

大專用書

# 水土保持學

蔡如藩編著

國家科學委員會補助  
國立編譯館主編

中央圖書出版社發行

大專用書

# 水土保持學

蔡如藩編著

國家科學家學委會員補助  
國立編譯館主編

中央圖書出版社發行

二  
故  
書  
授  
  
沖  
四  
保  
量  
  
逐  
閱  
價  
採  
影  
籍

行政院新聞局出版事業登記證，  
局版台業字第〇九二〇號

國立編譯館主編  
**水土保持學**  
版權所有·翻印必究  
定價新臺幣一四〇元整

編著者：蔡如藩  
發行人：林在

出版者：中央圖書出版社  
台北市衡陽路二二號

總經銷：中央圖書供應社  
台北市衡陽路二二號

電話：三三一五七二  
三七一八九三  
郵政劃帳：九一四號

印刷所：聯和印製廠有限公司  
台北市寶興街二十一號

中華民國七十年三月出版

編號：2079

# 序

去歲八月初，潘教務主任士釗兄囑余編寫水土保持學，並限於十二月底交卷，因感時間迫促，難以完成，遂即婉謝；同年八月底，張故校長耘述再手諭編著水土保持學，並允延期交稿，余乃着手編著斯書，唯仍感時間倉促，在搜集資料方面，錯誤遺漏在所難免，至盼講授者，讀者隨時摘告，以便再版時得以修正。

本書內容共分八章，第一章簡介水土保持基本觀念；第二章敘述沖蝕發生之原因，及各種沖蝕之概況；第三章介紹土地利用概況；第四、五、六章，分別討論水土保持農藝法，水土保持植生法，及水土保持工程法；第七章爲定砂防風；第八章簡介水土保持工作常用之測量方法。

初稿完成後，蒙業師郭教授魁士，前森林科主任程教授連瑞分別逐章校閱，並提供修正意見；沖蝕與土地利用兩章，蒙黃講師俊德校閱；水土保持工程法一章，蒙農復會李技正三畏校閱；水土保持經濟評價分析一節，蒙淡江文理學院講師林秉柔小姐校閱；書中照片除部份採自台灣省攔砂壩工程初步調查報告，部份爲作者自攝外，餘者由農牧局第五工作處李主任明男供給；插圖由助教葉慶龍君描繪；本書原稿承蒙國立臺灣大學王教授子定詳加審訂，謹此誌謝。

蔡如藩序於台灣省立屏東農業專科學校

中華民國六十年六月一日

# 水土保持學

## 目 錄

<b>第一章 緒論</b> .....	1
<b>第一節 認識水土保持</b> .....	1
1-1-1 水土保持的意義.....	1
1-1-2 水土保持的方法.....	2
1-1-3 水土保持學探討的範圍.....	3
<b>第二節 水土保持的重要性</b> .....	4
1-2-1 水土保持與國家的關係.....	4
1-2-2 水土保持與水利的關係.....	5
1-2-3 水土保持與農業的關係.....	5
<b>第三節 水土保持的經濟評價</b> .....	6
1-3-1 經濟評價的意義.....	6
1-3-2 經濟評價的方法.....	7
<b>第二章 冲蝕</b> .....	13
<b>第一節 認識冲蝕</b> .....	13
2-1-1 冲蝕的意義.....	13
2-1-2 冲蝕的種類.....	13
2-1-3 蝕溝的產生.....	17
2-1-4 蝕溝的種類.....	18
<b>第二節 影響冲蝕的因素</b> .....	19
2-2-1 人力難以控制的冲蝕因素.....	20
2-2-2 人力可以控制的冲蝕因素.....	24
<b>第三節 雨蝕</b> .....	27
2-3-1 水文循環.....	27

2-3-2	雨的形成	29
2-3-3	雨的性質	29
2-3-4	雨蝕的形成	30
2-3-5	雨蝕現象	31
2-3-6	影響雨蝕的因素	32
2-3-7	雨蝕的後果	36
<b>第四節</b>	<b>逕流冲蝕</b>	<b>36</b>
2-4-1	逕流的形成	36
2-4-2	逕流的單位	36
2-4-3	影響逕流的因素	38
2-4-4	逕流量估算的方法	40
2-4-5	逕流冲蝕的意義	49
2-4-6	影響逕流冲蝕的因素	49
2-4-7	逕流冲蝕的後果	56
<b>第五節</b>	<b>河渠冲蝕</b>	<b>56</b>
2-5-1	河渠的意義	56
2-5-2	河渠冲蝕的意義	57
2-5-3	河渠冲蝕的種類	58
2-5-4	影響河渠冲蝕的因素	59
2-5-5	河渠冲蝕的後果	61
<b>第六節</b>	<b>崩坍</b>	<b>62</b>
2-6-1	崩坍的意義	62
2-6-2	崩坍發生的原因	62
2-6-3	崩坍的種類	64
2-6-4	崩坍形成的後果	67
<b>第七節</b>	<b>風蝕</b>	<b>67</b>
2-7-1	風的形成	67
2-7-2	風蝕的意義	74
2-7-3	影響風蝕的因素	76
2-7-4	風蝕的後果	77

<b>第三章 合理的土地利用</b> .....	79
<b>第一節 土地利用</b> .....	79
3-1-1 認識土地利用.....	79
3-1-2 不合理土地利用形成的原因.....	80
3-1-3 台灣土地利用的概況.....	81
<b>第二節 土地調查與評判</b> .....	85
3-2-1 土地調查.....	85
3-2-2 土地調查的項目.....	86
3-2-3 土地調查記載法.....	87
3-2-4 土地評判.....	88
3-2-5 台灣省農林邊際土地分類標準.....	90
<b>第三節 農地重劃</b> .....	91
3-3-1 農地重劃的意義.....	91
3-3-2 重劃前農地的現狀.....	92
3-3-3 重劃後農地的生產環境.....	93
3-3-4 農地重劃實施的程序.....	93
3-3-5 農地重劃的設計.....	95
3-3-6 農地重劃的效益.....	100
<b>第四節 綜合性水土保持與坡地利用</b> .....	100
3-4-1 綜合性水土保持與坡地利用的意義.....	100
3-4-2 影響坡地利用的因素.....	101
3-4-3 綜合性水土保持與坡地利用實施的方法.....	102
<b>第四章 水土保持農藝法</b> .....	107
<b>第一節 輪作</b> .....	107
4-1-1 輪作的意義.....	107
4-1-2 輪作的種類.....	107
4-1-3 輪作制度的效益.....	109
4-1-4 輪作制度的缺點.....	110

4-1-5 輪作制度擬定的原則.....	110
<b>第二節 間作</b> .....	110
4-2-1 間作的意義.....	111
4-2-2 間作的種類.....	111
4-2-3 間作的效益.....	113
4-2-4 間作的弊害.....	114
4-2-5 間作制度擬定的原則.....	114
<b>第三節 條作</b> .....	114
4-3-1 條作的意義.....	115
4-3-2 條作的種類.....	115
4-3-3 條作的效益.....	116
4-3-4 條作擬定的原則.....	116
<b>第四節 等高耕作</b> .....	118
4-4-1 等高耕作的意義.....	118
4-4-2 等高耕作的效益.....	119
4-4-3 等高耕作實施的步驟.....	119
<b>第五節 深耕</b> .....	122
4-5-1 深耕的意義.....	122
4-5-2 深耕的效益.....	122
4-5-3 深耕實施時應注意的事項.....	123
<b>第五章 水土保持植生法</b> .....	125
<b>第一節 林木覆蓋法</b> .....	126
5-1-1 林木覆蓋法的意義.....	126
5-1-2 實施林木覆蓋的方法.....	126
5-1-3 樹種的選擇.....	126
<b>第二節 草覆蓋法</b> .....	138
5-2-1 草覆蓋法的意義.....	138
5-2-2 草的習性.....	138
5-2-3 草的選擇.....	139



5-2-4 種草的方法.....	144
<b>第三節 綠肥覆蓋法.....</b>	<b>148</b>
5-3-1 綠肥覆蓋法的意義.....	148
5-3-2 綠肥的意義.....	148
5-3-3 綠肥的種類.....	148
5-3-4 綠肥的習性.....	149
5-3-5 綠肥的效益.....	150
5-3-6 綠肥栽培法.....	151
5-3-7 栽培綠肥應注意事項.....	152
5-3-8 壓青應注意的事項.....	153
5-3-9 台灣的綠肥.....	153
<b>第四節 植物殘體覆蓋法.....</b>	<b>156</b>
5-4-1 植物殘體覆蓋法的意義.....	156
5-4-2 植物殘體覆蓋法的種類.....	158
5-4-3 植物殘體覆蓋法的效益.....	161
5-4-4 植物殘體覆蓋法的缺點.....	162
<b>第六章 水土保持工程法.....</b>	<b>165</b>
<b>第一節 埕段.....</b>	<b>165</b>
6-1-1 埕段的意義.....	165
6-1-2 埕段的功效.....	166
6-1-3 埕段的缺點.....	166
6-1-4 埕段的種類.....	167
6-1-5 平台埕段設計的步驟.....	171
6-1-6 寬底埕段設計的步驟.....	189
6-1-7 單株平台埕段設計的步驟.....	193
<b>第二節 山邊溝.....</b>	<b>194</b>
6-2-1 山溝邊的意義.....	194
6-2-2 山溝邊的功效.....	195
6-2-3 山溝邊的種類.....	194

6-8-4 農塘設計的步驟	255
6-8-5 農塘施工的程序及注意事項	264
<b>第七章 定砂與防風</b>	<b>269</b>
<b>第一節 定砂</b>	<b>269</b>
7-1-1 定砂的意義	269
7-1-2 砂地的構造	269
7-1-3 砂地的特性	269
7-1-4 積砂的種類	270
7-1-5 砂丘循環現象	272
7-1-6 定砂的方法	272
<b>第二節 防風</b>	<b>275</b>
7-2-1 防風的意義	275
7-2-2 風害	275
7-2-3 防風的方法	276
7-2-4 防風林	277
<b>第八章 簡易測量</b>	<b>289</b>
<b>第一節 手持水準儀測量</b>	<b>289</b>
8-1-1 手持水準儀簡介	289
8-1-2 坡度測量法	290
8-1-3 等高線測量法	290
8-1-4 降坡測量法	290
8-1-5 檢定坡度法	291
<b>第二節 羅盤儀測量</b>	<b>291</b>
8-2-1 羅盤儀簡介	291
8-2-2 常用術語	292
8-2-3 羅盤儀測量法	293
<b>第三節 求積儀測量面積</b>	<b>294</b>
8-3-1 求積儀簡介	294
8-3-2 求積儀使用法	295
8-3-3 求積儀使用時注意事項	295
<b>索引</b>	<b>297</b>

# 第一章 緒論

## 第一節 認識水土保持

### 1-1-1 水土保持的意義

陸地上的水是由大氣中降落而來，陸地上的土壤是由岩石風化而成；水和土均為可以更新並具循環性的天然資源，如果管理適當，控制合理，則可使其發揮無比之功益，永遠供給人類利用，造福人群；反之，若管理不當，或處理不善，則水多為患，水缺成災，土質地瘠，無法利用，終致影響社會之秩序，人民之生計，為謀解救之道，乃有水土保持之議。

“水土保持”一語，英美稱“*Soil and water conservation*”或“*Soil conservation*”，故早期國人譯為“土壤保育”。今為易於瞭解水土保持之意義，茲引述中外學者所述定義於下：

周恒氏<sup>(1)</sup>謂“水土保持是講求土地安定，防止災害發生，培養天然資源，達成生產永續之綜合目的之方法”。

沈宗瀚<sup>(5)</sup>氏謂“水土保持為一新興之農業技術，宜以配合土地條件及當地耕作需要，因地制宜，期能普遍，以達成保土增產之目的”。

美人 H. H. Bennett 氏謂“水土保持是為保持土地的永續生產力，在經濟實用限度內，根據土地之性質（自然形成的）及其需要（人為形成的）去使用土地，一切適應的方法，無論單獨使用或共同使用，凡能獲得土地永續之生產力者，都是水土保持方法”。（*The father of soil conservation of U. S., Dr. Hugh Hammond Bennett*<sup>(8)</sup>, said that “*Soil conservation is the use of land, within the limits of economic practicability, according to its capabilities (the way nature made the land)*”。

and its needs ( its condition resulting from the way man has used it ) in order to keep it permanently productive. All adaptable measures required to achieve permanent productivity of the soil constitute the tools of conservation, where used singly or in various adaptable combinations ” )

美人 R. M. Salter 氏謂“水土保持為適當的土地利用,保護土地,防止劣化,重建被沖蝕及貧瘠的土壤,為作物保持適量的水分,及適當的灌溉與排水,以維持永續性農產品品質及農地之收益”。( Dr. Robert M. Satter<sup>(11)</sup> defined soil conservation as “ proper land use, protecting the land against all forms of soil deterioration, rebuilding eroded and depleted soils, conserving moisture for crop use, proper agricultural drainage and irrigation where needed, and increasing yield and farm income, all at the same time.” )

綜合中外人士對水土保持所述之定義<sup>(1)(5)(7)(8)(9)(10)(11)</sup>,知水土保持乃對水資源及土資源合理的處理與有效的保護,以防止其變劣與消失,使其維持永續生產之潛能,供給永續生產之利用,達到永續生產之收益,而為一綜合性的科學技術。

### 1-1-2 水土保持的方法<sup>(1)(5)(7)(8)(9)(10)</sup>

水土保持實施以來,為時甚久,故方法繁多,但是迄今並無統一分類之規則,茲將重要之方法,依其性質的不同,歸納分類如下:

#### 一、水土保持農藝法:

- (1) 輪作
- (2) 條作
- (3) 間作
- (4) 等高耕作
- (5) 深耕

#### 二、水土保持植生法,亦稱水土保持覆蓋法:

- (1) 綠肥覆蓋法
- (2) 草覆蓋法
- (3) 林木覆蓋法
- (4) 植物殘體覆蓋法

### 三、水土保持工程法

- (1) 埕段
- (2) 山邊溝
- (3) 洩槽
- (4) 跌水
- (5) 攔砂壩
- (6) 護岸
- (7) 擋土牆
- (8) 農塘

### 四、定砂與防風

上述之方法，各有其特殊之性質與價值，實施時，有時某些方法可以彼此互相代替，有時則不能代替，有時則需要彼此配合，始能產生最大之效益，有時則無彼此配合之需要，故水土保持實施前，應瞭解該地之自然因素及人文、社會、經濟狀況，根據所獲水文資料，土壤性質，農村經濟條件，與社會風俗習慣等，按照土地之需要去處理土地，依着土地之性質去利用土地，因地制宜，靈活利用，選擇一種最經濟最有效的水土保持方法，使每一塊土地都能發揮其最大的潛能，達到永續生產之目的，務使從上一代接收來的每一塊土地遺產都完整的交與下一代，這是水土保持工作者之目的，也是應盡之義務與責任。

#### 1-1-3 水土保持學探討的範圍

水土保持學，英國與美國亦均稱 soil conservation<sup>(7)(9)</sup> 或 soil and water conservation<sup>(10)</sup>，為一門新興的應用技術科學，專門探討關於水土保持的問題，其探討研究之範圍<sup>(1)(8)(9)(10)</sup>綜合歸納如下：

##### 一、合理的土地利用方法

- 二、沖蝕發生的原因及防治的方法
- 三、惡劣地恢復生產潛能的方法
- 四、培育肥力與提高農業生產的方法
- 五、水資源保護和利用發展的方法

由上所述，可知水土保持學探討之範圍極為廣泛，處理之問題與涉及之有關科學亦繁，因此，不可能以單純之方法，圓滿解答任何一問題，故須賴各種科學之協助，始能完成各種研究。因論及水，故與氣象學，水文學，集水區經營學等有關係；因論及土，故與地質學、土壤學、土壤化學、土壤物理學、土壤力學等有關係；所論防治沖蝕之方法，因與農藝、森林、土木工程、水利工程等有關係，故又涉及植物學，作物栽培學、造林學、測量學、水力學、工程設計，及施工學等。

## 第二節 水土保持的重要性

水土保持之重要性，可就水土保持完成後產生之經濟效益及對國計民生之影響而言。

### 1-2-1 水土保持與國家的關係

國家之強弱盛衰，受其財富之影響，概言之，財富多，則國強，財富寡，則國衰。所謂財富之多寡，並非指金錢之多少，而是說有無生產資源，及生產資源能否持續。水和土不僅是可更新的生產資源，而且是人類賴以生存的基本物質，也是國家經濟建設之動力，如果給予妥善的處理和適當的保護，此種動力將取之不盡，用之不竭，永遠的發揮其作用，造福人類，使國家富強康樂，民族昌隆日盛。反之，如處理不當，則導致水土破壞；資源枯竭，輕則雨水失調，水災旱害相繼發生，影響人民生活，重則導致國家衰敗，民族毀滅。自古迄今，盛衰治亂，莫不與水土相關，其例證比比皆是，不勝枚舉。西諺云：“文化的基礎建立於土壤的存在，一旦表土流失，則無國家財富與文化之可言。”由此可以洞察水土保持之重要性。

## 1-2-2 水土保持與水利的關係

今日所謂水利，乃藉工程方法，使水發揮高度有效的潛力，以達發電、灌溉、公共給水，及航運之利。現在水利工程之趨勢，均致力於水資源多目標之開發與利用，以達建設國家之經濟發展，提高國民生活水準之目的，因此築壩蓄水幾成爲主要之工程；但是，水庫完成後，嚴重的泥沙淤積問題，接踵而至，考其原因，不外山林荒廢，失去蓄水能力，每逢降雨，均變爲逕流，流量多，流速急，造成嚴重的沖蝕，土砂、石礫，隨水俱下，沉澱於下游，填高河床，造成水庫的淤積，引起嚴重之損失。茲列舉一二實例於下：

一、民國四十四年調查尖山石碑水庫，測得年平均淤砂量約爲 218,000 立方公尺，因該水庫之集水區面積僅 10.6 平方公里，故相當沖蝕深度約 20.6 公厘。沖蝕嚴重之情形，實爲驚人。

二、民國五十二年九月葛樂禮颱風襲台，次年三月進行石門水庫築成後首次淤砂測定，（石門水庫容量爲 316,000,000 立方公尺，集水區面積約 756.6 平方公里，五十二年五月開始蓄水。）發現淤砂量達 19,500,000 立方公尺，爲估計年淤砂量 800,000 立方公尺的二十四倍，使水庫容量減至 209,650,000 立方公尺。換言之，因砂石淤積減少了石門水庫使用壽命達二十四年。根據石門水庫效益分析，年效益達新台幣 330,000,000 元，使用未及一年，竟因淤積造成經濟之損失，達新台幣八十餘億元，其他如對河川堤岸、航道、排水溝渠、灌溉系統、防洪設施、給水工程之影響，更不勝枚舉。

倘若於集水區內，普遍推行適當的水土保持，上述危害之現象及損失，雖不能消除，亦當可以減輕，而收益匪淺，由此可知水土保持之重要。

## 1-2-3 水土保持與農業的關係

農業生產之基本要素，爲勞力、資本、土地、和水分，四者缺一則無法經營。當經營農業時，如投入之勞力和資本不變時，農業產量之豐歉，端視地力及水分供應情形而異。若耕地面積廣大，土壤肥沃

雨水調宜，農作物不但產量高，而且品質佳。反之，如雨水失調，水多成澇，水少則旱，輕則肥分流失，地力衰退，重則沖蝕為害，溝壑遍野，耕地荒蕪，甚而形成水災，淹沒良田，使可耕地日益減少，對農業生產影響甚大。茲列舉中外一二調查結果於下：

一、根據調查<sup>(7)</sup>，1933年7月至1934年6月，全美氮、磷、鉀，三種肥料之施用量為668,000噸，折合美金約158,500,000元，然而每年由田中流失的氮、磷、鉀，三種肥料的數量，竟達43,661,000噸，約為施肥量之六十倍，如以金錢衡量，損失之大更為驚人。

二、民國48年8月7日，艾倫颱風襲台，造成水災，損失慘重。根據航空測量調查<sup>(8)</sup>，流失農田約1,274公頃，被砂石埋沒之農田約24,176公頃，受害面積136,542公頃，減收稻穀約72,230噸；經重建後，流失之農田恢復約百分之六十，即耗資新台幣186,839,000元；砂石埋沒之農田恢復約百分之八十，即耗資新臺幣140,170,000元；全部重建費共新台幣1,425,258,000元；總損失達新台幣三十四億元，佔全年國民所得總額十分之一強。此一巨大之損失，不僅影響農業生產，而且影響國家經濟之盛衰，及社會之安定，如能及早按土地之需要，予以水土保持處理，雖然不能阻止災害發生，但是將可減少災害之損失。由此觀之，可知水土保持對農業之重要性。

### 第三節 水土保持的經濟評價

#### 1-3-1 經濟評價的意義

經濟評價乃任何工程於設計時，對其預期效益及所需成本之計算、分析，和比較之方法，藉以判定其有無經濟價值，及其經濟價值之大小。經濟評價因受社會經濟變動之影響，並非絕對準確，故分析經濟評價時，應將年效益和年成本，或總效益和總成本，置於相同之時間基礎上，以錢幣數額及適當之利率比較，以求合理化。一般工程之成立，應使效益大於成本，至少須使效益等於成本，故擬定工程計



劃時，常提出許多不同之方案，互相比較，最後選擇效益最大者實施之。

水土保持爲一企業性之經建工作，實施推廣後，足以促進土地之開發，農村社會之繁榮，故應注意其經濟評價。唯水土保持方法繁多，有的適應性小，設計簡單，施工容易，所需經費少，似可忽略其經濟評價；但是，有的適應性廣，設計繁雜，施工困難，所需經費甚巨，影響亦大，則不應忽視其經濟價值，必須實施經濟評價。此一問題多爲現階段水土保持工作者忽略，數十年來，僅吳功顯氏於民國五十九年在中國農村復興聯合委員會協助之下完成“綜合性水土保持及土地利用計劃效益分析初步研究(2)”，著者深感此一問題之重要，故提出加以討論，期能引起水土保持工作之注意。

### 1-3-2 經濟評價分析之方法

經濟評價涉及之問題廣泛而複雜，分析極爲不易。概言之，可歸納爲成本計算，效益計算，及兩者之比較方法。茲簡述於下：

#### 一、成本估算法

水土保持方法實施時，所需之一切費用，不論政府投資，或政府補助，或私人團體投資，或農民投資，均應視爲生產成本。茲將成本種類簡介於下：

##### (一) 直接成本與間接成本：

(1) 直接成本：生產或製造一種產品，直接消耗的費用稱直接成本。就農林而言，如種苗費、農藥費、整地費及工資等屬之。就工程而言，如工程結構物建造費，導水費，基礎處理費及工資等屬之。

(2) 間接成本：生產或製造一種產品，間接消耗的費用稱間接成本。就農林而言，如田賦、稅捐、土地投資利息、工具修理費及水利費等屬之。就工程而言，如工程測量費、調查費、製圖費、研究試驗費等屬之。

##### (二) 固定成本與變動成本：

(1) 固定成本：從事生產活動時，與生產量無關，固定不變的成本，包括年利息(annual interest)，年償債積金(amortization annuity)，年中期換新準備金(replacement annuity)，年稅捐與保險費(insurance and taxes)。

① 年利息：爲投資之利息負擔，依估計至完工總成本爲