

本论文为甘肃省科技厅项目(0805XCNM069)《优质苜蓿品种及加工利用》和庆阳市科技局项目(GZ091-1-2)《9GMC-100型牧草小麦收割机研制》基金资助

9GMC-100型牧草小麦收割机的设计分析

刘万里¹ 曹宏² 孙丽静¹

(1.甘肃省庆阳市农机化技术推广站 2.陇东学院农林科技学院)

[摘要]本文叙述了9GMC-100型牧草小麦收割机的主要结构及工作原理,所要达到的技术要求,主要技术参数选择确定,并重点对功率消耗进行了计算分析,为合理选择配套动力确定了最佳方案,并通过田间性能试验测定,对牧草小麦收割机的使用效果进行了定性分析。

[关键词]牧草;小麦;收割机;设计;分析

长期以来,我国农业机械化水平与发达国家差距较大,特别是牧草生产机械化与发达国家的差距更加巨大。据调查,甘肃省庆阳市现有牧草收割打捆机械212台(套),其中,大中型牧草收割压扁机12台、大中型牧草打捆机30台、小型割草机10台和背负式机动割灌机160台。现有的牧草生产机械中,主要引进国外大中型牧草收割机、打捆机和缠膜保鲜机等几种机型,国内生产的仅有与小四轮拖拉机配套的小型双圆盘收割机和往复式牧草收割机两种机型,总量不足10台,每年完成牧草收割、打捆机械化作业面积2000 hm²(3万亩),仅占牧草种植总面积的0.85%。现有的机械种类少、大中小型机械搭配极不合理而且数量有限,既不能满足畜牧业和草产业飞速发展的需要,也不能适应广大的偏远山区、丘陵地和平原小块地的牧草和小麦收割作业的现实需求。针对庆阳市牧草收割机械化程度低,作业面积非常有限,能够适应山区、丘陵地和平原小块地牧草收割的小型机械严重缺乏的情况,由庆阳市农机化技术推广站、陇东学院农林科技学院以及陇原农机制造有限公司共同研制成功了9GMC-100型牧草小麦收割机。

1 结构和工作原理

9GMC-100型牧草小麦收割机可与5.88~8.08 kW手扶拖拉机配套作业,具有结构紧凑、操作灵活、工作可靠、质量小、田间转移方便以及调整维修简单等特点,是广大的平原、山区和丘陵地区牧草小麦收割的理想机型。如图1所示,该机型主要由立式收割台、拨禾轮、悬挂架、手扶拖拉机、传动系统、地表仿形机构、升降机构、尾轮、导向机构、座椅及操纵机构等构成。

当机组工作时,分禾器将即割的作物与不割的作物

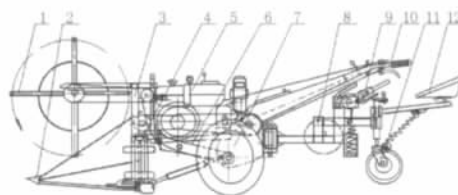


图1 9GMC-100型牧草小麦收割机结构示意图

1.拨禾轮 2.分禾器 3.收割台 4.输送机构 5.柴油机 6.传动系统 7.手扶拖拉机地轮 8.地表仿形机够 9.升降机构 10.手扶操作机构 11.尾轮导向机构 12.座椅

分开,拨禾轮的旋转是依靠安装在地轮轴上的链轮和链条带动,并通过另一对链轮变速和离合器的控制,拨禾轮与地轮的速比 $\lambda=1.6$,从而形成余摆线运动,将作物茎秆扶持并向后推送到切割器进行切割,在割台输送带的作用下,将作物从右端输送出割台并整齐地铺放到已经收割的地面上。割台的升降和地表仿形是通过安装在手扶拖拉机后部纵梁上的升降机构和仿形弹簧以及割台下面的滑靴来完成,机组的前进方向是由尾轮进行导向,驾驶员可以乘坐在座椅上对机组的作业进行操控。9GMC-100型牧草小麦收割机收获作业如图2所示。



图2 9GMC-100型牧草小麦收割机收获作业

2 主要技术参数的计算与确定

9GMC-100型牧草小麦收割机的设计中,关键是要解决好与手扶拖拉机的配套设计。要求设计结构紧凑,质量较小,功率消耗少,切割装置、输送置工作性能稳定,整体布置必须满足牧草小麦收获的农艺技术要求。并且对各种地域条件、各种作物品种的不同生长高度和密度,都

应具备良好的适应性。

2.1 总体参数的确定

9GMC-100 型牧草小麦收割机的总体参数包括喂入量、割幅、作业速度、生产率和整机所需功率等性能参数。这些参数相互影响,相互关联。

(1)割幅。根据庆阳市的地域条件,设计割幅为 1.0 m,比较适合山区及小块地的田间作业需要。

(2)作业速度。作业速度随牧草的种植密度、株高、倒伏程度、单产量、田面大小、平整度以及潮湿程度而异。9GMC-100 型牧草小麦收割机所配套的手扶拖拉机前进速度,查得 挡为 0.85 m/s, 挡为 1.38 m/s,取其平均速度为 $v_m=1.0$ m/s。

(3)生产率。根据已经确定的作业速度和割幅,按下式计算生产率 M 。

$$M=\delta B\eta v_m(\text{hm}^2/\text{h}) \quad (1)$$

式中 δ ——收获幅宽利用系数,取 0.85 为宜;

B ——收割机设计收割幅宽,取 B 为 100 cm;

η ——收获时间利用系数,牧草取 0.60 为宜;

v_m ——机组前进速度, m/s。

将以上数据代入公式(1)得

$$M=0.85 \times 1.0 \times 0.6 \times 1.0 = 0.51 (\text{hm}^2/\text{h}) = 7.65 (\text{亩}/\text{h})。$$

2.2 总体设计

9GMC-100 型牧草小麦收割机与手扶拖拉机配套的关键问题,是总体结构布置设计,为此收割部分采用普通的小麦收割机(割晒机),这不仅是作业过程中减轻负荷,适应各种作物以及不同株高和不同密度的田间作业,同时还能解决 9GMC-100 型牧草小麦收割机地表仿形困难、升降费力、割茬高度难以控制的弊病。为了满足各种牧草以及小麦收割的农艺技术要求,降低功率消耗,简化结构,缩小整机体积,将 9GMC-100 型牧草小麦收割机安装在手扶拖拉机的前面,收割台与手扶拖拉机用悬挂架和螺栓固定,手扶拖拉机后面牵引框中连接有纵梁,并安装有升降机构、尾轮导向机构和座椅,通过手动升降装置实现收割台的升降,收割台在纵梁和仿形弹簧的作用下可随地表仿形。

2.3 功率消耗计算

由于田间土壤条件的差别,作物情况的不同,机器前进速度和工作部件速度变化等复杂因素,9GMC-100 型牧草小麦收割机的功率消耗很难准确计算,但是,各部分功率消耗的一般规律和近似数值可以获得。9GMC-100 型牧草小麦收割机的功率消耗主要用于行走部分和工作部件两大部分。

(1)9GMC-100 型牧草小麦收割机行走机构消耗的

功率 N_1 的确定。

$$N_1 = \frac{fGv_m}{102\eta} (\text{kW}) \quad (2)$$

式中 f ——滚动阻力系数,一般为 0.10~0.15,取 $f=0.13$ 为宜;

G ——包括整机质量 450 kg、驾驶员体重 60 kg, $G=510$ kg;

η ——传动效率,一般为 0.85~0.90,取 $\eta=0.85$;

v_m ——机组前进速度, 挡为 0.85 m/s, 挡为 1.38 m/s,取 $v_m=1.0$ 。

将以上数据代入上式

$$N_1 = \frac{0.13 \times 510 \times 1.0}{102 \times 0.85} = 0.76 \text{ kW}$$

(2)输送带消耗功率 N_2 。根据经验公式输送带消耗功率按 1.0~1.2 hp/m 估算,牧草收割取 1.2 hp/m。

$$N_2 = 1.0 \times 1.2 = 1.2 \text{ hp} = 0.88 \text{ kW} \quad (3)$$

(3)割刀消耗功率 N_3 。割刀消耗功率包括切割功率 N_g 、空转功率 N_k 两部分。

$$N_3 = N_g + N_k = v_m B L_0 \times 10^{-3} + N_k = 1.32 \text{ kW} \quad (4)$$

式中 L_0 ——切割牧草茎秆所需功率,一般为 200~300,取 300 为宜;

N_k ——每米割幅消耗功率为 0.8~1.2 kW,牧草收割取 $N_k=1.2$ kW。

将以上数据代入(4)式

$$N_3 = N_g + N_k = 1.2 \times 1.0 \times 300 \times 10^{-3} + 1.2 = 1.56 \text{ kW}$$

(4)拨禾轮消耗功率 N_4 。拨禾轮直径为 84 cm,转速为 40 r/min,作用在拨禾轮外圆上力矩取值 10,地轮直径为 60 cm,转速为 33 r/min。

$$\text{则 } N_4 = \frac{pv}{N} = \frac{10 \times 1.75}{75} = 0.3 \text{ hp} = 0.22 \text{ kW} \quad (5)$$

式中 p ——作用在拨禾轮外圆上力矩;

v ——拨禾轮线速度;

N ——动力常数。

拨禾轮与地轮的速比

$$\lambda = \frac{d\pi v}{D\pi v_2} = \frac{0.84\pi v}{0.60\pi v_2} = 1.69 \quad (6)$$

式中 d ——拨禾轮直径;

v ——拨禾轮线速度;

D ——地轮直径;

v_2 ——地轮线速度。

(5)整机消耗功率。9GMC-100 型牧草小麦收割机所需功率,随田间地形、土壤类型、行走速度和作物生长状况(种类、品种、温度、湿度)等因素而变化,因此要充分考虑到最大负荷或瞬间冲击载荷时所需要的功率。其消耗功率主要用于拨禾、切割、输送和行走 4 大部分。消耗的总功率 $N_{\text{总}}$ 可根据经验值按下式确定。

表 1 9GMC-100 型牧草小麦收割机性能测试记录

项目		测定点数					平均	
		1	2	3	4	5		
牧草自然高度	cm	102	80	40	82	105	81.5	
牧草高度差	最高	cm	105	102	83	92	94	95.2
	最低	cm	45	48	40	52	50	47.0
	高度差	cm	60	54	43	40	44	48.2
鲜草产量	密度	株/m ²	540	430	336	379	344	405.8
	产量	g/m ²	2 600	3 200	2 400	2 800	3 200	2 840.0
	产量	t/hm ²	25	32	24	28	32	28.4
割幅宽度 cm	割前宽度	cm	100.0	202.0	303.0	405.0	506.0	—
	割后宽度	cm	102.0	101.0	102.0	101.0	100.0	101.2
割茬高度 cm	左	cm	5.5	7.0	6.0	5.8	6.5	6.16
	中	cm	5.8	5.5	5.8	6.0	5.4	5.7
	右	cm	6.5	6.0	5.8	7.0	6.5	6.36
铺放质量	铺放角度	上层 °	8	6	10	12	12	9.6
		下层 °	10	11	9	3	6	7.8
	根幅差	cm	4.0	3.7	5.5	6.0	6.5	5.14
	铺放宽度	cm	66	69	64	74	76	69.8
	铺放厚度	cm	14	16	16	15	17	15.6
	铺放地隙	cm	5.0	6.0	5.5	5.0	6.5	5.6
机组前进速度	m/s	1.2(平均)						
生产率	hm ² /h	0.35(5.25 亩/h)						
试验地面积	hm ²	2.0						

注: 机器名称 9GMC-100 型牧草小麦收割机, 试验日期 2010 年 6 月 6 日上午, 试验地点西峰区彭原乡下庄村王普学家苜蓿地, 试验品种陇东紫花苜蓿(10 年生第 1 茬), 试验地面积 2 hm²(30 亩)

$$N_{总} = \frac{N_1 + N_2 + N_3 + N_4}{\theta} = \frac{0.76 + 0.88 + 1.32 + 0.22}{0.80} = 3.97(\text{kW}) \quad (7)$$

式中 θ ——功率储备系数, 取 0.8。

所以选用 5.88~8.08 kW 手扶拖拉机或者微耕机作为配套动力, 是留有充分余地的。

3 田间性能试验测试效果分析

牧草收割机性能测试, 采用现场作业演示、作业质量调查测定的方式进行, 重点调查了适应收割的牧草高度、密度、产量以及收割幅宽、铺放质量、割茬高度等性能指标。试验测试结果见表 1。

4 结论

4.1 总体结构设计方案合理, 适应范围广泛

9GMC-100 型牧草小麦收割机能够在不改变手扶拖拉机任何结构的前提下, 比较方便地进行配套, 解决了长期以来手扶拖拉机配套牧草小麦联合收割机的难题。经过 2 代样机的试制和田间试验, 2009 年被庆阳市科技局审查立项列入科技支撑计划, 又经过小批量试生产以及推广应用, 各项技术性能和指标均达到了设计要求, 可适应广大平原、山区和丘陵区的紫花苜蓿等牧草和小麦的收割作业, 具有较好的推广应用前景。

4.2 部分结构设计具有新颖性和创新性

该机由于总体结构和布置设计独特新颖, 尤其是摒弃了立式割台惯用的小扶禾器, 将拨禾轮与立式割台相结合, 较好地解决了牧草和小麦的输送难题, 另外在两个输送带主动轮下端面加装一组退草星轮, 输送带主动轴的上中下裸露部位加装防缠草套, 有效地解决了牧草和小麦茎秆的缠绕, 结构形式属于国内首创, 已申报了 1 项发明专利和 3 项实用新型专利。

4.3 参数选择可行, 使用性能可靠

9GMC-100 型牧草小麦收割机的作业环境和自然条件较为复杂, 变化因素较多, 受品种、成熟期以及天气变化等诸多因素的影响和制约, 在设计中, 采用经验公式进行牧草小麦收割机的基本参数估算, 主要系数选取都考虑到收割牧草比收割小麦消耗的功率要大 20% 左右的特殊情况。通过 2 代样机的大面积多点次的田间性能试验和生产考核, 进一步验证了 9GMC-100 型牧草小麦收割机设计参数的合理性与可行性, 完全可满足牧草小麦收割的农艺技术要求。

参考文献

- [1] 曹宏等. 紫花苜蓿产业化生产技术问答[M]. 兰州: 兰州大学出版社, 2009.
- [2] 鹿东民, 李国晓等. 微型麦稻联合收割机的设计与计算[J]. 农业机械, 2008(19): 54-56.