

4ZG-2.1 芦竹收获机的研制*

廖庆喜 田波平 舒彩霞 郑存虎 张国忠 廖宜涛

【摘要】 针对芦竹收割条件复杂、人工收割效率低、劳动强度大的生产实际,研制了适应芦竹机械化收割的4ZG-2.1型芦竹收获机,重点解决了芦竹的收割、输送、分禾和收获机与拖拉机挂接等问题,经田间试验和生产考核表明,研制的芦竹收获机具有液压操作便利、锯齿型切割器工作可靠、切割芦竹铺放有序,且能实现自走式宽幅作业等显著特点。

关键词: 芦竹收获机 技术参数 工作原理

中图分类号: S225.5⁺9 **文献标识码:** A

Research on Type 4ZG-2.1 Arundo Donaxl Harvester

Liao Qingxi¹ Tian Boping¹ Shu Caixia¹ Zheng Cunhu² Zhang Guozhong¹ Liao Yitao¹

(1. Huazhong Agricultural University 2. Shengli Oil Field Jinrun Agriculture Developing Co., Ltd)

Abstract

Based on complicated harvesting conditions, low efficiency of manual work and heavy laboring intensity in Arundo donaxl production, type 4ZG-2.1 Arundo donaxl harvester has been investigated, some key technologies such as harvesting and transportation and disjoining crops of Arundo donaxl and hitching device with tractor have been solved. The results showed the Arundo donaxl harvester has remarkable characteristics of convenient hydraulic pressure system, reliable saw-tooth type cutter and stalks ordinal spreading, self-propelled style with wide-coverage working. It has important practical value in lightening laboring intensity, improving efficiency and ensuring to increase production rate and economic benefits of planting fields by mechanization harvesting for the Arundo donaxl.

Key words Arundo donaxl harvester, Technology parameters, Working principle

引言

我国水稻、小麦和牧草等矮秆作物的切割技术研究已趋于成熟,对高粗茎秆,如甘蔗切割技术也进行了广泛研究^[1],但对于高、粗、硬的芦竹切割技术研究相对滞后。芦竹又称旱地芦苇,多年生草本植物,是一种优质造纸原料^[2],多产于我国华东、西南等地区,我国有效种植面积超过100万hm²。由于处

于收割期的芦竹具有茎秆粗、高且硬等显著特征,芦竹收割成为制约芦竹种植场农民增收的瓶颈,目前芦竹仍采用传统手工方式收割,劳动环境艰苦,收割效率低且成本高。近年来,收割成本增加,往往造成芦竹无法及时收获或因人工收割成本高而不收^[3]。文献资料表明,我国芦竹收获机的研究基本处于空白,但对芦苇收获机曾有研究,20世纪50年代,辽宁省在引进前苏联大麻收获机、罗马尼亚芦苇收获

收稿日期:2006-07-19

*教育部科学技术研究重点项目(项目编号:107131)和胜利油田金润农业发展有限责任公司资助项目(项目编号:720107037027)

廖庆喜 华中农业大学工程技术学院 副教授 博士,430070 武汉市

田波平 华中农业大学工程技术学院 高级工程师

舒彩霞 华中农业大学工程技术学院 副教授

郑存虎 胜利油田金润农业发展有限责任公司 高级工程师,257000 山东省东营市

张国忠 华中农业大学工程技术学院 副教授

廖宜涛 华中农业大学工程技术学院 硕士生

机的基础上研制了配套动力为 40 kW、8.8 kW 及 5 kW 等大、中、小型芦苇收获机,但因难以适应芦苇种植地的恶劣环境及有效的完成切割等问题,均未被生产认可;20 世纪 60~80 年代,湖北省石首市农机研究所、湖南省岳阳市农机研究所等单位选用东方红-75 配套动力对芦苇收获机也进行了深入研究,但由于多种因素的制约,均没有获得成功。目前我国采用的芦苇收获机,大多由其他作物收获机改制,其收割方式仍以往复剪切式切割为主;20 世纪 90 年代中期,华中农业大学对南方高秆芦苇收割进行了研究,研制了 4WG-1.5 型南方高秆芦苇收获机^[4]。

1 设计目标与主要技术参数

1.1 设计目标

经测定,芦竹的主要特性参数如表 1 所示,芦竹在几何参数和物理机械特性参数等方面均高于现有小麦、玉米等秸秆,如玉米秸秆的顺纹抗拉强度为 90 MPa^[5],麦秸拉伸强度为 21.2~31.2 MPa^[6],而芦竹则高达 123 MPa;理论分析和试验研究表明,芦竹是典型各向异性、非均质、非线性材料,现有农作物切割器用于芦竹切割易导致刀片很快磨损,寿命短;芦竹属自然生产作物,收割时作业环境复杂,地表不平,田间有石块、树枝、野藤等杂物,易造成刀片崩刃而损坏;同时要求芦竹收获机实现宽幅作业,并尽可能降低切割功耗。由此,确定芦竹收获机设计目标为:①能适应高、粗、硬的芦竹机械化收割,芦竹收获机纯小时生产效率不低于 0.75 hm²/h。②实现作物茎秆切割和转向后的有序铺放,工作可靠。③能

表 1 收割期芦竹特性表

Tab. 1 Characteristic parameters of *Arundo donax* in harvesting period

项目	数值
平均高度/mm	3 000~6 000
直径/mm	20~30
单位面积生长密度/株·m ⁻²	30~60
茎秆密度/kg·m ⁻³	0.55
单位面积产量/kg·hm ⁻²	45 000~75 000
纤维长度/mm	1.28
纤维宽度/ μ m	14.6
顺纹拉伸最大抗拉强度平均值/MPa	123
顺纹压缩最大抗压强度平均值/MPa	52
顺纹弯曲最大抗弯强度平均值/MPa	125

注:实测地点为山东东营市胜利油田金润农业发展有限责任公司芦竹种植基地

适应芦竹自然生长的地表特征、生长特征和环境特征,漏割率低,割茬小于 100 mm。④收获机为自走式宽幅作业,割幅大于 2 000 mm。

1.2 主要技术参数

4ZG-2.1 型芦竹收获机主要技术参数如表 2 所示。

表 2 4ZG-2.1 型芦竹收获机主要技术参数
Tab. 2 Key technology parameters of type 4ZG-2.1 *Arundo donax* harvester

项目	数值
额定功率/kW	48
外形尺寸/mm	1 800×2 500×3 500
生产率/hm ² ·h ⁻¹	0.75~1.0
行走速度/km·h ⁻¹	3.36~1.25
最大离地间隙/mm	250
割茬高度/mm	70~95
整机质量/kg	1 200
有效割幅/mm	2 100
最小转弯半径/mm	4 000~4 500
切割器型式	锯齿回转链式切割器

2 结构及工作原理

2.1 基本结构

芦竹收获机主要由割台、分禾机构、横向输送机构、悬挂机构、主机架和传动系统等组成,如图 1 芦竹收获机结构示意图。

2.2 工作原理

当机组前进时,分禾机构伸入植株,依靠主动分禾装置将植株缠绕的野藤等切断分离,并通过被动分禾装置将植株分为待割区和切割区。机组前进时

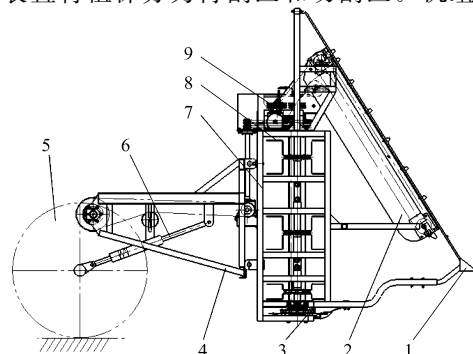


图 1 芦竹收获机结构示意图

Fig. 1 Sketch of the 4ZG-2.1 type *Arundo donax* harvester

1. 波动分禾机构 2. 主动分禾机构 3. 割台 4. 悬挂机构 5. 谷神牌谷物联合收获机地轮 6. 液压升降系统 7. 主机架组合 8. 横向输送机构 9. 传动系统

将植株喂入锯齿回转链式切割器,锯齿形切割器钳住芦竹茎秆并实施切割,割茬的高度由谷神牌联合收获机液压系统控制,切断的芦竹依靠横向输送拨齿将其输送到收获机的左侧,借助渐开线的特殊弧形输送栏杆将切割芦竹连续铺放田间,完成芦竹的切割和有序铺放。

3 结构方案的确定

3.1 动力与挂接方式

动力和挂接方式的选择是芦竹收获机能否适应作业环境、操作方便、满足收割与铺放的首要问题。研制过程中,采用东方红-75型拖拉机作配套动力的前悬挂式收获机,由于受收获机质量和结构的制约,致使挂接困难,动力传送路程长,操作与运输不便;采用铁牛-55型拖拉机作配套动力的后悬挂式收获机,拖拉机悬挂负荷大,且操作不便;采用纽荷兰大马力拖拉机作配套动力的前悬挂式收获机,拖拉机改装的难度大,功率浪费多;且上述各种形式的配套动力均使拖拉机的利用率低,增加投资成本。为此,依据上述分析,为提高机具自身的利用率,结合设计目标,本方案采用福田谷神牌4LG-2.0型自走式轴流谷物联合收获机作为配套动力,不破坏原有收获机结构,在驱动轮主轴上增设型号为63、额定压力为16 MPa、行程为495的两个液压油缸,与收获机悬挂系统相配套,有利于不改变传动路线,液压升降操作便利,负荷分布合理,重心协调,地表适应性强,驾驶员视野好,有效地解决了收获机的动力配套和挂接以及自走式的问题。芦竹收获机动力与挂接方式,如图2所示。



图2 芦竹收获机动力与挂接方式实物图

Fig. 2 Sketch of hanging up the tractor

3.2 割台

实现作物的机械化收割,切割器的研究是收获机核心,其工作性能应满足割茬整齐、无漏割、功率消耗小、振动小和适应性强等特点。在广泛调研和试验基础上,芦竹收获机割台确定为锯齿回转链式结构,该装置主要由主动输送链轮组合、从动输送链轮

组合、双节距链条、动刀片和护刃器等组成,图3为割台结构示意图。

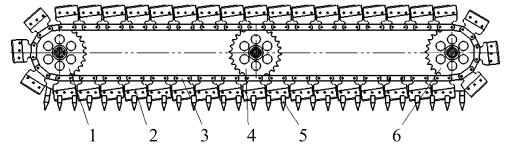


图3 割台结构示意图

Fig. 3 Sketch of the cutting mechanism

1. 从动链轮组合
2. 动刀片
3. 双节距链条
4. 过渡链轮组合
5. 护刃器
6. 主动链轮组合

该装置依靠链条带动动刀片的回转实现有支撑与无支撑的切割,动刀片是切割器的核心部件,根据配套动力、芦竹茎秆高的几何特征和实际生产作业要求,割台设计为2100 mm。针对芦竹高、粗、硬的特征,采用从德国Wikus公司进口的带锯刀片,双金属斜齿锯片,根据设计的割幅,锯齿回转链式割台刀片为40片,相邻刀片间距为7 mm,刀片长、宽、厚为127 mm×54 mm×2.6 mm,与水平方向偏斜7°安装,有利于钳住秸秆;锯齿用8%钴和10%钼的合金高速钢制成,材料为M42,其刀片的HRC达65以上,强度与刚度可行,且切割方式为锯切,能降低功耗;锯片每英寸长度内由3和4齿交替排列,变化的齿距利于排出锯屑,提高切割质量和切割效率。

3.3 横向输送机构

合适的输送机构和输送速度是保证及时将被切割茎秆与割台分离并有序铺放的技术关键。输送机构由减轻质量的双节距(节距为63.5 mm)输送链、输送拨杆、输送拨指、输送栏杆和动力传递链轮等组成。根据收获机作业时,切割茎秆能有效地输送铺放,在单位时间内机器收割量应小于等于输送拨指所输送的被切割茎秆量的依据,经分析计算得出输送速度为2.6 m/s。经测定我国芦竹的重心一般在2200 mm,如表3所示芦竹重心分布表,测试时按试验设计方法进行,结合割茬的考虑,直径测定取离地面100 mm处,高度测定取芦竹最高点离地面的距离,因此横向输送机构的拨指最高点选择在略高于芦竹茎秆重心上方,取2400 mm;输送拨杆的间距根据田间芦竹的生长密度、机组前进速度和输送速度综合考虑,取254 mm;同时,结构上设计横向输送机构与割台切割系统不同轴,有利于速度的匹配;为保证切割芦竹有序铺放,设计渐开线式的特制弧形输送栏杆,以保证铺放质量。

3.4 分禾机构

分禾机构的合理设计是保证收获机连续切割、输送、铺放的必要条件。本收获机的分禾机构分为主

表3 收割期芦竹重心分布表

Tab. 3 Center distributions of the *Arundo donax* in harvesting period mm

序号	高度	直径	重心高	序号	高度	直径	重心高
1	6 230	28	2 262	26	4 189	24	2 017
2	5 946	27	2 053	27	6 352	29	2 324
3	5 862	28	2 171	28	8 100	32	2 552
4	5 553	24	1 945	29	4 827	26	2 057
5	7 862	29	2 405	30	5 624	28	2 126
6	6 542	28	2 342	31	5 485	26	2 091
7	7 023	30	2 271	32	7 218	32	2 515
8	4 571	23	1 946	33	6 525	28	2 324
9	6 021	27	2 253	34	3 216	23	1 794
10	5 358	26	2 072	35	4 484	22	1 728
11	6 158	27	2 301	36	6 188	29	2 374
12	6 007	27	2 315	37	6 359	29	2 328
13	7 562	31	2 424	38	7 321	31	2 382
14	5 823	26	2 024	39	4 982	28	2 041
15	3 865	23	1 946	40	6 664	30	2 282
16	4 128	23	1 965	41	5 630	27	2 220
17	6 521	28	2 344	42	6 944	28	2 258
18	7 006	30	2 482	43	5 786	27	2 038
19	4 327	25	1 944	44	6 551	28	2 415
20	6 524	29	2 451	45	6 572	28	2 306
21	6 085	27	2 163	46	6 042	26	2 137
22	6 217	28	2 234	47	7 721	30	2 479
23	5 562	26	2 115	48	4 078	25	2 057
24	5 612	26	2 154	49	6 521	28	2 363
25	4 658	24	2 048	50	5 958	26	2 199

注:平均高度:5 927.2 m;平均直径:27.2 m;平均重心高:

2 200.74 m。

动分禾和被动分禾两部分,主动分禾机构由输送链、锯齿形动刀片、锯齿形定刀片、导轨和传动系统等组成,而被动分禾主要为楔形的刚架结构组合,因芦竹植株高,设计其分禾机构高于机架 1 050 mm。当机组前进时,首先由被动分禾头伸入到植株中,依靠楔形的被动分禾杆自下而上逐步将植株分离为切割区和待割区,植株上部若有野藤等缠绕,则借助主动分禾机构的锯齿形动刀将其钳住,并依靠回转式输送链带动锯齿形动刀片自下而上移动,在机组前进过程中,动刀片切断野藤等缠绕物,并在主动分禾机构的顶部依靠动定刀的配合实现清刀,以此实现有效地分离切割区和待割区并保证切割的连续。实践证明,该分禾机构运转平稳、工作可靠。

4 结论

(1)该芦竹收获机可实现宽幅作业,芦竹收获机纯小时生产效率达 0.75~1.0 hm²/h。

(2)芦竹收获机切割器具有耐磨损、功耗低、适应性强,利于提高切割质量和切割效率等显著特点。

(3)采用链式驱动输送拨杆,并结合输送栏杆的特定弧形,可有效提高输送效果,实现芦竹的有序转向铺放。

(4)采用主动分禾与被动分禾机构相结合,有效实现切割区和待割区的分离,满足芦竹收获机对田间野藤和杂草的适应性。

(5)采用自走式作业,提高了芦竹收获机作业的可操作性和适应性。

参 考 文 献

- 1 高建民,区颖刚.甘蔗螺旋扶起机构的理论研究及虚拟样机仿真[J].农业工程学报,2004,20(3):1~5.
- 2 张自敏,李群,谭国民,等.芦竹造纸的发展[J].天津造纸,2004(3):18~20.
- 3 廖庆喜,舒彩霞,田波平.芦苇/芦竹机械化收获及加工作业基地化集成研究[J].农机化研究,2005(5):66~67.
- 4 舒彩霞,廖庆喜,田波平,等.4WG-1.5型高秆芦苇收割机的研制[J].农业机械学报,2002,33(5):129~130.
- 5 杨中平,杨林青,郭康权,等.玉米秸外皮碎料板制板工艺的初步研究[J].西北林学院学报,1995,10(3):67~72.
- 6 O'Dogherth M J, Huber J A, Dyson J, et al. A study of the physical and mechanical properties of wheat straw[J]. Journal of Agricultural Engineering Research, 1995,62(2): 133~138.