

文章编号 :1001-8166(2006)02-0111-09

中国土地利用/覆盖变化的生态环境安全响应与调控^{*}

史培军^{1,2},王静爱^{1,3},冯文利¹,叶 涛²,葛 怡²,陈 婧²,刘 婧²

(1. 北京师范大学环境演变与自然灾害教育部重点实验室 北京 100875 2. 北京师范大学资源学院灾害与公共安全研究所 北京 100875 3. 北京师范大学地理学与遥感科学学院 北京 100875)

摘要 中国从 20 世纪 70 年代末实施了前所未有的改革开放政策,巨大的境外投资、有偿转让使用与土地联产承包政策在广大城乡的推行,引致了快速的城市化与经济增长过程,城市化水平增长 15%,GDP 平均每年增长超过 9%,城市化土地面积增长 2%。与此相应,严重的生态环境灾害相继发生,1994 年淮河特大污染事件,1997 年黄河断流 227 天,1998 年发生长江、嫩江流域特大水灾;2000 年发生严重影响中国首都北京及韩国、日本的 12 次沙尘暴,2004 年,淮河流域再次发生严重污染事件。综合分析表明,土地利用/覆盖格局的巨大变化、城市化过程的加速、乡镇企业的迅猛发展成为其主因。一些案例研究表明,重建生态环境安全条件下的中国土地利用/覆盖格局,制定与生态环境安全水平友好的国家土地利用政策,不仅有利于改善中国生态环境安全水平,还将促进其可持续发展,并有益于亚洲及世界生态环境的改良。

关键词 土地利用/覆盖变化,生态环境安全,土地利用政策调整,中国

中图分类号 X144 文献标识码 A

在全球环境变化的人类因素(IHDP)计划中,土地利用/覆盖变化的生态环境效应,受到广泛关注^[1],已有的研究结果表明,土地利用/覆盖变化不仅改变地表地球物理参数,诸如反照率、热容量,而且还深刻地影响着地表氮储量及其空间分异规律,进而影响着地球气候的变化,特别是全球变暖的过程与速度^[2]。引起土地利用/覆盖变化的驱动力主要来自于人类自身,特别是由于人口的增加,城市化进程加快,经济发展与社会转型^[1],新技术的广泛应用,特别是产业技术进步,亦成为影响土地利用/覆盖变化的重要原因。除此以外,国家和地区的经济和社会制度的变迁,在某种程度上,从根本上决定着对土地系统的利用效率与效益。由 IGBP 与 IHDP 共同形成的旨在整合 LUCC 与 GCTE 为一的土地系统计划(GLP)^[3],则把关注的焦点集中在

土地利用/覆盖变化的生物地球化学过程,及其对生态系统服务功能的影响机制的深刻理解等方面。本文在剖析一些关于土地利用/覆盖变化的生态环境效益之案例基础上,总结了近 50 多年来,特别是近 30 年来,中国采取改革开放政策,实施土地使用制度改革所引致的快速城市化与经济增长过程,以及与此相应,严重的生态环境灾害相继发生的情景,通过时间序列与空间格局相对应的分析,揭示了以土地利用/覆盖变化为标志的人类活动对生态环境的影响机制,并进而提出改进这一影响机制的政策建议,以及调整 GLP 研究焦点领域的建设。

1 中国土地利用/覆盖变化重建

中国是一个山地丘陵比例较大的、深受季风气候影响的国家。依据统计,全国山地、丘陵、高原、平

* 收稿日期 2005-12-20,修回日期 2006-01-09.

* 基金项目:国家自然科学杰出青年基金项目“综合自然地理学”(编号 40425008)资助。

作者简介:史培军(1959-),男,陕西靖边人,教授,主要从事环境演变与自然灾害研究。E-mail:spj@bnu.edu.cn

原和盆地的面积占国土面积的比例分别为 33.3%、9.90%、26.04%、11.98% 和 18.75%^[4]。全国面积广大的东部地区受亚洲东南季风气候的影响,夏季 6、7、8 三个月的降水量约占全年的 70% 以上;冬季风强盛时覆盖大半个中国。在东南沿海地区受台风影响频繁,平均每年约 6~7 个台风登陆,频发年份可达到 10 个左右;在广大西北、华北及东北地区深受冬季寒潮大风的影响,平均每年约有 3~5 次沙尘暴影响,严重年份沙尘暴次数可达到 10 次以上;在海拔 3 000 m 以上的青藏高原除受高原季风影响外,近年来受到高原臭氧层变薄的影响,高原增温趋势明显,严重影响到高原生态系统的发育,普遍出现冻土层融化和湖泊退缩现象。中国热带、亚热带、暖温带、温带、寒温带、青藏高寒区的面积分别占国土面积的 1.7%、25.7%、19.2%、26.3%、1.2%、25.9%。湿润区、半湿润区、半干旱区、干旱区的面积分别占国土面积的 32.0%、15.0%、22.0%、31.0%^[5]。在上述区域气候差异的影响下,剧烈的人类活动使全国土地利用与覆盖趋于复杂化,且发生了明显的变化。

恢复与重建中国土地利用变化需要做大量的工作。由于受可用资料的限制,本文就耕地、林地、草地、湿地、建设用地及未利用地的变化进行重建,且以 1949 年以来的 50 多年为主,略及历史不同时期。

1.1 耕地变化

赵松乔^[6]利用历史文献资料恢复和重建了中国农业开发区的扩展情况,从中可以看出:从公元前 11 世纪开始,以中原地区为中心,土地农业开发向北、向南和向西逐渐推进,到 19 世纪末,中国近半个疆域的国土均被开发利用,土地覆盖格局已由不同气候带下的自然植被转变为生产力不同的农业植被或以农业植被与次生林灌植被组成的复合覆盖类型。据初步统计,仅耕地所占国土面积的比例,从公元前 221 年的 0.63% 增加到 1949 年的 10.2%;整个国土的 64.15% 的面积被各类农业用地所占据,其中耕地占 10.20%,园地占 0.34%,林地占 13.02%(有林地为 8.63%),牧草地占 40.83%(已利用草地为 27.78%)。

据国家统计局资料,从 1949 年以来,中国的耕地面积到 20 世纪 50 年代中期,仍处在波动中增长的趋势,于 1956 年和 1957 年达到最高,总量为 111.8 万 km²,约占国土总面积的 11.7%。从此期以后,处在波动中下降的过程,到 1996 年,耕地面积为 94.9 万 km²,占国土面积的 9.9%。然而由于统计

数据存在着地方统计技术的限制,甚或因需缴纳农业税和彰显农业生产成就等原因,一些部门和相关学者对中国耕地面积从 1957 年以来波动中下降的认识,有不同的看法。据国土资源部的测量资料(即土地详查资料),到 1996 年末,全国耕地面积为 130.03 万 km²,占国土面积的 13.55%^[7]。这一数据比同期统计数据高出 35.13 万 km²,即占国土面积的 3.65%。与此同时一些科学研究单位,也对中国耕地面积进行了遥感测量,得到了一些数据^[8],其中中国科学院综合考察委员会的结果为 135.60 万 km²,占国土面积的 14.13%;中国科学院地理科学与资源研究所的结果为 136.40 万 km²,占国土面积的 14.21%(20 世纪 80 年代末期数据)。从 2001 年起,国土资源部在当年的中国国土资源公报上,公布耕地面积,即 2001—2004 年,分别为 127.60 万 km²、125.93 万 km²、125.39 万 km² 和 122.44 万 km²,占国土面积的比例相应为:13.29%、13.12%、13.06% 和 12.75%。由此可以认为,中国耕地面积从 1949 年占国土面积的 10.2%(如果 1949 年的面积可比的话),到 20 世纪 80 年代末期的 14.13%,达到峰值后,从 20 世纪 90 年代初期开始减少,1996 年为 13.55%,2004 年为 12.75%。据此,原来所依据统计数据得出的结论,即到 20 世纪 50 年代中后期达到峰值后就逐年下降的情景是不准确的,而应从 1949 年开始,中国耕地在波动中增加,到 20 世纪 80 年代末期达到峰值,此后开始波动下降。这就将中国耕地的峰值从原来确定的 20 世纪 50 年代中后期向后移了 30 年。这一结果对解释为什么从 20 世纪 90 年代开始,中国生态环境安全问题已达到极为严峻的程度,一系列的生态灾难相继发生,有着极为重要的意义。

1.2 林地变化

据国家统计局的数据,中国林地面积 1949 年为 125.0 万 km²,占国土面积的 13.02%,其中有林地面积(郁闭度为 0.3 以上的林地)为 82.8 万 km²,占国土面积的 8.63%,到 1990 年分别为 195.4 万 km² 和 124.0 万 km²,分别占国土面积的 20.35% 和 12.99%。据国家林业局的森林普查资料(约 5 年左右普查一次),即 20 世纪 70 年代中期森林面积约为 120.0 万 km²,70 年代末期森林面积约为 115.0 万 km²,80 年代中期森林面积约为 119.0 万 km²,80 年代末期森林面积约为 125.0 万 km²,90 年代中期森林面积约为 135.0 万 km²,90 年代末期森林面积约为 159.0 万 km²,21 世纪初期森林面积约为 175.0

万 km^2 ,相应森林覆盖率分别为 12.70%、12.00%、12.36%、12.98%、13.92%、16.55% 和 18.21%。20世纪 80 年代末期开始,中国政府实施了长达 70 年的“三北(华北、东北、西北)防护林工程”的建设,因此,从 20 世纪 80 年代初开始,“三北防护林工程”第一阶段第一期工程开始实施,这也是从 1980 年以来,森林覆盖率增加的一个重要原因。由此可以看出,如果与 1949 年的数据进行比较,中国森林覆盖率由 1949 年的 8.67% 开始逐渐增长,到 1975 年前后达到 12.7%,此后又出现下降,到 1995 年前后恢复到 12.98%,即用了近 20 年的时间,使全国森林覆盖率达到 20 世纪 70 年代中期的水平。

1.3 湿地变化

中国湿地面积的统计近年备受重视。此前通常用水域面积来表达。自从加入世界湿地保护公约后,国家高度重视对湿地的调查、研究,并开始采取措施(退垸还湖、退耕还滩涂等),加强对湿地的保护,以缓解日益严峻的水灾和面源污染,提高湿地对水灾的缓解能力,以及对面源污染的净化能力。据国家统计局统计,1949 年全国水域面积为 22.5 万 km^2 ,占国土面积的 2.35%;到 1990 年水域面积为 34.1 万 km^2 ,占国土面积的 3.55%,另据中国科学院地理科学与资源研究所的测量结果,1990 年前后,中国水域和湿地面积为 34.7 万 km^2 ,约占国土面积的 3.62%(这一数据比国家统计局的水域面积略高,主要是包括了海岸及滩涂的面积)。1996 年,全国土地利用现状调查的水域面积的结果约为 38.4 万 km^2 ,占国土面积的 4.00%。2001 年,国土资源部的中国国土资源公报上公布了当年全国的水域面积约为 22.0 万 km^2 (其中水库等水利设施占 5.7 万 km^2),占国土面积的 2.29%。由此可以看出,尽管 1998 年长江流域大洪水后,中央政府采取了有效的“退垸还湖”政策,以及海岸带缓解了开发海岸滩涂的进度,但就全国来说,湿地和水域的面积仍处在局部恢复,整体减少的局面,这就是近年洪水灾情加剧的一个重要原因。

1.4 草地变化

由于近年北方沙漠化的扩展,使人们开始关注广大草地面积的变化情况,但因对草地和草原面积的理解、认识以及在测量技术上的困难,中国草地面积的变化情况,只是仍处于粗略了解的状况。根据国家统计局的资料,1949 年全国牧草地约为 391.2 万 km^2 ,占国土面积的 40.83%,其中已利用草地为 26.7 万 km^2 ,占国土面积的 27.78%。据中国科学院

地理科学与资源研究所测量,到 1990 年牧草地面积为 338.6 万 km^2 ,占国土面积的 35.28%,其中已利用草地为 22.4 万 km^2 ,占国土面积的 23.37%。另据全国农业统计资料,1949 年全国牧草地为 266.7 万 km^2 ,占国土面积的 27.78%,据全国土地利用现状调查结果,1996 年全国牧草地面积为 266.1 万 km^2 ,占国土面积的 27.72%。据此,近 50 年来全国牧草地面积的变化并不明显。依据国土资源部中国国土资源公报的数据,2001—2004 年全国牧草地面积分别为:263.9 万 km^2 、263.5 万 km^2 、263.1 万 km^2 和 262.7 万 km^2 ,分别占国土面积的 27.49%、27.45%、27.41% 和 27.35%。由此可见,中国牧草地的面积变化并不明显,主要是牧草地,特别是天然草地的质量变化比较明显,据内蒙古草地的观测结果^[9],草群高度、盖度和牧草产量都明显下降。

1.5 建设用地变化

建设用地近年增加较快,随着城市化的加速和国家骨干重点工程的建设(如道路、港口、机场、工矿企业等),建设征用大量农用地。据陈百明^[8]的资料整理,1949 年和 1996 年全国城乡居民用地分别为 4.73 万 km^2 、24.07 万 km^2 ,分别占国土面积的 0.05% 和 2.51%,近 50 年增加了 5 倍。交通用地 1949 年和 1996 年分别为 2.00 万 km^2 、5.46 万 km^2 ,分别占国土面积的 0.02% 和 0.06%。就全国建城区面积的变化看,据国家建设部统计资料,1952 年为 3 873 km^2 ,1957 年为 5 633 km^2 ,1978 年为 7 438 km^2 ,1985 年为 9 522 km^2 ,1994 年为 17 940 km^2 ,1996 年为 20 214 km^2 ,1996 年建城区面积占国土面积的 0.20%。另据国家统计局资料,1949 年全国建设用地(城乡居民及工矿用地、交通用地)为 6.73 万 km^2 ,占国土面积的 0.70%;1990 年为 32.8 万 km^2 ,占国土面积的 3.42%。1990 年,中国科学院地理科学与资源研究所的测量结果为:全国建设用地总面积为 32.40 万 km^2 ,占国土面积的 3.38%。另据 1996 年全国土地利用现状调查结果,全国建设用地面积为 29.54 万 km^2 ,占国土面积的 3.08%。据国土资源部中国国土资源公报,2001—2004 年全国建设用地面积分别为:30.68 万 km^2 、30.73 万 km^2 、31.02 万 km^2 、31.55 万 km^2 ,分别占国土面积相应为 3.10%、3.20%、3.24% 和 3.29%。

1.6 未利用地变化

据国家统计局资料统计,未利用地面积 1949 年与 1990 年分别为 314.9 万 km^2 、256.1 万 km^2 ,分别占国土面积的 32.8% 和 26.68%。据中国科学院地

理科学与资源研究所的测量结果,1990 年全国未利用地为 215.10 万 km²,占国土面积的 22.40%^[5]。

综上所述,我们给出中国土地利用在最近 55 年的变化情况(表 1)。

表 1 1949—2004 年中国土地利用/覆盖变化情况表
Table 1 Land use/cover changes in China(1949-2004)

年份	数量 类型	耕地	园地	林地	草地	水域	建设用地		未利用地 (其他土地)	
							城乡居民、 工矿用地	道路		
1949 年	面积 (万 km ²)	97.90	1.07	125.0	391.2	22.50	4.73	2.00	6.73	315.6
	%	10.20	0.11	13.02	40.75	2.34	0.49	0.21	0.70	32.88
1985 年	面积 (万 km ²)	125.18	6.00	196.55	261.09	35.96	19.87	7.21	27.08	308.14
	%	13.04	0.63	20.47	27.20	3.75	2.07	0.76	28.03	32.08
1996 年	面积 (万 km ²)	130.04	10.02	227.61	266.07	38.40	24.08	5.47	29.55	258.31
	%	13.55	1.04	23.71	27.72	4.00	2.51	0.57	3.08	26.91
2004 年	面积 (万 km ²)	122.44	36.82	235.05	262.71	38.48	25.73	5.82	31.55	233.05
	%	12.75	3.84	24.48	27.37	4.01	2.68	0.61	3.29	24.26

1. 1949 年的数据中 林地包括有林地和未成林造林地 草地包括已利用草地和天然可利用草地
2. 2004 年的数据中 园地中包括各种经济园林(如中药园) 居民点及工矿用地包括水利设施用地(水电厂等)
3. 本表中的林地包括了郁闭度 0.3 以下的未成林造林地 ,其面积一般大于林业部门的森林覆盖度(如 2004 年的森林覆盖度为 18.21 对应的森林面积为 175.0 万 km²)

从表 1 中可以看出,中国最近 55 年来,土地利用/覆盖变化的总体特征是 耕地在 20 世纪 90 年代中期达到峰值后开始逐年减少,林地在缓慢地增长,每年约为 0.2 个百分点。草地面积变化较少,但草地质量变化较大,退化草地的各种植被指标均明显下降,其中地上生物量下降幅度可达到未退化草地的 10 倍左右;水体面积缓慢增长,55 年来,每年增加约 0.03 个百分点,这主要与人工水库的增加和近年加大湿地保护和退垸还湖的力度有关。建设用地 55 年来每年增加 0.05 个百分点。从绝对增幅来看,55 年中耕地增加了 25%,林地增加了 88.2%,草地减少了 1.48%,水域增加了 71.36%,城乡居民及工矿用地增加了 3.47 倍,道路增加了 2.7 倍,未利用或其他用地减少了 26.2%。由此可以看出城乡居民及工矿用地增幅最大,依次为道路用地、林地、水域和耕地,未利用地减幅最大,其次为草地。

2 中国生态环境问题的演变

中国目前面临的主要生态环境问题是土地退化、环境污染、生物多样性衰减和自然灾害加剧。其中土地退化主要包括水土流失、风蚀沙化、草场退化和次生盐渍化。环境污染主要表现为大气污染(包括酸雨问题)、水污染(包括赤潮)、固体废弃物污染

(包括卫生医疗废物污染和核辐射污染),生物多样性衰减主要表现为特有的物种的减少或灭绝;自然灾害加剧主要表现为对突发性的地震、台风、洪水、风暴潮等自然灾害的脆弱性增加,高风险区面积的扩展等。

2.1 土地退化

据水利部资料统计,全国水土流失面积 1973 年为 117.7 万 km²,占国土面积的 12.3%,1990 年为 179.4 万 km²,占国土面积的 18.69%,1996 年为 182.7 万 km²,占国土面积的 19.00%,2000 年为 165.0 万 km²,占国土面积的 17.19%。

由此可见,到 20 世纪 90 年代的中期,水土流失面积达到峰值,这与耕地面积达到峰值、林地面积恢复到 20 世纪 70 年代中期的时段正好相对应,可见大面积坡度在 15° 以上的坡耕地与严重的水土流失有着不可分割的联系。也正是在此峰值后一年,发生了黄河断流 227 天的生态灾难事件;在此峰值后 2 年,发生了长江中下游地区、淮河下游、嫩江流域严重的洪涝灾害。此期间从降水量的角度看,整个北方(包括黄河流域在内) 正处于干旱时段^[10]。因此,严重的水旱灾害其背后的根源除与降水量减少有关外,还与水土流失严重有密切关系,即黄河断流主要与气候干旱和水土流失相关,而长江流域、淮河流

域、嫩江流域大洪水则与水土流失直接相关。此外就全国的角度看,从20世纪70年代中期到20世纪90年代中期,耕地面积的逐渐扩大,与此期间全国性的水土流失增加有着密不可分的关系,即从1973年到1996年,水土流失面积占国土面积的比例增加了6.7个百分点,即1996年的水土流失面积比1973年的水土流失面积增加了55.23%;同期耕地面积增加了29.78%。

根据原中国科学院兰州沙漠研究所,以及中国林业勘察规划院的调查,中国沙质荒漠化土地虽然局部有所控制,但整体仍显示出增加的趋势。20世纪70年代,全国土地沙化扩展速度为 $1\text{ 560 km}^2/\text{a}$,20世纪80年代为 $2\text{ 100 km}^2/\text{a}$,20世纪90年代前期为 $2\text{ 400 km}^2/\text{a}$,20世纪90年代后期为 $3\text{ 436 km}^2/\text{a}$ 。从20世纪70年代开始,特别是从1980年开始,广大北方处在干旱化阶段,人类活动(不合理放牧、开垦、樵采等)正是2000年爆发全国性的严重沙尘暴灾难的重要原因。截止目前,沙化土地面积约为100万 km^2 ,占国土面积的10.42%。据国家林业局的报告,到2004年公布全国森林覆盖率达到18.20%时,中国沙漠化土地扩展的势头已有所控制。对应此期间北方正处于干旱化时段,则这一期间的沙化加速扩展的控制,与全国实施的“三北”防护林工程、防治荒漠化工程、京津沙源治理工程有着密切的关系。但值得重视的是从1980年开始的干旱化阶段至今仍未结束,因此,控制沙漠化土地的扩展仍是一项十分艰巨的生态建设任务。

草场退化与水土流失和沙漠化均有一定的联系。据内蒙古大学和中国农业科学院草原研究所统计,20世纪70年代中期,退化草场面积占到草场面积的15%;20世纪80年代,退化草场面积达到62.29万 km^2 ,占国土面积的6.49%,占到草场面积的30%以上;20世纪90年代,退化草场面积达到87.01万 km^2 ,占到国土面积的9.06%,占到草场面积的50%以上;到21世纪初期,退化草场面积已占到草场面积的90%以上。退化草场面积的增加,以及退化草场面积比例的增加,既与此期间的干旱化气候有关,更与草原地区严重过牧密不可分,在一些人工围封的草场和天然草场,草地质量相对20世纪70年代早期没有明显变化的事实证明,草场退化的主要原因还是草原过牧。1947年内蒙古每只绵羊单位占有草场 4.1 hm^2 ,到1965年此值仅为 0.97 hm^2 。

中国盐渍化土地与气候干旱化有着密切关系,亦与广大北方^{无方数据}农业灌溉面积的扩大有关。20世纪

70年代全国盐渍化面积为26.67万 km^2 ,约占国土面积的2.78%,到80年代为36.93 km^2 ,约占国土面积的3.85%;到1985—1996年,新疆盐渍化面积占耕地面积的比例已达29.2%,华北地区这一比例为16.7%,黄土高原为8.1%,东北地区为7.5%,华南地区5.1%,长江中下游地区为3.7%,西南地区为0.1%。与1975—1979年期间相比,新疆减少了2.4%,东北地区减少了0.2%,其余地区均为增长趋势,其中黄土高原、华南地区增加了1.5%,长江中下游地区增加了0.8%,华北地区增加了0.6%,西南地区增加了0.1%。盐渍化土地的增加虽然在不同地区其主因有别,但气候的干旱化是主要原因,其次为灌溉引起的排灌不畅或农业措施不当,特别是在干旱、半干旱地区,在低湿盐渍地(湿地)进行不合理的开荒,是引起土地盐渍化的重要原因。此外,地下水超采,亦可形成盐渍化。到2002年,海河平原地下水已累计超采900亿 m^3 ,形成地下水漏斗面积约2万 km^2 。

2.2 环境污染

中国的环境污染已从陆地蔓延到近海水域,从地表水延伸到地下水,从一般污染物扩展到有毒有害污染物,已经形成点源与面源污染共存、生活污染和工业排放叠加、各种新旧污染与二次污染相互复合的态势。在区域和流域范围(特别是长江、珠江三角洲以及环渤海地区)已出现大气、水体、土壤污染相互作用的格局,对生态系统、食品安全、人体健康构成了日益严重的威胁,每年由于环境污染造成的经济损失相当于GDP的3%~8%。

水体污染物排放量大大超过水体承载力,已进入富营养化阶段。2003年,全国七大水系409个监测断面,仅38%符合三类水以上水质标准,可作为集中式饮用水源,劣五类水质占30%,属严重污染,有的基本丧失使用价值,90%流经城市的河段受到严重污染,大部分湖泊氮、磷含量严重超过地面水质标准,在东部和西南地区被调查的200多湖泊中,有80%富营养化,水生生态系统全面退化,全国近一半的城镇饮用水源地水质不符合标准,农村尚有3.6亿人喝不上符合标准的饮用水,近岸海域超四类海水水质占26.5%,已不适于作为工业和港口用水。由于工业废水的违规排放,近年来各地水体污染事故不断出现,对人民健康和经济发展造成了十分严重的破坏性影响。

城市大气污染仍十分严重。2003年监测的340个城市中,空气质量良好、轻微污染和严重污染的分

别占 41%、32%、27%。空气严重污染的城市多为大型城市。经济快速发展的大中城市大气中出现二次污染,氮氧化物、臭氧和细颗粒物浓度显著提高,能见度明显下降;“看不见蓝天”已成为许多城市的共同忧患。2002 年二氧化硫排放量 1 995 万吨,居世界第一位,中国酸雨区约占全国面积的 30%;酸沉降、光化学烟雾、细颗粒物已经在城市密集地区构成严重的区域性污染;世界银行根据目前发展趋势预计,2020 年中国将为燃煤污染导致的疾病支付 3 900 亿美元的费用,约相当于当时 GDP 的 13%。

固体废弃物对大气、水体、土壤的污染日趋严重。2002 年中国生活垃圾清运量已达 1.36 亿吨,城市生活垃圾年增长率达 7%~10%,无害化处理率远远达不到要求。固体废弃物堆放量累计达 60 亿吨,垃圾围城现象极为普遍,持久性有毒有害化学品和危险废弃物污染的危害开始显现;电子废物,废旧电器、电池、汽车等将成倍增长;中国每年产生工业固体废物 9.5 亿吨,其中危险废物约 1 000 万吨,对生态与环境安全及人体健康造成极大的威胁。此外,随着核电的发展,核废料处理将成为越来越严重和棘手的环境与安全问题。

上述环境污染问题的形成,主要与近年来加速的工业化、城镇化进程有密不可分的关系。总体来看,从 20 世纪 90 年代以来,各种污染物排放量虽有增加,但增幅明显趋小,且与 GDP 相比,单位产值的排放量明显下降,但到 21 世纪以来,这一下降速度明显减缓。这就表明,加强治理污染的技术进步,实现零排放的目标仍然需要做更多的努力。

2.3 生物多样性衰退

初步统计,中国受到严重威胁的高等植物约占 1/5,在“国际濒危野生动植物种贸易公约”列出的 1 121 种世界性濒危物种中,中国有 190 种,外来物种入侵威胁生态安全,造成巨大的经济损失。生物多样性衰退与自然生态系统自然退化、人类活动的破坏有着密切的关系,其中土地利用方式与强度是造成这一变化的主要人为原因。

2.4 自然灾害灾情

中国自然灾害造成的损失近年仍显示缓慢的增长趋势。自然灾害造成的损失从 20 世纪 80 年代及 90 年代的前期 1 000 亿元左右,增加到 20 世纪 90 年代后期及 21 世纪初期的 2 000 亿元以上,这虽然与同期 GDP 的增幅基本相当,但自然灾害灾情所占 GDP 的比例呈波动中下降的趋势,进入 21 世纪则更加突出。^{万庄数据}自然灾害灾情的增加,除对高风险

区的开发外,一些经济高密度的三角洲地区、沿海经济快速发展地区,由于其对自然灾害的脆弱性水平较高,灾后恢复力城乡又显示出很大的差别。因此,如遇巨灾发生,将会造成重大的损失。低湿地不合理的围湖造田、滩涂不合理的围涂造地,以及坡耕地植被盖度减少、城镇化及工矿、道路占地比例的增加,都将大大增加了区域抵御地震、台风、洪水、风暴潮及沙尘暴,以及滑坡、泥石流、雪灾等自然灾害的脆弱性,因而亦可相对放大灾情。土地利用的城市化及其它建设用地的增加,还可通过增加地表径流系数,相对增加洪水期的径流量,进而加大洪峰流量和流速及缩短汇流时间^[11]。水土流失造成河流中下游地区河床、湖床的抬升,使自然水位上叠加了人为水位,进而使洪灾发生的频率增加,出现“小水大灾”的情况。在洞庭湖区,人为抬高湖泊水位可达到 2 m 左右,黄河下游的地上堤已高出两侧地面达 15~20 m 之高。因此,一旦遇到百年到 200 年一遇的洪水必将出现严重的洪水灾难,一旦垮堤则后果不堪设想。因此,中国自然灾害的高风险区在扩大,一些应对自然灾害脆弱的地区,面临严重的自然灾害的威胁。

3 探讨生态环境安全条件下的区域土地利用/覆盖格局

区域土地利用格局不仅影响上述生态环境问题,而且通过改变下垫面物理性质、生物地球化学性质(如碳储能力等)进而影响区域及全球的气候变化。因此,必须寻求生态环境安全、有利于控制全球变暖的土地利用格局,这对一个幅员面积近 1 300 万 km² 国土的中国来说,不仅有着自身实现可持续发展的重要意义,而且还对亚洲乃至整个世界产生深远影响。

3.1 调整土地利用格局 改变与提高生态系统的服务能力

我们利用遥感资料,测量了中国 20 世纪 90 年代的生态资产,从中发现由于近年中国政府所采取的一系列对退化生态系统恢复重建的措施,已初见成效^[12]。“三北”防护林体系的建设、退垸还湖、退耕还林(草)、退牧还草、京津风沙源治理、长江和黄河流域中上游水土保持工程、海防林的建设、天然林保护工程、防治荒漠化工程,以及进入 21 世纪以来启动的湿地保护工程、生物多样性保育及自然保护区建设工程,对遏制加剧的生态环境问题已起了重要的作用。所有这些工程实际上是一个涉及全国性

的土地利用格局的调整工程^[13]。根据我们在黄河内蒙古皇甫川流域(约3 700 km²)的实验^[14],在2000年现状土地利用格局下,所观测到的土壤侵蚀量为15 974.4 t/(km²·a),高出允许自然侵蚀临界值5 300 t/(km²·a)的10 974.4 t/(km²·a);对现状土地利用格局优化后,土壤侵蚀模数降低到9 868.0 t/(km²·a);再经过近15年的努力,进一步调整土地利用格局,优化生产结构,预计到2013年,全流域土壤侵蚀模数将下降到3 730.14吨,已明显低于允许侵蚀临界值。相应2000年的土地利用现状2013年的土地利用比例为林地比例由6.8%提高到14.0%,灌丛由34.23%提高到36.52%,草地由27.08%提高到36.02%,耕地由11.0%下降到9.75%水体几乎没有变化,城镇居民用地由0.09%提高到0.15%,裸砾砂岩由13.69%下降到0.69%,裸沙地由4.17%减少到0.0%对沙区土地利用格局的调整,亦能起到良好的控制风蚀沙化的效果。

3.2 提高对自然资源的利用效率与效益,建设资源节约型社会

中国人均水土资源不足,特别是人均耕地和人均淡水严重短缺,只占全世界人均水、土资源的1/4左右。近年来由于快速的经济发展和城市化进程加快,又出现了能源和原材料供应不足的局面,其中石油消耗近一半需要从国外进口。由于为了改善生态环境,对天然林区进行了保护,使木材和纸浆供应严重短缺,需要大量从国外进口。基于这一现实,早在20世纪90年代初期,中国科学界就建议中央政府对自然资源利用效率和效益予以提高,实施资源节约性的社会经济发展模式。目前,中央政府已把“建设资源节约型社会”写入国家经济与社会发展战略规划,并在全国范围内开始组织实施。为此,需要倡导“资源节约利用、资源再利用、资源循环利用”的循环经济模式。为了实现这一目标,必须制定严格的土地资源征收、征用作为建设用地的政策;水资源开采与利用的严格政策,加强国家自然资源高效管理的公有产权制度的改革步伐,明晰土地集体所有者、土地开发商和国家从土地开发增值中的合理分配比例。以此,从根本上建设资源节约型社会的制度保障。此外,大力发展战略的科学技术,通过降低生产单位产值的能耗、水耗、地耗和物耗的技术改进,实现从自然界“少索取,多产出”的新经济与社会模式。

3.3 协调自然资源与社会资本,寻求可持续发展模式

我们利用地面调查和遥感资料,以及统计资料,

分析了区域生态资产与国内生产总值间的关系。从中发现,在整个中国,生态资产短缺,其中广大东部地区成为生态资产严重短缺的地区,自然资本与社会资本严重失调。2000年,全国生态资产的总量为123 911.95亿元,与同期的GDP(97 209.3亿元)相比,是其值的1.275倍(Ps)^[15],这与Costanza等^[16]估计的1994年的全球Ps值1.833相比,1994年中国的Ps值为1.867,二者相当。然而,从GDP的同期增幅与生态资产的增幅的对比来看(Ps),生态资产的增幅均低于GDP的增幅,特别是广大东部地区的沿海各省,Ps值普遍小于1,上海仅为0.001,台湾0.051,天津0.090,北京0.139,江苏0.200,山东0.291,浙江0.416,广东0.475,辽宁0.580,河北0.619,仅广西、海南和福建三省区Ps值大于1,分别为2.934、2.534和1.008。由此可以认为,沿海要实现跨越发展的目标,就必须解决其严重的生态资产不足的问题。这就是我们所提出的实施在区域间生态资产有偿使用转让机制的重要依据。对于广大的西部地区来说,加强生态建设,其所形成的生态资产,从国家的角度,可以作为东部地区平衡其社会资本与自然资本不协调的重要措施,即东部社会资本丰富地区应从西部购买生态资产,这正好可以通过市场的机制,建立中央政府所倡导的东西部互补发展的可持续发展模式,这种模式的核心就是把自然资本与社会资本同等对待,即把“生态建设产业化,产业发展生态化”^[11],使生态建设不仅作为一项公益事业,而且还是是一项旨在维护地球与人类健康的服务业^[17],即把生态资产的提高不仅作为国际间碳贸易的重要组成部分,亦作为改善生态环境质量的重要经济手段。改变生态资产的合理格局既是调整土地利用格局的重要任务,亦是土地利用/覆盖格局变化的产物。中国近年来实施的各种生态建设项目,从宏观上来说,虽然其增幅还不及GDP的发展,但从1992年的8 462.133元/hm²,1995年的11 276.231元/hm²到2000年的12 907.495元/hm²^[18],已显示出明显的作用,这对实施中国的可持续发展战略已起到了重要作用,亦对缓解前述各类生态环境问题起到了支撑作用。

4 结论与讨论

4.1 结论

本文通过对来源不同部门和单位的大量土地利用/覆盖数据的对比分析,得出:

中国主要的土地利用类型从20世纪50年代初

到 90 年代中期 , 均呈增长的趋势 , 其中耕地到 90 年代中期达到峰值 , 林地在 20 世纪 70 年代后期到 90 年代中期一直处在徘徊状态 , 直到 90 年代后期才呈现明显的增长趋势。正是由于耕地比例增加、林地比例在 20 世纪 70 年代后期到 90 年代中期近 20 年的徘徊 , 在 20 世纪 80 年代早期中国北方进入干旱化时期这一气候变化的背景下 , 中国爆发了严重的生态灾难 (1997 年的黄河断流 , 1998 年的长江流域大水灾 2000 年的特大沙尘暴 2004 年淮河流域的严重水污染事件等) , 其原因与 1949 年以来的土地利用 / 覆盖的巨大变化、城市化过程的加速、乡镇企业的迅猛发展有着密切关系 , 而这些变化又与中央政府设立“经济特区”政策、对土地资源实施“联产承包”、“有偿转让”的开发政策有关。

20 世纪 90 年代后期以来 , 在承受了一系列爆发性的严重生态灾难后 , 中央政府采取了加强生态环境建设与保护的一系列战略措施与工程 , 已初见成效。森林覆盖度的提高 , 退耕还林 (草) 、退牧还草、退垸还湖等一系列区域性大规模土地利用格局的调整 , 已使水土流失、沙漠化加剧、灾情加重的趋势得以控制 , 一些区域退化生态系统的恢复已见到效果 , 全国生态资产增加 , 单位产值的污染物排放量明显下降。

调整土地利用格局、提高对自然资源的利用效率和效益 , 以及协调自然资本与社会资本间的增长比例 , 可以明显的改良和提高生态环境的服务能力、加快资源节约型社会的形成 , 进而建立适合中国国情的区域可持续发展模式。这表明厘定区域生态环境安全条件下的土地利用格局是可能的 , 也是可行的。

4.2 讨论

在加深理解土地系统动力学机制的基础上 , 大力加强对土地利用 / 覆盖变化研究成果的实践应用 , 已成为全球变化背景下 , 改善地球健康与人类健康相结合的可持续发展模式建立过程中^[17] , 迫切需要加强的全球变化人类行为计划的重要研究领域。因此 , 通过调整国际贸易行为 , 在全球、区域及地区范围内实施生态资产经营有偿转让机制 , 并与人们倡导的碳贸易结合起来 , 将大大有利于加强对全球生态系统的改良和提高其服务人类的能力^[18] 。将生态系统改良与建设纳入生产领域 , 实现“生态建设产业化 , 产业发展生态化 ” , 需要建设国际、区域和国家特别支持的金融计划 , 以此引导全球、区域和国家制定生态环境安全友好的土地利用政策 , 并进而

厘定生态环境安全条件下的土地利用 / 覆盖格局。

从中国传统学习“天地人和”与“天人合一”的思想 , 寻求在这一思想指导下的协调发展与生态环境安全的有效途径 , 应作为 IHDP 与 IGBP 共同发展的全球土地计划 (GLP) 中的一项重要的优先研究的内容^[19] , 这将有利于改进土地利用 / 覆盖变化研究成果在可持续发展行动中的成功应用。

参考文献 (References) :

- [1] Turner B L II , Skole D , Sanderson S , et al. Land-use and Land-cover Change Science/Research Plan [R]. IGBP Report No. 35 and HDP Report No. 7 , Stockholm : 1995.
- [2] Steffen W , Jager J , Carson D , eds. Challenges of a Changing Earth [C] // Proceeding of the Global Change Open Science Conference . Amsterdam , Netherlands : July 10-13th , 1999.
- [3] Dennis Ojima , Emilio Moran. Global Land Project(Draft Science Plan) [R/OL]. <http://www.colostate.edu/plan.htm> , 2004.50-59.
- [4] National Bureau of Statistics of China. Chinese Statistic Annual [M]. Beijing : Chinese Statistics Press , 1991. [国家统计局编 . 中国统计年鉴 M]. 北京 : 中国统计出版社 , 1991.]
- [5] Wu Chuanjun , Guo Huancheng. Land Use of China [M]. Beijing : Science Press , 1994.76-91. [吴传钧 , 郭焕成主编 . 中国土地利用 M]. 北京 : 科学出版社 , 1994.76-91.]
- [6] Zhao Songqiao. Geography of China : Environment , Resources , Population and Developmen [M]. New York : John Wiley , 1994.
- [7] The Land Resource Using Planning Department of the National Land Management Bureau of China. General Planning Research of National Land Resource Using [M]. Beijing : Science Press , 1994. [国家土地管理局土地资源利用规划司 . 全国土地资源利用总体规划研究 M]. 北京 : 科学出版社 , 1994.]
- [8] Chen Baiming , et al. Land Use and Ecological Characteristics Regionalization of China [M]. Beijing : Climate Press , 2003.8-18. [陈百明 , 等著 . 中国土地利用与生态特征区划 M]. 北京 : 气候出版社 , 2003.8-18.]
- [9] Zhang Zutong. Grassland Resource of Inner Magnolia [M]. Huhehaote : People Publication of Inner Magnolia , 1990 #49-458. [章祖同 , 主编 . 内蒙古草地资源 M]. 呼和浩特 : 内蒙古人民出版社 , 1990 #49-458.]
- [10] Fu Congbin , Ma Zhuguo. Some Understanding on the Aridification over North China [R]. Keynotes Speech , Aisan Conference on Disaster Reduction , Beijing , September 2005.27-29.
- [11] Shi Peijun , Liu Xuemin. Ecological construction being industrialized and industrial development being ecologically considered [J]. Be Realistic 2003 (4):32-34. [施培军 , 刘学敏 . 生态建设产业化 , 产业发展生态化 [J]. 求是 , 2003 (4):32-34].
- [12] Liu Jiang. National Eco-environment Construction Plan [M]. Beijing : Chinese Business Association Press , 1999. [刘江主编 . 全国生态环境建设规划 M]. 北京 : 中国工商联合出版

- 社, 1999.]
- [13] Fu Bojie, Chen Liding, He Chansheng. Integrated landscape ecological principle and evaluation for sustainable land use [J]. *Journal of Environmental Sciences*, 1999, 11(2): 136-140.
- [14] Shi Peijun, Yuan Yi, Li Xiaobing, et al. Land use pattern adjustment under ecological security: Look for secure land use pattern in China [J]. *Geographical Review of Japan*, 2004, 77(12): 866-882.
- [15] Shi Peijun, Zhang Shuying, et al. Ecosystem capital and regional sustainable development [J]. *The Journal of Beijing Normal University (Social Science Edition)*, 2005, 188(2): 131-137.
[史培军 张淑英, 等. 生态资产与区域可持续发展 [J]. 北京师范大学学报·社会科学版, 2005, 188(2): 131-137.]
- [16] Costanza R, d'Arge R, Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. *Nature*, 1997, 387: 253-260.
- [17] Shi Peijun, Li Xiaobing, Zhang Wensheng, et al. Discussion about the "bi-healthy model" of biological resource exploitation and ecological construction [J]. *Resources Science*, 2004, 26(3): 1-8. [史培军, 李晓兵, 张文生, 等. 论生物资源开发与生态建设的“双健康模型” [J]. 资源科学, 2004, 26(3): 1-8.]
- [18] Shi Peijun, Ye Tao, Chen Jing. Ecological capital assessment and land use adjustment: The path to sustainability [J]. *Global Change Newsletter*, 2005, 62(13): 16-17.
- [19] Emilio F. Moran. News on the land project [J]. *IGBP Newsletter*, 2003, 54: 18-20.

Responst of Eco-Environmental Security to Land Use/Cover Changes and Adjustment of Land Use Policy and Pattern in China

SHI Pei-jun^{1,2}, WANG Jing-ai^{1,3}, FENG Wen-li¹,
YE Tao², GE Yi², CHEN Jing², LIU Jing²

(1. Key Laboratory of Environmental Change and Natural Disaster, Ministry of Education of China Beijing 100875, China; 2. Institute of Disaster and Public Security, College of Resources Science & Technology, Beijing Normal University Beijing 100875, China; 3. College of Geography & Remote Sensing Sciences Beijing Normal University Beijing 100875, China)

Abstract: Since the late 1970s, reform and opening-up policy has been implemented in China, which brought in a great deal of foreign investment and the availability of the transition of land usufruct in both rural and urban areas. This leads to rapid urbanization and fast economic development, with an increase rate of 15% in urbanization level, an increase ratio of 2% in the urban district area and over 9% GDP growth per year. Relatively, serious eco-environment disasters occurred, such as the pollution accident in Huaihe River in 1994, the lower reaches of Yellow river drying up for 227 days in 1997, the unusual big floods in Yangtze river and Nenjiang river in 1998, the 12 dust storm events in North China which affected Beijing, Korea, and Japan in 2000, and the serious pollution accident in Huaihe River again in 2004. Integrated analysis shows that, it is mainly caused by the land use/cover changes, the accelerating urbanization, and the rapid growth of village enterprises. The case studies in China find out that, it is very important to plan land use/cover pattern under eco-environmental security and adjust national policy of land use and environmental management friendly to ecosystem, which is not only beneficial to improve ecosystem health and environmental quality and advance sustainable development of China, but also helpful to maintain the ecosystem health in Asia and the whole world.

Key words: Land use/ cover change; Eco-environment security; Land use policy and planning adjustment; China.