

# 水土流失的多因素分析及其防治措施

袁仁茂 杨晓燕 李树德

(北京大学城市与环境学系 北京 100871)

**摘要** 综合了我国近年来水土保持与水土流失研究方面的成果,并在此基础上,从地质地貌学、生态学角度出发,对水土流失的影响因素、水土流失的治理提出了自己的看法。文章指出,区域地质背景对水土流失有着宏观的控制作用,而构建完整的生物链是进行水土流失治理的关键所在。

**关键词** 水土流失 多因素分析 区域地质背景 构建完整生物链

## The Multi-factors Analysis and Control Measures of the Water and Soil Loss

*Yuan Renmao Yang Xiaoyan Li Shude*

*(Department of Urban and Environmental Sciences, Beijing University Beijing 100871)*

**Abstract** Based on summarizing recent research achievements on water and soil conservation and loss in China, the authors analyzed the affect factors of water and soil loss from the point of view of geology, geomorphology and ecology, and put forward some control measures on water and soil loss. It pointed out that areal geology background macroscopically control the degree of water and soil loss; and indicated that constructing integrated biology chain is the key to controlling water and soil loss.

**Key words** water and soil loss multi-factors analysis areal geology background constructing integrated biology chain

### 1 水土流失的现状及其危害

水土流失作为一种高频低能的地貌灾害事件,在世界各地均存在,由于其危害大,影响广,越来越多地引起多学科多部门的重视。据最新资料,全球每年流失的土壤约 264 亿 t。由于水土流失,全球耕地正以每年 700 ~ 900 万 km<sup>2</sup> 的速度消失。在我国,水土流失现象尤为严重,全国水土流失面积已近 380 万 km<sup>2</sup>,特别是黄土高原区,水土流失更是触目惊心。我国每年流失的土壤超过 50 亿 t,仅长江和黄河每年就带走近 17 亿 t 进入海洋<sup>[1][2]</sup>。因此,加强对水土流失的研究工作具有十分重大的意义。

水土流失后果严重,影响极其广泛,对生态环境的影响巨大。其一,水土流失使土壤肥力下

降, 土地贫瘠, 地力降低, 农作物产量降低。如黑龙江省大部分黑土地区在开发初期有机质含量达 7%, 而现在有机质含量不到 3%<sup>[3]</sup>, 黑土有可能因此而变成黄褐土甚至黄土状黏土, 这大大影响了黑龙江省的农业经济发展。其二, 水土流失加剧了贫水地区的水资源供需矛盾。由于水土流失, 土地变得贫瘠, 土壤层变薄, 土壤的蓄水能力变差, 一些地区甚至石漠化, 降雨在地表很快形成径流而流失, 使地下水得不到充足的补给, 而地下水的使用却在不断的增加。因此, 地下水位逐年下降, 破坏了地下水系统的平衡, 加剧了贫水地区的用水矛盾, 并引发一系列因地下水枯竭而造成的环境地质问题, 比如产生地面沉降、地裂缝等等。其三, 水土流失使水库淤积, 河床抬高。例如黄河从中游带来的泥沙约有 4 亿 t 沉积在河道里, 河床因此而每年升高 8~10 cm, 某些河段甚至变成地上河, 严重影响黄河的通航能力<sup>[3]</sup>。而洞庭湖则因淤积抬高使调洪能力降低, 并有成为“地上湖”的危险, 在去年的特大洪水灾害中, 可以明显的看出, 洞庭湖的调洪能力已经大不如以前。其四, 水土流失使生态环境恶化。水土流失严重的地区, 破坏的森林很难再恢复, 草地漫山遍野, 小气候环境发生变化, 引起环境的恶化。其五, 水土流失影响现代城镇的发展。城镇水土流失发展迅猛, 强度大, 危害严重, 损失极大, 而且影响了城市的外部形象和投资环境, 严重影响了城镇的建设和经济发展。

总之, 水土流失的危害是多方面的, 这一过程发展缓慢。当人们注意到其危害的结果并引起足够重视的时候, 要恢复到其原始的生态环境状态就十分困难了。

## 2 水土流失的因素分析

流水对地表的侵蚀过程便是水土流失过程。一个地区的水土流失程度主要取决于该地区的自然条件和人类活动的情况及其相互关系, 而各地区之间的水土流失程度的差异则体现了区域地质地貌背景的不同。我国地质地貌背景非常复杂, 山地丘陵分布广泛, 占总面积的 2/3, 大陆性季风气候显著, 年季降雨量变化悬殊, 这些构成了我国广大地区容易发生土壤侵蚀而造成水土流失的自然基础, 在此基础上, 人类征服自然和改造自然的各种活动便加剧了水土流失的程度。

### 2.1 区域地质背景对水土流失强度的宏观控制

区域地质背景在宏观上控制了水土流失的强度, 其实质是水土流失内动力因素的外在表现。区域间水土流失程度的差异主要受区域大地构造的影响, 特别是在活动性构造分布地区, 这种影响尤为突出。水土流失的大小往往与构造隆起、深大断裂、地堑活动、盆地边缘的构造运动以及区域上的岩体应力场相关。地壳不断抬升的地区, 侵蚀基准面相对下降, 侵蚀变强, 环境趋于干旱, 影响植被的发育, 水土流失有加剧的趋势; 相反, 在地壳不断下降的地区, 侵蚀基准面则相对上升, 侵蚀变弱, 环境趋于湿润, 植被发育良好, 水土流失则有减弱的趋势。

区域大地构造塑造出不同的区域地貌类型, 在这些大的地貌类型基础上, 由外动力引起的水土流失存在着很大的差异。构造隆起地区, 土壤侵蚀极强, 例如黄土高原北部地区; 深大断裂和活动地堑地区以及这些地区附近的频繁地震活动, 往往使这些地区大型滑坡、崩塌群体分布, 例如六盘山—贺兰山一带、太行山东侧、汾渭地堑活动带; 盆地边缘的构造活动使得这些地区滑坡、泥石流盛行, 例如四川的西北部; 重力侵蚀活动活跃程度受构造和岩性的直接影响, 例如秦巴地区便是重力侵蚀活动活跃区, 这种侵蚀的选择性受地应力场的控制。

### 2.2 水土流失程度的制约因素分析

影响某一地区水土流失程度的因素可分为自然因素和人为因素两类。自然因素包括地貌因素、地质因素和气候因素, 而人为因素主要是指人类征服自然和改造自然的各种活动。

2. 2. 1 影响水土流失的自然因素 (1)地貌因素。地貌因素主要指斜坡条件、植被条件和地面破碎程度。

斜坡条件包括坡度、斜坡的形状及坡长。坡度是影响土壤侵蚀的重要因素。一般说来,斜坡的坡度越大,越易产生径流,导致水土流失<sup>[3]</sup>(见表 1)。但坡度与水土流失之间并不是简单的线性关系。据 F. G. Renner 和 R. E. Horton 的研究结果,20~60 之间坡面侵蚀程度最大<sup>[4]</sup>。而斜坡的形状不同,也会导致径流对斜坡土壤侵蚀强度的不同,凸形坡有利于径流分散,凹形坡则有利于径流的汇集,其对水土流失程度的影响不能一概而论,不同的地方和不同的斜坡条件下,坡型或加剧或减弱水土流失程度。在其它条件相同的情况下,斜坡高度越大,坡长越长,其下坡的水流量就越大,水流侵蚀的能量越大,侵蚀作用就越强<sup>[4]</sup>。陈明华等在福建省部分地区的实验结果表明,坡度、坡长与土壤侵蚀呈幂指数关系<sup>[5]</sup>。另外在有些地区,坡向与水土流失也有关系,向阳坡与背阴坡因其降雨量和受热辐射量及植被的不同,对土壤侵蚀产生着不同的影响。

表 1 地面坡度与水土流失的关系

坡/°	5	10	15	20	25
侵蚀度/t·km <sup>-2</sup>	1305	1920	3930	5790	7770

注:根据陈业裕,黄昌发的资料。

植被条件的好坏直接影响着土壤侵蚀的程度。植被可以减少或防止雨滴直接冲击地面,减少地面径流量,并对径流速度起控制作用;植物凋落的枯叶覆盖地面,形成保护层,在它们腐烂分化的过程中,可以改善土壤的孔隙状况,有利于水流的分散和入渗,从而减少坡面径流量;而植被的根系纵横交错,加强土体的固结力。整个植物体系在水土保持和防止水土流失过程中作用十分突出,从表 2 可以看出森林植被在防止水土流失中的巨大功效。作物植被的保土作用也很明显,据刘秉正等的研究,作物植被的保土作用与覆盖度呈正相关关系<sup>[6]</sup>

表 2 北江流域部分县森林资源覆盖率与水土流失量

县名	活立木蓄积量/	森林覆盖率/	总流失面积/	流失占总面积/
	万 m <sup>2</sup>	%	万 km <sup>2</sup>	%
南雄	286.3	51.94	6.0	26.1
始兴	838.1	63.75	1.6	7.7
连县	293.6	41.10	6.4	24.0
阳山	287.8	29.65	14.6	44.0
英德	316.2	27.43	14.3	25.1

注:根据广东省水利水电科学研究所资料。

地面破碎程度对水土流失有明显的影响。地面越破碎,便越起伏不平,斜坡越多,地表物质的稳定性降低,同时地表径流容易形成,由此加剧了水土流失。例如我国晋西北和陕北黄土高原丘陵区,地面破碎程度相当高,水土流失情况也相当严重。如果其它条件不变,则水土流失量与地面破碎程度呈正相关关系。

(2)地质因素。地质因素主要是指土壤性状和岩性条件的差异对水土流失的影响。岩石成分不同,其风化程度和风化体性状及其抗侵蚀能力也各异。如果岩石中节理裂隙发育,易形成悬崖陡壁,发生滑坡、崩塌、泥石流等,从而导致水土流失;而软性岩层较易风化,形成厚层的风化物,极易受流水的侵蚀。在软性岩层和脆性岩层互层的地区,由于软性岩层较易风化,同样易形成悬崖陡壁,加之脆性岩层受温度影响较大而物理风化强烈,崩塌滑坡等盛行。由于母岩性质不同,母

岩风化形成的土壤也就不一样,其抗蚀能力、保水持水能力差别很大。

(3) 气候因素。气候因素主要体现在降雨、温度的差异上。

降雨对水土流失的影响主要有两方面,一是降雨强度,二是降雨量。降雨量影响地面径流,从而影响到水土流失。降雨量越大,水土流失情况越严重。而降雨强度主要是通过影响雨滴对地面的冲击来影响水土流失情况的。强度越大的雨滴对地面的冲击越强烈,土壤侵蚀就严重。在同一地区,降雨强度对水土流失的影响要比降雨量的影响大<sup>[7]</sup>,当然,降雨时间也会对水土流失产生很大的影响,降雨时间越长则水土流失量越大。

温度对水土流失没有什么直接的影响,它是通过间接作用来影响水土流失强度的。年温差日温差较大的干旱半干旱地区,物理风化作用强烈,在较短的时间内岩石就会风化破碎,为水土流失提供了物质基础。

2.2.2 影响水土流失的人为因素 (1) 生态系统的破坏。一个生态系统由非生物物质、生产者有机体(含叶绿素的绿色植物)、消费者有机体和分解者有机体四个部分组成。它们相互结合在一起,以多种方式彼此发生作用,进行着连续的能量和物质的交换。生态系统按照一定的规律向前发展,从初期、简单、很不稳定的阶段过渡到复杂、稳定的阶段,即生态平衡。对组成生态系统的四个部分中的任何一个造成伤害、破坏,都会导致生态平衡的丧失,生态系统的破坏,造成一系列的后果,森林退化、水土流失即是其一。

植被在生态系统中起着主导作用。它可以调节河川径流,涵养水分,对防止水土流失有着显著的作用。但是我国的许多地区,森林采伐面积大大超过了森林更新面积,森林资源正迅速减少,如云南省西双版纳在1979~1981年3年间就毁林开荒2.13万 $\text{hm}^2$ <sup>[3]</sup>。这种掠夺式的开采已造成了非常严重的后果,导致水土大量流失。

(2) 耕作方式的落后。我国是一个历史悠久的农业大国,长期以来生产方式非常落后,生产水平极其低下,许多地区都是广种薄收的生产方式。随着人口的快速增长,为维持基本的生活,人们不是大力在耕作方式上求得进步,而是扩大耕作面积,于是便不顾自然条件,大肆开荒种粮,甚至毁林造田,其结果是区域生态平衡失调,造成生态环境恶性循环,水土流失加剧。

(3) 工程建设的影响。许多大的工程项目没有注意到对环境的影响,特别是没有采取很好的善后处理措施,缺乏水土保持意识。修路建厂乱开山石等都有可能造成严重的水土流失后果,有的甚至造成山体失稳,致使滑坡、崩塌时有发生。如京广线乐昌峡段的改线隧道改造工程,几年间就向河床弃土1亿 $\text{m}^3$ ,招致大量泥沙冲刷流失;连云港市连云区由于开山筑路取土,发生了几处山体滑坡事件,滑坡总长度1200m,体积达 $3.5 \times 10^5 \text{m}^3$ ,造成公路、沟涧堵塞,损失巨大<sup>[8]</sup>。

(4) 现代城市的迅速发展。当今,城市水土流失现象已越来越普遍,城市水土流失是在改革开放以后,城市化过程中由于大规模土地开发或基本建设发生负面效应所致,这是一个新的地貌灾害问题。城市水土流失与乡村山野的情况不一样,城市水土流失已不完全受自然规律的支配,而是以人为因素的影响为主,其发生原因复杂,具有隐蔽性的特点。据1985年遥感资料,江苏省连云港市区水土流失面积达170 $\text{km}^2$ <sup>[8]</sup>。深圳市的水土流失程度也相当严重。现阶段,我们不能以停止经济建设的代价来防止城市水土流失,因此城市水土流失在很长一段时间内将会变得越来越严重。

### 2.3 水土流失多因素间的相互关系

水土流失的自然因素和人为因素并不是孤立的,它们之间相互联系相互制约,只是在某一段或某一区域内,一方起主导作用,另一方作用居次而已。人为活动活跃的地区,人为因素对水土流

失的影响更大,反之亦然。总之,因素之间的主次关系是随时空关系变化的。

各种不利的地质地貌和气候条件成为我国广大地区容易发生水土流失的自然基础。然而,当植被良好的时候,大部分地区因自然侵蚀而造成水土流失并不严重,只有在人为因素参与之后,土壤的侵蚀作用才被加强。尤其是大量森林采伐之后,水土流失量更是显著增加。随着经济的发展,人为因素在水土流失中的作用变得越来越突出。由于人为因素的加入,反过来又促进了自然因素对土壤侵蚀的作用,使得水土流失不断增加形成恶性循环。

### 3 水土流失的防治措施

治理水土流失防止土壤侵蚀是一项长期复杂的改造自然、提高人们素质的系统工程,必须多学科多部门相互配合才能见效。在治理水土流失时,我们必须坚持防与治结合,除弊与兴利相结合的方针,统一规划,因地制宜,实行综合治理,加强后续管理,严格法制,积极宣传,全面而持久的做好有关工作。

防治水土流失的各种措施大体可分为两类,即生物技术措施和工程技术措施,同时加强宣传、普及水土保持及水土流失方面的知识,制定更加健全的法律也是刻不容缓的重要环节。在人为活动更加频繁更加剧烈的今天,进行科普教育,严格执法显得更为重要。

#### 3.1 生物技术措施

生物技术措施的重点是构建完整的生物链,保持生态系统的良性循环。植被是生物链的重要环节,也是生态环境的重要组成要素之一,是防治水土流失的重要因素。广泛的植树种草不但具有保持水土的功能,而且还可以改善小气候,调节生态环境,促进农、林、牧业生产发展,具有深远的长期效益。但是,有些时候并不是仅仅保护植被和大量种植森林就可以达到效果,必须将整个生物链的各个环节的生物数量和种类都保持在相应的范围,才能使生态平衡长时间保持下去。比如老鼠,在生态系统中就是有益的动物,是一类功能消费群,在干草纤维很难腐烂的情况下,老鼠的及时“消费”,以植被更新,促进生态良性循环,很有好处。东北红松和橡树等,种子落在地上,很难自己发芽,靠老鼠搬运到阔叶林中把种子埋起来,从而不断发芽,促进森林更新,而森林光线少,地表杂草少,为老鼠的适量生存提供了条件。老鼠和其它动植物一起协同进化。中科院动物研究所的张知彬教授曾被人请去“诊断”砍伐林木后遗症:一片林子全部被伐后,本来打算种庄稼,结果一看土壤不合适,主人又想重新恢复成林,结果怎么也恢复不过来。张知彬分析说,由于破坏了生态,造成鼠害加剧,重新播下的种子种下一颗被咬断一颗,林子失去后自然只会向荒丘发展。在采取生物措施防治水土流失时,要因时因地和具体条件而异。不同地区,生态条件不同,因而在选择树种、草种和造林、种草位置以及构建完整的生物链时要持科学的态度,严格遵循客观规律。因此,要恢复和扩展植被覆盖面积,必须将植被放在整个生物链系统中全盘考虑,只有构建了完整的生物链,才能使已经遭受破坏的系统得到恢复,才能保持生态系统的长久平衡。生物技术措施较适用于大范围大面积的水土流失防治,同时也实用于配合工程技术措施防治水土流失。

#### 3.2 工程技术措施

工程技术措施主要是指以各种工程技术对径流、泥沙进行拦蓄、截流、疏导,减轻径流冲刷等等。例如对陡坡的升级工程,沟头起截流撇水作用的沟埂保护工程,逐级蓄水拦沙的沟埂梯地谷坊工程,坡地梯田工程等等。工程技术措施较适用小范围小面积的水土流失防治,同时也可以配合生物工程技术措施在大面积水土流失防治中发挥作用。

3.3 重视宣传, 严格执法

水土保持及水土流失方面的宣传必须同时在城市和农村展开, 应结合各种因水土流失带来的危害现象, 向广大人民群众宣传《水土保持法》, 以强化人们的水土保持忧患意识, 引起广大群众对水土保持工作的理解, 并增强在实际工作中搞好水土保持的自觉性, 同时必须加大《水土保持法》的执法力度, 以迅速扭转和遏制水土流失加剧的态势, 确保经济开发于环境保护协调发展。特别是在城市水土流失的防治中, 应该统一规划, 加强宣传, 以严格执法为基础, 联合各个部门, 加大防治监督的力度, 防止新的水土流失产生。

总之, 水土流失有自然因素的作用, 也有人为因素的作用, 特别是随着社会经济的发展, 人为因素更为突出, 因此, 在防治水土流失的同时就必须从人和自然这两个主题同时出发, 使人与自然环境处于协调的平衡关系之中。

参考文献

1 熊国琪. 平原地区的城市化水土保持问题探讨. 水土保持研究, 1997, 4( 1)

2 付会芳. 黄土高原水土流失及其防治措施. 水土保持研究, 1997, 4( 1)

3 陈业裕, 黄昌发. 应用地貌学. 华东师范大学出版社, 1994

4 杨景春. 地貌学教程. 北京: 高等教育出版社, 1986

5 陈明华等. 坡度和坡长对土壤侵蚀的影响. 水土保持学报, 1995, 9( 1)

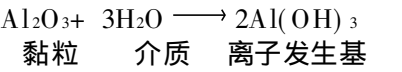
6 广东省水利水电科学研究所等. 北江上游水土流失与治理. 水土保持研究, 1997, 4( 3)

7 刘秉正等. 作物植被的保土作用及作用系数. 水土保持研究, 1997, 4( 3)

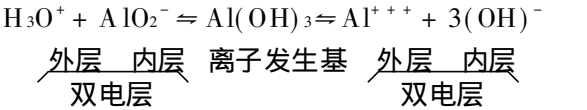
8 穆如发. 连云港市水土流失加剧的成因及其防治对策初探. 水土保持研究, 1997, 4( 1)

( 上接第 40 页)

化合



这种离子发生基在水中离解情况, 随 pH 值而变. 因为  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , 是一种“两性化合物”, 它既可离解为铝酸根  $\text{AlO}_2^-$  和  $\text{H}^+$  ( 即  $\text{H}_3\text{O}^+$  ). 也可以离解为  $\text{Al}^{+++}$  和  $\text{OH}^-$  即



离子发生基离解后被颗粒吸附形成双电层和结合水膜, 离子发生基离解程度愈大, 扩散层就愈厚, 进一步削弱土粒之间连接力, 此外绢云母水化变成水云母, 亲水性增强。

(4) 地下水改变泥化夹层的稠度. 泥化夹层中随着水量增加, 基稠度状态将发生改变, 经土工试验大多泥化夹层呈可塑状态, 基稠度指标  $0 < \text{B} < 1$ , 一般处于  $0.3 \sim 0.7$ , 局部地段达到软塑,  $C$ 、 $\psi$  值很小, 抗剪强度大大降低。

参考文献

1 李树德. 论泥石流的另一种类型——滑坡型泥石流, 水土保持学报, 1988, 2( 4)

2 李树德. 白龙江中游滑坡初探. 水文地质工程地质, 1995, 22(6)