

水利水电工程中的堤防护岸工程施工技术要点

党圣博

浙江省第一水电建设集团股份有限公司 浙江 杭州 310000

摘要：现阶段，国内基础设施日益完善，水利水电工程数量增加，为经济发展提供源源不断的电力支持，还会影响水产养殖、农业、航运等行业的发展，对洪水灾害具有抵御作用，可保障人们的生命安全。堤防护岸作为水利水电工程的重要内容，具有堤线长、保护范围广等特点，且不同地区的自然环境有所差异，在施工中应坚持因地制宜原则，就地取材，并充分利用先进的施工技术，进一步提升路堤强度，有效应对洪水灾害。

关键词：水利水电；堤防护岸；施工技术；技术要点

针对堤防护岸工程施工问题进行研究，结合水利工程实例，重点探究堤身填筑、抛石护岸、浆砌石施工、土工布护岸等技术要点，并提出护岸施工质量的优化措施。堤防护岸施工应做好堤基清理工作，合理选择土壤类型，把握铺设与碾压技术要点，并开展一系列检测试验，科学设定参数，这对水利工程施工质量、堤防施工效果提升具有重要意义。

1 堤防护岸工程在水利水电工程中的重要性

1.1 防洪减灾与安全保障。抵御洪水冲击：堤防护岸工程通过建设护坡、挡墙等结构，有效抵御洪水对河岸的冲刷与侵蚀，降低决堤风险，保障沿岸居民生命财产安全。控制灾害范围：通过将洪水约束在行洪道内，护岸工程可提高水深与流速，增强泄洪效率，减少洪水对周边区域的破坏。

1.2 保护河道与土地稳定。防止岸坡坍塌：护岸工程通过护脚、护坡等结构稳固河岸线，避免水流掏刷导致的岸坡变形或坍塌，维持河道形态稳定。减少水土流失：护岸结构可拦截泥沙、降低水流对岸坡的冲刷，保护农田、道路等基础设施免受侵蚀破坏。

1.3 生态改善与可持续发展。提升水体自净能力：生态护岸技术（如植草护坡、模袋混凝土）为水生植物和生物提供栖息地，促进水质改善与生物多样性。协调人地关系：护岸工程结合景观设计，打造亲水空间，提升城市形象，推动生态保护与经济发展的平衡。

1.4 促进经济与社会效益。保障农业与城市发展：稳定的河岸为农业灌溉、城市建设及旅游开发提供基础条件，促进土地资源高效利用。支持水利设施协同运行：护岸工程与水库、水电站等设施协同作用，增强水资源调控能力，支撑区域电力供应与水资源可持续利用。

2 堤防护岸工程防洪抗灾机制

2.1 工程设计与结构优化。分级防护体系。根据防护

区域的重要性划分防洪等级，城市核心区采用百年一遇标准，乡村区域结合人口密度与耕地规模制定差异化防护策略。堤防设计需结合历史洪水数据与水文模型，科学确定堤顶高程、断面尺寸及护岸结构形式（如坡式、墙式或坝式护岸），确保抗洪能力与河势稳定。护脚与护坡协同防护。护脚工程：采用抛石、沉排或混凝土结构加固堤基，嵌入堤岸基脚防止水流掏刷，水下护脚施工需在枯水期完成。护坡工程：根据水流强度选择干砌石、浆砌石或模袋混凝土结构，坡度控制在1:1~1:2，顶部设置混凝土压顶防止雨水侵蚀。

2.2 施工质量控制与适应性技术。分层分段施工。优先完成水下护脚施工，再推进水上护坡作业，汛期前完成封顶处理，保障整体结构稳定性。采用无人机、物联网技术监测施工质量，实时反馈填筑密实度、结构位移等关键指标。材料与工艺规范。石材需满足抗风化、抗冲击要求，抛石护脚粒径需符合设计级配；土料填筑需控制含水率与压实度。生态护岸技术（如植草护坡）优先用于非城区河段，兼顾抗冲刷与生态功能。

2.3 日常维护与隐患治理。标准化巡查机制。定期检查堤顶、堤坡、护岸及穿堤建筑物，重点排查裂缝、渗水、管涌等隐患，利用无人机提升巡查效率。建立“三个责任人”制度（行政、技术、巡查），规范巡查频次与记录流程。隐患动态整改。针对防洪标准不足、工程质量缺陷等问题，优先修复病险工程（如加固薄弱堤段、填补裂缝）。清理河道阻水障碍物，疏浚淤积河段，确保行洪通道畅通。

2.4 应急抢险与协同防御。分级应急响应。根据水位（设防水位、警戒水位、保证水位）启动相应预案，重点区域提前储备防汛物资（沙袋、土工布等）。组建专业抢险队伍，定期开展防汛培训与实战演练，提升快速堵漏、护岸加固等应急能力。分洪与滞洪协同。在超载

河段上游设置分洪闸与滞洪区,通过分减洪水、临时蓄洪降低下游堤防压力。与水库、水闸联动调度,精准调控洪峰流量,避免单一工程超负荷运行。

2.5 生态与工程协同防护。水土保持措施。在山区实施封山育林、退田还林,减少泥沙下泄;平原区结合护岸工程种植防风林,削弱水流冲击。推广透水护岸结构(如桩式护岸),增强水体自净能力并保护生物栖息地。

3 堤防护岸工程对社区韧性与环境意识的影响

3.1 对社区韧性的提升作用。增强抗灾能力与安全保障。堤防护岸工程通过抵御洪水冲击、约束行洪范围,显著降低决堤风险,减少社区因洪涝灾害造成的生命财产损失,提升居民安全感。工程与水库、分洪闸等设施的协同调度,可精准调控洪峰流量,增强社区应对极端天气的应急响应能力。保障经济与生活稳定性。^[1]稳固的河岸为农业灌溉、城市基础设施(如道路、管网)提供保护,避免因岸坡坍塌导致的经济活动中断。护岸工程结合亲水空间设计(如滨水步道、景观带),促进旅游业发展,增强社区经济韧性。促进社区协同与应急管理。工程实施过程中建立的“行政-技术-巡查”三级责任机制,推动社区形成规范化灾害防控体系。防洪演练与应急物资储备机制的完善,强化居民防灾意识与自救互救能力。

3.2 对环境意识的推动作用。生态保护措施的示范效应。采用生态护岸技术(如植草护坡、透水结构),直观展示工程与自然协调的可能性,提升公众对生态修复的认知。护岸工程中减少硬质化材料、增加植被覆盖等做法,推动社区关注生物多样性保护与水土保持。环境教育与实践结合。工程实施过程中对湿地、河岸植被的保护要求(如设置隔离带、减少噪声污染),促使施工方与居民共同参与环境治理。

4 堤防护岸工程具体施工技术要点

4.1 基础处理与堤身填筑。堤基清理与预处理。清理范围需覆盖堤身、铺盖和压载基面,边线宽度应比设计基面宽出30~50cm,老堤加高培厚需清理堤顶及堤坡。地面坡度陡于1:5时需削至缓于1:5,填筑前需对基面进行平整压实,确保土体干密度符合设计要求。^[2]分层分段施工。填筑按水平分层由低处逐层推进,机械施工分段长度不小于100m,人工施工可适当缩短。软土地基筑堤时,压载平台需与堤身同步分层填筑,避免沉降不均。土料选择与含水率控制。优先选用抗渗性强的黏土或壤土,填筑土料含水率控制在最优值 $\pm 3\%$ 范围内,砂砾料压实洒水量为填筑量的20%~40%。

4.2 护岸结构施工技术。护脚施工。抛石护脚:抛石

粒径需与水流速度匹配,基底铺设土工织物垫层防止砂土流失,抛投后需人工理坡确保覆盖密实。沉排护脚:混凝土块或石笼沉排适用于深水区,需通过定位系统精准投放,增强抗冲刷能力。护坡施工。干砌石/浆砌石护坡:坡度控制在1:1~1:2,浆砌石需设置排水孔及伸缩缝(纵向间距10~15m),勾缝需饱满无空隙。模袋混凝土护坡:充填混凝土时需控制流速,确保模袋平整无褶皱,适用于水流冲击强烈区域。生态护坡:采用植草、植防风林技术,坡面铺设植生毯或土工格室,兼顾抗冲刷与生态修复。坝式护岸施工。丁坝、顺坝需根据水流方向定位,坝头结构采用混凝土或石笼加固,挑流角度控制在 15° ~ 30° 。

4.3 施工质量控制。压实与密实度检测。碾压方向需平行于堤轴线,分段搭接宽度纵向 $\geq 0.5\text{m}$ 、横向 $\geq 3\text{m}$,砂砾料压实后需进行干密度检测。采用核子密度仪或环刀法抽检,压实度需达到设计要求的95%以上。隐蔽工程验收。护脚施工完成后需进行水下检测(如声呐扫描),确认基底无掏空或沉排错位。

4.4 生态与安全协同措施。生态修复技术。采用透水桩式护岸或植草砖,预留生态廊道促进水体交换,保护鱼类栖息地。减少硬质化结构,保留自然岸线及湿地缓冲带,种植芦苇、柳树等耐水植物。汛期安全保障。汛前完成关键段封顶处理,储备防汛物资(沙袋、土工布),组建专业抢险队伍。通过上述技术要点的精细化实施,可确保堤防护岸工程在防洪安全、结构稳定与生态协调方面达到综合最优。

5 堤防护岸工程施工质量控制与监测方法

5.1 施工质量控制要点。基础处理与材料检测。基面清理:清理范围需覆盖堤身、铺盖及压载基面,边界应超出设计边线30~50cm,老堤加高时需同步清理堤顶及坡面。土料控制:填筑土料含水率需控制在最优值 $\pm 3\%$ 内,砂砾料压实洒水量为填筑量的20%~40%;土料压实度需通过环刀法或核子密度仪检测,压实度应 $\geq 95\%$ 。施工工艺管理。分层填筑:堤身填筑按水平分层推进,机械施工分段长度 $\geq 100\text{m}$,人工施工可缩短;软土地基需同步填筑压载平台与堤身,防止沉降不均。防渗技术:采用高压喷射防渗墙或混凝土防渗墙技术,确保渗透系数符合设计要求(如黏土 $\leq 1 \times 10^{-6}\text{cm/s}$)。护岸结构施工。护脚施工:抛石粒径需与水流速度匹配,基底铺设土工织物垫层;沉排护脚需通过定位系统精准投放混凝土块或石笼。护坡施工:浆砌石需设置排水孔(间距10~15m)及伸缩缝,勾缝需饱满无空隙;模袋混凝土护坡需控制充填流速,确保表面平整。隐蔽工程验收。

护脚工程完成后需进行水下声呐扫描或潜水检查,确认基底无掏空及沉排错位。

5.2 监测方法与技术。沉降与位移监测。地面沉降:采用水准测量法或精密测距三角高程法,监测频率为施工期每周1次、完工后每月1次。水平位移:通过极坐标法、视准线法或GPS定位技术监测堤身变形,重点关注弯道顶冲段及软基区域。渗流与裂缝监测。渗流监测:安装渗压计或测压管,实时监测堤身浸润线及渗流量,异常渗流时需启动反滤层修复措施。表面裂缝:采用人工巡检结合无人机航拍技术,记录裂缝位置、长度及宽度,及时灌浆处理。材料与结构检测。护坡质量:检测浆砌石抗压强度($\geq 15\text{MPa}$)、干砌石块尺寸($\geq 30\text{cm}$)及模袋混凝土厚度(偏差 $\leq \pm 10\text{mm}$)。防渗性能:通过钻孔取芯或注水试验验证防渗墙连续性及渗透系数。

5.3 管理协同与风险防控。施工前控制。严格筛选具备资质的施工单位,强化技术交底与图纸会审,确保设计与现场条件匹配。动态调整机制。结合监测数据优化施工参数(如填筑速率、压实遍数),对异常变形段采取削坡减载或加固措施。应急预案。汛期施工需储备防汛物资(土工布、沙袋),建立24小时巡查机制,确保险情及时处置。通过上述质量控制与监测技术的综合应用,可有效保障堤防护岸工程的结构稳定性与防洪效能,降低施工及运行期风险。

6 堤防护岸工程相关技术与创新发展

6.1 传统护岸技术的传承与优化。埽工与石工技术。埽工护岸:战国时期起源的埽工技术,利用秸秆、树枝等材料捆扎成“马头”“锯牙”等结构抵御水流冲击,宋代广泛应用于黄河治理。石砌护岸:西汉末年出现的竹笼装石技术逐步演变为砌石护岸,北宋时期实现规范化施工(地基处理、地钉桩加固),现代发展为雷诺护垫等生态化结构。木龙与植树护岸。木龙结构(横木与

垂木组合)用于挑溜护岸,清代进一步发展;战国时期已有植树固堤实践,明代“植柳六法”系统提升岸坡抗冲刷能力。

6.2 现代护岸技术创新与突破。智能化监测与修复技术。基于物联网的堤防安全监测系统(如渗压计、GPS位移监测)实现实时数据采集,结合无人机航拍技术快速识别裂缝与渗流隐患。深水检测装备(声呐扫描、水下机器人)用于护脚工程验收,解决传统潜水检测效率低、风险高的问题。

6.3 生态护岸技术的融合发展。生态化护岸结构雷诺护垫、透水桩式护岸等兼顾防洪与生态功能,促进水体交换与生物栖息。植草砖、植生毯等生态护坡技术保留自然岸线,种植芦苇、柳树等耐水植物形成生态缓冲带。自然岸线修复。减少硬化护岸比例,通过退田还湖、湿地恢复等措施重建河流廊道,提升生态韧性(如长江流域退田还湖工程)。

6.4 新材料与协同治理体系。高性能材料应用。模袋混凝土充填技术实现柔性护坡快速施工,抗压强度达 15MPa 以上,厚度偏差 $\leq \pm 10\text{mm}$ 。高分子土工合成材料(如三维植被网)用于坡面加固,抗拉强度提升30%以上。多维度协同治理。建立“水库-分洪闸-堤防”联动防洪体系(如淮河联合调度),降低单一工程压力。

总之,推广“近自然”护岸理念,构建“防洪-生态-景观”多功能复合型岸线。通过传统技艺的现代化改造与科技创新,堤防护岸工程正逐步实现从单一防洪向安全、生态、智能多维目标的跨越式发展。

参考文献

- [1]熊英.刍议堤防护岸工程施工技术在水利工程中的应用.2020.
- [2]刘小玲.水利水电工程中的堤防护岸工程施工技术要点探讨.2023.