

唐家堡河小流域的地质地貌条件 和土壤侵蚀量推算与评价

包 忠 谟

(西北农业大学水利系)

提 要

唐家堡河小流域内,地形起伏不大,沟间地面积较大,占流域总面积的85.4%,平均坡度近 12° ;沟谷切割微弱,沟道密度仅0.7—0.8公里/平方公里;降水较少,强度也不大,可是年侵蚀模数竟达4,500吨/平方公里。通过调查分析,并进行了不同流失方式侵蚀量的推算,发现这是由于各种因素的综合影响。该流域内有一种产沙量很大的季节性冻融泥流,它的产沙量可达总产沙量的36.5—41.8%。此类冻融泥流,在当地邻近许多县普遍存在。

土壤侵蚀不是单纯的自然侵蚀,而是指在一定自然侵蚀潜势下由于人类不合理的经济活动(主要是对于土地的不合理利用造成的植被破坏)而导致的加剧侵蚀。这种加剧侵蚀,造成了土地生产力的明显下降,甚至土地资源的丧失,进而导致了生态环境的日益恶化,区域经济的衰落和人民生活之贫困。因此土壤侵蚀的防止,已成为受到普遍关注的重大环境课题。防治土壤侵蚀,开展水土保持工作,首先要牢牢抓住人类不合理的生产、生活活动这个引起土壤侵蚀的主导因素的分析研究,但也不能忽视对地区自然条件,尤其是地区气候、地质与地貌条件的研究。忽视了后者,就往往认识不清区域土壤侵蚀状况的特殊性与复杂性,这无论对区域治理或开发都是不利的。由于工作需要,我们于1983年有机会参加了甘肃省定西县唐家堡河小流域土壤侵蚀调查,在这方面是有体会的。

一、唐家堡河小流域土壤侵蚀的自然基础

唐家堡河是黄河的一条三级支流,长约30公里,流域面积约100平方公里。它位于甘肃省定西县西南部与陇西县交界处,属黄土高原的干旱黄土丘陵水土流失类型区。据水文资料,该流域多年平均侵蚀模数为4,500吨/平方公里,接近水利电力部1984年颁发规定的中度侵蚀的上限。

唐家堡河流域在气候上属中温带半干旱区与半湿润区过渡的地带,年降水为420—460毫米,但其中56%集中于7—9月,5—10月降水可占全年降水的84%。降水强度不大,中雨日(强度为10—25毫米/24小时)为12.9日/年,大雨日(强度25—50毫米/24小时)为2日/年,暴雨日(强度 >50 毫米/24小时)仅0.2日/年,多年平均日暴雨强度为46毫米。一般说这样的降水条件,是不易引起强烈的水力侵蚀的。

对流域土壤侵蚀发生直接影响的还有温度因素。据位于定西城西的定西地区气象局资料,该

区域冬季气候十分寒冷，土壤平均于11月下旬开始封冻，到次年3月上旬解冻。1958—1980年23年间，土壤极端最低温曾达 -33.8°C ，2月最大冻土深度多年平均为0.97米。唐家堡河流域地势（1,932—2,562米）比该气象局所处地势（1896.7米）要高出40—570米（大部分地区高出100—200多米），其温度平均状况肯定要比上述数字要低得多。流域土壤的这种季节冻融，对于在流域内出现的一种重要的土壤侵蚀方式——冻融泥流，有重大影响。

唐家堡河流域地势南高北低，海拔自1,932—2,562米，发育的主要地貌类型是长梁状缓坡黄土丘陵，主要梁地与沟谷大体呈南北走向。流域内沟谷发育较弱，沟间地面积：沟谷地面积=5.85:1（85.4:14.6），主沟沟及较大（一级）支沟总长不超过60—70公里。沟谷地貌的最大特点是在较为宽浅的几条主要近代侵蚀冲沟（一级支沟）的沟缘线以上发育的宽展平缓的古坳沟地貌。这类古坳沟的横剖面呈平缓光滑的下凹曲线，分水岭、沟坡地和沟谷底之间无明晰界限（图1）。古坳沟的分水梁顶宽仅30—50米，而谷宽则可达1,000—1,500米（甚至2,000米），切割深为150—200米。这种古坳沟地貌的发育，主要取决于黄土覆盖下的晚第三纪古地形面。晚第三纪的古坳沟地貌的发育，说明了晚第三纪以来唐家堡河流域曾长期处于构造活动稳定时期，沟谷坡面发育趋于均衡状态；中上更新统黄土沉积时期，地壳仍处于稳定状态但略有沉降。因此，从整体上看，黄土沉积覆盖地貌仍继承了早更新世已形成的古坳沟地形，而且于沟底也保留有黄土沉积，在主沟沟下游大约5—6公里的长度范围内发育了宽广的（500—700米）谷底。在这之后，直到全新世晚近时期，或由于气候的变化，或由于新构造的重新活跃，或由于人类活动造成的原始植被强烈破坏，流域内侵蚀作用重新发育，沿袭着古坳沟沟底线的下切，形成了几条较大的近代侵蚀冲沟，其切深一般仅15—20米；在主沟下游的下切，则形成了高出河床约10米的I级阶地，随后又在这些较大的沟谷两侧，形成了一些规模小得多的近代切沟。由于流域的特殊气候与地层岩性条件，上述那些近代切冲沟，还可分为单纯性径流侵蚀沟和沟谷底还伴有较强烈的冻融泥流活动的侵蚀沟，后者可简称为泥流沟（下同）。前者沟谷狭窄，沟底宽仅40—50米，而泥流沟则由于沟坡上冻融泥流的影响而变得很宽展，一般宽达100—150米，少数甚至超过200米，就是在沟头部分也是如此，且在沟底分布有众多舌状泥流堆积微地貌。

综上所述可知，流域的地貌特征是地势起伏和缓，沟间坡地发育，且坡度较小（流域沟间坡地平均坡度为 $11^{\circ}45'$ ），侵蚀沟谷发育不强烈。

流域地面出露地层，主要是中上更新统风成黄土及黄土状土，这显然是流域土壤侵蚀较易发育的主要地质岩性因素。在不少切割较深的近代侵蚀沟谷的谷底，则有上新统（ N_2 ）临夏组黄色、褐红色泥岩出露。地质资料表明，该临夏组泥岩在唐家堡河流域发育良好，厚度大，该流域大部分地区的地貌骨架是由该层泥岩构成。在作丘陵状高低起伏的这套泥岩面上，覆盖了一般不超过60—70米的中上更新统风成黄土，在阶地区则是20—30米的全新世黄土状土与砂砾石。因此，该套泥岩还是该流域主要的上部隔水层。在流域西南角，唐家堡河上游及河源区，下伏于薄层黄土之下的是下第三系（ E_{2+3} ）固原群砂砾岩夹泥岩层和中新统（ N_1 ）咸水河组暗红色砂质泥岩和泥岩。这两套岩层在沟坡、沟底也常见出露。

唐家堡河流域的土壤侵蚀，就是在如上的自然条件下，再加上对土地的不合理利用，对植被的破坏等原因发展起来的。由于种种原因，当地的农业生产水平较低，仍是广种薄收，单一性粮食生产的农业生产模式。土地垦殖指数高达78.2%，每人平均耕地约0.5公顷，而粮食单产不超过750公斤（1978—1982年5年平均每公顷产量为657公斤）。林草面积从统计上看虽有16.6%，但实际上仍有不少并无显著的水土保持效益。

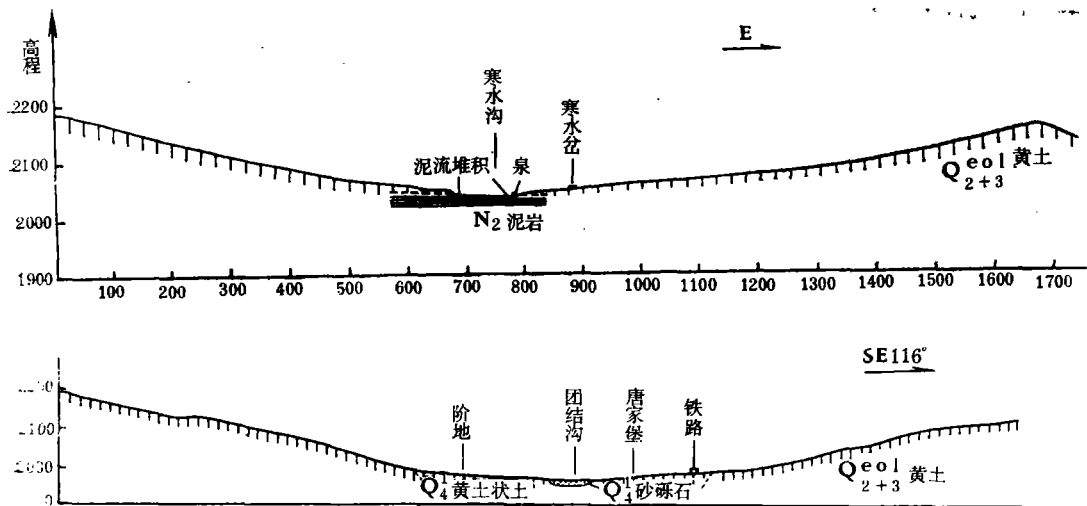


图1 团结沟下游(下)及其一级支沟寒水岔上游(上)地貌剖面图

二、流域的主要土壤侵蚀方式

区域土壤侵蚀状态的差异,主要在于土壤侵蚀的方式及其发育程度的不同。唐家堡河流域的主要土壤侵蚀方式有如下几种:

(一) **坡面侵蚀**。这里所谓的“坡面侵蚀”,是指主要发育于汇水面积有限的坡地上(尤其是缓坡地上)的雨滴侵蚀,片状侵蚀和细沟、浅沟侵蚀的统称。这是一类最常见最基本的土壤侵蚀方式。在唐家堡河流域,坡面侵蚀作用范围最大,占全流域总面积的85.4%,但其强度却不很大,产沙量也不高,这主要是因为:

1、流域地表起伏平缓,如前所述各类坡地的坡度平均值是 $11^{\circ}45'$,中值是 12° ,其中小于 15° 的坡地高达73.81%;

2、野外考察中也很少发现由于强烈的坡面侵蚀所产生的浅沟,有浅沟分布的地块只占坡地总面积的1.5%;

3、利用流失通用方程进行坡地产沙试算,结果是:

(1) 当选用参数:据年降水资料计算 $R=54.3$, $K=0.4$, $S=20.8\%$ ($11^{\circ}45'$), $L=200$ 米, $C=0.35$, $P=0.6$ 时,得坡地平均产沙模数为2,188吨/平方公里·年,则76.2平方公里坡地年总产沙量为16.5万吨,占全流域总产沙量的41.08%。

(2) 当选用参数:坡长 $L=100$ 米,其余同上时,则得坡地产沙模数为1,888吨/平方公里·年,76.2平方公里坡地总产沙量为14.4万吨,占全流域总产沙量的35.80%。

按水利电力部1984年部颁标准,坡地侵蚀等级为轻度。

(二) **沟谷侵蚀**。和坡面侵蚀一样,流域内切冲沟等沟谷侵蚀的发展也不强烈,甚至居于更次要地位。这种特征主要表现在:

1、流域内单纯由近代径流侵蚀所成的切冲沟的规模小,数量少。据统计,流域内共有此类切冲沟400条左右,其中只有8条属于规模较大的冲沟(最大的一条长度仅2公里),余下的97%以上皆为沟顶宽为20—30米、深约10米、长为300—500米的切沟。此类侵蚀沟谷地面积只占全流域面积的5.1%。全流域沟间坡地与此类沟谷地的面积比为17.3:1(94.5:5.5)。

2、在1/5万地形图上量算，侵蚀沟道密度只有0.7—0.8公里/平方公里，而按1/1万地形底图进行野外填图，则得此类沟道密度为3.0公里/平方公里左右。

3、野外调查发现，大多数发育于缓坡地上的切沟并无强烈延伸的沟头，这类沟头多呈陡坡状（有的甚至是缓坡状），只有少数切冲沟沟头呈发展较迅速的跌水状。

4、根据此类切冲沟现有的体积和地区开发史，进行沟谷侵蚀发育速率的试算，结果如下：

(1) 全流域切冲沟面积为452万平方米，按400条沟谷计，则平均每条沟谷的面积为1.13万平方米。

(2) 据野外考察与地形图量算，所得此类沟谷平均宽度为30米左右，则可得沟谷平均长度为376.7米。

(3) 史料表明，该地区开发始于隋唐，则其开发史不过1,300年。为简化计算，认为1,300余年逐渐增加的开发与侵蚀，相当于750年的近代等强度开发与侵蚀，则可得沟谷延伸的多年平均速率为0.5米左右，这与野外调查时发现的沟谷发育特征是相一致的。

(4) 由以上数据可算得400条切冲沟每年产沙量为

$$\frac{(30 + 10)}{2} \times 15 \times 0.5 \times 1.5 \times 400 = 9 \text{ 万吨}$$

其中30为沟顶宽、10为沟底宽、15为平均沟深、0.5为沟谷年延伸速度、1.5为黄土平均容重（吨/立方米）、400为沟谷总条数。

9万吨泥沙量占全流域总产沙量的22.40%。由此可见，沟谷侵蚀在流域产沙中是属于次要的地位的。

(三) 季节性冻融泥流。与区域地质地貌条件关系最密切的，是流域内发育的季节冻融泥流作用。按流域所处的自然地理地带，这里本不是发育冻融泥流的区域。但野外调查发现的舌状泥流堆积物在流域东南部及东部几条较大的I、II级支沟中，甚至一些小切沟中都有广泛分布；春季土壤解冻时节，还可清楚地看到解冻所成饱和含水土体的缓慢蠕流。强烈发育有这类泥流活动的近代侵蚀沟——泥流沟总长约30公里，其面积则有437万平方米。按照前面对坡面面蚀与沟蚀产沙量的计算，所剩流域产沙量为14.7万吨（总量的36.52%）或16.8万吨（总量的41.8%），几乎皆由此类冻融泥流作用所致。因为此类沟谷中尽是泥流所形成的极松散的土层，容易为洪水所冲走。以泥流沟现有体积为依据，按上述产沙强度计，则泥流沟的发育时间也就是700—800年，恰好与侵蚀沟的发育时间长短相当。这也说明，前述有关产沙强度的估算，大体上是符合实际的。

冻融泥流在本流域一部分沟谷中发育的原因，主要有：

1、发育有冻融泥流作用的沟谷底皆有临夏组

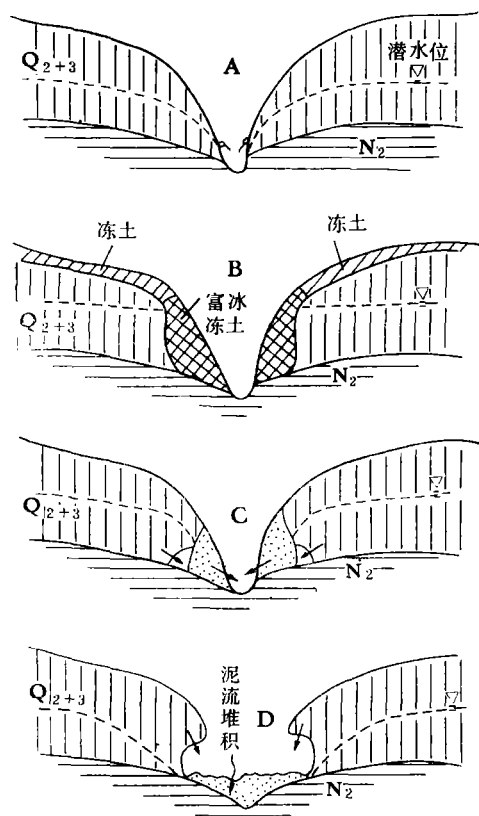


图2 泥流沟发育过程示意图

泥岩的出露，分布于该泥岩面上的黄土层下部含水层已被切穿揭露，于坡麓多处形成了接触下降泉（图2—A）。冬季土壤冻结，泉眼附近或谷坡下部接近潜水面的毛管水上升带的土壤，因为有潜水的充分补给，分凝作用强而形成富冰冻土（图2—B），沟谷底的小气候更趋寒冷，使冻土厚度还要大些。所以春季土壤解冻时，坡麓带的土体就多半成为饱和含水，甚至过饱和含水的塑性泥流（图2—C）。

2、土壤冻结使不少泉眼冻实，地下水因排泄不畅而积蓄起来，使沟谷坡附近的潜水位得到抬升（图2—B）。春季解冻时，在这类谷坡带因冬季潜水位抬升而出现较大的水力坡降。这过大的水力坡降还将使一部分原来并未冻结的土体随着冻融泥流一起往下流淌（图2—C）。

3、上面二者结合起来，有时可使坡麓较多的土体流失，使谷坡上部土体悬空，又进而引起崩塌（图2—D）。调查中常发现有崩塌体与泥流堆积物伴生，料想就是由此所致。

在以上3种过程共同作用下，泥石流沟的坡麓才有大量的松散土体进入谷底，为暴雨洪流提供可输移的泥沙。

（四）流域内的个别地段还发育有沟岸崩塌和黄土潜蚀陷穴。因数量及规模都小，对流域产沙影响不大。

三、土壤侵蚀现象的地域差异

唐家堡河流域面积虽然不大，但其气候、地质岩性乃至地貌条件的地域性变化仍是显著的，也就导致了流域内土壤侵蚀状态的明显地域性差异。因此可将流域划分为三个土壤侵蚀特征不同的区域。

（一）流域西南部沟谷侵蚀发育区。位于主河沟上游至河源区，面积约10.9平方公里，占全流域总面积12.2%，是面积最小的一个分区。该区特征是：

1、地势高，坡度陡。该小区是流域中地势最高地带，海拔自2,125—2,562米，沟间地平均坡度为17°。

2、侵蚀切冲沟在全流域最为发育，然而却没有一条泥石流沟。切冲沟密度达6.14公里/平方公里，沟间地面积：沟谷地面积=5.38：1（84：16），而且切冲沟规模较大，流域中几条长过1,000米、深达30—40米的Ⅱ级支沟皆分布于本区。

3、被黄土覆盖的前第四系沉积体主要是下第三系（E₂₊₃）固原群粗粒沉积，其次为中新统（N₁）咸水河组砂质泥岩与泥岩等。这套沉积体出露高，表面起伏大，而上覆黄土层较薄。黄土沉积层厚度常不及10米，故在侵蚀沟沟底乃至丘坡上都常见上述前第四系沉积岩的露头，使该区成为流域推移质泥沙的主要来源。我们认为，本区的土地利用方式应以林牧业为主，水土保持的重点应在防止沟蚀的继续发展。

（二）流域东南部泥石流沟发育区。位于流域东南部，是流域几条大的Ⅰ级支沟分布区，小区面积约40.3平方公里。该区特征是：

1、泥石流沟最为发育。泥石流沟面积达377公顷，占小区总面积的9.35%，占全流域泥石流沟总面积86.3%。

2、其它沟谷地不发达，侵蚀性切冲沟发育尤其少而小。全区侵蚀性切冲沟的沟道密度约为1.5公里/平方公里，沟间地：切冲沟面积=23.9：1。

3、沟间坡地的坡度集中于10°—15°，该级坡地占该区坡地总面积的45%，沟间地平均坡度

为 $11^{\circ}45'$ 。土地利用的方式应以农牧结合为主，水土保持的重点应是泥流沟的治理与利用。

(三) 流域中下游阶地平台发育区。位于流域北部地势较为低平区，面积约为38.1平方公里。本区特征为：

1、坡度平缓、地势低。由于主沟 I 级阶地皆分布于本区，故本区沟间地平均坡度小，为 $9^{\circ}23'$ ，区内 $<5^{\circ}$ 坡地占小区总面积的18.36%，占全流域 $<5^{\circ}$ 坡地总面积的71.3%。因为位于流域下游，故地势低，海拔为1,932—2,225米。

2、泥流沟及侵蚀性切冲沟皆有一定程度发育，但分别低于前述两个区。切冲沟密度为1.6公里/平方公里，沟间地：切冲沟 = 22.4 : 1

3、主沟河漫滩与 I 级阶地砂砾石层中有一定可开发利用的地下水资源以发展灌溉。土地利用方式应是充分利用较好的平地资源和水资源发展、精耕细作的集约化农业。水土保持工作的重点是进一步制止坡地冲刷，提高坡地整治水平。

THE GEOLOGICAL-GEOMORPHOLOGICAL CONDITIONS AND CALCULATION AND EVALUATION OF ERODING CAPACITY IN TANGJIABO RIVER VALLEY OF GANSU PROVINCE

Bao Zhongmo

(Water Conserveancy Department of Northwest Agriculture University)

Abstract

Tangjiabo River valley, the terrain sloping gently, is a vast area of land between gullies with average slope $11^{\circ}45'$ amounts to 85.4% of the drainage area; Gullies there are cut slightly, the ditch density in the greater gullies being only 0.7-0.8km/km². With respect to climate, there is smaller rainfall and less strong rainstorm. Under the conditions of landforms and climate described above, there would be no strong soil erosion. However, the hydrological data showed that eroded modulus per year in this valley is up to 4,500t/km². It has been found through intensive investigation of soil erosion and calculation of eroding capacity in different ways of erosion that greater eroded modulus in this valley is caused by geological-geomorphological and other factors. In this valley, there is a soil erosion way to produce a great quantity of sand-seasonal congelifraction. It is calculated that the congelifraction of this kind may produce a sand amount being equal to 36.5-41.8% of the total sand produced in this valley. Such facts are common in a number of counties near Dingxi County.