

第一篇

生态环境建设

与水资源保护利用

研究综合报告

第一章 中国生态环境建设成就 现状与发展趋势

生态环境是指与人类生存和发展密切相关的自然环境。保护和改善生态环境，实现可持续发展，是我国现代化建设中必须坚持的一项基本方针。

改革开放以来，国家先后实施“三北”防护林、长江中上游防护林、沿海防护林等十大林业生态工程；开展了黄河、长江、海河、淮河、松辽河、珠江、太湖等七大流域水土保持工程的建设；加快了荒漠化治理的速度；加强了草原和生态农业建设，使我国的生态环境建设取得了举世瞩目的成就，并对国民经济和社会可持续发展产生了积极、深远的影响。

第一节 生态环境建设成就

一、水土保持

新中国成立以来，在党中央和国务院的重视和关怀下，我国的水土保持由试验、示范、推广到全面发展，取得了显著的成绩。据统计，截至1998年底，全国累计完成综合治理面积78万 km^2 ，其中修梯田、建坝地等共11.87万 km^2 ，栽植水土保持林和经济林40万 km^2 ，种草4万 km^2 ，还兴修了上亿处蓄水保土工程。就黄河流域而言，到1997年底，全流域治理了41.1%的水土流失面积。其中，黄土高原地区在坡耕地上修建水平梯田4.32万 km^2 ，建设其他类型基本农田1.33万 km^2 ，在荒山荒坡和耕地上营造水土保持林8万 km^2 ，人工种草2.33万 km^2 ，修建各类小型水利水土保持工程300多万处（座），淤地坝10万座，在多沙粗沙区结合小流域综合治理建设治沟骨干工程984座；全区治理面积累计达16.6万 km^2 。从长江流域来看，据《长江流域水利统计年鉴》所示，至1997年底，全流域已累计治理水土流失面积21.04万 km^2 ，其中改造坡耕地、兴修水平梯田2.32万 km^2 ，建设沟坝地1.08万 km^2 ，营造水土保持林11.99万 km^2 ，种草0.90万 km^2 ，其他措施4.76万 km^2 。从海河流域来看，据统计年鉴所示，1949年~1997年间，全流域累计治理水土流失面积7.99万 km^2 。这些水土保持措施在改善农业生产条件、促进农业持续发展和脱贫致富、减少江河湖库泥沙淤积、改善生态环境等方面发挥了十分显著的作用。在全国水土流失重点治理区，出现了大量的生态效益、经济效益和社会效益均优的典型。

二、林业生态工程

新中国成立以来，特别是改革开放以来，通过全民义务植树、飞播造林、封山育林和实施十大林业生态工程，我国的造林绿化事业取得了重大成就，奠定了生态环境建设的基础。森林面积由 70 年代初的 14523.8 万 hm^2 提高到 90 年代后期的 15894.1 万 hm^2 ，全国森林覆盖率由 70 年代初的 15.12% 提高到 90 年代后期的 16.55%，森林蓄积量从 106.7 亿 m^3 提高到 112.7 亿 m^3 。尽管我国森林面积和蓄积量总量均居世界前列，但由于我国人口多，人均森林面积和蓄积量都很低，森林面积人均占有量为世界平均水平 0.64 hm^2 的 18.7%，森林蓄积人均占有量是世界人均值 71.8 m^3 的 12.0%。

从 1978 年起，根据我国生态环境的特点，结合生态环境建设的现状，以保护和改善自然生态环境、促进经济社会可持续发展为主要目的，我国陆续实施了十大林业生态工程。这些林业生态工程范围基本覆盖了我国的主要水土流失区、风沙区、台风区和盐碱区，约占国土面积的 80%。十大林业生态工程累计规划营造林面积 1.2 亿 hm^2 ，占国土面积的 12.50%，目前已完成 0.5 亿 hm^2 ，占国土面积的 5.21%，初步形成了我国林业生态环境建设的新格局。1998 年，我国开始实施天然林保护工程并将其纳入林业生态工程体系，这是我国生态环境建设的又一重大举措。

三、荒漠化防治

我国是世界上荒漠化面积较大、危害严重的国家之一。按照《联合国防治荒漠化公约》规定的定义，荒漠化是干旱区、半干旱区、干旱亚湿润区（统称干旱地区）的土地退化。主要类型有风蚀荒漠化、水蚀荒漠化、冻融荒漠化、土壤盐渍化等。就风蚀荒漠化防治的成就而言，通过实施“三北”防护林体系建设和全国防沙治沙等工程项目，截至“八五”末期，全国沙化土地治理面积已达 2600 万 hm^2 ，约有 12% 的荒漠化土地得到治理，有 10% 的荒漠化土地得到控制。其中有 1170 万 hm^2 退化草场得到保护与恢复，产草量增加 20% 以上；营造了 100 万 hm^2 薪炭林，解决了 600 多万农牧户的烧柴问题。全国已建立防治荒漠化重点县 21 个、试验示范基地 24 个，探索出一系列防沙治沙的成

功技术与治理模式。许多地区还开展了风能与太阳能利用、节水灌溉及沙区资源综合利用，改善了生态环境，促进了沙区经济发展。榆林、赤峰等地区出现了人进沙退、环境改善、经济发展的可喜景象。

四、草原建设

近年来，在黄河、长江、淮河流域的上中游等广大牧区，通过实施草地牧业综合开发示范工程，我国在草原建设方面取得了一定成就。工程采取的措施有人工种草、飞播牧草、草地改良、围栏封育、轮牧、治虫灭鼠等。从 1978 年至今，全国共实施了 40 多个草地牧业综合发展项目，建立了 10 多个草地类自然保护区，积累了建设生态草业基地的一套丰富经验。到 1996 年底，全国保留人工种草和改良草地 14.67 万 km²，建成高质量的围栏草地 8.67 万 km²。草原建设对增加该地区的植被、改善生态环境、促进经济发展发挥了重要作用。

五、生态农业建设

生态农业是我国农业实现可持续发展的有效途径。国家已将发展生态农业确定为我国农业发展的基本方针和政策。我国生态农业兴起于 80 年代，90 年代得到快速发展，成绩显著。至 1995 年底，国家级生态农业示范县达 51 个，省级生态农业示范县近 100 个。目前，国家级生态农业示范县已达 150 个，生态农业示范村、示范乡达 2000 多个，覆盖面积 13.33 万 km²。69 个全国生态农业试点示范区建设已全面启动，生态农业建设取得了良好的经济效益、生态效益和社会效益。近年来，全国已有 7 个生态农业村、乡被联合国环境规划署授予“全球 500 佳”称号，成为全世界农业可持续发展的典范。生态农业示范村、示范乡建设的成功，有力地推动了生态农业示范县的发展。据调查，“八五”期间，生态农业示范区粮食总产量年均增长 8%，农民收入年均增长 18%，治理水土流失面积近 50%，治理沙化面积 21%，秸秆还田率增加 13%，农业生态环境得到明显改善。

六、自然保护区建设和生物多样性保护

我国是世界上野生动植物最多的国家之一。建立自然保护区是保护野生动

植物和生态环境的有效途径。从 50 年代起，我国就开始建立自然保护区。到 1997 年底，全国共建各种类型的自然保护区 926 处，总面积达 76.98 万 km^2 ，占国土面积的 7.64%，其中国家级自然保护区 136 处，面积 27.03 万 km^2 。浙江天目山等 12 处自然保护区加入了国际人与生物圈保护区网，黑龙江扎龙等 6 处自然保护区被列入国际重要湿地名录。全国现已建立各种类型森林公园 810 处，面积 7.20 万 km^2 ，占国土面积的 0.75%。其中国家级森林公园 269 处，面积 5.10 万 km^2 ，初步形成了一个布局基本合理、类型齐全、分布广泛的自然保护区网络，对保护我国的生物多样性、其他自然资源及自然环境发挥了重要作用。

我国生物多样性保护实施的途径是就地保护和迁地保护相结合。建立自然保护区是就地保护的有效方式，建立动物园、植物园及各种野生动植物繁育中心（基地）是迁地保护的有效措施。到 1996 年底，我国共建立动物园和植物园 175 个，野生动物繁殖中心（基地） 227 个，珍稀植物迁地保护繁育中心和物种资源库 400 余处。近年来，我国还陆续实施了大熊猫保护工程等六大濒危物种拯救工程。自然保护区建设和生物多样性保护工程的实施使一批具有代表性、典型性、科学价值的珍稀濒危物种和自然生态系统得以完善保存和繁衍。

第二节 生态环境现状与发展趋势

尽管建国以来我国生态环境建设取得了巨大的成就，但由于我国生态环境条件先天不足，人口压力大，资源过度开发利用情况普遍存在；加之随着我国经济建设和发展步伐的加快，不合理的开发建设项目等经济活动造成新的生态环境破坏，致使我国生态环境恶化的趋势还未得到遏制，生态环境问题仍很严重，主要表现在以下几个方面。

一、自然环境先天不足

我国土地总量虽然较大，位居世界第三，但人均占有土地面积只有 0.8hm^2 ，是世界平均水平的 $1/3$ ，人均耕地只有 0.1hm^2 。山地、高原、丘陵面积占国土面积的 69.27% 所构成的复杂地形地质条件 在水力、风力、重

力等外营力作用下易造成水土流失，再加上地质新构造运动较活跃，山崩、滑坡、泥石流危害严重。同时，还有分布广泛、类型多样、演变迅速的生态环境脆弱带，如沙漠、戈壁、冰川、永久冻土及石山、裸地等面积就占国土面积的28%。此外还有沼泽、滩涂、荒漠、荒山等利用难度大的土地。特殊的地理位置使我国季风气候显著，雨热同季，夏季炎热多雨，冬季寒冷干燥。我国降水量地区差异和年内、年际变化大，导致全国范围内旱涝灾害频繁，严重影响工农业生产。我国暴雨强度大、分布广，是易造成洪涝、水土流失乃至泥石流、山崩、塌方、滑坡的重要原因。在我国独特的地质地貌基底上，一旦植被破坏，水热优势则立即会转化为强烈的破坏营力。

二、水土流失危害仍然严重

据国务院公布的遥感调查结果，1989年底我国土壤侵蚀面积为367万 km^2 ，占国土总面积的38.2%。其中水蚀面积179万 km^2 ，风蚀面积188万 km^2 ，每年流失土壤总量达50亿t，占世界年流失量的19.2%。地表沃土的流失带走了大量的有机质和氮、磷、钾养分，使土层越来越薄，直接导致土壤肥力降低，耕地面积减少。新中国成立以来，因水土流失而毁掉的耕地已达266.7万 hm^2 。经过10年来的治理，虽然取得了很大的成绩，东中部地区水土流失发生了一定的好转，但由于“边治理、边破坏”严重，我国水土流失灾害仍然严重的形势并没有发生根本性的改变。

从水土流失的流域分布来看，长江流域现有土壤侵蚀面积高达56.2万 km^2 约占全流域面积的31.2%年土壤侵蚀总量达24亿t其中上游土壤侵蚀面积35.2万 km^2 年土壤侵蚀量达15.6亿t。黄河流域土壤侵蚀面积达42.9万 km^2 其中水蚀面积35.1万 km^2 占全流域面积的48%主要集中在中上游黄土高原地区；土壤侵蚀模数平均达 $4000\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 沟壑密度达 $1.3\text{km}/\text{km}^2\sim 8.1\text{km}/\text{km}^2$ 每年流入黄河的16亿t泥沙有80%都来自该区。海河流域土壤侵蚀面积为10.8万 km^2 约为全流域面积的1/3淮河流域土壤侵蚀面积为5.64万 km^2 约为全流域总面积的1/5。珠江流域土壤侵蚀面积为5.48万 km^2 约为全流域面积的1/8。太湖流域土壤侵蚀面积为0.26万 km^2 约占全流域面积的1/14。辽河流域土壤侵蚀面积为26.66万 km^2 约占全流域面积的1/3。

三、荒漠化面积呈扩大趋势

据原林业部 1996 年公布的数据，我国荒漠化土地总面积为 262.2 万 km^2 ，占国土总面积的 27.2%。其中风蚀荒漠化 160.7 万 km^2 ，水蚀荒漠化 20.5 万 km^2 ，冻融荒漠化 36.3 万 km^2 ，土壤盐渍化 23.3 万 km^2 ，其他类型 21.4 万 km^2 。风蚀荒漠化与水蚀荒漠化面积分别与我国干旱地区风蚀与水蚀面积重叠。全国有近 4 亿人口受到荒漠化的威胁，每年因荒漠化造成的直接经济损失高达 540 亿元。荒漠化土地主要分布在华北、西北地区，涉及 18 个省（区、市）的 470 个县（旗、市），形成万里风沙线。我国荒漠化不但影响范围大、类型多，而且程度严重。据综合评价，我国轻度荒漠化为 95.1 万 km^2 ，中度 64.1 万 km^2 ，重度 103.0 万 km^2 ，分别占荒漠化总面积的 36.3%、24.4% 和 39.3%。我国荒漠化程度类型构成比例与全球相应的 41.3%、56.5% 和 2.2% 的构成比例相比，重度荒漠化土地所占比例高出了近 37 个百分点，即使与重度荒漠化土地比例很高的非洲相比，也高出 30 个百分点以上。这充分说明我国荒漠化程度很高，干旱地区土地退化非常严重。近半个世纪以来，我国荒漠化治理虽然取得一定成就，但荒漠化的发生、发展并未得到有效控制，总面积仍在扩大，且呈愈演愈烈的趋势。荒漠化面积扩展速度由 50 年代的每年 1560 km^2 增至 70 年代的 2100 km^2 和 80 年代的 2460 km^2 ，相当于每年损失一个中等县的土地面积。

四、水资源紧缺，污染严重

我国是一个水资源短缺、水旱灾害频繁的国家。按水资源总量考虑，我国居世界第六位，但我国人口众多，按 1997 年人口统计，人均水资源 2220 m^3 ，不到世界人均水资源量的 1/4，在世界各国排名中仅列第 121 位，被联合国列为 13 个贫水国家之一。国际上一般认为人均水资源量低至 1700 m^3 的为用水紧张的国家，人均水资源量 1000 m^3 为人类生存起码条件。到 2030 年我国人口增至 16 亿时，人均水资源量将降为 1760 m^3 ，水资源紧缺的形势将更加严峻。而且我国水资源的地区分布严重不均，东南部的水量占全国总水量的 82.2%，西北部的水量仅占 17.7%。此外 城市缺水也相当严重。据建设部 1995 年的

调查分析，1993年统计的500多座大中城市中有333座缺水。其中有49个城市主要是由于当地缺乏水源所致，有19个城市的缺水是水源污染所致，有260个城市主要是由于供水设施能力不足造成的。在水质方面，我国七大水系均存在不同程度的污染。辽河、海河污染严重，以Ⅴ类或劣于Ⅴ类水质为主；淮河水水质差，Ⅴ类或劣于Ⅴ类水质的河段占1/2；黄河水质污染日趋严重，属Ⅳ、Ⅴ类水质的河段高达65.4%；松花江以Ⅳ类水质为主；长江、珠江干流总体水质虽好，但干流岸边污染严重，部分支流河段受到污染。此外，湖泊、水库污染也很严重。据1998年全国环境质量报告，滇池富营养化问题突出，全湖水水质均劣于Ⅴ类，氮、磷污染相当严重；巢湖（西半湖区）水质也劣于Ⅴ类；南四湖、太湖、洪泽湖、洞庭湖、镜泊湖等都存在不同程度的污染。据1988年对118座城市浅层地下水普查结果，其中115座城市地下水受到不同程度的污染。

五、森林覆盖率低，部分地区森林覆盖率减少

我国生态环境恶劣、自然灾害频繁的主要原因之一是森林覆盖率低且分布不均。我国森林面积为158.9万 km^2 ，主要集中分布在东北和西南地区，华东、华中、华南地区的森林面积只占全国森林面积17.96%，华北和西北地区森林则更少。目前我国森林覆盖率只有16.55%（按郁闭度0.2以上计），为世界平均覆盖率的60.5%，人均占有森林面积和蓄积量仅有世界人均水平的1/6和1/8，排在世界第120位。广大的西部干旱、半干旱地区大片森林退化，覆盖率还不到1%。虽然我国每年都开展了大规模的植树造林，但由于保存率还不高，加上管理水平低、乱砍滥伐以及林地逆转等问题，森林覆盖率增长缓慢。因为不合理的砍伐，在一段时期内，某些局部地区森林覆盖率不但没有增加，反而减少了。如占长江流域上游面积56%的原四川省，覆盖率由50年代的20%下降到80年代的13%；三峡库区从50年代到80年代森林面积减少了一半以上；东北林区珍贵的天然林资源也减少了很多。

六、草地生态破坏加重

我国草地大都处在黄河、长江、淮河、珠江等几大水系源头、中上游区以

及风沙地区，是我国重要的生态屏障。近年来，由于人口增长、人民生活水平提高和牲畜头数大幅度增加，草地严重超载过牧；加上草地无偿使用、投入严重不足、草场建设不配套、鼠虫灾害和人为的乱垦乱挖，草地难以修养生息，出现了大面积退化现象。据卫星遥感监测，从 1983 年到 1995 年，内蒙古自治区草地退化面积扩大了 1 倍，共净增 17.4 万 km^2 。统计资料表明，我国草地退化面积每年以 2 万 km^2 的速度递增，退化速度每年约为 0.5%，而人工草地和改良草地的建设速度每年仅为 0.3%，草地退化速度约为草地建设速度的 1.7 倍，目前全国草地退化总面积达 130 万 km^2 。

七、生物多样性减少

我国是世界上生物多样性最丰富的国家之一，其丰富程度占世界第 9 位。中国的野生动物和植物分别占世界总数的 9.8% 和 9.9%。陆地森林生态系统有 16 大类和 185 类，区系丰富，生态类型多，为野生动、植物栖息和繁衍创造了优越的条件，其中陆地的野生动、植物有 80% 以上物种在森林中生存。然而由于天然林生态系统的破坏，野生动物栖息繁衍地日益缩小；加上人为乱捕滥猎，物种数量减少，有的濒临灭绝。据有关资料，我国有 15% ~ 20% 的物种处于濒危和受威胁状态，包括 4600 多种高等植物和 400 多种野生动物。近几十年已绝迹的高等植物就有 200 多种，野生动物有 10 余种，还有 20 多种濒临灭绝。

八、大气污染严重

1985 年~1994 年间，全国废气排放总量年平均增长 4.9%，二氧化硫排放量年平均增长 0.98%。1992 年，全国废气排放总量达 10.5 亿 m^3 （不包括乡镇工业）。其中烟尘排放量 1414 万 t，比 1991 年增长 7.6%； SO_2 排放量 1685 万 t，比 1991 年增高 3.9%。全国大城市汽车尾气污染趋势加重，主要大中城市大气中的总悬浮颗粒物（TSP）和二氧化硫（ SO_2 ）含量已超过世界卫生组织推荐标准的 2 倍。1996 年全国酸雨区面积已超过国土总面积的 29%。由于北方干旱地区荒漠化土地尚未得到有效治理，每年发生沙尘暴及扬沙天气的日数逐年增加。

第二章 生态环境建设对水资源保护和利用的作用

生态环境建设主要包括两类内容：一类是以保护天然林等自然资源和植树种草为主要手段的植被建设；另一类是以坡面与沟道防蚀蓄水措施为主的工程建设。两者的密切配合构成生态环境建设的综合治理，如水土保持和荒漠化防治。由于生态环境建设中水土保持和植被建设与水资源关系密切，因此，本节主要分析此二者对水资源保护和利用的作用。

第一节 水土保持对水资源保护和利用的作用

以小流域为单元的水土流失综合治理，包括调整土地利用结构、林草措施、工程措施、农业技术措施以及监督管理措施。小流域综合治理对水资源保护利用的作用，主要有以下几方面。

一、增加蓄水能力，提高降水资源的有效利用

水土保持流域综合治理措施可增加拦蓄降水资源的能力，在缓解山丘区农村人畜饮水困难的同时，可解决农业生产缺水问题，增强抗御旱灾的能力。同时，水土保持综合治理增加了植物（含作物）的面积和生物产量，改水分无效蒸发为有效蒸腾，提高了降水资源的利用率。

黄河流域中上游黄土高原部分地区经水土流失综合治理后，采用“水保法”计算，90年代与50年代～60年代初相比，平均每年多拦蓄降水 $3.17 \text{ 万 m}^3/\text{km}^2$ ，相当于 32mm 的降水量，即综合治理提高蓄水量近 32mm 。地处半湿润地区的海河流域和湿润地区的长江流域，由于年降水量较多，水土保持提高拦蓄降水的能力比黄河流域成倍增加。在海河流域，面积为 21.8km^2 的北京市延庆县汉家川小流域经多年治理后，流域的降水拦蓄能力增加了 $11.2 \text{ 万 m}^3/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ，相当于 112mm ；长江流域的江西省兴国县塘背河小流域，水土流失综合治理后增加降水拦蓄量达 210mm 。

二、削洪增枯，提高河川水资源的有效利用率

由于水土流失综合治理增加了流域对降水的拦蓄能力，改变了地表径流和地下径流的分配格局和时序，从而在一定程度上改变河川径流的年内分配，削

减洪峰流量，增加枯水流量。水土保持的削峰作用大小取决于雨情、地形、土壤、基岩、流域前期储水状况、水土保持措施实效及流域尺度等许多因素。但总的来看，在中小流域尺度上，在一般暴雨条件下，水土保持对洪水的削减能力是显著的，可达 30%~70%。对大流域的大洪水和特大洪水影响不明显。随着大流域内水土流失综合治理面积的扩大和治理程度的提高，其削减洪峰流量的作用也必将在大流域内显示出来。

由于水土保持改善了流域水文环境，减小了洪流量，促进了降水资源向地下水的转化进而增加枯水期对河川径流的补给量，地面和地下径流分配以及河川径流年内分配都发生了改变。黄河流域的支流大理河（流域面积 3560km²）经过多年的水土流失综合治理后，每年 7 月~9 月拦蓄的洪水径流有 40%在非汛期释放出来，增加了河川基流。

三、对河川年总径流量的影响

水土流失综合治理拦蓄的降水用于改善当地生态环境和生产生活条件，就必然在一定程度上减少进入河川的总径流量。这个问题对于湿润地区的河川影响不大，因为当地的年降水量大，河川径流量大（径流系数一般可达 0.5 以上），水资源利用率相对较低，即使水土保持治理区径流减少量达到现已观测到的 10%左右的水平，对全流域的影响也显不出来。对于大部分面积处于干旱、半干旱地区的黄河流域而言，水资源利用率已达到 67%，水土保持减少黄河年总径流的作用将随着治理面积的扩大和治理程度的提高逐渐加强。据统计分析，在目前黄土高原水土流失综合治理面积约为总流失面积的 1/3 且治理标准不太高的情况下，水土保持措施减少的河川径流总量约为 8 亿 m³~10 亿 m³。但黄河流域水土保持对黄河断流的影响不大，因为，一方面水土保持用水在黄河总径流（580 亿 m³）中所占比重较小；另一方面水土保持拦蓄的主要是发生在汛期（7 月~9 月）难以利用的暴雨洪水径流，与发生在枯水季节的断流在时间上不同步。另外，黄河流域的水土保持主要集中在多沙粗沙区的河龙区间，减少径流的同时也减少大量的入河泥沙，可以显著地减少干流冲沙用水。因此，水土保持对水资源的综合效应是正面的、积极的。

据碧溪水文站观测，长江流域支流渠江（流域面积 1970km²）1989 年实施

重点治理后，8年平均年径流量减少了4.512亿 m^3 ，占治理前年径流量的27.2%。通过水文分析，求得降雨因素的影响使径流量减少了2.122亿 m^3 。水土保持因素使年径流量减少了2.390亿 m^3 ，占治理前多年年均径流量的14.4%，相当于减少径流约12.0万 $\text{m}^3/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 。采用此项指标推算，长江全流域现已治理面积21.04万 km^2 ，每年减少河川径流总量约250亿 m^3 。

综上所述，黄河流域黄土高原地区水土保持减少河川径流为8亿 $\text{m}^3\sim 10$ 亿 m^3 。从黄河年径流的季节分配和断流发生的情况看，中上游水土保持对下游断流的影响很小，通过水土保持减少河流泥沙，进而减少的冲沙用水量超过水土保持的用水量；长江流域水土保持综合措施减少径流量约250亿 m^3/a ，仅占多年平均径流总量的2.5%，可以说影响较小。

四、控制土壤侵蚀，减少河流泥沙

水土流失综合治理，通过以“坡改梯”为主体的基本农田建设、林草植被建设、土壤耕作制度的改进，以及沟道内以谷坊、淤地坝、拦沙坝为主体的工程建设，可以大大降低土壤侵蚀模数，显著地减少进入河川的泥沙量。

在土厚易蚀的黄土高原，水土流失综合治理的减蚀减沙效益极为显著。一般小流域经过综合治理，土壤侵蚀模数可以从每年每平方公里1万 $\text{t}\sim 2$ 万 t 减少到2000 $\text{t}\sim 3000\text{t}$ 。如陕西安塞县纸坊沟小流域经过综合治理，土壤侵蚀模数由14000 $\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 减少到3000 $\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ ，减少了11000 $\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 。如果治理措施得当，治理质量达到规范标准，将侵蚀模数降低到1000 $\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 的允许水平以下是可能的。在治理初期，农田基本建设工程和沟道治理工程对拦沙起决定性作用；随着时间的推移，植被建设会发挥越来越大的作用。在中尺度流域，水土保持减沙效益也很显著，如黄河中游一级支流无定河，流域面积30261 km^2 ，水土流失治理面积占总流失面积的56.76%，90年代水土保持综合治理减少河流泥沙平均每年达到59.0%。大量研究结果表明，黄河流域水土保持在大尺度上也可减少河流含沙量和输沙量，减少水利工程的淤积。综合治理黄河50年来，水土保持累计保土拦泥106.55亿 t ，每年平均减少入黄泥沙3亿 t ，是黄河多年平均输沙量16亿 t 的18%。

水土保持的减蚀减沙效应在其他流域也是明显的，但由于区域地质条件的

不同，侵蚀物质的颗粒大小不同，加之与尺度效应的叠加，使得水土保持在不同尺度流域的减沙效益不同。长江流域水土保持可以使中小流域输沙模数减少 40%~70%。如长江流域湖北宜昌县直接流入三峡水库的太平溪小流域，流域面积 26.1km²，经过 10 年综合治理，治理程度达到 82%，平均输沙模数由治理前的年均 1745t/km² 下降为 531.4t/km²，减少 70%。嘉陵江支流李子溪流域，集水面积 740km²，80 年代以来开展综合治理，据流域内赵家祠水文站（集水面积 437km²）观测，1985 年~1994 年与 1965 年~1984 年相比较，在降雨量增大的情况下，多年平均年输沙量还减少 42.7%，平均含沙量从 3.68kg/m³ 降低至 1.74kg/m³，相当于输沙模数减少 437t/(km²·a)。但从长江流域干流输沙来看，目前水土流失综合治理对泥沙影响并不明显。这是由于长江流域水土流失的治理面积尚小，治理程度尚低，治理年限较短，加之流域范围广阔，降雨随机性大，不同支流之间相互调节补偿，因而水土流失综合治理对长江干流的减沙作用还不明显。特别是由于长江流域地面侵蚀物质较粗，泥沙输移比小，且有随流域面积增加而递减的趋势，同时河网中长期滞留大量侵蚀物质，尽管水土保持减少了地面侵蚀和小流域来沙，但在相当长的时期内，干流来沙则可能因沿程冲刷得到补充，减沙效果将不会得到明显反映。

综上所述，黄河流域黄土高原丘陵沟壑区水土保持措施减少土壤侵蚀模数为 5000t/(km²·a)~10000t/(km²·a)，现有水保综合治理措施每年可减少泥沙 3 亿 t；长江流域水土保持综合措施可减少土壤侵蚀模数 2000t/(km²·a)~2500t/(km²·a)。按长江流域现有水土流失重点治理面积 5.86 万 km² 减少输沙模数 500t/(km²·a) 计算 每年减少入江泥沙约 3000 万 t。由于影响长江干流泥沙的因素十分复杂 目前水土保持对长江干流泥沙的影响还不十分明显 但是随着治理面积的扩大和治理程度的提高，水土保持减沙作用必将逐渐显示出来。

五、保护与改善水质

水土保持综合治理对水资源的影响不仅表现在量的方面，同时还表现在质的方面。综合措施在保水的同时还保土、保肥，从而减小河川水体的面源污染，发挥保护水质作用。水土保持林草措施通过其特有的防护作用，吸收和过滤一些有害物质，使水体质量明显改善。

除上述作用外，水土保持还加快脱贫致富的步伐，促进流域社会经济的可持续发展。流域生态环境的改善和保护，是维护健康的流域水文环境，实现水资源可持续发展战略的保证。黄土高原的水土流失综合治理有效地改善了一些地区的农业生产条件，加快了这一地区群众脱贫治富的步伐。黄土高原现有水土保持措施每年可增产粮食 40 亿 kg，生产果品 150 亿 kg，使 1000 多万农民解决温饱和农村生活用水问题，缓解了水土流失地区群众的“三料”（肥料、饲料、燃料）困难。黄土高原列入国家“八七”扶贫攻坚计划的贫困人口数量已由 2300 万人减少到目前的 1350 万人。长江流域“长治”工程实施 10 年来，已累计增产粮食 30 亿 kg，治理区农业人均产粮由治理前的 300 多 kg 提高到 440kg。800 多万人摆脱贫困走上了致富之路，并出现了一批小康户、小康村。海河流域永定河上游国家重点治理区，通过实施一、二期治理，生产条件得到根本改善，群众生活水平有了很大提高。人均纯收入由治理前的 174 元提高到 1613 元；人均产粮由治理前的 353kg 提高到 639kg，增长了 81%；贫困人口从 1992 年的 24.6 万人下降到 1997 年的 4.1 万人，下降了 83%。经计算，截止到 1997 年底全流域由于水土保持综合治理，每年可增产粮食 18.5 亿 kg，增加产值 35.3 亿元。

第二节 植被建设与保护对水资源保护利用的作用

植被作为生态系统中的第一性生产者，不仅具有生产功能，还具有调节气候、改善水文循环、防止土壤侵蚀、吸收和调节各种污染物质、保护生物多样性等多种生态服务功能。因此，它在维持区域乃至全球生态平衡中都具有无可替代的重要作用，植被建设与保护在生态环境建设与保护中占据关键地位。由于森林生态系统体量高大、结构完备，其生态环境调节功能最大，是植被建设的主体。但针对我国植被破坏严重、覆盖率很低、生态环境建设与恢复难度大的特点，除抓好现有植被的保护和合理利用外，必须注重生物措施与工程措施相结合，针对不同区域生态环境退化的具体特点来进行生态环境建设。关于生物措施和工程措施相结合的生态环境建设，特别是山丘区的水土保持对水资源开发利用的影响，前文已述。

森林流域植被建设对水资源保护利用的作用包括以下几个方面。

一、涵 养 水 源

森林改变了降水的分配形式 其林冠层、林下灌草层、枯枝落叶层、林地土壤层等通过拦截、吸收、蓄积降水 起到了涵养水源的作用。根据我国森林生态定位监测结果 热带、亚热带、温带和寒温带 4 种气候带 54 种天然林综合涵蓄降水能力的值在 40.93mm~165.84mm 之间。天然林高些 人丁林低些 复层密林高些 单层疏林低些，中间值为 103.40mm，即森林涵蓄降水能力在 100mm 左右，相当于 1000t/hm²。华南、东南、西南等地区一般在 100mm 以上 华北、西北、华中等地区一般在 100mm 以下。前期涵蓄水分多少会影响后期蓄水能力。

二、调 节 河 川 径 流

森林对河川径流的调节作用在于削减洪峰流量，增加枯水流量。森林可以削减洪峰流量已被大量的观测资料所证实。但是，森林削减洪峰作用是有条件的，受多种因素的影响。如土壤前期含水量、枯落物层饱和度、暴雨的强度与历时、森林分布与暴雨中心分布的相对位置、土层厚度、基岩透水性、流域尺度的大小等都对森林削减洪峰的作用产生影响。从对长江主要支流岷江高场站、嘉陵江北碛站洪峰流量与森林植被关系的分析可以看出，森林采伐导致了洪峰流量的增大。但从长江干流宜昌站的多年观测资料看，森林破坏对干流洪峰流量的影响不大。一般而言，森林可以削减小尺度流域次降雨过程的洪峰流量，并推迟洪峰到来时间，但对大流域或持续时间较长、重现期较长的大暴雨而言，其削减率逐渐减弱。在南方地区，对于 10km² 以下的小流域，森林削减洪峰的能力可达到 50% 以上。随着观测尺度的增大，对于 100km² 以上的中大流域，由于降雨在时间、空间分布上的不均匀，加之支流调蓄功能的相互作用，对森林削减洪峰的能力有所掩盖。黄土高原小流域观测资料表明，森林小流域洪峰径流模数仅为无林流域的 1/10，洪水历时延长 2 倍~6 倍。

与对洪峰流量的调节不同，无论是小流域还是大流域森林都能增加枯水流量。从对长江主要支流岷江高场站、嘉陵江北碛站以及长江干流的宜昌站枯水径流与森林植被关系的分析可以看出，长江流域森林砍伐与枯水径流减少同步

发生。森林采伐导致枯水流量的减少。这主要是由于森林土壤中的涵蓄水、地下水在平枯期会不断地渗入江河，推迟了枯水期的到来，增加了河流平枯期的流量。祁连山天涝池河、寺大隆河和黑河上游等 3 条河流的森林覆盖率分别为 65.9%、32.0% 和 5.9%，冬季枯水期径流量分别为 78.13mm、36.46mm 和 23.54mm，春季枯水期径流量分别为 62.50mm、61.97mm 和 12.20mm。可见，冬春两个枯水期内的径流量随着森林覆盖率的减小而同步减小，说明森林能增加枯水期流量。

森林削减河川洪峰流量、推迟洪峰到来时间，增加枯水期流量、推迟枯水期的到来时间，从而提高了水资源的有效利用率。

三、对河川年总径流量的影响

森林植被和其他植被一样，为维持其生命系统要消耗一定量的水分。在森林的存在能在多大程度上影响大气降水分配这个问题尚无明确科学结论的情况下，森林对河川径流总量的作用取决于森林的蒸发散水量与裸露地物理蒸发量大小对比。一系列定位研究资料表明，在湿润地区森林对河川径流总量没有明显的影响；而在干旱、半干旱地区，由于森林植被蒸腾耗水在生态系统水分平衡中占的比重较大，森林有明显减少径流量的作用。

在干旱、半干旱地区，森林植被覆盖率的增加一般引起蒸发散水分输出增加，进而引起流域产水量的减少。相反，当流域森林植被采伐后，流域径流总量增加。说明森林植被增加，降水转化为径流的水量减少，特别是黄河流域最为明显。山西省黄土区清水河流域面积 435km²，其森林覆盖率在 60 年代、70 年代和 80 年代末分别为 25.13%、55.29% 和 57.88%，年均径流量分别为 55mm、46mm 和 23mm，年均径流系数分别为 9.3%、8.3% 和 4.5%。随着森林覆盖率增加及林龄增大，年径流量、径流系数都明显减少。在湿润地区，森林植被生态系统水分供给相对充足，减少河川总径流量的作用得到缓解。在这一地区，森林植被并不一定比其他植被类型或裸地耗水更多。海南岛万泉河乘坡水文站和昌化江毛枝水文站的观测资料表明，河川径流量随森林植被的变化而变化并不十分明显。乘坡水文站控制面积 727km²，森林覆盖率在 60 年代、70 年代分别为 15%、40%，年均降水量分别为 2601mm、2428mm，年均径流