

# 暗洞在土壤排水中的效果<sup>\*</sup>

中国科学院南京土壤研究所城西湖工作组

中国人民解放军城西湖《五·七》军垦农场

中国人民解放军城西湖“五·七”军垦农场围湖造田，其地势低洼，土壤多属粘质淤土，其中过半为粘土中夹薄粉砂层的千层状淤土，水分上下运行受阻，且受机械压实，通透性很差。尽管排涝工程设施基本完备，但由于土壤内排水不良，降水积贮土中，不易消退，致使作物，特别是三麦、大豆等主要旱粮作物极易遭受明涝暗渍，水欺湿害，影响作物产量。为解决这一问题，过去采用明沟排水。这样，虽然也可以解决内排水问题，但花费劳力多，且影响机械作业。为了摸索在机械化作业条件下，多、快、好、省地建立田间排水系统，消除三水（地表水、潜层水、地下水）为害，于1973年春着手开展暗洞排水试验。

暗洞排水在国外又称“鼠道”、“鼠洞”或“弹丸”排水。日本在低湿稻田广泛应用。欧美各国则主要用于旱地。我国江苏、上海郊区，辽宁盘锦等地区在文化大革命前后也陆续开展暗洞排水试验，反映良好。

本试验重点观测暗洞的排水作用，同时对打洞机的牵引动力等进行了革新试验。这里就暗洞排水效果方面取得的初步资料报导如下。供试土壤为潜层水位不一的粘质千层状淤土。暗洞成椭圆形，高9厘米，宽7厘米，深度离地面60—70厘米，间距6—10米。

## 一、暗洞的排水作用

从初步试验结果看，暗洞能起排除土壤中重力水的作用，如3月上旬在23区晚稻茬冬闲田里（潜层水位高达30厘米左右）打的3条暗洞，打洞后一小时都陆续出水。以后天天出水，至3月18日开始测定，三个洞的出水量每分钟还达390—470毫升。15天中共排除土壤水分达8.2吨（见表1）。

在土壤潜层水位较深的田区，暗洞排水则表现为另一样情况。如3月上旬在28区小麦田打的12条暗洞，当时土中潜层水位在100厘米左右，打洞后一直不出水。4月初下了几场小雨，土壤含水量没有超过田间持水量，仍不出水。4月14日降雨25.9毫米，次晨观察，各洞都出水，最高的每分钟达425毫升。

4月15日、16日两天降雨77.7毫米。4月17日中午开始测定暗洞出水量，最高的每分钟达1680毫升。至18日上午测定，尚有少数暗洞继续出水。粗略统计，自17日中午12时半至18日上午10时半22个小时中，12个暗洞共排出水量约4吨半（4474公斤），见表2。

雨季，通过暗洞排掉的水量更大，如7月初在28区北起第23条田菁地打了58条暗洞，不久进入雨季，7月8日至7月15日陆续降雨111毫米。自7月9日至7月19日每天一或二次连续测定九个暗洞的排水量（见表3），其中7月10日这天因排沟积水，淹没洞口，无法测定。据这10天中12次测定，在205个小时内共排水65.6吨，平均每个暗洞每昼夜排水

<sup>\*</sup> 本试验得到江苏省常熟县农机研究所范水生等同志的大力协助。

0.9吨。其中4号暗洞一分钟排水量高达1万毫升(即10公斤)。这九个暗洞,所占面积约8亩,65.6吨水量相当于排走了12.3毫米的降雨量。应该指出,暗洞实际排除的水量远远大于此数,因为:(1)7月10日排沟积水,超过洞口,中断了30小时的测定。(2)在这段时间内傍晚至夜里常下大雨。雨后一段时间内,暗洞出水量肯定增加,至次日上午八、九点钟测定,所得结果必然偏低。

从直观上看也很清楚,打洞区基本上达到了雨止田干的要求,而相邻的没有暗洞的对照区,雨后相当长时间内地表仍有积水(见图1、2,均于1973年7月11日雨后30小时摄),这就有力地证明暗洞具有显著的排除过多降水的作用。

为了分析、探讨暗洞对降低潜层水位的实际效果,分别在大豆地(28区北起第7

表 1 23区第3条田三个暗洞出水量

| 时<br>间 | 流量<br>毫升/分 | 洞<br>号 | 1   | 2    | 3    |
|--------|------------|--------|-----|------|------|
|        |            |        |     |      |      |
| 18/3   | 8:00       |        | 470 | 390  | 470  |
|        | 15:00      |        | 460 | 385  | 473  |
| 19/3   | 8:00       |        | 418 | 342  | 442  |
|        | 14:00      |        | 405 | 328  | 424  |
| 20/3   | 8:00       |        | 362 | 255  | 365  |
|        | 15:00      |        | 345 | 210  | 262  |
| 21/3   | 17:00      |        | 220 | 145  | 130  |
| 22/3   | 14:00      |        | 215 | 165  | 155  |
| 23/3   | 9:00       |        | 175 | 135  | 132  |
| 24/3   | 8:30       |        | 135 | 82   | 54   |
| 25/3   | 14:00      |        | 105 | 110  | 60   |
| 26/3   | 16:00      |        | 80  | 98   | 60   |
| 27/3   | 9:00       |        | 57  | 83   | 25   |
|        | 14:00      |        | 60  | 73   | 45   |
| 28/3   | 9:30       |        | 30  | 52   | 35   |
| 29/3   | 14:00      |        | 13  | 35   | 20   |
| 30/3   | 8:00       |        | 12  | 25   | 13   |
|        | 16:00      |        | 10  | 25   | 13   |
| 31/3   | 8:30       |        | 无   | 20   | 无    |
| 1/4    | 15:00      |        | 无   | 15   | 5    |
| 小 计    |            |        | 3吨  | 2.6吨 | 2.6吨 |

天气情况:自13-3以来,都是晴天或阴天。

表 2 28区第7条田十二个暗洞出水量

| 时<br>间 | 流量<br>毫升/分 | 洞<br>号 | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7    | 8   | 9   | 10  | 11  | 12   |
|--------|------------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|
|        |            |        |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |
| 17/4   | 12:30      |        | 280 | 552 | 560 | 624 | 600 | 812 | 1060 | 400 | 960 | 900 | 700 | 1680 |
|        | 16:30      |        | 140 | 160 | 320 | 420 | 440 | 640 | 372  | 192 | 380 | 400 | 260 | 800  |
| 18/4   | 8:00       |        | 65  | 12  | 93  | 185 | 8   | 150 | 155  | 105 | 140 | 157 | 83  | 190  |
|        | 10:30      |        | 少   | 无   | 无   | 无   | 无   | 20  | 15   | 35  | 无   | 无   | 无   | 少    |

表 3 28 区第 23 条田九个暗洞出水量

| 时<br>间 | 流量<br>毫升/分 | 洞<br>号 | 1    | 2    | 3    | 4     | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 降 雨 量 (毫米) |     |      |
|--------|------------|--------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------------|-----|------|
|        |            |        |      |      |      |       |      |      |      |      |      |            |     |      |
| 9/7    | 9:30       |        | 2400 | 4320 | 2880 | 4800  | 3240 | 3960 | 5400 | 4080 | 2460 | 8/7        | 8时  | 1.5  |
|        | 15:30      |        | 4860 | 5760 | 3060 | 10000 | 4920 | 7200 | 6000 | 6120 | 3720 | 9/7        | 8时  | 30.7 |
|        |            |        |      |      |      |       |      |      |      |      |      |            | 20时 | 3.0  |
| 11/7   | 9:30       |        | 765  | 1380 | 1040 | 2250  | 600  | 1800 | 2100 | 1500 | 1410 | 10/7       | 8时  | 27.0 |
|        | 15:30      |        | 500  | 860  | 840  | 1900  | 380  | 1315 | 1185 | 1200 | 1160 | 11/7       | 8时  | 0.2  |
| 12/7   | 8:10       |        | 320  | 505  | 240  | 1290  | 220  | 800  | 780  | 780  | 760  | 12/7       | 20时 | 20.5 |
|        | 17:10      |        | 500  | 1000 | 800  | 1500  | 455  | 1040 | 1210 | 920  | 970  | 13/7       | 8时  | 0.1  |
|        |            |        |      |      |      |       |      |      |      |      |      |            | 20时 | 10.8 |
| 13/7   | 9:00       |        | 375  | 750  | 680  | 1480  | 450  | 765  | 820  | 740  | 800  | 14/7       | 8时  | 1.4  |
| 15/7   | 9:00       |        | 240  | 420  | 425  | 1080  | 185  | 540  | 360  | 450  | 300  | 15/7       | 8时  | 1.9  |
| 16/7   | 16:30      |        | 55   | 270  | 270  | 610   | 35   | 285  | 365  | 330  | 75   |            |     | 0.6  |
| 17/7   | 17:30      |        | 76   | 190  | 162  | 275   | 75   | 130  | 220  | 170  | 60   |            |     |      |
| 18/7   | 16:40      |        | 60   | 145  | 117  | 128   | 50   | 66   | 155  | 90   | 40   |            |     |      |
| 19/7   | 16:30      |        | 28   | 94   | 65   | 50    | 30   | 少    | 78   | 32   | 无    |            |     |      |

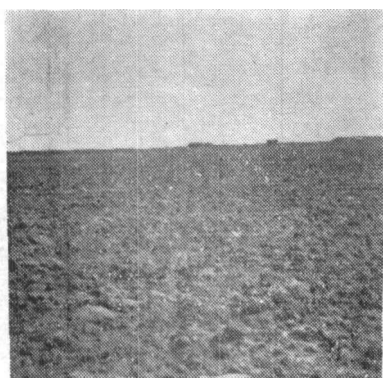


图 1 打洞区(28区23条田)

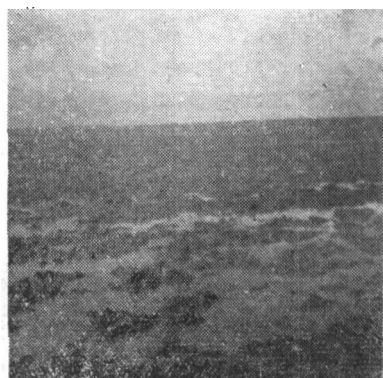


图 2 对照区(28区22条田)

条),田菁地(28区北起第23条)的暗洞两侧,距暗洞1、3、5米处和相邻条田未打暗洞的对照区布置了观察井,每天测定观察井中的水位变化。测定结果明显反映出潜层水位的变动有共同的趋势,即距暗洞1米处的水位最深,3米处次之,5米处又次之,对照区水位最高。并且每次大雨后,各观察井水位都普遍迅速提高,对照区水位几乎接近地表。转晴后,暗洞出水量逐渐减少,离暗洞越远水位越高的规律性仍然保持着。当暗洞停止出水,意味着暗洞以上的土层中土壤含水量已经下降到重力水以下,这时土壤性状以及植物蒸腾、地面蒸发等因素对水分运动造成的影响增大,这种规律性才逐渐不明显。

为了更直观地分析暗洞对降低潜层水位的效果和影响范围,取7月16日雨止至7月23日暗洞停止出水期间测得的观察井水位绘制成图3。

图3清楚地揭示暗洞的排水、降水作用,在3米之内相当突出,5米处尚有影响。因此,两条暗洞的间距定为6—10米左右是合宜的。

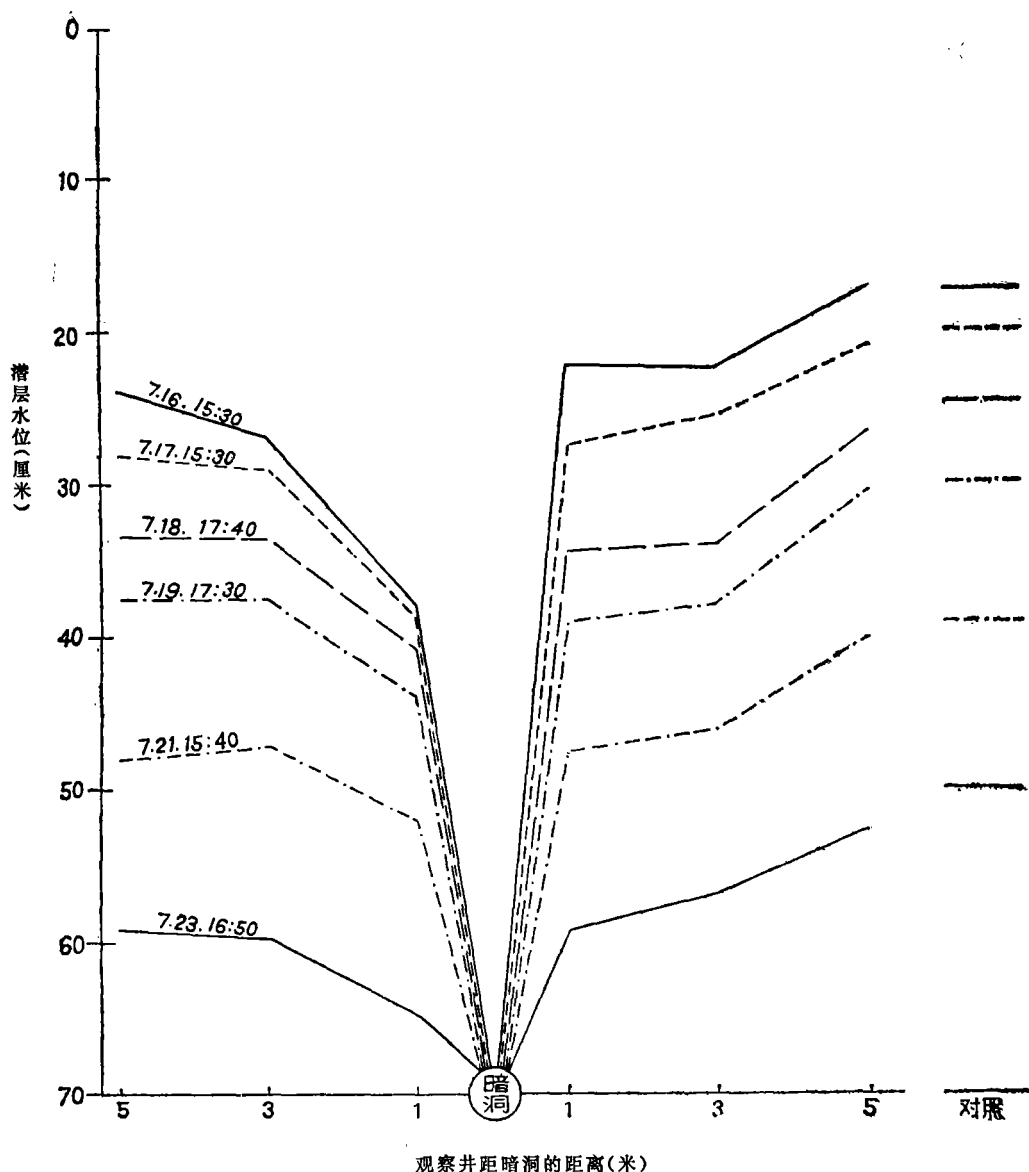


图3 暗洞排水降低潜层水位的效果

## 二、暗洞排水的增产效果

上述结果说明暗洞具有明显的排水（排除土壤的重力水和雨水）、降水（降低潜层水位）作用。这对于旱作易受明涝暗渍、水欺湿害的湖洼粘湿地说来，肯定是一项有效的增产措施。73年春在23区晚播尺把大麦田布置的暗洞排水试验，尽管打洞时大麦已开始返青拔节，但由于4月中及5月初有两次大雨过程，雨后对照区有积水，大麦遭受水欺湿害，根系发黄发黑，锈病、赤霉病蔓延，麦子萎缩枯死。而打洞区则无积水现象，麦子生长基本正常，收获时尚清秀。样方测产结果，打洞区比对照区增产26.4%（见表4）。

在潜层水位稍低的田区，暗洞同样表现出增产的苗头。如3月上旬在28区丰产三号

表4 暗洞对三麦的增产效果

| 作物   | 区  | 处理 | 样方位置             | 样方面积<br>(米 <sup>2</sup> ) | 产量<br>(斤) | 测产<br>(斤/亩) | 增产<br>(%) |
|------|----|----|------------------|---------------------------|-----------|-------------|-----------|
| 尺把大麦 | 23 | 打洞 | 第6条田东端, 两条暗洞之间   | 5×5                       | 4.0       | 106.8       | 26.4      |
|      |    | 对照 | 第6条田中段, 未打洞      | 4.5×5.6                   | 3.2       | 84.5        |           |
| 丰产   | 28 | 打洞 | 第7条田西段中部, 两条暗洞之间 | 4.7×8                     | 15.84     | 280.3       | 21.3      |
|      |    | 对照 | 第7条田中段中部未打洞      | 4.7×8                     | 12.96     | 229.4       |           |
| 三号   | 28 | 打洞 | 第7条田西段南部暗洞两侧     | 3×4                       | 3.40      | 188.9       | 1.5       |
|      |    | 对照 | 第8条田西段北部相邻部位     | 3×4                       | 3.35      | 186.1       |           |
| 小麦   | 28 | 打洞 | 第7条田西段北部暗洞两侧     | 3×4                       | 2.73      | 151.7       | 12.8      |
|      |    | 对照 | 第6条田西段南部相邻部位     | 3×4                       | 2.42      | 134.5       |           |

小麦田布置的试验,经数点测产,打洞区分别比对照区增产1.5%、12.8%、21.3%不等(见表4)。

应该指出,以上试验均在大田布置,大田生产易受多种因素影响,造成不平衡性。故上述测产结果仅示暗洞确有增产趋势,而不能用来评价打暗洞一项措施对三麦的增产幅度和经济价值。

暗洞除当季麦子受益外,对下季大豆也有好处。如28区大豆播种后,一度(7月上半月和8月初)阴雨连绵,对照区豆苗受水欺湿害,植株高度、分枝、荚数和百粒重等都有所降低,打洞区比对照区增产18.3%(见表5)。

表5 暗洞对大豆的增产效果

| 处 | 理 | 株高<br>(厘米) | 分枝<br>(个) | 荚数<br>(个) | 瘪粒<br>(个) | 百粒重<br>(克) | 收获面积<br>(米 <sup>2</sup> ) | 总产量<br>(斤) | 亩产<br>(斤) | 增产<br>(%) |
|---|---|------------|-----------|-----------|-----------|------------|---------------------------|------------|-----------|-----------|
| 打 | 洞 | 80.9       | 6.0       | 8.0       | 0.8       | 15.2       | 91×68                     | 1890.0     | 203.7     | 18.3      |
| 对 | 照 | 76.4       | 3.8       | 5.3       | 0.8       | 14.4       | 91×66                     | 1549.6     | 172.2     |           |

### 三、暗洞排水的评价和问题

#### (一)暗洞排水的优缺点

通过初步试验,暗洞排水显示以下优点:(1)能排走较深的土壤潜层水,对内排水不良的千层状淤土,排水效果明显;(2)暗洞不占用耕地;(3)不影响机械操作,对机械化农场来说解决了机耕与排沟布设的矛盾;(4)革新成功的打洞机,效率高(一台机子每小时能打暗洞约5公里),工本低(按10米间距打一条暗洞,每亩打洞耗油费仅人民币几分)。

主要缺点是每个洞口都需分别管理,相当费事,否则洞口易堵塞。暗洞排水的另一个问题是必须沟洞配套,要求排沟出水通畅,沟底深于洞口至少20厘米左右。

沙性土壤或泥浆状土层打暗洞后,洞壁易坍塌、淤塞,尚待解决打洞的技术问题。

引起洞口淤塞的原因,主要是由于沟边暗洞口,土体较松,特别在盛夏多暴雨季节,容

易坍塌；有时洞口为水淹没，更易坍塌。有时中耕除草或耙地，易将沟边土块推下来，也会堵塞洞口。因此，打洞后应及时管理，最好洞口安装7—10寸长的竹筒，或定制的陶瓦管。如以上材料有困难，可考虑用1.5—2尺长的高粱秆束或其它不易腐烂的秸秆束插入洞口。至植稻季节，则封闭洞口，控制稻田渗漏量。

## (二)暗洞的深度和密度问题

暗洞的间距多大为宜，是涉及到打最少量的洞而收到最大排水效益的问题，从今年初步试验情况看，在透水性差的厚千层状淤土上，适宜间距为6—10米的范围。

暗洞的深度应考虑作物丰产的需要和实际排水效果来确定。丰产三麦要求至少有60厘米以上的爽土层。而城西湖的粘质千层状淤土垂直向裂隙少，表土和心土的透水性都差。暗洞深了，对排除上层土壤的水分不利。从今年的初步试验看，洞深60—70厘米尚可。我们设想今后本着“浅明沟、深暗洞”相配合，以及“暗洞排水，灌溉”相结合的原则，进一步试验研究暗洞的间距、深度以及深、浅两层暗洞配合等问题。

## (三)打洞机的弹头形状、大小及刀片厚度问题

从延长暗洞的寿命看，椭圆形较圆形好，椭圆形经淤积逐渐变成圆形、月牙形，能维持较长的年限。

弹头大，出水面增大，能提高排水量，并延长暗洞淤积期限。但洞过大，洞壁会被挤压得十分紧实，不利于洞壁的渗水，且打洞阻力加大。根据初步试验结果，履带拖拉机牵引力大，弹头增大至 $15 \times 12$ 厘米仍能顺利牵引。

目前打洞机弹头前端顶点一般位于中间或偏下，弹头入土时，挤出的土基本上平均分散到弹头的四周或上部。如将圆锥顶点稍向上移，挤开的土大部分可能分散到弹头的下部，这样上部洞壁不致压得过于紧实，则弹头加大带来的副作用可减轻或免除。但如圆锥顶点上移，弹头入土后稳定性差，易上抬，这问题尚待解决。

刀片缝具有明显的排水作用，尤其是新打的暗洞，耕层刀缝未被破坏，裸露地表，相当于一条窄明沟。刀片越厚，刀缝越宽，随缝渗入洞中的水分就越多，但刀缝宽了，带入洞中的泥沙增多，洞容易淤塞，所以刀片的厚度也是个值得注意的问题，通过试验初步认为，以1—3厘米左右为宜。

## (四)打洞的质量问题

打洞质量既影响暗洞排水的效果，又影响暗洞的使用年限。如果地面高低不平，打出的暗洞会随之起伏（尤其是悬挂式打洞机），排水不畅，且洼处易淤塞，使暗洞失效，因此，打洞之前，须平整土地。

另外，在条田沟边，或有较高的埂子，或有高于田面的斜坡（挖条田沟时堆上的土），打洞时拖拉机会发生“翘尾巴”的现象。打成的洞口比田中的暗洞高，形成“朝天洞”或“马鞍形洞”，也会明显降低排水效果。因此，打洞处应修窄田埂，或铲平斜坡。如能随时任意调整弹头入土的深度，使暗洞深度不受地面起伏的影响，并能按照一定的坡降打洞，则暗洞排水效率将更高，这是有待今后解决的问题。