵闸的基础失去支撑。这种情况下，涵闸可能会发生不均匀沉降，甚至引发整体结构的倾斜或坍塌，严重威胁到穿堤涵闸的结构安全^[1]。渗透变形破坏还会对穿堤涵闸的防渗体系造成破坏，防渗体系是穿堤涵闸的重要组成部分，其作用是防止水流渗透进入涵闸内部，从而确保涵闸的正常

运行。渗透变形破坏会导致防渗体系出现裂缝或漏洞，使得水流能够轻易地渗透进入涵闸内部，造成内部结构的腐蚀和损坏。这不仅会降低涵闸的使用寿命，还可能引发严重的安全事故。

3 穿堤涵闸渗透变形破坏分析

3.1 土体渗透引起的周围土体变形

在穿堤涵闸的周边，土体的渗透是一个复杂而关键的过程。当水流通过土壤时，其携带的动能和势能会导致土壤颗粒的重新排列和移动。这种现象在细粒土壤中尤为明显，因为细粒土壤中的颗粒更易于被水流搬运。随着时间的推移，这种渗透作用会导致土壤结构的改变，进而引发周围土体的变形。当渗透水流通过土壤时，它会在土壤中形成一定的压力梯度。这种压力梯度会推动土壤颗粒沿水流方向移动，形成渗透通道。这些通道的形成会加剧水流的渗透作用，形成一个恶性循环。随着渗透通道的不断扩展和加深，周围的土壤结构会逐渐变得松散，失去原有的稳定性。渗透作用还会导致土壤中的水分含量发生变化。当水分含量增加时，土壤的体积会膨胀；而当水分含量减少时，土壤的体积会收缩。这种体积的变化也会导致周围土体的变形。在穿堤涵闸的周边，由于水流的频繁变化和渗透作用的影响，土壤的体积变化尤为明显，从而加剧了周围土体的变形。

3.2 水位变化导致的水压及土体渗透

水位的变化对穿堤涵闸的周边土体渗透有着直接的影响。当水位上升时，水压会随之增加，从而推动水流更深入地渗透到土壤中。这种深入渗透会加剧土壤颗粒的搬运和重新排列，进一步破坏土壤结构。水位上升还会增加土壤中的水分含量，导致土壤体积膨胀和变形。相反，当水位下降时，水压会减小，水流对土壤的渗透作用也会减弱。这种减弱并不是绝对的。因为在水位下

降的过程中，土壤中的水分会逐渐排出，导致土壤体积收缩和变形。这种变形可能与水位上升时的变形方向相反，从而在土壤中产生复杂的应力分布。水位的变化还会导致土壤中的渗流场发生变化，渗流场是土壤中水流运动的动态表现，它受到水位、土壤性质、地形等多种因素的影响。当水位发生变化时，渗流场也会随之改变，从而影响土壤的渗透性和稳定性。

3.3 变形破坏的危害

穿堤涵闸周边土体的变形破坏对水利工程的安全运行和防洪能力构成了严重威胁。变形破坏会导致涵闸的基础失去支撑，使其发生不均匀沉降或倾斜。这种不均匀沉降或倾斜会严重影响涵闸的正常运行，甚至导致涵闸的坍塌和失效。变形破坏还会破坏涵闸的防渗体系^[2]。防渗体系是穿堤涵闸的重要组成部分，其作用是防止水流渗透进入涵闸内部。当周围土体发生变形破坏时，防渗体系会受到影响，出现裂缝或漏洞。这些裂缝或漏洞会允许水流渗透进入涵闸内部，导致内部结构的腐蚀和损坏。变形破坏还会对周边环境产生负面影响。

3.4 结构稳定性下降

穿堤涵闸的结构稳定性是其安全运行的基础。当周围土体发生变形破坏时，涵闸的结构稳定性会受到严重影响。变形破坏会导致涵闸的基础失稳，使其承载能力下降。变形破坏还会破坏涵闸的结构体系，导致结构构件的变形和失效。在结构稳定性下降的情况下，涵闸的抗震、抗风等能力也会降低。一旦遭遇自然灾害或人为破坏等外部因素的作用，涵闸很可能会发生严重的安全事故。这不仅会威胁到人们的生命财产安全，还会对水利工程造成巨大的经济损失和社会影响。为了保障穿堤涵闸的结构稳定性，必须采取有效的措施来预防和治理周边土体的变形破坏。这包括加强地质勘探和评估、优化设计方案、加强施工质量控制、加强监测和巡查等方面的工作。

4 穿堤涵闸加固措施

4.1 渗透控制技术

穿堤涵闸作为水利工程中的关键设施，其稳定性和安全性至关重要。针对渗透变形破坏的问题，采取有效的加固措施及渗透控制技术是确保穿堤涵闸长期稳定运行的关键。在加固措施方面，需要对穿堤涵闸的基础进行加固，这包括增加基础深度、扩大基础面积或采用更为坚实的材料来增强基础的承载能力。对于已经出现变形的部分，需要进行局部加固，如增设支撑结构、加固墙体等，以恢复其稳定性。针对渗透控制技术，首先需要

对渗流场进行准确的监测和分析，了解渗流场的变化规律和特点。在此基础上，可以采取一系列渗透控制措施，如设置防渗帷幕、注浆加固、安装排水设施等。防渗帷幕能够有效阻止水流渗透进入涵闸内部，保障涵闸的结构安全；注浆加固则能够填充土壤中的空洞和裂缝，提高土壤的密实度和承载能力；排水设施则能够及时排出多余的水分，降低土壤中的水分含量，减少渗透变形破坏的发生。还可以采用一些先进的渗透控制技术，如电化学加固技术、生物加固技术等。电化学加固技术通过电流作用使土壤中的颗粒重新排列，形成致密的土壤结构；生物加固技术则利用微生物的代谢作用来加固土壤，提高土壤的强度和稳定性^[3]。

4.2 降低水位以减小水压

穿堤涵闸作为水利工程的重要组成部分，其结构稳定性和安全性对于整个水利系统的运行至关重要。降低水位以减小水压的方法主要包括两个方面：（1）是通过调整上游水库或水闸的放水流量，控制进入穿堤涵闸的水量，从而降低涵闸内部及周边的水位；（2）是加强排水系统的建设和管理，确保涵闸周边积水能够及时排出，避免水位上升对结构造成过大压力。通过降低水位，可以显著减小涵闸内外两侧的水压差，降低水流对土壤和结构的渗透压力。这不仅有助于减轻土壤颗粒的搬运和流失，维护土壤结构的稳定性，还能降低水流对涵闸结构的冲刷和侵蚀作用，延长涵闸的使用寿命。在实施降低水位措施时，需要综合考虑水利系统的整体调度和运行需求，确保在保障穿堤涵闸安全的同时，不影响其他水利设施的正常运行。同时还需要加强监测和巡查工作，及时发现和处理可能出现的问题，确保降低水位措施的有效性和安全性。

4.3 结构加固技术

穿堤涵闸的结构加固技术是针对其因长期运行、自然侵蚀或设计缺陷等原因导致的结构弱化而采取的一系列技术措施。在结构加固技术方面，首先需要对涵闸进行全面的检测和评估，识别出存在的结构弱点和潜在的安全隐患。根据评估结果，可以采用几种结构加固技术：增强结构材料：对于已经发生劣化的混凝土或钢筋结构，可以通过增加新的混凝土层、钢板或碳纤维复合材料等方式进行加固。这些新材料能够有效提升结构的强度和刚度，增强其抵抗外部荷载的能力。加固结构体系：对于整体结构稳定性不足的情况，可以采用增设支撑、加强梁板结构、设置抗震支撑等方式进行加固。这些措施能够提升结构的整体稳定性和抗震能力，减少因地震等自然灾害导致的结构破坏。改善基础条件：针对基础承载力不足或地基不稳定的问题，可以采用注浆加

固、扩大基础面积、增设桩基等方式进行加固。这些措施能够提升基础的承载能力和稳定性，为涵闸提供更为坚实的支撑。增设防护措施：在涵闸的外部增设防护结构，如挡土墙、护坡等，能够有效防止水流冲刷、土壤侵蚀等外部因素对涵闸结构的破坏。这些防护措施能够减轻涵闸结构的负担，延长其使用寿命。

4.4 沉降及位移监测技术

穿堤涵闸是水利工程中的关键设施，其结构稳定性和安全性至关重要。为了确保涵闸在长期使用中的安全可靠，沉降及位移监测技术成为了加固措施中不可或缺的一环。沉降及位移监测技术主要用于实时监测穿堤涵闸的变形情况，以便及时发现潜在的安全隐患。在涵闸的关键位置布置沉降和位移监测点，利用高精度的监测仪器和设备，如水准仪、全站仪等，对涵闸的沉降和位移进行持续、准确的观测。通过沉降监测，可以了解涵闸在不同时间段内的沉降量及其变化趋势，从而评估涵闸基础的稳定性。一旦发现沉降量异常或超过预设的警戒值，可立即采取相应的加固措施，如增设支撑结构、加固地基等，以减缓沉降速度并防止进一步的结构损坏。位移监测则关注涵闸在水平方向上的移动情况。通过实时监测涵闸的位移数据，可以及时发现结构的变形和位移，从而判断结构的稳定性和安全性。若位移量超过警戒值，可立即采取措施进行加固或调整，以确保涵闸的正常运行和防洪能力。

5 穿堤涵闸加固技术应用展望

5.1 新型材料及技术对加固措施的影响

随着科技的不断进步，新型材料和技术不断涌现，为穿堤涵闸加固措施带来了革命性的变化。新型材料如高性能混凝土、碳纤维复合材料等，以其优异的力学性能和耐久性，为涵闸的加固提供了更为可靠的材料选择。这些新型材料不仅能够提高涵闸结构的承载能力和稳定性，还能有效延长涵闸的使用寿命。随着施工技术的不断创新，如无损检测技术、微创加固技术等，也为穿堤涵闸加固带来了新的解决方案^[4]。无损检测技术可以在不破坏涵闸结构的前提下，对结构内部的缺陷进行精准检测，为加固措施的制定提供科学依据。而微创加固技术则通过局部加固的方式，最大限度地减少对涵闸结构的破坏，提高加固效率和质量。展望未来，新型材料

和技术在穿堤涵闸加固领域的应用将更加广泛。随着技术的不断进步和成本的降低，这些新型材料和技术将逐渐普及，为涵闸的加固提供更加可靠、高效、经济的解决方案。

5.2 智能监测系统与实时预警技术的发展趋势

智能监测系统和实时预警技术是穿堤涵闸加固技术的重要组成部分。随着物联网、大数据、云计算等技术的不断发展，智能监测系统和实时预警技术也在不断进步和完善。智能监测系统通过集成多种传感器和监测设备，能够实时监测涵闸的沉降、位移、裂缝等变形情况，并将数据实时传输至数据中心进行分析处理。这种实时监测的方式能够及时发现涵闸的变形和异常情况，为加固措施的制定提供及时、准确的数据支持。实时预警技术能够在监测数据出现异常时，及时发出预警信号，提醒管理人员采取相应的措施。这种预警方式能够有效避免潜在的安全隐患，确保涵闸的安全稳定运行。展望未来，智能监测系统和实时预警技术将更加智能化、自动化、网络化。随着技术的不断进步和应用场景的不断拓展，这些技术将能够更好地满足穿堤涵闸加固的需求，为涵闸的安全稳定运行提供更加坚实的保障。

结束语

穿堤涵闸的渗透变形破坏不容忽视，通过科学的加固措施和先进的技术手段，我们能够有效防范和应对这一挑战。展望未来，随着科技的不断进步，有理由相信，穿堤涵闸的加固技术将更加成熟和完善，为水利工程的安全稳定运行提供更加坚实的保障。让我们携手共进，为水利事业的发展贡献力量。

参考文献

- [1]贾振中.刘玮.陈婷.穿堤建筑物工程施工对长江荆江大堤的防洪影响[J].水电与新能源.2021.35(12):57-60+78.
- [2]王承敏.穿堤建筑物现状及防洪安全存在的隐患分析[J].安徽水利水电职业技术学院学报.2016.16(02):35-36+64.
- [3]缪秋生.海堤加固中穿堤建筑物的施工技术应用[J].水利技术监督.2016.24(02):92-94.
- [4]刘顺萍.张健梁.李浩瑾.袁素梅.穿堤涵闸拆除重建典型设计[J].水利水电工程设计.2015.34(04):6-8.