

# 波浪桩在河道治理工程中优势分析

孙国亮

河北省水利水电勘测设计研究院集团有限公司，天津，300220；

**摘要：**目前，随着适应多样化需求的长期实践，各地河道治理工程已经孕育出多种防护措施。这些措施不仅满足了传统需求，如确保河道岸坡的稳定性以及河道的行洪排涝功能，还进一步发展，旨在提升河道周边的生态效益和视觉体验。目前，这些防护措施已经演进至与城市园林景观、生态环保、建筑艺术等多方面内容相结合的开放性生态护坡，特别是城市河道建设中建设场地紧张且生态性要求较高。因此，本文着重对新型防护型式波浪桩进行介绍，进一步论述其优越性，为类似工程设计提供了借鉴和参考。

**关键词：**河道治理；波浪桩；方案比选

**DOI：**10.69979/3029-2727.25.05.025

## 引言

河道治理工程是确保河流安全、促进区域可持续发展的重要措施。随着社会经济的快速发展和环境保护意识的增强，河道治理工程不仅要考虑传统的防洪排涝功能，还要兼顾生态修复和景观美化。波浪桩作为一种新型的河道治理技术，其设计和应用在满足河道基本功能的同时，也注重了生态和美观的双重价值。

## 1 应用河道现状情况概述

某渠道为2012年新开挖渠道，具有排灌双重任务，原设计按5年一遇标准开挖，由于经济的发展，演变为清河县开发区重要的排沥渠道，设计排涝标准提高至10年一遇，原渠道规模不满足排涝要求，且渠道内淤积严重，淤积厚度0.2~1.0m。渠道现状底宽4.0m，河底以上2.3m范围边坡坡比1:1，采用15cm厚混凝土衬砌，以上坡比1:1.5~1:2。由于渠道右岸紧邻挥公大道，左岸沿渠道上开口2~3m范围铺设污水和给排水管道，且两岸均建有完整的生态景观设施。为减少对现有设施的破坏，本次设计维持现状上开口宽度基本不变，在河道上开口位置设直立挡墙，增大河道过流面积。若采用原始河道治理防护型式，需对管线进行保护，且因管线影响，回填压实度难以达到公路标准的回填压实度要求，为保护既有市政道路的安全，保证施工顺利进行，增强生态性及景观效果，两岸防护采用波浪桩。

## 2 河道地质

渠道勘探深度范围内主要为第四系全新统人工堆积和冲洪积地层，地基多属黏性土单一结构，局部为黏砂双层结构。按岩性及空间分布由上至下划分为7个地

质层，分述如下。

第①2地质层：素填土（Qs），杂色，稍湿，松散~稍密，岩性以砂壤土为主，含少量植物根系等。层厚0.6~0.8m，层底高程27.65~28.48m。

第②1层：粉砂（Qalp 4），褐黄色，稍湿，稍密，主要成分为石英、长石，粉粒含量较高。层厚1.1~3.0m，层底高程19.35~22.07m。

第②2层：细砂（Qalp 4），灰黄色，稍湿，稍密，主要成分为石英、长石，粉粒含量较高。层厚>1.5m。

第③1层：粉质黏土（Qalp 4），褐黄色，可塑，土质较均匀，偶见黑色锈染，局部夹砂壤土薄层。已揭穿该层层厚1.0~3.0m，层底高程20.37~23.35m，未揭穿该层层厚>0.8m，分布较普遍，中部、下部均有揭露。

第③2层：黏土（Qalp 4），黄褐色，可塑~硬塑，土质较均匀，偶见黑色锈染，局部夹砂壤土薄层。已揭穿该层层厚1.1~6.1m，层底高程15.97~21.98m，未揭穿该层层厚>0.5m，分布较普遍，中部、下部均有揭露。

第③3层：砂壤土（Qalp 4），褐黄色，软塑~硬塑，土质较均匀，局部夹壤土薄层。已揭穿该层层厚6.4~9.5m，层底高程18.95~20.45m，未揭穿该层层厚>8.9m，分布较普遍，上部、中部、下部均有揭露。

第③4层：壤土（Qalp 4），黄褐色，可塑~硬塑，含少量黑色锈染，偶见姜石，局部夹砂壤土薄层。已揭穿该层层厚3.9~7.0m，层底高程21.37~21.75m，未揭穿该层层厚>0.6m，分布较普遍，上部、中部、下部均有揭露。

### 3 防护方案比选

#### 3.1 防护设计原则

(1) 应满足水利现行规程、规范以及相关批复文件。

(2) 应与河道周边自然景观和人文景观相协调，并满足生态景观规划的要求。

(3) 尽量采用新技术、新工艺、新材料，加快施工进度，缩短工期，在满足水环境、水景观要求的前提下降低造价。

#### 3.2 边坡防护材料比选

为防止雨水冲刷和行洪时保证岸坡安全，一般在岸坡内外侧边坡做防护，防护型式分为直立防护和坡面防护。工程区由于占地因素影响，且考虑景观因素，采取直立防护。

本文根据现场实际情况比选了3个方案：混凝土直立挡墙、波浪桩、自嵌式挡墙。

##### (1) 方案一：混凝土直立挡墙

混凝土直立挡墙墙高2.9m，顶宽0.4m，迎水侧垂直，背水侧1:0.25，底宽3.0m，厚0.5m，下设10cm厚C15混凝土垫层，设2排PVC排水管。混凝土强度C30WFF150。临时占地宽度约8.5m。结构型式详见图1。

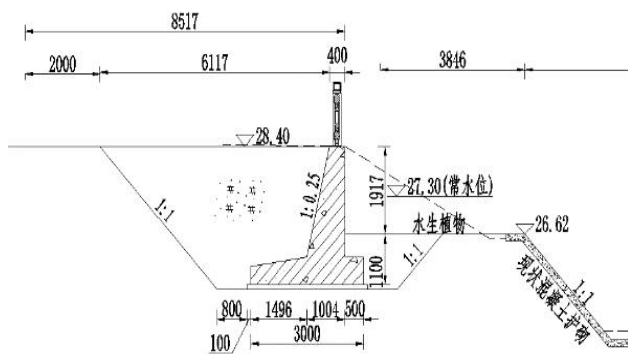


图1 方案一混凝土直立挡墙结构图

##### (2) 方案二：预制混凝土波浪桩

预制混凝土波浪桩桩长5.0m，埋入地面以下3.4m，墙顶设混凝土冠梁，尺寸0.5×0.3m（长×高），混凝土强度等级为C30F150，预应力混凝土波浪桩型号为W-CP-400-I，桩身各项性能符合《预制混凝土板桩式挡土墙技术规程》（T/CHES 28-2019）相关规定，桩身混凝土强度等级不低于C80，桩身混凝土中应掺入耐腐蚀GM3型高性能复合材料，掺入剂量为胶凝材料的2%，抗冻F150，耐腐蚀系数KS150≥0.85，电通量≤800，氯离子

扩散系数≤4.0×10<sup>-12</sup>/m<sup>2</sup>//s。临时占地宽度约2.5m。结构型式详见图2。

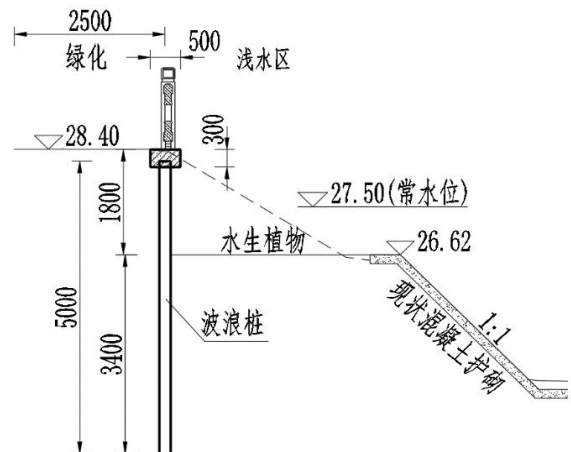


图2 方案二预制混凝土波浪桩结构图

##### (3) 方案三：自嵌式挡墙

自嵌式挡墙墙高1.8m，底部设混凝土基础，尺寸0.8×0.4m（长×高），混凝土强度等级为C30W4F150，以外设40cm厚格宾石笼，内填卵石，墙后设4排土工格栅，长度3.0m。临时占地宽度约6.35m。结构型式详见图3。

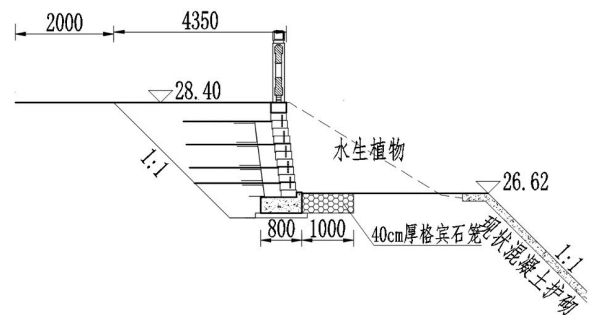


图3 方案三自嵌式挡墙结构图

三种方案主要工程量及建筑工程投资见表1-表3。

表1 方案一混凝土直立挡墙每延米投资表

工程或费用名称	单位	数量	单价(元)	合计(元)
土方开挖	m <sup>3</sup>	19.67	10.91	214.60
土方回填	m <sup>3</sup>	14.15	7.05	99.76
C30W4F150混凝土挡墙	m <sup>3</sup>	3.02	687.19	2075.31
C15混凝土垫层	m <sup>3</sup>	0.32	595.05	190.42
钢筋制安	t	0.21	6862.79	1450.79
模板支护	m <sup>2</sup>	6.85	65.26	447.03
300g/m2土工布	m <sup>2</sup>	0.57	12.24	6.92
土工布包裹碎石	m <sup>3</sup>	0.03	224.47	6.34
φ75PVC排水管	m	1.4	39.15	54.81
恢复绿化	m <sup>2</sup>	8.5	150	1275.00
合计				5820.98

表 2 方案二预制混凝土波浪桩每延米投资表

工程或费用名称	单位	数量	单价(元)	合计 (元)
土方开挖	m³	3.52	10.91	38.40
波浪桩	m	6.35	630	4002.54
C30F150 混凝土	m³	0.15	687.19	103.08
钢筋制安	t	0.005	6862.79	34.31
模板支护	m²	0.6	65.26	39.16
恢复绿化	m²	2.5	150	375.00
合计				4592.49

表 3 方案三预制自嵌式挡墙每延米投资表

工程或费用名称	单位	数量	单价 (元)	合计 (元)
土方开挖	m³	15.96	10.91	174.12
土方回填	m³	7.68	7.05	54.18
自嵌式挡墙砌块 (400×0.3×0.15)	块	44	25	1100.00
C30W4F150 混凝土基础	m³	0.45	687.19	309.24
大理石压顶	m	1.00	400	400.00
C15 混凝土垫层	m³	0.10	595.05	59.51
40cm 厚格宾石笼	m³	0.40	550	220.00
土工格栅	m²	16.00	15	240.00
钢筋制安	t	0.02	6862.79	137.26
模板支护	m²	3.85	65.26	251.25
300g/m2 土工布	m²	4.70	12.24	57.53
土工布包裹碎石	m³	0.53	224.47	117.85
恢复绿化	m²	6.35	150	952.50
合计				4073.42

综上，方案一：需截流、围堰、开挖、降水、临时占地宽度 8.5m，对现状破坏严重，需要绑扎钢筋、模板支护，混凝土浇筑和养护等，施工工序繁琐，工期较长，投资较高。

方案二：干湿作业环境均可施工，受气候影响较小，无需降水开挖，基本无占地，工序简化、施工完成后可立即转入下一工序，并可穿插作业，5 人日施工约 50~70 延长米。

方案三：需截流、围堰、开挖、降水、临时占地宽度 6.35m，基础混凝土需要浇筑养护、墙后土工格栅需要分层碾压，施工工序繁杂。

工程区位于开发区，渠道多沿市政公路，且沿线多平行埋有管线，本次比选以最小开挖占地为主要选材指

标，工程紧邻市政道路，施工期阻碍交通，施工工期长短也是选材的指标之一。波浪桩具有施工无需开挖，基本无临时占地，施工工序简单，施工周期快的优点。因此采用波浪桩。

另外波浪桩还有以下优点：

(1) 造型美观。桩截面拼接在一起错落有致而不单调，可以根据需要设计成“S”型或“M”型，配合一定的造型，工程完成后视觉效果好，形成波浪状，具有很好的美观性。

(2) 波浪桩的结构设计允许其在不同水位变化下具有良好的适应性，能够有效应对河道水位的季节性波动。

(3) 波浪桩的安装和拆卸过程简便快捷，便于后期维护和更换，提高了工程的可持续性。

(4) 波浪桩的使用减少了对周边环境的干扰，尤其在生态敏感区域，能够更好地保护水生生物的栖息地。

(5) 波浪桩的材料和结构设计使其具有较高的耐久性，减少了长期的维护成本和频率。

(6) 波浪桩的生产过程和材料选择符合环保要求，对环境友好，符合当前绿色建筑和可持续发展的趋势。

(7) 波浪桩的使用在一定程度上可以促进当地经济的发展，因为它可以带动相关产业如预制构件制造业的发展。

## 4 结束语

水利工程城市内项目越来越多，由于城市内占地和征迁困难，若采用传统的防护结构，往往由于占地和征迁问题无法实施，波浪桩方案占地小、施工快等特点，其安全性、稳定性以及实用性较高。不仅适用于水利护岸护坡、景观河道改造等河道项目，在航道支护、板码头等工程也具有较高的推广价值。

## 参考文献

- [1] 钟可圳, 中小河流综合治理工程 PPP 项目中波浪桩施工技术的应用. 工程技术研究 20205(12) 112-113
- [2] 孟涛, 波浪桩生态护岸技术及项目分享, 山东建华 2018.