

# 斜置旋耕刀和国标旋耕刀的对比分析

孔令德<sup>1</sup> 桑正中<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 山西太原重型机械学院, 太原 030024; <sup>2</sup> 江苏理工大学, 镇江 212013)

**摘要** 在斜置旋耕条件下, 从理论和试验上对比分析了国标旋耕刀和自行研制的斜置旋耕刀的耕作特点, 从而证实斜置旋耕刀较国标旋耕刀更适宜于进行斜置旋耕耕作。

**关键词** 斜置旋耕刀; 国标旋耕刀

**分类号** S222.3

## The comparison of oblique rotary blade and national blade

Kong Lingde<sup>1</sup> and Sang Zhengzhong<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> Taiyuan Heavy Machinery Institute, Taiyuan 030024;

<sup>2</sup> Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang 212013)

**ABSTRACT** Under the oblique rotary tillage condition, the features of the oblique rotary blade and the national rotary blade was investigated by theories and experiments. The conclusion is that the oblique rotary blade is better than the national blade.

**Key words** the oblique rotary blade; the national rotary blade

在综合分析现有土壤耕作方式的基础上, 以提高耕作质量、降低功率消耗为目标, 提出一种既具有铧式犁耕翻性能好、驱动圆盘犁切削功耗低又保留正置旋耕机碎土质量高等特点的一种全新斜置旋耕理论<sup>[1]</sup>: 旋耕工作部件在水平面内斜置, 旋耕刀回转平面与机组前进方向成一适当斜置角。斜置旋耕刀切土时有一沿轴向的相对运动, 土壤毁于滑切、撕裂破坏, 达到降低能耗的目的; 采用同向刀片顺序切土, 避免抛垡过程中土块互相碰撞, 保证顺利翻土、抛掷, 可提高耕作质量。

### 1 斜置旋耕刀的研制

在江苏理工大学室内土槽上, 设计了可实现七种不同斜置角的斜置旋耕试验台<sup>[1]</sup>。旋耕刀采用刀盘安装方式, 旋耕刀周向最小调节角度为  $20^\circ$ ; 刀盘间距为  $70\text{ mm}$ <sup>[2]</sup>。斜置旋耕试验采用两种旋耕刀进行, 一种是由国标 T 系列 II 型左弯刀改造而成的国标旋耕刀 (刀柄部加工为双螺孔以适应刀盘安装), 如图 1 所示; 另一种是自行设计的斜置旋耕刀<sup>[2]</sup>, 如图 2。两种旋耕刀参数如表 1 所示。

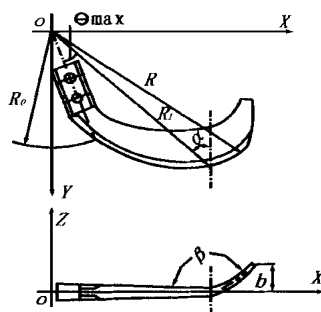


图 1 国标旋耕刀  
Fig 1 National blade

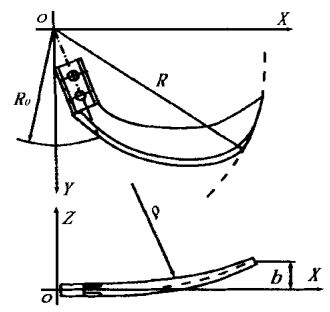


图 2 斜置旋耕刀  
Fig 2 Oblique blade

表 1 国标旋耕刀和斜置旋耕刀参数

Table 1 Parameters of national blade and oblique blade

旋耕刀 Blade	R/mm	R <sub>0</sub> /mm	R <sub>1</sub> /mm	θ <sub>max</sub> /( <sup>o</sup> )	k	B/mm	β/( <sup>o</sup> )	α/( <sup>o</sup> )	ρ/mm
国标旋耕刀 National blade	245	125	225	37	2.7	45	120	47	30
斜置旋耕刀 Oblique blade	245	125	—	—	2.7	45	—	—	326

## 2 两种旋耕刀弯曲面母线形状对土垡侧滑性能的影响

斜置旋耕坐标系建立如图 3 所示, 固定坐标系建立在地面上, 以旋耕刀位于前方水平位置时的第一个刀盘回转中心为坐标原点, X 轴正向与机组前进方向一致, Y 轴在水平面内垂直于前进方向并指向未耕地, Z 轴沿着耕深方向垂直向下; 运动坐标系建立在机组上, X' 轴垂直于刀轴并指向机组前进方向一侧, Y' 轴沿着刀轴指向未耕地, Z' 轴与 Z 轴同向; X 和 X' 的夹角为斜置角 φ

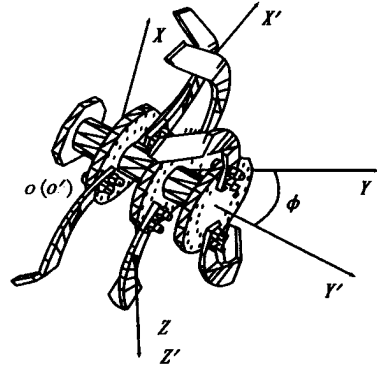


图 3 斜置旋耕坐标系的建立

Fig 3 Coordinate system of oblique rotary

则旋耕刀上任一点的绝对切土速度向量为

$$\vec{v}_a = \left\{ r\omega \left[ \frac{1}{\lambda} - \sin\omega\cos\phi \right], -r\omega\sin\omega\sin\phi, r\omega\cos\omega \right\} \quad (1)$$

旋耕刀端点的绝对切土速度为

$$|v_a| = v_m \sqrt{1 + \lambda^2 - 2\lambda\sin\omega\cos\phi} \quad (2)$$

式中: φ 为斜置角 (°); r 为旋耕刀上任一点的回转半径 (m); ω 为刀辊回转角速度 (rad/s); v<sub>m</sub> 为机组前进速度 (m/s); λ 为旋耕速比, λ =  $\frac{r\omega}{v_m}$ 。

为了描述国标旋耕刀和斜置旋耕刀弯曲面使被切土垡产生侧偏滑移的形状特征, 作者采用偏切角<sup>[3]</sup>来进行研究。

斜置旋耕时, 旋耕刀的绝对切土速度 v<sub>a</sub> 可分解为沿 x 轴方向的 v<sub>ax</sub>、沿 y 轴方向的 v<sub>ay</sub> 和沿 z 轴方向的 v<sub>az</sub>。其中, v<sub>ax</sub> 和 v<sub>az</sub> 可看作是 xOz 平面内的切土速度 v<sub>axz</sub> 的分速度。如图 4 所示, P 为弯曲面上的任一点, n<sub>0</sub> 为弯曲面在该点的单位法线矢量, {P; E<sub>1</sub>E<sub>2</sub>E<sub>3</sub>} 为建立在 P 点的随动坐标系, 其中 E<sub>1</sub> 轴沿 v<sub>ay</sub> 方向, E<sub>2</sub> 轴沿 v<sub>axz</sub> 逆向, E<sub>3</sub> 轴服从右手定则。

$$\begin{cases} \vec{e}_1 = (0, v_{ay}, 0) / v_{ay} \\ \vec{e}_2 = (v_{ax}, 0, v_{az}) / \sqrt{v_{ax}^2 + v_{az}^2} \\ \vec{e}_3 = \vec{e}_1 \times \vec{e}_2 \end{cases} \quad (3)$$

式中:  $\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3$  分别为 E<sub>1</sub>、E<sub>2</sub>、E<sub>3</sub> 轴的单位向量。

以 r 表示 P 点到回转轴的距离, 则 P 点的绝对切土速度的各分速度为:

$$\begin{cases} v_{ax} = r\omega \left[ \frac{1}{\lambda} - \sin\omega\cos\phi \right] \\ v_{ay} = r\omega\sin\omega\sin\phi \\ v_{az} = r\omega\cos\omega \end{cases} \quad (4)$$

在  $P$  点附近的弯曲面上取一微元  $ABC$  进行讨论, 如图 5 所示。略去作用在被微元所切削的土壤质点上的重力、摩擦力后, 则可认为该土壤质点只受到沿弯曲面法向的支反力  $N$ 、沿  $xOz$  平面内的  $v_{axz}$  逆向的待切土壤的支承反力  $F_1$  以及沿  $v_{ay}$  逆向的由于斜置而产生的待切土壤的支承反力  $F_2$ 。根据这一假设, 该土壤质点的瞬时运动方向  $\vec{U}$  应位于由  $N$  和  $F_1$  所确定的  $A_1A_2A_3A_4$  内, 同时  $\vec{U}$  也应位于由  $F_2$  和  $E_3$  所确定的平面  $C_1C_2C_3C_4$  内。即  $\vec{U}$  位于二平面的交线上,  $\vec{U}$  平面的方向为:

$$\vec{U} = (\vec{v}_{axz} \times \vec{n}_0) \times \vec{v}_{axz} \quad (5)$$

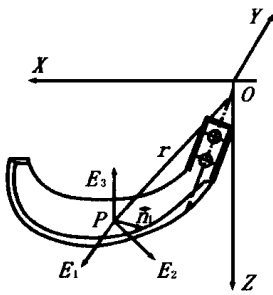


图 4 随动坐标系的建立

Fig 4 Moving coordinate system

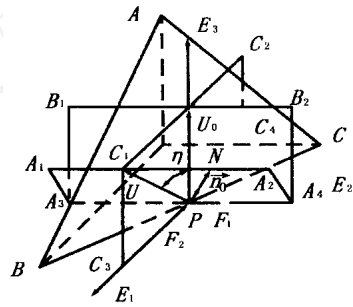


图 5 偏切角示意图

Fig 5 Leaning cutting angle

由上式可见, 弯曲面法向支反力  $N$  的方向决定着土壤质点的侧偏滑移方向。假设该土壤质点的侧偏滑移轨迹没有任何沿  $v_{ay}$  方向的偏斜, 则其运动方向  $\vec{U}_0$  应位于平面  $B_1B_2A_3A_4$  内, 同时  $\vec{U}_0$  还应位于平面  $C_1C_2C_3C_4$  内, 即  $\vec{U}_0$  位于二平面的交线上, 沿着  $E_3$  轴方向, 即:

$$\vec{U}_0 = \vec{e}_1 \times \vec{e}_2 \quad (6)$$

$\vec{U}$  与  $\vec{U}_0$  的夹角  $\eta$  称为偏切角。由图 5 可见,  $\eta$  越大, 表示被切土堡的实际运动轨迹相对弯曲面侧偏滑移越厉害, 最终导致撕裂。

由向量  $\vec{U}$  和  $\vec{U}_0$  可求得偏切角  $\eta$  为:

$$\eta = \cos^{-1} \frac{1}{\sqrt{1 + n_y^2 \frac{v_{ax}^2 + v_{az}^2}{(n_x v_{az} - n_z v_{ax})^2}}} \quad (7)$$

式中:  $n_x, n_y, n_z$  为  $\vec{n}_0$  的坐标。

式 (7) 计算了斜置旋耕刀和国标旋耕刀的偏切角值, 结果示于图 6。图中, 横轴为半径比  $r/R$ ,  $r$  为刃口线上被分析点至回转轴的距离。由图可见, 斜置旋耕刀弯曲面的侧滑作用大于国标旋耕刀, 而且随着斜置角的增大其侧滑撕裂作用增强。

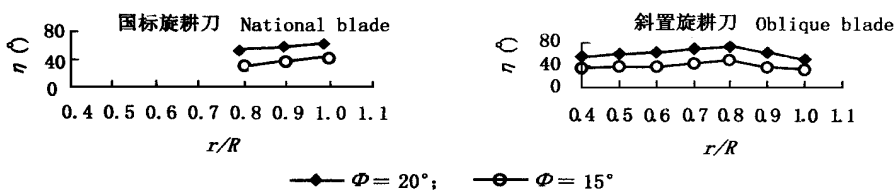


图 6 国标旋耕刀和斜置旋耕刀偏切角对比图

Fig 6 Leaning cutting angle comparison of national blade and oblique blade

### 3 两种旋耕刀的斜置旋耕试验

在室内土槽上进行了国标旋耕刀和斜置旋耕刀的功耗对比试验。图7给出了台车前进速度为 $V_m = 0.46 \text{ m/s}$ ，刀辊转速 $n = 130 \text{ r/min}$ ，耕深 $H = 12 \text{ cm}$ ，相位角 $\beta = 40^\circ$ ；斜置角分别取 $10^\circ$ 、 $15^\circ$ 、 $20^\circ$ 、 $25^\circ$ 时的两种旋耕刀旋耕功耗对比结果。从试验结果可以得到，斜置旋耕刀功耗平均比国标旋耕刀降低了8.65%。斜置旋耕刀明显优于国标旋耕刀主要是因为国标旋耕刀弯曲面曲率半径( $\rho = 30 \text{ mm}$ )小于斜置旋耕刀弯曲面曲率半径( $\rho = 326 \text{ mm}$ )，而且从侧切面到正切面的曲率变化不连续。在斜置角一定时(如 $15^\circ$ )，国标旋耕刀仅在正切面部分对土壤有侧滑撕裂作用(偏切角为 $22^\circ \sim 37^\circ$ )，土壤的破坏主要靠正切面的砍切和抛掷作用；斜置旋耕刀从侧切面附近就对土壤有侧滑撕裂作用而且其作用较国标旋耕刀大(偏切角为 $36^\circ \sim 48^\circ$ )，在正切面附近侧滑撕裂作用有所降低(低切角为 $48^\circ \sim 35^\circ$ )，土壤的破坏主要靠过渡面的侧滑撕裂作用；随着斜置角的增大，对两把旋耕刀而言，其侧滑撕裂作用均有所增大。

### 4 结论

从理论上和试验上对比分析了斜置旋耕耕作条件下的斜置旋耕刀和国标旋耕刀的侧滑撕裂性能，揭示了斜置旋耕刀较国标旋耕刀节能的原因。

#### 参 考 文 献

- 1 孔令德. 斜置旋耕试验装置的研制. 太原重型机械学院学报, 1999, 2: 15~22
- 2 孔令德. 斜置旋耕地表切痕仿真研究. 太原重型机械学院学报, 1999, 3: 218~223
- 3 陈钧. 旋耕刀曲面典型形状的研究. 农业机械学报, 1995, 26(4): 50~55

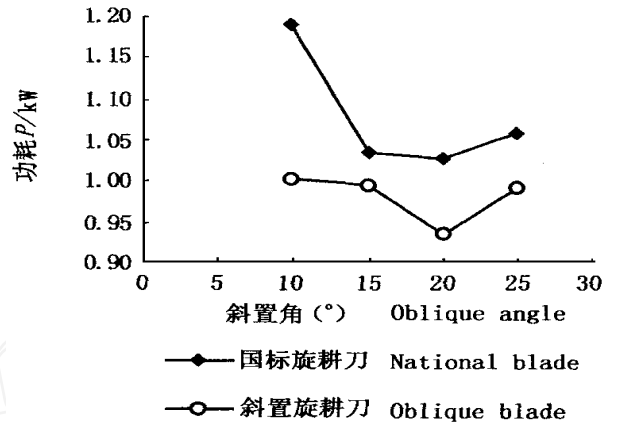


图7 国标旋耕刀和斜置旋耕刀功耗对比图

Fig. 7 Power consumption comparison of national blade and oblique blade

(责任编辑 夏爱红)