

牧草播种机排种装置关键部件设计*

翟改霞 包德胜 王志军 杨莉 王振华 李凤鸣

(中国农业机械化科学研究院呼和浩特分院, 呼和浩特 010020)

摘要:在完成牧草种子机械物理特性研究的基础上,设计了一种多行一器的排种装置。该装置由调节螺杆、搅拌器、排种器壳体、中央排种槽轮等组成。排种量通过调节螺杆调整中央排种槽轮相对于排种器壳体的工作长度来设定,槽轮壳体内部的搅拌器用于防止种子架空,大小不同的种子的排种则通过调节槽轮机构内部元件位置来实现。完成了中央排种槽轮结构的设计,并根据结构设计参数及种子的物理特性参数,对不同种子公顷排种量进行了计算,制作了中央排种槽轮工作长度标尺,标尺标值与不同种子公顷排种量一一对应。

关键词:播种机 排种器 中央排种槽轮 播种量

中图分类号: S223.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)S0-0047-05

引言

排种器是牧草种子播种机的重要工作部件,其性能直接影响播种效果^[1]。排种器的设计需要满足排种均匀、排量一致、通用性好、播量调节范围大及不损伤种子或少损伤种子的要求。排种器从结构上可分为机械式和气力式,主要有水平圆盘式、倾斜圆盘式、窝眼轮式、倾斜勺式、内充型孔轮式、垂直转勺式、指夹式、带式、气力式和气压式等^[2]。气力式排种装置又分为气吸式和气吹式两种结构,由于气力式排种装置对种子的适应性较强,排种均匀性强,故应用较为广泛^[3-4]。

外槽轮式排种器利用圆柱面上带槽的外槽轮转动将种子排出,不受种子大小及外形的影响,其结构简单,制造容易,使用方便,应用较为广泛,是条播播种机的关键部件。本文设计一种与气力输送式排种器配套的中央外槽轮排种装置,并通过分析牧草种子基本物理特性,计算气力输送式播种机排种装置大小不同种子的公顷排种量,制作与公顷排种量有对应标值的槽轮工作长度标尺。

1 结构及工作原理

牧草播种机排种装置的结构与尺寸设计与牧草种子的外貌、流动特性、悬浮特性及吸湿特性等有关。针对不同牧草种子物理特性较为复杂,几何尺寸差别较大,质量小,形状不规则等播种难题,依据牧草种子的播种工艺要求,设计了一种中央外槽轮

排种装置。该装置在使用过程中通过调节槽轮机构可实现形状及大小不同的种子的正常播种。

1.1 排种装置结构

排种装置主要由调节螺杆、搅拌器、排种器壳体、中央排种槽轮等组成^[5],中央排种槽轮是排种装置的主要结构部件,主要由槽轮机构、槽轮壳体、拨齿、调节机构等组成,如图1所示;槽轮机构由槽轮、调节板、变槽板座、大齿轮、变槽板、光轮、螺纹调节板等组成,如图2所示。设备运行时,地轮转动,并经链传动装置将动力提供给中央排种槽轮装置,驱动槽轮转动。伸入种箱内的槽轮旋转时,靠重力充满槽轮凹槽的种子随槽轮一起转动,实现强制排种,处在槽轮外层种子在槽轮外圆的拨动及种粒间的摩擦力作用下也被带动起来形成了带动层,从排种器排出的种子包括凹槽内种子和带动层种子,其排种量较为稳定。根据种子悬浮速度特性及两相流流体力学特性,种子经气力式分配器被分配到各排种管实现播种,中央排种槽轮装置配套气力输送式排种方式可实现不同牧草种子的均匀播种^[6-7]。

为了防止流动性差的种子在槽轮壳体内架空,设计了拨齿部件,在排小粒种子(带芒类)的过程中拨齿的小齿轮与槽轮机构的大齿轮相啮合,大齿轮同时带动拨齿旋转;在排大粒种子(无芒类)的过程中,拨齿的小齿轮与槽轮机构的大齿轮分离。拨齿(图1)安装在槽轮壳体上。

综上,中央排种槽轮装置具有如下特点:①通

过调节槽轮机构以实现大小不同种子的排种,不受种子、大小形状的限制,适应性较强。②排种过程由地轮驱动,不受机具行走速度的影响,排种量均匀。③排种量调整机构的结构较简单,调整方便可靠。

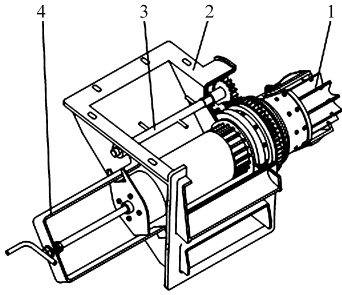


图1 中央排种槽轮装置结构简图

Fig. 1 Central metering groove wheel device structure diagram

1. 槽轮机构 2. 槽轮壳体 3. 拨齿 4. 调节机构

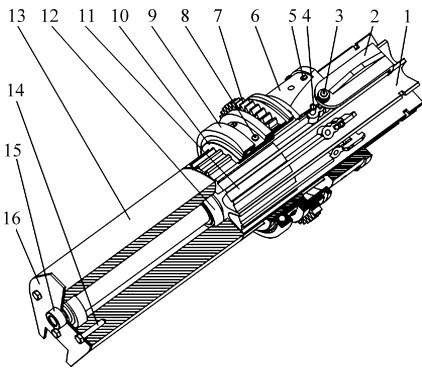


图2 槽轮机构结构简图

Fig. 2 Geneva mechanism structure diagram

1. 槽轮 2. 调节板 3. 长螺钉 4. 销轴 5. 螺钉 6. 变槽板座
7. 大齿轮 8. 短螺钉 9. 大轴承 10. 轴承内套 11. 变槽板
12. 小轴承 13. 光轮 14. 大螺钉 15. 螺母 16. 螺纹调节板

1.2 大小不同的种子播种的调节

通过调节槽轮机构结构,在槽轮壳体内腔里形成长度为 H 的不同槽形排种口区域,实现大小不同种子的排种。当调节板与大齿轮卡在一起时(图3), H 段区域的排种槽形状为槽轮的凹槽形成(图4),此时,适合于排种大粒种子,排种量通过旋转调节机构的螺纹杆来调整槽轮相对于槽轮壳体的位置改变 H 长度尺寸,实现排种量无级调节;当调节板与槽轮卡在一起时(图5), H 段区域的排种槽安装在槽轮凹槽内的变槽板形式(图6),此时,适合于排种小粒种子。

1.3 主要参数的选择

1.3.1 槽轮直径、转速和工作长度

槽轮直径的大小与转速和工作长度有关,排量一定时,若槽轮直径过大,转速和工作长度势必相应减小,会使排种断续不均;若直径过小,转速必须提

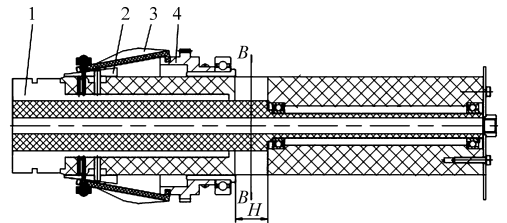


图3 适应排大粒种子的槽轮机构结构简图

Fig. 3 Geneva mechanism structure diagram for large seed sowing

1. 槽轮 2. 变槽板座 3. 调节板 4. 大齿轮

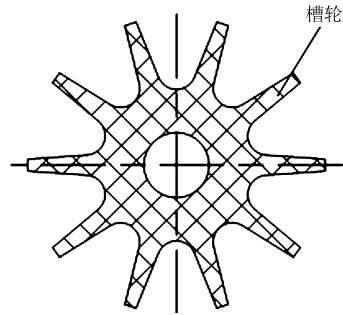


图4 适应排大粒种子的槽轮凹槽形状

Fig. 4 Groove shape of Geneva wheel for large seed sowing

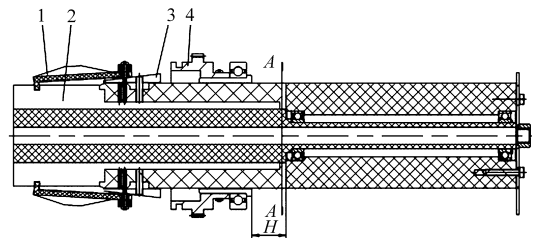


图5 适应排小粒种子的槽轮机构结构简图

Fig. 5 Geneva mechanism structure diagram for small seed sowing

1. 调节板 2. 槽轮 3. 变槽板座 4. 大齿轮

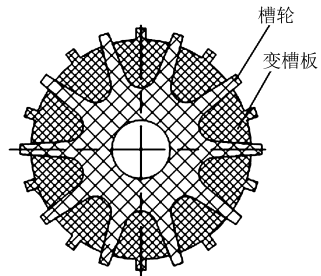


图6 适应排小粒种子的槽轮凹槽形状

Fig. 6 Groove shape of Geneva wheel for small seed sowing

高,则会增高种子的损伤率。为了保证排种装置既能排小粒种子又能排大粒种子,依据文献[2],本设计槽轮直径选择为100 mm。

为了保证每转排量的稳定性,槽轮转速范围为9~60 r/min。为了避免排种器内种子流动受阻,影响到排种的均匀性,槽轮工作长度不宜太小。槽轮最小长度应大于种子长度的1.5~2倍,为了满足高

速作业大排种量的要求,本文设计槽轮最大工作长度为 200 mm。

1.3.2 凹槽断面形状和槽数

凹槽断面形状对种子的填充与排种有着重要的影响,其面积要符合排种量的要求,该装置槽轮凹槽为圆弧形断面,以便于种子的充填和排出。排小粒种子时,槽型宜浅,槽数宜多,排量小且排种较均匀;排大粒种子时,凹槽半径要适当增大,槽深适当减小,不小于种子厚度的一半,以减少损伤率。槽轮的槽形采用直槽形式排列。根据文献推荐值及槽轮大小、种子几何尺寸和槽齿强度等因素确定槽轮凹槽半径 6.5 mm,槽数 10。

槽轮装置主要结构参数见表 1。

表 1 槽轮装置主要结构参数

Tab.1 Structure parameters of grooved gearing equipment

| 参数 | 数值 |
|-------------------------|-----|
| 槽轮直径/mm | 100 |
| 槽数 | 10 |
| 凹槽半径/mm | 6.5 |
| 单个槽横截面积/mm ² | 400 |
| 有效工作长度/mm | 200 |

2 播种量计算

2.1 牧草种子基本物理特性

牧草种子属于农业种子范畴,具有农业种子的特点,但是它又与农业种子有着很大的区别,牧草种子颗粒较小,产量也较低。牧草种子物理特性对播种机主要结构参数的设计以及播种参数的设定有着重要的影响。牧草种子相关物理特性参数主要包括:形态特征、千粒质量、密度、容积密度、净度、含水率、生活力、发芽率、休止角、滑动摩擦角和内摩擦角^[8]。本文主要对影响排种装置结构设计的种子的形态特征、千粒质量和容积密度等典型物理特性进行测定,数据如表 2 所示。

表 2 几种牧草种子基本物理特性参数

Tab.2 Basic physical characteristic parameters of several kinds of grass seed

| 品种 | 种子外形尺寸/mm | | | 千粒质量/g | 容积密度/(g·cm ⁻³) |
|------|-----------|-----|-----|--------|----------------------------|
| | 长 | 宽 | 厚 | | |
| 紫花苜蓿 | 2.6 | 1.4 | 0.8 | 1.95 | 0.75 |
| 沙打旺 | 1.6 | 1.3 | 0.7 | 1.8 | |
| 披碱草 | 6 | | | 3.2 | |
| 油菜籽 | 1.2 | 1.2 | 1.1 | 3.74 | 0.72 |

从表 2 可以看出,随着种子种类的不同,种子的外形尺寸、千粒质量和容积密度有着较大的差异。

2.2 排种量计算

排种装置每公顷排种量 m 与所对应的排种器槽轮的有效工作长度 L 关系如下

$$m = \gamma NSLR \quad (1)$$

$$R = \frac{10\,000}{3\pi di} \quad (2)$$

其中 N ——排种器槽的数量
 S ——排种器单个槽的横截面积
 L ——槽轮的有效工作长度
 R ——1 hm²播种面积排种器转过的圈数
 m ——1 hm²播种质量
 γ ——容积密度
 d ——地轮直径, $d = 0.65$ m

$$i$$
——地轮与排种轮的传动比, $i = \frac{50}{17}$

基于表 2,并根据式(1)和(2)利用 Matlab 编制计算程序,计算排种器槽长。当播小粒种子时, $N = 20$ 个;当播大粒种子时, $N = 10$ 。计算得出气力输送式排种装置排种量,如表 3、4 所示。通过气力输送式排种装置排种量,能够清晰地看出所需每公顷作物种子所对应的刻度尺。根据排种器刻度尺(图 7)来进行播种调节。表 5 所示为表 3、表 4 所列各种种子容积密度。

表 3 气力输送式排种装置单位面积排种量(大粒种子)

Tab.3 Seeding rate of pneumatic conveyed seed

| 槽轮工作长度标尺 标值 | metering device (big seeds) | | | | | | | | kg/hm ² |
|----------------|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------|
| | 排种量(大粒种子) | | | | | | | | |
| | 小麦 | 大麦 | 黑麦 | 燕麦 | 豆类 | 豌豆 | 玉米 | 亚麻 | 草种 |
| 10 | 18 | 15 | 18 | 8 | | | | 15 | 8 |
| 20 | 39 | 33 | 39 | 18 | 30 | 20 | 33 | 33 | 22 |
| 30 | 59 | 50 | 60 | 28 | 55 | 51 | 63 | 40 | 37 |
| 40 | 79 | 70 | 81 | 40 | 80 | 76 | 72 | 66 | 51 |
| 50 | 100 | 89 | 102 | 50 | 100 | 96 | 91 | 82 | 64 |
| 60 | 119 | 100 | 123 | 64 | 121 | 117 | 111 | 99 | |
| 70 | 139 | 120 | 143 | 78 | 142 | 136 | 131 | 115 | |
| 80 | 158 | 144 | 164 | 91 | 163 | 150 | 151 | 132 | |
| 90 | 178 | 152 | 185 | 104 | 184 | 190 | | 148 | |
| 100 | 198 | 180 | 205 | 110 | 206 | 200 | | 154 | |
| 110 | 218 | 198 | 228 | 130 | 228 | 221 | | 180 | |
| 120 | 239 | 210 | 247 | 142 | 250 | 242 | | 196 | |
| 130 | 260 | 234 | 268 | 154 | 273 | 263 | | | |
| 140 | 279 | 252 | 288 | 166 | 295 | 284 | | | |
| 150 | 300 | 271 | 309 | 176 | 318 | 305 | | | |
| 160 | 318 | 290 | 320 | 190 | 339 | 326 | | | |
| 170 | 339 | 309 | 350 | 202 | 360 | 347 | | | |
| 180 | 359 | 326 | 370 | 215 | 381 | 300 | | | |
| 190 | | | | | 402 | 391 | | | |
| 200 | | | | | 424 | 412 | | | |

表4 气力输送式排种装置单位面积排种量(小粒种子)

| 槽轮工作长度标尺 标值 | 排种量(小粒种子) | | | |
|----------------|-----------|------|------|------|
| | 油菜 | 草种 | 苜蓿 | 紫花苜蓿 |
| 2.5 | 1.0 | 0.8 | 1.2 | 1.0 |
| 5 | 2.3 | 1.7 | 2.0 | 2.0 |
| 10 | 4.0 | 3.6 | 6.2 | 5.0 |
| 15 | 7.4 | 5.8 | 9.4 | 9.0 |
| 20 | 10.1 | 8.0 | 12.8 | 12.0 |
| 25 | 12.5 | 10.1 | 15.8 | 15.1 |
| 30 | 15.2 | 12.2 | 18.9 | 18.2 |
| 35 | 17.6 | 14.3 | 22.1 | 21.3 |
| 40 | 20.3 | 16.5 | 25.3 | 24.3 |
| 45 | | 18.6 | | |
| 50 | | 20.7 | | |
| 55 | | 22.8 | | |
| 60 | | 25.0 | | |
| 65 | | 27.1 | | |
| 70 | | 29.2 | | |

表5 种子容积密度

| 名称 | 小麦 | 大麦 | 黑麦 | 燕麦 | 豆类 | 豌豆 | 玉米 | 亚麻 | 草种 | 油菜 | 草种 | 苜蓿 | 紫花苜蓿 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 容积密度 | 0.78 | 0.68 | 0.80 | 0.53 | 0.82 | 0.80 | 0.80 | 0.72 | 0.36 | 0.65 | 0.36 | 0.75 | 0.75 |

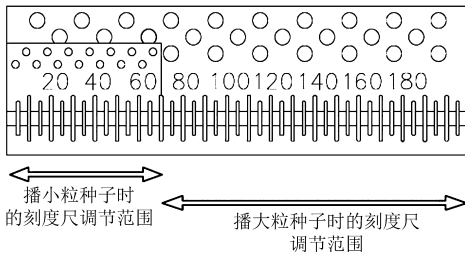


图7 排种器槽轮工作长度标尺

Fig.7 Working length scale of metering device Geneva wheel

3 排种器性能试验验证

为了对气力输送式播种机排种装置的排种性能进行验证。在播种机试验台上,针对小粒种子紫花苜蓿,当排种器槽轮工作长度标尺在不同标尺标值下,进行了排种装置排种量检测试验。机具工作幅宽为3m,地轮转过19圈,地轮直径0.65m,在每个排种器槽轮工作长度标尺标值下,重复试验3次,试验数据见表6。

表6 不同排种器槽轮工作长度标尺标值下苜蓿种子排种量

Tab.6 Sowing rate of alfalfa under different working length scale of metering device Geneva wheel

| 标尺标值 | 排种量/(kg·hm ⁻²) | | | |
|------|----------------------------|------|------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 平均值 |
| 2.5 | 0.8 | 1.2 | 1.1 | 1.03 |
| 20.0 | 12.3 | 11.5 | 12.1 | 11.97 |
| 40.0 | 24.5 | 25.0 | 25.5 | 25.00 |

从表6可知,在槽轮工作长度处于同一标尺标值时排种器排种量存在一定误差,其误差在5%以内,主要是由于种子物理特性、湿度、种子间摩擦力以及种子与种箱壁间的摩擦力等因素影响种子的流动性而造成的。

4 结束语

设计了一种与气力输送式排种器相配套的中央外槽轮排种装置。通过调节槽轮机构,既可以实现小粒种子的排种,也可实现大粒种子的排种;既可以实现流动性好的种子的播种,同时也可以实现流动性差的种子的播种。基于不同类型种子不同的物理特性,对气力式播种机排种装置排种量进行了计算,制作了与排种量对应的排种器槽轮工作长度标尺,并通过排种器性能试验对其进行了验证。

参考文献

- 常金丽, 张晓辉, 陈艳巧, 等. 气流式集中排种系统中排种定量器的设计[J]. 农机化研究, 2007(6): 66-68.
Chang Jinli, Zhang Xiaohui, Chen Yanqiao, et al. Design of the quantitative force feed in the air-stream central-type drill system[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2007(6): 66-68. (in Chinese)
- 中国农业机械化科学研究院. 农业机械设计手册:上册[M]. 北京:中国农业科学技术出版社, 2007:328-329.
- 祁兵, 张东兴, 崔涛. 中央集排气送式玉米精量排种器设计与试验[J]. 农业工程学报, 2013, 29(18): 8-15.
Qi Bing, Zhang Dongxing, Cui Tao. Design and experiment of centralized pneumatic seed metering device for maize [J]. Transactions of the CSAE, 2013, 29(18): 8-15. (in Chinese)
- 贺俊林, 裘祖荣. 新型气压式精密排种器的试验研究[J]. 农业工程学报, 2001, 17(2): 80-83.
He Junlin, Qiu Zurong. Experimental study on a new type seed meter [J]. Transactions of the CSAE, 2001, 17(2): 80-83. (in Chinese)
- 王振华. 气流分配式牧草播种机关键部件优化与试验[D]. 北京:中国农业大学, 2014.
- 李中华, 王德成, 刘贵林, 等. 正压式气流排种器排种效果试验[J]. 农业工程学报, 2009, 25(1): 89-93.
Li Zhonghua, Wang Decheng, Liu Guilin, et al. Experimental study on sowing seeds by air-stream metering mechanism [J].

- Transactions of the CSAE, 2009, 25(1):89-93. (in Chinese)
- 7 李中华, 王德成, 刘贵林, 等. 气流分配式排种器 CFD 模拟与改进[J]. 农业机械学报, 2009, 40(3):64-68.
Li Zhonghua, Wang Decheng, Liu Guilin, et al. CFD simulation and improvement of air-stream distributive metering device[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(3):64-68. (in Chinese)
- 8 王全喜. 油菜种子制丸工艺选择与技术研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2013.
- 9 廖庆喜, 张猛, 余佳佳, 等. 气力集排式油菜精量排种器[J]. 农业机械学报, 2011, 42(8):30-34.
Liao Qingxi, Zhang Meng, Yu Jiajia, et al. Pneumatic centralized metering device for rapeseed[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(8):30-34. (in Chinese)
- 10 吴明亮, 官春云, 高晓燕, 等. 偏心轮型孔轮式排种器排种油菜极限转速试验[J]. 农业工程学报, 2010, 26(6):119-123.
Wu Mingliang, Guan Chunyun, Gao Xiaoyan, et al. Test on limit turn speed of eccentric round hole-wheel seedmeter for rape [J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(6):119-123. (in Chinese)
- 11 曹成茂, 王安民, 秦宽, 等. 一器多行环槽推送式排种器设计与试验[J]. 农业机械学报, 2014, 45(4):128-134.
Cao Chengmao, Wang Anmin, Qin Kuan, et al. Multi-line metering device with ring groove push movement[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2014, 45(4):128-134. (in Chinese)
- 12 JB/T6274.1—2001 谷物播种机技术条件[S]. 2001.
- 13 罗金海, 孙佳民, 杨莉, 等. 9BQS-3.0 型气吹式松土播种复式作业机设计与试验[J]. 农业机械学报, 2013, 44(增刊1):51-55.
Luo Jinhai, Sun Jiamin, Yang Li, et al. Design and experiment of type 9BQS-3.0 pneumatic scarifying and sowing compound operation machine[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2013, 44(Supp. 1):51-55. (in Chinese)
- 14 JB/T 9783—1999 播种机 外槽轮排种器[S]. 1999.
- 15 廖庆喜, 张宁, 张朋玲, 等. 一器多行离心式油菜排种器[J]. 农业机械学报, 2012, 43(2):48-52.
Liao Qingxi, Zhang Ning, Zhang Pengling, et al. Centrifugal metering device for rapeseed[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012, 43(2):48-52. (in Chinese)

Design for Metering Device Key Parts of Pneumatic Grass Seeder

Zhai Gaixia Bao Desheng Wang Zhijun Yang Li Wang Zhenhua Li Fengming
(Huhhot Branch, Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences, Huhhot 010020, China)

Abstract: Based on the mechanical and physical properties study of forage grass seeds, a multi-line with one-device type metering device was designed. It was composed of adjustable screw, stirrer, metering device housing and central metering sheave and so on. The sowing rate can be set by turning the screw to change working length of central metering sheave relative to metering device housing. The stirrer inside of the sheave housing was used to prevent seeds overhead. And metering of different sizes of seed was adjusted by changing the position of internal components of slot wheel mechanism. Innovative design on structure of the central metering sheave was finished. According to the structure parameters and physical characteristic parameters, different seed sowing rate of per hectares was calculated. And then the working length scale of the central metering groove wheel was made. And there was a one-to-one correspondence between scale values and sowing quantity per hectare of different kinds of seed.

Key words: Seeder Metering device Central metering sheave Sowing rate