

深圳市地形对土地利用动态的影响

卜心国^{1,2}, 王仰麟¹, 沈春竹², 张小飞¹

(1 北京大学城市与环境学院, 北京 100871; 2 江苏省土地勘测规划院, 南京 210024)

摘要: 基于 RS 和 GIS 的技术支持, 以深圳市为案例, 利用多时段土地利用数据和地形数据, 分析土地利用变化的时空分异, 研究城市地域地形对土地利用动态的影响。分析表明, 土地利用在空间上的变化引起其垂直重心的变化, 耕地重心降低, 林地和建设用地重心上升。深圳市地形对土地利用动态有明显的制约作用, 主要表现为: 随着高程和坡度的升高, 土地利用动态度大致呈降低趋势。随着城市化的加深, 同一高程带和坡度带上土地利用动态度呈加大趋势。土地利用动态度的情景分析指出, 在自然景观时期、农业景观成熟期和后城市化时期, 土地利用在高程带和坡度带上都比较稳定, 动态度低; 在这三个时期之间是农业化时期和快速城市化时期, 土地利用动态度高。

关键词: LUCC; 垂直重心; 土地利用动态指数; GIS; 深圳

文章编号: 1000-0585(2009)04-1011-11

1 引言

土地利用/土地覆被变化 (LUCC) 研究是目前全球环境变化的核心领域和学科前沿^[1]。土地利用的变化从维来看可以分为时间维和空间维。时间维也就是通常所说的土地利用动态, 通过区域内多时段的土地利用现状对比可以研究土地利用结构、格局、效应等随时间的变化。纯粹探讨土地利用时间动态的案例研究通常都是将区域平面化, 也就是忽略了研究区的高低起伏, 目前对快速城市化地区及城市土地利用的研究大多是这种情况^[2~7]。空间维则是土地利用的空间分异, 包括水平方向和垂直方向两种。自然地理学中的地域分异规律是土地利用空间变化研究的理论基础。早期的土地利用空间分异研究较少考虑时间动态, 但是随着研究的深入, 加入时间序列的土地利用的空间分异研究已经成为一种趋势和共识^[8~10]。

在土地利用垂直空间分异研究中加入时间序列的案例目前并不多见, 这也可以反过来说, 就是目前的土地利用动态研究较少从垂直空间的角度来思考问题。在农业地区目前有这方面的研究, 比如丘扬等研究黄土高原地形对土地利用变化的影响^[11], 罗宏等对鄂西南峡峡谷暖区农业地形气候垂直分层及其农业发展战略的分析^[12], 周万村对三峡库区土地利用垂直变化的研究^[13]。但是在城市地域和快速城市化地区则鲜有案例。其原因主要是基于以下认识: 1) 自然因子对土地利用/土地覆被变化的影响表现在宏观的时间尺度, 在较短的时间内, 自然因素变化不明显, 影响作用微弱; 2) 地形在很大程度上决定了高原、山地等自然条件复杂地区的土地利用状况^[13]; 3) 历史时期土地覆被的变化大多是人

收稿日期: 2008-08-02; 修订日期: 2009-01-09

基金项目: 国家自然科学基金资助重点项目 (40635028), 国家自然科学基金资助项目 (40471002)。

作者简介: 卜心国 (1976-), 男, 四川内江人, 硕士。主要从事城市土地利用、土地规划与景观生态研究。

E-mail: bxgpk@yahoo.com.cn

类活动通过土地利用活动造成的,因此,分析社会经济因素对土地利用的作用被摆在重要位置^[1]。正是由于城市地域影响土地利用/土地覆被变化的关键因子是人类活动,现有研究很少对自然因子的影响进行深入研究。

土地是一切人类活动最根本的物质基础,地形作为土地最重要的组成因子之一,影响人类对土地的利用,即便是城市地域,这种影响也非常显著。现有研究表明,地形是影响城市土地利用最重要的自然因子,制约着城市形态的形成和发展,是城市规划和城市发展战略研究中必须考虑的自然因子,也是城市土地利用变化方向和速度的重要制约因素^[14,15]。在快速城市化过程中,城市地区的土地利用变化也必然会因为地形的不同而出现垂直差异。基于此,本文以深圳市为案例区,借助土地利用垂直重心模型和综合土地利用动态指数模型分析在城市化过程中土地利用动态的时空分异,从立体空间的角度探讨快速城市化地区地形对土地利用变化的影响。

2 研究区域与方法

2.1 研究区概况

深圳市位于珠江三角洲的东南部,珠江口伶仃洋以东,北面是东莞市和惠州市,东面是大亚湾,南面与香港仅一水之隔。深圳市所辖范围呈狭长形,东西宽,南北窄。深圳建市以来,行政区划几经变革,目前全市由罗湖、福田、南山、盐田、宝安和龙岗六区构成。根据2006年深圳市土地变更调查数据,全市土地总面积为1952.84 km²(不包括内伶仃岛)。

20多年来,在各种对外开放政策强有力推动下,深圳凭借特有的区位优势,以超常规的跨越式发展,社会经济各项事业飞速发展,从一个昔日人口33万、国内生产总值2.7亿元的边陲小城镇发展为2006年拥有846.43万常住人口、国内生产总值达到5813.56亿元的集工业、贸易、旅游、金融于一体的颇具规模的现代化城市,人均GDP69450元,居全国各大中城市首位。

2.2 数据处理与研究方法

本文主要数据来源包括:1978年MSS影像与1986、1995年TM影像、深圳市2001年1:10000土地利用现状图、深圳市2001年1:10000地形图。所选取遥感影像的数据采集时间均在当年的11月前后,以尽可能避免不同季节同类地物光谱差异对解译的影响。

2.2.1 影像处理及土地分类 在几何校正的基础之上对1978年MSS影像和1986、1995年TM影像进行监督分类。参考当年1:10000地形图,在Erdas软件中用Classifier模块进行图像光谱的训练,进行监督分类,并进行适当的修正。为保证分类的准确性,以当年地籍调查数据为验证依据对分类精度进行检验,根据检验结果,每年的数据精度均在80%以上。在此基础之上将文件转成Grid文件,以解译结果作为1978、1986和1995年土地利用图。由于各数据源的像元分辨率不同,为了消除数据尺度对研究的影响,按照就低原则将所有土地利用数据统一到MSS影像的空间分辨率。

在遥感解译中,为了保证不同年份土地利用数量和结构的可比性,本次研究基本采用土地原分类的一级分类系统进行景观分类,并根据研究需要做了一定的调整。研究中将土地利用类型分为耕地、园地、林地、其他农用地、建设用地、推平未建地、水域、未利用地等8种类型。其中耕地、园地、林地、水域、未利用地的含义与我国土地利用原分类系统的一级分类一致。研究中增加了其他农用地,其内涵与过渡分类系统中其他农用地基本

一致，但是除包含坑塘水面、田坎等外，由于深圳的牧草地均为人工种草，而且面积相对狭小，因此也归在其中；建设用地包含了居民点、工矿用地和交通用地。推平未建地由原分类中的已征未建城镇用地、已征未建工矿用地和未征未建用地三部分组成。

2.2.2 地形数据处理 考虑到 1:10000 地形图的等高距是 5m，为了减少研究中空间叠加分析的误差，本研究中 DEM 数据选择像元分辨率为 10m×10m。土地利用图也通过重采样 (Resample) 至像元分辨率为 10m×10m。根据高程和坡度分级规则对 DEM 数据进行重计算 (Reclassify)，获得高程和坡度分级图。为了更精确地反映低海拔和低坡度地区的土地利用动态，本次研究的高程 200m 以下，坡度 30° 以下进行了细微划分。高程分级如下：200m 以下每 10m 为一级，200m 以上为一级，全市共分成 21 级。土地坡度分级如下：坡度 30° 以下每 2° 一级，30° 以上为一级，全市共分为 16 级。

2.2.3 土地利用垂直重心和动态度模型 美国从 20 世纪 70 年代就开始研究社会、经济和自然的垂直重心问题。高志强等在研究我国耕地面积重心中建立了耕地面积重心模型^[16]。重心模型的概念也可以用在垂直方向，可以计算每种土地利用类型的高程重心。重心的变化可以表现土地利用在垂直空间上的变化，比如某种用地重心的上升表明低海拔地区该用地的减少或高海拔该用地的增加。万军等在关岭县土地利用/土地覆被变化研究中对这方面做了有益的尝试^[17]，垂直重心的公式可以表示如下：

$$H_k = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m K \times E_{ij}}{A_k}$$

式中， H_k 为某类土地利用类型垂直重心高度， K 为常数，是栅格单元的面积， E_{ij} 为该类土地利用类型对应栅格单元的高程， m 、 n 为研究区域数据范围行列值， A_k 为该类土地利用类型总面积。

土地利用动态指数是土地利用变化研究中常用的定量分析模型，能够定量描述土地利用的变化速度，对预测未来土地利用变化趋势有积极的作用^[18,19]。土地利用动态度越大，说明土地利用变化越激烈，受人类活动的干扰就越强烈。

刘纪远等提出一种基于 GIS 空间分析技术的综合土地利用动态度指数测算模型，表示研究时段内区域所有土地利用方式的变化综合特征^[8,20]。本文采用这一模型进行区域综合土地利用动态计算和分析，公式如下：

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n (LA_{(i,t)} - ULA_i)}{\sum_{i=1}^n LA_{(i,t)}} \times \frac{1}{T_2 - T_1} \times 100\%$$

式中， S 为区域综合土地利用动态度， $LA_{(i,t)} - ULA_i$ 为在监测期间转移部分面积，即第 i 种土地利用类型转化为其他非 i 类土地利用类型的面积总和， $LA_{(i,t)}$ 为监测初期第 i 种土地利用类型的面积， ULA_i 为监测期间第 i 种土地利用类型未变化部分的面积。 $i \in (1, n)$ ， n 为区域内土地利用类型的分类数。

3 地形与土地利用变化分析

3.1 深圳市地貌基本特征

3.1.1 三个地貌带，地势东南高西北低^[21] 深圳市地貌呈明显的三带分布 (图 1)。南带

为海岸山脉和半岛地貌带。这一带有深圳市最主要的山地分布，地貌形态以低山和高丘陵为主。深圳境内的海岸山脉是莲花山脉的西段，该山脉经深圳境内向西南延伸至香港的大雾山。由于位于滨海，曲折的山势造就了半岛与海湾相间的海岸地貌景观。北带为丘陵河谷带。主要由龙岗河和坪山河切割低丘陵，形成谷地。谷地内分布有四级台地和两级阶地。谷底高程多为 30~ 65m。西带为丘陵平原地貌带。由羊台山为中心的环状丘陵及外围冲积海积平原组成。平原的高程多在 5m 以下。丘陵以羊台山为中心，呈环状分布。羊台山是环状丘陵的第一环，第二环是三大水库及观澜河谷地的台地，第三环是虎头山、塘朗山、鸡公头、吊神山等组成的丘陵。三个地貌带的分界线大致为深圳河、深圳水库、东深河和海岸山脉北麓。整个地貌带从东南向西北倾斜，故深圳市的地势总的来说是东南高、西北低。

3 1 2 落差较大，地面坡度比较和缓 根据深圳市 2001 年地形图，全市的最低海拔高度为 0m，最高海拔高度为 943. 7m，是特区东部梧桐山的最高峰。全市平均海拔高度为 82m，95% 的土地资源位于 308m 的海拔以下。但是由于深圳是滨海城市，低山与相邻海面在很短的距离上相对高差能达到 900 多 m，在深圳狭小的地域上，这些山体显得非常雄伟壮观。深圳市地面坡度较为和缓，其中以 0~ 2° 的面积最大，为 752 43km²，占全市面积的 38. 38%，大于 12° 的土地面积 690. 8 km²，占深圳总面积的 35. 34%。

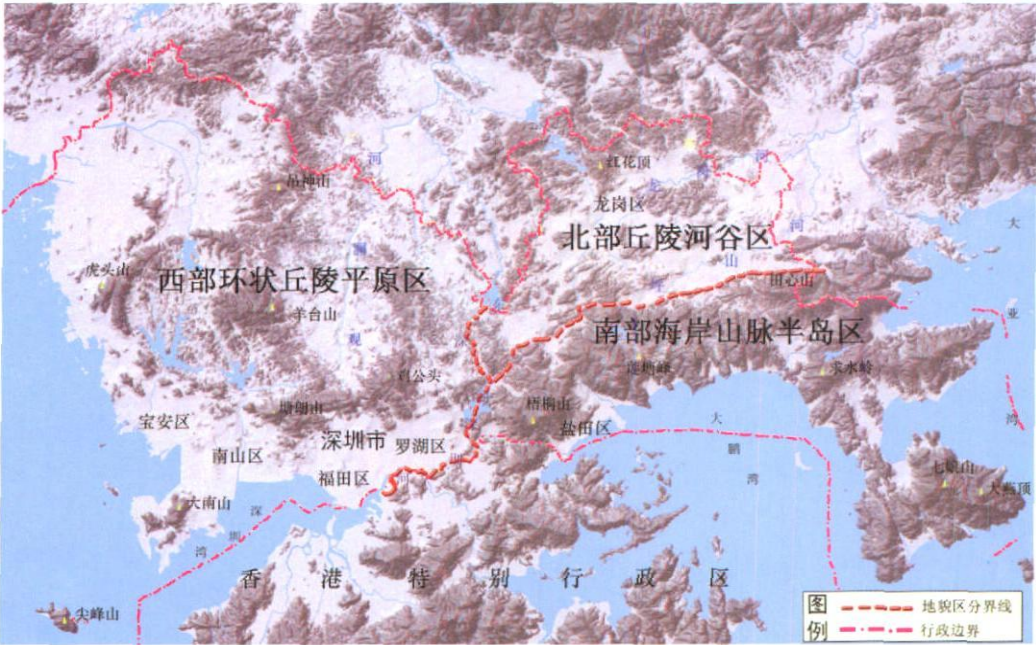


图 1 深圳地貌格局图

Fig 1 Landform pattern of Shenzhen

3 2 土地利用数量动态

深圳市是改革开放以来我国城市发展最快，城市化过程最明显的地区。这从土地利用的变化就可以看得出来，主要表现为建设用地急剧增加，而耕地、林地则大量减少。根据表 1，可以总结出深圳市从 1978 年到 2001 年各类用地的动态特征：

(1) 耕地和林地属于急剧衰减型用地。这 23 年间，耕地转出面积最大，为 609. 76km²，年均转出速度为 26. 51 km²；其次为林地，转出面积 485. 16 km²，年均转出

速度为 21.09 km²。两者占总转出面积的 82% 以上。同时, 这两种用地的新增面积都非常小, 尤其是耕地, 新增面积仅为 21.03 km², 其转出速度相当于新增速度的近 30 倍。根据转移矩阵, 耕地是建设用地增加的主要来源, 而林地转出的对象主要是园地和建设用地。

表 1 深圳市 1978~ 2001 年土地利用转移矩阵

Tab 1 Land use change matrix of Shenzhen from 1978 to 2001

1978/ 2001	耕地 (km ²)	园地 (km ²)	林地 (km ²)	其他农 用地 (km ²)	建设 用地 (km ²)	推平未 建地 (km ²)	水域 (km ²)	未利 用地 (km ²)	合计 (km ²)	转出 部分 (km ²)	转出 速度 (km ² /a)
耕地	41.05	75.41	66.44	50.13	309.29	69.76	19.62	19.10	650.81	609.76	26.51
园地	2.49	10.93	5.36	2.51	33.44	4.89	1.81	1.35	62.77	51.84	2.25
林地	13.41	185.11	534.29	15.97	172.04	58.40	26.23	13.99	1019.44	485.16	21.09
其他农用地	3.33	5.77	7.47	5.35	28.06	6.54	2.52	2.63	61.67	56.32	2.45
建设用地	0.25	0.75	0.14	0.31	6.29	0.76	0.36	0.08	8.93	2.65	0.12
推平未建地	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
水域	0.39	2.07	2.80	2.94	13.32	4.94	19.69	6.97	53.13	33.44	1.45
未利用地	1.15	1.90	3.78	9.78	23.06	11.45	2.72	48.22	102.05	95.08	4.13
合计	62.08	281.94	620.28	86.99	585.49	156.75	72.95	92.34	1958.81	1334.25	58.01
新增部分	21.03	271.01	85.99	81.64	579.20	156.75	53.25	85.37	1334.25		
新增速度	0.91	11.78	3.74	3.55	25.18	6.82	2.32	3.71	58.01		
未变部分	41.05	10.93	534.29	5.35	6.29	0.00	19.69	6.97	624.56		

(2) 建设用地、园地、推平未建地均属于扩张型用地。这段时间, 这三种用地的转出面积为 54.49km², 而新增面积达到 1006.96 km², 新增面积均远高于转出面积。这两者之间巨大的差值导致三类用地呈现显著的扩张, 1978 年三种用地的比重仅占全市面积的 3.66%, 到 2001 年其比重占到 52.29%。

(3) 建设用地是区域的“热点”和“敏感”用地类型。在这 23 年间建设用地新增面积 579.20 km², 是各类用地中新增面积最大的地类, 年均增加 25.18 km²。由于 1978 年的深圳还仅是一个边陲小镇, 其建设用地总量只有 8.93km², 因此建设用地转移面积仅 2.64km²。这段时间建设用地新增量是转移量的 200 多倍, 因此建设用地无疑成为区域的“热点”和“敏感”用地类型, 成为推动其他用地变化的关键因素。

(4) 林地是保持区域用地性质稳定的主要土地类型。从 1978 年到 2001 年, 全市用地性质没有发生变化的土地总计 624.56km², 占全市总面积的 31.88%。未发生变化的土地中林地面积 534.29 km², 占用地类型未发生变化总面积的 85.55%, 占 1978 年林地总面积的 52.41%。

3 3 土地利用类型的垂直重心变化

由于各种土地利用类型总是处于一定的空间高度上, 土地利用变化必然会引起垂直重心的变化。反过来, 重心的变化本身能够反映土地利用在垂直方向的变化。根据重心计算公式, 垂直重心的高低决定于各用地斑块的高程及其面积。结合表 2 和表 1, 可以总结出各土地利用类型的高程重心变化的主要特征如下:

(1) 耕地和其他农用地的垂直重心都呈下降趋势。从 1978 年到 2001 年, 深圳市的耕地垂直重心下降了 4.33m, 其中在 1978~ 1986 年间下降的幅度较大。根据高程图和这

些年份的土地利用图叠加分析发现, 1978~ 1986 年这段时间, 较高海拔地区土地利用变化主要表现为大量耕地转变为园地和林地, 导致耕地重心的降低; 1986~ 1995 年这段时间处于低海拔地区的耕地则大量减少, 导致耕地重心一定程度的上升; 1995~ 2001 年, 全市耕地面积已经非常少, 耕地重心变化的随机性增强。其他农用地的重心变化与滨海地区土地的转变有很大的关系。由于深圳市的其他农用地主要是坑塘养殖水面, 在 1978~ 1995 年, 滨海大量的水稻田、未利用地和水域转变成鱼塘, 从而降低了该类用地的重心, 其重心从 36. 12m 降到 4. 96m, 降低了 27m。1995 年以后, 由于城市建设用地大量扩张, 滨海地区填海造陆, 许多鱼塘逐渐转化成建设用地, 所以重心又上升了 12. 17m。由此可见, 滨海土地利用类型转化是控制其他农用地重心变化的根本原因。

(2) 林地高程重心上升趋势最稳定, 上升幅度最大。从 1978 年到 2001 年, 林地的重心从 128. 19m 上升到 172. 81m, 23 年间, 重心上升了 44. 62m, 是各类用地中重心变化最大的用地类型。分时段看, 林地是各种用地类型中唯一一种垂直重心呈逐时段递增的用地类型, 其重心上升趋势是最稳定的。林地重心上升的原因在于低海拔地区林地大量转变为园地和建设用地。

(3) 毁林种果是园地重心上升的主要原因。从 1978~ 2001 年, 共有 185. 11km²的林地转变为园地, 由于林地的重心远高于园地, 从而拉动园地重心的上升。尤其明显的是 1995~ 2001 年, 快速的城市化过程中, 许多当地农民为了换取高额的青苗赔偿费而大量废林抢种果树, 导致园地的重心上升了 20. 11m。

(4) 建设用地和推平未建地重心也呈较稳定的上升趋势。1978 年, 深圳市的建设用地大多呈离散分布, 重心为 25. 95m。到 1986 年, 重心下降了 2. 15m, 主要是因为这一时期的建设用地扩张主要集中在罗湖和蛇口的平原地区, 从而降低了建设用地的垂直重心。到 1995 年, 建设用地逐渐向较高海拔地区扩张, 使重心上升了 6. 99m, 1995 年以后, 建设用地面积进一步扩大, 重心也进一步上升, 但是由于建设用地的面积基数大, 重心上升的幅度相对减小。推平未建地的重心也是呈明显的上升趋势, 其中 1986~ 1995 年间上升了 26. 06m, 是这个时段重心上升幅度最大的用地类型, 对这一时期深圳市“全境拓展”战略^[22] 导致城市超常规发展体现得非常充分。

表 2 用地类型垂直重心分布
Tab 2 Vertical barycenter for land use

年份	耕地 (m)	园地 (m)	林地 (m)	其他农 用地 (m)	建设用地 (m)	推平未 建地 (m)	水域 (m)	未利用地 (m)
1978	38. 02	32. 21	128. 19	36. 12	25. 95	-	21. 81	8. 4
1986	34. 51	48. 01	134. 34	4. 96	23. 8	18. 17	21. 76	7. 52
1995	34. 67	46. 31	143. 19	8. 99	30. 79	44. 23	37. 98	32. 11
2001	33. 69	66. 42	172. 81	21. 16	32. 44	44. 94	44. 3	29. 69
ΔH78-86	- 3. 52	15. 8	6. 15	- 31. 16	- 2. 15	-	- 0. 05	- 0. 88
ΔH86-95	0. 16	- 1. 7	8. 86	4. 02	6. 99	26. 06	16. 21	24. 58
ΔH95-01	- 0. 98	20. 11	29. 62	12. 17	1. 65	0. 71	6. 32	- 2. 41

3 4 高程对土地利用动态指数的影响

3 4 1 综合土地利用动态的高程分部特征 根据图 2, 三个时段土地利用动态指数在高程带上变化特征是一致的, 总体趋势是随高程的增加, 动态指数降低, 并逐渐趋于 0。分

段来看，在 40~ 50m 以下，土地利用变化动态指数较高而且变化较小。50~ 80m 是过渡带，80~ 160m 是动态指数快速下降带，160m 以上三个时段的土地利用动态指数较小，而且三者的差距快速缩小。到 200m 以上，三个时期的动态度几乎一致，说明即便是城市化已经达到很高的程度，较高海拔地区的土地利用受干扰程度同样较小。

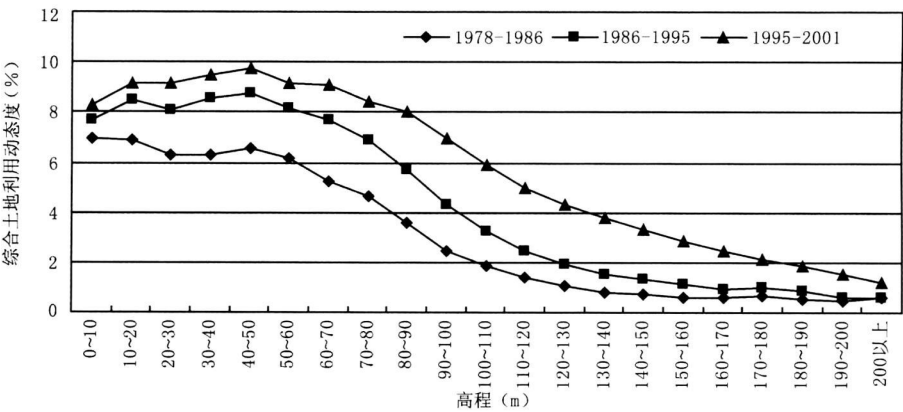


图 2 土地利用动态度指数高程分异

Fig 2 The differentiation of land use dynamics indexes on elevation belts

高程对土地利用动态的影响表现为一种环境阻力，导致人类活动对土地的干扰程度随高程增加而降低。这种阻力在 80m 以下的高程范围内表现得并不明显（这应当与深圳市生态控制线^①有关），但是随着高程的增加逐渐显现出来，而且不断加强。但是这种高程阻力不会无限制的增加，到达一定高度后，阻力增加的趋势逐渐减弱，土地利用动态度逐渐趋近于 0，而且这种趋势不会因为城市化的加深而改变。但是在不同的城市化阶段，高程带上的动态指数还是有很大的区别，最显著的是动态指数最高点位置的变化。1978~ 1986 年 0~ 10m 高程带土地利用动态度最高，而且随高程升高，土地利用动态度呈显著的降低格局。1986~ 1995 年和 1995~ 2001 年，随着深圳市城市向更高海拔地区扩展，动态度最高点则明显上移到 40~ 50m 高程带。这和深圳市梯度建设向宝安区和龙岗区转移有重大关联，而这两个区的平均高程分别为 47. 11m 和 110. 76m，致使动态度最高点向高海拔方向移动。

3 4 2 动态指数曲线的情景分析 为了进一步研究动态曲线的演变过程，采用演绎推理的方法进行情景分析。根据自然和社会经济发展规律，将深圳土地的景观发展分为 5 个不同的时期：自然景观时期、农业化时期、农业景观成熟时期、快速城市化时期、后城市化时期。在自然景观时期，人类活动还没有侵入该地域。地处南亚热带沿海的深圳必然是以常绿阔叶林为主体的自然景观，土地利用类型有三类：林地、水域和滩涂。这个时期各个高程带上土地利用动态全部是自然灾害引起，动态度极低，其形态如图 3 a。第二个时期，人类开始侵入这片土地。从便于生产生活角度来看，人类必然优先选择河流及其入海口附近的平原作为定居点，并逐渐将周围的林地，部分滩涂、水域开辟成耕地、园地和农村建设用地。因此这个时期沿海地区的土地利用动态度开始上升。随着农业活动的进一步加

^①深圳市在 90 年代的土地规划和城市规划中已经开始使用生态控制线的概念，规定坡度大于 25% 的山地、林地以及特区内海拔超过 50 米、特区外海拔超过 80 米的高地为生态用地。除特殊情况，城市建设不得占用生态控制线内的土地。2005 年 11 月 1 日，《深圳市基本生态控制线管理规定》正式实施。

强, 人类将相对更高海拔的林地改变成耕地、园地等用地类型, 从而推高这些高程带的土地利用动态度 (图 3-b)。到农业发展成熟, 低海拔地区的用地大部分转变为耕地、园地、其他农用地, 形成集镇, 这时用地类型趋于稳定, 用地类型间的转化减弱, 动态度降低 (图 3-c)。随着城市化的到来, 城市建设活动优先选择地势条件好的河流沿岸平原地带, 这些地方的土地利用动态度再次提高。但是, 由于过低的地方容易遭受洪涝和风暴潮的影响, 动态指数在低海拔地区会存在一个上升带。城市化过程中, 土地变化最激烈的地方是城乡用地交错带, 因此土地利用动态指数最高的高程带就是城乡用地交错比例最大的地方, 随着城市化的加深, 其最高点会逐渐向高海拔地区移动 (图 3-d)。目前深圳市就是处在这个阶段。到后城市化时期, 由于深圳市生态控制线的控制, 一切可以被城市占用的土地都转变为城市建设用地, 城市发展完全成熟。由于城市建设用地本身再转变成非建设用地的可能性较小, 这个时期土地在低海拔地区土地利用动态度低。而在高海拔地区由于生态控制线的约束作用, 土地利用动态度同样非常低, 从而使动态曲线回归到与自然景观较为相似的状态 (图 3-e)。但由于人类活动依然强烈, 这个时期动态度将会高于后者。

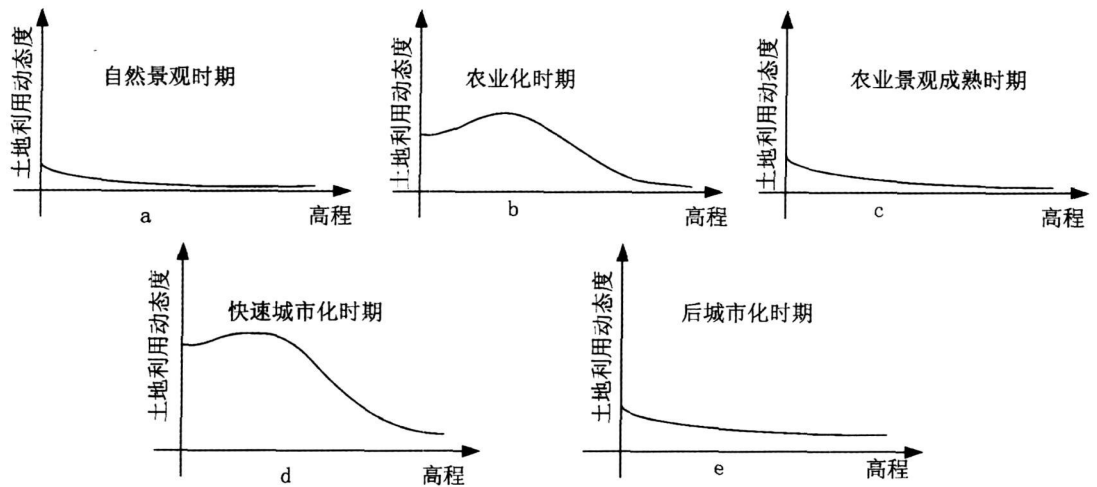


图 3 不同时期土地利用动态曲线示意图

Fig 3 The land use dynamics index sketch curves in different periods

总结起来, 五个不同时期土地利用动态指数在高程带上都随高程的增加而降低。动态度最高的是快速城市化阶段, 最低的是自然景观时期的土地利用动态指数。农业景观成熟时期、后城市化时期土地利用状态都比较稳定, 动态度都很低。而农业化阶段动态指数则可能处于这两种情况之间。

3.5 坡度对土地利用动态指数的影响

从土地利用动态度在坡度带上的变化可以看出, 坡度对土地利用动态指数的影响比高程更为明显, 指数在坡度带上随坡度增加近乎直线降低。在各坡度带上土地利用动态指数也是随城市化过程加深而加大 (图 4)。1978~1986 年和 1986~1995 的动态指数非常相似, 在 14° 以上两条线几乎重合。但是在 14° 以下, 1986~1995 年的动态指数更高, 说明土地利用动态在该坡度以下是加剧的。与 1986~1995 年的动态指数相比, 1995~2001 年各坡度带上的动态指数更是全面上升。在 $2^\circ \sim 4^\circ$ 上指数高达 9.84%, 是各坡度带中最高的, 说明该坡度带土地利用处于非常强烈地变动之中。

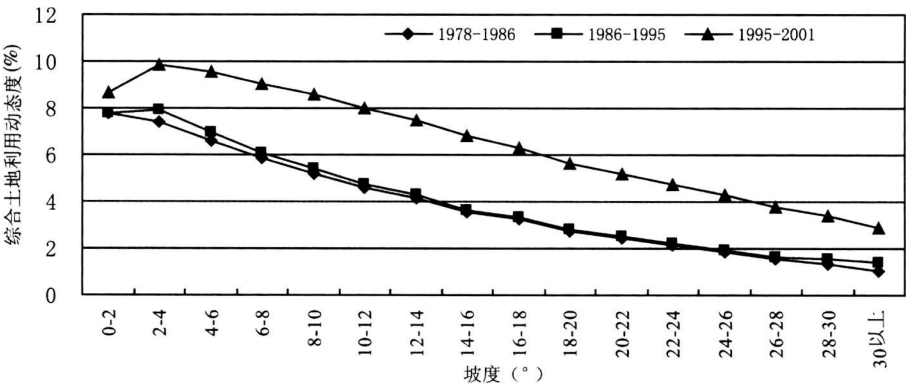


图 4 综合土地利用动态度指数坡度分异

Fig 4 The differentiation of land use dynamics indexes on slope belts

随着城市化的加深，土地利用动态指数在坡度带上的分异趋势逐渐发生变化，其中 2 ~ 4°坡度带的表现最为明显。在 1986 年以前，2°以下土地动态指数是最高的，说明在这以前人类活动作用最为强烈的是 2°以下。1986~ 1995 年，2~ 4°的指数略高于 2°以下坡度带上的动态指数，趋势已经有所变化。1995~ 2001 年，这种变化趋势进一步加大，2~ 8°坡度带的指数均高于 2°以下，证明城市化过程中土地利用动态最大的坡度带有向高坡度地区移动的趋势。据研究，0.4~ 2°是建设用地最理想的坡度，在这个坡度范围内，城市建设的工程施工量小，同时也有利于城市污水管网建设。在坡度较大的地方，城市建设往往选择梯级开发，因此也会增大相应的工程投资。居民点的建设一般要求地势稍高一些，不受洪水威胁，坡度在 0.4~ 10°^[23]。因此随着坡度的升高，坡度对土地利用的变化制约也增强，坡度带上的土地利用动态不会无限制地增加。

按照上文的情景分析，在坡度上，土地利用动态指数也应当存在一个相似的变化过程，也就是在三个土地利用状态稳定时期，坡度带上的动态度低，而在农业化和城市化过程中动态指数则增大。

4 结论与讨论

地形是城市地域土地利用动态的重要影响因子。由于各种土地利用类型都处在一定的垂直空间上，土地利用的变化都会引起其垂直重心的变化。研究时段内土地利用类型的数量变化及其垂直重心变化主要表现为：耕地的转出最大，同时其垂直重心呈下降趋势；建设用地的转入量最大，其垂直重心呈上升趋势。林地是区域中重心上升趋势最稳定，转移面积比例最小的用地类型。深圳市地形对土地利用动态有明显的制约作用，主要表现为：随着高程和坡度的升高，土地利用动态度大致呈降低趋势。随着城市化的加深，同一高程带和坡度带上土地利用动态度有加大的趋势。根据土地利用动态曲线的情景分析，在自然景观时期、农业景观成熟期和后城市化时期，土地利用在高程带和坡度带上都比较稳定，动态度低，就各高程带和坡度带在这三个时期的比较来看，整体上后城市化时期的动态度要高于农业景观成熟期的动态度，而后者则又高于自然景观时期的动态度；在这三个之间是农业化时期和城市化时期，土地利用动态指数高。土地利用动态的这种变化导致同一高程带和坡度带上动态度呈波浪式上升的过程。在这五个时期，土地利用动态度的整体趋势

都是随高程和坡度升高而降低。

城市地形对土地利用动态指数时空分异研究的意义在于揭示城市化过程中人类活动在时间和三维空间上对土地利用的影响, 预测不同方向上土地利用变化, 对土地利用规划和城市规划具有一定的指导意义。土地利用变化的影响因子是多方面的, 自然因子在短时间内不会发生重大变化, 但是在垂直空间上却因为地形差异而影响土地利用的变化。本文采用演绎推理的方法分析了土地利用动态曲线从自然景观到城市发展成熟之间的变化过程, 在以后的研究中还需要相应的案例来实证。此外, 不同高程带和坡度带上土地利用变化导致的生态环境效应及其变化也有待进一步的研究。

参考文献:

- [1] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域: 土地利用/ 土地覆被变化的国际研究动向. 地理学报, 1996, 51 (6) : 553 ~ 557.
- [2] 史培军, 陈晋, 潘耀忠. 深圳市土地利用变化机制分析, 地理学报, 2000, 55(2) : 151~ 160
- [3] 摆万奇. 深圳市土地利用动态趋势分析. 自然资源学报, 2000, 15(2) : 112~ 116
- [4] Kombe W J. Land use dynamics in peri urban areas and their implications on the urban growth and form: The case of Dar es Salaam, Tanzania. Habitat International, 2005, 29: 113~ 135.
- [5] 赵晶, 徐建华, 梅安新, 等. 上海市土地利用结构和形态演变的信息熵与分维分析. 地理研究, 2004, 23(2) : 137 ~ 146
- [6] 刘盛和, 吴传钧, 沈洪泉. 基于 GIS 的北京城市土地利用扩展模式. 地理学报, 2000, 55(4) : 407~ 416
- [7] 何春阳, 史培军, 陈晋, 等. 北京地区土地利用/ 覆盖变化研究. 地理研究, 2001, 20(6) : 679~ 687
- [8] 刘纪远, 刘明亮, 庄大方, 等. 中国近期土地利用变化的空间格局分析. 中国科学(D 辑), 2002, 32(12) : 1031 ~ 1040
- [9] Verburg P H, Veldkamp T A, Bouma J. Land use change under conditions of high population pressure: The case of Java. Global Environmental Change, 1999, 9: 303~ 312
- [10] 李爱农, 周万村, 江晓波. 岷江上游近 30 年土地利用/ 覆被空间格局变化的图形信息分析. 山地学报, 2005, 23 (2) : 241~ 247.
- [11] 邱扬, 傅伯杰, 王军, 等. 黄土丘陵小流域土地利用的时空分布及其与地形因子的关系. 自然资源学报, 2002, 17 (5) : 20~ 29
- [12] 罗宏, 杨志峰. 峡谷暖区农业地形气候垂直分层及其农业发展战略. 地理研究, 1999, 18(4) : 407~ 412
- [13] 周万村. 三峡库区土地自然坡度和高程对经济发展的影响. 长江流域资源与环境, 2001, 10(1) : 15~ 22
- [14] 刁承泰, 吕韬, 陈敏, 等. 重庆市地貌特点与城市用地. 中国土地科学, 2004, 18(3) : 35~ 40
- [15] 朱虹, 明庆忠. 中国城市地貌特点与利用. 华中师范大学学报(自然科学版), 1994, 28(3) : 413~ 418
- [16] 高志强, 刘纪远, 庄大方. 我国耕地面积重心及耕地生态背景质量的动态变化. 自然资源学报, 1998, 13(1) : 92 ~ 96
- [17] 万军, 蔡运龙, 张惠远, 等. 贵州省关岭县土地利用/ 土地覆被变化及土壤侵蚀效应研究. 地理科学, 2004, 24(5) : 573~ 579
- [18] 阎守邕, 黄丽芳, 魏成阶, 等. 土地利用动态变化的研究方法及其在海南岛的应用. 地理研究, 2001, 20(6) : 723 ~ 730
- [19] 王秀兰, 包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨. 地理科学进展, 1999, 18 (1) : 81~ 87
- [20] 刘盛和, 何书金. 土地利用动态变化的空间分析测算模型. 自然资源学报, 2003, 18(1) : 533~ 540
- [21] 黄镇国, 李平日, 张仲英, 等. 深圳地貌. 广州: 广东科技出版社, 1983
- [22] 赵燕箐, 唐本军, 蒋朝晖, 等. 深圳 2030 城市发展策略咨询报告. 中国城市规划研究院, 2003. 7
- [23] 吴传均, 郭焕成. 中国土地利用. 北京: 科学出版社, 1994

Influence of landforms of on the land use dynamics in Shenzhen City

BU Xin-guo^{1, 2}, WANG Yang-lin¹, SHEN Chun-zhu², ZHANG Xiao-fei¹

(1. College of City and Environment Science, Peking University, Beijing 100871, China;

2. Jiangsu Institute of Land Surveying and Planning, Nanjing 210024, China)

Abstract: Studies on land use change play one of the most important parts in LUCC, which focus on the change of land use structure, pattern and its rate, ecological effect and so on. This paper takes Shenzhen City as a case based on RS and the GIS. Several remote sense images, land use data of status quo, and landform data during 1978~2001 are used to analyze the time-space differentiation of land use change, so as to study the influence of city landform on the land use.

The landform is an important influencing factor of land use change in cities. Because various land use types are all placed in certain vertical space, the change of land use will cause the variation of vertical barycenter. The data analysis shows that, the arable land was the most unstable, 609.76 km² of which changed into other types during the 23 years, while its vertical barycenter declined. However, the areas of construction land increased by 579.20 km², and its vertical barycenter increased by 6.49 meters during this period. The increasing trend of woodland's barycenter was more stable than that of construction land, and the transferred area ratio was the lowest among all types of land use. The restriction of landform to the land use dynamics is obvious in Shenzhen for the land use dynamics degree decreases with the increase of the elevation and slope, the dynamics index on the same elevation belt and slope belt gradient presented an increasing trend during the urbanization process. According to the curve of the land use dynamics state, during the natural landscape period, the agriculture-developed period and the post-urbanization period, the land use dynamics indexes on elevation belts and slope belts are stable and low. Even in the low plane region, the dynamics curves are close to zero. Between these three periods are the agriculture-developing period and rapid-urbanization period, whose land use dynamics indexes are higher. In a word, the index shows a spiral rise, but the dynamics of these five periods show a common trend that it is getting lower with the increase of elevation and slope.

Key words: LUCC; vertical barycenter; land use dynamics index; GIS; Shenzhen