

坡地作物排水與水土保持

(Steep slope drainage and soil water conservation)

經濟部水資源委員會助理工程師

劉 金 龍

一、前 言

本省土地總面積為三百五十九萬六千公頃，南北長而東西狹，中央山脈縱貫南北，將全島分為東西兩部，地勢陡促、河流短急，雨量不均，土壤淺薄，多含礫石，如此自然因素，使本省土壤容易沖蝕，又近年來濫墾之急增，一般坡地普遍缺乏水土保持之作業，更加形成嚴重之土地流失。

坡地作物之排水係坡地水土保持之重要課題。其有效之方法大體上可分為農業與工程之方法兩種。前者包括作物之種類、耕作之實施、覆蓋、植草、維護等，後者包括排水系統之佈置、平台階段、山邊溝等之構築。據民國五十三年統計，上述坡地開墾已實施水土保持處理之總面積有三萬公頃。但另一統計指出，本省現有濫墾地日趨嚴重，據初步之估計其總面積約有十一萬公頃。如此比較下，坡地水土保持之工作，至為重要。為謀求改善此項坡地之農業，維護排水之措施，本文就有關坡地農作之方法與排水之有關因素加以分析以供參考。參見表1。

表1. 陡坡地開墾處理統計表

編號	耕地處理	數量 (公頃)	備 考
1	平台階段	17,371.87ha	數據由省農牧局供給，民國53年9月
2	山邊溝與改良山邊溝	5,469.55ha	
3	寬壠階段	27.35ha	
4	單株平台加山邊溝	1,143.90ha	
5	窄階段	1,997.99ha	
6	單株平台	50.90ha	
7	邊坡處理	11.10ha	
8	崩塌處裡	56.50ha	
9	墾地	233.67ha	
10	總面積	26,362.74ha	
11	草溝	811,806.35m	
12	排水溝	40,489.00m	
18	截洩槽	597.00m	
14	洩槽	106,893.35m	
15	跌水	13,777座	

二、耕作坡地之水力因素

為水土保持作業上的需要，坡地開墾耕作地之方法，目前本省普遍採用者如後：

(一) 階段型：此種型式係橫跨坡向，每隔適當的垂直距離，沿等高線，將土地築成多條水平或內斜，外斜的平台。在我國俗稱「梯田」。按地面坡度與開墾之程序，階段又可分成三種：(1)寬壠階段。(2)畦脊階段，(3)平台階段。據本省從事水土保持試驗之有關機構^(註1)，無論在何種坡地作物園地，平台階段之保土蓄水效能最高，尤以內斜式之平台階段為最緩。如依水理觀點言之，階段內承受之過剩雨水，通常流速超過3呎每秒，土壤顆粒乃有移動之現象。而此一流速之發生除降雨之多寡外，由於階段面之坡度，水深之增減，及階段面之粗糙率而產生。

(二) 山邊溝型：此種型式包括近年來本省新設計之改良山邊溝。通稱攔坡溝，是橫跨坡向所挖的橫溝，目的在分層排水，分段築土埂，以為保蓄水分。溝身向排水路方向有一定降坡，約為1%至15%^(註2)。此時溝內排出之水流通常在平均水深15公分之下，流速為1.5至5呎/秒之間。但影響耕地內水流之容許流速，其主要因素有植物特性，土壤防沖性，覆蓋性及地面之坡度。另外由於降雨後從耕作坡地形成之水上而下在極短時間內由水深數公分之二次元方向之表面流 (surface runoff) 漸增為水深較深之渠流此時渠流之型態為越過臨界域後之紊流，其雷諾數超過1,500以上，紊流之發生於水流任一點之流速，流向隨時間而有不規則之變化時能量之變化亦隨之產生。通常在坡地上形成此種紊流之水流，可稱謂急差流。(rapidly varied flow)。此時水分子因受坡度之影響在短時間內作曲線運動而向心力或離心力擾亂流體內之壓力分佈，故壓力之分佈亦受影響。假設任一點之靜水壓力以水頭 h_s 表示，則此時因坡度之太陡，曲線水流之影響，則將產生壓力分佈之偏差 c ，故壓力之真值應為：

$$h = h_s + c$$

註1. 鳳梨園水土保持試驗報告 鳳山熱帶園藝試驗分所(民國49年)。

註2. 改良山邊溝水力試驗報告 臺大水工試驗所No21(民國52年)。

如圖 1 所示, $d = y \cos \theta$ 又 $h = d \cos \theta = y \cos^2 \theta$

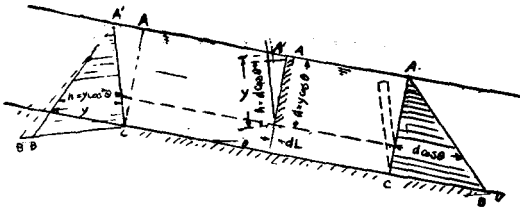


圖 1 陡坡平行流水流壓力分佈

，由此當坡度斜角 $\theta = 6^\circ$ 時, (10:1) 壓力水頭可差 1%。另外因一般陡坡地常因流速過大, 而致生水流挾氣之現象, 由挾氣之結果, 斷面內水之單位體積重亦不同, 故亦影響水流中之壓力分佈, 另外影響陡坡水流之因子尚有斷面所引起之粗糙率與斷面形狀所引起之水流阻抗。前者以關係式表示如下:

$$n = \left(\frac{y^{1/6}}{\sqrt{g}} \right) / \left[A_s - 2.5 + 5.75 \log_{10} (\sqrt{gyI} \cdot \frac{y}{v}) \right]$$

.....平滑面時

$$n = \left(\frac{y^{1/6}}{\sqrt{g}} \right) / \left[A_r - 2.5 + 5.75 \log_{10} (y/k) \right]$$

.....粗糙面時

式中 n = 粗糙率

y = 水深

k = 砂粒之直徑

$A_r = 9.0, A_s = 5.5^{(3)}$

但水深與水力半徑, 粗糙率綜合比較時, 另有一關係式為:

$$y = 1.5 \sqrt{n} \quad R < 1.0m$$

$$y = 1.3 \sqrt{n} \quad R > 1.0m$$

以上兩式依照福祿數, 雷諾數與水深不同而異, 而粗糙率在各種滑面上皆有理論式可以演算, 惟步驟複雜不易獲得理想之結果, 但如應用圖解法演算較為適當(4)。至於斷面形狀之影響其主要之關係因子為:

$$F_B = \frac{v}{\sqrt{gR \cos \theta}}$$

式中 F_B = 撲斯克數 (Boussineq Number), 一般情況下水力半徑可以水深代替之。(4)

三、耕作坡地排水方法與估算

坡地排水之目的, 主要以保護農林地, 並有效阻止土壤肥流失, 防止地面逕流破壞耕地。同時安全排洩並控制溝壑之形成, 有效蓄儲雨水, 供作業上之用。

由以上之目的觀之, 坡地排水與一般平地排水不同。一般平地排水之原則首以疏通除積, 使其排出場外。其方法有天然排除與機械排除, 但坡地排水方法唯有以天然排方法排除之。另外坡地排水之佈置, 通常應坡地耕作之方式, 由山上至下坡, 以分層分散為基本原則, 應避免上下直通之大排水路。工程之選擇在儘量利用天然之環境, 並以小型工程為宜。建造工程之材料, 儘量就地取材, 因地制宜。排水路之兼用為農道, 在作業上甚為有利, 但為適應上下行走, 必增設踏步基礎等, 如此影響水路斷面之不穩定, 尤以植草水路其情況更為複雜。

至於坡地排水之水利設計可由逕流率之估算為憑據, 逐步進行至決定排水路之種類型式而推廣至整個流域之排水系統。為便於了解及應用簡速, 以下表 2 及表 3 述出耕作坡地植草水路水流流速之容許範圍及估算排水斷面之標準。

表 2. 植草水路之容許流速

草 種	可 容 許 流 速 公尺/秒					
	土質良好不易冲蝕			土質不良冲蝕		
	0-5%	5-10%	10%以上	0-5%	5-10%	10%以上
百慕達草	2.4	2.1	1.8	1.8	1.5	1.2
格藍馬草	2.1	1.8	1.5	1.5	1.2	1.0
葛藤及苜蓿	1.1			0.75		
戀風草	1.1			0.75		
牧 草	2.1	1.8	1.5	1.5	1.2	1.0

四、結 語

本省耕作坡地現正積極推行水土保持, 範圍擴及全省, 所推行之方法與規劃皆由以往之經驗與理論分析並參考國外之資料以為憑據, 然水土保持之效益防止表土流失, 冲蝕尚缺實際之資料如防冲指數, 流失指數等, 其變化之範圍甚大, 如以估算式表示, $E_s = C_s S^m$, 式中 E_s 為土壤流失量, S 為地面坡度, C_s 與 m 為依作物, 耕作方式而異之係數與指數, 可稱為流失係數與防冲指數。另外因缺乏瞬時降雨記錄, 難於分析水土保持與流域經理之進一步變化, 為能健全水土保持工作並獲得確實之結果當有賴周密之試驗設置與長期之觀測, 以為有效推行本省水土保持與流域經理之根據。

註 3. Flow in a channe of definite roughness, Trans. ASCE, Vol. 111. 1964,

註 4. 農業工程學報 Vol .9, No. 1 (民國 52 年 3 月)。

表3 陡坡地排水估算標準

編號	耕地系統	坡度 (s) %	土質	型式	橫 溝						縱 溝 (主溝)						出水口	附註	
					橫 斷 面			長度 m	降坡 %	斜面 長度 m	橫 斷 面			長坡 m	降坡 %	斜面 長度 m			
					底寬	深	上寬				底寬	深	上寬						
1	上下行植	0.5-1.5	砂土	斜	0.10	0.30	0.50	50	0.20	30	0.10	0.40	0.90	100	0.5	50	須配合全農場排水系統，設於田區下端，依排水量決定斷面，並適當之保護工。	挖溝所產生之土，須置於溝之下側，使自形成一小排水溝。	
					壤土	0.20	0.30	0.45	50	0.30	20	0.20	0.40						1.00
					粘土	0.20	0.35	0.45	50	0.50	20	0.30	0.40						1.10
2	等高條栽	1-3	砂土	溝	0.10	0.30	0.50	50	0.20	30	0.10	0.40	0.90	100	0.20	50	須配合全農場之排水系統，設於田區下端，流速超過0.6—1.5m/sec須植草保護，如超過1.5m/sec視出口下游之狀況另行保護之。		
					壤土	0.20	0.30	0.45	50	0.30	20	0.20	0.40						1.00
					粘土	0.20	0.35	0.45	50	0.50	20	0.30	0.40						1.10
3	寬塔長	0.5-1.5	砂土	田壩式蓄水型	無						底寬 1.00	100	0	V.D Sinδ	須配合全農場排水系統，依排水量決定斷面，流速超過0.6—1.5m/sec者須植草，2.5m/sec以上者，築跌水或靜水池等構造物，應盡量利用天然溝林地或草地，通常設於田間左右端或中央，地形內向之處。	V.D=垂直距離(m) S=坡度(度) 橫溝=塔溝 橫溝長度指水朝一方向流經之長度 橫溝=山邊溝			
					壤土	深 0.4-0.6	邊坡 1:4	以上	0.3										
4	改良山邊溝	12-55	砂土	梯型	無						底寬 0.3	100	0.3	"					
					壤土	深 0.3-0.5	邊坡 1:1	以上	0.5										
5	平台塔段	20-55	不分類	水平式內斜	無						依排水量而定	100	0.3	"					
					外斜	深 0.4-0.5	邊坡 1:4	以上	0.5										

附註：1. 表上極薄地區不宜採用。

2. 斜面長度暫以表內尺寸定之，可推廣應用在較大面積範圍內，故必要時可延長至50公尺——100公尺。

Summary

Rainfall coming at a high rate is likely to induce considerable surface runoff, which will cause erosion down the slopes. When runoff attains a velocity of about 2 to 3 or more feet per second it is usually capable of loosening and transporting topsoil from unprotected field, especially where raindrop splash has aided in throwing soil particles into suspension.

At the top of a slope the quantity of runoff is usually small and the movement slow—without power to do much damage. But as the water flows down the slope its volume and velocity tend to increase, and it gains increasing momentum and power to tear away soil particles.

Terraces must intercept the surface runoff before it attains sufficient velocity to severely erode the soil. They must carry the surplus rainfall from field at nonerosive velocity and deliver it to stabilized waterways where gullies are not likely to be formed by the discharge water. This is a method of water and soil conservation. It is important how to design completed drainage system in those problem.