

旋耕双翼铲设计方法及参数选择的探讨*

杨 林 青

(西北农学院农机系)

摘 要

本文阐述了旋耕双翼铲在耕耘过程中铲翼不推挤未耕地的正常工作条件, 并从理论上分析了各运动参数在切削土壤过程中的变化及影响因素, 从而确定了选择特征系数 ($\lambda = \frac{R\omega}{V_e}$) 的原则。文中还以实例阐明了旋耕双翼铲的几何参数、运动参数和使用参数的理论计算公式及取值范围, 为该类铲型设计提供了依据。

前 言

旋转犁属于驱动型土壤耕作机具, 与铧式犁及旋耕机相比, 其最大特点是转速低、耕得深、能量消耗少、碎土性能好。因此, 近年来这种机具在国内外越来越引起人们的注意, 新的机型不断出现。作为旋转犁的主要工作部件——犁刀, 其形状和参数将直接影响工作质量和功率消耗。为适应不同土壤及不同农艺要求的耕作需要, 国内外对犁刀形式及结构参数作了大量的研究工作, 设计出了许多适应不同工作需要的犁刀, 按其结构形式有: 滚筒式圆盘刀、L型刀、可以翻垡 180° 的回转铧、矩形刀、鸭掌铲、旋耕双翼铲等。旋耕双翼铲具有入土性能好、机具振动小等优点, 已被我省近几年来设计成功的1LZ—200型、1LZ—100型旋转犁及1LZS—200型旋松犁所采用。本文仅就旋耕铲的设计方法及参数选择作初步探讨。

一、旋耕双翼铲的几何参数及正常工作的条件

旋耕铲的几何参数如图1所示。

旋耕铲正常工作时, 其上任一点的运动轨迹为一由该点绕其轴线旋转的相对运动与随机组直线前进的牵连运动合成的余摆线。图2所示为旋耕铲的侧向视图, 实摆线为铲尖A的运动轨迹, 虚摆线为铲翼末端E的运动轨迹。为避免铲翼推挤未耕地, 减小铲翼磨损, 降低功率消耗, 在理想的情况下, 应保证在切土过程中AE段任何点的轨迹不得超过实摆线。为满足此条件, 设计旋耕铲时不仅要考虑运动轨迹的形状, 同时还要有合理的几何形状和尺寸, 为此必须首先分析旋耕铲的运动参数及其在运动过程中的变化。

* 本刊编辑室收到此稿时间: 1984年9月8日。

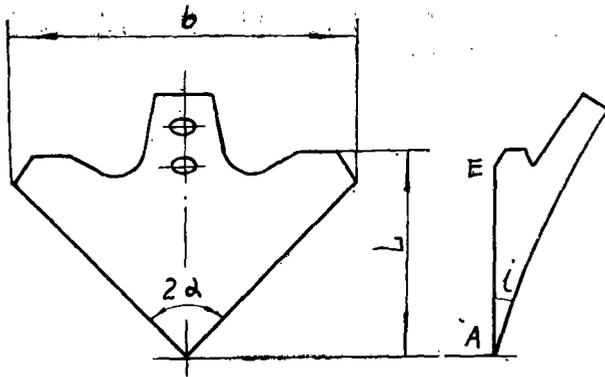


图1 旋耕双翼铲的几何参数

图中：b——旋耕铲宽度（毫米）
 L——旋耕铲高度（毫米）
 α ——翼张角（度）
 i——铲刃角（度）

二、旋耕铲的运动参数及其在运动过程的变化

前已述及，旋耕铲的绝对运动是合成运动，其铲尖的轨迹为一余摆线，余摆线的形状决定于相对速度 V_r 和牵连速度 V_e 的比值 $\lambda = \frac{\omega R}{V_e}$ （式中 ω —刀滚回转角速度、R—铲尖回转半径）。可见 λ 与刀滚转速 ω ，铲尖回转半径R及机组前进速度 V_e 有关。对同一机组来说，工作时将因土壤质地和农艺要求不同而采用不同速度和转速，即 λ 有一系列值，在设计旋耕铲时只能选择其一。那么设计时究竟以那个 λ 值为准呢？下面我们从分析切削角 β （见图3）随刀滚转角 ϕ 的变化入手来看 λ 值的影响，从而选定恰当的 λ 值作为设计的依据。

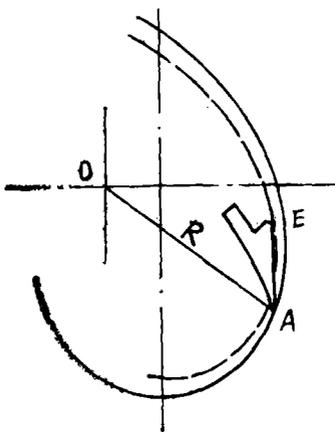
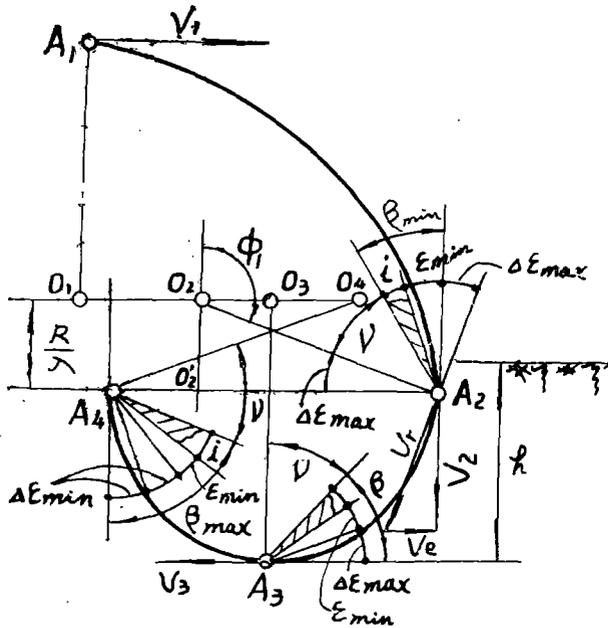


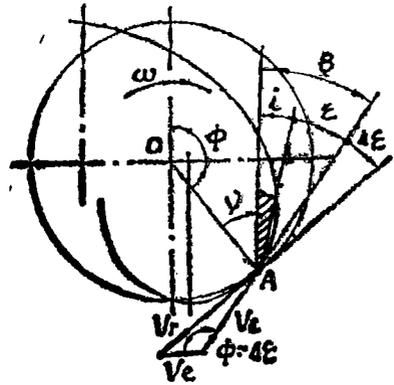
图2 旋耕铲的运动轨迹

图3表示了旋耕铲的运动参数及其在运动过程中的变化。图中符号如下：

i——铲刃角
 ϵ ——后隙角（即刀背与轨迹切线之夹角）
 $\beta = i + \epsilon$ ——切削角（即铲刃面与轨迹切线之夹角）



(b) 运动参数的变化



(a) 运动参数

图3 旋耕双翼铲的运动参数及其变化

γ ——安装角（铲刃面与铲尖回转半径之夹角）

ϕ ——刀滚转角

$\Delta\epsilon$ ——铲尖圆周切线与轨迹切线之夹角

由图3(a)中速度三角形知

$$\frac{\omega R}{\sin(\Phi - \Delta\epsilon)} = \frac{\omega R}{\lambda \sin \Delta\epsilon}$$

整理上式得：

$$\Delta\epsilon = \arctg \frac{\sin \Phi}{\lambda + \cos \Phi} \quad (1)$$

由图3(b)的几何关系可以看出，在旋耕铲旋转瞬心连线（可以证明它与刀滚轴线相距 $\gamma = R/\lambda$ ）与轨迹交点 A_2 、 A_4 处， $\Delta\epsilon$ 达到最大值，此时切削角 β 和后隙角 ϵ 则为最小值和最大值，由三角形 $O_2A_2O_2'$ 得：

$$\Delta\epsilon_{max} = \arcsin \frac{1}{\lambda} \quad (2)$$

由图可见，与 $\Delta\epsilon_{max}$ 对应的切削角 β 为

$$\beta_{min} = i + \epsilon_{min} \quad (3)$$

$$\beta_{max} = \beta_{min} + 2\Delta\epsilon_{max} \quad (4)$$

与 $\Delta\epsilon_{max}$ 对应的安装角 γ 有最小值

$$\gamma_{min} = \frac{\pi}{2} - (i + \epsilon_{min}) - \Delta\epsilon_{max} \quad (5)$$

对式(1)求导并令其为零便可得与 $\Delta\epsilon_{n..}$ 对应的转角:

$$\Phi_1 = \arccos\left(-\frac{1}{\lambda}\right) \text{ 和 } \Phi_2 = 2\pi - \arccos\left(-\frac{1}{\lambda}\right)$$

此时切削速度等于:

$$V_2 = \omega R \cos \Delta\epsilon_{n..}$$

其方向与 A_2A_4 垂直。即为铅垂方向。

由式(1)可见,当 $\Phi = 0, \pi$ 时,即铲尖在 A_1, A_3 时, $\Delta\epsilon = 0$,此时切削角 β 和后隙角 ϵ 为

$$\beta = \beta_{n..} + \Delta\epsilon_{n..} \quad (6)$$

$$\epsilon = \epsilon_{n..} + \Delta\epsilon_{n..} \quad (7)$$

点 A_1 的绝对速度——切削速度为园周速度 ωR 和前进速度 $V_1 = \frac{\omega R}{\lambda}$ 之和,

$$\text{即 } V_1 = \omega R \left(1 + \frac{1}{\lambda}\right)$$

点 A_3 的绝对速度为园周速度 ωR 和前进速度 $V_3 = \frac{\omega R}{\lambda}$ 之差,

$$\text{即 } V_3 = \omega R \left(1 - \frac{1}{\lambda}\right)$$

比较(3)、(4)两式便知切削角的变化范围是 $2\Delta\epsilon_{n..}$ 。因为 $\Delta\epsilon_{n..} = \arcsin\left(\frac{1}{\lambda}\right)$,可见,随着 λ 值减小,切削角的变化范围增大,切削角的变化范围越大,便会引起能量消耗增加,且使土壤过分细碎。所以对选定的机组来说,设计旋耕铲时一般选用较大的 λ 值为宜。

三、旋耕铲的设计及参数选择

λ 选好后,铲尖A的运动轨迹便确定。由前分析知,在旋耕铲旋转瞬心连线 A_2A_4 和轨迹的交点 A_2 处,切削角 β 和后隙角 ϵ 都最小,所以旋耕铲的安装角 γ 及其他几何参数均应由此点确定,从而保证在切土过程中铲背不推挤未耕地。下面以铁牛—55J配1LZS—200型旋松机组为例来说明旋耕铲的设计方法及参数选择。

(1) 确定比值 λ

根据农艺要求和土壤质地选择进距 S ,一般旋转犁耕深在15~35厘米时, S 取7~20厘米, λ 一般选用3~8。进距 S 与旋转犁的运动参数和结构参数有关。设切削滚筒在时间 t 内前移距离 S ,并转过角度 $\frac{2\pi}{Z}$,式中 Z 为同一刀盘上的旋耕铲数。

$$\because S = V_1 t \quad \text{而 } t = \frac{2\pi}{Z\omega}$$

$$\therefore S = \frac{2\pi V_1}{Z\omega}$$

$$\text{又 } \omega = \frac{n\pi}{30}, \quad \omega = \frac{Vr}{R}$$

式中 n ——切削滚筒转速 (转/分)

$$\therefore S = \frac{60V_r}{Zn} \quad (\text{厘米}) \quad (8)$$

$$\lambda = \frac{2\pi R}{SZ} \quad (9)$$

设计中 $Z = 3$, $R = 280$ 厘米, 由以上关系式便可以确定 n 、 S 、 V_r 及 λ 、 n 、 V_r 的对应值。

表 1 S、n、 V_e 对应值表

n	62	76	83	92.4	101	124.23
V_e						
0.323	10.43	8.49	7.78	6.99	6.4	5.2
0.399	12.89	10.49	9.62	8.62	7.9	6.42
0.597	19.28	15.7	14.39	12.9	11.82	9.61
0.831	26.84	21.85	20.03	17.95	16.45	13.38

表 2 λ 、n、 V_e 对应值表

n	62	76	83	92.4	101	124.23
V_e						
0.323	5.62	6.91	7.54	8.39	9.16	11.28
0.399	4.55	5.59	6.1	6.8	7.42	9.13
0.597	3.04	3.74	4.08	4.55	4.96	6.1
0.831	2.18	2.68	2.93	3.27	3.49	4.38

由表可见, 当 S 在 6.99~20.03 之间时, 对应的 λ 值为 2.92~8.39。由试验观察得知, 转速过低, 易造成刀滚堵塞, 为了提高工作效率, 生产中也很少使用慢工速, 因此选用生产中常用的数值较大的 $\lambda = 6.1$ 作为计算依据。

(2) 由公式 $\Delta\epsilon_{\dots} = \arcsin \frac{1}{\lambda}$ 求 $\Delta\epsilon_{\dots}$

$$\Delta\epsilon_{\dots} = \arcsin \frac{1}{\lambda} = 9^{\circ}26'$$

(3) 选择铲刀角 i

铲刀角 i 一般选用 $15^{\circ} \sim 25^{\circ}$, 过大会增加切削角 β , 增加能量消耗且土壤过分细碎;

过小则会引起磨损加快和铲刃碎裂，这里选 $i = 16^\circ$ 。

(4) 确定几何参数

铲宽 B 按整机配置及农艺要求决定，对旋松机来说，由于有深松铲配合松土，所以铲距可适当大些，这里 $B = 170$ 毫米。翼张角根据旋耕铲磨损规律分析， α 应大于 75° ，此处选取 $\alpha = 90^\circ$ 。由图 1 可知：

$$\text{tg}\alpha = \frac{b}{2L}$$

$$\therefore L = \frac{b}{2\text{tg}\alpha} = 85 \text{ (毫米)}$$

(5) 确定安装角 γ

前已分析，当摆线的切线在 A_2 点铅垂时切削角最小，此时安装角有最小值，假设铲翼平面与 A_2 点的轨迹切线重合，则：

$$\gamma_{\min} = \frac{\pi}{2} - i - \Delta\epsilon_{\max} = 64.56^\circ.$$

据此特点便可确定考虑铲高因素的安装角，设计铲翼时应使铲尖 A 和铲翼末端 E 在同一铅垂线上，且同位于摆线上，即将摆线弦长 AE 作为铲高 L ，由三角形 O_2AB 求得安装角：

$$\gamma' = \arccos\left(\frac{1}{\lambda} + \frac{L}{2R}\right) - i \tag{10}$$

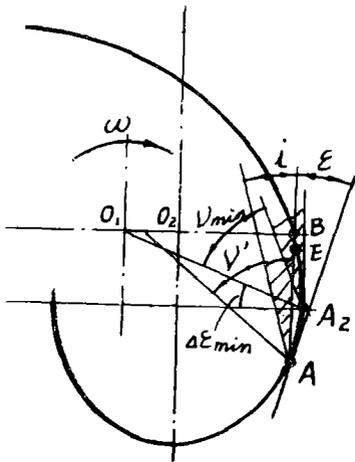


图 4 考虑铲翼高度的安装角

$$\beta_{\min} = i + \epsilon_{\min} = 24^\circ 58'$$

根据以上步骤设计的旋耕铲，在切削土壤过程中不同转角时的位置如图 5 所示。由图可见，铲翼末端在切土过程中不超越铲尖轨迹，这样便避免了铲背挤推未耕地，从而减少磨损，降低能量消耗。

由图 4 可知，由此式确定的安装角 $\gamma' < \gamma_{\min}$ ，这样当正转并确定了翼宽后，旋耕铲的安装角便可选用比公式 (10) 计算值略小的安装角。代入已知值得： $\gamma' = 55^\circ 35'$ 故选用 $\gamma' = 54^\circ$

(6) 确定最小后隙角 ϵ_{\min} 和切削角 β_{\min}

由图 4 可知 $\gamma' < \gamma_{\min}$ ，两角之差即为最小后隙角 ϵ_{\min}

$$\begin{aligned} \epsilon_{\min} &= \gamma_{\min} - \gamma' \\ &= \frac{\pi}{2} - \arcsin\frac{1}{\lambda} - \arccos\left(\frac{1}{\lambda} + \frac{L}{2R}\right) \\ &= 8^\circ 58' \end{aligned}$$

由式 (3) 可知：

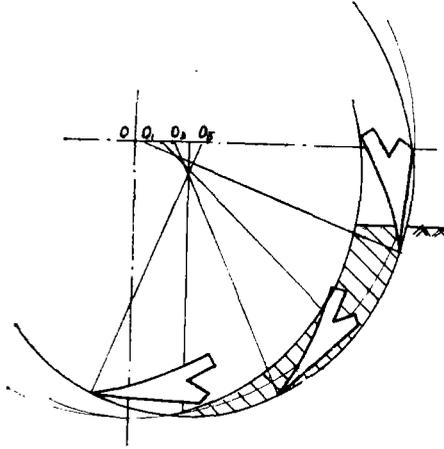


图5 旋耕铲工作状态

参 考 文 献

1. (苏) Г·Н·西涅阿科夫、N·M·潘略夫著:《土壤耕作机械的理论和计算》(译本), 中国农业机械出版社, 1981年。
2. 李自华统编:《国内外耕耘机械发展现状及其技术水平》, 北京农业机械化学院情报资料室, 1980年。
- 3.《农机情报资料》, 1976年第10期, 1978年第9期, 1983年第1期, 1983年第11期。
- 4.《陕西农机》, 1984年第2期。

Discussion On Designing Method of Rotary Double-Wing Sweep and Selection of Its Parameters

Yang Linqing

(Farm Machinery Department, Northwestern College of Agriculture)

Abstract

This paper deals with normal working conditions under which the sweep wings do not disturb the unploughed Land in the course of ploughing by the rotary double-wing sweep, and analyses the variations and affecting factors of respective moving parameters in the course of soil cutting from which the principles of selection of feature coefficient $\lambda = \frac{R\omega}{V_e}$ were determined. This paper also illustrates geometry parameters, moving parameters and theoretical calculation formula of application of parameters as well as the scope of value-taking by means of actual examples so as to provide bases for the designing of the sweep types.