

山东省打渔张引黄灌区竖井排水改良 盐土效果的试验研究*

戴同霞 李锡录 张兰亭

(山东省水利科学研究所)

尤文瑞 孙传璐 刘文政 肖振华

(中国科学院南京土壤研究所)

山东省打渔张灌区位于黄河下游右岸,渤海之滨,属滨海盐土范围。自1956年引黄灌溉以来,东部粘质土地区,经过冲洗灌溉和明沟排水,土壤改良效果较显著。但在西部粉砂轻壤土地区,由于排水沟塌坡严重,影响排水排盐,土壤盐渍化仍较严重,必须探寻新的排水方式。近年来竖井灌排已在我国北方盐渍地区广泛采用,很多地方取得了良好效果。竖井排水对本地区盐渍土改良是否有效?是一个值得研究的课题。为此于1973—1978年在灌区四千五支进行了竖井排水试验,现将试验结果总结如下。

一、试区土壤改良条件及工程布置

试区位于灌区四千五支二斗二、三农块,地势低平、排水不畅。地面高程8.10—8.25米,地面坡降五千分之一。试区土壤属滨海浅色草甸土和盐化浅色草甸土,土壤呈斑状盐渍化。好地一米土体平均含盐量一般在0.1%以下,中等地0.1—0.3%,盐斑地0.3%以上。盐分含量沿剖面的变化一般为表土含量高、心土低、底土又高。

试区内地下水矿化度高,迳流几近停滞状态,潜水动态主要受降雨、灌溉及蒸发的影响。潜水位年平均埋深一般为1.76—2.09米,最大埋深2.5米左右,灌溉后可达地表,但在蒸发作用下迅速下降。表层潜水矿化度一般为5—10克/升,深度愈大矿化度愈高,30米深度可达40克/升以上。盐分组成氯化物占总含盐量70—90%。

试区上层土体质地为粉砂轻壤土,机械组成中粒径为0.05—0.005毫米的粉粒含量占70%左右。土壤的毛管水活动很强,潜水蒸发很快,而土壤的透水性、给水度很低,渗透系数为0.7米/日,给水度为0.04—0.05。水分极难渗透和排出。于10—20米间经常出现厚度较大的粘土(重壤土)层,透水性极差,30米以上土层中透水性较好的粉细砂质土层总厚度一般只有5—10米(图1)。

试区中水平排水系统为干、支、斗、农四级排水沟。由于严重淤塌,农沟实际深度1米左右,间距250米;斗沟深1.5米左右,间距1300米。水平排水沟实际上不起控制地下水

* 该项工作是在广饶县改碱指挥部领导下进行的,工作中得到山东打渔张灌溉工程管理局的大力协助。参加工作的还有朱玉甫、唐美娟、孙香英、周志伟、朱九鹤、赵华龙等同志。

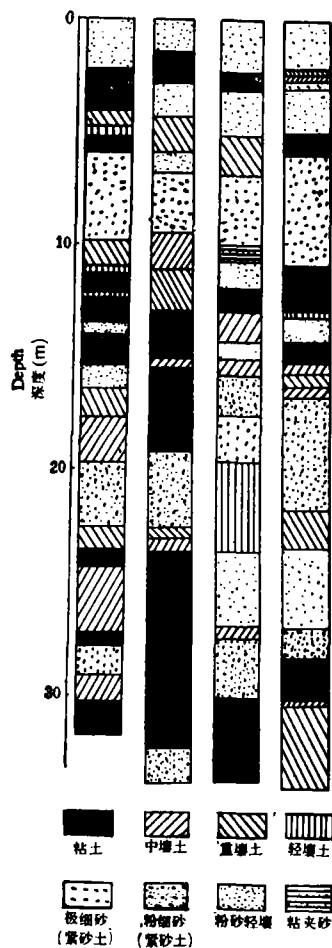


图 1 竖井所在位置土层剖面质地图

Fig. 1 Soil texture profiles at the position of well

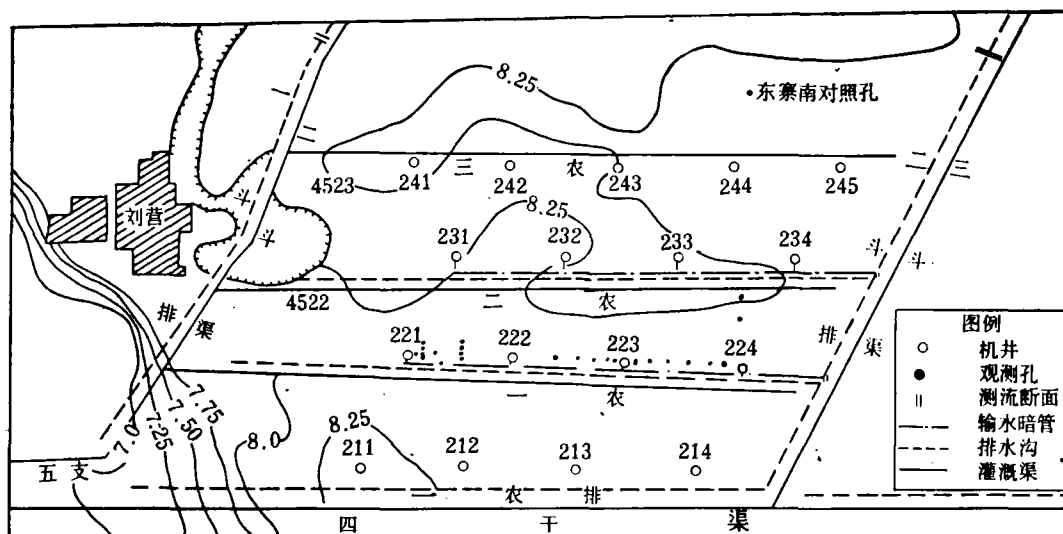


图 2 竖井排水试区工程和试验布置图
(比例尺: 1:10000)

Fig. 2 The arrangement of engineering and experiment in the area of wells drainage Scale : 1: 10000

位的作用。竖井共两排,八眼井,井距和排距均为 250 米。沿农排建输水暗管两条,以输排竖井排出的高矿化水。竖井深度 34—38 米,井管为砾石水泥滤水管,管壁厚 5 厘米,内径 40 厘米。为了观测水盐动态变化,设置水位观测井三排,分层取水及水压观测孔三组,工程和试验布置见图 2。

二、竖井排水对土壤地下水水盐动态的调节作用

根据上述土壤改良条件特点,本区竖井的主要任务在于:抽排高矿化潜水,控制和降低地下水位,防止土壤返盐,同时腾出地下“库容”,配合降雨及灌溉入渗淡水的补给,逐渐淋洗土壤盐分,建立潜水淡化水层。

(一) 竖井的排水排盐作用

试区从 1973 年 7 月份始至 1978 年 8 月份止,六年中根据灌溉、降雨和潜水位上升的情况,在八个季度进行了竖井抽水。竖井抽水过程中的稳定降深一般在 7—9 米,竖井出水量最低者为 2.7 立方米/时,最高为 12.28 立方米/时,一般为 7—10 立方米/时,单位涌水量 0.1—0.5 公升/秒(表 1)。这样的出水量远小于其他竖井试区(表 2)。分析其原因主要是整个土层的透水性 and 给水度小,无较好的含水层,而且土层中出现多层粘土夹层,

表 1 竖井出水量及抽水的含盐量

Table 1 Yield of well and salt concentration of pumping water

年 份 Year		221 号 井 Well 221		222 号 井 Well 222		223 号 井 Well 223		224 号 井 Well 224	
		出水量 Yield of well	含盐量 Salt con- centration	出水量 Yield of well	含盐量 Salt con- centration	出水量 Yield of well	含盐量 Salt con- centration	出水量 Yield of well	含盐量 Salt con- centration
1973	雨季 Wet season							12.7	38.7
1974	春季 Spring					12.3	40.6	8.0	36.1
	雨季 Wet season					10.7	38.7	7.2	36.9
1975	雨季 Wet season	12.5	33.6	7.7	14.2	10.6	38.7	7.2	36.9
1976	春季 Spring	5.4	10.8	4.5	12.4	9.9	31.5	7.3	29.9
	雨季 Wet season	2.7	33.6	5.4	14.2	10.3	21.8	8.9	13.9
1977	春季 Spring			4.6	15.5	9.6	38.8	7.3	33.5
1978	雨季 Wet season	4.6	18.7	3.2	10.2	7.3	35.3	8.3	32.0

注: 出水量单位为立方米/时,含盐量单位为克/升。

Note: Yield of well in m³/hour, Salt concentration in g/l it.

隔断了上下土层的水力联系。

表 2 不同试验区竖井排水技术指标比较

Table 2 Comparison of technical characteristics of well drainages in different experimental area

试 验 区 Location of experimental area	渗透系数 K (米/日) Permeability coefficient K (m/day)	竖井出水量 Q (米 ³ /时) Yield of well Q (m ³ /hour)	竖井水位降深 (m) Water table lowering in well	竖井影响半径 (m) Action radius	竖井井深 (m) Depth of well
打 渔 张	0.7	3—10	7—9	60	34—38
河 北 南 皮*	4.0	6—20	5—6	200	20
江 苏 东 台*	1.7	9—27	5—13	250	32—36
青海尕斯农场*	13—14	28—56	11左右	400	20—26

* 引用河北省南皮县盐改指挥部等 (1977 年)、东台县水电局水利试验站 (1975 年)、青海省德令哈农场尕斯农场 (1972 年) 的资料。

六年中八眼井抽水总时数为 18,574 小时, 累计排水总量 16 万立方米, 排盐量为 4,400 吨, 约合每亩排水 200 立方米, 排盐 5.5 吨, 如果所排出的水、盐主要来自上层土体, 则应起到较好的改土效果。但从排出水的含盐情况分析, 抽出水的矿化度均大于 10 克/升, 一般在 30 克/升以上 (表 1), 而本区表层潜水的矿化度为 5—10 克/升, 大于 20 克/升的地下水一般埋藏于 10 米深度以下。显然, 竖井抽出的水主要来自 10 米以下的地下水层。

根据 1973 年 8 月份抽水试验观测资料, 224 井抽水 10 天, 总出水量为 2,920 立方米, 其中表层潜水下漏漏斗 (扣除蒸发下降后) 折算水的体积为 258 立方米, 不及总出水量的 10%。以 10% 计算, 竖井六年中排出的表层水仅为 1.6 万立方米, 盐量 160 吨, 合每亩排水 20 立方米, 排盐 200 公斤。六年中每亩灌溉水量约为 1200 立方米, 带入的盐量为 600 公斤。因此竖井排出的表层潜水只占灌溉水的 1.67%, 排出的盐量占灌溉水带来盐量的 33%。由于上下层水力联系极为微弱, 竖井排出的水、盐, 主要来自下层高矿化水, 因而对表层水盐均衡所起的作用不大。

(二) 竖井排水对潜水位控制作用

分析竖井抽水试验地段的潜水位观测资料可以看出, 竖井抽水对潜水位有明显影响半径为 30—60 米 (依各井的出水量、井水位降深和附近的土层质地状况而异)。例如 224 井, 出水量 7—9 立方米/时, 30 米以上土层中粘土夹层总厚度约 5 米, 1973 年 7 月 18 日至 8 月 18 日抽水一个月, 距井不同距离 10、30、60、100、150 米处潜水位与非抽水地段相比, 分别多下降 1.14、0.62、0.59、0.39、0.26 米。潜水面高程值比对照孔分别低 0.85、0.33、0.25、0.05、0.05 米。停抽六天后, 10 米和 60 米处潜水位回升值分别为 0.65、0.10 米, 60 米以外不回升而是在自然蒸发影响下继续下降 (图 3)。可见竖井的明显影响范围为 60 米左右。221 井出水量 3—5 立方米/时, 30 米以上土层中粘土夹层总厚度约 7 米, 1978 年 7 月 21 日至 8 月 10 日抽水 21 天, 距井 5 米处潜水位比 15 米处多下降 0.46 米, 15 米比 30 米处多下降 0.19 米, 30 米比 60 米处多下降 0.11 米, 60 米处比 120 米处没有下降。与 120 米处相比, 则距井 5、10、30 米处潜水位分别多下降 0.64、0.22、0.03 米 (图 4)。

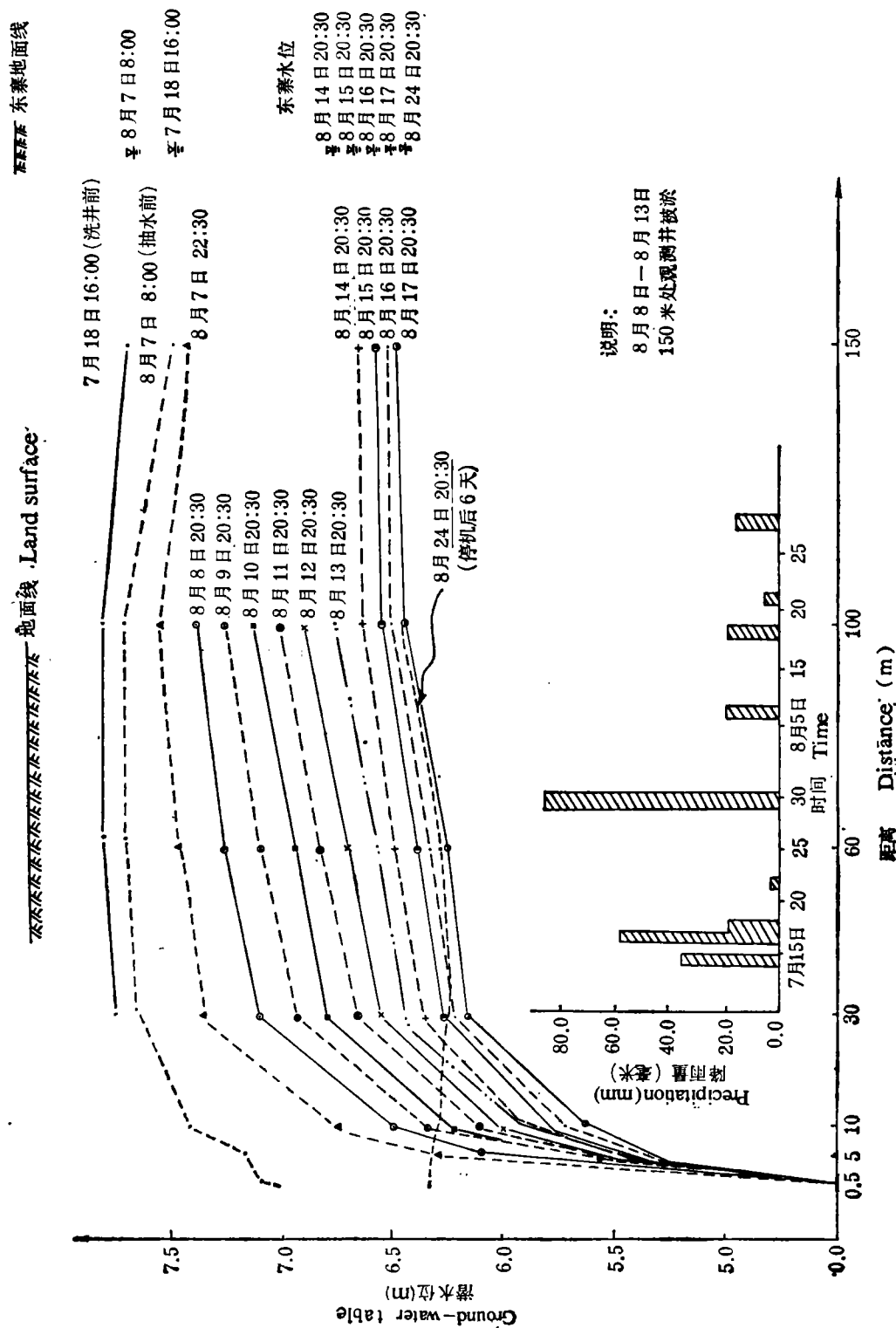


图 3 224 井抽水过程中潜水变化 (1973 年)

Fig. 3 The change of ground-water table during pumping by well 224

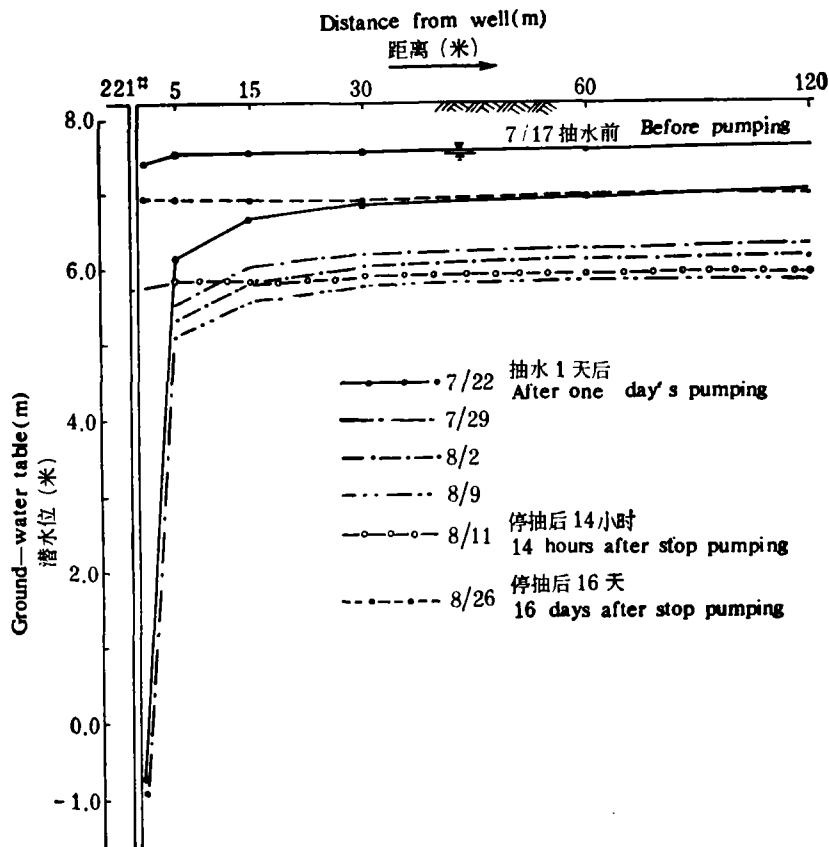


图 4 221 井抽水过程中潜水位变化 (1978 年)

Fig. 4 The change of ground-water table during pumping by well 221

可见竖井抽水对潜水位的影响范围只有 30 米左右。

由上述分析看出,本区竖井控制水位下降的幅度及其影响范围,均小于其它竖井排水试区(表 2)。原因何在?即使按照竖井出水量仅有 5 立方米/时计算,每天抽水 16 小时,一个月的总出水量为 2,400 立方米,若分配在 250×250 平方米面积上,相当于 0.033 米水柱高,如土壤给水度按 5% 计算,则潜水位平均下降深度应为 0.66 米,而实际下降值远小于此数。我们从地下水压观测资料的分析来进一步考察这一问题。在距 223 井东 30 米、距 221 井东 30 米和 120 米处分别设置了三组地下水水头压力观测孔,在竖井抽水过程中,不同深度处的水头压力变化曲线见图 5、6、7。从水头变化可以看出,10 米以上深度各层水头压力随时间的变化与非抽水地区(对照井)水头压变化是一致的,它主要受蒸发和降雨的影响,与竖井抽水无关。从同一时间同一测点不同深度处的水头压比较可以看出,其数值基本相等,沿地下水深度方向并没有形成水头差,因之没有形成垂直下降水流。从位于 30 和 120 米的两组测孔之间的水头比较,不同深度或同一深度之间也没有明显的水头差。从而可以断定,这一范围内也没有水平迳流产生,潜水仍处于停滞状态。而在粘土隔层以下,如图 6、7 所示,距 223 井 30 米处深度 13.8 米的水头压较深度 3.8 米和 9 米的水头压则有明显的差别,最大水头差可达 2 米。由此可见,在粘土隔层以下透

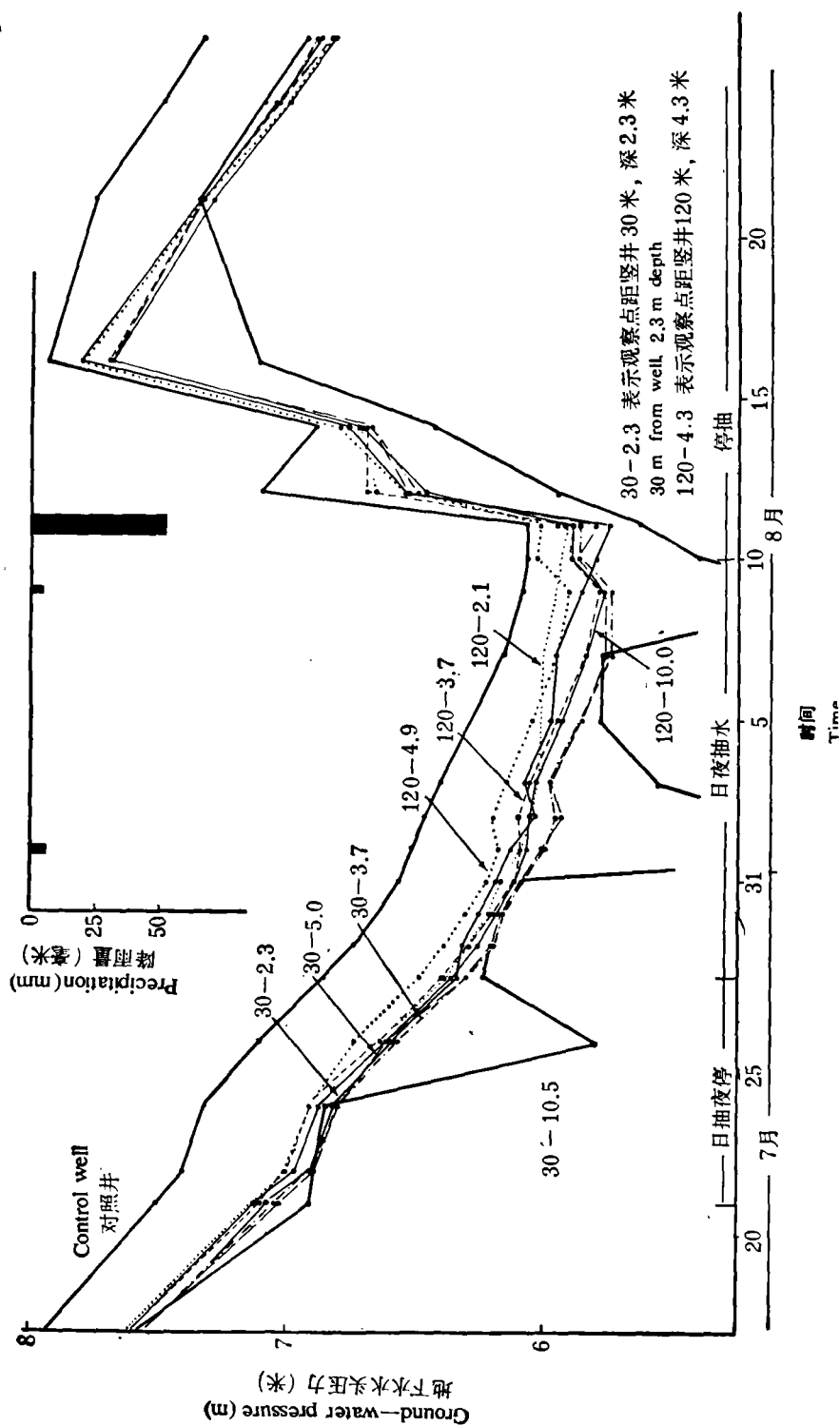


图 5 竖井抽水过程中不同深度地下水水头压力变化 (221 井)

Fig. 5 The change of ground-water pressure in different soil depth during pumping by well 221

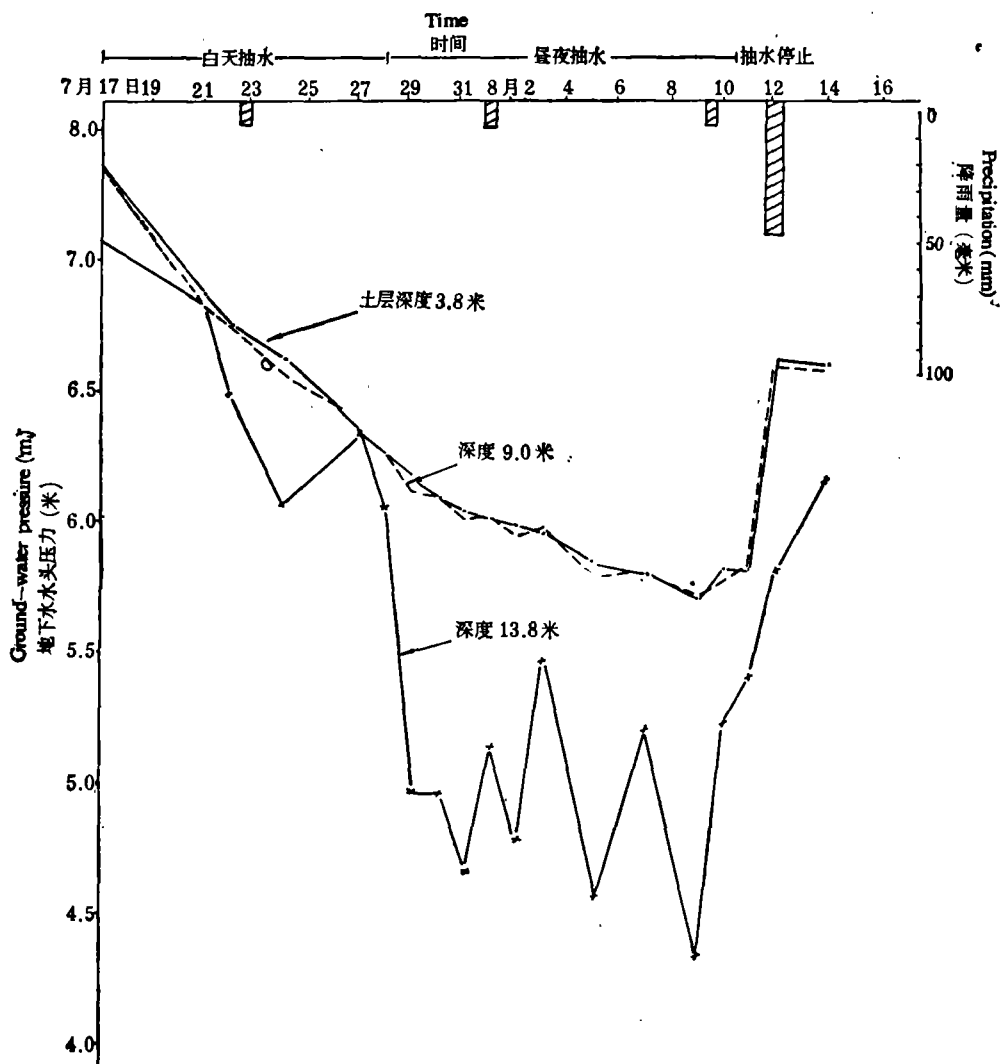


图6 距223井30米处抽水期不同深度地下水头压力变化 (1978年)

(在抽水期间有时停机加油或事故停机,因此东北井出现波动)

Fig. 6 The change of ground-water pressure at the position of 30 m from the well 223 in different soil depth during pumping

水性相对较高的粉细砂质土层中,在竖井抽水时,可形成向竖井的汇流。但由于粘土隔层的存在,隔断了上下层的水力联系,对上层潜水并没有产生影响,因之对潜水位没有产生应有的控制作用。

(三) 竖井排水对淡化潜水的作用

为了防止土壤中盐分的累积,除需控制潜水位外,淡化潜水也是十分重要的。如上所述,虽然竖井抽水过程中抽排了大量的矿化水,但多来自深层;而且由于粘土隔层的存在,下层地下水的排除并未促使上层矿化潜水的下降,因而由于灌溉和降雨入渗所形成的

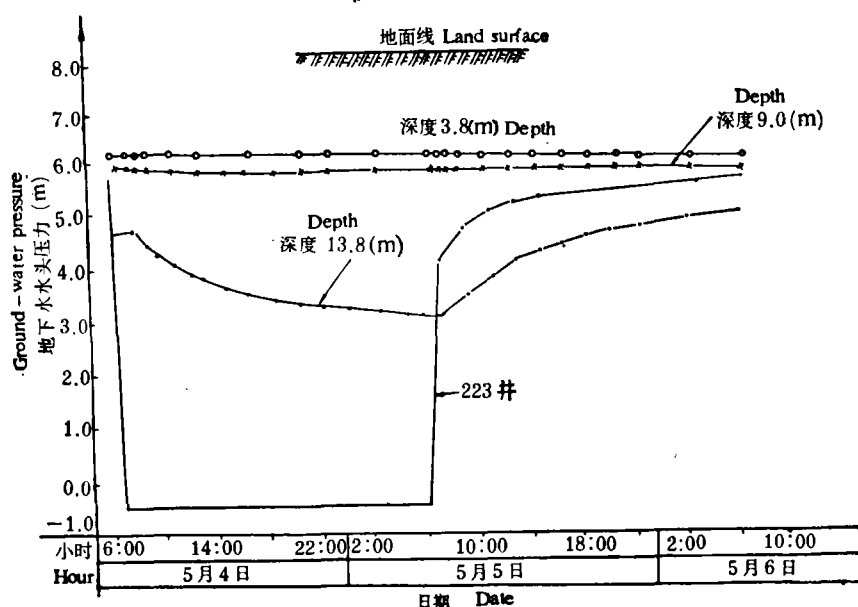


图7 距223井30米处抽水期不同深度地下水水头压力变化

Fig. 7 The change of ground-water pressure at the position of 30m from well 223 in different soil depth during pumping

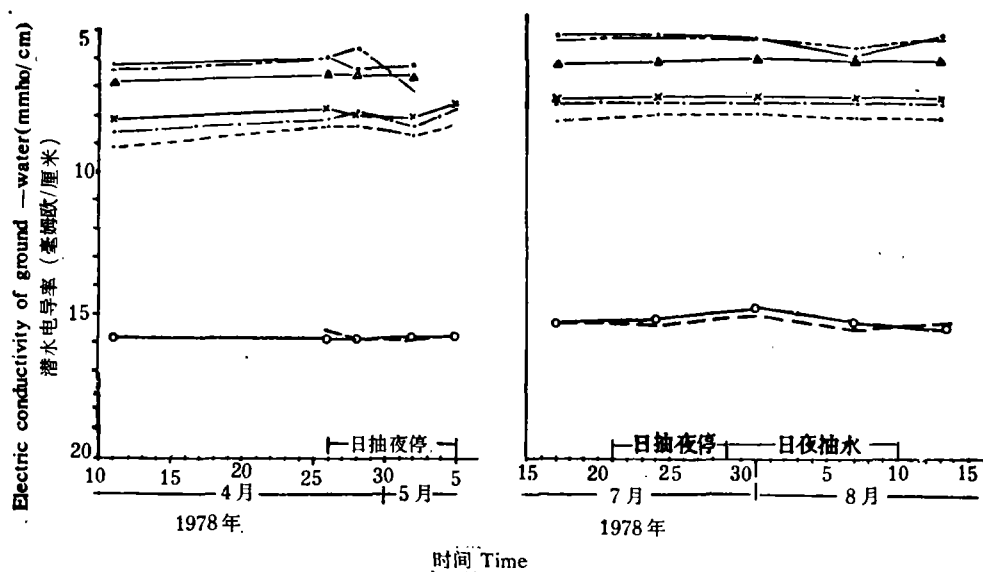


图8 竖井抽水过程中不同深度潜水电导率变化

Fig. 8 The variation of electric conductivity of ground-water in different soil depth during pumping by well

临时淡水层,在毛管蒸发的作用下迅速消耗,故不能促使潜水淡水层的形成。从分层取水资料可以看出(图8)在竖井抽水过程中,各层潜水的电导率基本上没有变化,这也反过来进一步证明,除距井 30—60 米以内的地段外,试区潜水并没有因竖井排水而改变其停滞状态。

三、竖井排水改良土壤效果的分析及对改良措施的建议

(一) 竖井排水改土效果分析

根据上述竖井调节水盐动态的分析,在试验地区水文地质条件下,可得出如下的水盐动态调节模式图(图9)。在竖井排水的作用下,由原有的地下水停滞状态转变为三个水盐动态区(A、B、C): A区为潜水侧向渗入竖井的潜水位下降区,在这一区中由于竖井中水位下降,土层中水分由于重力的作用渗入竖井,潜水位下降。但是由于土层的透水性及释水性很小,这一区的范围只有 30—60 米; B区为地下水水平汇入竖井区,粘土隔层以下透水性相对较好的土层中,由于竖井抽水水头下降,高矿化水汇入竖井; C区为潜水停滞区,不透水层以上, A区以外的地区,不受竖井抽水的影响,潜水仍处于停滞状况。

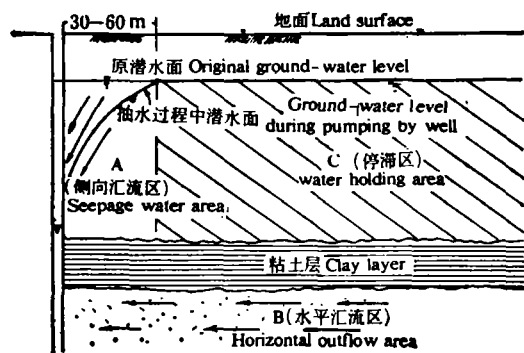


图9 竖井排水过程中地下水动态模式图

Fig. 9 Dynamic status of ground-water during pumping by well

显然, B区的形成并无益于土壤的改良,只会增加竖井的抽水负担。C区中土壤及潜山水盐动态与竖井抽水前并无差别,因此也未产生明显的土壤改良效果。只有A区改变了原有水盐动态,产生了土壤改良效果,这主要表现在: 1. 由于潜水位下降,促进了土壤中盐分的淋洗,减少了盐分的向上累积,因而条田中盐斑面积减少(表3)。但这里必需指出盐斑面积的减小,不完全是竖井排水的作用,还有平整土地、增施有机肥料、适时耕作等

综合措施的作用; 2. 由于潜水位下降和因之而产生的土壤含水量的降低,增加了土壤对降雨的持蓄能力,同时降雨过程中,竖井抽水加强了下渗水的排除,因而减轻了涝灾。根据观测,1976年7月30日至8月2日降雨140毫米,距井30—40米内基本不涝,而40米以外则有明显涝灾。又如1978年汛期竖井抽水期间,8月11日至12日降雨50.4毫米,抽水地段比对照孔潜水位少上升30—50厘米。

如上所述,在A区中产生了土壤改良效果,但影响范围的半径只有30—60米。如果以60米计算其有效范围,只占整个面积的23%;如以30米计算,则只占6%。因此得出的初步结论是: 在本区水文地质条件下,采用试验所用的竖井井型结构,进行竖井排水有改良土壤的作用,但作用范围较小。由于试验过程中,同时抽水的井数较少,抽水时间也不够长,如果大量群井长时间抽水,其效果也可能会好一些。

表3 竖井排水试区盐斑面积变化

Table 3 Change of acreage saline soil in experimental area

条 田 号 Border strip No.	年 份 Year	总 面 积 (亩) Total acreage (mu) (A)	盐斑面积(亩) Acreage of saline soil (mu) (B)	B/A (%)
4522	1973	351.1	151.3	43.1
	1975	351.1	117.6	33.5
	1977	351.1	65.4	18.6
4523	1973	272.3	132.6	48.7
	1975	481.6	211.3	43.8
	1977	481.7	157.9	32.8

(二) 改良措施建议

1. 为了提高竖井的改土效果,可采用浅而密的竖井布置,竖井的最大深度不宜超过粘土隔层的出现深度,竖井的间距不应大于 120 米,但这种布置必然要增加竖井的投资和管理费用,经济上可能是不合理的。可进一步试验采用大口井或真空插管井。当单井出水量太小时,可采用联井的办法,利用暗管将浅井连通起来。

2. 根据本区地面高程低,总排水出路不畅、土壤透水性差的特点,试验采用暗管排水,建议暗管间距以不超过 200 米为宜,暗管埋深 2—2.5 米,一般暗管排水需结合浅井进行抽排。

3. 本区潜水升高的主要原因是灌溉水及降雨的渗漏补给。在透水性及释水性很低的土质条件下,水渗入地下以后,再依靠人工排水措施排出比较困难,因此应重视采用防止渠道渗漏和进行计划用水、控制灌水定额的措施。

四、结 语

通过多年来对竖井排水过程中土壤及地下水水盐动态的试验观测,我们得出的主要结论是: 由于试验地区土壤透水性很差,渗透系数仅 0.7 米/日,给水度为 0.04—0.05,土层中水分极难渗透和排出; 又于 10—20 米深度的土层中有厚度在 2—7 米的不透水粘土夹层,隔断了上下土层间的水分联系。因此,利用内径为 40 厘米,深度为 34—38 米的砾石水泥滤水管井进行排水,单井出水量只有 5—10 方/时,而且抽水大部来自 10 米以下地下水层,水位降落的影响范围只有 30—60 米。所以竖井排水对上层土体的排水排盐作用不大,土壤改良效果较小。根据本区的水文地质条件,为了提高竖井排水的改土效果,建议采用浅而密的竖井布置,井深不宜超过粘土隔层的出现深度,间距不大于 120 米,可试验采用大口井或真空插管井。另外还可试验采用暗管排水。

竖井排水一般投资较高,用作以改良盐渍土为目的的竖井排水措施;必需详细查明改良地区的水文地质条件,以确定它的适用性,并采用适宜的井型结构及竖井布置,同时还应考虑经济上的合理性。

EXPERIMENTS ON THE RECLAMATION OF SALINE SOILS BY WELL DRAINAGE IN THE COASTAL AREAS OF SHANDONG PROVINCE

Dai Tong-xia, Li Xi-lu and Zhang Lan-ting

(Institute of Water Conservancy Science, Shandong Province)

You Wen-rui, Sun Chuan-lu, Liu Wen-zheng and Xiao Zhen-hua

(Nanjing Institute of Soil Science, Academia Sinica)

Summary

Present article deals with the reclamation of saline soils in Dayuzhang district at the coastal areas of Shandong province. Experiments were laid out in years 1973—1978. Irrigation water was conducted from the Yellow river. Pumping wells in connection with open ditches were constructed for drainage. Detailed descriptions and records on the arrangement of drainage system, seasonal change of water movement in soil profile, change of salinity of soil water and in soil layers, effect of texture profile of the soil on the rate of drainage, and the rate of desalinization of experimental field were illustrated on Figures 1—9 and Tables 1—3 in the Chinese text. The legends of the figures and the headings of the tables are given in English.

The soil permeability in the experimental areas is very poor, about 0.7 m/day. Moreover, there are compact clay layers of 2—7 meters thick underlaid 10—20 meters below the land surface, which impeded the water percolation from the upper part of soil solum. Experiments showed that the yield of a pumping well with 40 cm diameter, 34—38 meter depth, constructed by cemented conglomerate wall of 5 cm thick is only 5—10 m³ of water per hour, and the drained water is mostly originated from the underground water lying 10 meters below the land surface. The efficiency of a single well was confined only in an area about 30—60 meters in diameter.

Observations in years 1973—78 proved that the present measure for the reclamation of saline soil in Dayuzhang district remains much to be improved. It is suggested that the depth of pumping well should be above the compact clay layer, e.i. not exceeding 10—20 meters below the land surface in most cases. The pumping wells should be distributed with an interspace not exceeding 120 meters. Large pumping well of diameter about 70 cm or vacuum tube pumping in connection with tile drainage seems appropriate.

The suggested measures have been put into practice since 1979, and have been found much more efficient. The outgrowths of the improved installation for reclamation of saline soils in the said district will be reported in a succeeding article.