

中国生态退化的主要类型、特征及分布

刘国华, 傅伯杰, 陈利顶, 郭旭东

(中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085)

摘要:生态退化是目前全球所面临的主要环境问题,它不仅使自然资源日益枯竭、生物多样性不断减少,而且还严重阻碍社会经济的持续发展,进而威胁人类的生存和发展,因此,生态退化已引起各国政府和学者的重视。本文对中国生态退化的主要类型即:森林生态系统的退化、土地沙漠化和水土流失等重大问题进行分析,详细阐述了各个类型的现状、特征及分布。为我国自然资源的合理利用以及退化生态系统的恢复和重建提供基础资料。

关键词:生态退化;退化森林生态系统;沙漠化;水土流失;中国

Characteristics and distributions of degraded ecological types in China

LIU Guo-Hua, FU Bo-Jie, CHEN Li-Ding, GUO Xu-Dong (Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China)

Abstract:As a major environmental problem in the world, ecosystem degradation not only exhausts the natural resources and decreases biodiversity, but also seriously hinders the sustainable development of social economy and threatens the survival and development of human beings. Therefore, the ecosystem degradation has brought every government's and ecologist's attention. The main types of ecosystem degradation in China, including degraded forest ecosystems, desertification and soil erosion, are analyzed. The current situations, characteristics and distributions of the each type are expounded. The aim of this research is to provide basic data for the natural resource uses and degraded ecosystems restoration and rehabilitation.

Key words:ecosystem degradation; degraded forest ecosystems; desertification soil erosion; China

文章编号:1000-0933(2000)01-0013-07 中图分类号:Q146,Q149 文献标识码:A

人口、资源、环境和经济的可持续发展已经成为国际社会和各国政府关注的重点。资源短缺和生态环境恶化是当今世界上所面临的重大问题,成为社会经济持续发展的严重障碍。因此,生态环境的退化已引起各国学者的广泛关注^[1~4],退化生态环境的恢复和重建也成为当前生态学研究的热点之一^[5~8]。

生态环境退化是指由于人类对自然资源过度以及不合理利用而造成的生态系统结构破坏、功能衰退、生物多样性减少、生物生产力下降以及土地生产潜力衰退、土地资源丧失等一系列生态环境恶化的现象。生态环境退化的特点是:一旦生态环境遭到破坏,生态平衡失调,其恢复是非常艰难的,主要表现在恢复时间长以及资金投入大,而且,有些破坏甚至是不可逆转的。当前全球生态破坏问题主要表现在森林破坏、土地沙漠化、水土流失、湿地萎缩等以及由此而造成的水资源、森林资源等自然资源的短缺以及气候变异、农业生产条件的恶化和各种自然灾害的频繁发生。本文通过对我国森林破坏、土地沙漠化以及水土流失等重大生态破坏问题进行分析,全面论述其现状、特点和分布,为我国生态环境的保护及其恢复和重建提供基础信息。虽然湿地萎缩等也是我国生态环境退化的问题之一,但由于其面积相对较小,危害也表现出局地性,因此在这里不作论述。

1 森林生态系统的退化

基金项目:中国科学院“野方数据库”资源与环境研究重大项目(KZ951-B1-208)

收稿日期:1999-01-24;修订日期:1999-06-20

森林生态系统退化是指由于人类活动的干扰(如乱砍滥伐、开垦及不合理经营等)或自然因素(如火灾、虫害及大面积的塌方等),使原生森林生态系统遭到破坏,从而使其发生逆于其演替方向发展的过程(图 1)。

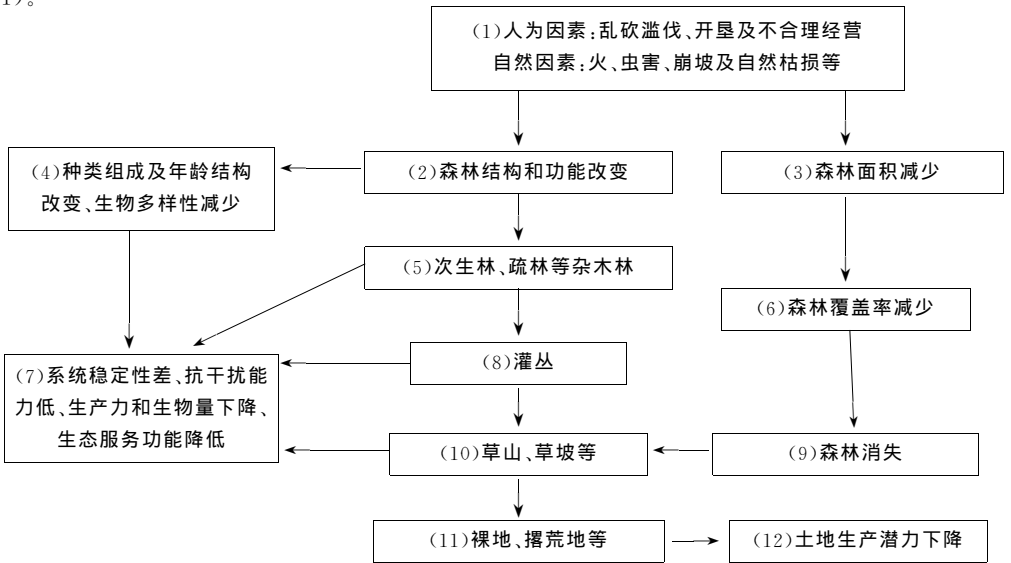


图 1 森林生态系统退化过程示意图

Fig. 1 The process of forest ecosystem degradation

(1) Human factors: deforestation, clearing and irrational management etc. Natural factors: fire, pest, landslide and natural wither etc. (2) Changes of forest structure and function (3) Decreases of forest area (4) Changes of species and age-groups, loss of biodiversity (5) Secondary forest, open forest and other shaw (6) Decrease of forest coverage (7) Ecosystem stability and anti-jamming ability lower, reduction of forest productivity and biomass and ecological serve function reduced (8) Shrub (9) Disappear of forest (10) Grassland (11) Bare land, abandoned land etc. (12) Decrease of land potential productivity

1.1 森林生态系统退化的特征

1.1.1 系统结构改变 森林生态系统的结构包括系统中的物种组成和年龄结构。生态系统的退化,致使先前稳定的物种间的相互关系受到破坏。系统中一些原有的物种消失,而一些外来物种得以入侵,如森林遭到砍伐,其郁闭度减小,使得系统中原有的阴生植物消亡,而一些阳生植物则侵入到系统中,从而造成系统的种类组成发生改变。此外,由于森林的破坏,系统中的原有的年龄结构也相应发生改变,一般来说,系统中幼龄物种相对增加,从而造成系统中的年龄结构不合理。因而,使得系统的稳定性差,抗干扰能力下降。

1.1.2 系统功能改变 由于系统结构的改变,从而造成系统中的物质循环和能量流动等功能发生相应地变化。就一般规律而言,生态系统的退化会使生物生产力和生物量减少。同时,也可能导致系统的生态服务功能衰退,自我调节能力下降。

1.1.3 环境的改变 生态系统是生物因子与非生物因子组成的一个有机整体。生态系统的退化,使系统中原有的土壤环境及小气候趋于恶化。如土壤有机质减少、土壤流失、土壤板结以及系统内部温度升高、湿度下降等,这些变化都不利于原有系统的发展。

1.1.4 生物间共生关系的改变 生态系统的退化,无疑将使原系统中建立起来的各种稳定共生关系(如植物与植物、植物与土壤微生物、动物与动物、动物与土壤微生物以及土壤微生物之间等)发生改变,从而使系统的稳定性改变,也有可能进一步导致原有系统的演替途径发生变化。

1.1.5 土壤种子库的改变 生态系统的退化,由于组成系统的种类发生变化,土壤种子库也发生了一定的改变;而土壤环境及小气候的恶化又不利于原系统中土壤种子库的发芽及生长。因此,造成原有森林生态系统的更新和抚育困难。

1.2 我国森林生态系统退化的现状

从严格意义上讲,我国除在西南(西藏东南部)、东北及天山山脉等地还保存有少数的原始森林外,其它地区的森林几乎都可归属于退化森林生态系统的类型。虽然我国现有森林面积 $13370 \times 10^4 \text{hm}^2$,森林覆盖率为 13.92%,比 80 年代中期分别增加了 $950 \times 10^4 \text{hm}^2$ 和 0.94%^①,但是这种增加主要表现为疏林、灌木林和人工林的增加,而天然林则呈逐年下降的趋势,尤其是其中的成熟林比 70 年代末减少了 $732 \times 10^4 \text{hm}^2$,平均每年减少 $61 \times 10^4 \text{hm}^2$ ^②,这进一步地说明我国森林生态系统的退化还在加剧。目前,我国拥有天然林 $8726 \times 10^4 \text{hm}^2$,仅占国土面积的 9%,而到 1995 年底,我国自然保护区中以保护森林生态系统为主的面积为 $1458.84 \times 10^4 \text{hm}^2$,仅占天然林面积的 16.7%^[9],大部分森林还处于粗放经营中,乱砍滥伐的现象还十分严重,使得现有森林(尤其是原始林和天然林)进一步遭到破坏。我国森林生态系统的退化主要表现在:①森林生态系统的结构简单、残次林多。我国目前疏林和灌木林的面积分别是 $1802 \times 10^4 \text{hm}^2$ 和 $2970 \times 10^4 \text{hm}^2$,两者共占我国森林总面积的 35.7%。②森林生态系统年龄结构不合理。我国现有森林中的中、幼龄林面积占森林总面积的 71%,这说明我国大部分森林生态系统处于退化或不成熟阶段,其稳定性很差,抗干扰能力低下,一旦受到外来因素的干扰则很容易遭到进一步的破坏甚至崩溃。此外,以中、幼龄林为主体的森林也是造成我国森林资源的平均蓄积量仅为 $83 \text{m}^3/\text{hm}^2$,远低于世界的平均水平($110 \text{m}^3/\text{hm}^2$)的主要原因之一。③森林生态系统破碎化程度高。由于人口多、人类活动强度大,我国现有的森林大都呈片状或孤岛状分布。而森林生态系统功能的维持一般都要达到其最小面积,森林的破碎化则使森林生态系统的面积减少,从而增加了它们的脆弱性,使其容易遭受进一步的破坏。此外,我国还有大面积的人工林。虽然,人工林在很大程度上对我国的生态环境(尤其是一些脆弱地带)起到缓解和改善作用(如三北防护林等),但是,人工林尤其是人工纯林由于其种类组成单一,结构简单,易受干扰(如虫害等),自我调节能力差等缺陷,其功能不够完善,据有关研究表明,人工林的土壤饱和持水量、土壤肥力都比天然林低,而土壤侵蚀量则大于天然林^[10]。由此可见,人工林的生态服务功能远低于天然林。

总之,我国现有森林生态系统的退化现象十分严重,而且还在进一步加剧。森林生态系统的退化,不仅使系统的功能衰退,而且也是其它生态环境恶化的根源。因此,保护我国现有的原始森林生态系统以及恢复和重建我国退化森林生态系统,提高其生态服务功能,是改善我国生态环境状况的关键所在。而退化森林生态系统的恢复和重建要视退化的具体情况采取不同的方法和技术。

1.3 退化森林生态系统的分布

我国退化森林生态系统不仅分布十分广泛,而且其表现形式复杂多样。本文为了叙述上的方便,粗略地概括为以下几个类型:①寒温带退化森林生态系统:主要指东北东部和北部一些山地丘陵地带。在该系统中,一些针叶林(如落叶松 *Larix* 等)遭到破坏,被一些阔叶树种(如栎类 *Quercus*、桦类 *Betula* 及榛 *Corylus* 等)所取代,形成落叶阔叶林或落叶灌丛。②暖温带森林退化生态系统:包括华北山区如燕山山脉、太行山山脉等以及胶东半岛和鲁中南山地等区域;其主要的特征是落叶乔木被一些落叶小乔木(如山杨 *Populus davidiana*、刺槐 *Robinia pseudo-acacia* 和山杏 *Prunus armeniaca* 等)、落叶灌木(如酸枣 *Zizphus jujuba*、荆棘、黄栌 *Cotinus coggyria* var. *cinerea* 和胡枝子 *Lespedeza* spp. 等)或草本植物(如蒿 *Artemisia* spp.、黄背草 *Themida triandra* var. *japonica* 等)所取代形成杂木林、灌丛或退化成荒山草坡等。③亚热带退化森林生态系统:北起秦岭南坡,南至南岭山地,西止四川盆地西部边缘,东到东南沿海,包括大巴山、大别山区、川东平行岭谷、江南丘陵地带以及南岭山地等广阔区域。该区域由于人口众多,农业相对发达,废林垦

① 中华人民共和国林业部,1994,全国森林资源统计(1989~1993)及 1989,全国森林资源统计(1984~1988)

② 中华人民共和国林业部,1983,全国森林资源统计(1977~1981)

荒现象比较严重,原始森林生态系统几乎都遭到破坏而退化成为灌丛或其它一些杂木林,严重的地区还退化成草山草坡甚至土地裸露,也是我国水土流失发展较快的地区。④西南石灰岩山区森林退化生态系统:包括广西和贵州石灰岩地区。该区域由于自然条件恶劣(如土壤瘠薄,坡度大等),森林生态系统原本相当脆弱,再加上地方经济相对落后,人们为了眼前利益大肆开发,森林生态系统退化成为灌丛或草地,严重地区甚至岩石裸露形成石漠化。⑤西南亚高山森林退化生态系统:包括滇西北、川西及川西北等地。该区域地形陡峭,高山峡谷众多,森林遭到破坏后,往往被干旱河谷灌丛所取代,而且很难恢复。如在滇西北林区,除中甸、德钦保存有部分原始林外,大部分地区已被灌丛、草坡和少数次生林代替。川西亚高山林区更为严重,50年代初,其森林覆盖率达30%以上,到90年代初期则下降到20%以下^[11]。⑥热带森林退化生态系统:包括西双版纳及海南的一部分。其主要的表现是原始热带雨林遭到破坏后,被热带疏林和热带灌丛所取代,此外,还有一部分被人工林代替。

2 土地沙漠化

2.1 土地沙漠化的形成

土地沙漠化是指在干旱多风的沙质地表条件下,由于人为强度活动,造成地表出现以风沙活动为主要标志的土地退化。沙漠化是土地荒漠化的一种,称为土地沙质荒漠化。因此,土地沙漠化的形成主要是发生在脆弱生态环境下(如戈壁、荒漠、草原等干旱及半干旱地区),由于人为过度活动(如滥垦、樵采及过度放牧)或自然灾害(如干旱、鼠害及虫害等)所造成的原生植被的破坏、衰退甚至丧失,从而引起沙质地表、沙丘等的活化,导致生物多样性减少、生物生产力下降、土地生产潜力衰退以及土地资源丧失的过程(图2)。人类活动是沙漠化发生的主要外因,人口的增长增加了对生产的要求,加大了对现有生产性土地的压力,促使生产边界线推进到濒临潜在沙漠化危险的土地,农业向“边缘”地区扩展,其结果使潜在沙漠化土地演变为正在发展中的沙漠化土地。

2.2 我国土地沙漠化现状

我国是世界上受沙漠化危害最为严重的国家之一,这与我国的气候特点和人类活动密切相关。受气候的影响,我国干旱、半干旱地区——即可能发生沙漠化的地区的总面积是 $256.6 \times 10^4 \text{ km}^2$,占国土总面积的26.7%。目前,我国沙漠化土地的总面积为 $160.7 \times 10^4 \text{ km}^2$,约占国土陆地面积的16.7%,其中干旱及半干旱地区有沙漠化土地 $136.8 \times 10^4 \text{ km}^2$,占这一地区面积的53.3%;其余的则零星分布在亚湿润干旱区^[12]。由此可见,我国沙漠化程度非常严重。此外,沙漠化的发展速度还在进一步加快,有关研究表明:在50~70年代我国沙漠化土地平均每年扩大 1560 km^2 ^[13],进入80年代,平均每年增加 2100 km^2 ^[14],目前,沙漠化土地则以每年 2460 km^2 的速度在发展^[12]。董玉祥^[15]对我国北方受沙化灾害影响的212个县(旗、市)进行了危险度评价,其结果表明:有43个县(旗、市)受重度灾害影响,123个县(旗、市)受中度灾害影响。可见沙漠化的危害相当广泛。目前,由于沙漠化所造成的我国干旱、半干旱区的草地和耕地退化现象十分严重,其退化面积分别是 $8418.8 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 和 $283.8 \times 10^4 \text{ hm}^2$,分别占这一地区草地和耕地面积的59.5%和46.9%,其中宁夏、陕西和山西的草地几乎全部退化(90%~97%)^[12]。因此,由于沙漠化的加重,不仅使我国的经济蒙受巨大损失,而且也使得我国人多地少、沙进人退的局面一时无法得到根本的改观。

2.3 我国沙漠化土地的分布

我国沙漠化土地主要分布在自然条件相对较差的北方11省区的426个县,由东向西绵延数千公里。其北界大体自大兴安岭西麓、锡林郭勒高原北部向南穿过阴山山脉和黄土高原北部,向西至兰州南部沿祁连山向西,然后向南绕过柴达木盆地东部,向西抵达青藏高原西部。该区域由于自然条件非常恶劣,分布着全球第二大生态脆弱带。此外,由于自然条件的相对较差以及人类活动的影响,在其它地区也分布着一些零星的岛屿状区域,其中包括西辽河流域、黄河三角洲及其北部、太行山以东,北至大兴,南至河北的山前地区、宣化、怀来和大同盆地、忻定盆地、太原盆地等,另外在天山山区、横断山区、藏南谷地和海南岛西部也有零星分布^[12]。

3 水土流殇方数据

3.1 水土流失的形成

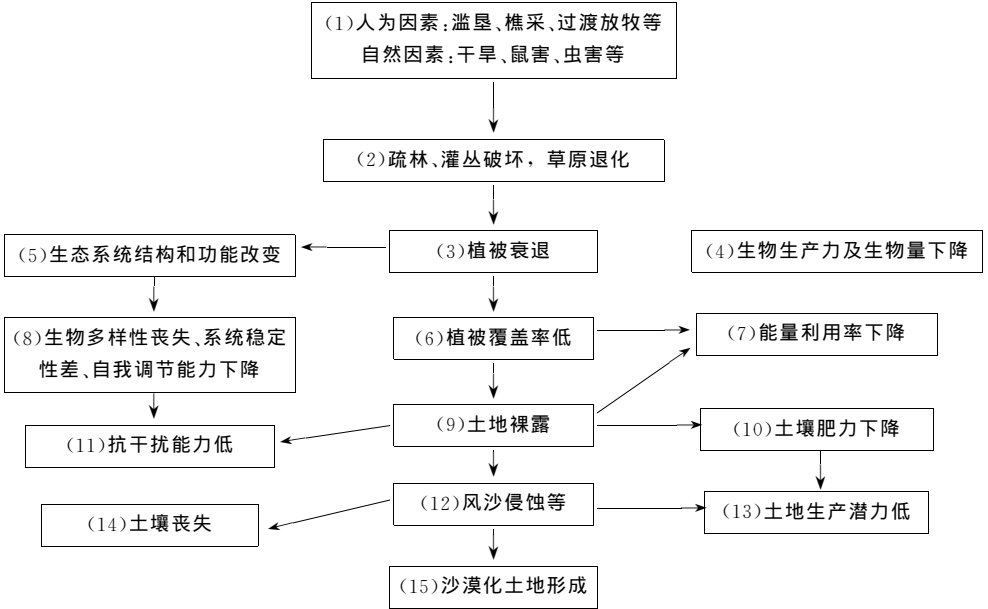


图 2 土地沙漠化过程示意图

Fig. 2 The process of land desertification

(1)Human factors;estrepement, fell and over-grazing etc. Natural factors: drought, rat pest and insect pest etc. (2) Destory of open forest and brush, degradation of grassland (3) Vegetation degradation (4) Decrease of biological productivity and biomass (5) Change of ecosystem structure and function (6) Low of vegetation coverage (7) Rate of energy utilization decreased (8) Loss of biodiversity,system stability and ability of self-regulation lower (9) Bare land (10) Decrease of soil fertility (11) Ability of anti-jamming lower (12) Erosion of wind and sand (13) Low of land potential productivity (14) Loss of soil (15) Formation of desertified land

森林和草地的破坏以及人类不合理的垦荒(尤其是坡耕地的开垦)是导致土壤流失的直接结果(图 3)。彭少麟^[10]在南亚热带的研究表明:裸地的土壤侵蚀量为 $52.3t/hm^2 \cdot a$, 桉树林为 $10.79t/hm^2 \cdot a$, 混交林为 $0.18t/hm^2 \cdot a$; 而结构完整的原始森林其土壤侵蚀量仅为 $0.05t/hm^2 \cdot a$ 。由此可见,森林尤其是原始森林对水土保持起着重要的作用。水土流失不仅使表层土壤丧失,土壤养分大量流失,从而造成土壤贫瘠化、石化和沙化等土地退化现象,同时,水土流失又引起江河湖泊等水域的淤塞,造成河床的抬升和湖泊面积的萎缩,使其行洪泄洪能力差,从而引发洪水的泛滥。因此,水土流失不仅是土地生产力低的直接原因,而且也是洪灾和旱灾等灾害的间接原因,其造成的损失是非常严重的。水土流失的形成以自然要素(如地貌、地形、降雨量以及植被等)为内因,以人类活动为外因。造成我国大面积水土流失的主要原因有以下几个:第一,我国地形复杂,山地、高原和丘陵分别占国土面积的 33%、26%和 10%,易于发生水土流失;第二,我国大部分地区的降雨量都相对集中,造成雨水冲刷强度增大;第三,由于人为的破坏,我国森林不仅覆盖率低,而且分布不均匀,森林结构简单,功能差,对水土保持起不到应有的作用;第四,我国人口多,尤其是农业人口占 80%,而土地又相对贫乏,人们为了生产的需要,大肆进行开垦,尤其对坡耕地的严重垦荒,使得原本就易于流失的土壤的流失程度进一步加剧恶化。

3.2 我国水土流失的现状

我国是世界上水土流失最为严重的国家之一,几乎所有的大流域都存在严重的水土流失现象。最新资料表明:我国目前的水土流失面积达 $367 \times 10^4 km^2$, 占我国总面积的 38.2%, 而且每年还在以 $10000 km^2$ 的

速度递增^①。水土流失使我国每年流失土壤 50 亿 t,并带走大量的氮、磷、钾营养元素,从而导致土地的贫瘠化现象十分严重,再加上我国人口多,耕地少,土地后备资源相对匮乏,每年的净增人口数大,而耕地却以每年数以百万亩的速度锐减,人地矛盾越来越突出。水土流失则加速本来就十分珍贵的土地资源的丧失,建国以来,我国由于水土流失而毁掉的耕地达 $270 \times 10^4 \text{hm}^2$,平均每年损失约 $6 \times 10^4 \text{hm}^2$ 土地,这还不包括远高于这个数的土地瘠薄,生产力越来越小的贫瘠化土地。此外,由于泥沙的淤积,致使河床升高、湖泊萎缩,据统计,建国以来全国湖泊面积缩小了 $186 \times 10^4 \text{hm}^2$,占现有湖泊面积的 40%,使得江河、湖泊的行洪泄洪能力降低,灾害频繁发生。总体来说,我国水土流失状况有以下几个特点:①流失面积大,波及范围广;②发展速度快,如长江流域的水土流失面积由 50 年代的 $36 \times 10^4 \text{km}^2$ 增加到 80 年代的 $56 \times 10^4 \text{km}^2$ ^[16]。③侵蚀模数高,泥沙流失量大,如黄河流域年入海输沙量高达 20 亿 t^[17],长江流域亦达 5.6 亿 t^[16]。④危害严重。

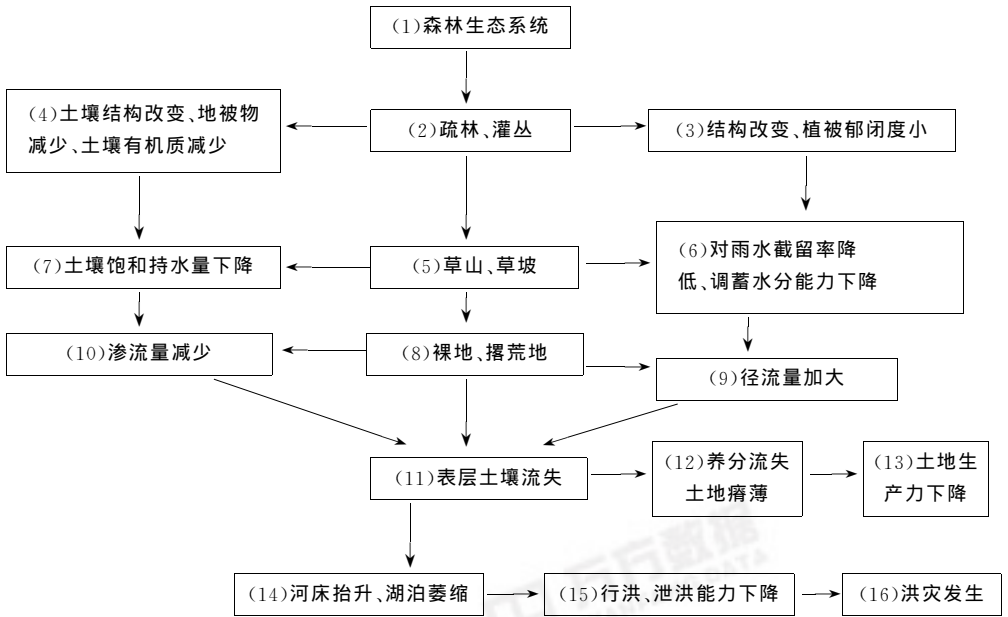


图 3 水土流失过程示意图

Fig. 3 The process of soil erosion

(1) Forest ecosystem (2) Open forest and brush (3) Change of ecosystem structure, minimizing vegetation's crown density (4) Change of soil structure, decrease of understory and soil organic carbon (5) Grassland (6) Decrease of crown interception and ability of regulating and storing water (7) Decrease of saturated soil water content (8) bare land and abandoned land (9) Magnitude of surface runoff (10) Decrease of soil infiltration capacity (11) Loss of top soil (12) Loss of soil nutrient and land become barren (13) Decrease of land productivity (14) Riverbed rising and lake shrinking (15) Capacity of flood discharge decreased (16) Flood occurred

3.3 我国水土流失的分布

如前所述,我国水土流失的分布不仅取决于我国的地形,而且与人类的活动密切相关。一般来说,在地形陡峭、降雨量大而且集中的地方,易于发生水土流失;其次,水土流失与森林的覆盖紧密相连,森林覆盖

① 潘文灿, 中国可持续发展战略与生态环境整治. 荒漠化及其防治(联合国防治荒漠化公约中国执行委员会秘书处等). 北京

率越低的地方水土流失就越严重(指湿润地区);此外,水土流失都是以流域为依存。依据我国现有的水土流失状况,大体可分为以下几个区:①剧烈流失区,主要分布在黄土高原。由于该区沟壑纵横,坡度陡峭,植被稀疏,降雨集中,造成该区流失面积大,目前其流失面积已达 $43 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占其总面积 ($54 \times 10^4 \text{ km}^2$) 的 79.6%, 侵蚀模数高达 $10000 \sim 12000 \text{ t/km}^2$, 年泥沙流失为 16 亿 $\text{t}^{[17]}$;②强烈流失区,长江中上游地区、赣江流域上游地区等;③中度流失区,南方山地丘陵地区以及鲁中南山地等区域;④轻度流失区,我国东部湿润区的其它区域几乎都有轻度的水土流失发生。总之,我国的水土流失遍布我国各省区,几乎所有的流域都有不同程度的水土流失发生,尤其是东部湿润山地丘陵区。

以上对我国目前几个主要的生态环境退化问题的特点、现状和分布进行了详细的论述。从中可以看出,这些问题都是相互关联,相互影响的。而其最基本也最为关键的是森林、草地等自然生态系统的退化。因此,要改善我国的生态环境,在保护我国现有天然林的同时,恢复和重建我国退化生态系统是势在必行的。

参考文献

- [1] Barrow C J. *Land degradation. Development and breakdown of terrestrial environments*. Cambridge University Press. New York. 1994.
- [2] Bojo J P. Economics and land degradation. *Ambio*. 1991, **20**:75~79.
- [3] Stahl M. Environmental degradation and political constraints in Ethiopia. *Disaster J. Disaster Stud. Mgmt.* 1990, **14**:140~150.
- [4] Stahl M. Land degradation in East Africa. *Ambio*. 1993, **22**(8):505~508.
- [5] Aronson J. Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semi-arid lands. I. A view from the south. *Restoration Ecology*. 1993, **1**(1):8~17.
- [6] Lieth H and Lohmann M. *Restoration of Tropical Forest Ecosystems*. Kluwer Academic Publishers. 1991.
- [7] Ewel J J. Restoration is the Ultimate test of ecological theory. In: Jordan III. W. R., Gilpin, M. E. and Aber J. D. Eds. *Restoration Ecology*. Cambridge University Press. Cambridge. 1987. 31~33.
- [8] Parham W, eds. *Improving degraded lands; promising experience from south China*. Bishop. Museum Press. Honolulu. 1993.
- [9] 国家环境保护局《中国生物多样性国情研究报告》编写组. 中国生物多样性国情研究报告. 北京:中国环境科学出版社,1998.
- [10] 彭少麟. 中国南亚热带退化生态系统的恢复和重建. 见:陈灵芝,陈伟烈等主编. 中国退化生态系统研究. 北京:中国科学技术出版社,1995. 94~113.
- [11] 刘照光. 中国西部亚高山森林生态系统退化趋势和防治对策. 见:陈灵芝,陈伟烈等主编. 中国退化生态系统研究. 北京:中国科学技术出版社,1995. 65~185.
- [12] CCICCD. *China Country Paper to Combat Desertification*. Beijing: China Forestry Publishing House, (ISBN 7-5038-1839-5/S. 1059). 1997.
- [13] 朱震达. 中国北方沙漠化现状及发展趋势. 中国沙漠, 1985, **5**(3):3~11.
- [14] 朱震达,陈广庭,等著. 中国土地沙质荒漠化. 北京:科学出版社,1994.
- [15] 董玉祥. 中国北方沙漠化灾害危险度分区评价. 地理学报, 1997, **52**(2):146~153.
- [16] 彭镇华,江泽慧. 从长江中下游“兴林灭螺”和“低丘、滩地”开发两项目谈整治与开发相结合. 见:王志宝主编. 森林与环境——中国高级专家研讨会文集. 北京:中国林业出版社,1993. 28~32.
- [17] 过孝民,张慧勤主编. 公元二〇〇〇年中国环境预测与对策研究. 北京:清华大学出版社,1990.