

2000年中国水土流失趋势预测 及其防治对策

周佩华 李银锄 黄义端

贾恒义 李 玲

提 要

目前我国水土流失分布面积尚无准确的数字,土壤侵蚀强度分级还缺少统一的标准,而河流输沙量方面的观测资料比较系统。由于河流输沙量与流域内的水土流失成正相关,所以,我们根据河流输沙量的变化情况,来进行水土流失趋势预测。在多雨年和少雨年,年输沙量相差悬殊,单纯根据年输沙量的大小,很难准确判断出流域内水土流失的变化趋势。为此,我们建立了河流输沙量与流域内影响水土流失各主要因素之间的相关方程,用以进行水土流失趋势预测。根据近年来水土保持工作快速发展的形势预测出,从现在起到2000年,我国水土流失有减弱的趋势,并提出水土保持对策。

中国是水土流失最严重的国家之一,水土流失的面积大约占国土总面积的30%。水土流失不仅造成生态环境恶化,还导致农业减产和土壤肥力下降。在水土流失区,每年因水土流失而损失的土层厚度为0.2—1.0厘米,严重的地区可达2厘米以上。据估算,我国每年流失肥沃表土约50亿吨。由于水土流失而淤废的重点水库已达22座,损失总库容400亿立方米。举国闻名的三门峡水库,因泥沙淤积,还未发挥原设计的作用。水土流失还造成河道、湖泊的淤积,洞庭湖的面积已由1949年的4,350平方公里缩减为2,820平方公里。黄河下游河床,以平均每年10厘米的速度淤高,给防汛工作带来很大困难。在水土流失区,汛期常因滑坡、泥石流等原因而使铁路、公路中断。水土流失的危害涉及面很广,关系到国民经济建设的许多重要问题。了解今后水土流失的发展趋势,并制定相应的防治对策,是制定水土保持规划的基础性工作,对于加快水土保持工作进度,保护和合理利用自然资源,都具有十分重要的意义。

为了把握未来生态环境的发展趋势,协调经济建设与生态环境之间的关系,提出防止生态环境恶化的对策,国务院技术经济研究中心,组织了《2000年的中国》总体预测研究,水土流失趋势预测是其中的研究项目之一,工作在1984年5月至1985年6月的1年之内完成。

水土流失是一个非常复杂的过程,目前对于影响水土流失的各个因素的作用机理,还研究得很不够。这些因素,如降雨情况、土壤特性、耕作情况……等,都随着时间和空间的不同而不断地变化,特别是降雨强度、覆盖范围、降雨量、降雨过程等的变化情况,现在还很难预测。这些因素不同的组合,所引起的水土流失也有很大差别。由于上述情

况,以及可用的统计资料缺乏和精度不高等原因,给趋势预测工作带来许多困难。我们所做的工作,仅仅是一些初步尝试,存在问题很多,许多问题还有待进一步深入研究。

一、两点说明

1.这次水土流失趋势预测的目的,是为了提出1980—2000年水土流失宏观的趋势判断,而不是提出历年绝对精确的预测值。所进行的不同年份水土流失量的推算,主要是用来进行相对的比较,用以说明水土流失的发展趋势。由于受现有条件限制,所推算的结果可能与实际观测数字有较大出入,孤立的用来说明某年的水土流失量没有什么意义。

2.我国各种类型的沟蚀和重力侵蚀占很大比重。目前除对面蚀有较成熟的计算方法外,对于沟蚀和重力侵蚀的研究还远远不够,基本上还处于定性描述的阶段。以面蚀计算为例,大家公认的比较好的计算公式——通用土壤流失方程式,仍然是一个以试验数据为基础的相关方程。近年来才开始有人进行水土流失的成因理论分析,力图建立这方面的数学模型,但也只限于片蚀和细沟侵蚀。在目前这种情况下,我们还很难对中国的水土流失进行成因理论分析。因此,这次趋势预测也只能用相关分析方法。

二、基本假定

水土流失从开始发生,沿程经过复杂的冲淤变化过程,最后,部分泥沙经过沟道、河流输送入大海。对于某一特定流域来说,通过河流某一观测断面的输沙量,与断面以上流域内总的水土流失量大致成一定比例,称为泥沙输移比。

我们在进行趋势预测时,首先遇到的问题是缺少历年水土流失分布面积和水土流失量的准确数字和调查资料。而河流输沙量方面的观测资料很多,也比较系统。因此,我们假定某一特定流域内的泥沙输移比在一定时段内为一常数,则该流域内的水土流失量,与流域出口处河流断面的输沙量成正相关。也就是说可以根据输沙量近似地推算出流域内的水土流失量。在目前水土流失观测资料比较缺乏的情况下,根据这一假定,我们选择有代表性的河流断面,建立河流输沙量与流域内影响水土流失各主要因素之间的相关方程,用以进行水土流失趋势预测。

三、分区方案

我国地域辽阔,各地区的自然条件和社会经济情况,均有明显差异。所以,各地的水土流失情况也显著不同。例如:①在黄土高原,由于黄土层疏松、深厚,抗侵蚀性弱,并且地面支离破碎,如遇暴雨,地面径流迅速汇集成冲刷力很强的股流,极易冲成大小不等的沟道,所以黄土地区各种沟蚀极为发育。特别是峭壁及陡坡地带,水流冲刷力更强,常有悬沟发生。又因黄土垂直裂隙发育,坡面径流顺裂隙下渗,常形成陷穴与潜蚀。夹带大量泥沙的暴雨径流,在沟道汇集后,常形成高含沙量水流,每立方米水体中,含沙量高达1,000公斤左右,称为“浆河”。黄土高原是我国水土流失最严重的地区,黄河各大支流输沙模数有的高达每年每平方公里10,000—30,000吨;②在长江流域,由于气候温和,雨量丰沛,一般植被较好,植被遭受破坏后恢复也较易,这就大大削弱了冲

刷作用。一般说来,长江流域的水土流失较轻,分布也是零星而分散的。但在植被连续遭受破坏致使地面裸露的地区,水土流失极为强烈。在山区,由于土层浅薄,切沟不易发展,以片蚀为主。从坡面上冲下来的泥沙,一般含有大量半风化的岩屑、碎石、石英颗粒等,较细的颗粒作为固体径流流入河道,而较粗的颗粒则大部分进入坡脚和川地的水稻田,使大面积的水稻田被迫停耕。在丘陵区,植被已遭到严重破坏,水土流失比较严重,并有沟蚀发生;③在东北漫岗丘陵区,多为较缓的波状起伏地形,坡度一般在7°以下,但坡面较长,多为1,000—2,000米,汇水面积较大。东北的黑土含有较多有机质,但心土及母质层多为深厚的黄土性粘土,透水性很差。特别是这里冬季长而寒冷,冻土层可保持半年左右,因春季的融雪水及夏季大量雨水一时来不及下渗,形成强大的地表径流,引起水土流失和滑坡。我国各大流域的水土流失概况如表1:

表 1 我国各大流域的水土流失概况

河流名称	流域面积 (平方公里)	水土流失面积 (平方公里)	年均降水量 (亿吨)	年均降水深 (毫米)	年均径流量 (亿立方米)	年均输沙量 (亿吨)	年均输沙模数 (吨/平方公里)
黄 河	752,443	430,000	3,719	468	688	16.0	3,700
长 江	1,808,500	360,000	19,162	1,060	9,600	5.14	512
淮 河	237,447	67,100	2,059	867	766	0.126	104
海 河	319,029	12,300	1,775	556	292	1.75	
珠 江	578,141	33,000	8,945	1,547	3,458	0.862	190
辽 河	345,207	75,000	1,915	555	486		
松 花 江	545,594	44,000			706		

从表1可知,我国各大流域的水土流失情况相差悬殊。为了提高水土流失趋势预测的精度,使防治对策更加切合实际,我们采用分区预测的方法。根据各地自然条件和社会经济情况的差异,根据各地水土流失的特征,将我国划分为7个类型区,如图1。

在各个类型区内,选择有代表性的河流和测站,根据该测站及其所控制流域内的有关资料,进行各分区水土流失的趋势预测,最后根据各分区的预测结果,分析全国的水土流失发展趋势。各类型区内所选择的代表性河流和测站如表2所示。

表 2 各类型区内所选择的代表性河流和测站

序号	类 型 区	面 积 (万平方公里)	代表河流	测 站
1	东北漫岗丘陵区	132	松花江	哈尔滨
2	黄土高原区	57	黄 河	龙门、华县、河津、淤头
3	青藏高原区	235	黄 河	贵德
4	北方山地丘陵区	72	淮 河	蚌埠
5	云贵高原及四川盆地	67	长 江	宜昌
6	江南丘陵区(包括台湾省)	88	赣 江	外洲
7	华南山地丘陵区(包括南海诸岛)	74	西 江	梧州

四、确定影响水土流失的主要因素

根据现有认识水平,影响水土流失的因素有数十个。在水土流失趋势预测中,不能涉及所有的这些因素,只能选择其中与水土流失关系最密切的几个主要因素,与可流

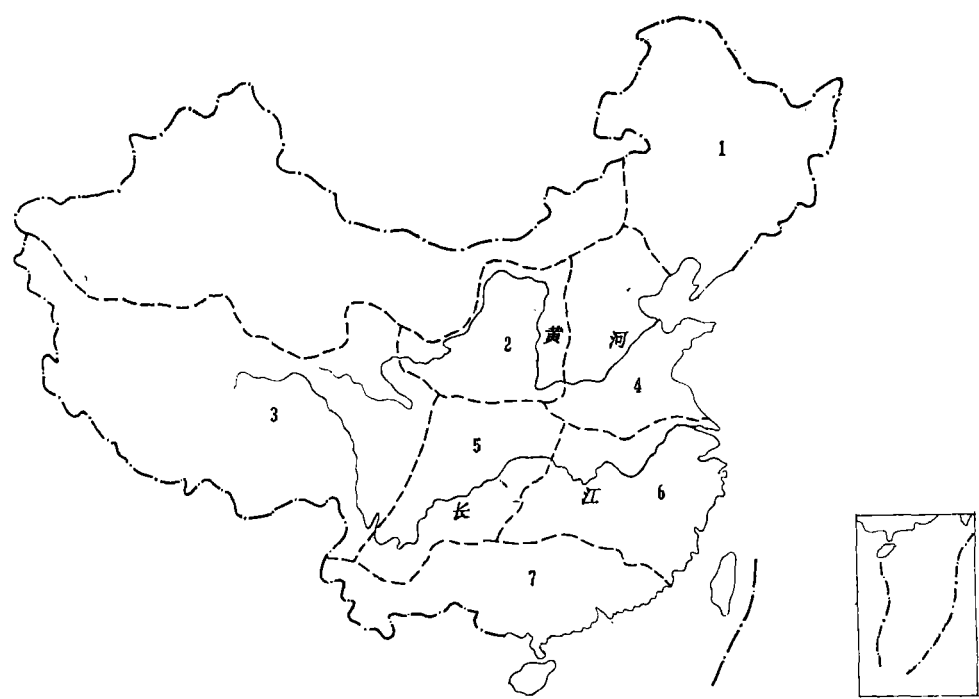


图1 中国水土流失分区概图
(不包括西北部风沙区)

输沙量建立相关方程。

河流年输沙量的变化幅度也相当大。以黄河干流龙门水文站的观测资料为例，见表3：

表 3 龙门水文站历年输沙量观测资料

年 份	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
年输沙量 (亿吨)	5.89	6.03	6.45	16.60	8.26	7.68	2.89	6.92	4.36	4.02

从表3所列数值可见，最大值约为最小值的5.7倍。这虽然是各个因素综合作用的结果，但主要反映不同降雨情况对水土流失的影响。因为在这期间，其它因素的变化幅度不如降雨的变化幅度大。

1. 关于降雨特征值。严重的水土流失，主要是由少数几次大雨和暴雨所引起的。例如：1947年8月11—13日，天水地区一次降雨155.2毫米，天水水保站2号径流小区(8°03′，荞麦撒播)实测冲刷量每公顷66.65吨，占该小区13年总冲刷量的33.5%；绥德地区1956年8月8日一次降雨52.0毫米，平均降雨强度0.347毫米/分，绥德水保站11号径流小区(28°41′，谷子平作)的冲刷量为每公顷237.1吨，占该小区1954—1958年5年总冲刷量的59.4%；又如1977年7月4—6日，延安地区下了一场大暴雨，暴雨中心的降雨量为225毫米，历时约30小时，7月6日，延河甘谷驿水文站实测一日输沙量9,070万

吨,相当于该站1976年输沙总量的6倍,为该站建站以来多年平均年输沙量的1.5倍。从这些例子可以说明,能产生径流的大雨和暴雨,乃是影响水土流失的主要因素。但是目前在全国广大范围内,还缺乏暴雨的详细观测资料,特别是缺少每次大雨和暴雨笼罩面积方面的资料。另外降雨过程的变化也是很复杂的,降雨的时间、范围和地点都极不固定,也很难预测。因此,很难准确分析每次大雨和暴雨对整个大流域水土流失的影响。为了解决这一困难问题,我们采用各有关测站的年径流量和一日最大洪水总量来说明该流域的降水情况。年径流量和一日最大洪水总量,决定于能发生径流的大雨和暴雨,与流域内的水土流失密切相关,各水文站也都有这方面的观测资料,便于搜集应用。

2. 关于人为活动。通过人类活动,可以影响某些自然因素之间的相互关系,促使水土流失加速发展;也可以通过水土保持治理工作,控制水土流失,达到改造自然的目的。

人类加剧水土流失的活动,主要是对植被的破坏,集中表现在对土地资源的利用不合理。不同土地利用情况下的土壤,其抗冲性有明显差异:以林地最强,草地次之,农地最差。农地与林地相比,相差约85—90倍。随着坡度的增加,不论何种土地利用情况,土壤的抗冲性均逐渐削弱。但在不同土地利用情况下,这种削弱的情况有很大差别,林、草地抗冲性削弱徐缓,农地抗冲性则急剧降低。这说明,坡度愈陡,林、草地与农地的水土流失量差别愈大;也进一步证明了,破坏植被、陡坡开荒之后,必将引起强烈的水土流失。

虽然毁林开荒是引起水土流失加剧的主要原因,但是,除个别地方有些毁林开荒的零星记载之外,绝大部分地区都没有这方面的统计数字,更缺少历年的统计资料。所以,我们无法直接运用这方面的资料。在进行水土流失趋势预测时,我们用历年水土流失面积方面的统计数据来弥补。

人类通过封山育林、造林种草、改良耕作技术以及修建工程等水土保持措施,可以有效地防治水土流失。经过水土保持治理的地区,特别是经过治理的中小流域,减沙效益都很显著。可见水土保持治理程度,也是影响水土流失的主要因素。

我国各省区、各大流域,历年都有水土流失面积和水土保持治理面积方面的统计资料,但精度不高,特别是各地上报的治理面积,数字偏大,经过治理的面积保存率低。虽然这些数据存在问题较多,且精度不高,但是历年的统计数字大致是一个精度水平,那么不同年份的数据对比,仍然能够反映出历年水土流失面积和水土保持治理程度的变化情况。在进行水土流失趋势预测时,我们采用水土保持治理面积占水土流失面积的百分数这一指标进行统计分析,在目前的情况下,也只能如此,但还能说明问题。

3. 关于流域内的地形和地面组成物质。无疑这些都是影响水土流失的重要因素,但这次水土流失趋势预测,是为了分析判断同一地区不同时间水土流失的变化趋势。对于某一特定流域来说,在10—20年内,其流域地形和地面组成物质几乎没有什么变化,因此,在进行趋势预测时,我们假设这些因素为常数,这将使预报方程大大简化。

五、河流输沙量预测模式的确定

根据上述情况,并参考国内外流域输沙量方面的研究成果和经验,初步确定河流输

沙量预测的数学模式为:

$$y = a_1 M^{a_2} Q^{a_3} P^{a_4} \tag{1}$$

$$y = a_1 M^{a_2} Q^{a_3} a_4^{(1-P)} \tag{2}$$

式中: y为河流年输沙量(亿吨);
M为一日最大洪水量(亿立方米);
Q为年径流量(亿立方米);
P为水土保持治理面积占水土流失面积的百分数;
a₁、a₂、a₃、a₄为系数。

首先以黄土高原区为例进行河流输沙量预测。有关数值如表 4:

表 4 黄土高原与水土流失有关的数值统计

年	(y) 年输沙量 (亿吨)	(M) 一日最大洪水 (亿立方米)	(Q) 年径流量 (亿立方米)	(P) 治理面积/水土流失面积 (%)
1974	7.922	6.109	277.7	15.14
1975	10.912	7.899	494.5	17.20
1976	9.763	8.102	504.6	19.23
1977	24.586	11.556	339.3	18.16
1978	13.690	6.810	354.9	16.36
1979	10.607	7.153	369.6	16.54
1980	6.156	4.239	268.0	16.26
1981	11.166	7.347	472.9	17.52
1982	7.477	4.259	360.6	19.04
1983	6.852	5.494	520.8	21.44
平 均 值	10.913	6.897	396.3	17.69

表 4 中的数据, 取自黄河干流的龙门站、汾河的河津站、渭河的华县站和北洛河的湫头站 4 个站的历年有关水文观测值之和, 以及 4 站所控制流域内(限于黄河中游)水土流失面积和水土保持治理面积历年的统计数字。上述 4 站, 可以控制黄土高原的绝大部分地区, 所以上述数据也可以代表黄土高原的基本情况。根据表 4 数据及式(1)进行多元回归分析, 结果为:

$$y = 3.755 M^{1.327} \times Q^{-0.020} \times P^{0.774} \tag{3}$$

r = 0.921; F = 11.207
(r为相关系数, F为显著性水平, 下文雷同)
F > F_{0.01} = 9.78。

所以, 输沙量y与 3 种因素相关是高度显著的(在0.01水平上显著)。

根据表 4 数据用式(2)进行多元回归分析, 结果为:

$$y = 0.075 M^{2.380} \times Q^{-0.027} \times 1.573^{(1-P)} \tag{4}$$

r = 0.975; F = 38.687;
F > F_{0.01} = 9.87。

所以, 输沙量y与 3 种因素相关也是高度显著的。

根据回归分析结果可以看出, 式(1)和式(2)都能表达河流输沙量与有关影响因素之间的相关关系, 作为河流输沙量预测模式都是比较好的, 都可以应用。我们将根据各类型区的具体情况, 分别按式(1)和式(2)进行分析比较, 择其优者, 建立河流输沙量预测方程。

六、水土流失趋势预测

比较式(3)和式(4)可以看出, 在黄土高原区, 式(4)优于式(3), 因此, 黄土高原区的代表河流输沙量预测方程采用式(4)。

为了判别影响输沙量 y 的主要因素, 计算偏回归平方和, 并进行显著性检验, 结果为:

$$F_1 = 92.218 > F_{0.01} = 13.74$$

说明一日最大洪水 M 对输沙量 y 的影响高度显著(在0.01水平上显著);

$$F_2 = 11.778 > F_{0.05} = 5.99$$

说明年径流量 Q 对输沙量 y 的影响显著(在0.05水平上显著);

$$F_3 = 4.610 > F_{0.1} = 3.78$$

说明治理率 P 对输沙量 y 有一定影响(在0.1水平上显著)。

由式(4)可知, P 值与输沙量成反相关, 说明水土保持治理面积愈大, 输沙量愈小, 但 P 值不是影响输沙量的主要因素。我们认为, 这是符合实际情况的。关于黄土高原水土保持的减沙效益问题, 情况比较复杂。数十平方公里以下的小流域, 减沙效益显著, 这已被大家所公认。但是对于黄河干流来说, 许多人对水土保持能减少河流泥沙这一点持怀疑态度, 其主要根据是: 数十年来, 在黄土高原进行了大量的水土保持工作, 而黄河的泥沙却没有明显的变化, 年平均输沙量一直徘徊在16亿吨左右。黄河的泥沙没有明显变化这是事实, 但水土保持不减少黄河干流泥沙的结论, 也很难被接受。前已述及, 黄土高原的水土流失, 主要是由少数几次暴雨所引起的, 一般暴雨的笼罩面积不大, 往往是已经进行水土保持治理的地区没降暴雨, 而暴雨却降在非治理区。因此, 水土保持措施很难发挥其保持水土的作用, 在治理面积所占比例不大的情况下, 这种现象发生的可能性是很大的, 因此, 容易产生水土保持不减少黄河干流泥沙的错觉。对于小流域来说, 大都进行集中治理, 治理面积所占百分数很高, 同时由于流域面积小, 降雨比较均匀, 这种暴雨只降落在非治理区的情况很少发生。除此之外, 在黄土高原还存在边治理边破坏的现象, 治理的减沙效益与人为活动所引起的加速侵蚀相抵销, 所有这些, 都是造成黄河干流泥沙没有明显减少的主作原因。

根据分析比较, 分别确定各类型区代表河流输沙量预测方程如下:

青藏高原区: 有关数值如表5。根据表5数据, 经分析比较, 得出青藏高原区代表河流年输沙量变化趋势预测方程为:

$$y = 0.3357M^{-0.268} \times Q^{1.919} \times P^{-0.394}$$

$$r = 0.9508, \quad F = 9.425$$

(5)

查 F 分布表, 当 $n = 7$, 自变量为3时, F 值大于9.28则回归是显著的。而我们所得的 F 值为 $9.425 > F_{0.05} = 9.28$, 说明输沙量 y 与3种因素相关显著(在0.05水平上显

著)。

表5

青藏高原区与水土流失有关的数值统计

年	(y)代表河流年输 沙量 (万吨)	(M)一日最大洪水 (亿立方米)	(Q)年径流量 (亿立方米)	(P) 治理面积 水土流失面积 (%)
1973	2,420	1.849	171.6	11.15
1974	2,510	1.728	176.9	13.08
1975	4,410	2.436	282.2	14.31
1976	3,690	2.652	249.2	14.97
1977	1,400	1.400	153.3	15.85
1978	1,990	2.359	178.9	10.60
1979	2,880	2.048	193.4	7.60

$F_1 = 0.206 < F_{0.10} = 5.54$, 说明一日最大洪水M对年输沙量y的影响很小。

$F_2 = 9.841 > F_{0.10} = 5.54$, 说明年径流量Q对输沙量y有一定影响(在0.10水平上显著)。

$F_3 = 1.604 < F_{0.10} = 5.54$, 说明P值对输沙量y的影响很小。

北方山地丘陵区: 有关数值如表6。

表6

北方山地丘陵区与水土流失有关的数值统计

年	(y)代表河流年输 沙量 (万吨)	(M)一日最大洪水 (亿立方米)	(Q)年径流量 (亿立方米)	(P) 治理面积 水土流失面积 (%)
1973	1,020	3.024	233.6	71.22
1974	434	2.324	163.2	76.20
1975	1,990	5.875	462.1	75.26
1976	425	2.549	129.0	79.42
1977	797	2.950	203.0	72.82
1978	36	0.873	26.9	74.38
1979	883	3.620	181.0	71.35

根据表6数据, 经分析, 得出北方山地丘陵区代表河流年输沙量预测方程为:

$$y = 76100M^{0.705} \times Q^{0.988} \times P^{-2.477} \quad (6)$$

$$r = 0.9931, \quad F = 71.960$$

$F > F_{0.01} = 26.46$, 说明输沙量y与3种因素相关高度显著(在0.01水平上显著)。

$$F_1 = 1.193, \quad F_2 = 5.282, \quad F_3 = 1.205.$$

$F_2 > F_3 > F_1$, 说明3种因素当中, 以年径流量Q对年输沙量的影响最大;水土保持治理程度P值的影响次之;而以一日最大洪水M对输沙量的影响最小。由于 F_1, F_2, F_3 均小于 $F_{0.10}$ ($F_{0.10} = 5.54$), 所以, 一日最大洪水、年径流量和P值3个因素对年输沙量的影响都不显著, 但这并不否定相关方程的高度显著性。

云贵高原及四川盆地: 有关数值如表7。

根据表7资料, 分析得出云贵高原及四川盆地地区代表河流年输沙量预测方程为:

$$y = 0.000765M^{0.409} \times Q^{1.131} \times P^{-0.829} \quad (7)$$

$$r = 0.7747, \quad F = 1.501$$

表7 云贵高原及四川盆地区与水土流失有关的数值统计

年	(y)代表河流年输 沙量 (亿吨)	(M)一日最大洪水 (亿立方米)	(Q)年径流量 (亿立方米)	(P) 治理面积 (%) 水土流失面积
1973	5.10	44.5	4,280	30.91
1974	6.75	52.7	5,011	34.38
1975	4.70	39.3	4,307	34.69
1976	3.68	42.6	4,086	37.27
1977	4.64	33.4	4,230	29.30
1978	4.42	36.5	3,900	32.58
1979	5.27	39.3	3,980	35.20

$F < F_{0.10} = 5.54$, 相关不显著。
 $F_1 = 0.216$, $F_2 = 0.627$, $F_3 = 0.349$ 。
 F_1, F_2, F_3 均小于 $F_{0.10}$ ($F_{0.10} = 5.54$)，所以3个因素对年输沙量的影响都不显著。
这可能与该类型区的水土流失变化，对宜昌站的输沙量并无显著影响有关。所以，本区的水土流失趋势预测，还有待进一步深入研究。

江南丘陵区：有关数值如表8。

表8 江南丘陵区与水土流失有关的数值统计

年	(y)代表河流年输 沙量 (万吨)	(M)一日最大洪水 (亿立方米)	(Q)年径流量 (亿立方米)	(P) 治理面积 (%) 水土流失面积
1973	1,710	13.31	1,071.0	49.68
1974	744	6.72	503.2	50.00
1975	1,450	12.18	1,026.0	45.15
1976	1,330	12.18	787.9	47.78
1977	1,260	11.32	677.0	54.52
1978	757	7.16	493.0	56.50
1979	626	6.03	470.0	57.24

根据表8资料，经分析得出江南丘陵区代表河流年输沙量预测方程为：

$$y = 66.09M^{0.988} \times Q^{0.178} \times P^{-0.151} \tag{8}$$

$r = 0.9977$, $F = 219.2$

$F > F_{0.01} = 29.46$ ，说明输沙量y与3种因素相关高度显著(在0.01水平上显著)。

$F_1 = 37.771$, $F_1 > F_{0.01} = 34.12$ ，说明一日最大洪水M对输沙量y的影响高度显著(在0.01水平上显著)。

$F_2 = 1.257$, $F_3 = 1.532$, $F_3 > F_2$ ，说明治理程度P值对输沙量y的影响大于年径流量Q的影响。但 F_2, F_3 均小于 $F_{0.10}$ ($F_{0.10} = 5.54$)，所以年径流量和P值对输沙量的影响都不显著。

东北漫岗丘陵区和华南山地丘陵区：因缺少1979年以前水土流失面积和水土保持方面的统计资料，仅根据代表河流的历年(共24年)年输沙量、一日最大洪水和年径流量进行统计分析，得出输沙量预测相关方程如下：

$y = 0.226M^{-0.2} \times Q^{1.388}$ (9)

$r = 0.9168, F = 55.362$

查F分布表, 当n = 24, 自变量为 2 时, F值大于5.78, 则回归是高度显著的。而我们所求得的F值为55.362>F_{0.01} = 5.78, 说明输沙量y与2种因素相关高度显著(在0.01水平上显著)。

F₁ = 1.725, F₂ = 31.04, F₂>F₁, 说明年径流量是影响年输沙量的主要因素。

因F₁<F_{0.01} = 2.96; F₂>F_{0.01} = 8.02, 说明年径流量对输沙量的影响高度显著, 而一日最大洪水对输沙量的影响不显著。

华南山地丘陵区代表河流输沙量预测方程为:

$y = 0.0127M^{0.076} \times Q^{1.688}$ (10)

$r = 0.9019, F = 45.797$

F>F_{0.01} = 5.78, 说明输沙量y与2种因素相关高度显著。

F₁ = 0.156, F₂ = 41.672, F₂>F₁, 说明年径流量是影响年输沙量的主要因素。

从式(4)一(8)可以看出, 河流输沙量都与流域内水土保持的治理程度呈负相关。这说明, 随着水土保持工作的开展, 各河流的输沙量将逐渐减少, 水土流失将逐渐减轻。水土保持治理程度, 是一个人为可以控制的指标, 与许多因素有关, 如各级领导的重视程度, 农村政策, 群众生活水平及自然灾害等。建国以来, 虽然开展了大规模的水土保持工作, 也取得了一些成绩, 但治理速度还是比较缓慢的。特别是自然灾害比较严重的1960—1962年、以及1966—1976年的10年动乱期间, 水土保持工作基本上处于停顿状态, 甚至有些地方还出现毁林、开荒等现象。以黄土高原为例, 1949—1979年的30年当中, 平均每年的治理进度不到0.6%。

党的十一届三中全会以来, 清除了“左”的思想影响、放宽了政策、贯彻了实事求是的路线, 使群众得到休养生息, 粮食问题得到缓解, 这为水土保持工作的开展, 提供了有利条件。特别是1984年颁布了森林法并提出大力造林种草以来, 水土保持工作的速度大大加快。黄土高原“六五”期间的年治理进度达到1.3%, 在1983年以后, 上升到2%以上。“六五”期间, 全国平均每年治理11,000平方公里, 1985年以来, 平均每年完成治理

表9 各类型区水土保持治理程度表

类 型 区	(P) 治理面积 水土流失面积 (%)		
	1980年	1990年	2000年
东北漫岗丘陵区	28.42	29.20	30.00
黄土高原区	16.26	35.00	45.00
青藏高原区	8.19	13.70	18.30
北方山地丘陵区	71.40	72.50	75.00
云贵高原及四川盆地	35.47	38.64	42.24
江南丘陵区	58.00	60.00	70.00
华南山地丘陵区	40.03	43.70	47.40

面积20,000平方公里。如果水土保持工作继续保持这种速度向前发展,我国的水土流失量将逐渐减少,这一趋势是完全可以肯定的。根据上述情况,以及各地1980年以后水土保持统计资料的拟合曲线外推,预计各地1990年和2000年水土保持的治理程度如表9。

如果假定一日最大洪水和年径流量保持1980年的水平不变,剔除不同降雨情况对水土流失的影响,即可根据表9中有关数值,估算出由于人为活动而引起的水土流失的变化趋势,计算结果如表10。

表10

代表河流年输沙量变化趋势计算结果

类 型 区	代 表 河 流 的 年 输 沙 量					
	1980年		1990年		2000年	
	量	比例	量	比例	量	比例
东北漫岗丘陵区	710万吨	100	691万吨	97.3	672万吨	94.7
黄土高原区	6.153亿吨	100	5.66亿吨	91.8	5.42亿吨	88.1
青藏高原区	1,870万吨	100	1,523万吨	81.4	1,362万吨	72.8
北方山地丘陵区	874万吨	100	842万吨	96.3	778万吨	89.2
云贵高原及四川盆地	5.33亿吨	100	5.11亿吨	95.0	4.82亿吨	89.6
江南丘陵区	1,350万吨	100	1,342万吨	99.3	1,312万吨	97.2
华南山地丘陵区	5,850万吨	100	5,750万吨	98.3	5,690万吨	92.2

根据各类型区的面积和输沙模数,进行加权平均,求出全国水土流失的变化趋势:

1980年水土流失量比值: 100;

1990年水土流失量比值: 91.75;

2000年水土流失量比值: 86.11。

根据计算结果,如果水土保持工作按现有的速度继续坚持进行,全国的水土流失将以大约每年1%的速度减弱。实际上目前仍然存在水土流失进一步加剧的潜在危险。例如1979—1982年,长江、淮河等流域的水土流失面积还在增加,如若放松治理,必然引起水土流失进一步加剧。

由式(4)一(10)可知,一日最大洪水M和年径流量Q都对河流输沙量有显著影响,而M和Q决定于流域内的降雨情况。虽然水土流失有不同程度的减弱趋势,但随着降雨情况的变化,水土流失还将有较大幅度的变化。

根据气象科学研究院的分析研究,七十年代全国普遍干旱,八十年代降雨逐渐增加,九十年代可能会再次少雨,且有发生较大干旱的可能。这仅是全国降雨情况总的变化趋势,具体到每一地区或每一年的降雨情况,可能变化很大。总的看来,2000年以前基本上处于少雨年代,因此不会有较严重的水土流失发生。

为了进一步估算各地1990年和2000年的水土流失量,首先推算各站1990年和2000年的一日最大洪水和年径流量。各大流域1980年的一日最大洪水和年径流量,一般小于多年平均值,有的甚至为历年最小值。考虑到八十年代降雨逐渐增加这一趋势以及九十年代再次少雨的情况,1990年各站的年径流量可采用多年平均值,2000年可采用频率为

注: 1980年河流输沙量为实测值。

75%的年径流量。但在少雨年不一定没有洪水，少雨年的一日最大洪水如何推求，还是有待研究的一个问题。为此我们探索了一日最大洪水与年径流量之间的关系，分别搜集各站历年的资料，绘制一日最大洪水与年径流量之间的散点图，如图2。从图2可知，随着年径流量的增加，一日最大洪水有增大的趋势，有些站二者之间的相关性比较显著。据此，我们初步假定一日最大洪水的变化趋势与年径流量的变化是一致的。各站1990年和2000年的一日最大洪水，仍按多年平均值和频率为75%的数值计算。计算结果如表11。

根据表9和表11数值，按照式(4)一(10)分别计算各类型区代表河流1990年和2000年的年输沙量和输沙模数，如表12。

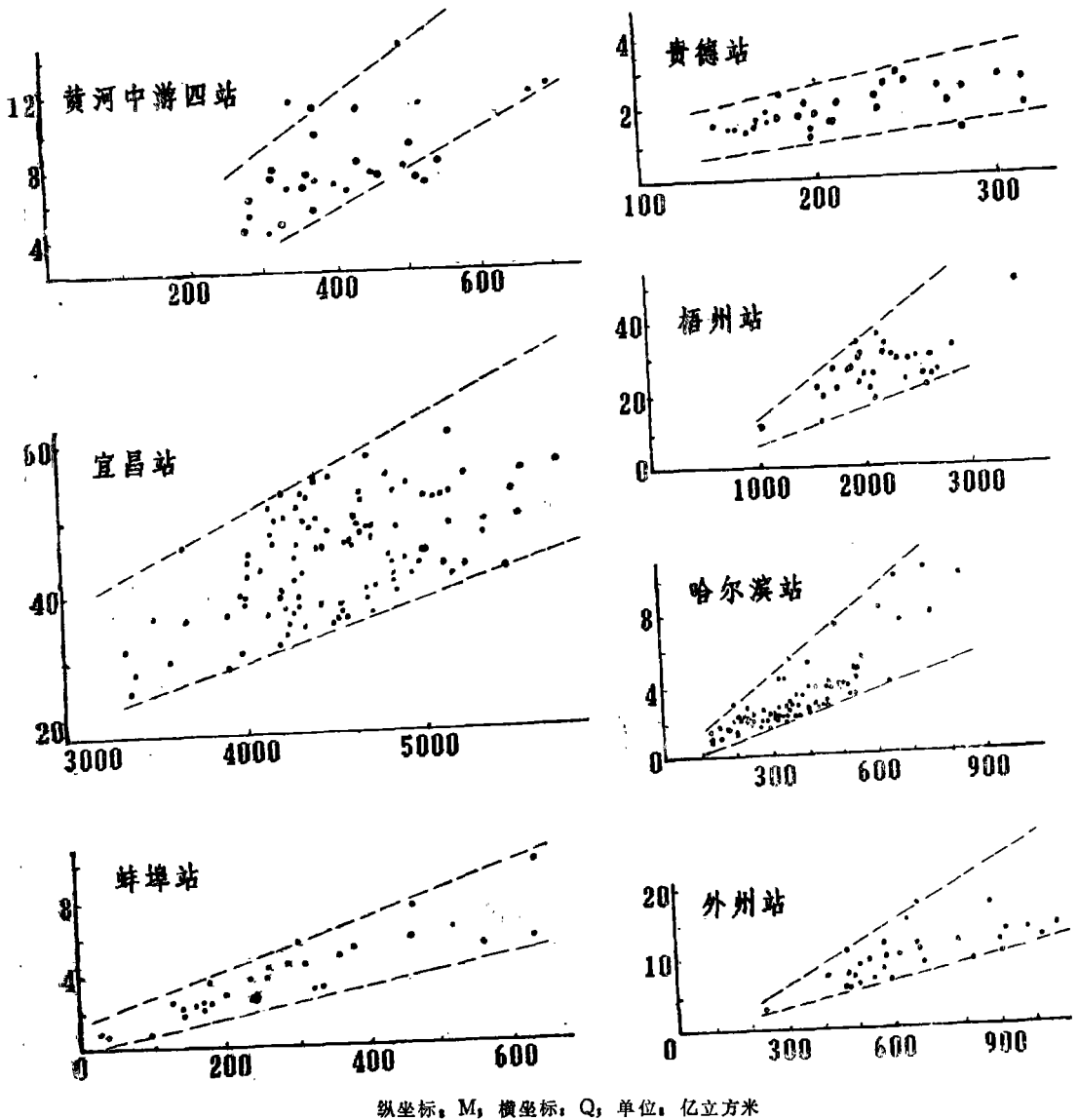


图2 年径流量(Q)一日最大洪水(M)之间的相关散点图

表11 代表河流一日最大洪水和年径流量计算结果

单位：亿立方米

类 型 区	1990年		2000年	
	一日最大洪水	年径流量	一日最大洪水	年径流量
东北漫岗丘陵区	3.31	376	2.01	255
黄土高原区	7.78	416	6.25	360
青藏高原区	1.92	216	1.50	170
北方山地丘陵区	3.39	249	2.40	165
云贵高原及四川盆地	44.3	4,510	38.5	4,200
江南丘陵区	10.1	600	7.50	546
华南山地丘陵区	27.6	2,200	21.5	1,860

表12 代表河流年输沙量和输沙模数计算结果

类 型 区	1990年		2000年	
	年输沙量	输 沙 模 数 (吨/平方公里·年)	年输沙量	输 沙 模 数 (吨/平方公里·年)
东北漫岗丘陵区	578万吨	14.8	372万吨	9.5
黄土高原区	11.6亿吨	2,162.1	6.65亿吨	1,239.5
青藏高原区	2,975万吨	243.9	1,810万吨	148.4
北方山地丘陵区	1,030万吨	84.9	544万吨	44.8
云贵高原及四川盆地	4.88亿吨	485.3	4.08亿吨	405.8
江南丘陵区	1,087万吨	134.3	777万吨	96.0
华南山地丘陵区	7,640万吨	231.7	5,660万吨	168.6

七、水土保持对策

根据水土流失趋势预测结果,从现在起到2000年,中国的水土流失有减弱的趋势。即使如此,到2000年,中国的水土流失仍然相当严重。这是因为目前我国的水土流失已经达到非常严重的程度。不仅造成生态环境恶化和农林牧生产衰退,并且严重威胁人民生命财产的安全。所以今后对水土保持工作丝毫也不能放松,并且应尽量加快治理速度,以便尽快控制水土流失。

水土流失主要是由于土地利用不合理和破坏自然植被所引起的,要防治水土流失,首先应调整农业生产结构,合理利用土地,提高林牧业比重,提高土地生产力,以解决群众生活所需的粮食和燃料问题,为恢复植被创造条件。另外,还要特别注意防止新的水土流失发生。

目前土地利用不合理的情况,有其深远的历史根源和社会经济根源。几千年来封建社会制度,迫使农民在不利于粮食生产的自然条件下开垦耕种,再加上人口不断增长的压力,不得不扩大耕地面积,陷入“越穷越垦,越垦越穷”的恶性循环,使土地资源也同时遭到破坏,现在已达到非常严重的程度。根据贵州省的资料,如果25°以上的坡耕地都退耕,个别农户将退掉耕地的50—80%,甚至全部。燃料问题也相当突出。在群众温饱问题没得到解决的情况下调整农业生产结构,将会遇到很大困难。长期以来,毁林开荒始终不能禁绝,根本原因就在这里。除此之外,工矿建设不重视水土保持,也是造

成新的水土流失的重要原因。随着国民经济建设的发展,开矿、修路、建厂、采石等工程迅速兴起,大量矿渣弃土等进入河流,增加河流输沙量。据黄委会调查,神府煤田开采后,平均每年约有弃石弃渣6亿立方米,其中10—20%流入黄河,每年约流入黄河1亿吨。

由此可见,调整农业生产结构,提高林牧业比重,防止新的水土流失,决不是单纯由水土保持部门就能完成的任务,必须由各产业部门互相配合和全社会共同努力,方能取得明显效果。为此,必须采取以下措施:

1. 加强水土保持法制, 建议国家尽快颁布《水土保持法》。《水土保持法》的条文不宜过多,但一定要切实可行。所以在起草时,必须进行详细的调查研究,慎重从事,没有充分把握的条文坚决不要。各项法规颁布之后(包括已颁布的森林法、水土保持工作条例等),应加强宣传教育,以提高干部群众的法制观念。同时还应建立相应的执法机构,专门受理在水土保持领域内的违法事件。这样才能作到有法可依,违法必究,执法必严。在当前和今后相当长的一段时间内,要特别重视对破坏植被、毁林开荒及工矿建设等方面违法事件的严肃处理。

2. 健全水土保持机构。目前我国的水土保持机构,与我国水土流失情况和水土保持任务不相适应。建议成立国家级跨部门的水土保持权力机构,该机构有权监督检查各部委对《水土保持法》的执行情况,对违法部门有权起诉并有权要求赔偿和罚款,有权统一领导全国水土流失调查监测及科学研究工作,有权领导全国的水土保持工作,以扭转目前这种“独家治理,多家破坏”的被动局面。

3. 严格控制人口增长。在水土流失比较严重的偏远山丘地区,至今人口增长还没有得到很好的控制。若再任其无节制增长,将使这些地区人民的生产和生活,陷于更加困难的境地,搞好水土保持工作也将成为一句空话。因此,必须把严格控制这些地区的人口增长,当作一件大事来抓。

4. 进行综合治理。首先应抓基本农田建设,提高粮食单产;同时大力种树种草,发展多种经营,注意提高经济效益问题,使广大群众尽快富裕起来;通过种植薪炭林,发展沼气、太阳灶、小水电等途径,解决农村能源问题,以减轻对林草的破坏。这样,群众的温饱问题基本上得到解决之后,就可逐步从“越穷越垦,越垦越穷”的恶性循环中解脱出来,并对目前不合理的农业生产结构实现调整。

由于我国各地的自然、社经条件差异很大,各类型区还应针对各自水土流失的特点,提出应注意解决的问题。

第一,黄土高原是我国水土流失最严重地区,30多年来,一直是我国水土保持工作的重点地区。黄土高原的土层疏松深厚,土壤抗冲性弱,地面发生径流之后,便引起严重的水土流失。另一方面黄土的透水性强,蓄水量大,2米厚的土层,蓄水容量就达400—500毫米,一般降雨都能渗入土体下层,而无蓄满的可能。只有在降雨强度超过土壤渗透率时,才有径流发生。因此,在黄土高原,应该以就地拦蓄降雨为战略目标,通过恢复植被和改良土壤,通过田间工程措施,使绝大部分降雨就地入渗,既为当地农业生产提供物质基础,又能基本上消除水土流失灾害。

第二,长江流域气候温暖湿润,适宜植物生长,水土流失不太严重,分布零散。但长江

流域土层较薄, 土壤粘重, 透水性差, 正常年径流深500—600毫米。当植被遭到破坏而使地面裸露时, 水土流失相当强烈, 局部地区侵蚀模数可达2万吨/平方公里·年, 其危害也更加严重。一般在山区开垦3—4年就得撂荒5—6年, 最长撂荒40—50年, 甚至长期不能耕种。因此, 在长江流域应采取预防为主方针, 保护并建造植被, 防止水土流失发生。在农田应建立健全排水系统, 采取蓄排兼顾的原则。

参 考 文 献

- [1] 辛树帜、蒋德麟: 《中国水土保持概论》, 农业出版社, 1982年11月。
- [2] 石铭鼎: 长江流域概况(一), 《人民长江》, 1982年6期。
- [3] 石铭鼎: 长江流域概况(二)、(三)、(四), 《人民长江》, 1983年1—3期。
- [4] 朱显谟等: 试论黄土地区水土保持的战略问题, 《水土保持通报》, 1984年1期。
- [5] 中国科学院数学研究所统计组: 《回归分析方法》, 科学出版社, 1974年。

Predicting the Trend of the Soil and Water Loss of China in 2000, and the Countermeasures Controlling It

Zhou Peihua Huang Yiduan Jia Hengyi Li Ling

Abstract

At present, there is not yet a exact figure of the range of soil and water loss distributing in China, and still it is lack in the unified standard of grading for soil erosion intensity. However, the date of sediment load observed are rather systematic. Considering the sediment load is positively correlated to the soil and water loss in a watershed, therefore, it is possible that we can predict the trend of the soil and water loss according to the variation of the sediment load. There is a great disparity in the amount of annual sediment load between rainy year and rare rain year. But it is very difficult to distinguish exactly the trend of soil and water loss in the watershed simply based on the annual sediment load. In order to predict the trend of the soil and water loss, the interrelated equation has been developed for the sediment load and the main factors affecting the soil erosion in the watershed. According to the excellent developing circumstances of soil and water conservation in the recent years, it can be predicted that from now to 2000, the soil and water loss in our country will show a tendency weaken. The countermeasures have been put forward for the soil and water conservation.