

## 浅谈生态护岸的形式和丹金溧漕河护岸改造的设想

陈健<sup>1</sup> 刘静森<sup>2</sup>

(1. 江苏省太湖地区水利工程管理处, 苏州, 215128; 2. 上海市水利管理处, 上海市, 200002)

[摘要] 本文通过陈述传统河道护岸的弊病引出生态护岸的建设理念, 并通过对当前国内外开展的生态护岸试验的建设经验结合丹金溧漕河两岸的土质现状, 提出了适合丹金溧漕河护坡改造的护坡改造方式, 希望以此为丹金溧漕河护坡改造工程建言献策。

[关键词] 生态护岸 溧漕河

### 1. 前言

长期以来, 人们比较注重河道本身的功能, 如行洪、排涝等, 因此河道断面形式单一, 走向笔直, 河道护坡结构也比较坚硬, 其主要考虑的是河道的行洪速度、河道冲刷、水土保持等。因此, 河道的护岸结构主要采用浆砌石或干砌块石护坡, 现浇混凝土护坡, 预制混凝土块体护坡, 或现在比较流行的土工模袋混凝土护坡等结构。但是传统的河道护岸很少去考虑河道与周边历史环境、社会环境、生态环境及人文环境的统一, 治理后的河道往往会使生物种类单一化, 由此带来的环境问题也比较严重:

其一就是对景观环境的影响: 整齐划一的河道断面、笔直的河道走向, 固然是一种景观, 但是它与现代人们追求的回归自然的景观需求不相一致。

其二就是对人类生存环境的影响: 暂且不说护坡及挡墙内材料(包括碱化骨料)的水化反应、炭化反应及各种添加剂在水中发生反应对水质和水环境的影响, 就是让人们长期生活在这种灰色、生硬、没有活性的混凝土河岸边, 人们失去了娱乐、休闲和亲水的好去处, 城市也因之失去了灵气和精神。

其三就是对生态环境的影响: 传统的护岸和护坡结构对河道坡面采取了封闭的形式, 河道的自净能力遭到了破坏, 同时, 各种水生植物也难以在坚硬的结构坡面上生长, 各种水生动物也因失去了生存环境而无法生存。整个生态系统的食物链就因一层坚硬的护坡结构而断开, 生态环境因此而遭到了破坏。

因而十五计划提出, 必须重视生态建设和环境保护, 加强自然保护区和生态示范区建设, 保护陆地和海洋生物的多样性。人们在越来越注重城市环境和保护生物多样性的同时, 也开始注重水利工程的环境问题, 在有些堤防和护岸的结构设计中开始注入环境水利的设计理念, 如有些堤防护坡开始采用草皮, 依靠草皮良好的根系而使护坡具有一定的固土和抗冲能力, 另外, 在水土保持、防止坡地雨水冲蚀等方面也有一些应用。虽然总体说来, 生态护岸在水利工程中的应用尚处于试验和研究阶段, 但是这同时也是未来的发展大趋势。

### 2. 生态护岸的基本类型



随着环境水利的发展观念日益深入人心，生态护岸的做法逐渐得到普及。所谓生态护岸是指恢复后的自然河岸或具有自然河岸“可渗透性”的人工护岸。它拥有渗透性的自然河床与河岸基底，丰富的河流地貌，可以充分保证河岸与河流水体之间的水分交换河调节功能，同时具有一定的抗洪强度。

生态护岸采用自然材料，形成一种“可渗透性”的界面。丰水期，河水向堤岸外的地下水层渗透储存，缓解洪灾；枯水期，地下水通过堤岸反渗入河，起着滞洪补枯、调节水位的作用。另外，生态护岸上的大量植被也有涵蓄水分的作用。

从目前国内外已经开展的生态护岸的类型来看，主要可分为以下几种：

## 2. 1 自然原型护岸形式

自然原型护岸的做法通常采用发达根系固土植物来保护河堤及生态。

发达根系固土植物在水土保持方面有很好的效果，国内外对此研究也较多。采用发达根系植物进行护岸固土，既可以达到固土保沙，防止水土流失，又可以满足生态环境的需要，还可进行景观造景，在城市河道护岸方面可以借鉴。

固土植物可以选择的主要有沙棘林、刺槐林、黄檀、池杉、龙须草、金银花、油松、黄花、常青藤、蔓草等等，可以根据该地区的气候选择适宜的植物品种。

采用植物保护河堤主要用于小河、溪流的堤岸保护和一些局部冲蚀的地方，以保证自然堤岸特性。如种植柳树、白杨等具有喜水特性的植物，由它们发达的根系稳固土壤颗粒增加堤岸的稳定性，加之柳枝柔韧，顺应水流，可以降低流速，防止水土流失，增强抗洪、保护河堤的能力。这种方法从工程角度上来讲比较简单，当河岸较陡时可辅助采用土工织物固坡。

## 2. 2 人工自然型护岸形式

人工自然型护岸做法不仅种植植被，还采用天然石材、木材护底，如在坡脚设置各种种植包、采用石笼或木桩等护岸，斜坡种植植被，实行乔灌结合，固堤护岸。在此基础上，再采用钢筋混凝土等材料，确保大的抗洪能力。

## 2. 3 铁丝网与碎石复合种植基

铁丝网与碎石复合种植基主要由镀锌或喷塑铁丝网笼装碎石、肥料及种植土组成。镀锌铁丝网笼容易锈蚀，在河道护坡方面一般不宜选用，而应选用耐锈蚀的喷塑铁丝网笼。铁丝网与碎石复合种植基一个最大的优点就是它比较适合于流速大的河道，抗冲刷能力强、整体性好、适应地基变形能力强，又能满足生态型护岸的要求，即使进行全断面护砌，生物与微生物都能照样生存。国外在这方面已有较多工程实例。铁丝网笼可以做成不同形状，既可以用作护坡，又可以做成砌体挡土堵。

## 2. 4 土工材料固土种植基

土工材料固土种植基可分为土工网垫固土种植基、土工格栅固土种植基、土工单元固土种植基等多种形式。



土工网垫固土种植基主要由聚乙烯、聚丙烯等高分子材料制成的网垫和种植土、草籽等组成。固土网垫是由多层非拉伸网和双向拉伸平面网组成，在多层网的交接点经热熔后粘接，形成稳定的空间网垫。该网垫质地疏松、柔韧，有合适的高度和空间，可充填并存储土镶和沙粒。植物的根系可以穿过网孔均衡生长，长成后的草皮可使网垫、草皮、泥土表层牢固地结合在一起。

土工格栅固土种植基主要是土工格栅进行土体加固，并在岸坡上植草固土。土工格栅是以聚丙烯、高密度聚乙烯为原料，经挤压、拉伸而成，有单向、双向土工格栅之分。设置土工格栅，增加了土体摩阻力，同时土体中的孔隙水压力也迅速消散，所以增加了土体整体稳定和承载力。而且，由于格栅的锚固作用，抗滑力矩增加，草皮生根后草、土、格栅形成一体，更加提高了岸坡的稳定性。

土工单元固土种植基即利用聚丙烯、高密度聚乙烯等片状材料经热熔粘接成蜂窝状的网片整体，在蜂窝状单元中填土植草，达到固土护坡的作用。

设计生态护岸的原则和宗旨是确保河道基本功能，恢复和保持河道及其周边环境的自然景观，改善水域生态环境，改进河道亲水性，提高土地的使用价值。在城市河道治理中，河道生态护岸已被许多人所需求和采纳，并在大力推广之中。

### 3. 生态护岸的设计原则

根据国内外生态护岸的成功经验，结合各河道的特点，生态护岸的设计应兼顾如下原则：

- (1) 生态护岸应满足河道功能河堤防的稳定要求，并降低工程造价；
- (2) 尽量减少刚性结构，增强护岸在视觉中的“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，选择不同区域和部位的合适的植物；
- (4) 应设置多孔性构造，为生物提供一个安全的生长空间；
- (5) 尽量采用自然的材料，避免二次环境污染；
- (6) 布置建筑物时考虑人们的亲水要求。

设计生态护岸的原则和宗旨是确保河道基本功能，恢复和保持河道及其周边环境的自然景观，改善水域生态环境，改进河道亲水性，提高土地的使用价值。在城市河道治理中，河道生态护岸已被许多人所需求和采纳，并在大力推广之中。

### 4. 丹金溧漕河生态护岸改造的设想

丹金溧漕河自丹阳七里桥经金坛至溧阳总长约 68 公里，是太湖湖西地区引水航运的骨干河道。而两岸的护坡却是粉砂质土，两岸整体土质疏松、多孔隙，垂直节理发育，易渗水，兼有许多可溶性物质，容易被流水侵蚀形成沟谷，易造成沉陷和崩塌。自从老丹金闸从双孔 16 米拆改成单孔 18 米多后，船只的准载重吨位越来越大，而两岸护岸未及时得到加固和改造，船只航行时所引起波浪对护坡的影响日益严重。目前，破坏较严重的地段，护坡已经成垂直状态。整条河道除了城区和主要的水工建筑物管理区域有护坡外，其它的河段都在夜以继日的被冲刷，由此造成泥土不断在河床沉积，导致闸口附近的河床不断抬高，



水位也相对的减少，最近的实例是发生在 2005 年的历时一个多月的停航事件，在社会上造成了一定的负面影响。

结合丹金漂漕河两岸的实际情况，分析现有的几种护岸形式结合丹金漂漕河两岸的土壤现状，对丹金漂漕河两岸的护坡改造建议采用人工自然型护岸形式和土工材料固土种植基相结合的方法：河岸底部至常水位可采用块石护底，一方面耐冲刷，另一方面又可起到良好的稳固岸坡的作用；在常水位以上可采用土工材料固土种植基的方式种植草皮护坡，以起到防止水土流失和美化周边环境的双重功效。下面，针对土工材料固土种植基的护坡形式介绍两种经过试验比较可靠的护坡方案：

#### 4. 1 三维植被网植草护坡

##### 4. 1. 1 机理

植被网是一种类似于丝瓜瓢状的植草土工网垫，以加入炭黑的尼龙丝加工制成。丝与丝的交叉点熔合粘接，相互缠绕，质地蓬松，孔隙率在 90% 以上，在其孔隙中可填加土料和草种。植草穿过网垫生长后，其根系深入土中，植物、网垫、根系与土合为一体，形成牢固密贴于坡面的表皮，可有效地防止坡土被暴雨径流或水流冲刷破坏。以往植被网垫应用于无水或背水坡，目前国外已用于河道迎水坡防护，在有水流条件下，植被起良好的消能作用，促进落淤。有报导说，在水流较深情况下，它甚至能抗御高达 6m/s 的短期流速，对历时两天的水流，也能经受 4m/s 的流速，这种植被可使流速显著降低。

##### 4. 1. 2 设计要点

植被护坡设计主要包括判别采用植被的必要性；确定铺设范围；草种选择。

(1) 植被必要性。坡上受冲刷破坏的程度与土类密切相关。另外对于水上坡，要不要防护，决定于降雨强度；对于水下坡，则要看水流流速的大小。

(2) 铺设范围。植被应遍及要求防护的部位，在高程上，水上坡应铺到坡顶，再横向延伸不少于 0.5m；水下坡下端应至低水位以下 1m（斜坡长），上端应达高水位以上 0.5m（斜长）。

(3) 草种选择。各地气温、降水和土质条件等差别很大，应根据当地大体情况，遵循几项基本原则来选择草种

适应当地环境，如耐寒、耐旱、耐涝等；适应土质条件，如耐盐、耐碱，耐酸等；生长期快，根系发育且长；价格经济等。

#### 4. 2 土工织物草皮护坡

##### 4. 2. 1 机理

土工织物草皮护坡（或称土工织物加筋草皮护坡）是土工织物与植草相结合形成的一种护坡形式。由于二者结合发挥了土工织物防冲固草和草的根系固土的作用，因而这种护坡比普通草护坡具有更高的抗冲刷能力，如图 1 所示。根据已有工程经验，这种护坡目前可在各级堤防和土石坝的背水坡、3 级堤防及其以下级别堤防的临水坡采用，这种护坡的优点是造价低，而且具有美化环境的独特效果。



#### 4. 2. 2 施工形式

目前，用土工织物加筋草皮有两种基本形式。一是在草籽上覆盖一层薄型土工织物，国外多用非织造土工织物。为加强护坡稳定和抗冲能力，还可加设混凝土或块石方格。草籽发芽生长后通过织物孔眼穿而形成抗冲体，茂密的草还可起到保护织物的作用。另一种是采用三维织物网垫，待草生长后形成整体（图2）。三维网垫空隙大，可往网垫内充填小石子起防冲作用，用于植草护坡时，由于它不像土工织物与坡面紧贴，在未形成草皮前有水流作用的情况下，坡面易受冲蚀。从造价来看，用三维织物网比用土工织物要高。因此，在一般情况下，以采用薄型土工织物作加筋草皮为宜。

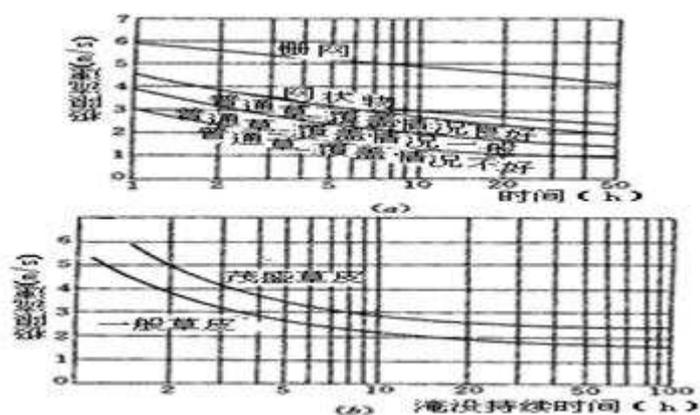


图1 普通草皮和加筋草皮护坡极限以及抗冲流速与淹没时间关系

(英国建筑工业研究与情报协会原型试验结果)

土工织物草皮护坡对所用土工织物的要求主要是：应具有一定的强度，以提高抗冲能力；抗老化性能较高，以延长在外露应用条件下的使用年限。一般可采用单位面积质量为 150g/m 左右的非织造土工织物，也有用织造土工织物的，如卫运河护岸工程的生物护坡。



图2 三维网垫植草护坡



## 5. 结束语

伴随着环境水利和生态水利的建设理念日益普及，生态护岸的建设理念必将在中小河道特别是城市景观河道的建设方面得到越来越多的应用，作为一名长期工作在丹金闸的普通技术人员，本文作者衷心祝愿丹金溧漕河两岸的护坡改造能早日动工，并希望能通过此文为工程决策者们提供一点细微建议，不到之处，敬请谅解。

## 6. 参考文献

- [1] 季永兴, 刘水芹等. 城市河道整治中生态型护坡结构探讨. 水土保持研究, 2001. 12.
- [2] 邓卓智. 生态护岸的一些做法. 2003 年全国城市水利学术研讨会论文集.
- [3] 孙卫岳, 郑海龙, 等. 生态护坡技术试验与研究. 2003 年全国城市水利学术研讨会论文集.
- [3] 陈剑中. 小流域地段景观生态设计研究. 长江流域资源与环境, 1996(5).
- [4] 颜文. 生态河堤的应用与试验. 供水与排水, 2000(3).

