

沈家河水库岸坡防护高强度塑钢板桩设计要点分析

马瑞轩

宁夏水利水电勘测设计研究院有限公司 宁夏 银川 750000

摘要：高强度塑钢组合板桩（以下简称“塑钢板桩”）是一种新型建筑材料板桩，与传统桩型相比，塑钢板桩具有重量轻、绿色环保、桩身质量可靠、施工方便快捷、工程造价低等优点，尤其在工程占地方面，减少了征占地费用，方便建设单位处理社会协调问题。同时其截面抗弯性能优良、抗变形能力强，耐腐蚀，不蚁蛀，特别适宜承受水平荷载。塑钢板桩可广泛应用于河道、海堤、湖泊、港口码头护岸、地下防渗墙、公路铁路路基护坡挡土、桥梁涵洞的护坡挡土、基坑支护等工程建设领域。

关键词：塑钢板桩；土压力；征占地

1 工程背景

沈家河水库位于黄河一级支流清水河上，距离固原市区约10公里，始建于1958年12月。水库的总库容为4740.8万 m^3 ，其中淤积库容2830.2万 m^3 ，兴利库容为555.7万 m^3 ，调洪库容1354.9万 m^3 。

沈家河水库在固原市的农业灌溉和水资源利用中起着重要作用。水库除险加固后，可为原州区5.26万亩农田提供灌溉用水，其中改善灌溉面积2.7万亩、新增高效节水灌溉面积2.56万亩，为解决当地脱贫规划和水资源利用创造了条件，并为当地发展特色农业产业提供了水源支撑。

此外，沈家河水库还与固原沈家河生态湿地公园相结合，形成了集休闲、观光、垂钓、旅游于一体的生态旅游区。该公园于2017年12月25日顺利通过国家林业局的验收，成为固原市首个“国家湿地公园”。

沈家河水库左岸岸坡防护工程位于沈家河水库库区左岸，顶部为固胡公路东侧，工程长度2.17Km。

受沈家河水库蓄水影响，其区域内人行步道多半被淘刷，原来的护坡砌护大部分已经损坏，岸坡冲刷导致塌岸严重，下一步可能会直接影响固胡公路的安全，结合城镇滨岸带建设，对岸坡进行恢复，减少对固胡公路的影响。由于现状步道紧邻固胡公路，工程区域用地非常紧张，同时考虑到固胡公路的安全，保留沈家河水库水面面积，结合合理有效的工程措施，对岸坡进行防护措施，减少对固胡公路的影响。

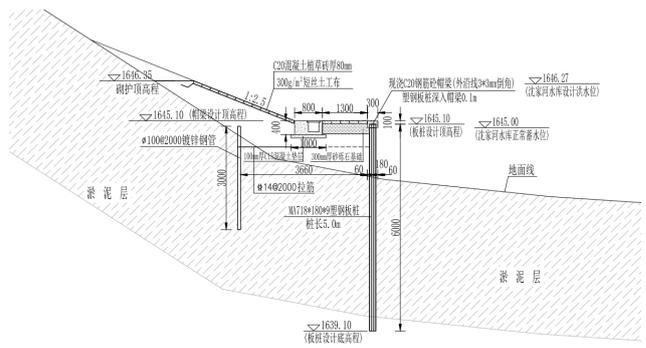
2 工程方案比选

沈家河水库左岸岸坡防护，在考虑岸坡恢复治理基础上，同时还需要考虑与上游沈家河湿地公园及周边环境的衔接，因此治理应当考虑综合性功能。由于沈家河水库常年蓄水，水库正常蓄水位以下部分常年处于水

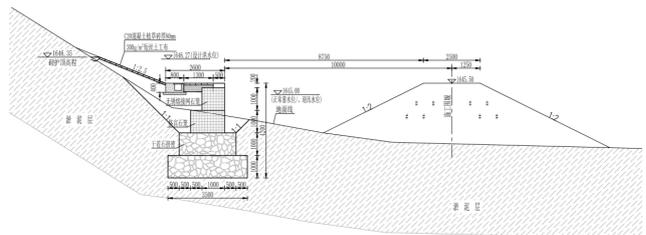
下，正常蓄水位部位设置亲水平台，正常蓄水位至设计洪水位之间采用生态护坡，设计洪水位以上部分为现状人行步道，本次设计正常蓄水位以上部分结构基本一致，现主要对正常蓄水位以下部分结构进行综合比选，由于存在水下施工情况，且根据地质勘察资料，水库岸坡淤泥层厚度为3~6.5m。

根据《沈家河水库除险加固初步设计报告》（2015.08）确定的水库特征水位，其设计蓄水位为1645.00m，设计洪水位为1646.27m，校核洪水位为1648.45m，汛限水位与设计蓄水位相同，为1645.00m，其兴利库容为555.7万 m^3 。

设计对钢板桩基础方案及围堰抛石方案进行比选。



方案一 钢板桩基础方案



方案二 围堰抛石方案

表1 比选方案用量及费用计算表

序号	方案名称	项目	单位	数量	单价(元)	费用(万元)
1	方案一	钢板桩基础方案		2167		567.75
		塑钢板桩(9mm厚、6m长)	m	2167	2500	541.75
		Φ100钢管	m	4334	60	26.00
2	方案二	围堰抛石方案		2167		665.15
		无锈熔接网基础	m ³	2167	530	114.85
		格宾石笼基础	m ³	3250.5	335	108.89
		干茬石挤密	m ³	13002	180	234.04
		施工围堰(土方回填)	m ³	67610.4	17.5	118.32
		施工排水	台时	15602.4	20.24	31.58
		施工围堰拆除(土方开挖)	m ³	67610.4	8.5	57.47

按照上述经济比选,围堰抛石基础方案投资费用比钢板桩基础方案多约100万元。钢板桩基础方案其底高程与淤泥层底高程基本一致,施工相对简单,不需考虑施工排水措施及对沈家河水库影响较小,抛石基础方案抛石厚度为2.0m,靠近水库一侧设置施工围堰,围堰采用土体围堰,高度为1645.50m(高出设计蓄水位0.5m),顶部宽度2.5m,回填边坡1:2.0,施工完成需要对围堰进行拆除。且塑钢板桩无征占地要求,基本维持现状,本次设计从施工难易程度、对水库蓄水影响、投资及大量抛石与沈家河水库上游湿地公园协调性等因素综合考虑,设计推荐钢板桩基础方案。

3 工程设计参数

沈家河水库左岸段护岸工程,主要有水下钢板桩、亲水平台及混凝土植草砖护坡组成。水下钢板桩长6.0m,其中地面以上长度占总长度的1/3,钢板桩厚度为9mm;亲水平台总宽度2.0m,亲水平台顶高程为1645.50m,上部为面包砖,厚度80mm,下部砂砾石换填厚300mm;护坡迎水面边坡与现状坡面基本保持一致,为1:2.5,采用80mm厚植草砖,植草砖下部铺设土工布反滤层,土工布规格为300g/m²,护坡顶部设混凝土压顶板,压顶板尺寸0.5*0.3*0.1m(长*宽*厚)。工程结构图见方案一图。

4 稳定计算

(1) 计算依据

《板桩码头设计与施工规范》(JTS167)、《公路路基设计规范》(JTG 30)、《高强度塑钢组合板桩设计应用指南》。

(2) 计算公式

主动土压力采用式(1-1)进行计算^[1],被动土压力采用式(1-2)进行计算,土压力系数采用式(1-3)和式(1-4)进行计算,抗倾覆稳定性采用式(1-5)计算,抗

滑动稳定性采用式(1-6)计算:

$$E_{ax} = 0.5\gamma h^2 K_a \cos(\delta) \quad (1)$$

$$E_p = 0.5\gamma h^2 K_p \quad (2)$$

$$K_a = \cos\beta \frac{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}}{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}} \quad (3)$$

$$K_p = \tan^2(45 + \phi/2) \quad (4)$$

$$K_0 = \sum M_y / \sum M_H \quad (5)$$

$$K_1 = \sum E_p / \sum E_{ax} \quad (6)$$

式中:δ——板桩与土的摩擦角,取0.2-0.54;

φ——板桩后土的内摩擦角;

β——板桩后土的坡角;

K_a——主动土压力系数;

K_p——被动土压力系数;

K₀——抗滑动安全系数,取1.1;

K₁——抗倾覆稳定安全系数,取1.25;

∑M_y——板桩抗倾覆力矩;

∑M_H——板桩倾覆力矩。

∑E_{ai}——板桩滑动力;

∑E_p——板桩抗动力。

(3) 计算参数

粘土或粉质粘土(未扰动或局部扰动深度不大于地面以下0.5m)

基础土: C = 10Kpa, φ = 15°;

回填土: C = 10Kpa, φ = 20°;

Y_± = 17.0 KN/m³ (浮容重y_± = 10.0 KN/m³);

Y_w = 10.0 KN/m² (水);

设计塑钢板桩长6m,型号为8mm复合塑钢增强板

(4) 计算工况

河道水位为设计低水位(1645.00m);

墙后排水良好，墙后地下水位（1645.10m）；
墙后填土0.3m（t=0.3）；

墙后人群荷载3.5 kpa。
(5) 计算结论

表2 抗滑及抗倾覆计算结论表

计算项目	序号	验算项	单位	验算值	备注
抗滑	1	$\sum E_{ai}$	KN	245.69	
	2	$\sum E_{bi}$	KN	313.21	
	3	K		1.27	> 1.25安全
抗倾覆	1	$\sum M_{ai}$	KN-m	508.16	
	2	$\sum M_{bi}$	KN-m	649.82	
	3	K		1.28	> 1.25安全

根据以上计算，沈家河水库左岸护岸工程塑钢板桩设计方案抗滑、抗倾覆满足要求。由于地质条件有一定变化，设计将桩长采用8.0m，基本穿透软土层，施工时请将施工设备与板桩挡土墙的距离保持3m以上^[2]，避免对板桩挡墙产生不利影响，锚杆钢管柱距塑钢板桩临水面不得小于3m。

5 工程施工

(1) 施工流程

施工准备-场地平整-导架安装-桩基就位-沉桩-桩顶处理-导架拆除-桩帽施工-下一个桩。

(2) 施工准备

将板桩施工水域的乱石杂草等清理，平整出施工平台。桩机行进道路需填平压实，宽度4.0米以上。

(3) 施工放样与定位

将施工区域控制点标明并经过复合无误后加以有效保护，在施工区域拉线，确保平直。

(4) 桩机施工流程

——振动锤夹取送桩将送桩横放于地面。将塑钢板桩安放于送桩上，确保固定牢靠。吊起送桩。调整桩的垂直度或倾斜度，精确定位。板桩榫头互相连接。控制压桩速度，无强烈要求应让桩自沉；有反震力，应使用震动模式下桩；反震力过强，挖掘机可以控制加力。测量桩的偏位及标高。将送桩放倒，施工人员操作下一根板桩。

(5) 注意事项

施工须使用配套设施按规范要求完成施工；遇施工

质量不达标情况须将板桩拔出重打；遇土层坚硬无法打至设计标高时可采用送桩预成槽施工；在施工过程中应注意板桩倾侧、土体沉降等问题；后续施工过程中，注意靠近板桩部位不得用机械野蛮施工，以免损坏板桩和其他结构，靠近板桩部位不得开挖过深。

结论

针对沈家河水库左岸岸线破碎、岸坡坍塌、生态脆弱等问题，通过塑钢板桩防护措施，对硬质护坡进行生态化改造，结合河道治理和景观建设，恢复河道多样化形态，修复河道自然生境，为城镇居民提供休闲空间，为野生动植物提供栖息地，构建城镇型河湖缓冲带。

塑钢板桩作为一种占地面积小，可减少占地及基础处理费用，且同时适用于饱和和软土基础的防护措施有以下优点：

1) 材质稳定、坚固耐久、不腐蚀、不蚁驻、不开裂，具有极高的抗压强度和抗冲击能力。使用寿命长达50年。

2) 材料成分稳定，产品不含铅和塑化剂，对水土环境也不产生污染，绿色环保。

3) 重量轻、施工容易。护岸安装迅速，施工便捷，工效高。

参考文献

- [1]汤劲松,熊保林.钢板桩围堰设计的土压力计算方法探讨[J].岩土工程学报,2014年S2期
- [2]牟美奇,陈龙,李国良,许稷,陈浩.高强度塑钢连锁组合板桩护岸现场试验研究[J].河南科学,2021年04期