

# 新型直压式手动原状土取土钻 设计、性能分析及其应用

贾书刚 杨学明 王淑平 邱建华 鞠善宏

(吉林农业大学土化系 长春 130118)

**摘 要** 本文介绍了最新研制的新型直压式手动原状土取土钻的设计及应用。该钻由钻头、钻筒、连接座、钻杆组成。钻头非开口,相对于钻筒内外壁的“双凸”构造及在钻筒上裁一与钻头刃口直径相当的平行于轴的口。组合钻杆,继承深度标划。着重分析了该钻的结构性能。二年多的试用试验表明,该钻仅凭一人手动操作可轻松获取整个剖面继承深度原状土样和水稻土剖面原状土样,所获土样可满足野外剖面观察及室内物理、化学分析的需要,并相应提高工时工效50余倍。该钻的广泛应用将打破土壤调查制图受大工作量、长周期、高费用支出及作物生长季节的限制,给土壤调查带来一场革命,同时也利于新土壤分类系统的快速实施及推广。

**关键词** 取土钻 性能 应用 脱土

## Design and Application of A New Hand —operated and Verticle — pressured Undisturbed Soil Sampler

Jia Shugang Yang Xueming Wang Shuping Qiu Jianhua Ju Shanhong

(Department of soil an chemistry in Jilin Agricultural University Changchun 130118)

**Abstract** The scheme and application of sampler of spil undstarbed ,which is a new hand —operated and verticle — pressured undisturbed soil were discribed in this paper. This sampler Consists of a sampling tip with "double hog "structure to either inner or outer faces ,a holder ,a joint base ,a open cuting whose width is the same as the inner diameter of the tip ,and an assemble sampler bar with continued depth scale. The structure and the properties of the sampler are discussed mainly. Trialing use has shown in two year that it is easy to get out wonderful profile samples with continued depth scale for both dry and wet land soils by a person. The soil samples could meet the requirements of field description and lab analysis. This sampler can reduce the time and power required for taking a pedon's continued samples to only 2 to 3 percent of old one needing. The application of this new sampler will bring out great change of soil survey which always is limited to time, labor, money developing period. It is advantage to implement and application of new soil classification.

**Key words** soil sampler property application scouring soil

人们总是期望以较少和较简单的劳动付出获取较大和较满意的结果。这是科技进步的动力,它促成科技发明,同样促成了取土钻的产生与发展。

取土钻在土壤、环保、地质、水利等领域广泛应用,主要是用于采集土壤样本的一种工具。它的产生、发展及在土壤调查中广泛应用必将大量取代原始挖掘工具,不仅可以大大减少土壤调查工作量,缩短外业调查周期,而且可以避免作物生长季节因挖掘剖面坑造成的作物损失,从而大大减少费用支出。另外,剖面坑的大量减少,使生长季节土壤调查成为可能。取土钻在土壤调查中的应用具有极其可观的前景。但现有土钻性能不理想,不能满足土壤调查制图工作的需要,在客观上已成为限制土壤调查与制图工作的障碍因素。鉴于此,我们于1989年开始进行新型土钻的研究,并已完成新型直压式手动原状土取钻的设计及试制,试用效果良好,达到预期目标,已获国家专利。

## 1 取土钻概况

国内取土钻主要有麻花钻,开口钻、熊毅开口钻、螺旋式截口钻、洛阳铲等<sup>[1,2,3]</sup>。构造上基本属于内直外楔形,刃口为平刃口、斜刃口及旋刀刃口。操作方式有直压式、螺旋式和重力锤击式三种。螺旋式和重力锤击式分别借助斜面 and 重力锤击相对减少或克服土体阻力,取土仍有很大困难。外加螺纹的设想因土壤非质密物质的特殊性也未能达到预期效果。另外很难获得原状土样,就是被公认的广泛用于土壤容重及其它物理性分析取原状土的环刀在取样中也产生明显的压缩。直到目前为止,取土钻未能摆脱土体阻力严重限制,没有实质性进展。研究和应用仍停留在50~60年代的水平。取土钻未能发挥其应有作用,处于搁置陈列状态。

## 2 新型直压式手动原状土取土钻设计及分析

### 2.1 设计原理

有效克服土体阻力是取土钻研究突破性进展的关键。土钻进入土体将受到土体摩擦阻力及切削阻力的综合作用。取土钻进入土体,土壤呈连续带状在其表面上移动,显然土壤对钻体表面的摩擦阻力符合库仑公式:

$$F = CA + Ptg\beta \quad (1)$$

式中: $F$ ——土壤对钻体表面的摩擦阻力,N; $C$ ——土壤对钻体表面的切向粘附力, $N/cm^2$ ; $A$ ——接触面积, $cm^2$ ; $P$ ——土壤对钻体表的正压力,N; $\beta$ ——土壤对钻体表的外摩擦角,度。在粘湿土壤中, $F$ 主要由粘附引起,而对于一定的土壤条件,粘附程度主要取决于接触面积 $A$ ,因此,减少接触面积是减粘降阻的关键。同时取土钻在土体内部运动,土壤受到土钻的切削,其切削阻力满足如下方程<sup>[4]</sup>

$$P = P_1 + P_2 + P_3 \quad (2)$$

式中: $P$ ——作用在切刀上的总阻力; $P_1$ ——作用在楔刃的法向力引起的阻力分量; $P_2$ ——作用在楔刃的切向力引起的阻力分量; $P_3$ ——作用在侧刃的切向力引起的阻力分量。

各力表现于图1中,其中 $N$ 表示法向力, $T$ 表示切向力,结果方程(2)可以写成:

$$P = N\sin\alpha + N\mu'\cos\alpha + N_1\mu' \quad (3)$$

式中: $N$ ——楔刃上的法向力; $N_1$ ——侧刃上的法向力; $\mu'$ ——滑动摩擦系数; $\alpha$ 切的楔角;切刀的法向力来自于土壤的变形阻力,即

$$N = K_1F_1 \quad (4)$$

式中: $K_1$ ——变形比阻; $F_1$ ——楔刃的面积。

$$N_1 = K_2F_2 \quad (5)$$

式中:  $K_2$ ——土壤的比压;  $F_2$ ——切刀侧刃的面积(未包括楔刃投影面所在侧刃的面积,其面积等于  $F_1 \cos \alpha$ )。根据方程(4)和(5),方程(3)可以改写成:

$$P = K_1 F_1 \sin \alpha + K_1 F_1 \mu' \cos \alpha + 2K_2 F_2 \mu' + K_2 F_1 \mu' \cos \alpha \quad (6)$$

接触面积为方程中各部分的乘积相因子,其大小将显著影响切削阻力的变化。减小接触面积(尤其是  $F_2$ ),能减小切削阻力,从而减少土体阻力。

综上所述可见,在设计中,减小接触面积,能减小粘附( $Ca$ )和切削阻力( $P$ ),从而可减小土体阻力,达到减粘降阻的目的。

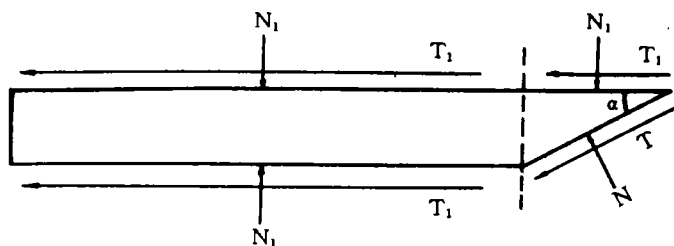
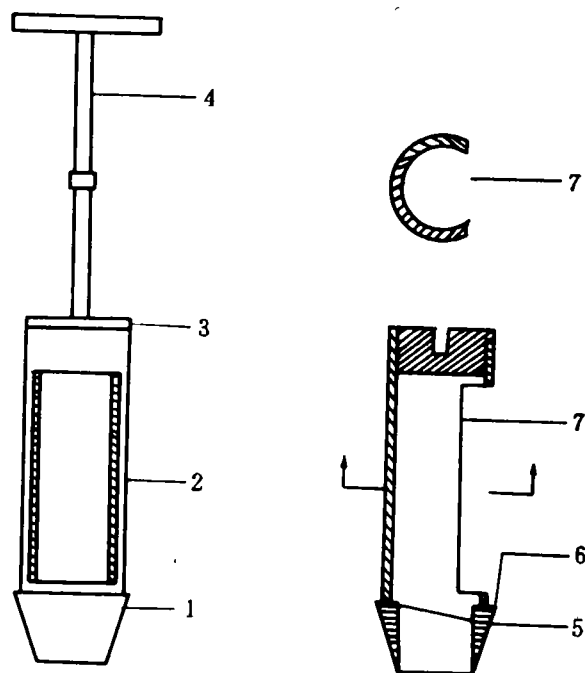


图1 内直外楔形切刀作用力

直径相当的平行于轴的口,组合钻杆,继承深度标划。如图2所示。



1. 钻头; 2. 钻筒; 3. 连接座; 4. 钻杆; 5. 内凸; 6. 外凸; 7. 裁口

图2 新型直压式手动原状土取土钻结构和组成

## 2.2 设计及性能分析

新型直压式手动原状土取土钻的设计目标是一人手动、简单操作即可获得能满足剖面观察,物理化学分析的剖面原状土样,解决水稻土剖面采样问题。该钻的解决方案是取土钻由钻头、钻筒、连接座、钻杆组成,钻头非开(裁)口,相对于钻筒内外壁的“双凸”构造及在钻筒上裁一与钻头刃口

双凸构造减少了钻体内壁与所取土柱及钻体外壁与外围土体的接触面积( $F_2$ ),从而减少粘附力及切削阻力,达到了有效减少土体阻力的目的。

在表面凸起处(外凸),接触压力增大,土壤对钻体表面的粘附力随之增大。如图3所示,试验和研究表明<sup>[5]</sup>由摩擦和粘附所引起的土壤与固体表面的单位滑移阻力  $f_2$  和土壤内表面间的单位摩擦阻力  $f_1$  均与正压  $x$  有关。通常土壤与金属材料之间的粘附力  $C$  大于该土壤内聚力  $Ca$ <sup>[4]</sup>;而一种土壤的内摩擦角  $\varphi$  在大多数情况下大于同一种土壤对金属材料的摩擦角  $\beta$ 。当正压力超过某一压力  $P_{kp}$ (临界压力)时,内摩擦力会大于粘附摩擦力而使金属脱土。因此,在一定条件下,加大对钻体表压力,土壤抗剪能力增量大于土壤与钻体表面间的摩擦阻力增量,使脱土条件改善。同时,增加接触界面的

法向负荷,使土壤更趋紧实,结果在土壤与钻体表滑动界面出现了起润滑作用的自由水,这也可减粘降阻<sup>[6]</sup>。

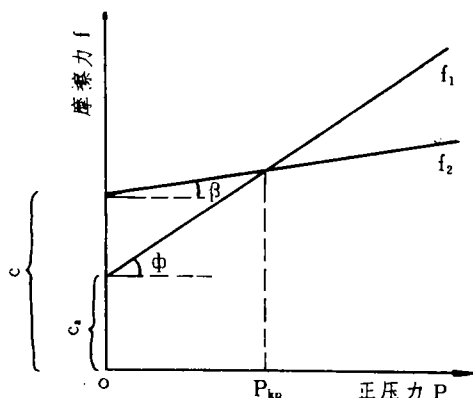


图3 土壤内、外摩擦力与正压力的关系

可见减少接触面积,不仅可降低土体阻力,同时也可减粘脱土。

钻体内表面为里陷阶台构造(内凸),由于直壁,无重力及机械力产生的法向应力,不会对土柱造成扰动,内凸使钻体表面与进入钻体土柱的接触面积减小,从而避免和减少土壤在钻体壁面上的挤压和涂抹,避免“推土”,从而利于原状土柱的保持。

钻头刃口包括有开口、裁口和非开(裁)口三种形式,钻头开口有利于取得原状土柱,同时也造成了加工、携带及操作的困难,如果能圆满解决取土问题,钻头非开口将保证土柱与土体的独立,这有利于原状土柱的获得与保存,同时钻头非裁口也可避免入钻过程中力的不平衡给操作带来的困难,钻筒上裁一与钻头

刃口直径相当的平行于轴的口(是土钻非裁口的技术保障),这是继“双凸”构造后又一发明,它即有利于原状土柱的顺利取出,又可防止因裁口过大造成取钻不慎对原状土柱的破坏。

在有效克服土体阻力的前提下,直压式是操作最简单、平稳、容易的方式。

本设计的取土钻,有效克服土体阻力,一人手动直压操作入土成为可能,并且阻力在其本身性质上与入土深度无关,这使剖面土样采集成为可能,组合钻杆使剖面采样成为现实,继承深度标划确保采集的剖面样本有意义和使用价值。

新型直压式手动原状土取土钻的研制成功,代表一代高效实用取土钻的诞生,它也必将带动应用领域发生深刻变化。

### 3 利用及效果

新型直压式手动原状土取土钻一人操作,不需挖掘剖面坑,5~8min 可轻松获取0~200cm 整个剖面继承深度的原状土柱。该土样可以满足野外实地剖面观察描述的需要,可作为室内土壤物理、化学分析样本,故该钻主要用于土壤调查中土壤剖面原状土取样,淹水土壤剖面取样,也可用于盆栽试验土壤取样。该钻具有环刃作用,不同之处是,其一,土样原状度较高。其二,不需挖剖面坑便可获得整个剖面任意要求深度范围一定容积的原状土样。在土壤调查中,使用该钻取剖面原状土样与锹挖剖面坑相比,在工时上可平均提高功率50倍,这里未包括劳动强度的差别及后期回填土坑工时及劳动付出。该钻的应用,可完全代替次要剖面、检查剖面、定界剖面,尤其在定土种界线时,该钻如同一支表土层探测器,所到之处表土层厚度一插便知。

该钻具有良好的减粘降阻和脱土性能,可以取淹水土壤,尤其是水稻土剖面土样,从而解决了淹水土壤剖面取样中挖掘和钻取的难题。同时节省大量的时间和体力,相对提高工时功效40~120倍,并且与挖掘相比,可取得地下水以下具准确深度位置的原状土层样本。

新型直压式手动原状土取土钻在土壤调查中的应用可以取代大量剖面坑,从而打破土壤调查受作物生长季节的限制,使作物生长季节进行土壤调查成为可能。

该钻可在不破坏整个盆栽试验的前提下取盆栽土样,从而使长年试验一盆多次取样或一个处理一盆不同时间(段)多次取样成为可能。这大大减少了盆栽试验的工作量,从根本上解决盆栽试验处理受益数、工作量及空间的限制。

滞缓峰值流量或削减快速径流量(但不会减少暴雨总径流量),因此水源保护林对防治山洪的效果主要反映在林地非毛管孔隙的贮水容量,因为山洪一般出现在有充分前期降雨条件下,此时土壤达到或接近田间持水量,毛管孔隙已不再可蓄存水分,只有非毛管孔隙因排水迅速,可是暴雨提供径流调节场所。

由前面的分析结果可知,非毛管孔隙提供的暂时贮水容量比毛管孔隙的蓄洪容量要小得多。而坡陡的土石山地,因土层薄,其非毛管孔隙的贮水容量一般较小,故即使是有林地,其防治山洪的作用是有限的,为进一步提高防治山洪的标准,因此配合沟道工程是必要的。

## 4 结语

本研究区属半湿润向半干旱过渡的过渡带,夏季暴雨常引起山洪、泥石流危害及严重的土壤侵蚀。评价林地的蓄水、调洪作用,首先须研究林地的入渗和蓄水指标。研究表明,双环入渗仪虽是一种传统的测试入渗的方法,但采用 Horton 模型拟合双环入渗过程可以测定林地的渗吸量——即有效蓄洪量指标。

试验表明,本研究区的林地入渗率较大,双环入渗率指标大都在210~450mm/h,是对照荒地的1.4~3.0倍。林地的有效蓄洪时指标为96.1~204.3mm,是对照荒地的1.72~3.66倍,因此,大力营造水源保护林是保持水库工程长久发挥效益的重要措施。但若暴雨频率超过了一定的限度(即蓄洪指标值),水库水源保持林则会失去其调蓄洪水的功能。

## 参考文献

- 1 廖松等.工程水文学.清华大学出版社,1991.3
- 2 李昌哲等.森林植被水源涵养效益的研究.林业科学(1),1986
- 3 刘向东等.六盘山森林保持水土生态功能评价.西北水保所论文集,1991
- 4 南京土壤所编.土壤物理性质测定方法.科学出版社,1978

(上接第64页)

综上报述,新型直压式手动原状土取土钻在土壤调查中广泛应用将大大提高调查效率,缩短调查周期,节省时间、人力、体力和费用,同时土壤调查不再受作物生长季节的限制,这一切将摆脱长期以来一直困扰土壤调查制图中的大工作量(劳体力)、长周期、高费用支出的难题。从某种意义上说,这将带来土壤调查工作的一次革命。该钻的应用也有利于新土壤分类系统的快速实施和推行。

新型直压式手动原状土取土钻的结构和功能用于耕层土壤采样(耕层土壤采集器)已取得了十分满意的效果,利用该钻的“双凸”结构,采用钻体非截口,在操作方式上配以器械螺纹导轨可望在多根系包括木本植物根系——森林土壤取原状土获得满意效果。该钻也可用于土壤微生物数量、区系、群落研究中原状土的取样。相信它的系列开发利用将具有更加美好的前景。

## 参考文献

- 1 熊毅等.开口土钻的设计.土壤学报,1956,4(2):197~199
- 2 山东农学院.简易平板仪、诊断取样土钻、土壤水分测定箱.土壤,1997,(5):259~261
- 3 朗好善.介绍一种水田取土器.土壤学报,1965,13(2)
- 4 吉尔 W R 等.耕作和牵引土壤动力学(本书翻译组).北京:中国农业机械出版社,1983
- 5 热利戈夫斯基 符 阿.耕作机械与农业物料的机械加工工艺.见:孙一源等译.北京:农业出版社,1983
- 6 任露泉等.几何非光滑典型生物体表防粘特性的研究.农业机械学报,1992,23(2):29~34