

9BMC-2.8 型草原免耕播种机设计与试验

文 | 张平, 王琼, 王强, 戴晓军, 李伟, 邢凯

中国农业机械化科学研究院呼和浩特分院有限公司

摘要: 本文介绍了 9BMC-2.8 型草原免耕播种机的设计与试验, 该产品设计了新型倒“T”型开沟器, 实现了低扰动开沟, 从而形成高保墒的优质种床, 且播种开沟单体具有互换性, 能够使双圆盘开沟器和倒“T”型开沟器进行互换。所设计的机架含有牵引梁安装位和悬挂点, 能够实现悬挂和整机牵引两种作业方式, 进而能适应多种类型的作业环境, 增强了整机的通用性。

关键词: 播种机; 免耕; 草原修复; 专用排种器; 倒“T”型开沟器

中图分类号: S22 文献标识码: A 文章编号: 1000-9868 (2023) 07-0083-05

DOI: 10.16167/j.cnki.1000-9868.2023.07.035

荒漠化是全球的环境问题, 目前已有 100 多个国家受到荒漠化的威胁^[1]。一直以来, 退化草原修复都是荒漠化治理过程中必须要解决的重要问题, 我国草原辽阔, 总面积达到 3.92 亿 hm^2 , 占国土面积的 41.14%^[2]。牧草播种机作为修复草原的重要工具, 在其中起着关键作用, 由于收获期的牧草茎秆和叶片的含水率有很大不同, 茎和叶干燥速度不一致, 若收割方式不恰当, 会造成在收割时至打捆期间牧草的叶片大量脱落, 进而营养物质随之流失^[3-8]。基于此, 笔者致力于研究多品种牧草种子免耕混播、施肥等技术, 开发了豆科小颗粒牧草专用排种器和禾本科牧草专用排种器。根据豆科牧草种子流动性和禾本科牧草种子的差异性, 设计了大小种箱、排种开沟单体与肥箱的相对位置。有效解决了播种量及播种均匀性

难保证, 排种器性能差, 多品种各形态牧草种子流动性不一致, 难以实现同行混播、隔行混播、交叉混播等问题。新的技术突破将能够有效提升草原生态自愈能力, 有效治理退化草原的生态系统, 恢复草原的生机与活

力, 并恢复其生产力。

1 整机结构

1.1 9BMC-2.8 型草原免耕播种机结构

9BMC-2.8 型草原免耕播种机是

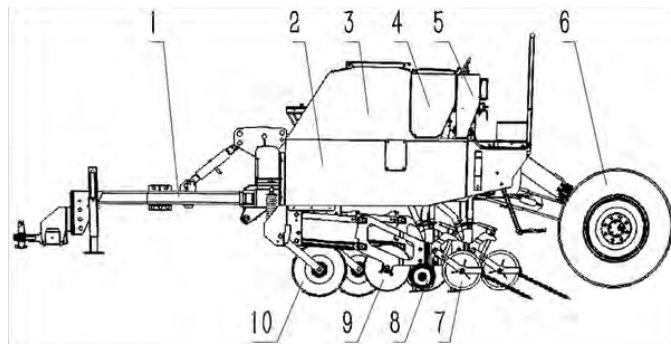


图 1 退化草原免耕多品种混播施肥机的总体布局

1. 分水板 2. 第二销孔 3. 第一销孔 4. 铰链 5. 第二水管 6. 第一支撑座 7. 第一转轴 8. 第二锥形齿轮 9. 锥形齿轮 10. 加料口 11. 搅拌轴 12. 螺旋搅拌叶 13. 储药罐 14. 底座 15. 万向轮 16. 第一水管 17. 水泵 18. 第三锥形齿轮 19. 第四锥形齿轮 20. 第一安装板 21. 支撑板 22. 转杆 23. 滑轨 24. 滑块 25. 第二安装板 26. 连接杆 27. 安装座 28. 销钉

基金项目: 内蒙古自治区种业科技创新重大示范工程“揭榜挂帅”项目 (2022JBG0014); Inner Mongolia Seed Industry Science and technology innovation major demonstration project (2022JBG0014)

作者简介: 张平, 硕士, 高级工程师, 研究方向为机械技术研发 Email: zhangping11112007@163.com。

通信作者简介: 王琼, 硕士, 中级工程师, 研究方向为环境工程及工商管理 Email: 1434580469@qq.com。

针对退化草原修复的专用牧草播种机。整机由大小种箱、肥箱、牵引梁、机架、开沟器、开沟圆盘、破茬装置、镇压轮和行走装置等关键部件组成，如图1所示。

1.2 设备主要技术参数

机具主要参数如表1所示。

2 关键部件的设计

2.1 机架

如图2所示，机架的悬挂点A、悬挂点B、悬挂点C可以直接和拖拉机进行连接，或者安装牵引梁连接。

表1 退化草原免耕多品种混补播施肥机主要参数

项目	参数
工作幅宽 /m	≥ 2.8
配套动力 /kW	≤ 120
作业速度 / (km/h)	5 ~ 8
行间距 /cm	15
总质量 /kg	3796
播种宽度 /mm	2200
牧草种子破损率 /%	≤ 2
首次无故障平均作业量 / (hm ² /m)	≥ 20
播种均匀性变异系数 /%	≤ 50
排量 / (kg/hm ²)	达到设计值
各行排种量一致性变异系数 /%	≤ 13 (禾本科)、≤ 12 (豆科)
总排种量一致性变异系数 /%	≤ 6 (禾本科)、≤ 4.5 (豆科)

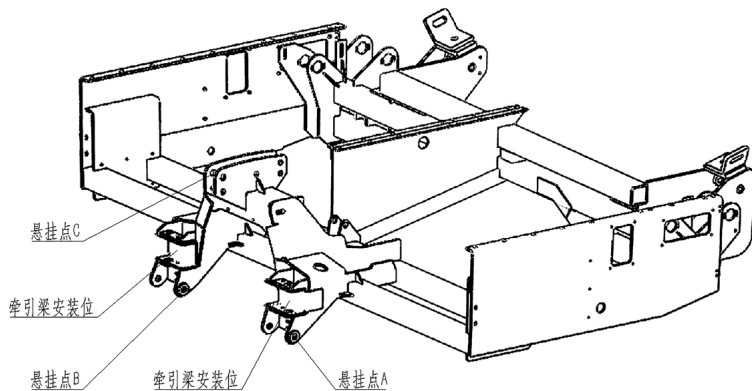


图2 机架结构示意图

牵引式连接适用于地块较大的土地，稳定性好；悬挂式连接则适用于在地块小的土地上使用，灵活性高、转弯半径小，因此，改机型对不同地形地貌的适应性较好。

2.2 倒“T”型开沟器

作业时，开沟器的圆盘在土地上切开一条缝隙，地上原有老化的草根就被沿纵向切断，在一定深度，倒“T”型开沟器还可以沿横向将草根切断，形成一个呈倒“T”型沟槽，形成的沟槽具有蓄水保墒作用。另外，在倒“T”型开沟器的两侧上方

还装有限深轮，通过对限深轮进行上下调节，能够实现控制播种深度的目的。此外，限深轮还能有效抑制倒“T”型开沟器对土地的扰动（结构见图3）。

2.3 新型双圆盘开沟器

如图4所示，新型开沟器主要由调节把手、镇压轮、新型双圆盘、排种轮座、拉簧、连杆、机架、破茬器和压簧等组成，其依靠新型双圆盘实现仿形功能。通过在圆盘侧面添加挡板，在开沟时挡板和地面接触，这样一来就能够限制开沟深度，从而使得深度一致。新型开沟器的设计主要是为了解决露种问题而对原有开沟装置进行的改进。

2.4 禾本科排种器

如图5所示，禾本科排种器由外

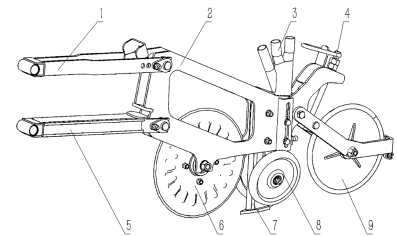


图3 播种开沟装置

1. 上连杆 2. 固定座 3. 种肥管接口
4. 调节把手 5. 下连杆 6. 开沟器盘
7. 倒“T”型开沟器 8. 限深轮 9. 镇压轮

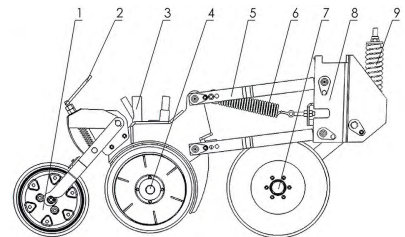


图4 新型双圆盘开沟装置

1. 镇压轮 2. 调节把手 3. 排种轮座
4. 新型双圆盘 5. 连杆 6. 拉簧
7. 破茬器 8. 机架 9. 压簧

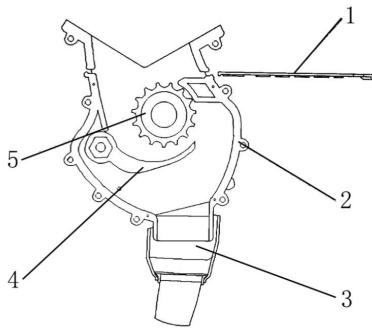


图5 禾本科排种器

1. 止料板 2. 外壳 3. 排种口 4. 播量调节块
5. 中央槽轮

壳、止料板、播量调节块、排种口以及中央槽轮组成，禾本科牧草种子受重力影响，从大种箱落入中央槽轮上方的空腔里。由于中央槽轮进行旋转运动，带动牧草种子进入排种器的下腔，而后种子通过播量调节块进入排种口，完成排种。在此过程中，可以通过拨动播量调节块来改变中央槽轮和播量调节块的间距，进而控制排种量。

2.5 排肥器

如图6所示，排肥器由槽轮、排肥槽、手柄、排肥口和出肥口挡板组成，螺栓将排肥器固定在肥箱底板上，作业时，肥箱里的肥料受到重力作用，经过底板上的缝隙流入排肥槽内，后又通过槽轮的带动进入排肥口，完成排肥。过程中，通过手柄的调节可以达到移动出肥口挡板的目的，从而控制出肥口大小，进而控制播肥量的多少。

3 样机试验与结果分析

3.1 实验条件

试验场地设在内蒙古呼和浩特市试验基地。土地类型为沙土，草原类别为天然草场，坡度 $\leq 5^\circ$ ，地表较为平坦，含水率38%。为了更好地说

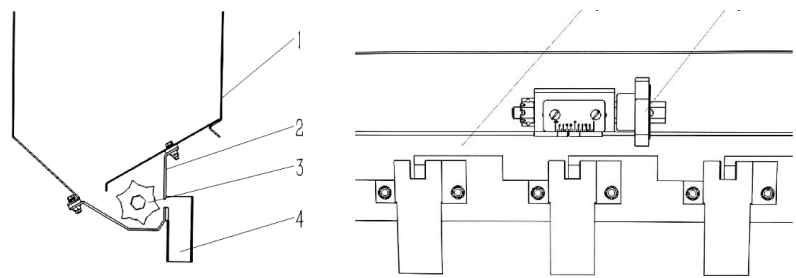


图6 排肥器

1. 肥箱 2. 排肥槽 3. 槽轮 4. 排肥口 5. 手柄 6. 出肥口挡板

明机器的通用性，选择了悬浮速度、千粒重、外形尺寸差别较大的、具有代表性的种子进行试验。在豆科牧草中，选用中国种植面积最大的紫花苜蓿的种子，在禾本科牧草中选择披碱草种子（除芒后）。

3.2 试验的目的和方法

试验目的是通过试验，对样机各项性能指标进行测定，考核其是否能达到计划任务书的要求；考核机器使用的经济性、可靠性、性能稳定性和实用性。试验时，苜蓿种

子和披碱草种子分别被重复播种3次。在输种管末端用袋子收集好15个管排出的种子，用电子天平分别测量出各管播出种子质量，并记录试验结果。

3.3 试验的结果及分析

3.3.1 排量稳定性计算

(1) 各行排量的稳定性计算

即在固定的时间内，检测各行的排量是否均匀一致。通过计算6行(第1、2、7、8、14、15行)排量数据计算如下：

$$\begin{aligned} \bar{x} &= \frac{\sum x_i}{n} = \frac{28.4+27.5+30.2+28+29.4+28.6}{6} = 28.7 \\ s &= \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{(28.4-28.7)^2 + (27.5-28.7)^2 + (30.2-28.7)^2 + (28-28.7)^2 + (29.4-28.7)^2 + (28.6-28.7)^2}{6-1}} \\ &= 0.98 \\ v &= \frac{s}{\bar{x}} \times 100\% \\ &= \frac{0.98}{28.7} \times 100\% \\ &= 3.41\% \\ \Delta &= \frac{x_{\max} - x_{\min}}{\bar{x}} \times 100\% \\ &= \frac{30.2-27.5}{28.7} \times 100\% \\ &= 9.41\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{x} &= \frac{\sum x_i}{n} = \frac{16.5+15.7+18.3+16.3+16+15.6}{6} = 16.4 \\ s &= \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{(16.5-16.4)^2 + (15.7-16.4)^2 + (18.3-16.4)^2 + (16.3-16.4)^2 + (16-16.4)^2 + (15.6-16.4)^2}{6-1}} \end{aligned}$$

$$= 0.99$$

$$v = \frac{S}{\bar{x}} \times 100\%$$

$$= \frac{0.99}{16.4} \times 100\%$$

$$= 6.04\%$$

$$\Delta' = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{\bar{x}} \times 100\%$$

$$= \frac{18.3 - 15.6}{16.4} \times 100\%$$

$$= 16.5\%$$

(2) 总排量稳定性计算

总排量稳定性即在固定时间内，检测每次总排量是否均匀一致性。

苜蓿

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{(172.8-172.1)^2 + (174.5-172.1)^2 + (169.1-172.1)^2}{3-1}}$$

$$= 2.76$$

$$V = \frac{S}{\bar{X}} \times 100\%$$

$$= \frac{2.76}{172.1} \times 100\%$$

$$= 1.60\%$$

$$\Delta' = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{\bar{X}} \times 100\%$$

$$= \frac{174.5 - 169.1}{172.1} \times 100\%$$

$$= 3.14\%$$

披碱草

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{(94.1-98.3)^2 + (101.2-98.3)^2 + (99.5-98.3)^2}{3-1}}$$

$$= 3.71$$

$$V = \frac{S}{\bar{X}} \times 100\%$$

$$= \frac{3.71}{98.3} \times 100\%$$

$$= 3.77\%$$

$$\Delta' = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{\bar{X}} \times 100\%$$

$$= \frac{101.2 - 94.1}{98.3} \times 100\%$$

$$= 7.22\%$$

为了研究外槽轮排种器的排种均匀性和这种排种装置对不同种类种子的播种适应性，参照播种机试验鉴定的方法，进行了苜蓿种子和披碱草种

子的排种试验研究。

从表 2、3 可以看出：苜蓿种子、披碱草种子用排种器排种后，其各行排量一致性分别为：v 苜蓿是 3.41% 达到标准要求的 12%；v 披碱草是 6.04% 达到标准要求的 13%。其总排量稳定性分别为：V 苜蓿是 1.6% 达到标准要求的 4.5%，V 披碱草是 3.77% 达到标准要求 6%；苜蓿排种量 12.6 kg/hm²，破碎率为 0.92%。披碱草排种量 8.0 kg/hm²，破碎率为 1.61%。均达到设计要求。

试验表明，该机在性能上完全达到了设计要求，总排量稳定性、各行排量均匀性均符合要求。

3.3.2 生产考核试验结果和分析

在生产试验中，对样机进行了 54.5h 纯工作时间生产考核，采集面积共 196 hm²。除了易损件的正常磨损外，主要工作部件并没有发生任何故障。其使用经济性、可靠性、主要件和易损件的耐用性及安全性等指标基本达到原设计要求。但地区适应性

(下转第 90 页)

表 2 排种试验结果

次 数 输种管	苜蓿种子 /g				披碱草种子 /g			
	1	2	3	平均值	1	2	3	平均值
1	28.8	29	27.4	28.4	16.1	17	16.3	16.5
2	27.5	27.8	27.2	27.5	14.7	16.3	16	15.7
3	27.2	28.1	27.2	27.4	15.2	16.6	16.1	16
4	28.7	28.8	28.1	28.5	15.8	18.2	17.6	17.2
5	29.3	28.7	28.4	28.8	14.8	18.3	18	17
6	30.1	30	29.5	29.9	17.7	19.4	18.2	18.4
7	30.5	30.8	29.7	30.3	18.6	19.5	18.2	18.8
8	29.6	30.3	29.2	29.7	17.8	20	17.9	18.6
9	30.6	30.4	29.7	30.2	17.6	18.8	18.6	18.3
10	27.6	28	28.5	28	15.6	16.4	16.8	16.3
11	28.6	29.2	28.5	28.8	16	16.5	17.6	16.7
12	28.5	29.3	28.3	28.7	15	18.1	17.3	16.8
13	30.1	28.5	30.8	29.8	15.9	17.4	17.6	16.9
14	29.2	28.4	29.2	28.9	15.8	16.6	19.7	17.4
15	26.1	27.6	29.4	27.7	16.1	17.1	16.7	16.6
平均值	28.8	29.0	28.6	—	16.1	17.6	17.3	—

排种性能计算结果

名称	排种量 / (kg/hm ²)	总排量稳定性			各行排量一致性			破 损 率 / %	播 种 能力 / (hm ² /h)		
		\bar{X} /g	Δ' /%	V /g	V /%	\bar{X} /g	S /%			S /g	v /%
苜蓿	12.6	172.1	3.14	2.76	1.60	28.7	9.41	0.98	3.41	0.92	3.6
披碱草	8.0	98.3	7.22	3.71	3.77	16.4	16.5	0.99	6.04	1.61	3.6

备液压系统和施工环境。

主要应用于甘蔗收获机、采棉机、拖拉机等各种农业机械，通过安装在油泵、多路阀、油缸等液压元件上的压力传感器，控制器采集电信号，对其进行分析和处理，为内部主程序逻辑控制提供准确的数据基础。压力传感器感知的不同信号数值，可以对机器故障类型进行判断，帮助设备维修人员快速找出故障原因，缩短维修时间。

除了以上农业机械应用案例，溅射薄膜压力传感器在其他领域的应用也是非常广泛，可以满足各种不同工况要求。

4 结论和展望

综上所述，溅射薄膜压力传感器国产化的重要性和研究意义体现在提高技术自主创新能力、降低对外依赖、推动产业发展、实现资源和环境可持续发展以及加强产学研合作和人才培养等方面。

因其高精度、可靠性和适应性，得到了广泛应用和认可。在应用领域中的需求不断增加，对于更高精度、更宽测量范围、更小尺寸和更低功耗提出了更高要求。随着技术进步，压力传感器性能将继续提升，并在更多领域中发挥作用。

参考文献

- [1] 刘少强, 张婧. 现代传感器技术: 面向物联网应用 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2016: 7—12.
- [2] 郑伟涛. 薄膜材料与薄膜技术 [M]. 第2版. 北京: 化学工业出版社, 2008: 54—71.
- [3] 唐伟忠. 薄膜材料制备原理、技术及应用 [M]. 第2版. 北京: 冶金工业出版社, 2003: 87—88.
- [4] 中华人民共和国国家标准 GB7665—2005 传感器通用术语 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2005: 1—5.
- [5] 郁有文, 常健, 程继红. 传感器原理及工程应用 [M]. 第3版. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2008: 40—57.



上接第 86 页

还存在着一些问题，当地形崎岖不平时，较大的仿形量会导致种管弯曲，会出现短时间排种不畅。性能稳定性也存在着一定问题，如豆科排种器传动轴在震动作用下产生轴向位移，导致豆科牧草排量不稳定。其他问题还有耕作有效宽度占整机宽度低、轮胎会碾压部分草地等。

建议下一步改进并研发出适应大仿形量的牧草种子导流装置，避免牧草种子堵塞；加强豆科排种器传动轴轴向固定能力，提升牧草种子排量稳定性。

4 结论

9BMC-2.8 型草原免耕播种机经过了性能试验和生产试验的考核，证明排种性能稳定、播种效率高，使用可靠、操作安全，各项指标达到原设计要求。该机器通用性较好，对不同品种牧草种子均可起到较好排种效果；种子在田间分布均匀、合理、损

伤率低；新型倒“T”型开沟器实现低扰动开沟，保障高保墒的优质种床。所设计的播种开沟单体可以实现倒“T”型开沟器与双圆盘开沟器互换。

设计机架可以实现整机牵引和悬挂两种方式作业，提高了整机通用性。此外，还开发了禾本科牧草和豆科小颗粒牧草专用排种器。根据两种牧草种子的流动性差异，设计了大小种箱、排种开沟单体与肥箱的相对位置，针对多品种各形态牧草种子流动性不一致、播种量及播种均匀性难保证，排种器性能差，难以实现同行混播、隔行混播、交叉混播等问题给出有效解决方法。随着草原免耕播种机的产业化，该研究将有望改变目前我国牧草种子播种机的落后局面。

分析 [J]. 农业机械学报, 2010 (41): 62—63.

[2] 王堃. 我国西北地区退化草地的恢复与重建技术 [D]. 北京: 中国农业大学, 2001.

[3] 郭婷, 薛彪, 白娟, 等. 刍议中国牧草产业发展现状: 以苜蓿、燕麦为例 [J]. 草业科学, 2019, 36 (5): 1466—1473.

[4] 杨青川, 康俊梅, 张铁军, 等. 苜蓿种植资源的分布、育种与利用 [J]. 科学通报, 2016, 61 (2): 261—270.

[5] 张华, 杨雪, 曹喜春, 等. 影响紫花苜蓿营养价值的因素及改善方法 [J]. 饲料博览, 2013 (5): 12—14.

[6] 杨青川, 孙彦. 中国苜蓿育种的历史、现状与发展趋势 [J]. 中国草地学报, 2011, 33 (6): 95—101.

[7] 贾顺斌. 苜蓿采用不同刈割方式在大田晾晒期间粗蛋白含量变化研究 [J]. 现代农业科技, 2011 (11): 345—347.

[8] SHINNERS K J, HERZMANN M E. Wide-swath drying and post cutting processes to hasten alfalfa drying [C]// ASABE Annual Conference 2006. Portland, Oregon: ASABE, Paper No. 061049.



参考文献

- [1] 金宏智. 国外节水灌溉工程技术发展