

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2014.S0.016

4SY-1.8型手扶式油菜割晒机设计与试验*

廖宜涛 陈传节 舒彩霞 田波平 廖庆喜

(华中农业大学工学院, 武汉 430070)

摘要: 针对油菜联合收获机械对油菜成熟度要求高、适收期短、收获损失率大、作业能耗高等问题,设计了一种适应于南方小田块油菜分段收获的4SY-1.8型手扶式油菜割晒机,进行了油菜的切割、分禾、铺放与挂接等装置的结构设计与分析。田间试验表明:设计的油菜割晒机能有效完成中间分禾、两侧条铺的割晒作业;割晒油菜的铺放角度平均值为 36.4° ,在 45° 以下概率为75.8%;割茬高度平均值为278.2 mm,在230~330 mm以内的概率为85.2%;铺放宽度平均值为1 027.6 mm,在1 150 mm以下的概率为81.1%;作业质量满足后熟晾晒和机械化捡拾收获农机农艺要求。

关键词: 油菜割晒机 手扶式 设计 铺放 试验

中图分类号: S225 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)S0-0094-07

引言

油菜是我国重要食用油源和蛋白质饲料,种植面积和总产量均居世界首位,但油菜生产机械化水平偏低,机械化收获率不足14%^[1-4]。油菜机收分为联合收获和分段收获,现有量产油菜联合收获机械大都是由稻麦联合收获机械发展而来,可一次性完成收割、脱粒分离、清选、籽粒收集等作业,但受油菜角果发育不一致的生长特性影响,适收期短,且收获损失率大。油菜分段收获充分利用油菜籽后熟生理特性,可有效延长适收期、降低收获损失,适应不同种植模式的油菜^[5]。

我国油菜种植除北方部分地区如黑龙江、内蒙古等少数农场采取大面积集中种植生产外,南方大部分地区采用散户小田块种植方式。国外大型自走式油菜割晒机对国外农场规模化种植油菜收获效率高,但对我国南方小田块油菜收获作业适应性不强^[6-10]。

据统计,我国现拖拉机拥有量为2 255.87万台,其中小型手扶式拖拉机具有使用面积广,使用用途多,市场占有率高的特点,保有量为946.58万台^[11],占全国拖拉机总拥有量42.0%。本文以降低能耗、简化工作部件为设计目标,设计一种与手扶拖拉机配套,适应于南方小田块油菜割晒作业的4SY-

1.8型手扶式油菜割晒机,并进行理论分析,进行以油菜铺放质量为衡量指标的田间试验。

1 整机结构和工作过程

4SY-1.8型手扶式油菜割晒机适用于南方小地块油菜割晒作业,与手扶拖拉机动力底盘配套,主要由传动系统、中间分禾装置、切割装置、导向铺放装置^[12]和滑行托板组成,整机实体图如图1所示。

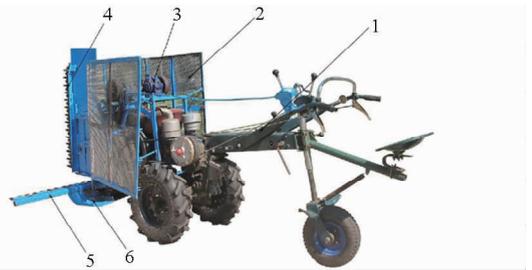


图1 4SY-1.8型手扶式油菜整机实体图

Fig.1 Sketch of 4SY-1.8 rape walking harvester

1.手扶式拖拉机 2.导向铺放装置 3.传动系统 4.中间分禾装置 5.切割装置 6.滑行托板

田间作业工作流程如图2所示,动力主轴将动力输送至中间分禾装置和切割装置,带动横竖割刀往复式切割运动;在竖割刀作用下,未切割油菜茎秆上部相互缠绕的枝丫被剪断,油菜茎秆被分为左、右待切割区;横割刀将左、右待切割区油菜茎秆切断,

收稿日期:2014-07-04 修回日期:2014-08-19

* 国家油菜产业技术体系专项资助项目(CARS-13)、“十二五”国家科技支撑计划资助项目(2013BAD08B02)、中央高校基本科研业务费资助项目(2014PY033)和武汉市高新技术产业科技创新团队资助项目(2014070504020240)

作者简介:廖宜涛,讲师,博士,主要从事农业机械化生产技术与装备研究,E-mail: liaoetao@mail.hzau.edu.cn

通讯作者:廖庆喜,教授,博士生导师,主要从事油菜播种机械与高粗茎秆作物收获机械研究,E-mail: liaoqx@mail.hzau.edu.cn

在两侧导向铺放装置的作用下,割后油菜茎秆被挤压至割晒机两侧进行铺放,完成整个油菜割晒过程。

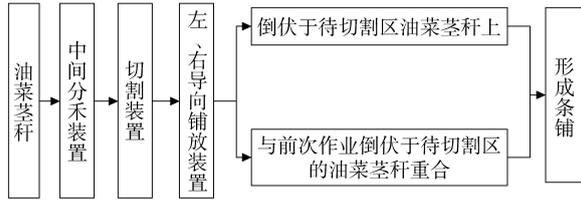


图2 工作流程图

Fig.2 Workflow sketch of rape walking harvester

该割晒机与 121 型手扶拖拉机配套,整机主要技术参数见表 1。

表 1 主要技术参数

Tab.1 Main technical parameters

参数	数值
额定功率/kW	8
作业速度/(m·s ⁻¹)	0.6~1.2
生产率/(hm ² ·h ⁻¹)	2~3
割茬高度/mm	230~330
作业幅宽/m	1.8~2.0
结构形式	前悬挂
切割器形式	往复式切割器

2 主要工作部件设计

主要工作部件由中间分禾装置、导向铺放装置和滑行托板构成^[13-14],本机简化了大型油菜割晒机中横向输送带、横向输送拨指和拨禾轮等主动导向铺放装置,设计了板式导向铺放装置。中间分禾装置布置于割台支架中部,导向铺放装置对称布置于割晒机两侧,滑行托板布置于割台支架中下方。其结构尺寸按照油菜的物料特性进行设计,如图 3 所示。

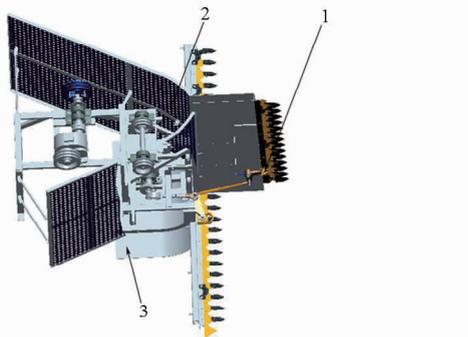


图3 主要工作部件三维简图

Fig.3 3D sketch diagram of main swath device

1. 中间分禾装置 2. 导向铺放装置 3. 滑行托板

2.1 中间分禾装置

中间分禾装置包括竖割刀总成、驱动装置和分禾护板,可以将交错的油菜分枝于割晒机中前方分

离,形成左、右待切割区,方便后续切割和铺放作业。中间分禾装置的结构示意图如图 4 所示。

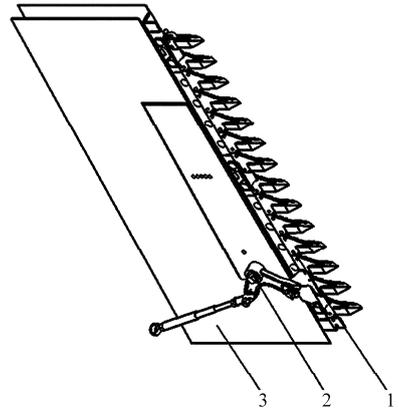


图4 中间分禾装置结构示意图

Fig.4 Sketch of middle divider

1. 竖割刀总成 2. 驱动装置 3. 分禾护板

设计的切割装置^[15]横割刀与中间分禾装置竖割刀由同一曲柄连杆机构驱动运行,且运动割副相同,故两者切割线速度亦相同。割晒机理论前进速度取拖拉机 4 挡速度 5.1 km/h (1.42 m/s)。作物割晒机刀机速比由被割作物的种类而定,稻麦割晒机一般取 $\beta = 1.0 \sim 1.2$,考虑到油菜茎秆粗大的物料特性,选取刀机速比 $\beta = 1.15$ ^[16]。

割刀切割线速度为

$$v_p = \beta v_m \quad (1)$$

式中 v_p ——割刀切割线速度, m/s

β ——刀机速比

v_m ——割晒机机组前进速度, m/s

计算得 $v_p = 1.63$ m/s。

油菜割晒机的最佳收获时间为油菜成熟度 70%~80% 时^[17-18],此时油菜茎秆含水率较高,需要较大切割速度,一般干禾株切割速度达到 0.8 m/s 即可。现切割速度取 1.63 m/s,约为干禾株切割速度的 2 倍,能充分完成切割及分禾作业。

驱动装置中包括三角叉及前伸连接杆,前伸连接杆长度结合竖割刀前伸量设计,且两端均设计有可调节螺纹,用于微调前伸摇臂长度。实测油菜茎秆平均最大角果层直径为 342.75 mm,平均割后茎秆高度为 $L = 1\,097.8$ mm,故竖割刀前伸量设计为 440 mm,竖割刀高度设计为 1 100 mm。分禾护板起到辅助分禾作用,设计高度为 1 200 mm,可以达到先分禾、后切割的作业步骤。

2.2 导向铺放装置

导向铺放装置对油菜茎秆铺放质量起决定性作用。作业时,中间分禾装置和切割装置将油菜茎秆分禾切断后,在机组前进动力作用下油菜茎秆相对割晒机向后运动;接触到导向铺放装置后在其挤压

引导下向左、右两侧进行有序铺放。

设计的导向铺放装置主要由左右分禾板、左右支撑杆、左右支撑条及连接接头构成。导向铺放装置展开角度和机械前进速度为关键参数,对油菜茎秆与铺放装置接触时进行运动学分析如图5所示(右侧导向铺放装置)。

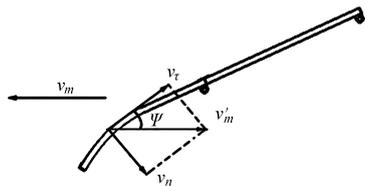


图5 茎秆铺放运动学分析

Fig.5 Kinematic analysis of stalks laying

图中, v'_m 为油菜茎秆相对于割晒机前进方向相反的速度, m/s ; v_r 为切向分速度, m/s ; v_n 为法向分速度, m/s ; ψ 为导向角, $(^\circ)$ 。

机组前进速度为 v_m , 考虑导向板摩擦力作用, 油菜茎秆接触点相对运动速度越大, 油菜的流动性越好。根据油菜茎秆的物料特性以及导向板材质特点, 设定 $v_r \geq 1.0 \text{ m/s}$, 则有 $\cos\psi = v_r/v_m \geq 1.0/1.42 = 0.845$, 有 $\psi \leq \arccos(0.845) = 44.4^\circ$ 。

故设计导向板的张开角为 $20^\circ \sim 30^\circ$, 并将其前端折弯成 $200 \sim 300 \text{ mm}$ 的圆弧。导向铺放装置结构示意图如图6所示。

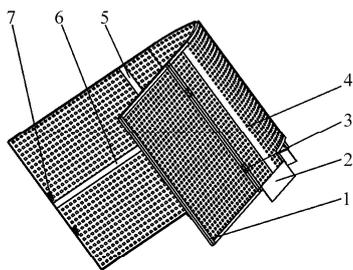


图6 导向铺放装置结构示意图

Fig.6 Sketch of guide laying device

1. 加固边框
2. 封口钢板
3. 合页连接
4. 分禾板
5. 竖支撑架
6. 横支撑架
7. 连接接头

2.3 滑行托板

滑行托板结构示意图如图7所示,包括托板、支撑杆、横向支撑条和纵向支撑条,滑行托板贴地作业将机身重量传导至地面,同时起到控制油菜茎秆切割高度的作用。设计宽度为 800 mm , 大于割台机架主体横向尺寸,前端弧线托板设计高度为 $150 \sim 200 \text{ mm}$, 安装于整机支架中下端,确保油菜割茬高度为 $200 \sim 250 \text{ mm}$ 。

3 茎秆流向设计

3.1 割幅内导向板外油菜茎秆运动情况分析

根据油菜种植习惯与农艺要求,南方直播油菜

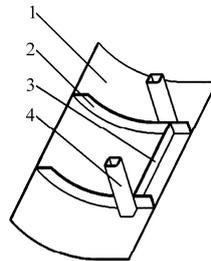


图7 滑行托板结构示意图

Fig.7 Sketch of slide plate

1. 托板
2. 纵向支撑条
3. 横向支撑条
4. 连接杆

厢宽为 2000 mm , 每厢有效种植宽度小于 1800 mm , 故设计切割装置的有效切割长度,即割幅 $B = 1800 \text{ mm}$, 以实现割晒机满厢切割。考虑动力机宽度,导向铺放装置的覆盖范围设计为 $C = 1200 \text{ mm}$ 。在割幅内但在导向铺放装置覆盖范围外的油菜茎秆被切割后受惯性力的作用向后方倒伏。

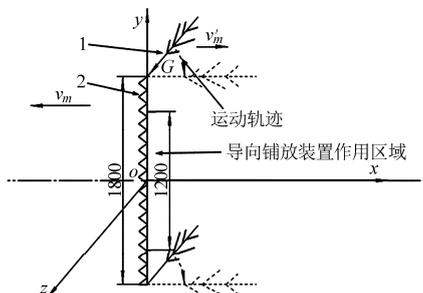


图8 割幅内导向板外油菜茎秆运动分析简图

Fig.8 Kinematic analysis sketch of rapeseed stalks

without influence of guide plate

1. 油菜茎秆
2. 切割力

图中 ox 轴方向为机具前进方向的反方向, oy 轴方向为机具右侧方向, oz 轴方向为竖直向下方向; G 为油菜茎秆所受重力。

由图8可知,油菜茎秆被割断后相对机具向后方运动,速度为 v'_m , 运动轨迹如图所示,油菜茎秆相对机具前进方向向后铺放。

3.2 导向板前端油菜茎秆运动情况分析

导向板前端部分设计为 $200 \sim 300 \text{ mm}$ 的圆弧,单独分析此段油菜茎秆流向时,忽略油菜茎秆牵扯作用,该段油菜茎秆接触点运动分析情况如图9所示。

图中, φ 为导向板与前进方向夹角, $(^\circ)$; B 为割晒机割幅, mm ; D 为导向板前端部分作用范围, mm 。

$$\begin{aligned} v_m &= v'_m \\ v_r^2 + v_n^2 &= v_m'^2 \\ \tan\varphi &= v_r/v_n \end{aligned}$$

$$v_r = v_m \sin\varphi \quad (15^\circ \leq \varphi \leq 70^\circ) \quad (2)$$

D 区域为导向板前端 500 mm 以内位置。在 D 区域内,油菜茎秆受重力作用及前端导向板作用,此段油菜茎秆在重力作用下未向后倒伏,故假设速度

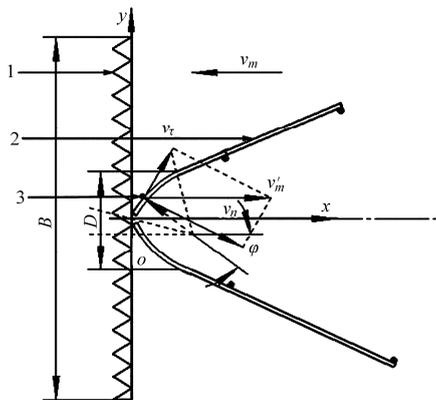


图9 导向板前端油菜茎秆运动分析简图

Fig.9 Kinematic analysis sketch of rapeseed stalks

in front of guide plate

1. 切割力 2. 导向板 3. 油菜茎秆

仅受导向板作用改变方向和大小。前夹角决定油菜茎秆流接触导向板后速度变化情况,前夹角范围为 $15^\circ \leq \varphi \leq 70^\circ$ 。

由图9可知,油菜茎秆被割断后在导向板作用下以 $v_m \sin \varphi$ 的大小与前进方向反方向呈 $(90^\circ - \varphi)$ 角向侧后方铺放。

3.3 导向板主导部分油菜茎秆运动情况分析

导向板主导部分设计为高1000mm的导向平板,此段油菜茎秆因受重力作用在导向板接触点有一竖直向下速度,简化油菜茎秆为圆柱杆,导向板主导部分油菜茎秆运动分析情况如图10所示。

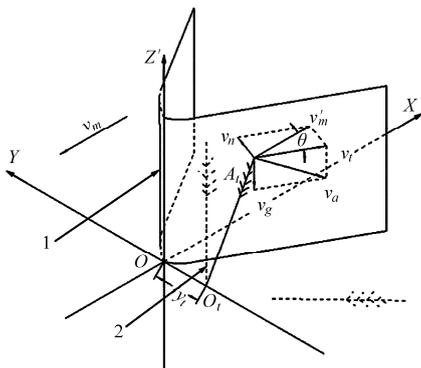


图10 导向板主导部分油菜茎秆运动分析简图

Fig.10 Kinematic analysis sketch of rapeseed stalks

in middle of guide plate

1. 导向板 2. 油菜茎秆

图中 OZ' 轴方向为竖直向下方向, A_i 为茎秆与导向板接触点, O_i 为茎秆切割点。 v_g 为茎秆接触点竖直向下速度, m/s; y_i 为茎秆切割点 OY 轴上坐标, mm; θ 为导向板展开角, $(^\circ)$ 。

导向板边于 OXY 面内的方程为

$$x = -2y - 262 \quad (-223 < y < -735) \quad (3)$$

油菜茎秆的平均高度为 L , 则

$$x_i^2 + z_i^2 = L^2 \quad z_i = \sqrt{L^2 - x_i^2}$$

故 A_i 点坐标为 (x_i, y_i, z_i) , 即 $(2y_i - 262, y_i, \sqrt{L^2 - (-2y_i - 262)^2})$ 。

v_g 为油菜茎秆在导向板接触点处向下的速度, 由重力产生。

割后茎秆重心高度为 H , 而

$$mg \left(H - \frac{Hz_i}{L} \right) = mv_g^2 - 0$$

$$\text{则 } v_g = \sqrt{Hg \left[1 - \frac{\sqrt{L^2 - (-2y_i - 262)^2}}{L} \right]} \quad (4)$$

图中 v'_m 为油菜茎秆相对运动速度, 由机组前进速度 v_m 决定。

将 v'_m 分解成 v_r 和 v_n , 即

$$v_r = v'_m \sin \theta = v_m \sin \theta$$

v_r 与 v_g 合成为接触点合成速度 v_a , 即

$$v_r^2 + v_g^2 = v_a^2$$

$$v_a = \sqrt{(v_m \sin \theta)^2 + Hg \left[1 - \frac{\sqrt{L^2 - (-2y_i - 262)^2}}{L} \right]} \quad (5)$$

式中 v_a 为接触点合成速度, 与茎秆流距离割晒机中心线长度 y_i 和导向板展开角度 θ 有关。油菜茎秆流在导向板主导部分作用下向两侧斜侧下后方运动。由于油菜茎秆的种植株距在 0.2 ~ 0.35 m 之间, 且铺放过程中各植株存在相互牵扯作用, 故油菜茎秆铺放角主要由导向板主导部分的展开角度 θ 决定且受导向板前端部分以及机具前进速度 v_m 影响。非导向板作用部分油菜茎秆受导向板主导部分影响, 综合决定割后油菜茎秆流向。

4 田间试验与质量评价

4.1 试验条件

2013年5月在湖北省武汉市汉南区和华中农业大学校内油菜种植试验田进行油菜割晒田间试验, 其中汉南试验田油菜品种为希望368, 种植方式为人工移栽; 校内试验田油菜的品种为华油杂62, 种植方式为直播。华中农业大学田间实测油菜茎秆几何参数如表2所示。

表2 田间物料特性测试平均值(华油杂62)

Tab.2 Mean values of field test properties

参数	数值
种植密度/(株·m ⁻²)	24
切口直径/mm	10.28
割后重心高度/mm	595.7
割后茎秆高度/mm	1097.8
角果层最大直径/mm	342.75
割后茎秆光杆高度/mm	221.65
分枝数/枝	5.78

4.2 油菜割晒作业质量评价

割晒机作业性能以铺放成条效果为主要评价依据,考虑到利于后熟、拣拾脱粒,定量评价指标有铺放角、铺放宽度、铺层离地高度及割茬高度等参数^[19]。设计的割晒机对不同种植模式油菜作业的铺放效果如图 11 所示。



图 11 割晒试验效果

Fig. 11 Effectiveness of field experiment

(a) 移栽油菜 (b) 直播油菜

作业时一侧为已收割区,另一侧为待收割区,与待切割区接触的油菜茎秆割后将倒伏于待切割区油菜茎秆上,待下次切割作业后,与已切割区接触的油菜茎秆则与上次倒伏于其上的油菜茎秆一同形成整条铺型。观察铺放效果表明设计的割晒机能够实现中间分禾、双侧铺放的功能要求,成条铺放规整性和一致性较好。

在华中农业大学校内试验田内进行割晒机作业质量定量评价。割晒后随机选取 15 个测试区,每个测试区内随机选取 4 株样品测量铺放角,选取 4 个点测量铺放宽度和铺层高度,选取 16 株测量割茬高度。图 12 是附加有正态分布曲线的割晒铺放角度测试数据的分布频数直方图,割晒机作业后油菜植株铺放角在 $10^{\circ} \sim 67^{\circ}$ 之间,非常接近正态分布。利用 Matlab 软件对铺放角度数据进行正态分布检验,检验结果如图 13 所示,铺放角度数据点基本都位于模拟正态概率纸的直线上,表明油菜割晒铺放角度服从正态分布,该正态分布均值 $\mu = 36.43^{\circ}$,方差 $\sigma^2 = (12.22^{\circ})^2$ 。

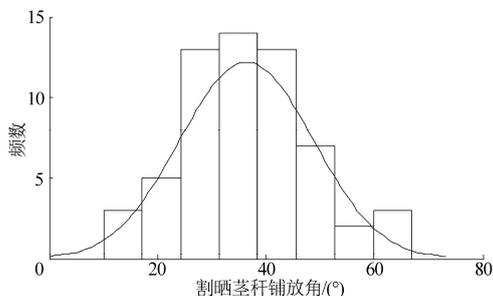


图 12 油菜茎秆割晒铺放角频数直方图

Fig. 12 Frequency histogram of laying angles of cutted rape stalk

对铺放角度数据的正态分布特性进行 Z 检验,结果表明,5% 的显著性水平上,割晒茎秆铺放角平

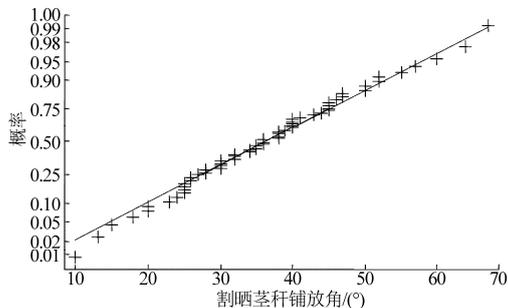


图 13 油菜茎秆割晒铺放角正态分布检验图

Fig. 13 Normality test of laying angles of cutted rape stalk

均值的置信区间为 $[33.34^{\circ}, 39.53^{\circ}]$,包括 36.43° ,且均值为 36.43° 成立的概率为 99.98%。即割晒机作业的铺放角度符合平均值为 36.43° ,方差为 $(12.22^{\circ})^2$ 的正态分布。根据正态分布规律可知,割晒机作业时,茎秆铺放角在 45° 以下的概率为 75.8%,集中在 $20^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 之间的概率为 66.9%,角度差小于等于 60° ,满足机械化捡拾收获机的要求^[20]。

表 3 割晒机田间作业数据分析

Tab. 3 Data analysis of rape walking windrower from field experiment

评价指标	范围	平均值	标准差
铺放角度/ $^{\circ}$	10 ~ 67	36.4	12.22
铺放宽度/mm	750 ~ 1 280	1 027.6	139.10
铺层高度/mm	280 ~ 630	426.2	78.79
割茬高度/mm	180 ~ 416	278.2	35.53

对铺放宽度、割茬高度、铺层高度等指标进行分析,受油菜植株生长的随机性和切割过程的随机性影响,其数据也均符合正态分布规律,分布参数如表 3 所示。由正态分布规律可知:85.2% 的割茬高度在 230 ~ 330 mm 范围内,利于后熟晾晒;铺放宽度在 1 150 mm 范围内的概率为 81.1%,铺层离地高度 350 mm 以上的概率为 83.3%。测试结果表明设计的割晒机铺放均匀有序,割茬、铺宽一致性较好。

5 结论

(1) 设计了一种与手扶拖拉机配套的油菜割晒机,由传动系统、中间分禾装置、切割装置、导向铺放装置组成。中间分禾装置布置于割台支架中部,与切割装置由同一曲柄连杆机构驱动,实现同副同频切割,相对切割装置有 350 ~ 400 mm 的前伸量,实现先分禾后切割的工艺顺序;导向铺放装置对称布置于割晒机两侧,将切割后的油菜顺序铺放,实现中间分禾、两侧调铺的割晒作业。割晒机割台位于手扶拖拉机上,方便装拆,可实现手扶拖拉机一机多用。

(2) 对不同种植模式的油菜进行了田间试验, 定性观察分析表明割晒铺放符合油菜割晒农艺要求; 对割晒效果进行量化测试分析表明, 割茬高度在 230~330 mm 以内的概率为 85.2%, 通风透气, 利于

晾晒后熟; 茎秆铺放角在 45° 以下概率为 75.8%, 且主要集中在 $20^\circ \sim 45^\circ$ 之间, 铺放宽度在 1 150 mm 以下的概率为 81.1%, 铺放均匀, 利于机械化捡拾收获。

参 考 文 献

- 1 吴守一. 农业机械学:下册[M]. 北京:中国农业机械出版社,1992.
- 2 李宝筏. 农业机械学[M]. 北京:中国农业出版社,2003.
- 3 中国农业机械化科学研究院. 农业机械设计手册:下册 [M]. 北京:机械工业出版社,1988.
- 4 JB/T7733—2007 割晒机 技术条件[S]. 2007.
- 5 卢晏,吴崇友,金诚谦,等. 油菜机械化收获方式的选择[J]. 农机化研究,2008(11):240-245.
Lu Yan, Wu Chongyou, Jin Chengqian, et al. The choice of rape mechanized harvest methods [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2008(11): 240-245. (in Chinese)
- 6 吴崇友,金诚谦,肖体琼,等. 我国油菜全程机械化现状与技术影响因素分析[J]. 农机化研究,2007(12):207-210.
Wu Chongyou, Jin Chengqian, Xiao Tiqiong, et al. Analysis on rape mechanization present situation and technical affection factors in whole productive course in China[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research,2007(12):207-210. (in Chinese)
- 7 曹震,金鑫,黄海东,等. 4SY-1.8型油菜割晒机的研制[J]. 华中农业大学学报,2011,30(4):521-524.
Cao Zhen, Jin Xin, Huang Haidong, et al. Design of 4SY-1.8 rape windrower[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2011, 30(4): 521-524. (in Chinese)
- 8 Wayne Coates. Effect of harvest method and date on lesquerella seed yields[J]. Industrial Crops and Products, 1996, 5(2): 125-132.
- 9 Hobson R N, Bruce D M. Seed loss when cutting a standing crop of oilseed rape with two types of combine harvester header[J]. Biosystems Engineering, 2002, 81(3): 281-286.
- 10 金诚谦,吴崇友,金梅,等. 4SY-2型油菜割晒机设计与试验[J]. 农业机械学报,2010,41(10):76-79.
Jin Chengqian, Wu Chongyou, Jin Mei, et al. Design and experiment of 4SY-2 rape windrower[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(10): 76-79. (in Chinese)
- 11 徐毅,姚欢. 中国农业机械化年鉴[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2013.
- 12 廖庆喜,田波平,舒彩霞,等. 4ZG-2.1芦竹收获机的研制[J]. 农业机械学报,2007,38(6):86-89.
Liao Qingxi, Tian Boping, Shu Caixia, et al. Research on type 4ZG-2.1 *Arundo donax* harvester[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007, 38(6): 86-89. (in Chinese)
- 13 徐立章,李耀明,马朝兴,等. 4LYB1-2.0型油菜联合收获机主要部件的设计[J]. 农业机械学报,2008,39(8):54-58.
Xu Lizhang, Li Yaoming, Ma Chaoxing, et al. Design of main working parts of 4LYB1-2.0 rape combine harvester[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(8): 54-58. (in Chinese)
- 14 曹震. 4SY-1.8型油菜割晒机的研制[D]. 武汉:华中农业大学,2011.
Cao Zhen. Design on 4SY-1.8 rape windrower [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2011. (in Chinese)
- 15 徐秀英,张维强,杨和梅,等. 小型牧草收获机双动切割装置设计与运动分析[J]. 农业工程学报,2011,27(7):156-161.
Xu Xiuying, Zhang Weiqiang, Yang Hemei, et al. Design and kinematic analysis of double-acting cutting device of walk-type pasture reaper[J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(7): 156-161. (in Chinese)
- 16 张兰星,何月娥. 谷物收割机械理论与计算[M]. 长春:吉林人民出版社,1980.
- 17 罗海锋,汤楚宙,官春云,等. 适应机械化收获的田间油菜植株特性研究[J]. 农业工程学报,2010,26(增刊1):61-66.
Luo Haifeng, Tang Chuzhou, Guan Chunyun, et al. Plant characteristic research on field rape based on mechanized harvesting adaptability[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(Supp.1): 61-66. (in Chinese)
- 18 Ma Ni, Zhang Chunlei, Li Jun, et al. Mechanical harvesting effects on seed yield loss, quality traits and profitability of winter oilseed rape[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2012, 11(8): 1297-1304.
- 19 金诚谦,尹文庆,吴崇友. 4SY-2型油菜割晒机铺放质量数学模型与影响因素分析[J]. 农业工程学报,2012,28(2):45-48.
Jin Chengqian, Yin Wenqing, Wu Chongyou. Mathematical model and influencing factors analysis for windrow quality of 4SY-2 rape windrower[J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(2): 45-48. (in Chinese)
- 20 金诚谦,尹文庆,吴崇友. 油菜割晒机拨指输送链式输送装置研制与试验[J]. 农业工程学报,2013,29(21):11-18.
Jin Chengqian, Yin Wenqing, Wu Chongyou. Development and experiment of rape windrower transportation device with poke finger conveyor chain[J]. Transactions of the CSAE, 2013, 29(21): 11-18. (in Chinese)

Design and Experiment of 4SY – 1.8 Rape Walking Windrower

Liao Yitao Chen Chuanjie Shu Caixia Tian Boping Liao Qingxi
(*College of Engineering, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China*)

Abstract: In order to take advantage of the characteristics of growth and maturity of rape, overcome the disadvantage of high loss ratio and power consumptive of rape combine harvester, 4SY – 1.8 type rape windrower was investigated. The novel windrower was designed for matching to walking tractor to meet both agro-mechanization and rape planting actuality in southern China. The design and construction characteristics of cutting, dividing, laying and hitching unit and considerations in the migration of rape stalks were analyzed. The results of field experiment showed that the windrower could complete the work of middle dividing and laying on both sides efficiently. The mean laying angle of rape stalk was 36.4° , which was less than 45° with 75.8% probability. The mean width of the piled stalk was 1 072.6 mm, which was less than 1 150 mm with 81.1% probability. The mean of stubble height was 278.2 mm, which was between 230 mm and 330 mm with 85.2% probability. The test results indicated that it had a rational design and reliable function and its working quality can be easily met the agricultural requirement.

Key words: Rape windrower Walk-behind Design Laying Experiment