

长江上游的地面侵蚀与河流泥沙

余剑如 史立人 冯明汉 李仁华

(长江水土保持局 湖北武汉)

提 要

本文系统的分析研究了长江上游地面侵蚀和河流泥沙两个系统。认为长江上游地面侵蚀的发展主要受人类在农业耕作、林业开采、草原开发、修路、基建等方面不合理的社会经济活动的影响,导致长江上游水土流失面积不断扩大。同时作者还分析和预测了在禁止各种新的破坏情况下,预计到2000年按现有的治理速度,上游地区侵蚀量将由15.68亿t降到10.22亿t。分析表明:长江上游地区输移比远小于1,且受流域面积、地质地貌、地面物质组成及人为活动等多种因素的影响。通过分区预测地面侵蚀对河流泥沙的影响,认为今后在上游通过治理,使地面侵蚀量虽有较大减少,但河流泥沙的变化仍然较小,到2000年宜昌站平均悬移质输沙量将在4.88~5.02亿t之间变化。

关键词: 长江上游 地面侵蚀 河流泥沙 输移比 输沙量

The Surface Erosion and Fluvial Silt in the Upper Reaches of Changjiang River

Yu Jianru Shi Liren Feng Minghan Li Renhua

(Planning Office of Changjiang Vally, the Ministry of Water Conservancy)

Abstract

The surface erosion and fluvial silt in upper reaches of Changjiang River were analyzed systematically. It was considered that the development of surface erosion in upper Changjiang was affected by unreasonable social economic activities such as the agricultural cultivation, forest and prairie exploitation, roads building, and capital construction and so on which enlarges the area of soil and water loss in upper Changjiang River. The author also analyzed and forecasted that the erosion amount would reduce to 1.022 billion tons from present 1.568 billion tons in the end of this century based on recent steps. By regional forecasting the effect of surface erosion on fluvial silt, it was believed that the surface erosion could be reduced largely by harness the upper Changjiang River, but the fluvial silt may be not changed a lot. The silt amount of water carry will range from 0.488 to 0.502 billion tons at Yichang hydrometric station in 2000.

key words: upper reaches of changjiang river surface erosion
fluvial silt amount of water carry silt

长江上游地区,面积100.55万 km^2 ,从地面侵蚀至整个泥沙迁移的物理过程,是一个复杂的泥沙运移系统。地面侵蚀和河流泥沙是这个系统的两个次一级的子系统。地面侵蚀受地质、地貌、岩性、植被、土地利用现状等诸多因素的影响;同时地面侵蚀的物质,不可能全部进入河道,有一部分将以坡脚、山前堆积、沟口冲积扇和洼地淤积的形式滞留下来。进入河流的泥沙在输移过程中,又将受到沿程河谷地貌、河流比降、工程拦蓄、洪水泛滥和灌溉引水等多种因素的影响,产生冲刷、淤积和向系统外耗散。进入河流的泥沙与该流域(水文站控制断面以上)地面侵蚀量之比,为输移比 r_0 。可见,在地面侵蚀和河流泥沙这两个子系统中,都受到人类活动的参与,它们又通过输移比连接起来,构成一个流域的泥沙运移系统。

一、地面侵蚀系统

(一) 上游地区水土流失的发展 1. 人口增长、农业经济活动的发展导致生态演变。长江上游的平原、河谷地区,气候温暖湿润,农业开发的历史很早,早在战国以前,这些地区就形成了定居的原始农业,到战国后期,农业已较发达,公元256年,蜀太守李冰在成都平原开创了都江堰灌溉系统,这时平原、河谷区初步形成了农田生态系统,尽管如此,长江上游的大部分地区仍保留“编发左,随意迁徙”的游牧部落,区内天然亚热带和暖温带的森林广布,森林覆盖率达80%以上,长江上游地区的生态系统仍以天然的森林生态系统为主体,自汉代以来,特别是“安史之乱”和“靖康之变”后,向四川盆地移民数量增多,人口有了较大的发展,长江上游农业经济活动的规模随人口的增加而扩大了,耕地开始向山前坡地扩展,森林植被也随之退缩,使本区从天然生态系统逐步向森林——农田复合生态系统演变,从汉代到明末清初,人口几经起伏,没有大的增加,因此,这种变化还集中在丘陵盆地地区。但人类活动破坏了坡面土壤的形成与流失的脆弱平衡,人为加速侵蚀的过程开始出现了,到了清代前期,人口出现了跃进式的增长,除了本地区人口的增殖,还有从东而来的移民潮流。据梁方仲的研究,从1753~1812年的59年间,四川人口密度加大了14倍,达到了40人/ km^2 ,到1851年,四川人口密度已高达84人/ km^2 ,长江上游地区人口暴增,平原、平坝、丘陵区的良田沃土已不能满足人口增加对粮食的需求。为了弥补粮食的供给和需求之间的缺口,人们从事了一系列非理性的生态环境取代活动。这些活动包括毁林开荒、围湖造田,掠夺性的使用地力等。耕地飞速地扩展,原生植被进一步减退,这正是“田尽而地,地尽而山”的景象,到1949年生态环境质量已经下降到前所未有的地步。解放40多年来,上游地区人口剧增,人—地关系日趋紧张,使得上游地区原本十分脆弱的生态环境更加恶化。根据长委会1988年对贵州省毕节地区威宁、赫章、毕节、大方四县的考察,四县1986年的人口285.89万人,比1949年的130.42万人增加1.20倍,耕地由1949年的702.4万亩,上升到1061.5万亩,增长51%。每增加一人,相应增加2.31亩耕地,由于增加的耕地,多数是坡耕地,使现有1061.5万亩的耕地中,坡耕地占67.4%,其中35°以上的坡耕地占6.31%,粮食生产却不能满足“温饱”标准的需求,且水土流失还不断加剧。

除垦荒种植必然减少一部分林地外,由于“大木头主义”造成对林业政策指导性失误,使林区超计划和超越资源再生能力的乱砍滥伐,长期以来处于无节制状况,另一方面也由于为满足人们不断增长的对生活能源的需求等原因导致上游地区森林面积急剧减少。贵州省“四五”清查时,森林覆盖率为22.8%,1979年覆盖率为17.4%,1984年覆盖率则下降为13%;四川省森林覆盖率五十年代为19%，“四五”清查时为13%，“五五”清查时为12%。不合理的开发又导致森林资源分布极不均匀,上游90%以上的森林面积和蓄积分布在四川、云南、西藏交界处横断山

区的金沙江、雅砻江、岷江、大渡河等支流的源头,这里森林面积约5亿亩,森林覆盖率为20.7%,大多数地区森林资源严重不足,四川盆地111个县森林覆盖率仅8%,近20个县在1%以下,几平无成片森林,森林资源锐减造成许多地区烧柴严重不足,在四川缺柴的县有130余个,近8000万人。缺柴地区,农作物秸秆几乎全部烧掉。

2. 滑坡、泥石流不断频繁和扩展。滑坡、泥石流等重力侵蚀的形成,一方面受地质、地貌和气候条件的制约,另一方面,人类活动又可减轻或加剧其规模、频率和危害。

在一级阶梯向二级阶梯的过渡地段,由于地形海拔由3500m以上的青藏高原一下降低到海拔只有1000m左右的中山地段,使得上游自陇南山地经龙门山、夹金山、大凉山至乌蒙山脉一线,断裂十分发育,地层破碎,新构造运动活跃、地震频繁,而且地势高差悬殊,河流下切强烈,谷坡陡峭;加之雨量多、雨强大,所以,沟谷重力侵蚀的条件充分具备,第四纪期间,已有过几次活跃期。近数百年来,随着人类不合理活动增强,使滑坡、泥石流活动增加,局部地区象云南省的小江流域,甘肃省的白龙江流域重力侵蚀已以其分布之广泛、类型之齐全、活动之频繁、暴发之猛烈、规模之巨大、危害之严重而闻名于国内外。

3. 工矿企业、建设工程造成新的水土流失。交通、矿业、建筑、水电等部门在开采、修路、基建等作业中,由于没有必要的保护措施,往往造成新的水土流失。据四川省有关资料,全省每年工业废渣达5700多万t,其中90%未经处理而自由倾泄倒入江河。甘肃省徽、成两县境内白银公司场坝铅锌矿,在25年中,向沿河倾倒了1亿多立方米土、石、砂、矿渣和尾砂,使河水污染,给人畜饮水和农业灌溉带来了不利影响。四川省嘉陵江流域1980~1987年新增水土流失面积440.24km²,占同期治理面积的38.7%。因此,各地应把预防新的水土流失作为一件大事来抓。

由于人类在农业耕作、林业开采、资源开发、修路、基建等活动中的种种不合理活动,导致上游水土流失面积五十年代以来呈不断扩大的趋势,不过近几年,随着社会的宣传和各业务部门的努力,治理水土流失的步伐日益加快,局部地区水土流失有所扩展,但总的来说是向着好的方向转化。

(二) 水土流失现状 据各省按参考指标所划分的标准调查统计,1985年长江上游水土流失面积共35.2万km²,占上游总土地面积的35%,其中年均侵蚀模数500~2500t/(km²·a)的轻度流失区13.3万km²,占流失面积的37.8%;侵蚀模数2500~5000t/(km²·a)的中度流失区11.1万km²,占31.5%;5000~8000t/(km²·a)的强度流失区7.2万km²,占20.5%;8000~13500t/(km²·a)的极强度流失区2.6万km²,占7.4%,>13500t/(km²·a)的剧烈流失区1.0万km²,占2.8%。流失较严重的强度以上的流失面积占30.7%。

上游地面固体物质年平均侵蚀量为15.68亿t,水土流失区的年均侵蚀量为14.05亿t。

(三) 水土流失分区 根据长江上游地质、地貌特征、植被覆盖度、人类活动现状及水土流失现状,将上游分成微度、轻度、中度和沟蚀重力侵蚀强度水土流失四个区,每区又分若干个亚区。

1. 微度水土流失区(I)。本区包括青藏高原、金沙江上游、雅砻江中上游、大渡河、岷江、白龙江上游及成都平原,面积约47.42万km²,占100.55万km²的47.16%,侵蚀量为20540万t,占总侵蚀量15.68亿t的13.10%。

Ia 青藏高原亚区 主要指长江河源及高山高原地带,包括四川西北部、甘肃南部的小部分草地和青海境内的南部地区。东部与秦巴山区接壤,南与横断山脉相连,总面积316265km²。其中水土流失面积为43789km²。由于人烟稀疏,植被较好,主要以自然微度侵蚀为主,局部地区有冻融侵蚀。因此,该区水土流失现在和将来都不会有较大变化。目前地面固体物质侵蚀量为

10 148万t, 到2000年综合治理减沙率为28.4%, 地面物质侵蚀总量可减至9 243万t。

I b 金、雅、岷江高山峡谷区面积约142 520km², 其中水土流失面积63 431km², 地面物质侵蚀量为10 392万t。占总侵蚀量 20 548万t的50.6%。本区紧接青藏高原, 区内地质构造与地层复杂, 地震活动比较强烈, 极易引起水土流失, 唯目前自然植被极为丰富, 有茂密的原始森林和广阔天然牧场, 加上人类活动对其影响不大, 水土流失尚轻, 但其潜在的危险性不可忽视。到2000年经综合治理减沙率为35.1%, 其地面物质侵蚀总量可减至7 454万t。

I c 成都平原区位于龙泉山以西, 包括北部的涪江平原、中部成都附近岷江、沱江平原以及南部的青衣江、大渡河平原, 面积约15 414km², 为我国西南最大的平原。由于第四纪以来以沉积为主, 又受近期灌溉引水的影响, 至今侵蚀模数仍呈负值。

2. 轻度流失区(II)。有四川盆地东北、西北部山区和乌江中下游綦江上游地区, 总面积17.62万km², 占100.55万km²的17.52%, 地面侵蚀量为2 0914万t, 占15.68亿t的13.34%。

II a 四川盆地东北、西北部山区, 面积102 035km², 其中水土流失面积31 838km², 地面物质侵蚀量13 486万t。该区包括大通江、渠江上游、岷江中游、大渡河下游、青衣江与安宁河上游地区。到2000年经综合治理, 其减沙率为36.0%, 地面物质侵蚀总量减为9 277.0万t。

II b 乌江中下游、綦江上游山地、丘陵区。大致沿贵阳、黔西、金沙江以下, 面积74 159km², 其中水土流失面积11 205km², 地面物质侵蚀量7 428万t。轻度流失区地貌上以中山深切割为主。低山地带下部多已垦为耕地, 山地以天然次生植被和荒山残林为主, 加之雨量集中, 农民耕作较粗放, 往往造成水土流失, 局部地区有滑坡泥石流发育。到2000年经综合治理减沙率为35.1%, 其地面物质侵蚀总量将减少到5 385万t。

3. 中度流失区(III)。包括四川盆地丘陵区、盆地南部山地、川东鄂西低山丘陵区以及云贵高原的滇东、黔西高原山地。以水系来划分包括嘉陵江中下游大部分, 岷江、雅砻江下游, 乌江上游, 牛栏江、横江流域, 永宁河、綦江、赤水河、普渡河、龙川江等支流, 以及重庆至宜昌的干流区间, 总面积24.31万km², 占100.55万km²的24.18%, 地面物质侵蚀量76 994万t, 占15.68亿t的49.1%。

III a 四川盆地丘陵区 本区地面起伏不大, 为丘陵地形, 面积约99 415km², 其中水土流失面积57 874km², 占本区面积的58.2%。优越的自然条件, 加之灌溉、耕作技术不断提高, 粮食亩产达300kg以上。但是, 由于人口密度大, 全区平均为500人/km²以上, 个别县达800人/km², 人类活动强烈, 耕垦率较高, 以致坡耕地成为本区水土流失的主要场所, 地面物质侵蚀量高达33 723万t。占76 994万t的43.8%。到2000年经综合治理减沙率为36.0%, 地面物质侵蚀总量将减少到19 351万t。

III b 川东鄂西三峡地区。总面积53 387km², 其中水土流失面积36 400km², 占68.2%, 地面物质侵蚀量15 257万t, 占76 994万t的19.8%。该区位于鄂西山地和川东平行岭谷区, 地质构造简单, 顺层坡缓, 农田密集, 逆层坡陡, 多为荒山峭壁。到2000年经综合治理减沙率为30%, 其地面物质侵蚀总量将减少到8 144万t。

III c 四川盆地南部山区。包括赤水河、永宁河和綦江等支流的下游部分, 总面积30 931km², 其中水土流失面积18 758km², 占60.6%, 地面物质侵蚀量10 013万t。该区人口密度在200~300人/km²之间。自然条件较为复杂, 土地利用状况亦有较大差别, 水土流失主要发生在荒山疏林和陡坡耕地上。到2000年经综合治理减沙率为36.0%, 地面物质侵蚀总量降低到6 520万t。

III d 滇东黔西高原山地 本区既有金沙江水系的牛栏江、横江等河流, 也有乌江上游的三岔河、六冲河等支流。一般河流源头地形比较平缓, 有较平缓的盆地和高原, 下游由于受强烈的造

山运动的影响，河流强烈下切，地形破碎。本区域山地丘陵面积占总面积的90%以上，荒山面积占有很大比重，约占50%左右，陡坡垦荒较严重，毕节、昭通等地坡耕地占耕地面积近70%，有的乡村坡度达 $50^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 还在种植，因此坡耕地的水土流失十分严重，该区总面积 $59\,382\text{km}^2$ ，其中水土流失面积 $30\,896\text{km}^2$ ，占52.0%，地面物质侵蚀量为18 001万t。经综合治理减沙率为35.0%，到2000年地面物质侵蚀总量将减少到9 766万t。

4. 沟蚀、重力侵蚀强度流失区（Ⅳ）。该区主要分布在西汉水和白龙江中下游，雅砻江、安宁河下游，金沙江渡口至屏山干流区间，面积约 11.20万km^2 ，占 100.55万km^2 的11.14%，地面物质侵蚀量38 352万t，占15.68亿t的24.5%，其中重力侵蚀量为12 023万t占7.7%。该区以面蚀和沟蚀为主，重力侵蚀面积约占总面积的2.2%，大部分土石山地，属重力侵蚀区，有较普遍的山崩、滑坡和泥石流，大量的固体物质堆积于坡脚、沟道和沟口。

Ⅳa 西汉水、白龙江中下游土石山区，面积 $45\,775\text{km}^2$ ，其中水土流失面积 $23\,829\text{km}^2$ ，地面物质侵蚀量17 009万t，其中重力侵蚀量4 447万t。经综合治理其减沙率为29.0%，到2000年地面物质侵蚀总量可减少到11 973万t。

Ⅳb 金沙江下游高山峡谷区面积 $66\,217\text{km}^2$ ，其中水土流失面积 $34\,194\text{km}^2$ ，地面物质侵蚀量21 343万t，其中重力侵蚀量7 576万t。到2000年综合治理减沙率为35.0%，地面物质侵蚀总量可减到15 065万t。

（四）水土保持规划及其减沙效益预测 长江上游水土流失的治理应有基地、有计划地推行。1988年国务院已批准涉及上游六省新增三个重点治理片，扩大原葛洲坝库区到川东、鄂西三峡库区，首批重点治理的61个县，总面积 12.02万km^2 ，水土流失面积 7.30万km^2 。这些地区是上游水土流失严重地区，重点治理是扭转目前严重流失局面的根本措施。经综合治理，到2000年，水土流失面积将下降到 2.52万km^2 ，年治理进度为5.96%；地面物质侵蚀量由3.25亿t，下降到1.11亿t。减少地面物质侵蚀量65.8%。

各省小流域的治理，将有力推动非重点治理区的治理进度。按上游各省1985年的规划，1986~2000年的治理程度为43.09%，则其共计治理面程为 12.02万km^2 ，年均治理进度为2.93%，水土保持综合拦沙率为27.74%，地面物质总侵蚀量将由12.43亿t，减少到9.11亿t。

以上两项合计，预计到2000年，长江上游共计完成治理面积 16.8万km^2 。减少地面物质侵蚀量5.46亿t，水土保持措施综合减沙率为38.88%。因此，到2000年还有水土流失面积 18.4万km^2 ，水土流失区地面物质侵蚀量为8.59亿t。上游地面侵蚀物质总量为10.22亿t。

二、河流泥沙系统

（一）河流泥沙概况 长江上游通过宜昌站的河流泥沙主要以悬移质为主，推移质含量极少，仅占2%，因而分析悬移质泥沙部分，可代表上游泥沙动态。

长江上游宜昌站多年平均输沙量主要取决于金沙江下游和嘉陵江的来沙组成和数量，其它支流则影响不大。如金沙江屏山站多年平均输沙量为24 000万t，占宜昌站的45.3%，历年变化于26.8~75.6%之间；嘉陵江北碛站多年平均输沙量为14 500万t，占宜昌站的27.4%，历年变化于15.6~47.0%之间，在1954~1978年的25年中，有5年沙量超过金沙江而居第一位。

长江上游河流输沙量年内变化与径流量、降雨等分配大致吻合，泥沙主要集中在汛期，嘉陵江汛期5~10月输沙量占全年的98.9%，7~9月占全年的80.5%，相应的径流量分别占全年的84.2%和55.7%；又如宜昌站，输沙量5~10月占全年的96.0%，7~9月占全年的73.3%，相

应的径流量分别占全年的79.5%和50.5%。

(二) 输移比特征分析 长江上游地区输移比远小于1 宜昌控制站的输移比为0.338,各大小支流水系多介于0.1~0.5之间,最高的西汉水为0.66,最低的梓潼江为0.07;按地貌和岩性、水土流失等情况不同,上游各地区的输移比大致如下:青藏高原为0.15左右,金沙江下游高、中山切割区在0.34~0.4间,横断山切割区在0.15左右,乌江流域灰岩区在0.8左右,川中丘陵为0.07左右,扣除塘、库、堰、坝等拦蓄,还原为天然状态在0.35~0.41之间,川东丘陵、中低山区在0.32左右。

输移比受流域面积、地质地貌、植被、土壤、土地利用、水土保持结构等多种因素影响,因而使河流泥沙的侵蚀——输移系统显得较为复杂。下面着重分析几个主要因素对输移比的影响。

1. 流域面积的影响。流域面积不仅代表了流域许多水文因素,而且本身与其它形态参数有关,如流域的形状系数、河网密度、平均坡度等。因而流域的大小是影响输移比的一个重要变量。Robinson提出输移比与集水面积的0.2次幂成反比,证明流域面积对输移比的影响为:随着流域面积的增大,输移比将减少。

长江上游的地面侵蚀物质,一般先以山前坡积、洼地淤积、沟口洪积扇及淹没农田、村舍等形式出现,短距离内就地淤积了一定数量的泥沙。流域的各大小支流河段,大多为石质、卵石及粗沙、基岩河床,河流沿程补给沙量有限,而地面侵蚀物质粗颗粒成分较多,不易为河流远距离输移。随着流域面积的增大,流程的增长,河床比降逐渐减少,河流的挟沙能力趋于减弱,必然出现淤积过程。因此,在上述多种因素综合影响下,长江上游一般的存在着随流域面积的增加而输移比逐渐减小的趋势。

长江上游干流悬移质泥沙粒径有沿程细化趋势,如干流主要控制站多年平均悬沙的平均粒径,石鼓0.093mm,渡口0.092mm,屏山0.087mm,寸滩0.059mm,宜昌0.05mm。这在一定程度上反映了输移比将由流域面积不断扩大而逐渐减小的趋势。

2. 地质因素的影响。地质因素对输移比的影响,比较清晰地反映在流域的地表岩性和产沙颗粒上。长江上游地面侵蚀是不同的,物质颗粒一般较粗,尤其是剧烈强产沙区更是如此。

不同岩性地区的输移比,片麻花岗岩区,风化颗粒粗,输移比小,如巴水为0.05(没有排除水利工程、农田等拦沙情况);紫色砂页岩区,风化物质颗粒细,输移比一般较大,如关河为0.4,梓潼江天然状态为0.41;灰岩区,受岩溶地貌影响大,风化颗粒不易被远距离输移,输移比以六冲河的0.31为代表;第四纪黄土区,地表风化颗粒极细,输移比为长江上游最大的区域,如西汉水为0.66。因此,一般地从花岗岩——灰岩——紫色砂页岩——第四纪黄土覆盖区,输移比为逐渐增大趋势。

3. 地貌因素的影响。长江上游河流普遍存在峡谷与盆地相间的藕节状河谷地貌,并形成大大小小的河谷平原、盆地(坝子),加上滑坡、垮山泥石流等的堵江断河,这些都使局部河段的侵蚀基面发生改变,并造成泥沙输移的阻滞和沉积过程,成都平原即为岷江近代的主要淤积区。其江源区、地面侵蚀量少,河床比降小,加之众多的湖泊、沼泽拦蓄,因而输移比较小,泥石流区大多分布于山区,河床比降大,流量小,输移比主要受到重力侵蚀物质的数量和组成的影响,而河床比降的影响较小,中下游区的河床比降小,人类活动强烈,水利工程较多,侵蚀泥沙大多途中淤积,致使河流输移比小。

输移比较大的有西汉水黄土覆盖区和川中丘陵区。黄土覆盖区的输移比主要因泥沙颗粒极细,大多能为河流输移。川中丘陵区岩性主要由砂、泥岩互层组成,其风化速度快,颗粒细,加

之河床具有一定的比降，且大于中下游平原及江源区的河流比降。因此，在整个上游地区，西汉水及川中丘陵地区的输移比较大。

4. 人类活动的影响。人类活动是影响流域输移比的重要因素之一。流域的大小型水利工程、农田措施、修路、开矿等都直接影响流域的输移比大小。

在流域内兴建水利工程与水土保持工程等，均可拦蓄一定数量的泥沙，起减少流域输移比的作用。琼江流域面积为4 329.2km²，年侵蚀量为1 876.8万t，库塘淤积量为556.6万t，使流域由自然状态输移比0.36，因工程拦蓄下降为0.06。

根据水土流失分区和不同流失区的典型小流域输移比，计算出目前长江上游河流输沙量为4.844亿t，与宜昌站实测年均输沙量5.3亿t相差0.456亿t，误差8.6%，没有超出宜昌站系统变幅值。按宜昌站实测年均输沙量5.3亿t平差，得出不同流失区的输沙量和输移比（见附表）。表反映了平差输移比与实算输移比差值极小，大多介于0.01~0.03之间，这大致反映上述水土流失的分区及典型小流域输移比代表的正确性。

附表 不同流失区的河流输沙量

类别	地面侵蚀量 (亿t)	输移比	河流输沙量 (亿t)	河流输沙量 调整值 (亿t)	输移比 调整值	
I	2.054	0.15	0.308	0.337	0.16	
I	I a	1.3484	0.15	0.202	0.221	0.16
	I b	0.7423	0.30	0.223	0.244	0.33
II	II a	3.3723	0.41	1.333	1.513	0.45
	II b	1.5257	0.32	0.488	0.534	0.35
	II c	1.0013	0.32	0.320	0.350	0.44
	II d	1.8001	0.40	0.720	0.788	0.73
IV	IV a ₁	0.1600	0.66	0.106	0.116	0.73
	IV a ₂	1.5409	0.28	0.432	0.495	0.32
	IV b	2.1343	0.31	0.662	0.746	0.35
合计	15.63		4.844			

三、至2000年河流泥沙趋势预测

随着长江上游水土流失大面积的治理，到2000年，水土流失面积由35.2万km²减至18.4万km²，地面侵蚀量由15.68亿t减至10.22亿t，减少了5.46亿t，地面侵蚀量如此巨量的减少，是否会影响到宜昌站多年输沙量的变化。下面从变化的可能性和对不同流失区的分析进行探讨。

(一) 变动的可能性

1. 相对稳定的自然环境因素。上游降雨时空分布的随机性及其统计规律，主要为大气环流所控制；地貌调整过程，以人类的时间尺度，亦不会发生格局性的变化；因此水热条件和地貌等影响地面侵蚀——泥沙系统的诸自然因素，具有相对的稳定性。这些因素不会使上游河流泥沙发

失效而达冲淤平衡。但整个上游地区,随着今后国民经济的发展,必将陆续兴建各类大小工程,故这一工程群作为上游侵蚀——泥沙系统结构中的“库”,对泥沙拦蓄作用,必将加强。

3. 侵蚀总量的减少,对河流泥沙的影响。在上游国家水土保持重点防治区,通过治理使侵蚀总量有较大幅度下降。即使不计入今后水利工程发展所带来的减沙作用,按各支流及干流各河段的输移比不变,从定性分析,宜昌站(或三峡)的年平均输沙量,必将有所减少。

由上述三点,可以认为,到2000年或稍长的时间内,在自然环境的相对稳定的情况下,通过人类积极而正确的治理和开发,上游河流泥沙减少的可能性存在。

(二) 不同产沙区的影响

不同产沙区分为影响微弱区和影响明显区两部分论述。

1. 影响微弱区:(1)金沙江下游强产沙区地面侵蚀与河流泥沙关系。金沙江渡口、雅砻江小得石以下至屏山区间,是一个强产沙区,年均来沙量占屏山站的72.1%,而年径流量只占屏山站的25%,大规模的近代泥石流形成的大量物质,使干流河床淤积厚度由数十米至百米以上。这类地区地面侵蚀大大超过河流输沙能力达沙源过饱和状况。可以推论,河流输沙量将主要取决于径流的输沙能力,且各支流输出的泥沙能被干流挟带的数量又取决于干流的输沙能力。考虑到渡口以上及雅砻江小得石以上有一个较大的清水汇流区,年径流量约占屏山站的75%。如果推论生显著的变化。

2. 工程拦蓄作用的加强。就某一水利工程而言,以有限的库容拦蓄无限的来沙,终将淤满垦立,则屏山站年输沙量不仅与强产沙区的年径流量有关,而且与清水汇流区的年径流量相关。对此进行回归分析,得到如下关系:

$$M = 0.543Q - 342.92 \quad (n = 14, r = 0.81)$$

式中: M ——屏山站年输沙量(百万t); Q ——清水区年径流量(亿 m^3)

表明二者关系密切,进一步说明在金沙江强产沙区,即使人类活动在原有“过饱和状态”加大或减少地面侵蚀量,但仅就河流泥沙而言,却不会造成原有径流泥沙关系出现系统的变化。因而,金沙江下游、大渡河下游、嘉陵江上游的白龙江等泥石流区的河流泥沙,基本上不会有显著的变化,而这部分河流来沙量约占宜昌站的44.86%;(2)金沙江中上游、江源区及岷江上游。这些地区地广人稀,人类活动微弱,耕地少且分散,2000年以前大规模开发利用的可能性不大,地面侵蚀量的变化主要受自然因素影响,且河流泥沙约占宜昌站的13.2%,这部分河流来沙今后变动的可能性较小;(3)乌江流域灰岩区。由于喀斯特地貌广布,其地面侵蚀动态更难以在河流泥沙中得到明显反映,今后变动的可能性也小,河流泥沙约占宜昌站的6.2%;(4)横江流域介于金沙江下游和乌江上游之间,兼具两流域的特性,故河流泥沙变动的可能性小,年均输沙量仅占宜昌站的2.45%。

以上四部分河流泥沙约占宜昌站多年平均输沙量的66.71%,近3.54亿t,这部分泥沙基本不受以后水土流失大面积治理的影响。

2. 影响较明显区:(1)川中丘陵区的嘉陵江中下游和沱江流域,人类活动影响剧烈,其中嘉陵江中、下游已列为重点治理区。随着水土流失治理,地面侵蚀量将有明显减少。现有这部分河流泥沙约占宜昌站的23.29%。到2000年地面侵蚀量将减至为1.95亿t,按代表小流域输移比0.45计算,到2000年则有河流泥沙0.88亿t;(2)三峡地区。地貌上表现为山地、山原和丘陵,地表物质以灰岩、砂页岩为主,加之谷深坡陡,故崩塌、滑坡时有发生。本区为重点治理区,区域来沙约占宜昌站的7%,到2000年地表侵蚀量为0.81亿t,按输移比0.35计算,则到2000年河流来沙为0.28亿t;(3)西汉水黄土覆盖区。西汉水流域面积约1万 km^2 ,其中黄土覆盖区的

面积仅约2 500km²，西汉水谭家坝站多年输沙量2 470万t，仅占宜昌站的4.66%。本区属重点治理区，2000年地面侵蚀量大幅度减少，将减为0.07亿t，河流泥沙亦将减至0.05亿t，（4）赤水河输沙量约占宜昌站的1.4%，此外，川江南岸9 171km²的区间，地面侵蚀量1 794万t，河流输沙量为0.06亿t，占宜昌站的1.13%。到2000年这两部分河流泥沙虽有减少，但对宜昌站影响微小。

以上四部分至2000年年均输沙量合计为1.41亿t。

影响微弱区和影响较显区，到2000年平均输沙量共计4.95亿t。预测中，至2000年宜昌站年均输沙量为4.95亿t，与现今5.3亿t相差0.35亿t，仅占6.6%。这表明，随着长江上游水土流失大面积治理，至2000年河流泥沙将有所减少。同时，由于其数量不大，完全有可能被水文测验的精度所掩盖。随着治理程度的提高，原被淤积的河床，将不断被刷深。预测中未包括这一部分河床冲刷所带来的河流泥沙增量。预测中也未包括因水利工程兴建的拦蓄沙量。考虑到地面侵蚀与河流泥沙预测中误差的存在，即使按20%的误差计算，到2000年宜昌站年均输沙量亦将变化在4.88~5.02亿t之间。

参 考 文 献

1. 余剑如. 长江上游地面侵蚀与河流泥沙问题的探讨. 《人民长江》，1987年9期
2. 长江水土保持局. 长江上游四大片重点防治区总体规划报告，1989年
3. 长江水土保持局. 长江上游四大片重点防治区综合考察报告，1988年
4. 长江科学院河流室. 长江干支流各主要控制站多年平均水沙特征值，1956~1984年
5. 四川省水土保持办公室. 四川省琼江流域水土保持综合区划报告，1984年
6. 史立人等. 长江上游悬移泥沙来湖与特性的初步分析，长江科学院
7. 中科院成都山地灾害与环境研究所. 长江上游农业经济活动与水土流失的关系，1989年

注：参加本文研究的还有邓嘉农、胡甲均、郭厚祯等同志，在此表示衷心的感谢！

（上接第8页）

参 考 文 献

1. 张宗祜. 我国黄土高原区域地质地貌特征及现代侵蚀作用《地质学报》，1981年4期
2. 中国科学院《自然地理》编辑委员会. 《中国自然地理、地貌》科学出版社，1982年
3. 刘东生等. 《黄河中游黄土》科学出版社，1964年
4. 王永炎等. 中国黄土研究的新进展，陕西人民出版社，1985年
5. 刘东生等. 《黄土与环境》科学出版社，1985年。
6. 朱显谟等. 中国黄土高原土地资源，陕西科技出版社，1986年
7. 朱显谟，祝一枚. 中国黄土初探第四纪研究1990年
8. 朱显谟，祝一枚. 试论中国黄土高原土壤与环境，即将出版
9. 1989. A·Bronger, Preliminary Report on the research project between He Xijun and QA Sand He LSGIGDK Fed Rep. of Gemong
10. 朱显谟. 论原始土壤的成土过程，中国科学，1983年10期
11. 孙建中. 黄土成因问题的探讨地理科学，1980年第2期
12. 孙建中等. 西北黄土地区第四纪古环境和黄土湿陷性，（研究报告）