

# 新民市秀水河河道综合整治设计

王颖秋

(辽宁省沈阳市苏家屯八一灌区管理处, 辽宁 沈阳 110115)

**【摘要】** 新民市秀水河作为辽河的一条重要支流,其河道治理工程的实施关系着新民地区的经济发展和生态的建设。本文以新民市秀水河河道综合整治工程为例,对河道存在的问题进行分析,并根据河道岸坎的地理位置和现状地形特点提出不同的岸坎设计方案,为提高河道水景观效果进行了跌水设计。

**【关键词】** 秀水河;综合整治;护坡;跌水

中图分类号: TV85

文献标志码: A

文章编号: 1005-4774(2017)06-0026-06

## Design of river comprehensive control in Xinmin Xiushui River

WANG Yingqiu

(Liaoning Shenyang Sujiatun Bayi Irrigation Area Management Office, Shenyang 110115, China)

**Abstract:** Xinmin Xiushui River is an important branch of Liaohe River. The implementation of river control project thereof is related to economic development and ecological construction of Xinmin Region. In the paper, river comprehensive control projects in Xinmin Xiushui River are adopted as an example. The problems of the river are analyzed. Different shore design plans are proposed according to river shore geographical locations and current landform characteristics, thereby designing head fall for improving river water landscape effect.

**Keywords:** Xiushui River; comprehensive improvement; slope protection; head fall

### 1 工程概况

秀水河是辽河中下游右岸一级支流,发源于内蒙古科尔沁左翼后旗的四河乡,流经辽宁省彰武县、康平县、法库县、新民市,于新民市关家窝堡村附近注入辽河。上游到下游是从低山丘陵区逐渐过渡到平原地区。秀水河全河流域面积 1994.2km<sup>2</sup>,河床平均宽 30m,落差 13m,比降 3.30‰<sup>[1]</sup>。

该次规划治理范围为秀水河新农村乡和公主屯镇段,项目区内流域面积 48.5km<sup>2</sup>,治理河长 5.0km,其中新农村乡治理长度 2.0m,公主屯镇治理长度 3.0km。项目区属于温带大陆性季风气候,四季分明<sup>[2]</sup>。冬季

西伯利亚冷空气经常侵袭,干寒时间较长;夏季湿热;春季风沙大;秋季晴朗。春秋两季时间较短,气候多变。年平均气温 7.6℃。7月最热,平均气温 24.3℃;1月最冷,平均 -12℃。全年降水量 600mm 左右,年平均相对湿度 62%。

### 2 河道治理必要性分析

秀水河作为新民市主要河流及辽河流域的一级支流,肩负着行洪的重要任务和美化环境的功能<sup>[3]</sup>,在该次设计之前,河段未进行过相关治理,存在一系列问题:

a. 河道冲刷严重。项目区内河道上游左右岸均

无防护工程,河道两岸受水流冲刷严重,水土流失较为明显。

b. 河道堵塞严重。河道内部分段堆放大量生活垃圾和采沙留下的堆,严重阻碍行洪。

c. 河流形态以及水景观效果单一,生态系统不足,生态环境恶化,生态功能退化,植被绿化较少。

### 3 工程总体布置

该次河道整治采取的工程措施包括岸坎防护、清淤疏浚、跌水设计等。

岸坎防护工程是对原有河道冲刷较严重的地方进行防护,其中新农村乡段岸坎防护总长 480m,公主屯镇段岸坎防护总长 600m。根据不同河段的地理位置和地形条件,以及不同岸坎防护结构型式和防护材料的适用条件选用不同的护坡型式。

秀水河河道大量的建筑垃圾、生活垃圾向河道内倾倒,不合理的挖沙、取土形成堆积在河道中间大量沙堆,污染河道,破坏河道生态环境。

河道生态景观效果单一,在公主屯镇已有一座漫水桥,漫水桥的建设方便了两岸居民的日常出行,带动了当地的经济,同时也使得漫水桥上下游成为重要的景观节点,游客在此处驻足,但目前该处河道景观单一,无法满足游人对景观的观赏需求。

## 4 主要建筑物设计

### 4.1 岸坎防护工程设计

传统的河道护坡主要有浆砌、干砌块石护坡和混凝土护坡等型式。这些结构型式的护坡,在保持岸坡的结构稳定性、防止水土流失以及防洪排涝等方面,起到了一定的作用。但是这些护坡工程的造价均相对较高,施工难度较大,且不利于生态水利工程建设,对景观、环境和生态均产生了不良的影响<sup>[4]</sup>。

该设计根据项目区所在的地理位置和现状地形条件,选用不同的岸坎防护结构型式。其中在新农村乡段河道冲刷严重的 480m 采用贴坡石笼护坡型式,因为该处河道岸坎较缓,考虑到施工难易程度和施工工程量的大小,该段不适宜修建直立式石笼护坡,所以选用

贴坡石笼护坡型式。在公主屯镇段河道冲刷严重的 600m 采用生态蜂巢格栅护坡的结构型式,生态蜂巢格栅护坡是一种新型的护坡材料。

#### 4.1.1 河道冲刷计算

采用《堤防工程设计规范》(GB 50286—2013)的计算公式。

a. 石笼护岸工程河道冲刷深度计算。

$$h_s = H_p \left[ \left( \frac{U_{cp}}{U_c} \right)^n - 1 \right] \quad (1)$$

式中  $h_s$ ——局部冲刷深度, m;

$U_{cp}$ ——近岸垂线平均流速, m/s;

$U_c$ ——泥沙的启动流速, m/s, 黏性与沙质河床采用张瑞瑾公式计算;

$H_p$ ——冲刷处的水深, m;

$n$ ——与防护岸坡在平面上的形状有关, 一般取 1/4。

b.  $U_c$  采用张瑞瑾公式计算。

$$U_c = \left( \frac{H_0}{d_{50}} \right)^{0.14}$$

$$\sqrt{17.6 \times \frac{r_s - r}{r} d_{50} + 0.00000605 \times \frac{10 + H_0}{d_{50}^{0.72}}} \quad (2)$$

式中  $d_{50}$ ——床沙的中值粒径, m;

$H_0$ ——行进水流水深, m;

$r_s, r$ ——泥沙与水的重度, kN/m<sup>3</sup>;

$g$ ——重力加速度, m/s<sup>2</sup>。

c.  $U_{cp}$  的计算。

$$U_{cp} = U \frac{2\eta}{1 + \eta} \quad (3)$$

式中  $U$ ——行近流速, m/s;

$\eta$ ——水流流速分配不均匀系数, 根据水流流向与岸坡交角  $\alpha$  角查表采用。

根据项目区内 10 年一遇天然洪峰流量为 2750m<sup>3</sup>/s, 河道最大冲刷深度为 0.95m, 该设计防护的位置在河底 1.0m 以下。

#### 4.1.2 贴坡石笼防护工程设计

a. 设计基本资料。该河道治理规划护岸工程设计先对河道进行修坡, 使得河岸坡度达到 1:2, 然后铺设 300g/m<sup>2</sup> 的无纺布, 石笼护坡中石笼网是采用六角

镀锌 10 号线编织绑扎,成箱型结构并相互连接网笼。在石笼内填入适当的石块(见图 1)。块石粒径应该满足抗冲要求:

$$d = \frac{V^2}{C^2 2g \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}} \quad (4)$$

式中  $d$ ——折算直径, m, 按球形折算;  
 $V$ ——水流流速, m/s;

$g$ ——重力加速度,  $m/s^2$ ;

$C$ ——石块运动稳定系数, 平底坡  $C = 0.9$ , 倾斜底坡  $C = 1.2$ ;

$\gamma_s$ ——石块重度,  $kN/m^3$ ;

$\gamma$ ——水的重度,  $kN/m^3$ 。

经计算,块石抗冲粒径为 23cm,该设计要求在石笼网箱内填充直径大于 25cm 的块石。

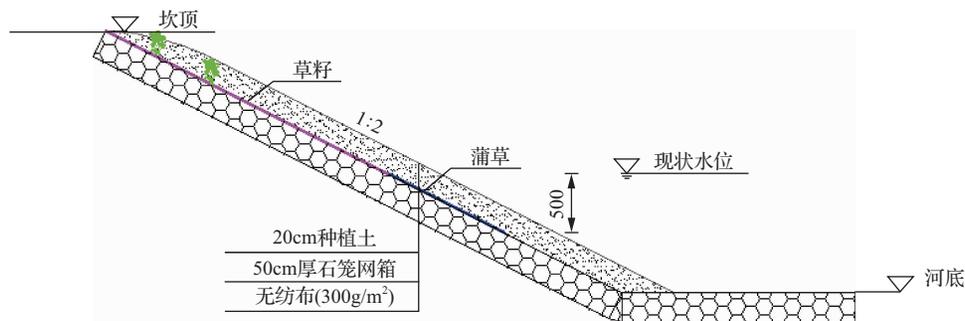


图 1 石笼结构

b. 抗滑稳定性验算。该计算以瑞典条分法(即圆孤法)为原理,使用理正边坡稳定分析软件进行计算。具体计算原理:将滑动土体分成若干个土条,分析每一土条上的作用力,然后利用每一土条上的力和力矩的静力平衡条件,求各土条对滑弧圆心的抗滑力矩和滑动力矩,分别求其总和,然后再求出土坡的稳定安全系数。

设可能的滑动面是一圆弧 AC, 圆心为 O, 半径为 R, 现将土体划分为多条, 从中取出第  $i$  条作为脱离体进行受力分析。当不考虑其侧面上的作用力时, 该土体上作用着的力有:

①土条自重  $W_i$ 。土条自重方向竖直向下, 其值为:

$$W_i = \gamma b_i h_i \quad (5)$$

式中  $\gamma$ ——土的重度;

$b_i, h_i$ ——该土条的宽度和平均高度。

将  $W_i$  引至土条滑动面上, 分解为通过滑弧圆心 O 的法向力  $N_i$  和滑弧相切的切向分力  $T_i$ ,  $T_i$  是引起土条滑动的滑动力, 又称下滑力。  $\theta_i$  为弧面中点的法线与竖直线的夹角, 则有:

$$N_i = W_i \cos \theta_i = \gamma b_i h_i \cos \theta_i \quad (6)$$

$$T_i = W_i \sin \theta_i = \gamma b_i h_i \sin \theta_i \quad (7)$$

②作用在土条底面上的法向力  $\bar{N}_i$ 。  $\bar{N}_i$  与  $N_i$  大小相等, 方向相反。

$$\bar{N}_i = N_i = W_i \cos \theta_i \quad (8)$$

③作用在土条底面上的摩擦阻力  $\bar{T}_i$ , 也称抗滑力。

若将第  $i$  土条弧面上的抗剪强度  $\tau_{fi}$  与剪阻力  $\tau_{Ri}$  之比来定义该土条的安全系数  $F_{si}$ , 同时再假定每一个土条上的安全系数与整个滑动面上总的安全系数  $F_s$  相同, 即

$$F_s = F_{si} = \frac{\tau_{fi}}{\tau_{Ri}} \quad (9)$$

通过抗滑稳定计算分析, 所求得的最小安全系数  $F_s$  为 1.773, 依据国家标准《堤防工程设计规范》(GB 50286—2013) 中的规定, 对于防洪标准 10 年的工程, 在正常运用条件下, 土堤抗滑稳定安全系数取 1.1, 故该工程设计的 1:2 的边坡是稳定的。

#### 4.1.3 蜂巢格栅防护工程设计

a. 设计基本资料。蜂巢格栅护坡先对河道进行修坡, 使得河岸坡比达到 1:2, 然后在坡面上铺设 20cm 厚的蜂巢格栅, 在坡面及蜂巢内回填 40cm 的种植土以种植植物。根据河道冲刷深度, 在坡脚开挖深 1.0m、底宽 1.0m、边坡 1:0.75 的沟槽, 在沟槽内回填大块石, 将蜂巢的坡脚进行压实(见下页图 2)。

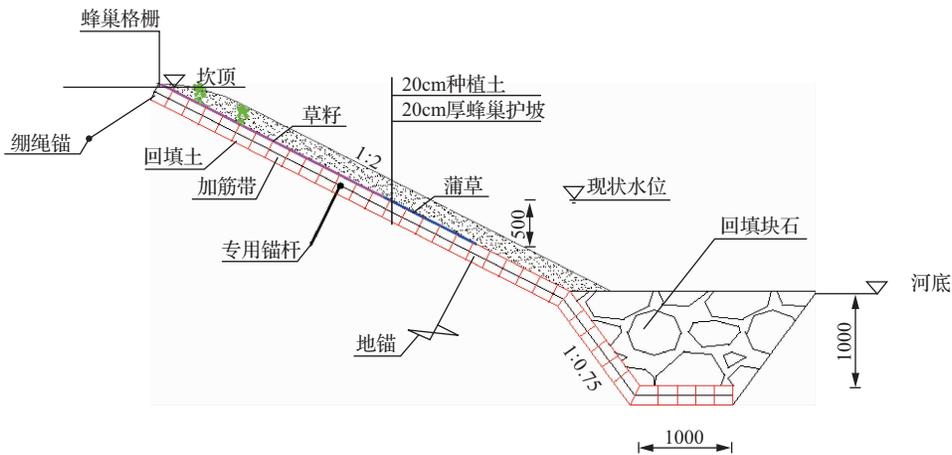


图2 险工治理典型断面

### b. 蜂巢生态护坡的评价。

④蜂巢生态护坡适用范围较广,可以适用于不大于 $63^\circ$ 的坡面,蜂巢内填料使得护坡系统更加稳定。

⑤根据相关蜂巢格栅生产部门提供资料;蜂巢格栅充填骨料,可长期抵抗高流速水流冲击,完全充填土壤和植被的蜂巢护岸,可长期抵抗 $3\text{m/s}$ 低流速水流冲击,可抵抗 $10\text{m/s}$ 水流超过48h。同时蜂巢生态护坡可提供必要的伸缩性,适应基础沉降变形,有效防止冻胀。

⑥蜂巢护坡生态美观,透水保湿保土更好,可以有效地保护土壤有机成分和水分,利于植被生长。98%以上的开放面积,几乎没有工程痕迹,柔性结构适应并最大程度保留自然形态的地形。

⑦节能环保:可使用低质或本地材料为填料,更少使用混凝土。

⑧通过植被根系把巢室、上下层土壤等结合成一个整体的多层防护结构。

⑨适合机械化施工,施工周期大大缩短,整体建设费用大幅度下降。

## 4.2 跌水工程设计

该设计在公主屯镇漫水桥上游修建一座弧形跌水<sup>[5]</sup>,一方面通过跌水改变河道水流形态,增加河道水景观效果;另一方面通过跌水壅水可以在其上游形成人工湿地。

a. 基本资料。河道比降和跌水回水水位的要求,该设计跌水高 $1.0\text{m}$ ,跌水长依据现状河道宽确定为

$23.5\text{m}$ ,坎顶宽 $1.0\text{m}$ 。

b. 跌水位置的选择。通过水力学方法进行计算确定拟建跌水的安全位置(见下页图3),即跌水与漫水桥之间的安全距离,该水力计算所用公式为Rand经验公式。

跌落指数:

$$D = \frac{q^2}{(gW^3)} \quad (10)$$

水舌着水点上游侧水深:

$$h_s = 1.00D^{0.22}W \quad (11)$$

着水点急流水深:

$$h_c = 0.54D^{0.425}W \quad (12)$$

对应的跃后水深:

$$h_c'' = 1.66D^{0.227}W \quad (13)$$

挑水距离:

$$L_d = 4.30D^{0.27}W \quad (14)$$

自由水跃长度:

$$L_j = 6.9(h_c'' - h_c) \quad (15)$$

水流紊动长度:

$$L_s = L_d + L_j \quad (16)$$

漫水桥进水口要求自由进水长度:

$$L_k = (3 \sim 5)h_c'' \quad (17)$$

跌水距离漫水桥的最小允许长度:

$$L = L_s + L_k = L_d + L_j + L_k \quad (18)$$

式中  $q$ ——单宽流量,  $(\text{m}^3/\text{s})/\text{m}$ ;

$W$ ——跌水高度,  $\text{m}$ 。

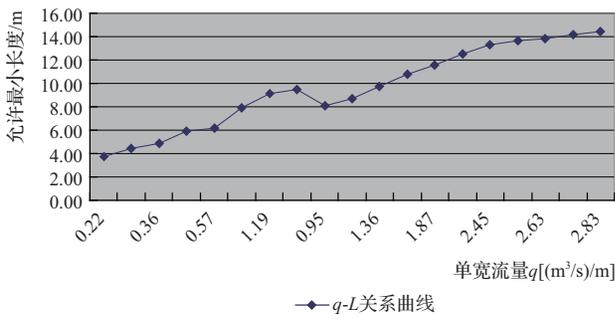


图3 跌水单宽流量-跌水和漫水桥之间最小允许长度关系

为保证漫水桥能够正常运行,该设计取漫水桥满管过流量  $Q = 17\text{m}^3/\text{s}$  作为跌水的设计流量,从跌水单宽流量-跌水和漫水桥之间最小允许长度关系图可以看出,此时要求跌水距离漫水桥的允许最小长度为 5.92m,该设计取为 6m。

c. 跌水平面布置。该设计跌水平面直线长度依据现状河宽取 23.5m,即弧形跌水的长半轴长 11.75m,考虑到跌水整体的美观效果,根据“椭圆的黄金分割比”原则确定弧形跌水的短半轴长度,即

$$\frac{\text{短半轴}}{\text{长半轴}} = \varphi \quad (19)$$

其中黄金分割数  $\varphi = \frac{\sqrt{5}-1}{2}$ ,经计算跌水的短半轴长度为 7.3m。

d. 跌水消能设计。根据《河道整治设计规范》中潜坝下游冲刷坑深度计算公式:

$$h_B = \frac{0.332}{\sqrt{d}(h/d)^{1/6}} q \quad (20)$$

式中  $h_B$ ——从坝下游水面算起的冲刷坑最大深度, m;

$q$ ——过坝单宽流量,  $(\text{m}^3/\text{s})/\text{m}$ ;

$d$ ——河床沙平均粒径, m;

$h$ ——坝下游冲刷前水深, m。

经计算跌水下游最大冲刷深度为 3.27m,设计可取跌水下游水平防护长度等于冲刷坑的深度 3 倍,即 9.81m。

根据《河道整治设计规范》中锁坝上下游防护要求<sup>[6]</sup>(锁坝应在坝身上下游做护底工程,护底长度上游可取坝高的 1.5 倍,下游可取坝高的 3~8 倍),上游护

底长度最小为 1.5m,下游护底长度最小区间为 3~8m。

该跌水上游防护长度根据规范要求计算,并适当对其延长,取为 6m,其中 3m 采用毛石混凝土护底,3m 采用抛石护底;下游防护长度根据规范要求进行计算结果最大为 8m,结合冲刷深度计算结果和规范要求,该设计下游防护长度取 10m,可以满足跌水距离漫水桥的允许最小安全距离 6m。

e. 跌水壅水高度计算。根据堰流公式对跌水堰上水头-流量关系曲线进行推求。

$$Q = \sigma m B \sqrt{2gH_0^{3/2}} \quad (21)$$

式中  $Q$ ——流量,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$B$ ——跌水过水宽度, m;

$H_0$ ——计入行进流速水头的堰上总水头,  $H_0 =$

$H + V^2/2g$ ,进口宽敞,故忽略流速水头;

$H$ ——堰上水头, m;

$g$ ——重力加速度,  $\text{m}/\text{s}^2$ ;

$m$ ——宽顶堰流的流量系数,根据经验位于 0.31~0.36 之间,该设计取为 0.33;

$\sigma$ ——淹没系数,该推求不考虑下游水位淹没的影响,取为 1.0。

利用试算法计算相应流量下的堰上水头,跌水的水位流量关系曲线计算结果见图 4。

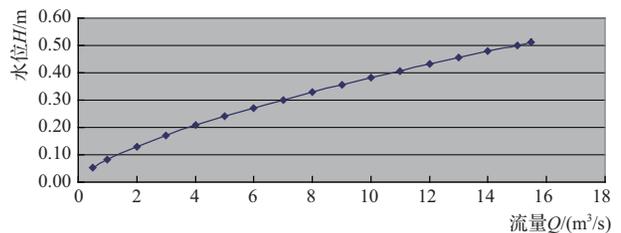


图4 堰上水头 H 与流量 Q 关系曲线

f. 跌水结构设计(见下页图 5)。跌水主体由浆砌石构成,跌水的下游和漫水桥之间以及跌水上游 3.0m 范围内均采用厚 1.0m 的毛石混凝土铺盖进行防护,铺盖两侧设深 0.5m、宽 0.5m 的齿墙,在铺盖上布置有与漫水桥相接的毛石混凝土翼墙,顶宽 0.8m,底宽 1.35m。在跌水上游毛石混凝土铺盖上游铺设 3.0m 长的大块抛石进行防护,要求抛石直径大于 30cm。弧形跌水用直径 300mm(壁厚 30mm)、长 2000mm 的钢筋

混凝土管并排埋设制作。首先在河底毛石混凝土基础上拟安装钢筋混凝土管的位置钻3个0.5m深的孔,预埋3根1.0m长的 $\phi 10$ 钢筋,然后将钢筋混凝土管放置在毛石混凝土上,管内用C20混凝土填充。管顶高度采用一高一低错落排列,高低相差200mm,低的混凝土管高程与浆砌石跌水的压顶混凝土(厚20cm)顶齐平,

均为1.0m高。跌水坝体高1.0m,由80cm的浆砌石坝体和上铺设20cm的压顶混凝土构成,浆砌石砂浆等级M10、石材要求抗风化,抗水蚀。上游侧按照1:2的坡比抛掷直径大于30cm的大块卵石,错缝摆放,抛石缝隙填筑级配卵石料,卵石粒径5~15cm(见图6)。

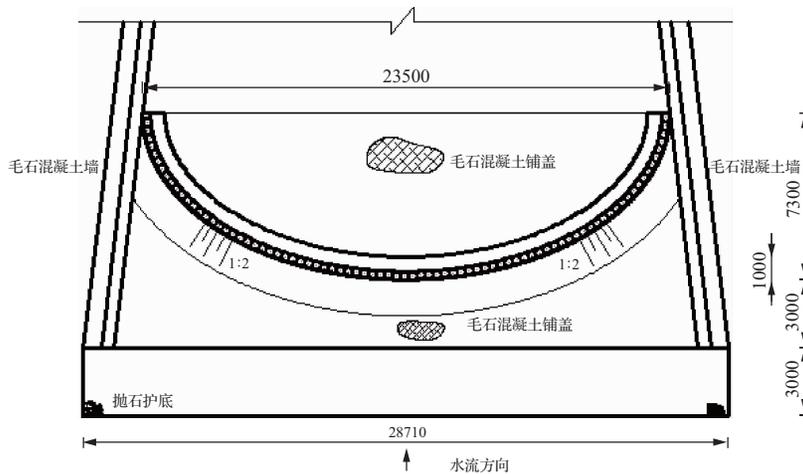


图5 跌水平面

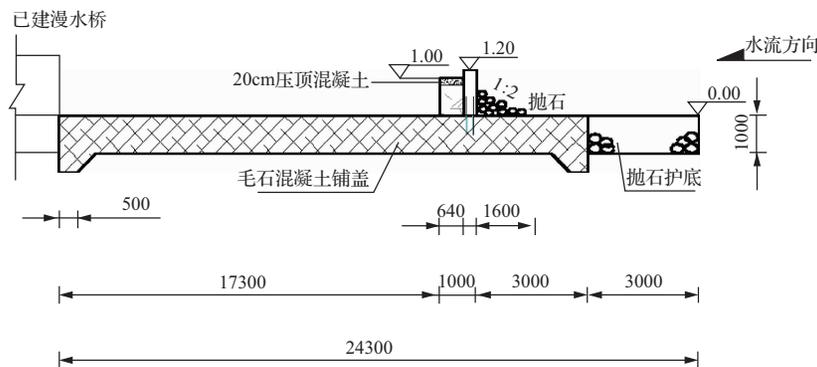


图6 跌水剖面

## 5 结语

新入市秀水河是当地居民赖以生存和繁衍的根本,其河道的生态治理势在必行。本文是在对秀水河现状进行分析的基础上,提出河道综合整治方案,既对河道岸坎进行了防护,使其满足河道抗冲要求,又通过跌水的设计改变河道水流形态,增加河道水景观效果,并且通过跌水壅水在其上游形成人工湿地。◆

### 参考文献

- [1] 李伟莉. 沈阳市秀水河综合整治工程水土流失防治措施[J]. 内蒙古水利, 2014(4): 101-102.
- [2] 刘凯贤, 陈卫, 吴倩良. 浅谈河道整治规划设计的生态理念[J]. 水利建设与管理, 2012(8): 11-12.
- [3] 汤玉苓. 议城市河道治理中的生态景观设计[J]. 水利建设与管理, 2013(8): 43-45.
- [4] 李凤才. 城市河道生态治理及环境修复研究[J]. 水资源开发与管理, 2016(1): 34-36, 33.
- [5] 赵文龙, 靳秀梅, 孙立升. 渠道跌水设计[J]. 黑龙江水利科技, 2007(5): 45-46.
- [6] 刘凯贤, 陈卫, 吴倩良. 浅谈河道整治规划设计的生态理念[J]. 水利建设与管理, 2012(8): 11-12.