



# 三峡库区下洛碛库段消落带生态护岸方案

袁海龙, 刘 莉

(中交第二航务工程勘察设计院有限公司, 湖北 武汉 430060)

**摘要:** 三峡库区重庆渝北区下洛碛土质库段消落带因近岸采砂形成水下深槽, 受江水冲刷库岸造成岸坡崩塌导致库岸线不断后移, 区内生境已呈现不可逆转的破坏。为寻求一种兼顾环境、生态与经济的综合治理方案, 通过现场勘察, 在查明消落带地形地貌、岩土体特征、水文地质特征等的基础上, 提出传统斜坡生态护岸和特拉锚垫生态护岸2种方案, 并从施工工艺、护岸效果、生态恢复效果、施工周期、施工场地条件和后期养护成本共6个方面对比了2种方案的优缺点。结果表明, 特拉锚垫生态河道系统护坡方案因其施工工艺简单、植物易活绿化覆盖率高、满足岸坡对江水侵蚀作用的防治需求等优势, 更适合类似下洛碛库段消落带的江河湖泊和库区消落带土质和硬质岸坡的生态修复需求, 可推广应用。

**关键词:** 特拉锚垫; 塌岸; 生态护岸; 消落带

中图分类号: U 656.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2022)01-0140-04

## Ecological bank revetment in fluctuation zone of Xialuoqi reservoir section in the Three Gorges reservoir area

YUAN Hai-long, LIU Li

(CCCC Second Harbor Consultants Co., Ltd., Wuhan 430060, China)

**Abstract:** The fluctuation zone of Xialuoqi reservoir section is prone to bank slope erosion due to nearshore sand mining and river water scouring. The ecological environment in the area has been irreversibly damaged. To find out a comprehensive treatment method considering environmental, ecological and economic functions, the paper proposes two treatment schemes, i.e. traditional slope ecological revetment (TSER) and Tera anchor pad ecological revetment (TAPER), and compares the advantages and disadvantages of them in terms of six aspects, including construction technology, revetment effect, ecological restoration effect, construction period, construction site conditions and later maintenance cost. It is concluded that TAPER is more suitable because of its advantages of simple construction technology, live adaption for plants, broad green coverage, and meeting the prevention needs of the bank slope erosion, and is also suitable for other soil banks or rock banks in rivers and lakes prone to slope erosion. Thus it is expected to be further promoted and applied for bank slope reinforcement and ecological restoration.

**Keywords:** Tera anchor pad; bank slope erosion; ecological revetment; hydro-fluctuation belt

长江上游三峡库区库岸岸坡长期受江水周期性涨落和江水冲刷淘蚀, 在消落带易产生塌岸、滑坡等岸坡失稳现象, 特别是厚层土质岸坡极易

产生塌岸<sup>[1]</sup>。因此, 选择经济合理、环保的岸坡支护方式, 不仅能保证岸坡的稳定性, 而且对长江沿线的生态恢复和保护能起到积极的作用。

特拉锚垫生态河道系统将植被措施与工程措施有机结合, 适用于江河湖泊和库区消落带土质和硬质岸坡的生态修复<sup>[2]</sup>。特拉锚垫生态河道系统由反滤层、草皮增强垫和锚固系统3部分构成, 采用装配式施工, 施工工艺简单、快捷<sup>[3-4]</sup>; 其对于消落带岸坡加固效果好, 可减少水土流失, 防止岸坡遭受水流侵蚀破坏; 特拉锚垫三维立体结构便于泥沙和有机质的沉积附着, 为植物生长提供土壤和营养条件, 保护植物幼苗, 促进植被生长覆绿<sup>[5]</sup>, 既能满足岸坡对江水侵蚀作用的防治需求, 又能实现对岸坡的生态修复, 实现岸坡的加固、生态和美学功能的完美结合, 满足国家对长江生态保护的政策要求。目前, 该技术尚处于试验阶段。笔者拟通过三峡库区下洛碛库段消落带生态护坡工程实践, 论述该技术的先进性, 为其推广应用积累经验。

## 1 工程概况

下洛碛库段消落带位于重庆市渝北区洛碛镇下洛碛段长江北岸大内浩区域内, 全长约2.1 km。该区域平面形态较为顺直, 左岸为下洛碛卵石滩, 右岸为中挡坝卵石滩, 碛顶低平, 枯水期常出现浅包碍航; 右岸中挡坝伸出较开, 边缘有五金堆、金钱罐、确石等礁石分布。

该库段内水下岸坡地形陡峭, 坡度多为40°~50°。坡脚存在采砂形成的水下深槽; 岸坡在170 m高程以上近乎直立; 库段后方陆域地形平坦(图1)。

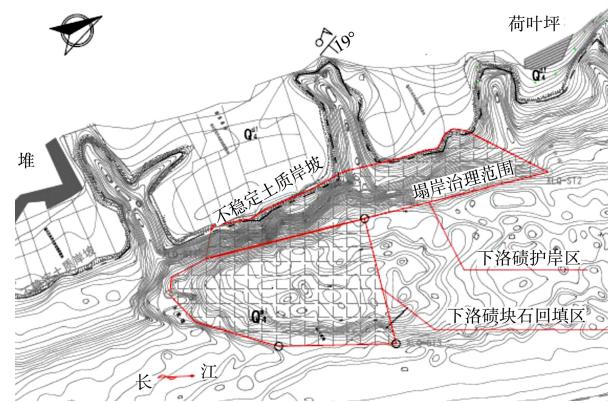


图1 下洛碛特拉锚垫生态修复试验区工程平面图

该护岸为土质岸坡, 以粉质黏土、细砂和卵石层为主, 平均层厚22.0 m。三峡库区蓄水后出现高差达到30 m的消落带。受江水冲刷和自身重力影响, 该段岸坡不断向后推移形成塌岸带。工程区不稳定岸坡长度共1 345 m, 年崩退2~4 m; 崩岸以浪坎、小型条崩为主, 条宽0.5~1.5 m, 后缘崩高2.5~6.0 m(图2)。



图2 下洛碛库段消落带不稳定岸坡

## 2 岩土层及其特征

工程勘察表明, 工程区主要有第四系全新统河流冲积层( $Q_4^{al}$ )粉质黏土、卵石层, 局部存在细砂; 基岩主要有侏罗系( $J_2S$ )泥岩和泥质砂岩<sup>[6]</sup>。各工程地质层的分布自上而下如表1所示。

表1 三峡库区下洛碛库段消落带工作区地层单元分布

地层单元	描述	分布范围及厚度
①粉砂( $Q_4^{al}$ )	灰褐色, 饱和, 松散, 混淤泥质粉质黏土多量, 部分为粉土, 为新近沉积	在下洛碛人工采砂形成的水下深槽表层分布, 平均层厚1.80 m
② <sub>1</sub> 粉质黏土( $Q_4^{al}$ )	褐黄色, 饱和, 可塑为主, 混粉粒和砂不均, 夹薄层粉砂层, 表层0.5 m为种植土	在陆域分布连续, 平均层厚15.66 m
② <sub>2</sub> 粉质黏土( $Q_4^{al}$ )	深灰色, 褐灰色, 饱和, 软塑为主, 部分可塑, 混粉粒和砂多量, 夹层状粉砂、细砂层, 含腐植物少量	陆域分布连续, 平均层厚6.53 m
② <sub>3</sub> 细砂( $Q_4^{al}$ )	深灰色, 饱和, 中密, 混黏粒不均, 见云母, 含腐植物少量, 底部混卵石、圆砾不均	局部分布, 平均层厚2.97 m
③卵石( $Q_4^{al}$ )	杂色, 饱和, 主要呈中密状, 母岩成分以石英砂岩、砂岩为主, 粒径3~8 cm为主, 部分8~15 cm, 部分15~20 cm, 含漂石不均, 卵、漂石含量多在65%~85%, 局部可达85%~99%, 主要中、粗、砾砂和圆砾充填	本次勘察所有钻孔有揭示

续表1

地层单元	描述	分布范围及厚度
④ <sub>1-2</sub> 中风化泥质砂岩 (J <sub>2s</sub> )	褐红色, 基质主要为泥质和粉砂质, 泥质胶结, 岩体较破碎, 局部夹砂岩硬薄层, 岩芯多呈短柱状及块状, 少量碎块状和碎石状	本次勘察在下游个别钻孔揭示到
④ <sub>2-2</sub> 中风化泥岩 (J <sub>2s</sub> )	褐红色, 基质主要为泥质和粉砂质, 泥质胶结, 岩体较破碎, 局部夹泥质砂岩或者砂岩硬薄层, 岩芯多呈短柱状及块状, 少量碎块状和碎石状	本次勘察在下游个别钻孔揭示到

### 3 治理方案比选

下洛碛生态护岸区包括生态护坡和块石护坡两部分(图3)。工程区设计疏浚最低通航水位152.0 m, 此高程以下土体常年处于淹没状态, 水下部分岸坡选择抛填块石进行回填护坡, 水下施工难度较大。施工中采用系结压载软体排护底, 对水下深槽进行块石回填压脚和防冲刷。根据水深和流速等因素确定水下护坡体的块石粒径, 通过稳定计算确定水下护坡和护角棱体的尺寸; 护坡的坡度为1:1.25~1:1.35。152.0 m以上部分护岸可以采取传统斜坡式生态护岸或者特拉锚垫生态河道系统护岸2种方案, 但需进一步作方案比选。



图3 下洛碛库段消落带不稳定岸坡

#### 3.1 传统斜坡式生态护岸

152.0 m水位以上地层主要为②<sub>1</sub>和②<sub>2</sub>粉质黏土、③中密卵石, 局部存在②<sub>3</sub>细砂层。细砂抗冲刷能力差, 其他地层抗冲刷能力较弱, 存在基础抗冲刷稳定问题, 对护岸工程稳定不利。上述地层作为拟建建筑物基础持力层时, 建筑物基础应采取防冲刷措施。本段土质岸坡处于不稳定状态, 岸坡陡, 部分地段呈近直立状态, 应采用合理的护顶、护坡和护脚措施。根据岸坡现状采取合理的护坡坡比, 削坡坡度可以采用1:1.5~1:2.0, 并在坡面做好排水措施, 坡顶做好防水措施, 同时

在坡脚处进行加固维持稳定。为加速坡体固结排水速率, 提高岸坡土体的抗剪强度, 增强坡体的稳定性, 增加坡体隔、排水措施, 设置通畅的排水通道, 并设置反滤层, 坡面植草。

在进行削坡施工时, 由于工程区护岸段存在②<sub>2</sub>层软塑状态的粉质黏土, 其强度相对较低, 如无法实施大规模机械化施工, 必要时须采取人工削坡的方式以确保工程顺利进行。

护岸工程应先进行抛石镇脚加固后才能进行削坡工作, 严禁先削坡后抛石镇脚而影响边坡的稳定。此外, 被削坡的土体严禁就地堆放在坡顶部位, 影响边坡的稳定。

#### 3.2 特拉锚垫生态河道系统护坡

特拉锚垫生态河道系统主要由反滤层、草皮增强垫和锚固系统3部分构成(图4)。反滤层紧贴消落带岸坡土体, 能有效减少涌浪和江水流对坡面的直接冲刷淘蚀作用, 从而减少消落带岸坡土颗粒的流失, 保持水土和岸坡稳定; 草皮增强垫处于最外层, 在植被刚种植时保护植物根茎, 减少植物的抗冲刷疲劳, 植物生长以后, 根茎穿透反滤层进入岸坡土体内, 增加岸坡根土复合体的抗剪强度, 从而提高岸坡的稳定性; 锚固系统通过锚孔将反滤层和草皮增强垫结构固定于岸坡, 形成整体防护层, 加固浅层土体。特拉锚垫生态河道系统护坡的断面布置如图5所示。

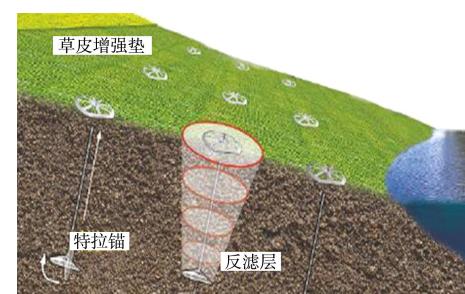


图4 特拉锚垫生态河道系统

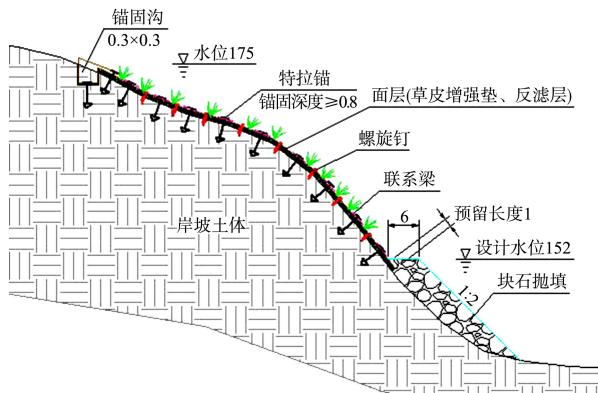


图5 特拉锚垫生态河道系统护坡断面布置 (单位: m)

采用特拉锚方案加固施工时, 应先对152.0 m水下岸坡和深槽进行抛石回填和护坡, 削坡坡度采用1:1.5~1:2.0, 同时做好坡体隔、排水措施。由于场地条件或者地层限制无法实施大规模机械化施工时, 须采取人工削坡的方式, 同时严禁削坡土体就地堆放在坡顶部位而影响岸坡的稳定。特拉锚结构层施工时从坡面自上而下进行铺设, 采用锚固系统对结构层进行固定, 特拉锚和特拉钉相互交错布置, 均呈菱形布置, 水平和垂直方向间距均为1.0 m, 特拉锚入土深度为1.0~1.2 m(图6)。

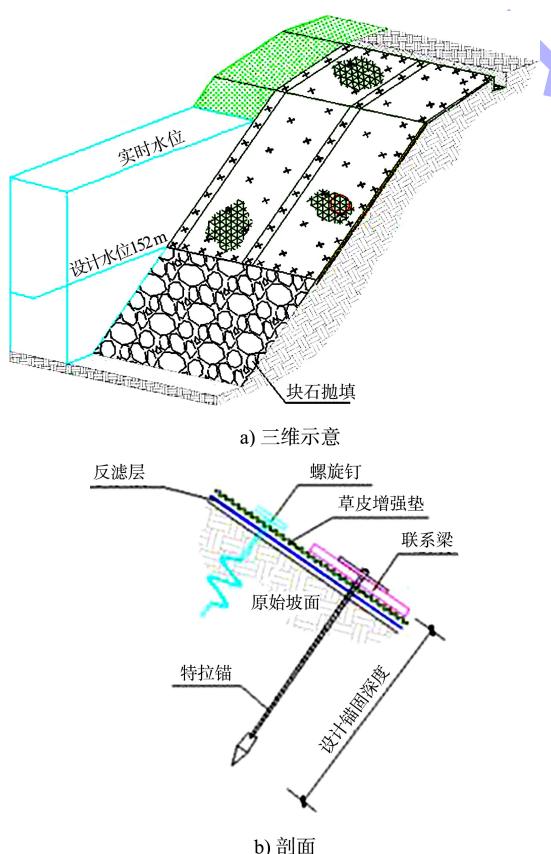


图6 特拉锚垫生态河道系统护坡坡面

### 3.3 方案比选

1) 施工工艺比选: 传统斜坡式生态护岸施工工艺成熟, 但施工过程较繁琐; 特拉锚垫河道生态系统结构部件先行在工厂预制好, 施工时采用装配式施工, 施工工艺简单。

2) 护岸效果: 传统斜坡式生态护岸和特拉锚垫河道生态系统均可以起到良好的抗冲刷作用, 但根据试验数据, 特拉锚垫生态护岸可以降低12%的岸坡水土流失。

3) 生态恢复效果: 传统斜坡式生态护岸在护岸表层采取植草等生态措施, 会导致植物覆盖率较低, 效果不理想, 如果采用块石或者混凝土护面又达不到生态护岸的效果; 特拉锚垫河道生态系统的草皮增强垫易成活和养护, 植物覆盖率高, 根据试验结果植物成活率可以达到90%, 并且特拉锚本身采用环保材料, 加固岸坡的同时还能很好地促进消落带的生态保护和恢复。

4) 施工周期: 传统斜坡式生态护岸施工周期较长, 施工受天气和水位涨落影响较大; 特拉锚采用预制材料装配式施工, 施工周期较短, 施工受天气和水位涨落影响较小。

5) 施工场地条件要求: 江河岸坡特别是山区岸坡一般场地较狭窄, 受场地和地质条件限制, 大型机械施工较为困难, 对传统斜坡式生态护岸施工影响大; 特拉锚垫河道生态系统采用人工装配式施工, 受场地条件影响较小。

6) 后期养护成本: 传统斜坡式生态护岸由于植物成活率和覆盖率较低导致后期维护成本较高; 特拉锚垫河道生态系统草皮增强垫易成活和养护, 后期维护成本较低。

经过综合对比, 考虑工程区内地形和地质条件, 并满足国家对长江生态大保护的政策要求, 在下洛碛库段消落带采取特拉锚垫生态护岸形式更优。采用特拉锚垫结构生态防护技术能实现对岸坡的加固并对岸坡进行生态修复, 该新技术的示范应用可为特拉锚垫河道生态修复技术提供数据支撑, 为该技术推广应用积累经验。