

双翼深松铲设计参数的试验研究

薛惠岚 杨林青 廉登极 卢博友

(西北农业大学农机系)

摘 要

本文分析了双翼形深松铲的主要结构参数:翼张角 2γ 、铲宽 B 、起土角 α 以及使用参数:作业速度 V 、耕深 H 等因素对耕作阻力的影响。并在此基础上得到了各因素的合理取值范围,即 $2\gamma=80^\circ\sim 85^\circ$ 、 $\alpha=18^\circ\sim 23^\circ$ 、 $V=2\text{ km/h}$ 、 $H<180\text{ mm}$,从而可供在双翼深松铲设计和使用时参考选用。

关键词 双翼深松铲; 设计参数; 深松机具

深松铲是深松机具的工作部件,为了适应不同的作业要求,目前深松铲类型很多,大致可分为两类:一是铲头宽度与铲柄相近者,如凿形铲、凿柄铲等;一是铲头宽度大于铲柄者,如鸭掌铲、双翼铲等。其中双翼铲形幅宽大,铲翼长,松土范围广,但阻力也大。本文仅就双翼铲形的主要设计参数作以初步探讨。

一、影响深松铲工作性能的主要因素

影响深松铲作业性能的因素大致可分为外界因素和结构设计因素。其中外界因素包括有土壤类别、硬度、湿度及其机具作业行驶速度、作业深度等;而结构参数主要是翼张角 2γ 、铲宽 B 、起土角 α 等。

外界因素中除耕作速度和深度外,其余如土壤类别等,从一定意义上讲是不可变更的,因为尽管我们可以探索出不同土壤状况下最适宜的土壤硬度和湿度,使工作阻力小,但在实际生产中达到并满足这些条件却是很难作到的,因此本文舍弃了对这方面的研究,而侧重于双翼深松铲的几个结构参数对耕作阻力的影响,从而试图找到有关各参数较为适宜的变化范围。

二、试验装置和方法

试验在我校农机实验室 KTC—1.5 室内土槽(长 30M、宽 1.5M、深 1 M)内进行,深松铲安装在专制的悬挂台架上,并由电动式自走动力及测试并用的土槽台车悬

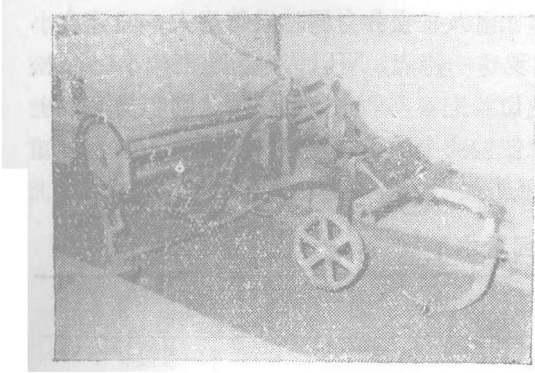
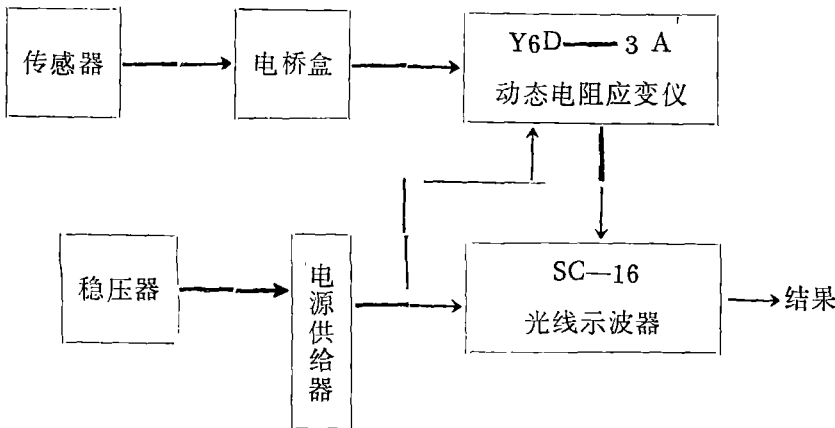


图 1 试验装置

挂进行耕作（见图 1）。动力台车具备 $0.19 \sim 2.78 \text{ m/s}$ 的前进速度可供试验选择。悬挂机构通过丝杠带动可在台车上横向移动，同时深松铲柄也可以在台架上左右移动，这样就使深松铲能在土槽的不同位置进行耕作。槽中试验土壤为关中代表性土壤——壤土。由松土机反复松土三次后，再用 1000 kg 的平滚反复镇压六次，这样处理过的土壤其坚实度在 $0 \sim 30 \text{ cm}$ 深度内平均为 9.314 kgf/cm^2 ，含水率 15% 。试验采用电阻应变测试法，其测试线路框图如下：



深松铲阻力 P_x 、 P_z 通过“L”型四分力传感器测定，其布片方案如图 2 简示：

试验中涉及到速度、耕深、翼张角、铲宽、起土角等数个变化因子，为了寻求每个因子对阻力的影响关系，本试验采用单因素试验的方法，即研究某一因素对阻力的影响时，就把其余因素都固定于同一状态，表 1 即表示了试验方案中每次试验各因素变化的水平值，以及相应的那些不变的因素的取定值。

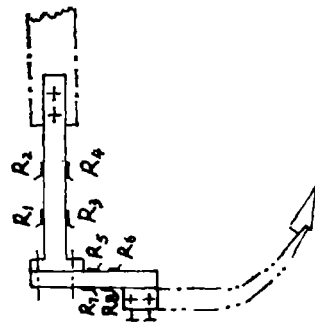


图 2 L 型传感器布片图

三、试验结果分析

（一）行驶速度对耕作阻力的影响

作业速度对耕作阻力的影响很大，图 4 是表示比阻与作业速度的关系曲线。

由曲线可知，在给定条件下，速度在 $0.4 \sim 0.6 \text{ m/s}$ 之间时，比阻 $\bar{P}$ 及垂直分力 $\bar{P}_z$ 均有较小值。测定速度对阻力的影响时，使用的是同一铲型，因此比阻大小就可以间接反

映出牵引阻力的大小,在上述速度区间内,比阻 $\bar{R}$ 约为 $0.29\sim 0.3\text{kgf/cm}^2$, $\bar{R}_z$ 则在 $43\sim 46\text{kgf}$ 以内变化。当速度大于 0.6 m/s 时,比阻及垂直分力同时显著增大,当速度小于 0.4 m/s 时,比阻也将剧增,曲线之所以出现这一特点,可以认为当速度偏小时深松铲不具备足够大的冲击能量,从而迅速有效地切断土壤,而速度偏大后,则容易形成土块推拥,同时过多地将能量传给翻起的土壤,使抛掷土壤的能量增加,因此从试验可知 $0.4\sim 0.6\text{ m/s}$ 的速度取值是双翼深松铲耕作阻力最小的宜耕速度。

表 1 试验因素水平值*

次序	变 化 因 素					须 固 定 因 素				
	因 素	每次试验取值				V	h	2 γ	B	α
		1	2	3	4					
I	速度V	0.300 m/s	0.46 m/s	0.63 m/s	0.84 m/s		180mm	92°32′	160mm	14°18′
II	耕深h	1.30mm	180mm	200mm	230mm	0.46m/s		92°32′	160mm	14°18′
III	翼张角2 γ	73°4′	84°32′	92°32′	99°8′	0.46m/s	180mm		160mm	14°18′
IV	铲宽B	140mm	150mm	160mm	180mm	0.46m/s	180mm	92°32′		141°8′
V	起土角 α	14°18′	25°	32°35′	44°15′	0.46m/s	180mm	92°32′	160mm	

* 有关表 1 中几个参数取值的说明:

① 鉴于全部试验在室内土槽中完成,因受土槽长度的限制不允许台车行驶速度过快,因此试验方案中仅安排了 0.30m/s 、 0.46m/s 、 0.63m/s 、 0.85m/s 。

② 翼张角的试验水平必须考虑并满足土壤、杂草滑切的需要。因土壤、杂草与铲子之间的摩擦角在 $14^\circ\sim 38^\circ$ 以内,因此 2γ 的取值应小于 104° 。试验待测样铲的 2γ 值分别为 $99^\circ 8'$ 、 $92^\circ 32'$ 、 $84^\circ 32'$ 、 $73^\circ 4'$,均在确保滑切要求的角度范围之内,图3表示的是这些不同翼张角的双翼铲型。

试验步骤及数据处理按下述方法进行:为了保证试验测定结果的可信可靠度,对每一单因素试验下的各水平值,均安排作三次重复试验和测试;在确认测试记录曲线无误和异常(有问题就得重作试验)后,再从得到的三条记录曲线上分别随机取样10个,进行处理,最后求得三次测试的算术平均值。

文中有关试验结果的各有关特性曲线,就是在上述数据处理的基础上得到的。

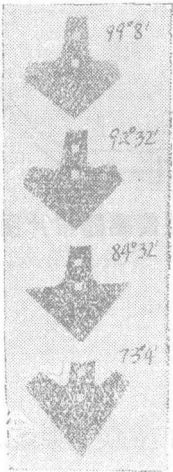


图 3 不同翼张角双翼铲

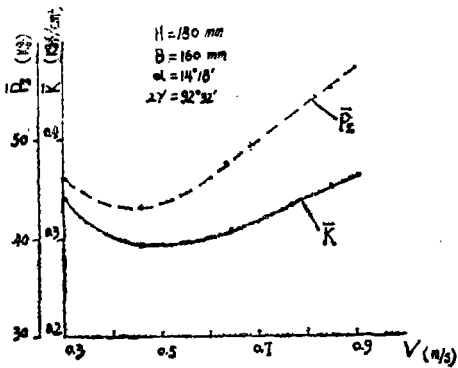


图 4 比阻与作业速度的关系

(二) 耕深对阻力的影响

图5表示耕深与比阻及垂直分力的相互关系,从曲线不难看出,当深松深度不超过180 mm时,曲线较平缓、比阻 $\bar{P}_x$ 小于 0.29 kgf/cm^2 , $\bar{P}_z$ 小于 43 kgf ,当深度 h 大于180mm之后,水平及垂直分力就急剧增加。因此可以认为深松深度以不大于180 mm为宜。深松铲一般均配置于犁耕后用来破除芯土层,除深松机具外,极少单独使用,因此,180mm这一深度界限是能够满足深松的目的和要求的。

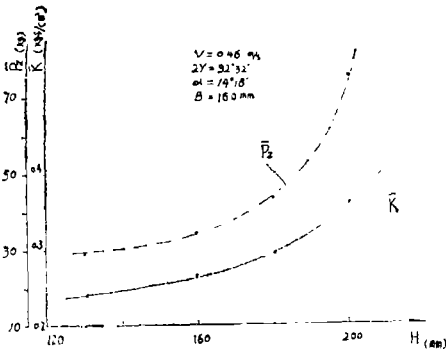


图5 耕深与比阻及垂直分力的关系

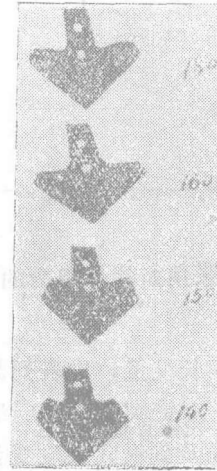


图6 不同宽度的双翼铲

(三) 双翼深松铲的铲宽 B 和耕作阻力的关系

图6表示不同宽度的双翼铲,图7表示铲宽B对耕作阻力的影响关系曲线。从图中的特性曲线可以看出,双翼深松铲铲宽B由140 mm增大到180 mm不仅对垂直分力 $\bar{P}_z$ 影响很小,即使对能够反映水平分力大小的比阻 $\bar{P}_x$,在曲线上显示出大体正比例线性关系,其变化率 $\frac{\Delta \bar{P}_x}{\Delta B} = 0.0015$,这一特性表明在翼张角及起土角未变化的前提条件下,

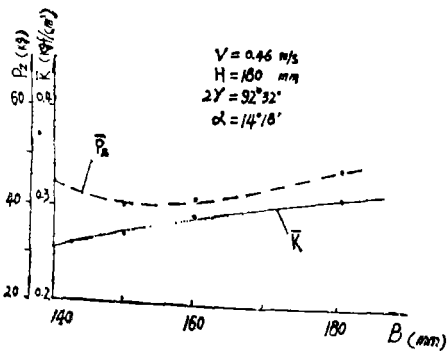


图7 铲宽对比阻的关系

增大铲宽随着犁耕断面面积的增大,水平阻力仅随面积大体成比例增大,然而对单位面积的阻力即比阻来讲基本上不发生影响。

根据上述分析结果,我们可以知道,所谓深松铲的适宜宽度并不是由阻力——宽度特性曲线决定的,而是由动力条件及农业技术要求确定的,例如:铧式犁后的松深,要求耕后犁底层无漏耕,所以,资料推荐这种工况下深松铲宽度应取犁铧宽的0.8。

(四) 翼张角 2γ 对耕作阻力的影响

图8所示为翼张角 2γ 和比阻 $\bar{P}_x$,垂直分力 $\bar{P}_z$ 之间的相互关系。当 $2\gamma > 76^\circ$ 时,比阻 $\bar{P}_x$ 与 2γ 基本呈现为正比例增长关系, $\bar{P}_z$ 力在我们所取的角度范围内则始终与 2γ

成正比例增长。在铲宽未变，耕深、耕速相同的条件下，不同翼张角的深松铲，其有效耕作断面应当基本相同，对土槽土壤来讲，其物理机械特性也应当大体是一致的，那么耕作阻力也应当基本不变，然而实测中却是这种正比例增长特性。初步分析认为，从原理上讲只要 $2\gamma < 104^\circ$ 均属于可保证滑切的允许范围，但是应当看到随着 2γ 的增加，松起土壤向两翼的滑移作用逐渐减弱，只有借助于牵引力的增加，才能维持正常的松翻，这就是比阻 $\bar{K}$ 及垂直分力 $\bar{P}_z$ 增加的原因。图 8 曲线同时还显示出：当 $2\gamma < 76^\circ$ 时，比阻几乎不增长，大体保持在 0.21 kgf/cm^2 左右，这一特征从减轻深松铲工作负荷的角度看，显然是可取的。

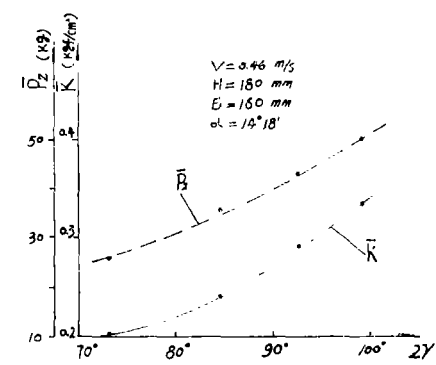


图 8 翼张角对耕作阻力的影响关系

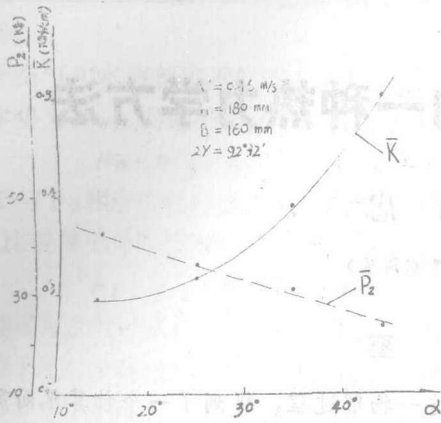
然而，在决定 2γ 的适宜大小时，还必须顾及到随着 2γ 的减小而又保证耕宽不变，必导致深松铲纵向长度的增加对铲翼强度带来的不利影响，表 2 仅列出了铲宽 $B = 160 \text{ mm}$ 时不同 2γ 值对应的纵向长度量，由表列数字可清楚看出： 2γ 由 $84^\circ 32'$ 变化到 $73^\circ 4'$ 时纵向长度将显著增大，对铲翼强度削弱最为明显。这一特征也同样反映在其它铲宽 B 的情况中，所以为了既顾及到纵向长度变化对强度的影响，又避免耕作阻力的增加，看来翼张角 2γ 以采用 $80^\circ \sim 85^\circ$ 较为适宜，在此范围内比阻在 $0.2 \sim 0.25 \text{ kgf/cm}^2$ 之间， $\bar{P}_z$ 变化于 $31 \sim 36 \text{ kgf}$ 之间，铲纵向长度则能保持较短的长度。

表 2 翼张角与纵向长度对应值

铲宽 B (mm)	翼张角 2γ 值	铲纵向长度 mm
160	$73^\circ 4'$	125
	$84^\circ 32'$	90
	$92^\circ 32'$	80
	$99^\circ 8'$	70

(五) 起土角 α 对阻力的影响关系

起土角 α 的大小，显著影响耕作阻力的值，这可由图 9 清楚地表现出来，其起土角的调整机构见图 10，另外起土角又影响深松铲入土及碎土性能。测试曲线表明，当 $\alpha < 25^\circ$ 时，比阻变化平缓，可保持在 $0.29 \sim 0.31 \text{ kgf/cm}^2$ 之间；当 α 从 25° 增大到 42° ，比阻就剧增到 0.5 kgf/cm^2 。通常通用型中耕松土除草双翼铲的起土角 α_{max} 约 15° 左右，尽管在中耕作业时，它具有良好的工作性能，但若把这一角度值也同于工作负荷大的深松铲，则不仅铲形强度显著不足，而且将不能形成足够大的入土间隙角，影响入土性能，同时起土角偏小，使深松铲碎土性能变差。根据上述分析，应当使 α 角取在 $18^\circ \sim 23^\circ$ 之间为好，在这个范围内，比阻 K 约为 0.30 kgf/cm^2 ，垂直分力约为 38 kgf ，铲子本身的强度也有了一定的增强。

图9 起土角 α 与耕作阻力的关系

四、结 论

尽管上述试验及测试曲线是在各自特定的条件下取得的,但其表现出来的规律或者趋势即便在条件发生变化的情况下将是一致的,因此,我们可以由以上分析得到如下结论:

1. 双翼深松铲安装使用时,要使之工作负荷最小,工作效率尽可能高,其工作速度应控制在 2 km/h 左右。
 2. 工作深度最好不超过 180 mm, 否则, 深度增加, 功耗明显增大。
 3. 翼张角取在 $80^\circ \sim 85^\circ$ 之内。
 4. 起土角不大于或小于 $18^\circ \sim 23^\circ$ 。
- 在双翼深松铲的结构设计和使用中注意这几点, 就可以获得较为经济和满意的结果。

参 考 文 献

- [1] [苏] T·H 西涅可夫著, 李清桂 译; 《土壤耕作机械的理论与计算》, 农业出版社, 1981 年。
- [2] [苏] A·B 卢里耶、A·A 格罗姆勃切夫斯基, 袁桂平译; 《农业机械的设计和计算》, 农业机械出版社, 1983 年。
- [3] 屠秉恒著: 《农业机械试验设计与直观分析优选法》, 农业出版社, 1982 年。

TESTS OF DESIGNING PARAMETERS OF DOUBLE-WING SUBSOILER

Xue Huijan Yang Linqing Lian Dengji Lu Boyou

(Department of Farm Machinery, Northwestern Agricultural University)

Abstract

This paper analyses the major structural parameters. Also, it discusses the effects of wing tension angle 2γ , shovel width B , soil-starting angle α , applied parameters, operating speed V and bloughing depth H upon the tillage resistance, based on which the rational range of values of every factor has been obtained, viz. $2\gamma = 80^\circ \sim 85^\circ$; $\alpha = 18^\circ \sim 23^\circ$; $V = 2 \text{ km/h}$; $H < 180 \text{ mm}$. And hence they can be used as the reference in applying and designing of the double-wing subsoiler.

Key words double-wing subsoiler; designing parameter; deep-ploughing implement

图10 α 角调整机构