

环境保护

# 生态护岸在城市河道生态修复中的应用

周扬 徐亚同

华东师范大学环境科学系 (上海 200062)

**摘要** 河道生态修复是生态城市建设中的一个重要环节,着重讨论了其中河道护岸的修复方法。鉴于以往人们修筑硬质护岸给城市环境所带来的诸多问题,提倡进行生态护岸的建设。将生态护岸的建设以常水位为界线划分成两个部分,分别介绍了几种最为实用和简便的方法,并着重讨论了坡岸植被的恢复。希望唤起人们对城市河道护岸生态修复的重视,并为其提供可借鉴的方法。

**关键词** 生态护岸 生态系统 新型材料 植物

**中图分类号** X 171.4

近年来,很多地方都在开展生态城市的建设。河流作为城市生态系统中的一个重要组成部分,具有为城市的生产和生活就近提供水源,减弱城市热岛效应和洪涝灾害,丰富城市景观和城市物种等多种生态功能,是重要的生态廊道。以往人们在城市河道整治过程中只考虑到工程结构的安全性及耐久性,故多采用砌石、混凝土等材料修筑硬质护岸,隔断了水生生态系统和陆地生态系统之间的联系,导致河流失去原本完整的结构和作为城市生态廊道的功能,进而影响到整个城市生态系统的稳定。因此,做好城市河流的生态修复工作对于生态城市的建设具有十分重要的意义。其中河道护岸的生态修复又是重中之重。

## 1 生态护岸的概念

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和调节功能,同时具有一定的抗洪强度<sup>[1]</sup>。

国外在这方面的研究比国内起步要早,美国早在上世纪70年代就开始投资5亿美元恢复入湖河道Kissimmee河,而同时,法国、英国、瑞士、芬兰等欧洲国家也大规模开展河道生态修复与功能重建工程。近几年来,国内许多省市在生态护岸的研究上也

作了许多尝试,特别是在城市河道治理中积累了一定的经验,如上海市在普陀的横港河、松江新城的张家浜、青浦赵巷的老崧塘等进行了生态护岸的建设,取得了良好的社会和生态效益<sup>[2-4]</sup>。

## 2 生态护岸的设计原则及类型

生态护岸的设计应遵循稳定性原则、生态和谐原则和因地制宜原则<sup>[5]</sup>。

根据所用材料的不同,可将生态护岸分为自然原型护岸、自然型护岸和多自然型护岸3种形式。

自然原型护岸是只采用种植植被保护河岸、保持自然堤岸特性的护岸;自然型护岸不仅种植植被,还采用石材、木材等天然材料,以增强堤岸的稳定性,且木桩、石块间的缝隙为水草留下了生长的空间,同时也为鱼、虾等水生生物提供了栖息的场所。多自然型护岸则是在自然型护岸的基础上采用混凝土、钢筋等材料加强抗冲刷能力的一种新型生态护岸。较之前两种具有更强的稳定性,同时也具备其他生态护岸所共有的生态和景观效应。但施工难度较大,工程的投资也相应增加。另外,此种护岸多采用非天然材料如混凝土、钢筋等,在一定程度上也有可能产生污染<sup>[6]</sup>。

考虑到安全性与稳定性的要求,在进行城市河道的生态护岸建设时往往采用后两种形式。而且在城市水流量大的主干河道,一般建设多自然型护岸。

基金项目: 国家科技支撑计划子课题(2007BAK27B05-3)、上海市科委世博专项(06DZ05825)等  
第一作者简介: 周扬 女 1985年生 硕士研究生 研究方向为环境微生物及河道生态修复

### 3 生态护岸的建设

在河流的某一地点经过长期对水位的观测后得出的在 1 年或若干年中有 50% 的水位等于或超过该水位的高程值,称为常水位。可以据此将河道护岸分成常水位以上和常水位以下两个部分来讨论。

#### 3.1 常水位以下部分的护岸建设

常水位以下部分大多数时间会被河水淹没,以往人们多用混凝土砌筑直立式挡墙,以保证河堤的稳定性,但却阻断了河水与地下水之间的交换,破坏了水生动植物的生境,切断了河流生态系统的完整性,因此不符合生态和谐原则的要求。后来,人们尝试直接向水中抛石或利用木桩、竹栅来护岸,这些方法虽节约成本又没有污染,但耐冲刷能力太差,不能持久稳定。为了达到稳定性与生态性之间的平衡,人们作了很多尝试。近几年来涌现出很多新型的护岸材料,格宾网箱和自嵌式植生挡土块是其中最具代表性的两种。

##### 3.1.1 格宾(GABION)柔性护岸

由格宾网箱建成的格宾柔性护岸是 19 世纪 80 年代在国外发展形成的一种新型柔性护岸结构,于 20 世纪 90 年代末传入我国,并在某些河流的堤防、航道护岸和水库护坡中开始使用,收到了良好效果。

格宾网箱是由格宾网面构成的长方体箱形构件(见图 1)。通常长 1~4 m,宽 1~2 m,高 0.44~1 m,由间隔 1 m 的隔板分成若干单元格。每个隔板的周边和面板的边端都用直径更粗的钢丝加强。施工时现场向网箱里面填充石料。不同护岸地区由于工程等级和类别不同,采用的填料一般也不相同。常见的有片石、卵石、碎石、砂砾土石等。填料的大小一般应按照格宾网孔大小的 1.5 倍或 2 倍选取,也可以用其他材料如砖块、废弃的混凝土等。

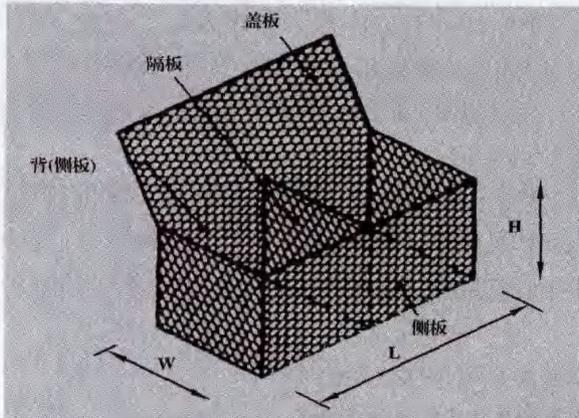


图 1 格宾网箱

格宾网箱具有极佳的稳定性和整体性。它是由热轧钢丝拉伸后形成的网线,经热镀锌或复合防锈处理,再经聚氯乙烯覆塑处理后织成,因此具有很高的强度和耐腐蚀性,一般在自然环境中可正常使用 100 年而不改变性状。格宾网箱护岸结构能与当地的自然环境很好地融合,填料之间的空隙为水气、养分提供了良好的通道,为水生生物提供了生长空间。这种结构抗冲刷能力很强,具有很高的抗洪强度,适用于水量较大且流速较快的河道,而且造价低廉,与浆砌石结构相当<sup>[7]</sup>。

鉴于这些优点,汾河太原城区段治理美化二期工程在对多种材料进行综合比较后确定利用格宾网箱来修筑护岸。该工程总长 8.1 km,河床平坦、宽浅。常水位以下利用格宾网箱修筑梯形挡墙,梯形顶宽 1 m,基部宽 2 m,共 2~3 层。现已取得很好的效果<sup>[8]</sup>。

##### 3.1.2 自嵌式植生挡土墙

国外早在 20 世纪 60 年代就出现了连锁型干垒挡土块并得到了广泛应用。自嵌式植生挡土块作为一种新型护岸材料是对它的引进和创新,目前已开始在我国水利工程中有了应用。

自嵌式植生挡土墙是由预制混凝土制成的自嵌式植生挡土块为主体材料,加上塑胶棒、加筋材料、滤水填料和土体共同组成(见图 2)。独特的后缘设计使得墙体砌筑成了简单的“堆码”,楔形结构可形成任意曲线墙体。基本尺寸:400 mm × 305 mm × 150 mm(长 × 宽 × 高),其中植生孔 A 回填土壤种植水生植物,B 孔填配碎石,其中植生孔 A 回填土壤种植水生植物,B 孔填配碎石。

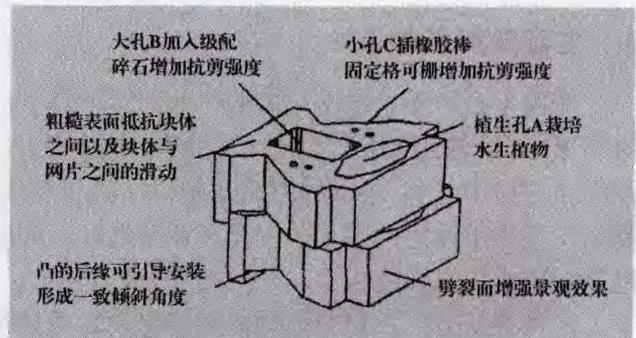


图 2 自嵌式植生挡土块

自嵌式植生挡土墙施工简便,无需砂浆砌筑直接层层干垒,靠块与块之间的嵌锁作用以及加筋体防止滑动倾覆。生态孔可以种植水生植物,植物的根系能穿过挡土块,达到固化墙体的作用。水体中的泥沙等物质会沉积在孔内,为水生植物提供生长的土壤,而积淀的矿物元素更是植物的生长所需,能实现

可持续的绿化效果。“鱼巢”设计和生长起来的水生植物为鱼类产卵繁殖提供场所,发挥了“以鱼养水”的作用。自嵌式植生挡土墙由于不用砂浆,挡而不隔的渗透性可以充分保证河岸与河流水体之间的水分交换和调节功能,有效抑制藻类的生长繁殖,发挥水体自净作用,保持了河道生态系统的完整性。同时具有一定的抗洪强度<sup>[9]</sup>。

江西省德安县在博阳河的下stream便利用了自嵌式植生挡土墙来进行护岸的修复,并配植了多种水生植物。建成后不仅起到了良好的防洪作用,而且在城区营造了很好的湿地景观,一举多得<sup>[10]</sup>。

格宾网箱与自嵌式植生挡土块是两种很好的修筑常水位以下护岸的材料,它们都符合生态护岸稳定与生态和谐的原则,且能与坡岸底质很好地结合。另外,作为人口稠密的城市河道的护岸十分有利于落水者自救。格宾护岸的抗水流冲刷能力比自嵌式植生挡土墙更强,更适用于水流湍急的河段。而后的景观性则更胜一筹。

### 3.2 常水位以上部分的护岸建设

常水位以上部分有时也会受到水流的冲刷,为了增加坡岸的稳定性,在植被尚未完全恢复期间保持水土,提高植物成活率,往往要将工程防护措施和植被防护有机结合起来,形成稳固而又有生态景观效应的防护结构体系。

常水位以上部分护岸建设的方法有多种,随着科学技术手段的提高而不断改进。20世纪90年代以前,人们多采用混凝土砌筑框格,制成多孔砖,再在框格内置土种植绿色植物护岸,随着土工材料植草护坡技术的引进,三维植被网护坡、土工格室植草护坡等新型土工护坡技术陆续获得应用。这些技术能够加固坡岸、防止冲刷、保持土壤并可支持植物生长,提高植物成活率。但也存在一定的缺陷,一方面,植物幼年时,土工格室的格室空间偏大,土工网垫的三维空间结构较差,不能在陡坡和有水流冲刷作用的环境下起到强有力的护土作用;另一方面,植被恢复以后,其发达的根系已经具有很强的护坡能力,土工格室和土工网垫在此时又防护过度,造成材料浪费,而且埋入土中的有机材料会对环境造成污染。

由我国研究开发的新型生态护岸材料——棕纤维生态垫能够克服上述缺点。它是将棕树纤维加工形成三维空间排列后胶结制成的垫材。其内外表面各复合一层聚合物网格,内部有大量孔隙,覆土后可

在强水流冲刷下保护土壤和植物根系,支持植物生长。在植被恢复前期根系浅、枝叶不够茂密的情况下,棕纤维生态垫能在陡坡和有水流冲刷作用的条件下,起到强有力的护土作用支持植物生长;当植被恢复、根系发达时,棕纤维作为天然材料将逐渐腐烂成为肥料,对环境污染小。其复合的聚合物网格此时仍可起到加强植被抗冲刷的作用而不会防护过度。

棕纤维生态垫结构可最大限度地恢复原坡岸生态系统,达到近自然的景观效果,可广泛应用于水流冲刷不太严重的坡岸区域。该材料已在秦皇岛市洋河水库进行了成功应用。在水库岸边裸露的沙砾、岩石基底上铺盖保持土壤、涵养水分的棕纤维生态垫,然后在其上覆盖一层约2 cm厚的土壤,再扦插柳枝,种植具有各种生活习性的植物。目前库边植物带得到迅速恢复。

### 3.3 生态护岸的植被恢复

生态护岸的功能主要是通过边坡上植物的保护作用来实现的。作为生产者的绿色植物是生态系统的基础,植物的根系可以稳固河岸、保持水土,为水生动物提供生境,还可以过滤雨水,使其不会直接流入河水中造成污染。在进行坡岸植被的生态恢复时,恢复物种的选择和群落的空间配置是至关重要的两大因素,是提高效率形成稳定可持续利用的生态系统的重要手段。

#### 3.3.1 先锋物种的选择

先锋物种的选择是在对水生植物生物学特性、耐污性以及光补偿点的研究基础上,筛选出几种具有一定耐污性、能适应当地生态环境的物种作为恢复的先锋物种,同时为水生植物群落的恢复提供建群物种。物种的选择主要有以下几个原则:

(1) 适应性原则 所选物种应对该流域的气候水文条件有较好的适应能力。

(2) 本土性原则 优先考虑采用当地的原有物种,尽量避免引入外来物种,以减少可能存在的不可控因素。例如,上海地处暖温带向亚热带的过渡区,位于长江入海口,气候温暖多雨,在进行植被恢复时可以在水体中配植睡莲、红菱、菹草、苦草、狐尾藻等浮水、沉水植物;在水边配植菖蒲、千屈菜、宽叶香蒲、水葱、芦苇等挺水植物;在岸边陆域内,考虑水土保持的要求,种植百慕达草皮进行固土,并配植垂柳、水松等乔灌木<sup>[11]</sup>。

(3) 强净化性原则 优先考虑对N、P等营养物

质有较强去除能力的植物种。

(4) 可操作性原则 所选物种的繁殖、竞争能力较强,栽培管理容易,收获方便,又具有一定的经济利用价值。

#### 4.3.2 植物群落的配置

植物群落的配置就是通过人为设计,将拟恢复重建的水生植物群落,根据环境条件和群落生长特性按一定比例在空间分布、时间分布方面进行安排,高效运行,达到恢复目标,即形成稳定可持续利用的生态系统。人工植物群落的构建主要包括以下两个方面的内容:

(1) 水平空间配置 是指在河流的不同区段配置不同的植物群落。(2) 垂直空间配置 从河道断面方向看,坡岸上从高到低生长的植物有陆生植物、挺水植物、浮叶植物和沉水植物。就陆生植物从垂直方向看,又有木本植物和草本植物。水生植物群落的生长和分布与水深有密切关系,有的植物群落只能分布在浅水区,如挺水植物、某些沉水植物群落(如菹草群落和马来眼子菜群落)等,有的植物群落常分布在较深水区,如苦草群落。因而在进行植物群落配置时,按照不同的河水深度选择不同生活型或同一生活型不同生长型的水生植物,分别占据不同的空间生态位,适应不同水深处的光照条件,以它们作为建群物种形成群落。另外,还要考虑到底质因素,如底质是泥沙质还是淤泥质,根据不同植物对底泥的喜好性在不同的底质上配置不同的植物群落<sup>[12]</sup>。

#### 4 小结

近年来,涌现出了一些新方法能够把城市河道护岸的稳定性与生态和谐性很好地结合起来,如:格宾柔性护岸、自嵌式植生挡土墙和棕纤维生态垫,将

这些方法与抗污、净化、适生、景观效果好的植被结合起来进行生态护岸的建设具有很好的效果。虽然已经有一些成功应用的例子,但是还远远不够,应当加强对建设生态护岸重要性的认识,并贯彻到实践中,大力推广这些新型材料的使用,使得城市河流重现清澈见底、鱼虾洄游、水草茂盛的自然生态之美。

#### 参考文献:

- [1] 张筱媛. 浅谈河道整治中的生态护岸设计 [J]. 治淮, 2007(6): 38-39.
- [2] Colangelo D J, Jones B L. Phase I of the Kissimmee River restoration project, Florida, USA: Impacts of construction on water quality [J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2005, 102(1-3): 139-158.
- [3] 徐德琳, 邓白发, 欧阳琰. 河道生态修复的前沿领域 [J]. 中国城市林业, 2008, 6(5): 25-27.
- [4] 季永兴, 黄民生, 魏梓兴, 等. 上海多自然型河流整治实践与探索 [J]. 长江流域资源与环境, 2008(3): 264-268.
- [5] 刘明辉, 陶宇君. 生态护坡在城市河道防护工程中的应用 [J]. 江苏水利, 2008(5): 42-44.
- [6] 李东海. 浅谈生态治河技术 [J]. 太原科技, 2005(5): 64-65.
- [7] 廖可阳, 黄伦超, 刘晓平. GABION 柔性护岸材料特性分析及应用 [J]. 城市道桥与防洪, 2008(5): 87-90.
- [8] 樊建锋. 格宾网在汾河太原城区段治理美化二期工程中的应用 [J]. 水利水电技术, 2007(5): 31-33.
- [9] 郭军辉, 徐剑, 程卫国. 自嵌式植生挡土墙在水环境中的应用 [J]. 水利水电技术, 2008(9): 1-3.
- [10] 宁健, 黄仁兴. 浅析德安附城圩自嵌式生态景观挡土墙的施工 [J]. 江西水利科技, 2008(9): 34-35.
- [11] 沪水务 [2008]1023 号, 上海市河道绿化建设导则 [S]. 上海:上海市水务局办公室印发, 2008.
- [12] 吴启堂, 陈同斌. 环境生物修复技术 [M]. 北京:化学工业出版社, 2007: 147-150. 收稿日期:2009 年 4 月

## Application of Ecological Embankment in Restoration of Urban Rivers

Zhou Yang Xu Yatong

**Abstract:** Ecological restoration of urban rivers is a very important part in ecological city construction. The ways to build ecological embankment are discussed herein. In allusion to the disadvantages of the traditional rigid retaining wall, the construction of ecological embankment is encouraged. According to the general water level, ecological embankment can be divided into two parts. Some newly practical materials and the ways to restore the vegetation on ecological embankment are introduced. Hoping to call people's attention to the construction of ecological embankment and provide some references.

**Key words:** Ecological embankment; Ecosystem; New pattern material; Vegetation