

辽宁农业科技贡献奖申报书

一、项目基本情况

项目名称	玉米机收减损增效关键技术集成及装备研发与产业化应用
任务下达部门	国家科技部
计划名称	国家重点研发计划“山地丘陵区玉米机械化丰产增效技术集成与示范”(2018YFD0300303-05)
主题词	种植业机械化
第一完成单位	抚顺市农业农村发展服务中心
第一完成人	边伟明
联系人及电话(手机)	王 博 18940170235
电子邮箱	79525593@qq.com
项目起止时间	2019.01~2024.12
申报等级	一等奖
项目分组	综合组
项目分类	农机
项目核心技术曾获奖、验收(评价)和品种审定(登记)等情况	该项目成果整体达到国内外领先水平
附件目录	1、申报书 2、主要完成人、主要完成单位情况表; 3、项目(成果)总结报告; 4、科技查新报告; 5、科学技术成果评价报告; 6、成果应用证明; 7、经济效益报告; 8、其它相关重要材料(专利证书、产品质量指标统计表、验证报告、推广鉴定证书、参数比对表、国家重点研发计划、任务合同书、专家验收意见、审计报告、官媒评论、论文、战略合作协议等)。

内容摘要

一、主要技术:

1. 板式双数割台高适高效减损技术

通过创制板式双数割台、研发高效秸秆粉碎装置及加长扶禾器,合理匹配割台转速与作业速度来提升收割效率,降低籽粒损失率,降低割台堵塞几率,节省维护调整时间,并对不对行、茎秆倒伏、不同茎穗含水率等复杂收获作业环境具有更好的适应性,减少倒伏玉米收获损失。高效秸秆粉碎装置大大提升机收效率,实现防堵、减损、提质、增效,适应多地形多环境机械化收获作业,大大减少前端收获损失。

2. 茎穗高效分离减损技术

通过开发一种强力排渣提升机构和高效扒皮减损机构,保障了二次摘穗质量,避免了堵塞情况,减少了脱皮机故障率和疏通排障时间,实现果穗摘得净的目标。研发的双速动力分配系统在传动轴上设置2个直径不等的带轮,可根据苞叶含水率选配适宜的转速,通过动力分配实现双速扒皮,解决不同收获期苞叶含水率变化导致扒不净和籽粒破碎率高的问题。

3. 籽粒回收减损增效技术:

研发升降式粮仓结构和籽粒回收装置,当仓体装满果穗时,升降驱动组件驱动仓体升起,仓体以支架顶端为支点同步旋转移动,使仓口位置倾斜向下,将果穗直接倒入转运车,减少卸料时间,提高转运效率。籽粒回收装置下设万向轮装置,使回收装置在水平方向以80次/分钟的频率往复振动,增加籽粒通过量,并将苞叶夹带的籽粒分离出来,通过筛网进入回收箱,通过多层级减损,籽粒破碎率和损失率得到显著降低。

二、技术措施: 运用实地调研法和试验鉴定法,聚焦五大技术难题,集成3项核心技术;研发转速可调板式双数割台,适应多地形多环境作业;创制高效秸秆粉碎装置,降低果穗含杂率;构建多层级减损增效系统,实现颗粒归仓;开发4行收获机10种,实现科技成果产业化;平均总损失率降至 $0.45\% < 3.50\%$,比辽宁总损失率低1.31%。

三、组织措施: 组建创新团队,共建产业体系;构建推广网络,倡导机收减损。

四、推广模式: “合作社+推广体系”模式和“代理商+新媒体”模式。

五、应用效果: 获国家授权发明专利5件、实用新型专利9件,发表论文4篇;研发4行收获装备10种,累计销售产品2287台,销量全省第一、全国第三;推广作业面积661.24万亩,减少粮食损失4.16万吨,农民增收节支5.21亿元。经济、社会、生态效益明显。

中国科学院、辽宁省农业科学院等单位组成的专家组评价认为:该成果填补了我国丘陵区自走式玉米收获装备的空白,整体达到同类研究国内外领先水平。

二、详细内容

1、项目实施前的基本情况

粮食安全事关国家安全，习近平总书记强调粮食安全是“国之大者”，是事关人类生存的根本性问题，减少粮食损耗是保障粮食安全的重要途径。《中华人民共和国反食品浪费法》《粮食节约行动方案》要求加强粮食全产业链各环节节约减损。大国小农是我国的基本国情，农户是粮食生产的主体，是节粮减损工作的重要组成部分。节粮减损是一项系统工程，涉及从生产到消费的各个环节。收获是粮食产后系统的首个环节，我国玉米机收平均损失率在1.5%~3.9%之间。随着我国玉米收获机性能质量的提升，玉米机收损失率在逐渐降低。据国家统计局数据，2024年我国玉米总产量29492万吨（约2.95亿吨），平均机收损失率为2.1%，机收损失量约为620万吨，相当于约62亿千克粮食。若将损失率降低1个百分点，相当于增产粮食295万吨；若全国玉米机收损失率降至2%以下，则每年可减少粮食损失近30万吨，相当于多养活80万人。2024年辽宁玉米产量2002.1万吨，按照平均机收损失率1.76%计，可减少粮食损失35万吨。可见，机收环节损失大小直接影响粮食产量，减少收获环节损失是增加粮食有效供给的重要途径，也是提高农民种粮收益的重要手段。

农业农村部印发的粮食作物机械化收获减损技术指导意见，从使用操作的角度提出了机收减损技术措施，但从标本兼治的角度，更需要系统解决玉米收获机本身的作业质量问题。现行国家标准要求玉米果穗收获损失率 $\leq 3.5\%$ 、籽粒收获损失率 $\leq 4.0\%$ ，尽管现有市场产品能够满足这一基本要求，但不同地区因品种、机械类型和操作水平差异，导致实际收获作业时机收损失率波动较大，有的机型机收损失率甚至达到10%。玉米收获机结构复杂，从茎秆收割到颗粒归仓，每个环节都可能增加收获损失。针对摘穗型自走式玉米收获机，从收获作业流程上看，主要损失路径体现在：一是果穗收不净。玉米收获机对坡地、洼地、小地块等复杂地形难以适应，割台单一转速对不同秸秆长度和30~65cm不同行距、不对行种植、倒伏角度 $>30^\circ$ 、不同茎穗含水率等复杂条件适应性差，加上作业速度匹配不合理，造成部分果穗留在地里无法收获，或作业时机械碰触造成损失。品种、农艺、气候等多样性形成的多变农业工况，导致收割机难以具有普适性。二是摘穗不彻底。摘穗板拉茎辊间距过大、行驶速度过快、喂入量过大、输送链与摘穗辊同步性差等都会导致果穗未被摘下或破碎落粒，尤其是作业一段时间后切割刀钝化导致茎秆切断不彻底，导致果穗从穗柄处撕裂残留，等等。三是苞叶扒不净。扒皮辊转速单一，对果穗及其苞叶适应性不强；输送链与扒皮辊配合不佳，苞叶未完全卷入剥离机构；果穗在扒皮辊处堆积，导致部分苞叶未被处理；清杂装置堵塞，苞叶碎屑堆积在扒皮辊间隙中影响正常运转；玉米成熟度不一致，过早收获时苞叶含水量高（ $>30\%$ ），韧性强不易剥离；过晚收获则苞叶干枯粘连，易缠绕机械；田间湿度大，如雨后、清晨收割时苞叶湿润易粘连，等等。四是粮仓杂质多。苞叶碎屑、未切断茎秆占比在75%左右，小果穗、破碎果穗、脱落破碎籽粒及泥土等其他杂质约占25%，成因在于清选系统参数设置不当。清选风机风速 $<10\text{m/s}$ 时轻杂质无法有效吹出；果穗输送不畅，在清选室堆积

导致杂质混合，等等。五是落粒损失大。过熟作物会增加落粒损失，摘穗工序中高速碰撞会造成籽粒破碎，籽粒含水率 $>35\%$ 或 $<15\%$ 时增加籽粒损失，分离籽粒和杂质时会将部分籽粒随杂质一起排出也会造成籽粒损失，等等。鉴于用户将机收损失率大小作为衡量玉米收获机作业质量优劣的主要指标，在玉米收获机研发设计过程中需关注田间收割到穗粒回收每个机构的优化设计，以实现最大限度的减损增效。

鉴于玉米收获机结构复杂，研发生产投入大，技术创新难度高，全省鲜有企业踏足玉米收获机领域。从玉米收获机发展情况看，辽宁省农业机械化研究所作为省内唯一省级农机科研单位，研制出 4YD-2 型 2 行前置式悬挂玉米收获机；鞍山海虹工程机械有限公司研发了 YZL - 4 自走式立辊型玉米联合收获机，秸秆整株回收放铺。远大石川岛农机（沈阳）有限公司和辽宁霞光农机装备有限公司研发生产了自走式玉米收获机，但生产规模小，退出市场竞争。辽宁辽拓大益农业机械股份有限公司 2013 年进入自走型轮式收获机研发领域，研发的“垦圣”牌 2-4 行轮式收获机适于丘陵区玉米收获作业而得到丘陵山区用户青睐，但年销量仅在 1000 台左右。2019 年以来，抚顺市农业农村发展服务中心联合本地企业辽宁辽拓大益农业机械股份有限公司，以及辽宁省农业机械化研究所、辽宁省农业农村发展服务中心等单位，组建产学研推用技术团队，结合当地实际，针对市场上玉米收获机品牌竞争日趋激烈、产品市场逐渐饱和的新形势新压力，把重点放在技术升级上，尤其在减损增效上多做文章，针对玉米收获机果穗收不净、摘穗不彻底、苞叶扒不净、粮仓杂质多、落粒损失大五大机收损失难题，集成板式双数割台高适高效减损技术、茎穗高效分离减损技术和籽粒回收减损增效技术，适应不对行、茎秆倒伏、不同茎穗含水率、坡地、洼地等复杂环境收获作业，构建多层次减损增效系统，实现整机结构优化和产品创新迭代，形成产业化生产，为促进我国玉米收获机产业发展和保证国家粮食安全提供先进适用装备支撑。

2、项目主要内容

核心技术：

集成板式双数割台高适高效减损技术、茎穗高效分离减损技术和籽粒回收减损增效 3 项关键核心技术。

技术方法：

(1) 实地调研法。以机收减损增效为目标，调查辽宁玉米收获机机收减损情况，验证 4 行自走式玉米收获机的减损效果。

(2) 试验鉴定法。根据国家农业机械产品鉴定大纲规定的检测事项，由权威部门对 4 行自走式玉米收获机的有关指标进行检测。

技术路线：



技术内容：

玉米收获机由割台、果穗升运机构、扒皮机构等组成。本研究以减损增效为目标，从割台、摘穗、升运、扒皮、籽粒回收等关键环节、细微之处入手，聚焦果穗收不净、摘穗不彻底、苞叶扒不净、粮仓杂质多、落粒损失大五大技术难题，集成板式双数割台高适高效减损技术、茎穗高效分离减损技术和籽粒回收减损增效技术，满足不对行、茎秆倒伏、不同茎穗含水率、坡地、洼地等复杂环境收获作业需要，构建多层级穗粒减损增效系统，实现整机结构优化和产品创新迭代，形成产业化生产。

(1) 板式双数割台高适高效减损技术

在机收过程中，割台损失占比最高。其中，漏穗损失约占 55%，果穗损伤损失约占 30%，茎秆夹带损失约占 15%。板式割台用于茎秆切割和摘穗。摘穗装置是玉米收获机的的核心部件之一，其对籽粒损失率、籽粒破碎率等性能指标具有决定性影响，甚至影响机具的稳定性。摘穗装置主要有卧辊式、立辊式、板式（也称摘穗板和拉茎辊组合式）和横卧辊式 4 种。自走式玉米收获机多采用横卧辊式和板式摘穗装置。横卧式摘穗辊结构简单，功耗低，工作较可靠，寿命长，茎秆压缩程度较小，对不同含水率的茎秆皆可适用，适于青贮玉米，但因摘穗辊对果穗的不断冲击、挤压和揉搓，易出现籽粒破碎和落粒现象，导致收获损失率高，尤其在果穗含水率较高情况下籽粒损失更加严重。板式摘穗装置工作可靠，果穗啃伤率和籽粒破碎率较低，掉粒或籽粒破碎现象较少，但果穗含杂率高。从减损增效角度选择采用板式摘穗装置，重点解决果穗含杂率高问题。

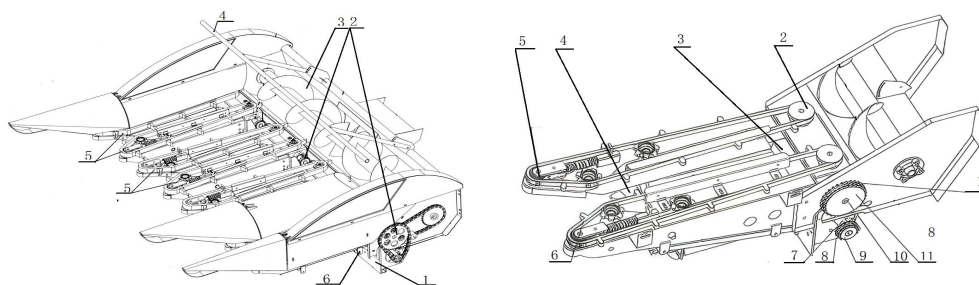
板式割台由梁架装置、摘穗台装置、摘穗台传动装置、玉米穗传送搅龙、秸秆切割装置等组成。割台收割摘穗后通过玉米穗传送搅龙送达升运机构，完成玉米摘穗和茎穗分离过程。但在机收作业实践中发现茎穗分离不彻底，导致果穗含杂率偏高。主因在于摘穗台转速固定，无法适应品种差异、农艺差异、茎穗含水率等复杂情况高效低损收获作业。例如，若秸秆过

长而拉筋辊转速低，则秸秆送入慢，易造成堵塞；反之，则秸秆送入快，果穗与割台易碰撞掉粒，导致果穗收不净、摘穗不彻底，增加果穗含杂率。再如，若收割时果穗及茎秆含水率偏高，拉筋辊摘穗时会导致果穗“啃伤”严重，增加果穗及籽粒损失率和破碎率，降低收获效率，且茎秆韧性增大会使切割粉碎效果变差。

新型割台减损增效设计理念应使拉筋辊间距合理且调整方便，转速应根据收割作业时地面环境（坡地、洼地、泥泞地、小地块等差异）、作物环境（作物品种、种植模式、茎穗含水率等差异）和气候环境（收获时段、田间湿度等差异），进行相应调整，使机器前进速度与割台转速科学匹配，实现减损增效的目的。

对此，针对玉米收获机割台部分开展以下技术创新：

① 创制板式双数割台。由传动箱、动力轴、从动轴、第一链轮、第二链轮、拉筋辊等组成（图1）。将原单一链轮传动改为双排链轮传动，使拉茎辊转速在 750~950 转/分钟之间转换，提高茎秆切割效率和果穗摘离完整性。玉米密度在 5500 株/亩左右时，割台转速 ≥ 800 转/分钟，作业速度 ≤ 4 千米/小时；种植密度较大时作业速度控制在 6 千米/小时、割台转速在 750 转/分钟；当茎秆直径 >25 毫米时，转速应在 900~950 转/分钟、作业速度在 3~5 千米/小时；当玉米倒伏率 $>30\%$ 时，作业速度在 2~3 千米/小时；倒伏方向与作业方向夹角 $>45^\circ$ 时，逆倒伏方向作业，转速 900 转/分钟左右。摘穗板拉茎辊组合采用浮动式结构，使摘穗板间距在 25~40 毫米、拉茎辊间距在 0~15 毫米范围内调整，实现拉茎辊压力动态可调，减少割台堵塞几率，节省维护调整时间。根据作物倒伏情况，加长扶禾器，在摘穗辊前端加装拨禾轮，转速 200~250 转/分钟，强制将茎秆导入摘穗辊间隙。通过提高对不对行、茎秆倒伏、不同茎穗含水率等复杂收获作业环境具有更好的适应性，减少前端收获损失。



（a）原割台总体结构

1.梁架装置;2.传动装置;3.玉米穗传送搅龙;
4.秸秆扶杆;5.摘穗台装置;6.秸秆铡刀装置

（b）增设可调传动机构

1. 第四链轮; 2. 驱动轮; 3. 固定箱; 4. 拉筋辊;
5. 定位轮; 6. 第一链条; 7. 动力轴; 8. 第二链
轮; 9. 第一链轮; 10. 从动轴; 11. 第三链轮

图1 双数割台结构示意图

② 研发高效秸秆粉碎装置。

前置式布局，顺切辊刀多组并行设计，拉茎摘穗与茎秆切段协同进行，上摘下切，简化结构，解决辊刀横向切割秸秆耗能大、割台离地近易触土等技术难题，适应起伏不平的复杂地况收获。作业过程中，辊刀状态直接影响茎秆切段和粉碎质量，须始终保持开刃锋利状态才能实现连续高效切割。但在 25 天左右收获期内，切割一定时间刃口会逐渐钝化，无法有

效切割和粉碎，导致粉碎装置和升运机构堵塞，影响作业效率。传统切割装置的辊刀沿同一方向旋转过程中，一组刀刃在切割，另一面刀刃无法得到利用，不仅浪费资源，且刀刃转换需人工拆装，更换过程复杂二频繁，耗时、费力、低效。

为提高茎秆粉碎效率和收割效果，开发基于机械连锁动作的秸秆粉碎装置和下割刀装置。新型秸秆粉碎装置外壳采用圆筒形设计（图 2），壳内绕轴线均设多个刀片。刀片处于粉碎和打磨两种模式。粉碎模式时刀片端面与水平面平行，打磨模式时刀片端面与水平面之间存有夹角。设有磨刀单元，2 个磨刀石沿外壳径向方向设置。磨刀时刀片转动倾斜，刃口在围绕外壳轴线转动时与磨刀石端面接触，实现刃口自动打磨。

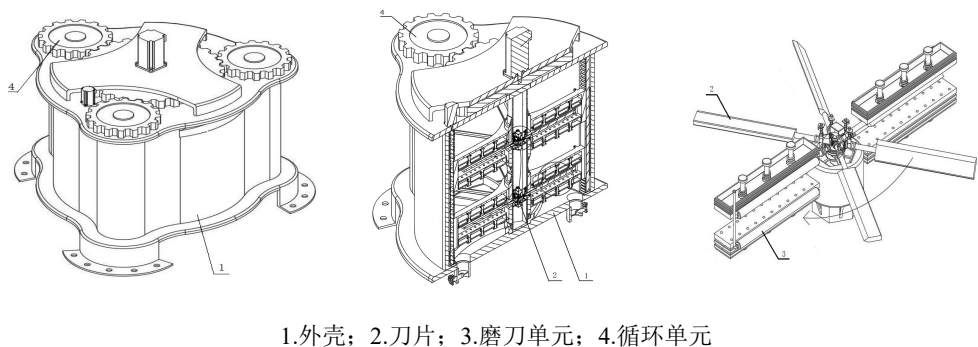


图 2 一种基于机械连锁动作的玉米收割机秸秆粉碎装置示意图

同时设计一种下割刀装置由置物板、拨杆机构、输送机构、辊刀、安装筒、U 型连接件、传动结构、气缸、固定套筒、棘条板、棘轮等组成（图 3）。通过设置转向机构，利用升降组件与锁止组件配合，能对切割刀进行 180° 转向操作。当辊刀一面刀刃严重磨损时，可更换另一面锋利刀刃持续切割作业。更换过程无需人为干预，刀刃转换快速，延长割刀寿命，实现作业期长时间不换刀不间断收割，大大提升机收效率和茎穗分离效果，防堵、减损、提质、增效。

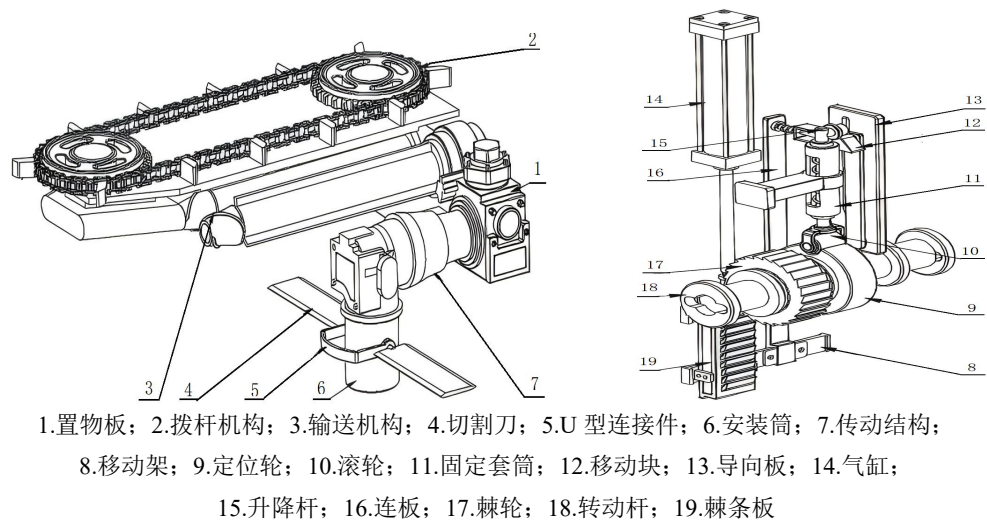


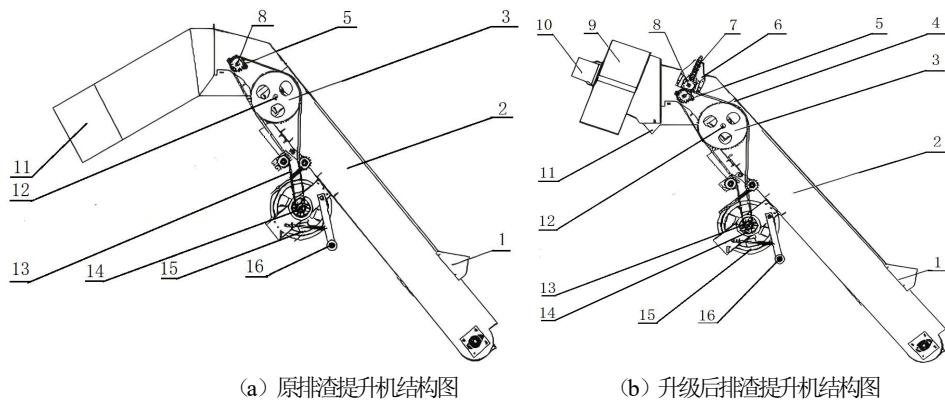
图 3 下割刀装置结构示意图

根据辽宁省农业机械推广鉴定测试，板式可调双数割台设计使秸秆粉碎长度合格率达 $87.97\% > 85\%$ （标准），并适应多地形多环境机械化收获作业，大大减少前端收获损失。

(2) 茎穗高效分离减损技术

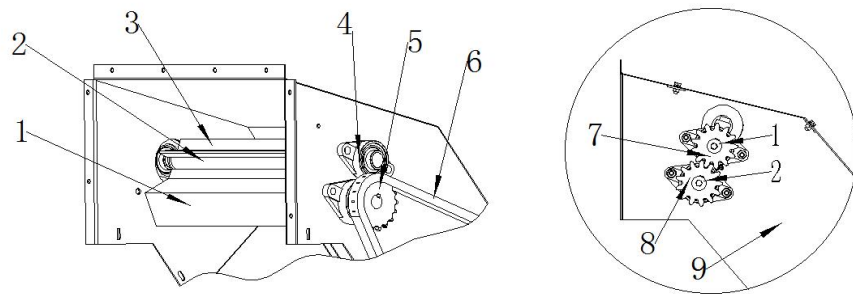
传统割台摘穗方式均摘穗一次。尽管板式双数割台能够降低果穗啃伤率和籽粒破碎率，但果穗含杂率依然偏高。尤其是茎秆夹持输送结构复杂，一旦出现茎秆拉断等现象，会使那些未切断的秸秆和未脱掉的苞叶进入提升装置，导致堵塞排渣风口，或从出料口掉入剥皮机导致剥皮机构，进而影响剥皮效果、增加果穗含杂率，且风口堵塞需要人工清理，不仅费时费力费工，而且经常堵塞还会造成机器超负荷运转，缩短机器使用寿命。此外，在秸秆潮湿、上杂量大等情况下，升运机构也会经常出现排渣风口堵塞现象，导致出料口卡死。为持续解决果穗含杂率偏高和升运机构影响作业效率问题，开展茎穗高效分离减损技术创新。

① 开发一种强力排渣提升机构。由提升机本体、进料口、出料口、鼓风机、二次摘穗装置、排渣风机、角箱、防卡死结构等构成，解决果穗含杂率偏高和升运机影响作业效率问题（图4）。将原风口设计成风机形式，利用风机旋转推力原理将杂物送出，并在传动轴上设有防卡死结构，防止杂物堵塞，解决风口易堵难修问题，提高了渣料提升效率和收获作业效率。增设二次摘穗装置（图5），作为强力排渣提升机核心部件。二次摘穗装置前后两侧分设主动轴和从动轴，采用圆轴形式，能实现二次摘穗，但摘穗仍不彻底，且有部分秸秆进入脱皮机或料箱导致粮仓杂质过多，不仅易堵塞，而且增加脱皮机故障率。后将从动轴和主动轴分别改进为圆轴焊接刀片式和方轴形式结构，保障二次摘穗质量，避免堵塞情况，减少脱皮机故障率和疏通排障时间，实现果穗摘得净目标。果穗含杂率 $0.05\% < 1\%$ （标准）。



1.进料口；2.提升机本体；3.第二链轮；4.输送装置；5.第一链轮；6.二次摘穗装置；7.防卡死结构；8.提升轴；9.排渣风机；10.角箱；11.出料口；12.第二传递轴；13.链条；14.第三链轮；15.鼓风机；16.动力输出轴

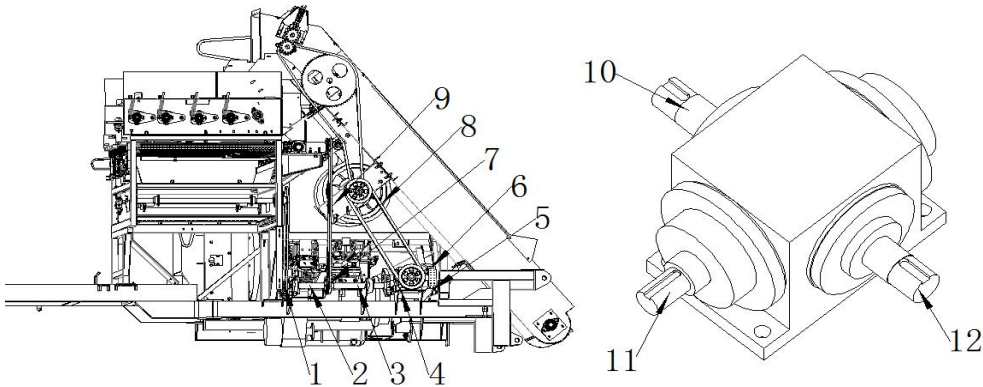
图4 排渣提升机的结构示意图



1.主动轴；2.从动轴；3.刀片；4.瓦和轴承；5.链轮；6.链条；7.从动齿轮；8.主动齿轮；9.主体

图5 二次摘穗装置结构图

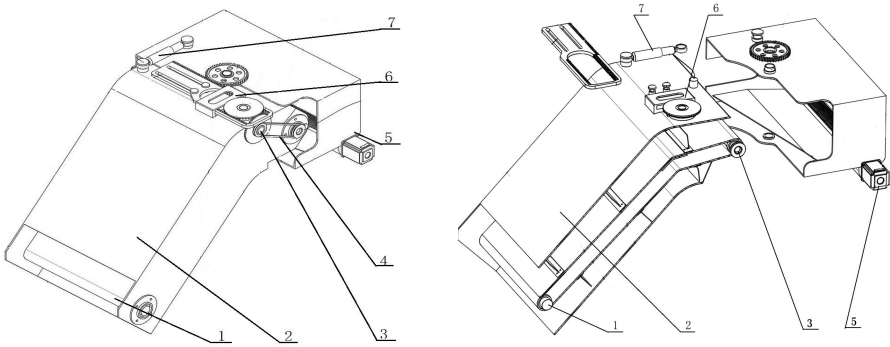
② 开发高效扒皮减损机构。苞叶含水率高则扒不净，反之则易损伤籽粒。研发的双速动力分配系统在传动轴上设置2个直径不等的带轮，可根据苞叶含水率选配适宜的转速，实现双速扒皮，解决不同收获期苞叶含水率变化导致扒不净和籽粒破碎率高的问题（图6）。



1.第三变速轮；2.传动轴；3.变速系统；4.角箱；5.动力皮带；6.第一变速轮；7.第二变速轮；
8.风机动力输出皮带；9.动力输出皮带；10.第一轴；11.第二轴；12.第三轴

图6 双速动力分配系统结构图

同时，针对果穗落入扒皮机时并非均布导致扒皮机大部分空间未能分配到苞叶果穗问题，开发一种可调节的玉米收割机输送装置。该装置由主体、输送组件、驱动组件、皮带、联动组件、调节组件、伸缩杆组成，位于升运机构上方（图7）。通过调节、输送、驱动、联动等组件相互配合，带动摆动框摆动，使果穗呈扇形均匀散布到扒皮机内，提高扒皮效果和工作效率。苞叶剥净率 $97.29\% > 85\%$ （标准）。

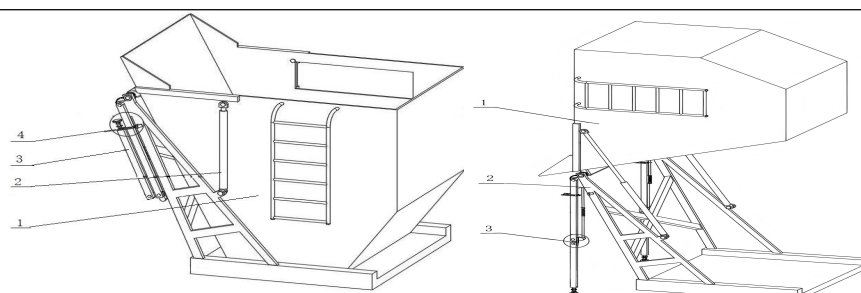


1.主体；2.输送组件；3.驱动组件；4.皮带；5.联动组件；6.调节组件；7.伸缩杆

图7 一种可调节的玉米收割机输送装置结构图

（3）籽粒回收减损增效技术

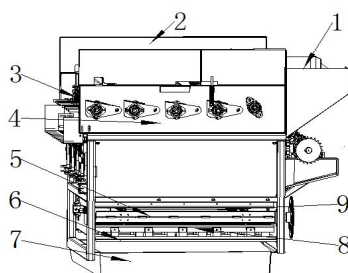
① 设计一种升降式粮仓结构。果穗进入粮仓后由出料管排出，但受出料管口径限制，果穗排出速度受限，且出料管高度影响果穗直接卸到运输车内，影响作业效率。升降式粮仓由仓体、卸料机构、液压伸缩轴、辅助支撑机构、限位锁定机构等构成，见图8。当仓体装满果穗需要卸料时，升降驱动组件驱动仓体升起，仓体以支架顶端为支点同步旋转移动，使仓口位置旋转倾斜向下，进而将仓体内的果穗直接倒入转运车，减少卸料时间，提高转运效率。



1.仓体；2.卸料机构；3.辅助支撑机构；4.限位锁定机构

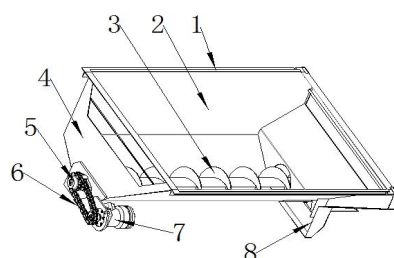
图8 升降式粮仓结构图

② 研制新型籽粒回收装置。传统收获机籽粒回收装置在加大排杂风力的同时，籽粒回收率会降低，主因在于绞龙式排杂装置的风力能把秸秆、苞叶及碎渣一起吹走。且绞龙式排杂装置与回收盒之间存在移动空隙时也易造成籽粒掉落。新型籽粒回收装置由进料口、壳体盖、壳体、扒皮机、带式排杂装置、回收盒等构成，见图9和图10。带式排杂设计可改变内部风力较大状态，减小筛网与回收盒间隙和筛网高度能解决传统绞龙回收方式籽粒损失率大问题。绞龙与电机链传动连接，能使绞龙在不损伤籽粒的转速下匀速运行。出料仓门向下打开起到导流板作用，加长出料口用以避免掉粒、漏粒。籽粒回收装置下设万向轮装置，使回收装置在水平方向以80次/分钟的频率往复振动，增加籽粒通过量，并将苞叶夹带的籽粒分离出来，通过筛网进入回收箱。



1. 进料口；2. 壳体盖；3. 壳体；4. 扒皮机；5. 排杂装置；6. 筛网；7. 回收盒；8. 出料口；9. 苞叶出口

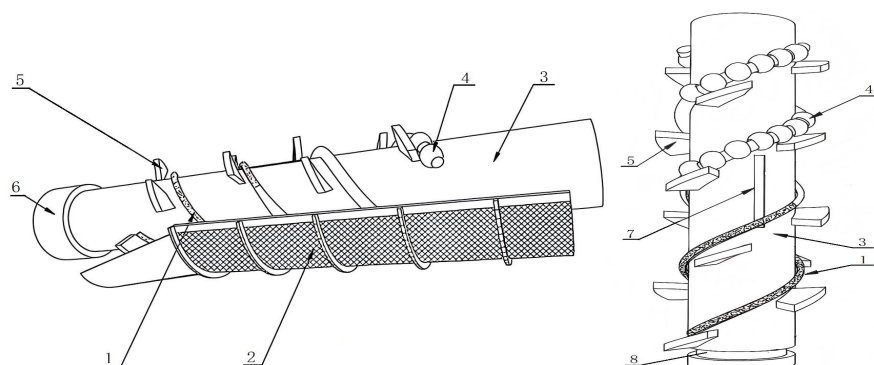
图9 籽粒回收装置结构图



1. 机壳；2. U形回收仓；3. 绞龙；4. 左侧板；5. 链轮；6. 链条；7. 电机；8. 右侧板

图10 籽粒回收盒结构图

③ 开发籽粒回收机构。针对直接脱粒的玉米收获机，开展脱粒清选减损技术研究。目前，收获机脱粒滚筒对较小果穗的脱粒效果并不理想，脱粒齿无法充分击打果穗各部位，且格栅与果穗间的摩擦力不能均匀作用在较小果穗的整个表面，使部分籽粒留在穗芯，导致脱粒不净。此外，果穗含水率过高会使其纤维组织膨胀、松软，导致脱粒齿难将籽粒分离。新型籽粒回收机构由脱粒滚筒、脱粒轴、脱粒齿、挤压球、环形槽、倾斜板等构成，见图11。脱粒轴上设有多个螺旋间隔分布的脱粒齿，脱粒滚筒和脱粒齿随之旋转时经摩擦挤压可实现初步脱粒，加之脱粒齿击打，助力小尺寸或松软果穗脱粒。螺旋杆在脱粒齿间隙往复移动挤压果穗推向格栅，其中部上下粗细不同且渐变，利于不同阶段果穗脱粒与杂质分离。



1.螺旋杆；2.脱粒滚筒；3.脱粒轴；4.挤压球；5.脱粒齿；6.连接座；7.条形板；8.环形槽

图 11 籽粒回收机构示意图

通过多层级减损，籽粒破碎率 $0.05\% < 0.80\%$ （标准），总损失率 $0.45\% < 3.50\%$ （标准），比辽宁玉米机收最低损失率低 1.31%，机收减损 6.29 千克/亩。

（4）开发 10 种装备产品，实现科技成果产业化应用

重点开发作业效率高、应用度广的低损增效 4 行自走式玉米收获机，兼顾平原区和丘陵区多地形多环境收获作业，以广适性、经济性和损失低的优势，抢占市场高地。2022 年以来助力辽拓大益推出 4 行自走式玉米收获机 10 种，均通过省级农业机械鉴定并进入国家农机购置补贴目录。系列产品可以兼顾平原区和丘陵区多地形多环境收获作业，以其广适性、经济性和损失低的优势，成为国内摘穗型自走式玉米收获机的代表机型之一（图 12）。



4YZ-4B（G4）收获机 4YZ-4BJ（G4）收获机 4YZ-4EY 玉米收获机 4YZ-4F 玉米收获机



YZ-4H 自走式玉米收获机 4YZ-4A 自走式玉米收获机 4YZ-4L 自走式玉米收获机



4YZ-4G 自走式玉米收获机 4YZ-4J 自走式玉米收获机 4YZ-4ZY 自走式玉米收获机

图 12 辽拓大益 4 行自走式玉米收获机产品

技术措施：一是实地调研法。以机收减损增效为目标，调查辽宁玉米收获机机收减损情况，验证4行自走式玉米收获机的减损效果。二是试验鉴定法。根据国家农业机械产品鉴定大纲规定的检测事项，由权威部门对4行自走式玉米收获机的有关指标进行检测。三是实现3大核心关键技术集成，创制低损增效收获装备，推进产业化生产。

组织措施：一是形成产学研推合力，突出技术集成与装备创新。组建项目创新团队，发挥各方优势，共建农机研发制造推广应用一体化产业体系。辽宁省农业机械化研究所结合参与实施的国家重点研发计划项目，共建科研实习基地，与辽拓大益合作解决收获机秸秆处理不匀问题。辽宁省农业农业发展服务中心结合农机试验鉴定评价和技术推广职能，帮助企业把脉产品性能。抚顺市农业发展服务中心发挥技术推广作用，助力辽拓大益4行自走式玉米收获机在抚顺地区近三年推广508台，位居全省销量首位。二是开展机收减损培训，倡导“减损就是增收”理念。参与全省机收减损活动，依托国家重点研发计划项目，利用省市县乡农机推广服务网络，三年累计组织培训42次，培训人员2350人。

推广模式

一、“合作社+推广体系”模式。依托分布各地的农机合作社力量，达到广而告之的宣传效果。辽拓大益4行玉米收获机以其广适、低损、高效、价格适中的特点，得得用户的信赖，销售量占据辽宁4行玉米收获机市场首位。依托原有农机技术推广体系，开展新机具的示范推广。辽宁省农业农村发展服务中心和各级农机技术推广部门组建从省到乡4级推广网络，在新品研发、试验、鉴定、推广中发挥各自优势。抚顺市农业农村发展服务中心与辽拓大益密切配合，在组织召开的机收减损现场会和培训会中，现场展示辽拓大益自走式玉米收获机，讲授玉米机收减损的方式方法，使辽拓大益主导产品4行玉米收获机畅销全省，走向全国，成为全国玉米收获机十大畅销产品之一（图13）。





图 13 现场演示与技术培训

二、“代理商+新媒体”模式。全省 14 个市 23 个县建立产品代理商 45 家，带动从业人员近 200 人。发展自媒体宣传员 23 人，利用快手、抖音等网络新媒体，及时发布、宣传、推广新机具，通过视频将产品的多地形多环境适应性展示出来，将产品的减损增效优势凸显出来，让用户眼见为实，加速 4 行自走式玉米收获机的普及应用（图 14）。



图 14 新媒体宣传截图

主要技术指标:

1.技术经济指标

(1) 集成机收减损增效自主知识产权核心关键技术 3 个, 解决机收减损技术难题 5 个, 机收籽粒总损失率 $0.45\% \leq 3.5\%$ (国家标准), 比辽宁玉米机收最低总损失率低 1.31%, 单位面积减损 6.29 千克/亩;

(2) 获得国家授权发明专利 5 件, 实用新型专利 9 件; 发表国家及省级期刊论文 4 篇; 创制 4 行自走式玉米收获机 10 种, 均通过辽宁省农业机械推广鉴定并进入国家农机购置补贴目录。

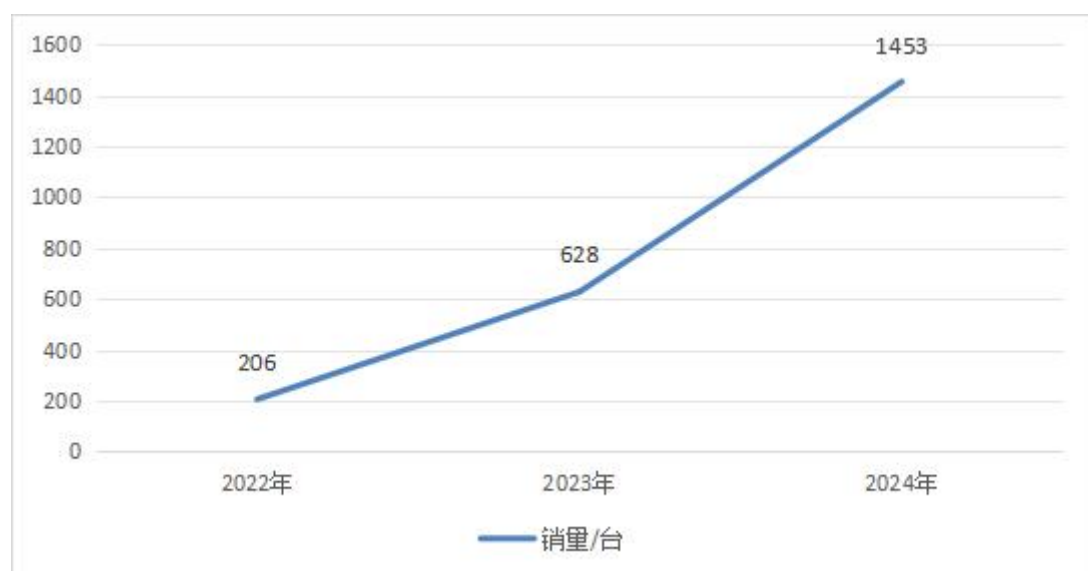
(3) 三年投入研发资金 1805.18 万元, 投入产出比 1:17.10; 累计销售产品 2287 台, 实现企业销售收入 3.09 亿元; 累计作业面积 661.24 万亩, 实现农民增收节支 5.21 亿元, 减少粮食损失 4.16 万吨, 经济、社会、生态效益显著。

2.同类先进技术比较

国外日本久保田玉米收割机在我国主销机型为 4YZB-4 型, 以功率最大 103 千瓦的辽拓大益 4 行机型与久保田 4YZ-4 型玉米收割机相比, 动力节省 8.04%, 单位面积最高油耗减低 14.29%。国内 13 个品牌 25 种 4 行自走式玉米收获机比对结果表明: 辽拓大益 4 行自走式玉米收获机平均节省动力 19.73%, 单位面积最高油耗减少 21.45%。机收籽粒总损失率 0.45%, 比辽宁玉米机收最低总损失率低 1.31%。

3.示范推广与成果转化效果

示范推广机收减损增效技术 3 项, 转化专利成果 14 件, 实现了科技创新-成果转化的高效融合, 体现出明显的系统创新性。图 15 为辽拓大益 4 行玉米收获机 2022-2024 年辽宁补贴销量。



图

15 辽拓大益 4 行玉米收获机 2022-2024 年辽宁补贴销量

3、项目取得的经济、社会、生态效益情况			
计划推广总规模 (万亩/万头/万只)	650	实际推广总规模 (万亩/万头/万只)	661.24
新增纯收益 (万元)	6286.21	核心技术平均推广度 (%)	62.04
累计示范区数目 (个)	457	累计示范区规模 (万亩/万头/万只)	661.24
新增总投入(万元)	45823.93	总经济效益(万元)	52110.14
内容叙述： 项目组针对玉米收获机割台适应性差、穗茎叶剥离不精准、脱粒清选不彻底三大机收损失难题，集成多地形作业减损增效技术、板式双数割台减损增效技术、穗茎叶高效处理减损技术和籽粒回收减损增效技术，构建多层级减损增效系统，实现整机结构优化和产品创新迭代。2022 年以来研发辽拓大益牌 4 行自走式玉米收获机新产品 10 种，实现成果产业化，均通过辽宁省农业机械推广鉴定并进入国家农机购置补贴目录。全国三年产品销售 5896 台，销往全国 9 省区，辽宁三年销售 2287 台，销量全省第一、全国第三。获得国家授权发明专利 5 件、实用新型专利 9 件，发表科技论文 4 篇；推广作业面积 661.24 万亩，减少粮食损失 4.16 万吨，作业效率较人工提高 53 倍，实现农民增收节支 5.21 亿元。经济、社会、生态效益明显。 1.技术成熟度 14 项国家授权专利成果得到转化应用，10 种低损高效收获装备均通过省级农业机械推广鉴定并进入国家农机购置补贴目录，技术装备成熟，地域适应性强，市场认可度高。三年辽宁销售产品 2287 台，实现了产品系列化、生产规模化，辽宁销量第一、全国销量第三。“辽拓大益”牌 4 行自走式玉米收获机已成为国内玉米收获机代表机型，全国十大玉米收获机畅销品牌之一。 2.推广应用效果 产品销量由 2022 年 206 台增至 2024 年 1453 台，销量增长 6.05 倍，实现跨越式发展。10 种装备为农机户提供了多样化选择，成为丘陵区机收作业的代表机型，辽宁销量第一，全国销量第三。三年累计收获作业面积 661.24 万亩，减少粮食损失 4.16 万吨，为农业减损增产、农民节本增收、乡村产业振兴提供了物质装备支撑，也为保障国家粮食安全做出了农机人的贡献，经济、社会和生态效益显著。			

3.综合效益

(1) 经济效益

项目实施期间，企业投入研发资金累计 1805.18 万元，投入产出比 1：17.10；销售产品 2287 台，实现企业销售收入 3.09 亿元。辽拓大益牌 4 行自走式玉米收获机位居辽宁销量第一、全国销量第三。三年累计作业面积 661.24 万亩，实现农民增收节支 5.21 亿元，经济效益显著。

(2) 社会效益

10 种低损增效自走式玉米收获机不仅适于平原区作业，而且适于坡地、洼地、小地块多地形作业，以及不对行、茎穗含水率高等复杂收获条件作业，满足了辽宁乃至东四省玉米收获装备需求，尤其是解决长期以来丘陵区玉米收获“无好机可用”难题，解决了农村用工难、用工贵的难题，实现了“机器换人”。农机手通过使用低损增效玉米收获机开展农机社会化作业服务，作业效率较人工提高 53 倍，每亩节本增收 125.09 元，实现了节本增收，三年累计作业面积 661.24 万亩，减少粮食损失 4.16 万吨，社会效益显著。

(3) 生态效益

国内同型号 4 行机比对，动力节省 19.73%，单位面积最高油耗降低 21.45%，机收总损失率降至 0.45%，节本节能降耗，减少碳排放量，降低环境污染。粉碎长度合格率达到 87.97%，有助于提高秸秆覆盖还田效果，生态效益显著。

三、主要完成人员情况简表

名次	姓 名	参加项目时 的工作单位	单位 性质	单位 类别
1	边伟明	抚顺市农业农村发展服务中心	事业单位	市属
2	高希君	辽宁省农业机械化研究所	独立科研单位	省属
3	鞠晓丹	沈阳市乡村振兴发展中心	事业单位	市属
4	王博	辽宁省农业农村发展服务中心	事业单位	省属
5	孙志刚	本溪市农业综合发展服务中心	事业单位	市属
6	张金辉	朝阳市农业发展服务中心	事业单位	市属
7	李东翰	清原满族自治县农机化技术推广服务站	事业单位	县属
8	白菊	凌源市农业综合行政执法队	事业单位	县属
9	陆宝坤	北镇市高山子镇综合事务服务中心	事业单位	县属
10	陈秀凤	凌源市刀尔登镇产业发展服务中心	事业单位	县属
11	王萍	辽宁省农业农村发展服务中心	事业单位	省属
12	高文茂	新宾满族自治县农业农村发展服务中心	事业单位	县属
13	宋立君	义县农业农村综合服务中心	事业单位	县属
14	苏晓明	辽阳县刘二堡镇人民政府农业中心	事业单位	县属
15	白凤贤	凤城市农业综合行政执法队	事业单位	县属

说明：主要完成人数不超过 15 人。

四、主要完成单位情况表

序号	单 位 名 称	单位性质	单位类别	备 注
1	抚顺市农业农村发展服务中心	事业单位	市属	
2	辽宁省农业机械化研究所	独立科研单位	省属	
3	辽宁省农业农村发展服务中心	事业单位	省属	
4	沈阳市乡村振兴发展中心	事业单位	市属	
5	本溪市农业综合发展服务中心	事业单位	市属	

说明：主要完成（合作）单位不超过 5 个。单位名称必须为全称，且具有法人资格。

五、推荐意见

第一完成单位 申请意见	负责人签字：_____ 盖 章 年 月 日
项目申报 归口管理单位 推荐意见	负责人签字：_____ 盖 章 年 月 日