

# 南水北调中线陕西水源区水土流失及治理对策

李 晓 玲

(陕西师范大学 旅游与环境学院, 陕西 西安 710062)

摘 要: 南水北调中线陕西水源区水土流失严重, 对中线工程的输水量及其水质造成了很大影响。为确保中线调水区水量和水质, 依据研究区的历史资料与遥感解译资料对陕西水源区的水土流失现状及影响水土流失的因素进行了分析, 并有针对性地提出了治理该区水土流失的具体措施。

关键词: 南水北调中线; 水土流失; 治理对策; 陕西省

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2008)06-0158-04

中图分类号: S157

## Soil and Water Loss and Its Countermeasures in the Shaanxi Water Source Area of the Middle Route Project for South-to-North Water Transfer

LI Xiaoling

(College of Tourism & Environment, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710062, China)

**Abstract:** The water source area of the middle route project for south-to-north water transfer in Shaanxi Province is a severe soil erosion area that may affect the diverted water quality. To ensure the diverted water quality in the project, the present situation of soil and water loss and the influence factors are analyzed based on the historical data and the remote sensing interpretation data. By analyzing soil erosion degree and various factors influencing soil and water loss, some specific and effective measures for controlling soil and water loss were put forward.

**Keywords:** the middle route project for south-to-north water transfer; soil and water loss; countermeasure

### 1 研究区概况

“南水北调”工程是我国 21 世纪重大战略性、基础性工程。在“南水北调”三条线路中, 尤以“中线工程”对促进地区经济社会协调与可持续发展具有更为重要的作用。水质和水量是南水北调工程成败的关键<sup>[1-2]</sup>, 水土保持对水质及水量具有明显促进作用<sup>[3]</sup>。“南水北调”中线水源区陕西段包括汉江和丹江两个流域, 是中线工程的核心水源区。涉及汉中、安康、商洛、西安和宝鸡 5 市的 31 个县(市)的 585 个乡镇。总面积约  $6.27 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 占丹江口水库(中线工程的取水口)控制面积  $9.52 \times 10^4 \text{ km}^2$  的 65.9%。水源区内地貌类型除汉中盆地以外, 多为中山、高山和小部分丘陵区, 沟壑密度较大。区内北部为山地暖温带温和湿润气候区, 南部为北亚热带温湿润气候区, 多年平均降水量为 700~1 200 mm, 降水丰富, 植被相对较好, 森林覆盖率达 42%<sup>[4]</sup>。区内总耕地面积  $1.04 \times 10^6 \text{ hm}^2$ , 其中大于  $25^\circ$  的坡耕地

占 28%。汉丹江流域的特殊地形特点、气候条件是形成水土流失的重要区域, 因此研究分析汉丹江流域水土流失现状, 对于加强水源地的保护, 确保调水水质和调水工程的安全运行具有重要的意义。

### 2 研究区水土流失现状

南水北调中线陕西水源区水土流失现状情况如表 1—2 所示。区内水土流失面积总计  $26\,267.55 \text{ km}^2$ , 占土地总面积  $62\,731 \text{ km}^2$  的 41.87%, 占丹江口水库总流失面积  $39\,515 \text{ km}^2$  的 66.48%, 其中中度侵蚀面积为  $14\,063.11 \text{ km}^2$ , 占区域水土流失面积的 53.5%。轻度侵蚀面积为  $5\,305.93 \text{ km}^2$ , 强度侵蚀面积为  $4\,142.79 \text{ km}^2$ , 极强度侵蚀面积为  $2\,030.58 \text{ km}^2$ , 剧烈侵蚀面积  $725.14 \text{ km}^2$ , 分别占全流域水土流失面积 20.2%, 15.8%, 7.7% 和 2.8%。流域土壤侵蚀总量为  $1.06 \times 10^8 \text{ t}$ , 平均侵蚀模数为  $4\,042.55 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。其中安康市土壤侵蚀量为  $4.82 \times 10^7 \text{ t}$ , 占流域侵蚀总量的 45.42%。商洛市、汉中市、宝

收稿日期: 2008-06-15

修回日期: 2008-09-11

资助项目: 陕西省水土保持局专项“南水北调中线水源区水土保持生态补偿研究”课题; 国家自然科学基金资助项目(40071005)

作者简介: 李晓玲(1957—), 女(汉族), 陕西省蒲城县人, 副研究员, 长期从事水土保持与水资源的研究与管理工作。E-mail: lixiaol@snnu.edu.cn.

鸡市和西安市土壤侵蚀量分别占流域侵蚀总量的 28.65%, 23.98%, 1.86% 和 0.09%, 安康市土壤侵蚀量占据较大比重。流域内安康市和宝鸡平均侵蚀模数为 4 393.80 t/(km<sup>2</sup>·a) 和 4 131.69 t/(km<sup>2</sup>·a), 高于流域的平均侵蚀模数(附图 6)。

水源区的 5 市中, 安康市水土流失面积最大, 达 10 976.75 km<sup>2</sup>, 占安康市面积的 46.96%, 占区域水土流失面积的 41.79%, 其次是商洛市和汉中市, 水土流失面积分别占水土流失总面积的 29.52% 和 26.73%。5 市在不同侵蚀类型区水土流失面积也存在明显差别。例如, 安康市在强度侵蚀区、极强侵蚀区和剧烈侵蚀区类型中的水土流失面积为 1 863.23 km<sup>2</sup>, 1 122.37 km<sup>2</sup> 和 387.92 km<sup>2</sup>, 分别占区内水土

流失面积的 16.97%, 10.22% 和 3.53%, 强度以上侵蚀区的水土流失面积和比重均远高于商洛市和汉中市。在区内 31 个县中安康汉滨区、石泉县、紫阳县、镇坪县、岚皋县、平利县、白河县、汉中宁强县以及商洛的丹凤县等 9 个县的水土流失面积比重均超过区总面积 50%。而水土流失的平均侵蚀模数高于 4 500 t/(km<sup>2</sup>·a) 的有安康市旬阳县、紫阳县、白河县以及宝鸡市的凤县, 平均侵蚀模数分别为 5 054.784 t/(km<sup>2</sup>·a), 4 947.902 t/(km<sup>2</sup>·a), 4 750.326 t/(km<sup>2</sup>·a) 和 4 600.517 t/(km<sup>2</sup>·a), 侵蚀模数高于 4 200 t/(km<sup>2</sup>·a) 的县有 13 个, 其中属于安康市的有 8 个, 属于汉中市和商洛市的各有 2 个, 宝鸡市 1 个。

表 1 汉丹江流域各市不同侵蚀类型区水土流失面积

km<sup>2</sup>

市名	轻度侵蚀区		中度侵蚀区		强度侵蚀区		极强侵蚀区		剧烈侵蚀区	
	面积	比例/%	面积	比例/%	面积	比例/%	面积	比例/%	面积	比例/%
汉中市	1 717.20	24.46	3 788.97	53.96	1 038.19	14.79	371.52	5.29	105.41	1.50
安康市	1 867.95	17.02	5 735.28	52.25	1 863.23	16.97	1 122.37	10.22	387.92	3.53
商洛市	1 638.42	21.13	4 246.95	54.77	1 139.44	14.69	510.84	6.59	218.45	2.81
宝鸡市	68.79	14.41	268.42	56.25	100.88	21.14	25.79	5.40	13.34	2.80
西安市	13.57	35.53	23.49	61.51	1.05	2.75	0.06	0.16	0.02	0.05
总计	5 305.93	20.20	14 063.11	53.54	4 142.79	15.77	2 030.58	7.73	725.14	2.76

表 2 汉丹江流域各市不同侵蚀类型区侵蚀量

10<sup>4</sup> t

侵蚀类型	汉中市	安康市	商洛市	宝鸡市	西安市	合计
轻度侵蚀量	257.580 0	280.192 5	245.763 0	10.318 5	2.035 5	795.889 5
中度侵蚀量	1136.691 0	1720.584 0	1274.085 0	80.526 0	7.047 0	4218.933 0
强度侵蚀量	622.914 0	1117.938 0	683.664 0	60.528 0	0.630 0	2485.674 0
极强侵蚀量	371.520 0	1122.370 0	510.840 0	25.790 0	0.060 0	2030.580 0
剧烈侵蚀量	158.115 0	581.880 0	327.675 0	20.010 0	0.030 0	1591.890 0
合计	2546.820 0	4822.964 5	3042.027 0	197.172 5	9.802 5	10618.786 5
平均侵蚀模数/ (t·km <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> )	3 627.28	4 393.80	3 923.12	4 131.69	2 566.77	4 042.550 0

### 3 影响区域水土流失的因素分析

土壤侵蚀的成因可以分为自然因素和人为因素两大类, 自然因素是土壤侵蚀发生的内在成因, 而人为因素则是土壤侵蚀发生的重要外部条件, 是加速土壤侵蚀发生的重要原因。

#### 3.1 自然因素

3.1.1 地形因素 在一定降雨强度条件下, 地面坡度越大, 降雨形成的径流流速越大, 地面遭受冲刷力越强, 水土流失量越大, 而汉江干流的上游位于秦岭与大巴两山的峡谷之间, 中游位于开阔的丘陵地带。

丹江干流上游位于秦岭峡谷之中, 中游位于低山丘陵地带, 流域内平原面积较少, 秦岭南麓平均坡降在 1.5%~20%, 山岭上部坡度较下部坡度陡, 山峰的坡度在 30%~40%, 且该区地层多为花岗岩、片麻岩, 风化严重。大巴山地区坡度较大, 一般为 40%~60%。山体以片岩居多, 上部含沙较粗, 呈灰黄或暗灰色, 褶皱发育强烈。

3.1.2 气候因素 汉江、丹江流域多年平均降水量在 700~1 200 mm 之间, 因受季风影响, 降水量的 75% 左右集中于夏秋两季, 且大雨、暴雨频繁, 强度大。大雨、暴雨对地表土层强烈的冲击, 严重地破

坏了土层结构,使其抗蚀能力大大减弱,侵蚀强度剧增,尤其7—9月汛期,水力和重力侵蚀最为活跃,是汉江、丹江流域水土流失主要的时期,流失量占年总量的84%以上<sup>[5-6]</sup>。

汉江流域气温历年月平均最高均在7月份,最低值出现在1月或12月,绝对温度变化很大。据统计,汉江绝对温差可达60℃以上。由于流域内广泛分布有易于风化的片麻岩,所以这一区域风化现象严重。

3.1.3 土壤因素 土壤是被侵蚀的主体,它的一切性状将直接影响侵蚀的发生和发展。汉江流域地形复杂,成土母质和植被类型多样,形成了多种土壤类型。

(1) 黄褐土。以汉江沿岸诸盆地周围秦岭为主要分布区。由于黄褐土有机质缺乏,黏重坚实,透水性差,质地较细,土粒易于吸水膨胀,分散成为泥浆容易发生土壤侵蚀。

(2) 黄棕壤。主要分布在秦巴山8 000~2 000 m山地。因植被较好,海拔较高,降水较多,湿度较大,而温度较黄褐土地带低,其有机质含量较黄褐土高。土壤黏粒移动活跃,有明显的黏化现象,表土疏松,容重小,群众俗称黄泡土。

(3) 石渣土。分布在秦巴山区。因自然植被遭到破坏,加之地势陡峭,土壤侵蚀频繁,土壤发育始终处于幼年阶段。剖面无明显发育层次,土体含有较多沙砾和岩石碎屑,肥力低,土层薄,侵蚀严重。

(4) 冲积土。分布于汉江谷地。土壤质地有壤砂土、砂壤土、粉砂黏壤土及黏土。沿汉江支流所经地点沉积的颗粒往往较粗,层次较厚,距主流越远则颗粒越细,层次转薄,易发生土壤侵蚀。

### 3.2 人为因素

人为因素造成的水土流失主要表现在不合理土地利用方式上,不合理的土地利用会恶化土壤特性,加剧土壤侵蚀,是水土流失形成的重要原因。

3.2.1 植被的破坏 植被的破坏是水土流失的重要原因。地表植被覆盖对地面尤其是坡面土壤侵蚀影响极大,植被的减蚀作用主要表现在植被茎叶对降雨雨滴动能的削减作用,对降雨的截留作用和对径流流速的减缓作用<sup>[7]</sup>。

20世纪90年代和50年代相比,天然林面积下降了6%,森林储量下降了70%,林缘线上升了300~500 m,后退了10~20 km;草地退化率由80年代的17.23%增加到90年代末的32.97%<sup>[8]</sup>。由于丹江流域的毁林开荒活动破坏了植被,加剧了流域的水土流失。

3.2.2 开发建设 人为破坏主要指开发建设项目建设过程中所造成的水土流失。开发建设项目水土流失对水土资源的破坏范围更广,影响程度更深,影响力更大<sup>[9]</sup>。汉江流域地域辽阔,自然资源种类丰富,是重要的工业原材料基地。多年来,由于人们不合理的开发利用,造成资源的严重浪费和水土流失的加剧。此外,区内基本建设项目众多,工矿、交通、水利水电事业发展迅速,在建厂、开矿、筑路、修库和建电站等施工中,往往因开挖边坡,弃土废渣排放,未采取保护措施,造成新的人为侵蚀更为严重。一些铁路、国道及高等级公路建设,区县乡间公路的建设,开挖未保护的坡面与沟谷弃渣屡见不鲜,造成重力侵蚀极其活跃,每年约有数百万方土石进入沟谷与河谷中,造成了严重的人为水土流失。

## 4 水土流失综合治理对策

汉江流域是南水北调中线工程的主要水源区,这一地区生态环境的好坏关系到供水的质量,应根据水源区水土流失的现状以及水土流失的特点,实施合理的治理对策。

### 4.1 加大法制宣传力度,强化政府领导,依法治理水土流失

汉江流域水土流失严重,近几十年来,虽然在不断的治理,但一方治理,多方破坏;一边治理,一边破坏的现象屡见不鲜。局部地区的破坏甚至远远大于治理,导致了生态环境自调节功能减弱,使水土流失不断加剧。因此,建议有关部门要加强对广大群众的普法教育,特别要重视各级领导干部对《水土保持法》《森林法》等相关法律法规的学习,提高依法治理水土流失的认识。同时建议流域内各级政府,加强对水土保持工作的领导,实行领导干部任期内目标管理责任制,把水保工作的好坏作为政绩考核的主要内容之一。

### 4.2 继续加强坡耕地治理,推行退耕还林,提高森林覆盖率

汉江流域山高谷深,地形破碎,坡耕地遍布。据统计,汉江中上游地区共有坡耕地 $1.18 \times 10^6$  hm<sup>2</sup>,约占总耕地的51.4%,其中位于上游陕南3地区的坡耕地的比率高达70%以上<sup>[10]</sup>。因此,必须加强对坡耕地的综合治理,对于坡度大于25°的耕地要严格实行退耕还林还草,对于坡度在20°~25°的农耕地,根据坡地的形态、土层厚度等要素,因地制宜的改造成梯田,或者有计划地开发经济林。而对于小于20°的耕地,要加强基本农田建设,建设合理的截蓄和排洪系统,改良土壤水热条件和养分状况,提高其保水保土性能。

同时要在农村推广使用清洁能源,加大农村沼气建设。据统计陕南地区农民使用薪柴量约占生活用能的70%,在 $2.08 \times 10^6$ 农户中只有不到1%农户使用了沼气, $2.06 \times 10^6$ 农户每户消耗 $4.48 \times 10^6$ 薪柴,相当于 $1.20 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 林地树木。推广农村沼气建设,可有效减轻农村对薪柴燃料的需求,提高森林覆盖率,有利于控制流域的水土流失。

#### 4.3 有计划地推行小流域综合治理

近年来,随着国家“长治”和“南水北调”项目的实施,汉丹江流域各地开展的许多小流域治理,均收到较为明显的治理效果和经济效益。例如,在石泉县饶峰河小流域综合治理已经取得了良好的生态效益和经济效益。应继续加强推广小流域综合治理,建立起一批具有完整工程、生物保护体系,农工商综合发展的商品生产基地。

#### 4.4 建立生态补偿机制,对水源区进行生态补偿

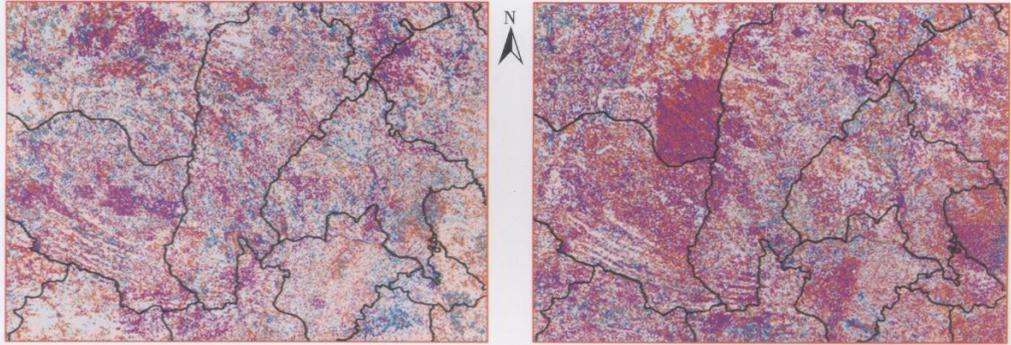
南水北调中线水源地保护区经济社会发展比较落后,为了保证水源地的保护与发展相协调,必须加快建立和推进生态补偿机制,对中线水源区实施生态补偿。南水北调中线工程开工以来,各地按照“先节水后调水,先治污后通水,先生态后用水”的原则,积极实施源头治理。

为了保证南水北调中线工程调水水质,保护区已经关停一大批污染严重的企业,限期治理了重点污染企业,永久性禁止高污染项目发展。另外,库区生产生活体系、交通运输体系也需要重构。这些项目将给经济本来十分困难的保护区带来压力。同时水源区的水污染防治、水土保持、林业建设、农业面源污染防

治等都需要长期而充足的投入,仅靠库区地方政府投资远远不够,应该对水源区实施生态补偿,否则会影响生态环境建设,也不利于提高库区群众保护环境的积极性。

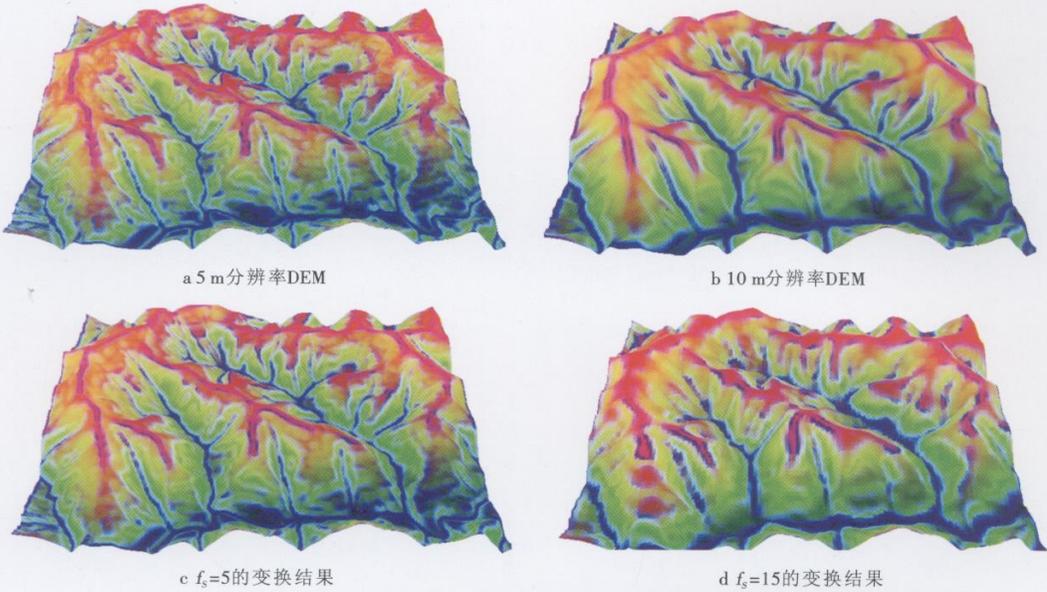
#### [ 参 考 文 献 ]

- [ 1 ] 穆兴民,孙春鹏,潘涇轩,等.加强“南水北调”中线地区水源地保护确保“一江清水”进北京[J].科学新闻,2007(20):28—30.
- [ 2 ] 穆兴民,孙春鹏,潘涇轩,等.“南水北调”中线工程水源区保护亟待解决的问题与政策建议[J].陕西水土保持,2008(2):9—13.
- [ 3 ] 穆兴民.能与南水北调相媲美的水资源保护工程:黄土高原水土保持工程[J].水土保持通报,2006,26(5):封2.
- [ 4 ] 张淑芳,杜新黎,李合义,等.汉、丹江流域(陕西段)环境现状分析及保护对策研究[J].2003,10(1):11—12.
- [ 5 ] 惠振德,孙虎,李晓玲.陕南土壤侵蚀特征及时空分布规律[J].水土保持通报,1997,17(2):1—6.
- [ 6 ] 惠振德,李晓玲.陕西汉丹江流域水土流失及其治理对策研究[J].陕西师范大学学报:自然科学版,1997,25(2):77—80.
- [ 7 ] 李家峰.玉树“三江源”区的水土流失及防治对策[J].中国水土保持,2003(3):28—29.
- [ 8 ] 宋晓强,张长印,刘洁.开发建设项目水土流失成因和特点分析[J].水土保持通报,2007,27(5):108—113.
- [ 9 ] 赵光耀,赵兴华,王答相.陕西省丹江口水库水源区生态保护与重建存在的问题及对策[J].中国水土保持,2003(7):11—12.
- [ 10 ] 贺素娣.汉江流域水土流失特点及防治对策[J].长江流域资源与环境,1997,6(3):272—276.

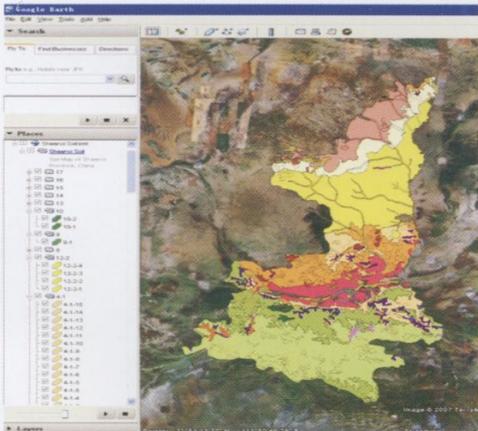


2000年 2006年  
 研究区域 行政区划 固定沙地 半固定沙地 流动沙地 半流动沙地 非沙化土地

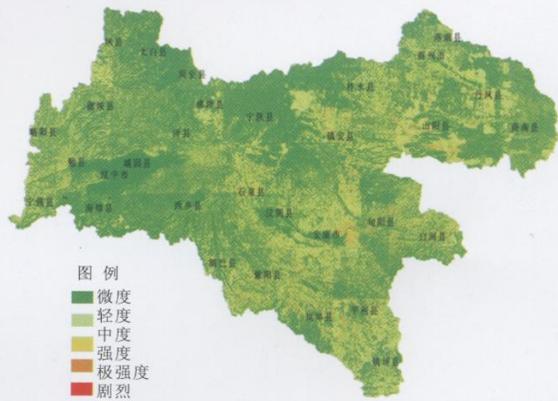
附图3 毛乌素沙地研究区沙漠化现状图



附图4 由高程、坡度和曲率3个专题层构造的县南沟流域3通道地形综合影响（红、绿、蓝）



附图5 陕西省土类图（部分图层）



附图6 南水北调中线陕西水源区土壤侵蚀现状图