

上海市水利管理处

Shanghai Water Conservancy Management

水利科技

- 水利科研
- 科技动态
- 论文集萃

信息搜索

河流生态修复工程的评估准则

【摘要】 本文讨论了建立河流生态修复工程评估准则的必要性，建议了涉及生态状况、水利功能、管理机制和监测评估等方面的7项综合评估准则。

【关键词】 河流 生态修复 恢复力 干扰 公众参与 监测 评估

河流生态修复已成为一个世界性的新兴产业(NRC 1996; Holmes 1998; Henry, Amoros & Roset 2002; Ormerod 2003)。根据2004年的统计,在美国用于河流生态修复工程项目的经费已达数十亿美元(Palmer et al. 2004; Malakoff 2004)。欧盟的欧洲生命计划(EU-life)中,重要内容之一是河流生态修复。

当前,我国的河流生态修复正处于起步阶段。一些地区结合河流整治和城市水利建设,开展了河流生态修复示范工程建设。在我国河流生态修复工程一般与河流整治工程相结合,即与防洪、排水、疏浚、供水、城市景观等工程相结合。这类工程的成本分析往往是经济可行的。这类工程既具备特定的水利功能可以满足经济社会的需求,同时也兼顾河流生态系统健康和可持续性的需求,实现水利功能与生态修复功能的统一。

我国的河流生态修复工作刚刚起步,对于河流生态修复的目标和任务的理解以及对于河流生态修复工程成功与否的判断,从理论到实践上都存在着不同认识。比如“水清、岸绿”、“清水河道”、“园林水景”和“人文历史河流”等目标是不是就是河流生态修复的目标?在一些地方投资建设的“生态河道”实际上是高度人工渠道化的河道,导致河流生物栖息地的质量进一步下降。一些城市“生态河流”建设项目,多注重园林景观以及人文历史遗迹的恢复等,力图创造更优美的人居环境,尽管这种工程理念比建设传统的单纯功能型水利工程是一个进步,但是不能认为这些建设项目是河流生态修复项目,原因是这些项目没有把提高生物栖息地质量和生物群落多样性作为建设的主要目标。

从世界范围看,河流生态修复工程也是一项新兴的工程领域。需要界定什么是河流生态修复工程,也需要制定河流生态修复成功与否的判别准则。由于缺乏这类准则,在很多河流生态修复工程的投资和执行中缺乏相应的评估措施,因此很难对恢复效果进行有效的监测、评估。再者,随着科技进步,各类生态修复技术层出不穷,但是目前对于这些技术实施效果缺乏有效的评价,从而使生态恢复工程陷于更加盲目的境地。一些学者强烈呼吁制定必要的标准或准则,开展生态恢复工程评价(Hobbs & Harris, 2001; Lake, 2001)。我国河流生态修复建设刚刚起步,有必要借鉴发达国家的经验,着手建立适应我国国情的河流生态修复综合评估准则,以此指导河流生态修复的规划、设计、施工和管理,为今后制定我国的河流生态修复技术标准和指标体系奠定基础。

本文归纳总结以下7条原则,涉及生态状况、水利功能、管理机制和监测评估等方面,建议作为河流生态修复工程评估准则。

1. 河流生态修复目标明确

河流生态修复工程项目首先应当明确生态修复目标,该目标应能充分反映一个给定河段将可能出现的、生态健康的动态的河流状态。这里所说的“动态”是强调目标状态不是一种完全确定的状态,这是因为在河流演进过程中,存在着一系列不可逆转因素的影响,这包括流域水文和地貌特征变化,永久性水利工程对河漫滩、河岸的改变,或无法去除的外来物种等。这种目标状态往往也不是某一种历史状态。这是因为如果试图恢复到某一种历史状态是无法实现的,这不仅仅是由于缺乏历史资料数据,难以建立可信的历史状态模型,更主要是因为河流生态系统始终处于动态的演进过程中,而这种演进过程是不可逆的。务实的思维模式是把河流生态修复目标定位在一个适合本区域条件、退化程度最小、最适宜的动态生态系统。在这样一个动态生态系统中,生物的多度和组成将随时间和空间而变化,河道的形态和结构也将随区域自然水情特征的变化而发生改变。这种河流生态系统对外部干扰具有一定的恢复力。由于每一条河流都具有其个性,在区域地质、气候、植被、土地利用状况和物种分布等方面的存在着差异,因此不存在全球适用的生态修复目标。

对于历史资料的分析有助于生态修复目标定位。首先,可利用诸如航拍照片、地图、地面照片以及土地和生物调查记录等历史资料来确定先期条件,提供有关河道和生物变化的背景资料。应用这些历史资料并不是为了创造一个历史上的状态,而是为了更清楚地认识历史上河流因自然和人类双重干扰所产生的变化,掌握资源开发状况和已经发生的不可逆转的变化。

可利用相对未受干扰或已经恢复的参照河段来帮助制定恢复目标(Rheinhardt et al. 1999),特别是在缺乏历史资料的情况下,这一方法更为有效。这种以空间置换时间的做法(space-for-time substitutions),认为参考河段代表了受干扰较小的河流状态和生物组成。在选择参照河流时,需要对不同河道区域在地质、气候、流域中的位置、河流地貌、水文和动物地理条件等方面的差异予以充分考虑。例如,低地河段由于土地利用方式变化而受到干扰,若将参照河段选在坡降相对较陡的上游,那么其参考价值就很低。与之类似,要确定一个具体流域可能恢复的鱼种,必须对该流域鱼种沿河分布的历史情况有一定的了解(Strange, 1999)。对于大型河流,要找到适宜的参考河段是非常困难的。在一些情况下,宁可把严重退化的河流作为参照河流,以避免类似恶化的状态的再次发生,这样也许更有实用意义。

利用一些经验模型进行分析或推理,也可以指导河流生态修复工程的设计。例如河流泥沙输移函数和河道、泥沙与水力学变量之间

的经验关系可用于确定泥沙和流量关系，并可评价一项具体恢复措施是否与当地条件相适应。栖息地条件和生物恢复曲线之间的经验关系可用于帮助选择和安置河道内的小型结构(Geist & Dauble 1998)。在缺乏参照条件或河道冲淤不平衡的情况下，这一方法可能非常有效。

在北美和欧洲，河流分类方法被用于制定河流生态修复目标。目前世界上约有40多个基于地貌特征的河流分类方法，其分类依据主要是河道形态、纵比降、河床材料粒径及含沙量等要素。从目前应用情况看，能反应地域特点的分类系统对河流生态修复具有一定的指导作用(Kondolf et al. 2003)，可以用来勾画未来的恢复情景。但试图应用一种河流分类来指导各种环境条件下的河流生态修复也是不适宜的，在美国已经有这方面失败的教训，其主要原因在于对所研究河流的特殊演变过程和历史未能很好地把握。

对于小型河流，许多情况下应用一般常识就可以确定河流生态修复目标，并不需要更多专业知识。恢复工程并不一定要应用复杂和费用很高的设计。例如，对缺少河岸带植被的小流域，可以简单地应用再植被措施。而对某些乡村小型河流，控制生活污水以及加强对垃圾、家畜粪便处理，都可以促进河流生态修复。

2. 保持河流的传统水利功能

河流生态修复并不是使河流系统完全恢复到历史上未受人类干扰的状态，必须承认人类合理开发河流的现实，河流要发挥防洪、供水、灌溉、发电、航运、旅游等传统水利功能，应在开发利用水资源与保护河流生态系统之间找到相对平衡点。诸如“工作的健康的河流”概念，就是一个河流管理领域的新概念，其核心是河流的管理必须在为人类社会服务与河流健康之间保持折中调和并维持可持续性。在河流生态修复工程中同样需要调和二者的矛盾。比如河势摆动有利营养物质的迁移扩散，为生物群落生存繁衍提供了机会，但在一般情况下，为了防洪安全还是把河势的相对稳定作为河流生态修复设计的一项重要内容。在岸坡防护设计中，为了增加栖息地的多样性，在保持岸坡稳定的前提下应尽量采用可以种植植物的岸坡防护结构。在河流堤防的规划或改建中，要尽可能展宽堤防间距或采取堤防后退的工程措施，保持适当宽度的河漫滩，为洪水留有一定的空间，增强河流侧向的连通性，为鱼类和两栖动物提供避难所和栖息地。这不仅有利于防洪安全，而且有利于河流生态系统的恢复。要摒弃通过缩窄河道和加高堤防而最大限度地利用土地的传统思路，但是也不能为了恢复河流的连通性而全面拆除堤防。为防洪、发电、灌溉等多种目的需要建设大坝，但是需要采取生态补偿措施。比如在有鱼类洄游的河流设置鱼道，或通过调节大坝泄流和电站运行模式，部分恢复河流自然水文过程。总之，无论是工程规划设计还是运行管理，都需兼顾人类需求和自然生态系统需求。

3. 河流生态状况的改善

当前我国河流整治工程中需要解决的主要问题是人工渠道化问题(董哲仁, 2003)。河流生态修复工程的重要任务之一，就是提高河流生境的异质性，包括恢复河流纵向的蜿蜒性；河流横断面形状的多样性；护岸材料的透水性和多孔性等。形成急流与缓流相间，深潭与浅滩交错的丰富多样的生物栖息地。河流生态修复的重点应该是恢复自然河流的地貌学特征，为生物群落多样性的恢复创造条件。

成功的河流生态修复应使河流物理化学特征和生物构成发生明显变化，并朝着所设想的目标发展。一个已消失的鱼类种群的恢复、河水透明度和水质的改善、以及随着堤防工程的后退所产生的河漫滩季节性淹没，都是生态状况改善或生态修复的具体体现。

这类目标的实现可能需要一定的时间，而且不同生态构成因对干扰的反应不同，其恢复的轨迹和速度也有所差别。因为自然系统本质上是易变的，所以可变性的增加也可能是河流生态修复成功的标志。为了对河流生态状况的改善进行评价，需要将其与河流生态修复前的状况、未受干扰河流或退化相对较轻河流的生态状况进行对比，并对其生态构成可变性进行评价。

生态恢复工程的进展受到众多因素的制约，其中一些是非生态因素(如已建工程的限制，各利益相关者的需求和价值取向，资金情况等)。因为河流恢复工程往往是在某一河段上进行的，因此需要考虑空间尺度问题。因为在流域尺度下存在更多约束条件，包括挡水建筑物(持续干扰)影响，水文条件的人工调节，泥沙输移等间歇性事件(脉冲干扰)。应当对尺度和约束有一个明确认识，以便确定恢复措施的优先顺序，并在流域尺度下进行总体协调。如在流域范围内有一个统筹规划，通过不同河段恢复措施的逐步实施，其总体恢复效果将会最终体现出来，会使生态系统朝着有利的方向发展。当某一项工程属于大型恢复计划的一部分时，需要在大幅度下对其效果进行评估，特别是它对其它工程的影响。

在明确众多约束的基础上，可以认为如工程能在生态因素和非生态因素方面朝着恢复目标发展便是成功的。问题在于与恢复措施有关的多大程度的改善才算是充分的，其答案在于恢复工程的目标能否兼顾。恢复工程的成功还隐含着适应性管理过程，需要根据监测结果不断调整恢复方案和具体措施。因此，河流生态修复工程的成功只是朝着广义的生态和社会目标逐步进展的一个标志，不应将其作为最终目标。

4. 河流生态系统恢复力的增强

如果说上述河流生态状况明显改善是指河流生态系统现状的话，那么河流生态系统恢复力的增强是指生态系统未来的可持续性，表明该系统动态的良性发展趋势。

成功的河流生态修复工程与恢复前状况相比，河流生态系统的自身可持续性应有较大的提高。生态修复所实现的水文、地貌和生物条件改善应使河流生态系统成为一个有恢复力的自身可持续的系统，具有从快速的变化和胁迫的影响中恢复的能力(Holling 1973; Walker et al. 2002)。所谓恢复力是指在胁迫条件下能承受各种变化而不丧失功能和基本特性的能力，同时也包含通过自我恢复以便获得再生和重组的能力。如果说恢复力是外界胁迫力的缓冲器，那么这种缓冲器是通过生物多样性而发挥作用的。生物多样性对于增强系统的恢复力至关重要，生物多样性一旦丧失，就会降低生态系统应对各种变化的适应力，从而使自身的结构和功能受到威胁。

为增强河流生态系统的恢复力，在河流的管理中有必要模拟自然河流的某些过程，比如自然河流的水文过程，河道的动态稳定，汛期主流与河漫滩的连通，营养物质的迁移转化过程以及相应的生物扩散迁徙过程。

5. 施工过程中生态干扰最小化

生态修复工程施工对于生态系统是一种干扰，因此要保证在施工过程中对于河流生态系统的冲击降低到最低程度，起码要确保对生态系统不会造成不可挽回的损害。

加强施工中的弃土弃渣管理，防止弃入河道改变河流的河势。对于表土要加倍爱惜，施工中要妥为存放，施工末尾回填表面。因为表土是用食物网连接起来的生态系统金字塔的基础，它是植被生长的基础，又是含有大量种子和孢子的种子库，它还包含有数目巨大的微生物起分解作用。对于河湖疏浚的淤积物的处理堆放方案，应在化学成分分析的基础上采取适当的生态处理措施以防止二次污染。施工过程中要保护好乡土种植物，防止简单清除的做法。要合理安排工期，防止对于动植物生长产生干扰，特别是河道施工要避开鱼类产卵期。

6. 社会公众参机制与多部门、跨学科合作机制的建立

河流生态修复工程的建设需要获得大多数各利益相关者的支持，否则难以成功。生态修复工程项目的规划设计过程也是对于相关各方利益的协调过程，力图在开发与保护、当前利益与长远利益、上下游和左右岸的各种利益之间取得妥协。河流生态修复工程与当地居民切身利益息息相关，工程又涉及多部门业务，因此有必要建立工程项目的公众参与机制和多部门合作机制。河流生态修复工程涉及众多学科，包括水利、生态、生物、环境、地理、水文等，因此需要建立跨学科的技术合作机制。

工程项目应具有面向社会的透明度，广泛征求各利益相关者的意见，包括相关政府部门、相关行业、科技界和当地居民。社会公众参与应贯彻到工程全过程，包括规划设计、施工和评估各个环节。规划设计过程中应广泛汲取合理意见，协调各方利益。不同学科的专家关注的重点各异。工程师关心工程的水利功能和安全性，生态学家强调生态系统的价值及其保护，经济学家关心生态建设项目投资的效益，社会学家更关心移民及工程对于文化、传统、宗教的影响。因此需要加强跨学科专家的合作，以取得更为全面、科学的工程方案。

7. 生态监测系统的建立和动态评估的开展

生态监测系统是开展河流生态动态评估的基础。在工程的勘查阶段，就应该着手建立完善的生态监测系统，包括生物、水文、水质监测系统并开展长期监测，以收集长时间序列的信息。依靠完整的历史资料和监测数据，进行项目跟踪评估。监测系统的繁简程度取决于项目的规模和重要性，具体技术从简单的现场观测记录和拍照到复杂的监测网络的建立包括应用地理信息系统（GIS）、遥感技术和信息技术，需要因地制宜地确定。工程管理单位应确保生态监测和评估资料的完整性，建立生态修复工程档案。

在河流生态恢复工程项目执行后，就开始了自然生态演替的动态过程。这个过程并不一定按照设计预期的目标发展，可能出现多种可能性。同时，意识到生态系统和社会系统都不是静止的，在时间与空间上常具有不确定性。除了自然系统的演替以外，人类活动干扰也导致了生态系统的调整。这种不确定性使生态水利工程设计不同于传统工程的确定性设计方法，而是一种反馈调整式的设计方法。是按照“设计—执行（包括管理）—监测—评估—调整”这样一种流程以反复循环的方式进行的。评估的结果不外乎有几种可能：1）生态系统大体按照预定目标演进，不需要设计变更；2）需要局部调整设计，适应新的状况；3）原来制定的目标需要重大调整，相应进行设计。

以上建议的7项原则是评估一项河流生态修复工程成功与否的准则，在实际操作中需要建立相应的指标体系。至于指标的选择以及指标体系的建立，也是当前关注的研究热点（Dale & Beyeler 2001；董哲仁，2005）。

参考文献

- 董哲仁 河流形态多样性与生物群落多样性，水利学报，2003年第11期
董哲仁 试论生态水利工程的设计原则，水利学报，2004年第10期
董哲仁 河流健康的内涵，中国水利，2005年第4期
董哲仁 河流健康评估的原则和方法，中国水利，2005年第10期
- Dale, V.H. & Beyeler, S.C. (2001) Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators*, 1, 3?C10.
- Geist, D.R. & Dauble, D.D. (1998) Redd site selection and spawning habitat use by fall Chinook salmon: the importance of geomorphic features in large rivers. *Environmental Management*, 22, 655?C669.
- Henry, C.P., Amoros, C. & Roset, N. (2002) Restoration ecology of riverine wetlands: a 5 year post-operation survey on the Rhône River, France. *Ecological Engineering*, 18, 543?C554.
- Hobbs, R.J. & Harris, J.A. (2001) Restoration ecology: repairing the Earth's ecosystems in the new millennium. *Restoration Ecology*, 9, 239?C246
- Holmes, N.T.H. (1998) A Review of River Rehabilitation in the UK, 1990?C1996. Technical Report W175. Environment Agency, Bristol, UK.
- Holling, C.S. (1973) Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4, 1?C23.
- Kondolf, G.M., et al. (2003) Geomorphic classification of rivers and streams. *Tools in Fluvial Geomorphology* (eds G.M. Kondolf & H. Piégay), pp. 171 ?C204. John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- Lake, P.S. (2001) On the maturing of restoration: linking ecological research and restoration. *Ecological Management and Restoration*, 2, 110?C115.
- Leopold, A. (1948) *Sand County Almanac*. Oxford University Press, New York, NY. Pretty, J.L., et al. (2003) River rehabilitation and fish populations: assessing the benefits of in-stream structures. *Journal of Applied Ecology*, 40, 251?C256.

Malakoff, D. (2004) The river doctor. *Science*, 305, 937-939.

NRC (1996) *Upstream: Salmon and Society in the Pacific Northwest*, National Academy Press, Washington, DC.

Ormerod, S.J. (2003) Restoration in applied ecology: editor's introduction. *Journal of Applied Ecology*, 40, 44-50.

Palmer, M.A., et al. (2004), Ecology for a crowded planet. *Science*, 304, 1251-1252.

Palmer, M.A., et al. (2005) Standards for ecologically successful river restoration, *Journal of Applied Ecology*, 42, 208-217

Rheinhardt, R.D., et al. (1999) Application of reference data for assessing and restoring headwater ecosystems. *Restoration Ecology*, 7, 241-251.

Strange, R.M. (1999) Historical biogeography, ecology, and fish distributions: conceptual issues for establishing IBI criteria. *Assessing the Sustainability and Biological Integrity of Water Resources Using Fish Communities* (ed. T.P. Simon), pp. 65-78. CRC Press, Boca Raton, FL.

Walker, B., et al. (2002) Resilience management in social-ecological systems: a working hypothesis for a participatory approach. *Conservation Ecology*, 6, 14.

附件:

作者: 孙东亚 赵进勇 董哲仁

来源: 中国水利水电科学研究院

日期: 2006-10-17

[首 页](#) | [信息公开](#) | [行业管理](#) | [信息简报](#) | [水利科技](#) | [党的建设](#) | [便民服务](#)

上海市水利管理处

地址: 上海市南苏州路333号华隆大厦23楼 邮政编码: 200002 电话: 63216790 Email: shsl@shsl.org.cn

(建议您将电脑显示屏的分辨率调整为1024*768浏览本网站)