

工程创面生态恢复产业化问题初探

顾 卫^{1,2}, 崔维佳^{1,2}, 许映军^{1,2}, 邵 琪¹

(1. 北京师范大学资源学院 北京 100875 ; 2. 北京师范大学资源工程实验室 北京 100875)

摘要 给出工程创面和工程创面生态恢复的定义 : 工程创面是指伴随人类在生产、生活中所实施的各种工程措施而在地球表面所出现的破坏了原有自然环境的创伤面 ; 工程创面生态恢复是具有创面防护和生态恢复双重意义的工程任务。认为工程创面生态恢复产业化既是经济建设的需要 , 也是实施生态文明国策的需要 , 具有规模较大、设备材料专用、从业人员职业化、社会功能独特等产业化特点 , 并且是一个朝阳产业。指出目前存在的主要问题是理论技术水平低、工程质量差、缺少技术标准、企业行为不规范、产业分工与协作不完善、科研投入不足、人才培养滞后等。建议通过确立产、学、研、官、民相结合的发展模式 , 建立国家级科研和人才培养基地 , 制定技术标准和施工规范 , 组建产业协会等方式来促进我国工程创面生态恢复产业化发展。

关键词 : 工程创面 ; 生态恢复 ; 产业化

中图分类号 : X171.4

文献标识码 : A

文章编号 : 1006-7647(2008)06-0066-05

Study on the industrialization of ecological restoration for surfaces destroyed by engineering // GU Wei^{1,2}, CUI Wei-jia^{1,2}, XU Ying-jun^{1,2}, SHAO Qi¹ (1. College of Resources and Technology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 2. Laboratory of Resources Engineering, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract : The surfaces destroyed by engineering can be defined as the original natural environmental wounds appearing with various engineering measures carried out for human productivities and life on the earth's surface. Ecological restoration engineering for the destroyed surfaces is a kind of engineering mission of double significance in both destroyed surface prevention and protection and ecological restoration. The industrialization of the ecological restoration engineering for the destroyed surfaces is great need for economic construction and conservation culture. It has industrialized characteristics of the larger scale, special-purpose equipment material, the professional employee, the unique social function and is a promising industry. At present, the primary problems are the low theory level, the inferior project quality, the absence of technical standards, the nonstandard enterprise behaviors, the incomplete industrial dividing and cooperation, the deficiency in scientific research and the lagging in personnel training etc. The industrialization of development of the ecological restoration engineering for the destroyed surface may be promoted by establishing a development pattern based on the cooperation of industries, universities, institutes, governments and popular circles, building the national scientific research and personnel training base, framing the technical norms and construction criteria, and forming industrial associations.

Key words : destroyed surface by engineering; ecological restoration; industrialization

近年来 , 随着我国经济实力的整体提高和生态环境问题的日益严峻 , 以植被恢复为代表的工程创面生态恢复与重建问题越来越得到政府的重视和民众的关心。作为一种以政府投资为主导的公益性工程建设事业 , 在相关法律、法规和管理条例的保证下 , 正在各基础设施建设和相关领域中深入展开。仅以交通行业为例 , 2006 年全国交通环保投资近 100 亿元^[1] , 以绿化投资占环保投资的 70% 计算 , 相

当于有 70 亿元左右的资金用于公路植被恢复与重建工程。如果再把水利、城建、矿业、水土保持等领域的投资加进去的话 , 我国每年至少要有 300 亿 ~ 500 亿元的资金用于各类工程创面的生态恢复工程 , 而且资金投入的规模还存在着不断加大的趋势。如此规模的市场势必会引发众多企业、事业、科研等单位的关注 , 与此相关联的人力、物力、资金、技术、科研等都将向这个市场流入 , 这将对我国生态环境

基金项目 : 交通部西部交通建设科技项目(200631800087) ; 北京市自然科学基金(8073029)

作者简介 : 顾卫(1956—) , 男 , 吉林长春人 , 教授 , 博士 , 从事工程创面生态恢复与重建技术研究。E-mail : weigu@bnu.edu.cn

通讯作者 : 许映军(1977—) , 男 , 江苏南通人 , 讲师 , 博士 , 从事资源技术与工程研究。E-mail : yingjxu@ires.cn

的改善起到推动作用,同时还会促进城乡就业率的提高。

尽管我国工程创面生态恢复的市场已经形成并初具规模,但由于行业分割、技术陈旧、原料设备不配套、规范标准不健全、科技投入不充分等原因,目前仍然处于技术含量低、市场秩序不完善的状态。2008年奥运会在北京召开,我国的生态环境问题已受到世界各国的普遍关注,不论是现实的国内生态环境改善还是长远的全球环境变化问题,都离不开人类通过工程措施来减少由于自身生存与发展对地球环境所造成的破坏。因此,关注我国生态恢复工程建设事业的发展动态,剖析其存在的问题并提出对策,引导其迅速走上大规模、高水平、有秩序的产业化发展道路,是生态恢复工程研究的重要理论和现实问题。

笔者在近年来参与工程创面生态恢复技术研究与工程实践的基础上,对工程创面生态恢复产业化的问题有一点初步的、肤浅的看法,希望借此抛砖引玉,能引起更广泛的关注与讨论,以推动这项事业的发展。

1 工程创面及生态恢复工程的定义与范畴

学术界尚未有对工程创面的明确定义,笔者认为所谓工程创面是指伴随人类在生产、生活中所实施的各种工程措施而在地球表面出现的破坏了原有自然环境的创伤面。这种创伤面既可能出现在陆地,也可能出现在水域;它的形态既可能是平面,也可能是坡面;它对原有自然环境的破坏既可能是彻底的,也可能是部分的。

陆地的工程创面一般具有以下特征:改变原有的地形地貌,破坏原有的地表重力平衡,增大或减小地表坡度,增加或降低原有的地形稳定性,改变原有的地表覆盖物,使原有的自然土壤完全丧失或严重退化,改变土壤原有的继承性,土壤硬度增加、肥力减退,破坏原有的植物群落,降低植被覆盖度,影响或改变动物生存空间,降低生物多样性,改变地表水和地下水流向,改变地下水位,加大水土流失的危险性,改变地表的热量环境和湿度环境,引发局部地区小气候变化,改变原有自然景观和人文景观,造成景观空间分布的异质感和不协调。

生态恢复与生态修复是恢复生态学中2个相近而又有所区别的概念,不同的学者有不同的解读^[2-3]。对于工程创面来说,主要是受物理破坏,污染程度很低,只是由于立地条件严重恶化,很难自然恢复或者恢复需要相当长的时间,必须要通过高强度的人工干预,才可能在短期内改善生态环境。显

然,在重建工程创面生态系统中,既含有生态恢复的特点,又含有生态修复的内容,但笔者更倾向于使用工程创面生态恢复的概念,而不是生态修复。

综上所述,笔者认为所谓工程创面生态恢复是指依据生态学、土壤学、植物学、土木工程学、机械工程学的原理,遵循系统优化原则,对工程创面进行生态恢复设计,综合运用土木工程措施、机械工程措施和生物措施,组织人力、物力,增加工程创面的地表稳定性,重建土壤基础,恢复植物群落,实施综合管理,完成具有创面防护和生态恢复双重意义的工程任务。

2 我国工程创面生态恢复技术的发展过程

我国最早对工程创面进行生态恢复的行业是水利行业。有记载表明,在明代已经开始通过栽植柳树来加固与保护河堤,17世纪开始在黄河两岸实施植被护堤^[4]。20世纪30年代,黄河中上游地区已经开始尝试使用阶田、轮种、等高种植等方法控制水土流失^[5]。1949年中华人民共和国成立以后,迎来了第一个基础设施建设高峰,当时主要是从绿化的观点出发,通过人工植树种草的方式来恢复工程创面的植被覆盖。1959年,中国科学院华南植物研究所余作岳等在广东热带沿海侵蚀台地上开展的退化生态系统的植被恢复技术与机理研究^[6],可以认为是我国近代生态恢复技术理论研究的前驱。

进入20世纪80年代之后,国际上开始兴起恢复生态学的浪潮,国内有关生态恢复的理论研究也逐渐增多^[7],加上改革开放政策所带来的又一个基础设施建设高峰,工程创面的生态恢复问题进一步受到关注,特别是取代人工植树种草的机械喷播等新技术的引入,标志着我国工程创面的防护开始从绿化逐渐向生态恢复的方向转变。

我国在20世纪80年代末引进了植生带技术^[8],此后又先后引进了液压喷播^[9]、三维网植草术^[10]、客土喷播^[11]和厚层基质喷播^[12]等技术,它们被应用于交通、水利、城建等行业的工程创面生态恢复。技术水平的提高,使施工范围从平面向坡面、从土质面向岩石面扩展,工程质量也得到了较大程度的提高,从初期的单一播种草本追求植被覆盖率,到现在的重视土壤层(客土)的恢复和乔、灌、草、藤等多物种的综合使用,在保证一定的植被覆盖率的前提下,提高人工植物群落的稳定性。此外,在工程创面生态恢复理论、对策、成本研究等方面也取得了一定的进展^[13-15]。

综上所述,我国的工程创面生态恢复经历了一个由单纯防护向绿化-生态恢复的理论转变、从人工建植向机械建植的技术转变、从平面向坡面和从土

质面向岩石面的工程转变过程。可以预测,从现在到 21 世纪 20 年代,我国将迎来工程创面生态恢复的理论、技术、工程全面大发展的新时期。

3 工程创面生态恢复产业化的必要性与可能性

3.1 必要性

与我国 960 万 km^2 的国土面积相比,工程创面所占的面积可以说是微乎其微,但它对人工构造物的工程安全和大范围的生态安全来说,其重要性是绝对不容忽视的。

工程创面的出现使得原有的地物和生态环境都发生了重大变化,因此它在工程上和生态上都具有强烈的不稳定性,如果不在短期内(几个月)迅速完成生态恢复工程,就有可能使人工构造物发生水土流失、坍塌甚至滑坡事故。所以,及时开展工程创面的生态恢复,对于保证工程构造物的安全来说是不可缺少的措施。

工程创面生态恢复对于保证区域的生态安全也具有重要意义。例如,外来植物紫茎泽兰从最初的引入地——位于中缅边境的腾冲,已经沿着公路向几百公里之外的昆明及更远的地方传播,公路两侧凡是植被恢复不好的工程创面几乎都能看到它的侵入,给我国西南地区的生态安全造成了非常大的威胁。如果当初能及时地对工程创面进行生态恢复,就可以在很大程度上控制这种生态安全风险。

继物质文明、精神文明、政治文明之后,中国共产党的十七大报告又明确提出建设生态文明,作为新时期党的国家的基本政策之一,要把人与自然的关系纳入到社会发展目标中统筹考虑。而开展工程创面的生态恢复工作,恰恰就是建设生态文明的具体行动。

3.2 可能性

目前有关林业生态产业化、农业生态产业化、城市园林产业化等研究和实践都有了一定的成果^[16-18],但有关工程创面生态恢复的产业化研究还相对滞后。尽管如此,从以下几个方面仍然能够看出其向产业化方向发展的可能性。

a. 设备、材料的专用性。国内已经先后开发出了多种工程创面生态恢复施工专用设备,例如种子喷射机、客土喷射机、有机质喷射机、材料混合控制设备等。此外,还有与之配套使用的空压机、发电机、水泵、水车等设备。施工所用各种材料也实现了专用化,例如有机纤维材料、土壤黏合材料、土壤改良材料、各种塑料网和金属机编网、无纺布、缓释(控释)肥、锚杆锚钉等。这些设备和材料已经实现或正

在实现由专业厂家生产和专业公司销售。

b. 从业人员的职业化。由于工程创面的立地条件差、施工难度高,其生态恢复工程有别于传统意义上的植树造林等农林生态建设工程。它不仅需要使用专用设备和专用材料,而且施工过程也像工业流水线生产那样具有连续、紧凑、协作、集约等特点,因此需要具有专门技能的职业人员来从事这种工程施工。

c. 社会功能的独特性。工程创面的生态恢复,对于工程构造物的安全、周边地区生态安全、环境保护和景观改善来说极其重要。特别是在当今全球环境问题不断恶化、政府和人民的生态意识不断提高的形势下,工程创面生态恢复的社会功能恰好符合了时代的要求,是其他产业所不可替代的。

d. 产业的规模性。工程创面生态恢复的产业规模将随着基础设施建设规模的变化而变化。根据中华人民共和国国家统计局全国第一次“三产”普查资料^[19]和中华人民共和国住房和城乡建设部 2004 年城市建设统计资料^[20],1991 年和 2004 年全国城市园林绿化业的从业人口分别为 21.73 万人和 29.47 万人,总产值分别为 60.30 亿元和 359.46 亿元,由于城市园林绿化中也含有部分工程创面的绿化工程,因此可以从这些数据中推测工程创面生态恢复的产业规模存在不断上升的趋势。

e. 产业存续时间。对于处于高速建设期的国家来讲,工程创面生态恢复产业的存续和发展与公共基础设施建设有着不可分割的联系。例如,日本在第二次世界大战后开始了以国土绿化工程为代表的工程创面生态恢复。在 1964 年东京奥运会的带动下,随着高速铁路和高速公路的建设浪潮,工程创面生态恢复产业也进入了大发展时期。这一势头在 1996 年达到顶点,创下了年总产值 1 006 亿日元的纪录,从业公司达到 250 家。此后,由于公共投资的减少,加上公司竞争的加剧,工程创面生态恢复产业转为下滑趋势。2002 年的总产值降为 580 亿日元,仅约为 1996 年高峰期的 $1/2^{[21]}$ 。近年来,下滑趋势仍在持续,大批专业公司改行或倒闭,产业规模与社会需求之间的调整逐渐进入相互适应阶段。从日本的发展经历可以看出,在这个国土面积仅为我国 $1/26$ 的岛国,工程创面生态恢复产业就已经走过了 50 a 的发展历程,而在我国,这一产业才刚刚兴起,产业发展的高峰期还没有到来,可以预见,我国工程创面生态恢复产业至少还将会保持 30 ~ 40 a 的增长势头,之后才会进入调整适应阶段,由此可以说,目前工程创面生态恢复产业在我国是一个朝阳产业。

4 存在的问题与产业发展建议

4.1 存在的问题

目前我国工程创面生态恢复产业中存在的问题,主要表现在以下几方面:

a. 理论技术水平低,工程质量差。工程创面生态恢复与传统的荒山造林、城市绿化之间最大的区别在于立地条件的差异、工程时效的紧迫和施工作业的复杂。目前国内有关这方面的理论研究零散、单一,缺乏系统性,而技术研究也没有形成独自の体系,还是以各自引进为主,缺乏技术消化、技术普及和技术创新。其结果往往是盲目照搬国外技术,随意扩大使用范围,单纯追求短期、快速的覆盖效果,忽略植物群落的稳定性和与周边自然环境的协调,使得工程质量达不到防护效果、生态效果和景观效果的统一。

b. 缺少技术标准,企业行为不规范。由于没有全国性或地方性统一的技术标准与施工规范,设计和招标单位难以科学、合理地把握工程价格,而各施工企业则根据自己对相关技术的掌握程度来拟定施工成本,随意提高或降低工程造价,导致恶性竞争不断。例如,客土喷播的工程报价可以从 20 元/m² 到 80 元/m² 甚至 120 元/m² 不等。结果是不合理的高利润和无序的低报价并存,最终会给工程质量带来严重影响。

c. 产业分工与协作不完善。目前我国工程创面生态恢复的产业分工还不是很明确,设计、材料、设备、施工、管护等环节尚未完全实现专业化,各企业之间、上下游各环节之间也没有形成分工与协作的机制。例如,目前主要由施工企业自行生产的喷播基材,如果根据区域差异合理布局基材生产企业,完全可以实现专业化生产,这样不仅可以用经过专门发酵处理的农业秸秆和城市污泥等在保证产品质量的前提下代替目前常用的草炭(国家对开采草炭有严格的限制,不可能长期、大量地开采来用作商品供应),还可以保护环境、合理利用资源、缓解运输压力,从根本上解决基材的质量和成本问题。

d. 科研投入不足,人才培养滞后。工程创面生态恢复理论、技术与工程试验涉及理、工、农、林、水、经济等众多的学科和专业,生态恢复的方向、过程与效果也需要长时期的跟踪调查,这些都需要较大的科研投入才能完成。而在我国国家级、省部级的各种科研计划中,这方面项目的资助都很少。这方面的人才培养也相对滞后,高等院校中还没有培养这方面人才的专业,开设的相关专业课程也很少。

4.2 产业发展建议

为解决上述问题,促进我国工程创面生态恢复产业化发展,笔者提出以下建议:

a. 确立产、学、研、官、民相结合的发展模式。工程创面生态恢复产业是一项公益性事业,政府是投资的主体,政府对产业化发展的引导作用不可缺少,它的受益者是广大的民众,民众的生态意识和积极参与是保障生态恢复效果的重要因素。因此,工程创面生态恢复产业化发展的模式应该是产、学、研、官、民相结合,即在政府的引导下,在科研单位的技术支撑下,以企业为工程实施主体,发动广大民众参与,在环境友好、资源节约的前提下实现区域化布局、专业化生产、社会化服务、一体化经营,实现生态效益、社会效益和经济效益的统一。

b. 建立国家级科研和人才培养基地。工程创面生态恢复的理论研究和技术研发是长期任务,需要不同学科、不同专业的科研人员协同合作,把理论研究、技术研究、工程试验、工程应用、效果监测结合起来,才能够达到目的。为此,建立国家级科研和人才培养基地,提高理论研究和技术开发水平,培养专门人才,是产业可持续发展的保证。

c. 制定技术标准和施工规范。目前在我国工程创面生态恢复工程中应用的技术既有从国外引进的,也有自行研发的,但由于研发背景不同、引进渠道不同、鉴定部门不同,再加上我国复杂的自然环境和区域分异,使得这些技术在应用中出现了很大的随意性,造成设计部门、施工部门、监理部门各行其是,直接影响了工程质量。为此,在对各种技术的原理、特点、适用范围、操作流程进行整理和改进的基础上,制定出国家或行业技术标准与施工规范是当务之急。

d. 组建产业协会。组建跨行业的工程创面生态恢复产业协会,对于构建政府与企业之间的沟通桥梁、推动技术普及、规范企业行为、保障市场秩序是非常必要的,也是促进产业化发展进程的重要步骤。日本根据坡面生态恢复与城市园林绿化的技术特点与施工难度的不同,分别组建了全国特定坡面保护协会(社团法人)和日本绿化协会,对于日本生态恢复产业化发展起到了重要作用。日本的做法值得我国借鉴。

5 结 语

工程创面的生态恢复,既是我国当今社会经济建设中遇到的新问题,也是以往由于种种原因未能解决的老问题。在全球环境问题和全球经济一体化的双重压力下,面对全国生态环境不断恶化的现实,

工程创面生态恢复作为一个产业登上历史舞台,已经变得越来越紧迫和重要。产、学、研、官、民相结合的发展模式,将会使工程创面生态恢复产业为中国社会经济的可持续发展发挥重要作用。

参考文献：

[1] 朱勇.投资不断加大 效果日益明显 交通环保事业形成发展新格局 EB/OL.[2007-08-31]. <http://www.jtport.com/info.cfm?id=2003>.

[2] 焦居仁.生态修复的要点与思考[J].中国水土保持,2003(2):1-2.

[3] 周启星,魏树和,刁春燕.污染土壤生态修复基本原理及研究进展[J].农业环境科学学报,2007,26(2):419-424.

[4] 周德培,张俊云.植被护坡工程技术[M].北京:人民交通出版社,2002.7-11.

[5] 黄河水利委员会,黄河上中游治理局.黄河水土保持志[M].郑州:河南人民出版社,1993.83-84.

[6] 任海,彭少麟.恢复生态学导论[M].北京:科学出版社,2001.3-9.

[7] 张厚华,傅德志,孙谷畴.森林植被恢复重建的理论基础[J].北京林业大学学报,2004,26(1):97-99.

[8] 金平,曹广骥.草坪草种植方式及养护技术[J].北方园艺,1991(11/12):52-54.

[9] 刘德荣,马永林,韩烈保,等.坡面液压喷播绿化草种及组合的筛选[J].北京林业大学学报,2000,22(2):41-45.

[10] 刘爱兰.三维植被网喷播植草技术的应用[J].湖北林业科技,2002(2):35-37.

[11] 杜鹃.客土喷播施工法在日本的应用与发展[J].公路,2000(7):72-73.

[12] 张俊云,周德培,李绍才.厚层基材喷射护坡试验研究[J].水土保持通报,2001,21(4):23-25.

[13] 张国华,张展羽,王倪进,等.南方红壤丘陵区不同生态恢复措施对土壤质量的影响[J].水利水电科技进展,2007,27(5):19-22.

[14] 华国春,黄川友,李艳玲,等.拉萨拉鲁湿地生态恢复与重建对策研究[J].水资源保护,2007,23(6):93-96.

[15] 孙强,赵铨铨,韩竹.辽宁省英那河流域环境资源损益分析与价值评估研究[J].水利经济,2006,24(6):19-22.

[16] 杨文杰,葛超,陈晓非.吉林省林业产业化探讨[J].西北林学院学报,2007,22(3):164-166.

[17] 欧阳志云,赵同谦,苗鸿,等.海南制糖-酒精-能源-农业生态产业模式设计[J].环境科学学报,2004,24(5):915-921.

[18] 康俊水,张淑英,杜宪忠,等.胜利油田园林产业化探讨[J].山东林业科技,2002(3):43-45.

[19] 中华人民共和国国家统计局.第三产业分行业机构、人员、总产出及增加值 EB/OL.[2001-11-21]. http://www.stats.gov.cn/tjsj/pcsj/scpc/scpc/t20030826_100070.htm.

[20] 中华人民共和国住房和城乡建设部.2004年按构成和行业分全国城市建设固定资产投资 EB/OL.[2005-05-09]. <http://www.cin.gov.cn/hytj/cztj/>.

[21] 日本全国特定坡面保护协会.不同工种细目变化表[R].东京:日本全国特定坡面保护协会,2003.

(收稿日期 2008-02-27 编辑 骆超)

(上接第 11 页)

尺寸效应到底是源于测算方法,还是其本身固有的性质。如果是本身固有的性质,其产生的原因需要从理论和实验两方面加以详细研究。

参考文献：

[1] 黄海燕.混凝土尺寸效应理论与断裂参数分析[D].南京:河海大学,2004.

[2] 曹亮.考虑过程区的混凝土断裂韧度尺寸效应研究[D].南京:河海大学,2006.

[3] 杨勇,任青文.碳纤维混凝土力学性能试验研究[J].河海大学学报:自然科学版,2006,34(1):92-94.

[4] 姜义高,赵艳华,徐世昕.边界效应确定混凝土断裂能的简化计算[J].水利水电科技进展,2006,26(6):43-46.

[5] 邵勇,王向东.混凝土二维复合型软化曲线的一种推算方法[J].河海大学学报:自然科学版,2004,32(4):430-433.

[6] 杜成斌,马良筠,任青文.有缝高拱坝的非线性地震响应分析[J].河海大学学报:自然科学版,1999,27(6):40-43.

[7] 50-FMC Draft Recommendation. Determination of the fracture energy of mortar and concrete by means of three-point bend tests on notched beams[J]. Materials and Structure, RILEM, 1985,18(4):285-290.

[8] WITTMANN F H, ROKUGO K, BRÜHWILER E et al. Fracture

energy and strain softening of concrete as determined by means of compact tension specimens[J]. Materials and Structure, RILEM, 1988,21(1):21-218.

[9] GUINEA G V, PLANAS J, ELICES J. Measurement of the fracture energy using three-point bend tests: influence of experimental procedures[J]. Materials and Structure, RILEM, 1992,25(4):212-218.

[10] PLANAS J, GUINEA G V, ELICES J. Measurement of the fracture energy using three-point bend tests: influence of bulk energy dissipation[J]. Materials and Structure, RILEM, 1992,25(5):305-312.

[11] MALVAR L J, WARREN G E. Fracture energy for three-point bend tests on single-edge-notched beams[J]. Experimental Mechanics, 2006,28(3):266-272.

[12] ELICES M, GUINEA G V, PLANAS J. Measurement of the fracture energy using three-point bend tests: influence of cutting the $p-\delta$ tail[J]. Materials and Structure, RILEM, 1992,25(6):305-312.

[13] HU X Z, WIEEMANN F H. Fracture energy and fracture process zone[J]. Materials and Structure, RILEM, 1992,25(6):319-326.

[14] WECHARATANA M. Double torsion tests for studying slow crack growth of portland cement mortar[J]. Cement and Concrete Research, 1980,10(6):833-844.

(收稿日期 2008-01-02 编辑 骆超)