

浅议穿堤涵洞渗透破坏及其防治

何光飞 喻成豪

江苏省水利建设工程有限公司 江苏 扬州 225000

摘要：穿堤涵洞作为水利工程中的重要组成部分，其渗透破坏问题不容忽视。本文深入探讨了穿堤涵洞渗透破坏的类型，包括管涌、流土、接触冲刷和接触流土等，并分析了渗透破坏的成因，如设计不合理、施工质量问题以及运行管理不善等。文章进一步提出了防治措施，包括优化设计、加强施工质量控制和强化运行管理等，以确保穿堤涵洞的稳定性和安全性。通过本文的研究，旨在为穿堤涵洞的防渗设计和维护管理提供理论参考和实践指导。

关键词：穿堤涵洞；渗透破坏；防治措施

引言

穿堤涵洞作为水利工程中连接水系、调节水流的重要通道，其安全性和稳定性直接关系到水利工程的安全运行和效益发挥。然而在实际工程中，穿堤涵洞常因各种因素发生渗透破坏，严重影响涵洞的正常运行和堤防的安全。因此对穿堤涵洞渗透破坏问题进行研究，提出有效的防治措施，具有重要的理论意义和实际价值。本文将从穿堤涵洞渗透破坏的类型、成因及防治措施等方面进行深入探讨。

1 穿堤涵洞渗透破坏的类型

1.1 管涌

管涌是穿堤涵洞渗透破坏中较为常见的一种类型。当渗流在堤身或地基土中形成管状通道，使土颗粒随水流逐渐流失，就会发生管涌现象^[1]。管涌通常发生在渗透水流的出口处，如涵洞的进出口、涵身与堤身的结合部位等。在这些部位，土体的抗渗能力相对较弱，当渗流力超过土体的临界抗渗强度时，土颗粒开始被水流带走，随着时间的推移，管涌通道逐渐扩大，严重时可能导致堤身塌陷、涵洞垮塌。

1.2 流土

流土是指在渗流作用下，土体表面的颗粒群同时被水流掀起的现象。与管涌不同，流土发生时，土体不是单个颗粒的流失，而是一定范围内的土体整体被水流带出。流土一般发生在黏性土或粉土中，当渗流力大于土体的浮重度时，土体就会处于流土破坏状态。在穿堤涵洞周围，尤其是在涵身底部和进出口附近的土体中，如果存在软弱土层，在高水头作用下，就容易发生流土破坏，导致涵身周围土体松动，影响涵洞的稳定性。

1.3 接触冲刷

接触冲刷是由于渗流沿着两种不同土层的接触面流动，带走细颗粒土体而造成的破坏。穿堤涵洞与堤身土

体之间、不同土层之间的接触面是接触冲刷的易发部位。当涵身与堤身结合不紧密，存在缝隙或空洞时，渗流会在这些部位集中，冲刷带走土体颗粒，使缝隙或空洞不断扩大，进而影响涵洞与堤身的整体性和稳定性。接触冲刷还可能导致涵身基础淘空，引发涵身沉降、倾斜等问题。

1.4 接触流土

接触流土是接触冲刷的一种特殊形式，它是指在渗流作用下，沿着两种不同土层的接触面，土体发生整体流动的现象。接触流土通常发生在黏性土与无黏性土的接触面处，当渗流力足够大时，黏性土与无黏性土的接触面发生滑动，土体整体被水流带走。在穿堤涵洞工程中，当涵身与堤身采用不同类型的填土，且接触面处理不当，在高水头渗流作用下，就容易发生接触流土破坏，严重威胁涵洞和堤防的安全。

2 穿堤涵洞渗透破坏的成因

2.1 设计不合理

在穿堤涵洞的设计过程中，如果对涵洞内的水流速度、流量、水头损失等水力参数计算不准确，可能导致涵洞的过水能力不足或过大。过水能力不足会使涵洞内水位过高，增加渗流压力；而过水能力过大则可能造成水流对涵洞结构和周围土体的冲刷加剧，从而引发渗透破坏^[2]。在一些小型穿堤涵洞设计中，由于对洪水流量的预估偏低，导致在洪水期涵洞内水位急剧上升，渗流压力增大，引发管涌等渗透破坏。防渗设计是穿堤涵洞设计的关键环节。如果在设计中对涵洞的防渗措施考虑不周全，如涵身结构的防渗材料选择不当、防渗层厚度不足、止水设施设置不合理等，都可能导致渗流绕过或穿透防渗体，引发渗透破坏。一些早期建设的穿堤涵洞，采用的防渗材料性能较差，经过多年运行后，防渗层出现老化、开裂等问题，使得渗流大量增加，最终导致渗

透破坏。穿堤涵洞的地基条件对其稳定性和防渗性能有着重要影响。如果在设计中对地基的承载能力、抗渗性能等评估不准确,或者对不良地基处理不当,如未对软弱地基进行加固处理、未设置合理的地基排水系统等,在涵身自重和水压力作用下,地基可能发生沉降、变形,导致涵身结构开裂,进而引发渗透破坏。在一些地质条件复杂的地区,由于对地基处理不当,穿堤涵洞在建成后不久就出现了地基沉降和涵身裂缝,导致渗透破坏。

2.2 施工质量问题

涵身结构的施工质量直接关系到其防渗性能和承载能力。在施工过程中,如果混凝土浇筑不密实、存在蜂窝麻面、孔洞等缺陷,或者钢筋布置不合理、焊接不牢固,都可能导致涵身结构强度不足,在水压力和渗流作用下发生开裂、渗漏。涵身与进出口建筑物的连接部位施工质量不佳,如连接不牢固、密封不严,也容易形成渗漏通道,引发渗透破坏。堤身与涵身结合部位是穿堤涵洞渗透破坏的高发区域。如果在施工过程中,对堤身与涵身结合部位的填土压实度不够,或者未按设计要求设置反滤层、截渗环等防渗设施,就会在该部位形成渗漏通道,导致渗流集中,冲刷带走土体颗粒,引发渗透破坏。在一些工程中,由于施工人员对堤身与涵身结合部位的施工质量重视不够,未严格按照施工规范进行操作,使得该部位成为渗漏的薄弱环节。在穿堤涵洞的施工过程中,不可避免地会对周围土体产生扰动。如果在施工过程中,对土体的扰动过大,破坏了土体的原有结构和抗渗性能,在涵洞建成后,就容易在渗流作用下发生渗透破坏。在采用顶管法施工穿堤涵洞时,如果顶进过程中对周围土体的挤压过大,导致土体密实度降低,孔隙增大,就会增加渗流的可能性。

2.3 运行管理不善

穿堤涵洞在运行过程中,水位的变化对其渗透稳定性有着重要影响。如果在运行管理中,对涵洞内的水位控制不当,如长时间高水位运行、频繁的水位升降等,会使涵身结构和周围土体长期承受较大的渗流压力,导致防渗设施老化、损坏,土体抗渗性能降低,从而引发渗透破坏。在一些灌溉工程中,为了满足灌溉需求,穿堤涵洞长时间处于高水位运行状态,使得涵身周围土体的渗流压力持续增大,最终导致渗透破坏。穿堤涵洞在长期运行过程中,由于受到水流冲刷、水位变化、气温变化等多种因素的影响,涵身结构和防渗设施会逐渐出现老化、损坏等问题。如果在运行管理中,对穿堤涵洞的维护检修不及时,未能及时发现和处理这些问题,就会使问题逐渐恶化,最终引发渗透破坏。一些穿堤涵洞

的止水设施出现老化、开裂等问题后,由于未及时进行更换,导致渗流不断增大,最终引发渗透破坏,穿堤涵洞周边环境的变化也可能对其渗透稳定性产生影响^[3]。在涵洞周边进行大规模的工程建设,如开挖基坑、打桩等,可能会破坏涵洞的地基和周围土体的结构,导致渗流条件改变,引发渗透破坏。周边地下水水位的变化对穿堤涵洞的渗透稳定性具有显著影响。地下水位的上升可能增加涵洞周围的渗流压力,导致土体抗渗性能降低,从而加剧渗透破坏的风险。水土流失问题也不容忽视,它会导致涵身周围土体结构松散,抗渗能力减弱。

3 穿堤涵洞渗透破坏的危害

3.1 影响涵洞的正常运行

穿堤涵洞发生渗透破坏后,会导致涵身结构渗漏、变形,影响涵洞的过水能力和输水安全。渗漏的水流可能携带泥沙等杂质,堵塞涵管,降低涵洞的过水效率。涵身结构的变形可能导致涵管破裂、坍塌,使涵洞无法正常运行,影响水利工程的灌溉、排水等功能。

3.2 威胁堤防安全

穿堤涵洞的渗透破坏如果得不到及时有效的处理,渗漏通道会不断扩大,渗流会逐渐带走堤身土体颗粒,导致堤身出现空洞、塌陷等问题,严重威胁堤防的安全。在洪水期,堤防一旦发生决口,将引发洪水泛滥,给人民生命财产和社会经济带来巨大损失。在一些地区的洪涝灾害中,由于穿堤涵洞的渗透破坏引发堤防决口,导致大量农田被淹没,房屋倒塌,人民群众的生命财产安全受到严重威胁。

3.3 造成经济损失

穿堤涵洞渗透破坏后,需要进行修复和加固,这将耗费大量的人力、物力和财力。修复工程不仅包括对涵身结构的修复,还包括对堤身土体的加固、防渗设施的更新等,工程费用高昂。由于涵洞渗透破坏导致水利工程无法正常运行,会影响农业灌溉、工业用水等,给社会经济带来间接损失。

4 穿堤涵洞渗透破坏的防治措施

4.1 优化设计

在穿堤涵洞的设计阶段,应充分收集工程所在地的人文资料,准确计算涵洞内的水流速度、流量、水头损失等水力参数。根据计算结果,合理确定涵洞的管径、坡度、进出口高程等参数,确保涵洞具有足够的过水能力,同时避免水流对涵洞结构和周围土体的冲刷。采用先进的水力计算软件,结合实际工程情况,进行多方案比较分析,选择最优的设计方案。加强穿堤涵洞的防渗设计,选择性能优良的防渗材料,合理确定防渗层厚度

和止水设施的布置。对于涵身结构,可采用防水混凝土浇筑,确保混凝土的抗渗等级满足设计要求。在涵身与堤身的结合部位,设置截渗环、止水带等止水设施,加强结合部位的防渗处理。此外还可在涵身周围设置防渗帷幕、排水系统等,降低渗流压力,提高涵洞的防渗性能。对穿堤涵洞的地基进行详细勘察,准确评估地基的承载能力、抗渗性能等。对于软弱地基,应采取有效的加固处理措施,如采用换填法、强夯法、桩基础等,提高地基的承载能力和稳定性。设置合理的地基排水系统,及时排除地基中的积水,降低渗流压力,防止地基发生渗透破坏。

4.2 加强施工质量控制

在涵身结构施工过程中,严格按照施工规范进行操作,确保混凝土浇筑质量。加强对混凝土原材料的检验,控制混凝土的配合比,保证混凝土的强度和抗渗性能。在混凝土浇筑过程中,采用振捣器进行充分振捣,确保混凝土浇筑密实,避免出现蜂窝麻面、孔洞等缺陷。合理布置钢筋,确保钢筋的焊接质量,提高涵身结构的承载能力^[4]。在堤身与涵身结合部位的施工中,严格控制填土的压实度,按照设计要求进行分层填筑、分层压实,确保填土的压实度达到设计标准。在结合部位设置反滤层、截渗环等防渗设施时,应严格按照设计要求进行施工,确保设施的质量和效果。加强对结合部位施工质量的检验,采用压实度检测、渗水试验等方法,对施工质量进行严格把关。在穿堤涵洞的施工过程中,尽量采用先进的施工工艺和设备,减少对周围土体的扰动。在采用顶管法等施工方法时,合理控制顶进速度和顶力,减少对周围土体的挤压。在施工过程中,对周围土体进行实时监测,及时发现和处理土体变形、位移等问题,确保施工过程中土体的稳定性和抗渗性能。

4.3 强化运行管理

在穿堤涵洞的运行管理中,制定科学合理的水位控制方案,避免长时间高水位运行和频繁的水位升降。根据水利工程的实际需求和气象预报,合理调节涵洞内

的水位,确保涵身结构和周围土体承受的渗流压力在安全范围内。建立水位监测系统,实时监测涵洞内的水位变化,及时调整水位控制方案。定期对穿堤涵洞进行维护检修,检查涵身结构、防渗设施、止水设施等是否存在老化、损坏等问题。对于发现的问题,及时进行修复和处理,确保涵洞的正常运行。制定详细的维护检修计划,明确维护检修的内容、时间和责任人,加强对维护检修工作的监督管理。储备必要的维修材料和设备,以便在出现问题时能够及时进行抢修。加强对穿堤涵洞周边环境的监测,及时掌握周边工程建设、地下水水位变化、水土流失等情况。对于可能影响涵洞渗透稳定性的周边环境变化,及时采取相应的防护措施。在涵洞周边进行工程建设时,要求建设单位采取有效的保护措施,避免对涵洞的地基和周围土体造成破坏。加强对周边水土流失的治理,防止因水土流失导致涵身周围土体抗渗性能降低。

结语

综上,穿堤涵洞渗透破坏是一个复杂而严重的问题,需要采取综合措施进行防治。通过优化设计、加强施工质量控制和强化运行管理等手段,可以有效提高穿堤涵洞的防渗性能和稳定性。未来,随着水利工程的不断发展,对穿堤涵洞渗透破坏问题的研究将更加深入,防治措施也将更加完善。相信在广大水利工作者的共同努力下,穿堤涵洞的渗透破坏问题将得到更好的解决。

参考文献

- [1]江志军.浅议土筑防洪堤中涵闸外围渗透破坏及治理措施[J].低碳世界,2020,8(5):343-344.
- [2]王新,胥慧.穿堤涵洞进口高程优化设计分析[J].黑龙江水利科技,2020,48(3):116-117+211.
- [3]戴超,姜新媛.沿江穿堤涵洞探查研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)自然科学,2021(3):190-191.
- [4]张爽.堤坝中的穿堤涵闸外围防渗分析及加固[J].中国新技术新产品,2020(24):105-106.