

深圳市大鹏半岛土地利用变化对植被覆盖动态的影响*

梁尧钦^{1,2} 曾辉^{1,3**} 李菁⁴

(¹北京大学深圳研究生院城市人居环境科学与技术重点实验室, 广东深圳 518055; ²城市建设研究院园林发展中心, 北京 100029; ³北京大学城市与环境学院生态系, 北京 100871; ⁴北京林业大学省部共建森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083)

摘要 城市化背景下的植被覆盖动态研究对于区域生态保护工作具有重要的指导意义. 利用深圳市 1995—2007 年的遥感数据以及 1996 和 2007 年土地变更调查资料, 基于归一化植被指数轨迹追踪分析和叠图代数计算方法, 对大鹏半岛植被覆盖动态类型及其空间分异、土地利用变化结构和格局特征以及土地利用变化与植被覆盖动态之间的响应关系进行研究. 结果表明: 1995—2007 年, 研究区 65% 的地区植被覆盖发生显著改变, 植被覆盖状况总体趋于好转; 城市化和商品农业发展是该区土地利用动态变化的主要成因, 研究时段内 31% 的地表发生了用地功能转变; 土地利用变化是区内植被覆盖发生改变的重要成因之一, 约 35% 的植被覆盖出现退降过程区域与土地功能转变有关; 55% 的用地功能转变区域因机械干扰导致植被覆盖退化, 但至研究期末, 大多数退化区域已经进入植被覆盖显著改善阶段.

关键词 土地利用 植被覆盖动态 城市化 大鹏半岛

文章编号 1001-9332(2012)01-0199-07 **中图分类号** F239.2 **文献标识码** A

Influence of land use change on vegetation cover dynamics in Dapeng Peninsula of Shenzhen, Guangdong Province of South China. LIANG Yao-qin^{1,2}, ZENG Hui^{1,3}, LI Jing⁴ (¹Key Laboratory for Environment and Urban Sciences, Shenzhen Graduate School, Peking University, Shenzhen 518055, Guangdong, China; ²Development Center of Landscape Architecture, Urban Construction Design & Research Institute, Beijing 100029, China; ³Department of Ecology, College of Urban & Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China; ⁴Ministry of Education Key Laboratory for Silviculture and Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China). -Chin. J. Appl. Ecol., 2012, 23(1): 199–205.

Abstract: To study the vegetation cover dynamics under urbanization is of significance to direct regional ecological conservation. Based on the 1995–2007 remote sensing data and the investigation data of 1996 and 2007 land use change in Shenzhen, and by using NDVI index tracking and algebraic overlay calculation, this paper analyzed the vegetation types and their spatial differentiation, land use change pattern, and the relationships between land use change and vegetation cover dynamics in Dapeng Peninsula of Shenzhen. In 1995–2007, the vegetation cover in 65% of the study area changed significantly, with an overall increasing trend. Land use change was mainly caused by the development of urbanization and commercial agriculture, with 31% of the land surface changed in land use function. The land use change was one of the main causes of vegetation cover dynamics, and about 35% of the region where vegetation cover significantly degraded was related to land use change. 55% of the region where land use function changed due to mechanical disturbance caused the degradation of vegetation cover, but by the end of the study period, the vegetation cover in most of the degraded region had being improved significantly.

Key words: land use; vegetation cover dynamics; urbanization; Dapeng Peninsula.

* 国家自然科学基金项目(41071117, 40830747)和深圳市双百计划项目资助.

** 通讯作者. E-mail: zengh@szpku.edu.cn

2011-05-30 收稿, 2011-11-04 接受.

植被覆盖动态及其成因是现阶段区域乃至全球生态变化的热点研究领域^[1-4]. 快速城市化地区短时间内土地利用结构与功能的剧烈变化, 必然导致植被覆盖的结构、类型和区域配置状况发生显著改变^[5-8], 进而对区域生态系统的稳定性和均衡性产生深远影响^[9-10]. 随着快速城市化进程中一系列局部和区域性生态问题的逐步凸现, 基于植被保护和管理的策略选择成为应对区域生态逐步恶化的重要手段^[11-12]. 总结国内外的相关研究发现, 对于城市化地区土地利用变化与植被覆盖变化之间的关联关系研究还比较薄弱^[13], 相关现象的成因解析亦不够深入^[14]. 这种状况对于合理解析城市化地区植被覆盖变化的特征与成因, 合理选择区域植被和土地利用组合管理策略难以形成有力支持.

大鹏半岛是深圳市植被保存最完好的区域之一, 相关研究表明, 受快速城市化过程的综合影响, 自 20 世纪 80 年代中期开始, 该地区植被覆盖表现为复杂的动态变化过程^[15-16]. 本研究综合利用遥感和土地变更调查资料, 采用归一化植被指数 (NDVI) 轨迹追踪方法并依托 GIS 叠图分析平台, 研究大鹏半岛地区 20 世纪 90 年代中期以来土地利用变化与植被覆盖动态变化之间的响应关系, 在明确植被覆盖动态和土地利用变化特征的基础上, 探讨不同植被覆盖动态类型区域的土地利用变化情况以及不同土地利用变化区域的植被动态特征, 以期合理解释该地区植被覆盖动态变化的成因, 为区域植被保护和管理工作提供科学依据.

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

大鹏半岛位于深圳市龙岗区东南部, 包括大鹏、葵涌、南澳三镇, 陆地总面积 293.41 km². 该区分布着七娘山、排牙山、红花岭、犁壁山等高大山体, 是深圳市植被覆盖程度最好和天然次生植被保存面积最大的区域, 主要植被类型包括低地常绿季雨林、山地常绿阔叶林、沟谷雨林、红树林、人工速生林和果园等. 对外开放以来, 大鹏半岛因地理位置相对偏僻, 城市化的速度和规模与特区和龙岗中心区相比明显滞后. 20 世纪 90 年代中期以来, 随着深圳市大部分区域用于城市建设的土地资源供给逐渐枯竭, 大鹏半岛地区的城市化速度迅速提升, 大量工业和人口的进区导致城市建成区规模不断增长^[17], 土地利用结构和功能变化显著, 衍生性的各种植被改造和破坏效应突出.

1.2 数据准备

本研究综合使用深圳市 1996、2007 年的土地变更调查数据、1995—2007 年间 6 景 TM 和 ETM⁺ 遥感数据以及 2004 年深圳市航片数据作为基础数据源. 其中, 遥感数据主要用于植被覆盖动态研究, 为尽可能减小成像季节差异对植被覆盖动态分析结果的影响, 本文选用的 6 期影像均为 11 月至次年 3 月之间成像的数据 (表 1), 这段时间为植物的非生长季, 叶相处于稳定期^[18]. 在 Erdas 8.7 软件支持下对各期数据进行去云、去噪处理^[19]; 以深圳坐标的 2004 年深圳市航片为基准, 辅以 2004 年深圳市土地变更调查数据, 对 6 期影像逐一进行几何精校正和交互式校准 (RSM<1). 用大鹏半岛边界文件对 6 幅影像进行裁切, 分别提取 3、4 波段光谱值, 计算出每个 30 m×30 m 像元的 NDVI 值, 作为植被覆盖变化轨迹追踪属性数据.

1.3 研究方法

1.3.1 主要植被覆盖动态类型辨识 基于 ArcEngine 组件二次开发技术平台, 以 NDVI 表征地表植被状况, 通过轨迹追踪方法对植被覆盖动态类型进行辨识. 首先, 通过标准化处理和土地利用变更调查资料拟合检验, 确定植被覆盖年变化率阈值 (P_0) 取 30%^[20]; 之后, 根据每个像元相邻时段 NDVI 的变化率 (P) 将植被覆盖变化划分为稳定 $A(|P| \leq P_0)$ 、恢复 $B(P > P_0)$ 和退降 $C(P < -P_0)$ 3 种过程, 所有像元 5 个比较时段、3 种过程的组合有 $3+3 \times 2^1+3 \times 2^2+3 \times 2^3+3 \times 2^4=93$ 种类型; 最后, 按时间先后输入影像序列, 在 ArcEngine 组件二次开发平台上编程实现对 NDVI 变化轨迹的追踪^[20]. 对 93 种类型进行整合, 可以将大鹏半岛在研究时段内的植被覆盖动态归纳为稳定、恢复、退降、退降-恢复和其他 5 种类型 (表 2), 并初步分析其空间分异特征.

1.3.2 主要土地利用动态变化过程分析 在 GIS 平台支持下, 利用两景土地变更调查数据分别计算 1996 和 2007 年研究区土地利用总体构成; 之后进行两个时段叠图分析, 计算所有土地利用变化类型

表 1 1995—2007 年深圳市遥感影像
Table 1 Remote sensing images of Shenzhen City from 1995 to 2007

数据类型 Data type	成像日期 Image date	数据类型 Data type	成像日期 Image date	数据类型 Data type	成像日期 Image date
TM	1995-12-07	ETM ⁺	1999-12-26	TM	2005-03-05
TM	1997-01-10	ETM ⁺	2003-01-19	TM	2007-11-10

表 2 植被覆盖动态主要类型
Table 2 Main types of vegetation cover dynamics

动态类型 Dynamic type	内涵 Content	代表性过程 Representative process
稳定 Stable	各时段均无明显变化,植被覆盖情况始终处于较稳定状态	A
恢复 Ascending	至少有一个时段植被处于显著恢复状态,没有退降状态出现	B、AB、BA、ABA、BAB、ABAB、BABA、ABABA、BABAB
退降 Descending	至少有一个时段植被处于显著退降状态,没有恢复状态出现	C、AC、CA、ACA、CAC、ACAC、CACA、ACACA、CACAC
退降-恢复 Descending-Ascending	至少有一个时段植被处于显著退降状态,并且随后至少有一个时段植被处于显著恢复状态,此后不再出现植被退降情况	CB、ACB、CAB、CBA、ACAB、ACBA、CABA、CACB、CBAB、CBCB、ACABA、ACACB、ACBAB、ACBCB、CABAB、CABCB、CACAB、CACBA、CBACB、CBABA、CBCAB、CBCBA
其他 Others	不能归入上述情况的、其他面积比例很小的变化过程	其他 52 种过程

A: 稳定 Stable; B: 恢复 Ascending; C: 退降 Descending.

占全区的面积比例,将占全区 1% 以上的土地利用变化过程确定为主要土地利用动态变化过程,并分析其空间分异特征.

1.3.3 土地利用变化与植被覆盖动态的响应关系分析 将主要植被覆盖动态类型图与主要土地利用变化类型图进行叠图分析,首先统计不同植被覆盖动态类型区内所有土地利用变化类型的面积比例,将超过 2% 的土地利用变化类型作为主要类型提取出来,了解土地利用变化对植被动态的影响;其次,计算主要土地利用变化(指发生用地功能变化且占全区面积 1% 以上的过程类型)类型区内植被覆盖动态类型的构成,进一步分析土地利用变化与植被动态类型之间的响应关系.

2 结果与分析

2.1 植被覆盖动态变化及空间分异

由表 3 可以看出,1995—2007 年,研究区主要植被覆被动态变化类型依次为稳定、恢复、退降-恢复和退降,合计占全区总面积的 95% 以上;难以辨别显著变化趋势的其他类别面积比例不足 5%. 结合图 1a 发现,其他类别区域主要分布在滨海地区、水库周边和溪流沟谷地区,显然是局部水文条件年际间的复杂变化所致. 因而后续分析中,这类过程不作为主要过程进行分析. 表征植被覆盖发生显著变化的各类型面积合计占研究区总面积的近 65%,意

味着研究时段内该区植被变化较剧烈. 4 种主要植被覆被变化类型中,稳定类型主要分布在排牙山、七娘山等低山山脊线附近海拔较高的区域,恢复类型广泛分布于中高丘陵地区,退降类型集中分布在各居民点周围,退降-恢复类型主要分布在海拔较低的台地和平原地区.

2.2 主要土地利用变化过程及空间分异

从表 4 可以看出,研究期间,研究区显著增加的土地利用类型为建设用地和园地,显著减少的用地类型为林地、未利用地和耕地,其他用地类型基本保持稳定. 研究时段内研究区 31.5% 的地表发生了用地功能改变(即各用地类型研究时段内维持不变的面积比例为 68.5%),主要变化过程(指面积比例占

表 3 大鹏半岛植被覆盖动态的主要类型
Table 3 Main types of vegetation cover dynamics in Dapeng Peninsula

类型 Type	面积 Area (km ²)	百分比 Percentage
稳定 Stable	103.95	35.4
恢复 Ascending	73.99	25.2
退降-恢复 Descending-Ascending	65.84	22.4
退降 Descending	36.10	12.3
其他 Others	13.53	4.6

表 4 大鹏半岛 1996—2007 年土地利用结构变化
Table 4 Change of land use structure in Dapeng Peninsula from 1996 to 2007 (%)

年份 Year	耕地 Field	园地 Garden	林地 Forest	水体 Water	建设用地 Construction land	未利用地 Unused land	其他 Others
1996	1.9	4.7	76.4	1.2	6.4	6.3	3.1
2007	1.1	19.6	61.8	0.3	13.2	0.4	3.5

全区总面积 1% 以上的用地变化类型) 包括林地、未利用地向园地转移, 未利用地向林地转移, 以及林地、未利用地和园地向建设用地转移(表 5). 从主要转移过程的空间分布情况来看, 未利用地向林地转移过程主要发生在海拔较高的山脊线附近; 园地扩张大部分分布在低丘陵和台地地区, 通常表现为原有园地斑块向周边蔓延式扩张; 建设用地扩张通常有 2 种分布形式, 一种是原有居民点不断同化周边其他用地类型, 形成更大的建设用地斑块, 另一种是干道交通系统建设形成的显著线性扩张区域(图 1b).

2.3 植被动态与土地利用变化关联特征

2.3.1 不同植被动态区域内的土地利用变化情况

由图 2 可以看出, 研究区未发生功能改变的主要用地类型在所有植被覆盖动态类型区中均占据重要比

例(平均在 65% 以上), 其次是面积比例占全区 1% 以上的 6 种主要土地利用变化类型(平均在 23% 以上), 最后是所有次要土地利用变化过程(平均不足 12%). 在植被覆盖稳定以及不断增加的 2 种类型区中, 绝大部分地表为功能属性未发生改变的土地利用类型, 涉及的主要变化过程同样为林地→园地和未利用地→林地两种(图 2a、2b). 发生植被覆盖退降的区域内, 涉及 4 种主要土地利用变化类型, 与前两类植被覆盖动态类型区相比, 增加了林地和园地向建设用地转移的过程(图 2c). 退降-恢复类型区内的土地利用变化最复杂, 所有 6 种主要土地利用变化过程在该类型区中面积比例均超过 2%, 并且在所有植被动态类型区中, 该区发生功能改变的主要土地利用变化类型面积所占比例最高(图 2d).

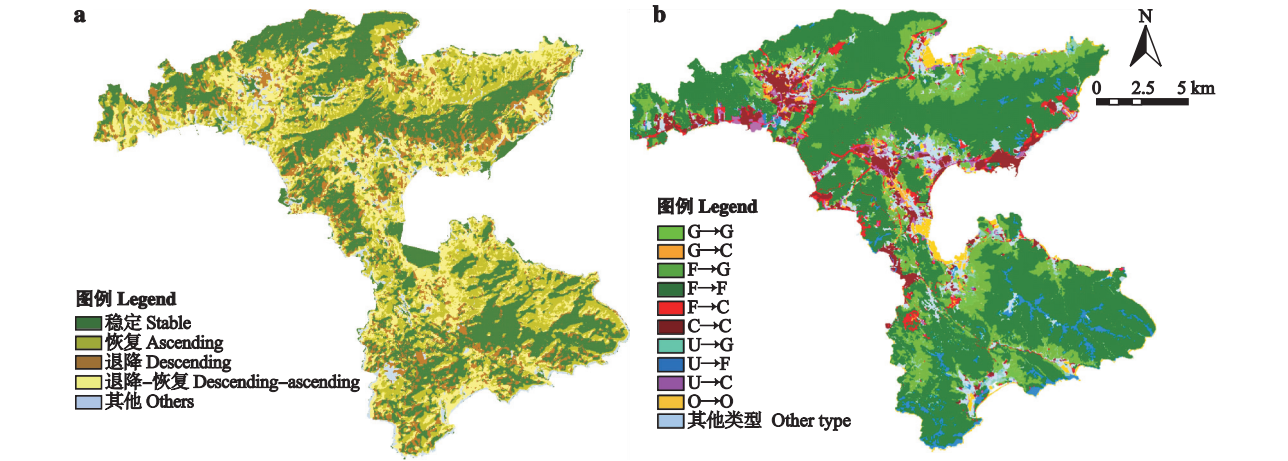


图 1 1995—2007 年深圳市植被覆盖动态类型(a)及土地利用变化过程(b)
Fig. 1 Types of vegetation cover dynamics (a) and process of land use change (b) in Shenzhen during 1995–2007.
F: 林地 Forest; G: 园地 Garden; C: 建设用地 Construction land; U: 未利用地 Unused land; O: 其他用地 Others. 下同 The same below.

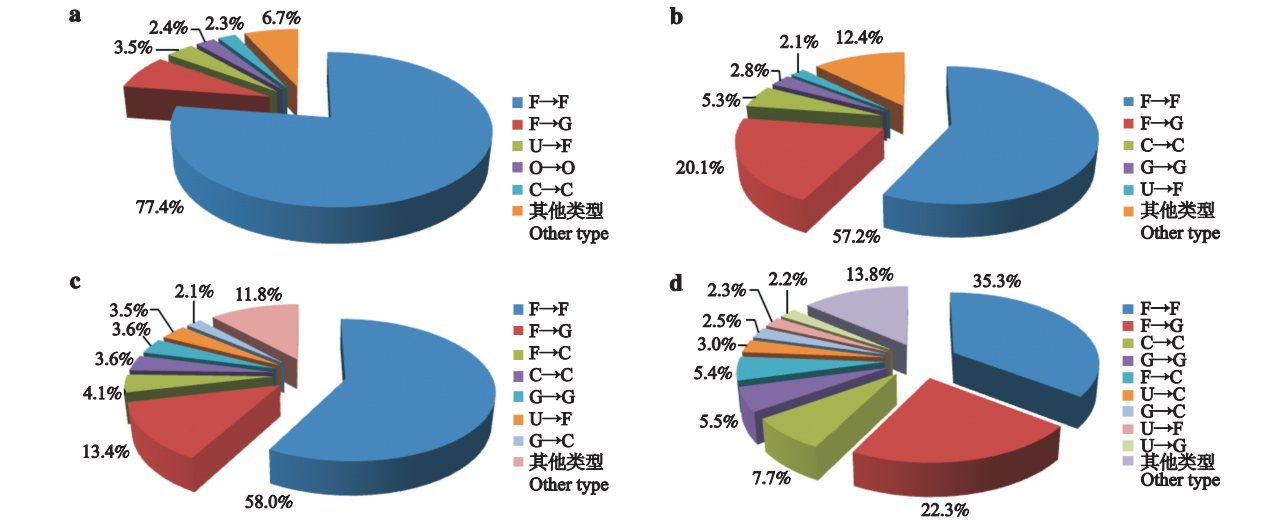


图 2 不同植被覆盖动态类型区域的土地利用变化
Fig. 2 Land use transition in different vegetation cover dynamic areas.
a) 稳定区域 Stable area; b) 恢复区域 Ascending area; c) 退降区域 Descending area; d) 退降-恢复区域 Descending-ascending area.

表 5 大鹏半岛 1996—2007 年不同类型土地转移面积占全区的面积比例
Table 5 Proportion of different land use transition areas in Dapeng Peninsula from 1996 to 2007 (%)

1996 年土地类型 Land type in 1996	2007 年土地类型 Land type in 2007						
	耕地 Field	园地 Garden	林地 Forest	水体 Water	建设用地 Construction land	未利用地 Unused land	其他 Others
耕地 Field	0.44	0.46	0.17	0.01	0.74	0.01	0.10
园地 Garden	0.28	2.80	0.35	0.02	1.12	0.01	0.16
林地 Forest	0.15	14.82	57.64	0.04	3.03	0.12	0.58
水体 Water	0.01	0.05	0.08	0.14	0.76	0.00	0.11
建设用地 Construction land	0.04	0.34	0.49	0.02	5.25	0.02	0.24
未利用地 Unused land	0.16	1.04	2.86	0.04	1.53	0.23	0.42
其他 Others	0.03	0.12	0.24	0.04	0.72	0.04	1.93

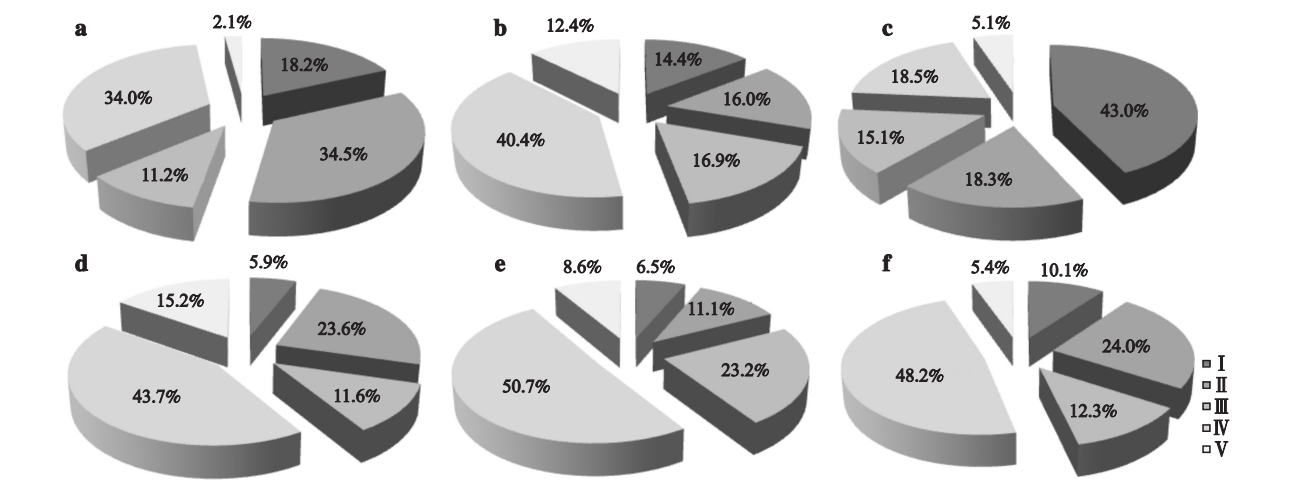


图 3 主要土地利用变化区域内植被覆盖动态类型构成
Fig.3 Composition of vegetation cover dynamic types in different land use transition area.

a) 林地→园地区域 Forest→Garden area; b) 林地→建设用地区域 Forest→Construction land area; c) 园地→建设用地区域 Garden→Construction land area; d) 未利用地→园地区域 Unused land→Garden area; e) 未利用地→林地区域 Unused land→Forest area; f) 未利用地→建设用地区域 Unused land→Construction land area. I :稳定 Stable; II :恢复 Ascending; III :退降 Descending; IV :退降-恢复 Descending-ascending; V :其他 Others.

2.3.2 主要土地利用变化区域内植被动态类型的结构 研究区各主要土地利用变化类型区内植被动态变化情况均极复杂,除未利用地向园地转移类型外,其他所有主要土地利用变化类型区内至少有4种植被覆盖动态类型区的面积比例超过10%(图3).从植被覆盖动态类型的构成来看,退降-恢复是各主要土地利用变化类型区内最重要的植被动态变化形式,平均面积比例接近40%,尤其在未利用地向其他用地类型转移区域,比例均在40%以上甚至达到50%(图3d、3e、3f),这也充分体现了土地利用类型转移过程中的机械干扰往往会引起植被覆盖的阶段下降,而后又逐渐恢复这一最典型的变化过程.退降-恢复在园地向建设用地转移区中仅占18.5%(图3c),而稳定类型则占40%以上.地类转移并未引起显著的植被变化,主要是由于园地→建设用地本身在大鹏半岛仅有1.1%的发生区,且在這些发生区内主要是生长状况较差的果园被改造为建设用

地,加之建设用地本身有一定的绿化覆盖率,因此园地→建设用地区域内仅有1/3出现植被退降过程.总体而言,在6类地类转移区域,退降-恢复为最主要的植被动态类型(约40%),其次是恢复类型(约20%),稳定和退降类型的重要性相当(约15%).

3 讨 论

3.1 研究区植被覆盖动态和土地利用变化的总体特征

受各种内外部因素的综合作用影响,研究时段内深圳市大鹏半岛地区植被覆盖动态变化较剧烈,接近2/3的区域至少在5个比较时段的1个时期发生了显著变化.研究区约2/3的区域已经步入逐步恢复阶段,意味着如果不出现大的人为干扰过程,研究区内植被覆盖将有望得到持续改善.大鹏半岛的土地利用变化表现为2个主要的过程特征,1)以建设用地扩张为标志的城市化特征,2)以园地面积大

幅增加为代表的商品农业发展特征. 与深圳特区和龙岗、宝安中心区相比(建设用地规模通常在 50%~60%), 大鹏半岛地区受地形复杂和区位条件较差的双重不利影响, 建设用地规模显著偏小(表 4). 从过程来看, 本地区毁林种果现象十分突出, 研究时段内占全区面积 15% 的林地被改造成园地. 此外, 建设用地扩张亦占用了一定数量生态功能较显著的林地和园地区域, 尽管利用未利用地造林对这种生态损失进行了一定程度的补偿, 但就规模而言, 建设用地扩张仍造成了生态用地的净损失.

3.2 土地利用变化对植被覆盖动态的影响

国内外相关研究结果表明, 人为活动主导下的土地利用变化与自然环境因子的时空分异一道构成了区域植被覆盖变化的重要驱动力来源^[8,21-23], 甚至在较长的历史时期成为主导因子^[24]. 土地利用变化对于植被覆盖变化的影响主要源于土地转移过程中短时限的人为干扰和转移完成后较长时限的用地功能变化, 其中, 用地功能变化往往表现为群落物种组成、生物生产能力、生态系统类型等多方面的综合变化^[13,23,25], 并且在较大尺度上表现出明显的时空分异特征^[24,26-27]. 本研究结果也表明, 土地利用变化(土地功能发生改变)是研究区植被覆盖动态的重要影响因素之一, 约 35% 的植被覆盖退降区与土地利用变化相关(图 2). 其中, 大多数向建设用地转移及部分向林地和园地转移的土地利用变化过程均导致阶段性的植被覆盖退降, 只是绝大部分随着转移过程的结束和后续生态建设与管理的投入, 进入到植被覆盖显著改善阶段. 研究区功能性土地利用转移过程是人为活动占优势区域植被退降的主要成因. 凡是发生用地功能改变的主要土地利用变化区域, 超过 55% 的地表均出现了植被覆盖退降现象(图 3). 到研究时段结束, 全区仍有超过 12% 的地表植被覆盖处于显著退降状态(表 3). 值得注意的是, 主要用地功能转化区域仍有超过 35% 的区域植被覆盖保持稳定甚至改善, 加上近 40% 的地表在发生阶段性植被覆盖退降后呈现明显的恢复状态, 意味着本地区研究时段内较强烈的人为干扰对地表植被覆盖造成的不可逆性显著负面效应表现出显著的局部性特征, 这与深圳市以往的相关研究^[15,28]基本一致.

4 结 论

1995—2007 年, 研究区植被覆盖变化较剧烈, 65% 的区域植被覆盖状况发生显著改变, 至研究时

段末, 该区植被覆盖状况有逐步改善的趋势. 研究区 31% 的区域土地利用发生了功能性改变, 城市化和商品农业发展是区内土地利用变化的两大动因, 但总体上城市化速度较慢. 土地利用变化是区内植被覆盖动态变化的重要成因之一, 全区植被覆盖出现退降过程的区域中, 约 35% 与土地利用功能改变有关. 用地功能改变和土地转移过程中的机械干扰是植被覆盖退降的主要成因. 随着干扰结束和后续管理投入, 大部分退降区域呈植被覆盖逐步恢复状态, 不可逆性负面效应区域表现出显著的局部特征.

参考文献

- [1] Xia B-C (夏北成), Gong J-Z (龚建周). Spatio-temporal pattern and hierarchical characteristics of vegetation fraction from 1990 to 2005 in Guangzhou. *Ecological Science* (生态科学), 2006, **25**(5): 417-422 (in Chinese)
- [2] Wang J-J (王晶晶), Bai X (白雪), Deng X-Q (邓晓曲), et al. Research on spatial and temporal changes of riparian vegetation cover in the Three Gorges Dam area based on NDVI. *Geo-information Science* (地球信息科学学报), 2008, **10**(6): 808-815 (in Chinese)
- [3] Zhang Y-C (张月丛), Zhao Z-Q (赵志强), Li S-C (李双成), et al. Indicating variation of surface vegetation cover using SPOT NDVI in the northern part of North China. *Geographical Research* (地理研究), 2008, **27**(4): 745-755 (in Chinese)
- [4] Samir MAHA, Mohamed AHAAZ. Vegetation dynamic in semi arid Butana Plain, Sudan. *Journal of Geography and Regional Planning*, 2011, **4**: 183-198
- [5] Senay GB, Elliott RL. Combining AVHRR-NDVI and landuse data to describe temporal and spatial dynamics of vegetation. *Forest Ecology and Management*, 2000, **128**: 83-91
- [6] Stow AD, Hope A, McGuire D, et al. Remote sensing of vegetation and land-cover change in arctic tundra ecosystems. *Remote Sensing of Environment*, 2004, **89**: 281-308
- [7] Gai Y-Q (盖永芹), Li X-B (李晓兵), Zhang L (张立), et al. Land use/cover change and vegetation coverage monitoring by remote sensing: A case study of Miyun, Beijing. *Resources Science* (资源科学), 2009, **31**(3): 523-529 (in Chinese)
- [8] Liu J-H (刘军会), Gao J-X (高吉喜). Effects of climate and land use change on the changes of vegetation coverage in farming pastoral ecotone of northern China. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2008, **19**(9): 2016-2022 (in Chinese)
- [9] Molina A, Govers G, Vanacker V, et al. Runoff generation in a degraded Andean ecosystem: Interaction of vegetation cover and land use. *Catena*, 2007, **71**: 357-370
- [10] Rudmann-Maurer K, Weyand A, Fischer M, et al. The

- role of landuse and natural determinants for grassland vegetation composition in the Swiss Alps. *Basic and Applied Ecology*, 2008, **9**: 494–503
- [11] Zeng H (曾 辉), Chen X (陈 雪). An analysis on eco-environmental effect of vegetation in urbanized areas. *Ecology and Environmental Sciences* (生态环境学报), 2010, **19**(11): 2737–2742 (in Chinese)
- [12] Jürgen HB. Decision making, planning and design for the conservation of indigenous vegetation within urban development. *Landscape and Urban Planning*, 2004, **68**: 439–452
- [13] Fuller JL, Foster DR, McLachlan JS, *et al.* Impact of human activity on regional forest composition and dynamic in central New England. *Ecosystems*, 1998, **1**: 76–95
- [14] Kennedy RE, Cohen WB, Schroeder TA. Trajectory-based change detection for automated characterization of forest disturbance dynamics. *Remote Sensing of Environment*, 2007, **110**: 370–386
- [15] Li Y-J (李一静), Zeng H (曾 辉), Wei J-B (魏建兵). Vegetation change in Shenzhen City based on NDVI change classification. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2008, **19**(5): 1064–1070 (in Chinese)
- [16] Guo L (郭 砾), Xia B-C (夏北成), Li N (李楠), *et al.* Analysis of micro-community structure and its diversity of Shenzhen urban forest during rapid urbanization. *Scientia Silvae Sinicae* (林业科学), 2006, **42**(5): 68–74 (in Chinese)
- [17] Lin W-Q (蔺蔚青). Analysis of ecological expense and design of relevant countermeasures on the economic development of Dapeng Peninsula. *Ecological Economy* (生态经济), 2004(12): 33–35 (in Chinese)
- [18] Coppin P, Bauer M. Digital change detection in forest ecosystems with remote sensing imagery. *Remote Sensing Reviews*, 1996, **13**: 207–234
- [19] Wang L-H (王立海), Zhao Z-Y (赵正勇). Comparative study on the denoising methods of TM images for forest region. *Journal of Northeast Forestry University* (东北林业大学学报), 2005, **33**(5): 77–79 (in Chinese)
- [20] Liang Y-Q (梁尧钦), Xie F-Y (谢芳毅), Li J (李菁), *et al.* Spatiotemporal dynamics of vegetation cover based on trajectory change detection: A case study of Dapeng Peninsula in Shenzhen. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2010, **21**(5): 1105–1111 (in Chinese)
- [21] Tasser E, Tappeiner U. Impact of land use changes on mountain vegetation. *Applied Vegetation Science*, 2002, **5**: 173–184
- [22] Bragg TB, Tatschl AK. Changes in flood-plain vegetation and land use along the Missouri River from 1826 to 1972. *Environmental Management*, 1977, **1**: 343–348
- [23] Yang G-H (杨光华), Bao A-M (包安明), Chen X (陈 曦), *et al.* Vegetation cover change with climate and land use variation along main stream of Tarim River. *Journal of Desert Research* (中国沙漠), 2010, **30**(6): 1389–1397 (in Chinese)
- [24] Foster DR. Land-use history (1730–1990) and vegetation dynamics in central New England, USA. *Journal of Ecology*, 1992, **80**: 753–771
- [25] Wang Z-M (王宗明), Guo Z-X (国志兴), Song K-S (宋开山), *et al.* Effects of land use/cover change on net primary productivity of Sanjiang Plain, during 2000–2005. *Journal of Natural Resources* (自然资源学报), 2009, **24**(1): 136–146 (in Chinese)
- [26] Zhou H-J (周洪建), Wang J-A (王静爱), Yue Y-J (岳耀杰), *et al.* Research on spatial pattern of human-induced vegetation degradation and restoration: A case study of Shaanxi Province. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2009, **29**(9): 4847–4856 (in Chinese)
- [27] Foster DR, Motzkin G, Slater B. Land-use history as long-term broad-scale disturbance: Regional forest dynamics in central New England. *Ecosystems*, 1998, **1**: 96–119
- [28] Liu Y-F (刘语凡), Chen X (陈 雪), Li G-C (李贵才), *et al.* Relationship of vegetation degradation classification and landscape accessibility classification in Shenzhen. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2011, **31**(2): 547–555 (in Chinese)

作者简介 梁尧钦,女,1982年生,硕士.主要从事生态规划和风景园林研究,发表论文6篇. E-mail: liangyq.1j@gmail.com

责任编辑 杨 弘
