

大口径蒸渗仪原状土柱取样实用技术

胡永胜, 王振龙

(安徽省·水利部淮河水利委员会水利科学研究院, 水利水资源安徽省重点实验室, 安徽 蚌埠 230000)

摘要:原状土蒸渗仪由于土体结构没有被扰动, 可以保持其自然属性, 是开展田间水文模拟的理想设施, 但土体取样精度不易控制。结合五道沟水文实验站大口径蒸渗仪原状土柱取样实践, 针对蒸渗仪原状土柱取样如何快速精确修整、罐体内壁和柱体间的空隙尺寸如何把控、土柱切割如何控制尽可能不被扰动等, 系统提出其取样工艺流程和关键技术, 发明了铣刀精修土柱法和切土刀板快速切土法, 避免了人工修土带来的柱体表面不均匀不光滑、土柱切割不整齐等问题, 尽可能减少原状土体结构的扰动和罐体内壁与土柱之间的边界效应。实验表明, 罐体内壁与土柱间的空隙 2mm 可以保持蒸渗仪运行后原状土体的自然属性, 从而提高蒸渗仪实验模拟的真实性。

关键词:蒸渗仪; 原状土; 铣刀; 切土刀板; 大口径

中图分类号: TV213

文献标识码: A

文章编号: 1000-0852(2018)05-0063-04

1 引言

蒸渗仪 (lysimeter) 是一种在农田水文循环中测定下渗、径流、潜水蒸发量及作物蒸腾蒸发量的装置, 现已作为农田水循环及蒸散发研究的标准仪器广泛应用。蒸渗仪土柱体主要有三种形式: 土体没有受扰动的原状土体、按照原土壤分层的回填土及均质土壤。现行的小口径蒸渗仪 (一般面积小于 0.3m^2 , 即直径小于 0.618m) 由于面积小原状土取样难度不大, 且又能真实反映土壤自然特性, 常采用原状土柱。如五道沟实验站现有的面积 0.3m^2 及 $1\sim 5\text{m}$ 土柱高的 60 套蒸渗仪群均是原状土柱。对于大口径蒸渗仪土柱体 (面积大于 2m^2 , 即直径大于 1.58m) 由于取土难度大成本高, 一般采用分层回填土柱较多。而原状土蒸渗仪由于土体结构没有被扰动, 可以保持其自然属性, 是开展田间水文模拟的理想设施, 所以人们越来越倾向于大口径原状土柱的蒸渗仪。而如何将罐体垂直落下避免土柱过紧过松, 柱体土壤不被扰动是关键技术。若柱体与罐体之间过松会产生边界效应 (贴壁流), 若过紧则会破坏土壤内部结构, 影响实验结果。

本文结合五道沟实验站新建面积 2m^2 及土柱高 4m 自动称重式大口径蒸渗仪原状土取土实践, 提出

大口径蒸渗仪柱体原状土取土工艺流程, 发明了铣刀电动精修土柱法和切土刀板快速切土法 (已将相关材料报送专利局, 申请发明专利, 已受理), 避免了以往采用长刀人工修土带来的柱体表面不均匀不光滑、土柱切割不整齐等问题, 尽可能减少取土过程对原状土柱体结构的扰动和罐体内壁与土柱之间的边界效应, 从而提高蒸渗仪实验模拟的真实性。为今后蒸渗仪原状土取样提供可借鉴的实用技术。

2 蒸渗仪现状及原状土技术要求

近 10 多年来, 随着科技进步和经济发展, 蒸渗仪作为一个封闭小区 (微型流域) 的应用日趋广泛, 现已作为农田水循环及蒸散发研究的标准仪器广泛应用。从技术手段上, 采用自动称重式蒸渗仪替代了非称重式蒸渗仪, 趋于使用高精度传感器实现信息化和自动化。从口径上, 从小口径向中、大口径结合方面发展, 一般把测筒面积小于 0.3m^2 (直径 0.618m) 作为小口径蒸渗仪, $0.3\sim 2\text{m}^2$ 为 (直径 $0.618\sim 1.58\text{m}$) 为中口径蒸渗仪, 大于 2m^2 为大口径蒸渗仪 (直径大于 1.58m)。柱体面积过小会因边界效应和土壤扰动对结果造成误差。从农田水循环规律与植物生长水利用机理研究角度, 蒸渗仪柱体面积以 $2\sim 4\text{m}^2$ 为宜。原状土体取土要求其保持

土壤天然结构,理化性质、土壤容重、土壤空隙率等性能指标与大田土壤基本一致。土壤整体结构未受扰动,土柱土壤深度不能阻碍根系生长(一般不低于2m),蒸渗仪周边植被与蒸渗仪种植植被相同且不低于10m宽范围,以减少边缘效应。蒸渗仪土柱底部设有30cm厚的不同颗粒级配的滤层,保证底部水的入渗不受阻碍,实验数据尽量保持与大田的一致性。

3 原状土取土工具

为保证原状土取土质量,取土工具一般包括以下内容。

3.1 潜水电泵

当地下水位高于取土深度的地方,需要事先打好降水井,配备潜水电泵,以降低地下水位。

3.2 挖掘机、三角扒杆、手拉葫芦、钢丝绳及水平尺

为了固定蒸渗仪罐体,需要配备挖掘机用于开挖待取土样周围;三角扒杆、手拉葫芦、钢丝绳和水平尺用于固定罐体及罐体下落时检查罐体水平及垂直情况。

3.3 洋镐、平头铁锹及月牙铲

在取土柱过程中,挖开土柱周边的土需要配备洋镐、平头铁锹及月牙铲,对欲取的土体进行粗修整。

3.4 铣刀和长刀

土柱经粗修整以后,需要进行土柱的精修整,原来精修土柱是采用长刀手动修整,本次发明了一个电动铣刀修整土柱,可以达到精修、快速、表面光滑规则,便于罐体下套。

铣刀结构简图见图1,包括铣刀片、传动轴、电机、挡土板、滑轮组和固定链条和铁箱,用铣刀对土柱进行修整,把3层铣刀刀片固定在传动轴上,通过电机带动传动轴使铣刀快速转动,制作铁皮挡土板用来防止切

削过程中土屑飞溅,把电机和装有刀片的传动轴固定在带有滑轮的铁箱上,再用链条和绑带把铁箱固定在蒸渗仪底部筏栏上,人工推动铁箱,铣刀沿筏栏对土柱进行顺铣和逆铣精确修整。

3.5 手扳葫芦和不锈钢切土刀板

土柱精修以后,就可以横切土柱,本次提出采用不锈钢切土刀板结合手扳葫芦,可以快速规则切割土柱。手扳葫芦见图2,是一种手动起重工具,操作简单、整机效率高;体积小,自重轻,携带方便,便于野外起重、拽引作业,适合狭小工作环境中使用,而且提升和拽引距离不受限制。手扳葫芦通过人力按压手柄驱动链条,以带动链接物体的牵引工具。切土刀板为钢结构,其一边为刃口用来切割土壤,其余三边焊接有边框以及承重钢板便于固定和拖拽,在切土板拐角设有锁扣便于手扳葫芦固定,来牵引切土刀板。

3.6 吊机及卡车

罐体内原状土土柱切割完毕之后,就可以进行吊运罐体和运输,需要配备吊机和卡车。

4 原状土柱取样流程及关键技术

4.1 原状土取土流程

原状土取样需要经历取样地选择、土样表层平整、罐体固定、土体开挖、土柱修整、土柱切割和吊装运输七个步骤,具体流程如图3,每一个步骤都需要避免对土样的扰动,防止原状土的内部结构和理化性质发生变化。

4.2 场地选择

原状土取土场地土壤要有代表性,土质性状良好,地表要平整,取土场地周边环境应满足取土要求,方便操作。取土过程中需要开挖的面积过大或同一区

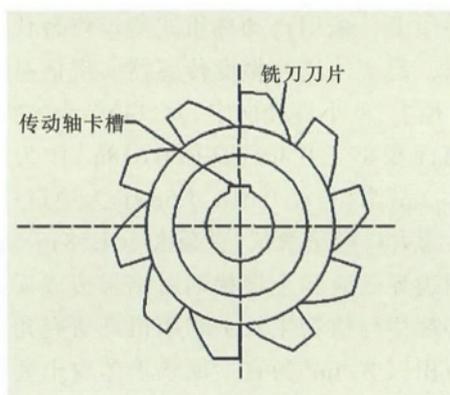


图1 电动铣刀
Fig.1 Electric cutter

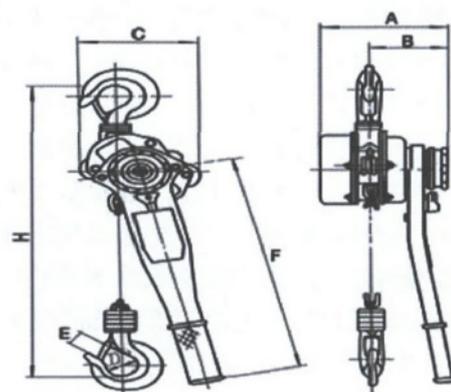


图2 手扳葫芦
Fig.2 Lever hoist

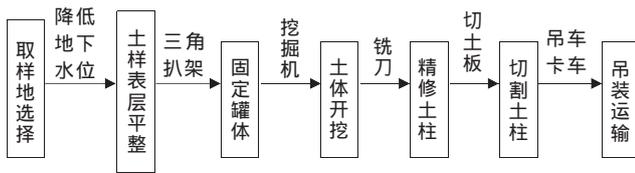


图3 原状土取样流程

Fig.3 The process of sampling natural soil

域取土柱数量较多时需合理布设取土点,防止因土柱和罐体过重,导致吊车支撑腿受力较大,带来安全问题。

使用挖机将待取土样耕作层浮土进行粗略清理,之后人工用平头铁锹对待取土样表层进行修整,并用水平尺检查平整度。

4.3 地下水控制

当地下水水位高于开挖深度时应制定降水方案,打降水井,保证地下水水位降至取土深度以下 1~1.5m 左右。一般情况下取土场地面积在 5 亩左右需要三眼井,每眼井配置一个 1.5kW 的潜水电泵,水泵出水口应设有排水沟把水排出取样场地外。当水位降至开挖深度 1m 以下后,观察 3~5d 待地下水水位稳定后才可开挖取土,在整个取土过程中不能中断降水操作。

4.4 罐体固定

使用挖掘机将罐体放置在修整好的待取土样上,在罐体表面 90 度角上分别放置水平尺,然后搭建三角扒杆并固定,保证三角扒杆的中心与罐体中心重合。三角杆在取土过程中须稳定,不能偏移、沉降,起吊中心始终保证罐体与土体中心重合。用三根等长钢丝绳一边均匀固定在罐体上的花篮螺丝上,另一边挂在扒杆葫芦上,对罐体进行起吊,待罐体离开土体后通过水平尺查验罐体是否垂直,通过罐体上的花篮螺丝进行水平调整。最后将罐体缓缓放下至与土体接触,以用手推不动罐体为宜。



图4 精修后的土柱

Fig.4 The soil column after finishing

4.5 土体开挖及铣刀精修土柱

根据土质情况采用挖掘机开挖罐体周边土体,开挖深度约 1m,开挖过程中挖掘机不能接触罐体及扒杆支架。开挖完成后人工用洋镐将土体粗修至直径略大于罐体直径 30~40mm。之后使用铁锹、月牙铲修土体至直径比罐体直径略大 10~20mm。之后需要安装铣刀进行精修土柱。铣刀刀口与罐体内壁之间的距离很关键,适宜的空隙可便于罐体自由落下,防止测筒土体较松产生边界效应,过紧破坏土壤内部结构。根据实验,罐体内壁和土柱保留 2mm 空隙可以满足蒸渗仪运行以后的土体保持自然状态,避免过紧或过松,降低边界效应。

沿着罐体推动铣刀按照顺铣、逆铣的方式精修土体,保证土柱表面光滑,便于罐体落下。手拉动葫芦链条使罐体缓慢垂直落下,让罐体停止在距修整土柱下立面 10mm 左右处,这样可以减少土屑落入罐体与土柱之间的空隙。之后再依次采用铣刀修整土体,修整过程中要时刻观察罐体上两个水平尺水准气泡偏移情况,及时调整罐体位置,保证罐体与土柱体中心重合。重复铣刀修整土体和罐体下降操作,直至罐体取满土柱,见图 4。

4.6 土柱的切割

罐体取满土柱后要对土柱底部进行切割,首先要将土柱周边深坑回填至高于罐体底部 200mm 左右,由于回填土空隙比较大,防止切土刀板在切土过程中产生沉降,需用挖掘机将回填土夯实,之后将切土刀板摆放在罐体底部。用吊带绑在罐体底部并与手扳葫芦挂钩相连,固定后人工操作手扳葫芦牵引切土板切入罐体土柱,手扳葫芦拉动切土板保证切土板匀速进入罐体土柱。待切割完成后用钢丝绳将切土板固定在罐体底部,为吊装做准备。

4.7 罐体的吊装与运输

根据土柱与罐体的重量,以及取土场地条件来确定吊车的规格,吊装过程中要保证罐体稳定,以及不能对罐体有挤压,防止罐体内土体结构被破坏。

将罐体吊入运载车时要将罐体立着放,避免侧面受力对土体结构的破坏。车辆在运输过程中要缓慢匀速行驶,不能有紧急刹车、猛打方向等操作避免罐体的晃动对土柱产生扰动。

原状土蒸渗仪罐体吊装到位后可直接进行传感器布设工作,节约仪器设备试运行时间;而且土壤水分监测传感器数据稳定、不易损坏。

5 结语

本文结合五道沟水文实验站大口径蒸渗仪柱体原状土取样实践,系统提出大口径蒸渗仪原状土取样工艺流程,发明了采用铣刀精修土柱法和手扳葫芦结合切土刀板快速切土法,减少了压应力和切应力对土体造成扭转压实变形,避免了以往采用长刀人工修土带来的柱体表面不均匀不光滑、土柱切割不整齐等问题,尽可能减少取土过程对原状土柱体结构的扰动和罐体内壁与土柱之间的边界效应。实践表明,罐体内壁与土柱之间的空隙 2mm 可以保持蒸渗仪运行后原状土体的自然属性,从而提高蒸渗仪实验模拟的真实性。为大口径蒸渗仪原状土取土提供了一个实用新技术。

参考文献:

- [1] 姜峻,都全胜,赵军,等.称重式蒸渗仪系统改进及在农田蒸散研究中的应用[J].水土保持通报,2008,28(6):67-72. (JIANG Jun,DU Quansheng,ZHAO Jun, et al.Improvement of weighing-type Lysimeter system and its application in field evapotranspiration[J].Bulletin of Soil and Water Conservation,2008,28(6):67-72.(in Chinese))
- [2] 刘士平,杨建锋,李宝庆,等.新型蒸渗仪及其在农田水文过程研究中的应用[J].水利学报,2000,(3):29-36. (LIU Shiping, YANG Jianfeng, LI Baoqing, et al. A new large weighing lysimeter and its application to agro-hydrological process studies[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2000,(3):29-36.(in Chinese))
- [3] 王卫华,王全九,樊军.原状土与扰动土导气率、导水率与含水率的关系[J].农业工程学报,2008,(8):25-29. (WANG Weihua, WANG Quanju, FAN Jun. Relationship between air permeability, water conductivity and water content for undisturbed and disturbed soils [J].Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2008,(8):25-29. (in Chinese))
- [4] 刘翠红,戴红武,胡艳清,等.蒸渗仪的研究与应用现状[J].农机化研究,2014,36(8):228-231+236. (LIU Cuihong,DAI Hongwu,HU Yanqing, et al.Research and application of the status of lysimeter[J].Journal of Agricultural Mechanization Research,2014,36(8):228-231+236.(in Chinese))
- [5] 杨宪龙,魏孝荣,邵明安.不同规格微型蒸渗仪测定土壤蒸发的试验研究[J].土壤通报,2017,48(2):343-350. (YANG Xianlong,WEI Xiaorong,SHAO Ming'an.Effect of different kinds of micro-lysimeters on soil evaporation measurement[J].Chinese Journal of Soil Science, 2017,48(2):343-350.(in Chinese))
- [6] 邱佳颖,刘晓娜,任图生.原状土与装填土热特性的比较[J].农业工程学报,2012,28(21):74-79. (DI Jiaying,LIU Xiaona,REN Tusheng. Comparative study on thermal properties of intact and repacked soil samples [J].Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2012,28(21):74-79.(in Chinese))
- [7] 左文荣,吴跃东,李治国,等.取土器贯入土体引起土体扰动的理论分析[J].河海大学学报(自然科学版),2009,37(6):702-706. (ZUO Wenrong,WU Yuedong,LI Zhiguo, et al.Theoretical analysis of disturbance of soils caused by penetration of soil samplers [J].Journal of Hohai University (Natural Sciences),2009,37(6):702-706.(in Chinese))

Technique of Sampling Natural Soil Column for Large-diameter Lysimeters

HU Yongsheng, WANG Zhenlong

(Key Laboratory of Water Resources of Anhui Province, Water Resources Research Institute of Huaihe River Water Conservancy Commission, Bengbu 230000, China)

Abstract: This paper aims at studying a key technique for how to fix the inner wall that can rapidly and accurately control inter-column void size and avoid being disturbed by cutting the soil column during the process of sampling natural soil column using large-diameter lysimeters. And it systematically proposed the sampling process combined with the practice of sampling natural soil at the Wudaogou hydrological experimental station. Besides, it invented the method of the refined soil column of milling cutter and the method of rapid soil cutting of soil cutting knife, which avoid the problems of rough surface and irregular incision of the soil column brought by using traditional long knife to repair soil manually. Moreover, the methods can reduce the disturbance of the natural soil structure and the boundary effects as much as possible. The experiment has shown that when the gap between the inner wall of tank and the soil column is 2mm, the natural properties of natural soil can be maintained after the operation of lysimeter. Thus, the reality of the lysimeter simulation experiment has been improved.

Key words: lysimeter; natural soil; milling cutter; cutter blade; large diameter