

## 生态河道护坡结构建设技术的研究及应用

**摘要:** 本文在分析原有城市河道整治的基础上, 充分运用河道整治工作中实践经验和理论, 提出生态护坡的理念, 给出了生态护坡的设计要点及结构, 结合荻泾河道工程实例, 试验探讨生态河道护坡结构新方法, 说明了该生态河道护坡结构取得了成功应用, 且比原河道整治节约投资, 为环境水利和生态水利建设提供了较好的参考。

**关键词:** 生态河道、护坡、试验、研究

Research and Application of Bio-technical Slope Protection Structure Technology

Xu Naiwen

Abstract: Based on analysis of old urban river restoration, with practical experiences and theories of river restoration works, the idea and essential design points of bio-technical slope protection structure are presented. With the example of Di river restoration, a new method of bio-technical slope protection structure was discussed. The research shows successful application of bio-technical slope protection structure in saving more investment and providing better reference for environmental and bio-technical water conservancy.

Key Words: bio-technical river、slope protection 、experiment、research

### 1 引言

近些年来, 随着人类文明的不断发展、环境的日益恶化, 人们对城市自然认识不断升华及对生活品质要求的不断提高, 把城市河道融入和谐自然的呼声日渐增高, 国内许多大城市的水利建设开始从都市水利发展向生态水利转化。而护坡作为生态河道最基本治水设施之一, 几乎贯穿于河道的全部区段。因此, 护坡在生态河道整治中非常重要, 研究护坡结构的关键技术也成为生态河道发展的重点。为深入研究生态河道



护坡结构建设技术，本文从原河道护坡结构形式对环境与生态的影响分析入手，探讨生态护坡的设计要点及结构，通过工程试验来实施生态河道护坡结构新方法。

## 2 原河道护坡结构形式对环境与生态的影响分析

### 2.1 原河道护坡结构形式

从以前河道整治的角度看，河道的主要功能是航运、排灌和调蓄等，因此河道断面形式单一，河道护坡结构也主要采用混凝土、块石等坚硬材料，比较长期耐用，其主要考虑的是河道的行洪速度、河道冲刷等。因此，河道护坡主要采用混凝土护坡，块石护坡等（图 1a, b, c）结构较多。

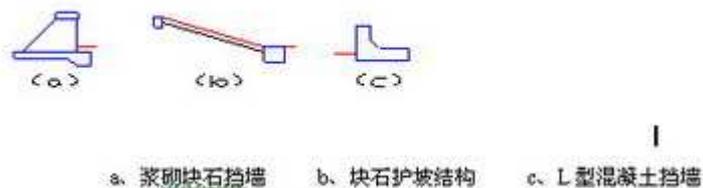


图 1 原河道典型护坡结构形式

### 2.2 原河道护坡结构形式对环境和生态的影响

原有的河道护坡和结构形式是在一定历史条件下形成的，他在约束水的行为，防止水土流失方面做出了较大的成绩，为全国人民创造了一个相对安全的生活空间。但是，其在对保护水的自然清洁和维护人与水环境的和谐方面影响较大。

#### 2.2.1 对景观环境的影响

整齐划一的河道断面与现代人们追求的回归自然的景观需求不相一致。昔日的碧水荡漾，青草幽幽、白帆点点的景象被坚固的护坡和挡墙破坏的无影无踪，人们只能越过灰白高耸的混凝土挡墙才能看到有几

条混凝土驳船在污浊黑臭的河道里发出噪人的嘟嘟声，这与现代城市河道周边无润现代或古典的建筑艺术都极不相称，与周围环境也极不协调。而且一旦这些结构遭到破坏以后，环境景观大受影响。

### 2.2.2 对生态的破坏

传统的护坡工程将整个河岸表面封闭起来，隔绝了土壤与水体之间的物质交换，原先生长在岸坡上的生物不能继续生存，生态系统的食物链断开，使土壤和水体中的生物失去了赖以生存的环境。对生态的影响主要是：① 用水泥石料修葺的河道中，具有净水功能的水生生物生长非常困难，河水自净能力将大为降低，水质可能恶化；② 会导致河水受阳光影响而水温变化过大，不利于维持水中生态平衡，特别是高温季节，容易使传染病菌孳生；③ 随着水流流速的增大，水中一些生物会被水流冲走，使水中生物减少，岸上又缺乏天然植物，直接影响沿河野生生物种类生存，如水鸟。据统计，目前城市河道衬砌后，沿河生物种类减少了70%以上，而水生物也只相当于原来的50%。

### 2.2.3 对居民生存环境的影响

传统的混凝土护坡在施工中均不同程度地使用了一些添加剂，如早强剂、抗冻剂、膨胀剂等，这些添加剂在水中发生反应，对水质和水环境产生不利的影 响。岸坡没有天然植物作为屏障，会使岸边的垃圾轻易入水，造成污染。这些虽然不是水质恶化的主要原因，但它们对水质的恶化起到了促进作用。同时，没有绿色的传统护坡使河道失去了原有的生机，这与现代人们追求回归自然的要求不相一致，与现代城市建立优美环境相违背，更与现代城市的人文景观不相和谐。

## 3 生态河道设计要点

### 3.1 生态护坡理念

生态护坡所涉及的范围很广泛，目前国内外对其还没有明确的定义，绝大多数人认为岸坡上种植植物就是生态护坡。笔者认为生态不仅仅包括植物，它应是一个系统的含义。生态河道护坡应该包括两方面的含义：首先是护坡，其次是生态。其具体内涵为：①首先在满足行洪排涝要求的基础上，保证岸坡的稳



定，防止水土流失；②生态护坡是开放式的系统，它是与周围生态系统密切联系的，不断与周围生态系统进行物质交换；③生态护坡是动态平衡的系统，系统内的生物之间存在着复杂的食物链，它们互为食物，保持着系统的动态平衡；④生态护坡是动力式的系统，它与水流之间是相互作用的，水流对岸坡有冲刷作用，岸坡对水流有阻碍作用，岸坡生态系统是地表水与地下水交换的媒介；⑤生态护坡是整个生态系统(包括自然生态系统和社会生态系统)的一个子系统，它与其他生态系统之间是相互协调、协同发展的，它的生态功能好坏直接影响其他生态子系统功能的发挥，甚至还会破坏其他生态系统；⑥生态护坡是可持续发展的系统。

### 3.2 生态护坡设计原则

生态护坡能依靠植物良好的根系而使护坡具有一定的固土和抗冲能力，同时生态护坡具有造价低、能美化环境的独特效果，在国外已得到了广泛的应用，在国内也有一些应用。生态护坡设计的基本原则为：

- (1) 生态护坡应满足渠道功能和堤防的稳定要求，并降低工程造价；
- (2) 尽量减少刚性结构，增强护坡在视觉中“软效果”，美化工程环境；
- (3) 进行水文分析，确定水位变幅范围，结合植物调查结果，选择合适的植物；
- (4) 尽量采用自然的材料，避免二次环境污染；
- (5) 布置时考虑人们的亲水要求。

### 3.3 护坡栽种植物的选择

在栽种植物以前，应首先进行工程区域的植被调查，然后根据植被调查结果，充分考虑到栽种植物与周边环境的协调、景观、安全性、地域适应性及生态平衡的问题，并按以下条件进行严格的选择：（1）适合气候、气象条件的树种；（2）土壤要求低；（3）原有品种；（4）抗病虫害能力强，对周围环境的危害



性小；（5）寿命或者效果发挥时间长；（6）具有能够美化环景的效果；（7）容易维护管理；（8）具有市场性。

### 3.4 生态护坡设计

#### 3.4.1 生态护坡结构形式

根据设计方案，本型式护坡为加筋挡土墙结构，采用鑫三角生态系统。鑫三角生态袋加筋挡土墙墙身采用土工材料制成的鑫三角 GTX 生态袋，生态袋充填当地的天然材料，具有生态自然、工期短、就地取材等优点。本型式护坡为加筋挡土墙结构（图 2），墙底高程为 1.40m，铺设 0.3m 厚碎石垫层，墙身用土工生态袋垒筑，袋内灌填耕植土及碎石，迎水面坡比为 10:1，墙后每隔 0.6m 铺设一层土工格栅，宽度 3.2m~4.7m，墙顶高程 3.50m 以上至坡顶，采用边坡 1:2 草皮护坡。坡顶设仿木护栏。墙前土坡坡顶标高为 2.00m，边坡坡度 1:2.5，河底标高为 0.00m。H 型护坡的生态模袋表面及墙顶的坡面上也种植相应的植物。墙后防汛通道范围内，除硬质路面外剩余的地面全部植草、种树绿化覆盖。护岸绿化一方面可达到水土保持的目的，另一方面可增加城市绿化，改善周边生态环境。护栏与通道之间的地面以种灌木为主，如红叶小檠、瓜子黄杨、金叶女贞等灌木，颜色五彩缤纷，富于视觉变化；并密栽葱兰、麦冬、白花三叶草或马尼拉草坪，使得岸坡错落有致，极富灵性。坡面上乔灌木结合，坡面上种植千屈菜、花叶芦竹、黄菖蒲、花叶水葱、荷花等水生植物，充分体现河堤与周边环境的协调，景观和安全性等。



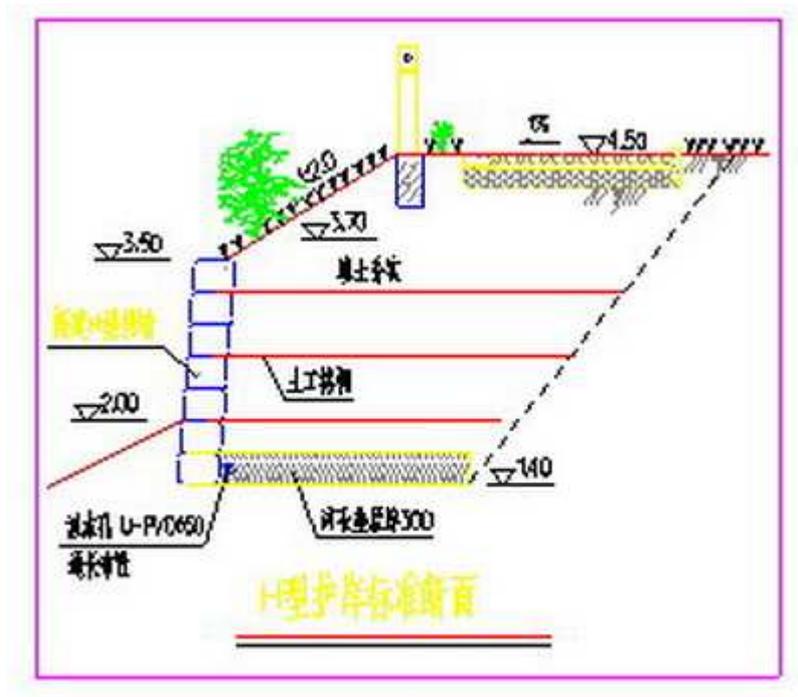


图2 护坡结构型式

### 3.4.2 生态系统护坡结构组成

鑫三角生态系统为加拿大设计，采用美国和德国原材料制作，是一个已经获得新型专利权的生态环保边坡工程系统。它主要由生态袋、连接扣、土工格栅和辅助材料组成（图3），生态袋采用土工材料制作，具有抗紫外线、抗老化、不降解、无毒、可回收的特点，生态袋具有透水但不允许其内部填充物质通过的功能，生态袋可被各种材料填充，表面可喷播植物或种植灌木进行绿化。



图3 鑫三角生态系统

鑫三角生态环保工程系统作为一种新的河流生态修复技术，采用适合于自然植物生长的软性岩土材料（而不用水泥、钢筋、石头等高能耗、高污染、高成本硬体材料）来建造各种永久结构土建工程的系统，可以形成与周围环境相和谐的多自然型生态系统。（图4、图5）



图4 生态环保工程系统

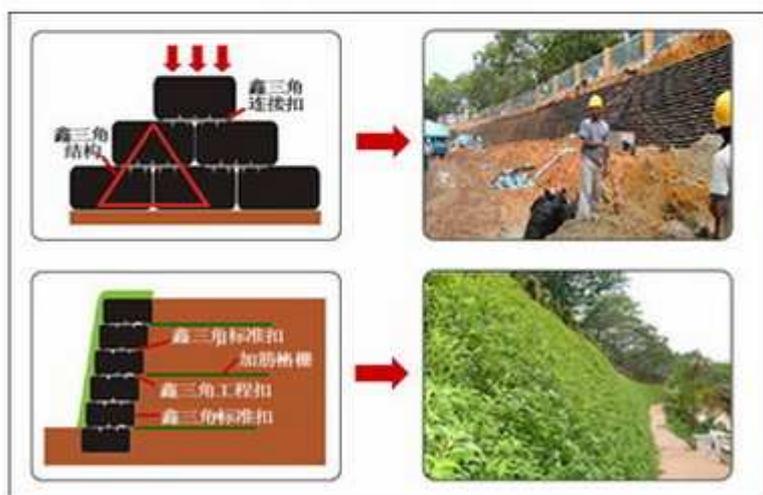


图5 生态环保工程系统护坡结构图

#### 4 生态河道护坡结构工程实例

##### 4.1 工程简介

荻泾河道属宝山区管河道，位于宝山区西北部，是宝山区南北走向最长的干河，总长约 22km。本次河道工程为三期整治工程，配合罗店古镇改造工程，位于罗店镇中心城区内，该区域规划为具有历史风貌的传统镇区，具有居住、商业及旅游等综合功能。作为上海“一城九镇”之一的罗店镇，目前正在进行古镇改造工程，荻泾河道整治是古镇改造的内容之一。根据不同的岸线特征、周边建筑物现状以及地质情况等，本次投标设计共拟定了 9 种护岸型式，分别为 A、B、C、D、E、F、G、H 和 I 型。为了体现环境水利的理念，美化泵站环境，由宝山区蕴南河道项目建设管理部牵头，水利部上海勘测设计研究院（下简称上海院）与北京顺天绿色边坡科技有限公司就有关生态护坡的方案进行了讨论和研究，并于 2007 年 10 月在工地现场进行了现场试验。

## 4.2 现场试验

本工程采用鑫三角生态袋加筋挡土墙的方案设计，为进一步验证生态护坡结构方案的可行性以及所选植物对荻泾河道现场的适应性，在工地现场进行了现场试验，试验的出才长度为 155m。

(1) 先按设计图纸开挖基坑，基坑下宽 3.4 米、上宽 5 米、高 2.4 米。

(2) 按设计要求先在基坑内铺 30 公分厚碎石垫层，再将生态生态袋分层放置，在标高 2.0 米以下 3 层生态袋装碎石，标高 2.0-2.80 米 5 层生态袋，袋内填碎石掺 30% 耕植土，标高 2.8 米以上 6 层生态袋，袋内填耕植土。在底部生态袋安装好后，人工压实生态袋及其后面和前面的回填土以防止移动，然后把标准扣放在生态袋上面两个袋子之间，靠近内边缘 1/3 的位置，使每个标准扣横跨两个生态袋。摇晃生态土袋上叠加层以便每个标准扣可以穿透生态袋。通过在生态袋上行走或压实来达到互锁性，以确保标准扣和生态袋之间的良好的接触。

(3) 按设计图纸要求每隔二层袋放置工程扣和土工格栅网，土工格栅作为加强拉结筋，铺放在生态袋后面回填土内起拉结作用。将生态袋上放置工程连接扣，将格栅沿长度方向的一端与坡面生态袋间的工程连接扣上的倒钩连接。与生态袋连接的格栅的另一自由端将格栅拉紧至平顺，格栅肋条呈现受力状态，将之用木楔固定，并用填土压上。在保持张拉格栅的同时，在格栅上填铺一层填土，以保证张拉设备移去后格栅不会回缩。

(4) 在生态袋背后铺填土料，分层填土、碾压直至下一加筋层。根据本工程的实际情况，采用机械回填土，回填土的压实采用平板振动夯压实，在靠近生态袋 30cm 的地方用人工小夯压实。回填一层回好后取样送试验室检测，检测合格后在施工上一层。

(5) 从现场试验的情况看，水生植物选用黄昌蒲或香蒲均能成活，生态护坡的结构是合适的，能满足护坡的稳定要求。由于黄昌蒲和香蒲是属于不耐寒的草本植物，因此在冬季基本枯萎，对工程的美观性有所降低，但天气转暖后，植物又会发芽。冬季水生植物虽然枯萎，但其良好的根系仍然起到固土和具有抗冲能力。

(6) 宝山区荻泾河道整治（月罗路-石太路）工程试验段，H 型生态系统共 155 米长，东岸 70 米 14 层袋，西岸 85 米 13 层袋，共 2085 只袋。

通过现场试验表明，该生态河道护坡结构应用情况良好，达到了设计效果。

## 4.3 技术经济比较

对生态护坡部分进行生态护坡方案和浆砌块石护坡方案的投资比较，经投资估算，本工程采用生态护坡方案的工程投资约 63 万元，采用浆砌块石护坡方案投资约 133 万元，生态护坡方案可节约投资约 70 万元。

## 4.4 应用成效分析



通过该工程实践,生态护坡具有以下优点:(1) 克服了原浆砌块石护坡的呆板和生硬,使工程与自然统一;(2) 利用不同季节的植物的形状和颜色,可大大改善工程环境;(3) 避免采用非自然的材料,避免了二次环境污染;(4) 生态护坡满足了人们的亲水要求;(5) 工程造价相对较低。

从工程维护角度分析,浆砌块石护坡具有一次性投资、维护少等优点,但生态护坡一般在栽种后的一年内要进行一定补栽(一般为10%左右),在植物成活前要进行一定的养护,而后,植物主要是依靠自然的力量进行自然更新,通常情况下无需维护,所以维护工作量也不大。因此,尤其是人们越来越重视生态环境的今天,生态护坡在水利工程中具有广阔的应用前景。

#### 4 结语

荻泾河道工程在护坡结构优化设计方面作了积极的尝试,引进了国外较为流行的生态护坡技术,有效地改善了河道的环境效应。其以人为本、环境水利的设计理念和生态护坡的设计原则以及试验研究成果,可以作为今后类似工程的设计提供借鉴。

#### 参考文献

- [1] 汪松年,水边环境建设和建设水环境[J].上海水务,2000(1):12-14
- [2] 季永兴,刘水芹,张勇.城市河道整治中生态型护坡结构探讨[J],水土保持研究,2001(12)
- [3] 宝山区荻泾河道整治(月罗公路~石太路)初步设计报告·2006年7月(水利部上海勘测设计研究院)
- [4] 宝山区荻泾河道整治(月罗公路~石太路)咨询设计报告书·2006年6月(北京顺天绿色边坡科技有限公司)



- [5] 冉星彦, 京城中心区水系综合治理工程概述[J], 北京水利, 2000(2)
- [6] 赵晓维, 北京城市河湖环保清淤新技术[J], 北京水利, 2000(2)
- [7] 苏州河环境综合治理领导小组办公室, 苏州河底泥综合处理及利用技术研究报告[R], 1998
- [8] 刘玫, 浅谈景观设计在城市河道整治工程中的应用[J], 北京水利科技, 1993(3):20-23
- [9] 薛惠锋, 景观水资源与水域景观相关研究[J], 经济地理, 1994, 14(2):89-91, 70
- [10] 陈剑中, 小流域地段景观生态设计研究[J], 长江流域资源与环境, 1996, 5(1):67-73
- [11] 颜文, 生态河堤和应用与实验[J], 供水与排水, 2000, (3):46-48
- [12] 包承纲·堤防工程土工合成材料应用技术·中国水利水电出版社
- [13] 卫明·城市水环境建设中若干问题的探讨·上海水务·2001; 4
- [14] 卫明·恢复城市水环境的自然生态

---

i[i] 徐乃文(1981-): 男, 助理工程师, 主要从事水利工程施工管理工作。

