

## 黄土区土壤侵蝕的分类

朱顯謨

(中国科学院土壤研究所)

近年來作者从事根治黄河工作中有关土壤侵蝕的調查研究，由于業務水平的限制和工作地区的特殊性，因此在整个工作進程中曾經不断地遭受困难和走了不少弯路。今总结以往經驗，初步認為有关土壤侵蝕調查的工作缺乏二个重要条件：(1)一个比較完整的土壤侵蝕分类制度，和(2)有关侵蝕区划的原則。

本文将就第一个問題中的流水侵蝕部分加以討論，請讀者們提供一些寶貴的意見，以便修改，而使我們今后即將全面展开的工作，有一个統一的認識和标准，非但能够相互交流經驗，同时也有利于資料的比較和整理。

今后的分类必將和侵蝕过程的不同發展階段以及它們对生產和其他國民經濟的影响等相緊密联系，因此在進行具体分类时必须根据有关黄土区的侵蝕类型和演变規律。

黄土区常見的侵蝕类型，可以侵蝕营力的不同別为水蝕、風蝕和重力侵蝕等三大类型。水蝕作用，在黄土区域中的分布最廣，它的为害也最大；風蝕作用，僅在黄土区的西部和北部边缘比較顯著；有关重力侵蝕，虽然它的發生与演变和土壤侵蝕有着密切的联系，但是它的作用大部属于地面成土母質的剝蝕和物質移动的范畴。

水蝕过程是地質大循环中的一个主要环节，受自然界演变規律的控制。地面的傾斜和水流的活动是發生侵蝕的基本要素和必要条件，而它們又和其他地面情况，如地貌的一切性征、地質構造、岩性、植被、利用、土壤性征以及气候条件等密切联系和相互制約。因此水蝕的發展和演变过程也有一定的規律，同时它將在各种因素相綜合的一定情况下必然呈現出一定的外部形态，所以我們就可以在極大範圍內从它的外部形态來認識它的內在性征。但是黄土区中水蝕作用的外部形态非常繁复，因此有关水蝕現象的深入研究和詳細分类更顯重要。

水蝕現象是一个非常复雜的自然过程，虽然它的动力是水的活动，剝蝕的对象是土壤；但是，水將土壤由高处运送到低处，必須首先經過溶解、懸浮等作用，并將土体破碎

或分散后,才能利用机械的作用將它移运。在移运过程中,由于水流速度的降低和在其他物理或化学情况的一定的变异下,被推移或呈懸浮和溶解状态的物質,各个相应地下降沉淀,整个过程才算暂时告一段落。从此就很明顯,整个水蚀过程的方式主要可別为:溶移、懸移和推移三种,同时它在外貌上也呈现出三种不同的結果:

(1) 地面沒有变化,土壤組成中可溶性鹽类减少,土壤性質起了相应的变化——溶蚀过程;<sup>1)</sup>

(2) 土表細微顆粒被流失,質地变粗,土壤肥力降低,逐漸引起整个土層的减薄——片蚀过程;

(3) 地面發生大小的溝紋,徑流集中的地方,土体整个被冲刷,最后結果將形成地面的割裂破碎——溝蚀过程。

三种不同形式,是由于水和土壤起了三种不同的作用,前一种是單純的化学作用,和土壤中某些可溶性成分的溶解度相联系;第二种是以物理化学作用为主,侵蝕情况和土壤膠体的含量、性質等相联系;同时这二种作用为最后一种作用創造了很大的有利条件,但是必須指出,最后一种作用是以水的机械的破坏作用为主。当然它也为前二种作用开辟了新的場所和擴大了它們的接触面,因此它的破坏作用,在其他条件相同时,完全为徑流的速度和流量所控制。它們是全部侵蝕發展过程中,前后相联系的不同形式的表現,同时也互为因果、循环不已地演進着。

根据上述情况,作者建議將整个水蚀現象首先別为溶蚀、片蚀和溝蚀(或綫狀侵蝕)三种主要型式。这三种型式在名称上和目前一般常用的相同,但是它的内容已經有了很大的改变了。溶蚀作用一般不会形成什么有害的后果,尤其黄土区域内更較微弱,因此本文將不加討論;片蚀作用和人为的因素比較密切,同时分布普遍和为害性較大,將和溝蚀作用一样,加以比較詳細地說明。片蚀和溝蚀間的过渡型式是細溝侵蝕(rill erosion),俄語为“струйчатые размывы”或“ручейковая эрозия”等,作者以往和其他土壤、土壤侵蝕、地貌或地質学家一样<sup>[1]</sup>,把它列入片狀侵蝕的范疇,但是現在根据上述新的观点來分划,它应当屬於溝蚀的型式,最近苏联 В. П. Лидов 等也把它列为溝蚀的一种<sup>[2]</sup>。就目前看來这个变动是比較正确和更使整个分类系統具有發生学上的意义。

## 二

現在根据侵蝕过程發展的不同階段及其对于土壤肥力和國民經濟的关系等,將水

1) 石灰岩区洞穴的形成,也是这个作用的結果,但黄土中陷穴的形成,主要作用并非由于  $\text{CaCO}_3$  的淋失,此点將另文申述,本文不拟說明。

蝕作用進一步分劃如下：

### 片蝕：

黃土區內所見的片蝕現象不論在農地或植被較差的地面上都在普遍發展。這些和地面破碎、割切深、坡度大、暴雨多和土壤含粉砂粒較多等自然因素有密切的聯繫，但是濫垦、濫樵和濫牧等人为破坏更大大地加速了這些侵蝕的發展。

片蝕是在地面徑流非常分散而流量極微弱的情況下所發生的地面剝蝕作用，這種作用對整個土壤來說，是有選擇性地移走了它的微細和能分散懸浮（同樣包括溶解質）的部分，這些部分是土壤中最肥沃的部分，因此對於生產的影響特別來得密切。屬於這種型式的侵蝕在黃土區中常見的有：

(1) 土壤剖面的剝蝕，叫做剖面片蝕，這種現象僅見于垦殖時間較短的農地和新近遭受破坏的荒坡草地或林地等，它們僅分布在地面極為廣闊平坦或人为破坏作用不强的地方，总的面積不大；

(2) 在成土母質（以黃土為主）上進行的片狀侵蝕，大部是由于人工的耕种，原先土壤剖面全部被侵蝕的結果，小部是在新近崩積、沉積或坡積物質上發生，不過它們一般都位于斜坡較陡的地方，這種現象叫做母質片蝕，它的分布面積最廣，對於生產和水利的為害也最大；

(3) 在植被較差的地面上進行的為鱗片狀侵蝕，因為它的形態和魚鱗相似故名。

顯然，對於這三種不同的現象我們不可能用同一的標準來區別，而必須分別地設法對待。

1. 从片蝕發展過程來看，上述不同現象具體地代表着三個不同階段。剖面片蝕（或簡稱片蝕）是開始侵蝕的第一階段，這個現象繼續進行的結果，非但土壤表面的腐殖質層被逐漸流失，同時下部的其他發生層段也將逐漸蝕去，最後可以發展到成土母質或新近的風化體。在這個階段中，土壤肥力因侵蝕程度的增加而減少，因此我們可以利用土壤肥力的減退情況來作為侵蝕程度的指標。

關於這種片蝕程度的分劃，一般都以土壤發生層段被蝕去的厚度作為標準。蘇聯土壤侵蝕學家 C. C. 索波列夫最初分為五級，後來改為弱、中、強三級，都以土壤腐殖質層被蝕去的厚度為標準；A. C. 柯茲敏柯分為弱、中、強、極強等四級；П. Г. 蘇爾馬奇也採用五級，其中第一、第二級表示腐殖質層的片蝕，第五級表示淀積層或過渡層的片蝕情況；最近 C. B. 納烏莫夫<sup>[3]</sup>總結了以往有關片蝕分類方面的工作和分析，比較了各種土壤腐殖質層不同深度的含量，以後作出了比較更和生產相結合的分劃標準，他主要把片蝕程度分為弱、中、強、極強四級。

現在根据黃土区各种土壤剖面性質的分析和歸納的結果,可以得出下面一些概念:

1) 土壤剖面中有机質層的厚度因土类不同而有异,黑褐土、黑壩土<sup>1)</sup>的有机質層較厚,常在1米左右,同时上部30厘米上下一層含量特高;褐色土和棕壤的腐殖質層一般不超过50厘米,除A層的含量特高外,其他也比較平均;淋溶褐色土的情况和黑褐土相似,其他尚有生草土和高山草甸土等,但都有密茂的植物复盖,因此片狀侵蝕非常輕微。

2) 黑褐土、黑壩土和褐色土等类土壤經耕种后,时常發生次生碳酸鹽化作用,同时在耕作層下重新發生碳酸鹽的明顯的淀積作用,形成了这層土壤的密实和較坚硬的現象。

3) 一般來說,耕种愈久的土壤,表層有机質和团粒構造的含量愈低。

4) 各类土壤除淋溶褐色土外,B層以下所含有有机質甚微,每一土壤当其B層裸露地面时,肥力最低,而尤以含有砂姜或石灰結核的鈣積層最为顯著。

5) 同一类型的土壤含有腐殖質層的厚度虽然变异較小,但其含量常因地点的不同而有很大的差异,耕作層同时又因施肥量的不同,虽在相鄰農地中也有極大的差异。

結合这些具体情况,C. B. 納烏莫夫分划片狀侵蝕程度的原則,在黃土区中目前尚不能采用,而須今后深入詳細研究。为了目前辨認簡單和野外制圖工作方便起見,作者建議利用土壤發生層段被流失的厚度來作为区分割面片蝕的不同程度,其具体标准如表1。

2. 剖面片蝕發展的最后結果,成土母質即形裸露,但是由于黃土或黃土性物質等都是疏松和富含礦質养分的厚層沉積物,因此仍被不断地耕种,其他如溝壁上裸露的黃土層也被耕垦,因此片蝕作用繼續進行,同时其速度更形加劇。根据近年來的野外观察和重点試驗的結果推算,在 $20^{\circ}$ 以上的坡地上每年地面流失的土層厚度,一般約在1厘米左右。因此,很明顯,成土作用的速度远远不如地面被剝蝕的速度,無怪乎这些地方的耕种土壤長期停留在和母質性質極相接近的階段。它的流失情况完全受黃土的性質、雨水和坡度、坡形、坡長等控制,其中尤以坡度的影响最大。所以关于母質片蝕的侵蝕程度,暫時可以坡度为分划指标。同时考慮到,明顯的片蝕現象,自地面坡度 $3^{\circ}$ 以上即形明顯地進行,坡度到达 $5^{\circ}$ 以后常見有細溝侵蝕的發生,因此 $5^{\circ}$ 以上所謂的片蝕已經包括了一些細溝侵蝕在內。細溝形成与否,虽然和坡度有一定的关系,但主要可为耕作方

1) 黑褐土即“Серокорицевые”,又名灰褐土。

黑壩土是一个新的土类,它的形态和黑褐土相似,但性質不同,同时也和栗鈣土和灰鈣土等不同,是黃土区北部一个新的地帶性土壤。

表1 黃土區土壤剖面片蝕強度等級表

片蝕等級	根據指標			說明
	剖面中腐殖質層(A層及過渡層)的滅失情況		含腐殖質極少的淀積層的出露情況	
	失去深度(厘米)	失去%		
黑 壩 土 和 黑 褐 土 等				
輕 度	<30	<30	未裸露	富含有機質的A層大部失去
中 度	30—60	30—60	未裸露	A層全部失去, 過渡層被流失
強 度	60—80	60—80	未裸露	過渡層部分或大部被流失
極強度	80—100	80—100	未裸露或將裸露	過渡層大部或全部流失
劇 烈	>100	>100	裸露	B層被流失, 新生體殘留地面
褐 色 土				
輕 度	<10	<20	未裸露	A <sub>0</sub> 層大部或全部失去
中 度	10—25	20—50	未裸露	A <sub>1</sub> 層大部或全部失去
強 度	25—40	50—80	未裸露	過渡層開始或大部失去
極強度	40—50	80—100	未裸露	過渡層大部或全部失去, B層部分被翻入耕作層中
劇 烈	>50	>100	裸露	B層滅失, 石灰結核滿布地表
淋 溶 褐 色 土				
輕 度	<15	<15	未裸露	A <sub>0</sub> 層大部或全部失去
中 度	15—40	15—40	未裸露	疏松的有機質層大部失去
強 度	40—70	40—70	未裸露	過渡層大部或全部失去
極強度	70—100	70—100	粘硬的B層已裸露	B層開始大部失去
劇 烈	>100	>100	粘硬的B層失去	母質禿露
森 林 棕 色 土				
輕 度	<8	<25	未裸露	A層淋失或大部流失
中 度	8—16	25—50	未裸露	疏松而富含有機質的表土大部或全部流失
強 度	16—24	50—75	過渡層裸露	過渡層開始或大部流失
極強度	24—32	75—100	B層未開始裸露	B層中的土體有時已翻入耕作層
劇 烈	>32	>100	B層或母質裸露	耕作層雜有多量風化態母岩或碎石

法、作物種類和斜坡的長度等所控制。35°以上的黃土斜坡, 耕鋤或人畜經過時, 即易發生瀉溜現象, 雨時容易發生土流作用, 因此侵蝕程度最高。此外又根據地面坡度和生產、片蝕量的關係等, 暫定地面坡度在5°以下的為輕度母質片蝕, 5—12°的為中度母質

片蝕、 $12-20^{\circ}$  的为强度母質片蝕、 $20-35^{\circ}$  的为極强度母質片蝕和  $35^{\circ}$  以上的为劇烈母質片蝕等。

3. 母質片蝕進一步演進的結果,凡由基岩風化的成土母質、粗砂和石塊等漸形增加而不利於農作,因此被迫停耕。黃土或黃土性沉積物的地區,則因其他侵蝕現象的同時發生,致使地面變小和更形破碎而荒廢。由於植被的漸形恢復,停耕荒蕪的地面流失減少,待地面完全被密茂的植物復蓋後,有害的土壤侵蝕基本停止。同時土壤形成過程不斷進行的結果,土壤剖面漸形恢復,所以這個階段的發展方向完全和前面二個階段相反。但由於人畜的破壞和植被分布的不勻等,地面上的流失作用繼續進行,形成了所謂鱗片狀侵蝕(圖 1, 2)。

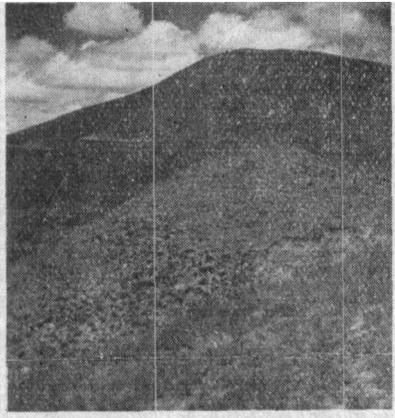


圖 1 褐色土型粗骨土上所進行的鱗片狀侵蝕  
(石灰岩區)(山西,神池、馬家山)



圖 2 黃土溝壁上所見的鱗片狀侵蝕  
(山西,五寨)

有些工作同志和作者一樣,過去曾把這種侵蝕現象列入細溝侵蝕的範疇<sup>[1]</sup>,但現在看來是不對的,當初錯誤地把沒有植被而裸露的和被家畜(主要是羊)踐踏而不生或生長植物較差的地面和由於地面徑流的沖刷作用所造成的細溝相混淆,這是缺乏深入了解的必然結果。

表 2 鱗片狀侵蝕等級

侵 蝕 等 級	地面植物被復度(%)	地面土體裸露情況(%)
輕 度	>90	<10
中 度	90—80	10—20
強 度	80—60	20—40
極 強 度	60—30	40—70
劇 烈	<30	>70

鱗片狀侵蝕既然和植被的恢復或破壞有密切的聯繫，因此關於它的侵蝕強度，就可以用被復度或地面裸露的面積來作指標。本文所擬定的標準如表2。

#### 溝蝕：

在一定的斜坡上地面徑流集中到一定量以後，即將地面刻劃成一些微細的溝紋，這種侵蝕叫做細溝侵蝕，這是溝狀侵蝕開始的指標。這個時候被移走的土壤，不限於分散懸浮的物質，在溝紋所出現的地方，顯然是整片土體的剝蝕，其中一定包括很多沒有完全被分散的小土塊在內，因此這個時候的侵蝕型式已不限於懸移，在很大程度上已經是推移作用了。雖然細溝侵蝕所能移走的土壤僅限於疏松的表土或耕作層，但它已明顯地標誌着徑流的活动已達到另外一個新的階段，它已經使土壤的剝蝕，由比較有選擇性的懸移作用突變為將整塊土壤侵蝕的推移過程的開始了，因此現在我們應當改正過去的看法，而把它列入溝蝕的範疇。

關於溝狀侵蝕現象的分類，本文將就溝蝕的發展階段（主要是以侵蝕溝的割切深度、縱斷面和斜坡斷面的一致與否和溝床表面的性征作指標）、演變時期（主要依據侵蝕溝橫斷面的形狀）和侵蝕強度（以溝道面積所占地面的百分數為指標）等分劃如表3<sup>1)</sup>。

從表3可以很明顯地看出，所有溝蝕的發展都是由細溝、淺溝而到切溝，它們構成了一個完整的體系，地面水流必先經過它們，然後注入溝谷系統的各個環節。由於地面徑流集中程度和集流面積大小的不同，在其他條件相同的情況下，將地面刻劃成不同大小的溝紋，作者根據它們縱斷面的特征和對於耕種等影響別為三個階段——細溝、淺溝和切溝，其中淺溝是其他二個階段的過渡形式。每一階段中又可根據它們在發展性征上的較小差異，別為若干分段，同時每個侵蝕階段或分段，又因地面情況（主要是坡形）和土壤成土母質及其岩性等差異，形成了各種溝蝕現象在形態上的不同。各個侵蝕現象在它自身的演變過程中，又可別為三個時期——初期、中期和末期。不管它們的變化怎樣複雜，但是前一階段的侵蝕現象在地面侵蝕不斷進行的過程中，必將向後一階段過渡；同時後一階段的產物必然是前一階段發展的結果。

黃土區域中所見的溝蝕現象，在外部形態上是多種多樣的，但是這些現象不外是地面徑流活動和其他地面情況間的綜合結果。它們有一定的形成過程和演變規律，我們通過這些問題的深入研究的，不難掌握各種溝蝕現象的本質，同時也就獲得了進行對於防止這些侵蝕現象的合理措施的理論根據。這些對於每個從事有關黃河流域水土保持工作的同志來說，都應該努力爭取。可惜，直到目前為止，我們對於這方面的工作還做得

1) 黃土區中侵蝕溝的形態非常複雜，本文僅僅就標準形態加以說明。

表 3 現代腐蝕的發展階段、演變時期和腐蝕強度分類表

各階段的腐蝕現象	主要性征	發展過程			地面腐蝕程度分級(單位面積內溝道所占面積的%)			
		初期	中期	末期	輕度	中度	強度	劇烈
A. 細溝腐蝕 (腐蝕的最初形態為耕線) 1. 斷續細溝 2. 紋狀細溝	在耕作層和疏松的表土中發展, 縱斷面和斜坡表面一致, 溝深以10—15厘米為主, 溝寬約<10—15厘米 溝身斷續出現, 一般溝寬和溝深不超過20厘米 坡面上細溝已連成一行, 溝底較寬, 大部較窄, 溝底較窄	具有顯著的腐蝕, 溝壁直立, 橫斷面呈狹槽形, 溝底凹凸不平, 但顯沖淘的光滑面	溝壁已塌落, 溝寬加大, 底部發生淤積物, 凹坑被淤平	溝壁已和斜坡相融合, 橫斷面呈淺V形, 且底部有顯著淤積現象(僅見于至荒地中)	<10	10—20	20—50	>50
B. 淺溝腐蝕 (溝蝕的過渡形態能通過耕作, 但不能消滅它的痕迹, 同時耕作將有利它的加深常呈枝狀、平行狀、扇狀和放射狀等)	一般溝深約在0.5—1米之間, 已切入或切穿犁底層, 主要在土壟中發展, 溝床寬一般不大於1米, 溝深1米為主, 縱斷面和斜坡相一致	溝壁顯, 溝寬和溝床寬相近, 溝底為U形, 下切作用強, 有時溝床中又出現流水細溝, 以0.5米為限	溝壁常被耕作破壞而消失, 底部變尖, 整個橫斷面呈V形, 斜坡被割切呈互背狀	繼續耕作的結果, 下切作用進一步加強, 但一般由向切腐蝕過渡, 不平而丟失, 荒后底部稍被磨平, 也漸變平緩而呈淺凹形	<10	10—20	20—50	>50
B. 切溝腐蝕 (不能通過耕作)	主要在成土母質及疏松的基岩中發展	橫斷面呈V形, 溝壁凹凸不平, 下切和沖淘及用強, 溝壁不斷崩塌及光滑, 光亮無雜物, 溝床見有陷穴。	橫斷面呈長U形, 底部帶水和溝壁相近, 中部帶流水溝, 崩塌土在底部堆積, 陷穴已成天坑	溝床中有頑石, 一般已被耕作, 溝壁虛的破洞而呈斜坡	<10	10—20	20—50	>50
1. 細切溝 (主要由淺溝發展而成, 常呈枝狀、平行狀、放射狀等, 發生在斜坡或谷坡上)	溝床已切入古土礫質土或疏松的沉積物中, 下部溝床中都出現土, 縱斷面呈階梯形, 溝深以5—10米為主	下切強, 水流常沖刷側面, 溝消成嚴重, 溝底呈V形, 下部多裂, 深探V形底多, 谷裂多, 溝寬常在10米以內	橫斷面呈長U形, 上部溝壁垂直, 下部變斜, 陷穴大至10—15米	橫斷面較前期開寬, 谷坡平緩, 下部出現細溝, 溝底由平轉斜已被垦耕或已修墊, 底寬15—20米為主	<10	10—20	20—50	>50
2. 中切溝 (主要發生在谷溝或狹窄地, 但有時也切入荒地)	橫斷面和斜坡斷面顯然不同, 主要在古土礫質土中發展, 下部已切, 入紅土或其他的疏松基岩上, 溝深常在10米以上, 溝深常在20米以上, 一般寬度也在20米以上	溝頭呈光滑的半圓筒狀, 溝壁近垂直, 溝底呈V形, 中上部呈階梯狀, 谷裂多, 谷裂深, 谷裂常在10米以上, 多陷穴, 中部以下多天坑	溝頭谷坡平緩, 發生細溝, 溝壁顯, 橫斷面呈長U形, 大坑漸塌成土跌水, 谷裂見露溝	溝壁顯, 溝加深, 谷裂凹, 呈密, 橫斷面呈U形, 二側坡顯不致, 陰(陽), 溝底流水, 溝壁大, 底部堆積濃厚	<10	10—20	20—50	>50
3. 大切溝 (一般見于壟畔或平坦的台緣附近, 常呈大身細呈袋狀)					<10	10—20	20—50	>50

很差，本文所講的是非常初步和不成熟的意見，將來在实际工作中必然有不断的补充和改正。

(1) 拿細溝侵蝕來說，徑流集中呈細股狀態在地面流動的時候，雖然在局部地點將土壤沖開一個缺口，甚至沖刷成一個較長的槽痕，晉西一帶老鄉稱這種痕迹為“汨道”。但如這些細小的股流僅僅能在耕作層的上部活動時，那末它們的力量很小，在地面局部平坦、透水較快的土體或被殘留在地面的土塊和窪坑等截留時，很快地透入土中而消失，因此那個時候所發生的細溝是斷續不連的，它們是在暴雨強度不大或暴雨時間很短和地面經過新耕耘的情況下才會發生，同時這也和黃土性質疏松透水和土層深厚相聯繫。這種侵蝕對於農業已經起了一定的有害作用，如裸露種子和作物根系等。但是由於徑流的時斷時續，因此土壤被沖刷後即將在離開原地不遠地方沉積下來，對於附近溝道中的流量和含砂量沒有什麼影響。

細股徑流流量較大和流速較強，同時愈向下流，其流量和流速愈形壯大，在地面情況的微小變異已不能阻緩或消滅它的時候，地面所形成的溝紋，已上下貫通而流入下方或附近較大的侵蝕溝中。這種情況在暴雨較大、地面土壤曾被兩點打擊多少比較密實和地面糙率較小時最易發生（這裡同時也具體地說明了雨後中耕對於水土保持的功効），或者從原有細溝中發展起來。這個時候的溝床多少已經切入犁底層中，對於農業的為害較大，非但能將大量的土壤養分和泥砂沖刷，同時作物根系的裸露面積和深度也大大增加。這種侵蝕現象不僅在黃土母質的農地中出現，而且也可在紫色頁岩的風化面上發生（圖 3, 4, 5）。

從上述的情況看來，斷續不連的細溝和上下相連貫的細溝，在形成過程的次序上有



圖 3 發生在黃土區耕作土壤中的紋狀細溝，  
（山西興縣前趙家坪谷子黑豆間作地）



圖 4 發生在紫色頁岩風化體上的紋狀細溝  
（山西河曲，巡鎮北）

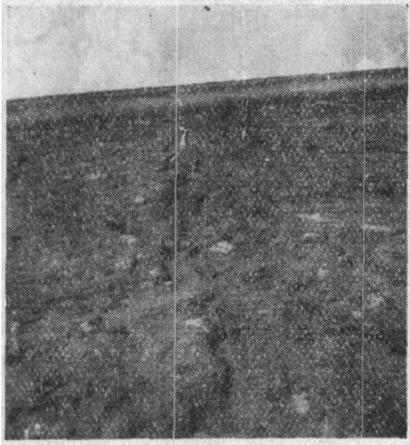


圖 5 在農地中發生的斷續細溝(山西)

先后之別，反映在農業生產和水土流失的情況下也有很大的差別。因此我們在比較詳細的工作時，一定要把它們分開，因為只有這樣，才能使我們對於侵蝕量的計標、侵蝕對於農業為害的程度和採取防止侵蝕的措施時更為正確、合理和切合實際。

細溝侵蝕在整個水蝕過程中是標志着由片蝕作用進一步發展成為另一個新型的侵蝕階段，這是一個重大的突變，同時它隨着侵蝕作用的繼續發展而必將通過淺溝侵

蝕這個過程階段而成為切溝侵蝕。但是從細溝的形成開始直到它發展成切溝為止的發展過程中，必須經過一個相當長的時間，在這個期間它並不靜止不動，相反地，它時常在不斷地變化着。這種演變過程，從它表現在溝身形態性征的不同程度來看，可以大別為三個時期：

甲．初期細溝的橫斷面呈細小的“U”槽形，溝緣和斜坡的分界非常明顯，溝床表面光滑而凹凸不平，呈波紋狀，意味着這個階段的下切作用仍然相當強烈。由於耕作層和犁底以下土層間疏松、抗蝕和透水性能的顯然不同，因此那時能夠將耕作層冲刷的地表徑流，已不能很順利地下切，同時那時地表徑流中已夾帶着大量泥砂，它的流速顯然也將大大地降低。不過泥流順坡下降的動能，並沒有什麼顯著的降低，因而溝床被磨擦成凹凸不平的形態。從谷緣曲折的情況看來，那時向二側的沖淘作用也很強烈。

乙．中期的細溝侵蝕，溝壁已塌落，溝緣已模糊不清<sup>1)</sup>，溝身加寬，底部發生淤積，凹坑常被填平，這些都標志着下切作用已很微弱。溝坡變緩而和斜坡漸相融合。這個時期的細溝一般僅在不進行中耕的農地上才易見到。

丙．末期細溝侵蝕，整個細溝在地面上已經不易識別，溝壁完全和斜坡相融合，橫斷面已呈極開闊的“V”形，同時底部發生顯著淤積現象。這時因為地面相當光滑和板結，所以微小的股流不易將它割切。這種現象一般由於耕作的關係，溝痕多被消滅而不易見到，只有在丟荒的農地上才能被發現。

上面所談的三個時期，就是細溝在發展過程中，對於地面冲刷程度的變遷，明確地指出了它們的演變過程和發展趨勢，同時這個過程，由於耕作層的漸變緊密而呈衰退現象。但是對於目前農業生產和國民經濟來說，又和這些侵蝕現象的分布情況，也就是在

1) 風、雨等直接打擊溝壁也加速了這個過程。

量上的表現，發生密切的關係。因此建議應用細溝在斜坡上所佔面積的百分比來作為分劃地面侵蝕強度的標準，目前暫分：輕度——細溝占農地面積不到 10%；中度——占 10—20%；強度——占 20—50%；劇烈——占 50% 以上等四級。這種分級的辦法，我們曾在隴東和晉西的普查中已經採用，到目前為止，它和農業上的損失完全相符合，同時鑒於一般細溝的割切深度和寬度也有一定的範圍，所以在普查工作中倘若在時間不夠時，也可用一定距離內所見的細溝數來表示細溝的侵蝕程度和農業上的損失情況。

(2) 如上所述，淺溝侵蝕是一個過渡的階段，它的外部形態也和內部構造（地質土壤性征）和地面情況等相緊密聯繫。這種侵蝕現象的產物，在黃土區中，大部地區稱做“水道”或“峽道”等。這種侵蝕在初期主要也在耕作層中發展，但後來就切入母質層中。其實這種侵蝕大部是在坡度相當大（一般超過 $15^\circ$ ）的斜坡上發生，那里土壤片蝕已進行得相當劇烈，一般已由剖面片蝕變成了母質片蝕，因此耕作層下，除有時見有薄層的呈犁底層形式的稍較緊密的土層外，即為母質層。在非黃土地區，則主要在土壤發生層段中發展，但也很快切入風化態母岩。這種侵蝕溝已相當固定，雖然耕犁還可以從它上面橫過，但已和細溝不同，它的痕迹已不再被耕作所消滅，相反地，繼續的耕作將更促進它的下切和成長，因此有經驗的農民常常在橫過它的耕作時將犁鏵提起，只使犁踵着地輕輕地滑過去。

柵狀溝（圖 6, 7）是淺溝侵蝕中最主要的一種形態，它是在比較平整的黃土梁坡及塬畔墾地<sup>1)</sup>上發展，溝形大体作平行的排列，由於坡式梯田的地畔或地埂的交叉，故呈柵



圖 6 坪地上所見的柵狀溝侵蝕，下部已變成切溝  
（山西，偏關，曹家村）

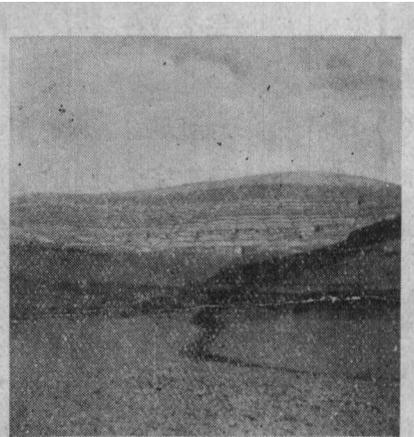


圖 7 黃土丘陵上所見的柵狀溝侵蝕  
（甘肅，鎮原，三岔）

狀。這種形狀在具有較完全的土壤發生層段或非黃土地區，很難發生，同樣在沒有埂畔的地面則僅呈平行狀；在凸弧形斜坡上常呈放射狀，在凹弧形的斜坡上則為枝狀。

1) 塬畔到達河岸間的斜坡大部有梯田設施，當地名“墾地”。

淺溝的下切深度一般約在 0.5—1 米間，溝寬在初期也常不超過 1 米。它的外部形狀雖然很多，但是演變過程也可大別為初、中、末三個時期。

初期的形態完全和細溝侵蝕的初期形態相似，不過它的溝身比較寬廣，下切較深，橫斷面呈極扁平的“└”字形，溝槽中部部分已切入母質層，附近坡面上的徑流注入淺溝，溝床的漸漸增加，但在這個時候的流綫還相當長，也就是保持一定的較小的銳角流入，那時的下切作用因為溝床開闊，水流分散，因此並不太強。但是側向的沖淘和溝壁的塌落則很強烈，這種比較特殊的情況，是同樣由於耕作層和犁底層等性質不同的結果。但這個平廣光滑的溝床一經切穿後，下切作用就突然地增加，所以在這個時期的任何耕作都將促使這種情況的發生。

在中期的時候，平廣溝床已被破壞，橫斷面反呈 V 形，坡面上的流綫變短，細小股流常呈較大銳角或直角狀注入淺溝，因此水流集中在比較狹小的溝道中，所以下切作用就加強起來，結果也相應地加速了溝坡的塌落。但在另一方面，由於地面徑流的有限、下部疏松母質透水速度的增加，以及不斷耕犁作用等，很快把被沖刷深的溝槽填平起來，不過溝的寬度已大大地加寬了。這樣演變的結果，本來平整的斜坡逐漸具有瓦背狀起伏的形態。

中期以後的淺溝，不管任何原因，只要流過它那兒的徑流一有增加，就很容易變為切溝（見圖 6 下方）。但是一般因為耕作感覺不便而丟荒，那末植物首先在溝床中生長，基本上阻緩了下來作用的進行，待植被恢復後，淤積作用就顯著地增加起來，溝坡也漸變平緩，等到和斜坡完全融合以後，淺溝的輪廓也就非常模糊，最後僅僅顯示出稍較低凹的殘迹罷了。

(3) 切溝侵蝕開始以後，溝床的下切至少在 1 米以上，深的也可達 20 米和百米間，這個時候，橫過耕作已被完全阻止。又因它已很深地切入母質或疏松的基岩很深，甚至淺淺地切入了堅硬基岩的表面，這些也是它的縱斷面不再和坡面相一致的基本原因。

甲. 小切溝階段的侵蝕溝是直接由淺溝演變而來，因此它的上部還多少保留有淺溝的性征（圖 6），如它的縱斷面還和斜坡的縱斷面相似等，但這時它已帶有一個很明顯的溝頭，將來這個溝頭的向分水嶺侵蝕，就直接引起了它的溯源侵蝕，我們稱這個現象為“溝頭前進”。小切溝中、下地段的縱斷面雖然還保留有相當大的傾斜，但是要比斜坡的坡度小得多了。小切溝的下切深度，一般以 2—3 米的最為常見，溝身寬約 1—5 米，溝身主要在黃土母質中發展，常常分布在斜坡坡折的地方和谷坡上。這種侵蝕溝，當地稱做“渠”、“渠渠”、“水渠”等。在平面圖上，它的縱斷面的外部形態常呈枝狀、放射狀和平行狀等，但以枝狀為主，因為這時的斜面，已不再開寬平整，而已很明顯地被劃分為若

干个集水的單位。同时每个小切溝就成了其中集水凹道的主干。

在这个階段中，侵蝕強度的演變過程也可分為三個時期來談(圖 8)：

初期時，下切作用非常強烈，雖然溝壁的坍塌也相適應地加強，但還較差，因此這個時期的橫斷面，還可短期保留狹長的“V”字形狀；在非黃土性的地區和沙黃土的地區，這個形態保留得更長些。那時的溝床非常不固定，同時也充滿着陷穴和崩塌堆積物，溝壁光滑無植被。

這個時期很快地就被中期所代替，那時，下切作用已漸減弱，相反地溝坡基部的沖淘作用比較強烈，大部陷穴已轉變為天橋，溝寬也相應地加大，溝床已被堆積物所填平，僅帶有很細狹的水流槽。同時由於黃土柱狀節理的關係，溝壁直立或非常陡峻，因此那時的橫斷面是呈狹“U”形。這個形態，倘若沒有人為作用或因溝頭前進所引起的變化，儘管溝壁上沒有什麼植被，但仍可保持非常長的時間，因此這個時期是切溝侵蝕的穩定時期，在黃土區中這種侵蝕溝的輪廓最為常見。

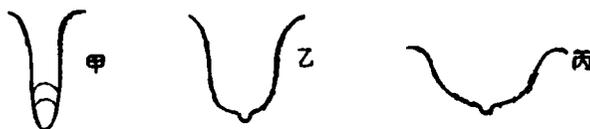


圖 8 小切溝的各期橫斷面

甲. 初期； 乙. 中期； 丙. 末期。

根據上述情況，我們同時可以斷定，認為在黃土區中所有切溝的橫斷面，一開始就呈“U”字形的概念，實在是一種錯覺。

中期以後的小切溝，因其底部比較平坦，同時溝深也不大。因此很快就被耕種。這些非常小塊的農地，因為水分情況較好，產量往往比大片坡地為高，同時那時溝壁上已生長了一些植物，土壤中含有有機質較多，所以不斷被括取肥田(當地叫做溜崖)。這樣一來，溝身不斷擴大，溝底慢慢變斜。下切較淺的溝道，在這種人為影響下，有時可以完全消失直立的溝壁而形成了溝緣和斜坡相融合的現象。

乙. 中切溝的下切深度，常在 5—10 米左右，溝身大部已切入古土壤黃土<sup>1)</sup>，全部溝床中出現土跌水很多，因此縱斷面呈多級階梯式，但部分平緩的溝床仍保持相當大的斜坡。這種侵蝕溝主要發生在溝坡上，但有時也可伸入塬地和耕種斜坡。這類侵蝕溝，當地稱做“溝壕”、“壕”和“壕壕”等。

中切溝沖刷強度的演變過程，也和小切溝一樣，不過在初期時因為和它發展階段相適應的徑流量較大，沖刷力強，下切劇烈，因此溝底陷穴常聯成串珠狀，溝緣多裂縫，溝

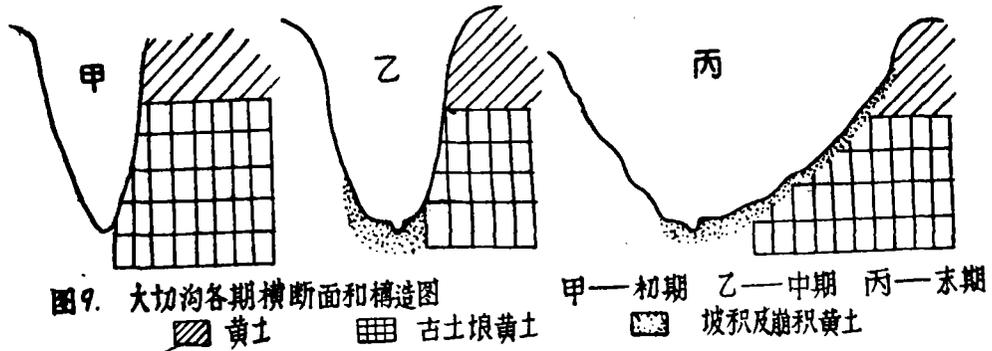
1) 含有很多褐色土型古土壤埋藏剖面的黃土，地質學家曾名紅色土。

壁更易崩塌,因此横断面很难保持“V”字形,仅在底部切入古土壤黄土中的一段尚能保持短期的“V”字形,这个时期的沟宽常在 10 米以内。中期的沟壁不能形成上下一致的陡壁,“U”字形常从古土壤黄土开始变狭。同时更因谷坡较长,谷缘部分受斜坡地面流来的径流的冲刷,很易形成悬沟。这种悬沟在坡面集流面积相当大的时候,就可促成这个侵蚀沟的分岔,这时的沟宽一般在 10—15 米。末期的形态,只能形成一个呈梯级式的宽底横断面,上部直立的沟壁仍保持陡削的状态,仅仅沟床中出现麓积物罢了。同时它的发生原因已不是人工的影响,而纯粹是自然的演变。相反地,人工的溜崖和破坏植被的工作,将促使其保持直立状态的有力因素,这个时期切沟宽约在 15—20 米间,因其沟床比降较小,农民常在那里修作小土坝来拦泥蓄水,变倾斜谷底为平地,当地称做捻窝地。

丙. 大切沟下切更深,一般在 20 米以上,沟头一段也在 10 米左右。纵断面和斜面的断面已有显著的差别,整个沟道主要在古土壤黄土中发展,有时也可切入红土或疏松的基岩,这些物质的柱状节理,不如黄土来得发育,因此横断面的形状将和小切沟阶段有所不同。这种侵蚀沟一般都见于塬畔或平整梁地的谷缘以下,但沟头都已伸入塬面和梁坡,在上部黄土较厚的情况下,很易形成沟头比较开阔和沟身狭小的形式。这种侵蚀沟当地已称做“沟”了,但有些地方仍称“壕”或“大壕”等。

大切沟在形成初期的侵蚀强度,也以下切为主。那时沟头呈半圆筒状,大部刚刚切入古土壤黄土,因此沟壁陡削几近垂直,底部为塌下不久的黄土柱状土块。沟身下切较深,大半在古土壤黄土中发展,由于黄土和古土壤黄土柱状节理的不同(前者常垂直,后者较偏斜),因此,沟道横断面上部呈“U”形,而下部呈“V”形(图 9 甲)。这个时期下切作用很强,所以在底部形成了很多的陷穴和土跌水,土跌水的形成是和较密实的红色古土壤有关。沟床的不断下切,无疑地直接引起了古土壤黄土的坍塌,结果也就促进了上部黄土的崩塌,因此在这个时期的沟壁都很光滑平整,植物极少,谷缘附近裂缝密布,沟壁极不稳定。

中期以后,沟头的谷坡已渐由垂直状变为陡坡,因此可见有细沟的形成,麓积物更形增加,而有小块斜坡的出现。干沟部分,沟床已加宽,同时土跌水的高差增加,跌水间的沟床比降更趋平缓,局部几近水平。但在这个时候,冲淘沟壁基部的作用加强了,因此坍塌的现象更较频繁。由于沟壁上缺乏植被,故所有的剥蚀土块都堆积在沟槽中,横断面虽仍保持近似“U”字的形状(图 9 乙),但由于沟壁的扩张,谷坡面积相应地增加,因此谷坡上的流水侵蚀作用也就开始加速地发展起来。同时和其他切沟一样,由于沟身和它的邻近地带总要比相邻的斜坡来得低些,所以在无形中引来了原来并不流向这种



侵蝕的地面徑流。在這種情況下，更由於溝緣以下突然變為陡崖的關係，因此很容易形成懸溝。這樣一來，原來比較平滑的谷坡，就變成了凹凸不平的表面。

中期大切溝進一步的發展，就變成了末期的、橫斷面呈多級梯式和陰陽二溝坡不對稱的形態。這個時期，由於谷坡已經不再直立，同時植物也逐漸地恢復起來，因此崩塌現象基本上已經沒有。但是由於黃土和古土壤之間透水速度的差別，它們之間在雨季或解凍的時候，有暫時的極少量的潛水面的存在，古土壤下部堅硬砂姜層或石灰硬盤層的存在，也促進了這種情況的形成，因此溝壁的滑坡作用逐漸加強，結果就形成了橫斷面具有多階的輪廓，陰陽坡上由於植被恢復和侵蝕堆積情況的差異，就逐漸地形成和加深了陽坡較陡和陰坡較緩的不對稱現象。

關於地面上侵蝕程度的分級，我們還是按照細溝的指標進行，因為不管那一種侵蝕，不論從水土流失的大小和地面破壞的情況來看，侵蝕溝的密度和它們所占的面積，無疑地是一個非常重要的因素。

上述關於溝蝕的分類系統，在重點地區可以在比例尺較大的地形圖上具體地分別劃出來。在普查工作中可以幫助系統地了解和記載實際的情況，這對於侵蝕分區的工作和水土保持分區等來說，都將是一個主要的部分。

### 三.

由於工作的需要和地區的特殊性，因此對於黃土區現代土壤侵蝕的分類是極為重要的一件事。儘管我們還沒有很深入的研究，但是不得不大膽地提出，因為只有這樣才可以有一定初步的依據，和以後的工作才可以從已有的基礎上提高，同時更可以暴露以往工作的缺點，便於听取讀者的意見和爭取大家的幫助。

這個分類系統，一方面考慮到侵蝕現象的發生規律，各種侵蝕現象對於農業和其他國民經濟的影響，同時也考慮到目前和不久將來所具有的工作條件，以便很快地能為廣

大的从事土壤侵蚀工作的同志们所应用。

本分类系统首先根据被侵蚀土壤或它的一部分在流水中所存在的状态分为三种型式：溶蚀——单纯的化学作用，被移走的仅限于能在水中溶解的物质。片蚀——主要为物理化学作用和较少机械作用，被移走的是能在水中悬浮或分散的细小部分。沟蚀——主要为机械的作用，除能带走能溶解和分散的细小颗粒外，同时也将大小的土块和石块带走。根据上述的情况，把已经一般认为属于片蚀范围的细沟侵蚀，改属于沟蚀的型式之中。

其次，根据不同侵蚀现象在发展过程的不同阶段演变情形和地面的侵蚀程度等加以进一步的划分。

和黄土区的特殊情况相结合，建议将片状侵蚀别为：剖面片蚀、母质片蚀和鳞片状侵蚀等三个阶段；然后以土壤发生层次（主要根据腐殖质层的厚度）、斜坡的坡度和侵蚀地面的植被度等为指标，分别将各个阶段的片蚀发展强度别为轻度、中度、强度、极强度和剧烈等五个等级。

根据侵蚀沟的发展顺序，和它们的外部轮廓和地面情况以及侵蚀沟的下切深度和断面构造等，别为细沟、浅沟和切沟等三个主要阶段，按照下切、冲沟、沟坡坍塌等强度的不同别为初期、中期和末期等三个不同的发展时期；最后又按照侵蚀沟分布的密度和沟身所占的面积指标，将地面侵蚀程度别为轻度、中度、强度和剧烈等四级。

### 主要参考文献

- [1] 朱顯謨等：涇河流域土壤侵蚀及其演变。土壤学报，2卷4期，1954。  
朱顯謨等：暫拟黄土区土壤侵蚀分类系统。1955年春，内部文件。
- [2] Лидов, В. П., Дик, Н. Е., Николаевская, Е. М., Сегунская, П. Е., Хмелева Н. В. X. В.: Классификация современных линейных форм эрозии. Известия Академии Наук СССР Серия Географическая, 1954 № 3, стр. 91—99.
- [3] Наумов, С. В.: К вопросу классификации смытых почв. Почвоведение, 1955, №5, стр. 60—80 (謝森祥譯)。
- [4] Козменко, А. С.: Борьба с эрозией почв. 1954.
- [5] Соболев, С. С.: Развитие эрозионных процессов на территории европейской части СССР и борьба с ними, том 1. АН СССР, М.—Л., 1948.
- [6] 無定河流域水土保持考察报告——黄委会内部资料, 1955.
- [7] 晋西区水土保持考察报告——中国科学院未發行資料, 1955.

## CLASSIFICATION ON THE SOIL EROSION IN THE LOESS REGION

CHU SHIEN-MU

*(Institute of Pedology, Academia Sinica)*

### Summary

This is a new attempted systematical classification, which is based upon the point of view of erosional dynamics & characteristics (both morphology and inner structure), & also the effects on the land productivity. Although the basic phenomena of soil erosion in this region are similar to those, which are found in other regions; yet their variants, degree of intensity and direction of development are more or less different and even quite different occasionally with others.

All these characteristics of soil erosion in the loess region are due to their special natural conditions (especially the great thickness, the nature and properties of loess or loess-like materials) and the unreasonable utilizations.

According to different active agents of soil erosion, it is divided into three types, such as water erosion, wind erosion and gravitational erosion. The main type of water erosion, in consistent with different inter-actions between the water and the soil solum, is subdivided into subtypes, namely sheet erosion and gully (linear) erosion. The so-called rill erosion has been considered as an intermediate type between the sheet and gully erosions. But now, it is considered as only a variants of the linear erosion, for it is chiefly the mechanical force of water which destroys and carries away the soil solum.

In accordance with their (subtypes) developments, morphological characteristics, inner constructions and amounts of annual losses (soil) per unit area, each of them is further divided into different stages, periods and different degrees of intensity. Their characteristics and the principles of classifications are detailed in the manuscript.