

长江三角洲地区人类活动与气候环境变化

陈春根, 史 军

(上海市气候中心, 上海 200030)

摘要: 使用长三角地区 1961 年以来的气温、降水、日照等气象资料和土地、人口、能源等社会经济资料, 分析了它们的年际变化趋势和演变特征。指出长三角地区气候变化和土地利用变化体现了自然和人类活动的影响。城市化和工业化促进了长三角地区经济的高速发展, 但同时也引起了人口和能源消耗剧增等问题, 从而加剧了长三角地区的大气污染和气候环境变化。

关键词: 长三角地区; 土地利用; 能源消耗; 气候变化

中图分类号: P461⁺. 8

文献标识码: A

引 言

长江三角洲地区包括上海市、江苏省沿长江的南京、镇江、扬州、泰州、苏州、无锡、常州、南通和浙江省东北的杭州、嘉兴、绍兴、舟山、宁波、湖州、台州, 其总面积为 109 648 km², 占国土面积的 1.14%, 是我国最大的经济核心区之一。

经济的高速发展与气候变暖、气象灾害频发、空气污染、水土流失、水体污染、生物种群和数量急剧下降等一系列气象灾害和生态环境问题造成的后果有联系, 而且在这一地区具有明显“放大效应”。刘洪利等^[1]模拟了长江三角洲地区地面特征改变对气候的影响, 指出长江三角洲地区植被退化、城市化面积扩大等因素会引起比较显著的局地气候变化。王会祥等^[2]综合临安和长江三角洲地区其他站点的近地面观测结果, 指出该地区大气痕量污染气体已具有城市型污染的特征。

本文将从土地利用变化、人口城市化、能源消耗、气候变化和大气污染等方面揭示长三角地区人类活动与气候环境变化的现状与过程, 并对长三角未来的可持续发展提出展望。

文中的相关统计资料分别源自长三角地区各省、市统计局编著的 2004 年统计年鉴 (中国统计出版社出版)。

1 长三角地区土地利用及其变化

土地利用受到自然地理因素和人类社会的双重

影响, 是区域生态环境系统的一个敏感因子, 因而在生态环境监测和可持续发展研究中占非常重要的地位, 成为当前国际全球变化计划中的重要组成部分^[3]。

根据中国土地覆盖/利用分类系统, 从 TM 遥感图像解译得到长江三角洲地区 2000 年的土地利用图 (图略)^[4]。长三角地区生态系统类型复杂, 地表覆盖多样。主要土地利用类型共有 6 大类 14 小类, 分别是耕地 (包括水田和旱地)、林地 (包括有林地、灌木林地、疏林地、其它林地)、草地 (包括高覆盖度草地、中覆盖度草地和低覆盖度草地)、水域 (包括河流、湖泊、水库、坑塘、海涂和滩地)、建设用地 (包括城镇用地、农村居民点用地和公交建设用地) 和未利用地 (包括裸土地和裸岩石用地)。

长三角耕地所占的面积最大, 为 61 645 km², 占长三角总面积的 58.66%, 其次是林地, 面积为 33 343 km², 占总面积的 31.73%, 水域、建设用地和草地占总面积的比例分别为 4.83%、4.10% 和 0.67% (表 1)。在上海和江苏 8 市 (即南京、苏州、无锡、常州、镇江、南通、扬州、泰州) 以及浙江省的嘉兴, 耕地作为主要的土地利用类型, 占各市土地总面积的比例都在 70% 以上, 其中南通最高, 达到 95.73%, 而无锡最低, 为 72.29%; 而在浙江省的杭州、宁波、绍兴、舟山和台州, 林地占全市总面积都在一半以上, 其中杭州林地所占的比例最大, 为 75.08%。建设用地的面积在上海所占的比例最大, 为 16.14%, 而在台州和湖州最小, 仅为 0.95%。

表 1 长三角区各城市 2000 年的土地利用现状统计 (单位: km²)

Tab 1 The statistics of land - use in cities of Yangtze Delta area in the year of 2000 (Units: km²)

城市	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
上海	4 976	40	4	242	1 013	0
南京	5 087	661	60	508	511	2
无锡	2 844	409	4	295	382	0
苏州	4 861	113	9	768	504	0
南通	8 000	0	63	99	195	0
常州	3 457	284	8	395	240	0
扬州	5 398	13	45	1 138	183	0
镇江	2 836	357	28	248	161	2
泰州	5 247	1	1	316	167	0
宁波	3 568	4 172	29	84	291	0
杭州	3 083	12 636	210	651	251	0
嘉兴	3 755	26	0	93	116	0
湖州	2 914	2 840	47	52	56	1
绍兴	2 800	5 053	90	35	106	0
舟山	339	461	9	19	52	2
台州	2 480	6 277	99	134	86	0
地区合计	61 645	33 343	706	5 077	4 314	7

与 20 世纪 80 年代中期相比,长三角地区 2000 年的土地利用发生了明显的变化,主要表现为城市扩张明显,大量高质量的耕地变成了城镇,反映了城市化的进展加速。

将长三角地区在 1985 ~ 2000 年期间地类间的变化总面积在 30 km² 以上的 7 种变化按城市进行统计(表 2)。结果表明,上海和江苏 8 市的地类变化以耕地变为建设用地和水域为主,15 a 期间分别变化了 2 190.36 km² 和 255.25 km²,占长三角地区同类变化面积的 82.61% 和 82.89%;而浙江 7 市的

地类变化以草地变为林地、耕地变为林地和建设用地为主,15 a 期间分别变化了 898.58 km²、492.06 km² 和 461.03 km²,分别占同期长三角地区同类变化面积的 100.00%、99.40% 和 17.39%。耕地变为建设用地面积最大的为苏州,15 a 期间共变化了 424.28 km²,耕地变为林地面积最大的为杭州(357.18 km²),而草地变为林地面积最大的为绍兴(612.75 km²),林地变为草地、建设用地和耕地的面积从长三角总体上来说都比较小。

表 2 长三角区各城市土地利用变化统计 (单位: km²)Tab 2 The statistics of land - use change in cities of Yangtze Delta area during 1985 - 2000 (Unit: km²)

城市	耕地变为 建设用地	草地变 为林地	耕地变 为林地	耕地变 为水域	林地变 为草地	林地变为 建设用地	林地变 为耕地
上海	385.89		0.10	16.50		2.23	
南京	206.27		0.06	14.81		6.41	
无锡	279.32		0.44	5.85		11.65	0.46
苏州	424.28		1.42	62.87	0.08	7.14	1.07
南通	145.66			2.84		0.03	
常州	234.92		0.88	25.03		0.45	
扬州	121.15			55.62			
镇江	172.44		0.05	18.98		4.55	
泰州	220.43			52.75			
宁波	199.31	84.89	42.41	6.67	34.63	7.23	5.63
杭州	89.42	143.22	357.18	21.97	2.58	0.92	0.95
嘉兴	61.21	4.24	0.60	7.32		0.17	
湖州	23.60	18.76	25.50	3.80	2.46	2.27	0.78
绍兴	69.20	612.75	47.51	11.55	7.62	4.28	20.6
舟山	9.99	13.37	5.54	0.96	2.97	1.59	
台州	8.30	21.35	13.32	0.40	4.85	0.64	1.53
全部	2 651.39	898.58	495.01	307.92	55.19	49.56	31.02

2 长三角地区城市化和人口变化

长江三角洲是我国工业化和城市化最发达的地区。区域内有 6 个特大城市、5 个大城市、22 个中等

城市、19 个小城市和 1 396 个小城镇。在占全国土地面积 1.14% 的土地上集中了全国 7.25% 的城市(地级以上的城市),平均每 1 800 km² 就有一座城市,不足 70 km² 就有 1 座建制镇。特别是在总长不

超过 660 km 的沪宁、沪杭、杭甬 3 条铁路线上,密集分布着 20 座城市,占区内城市总数的 37%,平均每 30 km 1 座城市。许多城市及其郊区事实上已经连成一片。

城市化和经济的高速增长促使人口密集和快速增加,长江三角洲成为我国人口最密集的地区。表 3 是 2003 年末长三角 16 个城市的户籍人口情况。长

三角 16 市的总人口数为 8 160.69 万,占同期全国总人口的 6.32%,其中上海市人口最多(1 341.77 万人),占长三角总人口的 16.44%,而舟山人口最少(97.12 万人)。长三角的平均人口密度为 744 人/ km^2 ,其中上海人口密度最高(2 116 人/ km^2),杭州人口密度最低(387 人/ km^2)。

21 世纪人类面临的最大挑战是人口的快速增长

表 3 长三角 16 城市 2003 年末人口情况

Tab 3 The statistics of population situation in cities of Yangtze Delta area at the end of 2003 year

城市	土地面积 / km^2	人口 /万人	非农业人 口/万人	非农业 人口比重	人口密度 /(百人/ km^2)
上海	6 341	1 341.77	1 041.39	0.78	21.16
南京	6 582	572.23	391.67	0.68	8.69
镇江	3 847	267.19	117.48	0.44	6.95
无锡	4 788	442.54	272.77	0.62	9.24
常州	4 375	346.22	159.68	0.46	7.91
苏州	8 488	590.97	290.07	0.49	6.96
南通	8 001	777.62	234.92	0.30	9.72
扬州	6 634	453.61	170.58	0.38	6.84
泰州	5 791	503.38	135.52	0.27	8.69
杭州	16 596	642.78	263.67	0.41	3.87
宁波	9 365	549.07	168.81	0.31	5.86
嘉兴	3 915	332.96	101.31	0.30	8.50
湖州	5 818	256.78	74.47	0.29	4.41
绍兴	8 256	433.84	103.01	0.24	5.25
舟山	1 440	97.12	33.59	0.35	6.74
台州	9 411	552.61	95.35	0.17	5.87
区域合计	109 648	8 160.69	3 654.29	0.45	7.44

长。人口增长、空气污染和气候变化相互之间处于“反馈闭路”的网络系统中:人口增长增加了能源消耗,并污染空气和破坏气候稳定,而空气污染对人口发展不利,气候稳定的破坏又对农业发展不利,从而降低粮食保证,这也对人口发展不利。图 1 是长三

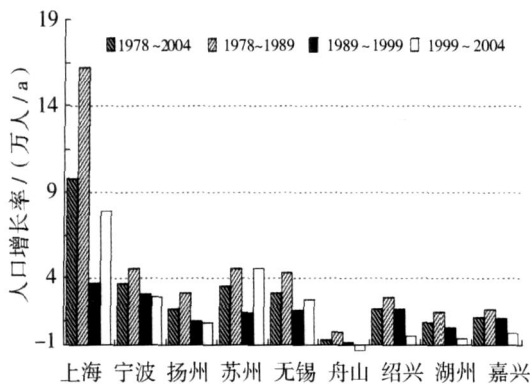


图 1 长三角部分城市不同时期人口变化

Fig 1 The changes of population in cities of Yangtze Delta area in different periods

角 9 个城市 1978 ~ 2004 年 26 a 期间的人口变化。在 1978 ~ 1989 年,几个城市的人口增长都是 26 a 期间最快的,其中上海人口以 16.20 万人/年的速度增加,年增长率为 1.47%。长三角地区生态平衡的破坏、资源负荷超载和环境污染急剧增加,部分归因于地区人口的快速增长,并有可能导致该地区发展的不可持续性。

3 长三角地区能源消耗状况^[7]

长三角地区是我国经济高速发展地区,从 1998 年到 2003 年,所在的江苏、浙江和上海保持了年均 10% 以上高速增长率。2003 年人均 GDP 为 29 161 元,是全国平均水平(9 101 元)的 3.2 倍,长三角地区以占全国 1.14% 的土地和 6.32% 的人口,创造了 20.30% 的全国国内生产总值。由于经济的快速发展和人口的不断增长,长三角总能耗呈快速增长趋势。

图 2是长三角所处的 3个省(市)(上海、江苏和浙江)在 1990~2003年期间能源消耗总量和电力消耗量。上海、江苏和浙江的总能源消耗量呈快速增加趋势,分别从 1990年的 3 191、5 509和 2 580 万 t标准煤增加到 2003年的 6 698、11 060和 8 525

万 t标准煤,13 a期间分别增长了 111. 0%、100. 8%和 230. 4%,年均增长率分别为 8. 5%、7. 8%和 17. 7%。上海、江苏和浙江 3地的电力消耗量增速更快,13 a期间分别增长了 181. 8%、265. 5%和 438. 6%,年均增长率分别为 14. 0%、20. 4%和 33. 7%。

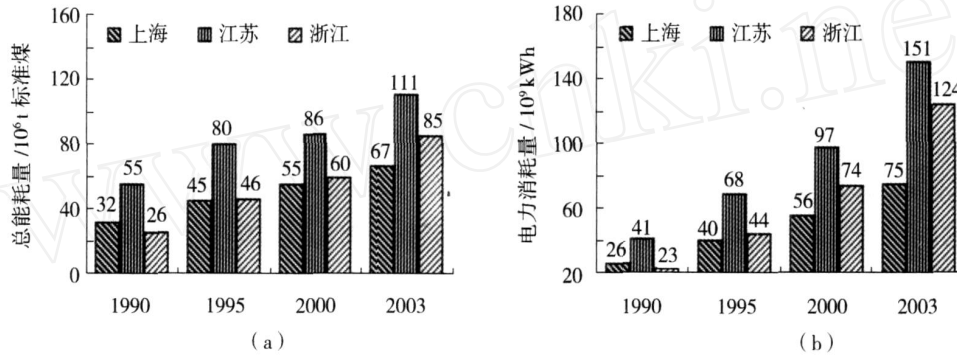


图 2 长三角区 3个省(市)的总能源(a)和电力消耗(b)的际年变化

Fig 2 The interannual change of total energy consumption (a) and the electric power consumption (b) in 3 provinces (cities) of Yangtze Delta area

表 4是 3个省(市)在 1990~2003年期间几种化石燃料消耗情况。3省(市)在 2003年消费的煤炭、焦炭、原油、燃料油、汽油、煤油和柴油比 1990年分别增加了 10 577、436. 1、2 617. 7、400. 19、575.

33、88. 99和 825. 41万 t, 13 a期间,上海、江苏和浙江煤炭消费量分别增加了 80. 6%、63. 8%和 166. 5%,焦炭消费量分别增加了 38. 6%、96. 2%和 48. 5%,原油消费量分别增加了 65. 8%、108. 2%和

表 4 长三角所处的 3个省(市)的化石燃料消耗量

Tab 4 The amount of petroleum chemistry energy consumption during 1990 - 2003 in 3 provinces (cities) of Yangtze Delta area

区域	年份	煤炭 /10 ⁴ t	焦炭 /10 ⁴ t	原油 /10 ⁴ t	燃料油 /10 ⁴ t	汽油 /10 ⁴ t	煤油 /10 ⁴ t	柴油 /10 ⁴ t	天然气 /10 ⁸ m ³
上海	1990	2 742	453	828	434	50	21	100	
	1995	3 944	716	976	365	79	38	123	
	2000	4 496	720	1 310	494	132	56	172	2. 54
	2001	4 610	710	1 355	493	137	60	232	3. 3
	2002	4 685	627	1 425	520	160	104	237	4. 33
	2003	4 953	628	1 374	649	173	103	251	4. 97
江苏	1990	6 623	228	823	190	91	13	179	0. 38
	1995	8 936	362	1 011	162	160	9	224	0. 19
	2000	8 870	384	1 376	202	187	39	345	0. 24
	2001	8 963	375	1 318	171	248	6	356	0. 23
	2002	9 663	399	1 408	182	293	7	379	1. 01
	2003	10 849	448	1 715	216	339	15	414	0. 62
浙江	1990	2 486	85	244	102	58	7	131	
	1995	4 231	128	575	106	124	7	284	
	2000	5 051	117	1 112	183	196	11	434	
	2001	5 527	109	1 124	193	213	10	472	
	2002	6 018	126	1 241	192	231	9	502	
	2003	6 626	127	1 425	262	262	10	570	

484.8%,燃料油消费量分别增加了49.4%、13.9%和156.0%,汽油消费量分别增加了246.8%、273.0%和349.4%,煤油消费量分别增加了403.8%、17.9%和57.8%,柴油消费量分别增加了152.4%、130.7%和335.8%。总的来说,除焦炭和煤油外,几种化石燃料的消耗以浙江省增加最多。

长三角已成为我国最主要的痕量气体排放区,矿物能源的使用导致了大气层中二氧化碳和氮氧化合气体的增加,从而使地球表面平均温度逐年增高,导致生态平衡改变;同时,有害的氮氧化合气体会改变大气层的气体成份,造成气候稳定的破坏(如降“酸雨”等),这些变化使区域生态环境产生了不同程度的改变,成为影响到经济发展和人类健康的一个重要因素。

4 长三角地区气候变化

4.1 年均气温

自1961年以来,长三角的平均气温呈上升趋势,年平均气温线性倾向均为正值,但各地区增温率不同(图3a)。东部沿海区域增温强度最大,其中以上海最明显,平均气温以 $0.40/10\text{ a}$ 的倾向率增

温,其次是宁波,舟山岛屿增温程度最小,为 $0.12/10\text{ a}$ 。气象卫星遥感观测^[5]和地面实测数据^[6]的分析也均表明,长江三角洲相对于邻近地区是一个正在加强的区域性热岛,这个大热岛由一些大中城市的小热岛组成。年均温度的变化趋势以冬季变化振幅最大,春、秋次之,而夏季最小。各地冬季增温倾向率均在 $0.31/10\text{ a}$ 以上,上海和宁波分别达 0.68 和 $0.54/10\text{ a}$ (图略)。

从年平均气温的时间变化来看,20世纪60~70年代气温最低,80年代开始上升,气温开始急剧变暖始于80年代末,于1998年达到波峰。20世纪90年代年平均气温较60年代大都升温在 0.5 以上,上海和宁波达 1.2 和 1.0 (图3b)。气温年代际变化幅度最大出现在冬季,夏季变化最小,90年代冬季平均气温比60年代高 $1.2\sim 2.0$ (图略)。这与20世纪80年代末长三角经济发展加快时期相吻合,可以认为长三角区域气温变化与社会经济发展有极为密切的关系。舟山受水域包围,其温度变化比陆地要小,20世纪90年代年平均气温和冬季平均气温比60年代分别上升了 0.3 和 0.7 。

4.2 降水

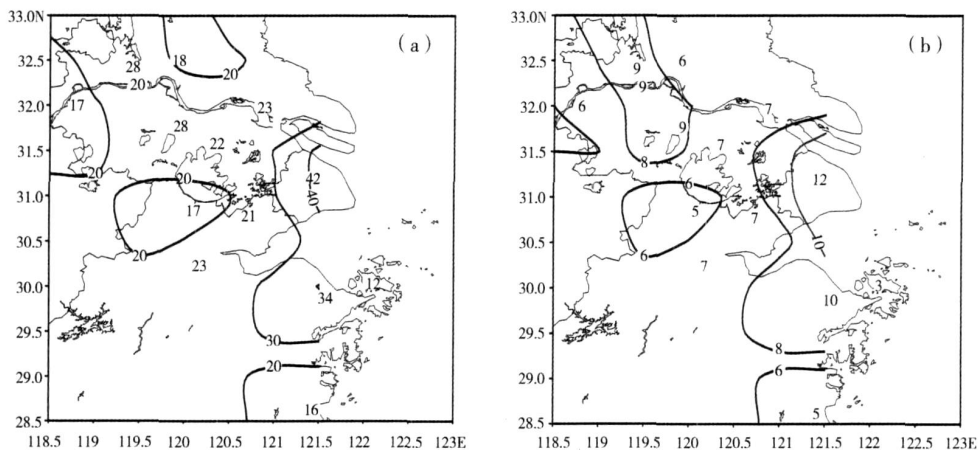


图3 1961~2000年期间长三角年平均气温趋势倾向率分布(a)和90年代减60年代的差值(b)
(单位分别为 $0.01/10\text{ a}$ 和 0.1)

Fig 3 The tendency rate distribution of annual mean temperature during 1961 - 2000

(a) and mean temperature difference (mean temperature in the 1990s minus that in the 1960s)

从降水倾向率分布(图4a)可见,长三角除个别站(如泰州),绝大部分区域近40 a来年降水量有所增加,增加最显著的区域位于南部,趋势倾向率达到

$50\text{ mm}\cdot 10\text{ a}^{-1}$ 以上,舟山达 $100\text{ mm}\cdot 10\text{ a}^{-1}$ 。四季的降水变化,秋季倾向率为负值,春、夏和冬季均为正值,其中以夏季降水增加贡献最大,趋势倾向率达

到 $68 \sim 89 \text{ mm} \cdot 10 \text{ a}^{-1}$ 。

长三角的降水以 20 世纪 60 年代后期最少,以后逐渐增加,至 90 年代增加最多。南部区域年降水量 90 年代比 60 年代增加了 10% ~ 32%,北部区域

增加不明显,一般在 5%左右(图 4b)。90 年代降水增多又以夏季降水增多为主要特征,南部地区的夏季降水量 90 年代比 60 年代增加了 35% ~ 86%,北部虽较少,但一般也在 20%以上。

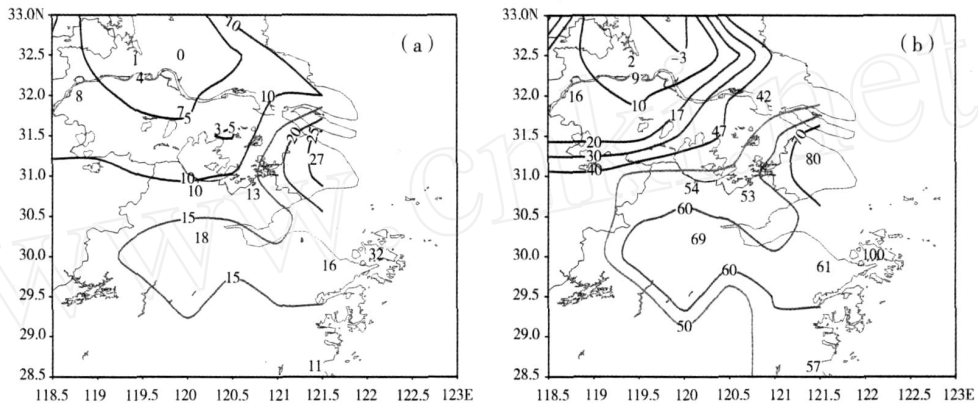


图 4 1961 ~ 2000 年期间长三角降水量趋势倾向率分布 (a) 和 90 年代减 60 年代的差值 (b) (单位分别为 $\text{mm} \cdot 10 \text{ a}^{-1}$ 和 mm)

Fig 4 The tendency rate distribution of annual precipitation during 1961 - 2000 (a) and the precipitation difference (b) (mean precipitation in the 1990s minus that in the 1960s)

4.3 日照时数及其变化

近 40 a 来长三角地区的日照时数在 20 世纪 60 年代最多,随后下降直到 90 年代达到最少,减少趋势倾向率除无锡、常州、镇江和南京相对较少为 $59 \sim 89 \text{ h} \cdot 10 \text{ a}^{-1}$,其它区域均在 $94 \text{ h} \cdot 10 \text{ a}^{-1}$ 以上,减少最多的地区是宁波,达到 $170 \text{ h} \cdot 10 \text{ a}^{-1}$ (图 5a)。整个长三角地区年日照时数在 40 a 内平均减少了 312 h,

占常年平均值的 16%;各季的日照时数均有较明显减少趋势,减少最大的季节出现在夏季,上海、杭州、南京 20 世纪 90 年代的夏季日照时数比 60 年代分别减少了 26%、22% 和 18% (图 5b)。日照时数减少的地理分布,与降水量的分布相对应,降水增加最显著的南部区域日照时数减少最明显,年日照时数 20 世纪 90 年代较 60 年代减少了约 357 h。

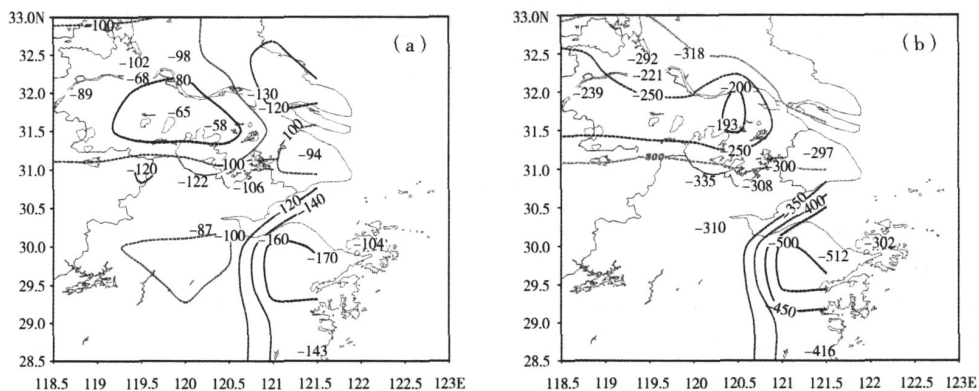


图 5 1961 ~ 2000 年期间长三角年日照时数趋势倾向率分布 (a) 和 90 年代减 60 年代的差值 (b) (单位分别为 $\text{h} \cdot 10 \text{ a}^{-1}$ 和 h)

Fig 5 The tendency rate distribution of annual sunshine time during 1961 - 2000 (a) and the sunshine time difference (mean sunshine time in the 1990s minus that in the 1960s) (b)

5 气候变化与人类活动互相影响

气候变化的原因很复杂,其中一个原因是城市化进度的不断加快。以上海为例,由于建设用地面积不断增加,中心城区的年平均风速呈逐年下降趋势,1990年到2003年期间年平均风速从 2.8 m/s 降为 1.7 m/s 。同期中心城区每年夏季的极端最高气温有明显上升趋势,1990年到2003年期间夏季极端最高气温从 36.9 上升为 39.6 ,上升了 2.7 。气温上升,风速下降,导致城区夏季用于降温的能耗逐年增加,能耗增加直接影响了局地气象要素的异常变化。

长三角地区城市密度较大,上海周围平均相隔约 30 km 就有一座城市,人类活动是长三角地区气候变化不可忽视的因素。

6 结束语

长三角地区气候和土地利用变化,体现了自然和人类活动的影响。城市化和工业化促进了长三角地区的经济腾飞,但也引起了人口和燃料消耗剧增等问题,从而加剧了长三角的大气污染和气候环境变化。气候变化是生态环境变化的先导因子,人类活动及生态环境的改变又反过来影响着气候变化,两者都需要在大环境下综合研究和联手治理^[9-11]。因此,在进行城市的规划设计时,应注重气候环境可

行性的分析评估工作,以减少气候变化的不利影响,逐步走上科学、协调和可持续发展道路。

参考文献:

- [1] 刘洪利,李维亮,周秀骥,等. 长江三角洲地区区域气候模式的发展和检验[J]. 应用气象学报, 2005, 16(1): 24 - 34.
- [2] 王会祥,唐效炎,王木林,等. 长江三角洲痕量气态污染物的时空分布特征[J]. 中国科学(D辑), 2003, 33(2): 114 - 118.
- [3] 刘正军,冯学智,王周龙,等. 基于GIS与遥感集成的土地利用现状动态监测[J]. 遥感信息, 2000, (1): 29 - 31.
- [4] 史培军,陈晋,潘光忠. 深圳市土地利用变化机制分析[J]. 地理学报, 2000, 55(2): 151 - 160.
- [5] 刘纪远,布和敖斯尔. 中国土地利用变化现代过程时空特征的研究——基于卫星遥感数据[J]. 第四纪研究, 2000, 20(3): 229 - 239.
- [6] 国家卫星气象中心. 风云纵览(风云一号C星图集)[M]. 北京: 气象出版社, 2001.
- [7] Chen Longxun, Zhu Wenqin, Zhou Xiuji. Characteristics of environmental and climate change in Changjiang Delta and its possible mechanism[J]. Acta Meteor Sinica, 2000, 14(1): 129 - 140.
- [8] 国家统计局工交司和国家发展改革委员会能源局. 中国能源统计年鉴 2004[M]. 北京: 中国统计出版社, 2004.
- [9] 王振华,钱锦霞,韩晋. 太原市气温变化规律研究[J]. 干旱气象, 2005, 3(2): 25 - 28.
- [10] 宋艳玲,董文杰,张尚印,等. 北京市城、郊气候要素对比研究[J]. 干旱气象, 2003, 21(3): 63 - 68.
- [11] 宋连春; 张强; 孙国武. 等. 全球变暖对甘肃省经济、社会和生态环境的影响及其对策[J]. 干旱气象, 2004, 22(2): 69 - 75.

Human Activities and Climatic Environment Changes in Yangtze Delta Area

CHEN Chungun, SHI Jun

(Shanghai Climate Center, Shanghai 200030, China)

Abstract: Based on the meteorological data (temperature, precipitation, sunshine, etc) and the community economy data of the land, population and energy, the interannual variation trend and evolution of land - use, population, energy consuming, climate and air pollution were analyzed. Result show that changes of climate and the land - use in the Yangtze Delta area were reflecting the influence of both human activities and nature. Although the urbanization and industrialization had accelerated economy developing of this area, meanwhile they also had caused some problems of sharply increase of population and energy consumption, and these would aggravate the atmospheric pollution and climatic environment change.

Key words: Yangtze Delta area; land - use; energy consumption; climatic change