

暗洞寿命问题的探讨*

王浩清 周正度 杜国华 戴昌达

(中国科学院南京土壤研究所)

STUDY ON THE DURABILITY OF MOLE CHANNEL

Wang Hao-ching, Zhou Zheng-du, Du Guo-hua and Dai Chang-da

(Nanjing Institute of Soil Science, Academia Sinica)

据在安徽省城西湖农场和江苏省常熟县等地调查,各地地下排水的暗洞寿命长短相差很大,从一、二年到十多年不等。国外文献也有类似的记载,但都感到对这一问题研究不足^[3-6]。

过去我们曾经认为,暗洞失效是由于泥沙随水注入暗洞淤积而堵塞了通道^[1]。其后通过实地调查发现,暗洞洞壁倒塌,尤其洞顶塌方,才是暗洞失效的根本原因。就是说,暗洞寿命的长短决定于暗洞洞壁的稳固程度。

影响暗洞洞壁稳固性的因素甚多,如土壤性质(主要指暗洞附近的)、暗洞施工质量、暗洞大小和形状、土壤水分变化强度、洞口管理以及降雨和灌溉状况等。据我们的调查研究,可以认为土壤性质是影响暗洞寿命的主要原因,其他因素常常通过土壤的内在特性而起作用。下面着重讨论土壤性质对暗洞使用年限的影响以及如何延长暗洞寿命的问题。

一、土壤性质对暗洞寿命的影响

土壤质地和土壤结构对暗洞稳固性的影响似最重要。

1. 土壤质地的影响 质地轻粗的,暗洞寿命短,质地粘重的,暗洞寿命长(表1)。一般说,质地轻于中壤的暗洞,其洞壁遇水极易酥散塌陷,面砂土和小粉土之类,一般仅经一次大的降雨过程,暗洞就陷塌而丧失了排水能力。这类土壤中少数质地略粘的,也仅能勉强维持半年左右。在粘质土壤中打暗洞,一般都有一定的排水效果,寿命也比砂性土壤为长。

2. 土壤结构的影响 在粘质土壤(重壤—重粘)范围内,土壤结构状况对暗洞稳固性的影响,远远超过了质地的影响。普遍的现象是,暗洞附近土壤的结构越发育,即结构裂隙将土体割裂得越是支离破碎,则暗洞洞壁越不稳固,暗洞寿命越短;反之,不良结构土壤中的暗洞,洞壁甚稳,寿命也长。例如,安徽省城西湖农场的马肝淤土和江苏省常熟县

* 本工作得到安徽省城西湖农场以及江苏省常熟县农机具研究所和常熟县农田水利试验站的大力帮助,特此志谢。

表 1 土壤质地对暗洞寿命的影响

Table 1 The effect of soil texture on the durability of mole channel

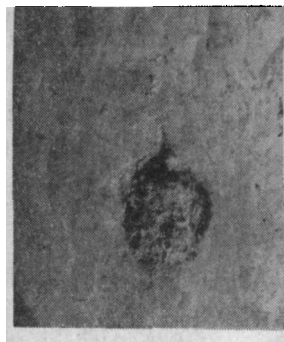
| 地点 Locality | 土壤类型 Soil type | 采土深度 (cm) Soil depth | <0.01 毫米颗粒含量(%) Content of particles <0.01mm | 土壤质地 Soil texture | | 暗洞洞壁稳固性 Stability of mole channel wall | 暗洞寿命 Durability of mole channel |
|----------------|-------------------|----------------------------|---|----------------------|-------------------|---|------------------------------------|
| 城西湖农场 9 区 | 千层状淤土 | 50—105 | 75.0 | 粘质土壤 Clay soil | 中粘 Middle clay | 较稳固 More stable | 2—3 年 2-3 years |
| 城西湖农场 45 区 | 马肝淤土 | 54—82 | 54.4 | | 重壤 Heavy loam | 欠稳固 Unstable | 1—2 年 1-2 years |
| 常熟县青春大队 | 乌栅土 | 55—65 | 52.0 | | 重壤 Heavy loam | 稳固 Stable | 10 年左右 about ten years |
| 常熟县建华大队 | 黄泥土 | 55—70 | 62.9 | | 轻粘 Light clay | 稳固 Stable | 5 年以上 more than five years |
| 常熟县新村大队 | 铁屑黄泥土 | — | — | | 重壤 Heavy loam | 较稳固 More stable | 1—3 年 1-3 years |
| 常熟县青春大队 | 小粉土 | 60—80 | 31.6 | 砂质土壤 Sandy soil | 中壤 Middle loam | 极不稳固 Extremely unstable | 遇水即塌, 不堪使用 Useless due to |
| 城西湖农场 23 区 | 面沙土 | 62—97 | 29.5 | | 轻壤 Light loam | unstable | collapse by water |

的乌栅土,质地都在重壤到中粘之间,但由于土壤结构不同,其暗洞寿命悬殊很大(照片 1,2)。马肝淤土的结构呈块状、核块状,结构裂隙多,交织成丝瓜网络状,手捏易成碎块,似有脆性而塑性不足。这种马肝淤土打洞时,弹头入土成洞,而洞壁终难形成密实整体。土体中原来的结构裂隙在洞壁的浅薄表面虽被弹头挤压压缩小,却仍广布于洞壁内部,构成隐患(照片 3)¹⁾。干湿交替或长久浸水,洞壁即裂解崩塌,故暗洞寿命不长。



照片 1 乌栅土暗洞已经使用 8 年(1967—1975 年)
洞壁未塌,孔道贯通

Fig. 1 The wall of mole channel in a block-like to structureless clayey soil kept from collapse for eight years (1967—1975)

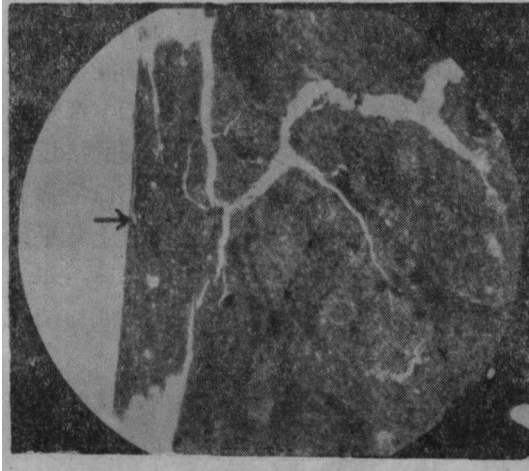


照片 2 马肝淤土暗洞使用一年后
(1975—1976 年)洞壁严重塌落

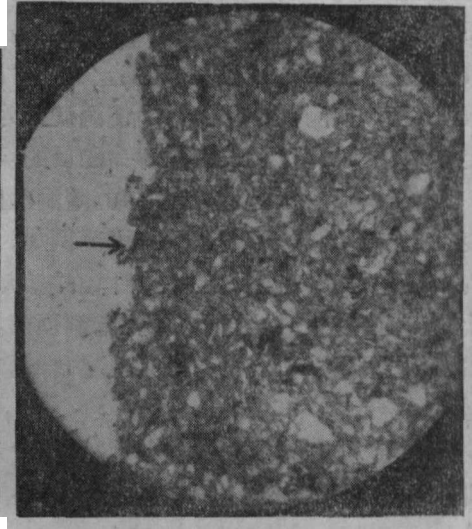
Fig. 2 The wall of mole channel in a well developed nutty blocky clayey soil collapsed after one year (1975—1976)

1) 照片 3,4 由本所地理室微形态实验室曹升庚同志制作并协助鉴定。

乌栅土结构呈大稜块状,土体比较致密柔软,富有弹性,塑性也较好。大结构体内部细小的结构裂隙很少,土粒排列垒结较均匀,一经弹头挤压便粘结一体,易使暗洞洞壁形成密实整体而不易裂碎(照片4)¹⁾,故暗洞寿命也长,有的甚至维持十年左右,洞壁仍然完好不塌,孔道贯通,排水流畅(见表1、照片1)。



照片3 马肝淤土暗洞洞壁薄片(23.5×)
(箭头指洞壁面,白色带状体为洞壁中隐存的结构裂隙)
Fig. 3 Thin section of the wall surface of mole channel in a well developed nutty blocky clayey soil (Arrow head denotes the wall surface, the white parts denote the fissures)



照片4 乌栅土暗洞洞壁薄片(116×)
(箭头指洞壁面,洞壁压实紧密,粘结一体)
Fig. 4 Thin section of the wall surface of mole channel in a block-like to structureless clayey soil (Arrow head denotes the wall surface fairly compacted by ditching mole ditcher)

其他类型的粘质土壤,如城西湖农场分布最广的千层状淤土,以及常熟县的黄泥土、铁屑黄泥土等,其暗洞寿命介于乌栅土和马肝淤土之间,这也主要由土壤本身的结构特点所决定。千层状淤土因沙粘间层而破坏了土体的整体性,致使暗洞洞壁不稳固。黄泥土有许多接近乌栅土的结构特点,暗洞寿命较长。但铁屑黄泥土,由于心、底土(暗洞部位)层段中淀积较多的锥形铁锰新生体,不仅促进了底土结构的发育,而且使局部土壤的粘结性大为降低,故对暗洞寿命影响颇大。

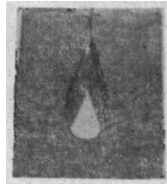
二、延长暗洞寿命的试验

虽然土壤性质对暗洞寿命的影响至为重要,但欲人为地改变下层土壤固有的性质以强固暗洞,不易办到。在调查和试验中,我们注意到打洞机具对暗洞寿命有明显影响:用不同形状、大小的打洞机弹头即使在同一种土壤中施工,暗洞寿命也有长短之别。如能合理设计弹头结构,将可望暗洞寿命得到延长。

1) 同照片3。

为了摸索弹头跟其周围土壤究应怎样发生作用,才能使暗洞洞壁具有较大的稳固性,我们曾做了如下试验。在城西湖农场千层状淤土中挖开一个剖面,用小刀在土坑壁上雕空大小两个“暗洞”;取大“暗洞”中掏出来的泥土,用铁锤充分捶烂以彻底破坏其原来的结构,然后将这粘泥做成暗洞土坯,再镶装在大“暗洞”中,作为它的洞壁;接着向土坑注水,全部淹没两个“暗洞”,以考验其稳固程度。结果,如此处理的两个“暗洞”,都远比打洞机在田间自然打成的暗洞牢固得多。这就是说,在打洞过程中,弹头要么完全不挤压周围土壤(即将多余土壤取出)而使洞壁土壤保持原样的结构状态;要么就非常强烈的挤压周围土壤以彻底破坏其原来结构,而使洞壁成为一个重新粘结的密实整体,二者都能在很大程度上达到加固洞壁,延长暗洞寿命的目的。但这两种极端的方法,在实际施工中都难于做到。调查发现,在这两种极端之间,暗洞洞壁的稳固性又随着弹头对周围土壤的挤压强度而变化:挤压越烈,洞壁越不稳固。例如,大口径弹头打成的大暗洞,没有小口径弹头打成的小暗洞稳固。若采用斜面朝上的楔状圆柱形弹头打洞,起自弹头底部以上几乎所有的土壤,都被抬升并紧紧挤压在暗洞顶部。结果,抬升受压的土壤,在半年到一年的时间内,几乎又都重新崩塌下来并阻塞暗洞,对暗洞的排水能力和寿命都产生了明显的不良影响。

考虑到以上试验结果,我们设计了一种新的“灯泡形”(或曰“悬胆形”)弹头^[1]。照片 5 即是用这种弹头打成的暗洞,其特点是:暗洞上半部(即最易塌方的部位)受弹头挤压



照片 5 灯泡形暗洞(实物标本),暗洞下半部的土壤受到强烈挤压,而上半部受力轻微

Fig. 5 "Bulb-like" mole channel

The lower part of the channel is squeezed by high pressure of mole ditcher, but the upper part receives only a weak pressure

最轻微;打洞时又避免了泥土的抬升,消除了对暗洞顶部的挤压。1974年11月,我们用这种新弹头和原来的圆锥形弹头(直径10厘米)在城西湖农场28区千层状淤土中布置了对比试验,在1975年6月一次强度较大的降雨过程中观测了它们的排水能力,灯泡形暗洞明显优于圆形暗洞,在相同条件下比较(例如暗洞间距相等),前者排水能力为后者的两倍(表2)。1975年10月,分别解剖观察了这两种暗洞的倒塌状况,灯泡形暗洞抗塌性能较好,圆形暗洞塌落严重(照片6)。一年半以后,即1976年6月,在一次降雨62毫米的情况下雨停前又对暗洞试验区进行了观测,所测九个灯泡形暗洞的排水流量平均为7722毫升/分,而所有圆形暗洞由于严重崩塌而完全丧失了排水能力。试验说明,灯泡形暗洞比圆形暗洞的使用寿命较长,排水能力较强。

由此可知,合理设计打洞机具(主要是弹头)的形状结构,在一定限度内可能缓和弹头作用力与洞壁稳定性之间的矛盾,从而兼收延长暗洞寿命和增强暗洞排水能力的双重效

表 2 灯泡形暗洞和圆形暗洞的排水能力对比(打洞后半年)

Table 2 Comparison of drainage capacity of bulb-shape mole channel and round mole channel which made for half a year

| 地点 Locality | 暗洞形状 Shape of mole channel | 洞号 No. of mole channel | 暗洞间距(m) Interval between 2 mole channels | 排水面积(m ²) Drainage area | 排水总量(吨) Total capacity of drainage (t) | 单位面积排水量(公升/米 ²) Drainage capacity per unit area (litre/m ²) | 折合降雨量(mm) Equivalent for rainfall |
|-----------------|-------------------------------|---------------------------|---|--|---|--|--------------------------------------|
| 28 区 北 4 条田东 | 灯泡形 Bulb-shape | 5 | 5.0 | 330 | 16.39 | 49.7 | 49.7 |
| | | 4 | 7.5 | 495 | 17.23 | 34.8 | 34.8 |
| | | 2 | 12.5 | 825 | 21.35 | 25.8 | 25.8 |
| | | 8 | 16.5 | 1090 | 30.53 | 28.1 | 28.1 |
| 28 区 北 5 条田东 | 圆形 Round-shape | (1) | 15.5 | 1023 | 14.57 | 14.2 | 14.2 |
| | | (2) | 19.5 | 1280 | 12.49 | 9.7 | 9.7 |
| | | (3) | 20.5 | 1355 | 16.04 | 11.9 | 11.9 |
| | | (4) | 20.5 | 1355 | 19.90 | 14.6 | 14.6 |

说明: 1. 28 区为麦豆轮作区, 条田宽 66 米, 暗洞长 60 米。

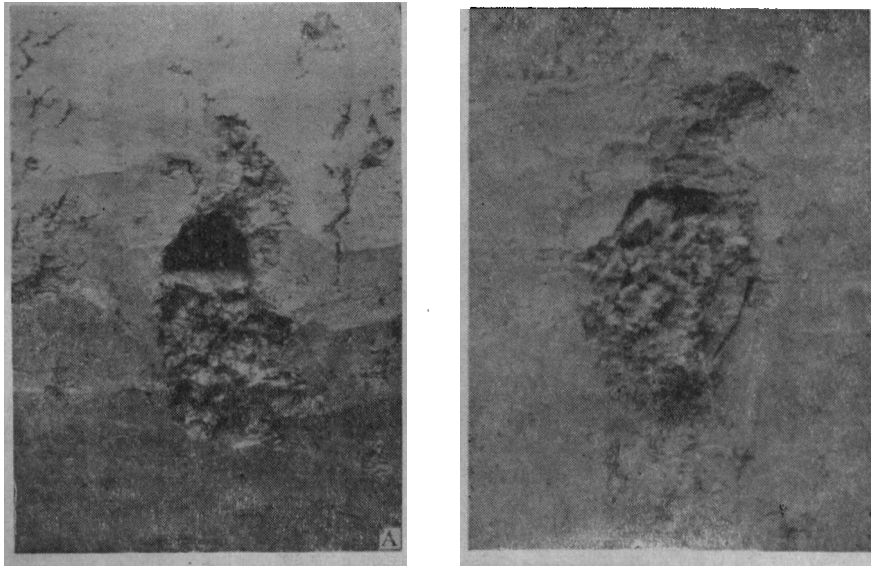
2. 观测时间: 1975 年 6 月 3 日 16 时半开始, 至暗洞停止出水。

3. 观测期间天气情况: 6 月 3 日降雨 98.8 毫米, 其后连晴。

Note: 1. 28 is plot of wheat-bean rotation. 66 m in width, length of mole channel-60 m.

2. Time of observation: From 16:30 on June 3, 1975 till draining away of mole channel.

3. The weather situation: Rainfall on June 3-98.8mm, after raining-sunny day.



照片 6 一年后暗洞洞形的变化(1975 年 10 月)

Fig. 6 Shaped change of mole channel after one year

A 灯泡形暗洞: 原高 12 厘米、原宽 6.5—7.0 厘米(弹头高 12 厘米、宽 8 厘米), 现高 13.5 厘米、现宽 7.0 厘米, 洞顶余空 4.0 厘米

B 圆形暗洞: 原直径 8.5 厘米(弹头直径 10 厘米), 现高 13.5 厘米、现宽 9.0 厘米、洞顶余空 1.5 厘米

A "Bulb-like" mole channel

B Round mole channel

果。但这里也须指出,由于影响暗洞寿命的因素很多,故延长暗洞寿命的措施也必有多种途径,只从改革打洞机具单方面努力,成效是有一定限度的。如果同时能采用某种物质对暗洞喷浆固壁,或者在暗洞中拖进多孔填充物,或者同时使暗洞在施工中能具有理想的坡降等等,则暗洞排水的优越性将更相形益彰。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院南京土壤研究所安徽省城西湖工作组、中国人民解放军城西湖«五·七»军垦农场, 1974: 暗洞在土壤排水中的效果。土壤, 第4期, 150—155页。
- [2] 王浩清、杜国华、周正度、顾国安、蔡茂德、戴昌达, 1978: 暗洞在粘质淤土中的排水效益。土壤学报, 第15卷第2期, 196—200页。
- [3] 鲁沁 (Luthin J. N.) 主编, 1957 (叶才和等译, 1965): 农田排水。中国工业出版社。
- [4] Гейтман, Б. Г., Писарьков, X. A., 1955: Осушение Сельскохозяйственных Земель. Сельхозгиз, Москва.
- [5] Соколовская. Л. Н., 1966: Осушение Земель Закрытым Комбинированных Дренажем. Изд. «Колос», Москва.
- [6] Игнатенко, Ф. В., 1965: Закрытый Дренаж Почв. Изд. «Колос», Москва.