

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2022.11.021

4CJZ-1000 型自走式采茶机的设计与试验

王攀^{1,2}, 易文裕^{1,2}, 熊昌国¹, 程方平¹,
邓佳¹, 周彦君¹, 耿胤¹, 吴建¹

1. 四川省农业机械研究设计院, 成都 610066;

2. 农业农村部丘陵山地农业装备技术重点实验室, 成都 610066

摘要: 针对夏秋茶采摘机械化水平低、劳动强度大等问题, 研制了 4CJZ-1000 型自走式采茶机。该机采用履带自走式作业底盘和采茶部件挂接装置, 能够与现有的大部分双人采茶机进行匹配作业以降低机具成本, 通过电动调姿以及快速换向等功能解决作业过程中茶蓬平整度差以及采茶机在茶园中掉头难等问题。通过对该机进行夏秋茶采摘试验, 结果表明: 该机单人操作即可完成夏秋茶的采摘作业, 有效降低了劳动强度和作业成本, 单位幅宽平均作业效率超过 320 kg/(m·h), 采摘后的芽叶完整率达到 90% 以上, 漏采率和漏集率均低于 1%, 作业效果满足夏秋茶采摘的农艺要求。

关键词: 自走式; 换向装置; 电动调姿; 采茶机

中图分类号: S232.9

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2022)11-0228-06

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Design and Test of 4CJZ-1000 Self-propelled Tea Picker

WANG Pan^{1,2}, YI Wenyu^{1,2}, XIONG Changguo¹,
CHENG Fangping¹, DENG Jia¹, ZHOU Yanjun¹,
GENG Yin¹, WU Jian¹

1. Sichuan Research & Design Institute of Agricultural Machinery, Chengdu 610066, China;

2. Key Laboratory of Agricultural Equipment Technology for Hilly and Mountainous Areas of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Chengdu 610066, China

Abstract: 4CJZ-1000 self-propelled tea picking machine was developed to solve the problems of low mechanization level and high labor intensity of tea picking in summer and autumn. By using crawler self-propelled chassis and tea picking parts coupling device, the machine can match with most of existing two-per-

收稿日期: 2021-07-01

基金项目: 四川省科技计划重点研发项目(2021YFN0021); 四川省农业厅科技项目(sccxtd-2020-10).

作者简介: 王攀, 硕士, 工程师, 主要从事农业机械化研究.

通信作者: 易文裕, 硕士, 研究员.

son tea picking machines to achieve the effect of reducing the cost on machines and tools. Moreover, the machine has the functions of electric posture adjustment and fast turning, which can solve the problems of poor flatness of tea canopy and difficulty of turning tea picking machine in the tea garden. Results of summer and autumn tea picking tests showed that the machine can be operated by one person, which can effectively reduce the labor intensity and operation cost. The average operation efficiency per unit width is more than 320 kg/(m · h). The integrity rate of buds and leaves after picking is more than 90%, and the missing rate is less than 1%. The operation effect met the agronomic requirements of summer and autumn tea picking.

Key words: self-propelled; reversing device; electric posture adjustment; tea picker

我国是茶叶主要原产地之一，茶叶的种植、消费及出口均居世界首位^[1-2]。近年来，随着红茶、黑茶等品种茶的发展，茶农对作为红茶、黑茶等品种茶原材料的夏秋茶的重视程度越来越高^[3]。夏秋茶单年采摘 4~5 次，每公顷产量 12 000 kg 以上，能够为茶农带来 45 000~60 000 元/hm² 的收入。在夏秋茶生产过程中鲜叶的采摘已成为劳动密集程度最大的环节，其用工量占整个生产环节的 55% 以上^[4-5]。

据调查，目前市面上的采茶机主要以乘坐式采茶机、单人采茶机、双人采茶机为主。农业农村部南京农业机械化研究所研制了一种全液压驱动的乘坐式跨行采茶机，该机作业幅宽 1.5 m，在土地较为平整、田间地头有较大掉头空间的宽行茶园中较为实用，采摘效果较好^[6]。浙江工业大学研制了一种基于机器视觉的乘用式智能采茶机，该机采用嫩芽自动识别和割刀自动调整等技术，能有效解决目前机采茶叶老嫩一刀切的弊端，为今后实现全自动化茶叶采摘奠定了基础^[7]，但该技术目前仍处于试验阶段，距离实际生产还有较大的距离。双人采茶机主要以日本落合、川崎以及部分国产机为主，单台作业加上辅助人员通常需要 4~5 人完成，人工成本较高。单人采茶机作业部件一般为手持式，动力装置通常为背负式电池或小型汽油机^[8-9]。安徽农业大学研制了一种由汽油机驱动的单人采茶机，该机作业最大幅宽为 6 m，芽叶完整率大于 85%，在一定程度上提高了茶叶采摘作业效率，但长时间作业劳动强度仍较大^[10]。

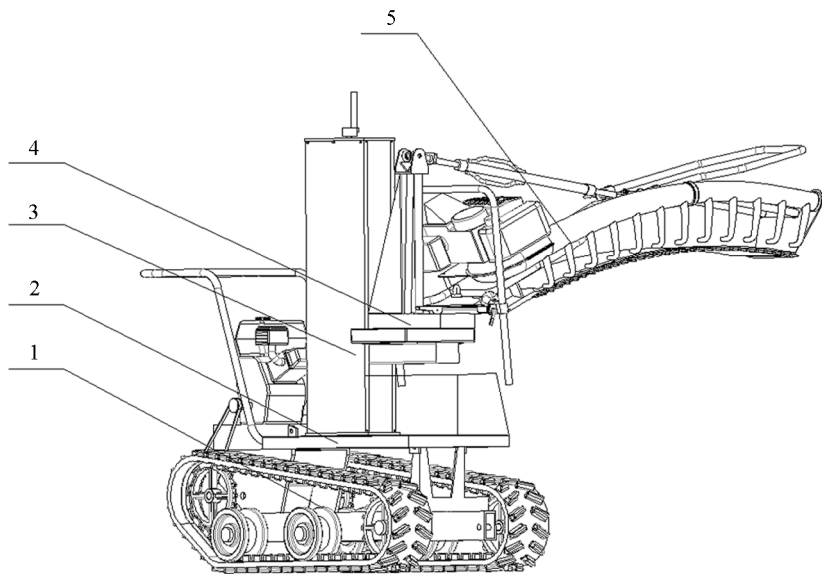
由于我国大部分茶园在建园初期未考虑机械化作业，茶行多采用密植模式^[11]，乘坐式等大中型采茶机难以进入园中作业，双人采茶机和单人采茶机的人工成本较高，其作业效率和劳动强度均不能完全满足夏秋茶的采摘要求。目前我国夏秋茶采摘的机械化水平不足 30%，劳动强度大、效率低、人工成本高已成为制约夏秋茶产业发展的主要因素之一。因此，开展适用于当前茶园作业环境的自走式采茶机对夏秋茶产业的发展具有重要意义。

1 4CJZ-1000 型自走式采茶机的整机结构与工作原理

1.1 自走式采茶机整机结构与性能参数

4CJZ-1000 型自走式采茶机整机结构如图 1 所示，其主要由威马 7B-320 型自走式履带底盘、安装平台、锂电池、挂接与换向装置、升降装置、集叶装置以及采茶装置组成。该机履带底盘采用拉压式操纵杆控制汽油机的动力输出实现整机的行走与停止，通过左、右离合控制转弯和掉头等动作，其行走速度的调节采用快慢挡配合分级档实现 6 档位多级前进变速和 2 档位后退变速，能够适应不同速度的作业需求。其安装平台、升降装置和挂接与换向装置均采用模块化设计，能够与自走式履带底盘进行快捷连接与拆卸，实现履带底盘的一机多用，避免动力机具的闲置。同时，采茶装置可由当前市面上的大部分双人采茶机如日本落合 V8NEWZ2 型双人采茶机、川崎 SV100 型双人采茶机以及国产的 4CH-100 型双人采茶机与该机进行配合作业，能够有效提高采茶机的利用效率，降低生产成本。

综合考虑茶园作业环境以及夏秋茶采摘的农艺要求，4CJZ-1000 型自走式采茶机主要性能参数如表 1 所示。



1. 自走式底盘; 2. 安装平台; 3. 升降装置; 4. 挂接换向装置; 5. 采茶装置.

图 1 4CJZ-1000 型自走式采茶机整机结构图

表 1 4CJZ-1000 型自走式采茶机主要性能参数表

主要指标	参数	主要指标	参数
长×宽×高(不含采茶装置)/mm	1 200×600×1 100	漏采率	≤1.5%
长×宽×高(含采茶装置)/mm	1 200×1 750×1 500	漏集率	≤1%
最小转弯半径/mm	800	芽叶完整率	≥85%
功率/kW	3.0+2.2	单位幅宽作业效率/[kg·(m·h) ⁻¹]	≥270
作业速度/(km·h ⁻¹)	1~3.2		

1.2 工作原理

受制于茶园狭窄的作业空间,为保障作业的安全性和提高操作者对机具操作的灵活性,该自走式底盘为非乘坐式作业底盘,作业时操作人员跟随采茶机走动进行作业.

作业前,通过升降装置将挂接与换向装置移动到合适的位置,将采茶装置的端部横梁置于挂接与换向装置的圆形卡槽内并锁紧,使其可以在卡槽内转动,将挂接与换向装置的可调拉杆端部卡槽与采茶装置的中间横梁连接,实现对采茶装置的挂接.

作业时,根据茶蓬的高度及生长情况,结合夏秋茶采摘的农艺要求,利用升降装置调整采茶机的高度,通过顺时针或逆时针转动可调拉杆的内螺纹丝杆将拉杆伸长或缩短,进而调节双人采茶机的倾斜角度.集叶袋挂接在采茶装置上,作业时随采茶机在茶蓬上移动.

当完成一次作业需要对相邻茶行进行采摘而又缺乏机具掉头空间时,松开挂接与换向平台的锁紧吊环,将挂接换向平台进行 180°旋转,利用履带底盘的倒挡行走,实现机具的免掉头作业.当需要进行田间转移而道路宽度不够时,将挂接换向平台进行 90°旋转换向,减少整机宽度,可提高机具的通过性.

该机仅需 1~2 人即可操作完成夏秋茶的采摘作业,相对传统双人采茶机其劳动力降低 50%以上,作业效率提高 40%以上.

2 自走式采茶机关键零部件的设计与优化

2.1 升降装置的设计与优化

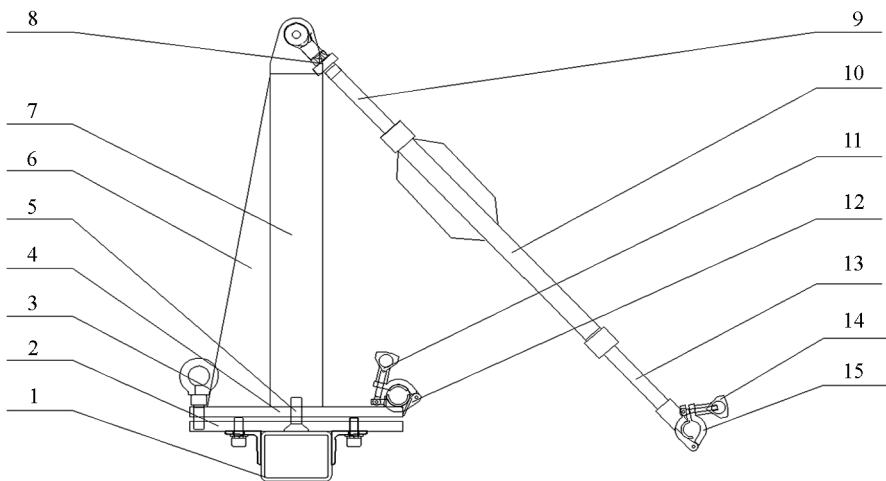
自走式采茶机升降装置如图 2 所示,主要由锂电池、升降电机、T 型螺杆、T 型螺母、光轴、轴套、直

线轴承、升降平台、联轴器、摇臂、端盖等组成. 轴套和轴承座分别固定安装在机架和端盖上, 两根光轴分别通过轴套进行固定作为升降平台上下移动的轨道, 升降平台通过直线轴承沿光轴上下移动. T 型螺母与升降平台固定连接并与 T 型螺杆配合转动带动平台升降, 螺杆一端通过轴承座伸出端盖并与摇臂连接, 另一端通过联轴器与驱动电机输出轴连接并通过轴承座固定在机架上, 驱动电机采用 JM-039 直流电机, 额定电压 12 V, 额定功率 100 W, 转速 100 r/min, 最大升降质量 75 kg. 作业时可根据茶蓬高度和夏秋茶采摘要求通过驱动电机和摇臂控制 T 型螺杆转动, 进而通过 T 型螺母带动升降平台上下移动.

试验表明, 在夏秋茶采摘作业过程中该升降平台能够快捷、灵活地调整采茶装置的高度, 其性能满足夏秋茶采摘对采茶装置的高度调节要求.

2.2 挂接与换向装置的设计与优化

自走式采茶机挂接与换向装置如图 3 所示, 主要包括固定板、转动板、立柱、紧固吊环、鱼眼轴承、丝杆、内螺纹丝杆、紧固螺栓、卡槽等. 固定板与升降平台固定连接并通过连接轴与转动板进行连接实现对转动板的定位, 转动板可绕连接轴进行转动. 固定板上有 3 组呈等边三角形的安装孔, 其相位角相差 90°和 180°, 分别与采茶装置两种作业状态和转移状态下的转动板的固定安装孔配合. 可调拉杆的螺杆与立柱之间通过鱼眼轴承进行连接确保其能够在一定范围内转动.



1. 升降平台; 2. 固定板; 3. 紧固吊环; 4. 活动板; 5. 连接轴; 6. 加强筋; 7. 立柱; 8. 鱼眼轴承; 9. 丝杆; 10. 内螺纹丝杆; 11. 紧固螺栓; 12. 卡槽; 13. 丝杆; 14. 紧固螺栓; 15. 卡槽.

图 3 挂接与换向装置

采茶装置的端部横轴和中间横轴可分别固定在卡槽内并通过紧固螺栓进行压紧实现挂接, 通过转动内螺纹丝杆调节可调拉杆的长度以实现对采茶装置角度的调节. 当需要对采茶装置进行换向时, 松开紧固吊环, 将活动板绕连接轴进行转动, 达到预定角度(90°或者 180°)后拧紧紧固吊环, 实现对采茶装置的换向.

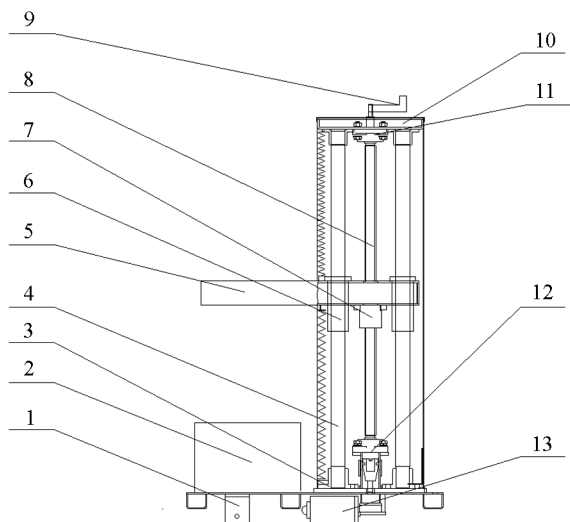


图 2 升降装置

3 4CJZ-1000 型自走式采茶机性能试验

4CJZ-1000 型自走式采茶机的田间性能试验于 2020 年 6 月 25 日在四川省邛崃市文君茶园进行,主要检测样机的作业效率、芽叶完整率和漏采率、横向稳定性等.

3.1 自走式采茶机性能试验方案

试验茶园地表具有 5°~10°的坡度起伏,茶蓬距离地表的平均高度约 800 mm,茶蓬呈圆弧形,平均宽度 850 mm,茶行之间可供机具有效行走的宽度约为 700 mm.

选取长势基本一致的 10 垄茶行进行重复试验,试验长度 20 m,根据《采茶机》及《采茶机作业质量》等相关标准^[12-13]对自走式采茶机的作业效率、芽叶完整率和漏采率进行测试.

本次田间性能试验的采茶装置选用落合 V8NEWZ2 型双人采茶机,该机整机质量 11.9 kg,刀片为弧形,有效切割长度为 1 000 mm,最大振动加速度为 16.76 m/s².

3.2 试验结果与分析

4CJZ-1000 型自走式采茶机性能试验如图 4 所示,作业前通过可调拉杆对采茶装置的角度进行调节,使其与茶蓬弧面基本一致.由于地面平整度较差,在作业过程中操作者需要对采茶装置的高度进行调节.

试验结果表明:该自走式采茶机仅需单人即可操作完成采茶作业,作业过程中操作者可根据茶蓬的高度随时电动调节采茶装置的升降,且高度调节的响应速度基本满足夏秋茶采摘的农艺要求.该自走式底盘具有较好的直线行驶稳定性,操作较为轻松,大大降低了夏秋茶采摘的劳动强度,相较于传统双人采茶机,平均单机可节约用工量 2 人以上,有效降低了劳动力成本,在一定程度上可以缓解夏秋茶采摘季节农村用工荒的问题.

自走式采茶机的夏秋茶采摘性能试验结果如表 2. 对 10 垄长度 20 m 长势基本一致的茶样进行采摘作业,平均作业时间为 40.2 s,平均采茶量为 3.67 kg,折合单位幅宽小时生产率为 328.6 kg/(m·h),采摘后的茶叶其芽叶完整率均为 90%以上,漏采率和漏集率均低于 1%,满足夏秋茶采摘作业的农艺要求.



图 4 4CJZ-1000 型自走式采茶机性能试验

表 2 性能试验结果

编号	完成时间/s	采摘量/kg	芽叶完整率/%	漏采率/%	漏集率/%
1	38	3.5	92.0	0.85	0.32
2	41	3.7	91.4	0.91	0.55
3	35	3.4	94.7	0.83	0.43
4	42	3.5	92.6	0.80	0.62
5	46	4.0	90.6	0.79	0.66
6	37	3.3	91.8	0.88	0.57
7	39	3.8	90.9	0.87	0.63
8	38	4.2	93.5	0.92	0.49
9	42	3.9	92.1	0.96	0.52
10	44	3.4	92.0	0.75	0.73
平均值	40.2	3.67	92.2	0.86	0.55

该自走式采茶机的整机质量为 240 kg 左右，而双人采茶机的质量一般不超过 13 kg，且 60% 以上的质量集中在采茶机的端部的汽油机上，该端部直接挂接在位于作业底盘中间正上方的升降平台上，即整机的悬出部分质量占整机质量的 3% 以内，其横向稳定性几乎不受影响。

在实际采茶作业过程中，自走式采茶机在最大坡度为 10° 的茶园中进行作业，其行走稳定，未发现有横向倾斜或倾倒趋势，因此该机的横向稳定性能够满足坡度 10° 以内的茶园作业要求。

4 结论

针对夏秋茶采摘劳动强度大、机械化水平低的问题，研制了 4CJZ-1000 型自走式采茶机。该机可由单人操作完成较平坦茶园的夏秋茶采摘作业，采摘质量基本满足农艺要求，能够有效减少采摘用工量和降低劳动强度，为夏秋茶的机械化采摘提供了思路。

参考文献：

[1] 王文明，肖宏儒，宋志禹，等. 茶叶生产全程机械化技术研究现状与展望 [J]. 中国农机化学报，2020，41(5)：226-236.

[2] 肖宏儒，秦广明，宋志禹. 茶叶生产机械化发展战略研究 [J]. 中国茶叶，2011，33(7)：8-11.

[3] 邹雨伽，杨柳，张秀琼，等. 基于 GIS 的茶叶生产适宜性区划研究——以旺苍县为例 [J]. 西南大学学报(自然科学版)，2021，43(3)：53-59.

[4] 韩余，肖宏儒，秦广明，等. 国内外采茶机械发展状况研究 [J]. 中国农机化学报，2014，35(2)：20-24.

[5] 韩余，肖宏儒，秦广明，等. 我国茶园机械研究新动态 [J]. 中国农机化学报，2013，34(3)：13-16.

[6] 韩余，肖宏儒，秦广明，等. 自走式采茶机液压系统的设计和试验研究 [J]. 茶叶科学，2014，34(6)：548-556.

[7] 汤一平，韩旺明，胡安国，等. 基于机器视觉的乘用式智能采茶机设计与试验 [J]. 农业机械学报，2016，47(7)：15-20.

[8] 易文裕，程方平，邱云桥，等. 单人采茶机研究现状与发展趋势 [J]. 中国农机化学报，2020，41(11)：33-38.

[9] 黄藩，王云，熊元元，等. 我国茶叶机械化采摘技术研究现状与发展趋势 [J]. 江苏农业科学，2019，47(12)：48-51.

[10] 吴先坤，李兵，王小勇，等. 单人背负式采茶机的设计分析 [J]. 农机化研究，2017，39(8)：92-96，101.

[11] 叶芙蓉，王天昱，张廷尊，等. 丘陵山区茶园自动喷药装置研制 [J]. 西南大学学报(自然科学版)，2020，42(10)：164-173.

[12] 中华人民共和国农业农村部. 采茶机：DG/T 076-2019 [S/OL]. [2019-04-01]. [https://max. book118. com/html/2019/0517/8103020140002023. shtm](https://max.book118.com/html/2019/0517/8103020140002023.shtm).

[13] 中华人民共和国农业部. 采茶机作业质量：NY/T 2614-2014 [S/OL]. [2014-10-17]. [https://www. cssn. net. cn/cssn/productDetail/76be80ea53fafb68e8893bc237c19ad4](https://www.cssn.net.cn/cssn/productDetail/76be80ea53fafb68e8893bc237c19ad4).

责任编辑 汤振金