

文章编号: 1671-4229(2016)03-0073-08

# 珠江口湾区沿岸土地利用时空格局变化分析

高 群<sup>1 2</sup>, 吴志峰<sup>1 2\*</sup>, 李少英<sup>1</sup>, 曹 峥<sup>2 3</sup>, 王 珽<sup>2 3</sup>

(1. 广州大学 地理科学学院, 广东 广州 510006;

2. 广东省生态环境与土壤研究所 广东省农业环境综合治理重点实验室, 广东 广州 510650;

3. 中国科学院 广州地球化学研究所, 广东 广州 510640)

**摘 要:** 文章以多源遥感影像为基础, 获取珠江口湾区 1990 年、1995 年、2004 年和 2012 年土地利用分类数据, 并利用 4 个指数模型, 对珠江口湾区 3 个时期土地利用结构时空格局变化差异进行对比研究. 结果表明: 珠江口湾区建设用地主要通过占用农用地和林地不断扩张, 其主要驱动力为人类活动; 3 个时期变化较活跃的类型分别为围垦滩涂、建设用地和养殖用地, 且初期综合土地利用动态度值高于中期和后期; 珠江口湾区西岸土地利用类型重心呈现向珠海靠拢趋势; 建设用地整体重心受地理位置、发展模式、填海造地和政府决策影响, 逐年向西岸迁移; 围垦滩涂整体重心向东岸移动, 珠江口湾区 5 市重心移动具有明显的向海和向水域特征; 湾区填海扩张方式主要表现为港口、道路、自贸区、公园以及机场建设, 其中深圳市发展模式更符合可持续发展需要.

**关键词:** 土地利用; 动态度; 转移矩阵; 空间格局重心; 时空格局变化

中图分类号: P 748; TP 79 文献标志码: A

珠江口湾区是大珠三角城镇群的核心空间, 改革开放以来, 经济发展迅猛, 城市快速扩张. 湾区在自然环境变化和人类活动共同影响下, 土地利用发生巨大变化. 开展湾区土地利用变化规律及其驱动力的研究, 不仅可以为湾区规划和生态环境提出科学建议, 也可为全球变化的区域模式研究提供典型的范例.

国内学者已从土地利用变化遥感动态监测、模型动态模拟以及驱动力分析等方面对海岸带进行了大量研究<sup>[1-5]</sup>. 研究范围主要集中在长江、黄河、环渤海带和珠江三角洲等区域, 侧重应用土地利用时空变化分析模型探究海岸带土地利用变化规律. 现有对海岸带的研究中, 大多数将海岸带进行梯度划分, 分析各条带间土地利用变化差别, 但忽略了海岸带包含的城市单位, 未考虑海岸带内城市之间的土地利用变化的差异. 本文利用空间重心转移指数对海岸带内城市之间的土地利用变化差异进行对比分析, 研究其对湾区整体变化的影响. 并且在数据选择上, 采用 SPOT 和 Worldview

影像, 大大提高了本文分析的空间精度. 对湾区土地利用类型变化过程、特征以及演变规律的研究, 能够为珠江三角洲城市群生态保护提供准确、全面的基础数据以及决策支持, 具有重要的现实意义.

## 1 数据和方法

### 1.1 研究区概况

为配合《珠江三角洲地区改革发展规划纲要(2008~2020年)》, 粤港澳三地政府联合提出了“珠江口湾区”的概念(以下简称湾区). 湾区范围介于 21°48′~23°09′N、113°09′~114°37′E 之间, 共包括广州、深圳、珠海、东莞、中山等 5 市所辖的 17 个区, 毗邻香港和澳门特别行政区. 其拥有完善的基础设施、全覆盖的道路网络和完备的森林、海洋、湿地生态系统, 已经成为大珠三角地区的地理核心和生态核心.

本研究在珠江口湾区的基础上, 以 1979 年海岸线为基准, 将沿海岸线向陆一侧 10 km 与沿海

收稿日期: 2016-03-02; 修回日期: 2016-04-19

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划资助项目“村镇建设用地再开发关键技术与示范”(2013BAJ13B01)

作者简介: 高 群(1991-), 女, 硕士研究生. E-mail: gzdxxq@163.com

\* 通信作者. E-mail: gzuwzf@163.com

市县行政界线或沿海城市行政边界的最大值连线所围成的闭合区域作为研究区,见图 1.



图 1 珠江口湾区研究区

Fig. 1 Study area of Pearl River estuary

## 1.2 数据来源与预处理

本文采用的遥感数据为 Landsat TM/ETM+ 影像、SPOT 影像及 Worldview 影像. 时相分别为 1990 年、1995 年、2004 年、2012 年,并对 LANDSAT 7 ETM+ 数据进行了条带修复.

对各时相影像进行预处理. 首先,基于 2003 年 1:10 000 地形图(DLG)数据,对数据进行几何纠正. 采用 FLAASH 模型对影像进行大气校正. 然后,在遥感模型与人工目视解译的基础上,利用面向对象方法,将 4 期遥感影像分为建设用地、林地、农用地、水体、养殖用地和围垦滩涂等 6 种类型,并针对“异物谱”问题导致地类间的误分进行人工修改. 最后,在研究区 2012 年土地利用分类数据中随机选取了 400 个验证点,通过土地利用提取结果与相片、SPOT 和 Worldview 影像比对匹配,得到土地利用分类精度为 85.5%.

## 1.3 研究方法

### 1.3.1 单一土地利用类型动态度

单一土地利用类型动态度<sup>[6]</sup>是反映研究时期

内某种土地利用类型变化情况的指标,其表达式为

$$K = (U_2 - U_1) / U_1 \times 1/T \times 100\% \quad (1)$$

式(1)中  $K$  为单一土地利用类型动态度;  $U_1$ 、 $U_2$  分别为研究初期及研究末期某一种土地利用类型的面积<sup>[6]</sup>.

### 1.3.2 综合土地利用类型动态度

综合土地利用动态度<sup>[6]</sup>是反映研究时期内全部土地利用类型综合变化情况的指标,其表达式为

$$LC = \sum_{a=1}^n \Delta LU_{a-b} / 2 \sum_{a=1}^n LU_a \times 1/T \times 100\% \quad (2)$$

式(2)中  $LC$  为综合土地利用类型动态度;  $LU_a$  为研究初期第  $a$  类土地利用类型面积;  $\Delta LU_{a-b}$  为研究范围内  $a$  类土地利用类型转为非  $a$  类土地利用类型面积的绝对值<sup>[6]</sup>.

### 1.3.3 土地利用类型空间格局重心

土地利用类型空间格局重心模型<sup>[7-9]</sup>可从空间上反映土地利用类型的时空演变过程.

重心坐标计算公式:

$$X = \sum_{i=1}^n X_i M_i / \sum_{i=1}^n M_i \quad (3)$$

$$Y = \sum_{i=1}^n Y_i M_i / \sum_{i=1}^n M_i \quad (4)$$

式(3)、式(4)中  $X$ 、 $Y$  分别为某一个区域某种类型重心的经度值和纬度值;  $X_i$ 、 $Y_i$  分别为第  $i$  个次一级区域中心的经度值和纬度值;  $M_i$  此处代表第  $i$  个次一级区域的面积值<sup>[7-9]</sup>.

重心迁移距离公式:

$$D = \sqrt{(X(t_2) - X(t_1))^2 + (Y(t_2) - Y(t_1))^2} \quad (5)$$

式(5)中  $D$  为研究区重心前移距离  $X(t_1)$ ;  $Y(t_1)$ 、 $X(t_2)$ 、 $Y(t_2)$  分别为  $t_1$  和  $t_2$  时刻研究区重心的横坐标与纵坐标;  $t_1$  和  $t_2$  分别为监测首期与末期<sup>[7-9]</sup>.

## 2 结果与分析

### 2.1 珠江口湾区土地利用数量变化及变化过程

珠江口湾区主要用地类型为水体、建设用地、林地和农用地,其次为养殖用地和围垦滩涂,见表 1. 由表 1 可知,除水体外,建设用地、林地和农用

地面积分别保持在 5.89%、10.39% 和 13.68% 以上。监测时段内, ①建设用地保持持续增长, 1990~1995 年增幅最大, 为 178.88%, 并在 2012 年达到最大值, 占总面积的 33.40%; ②林地呈波动下降趋势, 1990~1995 年降幅最大, 为 50.29%;

③农用地面积初期一直波动但面积变化不大, 2004~2012 年降幅最为明显, 达到 42.24%; ④水体面积持续下降, 到 2012 年达到最低值, 占总面积的 31.96%; ⑤养殖用地面积不断波动, 1990 年占总面积 6.28%, 到 2012 年增长为 9.87%。

表 1 1990~2012 年研究区土地利用面积统计

Table 1 Land use area of the study area from 1990 to 2012

km<sup>2</sup>

年份	建设用地	林地	农用地	水体	养殖用地	围垦滩涂
1990	312.99	1 229.25	1 228.77	2 194.88	333.64	10.79
1995	872.86	611.01	1 181.15	1 972.17	619.39	54.15
2004	1 225.38	659.58	1 257.00	1 823.00	303.95	39.95
2012	1 772.86	551.62	726.05	1 696.49	523.83	37.31

转移矩阵结果(表 2~4)表明: ①建设用地的转入量远远大于转出量, 后期达到总面积的 48.28%。直到 2004~2012 年, 建设用地面积才有了明显的转出, 转化为农用地和养殖用地比较明显, 面积分别达到了 11.33% 和 3.81%。建设用地面积的持续增长表明建设用地扩张是珠江口湾区空间扩张的主要表现形式之一; ②林地的转出量远大于转入量, 转入的土地利用类型基本为农用地

地和养殖用地。大部分林地转出为建设用地和农用地, 小部分转化为养殖用地, 前期的转出量最为明显; ③农用地在第三个时期的转出量较大, 转入类型和转出类型基本相同, 为建设用地、养殖用地和林地, 其他则变化较小; ④水体的转入量是极少的, 大部分水体转变为养殖用地和建设用地; ⑤养殖用地主要转化为建设用地、农用地和水体, 转入类型为水体、农用地和林地。

表 2 1990~1995 年土地利用转移矩阵

Table 2 Conversion matrix of land use between 1990 and 1995

转移矩阵/km <sup>2</sup>	1995 年						
	建设用地	林地	农用地	水体	围垦滩涂	养殖用地	总计
1990 年 建设用地	0.00	9.79	26.30	1.51	0.00	1.36	38.96
林地	262.46	0.00	319.12	20.13	0.45	92.63	694.79
农用地	210.53	40.39	0.00	26.25	0.03	213.70	490.89
水体	57.60	12.98	46.01	0.00	47.88	159.11	323.59
围垦滩涂	0.59	0.19	0.40	3.84	0.00	3.84	8.86
养殖用地	67.42	12.46	50.87	49.76	3.97	0.00	184.48
总计	598.60	75.81	442.70	101.50	52.32	470.64	1 741.57

表 3 1995~2004 年土地利用转移矩阵

Table 3 Conversion matrix of land use between 1995 and 2004

转移矩阵/km <sup>2</sup>	2004 年						
	建设用地	林地	农用地	水体	围垦滩涂	养殖用地	总计
1995 年 建设用地	0.00	0.18	0.64	0.08	0.15	0.07	1.11
林地	60.76	0.00	90.60	1.33	0.01	3.86	156.55
农用地	106.02	104.85	0.00	16.53	0.03	63.53	290.96
水体	62.46	30.28	38.57	0.00	17.41	75.69	224.41
围垦滩涂	2.31	0.79	9.85	6.44	0.00	12.84	32.22
养殖用地	122.44	69.32	227.41	51.73	0.44	0.00	471.34
总计	353.99	205.42	367.06	76.11	18.03	155.98	1176.60

表 4 2004 ~ 2012 年土地利用转移矩阵

Table 4 Conversion matrix of land use between 2004 and 2012

转移矩阵/km <sup>2</sup>	2012 年						
	建设用地	林地	农用地	水体	围垦滩涂	养殖用地	总计
2004 年 建设用地	0.00	19.37	120.10	7.46	0.71	40.40	188.04
林地	96.27	0.00	45.16	12.79	0.28	67.71	222.20
农用地	443.79	91.51	0.00	13.88	0.49	182.21	731.87
水体	85.51	1.31	11.33	0.00	14.34	83.87	196.36
围垦滩涂	13.81	0.03	0.49	4.77	0.00	6.19	25.29
养殖用地	96.43	2.08	24.17	30.88	6.84	0.00	160.38
总计	735.81	114.29	201.25	69.78	22.65	380.38	1 524.15

## 2.2 珠江口湾区土地利用动态变化分析

单一土地利用动态度  $K$  和综合土地利用动态度  $LC$  (图 2) 表明, 1990 ~ 1995 年 6 种土地利用类型动态度差异较大, 正向以围垦滩涂的变化率为最高, 达到 66.98%, 由高到低排序为围垦滩涂 > 建设用地 > 养殖用地, 负向动态度由高到低为林地 > 水体 > 农用地. 同时期综合土地利用类型动态度最高, 达到 2.73%. 以上表明该时期土地利用类型变化活跃, 自 19 世纪 80 年代以来, 在珠江三角洲一带设立改革开放试点、改革农村经济体制等措施, 促使珠江三角洲经济飞速发展, 建设用地迅速扩张<sup>[10]</sup>. 为了缓解紧张的土地供求关系, 开始出现大量的填海造陆现象. 这一时期, 林地、农业用地逐渐减少, 养殖用地迅速扩张, 围垦面积逐渐扩大.

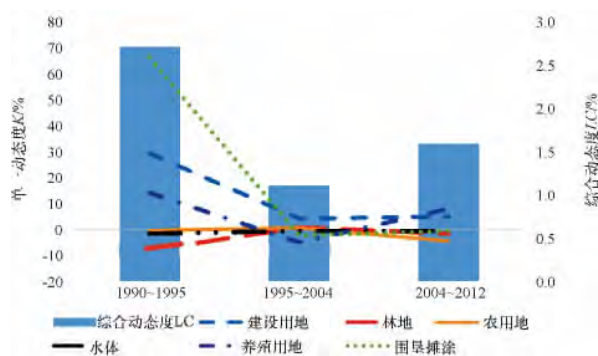


图 2 单一土地利用类型动态度  $K$  和综合土地利用类型动态度  $LC$

Fig. 2 Dynamic index of each land use type ( $K$ ) and dynamic index of land use change ( $LC$ )

1995 ~ 2004 年, 6 种土地类型间的转化并不活跃, 综合土地利用类型动态度降为 1.11%, 且各土地利用类型间的动态度差异较小, 正向动态度由高到低排序为建设用地 > 林地 > 农用地, 负向

动态度由高到低排序为养殖用地 > 围垦滩涂 > 水体. 在经历了经济发展的“大跃进”之后, 经济“泡沫”逐渐显露, 政府出台了相应的价格调控和土地开发等政策, 使珠江三角洲经济发展逐步降温, 迈入调整阶段<sup>[11]</sup>.

2004 ~ 2012 年, 除养殖用地略有反弹之外, 其他用地类型与上一个时间段差别不大, 正向动态度由高到低排序为养殖用地 > 建设用地, 负向动态度由高到低排序为农用地 > 林地 > 水体 > 围垦滩涂. 综合土地利用类型动态度略有上升为 1.59%, 但低于前期水平. 这一时期珠江口湾区的土地利用变化与政策背景、政策支持密切相关. 20 多年间珠江口湾区土地利用单一化程度和集约利用水平呈现上升的趋势, 先后经历了高速发展期、平稳发展期, 并正在积极打造特色发展模式.

## 2.3 珠江口湾区土地利用时空格局重心变化

以上指数分析表明, 珠江口湾区的扩张主要表现为建设用地的扩张, 根据式 (3) 和 (4), 计算研究区整体和 5 市建设用地重心, 得到图 3 和图 4. 在绘制图 4 时, 由于年际间变化不大, 故只标示首期和末期重心, 进行重心迁移趋势的研究.

图 3 表明, 1990 ~ 2012 年, 研究区整体重心一直向湾区西岸迁移, 说明西岸建设用地增加速度高于东岸. 根据式 (5), 计算得到前期和后期迁移距离分别是中期的 2.99 倍和 2.11 倍, 说明中期的东西两岸建设用地增长较其他 2 个时期更加均衡.

图 4 表明, 湾区东岸东莞市和深圳市重心向西北方向移动, 迁移距离分别为 17.85 km 和 6.36 km. 湾区西岸除广州市向东南方向移动, 迁移距离为 10.64 km, 中山市和珠海市均向西南方向移动, 迁移距离分别为 2.04 km 和 10.95 km. 从 5 市的



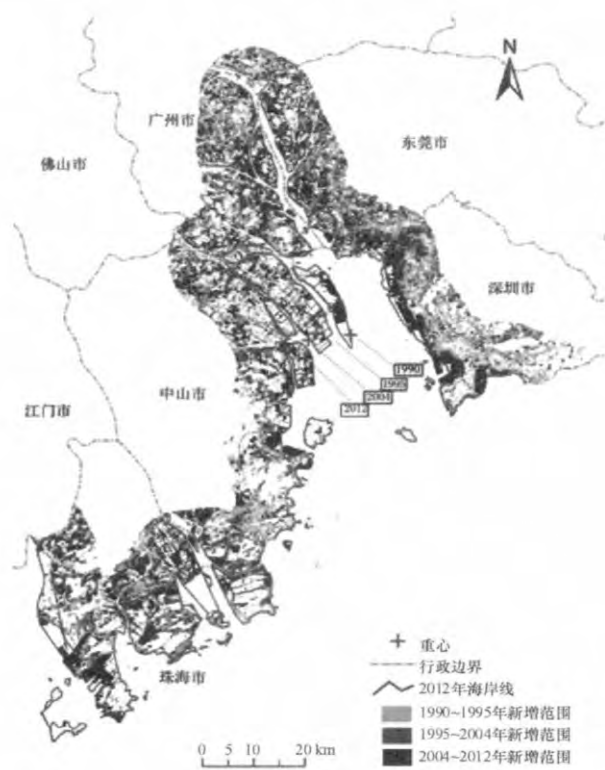


图3 研究区建设用地空间格局重心

Fig.3 Spatial center of construction land in study area



图4 研究区5市建设用地空间格局重心

Fig.4 Spatial center of construction land in five cities of study area

迁移趋势上看,除广州市外,其他市均有向西迁移趋势,虽然广州市重心向东南方向移动,但其向东的迁移角度很小,故这是湾区整体重心逐年向西迁移的重要原因之一。

广州市、珠海市、东莞市和深圳市建设用地重心均有向海和向水域迁移趋势,这是由于海岸带城市独特的地理位置优势,促使外向型经济不断发展,沿海岸线不断扩张。由于城市规划和布局不合理,导致港口仓储能力不足,湾区内不断填海造地,这也是重心迁移的重要原因之一。虽然湾区大部分城市都受到了上述原因的影响,但中山市重心迁移方向却刚好相反。中山市地处珠江出海口,经济发展主要以第二产业为主,以上说明沿海城市建设用地重心迁移不仅受到地理位置和填海扩张的影响,更与城市自身发展模式和政府宏观决策紧密相关。

整个湾区内,除建设用地外其他土地利用类型空间重心变化总结如下:农用地重心变化不大,西岸始终变化幅度较小;林地重心由东岸向西岸移动,说明东岸林地减少幅度大于西岸;湾区水体向西岸迁移距离较大,说明东岸水体减少程度大于西岸;养殖用地在西岸分布较多;整体上,珠江口西岸土地利用类型分布较均匀,呈现向珠海靠拢的趋势。

围垦滩涂作为海岸带的特色用地类型,对其深入研究有特殊意义。珠江口湾区的围垦活动主要分布在广州市、珠海市和深圳市。湾区围垦滩涂的整体重心向东岸移动,5市的重心转移具有明显的向海和向水域特征。本文以广州市、珠海市和深圳市为例,通过对围垦滩涂区域结构变化的监测,了解海岸带填海扩张的过程及其影响因素。

广州市围垦活动主要集中在万顷沙和龙穴岛一带。万顷沙位于广州市的最南端,水陆交通便利,是广州的重要港口之一。监测时段内,其围垦面积不断增加并向东南方向延伸,万顷沙主要发展旅游观光农业、造船、物流等产业,并形成了独特的沙田水乡文化;龙穴岛面积扩张的方式与万顷沙基本相同,但其经济侧重点略有不同。龙穴岛发展至今,围垦面积增长了几倍,其经济发展主要靠港口物流产业带动。

深圳市以深圳湾和前海区域为例进行研究,国务院批复建设深圳前海自贸区,前海围垦区域

大部分转变为建设用地,港口建设、道路建设、电厂建设、油港建设、发展物流产业等,使其形成了较完备的沿海经济体系;深圳湾一带围垦活动更注重对沿海湿地的保护,公园建设是深圳湾发展特色.深圳的创新经济走在全国的最前端,经济发展的活力和创造力都使得其在迈向产业升级的中国经济地图中,有无可取代的地位.

珠海市围垦活动以高栏岛、三灶岛为例进行研究.高栏岛位于崖门口东侧,鸡啼门出口处,地理优势造就了高栏岛独特的地理风光和人文环境,吸引了国内外的许多游客,其填海造地活动主要为岛内与大陆间的道路建设,到2012年高栏岛已经和大陆相连,没有明显界限;三灶岛填海活动主要由于机场建设的需要,增加面积主要为建设用地.

#### 2.4 珠江口湾区土地利用景观格局变化分析

计算各年份珠江口湾区主要用地类型的景观格局指数,斑块密度指数(PD)、斑块平均面积指数(AREA-MN)、面积加权的平均斑块分形指数(FRAC-MN),得到表5.分析表明:①建设用地的

斑块密度指数呈现减少趋势,研究区域建设用地景观破碎度减小,即在人为因素的干预下建设用地呈现聚集态势,零散的建设用地斑块逐年减少<sup>[12]</sup>;②农用地与林地的斑块密度指数则波动上升并且农用地的波动幅度大于林地,即由于人为因素的影响,大量连片出现的农用地与林地被其它用地类型分割成零散的农用地与林地;③斑块平均面积指数变化趋势同样表明建设用地破碎化程度降低,农用地、林地的破碎化程度增加;④面积加权的平均斑块分形指数表示景观格局的不规则程度和破碎程度,建设用地、农用地以及林地的分形指数均小于1.30,从整体上看,从大到小依次排序为建设用地>农用地>林地,由于建设用地、农用地以及林地形状接近正方形或圆形,更易受人类活动影响.

通过上述分析不难看出,建设用地、农用地及林地均受人类活动影响较为明显,三者受人类活动影响由强至弱依次为建设用地、农用地、林地.因此,珠江口土地利用变化的主要驱动力为人类活动.

表5 主要土地利用类型景观格局指数  
Table 5 The Landscape metrics of main land use

年份	建设用地			农用地			林地		
	PD	AREA-MN	FRAC-MN	PD	AREA-MN	FRAC-MN	PD	AREA-MN	FRAC-MN
1990	27.045 6	3.697 5	1.245 0	23.392 4	4.274 9	1.237 9	17.290 9	5.783 4	1.256 3
1995	9.717 2	10.291 1	1.291 2	18.765 7	5.328 9	1.245 7	22.596 3	4.425 5	1.235 8
2004	7.046 2	13.892 1	1.295 8	8.310 0	13.469 3	1.234 4	15.360 0	7.196 1	1.182 9
2012	6.934 6	13.098 3	1.286 8	23.846 5	3.872 9	1.232 0	17.985 6	5.132 6	1.187 3

### 3 结 论

本文以多源遥感影像为基础,采用遥感与GIS分析方法,对珠江口湾区的土地利用时空格局变化进行了23 a的监测,根据4个指数模型,对湾区在3个时期土地利用数量变化、结构变化、动态变化及区域重心变化差异及主要驱动因素进行研究,为珠江三角洲海岸带研究提供较好的补充和完善,得到如下结论:

(1)土地利用结构变化表明,1990~2012年间,土地利用类型变化主要表现为农用地和林地向建设用地的转化,建设用地大幅增加,而农用地

和林地迅速减少,其变化主要驱动力为人类活动.

(2)单一土地利用动态度表明,3个时期土地利用类型变化较大,分别为围垦滩涂、建设用地和养殖用地.综合土地利用动态度表明,监测初期动态度值远高于中期和后期.监测时段内珠江口湾区土地利用单一化程度和集约利用水平呈上升趋势.

(3)土地利用空间重心移动表明:珠江口湾区西岸土地利用类型重心呈向珠海靠拢趋势;建设用地重心受地理位置、发展模式、填海造地和政府宏观决策影响,逐年向西岸转移;农用地和林地呈内陆分布,且东岸林地消失较快;水体主要集中在地势较低的区域,且西岸水体减少较快;围垦滩涂整体重心向东岸移动,5市重心转移具有明显的向

海和向水域特征; 湾区填海扩张方式主要表现为 利益和政府决策共同影响, 其中深圳市的发展模  
港口、道路、自贸区、公园以及机场建设, 并受经济 式更符合可持续发展需要。

#### 参考文献:

- [1] VERBURG P H, EICKHOUT B, VAN MEIJL H. A multi-scale, multi-model approach for analyzing the future dynamics of European land use [J]. *Ann Reg Sci* 2008, 42(1): 57-77.
- [2] 王玉, 贾晓波, 张文广, 等. 江苏海岸带土地利用变化及驱动力分析 [J]. *长江流域资源与环境* 2010, 19(S1): 7-12.  
WANG Y, JIA X B, ZHANG W G, et al. Land use change and analysis on the driving forces in the coastal zone of Jiangsu [J]. *Resour Environ Yangtze Basin* 2010, 19(S1): 7-12.
- [3] 高义, 苏奋振, 孙晓宇, 等. 近 20a 广东省海岛海岸带土地利用变化及驱动力分析 [J]. *海洋学报* 2011, 33(4): 95-103.  
GAO Y, SU F Z, SUN X Y, et al. A study on driving forces of land use change of Guangdong Province coastal zone and islands in recent 20 a [J]. *Acta Oceanol Sin* 2011, 33(4): 95-103.
- [4] 侯西勇, 徐新良. 21 世纪初中国海岸带土地利用空间格局特征 [J]. *地理研究* 2011, 33(8): 1370-1379.  
HOU X Y, XU X L. Spatial patterns of land use in coastal zones of China in the early 21st century [J]. *Geogr Res* 2011, 33(8): 1370-1379.
- [5] 韩磊, 侯西勇, 朱明明, 等. 20 世纪后半叶美国海岸带区域土地利用变化时空特征分析 [J]. *世界地理研究* 2010, 19(2): 42-52.  
HAN L, HOU X Y, ZHU M M, et al. Study on the temporal-spatial characters of land-use change in the coastal zone of America in the latter half of the 20th century [J]. *World Reg Stud* 2010, 19(2): 42-52.
- [6] 王德智, 邱彭华, 方源敏, 等. 海口市海岸带土地利用时空格局变化分析 [J]. *地球信息科学学报* 2014, 16(6): 933-940.  
WANG D Z, QIU P H, FANG Y M, et al. Research on spatial-temporal changes of land use in Haikou city's coastal zone [J]. *J Geo-inform Sci* 2014, 16(6): 933-940.
- [7] 匡文慧, 张树文, 张养贞, 等. 1990 年以来长春市土地利用空间扩张机理分析 [J]. *地理学报* 2005, 60(5): 841-850.  
KUANG W H, ZHANG S W, ZHANG Y Z, et al. Analysis of urban land utilization spatial expansion mechanism in Changchun city since 1990 [J]. *Acta Geogr Sin* 2005, 60(5): 841-850.
- [8] 刘保晓, 黄耀欢, 付晶莹, 等. 天津港区土地利用时空格局变化与驱动力分析 [J]. *地球信息科学学报* 2012, 14(2): 270-278.  
LIU B X, HUANG Y H, FU J Y, et al. Analysis on spatio-temporal change and driving forces of land use in Tianjin harbor [J]. *J Geo-inform Sci* 2012, 14(2): 270-278.
- [9] 秦文翠, 罗维, 刘运明. 天津滨海新区海岸带土地利用时空格局变化 [J]. *西南师范大学学报: 自然科学版* 2015, 40(5): 135-141.  
QIN W C, LUO W, LIU Y M. On spatio-temporal changes of land use in a coastal zone, China: A case study in Tianjin Binhai new area [J]. *J SW China Norm Univ: Nat Sci Edi* 2015, 40(5): 135-141.
- [10] 周锐波. 珠江三角洲经济发展模式评析 [J]. *中国发展* 2004, 4(3): 15-20.  
ZHOU R B. Pearl River Delta economic development: An review of its process and mode [J]. *Chin Develop* 2004, 4(3): 15-20.
- [11] 叶玉瑶, 张虹鸥, 许学强, 等. 珠江三角洲建设用地扩展与经济增长模式的关系 [J]. *地理研究* 2011, 30(12): 2259-2271.  
YE Y Y, ZHANG H O, XU X Q, et al. Study on the relationship between construction land expansion and economic growth pattern in the Pearl River Delta [J]. *Geogr Res* 2011, 30(12): 2259-2271.
- [12] 孙晓宇, 苏奋振, 吕婷婷, 等. 珠江口西岸土地利用景观格局变化及驱动力分析 [J]. *地球信息科学学报* 2009, 11(4): 436-441.  
SUN X Y, SU F Z, LYU T T, et al. Analysis on landscape spatial pattern changes of land use and its driving force in coastal zone of western Pearl River estuary [J]. *J Geo-inform Sci* 2009, 11(4): 436-441.

## Research on spatial-temporal changes of land use in Pearl River estuary

GAO Qun<sup>1,2</sup>, WU Zhi-feng<sup>1,2\*</sup>, Li Shao-ying<sup>1</sup>, CAO Zheng<sup>2,3</sup>, WANG Jin<sup>2,3</sup>

(1. School of Geographical Sciences, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China; 2. Guangdong Key Laboratory of Agricultural Environment Pollution Integrated Control, Guangdong Institute of Eco-environmental and Soil Sciences, Guangzhou 510650, China; 3. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** The data of land use in the bay area of Pearl River estuary are based on the multi-source remote sense in three periods from 1990 to 2012. During these three time segments, temporal and spatial variations are studied by GIS software to calculate the dynamic index of each land use type. The results show that the construction land of the bay area increase rapidly by occupying agriculture land and wood land, its main driving force being human activities; during the time span, tidal flat, construction land and farm land are the highest dynamic types and the first period is the most active period. In the west bank, the center of all land use types tend to transfer to the Pearl River. The reasons behind construction land center transition are the location, developing mode, land reclamation and government policy. The overall center of tidal flat moves to the east coast, while the city centers move significantly to the sea. The reclamation in the bay area are characterized by transformation to ports, roads, free trade areas, parks, airports, while the Shenzhen model is more in line with the needs of sustainable development.

**Key words:** land use; dynamic index; conversion matrix; spatial pattern center; spatial-temporal change

【责任编辑: 孙向荣】

(上接第 72 页)

[9] 孙建乐. 非饱和土水分迁移试验研究[J]. 西部探矿工程, 2007, 19(7): 36-38.

SUN J L. Experimental study on water migration in unsaturated soil[J]. West-China Explor Eng, 2007, 19(7): 36-38.

[10] TETENS O. Uber einige meteorologische Begriffe[J]. Z Geophys, 1930, 6: 297-309.

## Influence of dry density in soil to “Pot-cover Effect”

WANG Nai-dong, JIA Jun-feng, YAO Yang-ping, WANG Lin

(School of Transportation Science and Engineering, Beihang University, Beijing 100191, China)

**Abstract:** To study the “Pot-cover Effect” phenomenon, a simple test and its apparatus are designed. A series of moisture migration test were carried on Beijing soils in different dry density. The test results bear the following findings: the water content mounts up in every moisture migration test on soils in different dry density; when the void ratio of soil reduces, the speed of moisture migration slows down as well. As a result, increasing the dry density of soils can be an effective supplementary approach against the “Pot-cover Effect” phenomenon.

**Key words:** Pot-cover Effect; soils; temperature; moisture migration; water content; dry density

【责任编辑: 孙向荣】