

水利工程河道堤防施工质量及堤防维护

董辉 张占旗 张林林

濮阳黄河河务局范县黄河河务局 河南 濮阳 457000

摘要: 河道堤防作为防洪减灾体系的核心屏障,其安全稳定直接关系到人民生命财产安全、区域经济社会发展乃至国家粮食安全。本文系统阐述了河道堤防工程的重要性,并深入剖析了当前堤防施工过程中存在的主要质量问题,包括土料选择与填筑、基础处理、穿堤建筑物衔接等关键环节的隐患。在此基础上,论文详细论述了保障堤防施工质量的关键技术措施,涵盖前期勘察设计、施工过程控制及竣工验收全过程。针对堤防建成后的长期安全运行,文章构建了以日常巡查、定期检测、专项评估和科学维修为核心的全生命周期维护管理体系,并前瞻性地探讨了信息化、智能化技术在堤防运维中的应用前景。最后,论文强调了健全法规标准、强化责任落实和提升公众意识对于构建现代化堤防安全治理体系的必要性,旨在为我国堤防工程的高质量建设和长效化管理提供理论参考与实践指导。

关键词: 河道堤防; 施工质量; 质量控制; 堤防维护; 安全管理; 全生命周期

引言

水是生命之源、生产之要、生态之基。然而,水患亦是中华民族千百年来的心腹之患。我国地处东亚季风区,降水时空分布极不均匀,江河洪水频发,历史上曾多次造成巨大灾难。为抵御洪水侵袭,自大禹治水以来,历代先民便开始修筑堤防,形成了绵延数万公里的堤防体系。时至今日,这些堤防依然是守护江河安澜、保障沿岸城市、农田和重要基础设施安全的第一道防线。随着全球气候变化加剧和极端天气事件频发,我国面临的防洪形势愈发严峻。与此同时,城镇化进程的快速推进使得人口、财富和产业高度集聚于沿江沿河地带,对堤防工程的安全性和可靠性提出了前所未有的更高要求。然而,近年来发生的多起堤防险情和溃决事件警示我们,部分堤防工程仍存在先天不足(施工质量问题)和后天失养(维护管理缺失)的双重风险。因此,如何从源头上严控堤防施工质量,并建立一套科学、高效、可持续的堤防维护管理体系,已成为水利行业亟待解决的重大课题。

1 河道堤防工程的重要性与现状挑战

河道堤防作为约束水流、防止洪水漫溢的线状挡水建筑物,其重要性不言而喻。它不仅主动塑造行洪通道,保障经济社会活动有序开展,更是保护沿岸居民生命安全的直接屏障,守护着沿江河地区价值巨大的固定资产,支撑着我国主要粮食产区的耕作安全,对国家粮食安全战略具有基石作用,还维系着河流生态廊道的完整性。然而,当前河道堤防工程的建设和管理面临诸多挑战:历史欠账多,早期修建的堤防标准低、质量差且老化严重;新建或加固工程受工期、成本、技术、管理等因素制约,易

产生质量通病;长期维护管理常被忽视,小问题易演变成大隐患。因此,必须同等重视施工质量控制与后期维护管理,形成闭环管理,以应对挑战。

2 堤防工程施工过程中的主要质量问题

常见的质量问题主要集中在以下几个方面:

2.1 土料选择与填筑质量问题

若在施工中未严格按照设计要求选用合格土料,而是使用含有过多有机质、冻土、膨胀土、淤泥质土或混杂树根、垃圾等杂质的劣质土,将导致堤体强度低、渗透性强、易变形,在高水位浸泡下极易发生滑坡或管涌。同时,填筑过程中的含水率控制至关重要。现场施工往往缺乏有效的含水率动态监测与调节机制,导致土料过湿形成“弹簧土”无法压实,或过干难以达到最大干密度,最终影响整体密实度。更为普遍的是压实度不足的问题,这通常源于碾压机械选型不当、铺土厚度过大、碾压遍数不够或存在漏压区域^[1]。压实度不足的堤身在洪水压力和渗流作用下,极易成为薄弱环节。此外,堤防通常是分段分层施工,若新老土结合面未按规范开挖成台阶并充分压实,或不同作业段之间的横向接缝处理草率,会形成连续的渗流通道和力学软弱面,严重削弱堤防的整体性。

2.2 堤基处理不彻底

在实际施工中,清基工作常因赶工期或监管不力而流于形式,腐殖土、淤泥、杂草、树根等软弱层未能彻底清除,直接在其上填筑堤身,相当于在“豆腐”上建房,极易引发不均匀沉降甚至整体滑动。对于承载力极低的软弱地基,如深厚淤泥层,若未采取换填、抛石挤淤、桩基或深层搅拌等有效加固措施,堤防建成后将长

期处于不稳定状态。而在砂砾石等强透水地基上筑堤时,若未设置垂直防渗墙或水平铺盖等有效防渗体系,高水位运行期间,强大的渗透压力将诱发管涌、流土等渗透破坏,这是导致堤防溃决的常见机理之一。

2.3 穿堤建筑物与堤身结合部隐患

由于建筑物刚度大、基础深,而堤身相对较柔,两者在荷载作用下易产生差异沉降,在结合部形成拉应力集中区,进而引发裂缝。施工中,建筑物周边回填空间狭窄,大型压实机械难以进入,常依赖人工夯实,极易造成回填土压实度远低于主体堤身标准,形成松散区。更为关键的是止水系统的可靠性。若铜片、橡胶止水带等止水材料安装位置偏差、连接不牢或因施工损伤而失效,将成为贯穿堤身的渗漏通道。一旦遭遇高水位,渗流将迅速扩大裂缝,形成恶性循环,最终可能导致险情甚至溃口。

2.4 护坡与护岸工程缺陷

若护脚(如抛石、沉排)未深入设计冲刷深度以下,或砌石、混凝土块体下的反滤垫层铺设不规范,护坡的整体抗冲稳定性将大打折扣。在结构方面,干砌石护坡若石料过小、咬合不紧,浆砌石若砂浆饱满度不足,预制混凝土块若连接松散,均会在水流持续冲击下迅速解体。此外,护坡背后的排水系统至关重要。若未设置或后期淤堵了排水盲沟、排水孔,堤身内部积水无法及时排出,不仅增大了静水压力,还显著提高了渗透压力,加速了堤防内部结构的破坏进程。

3 保障堤防工程施工质量的关键技术措施

针对上述质量问题,必须采取系统性的技术措施,贯穿于工程的全过程。

3.1 强化前期工作,奠定质量基础

高质量的堤防工程始于严谨的前期工作。首先,必须进行精细化的工程地质与水文地质勘察,全面查明堤基的土层结构、物理力学参数、地下水位及渗透特性,为后续设计提供坚实的数据支撑。在此基础上,设计方案应基于详实的勘察资料,科学合理地确定堤线走向、堤顶高程、边坡坡比、断面尺寸,并针对性地设计防渗、排水、护坡等结构型式,尤其要对穿堤建筑物、软基段等关键部位进行专项稳定性验算^[2]。同时,对选定的土料场必须进行严格的复核与试验,通过击实、渗透、压缩、抗剪等全套物理力学试验,确保所用土料的各项指标完全满足设计要求,从源头上杜绝不合格材料进场。

3.2 严控施工过程,落实质量细节

施工阶段是质量控制的核心环节,必须将各项技术要求落到实处。在土方填筑作业中,应坚持“工艺试验

先行”的原则,在正式施工前通过现场碾压试验,精确确定最优含水率、铺土厚度、碾压机械参数等关键施工指标。施工过程中,需建立含水率动态调控机制,通过翻晒或洒水等手段,将土料含水率严格控制在最优值附近。严格执行分层填筑、分层压实的标准化流程,每层填筑完成后,必须经监理工程师见证取样,检测压实度等指标,合格后方可继续上层施工。对于新老堤结合面及施工段接缝,必须精细处理,开挖成规定坡度的台阶,清理干净后涂刷泥浆或铺设土工格栅,再进行搭接填筑与压实,确保结合部的整体性。在堤基处理方面,清基工作必须彻底,并经多方联合验收^[3]。针对不同地质条件,应采用成熟可靠的专业化地基处理技术,如对深厚软基采用水泥土搅拌桩,对透水地基优先选用高喷灌浆或混凝土防渗墙,并严格监控成墙质量。对于穿堤建筑物,应尽可能与堤身同步施工,并配备小型专用压实机具确保周边回填质量,同时采用多重止水保障体系,严控止水带安装精度。护坡护岸施工则需确保基础深度足够、结构整体性强,并精心施工反滤层与排水设施,保证排水系统畅通无阻。

3.3 完善验收体系,严把最后一关

竣工验收是确保工程质量的最后一道防线。必须建立由施工单位自检、监理单位平行检验、项目法人抽检和政府监督相结合的四级质量检验体系。验收工作不仅要核查内业资料的完整性与真实性,更要借助钻孔取芯、地质雷达、高密度电法等无损或微损检测技术,对堤身密实度、防渗墙连续性、结合部质量等隐蔽工程进行重点核查,确保工程实体质量全面达标,不留任何安全隐患。

4 堤防工程的全生命周期维护管理体系

“三分建,七分管”。再高质量的堤防,若缺乏科学有效的维护管理,其性能也会随时间推移而衰减。必须树立全生命周期管理理念,构建常态化、规范化的维护体系。

4.1 日常巡查与观测

日常巡查是堤防维护工作的基础,是发现隐患的第一道关口。应组建专业的巡堤查险队伍,制定详细的巡查制度和固定路线。在非汛期,巡查重点在于检查堤身是否存在裂缝、塌陷、洞穴(如鼠洞、獾洞)、雨淋沟等表观缺陷,护坡护岸有无松动、塌陷迹象,穿堤建筑物有无渗漏、裂缝或变形,以及堤防管理范围内是否存在违章建筑、垦植、取土等危害行为。进入汛期,则必须实行24小时不间断巡查,将注意力聚焦于背水坡及坡脚有无潮湿、渗水、管涌、流土等渗透破坏征兆,迎水坡有无崩塌、滑坡风险,以及堤顶有无异常裂缝或沉陷。

对巡查中发现的任何异常,都必须立即上报,并迅速采取应急处置措施,将风险扼杀在萌芽状态。

4.2 定期检测与安全评估

日常巡查之外,还需借助专业技术手段对堤防进行定期“体检”。可利用无人机航拍、三维激光扫描等现代测绘技术,定期获取堤防的高精度地形数据,通过对比分析监测其形态变化趋势。对重点堤段和关键穿堤建筑物,应布设专业监测点,定期采集渗流、变形、应力等安全数据。更重要的是,应按照相关技术导则,每隔5至10年或在遭遇特大洪水后,组织权威专家对堤防进行全面的安全鉴定与评估^[4]。该过程需综合运用现场检查、原位测试、室内试验和数值模拟等多种方法,系统评定堤防的防洪能力、结构安全性和渗流稳定性,并据此明确其安全类别,为后续的除险加固决策提供科学依据。

4.3 科学维修与除险加固

维护管理的最终目的是解决问题、消除隐患。应根据巡查、检测和评估的结果,实施精准化、科学化的维修养护。对于日常巡查中发现的小型缺陷,如细小裂缝、局部坑洼或草皮损坏,应及时进行填补、夯实或补种等简易维护,做到“小险不过夜”,防止其发展恶化。而对于安全鉴定中揭示的重大结构性隐患,如堤身单薄、渗透稳定不足、穿堤建筑物严重老化等,则必须纳入专项除险加固计划。加固方案的设计应遵循“标本兼治”的原则,不仅要修复表面损伤,更要根除深层病害。例如,针对渗透问题,可综合采用堤后压重、增设减压井或堤身劈裂灌浆等多种工程措施,形成多重防线,全面提升堤防的抗渗能力。

4.4 信息化与智能化赋能

现代信息技术正深刻变革着堤防维护管理模式。通过整合BIM(建筑信息模型)、GIS(地理信息系统)和物联网(IoT)等技术,可以构建堤防工程的数字孪生体,将设计、施工、监测、维护等全生命周期数据集成于统

一平台,实现对堤防状态的实时感知、动态仿真和智能预警。在巡检方面,搭载高清摄像头和AI识别算法的无人机、无人船能够自动巡航,高效识别堤防表面的各类异常,极大提升了巡检的效率与覆盖面。更进一步,通过对历史险情数据、实时监测数据与气象水文预报进行大数据融合分析,可以利用机器学习算法构建堤防风险预测模型,提前预判高风险堤段,推动堤防安全管理从传统的“被动抢险”模式向现代化的“主动防控”模式转变。

5 结语

河道堤防作为国家水安全基石,其安全稳定至关重要。保障堤防安全,需坚持“建管并重、预防为主”方针。建设阶段,要以“零容忍”态度严抓施工质量,强化全过程、全方位质量控制,聚焦土料、压实等关键环节,从源头消除隐患。管理阶段,要摒弃“重建轻管”观念,建立全生命周期维护管理体系,涵盖日常巡查、定期检测等环节。同时,利用信息化、智能化技术,推动堤防管理向智慧化转型,精准感知、科学处置风险。展望未来,堤防工程将融入生态、景观等多元功能,但安全仍是不可逾越的底线。只有持续提升建设质量和维护管理水平,才能筑牢防洪保安生命线,为中华民族永续发展提供坚实水安全保障。

参考文献

- [1]李东,郭宇,李漫.水利工程河道堤防施工质量及堤防维护[J].大众标准化,2025,(10):34-37.
- [2]赵海涛.水利工程河道堤防施工质量管理研究[J].水上安全,2024,(21):28-30.
- [3]郑红燕.水利工程河道堤防施工及质量管理[J].产品可靠性报告,2024,(10):47-48.
- [4]林观涛.水利工程河道堤防施工质量管理研究[J].工程技术研究,2023,8(21):132-134.