

近 35 年苏南典型地区的城镇扩展动态研究*

——以 1966~ 2001 年常熟市为例

史学正 张定祥 潘贤章

(中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

E. D. Warner G. W. Petersen

(Environmental Resources Research Institute, Penn State University, USA)

摘要 利用常熟市不同时期(1966、1984、1992、1999、2000、2001 年)、不同类型卫星遥感影像(Corona、TM、SPOT、ETM+)进行多波段合成,图像增强处理与精校正,建立不同影像城镇用地解译标志,通过人机交互判读,获得不同时期的各乡镇城镇用地矢量图的方法。统计出 35 年来常熟市城镇建设用地扩大近 6.4 倍。城镇扩展空间上受到地貌条件和城市经济水平以及政策决策影响,城镇多数沿河流或交通线方向扩展,各城镇间扩展数量和相对速率有明显差异,且存在一定地理分布规律。结合社会经济的统计资料,分析发现城镇扩展与不断增加的城镇人口、GDP 极显著相关,各乡镇单位城镇面积创造的 GDP 有较大的差异。

关键词 Corona, 人机交互, 城镇扩展, 常熟市

中图分类号 P962

随着我国经济和社会的发展,城市化、工业化成为社会发展的必然趋势。最近的研究表明,我国东部地区耕地减少城镇用地的增加是重要原因之一^[1,2]。据统计,1991 年~1995 年,全国城镇建设平均每年占用耕地 5.9 万 hm^2 , 实际为 13.3 万 hm^2 ~16.7 万 hm^2 ^[3]。苏南地区正处于工业化、城镇化和现代化加速发展阶段,城镇扩展仍需占用大量的土地^[4]。常熟市作为我国重要的服装生产和出口基地,是我国较早进入城镇化和工业化的、经济高速发展的苏南地区典型的小城市,对其在社会和经济发展过程中城镇扩展的发展轨迹和趋势进行研究具有重要的现实意义。近年来,卫星遥感影像被广泛应用于土地利用现状以及动态调查与环境监测等各方面^[5~7]。国内外也开展了部分地区 2~3 个时相的城市土地利用和动态扩展方面的研究^[8~11],但利用多源遥感信息,对我国东部经济发达、城镇扩展迅速的小城镇进行多时相动态监测的报道极少。在利用遥感影像进行县级土地利用与城镇扩展研究中,选择适宜分辨率的卫星影像是非常重要的。本文试图应用廉价的分辨率一般的 TM 影像,以及最新的 ETM+ 影像与较高分辨率的 SPOT 影像配合,并结合高分辨率的 60 年代中期美国 Corona 影像历史资料,对常熟市近 35 年来城镇扩

* 国家自然科学基金(批准号:49971039)和国家重点基础研究规划项目(G1999011810)资助

收稿日期:2002-02-13;收到修改稿日期:2002-5-14

展状况进行遥感调查。

1 研究区域的概况

常熟市地处富饶的长江三角洲前缘,北滨长江、隔江与南通相望;东距上海约100 km,西南面分别与无锡、苏州为邻。全市面积1264 km²,其中平原占80%。市内地势低平,水网交织,海拔大都在3~7 m。常熟市地处亚热带,属湿润性季风海洋性气候,四季分明,气候温和,雨量充沛,年均气温16.5℃,年降雨量1121.5 mm,素有“山清水秀鱼米香”之美称。该市成土母质有长江冲积物,古老冲积的黄土状物质与湖泊沉积物,还有石英砂岩的残积、坡积物。土壤有水稻土、潮土和黄棕壤。常熟市工业已经初具规模,以现代化轻纺为主,新兴工业也不断发展。农业生产以粮食为主,主要经济作物为棉花和油菜籽。自1978年以来,常熟经济不断发展,2000年国内生产总值258亿,人均国内生产总值突破3000美元,居江苏省第4位。产业结构中一二三产业比例分别为5.92%、53.77%和40.31%,其中第三产业对经济增长作用不断增强,农业比重不断下降。在行政区划上,常熟市隶属于苏州市,市政府设在虞城镇,全市共有24个乡镇,总人口103.9万人^{(1)~(3)}。

2 城镇扩展遥感调查

2.1 数据资料

1984年6月,1992年8月TM(多波段数据,地面分辨率30 m)。

2000年2月,2001年2月ETM+(多波段数据,地面分辨率30 m,15m)。

1999年10月SPOT(多波段数据,地面分辨率20 m)遥感数字影像资料。

1966年Corona卫星影像胶片资料(黑白胶片数据,地面分辨率7 m)。

1985年版1:5万常熟地区地形图。

2.2 图像资料扫描、图像多波段合成与精确校正

将包括常熟市全区1:5万地形图、Corona黑白胶片扫描成TIF格式栅格图像。在Arc/view3.2中,用ImageWrap模块采用一次线性方程进行扫描地形图图像纠正,并以此作为遥感图像配准的标准图件。

将4幅Corona黑白扫描图像根据地形图进行图像配准,配准后的图像在Erdas软件下进行Mosaic镶嵌合成,形成常熟全幅Corona遥感图像。分别将SPOT, TM各波段合成,生成RGB假彩色合成图像,其中TM合成时选择4、3、2三个波段,SPOT选择1、2、3三个波段。将各图像拉伸,增强处理以适应图像的判读。以标准地形图对各时期TM、SPOT图像精确配准,使得各时期图像完全套合(重采样栅格大小统一为20 m,相对误差小于0.5个像元),并具有相同的高斯-克吕格投影平面坐标系坐标。

2.3 城镇用地遥感解译标志建立

城镇用地包括常熟市市区和各建制乡镇用地。市区指常熟市城市建设用地,包括城市开发区以及平整待建设的用地,但不包括市区内用于农、林、牧的菜地及园地等生产用地。建制镇,则包括建制镇的

(1) <http://www.cs.js.cn/>

(2) 常熟市土壤普查办公室。江苏省常熟市土壤志。1985

(3) 常熟市统计局编。常熟市统计年鉴。2001

居民点及城镇工业用地,但不包括菜地、滩地、园地等生产用地。共计 24 个经济单元。根据各图像的类型和时相,建立城镇解译标志:1992、1984 年 TM 时相为夏季,2000 年、2001 年 ETM+ 为春季,SPOT 时相为夏季,进行实地调查,对比不同时相的影像特征,建立常熟市城镇用地调查及监测的判读、解译标志,为“人机交互”判读解译提供统一的标志(见表 1)。

表 1 常熟市 ETM+、TM、SPOT、Corona 图像城镇用地遥感判读解译表

Table 1 Interpretation table of urban land use in Changshu for ETM+, TM, SPOT and Corona images

位置 Location		影像特征 Characteristics of images				代表地区 Representative site			
地类		各时相色调		形状	纹理	图形			
名称	代码	ETM+	SPOT	TM	Corona				
市区	50	灰白	青灰	银白	灰白	大片	不均匀	内有白色道路	常熟市
集镇	51	灰白	青灰	灰白	亮白	小片	不均匀	多边形	杨园镇

2.4 城镇用地的人机交互判读

在 Arc/view3.2 中建立新的图层,首先将县界和各乡镇界线数字化并作为遥感判读的范围界线。在进行图像城镇用地交互判读时,由于各种图像的原始分辨率不同,首先以分辨率较高且色彩丰富的 SPOT 卫星影像(1999 年 10 月)建立基本的图形判读框架,从此图像中可以清楚地判读出城镇、居民点、公路、一般道路、河流以及桥梁等。以多边形图层文件屏幕数字化完成 1999 年城镇范围图。判读完成后,将此矢量数据完全拷贝到新建图层中,同时打开下一个预数字化的图像,如 2000 年 ETM+ 图像,对照 1999 年图像进行图斑的切割与界线修改。此新图层为 2000 年城镇用地图。依此类推,完成以下所有年代的城镇用地图。依次完成 2001 年、1992 年、1984 年、1966 年的城镇图斑的勾画和修改。在修改过程中,各年代的作业顺序不能改变,这样可以避免勾画过程中因为画的位置不精确产生逻辑上的错误,如局部地区城镇面积随时间推移而缩小(特殊情况除外)。在各时期城镇用地属性表中建立保存城镇面积的字段,运用 Calculate 命令计算获得各图斑的面积,并进行各时期城镇用地面积统计。

3 35年来常熟市城镇扩展基本规律

3.1 全市城镇扩展变化情况

1966~2001 的 35 年间,随着城市化和工业化水平的提高,常熟市城镇面积不断扩大。全市城镇面积从 $1.00 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 扩大到 $7.38 \times 10^3 \text{ hm}^2$,2001 年初全市城镇总面积比 1966 年城镇总面积扩大 6.4 倍(见图 1),城镇用地占总面积的比例不断增大(见表 2)。自 1966 年以来,常熟市在城镇总面积不断扩大的同时,城镇用地扩展速度也不断增大,具体表现为城镇用地年扩展面积不断扩大,特别是 1984 年以来,平均年扩展率均在 $240 \text{ hm}^2 \text{ a}^{-1}$ 以上。全市 1966~1984,1984~1992,1992~1999,1999~2001 年间平均年扩展速度比例为 1:4:5.2:8.2。可见,35 年来,全市城镇用地扩展呈不断加速增长的态势。

表 2 1966~2001 年城镇面积与总面积比例变化年扩展率统计表

Table 2 Change of rate of urban area to total area from 1966 to 2001

年代 Year	1966	1984	1992	1999	2000	2001
城镇面积占总面积比例(%)	0.77	1.63	3.15	4.89	5.56	5.67
城镇面积占总面积比例(%) (长江除外)	0.86	1.83	3.54	5.49	6.24	6.37

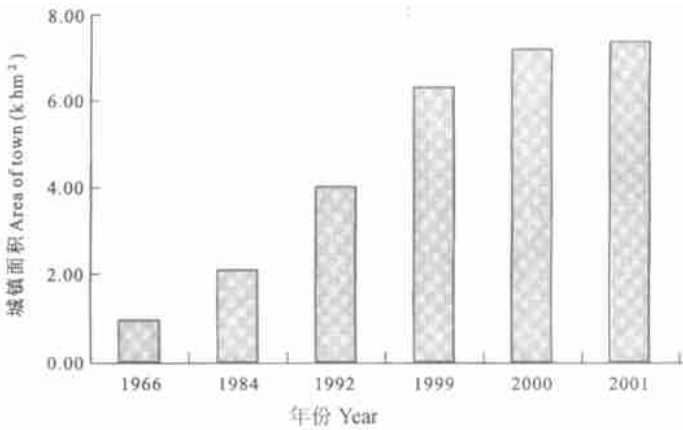


图1 1966~2001年常熟市城镇面积统计情况

Fig. 1 Statistic of urban area of Changshu city from 1966 to 2001

3.2 各乡镇城镇扩展变化情况比较

35年来,在镇城面积普遍增加的同时,各乡镇城镇面积扩展速率也表现出一定的差异性。表3是根据1966年和2001年各乡镇城镇面积计算获得的年扩展率。根据1966~2001年35年间城镇面积年扩展率高低将乡镇分为3个等级(见表4)。由此表可以看出,

表3 1966~2001年各乡镇城镇面积年扩展率统计表

Table 3 Annual expanding rate of area of each town from 1966 to 2001

乡镇名称 Name of town	年扩展率 Expanding rate per year(%)	乡镇名称 Name of town	年扩展率 Expanding rate per year(%)	乡镇名称 Name of town	年扩展率 Expanding rate per year(%)
莫城镇	10.3	王庄镇	6.2	大义镇	4.6
冶塘镇	9.4	谢桥镇	5.9	辛庄镇	4.6
新港镇	8.8	东张镇	5.8	白茆镇	4.3
沙家浜镇	8.3	张桥镇	5.8	徐市镇	4.2
任阳镇	7.6	海虞镇	5.6	梅李镇	4.1
古里镇	7.4	虞城镇	5.5	董浜镇	3.8
何市镇	7.2	支塘镇	5.4		
唐市镇	7.0	杨园镇	5.2		
练塘镇	6.9	淼泉镇	4.9	全市	5.9

表4 1966~2001年城镇用地平均年扩展面积分级表

Table 4 Classification of average annual expanding area of each town from 1966 to 2001

等级 Grade	年均扩展面积 Average extending area of town per year ($\text{hm}^2 \text{a}^{-1}$)	乡镇名称 Name of town
I	> 10	虞城镇、新港镇、海虞镇
II	3~ 10	梅李镇、莫城镇、谢桥镇、冶塘镇、大义镇、古里镇、支塘镇、唐市镇、张桥镇
III	< 3	练塘镇、辛庄镇、白茆镇、淼泉镇、何市镇、杨园镇、东张镇、任阳镇、徐市镇、沙家浜镇、王庄镇、董浜镇

除新港镇相对年扩展率与年平均扩展面积均较大,其余年相对扩展率高的乡镇均为年平均扩展面积中、小级别的城镇。如沙家浜镇相对年扩展率高,而年平均扩展面积小。扩展面积较大的城镇为虞城镇(65.7 hm^2),新港镇(28.3 hm^2),海虞镇(12.4 hm^2);扩展较小城镇依次为董浜镇(1.8 hm^2),王庄镇(2.0 hm^2),沙家浜镇(2.1 hm^2)。

3.3 各乡镇人均城镇面积时间变化比较

统计 1984~2000 年各乡镇人均城镇用地面积(见表 5)可以看出,在 1984 年,大义镇、淼泉镇、虞城镇、辛庄镇、杨园镇、新港镇人均城镇用地面积较大,而且作为城关镇的虞城镇人均城镇用地面积并非最高。沙家浜镇人均城镇用地面积仅为 5 m^2 。其它乡镇人平均城镇用地面积相差不大,说明城镇发展水平相似。到 1992 年以后,各乡镇人均城镇面积均显著增大,虞城镇、新港镇数值远高于其它乡镇。沙家浜镇人均城镇面积增长最为显著,2000 年值是 1984 年的 8 倍以上。

表 5 1984~2000 年各城镇人均城镇用地变化

Table 5 Average capitat ion area for 24 towns from 1984 to 2000($\text{m}^2 \text{ person}^{-1}$)

城镇名称 Name of town	年份 Year			城镇名称 Name of town	年份 Year		
	1984	1992	2000		1984	1992	2000
徐市镇	13	23	27	张桥镇	18	32	47
练塘镇	13	13	32	白茆镇	16	28	49
东张镇	11	20	32	淼泉镇	33	39	52
王庄镇	18	29	35	海虞镇	19	42	55
董浜镇	14	26	37	唐市镇	15	35	56
何市镇	11	27	38	大义镇	38	37	57
任阳镇	10	31	40	支塘镇	18	33	58
杨园镇	22	32	41	冶塘镇	9	13	62
沙家浜镇	5	18	42	谢桥镇	14	19	66
梅李镇	19	27	42	莫城镇	19	35	79
古里镇	14	21	46	新港镇	20	54	123
辛庄镇	27	38	47	虞城镇	30	64	206

4 常熟市城镇扩展分析

4.1 常熟市城镇用地扩展的特点

城市空间面积扩展最主要、最直接的动力是经济的高速发展^[11]。而其扩展的方式受城市的地理位置、地质条件、地貌状况、城市的综合实力、城市类型有关多方面因素的影响。常熟市地处长江三角洲平原地区,属平原河网地区,城镇扩展的空间主要受到地形地貌限制。以虞城镇为例,其南部、西南方向分别受昆承湖、尚湖水面的限制,扩展空间很小。正东部扩展受交叉河流影响,城镇扩展一直受到明显的抑制。北部的城镇扩展阻力较小,城镇扩展趋势明显。近年来,尚湖风景区的开发,使得西部环尚湖带城镇扩展明显加速(见图 2)。从常熟市全区城镇扩展图上来看,各乡镇城镇扩展主要沿河流方向和主要公路方向延伸,从地理位置来看,城镇扩展面积较大的乡镇有一定的地域分布规律,例如,虞城镇为城关镇,梅李镇、莫城镇、谢桥镇为市区邻近乡镇,而新港镇、海虞镇临近长

江,均有一定的区域优势。而任阳镇、沙家浜镇、董浜镇等城镇扩展面积较小乡镇距市区和主要交通干线较远且偏僻。

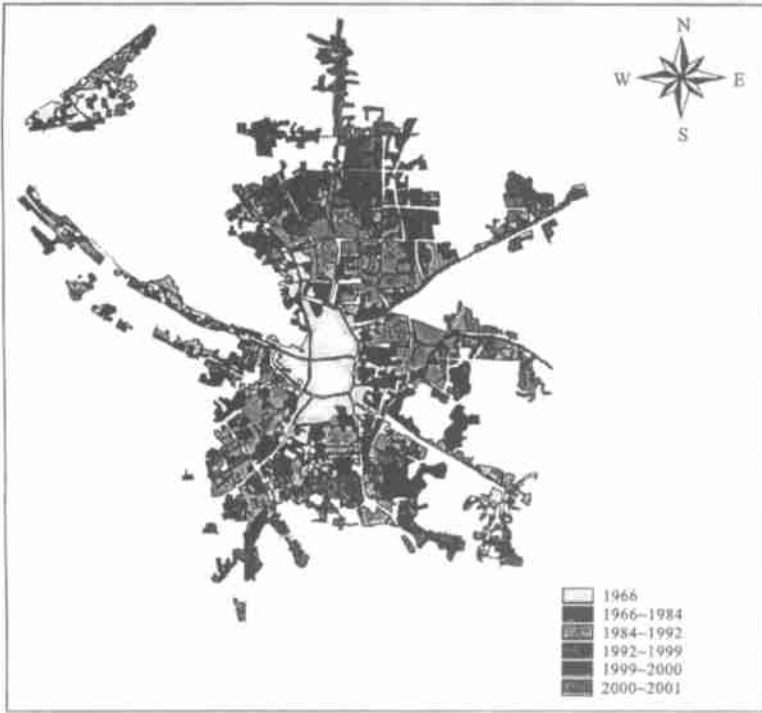


图 2 1966~ 2001 年常熟市虞城镇城镇用地扩展图

Fig. 2 Map of extending urban area of Yucheng in Changshu city from 1966 to 2001

结合常熟市社会经济统计资料表明,不同时期城镇面积大小与非农业人口数量、GDP 及人均生产总值相关极显著(0.01 水平)。

4.2 各乡镇城镇土地效益比较

通过对常熟市各乡镇 1984~ 2000 年城镇面积变化与 1984~ 2000 年 GDP 中二、三产业之和与 2000 年城镇面积、1984~ 2000 年扩展面积相除,可以比较出各乡镇单位城镇土地创造 GDP 和单位城镇土地的 GDP 边际效益。结果表明,所有乡镇中,单位城镇土地创造的二、三产业 GDP 以王庄镇最大,为 $498.3 \times 10^4 \text{ yuan hm}^{-2}$,而新港镇最小。1984~ 2000 年间,平均每增加单位面积城镇土地相应的 GDP 数值也有相似的规律。这表明,从单位面积的城镇土地创造的二、三产业 GDP 值的效益来说,提高城镇土地的利用率是必要的。

5 结 论

综上所述,城镇人口增加,城市化水平不断提高,国民经济快速发展,不断增强的投资热潮是常熟市城镇扩展的主要原因。与其它城市相比,常熟市地处平原地区,林地、草地、荒地资源极其有限,城镇扩展的来源只能依赖于耕地。随着我国加入 WTO 和经济的发

展, 城镇用地扩展过程将难以避免, 并将进一步加剧。政府部门必须通过合理规划、优先发展资金密集型产业, 提高城镇土地利用效益, 这是解决城镇扩展过快的重要途径。

通过对常熟市不同时期, 不同分辨率的多源卫星遥感图像的精确配准, 并以分辨率较高、易于判读的图像为定位标准, 按照一定的操作次序, 不仅可以快速进行城镇扩展调查, 提高低分辨率影像的利用率, 而且提高了遥感调查的精度。对 Corona 卫星影像历史资料的利用, 为历史景观重建提供了有效手段和经验。

参 考 文 献

1. Heilig GK. Anthropogenic factors in land-use change in China. *Population and Development Review*, 1997, 23(1): 139~ 168
2. Verburg P H, Vekrkamp A, Fresco L O. Simulation of changes in the spatial pattern of land use in China. *Applied Geography*, 1999, 19: 211~ 233
3. 李元主编. 生存与发展. 北京: 中国大地出版社, 1997
4. 刘彦随, 鲁奇. 苏南现代化进程中的土地问题及对策. *地理科学进展*, 1998, 17(2): 78~ 82
5. 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. *自然资源学报*, 1999, 14(4): 293~ 299
6. 王晓栋, 崔伟宏. 县级土地利用动态监测技术系统研究—以包头市郊区县为例. *自然资源学报*, 1999, 14(3): 265~ 270
7. 莫源富, 周立新. TM 数据在土地动态监测中的应用. *国土资源遥感*, 2000, 44(2): 13~ 17
8. Yazawa M, Takatsuki D, Wang XieFeng, *et al.* Relationships between recent land-use change and legal land-use classification in the area of greater Sapporo. *Journal of the Faculty of Agriculture, Hokkaido University*, 1999, 69(1): 31~ 45
9. 刘贤波, 占尊严, 苗卫东. 海口市土地利用的卫星遥感动态监测. *陕西气象*, 1996, (1): 23~ 24
10. 张振德, 肖继春. 城市发展与遥感技术应用. *国土资源遥感*, 1998, 35(1): 7~ 15
11. 沙晋明, 甘淑, 王人潮, 等. 绍兴市城镇用地扩展的遥感监测. *国土资源遥感*, 1998, 37(3): 51~ 55

**DYNAMIC EXPANDING OF TYPICAL CITY IN THE SOUTH JIANGSU
PROVINCE IN RECENT 35 YEARS
A CASE STUDY OF CHANGSHU CITY FROM 1966 TO 2001**

Shi Xue-zheng Zhang Ding-xiang Pan Xian-zhang

(Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008)

E. D. Warner G. W. Petersen

(Environmental Resources Research Institute, Penn State University, USA)

Summary

In this paper, 6 phrases of satellite images include Corona, TM, SPOT, ETM+ data which represent the information of Changshu of 1966, 1984, 1992, 1999, 2000, 2001 respectively were dealt with multi-band composition, image enhancement, precision emendation, interpretation index establishment, computer assistant visual interpretation. Vector maps of expanding towns of Changshu City from 1966 to 2001 are made by interpreting images above.

The statistical result shows that the area of city is 6.4 times bigger in 2001 than in 1966. From 1984 to 2001, it becomes bigger and bigger of average area of town of every person for 24 towns. In expanding space, city expanding is affected by geography, physiognomy condition, economic level and policy decision-making. Extending directions of most of towns are accordant with the main rivers and major roads. There is significant difference in amount and relative rate in the extending among 24 towns, and there is geographic disciplinarian in the distribution of towns at different expanding levels. Most of towns that have large expanding rate have convenient communication, but towns that have low expanding rates are far from major roads and rivers. According to many years' statistics of city expanding and historical social and economic data, it is found that city expanding is related to rural urban migration, GDP and original dimension evidently, while is not to total population, total families, total industry production and total employee. Through the statistic, we found that there is significant difference in the values of GDP of per urban area among 24 towns.

Key words Corona, Computer assistant visual interpretation, City expanding, Changshu City