

中小河流堤防工程的设计与施工关键技术研究

朱文辉

中国水利水电第四工程局有限公司 青海 西宁 810000

摘要：中小河流堤防工程对防洪安全意义重大。其设计与施工需遵循安全性、经济性、生态性和适应性原则。设计关键技术涵盖规划选址、结构设计、堤基处理及穿堤建筑物设计等方面；施工关键技术包括前期准备、堤基处理、堤身填筑、堤岸防护及防渗排水设施施工等。同时施工过程中要注重质量与安全管理，通过完善体系、强化措施，保障工程质量和施工人员安全，实现工程效益最大化。

关键词：中小河流；堤防工程；设计；施工；关键技术

1 中小河流堤防工程设计原则

1.1 安全性原则

安全性是中小河流堤防工程设计的首要原则。中小河流往往具有流量变化大、洪水来势猛等特点，堤防作为抵御洪水的重要屏障，必须确保在各种极端水文条件下都能发挥可靠的防护作用。设计时需充分考虑洪水频率、水位变化、河床冲淤等因素，通过精确的水文计算和结构力学分析，确定合理的堤防高度、宽度和坡度等参数。同时要选用高强度、耐久性好的建筑材料，保证堤防结构的稳定性。还应设置完善的防汛道路和监测设施，以便在洪水来临前及时发现隐患并采取应对措施，确保堤防安全运行。

1.2 经济性原则

在经济性原则下，中小河流堤防工程设计要在满足安全要求的前提下，合理控制工程投资。一方面，要根据河流的防洪标准和保护对象的重要性，科学确定工程规模和建设标准，避免过度建设和资源浪费^[1]。另一方面，要优化设计方案，通过多方案比选，选择技术可行、造价合理的方案。在设计过程中，充分考虑当地的地形地貌和建筑材料资源，尽量采用就地取材的方式，降低材料运输成本。合理安排施工进度，提高施工效率，减少施工过程中的费用支出，实现工程建设经济效益最大化。

1.3 生态性原则

随着人们对生态环境保护的重视程度不断提高，生态性原则在中小河流堤防工程设计中日益重要。传统的堤防工程往往注重防洪功能，忽视了对河流生态系统的保护和修复，导致河流生态功能退化。因此，现代堤防工程设计应充分考虑生态因素，采用生态友型的设计理念和技术。例如，在堤防结构设计中，可采用生态护坡技术，如植草护坡、植生袋护坡等，既能为植物生长提

供条件，增强堤防的稳定性，又能为水生生物提供栖息场所，促进河流生态系统的恢复和生物多样性的保护。还应合理规划堤防与周边环境的关系，保留河流的自然形态和生态空间，减少对河流生态环境的干扰和破坏。

1.4 适应性原则

中小河流流域范围广，地理气候条件差异大，不同地区的河流具有不同的水文、地质和生态特征。堤防工程设计必须遵循适应性原则，因地制宜地制定设计方案。在设计前，要充分调查和研究当地的气象、水文、地质、植被等自然条件，以及社会经济发展状况和防洪需求，结合当地的实际特点，选择适合的堤防结构和施工方法。同时要充分考虑未来气候变化和城市化进程对河流的影响，使堤防工程具有一定的适应性和灵活性，能够应对各种不确定因素。

2 中小河流堤防工程的设计关键技术

2.1 堤防工程的规划与选址

堤防工程的规划与选址是整个工程设计的基础，直接关系到工程的安全性和经济性。在规划阶段，要综合考虑流域防洪规划、城市总体规划、土地利用规划等相关规划要求，确定堤防的建设范围、防洪标准和工程布局。通过对历史洪水资料的分析和洪水模拟计算，合理规划堤防的保护范围，确保重要城镇、工矿企业和农田等得到有效保护。在选址方面，要充分考虑地形地貌、地质条件、水文特征等因素。优先选择地势较高、地质条件良好、河道较为顺直的河段作为堤防线路，避免在软土、滑坡体、泥石流等不良地质地段建堤。同时要尽量减少对耕地、林地等资源的占用，保护生态环境，还应考虑与周边交通、水利等基础设施的协调性，方便工程施工和后期管理。

2.2 堤防结构设计

堤防结构设计是确保堤防安全稳定的关键环节。根

据不同的地质条件、水文条件和防洪标准,可选择不同的堤防结构形式,如土堤、石堤、混凝土堤等。土堤是最常见的一种堤防结构形式,具有取材方便、施工简单、造价低等优点。在设计土堤时,要合理确定堤顶高程、堤坡坡度和堤身断面尺寸^[2]。堤顶高程应根据设计洪水水位、波浪爬高和安全超高等因素确定;堤坡坡度应根据土质、填筑高度和施工条件等因素选择,一般采用1:2.5-1:3.0;堤身断面尺寸应满足稳定性和抗冲刷要求。对于石堤和混凝土堤,要重点考虑结构的强度和耐久性,合理设计石料的规格、混凝土的配合比和钢筋的布置等。还应设置堤顶道路、排水设施、护坡等附属结构,提高堤防的综合性能。

2.3 堤基处理设计

堤基是堤防工程的基础,其稳定性直接影响到堤防的安全。中小河流堤防工程中,堤基常常存在软土、砂土液化、古河道等问题,需要进行有效的处理。堤基处理设计应根据堤基的地质条件、堤防结构形式和荷载大小等因素,选择合适的处理方法。常见的堤基处理方法有换填法、排水固结法、强夯法、振冲法等。换填法适用于浅层软弱堤基,通过将软土挖除,换填砂石、碎石等强度较高的材料,提高堤基的承载能力;排水固结法适用于饱和软黏土堤基,通过设置排水竖井等排水设施,加速堤基的固结沉降,提高堤基的强度;强夯法和振冲法适用于砂土、粉土等堤基,通过强大的冲击力或振动作用,使堤基土体密实,提高其抗液化能力。在设计堤基处理方案时,要进行详细的地质勘察和试验研究,确保处理效果满足设计要求。

2.4 穿堤建筑物设计

穿堤建筑物是指穿越堤防的水闸、泵站、涵洞等建筑物,它们是堤防工程的重要组成部分,其设计合理与否直接关系到堤防的防洪安全和正常运行。穿堤建筑物设计要充分考虑与堤防的连接和防渗要求,确保建筑物与堤防之间不发生渗漏和破坏。在设计水闸和泵站时,要根据河流的水文特征和防洪排涝需求,合理确定建筑物的规模和结构形式。水闸的孔口尺寸、启闭机型号等应根据过闸流量和水位差等因素选择;泵站的装机容量、水泵型号等应根据排涝面积和排涝标准等因素确定。涵洞设计要根据输送水流的大小和地质条件,选择合适的洞身形式和断面尺寸,并做好涵洞与堤防的衔接和防渗处理。同时要设置完善的监测和管理设施,及时发现和处理建筑物运行过程中出现的问题。

3 中小河流堤防工程的施工关键技术

3.1 施工前期准备

施工前期准备是确保中小河流堤防工程施工顺利进行的基础工作。在施工前,要组织施工人员熟悉施工图纸和相关技术规范,进行技术交底和安全培训,使施工人员了解工程的设计要求、施工工艺和质量标准。要做好施工现场的“三通一平”工作,即通路、通水、通电和平整场地,为施工创造良好的条件。另外,还要进行材料和设备的采购与储备,选择质量合格、性能稳定的建筑材料和施工设备,并根据施工进度计划合理安排进场时间。在材料进场时,要严格进行检验和试验,确保材料质量符合设计要求。建立完善的施工管理体系和质量保证体系,明确各部门和人员的职责,制定详细的施工管理制度和质量检验计划,为工程施工提供有力的组织保障。

3.2 堤基处理施工技术

堤基处理是堤防工程施工的关键环节,其施工质量直接影响到堤防的稳定性。在堤基处理施工过程中,要根据设计要求选择合适的施工方法和工艺。对于换填法处理堤基,要先清除堤基表面的杂物和软土,然后分层填筑砂石、碎石等换填材料,每层填筑厚度不宜过大,一般控制在30cm左右,并进行压实处理,确保换填材料的压实度达到设计要求^[3]。排水固结法处理堤基时,要按照设计要求设置排水竖井等排水设施,并控制加载速度和加载量,使堤基在排水固结过程中逐渐稳定。强夯法和振冲法施工时,要严格按照施工参数进行操作,控制夯击能和振冲器的振动频率、振幅等参数,确保堤基处理效果。在堤基处理施工过程中,要加强质量检测和监测,及时发现和处理施工中出现的問題,确保堤基处理质量符合设计要求。

3.3 堤身填筑施工技术

堤身填筑是堤防工程的主要施工内容,其施工质量直接关系到堤防的稳定性和防洪能力。在堤身填筑前,要对堤基进行清理和验收,确保堤基表面平整、无杂物。然后根据设计要求选择合适的填筑材料,一般采用黏性土、砂壤土等,填筑材料的含水量应控制在最佳含水量范围内。堤身填筑应采用分层填筑、分层压实的方法,每层填筑厚度根据压实设备类型和填筑材料性质确定,一般控制在20-30cm左右。在填筑过程中,要严格控制填筑料的粒径和级配,避免出现粗细颗粒分离现象。压实作业应采用合适的压实设备,如振动碾、凸块碾等,按照规定的压实遍数进行压实,确保堤身的压实度达到设计要求。同时要注意堤身填筑的坡度控制,保证堤坡平整、顺直。

3.4 堤岸防护施工技术

堤岸防护是保护堤防安全、防止水流冲刷的重要措施。常见的堤岸防护形式有植草护坡、石笼护坡、混凝土护坡等。植草护坡适用于坡度较缓、水流流速较小的堤岸,施工时先对堤岸进行平整和压实处理,然后播种草籽或铺设草皮,通过植物根系的生长来固定土壤,增强堤岸的稳定性。石笼护坡是将石块装入钢丝笼或塑料笼中,然后堆砌在堤岸上,形成防护结构。石笼护坡具有柔韧性好、适应性强等优点,能够有效抵抗水流的冲刷和淘刷。混凝土护坡适用于坡度较陡、水流流速较大的堤岸,施工时先在堤岸上浇筑混凝土垫层,然后安装模板,浇筑混凝土护坡面层。混凝土护坡具有强度高、耐久性好等优点,但造价相对较高。在堤岸防护施工过程中,要根据不同的防护形式和地质条件,选择合适的施工方法和工艺,确保护坡施工质量。

3.5 防渗与排水设施施工

防渗与排水设施是堤防工程的重要组成部分,其作用是防止堤身渗漏和降低堤基浸润线,保证堤防的稳定性。常见的防渗设施有黏土心墙、沥青混凝土防渗墙、塑料薄膜防渗层等。黏土心墙防渗是在堤身中部设置一道黏土心墙,利用黏土的低渗透性来阻止水流渗透。施工时要注意黏土的选料和拌合,确保黏土的质量符合设计要求,同时要控制心墙的施工厚度和压实度。沥青混凝土防渗墙和塑料薄膜防渗层施工需要专业的设备和技术,施工过程中要严格按照施工工艺要求进行操作,确保防渗层的完整性和密封性。排水设施主要有棱体排水、贴坡排水、褥垫排水等,其作用是排除堤身和堤基的渗水,降低浸润线。施工时要注意排水设施的位置、尺寸和坡度等参数的控制,确保排水畅通。

4 中小河流堤防工程施工质量与安全管理

4.1 施工质量控制

施工质量控制是中小河流堤防工程建设的核心任务,关系到工程的使用寿命和防洪效益。在施工过程中,要建立健全质量管理体系,明确各部门和人员的质量职责,加强对施工全过程的质量控制。首先,要严格材料和设备的质量控制,对进场的建筑材料和施工设备进行严格的检验和试验,确保其质量符合设计要求和相关标准规范。其次,要加强施工工艺的质量控制,严格按照施工图纸和施工规范进行施工,对关键工序和隐蔽

工程要进行重点监控和检验^[4]。例如,在堤基处理、堤身填筑、防渗与排水设施施工等关键环节,要进行旁站监理和质量检测,确保施工质量符合要求。同时要定期对工程质量进行检查和评估,及时发现和解决施工中出现的质量问题,对不合格的工程要坚决返工处理,确保工程质量达到设计标准和验收要求。

4.2 施工安全管理

施工安全管理是中小河流堤防工程建设的重要保障,关系到施工人员的安全和工程的顺利进行。在施工过程中,要建立健全安全管理体系,制定完善的安全管理制度和操作规程,加强对施工人员的安全教育培训,提高施工人员的安全意识和自我保护能力。同时要设置明显的安全警示标志,对施工现场的危险区域进行隔离和防护。在施工设备管理方面,要定期对设备进行检查和维护保养,确保设备的安全运行。在施工组织方面,要合理安排施工顺序和施工进度,避免交叉作业和疲劳作业,减少安全事故的发生。还要制定应急预案,对可能发生的安全事故进行预先规划和演练,提高应对突发事件的能力,确保在事故发生时能够迅速、有效地进行救援和处理,最大限度地减少事故损失。

结束语

中小河流堤防工程设计与施工关键技术研究,对保障防洪安全、促进生态保护和推动经济发展至关重要。通过遵循科学设计原则,掌握关键设计与施工技术,并加强施工质量和安全管理,能够建设出安全可靠、经济合理、生态友好的堤防工程。未来,需持续探索创新,适应不断变化的环境和需求,进一步提升中小河流堤防工程建设水平,为区域可持续发展提供坚实保障。

参考文献

- [1]温堡林.中小河流堤防设计对区域生态环境的影响研究[J].大科技,2021(23):90-91.
- [2]罗真行.中小河流系统治理分析[J].工程建设与设计,2021(19):100-102,123.
- [3]曹雪健,杨晓茹,黄火键,等.全国中小河流治理模式和投资规律研究[J].中国水利,2024,(14):51-57.
- [4]王百川.中小河流的水生态修复对策研究[J].黑龙江水利科技,2020,48(12):195-197.