

高等学校教学用书

土壤改良与農業給水

下 册

A. A. 契尔卡索夫著

高等教育出版社

7 9-1
37-3
高等學校教學用書



土壤改良与農業給水

下 册

A. A. 契尔卡索夫 著

中華人民共和國水利部專家工作室

东北農學院蘇聯教材翻譯室 譯

高等教育出版社

36640/12

本書係根据苏联國立農業書籍出版社 (Государственное издательство сельскохозяйственной литературы) 出版的契尔卡索夫 (А. А. Черкасов) 教授所著“土壤改良与農業給水”(Мелиорация и сельскохозяйственное водоснабжение) 1950 年增訂第三版譯出的。原書經苏联高等教育部審定為農學院系教學參考書。

全書分兩冊出版。上冊包括土壤改良的基本知識和灌溉，下冊包括防止土壤侵蝕、排水和農業給水。

下冊的翻譯者為水利部專家工作室陳益秋同志、東北農學院苏联教材翻譯室曾廣驥和杜淪聰同志。

土壤改良与農業給水

下 冊

A. A. 契尔卡索夫著

中華人民共和國水利部專家工作室
東北農學院苏联教材翻譯室

高等教育出版社出版
北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可証出字第〇五四號)

京華印書局印刷 新華書店總經售

書號 554(課488) 開本 850×1168 $1/32$ 印張 7 字數 176,000

一九五六年三月北京第一版

一九五六年三月北京第一次印刷

印數 1—4,000 定價 (7) ¥ 0.90

下冊目錄

III. 防止土壤侵蝕

第十三章 防止土壤侵蝕	365
§ 51. 土壤的片蝕	365
§ 52. 防止雞谷	379

IV. 排 水

第十四章 排水的任务	386
§ 53. 过濕的土壤	386
§ 54. 防止土壤过濕	394
§ 55. 排水对土壤的影响	397
§ 56. 排水对農作物發育的影响	404
§ 57. 排水地水分空气狀況的確定	406
第十五章 加速地表逕流	412
§ 58. 系統排水的明式排水溝網	412
§ 59. 系統排水的半暗式排水溝網	422
§ 60. 重點排除地表水的方法	424
第十六章 降低地下水位	426
§ 61. 排水定額	426
§ 62. 排水溝敷設的深度	428
§ 63. 排水溝的間距	431
§ 64. 降低地下水位的明溝系統	434
§ 65. 濠溝式排水設備	438
§ 66. 鼠道式暗溝	448
§ 67. 承洩區	454
§ 68. 垂直式排水設備	459
第十七章 特种排水以及排水与灌溉的結合	462
§ 69. 重新分配各土層的含水量	462
§ 70. 土壤通風	465
§ 71. 防止淹沒、修築河流堤防	466
§ 72. 防止水庫沿岸地區为地下水浸沒	469
§ 73. 疏乾蓄水池	470
§ 74. 低地放淤	471
§ 75. 排水地的浸潤	474

第十八章 排水地的農業開墾	483
§ 76. 消除土壤耕作的机械障碍	483
§ 77. 生荒地的初耕	489
§ 78. 土壤的初次施肥	493
§ 79. 植物技術措施	495
§ 80. 沼澤的特种栽培形式	496

第二部分 農業給水

V. 農業給水定額

第十九章 水質	501
§ 81. 緒論	501
§ 82. 天然水的性質及其最簡單的測定法	502
§ 83. 對水質的要求	509
§ 84. 水質的改善	513
第二十章 農業生產中的設計用水定額	525
§ 85. 人的用水量	525
§ 86. 農畜用水量	527
§ 87. 農作物用水量	529
§ 88. 農業機器工作時的用水量	532
§ 89. 農產品加工用水量	533
§ 90. 消防用水量	534
§ 91. 用水圖表	535

VI. 農業給水技術

第二十一章 水的取集	540
§ 92. 給水的一般輪廓	540
§ 93. 水源地點的選擇	541
§ 94. 露天水流和蓄水池的利用	548
§ 95. 降水和地表逕流的直接利用	556
§ 96. 利用地下水作給水水源	559
§ 97. 揚水設備	560
第二十二章 往用水地點輸水	562
§ 98. 輸水的方式	562
§ 99. 農業住宅區的上水道	563
§ 100. 農業住宅區的下水工程	571
§ 101. 牧場和田間的配水	575

III. 防止土壤侵蝕

第十三章 防止土壤侵蝕

人民真正的財富被付諸大海

——威廉士

所謂土壤侵蝕，就是指地殼上的土粒被風和水所粉碎、遷移的現象。下面我們僅是簡單地研究一下現代的侵蝕，而且僅就與人類的農業活動有密切關係的耕地上的侵蝕而言；並不涉及远古劇烈的剝蝕，經過這種侵蝕形成了所謂水路網（淺凹地、谷地、乾谷、河谷）。再縮小一些，我們只研究水蝕——土壤的片蝕和溝蝕，因為風蝕是專門在森林學教程中研究的。

一部分暴雨水和融雪水，成一薄層狀或成無數條細小水流狀流動，把土壤表層的土粒洗刷掉，使廣闊地段上的表土層同時地、大致均勻地變薄；這種現象稱為片蝕。與此不同、集中的、細窄而強烈的水流沖蝕着整個土層和底下的成土母質，形成深達數公尺或數十公尺的細溝和雛谷；這種現象稱為溝蝕。這兩種侵蝕，由於其成因、侵蝕過程的特點、後果及其消除的方法之不同，下面要分別地加以研究。

§ 51. 土壤的片蝕

土壤片蝕的大小，決定於水流的動能和土壤抗蝕性之間的關係。

根據考斯加可夫的研究^①，在離分水嶺 1 公尺的斷面上，水流的動

① 考斯加可夫：“土壤改良原理”，蘇聯國立農業書籍出版社；1938 年，第 703 頁。

能 F 等於

$$F = \frac{B(1-\mu)^{1.5} l^{1.5} A^{1.5} i^{0.5}}{\gamma^{0.5}}, \quad (46)$$

式中 B —常數； μ —土壤吸收地面水的係數； A —大氣降水(公尺/秒)； i —地形坡降； γ —地表糙率(參閱 § 42)。

土壤的抗蝕性取決於土壤團聚體的粗度和水穩性、膠體的多寡及是否有 Al 和 Fe 的三氧化物。

土壤的片蝕性可用侵蝕指數 ε 來表示：

$$\varepsilon = \frac{d \times h}{a}, \quad (47)$$

式中 d —分析時不用 $NaCl$ 處理土壤所得的 $d < 0.05$ 的粒組與用 $NaCl$ 處理所得的同樣粒組之比； h —土壤的親水性指數，即土壤中 1 克膠體所具有的土壤持水力的數值； a —單位土壤中水穩性團聚體的數量①。

根據道庫查也夫和考斯賓切夫的研究，有結構的未加開墾的黑鈣土和深栗鈣土是最穩定的；最不穩定的是成土母質，如烏克蘭的黃土。散碎的和無結構的土壤，很容易遭受片蝕。

根據威廉士的研究，有機物質分解時所形成的腐植質，是造成土壤穩定性的唯一原因。

公式(46)和(47)指出了片蝕的主要因素，並且大致確定了它們數量上的作用。水流的動能 F 和侵蝕指數 ε 愈大，則片蝕愈強烈；因此，如果暴雨愈強，地形坡降、逕流係數和坡地的長度愈大，土壤的分散性愈高，其親水性愈大，土壤糙率愈小，其團聚性愈小，則片蝕愈厲害。

黏土的片蝕，實際上由 0.01—0.02 的坡降開始，砂壤土的片蝕由 0.02—0.035 開始。

土壤的滲透力 μ 愈小，則地表逕流係數 σ 就愈大，片蝕 G 就愈強。例如，在不同的地段上觀測一次暴雨的結果如下：

① “土壤改良與水利技術科學研究論文集”，1940 年，第 138 頁。

地表逕流係數 σ	0.005	0.041	0.160	0.208	0.394
土壤的片蝕 G (噸/公頃).....	0.6	2.5	14	29	43

設在坡地 AB 上(圖 147)各段的坡降和土壤覆蓋層都相同,降落了強度為 A 的暴雨,而且各處的逕流係數都相同。

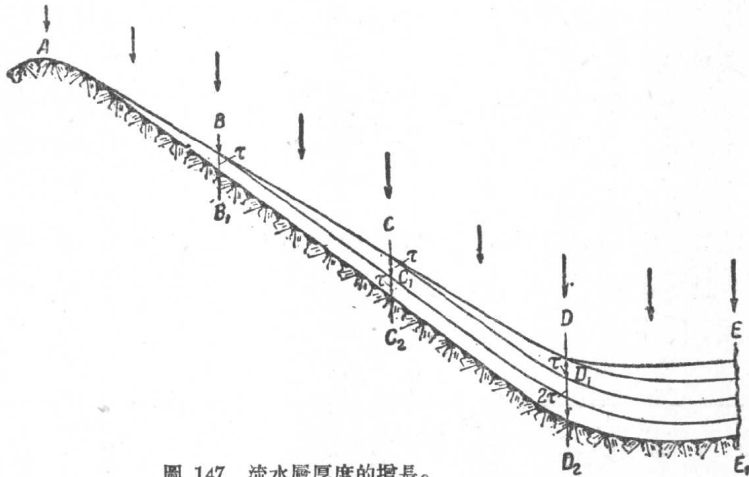


圖 147 流水層厚度的增長。

設將坡地分成三段。流水層的厚度, 离分水嶺的距离 l 每远一公尺就越厚, 在第一段末端 BB_1 達到 τ ; 在第二段末端 CC_2 約為 2τ , 在 DD_2 大致為 3τ , 餘此類推。由於水層厚度不斷增長, 使水的質體 m 、水的流速 v 、水流的動能 $F = \frac{mv^2}{2}$, 最後使片蝕的強度也不斷增大, 在最後一段片蝕的強度, 將是最大。茲舉一典型的例子來說明^①:

离分水嶺的距離 l (公尺).....	0	142	248	351	489
土壤的片蝕 G (噸/公頃).....	162	196	254	770	1610

坡地斷面的形狀不僅可能是直線的, 而且也可能是凸形的、凹形的、階梯形的和其他形狀的。因此, 片蝕強度最大的地點也可能在坡地上段坡降特別大的地方。反之, 在坡降小的地段上和凹地上, 泥砂就淤

① 高尔涅夫在苏联科学院 1937 年出版“土壤侵蝕論文集”中第 275 頁一文。

積下來。

秋耕、積雪、積水及施用厩肥和其他有机肥料，能減少逕流和片蝕；順坡耕作、很多的田界（在个体的土地利用情況下）、不填平路上的車轍及其他損壞的地方，將使逕流和片蝕增大。無秩序地、過久地放牧，也會加強片蝕。最後，過度砍伐森林（當地水分狀況的天然調節者），也會增強洪水和土壤的片蝕。

再者，地表逕流層的下部還在土壤中（深數公分）移動，並在洗刷留在當地的土粒的同時，使土粒粉碎，溶解了土壤中的鹽類，將鹽類隨水帶走。

在許多原因（上面所講的只是其中一部分）的綜合中，人類的農業生產活動對逕流起着決定性的影響，這可由下面的例子（表 92）明顯地看出來。

表 92

田 地 的 利 用	逕流(以大气降水的 %計)	片 蝕 (噸/公頃)	損 失 (公斤/公頃/年)		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
除草休閒·····	31.3	500	128.6	61.8	493.2
小麥連作·····	25.2	100	120.4	14.1	98.8
輪作、小麥、三葉草、玉蜀黍	14.1	34	7.7	2.9	54.0
多年生牧草·····	11.0	4	0.8	0.1	0.8

根據觀測的結果判斷，在絕對休閒的黑鈣土坡地上，強烈的暴雨一次沖走達 600 公斤/公頃的 N、400 公斤/公頃的 P 和 5,000 公斤/公頃的 K。

局部遭受片蝕的土壤覆蓋層，在農業利用方面大為惡化。例如，在碳酸鹽黃土上的普通黑鈣土，在遭受片蝕時，喪失了腐植質層而增加了碳酸鹽；其膠體複合體充滿了鹽基；可供植物利用的鹽類減少了。土壤的農業物理性質也同樣惡化了，例如：

表 93

土壤性質 (%)	遭受片蝕前	遭受片蝕後
持水量·····	67.2	46.8
腐植質含量·····	14.6	0.6
含氮量·····	0.49	0.16

持水量的減小引起地表逕流的增大和侵蝕的加強；另一方面，又引起‘侵蝕性的乾旱’，因為持水量變得很小的土壤祇能蓄積很少的水量，而且很快就被消耗掉了。

很自然的，片蝕会降低產量和使產品惡化，而在極端情形下則會顆粒無收。例如，在巴什基里亞，發生在深厚的土壤覆蓋層上的片蝕，產生了下列結果^①：

表 94

片蝕的程度	小麥籽粒產量 (公担/公頃)	籽粒千粒重
不發生片蝕·····	16.6	28.5
遭受片蝕層 5 公分·····	13.8	26.2
遭受片蝕層 10 公分 ·····	10.7	24.7
遭受片蝕層 15 公分 ·····	5.9	22.9
遭受片蝕層 20—22 公分(整個耕作層)	4.0	22.0

由於片蝕是經常地進行的，而且面積很廣，所以片蝕的總量是非常驚人的。

美國的土壤覆蓋層厚度在 200 年中平均已減少了 15 到 23 公分；有 2,000 萬公頃耕地的土壤完全遭受片蝕，有 4,000 萬公頃面積的肥沃層有一大半遭受片蝕，還有 4,000 萬公頃耕地的土壤正遭受着強烈的

① 波高莫洛夫：“正確地利用冬季降水”，1943 年，第 11 頁。

片蝕，總計美國的全部耕地中有 $\frac{2}{5}$ 受到侵蝕的危害。此外，尚有數億公頃的放牧地已遭受侵蝕。侵蝕的損失，對農業生產來說，每年為 8.44 億美元，而對美國整個國民經濟來說，每年約損失 15 億美元。

但是‘未來的損失’却更為重要和更為嚴重。根據賓涅特的研究，由美國的領土上每年沖失 30 億噸以上的土壤，其中含有 6,300 萬噸植物營養物質。但同時美國全部收穫物每年僅攝取約 600 萬噸的灰分物質；因此，美國由於片蝕的結果，每年喪失了 10 年收穫物所需的營養物質。這種無益的損失恰好為全世界每年人造肥料開採量的 1.5 倍。因此，土壤侵蝕在美國被認為是國家的災難。

在蘇聯，土壤侵蝕的規模還沒有確定（特別是在亞細亞部分），但終究是很大的。因此防止土壤侵蝕是絕對必需而且是刻不容緩的。大致估計，在蘇聯歐洲部分，遭受強烈片蝕的土壤有 1,000 萬公頃，局部遭受片蝕的約有 2,000 萬公頃^①。

在蘇聯歐洲部分，土壤遭受劇烈片蝕的地方有中俄羅斯高地、伏爾加河左岸、頓河、德涅泊河、捷斯納河、德涅斯特河沿岸。遭受很大片蝕的地方有頓涅茨山、斯達維羅寶里高地、克林德米特洛夫山；遭受顯著片蝕的地方有亞速海沿岸高地、伏爾加河沿岸高地、沃倫尼和波多里；遭受輕微片蝕的地方有北部具有終碛地形的地區。

關於片蝕的強度，可從下列一次觀測的結果得到一個概念：在諾沃西里試驗站地區，每年遭受片蝕而洗刷掉的土壤為 3.5 噸/公頃；在頓河上游為 7—30；在黑鈣土地帶為 3—40；在濕潤的亞熱帶條件下的露地上為 15—55 噸/公頃。

蘇聯歐洲平原的中部和南部地帶的耕地，每年損失達 1.5 億噸肥沃的土壤，其中含有 426,000 噸氮、142,000 噸磷酸和 2,840,000 噸氧化鉀^②：

① 索波列夫：“蘇聯歐洲部分侵蝕過程的發展”，1948 年，第一卷，第 278—279 頁。

② 艾金庚：“森林學”，蘇聯國立農業書籍出版社，1949 年，第 235 頁。

這就是在沙俄資本主義條件下掠奪性地利用土地的結果。

上面闡明了片蝕的基本因素，實質上也就指出了防止它們的方向。

我們暫時還不可能減低降雨的強度，但是能夠藉植物覆蓋層來減少土壤上雨水層的厚度，因為植物覆蓋層如鬱閉的樹冠能截留 10% 的雨水。融雪水的逕流層多半會釀成片蝕，但藉積雪和積水的方法，可以使它減少 50% 以上。

可以用創造土壤結構和擴大其孔隙的方法來減少地表逕流係數 $\sigma = 1 - \mu$ ，以至減少到零。

水的流速，可以藉增加地表糙率，也即用種植植物，主要是種植牧草的方法來降低，而更主要的則是用減低地形坡降的方法來降低。這裏我們提醒一下：在水平的地表上，根本不會發生逕流；在平坦的草原上，它平均為大氣降水的 0.2，而在丘陵和山嶽地上，則為 0.8 以上。

我們也可以將坡地劃分成數段，使逕流不致由上段轉流到緊接的下段，以減低逕流層厚度的增長。

可以用許多農業技術措施來增強土壤的抗蝕性。

完備的草田農作制是根本性的防止土壤片蝕的農林技術措施。在實施草田農作制以前，採用 § 3 所述蓄水和攔水的綜合措施是很有效的。

水利技術措施是使坡地階地化，階地有幾種不同的形式。

在坡降平緩 ($0.02 < i < 0.12$)、覆蓋着輕質而透水性良好或中等的土壤的坡地上及在洪水不大的地方，可修築與地形等高綫平行的土埂。兩土埂之間的坡地地條稱為平埂壟狀階地。其總跌差，即上邊界高出下邊界的高度 $H = 80 - 150$ 公分。土埂高 $h = 24 - 42$ 公分，土埂底寬 $b = 2 - 4$ 公尺，其边坡係數為 3—4 公分。這樣，埂就低寬而平緩，使得它很堅固，不致為水沖決，也使農業機器能夠很容易越過（圖 148）。

土埂用挖溝機、平土機和專門的築階地機填築，或在最簡單的情況

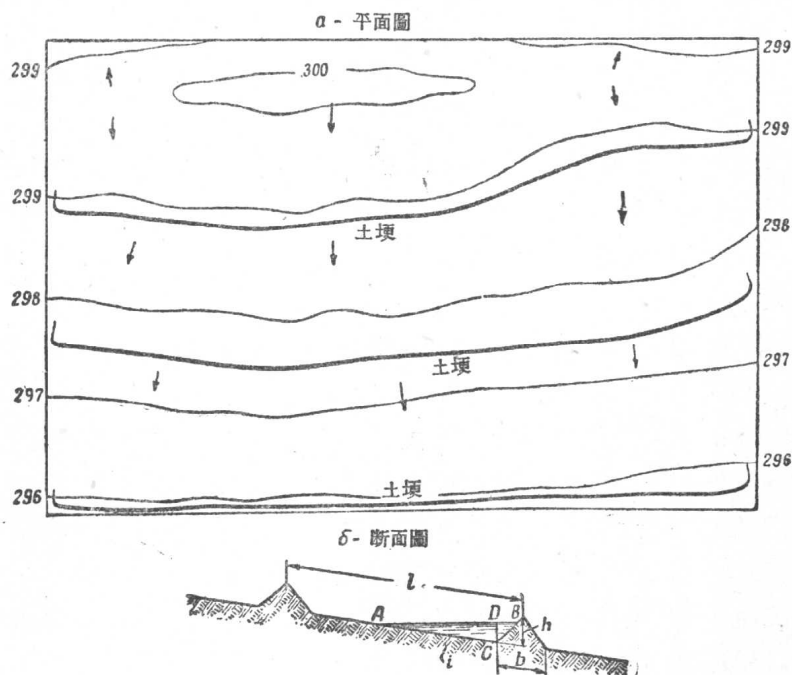


圖 148 平埂壠狀階地。

下,用犁、木製挖溝機^①和拖板填築。土埂應仔細加護,一般用种草、鋪草皮,有時用編籬、塊石,少數有用種灌木(儘可能用有生產價值的柳樹、漿果植物等)來加護。

如在階地上降落強度為 A 的雨層,而地表逕流係數等於 σ ,則由寬 1 公尺、長 l 公尺的階地地條上流下 σAl 立方公尺的水。這一逕流,由於被土埂擋住,在土埂前形成積水,積水的截面為三角形 ABC (圖 148),其高度 CD 為土埂的高度 h ,水面 DB 段為基礎寬的一半 $\frac{b}{2}$,而 $DA = \frac{h}{i}$,式中 i —階地的坡降。因此, $AB = \frac{b}{2} + \frac{h}{i}$,面積 $ABC = \frac{h}{2} \left(\frac{b}{2} + \frac{h}{i} \right)$

① 詳情參閱蘇士:“土壤侵蝕及其防止”,蘇聯國立農業書籍出版社,1949年,第205—212頁。

$+\frac{h}{i}$) 平方公尺, 土埂前積水的體積 $= \frac{h}{2} \left(\frac{b}{2} + \frac{h}{i} \right)$ 立方公尺。但它等於逕流 $\sigma A l$, 因此階地的寬度等於^①：

$$l = \frac{h}{2\sigma A} \left(\frac{b}{2} + \frac{h}{i} \right) \text{公尺。} \quad (48)$$

階地在修成後的第一年, 仍留下天然草層, 或播種牧草; 以後才播種普通的作物。最初 1—2 年在築埂時, 埂邊所形成的小溝就被淤平了。

土埂使水和土壤停止流失到階地範圍之外, 而在階地範圍內的逕流和片蝕, 也大大減小 (約與 $l^{1.5}$ 成比例) 或停止了, 因此就提高了土壤的濕度。應當指出, 它也增加了雪的蓄積。例如, 在卡茂興試驗站上, 在階地上的積雪層含水 900 立方公尺/公頃, 在無階地的地段中, 積雪層含水 540 立方公尺/公頃。

階地不僅使土壤停止繼續惡化, 而且能改良土壤和提高產量。根據諾沃西里試驗站的試驗資料, 未階地化的土地上的小麥平均產量為 7.73 公担/公頃, 在階地化的土地上為 10.14 公担/公頃。此外, 階地化還能使農業工作的燃料消耗量減少 20%, 時間減少 24—33%。

在重質土壤上, 其逕流係數 σ 很大, 如果洪水 A 也很大, 則根據公式 (48) 計算出來的階地寬度 l 就特別小, 為土壤所截留的水滯留過久, 阻礙農業操作的進行, 局部造成沼澤化, 各處都被迫增加土埂的高度。因此, 在這種地方, 由階地流來的水不應該截留在土埂旁不流動, 而應該使它能沿土埂流入某一承洩區 (渠道、溪澗、小河、乾谷等等)。為了排水, 應使土埂具有坡降, 但坡降不得大於 0.005, 以避免沖刷。因此, 在這種地方, 土埂不是與地形等高綫平行, 而是與它成某一小的角度, 這種階地, 我們稱為斜埂壠狀階地 (圖 149)。

斜埂階地的大小由下列三個基本條件決定: 1) 埂旁溝床的大小和

① 階地的劃分和計算的詳細情形, 請參閱契爾卡索夫: “實用土壤改良參考書”, 蘇聯國立農業書籍出版社, 1945 年, 第 104—111 頁。

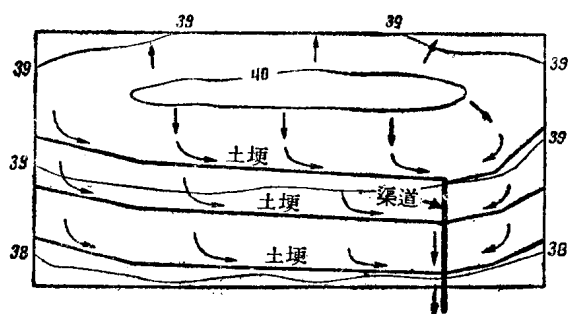


圖 149 斜埂壟狀階地。

坡降应使其中水面較埂頂低 10—15 公分；2) 埂旁水流不得冲刷溝床本身；3) 由階地流來的全部水量應能在暴雨時間內流走。

根据这些条件，階地的寬度 l ，

視地形坡降和土壤種類而定，大致可由表 95 決定。

表 95

地形坡降	黏壤土 l 公尺	砂壤土 l 公尺	地形坡降	黏壤土 l 公尺	砂壤土 l 公尺
0.02	38	50	0.06	25	30
0.03	30	41	0.08	24	26
0.04	27	38	0.10	20	24
0.05	26	35	0.12	18	22

如果坡地的坡降很大，介乎 0.12 到 0.25 之間，則根据公式(48)計算出來的階地的寬度就过小，土壤的片蝕甚至在階地內部也很顯著，水力圖由階地上部流走，而使階地上部乾燥，不適宜於耕作之用；用農業机器耕作这种斜坡是非常困难的。因此在这样陡的坡地上，除了修築土埂外，还應該由階地上半部切土填在下半部，以減緩階地內部的坡降。經過这样的整理後，階地內部坡降变得很小，不大於 0.12，有時等於零；第一种情形的階地称为層梯斜階地（圖 150），第二种情形的階地称为層梯平階地（圖 151）。

修築層梯階地要切去厚 τ 的土壤（圖 150）。切去的土層愈厚，則暴

到下面相隣的階地中，因为它会在下階地 L 旁引起冲刷和使階台坍塌。因此，在階地的下端应修築土埂(圖 150 上的 $FJGH$)。因为階地是傾斜的，在它的内部會產生逕流，所以在土埂旁將積留相当深的水層。因此土埂的高度最好不小於 0.3 公尺，而其基礎寬度 FG 不小於 0.9 公尺，以減弱滲漏水流而不致在階台 JL 中滲出。

实际上階地的高度 H ，取由 i_M 小和土壤覆蓋層薄的 0.9 公尺到其他条件下的 1.8 公尺；如仔細維護，則 H 可容許達 3 公尺。 H 愈小，則 i 愈小，因而修築階地也愈容易，但每公頃面積上的階地數將比較多，因而農業利用比較困難。

土埂边坡(如圖 150 的 JL) 的边坡係數視土壤的穩定性、边坡護砌的週密性和經營上的要求而定，取 $1/5$ 到 $3/5$ 。土埂边坡愈平緩，則土埂和階台佔地愈多；例如在 $i_M = 0.25$ 的坡地上，如边坡为 $1:1$ ，則由於土埂和階台的佔地便損失了 50% 的面積。边坡用鋪草皮、种草、種灌木叢和砌石等等加固。

用人工修築層梯階地，每公頃需 600—1,500 勞動日^①。可以用連掛式築路机或連掛式築階地机使工作機械化。

階地築成後，应深深地疏鬆土壤，施有机肥料和礦質肥料，種綠肥，種牧草(其中包括豆科牧草)，以建立土壤層的穩定性、結構性、肥沃性，以及使土壤層加深。

階地消滅了逕流和片蝕，大大地增加了土壤的濕度，使不築階地就產量極低或無收成的廣大坡地能提供高度的經營效益。

層梯平階地(圖 151)是層梯斜階地的一种情况，其 $i_T = 0$ 。所以由公式(49)和(50)中得出：

$$\text{階地寬度} \quad l = \frac{2\tau}{i_M} \sqrt{1 + i_M^2},$$

$$\text{階地高度} \quad H = 2\tau \sqrt{1 + i_M^2}.$$

① 伯拉剛拉沃夫在“蘇聯釀酒業和葡萄栽培”雜誌 1944 年第 9 期第 20—24 頁一文。