

水土保持

(中國工程師手冊水利類第五篇)

洪 楚 寶 編 著

中國土木水利工程學會編行

水土保持

(中國工程師手冊水利類第五篇)

洪 楚 寶 編 著

中國土木水利工程學會編行

第五篇

水土保持

目 錄

頁

第一章 概 論	5— 1
---------	------

第二章 土壤冲蝕

A 土壤冲蝕之意義	5— 2
B 土壤冲蝕之原理	5— 2
2•1 雨滴冲蝕	5— 2
2•2 逕流搬運作用	5— 2
C 土壤冲蝕分類與分級	5— 3
2•3 冲蝕力來源之關係	5— 3
2•4 冲蝕發生程度及先後	5— 3
2•5 冲蝕型態	5— 3
2•6 土壤冲蝕分級	5— 4
D 影響土壤冲蝕之因子	5— 5
2•7 不能變更的因子	5— 5
2•8 可以變更的因子	5— 5

第三章 農地水土保持

A 農藝方法	5— 7
3•1 等高耕作	5— 7
3•2 橫條間栽	5— 8
3•3 綠肥和覆蓋作物	5— 9
3•4 間作	5—10
3•5 敷蓋	5—10
3•6 輪作	5—11
3•7 草帶法	5—12

B 工程方法	5-14
3•8 截洩溝	5-14
3•9 山邊溝	5-22
3•10 平臺塔段	5-25
3•11 草株平臺	5-30
3•12 寬壩塔段	5-32

第四章 防砂工程

A 概論	5-34
4•1 溪流治理工程	5-34
4•2 坡地冲蝕控制工程	5-34
B 調查計劃	5-35
4•3 地形調查	5-35
C 工程種類及其用法	5-41
4•4 整理坡面	5-41
4•5 護坡工程	5-43
4•6 植生護坡	5-43
D 各項工程設計	5-43
4•7 溪流工程	5-43
4•8 整流工程	5-48
4•9 坡面冲刷控制	5-49
4•10 谷坊工	5-52
4•11 安全排水路	5-53
4•12 地表滑動	5-55
4•13 坡面植生方法	5-57

第五章 集水區經營與水資源

A 集水區經營	5-66
5•1 集水區經營之意義	5-66
5•2 集水區經營之目的	5-66
5•3 集水區經營之重要性	5-66
5•4 集水區之危害因子	5-66
5•5 集水區經營之基本學理	5-67

5•6	集水區經營.....	5—67
B	集水區復舊.....	5—69
5•7	林地復舊.....	5—69
5•8	農地水土保持.....	5—69
5•9	溪河治理.....	5—69
5•10	崩塌地處理.....	5—69
5•11	礦渣處理.....	5—70
C	集水區改進.....	5—70
5•12	植生改換.....	5—70
5•13	植生控制.....	5—70
D	水資源保育.....	5—71
5•14	水資源保育問題.....	5—71

第五篇

水土保持

編撰人 洪楚寶

審查人 周 恒

第一章 概 論

水土保持爲近四十年來逐漸發展之新綜合科學，內容包括工程、土壤、農林、氣象等科，其目標係對於與人類生活最有關之自然資源「水」資源和「土」資源二項之管理經營利用與保育。水土保持一詞，肇源於美國，最初之目標爲控制沖蝕，嗣後轉變爲合理的土地利用。美國水土保持局解釋水土保持目的，有「按每一塊土地可利用限度予以利用，按每一塊土地所需要予以處理」。美國水土保持創導人班乃脫（H. H. Bennett）所定之水土保持涵義爲「現代的水土保持，以合理土地利用爲基礎，一方面使用土地，一方面予以必需之處理以維護土地生產力延續永久而不衰退」。

不過，以往美國水土保持事實上僅爲土壤保持（soil conservation），並未包括有水資源在內，所以上項美國所定涵義尙不完全。新的水土保持涵義，應爲綜合水、土兩大資源間相互關係，以土蓄水，以水潤土，以科學方法來控制、調節、經營與培育水土資源，使其減少災害，增加生產，以增進人類之安全與幸福。

第二章 土壤冲蝕

A 土壤冲蝕之意義

土壤因受外力，如雨水、逕流與風力的剝蝕作用及地震、海浪、重力、溫度等衝撞與刺激，以致固結之土體 (soil mass) 鬆散與遷徙的現象，稱之為土壤冲蝕。

土壤冲蝕就廣義言之，因風力或水力之作用使土體破壞，土粒流失，土壤劣化，而致土地瘠薄或荒廢。狹義言之，農耕地的表土逐漸流失所形成之土地生產力減退，均為土壤冲蝕。

B 土壤冲蝕之原理

當土壤受到外力（風力、水力等）的干擾而生冲蝕時，本身同時亦有一種抵抗外力破壞的作用，謂之土壤內抗力(resisting power)，若冲蝕外力(eroding force)大於內抗力時，則起冲蝕，土壤內抗力大於外力時，則冲蝕現象即不易發生，此種內抗力因土壤理化性質及結構情形而不同。

水之冲蝕是自雨滴降落之打擊引起分離作用 (detachment) 及逕流在地表面流動引起的懸浮 (suspension)、分散作用 (seperation) 與搬運作用 (transportation) 等之連續行為。

2.1 雨滴冲蝕

降雨時雨滴以質量 m 與到達地面的速度 V 之 2 乘方成正比的運動能量 E 打擊地面，如式 (2.1)，地表面土壤受此打擊力後，引起土粒飛濺及土體分離，土壤團粒被解離成細粒或單粒，成無組織之易被搬動狀態，此外細粉土粒懸浮於地表水中成混濁液狀，堵塞土壤孔隙管，促成表層土壤硬化，減低滲透能量與速率，提高超滲水量，加速地面逕流之生成。

$$E \propto m V^2 \quad (2.1)$$

2.2 逕流搬運作用

當降雨強度超過土壤吸收率或降水量大於土壤田間含水量時，剩餘的降水由高處向低處流動，即成逕流，以其懸浮力及掃流力將土壤細與粗之顆粒搬運以去

C 土壤冲蝕分類與分級

2.3 冲蝕力來源之關係

- a. 水力冲蝕（水蝕） 依水力冲蝕程序可分：
 1. 雨滴打擊之飛濺作用。
 2. 薄膜流之懸浮作用。
 3. 水流勢能之掘鑿作用。
 4. 水流之運搬作用。
- b. 風力冲蝕（風蝕） 依風力冲蝕程序可分：
 1. 風力吹送之乾燥作用——使土壤失水。
 2. 風力吹送之摩擦作用——使細土飛揚。
 3. 風力吹送之衝擊作用——使土粒跳躍。
 4. 風力吹送之推移作用——使土粒沿地表之滾動。

以上衝風地帶連續進行可使地面成為冲蝕溝。

c. 風力與水力同時作用 海濱、河岸、河灘等受強風流水、海風海濤等風挾水力冲蝕灘岸。

d. 其他 如冰川、地震、山崩、頽雪、河流等也可造成冲蝕。

2.4 冲蝕發生程度及先後

a. 正常冲蝕 又名自然冲蝕或地質冲蝕，是在自然界保持均衡狀態下，原有良好之地被物，未經人為破壞所發生有限度的冲蝕現象。母岩經風化生成的土壤足以抵償因冲蝕而失去的土壤，長期保持自然均衡狀態。為地質變遷必有的一環。

b. 加速冲蝕 又稱變態冲蝕，由於地面之天然被覆物及土壤結構受人為因素之破壞，冲蝕逐漸加劇加速進行。此種加速冲蝕，以母岩生成之土壤不足補償已損失之土壤，地面失去自然均衡狀態，冲蝕由表土而心土再至基岩，終致岩石裸露，災害益形擴大，土地生產力降低，良田荒廢，民生瀕疲。

2.5 冲蝕型態

a. 層狀冲蝕 又名表層冲蝕，由雨滴打擊和逕流冲刷，表土逐層被冲蝕以去。層狀冲蝕將表土內黑褐色或暗褐色的有機質與細土粒冲蝕與俱去，無顯著之冲蝕痕跡，不易為人查覺，然而對農作物生長所需之養料隨表土冲失而去，形成地力衰退，土壤劣化，損失甚大，極難恢復。

b. 指狀冲蝕 也稱細溝或紋溝冲蝕，地表經層狀冲蝕後形成凸凹不平，雨水向低涯處或順坡耕犁之犁溝匯流，發生許多小蝕溝，分佈若手指分枝，故稱為指狀冲蝕。指狀冲蝕之小蝕溝，寬深均以 30 公分為限，超過 30 公分者即為溝狀冲蝕。

c. 溝狀冲蝕 又稱溝壑冲蝕，指狀小蝕溝繼續發展、加深、延伸、擴寬，小溝互相兼併，逕流集中，冲蝕能量大增，形成大溝，是為溝狀冲蝕。蝕溝形狀隨土壤及其基岩之軟、硬、深度、層理與溝底降坡之急緩而異，可歸列如下四種：

1. 寬平淺溝 在土壤堅實粘重之處，雨水挾土粒以去，形成溝底寬廣而溝邊圓平之淺溝。

2. V 型蝕溝 表土軟而深厚之區，蝕溝多成尖底 V 型斷面。

3. U 型蝕溝 土壤鬆軟，底部堅硬，蝕溝多成溝底寬平而溝邊陡峭之 U 型斷面。

4. 複式溝 在 U 型的溝中下割進展到穿過堅硬的土層或岩盤時，如再遇鬆軟的土層，又形成 V 型深溝，同時兼俱有下部 V 型與上部 U 型的複式斷面。

d. 崩山冲蝕 陡坡地之母岩斜面陡峻而平滑，霪雨之後繼以豪雨，或雨後地震，均易發生崩山，往往是突然而急速，不論崖下是否有冲蝕，崩山均能突然發生，崩壞地慘狀甚烈。

2.6 土壤冲蝕分級

土壤冲蝕之分級標準

冲蝕分級	分 級 說 明	冲蝕程度
I 級	無顯著的任何冲蝕現象，土壤滲透率高，覆蓋良好，或坡度甚緩，整地合理，無遠距離土壤移動現象。	無或輕微
II 級	有顯著的表層冲蝕，指狀冲蝕或塵土飛揚，坡度稍陡，地面覆蓋有顯著破壞。	中 等
III 級	有顯著的溝狀冲蝕現象，其深度在 30~100 公分之間，或深度 15~30 公分的風砂堆積。	嚴 重
IV 級	冲蝕溝深廣達 100 公分以上，或 U 型或 V 型，尚可以植物方法救治者。	極 嚴 重
V 級	冲蝕極端劇烈，表土無從固定，且冲蝕已侵入心土或母岩，不易以植物方法救治者。	極端嚴重 (壞地)

D 影響土壤冲蝕之因子

根據 Pancov 氏將影響土壤冲蝕之因子分為兩大類：一為人類無法變更之因子，一為可以人為變更的因子。

2.7 不能變更的因子

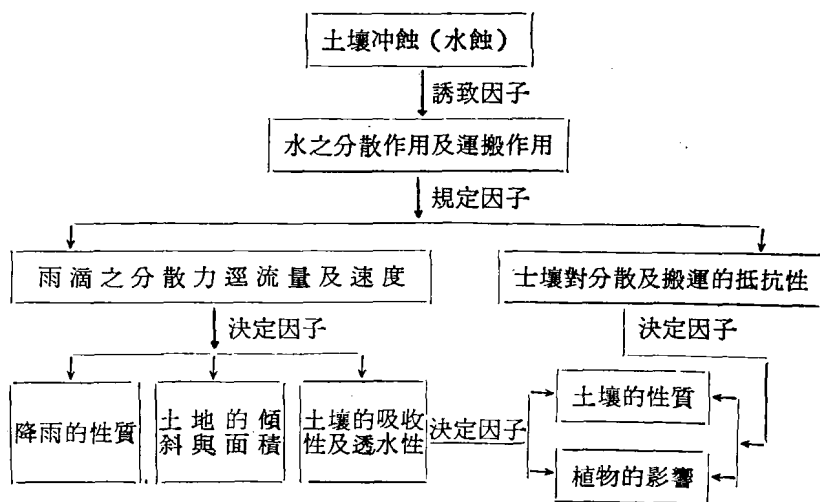
- 氣象條件，如降雨、氣溫、風等。
- 地域的相對高度。
- 集水區的性質，如形狀與面積等。
- 地形條件，如坡度、坡長、方向等。
- 地質學、地球形態學及水理學的特性。

2.8 可以變更的因子

- 土壤條件，如土質、土性、土厚等。
- 植物被覆的情形，如被覆密度與性質。
- 人的經營行為，如農耕方法、制度。
- 土地利用的歷史。
- 社會環境的影響。

另 Bayer 氏又將影響水蝕的主要因素暨各因素之相關示如下圖：

影響土壤冲蝕之因素及其相互關係



由上圖可知水蝕問題係由氣候、地形、植物、土壤等四大因素，再加上人爲因素成爲五大要素所組成，概可以由如下方程式 (2.2) 表示之：

$$E_s = f(C \cdot T \cdot V \cdot S \cdot H) \quad (2.2)$$

式中： E_s 爲土壤沖蝕， C 爲氣候， T 爲地形， V 爲植物， S 爲土壤， H 爲人爲因素。

但如沖蝕進行達到深層，則地質因素亦屬重要，故上式 (2.2) 可改爲

$$E_s = f(S \cdot G \cdot T \cdot C \cdot P \cdot H) \quad (2.3)$$

由式 (2.2) 觀之，沖蝕問題是基於估量每個變數間之相互關係，亦可由研究各因素間關係而尋求有關沖蝕本質之知識及沖蝕控制法，如在一土地整齊而植物種類相同的農場，則植物 V 、土壤 S 、人爲 H 三個變數已成爲常數，而沖蝕則成爲氣候 C ，地形 T 的函數；反之，若地形氣候相同而土壤種類與植物不同，則沖蝕又成爲植物 V 與土壤 S 之函數。

第三章 農地水土保持

A 農藝方法

水土保持農藝方法，係將坡地農業耕作方法，作適於防止沖蝕，維護地力之合理處理，以收水土保持之效，各項方法如下：

3.1 等高耕作 (Contour Farming)

- a. 定義 橫跨坡面實施等高耕犁、做畦、栽培。
- b. 目的 增加土地蓄水保土功能，防止逕流順犁溝沖蝕，犁深均勻，平均分散逕流，耕作方便。
- c. 圖說。

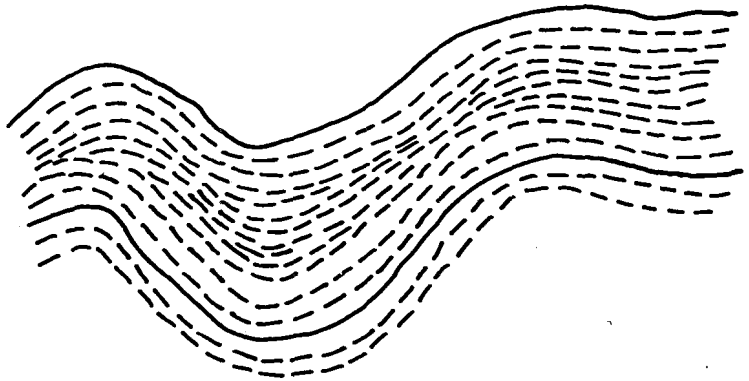


圖 3.1

- d. 適用範圍 坡度 40 % 以下坡地宜配合山邊溝，坡度 12 % 以下宜配合寬壟培段，土層深厚，沖蝕少時亦可單獨施行。
- e. 設計
 - 1. 適當的平土，填補小蝕溝，整順坡面。
 - 2. 測定等高基線，但配合山邊溝或寬壟培段時可以溝線或培段為基線。
 - 3. 等高畦犁築 在兩山邊溝或寬壟培段間犁築等高畦或等高犁耕時，應由上下兩方向開始犁築，俾短行集中在坡面中間，但溝距太大或地形複雜地區，應於溝距中間加測一基線。

4. 等高栽培

①不做畦亦不犁耕，作物栽植行採等高，但上下兩行植株以三角形配合爲宜。

②栽植果樹，應特別注意行距與三角型栽植，密植時行數宜採用奇數。

f. 配合處理 實施全面敷蓋或等高條帶敷蓋，果園宜配合綠肥覆蓋作物，但如以作物於行間間作時，果樹基部亦應加敷蓋。

3.2 橫條間栽 (Strip Cropping)

a. 定義 選疏生（勤耕）與密生（不中耕）二種或二種以上作物，作等高或近於等高之帶狀相間栽培。

b. 種類

1. 等高橫條間栽。
2. 田間橫條間栽。
3. 防風橫條間栽。
4. 永久性等高緩冲草帶。

c. 目的

1. 將長坡改爲短坡。
2. 減低流速，阻截逕流，保土留淤，過濾水分。
3. 兼有防風之作用。
4. 可配合輪作。

d. 設計

1. 等高橫條間栽 將坡地按等高分成條帶，以密生作物與勤耕作物間栽諸條帶間。

2. 田間橫條間栽 地形複雜難於等高時應用之，無須絕對等高，但應儘量平行。

3. 防風橫條間栽 按風向用密生作物或抗風作物栽於迎風一面，保護怕風作物，橫條寬度視風速及防風作物有效防風幅度而定，普通以防風作物高度之 14~20 倍爲準。

4. 永久性等高緩冲草帶 密生草帶寬度，以 $V.I. = \frac{WXS}{100-S} (I+C)$ ，

式中：W 爲可能寬度（公尺），S 爲坡度百分數，C 爲土壤係數（粘土爲 0.1，砂土爲 0.2。）

e. 適用範圍

1. 等高橫條間栽 坡度 18 % 以下，可同時栽植密生作物與勤耕或疏生作物，亦可兼採輪作。
2. 田間橫條間栽 地形複雜起伏不平之處應用之。
3. 防風橫條間栽 海濱砂丘區風蝕嚴重區。
4. 永久性等高緩沖草帶 坡度 25 % 以下，土壤鬆，沖蝕烈之區。
- f. 配合處理 等高橫條間栽宜配合以輪作及山邊溝或寬壩埕段。
- g. 養護要點 隨時檢查，防止有蝕溝發生。

3.3 綠肥和覆蓋作物(Green Manure & Cover Cropping)

a. 定義 種植植物至適當時期，耕犁翻入土中，用以改良土性增加肥力及有機質者為綠肥作物。凡能藉生長繁茂枝葉遮蓋地面，保護土壤避免風雨直接打擊者為覆蓋作物。

b. 目的

1. 改良土壤增加氮肥及有孔度，提高土壤透水性能。
2. 遮蓋地面，避免風雨打擊引起沖蝕。

c. 適用範圍

1. 綠肥適用於農地休閒期及果園行株間空地。
2. 覆蓋作物適於山邊溝、傾斜地、降雨季節之休閒地或果園埕段斜坡面。

d. 設計 深根×淺根，硬莖×軟莖，豆科×非豆科。

e. 配合管理 綠肥於壓青後兩週內必須灌水 1~2 次，豇科綠肥須於開花後將結實時犁入土中，覆蓋作物宜於雨季前生長繁茂，構成嚴密覆蓋。

f. 綠肥覆蓋作物選擇條件

1. 綠肥作物

- ①對氣候、土壤、農作制度等必須合適。
- ②適應性大 生長迅速繁茂，枝葉柔軟多汁，容易翻犁腐爛，對主作物生長及經營管理無不良影響。

③豇科植物為主。

2. 覆蓋作物選擇。

- ①適應力強，能短期生長繁茂遮蔽地表者。
- ②能配合當地農作制度。
- ③便於田間操作。

- ④調和主作物生長。
- ⑤根系發達能改良土壤。
- ⑥能於雨季時生長良好。
- ⑦無病蟲害者。

g. 養護要點

- 1. 清除雜草。
- 2. 適時施肥管理，綠肥宜及時翻犁。
- 3. 避免與主作物競爭水分與肥力，旱季宜刈草敷蓋。
- 4. 纏繞主作物時宜修剪之。

3.4 間 作 (Inter Cropping)

- a. 定義 在主作物畦行間配合栽培其他作物。
- b. 目的 充分利用空間，減少耕地裸露，防止土壤沖蝕及增加收益。
- c. 適用範圍 勤耕作物栽培地或果園裸露地。
- d. 選擇條件
 - 1. 能與主作物配合生長。
 - 2. 生長期短，初期生長旺盛。
 - 3. 主作收割後仍能單獨生長。
 - 4. 不妨礙主作生長。
 - 5. 收益高。
 - 6. 有防沖效能或防風功用者。
 - 7. 無病蟲害者。
 - 8. 如為防風間作，以耐風而枝葉密茂者為佳。
 - 9. 選擇減少與主作物發生水分養分競爭間作物。
- e. 配合處理 等高耕種或條作與配合，坡度大者可與山邊溝配合。
- f. 養護要點
 - 1. 主作物收穫時避免破壞損及間作物。
 - 2. 纏繞主作物時應隨時修剪。

3.5 敷 蓋 (Mulching)

- a. 定義 為保護土壤及植物根系，俾免受雨滴、結皮、冰凍、蒸發等影響，而散佈於土壤表面之任何物質。

- b. 目的

1. 保護土壤及植物根系。
 2. 減少雨點打擊，促進水分滲透，防止沖蝕。
 3. 保持土溫。
 4. 抑制雜草發生。
 5. 增加土壤有機物。
 6. 防止風蝕。
- c. 適用範圍
1. 緩坡農地。
 2. 敷蓋材料來源多之地。
 3. 覆蓋作物栽培不易之地。
 4. 非栽植適期時。
 5. 欲迅速覆蓋時。
 6. 欲作作物殘株防風時。
- d. 材料來源 稻草、蔗葉、蔗渣、稻殼、鋸屑、花生殼、鳳梨殘株、香茅草、高粱桿、玉米桿、粟桿、麥桿、草袋、雜草、塑膠布、疏鬆土壤等。
- e. 設計 順行敷蓋、等高敷蓋、縱橫敷蓋、行間敷蓋、全面敷蓋、交叉敷蓋、插壓敷蓋、直立敷蓋。
- f. 養護要點
1. 避免敷蓋物因風或逕流而堆積。
 2. 腐爛時宜翻入土內。

3.6 輪 作 (Crop Rotation)

- a. 定義 按一定規律的循環輪流種植不同作物謂之輪作。
- b. 目的
1. 維護土壤肥力，改良土壤性質。
 2. 配合作物生長季節，調節地面覆蓋。
 3. 減少土壤沖蝕，防止土壤劣化。
 4. 充分利用土地及地力。
 5. 防除病蟲害及抑制雜草發生。
 6. 充分利用勞力及調節資金。
 7. 增加生產。
- c. 適用範圍
1. 40% 以下坡地宜配合山邊溝處理。

2. 12% 以下坡地宜配合寬壩埕段處理。
 3. 原藏肥力深厚地區，可配合條作施用。
 4. 平臺埕段爲可免地力之偏激消耗。
 5. 雨季集中地區，可防臨界時期之過度冲蝕。
- d. 設計
1. 要深根與淺性作物配合。
 2. 密生與疏生作物輪植。
 3. 每一輪作系統要有一季荳科作物。
 4. 按氣候與降雨特性定出 2、3 或 5 年輪作系統。
- e. 施工注意事項
1. 儘量減少勤耕作物時間，延長密生作物時間。
 2. 不同種屬作物或栽培目的，配合成一輪作系統。
 3. 深根與淺根作物交互種植。
 4. 疏生與密生作物配合。
 5. 各期作物生長時期能互相調和。
 6. 最好能採間作與輪作配合施行。
- f. 養護要點
1. 耕犁時應避免破壞原有山邊溝或寬壩埕段。
 2. 臨界山邊溝或寬壩埕段上下宜種植密生作物。
 3. 前後期作之收穫時間，愈緊愈好，避免地面裸露。
 4. 臨界時期與降雨時期避免相同，可減少冲蝕。
 5. 如有綠肥作物，最好在雨季前翻犁。

3.7 草帶法 (Vegetative Barrier)

a. 定義 在坡面上按平臺埕段之計劃間距，密植草帶，用以淤土，漸次形成平臺埕段或減少原地面坡段。又名永久等高緩冲草帶。

b. 目的

1. 將長坡改爲短坡。
2. 分期形成平臺埕段，減低構築成本。
3. 分散逕流，減緩流速。
4. 保土留淤。

c. 圖說