

# 斜置旋耕刀滑切角及其方程

丁为民, 徐志刚, 汪小函

(南京农业大学)

**摘 要:** 分析了斜置旋耕刀滑切角并指出: 斜置时旋耕刀的静态滑切角与正置时相同; 斜置旋耕刀侧切刃动态滑切角是速度矢量与刃口曲线法平面之间的夹角, 侧切刃的动态和静态滑切角之间不存在相差  $\beta$  的关系。推导了斜置旋耕刀滑切角方程, 可知正置旋耕是斜置旋耕的特例。计算表明: 斜置旋耕刀正切刃的动态滑切角小于正置, 侧切刃动态滑切角的大小介于正置之间, 变化范围小于正置的; 不论正切刃还是侧切刃, 其动态滑切角小于静态滑切角。

**关键词:** 滑切角; 旋耕刀; 斜置旋耕

**中图分类号:** S222.3

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-2689(2002)03-0049-05

旋耕是农业生产上应用十分广泛的一种土壤耕作方式。但长期以来, 人们研究较多的是水平卧式正置正转旋耕, 即旋耕刀辊在水平面内与旋耕机前进方向垂直, 刀辊旋转方向与拖拉机行走轮前进方向一致的旋耕。随着生产的发展以及对耕作要求的提高, 各种新的旋耕方式相继出现, 并日益受到人们的重视, 如反旋(逆旋)及潜土逆旋<sup>[1,2]</sup>、斜式旋耕<sup>[3]</sup>、斜置旋耕<sup>[4~6]</sup>等。

斜置旋耕是将旋耕刀辊在水平面内斜置, 不与旋耕机前进方向垂直(图 1), 使旋耕刀回转平面与机具前进方向成一斜置角  $B$ , 同时旋耕刀在刀轴上的安装弯向相同, 使其顺序切土。斜置旋耕的基本原理是<sup>[5]</sup>: 由于土壤的抗拉强度最低, 抗剪强度次之, 抗压强度最高; 被切土壤的约束面越少, 土壤越容易破坏。因此斜置旋耕时, 因为斜置, 旋耕刀切土时有一个沿刀辊轴向的相对速度, 使土壤尽可能地毁于拉而避免毁于压; 由于采用同向顺序切土, 除第一列旋耕刀外, 其它旋耕刀切土时减少了一个约束面, 使土壤更容易破坏, 由此达到旋耕节能降耗的目的。

## 1 斜置旋耕刀滑切角

滑切角是旋耕刀重要的设计参数, 尤其是用于水田多草地区及旋耕灭茬、秸秆粉碎还田的旋耕刀, 必须考虑滑切作用, 防止旋耕刀缠绕草茎、残茬。滑切角是旋耕刀刃上某一点的绝对速度矢量与该点刃口曲线法平面或法线之间的夹角<sup>[7~9]</sup>, 这个夹角位于速度矢量和刃口切线组成的平面内(该平面垂直

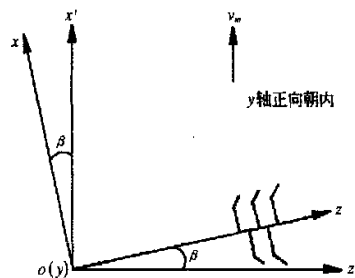


图 1 斜置旋耕

Fig. 1 Oblique rotary tillage

于刃口曲线的法平面)。只有当旋耕刀本身也位于该平面, 如正置时旋耕刀的侧切刃, 则滑切角才可定义为刀刃上某点的速度矢量与该点刃口法线之间的夹角。斜置旋耕时, 旋耕刀一面绕刀轴旋转, 一面又与刀轴一起成斜置角  $B$  随旋耕机前进。所以旋耕刀上任意一点的绝对速度  $v$  是绕刀轴旋转的圆周线速度  $v_p$  及与其成  $B$  角的旋耕机前进速度  $v_m$  的合成, 它既不位于旋耕刀回转平面(刀身平面), 又不在旋耕机前进平面内。因此斜置旋耕时, 即使是侧切刃滑切角, 也不能定义为旋耕刀刃上某点的绝对速度与该点刃口法线之间的夹角<sup>[5,6]</sup>, 只能和正切刃一样, 是速度矢量与刃口曲线法平面之间的夹角。

旋耕刀滑切角可分为动态滑切角和静态滑切角<sup>[7,8]</sup>, 动态滑切角是刀刃上某一点绝对速度  $v$  与刃口曲线法平面(或法线)之间的夹角, 静态滑切角是圆周线速度  $v_p$  与刃口曲线法平面(或法线)之间的夹角。当忽略旋耕机前进速度  $v_m$  的影响, 使刀刃的绝对速度等于其圆周线速度时, 动态滑切角就成为静态滑切角。所以斜置时, 忽略旋耕机前进速度后, 不论正切刃还是侧切刃, 其静态滑切角均与正置时相同。

正置旋耕时, 侧切刃动态滑切角  $S_d$  与静态滑切角  $S$  相差滑切角减量  $\Delta S$ , 即  $S_d = S - \Delta S$ 。正切刃动

收稿日期: 2001210224

基金项目: 教育部“高等学校骨干教师资助计划”项目

作者简介: 丁为民, 教授, 南京市浦镇 南京农业大学工学院, 210032

态滑切角  $S_d$  与静态滑切角  $S_s$  之间不存在这种关系, 但  $S$  仍然存在。正置时, 正、侧切刃的  $S$  为<sup>[7]</sup>

$$\tan S = \frac{v_m \cos A}{rX - v_m \sin A} = \frac{R \cos A}{rK - R \sin A} \quad (1)$$

式中  $v_m$  —— 旋耕机前进速度;  $r$  —— 刀刃上任一点的回转半径;  $X$  —— 刀轴转速;  $A$  —— 为旋耕刀转角,  $A = Xt$ ;  $t$  —— 时间;  $R$  —— 刀辊回转半径;  $K$  —— 旋耕速度比,  $K = R/Xv_m$ 。

滑切角减量  $S$  是旋耕刀上某一点的绝对速度  $v$  与圆周线速度  $v_p$  ( $v_p = rX$ ) 之间的夹角<sup>[7,8]</sup>, 它是动态滑切角和静态滑切角产生差异的原因。斜置旋耕时,  $S$  仍然存在。但此时  $S$  与绝对速度一样, 既不位于旋耕刀回转平面, 又不在旋耕机前进平面内, 且  $S$  与动态滑切角和静态滑切角三者均位于不同平面内。因此斜置时, 不论是正切刃还是侧切刃, 其动态滑切角之间都不存在相差  $S$  的关系,  $S$  也不能按 (1) 式计算。斜置时  $S$  的大小为 (图 2)

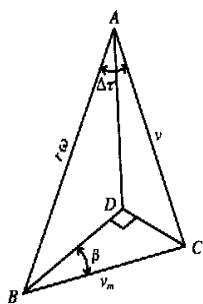


图 2  $S$  的计算

Fig 2 Calculation of  $S$

因  $AB = rX$ ,  $BC = v_m$ ,

$$AC = v = \sqrt{r^2 X^2 + v_m^2 - 2rXv_m \cos B \sin A}$$

(推导见后面 (5) 式)

$$\begin{aligned} \cos S &= \cos \angle BAC = \frac{AB^2 + AC^2 - BC^2}{2AB \times AC} \\ &= \frac{r^2 X^2 + v^2 - v_m^2}{2rX \times v} \\ &= \frac{r^2 X^2 + v_m^2 - 2rXv_m \cos B \sin A}{2rX \times v} \\ &= \frac{rK - R \cos B \sin A}{rK - R \cos B \sin A} \quad (2) \end{aligned}$$

由 (2) 式易知, 当斜置角  $B = 0$ , 即正置时, 它与 (1) 式相同。

## 2 斜置旋耕刀滑切角方程

建立坐标系如图 1,  $x$  轴与刀辊垂直、指向前方,  $y$  轴垂直向内,  $z$  轴为刀辊回转轴。

旋耕刀正切刃是一条空间曲线, 当其以角速度

$X$  绕刀轴 ( $z$  轴) 旋转时, 刀刃上任意一点的坐标为

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r(U \cos(U + Xt)) \\ r(U \sin(U + Xt)) \\ z(U) \end{bmatrix}$$

式中  $x, y, z$  —— 刀刃上各点的坐标;  $r$  —— 各点到  $z$  轴的极径,  $r = r(U)$ ;  $U$  —— 极角;  $t$  —— 时间。

斜置旋耕机工作时, 旋耕刀一方面绕刀轴旋转, 同时又和刀轴一起, 成斜置角  $B$  随旋耕机以速度  $v_m$  斜置前进, 即相当于正置刀辊绕  $y$  轴旋转  $B$  角后沿前进方向平移, 则

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos B & 0 & \sin B & v_m t \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin B & 0 & \cos B & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix}$$

式中  $x, y, z$  —— 变换 (旋转、平移) 后刀刃上各点的坐标;  $x, y, z$  —— 变换前各点的坐标。

所以, 斜置旋耕刀刀刃上任意一点的矢径 (动径)  $Q$  为

$$Q = [r(U \cos(U + Xt)) \cos B + z(U \sin B + v_m t), r(U \sin(U + Xt)), -r(U \cos(U + Xt)) \sin B + z(U \sin B)]$$

记  $A = U + Xt$ ,  $\dot{r} = dr/dU$ ,  $\dot{z} = dz/dU$  旋耕刀刃上任意一点的速度  $v$  及切线  $T$  分别为  $v = dQ/dt$ ,  $T = dQ/dU$  所以:

$$v = [v_m - rX \cos B \sin A, rX \cos A, rX \sin B \sin A] \quad (3)$$

$$T = [\dot{r} \cos B \cos A - r \cos B \sin A + \dot{z} \sin B, \dot{r} \sin A + r \cos A, -\dot{r} \sin B \cos A + r \sin B \sin A + \dot{z} \cos B] \quad (4)$$

令速度矢量  $v$  与刃口曲线切线  $T$  之间的夹角为  $C$ 。旋耕刀动态滑切角  $S_d$  ( $S_d$ ) 是绝对速度矢量与刃口曲线法平面或法线之间的夹角, 它与  $C$  互为余角, 即  $S_d = 90^\circ - C$  所以

$$\sin S_d = \cos C = \cos(v, T) = \frac{v_1 \cdot T}{|v| |T|}$$

由 (3)、(4) 式得

$$v = \sqrt{r^2 X^2 + v_m^2 - 2rXv_m \cos B \sin A} \quad (5)$$

$$T = \sqrt{\dot{r}^2 + r^2 + \dot{z}^2}$$

$$v_1 \cdot T = r^2 X - rv_m \cos B \sin A + \dot{r} v_m \cos B \cos A + \dot{z} v_m \sin B$$

故  $\sin S_d =$

$$\begin{aligned} & \frac{r^2 X - rv_m \cos B \sin A + \dot{r} v_m \cos B \cos A + \dot{z} v_m \sin B}{\sqrt{r^2 X^2 + v_m^2 - 2rXv_m \cos B \sin A} \sqrt{\dot{r}^2 + r^2 + \dot{z}^2}} \\ &= \frac{r^2 K - rR \cos B \sin A + \dot{r} R \cos B \cos A + \dot{z} R \sin B}{\sqrt{r^2 K^2 + R^2 - 2rR K \cos B \sin A} \sqrt{\dot{r}^2 + r^2 + \dot{z}^2}} \quad (6) \end{aligned}$$

(6) 式即为斜置旋耕时旋耕刀正切刃动态滑切角方程, 只要在 (6) 式中令,  $a = z = \text{常数}$ , 即  $\dot{z} = 0$ ;

b.  $v_m = 0$ ;  $c \frac{1}{z} = 0$  且  $v_m = 0$ , 就可以分别得到斜置旋耕刀侧切刃动态滑切角方程及正、侧切刃静态滑切角方程(为区别起见, 用  $S_d$ 、 $S_s$  表示正切刃动、静态滑切角,  $S_k$ 、 $S_s$  表示侧切刃动、静态滑切角)

$$\sin S_d = \frac{r^2 X - r v_m \cos B \sin A + \frac{1}{r} v_m \cos B \cos A}{\sqrt{r^2 X^2 + v_m^2 - 2 r X v_m \cos B \sin A} \sqrt{r^2 + \frac{1}{r^2}}}$$
$$= \frac{r^2 K - r R \cos B \sin A + \frac{1}{r} R \cos B \cos A}{\sqrt{r^2 K^2 + R^2 - 2 r R K \cos B \sin A} \sqrt{r^2 + \frac{1}{r^2}}} \quad (7)$$

$$\sin S_s = \frac{r}{\sqrt{r^2 + \frac{1}{r^2} + \frac{1}{z^2}}} \quad (8)$$

或 
$$\tan S_s = \frac{r}{\sqrt{\frac{1}{r^2} + \frac{1}{z^2}}} \quad (8)$$

$$\sin S = \frac{r}{\sqrt{r^2 + \frac{1}{r^2}}} \quad (9)$$

或 
$$\tan S = \pm \frac{r}{r} \quad (9)$$

若  $dr(U \ddot{O} dU) < 0$ , 则(9)式取负号; 当  $dr(U \ddot{O} dU$

$> 0$  时, (9)式取正号。  $dr(U \ddot{O} dU) > 0$ ,  $dz(U \ddot{O} dU) > 0$  时, (6) ~ (9) 式中包含  $\frac{1}{r}$ 、 $\frac{1}{z}$  的项相应改变符号( $r^2$ 、 $\frac{1}{z^2}$  项不变)。

在(6)、(7)式中令斜置角  $B = 0$ , 可知它与正置时旋耕刀的动态滑切角方程完全相同<sup>[9]</sup>。因此, 正置旋耕只是斜置旋耕的特例, (6)式是更一般意义上的旋耕刀滑切角方程。由(8)、(9)式亦可知, 斜置时旋耕刀的静态滑切角方程与正置时一样, 即静态滑切角不受斜置的影响。因为静态滑切角只是旋耕刀刃口曲线的结构参数, 与旋耕刀的运动参数和运动状态无关。

上面导出的是斜置时正转旋耕刀的滑切角方程。由于反转旋耕与正转旋耕的运动和滑切角方程可以统一<sup>[10, 11]</sup>, 二者只是在不同的切土范围内工作, 所以斜置反转旋耕时, 旋耕刀的滑切角仍然可按(6) ~ (9)式计算, 只要旋耕刀转角  $A$  取不同的范围即可。

表 1 斜置旋耕刀侧切刃的滑切角计算

Table 1 Calculation of grass removing angles for lengthwise edge of oblique rotary blade													(°)
B	A	$r = 135\text{ mm}$		$r = 155\text{ mm}$		$r = 175\text{ mm}$		$r = 195\text{ mm}$		$r = 215\text{ mm}$		$r = 228\text{ mm}$	
		$S_k = 34.4$		$S_k = 38.1$		$S_k = 41.6$		$S_k = 44.7$		$S_k = 47.5$		$S_k = 49.1$	
		$S_S$	$S_d$	$S_S$	$S_d$	$S_S$	$S_d$	$S_S$	$S_d$	$S_S$	$S_d$	$S_S$	$S_d$
0	0	24.4	10.0	21.5	16.6	19.3	22.3	17.5	27.2	15.9	31.6	15.0	34.1
	10	25.9	8.5	22.7	15.4	20.2	21.4	18.1	26.6	16.5	31.0	15.5	33.6
	20	26.8	7.6	23.2	14.9	20.5	21.1	18.3	26.4	16.6	30.9	15.5	33.6
	30	27.0	7.4	23.1	15.0	20.2	21.4	17.9	26.8	16.1	31.4	15.0	34.1
	40	26.1	8.3	22.1	16.0	19.1	22.5	16.8	27.9	15.0	32.5	14.0	35.1
	50	24.1	10.3	20.0	18.1	17.1	24.5	14.9	29.8	13.2	34.3	12.3	36.8
	60	20.5	13.9	16.7	21.4	14.1	27.5	12.2	32.5	10.7	36.8	9.9	39.2
	70	15.2	19.2	12.1	26.0	10.1	31.5	8.7	36.0	7.6	39.9	7.0	42.1
	80	8.1	26.3	6.4	31.7	5.3	36.3	4.5	40.2	4.0	43.5	3.6	45.5
	90	0.0	34.4	0.0	38.1	0.0	41.6	0.0	44.7	0.0	47.5	0.0	49.1
15	0	24.4	10.6	21.6	17.2	19.3	22.8	17.4	27.7	15.9	32.0	15.0	34.5
	10	25.8	9.3	22.6	16.1	20.1	22.0	18.1	27.1	16.4	31.5	15.5	34.0
	20	26.7	8.5	23.2	15.6	20.5	21.7	18.3	26.9	16.5	31.4	15.5	34.0
	30	27.0	8.4	23.2	15.8	20.2	22.0	18.0	27.3	16.1	31.9	15.1	34.5
	40	26.3	9.2	22.3	16.8	19.3	23.1	17.0	28.4	15.2	32.9	14.2	35.6
	50	24.7	11.2	20.6	18.8	17.6	25.0	15.4	30.2	13.6	34.7	12.7	37.2
	60	21.8	14.7	17.9	22.0	15.2	27.9	13.1	32.8	11.6	37.0	10.8	39.2
	70	17.9	19.7	14.5	26.3	12.1	31.6	10.4	36.1	9.2	40.0	8.5	42.2
	80	13.8	26.2	11.0	31.6	9.2	36.2	7.9	40.0	6.9	43.4	6.4	45.4
	90	11.8	33.5	9.4	37.5	7.8	41.1	6.7	44.3	5.8	47.1	5.4	48.8
25	0	24.4	11.8	21.6	18.2	19.3	23.7	17.4	28.5	15.9	32.7	15.0	35.2
	10	25.8	10.6	22.6	17.3	20.1	23.0	18.1	28.0	16.4	32.3	15.5	34.8
	20	26.7	10.0	23.2	16.9	20.5	22.8	18.3	27.8	16.5	32.3	15.6	34.8
	30	27.0	10.0	23.2	17.1	20.3	23.1	18.1	28.3	16.3	32.7	15.3	35.3
	40	26.6	10.9	22.6	18.1	19.7	24.2	17.4	29.3	15.5	33.7	14.5	36.3
	50	25.5	12.8	21.4	20.0	18.4	26.0	16.1	31.0	14.3	35.3	13.4	37.8
	60	23.6	16.0	19.5	22.9	16.6	28.6	14.5	33.4	12.8	37.5	11.9	39.9
	70	21.2	20.5	17.3	26.8	14.6	32.0	12.7	36.4	11.2	40.2	10.3	42.4
	80	19.0	26.1	15.4	31.5	12.9	36.0	11.1	39.9	9.8	43.3	9.1	45.3
	90	18.0	32.5	14.6	36.7	12.2	40.4	10.5	43.7	9.2	46.7	8.5	48.4

### 3 滑切角计算

根据上述滑切角方程, 计算É T 245 型旋耕刀 (GB öT 566921995) 的动、静态滑切角及 \$S 的大小、该刀侧切刃及正切刃刃口曲线方程分别为

侧切刃
$$r = r_0 + KU, K = (r_1 - r_0) \ddot{S} U$$
$$(0 \leq U \leq S)$$

正切刃<sup>[12, 13]</sup>
$$r = R, z = R \cos U \tan E$$
$$(0 \leq U \leq S)$$

其中  $r_1 = 228 \text{ mm}$ ,  $r_0 = 135 \text{ mm}$ ,  $S = 27^\circ = 0.47 \text{ rad}$ ,  $K = 3.44 \text{ mm} \ddot{S} (197.35 \text{ mm} \ddot{S} \text{rad})$ ,  $R = 245 \text{ mm}$ ,  $E = 30^\circ$ ,  $U = 30^\circ$ ,  $U = 41.5^\circ$

正、侧切刃的静态滑切角按(8)、(9)式计算, 因侧切刃  $d r \ddot{d} U = K > 0$ , 所以其静态滑切角  $\tan S_s = r \ddot{r} = r \ddot{K}$ ; 正切刃部分,  $d r \ddot{d} U = 0$ ,  $d z \ddot{d} U = -R \sin U \tan E < 0$ , 故  $\tan S_s = -r \ddot{z} = \tan E \sin U$  正、侧切刃的动态滑切角分别按(6)、(7)式计算, \$S 按(2)式计算, 取  $K = 4$ , 计算结果见表 1 及表 2。

表 2 斜置旋耕刀正切刃的滑切角计算  
Table 2 Calculation of grass removing angles for side long edge of oblique rotary blade (°)

B	A	\$S	U= 41. 5	U= 40	U= 38	U= 36	U= 34	U= 32	U= 30
			S <sub>s</sub> = 41. 1	S <sub>s</sub> = 41. 9	S <sub>s</sub> = 43. 2	S <sub>s</sub> = 44. 5	S <sub>s</sub> = 45. 9	S <sub>s</sub> = 47. 5	S <sub>s</sub> = 49. 1
			S <sub>d</sub>	S <sub>d</sub>	S <sub>d</sub>	S <sub>d</sub>	S <sub>d</sub>	S <sub>d</sub>	S <sub>d</sub>
0	0	14. 0	39. 6	40. 4	41. 6	42. 8	44. 2	45. 6	47. 2
	10	14. 4	39. 5	40. 3	41. 5	42. 7	44. 1	45. 5	47. 1
	20	14. 4	39. 5	40. 3	41. 5	42. 7	44. 1	45. 5	47. 1
	30	13. 9	39. 6	40. 4	41. 6	42. 9	44. 2	45. 7	47. 2
	40	12. 9	39. 8	40. 7	41. 8	43. 1	44. 5	45. 9	47. 5
	50	11. 2	40. 1	41. 0	42. 1	43. 4	44. 8	46. 3	47. 9
	60	9. 1	40. 4	41. 3	42. 5	43. 8	45. 2	46. 7	48. 3
	70	6. 4	40. 8	41. 6	42. 8	44. 1	45. 6	47. 1	48. 7
	80	3. 3	41. 0	41. 8	43. 1	44. 1	45. 8	47. 3	49. 0
	90	0. 0	41. 1	41. 9	43. 2	44. 5	45. 9	47. 5	49. 1
15	0	14. 0	36. 2	37. 0	38. 2	39. 4	40. 8	42. 2	43. 8
	10	14. 4	35. 9	36. 8	37. 9	39. 2	40. 6	42. 0	43. 6
	20	14. 4	35. 8	36. 6	37. 8	39. 0	40. 4	41. 9	43. 4
	30	14. 0	35. 7	36. 5	37. 7	39. 0	40. 3	41. 8	43. 4
	40	13. 1	35. 7	36. 5	37. 7	39. 0	40. 4	41. 9	43. 4
	50	11. 7	35. 8	36. 6	37. 8	39. 1	40. 5	42. 0	43. 6
	60	9. 8	35. 9	36. 8	38. 0	39. 3	40. 7	42. 2	43. 8
	70	7. 7	36. 0	36. 9	38. 1	39. 4	40. 9	42. 4	44. 0
	80	5. 8	36. 2	37. 0	38. 2	39. 6	41. 0	42. 5	44. 2
	90	4. 9	36. 2	37. 1	38. 3	39. 6	41. 0	42. 6	44. 2
25	0	14. 0	34. 1	34. 9	36. 1	37. 4	38. 7	40. 2	41. 8
	10	14. 4	33. 8	34. 6	35. 8	37. 1	38. 4	39. 9	41. 5
	20	14. 4	33. 5	34. 4	35. 6	36. 8	38. 2	39. 7	41. 3
	30	14. 1	33. 4	34. 2	35. 4	36. 7	38. 0	39. 5	41. 1
	40	13. 4	33. 3	34. 1	35. 3	36. 6	38. 0	39. 4	41. 0
	50	12. 3	33. 2	34. 1	35. 3	36. 6	37. 9	39. 4	41. 1
	60	10. 9	33. 2	34. 1	35. 3	36. 6	38. 0	39. 5	41. 1
	70	9. 5	33. 2	34. 1	35. 3	36. 6	38. 1	39. 6	41. 2
	80	8. 3	33. 3	34. 1	35. 4	36. 7	38. 1	39. 6	41. 3
	90	7. 8	33. 3	34. 2	35. 4	36. 7	38. 1	39. 7	41. 3

由上述计算结果可以看出: 斜置时, 旋耕刀侧切刃的动、静态滑切角和正切刃一样, 不存在相差 \$S 的关系, 但不论正切刃还是侧切刃, 其动态滑切角小于静态滑切角; 斜置旋耕后, 随着斜置角的增大, 正切刃的动态滑切角比正置旋耕时小, 而侧切刃动态滑切角的大小介于正置之间, 其最小值比正置时大, 最大值比正置时小, 因此不能笼统地说斜置时的动态滑切角大于正置<sup>[6]</sup>。

### 4 结 论

- 1) 斜置旋耕刀滑切角方程是更一般意义上的滑切角方程, 正置旋耕是斜置旋耕的特例。
- 2) 旋耕刀的静态滑切角与斜置无关, 斜置旋耕刀静态滑切角及其方程与正置时相同。
- 3) 斜置旋耕时, 侧切刃的动态滑切角是速度矢量与刃口曲线法平面之间的夹角, 不能定义为绝对

速度与刃口法线之间的夹角; 侧切刃的动、静态滑切角之间, 不存在相差  $\beta$  的关系。

4) 斜置旋耕时, 旋耕刀正切刃动态滑切角小于正置时的动态滑切角, 侧切刃动态滑切角的大小介于正置之间, 其变化范围小于正置; 不论正切刃还是侧切刃, 其动态滑切角小于静态滑切角。

#### [参 考 文 献]

- [1] 宋建农, 李自华. 反转旋耕理论分析[J]. 北京农业大学学报, 1990, 10(3): 15~ 22
- [2] 桑正中, 王长兵. 潜土逆旋耕研究展望[J]. 农业工程学报, 1994, 10(3): 88~ 92
- [3] 尚德友, 白玉山, 张忠君等. 斜式旋耕的研究[J]. 农业机械学报, 1992, 23(3): 100~ 101
- [4] 孔令德. 斜置旋耕过程研究[D]. 镇江: 江苏理工大学, 1998
- [5] 高建民. 斜置旋耕机械三维仿真研究及 CAD 关键技术实现[D]. 镇江: 江苏理工大学, 2001.
- [6] 高建民, 桑正中. 斜置旋耕刀侧切刃曲线的理论研究[J]. 农业机械学报, 2001, 32(2): 24~ 26
- [7] 彭嵩植, 吴德光. 旋耕机工作部件设计方法的研究(一)[J]. 镇江农业机械学院学报, 1982, (3): 5~ 26
- [8] 陈 钧, 潘采庚, 高良润. 下切式节能旋耕刀刃口线设计研究[J]. 江苏工学院学报, 1992, 13(4): 20~ 25
- [9] 丁为民, 彭嵩植. 旋耕刀滑切角及滑切角方程的研究[J]. 农业工程学报, 1995, 11(4): 67~ 72
- [10] 丁为民, 王耀华, 彭嵩植. 正、反转旋耕刀性能分析及切土扭矩比较试验[J]. 南京农业大学学报, 2001, 24(1): 113~ 117
- [11] 丁为民, 王耀华, 彭嵩植. 反转旋耕刀滑切角分析与计算[J]. 农业机械学报, 2001, 32(6): 32~ 36
- [12] 顾乾安, 王 权, 孙永祥等. 旋耕机铧形刀片的设计[J]. 农业机械学报, 1965, 8(5): 476~ 484
- [13] 中国农业机械化科学研究院主编. 机械工程手册(第 11 卷, 第 65 篇 农业机械)[M]. 北京: 机械工业出版社, 1982. 65- 24~ 65- 29

## Grass Sliding Cutting Angles and Their Equations of Oblique Rotary Blades

Ding Weimin, Xu Zhigang, Wang Xiaohan

(Nanjing Agricultural University, Nanjing 210031, China)

**Abstract:** The grass sliding cutting angles of oblique rotary blades are analyzed and it is pointed out that, the static grass sliding cutting angle of oblique rotary blade is the same as that of normal rotary blade, the dynamic grass sliding cutting angle of lengthwise edge of oblique rotary blade is the angle between velocity vector and normal plane of the edge curve, and there is not a definite decrement  $\beta$  between the dynamic and the static grass sliding cutting angles. The equations of grass sliding cutting angles of oblique rotary blades are also derived, and it is easy to see that the normal rotary tillage is only a special case of the oblique rotary tillage. Calculation result shows that the dynamic grass sliding cutting angle of side-long edge of oblique rotary blade is smaller than that of normal blade, but the magnitude of dynamic grass sliding cutting angle of lengthwise edge changes of normal rotary blade. For both side-long and lengthwise edge of the oblique rotary blade, the dynamic grass sliding cutting angle is always smaller than the static grass sliding cutting angle.

**Key words:** grass sliding cutting angle; rotary blade; oblique rotary tillage