

# 膜袋护坡技术在城镇中小河道 整治工程中的应用

刘海明<sup>1</sup>, 孟佳阳<sup>1</sup>, 刘 亮<sup>2</sup>

(1. 张家港市农村水利工程建设指挥部, 江苏 苏州 215600; 2. 张家港市水资源管理处, 江苏 苏州 215600)

**摘要:**对膜袋护坡技术在中小河道整治工程中较适用的典型护坡结构形式进行了分析探讨, 结合在河道治理中的工程实践, 提出了膜袋护坡形式的适用范围和实施要点, 旨在为中小河道整治、水环境改善工程提供指导。

**关键词:**河道整治; 生态膜袋; 膜袋护坡设计; 柔性结构

**中图分类号:**TV861      **文献标识码:**B      **文章编号:**1007-7839(2020)02-0016-05

## Application of ecology bag slope protection technology in medium and small – sized river regulation project in the town

LIU Haiming<sup>1</sup>, MENG Jiayang<sup>1</sup>, LIU Liang<sup>2</sup>

(1. Zhangjiagang Rural Water Conservancy Project Construction Command, Suzhou 215600, Jiangsu;  
2. Zhangjiagang Water Resources Management Office, Suzhou 215600, Jiangsu)

**Abstract:** Typical types of slope protection structures which were more suitable for medium and small – sized river regulation were analyzed and discussed. The applicable scope and implementation points of the membrane bag slope protection form were put forward combining with the engineering practice in river regulation, in order to provide guidance for the medium and small – sized river regulation and water environment improvement projects.

**Key words:** river regulation; ecology bag; slope protection design; soft structure

## 1 概 述

“十三五”期间,生态文明建设上升到国家战略的高度,以尊重和维护自然为前提,强调与自然环境的相互依存、相互促进、共处共融。水利管理部门积极探索中小河道生态治理的“低碳之路”,特别是新农村建设、水美乡村建设中河流水环境的改善和治理已经从以前的“消除黑臭、改善水质”向“稳定水质、生态修复”转变,把自然坡岸、滩地“还”给河流,并把“河畅、水清、岸绿、景美、鱼游”作为河道生态整治的目标,河流生态建设工程中已经着眼于

河流岸坡绿化,并认识到河流生态系统是一个由鱼类、鸟类、哺乳动物、无脊椎动物和昆虫等动物和水中及岸边植物共同组成的食物网的复杂结构,河道治理进入来了一个前所未有的生态修复新阶段。

但是长期以来我们在河道治理中曾经普遍忽视了河流的生态功能,新建护岸普遍使用浆砌石、块石等材料构造,即便是现在,很多设计人员还是习惯性地使用块石、水泥预制砌块等硬质结构,河道被生生地封闭起来,陆生、水生动植物失去了其合理的生命环境,陆地景观与水生景观之间缺少自然过渡,既不符合生态景观美学,也缺少了河道原

收稿日期:2019-08-09

作者简介:刘海明(1969—),男,工程师,主要从事农田水利建设管理工作。

始、质朴、自然的景观特点<sup>[1]</sup>;同时,硬质边坡隔绝了地表水、浅地下水与水体之间的交换,河水由于没有了自然的过滤与渗透,日益浑浊。硬质边坡对生态的影响主要是:①用水泥石料修葺的河道中,大量具有涵养水源、净化水质功能的水生植物生长困难,河水自净能力大为降低,水质恶化;②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,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,目前城镇河道衬砌后,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%甚至更少<sup>[2]</sup>。

把自然坡岸、滩地“还”给河流是未来河道生态治理的目标,同时生态治理不能以牺牲它处的生态环境为代价,除非特别需要,尽可能减少砍伐和开采,保护原产地生态环境,这是广大水利从业人员所应具有的最基本的社会责任,水务管理部门应大张旗鼓地鼓励在河道治理中使用新技术、新工艺,减少碳排放,因此研究河道生态护坡结构形式和新材料、新工艺是提高河道生态治理水平的关键,本文着重研究生态膜袋这一新的护坡结构形式,并通过这种新型护坡技术的典型应用案例,探讨膜袋护坡方法的适用范围及在河道建设中的应用。

## 2 生态河道治理

### 2.1 生态河道治理主要在于修复河流生态系统

河流生态是生态系统的重要组成部分。河流、湖泊中的水与生物群落(包括动物、植物、微生物)共存,通过气候系统、水文循环、食物链、养分循环及能量交换相互交织在一起。水是生物群落生命的载体,又是能量流动和物质循环的介质。水体与生物群落相互依存、相互作用,形成了江河湖泊的自净能力。河道生态整治在满足人们对水的各种不同需要的同时,还应满足水域生态系统完整性、依存性的要求,恢复与建设洁净的水环境,实现人与自然的和谐。

### 2.2 河流生态修复的着眼点是恢复生物群落多样性

恢复与重建河道生态子系统必须把原先被硬质结构封闭起来的系统打开,使其成为一个开放式系统,对应于硬质结构,我们把这个结构称为柔性结构。该结构需要满足如下条件:①在满足行洪排涝要求的基础上,保证岸坡稳定,防止水土流失,水

土保持强度大于99%;②它是一个开放式系统,与周围生态系统密切联系,不断与周围生态系统进行物质交换;③它是动态平衡的系统,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是可持续发展的系统,是一个具有自我修复、自我完善和不断发育的生命体,膜袋护坡结构是唯一满足上述条件的结构,也是人类在水利工程建设的历史中所获得的第一个有生命的系统。

## 3 膜袋护坡结构的组成

柔性结构边坡由袋装土单元(袋体单元)和连接扣组成基本结构,袋装土单元通过连接扣将分散质量变成集中质量。这个结构与其上生长的植被形成一个有生命的系统,如图1~2所示。

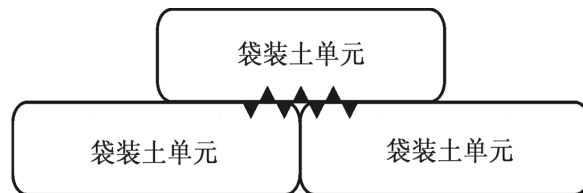


图1 柔性结构护坡系统基本结构示意图

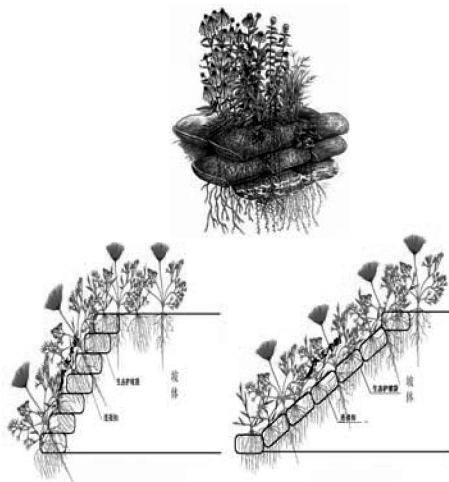


图2 膜袋护坡结构形式和植被

袋装土(或者袋装其他固体物)这种方式在修筑临时围堰、防洪应急抢险等方面早就已经广泛使用,其最早的应用甚至可以追溯到中国汉代,古人在沙漠中修建城墙时便使用苇编筐装填砂砾作为建筑单元垒砌。但把袋装土单元应用在边坡构造上并作为挡土结构使用则是缘于20世纪90年代末期欧美国家对水环境保护所制定的一系列法律法

规,这些法律法规对水泥等容易对水体产生破坏的材料在水利工程中的应用做出了限制性规定。正是由于这些国家出台的这些限制性规定,科学家开始研究一种对环境友善并可以替代水泥石头的新的护坡材料和工艺,袋装土单元挡土结构应运而生<sup>[3]</sup>。

这种护坡形式目前已经开始在一些发达城市和地区应用在河道、湖泊、水库、道路、山体等边坡防护和治理中。张家港市一些河道近几年也有一些初步的应用,有一定生态效果,但还没有形成成熟的设计体系和积累成熟的工程应用经验。通过对江苏周边地区这种护坡形式较成功工程案例的实地调研以及与专业研究机构的技术交流,目前国内对这种工艺的探索与研究尚处于起步阶段,甚至很多设计单位对这种袋装土单元的材料、力学性能、水力特性均不甚了了,对于膜袋材料的选择更是五花八门、毫无章法,本文通过大量文献和资料研究,并与权威研究机构资深膜袋专家探讨后,首次对袋装土单元(膜袋)进行科学定义,也是第一次公开该定义。

### 3.1 新型土工膜袋

新型土工膜袋是指在一定克重(单位面积质量)范围内对当地大多数植物根系友好、其上植物能自然生长并具有工程结构所要求的长期使用寿命的土工织物容器(图3),也可简称为生态膜袋。



图3 膜袋袋体单元

本文引用上海易可(ECO)生态工程技术研究中心长达数年的研究数据,该研究中心对构成袋装土单元的膜袋材料在单位面积质量在100~200 g范围内每间隔25 g为一组,缝制成相同尺寸的数个袋体,灌装相同质量的均质泥土,取90°直立边坡、1:1、1:1.53种坡度堆叠,以及1:2、1:3斜铺、0°平铺方式共6种,按一定比例播撒马尼拉、狗牙根、高羊茅等草种,在相同自然条件下不加人为干预,经历春夏秋冬季节四季变迁,观察样本上上述草本的成活率、根系发育程度、耐干旱、宿根能力等。大量研究数据表明,植物根系与膜袋材料单位面积质量(材料质量对应材料厚度)成正相关,即单位克重越大,植被覆盖率越低,超过某一限定值,植物生长及

其困难,在没有人为干预的情况下极端情况下甚至寸草不生。

膜袋材质为100%聚丙烯<sup>[4]</sup>(Polypropylene,简称PP)和一系列辅料复合而成复合PP。PP是一种寿命非常长的高分子有机聚合物,通常用于恶劣环境。

制成膜袋袋体的材料使用上述复合PP纤维经电脑针刺而成无纺土工布,不允许单面或者双面烧结,以保留纤维之间的间隙以利植物根系穿透,这种土工布按一定规格缝制后成为新型土工膜袋。

对于不符合上述定义,即植物不能在其上自然生长的土工织物容器我们则把它称为土工膜袋,以区别于上述植物能生长的新型土工膜袋,同隶属于土工合成材料大类,材质可以是PP、PE、PET等。

新型土工膜袋是土工膜袋的一种,但并不是所有能装土的袋子就可以称之为新型土工膜袋,新型土工膜袋兼具强度、寿命、水力特性和植被覆盖。

新型土工膜袋(装土后)对植被友善,植物可以从里面长出,见图4(a),也可以从表面扎根进袋体内,见图4(b),起到“固根保土”作用,为植被生长提供必要的生存环境。



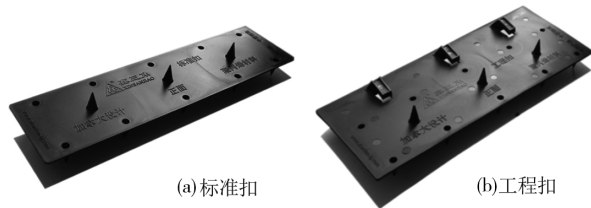
(a)植物从里面长出 (b)植物从表面扎根进袋体

图4 新型土工膜袋的“固根保土”作用

### 3.2 连接扣

连接扣主要是用于袋装土单元之间的连接,将分散质量转变成集中质量,增加结构的强度和稳定性。

连接扣有两种,一种是标准扣,用于构造自立边坡,另外一种工程扣,其上有可与土工格栅相连接的挂钩,用于加劲结构(图5)。



(a)标准扣 (b)工程扣

图5 连接扣

连接扣材料采用与生态袋相同的PP材料制成,由于结构建成后,连接扣并不暴露在紫外线照

射下,因此其内含的抗紫外线稳定成分主要是为了搬运和安装过程中短暂的抗紫外线要求。

### 3.3 植被

柔性护坡结构最核心的技术特点在于植被生长和植被作用。新型土工膜袋袋内装的土壤为植被提供必要的生存环境,伴随植被的生长,系统的稳定性、整体性等会逐渐演变为以植被作用为主导。

## 4 新型土工膜袋护坡结构的工程实践

### 4.1 加劲挡土墙

新型土工膜袋护坡技术在中小河道生态治理中的实验性应用取得了良好成效。柔性结构边坡作为加劲挡土墙应用是极具创新精神的尝试,此举对膜袋材料的耐久性极具挑战,在没有任何工程先例和经验可供借鉴的情况下,促成这项工程试验并加以应用富有挑战性,通过与传统浆砌块石结构的重力式挡土墙作对比,可试验其挡土能力,并评价其技术经济性。该项对比试验结果表明,采用膜袋填充当地的泥土作为建筑单元辅以土工格栅的加劲结构能够达到与传统浆砌块石相同的挡土效果,而总投资远低于浆砌块石这样的硬质结构,可节省投资70%以上,工期缩短50%以上,其附加的自然生态效果是传统浆砌块石所无法比拟的,见图6。

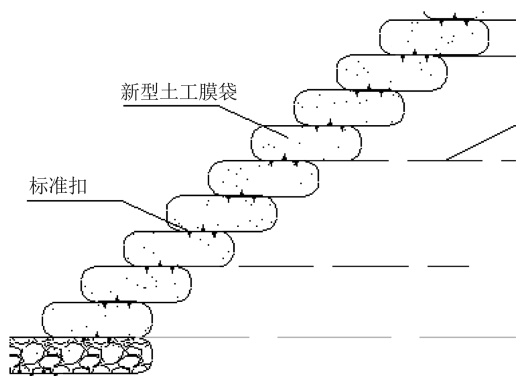


图6 加劲结构示意图

### 4.2 微型加劲结构

微型加劲结构区别于土工格栅加劲结构的地方在于可以大大减少土方开挖量,减少对原始稳定土体的扰动,通过膜袋袋体“丁”字码放,达到微型加劲的作用,从而构造稳定边坡。图7是微型加劲结构示意图和工程图例,供广大设计人员设计时参考。

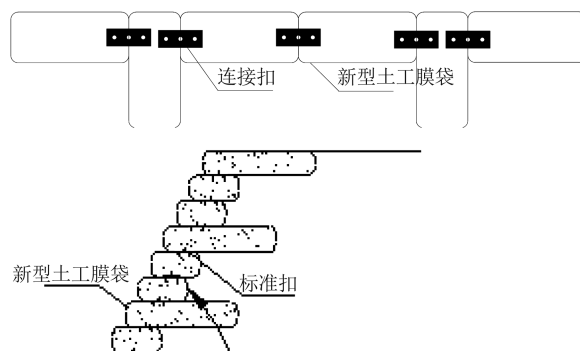


图7 膜袋“打丁”结构示意图

为了方便观察膜袋“打丁”结构,膜袋使用黑色。

### 4.3 膜袋“斜铺”、“平铺”、“叠铺”

膜袋“斜铺”适合于坡比在1:2.5、1:3甚至更平缓的稳定边坡<sup>[2]</sup>。理论上适用于任何小于30°的边坡,但实际应用时,在受季节以及施工节奏影响不能快速进行边坡绿化时,则应控制边坡的角度不大于20°,以防止袋体填充物滑移产生形变导致膜袋边坡整体“下挫”,见图8。

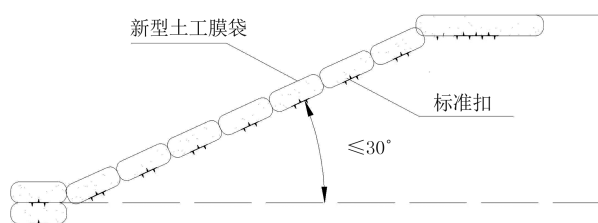


图8 膜袋“斜铺”

膜袋“平铺”、“叠铺”则适合于任何小于30°的稳定边坡,见图9~10。

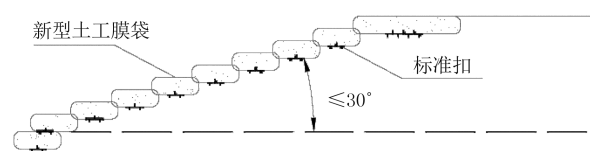


图9 膜袋“平铺”

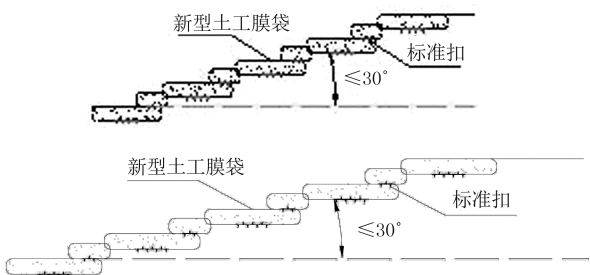


图10 膜袋“叠铺”

膜袋“平铺”、“叠铺”能有效避免袋体内填充物滑移变形导致的膜袋边坡“下挫”。

## 5 膜袋护坡形式的综合评价

膜袋护坡这种新的护坡工艺和护坡材料自问世以来,学术界一直没有系统地对其投资经济性、社会效益、环境的改善、适用范围、后期维护等进行综合评价

### 5.1 社会效益

采用膜袋护坡结构,直接减少了水泥、钢材、石头等材料的使用,初步研究表明,采用膜袋护坡的中小河道,每公里河道最少可减少  $500 \sim 1500 \text{ m}^3$  石材的使用量,减少碳排放和开挖山体对环境和自然植被的破坏,更重要的是这种透水结构使原本被封闭的结构转变成一个能够自我发育和自我完善的生态系统。

膜袋袋这种柔性结构护坡,由于其永久固土的特性以及与植物根系的友好,使原本不能绿化的硬质护坡表面恢复植被,增加了河道边坡的植被覆盖率,新增绿化面积,增加了植物生物放氧量,使河道生态补偿和生态修复成为可能,提高了河道、湿地的碳汇水平。

### 5.2 投资经济性

对膜袋护坡方案和块石护坡、浆砌块石方案进行投资比较,根据不同的结构形式,膜袋护坡方案可节约投资约 15% ~ 55% 以上,而且施工周期大大缩短、生态效应明显,具有投资少、见效快的特点。

### 5.3 对改善环境的贡献

膜袋护坡具有以下优点:(1) 克服了浆砌块石等硬质护坡的呆板和生硬,水面以上部分袋体表面可以 100% 绿化,水位变动区的袋体之间可以通过压播、栽种水陆两生植物,实现了从陆地景观到水面景观的自然过渡(2) 利用不同季节的植物的形状和颜色,改善河道自然景观;(3) 由于膜袋具有“透水不透土”的特点,增加了边坡对雨污水的过滤能力,固体颗粒和有机质被保留在泥土中,改变了以往河水“一雨即浑”的现象,也减少了雨污水中有害物质对水体的破坏;(4) 水位变动区和水位以下的水生植物,对于清除水体中 N、P 和其他营养物质

大有裨益,是今后利用水生植物进行水体涵养、改善水质、恢复水生动植物群落和生态修复<sup>[5]</sup>的发展方向。

### 5.4 工程的后期维护

从工程维护角度分析,硬质护坡具有一次性投资、维护少等优点,而膜袋护坡则增加了一个植物的养护和后期维护。膜袋护坡在植物成活前要进行一定的养护,但植物成活后,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,所以维护工作量不大。

## 6 结 语

河道治理必须找到自己的“低碳之路”,河道治理中尽量减少高耗能材料的使用,减少碳依赖,还河道以自然,改善水质、涵养水源,是摆在水利管理部门面前亟需解决的问题。

膜袋护坡技术所显现的水土保持能力、与环境进行物质交换的能力、生态性、环境友好性在目前边坡防护、水土保持方面依然是独一无二的。但膜袋护坡技术目前缺乏国家标准或行业标准,缺乏系统性的研究,虽然膜袋护坡有了一些基本的应用,但产品质量良莠不齐,增加了工程管理的难度,一些材料的耐久性和生态性尚有待于实践的进一步检验,膜袋袋体材料选择尚需要专业研究机构、检测机构的协同研究,并形成地方性标准,以进一步完善这种工艺和材料的应用,提高河流和湿地的碳汇水平,这也是本文成文的一个重要初衷。

### 参考文献:

- [1] 卫明. 城市水环境建设中若干问题的探讨[J]. 北京水务, 2003(1):20-22.
- [2] 顾秋平, 徐马文, 徐国强. 生态护坡技术在生态河道建设中的应用研究[J]. 上海水务, 2008(3):24-27.
- [3] 许永伟. 生态袋护坡结构形式的研究与实践要点[J]. 上海水务, 2012(4):38-41.
- [4] 包承纲. 堤防工程土工合成材料应用技术[M]. 北京:中国水利水电出版社, 1999:3-8.