

深圳森林生态系统类型自然保护区近20年土地利用与景观格局变化^{*}

王佐霖¹ 黄钰辉² 杨 龙³ 孙彩歌³
孙宏斌¹ 刘旭拢³ 张卫强² 甘先华²

(1. 广东省深圳市野生动物救护中心, 广东 深圳 518000; 2. 广东省森林培育保护与利用重点实验室 / 广东省林业科学研究院, 广东 广州 510520; 3. 广东省地理空间信息技术与应用公共实验室 / 广州地理研究所, 广东 广州 510070)

摘要 为探究中国快速城镇化过程中, 特大城市城郊自然保护区的建设成效, 以深圳市大鹏半岛和田头山 2 个森林生态系统类型自然保护区为研究对象, 通过 Landsat 影像分类和景观格局指数计算, 分析 1995–2015 年 2 个自然保护区土地利用与景观格局变化特征。结果表明: 两个自然保护区的土地利用类型均以林地为主, 且林地都经历了先减少后增加的过程; 近 20 a 的土地利用景观格局均呈现景观破碎化指数和景观分割指数增大, 而香农多样性指数降低的趋势。快速城市化进程使自然保护区的景观破碎化程度不断提高, 建立自然保护区有利于深圳市森林植被的恢复。

关键词 森林生态系统; 自然保护区; 土地利用; 景观; 深圳

中图分类号: S718.53 文献标志码: A 文章编号: 2096-2053 (2019) 02-0001-06

Dynamics of Land Use and Landscape Pattern of Forest Ecosystem Nature Reserve in Shenzhen in Recent 20 Years

WANG Zuolin¹ HUANG Yuhui² YANG Long³ SUN Caige³
SUN Hongbin¹ LIU Xulong³ ZHANG Weiqiang² GAN Xianhua²

(1. Shenzhen Wild Animal Rescue Center, Shenzhen, Guangdong 518000, China; 2. Guangdong Provincial Key Laboratory of Silviculture, Protection and Utilization / Guangdong Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong 510520, China; 3. Guangdong Open Laboratory of Geospatial Information Technology and Application / Guangzhou Institute of Geography, Guangzhou, Guangdong 510070, China)

Abstract To explore of the construction effectiveness of suburban nature reserves in megacities during the rapid urbanization in China, we studied the characteristics of land use changes and landscape pattern of two forest ecosystem nature reserves (Dapeng Peninsula Nature Reserve and Tiantoushan Nature Reserve) in Shenzhen by Landsat image classification and landscape pattern index calculation. The results showed that: forests were the major land use type in both nature reserves, and they decreased in 1995–2005 and increased in 2005–2015. In the past 20 years, the landscape pattern of land use showed increasing trend of the landscape fragmentation index and the landscape division index, while decreasing trend of the Shannon diversity index. The establishment of nature reserves is conducive to the restoration of forest vegetation in Shenzhen. The rapid urbanization process has enhanced the landscape fragmentation of nature reserves.

Key words forest ecosystem; nature reserve; land use; landscape; Shenzhen

^{*} 基金项目: 广东省科技计划 (2015A070710016, 2018B030324002), 广东省生态公益林效益补偿资金省统筹项目, 林业科技创新平台运行补助项目 (2018-LYPT-DW-069); 市级自然保护区生态监测项目; 广东省科学院创新人才引进资助专项 (2017GDASCX-0805)。

第一作者: 王佐霖 (1982—), 男, 高级工程师, 主要从事环境科学、水文水资源研究, E-mail: 16769921@qq.com。

通信作者: 黄钰辉 (1981—), 男, 副研究员, 主要从事森林生态研究, E-mail: huangyh@sinogaf.cn。

土地利用变化是全球环境变化的主要驱动力,已经成为全球环境变化和可持续研究的一个基本组成部分^[1]。土地利用变化不仅带来地表景观结构的巨大变化,而且影响景观的物质循环和能量流动,对区域生物多样性、重要生态过程和生态系统健康影响深刻,因此是景观格局变化的重要标志^[2],其变化过程对区域生态安全起着决定性的作用^[3-4]。保护区提供了保护生物多样性、涵养水源、固碳释氧等多种生态系统服务,因此其土地利用变化受到越来越多的关注。为寻求人类发展需求和生态服务功能之间的平衡,影响生态安全的土地利用和景观格局已成为当前保护区管理的主要目标之一^[5]。

珠江三角洲地区是我国城市化最快的区域,其中深圳尤为突出,本区域大量的林地和农田都转变为建设用地,土地利用变化剧烈,生态风险不断增大,生态环境问题日益突出^[6-7]。为了缓解快速城市化所带来的生态问题,深圳市近年来日益重视绿地、自然保护区等生态建设,目前共设立了3个市级自然保护区,其中大鹏半岛自然保护区和田头山自然保护区彼此相邻,位于深圳市东部,保护对象都是森林生态系统,分别于2010年和2013年成立。经济的高速发展对广东省景观格局影响较大,即使是城市化程度较低的粤北的南岭自然保护区,景观破碎度也有所增加,斑块复杂程度提高^[8]。相比之下,深圳的自然保护区面临更大的人为活动影响,景观复杂性和生态风

险都更大,要确保自然保护区功能的正常发挥,需先厘清其中存在的问题以及近年来的变化趋势,才能针对性地提出行之有效的解决措施。文章以深圳市大鹏半岛和田头山自然保护区为研究对象,基于遥感与地理信息系统技术,分析了自然保护区土地利用格局及其近年来的景观格局变化趋势,为自然保护区的建设和管理提供准确数据和技术支持。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

深圳市大鹏半岛自然保护区和田头山自然保护区属于森林生态系统类型自然保护区,位于深圳市东部(图1)。大鹏半岛自然保护区于2010年批准成立,位于深圳东部大鹏半岛,地理位置 $22^{\circ}27'N\sim 22^{\circ}39'N$, $114^{\circ}17'E\sim 114^{\circ}22'E$,总面积 $14\,405.35\text{hm}^2$,包括笔架山、排牙山、鹅公村周边山地森林、坝光红树林、西涌香蒲桃林和东涌红树林等区域。大鹏半岛自然保护区有1000多种野生植物、200多种陆生脊椎动物和几十种珍稀濒危物种^[9]。田头山自然保护区于2013年2月批准成立,位于深圳市坪山新区,地理位置 $22^{\circ}38'N\sim 22^{\circ}43'N$, $114^{\circ}18'E\sim 114^{\circ}27'E$,总面积 $2\,034.27\text{hm}^2$,包括田头山及其周边山体。田头山自然保护区以保护南亚热带低山常绿阔叶林、珍稀濒危动植物为主,集生态系统保护、水源保护、自然景观保护、科学研究、科普教育及生态



图1 大鹏半岛自然保护区和田头山自然保护区的地理位置示意图

Fig. 1 Sketch map of Dapeng Peninsula and Tiantoushan Nature Reserve in Shenzhen

旅游等功能于一体，内有陆生脊椎动物上百种^[10]。

1.2 研究方法

1.2.1 数据及处理 以深圳市自然保护区 1995 年、2005 年和 2015 年的 Landsat 遥感影像为数据源，基于 Envi 软件对遥感影像进行几何校正、空间配准、图像增强和裁剪等预处理，采用监督分类与人机交互结合的方法进行遥感解译，提取出 3 个时相的土地利用数据，将自然保护区的土地利用划分为耕地、林地、草地、水域和建设用地 5 种类型。通过随机抽取验证点，与同期 Google Earth 影像对比，运用混淆矩阵对 3 个时相土地利用分类结果进行精度评价，1995、2005 和 2015 年分类结果的 Kappa 系数分别为 0.85、0.82 和 0.83，均满足研究需要。

1.2.2 景观格局分析法 景观格局指数高度浓缩了景观格局信息，是用来建立格局与景观过程之间的定量化研究指标^[11-14]。景观格局指数主要包括 3 个层次水平：单个斑块水平、斑块类型水平

和整体景观水平^[15]。景观格局特征指数有 200 个左右^[16-17]，但部分指数间相关性高，冗余信息严重。根据前人研究成果，本研究挑选了类型水平上的斑块密度和景观水平上的香农多样性指数、景观破碎度指数和景观分割指数，用于表征自然保护区土地利用在空间分布和组成配置上的景观特征，各指数计算方法见《景观格局空间分析技术及其应用》^[14]。

2 结果与分析

2.1 土地利用状况变化

大鹏半岛和田头山自然保护区土地利用分布状况分别如图 2 和图 3 所示。从图中可以看出 2 个自然保护区的土地利用均以林地为主，林地所占比超过 90%（表 1），零星分布了少量耕地、水域和建设用地，此外大鹏半岛自然保护区还有少量草地。

大鹏半岛自然保护区在 1995—2005 年期间，

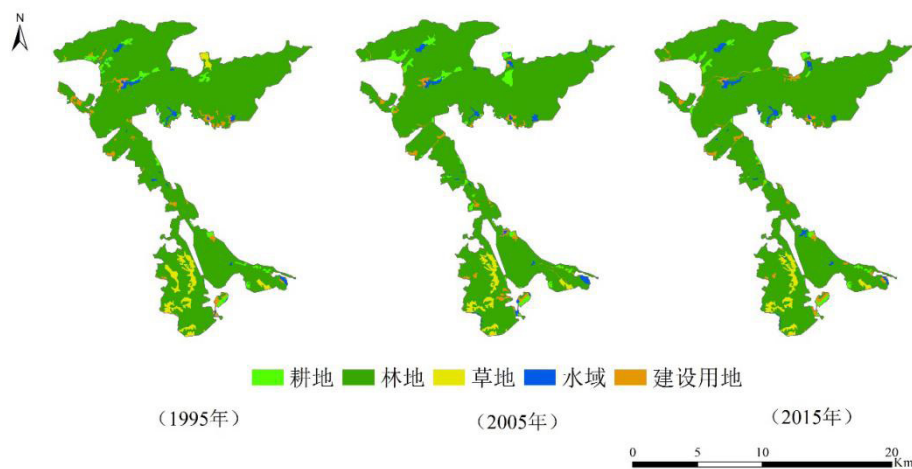


图 2 大鹏半岛自然保护区 1995—2015 年土地利用空间分布

Fig. 2 Spatial distribution of land use in Dapeng Peninsula Nature Reserve from 1995 to 2015

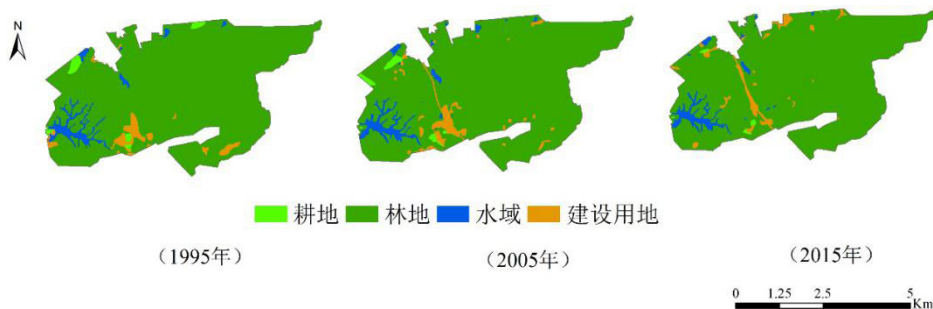


图 3 田头山自然保护区 1995—2015 年土地利用空间分布

Fig. 3 Spatial distribution of land use in Tiantoushan Nature Reserve from 1995 to 2015

表 1 深圳市级森林生态系统自然保护区 1995—2015 年各土地利用类型面积与比例

Tab. 1 Area and ratio of different land use types of forest ecosystem nature reserve in Shenzhen from 1995 to 2015

地点 Site	年份 Year	耕地 Farmland		林地 Forests		草地 Grassland		水域 Waters		建设用地 Construction land	
		面积 / hm ² Area	比例 /% Ratio	面积 / hm ² Area	比例 /% Ratio	面积 / hm ² Area	比例 /% Ratio	面积 / hm ² Area	比例 /% Ratio	面积 / hm ² Area	比例 /% Ratio
大鹏半岛 自然保护区 Dapeng Peninsula Nature Reserve	1995	320.79	2.23	13 111.31	91.02	457.64	3.18	164.11	1.14	351.50	2.44
	2005	471.07	3.27	13 054.56	90.62	329.25	2.29	226.10	1.57	324.36	2.25
	2015	306.27	2.13	13 210.60	91.71	323.09	2.24	244.35	1.70	321.04	2.23
田头山 自然保护区 Tiantoushan Nature Reserve	1995	24.96	1.23	1 886.77	92.75			64.10	3.15	58.44	2.87
	2005	20.25	1.00	1 876.99	92.27			66.82	3.28	70.20	3.45
	2015	6.42	0.32	1 906.93	93.74			59.24	2.91	61.68	3.03

林地、草地和建设用地共减少 212.28 hm², 耕地和水域分别增加 150.28 和 61.99 hm², 表明这一阶段农业活动加剧, 人为将林地、草地开垦为耕地, 增加的水域则主要由建设用地转化为水库; 2005—2015 年期间, 耕地减少 164.80 hm², 草地和建设用地共减少 9.48 hm², 林地和水域分别增加 156.04 和 18.25 hm², 表明这一阶段开展了退耕还林工程。

田头山自然保护区在 1995—2005 年期间, 林地和耕地分别减少 9.78 和 4.71 hm², 建设用地增加 11.76 hm², 表明受城市化影响, 建设活动加剧; 2005—2015 年期间, 耕地、水域和建设用地分别减少 13.83、7.58 和 8.52 hm², 全部转化为林地, 表现了退耕还林工程的显著影响。

2.2 土地利用景观格局变化

自然保护区各土地利用类型的斑块密度近 20 a 来的变化如图 4 所示。田头山自然保护区建设用地和水域的破碎化程度相对较高, 而大鹏半

岛自然保护区建设用地和耕地的破碎化程度较高。1995—2015 年, 大鹏半岛自然保护区的林地、耕地和水域的斑块密度有所增大, 而建设用地和草地的斑块密度有所降低; 田头山自然保护区除了林地以外, 其他的土地利用类型的斑块密度都呈现出增加的态势。

两个自然保护区景观水平上的景观格局指数变化如图 5 所示。大鹏半岛自然保护区的香农多样性指数大于田头山自然保护区, 这一方面与两个保护区面积和形状的差异有关, 另一方面是因为大鹏半岛自然保护区受人类活动的影响较大, 复杂程度较高。田头山自然保护区的景观破碎化指数高于大鹏半岛自然保护区, 且两个自然保护区 2015 年的景观破碎化指数均大于 20 a 前, 说明自然保护区的土地利用类型近 20 a 来变得更为丰富、复杂和破碎化, 其中田头山自然保护区在 1995—2005 年间的景观破碎化指数增幅较大, 与这一阶段田头山周边的道路建设活动等有较大关

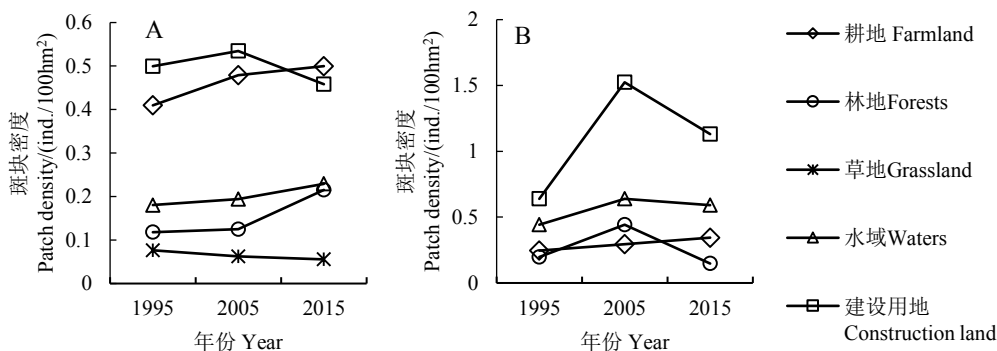


图 4 大鹏半岛 (A) 和田头山 (B) 自然保护区 1995—2015 年土地利用类型的斑块密度变化

Fig. 4 Change of patch density of different land use types in Dapeng Peninsula and Tiantoushan Nature Reserve from 1995 to 2015

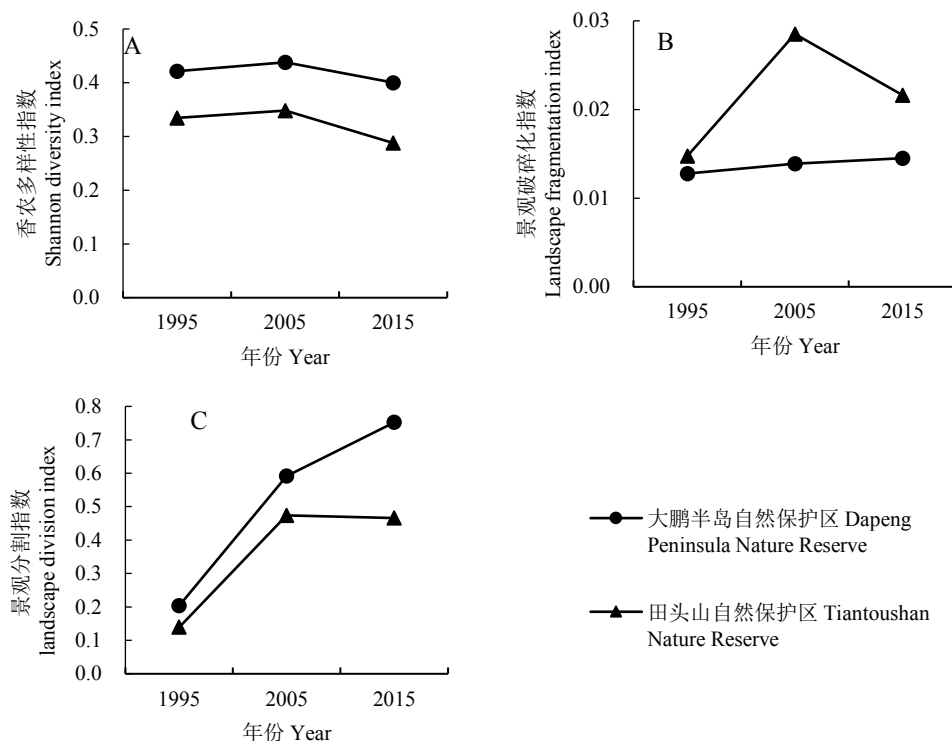


图 5 大鹏半岛和田头山自然保护区 1995—2015 年景观格局指数变化

Fig. 5 Change of landscape pattern indexes in Dapeng Peninsula and Tiantoushan Nature Reserve from 1995 to 2015

系，道路建设完工后开展了相应的植被恢复工程，田头山 2015 年的景观破碎化指数相对 2005 年大幅下降。大鹏半岛自然保护区的景观分割指数大于田头山自然保护区，且两个自然保护区近 20 a 来的景观分割指数都有大幅增加，这是深圳市快速城市化不可避免的影响，如南北向贯穿的葵坪路将田头山自然保护区切割为东西两部分，而大鹏半岛自然保护区中部狭长区域的几条道路，将原有单独完整斑块切割成分散零碎的斑块，这都大大提高了自然保护区的景观分割指数。

3 结论与讨论

林地是大鹏半岛和田头山 2 个自然保护区的主要土地利用类型，所占比例均在 90% 以上，在 1995—2015 年间经历了先减少后增加的过程，且 2015 年的林地面积均超过 1995 年的水平。从土地利用变化格局来看，退耕还林和生态恢复是两个自然保护区林地增加的主要原因。两个自然保护区成立以来，加强了对自然保护区的监管，杜绝了非法开垦的现象，使自然保护区人为干扰强度大幅下降^[9-10]，这必然有利于加快森林植被的恢复速度。

两个自然保护区建设用地斑块密度相对较大，1995—2015 年间香农多样性指数呈降低趋势，景观破碎化指数和景观分割指数呈增大趋势，整体上景观破碎化程度提高，自然保护区所面临的生态风险存在不确定性。两个自然保护区均位于深圳市东部，所属区域原本并不属于城市核心区，但随着深圳市近年的城市化进程，自然保护区周边区域的建设进程也相应加快，如因修建连接坪山和葵涌的葵坪路，田头山自然保护区的核心区被分割为两部分，大鹏新区中心城区与周边村镇连通，也导致大鹏半岛自然保护区中部狭长区域被几条道路切断。道路不仅影响景观，而且其密度与生态风险指数具有很高的 consistency^[18]，道路及其施工过程对野生动物的生存也有一定影响^[19]。深圳市的人为活动强度高，道路车流量大，这也对自然保护区野生动物的活动构成了很大的威胁。在珠江三角洲范围内，深圳为生态风险指数高值聚集区^[6]，外来入侵植物危害森林生态系统^[20-22]，因此周边环境变化对自然保护区的影响也需要密切关注。深圳市相关管理部门需加强对自然保护区的监管，定期巡查和清理自然保护区周边入侵生物，在一些道路影响较大的路段构建生

物廊道^[23],为野生动物的迁徙活动创造有利条件,构建人与自然和谐相处的生态环境。

参考文献

- [1] TURNER B L, LAMBIN E F, REENBERG A. The emergence of land change science for global environmental change and sustainability[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2007, 104(52): 20666-20671.
- [2] 潘竞虎, 刘菊玲. 黄河源区土地利用和景观格局变化及其生态环境效应[J]. 干旱区资源与环境, 2005, 19(4): 69-74.
- [3] 史培军, 潘耀忠, 陈晋, 等. 深圳市土地利用/覆盖变化与生态环境安全分析[J]. 自然资源学报, 1999, 14(4): 293-299.
- [4] 袁艺, 史培军, 刘颖慧, 等. 快速城市化过程中土地覆盖格局研究: 以深圳市为例[J]. 生态学报, 2003, 23(9): 1832-1840.
- [5] DEFRIES R, HANSEN A, TURNER B L, et al. Land use change around protected areas: management to balance human needs and ecological function[J]. Ecological Applications, 2007, 17(4): 1031-1038.
- [6] 叶长盛, 冯艳芬. 基于土地利用变化的珠江三角洲生态风险评价[J]. 农业工程学报, 2013, 29(19): 224-232.
- [7] 吴健生, 冯喆, 高阳, 等. 基于 DLS模型的城市土地政策生态效应研究[J]. 地理学报, 2014, 69(11): 1673-1682.
- [8] 廖芳均, 赵东升. 南岭国家级自然保护区森林景观格局变化与动态模拟[J]. 地理科学, 2014, 34(9): 1099-1107.
- [9] 赵晴, 孙红斌, 陈丹, 等. 深圳市大鹏半岛市级自然保护区生态质量评价分析[J]. 南方农业, 2016, 10(18): 222-225; 227.
- [10] 赵晴, 刘莉娜, 陈丹, 等. 深圳田头山市级自然保护区的植物资源调查[J]. 绿色科技, 2016(14): 4-7.
- [11] 傅伯杰, 陈利顶. 景观多样性的类型及其生态意义[J]. 地理学报, 1996(5): 454-462.
- [12] 郭建国. 景观生态学: 概念与理论[J]. 生态学杂志, 2000, 19(1): 42-52.
- [13] 肖笃宁. 景观生态学[M]. 2版. 北京: 科学出版社, 2010.
- [14] 郑新奇, 付梅臣. 景观格局空间分析技术及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [15] MCGARIGAL K, CUSHMAN S A, ENE E. FRAGSTATS v4: spatial pattern analysis program for categorical and continuous maps[J/OL]. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>, 2012.
- [16] 王瑗. 流域尺度景观格局时空演变与生态系统健康评价研究[D]. 长春: 东北师范大学, 2012.
- [17] 韦薇, 张银龙, 赵兵, 等. 快速城市化进程中城市扩张对景观格局分异特征的影响[J]. 生态环境学报, 2011, 20(1): 7-12.
- [18] 刘世梁, 杨志峰, 崔保山, 等. 道路对景观的影响及其生态风险评价: 以澜沧江流域为例[J]. 生态学杂志, 2005(8): 897-901.
- [19] 戴强, 袁佐平, 张晋东, 等. 道路及道路施工对若尔盖高寒湿地小型兽类及鸟类生境利用的影响[J]. 生物多样性, 2006, 14(2): 121-127.
- [20] 邵志芳, 赵厚本, 邱少松, 等. 深圳市主要外来入侵植物调查及治理状况[J]. 生态环境, 2006, 15(3): 587-593.
- [21] 毛子龙, 赖梅东, 赵振业, 等. 薇甘菊入侵对深圳湾红树林生态系统碳储量的影响[J]. 生态环境学报, 2011, 20(12): 1813-1818.
- [22] 王芳, 王瑞江, 庄平弟, 等. 广东外来入侵植物现状和防治策略[J]. 生态学杂志, 2009, 28(10): 2088-2093.
- [23] 董清福, 洪丽娟, 唐建军, 等. 高速公路建设对路域生态系统中生物的影响及生物廊道设计的意义[J]. 科技通报, 2007, 23(2): 289-293.