 DOI: https://doi.org/10.12349/rwae.v6i2.5953

The current situation of cotton residue film recovery technology and the development of efficient recovery equipment

Xuhui Song

Xinjiang Changji Agricultural and Animal Husbandry Technology Extension Center, Changji, Xinjiang, 831100, China

Abstract

This study focuses on the practical needs of mulch film recovery during cotton cultivation, analyzing the technical principles and construction optimization paths of an innovative residual film recovery machine. The machine achieves the tasks of breaking, conveying, and separating mulch films through the coordinated operation of a crushing device and a film removal device. The crushing device is equipped with internal crushing rollers and multiple rows of crushing blades, effectively handling cotton roots and attached film layers. It also enhances output efficiency through a bidirectional screw conveyor system. The film removal structure, featuring staggered arrangement of film removal discs and claws, penetrates the soil to strip off residual films, enabling deep recovery of film materials in the soil layer. The paper systematically discusses the structural composition of the machine, the coordination of key components, and the logical workflow, proposing feasible optimization strategies aimed at providing technical support for the development and promotion of efficient residual film recovery equipment in cotton fields.

Keywords

cotton residual film; crushing knife shaft; bidirectional screw; film removal plate structure; machine tool optimization

棉花残膜回收技术现状及高效回收机具研发进展

宋旭慧

新疆昌吉市农牧业技术推广中心，中国 · 新疆 昌吉 831100

摘　要

本研究围绕棉花种植过程中地膜回收的实际需求，聚焦一种结构创新型残膜回收机的技术原理与构造优化路径展开分析。该机具通过破碎装置与除膜装置的协同联动，完成地膜的破碎、输送与分离作业，破碎装置内置破碎辊与多排破碎刀轴，能有效处理棉花根茎与附着膜层，配合双向绞龙输送系统提升出料效率。除膜结构通过交错布置除膜盘及除膜爪深入土壤完成残膜剥离，实现对土层中膜材的深层回收。论文从机具结构组成、关键装配件协同、作业流程逻辑等角度展开系统论述，并提出可行性优化策略，旨在为高效棉田残膜回收装备的研发与推广提供技术支撑。

关键词

棉花残膜；破碎刀轴；双向绞龙；除膜盘结构；机具优化

1 引言

棉花种植采用地膜覆盖已成为提升产量与调控田间水热环境的常规技术措施。随着种植面积不断扩大，地膜回收成为制约农业可持续发展的重要技术问题。在各类地膜使用作物中，棉花因其根茎粗壮、膜层紧附土壤，残膜的机械化回收难度较大，导致现有设备在破碎完整性、除膜效率与结构通用性方面存在明显短板。基于田间回收作业的实际挑战，研发具有一体化、高效率与地形适应性的专用回收装备已成为研究重点。本文依托一款新型棉花残膜回收机的结构设计，系统剖析其工作原理、装配逻辑与关键部件联动机制，进而提炼机具技术优化方向，以期为棉田残膜机械回收提供结构改进依据与理论支持。

【作者简介】宋旭慧（1971–），女，中国山东莱阳人，本科，高级工程师5级，从事农业机械的研发以及农业机械技术推广研究。

2 棉花残膜回收作业的技术演进路径

棉花种植过程中广泛应用地膜覆盖技术以实现增温保墒、防病抑草等田间调控目标，该模式虽然显著提升了农艺效益，却导致大量地膜随作物收获后残留于田间地表与浅层土壤之中，常规人工或简易工具在回收中难以兼顾深度与效率。传统回收方式难以适应根茎与地膜紧密缠绕的作业环境，特别是对地膜与根系的粘附部位缺乏有效的分离机制，使地膜回收过程中易出现撕裂、缠绕、漏收等问题。随着地膜材质趋于薄化和棉田耕层结构的复杂化，单一作业模式下的拾膜工具已无法满足现代农业的全周期闭环管理要求，推动了对专用残膜回收装备功能升级的迫切需求。针对棉花根茎粗大、残膜混入土壤等特性，部分设备采用破碎滚筒结构

提升初始粉碎效率，再通过设于机体一侧的输送系统将破碎物引导至集膜装置。双向出料结构的提出实现了两端同时卸料，有效缓解了回收通道拥堵的问题。

3 棉花残膜回收核心单元结构现状分析

3.1 破碎装置构型及刀轴设计要点

棉花残膜回收机的破碎结构核心为破碎机体（11），其作为承载装置主体的平台，内部安装有破碎系统并支撑整机动力输出。该机体尾部配置有牵引架（16），用于与农用拖拉动力源进行刚性连接，便于整机在田间实现直线推进与转向控制。牵引架（16）上设置有定位槽（161），其内部嵌入定位插销（162），当设备停止作业或需短时固定时，插销装置可对牵引部位进行快速锁定，增强设备在静态状态下的稳定性，避免破碎机构前端产生前倾或结构偏载。破碎过程依赖于安装在破碎机体（11）上的动力源系统，该驱动组件（17）通过轴联方式同时带动内部破碎刀组与后段输送部件运行，确保破膜与排膜过程同步高效。破碎系统本身虽未在图示中标注具体结构编号，但其依托机体（11）形成刚性布局基础，借助驱动件（17）的恒速输出实现高频率旋切作业，是整机完成残膜机械化处理的核心动力平台。膜回收机破碎装置构型如图 1 所示。

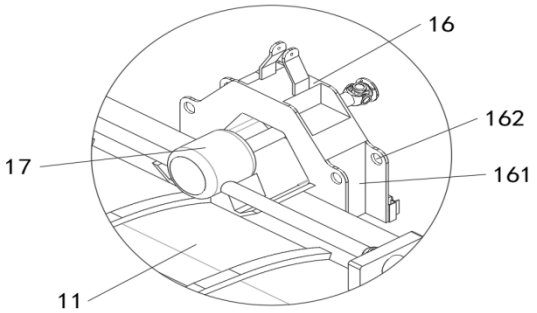

图 1 膜回收机破碎装置构型图

3.2 输送绞龙系统的布置形式与输送模式

输送结构采用对称双腔设计，破碎物料自进料口进入输送槽后，在第一与第二输送槽之间由隔板分离，两个槽体内分别布设一根方向相反的输送绞龙。此布局构成双向输送模式，打破了传统单一方向输送在出料口易堵、效率低等弊端。绞龙旋转驱动力由设置于破碎机体上的独立驱动件提供，驱动系统可同时控制破碎辊与绞龙运转，保障作业连续性与稳定性。输送绞龙具备自清洁能力，在物料较湿、含杂率高的场景中仍可保持通畅运行，提升出料效率并支持田间两侧堆集作业。盖体与进料口的铰接配合也为日常维修与异物清除提供便捷通道，增强了设备实用性。

3.3 除膜盘结构及除膜空间的集膜机制

除膜结构以铰接在破碎机体尾部的连接架为载体，多个除膜盘通过倾角排布并沿连接架轮廓均匀分布形成包围结构，各除膜盘上装设若干除膜盘爪用于深入土层。除膜盘之间围合形成 M 形结构的除膜空间，在作业过程中该空间承担膜体汇聚与集中转运的双重功能。盘爪可将埋于地表以下的残膜带出，部分地膜卷绕在爪体形成初级收集状态，其余则在空间内堆积形成集中残膜堆。除膜盘固定块之间通过铰接杆连接，并嵌有缓冲弹簧以适应田间复杂曲面，保障除膜力的缓释与结构稳定。此结构对提高膜土分离效率与减少跳膜具有显著作用，是高效清膜不可或缺的执行部件。

4 典型残膜回收机具的结构优化方向

4.1 破碎辊与刀轴排布的角度与密度设计

破碎辊作为残膜回收机的关键执行单元，其表面设置多个破碎刀轴，不同角度的排布直接影响切削路径的连续性与膜体撕裂程度。通过控制刀轴在辊面上的布置密度与倾斜角，能够实现对不同厚度地膜及根茎残体的均匀剪切，避免膜段绕轴缠结或根系破碎不彻底的问题。刀轴间距过大可能造成破碎死角，间距过密则容易提升能耗并加剧部件磨损，最优布置应在作业阻力、碎膜粒度与刀具寿命之间取得动态平衡。角度设计方面，沿旋转方向逐步递增的斜切排布有助于形成连续切削力场，减少瞬时冲击负荷。

4.2 双向对称输送绞龙的效率提升策略

回收系统中的绞龙输送结构设置于破碎单元后方，采用对称双通道设计，分别布设于第一与第二输送槽内。为实现高效、稳定的物料转运，双绞龙应具备相反旋转方向，形成内部分流的出料模式，有效避免单向输送带来的局部堆积问题。通过调整绞龙螺距与螺旋直径，可优化单位时间内的出料能力，增强破碎物在高粘附、高水分工况下的排送流动性。针对田间湿膜与细根混杂易粘堵的问题，在绞龙轴表面增加防缠绕筋条，有助于提升自清洁性能并降低动力阻力。

4.3 多盘交错布置与弹性缓冲的联动作用

除膜机构中，多个除膜盘沿连接架路径均匀分布，每组除膜盘设有可深入土层的盘爪用于膜土剥离作业。交错布置方式通过调整盘组之间的安装角度，使每对相邻盘轮之间错位排列，能有效避免膜段从结构缝隙中滑脱，并形成膜体横向限位通道。固定块与连接架之间设置倾斜结构基础，为除膜盘形成交错平面创造空间条件。每根铰接杆顶部设置缓冲弹簧结构，确保除膜盘在不同深浅、不规则表层土壤中作业时能够适应微地形起伏，弹簧受压与回弹间的位移调节提供有效吸能与结构回位性能。

5 田间适应性设计与操作稳定性提升要点

5.1 牵引连接机构与定位插销的作业支撑功能

残膜回收机前部配设牵引架组件，通过与农机具牵引钩的刚性连接实现整机直线前行与转弯操作，在复杂田块环境下保证方向控制稳定。牵引架设有定位槽结构，在插入定位插销后可对设备形成横向稳定限位，防止非作业状态下结构摆动或发生偏载倾倒。定位插销结构操作简单，通过拔插实现快速锁定与释放，适用于田间临时停车、坡地固定或设

备检修场景。在作业启动前通过插销锁定可辅助调整机具入地深度与姿态，提高对接精度。在收工停机时，通过锁定装置维持整体姿态，防止破碎部件与地表直接接触造成刀轴损伤。

5.2 盖体开合、隔板分仓对维护性的贡献

输送槽上方设有可开合盖体，通过与机体铰接的方式形成可翻转结构，便于操作者在非作业状态下对槽体内部进行清理、检修与维护。该结构在确保物料封闭输送的同时，实现对积膜、碎根等异物的快速移除，提升整机运行效率。盖体的存在也为雨天转运或泥浆作业时提供有效防护，防止物料飞溅或堵塞影响出料系统。隔板作为输送系统中核心导流构件，将输送槽划分为双通道空间，分别容纳两套对称输送绞龙。分仓结构减少了物料在传送过程中相互干扰，提高绞龙排送的独立性与通畅度，降低单侧负荷异常引发的系统偏载问题。

5.3 移动辊组装与整机运行平稳性保障

破碎机体（11）作为整机的刚性基础结构，其一端通过牵引架（16）与动力牵引装置连接，另一端设有输送槽（14），输送槽由第一输送槽（141）与第二输送槽（142）构成双通道系统。牵引架（16）设置在远离输送槽（14）的一侧，有利于拉动方向与出料方向分离，防止物料输送过程中出现回冲或堵塞。为提升作业过程中设备整体的摆放稳定性，牵引架上设有定位槽（161），可通过插设定位插销（162）对牵引接口进行快速限位，从而在非作业状态下将破碎装置维持在水平位置，避免破碎辊（12）因前倾造成刀轴损坏或地面磕碰。整机运行过程中，输送槽内配置的双向输送绞龙（15）在驱动件（17）带动下高速运转，与前端破碎辊（12）形成连续作业链条，破碎物料从输送槽末端的出料口（111）顺畅排出。整套结构在没有底部移动辊辅助的前提下，通过牵引定位与内部动力部件的协同作用，实现整机在田间的结构稳定与运行平衡，为后续地膜破碎与残膜回收作业提供可靠支撑，详细内容如图 2 所示。

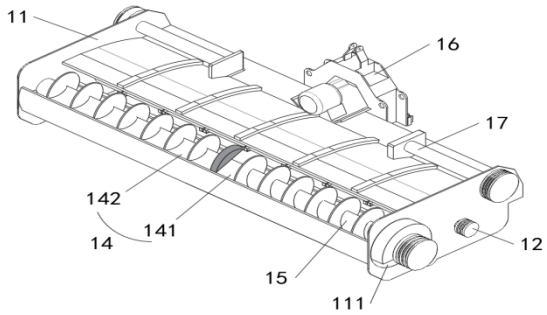

图 2 棉田残膜破碎输送除膜一体机结构示意图

6 结语

本研究围绕棉田残膜机械化回收的核心技术路径，系统梳理了典型装备的结构构成与功能协同模式，重点分析了破碎装置、输送系统及除膜机构的参数设计与集成方式。通过对特定机型结构特征的解析，明确了破碎辊与刀轴的排布逻辑、绞龙输送的双向效率优势以及除膜盘交错配置对深层残膜剥离的保障作用。在整机运行稳定性方面，牵引架定位结构与驱动系统联动运行机制构建了可靠的田间作业框架。随着棉田机械化作业需求持续增长，集破碎、输送、除膜于一体的复合型装备将在高效作业、结构通用、维修便利等方面发挥更大作用，为后续技术升级和产业推广提供坚实的工程支撑基础。

参考文献

[1] 李靖,徐业山,张广杰,张帅,徐安东,孟卓,蒋平安,马德英.棉田残膜回收混合物“虫-菌”分离技术的腐解菌剂和产物筛分方法优选[J].应用昆虫学报,2024,61(06):1343-1353.

[2] 张丽,刘旋峰,周欣,张海春,牛长河,蒋永新.基于层次分析法的残膜回收机快速选型方法研究[J].农机化研究,

[3] 唐志坤,王敏,何玉泽,营雨琨,曹肆林,卢勇涛.国内典型残膜捡拾装置应用分析及建议[J].中国农机化学报,2024,45(11):253-258+298.

[4] 靳伟.棉田残膜挖掘回收与膜-土分离关键技术与装置研究[D].导师：丁幼春.华中农业大学,2024.

[5] 张新文.棉花秸秆机械化处理与残膜同步回收技术应用优势[J].中国农机装备,2024,(05):20-22.