

长江上游成为第二条黄河的可能性及其防治对策

梁 川

(四川大学 水电学院, 四川 成都 610065)

摘 要: 从气象因素和下垫面因素出发,重点针对长江上游地区的金沙江和嘉陵江流域 2 个主要产沙区地表侵蚀和河流泥沙输移特征、来水来沙条件,以及人类活动对水土流失的影响程度,分析了长江上游成为第 2 条黄河的可能性。认为气象因素是影响重点产沙区沙量变化的关键因素,而长江上游地面物质侵蚀量和河流泥沙的发展主要受人类不合理的社会经济活动影响。由于长江上游地区水热条件和地貌特征具有相对的稳定性,并考虑“长治”工程积极开展水土保持的综合治理工作,长江上游的河流泥沙在相当长的一段时期内不会发生显著变化。最后还根据该地区的现实情况,提出了进一步防治水土流失的对策与建议。
关键词: 长江上游; 地表侵蚀; 泥沙输移; 水土流失; 防治对策

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2002)04-0062-05

中图分类号: P333.2

Possibility and Countermeasures of Yangtze Upstream River Changing into Second Yellow River

LIANG Chuan

(College of Hydraulic and Hydroelectric Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract According to meteorological factor and underlying surface condition of the watershed both Jinsha river and Jialing river in Yangtze upstream river, the probability of Yangtze upstream river changing into second Yellow river are studied based on surface erosion, sediment transportation, water and soil loss, as well as human activity. It shows that the meteorological character is one of the key factors for producing the sediment yield in the watershed, but that the surface erosion and the stream load of Yangtze upstream river have been mainly influenced by unreasonable social economic activities. Because hydro-thermal process and geomorphic element have relatively stabilization, adding developing soil and water comprehensive control until recently decade, the stream load in Yangtze upstream river would not evidently change during a considerably long time. Meanwhile some useful countermeasures for preventing soil and water loss are also suggested.

Keywords upstream of Yangtze river; surface erosion; sediment transportation; soil and water loss; prevention countermeasures

水土流失是我国各大江河水患日趋严重的根源。建国以来,黄河、长江、淮河、珠江、海河、松花江、辽河、太湖等七大流域均存在不同程度的水土流失,其中黄河程度更深,而长江的发展速度较快。长江变“黄河”,黄河的河床更高,众所周知,长江上游已成为我国水土流失最为严重的地区之一。

长江上游系指湖北省宜昌以上的长江流域地区,流域面积为 $1.0 \times 10^6 \text{ km}^2$,其中流域面积在 1.0 km^2 以上的主要支流有雅砻江、岷沱江、嘉陵江和乌江,其它中小支流达 1500 多条。该流域涉及青海、西藏、云南、贵州、陕西、甘肃、四川、湖北和重庆 8 省 1 市 53 个地区的 338 个县,流域内总人口 1.45×10^8 ,其中农

业人口 1.26×10^8 ,平均人口密度为 144 人/km^2 。由于长江上游广大的山丘地区,滑坡、泥石流分布集中,根据不完全统计,长江上游地区仅泥石流沟就有 4200 多条,新老滑坡有 1.50×10^4 多处,加之坡陡土薄,雨量也较集中,每年冲刷大量的地表土壤。到 20 世纪 90 年代初,长江上游的水土流失面积为 $3.52 \times 10^5 \text{ km}^2$,占上游总土地面积的 35%,年均地面侵蚀物总量达 $1.57 \times 10^9 \text{ t}$ 。

1 长江上游水土流失泥沙来源及成因

长江上游流域的水土流失主要有 2 个阶段:即流域地表土壤侵蚀和河流泥沙输移。

1.1 地表侵蚀

长江上游地区地表侵蚀的主要类型包括重力侵蚀、水力侵蚀和混合侵蚀 3 种类型

重力侵蚀主要表现为滑坡、崩塌及泻溜。嘉陵江上游地区的滑坡以白龙江和白水江流域较为严重, 规模巨大, 滑坡体土方量均在 $1.00 \times 10^7 \text{ m}^3$ 以上; 而在金沙江干流及支流的中下游深切河谷两岸, 滑坡分布更加广泛, 泻溜随处可见。

水力侵蚀包括面蚀和沟蚀, 面蚀的量大而广, 多发生于坡耕地、荒山荒坡和疏幼林地上, 是流域内最主要的侵蚀类型。嘉陵江上游地区的耕地中, 约有 70% 是坡耕地, 坡度大多在 $20^\circ \sim 30^\circ$ 之间, 少部分在 40° 左右, 每遇大雨或暴雨便发生强烈的水土流失, 破坏地力, 损失土壤, 成为河流泥沙的重要来源。金沙江下游山区和丘陵区的坡耕地占总耕地的 50% ~ 90%, 坡度大于 25° 的耕地占 1/3 以上, 沟蚀发育, 水土流失十分严重; 根据初步的典型区域调查, 坡耕地年流失土壤高达 $9.36 \times 10^7 \text{ t/hm}^2$, 该流失量折合地表侵蚀模数高达 $9000 \sim 36000 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。

混合侵蚀是指在重力侵蚀和水力混合作用下造成的侵蚀, 其表现形式为泥石流。在嘉陵江上游地区共有泥石流沟 3000 余条, 泥石流及滑坡分布区域面积 13854 km^2 , 约占总面积的 56%。金沙江干流两岸泥石流分布非常密集, 其支流小江流域是我国著名的泥石流高发区, 在全长 133 km 的范围内就分布有大小泥石流沟 107 条, 每年注入小江的泥沙总量超过了 $3.00 \times 10^7 \text{ t}$, 其中大约有 $6.10 \times 10^6 \text{ t}$ 的悬移质泥沙输入到金沙江。

地表侵蚀的影响因素包括自然因素和人为因素。其中自然因素包括: 气候因素、地形因素、土壤因素、植被因素等; 人为因素包括: 人口增加、乱砍滥伐、厂矿开采、过度放牧、陡坡开垦等不合理的人类活动所造成的消极影响和兴修水利、植树造林、水土保持、环境保护等积极作用。自然因素是引起地表侵蚀发生和发展的潜在条件, 而人为因素则能起到加速或延缓自然侵蚀的作用。

影响流域产沙、输沙的自然因素可以归纳为气象因素和下垫面因素两大类。在气象因素中最主要最直接的因子是降雨及降雨产生的地表径流, 降雨和径流影响河流输沙量的变化, 是引起地表侵蚀的原动力, 它反映了产沙、输沙的动力条件。嘉陵江汛期河流泥沙输移量占全年泥沙含沙量的 90% 以上, 金沙江的泥石流暴发都是与该地区的降雨强度有关。下垫面因素反映流域的地表条件, 特定地区特定的下垫面条件

是形成重点产沙区的决定因素, 土壤侵蚀模数跟地面坡度成正比, 所以水土流失严重区域大多数分布在山坡和坡耕地上。

近 10 a 来, 在长江上游地区人为原因造成的水土流失归纳起来有以下几个方面: (1) 工程建设项目不执行《水土保持法》, 使所在地方的水土流失迅速加剧。(2) 毁林、烧山、开荒、过度垦殖在一些地区仍未得到有效控制。如在四川、云南、贵州等地有不少农民依靠在禁止开垦的 25° 以上的山坡上耕作, 自然植被破坏十分严重, 大量泥沙汇入江河, 使得交通不便的深山区的水土流失后无法得到恢复, 这在很大程度上抵消了近年来水土保持工作所取得的成果。(3) 人类人口增加的结果, 其负面效应就是破坏生态环境。(4) 城市化使天然的截流、渗透能力大大衰减, 产流量增大, 汇流速度加快, 城市暴雨带来的水土流失成为新的难点。

人类活动如陡坡开荒、砍伐森林、过度放牧、植树造林、修筑梯田等可能加速水土流失的进程, 也可能防止或减轻水土流失, 但是植被的破坏只会加剧土壤的侵蚀。由试验可知, 荒坡的侵蚀模数是草地的 3.5 倍, 采伐迹地的侵蚀模数是林地的 4.6 倍。由此可见, 在长江上游地区的大量开垦、毁坏林草现象必然带来严重的水土流失之后果。

1.2 泥沙输移

流域输沙特性主要是由流域的产沙特性和汇沙特性决定的。流域产沙特性又是由降雨特性和下垫面的土质、植被条件决定的; 而汇沙特性是由流域下垫面的流域面积、流域坡降或河道比降决定的, 故从地表径流到河流泥沙必须经历侵蚀、沉积、归槽和运移等过程。

由于受到水流搬运能力的限制, 并非全部侵蚀物质都能够通过水系输送到下游。地表侵蚀并不等于河流泥沙, 可以用泥沙输移比将两者联系起来。然而, 流域内修建水利工程和其它人类活动是影响流域输移比的重要因素之一, 不仅可以完全改变天然河道的水力特征, 而且有可能从根本上改变河流的产沙条件、输沙条件、河道的边界条件和泥沙的输移过程等。水库上游来沙被拦截在库内, 清水下泄又可使坝下游河道受到冲刷, 也会使输移比发生较大变化, 进而对流域泥沙输移特性影响重大。

根据长江上游重点产沙区主要水文站沙量特征值统计 (见表 1) 可知, 金沙江和嘉陵江上游是长江上游地区产沙量最多的河流, 长江上游其它地区产沙量都相对较少。

表 1 重点产沙区主要水文站沙量特征值统计

流域	河流	站名	年输沙量 /	多年平均含沙量 /	历年最大含沙量 /	年平均输沙率 /	历年最大输沙率 /
			10^4 t	$(\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$	$(\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$	$(\text{kg} \cdot \text{s}^{-1})$	$(\text{kg} \cdot \text{s}^{-1})$
嘉陵江上游	西汉水	顺利峡	1 130	31. 5	838	359	126 000
		谭家坝	2 480	16. 3	578	783	470 000
	白龙江	武都	1 700	3. 80	918	537	177 000
		碧口	1 730	1. 95	227	549	159 000
		三磊坝	1 770	1. 66	169	562	135 000
金沙江及其下游	金沙江	渡口	4 080	0. 77	11. 60	1 290	33 900
		巧家	16 200	1. 34	49. 70	5 130	17 800
		屏山	24 300	1. 71	24. 20	7 710	17 700
	龙川江	小黄瓜园	376	5. 34	134	119	18 600
	驷鱼河	会东	65	1. 08	135	20. 6	14 700
	黑水河	宁南	359	1. 73	154	114	25 000
	昭觉河	昭觉	100	2. 13	161	31. 9	22 100
	牛栏江	大沙店	1 170	3. 06	407	370	47 000
	美姑河	美姑	185	1. 75	331	58. 8	11 900
	横江	横江	1 360	1. 48	104	432	61 600

2 两个重点产沙区的地表侵蚀和泥沙输移特征

金沙江流域面积约为 $5.00 \times 10^5 \text{ km}^2$, 流域内地形起伏大, 高差悬殊, 河流两岸山势陡峻, 山高谷深; 河道坡度大, 地表径流引起强烈的片蚀和细沟侵蚀, 河流下切、朔蚀也相当严重; 又因位于断裂带上, 地质灾害亦十分频繁, 其类型包括泥石流、滑坡和崩塌, 大量固体物资堆积于坡脚和沟口, 为河流泥沙提供了来源, 使得该地区的水土流失面积达 $1.28 \times 10^5 \text{ km}^2$, 占流域面积的 26.4%。尤其是渡口至屏山段, 控制面积为全流域的 41.4%, 而输沙量却占了 82.6%, 年平均侵蚀模数 $6\,000 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 左右, 不仅成为金沙江而且还是长江上游水土流失重灾区。其余地区由于有茂密的原始森林和广阔天然牧场, 人烟稀少, 植被良好, 水土流失相对较少。

金沙江流域主要控制水文站径流泥沙资料的统计结果分析(见表 2)表明, 20 世纪 80 年代以后, 干流平均含沙量呈上升趋势, 70 年代较 60 年代分别以 0.75~1.21 倍和 0.83~1.43 倍速度减少或增加, 但在 20 世纪 80 年代后则较 70 年代分别以 1.10~1.35 倍和 1.18~2.27 倍的速度增加, 且支流较干流更加明显。可见 20 世纪 80 年代后, 从客观上反映了金沙江流域的水土流失有加重的迹象。因为影响金沙江流域河流泥沙变化的最主要原因是气候因素和地质地貌条件, 短时间内一般不会发生太大的变化, 水土流失的关键是人类活动对环境的影响。进入 20 世纪 90 年代以来,

通过“长治”工程开展水土保持的综合治理工作, 地面侵蚀量已开始有所减少, 土壤流失面积也开始得到控制。但是, 由于该区域流失的泥沙大多淤积在支流, 所以在今后较长时期金沙江干流的河流泥沙不会有显著的改变。

在金沙江流域, 因受地形条件的影响, 垂直气候明显, 常形成一种控制面积小, 历时短, 强度大的局部性暴雨, 此外, 高山寒冷最低温度低至 -25°C ; 而河谷地区干燥炎热最高温度可达 45°C , 同一高程的气温时空变化极大, 日变差可达 15°C 。温湿的强烈交替激发了地表的风化剥蚀作用, 从而加速了松散碎屑物资的积累过程。

在嘉陵江中游地区, 由于人口数量的增长迅速, 耕地面积逐年不断减少, 该地区人均耕地面积仅有 0.05 hm^2 , 而水土流失面积已占到该区幅员总面积的 64%, 该区每年产生的泥沙总量高达 $7.97 \times 10^7 \text{ t}$, 其中冲走有机质约 $7.40 \times 10^5 \text{ t}$, 相当于损失了面积为 $2.17 \times 10^5 \text{ hm}^2$, 厚度为 30 cm 的耕作土壤。

综上所述, 长江上游流域的泥沙输移比较小, 在不同地区由于影响因素的差异, 其输移比的数值往往相差很大。长江上游重点产沙区在金沙江下游和四川盆地嘉陵江地区, 这两个地区的集水面积 $1.28 \times 10^5 \text{ km}^2$, 多年平均输沙量 $2.20 \times 10^8 \text{ t}$, 水土流失面积达 $9.20 \times 10^4 \text{ km}^2$, 年均地面侵蚀量达 $5.50 \times 10^8 \text{ t}$, 占上游地面侵蚀模数总量的 35% 以上。其中输沙模数大于 $2\,000 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 的地区面积为 $4.55 \times 10^4 \text{ km}^2$, 多年平均输沙量 $1.76 \times 10^8 \text{ t}$ 。

表 2 金沙江干流历年平均含沙量统计

河 流	站 名	流域面积 / km ²	60年代		70年代		80年代	
			含沙量 / (km ³ m ⁻³)	统计年数 / a	含沙量 / (km ³ m ⁻³)	统计年数 / a	含沙量 / (km ³ m ⁻³)	统计年数 / a
金 沙 江	巴 塘	187 873	0.39	5	0.47	8	0.60	8
	石 鼓	232 651	0.57	9	0.43	9	0.58	8
	渡 口	284 540	0.89	3	0.73	10	0.88	13
	华 弹	450 696	1.30	10	1.27	10	1.62	8
	屏 山	485 099	1.62	10	1.66	10	1.83	13
雅砻江	小得石	118 294	0.59	9	0.49	10	0.77	8
安宁河	湾 滩	11 100	1.16	9	1.18	9	2.12	13
龙川江	小黄瓜园	5 560	4.41	10	5.31	10	7.01	15
驷鱼河	会 东	779	0.64	5	0.79	10	1.65	12
黑水河	宁 南	3 074	1.25	10	1.55	10	2.67	14
昭觉河	昭 觉	650	1.54	10	1.28	10	2.90	13
美姑河	美 姑	1 670	1.53	10	1.64	10	2.02	15
横 江	横 江	14 781	1.08	5	1.54	10	1.82	8

3 水土流失的防治对策

鉴于金沙江下游流域和嘉陵江地区水土流失的特征,重点在于对导致长江上游水土流失面积不断扩大的人为因素加以控制。因此,综合治理地表侵蚀要有 5 个方面的观念转变: (1) 由片面追求短期效应,掠夺自然资源,转变为恢复优化生态环境,建立生态农业。长期以来,造成生态环境恶劣的一个重要原因,就是把单纯向大自然索取作为维持生存的惟一选择,进行掠夺式开发经营,造成了生态恶性循环。要改变这种状况,首先必须在思想观念和工作指导上来一个转变,由掠夺资源转到培育资源上来,按自然生态规律发展农业和农村经济。保护生态就是保护生产力,改善生态就是发展生产力。(2) 由注重治理下游,转变为上下游兼治,从上游治起,只治下,不治上,治标不治本,是不可能治理好江河的。从全国 8 片水土流失重点治理区的实践看,凡是标本兼治的,成效都十分显著。所有小流域又都是江河的上游,在一定程度上说,千万条小流域治理好了,才能从根本上把大江大河治理好。(3) 由单一工程措施,零散治理,转变为以流域为单元,全面规划,综合治理,集中连片治理。全国正在实施的十大生态工程,覆盖我国主要水土流失和风沙危害地区;先后开展的小流域综合治理,总面积达 $5.00 \times 10^5 \text{ km}^2$,这样大的规模是前所未有的。以小流域为单元综合治理,可以合理利用土地,因害设防,各项治理措施科学配置,相互促进,能收到事半功倍之效。在治理中还应注意 5 个相结合:即工程措施与生物措施相结合;种草和造林相结合;用材林和经济林相结合;治坡和治沟相结合;水土流失治

理和产业开发相结合。(4) 由偏重搞大中型工程转变为大中小微型工程相结合。治理水土流失,需要兴建一些大型骨干工程,但是大型工程由于受财力的限制,不可能上得很多,而且建设周期长。最现实、最有普遍意义的是发动广大群众多搞一些小型和微型工程。这些小型、微型工程,投资少,见效快,依靠群众的力量,国家的扶持,就能干起来,乡可以干,村可以干,户也可以干。(5) 由单纯防护性治理转变为防护与开发相结合,力求做到治山治水又治沙。既注重自然资源的保护和培育,又注重资源的合理开发利用,治理与开发相结合,与治穷和致富相结合,有效地增加了农民收入,激发了治理的积极性。有些地区发展生态农业的经验证明,长、中、短期利益密切结合,以短养长,就能使农民有高涨持久的积极性,为水土保持带来生机和活力。(6) 一方面,应当把治理水土流失作为生态环境建设的主体,要在统一规划下,水利、农业、林业等多部门通力合作,综合实施工程措施、生物措施和蓄水保土耕作措施,因地制宜,合理搭配,形成全方位的保护体系,并依法坚决遏止水土流失,才能达到水土保持,改善农业生产条件和生态环境之目的。另一方面,要积极兴建水利水电工程,利用大型骨干工程的拦沙库容(如待建的溪落渡水电站,就能有效地控制金沙江泥沙的运移,减少三峡水库的入库泥沙),充分发挥其调水调沙的作用,使之能为综合治理生态流失赢得宝贵的时间。

实际上,自 1988 年国家在长江上游地区实施了“长治”工程,如果按现有的年治理进度 5.96%,经综合治理,预计到 2000 年长江上游水土流失面积下降到 $2.52 \times 10^4 \text{ km}^2$,地面物质侵蚀量将由 $3.26 \times 10^8 \text{ t}$

下降到 1.1×10^8 t, 减少地面物质侵蚀量的 65.8%。再考虑 1985 年上游各省对小流域的治理规划, 年治理进度 2.93%, 1986—2000 年的治理程度为 43.09%, 则治理面积为 1.20×10^5 km², 水土保持综合拦沙率 27.74%, 地面物质侵蚀量将由 1.24×10^9 t 下降到 9.1×10^8 t 以上 2 项合计, 到 2000 年或稍长的时间内, 长江上游水土流失面积共计完成治理面积 1.68×10^5 km², 减少地面物质侵蚀量 5.46×10^8 t, 水土保持措施综合减沙率为 38.88%, 还有水土流失面积 1.84×10^5 km², 地面物质侵蚀量 8.59×10^8 t, 上游地面物质侵蚀总量 1.02×10^9 t

4 结论与建议

(1) 流域地表侵蚀的影响因素众多, 概括起来有两大类, 即自然因素和人为因素。自然因素起决定性作用, 特定的下垫面条件是使一个流域成为重点产沙区的首要原因。一般地, 地质形成条件在短期内相对稳定, 且不易为人类所控制和改变, 而气候因素则是有较大的随机性和可变性, 历年雨量、雨型、雨强、降雨落区等常常相差悬殊, 地表径流又是降雨的集中反映, 也是引起地表侵蚀的主要动力, 故是影响重点产沙区沙量变化的关键因素

(2) 由于长江上游地区主要为大气环流所控制, 水热条件和地貌特征以人类的时间尺度具有相对的稳定性, 此外, 随着国民经济的迅猛发展和长江上游水土流失大面积的治理, 通过人类积极而正确的治理和开发, 在整个上游地区必将陆续兴建各类水保工程, 对拦蓄泥沙也有一定的作用。地面侵蚀总量的减少, 河流泥沙减少的可能性也是存在的。预计到 2000 年时, 水土流失面积将由 3.52×10^5 km² 减少至 1.84×10^5 km², 地面物质侵蚀量由 1.57×10^9 t 减至 1.02×10^9 t, 减少了 5.46×10^8 t

(3) 虽然各类水库对本身集水区域的产沙量的拦截效应较明显, 对河流泥沙的输移将具有一定的制约作用, 但对流域产沙量的拦截效应不大。侵蚀物质进入河道后, 也并非能全部输往下游, 在水流与河床交互作用的过程中随时自动调整, 表现为河道沿程发生冲刷和淤积, 所以严格说来, 上游供给的河流泥沙, 在下游出口控制站不一定能够得到如实地反映。

(4) 长江上游重点产沙区内地表侵蚀强烈, 侵蚀类型齐全多样, 规模之大, 分布范围之广, 在长江上游流域最为突出。多年平均输沙模数大于 2000 t/(km²·a) 的面积占长江上游总面积的 4.6%, 同时也是三峡水库来沙的重要组成部分。

(5) 河流泥沙是地表侵蚀的必然反映, 也是水土流失的重要标志, 人为因素对地表侵蚀及河流泥沙有着积极和消极两方面的影响。一方面, 要积极兴建水利水电工程, 利用大型骨干工程的拦沙库容 (如正待建的溪洛水电站就能有效地控制金沙江泥沙运移, 减少三峡水库的入库泥沙), 充分发挥其调水调沙的作用, 使之能为综合治理生态流失赢得宝贵的时间。另一方面, 只要切实做好“长治”工程工作, 克服人为因素的消极影响, 有效地发挥其积极作用, 达到改善长江上游水土流失, 减少河流泥沙, 那么长江上游成为第二条黄河就是完全可以避免的。

(6) 最后的几点建议: 第一、建议重新构筑人与自然的关系。在过去的水土保持工作中, 侧重强调人对自然的改造, 而忽视对自然的适应, 随着人类经济开发活动规模的扩大, 人类对自然系统的干扰和破坏也日益加大, 最终将危及人类自身的生活环境。进入 21 世纪, 人类要学会与自然长期共存, 以可持续发展为前提来制定自己的发展规划。第二、建议重新构筑人与生态系统的关系。人是属于生物圈中的一部分, 人类的存在和进化, 需要生物多样性的支持。为保护生物多样性, 保护湿地却非常重要。因为湿地是水陆交接的地区, 也是生物多样性最丰富的地域。在未来的治理水土流失活动中要特别注意对湿地的保护, 危害水陆的自然交接, 把围河填湖侵占的地方, 退还给原本所属的江河湖泊。第三、建议重新构筑人与河流的关系。人与水具有十分密切的关系, 河流是形成地区风土人情及文化的重要因素, 水土保持综合治理还应包括重新把人们吸引到河道空间, 增加防止水利转化为水害这一项新内容。

[参 考 文 献]

- [1] 余剑如, 史立人. 长江上游的地面侵蚀与河流泥沙 [J]. 水土保持通报, 1991, 11(1): 9—17.
- [2] 刘毅, 张平. 长江上游产沙区地表侵蚀及河流泥沙特性 [J]. 水文, 1991(3): 6—12.
- [3] 扬意诚. 山峡水库来水来沙条件的分析研究综述 [J]. 水文, 1995(1): 11—16.
- [4] 梁川, 侯宇光. “长治”工程效应评估数学模型初探 [J]. 中国造船, 1997(增刊): 84—88.
- [5] 潘久根. 金沙江流域输沙特性分析 [J]. 水土保持通报, 1997, 17(56): 35—39.
- [6] 邓贤贵. 金沙江流域水土流失与人类活动影响分析 [J]. 四川环境, 1997, 16(2): 47—51.
- [7] 郝天文, 孔彦鸿. 城市建设与水土保持 [J]. 水土保持通报, 1998, 18(6): 62—65.