文章编号:1000-5641(2009)06-0079-10

山东九龙山废弃采石坑生态和景观评价与修复方案

季夏微[1], 蔡永立[1,2], 左俊杰[1], 罗 坤[1]
(1. 华东师范大学 地理系,上海 200062; 2. 华东师范大学 上海市城市化生态过程与生态恢复重点实验室,上海 200062)

摘要: 废弃采石坑不仅是一种极度退化的生态系统,也是一种视觉污染. 在实地调查的基础上,基于 GIS 手段,运用改进的生态景观评价法(VRM)结合景观污染指数(LPI),对山东省九龙山中华文化标志城47.2 km^2 规划区范围内的共 40 个废弃采石坑进行了景观质量、生态质量以及景观污染程度的综合评价和分类,提出了近期-生态恢复、近期-景观再造、近期-生态恢复/景观再造、中期-生态恢复、中期-景观再造、远期-生态恢复和远期-景观再造 7 项针对性修复方案,为废弃采石坑的生态、景观修复提供了科学依据.

关键词: 采石坑修复; VRM 评价; LPI; 景观规划
中图分类号: X321 **文献标识码**: A

Assessment and restoration schemes of ecology and landscape of quarries on Jiulong Mountain in Shandong province

JI Xia-wei[1], CAI Yong-li[1,2], ZUO Jun-jie[1], LUO Kun[1]
(1. *Department of Geography, East China Normal University, Shanghai* 200062, *China*;
2. *Shanghai Key Laboratory for Ecology of Urbanization Process and Eco-restoration, East China Normal University, Shanghai* 200062, *China*)

Abstract: The abandoned quarries are a kind of highly degraded ecosystem and cause visual pollution. Based on field investigation and GIS, combining improved Visual Resource Management (VRM) with Landscape Pollution Index (LPI), 40 abandoned quarries in the 47.2 km^2 planning area of Jiulong Mountain Chinese Cultural Symbolic City were assessed, then 7 different restoration schemes were put forward, which are short-term ecological revegetation, short-term landscape re-building, short-term ecological revegetation/landscape re-building, medium-term ecological revegetation, medium-term landscape re-building, long-term ecological revegetation and long-term landscape re-building. The assessment of abandoned quarries provides objective reference for choosing ecological revegetation or landscape re-building.

Key words: quarries restoration; VRM assessment; LPI; landscape planning

收稿日期:2009-03
第一作者:季夏微,女,硕士研究生,研究方向为城市与景观生态. E-mail: summer-miaomiao@hotmail.com.
通讯作者:蔡永立,男,教授,研究方向为恢复生态学和生态安全. E-mail: ylcai@geo.ecnu.edu.cn.

0 引 言

“废弃采石坑”是采石后遗留的一种退化生态系统,其特点是原有表土和植被缺失,地质结构不稳,容易引发滑坡、泥石流等地质灾害,并会进一步诱发周边水土流失和下游河道淤塞.同时,废弃采石坑如同山体的疮疤,破坏整个山体的视觉景观[1-7].因此,为了遏制采石坑对城乡生态环境与景观的不利影响,对其进行修复不仅是生态工作者关心的问题,也是景观规划和旅游等部门关注的热点[2,3,5-11].但采石坑修复不仅仅是指把开采坑口恢复为农业用地或恢复到原初的状态,还要强调以改善生态环境和自然景观为目标,有效重建被破坏的景观,同时营造新的景观[8,9].

目前废弃采石坑修复通常采用生态恢复或景观再造两种方法[9-16].生态恢复法以植被恢复为主要目标,借助植被减缓甚至消除水土流失和滑坡等地质危害,同时改良土壤,促进植被演替.该方法通常要求废弃采石坑破坏不太严重,具有一定的生态恢复基础.如委内瑞拉古里水电站采石场采用生态恢复法,强调“以恢复自然的方式拯救自然”,利用本土植物和抗性强的禾本科及豆科植物,改良土壤、恢复植被,并在恢复后的采石场内开展娱乐活动[17].澳大利亚昆士兰州的 Coombabah 采石场修复工程采用安全、无害的公路建设废弃物,对采石坑进行填埋并种植本土植物进行生态恢复,获得了明显的生态、社会和环境效益[18].美国加利福尼亚 Leona 采石场结合土壤修复、灌溉和植物保护于一体,种植本土植物,修复效果明显,为当地生物提供了良好的栖境[19].景观再造法则注重合理利用采石遗留的独特地质地貌,利用景观艺术的手法,巧妙融合周边环境,营造独特风貌和人文情趣,所保留的采石遗迹还能起到教育警示作用.已有一些案例将两种方法结合,取得了良好的修复效果. 如西班牙的 La Revilla 采石场修复摒弃了传统修复方法对植物恢复的过度重视,参照开采前地貌特征进行地形重建,为采石坑生态和景观修复奠定了基础[20].法国 Biville 采石场和瑞士 Musita 采石场并不刻意掩饰石料开采过程遗留的景观,适当保留峭壁、岩石和斜坡等场地特征,人为引入植被将废弃采石场恢复到一种自然状态[21].我国的广东莲花山风景区[22]和绍兴吼山风景区[23]也是对古采石场遗址进行生态及景观修复,复绿成功并发展为旅游景点.

但对废弃采石坑是采用生态恢复还是景观再造,目前修复方案的选择还比较主观,缺少科学的评价作为支撑,这可能导致修复失败和巨大的经济损失.如香港政府尝试使用生态恢复法,将采石坑垂直岩壁爆破,并把碎片堆积为人造坡度后覆盖富含有机制的优质土壤,种植热带豆科植物,但研究结果表明修复实验失败,大部分植物死亡或长势不佳[18].因此,修复前废弃采石坑的客观评价十分重要,但目前有关案例尚不多见.为此,本文针对采石坑的特点,选用并改进了生态景观评价法(VRM),并结合景观污染指数(LPI),对九龙山中华文化标志城47.2 km^2规划区范围内的共 40 个废弃采石坑进行生态质量、景观质量、景观敏感性与景观污染程度的综合评价,在此基础上提出针对性的生态恢复和景观再造方案.

1 研究区概况

九龙山中华文化标志城规划区位于山东省邹城与曲阜两城之间,红线范围47.2 km^2,

分布九龙山主体山脉、卧虎山、玉皇山、凰山和亭山共 5 座山脉，其中九龙山主峰海拔 215 m. 研究区为暖温带半湿润气候区，年均降水量 634 mm，年均气温13.8 ℃，降水充沛，光照充足，四季分明，植物生长条件良好. 目前植被主要为次生的人工林及灌草丛，长势差，盖度低. 常见乔木有黑杨（*Populus nigra*）、毛白杨（*P. tomentosa*）、黑松（*Pinus thunbergii*）、油松（*P. tabulaeformis*）、泡桐（*Paulownia fortunei*）和旱柳（*Salix matsudata*）等；常见灌木和草本植物为胡枝子（*Lespedeza bicolor*）、酸枣（*Zizyphus jujuba* var *spinosa*）、黄荆（*Vitex negundo*）、荆条（*Vitex negundo* var *heterophylla*）、狗尾草（*Setaria viridis*）、牛筋草（*Gramineae*）和马齿苋（*Portulaca oleracea*）等[24-29].

九龙山区的山体多处遭受人为开山采石破坏，破坏总面积高达 95 万 m^2，原有植被和地形地貌遭到严重破坏. 整个研究区共遗留 40 个废弃采石坑（见图 1），其中 29 个集中分布于九龙山主体山脉，多为连续条带状，开采面大，环绕整个九龙山山腰部分；卧虎山分布 3 个采石坑，也呈狭长条带状环绕于山脚，开采面积较大；凰山零散分布 3 个采石坑，彼此相距较远但属于大面积开采，造成较大破坏；分布于玉皇山的 2 个采石坑和亭山的 3 个采石坑，相对而言分布分散且破坏面积较小.

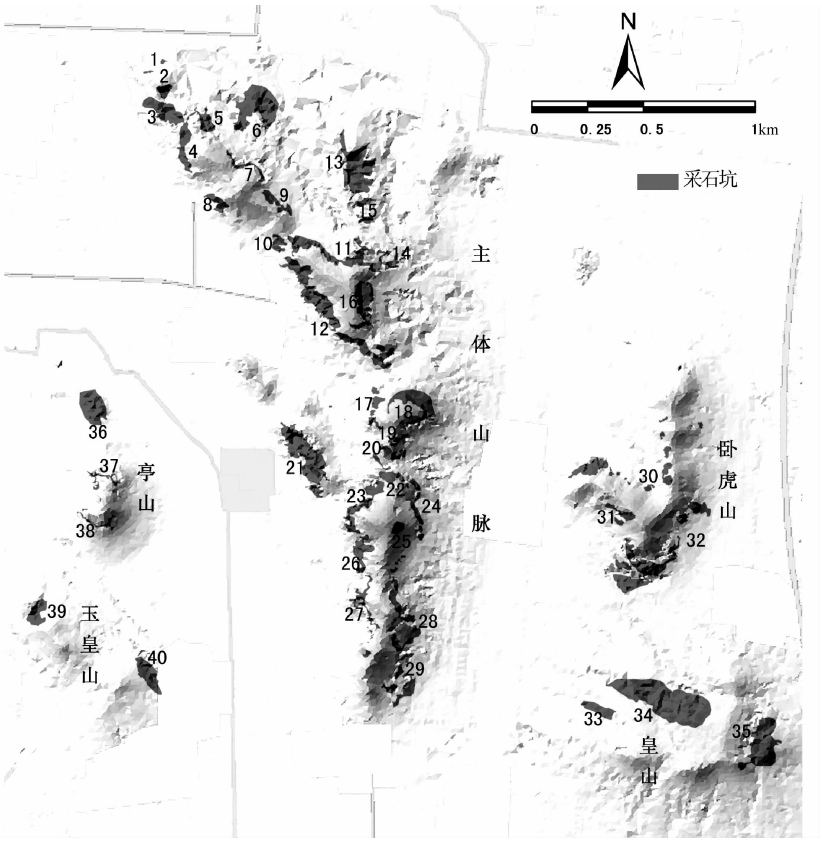

图 1　九龙山区采石坑的分布

Fig. 1　The distribution of quarries on Jiulong Mountain

2 研究方法

2.1 野外调查

分别于 2008 年 3－5 月对研究区进行了 3 次实地调查,主要调查内容包括植被现状和采石坑现状,用于修复评价. 植被调查记录主要乔木、灌木及草本植物的种类,并采集标本,为缀生于石壁的奇特树形拍照;在每个采石坑周边设置 5 m×5 m 的样方调查植被覆盖度和多样性,并测量乔木的胸径、冠幅和郁闭度等. 采石坑调查借助手持 GPS 等工具,测量石壁高度、长度和坡面角度等,并测定石壁风化度和土层厚度,同时采集土样以备下一步分析;拍照记录石壁的独特纹理和奇特岩石. 此外,还对采石坑周边的土地利用类型进行详细记录.

2.2 改进的 VRM 评价方法

1984 年,美国农业部(USDI)下属的土地管理局(BLM)为了缓和公众对林地砍伐的反对,保护重要的景观价值,提出了景观资源管理(VRM)方法. VRM 方法包括评价和管理两部分,评价又可分为景观质量评价和景观敏感性评价[30]. 本文针对九龙山区采石坑的实际情况与特征,对 VRM 景观质量评价和敏感性评价进行了修改.

2.2.1 对 VRM 质量评价指标体系的改进

原来的 VRM 质量评价是通过对地形地貌、植被、水体、色彩、毗邻风景、人文景观及特异性 7 个因素分别评分,将各单项分值累加划分出 3 个等级的景观质量单元,然后提出不同的保护等级,其目的是为了保护;但对采石坑这种性质差异较大的景观,评价的目的除了保留或保护有一定利用价值的现有景观外,最主要的目的是为了找出合适的生态和景观修复方法,因此本文对评价指标体系做了调整. 见表 1.

表 1 改进的 VRM 质量评价指标体系

Tab. 1 The improved index system of VRM quality assessment

评价因子得分	景观质量				生态质量			
	9	6	3	0	9	6	3	0
地形地貌	坡面＞80°,山势起伏大,高耸山脊线	坡面 60～80°,起伏较大,山脊线较明显	坡面 40～60°,起伏小	坡面＜40°,变化不明显	坡面＜40°,易于复绿,方法多样	坡面 40～60°,普通方法复绿	坡面 60～80°,难于复绿	坡面＞80°,几乎无法复绿
奇特性	成层明显且形态较好,有特殊地貌	有成层,形态常见	有成层,形态较差	几乎无成层,乱石堆砌	石壁缀生较多植物,树型奇特	石壁植物生长良好	少量植物缀生,长势较差	普通岩石环境,无植物生长
植被	有林龄较长的林木,长势好,群落类型丰富	群落类型较少,林相单一	植被单一,不稳定群落为主	几乎无植被	有本地稀有种,高大树多,林内层次丰富,多样性高	群落类型较少,群落层次单一,结构简单	群落单一,林貌差,多样性较低	几乎无植被
岩石	岩石无风化,稳定性高,无地质灾害隐患	岩石风化低,较稳定,地质灾害概率低	一定程度风化,地质灾害概率较高	风化程度高,岩石破碎,地质灾害概率高	风化程度高,土壤层厚,植被适生	一定程度风化,土壤层较厚,植被可生长	风化低,土壤层薄,大量客土	无风化,植被无法生长,必须客土

续表 1

评价因子得分	景观质量				生态质量			
	9	6	3	0	9	6	3	0
相邻景观	与已有景观相距较近，且有促进作用	与已有景观距离较远，几乎不起作用	与已有景观较远，部分降低景观质量	与已有景观较近，严重降低景观质量	自然度＞70%	自然度40%～70%	自然度20%～40%	自然度＜20%
破坏程度	开采面大且连续分布，条带状石壁	开采面较大，成条带状分布	有一定开采面积，分布较为零散	开采面小且零散间断分布	植被影响小，短期可自行恢复，几乎不需人为辅助	部分植被受影响，较长时间可自行恢复，需一定人工辅助	大量植被破坏，自行恢复时间很长，需大量人工辅助	植被破坏严重，几乎无法自我恢复，完全人工辅助

具体评价方法是针对每一采石坑，对其景观质量及生态质量在相同的指标体系中分别打分，若景观质量得分高，说明其景观质量优于生态质量，相对而言采用景观再造法的修复效果较好，且经济投入较低；反之则更适合于采取生态恢复. 对于得分相同或分差 3 分之内的采石坑，则需要结合总体规划或上一层次规划选择.

2.2.2　对 VRM 敏感性评价的改进

VRM 中的敏感性(Sensitivity)是衡量公众对某一景观关心或注意的程度，人们注意力越集中的景观，其敏感性程度就越高. 敏感性评价综合考虑下列因素：使用者类型，公众的兴趣，使用的强度，周边土地利用类型对比(包括形体、线条、色彩、质地的对比)，特殊区域及其他因素等，划分出高敏感性、中度敏感和低敏感性三个等级的景观敏感性单元. 由于九龙山区已定位为中华文化标志城的主体景区，其使用者的类型、使用强度及公众兴趣差异不大，本文的敏感性评价更着重考虑和周边土地利用类型对比，对比越显著，则该采石坑的敏感等级也越高. 通过 GIS 土地利用类型的分析，按照不同对比程度也将敏感性划分为高、中、低三个敏感性等级单元，以便于确定 LPI 评价中的景观污染系数的取值.

2.3　LPI 评价

本文选用景观污染指数(LPI)，评价九龙山区采石坑对周边景观的污染影响程度，以确定合理的修复进程，制定近期与远期的修复计划. LPI 综合反应了采石坑的破坏程度及其视觉影响大小，数学表达式为[31]

$$I_{LP} = a^3 \sqrt{TAD},$$

其中(见表 2)，I_{LP} 为景观污染指数. a 为景观污染系数，主要由采石坑与周边环境的对比度，即 VRM 敏感性等级决定；通过 VRM 敏感性评价确定采石坑敏感度及其具体景观污染系数值，采石坑越敏感，其景观污染系数也就越大，取值为0.8～1.2. T 为交通因子，通过 GIS 提取，根据交通线路等级将其划分为 3 类：1 类路包括高速公路、快速干道等；2 类路是指一般干线或公路；3 类路指次要公路或乡村道路；依据不同等级取值 2～6. A 为面积因子，指采石坑的可视面积，通过 GIS 提取，依据面积大小取值 1～3. D 为视距因子，指采石坑至交通干道的距离，通过 GIS 提取，依据距离远近取值 1～3.

表 2 LPI 评价指标取值

Tab. 2 The value of LPI assessment

评价因子	标准与指标值		
a	高敏感性	中度敏感	低敏感性
	1.2	1	0.8
T	1 类路	2 类路	3 类路
	6	4	2
A	>5 hm^2	1－5 hm^2	<1 hm^2
	3	2	1
D	<100 m	100－200 m	>200 m
	3	2	1

I_{LP} 值越高,说明其破坏程度和景观影响越大,即景观污染越严重,造成的视觉影响越大,需要近期内修复以消除其不利影响;而 I_{LP} 值较低的采石坑,相对而言景观污染较小,而且随着周边采石坑的修复其自身的自然恢复也较为容易,可结合经济状况、人力资源及其他规划需求等分批修复. 因此,基于 I_{LP} 值与上一层次规划将修复进程划分为近期(3 年内)、中期(5 年内)和远期(10 年内)三个阶段,若 I_{LP} 值小于等于 1.4 则划分为远期修复;若 I_{LP} 值介于 1.4～2 之间则划分为中期修复;若 I_{LP} 值大于等于 2 则需要在近期内就完成修复工作.

3 研究结果与修复建议

3.1 采石坑破坏现状

利用 GIS 提取分析,并结合实地调查结果校准,对 40 个采石坑的的高差、面积和坡度进行了统计分析,发现九龙山废弃采石坑具有以下特点(见表 3).

(1) 石壁开采高差大. 石壁高差大于 20 m 的采石坑达到一半以上,比例为52.50%,高差10 m以上的采石坑占 90%;

(2) 破坏面积大. 70%的采石坑开采面积都大于 1 hm^2,开采破坏面积达 5 hm^2 以上的采石坑也占到12.50%的比例;

(3) 石壁开采面陡峭,坡度大. 坡度大于 70°的采石坑比例为37.50%,坡度大于 40°的采石坑更是占到了82.50%.

而且,大多数采石坑局部和崖顶处风化较强烈,存在大量裂隙,采石边坡不规则、不稳定,残留大量滚、危石块体,坑底堆积大量采石残余的碎石、石渣.

表 3 采石坑破坏现状计分析

Tab. 3 The statistical analysis of quarries damage

高差 H/m	比例/%	面积 A/hm^2	比例/%	坡度 G/(°)	比例/%
>20	52.50	>5	12.50	>70	37.50
10～20	37.50	1～5	57.50	40～70	45.00
<10	10.00	<1	30.00	<40	17.50

3.2 评价结果与修复方案选择

3.2.1 VRM 评价结果

依照上文所提出的改进的 VRM 质量评价与敏感性评价,分别评价各采石坑的生态质

量和景观质量，选定适当的修复方法（见表 4），其中共 24 个采石坑生态质量优于景观质量，适宜采用生态恢复法；共 12 个采石坑景观质量更好，采用景观再造法更为合理；其余 4 个采石坑则差异不明显，可根据规划和施工的实际需要灵活选用任意一种方法.

表 4　采石坑 VRM 质量评价结果及相应修复方法选择

Tab. 4　The VRM quality assessment results and corresponding restoration methods of quarries

VRM 质量评价结果	修复方法	采石坑编号
生态质量 ＞ 景观质量	生态恢复	1#4#5# 7－11# 15－17# 19# 24#25# 29#31# 33－40#
景观质量 ＞ 生态质量	景观再造	2#3# 6# 12－14# 18# 20－23# 26#
两者分差 ≤ 3 分	生态恢复/景观再造	27# 28#30#32#

VRM 敏感性评价结果见表 5. 九龙山采石坑周边土地利用类型有荒草地、林地、农田等，但荒草地占 80％以上，因此土地利用类型的对比并不十分强烈，仅 2 个采石坑为高敏感性，5 个采石坑为中度敏感，其余 33 个则为低敏感性.

表 5　采石坑 VRM 敏感性评价结果

Tab. 5　The VRM sensitivity assessment results

VRM 敏感性评价结果	采石坑编号
高敏感性	12#　32#
中度敏感	11#　27－30#
低敏感性	1－10# 13－26#　31#　33－40#

3.2.2　LPI 评价结果

依据所划分敏感性等级和 GIS 分析提取的面积、距离、交通等因子，通过 LPI 公式计算，得出各采石坑的景观污染指数，并划分出适当的修复进程（见表 6），其中有 11 个采石坑景观污严重，造成强烈的视觉破坏，迫切需要近期（3 年内）修复，以减轻不利影响；19 个采石坑相对破坏程度较轻，可适当放缓修复进度，中期（5 年内）修复；余下 10 个景观污染不显著的则可在远期（10 年内）借助自我恢复能力结合适当的人为辅助得到修复.

表 6　采石坑 LPI 评价结果和修复进程

Tab. 6　The LPI assessment results and restoration progresses of quarries

景观污染指数 I_{LP}	修复进程	采石坑编号
$I_{LP} \geqslant 2$	近期修复	4#11#12#27－30#32#34#36#40#
$1.4 < I_{LP} < 2$	中期修复	1#2#3#5#6#8#9#13#16－18#20－24#26#35#39#
$I_{LP} \leqslant 1.4$	远期修复	7#10#14#15#19#25#31#33#37#38#

3.2.3　综合评价结果

将上述修复方法图层与修复进程图层在 GIS 中进行图层叠加，得到总体的修复方案（见表 7）.

4　结　　语

目前国内对生态恢复（restoration）和生态修复（rehabilitation）的概念混淆使用. 本文认为生态恢复所针对的是退化生态系统，而生态修复针对的是污染生态系统，因此选用前者的

概念.废弃采石坑的修复是当前的难题,仅从生态角度考虑往往费时费力费钱,还得不到好的效果[18].根据采石坑的特点和新的使用目的,把生态恢复与景观再造有机的结合起来,不失为未来类似退化系统恢复的可取之路.本文借用其他领域使用的生态景观评价方法(VRM),通过适当修正,结合目前使用的景观污染指数(LPI)对九龙山区废弃采石坑进行的评价分析是一次新的尝试.在此基础上得出的修复方案具有明显的针对性和多目标性,而不是过去一味的生态恢复,增加了九龙山区废弃采石坑修复的可操作性.

表 7 采石坑修复方案

Tab.7 The schemes of quarries restoration

修复方案	采石坑编号
近期-生态恢复	4# 11# 29# 34# 36# 40#
近期-景观再造	12#
近期-生态恢复/景观再造	27# 28# 30# 32#
中期-生态恢复	1# 5# 8# 9# 16# 17# 24# 35# 39#
中期-景观再造	2# 3# 6# 13# 18# 20－23# 26#
远期-生态恢复	7# 10# 15# 19# 25# 31# 33# 37# 38#
远期-景观再造	14#

根据实地踏查、分析及评价,可初步选择修复技术.对于近期-生态恢复的采石坑,其首要任务是迅速复绿,以尽快消除其不利影响.借助植物尤其是草本植物和豆科植物的作用改良土壤,为植被演替奠定基础是修复的关键.因此建议采用喷播、厚层基材分层喷射等快速复绿技术.但是,这些修技术往往经济成本高、管护困难,且形成的植物群落结构较差[32-35].因此,中、远期内生态恢复则可根据经济状况,采用石壁藤本垂直绿化或结合爆破燕窝、阶梯覆土和筑台拉网等工程手段,形成更稳定的群落[32-35].对于景观再造的采石坑,则应根据其具体情况与特征选用修复技术,如坑底有较多积水的可造湖;石壁面光滑且连续的可做摩崖石刻、浮雕;纹理独特的石壁和采石残留体则可建造地质公园;甚至可以保留一定数目的采石遗迹以警示后人.美国安大略湖和希腊纳克索斯岛的采石坑是生态恢复与景观再造可借鉴的经验[36,37].

当然,由于目前相关的研究不多,尚处于探索阶段,在理论和方法上还不够成熟,特别是评价指标和方法还有待进一步的完善.

[参 考 文 献]

[1] 陈法扬. 城市化过程中的废弃采石场治理技术探讨[J]. 中国水土保持, 2002(5):39-41.
CHEN F Y. Soil and water conservation in China [J]. Soil and Water Conservation in China, 2002(5):39-41.

[2] 方华, 林建平, 莫江明. 采石场生态重建的有关问题[J]. 生态环境, 2006,15(3): 654-658.
FANG H, LIN J P, MO J M. On quarry ecological reconstruction [J]. Ecology and Environment, 2006, 15(3): 654-658.

[3] 史更申, 邢仁良, 杨涛. 裸露山体危害及其预防[J]. 中国水土保持, 2005(13): 17-18.
SHI G S, XIN R L, YANG T. The damage and preventive measures of bare mountain[J]. Soil and Water Conservation in China, 2005(13): 17-18.

[4] 麦少芝, 徐颂军, 梁志娇. 矿业废弃地的特点及其环境影响[J]. 云南地理环境研究, 2005,17(3): 23-27.
MAI S Z, XU S J, LIANG Z J. The characteristics of mining wasteland and its impacts on environment[J]. Yunnan Geographic Environment Research, 2005, 17(3): 23-27.

[5] TAMAR M. Environmental aspects of rehabilitation abandoned quarries: Israel as a case study[J]. Landscape and Urban Planning, 2008,87:172-179

[6] GUNN J, BAILEY D. Limestone quarrying and quarry reclamation in Britain[J]. Environmental Geology, 1993, 21:167-172.

[7] SORT X, ALCANIZ J M. Contribution of sewage sludge to erosion control in the rehabilitation of limestone quarries [J]. Land Degradation & Development, 1996(7):69-76.

[8] 龙花楼. 采矿迹地景观生态重建的理论与实践[J]. 地理科学进展. 1997,16(4): 68-73.
LONG H L. A study on the theories and practices of landscape ecological reconstruction of mined land [J]. Progress in Geography, 1997,16(4): 68-73.

[9] ANTHONY B. Restoration of mined lands: Using natural processes[J]. Ecological Engineering, 1997(8):255-269.

[10] 陈芳清，张丽萍，谢宗强. 三峡地区废弃地植被生态恢复与重建的生态学研究[J]. 长江流域资源与环境，2003, 13(3): 286-291.
CHEN F Q, ZHANG L P, XIE Z Q. Vegetation restoration of wasteland in Three Gorges area[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2003, 13(3): 286-291.

[11] 陈志彪，涂红章，谢跟踪. 采矿迹地生态重建研究实例[J]. 水土保持研究，2002,9(4):31-32, 35.
CHEN Z B, TU H Z, XIE G Z. An example of study on ecological rehabilitation in mined-land [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2002, 9(4):31-32, 35.

[12] 郭宏峰，李瑛. 废弃采石场的生态恢复和景观重建——以浙江省乐清市东山公园为例[J]. 华中建筑，2008,26(3): 148-151.
GUO H F, LI Y. Ecological restoration and landscape rebuilding of antiquated quarry: taking Dongshan Park in Yueqing city of Zhejiang province as an example[J]. Huazhong Architecture, 2008,26(3): 148-151.

[13] 朱建宁，郑光霞. 采石场上的记忆——日照市银河公园改建设计[J]. 中国园林,2007(1):18-24.
ZHU J N, ZHENG G X. Memory of the quarry :The reconstruction design of Yinhe Park, Rizhao city[J]. Chinese Landscape Architecture, 2007(1):18-24.

[14] EDWARDS J A, JOAN C L C. Mines and quarries: industrial heritage tourism[J]. Annals of Tourism Research, 1996, 23(2):34-363.

[15] ZHANG P, XIA H P. Revegetation of quarry using a complex vetiver eco-engineering technique [C]// TRUONG P, XIA H P. Proceedings of the Third International Conference on Vetiver and Exhibition. Beijing: China Agricultural Press, 2003:324-332.

[16] CULLEN W R, WHEATER C P, DUNLEAVY P J. Establishment of species-rich vegetation on reclaimed limestone quarry faces in Derbyshire, UK[J]. Biological Conservation, 1998,84:25-33.

[17] 罗杰·弗洛雷斯，孔祥林，刘国光. 古里水电站采料场生态环境的恢复[J]. 水利水电快报，2001,22(5): 8-11.
ROGER F, KONG X L, LIU G G. The eco-environment restoration of Guri hydroelectric power station[J]. Express Water Resources & Hydropower Information, 2001,22(5): 8-11.

[18] DARREN W. Coombabah quarry rehabilitation project [J/OL]. Queensland Roads, 2007, 3:30-33[2009-04-10]. http:// www. mainroads. qld. gov. au/web/AttachStore. nsf/allobjects/Queensland% 20Roads% 20Technical% 20Journal%20-%20Mar06%20-%20Coombabah%20Quarry/MYMfile/QR_Mar07_CoombabahQuarry. pdf.

[19] MATTHEW B Q, MAX B. Native plant restoration at Leona quarry: an example of methods used for revegetation of a severely degraded site[C]//MATTHEW B Q, MAX B. ESA/SER Joint Meeting. California: San Jose McEnery Convention Center, 2007:30-33.

[20] MARTÌN D F, PEDRAZA J, DÍEZ A, et al. A geomorphological design for the rehabilitation of an abandoned sand quarry in central Spain[J]. Landscape and Urban Planning, 1998, 42(1):1-14.

[21] 陈波，包志毅. 国外采石场的生态和景观恢复[J]. 水土保持学报，2003, 17(5): 71-73.
CHEN B, BAO Z Y. Ecological and landscape restoration of some foreign quarries[J]. Journal of Soil Water Conservation, 2003, 17(5): 71-73.

[22] 徐君亮，陈敬堂. 广州莲花山的人工丹霞地貌和旅游开发[J]. 热带地理，1998,18(3)：243-248.
XU J L, CHEN J T. Artificial danxia landform of the Lian-hua hill in Panyu, Guangzhou and its development for tourism [J]. Tropical Geography, 1998, 18(3): 243-248.

[23] 袁航，江一平，傅浩权. 千年采石成景,百矿示范还绿[J]. 浙江国土资源,2004(3):54-56.
YUAN H, JIANG Y P, FU Q H. Hundred quarries of million years to be revegetated [J]. Zhejiang Land & Resources, 2004(3):54-56.

[24] 王森林，刘幸红，阎理钦,等. 山东野生高等植物各区分布研究[J]. 山东林业科技，2006(4):41-44.
WANG S L, LIU X H, YAN L Q, et al. The study of floritic distribution in Shandong province[J]. Shandong Forestry Science and Technology, 2006(4):41-44.

[25] 王仁卿. 山东森林植被恢复的理论方法和实践[J]. 山东林业科技,2001(3):11-15.
WANG R Q. The theory and practices of vegetation rehabilitation of Shandong province[J]. Shandong Forestry Science and Technology, 2001(3):11-15.

[26] 房用，王月海，孟振农，等. 山东石灰岩山地的植被结构特征[J]. 东北林业大学学报，2007，35(3):27-30.
PANG Y, WANG Y H, MENG Z N, et al. Vegetation structural characteristics of limestone mountainous region in Shandong province [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2007, 35(3):27-30.

[27] 张伟，赵善伦. 山东植物区系分区研究[J]. 广西植物,2002,22(1):29-34.
ZHANG W, ZHAO S L. A study of floritic division of Shandong province[J]. Guihaia, 2002,22(1):29-34.

[28] 周忠泽，孟仁宪. 华东地区植被概况[J]. 安徽大学学报(自然科学版),1996，20(4):62-68.
ZHOU Z Z, MENG R X. The general conditions of vegetation in eastern China[J]. Journal of Anhui University (Natural Science Edition),1996, 20(4):62-68.

[29] 王仁卿，周光裕. 山东植被[M]. 济南：山东科学技术出版社,2000:259-266.
WANG R Q, ZHOU G Y. Shandong Vegetation[M]. Jinan: Shandong Science & Techology Press,2000:259-266.

[30] U S Department of the Interior-Bureau of Land Management. Manual H-840-1-Visual Resource Inventory[R/OL].[2009-03-01]. http://www.blm.gov/nstc/VRM/8410.html#Top.

[31] 王向华，朱晓东，李扬帆,等. 常州市太湖湾地区采石场景观污染评价与生态恢复研究[J]. 水土保持通报，2006，26(5)：89-93.
WANG X H, ZHU X D, LI Y F, et al. Landscape pollution assessment and ecological restoration technology on quarries in the Tai lake district of Changzhou city [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2006,26(5): 89-93.

[32] 李峰，卫爱民，朱瑞赓. 绿色生态材料与矿山复绿研究[J]. 安阳工业学院学报，2005(6)：1-3.
LI F, WEI A M, ZHU R G. Research of green ecological materials and mine recovery[J]. Journal of Anyang University,2005(6): 1-3.

[33] 杨冰冰，夏汉平，黄娟，等. 采石场石壁生态恢复研究进展[J]. 生态学杂志，2005,24(2)：181-186.
YANG B B, XIA H P, HUANG J, et al. Advances in ecological restoration of quarry escarpment [J]. Chinese Journal of Ecology, 2005, 24(2): 181-186.

[34] 罗松，郑天媛. 采石场遗留石质开采面阶梯整形覆土绿化方法研究[J]. 中国水土保持，2001(2)：36-38.
LUO S, ZHENG T Y. The study of revegetation of quarry rock face by earth up[J]. Soil and Water Conservation in China, 2001(2): 36-38.

[35] GUNN J, BAILEY D. Limestone quarrying and quarry reclamation in Britain[J]. Environmental Geology, 1993, 21:167-172.

[36] HON A W P, JOHN R S. Pit and quarry rehabilition: the state of the art in Ontario[EB/OL]. Ministry of natural resources, Government of Ontario, 1984[2009-03-10]. http://www.toarc.com/pdf/Pit_Quarry.pdf.

[37] KALIAMPAKOS D C, MAVRIKOS A A. Introducing a new aspect in marble quarry rehabilitation in Greece[J]. Environmental Geology, 2006,50:353-359.