

青岛丘陵区生态农业园的景观设计

杨洪晓¹, 王凯荣¹, 逢锦虎²

(1. 青岛农业大学 资源与环境学院 农业生态与环境健康研究所, 山东 青岛 266109;
2. 青岛琅琊台科技生态农业开发有限公司, 山东 青岛 266400)

摘要:传统农田的结构通常比较简单, 免疫力和抗灾力低下, 容易受到病原生物和大风及暴雨等灾害天气的影响与破坏。在分析青岛丘陵区的自然条件和主要农业灾害的基础上, 运用景观生态学原理优化设计农田、林地、道路和沟渠的内部结构和空间布局。这种农业景观有助于发挥树木与作物之间的有益联系, 从而增强农田生态系统的免疫力、抗灾力, 可达到提高农业产量和产品质量的目的。另外, 还能带来较高的观赏价值和丰富的产品类型。健康、优美、高效的农林复合景观, 代表了未来生态农业的一种趋势, 对青岛及周边丘陵区的农业发展有示范作用。

关键词:生态农业; 农林复合; 景观格局; 农田健康

中图分类号: S181

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2011)03-0194-04

Landscape Design for Agro-ecological Garden in Hilly Region of Qingdao

YANG Hong-xiao¹, WANG Kai-rong¹, PANG Jin-hu²

(1 Institute of Agriculture Ecological and Environmental Health, College of Resources and Environment, Qingdao Agricultural University, Qingdao, Shandong 266109, China;
2 Langyatai Scientific Co., Ltd of Ecological Agriculture, Qingdao, Shandong 266400)

Abstract: Due to simple structure, traditional farmland is of low immunity to pathogenic organisms, and weak resistance to natural disturbances such as strong winds and storms. After analyzing specific conditions and main agricultural disasters in hilly region of Qingdao, we designed an agricultural landscape with the elements of farmland, and woodland in forms of patches and corridors. In this landscape, protective function of woods to crops was well considered. Woods were arranged to strengthen farmland immunity to pathogens and resistance to disastrous winds and storms. This landscape would provide better and higher production, and could also act as a beautiful view for sightseeing. Healthy, beautiful and productive agro-forest landscapes represent an important trend of modern agriculture. This design is an example for Qingdao and its vicinity to develop ecological agriculture in hilly region.

Key words: eco-agriculture; agro-forest; landscape pattern; farmland health

相对于自然生态系统, 农田生态系统的结构简单, 自我调节能力差, 易受大风、暴雨、病虫害和杂草等因素的影响。进入工业社会后, 化肥、农药的大量投入曾使农田的生产力大大提高, 然而也导致日益凸显的土壤退化、病虫害、农药污染和农产品质量下降等问题, 这些问题已经或将要演化为桎梏农业发展和威胁人类健康的主要因素^[1-2]。从景观生态学的角度看, 农田、林地、道路和沟渠是农业景观的要素, 如果能在空间上合理配置它们, 则可借助林地增强农田的免疫能力和抗灾能力, 从而避免过度依赖农药和化

肥^[3-7]。这不仅有利于提高农产品的产量和质量, 还有利于拓展农田的休闲观赏价值。本文以青岛琅琊台生态农业园区为例, 依据景观生态学原理在千米尺度上优化农田、林地、道路和沟渠的空间布局, 以便借用树木增强农田的抗灾能力、免疫能力和观赏价值, 从而使丘陵区农业景观变得高效、健康且优美。

1 青岛丘陵区的自然条件

青岛市位于山东省东部, 丘陵面积占总面积的50.4%。麻栎(*Quercus acutissima*)和栓皮栎(*Quer-*

收稿日期: 2010-11-14

修回日期: 2010-11-28

资助项目: 青岛农业大学人才培养基金; 青岛市公共领域科技支撑计划(09-1-1-78-nsh); 山东省泰山学者岗位计划

作者简介: 杨洪晓(1971-), 男, 山东宁阳人, 副教授, 博士, 主要研究方向为植被生态学与植被恢复。E-mail: hongxiaoyang@126.com

通信作者: 王凯荣(1959-), 男, 教授, 博导, 主要研究方向为农业生态环境与生态系统管理。E-mail: Krwang1@163.com

cus variabilis) 是地带性森林的建群种, 其它野生树种有黑松(*Pinus thunbergii*)、赤松(*Pinus densiflora*)、侧柏(*Platycladus orientalis*)、槲树(*Quercus dentata*)、栎树(*Xylosma racemosum*)、山合欢(*Abizzia kalkora*)、白檀(*Symplocos paniculata*)、山樱(*Cerasus serrulata*)、刺楸(*Kalopanax septemlobus*)、色木(*Acer mono*)、花楸(*Sorbus pohuashanensis*)、小叶朴(*Celtis bungeana*)、黄连木(*Pistacia chinensis*)、胡枝子(*Leapedeza bicolor*)、吉氏木兰(*Indigofera kirilowii*)、百里香(*Thymus mongolicus*)、野珠兰(*Stephanandra chinensis*)、郁李(*Prunus japonica*)、华北绣线菊(*Spiraea fritschiana*)、娃娃拳(*Grewia biloba*)、酸枣(*Ziziphus jujuba var. spinosa*)、黄栌(*Cotinus coggygria*)、荚蒾(*Viburnum dilatatum*)、锦带花(*Weigela florida*)、柘(*Cudrania tricuspidata*)、八角枫(*Alangium chinense*)、盐肤木(*Rhus chinensis*)等^[8]。1958年在崂山成功引种茶树(*Camellia sinensis*)，随后种植规模不断扩大。主要农作物有小麦(*Triticum aestivum*)、花生(*Arachis hypogaea*)、红薯(*Ipomoea batatas*)、大豆(*Glycine max*)等, 还有少量谷子(*Setaria italica*)、芝麻(*Sesamum indicum*)、豌豆(*Pisum sativum*)、绿豆(*Vigna radiata*)、豇豆(*Vigna unguiculata*)、黍子(*Panicum miliaceum*)、荞麦(*Fagopyrum esculentum*)、穆子(*Eleusine coracana*)、烟草(*Nicotiana tabacum*)、麻(*Cannabis sativa*)等; 果树主要有苹果(*Malus spp*)、梨(*Pyrus spp*)、石榴(*Punica granatum*)、山楂(*Crataegus pinnatifida*)、葡萄(*Vitis vinifera*)、枣(*Ziziphus zizyphus*)、柿子(*Diospyros kaki*)、板栗(*Castanea mollissima*)、桃(*Prunus persica*)、杏(*Prunus Armeniaca*)、李(*Prunus domestica*)、樱桃(*Cerasus pseudocerasus*)、花椒(*Zanthoxylum bungeanum*)、核桃(*Juglans regia*)等^[9]。

受海洋季风的影响较重, 年大风($> 17.2 \text{ m/s}$)日数平均超过20 d, 每月均可发生大风。春夏之际的干热风常使小麦等作物严重减产。几乎每年夏季都要发生台风1次以上, 并伴随暴雨, 可造成农作物倒伏和水土流失。冬春季节大风频繁, 常造成农田风蚀和极端低温。由于常年的风蚀和水蚀, 低山丘陵的土壤相当瘠薄, 基岩暴露。病原生物、杂草和老鼠也常常带来灾害, 人们一般靠农药、除草剂和老鼠药来控制这类灾害^[9]。

2 设计原理

自然界本身具有良好的抗灾自救能力, 天然植被

可抵御多数的环境波动与自然灾害。以森林为主体的天然植被可降低风速并防止水土流失, 从而为自己和伴生生物营造相对适宜的生境或条件^[10]。森林植被为鸟类提供了优质的食物和适宜的栖息地, 而鸟类反过来帮助植被消灭害虫, 维持植被的健康。借用或模仿物种之间的天然联系来预防农田灾害, 既可节约农业成本, 还可提高农产品的产量和质量^[6-7]。

建设农田防护林是受到认可的双赢做法, 一方面可防止大风灾害, 避免作物倒伏和表土风蚀, 另一方面可满足社会对木材的需要。研究表明, 当防护林的疏透度为0.4~0.5时, 防护效应最好, 在背风侧防护距离可达树高的20~30倍处, 在迎风侧可达5~10倍处^[11-12]。然而, 目前的农田防护林多采用杨树, 树种单一, 不利于招引鸟类。很多鸟类是天然的“农田卫士”, 如果能兼顾鸟类的喜好恰当引入多种树木, 就能把鸟类引至农田附近, 从而增强农田系统对病虫害的免疫能力。另外, 一些树木具有较高的观赏和经济价值, 有的以色彩缤纷的花朵吸引人们的关注, 有的以色香味俱佳的果实博得人们的喜爱。如果将这些树木引入防护林, 则可大大提升农田生态系统的美学价值, 把生态农业与观光农业融为一体。

防护林有多种形式, 既可采取斑块式林地, 也可采取沿道路、沟渠或篱笆分布的廊道式林带。不管何种形式, 它们总是同农田镶嵌组合在同一平面上的, 共同构成农业景观。在空间布局上, 如果能合理配置农田、林地、道路和沟渠等景观要素, 就能发挥它们在功能上的有益联系, 弥补单一农田的缺陷, 借树木增进农田的抗灾和免疫能力, 借树木改变农田的色彩格局, 借树木丰富农田的产品类型, 从而构建高效、健康且优美的农业景观。

3 生态农业园功能分区与景观布局

琅琊台生态农业园位于胶南市泊里镇菜园村, 面积约 1 km^2 , 为典型的丘陵地貌, 海拔25~35 m, 坡度 $3^\circ \sim 7^\circ$, 灾害性大风多为南北方向。土壤富含粗砂, 有机质贫乏, 土层厚度常低于40 cm。原始植被荡然无存, 仅散生少量乡土野生树木, 鸟的种类和数量很少, 且多为家燕(*Hirundo rustica*)、麻雀(*Passer domesticus*)。园区周围没有工厂, 空气、土壤和水资源未受污染, 适合发展无公害农业。

根据地形地貌, 将整个农业园设计为3个功能区, 即农耕区、林果区和辅助区。农耕区和辅助区位于地势相对平缓的下坡位, 林果区位于地势起伏的上坡位。道路、篱笆和沟渠贯穿各区, 执行保护、交通、隔离或疏散暴雨的作用。沿道路、篱笆和沟渠, 栽种

4 行中小乔木和部分灌木,使之成为整个园区的基本骨架和支撑体系,承担防风保土、招引鸟类和休闲观赏的作用,同时适当承担部分生产功能(图 1)。沿海地区常有台风和大风,不宜采用高大树种建造防护林,宜采用高度约 10 m 以下的适生中小乔木。

在农耕区,林带与农田间隔排列,林带沿道路、篱笆和沟渠分布(图 1)。以林带保护农田,预防农田的风灾与病虫害。假定林带成熟后的高度约 8 m,把近似垂直于主风向的农田宽度设计为 100 m 左右。农田用来轮作小麦、花生、红薯、大豆、芝麻、向日葵(*Helianthus annuus*)或其它适生作物。

林果区由茶园、果园、林地、道路、篱笆和沟渠组成(图 1)。冬季低温是限制茶树生长的关键因素。所以,在建设茶园时,周围栽种松树,以减轻与大风相伴的极端低温对茶树的伤害。将茶园宽度控制在 100 m 内,周围至少配植 20 m 宽的松树林,并修建保温大棚。果园用来栽种樱桃、石榴、核桃、板栗等,给人们提供采摘休闲和享受新鲜果品的机会。

在辅助区,设立温室、苗圃、养殖场、沼气池、加工服务区、农资储藏室等,还为管理人员配备必要的值班室与休息室(图 1)。在温室和苗圃中,以优良作物或珍贵树种作为种源培育幼苗并推广至周围农区。建设规模为 200 头猪或 50 头牛的养殖场和 2 000 m³ 容积的沼气池,使秸秆和其它农业废弃物资源化,促进养分循环利用,降低农田的化肥施用量,并依靠发酵过程杀灭好氧性病原生物,减轻对农药的依赖。

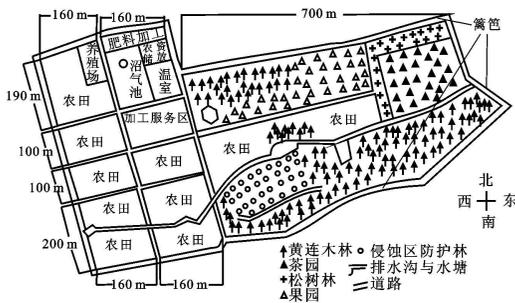


图 1 农业生态园的功能分区与景观布局

4 斑块或廊道的物种组成和结构

在筛选物种时,主要考虑 3 条标准:(1)适应当地气候和丘陵地貌,尽可能是乡土种,也可以是没有入侵性的外来种;(2)具有良好的经济或观赏价值,可满足人类在物质、健康或精神方面的愿望;(3)具有良好的生态价值,能防风保土或招引鸟类,从而增强农田抵御风灾、水土流失或病虫害的能力。基于这些标准,筛选出以下物种:农田作物,包括小麦、花生、红薯、大豆、芝麻、向日葵、谷子、豌豆、绿豆、豇豆、黍子、

荞麦、稗子、燕麦(*Avena saliva*)等;经济树种,包括板栗、核桃、石榴、冬枣(*Ziziphus spp.*)、樱桃、茶树,等;防风保土兼材用树种,包括杨树(*Populus spp.*)、麻栎、黄连木、枫杨(*Pterocarya stenoptera*)、刺槐(*Robinia pseudoacacia*)、国槐(*Sophora japonica*)、合欢(*Albizia julibrissin*)、白蜡(*Fraxinus chinensis*)、黑松、赤松、侧柏等;防风兼招鸟树种,包括金银木(*Lonicera maackii*)、火棘(*Pyracantha fortuneana*)、大叶胡颓子(*Elaeagnus macrophylla*)、山樱、桑树(*Morus alba*)、构树(*Broussonetia papyrifera*)、花椒等;防风兼观赏树种,包括玉兰(*Magnolia denudata*)、木兰(*Magnolia liliflora*)、鹅掌楸(*Liriodendron chinense*)、银杏(*Ginkgo biloba*)、雪松(*Cedrus deodara*)、白皮松(*Pinus bungeana*)、元宝槭(*Acer truncatum*)、黄栌、文冠果(*Xanthoxerces sorbifolia*)、龙柏(*Juniperus chinensis cv. kaizuka*)、木槿(*Hibiscus syriacus*)、紫薇(*Lagerstroemia indica*)、锦带花、耐冬(*Camellia japonica*)、连翘(*Forsythia suspensa*)、荚蒾、紫丁香(*Syringa oblata*)、白丁香(*Syringa oblata var. alba*)、月季(*Rosa chinensis*)、玫瑰(*Rosa rugosa*)等;篱笆兼经济或观赏树种,包括酸枣、花椒、玫瑰、月季,等;林下耐阴药用草本,天南星(*Pinellia pedatisecta*)、半夏(*Pinellia ternata*)、铃兰(*Convallaria majalis*)、白芨(*Bletilla striata*)、麦冬(*Ophiopogon japonicum*)、春兰(*Cymbidium goeringii*)等。

对于每一斑块或廊道,既考虑自身的生产功能或观赏价值,又考虑同其它斑块的功能联系。采用 3 条标准为斑块或廊道配备物种:(1)确定每一斑块或廊道在整个园区中应该承担的职能,选取的物种必须服务于预定职能;(2)对于每个物种,要考虑实物产品的社会需求,兼顾防护效应和观赏价值;(3)同一斑块或廊道内的物种在空间和资源需求上具有互补性,有利于提升所在景观单元的生产或生态效益。基于上述标准,构建了以农作物为主的农田斑块,以乔灌木为主的林地斑块和林带廊道。农田斑块用来种植小麦、花生、红薯、大豆、芝麻、向日葵、谷子、绿豆等农作物,以提供农产品。这些斑块的宽度控制在 100 m 左右,依赖于林带的保护。林地斑块包括果园、茶园、松树林和黄连木林等,依靠它们产出果品、茶、木材和生物柴油等,同时利用它们保护周围作物和防止水土流失,并执行招鸟功能(表 1)。林带沿篱笆、道路和水沟分布,主要执行防护、招引鸟类、交通或排水的功能,并附加给它们一定的生产和观赏功能,这些林带至少 10 m 宽(表 2)。

表1 斑块的结构与功能

类型	结构	功能
果园	种植板栗、核桃、櫻桃和石榴等, 林下套种耐阴药材或牧草。宽度不低于 10 m, 密度约 1 500 株/hm ² 。	执行生产功能和部分防护功能; 提供果品、药材或牧草; 防止水土流失、大风灾害。
茶园	种植茶树和少量国槐、刺槐和合欢, 宽度低于 100 m, 周围有至少 20 m 宽的松树林。	茶树执行生产功能, 提供茶叶。刺槐、国槐和合欢, 为茶创造遮荫环境, 并培肥土壤。
松树林	主要种植黑松、赤松和侧柏, 间种金银木、山櫻、大叶胡颓子、花楸。宽度至少 20 m 左右, 约 1 500 棵/hm ² 。	保护茶园, 避免冬季大风引发冻害, 避免夏季干热风和台风的危害; 防止水土流失; 招引鸟类, 增强园区免疫能力。
黄连木林	种植黄连木, 间种杨树、金银木、山櫻、大叶胡颓子、花楸。宽度不低于 10 m, 约 1 500 棵/hm ² 。	提供木材和生物柴油的制作原料; 防止大风对周围农田的危害; 防止水土流失; 招引鸟类, 增强园区免疫能力。

表2 廊道的结构与功能

类型	结构	功能
篱笆	外侧是一行密植的带刺灌木(酸枣、花椒、玫瑰、月季), 约 2 m 宽, 株距 1.5 m。往里紧接着四行乔灌木(冬枣占 50%, 其余为刺槐、玉兰、木兰、鹅掌楸、文冠果、黄连木、黑松、侧柏、櫻桃和花楸), 约 9 m 宽, 株行距皆 3 m。然后是道路, 约 4 m 宽, 两侧各栽一行灌木, 包括金银木、火棘、连翘、锦带花、荚蒾、紫丁香、白丁香、月季、紫薇、木槿, 株距 2~3 m。	阻挡外人。预防大风吹倒作物和刮走表土。招引鸟类作为农田卫士。生产酸枣、花椒、冬枣等果品。以缤纷的花色和多姿的树形带来观赏和休闲价值。兼作道路, 便于管理或欣赏园区景观。
道路	宽度 10 m 以上, 其中路面宽 4~6 m, 两侧各有两行树, 行距 3 m。每行树由相间排列的乔木和灌木构成。乔木株距为 5 m, 乔木之间均匀栽种 1~2 株灌木。乔木树种包括银杏、玉兰、木兰、鹅掌楸、桑树、构树、元宝槭、白蜡、雪松和白皮松, 灌木树种包括櫻桃、火棘、金银木、文冠果、黄栌、龙柏、耐冬、连翘、锦带花、紫丁香、白丁香、花楸、月季、紫薇、荚蒾和木槿。	执行交通功能, 便于巡视和经营农田。执行防护功能, 防止大风造成农田风蚀和作物倒伏, 还可拦截尘土, 培肥土壤。执行观赏功能, 调节人们心情。花果色彩丰富, 花期果期错落有致, 此起彼伏。
水沟	依据天然沟谷建成, 沿途栽种乡土树种枫杨、柳树、杨树、麻栎、黄连木等, 至少 4 行, 株距 5 m, 乔木之间均匀种植 2 株灌木, 包括金银木、花楸、櫻桃、紫薇、丁香、文冠果。修整沿线池塘, 以便蓄水灌溉。天然沟谷是同具体山坡相适应的泄洪途径, 可以适当修建谷坊和淤地坝, 但要避免不适当的改造和植被破坏。	执行排水功能, 便于暴雨及时疏散。招引鸟类, 以增强园区免疫能力。防止大风对农田的破坏。生产鲜花和果品, 具有观赏价值。这里的水分条件良好, 利于木材生产。

5 结语

农田是高度简化的生态系统, 物种之间的天然联系和制衡关系多数被切断。所以, 农田的自我调节机制严重受损, 免疫力和抗灾力低下, 病原生物和外部干扰可轻易击溃农田生态系统。采用农药防治病虫害, 只能解决燃眉之急, 不能从根本上解决问题。病原生物具有进化性和适应性, 在用药过程中可能产生抗药性和爆发性更强的变异类型。对于台风、干热风、强风和暴雨等灾害事件, 传统农田几乎无力抵抗, 台风导致作物倒伏, 干热风夺取作物水分, 冬春强风导致土壤风蚀, 夏秋暴雨导致土壤水蚀。依据生态学原理, 重建物种之间的制衡关系增强农田生态系统的免疫力和抗灾力, 是破解当前农业困境的根本办法, 是未来农业的主要发展方向。人们早已关注同一农田内的物种联系, 引入间种、套种、轮作等制度, 也知道树木可以防御气象灾害。然而, 人们对这些问题的认知深度和应用范围还远远不够, 要深化和推广农田防护林, 还要利用物种之间的制衡关系增强农田抵御

病虫害的能力。本文的尝试性方案, 其核心思想是依据当地自然条件, 运用景观生态学原理在千米尺度上优化农田和林地的布局, 借树木和鸟类增强农田的免疫、抗灾和生产能力, 再加上树木本身的优良产品、观赏价值和抗灾自救能力, 以创立高效、健康和优美的农林复合景观。这种尝试对青岛及周边的丘陵区有启示作用, 不过需要在实践中检验与发展。

致谢: 感谢青岛农业大学资源与环境学院柴超博士和崔春月博士参与课题研讨。

参考文献:

- [1] 骆世明. 论生态农业的技术体系[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(3): 453-457.
- [2] 段舜山, 骆世明, 蔡昆争. 生态系统原理与可持续农业[J]. 应用生态学报, 1997, 8(6): 663-668.
- [3] 王仰麟, 韩荡. 农业景观的生态规划与设计[J]. 应用生态学报, 2000, 11(2): 265-269.
- [4] 张慧, 缪旭波, 孙勤芳. 景观生态学在农业景观生态规划中的应用[J]. 农村生态环境, 2001, 17(1): 29-32.

小,形成线状的狭长损毁区域。平武县东部、青川县西南部有部分损毁区,呈点状零星分布,南部平原受地震影响较小。损毁农田主要集中在两个区域:汶川北部至茂县的岷江流域分布一条状山地旱地损毁区;北川东南部、平武南部、青川西南端分布一线状农田损毁区,主要损毁农田类型为山地旱地与丘陵旱地。

(2) 损毁土地的高程特征。研究区内最小高程为 497 m,最大 5 946 m,相对高差 5 449 m,平均高程 2 037 m。损毁土地主要分布在高程为 1 000~1 500 m 和 1 500~2 000 m 的范围内,面积约占整个损毁范围的 14.32% 和 17.57%,土地类型斑块数量多而面积小,主要分布在汶川县、都江堰市、什邡市、绵竹市、安县和青川县等地。高程 2 000~2 500 m 和 2 500~3 000 m 的区域,损毁面积比例分别为 17.20% 和 17.39%,损毁的土地利用类型单一,单个斑块面积大,主要分布在汶川县和茂县。

(3) 损毁土地的坡度特征。研究区最大坡度 75°,平均坡度 23°,损毁土地主要分布在坡度 25°~35°、15°~25°和 5°~15°三类分区内,面积分别占整个损毁范围的 26.04%、25.57% 和 19.62%,主要分布在汶川县、都江堰市、什邡市、绵竹市、安县、青川县和茂县等地。

(4) 损毁土地与断层的关系。损毁土地范围主要受映秀-北川断裂带、茂汶断裂、彭灌断裂等断裂控制,在断裂破碎带的重合区域,如在茂汶断裂和映秀-北川断裂南段(汶川县北部、都江堰北部、彭州北部、什邡北部、绵竹北部)损失惨重;断裂带一侧区域受损严重,如北川县,主要分布在映秀-北川断裂带中部的一侧;断裂带与断裂带交叉的区域,如在青川县内,多条实测性质不明断层的交汇处和茂汶断裂带一侧的另外两条性质不明断层的交汇处,损毁土地分布比较集中。

4 结论

通过对地震前后的遥感图像进行处理,结合野外

调查样地,建立了土地利用解译标志,获取了汶川地震极重灾区的土地损毁信息,统计出了损毁类型、面积和百分比,并运用多源数据及 GIS 模型,对获取信息进行综合分析,研究表明:特殊的地质及地理条件决定了龙门山断裂带特殊的土地利用景观格局,损毁土地沿地震破坏形成的椭圆形态分布,损毁程度由震中向外围逐渐减弱;损毁农田是损毁土地的重要组成部分,但绝对损毁面积有限,由农田破坏引起的次生灾害链和生态链演变有限;农田损毁面积相对较小。

根据毁坏的不同形式,从生态恢复和政策监管方面进行防治:区别对待损毁土地,开展地质灾害相关评估,及时开展地质灾害及其隐患的整治工作;建议引入恢复生态学领域的最新成果,重建一个更加稳定、流通性更好的生态系统;在人口聚集区,作好重建规划,科学优化土地利用类型和方式。

参考文献:

- [1] 王晓青,魏成阶,苗崇刚. 震害遥感快速提取研究:以 2003 年 2 月 24 日新疆巴楚-伽师 6.8 级地震为例[J]. 地学前缘, 2003, 10(8): 285-291.
- [2] Matsuoka M, Yamazaki F. Identification of damaged areas due to the 1995 Hyogoken-Nanbu Earthquake using satellite optical images[C]. Proceedings of the 19th Asian Conference of Remote Sensing, 1998.
- [3] Rathje E M, Woo K, Crawford M, et al. Earthquake damage identification using Multi-Resolution Optical satellite imagery[C]. International Geoscience and Remote Sensing Symposium, IEEE, 2005, 7: 5045-5048.
- [4] 杨喆,程家喻. 澜沧-耿马地震灾情的航空遥感调查[J]. 国土资源遥感, 1993, 5(1): 17-22, 42.
- [5] 张景发,谢礼立,陶夏新. 建筑物震害遥感图像的变化检测与震害评估[J]. 自然灾害学报, 2002, 11(2): 59-64.
- [6] 柳家航. 利用遥感技术进行城市建筑震害的自动识别与分类方法研究[D]. 北京: 中国地震局地质研究所, 2003.
- [7] 阎守. 遥感影像群判读理论与方法[M]. 北京: 海洋出版社, 2007.
- [8] 边振兴,王秋兵,于淼,等. 基于景观农业理论的综合土地整理项目规划实证[J]. 农业工程学报, 2008, 24(2): 95-100.
- [9] 青州市农业区划委员会办公室. 青州市综合农业区划[M]. 青岛: 青岛出版社, 1988.
- [6] 骆世明. 生态农业的景观布局、循环设计及生物关系重建[J]. 山西农业大学学报, 2008, 7(5): 463-467.
- [10] 刘洋,李春阳,龙翼. 岷江源头区农林复合景观变化对土壤侵蚀强度的影响[J]. 农业工程学报, 2009, 25(7): 232-236.
- [7] 郑云开,尤民生. 农业景观生物多样性与害虫生态控制[J]. 生态学报, 2009, 29(3): 1508-1518.
- [11] 李春平,关文彬,范志平,等. 农田防护林生态系统结构研究进展[J]. 应用生态学报, 2003, 14(11): 2037-2043.
- [8] 孔祥安,李广海,郑锋先,等. 青岛崂山主要植被类型及物种丰富度研究[J]. 中国农学通报, 2009, 25(10): 241-245.
- [12] 王礼先,朱金兆. 水土保持学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2005.

(上接第 197 页)