

# 阶梯式生态框挡墙在南通中创区 水系整治中的应用

施红兵<sup>1</sup>, 张宇亮<sup>2</sup>, 王涛<sup>2</sup>

(1.南通通源建设监理有限公司, 江苏南通 226006;  
2.南通市水利勘测设计研究院有限公司, 江苏南通 226006)

**摘要:**阶梯式生态框挡墙呈框体结构,采用阶梯式布置,使用钢筋混凝土外框内充填土,在施工过程中直接预制拼装,符合装配式建筑物的结构特点,同时具备生态功能。该挡墙具有稳定性好,所需人员、机械设备少,施工难度低、进度快,生态环保等特点,在生态河道与海绵城市建设中广泛使用。结合南通市中创区水系整治工程实践,针对其中大量采用的阶梯式生态框挡墙,介绍其先进的设计理念,分析其应用在施工上的不足,通过对工程技术的改进,解决挡墙线型问题,提高施工质量,改善水景观,节省投资,综合效益显著。

**关键词:**阶梯式生态框;南通中创区;生态河道;海绵城市

中图分类号:TV861 文献标识码:B 文章编号:1007-7839(2020)01-0027-04

## Application of stepped ecological frame retaining wall in the water system improvement in Zhongchuang District of Nantong

SHI Hongbing<sup>1</sup>, ZHANG Yuliang<sup>2</sup>, WANG Tao<sup>2</sup>

(1. Nantong Tongyuan Construction Supervision Co., LTD., Nantong 226006, Jiangsu;  
2. Nantong Surveying and Design Institute of Water Resource Co., Ltd., Nantong 226006, Jiangsu)

**Abstract:** The stepped ecological frame retaining wall has a frame structure and adopts a stepped arrangement. The reinforced concrete outer frame is filled with soil, and directly prefabricated and assembled during the construction process, conforming to the structural characteristics of the assembled building and having ecological functions. The retaining wall has the characteristics of good stability, less personnel, less mechanical equipment, low construction difficulty, fast progress, and environmental protection, which was widely used in the construction of ecological rivers and sponge cities. Combined with the practice of the water system improvement project in Zhongchuang District, Nantong City, the advanced design concepts of stepped ecological frame retaining wall was introduced, the shortcomings of its application in construction were analyzed. Through the improvement of engineering technology, the problem of retaining wall line would be solved, the construction quality would be improved, the water landscape would be improved, the investment would be saved, and the comprehensive benefit would be remarkable.

**Key words:** stepped ecological frame; Nantong Zhongchuang District; ecological river channel; sponge city

收稿日期:2019-09-09

作者简介:施红兵(1967—),男,工程师,主要从事水利工程建设监理、设计和研究工作。

## 0 引 言

随着经济社会不断发展,人民群众对河道的要求不仅仅满足于防洪、排涝等基本的水利功能,同时对水资源、水生态、水环境提出了更高的期待。南通中央创新区作为“区域科技创新引领区、沪通创新资源合作承载区、城市转型发展示范区和未来新的城市核心”,对水系、河道有更高的要求,阶梯式生态框挡墙在生态河道与海绵城市建设中的独特优势,迎合了这种需求。因此,该结构在南通市中创区水系整治中被大量使用。

南通中央创新区,位处通富路以东、东快速路以西、青年路以南,源兴路以北的区域,总面积约17 km<sup>2</sup>,处于崇川区、通州区和南通经济开发区交界处。规划为南通市经济发展的核心区,目前正举全市之力开展大规模基础设施建设。区内通过以紫琅湖为中心的“一湖七横三纵”水系整治,高起点的建设“一带,四核,六片”,营造一个生态优美,宜居宜业的花园型区域。

阶梯式生态框挡墙呈框体结构,采用阶梯式布置,使用的是预制混凝土装配式构件,在施工过程中只需要进行拼装,省去了传统挡墙需要现场砌筑的过程。阶梯式生态框挡墙具有施工人员、机械设备少,施工难度低,工程进度快、工程量小、成本低等优点。随着环保要求的不断提高,石料开采的难度不断提高,可采范围不断被压缩,石料资源越来越紧缺,南通市域范围内的砌石结构已基本被淘汰;同时预制混凝土结构生产、水利施工机械化水平的不断提高,阶梯式生态框挡墙作为一种新的水利挡墙结构应运而生。传统挡墙没有给生物留有足够的生存空间,阶梯式生态框挡墙则具备生态、环保、经济,有利施工的特点,该结构在迎土侧利用自重挡住后方土坡来防止位移、保持土坡稳定和河道断面完整,框体之间的间隙采用碎石等填充,既可以作为非常良好的渗水通道,又能给生物筑巢、鱼类繁衍提供空间。生态框还可以通过选择不同的形状、不同方式的组合以及选取不同的颜色,将河道环境进行更好的美化。同时,阶梯式生态框挡墙还可实现水面至墙顶依次种植一系列特色植物,形成完善的多层次生态系统,既能有效地控制土壤侵蚀,又美化河岸景观,兼顾生态和景观功能,其在我国已得到了广泛的应用<sup>[1]</sup>,尤其是在城市中小河流生态修复与治理工程中得到充分的应用<sup>[2-3]</sup>。阶梯式生态框挡墙既保证了挡墙稳固河道的要求,又

提供了生物的生存空间,满足了水生态、水环境的要求,具体详见图1。

## 1 设计理念

生态挡墙是指恢复自然河道“可渗透性”人工滨水驳岸,以生态为基础、安全为导向,减少河道自然环境的破坏,保持坡面的稳定,同时改善水环境、水景观,现有的生态护岸型式有块石和植被护岸、格宾石笼、石笼垫、土工格室、植物纤维垫、铰接混凝土块、植物梢料、生态型混凝土、土工织物扁袋、木框挡土墙、桩式生态护岸、自嵌式混凝土连锁块<sup>[4]</sup>,阶梯式生态框挡墙结合了传统挡墙稳定与安全的优点,同时具备了生态与景观的要求,在石料缺乏、人工价格不断上涨的背景下,被工程实践所选择。其优点具体体现在:①稳定、安全、经济:采用钢筋混凝土刚体结构,螺栓连接,整体稳定性好,结构安全;同时框体现场拼装,使用开挖的土料填充,施工速度快,可以缩短工期;②体质量高,耐久性好:工厂化标准生产生态框,质量有保障,框体采用水泥基增强复合聚料和钢筋,不会随着时间的推移而发生腐蚀或被磨耗的情况;③施工简便,可就地取材并大量使用机械化作业,节省人力物力;④视觉效果好,产品外观多样,景观成效好,可根据施工要求选择产品种类,并按需求定制产品;⑤生态、环保、亲水性好:使用开挖土方作为填充物,方便水中生物筑巢及生长从而达到绿化效果,改善水环境,同时满足生态、环保的要求;⑥适应能力强:产品之间采用可动性连接,能有效应对弯曲河道的施工和沉降等问题。

### 1.1 阶梯式生态框设计

阶梯式生态框挡墙依靠自重维持稳定,墙后回填碎石是为了快速排水,符合重力式挡墙结构的特点,同时满足生态环保的要求。具体计算方法如下:

(1)土基上挡土墙沿基面底面抗滑稳定安全系数根据《水工挡土墙设计规范》(SL379-2007)公式6.3.5-1计算,即,

$$K_c = \frac{f \sum G}{\sum H} \quad (1)$$

式中: $K_c$ 为挡土墙沿基底面的抗滑稳定安全系数; $\sum G$ 为作用在挡土墙上全部垂直于水平面的荷载(kN); $\sum H$ 为作用在挡土墙上全部平行于基底面的荷载(kN); $f$ 为挡土墙基底面与地基之间的摩擦系数;根据地质资料,摩擦系数取0.35。

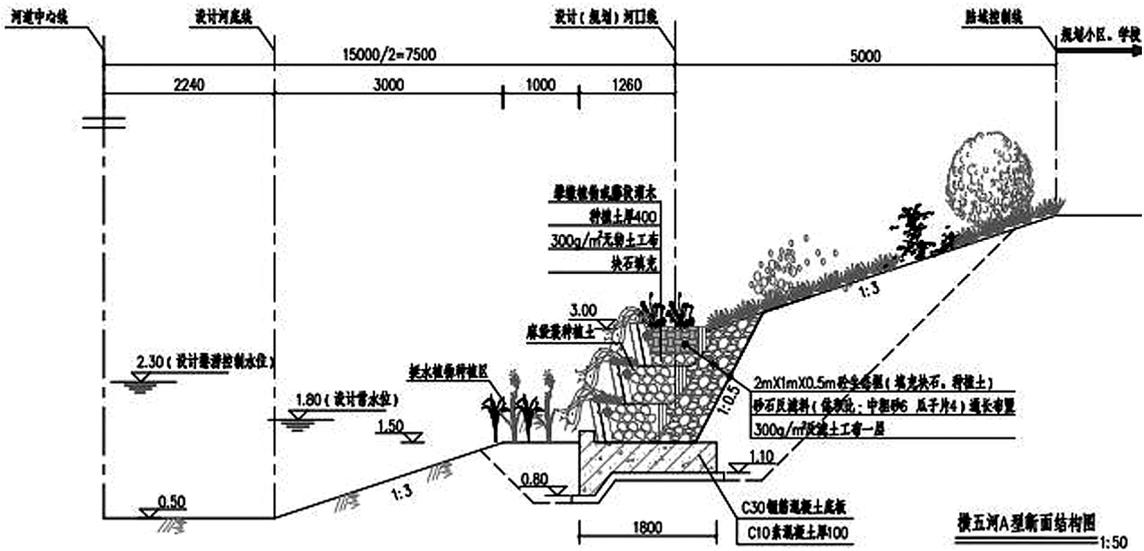


图 1 阶梯式生态框挡墙结构

(2) 地基应力计算按《水工挡土墙设计规范》公式 6.3.3 计算。即,

$$p_{\min}^{\max} = \frac{\sum G \pm \sum M}{A \pm W} \quad (2)$$

式中:  $p_{\min}^{\max}$  为挡土墙基础底面应力的最大值或最小值;  $\sum M$  为作用于挡土墙的全部竖向和水平荷载对于基础底面垂直水流向的形心轴的力矩;  $W$  为挡土墙基础底面对于该底面垂直水流向的形心轴的截面矩;  $A$  为挡土墙底板底面与地基接触面积。

阶梯式生态框的断面尺寸可通过试算确定, 但需满足稳定性和安全性的要求; 具体形状可结合现场实际情况设计, 但需满足框体自身强度要求; 框体之间采用橡胶棒定位、螺栓连接, 确保整体刚性要求。

### 1.2 反滤料设计探讨

依据 SL274—2001 附录 B 中, 预制混凝土护坡砌块用反滤料的反滤类型为 II 型(b)类反滤。设计时首先应确定被保护土的颗粒级配分析, 确定被保护土是粘性土还是无粘性土, 然后根据规范中的滤土要求进行计算, 同时还应满足排水要求和防止分离的 D90(下包线)和 D10(上包线)粒径关系。

### 1.3 土工合成材料设计

预制混凝土护坡砌块工程中, 土工织物起到反滤和排水作用, 并符合下列要求:

(1) 保土性: 织物孔径应与被保护土粒径相匹配, 防止骨架颗粒流失引起渗透变形; 保土性可按公式  $O_{95} \leq nd_{85}$  计算, 其中  $O_{95}$  为等效孔径;  $d_{85}$  为土的特征粒径, mm;  $n$  为经验系数。

(2) 透水性: 织物应具有足够的透水性, 保证渗

透水通畅排除; 被保护土级配良好时, 应满足公式  $K_g \geq K_s$  流态复杂时应满足公式  $K_g \geq 10K_s$ , 其中  $K_g$ 、 $K_s$  为土工织物、被保护土的渗透系数。

(3) 防堵性: 织物在长期工作中不应因细小颗粒、生物淤堵或化学淤堵等而失效。被保护土级配良好, 水力梯度低, 流态稳定, 有效孔径应满足  $O_{95} \leq 3d_{15}$ , 式中  $d_{15}$  为土中小于该粒径的土质量占总土质量的 15%。被保护土易管涌, 具有分散性, 水力梯度高, 流态复杂, 当  $K_s \geq 1.0 \times 10^{-5} \text{cm/s}$  时, 梯度比  $GR$  应满足  $GR \leq 3$ ; 对于大中型工程及被保护土的渗透系数  $K_s \leq 1.0 \times 10^{-5} \text{cm/s}$  时, 应以现场土料进行长期淤堵试验, 观察其淤堵情况。

## 2 工程实际应用中存在的问题

南通中央创新区水系整治工程主要包括河道整治工程、水系配套建筑物工程。其中, 河道护岸工程中大量采用的是阶梯式生态框挡墙结构, 在实际施工过程中遇到以下几个问题:

(1) 生态框与混凝土底板前趾间隙太大, 密和性不够, 容易受墙后土压力的影响, 产生水平位移, 影响河道线型。

(2) 生态框与混凝土底板坐浆不充分, 产生墙后砂土流失的通道, 且易形成框体受力不均, 长期会产生裂缝, 影响混凝土生态框的使用寿命。

(3) 框后土工布的布设不能很好的防止墙后砂土流失, 框内的土工布隔层也不能完全解决上层框内的填土流失。

(4) 墙后反滤层设计工艺复杂, 施工过程中不易保证工程质量。

### 3 解决措施

针对以上存在问题,结合阶梯式生态框设计原理,经过反复研究和试验,形成解决方案如下:

(1)加强基础底板的质量控制,保证前趾的混凝土表面平顺。首层阶梯式生态框安装固定后,框体与前趾间用C25细石混凝土填实,保证首层生态框与混凝土底板的契合,使得墙后土压力均匀传递给基础底板。

(2)提高混凝土生态框的安装质量。阶梯式生态框连接时,水平方向用螺栓连接,上下方向用连接销来连接。连接螺栓是以M10螺栓1根,垫片2张,螺母1个为1套,确认后按规定的顺序通过制品孔用连接螺栓将制品合并,通过扳手等把螺栓连接到轻紧固程度为止。上下制品连接的时候,坡度在1:0.5及1:0.3的时候使用连接销。连接销主要是起到对准位置的作用,无法起到抵抗块之间的动向连接的作用。墙后作用的土压力需要靠内填块石的摩擦来起抵抗作用,所以必须做好生态框里面块石的填装,充分发挥块石之间的咬合作用。

(3)改进土工布的铺设方法,防止墙后水土流失。针对阶梯式生态框的特点,墙后框体之间的土压力主要靠土工布承担,现实中土工布的张拉力也不能尽如人意。原设计也未对土工工程作具体的要求。为防止生态框制品背部回填材料流入制品内,采用两道土工布的方案,第一道根据制品的背面的阶段形状铺设土工布。土工布的叠加是上游的土工布在上面,重合10cm以上。土工布紧贴生态框铺设,下面靠紧混凝土底板延伸至反滤层后面,形成第二道土工面,反滤层包裹在土工布内,有效的解决土工布的张拉能力问题,防止砂土进入反滤层,影响反滤层效果的弊病。

(4)严格控制生态框吊装与回填材料的质量。阶梯式生态框的吊装,应采用专用的吊具,能有效夹住框体,又能防止混凝土表面受损。采用一层框体安装完成后,马上进行内部块石的填充,机械作业应当就低投放,以免对框体造成损伤。人工配合,对机械填充不密实处,人工码放。然后进行土工布的施工及反滤层施工,严禁几层框体摆放完成后一次投料。上层框与下层框之间,必须有块石咬

合。最上层框体中,有不小于10cm的块石与下层连接,然后用碎石找平。上层框体中的种植土,装入生态袋中放入框体,保证不会受到雨水或水流的冲刷而引起框内种植土流失。另外,在现场放置生态框制品时须用砧木等,以免发生因自重倾斜或跌倒。

### 4 效果分析

通过以上的质量控制措施,南通中创区水系整治中河道护岸工程阶梯式生态框挡墙的施工质量有了明显的改观,具体体现在以下几个方面:

(1)生态框表面缺棱掉角受外力损伤的情况减少,在成型护岸中基本杜绝,有效保证了生态框的受力及稳定。

(2)从施工现场情况看,生态框框体与底板前趾的贴合度增强,不仅保证了生态框挡墙受墙后土压力作用下能保持稳定,又能增加成型岸墙的美观,符合中创区的景观定位要求。

(3)墙后通过对土工工程技术的改进,土工布受到的填土压力明显均匀,并且反滤层的透水性得到加强,岸墙的使用寿命得到保障。

### 5 结语

南通中创区水系整治工程混凝土生态框护岸施工过程中,通过对施工过程技术的改进,提高了施工质量,使阶梯式生态框挡墙的各项指标均达到了设计要求。阶梯式生态框混凝土预制砌块在中创区护岸工程中的成功应用,为后期的生态框岸墙的施工技术推广起到了示范作用。

#### 参考文献:

- [1] 郑继,张成银,刘长顺. 预制混凝土砌块护坡工程中铺设缝宽质量验收探讨[J]. 中国水运, 2015, 15(5):305-306.
- [2] 张成银,刘长顺,杨志. 水利工程护坡用预制混凝土砌块的检测方法与设计理论探讨[J]. 中国水运, 2019, 19(6):155-156, 183.
- [3] 郑继,张成银,刘长顺. 预制混凝土砌块护坡应用技术探讨[J]. 混凝土与水泥制品, 2015(8):37-39.
- [4] 王涛,王少波,郑红娟. 南通城市河道生态护岸技术探索与应用[J]. 江苏水利, 2017(1):1-4.