23 卷 6 期 729~ 735 页
2005 年 11 月

山 地 学 报
JOURNAL OF MOUNTAIN SCIENCE

Vol. 23, No. 6 pp 729~ 735
Nov., 2005

文章编号: 1008- 2786 (2005) 06- 729- 07

“近自然”生态工法理论和实践的发展与当今坡面整治技术的思考

彭 鸿[1], 张海峰[2]

(1. 陕西省水土保持局, 陕西 西安 710004; 2. 西北农林科技大学资源与环境学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 通过回顾“近自然”水土整治理论的发展历程, 介绍了生态工法的内涵及其在各个领域的应用现状。我国传统水土保持各项措施与生态工法的要求显然有一定的差距, 特别是坡面整治的措施过于人工化、单一化, 没有体现自然生态系统的“个性”, 因而是不稳定和不可持续的。实践中沿袭过去兴修水利设施和基本农田的河川沟道治理模式, 以土、石坎梯田和埂边植树代替原来坡面的自然面貌, 从治理的强度、频度和代价等方面看, 均背离了“近自然”治理的思想。生态工法的最终目的是营造一个接近自然的生态系统, 真正体现人与自然的和谐, 因而具有最大的稳定性和可持续性。如何在实践中贯穿生态工法的原则于水土整治的各项措施中, 封禁和培育并进, 营造接近自然的稳定的坡面防护体系, 是新时期水土保持工作者需要研究和探讨的前沿课题。

关键词: 生态工法; 坡面整治; 生态工程; 近自然

中图分类号: S157 文献标识码: A

早在 20 世纪初我国学者在大江大河的治理实践中已经认识到土壤侵蚀的三种主要方式, 即风力、水力、重力侵蚀, 并开始用径流小区进行土壤侵蚀的观测试验[1]。1940 年林垦设计委员会在四川成都召开第一次设计委员全体会议上确定了“水土保持”这个专用名词术语。20 世纪 60 年代后关君蔚先生提出了水土流失的概念, 认为水土流失是在陆地表面由外应力引起的水土资源和土地生产力的损失和破坏。水土保持是研究水土流失发生的原因、规律和预测、治理的基本理论, 据以组织和运用综合措施, 防治水土流失、维持和提高水土资源和土地生产力, 合理利用水土资源发展生产, 有利于改善环境条件和自然面貌的一门以综合性为其特点的应用技术科学[2]。20 世纪 80 年代后水土保持科学理论体系和技术得到进一步的发展, 成为独立的跨学科的学科[3]。应该说, 在不到百年内发展起来的水土保持科学还很年轻。

“综合防治”是水土流失治理的基本思想, 这个思路可以追溯到 20 世纪 40 年代前后。如李仪祉 (1938) 提出的“治理坡耕地、培植森林、改良盐碱荒沟荒滩”的思路和“从坡、沟、川、滩层层设防, 分层设防, 保 (就地蓄水保土)、拦 (坎库拦淤)、排 (排洪排沙)、淤 (引洪淤灌) 泥沙”的治理模式[4]。马溶之 (1946) 强调土壤、植物和工程措施三结合的治理原则, 其后耕作措施在水土流失防治的重要性也引起了重视[5,6]。因此, 工程、生物和耕作三大措施相结合, 成为了水土保持措施的核心内容。在分析了黄河中游小流域径流泥沙来源后蒋德麒 (1966) 提出了“坡沟兼治, 治坡为主”治理方针[7]。朱显谟 (1981) 通俗地概括为“全部降水就地入渗拦蓄, 米粮下川上塬, 林果下沟上岔, 草灌上坡下洼”的 28 字水土整治方略。20 世纪 80 年代后, “综合治理”的思想完善, 人们开始注意到经济效益和生态效益相结合的重要

收稿日期 (Received date): 2005- 03- 20; 改回日期 (Accepted): 2005- 06- 28。

基金项目(Foundation item): 陕西省国际科技合作项目计划 (2003KW- 03); 长江水利委员会水土保持局项目“南水北调中线水源区水土保持预防保护工程对土壤侵蚀、植被恢复和饮水质量影响的研究”(2003- 2007); 陕西省外国专家局项目“山地退化生态系统植被恢复和重建技术的引进与示范” (2002- 2003) [International Science and Technology Cooperation Plan of Shaanxi Province, Project No. 2003KW- 03; sponsored also by Department of Soil and Water Conservation of the Changjiang River Commission and by Shaanxi provincial bureau of foreign experts]

作者简介(Biography): 彭鸿 (1966-), 男, 副教授, 德国慕尼黑工业大学博士, 主要从事生态学、水土保持监测等方面的研究和管理工作。[Peng Hong (1966-), male, Ph. D., research field in forest ecology and environmental monitoring, E- mail: penghong@shaanxi.gov.cn]

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

性，提出了“山、水、田、林、草、路”的综合配置[8,9]。

沟坡是土壤侵蚀的敏感区域和泥沙的源头，因此坡面整治成为水土保持的重要部位。坡面改造为梯田（实践中简称“坡改梯”）既可减少水土流失，又可提高农业生产效益，因而是坡面整治的重要措施[10]。在生产实践中梯田曾一度被作为成功的经验，冠以“大寨田”在全国推广应用。如今“大寨田”已时过境迁，但“坡改梯”的坡面治理模式沿袭至今。在我国长江中上游水土保持重点治理区采用石坎，黄土高原地区则为土坎梯地，其中坡度较大的地段的窄条梯地占有相当的比例，先不谈其投资和产出的效果如何，单就坡面的稳定性而言，已不容乐观[11]。

直到21世纪末，水土保持从理论上基本是强调措施的综合性，但不管什么措施，均以“治理”为出发点。在人类“征服自然”的过程中不断被自然惩罚后，资源和环境危机日趋明显。进入21世纪，生态经济可持续发展的问题成为学界和决策层讨论的热点。恢复生态学理论被引入到了水土保持领域，提出按照生态系统演变的规律，来恢复和重建植被，以防治水土流失。在实践中试图通过预防监督措施，“利用自然修复能力”进行生态修复。封禁治理成为水土保持的重要策略，如提出了封山禁牧、封山育林、“大封禁、小治理”等强调“封”和以“封”为主的水土保持指导思想。在总结研究了欧美等发达国家植被复兴重建的理论的实践经验，特别是同样面临巨大人口压力的中欧的水土整治策略后，已有学者质疑只“封”不“育”的水土保持生态修复措施的科学性[12,13]。

总之，我国水土保持一方面强调“综合治理”，另一方面又被动地封禁防护，在实践中常常矫枉过正，困扰了水土保持事业的发展。在经过几千年的自然资源开发利用后，经济利益的驱动使得保留一个绝对的原生生态系统和恢复到原来的自然生态系统的状态都是不可能的，而大动干戈地开山造田、培植单一的人工植被等治理模式又不能满足人们对生态系统服务功能的要求。提出“接近自然”的水土整治思想，探索“近自然”水土保持理论及其应用原则等具有很重要的现实意义。

1 “近自然”生态工法理论与实践

1.1 生态工法与生态工程

德国林学家HANNS在公元1713年提出“可持续利用”的建议，可持续森林经营的基础是“近自然林”（Near-natural Forestry）的营造，因为“近自然林”与该地的潜在植被最接近，因而它反映了当地的气候和立地状况，具有最大的稳定性[14]。同样是德国林学家的Gayer在1880年提出了“近自然林业”经营的理论。“接近自然”是林业生产经营的一个高级目标，“近自然林”是根据一定生境上潜在植被的特征，按照森林发生发展的自然规律培育成健康、稳定、多样的混交林，兼备人工林和天然林的优点，既具有集约经营的人工林生长迅速的特点，又具有天然林稳定、持续发挥多种效益的特征，是人工林与天然林的有机结合[15]。1938年德国Seifert提出“近自然”河溪整治（near natural torrent control）的概念，指能够在完成传统河流治理任务的基础上可以达到接近自然、廉价并保持景观美的一种治理方案[16]。

在美国及一些英语国家，“近自然”整治被称为Ecological Engineering或者Eco-engineering[20]。我国大陆常将其翻译为生态工程，台湾学界翻译为生态工法或“近自然”工法。在日本称为“近自然的工事”或“多自然型建筑工程法”。还有一些类似的术语如生态技术（Eco-technology）、生态系统恢复（Ecosystem Restoration）、生态系统复兴（Rehabilitation）等。目前生态工法尚无明确的定义与应用及使用范围，但综合国外相关资料，其广义的内涵可以说是“应用生物和非生物材料，对周边环境保育、维护、永续利用、修复及改良所实施的各项工程”，其狭义的内涵为“采用乡土材料，在尽可能不破坏当地生态和自然景观的条件下，对边坡、河流等侵蚀地段所作的整治工程措施”[1]。

我国大陆常将所有以整治和改善环境为目的的生态建设工程称为生态工程，如天然林保护工程、农田防护林建设工程、小流域综合治理等。这里有两层含义，一指各项生态工程措施，二指生态工程项目（Ecological Project）。应用于欧美、日本和我国台湾的生态工法概念，更强调工程措施实施中“近自然”材料的应用、景观美学的考量和各个生态因子的统一和谐等。如谷坊、拦沙坝的建设中，尽量避免用水泥、钢筋等，考虑用当地可及的柳桩、石头等材料。

1.2 “近自然”与人工生态系统

陆地生态系统的变化总是受到来自人类和自然

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

本身两个方面的影响，从远离自然的工业建筑群到原始森林植被，各类生态系统按照其接近自然的程度可排列如图 1。

森林是陆地生态系统的主体，而人类在进入工业和电子时代后，未受任何干扰的原始森林生态系统几乎不复存在。介于原始林和人工林之间的“近自然林”首先成为林业界进行森林培育的目标，因为“近自然林”虽达不到原始林的要求但比原始林利用潜力更大（枯死木少，木材质量高），具有较好的稳定性，能够更好地为人类提供的服务功能。

“近自然”生态系统和不合理的人工生态系统在演变推动力、能量平衡、物质循环、生物群落组成等方面大相径庭（表 1）。

表 1　“近自然”生态系统与不合理的人工生态系统的区别

Table 1　Differences between “near-natural” and artificial eco-system

特　征	“近自然”生态系统	不合理的人工生态系统
演变的主要推动力	自　然	人　类
原　则	利用自然力	征服自然
种类组成	由立地条件决定	由经济目标决定
能量平衡	平衡	非平衡
物质循环	物质输出和输入量最小化	物质输出和输入量无边界
稳定性	高	低
弹性	高	低

1.3　“近自然”理论的发展与应用

从 20 世纪 70 年代初开始，生态工法的理念在美国、日本等地区被应用于各个领域[18]，如在 20 世纪 60~ 70 年代人们试验建造、恢复湿地和盐水生态系统以防止农耕区非点源污染对周边湖泊和海洋生态系统的威胁，这种方法现今已被广泛接受，并被认为是较成功的“近自然”治理工程的范例之一[19]。北欧开始用这种方法防止斯干达农耕区的非点源污染物质进入波罗的海。美国用同样的方法保护墨西哥海湾不被污染[20]。在美国新泽西洲，人们拆除了沿 Delaware 海湾建造的提防工程，废止了成千上万公顷的人工草场，从而恢复了海岸 18 世纪前的沼泽景观[21]。研究还表明，人为建造一个“近自然”的生态系统代价很大。以建造于美国 Arizona 沙漠上的一个能够满足人类生息和劳作需求的人工生态系统“生物圈 2 号（Biosphere 2）”为例，其造价约为 10 亿美元/（km^2•a）[22]。

总之，以“近自然”整治为基本理念的生态工程在欧美、日本、新西兰等国早已从理论探索过渡到了具体实践阶段。虽然目前主要体现在湿地和受非点源污染物的农耕区及荒溪的治理、滑坡地和矿区等的复垦、公路规划和城市建设的生物措施等方面，但研究的范围逐步扩大，进入了针对具体措施的更精确的实验阶段。随着研究的深入，生态系统“近自然”恢复和经营的应用范围几乎遍及林业、农业、建筑、交通等各个行业和领域。

1980 年代开始，“近自然”工法的概念被引入我国台湾，在工程建设、流域治理等方面得到广泛应用，并有制定了相关的政策和技术规范[30]。大陆学界关于“近自然”整治理论和技术探讨也始于林学领域，刘建军等（1996）根据中欧“近自然林

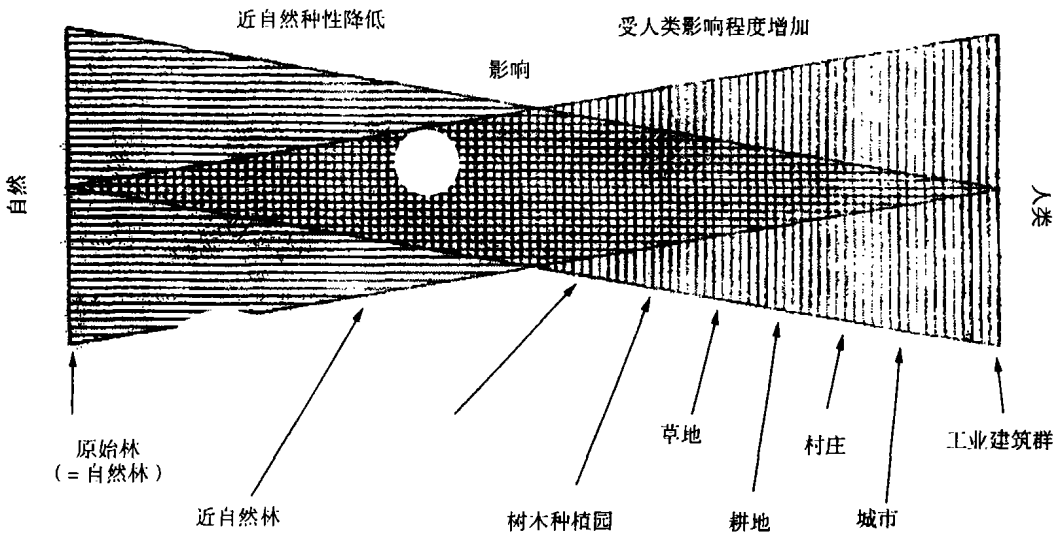

图 1　生态系统按照其“近自然”的程度排序

Fig. 1　An ordination of terrestrial ecosystems according to their distance to “near-natural” status

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

业”的思路和实践经验，提出了我国秦岭林区人工林改造和天然次生林复兴的对策[23]。雷瑞德(2001)、邢震等(2003)均指出，“近自然林”培育和经营是以实现森林资源永续利用和林业可持续发展必由之路[24, 25]。将“近自然”森林经营方式应用于杉木人工林的经营试验表明，与采用常规方法比，“近自然“森林经营方式能够取得更高的生产力并能更好地调剂林地土壤养分供需状况[26]。流域“近自然”治理方面的研究不多见。高甲荣(1999)介绍了中欧荒溪(德文“Wildbach”)近自然治理的进展，2002 年又阐述了河溪(英文“Torrent”)近自然治理的概念、发展和特征，提出了河溪近自然治理的原则[27, 28]。不论是荒溪还是河溪，均以河道的近自然治理为重点，但与水土保持的范围及特征尚有相当大的差距。

2 坡面整治技术的检讨

以小流域为单元，采用工程、生物和耕作三大措施，合理配置“山、水、田、林、草、路”，考虑生态经济和社会效益，进行综合治理是当前水土保持的基本策略。小流域综合治理的重点部位是坡面、沟头和沟缘，其中坡面产(泥)沙量占流域产(泥)沙总量的一半以上。以黄土高原丘陵沟壑区为例，坡面产(泥)沙量占流域产(泥)沙总量的百分比达 55.98% ~ 85.23%[29]。因此坡面侵蚀治理显得尤为重要，并在生产实践中总结了坡改梯地的方法遏制水土流失，采用“大垄沟”种植，“水平阶”、“燕翅形整地”、“鱼鳞坑”造林等措施来拦蓄水分，控制土壤侵蚀。这些措施的生态经济效果应该说是明显的，但过分地兴修梯地、整地造成原地貌的彻底改变，从自然景观和生态序列上已“远离”自然。

近年来，人们对可持续发展观和恢复生态学的思想有了进一步了解，专家学者和政客纷纷呼吁人与自然的和谐相处。在曾经遭到放牧、垦植、采伐利用等的严重退化的地段，开展“生态修复”工作。黄河生态工程、水土保持预防保护工程、天然林保护工程等可以说是这一新的水土保持理念在实践中的具体体现。但在操作中往往走向只重视封禁保护而不管培育的极端自然保护主义。

2.1 过于人工的坡面措施

主要表现在过于注重工程的坡改梯地、灌浆坡面和各类整地措施。这里仅以坡改梯地、灌浆坡面为例进行讨论。

兴修坡地的目的是从事农业，如不是修田以种植水稻，在坡度< 10°和> 30°的坡面采取任何改梯地措施都是多余的，因为< 10°的坡面不影响使用任何农业机械，< 30°的坡面上从事农业耕作事倍功半。

坡改梯地的直接优点是拦蓄水分，减缓水蚀，但梯田化的坡面，自然景观单一化，同时不良后果还在于：1. 增大了重力侵蚀的可能性，坡面因而重力侵蚀的风险而长期处于不稳定状态，直到梯田垮塌，形成新的自然坡面为止。我国山区 1970 年代修建了“大寨田”(即梯田)，现今的保存率不足 60% 就是一个例证。2. 梯地必须不断加固维修，增加了生产成本。3. 坡改梯后坡面表面积增加，使得地表蒸腾加强并加剧地坎面一定范围内干旱，特别是干旱的黄土高原地区这种后果特别明显，几乎抵消了梯地拦蓄水分的作用。4. 土壤水热交换及土壤生物的活动由于乍起的陡坎被切断，因而在相当长的时期内不利于坡面物质和能量交换以及坡面的可持续利用。

如果必须修筑梯地的话，梯地倾角多大就很重要。如黄土高原地区，黄土自然堆积形成的坡度 45°和自然休止角 35°为工程设计标准(图 2)，利用自然堆积力量，可减少人工筑埂的费用，形成的软埂坡面接近自然休止状态，有利于植被恢复和土地利用。但实践中常见倾角> 45°的梯地，特别是垂直石坎梯地(见图 2)，从工程力学上说高于这个角度就已偏离“自然”。

灌浆能够快速固定坡面，遏制坡面土壤侵蚀和坡面动植物活动。灌浆坡面本来应用于一些特殊地段，如水库大坝，目的是避免植物坡面上植物根系和动物活动造成空隙而引发渗漏塌陷等风险，但近年来高速公路、铁路建设等在坡面处理时，常采用灌浆的方式来修建护坡。大面积的灌浆坡面景观在自然生态系统中无异于工业建筑，从陆地生态系统的演替序列上，它远离“自然”，是自然生态系统的陌生成分。灌浆坡面修建成本高，稳定性很差，没有土壤植被的覆盖和缓冲，是经不起多年的风雨剥蚀的。

2.2 依靠“自然力”的生态修复

森林是陆地生态系统的主体，因此生态修复首先以恢复森林植被为主。我国过去的森林采伐以皆

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

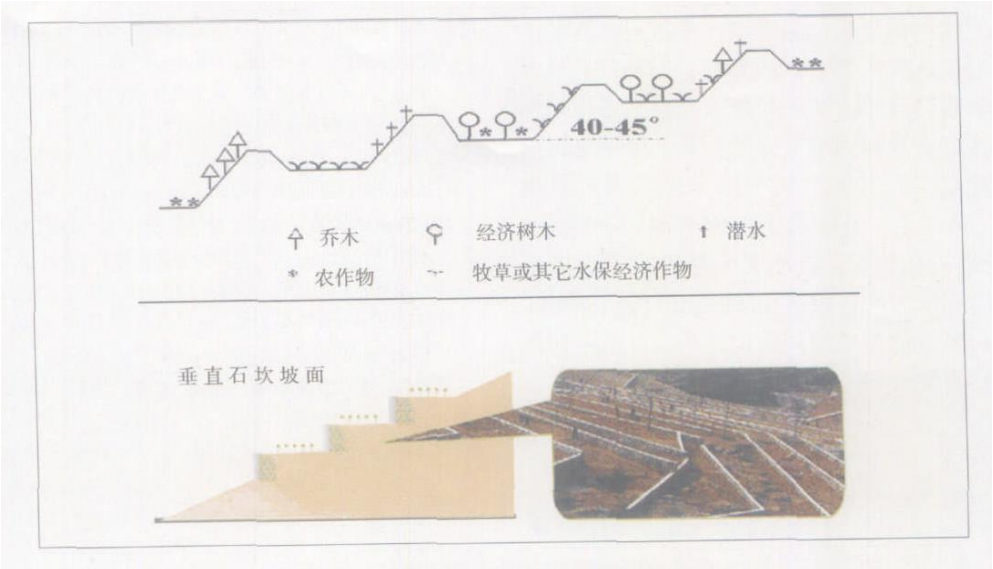

图 2　坡面整治的不同工程措施示意图

Fig. 2　Different engineering measures for slope control

伐为主，同时实践中倾向“伐大留小”，而在很多地段，连幼树也被当作薪材伐除了。反复砍伐、放牧、开垦后导致水土流失，最终导致两个后果：1. 土壤基质旱化和贫瘠化；2. 先前稳定森林群落中的优良遗传基因随之流失。因此不仅是水土流失问题，更重要的是基因流失、生物多样性降低和生态系统的崩溃。

在破坏力被终止后，依靠“自然力”的植被恢复的根本在于：1. 修复区域不断得到有机质、养分和水分等植物生长必须物质的补充和积累；2. 地下“种子库”尚存，因而能够延续下一个植被阶段；3. 通过“种子雨”补充外来基因。如果土壤被破坏，“种子库”不发挥作用的话，植被恢复靠“种子雨”补充繁殖体，同时缓慢积累有机质和养分，以改善土壤条件。可想而知，如果没有人工措施，依靠“自然力”恢复植被是一个漫长的过程。在我国的绝大部分次生林区，如秦岭林区，依靠“自然力”恢复植被应该是可能的，但必须等待至少二三百年的时间。在黄土高原地区，由于土壤基质早已遭到破坏，土壤侵蚀严重，依靠“自然力”恢复植被就不现实。如白于山区，近年来通过“设施养羊”、封禁防护措施使退耕地上的草本植被很快得到恢复，但这些以菊科、禾本科植物为主的草本群落生产力低下，要恢复到与该区生物地理条件相符的相对稳定的森林草原阶段，没有人工措施的话，至少应在几百年以上。又如黄土高原南部乔木区域，栎林为潜在植被，但多年的造林实践证明，直接播种或者栽植栓皮栎成功的可能性很小，因为土壤基质在经过几千年来的破坏后早已经极端旱化和贫瘠化。相当地段由于水土流失导致表层土壤丧失，没有结构的岩土母质成为“土壤”，因此必须选择先锋类型的草种和灌木。

依靠“自然力”恢复植被就是坐等，是被动和不科学的。这种指导思想导致土地资源的浪费，土地不能及时发挥其应有的生产力。同时也导致人力的浪费。造林和培育植被本身能够提供很多就业职位，被动坐等使人们失去了机会，导致大量劳动力涌入城镇及其他行业。

3　结语

综上所述，近几十年来“近自然”水土整治理论不断发展，应用范围不断扩大，成为生态系统修复和重建的重要发展方向。但国内关于“近自然”整治的理论研究和技术探讨在水土保持领域几乎空白，实践中仍沿袭过去兴修水利设施和基本农田的河川沟道治理模式，以土、石坎梯田和埂边植树代替原来坡面的自然面貌，从治理的强度、频度和代价等方面看，均背离了“近自然”治理的思想。另一方面，生态修复工作中过度夸大“自然力”的作用，因而实践中往往走向只重视封禁保护而不管培育的极端自然保护主义。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

生态工法的最终目的是营造一个接近自然的生态系统，真正体现人与自然的和谐，因而具有最大的稳定性和可持续性。我国传统水土保持各项措施与生态工法的要求显然有一定的差距，特别是坡面整治的措施过于人工化、单一化，没有体现自然生态系统的“个性”，因而是不稳定和不可持续的。如何在实践中融生态工法于水土整治的各项措施中，封护时兼顾培育，促进生态系统的进展演替，营造接近自然的稳定的坡面防护体系，是新时期水土保持工作者需要研究和探讨的前沿课题。

参考文献

[1] Ren Chentong. Forests in relationship with Soil conservation and Landslides Prevention [J]. *Forest Science*. 1936, (5): 34~ 40. [任承统. 森林与保土防塌 [J]. 林学, 1936, (5): 34~ 40]

[2] Guang Junwei. Principles of Soil and Water Conservation [M]. Beijijng: Chinese Forestry Publishers, 1996. 1~ 216. [关君蔚. 水土保持原理 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1996. 1~ 216]

[3] Xin Shuzhi, Jiang Deqi, *et al*. Soil and Water Conservation in China [M]. Bejing: Agricultural Publishers, 1982. 1~ 287 . [辛树帜, 蒋德麒, 等. 中国水土保持概论 [M]. 北京: 农业出版社, 1982. 1~ 287]

[4] Ma Rongzhi. Soil and Water Conservation in middle reach of Yellow River [J]. *Soil Quarterly*, 1946, 5 (1): 1~ 12. [马溶之. 黄河中游之水土保持 [J]. 土壤季刊, 1946, 5 (1): 1~ 12]

[5] Northwest Project Bureau of the Yellow River Conservancy Committee (YRCC), Institute of Water Resources of YRCC. A primary study on roles of farming techniques on erosion control and production enhancement in loess area of northwest China [J]. *Yellow River Construction*, 1958, (2): 26~ 32. [黄委会西北工程局, 黄委会水利科学研究所. 西北黄土区农业技术措施及其对保持水土和增产作用的初步研究 [J]. 黄河建设, 1958 (2): 26~ 32]

[6] Zhang Xinyi. Improvement and construction of loess hilly area by farming measures of erosion conservation and water accumulation [J]. *Soil and Water Conservation*, 1985, (6): 2~ 4. [张心一. 用蓄水保土的耕作措施加快黄土丘陵地区的改造和建设 [J]. 水土保持, 1985, (6): 2~ 4]

[7] Jiang Deqi, Zhao Chenxing, Chen Zhanglin. A rudimental analysis of sediment origins of small catchment in middle reach of Yellow River [J]. *Journal of Geography*, 1966, **32** (1): 20~ 36. [蒋德麒, 赵诚信, 陈章霖. 黄河中游小流域径流泥沙来源初步分析 [J]. 地理学报, 1966, **32** (1): 20~ 36]

[8] Gong Shizhao, Jiang Deqi. Soil loss of small catchment and their control methods in loess gully region of middle reach of Yellow River [J]. *Science in China*, 1978, (6): 671~ 678. [龚时昭, 蒋德麒. 黄河中游黄土丘陵沟壑区沟道小流域水土流失及治理 [J]. 中国科学, 1978, (6): 671~ 678]

[9] Zhu Xianmo. Main types and relevant factors for erosion in Loess Plateau [J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 1981, (3): 3~ 4. [朱显谟. 黄土高原水侵的主要类型及有关因素 [J]. 水土保持通报, 1981, (3): 3~ 4]

[10] Institute of Water Resources of the YRCC. Multiple Terracing is a economic and fast measure for erosion control in loess area of middle yellow river [J]. *Soil*, 1960, (1): 16~ 18. [黄委会水利科学研究所. 复式梯田是黄河中游黄土地区一项多快好省的水土保持措施 [J]. 土壤, 1960, (1): 16~ 18]

[11] Cao Shixiong. Mountain agriculture [M]. Beijing: Chinese Publisher of Agricultural Science and Technology, 2001. 1~ 230. [曹世雄. 山地农业 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2001. 1~ 230.]

[12] Jack E. Coster, Peng Hong, *et al*. Forests of West Virginia, U. S. A. and Shaanxi, China: a study in forest exploitation and recovery [J]. *Journal of Forestry Research*, 2004, 15 (1): 49 ~ 54

[13] Miao Guangzhong, Peng Hong. A Review of rebuild of forest vegetation and rural development in central Europe [J]. *Soil and Water Conservation*, 2004, (2): 13~ 16. [苗光忠, 彭鸿. 中欧森林植被重建与城乡发展考察管见 [J]. 中国水土保持, 2004, (2): 13~ 16]

[14] Mosandl R. Waldbau zwischen Ökonomie und Ökologie [A]. Rundgespr¾che der Kommission f r Ökologie [C]. 2000, Bd. 12 “*Forstwirtschaft im Konfliktfeld Ökologie-Ökonomie*”, S. 107~ 117

[15] Burschel P. Huss J. Grundriβ des Waldbaus-Ein Leitfaden f r Studium und Praxis. 2. Aufl. [M]. Berlin: Parey Buchverlag, 1997.

[16] Gao Jiarong, Xiao Bin. Principles of Landscape Ecology in Near Natural Torrent Management [J]. *Journal of Mountain Science*. 1999, 17 (3): 244~ 249. [高甲荣, 肖斌. 荒溪近自然管理的景观生态学基础—欧洲阿尔卑斯山地荒溪管理研究概述 [J]. 山地学报, 1999, 17 (3): 244~ 249.]

[17] Patrick C. Kangas, Patrick Kangas. Ecological Engineering: Principles and Practice [M]. Boca Raton: Lewis Publishers, Inc., 2003. 1~ 472.

[18] Ammer U., Pr└bstl U. Freizeit und Natur-Probleme und L└sungsm└glichkeiten einer └kologisch vertr¾glichen Freizeitnutzung [M]. Berlin: Verlag Paul Parey, Hangburg , 1991. 1 ~ 228

[19] Manci Karen M. Riparian ecosystem creation and restoration: A literature summary [J]. *US Fish and Wildlife Serviœ Biological Report*. 1989, 89 (20): 1~ 59.

[20] Mitsch W. J. Restoration of our lakes and rivers with wetlands-an important application of ecological engineering [J]. *Water Scienœ Technology*. 1995, **31** (8): 167~ 177.

[21] Lefeuvre, J. C., W. J. Mitsch, and V. Bouchard (eds.). Ecological Engineering Applied to River and Wetland Restoration [J]. *Special Issue of Ecological Engineering*, 2002, 18: 529~ 658.

[22] Marino, B. D. V., H. T. Odum. Biosphere 2. Introduction and research progress [J]. *Ecological Engineering*, 1999, **13**:

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

3~ 14

[23] Liu Jianjun, Lei Ruide, *et al*. The near-natural and sustainable development theory in forest management and the forest management countermeasures in forest region of the Qinling Mountains [J]. *Journal of Northwest Forestry College*, 1996, **11** (Suppl.): 163~ 169. [刘建军，雷瑞德，等. 近自然可持续发展的森林经营理论与秦岭林区森林经营对策. 西北林学院学报，11 (增): 163~ 169.]

[24] Lei Ruide, Zhang Shaoxin. Near-natural forestry and sustainable development of Chinese forest resources [J]. *Forestry Technology Management*, 2001, *(2)*: 34~ 66 [雷瑞德，张硕新. "近自然林"与中国森林资源的可持续发展 [J]. 林业科技管理. 2001, (2): 34~ 66]

[25] Xing Zhen, Pan Jinxu. Political Ecology and Its Application and Development in Forestry [J]. *World Forestry Research*, 2003, 16 (3): 12~ 15. [邢震，潘锦旭. 政治生态学及其在林业上的应用和发展 [J]. 世界林业研究，2003, 16 (3): 12~ 15]

[26] Zhang Dinghua, Ye Zhangfa, Wang Boxiong. Application of "Nature-Approximating Forestry" Management Method in Young Chinese Fir Plantation [J]. *Chin. J. Appl. Environ. Biol*, 2001, 7 (3): 219~ 223. [张鼎华，叶章发，王伯雄. "近自然林业"经营法在杉木人工幼林经营中的应用 [J]. 应用与环境生物学报，2001, 7 (3): 219~ 223.]

[27] Gao Jiarong. Near Natural Control: Torrent Control Engineering Based on the Landscape Ecology [J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 1999, 21 (1): 80~ 85. [高甲荣. 近自然治理—以景观生态学为基础的荒溪治理工程 [J]. 北京林业大学学报，1999, 21 (1): 80~ 85.]

[28] Gao Jiarong, Xiao Bin, Niu Jianzhi. Model and Application of Near Natural Stream Control [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*. 2002, 16 (6): 84~ 91 [高甲荣，肖斌，牛健植. 河溪近自然治理的基本模式与应用界限 [J]. 水土保持学报，2002, 16 (6): 84~ 91]

[29] Chen Hao. Sediment Source on Small Basin in Middle Reaches of Yellow River [J]. *Journal of Soil Erosion and Soil and Water Conservation*, 1999, 5 (1): 19~ 26 [陈皓. 黄河中游小流域的泥沙来源研究 [J]. 土壤侵蚀与水土保持学报，1999, 5 (1): 19~ 26]

Development of Theory and Practice of Eco-engineering and Thoughts on Present Measures for Slope Control

PENG Hong[1], ZHANG Haifeng[2]

(1. Shaanxi Bureau of Soil and and Water Conservation, XI YI Road No. 73, 710004 Xi' an, China;
2. Resources & Environment College, NorthWest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Development of theories on "near-nature" erosion control were reviewed, connotations of eco-engineering and their present application in various sectors were introduced. There are certain differences between traditional erosion control measures and eco-engineering, particularly in slope control. Present measures in slope control was excessively artificial and simplex, do not reflect "personality" of an ecosystem, they are therefore unstable and unsustainable. Those measures for land rehabilitation, such as large scaled construction of hydrological facilities and basic fields, deviate from principles of "near-natural" slope control theory in terms of their intensity, frequency and costs. The final target of eco-engineering is to set up a near-natural eco-system and insure the harmonious relationship between natural and human being. Therefore it' s mostly stable and sustainable. How to apply the eco-engineering methods in our action of soil and water conservation and create a stable, near-natural slope protection system is a primary subjects to every involved researchers.

Key words: eco-engineering; slope control; ecological project; near-natural

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net