

DOI:10.3880/j.issn.1004-6933.2021.06.023

高原城镇河道演变与生态护岸措施

张东艳,宗永臣

(西藏农牧学院水利土木工程学院,西藏 林芝 860000)

摘要:为促进高原城镇可持续发展,改善传统硬质护岸破坏高原脆弱的水域生态系统结构和城市景观环境现状,选取林芝市八一镇河道为研究对象,基于1970年、1982年、2009年、2014年地形图对尼洋河八一镇河段河道演变特征和生态护岸措施进行分析。结果表明,尼洋河八一镇河段河床具有明显的游荡特征,河道心滩发育、洲汊纵横、主流摆动频繁,致使堤防维护和加固难度凸显;结合林芝市八一镇硬质护岸现状生态改造需要,应从尊重民族文化、遵守自然法则、采用原生材料、营造滨水景观、去直改缓、注重生物多样性的设计角度出发,综合采用植物护岸、松木桩-抛石生态护岸、生态格网挡墙、混凝土砌块护岸、生态混凝土护岸等生态护岸形式。

关键词:河道演变;堤防加固;生态护岸;高原城镇;尼洋河;林芝市

中图分类号:TV213.4;TU998.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-6933(2021)06-0157-05

River channel evolution and ecological revetment measures in plateau towns // ZHANG Dongyan, ZONG Yongchen
(Water Conservancy Project and Civil Engineering College, Tibet Agriculture and Animal Husbandry University, Nyingchi 860000, China)

Abstract: With the section of the Niyang River in Bayi Town of Nyingchi City used as an example, this study was conducted to alleviate the damages of traditional rigid revetments to fragile river ecology and the landscape environment in plateau regions, and to promote the sustainable development of plateau towns. The analysis of river evolution in Bayi Town according to aerophotographic maps of 1970, 1982, 2009, and 2014 shows that the river section has obvious characteristics of riverbed wandering, heart beach development, complicated distributions of islands and branches, and frequent swing of the main stream, leading to significant difficulties in embankment reinforcement. Results also show that the ecological reconstruction of rigid revetments in Bayi Town, Nyingchi City, should be undertaken based on the design concepts of respecting the culture of ethnic minorities, following natural laws, using autochthonous materials, creating waterfront landscape, transforming straight walls to gradual slopes, and protecting biodiversity, and the ecological revetment forms, including plant revetments, pine pile-riprap revetments, stone cage retaining wall revetments, precast concrete block revetments, and ecological concrete revetments should be comprehensively used.

Key words: river evolution; embankment reinforcement; ecological revetment; plateau towns, Niyang River; Nyingchi City.

护岸是城市独特的线性景观,也是城市休闲最频繁的区域之一^[1]。传统的护岸工程侧重于河道渠化和疏浚、河岸的加固和堤防的建设,对河道自然环境很少进行全面评估,导致生态环境问题加剧^[2-4]。Seifert提出的“近自然河溪整治”概念^[5]形成了生态护岸理念雏形,随着传统水利工程弊端凸显,生态护岸技术逐步得到发展和广泛应用。现有生态护岸形式分类方法不一^[6-7],按照使用材料分

为自然原型护岸、自然改造型护岸和复合型护岸。生态护岸技术在满足防洪要求下,还具备水土保持、优化河岸景观、确保生态系统完整性等功能,河岸带作为水陆错落带,能起到净化水质和保护河流生态系统的作用。

西藏是青藏高原主体,也是我国河流最多的省级行政区之一,城镇多沿河谷发展,其独特气候特征和下垫面条件,使得河流生态脆弱^[8]。2015年中央

基金项目:西藏自治区自然科学基金(XZ2019ZRG-46(Z));西藏自治区高等学校科研创新团队(20170701);煤燃烧国家重点实验室开放基金(FSKLCCA2012)

作者简介:张东艳(1984—),女,讲师,硕士,主要从事市政工程与管理科学等研究。E-mail: zdyssy@126.com

第六次西藏工作座谈会提出,西藏在战略全局中的定位是重要的生态安全屏障,坚持生态保护第一。因此,发展高原城镇生态护岸,将开发与生态保护相结合,有利于保障高原脆弱的河流生态和实施西藏生态安全屏障建设。本文以林芝市八一镇河道为研究对象,分析河道演变及护岸现状,设计选择适合的生态护岸类型。

1 研究区概况

林芝市八一镇是林芝市行署所在地,地处北纬 $29^{\circ}35' \sim 30^{\circ}17'$ 、东经 $93^{\circ}30' \sim 95^{\circ}05'$ 之间,海拔2900 m,位于尼洋河畔,距雅鲁藏布江与尼洋河交汇处约30 km。八一镇护岸工程作为城市重点建设项目,既是独特的风景线,也是市民散步休憩之地,肩负着打造林芝国际旅游城市、改善民生的重要使命。

林芝市水资源极为丰富,境内河流、湖泊、溪流广布,河流总长度10536 km,水域面积7.658万 hm^2 ,冰川面积67.282 hm^2 。林芝市境内主要河流有雅鲁藏布江、尼洋河、帕隆藏布、西巴霞曲、丹巴曲、察隅曲、吉太曲,受地形影响,河流均南流出境。林芝市八一镇主要水系包括尼洋河、银久弄巴河、福清河、永清河、觉木曲及八及曲,详见图1。

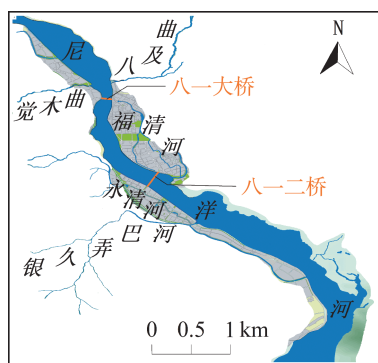


图1 林芝市八一镇水系

Fig.1 River system in Bayi Town of Nyingchi City

尼洋河全长286 km,流域水资源主要表现为河川径流,以融水补给为主,由降水和地下水补给共同组成^[9]。银久弄巴河为尼洋河流域右岸一级支流,河流源头海拔4320 m,入河口海拔2970 m,总河长9.33 km,平均比降约14.5%,全流域面积约66.4 km^2 。永清河是尼洋河右岸二级支流,福清河发源于周边山体,觉木曲及八及曲为山洪沟,水流最终汇入尼洋河。

2 河道演变与护岸现状

林芝市八一镇70%地面低于尼洋河河道,八一镇堤防保护林芝城市面积13.2 km^2 ,人口约7万人,

护岸工程是城市防洪建设的重要工程,尼洋河八一镇河段河道演变对护岸工程影响深远。

2.1 尼洋河八一镇河段河道演变分析

尼洋河源头为古冰川作用围谷,海拔5000 m左右,其许多支流源头有规模不等的现代冰川。尼洋河流域地处高山峡谷,气候垂直变化明显,具有山区小气候特征,日温差大,多夜雨、阵雨,降雨主要集中在6—9月,占全年降水量的75%以上。

2.1.1 河道变迁

尼洋河八一镇河段呈两端宽中间窄的藕节状,最窄处位于八一大桥,河宽仅0.5 km。八一二桥以下河段为两个连续弯道,呈反“S”形,河宽一般超过2 km,最宽约4 km。结合1970年和1982年航测图分析,1970—1982年尼洋河主流摆动频繁,特别是八一大桥以下河段水流散乱,没有相对稳定的主河槽;洲滩冲刷侵蚀强烈,心滩普遍下移,1970—1982年移动150~180 m,下移速率为12.5~23.3 m/a;凹岸部位侵蚀强烈,年侵蚀6.7~10.0 m。20世纪70年代,八一大桥建成后,桥墩改变了原有水流特性,大桥以下主流趋向右岸,桥梁下游心滩上提约425 m,年平均上提约35 m,对下游河势产生了重大影响。

根据2009年和2014年实测地形分析,八一镇河段近期演变规律表现为河段多支多汊,没有一汊占绝对优势,河宽相对较窄河段,水流分为2或3股,且各汊深泓高程相差不大;永清河河口以下水流分汇频繁,深泓年际间平面摆动范围很大,汊道数量也有变化,边(心)滩和深槽有冲有淤。

2.1.2 河道演变趋势

八一镇河段河床由漂石、卵石夹少量粗砂堆积而成,具有明显的游荡特征。尤其是八一二桥以下河段宽浅散乱,心滩发育,洲汊纵横,主流摆动不定,滩槽极不分明,河口处河床被分为5或6股汇入雅鲁藏布江。心滩的位置及形态随流量大小而异,洪水期心滩多被淹没,河床岸边遭受冲刷,洪水过后则发生堆积,表现出明显的“涨冲落淤”规律,年内基本处于冲淤平衡状态。

八一镇河段总体河势格局基本保持不变,河道游荡、分汊属性不变。在水流贴岸段,近岸河槽冲刷可能造成护岸工程损毁甚至垮塌。流量不大时,凸岸边滩保持相对稳定,不会发生较大冲淤变化。若遇到较大洪水,凸岸边滩可能被冲刷切割,导致该段河势发生较大调整。因此,在凸岸边滩采取工程措施,防止凸岸边滩被冲刷切割,保持河势稳定,是十分必要的。

2.2 护岸现状

林芝市八一镇护岸主要包括防洪堤、内河河道及山洪沟堤岸。其中防洪堤于1998年开始兴建,经过多年治理,目前城区防洪堤总长约26.7 km,其中左岸堤防长约10.2 km,右岸约16.5 km,与其上下游阶地形成防洪保护圈,分别保护左岸八一镇主城区和右岸城区。

由于西藏特殊的气候和水文地质条件,尼洋河河道主流摆动频繁,没有稳定主河槽,且尼洋河洪水流速较大、推移质较多;八一镇河段堤防建于20世纪末,两岸堤防脚槽基础埋深较浅,护脚块石粒径不能满足抗冲要求。这些因素导致堤防在运行过程中,顶冲河段护脚铅丝笼块石冲毁,堤脚受淘刷,堤防两岸出现不同程度的险情,造成了重大经济损失,对防洪极为不利。统计显示,左岸于2004年、2008年、2011—2013年,右岸于2004年、2006年、2013年出现较大险情,两岸均出现堤防脚槽冲刷破坏、迎水面护坡破坏、堤段破坏情况。此外,左岸还出现部分堤防基础悬空,堤身部分砂卵石冲毁,13座丁坝损坏险情;右岸出现2座丁坝及部分路面损坏情况,且出现八一大桥垮塌重大险情。

福清河和永清河是林芝市八一镇内河,雨水直接排入城市内河,为城市提供亲水环境。内河以城市排涝功能为主,兼具部分排洪功能。内河河道堤岸为硬质护岸,隔绝了土壤与水体之间的物质交换,使得鸟类、昆虫类等动物失去了栖息、繁衍和避难的场所,导致整个水域生态系统的结构被破坏、大大削弱了水体的自净能力。

八一镇除其他小山洪沟外,主要有3条山洪沟,分别为觉木曲、八及曲和银久弄巴河。3条山洪沟分别汇集国道G318以西、省道S306以东的山洪,山洪排入河道,最终汇入尼洋河。其中,觉木曲堤线总长度2.728 km,汇集国道G318以西山洪,觉木曲洪峰流量为 $268\text{ m}^3/\text{s}$ 。山洪沟内局部碎石淤积严重、沟壁垮塌,需要清淤、加固和拓宽。

3 生态护岸设计

设计建设生态护岸是从生物多样性保护角度出发,在满足防洪功能的前提下,以维护和恢复河流、江岸的自然形态为前提,利用石头、木材、多孔环保混凝土和自然材质制成的柔性结构对河岸进行加固,防止河道淤积、侵蚀和下切。采用多孔护岸材料形成透水护岸可保证地表径流与地下水之间物质、能量的交换,为植物的生长提供有利条件,为野生动物提供栖息地,形成一个协调、一致、互益的整体。

3.1 生态护岸设计要点

3.1.1 遵守自然法则,尊重民族文化

保留河流两岸既有植被、淤积洲岛、抽水植物、水草堆积、苔藓地等,形成弯曲的河道、河岔、缓坡、陡坡、洲岛、急流、浅滩等水深和水面宽度多变的河道断面,恢复自然河流的形状,创造水流的多样性,形成生物栖息场所,恢复自然环境。

在生态护岸设计过程中统筹考虑城市景观与当地藏族风俗,美化沿河标志性建筑物,如尼洋阁;尊重当地民族文化,保护沿线观赏性植物及其附属装饰,如大柏树、野生桃树等植物和周围经幡及附属设施;采用具有当地民族文化特色的观景台或休憩栈道等,促进城市生态文化建设和可持续发展。

3.1.2 采用原生材料,营造滨水景观

生态护岸的原生材料主要包括植物及天然建筑材料。植物作为工程材料,主要利用乔木、灌木、水生植物的发达根系纤维来固定岸坡,采用自然工法形成“植物加筋土”,即把植物当作结构的一部分,增加土的抗剪强度,防止坡岸坍塌。

天然建筑材料包括卵石、山石、石笼、木桩、仿木桩等,这些材料纹理和亮度富于变化,采用传统工艺综合使用这些材料,结合植物配置,可以营造丰富多彩的水边景观。利用生态护岸具有自然特征的环境景观,在季节变化中产生不同的景观效应,保护和创造滨水的自然景观,满足人们对景观的审美要求。

3.1.3 去直改缓,注重生物多样性

传统意义上的河道护岸是从河道坡岸的稳定性及河道的行洪排涝能力出发,很大程度上忽略了对周边环境以及生态系统的影响。目前林芝市八一镇河道多为直墙断面,可以全部或部分拆除直墙,改为缓坡,形成水陆过渡带,从而贯通水与植物间的连续性,便于两栖动物的爬行,形成较好的生态网络。此外,通过摆放巨石、汀步、丁坝等方法形成人工深潭和沙滩,为水生动物和两栖类动物提供栖息、繁衍和避难场所。沙砾堆及其周围的急滩、河床间隙、沙洲上积水坑的位置在洪水季节都会有很大的变化,形成多样的生息环境,其中汀步、岩石保证了河流纵向的连通性,形成鱼道,能更好地保护水域空间的生物多样性。

3.2 生态护岸选择

当前,林芝市八一镇河道仍主要采用水泥混凝土硬质护岸,根据尼洋河河道变迁情况及护岸现状,综合选择自然原型、自然改造型和复合型3种类型生态护岸。

3.2.1 自然原型护岸

自然原型护岸是最接近自然的护岸,是在西藏

特殊气候条件下,采用种植植被保持自然特性的植物护岸。对林芝市八一镇河道未用石块堆砌及未形成硬质河岸的河段、湿地两岸及滩地植树种草^[10-11],尽量营造自然型的驳岸,恢复近岸区的生物栖息地,构建缓冲区,促进林芝八一镇河流、湿地的生物多样性,打造自然河滩景观。

3.2.2 自然改造型护岸

自然改造型护岸是在种植植被的基础上,采用石材、木材等天然材料增强河岸的抗冲刷性。林芝市八一镇植被、石材丰富,结合河岸特点,可在尼洋河河道腹地开阔、流速缓慢河段,对河岸本体结构进行改造。采用松木桩-抛石生态护岸(图2),即在对河堤进行护岸处理时,将松木桩打入泥里,并由内及外布设粒径逐渐放大的天然石块护岸介质。这种结构可有效地保护岸堤,减轻河岸冲刷,防止水土流失,为水生生态系统的发育创造条件。该护岸是自然河床形式的延伸,与其他人工护岸形式相比,更趋向于自然,节约投资和建设费用。

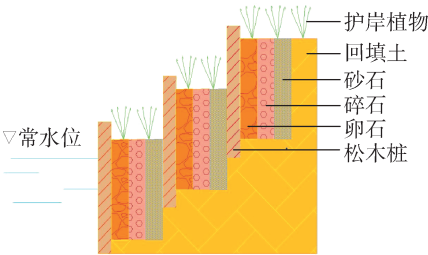


图2 松木桩-抛石生态护岸
Fig.2 Pine pile-riprap revetment

3.2.3 复合型护岸

复合型护岸是在自然改造型护岸的基础上,采用混凝土、钢筋混凝土、新型土工材料、土壤固化剂等材料,加强抗水流冲刷能力,能抵御更大洪水的生态护岸。对于林芝八一镇冲刷能力较强、大流量、高腐蚀性的河段,保护要求较高,可选择以下几种复合型护岸。

a. 生态格网挡墙。生态格网挡墙是将特种钢丝编制成双绞、蜂巢形网目格网片,按需组装成箱笼并装入石块等填充料后连接成一体的结构。在工程预算允许下,可以采用格宾网箱装入河卵石等填充料(图3),分层连接成整体挡土结构,随后在外表层上附上种植土,撒播草籽,建成柔性护岸结构^[12]。该结构具有较强的抗冲刷能力、极佳的稳定性和整体性,有利于保持河道横向水土交换。在自然环境下可正常使用100年,且能很好地同自然环境融合^[5],适用于尼洋河水流湍急河段以及山洪沟内碎石淤积严重和沟壁垮塌段。

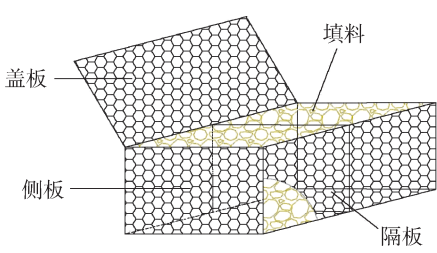


图3 格宾网箱生态护岸

Fig.3 Gabion mesh cage revetment

b. 混凝土砌块护岸。混凝土砌块护岸(图4)是生态护岸发展初期最常见的形式之一,是由一组尺寸、形状和质量一致的预制混凝土块,用一系列绳索相互连接而形成的连锁型矩阵,具有渗水、柔性、能植草、防冲刷、稳定、抗高切应力等优点。为增强抗冲能力,常水位以下部分采用空心孔洞较小的预制混凝土块;常水位以上部分,采用空心孔洞较大的预制混凝土块,结合绿化措施,增强生态效果。混凝土砌块护岸技术成熟,施工方便快捷,耐用持久,节省总投资及后期维修费用,该护岸适用于林芝市八一镇河道中采用斜坡式护岸和拐点较多的河段。

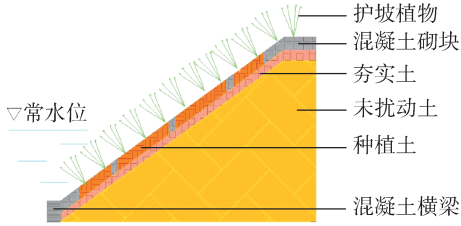


图4 混凝土砌块护岸

Fig.4 Precast concrete block revetment

c. 生态混凝土护岸。生态混凝土是由石灰石、水泥和添加剂等传统材料制成,其中包含活性炭浮石、分子筛和零价铁的改性混凝土,水净化效果较好^[13]。生态混凝土护岸是将草籽、种植土、水泥、添加剂和水混合拌和后,利用高压喷射黏结在坡面上,或者制成多孔隙预制块^[14],其透水性、透气性及类似土壤的呼吸功能较强,草籽发芽后从生态混凝土孔隙中生长出来,覆盖坡面。

尼洋河生态护岸护脚可根据河段特点,采用混凝土横梁或者格宾网箱,护坡布置混凝土框格结构增强其稳定性及防冲能力,撒播带草籽的种植土(图5),起到河流防护和河堤绿化效果。生态混凝土护岸强度与普通混凝土相当,抗冲刷能力强,能保证水分的正常蒸发和渗透,有利于水体和土壤物质的能量交换,为植物、微生物的生长提供适宜的空间,且生态景观效果好。

除以上生态护岸以外,可结合河道具体情况,综

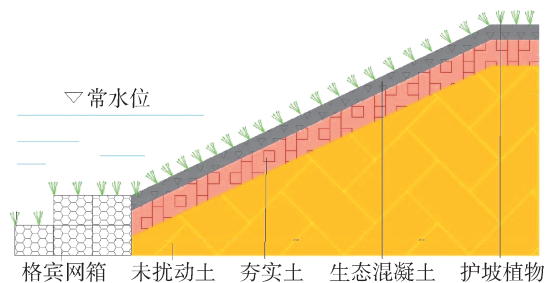


图5 生态混凝土护岸

Fig.5 Ecological concrete revetment

合考虑经济、生态、文化、科技等各方面因素,因地制宜进行设计。河道水位随着季节变化大,夏季水位上涨,冬季为枯水季节,水位降低,可将河段划分为常淹区、变化区、常露区,不同区由下至上分别采用格宾网箱护岸、生态混凝土护岸或者混凝土砌块护岸、植物护岸3种形式,以达到防洪及生态最佳效果。在不影响防洪安全前提下,可适当保留当地优势护岸,逐步将河流水系硬质护岸改造为生态护岸。对于未开发河段护岸,充分利用有限条件,发展有利于当地生态环境可持续发展的护岸形式,促进护岸环境与周围环境的和谐发展。

4 结 论

a. 1970—1982年尼洋河主流摆动频繁,洲滩冲刷侵蚀强烈,心滩普遍下移;尼洋河八一镇河段近期演变中河段多支多汊,没有一汊占绝对优势;2009—2014年八一镇河段总体河势格局基本保持不变,河道游荡分汊属性不会改变。

b. 目前尼洋河干流河段堤防防洪问题凸显,内河河道堤岸为硬质护岸,不利于城市水体自然修复,山洪沟内局部碎石淤积严重、沟壁垮塌,需要对该水系硬质岸线进行生态改造或延伸,恢复其生态功能。

c. 从尊重民族文化、遵守自然法则、采用原生材料、营造滨水景观、去直改缓、注重生物多样性的设计角度出发,根据林芝市八一镇水系河岸现状及防洪要求,结合现有条件,综合选择自然原型护岸、自然改造型护岸和复合型护岸3类生态护岸,设计采用植物护岸、松木桩-抛石护岸、生态格网挡墙、混凝土砌块护岸和生态混凝土护岸等生态护岸形式。

参考文献:

[1] ZHAO L, MA H P. City river ecological restoration technology and application study[J]. Advanced Materials Research, 2014, 1073-1076: 683-688.

[2] NAKAMURA F, JITSU M, KAMEYAMA S, et al. Changes in riparian forests in the Kushiro Mire, Japan, associated with stream channelization [J]. River Research and Applications, 2002, 18(1): 65-79.

[3] TIAN Y, GUO Z, ZHONG W, et al. A design of ecological restoration and eco-revetment construction for the riparian zone of Xianghe Segment of China's Grand Canal [J]. International Journal of Sustainable Development & World Ecology, 2016, 23(4): 1-10.

[4] LUO Z, DENG L, YAN C. Soil erosion under different plant cover types and its influencing factors in Napahai Catchment, Shangri-La County, Yunnan Province, China [J]. International Journal of Sustainable Development & World Ecology, 2015, 22(2): 135-141.

[5] 张文杰, 许文盛, 孙金伟, 等. 生态护岸中绿化混凝土的应用现状及展望[J]. 人民长江, 2018, 49(14): 44-47. (ZHANG Wenjie, XU Wensheng, SUN Jinwei, et al. Application and prospect of planting concrete in ecological bank revetment [J]. Yangtze River, 2018, 49(14): 44-47. (in Chinese))

[6] 陈丙法, 黄蔚, 陈开宁, 等. 河道生态护岸的研究进展[J]. 环境工程, 2018, 36(3): 74-77. (CHEN Bingfa, HUANG Wei, CHEN Kaining, et al. Research progress on the ecological revetment in riparian [J]. Environmental Engineering, 2018, 36(3): 74-77. (in Chinese))

[7] 周悦, 董增川, 徐伟, 等. 基于SWAN模型的风生波河道防浪林消浪模拟[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2019, 47(4): 323-328. (ZHOU Yue, DONG Zengchuan, XU Wei, et al. Wave attenuation simulation of vegetation based on the SWAN model in rivers [J]. Journal of Hohai University (Natural Sciences), 2019, 47(4): 323-328. (in Chinese))

[8] 孙明豪, 强茂山, 江汉臣, 等. 西藏小型水电站开发阻碍因素[J]. 水利经济, 2021, 39(2): 77-81. (SUN Minghao, QIANG Maoshan, JIANG Hanchen, et al. Barrier factors for small hydropower development in Tibet [J]. Journal of Economics of Water Resources, 2021, 39(2): 77-81. (in Chinese))

[9] 张东艳, 杨欣玥, 侯雨坤. 2参数月水量平衡模型在尼洋河流域的应用研究[J]. 中国农村水利水电, 2018(2): 95-98. (ZHANG Dongyan, YANG Xinyue, HOU Yukun. Two-factor monthly water balance model in the analysis of Niyanghe Basin [J]. China Rural Water and Hydropower, 2018(2): 95-98. (in Chinese))

[10] 程莉, 赵振兴, 黄本胜. 植树护岸对河道水流影响的数值模拟[J]. 水资源保护, 2010, 26(2): 24-27. (CHENG Li, ZHAO Zhenxing, HUANG Bensheng. Numerical simulation of effect of trees planted in floodplain on water flow pattern in river [J]. Water Resources Protection, 2010, 26(2): 24-27. (in Chinese))

[11] 段红东, 李发鹏, 王建平, 等. 青岛大沽河生态堤防工程建设经验挖掘分析[J]. 水利经济, 2019, 37(6): 41-45. (DUAN Hongdong, LI Fapeng, WANG Jianping, et al. Experience of ecological embankment projects of Dagou River in Qingdao [J]. Journal of Economics of Water Resources, 2019, 37(6): 41-45. (in Chinese))