

双轴旋耕压槽播种开沟匀覆土作业机设计与试验*

顾宸嘉¹, 奚小波^{1, 2}, 韩连杰¹, 张翼夫¹, 张宝峰¹, 张瑞宏^{1, 2}

(1. 扬州大学机械工程学院, 江苏扬州, 225127; 2. 南京沃杨机械科技有限公司, 南京市, 211200)

摘要:针对目前小麦播种机械存在的播种质量差、播深稳定性差、复式作业程度低等问题,设计一种双轴旋耕压槽播种开沟匀覆土作业机,分析机具的工作原理,并根据实际作业需要,设计一种传动系统,计算出整机传动效率为 0.716。为稳定开出 5 cm 宽,1~3 cm 深的小麦种槽,设计一种特型的开槽轮,保证播种深度,提高播深与播宽稳定性;根据作业幅宽 3 500 mm 以及播种深度 1~3 cm,确定绞龙长度与直径的参数,设计一种开沟匀覆土装置,采用左右两段绞龙机构,提高耕幅范围内的土壤平整度,并同样分左右两段绞龙机构,设计一种清土装置。田间对比试验表明样机的准确度为 88.67%、离散度为 45.45%、均匀度为 73.74%,普通播种机的准确度为 78.72%、离散度为 39.38%、均匀度为 44.83%。

关键词:小麦;复式播种机械;播种质量;覆土装置;开槽轮

中图分类号:S223.2 **文献标识码:**A **文章编号:**2095-5553(2021)11-0017-06

顾宸嘉, 奚小波, 韩连杰, 张翼夫, 张宝峰, 张瑞宏. 双轴旋耕压槽播种开沟匀覆土作业机设计与试验[J]. 中国农机化学报, 2021, 42(11): 17-22

Gu Chenjia, Xi Xiaobo, Han Lianjie, Zhang Yifu, Zhang Baofeng, Zhang Ruihong. Design and experiment research of double-axis rotary tillage machine for sowing, ditching and covering soil [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2021, 42(11): 17-22

0 引言

小麦是世界上最重要的粮食作物之一,其总面积、总产量及总贸易额均居粮食作物前列^[1-4]。世界上以小麦为主要粮食的人口数量占到世界人口总数的 1/3^[5-7]。在我国,小麦是我国人民广泛食用的主要粮食,在全国粮食消费总额中占比达到 1/5 左右,小麦的播种面积和总产量居前三,是世界上最大的小麦生产国家,但每年仍需要大量进口小麦^[8-9]。随着我国小麦产业的不断发展,小麦成本投入偏高、种植空间布局分散,机械化程度低、播种技术落后、种槽结构不稳定导致小麦产量不能提高等许多问题暴露了出来^[10]。

传统条播种植绝大多数采用管式输送排种,由于小麦种植密度高,且种子从排种器排出在管内下落过程中处于不可控状态,极易发生碰撞、滚动、弹跳,导致均匀种子流受到破坏,致使播种的均匀性较差,影响种子出苗及后续生长^[11]。与此同时,种槽深度及稳定性也是决定出苗效果的关键因素之一,然而在现行种植方式极度追求生产效率的背景下,多功能复式作业播

种机正大规模推广使用,其作业田地大量秸秆留茬,播种深度难以控制,严重影响播深的稳定性,造成种子的低出苗率,进而影响作物后期的生长发育和产量。因此,小麦的播种均匀性与播深稳定性问题亟待解决。

目前,我国对于小麦播种质量在播种方式、基于 PLC 定量控制以及精量排种器等方面进行了研究。如李军宇等设计了一种小麦宽幅种机种肥开沟装置,种肥深度均满足农艺要求;谢海明等对播种机定量控制系统进行了优化,提高了播种机的作业效率与作物产量;孙钦华等^[12]对于 2BMG-7 型小麦免耕条播机的研制与试验,机具满足播种要求;张顺等^[13]对于气力滚筒式水稻直播精量排种器排种性能方面的分析与试验,提高了排种器的排种性能等等。国外学者 Barr 等^[14]设计了一种高速免耕播种系统,通过 DEM 法和田间试验优化了排肥器的空间位置,实现播深稳定控制。Burce 等^[15]开发一种播种系统在减少压实和耕作操作的同时保持作物产量水平,提高了播种效率;Wilson 等^[16]改进一种谷物播种机,以提供谷物播种机的种子料斗中种子重量的精确测定的方法,提高了播

收稿日期:2021 年 3 月 24 日 修回日期:2021 年 4 月 25 日

* 基金项目:扬州大学作物学学科特区学科交叉课题支持项目(yzuxk202007);江苏省科技项目(BE2020319);江苏省现代农机装备与技术示范推广项目(NJ2021-16);江苏省高校自然科学研究项目(20KJB416008)

第一作者:顾宸嘉,男,1996 年生,江苏张家港人,硕士研究生;研究方向为农业机械化工程。E-mail: 894375041@qq.com

通讯作者:奚小波,男,1989 年生,江苏盐城人,博士,讲师;研究方向为农业工程与装备。E-mail: xxbctg@126.com

种的精确性。

上述研究方面为小麦播种技术提供了参照,但未能涉及到复式作业机作业质量改善和如何提高种槽种沟稳定性等问题。针对上述问题,本文设计了一种特殊的开槽轮和匀覆土装置,并完成双轴旋耕压槽播种开沟匀覆土作业机设计,同时进行样机与普通播种机的田间对比试验。

1 总体结构与工作原理

1.1 总体结构

双轴旋耕压槽播种开沟匀覆土作业机结构如图1所示,由两部分组成,分别为双轴旋耕机构,播种机构。旋耕机构包括两组旋耕刀组、前传动装置以及两个四孔齿轮箱,每一组旋耕刀组分为两部分,分别安装在一个四孔齿轮箱的两侧,两组旋耕刀组位置布置为前后布置,前刀组比后刀组高10 cm,四孔齿轮箱安装在前传动装置两侧。种肥箱安装在播种机构的前端,通过左右两个支架焊接在机架上,种肥箱底部开有矩形洞口,分别通过螺栓螺母连接一个外槽轮排种器和种肥盒,种肥盒底部距离地面10~12 cm,外槽轮排种器由电机驱动落种。开槽轮安装在播种机构的前端下部分,由地轮带动,开槽轮斜上方安装绞龙进行清泥;播种机构中间为后传动装置,后传动装置两侧安装开沟刀盘;镇压轮安装在播种机构机架的后部,分为两段,中间安装开沟器;在镇压轮斜上方安装绞龙清泥装置;在两个辊轮之间设置匀覆土装置;辅助轮安装在机架最后端,通过液压装置进行升降。

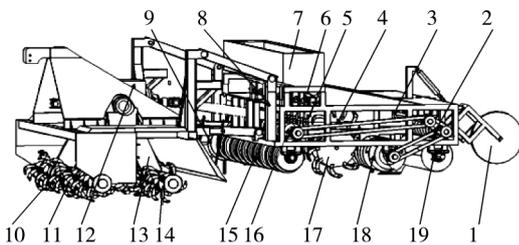


图1 机具总体结构图

Fig. 1 Overall structure of the machine

1. 辅助轮 2. 后清土装置 3. 后齿轮箱 4. 后传动装置 5. 种肥盒
6. 外槽轮排种器 7. 种肥箱 8. 机架 9. 地轮 10. 双轴旋耕机构
11. 前旋耕刀组 12. 前传动装置 13. 四孔齿轮箱 14. 后旋耕刀组
15. 开槽轮 16. 前清土装置 17. 开沟盘 18. 匀覆土装置 19. 镇压轮

1.2 工作原理

机具工作时,动力由拖拉机输出轴传递给前传动装置,再由前传动装置通过四孔齿轮箱传递给旋耕刀组,驱动旋耕刀组进行旋耕作业,由于前后两个旋耕刀组高度相差10 cm,可将旋耕深度提升至20 cm,实现双轴深旋耕作业;旋耕作业之后,开槽轮由地轮带动滚动,开槽轮将土面压平,并为后续播种进行开槽,槽宽

5 cm,槽深1~3 cm,再由绞龙型清土装置对开槽轮进行表面清土;然后种肥箱通过电机驱动来带动外槽轮排种器进行排种,种子和肥料经由种肥盒直接落入种槽中,实现播种和施肥,保证落种的准确性;同时,开沟盘由后传动装置驱动,进行旋转松土抛土和初步开沟,为后续开沟器进行稳定开沟提供基础;接着匀覆土装置进行匀土覆土作业,同时将开沟盘开出的泥土输送至两侧,保证土壤均匀,地面平整,提高种子表面泥土覆盖率,改善播种质量;接着,镇压轮通过地轮驱动,对土面进行镇压平整,同时后清土装置对镇压轮进行清土作业,镇压轮中间开沟器进行后续稳定开沟,作业流程如图2所示。

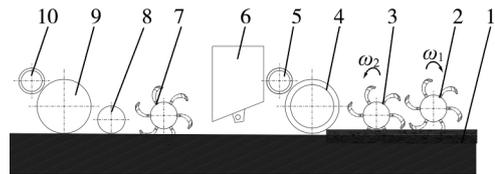


图2 双轴旋耕压槽播种开沟匀覆土作业机作业流程图

Fig. 2 Operation flow chart of double axis rotary tillage and pressing trough sowing, ditching and even covering soil machine

1. 未耕土壤 2. 前旋耕刀轴 3. 后旋耕刀轴 4. 开槽轮
5. 前清土装置 6. 种肥箱 7. 开沟盘 8. 开沟匀覆土装置
9. 后镇压轮 10. 后清土装置

2 传动设计

机具传动系统的设计是机械设计工作中的一个必不可少的组成部分。一个合理的良好机械传动系统能大幅度提高机具的性能和质量^[17]。本机具为复式作业机械,工序较多,且动力来源于拖拉机,根据作业要求,传动系统分为双轴旋耕机构传动与播种机构传动。

图3为双轴旋耕机构传动示意图,动力由拖拉机通过万向节传入前传动装置,传动装置通过传动轴将动力传递给左右两个四孔齿轮箱,四孔齿轮箱分别带动安装在两侧的旋耕刀组进行旋耕作业。

旋耕机构传动效率 n_1 可表达成

$$n_1 = P_1 \times P_2 \times P_3^{11} \times P_4^3 \quad (1)$$

式中: P_1 ——锥形齿轮的传动效率,取0.98^[18];

P_2 ——万向节的传动效率,取0.98^[18];

P_3 ——轴承传动的传动效率,取0.98^[18];

P_4 ——圆柱齿轮的传动效率,取0.98^[18]。

图4为播种机构传动示意图,播种机构的动力由前传动装置通过万向节传递到后传动装置,后传动装置通过左右传动轴将动力传递给开沟盘进行初步开沟,并通过后齿轮箱带动传动轴从而驱动带传动,通过带传动驱动两个清泥装置与匀覆土装置。

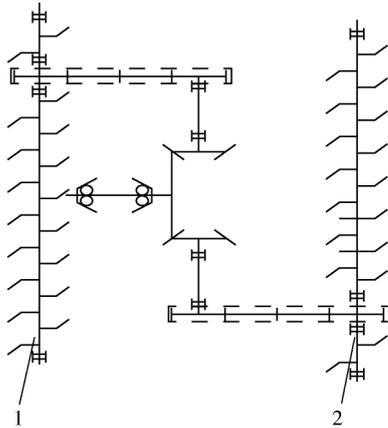


图 3 双轴旋耕机构传动示意图

Fig. 3 Transmission diagram of double axis rotary tillage mechanism

1. 前旋耕刀轴 2. 后旋耕刀轴

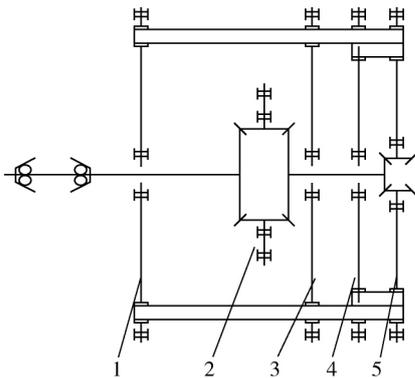


图 4 播种机构传动示意图

Fig. 4 Schematic diagram of transmission device of seeding mechanism

1. 前清土装置 2. 开沟盘 3. 匀覆土装置 4. 传动轴 5. 后清土装置

播种机构传动效率

$$n_2 = P_2 \times P_1^3 \times P_3^3 \times P_5^2 \quad (2)$$

式中： P_5 —— 带传动的传动效率，取 0.96^[18]。

则整个机具的传动效率

$$n = (n_1 + n_2) \div 2 \quad (3)$$

经计算 n_1 为 0.724, n_2 为 0.708, n 为 0.716。

3 开槽轮设计

播种深度是影响种子出苗的重要参数，而开槽质量是影响播种深度的关键因素，因此对播种开槽装置的设计十分重要。目前绝大多数小麦播种机械采用开沟刀或圆盘开沟器开种槽，其开出的种槽宽度与深度不够，且种槽内碎土较多，导致种槽宽度及深度的稳定性较差，试验证明压槽作业优于普通播种机的开沟刀作业^[19]。本文设计一种带有镇压效果的开槽轮，在开槽的同时对土壤进行镇压，提高土壤平整度，利于后续播种作业，如图 5 所示。

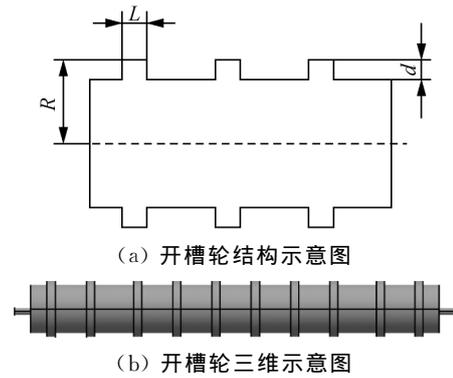


图 5 开槽轮设计

Fig. 5 Structure design of slotted wheel

为保证足够的土壤压实程度，并使槽底中存在的碎土大大减少，在镇压轮圆周面上设置凸台，用于压制出 5 cm 左右宽、1~3 cm 深的成型播种槽，但是由于可能存在土壤挤压以及坍塌等情况，留有 1 cm 宽度余量，因此设计开槽轮凸台宽 L 为 6 cm，凸台高度 d 为 3 cm，轴半径 R 为 15 cm。为使种肥准确落入种槽中，设计时将排种口与开槽轮凸台处前后对齐，为了保证离地高度参数，设计开槽轮中心轴与种肥盒排种口水平距离为 5~10 cm。开槽轮与镇压轮结合，使机具结构更加紧凑，也使土壤有足够的压实程度，种槽中碎土大大减少，保证播种深度，提高播深与播宽稳定性，符合播种要求。

4 开沟匀覆土装置设计

开沟匀覆土装置主要由开沟装置以及匀覆土装置组成，如图 6 所示。左右覆土装置由轴承固定，开沟装置连接在后传动装置上，动力由旋耕结构通过万向节输送到后传动装置带动开沟装置转动，开沟装置设计为双圆盘式开沟盘，开沟盘上开沟刀为弧形曲线，以反向旋转的方式进行初步松土，土壤被抛送至两侧，为后续开沟器稳定开沟提供基础，覆土装置由侧边皮带传动提供动力进行匀覆土作业。

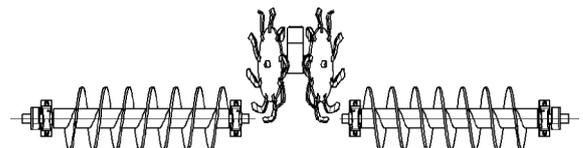


图 6 开沟匀覆土装置示意图

Fig. 6 Schematic diagram of ditching soil leveling device

由于水沟深度要求大于 20 cm，根据安装位置设计开沟盘入土深度为 22~26 cm。其中，开沟盘周围由右旋刀片与左旋刀片交替安装，避免出现壅土现象，保证良好的工作质量，示意图如图 7 所示。

开沟作业过程当中，不少碎土被挤压抛出，导致水沟附近土壤较多，宜造成水沟坍塌，且土壤不平整，出

现影响种子出苗等问题。而普通播种机的覆土方式为开沟刀覆土,具有不确定性,现设计一种绞龙型匀覆土装置,可在原本覆土装置的功能基础上,将土壤均匀运送至两侧,较普通播种机土壤平整度更好,可以更好地辅助种槽水沟稳定并提高种子发芽率。整机作业幅宽为3 500 mm,为保证土壤推送幅宽,设计绞龙长度 L_1 为1 600 mm左右,叶片厚度 l 为2 mm,示意图如图8所示。为保证良好的抛送土壤的效果,使土壤匀土厚度达到理想效果,根据安装高度以及小麦播种深度,绞龙外径 D 确定为270 mm。绞龙旋转主轴直径 d_1 取0.18倍的绞龙外径,为48.6 mm。

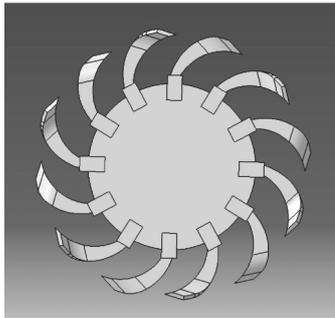


图7 开沟盘示意图

Fig. 7 Schematic diagram of ditching tray

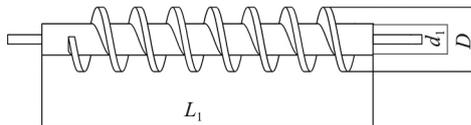


图8 匀覆土装置结构示意图

Fig. 8 Structure diagram of soil spreading device

由于匀覆土装置长度与直径由作业需要已经确定,因此接下来只需确定绞龙螺距即可,最大螺距应满足下列两个要求^[20-23]。

1) 土壤在绞龙叶片面轴向作用力 $P_1 > 0$ 。

$$P_1 = P \cos(\alpha + \beta) > 0 \quad (4)$$

式中: P_1 ——土壤沿绞龙轴向所受到的力,N;

P ——土壤收到的合力,N;

α ——绞龙的螺旋升角,(°);

β ——土壤摩擦角,这里取 28° 。

为了使 $P_1 > 0$,需满足

$$\alpha = \frac{\pi}{2} - \beta \quad (5)$$

在绞龙螺旋叶片根部轴处,绞龙螺旋升角 α 为最大值,轴向作用力最小。依据此条件,绞龙螺距最大值公式如式(6)所示。

$$S < \pi d \tan\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right) \quad (6)$$

式中: S ——绞龙螺距,mm;

d ——绞龙旋转主轴直径,取0.18倍的绞龙外

径,为48.6 mm。

可得出螺距最大值小于287 mm。

2) 土壤具有合理的抛出速度。土壤应该有较快的轴向推送速度,同时绞龙螺旋叶片上轴向推送速度大于圆周旋转速度,来防止碎土大量飞溅。

$$S = \pi D \tan\left(\frac{\pi}{4} - \beta\right) \quad (7)$$

式中: D ——绞龙外径,mm。

可得出螺距最大值应小于260 mm。绞龙螺距增大时,轴向推送速度增加,但圆周旋转随之增加,使得土壤出现飞溅的可能,从而降低了匀覆土装置的覆土能力,造成地面土壤不平整,出现堆垄现象,因此本机设计绞龙型匀覆土装置的螺距 S 取值为180 mm。

清土装置按照匀覆土装置机构,也设计为左右两段绞龙型结构,示意图如图9所示,长度与匀覆土装置相同,为1 600 mm,叶片厚度为2 mm,为使机具结构更加紧凑同时保证清土效果,绞龙外径不易过大,也不能过小,设计为130 mm。绞龙旋转主轴直径取0.18倍的绞龙外径,为23.4 mm。最终得出螺距为110 mm,实物图如图10所示。

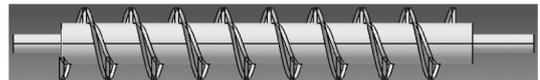


图9 前后清土装置示意图

Fig. 9 Schematic diagram of front and rear soil cleaning device

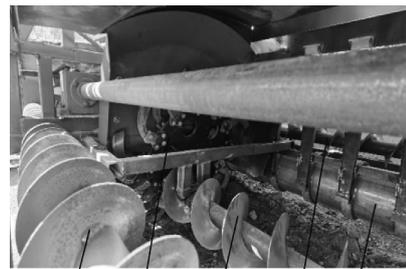


图10 样机内部绞龙部结构实物图

Fig. 10 Structure of the internal winch of the prototype

1. 后清土装置 2. 开沟盘 3. 匀覆土装置
4. 前清土装置 5. 开槽轮

5 田间试验

2020年11月8日进行样机田间作业试验,如图11所示,为验证双轴旋耕压槽播种开沟匀覆土作业机的作业效果,在相邻地块采用目前普遍使用的2BFX-16播种机进行小麦播种对比试验,机具的主要参数如表1所示。试验场地条件及种植技术参数如表2所示。

田间试验时,以播种准确性、离散度、均匀性为播种质量指标来衡量机具的作业效果^[24]。机具以 135 kg/hm^2 作为播量条件进行作业,作业完成后,随机挑选10处测区,根据机具设计要求,对机具的作业

性能进行了测试,测定方法参照 NY/T996—2006《小麦精少量播种机作业质量》,最后取平均值作为田间试验结果,结果如表 3 所示。



(a) 样机作业效果图 (b) 普通播种机

图 11 作业效果图

Fig. 11 Field test scene of machines

表 1 机具主要技术参数

Tab. 1 Main technical parameters of machines

项目	本机型	普通播种机
配套动力/kW	176.5	66.3
作业幅宽/mm	3 500	2 400
播种深度/cm	1~3	2
播种行数	14	16
播种行距/cm	25	15
播种开沟宽度/cm	6	5
排种器类型	电动外槽轮	机械外槽轮
施肥行数	14	16
覆土方式	旋耕覆土	刮板

表 2 试验场地条件及种植技术参数

Tab. 2 Test site conditions and planting technical parameters

项目	参数
土壤类型	黏土
前茬作物	水稻
小麦品种	宁麦
麦种千粒重/g	46
播种量/(kg·hm ⁻²)	135
肥料	复合肥 N15—P15—K15
施肥量/(kg·hm ⁻²)	450

表 3 田间试验结果

Tab. 3 Field test results

作业质量	样机	普通播种机
播种准确性/%	88.67	78.72
播种离散度/%	45.45	39.38
播种均匀性/%	73.74	44.83

2021 年 1 月 27 日,对小麦的出苗效果进行了观察,如图 12 所示,可以看出,本机具的小麦出苗整齐,长势良好,群体充足,单株强壮,出苗率高,无断苗、漏苗现象,进一步证实了本机具良好的播种作业质量。



(a) 本机具 (b) 普通播种机

图 12 小麦出苗效果图

Fig. 12 Effect of rice emergence

6 结论

1) 在分析双轴旋耕压槽播种开沟匀覆土作业机总体结构和工作原理基础之上,设计了机具的传动系统,其传动效率为 0.716。

2) 对播种开槽装置进行了优化设计,采用镇压与开槽结合模式,可稳定压制 5 cm 宽、1~3 cm 深的成型播种槽,优于普通播种机开沟作业方式,满足小麦播种需要。

3) 设计了开沟匀覆土装置,根据小麦作业幅宽为 3 500 mm,设计绞龙长度 L_1 为 1 600 mm,叶片厚度 l 为 2 mm,绞龙外径 D 为 270 mm,旋转主轴直径 d_1 为 48.6 mm,螺距 S 为 180 mm,可提高耕幅内的土壤平整度,有利于实现播种覆土厚度的一致性,并同样分左右两段绞龙机构,设计了一种清土装置,外径为 130 mm,螺距为 110 mm。

4) 进行样机与普通播种机的田间对比试验,以播种准确性、离散度、均匀性为播种质量指标,结果表明:样机的准确度为 88.67%、离散度为 45.45%、均匀度为 73.74%,普通播种机的准确度为 78.72%、离散度为 39.38%、均匀度为 44.83%,样机优于普通播种机,且出苗效果良好,无断苗、漏苗等现象出现。

参 考 文 献

- [1] 虞国平. 水稻在我国粮食安全中的战略地位分析[J]. 新西部月刊, 2009(11): 31—33.
- [2] 张明伟. 稻茬晚播小麦群体与生理特征及密肥调控技术研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2018.
Zhang Mingwei. Formation and physiological characteristics of high-yielding population and regulation techniques with plant density and nitrogen application in late-sowing wheat following rice [D]. Yangzhou: Yangzhou University, 2018.
- [3] 谭飞泉. “协调型”小麦新品种的产量潜力与构成及其高产高效栽培模式的研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2003.
- [4] 杨春. 中国主要粮食作物生产布局变迁及区位优势研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2009.
- [5] 魏湜. 春小麦优质高效实用生产技术[M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 2004.

- [6] 董葶. 澳大利亚粮食市场开放与中国粮食安全——基于小麦贸易的政治经济分析[D]. 南京: 南京农业大学, 2008.
- [7] 程芳. 小麦和玉米储藏期间微生物多样性变化及控制[D]. 泰安: 山东农业大学, 2012.
- [8] 韩苏玉, 李铜山. 中澳小麦主产区竞争力分析——以河南和新威尔斯为例[J]. 科教导刊—电子版, 2016(9): 184—186.
- [9] 王法宏, 司纪升. 小麦主推品种与技术[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 2011.
- [10] 景雅荣. 浅析小麦种植的机械化问题与新技术研究[J]. 农业与技术, 2019, 39(4): 121.
- [11] 刘俊孝, 王庆杰, 李洪文, 等. 针孔管式小麦精准点播装置设计与吸种性能研究[J]. 农业工程学报, 2019, 35(11): 10—18.
Liu Junxiao, Wang Qingjie, Li Hongwen, et al. Design and seed suction performance of pinhole-tube wheat precision seeding device [J]. Transactions of the CSAE, 2019, 35(11): 10—18.
- [12] 孙钦华, 尚书旗, 杨然兵, 等. 2BMG-7型小麦免耕条播机的研制及试验[J]. 中国农机化学报, 2013, 34(4): 118—121, 124.
Sun Qinhua, Shang Shuqi, Yang Ranbing, et al. Design and experiment of 2BMG-7 no-tillage wheat seeder [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2013, 34(4): 118—121, 124.
- [13] 张顺, 夏俊芳, 周勇, 等. 气力滚筒式水稻直播精量排种器排种性能分析与田间试验[J]. 农业工程学报, 2017, 33(3): 14—23.
- [14] Barr J B, Ucgul M, Desbiolles J, et al. Development and field evaluation of a high-speed no-till seeding system [J]. Soil and Tillage Research, 2019, 194(1): 1—11.
- [15] Burce M, Kataoka T, Okamoto H, et al. Precise seed placement control system for various terrain surfaces [C]. 2011 Louisville, Kentucky, August 7—August 10, 2011.
- [16] Wilson D E. Grain drill with accurate metering of the rate of planting of seed [P]. US Patent: US7273017 B2, 2008.
- [17] 王金峰, 王金武, 孔彦军, 等. 悬挂式水田筑埂机及其关键部件研制与试验[J]. 农业工程学报, 2013, 29(6): 28—34.
Wang Jinfeng, Wang Jinwu, Kong Yanjun, et al. Development and experiment of suspension ridger and its key components for paddy field [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2013, 29(6): 28—34.
- [18] 《机械设计手册》第5版出版[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [19] Xi X, Gu C, Shi Y, et al. Design and experiment of no-tube seeder for wheat sowing [J]. Soil and Tillage Research, 2020, 204: 104724.
- [20] 张东海. 螺旋输送机的优化研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2006.
- [21] 王东霞. 螺旋输送机的数值分析及优化设计的研究——输送小麦的卧式螺旋输送机[D]. 郑州: 河南工业大学, 2012.
- [22] 胡宗武, 徐履冰, 石来德. 非标准机械设备设计手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [23] 滕翔, 董和银, 范国强, 等. 螺旋绞龙式牛场清粪机设计与试验[J]. 中国农机化学报, 2020, 41(12): 42—47.
Teng Xiang, Dong Heyin, Fan Guoqiang, et al. Design and test of spiral wringing dragon type cattle ranch muck cleaner [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2020, 41(12): 42—47.
- [24] NY/T 1768—2009, 免耕播种机 质量评价技术规范[S].

Design and experiment research of double-axis rotary tillage machine for sowing, ditching, and covering soil

Gu Chenjia¹, Xi Xiaobo^{1,2}, Han Lianjie¹, Zhang Yifu¹, Zhang Baofeng¹, Zhang Ruihong^{1,2}

(1. School of Mechanical Engineering, Yangzhou University, Yangzhou, 225127, China;

2. Nanjing Woyang Machinery Technology Co., Ltd., Nanjing, 211200, China)

Abstract: Aiming at the problems of poor sowing quality, poor stability of sowing depth, and low degree of compound operation of wheat sowing machine, a double axis rotary tillage and pressing groove sowing, ditching, and even covering soil machine was designed. This paper analyzed the working principle of the machine and, according to the actual operation needs, designed a transmission system and calculated the transmission efficiency of the whole machine, which was 0.716. In order to open 5 cm wide and 1—3 cm deep wheat seed trough stably, a special slotted wheel was designed to ensure the sowing depth and improve the stability of sowing depth and width. According to the working width of 3 500 mm and the sowing depth of 1—3 cm, the parameters of the length and diameter of the auger were determined, and a ditching and even covering soil device was designed. The left and right two-stage auger mechanism was used to improve the soil flatness within the range of tillage. A soil cleaning device was also designed with left and right two-stage auger mechanisms. The results showed that the accuracy of the prototype was 88.67%, the dispersion was 45.45%, the uniformity was 73.74%, the accuracy of the ordinary seeder was 78.72%, the dispersion was 39.38%, and the uniformity was 44.83%.

Keywords: wheat; compound seeder; sowing quality; soil covering device; slotting wheel