

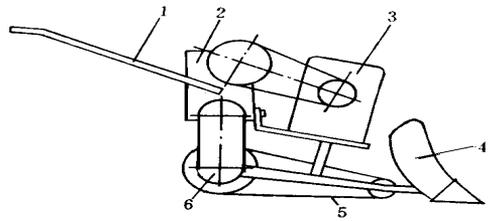
# 单履带微型耕作机的可行性研究

李庆东 杨明金 何培祥  
(西南农业大学)

**摘要** 通过对单履带微型耕作机作业稳定性的受力分析和履带的磨损分析,探讨了该机存在的问题及其开发、应用和推广的可行性。

**关键词** 微型耕作机 单履带 可行性

自从农民发明家姚若松 1992 年获单履带微型耕作机专利以来,先后在四川、广东、重庆等省市投入批量生产,但在应用中未能达到预期的目的,难以推广。经过试验调查分析认为,该产品难以推广的根本原因在于该机尚存在几个理论问题有待解决。现根据力学原理对该机耕地作业进行受力分析,以探讨其技术可行性。



1 扶手架 2 变速箱 3 发动机 4 双向犁铧  
5 单履带行走机构 6 链传动箱

图1 单履带微型耕作机结构简图

## 1 整机结构及工作原理

### 1.1 结构特点

单履带微型耕作机(1CZ-3型)的构造如图1所示。

该机主要技术参数如下。

配套动力	2.2 kW	整机外形尺寸	1850 mm × 676 mm × 880 mm
结构质量	104 kg	耕深	10~18 cm
履带板接地长度	550 mm	耕宽	15~25 cm
履带板宽度	80 mm	工作效率	0.033~0.053 hm <sup>2</sup> /h
履带板高度	26 mm	油耗	7.5 kg/hm <sup>2</sup> (犁地)
转弯半径	1~3 m	前进速度	3.7 km/h

### 1.2 工作原理

工作时,发动机动力经三角皮带传递给二级减速箱,再经链传动传递给单履带驱动轮,驱动履带行走并推动犁铧入土、切土、翻土、碎土;履带行走在犁沟内,通过操纵杆可以改变犁铧的翻土方向。前进档用于耕地作业和田间转移行走,倒退档用于转向或耕地受阻时倒退。

## 2 受力分析

### 2.1 横向稳定性

如图2所示,机组作业时,水平面受力包括犁面所受土壤阻力在水平面的分力 $R_{xy}$ ,履带与土壤作用产生的推力 $P_x$ 、履带行走阻力 $P_f$ ,另外还有机手在扶手上的控制力 $T$ 的分力 $T_x$ 。

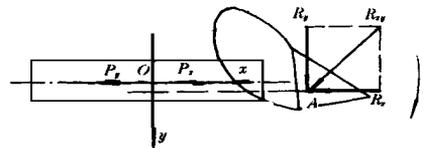


图2 水平面受力分析

根据受力平衡有:

$$P_x - R_x - P_f = 0 \quad R_y - T_y = 0 \quad - R_y X_A - R_x Y_A + T_y X_T = 0 \quad (1)$$

式中  $X_T$ ——扶手上控制力  $T_y$  作用点到坐标原点  $O$  的水平距离;  $X_A$ —— $R_y$  作用力至原点  $O$  的距离;  $Y_A$ —— $R_x$  作用力至原点  $O$  的距离。

$R_y X_A$  和  $R_x Y_A$  为朝向未耕地的偏转力矩, 当犁铧偏向未耕地时, 耕宽增大,  $R_y$  和  $R_y X_A$  会进一步增大。必须由机手通过扶手架给出反力距  $T_y X_T$  来控制横向稳定性, 保持机组直线耕作行驶。在动态工作过程中, 横向稳定性较差, 耕宽出现不稳定状态。若要减小机手劳动强度, 应使  $R_x$  的作用线与履带纵垂面重合,  $R_x Y_A = 0$ 。

### 2.2 重心稳定性

耕地作业时, 履带行走在犁沟中, 履带宽度必须小于耕宽, 仅 80mm。如图 3 所示, 犁沟不平整及其犁面上土壤侧向阻力  $R_y$  的作用, 将导致机体向未耕地一侧摆动。机组重心最大稳定角  $\theta_{max}$  为

$$\theta_{max} = \arctg \frac{B}{2H}$$

式中  $B$ ——履带板宽度, 80 mm;  $H$ ——机组重心距地面高度, 400~500 mm。

履带板宽度越小, 重心越高, 则机组越易倾斜, 允许稳定角  $\theta$  越小。当重心垂线落在履带板宽度之外时, 机组重心不稳定, 侧向翻倒。必须由人力通过扶手架恢复平衡。以  $O$  点为中心建立稳定力矩方程

$$G \frac{1}{2} B - R_y Z_A + T_y Z_T = 0 \quad (2)$$

式中  $Z_T$ ——扶手上作用力  $T_y$  的作用点至  $O$  点的垂直距离;  $Z_A$ —— $R_y$  至原点  $O$  的垂直距离。

扶手平衡力矩  $T_y Z_T = R_y Z_A - G \frac{1}{2} B$ 。当重心线与  $O'$  重合时,  $G \frac{1}{2} B = 0$ , 手扶平衡力矩达到最大值  $T_y Z_T = R_y Z_A$ 。

### 2.3 耕深稳定性

如图 4 所示, 机器作业时纵垂面的受力包括机组重力  $G$ 、土壤支反力  $Q$ 、推进力  $P_x$ 、行走阻力  $P_f$  和犁面土壤阻力的纵垂面分力  $R_{xz}$ 。当微耕机空行时,  $R_{xz} = 0$ , 机组受力平衡:  $Q - G = 0, P_x - P_f = 0$ ; 其履带接地压力分布均匀。

当耕地作业时, 受力平衡式为:

$$\begin{aligned} P_x - P_f - R_x &= 0 \\ Q_B - G - R_z - T_z &= 0 \\ Q_B X_B + R_x Z_A - R_z X_A + T_z X_T &= 0 \end{aligned} \quad (3)$$

式中  $T_z$ ——扶手下压力;  $X_T$ —— $T_z$  作用点至  $O$  点的水平距离;  $Q_B$ ——移至  $B$  点的支反力。

$R_{xz}$  在纵垂面的分力  $R_z$ , 导致履带压力中心前移至  $B$  点, 接地压力呈梯形分布; 若土壤比阻过大, 接地压力可呈三角形分布 (见图 4)。犁铧将越耕越深, 耕深稳定性恶化。履带行走阻力增大, 产生超负荷。由式 (3) 可知, 土壤比阻越大 ( $R_z$  增大), 下陷趋势越严重, 必须增大扶手压力  $T_z$ , 才能调控耕深, 维持耕深稳定性。

受力分析表明: 该机的直线耕作性、重心稳定性和耕深稳定性均需通过扶手人力控制。

## 3 单履带微耕机的技术可行性

### 3.1 适用范围

单履带微耕机是针对丘陵山区小田块耕作需要而设计的。它的特点是田间转移方便, 对道路条件要求

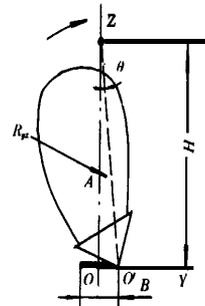


图 3 重心稳定性分析

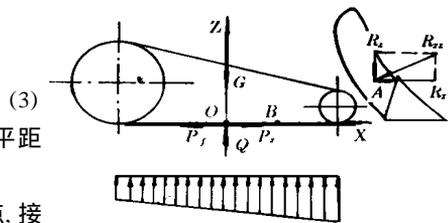


图 4 纵垂面受力分析

低。在冬水田或水泡田作业时,将出现履带板打滑,或因滚动阻力骤增,导致发动机超负荷熄火;另一方面,水田耕作将使履带磨损极其严重,寿命缩短。因此,该机只适宜耕作较平坦的旱地和浅泥脚稻田(泥脚深度 $< 15$  cm)。

### 3.2 市场竞争力

在道路条件较好,田块较大的丘陵地区,手扶轮式耕作机组因兼有犁耕、旋耕、运输等多功能,作业性能好,将占据旱地、浅泥脚水田的大部分领域;深泥脚水田的耕作将由双轴螺旋等各种水田耕作机械占领,单履带微耕机在上述领域竞争力不强。

在道路条件差、田块小的旱地和浅泥脚水田的耕作领域,单履带微耕机可与手扶轮式耕作机组相互竞争。但有两个问题需要解决:

- 1) 机组的稳定性,若靠机手的体力来维持受力平衡,将是“解放了牛,累死了人”;
- 2) 履带磨损将降低机组工作的可靠性,增加作业成本和维护保养时间。

## 4 结 论

1) 单履带微耕机的工作稳定性是其发展的关键制约因素。理论与实践证明,改善重心稳定性的可能性小;纵向稳定性的改善也有一定的困难。稳定性差导致机手劳动强度大。

- 2) 金属履带不适宜水田耕作,可借鉴橡胶履带稻麦联合收获机研究橡胶履带。
- 3) 目前开发该产品风险较大,乡镇企业需慎重决策。
- 4) 作为耕作史上的创新,推进式微耕机值得进一步研究。

### 参 考 文 献

- 1 北京农业工程大学 农业机械学(上册). 北京: 农业出版社, 1990 112~ 132
- 2 南京农业大学 农业机械学(上册). 北京: 中国农业出版社, 1996 29~ 39
- 3 四川省农业机械局 耕整地机械构造使用维护. 成都: 四川人民出版社, 1978 54~ 57