

姚礼军,胡志超,王申莹,等.花生收获机收获台研究现状与关键技术分析[J].江苏农业科学,2016,44(12):33-38.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.12.008

花生收获机收获台研究现状与关键技术分析

姚礼军^{1,2}, 胡志超^{1,2}, 王申莹², 曹明珠², 王冰², 于昭洋²

(1.安徽农业大学工学院,安徽合肥 230036; 2.农业部南京农业机械化研究所,江苏南京 210014)

摘要:收获台在花生联合收获机中起着至关重要的作用,其工作性能的好坏直接影响了机器收获质量以及后续摘果的性能。目前运用在花生联合收获机上的收获台种类形式多样,其中典型代表的是挖-拔组合式(运用在花生联合收获机上)和捡拾式(运用在花生分段联合收获机上)。总结了花生收获台的演进历程和当今国内外花生收获机收获台常见类型,分析不同结构特征,简述其工作原理,找出工作时存在的问题。同时,对农业机械领域可借鉴的相关装置进行剖析和对收获台未来发展提出相应对策与展望,以期能为今后的研究提供参考依据。

关键词:花生;联合收获机;收获台;工作原理;结构特征;设备创新;关键技术

中图分类号: S225.7⁺3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)12-0033-06

我国是世界上种植花生的主要国家之一,种植面积和产量都位于世界前列,但我国的花生收获机械水平较发达国家(如美国)相对滞后,大部分花生种植区主要还是靠人工、半

机械作业收获为主,严重制约了花生生产的发展。近年来,随着人们对机械化生产的渴求以及科研单位水平的提升,花生收获机械有了较为全面的发展,主要类型有分段收获机械和联合收获机械。分段收获是由多种不同设备分别(分段)完成整个收获作业的过程,常用的分段收获设备有挖掘犁、挖掘收获机、摘果机、复收机、捡拾联合收获机等。联合收获是指由1台设备一次完成挖掘、抖土、摘果、清选、集果和秧蔓处理等收获作业,是当前集成度最高的花生机械化收获技术^[1-2]。挖掘捡拾是花生联合收获机的重要作业环节,也是花生联合收获的关键技术,收获台的结构设计、优化以及作业参数选定直接决定了花生收获机的作业性能。目前有关花生

收稿日期:2015-11-17

基金项目:国家现代农业花生产业技术体系项目(编号:CARS-14-机械化装备);中国农业科学院科技创新工程项目;花生智能化高效联合收获关键技术与装备研究项目(编号:2016YFD0702102)。
作者简介:姚礼军(1990-),男,安徽安庆人,硕士研究生,研究方向为机械化生产技术与装备。E-mail:1002526216@qq.com。
通信作者:胡志超,研究员,博士生导师,研究方向为农业技术装备。E-mail:zchu369@163.com。

- [38]刘海燕,黄彩梅,周盛勇,等.茶叶锌、硒含量变化与种植土壤差异的研究[J].植物科学学报,2015,33(2):237-243.
- [39]顾谦,赵慧丽,童梅英,等.茶叶中总硒含量及其影响因素的研究[J].生物数学学报,1994,9(5):108-113.
- [40]汪智慧,龚加顺,郭向华.茶树硒营养的研究进展[J].土壤肥料,2000(3):3-6.
- [41]王雅玲,潘根兴,刘洪莲,等.皖南茶区土壤硒含量及其与茶叶中硒的关系[J].农村生态环境,2005,21(2):54-57.
- [42]金建昌,许晓路.叶面喷施亚硒酸钠对盆栽茶叶硒含量的影响研究[J].江西科学,2014,32(1):39-42.
- [43]胡秋藩,潘根兴,朱建春,等.硒提高茶叶品质效应的研究[J].茶叶科学,2000,20(2):137-140.
- [44]李静.不同肥料品种及其用量对茶叶产量和品质的影响研究[D].雅安:四川农业大学,2005.
- [45]White P J. The pathways of calcium movement to the xylem[J]. Journal of Experimental Botany,2001,52(358):891-899.
- [46]Cholewa E, Peterson C A. Evidence for symplastic involvement in the radial movement of calcium in onion roots[J]. Plant Physiology, 2004,134(4):1793-1802.
- [47]Yang H Q, Jie Y L. Uptake and transport of calcium in plants[J]. Journal of Plant Physiology and Molecular Biology, 2005, 31(3): 227-234.
- [48]姚元涛,宋鲁彬,田丽丽.茶树钙素营养研究进展[J].落叶果树,2011,43(2):37-39.

- [49]童启庆.茶树栽培学[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [50]林智,吴洵,俞永明.土壤pH值对茶树生长及矿质元素吸收的影响[J].茶叶科学,1990(2):27-32.
- [51]吴洵.茶树的钙镁营养及土壤调控[J].茶叶科学,1994,14(2):115-121.
- [52]夏文娟,张丽霞,向勤程,等.添加硫酸铝对茶园土壤部分化学性质的影响[J].茶叶通讯,2005,32(3):8-11.
- [53]申加枝,胡建辉.钙过量对不同茶树品种生化成分的影响差异[J].山东农业科学,2014,46(10):74-76.
- [54]段小华,胡小飞,邓泽元,等.钙对铝胁迫下茶树钙铝及部分矿质营养吸收积累的影响[J].江西师范大学学报:自然科学版, 2012,36(3):321-325.
- [55]陈文荣,刘鹏,徐根娣,等.施钙处理对大豆铝毒缓解作用的研究[J].浙江师范大学学报:自然科学版,2008,31(2):201-207.
- [56]罗虹,刘鹏,李淑.硅、钙对水土保持植物荞麦铝毒的缓解效应[J].水土保持学报,2005,19(3):101-104.
- [57]Rengel Z. Role of calcium in aluminium toxicity[J]. New Phytologist,1992,121(4):499-513.
- [58]Wagatsuma T, Kaneko M. High toxicity of hydroxy-aluminum polymerions to plant roots[J]. Soil Science and Plant Nutrition, 1987,33(1):57-67.
- [59]庞贞武,师瑞红,谢国生,等.铝、硒、硅和磷复合处理对水稻幼苗生长的影响[J].应用生态学报,2009,20(6):1375-1382.

收获机收获台的研究和认识还很粗浅,严重制约了设备创新水平和效率。

1 花生收获台的演进历程

在花生联合收获机研制之前,国内外农机市场、垦区、种粮大户已经出现并投入使用多种机型,其结构简单,基本上只能够完成联合收获机收获台的部分功能,但工作性能稳定,在花生收获阶段大大减少了农民的劳动强度,缩短了抢收时间。从生产应用的时间上看,基本上是经历了由花生挖掘犁、花生挖掘机、花生复收机到现代联合收获机收获台的演变过程。

1.1 花生挖掘犁

花生挖掘犁是最早研制的花生收获机械,其思路来源于普通耕作机械,结构形式也极为相像,与小四轮拖拉机或手扶拖拉机能够协调配套使用。在工作过程中,花生果系能被完全耕起,但果土无法分离,挖掘后还需进行人工抖土、整理捡拾花生等。该犁具的产生为当今的花生联合收获机挖掘收获台提供了研制思路和理论基础^[3]。其中具有代表性的是 4HW-60 型,结构如图 1 所示。

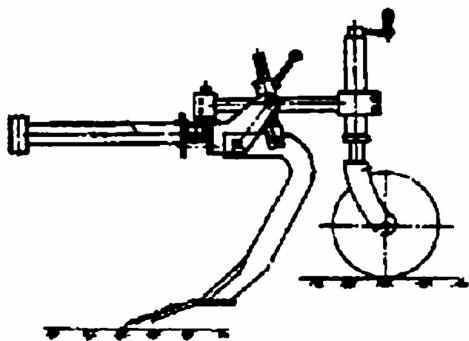


图1 4HW-60型花生挖掘犁

1.2 花生挖掘机

花生挖掘机相对挖掘犁功能相对齐全,能够一次性完成挖掘、抖土、抛秧铺放。根据不同地区差异,各个企业厂商、研究机构已研制并投入使用的机型种类各异,结构尺寸也不尽相同。典型机型有 4H-2 型(图 2)和 4HW-65D 型(图 3)。4H-2 型研制时间较早,结构简单,工作性能可靠;4HW-65D 型采用了链式升运结构,具有较好的抖土铺放功能,是花生联合收获机收获台的雏形^[4]。



图2 4H-2型花生收获机

1.3 花生复收机

花生复收机是在复收时使用的机器,将第 1 次收获后遗留



图3 4HW-65D型花生收获机

在土壤里的花生进行分离收获。该机型的结构与花生收获机类似,只是在结构上多出了分离装置,有助于从土壤中分离出残留的花生。由于我国大部分地区耕种模式采取的是一年两熟或是两年三熟,不适应这种复收作业,因此这种机型在我国没有得到推广,到目前为止该种机型的研制基本上停止^[5]。

1.4 花生联合收获机收获台

收获台是联合收获机的主要组成部分,由于工作原理的不同,捡拾联合收获机和花生联合收获机的收获台在结构上存在着很大的差异。在国内,随着机械化进程的加快,相关生产厂商及科研院所也相继研发出适合不同作业模式的花生联合收获机械,收获台的结构形式也随不同机器功能的需要存在相应差异。

2 国内外花生联合收获机收获台常见形式

收获台是花生联合收获机的关键装置,在降低损失率和提高作业顺畅性、性能稳定性上都具有举足轻重的作用。

2.1 联合收获机的收获台

花生联合收获装置的研究起步晚,技术有待完善。现在处于研制阶段的机型种类多样,按喂入方式分类,分为半喂入和全喂入 2 种类型。收获台的结构形式也随喂入方式的不同存在巨大差异。

台湾大地菱农业机械股份有限公司生产 TBH-3252 型自走式花生联合收获机(图 4)可以一次完成花生挖掘、拔株、夹持输送、摘果、清选、集果等作业工序^[6]。

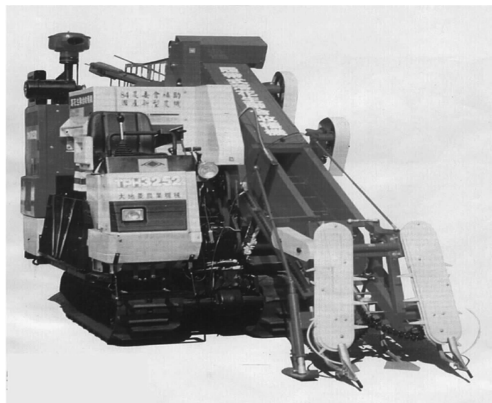


图4 4HQL-120型花生联合收获机

收获台位于机器的左前侧,结构形式与一般作物(如水稻)收获机收获台有很大差异。主要由挖掘装置、分禾装置、

扶禾装置、输送链等构成。随着机器的前进,分禾装置将松散待收的花生秧蔓向中间归拢集中,使秧蔓紧凑地进入扶禾装置,外侧的杂草或是临行秧蔓在外侧弧形分秧杆的作用下分隔开来,保证收获台夹禾的精确性。随后进入扶禾装置的秧蔓开始与 V 形张口的夹持链接触、夹紧,此时挖掘铲也开始进入土中将花生的主根铲断、松土;最终秧蔓经过 V 形区逐渐收紧,拔起带有荚果的秧蔓向后输送,进入摘果装置,完成收获台的挖-拔组合式起秧输送功能。该装置性能稳定,挖掘损失低,夹持秧蔓整齐,给摘果创造有利条件。

河南豪峰机械制造有限公司研制的全喂入 4HQL-120 型花生联合收获机(图 5)采用后置半悬挂方式与拖拉机联接,收获台工作幅宽 120 cm,挖掘铲为菱形多块组合式,铲片材料采用 65 Mn 钢,工作表面热处理至 HRC40-50,多个菱形铲片分别用螺栓固定在铲托上,更换简洁方便。针对壅土阻塞、秧蔓缠绕的问题,设计者在挖掘铲前面配置带有切秧盘的滚压限深装置,限深棍采用同挖掘铲工作幅宽等长的圆筒,工作时随拖拉机前进的同时并自身转动滚压果桔起到输导作用,避免缠绕,同时起到限深作用。在滚筒两边还设置了圆形切秧盘,其半径比滚筒半径大 60 mm,该距离保证能切断果秧及杂草,避免挖掘铲工作区外的果秧及杂草进入工作区缠绕机架^[7]。

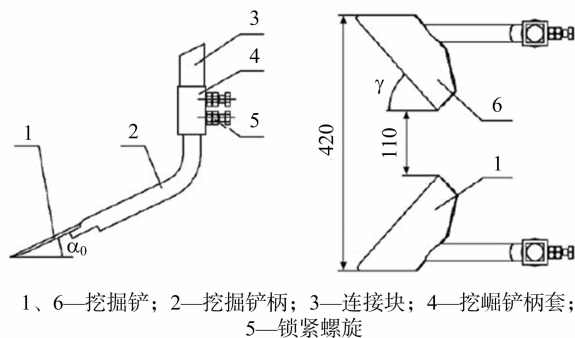


图5 4HQL-120型花生联合收获机

青岛农业大学研制的 4HQL-2 型全喂入自走式花生联合收获机行走系统采用橡胶履带式底盘,动力为 QC495L 柴油发动机,挖掘输送部件置于一侧,整体成侧向配置。在挖掘铲设计时,对主要参数(初始入土角,挖掘铲铲面与前进方向角)进行了严格限定,并且通过经大量田间试验调查与分析,最终确定初始入土角为 20°,挖掘铲铲面与前进方向形成的

滑切角为 48°(图 6)。本机采用了一种三带式夹持输送机构,通过单带和双带的重叠区实现强有力的夹持,弥补了平皮带夹持力不足的缺点。单带和双带的重叠区域控制在 0~5 mm,并且可以根据花生品种的不同进行调节^[8]。

农业部南京农业机械化研究所研制的 4HLB-2 型半喂入式花生联合收获机为近年研发出来的一种新型花生收获设备,花生植株挖掘起秧后由夹持链夹持秧蔓向后输送,完成清土和摘果作业。铲-链挖拔组合起秧是该机器收获台的关键



1、6—挖掘铲；2—挖掘铲柄；3—连接块；4—挖掘铲柄套；5—锁紧螺栓

图6 4HQL-2型全喂入自走式花生联合收获机挖掘装置结构

技术,研究团队对该类型花生起秧装置的结构设计和作业参数进行了充分优化^[9-10]。

挖掘铲的设计相对灵活,留有充足的调整空间来适应不同的作业条件,具有较好的通用性。扶禾装置采用拨指式扶禾器,与水平方向的倾斜角设计 80°,最低点距挖掘面距离 170 mm。夹持输送部件作为收获台的主要工作部件,包括夹持输送链条、主动链轮、被动链轮、压紧装置、自动张紧装置等,根据总体配置需要,扶禾速度比设计为 1.5(即扶禾速度与机器前进速度之比),夹持链条呈 35°倾斜,在这种状态下扶禾器拨指合成速度与夹持链的夹角为 82°,可实现起秧作业时花生秧蔓与夹持链近似垂直夹持状态。同时,夹持速度之比设计为 1.2(即夹持输送速度与机器前进速度之比),可实现夹持链合成速度与水平方向夹角为 92°,实现正拔作业。同时,在解析花生秧蔓扶禾运动过程的基础上,优化扶禾器拨指间距,确定了秧蔓扶禾次数和作用于一穴花生植株的拨指数的计算方法,分析了扶禾器、挖掘铲、夹持链的位置关系对起秧作业的影响,得出最佳位置参数^[11-12]。田间试验结果表明,该收获台起秧作业整齐、有序、顺畅,能够满足生产应用,田间起秧效果如图 7 所示。



图7 花生植株起秧状态

2.2 捡拾联合收获机的收获台

美国的花生机械化收获为典型的两段式收获模式,在挖

掘装置挖掘晾晒后采用捡拾联合收获机进行捡收获。该类机型均采用全喂入收获方式,收获台幅宽大,具有很高的工作

效率。

捡拾收获机的主要生产厂商有 AMADAS 公司、KMC 公司、Colombo 公司,各公司生产的机器收获台机构形式基本相似,在捡拾器的选取上大多采用滚筒弹齿式捡拾装置。同时,



图8 AMADAS公司生产具有大幅宽收获台的自走式收获机

KMC 公司采用小直径的弹齿捡拾滚筒,使捡拾花生秧时产生的冲击较小,减少捡拾过程中的损失(图 9)。为了辅助禾条的捡拾喂入,KMC 设计了几种辅助喂入装置,加装在弹齿捡拾器滚筒上方,提高了整机的工作性能。

Colombo 花生联合收获机开始运作于 2006 年,相比前 2



图9 KMC牵引式联合收获机

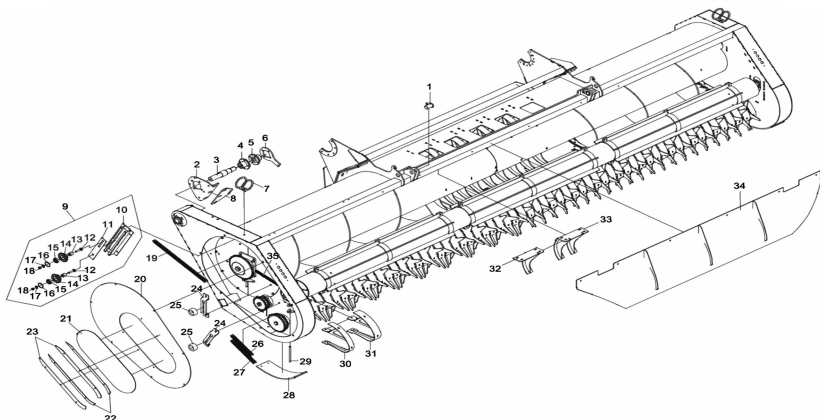


图10 Colombo公司齿流捡拾装置

我国的花生捡拾联合收获机的研究刚刚起步,代表机型是农业部南京农业机械化研究所研制的 4HL-8 型花生捡拾联合收获机。2014 年 10 月,该机在江苏泗阳完成田间试验,试验结果表明整机具有良好的适应性,工作性能优良,工作效率是半喂入两行花生联合收获机的 5~6 倍。该项技术的成功实践填补了国内空白,同时也为今后花生联合收获机的研制提供了指导方向以及科研基础。

捡拾收获台位于机器的最前端,工作幅宽 3 m,主要由行走轮、滚筒式弹齿捡拾装置、搅龙、压草器、滑草板、收获台台架等组成,如图 11 所示。在工作过程时,滚筒式弹齿捡拾机构的回转运动与机器前进方向相反,随着整机的水平直线运动,秧蔓在压草器的作用下被弹齿挑起,当运动至与滑草板处

各公司产品也有自身的创新之处,AMADAS 公司生产的收获机收获台幅宽大,拥有世界上最大生产效率的花生收获机,如图 8 所示。

家起步晚,但其产品有着自己的特点,在很多方面有独创的设计,整个收获台采用全液压驱动,能够实现灵活方便的无级变速。同时,采用更低的捡拾滚筒和双喂入搅龙,可以确保平稳、顺畅地喂入^[13-15]。在弹齿的选择上,也有较大创新,部分机型采用齿流式捡拾装置,如图 10 所示。

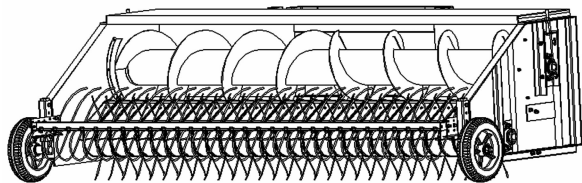


图11 4HL-8型花生捡拾联合收获机收获台

时,秧蔓与弹齿分离进入搅龙输送机,随后在搅龙的推挤作用下进入输送链输送至脱离装置,进而完成秧蔓的捡拾摘果。

3 对关键技术分析

在国内,花生联合收获机的研制起步较晚,目前研制较多

的为采用挖-拔组合式收获台的联合收获机,在技术上也取得了很多成功突破。但是,该机型对不同类型耕作农艺方式、土壤类型要求较高。而捡拾联合收获机作为分段收获的一种主要作业机械,工作方式与挖-拔组合式联合收获机有很大区别,挖掘作业由专门挖掘机挖掘铺放,再由捡拾联合收获机进行捡拾收获作业。该类型的收获台针对规模化种植模式设计,幅宽可设范围大,相对挖-拔组合收获台具有明显的优势。所以,对捡拾联合收获机收获台关键装置的分析具有重要意义。

3.1 可借鉴的相关技术

在美国,花生捡拾收获机的研制处于较高水平,产品多样,对美国本土花生品种的收获具有较好的适应性。由于我国的栽培品种、种植制度、以及生产条件与美国存在较大差异,引进的美国机型对我国花生的收获效果较差,尤其是捡拾环节也存在较大问题。如何针对国内的不同品种、地区差异、不同的作业模式,研发高效、性能优良的捡拾收获台,是研发国产捡拾联合收获设备急需解决的问题。农业机械种类繁多,研究内容丰富,与收获台相近技术的研究成果在农业机械领域得到了广泛的应用,相关研发装置可为花生捡拾收获机收获台的研究提供参考和借鉴。

3.1.1 捡拾压捆机 在国外,捡拾压捆机的研制距今有 100 多年的历史,技术成熟,研制的产品类型多,不仅可以适应于不同牧草的捡拾收获,还可以用于捡拾不同的秸秆。其弹齿滚筒式捡拾装置良好的捡拾效果和适应性对花生捡拾收获具有实际的借鉴意义^[16-17]。

弹齿滚筒式捡拾装置主要是由弹齿、弹齿杆、曲柄、凸轮盘、滚轮、滚筒护板等组成,结构如图 12 所示。滚筒盘固定在中间轴的两端,并随中间轴旋转,滚筒盘周向开有圆孔,弹齿杆用轴承正好安装在圆孔中;弹齿沿轴向并排固定在弹齿杆上,凸轮盘固定在外侧的支承板上。带有滚轮的曲柄固定在弹齿杆端部,当滚筒盘随中间轴旋转时弹齿杆也随之做圆周运动,同时端部的滚轮沿凸轮盘定向滑道滚动,以控制弹齿的运动轨迹。

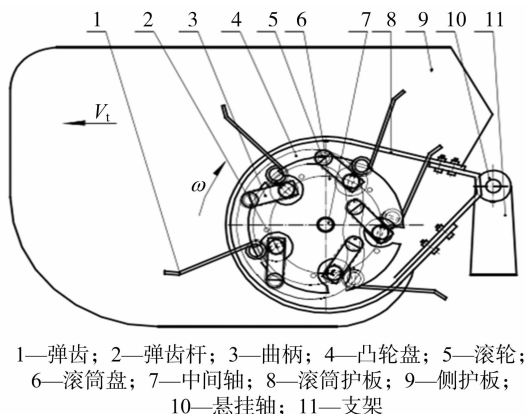


图12 弹齿滚筒式捡拾装置结构

与一般滚筒捡拾器相比,弹齿的运动轨迹主要由机器前进速度、中间轴回转速度以及凸轮盘的形状三者相互作用来确定,使其运动轨迹更加多样化。对于不同的物料以及不同作业条件,可以通过调节或是更换凸轮盘形状来适应作物捡拾,提高捡拾率,扩展机器的作业范围^[18-22]。所以,在对我

国花生种植品种的多样性以及不同地区作业方式的差异,该装置的借鉴可以提高机器的通用性。

3.1.2 油菜捡拾收获机 在 4SJ-1.8 自走式油菜捡拾收获机上运用的是齿带式捡拾装置,由于该捡拾器无缝隙,弹齿密集,触地捡拾,因此很少出现漏枝、掉棵、炸荚、飞穗、掉粒、损失率高等问题^[23],对铺形适应性好,捡拾喂入连贯、通畅。齿带式捡拾器比滚筒捡拾器质量轻,在含水率高的田块作业时通过性好,提高了作业效率。其结构如图 13 所示。

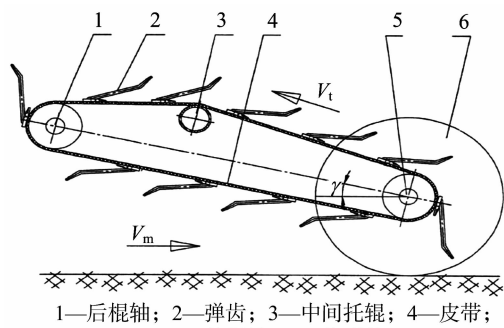


图13 齿带式捡拾器结构

该类型捡拾器较弹齿滚筒装置相比,用齿带结构代替了弹齿和滑草板,不仅简化了机械结构还减小了收获台运转时的噪音,提高了收获台工作顺畅性和可靠性,也给生产制造带来便捷。同时,弹齿与皮带的固定连接,安装紧固,可以增加弹齿横向的安装数量,缩短横向间隙,因此对捡拾矮小的谷物和条铺稀薄作物较为干净利索,落粒损失也较少,能够较好地控制捡拾率^[24-25]。

3.1.3 谷物收割机割台 在全喂入谷物联合收获机中,割台螺旋推运器的运用较为常见,装置结构紧凑,使用可靠,对谷物的喂入具有较高的均匀性,可以考虑将该装置借鉴运用到花生捡拾收获台上,改善机器运行顺畅性。

该装置主要是由螺旋和伸缩扒齿 2 个部分组成(图 14),机器运行时,螺旋将割下的谷物向中间推送至伸缩扒齿处,再由扒齿将谷物挑起流转 90°纵向送入输送装置。割台螺旋的主要参数有内径、外径、螺距和转速等,根据作物的不同,相关参数进行相关调整设置。同时,相关试验结果表明,输送的谷物不是充满螺旋叶片空间,而是一种非均匀性的输送过程,伸缩扒齿与螺旋叶片以及相关辅助叶片的使用能够很好地解决喂入不均匀性问题,提高机器工作顺畅性,为后续脱粒、清选提供有利条件^[26]。

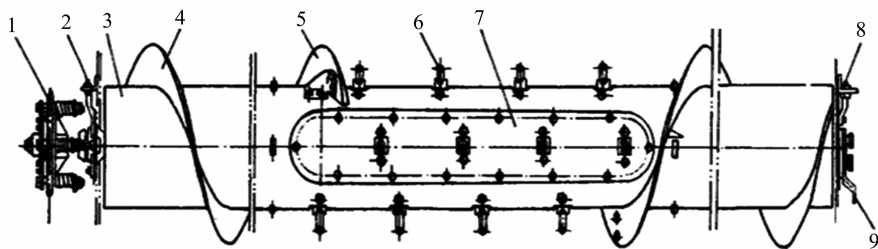
3.2 发展对策建议与技术展望

当前,花生捡拾联合收获机正处于研制和试验阶段,相关技术主要借鉴吸收国外先进技术。然而,面临国内复杂的花生品种以及耕作方式,相关技术创新不可避免。

根据我国不同地区花生种植的不同品种,系统研究收获期秧蔓和荚果的相关特性,建立完善数据库,为收获台的设计提供数据参考,优化相关机构,提高机器捡拾率和工作顺畅性。

针对不同花生品种、土壤类型,收获台采用模块化设计,并建立相关通用标准,丰富相关装置类型,使作业生产更具明确性。

农业机械一般的工作环境相对恶劣,传统设计都缺乏精确计算,留有过的余量来保证机器的作业性能,材料和机器



1—主动链轮；2—左调节杆；3—螺旋筒；4—螺旋叶片；5—附加叶片；
6—伸缩扒齿；7—检视盖；8—右调节杆；9—扒齿调节手柄

图14 割台螺旋推运器结构

能量消耗就会出现大量的损失。因此,对收获台进行轻量化设计具有现实意义。

近年来,电子、传感、自动化等技术突飞猛进,机械的发展革新迎来了又一春天,如何将传统的农业机械与新兴技术相结合,是现在农业机械领域面临的新的机遇,应合理运用相关技术,采集分析数据,并在机器收获作业时进行实时监控调整。

4 结语

我国花生种植分布广,品种多,各地区种植条件有差异较大,对花生机械化生产提出更高的要求。研制出新型收获台,实现高效率、高适应性、高稳定性收获作业,具有重要意义。通过引进吸收国外先进技术,并借鉴国内农业机械相关技术是研制新型花生收获机械收获台的重要途径。运用电子信息、新材料、自动化等工业领域的新型技术,可为实现收获台高水平收获作业提供有力支撑^[27-28]。

参考文献:

- [1] 胡志超,王海鸥,彭宝良,等. 国内外花生收获机械化现状与发展[J]. 中国农机化,2006(5):40-43.
- [2] 王伯凯,吴 努,胡志超,等. 国内外花生收获机械发展历程与发展思路[J]. 中国农机化,2011(4):6-9.
- [3] 尚书旗,王方艳,刘曙光,等. 花生收获机械的研究现状与发展趋势[J]. 农业工程学报,2004,20(1):20-25.
- [4] 孙庆卫,王延耀,徐志瑞,等. 花生分段收获机的应用现状及进展分析[J]. 农机化研究,2012,34(1):234-237.
- [5] 程 晋. 花生收获作业机械发展现状概述[J]. 农业科技与装备,2013(2):47-48, 51.
- [6] 胡志超. 半喂入花生联合收获机关键技术研究[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2013:19-20.
- [7] 夏 放. 4HQL-120型花生联合收获机的研制与试验[J]. 农业机械,2008(4):44-47.
- [8] 尚书旗,李国莹,杨然兵,等. 4HQL-2型全喂入花生联合收获机的研制[J]. 农业工程学报,2009,25(6):125-130.
- [9] 胡志超,王海鸥,王建楠,等. 4HLB-2型半喂入花生联合收获机试验[J]. 农业机械学报,2010,41(4):79-84.
- [10] 胡志超,王海鸥,彭宝良,等. 半喂入花生摘果装置优化设计与试验[J]. 农业机械学报,2012,43(增刊1):131-136.
- [11] 胡志超,王海鸥,彭宝良,等. 4HLB-2型花生联合收获机起秧装置性能分析与试验[J]. 农业工程学报,2012,28(6):26-31.

- [12] 胡志超,彭宝良,尹文庆,等. 4HL2型半喂入自走式花生联合收获机的研制[J]. 农业工程学报,2008,24(3):148-153.
- [13] 孙玉涛,尚书旗,王东伟,等. 美国花生收获机械现状与技术特点分析[J]. 农机化研究,2014(4):7-11.
- [14] Padmanathan P K, Kathirvel K, Duraisamy V M, et al. Influence of crop, machine and operational parameters on picking and conveying efficiency of an experimental groundnut combine[J]. Journal of Applied Sciences Research, 2007(8):700-705.
- [15] Kim N K, Hung Y C. Mechanical properties and chemical composition of peanuts as affected by harvest date and machine vision[J]. Transactions of the ASAE, 1993, 36(6):1941-1947.
- [16] 乌吉斯古楞. 弹齿滚筒式牧草捡拾器运动仿真及性能参数的试验研究[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2010.
- [17] 王文明. 弹齿滚筒式捡拾装置参数分析和改进设计研究[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2012.
- [18] 王文明,王春光. 弹齿滚筒式捡拾装置参数分析与仿真[J]. 农业机械学报,2012,43(10):82-89.
- [19] 丁海泉,郁志宏,刘伟峰,等. 弹齿滚筒式捡拾装置运动学特性的理论分析[J]. 农机化研究,2015(10):76-78, 82.
- [20] 孙贵斌,孙召瑞,吴修彬,等. 基于 COSMOS Motion 的弹齿滚筒捡拾器运动仿真[J]. 农业装备与车辆工程,2010,48(8):37-39.
- [21] 乌吉斯古楞,刘伟峰,包那日那. 滚筒式捡拾器的运动仿真[J]. 农机化研究,2010,32(9):50-53.
- [22] 王国权,余 群,卜云龙,等. 秸秆捡拾打捆机设计及捡拾器的动力学仿真[J]. 农业机械学报,2001,32(5):59-61.
- [23] 吴崇友,易中懿. 我国油菜全程机械化技术路线的选择[J]. 中国农机化,2009(2):3-6.
- [24] 吴崇友. 齿带式油菜捡拾收获机设计与参数优化[D]. 南京:南京农业大学,2011.
- [25] 石 磊,吴崇友,梁苏宁,等. 油菜分段收获齿带式捡拾器的设计与试验[J]. 中国农机化,2011(4):75-78,82.
- [26] 耿端阳,张道林,王相友,等. 新编农业机械学[M]. 北京:国防工业出版社,2011:303-321.
- [27] 王东伟,王延耀,尚书旗,等. 大型花生捡拾摘果收获机的研究与分析[C]//中国农业工程学会 2011 年学术年会论文集. 北京:中国农业工程学会,2011.
- [28] 陈有庆,王海鸥,胡志超. 半喂入花生联合收获损失成因与控制对策研析[J]. 中国农机化,2011,33(1):72-77.