

預防灌溉土地的 沼澤化和鹽漬化

A. H. 考斯加可夫 著

水利出版社

預防灌溉土地的沼澤化和鹽漬化

A. H. 考 斯 加 可 夫 著
水利部北京勘测設計院規範組 譯

水 利 出 版 社

1957年1月

本書譯自莫斯科威廉士水利土壤改良學院1947年出版的“科學札記”第十三卷。書中闡述了土地沼澤化和鹽漬化的基本因素及其預防措施和在各種不同條件下防止沼澤化和鹽漬化的各項措施的意義，還介紹了灌溉土地地下水量平衡的計算方法及地下水情的預報。

預防灌溉土地的沼澤化和鹽漬化

原書名 ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ЗАБОЛАЧИВАНИЯ И
ЗАСОЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ ПРИ ОРОШЕНИИ
原著者 А.Н.КОСТЯКОВ
原出版處 ИЗДАНИЕ МОСКОВСКОГО ГИДРОМЕЛИО-
РАТИВНОГО ИНСТИТУТА
原出版年份 1947
譯者 水利部北京勘測設計院規範組譯
出版者 水利出版社（北京和平門內北新華街35號）
北京市書刊出版業營業許可証出字第080號
印刷者 水利出版社印刷廠（北京西城成方街13號）
發行者 新華書店

113千字 850×1168 1/32 4 6/16印張
1957年1月第一版 北京第一次印刷 印數1—4,200
統一書號：15047.26 定價：(10)0.76元

目 錄

第一章	土地沼澤化和鹽漬化的基本因素及其預防措施.....	1
第二章	灌溉土地的地下水狀況.....	6
第三章	灌溉土壤水分狀況與鹽分狀況之間的关系.....	33
第四章	全灌溉系統內的基本預防措施.....	39
第五章	農場內部的預防措施.....	50
第六章	在各種不同條件下防止沼澤化和鹽漬化的各項措施的意義.....	76
第七章	論灌溉土地地下水平衡的計算方法及地下水的水情預報.....	86
第八章	防止灌溉土地沼澤化和鹽漬化措施的規劃.....	120

第一章 土地沼澤化和鹽漬化的 基本因素及其預防措施

苏联很多產棉区的集体農庄和國营農場，在灌溉土地上，獲得了棉花和其他農作物的丰收以及很高的劳动生產率。同时，許多地区在最近几年來棉花和其他作物的產量却有所降低，土地鹽漬化更加嚴重，灌溉土地的地下水位也升高了。这些不良現象是由于農業技術力量薄弱、用水不合理以及对灌溉土地缺少適當的開發所造成的。其实，科学与先進集体農庄和國营農場的許多經驗都明确的証明：优良的農業技術和正确的灌溉是可以防止招致灌溉土地的產量和劳动生產率降低的土壤沼澤化和鹽漬化現象的。在恢复和發展國民經濟的五年計劃（1946~1950年）的法令中和联共中央委員會全体會議（1947年2月）發布的关于發展農業的決議中，对于預防灌溉土地發生上述現象和搞好用水的問題，特別是在植棉区，給予了很大的注意。

灌溉土地的沼澤化現象和鹽漬化現象彼此有着密切的关系，并且直接取决于下列各个主要因素，即：（1）礦化地下水的高水位和过多的灌溉水量（这种过多的水量使得進入土壤中的水量超过了有效需水量）；（2）土壤的性質不良，首先是由于在許多干旱地区的土壤中，缺少必要的团粒結構，且含有較多的可溶鹽类（ Na ， Mg ， Ca 等的氯鹽和硫酸鹽）。

鹽分是可以随着灌溉水進入灌溉土壤內的，如果水中含鹽量很多，則这种情况更为明顯。例如每公升水的密实残余物●为0.55

● Плотный остаток 用蒸發的方法能从水中取得的密实残余物，本書以后簡称沉淀質——譯者。

克，那末，在灌水時每公頃土地每供給一千公方水量的話，則進入一公頃土地內的鹽量將約為 550 公斤。所以必須用含鹽最少的水進行灌溉，否則就必須採取特別措施，以防止鹽分聚積在土壤表層中。

如果地下水水位較高（距地面不超過 2.0~2.5 公尺），則由于水在土壤中的毛細管上升的作用，溶於水中的鹽分就會隨水升入土壤表層來；再由于土壤的高溫作用將水分蒸發掉了，但溶鹽卻留了下來，因而鹽分便逐漸地積留在土壤表層里，加劇了土壤的鹽漬化。

地下水水位愈高（距地面愈近），則升入土壤表層并耗于蒸發的地下水愈多，例如，在費得琴科（費爾干）土壤改良試驗站就不同地下水水位的情況所得的以下土壤水分蒸發量（公方/公頃）的資料中，就可以很清楚地看到這一點。

土 壤	地下水位距地面的深度		
	50公分	100公分	150公分
重鹽漬化土壤	2,532	1,020	385
輕微鹽漬化土壤	3,542	1,330	495

水分蒸發得愈多，則水中所含鹽分積存在土壤表層內的數量也就愈多。土壤溶液中的鹽分是由于含于表土底層和心土中的鹽分的溶解而產生的，或者是地下水本身帶來的，因為在干旱灌區內的地下水，大多是礦化的地下水。

但是鹽分在土壤表層內沉積的過程不僅取決于地下水水位的高低，同時也取決于土壤的結構。土壤愈松散和愈沒有結構，土壤的毛細管特性愈顯著，土壤表層的水分蒸發量愈大，表層土壤愈干燥，地下水和土壤中的含鹽量愈多，那末，土壤表層的鹽漬化作用也就愈強。反之，當地下水愈深，灌溉土壤的結構愈好，土壤的水分性質愈好，土壤表層水分的蒸發量愈少，則鹽漬化作用也愈輕微。

因而，如果地下水水位距地面有適當的深度（粘壤土的地下水水位距地面的深度不應小於2.0~2.5公尺），灌溉土壤具有良好的團粒結構，土壤水分的蒸發很弱，那末鹽漬化作用也就不會發生。

因此，灌溉土地的鹽漬化決不是灌溉的結果，如果發生鹽漬化，那末就其本身而言，也是由於不良的農業技術（缺乏土壤的團粒結構）與不合理的灌溉，首先是灌水過多所造成的。灌溉作業可以而且也必須要組織和進行得不僅能夠防治灌溉土地的沼澤化和鹽漬化，而且還要能夠杜絕和預防沼澤化和鹽漬化的產生與出現。

為此，必須經常地不准過多的水量進入灌溉土地的表面和土壤中（特別是進入靠上面2.0~2.5公尺的土壤活動層），因為這部分過多的水量超過了栽培植物在一定農業技術和產量條件下的正常需水量；必須永遠保持土壤的團粒結構、減少土壤的水分蒸發，從而防止過多的水分和鹽分聚積在土壤中。

預防灌溉土地沼澤化和鹽漬化的措施，有着巨大的國民經濟意義。

更重要的是這些措施並不需要很大的附加投資，而首先需要正確管理灌溉系統，合理用水，採用良好的農業技術，這些措施不僅能預防土地的沼澤化與鹽漬化，而且還可以得到極其重要的附加效益，即可以節省大量的灌溉水以借以提高灌溉系統的有效利用系數來擴大灌溉面積；能夠開墾休閑地和其他的土地資源；能夠提高勞動生產率。

根據以上所述，預防灌溉土地沼澤化和鹽漬化的措施應該着重在消除產生這些現象的主要原因，並應針對這些原因，遵循着以下的主要方向進行：

（1）建立和保持灌溉土壤所必需的團粒結構，減少土壤的水分蒸發，從而預防鹽分進入並積存在土壤的表層。

（2）防止形成高的地下水位、防止地下水位超過容許範圍（距地面2.0~2.5公尺）並防止過量的地下水和地表水（灌溉水、滲透水流，各種淹沒及泄水等）進入灌溉系統及灌溉土地里來。

建立和保持灌溉土壤中应有的团粒結構和减少土壤表層的水分蒸發，可以通过在灌溉土地上实行草田輪作制的方法來达到按照威廉士院士的學說首先是草田輪作制（棉花—苜蓿的輪作制）和精灌而又与具体情况相符的農業技術來达到。

要防止地下水位抬高和过量的水進入渠系，須要嚴格地实施計劃定額用水，采用良好的灌溉技術和合理地管理灌溉系統。如果說，过去在分散的、無計劃的資本主义農業条件下，上述預防措施实际上不能实现，因而沼澤化与鹽漬化的現象可以自由發展，那末現在在社会主义農業和实施計劃用水的条件下，就完全有可能采取必要的預防措施來防止地下水位的抬高，產生土壤沼澤化和鹽漬化的主要原因，也就完全有可能采取措施來予以消除。

如上所述，土壤的团粒結構是防止灌溉土地沼澤化和鹽漬化的最重要的因素。团粒結構的土壤有着最好的水分特性，那就是它可以使趋向土壤表層的地下水沿毛细管上升的高度和强度降低，此外还可以使土壤具有良好的吸收和蓄存灌溉水的作用。

因此，具有团粒結構的土地甚至在地下水水位很高的时候（当然，要在規定的范围以內），它的鹽漬化的危害也比無結構的土壤小得多。但是植棉区（灰鈣土地帶）大部分的灌溉土地都是無結構的土壤，鹽漬化的危害特別嚴重，因此，也就更有必要使它变为有結構的土壤（特別是在灌溉地区，因为在不正确的灌水技術下水会很容易地破坏土壤結構）。

为了建立和保持灌溉土壤的团粒結構并减少土壤的水分蒸發，必須实行草田農作制和在短期內輪种苜蓿且予以应有的护理的草田輪作制，以及采用适当的農業技術和灌水技術以便防止灌水时使土壤結構遭到破坏。

苜蓿对于建立土壤的团粒結構的影响是怎样的呢？这可用下列阿克—卡維克斯基土壤改良試驗站的試驗資料來加以說明（烏茲别克苏維埃社会主义共和國），这些資料指出了土壤中大、小团聚体的含量。

名 称		大团聚体的百分数	小团聚体的百分数
試 驗 前		5.7	94.3
种 一 年 棉 花		5.5	94.5
种 一 年 苜 蓿		9.5	90.5

顯然，种植了一年苜蓿之后，土壤的大团聚体的含量即几乎增加了一倍（粒徑大于0.25公厘）；而种棉花时，土壤的团聚体結構則没有什么改变。在輪作期間种苜蓿往往可使土壤中的大团聚体的含量比試驗以前增加4~7倍。

由于种植苜蓿能建立土壤团粒結構并可使土壤得到遮蔭，苜蓿使土壤的蒸發以及因之而來的鹽分减少了；例如：舟罗斗洛金土壤改良試驗站的觀測指出，种植苜蓿的土壤在植物生長期間它的表層（0~80公分）中几乎没有鹽分積存，然而在長期栽培地里，就氯鹽的含量而言在植物生長期內却增加了4倍。

在灌溉土地上实行草田農作制，首先是实行草田輪作制（棉花—苜蓿輪作制）的重要性还在于它可以提高土壤的总肥力和產量，并可促使植物的需水率降低（从而可以减少灌溉定額）。

要防止地下水水位上升以及灌溉土地地表的沼澤化，首先必須：（甲）正确地組織灌溉以免將超过正常需水量的过多水量引入灌溉系統及其各个渠道和田間去；（乙）减少渠道的滲漏損失；（丙）根据計劃用水、作物需水定額及土壤性質，合理地利用田間供水（沒有深層滲漏和弃水）。

地下水水位距地面的深度，应不少于2.0~2.5公尺，且应視地下水的礦化程度、土壤的結構性和農業技術而定；对于壤土來說，地下水位最高时期距地面的深度应为2.0~2.5公尺。如地下水水位升高超过了上述的限度，則只是在剛進行过冲洗灌水之后的一个短时期內是許可的，且此时地下水水位距地面的深度也不得超过1.3~1.8公尺。

第二章 灌溉土地的地下水狀況

要想正确地采取一些能使地下水水位保持在必要深度的措施，就必须：（1）經常地观察灌溉地区的地下水狀況；（2）了解在灌溉时期影响地下水水位动态的那些最主要的因素。

为此，在灌溉土地上，首先是在有鹽漬化和沼澤化危險的土地上，應該对地下水水位的高度及其变化進行有系統的观测。分析这些变化的动态，可以针对每个具体情况定出必要的制度，以便保持地下水处于所要求的状态。因为从分析中可以看出，这块土地的地下水是否会升高（或是下降），这种升高（或降低）是經常性的呢？还是偶然性的呢？影响地下水水位升降的最主要的原因是什么？必須改变哪些因素才能防止地下水的上升？

为了控制地下水，就必须对地下水的狀況和地下水的水量平衡進行統計并加以分析；这对于合理地進行灌溉和防止灌溉土地的沼澤化和鹽漬化都是相当重要的，因此每个灌溉地塊都应進行这项工作。

每个灌溉系統和各个灌溉地塊的地下水水量平衡的統計和分析工作都必须由灌溉系統管理处或是在它的領導下進行，为此，灌溉系統管理处在自己的編制內应有專門的人員从事于土壤改良的業務（土壤改良科）。

分析灌溉地塊的地下水的平衡必須按着各个相当短的时段進行。所以要这样做，第一是为了查清各个时期的地下水平衡的动态；第二是因为地下水平衡中的个别因素，可能随时發生強烈的变化（例如像蒸發这样主要因素的影响，在夏冬兩季就有極大的差別），因此至少應該每年每月（并且按年）彙編和分析地下水的平衡，除非在万不得已的情況下，才按年來進行，而在此时則应着重

研究夏季（作物生长期）和冬季（非生长期）的地下水平衡，因为降低地下水水位的有力因素——蒸发，在夏天起很大作用，而在冬季它的作用就很微弱了。

在規定时期 ΔT （例如一个月）内，灌溉土地的地下水及与其有关的地表水的状况和平衡是由以下几个主要来量因素与去量因素[●]的相互作用而形成的：

甲、来量因素

1. 研究时期内灌水时送进灌溉土地的水量（ M ）；

2. 灌溉渠道的滲漏量（ S ）；

3. 由于無閘引水，洪水时期的淹没，渠道和堤埝的决口，暴雨和融雪来流，泄水的泛滥等而流入灌溉系统并停滞在灌溉系统中的过多的地表水（ V ）；

4. 研究时期进入土中的降水量；这项来量是一个重要的来量因素（主要是在秋-冬期和春季的一部分时间）；在冬季和春季降水量大的年份中，灌区地下水的上升在很大程度上往往是与这个因素有关；这个因素中也包括空气中水蒸气在土壤中凝结而成的水（ P ）；

5. 从外面流入现有面积范围内的地下水来流（ G ）：由于总的水文地质条件而通过或进入这个地块的地下水流，来自相邻地区的渗透来流（例如来自相邻地区的渠道、水库、河流；来自相邻的淹没地区（如稻田）；来自冲洗地区等）。这种来流往往发生在地表，或者有时以泉的形式冒出地面。有很多灌溉地块没有这种来流（例如，灌溉土地在不透水层上，或者是在不流动的地下水之上）或者很少，或者与地下去流相抵消（过路性的地下水流）。

但是，在许多情况下，特别是对那些位于水源和地下径流丰沛的灌溉地块中间或附近的地区来说，从这些地块散渗入该地区的渗

● 原文中没有去量因素这个词，译者认为这可能是由于排印或原稿遗漏所致。

漏來流（例如，從相鄰的稻田或沖洗地區等），具有極其重要的作用。在這種情況下，來自相鄰地區的地下散滲來流，會抬高該地區的地下水水位，因而在該地區的地下水平衡中必須考慮到這種情況^②。

乙、去量因素

1. 研究期間的植物需水量（葉面蒸發）（ E ）和土壤蒸發（ E_0 ）（當地下水水位距地表近時不計算來自地下水表面部分的水分（ K ））；

2. 流到灌溉土地範圍以外去的地下水出流（ O_m ）；它可能是流向最鄰近的承泄區（位於灌溉面積以內或位於灌溉面積以外）的出流，也可能是流向相鄰的非灌溉土地的側散流；

3. 未被土壤吸收而流出灌溉土地範圍的過多的地表徑流（ V_0 ）（直接流出或是經過排水網泄走），或是經過該灌溉系統的過路性地表水（把水排泄到這個灌溉系統之外）。

如果在研究時期來量總和超過去量總和，那末在灌溉系統中（在灌溉地塊上）這個時期的儲水量便增加到 $\Delta W + \Delta V$ （主要是土壤水，有時是地面水）。

式中： ΔW ——土壤儲水量的補充；

ΔV ——地表的積水。

在合理組織用水的情況下，如果不是在很短的時間內來研究水量平衡的話，一般可以認為沒有地表淹沒和積水的現象，也就是說 $\Delta V = 0$ ；如果此時灌溉系統水量平衡中的來量因素超過其去量因素（換言之，即進入灌溉系統中的水量超過其需水量和排出系統之外的水量），那末因為土壤水和地下水的儲量增加，所以灌溉土地的地下水位也就要上升。

② 因此，就抬高地下水水位而言，把稻田布置在其他灌溉土地之間是特別不利的。

在研究时期补给这个地塊的地下水的水量可如下确定：

$$\Delta G = [W + (M + S + P + V) - (E + E_0 - K + V_0) - W_0] + G - O_m \dots\dots\dots(1)$$

或
$$\Delta G = (M + S + V - V_0) + P - (E + E_0 - K) + (W - W_0) + G - O_m$$

式中：G——由外面流入灌溉地塊的地下水來流；

K——因毛細管作用而由地下水表面升入土壤上層中的水量；

上面中括弧內的式子是灌溉地塊在研究期間 ΔT 的地下水的內部補給，它可以以 $p \cdot \Delta T$ 來表示；

O_m ——在研究时期 ΔT 內流到灌溉地塊範圍以外去的地下水出流（流到灌溉地塊內的承泄區和其下游的承泄區，或者呈側散流流向相鄰的非灌溉地塊）。

W——研究时期开始时，在灌溉地塊高于地下水位的土壤中的儲水量；前一个时期流入土壤中的降水量對於儲水量也有影响。

W_0 ——土層的潛蓄持水量，也就是保持在这个土層內而不致成为地下水的儲水量。

所引用的式子中的一切因素都是以每 1 公頃毛灌溉面積上的水層來表示的。它也可以寫成下面的形式：

$$\Delta G = G + p \cdot \Delta T - O_m$$

或是
$$\delta \cdot \Delta H = G + p \cdot \Delta T - O_m \dots\dots\dots(2)$$

因为水量（水層） ΔG 流入地下水內以后，將使地下水位抬高

$\Delta H = \frac{\Delta G}{\delta}$ ，式中 δ ——土壤的飽和系数，这个系数在一定条件下

取决于土壤的飽和持水量与其潛蓄持水量之差；关于这个系数的确定和它的意义請參看下面第七章； $p \cdot \Delta T$ ——現有地塊在研究期間地下水的內部補給（該地塊來水量和去水量之差），同时單位時間內地下水內部補給的強度是以水層（ p ）表示的，即：

$$p = \frac{1}{\Delta T} [M + S + P + V - (E_1 + E_0 - K) - V_0 + W - W_0] \dots (3)$$

因此，灌溉地塊地下水平衡的方程式一般地可寫成：

$$\delta \cdot \Delta H = (M + S) + P - (E_1 + E_0 - K) + (V - V_0) + (W - W_0) + G - O_m \dots \dots \dots (4)$$

在這個方程式中所有的因素都以水層來表示。

ΔH 是灌溉地塊的地下水水位在研究期間 ΔT 內抬高的平均值。每個時期的地下水水位升高的強度或速度可用下列關係式來計算：

$$\frac{\delta \cdot \Delta H}{\Delta t} \cdot \omega = Q'_{np} + p' \omega - Q'_{cm} \dots \dots \dots (5)$$

式中： Q'_{np} ——在 Δt 期間內流入灌溉地塊範圍內的地下水外入來的流量；它等於 $Q'_{np} = L_{np} \cdot q'_{np}$ ，式中 L_{np} 是來流邊周的長度，地下水來流沿此邊周進入這個有着毛灌溉面積 ω 公頃的灌溉地塊； q'_{np} ——在這個來流邊周的單位長度上的平均單寬地下水來流。在 ΔT 期間內流入這個地塊的地下水來流的總體積，以水層表示，等於：

$$G_{np} = \frac{Q_{np} \cdot \Delta T}{\omega}$$

地下水外入來流可以以泉的形式涌出，如果泉的出水量停滯在這個面積里，則泉的出水量應看做是一個正的被加數，如果泉的出水量將變為出流並流到灌溉地塊範圍以外去，則可看做是負的。

Q_{om} ——在 ΔT 時間內經過承泄區流到灌溉地塊範圍以外的地下水出流量；它等於 $Q_{om} = L_{om} \cdot q_{om}$ ，式中 L_{om} ——有出流發生的承泄區的長度， q_{om} ——每單位承泄區長度上的平均單寬地下水出流；在 ΔT 期間內從灌溉土地流走的地下水的出流總量，如以水層來表示則為：

$$O_m = \frac{Q_{om} \cdot \Delta T}{\omega}$$

p ——強度（在 ΔT 期間每單位時間內地下水內部補給的水層），按照前面的式子 p 為：

$$p = \frac{1}{\Delta T} [M + S + P + (V - V_0) - (E + E_0 - K) + W - W_0] \dots\dots\dots (6)$$

式中: M, S 等——在 ΔT 時間內的來水量和去水量;

W ——地下水面上地塊(每 1 公頃)土層內的蓄水量;

W_0 ——同一土層內的潛蓄持水量;

ΔH ——灌溉地塊地下水水位在 ΔT 期間內上升的平均高度;

ω ——該地塊的毛灌溉面積。

大的灌溉地塊(尤其是對於整個灌溉系統來說)中的地下水狀況,是因地而異的,地下水水位升高的平均值可用加權平均法確定,即:

$$\Delta H_{cp} = 0.01 \{ \alpha_1 \cdot \Delta H_1 + \alpha_2 \Delta H_2 + \alpha_3 \Delta H_3 + \alpha_n \cdot \Delta H_n \};$$

式中: α_1, α_2 等——相對於灌溉系統內地下水水位升高 $\Delta H_1, \Delta H_2$ 等各面積的權,以 % 計。

通常地下水流出 O_m 可通過三種途徑從這個灌溉地塊流出:

(1) 流到這個灌溉地塊上的一些固定的承泄區(河流、澮谷、集水溝)里去;這一部分水量我們把它叫做內泄流出(O_A);

(2) 流到位於這個灌溉地塊以外(並且往往相距很遠)的承泄區里去,灌溉地塊邊界與流經這個地塊的地下水流相交的截面上的這種流出,我們把它叫做外泄流出(O_B);

(3) 這個灌溉地塊流向相鄰的非灌溉土地的側散流(流出 O_C 是由于散流作用而產生的)。

這几部分的總和就是流出這個灌溉地塊範圍的地下水的總流出($O_m = O_A + O_B + O_C$)。在許多情況下流經這個灌溉地塊下面的地下水流是穩定的,因此,可以認為外入來流等於外泄流出,即 $Q = O_B$ 。灌溉地塊如位於內流地下水上,那就會有這種情況。

在這種情況下, ΔT 時間的地下水平衡的方程式如下:

$$\Delta H = \frac{1}{\delta} \{ (M + S + V - V_0) + P - (E + E_0 - K) - (O_A + O_P) + (W - W_0) \} \dots\dots\dots (7)$$

也就是說，最主要的地下水補給來源，即抬高灌溉地塊地下水位的可能性，乃是灌溉系統內部的地下水的補給，這主要是由於引水過多、灌溉定額不合理、渠道中水的滲透損失和用水不合理等造成的。

這些來源都可以為我們所支配，因此合理的進行灌溉，不僅能防止而且還能杜絕灌溉土地地下水升高的現象發生。

當地下水來流或來自相鄰地塊的滲透水流流向這個灌溉地塊時，則須應用地下水平衡方程式(4)，式(4)中被加數(G)也取決於這種來流的大小。

在進行灌溉時，應當杜絕灌溉土地的地下水水位上升和鹽分在土壤表層內聚積的現象發生，即防止土壤內的水分（和鹽分）來量超過土壤的需水量和天然的出流。上面引用的地下水平衡方程式，還指出了每個不同時期須要特別注意水量平衡中的哪些因素和水利組織（Организации водного хозяйства）的哪些部分，以便達到上述的目的。

為了預防灌溉土地地下水水位的升高必須要：（1）盡量減小 $p\Delta T$ （方程式3）的數值，即減少系統內部的地下水的補給來源，也就是減少過多的灌溉供水和渠道中的滲透；（2）觀察地下水出流多不多（特別是在地下水水位高的時候），以使

$$O_m \geq G + S \geq p\Delta T \dots\dots\dots(8)$$

由方程式(4)可以看出：如果要使地下水水位不上升（即 $\Delta H = 0$ ），那末，由這個灌溉地塊上每一個單位面積中流出的地下水的天然出流（天然的內部徑流模數）應為：

$$O_m = M + S + F + (V - V_0) + (W - W_0) - (E_1 + E_0 - K) + G \dots\dots\dots(9)$$

當流入這個地塊的外入地下水來量(G)愈小，灌溉供水($M + S$)超過植物葉面蒸發和土壤蒸發($E_1 + E_0 - K$)的數量愈少以及補給地下水來源的地表積水($V - V_0$)愈少時，則 O_m 值也愈小，如果灌溉時，使

$$M + P + (W - W_0) + (V - V_0) = (E_1 + E_0 - K) \dots (10)$$

則 $O_m = S + G$

即在这种情况下地下水的天然出流的充足程度（譯注——即要求程度）僅取决于流入这个地塊內的外入地下水來流和灌溉渠道与水库的滲漏損失。如果遵照上述方程式（10）的条件來最合理地進行用水，那末当天然出流模数 $O_m < S + G$ 时，則必須采取措施减小（ S ）（滲漏損失）的数值，有时还要通过搞好相鄰的較高地区上的灌溉和开辟山坡截水渠的方法來减小 G 值（外入來流）；否則就必須增加地下水和滲漏水的天然出流。

因为要减少系統內部地下水的补給來源，就要在用水上和管理上作到使过多水量進入系統的一切因素减小并使有效需水的所有因素最大限度地提高，因此就要通过推行草田輪作制和适当的農業技術來增加灌溉土壤的持水量，从而增大 W_0 值。

为了使灌溉土地的地下水水位保持在所要求的深度上，应当了解各个时期地下水的变化狀況。这种狀況取决于每个研究时期地下水平衡的主要因素的狀況。

上述灌溉土地的地下水平衡的通式（4）可以寫成下面的形式：

$$\delta \cdot \Delta H = M_{op} + (V - V_0) + G + F - E - O_m \dots \dots \dots (11)$$

式中： $M_{op} = M + S$

即每一單位面積在研究期間 ΔT 內的灌溉系統的供水量，它还包括渠道中的滲透損失（如果干渠的引水渠的滲漏損失并不影响这个灌溉地塊的地下水的話，那末干渠引水渠的滲透損失可以不計）。

$$E = E_1 + E_0 - K$$

即 E 等于 ΔT 期間內的植物的叶面蒸發加系統的表土蒸發減去从地下水表面進入所研究土層的水分（ K ）。

直接从土壤表面蒸發的水分（ E_0 ）虽然能促使地下水水位的降低，但它却使無益的灌溉水分的消耗增加，促使溶解鹽分升入土壤表層而引起土壤的鹽漬化；因此在合理灌溉的情況下，必須通过保