

土壤梯度温度测定方法模拟试验研究

蒋明富

(中国科学院成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041)

摘 要: 土壤梯度温度的测定, 由于测定过程中造成土体结构和地面覆盖物破坏和扰动, 都可能造成测值的偏离, 不能反映原态土壤梯度温度的真实情况。采用插入式多温点梯级组合测温探头进行土壤梯度温度的测定, 是一种实现土壤原态——原位测定的可行方法。

关键词: 土壤梯度温度; 测定方法; 模拟研究

中图分类号: S16 文献标识码: A

土壤温度, 特别是土壤梯度温度, 在很大程度上直接代表了土壤热状况, 是土壤肥力因素的一个重要方面。因此, 土壤梯度温度的观测对研究土壤状况和农业生产都有重要意义^[1]。

土壤梯度温度的测定, 在不少论著中已介绍了大量的观测器械及其方法^[3,4]。这些方法存在两点不足之处:

(1)多数土壤梯温测定方法采用挖坑埋设测温器械, 对土体及地面覆盖物造成严重的搅动和破坏;

(2)各梯点测量位置不在同一垂线上, 存在一定的水平距离。

土壤温度除与太阳辐射有关外, 与地面覆盖物状况、土壤导热系数、土壤热容量也直接有关^[2]。由于土壤本身的不均匀性, 或土体搅动, 地面覆盖物破坏所造成的土壤热学性质的改变, 都可能造成测值的偏离, 不能反映原态土壤梯度温度。

针对常规土壤梯温测量器械及其方法所存在的上述弱点, 我们设计和研制了一种能原态——原位测定土壤梯度温度的仪器——土壤梯温仪。并用这种仪器模拟过去的测温方法进行了对比试验, 对这种差异进行探讨。

1 测温探头结构

过去各种土壤温度测量器械(包括玻璃温度计和各种电子温度计)之所以不能实现土壤梯度温度的原位测量, 其根本原因在于每一只测温探头上只有一个测温点。为了测量土壤的梯度温度就必须同

时将多支探头按不同梯度埋入土中, 这就不可避免地出现埋设探头时挖土坑搅动土体、破坏地面覆盖物; 同时各探头之间也难于保证在同一条垂线上。

为了实现土壤梯度温度的原态——原位测量, 我们设计制作了一种多温点梯级组合测温探头。探头采用插入式, 在一支探头上设置多个测温点并按一定梯级分布, 探头结构如图 1 所示。

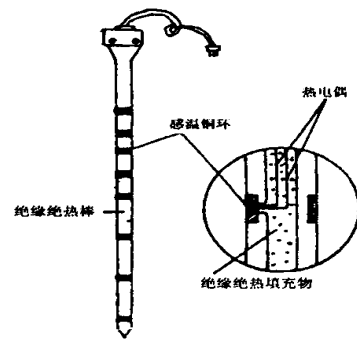


图 1 梯温探头结构示意图

Fig. 1 The Schematic Graph of the Access Probe

Structure for Gradient-temperature Apparatus

探头的测温材料系铜—康铜热电偶。热电偶的热接点嵌入感温铜环里。一组感温铜环按我们需要测的深度装配在一根直径为 19 mm, 绝热、绝缘、机械强度都较好的酚醛树酯胶棒上。这样, 当探头垂直插入土壤时既保证了各感温点都在同一垂线上, 同时铜环又能与探头四周土壤有较好的接触和热平衡, 探头各连接部和内部孔隙全部用环氧树脂和石腊封装, 以保证土壤水分不进入探头内部和杜绝探

收稿日期: 2001-07-29。

作者简介: 蒋明富(1945—), 男(汉), 高级工程师, 1980 年提出土壤原态—原位测定, 长期致力于土壤原态—原位测定方法与技术研究。在土壤梯温测定、土壤水分张力测定、土壤电导测定、电容法土壤湿度测定等方面取得研制成果 5 项, 其中 4 项被授予专利。

头内部孔隙空气的上下对流而造成各测温点自身热交换。探头地上部分呈白色,以减弱太阳辐射对探头的直接影响。

2 试验方法

试验在成都平原上一块已退耕两年,地势平坦,土质均匀的水稻土上进行,实验地地下水位较高,达 45 cm。

试验使用的测温探头其测温点分布深度为 5 cm、10 cm、15 cm、20 cm、30 cm、40 cm、50 cm。一台梯温仪连接三支探头。经计量部门检定。仪器测量误差小于 $\pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$,各探头之间及同一探头各梯级测温点之间测量误差 $\leq \pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

试验时间为 1982—04—0805—08

2.1 选择试验点

在试验地上取其互相间隔三米以上的三点,分别垂直插入事先编号为 1[#], 2[#], 3[#] 的测温探头进行梯温测量。取其各层梯温一致的三点作为进行第二部分试验的试验点;

2.2 探讨土体搅动对梯温测量影响的试验

该部分试验分三种处理:

①保持 2[#] 探头不动,作为对比点我们称此为原态[图 2(a)]。

②保持 1[#] 探头不动,在 1[#] 探头南方距 1[#] 探头 1cm(距探头中心 2cm)处挖一 60 cm×40 cm×50 cm 土坑,土坑靠探头一方的壁垂直切下。将取出的土适当打碎后重新填回坑中,并保持与原地面平整。我们称此为部分搅动图[2(b)]。

③将 3[#] 探头拔出。在其插孔位置挖一 60 cm×60 cm×50 cm 土坑,将取出土适当打碎后填回原坑中,并保持与原地面平整。在坑的中央部位再将 3[#] 探头垂直插入。我们称此为全搅动[图 2(c)]。

处理完后,连续进行三点的梯温观测。

2.3 探讨水平距离对土壤梯温测量影响的试验

将 1[#], 2[#], 3[#] 探头全部拔出,在 3[#] 探头插孔处重新挖一东西向 100 cm×75 cm×50 cm 土坑,将取出土适当打碎后重新填回原坑中并保持与原地面平整。在坑的中央部位由东到西相距 30 cm 依次将三支探头垂直插入,连续进行梯温测量。

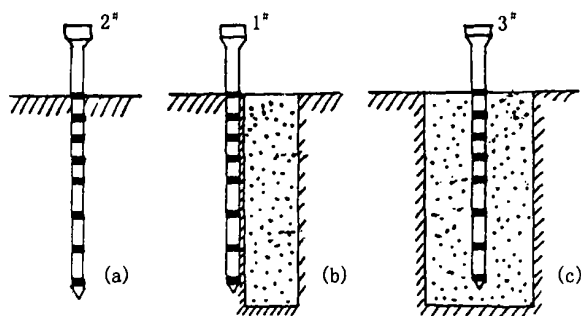


图 2 土体搅动测温试验探头埋设示意图

Fig. 2 The Schematic Delineation of the Access Probe Embedded the Disturbed Soil

3 试验结果与讨论

3.1 选点空白试验结果

最后选定供作第二部分试验用的三点是 4 月 13 日上午安装好探头,在晴天状况下连续观测了两天共十次梯温值。

在两天的任何时间里(注:4 月 13 日观测时间为 14、17、20 时,4 月 14 日观测时间为 08、10、12、14、16、20 时,4 月 15 日观测时间为 08 时),5 cm、10 cm、15 cm、20 cm、30 cm、40 cm 同一梯级三点温度测量数据,互相之间差异一般为 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$,最大差异 $0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

观测结果表明,供试点的土壤是比较均等的。

3.2 搅动影响试验结果

这一试验测温探头的安装是 4 月 15 日上午进行的,截止 4 月 25 日共进行了十一梯温测量。除 4 月 19 日因仪器外接电源出故障数据不能使用和 4 月 15、20、25 三天里部分时间缺测外,共有七天时间 08~20 时相隔 2 小时观测的较完整的数据。七天中有四天晴天(21/4、22/4、23/4、24/4),三天阴雨天气(16/4、17/4、18/4)。

在这块地下水位较高的试验地里相同时间的同级梯温,代表部分搅动和全搅动的 1[#]、3[#] 探头测值均高于 2[#] 探头测值,其中 3[#] 探头测值又高于 1[#] 探头测值。这种差异主要在 20 cm 以上浅层表现较为突出。随天气状况不同,这种差异变化较大。晴天差异较大,阴雨天差异较小;晴天又以中午前后差异较大,早晚差异较小。

现将试验观测统计数据列于表一。

表 1 16/4~24/4 试验观测统计表
Table 1 The results of statistic analysis for period of April 16 through April 24

梯度 (cm)		5	10	15	20	30	40	50
七日平均温度 (℃)	1 [#]	18.0	17.7	17.4	17.2	16.6	16.2	15.7
	2 [#]	17.5	17.2	17.0	16.8	16.4	16.1	15.8
	3 [#]	18.5	18.1	17.7	17.4	16.8	16.2	15.6
晴天日平均温度 (℃)	1 [#]	19.8	19.1	18.6	18.1	17.2	16.5	16.0
	2 [#]	19.0	18.4	17.9	17.6	17.0	16.5	16.1
	3 [#]	20.8	19.9	19.2	18.5	17.5	16.6	15.9
阴雨天日平均温度 (℃)	1 [#]	15.6	15.8	15.9	16.1	15.9	15.7	15.4
	2 [#]	15.5	15.6	15.7	15.7	15.7	15.5	15.3
	3 [#]	15.5	15.6	15.8	15.9	15.9	15.6	15.3
极端最大差异值 (℃)	1 [#]	2.3	1.8	1.3	0.9	0.6	0.5	—0.4
	2 [#]	0	0	0	0	0	0	0
	3 [#]	6.8	4.2	2.7	1.6	0.9	0.6	—0.3

注: ①日平均温度计算: $\text{日平均温度} = \frac{2 \times 08 \text{ 时} \times 14 \text{ 时} + 20 \text{ 时}}{4}$; ②极端最大差异值均以 2[#] 探头测值为基准。

从表一可以看出: 1[#]、3[#] 探头测值相对 2[#] 探头, 5 cm 土层日平均温度分别高出 0.5 ℃和 1.0 ℃, 绝对最大差异值为 2.3 ℃和 6.8 ℃, 10 cm 土层日平均温度分别高出 0.5 ℃和 0.9 ℃, 绝对最大差异值为 1.8 ℃和 4.2 ℃。

由于这种差异, 使我们作出的反映土壤温度的日变化规律和土壤温度的垂直分布规律曲线, 已发生较大的形变(图 3, 图 4)。

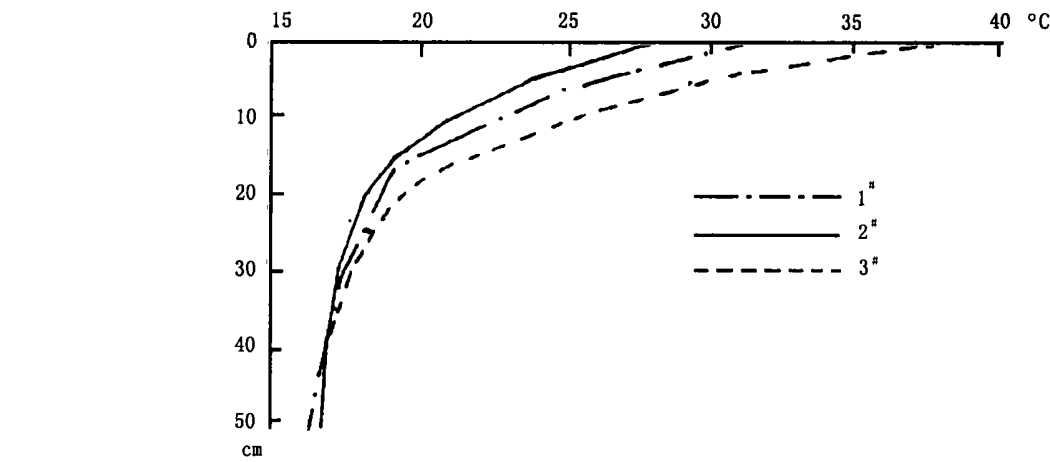


图 3 23/4 各种处理 5 cm 土温日变化曲线
Fig. 3 The Daily Varying diagrams of soil temperature for various treatment on April 23

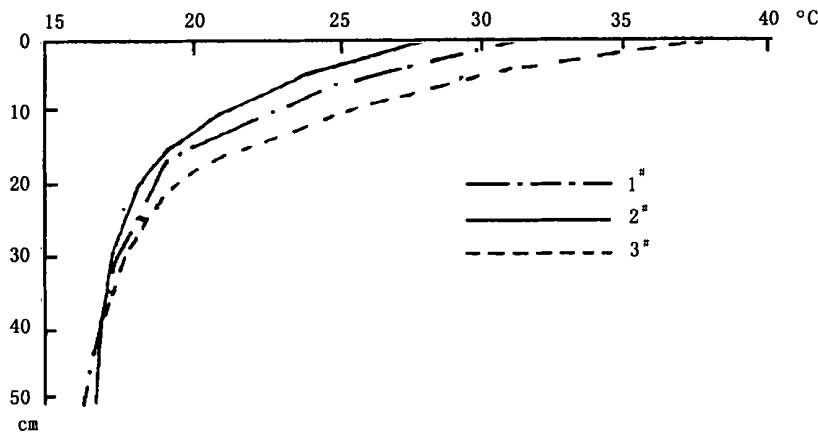


图 4 23/4 16 时各种处理土壤梯温曲线

Fig. 4 The diagrams of soil gradient—temperature for varied treatment on April 23

还应该指出的是:土壤搅动对土壤梯温测量的影响并不是在一个较短时间里能够消失的,我们埋设测温探头后的第十一天,其测值差异仍然十分明显(表 2)。

3 3 水平差异试验结果

这一试验测温探头的安装是 4 月 26 日上午进行的,至 5 月 8 日共连续进行了十三天梯温观测。除 26/4、27/4、3/5、4/5 四天里有部分时间缺测外,有九天比较完整的观测数据。1[#]、2[#]、3[#]三支探头梯温测值差异的规律性仍然取决于天气状况和土层深度。阴雨天,早晚和深层差异较小,而晴天、中午和浅层差异较大。

表 3 列举了各梯度日平均温度最大差异值和极端最大差异值。

从表 3 看出,土壤梯温测量由探头水平距离所造成的差异没有第二部分试验结果明显,但差异仍然是存在的,甚至是不能忽略的。

表 2 4 月 25 日部分时间 5 cm~20 cm 土壤梯温观测记录¹⁾

Table 2 The observed data of soil temperature at 5 cm~20 cm depth on April 25				
梯度(cm)	探头	温度(°C)		
		08 时	14 时	18 时
5	1	18.3	23.0	21.2
	2	17.6	21.5	19.7
	3	18.1	25.5	21.9
10	1	18.6	20.9	20.9
	2	17.9	20.0	19.7
	3	18.6	22.3	21.9
15	1	18.9	19.7	20.1
	2	18.1	19.0	19.3
	3	19.0	20.2	21.0
20	1	18.9	19.0	19.6
	2	18.1	18.4	18.8
	3	19.0	19.2	20.0

1)日平均温度最大差异值和极端最大差异值均指同一时段或同一时刻 1[#]、2[#]、3[#]支探头测值的最大值之差。

表 3 26/4~8/5 探头之间日平均温度最大差异值和极端最大差异值

Table 3 The extra—maximum difference of individual and daily averaged soil temperature between probes
for period of April 26 through August 5

梯度(cm)	5	10	15	20	30	40	50
日平均温度最大差异值(°C)	0.4	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2
极端最大差异值(°C)	1.2	0.6	0.5	0.7	0.6	0.4	0.6

4 结论

模拟试验结果证明:采用挖坑埋入测温探头测定土壤梯度温度,不管是测温部位土体本身受到搅

动或靠近测温部位土体受到搅动,都会因土体结构破坏、土壤孔隙率和水分状况受到改变,造成测温部位土壤热状况(例如热容量、导热率)发生不程度的变化。这种变化在一段时间内往往是比较大的,

它随着土壤结构的恢复而减弱,直至完全恢复为止。被搅动土体的结构未得到完全恢复前所测得的温度值,不能正确反映土壤原态下的温度状况。

模拟试验结果也证明:在进行土壤梯温测量时,如果各梯温的测定部位不处于同一垂线上互相之间存在一定的水平距离,由于土壤本身的不均匀性(一般说来土壤是非均匀体)或埋设测温器械所造成的人为搅动,也会造成梯温测值的差异。这种差异相对来说虽小一些,但在科研和生产中也是不能忽略的。

试验还证明:土壤梯温的原态——原位测量是能够实现的。实现土壤梯温原态——原位测量的根本

措施是不采用测温器械的挖坑埋入法,而采用直接插入(或引钻插入)法;同时,改革测温探头的结构,使其适合梯温测量要求。实践证明,图1所展示的插入式多温点梯级组合探头,是实现土壤梯度温度原态——原位测量的一种可行的测温探头模式。

参考文献:

- [1] 冯北林. 土壤物理条件与植物生长[M]. 北京: 科学出版社, 1965.
- [2] 张君常, 等. 土壤物理学[M]. 北京: 科学出版社, 1965.
- [3] 中国科学院南京土壤研究所土壤物理研究室编. 土壤物理性质测定法[M]. 北京: 科学出版社, 1978.
- [4] 翁德衡. 土壤物理性质测定法[M]. 北京: 科学技术出版社, 重庆分社, 1979.

Experimental Simulative Studies on Mensuration of Soil Gradient Temperature

JANG Ming-fu

(*Institute of Chengdu Mountain Hazards and Environment, CAS*)

Abstract: Soil structures and shrouds of ground should be destroyed and disturbed in the process of mensuration of soil gradient temperature, it will be bring to errors of mensuration value. So these value cannot reflect the actual status of natural soil gradient temperature. This experiment measures the soil gradient temperature by use of probes of insert model and rundle multispot. It is a doable way to implement a mensuration of natural soil in situ.

Key words: soil gradient temperature mensuration simulative research