东北农业科学　2020,45(5):103-106,138
Journal of Northeast Agricultural Sciences　DOI: 10.16423/j.cnki.1003-8701.2020.05.025

链板式甘蔗精量排种器的设计与研发

刘　枫,刘文亮,文正彪,张　亮,王新阳
(吉林省农业机械研究院,长春 130022)

摘　要:针对我国现阶段机械化高速栽植甘蔗的农艺要求,研制链板式甘蔗专用排种器,主要包括升运装置、推送装置、电控装置系统等部分,对主要工作部件参数进行设计和计算分析。试验测试表明,本机械符合甘蔗种植农艺要求,具有连续、高速、高效、精量播种、漏播与重播率低等特点,可实现甘蔗机械化精量播种作业的目的。

关键词:链板式;变频控制;甘蔗;精量排种器
中图分类号:S566.1　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:2096-5877(2020)05-0103-04

Design and Development of Chain Plate Precision Seed-Metering Device for Sugarcane

LIU Feng, LIU Wenliang, WEN Zhengbiao, ZHANG Liang, WANG Xinyang
(*Jilin Academy of Agricultural Machinery, Changchun* 130022, China)

Abstract: According to the agronomic requirements of mechanized high-speed planting sugarcane in China, the special seed-metering device for sugarcane with chain plate is developed, which mainly includes lifting device, pushing device and electric control device system. The parameters of main working parts are designed, calculated and analyzed. The parameters of main working parts are designed and calculated. The test results show that the machine meets the agronomic requirements of sugarcane planting, and has the characteristics of continuous, high-speed, high-efficiency, precision sowing, missing sowing and low repetition rate, which can realize the purpose of mechanized precision planting of sugarcane.

Key words: Chain plate type; Frequency conversion control; Sugarcane; Precision seed-metering device

我国甘蔗种植总面积180多万公顷,是第三大种植国,机械化种植水平仅为2.83%,主要依靠人工种植[1]。甘蔗生产过程中种植作业是劳动力需求最大的环节之一。机械化高速栽植甘蔗的主要问题就是缺少合适的排种器[2-4]。研制一种合适的甘蔗专用排种器,推动甘蔗种植的机械化和自动化,对于减轻甘蔗种植过程的劳动强度和增加甘蔗产量有重要意义[5-6]。

我国蔗农一直采用整根蔗种顺沟重叠摆放的种植方式,用种量大,蔗种资源浪费严重,并增加后续间苗环节的劳动强度[7-8]。随着农业机械技术的发展,甘蔗的精量播种方式也应运而生。为保证甘蔗的发芽率,在进行播种前要根据芽苞的位置预切甘蔗种块,在播种时按农艺要求的株距将种块依次播种到土中[9-10]。由于甘蔗种块为不规则的圆柱体,在种块的中部有环状突起(芽苞就在突起的一侧,并紧邻突起)。很多甘蔗种块还有较大的弯曲度,表面有较多的裂纹、须根和残留的苞叶等,这些物理特性决定了甘蔗精量播种的难度大,目前国内还没有一种甘蔗精量排种器[11-12]。

本研究研制一种具有可变频调控、半自动化、能精量播种的甘蔗排种器。

1　排种器的结构特征与工作原理

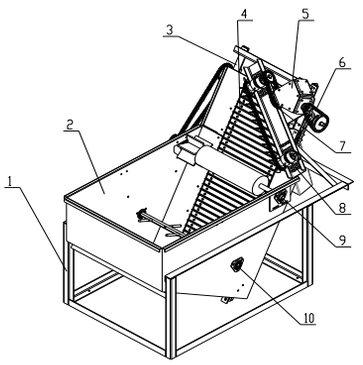
1.1　排种器结构

研究设计的链板式甘蔗排种器结构如图1所示。主要由升运装置总成、推送装置总成、电控系统等部分组成。

本研究设计的甘蔗排种器由变频电机驱动,通过相应的变频器对其转速进行调节,链板单体与链条组装形成特种输送机构,升运装置作回转式直线运动,推送装置与升运装置的运动方向形成一定的角度,通过变频器使两装置进行同步,

收稿日期:2019-02-25
项目基金:"十三五"国家重点研发计划项目(2017YFD0700800)
作者简介:刘　枫(1974-),男,正高级工程师,硕士,主要从事农业机械技术研究。

经回转运动时有相互配合又有相互分开。



1.主支架 2.存料斗 3.斜支架 4.升运装置总成 5.齿轮箱总成 6.传动链条Ⅰ 7.传动链条Ⅱ 8.推送装置总成 9.压制器总成 10.布料器总成

图1 排种器结构示意图

1.2 排种器工作原理

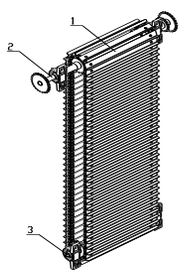
排种器工作时,通过电机驱动升运链板进行一定速率的回转运动,升运过程中在种箱中进行携种,甘蔗种块在运动的升运链带动下随链板一起向上倾斜运动;链板槽之外的种子一部分受到重力的作用自流重新回到种箱,另一部分通过压制器上的清种毛刷清除过多的甘蔗种块,同时升运链板的速度和角度可调节,各因素之间相互配合运动,为每个链板槽之间携种提供保障,并且布料器上拨齿不断翻动,并向升运链中取种区补种,保证每个链板槽中都能充分携种。

甘蔗种块经过压制器时,会将多余的种块推倒在其它链板槽中,或者回到存料箱中。也会将其它形态的种块推倒,使其平躺在链板槽中。这样经过压制器后每个链板槽中均有数量不等的种块,且都是沿着链板槽长度方向呈平躺状态。种块经过压制器后,就到达推送链工作区域,推送链与升运链的运动方向成一定角度,这样就使得推送链按要求的转速运转时,其接近升运链的一侧除有一个与升运链运动方向和速度相同的分量外,还有一个与升运链垂直的速度分量。在这个分量的作用下,升运链刮板上的种块会被逐步推向升运链一端。当同一个刮板上的种块数多于1个时,前部的种块会不断地被后面的种块推出刮板,经回料板下滑到压制器处,并由回料辊抛回存料斗中。而当刮板上的最后一个种块运动到刮板的末端时,由于已经出了推送链的推送范围,将不会再进行横向运动,只会随升运链向上方运动,并在升运链的顶部经落种管中排出,从而实现甘蔗种块的单粒播种。

2 主要结构设计

2.1 升运装置设计

升运装置主要是把料箱中的种块运送到投种区域中。甘蔗种块为不规则的圆柱体,种块有环状突起,也有很多种块有较大弯曲,形态各异,因此确保每个链板槽中都能存放种块,根据甘蔗种块的物理参数确定链板槽的设计参数。安装在链条上的链耙随链轮做回转运动,链耙的宽度和高度保证种块能够以呈平躺姿势稳定输送。升运链由两条带连接板的链条与若干个截面呈L型的刮板构成,每个刮板都通过螺栓分别与两条链条的连接板固接,相邻两个刮板之间的距离略大于甘蔗种块的直径而小于种块的长度。工作时,升运链将挂接在两个升运主动链轮和两个升运被动链轮上。升运装置的结构示意图见图2。

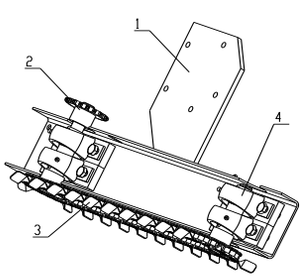


1.升运链 2.升运主动轴组合 3.升运被动轴组合

图2 升运装置结构示意图

2.2 推送装置设计

推送装置主要是把链板槽中的甘蔗种块能够平稳有效地推送到出料管中,推送装置与升运装置进行同步运动,推送链为拆除一侧外链板,并换装了特制的推送板的套筒滚子链。推送板由钢板制成,其上部形状与普通外链板相同,下部的推送部分经扭转后,与上部成一定角度(与升运链和推送链之间的夹角相同)。保证了工作时推送板的推送部分始终与升运链的运动方向平行。推送装置的结构示意图如图3所示。



1. 推送架 2.推送主动轴组合 3.推送链 4.推送被动轴组合

图3 推送装置结构示意图

3　主要工作部件参数确定

3.1　升运装置设计参数

升运装置由于其结构特征,将根据种块具体尺寸和播种量确定。经试验对青皮1号甘蔗数据多次测定,结果如表1所示。

表1　蔗种质量、密度平均值

品种	平均值(mm)	
	甘蔗种块长度	茎秆直径
青皮1号	58.49	32.21

研究表明:链板在种箱中携种后,链板上种块有“平躺”“竖立”“侧立”三种状态,“竖立”“侧立”状态经过自身重力和压制器上的毛刷会重新回到料斗箱中,“平躺”状态的种块是最符合实际需求,在设计过程中还考虑标准件链条的节距,以及保障种块在链板槽中不脱落还能保证被压制器毛刷刷下来的种块能顺利回流,实现多次、反复携种。根据国家标准链板式输送机设计参数,本次设计参数选用如下:

升运装置输送链为12A-1-62 GB/T1234-2006;长度L=2 384.19 mm;节距t=31.75 mm。输送链板长度L_1=390 mm;宽度B=30 mm;高度H=25 mm,链板中心与地面间的夹角为40°。输送速度v=0.25 ~ 1.25 m/min,输送功率P=2kW。

(1)链板驱动装置电机功率可按下式计算:

$$P = k_b\frac{Fv}{60\eta}$$

P为电动机功率(kW),F为圆周力(N),v为输送机运行速度(m/s),k_b为功率备用系数,一般取1.1 ~ 1.2,η为驱动装置传动效率(查表可得:链轮传动,片式关节链的传动效率为0.95)。

$$F = kF_n - F_0$$

式中k为链轮回转张力系数。

(2)张力的计算

通过逐点计算法[10]将链板各区段的阻力顺序加起来,求得升运链板的牵引力。根据驱动电机、张紧轮、升运链板主被动轴的位置,确定最小张力点,以最小张力点为基准点进行逐点计算,计算公式为:

$$F_n = F_{n-1} + F_{Yn}$$

F_n和F_{n-1}为相邻的n点和(n-1)点的张力,F_{Yn}为任意相邻2点区段上的运行阻力。

(3)升运链的计算

输送链由内链节、销轴、轴套、外链节组成。本设计有2条输送链,则链轮齿推动链节轴套上的力F_n为总圆周力的1/2,每个链节上承载的最大张力F_n为1/4。

①链轮与链条的小轴啮合时,会使销轴发生弯曲。

$$M = Fm\left[\frac{c+2a}{4} - \frac{c+a}{2}\right]$$

$$\sigma_X = \frac{M}{W}, \sigma_X < [\sigma]$$

c为两内链节之间的距离,a为内外链节片的厚度,W为小轴的抗弯模量(mm^3),σ_X为小轴的应力值(MPa),[σ]为小轴的许用应力(MPa)。

②销轴套上的剪应力

$$\tau = \frac{Fp}{\frac{\pi d_z^2}{4}} < [\tau]$$

τ为小轴所受剪应力(MPa),d_z为小轴直径(mm),[τ]为小轴的许用剪应力(MPa)。

(4)升运链装置总成还有链轮、链条的设计参数

①链长节数L_p

$$L_p = 2a_{op} + \frac{Z_1+Z_2}{2} + \frac{C_1}{a_{op}}$$

L_p为链长总节数,a_{op}为初定中心距(mm),Z_1为驱动链轮齿数,Z_2为传动链轮齿数。

C_1计算公式为:

$$C_1 = \left[\frac{Z_2 - Z_1}{2\pi}\right]^2$$

②链条长度

$$L = \frac{Lp}{1000}$$

p为链条节距(mm)。

③链轮计算

根据滚子链链轮的计算标准:

a. 分度圆直径d_0:$d_0 = \dfrac{p}{\sin\dfrac{180^\circ}{Z}}$

Z为链轮齿数。

b. 齿顶圆直径d_a:

$$d_{a\max} = d_0 + 1.25t - d_r$$

$$d_{a\min} = d_0 + \left[1 - \frac{1.6}{Z}\right]t - dr$$

d_r为滚子外径。

c. 齿根圆直径d_f:$d_f = d_0 - d_r$

d. 齿侧圆直径d_g:

$$d_g \leqslant p\cot\frac{180^\circ}{Z} - 1.04h_1 - 0.76$$

h_1为内链板高度(mm)。

e. 轴向齿廓b_{f1}:$b_{f1} = C_1 b_1$

C_1为轴向齿廓系数,b_1为内链节内宽(mm)。

f. 尺侧半径r_x:$r_{x公称} = p$

g. 齿全宽b_{f2}:$b_{f2} = (m_p - 1)p_t + b_{f1}$

m_p为排数,p_t为排距(mm)

h. 最大齿根距离L_x:

奇数齿$L_x = d\cos\frac{90^\circ}{z} - d_1$

偶数齿$L_x = d_f = d - d_1$

d为分度圆直径,d_1为齿根圆直径。

3.2 推送装置设计参数

推送装置包括齿轮箱、推送支架、推送主动轴组合、推送链、推送被动轴组合等。当升运链板斜向上运动到达推送链工作区域时,推送链能很好地和升运链同步运动,齿轮箱中输入锥齿轮轴、输出锥齿轮轴在箱体内相互啮合,其轴线夹角与升运链和推送链之间的夹角相同(非90度)。链板槽中的种块经安装在推送链上特制的推耳就能将种块推出,随着升运链的运动,只会在升运链板的顶部经过落种管导出。

推送装置能和升运装置同步就需要将两装置的链条参数化,互相配合。经计算推送装置推送链条为08A-17x17,节距25.4 mm。特制推耳是安装在推送链的外链节上,如图4所示。升运链、推送链设计参数如表2所示。

图4 推送外链节

表2 升运链、推送链设计参数

名称	升运链	推送链
电机功率$p(kW)$	1.5	0.45
小轴弯距$M(N^\circ mm)$	11 298	11 298
小轴应力$\sigma_x(N^\circ/mm^2)$	80	80
小轴剪切力$\tau(N^\circ/mm^2)$	12.5	12.5
作用在轴套上的应力$\tau_T(N^\circ/mm^2)$	35	35
外链片所受应力$\sigma_w(N^\circ/mm^2)$	5.99	5.99
内链片所受应力$\sigma_n(N^\circ/mm^2)$	9.2	9.2
链长节数L_p	62	28
链条长度$L_1(m)$	2.384 2	0.886
分度圆直径$d_0(mm)$	42.8	42.8
齿顶圆直径$d_a(mm)$	$d_{a\max}$ 46.67	46.58
	d_{amix} 36.67	36.58
齿根圆直径$d_f(mm)$	12.06	12.06
齿侧圆直径$d_g(mm)$	2.06	2.06
齿全宽$b_{f2}(mm)$	5.72	5.72
最大齿根距离L_x	58.84	58.84

表3 甘蔗直播排种器相关技术指标

指标	参数
栽植行数(行)	1
生产效率(芽/行·分钟)	≥200
漏栽率(%)	≤5

4 试验

试验以青皮1号甘蔗为种块,根据实际指标进行测定,试验测定有很多制约因素,不仅跟机械的本身有关,而且与测试方案、试验方法都有关系,每次试验条件与试验方法都会给试验带来一定的偏差。本装置在研究过程中进行相关性能试验,通过试验结果检测相关性能指标是否达到相关标准,是否实现设计功能。本试验根据蔗农常种植的青皮1号甘蔗进行试验,相关指标参数见表3。

4.1 试验测试过程

4.1.1 对青皮甘蔗样本进行预切种。根据甘蔗生长特性,每隔一段距离会生长一个凸起的蔗节,甘蔗胚芽就在紧邻蔗节的芽胞内,故截取蔗节两侧各30 mm的茎秆,作为蔗种。

4.1.2 试验样机进行调试,达到最佳工作状态。

4.1.3 在种箱中放入切好的甘蔗种块。

4.1.4 试验员根据各机构的运动情况,控制变频器进行合理顺畅的试验。

4.1.5 根据指标参数进行数据测定。

4.2 试验总结

4.2.1 根据预切种甘蔗进行试验测试,发现样机输送链倾角不合适,进行适当调整。

4.2.2 输送链板槽之间的宽度不合理,进行更改。

4.2.3 推送链倾斜角与输送链运动不同步,根据变频器进行调节。

4.2.4 试验结果得出链板式甘蔗排种器的技术性能特点:(1)具有创新性,目前国内在甘蔗播种技术上全新的突破。通过对提前切好的蔗种加工的

度调整农机化发展模式；六是因地制宜稳步推进农机化发展，在毗邻区域合作发展上寻求突破，强化分工、协作与交流，实现深层次的互利共赢。

参考文献：

[1] 尚 丽.基于DEA模型的陕西省粮食生产效率评价及影响因素研究[J].东北农业科学，2018，43(5)：47-54.

[2] 吴振华，雷 琳.基于三阶段DEA模型的农业土地生态效率研究—以河南省为例[J].生态经济，2018，34(10)：76-80.

[3] 陈 晨，伍国勇.基于四阶段DEA的安徽省耕地利用效率分析[J].水土保持通报，2018，38(4)：288-294.

[4] 马剑锋，佟金萍，王慧敏，等.长江经济带农业用水全局技术效率的空间效应研究[J].长江流域资源与环境，2018，27(12)：2757-2765.

[5] 邓敏慧，杨传喜.基于超效率DEA模型的中国农业科技资源配置效率动态演化研究[J].中国农业资源与区划，2017，38(11)：61-66.

[6] 孔祥智，周 振，路玉彬.我国农业机械化道路探索与政策建议[J].经济纵横，2015(7)：65-72.

[7] 路玉彬，周 振，张祚本，等.改革开放40年农业机械化发展与制度变迁[J].西北农林科技大学学报(社会科学版)，2018，18(6)：18-25.

[8] 焦长权，董磊明.从“过密化”到“机械化”：中国农业机械化革命的历程、动力和影响(1980～2015年)[J].管理世界，2018，34(10)：173-190.

[9] 沈海波，徐世艳，刘志全，等.吉林省玉米机械化生产现状及发展途径探讨[J].吉林农业科学，2010，35(5)：46-49.

[10] 李 军，韩成伟.浅析农业结构调整与农机化发展[J].吉林农业科学，2004，29(6)：51-53.

[11] Fried H O, Lovell C A K, Schmidt S S, et al. Accounting for environmental effects and statistical noise in data envelopment analysis[J]. Journal of Productivity Analysis, 2002(17): 157-174.

[12] 李 然，冯中朝.环境效应和随机误差的农户家庭经营技术效率分析—基于三阶段DEA模型和我国农户的微观数据[J].财经研究，2009，35(9)：92-102.

[13] 全 林，罗洪浪.基于Bootstrap方法数据包络分析的回归分析[J].上海交通大学学报，2005(10)：1652-1655.

[14] 成 刚.数据包络分析方法与MaxDEA软件[M].北京：知识产权出版社，2014：18-20.

半机械化自动播种，使得漏栽率、(下转第138页)(上接第106页)重播率低，具有连续、高速、高效的特点。(2)技术先进，传统的种植方式是采用整根甘蔗顺沟重叠方式播种，既浪费蔗种又对后期人工间苗增加强度。本机械既可以减少种苗的数量、又可以精确地确定种苗间的距离，弥补人工种植时浪费种苗、生产效率低、劳动强度大等缺点。(3)工作性能稳定，噪音小，坚固耐用，设计的全部工件严格按照国家标准生产制造，使用寿命长。

5 结 论

链板式甘蔗精量排种器通过刮板升运链的提升，倾斜式推送链的横向推送，毛刷式压制器的摆种、精种和布料器的送种等运动组合，实现了甘蔗种块的单粒精播，突破了甘蔗机械化精量播种的技术难题，填补了相关设备的空白，经试验已达相关测试指标。

本发明适用于平整及缓坡地块的甘蔗种植。与传统的人工作业方式相比，能够提高效率、节约人工、减轻劳动强度、降低作业成本。

参考文献：

[1] 刘文亮，刘 枫，文正彪，等.预切式蔗种的基本参数试验测定与研究[J].东北农业科学，2020，45(3)：115-118.

[2] 刘福鹏，曲文利，房海悦，等.玉米茎粗Meta-QTL及候选基因分析[J].东北农业科学，2019，44(5)：30-33.

[3] 李 明，田洪春，黄智刚.我国甘蔗产业发展现状研究[J].中国糖料，2017，39(1)：67-70.

[4] 彭明戈，陈星富，陈润忠.甘蔗收获机收割现状及发展对策初探[J].农业研究与应用，2013(4)：63-65.

[5] 莫建霖，刘庆庭.我国甘蔗收获机械化技术探讨[J].农机化研究，2013，35(3)：12-18.

[6] 何礼新，伍勤忠.蔗糖业应在稳定中发展[J].广西农学报，2003(3)：35-38.

[7] 管荣根，顾 玲，张瑞宏.链板式连续输送机械的输送条件及其影响因素[J].起重运输机械，2005(3)：51-54.

[8] 李立荣.链板式输送机的技术改造分析[J].化工管理，2015(23)：161.

[9] 高秀华，于亚平，黄大巍.链板式输送机的设计计算[J].起重运输机械，2006(5)：11-14.

[10] 金 梅，张文毅.链板式水稻直播精量排种器的研发[J].农机化研究，2015，37(7)：119-122.

[11] 孙传祝，王相友.链板式输送带扫料装置的改进设计[J].农产品加工(学刊)，2008(2)：90-93.

[12] 关建行.链板式红枣自动去核机关键零部件的优化设计[D].泰安：山东农业大学，2015.

(责任编辑：刘洪霞)