

亚洲的全球变化问题

符淙斌 黄 燕

(中国科学院大气物理研究所全球变化东亚区域研究中心, 北京 100029)

摘 要 本文分为三个部分, 首先论述本世纪, 尤其是近几十年来, 全球变化在亚洲的主要表现, 然后分析引起亚洲变化的主要驱动因子, 特别是与全球气候变化相关的亚洲季风的变化和人类的作用; 然后主要依据全球气候模式 (GCM) 的结果评估全球增暖条件下亚洲未来 20~50 年的变化。最后讨论了 GCM 模式在区域尺度模拟和评估上的不确定性, 提出应将研究亚洲季风系统中大气圈-生物圈相互作用和亚洲地区土地利用/土地覆盖变化这两个科学问题, 列入亚洲地区 IGBP 的研究, 并和全球变化的三大国际科学计划 IGBP、WCRP 和 HDP 中的一系列核心计划相结合。

关键词 亚洲 全球变化

1 引言

亚洲作为世界上最大的大陆, 居住着约占全世界 57.2% 的人口, 它在全球变化中起着关键的作用。同时, 全球变化对这一地区的持续发展又有重要影响。

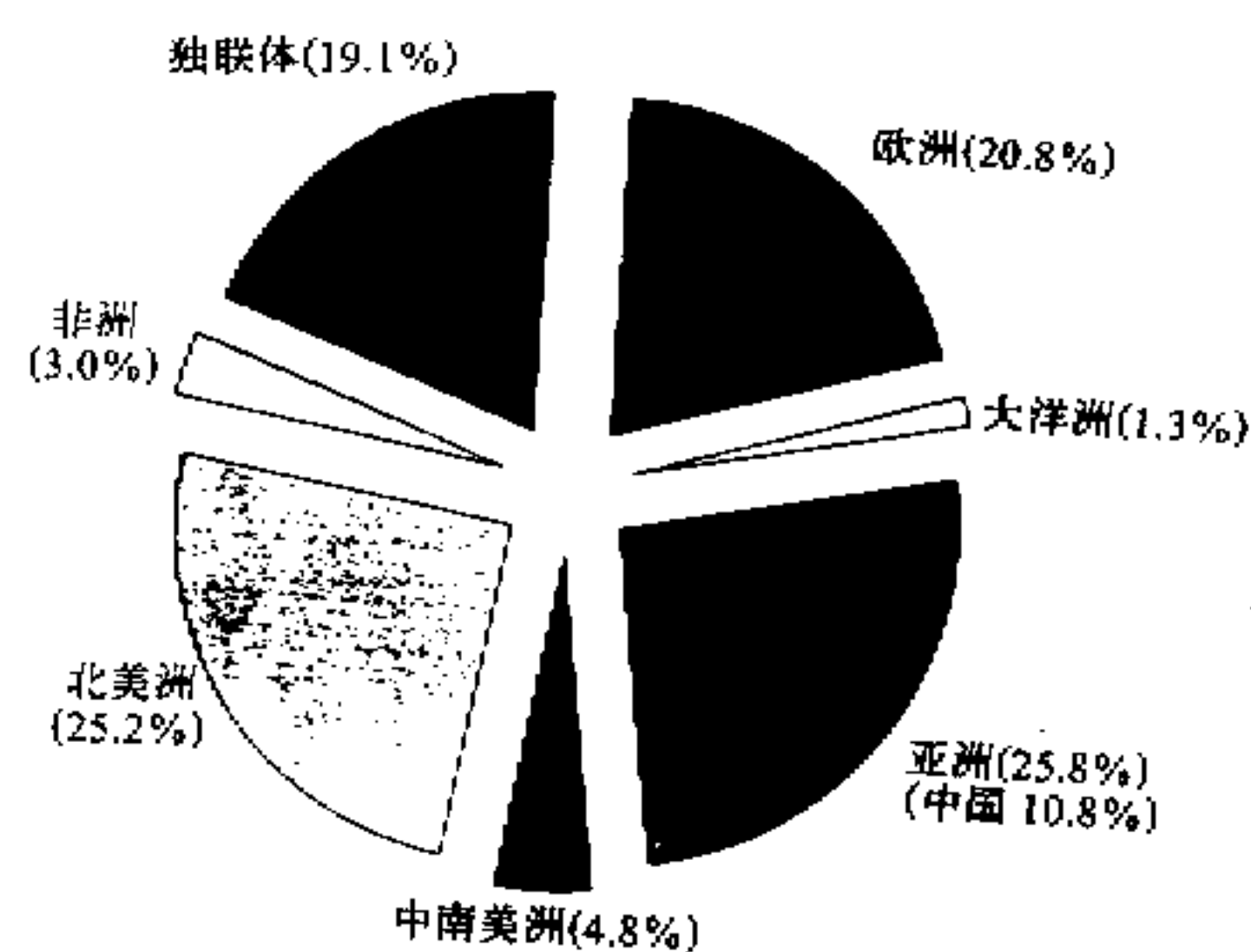
亚洲成为全球变化研究中众所瞩目的优选地区之一, 主要有以下两个原因: 一是亚洲独有的季风系统对整个地球系统的水分循环和生物-地球-化学过程起着十分重要的作用; 二是本地区快速的经济增长和巨大的人口数量引起了强烈的人类活动, 它是全球环境变化的主要驱动力。如: 人类活动引起的温室气体排放的迅速增长, 以及不合理利用土地和生物资源引起的森林破坏、土壤退化、沙漠化和物种减少等。另一方面, 亚洲大多数发展中国家的脆弱的经济体系, 对自然灾害的抵御能力较差。如果我们能为这些国家的决策者在适应全球变化和减少危害等方面提供科学依据, 更好地评估全球变化对亚洲的影响, 将会有利于亚洲的持续发展。

目前, 亚洲有许多国家正在进行全球变化影响的研究。本文重点分析亚洲的整体特征, 只在必要时引用个别国家的实例。

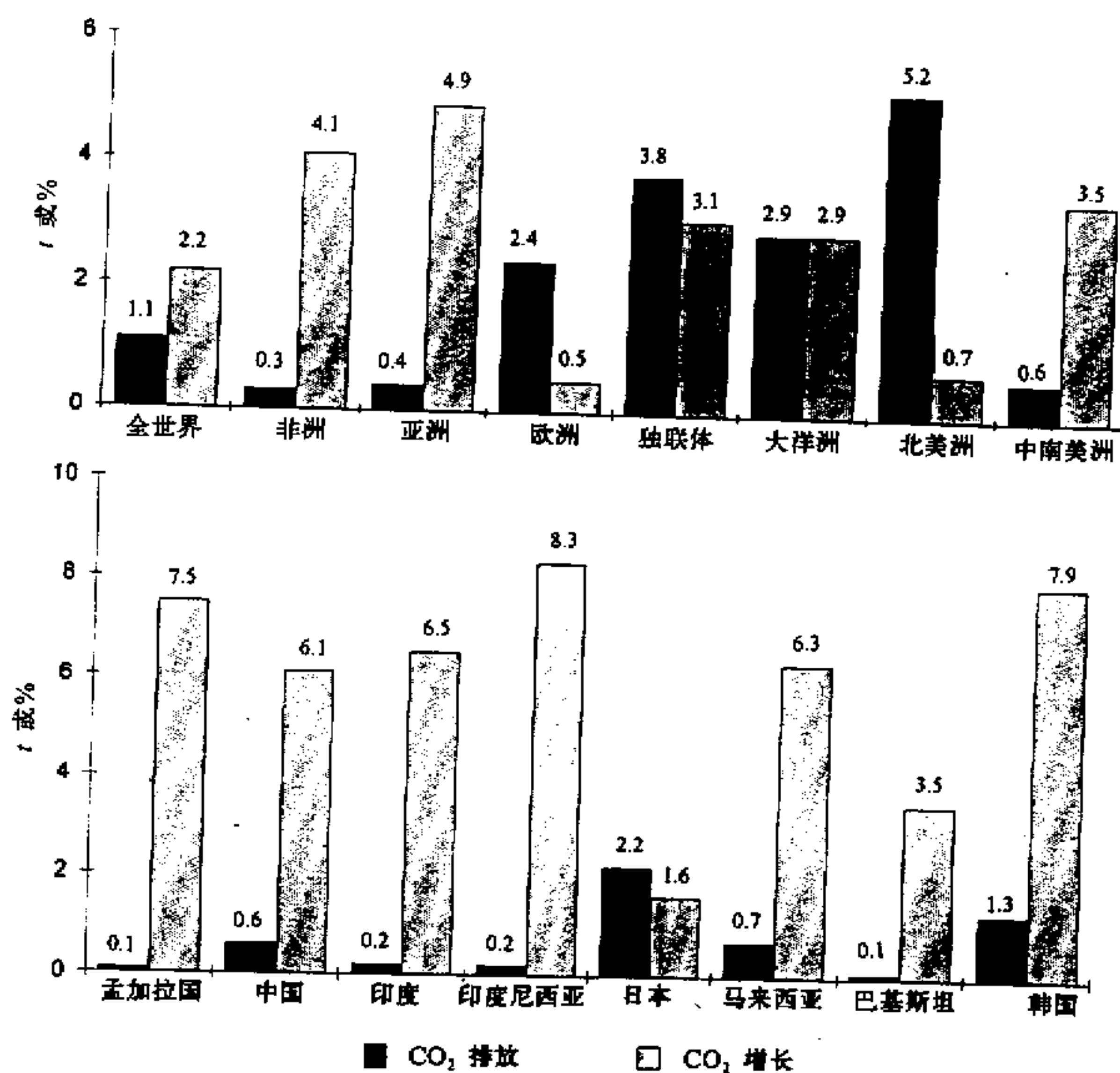
2 全球变化在亚洲的表现

亚洲的全球变化在不同的时间和空间尺度上进行, 且表现在环境系统的各个方面, 如, 大气、水、土壤和生物等。本部分论述区域气候变化以及与几十年来人类活动相关联的亚洲的环境变化。

1.638×10^9 t 上升到 6.188×10^9 t, 年增长率达 6.5%。其中, 北美占四分之一。但是, 北美地区增长最快的时期是 70 年代中期之前, 以后相对保持稳定。亚洲国家的情形则完全不同。自 70 年代以来, 除日本外, 排放量都显著增加。至 1990 年, 亚洲的 CO_2 总排放量占全球的 25.8%, 与北美相当 (见图 3) [2]。日本在战后的 1950~1973 年间, 年排放量增长率是 9.9%, 往后, 除了在 1990 和 1991 年排放量有增长外, 排放总量基本保持不变。

图 3 CO_2 排放的区域分布图

人均 CO_2 排放的情形与排放总量大不相同。图 4 反映了全球和各大洲工业源 CO_2 的人均排放 [2,3]。人均排放率北美最高 (每年 5.2 t), 亚洲相对较低, 每年 0.4 t, 是全球平均 (每年 1.1 t) 的 1/4, 北美的 1/13。然而, 亚洲的年增长率却最高 (4.9%), 是全球平均值的两倍 (2.2%), 北美的 7 倍 (0.7%)。在亚洲国家中, 日本的人均排放率最高 (每年 2.2 t), 而印度尼西亚

图 4 全球和各大洲工业源 CO_2 的年人均排放

有最高的年增长率 (8.3%)。

国际能源组织^[4]最近指出, 到 2010 年, 全球 CO_2 的排放将比现在增加 30%~42%, 其中大部分的排放来自发展中国家, 印度和中国的排放超过经济合作与发展组织国家 (OECD) 的总和。由于燃料消耗和人口增加, 到 2020 年, 中国的 CO_2 排放将达到 $1.6 \times 10^9 \text{ t}$, 到 2050 年, 将达到 $2.25 \times 10^9 \text{ t}$ 。

2.2.2 SO_2 和 NO_x

亚洲 (不包括前苏联) 的二氧化硫和氮氧化合物的排放量主要是根据燃料的消耗量

以及对燃料含硫量和排放因子的分类来估算的^[5]。亚洲 SO_2 和 NO_x 的总排放量分别从 1975 年 9.1Tg S 和 2.9Tg N 增长到 1987 年 14.5Tg S 和 4.7Tg N, 年增长率均为 5%, 约占据了全球人为总排放量的 20%。图 5a 是亚洲 NO_x 排放的分布情况, 全亚洲 70% 的排放集中在东亚的太平洋周边国家, 特别是中国、日本、韩国和菲律宾。图 5b 是东亚地区 SO_2 的分布情况, 主要的排放位于中国的华北和西南、韩国等^[6]。与 CO_2 的排放相同, 在未来的几十年里, 由于燃料用煤的增加, 亚洲发展中国家的 SO_2 和 NO_x 的排放量占全球的比例将会显著增加。

SO_2 排放的增加导致对流层大气硫化物气溶胶浓度增加, 产生了负辐射效应。Charlson^[7,8]指出, 由于人为因素引起的对流层硫化物气溶胶增加, 在全球形成了 3 个对空反射通量的增值区, 位于东亚的一个占第 2 位, 但是其增长很快。硫化物气溶胶的增加对亚洲区域和全球气候的影响是一个值得研究的问题。据初步分析认为, 在全球增

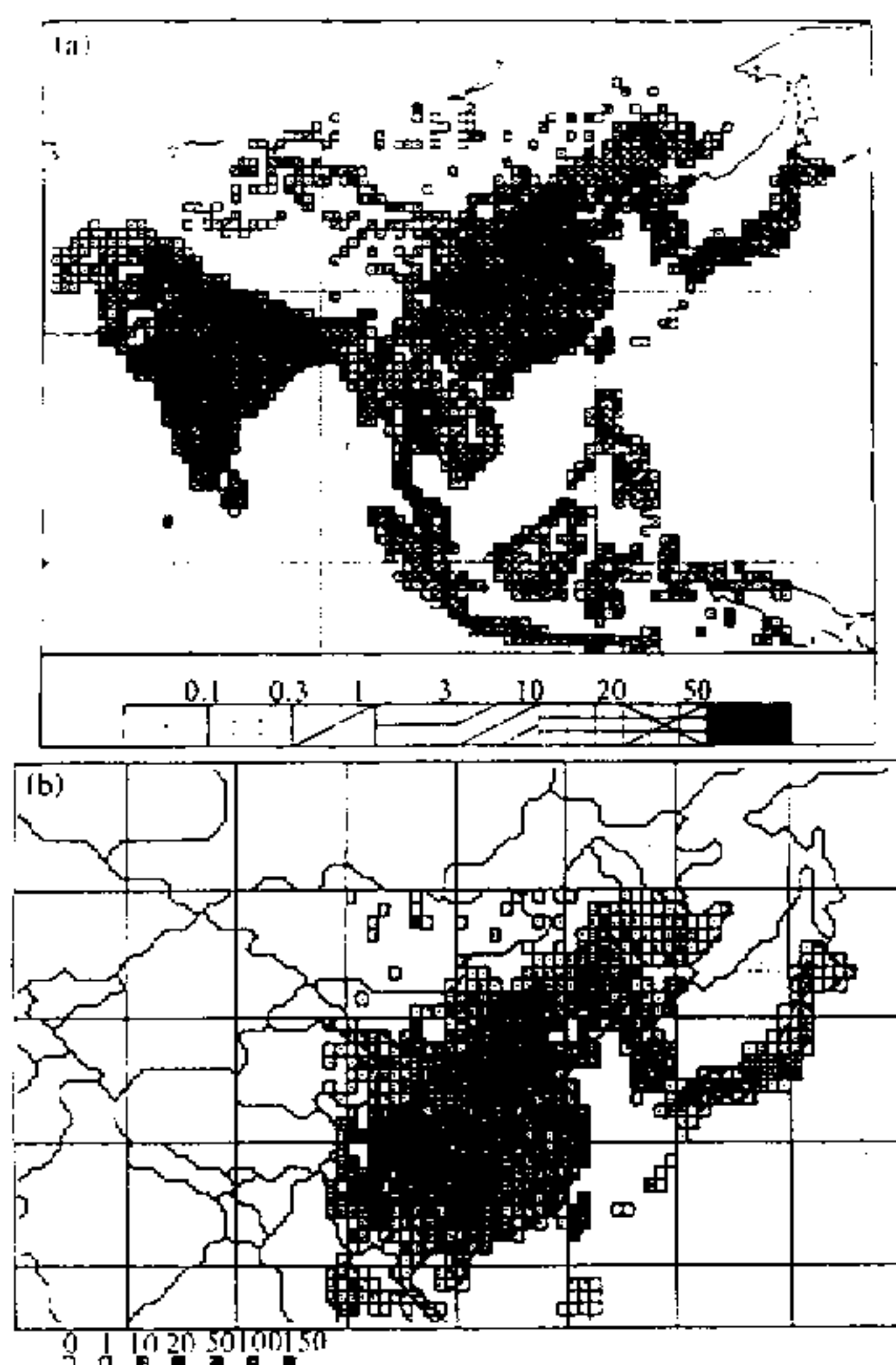


图 5 (a) 亚洲 NO_x 排放的分布情况;
(b) 东亚地区 SO_2 排放的分布情况

暖中, 亚洲地区的一个相对降温区可能与这里的硫化物气溶胶浓度不断增长的负辐射效应有一定关系。

另一方面, 人类通过能源消耗和使用化肥把不活跃的氮转化为活化的氮, 从而被大气吸收。图 6 列出了全球、亚洲、欧洲、北美、中美、前苏联、非洲和南美等在 1961~1989 年之间的化肥总施用量以及至 2020 年的预测值。这些曲线实际上也指示了大气中 NO_x 浓度变化的趋势。图中可以看出, 1961~1991 年间, 亚洲的化肥施用量增长最快, 年增长率约为 10.8%, 远远超过全球平均值 (6.6%)。可以预测, 由于大量施用化肥和燃煤增加, 到 2020 年, 人类活动产生的固氮的增长率将达到 60%, 其中 2/3 出现在亚洲, 将超过世界总量的一半^[9]。

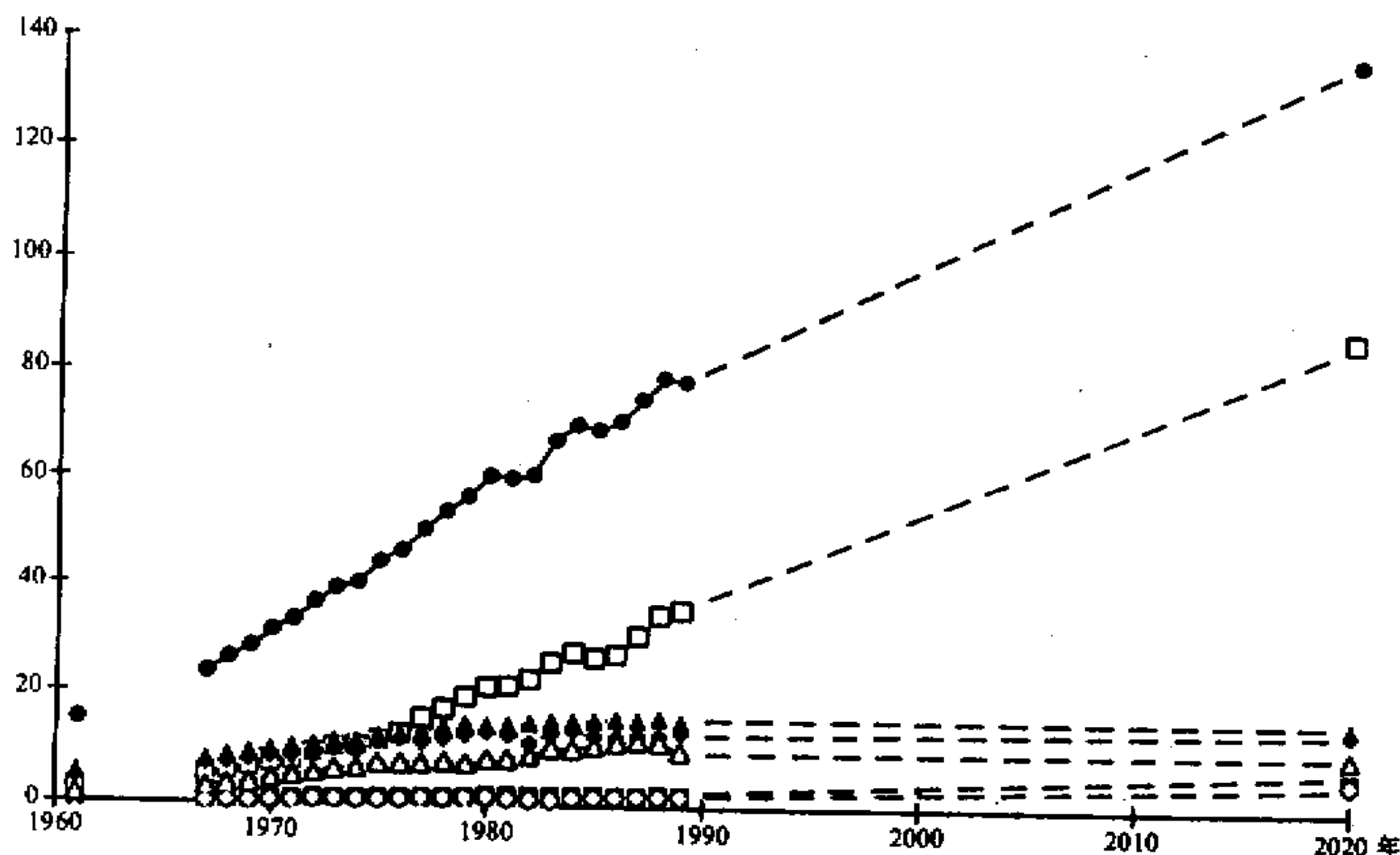


图6 全球及各大洲 1961~1989 年间的化肥施用量情况和 2020 年的预测值
●——全球；□——亚洲；▲——欧洲；◆——中北美洲；△——前苏联；■——非洲；◇——南美洲

2.2.3 CH₄

目前，甲烷的自然源排放量不到其总排放量的 25%。甲烷排放的 3 个主要的人为源是：稻田、家畜和燃煤。根据 EPA^[10] 的报告，甲烷的人为排放中居世界前 3 位的是：稻田排放——印度、中国和孟加拉国，家畜排放——印度、前苏联和巴西，燃煤排放——美国、前苏联和中国。可见亚洲在甲烷的人为排放中占很重要的位置。图 7 为全世界水稻的分布情况。图中表明 8 个亚洲国家（印度、中国、孟加拉国、印度尼西亚、泰国、越南、缅甸和日本）的水稻面积占全世界的 87%，亚洲是稻田甲烷最主要的排放源。

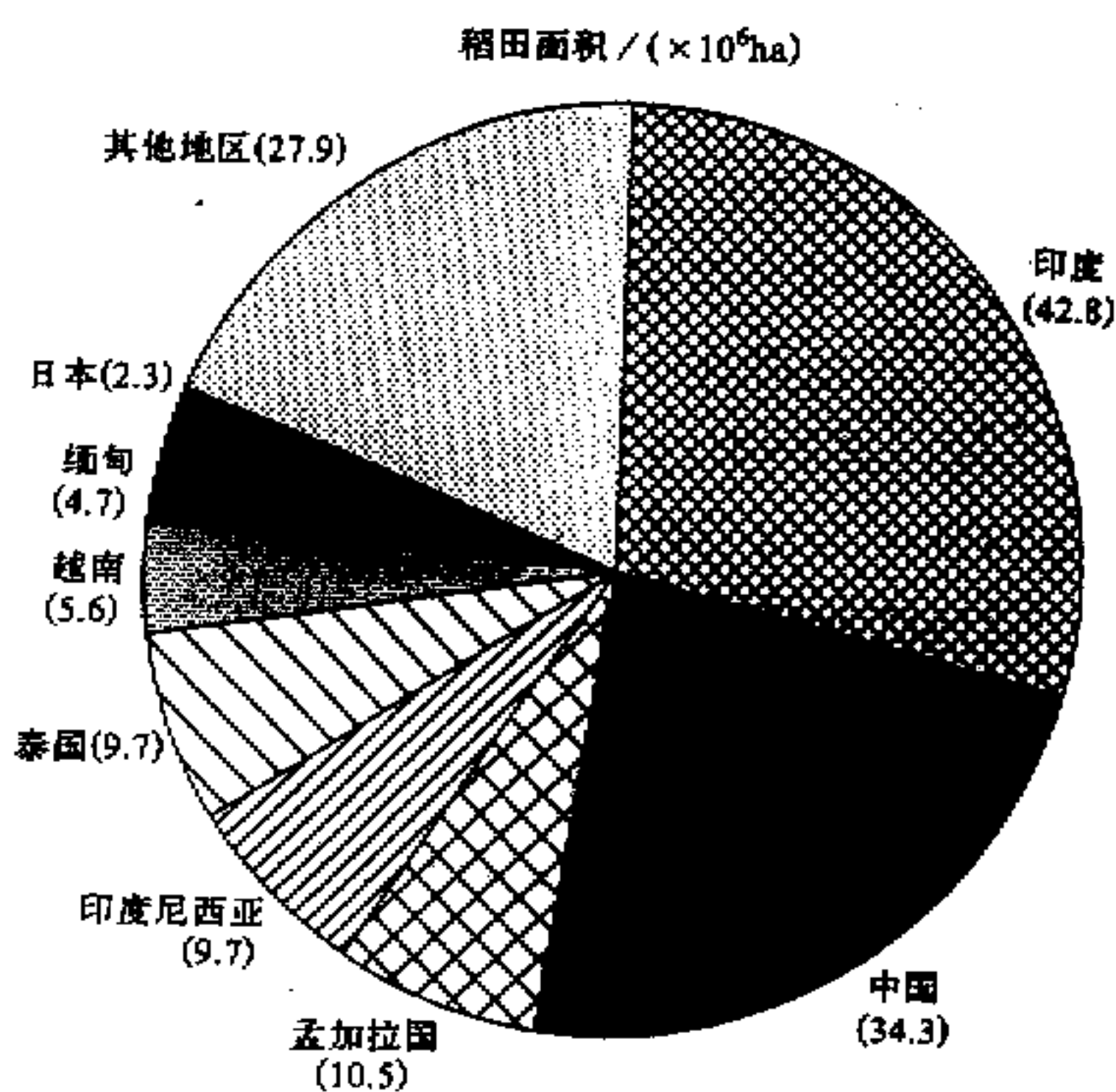


图7 全世界水稻种植面积分布情况

亚洲地区卤素化合物（主要是 CFC）和其他痕量气体的排放也在迅速增加，但现在缺乏整个亚洲区域的完整资料。以上各类温室气体和硫酸盐气溶胶未来的排放对亚洲区域和全球气候的影响需要进一步的研究。

2.3 水资源短缺

亚洲是一个缺水的地区，这里人均可再生的水资源是 $3.37 \times 10^3 \text{ m}^3$ ，仅占全球平均值 ($7.69 \times 10^3 \text{ m}^3$) 的 44%，其中一些国家则更低，如中国只有 $2.47 \times 10^3 \text{ m}^3$ ，印度 2.17

$\times 10^3 \text{ m}^3$, 韩国 $1.45 \times 10^3 \text{ m}^3$ 。同时, 只占有全球水资源的 26% 的亚洲却担负着全球用水总量的 46%。表 1 为亚洲和全球目前及 2000 年水的使用情况^[11], 分 3 种类型: 灌溉、市政和工业用水。目前, 亚洲的灌溉用水接近全球的 60%, 到 2000 年将稍稍减少。但那时亚洲的市政和工业用水及废水占全世界的比例将会比现在增加 1 倍, 甚至更多。亚洲国家的水污染形势十分严峻。在印度, 70% 的地下水受到污染, 3119 个城市中, 只有 209 个备有废水处理设施。48 km 长的亚穆纳河在流入新德里前, 每 100 mg 水中含有 700 个大肠杆菌。在中国, 78 条主要河流中, 54 条被工业和市政废水污染。上海的黄浦江中污染物质占总量的 20%~25%, 主要是重金属元素。未来的几十年, 由于气候的干旱化趋势, 亚洲将面临更为严峻的水资源匮乏形势。

表 1 亚洲和全球目前及 2000 年水的使用情况

分 类	灌溉用水		市政用水		工业用水		废 水			
	目前	2000 年	目前	2000 年	目前	2000 年	市政废水		工业废水	
							目前	2000 年	目前	2000 年
亚洲(A)	1300	1500	88	200	118	320~340	35	100	88	255~270
全世界(W)	2206	2585	263	456	760	1153~1310	153	282	662	963~993
A/W(%)	59	57	33	43	15	27~26	22	46	13	26~27

2.4 土地利用/土地覆盖的变化 (LUCC) 及土地退化

亚洲是世界上人口最多的地区, 加之近年来经济的迅猛发展, 土地利用的变化十分显著。现将土地利用和覆盖的类型主要分 3 类: 森林、草地和耕地, 因为这些主要的生态系统对地球系统的水分循环和生物地球化学循环起着十分重要的作用。表 2 给出了 1700~1980 年间全球和区域的土地利用状况的变化^[12]。由表可见, 无论是森林和草地的减少, 还是耕地的增加, 亚洲的变化都居全球首位。尤其是近 30 年间, 变化更快。280 年间, 亚洲森林和草地的总量减少了 $3.13 \times 10^8 \text{ hm}^2$ 。近 30 年来, 非洲和中东地区森林和草地也减少得很快。

森林的破坏, 特别是热带雨林的减少, 是影响全球环境变化的重要因素。表 3 列出了联合国粮农组织 (FAO) 和世界资源研究所 (WRI) 对 9 个国家 (其中亚洲 6 个) 热带雨林退化情况的报告^[13]。尽管 2 种调查结果差得很远, 但是都反映出哥斯达黎加的热带雨林退化速度最快。FAO 结果显示, 6 个亚洲国家的年平均砍伐率是 0.87%, 高于亚马孙河流域 (0.4%), 而按照 WRI 的结果, 亚洲平均为 2.1%, 亚马孙河流域 2.2%, 两者很接近。

草地的沙漠化主要与土地利用的方式, 特别是过度放牧和耕种有关^[14]。表 4 列出了世界上几个主要地区土地的分布情况和沙漠化的比例。非洲的撒哈拉地区沙漠化最严重 (90%)。西亚和南亚的沙漠化土地也达到 85%, 中国和蒙古为 70%, 高于全球平均状况 (62%)。表 5 反映了人为因素引起的土地退化情形。亚洲最严重, 达 31%。大洋洲的过度放牧也使该地区的土地退化甚为严重。

2.5 城市化的发展

从根本上说, 人类居住环境的变化也是土地利用/土地覆盖变化的一部分, 但是, 城市化与工业化的关系更为密切。最新的研究表明, 1900 年前, 城镇人口只占世界人口的 14%。1950 年以后, 城镇迅速发展, 现在, 只占 1% 土地的城市已经包容了 40%

表 2 1700~1980 年全球和各大区域的土地利用状况*

	1700~1800	1800~1850	1850~1920	1920~1950	1950~1980	总计
欧洲						
森林	-15	-10	-5	-1	+13	-18
草地	-15	-25	-11	-3	+2	-52
森林与草地	-30	-35	-16	-4	+15	-70
耕地	+30	+35	+15	+5	-15	+70
人口	+53	+63	+105	+79	+92	+392
北美洲						
森林	-6	-39	-27	-5	+3	-74
草地	0	-1	-103	-22	+1	-125
森林与草地	-6	-40	-130	-27	+4	-199
耕地	+6	+41	+129	+27	-3	+200
人口	+3	+20	+89	+52	+82	+246
前苏联和澳洲						
森林	-29	-42	-86	-38	-23	-218
草地	+2	+7	-12	-9	-22	-34
森林与草地	-27	-35	-98	-47	-45	-252
耕地	+27	+35	+97	+47	+47	+253
人口	+19	+30	+62	+50	+95	+256
非洲和中东						
森林	-11	-15	-68	-96	-118	-308
草地	0	+5	+23	+24	-9	+43
森林与草地	-11	-10	-45	-72	-127	-265
耕地	+11	+9	+47	+71	+127	+265
人口	0/+1	+4	+39	+70	+250	+364
拉丁美洲						
森林	-6	-19	-51	-96	-122	-294
草地	+2	+11	+25	+54	+67	+159
森林与草地	-4	-8	-26	-42	-55	-135
耕地	+4	+7	+27	+42	+55	+135
人口	+9	+15	+67	+63	+200	+354
亚洲						
森林	-38	-20	-50	-53	-89	-250
草地	-1	-8	-11	-12	-31	-63
森林与草地	-39	-28	-61	-65	-120	-313
耕地	+38	+29	+61	+65	+120	+313
人口	+195	+171	+216	+372	+1190	+2144
全世界						
森林	-105	-145	-287	-289	-336	-1162
草地	-12	-11	-89	+32	+8	-72
森林与草地	-117	-156	-376	-257	-328	-1234
耕地	+116	+156	+378	+257	+331	+1236
人口	+278	+603	+578	+686	+1909	+3755

* 单位: $\times 10^6 \text{ km}^2$, $\times 10^6$ 人。正/负表示增加/减少的趋势

的世界人口, 城市发展显著影响了全球环境。

近几十年来, 亚洲的城市人口以及从农村向城市迁移的人口剧增。全世界 12 个人口最多的城市中, 亚洲就有 8 个 (见表 6)^[15]。根据联合国的预测^[16], 到本世纪末, 全世界将会有 21 个人口超过 1000 万的城市, 其中, 13 个位于亚洲 (见图 8)。

城市之间半城市化走廊的发展形成了一种称作“农村-城市网络”的新现象。这种土

表 3 9 个国家热带雨林的退化情况

国 家	FAO* 的估计	年平均减少率 (%)	WRI* 的估计	年平均减少率 (%)	评估年限
巴西亚马孙河	1480	0.4	8000	2.2	1987
喀麦隆	80	0.4	100	0.6	1976~1986
哥斯达黎加	65	4.0	124	7.6	1977~1983
印度	147	0.3	1500	4.1	1975~1982
印度尼西亚	600	0.5	900	0.8	1979~1984
缅甸	105	0.3	677	2.1	1975~1981
菲律宾	92	1.0	143	1.5	1981~1988
泰国	379	2.4	397	2.5	1978~1985
越南	65	0.7	173	2.0	1976~1981
总计	3013		12014		

* FAO——联合国粮农组织; WRI——世界资源研究所

表 4 世界上几个主要区域土地的分布情况和沙漠化的比例

区 域	土地面积($\times 10^6 \text{ km}^2$)	沙漠化比例(%)
非洲撒哈拉地区	3.80	90
非洲南部	2.50	80
非洲北部地中海地区	0.80	85
西亚	1.16	85
南亚	1.50	85
前苏联亚洲部分	2.50	60
中国和蒙古	3.00	70
大洋洲	4.50	22
欧洲地中海地区	0.30	30
南美和墨西哥	2.50	72
北美	3.00	42
总计	25.56	62

表 5 人为因素引起的土地退化情形 (单位: $\times 10^6 \text{ hm}^2$)

* 区 域	土地使用面积 (A)	土地退化面积 (B)	B / A (%)	过度放牧使土地 退化的比例(%)
全 世 界	8056	1943	24	35
非 洲	1799	494	27	49
中北美洲	1044	158	15	24
南 美	1386	244	18	28
亚 洲	2440	745	31	26
大 洋 洲	544	103	19	80

表 6 全世界 12 个人口最多的城市情况(单位: $\times 10^6$)

城 市	1950	1960	1970	1980	2000
墨西哥城	2.9	5.1	8.9	15.0	31.0
圣保罗	2.4	4.4	8.0	13.5	25.8
上海	5.8	7.4	10.0	13.4	22.7
北京	2.2	4.4	7.0	10.7	19.9
里约热内卢	2.9	4.4	7.1	10.6	19.0
孟买	2.9	4.0	5.8	8.3	17.1
加尔各答	4.4	5.5	6.9	8.8	16.7
雅加达	1.7	2.7	4.5	7.3	16.5
开罗	2.5	3.7	5.5	7.4	13.1
马德拉斯	1.4	1.7	3.0	5.4	12.9
马尼拉	1.6	2.3	3.6	5.7	12.3
曼谷	1.4	2.2	3.2	4.9	11.9

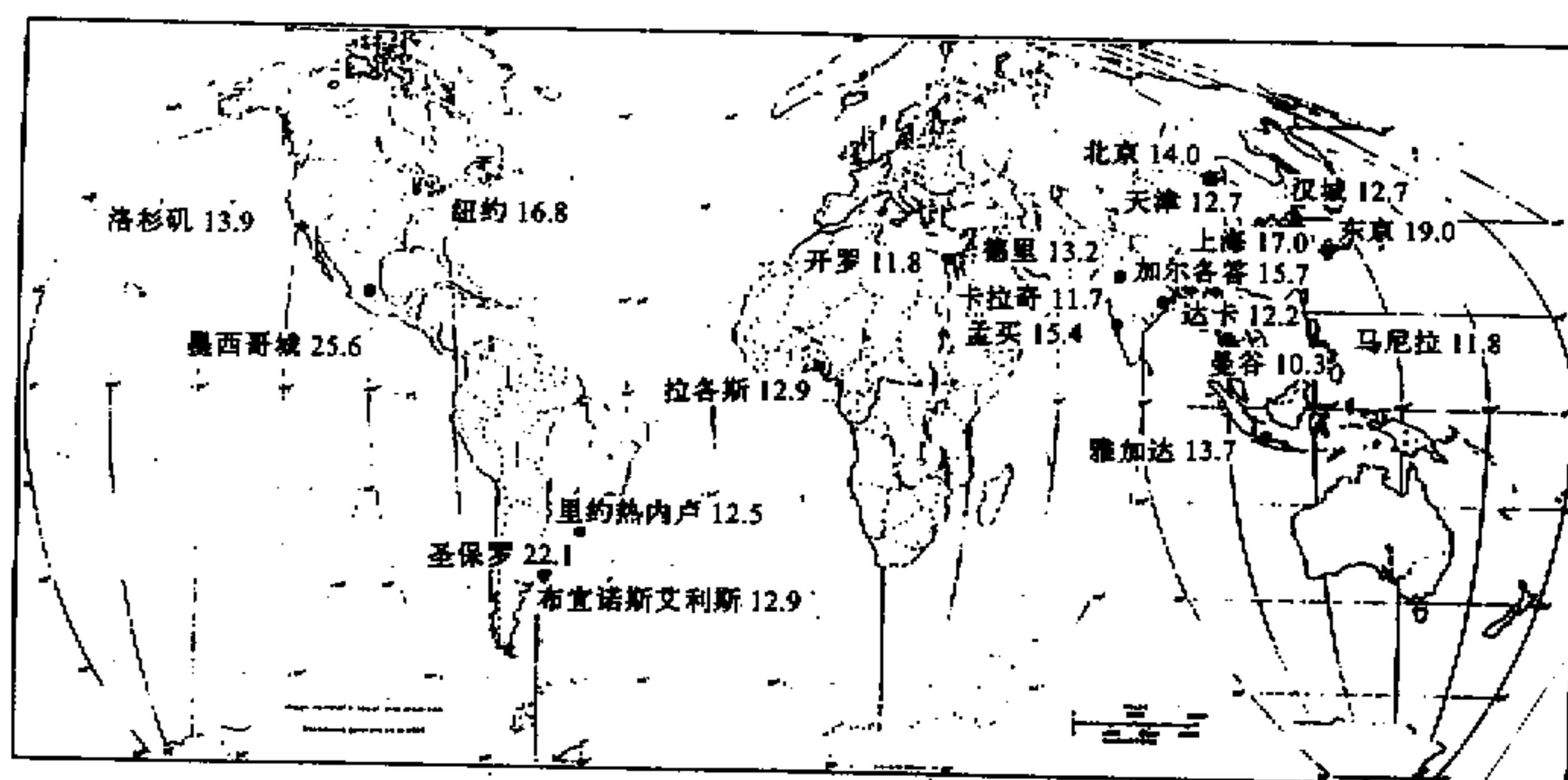


图8 2000年人口超过1000万的城市

地利用的方式在亚洲发展很快,特别是在中国,那里乡镇企业在日新月异地迅猛发展,如长江三角洲、珠江三角洲地区。这种现象的发展增加了食品、能源和水的需求量,促进了科技和信息的流通,同时也带来了一系列的环境问题,如大气、水质、土壤的污染,减少了耕地和农业人口等,这是亚洲持续发展中新遇到的新问题。

3 亚洲全球变化的主要驱动因子

3.1 亚洲季风系统对全球气候变化的响应

根据 IPCC 1994 年的报告^[17],全球平均温度呈现上升趋势,上个世纪的增温幅度为 0.5°C 。这是自然过程的结果,还是 CO_2 及其他痕量气体增加所致,现在下结论还为时过早。

分析季风气候的变化,可以清楚地看到季风系统对全球平均温度变化响应的敏感性。譬如,上一部分曾讲到,在过去的几十年里,亚洲大部分地区降水减少。这个变化与全球平均温度密切相关。以中国为例^[18],图9给出了中国东部干旱指数的变化情况,且叠加上自1880年来北半球的年平均温度变化,可以从3个方面(长期趋势、非周期振荡和10年尺度的突变)看出其密切相关性:(a)全球增暖条件下,中国呈明显的干旱趋势,即夏季季风系统减弱。(b)对2个时间序列的 Mann Kendall 随机统计试验揭示出,20年代北半球的突然增温使得中国的季风气候也呈现出突变,即夏季季风的的活动突然进入一个低谷。这表明了亚洲的季风系统的变化与全球增暖密切相关。同时也证明了上一部分所述的亚洲大部分地区的水资源短缺在相当程度上与全球增暖有关。印度季风的变化对全球增暖的响应情形与东亚季风正好相反。

对中国的历史气候进行分析,可以得到历史上全球温度变化与中国季风系统的变化和生态系统的大致分布的关系^[19]。图10a是中国生态系统现在的分布,其中粗黑线标志着潮湿的季风气候与干燥的大陆性气候的分界线,大体上也可以反映出夏季季风的北

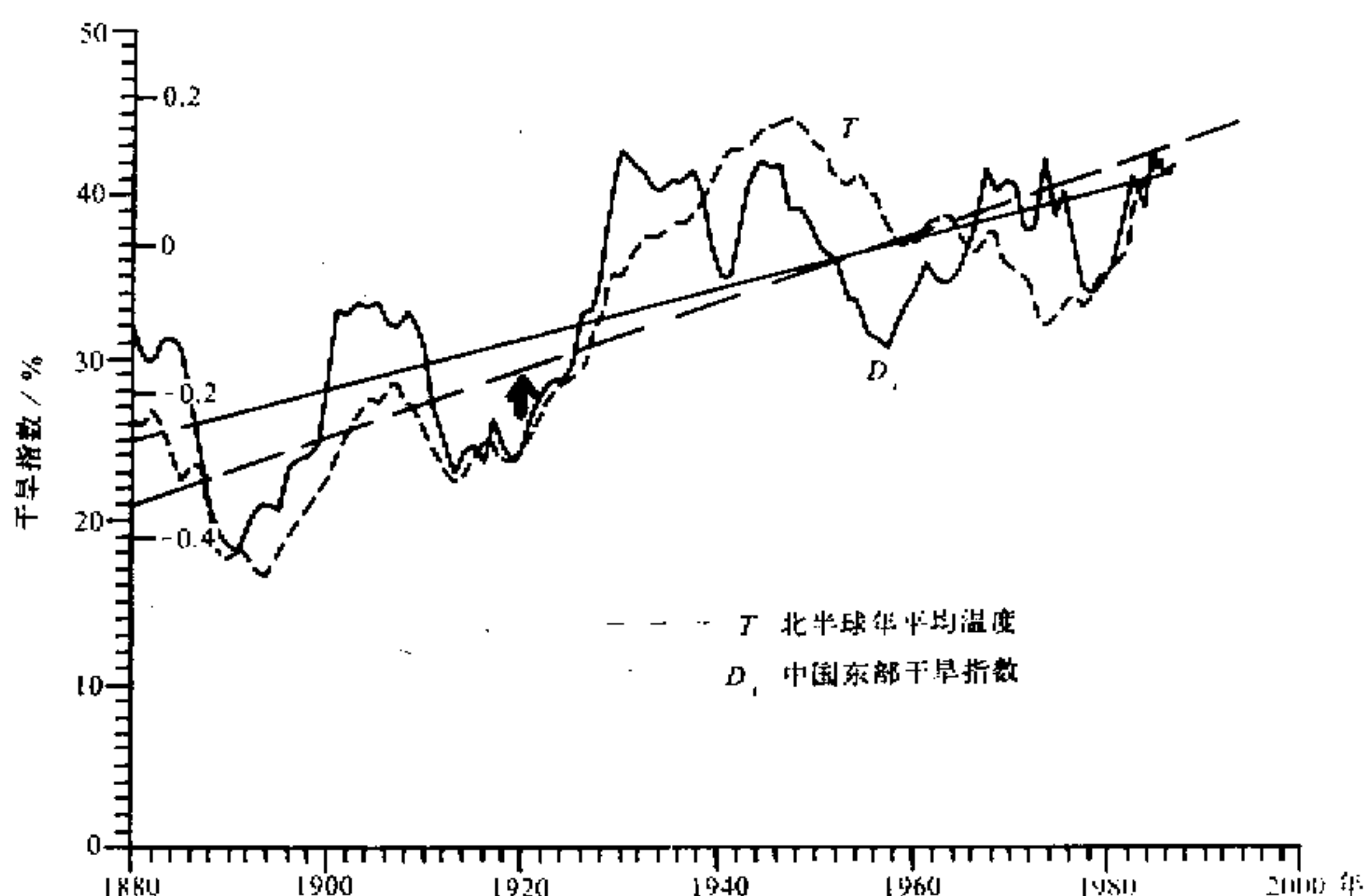


图9 中国东部干旱指数的变化及相应的北半球大陆地面气温的变化

界。在冷期 (15000~18000BP), 夏季季风的北界南移, 生态系统分布显著变化 (见图 10b); 在温暖期 (6000~9000BP), 强大的夏季季风向北推进, 相应的生态系统的分布也发生了大的改变 (见图 10c)。

这 2 个例子为区域气候对全球变暖的响应提供了有力的证据, 证明了亚洲季风气候与全球平均温度密切相关, 也为预测未来全球变暖对亚洲季风气候的影响提供了历史的相似判据。

3.2 经济的迅速发展和人口增长

亚洲人口 33.2 亿, 占世界人口的 57.2%, 是全世界人口最多的地区, 其中中国 (11.7 亿) 和印度 (8.6 亿) 又是世界上人口最多的 2 个国家。90 年代以来, 亚洲的人口增长率为 1.8%, 仅次于非洲 (年增长率 3%), 但是, 因为亚洲的基础人口远远大于非洲, 其实际的人口增长数量是最大的。人口增长是亚洲全球变化, 特别是土地利用和覆盖状况变化的主要驱动力。图 11 反映了 1700~1980 年间亚洲人口数与耕地面积的正相关及其与森林、草地面积的负相关。

近几十年, 特别是 70 年代中叶以来, 亚洲的工农业迅猛发展。图 12a 反映了全球、亚洲和北美的农业指数的变化。图中可见, 亚洲的农业发展远远快于全球平均, 而北美则远远低于全球平均。图 12b 和图 12c 列出了亚洲几个主要国家的农业指数, 其中, 马来西亚、中国、印度尼西亚、印度和巴基斯坦等 5 个国家的农业发展最快, 年平均增长率大于 10%。

图 13 是 5 个亚洲国家及美国和全球平均的工业生产指数。中国居首位, 年增长率 33%, 新加坡、韩国和印度也都高于全球平均值 (1%), 而美国和日本则接近 1%。

很显然, 亚洲的全球变化主要归结于这一地区迅速发展的经济和过快的人口增长, 这 2 个因素是近几十年亚洲环境变化的主要驱动力。

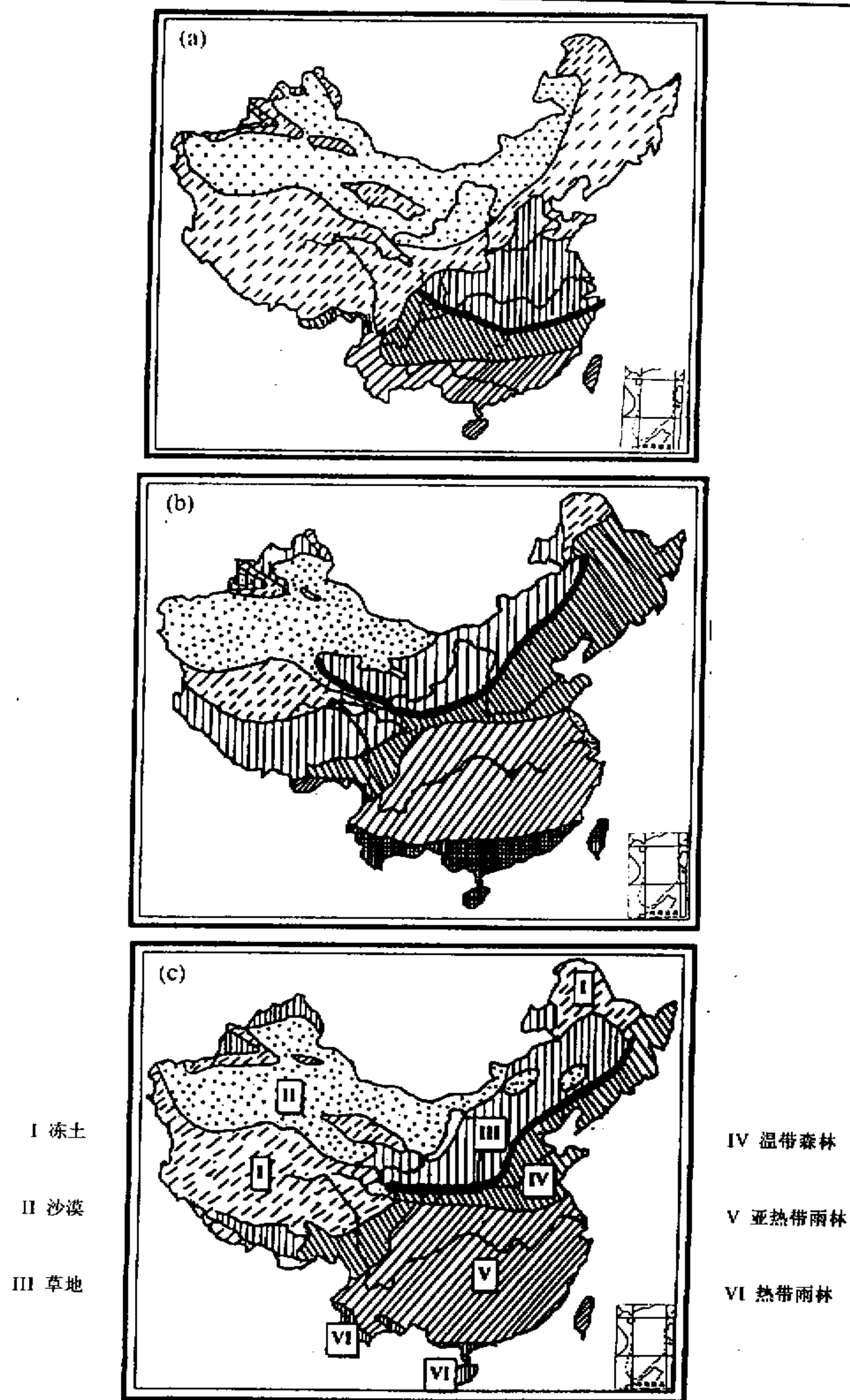


图 10 中国生态系统的分布

(a) 现在; (b) 公元前 15000~18000 年 (冷期); (c) 公元前 6000~9000 年 (温暖期)

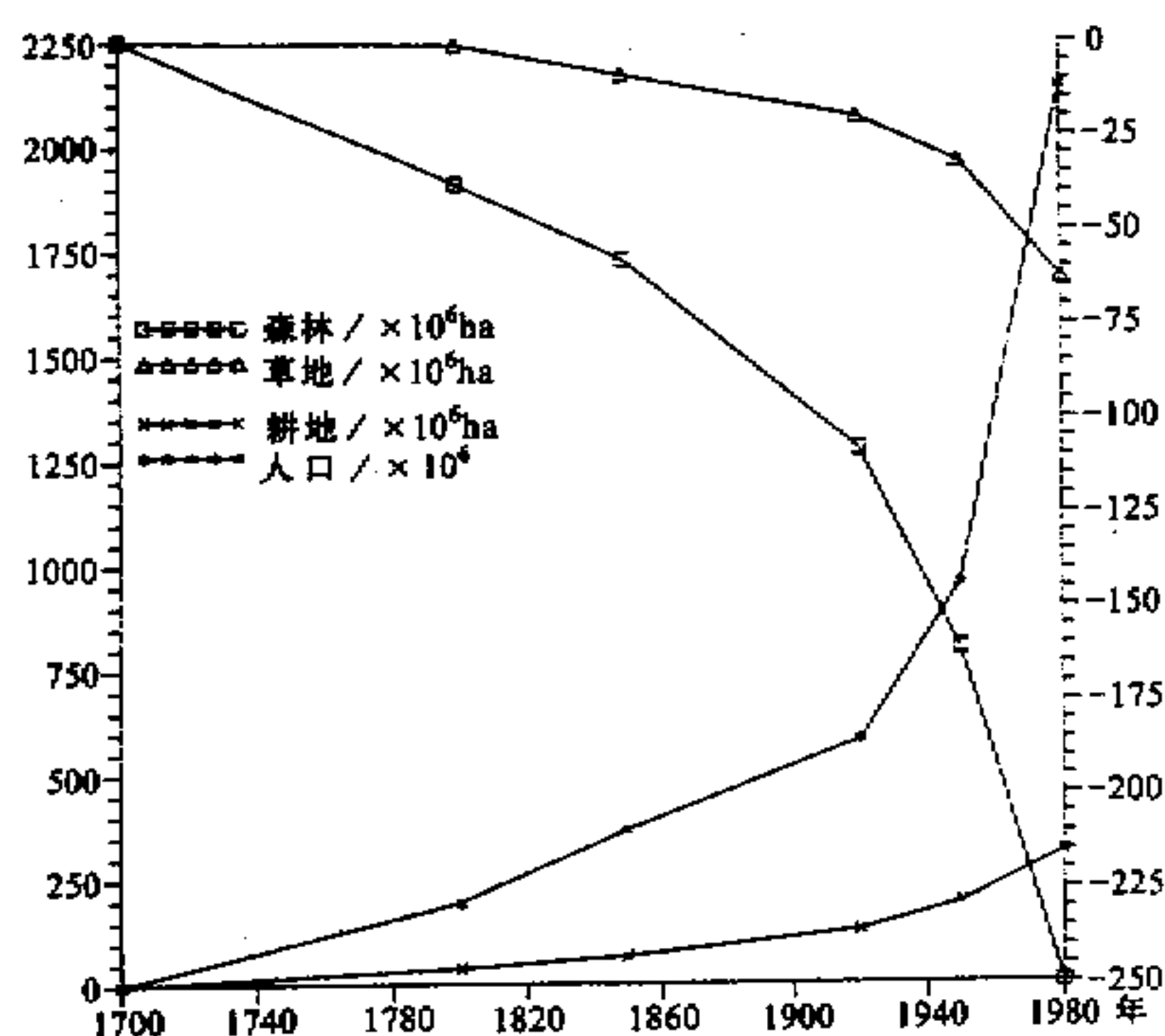


图 11 1700~1980 年间亚洲土地利用状况与人口增长的关系

4 对亚洲地区全球变化研究的建议

以上分析可见, 由于叠加于自然因素之上的人类活动的影响, 亚洲的全球变化非常剧烈。预测未来 20~50 年的全球变化对亚洲区域的影响, 是越来越迫切了。为使这种预测适应人类社会的需要, IPCC 正在努力寻求好的预测方法, 但是, 由于我们对由大气圈、水圈、岩石圈和生物圈组成的通过物理-化学-生物过程之间的非线性相互作用来控制的十分复杂的地球系统认识不多, 因此很难做出可信的估计。到现在为止, 全球气候模式 (GCM), 包括全球大气环流模式 (AGCM)、全球海洋环流模式 (OGCM) 和海气耦合模式 (A-O GCM), 为我们更客观地预测未来的全球变化提供了一些途径, 但其中仍有许多的不确定性。而 GCM 的气候场结果又被用来驱动其他模式, 如水循环模式、生态模式、植被模式等, 以做出进一步的影响评估。鉴于这种情况, 我们在引用这些结果时必须谨慎。

全球变化对亚洲未来的影响评估主要依赖于全球和区域尺度上气候变化的预测研究。目前, 气候变化预测的不确定性主要原因是:

- (1) 对复杂的地球系统, 特别是地球系统中主要过程间的非线性相互作用, 了解还不甚清楚, 如: 云与辐射、大气圈与生物圈之间的物理、化学、生物过程的相互作用。
- (2) 人类活动对全球变化的影响是不确定的, 在某种程度上是不可预测的。如, 依赖于社会和政治因素的人口增长及经济发展。

预测区域影响的困难还来自于目前 GCM 模式在模拟区域气候和气候变化上的能力有限, 主要因为模式的网格太粗及缺乏植被和土地覆盖类型等中尺度强迫的好的参数化方案。根据 WCRP 的大气模式比较计划 (AMIP) 的最新报告, 到目前为止, 大多数的 GCM 模式不能很好地模拟出亚洲季风的明显的区域结构, 其原因尚不清楚, 有人估计可能是因为青藏高原的作用。但是, 对降水分布的分析表明, 青藏高原对大尺度

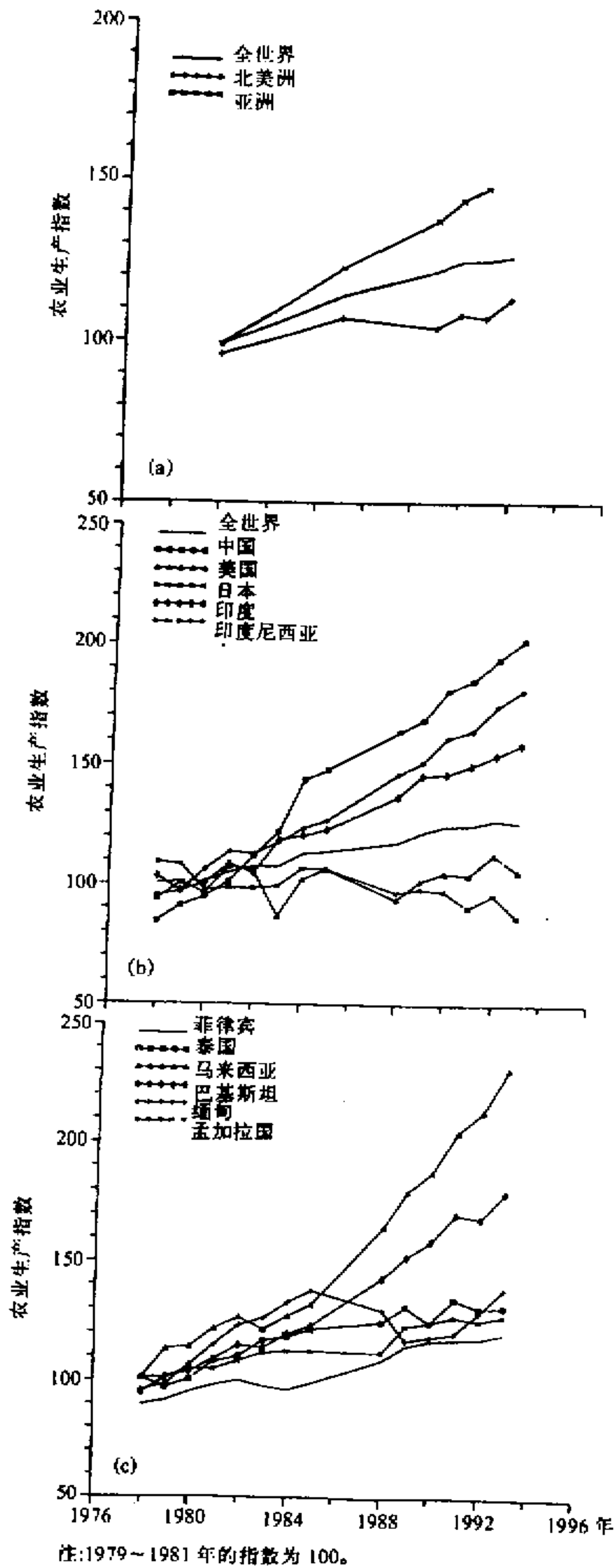


图 12 70 年代中期以来农业生产指数的变化

(a) 全球、亚洲和北美地区的指数;

(b) 和 (c) 亚洲几个主要国家的指数

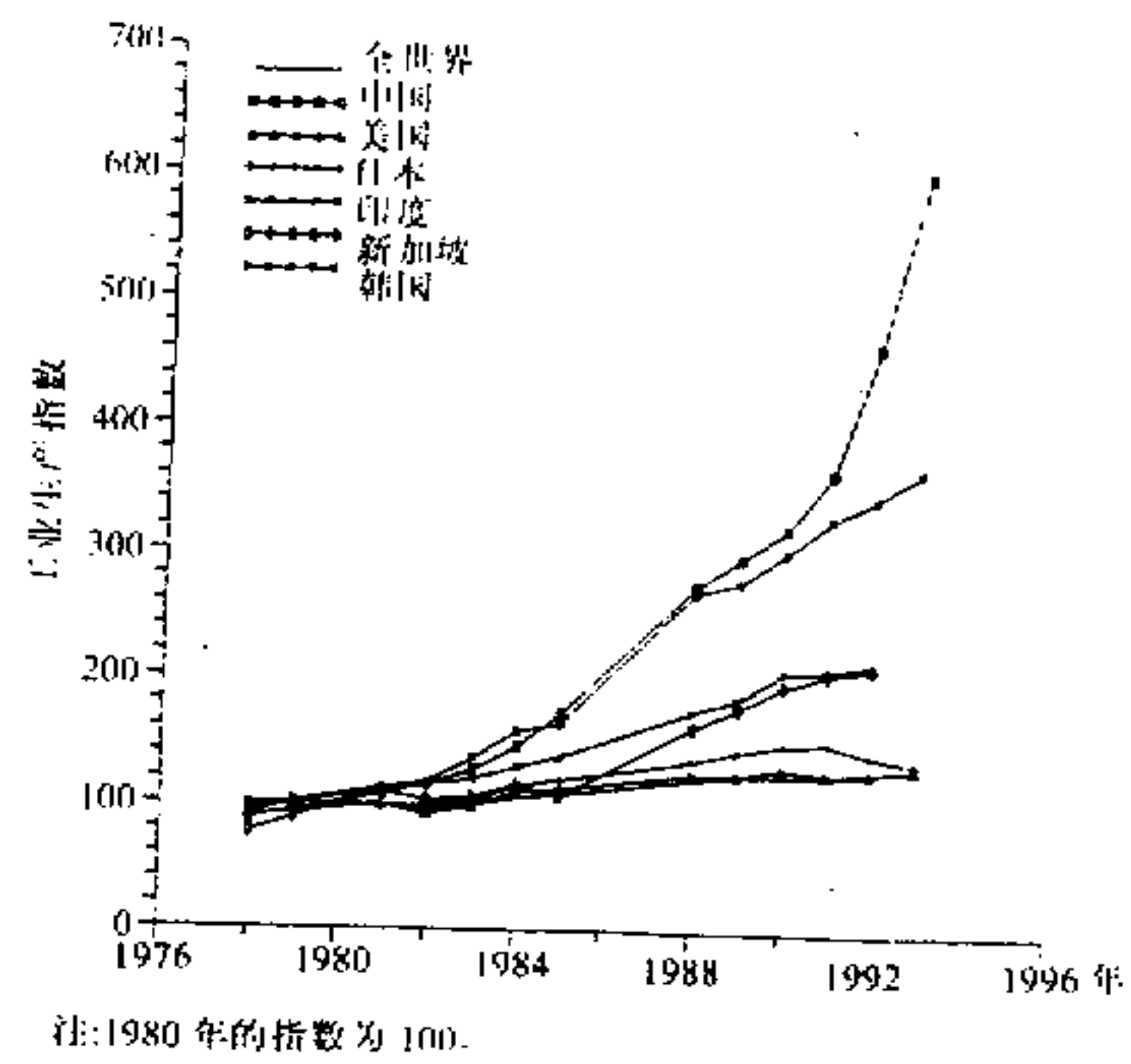


图 13 五个亚洲国家及美国和全球平均的工业生产指数变化

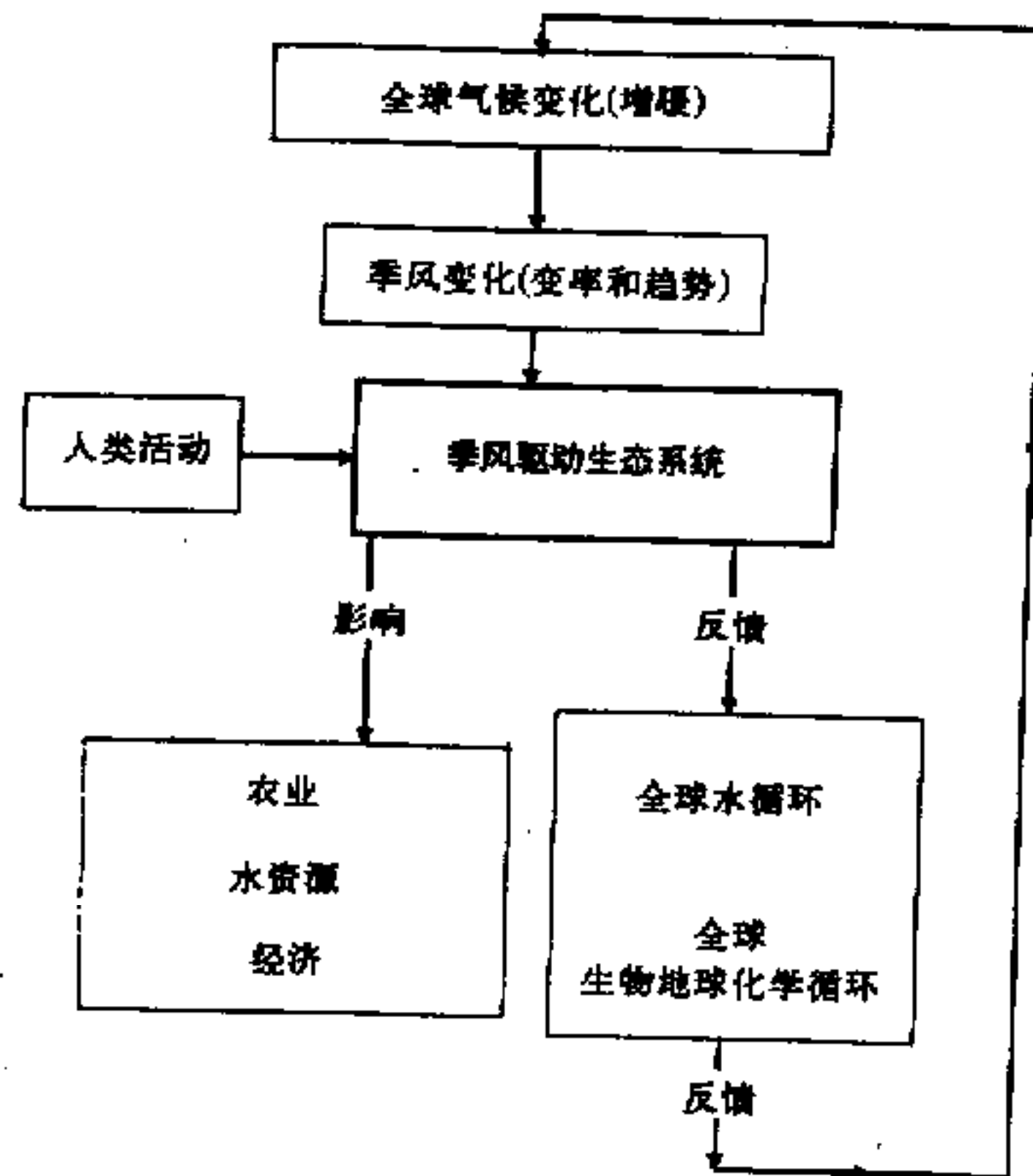


图 14 季风系统集成研究的建议框架

环流形势的作用大于区域尺度。

我们认为,为提高季风系统模拟的水平,对亚洲季风区大气圈-生物圈相互作用的进一步研究是一个关键。亚洲从南到北,分布着热带雨林、热带季风雨林、亚热带季风常绿阔叶林、落叶阔叶林、针阔混交林、寒温带针叶林,还有大片的草地和不同类型的耕地。这些生态系统对季风系统中的水分和生物地球化学循环过程起着十分重要的作用,而这些过程又强烈地影响着季风系统的形成和变化。另一方面,亚洲季风气候表现为不同时间尺度上的大的变化速率,如:季节突变,大的年际变率,明显的气候阶段和它们之间转变的突变性。这些特征强烈地驱动着生态系统的变化。由此可见,季风区域内生态系统的变化与季风气候的变化密切相关,这就是我们所说的新概念——“季风驱动生态系统”。这种季风驱动的生态系统对季风气候又有着明显的反馈作用。季风系统的集成分析不仅应包括季风的物理过程,还应包括生物过程(即季风驱动的生态系统)。为提高对整个季风及其在大尺度强迫(如温室气体和硫化物气溶胶)作用下的变化的模拟能力,从而为区域影响的评估模式提供较好的输入量,要求我们努力研究亚洲季风系统中大气圈与生物圈之间的相互作用。图 14 给出了季风系统集成研究的建议框架,它包含了如下 6 个主要的科学问题:

- (1) 季风系统是如何驱动生态系统的?
- (2) 季风驱动的生态系统的历史表现、变率和突变性如何?
- (3) 季风驱动的生态系统是怎样去响应全球变化的?
- (4) 季风和季风驱动的生态系统在全球变化中起着怎样的作用以及它们的反馈作用如何?
- (5) 人类活动如何调节气候与生态系统的相互作用,特别是在改变土地利用的类型方面?
- (6) 季风气候的变化如何影响水资源、农业和自然生态系统?

亚洲全球变化影响的另一个主要议题是土地利用和土地覆盖的变化(LUCC)。作为世界上人口最多的地区,由于工农业和城市化的迅速发展以及人口增长,亚洲人类活

动的主要方式是改变土地使用的类型,由此影响了区域和全球的环境。所以,从物理和生物地球化学过程上研究亚洲地区的土地利用/覆盖状况变化对区域和全球气候的影响及其反馈作用,已经成为亚洲地区 IGBP 和 HDP 计划的又一主要的科学问题。图 15 为土地利用/覆盖状况变化研究的建议框架,它包含了如下 6 个主要的科学问题:

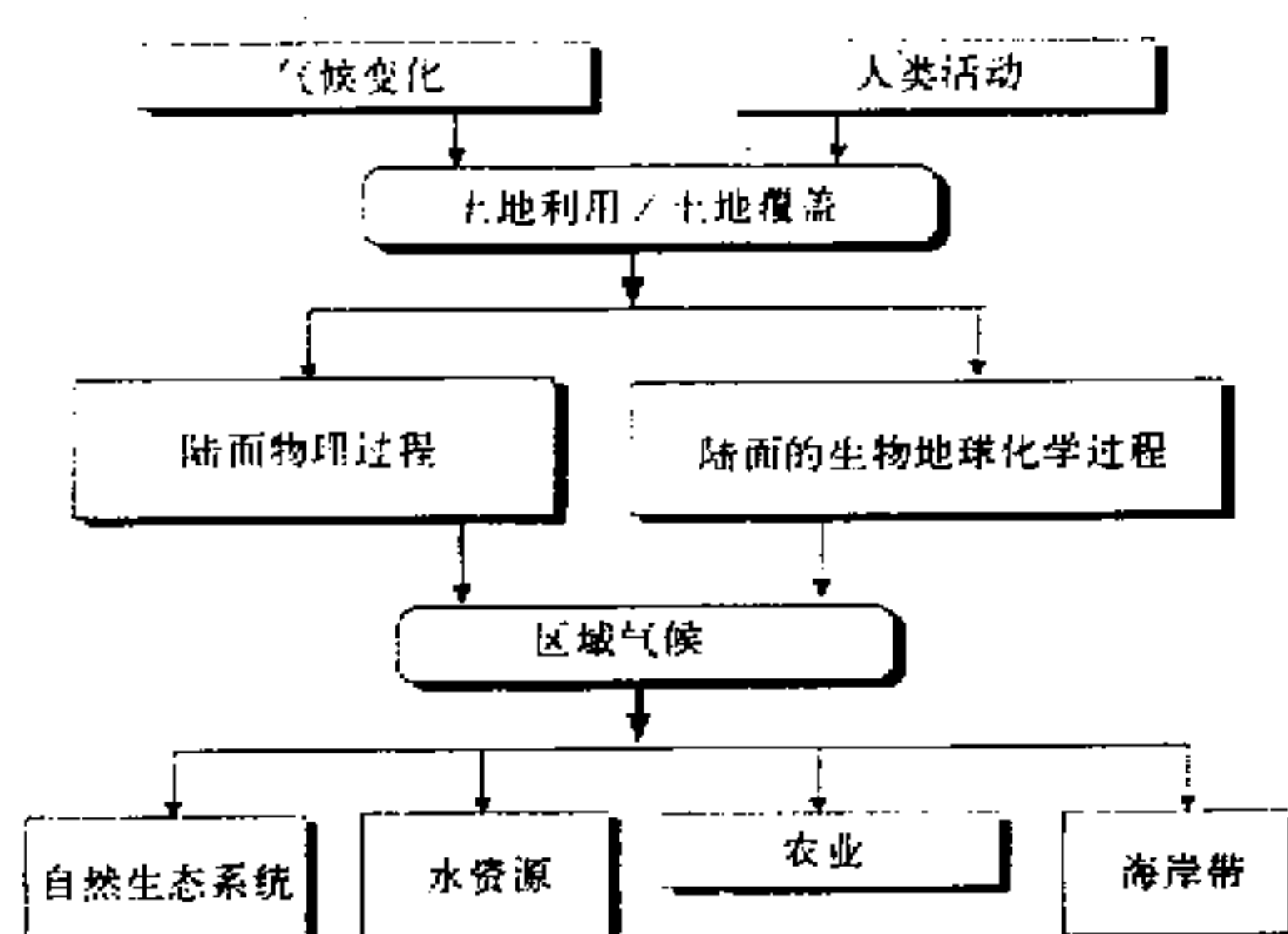


图 15 全球变化中土地利用/覆盖状况变化研究的建议框架

- (1) 亚洲地区的土地利用/土地覆盖的变化是怎样的,特别是发生在生态系统过渡带(如:半干旱地区)

的变化?

- (2) LUCC 的驱动因子是人类活动, 还是自然过程?
- (3) LUCC 对陆面过程 (物理过程和生物地球化学过程) 的影响如何?
- (4) 陆面过程对区域气候及全球变化的反馈作用?
- (5) 人类预测 LUCC 的未来变化及其对季风系统的影响的能力?
- (6) 人类社会改变区域环境、减少负影响的能力?

1995 年 10 月, 国际全球变化分析、研究和培训系统 (Global Change System for Analysis, Research and Training, START), 正式在中国科学院建立了 START 东亚区域研究中心。它的任务就是组织协调东亚地区全球变化的研究, 培养多学科交叉集成分析、模拟研究的科学家和高级管理人才, 为区域各国政府在资源、环境和社会协调发展等重大问题上提供科学的决策依据。它的成立必将进一步推动中国和亚洲地区全球变化的研究。

参 考 文 献

- 1 Marland, G.R., Andres, J. and Boden, T. A., 1994, *Global, regional and national CO₂ emissions*, pp505-584 in Boden, T. A., Kaiser, D. P., Sepanski, R. J. & Stoss F. W. (eds.), *Trends'93: A compendium of data on global change*, ORNL / CDIAC-65, Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tenn., USA.
- 2 UNEP, 1991, *Environmental Data Report*, 3, 1991 / 1992, Alden Publish, 408pp.
- 3 Hulme, M., Wigley, T., Jiang, T., Zhao, Z.C., Wang, F.T., Ding, Y.H., Leemans, R. and Markham, A., 1992, *Climatic change due to greenhouse effect and implication for China*, Banson Production, 57pp.
- 4 IEA, 1995, *World Energy Outlook*, 1995 Edition, quoted from *Global Environmental Change Report*, 7, No. 8, Published by Cutter Information Corp., USA, 3p.
- 5 Akimoto, H. and Narita, H., 1994, Distributions of SO₂, NO_x and CO₂ emission from fuel combustion and industrial activities in Asia with 1° × 1° resolution, *Atmos. Environ.*, **28**, 213~225.
- 6 Huang, M.Y., et al., 1996, Modeling studies on sulfur deposition and transport in East Asia, *Water, Soil and Air Pollution*, **85**, 1. (in press)
- 7 Charlson, R.J., Schwartz, S.E., Hales, J.M., Cess, R.D., Coakley Jr., J.A., Hansen, J.E. and Hofmann, D.J., 1992, Climate forcing by anthropogenic aerosols, *Science*, **255**, 423~430.
- 8 Charlson, R.J., Langner, J., Rodhe, H., Leovy, C.B. and Warren, S.G., 1991, Perturbation of Northern Hemisphere radiative balance by backscattering from anthropogenic sulphate aerosols, *Tellus*, **43A-B(4)**, 152~163.
- 9 Galloway, J.N., Schlesinger, W.H., Levy II, H., Michales, A. and Schnoor, J.L., 1995, Nitrogen fixation: anthropogenic enhancement - environmental response, *Global Biogeochemical Cycles*, **9**, 235~252.
- 10 EPA, 1990, *Policy options for stabilizing global climate*, report to Congress, ed. Daniel A. Lashof & Dennis A. Tirpak, Climate Change Division (PM-221), Office of Policy Planning and Evaluation, U.S. Environmental Protection Agency.
- 11 WRI, 1991, *World resources 1990~1991*, edited by A.L. Hammond.
- 12 Grubler, A., 1994, *Human Driving Force: Technology*, in *Change in Land Use and Land Cover, A Global Perspective*, edited by Meyer, W. & Turner II, B., Cambridge University Press, 287~328.
- 13 Williams, M., 1994, *Changes in land use and land cover, forest and tree cover*, in *Change in Land Use and Land Cover, A Global Perspective*, edited by Meyer, W. & Turner II, B., Cambridge University Press, 97~124.
- 14 Graetz, D., 1994, *Changes in land use and land cover, grasslands*, in *Change in Land Use and Land Cover, A Global Perspective*, edited by Meyer, W. & Turner II, B., Cambridge University Press, 125~147.
- 15 Douglas, I., 1994, *Changes in land use and land cover, human settlements*, in *Change in Land Use and Land Cover*,

- A Global Perspective*, edited by Meyer, W. & Turner II, B., Cambridge University Press, 149~169.
- 16 UN, 1993, *UN World urbanization prospects*, the 1992 revision, New York.
- 17 IPCC, 1992, *Climate Change*, the supplementary report to the IPCC Scientific Assessment, edited by Houghton, J.T., Callender, B.A. and Varney, S.K., Press Syndicate of the University of Cambridge, 200pp.
- 18 Fu, C.B., 1994, *An aridity trend in China in association with global warming*, in *climate biosphere interaction: biogenic emissions and environmental effects of climate change*, edited by Richard, G. Ztpp, John Wiley and Sons. Inc., 1~17.
- 19 An, Z.S., 1990, Paleo-environment change in China in last 20000 years, in: *Loess-Quaternary Geology-Global Change*, edited by Liu, D.S.

Global Change in Aisa

Fu Congbin and Huang Yan

(*START Regional Research Centre for Temperature East Asia, Institute of Atmospheric Physics,
Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029*)

Abstract This paper presents the major changes in Asia caused by the global change in this century, especially in the recent decades, and analyses the major forcing factors that is responsible for the changes, particularly the anthropogenic actions and changes of Asia monsoon relating to the global climate change. The potential changes in Asia in the next 20~50 years are projected based on the results of General Circulation Models (GCMs) under the global warming, and in the meantime, the paper also points out that the uncertainties exist in the simulation and assessment of GCMs on the regional scale. The paper further proposes that the study of atmosphere-biosphere interactions in Asia monsoon system and Land Use / Cover Changes in Asia be incorporated in the IGBP endeavor in Asia and linked with core projects within IHDP, IGBP and WCRP.

Key words Asia global change