

引用本文格式 杨怀君, 张鲁云, 李文春, 等. 耕整地机械发展现状与对策建议[J]. 农业工程, 2023, 13(9): 5-11. DOI: 10.19998/j.cnki.2095-1795.2023.09.001. YANG Huaijun, ZHANG Luyun, LI Wenchun, et al. Development status and suggestions of tillage and land preparation machinery at home and abroad[J]. Agricultural Engineering, 2023, 13(9): 5-11.

## 耕整地机械发展现状与对策建议

杨怀君<sup>1</sup>, 张鲁云<sup>1</sup>, 李文春<sup>2</sup>, 宋禹莹<sup>3</sup>

(1. 新疆农垦科学院机械装备研究所, 新疆 石河子 832000; 2. 图木舒克银丰现代农业装备有限公司, 新疆 图木舒克 844000; 3. 石河子大学机械电气工程学院, 新疆 石河子 832000)

**摘要:** 耕整地机械是最基本的农田作业机械, 作业目的是为了使土质疏松、地表平整、除草灭虫及消灭病菌, 给种子发芽、出苗和作物根系生长发育提供良好的自然生态环境。简述了国内外耕整地机械种类、机型和应用现状, 分析了其特点和发展趋势。根据我国农业机械现状和精准农业实际需求, 提出对策与建议, 以促进耕整地机械装备的快速发展。

**关键词:** 耕整地机械; 智能农业; 节能降耗; 农业工程

中图分类号: S222 文献标识码: A 文章编号: 2095-1795(2023)09-0005-07

DOI: 10.19998/j.cnki.2095-1795.2023.09.001

## Development Status and Suggestions of Tillage and Land Preparation Machinery at Home and Abroad

YANG Huaijun<sup>1</sup>, ZHANG Luyun<sup>1</sup>, LI Wenchun<sup>2</sup>, Song Yuying<sup>3</sup>

(1. Machinery and Equipment Institute of Xinjiang Academy of Agricultural Reclamation Sciences, Shihezi Xinjiang 832000, China; 2. Tumushuke Yin Feng Modern Agricultural Equipment, Tumushuke Xinjiang 844000, China; 3. College of Mechanical and Electrical Engineering, Shihezi University, Shihezi Xinjiang 832000, China)

**Abstract:** Tillage and land preparation machinery are the most basic farmland operation machinery, operation purpose is to loosen soil, surface leveling, eliminate weeds, pests and germs, provide a good natural ecological environment for seed germination and emergence and crop root growth and development. Various models and application status of loose tillage and land preparation machinery at home and abroad were described briefly. Characteristics and development trend were analyzed. According to current situation of agricultural machinery and actual demand of precision agriculture in China, corresponding countermeasures and suggestions were put forward, in order to promote tillage and land preparation machinery and equipments development rapidly.

**Keywords:** tillage and land preparation machinery, intelligent agriculture, energy saving and consumption reduction, agricultural engineering

### 0 引言

农业领域的耕整地机具可以对种植土壤进行松、整、翻耕作业, 打破犁底层, 把下部坚实的土壤与上部熟土层进行分层置换, 厌氧生物在疏松的土层中与氧充分结合, 增加土壤的耕层深度, 提升土壤的通透性, 提高耕作土壤的微量元素含量, 使耕层厚实疏松, 加大土壤颗粒之间的孔隙度, 有利于作物种子发芽和根系生长。同时, 形成的松软海绵体土质吸收了天然雨水, 提高了土地蓄水保墒和抵御干旱的能力。此外,

翻耕作业可以清除残茬杂草, 掩埋土壤表面的病虫害, 发酵生成生物有机肥料。将作物秸秆粉碎后和土壤进行充分融合, 有利于秸秆残茬快速腐烂和土质改良优化, 提高土壤自然肥力。

与国外农业发达国家同类机型相比, 目前我国的耕整地机械装备还普遍存在速度低、阻力大、能耗高、磨损快及多数缺少电子操控装置等不足, 没有完全实现精准智能化农业, 造成能源消耗与资源浪费<sup>[1]</sup>。加工设备、制造工艺与发达国家还存在一定的差距, 产品普遍存在功能单一、配套系列机具种类少及故障率

收稿日期: 2023-02-22 修回日期: 2023-05-06

基金项目: 新疆生产建设兵团财政科技计划项目(2021DB011); 新疆生产建设兵团科技发展专项(2023CB007-01)

作者简介: 杨怀君, 副研究员, 主要从事地表作物收获及耕整地机械研究 E-mail: 258203931@qq.com

张鲁云, 通信作者, 硕士, 高级工程师, 主要从事农业机械设计与制造 E-mail: zhangluyun1972@163.com

在线投稿  
www.d1ae.com

较高等诸多问题。根据我国国情和农业产业发展现状,应以自主研发机具为主,引进国外先进农业机械技术为辅,对耕整地机械进行快速更新换代,以促进我国农业生产实现机械化智能作业。

## 1 松翻耕整地意义

### 1.1 有利于作物生长发育

农作物根系的生长发育状况与土壤的自然生态条件息息相关,而培育良好的根系是作物高产的基础<sup>[2]</sup>。深翻耕种植土层可以为根系创造一个优良的生长环境,促进根系快速生长,使作物根系垂直分布整体向下移动,吸取深层土壤中的肥沃养料<sup>[3-4]</sup>。田间实地测试表明,在耕层较浅、质地坚硬的土壤环境中,作物根系短小,光合作用减弱,叶片衰老加剧,产量、干物质和品相降低。而与此相反,如果生长在耕层厚实、土质疏松的环境中,农作物光合作用显著增强,较好的光合效果使得植株根系粗壮发达、活力旺盛,产量和品相也随之增加。

### 1.2 改善土壤种植环境

经过翻耕机械作业,土地肥力增加,土壤颗粒细化,所含生物质营养成分被加速催化激活释放,更易于被农作物根系吸收。种植区域全耕层土壤疏松透气,促进氧气流通和微生物活动,有利于作物根系生长发育<sup>[5-6]</sup>。土壤物理结构也得到了全面的改良和优化,杂草和病虫害的发生明显减少。深松铲在土层底部产生导流槽,起到蓄水保墒作用。而上部经过翻松耕之后生成疏松的海绵体,增强了土壤的通透性和保水性,便于存储天然降水和灌溉用水,可以保障农作物在出苗发育生长期时水肥均衡稳定供给。

### 1.3 农业生产重要环节

整地是最基本的农田作业环节,经过整地之后土地表面细碎疏松且平整度较好,为随后的施肥播种和种子发芽创造一个良好的生长环境。滴灌铺膜播种和精准农业的技术发展,对农田平整度的要求也越来越高。平整度、碎土率、灭茬率等各种整地质量指标的好坏直接影响后续各项工作进行,而较高的发芽率、出苗率则是农业稳产高产的必备条件。

## 2 研究现状

### 2.1 翻耕机械

翻耕机械根据其耕作部件的工作原理,可以分为铧式犁、圆盘犁和旋耕机等类型,其中铧式犁的应用最为广泛<sup>[7]</sup>。翻转犁通过翻转油缸带动犁体跟随犁架交替翻转,在翻耕作业过程中上下犁体轮流工作,犁耕之后土垡垡片都向一边均匀倾倒,避免产生较大沟壑,地表平整度较好<sup>[8]</sup>。翻转犁以其独特高效的工作

方式,成为翻耕机械中的重要机型,在农业生产中得到广泛应用。

#### 2.1.1 国内研究现状

我国使用的翻耕机械主要有铧式犁、液压翻转犁、牵引犁等,研发工作起步较早,但是长期以来发展缓慢。和国外同类型翻耕机具相比,我国的机具普遍寿命短、磨损快、机体笨重、犁耕阻力大及工作效率低,在翻耕作业中消耗了大量的能源。随着引进国外先进农具,国内与大功率拖拉机相配套的翻耕机械几乎全被国外生产厂家所垄断<sup>[9-10]</sup>。面对这种现状,近年来农机科研工作者也坚持不懈地做了大量的研究和实践工作,许多性能优良的机具陆续推向市场。

郑炫等<sup>[11]</sup>研制出 1LFS-435 型液压翻转浅翻深松犁,通过翻转油缸实现犁体换向翻转;犁耕作业时,主犁体进行正常的翻耕土垡工作,主犁体下部的深松铲齿同时进行深松作业,在 300 mm 翻耕土壤底部生成 100 mm 深松土层,形成有利于作物根系生长发育的上虚下实土壤种植结构。郑德聪等<sup>[12]</sup>利用反求工程和计算机测绘技术,建立了翻转机构数学模型并进行了犁体装配尺寸链的分析计算,最后将设计结果应用于液压翻转犁的批量生产制造中。杨化伟等<sup>[13]</sup>利用水平直元线法绘制犁体曲面原理,使得犁体曲面参数设计变得直观。

#### 2.1.2 国外研究现状

国外翻耕机械领域代表性的产品有美国约翰迪尔的 5 铧液压翻转犁、德国雷肯的欧派翻转犁、法国库恩的格尔-贝松和格兰的翻转犁。约翰迪尔采用高强度材料的犁铲和具有独特结构设计的犁架,使得犁具可以与多种型号的大功率拖拉机配套使用。半圆柱形镜面犁体翻垡效果良好,翻耕后地表平整,非常适合后续的铺膜播种作业。德国雷肯悬挂翻转犁,如图 1 所示,关键部件都经过先进的热处理技术加工处理,耐磨耐用,抗疲劳强度高,配备安全剪切螺栓保护犁体负荷过载<sup>[14]</sup>。法国格力格尔-贝松翻转 5 铧犁,独特的犁梁形状设计,既增加了整机大梁的强度,又使得机具重心整体后移,有利于保护犁体<sup>[15]</sup>。犁柱采用先进的空心铸造技术,在减轻整架犁具质量的同时又增加了整机强度。采用可移动拆卸式带自磨刃的犁尖,使用寿命更长。

### 2.2 旋耕机械

旋耕机是一种由动力驱动刀盘旋转的松、翻、整地机械,具有较强的切土、碎土、灭茬功能。一次旋耕作业即可达到多次耕整地的实际功效,旋耕后地表平整、土质松软,非常适合精准农业的作业要求。

#### 2.2.1 国内研究现状

目前我国的旋耕机械产品,以卧式旋耕机为主,



图1 德国雷肯翻转犁

Fig.1 Germany LEMKEN overturning plow

这种旋耕机对各种类型土壤适应性较强，旋耕效果好，可同时达到翻耕、碎土和平整土地的要求，满足多数情况下的耕整地需求。缺点则是耕深较浅，一般12~18 cm，无法满足现代深翻耕农业技术的要求。在实际工作中漏耕情况严重，而且旋耕刀容易被杂草缠绕和泥土堵塞，导致机具动能功率消耗增大<sup>[16]</sup>。针对卧式旋耕机存在的诸多缺陷，近年来推出了立式和斜置式旋耕机。立式旋耕机适用于灭茬作业，斜置式旋耕机融合犁与旋耕机的特性，是新型旋耕作业机具。

旋耕刀刀口作业曲线大多采用阿基米德曲线，此外正弦指数曲线、等角对数曲线等也在不同的机型上有所应用。近年来，我国科研工作者相继提出了节能型刀口、放射螺旋线、平面型和曲面型等多种刀口曲线模式，并投入到机具实际生产中，取得了较好的效果。为了适应各种地段耕整地的需求，相继开发出1.25~2.80 m多种幅宽的旋耕机。如南昌旋耕机厂的1G和1GN系列旋耕机，江苏连云港旋耕机集团公司的1GE2-210型旋耕机和1GQN-250S型旋耕机等。

我国旋耕机械存在的主要问题是机型不统一、故障率高、可靠性差、关键部件耐磨性与疲劳破损不稳定、制造加工工艺水平较低，无故障作业时间<400 h，仅为国外同类产品的2/3左右。

### 2.2.2 国外研究现状

欧洲的农业自然生态环境相对优良，土质疏松肥沃，较少进行翻耕作业，而大多使用旋耕机进行浅翻整地。欧洲一些国家生产和使用旋耕机较多，MAS5型旋耕机和506型旋耕机是典型代表，滚刀直接安装在拖拉机轮轴上，轮轴驱动旋耕刀具切削土壤<sup>[17]</sup>。该种机型的特点是轻巧灵活，燃油消耗少，操作简便，非常适用于园林、庭院、温室及设施农业的旋耕作业。英国的牵引自驱式旋耕机，不需要拖拉机驱动，由前后配置的双排水平横轴滚刀组成<sup>[18]</sup>。与传统机型相比作业效率提升2倍，能耗降低30%。意大利CELLT公司生产的自动避让式旋耕机，机架前方装有传感器触杆，旋耕作业时触杆碰到障碍物之后，传感器触发

液压系统运转，液压油缸带动刀架产生横向位移。

日本大量使用水平横轴式旋耕机，1993年同类产品已达到56个系列、162个品种，功能各异。配套动力≤20 kW，耕幅1.4~2.8 m，耕深12~20 cm，机具小巧灵活，使用方便快捷。新推出的混层式深耕机产品，工作时刀轮深埋在土层中，耕深可以达到15~28 cm，旋耕、松耕、整地多道工序同时进行，大大提高了机具的工作效率。

### 2.3 深松机械

深松作业是保护性耕作的重要组成部分，深松作业可以改变土壤耕层结构、打破犁底层、蓄水抗旱及增温保墒。同时，深松阻力小，深松作业对地表土层与植被扰动较少，有效减轻土壤风蚀、雨蚀和光蚀。

#### 2.3.1 国内研究现状

我国深松机械研究起步较早，在深松机械的设计、制造、关键部件材料研发方面取得了较好的成果，研发的机具主要类型有侧弯刀式、杆齿式、翼铲式和振动式等。

山东大华宝来的W系列侧弯刀式深松机在国内应用比较广泛，深松铲采用弧面倒梯形结构，其制作材料使用高硼钢，强度高和耐磨性好，使得在国产农具使用寿命得到较大提高。黑龙江省农业机械工程科学研究院研发的1SL-535型杆齿式深松机，利用限深轮调节耕深，能够深入到地下35 cm左右，全方位深松土壤。国内振动式深松机主要有北京银华春翔农机有限公司开发的1SQ-250型深松机、沈阳农业大学研制的1SZ-2型深松机等<sup>[19]</sup>。振动式深松机虽在减阻降耗方面有显著效果，但目前相关技术还不是很成熟，关键部件材料的耐磨性和抗疲劳损伤方面还有更多的提升空间。目前各型振动式深松机价格相对较高，结构复杂，工作稳定性较低，制约了振动式深松机的推广应用。

#### 2.3.2 国外研究现状

国外深松作业机具已经非常成熟并相继开发出与之相配套的各种配件，新近研制的集免耕深松、施肥、灭茬等多种功能为一体的联合整地作业机械，促进了深松联合作业机的大面积推广应用。国外的深松联合作业机适用于一年一季的大面积耕地，机具作业幅宽大，作业效率高，但是往往机具的质量都比较大，通常达到10 t以上，所需牵引动力在150 kW以上，产品价格较高，但是性能稳定、作业质量比较好。

目前国外普遍应用的深松机有侧弯刀式深松机、振动式深松机及深松、整地、播种联合作业深松机等。侧弯刀式深松机由机架、侧弯刀深松铲柱、深松铲齿等部件组成，如图2所示，工作阻力小、牵引功耗少、作业效率高。振动式深松机有一个与拖拉机动力输出

轴相连的传动轴, 带动振动杠杆牵引臂使深松机产生振动, 工作时能大量减小土壤阻力, 提高工作效率。免耕播种联合作业机是将深松机、动力耙和播种机功能融合于一体的深松整地播种机, 可以一次完成深松、整地、播种等多种作业环节。常与 160 kW 以上拖拉机配套使用, 工作效率高, 使用灵活方便, 在大型农场应用广泛。



图2 全方位深松机  
Fig. 2 Bulk subsoiler

## 2.4 联合整地机械

平整土地是农业生产中重要的基础作业环节, 精准农业不断发展, 对土地的平整度要求也越来越高。联合整地作业机配有圆盘耙、钉齿耙、平土框、碎土辊、镇压器和耢子等部件, 一次作业即可完成碎土、松土、平整和镇压等多道工序, 作业速度快, 工作效率高。

### 2.4.1 国内研究现状

伴随着我国农业机械化的逐步推进, 联合整地作业机的研发和推广应用也快速发展。各地根据种植作物农艺需求研制了品种繁多、功能各异, 集旋耕、灭茬、碎土和整地为主体的联合作业机, 如图3所示。目前我国的联合作业机机型有旋耕深松联合作业机、SGTN-280型联合整地机、1GHL-280型旋松起垄机、1GSZ-210/280型组合式旋耕多用机及耕耘整地播种联合作业机等, 多种型号并存, 形式功能多样, 每种机型应用地域有其独特的要求, 大区域适应性有待进一步提高。

河南科技大学研制的旋耕深松联合作业机, 采用先松土后旋耕的作业方式, 配套拖拉机动力 88 kW。整机主要由深松铲齿、限深滑板、牵引悬挂架、传动箱总成和旋耕刀轴等主要部件组成。深松铲齿采用弧线形仿生学工作原理设计制造, 以减小土壤阻力。深松深度 240~280 mm、旋耕深度 120~150 mm、作业幅宽 1 500 mm, 适用于面积较小的耕作地块。

黑龙江省农业机械工程科学研究院研制的深松联合整地机系列产品, 主要工作部件由灭茬、深松、旋耕和起垄 4 个部分组成。灭茬部件采用 L 型弯刀, 刀



图3 国内联合整地机

Fig. 3 Domestic combined land preparation machine

轴转速 500 r/min, 灭茬深度 80 mm, 灭茬率>96%; 深松部件采用杆齿式深松铲, 深松深度最深 400 mm; 还可根据实际需求加装施肥和镇压装置。

### 2.4.2 国外研究现状

国外自 20 世纪 50 年代初期开始研发联合整地作业机械。英国、法国、德国和奥地利等生产和使用整体型联合整地作业机以缩短适播期。北美地区大多使用宽幅单项整地作业机, 约翰迪尔和凯斯纽荷兰相继开发了与大功率拖拉机相配套使用的重型、宽幅、高效联合整地作业机, 如图4所示。日本、韩国多使用集耕耘、施肥、播种和铺膜为一体的中小型联合整地作业机。



图4 国外大型联合整地作业机

Fig. 4 Foreign large scale combined land preparation machine

国外耕整地机械发展方向: 整机和工作部件模块化、种类多样化、批量生产少量化; 以旋耕、施肥、播种和整地为主体的联合作业机成为优先发展机型, 以适用于少耕、免耕的保护性耕作方式。机具结构不断创新、关键部件加工工艺逐渐完善、配套附属设备越来越多, 快速挂接环、动力输出轴离合器、过载保护器和自动避障器等装置不断在新机具上出现, 提升了机具工作的稳定性, 机具不断向高效、大宽幅、多功能的方向发展, 由传统的机械式向智能化的方向发展; 机电液一体化与智能化控制等新技术不断用于联合作业机组的作业监测、工作控制, 机具能根据实际工作条件自动调节耕深、碎土率、作业速度等各项工作指标。

### 3 存在问题

#### 3.1 机具功能单一

长期以来由于受到客观条件制约，我国缺少大型联合作业机，多以中小型农机具为主。在机械化耕整地作业中，拖拉机经常要挂接各种装备，进行多次田间联合作业，才能完成农作物种植对优质苗床土壤结构的需求。机具功能的单一性，导致在耕整地作业过程中必须不断地装配与拆卸相关配套部件，严重降低农业生产效率。不仅耽误了宝贵的农时，影响作物生长发育，还使播种、中耕、灌溉等各项后续工作难以展开。

#### 3.2 牵引机具不匹配

翻耕整地机械在工作时所受土壤阻力通常较大，因此牵引机具能量消耗巨大。但目前我国大功率拖拉机拥有量还较少，配套动力主要以中小型拖拉机为主，输出功率受限，这在很大程度上影响了耕整地机械的工作效率和作业质量。缺少大功率牵引机具使得机械故障频发且损耗严重，在降低作业功效的同时，也造成了额外的能源浪费。

#### 3.3 机械加工工艺水平较低

相对于发达国家，我国农业机械制造设备大多陈旧落后，工艺技术水平普遍较低，零部件加工精度不高，热处理技术不达标，导致国产耕整地农机具机体抗疲劳性差，结构设计不能满足各种不同土壤类型和适应种植环境的实际需求，与耕作土壤相接触的工作部件容易受力变形、断裂和磨损消耗过快，零配件更换频繁，以及液压油缸漏油的问题一直得不到较好地解决，这都大大降低了国产耕整地机械工作的可靠性和适用性。

#### 3.4 国产高端机械市场占有率低

耕整地机械装备的研发工作自 20 世纪 50 年代初期开始起步，但国产高端机具的市场占有率一直较低，目前国外进口高端产品占据大半市场。这主要是因为国产机械产品技术含量较低，通常还需要进行改进优化。耕整地机械的生产、销售、使用和售后服务等各项环节都不太完善，各种因素都制约了国产高端耕整地机械的快速发展。

### 4 对策建议

#### 4.1 研发集成化多功能机具

大型多功能集成化耕整地机械，最具代表性的机型是联合整地机。联合整地机集灭茬、深松、翻耕、碎土、覆土、平地 and 镇压种床等多种功能为一体，通过各种配套装置，一次作业即可准备好适合于种植的优质苗床土壤结构。多功能联合作业机能够有效减少

机械进地次数，减少机械作业对土壤的压实作用，保持土壤原始团粒结构，缓解土地板结硬化。大型多功能农业机械进行作业，不仅提高了劳动生产率，也使得工作时间明显缩短。

#### 4.2 提高机加工工艺水平

加快耕整地机械关键核心部件的研制开发，可根据不同的种植环境采用相应的材料制作相关零部件。提高机加工与热处理工艺水平，优化零部件热处理技术，提升零件制造加工精度。将机具各类部件国产化、标准化、模块化和系列化，以降低生产、使用和维护成本，彻底打破国外同类产品长期垄断我国农机市场的不利局面。

#### 4.3 自行研发和国外引进相结合

根据我国耕整地机械发展自身现状和农业领域的实际需求，引导国内相关农机企业开展适宜本地区的机具研发。根据规模化生产经营为依据，建立耕整地机具机械化生产服务示范基地，推进翻耕整地生产关键技术和机械装备的引进、开发和技术推广应用。另一方面，从国外引进同类先进机型、配件和技术软件，实现跨越式发展。

#### 4.4 农艺规程和耕整地机械相互结合

耕整地机械化想要达到高效作业，必须与农艺种植模式相结合，机械化作业要符合农艺种植模式的要求，农艺种植模式也要根据机械化作业的要求改变。但是我国各地农作物种植品种不同，农业生态环境大相径庭，种植模式大多适用于人工作业。因此，只有改变现有种植模式，使农机和农艺结合效果达到最好，才能使机械装备达到最佳状态，取得最好的费效比。

#### 4.5 实现耕整地机械装备信息共享

耕整地实现机械化作业需要相应的机械装备，然而由于受到农机产品供求信息不明等多种客观因素影响，致使农户很难选择到适用机型。农机生产部门应构建耕整地机械装备使用电子信息平台，通过网络信息平台收集国内外耕整地机械装备产品的相关信息，然后通过电脑互联网或手机 APP 实现信息实时共享，使得农业领域相关人员快捷方便查询最新机械装备信息动态，提高农机装备工作效率。

### 5 发展趋势

#### 5.1 机具功能多样化

从全球农业机械发展趋势看，耕整地机具电子化、功能多样化、大型化是发展主流，这主要是为了适应现代农业高效率机械化作业的需求。目前，国外先进耕整地作业机械，都具有碎土、翻耕、耙地、整地和播种等各种功能。我国的耕整地作业机械也应提高工作效率，朝多功能方向发展。

## 5.2 驱动型替代牵引型机具

现阶段要进一步提高和优化耕整地机械的作业功效, 需要从传统的牵引型向驱动型方向发展<sup>[20]</sup>。驱动型机具需要具备动力传动装置, 利用拖拉机的动力输出轴输出动力带动耕整地机具运转, 对不同类型的耕地适应性更强, 机具作业效率更高, 能够更好地发挥机具功效。目前的驱动型耕整地机械有旋耕机、动力耙、旋转犁、灭茬机和振动深松犁等各型装备, 驱动式耕整地机械显著降低了工作过程中受到的土壤阻力, 行进速度、作业质量、工作效率都得到大幅提高。

## 5.3 保护性耕作替代传统机具

有别于传统的耕作模式, 保护性耕作是近年来世界农业领域发展的新型种植模式<sup>[21]</sup>。免耕少耕种植方式, 不仅最大限度保留了土壤自我修复机能, 还能有效简化烦琐的传统耕作流程, 使农业生产逐渐回归原生态模式。近年来, 保护性耕作机具发展快速, 免耕少耕播种机等许多新机型广受农户欢迎, 同时也进一步推动了保护性耕作技术快速发展。

## 5.4 装备智能控制装置

伴随着北斗卫星导航系统(BDS)、遥感图像技术(RS)、大数据(CSDN)等各种电子信息技术的发展, 大型农业机械上也逐渐出现了智能控制装置, 不断提高机具工作部件的精准调控, 自动适时调整机具不同工作部件的工作参数。智能化控制对农业机械的研发制造产生了跨时代的影响, 促使耕整地机械装备向自动化、精准化、人工智能化方向快速推进。目前国外的耕整地机械, 大部分都加装了电子监控操纵装置, 人工智能化程度显著提高, 正向智慧型机具发展。

## 6 结束语

20世纪60年代, 发达国家开始将大型联合作业机具投入到农业生产中。伴随着科学技术的突飞猛进和大功率拖拉机的使用, 耕整地机械装备也在向快速、高效、超幅宽和联合作业的方向发展。近年来农业发达国家不断将工业领域的高端技术应用到农业机械设备的研发生产中, 使得现代农业耕整地机械装备发展成为集机、电、液、气等各种高新技术为一体的综合智慧型作业机具。

与发达国家相比, 我国耕整地机械在加工设备、制造工艺和售后服务等方面都存在不足和差距, 耕整地机械化整体水平还较低, 普遍存在产品功能单一、配套机具种类少、可靠性差及故障率高等问题。应根据国内农业生产实际状况, 对国产耕整地机械生产相关企业和购机用户提供农机购置补贴和扶持政策, 引导相关产业健康发展, 全面提高我国耕整地机械化水平。

## 参考文献

- [1] 马宁. 1GFY-200 翻旋联合整地机的研制[D]. 保定: 河北农业大学, 2014.  
MA Ning. Study on the 1GFY-200 plow and rotary tillage grading equipment[D]. Baoding: Hebei Agricultural University, 2014.
- [2] 高小东. 浅深松联合整地机的设计[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2016.  
GAO Xiaodong. Design of shallow deep loosening combined soil preparation machine[D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2016.
- [3] 韦本辉, 甘秀芹, 陈保善, 等. 粉垄整地与传统整地方式种植玉米和花生效果比较[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(6): 3 216-3 219.  
WEI Benhui, GAN Xiuqin, CHEN Baoshan, et al. Comparison of the cultivation of maize and peanuts by smash-riding and traditional land preparation methods[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2011, 39(6): 3 216-3 219.
- [4] HOULBROOKE D J, THOM E R, CHAPMAN R, et al. A study of the effects of soil bulk density on root and shoot growth of different ryegrass lines[J]. New Zealand Journal of Agricultural Research, 1997, 40(4): 429-435.
- [5] 唐向边, 宋纯军, 董振富. 玉米不同深松时间与深度对产量的影响[J]. 现代化农业, 2010(5): 20-24.
- [6] 徐天养, 赵正雄, 李忠环, 等. 耕作深度对烤烟生长、养分吸收及产量、质量的影响[J]. 作物学报, 2009, 35(7): 1 364-1 368.  
XU Tianyang, ZHAO Zhengxiong, LI Zhonghuan, et al. Effect of tilling depth on growth, nutrient uptake, yield and quality of flue-cured tobacco plant[J]. Acta Agronomica Sinica, 2009, 35(7): 1 364-1 368.
- [7] 丁为民, 王耀华, 彭嵩植. 正、反转旋耕不同耕作性能的比较[J]. 南京农业大学学报, 2003, 26(3): 105-109.  
DING Weimin, WANG Yaohua, PENG Songzhi. Comparison on performances of up-cut and down-cut rotary tillage[J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2003, 26(3): 105-109.
- [8] 齐格列尔 G. 犁的展望[J]. 农业机械学报, 1960, 4(1): 56-61.
- [9] 韩云龙, 尹继连. 法国格里格尔-贝松液压翻转犁性能测试[J]. 现代化农业, 2013(6): 46-47.
- [10] 高尔光. 大功率拖拉机配套铧式犁的结构特点和发展趋势[J]. 农业机械, 2003(7): 36-38.
- [11] 郑炫, 贾首星, 陈雪峰, 等. 1LFS-435 型浅翻深松翻转犁的设计与试验[J]. 中国农机化, 2012, 33(1): 129-131.  
ZHENG Xuan, JIA Shouxing, CHEN Xuefeng, et al. Design of 1LFS-435 type shallow ploughing and subsoiling turnover plow [J]. Chinese Agricultural Mechanization, 2012, 33(1): 129-131.
- [12] 郑德聪, 王玉顺, 吴海平, 等. 双向犁翻转机构反求设计[J]. 农业工程学报, 1999, 15(1): 50-58.  
ZHENG Decong, WANG Yushun, WU Haiping, et al. Inverse seeking design of the turnover mechanism of reversible plow[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 1999, 15(1): 50-58.
- [13] 杨化伟, 刘利明. 基于 SolidWorks 的水平直线犁型曲面参数化设计[J]. 农业装备与车辆工程, 2008, 46(9): 22-26.  
YANG Huawei, LIU Liming. Parametric design of horizontal straight generatrix plough body surface based on SolidWorks[J]. Agricultural

- Equipment and Vehicle Engineering*, 2008, 46(9): 22-26.
- [14] 雷肯翻转犁: 迪曼 Diamant/欧派 EurOpal[J]. 农业机械, 2015(2): 19-21.
- [15] 马洪亮, 魏淑艳. 一年两熟地区玉米秸秆根茬处理和小麦免耕作业方式的分析[J]. 中国农机化, 2012(1): 60-64.  
MA Hongliang, WEI Shuyan. Analysis of the dealing with maize residue and the mode of no-till drilling wheat in double-crop regions in North China[J]. Chinese Agricultural Mechanization, 2012(1): 60-64.
- [16] 赵金. 玉米免耕深松全层施肥精量播种机的研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2012.  
ZHAO Jin. Study on the precise planter with no-tillage subsoil and whole layer fertilization[D]. Baoding: Hebei Agricultural University, 2012.
- [17] 谢宇峰, 许剑平, 李存斌, 等. 国内外耕作机械的现状与发展趋势[J]. *农机化研究*, 2009, 31(11): 238-240, 246.  
XIE Yufeng, XU Jianping, LI Cunbin, et al. The current stage and development trend of tillage machine at home and abroad[J]. *Journal of Agricultural Mechanization Research*, 2009, 31(11): 238-240, 246.
- [18] 杜兆辉, 陈彦宇, 张姬, 等. 国内外旋耕机械发展现状与展望[J]. *中国农机化学报*, 2019, 40(4): 43-47.  
DU Zhaohui, CHEN Yanyu, ZHANG Ji, et al. Development status and prospects of rotary farm machinery in domestic and abroad [J]. *Journal of Chinese Agricultural Mechanization*, 2019, 40(4): 43-47.
- [19] 高靖华, 韩杰, 陶继哲. 1SL-535 型杆齿式深松机及主要部件的设计[J]. *农机化研究*, 2004, 26(4): 89-90.
- [20] 张令君. 传统机械化耕整地存在的弊端及作业形式优化方法[J]. *农机使用与维修*, 2020(11): 149-150.
- [21] 陈玉华, 田富洋, 闫银发, 等. 国外耕整地机械发展概况与分析[J]. *中国农机化学报*, 2018, 39(1): 7-11.  
CHEN Yuhua, TIAN Fuyang, YAN Yinfa, et al. Development overview and analysis of tillage machinery abroad[J]. *Journal of Chinese Agricultural Mechanization*, 2018, 39(1): 7-11.