智能蒜收一体机的研究与前景分析

吕茂卓 韩庭峰 来雪阳 倪硕 吴齐睿*通讯作者

长春工业大学人文信息学院，吉林长春，130122；

摘要：随着现代农业技术的发展，机械化和自动化已成为农业生产的重要趋势。本文主要研究智能蒜收一体机的设计与应用，旨在解决传统大蒜收割方式中存在的效率低、劳动强度大的问题。本文分析了大蒜收割机械的现状和发展趋势，明确了设计任务和目标。构建确定了最优设计方案该智能蒜收一体机集切割、捆绑、施肥与一体，主要由收割机构、传送机构、施肥机构和原地旋转机构构成。实验证明，该一体机在提高工作效率和降低劳动强度方面效果显著。本文的研究为大蒜生产的全程机械化提供了技术支持，具有广阔的应用前景和市场价值。

关键词：智能大蒜收割；机械设计；农业机械化；效率提高

DOI:10.69979/3041-0673.25.02.004

引言

当前，我国粮食作物生产已基本上实现了机械化，但经济作物生产的机械化水平还有待提高。大蒜作为我国重要的经济作物之一，在市场上一直占据着重要地位，我国作为大蒜的最大生产国，大蒜生产机械化尤其重要。相对于人工作业，机械作业可以显著缩短收获期、减轻劳动强度，并降低生产成本。因此，市场对成熟实用的大蒜收割机的需求迫在眉睫。市场上现有的 30 余种大蒜收割机械因效果不佳而难以满足需求，蒜农们急需一款操作简便、经济实惠的农用机械来助力大蒜收割。

1 主体方案设计

该自走式收割机主要由聚拢机构、采摘机构、带式输送机构、机架以及动力部件等构成。工作过程中，扶禾机构将单行韭菜与邻行分开后扶起，随着机器行进，大蒜被聚拢引导至夹持机构，配合挖掘刀完成大蒜收割工作，继而由平带夹持机构将大蒜送至机械后方地面，完成收割工作。在机器前方两侧分别装有一传感器，可以实现避障功能，避免在工作过程中发生意外。大蒜收割机整体结构如图 1 所示。

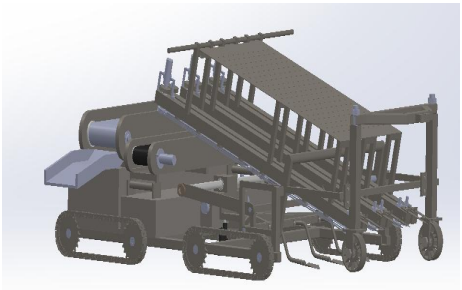

图 1 蒜收智能一体机三维实体模型

收割机具的行走装置一般有履带式和轮式 2 种，履带式机构与地面接触面积大，相对来讲较为稳定看，可以有效防止机器侧翻，且对地面压强较小，也能提供更大的牵引力，适应性强，本机具采用的便是履带式行走机构。挖掘铲采用优化过的“L”型结构。旋转切割装置负责精准切割大蒜根茎，并扶持蒜苗以便于后续去除，提升收割效率。该机构底盘主要部件放置位置靠后，重心位于几何中心偏后方，以保证行进过程中的稳定。

2 主要部件设计及计算

2.1 割台设计

2.1.1 扶禾机构的设计

扶禾机构位于机器的最前端，是机器和作物接触的第一部分，由对称布置的两扶禾导板以及支撑结构组成。工作时，扶禾导板前端贴地前进，侧倾的韭菜植株在扶禾板的作用下被扶起，进而喂入夹持输送装置。韭菜种植行距一般为 17 -25cm，因此取扶禾器前端距离为 20cm。大蒜植株高度在 80-90 cm 左右，因此扶禾导板的最大高度为 90cm。在导板上方的机体部分，安装有两视觉传感器，可以实现简单的避障功能，保障行进过程中的安全。导板下方有支撑机构来保证工作的稳定性。

2.1.2 挖掘机构设计

在大蒜收获机挖掘机构的设计中，为了降低土壤与铲面的摩擦阻力，挖掘铲采用优化过的“L”型结构。旋转切割装置负责精准切割大蒜根茎，并扶持蒜苗以便于后续去除，提升收割效率。输送链则将挖掘出的大蒜与土壤分离，并将大蒜收集到储存箱的网袋中，确保收割的完整性。

在设计挖掘装置时，我们考虑了大蒜的种植模式、

生长特性以及收获机的整体结构。挖掘铲被设计为对称多边形倾斜平面形状，包括铲柄和挖掘部分。铲面采用梯形设计，符合力学原理且便于操作。为了满足一次收割多行大蒜的需求，挖掘铲的宽度经过精确计算，确保大蒜行间的有效宽度，同时保持适当间隙以避免损伤大蒜。优化了挖掘铲与铲柱的连接处，以减少切入土时的阻力和壅土现象。挖掘铲的尺寸，通过精确的选择和优化参数，确保机器在工作时能够以最小的阻力完成碎土和切断根须的任务，提高生产效率。关于挖掘铲的宽度确定，我们综合考虑了大蒜的种植模式、株距和行距等因素。在保证挖掘出所有大蒜的前提下，尽可能减少挖掘多余土壤以降低能耗。经过精确计算和实验验证，得出了合适的铲面宽度，并考虑了起垄因素的影响，确定了最终的最大宽度。挖掘铲的长度由大蒜的生长深度决定。为了避免在挖掘过程中损伤大蒜鳞茎，我们根据不同大蒜种类的生长特性进行了适当的调节，并确定了可调深度范围。通过精确的计算公式和入土角的研究，我们得出了合理的挖掘铲长度范围。在设计过程中，我们还特别关注了入土角 α 的选择。这个角度是由挖掘铲工作面与水平面之间的夹角决定的，它直接影响到机器的工作质量和效率。通过受力分析和公式推导，我们选择了合适的入土角范围，以确保挖掘铲能够顺利入土并减少磨损。

2.2 夹持输送机构设计

夹持输送装置的核心工作原理在于利用机械结构将挖掘出的大蒜秧叶稳定、连续地夹持住，并通过斜向上的传输方式，将大蒜送入蒜土分离装置。这一过程中，夹持力度的控制、传输角度的调整以及装置的稳定性都至关重要。通过精确的设计和调试，夹持输送装置能够确保大蒜在传输过程中不脱落、不损伤，同时保持较高的传输效率。

夹持输送装置主要由带轮、张紧装置、传送皮带及安装支架等部分组成。其中，带轮负责驱动传送皮带运动，实现大蒜的传输功能；张紧装置则用于调整传送皮带的张紧度，确保传输过程的稳定性和连续性；传送皮带是直接与大蒜接触的部分，其材质和结构直接影响到夹持效果和传输质量；安装支架则为整个装置提供稳定的支撑和固定。

为了确保夹持输送装置的性能和耐用性，各组成部分的材料选择也至关重要。带轮通常采用高强度耐磨材料制成，以承受长时间的工作负荷；传送皮带则选用软质橡胶材料制成的异型带，既有足够的弹性来紧密夹持大蒜，又足够柔软以避免对大蒜造成损伤；安装支架则采用坚固耐用的金属材料，以确保整个装置的稳定性和可靠性。

夹持输送装置在大蒜收获过程中发挥着至关重要的作用。它能够快速、准确地将挖掘出的大蒜秧叶夹持住，并通过斜向上的传输方式，将大蒜送入蒜土分离装置。这一过程大大缩短了大蒜从田间到仓库的时间，提高了单位时间内的收获量。同时，由于夹持输送装置的自动化程度高，减少了人工操作的繁琐性和误差率，进一步提高了收获效率。

大蒜作为一种经济价值较高的农产品，其外观品质和内在品质同样重要。在收获过程中，任何微小的损伤都可能导致大蒜的品质下降，进而影响销售价格。夹持输送装置正是基于这一考虑而设计的。它采用了软质橡胶材料制成的异型带，这种材料既有足够的弹性来紧密夹持大蒜，又足够柔软以避免对大蒜造成损伤。同时，异型带内侧的等腰梯形凸起带设计，更是巧妙地解决了夹持带在连续工作中可能脱离带轮的问题，确保了整个收获过程的平稳进行。这种设计不仅保护了大蒜的表皮，更避免了因挤压或碰撞导致的内部损伤，从而保证了大蒜的整体品质。

大蒜的收获过程往往受到土壤类型、湿度条件等多种因素的影响。然而，夹持输送装置却能够轻松应对这些挑战。无论是松软的沙质土壤还是较为坚硬的黏土，该装置都能保持稳定的性能表现。这得益于其精心设计的结构和优质的材料选择。同时，通过调整夹持力度和传输角度等参数，夹持输送装置还可以适应不同品种、不同成熟度的大蒜收获需求。这种灵活性和适应性使得该装置在不同地区、不同季节的大蒜收获中都能发挥出色的作用。

本机构为夹持输送机构，主要通过两输送带与物料间的摩擦以及柔性传输带上下的挤压作用实现对物料的运输。传送带的前端靠近地面，继而上升至后端变为水平，因此，倾斜角度尤为重要。查阅资料得知，带式输送机构的最大倾斜角度小于等于 18°，考虑到设备整体尺寸，初步取倾斜角 α 为 16°。根据设计需要，后方带轮为主动轮，平带传输的主

从两带轮直径相同，选取带轮直径 D1、D2 为 160 mm。平带传输的带轮包角均为 180°。中心距的大小不

会对包角大小产生影响，但是中心距不宜过长，过长则会影响传动的流畅性。根据大蒜收割机的整体尺寸以及中心距选取的原则，取中心距 a 为 900 mm。

2.2.1 输送带带速

传送带带速要根据机器的行进速度选定，传送带速度在水平方向的分量要与机器的行进速度相同。

则有 v0 = v/cos α （1）

式中：v0———传送带速度；v———收割机行进速度；α ———传送带倾角。

韭菜收割速度不宜过快，否则会产生严重的漏割和韭菜损伤现象。结合种植需求，初步设定机器行进速度为 0．4 m/s，计算得传送带的速度为 1．43 m/s。

2.2.2 输送带材料

由于大蒜容易受到损伤，在运输过程中需要尤为注意，避免受到过大的挤压。传统手扶式输送带自动化程度低，且大蒜易受到损伤。平带的材料尤其重要。既要保证能够夹持住韭菜而不至于脱落，又要防止夹持力过大对蔬菜造成损伤。同时，因为大蒜是食用蔬菜，还要保证材料的安全性。本设计中的传输带采用 PVC 输送带和蓝布海绵覆合而成，该海绵输送带的适应性较强，工作温度为－ 10 ～80 ℃。该输送带在保证食品安全的同时，还具有防划伤、柔软度高以及弹性好的特点，能很好地起到对大蒜的保护作用。高密度海绵层与输送带采用高温热融接驳工艺结合，接头牢固，不易撕裂，韧性好，且有较强的耐磨性，维护保养方便，维护费用低，更换方便。

2.3 动力系统设计

2.3.1 发动机

选择一台功率适中、燃油效率高的发动机作为动力源，考虑到大蒜收割机的作业特点和环境要求，选择低排放、低噪音的发动机，以满足环保要求和作业需求。本智能韭菜收割机选用两个 ICS42-P1 一体式步进电机。

2.3.2 电池系统

为了实现更环保和更可持续的作业方式，考虑引入电池系统作为辅助或备用动力源。选择能量密度高、寿命长的电池，确保收割机在电池控制系统设计供电模式下也能保持稳定的作业性能。本智能大蒜收割机采用电池蓄能，选择 18650 型号、 2 600 mAh 容量的电池[7]。

3 结论

3.1 在结构特性上，该蒜收智能一体机采用了整体轻量化车架设计，增强了结构的稳固性和耐用性，依托纯电动力系统，采取自走式工作模式，大大简化了操作流程，显著节约了时间和体力。其亮点还包括采用了高效“L”型挖掘铲，确保了高转速下的大蒜切割整齐划一。另外，配备有精密的输送系统，通过多个支撑滚轮配合高品质海绵，对大蒜进行温柔夹持，从而在传送过程中最大程度地减少对大蒜的损伤。收割后的韭菜会被自动收集箱无缝衔接地接收，该收集箱源自水平输送系统，方便后续处理。值得一提的是，收割机底盘采用了雪橇板式的仿地形设计，既能确保割茬整齐，又能最大限度地降低割茬高度。

3.2 在应用范围上，该款大蒜收割机完美适应我国常见的直播法和移栽法等多种韭菜种植方式，得益于其紧凑灵巧的机型设计，不仅适用于开阔的户外大蒜种植基地，而且同样适用于温室和大棚等封闭式种植环境。在作业效率上，该款大蒜收割机每小时的收割面积能达到 1.5 亩，相比之下，传统人工收割平均每名工人每天的收割面积仅 0.7 亩，即收割机的效率大约是人工的 20 倍。此外，它还有很多独特优势，例如，该机以纯电力作为动力来源，积极响应节能减排的时代号召，同时配备了韭菜重量测量系统，能够精确统计亩产量。更重要的是，该机首次成功实现了韭菜的连续收割、输送、收集一体化操作，极大地减少了人力、物力投入，显著提升了生产效率，对提高韭菜种植产业的经济效益具有重大意义。

参考文献

[1]刘斯文,蒋东霖.智能韭菜收割机的研究与实践[J].南方农机,2024,55(23):56-59.

[2]张文东,杨雪然,郭洪恩,等.履带型自走式韭菜收割机设计与试验[J].农业装备与车辆工程,2024,62(11):1-6+13.

[3]崔兰英.浅析韭菜种植全程机械化技术[J].河南农业,2024,(15):68-69.DOI:10.15904/j.cnki.hnny.2024.15.043.

[4]王亭皓,蒋扬骄,姜继峻,等.自动化遥控式韭菜收割播种装置[J].乡村科技,2024,15(07):131-135.DOI:10.19345/j.cnki.1674-7909.2024.07.030.

[5]刘培.大蒜机械化收割助“蒜农”增收[J].当代农机,2018,(08):16.

[6]乔志宇,姜潘峰,吴本笠.大蒜机械化收获之路还有多远？[N].中国县域经济报,2013-06-06(009).