

堤防加固工程对地下水文环境的影响评估

文 / 郭冯煜民 浙江省第一水电建设集团股份有限公司

摘要: 通过分析河道堤防工程建设中对地下水环境在物理及化学方面的影响,分析了河道堤防渗漏产生酸碱物质对地下水微生物滋生的影响,结合描述性统计分析方法,分析各种污染物在水环境中的含量。根据各类水体污染物产生影响的轻重,采用红外遥感探测方法进行河道堤防压力布局的整体分析,给出在减轻河道堤防渗漏对水环境影响的合理化建议,对河道堤防建设规范的建立进行了有益探索。河道堤防渗漏对地下水环境的影响具有显著性,需结合具体的地质条件和环境状况进行污染治理和防范,降低河道堤防渗漏对地下水环境的破坏性影响,改善地下水生态环境。

关键词: 河道堤防; 渗漏; 地下水; 环境

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2025.05.071

前言

沿河城市因航运条件优越,经济增长表现出显著的优势,其地理区位和水运网络推动了物流效率和区域发展。然而,洪涝灾害的威胁同步增加,对城市防洪工程提出更高要求。为减缓河流改道对安全 and 经济秩序的冲击,人类通过加高堤坝、疏浚河道等方式干预自然水系。然而,这些手段虽提升了短期安全性,却引发河床抬升、地下水污染等生态问题,进一步加剧水资源的不可持续利用。尤其在超大城市,地下水资源过度开发带来的生态隐患愈发凸显,城市承载力因资源耗竭和环境破坏面临严峻挑战。为实现可持续发展,应在技术创新和政策优化中平衡经济需求与环境保护,通过严格的地下水保护措施、自然化治水理念以及资源调控体系,为城市生态安全提供长远保障。

一、堤防工程建设中存在的问题

在我国的水利工程建设过程中,尤其是在堤防和大坝工程中,面临着诸多复杂的挑战。首先,地质条件和土壤环境的差异显著影响了工程的防洪能力。特定的地质背景可能导致堤防防洪能力不足,增加了防护压力。当水流在堤坝表面持续冲刷和侵蚀时,堤坝的整体结构和质量可能逐渐下降,进而无法有效抵御洪水的冲击。其次,在部分地区,由于地质不稳定或土质松软,堤防的基础可能出现沉降或不均匀变形,直接影响到整个堤坝的稳定性。特别是在沿河的崩岸频发区域,堤防工程的安全性受到了严重威胁。这些地质问题不仅增加了堤防的维护难度,而且在极端天气和水文变化的情况下,可能使得堤防系统的脆弱性进一步加剧。穿堤建筑物的沉降问题也是目前水利工程中的一大难题。随着时间的推移,长时间荷载作用下,穿堤建筑物如排水管道、涵洞等可能会发生不均匀沉降,导致堤防的整体结构出现问题。这种沉降现象往往不易被及时发现,但其影响却是深远的,可能引发堤防裂缝,进而影响到防洪和防汛的能力。此外,随着气候变暖和降水模式的变化,极端天气事件频发,洪水和暴雨的出现对堤防提出了更高的要求。同时,工业化进程中的水土流失现象使得堤防坡面土质流失加剧,降低了堤防的稳定性和防护能力。水土流失不仅会破坏堤防坡面的结构,还可能对下游地区的水文条件产生负面影响,造成更严重的生态破坏。

要想改善上述问题,延长堤防工程的使用寿命,则应对其进行有效加固,同时加大对水土保持技术的研究

力度,将其合理应用到堤防加固工程中,提高该工程的整体防洪功能。

二、河道堤防渗漏对地下水运动场的影响

(一) 工程中人工除水的影响

在河堤修建过程中,施工活动对地下水环境的影响尤为显著。由于开挖和打桩等作业,地下岩层的完整性受到破坏,这通常需要大量抽取地下水以满足施工需求。然而,这种大规模的抽水行为会导致局部地下水位显著降低,并进一步引发周围水系的补给效应,从而改变地下水的流动场。在河道区域,这种影响尤为突出,由于河流与地下水系统的水文联系较为紧密,施工导致的地下水减少和流动场变化将扩大影响范围。长期来看,河堤施工过程中持续的抽水活动不仅对局部地下水资源构成威胁,还可能对区域水文平衡造成深远影响。特别是在地下水系统敏感的区域,施工引发的水位下降和流动场紊乱会对周边生态系统、农业灌溉以及居民用水产生负面效应。这些现象表明,在河堤修建过程中,加强地下水动态监测和环境影响评估显得尤为重要,以便在施工方案中纳入更为全面的水资源保护措施,减缓对地下水环境的破坏。地下水层分布见图1。

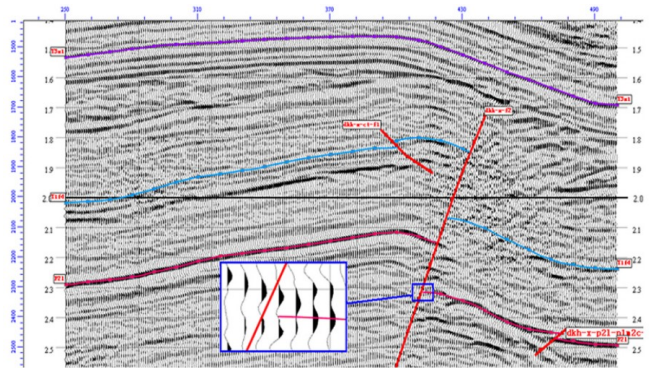


图1 地下水层分布图

(二) 河道堤防工程中人工填充的影响

在河堤施工过程中,使用具有强隔水性的填充材料已成为一种常见手段。然而,这一做法可能对地下水系统及生态环境产生深远的影响。强隔水性材料的应用会直接阻隔地下水的自然流动,导致地下水流动面被分割,水系孤立现象显著。这种干预破坏了地下水的正常循环,使局部区块的水量发生显著变化,进而导致取水

成本增加。长期来看，地下水枯竭的风险逐步加剧，对区域性水资源的可持续利用构成严重威胁。与此同时，地下水流动受阻还可能改变岩层构造的应力分布，增加地面塌陷的风险。这种地质灾害不仅对施工区域的基础设施和人员安全构成威胁，还会对当地的生态系统造成不可逆的破坏。由于这些影响往往是永久性的，任何改造或恢复都极为困难，甚至无法实现。因此，在河堤施工中，应对填充材料的选择和使用进行全面的环境影响评估，避免因工程措施引发地下水系统的不可恢复性破坏。只有在兼顾工程安全和生态保护的前提下，才能实现人与自然的和谐共存。地下水阻隔见图2。

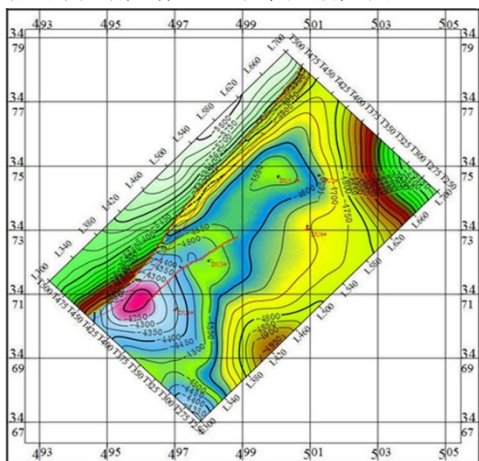


图2 地下水阻隔示意图

三、河道堤防渗漏对地下水化学场的影响

(一) 河道堤防建设过程中的污染

在河道堤防工程建设中，为有效抑制施工过程中产生的沙尘污染，项目实施方采用了一系列针对性技术措施。例如，通过对运土车辆进行密闭覆盖与轮胎清洗，减少了施工车辆行驶过程中的扬尘扩散。同时，针对堆放的沙石材料，采取覆盖防护和设置喷淋装置以降低颗粒物逸散风险。然而，在地下作业的污染防治领域，现有技术体系尚显不足，未能全面应对复杂地质条件和深基坑施工中的环境影响问题。

在地下填充防水材料的应用过程中，废弃物及污染物的处理不当可能对环境 and 公众健康构成严重威胁。研究表明，施工过程中产生的水泥砂浆残留、粘胶废液以及设备运行中泄漏的油液，极易渗入地下水系统。这些污染物不仅含有多种有毒有害物质，且常伴随重金属元素的超标现象，导致地下水质量显著恶化。尤其是在废水治理环节缺乏严格管控的情况下，这些重金属污染物将进一步通过饮用水传播至人体，累积效应可能引发急性或慢性中毒，甚至导致局部或区域性的群体性健康危害事件。若不采取及时有效的防控措施，不仅可能加剧地下水污染，还可能引发广泛的社会矛盾和危机，成为潜在的公共安全隐患。

(二) 河道堤防工程建设使用中的污染

河道堤防工程在其实施与运用过程中，可能对地下水环境造成显著影响，具体污染类型依赖于工程的实际用途及周边环境的工业活动。诸如化工厂、炼化厂等工业设施，在其废水或废弃物的排放过程中，往往伴随有重金属、酸碱物质、石油类化合物等有害物质，这些污染物通过渗透路径潜移默化地进入地下水系统，造成

严重污染。同样，热电厂、农业耕作以及垃圾填埋场等地，所排放的冷却水、化肥农药及固体废弃物，亦可能成为地下水污染源。尤其是在地下水渗透的作用下，这些污染物不仅改变了水质，还可能对水生态造成长期而深远的负面影响。主要水污染物见表1。

表1 主要水污染物

污染类型	主要污染物
持久性污染物	汞、镉、铜、镍等
非持久性污染物	一般有机污染
酸碱污染 (ph)	硫酸、盐酸、碳酸钠
石油类	石油、石油志平等

根据表1中的统计分析结果，运用描述性统计分析方法，深入探讨了不同污染物质在水环境中的浓度分布。通过精确的先验样本检验，评估了河道堤防渗漏对水质污染物组成的潜在影响。研究进一步揭示了河道堤防土质特征与土壤渗水率之间的关系，采用统计回归分布分析，揭示了不同土质条件下的渗水率变化规律，得到不同的河道堤防土质下的土壤渗水率统计回归分布结果见图3。

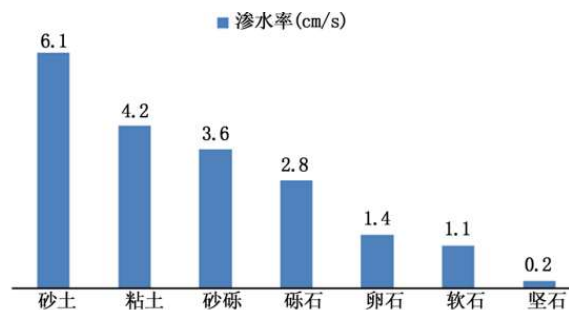


图3 常见土壤渗水率

根据图3可知，随着河道堤防土质硬化程度的增加，地下水的渗透性显著降低，进而有效抑制了水环境中污染物的沉积。硬化土质通过减少水体的渗漏量，限制了外界污染物进入地下水体的途径，从而改善了地下水质量。根据图4进一步分析表明，河道堤防渗漏中的酸碱物质对地下水微生物的滋生具有显著影响。堤防的渗漏堵塞措施可以有效遏制这一过程，减少有害微生物的繁殖，从而显著提升地下水的生态功能。通过对堤防结构和土质的优化处理，不仅能提升水环境的稳定性，还能为地下水生态系统的健康提供有力保障。

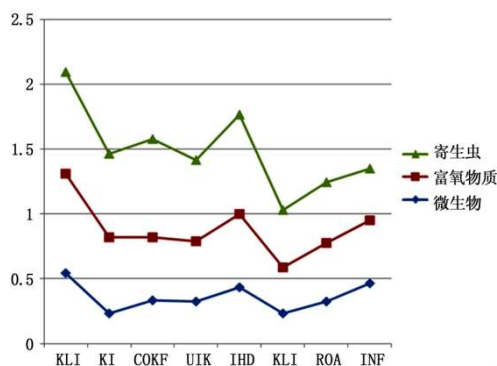


图4 河道堤防渗漏产生酸碱物质

(三) 河道堤防渗漏影响

河道堤防是保护河岸免受洪水侵袭的重要基础设施，其长期稳定性直接关系到沿岸地区的安全。然而，河道堤防在经历了长时间的流水冲刷、风蚀、地壳变动和人为破坏等多重因素的影响后，其结构和性能发生了显著变化。首先，流水冲刷和风蚀作用导致河道堤防的外表层遭到不同程度的磨损，致使堤防的强度和耐久性下降。风蚀则在堤防表面形成裂缝，使得外部侵蚀更加深入，影响堤防的稳定性。地壳变动则可能导致堤防所在地区地形或地下结构发生变化，从而进一步削弱堤防的承载能力和渗透控制能力。人为破坏，如不当施工或过度开采，也可能加速堤防的劣化。在这些外部因素的作用下，堤防的内部结构和应力分布发生了显著变化。堤防的渗透率逐渐增加，水分通过堤防的渗透途径进入地下，导致堤防的稳定性和防护功能受到威胁。水压变化对堤防的影响尤为重要。由于河水对堤防的地下部分施加的水压力存在差异，堤防内部的水流和应力分布也呈现不均衡现象，进而形成单向渗漏现象，尤其是在堤防的深层岩层中，河水不仅渗漏进入堤防内，还可能绕过堤防，导致外侧低压区域的水分回补，形成地下水的失衡流动。这种不平衡的地下水运动可能引起堤防内外水位差异的增大，从而进一步影响堤防的稳定性和防洪能力。特别是在堤防下部的深层岩层，河水渗透并绕过堤防的现象，会加剧地下水位的波动，导致堤防承受更多的应力，增加了堤防出现滑动或崩塌的风险。

如图5所示，通过红外遥感探测技术，可以有效监测堤防周围的地下水压力分布情况。研究发现，河道堤防周围的地下水压力呈现由内而外逐渐减小的趋势，导致地下水向外扩散。这种压力梯度的变化可能对堤防的结构稳定性产生潜在风险。在低压区域，由于水流对岩层的压迫作用，岩层在长期的水流作用下可能发生变形或裂隙的扩展，尤其当土质粘连性不足时，更容易导致岩层发生空洞现象。这些空洞区域的形成不仅会影响岩层的整体稳定性，还可能导致地下水的囤积，形成水压集中的区域，从而进一步削弱堤防的结构强度。这种现象在堤防的外侧尤为明显，随着地下水的逐渐扩散，空

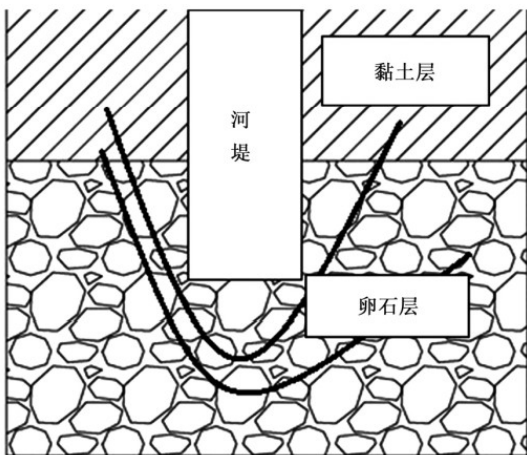


图5 河道堤防区域压力分布图

洞区域可能不断增大，严重威胁河堤的坚固性和抗洪能力。为此，研究人员应关注堤防周围地下水压力的动态变化，并结合土质特性和岩层稳定性，评估堤防的长期安全性。

四、减小河道堤防渗漏对地下水环境影响的措施

首先，针对地下岩层和水文情况的详细勘测是设计的基础。这一环节可以帮助工程师了解地下水流动的路径、流速以及可能的渗漏区域，确保堤防设计因地制宜，避免对地下水环境造成不必要的影响。通过对地下岩层和水文情况的精准掌握，设计方案能够有效地预防水源污染、减少水土流失及其他可能带来的负面环境影响。在此基础上，政府在审批此类项目时，应明确要求施工单位提交详细的环境影响评估报告，特别是在防渗措施和施工材料选择方面，应重点考虑其环保级别。这不仅能帮助识别潜在的环境风险，还能为后续的环保方案提供指导。相关报告应经过环境部门严格审查和批准后，方可继续进入下一阶段施工。环保措施的落实，包括选择合适的施工材料和制定有效的防污染方案，将直接影响堤防工程对生态环境的可持续性。工程完工后，施工单位应履行终身责任制，确保堤防建成后对环境的长期影响得到有效监控和管理。随着时间的推移，环境状况可能发生变化，因此对地下水质量、土壤结构以及堤防的渗漏状况进行持续监控，及时采取必要的修复措施，是避免工程交工后出现责任缺失的有效手段。

结语

河道堤防渗漏问题在过去的建设过程中往往未受到充分重视，然而这一问题对地下水环境的影响不容忽视。随着城镇化进程的加速，水环境保护愈发成为社会关注的焦点。堤防渗漏不仅加剧了地下水的污染风险，还可能引发一系列生态灾害。因此，制定科学的行业标准与技术性突破显得尤为迫切。通过引入先进的渗漏检测与治理技术，结合具体地质与环境条件，能够有效降低渗漏对地下水资源的负面影响。此外，污染防控和生态修复措施的实施，将促进河道堤防工程的可持续发展，确保水环境的长期健康与生态平衡。因此，针对渗漏问题的全面治理，既是环境保护的需要，更是社会发展的必然要求。

参考文献

[1] 李新振. 黄河山东段防洪工程施工环境保护措施[J]. 山东水利, 2019, (10): 30-31.
 [2] 刘梦娟. 堤防加固工程施工水土保持技术研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2018, (24): 116.
 [3] 何华军. 松阴溪干堤加固工程不同功能区堤防加固型式探讨[J]. 浙江水利科技, 2015, 43(02): 52-54.
 [4] 王雪丰, 韩才冬, 吴松. 复杂环境下堤防防渗加固工程中防渗墙结构形式浅析[J]. 中国水运(下半月), 2009, 9(09): 195-196+200.
 [5] 杨世华, 焦莉莉, 王福昌. 黄河下游堤防加固工程中的环境保护[J]. 水利学报, 2007, (S1): 515-520.