

欧洲受损生态系统恢复与重建研究进展

孟伟庆, 李洪远, 鞠美庭, 马春, 邵超峰, 常华

(南开大学 环境科学与工程学院, 天津 300071)

摘要: 自 20 世纪 70 年代以来, 受损生态系统的恢复与重建研究大量涌现。生态系统退化成为世界各国普遍面临的重要问题, 并成为当前各国重视的焦点和生态学研究的热点之一。欧洲大部分地区都有很长的人类定居史, 景观已经高度改变。在大量文献调研的基础上, 从欧洲的生态系统类型出发, 对欧洲生态恢复与重建研究作了总结, 包括生态环境退化的现状, 生态恢复的限制条件, 生态与社会经济方面的限制和科学上的不确定性等, 并对欧洲各国在森林、河流、湖泊、湿地、废弃地等生态系统类型典型生态恢复与重建的实践案例进行了分析。总结了欧洲生态恢复的促进因素, 包括欧盟的作用, 重要协议的颁布执行, 生态网络的发展, 公共参与的影响, 财政援助等方面。最后对欧洲生态恢复与重建存在的问题和发展趋势及其对中国的借鉴作用进行了论述。

关键词: 受损生态系统; 生态恢复; 恢复与重建; 实践

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2008)05—0201—08

中图分类号: Q148

An Overview of Restoration and Reconstruction of Damaged Ecosystem in Europe

MENG Wei-qing, LI Hong-yuan, JU Mei-ting, MA Chun, SHAO Chao-feng, CHANG Hua

(College of Environment Science and Engineering, Nankai University, Tianjin 300071, China)

Abstract: Research on the restoration and reconstruction of disturbed ecosystem has increased since the 1970s. Degradation of ecological system has been recently considered as one of scientific hot spots and public focuses. The long history of human settlement in most parts of Europe means that landscapes have become highly modified. Based on the review of the references on ecological restoration, the emphases of the study on European ecological restoration and reconstruction, including the current status of ecological restoration and constraints, are discussed in view of the ecosystem types of Europe. Ecological and socio-economic constraints, especially scientific uncertainty, are also analyzed. Some important cases of ecological restoration and rehabilitation are summarized and analyzed, including many ecosystem types such as forest, river, lake, wetland, and wasteland. Driving forces for ecological restoration in Europe are discussed, including establishment of the European Union, implementation of international agreements and national priorities, development of ecological networks, public opinion, and financial aids, etc. Lastly, the problems and development trends are discussed on European ecological restoration and rehabilitation.

Key words: damaged ecosystem; ecological restoration; restoration and reconstruction; practice

从 1975 年 3 月首次召开“受损生态系统的恢复”国际会议, 到 2005 年第 17 届国际生态恢复学大会在西班牙的召开。30 多年来, 受损生态系统的恢复已日益得到广泛的重视并迅速发展, 退化生态环境的恢复与重建已成为当前生态学研究的热点之一。国外在恢复生态学的理论与技术方面都已进行了大量的研究工作。本文重点总结欧洲生态恢复与重建研究的进展。

1 欧洲生态环境退化的现状

欧洲大部分地区都有很长的人类定居史, 使得欧洲的景观已经发生很大的改变。从 20 世纪中叶起, 农业的加强和城市的迅速扩张导致了欧洲大部分地区结构的简单化和生态的损耗。主要的生态影响有: (1) 生境和物种多样性的减少以及生境异质性的降低; (2) 种群和很多物种分布范围的减小; (3) 生境破碎化降低了孤

收稿日期: 2008-03-06

修回日期: 2008-05-08

资助项目: 天津市科技支撑计划重点项目 (08ZCGYSF00200)

作者简介: 孟伟庆 (1979—), 男 (汉族), 山西省长治市人, 博士, 主要从事生态恢复与城市生态保护研究。E-mail: mengweiqing01@gmail.com。

通信作者: 李洪远 (1963—), 男 (汉族), 天津市人, 教授, 研究方向为生态恢复、绿地环境保护与生态规划。E-mail: eiale@nankai.edu.cn。

立景观斑块应对自然及人为干扰的能力；(4) 由于重视生态系统的经济服务功能,而导致自然功能方面的能力减少。这些影响的严重性和影响程度在最近 10~15 a 才得到广泛的关注^[1]。现在,生态恢复越来越被公认是环境管理的组成部分。至少在欧洲北部和西部的大多数自然保护项目中,恢复措施都伴随着保护措施。

过去的 20 a 中,密集型农业的瓦解为生态恢复实践提供了良好的机会,但在政府和投资者之间仍存在一种倾向:认为对受损生态系统进行恢复不是必须的^[2]。随着环境意识的提高,欧洲的许多国家已经开始尝试将生态恢复纳入环境管理中^[3]。但几千年来,人们的活动几乎塑造了自然景观的每一部分。总体情况是,生态恢复的益处并不被重视,对大部分地区来说,生态恢复是一种相对新的和小尺度的活动,在欧洲的各国之间存在很大的差异^[4]。

在欧洲北部,大部分的森林和苔原区正受到气候变化和空气污染的影响,对残余的完整生态系统的保护和污染的控制得到了公众和政府的强烈支持^[5]。从目前的总体情况看,是否对受损的生态系统进行恢复并投入大量的资金和技术使恢复工程得到实施,最终仍取决于政治意愿。大量的科学研究结论和公众意识的增强并不足以改变这种现状^[6]。所以在生态恢复成为欧洲各国规划和政策的组成部分之前,还可能发生更多的环境灾难。

2 欧洲生态恢复的限制因素

生态恢复学家在设计一个恢复项目时必须同时考虑生态的和社会经济方面的限制,因而在考虑恢复目标时,除考虑自然条件外,还要了解和考虑到生态功能方面的限制和可能与经济目标发生的冲突。对于严重受损的生态系统,向决策者推荐可选方案和计算相对费用和效益之前,要进行多年的调查研究和实验^[7]。

科学研究结论的不确定性,所需要采取措施的复杂性以及恢复工程的可靠方法都是实施生态恢复工程的主要障碍。很多生态恢复工程开始时,人们饱含着极大的热情并投入了大量的资金,而出现意料之外或难以解释的结果时就放弃了这些工程。在欧洲零乱地分布着许多失败的生态恢复工程^[8],因而需要制定相关的管理制度以促进恢复项目成功。然而,造成恢复工程资金投入的困难不仅是结果的未知性,还有需要花费的时间,尤其是对响应或发展缓慢的生态系统进行生态恢复。目前的许多投资规划只涉及 1~3 a,至多 5 a,更长时间的规划很少。因而需要建立长期的评估机制,对响应时间长的生态恢复工程进行评估,以确保资金投入的连续性。

3 欧洲生态恢复与重建的实践

3.1 森林恢复

欧洲大部分的森林位于北端和东北部,往南就是一些小面积的温带阔叶林,这些阔叶林曾经覆盖着中欧和西欧的大部分地区。目前,欧洲只有 6.6% 的森林是未受侵扰的原始森林,而且其中超过 90% 分布在俄罗斯的欧洲部分,3% 分布在芬兰,另外 3% 在瑞典。欧洲地区已经有 36 个国家毁掉了他们所有的未受侵扰的原始森林,欧洲的未受侵扰的原始森林只有不到 16% 受到严格保护。

近几个世纪以来,由于人类的影响,欧洲的森林数量大大减少,林分也发生很大改变^[9]。由于注重考虑经济利益,挪威云杉(*Picea abies* L. Karst)和苏格兰松(*Pinus sylvestris* L.)的数量迅速增长,而使欧洲的许多地区出现了大面积的人工阔叶林和混交林^[10]。环境压力如空气污染、病虫害、暴风雪和垃圾的堆积等也已经严重影响着森林生态的自我恢复能力。因此,自然林地的恢复和重建已经成为欧洲森林生态系统可持续发展的重要内容。

由于天然阔叶林被破坏,自从 18 世纪末以来,欧洲种植了很多的人工松林。可持续森林管理的目标就是要对这些单一栽培的松林进行保育,主要包括松(*Pinus sylvestris*)和云杉(*Picea abies*)。如英国苏格兰从 1988 年以来,针对本地松林的恢复计划投入实施,恢复苏格兰本地松林主要采取以下方法:在有林地残留的地区,扩大树种的数量,调整与农业结构的不平衡,减少牧群以扩大林地面积;在过去是松林的地方,通过控制放牧重新引进当地树种^[11];去掉引进的针叶林如北美云杉(*Picea sitchensis*),日本落叶松(*Larix kaempferi*),小干松(*Pinus contorta*)和残留松林中非当地树种。留出未种植的区域,鼓励自然恢复,以建立一个更加多样性的森林环境。到 2001 年总共投资 2 700 万英镑,恢复了约 3 000 hm² 的现存林地,种植了 11 000 hm² 的当地林。与苏格兰合作的项目包括 70 多个子项目,对全苏格兰近 400 个林地采取措施^[10],政府不同部门之间的合作,志愿者和民间团体对保护行动起了很大作用。

3.2 河流恢复

目前,欧洲的大多数河流渠道化、结构单一化严重,为了防洪,河流被严格限制在窄窄的河床内。结果造成了滨水区动植物由于生境的硬化改变而消失。在人类的影响下,欧洲河流的群落结构已经显著改变^[12]。欧洲河流生态恢复的主要目的是恢复滨水区的生物多样性,包括生境的重建和目标物种种群的重建。

欧洲在河流生态恢复方面进行了许多的实践,并取得了很好的效果。如1991年多瑙河流经的6个国家启动了多瑙河环境项目;法国进行了莱茵河的生态恢复工程, Henry等人运用洪水脉冲理论,通过增加洪水冲刷频率和地下水补给,维持河流的自我维持状态并提高河流的循环过程,研究了富营养化河流的恢复机制^[13]。奥地利在1997年开始进行的Danube河流漫滩恢复工程,通过增加粒度粗糙的沙砾减少河流侵蚀,利用一系列防波堤缩小航道提升河床,此项计划持续10a,并开始了相应的恢复监测评价工作^[14]。

英国在20世纪90年代开始的Idle河流恢复重建计划,通过增加河流生境异质性和提供主要的沉积路径来改善河段的生境质量,并对河流结构地貌影响的监测和模拟在各个尺度上进行了研究,同时运用了“河道地貌模拟”来评价恢复河段方案的成功度,取得了很好的效果^[15]。法国1982—1984年间在Rhône河上游修建了水电站,这影响了河流下游的生态过程。通过前期的深入调查研究,遵循科学的决策框架,该河流的恢复项目正式启动于1993年3月,主要采取了不干扰的技术。通过恢复前的调查和在项目实施5a后1998年的调查对比发现,恢复前后河流的生物多样性发生了很大的改变,充分显示了人类对河流的影响效果。该河流生态恢复不仅取得了许多科学实验数据,也取得了很好的恢复效果^[16]。

Skjern河是丹麦最大的河流,灌溉面积2490 km²,20世纪60年代该河流被人工筑岸,部分区域被抽干开垦为农田。1987年,丹麦国会为了减少Skjern对北海(该河汇入北海)的营养输入,重建该流域的生态价值,启动了全面监测计划项目,之后进行了短期的生态恢复。在1999—2002年间,Skjern河的19 km河段和流域22 km²的农田被恢复为自然蜿蜒的河道、湿地、沼泽和浅湖等。短时间内河流在人工措施辅助下迅速由农田转变为沼泽,在恢复区域内,对北海的营养物输入减少了10%。新的河道生境迅速被从上游扩散的植物和无脊椎动物占据,一些从前很难见到的稀有物种也开始繁盛起来^[17]。

2001年,欧盟通过了《欧盟水框架法令》,要求其成员国为每个流域建立综合的流域管理委员会,以确保持到2015年河流健康状态良好^[18]。2003年4月,欧洲恢复生态委员会年会在德国的基尔大学召开,对河流的生态恢复展开了广泛讨论,总结了河流生态恢复的基本指导方针^[19]。

(1) 恢复项目在开始前就需要确定定量的目标和恢复的结果,这可以帮助监测和评价恢复的进展情况,同时为是否值得投资的问题提供依据。

(2) 恢复项目开始前必须拥有充足的科学研究基础和牢固的概念框架。

(3) 需要进行合理的管理,以便从一个项目中吸取经验教训,为将来的其它项目提供帮助。在恢复过程中需要采取切实有效的恢复方法。

(4) 过程的恢复比形态(如朝着一个特定的恢复终点)的恢复更好。将洪水和其它水文过程等与恢复有关的过程综合考虑,以及充分地理解河流是一个动态平衡的生态系统都是极为重要的。

(5) 需要在整个流域背景上考虑河流的恢复。

(6) 在与河流有关的学科中,河流的生态恢复是最直观的,因此,河流生态服务功能的成功恢复如果能够让社会和决策者认可,将会对河流生态恢复起到进一步的支持作用。

3.3 湖泊恢复

瑞典Hornborga湖恢复被称为欧洲最壮观的恢复工程之一,是由国家出资完成的。同时,瑞典环境保护署已经获得大面积的土地来推动此次恢复。机械处理、燃烧以及提高水位等方法被用来恢复湖泊和大面积的季节性泛滥草原。以湿草原斑块为特征的区域面积由50 hm²上升到大约600 hm²,同时这片区域的涉禽和野生鸟类的数量也显著增加,许多牲畜动物得以保育,包括家畜羊、牛、马、猪等。湖边的区域也为鹤类在春秋季节提供了重要的迁徙停留地。这一工程可以说是一个精心规划和实施的完美的生态恢复案例。然而,此次工程能否应用于其它国家,或者瑞典国内的其它地方,仍颇有争议。恢复活动持续了10a,从1991年到1996年都对恢复工程进行了严格的管理,监督费用约900万欧元,这并不包括其中的维护和监测费用。但恢复后,Hornborga湖成为瑞典最受欢迎的自然保留地之一,每年旅游业收入可达62000欧元^[20]。

Fure湖位于丹麦首都哥本哈根北部12~17 km处,该湖的恢复工程开始于2003年。由于恢复刚刚开始,因此其效果还不明显,有学者以2001和2002年的数据为参照,构建了一个结构动态模型进行恢复效果的预测。根据预测,Fure湖的总磷浓度和浮游植物将在10a后显著减少,能够实现项目开始时的期望^[21]。

拉多加湖(Ladoga)是欧洲最大的湖泊,几十年前该湖拥有很好的水质。但由于人类的影响,导致水质变差,浮游植物生物量增加,许多敏感性物种数量下降。在重污染区域,一些无脊椎动物发生畸变。整个湖泊的营养程度上升,需要采取紧急的措施进行恢复,但目前还没有实施^[22]。

阿尔卑斯山脚下的较大湖泊,如 Lac du Bourget、Geneva 湖、Garda 湖、Zürich 湖和 Bodensee 湖等,不仅是著名的旅游胜地,并且是数个欧洲国家(法国、意大利、瑞士、德国、奥地利等)重要的水源地。在 20 世纪中叶,这些湖泊中的许多湖泊出现富营养化现象,导致了水质的恶化。因此,欧洲国家采取了許多措施治理富营养化,如法国对其境内最大的天然湖泊 Lac du Bourget 在 20 世纪 70 年代末和 80 年代初进行了生态恢复,主要是减少湖泊的营养负荷和污染,效果很好,水质大大改善^[23]。

巴拉顿湖(Balaton lake)呈狭长条状,长为 78 km,宽 1.5~15 km,面积达 596 km²,平均水深为 4 m,最深处有 11 m,是欧洲中部最大的浅水湖泊,在 20 世纪 60—70 年代经历了迅速的富营养化过程。为了恢复该湖泊的水质,降低富营养化,在 20 世纪 80 年代中期开始实施恢复措施。经过第一个 15 a 的治理,到 1996 年进行监测数据表明,湖泊的西半部分的浮游植物量下降了,但东半部分仍继续上升,可能是由于湖泊面积巨大导致生境多样化的缘故^[24],没有取得预期的效果。

3.4 湿地恢复

欧洲的一些国家如瑞典、瑞士、丹麦、荷兰等在湿地恢复研究方面也有了很大进展^[25],其中大多数的恢复项目主要是恢复鸟类的生境和放牧管理。例如,在西班牙的 Donana 国家公园,通过安装水泵来补充水源,以补偿减少的河流和地下水流:Donana 湿地位于西班牙的南部,是欧洲最大和最著名的湿地之一。近 40 年的旅游业和农业发展导致这片湿地生态系统的枯竭和退化,主要影响因素有排水、管道化、修筑堤坝以及人工修筑排水沟和过度开采地下水等^[26]。虽然西班牙的环境非政府组织早已计划恢复这些湿地,并设计一些相关的综合恢复措施,但直到 1998 年 Aznalcollar 附近的 Los Frailes 矿山有毒物溢出事件后,这些恢复措施和规划才真正开始运作。目前,两项重大的工程都已经投入运转。第一项工程是瓜迪亚马(Guadiamar)绿色走廊工程,其目标在于挽救瓜迪亚马河区域以及直接受矿业灾难影响的泛滥平原^[28]。此工程计划进一步实行一系列措施来恢复瓜迪亚马河生态走廊,从多山的上游流域,通过 Donana 湿地到达海岸。第二项工程是 Donana2005 计划,其主要目标是补充完善瓜迪亚马绿色走廊工程,实现对河段结构和功能的恢复,并建立河流与国家公园沼泽的连通性^[27-28]。

在瑞典,30%地表由湿地组成,包括河流和湖泊,由于湿地的不断退化,有些学者已经建议并提出方案来恢复浅湖湿地,通过提高水平面或降低湖底面,或

同时采取此两种方法。在欧洲的其它国家,如奥地利、比利时、法国、德国、匈牙利、荷兰、瑞士、英国等已经将恢复项目集中在泛滥平原中。这些项目计划的目标是多种多样的,主要依赖于河流和泛滥平原的规模和地貌特征。

如法国在 1996 年进行了 Musette 项目的泛滥平原生态恢复,项目范围 130 hm²,该区域在 20 世纪 50 年代被筑堤,抽干后用于农作物种植。在项目实施后,制定了一个 5 a 的监测计划,在每个样地进行物种多样性的调查。在项目实施 1 a 后,水生植物的优势种群就发生了变化,主要是由于水位的波动引起的。同时,食鱼鸟类和一些大树也开始出现^[29]。

丹麦于 1998 年启动一项淡水湿地的国家恢复项目,目的是为了减少恢复区域下游的氮营养负荷,提高其自然价值。2005 年 8 月,3 060 hm² 的湿地已经恢复,同时,3 769 hm² 的湿地也被列入了恢复计划,一项监测湿地恢复效果的项目被启动,该项目包括基本数据使用,环境效果和自然价值的调查。最新的调查结果表明,氮的去除率在 39~372 kg/(hm²·a)^[30]。

1993 年,大约 200 多位学者聚集在英国谢菲尔德大学讨论了湿地恢复问题。为更好地进行湿地的开发、保护以及科研,科学家们就如何恢复和评价已退化和正在退化的湿地进行了广泛交流,特别在沼泽湿地的恢复研究上发表了许多新的见解。在 1995 年,出版了这次会议的论文集《温带湿地的恢复》,从沼泽湿地恢复的基本理论到实践,文中都有详尽的论述。可以说,通过这次会议,对湿地恢复的研究又进入了一个新的领域^[31]。

欧洲国家依靠法律保障在湿地恢复研究方面也取得了很大进展。例如芬兰新的湿地协议计划在现有湿地面积上增加约 20 000 hm²,奥地利、比利时、法国、德国、匈牙利、瑞士、英国等都相继实施了大量的湿地恢复项目,有效地恢复扩大了各国湿地面积,提升了各国的湿地功能。

在 2005 年召开的第 4 届欧洲恢复生态学大会上,湿地的生态恢复与重建成为了大会的热点,会议期间,许多的专家进行了发言,对不同气候条件不同尺度的湿地生态恢复经验进行了报告^[32]。

3.5 废弃地生态恢复

在英国,早在 1969 年英国政府就颁布了《矿山采矿场法》,提出矿主开矿时必须同时提出生态恢复计划及管理计划,并制定了生态恢复的衡量标准^[33]。同时,英国政府还根据当地政府的经济状况,每年为当地政府拨出一定的经费专门用于土地生态恢复,以弥补生态恢复费用的不足。由于各级政府的重视,并

采取法律、经济等措施,生态恢复效果显著,1974—1982年间因采矿废弃土地 $19\,000\text{ hm}^2$,生态恢复面积达 $17\,000\text{ hm}^2$,恢复率达87.6%,到1993年露天采矿占用地已恢复 $54\,000\text{ hm}^2$ ^[34]。英国对于煤矸石的生态恢复利用和露天煤矿采空区的生态恢复也都积累了很多的经验。如在阿克顿煤矿,从井下运送上来的煤矸石都是直接排放到附近的露天煤矿的采煤坑中进行充填,进行了分区开采,边开采边恢复。经过周密的设计,将露天采矿场的生态恢复和非露天矿场的废弃物堆放有机结合起来,使该地区的地形地貌形成了一个完美、和谐的整体^[35]。

德国工业发达、人口稠密,莱茵露天煤矿和鲁尔非露天煤矿也是世界矿区中占地和破坏土地较多的地区。因此,德国政府规定:“露天采矿后,必须恢复原有的农、林经济和自然景色。”在农业和林业的复垦上,德国都作出了详尽的研究和规划。由于机构健全,执法严格,资金渠道稳定,德国的土地复垦、生态恢复工作取得了很大成绩。到1996年,德国煤矿采矿破坏土地 $153\,400\text{ hm}^2$,其中已经完成复垦的土地面积达 $82\,300\text{ hm}^2$,恢复率达53.5%^[36]。

1985年,法国中南部煤田矿山公司(HBCM)对煤炭储量 $3.0\times 10^5\text{ t}$,覆盖层 $3.0\times 10^6\text{ m}^3$ 的La Martinie矿田进行露天开采。由于开采初期进行了充分的准备,很好地设计规划了生态恢复的步骤和程序,并合理地设计了排土场的建设,该矿区的废弃地已经基本上全部恢复,在1992年3月,APAVE组织对这项工程授予工业界地区环境大奖^[37]。

德国于1989年开始对鲁尔工业区Tyssen钢铁厂进行生态恢复,决定将其改造为公园,成为埃姆舍公园的组成部分。1994年在该厂废弃厂址上生态恢复而成的杜伊斯堡公园部分建成开放^[38]。在公园规划之初,工厂遗留下来的废弃建筑和废弃物如货棚、矿渣棚、烟囱、鼓风机、铁路、桥梁、沉淀池、水渠、起重机等,都成了难以解决的问题。公园的设计师彼得·拉茨用生态的手段对这些破碎的地段进行处理,成为城市工业废弃地生态恢复为城市公园的一个经典案例。杜伊斯堡风景公园今天的生机与10a前Tyssen钢铁厂厂区的破败景象形成了鲜明的对比^[39]。而且,该公园的改造为德国的城市生态建设赢得了良好的国际声望,启发人们对城市废弃地生态恢复含义与作用的重新思考,推动了城市废弃地生态恢复的浪潮。

4 欧洲生态恢复成功的经验

(1) 欧盟的巩固和扩大。现在欧盟各国通过一系列财政手段促进生态恢复建设,创造了很多良机。

欧洲的每个国家也已开发出各自的自然保护标准和方法,这其中也包括了生态恢复活动。而欧盟的发展为建立统一的标准并在一个可以反映生态系统边界和功能的空间尺度上开展项目提供了可能性^[40-41]。欧洲的许多生态恢复项目是在欧盟的推动下完成的。

(2) 重要协议的颁布执行。目前在欧洲应用着很多全球协议和机制。如1992年的生物多样性公约和1971年的湿地公约。目前,欧洲大陆内部有一些相关的欧盟指令和区域机制,它们要求政府对远期生态恢复采取行动。如欧盟生境指令(EU Habitats Directive)公布了优先生境,给每种类型的生境都下了定义,并试图在欧盟各城市 and 申请加入的国家内部对它们进行保护^[42]。其首要任务是创建欧洲生态网络,并且要将对自然保护的要求融合到其它欧盟政策中去。生境指令要求欧盟成员国要采取必要的措施来进行恢复,要将指令附件中列出的优先物种和生境恢复至一个良好的保护状况^[43]。

(3) 生态网络的发展。欧洲生态网(ECONET)是由荷兰政府领导的欧洲行动,打算采用一种积极主动的方法来提高生态在欧洲的地位^[44]。恢复的原则是“在可行之处,如果能通过相关的研究证明原始状态应该被重建,那么欧洲局部地区的生态和景观多样性就应该被恢复或改良”。荷兰自然政策规划的经验已经用于欧洲生态网络的初步保护行动之中,行动包括创建自然生境特征来连接“核心”自然区,如森林、湖泊和荒野等。在欧洲,世界自然保护联盟(IUCN)鉴定了一些最重要的生态走廊并确定出针对生态恢复的特别建议^[45]。其它一些政府也为生态网络制定了发展步骤,将此作为对生物多样性公约所承担的义务^[46]。

(4) 公共意见的影响。在欧洲很多国家都存在一个强大的支持环境措施的公众游说团,欧洲西部的非政府组织相对其它地区得到了更强有力的发展和更好的资源设备^[47]。在一些情况下,环境灾难引起的公众愤怒可以成为推动生态恢复进行的重要动力。但有时公众意见可能对已经提议了的生态恢复措施造成负面的影响^[48]。

(5) 大尺度多边合作。现在普遍接受的观点是如果生态恢复能够在足够大的尺度范围进行,其中包括多种类型的物种层次和生态学过程,才能实现真正意义上的成功。实际上,更多的国际保护组织已经认识到这点并且付诸行动。在欧洲,有些大尺度生态恢复项目的例子,就是由多个国家和组织共同实施的,如丹麦、德国和荷兰等国合作进行的Wadden海(欧洲最大的潮汐湿地)的恢复保护项目,就是一个很好的国际合作的例子^[49]。

(6) 气候变化:气候变化对欧洲物种和生境的分布造成重大影响。其中一种影响就是海平面的上升。重要的海岸生境受到增强的腐蚀作用和持久性洪水的威胁,这使得一些国家考虑要在内陆进行“补偿性的”生境恢复或重建。为适应气候变化的加快而做的关键性战略之一,就是泛滥平原的恢复,以此来提高洪水的缓冲能力^[50]。

(7) 水资源的缺乏。欧洲水量的不足和水质的不达标问题正在增多,因此欧盟颁布了“欧盟水框架指南(WFD)”,WFD 要求欧盟成员国要采取一种流域方法来进行水管理。它为欧盟所有地下水和地表水都设立了一个清晰的“清洁水状况”环境目标。这个指南特别承认了湿地恢复能够实现水的持续利用。很多欧洲国家已经开始采取措施来恢复调节性河流以及泛滥平原,并将此作为提高水质和水量,吸收过剩的洪水以及重建野生水产业的一种手段。在欧洲范围内,对水的供给和处理的私有化趋势的提高可能也为水源的保护和生态恢复提供了一种新的驱动力^[51]。

5 欧洲生态恢复与重建的不足

纵观欧洲的生态恢复与重建研究,还存在一些问题需要进一步研究。

(1) 过去 20 年来,关于生态恢复的出版物迅速增长,但生态恢复的概念仍然不清晰。因此,今后生态恢复研究的重点之一就是科学地定义生态恢复,并包括充足的恢复前的预评价和恢复后的监测评价体系研究。

(2) 各国在生态恢复研究方面和经济的发达程度呈现明显的正相关。理论研究和实践进行的较好的多集中在经济发达国家,如英国。经济欠发达地区在生态恢复的理论研究和实践方面都比较落后。

(3) 虽然生态恢复已经成为生态研究的热点,但由于生态系统的多样性和生态恢复机制的复杂性,目前的研究还大多处于个案或区域性阶段。对大尺度生态系统的恢复机制,还没有深刻的阐述。另外,生态恢复的实践即使在经济发达国家,也处于实验阶段,大多面积和尺度较小,还缺乏从区域或系统水平的综合研究和实践投入,同时在时间尺度上也较短,目前的恢复成功评价缺乏时间检验。

(4) 生态恢复除需要大量的资金投入,由于影响生态恢复成功与否的因素众多,因此导致在恢复实践中存在盲目性和不确定性。在生态环境退化严重的今天,积极开展生态恢复重建的关键理论和大尺度恢复实践,构建不同类型生态系统恢复的模式和评价体系尤为重要。

6 欧洲生态恢复的经验对中国生态恢复的借鉴作用

(1) 欧洲的生态恢复在资金投入方面,由于目前的投资规划大多只涉及 1~3 a,至多 5 a。而我国也存在同样的问题,因此需要在今后的生态恢复实践中制定长期的恢复计划,以获得连续的资金支持。

(2) 在欧洲,大尺度的生态恢复项目取得了很好的效果,我国的许多受损生态系统也需要从欧洲的案例中吸取经验,从更广的尺度进行全面考虑,这样将会提高恢复的效果。

(3) 欧洲的很多国家的民间团体能够充分表达公众的意见,对政府的生态恢复项目进行社会支持,我国在公众参与方面还处于初级阶段,今后需要充分发挥公众参与的作用。

(4) 目前我国的生态恢复大多处于试验和小范围研究阶段,在今后需要结合实际加以推广,真正起到将理论研究应用于实践的作用。

(5) 我国目前的研究和恢复项目存在一种必须成功的倾向,但生态恢复工程作为复杂性和不确定性很高的研究工程,需要在失败中进行经验总结,所以应该从欧洲的经验中学习,建立相应的评估体系。

(6) 生态恢复项目在很大程度上属于公益性项目,往往投入大于回报,效果不明显,所以应当从欧洲的经验中学习,建立相应的政策和法律支持体系,制定具体的恢复规划,以保证生态恢复实践的可执行度。

(7) 加强政府合作和流域管理的有效性。我国拥有众多的跨省跨地区河流、湖泊、森林和草原生态系统,因此需要各级政府和流域管理机构加强合作,保证相关生态恢复项目实施的有效性。

[参 考 文 献]

- [1] Mitsch W J, Mander Ü. Remediation of ecosystems damaged by environmental contamination: Applications of ecological engineering and ecosystem restoration in Central and Eastern Europe [J]. *Ecological Engineering*, 1997, 8(4): 247—254.
- [2] James Aronson, Andre F C, Jame N B, et al. Milton ecological restoration: A new frontier for nature conservation and economics [J]. *Journal for Nature Conservation*, 2006, 14(3/4): 135—139.
- [3] Mark Buckley, Brent M H. A game-theoretic analysis shortened: Socially Strategic Restoration [J]. *Environmental Management*. 2006, 38(1): 48—61.
- [4] Honnay O, Bossuyt B, Verheyen K. Ecological perspectives for the restoration of plant communities in European temperate forests [J]. *Biodiversity and Conservation*.

- 2002, 11(2): 213—242.
- [5] Stephan A, Pietsch, Hubert Hasenauer. Using mechanistic modeling within forest ecosystem restoration [J]. *Forest Ecology and Management*, 2002, 159(1/2): 111—131.
- [6] Karel Prach, Petr Pysek. Using spontaneous succession for restoration of human-disturbed habitats: Experience from Central Europe [J]. *Ecological Engineering*, 2001, 17(1): 55—62.
- [7] Jari Parviainen. Introduction: maintaining forest biodiversity-intentions and reality [J]. *Journal of Environmental Management*, 2003, 67(1): 31—42.
- [8] Fanta J. Rehabilitating degraded forests in Central Europe into self-sustaining forest ecosystems [J]. *Ecological Engineering*, 1997, 8(4): 289—297.
- [9] Spiecker H. The growth of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.) in Europe within and beyond its natural range [C] // Hasenauer H (Ed.). *Proceedings of the International Conference on Forest Ecosystem Restoration*, Vienna, Austria, 2000 (April 10/12): 247—256.
- [10] Stefan Zerbe. Restoration of natural broad-leaved woodland in Central Europe on sites with coniferous forest plantations [J]. *Forest Ecology and Management*, 2002, 167(1/3): 27—42.
- [11] Ashton P M S, Gamage S, Gunatilleke I A U N, et al. Gunatilleke. Restoration of a Sri Lankan rainforest: using Caribbean pine (*Pinus caribaea*) as a nurse for establishing late-successional tree species [J]. *Journal of Applied Ecology* 1997, (34): 915—925.
- [12] Nilsson C, Reidy C A, Dynesius M, et al. Fragmentation and flow regulation of the World's large river systems [J]. *Science*, 2005, (308): 405—408.
- [13] Christophe P Henry, Claude Amoros, Nicolas Roset. Restoration ecology of riverine wetlands: A 5-year post-operation survey on the Rhône River [J]. *France Ecological Engineering*, 2002, 18(5): 543—554.
- [14] Scheimer F, Baumgartner C, Tochner K. Restoration of floodplain rivers: the Danube restoration project [J]. *Regulated Rivers: Research and Management*, 1999, 31(5): 231—244.
- [15] Downs P W, Thorne C R. Rehabilitation of a lowland river: Reconciling flood defence with habitat diversity and geomorphological sustainability [J]. *Journal of Environmental Management*, 2000, 58(4): 249—268.
- [16] Morten Lauge Pedersen, Jens Andersen, Kurt Nielsen, et al. Restoration of Skjern River and its valley: Project description and general ecological changes in the project area [J]. *Ecological Engineering*, 2007, 30(2): 131—144.
- [17] Ben Page, Maria Kaika. The EU water Framework Directive: part 2. Policy innovation and the shifting choreography of governance [J]. *European Environment*, 2003, 13(6): 328—343.
- [18] Merritt D M, Wohl E E. Plant dispersal along rivers fragmented by dams [J]. *River Research and Applications*, 2006, 22: 1—26.
- [19] Martin R Perrow, Anthony J Davy. *Handbook of Ecological Restoration* [M]. The United Kingdom: Cambridge University Press, 2002.
- [20] Zeren Gurkan, Jingjie Zhang, Sven Erik. Development of a structurally dynamic model for forecasting the effects of restoration of Lake Fure, Denmark [J]. *Ecological Modelling*, 2006, 197(1/2): 89—102.
- [21] Valentina G Drabkova, Vladislav A Rutnyantsev, Lidiya V. Sergeeva et al. Ecological problems of Lake Ladoga: causes and solutions [J]. *Hydrobiologia*, 1996, 322(1/3): 1—7.
- [22] Stéphane Jacquet, Jean-François Briand, Christophe Le Boulanger, et al. The proliferation of the toxic cyanobacterium *Planktothrix rubescens* following restoration of the largest natural French lake (Lac du Bourget) [J]. *Harmful Algae*, 2005, 4(4): 651—672.
- [23] Judit Padisák, Colin S. Reynolds. Selection of phytoplankton associations in Lake Balaton, Hungary, in response to eutrophication and restoration measures, with special reference to the cyanoprokaryotes [J]. *Hydrobiologia*, 1998, 384(1/3): 41—53.
- [24] Reina M, Espinar J L, Serrano L. Sediment phosphate composition in relation to emergent macrophytes in the Doñana Marshes (SW Spain) [J]. *Water Research*, 2006, 40(6): 1185—1190.
- [25] Muñoz-Reinoso J C. Vegetation changes and groundwater abstraction in SW Doñana, Spain [J]. *Journal of Hydrology*, 2001, 242(3/4): 197—209.
- [26] Marta Mónica José Vicente De Lucio. The role of on-site experience on landscape preferences: A case study at Doñana National Park (Spain) [J]. *Journal of Environmental Management*, 1996, 47(3): 229—239.
- [27] André Mauchamp, Philippe Chauvelon, Patrick Grillas. Restoration of floodplain wetlands: Opening polders along a coastal river in Mediterranean France, Vistre marshes [J]. *Ecological Engineering*, 2002, 18(5): 619—632.
- [28] Carl Christian Hoffmann, Annette Baattrup-Pedersen. Re-establishing freshwater wetlands in Denmark [J]. *Ecological Engineering*, 2007, 30(2): 157—166.
- [29] 崔保山, 刘兴土. 湿地恢复研究综述 [J]. *地球科学进展*, 1999, 14(4): 358—364.
- [30] Daniel F, Fink, William J, et al. Hydrology and nutrient biogeochemistry in a created river diversion oxbow wetland [J]. *Ecological Engineering*, 2007, 30(2): 93—102.
- [31] Bradshaw A D. Wasteland Management and Restoration in Western Europe [J]. *Journal of Ecology*, 1989, 26: 775—786.

- [32] 刘国华,舒洪岚. 矿区废弃地生态恢复研究[J]. 江西林业科技, 2003(2):20—25.
- [33] 李树志,周锦华,张怀新. 矿区生态破坏防治技术[M]. 北京:煤炭工业出版社,1998.
- [34] 刘志斌. 法国 LaMartinie 露天煤矿排土场建设及其生态恢复[J]. 露天采煤技术,2000(4):27—30.
- [35] Holden R. International Landscape Design[M]. London: Laurence King,1996.
- [36] Weilacher Udo. Between Landscape Architecture And Land Art[M]. Birkhaeuser: Publisher For Architecture, 1999.
- [37] European Environment Agency Europe 's Environment: The Debris Assessment[C]// Copenhagen. European Environment Agency. Luxembourg:Office for Official Publications of the European Communities,1995.
- [38] European Environment Agency. Europe 's Environment. The second Assessment[C]// Copenhagen. European Environment Agency. Luxembourg:Office for Official Publications of the European Communities,1998.
- [39] Timothy A S, Hugh D O S, Christopher F W. The impact of the Habitats Directive on European port operations and management[J]. Geo Journal, 2006, 65(3):165—176.
- [40] Henning von Nordheim, Dieter Boedeker, Jochen C Krause. Rationale behind site selection for the NATURA 2000 network in the German EEZ[C]// Progress in Marine Conservation in Europe. Springer Berlin Heidelberg, 2000:65—96.
- [41] Rob H G Jongman, Mart K ùvik I b Kristiansen. European ecological networks and greenways[J]. Landscape and Urban Planning, 2004, 68(2/3):305—319.
- [42] IUCN Report on the state of conservation of natural and mixed sites inscribed on the world heritage list and the list of world heritage in danger[R]. Gland, Switzerland: The World Heritage Convention IUCN, 1999.
- [43] David Turnock. Cross-border conservation in East Central Europe: The Danube-Carpathian complex and the contribution of the World Wide Fund for Nature. [J] Geo Journal, 2001, 55(2/4):655—681.
- [44] Haas T C. A web-based system for public-private sector collaborative ecosystem management[J]. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment (SERRA), 2004, 15(2):101—131.
- [45] Wlodzimierz Kurek, Robert Faracik. Ecological conflicts in Poland[J]. GeoJournal, 2001, 55(2/4):507—516.
- [46] Jonge de V N, Jonge de D J, Jong de M M van Katwijk. Policy plans and management measures to restore eelgrass (*Zostera marina* L.) in the Dutch Wadden Sea[J]. Helgoland Marine Research, 2000, 54(2/3):151—158.
- [47] Bergkamp G, Orlando B. exploring collaboration between the convention on wetlands and the UN framework convention on climate change. Background paper from IUCN [OL]. [1999-02-12]. <http://www.ramsar.org/>.
- [48] De Nooij R J W, Lotterman K M, Sande van de P H J, et al. Validity and sensitivity of a model for assessment of impacts of river floodplain reconstruction on protected and endangered species[J]. Environmental Impact Assessment Review, 2006, 26(8):677—695.
- [49] Jekel H. Sustainable Water Management in Europe: the Water Framework Directive[C]// Transboundary Water Resources: Strategies for Regional Security and Ecological Stability, 2005(4):121—127.
- [50] Andersen J H, Conley D J, Hedal S. Palaeoecology, reference conditions and classification of ecological status: the EU Water Framework Directive in practice[J]. Mar Pollut Bull. 2004(49):283—290.
- [51] European Union. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 on establishing a framework for community action in the field of water policy[R]. Eur Commun L, 2000:1—72.