

驱动缺口圆盘玉米秸秆根茬切断装置的研究

马洪亮^{1,2}, 高焕文¹, 魏淑艳²

(1. 中国农业大学工学院, 北京 100083; 2. 河北农业大学机电学院, 保定 071001)

摘要: 针对一年两熟地区免耕播种机播种小麦时存在的问题, 提出以驱动缺口圆盘刀作为切断覆盖玉米秸秆、根茬装置, 该装置的缺口圆盘平面中心垂线与刀轴的轴线有一个较小夹角(7°)。通过对该装置的运动分析和土槽试验, 确定主要基本参数。当刀轴转速为 350 r/min 时, 消耗功率为 1.7 kW, 并能够有效切断秸秆根茬。开出沟槽的地表宽度为 56.7 mm。

关键词: 免耕播种机; 驱动圆盘刀; 防堵装置

中图分类号: S232.24

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2006)05-0086-04

马洪亮, 高焕文, 魏淑艳. 驱动缺口圆盘玉米秸秆根茬切断装置的研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(5): 86-89.

Ma Hongliang, Gao Huanwen, Wei Shuyan. Driven gap disc cutting mechanism for treating corn stalk and rootstalk[J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22(5): 86-89. (in Chinese with English abstract)

0 引言

华北一年两熟地区保护性耕作时, 由于该地区玉米秸秆覆盖量大, 小麦免耕播种机在有玉米秸秆覆盖和根茬未经处理地是否具备良好的通过性能, 已成为该地区实施推广全程保护性耕作技术核心问题^[1-3], 因此, 秸秆和根茬切断装置的研究具有重要意义。小麦免耕播种机主要是在玉米秸秆整株覆盖和切碎覆盖两种情况下直接播种^[4-7]。玉米整株覆盖地小麦免耕播种机主要采用秸秆捡拾粉碎、破茬播种一次完成, 如西北农林科技大学研制的秸秆粉碎覆盖和施肥播种免耕联合作业机具, 秸秆捡拾粉碎后沿风道越过种肥箱, 向斜后上方抛出^[8]; 存在问题是在作业环境差, 尘土飞扬, 安全性差, 捡拾不净的秸秆仍然堵塞机具, 玉米根茬问题没有解决, 也会堵塞机具。中国农业大学研制 2BMD-12 型小麦对行免耕播种机, 该机特点是采用宽窄行播种, 对行作业, 利用粉碎刀片的高速旋转进行排堵, 只粉碎茎秆不处理根茬, 缺点是实现对行作业难度较大, 若开沟器走在有玉米根茬的行上, 造成入土困难或堵塞现象。玉米秸秆切碎覆盖地小麦免耕播种机主要是在开沟器前安装动力驱动的旋转刀具, 如河北农哈哈机械有限公司生产条带旋耕小麦免耕播种机, 该机的最大特点是实行宽窄行播种, 在两个窄行开沟器前面加装了旋耕刀具, 实行条带旋耕, 可以将开沟器前的秸秆、根茬切断并与土壤混合, 因而可以在大量的玉米秸秆切碎覆盖地上直播小麦; 但存在地表破坏严重, 动力消耗大, 效率低等缺点^[9,10]。为了提高免耕播种机通过性能和作业可靠性, 同时降低功率消耗, 探讨一种有效的切断秸秆和根茬的装置是十分必要的。

1 驱动缺口圆盘切断秸秆根茬装置结构

图 1 所示为驱动缺口圆盘秸秆根茬切断装置, 缺口圆盘刀 2 安装在动力驱动的刀轴上, 以一定转速正向转动, 正向转动的驱动圆盘滑切作用较强, 滑切速度向后下方, 可压紧秸秆加强支撑, 是比较理想的切割方式, 同时开出一个一定宽度和一定深度的沟槽。为了增加开出沟槽的宽度, 缺口圆盘刀安装时, 使圆盘刀平面中心垂线与刀轴轴线的夹角为 α 如图 2, 驱动圆盘切刀安装在开沟器的正前方, 开沟器 1 可以沿槽切入。驱动式圆盘切刀切割速度大, 滑切作用较强, 切断秸秆和土壤根茬复合体所需的总切力要比被动式圆盘要小的多。

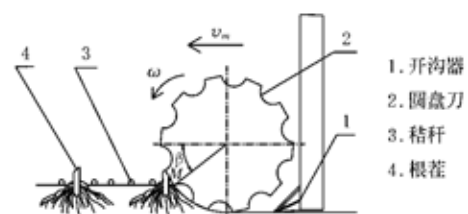


图 1 秸秆根茬切断结构简图

Fig. 1 Diagram of mechanism for cutting corn stalk and rootstalk

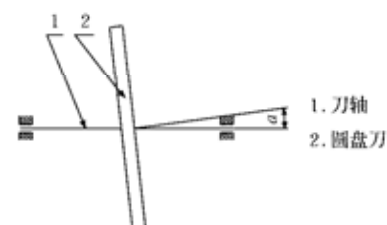


图 2 圆盘刀的倾斜安装

Fig. 2 Schematic diagram of disc installation

2 切断装置的运动分析及主要参数的确定

2.1 圆盘刀上任意点的运动方程及运动轨迹

缺口圆盘刀上任意点 M (图 1) 为研究对象, 直角坐

收稿日期: 2005-08-24 修订日期: 2005-11-16

基金项目: “十五”科技攻关项目(2004BA524B03-01)

作者简介: 马洪亮(1965-), 男, 河北青县人, 博士生, 副教授, 北京海淀区清华东路 17 号 中国农业大学工学院, 100083。

Email: mahongliang1965@eyou.com

标系和 M 点的起始位置 m_0 如图 3, 求得 M 点的运动方程式^[11,12]。

$$x = u_m t + R \cos \alpha t \quad (1)$$

$$y = -R \sin \alpha t \quad (2)$$

线速比 $\lambda = \omega R / u_m$ 代入式(1)、(2)

$$x = R(\alpha t / \lambda + \cos \alpha t) \quad (3)$$

$$y = -R \sin \alpha t \quad (4)$$

式中 $R = R_0 \cos \alpha$, α ——圆盘平面中心垂直线与刀轴的夹角, ($^\circ$), R_0 ——圆盘半径, m; ω ——圆盘刀的角速度, rad/s; u_m ——机器前进速度, m/s; t ——时间参数, s; λ ——线速比。

入土深度 $H = 1.0$ cm, 通过计算机仿真计算, R_0 为 200~250 mm 范围, 玉米株距为 250 mm, 当线速比 λ 在 8~11 之间变化时, 圆盘刀上的点 M 对一个根茬切削次数可以达到 3 次。 $\lambda = 9$ 时, 点 M 的运动轨迹如图 3, 从运动轨迹可以看出, 任意点 M 对一个根茬进行 3 次的切削。

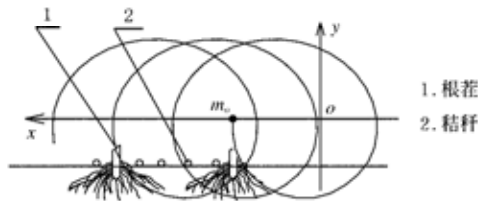


图 3 任意点对根茬的切削
Fig. 3 Schematic diagram of cutting rootstalk

2.2 任意点 M 速度的确定

$$u_x = u_m - R \omega \sin \alpha t \quad (5)$$

$$u_y = -R \omega \cos \alpha t \quad (6)$$

由此得到 M 点的速度

$$u_{\text{合}} = -\sqrt{u_m^2 + R^2 \omega^2 - 2u_m R \omega \sin \alpha t} \quad (7)$$

设 $v = R\omega$

$$u_{\text{合}} = -\sqrt{u_m^2 + v^2 - 2u_m v \sin \alpha t} \quad (8)$$

式中 u_x ——点 M 沿 x 方向的速度, m/s; u_y ——沿 y 方向的速度, m/s; $u_{\text{合}}$ ——点 M 的速度, m/s。

设 β (rad) (图 1) 为 M 点开始切削秸秆根茬土壤复合体的角度, 设圆盘刀开始切断秸秆和土壤根茬复合体的切削速度为 u_1 (m/s), 此时 M 点转过的角度 $\alpha t = \beta$ 代入(8)式。

$$u_1 = \sqrt{u_m^2 + v^2 - 2u_m v (R - H) / R} \quad (9)$$

入土深度 $H = 0.1$ m, $\lambda = 9$, $R = 0.25$ m, $u_m = 8.6$ m/s, 缺口圆盘上任意点 M 从入土到出土速度变化如图 4 所示, 可以看出缺口圆盘任意点 M 从入土到出土速度的变化很小, 当圆盘转过 90° 后 Y 方向的速度由的负值变为正值; X 方向的速度绝对值在圆盘转过 90° 时最大。

2.3 圆盘刀开始切入土体点在土壤表面上的轨迹

第一个齿开始切削土壤的坐标

$$x_1 = R \cos \beta \quad (10)$$

$$y_1 = R - H \quad (11)$$

$$z_1 = 0 \quad (12)$$

第 K 个齿开始切削土壤的坐标

$$x_k = x_1 + u_m (k2\pi/L/\omega) \quad (k = 0, 1, 2, 3, \dots, L/2) \quad (13)$$

$$y_k = R \cos \alpha - H \quad (14)$$

$$z_k = k(2\pi/L)R \sin \alpha / (\pi/2) = 4kR \sin \alpha / L \quad (15)$$

式中 L ——驱动圆盘转动一周切削土壤的长度, m, $L = u_m 2\pi/\omega = 2\pi R/\lambda$ 。通过仿真计算, 圆盘刀开始切削土体点在土壤表面上的轨迹如图 5。

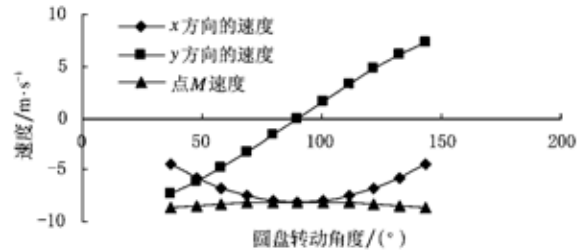


图 4 切削秸秆根茬的速度分析
Fig. 4 Velocity analysis of cutting stalk and rootstalk

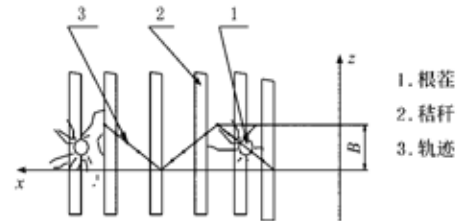


图 5 开始切削土体点的轨迹
Fig. 5 Track of point of beginning cutting soil

图 5 表明对根茬和土壤的切削有一定的宽度 $B = 2R_0 \sin \alpha$, 切削过程是逐渐进行的, 在后面的点进入切削后, 前面的点有的已经脱离切削状态。在圆盘转动一周过程中, 前半周沿 Z 轴正方向逐渐进入切削, 后半周沿 Z 轴负方向逐渐进入切削, 圆盘刀在前半周和后半周所受轴向力的方向是相反的。

2.4 主要工作参数的确定

1) 线速比 λ

当线速比 λ 在 8~11 之间变化时, 圆盘刀外圆上的任意点 M 对一个根茬切削可以达到 3 次, 并且 λ 越大对根茬切削次数越多, 但是 λ 越大机器消耗功率越大。为了保证圆盘刀对根茬的切削次数, λ 可以取 8~11。

2) 圆盘半径 R_0

在刀轴转速一定的情况下, 圆盘半径越大, 切削速度和 λ 也越大, 并且对根茬的切削次数也越多, 但消耗的功率和刀轴所受的扭矩越大, 因此 R_0 不宜取得太大。考虑播种机的结构和田间通过性, R_0 在 200~250 mm 范围内比较合适。

3) 圆盘刀平面中心垂直线与刀轴轴线的夹角 α

α 角的确定主要考虑开沟的宽度, 以小麦行距 200 mm, 保护性耕作要求动土量不超过 35% 计算, 开沟宽度小于 70 mm 为合格。开沟宽度理论值 $B = 2R_0 \sin \alpha$, 实

际开沟宽度比理论值大一些, α 角应在应小于 10° 。

3 驱动缺口圆盘切断装置的土槽试验

3.1 试验设备和材料

为了在室内土槽上进行试验研究, 设计制作了根茬处理装置试验台车。秸秆根茬切断装置试验台车主要由框架、驱动轴、悬挂臂、限位轮、扭矩传感器、动力传动系统等组成。5.5 kW 的 Z4 型直流调速电机装在试验台车框架上方, 经过两级带传动驱动刀轴转动, 进行切秸秆、根茬的试验研究。

为使土槽土壤状况与田间实际情况尽量一致, 采用的整土工艺为: (1) 人工翻土整平; (2) 人工洒水; (2) 埋入根茬; (3) 压实; (4) 土壤表面放置秸秆。玉米秸秆取自中国农业大学试验田, 根茬取自河北省保定市郊区农田。土壤和秸秆根茬试验条件见表 1、2。

表 1 土壤试验条件

Table 1 Experimental conditions of soil

土壤性质	土壤平均含水率 /%	不同深度土壤坚实度/MPa			
		50 mm	100 mm	150 mm	平均
砂壤土	12.3	1.46	2.88	3.36	2.57

表 3 试验数据

Table 3 Experimental data

刀轴转速 /r · min ⁻¹	秸秆切断率 η				根茬切断率 ρ				沟槽地表宽度/mm				功率消耗/kW			
	1	2	3	平均	1	2	3	平均	1	2	3	平均	1	2	3	平均
250	0.96	0.98	0.97	0.97	0.85	0.87	0.88	0.87	55	56	55.3	55.4	1.64	1.65	1.66	1.65
350	0.98	0.98	0.97	0.98	0.98	0.97	0.95	0.97	57	56	57	56.7	1.72	1.70	1.69	1.70
450	1	1	1	1	1	1	1	1	58	59.5	60	59.2	1.83	1.87	1.86	1.85

注: 秸秆切断率 $\eta = \frac{\text{秸秆切断的数量}}{\text{考察范围内秸秆总数量}}$, 根茬切断率 $\rho = \frac{\text{根茬切断的数量}}{\text{考察范围内根茬总数量}}$ 。

4 结论

1) 通过对缺口圆盘玉米秸秆根茬切断装置运动分析和土槽室内试验, 确定该装置的主要基本参数, 线速比 λ 可以取 8~11, 圆盘半径 R_0 在 200~250 mm 范围内比较合适, 圆盘刀平面中心垂直线与刀轴轴线的夹角 α 角应小于 10° 。

2) 随着刀轴转速的增大, 消耗功率越大, 机器的振动、噪音越大, 安全性下降。因此在保证秸秆根茬切断的情况下, 应选择较低的刀轴转速, 建议选择 350 r/min。

3) 保护性耕作要求动土量不超过 35% 计算, 若小麦行距是 200 mm, 切削宽度小于 70 mm 为合格。缺口圆盘刀平面中心垂直线与刀轴轴线夹角为 7° 时, 开出沟的地表宽度为 56.7 mm。

[参考文献]

[1] 高焕文, 李问盈. 保护性耕作技术与机具[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
[2] 刘立晶, 高焕文, 李洪文. 玉米-小麦一年两熟保护性耕作体系的试验研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(3): 70-73.

表 2 秸秆根茬试验条件

Table 2 Experimental conditions of corn stalk and rootstalk

秸秆平均 直径/cm	秸秆平均 含水率/%	秸秆量 /根 · m ⁻¹	根茬平均 含水率/%	根茬高度 /cm	根茬株距 /cm
2.0	20.5	15	15.6	15	25

3.2 秸秆根茬切断装置的主要参数

缺口圆盘刀半径 $R_0 = 201.5$ mm, 圆盘刀平面中心垂线与刀轴轴线的夹角 $\alpha = 7^\circ$, 刀轴转速 n 分别取 250、350、450 r/min, 台车前进速度 u_m 的选择主要受土槽设备的限制, u_m 为 0.65 m/s, 计算可求出线速比 λ 分别为 8、11、14。

3.2 试验结果

表 3 表明刀轴转速增大(线速比增大), 秸秆和根茬的切断率、开沟宽度和功率消耗都有提高。为了减少功率消耗, 降低机器的振动、噪音, 提高安全性, 因此在保证秸秆根茬切断的情况下, 应选择较低的刀轴转速, 建议选择 350 r/min, 开出沟槽的地表宽度为 56.7 mm。保护性耕作要求动土量按不超过 35% 计算, 若小麦行距是 200 mm, 切削宽度小于 70 mm 为合格。

[3] 高焕文, 李问盈, 李洪文. 中国特色的保护性耕作技术[J]. 农业工程学报, 2003, 19(3): 1-4.
[4] 吴子岳, 高焕文. 根茬处理技术与发展[J]. 中国农业大学学报, 2000, 5(4): 46-49.
[5] 吴子岳, 高焕文, 张晋国. 玉米秸秆切断速度和切断功耗的试验研究[J]. 农业机械学报, 2001, 32(2): 38-41.
[6] 张晋国, 高焕文. 免耕播种机新型防堵装置的研究[J]. 农业机械学报, 2000, 31(4): 33-35.
[7] 廖庆喜, 高焕文, 王世学, 等. 免耕播种机新型锯切防堵装置的试验研究[J]. 农业机械学报, 2003, 34(6): 91-95.
[8] 薛惠岚, 薛少平, 杨青, 等. 秸秆粉碎覆盖与施肥播种联合作业的实现及机具设计[J]. 农业工程学报, 2003, 19(3): 104-107.
[9] 蒋金琳, 高焕文. 免耕播种机播种带玉米根茬处理装置研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(2): 129-131.
[10] 蒋金琳, 高焕文, 王军山. 切挖处理播种带玉米根茬研究[J]. 农机化研究, 2004, (5): 154-156.
[11] 北京农业工程大学. 农业机械学(上册)[M]. 北京: 农业出版社, 1991: 102-103.
[12] 曾得超. 机械土壤动力学[M]. 北京: 北京科学技术出版社, 1995: 576-577.

Driven gap disc cutting mechanism for treating corn stalk and rootstalk

Ma Hongliang^{1,2}, Gao Huanwen¹, Wei Shuyan²

(1. Engineering College, China Agricultural University, Beijing 100083, China;

2. Mechanical-Electrical College, Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, China)

Abstract: A driven gap disc cutting mechanism for treating corn stalk and rootstalk was developed for no-till drill in the areas of two crops a year. For width of disturbance of soil surface, the angle between the disc plane and its axes is necessary and smaller. By motion analysis and the soil bin experiments of the mechanism, the key parameters were optimized. The rotor speed being 350 r/min, the mechanism has a good ability to cut corn stalk and rootstalk, and the installing angle of the gap disc being 70°, the power consumption is 1.7 kW and the width of disturbance of soil surface is 56.7 mm.

Key words: no-till drills; driven disc; anti-block mechanism

关于召开“畜禽健康养殖模式与畜牧工程产业发展学术研讨会” 的征文通知

随着我国进入“十一五”计划和社会主义新农村建设步伐的加快,农业增效、农民增收和农村发展已经成为中央和各级政府部门高度重视的问题。农村地区畜牧产业的健康持续发展是解决“三农”问题和农村建设的关键。为了认真总结和深入探讨我国社会主义新农村建设和农村畜牧业的健康持续发展模式、农村人畜共患病防治与工程防疫体系建设、畜牧业节能与环境质量等重大问题,中国农业工程学会畜牧工程分会研究决定,将于2006年10月18~20日在河南郑州召开“畜禽健康养殖模式与畜牧工程产业发展学术研讨会”,并将于会前编辑出版会议论文集。现向相关单位和研究人员征集会议论文。本次会议论文集拟采用《农业工程学报》增刊形式出版发行,多数高质量论文有望进入Ei Ciompindex Web检索系统。有关会议论文征集事项通知如下:

1 会议主题

- 1) 新农村建设与畜牧产业发展
- 2) 畜牧产业增效的工程技术模式
- 3) 畜禽健康养殖质量保障技术体系
- 4) 畜禽健康养殖工艺模式与工程防疫体系建设
- 5) 生态循环型畜牧业
- 6) 福利型畜禽养殖技术与装备
- 7) 畜禽舍饲系统与工程配套
- 8) 畜禽养殖粪污处理与利用技术

- 9) 畜禽冷热应激调控与节能技术
- 10) 畜禽健康养殖空气质量工程

2 会议论文征文要求

1) 论文选题围绕大会主题相关内容的研究性文章,行政管理部的政策性研讨论文;相关养殖企业和设备生产企业的创新性研究成果,试验性成果的总结探索,及新工艺、新材料、新装备的研发与应用研究等内容。

2) 论文模式全部按照《农业工程学报》的模式要求,单位统一采用国际标准单位,参考文献在10~15篇。请按《农业工程学报》格式排版后提交论文电子版。

3) 论文全文截稿日期为2006年7月1日。来稿务必注明作者姓名、单位、联系地址、邮编、电话、E-mail地址。

3 联系方式

通信地址: 中国农业大学东校区 67 信箱

联系电话: 010-62736904, 62737570

传 真: 010-62737570

联系人: 施正香, 李保明

Email: shizhx@cau.edu.cn; libm@cau.edu.cn

中国农业工程学会畜牧工程分会