

## 水资源研究

# 论水土保持在解决中国水问题中的战略地位\*

穆兴民 李 锐

(中国科学院水利部水土保持研究所·陕西杨陵·712100)

**摘 要** 洪涝灾害、淡水资源短缺和水污染问题是中国水问题中的三大主要问题,已引起社会各界的高度重视。影响中国三大水问题的因素甚多,但水土保持是解决水问题之根本性、战略性措施。泥沙是直接或间接影响中国水问题的重要因素,水土保持通过减少入河泥沙、减洪和削减洪峰抑制洪涝灾害,并通过雨水资源化、增加土壤蓄水、延长水库运行寿命和提高水的利用效率而缓解水资源的短缺,也通过减少径流泥沙而改善水质。

**关键词:** 水土保持 泥沙 洪水 水短缺 水污染

文献标识码: A 文章编号: 1000-288X(1999)03-0001-05 中图分类号: S157.2, TV213.4

## Strategic Status of Soil and Water Conservation on Solving Water Problems in China

MU Xing-min LI Rui

(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling District, Shaanxi Province, 712100, PRC)

**Abstract** Flood, freshwater shortage and water pollution are considered as the major water problems in China, and have been taken into account by various levels of the whole society. Although there are many factors impacting the three water problems, soil and water conservation (SWC) is the underlying and strategic measures in solving them. Sediment is an important element that directly or indirectly influences water problems. SWC can repress flood and waterlog by reducing sediment input to rivers, decreasing flood discharge and peaks. SWC is able to modify the stress of freshwater shortage by rainfall-resourcized, increasing soil water content and elongating the operating life of reservoirs, as well as improve water quality by reducing sediment in rivers.

**Keywords** soil and water conservation; sediment; flood; water shortage; water pollution

全世界因水问题造成的损失占各类自然灾害造成损失的 53%。古人云,“善治国者,必先治水”,且“圣人之治,其枢在水”。新中国成立后,国家制定了一系列政策法规并投入巨资解决中国的水问题,可见治水在中国具有重要意义。中国是世界淡水资源贫乏的国家之一,并因水量的动态突变及分布不均而导致了许许多多,其中洪涝灾害、淡水资源短缺问题和水污染问题是直接影响中国社会、经济可持续发展的三大焦点问题<sup>[1]</sup>。三大问题的产生和解决受制于许多因素,其中水土流失和水土保持是不可忽视的重要因素。本文系统地分析了水土保持在解决中国

三大水问题中的地位 and 作用,可为解决中国可持续发展中水资源问题的战略决策提供参考。

## 1 水土保持与防洪减灾问题

洪涝灾害是人类的心腹大患,对社会、经济和生态环境都可导致毁灭性破坏,直接关系到社会经济的可持续发展。随着各种媒体对 1998 年中国大洪水报道的不断深入,洪水及其与流域水土流失、水土保持的关系也引起社会各界的重视。

### 1.1 水土流失加剧河情与水情恶化

泥沙是加剧河流洪涝灾害的主要因素之一。水土流失产生的泥沙使河道淤积,河床抬高,河道萎缩和洪水水位升高,从而使河堤防洪能力降低。黄河水患“症在下游,根在中游”。黄河中游水土流失严重而流域径流量小,使泥沙极易淤积于下游河道,据测定<sup>[2]</sup>,黄河下游铁谢—利津站河段,1950—1993 年间淤积泥沙  $5.09 \times 10^{10} \text{ m}^3$ ,年均  $1.18 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。目前,泥沙淤积使黄河下游河床平均每年抬高 10 cm 左右,致使下游的“地上悬河”日趋严重,黄河的河滩比河南新乡市地面高约 20 m,比河南开封市地面高 13 m,比山东济南市高 5 m<sup>[3]</sup>。河道淤积使水位升高,下游河南段 1993 年汛期  $3000 \text{ m}^3/\text{s}$  流量的相应水位比 1950 年同流量水位平均高 2.66 m<sup>[3]</sup>。1996 年黄河花园口站流量  $7600 \text{ m}^3/\text{s}$  的中等洪水水位高达 94.73 m,为该站历史最高,比 1982 年的  $15300 \text{ m}^3/\text{s}$  流量水位还高出 0.74 m,比 1958 年的  $22300 \text{ m}^3/\text{s}$  流量水位高 0.91 m。长江流域每年流失泥沙  $2.4 \times 10^9 \text{ t}$ ,据报道,江西省的赣江上游主要支流河床平均抬高 1.3 m,抚河下游最大淤高达 4.57 m,信江下游淤高达 2.5 m。信江流域的梅港站,1998 年的一次洪峰流量  $12900 \text{ m}^3/\text{s}$ ,比 1955 年洪水流量小  $700 \text{ m}^3/\text{s}$ ,但水位却高出 1.08 m<sup>1</sup>。

水库、湖泊及土壤水等水体对洪水具有重要的调蓄作用。水土流失的泥沙使水库和湖泊淤积,同时侵蚀使“土壤水库”库容损失,从而减少了水库、湖泊及土壤水等水体对洪水的拦蓄、渲泄等调节能力,加剧了洪水灾害发生的概率和危害。土壤是一个天然水库,土壤流失导致“土壤水库”蓄水容量降低。据研究<sup>[4]</sup>,中国南方的紫色土地区,30 cm 厚土层产生的径流量分别为 50 cm 和 100 cm 土层的 1.6 和 3.3 倍。长江流域每年流失的土壤相当于使  $3.87 \times 10^5 \text{ hm}^2$  土地的土层减薄 30 cm。水土流失是导致中国水库淤积的主要原因,据统计,中国水库平均年淤积速率为 2.3%,高于阿尔及利亚 (1.8%),日本 (1.0%) 和美国 (0.24%)<sup>[5]</sup>。50 年代以来黄河流域共修建大中型水库 601 座,总库容  $5.23 \times 10^{10} \text{ m}^3$ ,至 1989 年损失库容 20.8%,总淤积库容  $1.09 \times 10^{10} \text{ m}^3$ ,库容损失速率随区域输沙模数的增大而增大<sup>[2]</sup>。尽管长江从宜昌站到入海口,河床基本稳定,宜昌站输沙率没有显著增加,但上中游区水土流失严重,大量的粗颗粒泥沙淤积于上中游各支流和水库,降低了调洪和滞洪能力。长江上中游地区现有的大中型水库年平均淤积  $1.2 \times 10^9 \text{ m}^3$ ,累计损失库容超过  $1.00 \times 10^{10} \text{ m}^3$ 。长江流域江西省的 9000 余座水库,每年因泥沙淤积损失库容达  $1.05 \times 10^7 \text{ m}^3$ 。相当于损失一座大型水库。湖南省的 258 座水库,有 30% 严重淤积,损失库容超过  $1.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

### 1.2 水土保持是抑制洪水的根本性措施

在洪涝灾害防治中,水土保持的作用在于减少入江河泥沙和调节洪水的水文情势,从而抑制洪涝灾害。水土保持措施改变了流域产流和汇流的下垫面条件,从而影响或根本地改变流域水文情势,特别是洪水来量和洪水过程。各项水土保持措施能避免坡面径流直下江河而引起的洪水暴涨。许多小流域的分析表明,在洪水过程中,小流域水土流失综合治理使小流域产洪次数减少、产洪起始时间延迟、洪水历时缩短、洪峰降低及洪水总量减少<sup>[6]</sup>,从而起到直接的遏制

洪水的效果。据对甘肃省西峰市南小河流域的杨家沟(治理沟)与董庄沟(对比沟)多年资料分析,不同降水年型下,治理后的流域产洪次数在枯水年减少 26%,丰水年减少 13%;次径流过程中,治理后的流域单位面积最大洪峰流量平均降低 82%。陕西省耀县的官庄沟(治理沟)流域瞬时单位面积洪峰流量与袁古庄沟(对比沟)之比为 1: 77。

水土保持的重要作用还在于防治坡面土壤侵蚀,减少江河、水库与湖泊的淤积,降低因泥沙淤积导致的河情与水情的恶化。新中国成立以来,中国累计治理水土流失面积  $7.4 \times 10^5 \text{ km}^2$ ,各项水土保持措施每年可拦蓄泥沙  $1.8 \times 10^9 \text{ t}$ <sup>[7]</sup>。长江水土流失治理工程开展 10 a 来,治理区水土流失面积由 63% 下降到 36%,年均土壤侵蚀量减少  $1.8 \times 10^8 \text{ t}$ 。据分析,四川省大英县蓬莱镇的寸塘口水库,设计库容  $1.44 \times 10^6 \text{ m}^3$ ,水库上游未治理前,大雨之后入库浑水 6~13 d 后变清,经 1989~1993 年治理之后,3~5 d 变清,经测算,上游各项措施每年减少水库淤积  $5.6 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。相反,同属相同侵蚀强度区而上游未治理的蓬溪县仁隆远景水库,1976 年建成后的 22 a 中淤积  $1.39 \times 10^5 \text{ m}^3$ ,占总库容的 74%。

水土保持在防洪减灾中起着明显的作用。长江上游的四川省宣汉县 1998 年 7 月 20 日出现 146 mm 的降水,经过综合治理的东阳溪等 4 条小流域,其内未发生任何灾害,而相邻的非治理流域的新农乡,72.7  $\text{hm}^2$  作物受灾,55.5  $\text{hm}^2$  农田被毁(其中 21.7  $\text{hm}^2$  不能复耕),1379 处塌方,20 多处公路被冲断。

洪水的防治措施有工程和非工程措施之分,其中工程措施必须标本兼治,实行点、面、线相结合的综合防治体系。所谓“点”即在河道修建水利枢纽工程,“面”即中上游地区水土保持,而“线”指河道整治与堤防工程建设。“面”上的水土保持措施是长期的根本性措施。

## 2 水土保持与水资源紧缺问题

### 2.1 重新认识淡水资源的分配,重视生态用水

淡水在地球上分布不均,数量有限,但它却是人类生存发展中的一种必不可少的资源。与地球上总水量相比,可供人类利用的淡水资源非常有限,地球上的淡水仅占地球总水量的 2.5%,而能供人类直接利用的淡水只占地球总水量的 0.007%。淡水资源空间上的静态分布不均和时间上的动态变化进一步加剧了水资源短缺,从而成为制约社会发展及生态环境改善的主要因素之一。生态环境脆弱的地区多是缺水地区,世界上的贫困地区与水资源短缺压力直接相关<sup>[8]</sup>。人类的淡水资源利用可分为农业用水、工业用水、生活用水和生态用水。世界平均农业耗水占总耗水的 90%,但灌溉农田用 15%~17% 的耕地生产近 40% 的农产品<sup>[9]</sup>。目前中国的农田灌溉面积占总耕地的 55% 左右,灌溉耗水占全国总耗水的 70%,而有 80% 的粮食来自于灌溉农田,可见水资源在中国粮食安全中的地位和作用。维持人的基本生活需求的用水临界值为 50 L/(d·人),而发达国家城市生活用水量为 300~400 L/(d·人),发展中国家为 100~200 L/(d·人)。与农业耗水相比,工业用水对水资源总量影响不大,但它引起大面积水体污染是影响水资源数量的关键问题。健康的生态系统是人类生存和发展的重要组成部分。但长期以来,人们在追求社会经济高速发展的同时往往以牺牲资源和环境为代价,忽视了保持健康生态系统的水分需求。充足的淡水供给为保持健康的生态系统所必须,因此环境用水或生态用水应引起人们的高度重视,并将其作为水资源分配的一个重要部分。

### 2.2 水土保持能缓解水资源短缺状况

2.2.1 减少河流输沙用水量,增加可用水量。以河行水,以水养河是河流管理的基本原则,但

对水土流失严重、径流泥沙含量高的流域,则需要过量的径流养河,以降低河道淤积和河床抬升的速度,这是中国北方河流普遍存在的问题。黄河每年需  $2 \times 10^{10} \sim 2.4 \times 10^{10} \text{ m}^3$  水量用于冲沙,使可开采利用的径流资源量相对减少。若黄土高原水土流失严重区得以治理,则相对增加流域近  $2.00 \times 10^{10} \text{ m}^3$  的水资源量,是缓解黄河断流的良策之一<sup>[10]</sup>,并能显著的提高水质。

2.2.2 降低水库淤积速率,保障水库正常调节运行 区域水资源短缺表现在总量不足和时空分布不均两方面,季风气候和径流的降水补给形式决定了中国地表水资源时空分布的不均匀性,水库在水资源时空上的调余补亏作用尤为重要。水土保持能防止水土的流失,从而防止水库的淤积和库容减小,保持较长的水库运用年限和对地表径流的调节能力,实现水资源时空丰缺差异的有效调控,克服水资源分布不均造成的短缺问题。

2.2.3 雨水资源化能增加地表水资源量 水土保持工程措施中的塘坝、窑窖等是中国现行雨水汇集的主体,解决了山丘区人畜饮水和小面积耕地的有限水灌溉问题。对陕西省北部地区进行估算,该区年可集雨量达  $6.27 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,其中雨季达  $4.24 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。这部分雨水如果有 1/2 用于生产粮食,另 1/2 提供生活用水,补水灌溉效益按生产粮食  $2.0 \text{ kg/m}^3$  计,可增产粮食  $6.30 \times 10^8 \text{ kg}$ ,占陕西省北部粮食总产的 10% 以上。定西县在 1983-1992 年的水土流失治理中,根据水土流失规律配置水土保持措施,其中,通过建水窖、涝池等使该县缺水人口从 1982 年的  $1.5 \times 10^5$  人减少到 1992 年的  $7.6 \times 10^4$  人,具有明显的社会和经济效益。

2.2.4 水土保持提供了基本的生态用水 人类在追求以人为中心的经济高速发展过程中忽视了淡水资源的环境效益,从而导致或加剧了许多诸如干旱加剧、土壤资源退化、土地荒漠化、生物多样性减少和环境污染等环境问题。生态环境是人类赖以生存和发展的基础,妥善处理生态环境的保护与利用,就必须正确处理流域内上中下游、地区间资源(特别是紧缺的水资源)的分配和利用,以保障社会经济的可持续发展。水土流失是中国的头号环境问题,水土保持是解决此问题的根本途径。水土保持在减沙的同时也减少了地表径流,但坡面上的水土保持林草措施及其相应的工程措施拦蓄的径流是维持水土流失区生态环境健康发展所需的基本生态用水。据甘肃省西峰市南小河沟流域资料,10a 生刺槐和杏树的拦蓄径流效益 51.3%,拦沙效益 75.0%,木材蓄积量  $90 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。治理后的杨家沟 19a 平均蓄水增加 57.8%,减沙 81.3%,流域林草覆盖率达 80% 以上,累计产草  $5.65 \times 10^5 \text{ kg}$ ,木材蓄积量  $4000 \text{ m}^3$ 。长江上游水土流失综合治理工程中四川省通过对 328 条流域的治理,使土壤侵蚀量减少 60%,地表径流减少 25%,林草覆盖率由治理前的 14.0% 提高到 36.4%。对南小河沟流域治理的水环境效应研究表明,该流域治理前年平均地表径流深 15.76 mm,通过 60-70 年代的初步治理后径流深减小为 5.16 mm,现在为 3.66 mm,未来 10a 预计可减小到 2.86 mm,使流域蓄水量提高。据 1983-1992 年全国 9 省的 8 片水土流失重点区小流域治理资料,植被覆盖率平均提高 41%,累计达 51.4%,其中黄河中游无定河流域  $5.73 \times 10^5 \text{ hm}^2$  的流沙有  $4 \times 10^5 \text{ hm}^2$  得到固定或半固定,沙区植被覆盖率由 1.8% 提高到 38.8%。中国自 1949 年以来各类水保设施每年可增加蓄水能力  $2.50 \times 10^{10} \text{ m}^3$ <sup>[7]</sup>,为生态环境的改善提供了基本水源,降低了因水资源短缺造成的对生态环境和作物生产的危害。

2.2.5 提高了农田抗御干旱的能力,减少了农田对有限地表水资源的需求 水资源短缺在农业上直接表现为农田土壤干旱。土壤水资源对抗御农田干旱具有重要作用,水土保持措施可提高土壤入渗速率和“土壤水库”库容,使土壤含水量提高 20%~50%,为作物特别是旱地作物生产提供了基本水源。水土流失流走的不仅仅是土粒,而是包括土壤有机质、土壤微生物和土

壤矿物质等植物生长所必需的物质,并对土壤耕性、结构性等造成了破坏,降低了土壤的生产能力及作物的水分利用率和水分生产率,从而加剧了干旱对农业生产的威胁。因此,水土保持通过保水、保土和改善农业生产土壤环境,提高了农田的综合抗旱能力。在黄土丘陵沟壑区的宁夏南部山区固原地区,以抗风蚀、水蚀和干旱为中心,综合运用农田施肥、作物种植制度及水土保持耕作技术,使作物生长期抗旱保墒率提高 14.6%~17.8%,水分利用效率提高 40% 以上。梯田比坡地年可增产粮食  $1\ 125\ \text{kg}/\text{hm}^2$ ,中国历年累计已建成梯田、坝地等基本农田  $1.13 \times 10^7\ \text{hm}^2$ ,累计增产  $1.28 \times 10^{10}\ \text{kg}$ 。按每 100 kg 粮食用水  $85\ \text{m}^3$  水计算,仅梯田一项相对可节约水资源  $1.084 \times 10^{10}\ \text{m}^3$ 。

### 3 水土保持与水污染问题

水资源在数量上的短缺与水污染对生态系统的破坏是紧密相连的,水质污染与数量的缺乏对生态系统危害严重,特别是对河流、湖泊及浅海等水生生态系统。

水土资源管理不善引起的土壤水蚀,除因表土及土壤养分流失导致土地退化外,还通过增加水中有机物、无机物和泥沙而加剧水质污染,这种污染对引水区的农田灌溉并无太大的负效应,但对工业及生活用水则极为不利,同时可能引起水的富营养化。

按污染源划分,水污染分面源污染和点源污染,水土流失是最大的面源污染,随着化学物质在农业生产中的广泛应用,这种污染的危害已愈来愈严重,这在中国尚未引起足够重视。

总之,从中国的人均资源占有量小和水土流失严重的国情出发,要妥善地保护好水土资源,改善生态环境和从根本上控制泥沙,才能彻底解决中国的洪涝灾害、水资源短缺和水质问题。水土保持与单纯的林业或水利工程不同,是一个综合防治工程体系,它通过调节降水再分配、控制泥沙、保护水土资源和改善生态环境,来实现水问题的标本兼治,是解决中国三大水问题之根本性、战略性措施。

致谢:本文承中国科学院张光斗院士和中国工程院钱正英院士指导,谨此深表感谢。

#### 参 考 文 献

- 1 李斌.温家宝与两院士座谈水资源问题时要求:提高水利科技和水利建设现代化水平.人民日报,1999-01-20,第 4 版
- 2 黄河流域及西北片水旱灾害编辑委员会.黄河流域水旱灾害.郑州:黄河水利出版社,1996.226-243
- 3 刘健.小浪底能否“一库定天下”.半月谈,1999(8):32-34
- 4 马毅杰,董元华.三峡库区及上游地区生态环境建设刻不容缓.见:许厚泽,赵其国主编.长江流域洪涝灾害与科技对策.北京:科学出版社,1999.60-66
- 5 钱正英主编.中国水利.北京:水利电力出版社,1991.87-131,405-444
- 6 穆兴民,王文龙,徐学选.黄土塬区水土保持对小流域地表径流影响的研究.水利学报,1999(2):71-75
- 7 朱登铨.认真贯彻党的十五届三中全会精神,开创水土保持生态环境建设新局面.中国水利,1999(1):12-13
- 8 The Commission on Sustainable Development of UN. The comprehensive assessment of the freshwater resources of the world. (<http://www.un.org/dpcs/>)
- 9 Kuylenstierna J L, Bjorklund G, Najlis P. Future sustainable water use: challenges and constraints. Journal of Soil and Water Conservation. 1997(3):151-156
- 10 穆兴民,陈霁伟.黄河断流人之过.科学,1999(2):49-50
- 11 蒋定生.黄土高原水土流失与治理模式.北京:中国水利水电出版社,1997