50 年来太湖水网地区城市化空间过程的监测与模拟*

Ⅰ. 宜兴城区城市用地扩展的遥感监测

潘贤章[1,2]　赵其国[1]

(1 中国科学院南京土壤研究所, 南京　210008)

(2 中国科学院研究生院, 北京　100039)

摘　要　长期以来, 由于历史数据的缺乏, 很难获得解放后我国城市扩展的完整过程。本研究在遥感、地理信息系统技术支持下, 采用 7 个时期的航空图片和卫星数据, 分别对宜兴市 1949、1966、1981、1984、1992、1996 和 2000 年的城区范围和耕地被占用情况进行监测。结果表明, 50 多年来宜兴城区面积从 1.5 km^2 扩展到 13.5 km^2, 翻了 3 番多; 城市扩展过程呈现两个阶段, 即 1949~ 1984 年的缓慢扩展阶段和 1985~ 2000 年的快速扩展阶段, 前一阶段年均扩展速度仅 3%, 而后一阶段年均扩展速度达到 21%; 各个时期城市扩展占用的土地中 90% 以上是高质量的耕地, 表明城市扩展成为耕地流失的主要因素之一。相关分析显示, 城市扩展与工业发展关系最密切, 工业发展为城区扩展提供了动力, 而城区面积与第三产业比重的相关系数在三个产业中是最高的, 表明宜兴城区成为该县第三产业的主要聚集地。从空间扩展过程来看, 宜兴城区 1984 年以前沿着老城区零散填充式扩展, 此后沿着公路快速扩展, 并逐渐呈块状填充式扩展。由于宜兴处于苏南水网发达地区, 水系严重制约了城市扩展的方向, 而道路和桥梁建设则导引城市扩展方向。

关键词　城市扩展; 空间过程; 遥感; 宜兴

中图分类号　F301.24　　文献标识码　A

随着工业化和城市化进程的加快, 我国城市人口和占地规模越来越大。城市空间扩展的过程和变化趋势已经引起学术界广泛的重视[1]。遥感技术为城市扩展研究提供了可行的技术支撑, 但受数据源的限制, 国内大部分相关研究仅集中于 20 世纪 70 年代末之后[2], 60 年代中期仅有少量涉及[3], 60 年代及以前的城市扩展缺乏研究。而按照国内学者观点, 我国城镇化发展经历了几个重要的发展阶段, 1949~ 1960 年是起步阶段, 1961~ 1978 年是停滞阶段, 1979 年之后则进入快速发展阶段[4,5]。与此相对应的城镇扩展研究, 由于建国早期的遥感资料很少, 形成了研究的断层。本文利用美国解密的二战末期航片和 20 世纪 60 年代 CORONA 卫星图片以及近期 TM 和 SPOT 卫星数据, 对宜兴市区近 50 年的城市空间扩展的过程进行研究, 以期阐释在过去的半个世纪中我国典型农业县级市市府向新兴工业城市变迁的历程和动因。

1　研究区域与研究方法

1.1　研究区域概况

宜兴市位于水网密集的太湖流域西侧, 地处沪、宁、杭三大城市等距离中心, 连接新长铁路、宁杭高速公路、锡宜高速公路、芜申运河, 是华东地区水陆交通要道。宜兴是我国著名的陶都, 制陶业在宜兴的经济发展中一直占据着相当重要的地位, 改革开放后, 又发展成为我国著名的环保设备生产基地。多元化经济的发展带动城市化步伐加快, 城镇规模越来越大, 1949 年市区人口 9 万人左右, 2000 年已增加到 37.3 万人。宜兴已经从一个封闭小城发展成为以轻工业为主的新兴城市。目前的宜兴市区由老城区宜城和丁蜀镇合并而成, 为了研究方便, 我们仅对宜城的城市扩展空间过程展开研究。

* 国家重点基础研究发展规划"973"项目(G1999011810)、中国科学院创新方向(KZCX3- SW- 427) 和中国科学院南京土壤研究所所长基金(ISSDF0007) 资助

作者简介: 潘贤章, 男, 副研究员, 主要从事遥感和地理信息系统应用研究。E-mail: panxz@issas.ac.cn

收稿日期: 2004- 03- 12; 收到修改稿日期: 2004- 08- 01

1.2　研究资料

本研究采用的遥感图像和图片包括: 二战末期黑白航空照片, 1966 年美国 CORONA 黑白卫星照片, 1984 年 8 月、1992 年 6 月、1996 年 12 月和 2000 年 3 月共 4 个时相的美国陆地资源卫星 TM 图像及 2000 年 11 月法国 SPOT 卫星全色波段图像。此外, 1981 年城区从地形图获取, 该图由 1983 年总参测绘编制(1981 年 4 月航摄) 。统计数据来自于宜兴市统计局编制的《宜兴市统计年鉴 2001》。

需要说明的是, 二战末期黑白航片是美国解密的历史资料图片, 具体成像时间不详, 据估计是 1940 年代中期初夏。由于宜兴城区在解放前一直有城墙环绕, 城区范围变化很少, 直至解放后才打破城墙向外扩展[(1)], 所以, 本文认为, 二战末期的图像反映了解放初期的城区状况。1966 年的遥感图像是美国解密的间谍卫星 CORONA 拍摄照片的黑白扫描图, 按扫描点推算地面分辨率 7 m, 通过与地形图配准套合后, 精度完全能够满足要求, 而且该系列的图像在国内的有关研究中已经被采纳[2]。而美国陆地资源卫星 TM 图像是目前最常用的遥感资料, 地面分辨率 30 m, 基本能够满足本研究需要。2000 年时段我们还采用 SPOT 全色波段图辅助解译宜兴城区轮廓。

1.3　遥感图像解译及资料处理过程

鉴于宜兴城市不大, 城区易于识别, 故图像解译主要采用屏幕辅助目视解译方法。首先扫描 1∶5 万地形图作为底图使用, 并在 ArcMap 系统中进行定位, 赋予其相应的投影信息。然后以地形图作为基础图, 对不同时期的遥感图像进行几何配准。尽量选取桥梁、河流拐角和道路交叉点等明晰可辨而又比较稳定的地物点作为地面控制点, 并选用其中 10 个以上的点用一次多项式进行几何配准, 控制配准误差在 1 个像元以内。虽然航片属于中心投影, 在边缘地方存在误差, 但是由于研究范围位于航片中心, 所以没有进行针对中心投影的误差纠正。

解译和勾绘也是在 ArcMap 系统中进行的。首先在二战末期的航片上勾绘城区及其周围集镇的图斑, 然后在此基础上对 1966 年的遥感图像进行解译, 直接勾绘该时期城市扩展部分的图斑, 并赋予不同的编码。按照这样的过程再依次对其他时期扩展的城区进行解译, 并对不同时期赋予不同的编码, 直至最后获取完整的城镇扩展图。除了解译城区信息外, 我们还对不同时期城镇扩展占用地的土地利用状况进行解译, 获取各个不同时期因城市扩展被占用耕地的面积。

2　结果与分析

2.1　宜兴城区 50 年扩展的两个阶段

图 1 和表 1 分别显示了各个不同时期宜兴城区的范围和面积。数据表明, 50 多年来, 宜兴城区面积翻了 3 番多, 面积从 1.5 km^2 增加到 13.5 km^2。其扩展过程可以大致分为两个阶段, 即解放初到 1984 年的缓慢扩展阶段和 1985~ 2000 年的快速扩展阶段。从图 1.a 可以看出, 1949 年宜兴城包围在城墙之内, 只是一个很小的城市, 到了 1984 年面积增加到 3.1 km^2, 城区面积增加一倍(图 1.c, 表 1) , 平均年增长幅度不到 5 hm^2, 年均增长率 3% 左右。而 1984 年至 2000 年的 16 年间, 城区面积增加了 13.5 km^2(图 1.f) , 相当于城区面积在 1984 年基础上又翻了两番多, 年均增长幅度达到 65 hm^2, 年均增长率达到 21%。从具体数据还可以看出, 在这个快速扩展阶段之前是有一个短暂的准备期, 图 2 也显示, 1981~ 1984 年城市扩展开始加速, 尽管增长速度比此后的要慢些。

表 1　不同时期城区扩展及占用耕地面积

Table 1　Areas of urban expansion and cropland occupied in different periods

年代 Year	城区面积 Urban area	扩展面积 Expanded area	耕地被占面积 Cropland occupied	被占耕地占扩展 Cropland occupied
	(km^2)			(%)
1949	1.47	—	—	—
1966	2.12	0.65	0.65	100.0
1981[1)]	2.51	0.39	0.38	97.4
1984	3.11	0.60	0.60	100.0
1992	6.23	3.13	3.04	97.1
1996	10.04	3.81	3.43	90.0
2000	13.50	3.46	3.20	92.5

1) 1981 年的城区面积从地形图获得

本文认为, 宜兴城区扩展的过程实际反映了城市物力、财力积累和劳动力转化的过程。众所周知, 我国 1979 年实行改革开放政策, 但那时百废待兴, 国民经济处于恢复时期, 城市财力还很弱, 城市扩展只是处于准备期。随着改革开放的深入, 城市获得

(1) 宜兴城区面貌的改变, 宜兴文史资料第八辑. 1985 年

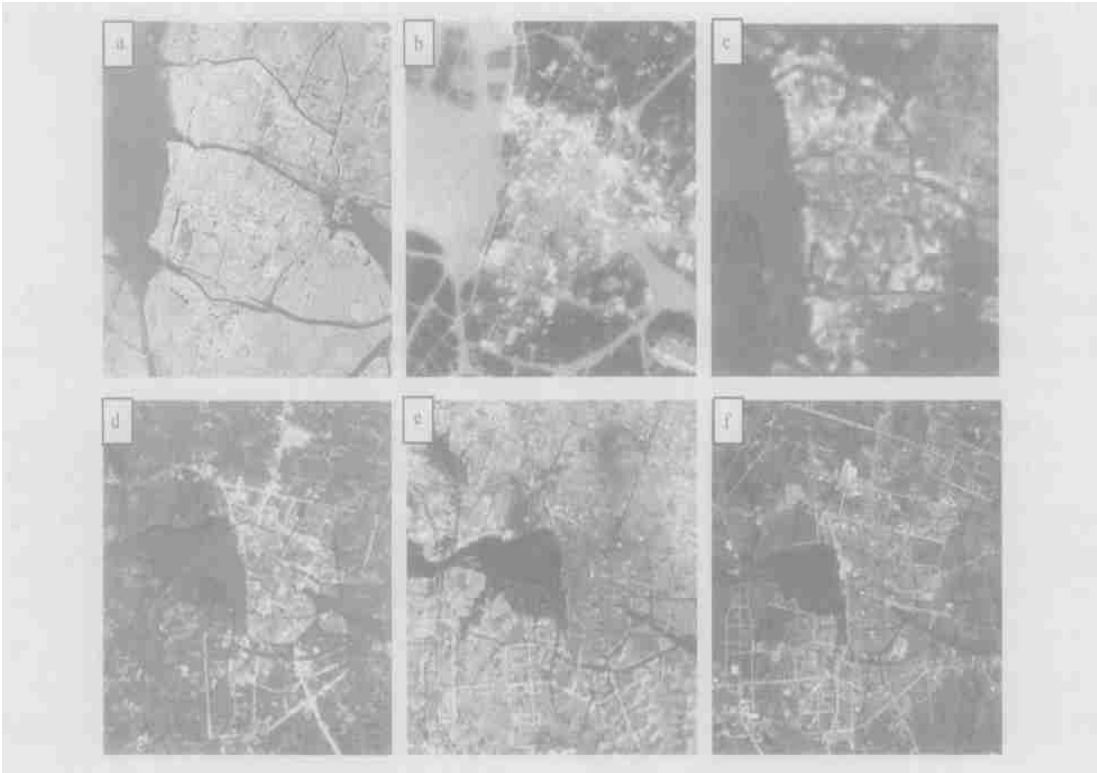

图 1 不同时期宜兴城区图像(a. 1949 年; b. 1966 年; c. 1984 年; d. 1992 年; e. 1996 年; f. 2000 年)

Fig. 1 Remotely sensed images of Yixing urban area in different periods

(a. City near 1949; b. in 1966; c. in 1984; d. in 1992; e. in 1996; f. in 2000)

了足够的物力和财力积累, 农村出现了大量富余劳动力并向城市集中, 在此条件下, 城市才出现快速扩展的态势。后面将进一步对此进行阐述。

2.2 城区扩展与耕地占用情况

通过与宜兴土地利用图的叠加分析可以发现, 各个时期城镇扩展用地中 90% 以上来自于耕地(表 1)。自 1984 年以后, 耕地因城镇扩展平均每年减少 60.4 hm^2, 约占年均扩展面积的 93%。从过程来看, 城镇扩展首先占用的是城市周围高质量的耕地, 随着城市逐渐扩展, 到近期也开始占用非耕地, 包括位于低丘上的林灌草和位于湖泊岸边的湿地。

2.3 宜兴城区扩展的自然和社会经济因素分析

区域地理条件是城市发展的基础和背景。建城已有 5000 多年历史的宜兴古称荆邑, 受荆溪泥沙沉积之恩, 造就一片肥沃的土地, 又其南接宜溧低山丘陵, 被称为"青山绿水之乡, 山明水秀之地", 因其位于苏浙交通要道之上, 历史上一直是繁华闹市。但是又由于位于太湖水网地区, 长期以来周边地区水患不断, 经过历史上的几次改造和解放后大力兴修水利和桥梁, 现在终于彻底解决了水的问题, 也扫除了城市发展的主要障碍。

聚集经济利益则是推动城市化的根本动力, 这是因为只有聚集经济利益的存在才吸引人口和资源在城市的集聚[6], 而第二和第三产业的发展最能体现这种聚集效应, 因此, 城市的发展程度最终决定于该区域的第二和第三产业的发展程度。基于这样的认识, 我们从区域, 亦即整个宜兴市的角度探讨宜兴城区的扩展与宜兴市经济发展之间的关系。

从图 2a 的变化趋势可以看出, 近 50 年来宜兴市区面积与宜兴市工业产值(1990 年不变价格, 下同) 之间走势非常一致, 数据分析表明它们之间相关系数达到 0.99(p = 0.000(双尾)), 而与农业产值的变化趋势则不完全一致, 农业产值 1984 年之后变化幅度远远没有城市面积的快, 尽管它们之间相关系数也达 0.90(p = 0.005(双尾))。因此, 可以认为工业发展对城市扩展贡献是首位的。

从三个产业比重来看(图 2b), 宜兴城区面积与第二产业比重走势基本一致, 但是第二产业近 10 年比重上升趋缓, 这是因为第三产业比重近 10 年逐渐增加, 20 世纪 90 年代以后都占 GDP 的 30% 以上, 且逐年上升, 相关分析表明宜兴城区面积与第三产业比重之间相关系数0.88(p = 0.010(双尾)), 达到极

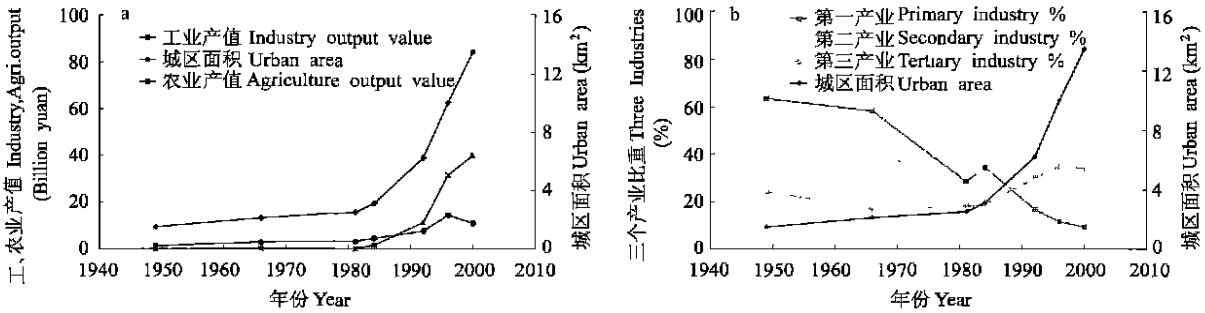

图 2　不同时期宜兴城区面积与经济、社会因素关系(a. 与工业、农业产值间关系; b. 与三个产业间关系)

Fig. 2　Relationships between Yixing urban area and social economic factors(a. Agriculture and industry output; b. Shares of three industries)

显著水平, 与第一产业比重相关系数是 - 0. 82(p = 0. 024(双尾)) , 呈显著相关, 而与第二产业比重之间仅 0. 62, 相关性较小。这表明, 宜兴市区是宜兴市第三产业的主要积聚地, 第三产业对宜兴城区扩展贡献也越来越大。

2. 4　宜兴城区扩展的空间特点

在解译结果图中(图 3) , 可以看出解放初期至 1966 年宜兴城区扩展主要集中在太　河与宜北河之间(图 3 绿色区域) , 直至 1984 年扩展北不过宜北河, 南不过城南河(图 3 浅蓝色和黄色区域) , 而且扩展图斑比较细碎, 表明 1984 年以前是围绕老城区的零散填充式的扩展模式。

1984 年之后, 宜兴城区进入快速增长阶段, 城区沿着公路快速扩展, 又不断地在公路之间进行填充, 呈现块状的扩展, 说明城市的发展正在向外寻求空间上的突破。当然不同时期城市扩展也略有差别, 1984~ 1992 年间, 城区沿公路两边呈线状扩展(图 3 紫色) , 1992~ 1996 城区主要集中在城南部公路两侧进行扩展, 并开始连成片状, 北部则向外较少扩展, 仅在西北部有少量扩展(图 3 亮绿) ; 1996~ 2000 年则重点向北部沿道路扩展, 并相连成片(图 3 蓝色) 。在最近 10 年的扩展也明显带有规划的痕迹, 西南部整齐的道路建设就是很明显的例子, 这里是 1992 年成立的宜兴环保科技工业园区, 是唯一的发展环保产业的国家级高新技术开发区。

由于宜兴位于苏南水网地区, 有数条河流穿越城区, 因而其城区扩展方向受到水域的严重制约。最突出的是, 位于城区东部的大溪河, 由于水系比较复杂, 建桥较少, 城区向东部扩展受到抑制。研究发现, 只有在某地建桥修路之后, 城区才会向那里扩展, 这种现象在近 10 年中特别明显。这也是水网地区城区扩展的一个重要特点。

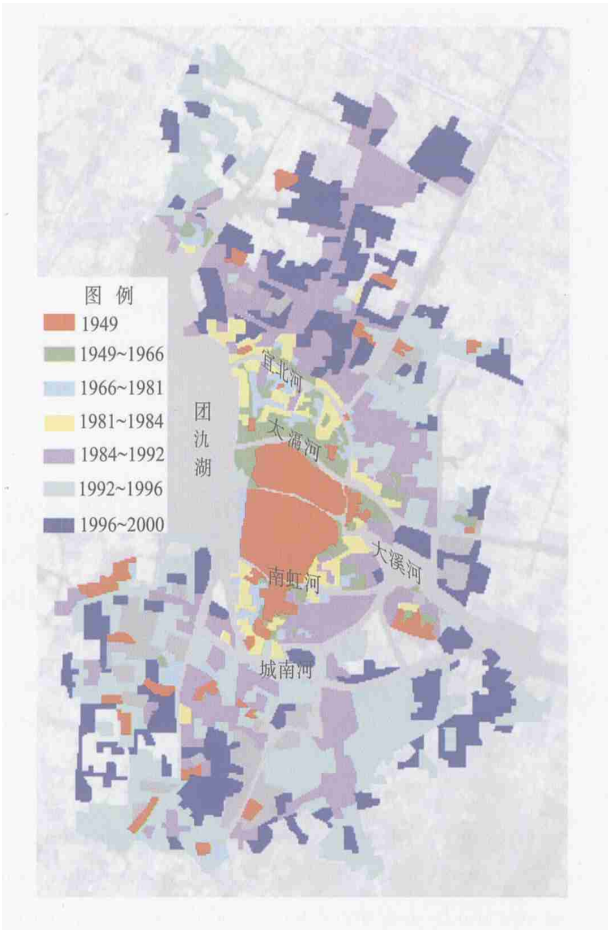

图 3　宜兴不同时期城市扩展解译结果图

Fig. 3　The map of urban expansion in different periods

3　结　论

在历史图像(图片) 资料和遥感技术及 GIS 技术支持下, 对宜兴市 1949 年、1966 年、1981 年、1984 年、1992 年、1996 年和 2000 年共 7 个时段的城区范

围、城市化空间过程以及耕地占用情况进行动态监测。研究结果表明:

1) 50 多年来宜兴城区面积翻了 3 番, 面积从 1.5 km^2 增加到 13.5 km^2。其扩展过程大致划分为两个阶段, 即 1949~ 1984 年的缓慢扩展阶段和 1985~ 2000 年的快速扩展阶段, 前一阶段年均扩展速度仅 3%, 平均年增长幅度不到 5 hm^2, 而后一阶段年均扩展速度达到 21%, 年均增长幅度达到 65 hm^2。

2) 各个时期城市扩展占用的土地中 90% 以上是高质量的耕地, 表明城市空间扩展占用土地成为耕地流失的主要原因之一。

3) 城市扩展与宜兴整个市的工业发展关系最为密切, 工业发展为城区扩展提供了动力; 城区面积与第三产业比重的相关系数在三个产业中是最高的, 表明宜兴城区成为该县第三产业的主要聚集地。

4) 从空间扩展过程来看, 1984 年以前沿着老城区零散填充式扩展, 此后沿着公路快速扩展, 并逐渐呈块状填充式扩展。水系严重制约了城市扩展的方向, 而道路和桥梁建设则导引城市扩展方向。

致 谢 感谢杨林章研究员、史学正研究员和于东升副研究员提供部分资料。

参 考 文 献

[1] 姚士谋. 中国大都市的空间扩展. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1997. Yao S M. Spatial expansion of metropolis in China (In Chinese). Hefei: University of Science and Technology of China Press, 1997

[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. Shi P J, Chen J, Pan Y Z. Land-use change mechanism in Shenzhen City (In Chinese). Acta Geographica Sinica, 2000, 55(2): 151~ 160

[3] 史学正, 张定祥, 潘贤章. 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. 土壤学报, 2002, 39(6): 780~ 786. Shi X Z, Zhang D X, Pan X Z. Dynamic expanding of typical city in the south Jiangsu Province in recent 35 years— A case study of Changshou City from 1966 to 2001 (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2002, 39(6): 780~ 786

[4] 刘利兰. 我国城市化进程统计分析. 中国统计, 1998, 16(6): 19~ 20. Liu L L. China urbanization process analysis based on statistics (In Chinese). China Statistics, 1998, 16(6): 19~ 20

[5] 陈昌笃, 鲍世行. 中国城市化及其发展趋势. 生态学报, 1994, 14(1): 84~ 89. Chen C D, Bao S X. Urbanization in China and the trends of its development (In Chinese). Acta Ecologica Sinica, 1994, 14(1): 84~ 89

[6] 蒙荫莉. 城市化进程的动因分析. 改革与战略, 2002, (6): 27~ 30. Meng Y L. Analyze the trends of urbanization process (In Chinese). Reform and Strategy, 2002, (6): 27~ 30

MONITORING AND MODELING THE SPATIAL PROCESS OF URBAN EXPANSION IN TAIHU LAKE AREA, CHINA IN THE LAST 50 YEARS

Ⅰ. A CASE STUDY OF YIXING CITY ON MONITORING OF URBAN EXPANSION

Pan Xianzhang[1,2] Zhao Qiguo[1]

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

(2 *Graduated School, Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100039, *China*)

Abstract Remotely sensed images and historical aerial photographs at seven different periods are used to study urban expansion in Yixing city, in the Taihu Lake region, East China in the last 50 years. The results show that the urban area of Yixing expanded by more than 8 times, and the annual expanding rate was only 3% before 1984, and 21% from 1984~ 2000. Within each period more than 90% of the expanded area is cropland. The expansion was characterized differently from period to period. Before 1984 the urban area expanded separately along the old city boundary, after that the city began to expand along main roads and highways, and then filled in the empty blocks between the roads. The urban development is also confined by river systems, which is a representative characteristics of urban expansion in the Taihu Lake region in China.

Key words Urban expansion; Spatial modeling; Remote sensing; Yixing City