

中國科學院黃河中游水土保持綜合考察隊
中國科學院西北農業生物研究所

黃河中游黃土高原梯田的 調查研究

方正三等合著

64.3341
19

科學出版社

中國社會科學院
語言研究所
語言學研究所

臺灣中國話十篇與英語的 對比語文

王 明 著

中 華 書 局

中國科學院黃河中游水土保持綜合考察隊
中國科學院西北農業生物研究所

黃河中游黃土高原梯田的 調查研究

方正三 楊文治 周佩華

張鐘先 習志達 郭榮卿 石玉潔

劉景霞 楊詠元 龐茂鑫 單明亮

合 著

科 學 出 版 社

1 9 5 8

內 容 提 要

本書內容共分為五部分：第一部分為滲透。闡述了野外測量滲透所用儀器的構造和試驗方法，滲透率與時間的關係以及影響滲透的因子。第二部分為暴雨。根據黃河中游的雨量資料，進行了有自記雨量記錄與缺自記雨量記錄的暴雨分析，以找出暴雨歷時、強度與頻率之間的規律。第三部分為逕流與冲刷。根據天水逕流小區的觀測記載，初步進行了影響逕流與冲刷的各個因子的質的論述，並對年最大逕流量加以分析。第四部分是梯田調查。除介紹了若干典型地區羣衆修築梯田的經驗外，還指出了目前在修築梯田工作中存在的問題。第五部分是梯田的設計。根據上述水文氣象資料的分析、羣衆經驗的調查以及各地土壤的物理力學性質的分析，提出了黃土高原四個地區的階式梯田與波式梯田的容量設計、標準斷面以及修築方法，同時並討論了梯田的機耕問題。

本書是中國科學院西北農業生物研究所水文農業工程組在參加黃河中游水土保持綜合考察隊時所進行的專題研究之一。可供水土保持、農業以及水文氣象等方面工作人員參考之用。

黃河中游黃土高原梯田的調查研究

著 者 方 正 三 等

出版者 科 學 出 版 社

北京朝陽門大街117號
北京市書刊出版業營業許可證出字第061號

印刷者 中 國 科 學 院 印 刷 廠

總經售 新 華 書 店

1958年3月第一版

書號：1094

1958年3月第一次印刷

字數：92,000

（京）通：1—580

開本：787×1092 1/16

報：1—795

印張：5

定價：(11) 道林本 1.30 元
報紙本 0.90 元

引 言

要根治黃河水患和開發黃河水利並提高黃土高原地區的農業生產，都必須做好水土保持工作。

修梯田係水土保持工作中的重要措施之一。黃土高原大部地區的羣衆對於修梯田都有一定的經驗，但在有些地區過去則無修梯田的習慣。

在本報告中，首先對黃土高原的滲透、暴雨、逕流及冲刷進行了分析研究。滲透資料係由我們自己實測而得；而暴雨及逕流的資料，主要係由天水及綏德水土保持站供給，在此表示謝意。

本報告中又將若干典型地區羣衆修梯田的經驗進行了總結。這些羣衆經驗都是十分寶貴的。例如甘肅甘谷豹子坪以及山西洪趙、婁村兩地，主要是依靠修梯田，幾乎完全控制了水土流失現象，因而提高了農作物的產量。

此外，本報告並根據羣衆經驗、各項水文氣象方面的數據以及有關土壤物理力學性質的測定，提出了黃土高原梯田的設計標準，同時還討論到半機械化修築梯田以及波式梯田的機耕問題。

由於我們研究不夠深入，並限於業務水平，定有很多不妥之處，誠懇地歡迎讀者的批評和指正。

作 者 1957 年 2 月完稿於中國科學院西北農業生物研究所

目 錄

一 滲 透.....	1
1 野外測量滲透儀器的構造及其試驗方法.....	1
2 滲透率與時間的關係.....	2
3 影響滲透的因子.....	6
二 暴 雨.....	9
1 有自記雨量記錄的暴雨分析.....	10
2 缺自記雨量記錄的暴雨分析.....	16
三 逕流與冲刷.....	22
1 影響逕流量的因子.....	22
2 影響冲刷量的因子.....	26
3 最大逕流量的推算.....	28
四 梯田調查.....	35
1 效益.....	35
2 羣衆修梯田的經驗.....	37
五 梯田的設計.....	51
1 概說.....	51
2 階式梯田的設計.....	52
3 波式梯田的設計與機耕問題.....	67
考 參 文 獻.....	75

一 滲 透

1 野外測量滲透儀器的構造及其試驗方法

野外測滲透係利用雙筒法進行試驗。雙筒試驗器的構造與佈置如圖 1 和圖 2 所示。給水筒的直徑 d_2 為 25 厘米,高 H_1 為 100 厘米。內圈的直徑 D_1 為 35.5 厘米,高 H_2 為 15 厘米。外圈的直徑 D_2 為 50.5 厘米,高同內圈。土壤的滲透量由內圈測定,外圈用來防止內圈中因側向滲透所產生的誤差。

試驗時,先將內外圈打入土中(一般打入 10 厘米),再將兩個自動給水筒放置其兩側。由 m 處向自動給水筒加水時,應先將排氣孔 a 打開,並捏住(或用夾子夾住)橡皮管

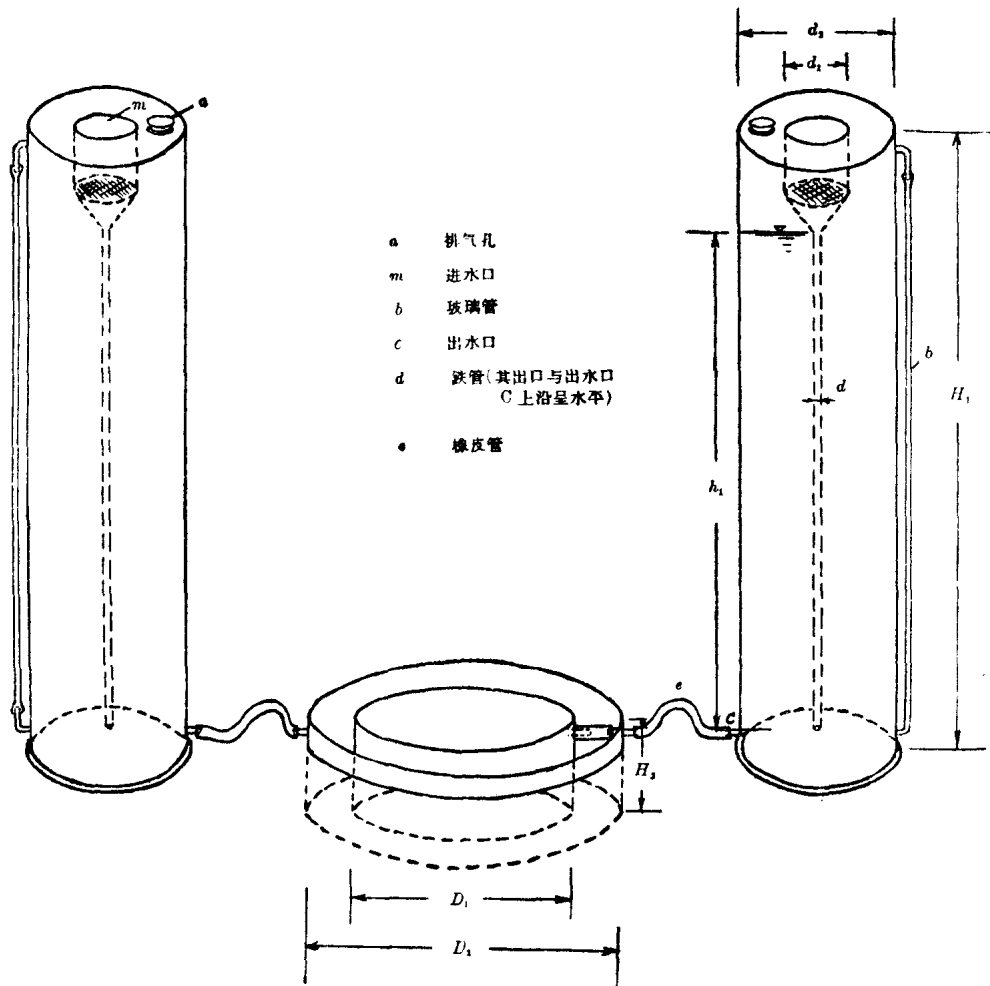


圖 1 野外滲透試驗儀器示意圖

c。水應加至玻璃管 b 後面的讀尺 (圖 1 中未畫出) 最高刻度零點以上。灌足水後將 a 蓋緊, 使它毫不漏氣。然後由橡皮管 c 放去給水筒內之水, 使水面達到讀尺零點。再

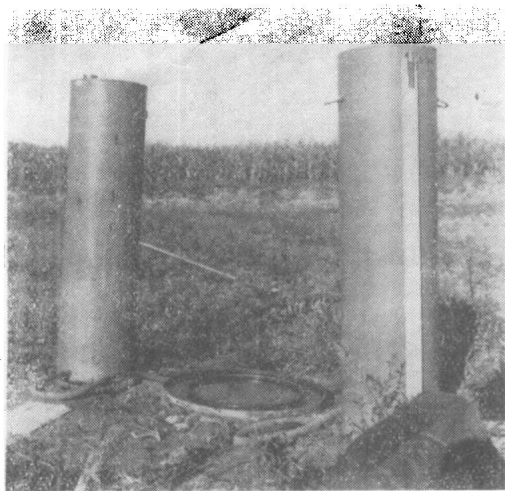


圖 2 用雙筒法進行滲透試驗的實際情形

將橡皮管 c 連接至內外圈的嘴管上, 其中左側自動給水筒內的水流入外圈, 而右側的則流入內圈。

隨着放水, 給水筒上部形成部分真空 (壓力等於 1 個大氣壓減去水柱高度 h), 而 d 管下端之壓力則與大氣壓力相同。因此圈內之水位即可維持與 d 管下端在同一水平面上。滲透之水量由給水筒自動補充。如果在試驗以前將筒之高度調節好, 就可以得到我們所要求的圈內水層深度。

從試驗開始的瞬間起, 每隔一定時間記錄一次滲透量。根據滲透量可以計算出每一

時段之平均滲透率, 如表 1。

表 1 野外測定的滲透累積量和平均滲透率

歷時(分)	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80
滲透累積量(厘米 ³)	1350	2400	4000	5300	6500	7700	8800	10950	12900	14850	16850	18700
時段起迄(分)	0—2	2—5	5—10	10—15	15—20	20—25	25—30	30—40	40—50	50—60	60—70	70—80
平均滲透率(毫米/分)	6.75	3.50	3.20	2.60	2.40	2.40	2.20	2.15	1.95	1.95	2.00	1.85

根據上表計算結果, 以歷時為橫軸, 而以各時段之平均滲透率為縱軸, 可以繪出滲透率與時間之關係曲線, 如圖 3。

2 滲透率與時間的關係

由圖 3 可以看出滲透率隨時間而變化。多次試驗指出: 在開始時滲透率最大, 隨着時間的增加, 滲透率就降低下來; 而其降低速度, 亦是開始大, 到後來變小, 一直到滲透率幾達於恆定為止。滲透過程的這種特徵, 可解釋為主要受到下列兩個因素的影響:

(1) 滲透壓力比降的降低 滲透壓力比降可用下式表示:

$$J = \frac{h + a}{a}, \quad (1)$$

式中: h ——地面的水層深度;

a ——產生滲透的土層深度。

在滲透開始時, a 接近於零, 以後 a 隨時間而增加, 因之滲透壓力比降漸漸減小, 當 a 增至很大時, $J \approx 1$ 。水之滲透率 $\omega = KJ^a$ (根據 A. И. Костяков), 故當 $J \approx 1$ 時, $\omega = K$ (式中 K 為滲透係數), 即滲透率隨時間逐漸減小, 最後接近一常數。

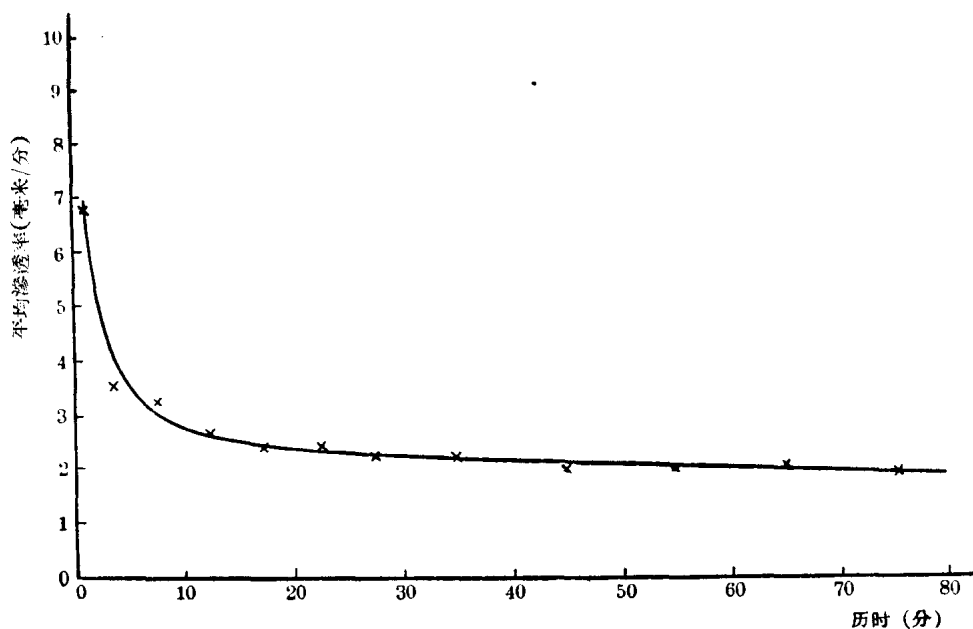


圖3 土壤滲透曲線

(2) 土壤空隙率的減小 土壤受外力作用時, 尤其是經過水浸以後, 各顆粒間產生位移, 使土壤孔隙率減小; 同時土壤中的膠體遇水後膨脹, 亦能使空隙率減小, 因而減小了土壤的透水性與滲透率。

滲透率與時間之關係, 得用一定公式來表示。根據 A. И. Костяков 的意見, 兩者間存在着雙曲線關係, 即:

$$K_t = \frac{K_1}{t^a}, \quad (2)$$

式中: K_t ——時間 t 的瞬時滲透率;

K_1 ——第一個單位時間的瞬時滲透率。

根據 R. H. Horton 的意見, 兩者間存在着逆指數 (Inverse exponential) 曲線關係, 即:

$$n = n_\mu + (n_0 - n_\mu)e^{-Kt}, \quad (3)$$

式中: n_0 ——最初滲透率;

n_μ ——恆定滲透率;

e ——自然對數的底;

t ——時間；

K ——常數。

但作者等分別根據上述兩式將大量野外實測記錄加以分析，結果發現其誤差都相當大。若改用下列形式，即在等號右側加一常數，將雙曲綫移軸，而成 $K_t = K + \frac{K_1}{t^a}$ ，則可大大壓低誤差。以綏德試驗結果為例，如圖 4 所示。圖中實測各點與作者等推得曲綫適合較好。

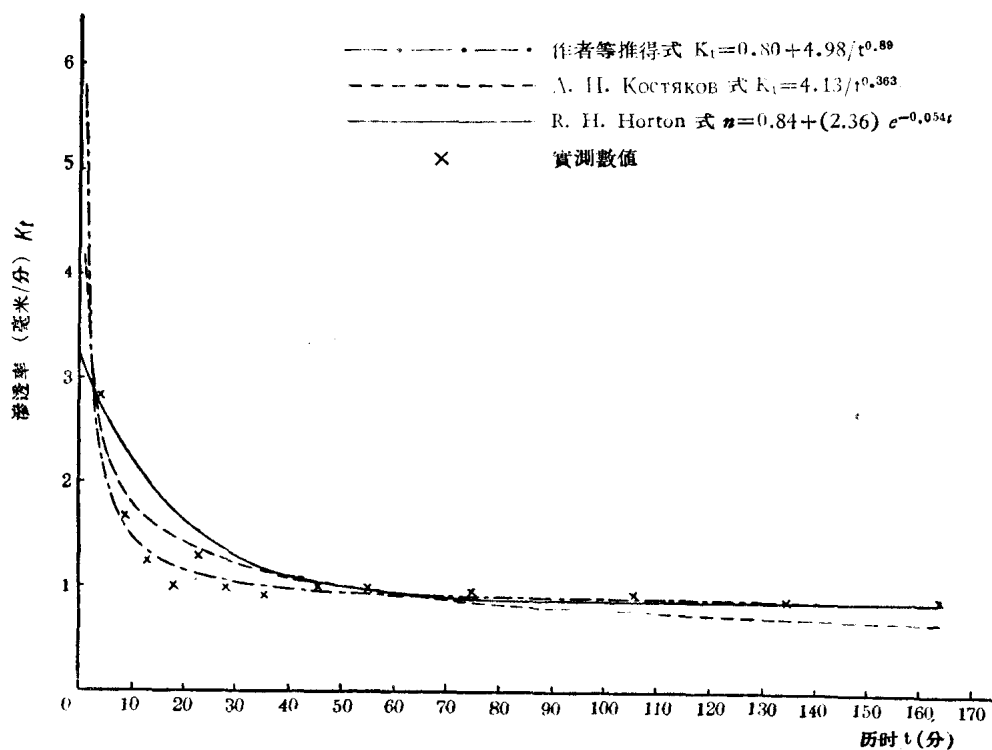


圖 4 幾個滲透公式的比較

如將上式移項，則得：

$$K_t - K = \frac{K_1}{t^a}, \quad (4)$$

令 $K_T = K_t - K$ ，並取對數值，則得：

$$\log K_T = \log K_1 - a \log t.$$

於是將 K_T 及 t 值繪於雙對數格座標紙上，應為一直綫。根據這種特性，即可求得關係式之參數。即由實測之 K_t ，並假定 K ，可以算出 K_T 。將 K_T 與相應之 t 值繪於雙對數格座標紙上（以時間為橫軸， K_T 為縱軸），可得出許多座標點。用不同之 K 值計算，則座標點之位置亦發生變化，直到這些座標點接近於一條直綫為止，則此時之 K 值即為所需求者。

參數 α 與 K_1 可由繪圖法亦可由最小二乘法求得。

至於實測資料較適用於上述修正公式之理由,初步認為首先與黃土的性質有關。根據公式 $\omega = K t^\alpha$, 當滲透繼續到相當長的時間後,滲透壓力比降接近於 1, 此時滲透率 $\omega \approx K$ (滲透係數)。試驗結果指出這一點是正確的,如表 2 所示。

表 2 最後恆定滲透率與滲透係數之比較

試驗地點	土質	水層深度 (厘米)	最後恆定 滲透率 (毫米/分)	原狀土的滲透係數 K 毫米/分		備 註
				水頭差 (厘米)	滲透係數	
綏 德	黃土	2	1.06	2	1.15	測滲透係數時之溫度與用雙筒 法進行試驗時之溫度大致相同。 測滲透係數所採土樣深度,在地 面下 10~20 厘米。
綏 德	黃土	2	0.70	2	0.97	
綏 德	黃土	2	0.60	2	0.84	
榆 林	黃土	2	0.98	2	0.88	滲透係數是取高為 10 厘米,直 徑為 11.3 厘米的原狀土,利用北 京地質學院的攜帶式滲透儀測 定。
榆 林	砂土	2	2.50	2	2.52	

但按式(2),隨時間 t 的變大,滲透率 K_t 就變小起來,最後接近於零。而實際情況是參透率到最後趨近於一常數。若按式(2)進行分析,由圖 4 可以看出:曲綫之後半段與實測數值發生較大誤差,並且誤差之數值有隨時間之延長而增大的趨勢。

另外,我們所進行的試驗一般保持有 2 厘米水層深度,所以滲透過程始終是在地面上有着充足水分供給的條件下進行的。而 R. H. Horton 式是根據人工降雨資料進行分析而得,與我們試驗的情況不同,因之利用 R. H. Horton 公式進行分析,在滲透開始的階段,滲透率總比實測數值偏小,此從圖 4 可以看出。經過一段時間之後,則反比實測數值偏大。這是因為人工降雨試驗,在開始階段地面沒有充足的水分供給滲透,也就是水分的供給小於土壤的滲透能力;而當地面有充足的水分供給滲透時,因需要補充前一

表 3 土壤的機械組成對滲透的影響

砂粒含量 %	滲透率與時間關係式	*首 30 分鐘 平均滲透率 (毫米/分)	最後恆定 滲透率 (毫米/分)	附 註
86.8	$K_t = 2.50 + \frac{7.28}{t^{0.712}}$	4.76	2.50	沙土
39.5	$K_t = 1.0 + \frac{4.60}{t^{0.817}}$	2.64	1.00	黃土
36.5	$K_t = 0.80 + \frac{4.98}{t^{0.890}}$	1.80	0.80	黃土
32.5	$K_t = 0.60 + \frac{2.66}{t^{0.66}}$	1.42	0.60	黃土

$$* \text{平均滲透率 } K_{cp} = K + \frac{1}{t} \int_0^t \frac{K_1}{t^\alpha} dt = K + \frac{K_1}{1-\alpha} \left(\frac{1}{t^\alpha} \right)$$

階段滲透之差額，所以此時的滲透率就會偏大。至於曲線の後段與實測數值還是符合的。

3 影響滲透的因子

土壤滲透受一系列因子的影響。根據我們野外實驗的結果，就其中較為重要者分別討論如下：

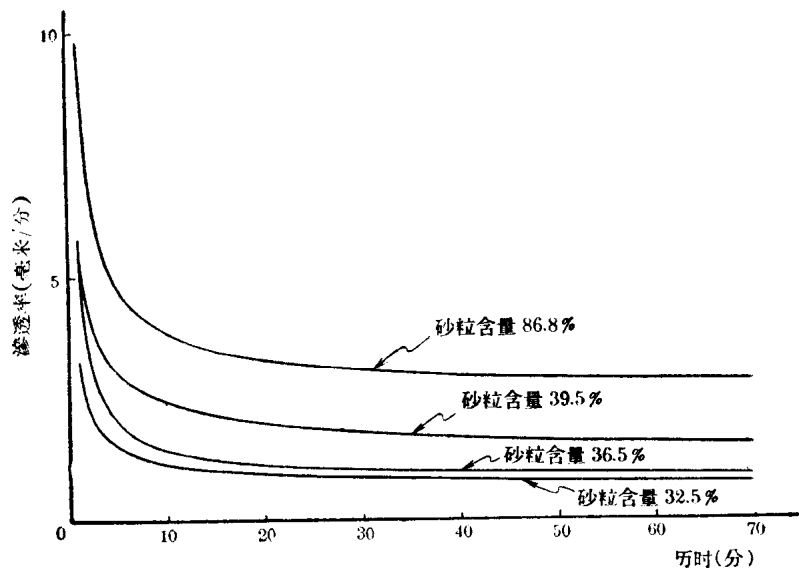


圖5 土壤滲透曲線(不同機械組成)

(1) 土壤的機械組成對滲透的影響 根據試驗的結果看出，在土壤含水量和孔隙率近似的情況下，土壤含砂粒(粒徑0.5~0.05毫米)的百分數愈高，則土壤的滲透率愈大，如表3所示。滲透率與時間之關係曲線如圖5。

(2) 土壤的含水量對滲透的影響 在其他條件近似的情況下，土壤的含水量愈大，土壤的吸水能力愈小。因此，土壤的滲透率隨土壤含水量的增加而減小，如圖6及表4所示。

表4 土壤含水量對滲透的影響

地點	土 壤 含 水 量 %						滲 透 率 與 時 間 之 關 係 式	首 30 分 鐘 平 均 滲 透 率 (毫 米 / 分)	最 後 恆 定 滲 透 率 (毫 米 / 分)
	0~10 厘 米	10~20 厘 米	20~30 厘 米	30~40 厘 米	40~50 厘 米	50厘米 平 均			
天水	12.28	12.66	13.25	11.49	12.64	12.46	$K_t = 1.30 + \frac{6.12}{t^{0.624}}$	3.240	1.30
天水	23.44	18.82	12.74	13.05	13.63	16.33	$K_t = 1.25 + \frac{4.82}{t^{0.544}}$	2.820	1.25
天水	17.30	20.30	18.96	10.24	20.10	19.18	$K_t = 0.85 + \frac{3.08}{t^{0.523}}$	1.935	0.85

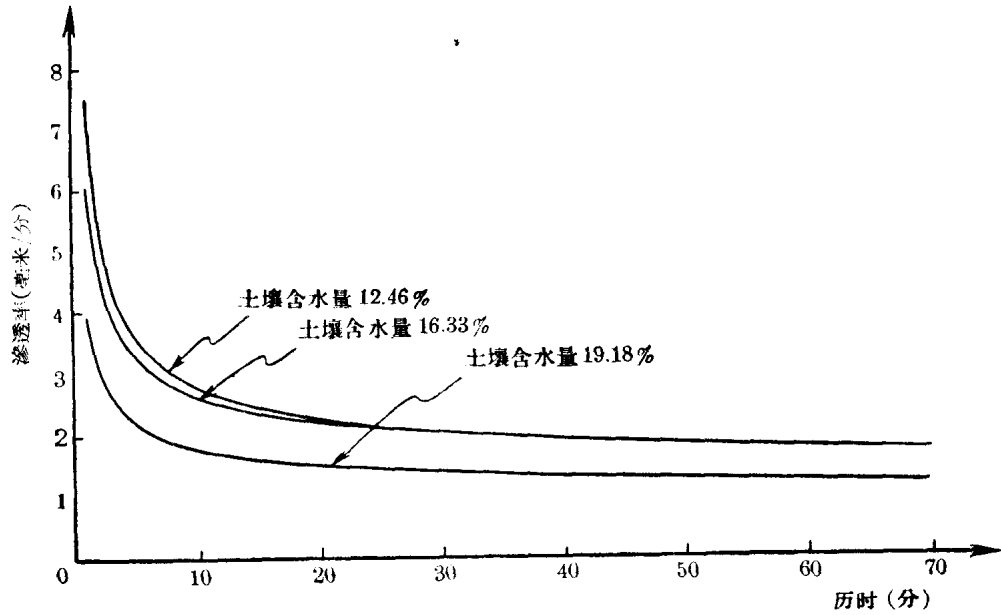


圖 6 土壤滲透曲線(不同土壤含水量)

(3) 團粒結構對滲透的影響 綏德土壤的砂粒含量較高於天水。就這一點來說,綏德的土壤滲透率應大於天水的。但由表 5 與圖 7 可知,由於天水的土壤耕作層內團粒含量百分數(14.9%)顯著的高出綏德的(1.5%),因此天水前 30 分鐘內土壤平均滲

表 5 團粒結構對土壤滲透的影響

地點	土壤團粒含 量 %	滲透率與時間之關係式	前 30 分鐘 平均滲透率 (毫米/分)	最後恆定 滲透率 (毫米/分)	地面情況	含 水 量 %
天	14.9	$K_t = 0.80 + \frac{4.72}{t^{0.798}}$	2.335	0.80	農地(大豆)	14.94
	14.9	$K_t = 0.60 + \frac{6.34}{t^{0.775}}$	2.610	0.60	農地(大豆)	14.94
	14.9	$K_t = 0.70 + \frac{5.76}{t^{0.797}}$	2.575	0.70	農地(大豆)	14.94
綏 德	1.5	$K_t = 0.80 + \frac{4.98}{t^{0.890}}$	1.890	0.80	休閒	16.22
	1.5	$K_t = 0.80 + \frac{2.35}{t^{0.437}}$	1.743	0.80	苜蓿	12.54
	1.5	$K_t = 0.70 + \frac{2.66}{t^{0.517}}$	1.647	0.70	休閒	12.32
	1.5	$K_t = 0.60 + \frac{2.66}{t^{0.669}}$	1.423	0.60	荒坡	11.78

註: 大豆與苜蓿都生長稀疏,滲透試驗係在植株間空地上進行的。

透率就較大於綏德的。由此可見團粒結構對滲透的影響很大。兩地進行試驗時土壤的含水量百分數相差不大，綏德的平均數還較低。但因綏德土壤耕作層內團粒結構較差之故，前 30 分鐘內平均滲透率就較低。

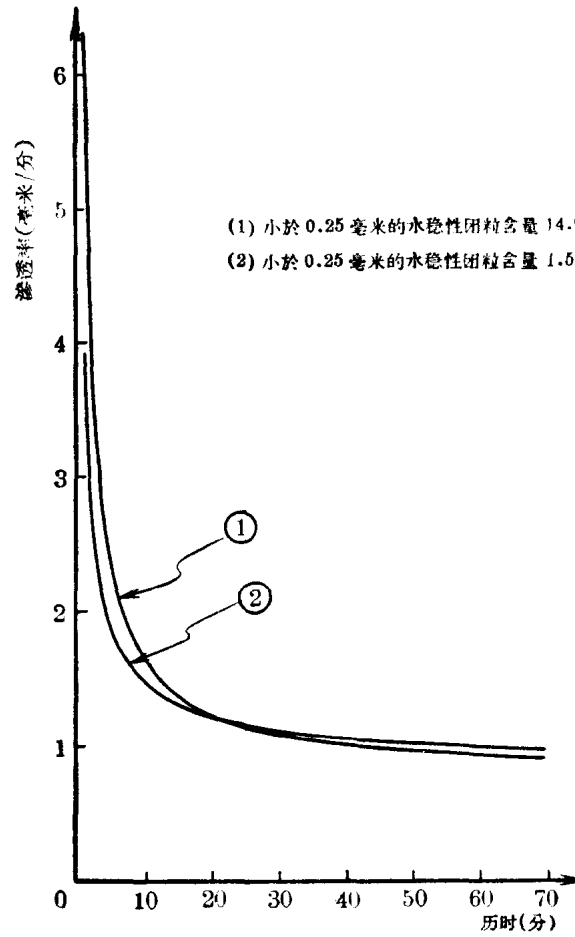


圖 7 土壤滲透曲線(不同團粒含量)

二 暴 雨

黃河中游的黃土高原地區屬於半乾燥氣候區，年降水量一般自東南向西北減少。東南部大都在 400—600 毫米之間，西北部則在 200—400 毫米之間。各季雨量分配極不均勻。一般而論是冬季乾燥，夏季多雨。夏季降雨量常佔全年降雨總量的 60% 以上。夏季氣溫亦高，為秋作（小米、高粱、糜子、豆類等）的主要生長季節。夏雨豐沛，對農作物來說是有利的。但可惜的是夏季多暴雨，易引起水土流失，而降水亦不能被作物充分利用。

從水土保持的觀點而論，應特別重視暴雨，故擬將本區域的暴雨加以分析討論。

根據隴東南及晉陝北部的暴雨性質，並參照蘇聯暴雨的標準，擬定本區暴雨標準，如表 6a 所示。

表 6a 黃土高原的暴雨標準

歷時(分)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60
強度(毫米/分)	0.50	0.38	0.33	0.30	0.29	0.27	0.26	0.24	0.23	0.22	0.20
歷時(分)	70	80	90	100	110	120	240		720		1440
強度(毫米/分)	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.11		0.063		0.042

凡降雨強度在不同的歷時內超過表 6a 所列數值者，均認為是暴雨。

關於暴雨的性質，應考慮四個因素，即：範圍、強度、歷時與頻率。欲研究暴雨的範圍，必須有相當稠密的雨量站，目前此方面資料甚感缺乏，僅能引述綏德 1956 年 8 月 8 日的一次暴雨資料。該暴雨的總歷時為 275 分，雨量分佈如圖 8 所示。

由圖 8 可知，暴雨中心位於三角坪附近，向西北及東南方向逐漸遞減。趙家坵距離三角坪只有 4,500 米左右，而前者降雨量（14 毫米）僅為後者（57 毫米）的 1/4，換句話說，即相差 4 倍。這說明暴雨量的變異梯度是相當大的。在暴雨中心處的降雨平均深

表 6b 1955 年 8 月 8 日莊園莊暴雨深度與面積的關係

面積 (平方公里)	加權平均的降雨深度(毫米)
2.2	63.1
16.3	56.0
38.7	49.6
56.5	45.0
67.0	41.9
70.1	40.9

度最大,隨着面積的增大,降雨平均深度就逐漸變小。其降雨平均深度與面積之關係,如表 6b 所示。

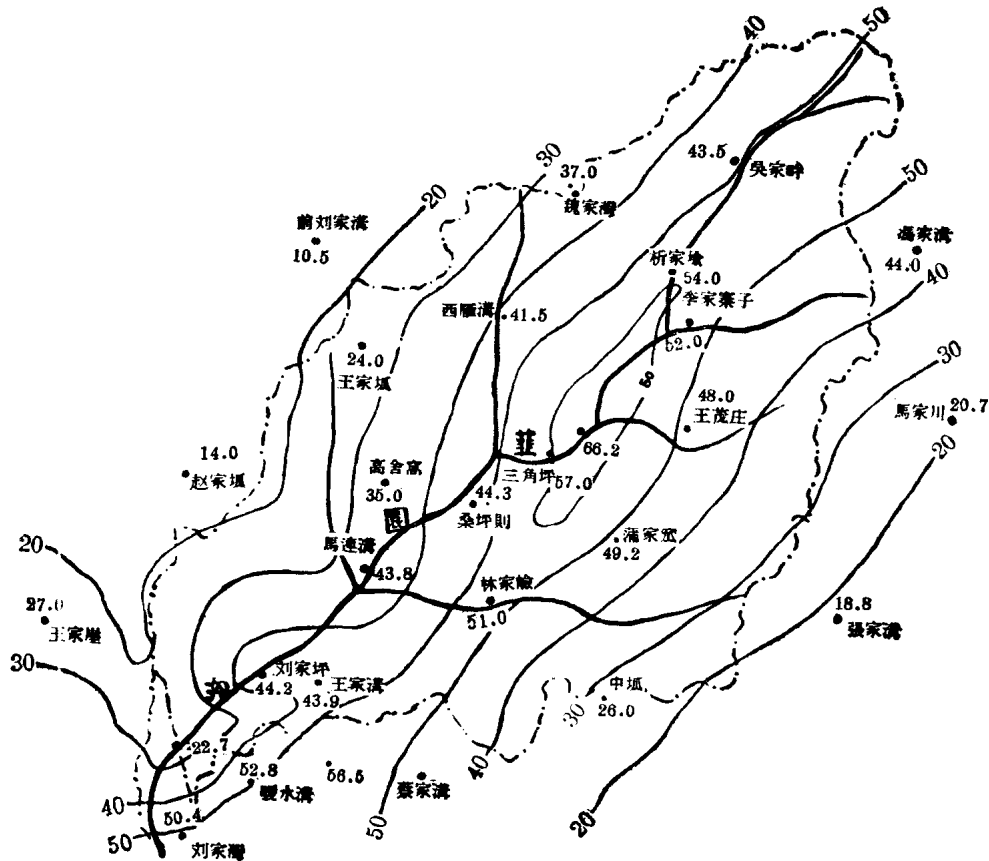


圖 3 綏德莊園溝流域 1956 年 8 月 8 日等雨綫圖

關於暴雨的歷時與強度之間的關係,一般說來,歷時愈長,平均強度愈小。可用雙曲線來表示。此項關係式的推求,最好能有較長期的自記雨量記錄,方能得到較滿意的結果。而目前黃土高原內,除天水一地外,皆缺這樣的記錄。下面先就天水資料加以分析,而後再分析其他地區的資料。

1 有自記雨量記錄的暴雨分析 (根據天水 11 年記錄)

在分析中凡降雨強度在不同的歷時內超過表 6a 所列的標準者,都認為是暴雨。並採用下列形式的雙曲線公式:

$$i = \frac{B}{t^a}, \quad (5)$$

式中: i ——降雨強度以毫米/分計;

t ——降雨歷時以分計;

B, d ——常數, 由分析自記雨量資料決定。

首先由天水 11 年 (1945—1956 年, 其中缺 1951 年) 的自記雨量的記錄, 找出歷時為 5 分、10 分、15 分、20 分、25 分、30 分、35 分、40 分、45 分、50 分、60 分、70 分、80 分、90 分、100 分、110 分、120 分及 240 分的暴雨強度, 點在“不同歷時的暴雨出現次數”圖 (圖 9) 上。在圖 9 中以暴雨強度為縱坐標, 而以歷時為橫坐標。

