

# 黄土高原的新构造运动 对侵蚀影响的研究

景 可

(中国科学院地理研究所)

迄今,黄土高原的侵蚀和治理的研究已经取得很大的进展,但是侵蚀的规律还不能说是很清楚。之所以如此,首先是由于对影响的因素没有全面认识,其次是对各因素之间相互作用研究不够,如侵蚀因素多半局限于研究外力,内力因素则很少为研究者所注意。本文着重探讨内力因素,即新构造运动对侵蚀的影响和探求控制水土流失的措施。

## 一、黄土高原的地质构造背景

面积约40万平方公里的黄土高原,跨两个大地构造单元。大致以六盘山为界,六盘山以东属华北地台的鄂尔多斯台向斜和山西台背斜,台向斜和台背斜之间是黄河挠折带;六盘山以西是祁连山褶皱带。鄂尔多斯台向斜约占高原面积的70%,白玉山横贯其间,把鄂尔多斯台向斜分成两部分:北部是沙漠、沼泽、草原区,即鄂尔多斯高原区;南部是陕北盆地,这是黄土高原的核心,因受侵蚀的影响,使地面形成纵横交错的沟壑。

鄂尔多斯台向斜形成于前震旦纪,是稳定的地台区。中生代以后经过长期的剥蚀期,地面夷平为准平原。新生代期间黄土高原内部和周边的地质构造的发展不协调,沿着黄土高原的周边发生构造分异,形成一系列的新生代盆地和地堑,如西北面的银川断陷盆地,北面的后套断陷盆地,南面和东南面的汾渭地堑。

六盘山以西的黄土高原区属祁连山褶皱带的陇西盆地。陇西盆地实际上是由几个盆地组成,其中有:民和一永登、临洮—陇西盆地和靖远—会宁盆地等。侏罗白垩纪为孤立的间山盆地沉积,燕山运动末期盆地局部地区发生褶皱(如兰州南面的七道梁),但大部分地区仍然保持平缓的产状,新生代时盆地发生拗陷,堆积了巨厚的中新世到上新世早期的甘肃系红色岩层。上新世末地面强烈上升,地面遭受强烈的侵蚀形成波状起伏的丘陵地面,在侵蚀剥蚀面上堆积了第四纪黄土。

## 二、新构造运动的表现与性质

黄土高原第四纪以来新构造运动的总趋势是高原内部处在间歇性的,大面积的抬升

运动之中，周围的拗陷或地堑处在不断地下沉之中。由于高原内部的区域地质构造及地质发育历史的不同，表现出新构造运动的区域差异性。六盘山是新构造运动的抬升中心，白垩纪以来一直处于抬升之中。据精密水准测量资料，六盘山近期每年仍以20毫米的速度抬升。隆德、庄浪等地的沟床因构造抬升而百年来下切4.5—24厘米。这里也是近代地震中心，1920年8.5级的海原地震就发生在这里，六级以下的地震经常发生。

六盘山以东的广大地区新构造运动，自上新世末至全新世表现为整体的间歇抬升，地面普遍地抬高到1,000米左右，主要河流无定河、洛河、泾河等普遍地发育了3级阶地，黄河发育了5级阶地。从黄河峡谷的阶地相曲线反映出由南向北隆起量逐渐增大。据资料，保德附近是一个抬升中心。陕北黄土高原的层状地形也是极其明显的，当地老乡称头道梁、二道梁、三道梁。负地形中，谷中谷的三个发育阶段也是明显的。以上现象都反映了六盘山以东黄土高原的间歇抬升。

围绕在高原周边的拗陷和地堑是相对下沉地区，第四纪以来一直处在下沉，银川盆地堆积的第四纪河湖相地层厚可达1,600—2,000米，渭河第四纪沉积层可达1,000米，后套770米。据精密水准测量资料，银川盆地每年下降2毫米多，渭河谷地每年平均下降3毫米，后套谷地尽管无精密水准测量资料，但据水文泥沙计算，每年在后套谷地沉积0.22亿吨泥沙，但不见河床的抬高。此外，反映新构造活动之一的地震，在高原周围也是活跃的。据统计，世界上至今发生毁灭性的地震（死人10万以上）有10次，这个地区就有三次，华阴、洪洞、临汾等地。

六盘山以西受西北—东南向的几组断裂控制，区域内的新构造运动的差异性较大，但总的趋势仍是间歇性的抬升为主。大致以华家岭为中心，华家岭以南的新构造的活动性要大于华家岭以北。表现在两侧地形的不对称，南坡的地形比大于北坡，两侧河流阶地的发育程度也不一致，北侧有2—3级阶地。南侧5—6级阶地。此外，北侧河流的纵比降小于南侧；渭河支流的比降要比黄河支流的比降大得多，如葫芦河，散渡河的比降比祖厉河要高一倍。近期的重复水准测量资料反映，近期抬升在20毫米/年左右，北侧的靖远附近只有15毫米左右。华家岭以西的地区新构造运动性质比较复杂，往往在不长的范围受断裂构造的影响，新构造运动的性质也不一致。如兰州盆地就有明显例子。尽管性质不一样，但总的趋势仍是抬升。

### 三、新构造运动影响侵蚀的表现

世界上黄土分布面积是十分广泛的，总面积大约1,270万平方公里，其中象我国黄土高原如此强烈侵蚀的地区在世界上是不多的。我国黄土高原之所以侵蚀强度这样大，是有其特殊条件的。除了一般有利侵蚀的自然条件外，黄土高原第四纪以来强烈抬升的新构造运动是增强侵蚀的一个重要因素。新构造运动的作用虽然是缓慢的，但是长期的，每时每刻都在影响着侵蚀的进行。新构造运动对侵蚀的影响，主要表现在两方面：

**1. 直接作用。**地震是新构造运动的标志之一，强烈地震（>6级）能诱发和复活大量的滑坡和崩塌。黄土高原上的环县、靖边、志丹和晋西地区有许多古滑坡，这些稳定的古滑坡一旦受到一个急剧的外力作用，就可以复活。一些河谷的陡岸区段和不同地层交

界面,受地震作用都可产生滑坡和崩塌。陇中盆地内黄土崩塌多半是由于地震作用形成。1920年,海原、固原、平凉大地震将东至河东侧的半个山体崩到谷底,在谷底中形成聚湫。西吉县的下白崖,会宁县的稍岔沟,蓝田和兰州附近以及晋西等地区的土体崩塌、滑坡,都是由于不同时期的地震作用形成或复活而产生的。据蓝田地区的研究,自唐以来直到1920年,因地震引起地陷、山摧、山裂的总数在10次以上。同时地震还可以使无数的陡壁、黄土柱、黄土墙以及各种黄土喀斯特崩塌和无数居民的窑洞倒塌。这些崩塌和滑坡体将成为新的沙源。这里又有坡度较陡的搬运渠道,经流水冲刷搬运,就可以顺利地将全部堆积物输入黄河。

地震对侵蚀的作用,与地面坡度的大小有密切的关系。一般情况下,坡度越大,破坏作用就越大。因为地震的振幅是随着坡度的增加而增加,当坡度从10°增加到20°,地震的振幅则增加2.5倍。黄土高原70%是坡地,其中大于25°的坡地约占50%。可见地震对黄土高原的加速侵蚀起了一定作用,尤其是加速重力侵蚀。地震对侵蚀的影响虽大,但毕竟不是经常性的,影响最大的还是基准面的变化。

2.间接作用。新构造运动对侵蚀的影响大量地表现在间接方面,即通过侵蚀基面的变化影响其他因素,如坡度、坡长,河谷纵剖面等,然后通过这些因素对侵蚀发生作用。苏联学者Б.Ф.Косва的室内实验研究证实:冲沟深度的减少或增大,冲沟系统长度增长和缩短,与基面的降低和抬高成正比关系(表1)。随着基面的抬高,冲沟侵蚀深度减小,冲沟的系统长度缩短;反之,基面降低,冲沟的侵蚀深度加大,冲沟的系统长度增加。黄土高原区新构造运动的性质是间歇性的抬升。周边的拗陷使基面不断下降,由此来影响侵蚀。黄土高原的冲沟、河沟及干沟的纵剖面远远未达到冲淤大致平衡的“均衡剖面”。河沟的纵比降变化约2—5%,干沟纵比降增大约5—15%,冲沟沟床比降大于15%。各种沟床又多具有土质或石质跌水,低者1—2米,高者5—6米。绥德、神木等地这种跌水均有3级,各级跌水均随溯源侵蚀的发展后退。如此之大的纵比降和纵剖面特征都是由于地面不断抬高,基准面相对降低的结果。随着坡降的加大,流水的侵蚀力也加大。

表 1                      不同基面的冲沟深和冲沟系统长度

基      面	δ5	δ10	δ20
h (厘米)	4.5	7.3	15.4
Σl (厘米)	12.6	23.4	31.5

从水流动力公式 $E = r q j$  (式中: $r$ 为水体密度等于1, $q$ 为流量, $j$ 为比降)可以看出,假设水量 $q$ 不变,那么 $j$ 与 $E$ 成正比关系。坡降 $j$ 越大,水动力 $E$ 就越大。在其他条件不变的情况,随着侵蚀力的增加,侵蚀量也随之增加。水流动力侵蚀表现在两个方面:一是对河床的下切;二是促使溯源侵蚀的加快。黄土高原除冲沟外,许多河沟都已切入基岩,沟床的下切侵蚀是十分缓慢的,大量的的是沟头前进和横向拓宽加速侵蚀。据许惠芳同志考证,洛川黑木沟近200年沟头前进250米,平均每年沟头前进速度是1.75米。黑木

沟单沟头溯源侵蚀这一项，一年就要多流失3,700立方米的松散堆积物。沟头前进引起侵蚀的现象，在黄土高原是普遍存在。梁峁地区河道坡降大，沟头前进的速度是很大的，每年5—10米，个别地方的个别年份可达10米以上。陕北的涧地和陇东等地的掌地，一场暴雨也可前进10米以上。

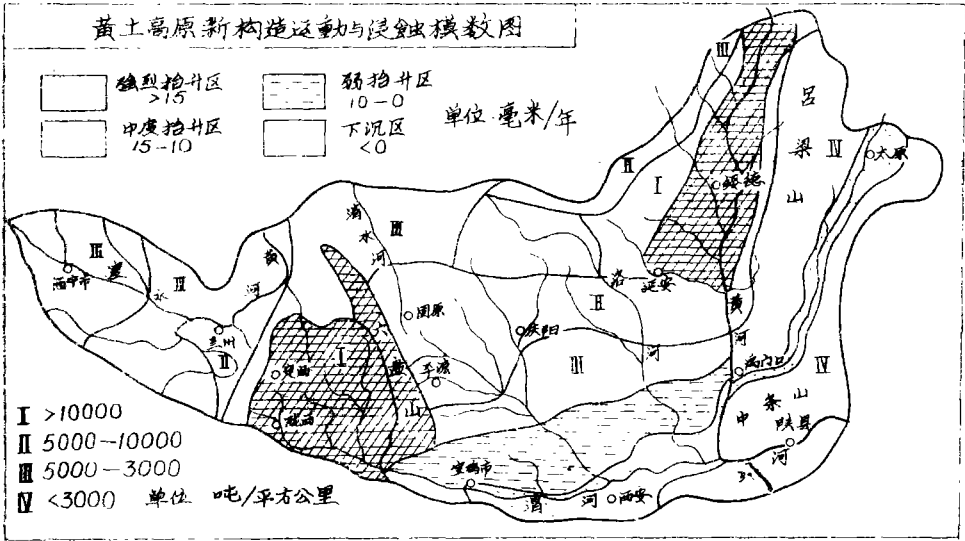
第四纪以来，尤其是中更新世以来，基面的不断下降，这不仅加大河谷的纵比降，而且还加大地形比率。黄河峡谷中的吴堡至绥德，地形比率是逐渐加大，从2%到11%。这样是原来在平坦地面上发育的沟谷深深地切入基岩，沟谷的临空面加大，随之侵蚀的有效面积也加大。这样不仅是侵蚀的机率增加，还使直接输送泥沙的沟道纵坡降加大。据有关方面的研究，1平方公里的黄土区发育1公里长的沟壑，要沟谷深增加20米，沟谷遭受侵蚀的面积增加0.04平方公里。也正因为构造运动抬升，基面下降，在黄土高原就很难找到相关沉积，使多年的平均输移比为1，而长江的输移比大约0.25，即流域产沙4吨，输走的只有1吨，其余3吨泥沙沉积在坡麓、支流的汇口处；而黄土高原是流域内产多少沙就有多少沙通过沟道水流搬运，统统输入黄河。注入黄河泥沙的多少与构造运动的抬升是关系极大，晋陕间的府谷是一个相对抬升量较大的地区，自中更新世以来下切230—250米，目前每年仍以20毫米左右的速度抬升，第二个隆起中心在华家岭附近。这两个地区都是黄河中游强烈侵蚀区，前者年侵蚀模数2—3.5万吨，后者1万吨左右。

一个地区侵蚀强度重要标志之一的沟谷密度，与基面变化的关系密切。基准面下降的量越大，沟谷的密度也就越大。实验研究表明，沟谷密度是随着基面的降低而增加。黄河两岸由于黄河的强烈下切，基面的不断下降，沟谷密度一般都在4.5—5，最大的达到6。尤其是黄土高原区，沟谷的产沙占流域产沙的65%，因此沟谷密度对产沙量的多少关系极大。据推算，沟谷密度增加1，侵蚀的泥沙就要增加2,000—3,000吨。相反基准面抬高，沟谷发育明显减弱。黄河中游最有代表的例子，是清水河下游的长山头水库（实际上是泥库），库区范围内原来发育众多的冲沟和细沟，后来由于坝不断地加高，基面相对抬高20米，河流纵坡降由原来的1.7%变为0.25%。其结果是多数沟，特别是大坝附近的冲沟沟口都淤平，冲沟沟头前进明显减缓，坡地的坡长也缩短。这不仅可以减少面蚀，也可以减少产生冲沟的机率。据测定，如40米的坡长较20米的坡长冲刷量增加83%，产生冲沟的机率多20%。

新构造运动对侵蚀的影响还表现在某些河谷地段，由于新构造运动的不对称，相对下降岸产生冲刷，抬升岸下游下切作用加强。如蓝田附近的坝河和兰州附近，这种现象都很清楚。

从以上的分析，黄土高原区凡是侵蚀强烈的地区，目前都是新构造运动活跃的地区（附图），这种现象并非偶然，而是新构造运动影响的结果。新构造运动是影响侵蚀的内在因素，而坡长、坡度是内因影响的结果。当前在讨论黄河中游治理方针时，许多同志认为，今天黄土高原的强烈侵蚀是由于人类作用，即滥垦乱伐的结果。我们认为，滥垦乱伐、滥牧加速了土壤侵蚀，是量的变化过程，而不是质的变化。新构造运动和自然因素的分析证明了，第四纪以来黄土高原就是一个强烈的侵蚀区。晚更新世以前侵蚀堆积交织一起，地面的破碎已经比较明显，全新世以来以侵蚀为主。据有关资料推算，中全新

世的中期，从黄土高原侵蚀下来的泥沙接近于11亿吨，在现在侵蚀重点区的晋陕峡谷两岸侵蚀模数接近8,000吨/平方公里。随着时间推移，进入人类历史时期以来，侵蚀加速（人类加速与自然加速）直至加速到今日的18亿吨以上（此外还有约6亿吨泥沙拦在高原上）。这样可观的侵蚀量应归咎于人类和自然作用的总和，其中新构造运动起的作用是不可低估的。



注：图中网格图例表示强烈抬升区，小点图例表示下沉区

### 三 水土流失的防治

黄土高原水土流失防治的措施，一个时期曾有过不同的见解：一种意见是生物措施为主，即植树造林和种草；另一种意见是以工程措施为主，即打坝、造梯田。目前的意见比较一致，生物措施和工程措施相结合。黄土高原水土流失的防治，单生物措施，即使高原沃野千里，森林茂密，泥沙流失的减少也是有限的，仍然解决不了黄河下游的淤积问题。其原因是，沟间地的来沙仅占总沙量的35%，而沟道则占65%。由于沟道的坡降大和黄土的特性，沟道侵蚀仅限于生物措施是不能完全防治的。

黄土高原成为强烈的侵蚀区，除了与一般的自然地理特征有关外，一个很重要的因素就是高原中部的新构造抬升和周边下降，这是促使加速侵蚀的一个很重要的原因。针对水土流失的原因布设水保措施，要真正的解决中游的流失和下游的淤积，必须在布设生物措施的基础上，根据流域特征布设一系列的大型的骨干工程，用来抬高侵蚀基准面，这不仅可以减少小沟谷纵坡降，缩短坡长，还可以增加耕地。例如上述清水河的长山头水库，坝高只有20多米，就淤了四万多亩地，还是坝周围的冲沟淤平，减轻坡上的侵蚀。再如山西中阳县的高家沟，由于沟谷里布设梯级坝，沟间地修梯田，基本做到泥沙不出沟；可惜坝身还不够高，还未真正的起到抬高侵蚀基准面、减少侵蚀的作用。今后随着国民经济的发展，开展以小流域为单元，建设一系列的高坝，再配置（下转第9页）

措施。

3、大造水土保持防护林，从根本上改变生态环境，要求以灌为主，乔灌结合。多年的实践表明，纯林不如混交林，特别是乔灌混交效果更好。据山西省水土保持研究所观测，在30°陡坡上，刺槐与紫穗槐混交比刺槐纯林的水土保持效益，第一年提高8.8%，第二年提高64.4%。为了搞好乔灌混交，必须因地制宜的选好适生的树种。一般乔木有刺槐、榆、松、杨等耐寒耐瘠的品种，灌木有柠条、酸刺、紫穗槐等。为了造活林，应注意造林与工程措施相结合，辅以鱼鳞坑、水平沟、水平阶、反坡梯田等蓄水保土整地措施，以促进林木生长。

发展林业还要注意多样化，讲求实效。这个地区应以水土保持林和 水源涵养林为主，并与经济林（苹果、梨、核桃、桑等）、薪炭林、放牧林、用材林和四旁绿化结合起来。为了加快造林速度，在组织管理上，首先应该给每户社员划分林地，并分户订合同，颁发林权证；其次严格执行有关林业政策，特别注意奖励活树，建议按森林覆盖面积的大小和株冠郁闭度的高低分等，每年发给森林管理保护补助费；第三，提倡组建林业专业队，以发挥造林专业队和个体户的两个积极性。

4、推行农工商综合体，增加经济效益。多年来，单纯生产粮食，很少搞其它副业。无论集体或个人全靠卖粮食收入解决支付，因而相当贫困，劳动日产值很低。据调查，山地小麦、谷子、荞麦一般是赔钱的（指收回的产量折价，减去种子、肥料、畜工、人工的投资，为负数）。这种落后局面必须迅速改变。

这个地区发展多种经营的条件不但有，而且得天独厚。首先是土地广阔，有山、川、坝、梯、台等；其次是品种繁多门路广，种植业可以种多种粮食、豆类、油料、瓜类、蔬菜、药材，还可以种桃、梨、杏、枣、苹果、核桃、花椒、桑等经济林木，养殖业可以饲养骡、马、牛、驴、猪、羊、鸡、兔、蜂等，其它事业有农副产品加工、编筐打席等；第三是劳力充足，尤其是在实行了少种高产多收、退出大量耕地以后，还将解放一批劳力；四是在牧业基地建立的过程中，可逐步发展一批新的畜产品加工工业，如皮革厂、毛织厂、乳品加工厂等等。现在应从养殖业入手，并以养草食动物如绵羊、细毛羊为突破口，以便积累资金，最后走向全面发展的道路。

---

（上接第14页）

适当的植物措施，这样就可从根本上减少水土流失问题。

大型的骨干工程措施，还必须有面上的生物措施配合。根据黄土高原的自然景观特征，建议在延安—志丹一线以北，沟间地种植灌木和牧草，沟谷里由上往下打坝淤地和种植当地适生的乔木。延安—志丹一线以南应以工程措施固壩保土为主。至于面上的水土流失，只要有合理的土地利用，不要滥垦就可以大大减轻。总之，只要根据自然特征，有计划有步骤地布设适宜的水土保持措施，黄土高原的水土流失是一定能防治的。