

Study of the Impact and Repair Methods of Adjacent Riparian Ecosystem after the Rubber Dam Completion

Zhen Duan¹, Rong Zhang¹, Yunfeng Song¹, Jieyou Li²

¹Hydrological Bureau of Tai'an City, Tai'an

²Hydrology and Water Resources College of Hohai University, Nanjing

Email: taswj@sina.com, leejy2057@sina.com

Received: Apr. 2nd, 2014; revised: May 4th, 2014; accepted: May 14th, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

The paper took Tai'an Dawen River No.2 rubber dam as an example. According to the changes of soil and water ecological environment after the completion of the rubber dam, soil environment of the river bank, the river slope and the bay for vegetation growth was built by using the engineering aided and biological amphibious plant pattern. The suitable amphibious plant was selected for recovery of green and a new system of water environment landscape was created for water and soil ecological restoration. The practice showed that the above methods have good effects on creating and maintaining riparian water and soil ecosystem.

Keywords

Rubber Dam, Ecosystem, Plant Community, Ecological Remediation, Water Resources and Environment

橡胶坝建设对邻近河岸生态系统影响与修复方法探讨

段震¹, 张荣¹, 宋云峰¹, 李杰友²

¹泰安市水文局, 泰安

²河海大学水文水资源学院, 南京
Email: taswj@sina.com, leejy2057@sina.com

收稿日期: 2014年4月2日; 修回日期: 2014年5月4日; 录用日期: 2014年5月14日

摘要

以泰安市大汶河拦蓄枢纽2号橡胶坝为例, 针对橡胶坝建成后上下游河岸水土生态环境变化, 采用工程辅助 + 生物两栖植物模式营造河岸、河坡和库湾植被生长的土壤环境; 选择适生两栖植物进行造林复绿; 打造新的水环境景观系统进行水土生态修复。实践表明, 上述方法对营造和维护河岸水土生态系统、保护水资源和水环境具有良好的效果。

关键词

橡胶坝, 生态系统, 植物群落, 生态修复, 水资源与水环境

1. 引言

大汶河位于黄河下游右岸, 是黄河下游最大支流, 也是泰安市的母亲河。泰安市是山东省中部地区重要的政治、经济、交通和文化中心, 其城市化进程较快, 经济较发达。

泰安市地处暖温带大陆性半湿润季风气候区, 是一个十年九旱, 水资源严重短缺的城市。近年来, 由于受气候变化及人类活动双重影响, 水资源供需矛盾日益突出, 对区域社会经济可持续发展构成威胁。变化环境下的水资源、水生态、水环境问题业已引起泰安市各级政府的广泛关注。解决水资源短缺, 确保用水安全, 一直是各级政府面临的一项十分艰巨而紧迫的任务。近年来, 泰安市大力实施大汶河防洪和中小河流治理工程, 除在条件许可的地方修建大、中、小型水库外, 在大汶口以上干支流仅橡胶坝拦河坝就修建了 17 座。

毋庸置疑, 橡胶坝建设在对泰安市社会经济发展发挥重要作用的同时, 也对橡胶坝上下游河岸生态系统构成胁迫。除橡胶坝建设施工期内对水环境造成不利影响外, 橡胶坝建成后, 由于上下游河道受水位自然涨落或水库运行调蓄的影响, 在河岸水面附近坡面形成涨水水位与落水水位间的消涨带; 高水位时, 消涨带浸在水中; 低水位时又露出水面; 消涨带在水浪冲刷、淹没作用下, 造成河岸或库岸的淘蚀、崩塌, 淤积等。

由于受当时治理理念及条件限制, 修复方法大多基于防洪和最佳水力半径的概念, 边坡及河床采用混凝土、砌石等硬质材料, 而构建以人、水、绿色网络为特征, 和谐发展的生态修复模式考虑较少, 使得橡胶坝建成后上下游河岸水土生态系统结构与功能随之发生变化, 特别是生物群落的多样性随之降低, 引起河岸水土生态系统功能退化。

针对橡胶坝建成后上下游河岸水土生态环境变化, 按照不同形态、不同生境条件探讨生态修复技术、耐淹和耐旱树种、物种选择, 水土保持, 亲水平台和景观设计等, 对维护河岸生态系统的良性循环有着重要的意义。

2. 工程规模与特点

2.1. 工程规模

泰安大汶河拦蓄枢纽 2 号橡胶坝坝址位于大汶河干流 KM2 + 000 处, 该处河宽为 1200 m, 主槽宽

800 m, 为平原河道, 河道比降较缓, 两岸为砂壤土, 北岸有堤防, 南岸为自然沙丘, 河道深约 4 m 左右, 河床多年积砂。橡胶坝坝高 3.5 m, 共设 11 孔, 每孔 70 m; 冲砂闸门布置在河道右端, 共设 4 孔, 每孔净宽 10 m; 橡胶坝基础采用旋喷桩处理; 坝下游两岸护砌加固 2 km; 另有管理设施及其它临时工程。工程建成后, 雍水影响长度为 3.5 km, 蓄水面积为 280 万 m^2 , 蓄水量约为 490 万 m^3 [1]。

2.2. 工程特点

与传统水库型大坝相比, 橡胶坝的特点是: 坝高较低, 坝长较长, 水深较浅, 迴水长度较短; 仅需少量的砂石料, 施工期短, 对坝址所在河段两岸生态系统胁迫相对小; 在橡胶坝上游周边区域内形成的港湾、池塘, 滩地、沙洲较和可供营建森林公园、草坪、花圃及亲水平台的地方较多。

3. 对邻近河岸生态系统影响分析

3.1. 生态系统特征

生物群落及其无机环境所构成的具有一定结构和功能的自然整体称为生态系统。在这个自然整体中, 生物与环境之间相互作用, 相互制约, 不断演变, 并在一定时期达到动态平衡。河流生态系统是与人类关系最为密切的生态系统之一, 它具有自然属性和社会属性两方面的特征。自然属性中的生产者(主要指绿色植物)、消费者(指动物)、分解者(指能够分解有机物的微生物), 在无人为干扰的环境中, 可实现能量流动和物质循环能保持稳定。研究表明, 在天然淡水水域中, 各类生物相生相克, 形成了复杂的食物链(网)结构。一个物种类型丰富而数量又均衡的食物网结构, 其抵抗外界干扰的承载力高, 生态功能(如能量流动、物质循环、物种流动等)也会趋于完善和健康。然而, 由于受修建闸坝等人类活动的影响, 河流生态系统中增加了社会属性的生产者和消费者, 就破坏了河流生态系统的平衡。生产者主要有人类有意无意地使某种生物消失或将某种生物引入, 污水排入, 致使动植物信息系统遭到破坏; 消费者主要有引提水、调水、工农业生产用水, 城乡居民生活用水, 生态环境用水等[2]。

3.2. 影响分析

在河流上修建橡胶坝后, 使顺水流方向的河流发生非连续变化。流动的河流变成了相对静止的人工湖, 不仅使河流系统中的几何学特征(如河流长度、链长度、弯曲度、河流比降和河流横断面形状)和水文水力特征(如流速、水深、水温以及水流边界条件)发生了重大变化, 而且改变了食物链(网)结构和抵抗外界干扰的承载力高与生态功能[3]。主要表现在: 橡胶坝建成后, 河流系统内原有的河床、草地或滩地被淹没到水底, 浮游和陆生动物被迫迁徙; 改变了原来河流营养盐输移转化的规律, 由于橡胶坝截留了河流的营养物质, 气温较高时, 促使藻类在水体表层大量繁殖, 产生水华现象, 藻类蔓延遮盖住大植物的生长使之萎缩, 而死亡的藻类沉入水底, 腐烂的同时还消耗氧气, 溶解氧含量低的水体可能致使浮游植物、浮游动物、底栖动植物和河间动植物死亡; 由于坝上水深高于坝下河流水深, 在深水处阳光微弱, 光合作用也弱, 导致坝上游的生物生产量低且自我恢复能力弱; 河流泥沙在坝上淤积, 而大坝以下清水下泄又加剧了对河岸的冲刷, 这些变化都大幅度改变了河岸水土生态环境; 由于靠橡胶坝进行人工径流调节而改变了自然河流年内丰枯的水文周期规律, 即改变了原来随水文周期变化形成脉冲式河流走廊生态系统的基本状况; 在施工期内将对部分河道和区域环境造成不利影响, 施工期间的土石方开挖、浆砌石砌筑、混凝土浇筑和混凝土拌和机械施工作业及其它生产、生活活动中, 产生的“三废”和噪声污染, 对施工河段水土生态环境和人群健康带来不利影响; 施工期生产、生活占地会破坏原有的植被; 施工期施工人员集中, 给各种流行病和传染病的传播提供条件。

4. 生态修复方法

生态修复具有恢复和发展的内涵，即使原来受到干扰或者损害的系统恢复后使其可持续发展，并为人类持续利用。所谓生态修复是指对生态系统停止人为干扰，以减轻负荷压力，依靠生态系统的自我调节能力与自组织能力使其向有序的方向进行演化，或者利用生态系统的这种自我恢复能力，辅以人工措施，使遭到破坏的生态系统逐步恢复或使生态系统向良性循环方向发展，主要指致力于那些在自然突变和人类活动影响下受到破坏的自然生态系统的恢复与重建工作，恢复生态系统原本的面貌。因此，生态修复是在特定的区域内，依靠生态系统的自组织和自调控能力的独立作用，或依靠生态系统的自组织和自调控能力与人工调控能力的复合作用，使部分或完全受损的生态系统恢复到相对稳定健康的状态[4]。

4.1. 河岸修复

4.1.1. 修复方法

河岸是水源保护的一道生态防线。导致河岸退化的原因主要有为修路、开矿、樵采、河岸放牧、化肥与农药的面源污染、工业废水与生活污水的点源污染。对退化河岸水土生态系统进行修复，最重要的是要减轻或解除导致河岸水土生态系统退化的因素；另外，可在河流两岸种植生物隔离带(种类和宽度应因地制宜)，一方面防治面源污染，另一方面为河流水生生物增加营养源。

河岸水土生态修复与立地现状类型、适生树种选择、河岸土壤环境联系密切。采用“生物措施 + 工程措施”相结合的方法，针对河岸不同的地形地貌、立地现状，选择适合河岸生境的两栖植物，并通过选植物的耐淹、耐旱特性进行合理配置，营造持续、稳定、良好的岸坡水土生态环境[5]。工程措施主要是整地或挖穴，为岸坡植物生长营造持续、稳定的土壤环境系统；植物措施主要是种植物群落。河岸修复布设示意图图 1。

4.1.2. 物种选择

根据泰安地区植物研究和试种结果，选用适应性强的本地植物，如垂柳、白杨、枫杨等乔木树种、荆、白腊条、紫穗槐、连翘、胡枝子等灌木类及白茅、橘草、白羊草、狼尾草、野菊等草本类。

4.2. 河坡修复

4.2.1. 修复方法

河坡是指由水域向陆域发展的自然过渡带。河坡生态修复对保护水陆交错带生态有着重要的作用。

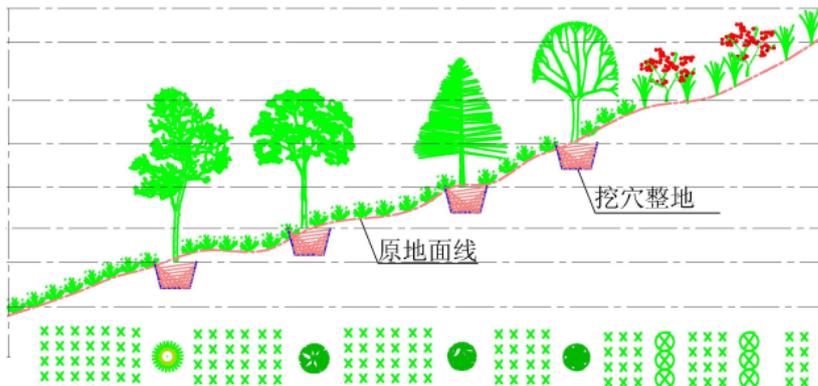


Figure 1. Riparian restoration layout diagram
图 1. 河岸修复布设示意图

在河坡上种植草坪或灌木后，草坪、灌木与土壤所形成的土壤生态系统，像河岸上的树林与草坪一样，起到减少有机物对河岸的冲击和营养化程度的作用，有些灌木的根须还能够直接伸到水体中吸收水中的营养成分；可改善温度、湿度和提供部分食物，为水陆过渡动植物创造适宜环境，使两栖动物和其它生物得以生长和繁衍，保护了水域空间的动植物多样性；稳定的边坡在防止水土流失的同时，改变了护坡硬、直、光的形象，给人以绿色、柔和、多彩的感受。因此，河坡生态修复主要考虑的是以坡度指标进行类型划分，根据水位变化规律，选择适合水陆生境的两栖植物，并通过植物的耐淹、耐旱特性进行合理植物配置，辅以工程措施 + 适生两栖植物相结合模式，营造适生的河坡生态环境。修复中将河坡分别划分为： $5^{\circ} \leq \text{坡度}(\text{河湾/库湾})$ 、 $5^{\circ} \leq \text{坡度} \leq 15^{\circ}$ 、 $15^{\circ} \leq \text{坡度} \leq 25^{\circ}$ 、 $25^{\circ} \leq \text{坡度} \leq 35^{\circ}$ 四种类型，本文仅对 $5^{\circ} \leq \text{坡度} \leq 15^{\circ}$ 型做介绍，其余不再赘述。

对坡度 $\leq 15^{\circ}$ 的河岸，根据其朝向，对河坡进行挖穴整地后，种植耐阴/阳两栖植物；岸坡在 15° 以下区域，在对坡地进行简易整地后，种植喜光、耐旱的两栖植物。具体修复方法是采用“水平阶整地 + 土工格栅 + 两栖植物造林”相结合，即：保留现状平缓坡地地形的基础上，对部分范围的河坡面进行水平阶整地，将现状地表修整为外高内低的阶梯状；在阶面上铺设土工格栅，保证坡地整地客土的稳定；种植两栖植物。河坡修复布设示意图图2。

4.2.2. 物种选择

由于大多数植物在水库或河水位的消涨侵蚀作用下普遍难以生存，此次植物选择主要考虑其耐淹性能；虽然大部分耐淹植物都有一定的抗旱能力，但水库或河水位回落后，河坡土壤瘠薄，裸露期土壤环境干旱、贫瘠，植物的抗旱性能对造林成活率影响较大，植物选择需考虑其规格和生长量符合水位变化和淹旱的立地要求。选择用适应性强的荆、白腊条、紫穗槐、连翘、胡枝子等灌木类及白茅、橘草、白茅草、狼尾草、野菊等草本类。

4.3. 库湾及水边修复

4.3.1. 修复方法

橡胶坝上游库湾和下游部分河段，一般坡度 $\leq 5^{\circ}$ ，由于其地形开阔，水流冲刷力小，易于自然形成特殊的湿地景观。该区域是水、陆界面交互延伸的一定区域，是水域和陆地过渡形态的自然体，利于不同水陆两栖植物的生长。

采用“两栖乔木缓冲带 + 水生植物过滤带”的修复模式。根据河道水位变化规律，在滩涂或湿地营

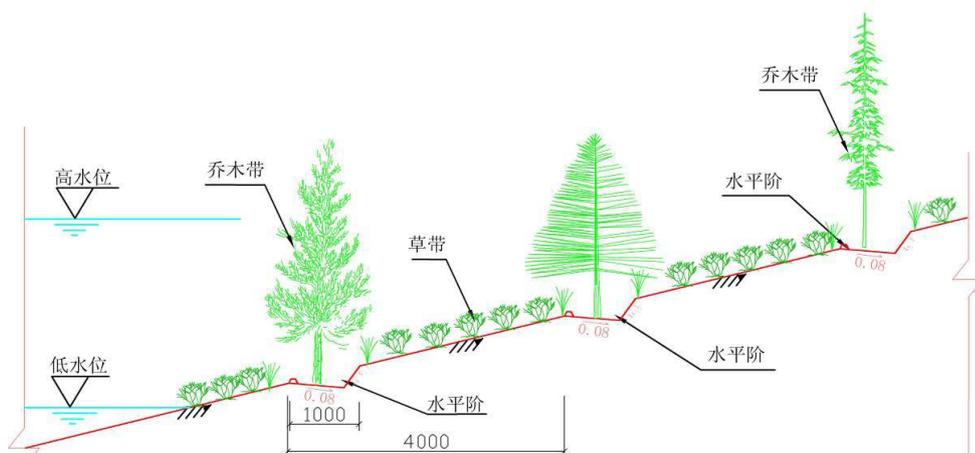


Figure 2. River slope restoration layout diagram
图2. 河坡修复布设示意图

造植物过滤带，形成水生植被过滤系统。系统由各类喜湿、抗性强、吸附能力强的植被组成，根据水位变化，分别布置多级植物过滤带；然后，根据滩涂或湿地水位变化，布设多级植物过滤系统，包括水生乔木缓冲带、水生植物过滤带，逐级拦截或吸收受污水体中污染物颗粒；在水边种植水生植物，其绿藤密密箍箍的枝叶可改善温度、湿度条件，也能为两栖动物和植物提供一定的生存和繁衍空间；它发达的根须深扎在水下的泥土中，吸收无机盐的能力很强，它茂盛的茎、叶大部分露出水面，光合作用效果很好，是水生态系统中生产者的重要组成部分；多样化的水生植物使水边的水流及生境多样化，既能改善水边温度，又能提供充足的食物，可满足水中多样化动植物生长和繁衍的条件，特别是有利于产卵、孵化及幼鱼、幼虫的成长，为浮游植物、浮游动物、底栖动植物和河间动植物提供多种栖息环境。因此，水边生态修复主要是据水位变化规律，选择适合水生境的植物，并通过植物的耐淹特性进行合理配置，营造适生的水边生态环境。

4.3.2. 物种选择

在动水处种植野生茭白、香蒲、菱角、芡、水葱等水生植物；在湿地或沙洲上种植芦苇，滩涂或漫滩上种植蒲草等水生植物。

4.4. 营造新的水环境景观系统

在橡胶坝上游周边区域内，根据具体地形地貌、水系特点，修建人工港湾、池塘，放缓岸坡，建造森林公园、草坪、花圃及景观建筑，修建水上娱乐设施，打造新的水环境景观系统。蜿蜒性河流在改善水生态方面具有丰富的生态功能，有利于补充地下水，有利于改善水质，同时富有美感，所以平面形态设计时充分考虑天然河道形态，不设置固定模式，尽量维护河道原有的蜿蜒性；横断面形态设计时充分考虑天然河道的形态特点，即河床较为宽浅，有季节性行洪要求的采用复式断面；尽量保护原有植物群落，维持河道原有自然景观，尽可能体现断面形态的多样性；对崩岸、塌岸、迎流冲顶、淘刷严重河段，采取必要的保岸措施；护岸型式优先选用坡式护岸，受地形条件或两岸建筑物限制时采用直立式护岸；对平原区内河道尽可能采用植物护坡，同时保留原有岸坡上原生态树种，护岸形式优先选用生态护岸，土地紧张区域选用干砌块石护岸；护岸工程下部护脚措施根据水流条件、河势条件、材料来源等，选用硬质护岸和生态柔性护岸；水位变幅不大或流速不大河道，尽可能采用生态柔性护岸；若河道附近有村庄，设计时则考虑一定的便民生活设施，如埠头等。生态河岸设计实施后，结合橡胶坝上下游河段的生态系统结构和适宜条件，放养草鱼、鲢鱼、鲤鱼、鳊鱼、鳙鱼和泰安鱼等鱼类及其它动物。

5. 结语

在水土生态修复的实践中体会到：橡胶坝建设需要进行合理规划设计，加强施工过程中的组织管理和营运期的监测管理，提高施工工艺水平；在工程施工、营运过程中应采取有效的污染防治、生态保护及风险防范，将工程建设对河岸生态系统的影响控制在最低限度；在具体的水土生态修复时，应根据不同的地形地貌和水系特征，采用不同的修复方式；泰安市地处半干旱、半湿润地区，水土生态修复时，应选择适宜的树木、灌木和草本植物。

致 谢

感谢山东省省级水利科技科研与技术推广项目提供资助(项目编号：SDSLKY201313)。

参考文献 (References)

- [1] 泰安市大汶河管理局 (2006) 泰安市大汶河拦河蓄水梯级开发工程规划. 泰安市大汶河管理局, 泰安, 9-15.

- [2] 董哲仁 (2003) 生态水工学的工程理念. *中国水利*, **1**, 7-9.
- [3] 夏军 (2007) 水工程建设对河流环境影响与生态修复调控的途径. *水科学研究*, **1**, 2-11.
- [4] Whigham, D.F. (1999) Ecological issues related to wetland preservation, restoration, creation and assessment. *The Science of the Total Environment*, **240**, 31-40.
- [5] 张建春, 彭补拙 (2013) 河岸带研究及其退化生态系统的恢复与重建. *生态学报*, **23**, 56-63.