

黑河中游张掖城区段水生态治理方案研究

卢小波, 吕生玺

(甘肃省水利水电勘测设计研究院有限责任公司, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 黑河为西北地区第二大内陆河,属“祁连山—河西走廊”水生态二级区。针对其河道基本生态需水不足、河湖面积萎缩、河流地貌及生境形态严重破坏、土地沙漠化加剧等问题,采用“ Q_p 法”和“Tennant法”分析了河道最小生态基流和年内不同时期生态流量,确定了全年河道生态环境需水量,研究了黑河张掖市城区段水生态的治理实施方案,提出了适用于内陆河风沙危害严重区段的河(湖)水—生态河岸—滨岸带—防风固沙林带组成横向生态系统结构的治河模式和内陆河筑湖造境的生态治理模式。研究和实施效果表明:生态环境需水量的计算方法能够较好地适应黑河流域水文特征,提出的治河模式和筑湖造境治理方案对内陆河风沙危害区河道的水生态治理工程建设起到了示范效应,具有科学性和实用性,可为同类工程提供借鉴和参考。

关键词: 内陆河流域; 水生态治理; 防风固沙; 治河模式; 生态基流; 黑河中游

中图分类号:TV85

文献标识码:A

文章编号:1672-643X(2020)02-0095-08

Research on water ecological management scheme of Zhangye urban section in the middle reaches of Heihe River

LU Xiaobo, LÜ Shengxi

(Gansu Water Conservancy and Hydropower Survey and Design Research Institute Co., Ltd., Lanzhou 730000, China)

Abstract: Heihe River is the second largest inland river in Northwest China, which is graded as the second class on water ecology in Qilian Mountain—Hexi Corridor area. At present, the unmet basic ecological water demand of the river course, shrinking of the river and lake areas, serious damage to the river landform and habitat form, as well as the aggravating land desertification have caused the degraded ecological function of the river course. In this paper, the Q_p method and Tennant method were used to analyze the minimal ecological basic flow and ecological flow in different periods of the year, through which the annual ecological water demand of the river was determined and the implementation scheme of water ecology control in Zhangye urban section, Heihe River was discussed. Based on the study, a new river control pattern suitable for the management of inland lakes suffering from severe threat of wind and sand was put forward. This pattern is composed of the management of river (lake)—ecological river bank—coastal zone—windbreak zone. This approach can not only control the ecological system of the inland river horizontally, but also create new landscapes of manmade lakes. The study and implementation results indicate that the calculation method of ecological water demand can better adapt to the hydrological characteristics of the Heihe River Basin, the implementation effect of the proposed river control pattern can serve as a role model for the water ecological control engineering of the inland rivers suffering from severe threat of wind and sand. This approach is scientifically feasible, it can provide reference for similar engineering projects.

Key words: inland river basin; water ecological management; wind prevention and sand fixation; river control pattern; ecological basic flow; middle reaches of Heihe River

收稿日期:2019-07-05; 修回日期:2020-01-17

作者简介:卢小波(1978-),男,甘肃通渭人,本科,高级工程师,主要从事水利水电工程规划与设计工作。

1 研究背景

传统的治河是从维持河道的稳定性为出发点,以防洪安全为目的,常采用一些硬质的混凝土板或浆砌石挡墙等岸坡防护措施,由于认识和治理措施的滞后性,加之人为与自然双重因素的影响使得原本健康或十分脆弱的河流生态系统出现退化或受损现象。近年来,随着治河理念的转变和岸坡防护工程技术的进步,由单一防洪为目的的治河方式逐渐向注重河道蕴含的地域特点及自然景观转变,生态修复成为治河的主要内容,同时,相关学者进行了大量的研究,内容涉及城市截污、水质改善、生态护岸、生态基流、水景观湿地等。

城市河流治理的初衷是改善城市的面貌,提高城市环境质量,主要围绕改善水质和滨河空间环境^[1]。早期我国关于河流生态恢复的研究与实践多偏重于河流受污染水体恢复及水质改善,而不强调河流生态系统结构、功能的恢复治理^[2]。随着生态理念的不断深入,城市河流修复中越来越强调生态修复^[3],从生态修复的治理措施和技术来看,主要包括河流植被恢复带构建、河流自然弯曲度的修复、生态护岸修复、河滩地修复、河流补水等^[4-5]。城市河流的生态修复技术应根据实施方式,从河道形态和特性的修复技术、陆生植物护坡和水生植物修复技术以及河流水质恢复的强化净化技术区别对待^[6]。针对不同的修复技术和措施,董哲仁等^[7]从河流的地貌过程、水力过程、岸坡防护技术和生物物种的恢复等方面分析了目前河流工程治理中对生态的不利因素。朱党生等^[8]从生态需水保障、水环境保护、河湖生境维护、水生生物保护和生态监控与管理方面,提出了水生态保护与修复规划关键技术。2011 年以来,为规范和全面系统开展河湖水生态保护与修复工作,水利部水利水电规划设计总院编制了《全国主要河湖水生态保护与修复规划报告》^[9],明确划分了全国水生态分区,建立了水生态评价指标和水生态保护与修复措施体系,对指导全国不同水生态分区的河流生态修复提供了重要技术支撑和工作基础。目前国内城市河流治理的典型案例多集中在东南沿海、江浙地区及西南地区等水系密集的地区,对于干旱的西北内陆河地区的研究相对较少,由于西北干旱内陆河流域具有独特的地理及自然特征、加之干旱蒸发强烈、土地沙漠化特征突出等特点,其河流生态治理思路不可照搬已有经验。不同地区和城市有着不同的自然条件、不同的水情和水

问题、不同的地域特色^[10],西北诸河区生态环境极为脆弱,存在着河湖萎缩、天然绿洲退化、土地沙漠化及生态系统日趋失衡等问题,需重点恢复河谷林草湿地与荒漠化治理相结合的生态治理体系^[11]。因此,在对城市河流进行水生态治理时,应根据水生态分区,将当地的地理和自然禀赋、水文情势等地域情况有机地融入其中,因地制宜地进行治理,切实维护城市河流的健康。

张掖市地处我国西北干旱内陆河区黑河流域,水生态二级区,水资源利用程度高,河流生态流量难以满足,两岸土地沙漠化进程加剧、地貌形态破坏严重、植被及生境条件极差,生态环境状况严重影响了城市对外形象和经济社会的可持续发展。

文章以黑河中游张掖城区段水生态治理工程为例,结合已有的研究成果,力图提出一套适合河西内陆河流域城市河流水生态治理的思路与方法、技术路线及相应的措施,为类似内陆河城市河流水生态治理提供示范效应。

2 研究区概况

2.1 工程所在区域流域概况

黑河是我国西北地区第二大内陆河,为甘肃河西地区三大内陆河(石羊河、黑河和疏勒河)之一,东与石羊河相邻,西与疏勒河相接,北至内蒙古额济纳旗境内的居延海,河水主要来源于祁连山的高山冰雪融水,全长 928 km,甘肃河西地区三大内陆河河流水系图如图 1 所示。黑河中游河段地势平坦,是河西走廊的重要组成部分,开发利用程度高,水生态问题突出,生态环境恶劣。

黑河中游张掖城区段生态治理工程为入选国家财政部等 3 部委关于山水林田湖草生态保护修复工作《甘肃省祁连山(黑河流域)山水林田湖生态保护修复工程试点项目实施方案》中的一个子项目,该项目位于黑河干流中游的上段,起点为黑河干流张掖市甘州区石庙子分洪溢流堰,桩号黑甘 14+774.0 m,终点至国道 G312 线黑河大桥,与“黑河湿地国家级自然保护区”相衔接,桩号黑甘 27+974.0 m,总长度 13.2 km。项目是以河道水生态修复、河岸林草植被恢复及防风固沙等为主的一项生态综合治理工程,按照规划和实施方案要求,依据统一规划,分期实施的原则进行。工程分三期实施,一期工程已基本建成,通过运行监测,全年无断流,生态基流得到保障,修复后的河道平面和断面形态得以维护,蓄水能力提高,两岸植被初步形成,生态效果初步显现。

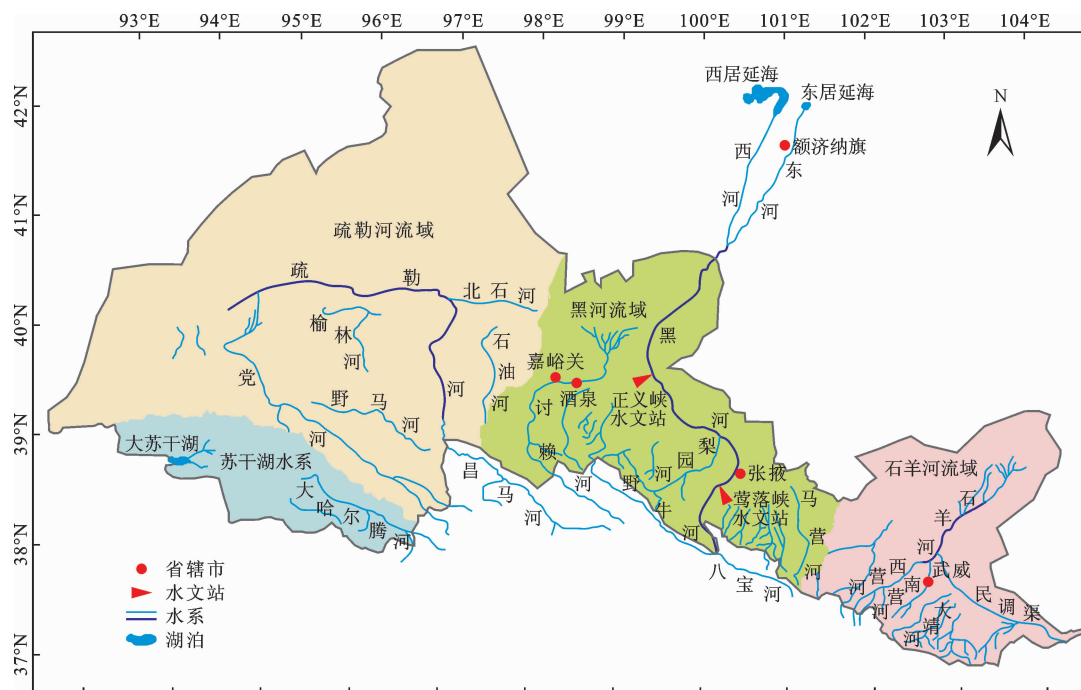


图1 甘肃河西地区三大内陆河河流域图

2.2 水生态分区概况

根据全国水生态分区^[8-9],黑河属于“西北温带干旱区”之“祁连山河西走廊”水生态二级区,水资源一级区之“西北诸河区”,现状水生态状况生态基流满足程度“差”,风沙严重,生境形态状况“差”,现状水质“较好”。黑河流域气候干旱,蒸发强烈,风沙较大,生态环境极其脆弱,主要的水生态问题为生态环境用水不足,生境形态破坏严重,湿地面积及两岸天然植被覆盖减少、土地沙漠化加剧。

2.3 水生态存在的问题及需求

黑河流域普遍存在的主要水生态问题有^[12-13]: (1)水资源用量呈上升趋势,水资源开发利用强度高。(2)河道生态流量不达标。(3)黑河上游水利工程(水电站)对河道阻隔明显。(4)生产和生态用水矛盾加剧,生产用水挤占生态用水。(5)绿洲内部及边缘部分地区天然植被和干流部分湿地退化明显。(6)草地生态系统退化、土地沙化,生态系统恶化等问题。

目前黑河张掖城区河段存在的主要问题:(1)河道基本生态需水不足,难以维持河流生态系统的正常运转。(2)天然河道水量减少,河湖面积萎缩。(3)河岸林锐减,两岸滩面裸露,几无植被生长,地表石漠化。(4)河流生境形态破坏,生态功能退化。(5)防洪保安能力不足。(6)管理制度和体制机制不完善。

3 黑河张掖城区河段水生态治理的基本方案和实施路线

3.1 基本方案

坚持“尊重自然、顺应自然、保护自然”,以“山水林田湖草是一个生命共同体”的重要理念为指导^[11,14],以现状河道存在的问题和河道资源为基础,统筹考虑防洪功能、生态功能、环境功能,协调上下游、左右岸关系,尽量保持原有河道的自然形态,并适当恢复不规则的形式,使得水流形态富于变化。通过疏浚河道、拓宽及增加河道蓄水能力形成水域,采取建设生态护岸及防风固沙林带、保障生态基流下泄等工程技术手段,在横向上将河水、河岸、滨岸带和防风固沙林带连成一体,纵向上与治理末端的湿地相连接,纵、横向共同形成完整的河流水生态系统。除采用工程措施外,同时加大非工程措施的实施力度,提出顺应自然规律的生态保护与修复的综合整治措施,充分发挥河道生态系统的自我修复能力,切实维护河流健康发展。

3.2 生态治理的主要技术路线

通过分析研究,认为内陆河水生态治理核心内容应包括河道最小生态基流、防洪与疏浚保安、河流地貌形态维护、生境营造修复、滨岸带修复重建、沿岸防风固沙林带建设及管理等方面。具体的生态治理措施及技术路线图详见图2。

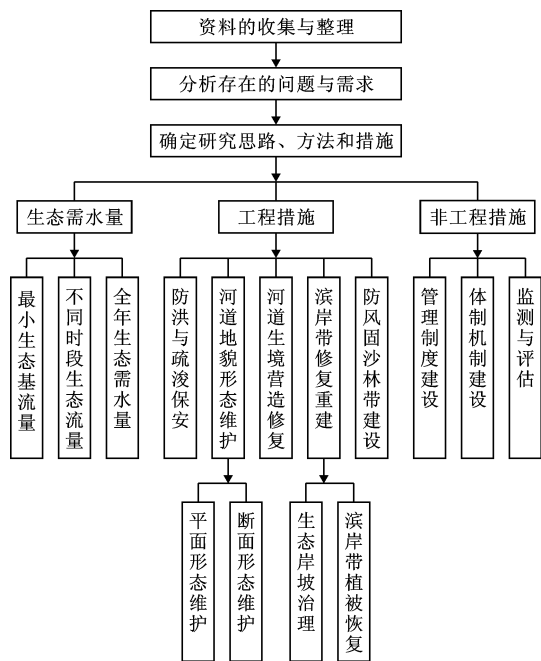


图2 生态治理措施及技术路线图

4 河道基本生态需水量的分析确定

河流基本生态需水量是河湖生态保护与修复的核心内容^[8],是维持河流基本生态环境功能、形态、生物基本栖息地的保留水量,能反映维系河流基本生态环境功能的需水过程要求,计算河道基本生态需水量宜采用分别计算最小值、不同时段值和年值3种方法^[15-16]。计算方法和结果的选用应根据河流长系列($n > 30$ a)水文资料,并充分考虑本流域的水文特征。

黑河流域径流特征表现为“春汛、夏洪、秋平、冬枯”的特点^[17],其径流特征为:4-5月为春汛期,径流为山区冰雪融化补给;6-9月为主汛期,径流主要由降水补给;10-11月为退水期,降水减少;12-翌年3月为冬季枯水期,径流以地下水的方式补给,最小流量发生在每年的1-2月期间。本治理工程位于黑河中游上端,距离黑河出山口(莺落峡)15 km,莺落峡为国家基本水文站,有建站以来即1944-2014年71 a完整的实测月径流资料。

4.1 最小值(生态基流)

根据《河湖生态环境需水计算规范(SL/Z 712-2014)》^[15],最小值的计算以河流控制断面是否具有长系列($n > 30$ a)水文资料分为不同的方法,当具有长系列资料时采用“ Q_p 法”,当资料缺乏时采用“近10 a最枯月平均流量法”。本工程具有莺落峡建站以来1944-2014年71 a完整的实测径流资料,因此本次分析计算采用“ Q_p 法”,选取90%频率

计算并排频得到长系列最枯月平均流量频率曲线如图3所示,对应90%来水频率流量为 $9.54 \text{ m}^3/\text{s}$ (1974年),生态基流最小值取 $9.5 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

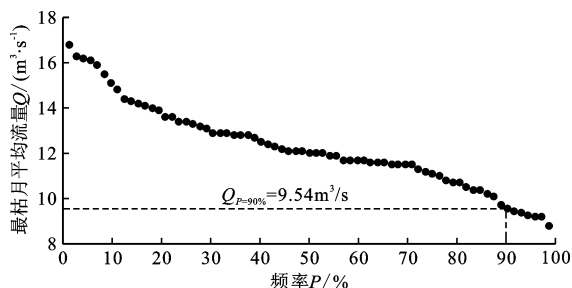


图3 长系列最枯月平均流量频率曲线图

4.2 年内不同时段值

基本生态环境需水量年内不同值以所在河流较长时间段的实测流量资料为基础,一般采用Tennant法(也称Montana法),以平均年流量的百分比作为推荐流量,该方法的优点是简单、容易操作,在历史记载的地区均可应用,在我国的应用也较为普遍^[18],也是目前使用最多的方法^[19-20]。针对北方河流,年内较枯时段应不小于多年平均天然流量的10%,较丰时段采用多年平均天然流量的20%~30%时,可达到生态环境功能状况所期望的“中、好”状态^[15-16]。采用Tennant法取月平均流量的10%和30%计算年内逐月流量值,结果见表1。由表1可知,年内不同时段生态需水流量值为 $1.3 \sim 39.9 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

4.3 全年值

计算取得最小值和年内不同时段值的分项计算结果后取外包络值,并采用公式(1)求得全年值。

$$Q_{ba} = \sum_{i=1}^n Q_{bi} \quad (1)$$

式中: Q_{ba} 为基本生态环境需水量的全年值, m^3/s ; Q_{bi} 为基本生态环境需水量的年内不同时段值(逐月、汛期和非汛期), m^3/s 。

计算得到的基本生态环境需水量全年值(外包络值)见表1,基本生态环境年内需水过程线及外包络线如图4所示。

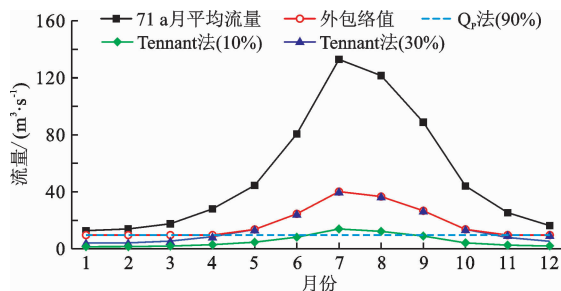


图4 基本生态环境年内需水过程线及外包络线

表 1 河流基本生态环境需水量需水过程计算表

月份	71a 月平均流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	年内逐月流量值(Tennant 法)		最小流量值 (Q_p 法)	全年值(外包络值)		备 注
		10%	30%		流量/($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	水量/ 10^4 m^3	
1	12.6	1.3	3.8	9.5	9.5	2555.2	枯水期
2	14.0	1.4	4.2	9.5	9.5	2555.2	
3	17.3	1.7	5.2	9.5	9.5	2555.2	
4	27.6	2.8	8.3	9.5	9.5	2555.2	汛期期
5	44.3	4.4	13.3	9.5	13.3	3557.0	
6	80.4	8.0	24.1	9.5	24.1	6456.6	
7	133.0	13.3	39.9	9.5	39.9	10684.0	主汛期
8	121.3	12.1	36.4	9.5	36.4	9745.8	
9	88.6	8.9	26.6	9.5	26.6	7121.2	
10	43.8	4.4	13.2	9.5	13.2	3522.1	退水期
11	25.3	2.5	7.6	9.5	9.5	2555.2	
12	16.1	1.6	4.8	9.5	9.5	2555.2	枯水期
合计						56417.9	

分析表 1 和图 4 可知,根据黑河流域的实际水文特征,11 – 翌年 4 月采用 Tennant 法计算的生态下泄流量值偏小,不符合黑河流域的实际水文特征,因此这段时期采用 Q_p 法(90%)计算生态流量,5 – 10 月为该河流的春汛 ~ 主汛 ~ 汛期的退水期,这段时间流量较大,采用 Tennant 法计算生态流量符合黑河流域的实际水文特征。因此,在确定最小生态需水量时,需根据具体河流的实际水文特征,针对不同的时段分别采用适合的方法确定。通过上述计算图表分析,黑河河道最小生态基流为 $9.5 \text{ m}^3/\text{s}$,不同时段生态流量为 $9.5 \sim 39.9 \text{ m}^3/\text{s}$,全年河道基本生态环境需水量为 $56\,417.9 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

5 工程治理措施研究

5.1 疏浚措施及防洪工程

黑河生态治理工程生态修复治理总长度 13.2 km,防洪标准按照 50 年一遇设计,相应洪峰流量为 $1\,250 \text{ m}^3/\text{s}$ [21-23]。根据设计标准、河道岸线利用管理规划、河道实测平面及纵横断面成果,进行岸线改造及纵横断面设计,采用两岸新建驳岸并培厚加高现状有堤防 24.15 km,疏浚河道 13.52 km。为维持天然河道的自然形态,疏浚主河槽宽度至 350 ~ 950 m 不等,局部适当修复不规则形态。通过河道疏浚归束固定和稳定水流,使得洪水期的行洪顺畅,新建驳岸增强了堤岸的稳定性,提高了河道的行洪和防洪能

力,达到了设计防洪标准,同时也增强了河道水流连通性和水力联系,为河道的水生态修复创造条件。

5.2 河流地貌形态维护研究

5.2.1 因势利导的平面修整 现状天然河道宽 350 ~ 1 500 m 不等,主流发散杂乱,分多汊,河床面平缓,常处于无水干涸状态,加之河道采砂等人为因素影响,在尽量保持天然河道形态基础上,结合河道岸线利用管理规划,因势利导地保护和修复两岸岸线,依照自然规律,利用生态工程技术适度修复部分自然岸线与河床,形成蜿蜒曲折的自然线形,丰富水流形态,为水生植物生存、生长创造水环境基础。平面岸线修复需基于河道稳定河宽、岸线,利用规划和现状最小河宽,在充分考虑河底、坡脚及岸坡的整治需求并统筹安排后,拟定平面岸线修复宽度及疏挖河底深度。建议采用半挖半填,就近土方平衡的施工方法,将河底疏浚的土方就近填筑于岸边,既降低了投资,又利于恢复河道的天然属性,并为两岸植被恢复创造土壤条件。

5.2.2 因地而异的断面设计 河道断面设计的基本原则是保证河道能够常年有水、河床能够满足不同流量、不同水位,还应能够提供理想开敞的空间环境,具有较好的亲水性。黑河径流季节性变化大,年内分配很不均匀,大流量主要集中在 6 – 9 月期间,其流量占全年的 68.2%,最大洪水皆发生在此期间 [23]。受其径流过程及变化的影响,河流的生境单一,丧失了河

道的生态多样性,河道生态难以维护。因此,根据河道现状自然形态因地制宜地采用非对称或对称的 2~3 级主副河槽的复式断面。枯水时期流量小,水流归一级主槽,一级主槽充分利用施工期导流槽,底宽 50 m;汛前汛末至枯水期前,流量较大,河水漫滩至二级主槽;主汛洪水时期,流量大增,洪水漫滩至设计洪水标准的两岸驳岸及副槽控制范围之内,过水断面变

大,洪水位较低,不必修建高大的防洪堤,同时,漫滩具有较好的亲水性,适宜于休闲游憩,也是城市中理想的开敞空间环境。一级主槽为自然稳定坡,二级主槽采用 1:3 边坡,副槽采用 1:3~1:5 缓坡甚至更缓的坡比,在保证土壤安息角的同时,方便护岸工程的施工,并具有很好的亲水性和开敞性。典型河道断面整治设计图如图 5 所示。

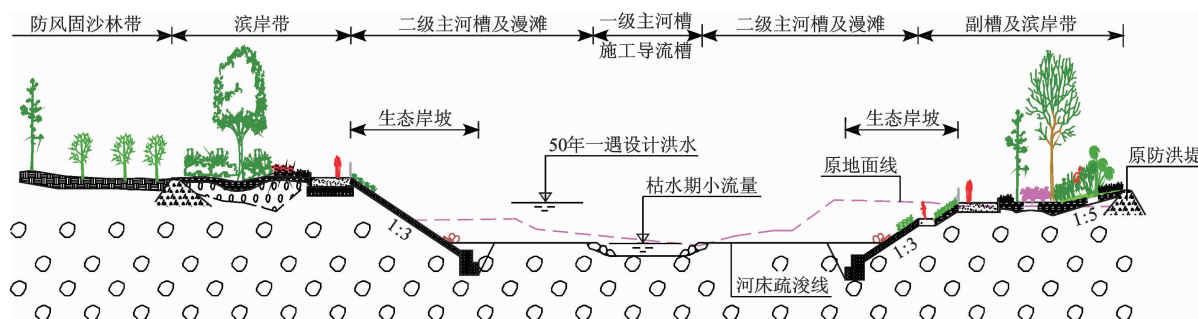


图 5 典型河道断面整治示意图

5.3 生境营造修复研究

内陆水域是内陆湿地诞生的母体,内陆水域不断进行生态演替,在其演替过程中创造了大量各种类型的湿地^[24]。河流湖泊水域和湿地是水生生物及水陆两栖生物的主要生境,水域是重要的生境要素^[7]。由于平、枯水期河道的水量小,生境条件差,在不宜人为疏窄河道的情况下,为维持自然河道的自然形态仅对局部河道进行了平面整治,整治后河道仍相对较宽阔,在水量较小的情况下,除主河槽有少量的水流外,河道大部分滩面仍有裸露,河道自然蓄水功能未充分利用,河水面积小,致使河道难以依靠自身能力维持其结构和生态功能,不能支撑当地生物群体(蛙类、水禽、鸟类等)的生存生境条件。因此,在保证河道行洪的条件下,充分利用宽阔的河道蓄水,营造生境条件。根据河道的纵向坡度并结合承担的社会公共功能区位情况,沿河纵向在 S312 黑甘 18+119 m、连霍高速桥附近黑甘 20+374 m 和黑河大桥黑甘 22+314 m 等部位设置 3 座水力自控坝(活动坝),形成人工水域(湖),坝高 3.0 m,蓄水量约 $200 \times 10^4 \text{ m}^3$,湖区长度 850~1 000 m,可增加水域(湖)面积约 117 hm^2 ,增加了河道的蓄水能力,拓宽并营造了宽阔水域。人工水域可通过侧渗对两岸土壤补充水分,修复河道及两岸生境形态。同时,通过所蓄水量,在间歇断流期周期性对下游河道放水,为提高河道最小生态需水全年保障程度和生态补水可靠度提供进一步的保障。

5.4 滨岸带生态修复措施

5.4.1 生态岸坡治理设计 基于对生态系统的认

知和保证生物多样性的延续,以生态为基础、安全为导向,对河道岸坡实施生态护坡整治^[25]。生态岸坡治理充分考虑现状河道条件、材料来源,生态基础和防洪安全,并结合驳岸布置、河道平面及断面整治,复式断面的下部主槽迎水面采用能就地取材、抗冲刷能力强、透水性好的生态格网绿滨垫石笼,厚度 50 cm,坡比 1:3,绿滨垫规格选用 5.0 m×2.0 m×0.5 m(长×宽×高),网栅网孔规格 0.8 m×1.0 m,绿滨垫石笼内部填块石或卵石,填充孔隙率不大于 30%,填石粒径 20~50 cm;上部副槽采用预制混凝土花状空腔铰接式护坡形式,坡比 1:3~1:5 甚至更缓,即采用生态绿滨垫石笼+混凝土铰接式护坡,两级缓坡上覆盖填充腐殖土,厚度 0.5 m,下部主槽常水位及水位变幅区范围种植适宜当地的水生芦苇,水位以上坡面种植灌、草相结合的植被,上部副槽坡面种植乔、灌、草结合的植被,形成立体的河道生态护坡。该生态护坡可充分使用当地材料,造价低,环境适应性好,且兼顾了环境效应与生物效应,具有良好的适应性,可为植物的生长及动物的栖息繁衍活动创造条件。

5.4.2 滨河带植被恢复重建 现状河道两岸滩面裸露,几无植被生长,本应有的河道滨水生态系统功能退化,特征消失,生境形态遭到严重破坏,河道生态系统功能削弱甚至消失。在河道两岸滩地进行植被恢复重建,修复两岸裸露的滩面,改变生态环境现状。重建植被总面积约 511 hm^2 ,植被带宽度 150 m~350 m,长度沿治理范围 13.2 km。植被种植采用

乔、灌、草结合的布置方式,树草种类以适应本区域的乡土树种和植物群落组成,同时以野花、野草代替人工花卉草坪,提高水源涵养能力和自然生态系统的修复功能。基于项目区干旱蒸发强烈,为保障植被的成活率和生态修复的可持续性,配套灌溉工程,大乔木采用小管出流微灌,小乔木、灌木及花草采用自动化微喷灌的节水灌溉模式。

5.5 防风固沙林带建设

河西地区的气候特点是干旱少雨,风大沙多,风沙对水利工程最直接的危害表现在对水库和河道的填埋。针对黑河城区段人类活动的扰动影响,滨河带以外岸地长期形成的稳定地表结皮层被破坏,地表沙漠化,风沙加剧,原本脆弱的生态环境更加恶化。为减小风沙对河道生态的危害,设计采用了“河道工程措施+灌木林阻沙+种草固沙+封育”的治沙模式。在自然恢复难以修复的情况下,人为修复破坏的沿岸生态,对黑河左岸实施人工造林以防风固沙,在滨河道外围实施人工造林约 333 hm²,林种主要为水源涵养林、防护林和护岸林,树种为乔灌混交林,比例 7:3,采用耐旱、抗风、抗寒、耐瘠薄、耐盐碱,适应性强的乡土树种,并配套适当的灌溉设施,实施后土地风蚀沙化将得以改善,对整体生态系统的保护和恢复起到积极的作用。

5.6 非工程措施

非工程措施是河流水生态修复工程的重要保障条件,也是发挥生态系统自组织、自设计功能的重要促进因素和重要手段^[7]。在工程措施治理修复的基础上建立以“河长制”、黑河“一河一策”实施方案为统领的河流水生态保护与修复治理与管护措施,具体如下:

(1)在管理制度上,严格执行水资源管理“三条红线”制度,保障黑河水量调度和基本生态环境需水;在防洪保安的前提下,划定河道岸线利用与保护分区,切实维护水生态空间。

(2)在体制机制上,统筹各部门行政执法职能,建立多部门共同参与执法体制,探索综合执法体制机制,开展多部门联合执法巡查,加强河流水生态动态监管。

(3)在监测评估上,开展黑河流域总体生态监测与评估规划,制定生态监测评价准则、监测项目与评估指标体系,建立全流域的生态监测网,以评估开展生态修复与保护工作以来的效果。

6 结论与建议

文章以实际工程为依托,在梳理黑河生态存在

问题及需求分析的基础上,确定了内陆河水生态治理的方法和解决问题的措施,通过张掖市黑河城区段水生态治理工程设计研究,得到如下结论:

(1)生态基流和生态需水量的满足程度是河流生态修复治理的前提和基础。合理确定河道生态需水量是河道生态治理的第一步。根据黑河水文系列资料及流域特征,基本生态环境需水量最小值采用“Q_p法”,年内不同时段需水过程采用 Tennant 法,这些方法能够较好地适应黑河流域水文特征,可为确定其他内陆河的生态需水量提供借鉴。

(2)基于河西地区内陆河受风沙影响较大的特点,在传统的河道治理措施中增加了沿岸防风固沙林带的建设,这是因地制宜考虑河道区域特色的举措。黑河城区治理段构建了横向生态系统结构,通过河道疏浚,既达到防洪保安的要求,也在纵向上与治理末端的黑河湿地国家级自然保护区相连接,纵、横向共同形成了完整的河流水生态系统结构。

(3)通过内陆河筑湖造境,为湿地的诞生创造条件,并通过湖体水侧渗向两岸土壤补充水分,修复河流及两岸生境形态,修复破坏的沿岸生态,维护河流的生态功能。活动坝或低堰筑湖造境营建湿地的设计思路是未来内陆河生态治理的重要手段。

(4)黑河作为河西地区三大重要的内陆河之一,其考虑防风固沙新思路的治河模式对于广大的内陆河地区具有较大的借鉴和参考意义。黑河河道生态治理模式充分考虑了当地生态环境现状,因地制宜地增设了防风固沙的工程措施,这一措施也是多年来河西内陆河地区水利工程建设中较少涉及或经常忽视的。黑河河道生态治理新模式的发展将对未来河西内陆河风沙危害较大地区的水利工程建设起到示范效应,防风固沙的生态理念将会在水利工程建设中不断深入。

参考文献:

- [1] 陈兴茹. 国内外城市河流治理现状[J]. 水利水电科技进展, 2012, 32(2), 83-88.
- [2] 李娇娇. 城市河流生态恢复研究[D]. 浙江: 浙江大学, 2006.
- [3] 吴丽萍, 文科军, 陈磊, 等. 城市河道立体化生态修复模式的探析[C]//城市生态建设与植被恢复、重建技术交流研讨会论文集, 上海, 2007.
- [4] 李莉, 姜允芳. 国内外城市河流绿道的理论与实践研究进展[J]. 中国人口资源与环境, 2014, 24(3): 309-312.
- [5] 侯新. 基于景观的水体生态修复模式设计——以重庆市内子口水库为例[J]. 南方农业学报, 2012, 43(7): 995-999.

- [6] 李廷梅,于鲁冀,吕晓燕. 针对城市河流功能需求的生态修复技术概述[J]. 环境工程,2016(6):6-9.
- [7] 董哲仁,孙东亚,赵进勇,等. 河流生态修复[M]. 北京:中国水利水电出版社,2013:21-38,259-284.
- [8] 朱党生,张建永,李扬,等. 水生态保护与修复规划关键技术[J]. 水资源保护,2011,27(5):61-63.
- [9] 朱党生. 全国主要河湖生态水生态保护与修复规划报告[R]. 北京:水利部水利水电规划设计总院,2011.
- [10] 傅春,刘杰平. 河湖健康与生态文明实践[M]. 北京:中国水利水电出版社,2016.
- [11] 黄锦辉,赵蓉,史晓新,等. 河湖水系生态保护与修复对策[J]. 水利规划与设计,2018(4):1-4+107.
- [12] 黄河水利委员会. 黑河流域综合规划[R]. 郑州:黄河水利勘测设计研究有限公司,2016.
- [13] 刘进琪. 河长制经费甘肃省黑河河流健康调查与评估[R]. 南京:河海科技有限公司,甘肃省水环境监测中心,2018.
- [14] 中华人民共和国财政部,国土资源部,环境保护部.《关于推进山水林田湖生态保护修复工作的通知》(2016 725 号)[R]. 北京:2016.
- [15] 中华人民共和国水利部. 河湖生态环境需水计算规范:SL/Z 712-2014[S]. 北京:中国水利水电出版社,2015.
- [16] 中华人民共和国住房和城乡建设部,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 水资源规划规范:GB/T 51051-2014[S]. 北京:中国计划出版社,2015.
- [17] 卢小波,吕生玺,胡斌超,等. 基于河道生态基流保障的水电站引水流量增加幅度分析[J]. 甘肃水利水电技术,2018,55(8):18-21.
- [18] 王西琴. 河流生态需水理论、方法与应用[M]. 北京:中国水利水电出版社,2007.
- [19] 杨裕恒,曹升乐,刘阳,等. 基于改进 Tennant 法的小清河生态基流计算[J]. 水资源与水工程学报,2016,27(5):97-101.
- [20] 刘丹,邢琼琼,郭欣欣,等. 基于生态水力半径的贾鲁河生态需水量计算[J]. 水资源与水工程学报,2018,29(1):105-110.
- [21] 张大雨,庾世华,张兴锋,等. 黑河甘州区城区段防洪规划报告[R]. 甘肃张掖:甘肃省张掖市甘兰水利水电建筑设计院,2017.
- [22] 杨建武,高徐军,仇彤,等. 甘肃张掖黑河城区段生态工程规划设计报告及一期工程可行性研究[R]. 西安:西北勘测设计研究院有限责任公司,2015.
- [23] 卢小波,白妍丽,王贵林,等. 张掖市祁连山(黑河流域)山水林田湖草生态修复项目 2018 年生态治理可行性研究报告[R]. 兰州:甘肃省水利水电勘测设计研究院有限责任公司,2019.
- [24] 朱永华,任立良,吕海深,等. 水生态保护与修复[M]. 北京:中国水利水电出版社,2012:81-83.
- [25] 王浩,黄勇,谢新民,等. 水生态文明建设规划理论与实践[M]. 北京:中国环境出版社,2016:38-45.

喜 讯

《水资源与水工程学报》被中国科学引文数据库(Chinese Science Citation Database,简称 CSCD)收录为 2019-2020 年度来源期刊(核心库);2008-2020 年连续 13 年被中国科学技术信息研究所评为中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊)。