

陝北綏德葦園溝土壤侵蝕情況 及水土保持辦法

席承藩 程雲生 黃自立

(中國科學院土壤研究所)

葦園溝是無定河的一條小支流，全長 18 公里，溝口離綏德城約 8 公里。無定河下游黃土侵蝕情況嚴重，可代表黃土丘陵區的土壤侵蝕方式。我們在 27 平方公里的實測面積裏進行了重點工作，研究土壤侵蝕規律，並劃分了土地類型，供改造黃土參導。

這一項工作是綜合農、林、牧、水利以及地形植物工作者一同進行的，下面是土壤方面的報道。

一. 黃土的性質及分佈

本來的黃土區，自風積黃土堆積以後，曾建立過良好的植物社會，曾形成草原式的栗鈣土，如在本區橋溝溝掌分水嶺部分還殘存有小面積的栗鈣土，呈暗栗色，高有機質含量（推想在 2% 左近）有良好構造，（水穩定性構造可達 60%）有白色石灰網綫，呈石灰性反應。在馬連溝與林家塬匯交處，高出現在溝谷約 15 米的台地上亦見暗栗色的栗鈣土剖面，係因塬面被割切時，土壤冲刷後，經水搬運停留於此，也是原來塬面上的草原土。在塬面破壞時才發生變異，這些都表示在塬面被破壞前，曾有密茂的植物生長，主要為草原植物，因為栗鈣土是草原下生成的，至於森林在本區亦見古老油松生長，說明本區亦有林木生長（圖版 VI，圖 33）。

自強烈嚴重的河流割切開始後，溝谷在深切與擴展，向塬侵蝕也很活躍，繼至封建地主以掠奪式的單純谷物生產的農業活動，開墾陡坡，毀滅了林木草原，植物被覆完全被破壞，急暴的雨，強乾的風打擊在光禿的黃土山上，更加速了土壤嚴重的冲刷，千百年來所積累下來的黑色被覆土層被冲走、蝕光，露出來的盡是第四紀風積的黃土及紅色土等母質土層，還沒有經過高等植物及低等植物所活

動過，很少含有機成分，主為礦物組成分的石灰質粉砂壤土，侵蝕加劇，地勢趨陡，每年在這陡坡上沖走了約1厘米厚的表土，耕種時再深耕1厘米的母質土層，如嚴重的暴雨沖刷時，疏鬆的耕種表土層，可一次被沖完；只有再由下面開墾這種堅實的母質土層。在這種情況下原來肥沃的有構造的草原土沖蝕無遺，現在露出的母質也沒有發展的機會，耕種表土與黃土層除表土疏鬆多孔隙外；並無多大差別。表土土壤有機成分甚少（只佔0.3%）完全表現了幼年土特徵，本區耕作方法又多採取邊耕邊種，種子都沿犁溝播入堅實底土上部，因此根系只有在底土層吸取養分，這樣一來，農作物根系很難繁茂。所幸黃土肥沃，富含無機養分，尚可從事生產。

風積黃土主要分佈於丘陵頂部或較緩斜的丘陵坡地上，厚薄並不一致，約在10—20米，其下即為紅色土。在本區所見淺棕色黃土質地較砂，為粉砂壤土至極細砂壤土，就野外性態判別，較渭河流域與豫西等地的黃土質地較砂，含砂粒成分較高（須再俟分析證明），或係因風成黃土在陝北距來源較近，砂粒先行下沉，因此細砂較少，粗粒較多。這種土壤結持力較疏鬆，堅實度較差，易被水分散，如將黃土塊投入水中立即引起充分分散，根據試驗取黃土及紅色土同等分量，投入水中，黃土自行分散較紅色土快一倍。

土壤母質	重量	在水中自行分散的時間
黃土	34克	2分20秒 ✓
紅色土	34克	4分40秒

這點說明黃土較紅色土猶易為水所分散，即在大自然中一遇水分（如大雨時）足以引起立即分散，很易為水所帶走。根據實驗觀察一次陣雨後，土壤分散，耕地表面即現出一層厚達半厘米的堅實硬土殼，係急雨打擊地面，引起表土充分的分散，而將表土完全由糊狀泥漿板結，造成硬結皮。結皮的下面仍粘結了團塊狀構造的表土。在這種情況下，一經大雨，表土填充了土壤空隙，雨水不能繼續下滲，加速表面逕流；而且表土結殼，影響空氣透入土壤影響根系呼吸。

紅色土在本區露出較多，舉凡侵蝕較嚴重，及溝掌部分均為紅色土露出；在本區破碎陡崖及破碎陡坡多為紅色土分佈。紅色土較黃土質地稍粘，含粘粒較多；但較南部所見紅色土質地亦較砂，為粉砂粘壤土或微帶粘土的砂壤土。黃土與紅色土均呈石灰性反應，pH值在8.0—8.5間，紅色土有時可見數層重疊，中間顯有間隙，在綏德二十里舖沿無定河旁較高的紅色土露出處，中間見有薄層黃色泥質

頁岩。顯示紅色土在形成過程中，曾有間隙期，應為風成黃土初期堆積物，並曾經石灰質下移及經高溫風化，因而趨向於紅色，質地較粘。紅色土底部時見石灰細網紋分佈，且在紅色土底部與紅土交接處見大量小型圓粒石灰質結合，有時呈石灰結磐層，均為紅色土形成過程中所下移而成。黃土及紅色土均造成大柱狀構造，每柱均為30—40米，如經侵蝕露出，可峭直陡立，又因水分沿柱狀體大量下滲，造成陷穴漏洞等侵蝕情況，將於下節詳述。

就肥沃程度言，一般缺乏有機成分，主要為礦物組成的土粒。風積黃土，土粒均勻，鬆散易碎，多為粉砂壤土，為鈣質飽和，具有較高游離石灰質的土壤，含碳酸鈣在10—12%間，受水力淋洗較差。土層深厚，具有較高的植物礦質養分，如鉀、鈣等，磷素含量亦較高；惟石灰性土壤對磷素效用有阻礙，因此本區農民均歡迎豬肥，對增產效果較大，因豬肥中有效磷質較高，土壤經長期的連續耕作，有機質含量甚微，已使土壤中氮素至感缺乏，施用於土壤中的有機質肥料，又經強烈的土壤沖蝕作用，大量由丘頂向下移動，如在挑水窖中可見由坡上流水帶下很厚的一層未經充分分解的粗有機物堆積成層（圖版VI，圖35），均為初經施入的肥料，係由人力及畜力在極端肥料缺乏的狀態下（每畝只施100—200斤人畜糞）背馱至山頂，施入土中，又再很快隨水流走，造成本區農民生產上的重大障礙。

土壤有機成分極端缺乏，又沒有充足的水分，不能使土壤有機物質充分腐植化；所以土壤只以礦物成分膠結的塊狀構造，一遇水分即行分散，沒有好的水穩定性的團粒構造。

根據試驗：

土壤	重量(克)	在水中振盪次數	所殘留未被水洗去的重量(克)	有構造的土壤 %
耕種表土	95	30	0	0
未耕種的表土	95	30	3	3.1
有閒穗生長的表土	95	30	23	24.2
有苔蘚生長的表土	50	90	27	54
栗鈣土表土	102	60	64	62.7

野外進行試驗，方法較粗放，有部分土粒仍殘存，結果似較高；但可以看出黃土初經振盪已充分的分散無遺；有植物覆被的土壤漸趨良好，如殘存栗鈣土水穩定性團粒構造即很高，栗鈣土雖也是黃土母質，因有機成分較高，構造良好，在陡

綏德區固瘠土壤分類及形態表

土類	母質	性	態	分佈及土地類型	目前利用	利用佈置
栗鈣土	殘存沖積土	黃土	暗栗色，含有礫質，石灰性反應，有石灰網紋。pH 7.5 同上（石灰網紋減少）	僅小面積見於峽頂及分水嶺 小面積見於沿河合地上	面積過小 作物生長良好	農地
			淺棕色，石灰性反應，粉砂礫土柱狀構造 pH 7.8—8.5 土層深厚 20 米 同上，崩積而成 堆積溝谷兩旁土壤水分及有機質較上多，餘同	破碎陡崖 塌地及孤坡地	陽坡以麥為主，陰坡秋作為主 部分耕地，主為荒地 生長閉翹等 產量較高的耕地	農地 峽頂積林，崩邊積林帶狀耕作。（輪耕林地）陰坡部分積林及牧草地，陽坡中部為果園 林地及永久牧草地 農地及部分林地牧地及果園
石灰性紅色土 (幼年土)	黃土	紅土	棕色微帶紅，石灰性反應，砂粒礫土，柱狀構造土層深厚 40 米，底土中有石灰網紋及石灰性結核。pH 7.8—8.3 同上 塌積與紅色土陸崖底部波麓，水分及有機質略多，餘同上。	破碎陡崖 溝掌的陸崖底部 破碎陡崖的丘麓	未利用，灌木叢生 灌木及小溝 耕地較黃土塌地產量低一倍	林地（先為灌木林） 林地 農地
			表土有鹽結皮，主為 Na_2SO_4 及 NaCl ，pH 9 以上，較濕潤	溝谷中面積狹小	只生長耐鹽植物	可在溝谷中植樹，如楊柳等樹
鹽漬土	黃土	淺棕色，石灰性砂礫土層狀，pH 8.0	河岸台地	農耕地	農地及菜園	
石灰性沖積土	河流沖積物					

崖上生長的苔蘚被覆的黃土表土，也有抵抗分散能力。這給我們很大的啓示，即土壤被沖蝕與否，與本身性質有很大關係，如能將本區黃土，設法增高腐植質1%，無論對肥力提高及侵蝕的抵抗，均將起莫大效能；因栗鈣土也不過1—2%的有機質含量，黃土中本來有高量的石灰質及礦物養分，只有機質缺乏，不能結成團粒，雨水一打，就分散開了。或耕耘後也能打碎構造，一經下雨，外面形成硬殼，使土壤空氣不能流通，根系因閉塞不能發育；但如發生逕流，又可隨水流失去，造成細溝，暴露作物根系，更形成減產，並大面積表土下滲，造成大量黃河泥沙。因此，改良黃土性質，使有機成分逐步增加，是很重要的工作任務。

就肥沃程度而言，紅色土遠不及黃土，一般產量均為黃土的一半，有時還不及一半。紅色土在生成過程中，曾微經淋洗及高溫風化，土壤養分業經逸失，雖均為“底土耕作”，但本質上黃土性質較紅色土為優良。

紅土呈微石灰性反應，或無石灰性反應，呈稜角方塊狀構造，質地粘重，乾時奇堅，紅棕色粘土，在與紅色土交接處可見石灰結核。工作區域內露出很少，只有在橋溝及馬連溝等深狹侵蝕溝的底部見及，無大面積存在，在本區沒有利用價值，僅在三角坪以上的吳家畝見一小紅山丘，幾全為紅土分佈，全部荒廢，沒有利用，紅土肥沃程度，更不及黃土遠甚。

沿河一帶，尚見有狹小的沖積土，主要見於無定河兩岸成沖積台地，地勢較平坦，坡度均在 5° 以下，為石灰性砂壤土至粉砂壤土，土層較黃土層為薄，呈層狀；有時沿河一帶也見狹窄的砂土堆積，係水力所攜帶粗砂堆積而成。沖積土在本區分佈面積雖小，為利用頗廣的川地。果園——棗、杏、蔬菜作物生長較繁茂，產量亦較黃土為高。

在本區黃土峽谷中，通常有砂頁岩露出，由岩層中經常有小量地下水流出，造成露頭泉，亦即黃土層的地下水滲出處。在這種地區因地下水的外滲，亦將黃土層中的鹽分攜帶而出，聚積於此，造成具有鹽結皮的鹽漬土，主為硫酸鈉及氯化鈉，綏德境內利用鹽漬土製“小鹽”用作食鹽。（附綏德葑園溝土壤分類及形態表）

二. 土壤侵蝕

(一) 黃土的侵蝕情況及侵蝕方式

本區黃土水力侵蝕現象至為嚴重，侵蝕情況，已進一步發展，已至無黃土壩

面可以追溯。到處殘存了圓錐丘頂，及深切溝谷，由丘頂漸下因受割切，坡度漸陡；在溝谷兩旁，破碎陡崖到處峭立。如到溝谷頂部，溝谷下切仍在繼續進行區域，可見到處呈峭立陡崖及陷穴、天然橋等，溝谷中下游底部已下切至岩層，砂頁岩層露出，河床造成岩石跌水，岩層也常被割切，這樣土壤嚴重冲刷結果，造成很複雜的土地類型。

風力侵蝕在本區不佔主導因素，較水力為輕微，風力侵蝕發生在河流兩岸黃土峽谷中，沿無定河一帶有風沙堆積於表土現象；但尚未見沙丘形成。其次在丘陵間黃土峽谷中，因風力集中吹過沒有植物保護的黃土低矮分水嶺，及山凹，造成表土特別乾燥，也影響分水嶺上不能積雪，有時黃風帶走大量疏鬆表土；因此丘頂分水嶺部分作物不易生長。

為便於解說各種侵蝕作用之前，先對常見水力侵蝕作用分列如下：

1. 片狀侵蝕

表土輕微侵蝕，未發現表土被刻劃現象，或表土僅現細不可察的紋狀溝。

2. 溝狀侵蝕

細溝：表土已被水力刻劃，造成細小的溝，深達5厘米左右，寬不超過10厘米，細溝發生後很易察覺，但不影響犁地，一經犁翻，不復再見（圖1；圖版I，圖2）

淺溝：侵蝕僅及土壤表土，而且寬幅不超過30厘米，耕犁後在表土微現低窪淺溝。

切溝：侵蝕溝向塬及向耕地面下切20厘米以上，並已不能耕犁，而且寬度也在30厘米以上。

槽溝：侵蝕溝下切已深達1.5米以上，表現很深溝槽，溝底已現平谷，兩岸峭立。

土巷：更深的溝谷，兩岸為削陡的黃土陡崖，中間為下切溝谷，行走其中頗似在兩壁峭立的狹窄巷（胡同）中（圖版IV，圖25）。

黃土跌水及集水盆：黃土柱狀直立性並受本區的下部水平岩層影響，在黃土支溝中因流水造成不同高度的黃土跌水，多在岩石跌水以上，以及正在侵蝕發展的溝掌（塬頭）部分，溝掌部分因水流集中，急遽流水所造成集水盆（大型跌水）（圖版I，圖7），表現三面為圓圈形，頗似馬蹄狀，筆立陡崖與以下深切溝谷相連。

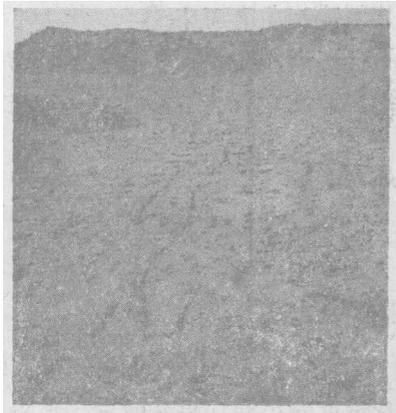


圖1. 35°坡種綠豆，有細溝侵蝕。
（綏德二十里鋪）

3. 崩塌、土滑及陷穴現象

與溝狀侵蝕同時，兩岸谷坡發生柱狀崩塌（圖版III，圖19），造成土壤立體體的損失，有時因下部蝕空，柱狀下陷（圖版II，圖11）；但尚未完全崩塌，為整個土體的下滑，（圖版II，圖10），在流水集中，水分增多時，水流自黃土與紅色土大型柱狀構造面向下滲，下滲水分重力加速，與水中碳酸氣混合，足以溶解黃土中膠結的石灰質，造成土粒分離，這種機械力量與化學力量的相結合下，擴大而成陷穴（圖版II，圖8），水分在黃土層底部再行流出時，形成漏洞；經常在漏洞出口處沉積有灰白色石灰質薄層結皮，係溶解石灰質成分下滲所致。洞穴日漸擴大，可造成天然橋（圖版II，圖9），及陡崖上形成一系列的串珠陷穴。（圖版III，圖16）

黃土侵蝕的主要方式，計可分為：

- (1) 屬於耕種丘陵地坡上，以表土侵蝕現象。
- (2) 屬於溝谷下切向塬侵蝕所引起一系列的土體崩塌現象。

侵蝕的發生，係與無定河河谷下切有關，因此引起支溝變化，現大部已因嚴重割切露出岩層，下蝕作用相對減輕。目前主溝相對穩定，各支溝也有岩層露出，造成岩石跌水，岩石露出對黃土下切有密切關係，如韭園溝北岸一連三條黃土溝（圖版I，圖3）因岩層露出不同，影響黃土溝的發展情況至為明顯。

岩層高出主溝河床	溝壑情況	溝壑長度
石家溝 13.3 米	下切較差，為坳坡地及切溝	320 米
龍王廟溝 8.4 米	已漸下切，南坡為破碎陡崖，北坡為破碎陡坡，中為場地	460 米
爪地溝 5.8 米	割切更甚，已深切至較高丘陵頂部崩頂退縮，也有陡崖	680 米

由上述三溝情況，岩層露出足以均衡黃土溝的坡度，減低侵蝕，減低黃土溝繼續加深加長。

各支溝中岩石露出後，岩石露頭造成跌水，減低下切力量，上部溝谷表現溝身坡度較平緩，也漸穩定，那時只有屬於丘陵坡上耕地中，廣大的表面侵蝕，兩岸雖已見陡崖及陡坡，但基本穩定，谷底坡度平緩，也較平坦，已生長草類，並經常濕潤，岩石中露頭泉，經常有小量流水，兩岸為塌積所堆積的場地，場地上陡崖及陡坡無崩塌現象，在本區通常見於支溝谷口部分見及。

黃土溝的中段，岩層沒有露出；但有很多不同高低的黃土跌水，越趨向上游，跌水漸高，跌水由 1 米漸增至 3 米，係因黃土柱狀垂直性質經流水動力作用造成，

每個黃土跌水上部局部坡度也漸平緩，坡度均在 2° 上下，並生長矮三稜草，已形成臨時穩定溝壑，水力加劇後，仍可造成黃土跌水後退，引起黃土溝繼續下切，致使兩岸黃土陡崖及陡坡，均又發生崩塌，崩塌方式，通常將坡底蝕空，造成大塊土體下陷，並影響溝谷中兩岸孤坡地，引起初步的淺溝，再行下切，造成切溝及槽溝。

黃土溝愈接近溝掌，因高差較大及水流集中，造成黃土溝更趨深狹，槽狀下切漸深，兩旁黃土崖漸趨陡狹，陡崖上有突出圓頂及頂間因丘頂流水所造成懸溝，陡崖的黃土溝及急陡彎曲的黃土溝，下切力既強，陡崖又經常崩塌（圖版II，圖12）。

接近溝掌部分，溝掌以下，溝槽更趨深狹，為彎曲的下切深溝，及兩旁峭陡的土崖，頗似土巷，兩岸土崖又經常在大量柱狀崩塌（圖版IV，圖24）。

及至溝掌部分，通常見20米寬的集水盆（蹄形溝），造成大跌水，溝掌以上尚多為兩岸平緩的孤坡地及淺溝，及至蹄形溝口即急劇下降，水流集中，下切力強，造成深切的狹溝（圖版I，圖7）。溝兩旁為紅色土柱狀直立（圖版IV，圖22）下切深狹溝彎曲其中，被侵蝕陡崖的底部，一經蝕空，即柱狀崩塌，又因下切力強與跌水關係，造成溝掌下一系列的陷穴及天然橋，溝掌部分有時在陡崖兩旁也發生數個蹄形溝，造成四面開擴的冲刷，此為最不穩定的向壩侵蝕，土體崩塌嚴重。在本區中如王家溝、橋溝、水崖溝溝掌部分均屬於此。凡分水嶺部分尚有較大的受雨面積，水流集中，都足以造成此種現象發生，不過就全區而言，範圍並不太大。

但在主溝中游以上，如林家塢等較大支溝，為較老的溝谷，各支溝頂部割切已甚，塢頂的丘陵頂部，已被割切至無分水嶺可尋，沒有受雨面積，暴雨不易集中，下切反見減低，即溝掌表現了相對穩定的孤坡地及切溝。

向壩的黃土割切，將本區地形日漸分割，割切為破碎圓頂，漸下漸陡的丘陵地，頗似籠裏的破饅頭，頂部圓尖，兩間峭陡，相互不聯，縱橫分割，已無原來的塢面可尋，即在分水嶺的頂部也是如此，表示塢面破壞已久，塢頂的原來殘存土壤，已不可尋，僅在柳溝分水嶺頂部（高1,040米）見很小面積的栗鈣土，但此種高度可能仍係一度穩定時期的塢頭殘存物質，可表示為本區墾種前的土壤，在馬連溝與林家塢匯交處，高出現河谷約15米的台地上，堆積有暗栗色土壤，係塢頂栗鈣土被冲刷後，堆積於此，由其下卵石層中夾砂蓋圓礫，與上面的栗鈣土剖面，推想上游塢頂破壞係無定河下切引起溯壩侵蝕，先是岩層上堆積的紅色土層的被破壞，因在礫石層中有紅色土底部砂礫圓礫，此後在繼續割切中，塢面被破

壤，栗鈣土被蝕後，堆積於礫石層之上，以後河道仍繼續下切，即今所見 15 米的台地。這種下切即引起溝谷兩岸陡坡，陡崖更趨陡長，及頂部更趨分割的圓錐丘陵。

根據上述情況，黃土溝可分三段

- (1) 曲流黃土溝——穩定黃土溝，有岩層在溝底露出。
- (2) 黃土溝——較穩定黃土溝。
- (3) 溝掌——不穩定黃土溝。

以表土冲刷爲主的侵蝕現象，爲屬於耕種丘陵坡上的侵蝕方式，開始於陣雨後表面既沒有植物覆蓋，或僅疏生的作物，陣雨打擊在沒有良好構造的土壤上，黃土分散又極容易，先將極表層土壤分散，將表土爲糊狀泥漿所填充，即刻丘陵頂部發生逕流，漸下坡度漸陡，將上部表土隨水下移，又因坡長漸增，土壤侵蝕量均在增長，致使在丘頂尙可不顯侵蝕或微度紋溝侵蝕，待增至山坡的中段，因坡度增加，(30°左右，甚至35°以上)可見細溝或淺溝，漸下水力集中加速，侵蝕溝也在增加，及流至坡底水流集中的坳坡地或塌地上，可見細溝甚多，以至切溝，如在王家溝一次 13 毫米大雨，可見表土全部被冲刷，並在水流集中的坳坡地上，出現陷穴及漏洞，甚至在陡埂邊緣發生土體下陷。

在林家壩訪問材料，耕地表土被冲走，以及高粱根系露出，並不年年如此，都是局部地急暴雷雨造成，雷雨範圍並不大，雷雨冲地的頻率約爲每十年中可有二、三年發生，尙有更嚴重的暴雨損失情況，即在長坡上的底部或溝窪集水的坡上，造成深達 1—2 米的切溝，但此種嚴重情況，在近五十年來只發生過一次。

根據以上資料，歸納黃土丘陵區耕種坡地上的侵蝕程度可分爲：

- (1) 無顯着的侵蝕至極輕微的表面侵蝕

緩坡或無植物覆被的緩坡、川地、崩頂平地等輕微表面冲刷。

- (2) 輕度的表面侵蝕

疏散的細溝出現，或只見淺溝，常見於耕種斜坡，平緩坳坡地。

- (3) 中度表面侵蝕

細溝較密，或細溝較深，淺溝已開始下切，爲見於坳坡地或坡度較陡的山坡上。

- (4) 強度表面侵蝕

細溝及淺溝加深，溝底現切溝，部分表土已全被冲走，作物根系露出。

- (5) 極強度表面侵蝕

表土全被沖走無遺，造成山坡底部土滑現象，在坡地中造成深切槽溝，深達1米以上，坡上作物被沖刷或沖走，有樹根露出，或樹木倒伏現象。

侵蝕程度與坡度大小有關，愈大愈強，與坡長度有關，愈長愈強，與降雨強度有關，愈強愈兇，與被覆物有關，被覆物愈好愈輕，與土壤性質有關，黃土較易，紅色土次之，紅土又次，如有良好的土壤結構，侵蝕可相對的減低。

(二) 黃土沖刷量及土壤損耗

黃土的嚴重侵蝕，為黃河泥沙的主要來源，侵蝕量的估計，根據：

訪問農民在耕地上，耕翻生土的深度。

在丘陵頂部有碑跡記載年限的墓地與耕地的高差，因墓地有草類生長，未經耕作，侵蝕量相對減低，殘留土台。

樹木生長在山坡上，因侵蝕露出根系，估計年齡及其侵蝕量。

打壩淤地，由受雨面積的估計。

柱狀崩塌或土滑所造成土體損失量。

新下切的黃土溝已知年限者，估計土壤沖刷量。

根據以上的材料得出結果如下：

屬於地表侵蝕的第一至第二級，耕種斜坡的平均沖刷量，每年沖走表土1厘米，即每年每畝沖刷量約為10噸。

馬連溝農民李崇章等築壩淤地，共築二壩，按所淤土方受淤面積計算，年平均沖刷量1.0—1.13厘米。

訪問農民，在一般耕種斜坡上，年中並沒有強烈暴雨，土地中不見細溝時，每年耕翻新土約一指厚，估計1厘米左右。

由道光、咸豐、同治等年的古墓在不同坡向，及不同坡度殘留的墓台與耕地的高差，按年限平均得出平均年蝕深度

年限	坡度	下蝕土層厚度	平均年蝕深度
128年	6°	80厘米	0.63厘米
99年	25°	120厘米	1.21厘米
83年	12°	80厘米	0.91厘米

由上表可知，坡度愈大，侵蝕量也愈大，只有6°的坡度，年平均為0.63厘米，但此種坡度，分佈太小，無實際意義，而本區一般坡度均在25°上下，25°坡地為塬頂耕種斜坡，那麼侵蝕量應在0.9—1.21厘米間，已可達平均10噸以上。

在荳園溝坡頂，坡向南偏西的坡上，坡度 25° 的黃土耕種斜坡上，生長棗樹，根部被蝕露出：

棗樹圍徑 厘米	估計樹齡 年	下蝕深度 厘米	年平均下蝕 厘米
25	30	35	1.17
17	15	17	1.13
15	15	15	1.00
13	12	13	1.08

根據以上數字平均 25° 的耕種斜坡，年平均下蝕 1.08 厘米，應合每畝年冲刷量為 10.68 噸，亦約為 10 噸的冲刷量。

細溝冲刷量，屬於第二級至第三級的表面冲刷。

劉家坪草溝場地，坡度 21°；但坡的頂部與 50° 的破碎陡崖相聯，本年 5 月 10 日，一場暴雨在場地造成每平方米三條：

每平方米的細溝數目	細溝平均深度(厘米)	平均寬度(厘米)	每畝冲刷量(噸)
3	8.0	10.2	25.5
6	8.1	5.1	

此外在王家溝、茅草溝等地，亦有類似記載，王家溝冲刷量達每畝 40 噸。

此外細溝冲刷量在本區場地及孤坡地冲刷量最為常見，但每年冲刷量視急雨而定，如只按此一次冲刷量，已足較通常耕地損失量大 2—4 倍，此種冲刷頻率約佔 20—30%。

嚴重的表面冲刷量

王家溝 5 月 10 日暴雨，曾發生表土全部被冲刷（圖版 I，圖 6）被蝕的土地均為場地及孤坡地低部，被冲走寬 130 厘米，深 20 厘米的表土，被冲走面積約佔 1/3；但範圍並不太大，只上部受雨面積的孤坡地上見及，估計每畝土壤的損失量，約為 60—70 噸，較一般損失量大約 6—7 倍。

有時尚見陷穴及漏洞，以及更深的切溝土壤損耗量約更將較大，切溝通常深 30—50 厘米，寬 30 厘米，如為 30 米長的切溝，侵蝕量較表土被蝕又將增高，但此種頻率只及 1—2%。

屬於土體崩場的土壤冲刷量

崖面崩塌（圖版 II，圖 10）：陡崖上，紅色土陡坡帶崩，沒有植物被覆，雨後即發生崖面崩塌，通常在雨後天晴時發生，崩塌土塊仍作方形或長方形，大量堆

積谷底根據量計算結果，平均土塊大小 18.8 厘米，每單位畝陡坡崩塌量約為 20 噸。此種崩塌並不顯著，當然不是整體陡坡的下垂，在廣大陡坡上及陡崖，此種損失量較為常見。

土體下陷崩塌及溝壑下切

各溝上游均有土體下陷，或整個土體崩塌現象，嚴重時可將黃土溝全部淤塞。丁家溝見半個丘頂整體下陷，高 40 米，寬 10 米，長約 50 米，估計土壤體積約 25,000—30,000 噸，雖然不是全部一次沖走，但因此將易於被沖走，此種沖刷在溝壑部分，或孤坡地下切復活時，經常切成槽溝。

如柳溝一個孤坡地上，二十年來下切溝口深 4.1 米，寬 6.6 米，溝長 189 米，並已沖走 2,287.7 公方，即約合 3,500 噸，平均每年約 160 噸。

在各溝掌均有高約 20—40 米的直立溝壑而且向崩侵蝕與兩岸柱狀崩塌均很嚴重，如一畝面積的此種土壤因溝谷下切發生崩塌，即足以損失 2,000—4,000 噸，各溝掌下切，柱狀崩塌，均屬於此。只要單位面積黃土崩塌被沖走，即足以表示此種數目近似的損耗，當然這種情況不是每年都在發生，而且被沖走的數量及頻率無一定規律，只可說明此種損失亦頗大。所幸此種沖刷，就全區而言所佔百分比成只陡崖的一部分，總體來說，沖刷量最大，損失最大，當屬廣大面積的耕地沖刷，就全區土地 27.05 平方公里：

	佔全區百分數	發生頻率	估計年損失量(約)	註
耕地面積	82.37	經常	334,000	
塌地及部分耕地 細溝損失	21.00	經常	126,000	按 5% 耕斜，細溝增大 1.5 倍
陡崖崩塌	1.5	2%	3,600	不穩定溝壑只佔 1.5% 再每年以頻率 2% 計算
切溝及陡坡陡崖沖刷	13.22	20%	77,000 130,000 約平均 100,000	以增加 1.5 倍
總計			560,000	

約每平方公里年平均沖刷量應為 20,740 噸。

此種近似估計，當然不一定確合事實，因土壤沖刷變異因素甚多，而且在這種複雜的土地上，更不易機械掌握，此項數字只可供參考，這種平均每年每平方公里約 20,000 噸的土壤損失，約合每畝中每年損失氮素約 20—40 斤，鉀素(K_2O)

約爲 100—200 斤，磷素(P_2O_5)約爲 20—40 斤，這些數字已足夠驚人地在損耗土壤肥力。

(三) 土壤侵蝕影響水分的變異

土壤嚴重侵蝕的結果，不但使土壤大量流失；而且使土壤水分也大量損耗，水分損耗在這起伏丘陵頂上，因潛水面下降，水分很快流走，當雨水降落在丘陵頂部時，除很急促的逕流流走外；細雨仍可滲入土中，繼續順坡向下滲，直至黃土底部與岩石相遇時又行由露頭泉流出，此時潛水面下降 50—130 米以下。

河谷的繼續割切，不斷變更潛水面，使其不斷下降，影響作物及植物生長，如馬連溝及林家塢溝匯交處見高處河岸 15 米的台地暗色土壤（栗鈣土堆積物）與礫石層間有埋藏濕土的存在，土層中具有很多鐵質銹斑，此種土壤可推想在被割切前，曾甚濕潤，如今潛水面已因河谷下切，又下移 10 數米，此種不斷下切，使崩頂土地，水分奇缺，致成爲生產的限制條件。土壤暴雨過多，造成水力侵蝕，作物根系露出而減產，坡地及塌地因暴雨水流集中更有作物被全部沖走現象，只再隔數日，即可使作物全部枯乾，或不能下種，改良土壤構造是停止沖刷及防止風力襲擊提高產量及穩定生產的重要措施。

三. 土地類型

因侵蝕結果使本區土地造成很大的變異，爲本區黃土所具有的特徵，茲先就本區所見的情況加以分述，在利用與改造黃土時，將可根據這些不同土地類型具體加以設施。

1. 崩頂—圓錐形丘陵頂部，當地稱崩頂（讀卯），崩的含義頗廣，即包括圓錐形丘陵頂部以及四週斜坡，一直至突然坡折處，陡坡陡崖以上的土地均爲“崩”現在所指只限崩頂，即指圓形丘頂而言，坡度略較平緩，在 15—25° 間，局部分水嶺部分坡度可至 5—10°；但實際面積較小，只限頂部局部平坦地勢，斜坡地因面積較大，當地稱“崩頂正地”，崩頂地分水嶺部分，既不積雪，風力又強，崩頂上水分急遽流走，所保存水分很少，所施肥料很快也被沖走；所幸土層深厚，又多爲黃土，勉強可以耕種，崩頂陽坡多爲小麥地，陰坡多種秋作；但生產量很低，特別在分水嶺的脊部隆起地帶，產量猶低。

2. 耕種斜坡—在圓錐形崩頂以下，在本區一般丘陵地上，坡度漸趨陡斜，均在坡度 25° 至 35° 間，而以 30° 左右坡度爲最常見，均已耕種，耕種地面積與崩

頂地不相上下，這種斜坡與峯頂地間，通常有土埂分割，直立土埂高1—2米，原為小的土埂劃分地界，每年水平向下翻耕土壤，再加土壤沖刷結果，造成土埂畔，分割峯頂，耕種斜坡與峯頂地利用相同，但如上部峯頂水分發生逕流後，流入坡度漸陡斜的斜坡上，土壤沖刷後，可發現順坡向的細溝或淺溝（圖1）。

這些耕種斜坡，局部坡度較陡時，在耕地與耕地面均有較高的埂畔，分割土地，較耕種斜坡破碎面積較零星，但尚不及破碎陡坡程度。

3. 破碎陡坡—本區丘陵的四週，沿河及溝壑兩旁，因河谷下切較甚，均造成陡峻的坡地，坡度一般均在 35° 以上，陡坡中如再至 55° 以上，即劃分為陡崖。陡坡範圍以 $35-55^\circ$ ，此種陡坡，因坡度峻陡，大部沒有耕種，只疏生野生植物如閉穗等。有時部分土地也加以耕種，其實這種土地坡度已超過耕作範圍，只有選局部土地，零星小塊耕作，耕種面積不及50%，圖中所示破碎耕種陡坡即指此而言。

陡坡的成因，主要由於溝谷下部為急湍的洪流所打擊，造成下空現象，因此整體的柱狀土體崩陷而下，與峯頂分割成高10數米的陡崖，下陷的土體即造成極破碎的陡坡，即成頂部破碎不齊的坡面，及漸下漸陡的斜坡，耕地一般零星小塊分佈於破碎陡坡的頂部。

4. 破碎陡崖—坡度較大的峭立陡崖，即造成破碎陡崖，以紅色土露出為主，陡崖在本區各支溝均有見及，特別溝頂部分的兩岸，幾全為陡崖，在溝谷中游通常是一邊陡坡一邊陡崖（圖版IV，圖21），在分佈上以向西向南的方向，陡坡較多，這與侵蝕主導因素有關，塬溝為無定河支流，位於河東岸，黃土的總自然排水為東高西低，而且無定河流向在綏德段約為自北向南，因此向東及向北侵蝕力強，造成陡崖。此種陡崖在演進過程中也不一致。

(1) 穩定破碎陡崖—在崩塌作用基本穩定地區，如溝谷已過岩石時，崩塌並不嚴重，破碎面上已生長檉條等植物被覆（圖版V，圖26）。

(2) 懸溝破碎陡崖，破碎陡崖上每隔一定間距，有急陡的溝渠，懸掛於陡崖上（圖版III，圖18）（可名懸溝或掛溝）。如遇雨水由峯頂由懸溝順陡崖直泄而下，在崖底溝的下面，堆積了半圓錐形的土堆，依麓殘存（圖版IV，圖20），這都是坡頂生長草類的表土或耕地較肥沃表土的沖刷後堆積於此，有時陡崖更光禿無草類生長，也沒有很多植物覆被，在雨後崖面潮濕，即因表面乾燥而生剝離，表層下柱狀土體，即行崩塌而下，堆積於溝谷中。

(3) 急溝帶崩破碎陡崖—破碎陡崖，光禿不生草類，主為紅色土裸露，表面崩塌現象更較嚴重，而且表面上原存的懸溝，已經向崩割切（圖版 III, 圖 17）造成急陡灣曲的下切溝（暫名急溝），大量丘頂土壤被冲刷，而且也向崩頂下切。各急溝間造成突出的圓峯，急溝有很多天然橋，漏洞及陷穴等（圖版 II, 圖 13）。

(4) 串珠陷穴破碎陡崖—在不穩定的破碎陡崖上，造成由坡頂至坡底一連串的陷穴，尤其在坡的底部，幾乎為極淺陷穴所佔滿（圖版 III, 圖 16），接近於坡麓部分，破碎很多，多為小陷穴。

(5) 柱狀崩塌的破碎陡崖—在極不穩定繼續下切的溝谷頂部，兩岸為直立的紅色土與紅土陡崖，水流灣曲其中，經常造成大柱狀崩塌（圖版 II, 圖 10；圖版 IV, 圖 24），整體下塌，有時半個山頂下塌，將溝壑臨時填平，水流改向，又開始侵蝕，其他山坡，兩坡相互割切，交互崩塌，土壤損失至大。

5. 坳坡地—在支溝兩岸各丘陵間，由丘陵頂部下蝕現象，造成圓坳間的較窪的谷地，兩岸多為破碎陡崖，中間為依崖殘存的坳坡地，坡度也較陡，均在 30—50° 間，坳（讀窪）坡地中，因水分較充足，仍多從事耕作，中間多為淺溝，有時亦因流水集中，造成切溝，甚至發生陷穴（圖版 II, 圖 8）及漏洞。

6. 塌地—沿溝谷兩岸的陡坡或陡崖，由坡上崩塌及侵蝕所造成依麓堆積的塌

蕪園溝土地類型表

土地類型	坡度範圍	平方公里	市畝	%
峯頂耕地	15—25°	7,900	11,850	29.21
耕種斜坡	25—35°	7,293	10,939.5	26.96
階埂耕種斜坡	30—35°	1,056	1,584	3.91
坳坡地	25—35°	2,365	3,547.5	8.74
塌地	15—25°	2,334	3,501	8.63
陡崖 { 耕種陡坡 破碎陡坡	35—55°	1,887	2,830.5	6.98
	40—55°	1,149	1,723.5	4.25
破碎陡崖	55 以上	1,859	2,788.5	6.87
川地	0—5°	0,388	582	1.43
河道村落		0,819	1,228.5	3.00
總 計		27.05	40,575	99.98

積地，坡度均在 15° 左近，這種緩斜坡地，當地稱塌地（亦稱溝條地），因係上部崩頂土壤的堆積，水分及養分均較多，為生產力量較高的土壤。

根據以上資料本區農耕面積很大，佔 82.37% ，過度農墾已超過可耕地範圍，並已將陡坡開墾，耕種陡坡達 35° 左近的為數甚大，絕大面積耕種坡度在 $25-35^{\circ}$ 間。有些地面坡度已超過土壤穩定範圍，只將土地略事校正，造成小面積零星地的破碎耕種陡坡，川地面積甚少只 1.43% ，而且全部位於沿無定河及支向谷口，韭園溝谷中實無川地可言，只有沿河兩岸微度傾斜的塌地，及小型溪水灌溉，築石階梯田改為水地；但面積甚少。

另一情況廣大面積的崩頂地（ 29.21% ），在本區言為相對平緩土地，但缺水，多風，蒸發量高，水分及肥分均不斷向下移動，生產力不高，產量低於塌地及溝條地（小溝兩岸的塌地），有時尚不及耕種斜坡。此即本區水分急湍下山與農田全部上山的矛盾現象。

全區未農耕土地只 14.61% ，均為破碎陡坡及陡崖，須首先設法穩定陡坡陡崖工作甚為重要。各崩頂地，耕種斜坡地邊緣都有高矮不等的埂畔，嚴重的水土流失在縮小崩地，固崩工作甚為重要。

就以重點區而言，全區面積 $40,575$ 畝，實際面積尚超過此數，因土地坡度均很大，而以平面圖計算較實際面積為小，坡度愈陡，實際面積更大；但與羣衆耕地面積不敷，即羣衆實際耕作面積更小，當然羣衆土地愈到崩頂畝面積愈大，主要因陡窪埂畔甚多，如塌地與耕種斜坡間，有大面積的空隙地，不能耕種，浪費了很多土地，如能種草栽樹，這些空隙地大有可為。

將來在水土保持的原則下，根據此種複雜的土地變異情況，具體地針對各土地類型的特徵，結合土壤性質，如水分養分情況及可適合利用的範圍，具體的加以措施。

四．水土流失的因素和水土保持的方法

（一）水土流失因素的分析

水土流失主導因素，是以水力為主導的侵蝕方式，牠的重要因素，主要由於：河谷下切，比降增大，向塬侵蝕，溝谷擴張，地形變陡，陡度加大，所引起的一系列的變化，造成分割丘陵地形，為本區土壤嚴重侵蝕的重要因素，即本區屬無定河丘陵區的範圍，較其他黃土區不同之處，即地形起伏愈大，分割較甚，

幾無塬面可言，割切擴張，峯頂退縮，平地減少，陡坡加多，水力下切及旁蝕力均很強，坡度甚大，比降甚急，影響流水急湍動力甚強，攜帶泥沙力量甚大。

在這種破碎地形上，又由於雨量急暴，而且集中在每年7,8兩月，雨水集中，降雨量可達全年半數以上，而且多為雷雨，集中在30—40分鐘短的期內，每分鐘降雨強度可達1毫米，更都集中在一支溝或狹小範圍內，在局部地區造成逕流甚大，嚴重冲刷，這種急暴雨，雨點大，經時短，降雨量大，足以加速冲刷力。

本區黃土性質疏鬆，極易為水分散，本來坡度甚陡，經強暴雨水打擊，先行分散，泥漿填充空隙，加速逕流，水流急速，下切力甚強；而且又滲入黃土柱狀構造間，造成陷穴。這種表面及立體（陷穴，崩塌）雙重交蝕下，流水中泥沙含量甚高，土壤損耗甚大。

本區黃土侵蝕丘陵，早已充分利用，現耕墾面積超過可耕面積，耕地面積達81%以上，過去四十年來農民因在地主軍閥雙重壓迫下，開墾陡坡，開墾山頂，植物被覆全行破壞，當地已無自然林可尋，並經常在陡坡上打柴拔草，在耕地上溜崖溜畔（圖版 III, 圖 15），又因放牧制度不良，只有放牧，沒有牧草的培育。這些力量更使自然植物被覆，無更生機會，山頂陡坡開墾後，草木破壞黃土更形裸露，水源乾枯光禿山頂，被強烈黃風襲擊下，冲刷及蒸發大增，土壤及水分大量損失，以至全為“底土耕作”，無良好構造的肥沃抗蝕的表土可言。農業耕種面積雖大，廣種薄收，生產毫無保證，致使國民經濟生活低落。

所幸黃土資源深厚，雖已將 $\frac{2}{3}$ 隨水逸失，但尚存有厚達50米的黃土，是大可利用的主要的生產資源，本區尚有400毫米的雨量大可應用，各溝谷中有清泉流出，生長季節有120天的生長期，還有革命傳統的廣大農民，他們已對本區向自然作鬥爭多年，有充分的經驗及辦法，今日的重要任務，首在制止水土流失，轉而改造自然，改造土壤，提高並穩定農業生產，將來可運用此種深厚資源建設祖國，為改善人民生活而服務。

（二） 水土保持的方向

為了根絕黃河為害，須制止黃土冲刷，減低泥沙含量，進而發展黃河潛力於灌溉、航運及水力發電；但制止黃土冲刷的重要措施，可在黃河中游黃土區進行水土保持工作，改造黃土，綠化西北。

黃土為人類活動最久，亦曾光榮的負擔起祖國發祥任務，三千年來在這種深厚資源的土層上，曾孕育了祖國文化的日益壯大，並使農業繼續不斷的耕作了三

千年，這與祖國勞動人民的創造及對自然鬥爭的經驗分不開的。就以陝北為例，歷史上會有多次光榮傳統，並曾為革命的發祥地，但時至今日，黃土雖尚厚，侵蝕仍在進行，並大量送走了土壤肥分養分，及送走了寶貴的水分，林木已全毀，植被全破壞，風暴在襲擊，農業生產單能依賴穀物，在此種水土流失，風旱襲擊下，農業生產非但不能提高，而且毫無保證。解放後的勞動人民，雖在黨政的大力領導下，農業生產尚受限制，產量提高尚待努力，水土流失仍在強力進行，黃河為患尚未根除，非大力改造西北黃土區自然情況，才能保證提高生產，根絕黃患，進而變害河為利河。

無定河是黃河支流中受割切較甚，沖刷情況嚴重河流之一，就菲園溝典型工作區的情況也可知梗概，改造黃土的方向，首在改變耕作制度，增高植物被覆，改良土壤及改變黃土坡度，減低下蝕力量，進而發展生產穩定生產。

黃土丘陵區，主要泥沙來源，為各陡斜黃土地地上，廣大耕地表土的不斷沖刷與河谷下切，河谷擴張的黃土侵蝕進行的方法，是以農林牧水四位一體的綜合工作，方能見效，農林牧水的工作也是點線相連，點面結合的羣衆性技術工作，要控制廣大耕地上嚴重沖刷，必須改變耕作制度，改良土壤構造，增加水穩定性構造，增加蓄水及抵抗水力侵蝕能力，必須建立草田輪作制，栽種牧草，發展畜牧，在以牧草為主的輪栽制下，發展畜牧事業，改變生產方式，改善人民經濟收益。

為了保證農業生產，免受乾旱襲擊，並防止土壤沖刷，在於使水分盡量停留在山頂峯頂，不急劇下降匯成急流，必須有計劃有步驟地建立水源防護林帶，及保崩護風林網，在根據此次工作，在丘頂山坡上有林木生長，更增加陝北可以造林的信心，改變陝北不能造林的錯誤看法。在林帶建立以後，才能免去狂風暴雨的襲擊，及乾風的破壞作物；但此兩項工作有關改變農民生產傳統，而且有好多準備工作尚待進行，不是立即就可大力開展改變黃土坡度，控制泥沙的緊急措施，打壩留淤工作，大規模各小溝中進行打壩可即刻起先鋒作用，控制泥沙免於匯流入黃河。並控制水分，增加局部山谷中水分，變為池塘及水源。同時也可吸引一部分勞動力，誘導放棄種植陡坡，這樣可在較陡山坡及峯頂以及崩邊進行植林育草，發展畜牧業，一俟林木奏效，及草田輪作制準備就緒，先將崩邊及崩頂牧地改為林地，耕地間實行帶狀間作，轉而由點到面地發展草田輪栽，改良土壤構造，增進地力，如此結合溝谷中打壩小型水庫，以至黃河中大型水庫，並有林帶保護

下，可以改變冬寒夏熱，狂風暴雨襲擊；並減低沖刷，穩定產量，黃土本身細軟深厚，質地輕鬆，為肥沃的土壤，如能增加土壤有機質，非但侵蝕力減退，且可不斷提高產量。有鑒於本區土地分割較甚，坡度陡斜，在發展上建議用以畜牧為主、農業生產為輔的生產制度，並結合本區良好的自然條件可發展果樹的收益，林業亦應佔很重要的地位，發展上林牧莫重於農業生產，遠景上農地比成在 25%；林地 35%；牧地 35%；菓園 5%，並結合本區的無窮水力資源，灌溉及水力發電均有條件，在發展上將改黃土山區生產面貌，充分利用天然富源，使一滴水一堆土都能服務人類，人民生活可得提高，並走向富裕，黃河泥沙在森林及多年生牧草保護下，雨季時每塊土地，每個山丘，都因含蓄水力增加，不至急遽下馳，水分也不直接打擊在光禿的土地上，土壤中穩定團粒增加後，也不為水分散，不會隨水下馳。黃土的崩塌等現象，也因林木植物保護，及其下水庫防護，泥沙不會直接流入黃河，沖刷力量可以減到最低限度進而消滅沖刷現象，並結合大小水庫修建，增加了水量的容受調節作用，在這種相輔為用的交互作用，黃河為害現象，因得根除。