

# 水利工程中河道堤防施工技术实践探析

文 / 徐滨滨 河南中原黄河工程有限公司

**摘要：**河道堤防是水利工程中的关键设施，施工中采取堤防施工技术直接影响工程的质量、成本及长期稳定性，随着水文气候变化加剧以及工程技术的不断发展，堤防建设面临诸多新的挑战。通过对河道堤防施工技术现状的分析，探讨了当前主要施工方法的适用性及其在不同环境条件下的表现，并结合典型工程案例，分析了施工技术对堤防长期稳定性的影响，为今后类似水利工程提供了技术参考。

**关键词：**河道堤防，施工技术，真空预压法；深层搅拌法；防渗技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.24.075

## 引言

在传统堤防施工方法的基础上，近年来新技术的应用不断推动着施工技术的发展，针对软土地基的加固问题，真空预压法及深层搅拌法等技术的引入，有效提升了堤防的稳定性。在防渗方面，土工膜技术广泛应用于堤防的防渗层建设，改善了水土流失问题，随着水文条件的复杂化以及气候变化的影响，施工技术的选择要考虑工程质量，还需要应对不同水文气候条件的挑战。然而，施工技术的选择仍受到地质、气候及水文等多种因素的制约，施工方法的优化依然是一个不断探索和创新的过程。通过多项技术的对比分析及实际工程案例的研究，本文探讨了不同施工技术的实际应用效果及其可行性。

## 一、项目概况

某项目位于某河流流域，设计初衷旨在提升区域防洪能力及水资源管理水平，保障沿线居民及农业灌溉的安全。项目区域总长度约为45公里，主要跨越低洼地带及部分丘陵区域，地质条件跨越松软土壤、黏土及岩石地基等。该项目堤防设计的标准水位为13米，最大设计水位15米，目标是建设一座高效、稳定、长效的堤防系统，能有效应对洪水及水位变化，使下游区域不受水灾威胁。施工区域内土壤类型主要为软土、黏土及砂土，软土层深度达到2-3米，土壤承载力较低，容易发生沉降现象，采用真空预压法和深层搅拌法对软土层进行加固处理，真空预压法通过在堤防基础上施加负压降低土壤中的水分，促使土壤颗粒相互压实，显著提高土壤的承载能力。深层搅拌法则通过机械手段将水泥、石灰等固化剂与土壤混合，进一步增强土壤的力学性能及稳定性，防止沉降对堤防安全性造成影响。

项目的设计水流量为4400立方米每秒，最大洪水流量5800立方米每秒，根据水文勘测可见洪水频率较高，尤其在梅雨季节暴雨及洪水频繁发生。为此，堤防结构设计充分考虑防洪标准并设置了多重防护措施，防渗层采用了土工膜加固措施，铺设高强度土工膜有效防止水流渗透堤防内部，为应对大流量洪水堤防的截水、排水系统也进行了精细设计。项目总工期为36个月，施工分为三个阶段进行，每一阶段施工前后均需进行严格的质

量检验，重点检验水质保护及土壤侵蚀防治。施工单位配备智能监测系统，对堤防的沉降、土壤稳定性以及水位变化进行实时监控，能够有效防止由极端天气引发的水灾风险。

## 二、河道堤防施工技术概述

### （一）施工技术的基本要求

河道堤防施工技术必须满足防洪要求，施工技术需保障堤防基础的承载力，避免因沉降、变形等问题影响结构稳定<sup>[1]</sup>。堤防的设计水位、堤防高度、宽度等应符合防洪标准并精准控制堤防的几何尺寸，且合理选择材料。不同地质条件下的施工方法要求根据土质类型进行适配，软土区域需要采取加固处理，而在硬土或岩土层中则避免土体扰动。堤防的防渗层应保证水流无法渗透，保持水位稳定，施工期间需进行持续的质量控制，实时监测土壤沉降、变形及水文条件变化。

### （二）常用施工技术类型

常用的施工技术有真空预压法、深层搅拌法、土工膜防渗技术、浸水灌浆等。真空预压法主要用于软土层，降低土壤中的水分并促使土粒压实提高土体的承载力；深层搅拌法则通过将水泥或石灰等固化剂加入土层改善土壤的力学性能，增强基础的稳定性；土工膜防渗技术采用高强度土工膜覆盖堤防表面以达到防水效果；浸水灌浆技术将浆液注入土层中加固土体并提升防渗性能。堤防施工中采用传统的土方填筑、回填压实及施工面排水等技术（图1），结合自动化和智能化设备对堤防的沉降、形变等参数进行实时监控<sup>[2]</sup>。

### （三）技术选择与应用依据

选择依据主要基于项目所在区域的地质特征、水文条件及施工预算等因素，在软土层地区优先选择真空预压法、深层搅拌法等软土加固技术，提高土壤的承载能力。对于硬质土壤或岩石基础的地区，传统的土方填筑、堤防结构加固技术更为常用。在防渗要求较高的区域，土工膜及灌浆技术被广泛应用确保水流无法渗透。施工过程中应根据水文环境变化及气候因素合理安排施工计划，尽量避免施工期内的暴雨及高水位影响。技术选择还应考虑项目的资金投入选择高效、经济的技术方案，以及环境保护要求等保障技术可持续实施。

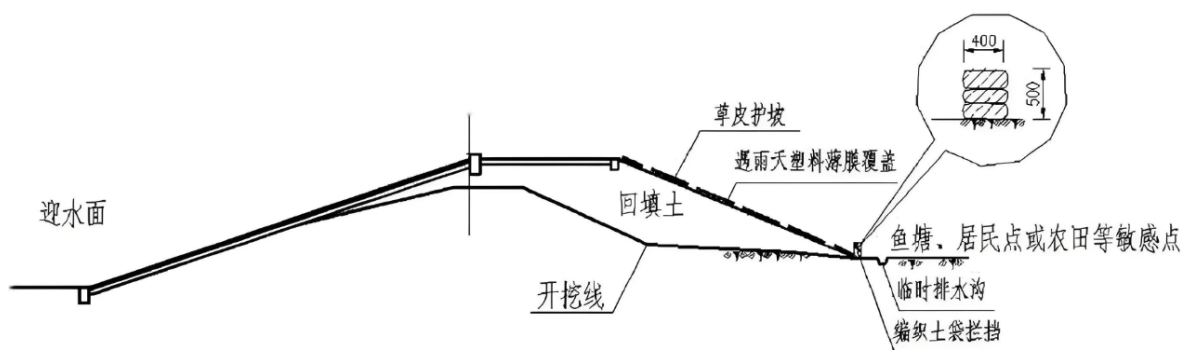


图 1: 堤岸区水土回填示意图

### 三、河道堤防施工中的关键技术

#### (一) 堤防基础处理技术

堤防基础处理技术用于提高基础土层的承载力，在软土地区或承载力较弱的地质条件下真空预压法广泛应用于软土层，通过施加负压将土壤中的水分排出，促使土粒压实提升土壤的密实度，技术处理后堤防基础的沉降量可以降低 20%–40%，该项目中真空预压法实施后基础土层的沉降量从原先的 50mm 减少至 20mm，显著提高堤防的稳定性<sup>[3]</sup>。深层搅拌法是将水泥、石灰等固化剂与土壤混合形成改良土柱以增强土体的力学性能，提高土壤的抗压强度同时降低软土地区沉降量，有效增强基础土层的抗变形能力，项目中使用深层搅拌法后基础土层的抗压强度提高了约 50%，沉降量较施工前减少了 30%。静压注浆法是指注入高压浆液来改变土层结构提高其密实度和承载力，处理软土、松散土层时有效提高土体的承载力 30%–50%，堤防基础的处理必须根据土壤类型、地下水位等因素灵活调整。

#### (二) 堤防加固技术

加固技术在堤防遭受冲刷、沉降等威胁时起到一定的防护作用，其中钢筋混凝土加固法用于堤防的顶、侧面，在水流较强或受冲刷影响较大的区域钢筋混凝土框架能够有效提高堤防的抗压强度，避免堤防因水流冲击产生裂缝<sup>[4]</sup>。项目中，通过在堤防顶部和外侧应用钢筋混凝土加固，堤防的抗压强度提高了约 60%，抗水压力能力提高约 40%。石笼加固法广泛应用于冲刷较严重的河道旁等堤防的外露部分，石笼结构能够分散水流冲击力以减少水流对堤防外侧的侵蚀，石笼加固后堤防稳定性在工程中提升约 70%，降低外部水流冲击的破坏风险。抗浮性加固能够解决堤防在水位波动时的浮动问题，水位差较大的地区通过对堤防内水位和外部水流压力差控制减少堤防因浮动产生变形，通过应用抗浮性加固措施，堤防稳定性提高约 45%，有效避免了因水位波动引发堤防失稳问题。

#### (三) 堤防排水系统建设技术

堤防排水系统主要作用是防止水分积聚、减少堤防内水压力，在土壤渗透性差的地区通过设置多层排水

材料，渗透性排水层能够通过导水作用将堤防内的水分及时排出。项目中渗透性排水系统的应用有效地将堤防内的积水量降低约 37%，减少因水分过多造成的沉降问题<sup>[5]</sup>。集水井系统采用设置集水井点的方式将堤防内的积水汇集至集中排水点，再利用泵站排放到其他排水区域，集水井系统应用后，堤防内积水的处理速度提高约 50%，效果提升显著。管道排水系统采取合理布置排水管道将积水快速排出，管道排水系统的设计能够使堤防排水流量增加了 30%，防止由于局部积水导致的结构损坏。设计排水系统时，需综合考虑土壤渗透性、排水管道的布设、排水口的数量和分布使排水效果最大化。

#### (四) 河道土石方施工技术

土石方施工在河道水流强、地质复杂的区域直接影响堤防的基础稳定性，机械化施工技术已经成为土石方施工的主流，使用液压挖掘机、铲运机、推土机等设备高效完成土方开挖、填筑及回填工作，机械化施工提高施工效率 40% 以上，缩短工程周期同时降低施工成本<sup>[6]</sup>。土壤较松散的地区，采用分层填筑和压实技术增强土壤的密实度，每层土方的厚度一般不超过 30cm，并结合压实设备将土层的密实度进一步提高约 25%–30% 减少后期沉降现象。湿润土壤采用改良土回填技术，通过混合特殊填料增强回填土的承载力，使其抗压强度提高 35%。施工过程中注意排水防护，临时排水设施的设置可以有效地排除施工区域内积水，将施工区积水排放速度提高保证土方施工顺利进行。

### 四、施工技术的具体实践

#### (一) 堤防基础处理技术的实施

堤防建设过程施工前期，对土壤进行勘察确定了土壤类型和含水量，基础处理的核心目的是提升土壤的承载力，因此采取了压实法与加固法相结合的方式。施工过程中，每层土壤的厚度控制在 30 厘米，要求每层土的压实度必须达到 95% 以上确保基础的稳定性。加固方面对于土壤含水量较高的区域，采用了加固剂掺和技术中，每立方米土壤添加 30 公斤加固剂保障土壤稳定性。在湿陷性黄土区域通过深层搅拌桩技术，深桩的直径为 0.8

米，深度达到6米，搅拌桩的抗压强度达到了设计要求的150 kPa。深层搅拌桩施工时使用了连续搅拌技术，每根桩的深度和强度均达到标准，见图2。基础施工的后期进行地基承载力测试，采用静力触探法和回弹法进行测试，测试结果显示，处理后的基础土层承载力均达

到了150 kPa，符合设计标准，证明堤防在施工过程中具有足够的稳定性。在此基础上，施工队对堤防地基进行了后期修整，测量土层沉降值并进行修正，整体基础处理工艺的实施工，使得堤防基础具有了足够的强度，有效承受堤防结构和外部荷载的压力。

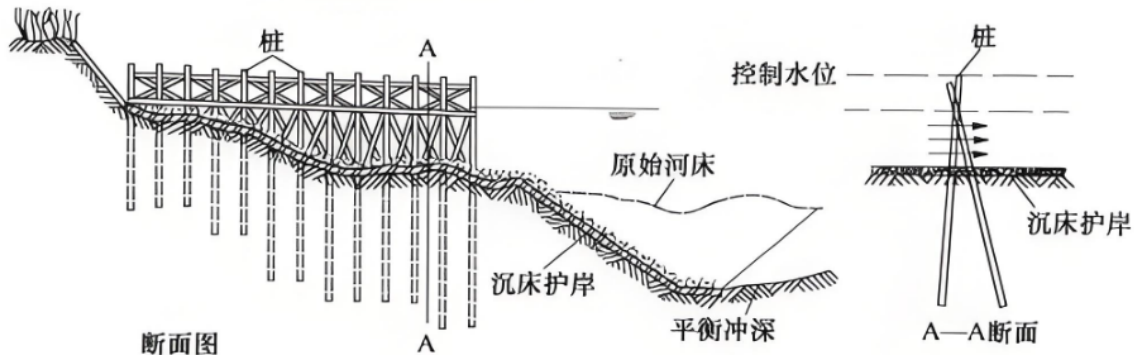


图2：深层搅拌桩施工示意图

### （二）堤防加固技术应用

为了提高堤防的抗压、抗水和抗冲刷能力，施工中采用了多种加固技术相结合的策略，主要采用深层搅拌桩加固、喷射混凝土加固和土工合成材料加固三种技术。基础土层较松软的区域采用了深层搅拌桩技术，使用钻孔搅拌法进行土体改良，每根深层搅拌桩的直径为0.8米，深度达到6米，桩的抗压强度为150 kPa以上，防止了水流和外部压力对堤防造成的影响。堤防坡面加固部分，采用了喷射混凝土加固技术，喷射混凝土的厚度为20厘米，抗压强度达到C25，喷射混凝土的施工过程中用量控制在350公斤/立方米，喷射过程中，施工人员严格按照标准操作控制喷射的压力，避免喷射过程中出现混凝土不均匀的问题。与此同时，为了进一步提高堤防的抗渗能力，在坡面上铺设了土工布和土工膜，土工布的抗拉强度为20 kN/m，土工膜的厚度为1.5毫米，有效地阻止了水分的渗透，同时提高堤防的防水性和抗渗性。

### （三）排水系统施工技术实际应用

首先对堤防周围的水文情况进行了详细调查，确定合适的排水方式和排水设施的布置，在管道系统设计方面采用了直径800毫米的PVC管道，管道的埋设深度为2.5米，每隔20米设置一个排水井，排水井的直径为1.5米，深度为3米确保排水系统的畅通。排水管道的设计坡度为1.5%，在排水管道的安装过程中，所有管道的接口采用橡胶圈进行密封以保障排水管道接口的密封性，在管道的连接部分使用高质量的接头材料，每个接头的密封性不受外界环境影响且避免了水渗漏的发生。井内设置了滤网防止沙土及杂物进入排水管道，所有排水管道的安装位置和管道坡度经过严格测量，排水系统能够按照设计要求顺利排水。施工完成后对排水系统进行了

流量测试，测试结果表明，排水管道的流量能够达到每秒0.5立方米以上。施工中还设置了渗水井和排水沟，渗水井的直径为1米，深度为4米，排水沟的宽度为1.2米，深度为0.8米，有效地引导了地下水和表面水流向排水系统，进一步减少堤防土体的渗水。

### 结语

通过对水利工程中河道堤防施工技术的深入分析，可以看出堤防基础处理、加固、排水系统等关键技术在施工过程中的应用对确保堤防的长期稳定性、抗洪能力以及结构安全性起到了至关重要的作用。真空预压法、深层搅拌法、钢筋混凝土加固、石笼加固等技术，针对不同地质条件和水文环境，提供了有效的解决方案，显著提高了堤防的承载力、抗沉降能力及抗冲刷能力。通过施工中采用的多种技术手段，堤防建设项目能够在复杂环境条件下顺利推进，并确保项目的长期使用效能。

### 参考文献

- [1] 艾仕超. 河道堤防施工关键技术及质量控制研究[J]. 黑龙江水利科技, 2025, (08): 87-89.
- [2] 胡蓉. 水利工程中河道堤防施工技术应用研究[J]. 现代工程科技, 2025, 4(14): 137-140.
- [3] 倪加顺. 河道堤防干砌石护坡与砼预制块护坡加固施工技术[J]. 水上安全, 2025, (11): 158-160.
- [4] 侯旭. 水利工程施工中堤防及护岸工程施工技术[J]. 中国水运, 2025, (10): 91-93.
- [5] 王玉芳. 河道堤防工程施工的质量管理与施工技术研究[J]. 水上安全, 2025, (08): 169-171.
- [6] 何怀琛. 水利河道堤防护岸工程施工技术应用研究[J]. 农业灾害研究, 2025, 15(04): 247-249.

作者简介：徐滨滨（1988.01.03），男，汉，河南焦作温县人，本科，中级，研究方向：水利工程施工。