

残膜回收机主要工作部件的研究*

那明君 董欣 侯书林 张惠友 李元强 杨晓丽

(东北农业大学)

摘要 残膜回收机是残膜回收机械化的重要机具。该文对残膜回收机具中几个主要部件的工作原理及其相互配置进行了分析研究,同时推导出挑膜弹齿线速度与机具前进速度的关系式,为残膜回收机的设计提供了理论依据。实验和理论计算表明,各工作部件的设计原理是正确的,理论计算满足拾膜作业的要求。

关键词 残膜回收 松土器 托膜铲 挑膜弹齿

地膜覆盖这一农艺技术已经在我国得到了广泛的应用,其对抗旱、保墒、提高地温,确保农业增产、增收起到了重要作用。但同时也造成了白色污染。由于残膜得不到很好及时地回收,随着土壤中残膜量的逐年增加,严重影响着农作物的产量,影响了农业的可持续发展。因此研究残膜回收机具已成为进一步推广和发展地膜覆盖技术的关键。

1 残膜特性及收膜工艺

秋后地膜除了受播种、田间中期管理、收获等作业及自然风化等因素的影响破损较严重外,还具有如下的特性: 1) 残膜虽然破损严重,但基本上还是连续的,特别是垄侧压入土壤下面的地膜较完整。2) 由试验知,秋后残膜经松土后地膜拉起需要 1.82 kg 的力,而不松土则需 3~3.6 kg 的力才能拉起,对于普通地膜(厚度 0.015 mm)需 3.25 kg 的力可以拉断。因此,残膜回收时,为连续收膜防止将其拉断,在垄侧松土是很关键的一个作业环节。3) 秋后的残膜仍然具有一定延伸率,普通地膜的延伸率为 30% 左右^[1]。在回收残膜时,拾起的柔性残膜在摩擦及静电吸附作用下极易缠绕在工作部件及转动部件上。工作时,一旦发生缠绕,只会越缠越多,最终导致机具无法正常工作。因此,机械收膜中,卸(脱)膜环节对于保证机械的连续正常工作至关重要。4) 秋后田间存在大量的茎秆与根茬,收膜时如何避开根茬或及时将根茬与残膜分开直接关系到残膜的再生及收膜机集膜箱有效容积的利用。根据以上分析,机械收膜是一项复杂的工艺过程,应包括松土、拾膜、分离、脱膜和集膜等工艺环节。为了实现残膜回收机械化,我们针对秋后残膜回收机的主要工作部件进行了理论及试验研究。秋后残膜回收机是用来捡拾作物收获后留在地内的残膜,其主要工作部件包括托膜铲、拾膜、集膜及松土部件,拾膜部件由弹齿拾膜轮和控制弹齿运行轨迹的滑道组成,见图 1 所示。

2 拾膜部件及其配合关系

2.1 拾膜部件工作过程

收稿日期: 1998-12-25

* 国家“九五”科技攻关项目“小型残膜回收及打包技术与机具研究”(960180302)

那明君,工程师,哈尔滨市香坊区木材街 59 号 东北农业大学 33 号信箱,150030

© 1995-2005 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

如图 1, 工作时在拖拉机牵引下, 松土圆盘 1 首先将垄两侧的压膜土壤疏松, 然后在地轮 6 的驱动下, 挑膜弹齿 3 在以确定的角速度与地轮同向转动过程中, 弹齿由前下方入土把已由托膜铲 2 托起垄面的残膜向后运送。当弹齿进入水平位置后, 在控制滑道作用下, 弹齿作水平上移及回抽运动。与此同时, 推膜板 5 将弹齿上的残膜卸下并推入集膜箱 8, 弹齿拾膜轮上的四排弹齿依次循环往复地转动从而连续完成拾膜作业。

2.2 挑膜弹齿运动速度分析

工作时, 挑膜弹齿的旋转方向与地轮转向相同, 挑膜弹齿在挑膜区域的线速度 $v_{挑}$ 与机具前进速度 $v_{机}$ 的比值大小, 直接影响到挑膜弹齿的拾膜能力。

当 $v_{挑} < v_{机}$ 时, 挑膜弹齿因不能及时将残膜挑起送离拾膜区域, 托膜铲上就会产生残膜堆积, 并将其上残膜拥离最佳拾膜区。随着机具的前进, 残膜或被土壤覆盖或从托膜铲一侧流出影响拾膜作业。

当 $v_{挑} > v_{机}$ 时, 挑膜弹齿在挑膜区域内相对垄面有相对运动。在这一运动作用下, 挑膜弹齿将托膜铲上托起的残膜拾起并绷紧, 随着挑膜弹齿的运动, 残膜被向后送运过程中, 残膜与垄面间形成夹角而构成楔形空间, 该空间容纳了托膜铲上未能及时落下的土壤, 避免了这部分土壤与残膜接触将残膜拥离最佳挑膜区域现象的发生, 保证了挑膜弹齿能够连续稳定的进行拾膜作业, 见图 2 所示。

但是, $v_{挑}$ 与 $v_{机}$ 两者比值过大, 会给传动系统带来一些不利因素: 如振动、噪声加大, 影响机具的使用寿命, 而且易将残膜扯断, 不利于拾膜。因此, 我们必须确定合适的速比关系。

根据地轮转一周时机具移动的距离 S_1 与弹齿在 $v_{挑} = v_{机}$ 条件下转过的弧长 S_2 相等, 我们可推导出 $v_{挑}/v_{机}$ 比值关系式。

$$\text{即 } S_1 = S_2 \quad \text{这里, } S_1 = 2\pi R_{地} \cdot n_{地} = 2\pi R_{地} (\text{令: } n_{地} = 1) \quad (1)$$

考虑残膜具有一定的拉伸率, 挑膜弹齿在拾膜过程中将相对垄面多转过一段弧长使残膜处于最佳拾膜状态而又不能被扯断的条件下, 弹齿实际转过的弧长 S_2 为

$$S_2 = 2\pi(r + L) \cdot (1 - \eta)n_{弹}' \quad (2)$$

联解式(1)、(2)得:

$$n_{弹}' = \frac{R_{地}}{(r + L)(1 - \eta)} \quad (3)$$

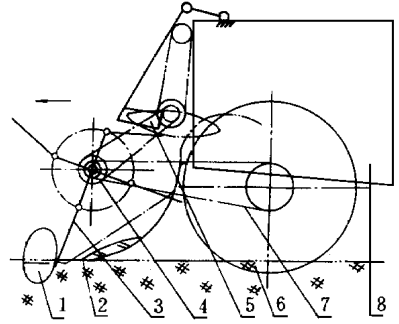
$$n_{弹} = n_{弹}'(1 + K) \quad (4)$$

将式(3)代入式(4)得

$$n_{弹} = \frac{R_{地}(1 + K)}{(r + L)(1 - \eta)} \quad (5)$$

又因
$$v_{挑} = \frac{2\pi(r + L) \cdot n_{弹}}{1000 \times 60}$$

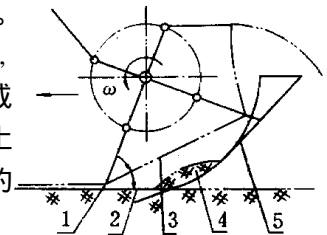
$$v_{机} = \frac{2\pi R_{地} \cdot n_{地}}{1000 \times 60} \quad (6)$$



1. 松土圆盘 2. 托膜铲 3. 挑膜弹齿
4. 弹齿总成 5. 推膜板 6. 地轮
7. 传动系统 8. 集膜箱

图 1 残膜回收机结构简图

Fig 1 The structure scheme of remaining plastics retrieving machine



1. 挑膜弹齿 2. 楔形空间
3. 崩紧的残膜
4. 残土 5. 托膜铲

图 2 挑膜作业示意图

$$(v_{挑}/v_{机}) > 1$$

Fig 2 Scheme of the operation of the raising parts

故
$$\frac{v_{挑}}{v_{机}} = \frac{(1+K)}{(1-\eta)} \tag{7}$$

将 $K = 15\%$, $\eta = 30\%$, 代入式(7)得

$$\frac{v_{挑}}{v_{机}} > 1 \tag{8}$$

其中 $R_{地}$ ——地轮半径, mm; r ——弹齿总成轮半径, mm; L ——挑膜弹齿平均长度, mm; η ——地膜延伸率, $\eta = 30\%$; K ——地轮打滑系数, $K = 15\%$; $n_{弹}$ ——挑膜弹齿理论转速, r/m in; $n_{弹}$ ——挑膜弹齿轮实际转速, r/m in。

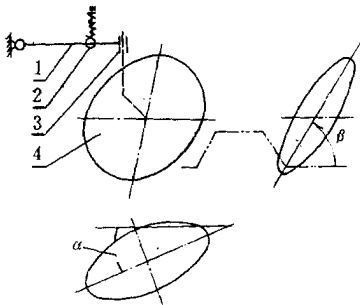
经试验证明式(8)满足上述理论分析及挑膜能力的要求。

3 松土部件结构分析及选择

压入土壤中的部分残膜是比较完整的, 收膜时, 将松土部件从垄侧膜缘压入膜下, 使残膜上下土壤松动即可。因此, 要求松土部件应具有入土能力强, 工作深度稳定的性能, 同时为避免壅土现象的发生, 松土部件还应具备碎土脱草的性能。通过试验表明转动的松土圆盘能将部分茎秆、杂草等压断或在其上滚过, 避免了壅土现象的发生, 因此, 我们选用曲面圆盘式松土部件见图 3。这里, 松土圆盘 4 入土深度由立轴 3 调定后, 靠弹簧 2 加压仿形机构控制机具行走时的工作深度; 曲面圆盘与机具成复合倾角配置, 圆盘水平中心线与机具前进方向的偏角 $\alpha = 18^\circ \sim 20^\circ$; 以适应残膜边缘宽度的变化, 同时又具有将松动的残膜边缘向中心聚拢的能力; 其垂直中心线与水平面成 $\beta = 60^\circ$; 从而保证了松土圆盘压入膜下后疏松土壤, 同时将残膜上抬露出土面, 以利于收膜。

4 托膜铲部件结构分析

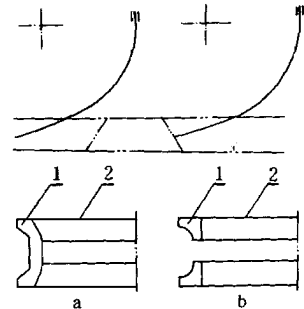
托膜铲的作用是将残膜从垄面托起后, 使其在托膜铲上产生滑移而进入挑膜弹齿的挑膜区域, 为拾膜创造有利的条件。由于托膜铲工作是入土作业的, 所以它在将残膜托起的同时, 也托起了许多土壤、作物根茬和杂草。当机具前进时如果被托起的土壤及作物根茬不能及时从托膜铲上落下去, 就会产生壅土现象, 其上堆积的土壤会将残膜拥离挑膜弹齿的最佳挑膜区域, 导致挑膜弹齿拾不到残膜。因此, 为了保证拾膜工作的连续进行, 解决托膜铲的壅土现象, 托膜铲应具有如下功能: 1) 托膜铲应具有铲断或避让根茬的能力。2) 结构上应有利于土壤及根茬等杂物的落下。



1. 仿形杆 2. 弹簧 3. 立轴 4. 松土圆盘

图 3 松土部件图

Fig 3 Loosener



1. 铲头 2. 输导条

图 4 膜铲部件图

Fig 4 Shovel for lifting the merged p lastics

经试验, 根据不同作物设计了两种结构的托膜铲见图 4。图 4 中 a 铲头为整体式铲头, 用于根茬较细的作物; 图 2 中 b 式铲头为两体式的, 主要用于根茬较粗的作物, 以便于作物的根茬由中间空隙通过。与铲头 1 相连的输导条 2 间的空隙利于膜下土壤等杂物落下, 而且挑膜弹齿相对于托膜铲上输导条的相对转动, 为托膜铲上的土壤等杂物落下创造了有利条件。

5 结 论

1) 试验证明, 上述各工作部件的设计原理是正确的。且推导出的关系式 $\frac{v_{挑}}{v_{机}} = \frac{(1+K)}{(1-\eta)}$ 的关系式, 经试验证明能满足拾膜作业要求。

2) 试验证明, 该方案回收的残膜带土量少, 易于残膜回收利用。

该方案由于是在托膜铲上拾膜, 故挑膜弹齿受力较小, 使用寿命长, 拾膜工作性能稳定。

参 考 文 献

- 1 杨树森, 沈美容, 林素元. 弹齿式收膜机工作部件的研究. 农业工程学报, 1988, 4(2): 17~ 25
- 2 杨树森等. 保护地设施和机械. 哈尔滨: 黑龙江工业技术出版社, 1991
- 3 侯书林, 张惠友等. 关于残膜回收机械化几个问题的思考. 农机化研究, 1998(1): 35~ 36

Research on Main Components of the Machine for Retrieving the Used Plastic Film After Harvesting

Na Mingjun Dong Xin Hou Shulin Zhang Huiyou Li Yuanqiang Yang Xiaoli

(Northeast Agricultural University, Harbin, 150030)

Abstract The machine for retrieving the used plastic film after harvesting is an important tool for mechanization of retrieving the used plastics. In this paper, the main components parts for retrieving the used plastics were investigated. The equations revealing the relationship between the linear velocity of the pick-up teeth and the ground speed of the machine were derived. The theoretical basis for designing this type of machine was provided. The trial and calculation proved that the designing principle for all components parts is right and the calculation results meet the demands for picking up the used plastic film.

Key words retrieving the used plastic film, loosener, shovel for lifting the merged plastic film, pick-up teeth