

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2022.04.030

# 上海市内河装配式护岸设计研究

邹恒,董蕃宗,马如彬,刘华根

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200092]

**摘要:**通过分析上海市内河河道护岸工程建设的特点、当下内河河道护岸工程建设中存在的问题和不完善之处,介绍了生态河道护岸工程建设的先进理念和发展趋势,提出了克服常规护岸缺陷、适应发展要求的装配式护岸方案,较好地克服了常规护岸施工影响面大、长时间占用河道、容易在土体中残留、对河道生态形成长期影响等局限性,为上海市内河河道建设提供了借鉴。

**关键词:**生态河道;低影响开发;水土保持;装配式护岸

**中图分类号:** TV85

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2022)04-0108-04

## 1 上海市内河河道工程建设的特点

上海属于典型的平原感潮河网地区,平均地面高程(4.0 m)低于吴淞口年最高潮位多年平均值(4.85 m),滨江临海容易遭受风暴潮等自然灾害的侵袭。通过过去长期的规划建设,目前已建成由海塘、黄浦江堤防和水闸组成的一线防洪工程,在河口已建有挡潮闸基础上实现外挡内控、洪涝分治,闸内河道防御对象以区域除涝为主。除涝标准采用20 a一遇大24 h面雨量,1963年雨型及相应潮型设计。设计除涝高水位3.70~3.90 m,常水位2.50~2.80 m,总体上低于地面高程。

上海地区地质构造较为简单,基本上为第四纪现代沉积构造,表土层岩性有粉砂质黏土、粉细黏土、粉土质亚砂土三种,土层厚度一般为3~4 m,是天然的地基持力层。下层为灰色粉土质黏土,局部地区含淤泥质。

上海市河道众多,区域分布差异较大。根据地区特点,对上海市划分水利片区,分别编制水利规划,确定河网水系规划和河道规划规模,统筹现有河道、规划河道和城市发展需求。河网水系是实现水的引、排、蓄、航运、生态、景观等综合功能的平台,河面率是区域防汛除涝安全的基本保障。随着城市化的持续快速发展,在城市规划和建设过程中,显现出用地资源紧张,工程建设侵占河道后方陆域甚至水域,对河道工程建设形成制约等问题。

上海市内河河道护岸工程建设具有以下特点:

收稿日期:2021-06-10

作者简介:邹恒(1991—),男,硕士,工程师,从事水利水电工程设计研究工作。

(1)在洪涝分治策略下,内河河道护岸工程防御对象以区域除涝为主,闸控水位往往低于地面高程,护岸结构主要功能为维持河岸岸坡安全稳定性,满足水土保持要求。

(2)常规岸段护岸工程受力特性简单,对结构止水要求低。

(3)上海市内河堤防沿线地层通常存在较厚的淤泥层,地基承载能力较差,护岸结构设计往往需要采取地基处理措施或深基础方案。

(4)河道工程建设用地资源紧张,空间有限,但对于水利规划中的河道规模要素落实要求严格,护岸工程设计方案需合理空间布局。

(5)行业部门坚持先进理念,对河道工程建设在新技术应用、生态友好、环境协调等方面提出高标准。

## 2 当下河道护岸工程建设存在的问题

目前,内河河道断面常采用直立式、复合式和斜坡式方案。护岸常采用桩基承台式结构、桩板式结构和排桩式结构,基本依靠自身稳定的岸坡一般采用小型挡墙和护坡结构。

桩基承台式结构护岸在内河河道护岸工程中广泛采用,挡墙主要采用钢筋混凝土结构或者浆砌块石结构。其优点是结构可靠,在保证河道过水面积的基础上可减少陆域的占地。但在外观上,大范围硬质结构与河道生态景观效果难以协调。

排桩式结构护岸主要适用于挡土要求较小的复合式河道断面,结构占地较小,外观比较美观,但是密排桩基在同等条件下,比桩板式结构护岸经济性较差。另外,排桩阻止了径流与地下水水体交换,生态性较差。

依靠自身稳定的岸坡采用小型挡墙和护坡结构,主要有浆砌块石挡墙、格宾石笼、叠石、连锁块护坡和灌砌块石护坡。

以上提到的多数护岸形式需要在河道上填筑围堰,现浇混凝土施工。护岸施工周期较长,影响面大,长时间占用河道,影响河道行洪功能。现浇结构在今后护岸更新改造时容易在土体中残留,对河道生态形成长期影响。

### 3 生态河道护岸建设新理念

#### 3.1 低影响开发理念

河道工程低影响开发理念是指在保证河道足够的水面率和行洪排涝断面、不降低防洪排涝功能的前提下,注重河道建设在水质净化、景观提升和雨洪调蓄等方面的生态性要求,在实现工程目的的同时,尽可能地保证河道的原生态<sup>[1]</sup>。

具体到河道护岸工程建设中,应考虑护岸工程与周边条件的协调统一,使河、岸、水系形成一个有机整体。一方面在达到工程效果的前提下,尽量减小水工结构的尺寸,更多地保持原生态。另一方面减小施工对周边环境的影响,在后期更新时减少旧结构在土体中的残留。

#### 3.2 河道生态化和景观效果

城市河道治理不仅只是防洪排涝功能达标,还是生态景观综合治理和城市海绵化建设的重要方面。

复式河道断面在水位以上设置缓坡,水位以下为梯形河床断面,满足了高水位时泄洪的要求。同时,通过常水位时期对缓坡和防汛通道的利用,开发了滨水空间。滨河绿化带同时具备缓冲、吸附、拦截等生态功能,可缓解河道水质污染<sup>[2]</sup>。生态护岸工程保持地下水与径流的水体沟通,不影响原生态河道的自我修复、净化能力,并为动植物生长、繁殖提供场所<sup>[2]</sup>。

#### 3.3 河道开发水土保持要求

自然状态下,水土流失的主要原因是水力侵蚀。受水流、风浪和船行波的影响,造成河岸边坡坍塌淤浅,导致河岸边坡和顶面的水土流失,波水流带走的土壤在河床上淤积。伴随着城市化的发展,越来越多自然河道的生态平衡被人为打破,河道范围内建设项目的施工经常引起严重的水土流失现象<sup>[3]</sup>。

水土保持是内河河道生态综合治理工程的一项重要内容,河道水土流失对水环境和河道防洪排涝

功能造成重大影响。护岸工程是保护河岸、湖岸免受波浪水流打击侵蚀建造的水利设施。护岸工程的设计应考虑生态设计,在保持径流与地下水有效沟通的同时,也要保证符合基本的结构挡土要求,达到水土保持的基本功能<sup>[4]</sup>。

#### 3.4 护岸工程装配化要求

为适应不断提高的工程建设效率和质量的要求,工程建设方式正在逐渐从手工业生产向社会化大生产转变。装配化技术主要表现为结构标准化、构配件生产工厂化、施工机械化和组织管理科学化。建筑施工方式由构件施工现场现浇转变为先在预制工厂预制完成,然后运到现场进行组装<sup>[5]</sup>。

为克服常规护岸结构的缺陷,实现水利工程建设工业化生产的优势,装配式护岸结构设计应满足以下几点要求:

(1)护岸整体由少数构件组装完成,每种构件规格有限,并且易于工厂预制。

(2)装配式护岸构件采用标准预制,质量比现浇结构更佳。同等条件下,优化结构尺寸和配筋。

(3)适应不同水文、地质条件,具有较好的灵活性。针对特定的条件,使构件具有合理受力。

(4)装配式护岸施工节点尽量少且连接工艺量可靠,施工方便,施工影响面小<sup>[6]</sup>。

### 4 装配式护岸方案

在对上海市内河河道建设特点和常规护岸缺点分析的基础上,提出了三种对不同建设条件具有较好适用性的内河装配式护岸方案:装配式低桩承台护岸、装配式造型桩板护岸和装配式下沉亲水步道。

这三种护岸方案均在满足水土保持要求的前提下具有较好的景观、亲水效果,最大程度上减少了现浇混凝土施工,施工过程影响更小、更加环保,中长期对河道和周边环境的影响较小,生态性好。

#### 4.1 装配式低桩承台护岸

装配式低桩承台护岸包括标准预制方桩构件组合、标准预制底板、标准预制生态框、无纺土工布等(见图1)。所有构件均由工厂标准预制,在工厂预制完成达到设计强度后运至现场安装。将桩基按照设计好的桩位和标高打入指定的位置,开挖基槽至与桩基牛腿顶部同一高程并进行整平,将底板水平放置,预留开孔穿过桩基,底板架在桩基牛腿之上,保证底板下方土体饱满密实,使地基与桩基共同发挥承载力承担上部荷载。在桩基伸出底板的颈部安装

标准预制桩头扣件,扣件突榫与桩颈部紧密贴合,扣件底部与底板相抵。用标准预制桩头套件套在桩头与扣件外围,使三者形成整体,将桩头锁死于底板之上,形成预制桩基与预制底板的有效连接。底板上方堆叠生态框形成挡墙,根据不同挡土要求合理设置生态框层数。层数较多的情况下,在生态框之间合理设置土工格栅,与后方土体黏结保持稳定。在生态框内铺设土工布,回填种植土,在挡墙上方边坡种植草皮护坡,生态框内种植适宜滨水植物,在墙前滩面种植挺水植物,形成较好的生态景观效果。

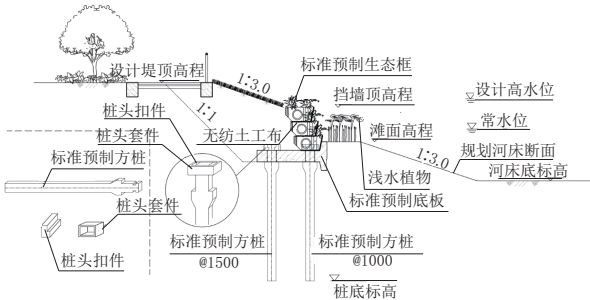


图1 装配式低桩承台护岸

在护岸工程建设完成后,如需在河道上接入新开的支河,只需搬开生态框即可。河道护岸在今后需要重新改造时,现状护岸构件可有序拆除,不在土体内遗留废弃混凝土。

#### 4.2 装配式造型桩板护岸

装配式造型桩板护岸包括标准预制方桩、标准预制造型导梁和栏杆等(见图2)。标准预制方桩、标准预制造型导梁和栏杆均由工厂标准预制。可对标准预制造型导梁朝向河道的一面进行艺术设计,采用造型模板或者3D打印技术呈现多样的图案,在工厂预制完成达到设计强度后运至现场安装。开挖基槽至导梁底标高并进行整平,将桩基按照设计好的桩位和标高打入指定的位置,将钢筋与桩基顶部预埋钢板焊接连接。标准预制造型导梁套进桩基顶部,桩顶焊接钢筋穿进导梁开孔,向导梁孔内灌入二期混凝土,使预制桩基与预制导梁有效连接形成护岸。预制导梁主要承担挡土作用,桩基承担上部荷载压力和导梁传递的弯矩。在导梁开孔顶部预埋栏杆基础构件,与二期混凝土整体浇筑。最后安装栏杆。在导梁后方回填黏性土,上方边坡种植草皮护坡,在墙前滩面种植挺水植物,形成较好的生态景观效果。

河道护岸在今后需要重新改造时,现状护岸构件可有序拆除,不在土体内遗留废弃混凝土。

#### 4.3 装配式下沉亲水步道

装配式下沉亲水步道适用于桥下狭小空间,包

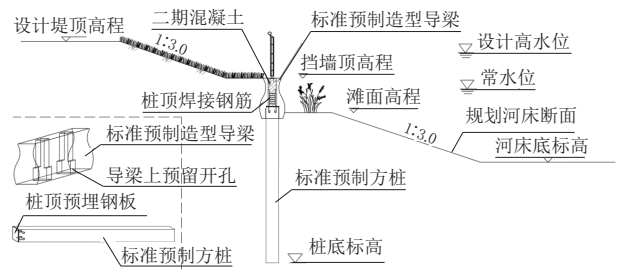


图2 装配式造型桩板护岸

括标准预制方桩构件、标准预制步道悬臂板、标准预制步道后搭板、铺装和栏杆等(见图3)。所有构件均由工厂标准预制,在工厂预制完成达到设计强度后运至现场安装。将桩基按照设计好的桩位和标高打入指定的位置。将标准预制步道悬臂板水平放置,预留开孔穿过桩基,尾部紧贴桩基插入土中,悬臂板架在桩基牛腿之上。标准预制步道悬臂板后侧的竖向挡板一方面起到挡土作用,另一方面可以平衡前侧悬臂段产生的倾覆力矩。桩基承担上部竖向荷载和挡板传递的水平土压力。标准预制步道后搭板水平套入桩头,搁置在悬臂板的上方,采用C20细石混凝土将开孔和桩头间缝隙填实,形成有效连接。后搭板不仅平衡了外侧悬臂板,还与悬臂板一起形成了亲水步道路面。对组装形成的亲水步道进行铺装和栏杆安装。在步道后侧挡板后方回填黏性土,上方边坡种植草皮护坡,在步道前滩面种植挺水植物,形成较好的生态景观效果。

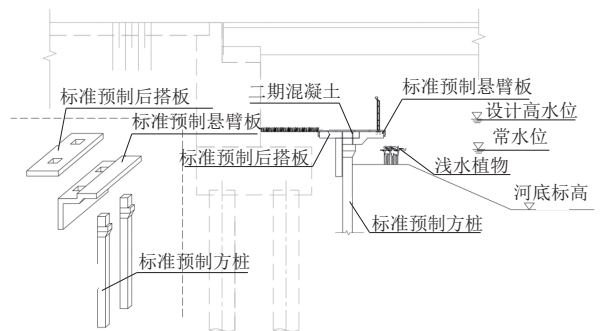


图3 装配式下沉亲水步道

河道亲水步道在今后需要重新改造时,现状护岸构件可有序拆除,不在土体内遗留废弃混凝土。

### 5 装配式护岸结构设计原理

通过长期的实践经验,传统护岸结构对构件浇筑和连接施工具有明确的要求。在此基础上,也对构件受力边界条件和约束形成约定俗成的假设条件,结构计算与设计方法比较成熟。装配式护岸在外力作用和连接节点上与传统整体现浇结构有明显区别,在设计方法上主要采取以下两种策略。



(1)对于标准预制构件在现场完成组装后,采用浇筑二期混凝土或灌浆等湿连接工艺进行整体连接方案。针对不同的护岸结构,应明确构件承载力发挥要求,以及连接节点施工质量保证要求。在此基础上,假定构件与连接节点受到作用的原理与传统整体现浇结构一致,装配式护岸采用常规结构计算方法。

(2)对于标准预制构件完全采用构件相互约束形成连接,或者螺栓连接等干连接工艺,应按照铰接假设计算得到在外荷载作用下各构件受到的内力,计算得到不同构件的强度要求。然后,按照固接假设计算得到在外荷载作用下连接节点受到的内力,对连接节点通过不同的切割方式,将内力转化为该节点受到的外力作用,计算得到连接节点各构件的强度要求。这种计算方法确保了应力集中节点每个构件均达到单独承担节点内力的强度,是一种可靠的计算方式。

## 6 结论

上海市内河河道护岸工程防御对象以区域除涝为主,常规岸段护岸工程受力特性简单,对结构止水

要求低。在承载力较差的淤泥质地基上,护岸结构设计往往采取地基处理措施或深基础方案。行业部门对河道工程建设在规划符合性、新技术应用、生态友好、环境协调等方面具有高标准要求。

装配式护岸较好地克服了常规护岸施工影响面大、长时间占用河道、容易在土体中残留、对河道生态形成长期影响等局限性,护岸整体由少数构件组装完成,易于大规模工厂预制,质量比现浇结构更佳;施工节点少且连接工艺质量可靠,施工影响面小。这符合河道建设低影响开发理念和生态化及水土保持要求,对上海市内河河道工程适用性较好。

### 参考文献:

[1] 杨春涛.城市河道设计新趋势[J].建筑技术开发,2020,47(3):13-14.  
 [2] 居艳阳,宋伟,金洋,等.生态修复在上海中小河道治理中的应用实践[J].上海水务,2018,34(3):32-34,46.  
 [3] 许敏龙.中小河流生态河道设计探析[J].地下水,2020,42(3):237-238.  
 [4] 孟钰秀,邓春艳.城市化进程中河道两岸水土保持措施调研[J].上海建设科技,2019(3):84-85,109.  
 [5] 朱远,沈旭鸿.“一键式”生态护岸结构设计及其力学特性分析[J].港工技术,2019,56(5):67-70.  
 [6] 顾宽海,陈浩群,张逸帆,等.装配式低桩承台护岸结构设计[J].水运工程,2018,549(12):186-192.

\*\*\*\*\*  
 (上接第 104 页)

[4] 浙江省人民代表大会常务委员会.浙江省航道管理条例[S].杭州:浙江省人民代表大会常务委员会,2011.  
 [5] 刘军,高海亮,刘海萍.柏果树河景观桥梁方案优化设计[J].城市道桥与防洪,2021(5):114-115,16.  
 [6] 贾志强,郭红敏.空间曲面钢桁架桥在城市景观设计中的应用[J].城市道桥与防洪,2020(5):111-114,17.  
 [7] 宋福春,王厚宇,马梓乔.基于地域文化的景观桥梁美学设计[J].公

路,2019,64(3):182-186.  
 [8] 赵牧冉.地域文化在交通建筑设计中的体现[J].城市建筑,2016(24):56.  
 [9] 周雅琴,王宇晗.基于文化特征的公共交通形象设计[J].综合运输,2018,40(10):41-46.  
 [10] 曾崢.地域文化在城市滨水景观设计策略中的应用——以恩施市清江河段为例[J].中外建筑,2021(5):140-143.