

南疆新垦区排水沟的深度

中国科学院综合考察委员会

新疆分院

南京土壤研究所

一九六二·五

南疆新垦区排水沟的深度

南疆地区土地资源十分丰富，可垦荒地面积有15,000余万亩，约占全疆可垦荒地面积的48%。但是由于自然条件的特殊性，在这些荒地中，都具有一定程度的盐渍化。其中含盐较重的盐土约有7,500万亩，因此进行开发时，需经细致的土壤改良工作后，才能农业利用。

近几年来，生产建设兵团和地方国营农场，在垦殖大面积盐土荒地方面取得了很大的成绩，积累了许多宝贵的经验，事实说明，如果简单地采用灌溉冲洗措施，以调节和控制土壤表层盐分的相对稳定性，是不可能达到土壤改良目的的，更不能免除作物遭受盐渍化的危害。因此，我们认为，在南疆新垦区内继续进行以排水洗盐为中心的水利土壤改良工作，仍然是目前一项繁重的任务。过早地提出：“……由防治盐碱进入垦区与提高土壤肥力和走向轮作……”，是不恰当的。

要进行水利土壤改良工作，以逐步地降低土壤中过多的盐分，有除和降低地下水位，则排水沟的深度是其关键的问题；而排水沟究竟需要多少深度？目前还有一些不同的意见。有些人认为：排水沟应该深，才能起到降低地下水位的作用。有些人认为：排水沟不一定深；深了工程量大，且易造成塌坡，所以主张用浅排或“浅排加密”的方式。

这些意见可归结为：(1)采用浅排抑是深排 (2)排沟的适宜深度 (3)怎样保证排沟的深度。

为了阐明上述的问题，现根据中国科学院新疆综合考察队与生产建设兵团合作在沙井子、塔里木和库尔勒等地所进行的排水洗盐试验研究和我们在南疆其他地区自收自采成果，加以分析整理，以供有关方面参考。

一、採用淺排抑是深排

排水溝的深度取決於一系列的條件，而在总的方面應以使地下水和土壤達到良好的改良效果為前提。

我們知道：在南疆地區，氣候乾旱的程度是世界上最高的。年降水量很少，（有些地區根本終年不落雨）而蒸發量又相當大，為降水量的數十倍。且因高山和窪地的間隔，使得盆地內部地球化學環流缺乏出路。所以在山勢平坦和低窪的地區，地下水逆流條件很差，礦化度甚高，一般都在10克/升以上。在強烈蒸發條件下地下水通過土壤的毛管上升作用不斷地將鹽分帶至土壤中，致使土壤迅速發生鹽漬化。不僅表土積鹽，底土也同樣積鹽；過去積鹽，現在仍然還在積鹽。

我們在野外實際調查的結果，也證明了：凡是地下水位在1.5—2米的地区，鹽分累積都是嚴重的，甚至地下水深達3—4米毛管水還能上升至地表，而使土壤繼續積鹽；在荒地上土壤毛管一透膜水從6.0—6.5米深的地下水還可以在上，這是其他地区所罕見的現象。正是由於南疆自然條件的特殊性，也就決定了各地復原的土壤改良條件，然而由於過去經驗不足，在大面積開荒造田過程中對各地土壤改良條件的認識和估計不夠，特別是對地下水估計不足，未能注意到地下水在沖洗灌溉以後的迅速變化所給農業生產帶來的影響，而不分地區條件採用千篇一律的設計方案，把農排僅挖至2.0—2.5米深甚至更淺，這樣既沒有達到降低地下水的目的，也不能抵禦住土壤次生鹽漬化的發展，每當沖洗訂水後，土壤立即返鹽。所以，截至目前為止我們還沒有看到有一個農場憑藉這種深度取得顯著的土壤改良效果；相反的，生產實踐一再證實這種淺排的作
用非常有限。如庫爾勒乳畜一場地下水比本來較高，1956年造
排時，僅挖了深約2.5米深的農排，土壤鹽分未能得到彻底的

冲洗，因而次生盐渍化随之发生：使生产一直受到很大障碍。几年来由于排水沟严重的淤塞失修，从1960年开始，全场在90%以上的土地面积内地下水位已上升到2.0米左右土壤强烈地进行积盐，有部分的耕地不得不被迫放棄；又如哈拉玉尔滚胜利九场，焉耆四团农场过去由于排水沟深度只有1.5—2.5米，所以土壤盐渍化的面积並沒有藉冲洗而減少。以上事实说明：靠浅排排走的盐分是微不足道的，它也不可能防止地下水位的上升和降低地下水位。

由于浅排不能排除高矿化的地下水和及时地降低地下水位，因此在冲洗时不仅得不到良好的脱盐效果，而且也不易巩固住所获得的脱盐效果。如塔里木试验地1961年在原有较深的排水沟基础上，采用种稻洗盐后，1米土层平均含盐量（以干残余物计）达到了平常认为下可能或很难达到的标准（0.5%左右或更小），但是，由于在种稻期间，排水沟受到了严重的坍塌淤塞，深度普遍淤至1.5米左右（原为2.8—3.0米），个别处排还只有1.2米深，在这种情况下，当水稻成熟停水后，水位迟迟不能下降，仅在10天内土壤盐分即由0.4—0.9%增至0.8—2.1%（如表），不难看出，如果排水沟没有足够的深度，欲使地下水位迅速降低到使土壤不致于返盐的深度是不可能的，同样的理由，要巩固良好的脱盐效果，巩固下来，也是不容易的。这也正是采用浅沟排水的农场，一直没有摆脱次生盐渍化威胁的主要原因之一。

目前採用排沟深度（2.0—2.5米）的有效作用范围，往往与现有设计的底距（350—400米）大小不相适应，使条田中央大面积的土地，因得不到排水沟的作用形成大片的盐斑或盐片的次生盐渍化，根本不能生长作物，从而影响了沿排水沟种植の利用方式，这种状况无疑地使作物收成面积一年比一年地缩小。

塔里木試驗地1961年种稻后土壤返盐情况

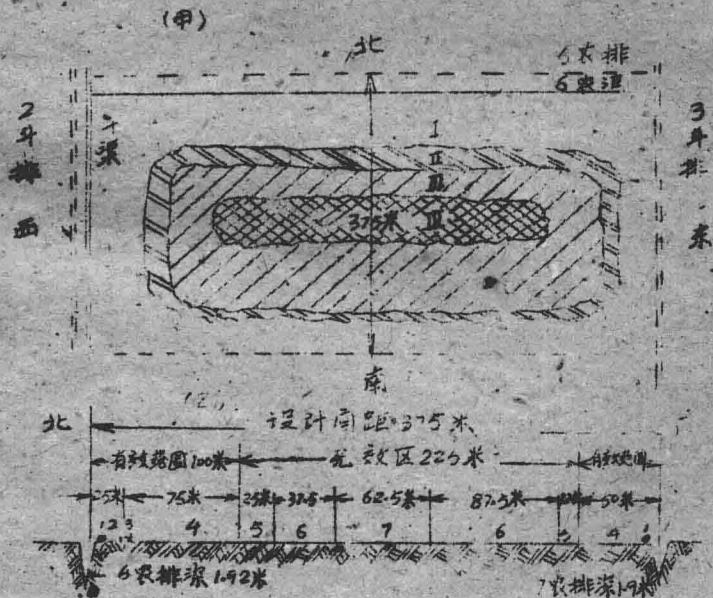
剖面号	干残余物(%)			Cl(%)			SO ₄ (%)		
	播前 (5月25日)	收后 (9月6日)	收后10天	播前	收后	收后10天	播前	收后	收后10天
1/1	0.578	0.919	1.119	0.023	0.051	0.313	0.290	0.450	0.331
1/2	0.603	0.415	0.854	0.020	0.054	0.219	0.328	0.165	0.215
1/4	1.731	0.710	1.194	0.419	0.026	0.236	0.551	0.374	0.765
1/6	0.868	0.448	1.424	0.057	0.069	0.383	0.447	0.184	1.346
1/8	1.066	0.898	2.101	0.079	0.028	0.458	0.636	0.472	0.647

以孔雀一场三交三斗七农为例；这个条田原设计间距为375米，排水沟深为2.5米，四周都有排水沟控制。（如甲图），由于作物只能沿排水沟两侧成匍状生长，故称此为“跑道形”。从垂直6农排向条田中心看作物生长情况（如乙图），距6农排50米的范围内，小麦出苗齐全，生长壮旺；距75米的范围内生长较前稍差，距100米处生长开始受到抑制，出现芦苇，并有稀疏的紅柳，距125米处小麦生长矮小稀疏，再向中心则为寸草难生，地表有发白的“结皮成龟裂状的充板地”，所以，这条排水沟由北向南的有效作用范围为100米。从中除去排水沟保护带（废土堆）林带和渠道共佔25米宽外，种植面积只剩75米，佔条田375米的五分之一。再加7农排由南向北的有效作用范围50米，尚有225米是无效区。就目前排水情况（水量十分微弱），仅在灌溉后水量有所增加，所以，根据排水沟目前的深度和排水能力，我们认为这些有效范围，並不完全是由于6、7两条农排的作用，而且受到条田中起到一定的轮排积盐作用的影响故实际的有效作用范围可能更小。

还要补充说明一点，类似这样的条田在孔雀一场一、三分坊

地区是普遍存在的。更值得研究的是：这些土地都是先造五排水系统进行洗盐而后利用的，但由于排水沟深度不够，间距过大，冲洗又不彻底，以及其他措施的不当，使土壤也就很快地发生了次生盐渍化。很显然，原设计深度为2.5米且遭到严重淤塞的农排，尚不能胜任排水改良盐渍土的任务地，那么要指望现为1.5—2.0米的深度来达到排水的目的，更是困难的。因为沟底都已高於水面，而变为乾沟，且已出现严重的盐结皮。像这样的排水沟，再加强也起不到应有的作用，因为它根本不能排除地下水，更不能降低地下水位，实际上只起到毛排的作用。

排水沟作用范围及作物生长情况示意图
(孔一坊三分坊)



- I. 作物生长区(冬小麦) II. 作物受到严重抑制
 (甲) III. 杂草丛生作物减产的外边地 IV. 无板结地
 1. 废土堆 2. 林带 3. 水渠 4. 作物生长区
 (乙) 5. 作物受到严重抑制 6. 杂草丛生, 作物减产的外边地
 7. 无板结外地.

用。所以，今后一果不如深而只採用加深(縮小間距)的办法，很难得到良好的效果。根据沙井子和塔里木两試驗地历年来的試驗資料也說明了：深排比浅排优越，归纳起来有以下几点：

1. 对地下水下降速度的影响：沙井子試驗地於1953年对农後进行了排水系統，农排採用2.5米和3.5米两种不同的深度，当中洗以后，在不同深度的作用下，地下水位下降速度也不等(如表)，当停水后10天2.5米排水沟作用区日平均下降速度为 $\frac{11.8 \text{ 厘米}}{\text{昼夜}}$ 。

不同排水沟深度对地下水下降速度的影响

沙井子試驗地

距农排 米	农排深 度 米	每十天平均下降速度 厘米/昼夜						
		10天	20天	30天	40天	50天	60天	70天
25	2.5	11.8	3.6					
	3.5	18.0	5.0	2.0	1.4	1.2	0.4	0.8
50	2.5	8.3	4.7					
	3.5	13.0	5.0	3.3	2.0	1.8	0.3	0.5
100	2.5	6.0	3.5					
	3.5	8.2	5.0	3.8	3.2	2.2	0.8	1.0
150	2.5	5.7	2.9					
	3.5	7.4	5.1	4.4	3.5	2.0	1.5	1.2

註：從地下水开始下降起每十天計算的。

而3.5米的作用区为18厘米/昼夜，同时看出不论距排水沟远近，都具有这样的趋势。另外当中洗打水后20天，在深为2.5米的排水沟控制范围内，水位降至1.8米左右时，速度就愈来愈慢，而深为3.5米的排水沟所作用的范围内，水位下降至2.3米左右时。

还在继续下降，说明深排完全可能把水位降至要求的深度以下。

2. 对排水水盐量的作用：在沙井子间距相同的条件下，2.5米的农排排水量佔灌水量的24.8%，而3.5米的农排则为31.2%。从表中其它项目也说明深排的作用是相当显著的。

不同排水沟深度的效果比较

沙井子试验地

1960年

区号	农排深度 (米)	农排间距 (米)	最大排水模数 公升/秒/公顷	冲洗期间 单位面积 排水量 吨/亩	排水水 量佔灌 水量%	备 注
I 塊地	2.5	400	0.52	13	24.8	受控制
II 塊地	3.5	400	0.60	22.6	31.2	面积计算

3. 与土壤脱盐效果的关系在冲洗过程中，深浅排的脱盐效果也不同。在沙井子试验地2.5米和3.5米深的排水沟，在一米土

沙井子试验地：1960年

农排深度 (米)	所处农渠 部 位	冲前含盐量% (一米土层平均)	脱盐系数公斤/平方米			
			冲洗 2次	冲洗 4次	冲洗 6次	冲洗 8次
2.5	上 部	3.625	41.1	24.2	22.5	18.0
3.5	上 部	3.644	53.7	35.4	22.1	21.2
2.5	下 部	3.66	47.3	35.1	26.9	25.3
3.5	下 部	3.734	61.2	41.2	28.9	28.8

体含盐量相似情况下，在农渠上部开始冲洗2次后，深排脱盐系数可增高40%，以后继续冲洗时，也可增高10—15%；在

农渠下半部则可增高15—20%，在相同深度下，则农渠下部比上部的脱盐系数分别提高20—40%。另外当冲洗水后，在土壤含盐量相近似的情况下，经过一个月的时间3.5米深的农排一米土体的含盐量由10.76%增至1.29%，而2.5米深的农排则由0.99%增至1.99%（如表），所以深排不仅可以加速土壤的脱盐，同时在防止返盐上也有显著的作用。

此外，在施工过程中，浅排并不比深排节约土方量和减少投资额。我们根据试验站和农场排水沟设计规格，以十万亩土地为例，进行了深排与浅排工程量的对比计算。如表中所列，在修建2.5米的浅排和3.5米的深排时，从挖土的总土方量来看，前者为2809.188立方米（干方），后者干方为2,662,668立方米，加水方126540立方米，合计为2889208立方米，二者相差80620立方米；在计算中2.5米以上的浅排，均以干土方计，每工天5立方米，而3.0—3.5米的深排，由于有干方和水方，每工天以5立方米计，工资如以库尔勒地区的水平为标准，即农场自修造价计算，每工天为1.4元，若按企业造价（包工）计算，每工天为2.1元。这样修建2.5米的浅排和3.5米的深排，自修价格每畝地投资额分别为2.62元和2.68元，而按企业造价计算，每畝地投资额则分别为4.1元和4.5元，二者水平是一致的。但是在布置2.5米的排水沟以后，土地利用率达84.6%，而3.5米的排水沟土地利用率可增至89.4%，这不仅佔用土地面积少，而且由于间距大，为机械作业创造了良好的工作条件，并可减少必要的桥涵对压缩投资和集中管理都有一定的好处。

综上所述，在南疆地区，田间排水工程（农排）应以深排为宜，这一方面是由于自然条件的特殊性所必需的，另一方面也为生产实践所证明了，并通过试验研究工作而初步得到了验证。至于採用“浅排加密”的办法，尚有待于进一步研究。

(沙井子试验地 1960年)

原排架度 日期 植量	2.5						3.5					
	4月11日	5月11日	5月26日	4月16日	5月1日	5月16日	4月11日	5月11日	5月26日	4月16日	5月1日	5月16日
度 (厘米)	CL'	乾殘余物	CL'	乾殘余物	CL	乾殘余物	CL'	乾殘余物	CL	乾殘余物	CL'	乾殘余物
0—20	1.11	0.311	1.84	0.412	2.53	0.604	0.026	1.70	0.295	1.24	0.164	0.164
20—40	1.15	0.138	1.61	0.325	1.45	0.408	0.011	1.31	0.114	1.72	0.254	0.254
40—60	0.99	0.141	1.86	0.786	1.56	2.28	0.019	1.02	0.085	0.98	0.118	0.118
60—100	0.91	0.128	2.32	0.775	1.52	3.12	0.052	1.45	0.236	1.27	0.069	0.069
100—100平均	0.99	0.169	1.94	0.595	2.5	0.469	0.032	1.38	0.213	1.29	0.135	0.135

不同排水沟深度造价与土地利用率对比表

[illegible]

中、末級渠首以外的部分。

二、排水的适宜深度

生产实践和试验资料都说明深排可以得到良好的土壤改良效果，但也并不是越深越好。因为太深了会增加工程量，尤其是增大水力量，在目前依靠人力挖土来说，开挖一点台压堆无疑地也要把长工程完成的时间和增大投资额。即使有机械挖深，也必须考虑到如沟渠排挖得太深，斗、叉、铲各级排水沟均以20厘米跌差计算，就相当深了，这会给自流排水带来困难。因此，农排不能太深，而且也没有必要挖得很深。我们对农排适宜深度的理解是：能排走高矿化的地下水，降低地下水位，使在冲洗期间，能迅速促进土壤脱盐，冲洗后在比较高的农业技术条件下，还能够防止土壤返盐的最低深度。这种深度显然是现在农场一般所采用的农排深度所达不到的。

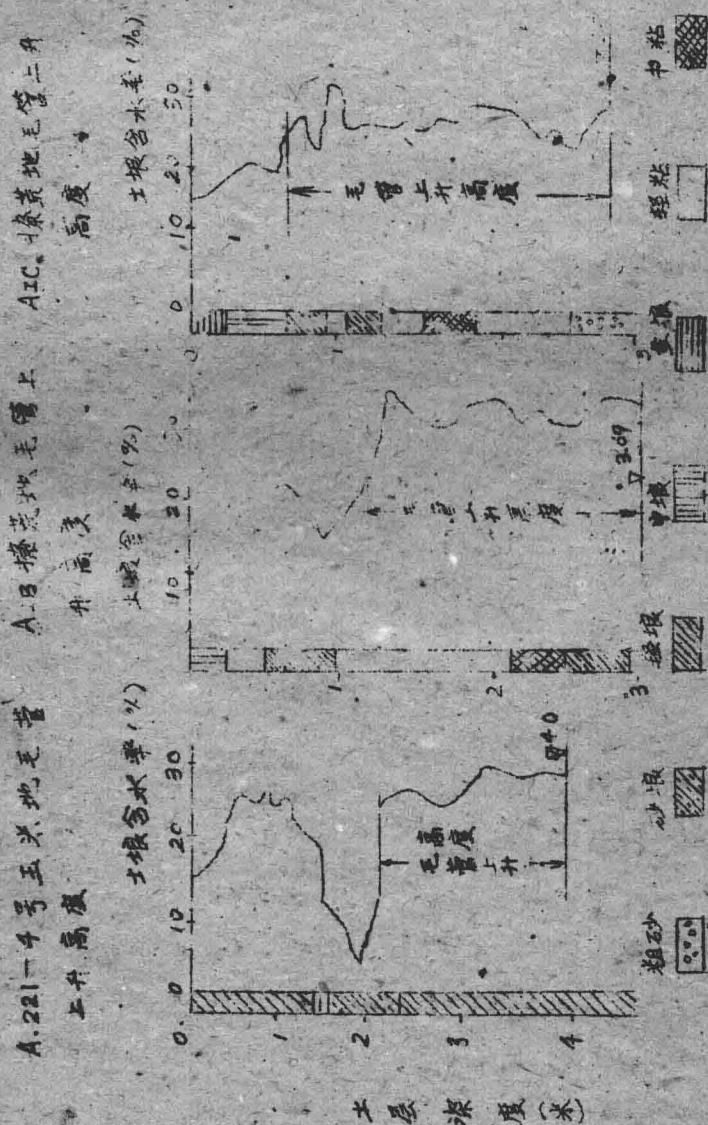
至于根据那些因素确定适宜的排水沟深度，尚待进一步研究。通常采用的方法和考虑的因素有：地下水盐界深度、盐界矿化度、土壤蒸发以及盐分累积速度。具体到南疆地区，首先，对这些因素必须把它看成是综合性的，相互依存而统一着，因此，我们在考虑排水沟深度时就不能只从中间选某一个作为依据，而是全面地考虑到这个统一体中每一个组成部分的特点及其相互关系。

但是必须指出：在南疆的条件下，由于降水量小，一般中缺且下降水流，而在强烈的蒸发作用下，上升水流则又佔绝对的优势。随着水分向上运行，地下水和底土中的盐分很容易向土壤表层发生积聚。即使是在灌溉的地区，受灌溉水的影响，水流虽会向下运行，但维持期很短，盐分累积的趋势同样存在，尤其是当地下水愈接近地面时，盐分累积过程更为强烈，愈有可能引起土壤的盐渍化。所以将地下水距地面的深度，在特定的条件下，某一深度内不致于使土壤遭受盐渍化时，也就是地

下水埋藏的深度，用来作为确定排水沟深度的重要依据也是恰当的。

关于确定埋藏深度的方法，各地区都不一致，我们是按土壤毛管上升高度加根系活动层确定的。其中毛管上升高度，又根据土壤自然含水率的测定，绘出在土壤垂直断面上的水分变化曲线，在这条曲线上的转折点，就是地下水沿毛管上升的高度（如图）。至于作物根系活动层厚度也是根据调查观测来确

沙井子试验地土壤水分变化曲线图



定的，如表中主要作物和牧草除主根外，根系比较集中分佈在60—80厘米之上的土层，故我们按70厘米计算根系活动层。

主要作物和牧草根系分佈深度(厘米)

作物名称	冬小麦	棉花	苜蓿
深度	45—60	60—80	80—100

几年来我们为了探讨南疆新垦区排水沟的适宜深度，除在沙井子、塔里木试验地专门设立深度试验外，並分別对上述各灌区地下水毛管上升高度进行了测定。下表所列的数字都是在地下水矿化度大于10克/升的情况下所测得的结果。从表中可以看出：塔里木地区毛管上升高度荒地為2.2—2.6米，耕地為1.5—1.7米；沙井子地区荒地為3.0—4.3米，耕地為2.2—2.7米。而库尔勒地区荒地為2.4—2.5米，耕地約為1.6米，如果再加上根系活动层，所得出的临界深度，其数值也就相应地增大很多。然而，由於灌溉耕作及其他农叶措施，和作物覆盖度等因素不同程度的影响，临界深度也会有新变化，尤其在精耕细作的情况；更为明显，因此应按耕地的临界深度来确定排水沟深度才比较合理。但是由於南疆地区气候特别干旱，毛管上升高度比其他地区都要高，所以在壤土地区当地下水矿化度大于10克/升时，临界深度一般約為2.5米；而在粘土地区則多在3.0米以上，这与野外工作中所观察到的现象是相一致的。

土壤毛管水上升高度的测定

利用状况	土壤质地	地下水位 (米)	毛管上升高度 (米)	腐界深度 (米)
塔里木试验地 1960年				
荒地	轻、中壤土	2.93	2.6	3.3
荒地	砂壤—细砂土	4.70	2.2	2.9
棉花地	砂壤土	2.3	1.7	2.4
玉米地	砂壤土	2.25	1.5	2.2

沙井子试验地

1959—1960年

荒地	粘土隔砂层	4.9	4.3	5.0
荒地	轻、中壤土	2.9	2.6	3.3
荒地(长藜叶)	重壤土	4.0	3.2	3.9
棉花地	轻、粘土相间	3.6	2.7	3.4
丰产棉花地	轻壤—砂壤	3.6	2.3	3.0
丰产玉米地	砂壤—轻壤	4.1	2.2	2.7

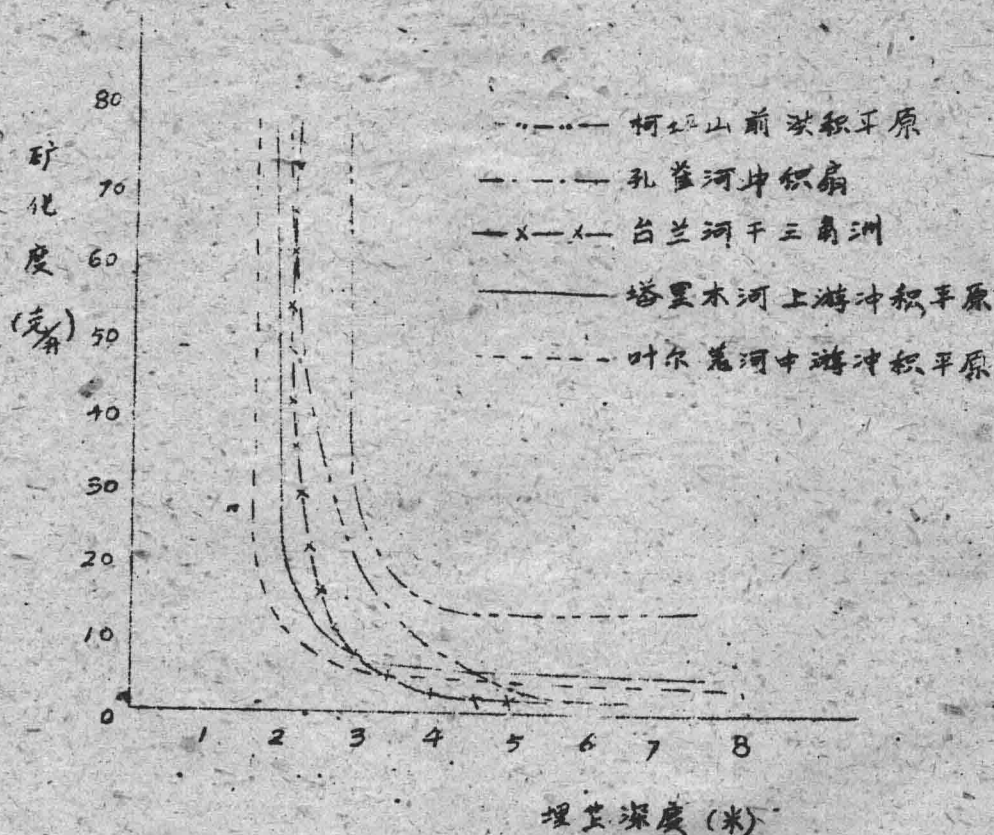
库尔勒试验地

1960年

盐碱地	轻、中壤土	2.8	2.4	3.1
盐碱地	轻、中壤土	2.8	2.5	3.2
棉花地	中壤土	—	1.6	2.3

其次由于受干旱气候的影响，在一般情况下，地下水位愈浅，蒸发损耗愈大，从南疆几个地区所作的地下水矿化度与埋

其深度相关曲线图(如图)可以看出:地下水位在2.5—3.5米时,是其矿化度的转折点。从这一深度起,地下水矿化度迅速增



地下水埋盐深度与矿化度相互关系

高,因此,应该认为当地下水埋盐深度在2.5—3.5米时,地下水的蒸发作用就已经是很强烈了。

此外,根据塔里木试验地1960年在荒地上进行的土壤盐分累积速度的测定结果(如表),尽管它受到方法和季节性的影响,但也能看出一般积盐的趋势,说明了积盐速度是相当快的;4—6月正是塔里木干旱多风的季节,强烈的蒸发加剧

了盐分的累积。盐3—1号剖面地下水位离地面深达3米，但在0—10厘米土层内自5月6日至8月经过三天后，积盐量竟高至1.026%，比5月6日增加10%，无疑地，这些盐分都是来自地下水，所以，当冲洗以后，水位如不能迅速下降，将会造成重新返盐的后果。

土壤盐分累积速度的测定

塔里木地区

1960年

剖面号	深度	0—10	10—20	20—40	40—60	60—100	100—150	150—200	200—250	250—300
	日期 盐分	挖残余物 %								
	1960.5.6	9.73	7.84	6.16	4.57	2.50	2.00	0.96	0.16	0.27
	5.8	10.76	9.02	6.40	5.07	2.24	2.10	1.04	0.35	0.29
	5.12	12.49	9.15	7.38	—	2.83	2.21	1.25	0.37	0.40

由上所述，如以地下水的潜界深度为依据，并结合地下水潜界矿化度和土壤积盐速度等因素考虑，那么，在开垦新疆区内农排最小的有效率度就不能低于25米，如果再把排水沟内积水深度（20—30厘米）加进去，则农排的设计深度就需在3米左右，才能保证将地下水降低至潜界深度以下，但是在这里我们还没有把地下水浸润线的高度加进去，这是因为考虑到在灌排系统相同布置条件下，农渠正处在浸润线顶峰之上，对这个容易返盐的薄弱环节，将会有一定的控制作用。假如灌排系统为并列布置方式，则对浸润线高度的作用，就应该有一定的估计，相应地农排的设计深度也还需增大。

至于常年种植水稻的农排的深度就不能按旱作一样要求，需根据地区的具体土壤改良条件，而适当地加以放浅，甚或可完全采用浅沟排水。

三、怎样保证排水的深度

排水系统正常工作的标志是：排水通畅，经常工作在设计深度，达到早期效果。根据国外有关文献的记载在我国具有排水系统的外渍土地区的生产实践，都证明：无论是浅排水沟或深排水沟，在什么样的土质上，其边坡的滑塌都存在着，并且是严重的；然而，直到目前为止，边坡稳定的问题，还未妥善地得到解决。

修建排水系统之后，问题在于使它经常处于工作状态，但是，由于边坡的滑塌淤塞排水沟，往往会降低它的作用，甚至使它失效。几年来我们对南疆沙井子、塔里木、库尔勒三个试验站以及当地农场的排水沟所做的调查结果表明：排水沟边坡滑塌的原因是错综复杂的，如果人们能摸清和掌握自然因素，加强对排水系统的经营管理与养护是可以减轻或防止排水沟边坡滑塌的；否则即使采用暗沟，倘若施工质量差或者管理不善，同样亦会带来不良后果。所以把深排水沟的垮坡问题，说成是由于排水沟太深的缘故，这是不正确的。现对影响排水沟边坡稳定性的自然因素和人为因素分述于后

自然因素：

首先是排水沟断面质地混乱，往往出现沙粘夹层（例如沙井子试验地的某些排水沟），当呈水平或倾斜状时，当沙层充满水之后，则成流砂，砂土被承压水流带走，上边粘土失去支持而滑塌；若沙粘夹层呈垂直状时（如土体裂隙为风沙所充填）这些裂隙处于排水沟边坡上或沟边附近，在灌水以后，冲洗水充满其底，在静水头压力作用下，引起水流旁压或侧渗，则易使土体分离而造成排水沟边坡滑塌。

裂隙孔洞所造成的滑塌，在南疆地区也甚为常见，由于土体中有大的裂隙或植物根系死亡腐烂后所留下的漏斗状孔洞，