

# 河道生态修复工程的组成与生态修复指导原则

曹建廷

(水利部水利水电规划设计总院, 北京 100011)

〔摘要〕 阐述了河道生态修复工程的组成,包括计划编制、计划实施、效果评估、适应管理和成果宣传等5个相互联系的部分,并参考美国环保局总结的生态修复经验,比较详细地论述了包括河道在内的生态修复的指导原则。

〔关键词〕 生态修复,河道,指导原则

〔中图分类号〕 TV85

〔文献标识码〕 A

〔文章编号〕 1000-7857(2005)07-0067-04

## Components of Stream Corridor Ecological Restoration Project and Ecological Restoration Principles

CAO Jian-ting

(General Institute of Water Resources and Hydropower Planning and Design, MWR, Beijing 100011, China)

**Abstract:** The five components of a stream corridor ecological restoration project, including planning, implementation, performance assessment, adaptive management, and product dissemination, were introduced. Based on the summary of experiences by United States Environment Protection Agency, the principles for the ecological restoration including stream corridor, were explained in detail.

**Key Words:** ecological restoration, stream corridor, governing principles

**CLC Number:** TV85

**Document Code:** A

**Article ID:** 1000-7857(2005)07-0067-04

河道是包括土地、植物、动物、水体的复杂的生态系统,具有调节径流、调蓄水量、去除水中有害物质、提供水生和陆生动物栖息地等一系列的生态功能,有着明显不同于其两侧地带土壤和植被的特征,支持着较高水平的物种多样性、种群密度和生物生产率。

河流本身和河道的变化与其周围生态系统相一致,同

时又依其周围生态系统的变化作相应调整。河道系统的功能通常处于流量、沉积物、温度等其它因素决定的动态均衡状态,当这些因素受到自然与人为扰动的影响,且扰动超过一定的范围时,这种动态均衡就可能被破坏,从而导致生态系统的调整,通常引起与社会需求的冲突。在有些情况下,新的动态均衡最后得以形成,但这一过程通常需要很长的

收稿日期:2005-01-20

作者简介:曹建廷,男;北京市六铺炕中街3号水利部水利水电规划设计总院水战略研究部,高级工程师,研究方向为水资源战略研究;E-mail: caojianting@giwp.org.cn

供养的五保户;对于电视机、收录机、洗衣机、电冰箱等家电类捐赠物资,只能发给灾区光荣院、敬老院和社会福利院,绝不允许发给个人。通过引入专业社会团体或第三方物流企业,根据物资供应和灾民实际需要,分级分类进行物资的合理发放,一方面可以提高救灾物资发放效率,满足灾民需求,提高救灾效果;另一方面也可以有效避免救灾物资发放过程中的人为不公及腐败现象。同时也可以减轻政府负担,实现指挥管理与物流分离,使政府更早地将工作重点转向生产恢复和生活重建的组织管理。

### 5 结论

在参考国外救灾物流体系的基础上,借鉴现代企业物流运作经验,设计了适合我国国情的救灾物流体系。重点研究了救灾物资供给、物流中心运作和发放环节的整合,以满足未来重大灾害发生时的救灾物资供应需要,提高救灾效益。救灾物流系统设计涉及到许多方面,重大灾害发生时的区域物资收集中心、配送中心等救灾物流中心的作业能力大小和运输车队的组织等问题,仍需做进一步深入研究。

### 参考文献(References)

- [1] Federal Emergency Management Agency, Incident Command System[R]. 1998
- [2] 国际交通安全协会. 阪神淡路大地震的实况调查——灾害时的道路交通管理之研究[R]. 1998-05
- [3] 刘长斗,刘辉. 树立大民政大救援思想增强灾害紧急救助能力[EB/OL]. <http://report.drc.gov.cn>
- [4] 民政部. 救灾捐赠管理暂行办法 [EB/OL]. <http://www.mca.gov.cn>
- [5] 皱铭,李保俊,等. 中国救灾物资代储点优化布局研究[J]. 自然灾害学报, 2003, (8): 135~139
- [6] 高建国,肖兰喜. 2003年中国地震救灾评价[J]. 国际地震动态, 2004, (2): 1~4
- [7] Ballou R H. Business Logistics Management [M]. Prentice Hall, 1998
- [8] 青海省政府. 青海省救灾物资管理办法[EB/OL]. [http://www.qhmqz.gov.cn/qinghai\\_mz/flfg/flfg\\_files/flg\\_b970714\\_01.htm](http://www.qhmqz.gov.cn/qinghai_mz/flfg/flfg_files/flg_b970714_01.htm)

(责任编辑 李慧政)

时间,同时生态系统的特征变化可能很大。

在过去特别是近几十年,人类活动引起了世界范围内河道系统动态均衡的变化。人类通过控制、改变河道系统,以实现包括生活供水、工业供水、农田灌溉、水电、水运、废物处理、采矿、防洪、休闲娱乐、保护鱼类与野生动物群落等一系列的目的。人口的增加和工业、商业、居民区的发展加重了对河道系统的需求。这些因素的累积效应不但引起河道本身的巨大变化,同时也引起河道生态系统的巨大变化,包括河道水质变化、蓄水量降低、鱼类和野生动物栖息地的丧失、美学和旅游价值的损坏甚至丧失等。

随着可持续发展意识的增强,包括河道在内的生态系统修复问题,受到世界范围内科技、环保等社会各界的普遍关注。我国水利部门为挽救生态敏感区的河道、湿地等生态系统,近年来对塔里木河、黑河、白洋淀等实施了应急生态输水,取得了良好的社会效益和生态效益。

## 1 河道生态修复的涵义

河道生态修复是使河道生态系统恢复到与未被破坏前近似的状态,且能够自我维持动态均衡的复杂过程。人类对河道生态修复开始于认识到某些自然或人类的扰动破坏了生态系统的结构和功能,阻碍了生态系统恢复到原来状态。生态系统的修复需要对河道生态系统的结构、功能,以及影响生态系统结构、功能的物理过程、化学过程和生物特征有充分的认识<sup>[1]</sup>。实施河道生态修复的第一步,也是最重要的一步,就是停止引起生态系统恶化或阻碍其自我恢复的人类扰动活动。生态恢复的行动包括被动修复和主动修复。被动修复是指去掉或减缓长期的人类扰动活动,利用生态系统的自我修复功能,恢复到原来的状态结构和功能;主动修复则是指人类通过安装相关设施等工程措施来修复河道结构,从而使河道恢复生态系统结构和功能。

## 2 河道生态修复工程的组成

参考国际上生态修复的系统方法<sup>[2]</sup>,河道生态系统修复工程包括计划(规划)编制、计划实施、效果评估、适应管理和成果宣传等 5 个相互联系的主要部分(见图 1)。在计划编制的初期,随着新信息的加入到概念模型,计划得到相应的修改;



图 1 河道生态修复的 5 个组成部分

### 2.1 计划(规划)编制

包括确定生态修复的目的和目标、制定工程的实施标准。在设定目标和实施标准时,应该考虑包括时间尺度、空间尺度、结构条件、功能条件、自我维持能力、对外来胁迫的

潜在弹性回复能力等因素。被修复系统的类型确定、修复地点的选择,需考虑其在被扰动前的条件、被扰动的程度以及现在的生态条件等因素。确定修复程度、设计工程方案、成本预算、时间进度安排等都是计划编制阶段的工作。河道修复涉及的有关各方人员代表应该参与修复工程计划的制定工作。图 2 是生态修复计划的制定流程。

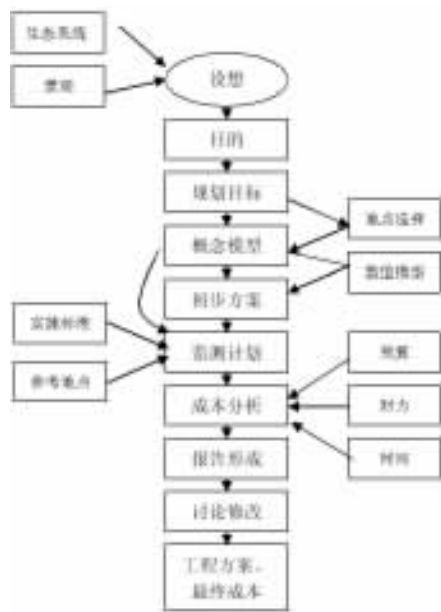


图 2 河道生态修复工程计划制定过程

### 2.2 工程实施

对此应从一些必要的评价开始,如对修复地点的污染状况评价,尽管这些工作也可能在规划阶段已经开始。为避免建设中的常见错误发生,工程建设实施过程中,应该由充分理解修复工程目标的人员进行监测。工程师和承包人在建设过程中,对目标的实现起着关键作用。工程建设过程中各工程建设部分人员的信息交流很重要,这有助于及时对修复目标和执行标准进行必要的修改。

### 2.3 效果评估

监测工作根据监测到的参数和效果评估的标准,提供关于系统修复直接的反馈信息。每个监测参数均必须来自于野外采样。在修复工程地点附近选择合适的参考地点或控制地点,对分析监测资料、确定修复工程的发展趋势非常重要。

### 2.4 适应管理

通过监测工作评价修复工程成功与否、找出存在的影 响修复目标实现的问题,从而做出相应调整。一般情况下修复工程的目标一旦确定,就不要改变;但当监测程序提供的信息显示与预测的生态系统发展轨迹相偏离时,就应该或必须对修复工程进行调整。这种适应管理已在许多大型的修复项目上得到应用。

### 2.5 成果宣传

有关修复工程的信息尽可能地得到广泛传播非常重要,然而许多时候人们忽视了对修复过程的记录。修复工程的各个阶段都应有记录,这将显示决策行动的效应,有利于实现修复目标。这样的信息有助于修复工程成本最小化和成功概率最大化。

### 3 生态修复的指导原则

发达国家,尤其是美国,在生态修复方面积累了许多经验和教训。为有效地提高修复效率和效益,美国湿地、海洋和流域办公室的流域生态技术工作组总结了生态修复的指导原则<sup>[3]</sup>。这些原则包括水生态修复工程的各个阶段,从早期的规划到工程后的监测,对许多生态修复工程的成功曾起到了非常重要的作用。下面结合我国生态修复的实际,对这些原则作些简要的介绍。

#### 3.1 保存和保护生态系统

现存的相对稳定的生态系统是保护生物多样性、为受损的生态恢复提供生物或其它自然资源的重要物质基础。首先要强调生态修复不能替代对生态系统的保存和保护;其次,生态修复是一个补充活动,只有与生态保护相结合,才能更有助于从整体上较大幅度地提高整个国家的水体质量。对需要修复的水体,首要的目标是防止其进一步恶化。

#### 3.2 修复生态的完整性

修复应最大可能地重建退化生态系统的完整性。生态系统的完整性是指生态系统的综合条件,特别是结构、组成、生物群落与其环境相适应的自然过程。具有完整性的生态系统是一个具有自我调节和自我维持的功能,能够在一定范围内适应外在胁迫和变化,其主要的生态过程,如营养循环、植物演替、水位和流态、沉积物侵蚀和沉积等是在一定的范围内变化的。在生物方面,生态系统的植物和动物群落是本地区的天然群落;在结构方面,生态系统的自然特征,如河道的尺度是动态稳定的。在流域内现有的条件下,应通过有助于自然过程的设计,尽最大可能使生态修复在生态完整性的方面得到最大程度的提高。

#### 3.3 修复生态系统的自然结构

需要修复的生态系统的许多问题来自于不利的河道形态或其它物理特征的改变,这些改变导致环境的退化和河水水文情势、淤积状况的变化。河流管道化、湿地挖渠排水、相邻生态系统的联系中断、海岸线的改变,都是典型的结构变化,都需要在生态恢复工程中予以特别强调。在这些情况下,恢复到接近原来的形态和自然特征是实现其它生态修复目的的关键,如提高水质、恢复天然植物群落等。

#### 3.4 修复生态系统的自然功能

在河道、湖泊、湿地、河口和其它水生生态系统,系统的结构和功能是紧密联系的,重建适当的结构能恢复其有效的功能。例如,被疏干湿地水位的恢复是重建湿地水文情势、自然扰动循环和营养通量的重要因素。为使修复工程的生态效益、社会效益最大化,在生态修复过程中,必须确定保留什么功能、什么功能需要改变或降低。所设计系统的功能是否得到了修复,是修复工程成功与否的一个重要标志,也是一种检验的方法。

#### 3.5 在流域或更广阔的景观背景下开展修复工作

修复设计不能仅基于受损害、退化最严重的水体本身,应该基于整个流域。流域内的活动可能对正在进行修复的水生系统有负面效应。一个局部的修复工程不可能改变整个流域的活动,但可通过设计使水生系统较好地适应流域内的变化。例如,流域内的城市化可增加径流量、增加河流下切和岸坡侵蚀以及污染负荷,修复计划者就不但应考虑修复工程的既定效应,还应考虑承受或有助于补救相邻土地利用的变化对径流量和污染负荷的影响。在选择湿地修

复地点时,设计者应进一步考虑流域的相关效应,如增强水岸边生境的连续性,减少洪灾或提高下游水质等效益。在流域之外,更广阔的景观背景也会影响修复工程,如与相邻流域陆地群落的相互作用、其它地区空气污染物沉降等因素。

#### 3.6 理解流域的自然潜力

一个流域具有包括气候、地质、水文和生物等特征的独有的物理和生物条件。确定修复目标需要在生态退化之前,并且应具备将来这些条件可能的变化范围的知识,以确定在制定生态修复计划时应考虑到的流域内一切不可逆的变化,因这些变化可能影响生态恢复;同时应注意重点恢复其现存的自然潜力。

#### 3.7 去除和减缓现存的引起退化的源

如果引起生态退化的源仍存在,修复的努力很可能无效。因此,确定生态退化的原因,尽可能地去除或减缓这些胁迫,对生态修复非常重要。退化可能是一个直接的原因造成的,如湿地的疏干。但大多数退化是许多间接影响的累积效应,如由于流域内不透水地面面积的逐渐增大,引起地表流量的变化。在确定退化源时,应注重修复地上游地区的累积效应、被修复地当地的直接原因。在一些地区,还必须考虑下游地区的改变,如建坝、河流管道化。

#### 3.8 确立清晰、易度量的修复目标

要用目标指导修复工程的实施,并提供度量成功与否的标准。简单的概念模型在确定存在问题、解决方案、制定战略和目标等方面非常有用。修复工作前应评价不同的可选择方案,以找到最适合实现修复目标的方案。确定的目标应是该地区在现有的自然潜力、可能得到的资源及各方支持条件下,能够达到生态的目标。所有受到生态修复影响的各团体应该清楚地理解每个生态修复项目的目标,以避免后来的误解。明确的目标决定了修复的重点,可以提高修复工程的效率。

#### 3.9 注重修复工程的可行性

尤其是规划阶段,应充分考虑到科学技术、财力、社会等各方面的因素,注重所提出的修复工程的可行性。要保证工程长期实施所需要的群体的支持,生态修复的可行性研究就非常重要。例如,生态退化前的水文情势若不能重新建立,湿地修复工程就不可能取得成功。

#### 3.10 利用参考地点

参考地点是指生态系统的结构和功能与被修复地点在退化之前的生态系统结构和功能相似的地点。参考地点可以作为修复工程的模板,同时也可作为衡量工程进展的准绳。这也使利用被改变或破坏地点的历史信息成为可能。确定现存的相对健康的、相似的地点对生态修复工程的指导非常有用,但同时必须清醒认识到,每个修复项目各有其独一无二的生态状况,没有两个水生生态系统是真正一样的。因此,应结合具体的环境条件制定修复项目,并有必要说明其与参考地点的不同之处。

#### 3.11 预测将来的变化

自然环境和人类活动都是动态的。尽管不可能对将来有精确的预测,但对于许多可预见的生态的、社会的变化等因素,在生态修复设计中,都应该得到充分的考虑。例如在河道修复中,考虑到由于上游地区发展和透水地面增加引起的径流量变化非常重要。除由于流域内土地利用变化引起潜在的变化外,植物群落的演替等自然变化同样影响生

态修复。例如,当评价河流修复工程收益时,长期的工程建设后的监测应当考虑河流廊道内植物的演替过程。

### 3.12 组成有技术和经验的多学科的技术工作组

生态修复涉及到生态学、水生物学、水文学、水动力学、地貌学、工程规划、信息和社会学等多个学科。在资源允许的范围内,修复工程的规划和实施应包括特定工程所需要的各学科的有经验的专家。大学、政府机构、学术团体可能提供有益的信息和意见,有助于修复工程建立在信息较充分的科学基础之上。对于比较复杂的修复工程需要有效的组织和领导,使不同学科、不同观点和不同风格的技术人员组合成有效的工作组。

### 3.13 设计成具有自我维持能力的生态系统

保持生态恢复长期自我维持能力的方法,是将其设计成完工后所需要维持能力最低水平的状况,例如使所需要的人工水源、植被管理、修复,由于水事件造成的损失等最小化。较高维护费用的修复方法不仅会增大生态修复的成本,而且使生态修复依赖于不是总能得到的人力、物力资源。此外,限制生态修复工程后的较高维持水平、设计成自我维持的系统,有助于生态的完整性,而完整的生态系统更有能力适应外部变化。

### 3.14 在适当条件下,利用被动修复方法

在采取主动修复生态行动之前,应确定被动修复能否使该地生态系统自然地重建。许多情况下,我们需要水体尽可能地迅速恢复,但也有些情况不是那么迫切,条件许可的话可采用被动修复方法。如对一些河道,被动修复就能够重建稳定的河道、漫滩和河岸植被,提高河道内的生物栖息条件,而不需要特殊的主动修复工程。对于由于排水或其它自然的水文状况改变的湿地的修复,先恢复其原来的水文状况,假以时日,就可以恢复其自然的植物群落及相应的生态价值。值得注意的是,必须分析待修复地点的自然过程和时间是否满足修复的目标需求。

### 3.15 利用当地物种,避免用非当地物种进行修复

外来物种的引入可能对当地生态系统带来损害,许多引入(侵入)的物种因缺少自然的控制,比当地的物种更具竞争力,成为优势种。在修复过程中,若为短期利益引进外来物种,一旦建立起来并进一步扩张,就要损害已修复的成果,并引起其它问题。因此,在修复工程中,应避免利用非本地物种。在生态脆弱区更应特别注意防止无意中引入外来物种情况的发生。在一些情况下,生态修复的初期目标就是去除外来物种。

### 3.16 尽可能应用生物工程技术

生物工程是利用有生命的动植物和其它非生命物质产生具有一定功能系统的工程,以防止侵蚀、控制沉积和其它污染物,提供生物栖息地。生物工程技术应用在防止土壤侵蚀、固定岸坡和减缓洪水、污水处理等方面都经常取得成功。特殊的生物工程包括建立湿地系统处理污水、恢复河岸边植被以建立缓冲带、提高对入河水流污染物的自然降解能力。

### 3.17 加强监测、注意调整,以适应变化

每个流域的特征、胁迫源、修复技术等各方面是不完全相同的,生态修复过程也不可能完全与原先的计划(规划)相同。由于流域的变化和许多新信息的加入,一般应适当地调整修复工程,以提高工程效益。在工程建设前、建设中的监测工作很重要,可以确定目标是否实现及实现程度。工程建设后的监测有助于确定是否需要进一步的工作和调整,为将来的修复工作提供有益的信息。监测和调整的过程就是所谓的适应管理。监测工作应建立在成本和技术切实可行的基础上,应该为修复工程目标提供有关的信息。

## 4 结论

由于生态退化的原因复杂,生态退化的修复是一个复杂的系统工程。河道生态修复工程包括计划编制、计划实施、效果评估、适应管理和成果宣传 5 个相互联系的组成部分。在生态修复过程中,首先应去除破坏生态的扰动源,其次在强调因地制宜的同时,应注意吸收其它国家或地区的成功经验和失败教训,包括保存和保护生态系统、修复生态系统的自然结构、修复生态系统的自然功能等诸方面。

## 参考文献(References)

- [1] The Federal Interagency Stream Restoration Working Group. Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices [R]. GPO Item No. 0120-A. 2001
- [2] Diefenderfer H L, Thom R M., Adkins J E. Systematic Approach to Coastal Ecosystem Restoration [R]. Battelle, Pacific Northwest Division of Battelle Memorial Institute, 2003
- [3] United States Environmental Protection Agency (USEPA). Principles for the Ecological Restoration of Aquatic Resources [R]. EPA841-F-00-003. Office of Water (4501F), USEPA, Washington, DC. 2000

(责任编辑 李慧政)

·读者·作者·编者·

## 张光斗院士致我刊的商榷函

《科技导报》编辑同志:

读贵刊 2005 年第 6 期国家自然科学基金委员会陈宜瑜主任写的卷首寄语文章“明确国家科学基金战略定位,大力提高我国科技自主创新能力”,特提出如下商榷意见。

国家自然科学基金是支持基础科学和应用技术科学研究的。科学研究的目的主要是发现自然规律,它是技术开发的理论基础,十分重要;但是,科学研究只能发现自然规律,是不能创新的。

技术开发必须把科技成果转化为生产力,才能实现技术创新。技术开发要以企业为技术创新的主体,把科技成果转化为生产力。这不但需要大量资金,且有风险,这不是国家自然科学基金委员会能够承担的。

我国的企业主要依靠引进科技和生产线,利用我国廉价资源、土地和劳动力生产产品而赢利。因此,我国自主的技术和生产力创新较少,而

且也不重视对引进的科技和生产线消化、吸收和创新,因为这也需要大量资金。

要实现自主的科技和生产力创新、进行技术开发,就必须以企业为主体。但目前企业是无此能力的。因此,国家应大力给予资金资助,把科技成果转化成为生产力,形成产业,让企业赢利以后再来偿还贷款,回报国家。所以,国家自然科学基金委员会是难以支持自主技术和生产力创新的。

以上认识是否妥当,请指正。

此致

敬礼!

清华大学 张光斗  
2005 年 6 月 13 日