

稻麦联合收割开沟填草一体机的改进与设计

杨宏图¹,丁为民¹,陈玉仑¹,丁启朔¹,汪小昆¹,蒯杰²,王建军²

(1 南京农业大学 工学院,江苏省高等学校智能化农业装备重点实验室,江苏 南京 210031;

2 江苏宇成动力集团有限公司,江苏 泰州 225300)

【摘要】【目的】改进并设计稻麦联合收割开沟填草一体机,旨在实现一次作业完成作物收获、排草导草和开沟填草等工序。**【方法】**在现有联合收割机的基础上,通过合理的结构设计和动力选择,分别对排草口挡草板、分土导流装置和清沟铲进行改进,设计了一种集稻麦收获、开沟、填草等功能于一体的复式作业机械,并对其性能进行了田间试验。**【结果】**田间试验结果表明,复式作业机械的开沟作业质量稳定,梯形沟上、下口宽的平均值分别为 245 和 150 mm,平均深度为 145 mm,秸秆入沟率达 82%以上。**【结论】**改进设计的稻麦联合收割开沟填草一体机收获和开沟性能稳定可靠,能基本满足农艺的要求。

【关键词】 稻麦联合收割开沟填草一体机;农业机械;结构设计;性能改进

【中图分类号】 S225.3

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2010)09-0161-06

Improved design of rice and wheat combined harvester with ditching and grass-filling

YANG Hong-tu¹, DING Wei-min¹, CHEN Yu-lun¹, DING Qi-shuo¹,
WANG Xiao-chan¹, KUAI Jie², WANG Jian-jun²

(1 College of Engineering, Nanjing Agricultural University, Intelligent Agriculture Equipment Key Laboratory, Colleges and Universities in Jiangsu Province, Nanjing, Jiangsu 210031, China; 2 Jiangsu Yucheng Power Company, Taizhou, Jiangsu 225300, China)

Abstract: **【Objective】** Improvement and design of rice-wheat combined harvester with ditching and grass-filling was aimed for completing crop harvest, discharge and divert grass, and ditch grass filling. **【Method】** On the existing basis of harvesters, by rational structural design and power selection, block row of grass panels, sub-soil and diversion devices, and ditching shovel were improved, and duplex operation machinery was designed for rice and wheat harvest combined with ditch-burying grass. **【Result】** Field tests showed that the operation is reliable, transmission reasonable, and ditch quality stable. Trapezoidal ditch's width from top to bottom is about 245 mm and 150 mm, the average depth 145 mm, straw rate in the ditch over 82%. **【Conclusion】** The ditch performance of the integrated harvester is reliable, basically meeting the agronomic requirements.

Key words: rice-wheat combined harvester with ditching and grass-filling; agricultural machinery; structure design; performance improvement

稻麦联合收割开沟填草多功能一体机的设计,是基于在我国稻麦两熟地区墒沟填草处理田间秸秆法的耕作栽培技术而构思的^[1],即在稻麦联合收获

后,用开沟机在田间开出墒沟,再人工将联合收获机排出的秸秆填入墒沟内,实现秸秆还田并利于田间排水^[2-4]。同时,填入墒沟的秸秆在腐解过程中,不

* [收稿日期] 2010-02-11

[基金项目] 国家自然科学基金项目(50875131);江苏省科技支撑计划项目(BE2008315, BE2009395)

[作者简介] 杨宏图(1982—),男,河南商丘人,硕士,主要从事农机现代设计方法研究。E-mail: yht7788@126.com

[通信作者] 丁为民(1957—),男,安徽合肥人,教授,博士,主要从事农业机械理论与设计研究。E-mail: wmding@jlonline.com

接触下茬作物,不会产生“烧苗”现象。这种方法实现机械自动化的难点是,机器需联合收获、开沟及人工填草多次作业。为了方便、有效地处理农作物秸秆,降低机具 2 次作业的动力消耗及作业成本,已有专家试制出稻麦联合收割开沟填草机,并进行了田间作业^[5-6],虽然其明显提高了工作效率,但这种一体机没有专门的排草导草、分土导流结构,且缺少沟内回土清理的清土装置,作业效果并不理想。

为此,本研究在改进上述机具开沟装置的抛土

分土结构和分土导草装置的基础上,设计了一种集联合收获、排草导草、开沟填草等于一体的多功能复式作业机,以期同步实现机械化收获、开沟与秸秆还田作业,提高农业机械的作业效率。

1 设计方案的确定

改进后的稻麦联合收割开沟填草多功能一体机的结构简图见图 1。

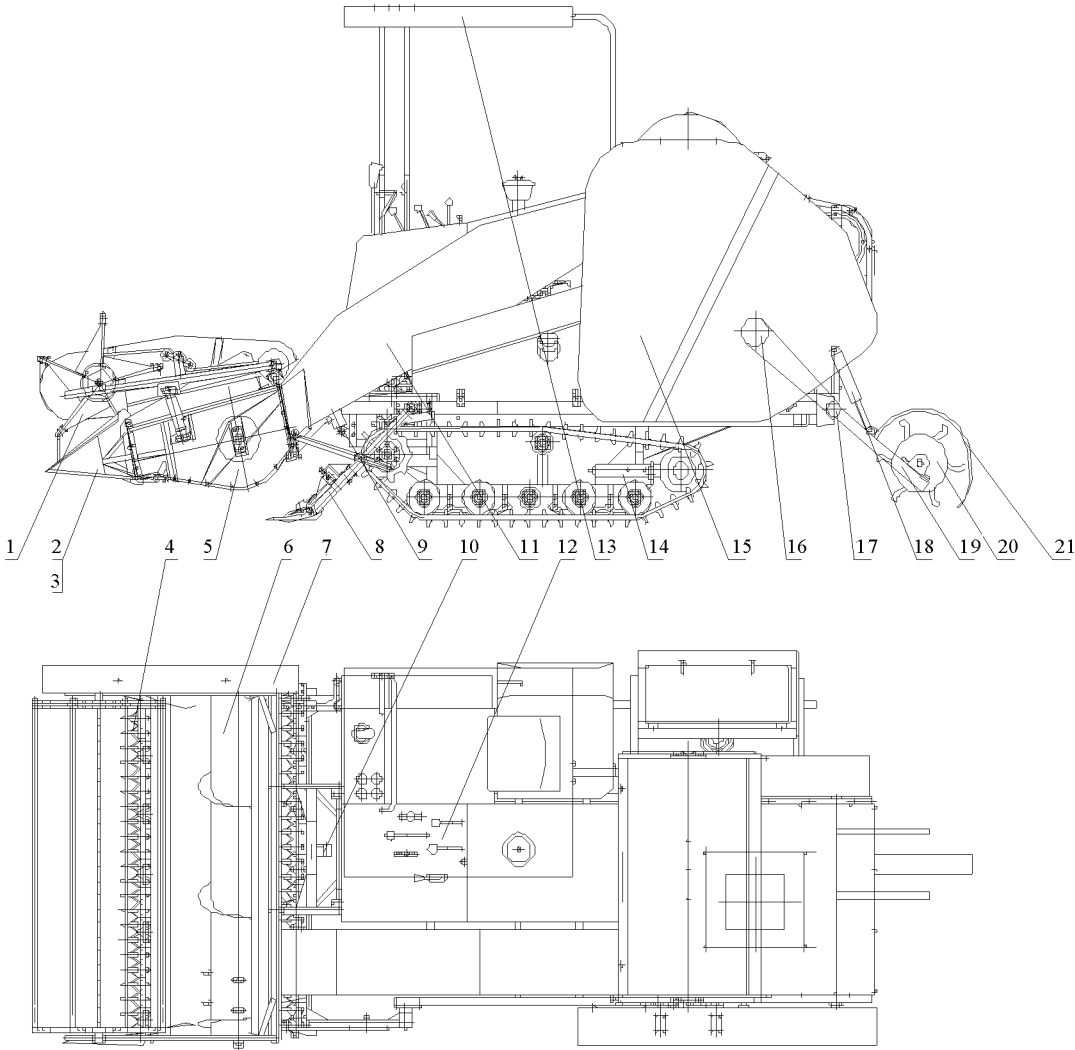


图 1 改进后的稻麦联合收割开沟填草多功能一体机的结构示意图

1. 拨禾轮总成;2. 左分禾器总成;3. 右分禾器总成;4. 切割器总成;5. 割台机架总成;6. 割台搅拢总成;7. 传动总成;
8. 浮动割刀总成;9. 销轴;10. 机械锁总成;11. 输送槽总成;12. 操纵总成;13. 凉棚;14. 行走装置;15. 脱粒总成;
16. 单缸柴油机(皮带轮);17. 中间轴;18. 液压油缸;19. 开沟机支架;20. 开沟机刀盘总成;21. 分土导流装置

Fig. 1 Structure schematic diagram of improved design of rice-wheat combined harvester with ditching and grass-filling

1. Assembly of two rounds;2. Left sub-wo assembly;3. Right sub-wo assembly;4. Cutting assy assembly;5. Cession rack assembly;
6. Cession long assembly of stirring;7. Transmission assembly;8. Floating cutting knife assembly;9. Pin;
10. Mechanical lock assembly;11. Conveying trough assembly;12. Manipulation assembly;13. Arbor;14. Walking device;
15. Threshing assembly;16. Single-cylinder diesel engine pulley;17. Intermediate shaft;18. Hydraulic cylinder;19. Ditching stent;
20. Ditching cutter assembly;21. Sub-soil deflector device

图 1 显示,该机主要由拨禾轮、切割器、割台、传动机构、浮动割刀、机械锁、输送槽、操纵、脱粒机构、履带行走装置、开沟机动力源、中间轴、开沟机支架、开沟机刀盘、分土导流装置、清沟铲装置等组成。机具的主要性能指标及技术参数如表 1 所示。

该机作业时,收获机一边收割脱粒,一边完成秸秆的向后输送,并将秸秆从出草口经导草装置排出;与此同时,开沟装置对收获后的土壤进行开沟,墒沟的位置与导草装置对齐,使出草口排出的秸秆落入沟内,达到机械化墒沟填草的目的。两沟之间的田

面可种植下茬作物,待下茬作物收获时,重复上述作业工序,这样经过几年,整个田块被开沟填草一遍,相当于进行了一次机械化耕翻,达到了秸秆还田与少耕、轮耕相结合的作业效果^[7-8]。

改进后的稻麦联合收割开沟填草多功能一体机,单独增加了一个单缸柴油机作为开沟的配套动力。单独配备动力确保了开沟的功耗需求,在功率匹配方面不会干扰原联合收割机的功率,因此不会影响原联合收割机的收割功能和收获效率,一体机作业时功率分配合理,各部件工作时动作协调。

表 1 改进后的稻麦联合收割开沟填草多功能一体机的主要技术参数

Table 1 Main parameters of improved design of rice-wheat combined harvesting machine with ditching and grass-filling			
项目 Item	主要参数 Main parameter	项目 Item	主要参数 Main parameter
配套动力 Mating power	常柴 H18 Changchai H18	工作幅宽/m Working width	1.8
额定功率/kW Rated power	12.7	刀尖回转直径/mm Diameter of tip rotation	710
额定转速/(r·min ⁻¹) Speed calibration	2 200	作业速度/(m·h ⁻¹) Operating speed	2 520~4 320
外形尺寸/mm Overall dimensions	4 650×2 310×2 700	刀片类型 Blade type	旋耕刀、削壁刀 Rotary knife, knife scarps
收割机类型 Harvester type	全喂入 Full feed	刀盘转速/(r·min ⁻¹) Cutter speed	430~530
整机质量/kg Total weight	2 620	刀盘线速度/(m·s ⁻¹) Tangential cutter speed	16.58

2 开沟装置的结构设计

2.1 开沟装置的总体设计

开沟装置的结构如图 2 所示。开沟机旋耕刀在动力驱动下切削未耕土壤,并向后抛送细碎土块,当被切削土块落到后置的开沟铲上时,会再次与尾随而至的旋耕刀撞击,向沟的前方和横向抛送,较大的

土块碰撞分土导流板,再次产生碎土,最后落到两边的厢面上,如此完成了开沟切土、抛土、碎土等一系列工作过程^[9-10]。与此同时,经联合收割机出草口排出的草料,在脱粒滚筒齿根刮板作用下甩至出草口,再经与出草口连接的侧向挡板作用,进入分土导流板,最后经此导向装置导入开好的墒沟内,由此完成整个稻麦秸秆的填草入沟工序。

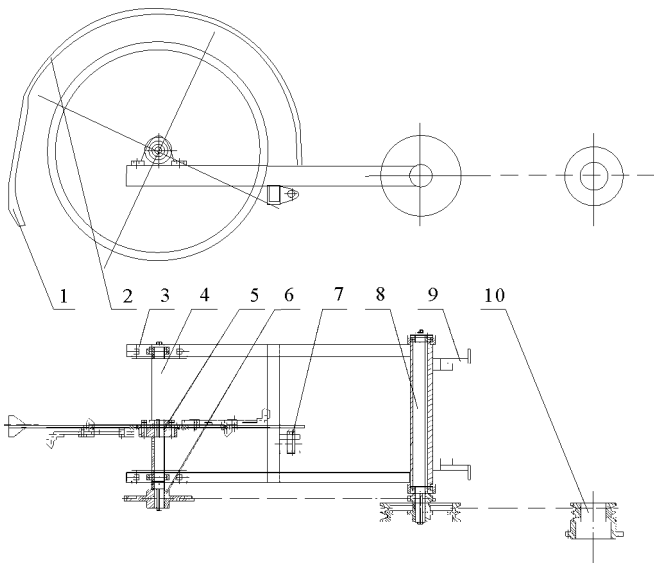


图 2 改进后的稻麦联合收割开沟填草多功能一体机的开沟装置简图

1. 开沟铲;2. 分土导流装置;3. 轴承(带座);4. 刀盘传动轴;5. 开沟刀盘;6. 传动链;7. 油缸耳座;8. 中间轴;9. 上下安装座;10. 传动皮带
Fig. 2 Ditching device of improved design of rice-wheat combined harvesting machine with ditching and grass-filling

2.2 分土导流板的设计

开沟时抛出的土壤,若没有分土导流板装置,会导致部分抛出土壤走向不确定,以及操作不安全;此外,从排草口排出的草,不仅经常会堵在出草口与开沟刀盘之间,而且还会使草缠在刀盘轴上,影响开沟效果。因此,必须加装一个集分土、导草于一体的弧形挡板,即分土导流板^[11-12],其结构如图 3 所示,分土导流板的圆弧半径高于刀盘半径 10 mm。安装分土导流板的目的是利于土壤横向抛土,使得墒沟左右抛土均匀一致,同时也能起到很好的排草导草作用。

2.3 清沟铲的设计

正旋式开沟时,沟内的回土量相比于反旋式开沟多,为了将已切削的土壤抛出沟外,使沟内的回土量达到最少,设计加装了一个开沟铲清土装置,即清沟铲,其结构如图 4 所示。清沟铲和刀盘设计为同心圆,可将切削的土壤由水平后抛改为沿沟方向左右两边抛。分土导流板与清沟铲之间由一过渡钢板

连接,通过调节其钢板螺栓孔的位置,可以调整清沟铲底端与刀盘最低点的位置,其结构如图 5 所示。试验表明,当清沟铲与刀盘刀片回转面间的间隙取 1.5 cm、且清沟铲最低点低于刀盘最低点 1.5 cm 时,沟内的回土可以抛干净。

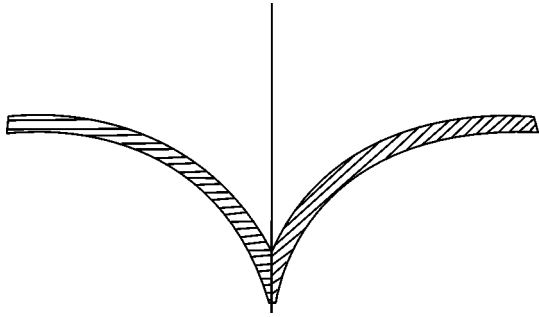


图 3 改进后的稻麦联合收割开沟填草多功能一体机的分土导流板示意图
Fig. 3 Sub-soil deflector schematic diagram of improved design of rice-wheat combined harvesting machine with ditching and grass-filling

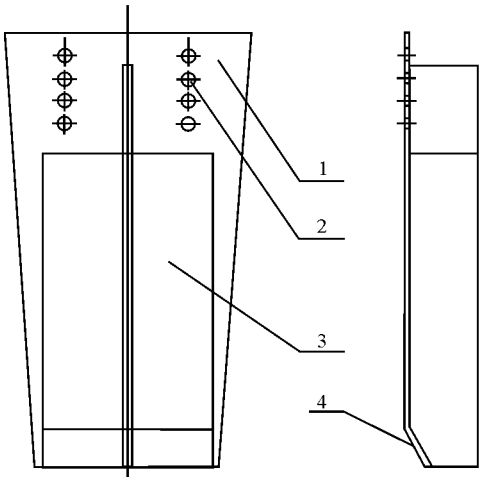


图 4 清沟铲的结构示意图
1. 钢板;2. 螺栓孔;3. 分土侧板;4. 清土铲撬
Fig. 4 Structure schematic diagram of shovel sewer
1. Steel plate;2. Bolt hole;3. Sub-soil side plate;
4. Crowbar of clean soil shovel

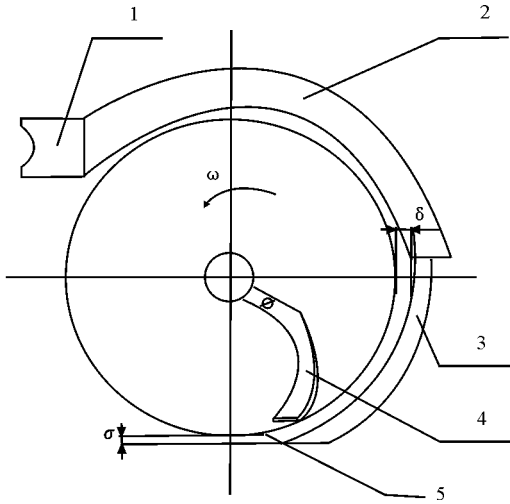


图 5 改进后的稻麦联合收割开沟填草多功能一体机清沟铲连接支架的示意图
1. 连接支架;2. 分土导流板;3. 清沟铲;4. 旋耕刀;5. 旋耕回转面
Fig. 5 Shovel sewer connection bracket diagram of improved design of rice-wheat combined harvester with ditching and grass-filling
1. Connecting bracket;2. Sub-soil deflector plate;
3. Trenching shovel;4. Rotary blade;5. Rotary plane

3 改进机具的性能测试

3.1 试验内容

在预试验中,确定的最优机组前进速度和刀盘转速分别为 0.62 m/s 及 480 r/min,在此条件下,测

试改进设计后的稻麦联合收割开沟填草一体机的整体作业性能,旨在评定不同试验田土壤和作物基本状况条件下机具开沟沟深的稳定性,开沟抛土、清土的效果及分土导流效果和秸秆入沟率等。

3.2 试验条件

改进设计后的样机于 2009-06 在江苏省兴化市

获垛镇进行麦地田间试验,作业面积约 4.67 hm²,
试验地的作物及土壤基本情况如表 2 所示。

表 2 试验地的作物及土壤基本情况

Table 2 Basic situations of crop and soil for the testing ground

作物特征 Crop characteristic		土壤条件 Soil condition	
植被高度/mm Vegetation height	810	土壤特性 Soil properties	砂土 Sand clay
作物茎粗/mm Crop stem diameter	3.68	土壤体积质量/(g·cm ⁻³) Soil bulk density	1.28
籽粒含水率/% Grain moisture content	13.38	土壤含水率/% Soil moisture	32.28
茎秆含水率/% Stem moisture content	16.17	土壤坚实度/MPa Soil firmness	1.27
产量/(kg·hm ⁻²) Yield	6 690	作物留茬高度/cm Hight of crop cut	20

3.3 试验结果与分析

3.3.1 开沟质量 选取有代表性的开沟作业行程进行测试,且所测各行程长度不小于 50 m,每行程随机选取 15 个测试点。测量时在原地表与两沟壁交线之间放一直尺,测量沟底中心点到直尺的距离作为测量点的开沟深度。开沟深度取 15 个点测量结果的平均值。再根据测试梯形沟的上、下口宽和开沟深度,分别计算沟深标准差、变异系数和稳定性系数,其计算公式见式(1)–(3),相关试验结果见表 3。

$$S=\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N S_j^2}{N}},$$

(1)

$$V=\frac{S}{a}\times 100\%,$$

(2)

$$U=1-V.$$

(3)

式中:S 为工况的沟深标准差,mm; S_j 为第 j 个测量点的开沟深度标准差,mm; N 为作业区内选定的测量点数; a 为沟深平均值,mm; V 为工况的沟深变异系数,%; U 为工况的沟深稳定性系数,%。

表 3 改进后的稻麦联合收割开沟填草多功能一体机的作业性能测试结果

Table 3 Operating performance test of improved design of rice-wheat combined harvester with ditching and grass-filling

测试项目 Test item	测试结果 Test result	测试项目 Test item	测试结果 Test result
沟面宽度/mm Face width of the groove	230~260	沟深标准差/mm Ditch standard deviation	0.954
沟底宽度/mm Ditch width	140~160	沟深变异系数/% Ditch coefficient variation	5.39
开沟深度/mm Furrow depth	130~160	沟深稳定性系数/% Ditch stability	94.61
沟形截面积/mm ² Ditch cross-sectional area	340.94	碎土率/% Pulverize ration	88.16
集中抛土距离/m Focused throwing soil distance	1.6	回土率/% Back to soil ratio	7.69
最远抛土距离/m Furthest throwing soil distance	2.5	秸秆入沟率/% Ratio of straw into the ditch	82.5~85.6

3.3.2 碎土率 沿机器作业方向,在每一测量区域内随机选定 15 个 0.2 m×0.2 m 的区域作为测量区,采集并测定测量区内土块最长边的长度,土块的大小按其最长边长度分为≤50 mm 和>50 mm 2 级,并以最长边长度≤50 mm 的土块质量占总质量的百分比作为测量区的碎土率^[13],结果取 15 个测量区的平均值。由表 3 可见,作业测量区内的碎土率平均值为 88.16%,土块较为细碎,抛土均匀。

3.3.3 秸秆入沟率 沿机器作业方向,在无风情况下,根据秸秆排出情况,在秸秆排放段,选取 5 m 沟长,分别收集 5 m 沟内和沟外秸秆称质量,测试 3 段,并取其平均值,沟内秸秆质量与 5 m 测定区内秸秆总质量的比值则为秸秆入沟率^[14-16]。由表 3 可知,秸秆入沟率为 82.5%~85.6%,表明一体机的填草效率较高,分土导流板能起到很好的排草导草作用。

4 结 论

1)对改进的稻麦收割开沟填草一体机的性能测试结果表明,其开沟沟型规范,沟深稳定性系数接近 95%,开出梯形墒沟的上、下口宽度的平均值分别为 245 和 150 mm,平均深度为 145 mm。

2)分土导流板在高于刀盘半径 10 mm 处安装,秸秆入沟率达 82.5%~85.6%,排草导草效果明显。当清沟铲最低点低于刀盘最低点 1.5 cm 时,能将沟内的回土抛干净。

3)在机组行驶速度为 0.62 m/s、刀盘转速为 480 r/min 时,改进的稻麦收割开沟填草一体机的集中抛土距离为 1.6 m,碎土率为 88.16%,机组作业连续性好。梯形沟不仅利于秸秆入沟,而且墒沟边缘不易塌陷和变形,清沟铲也对沟底起到了平整的作用,可以满足当地农艺填草、排水的要求。

[参考文献]

[1] 蒋植保. 秸秆还田利用方法: 中国, ZL 200410041004. 0 [P]. 2007-01-03.
Jiang Z B. Straw use methods; China, ZL 200410041004. 0 [P]. 2007-01-03. (in Chinese)

[2] Tiwari P S, Mehta C R, Varshney A C. Metabolic cost and subjective assessment during operation of a rotary tiller with and without an operators seat [J]. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 2005, 35(4): 361-369.

[3] Miszczak M, Salokhe V M. A torque evaluation for a rotary subsoiler [J]. *Soil and Tillage Research*, 2005, 84(2): 175-183.

[4] Tiwari P S, Gite L P. Evaluation of work rest schedules during operation of a rotary power tiller [J]. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 2006, 36(3): 203-210.

[5] 陈玉仑, 丁为民, 汪小岳, 等. 稻麦联合收获开沟埋草多功能一体机设计 [J]. *农业机械学报*, 2009, 40(8): 62-66.
Chen Y L, Ding W M, Wang X C. Design of harvest ditch and stalk disposing machine [J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2009, 40(8): 62-66. (in Chinese)

[6] 贺文胜, 仇志强, 孟秀兰. 机械化秸秆整体翻埋还田的试验研究 [J]. *农业机械学报*, 2003, 34(5): 179-180.
He W S, Qiu Z Q, Meng X L. Experimental study on mechanization and the whole rationale of straw to field [J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2003, 34(5): 179-180. (in Chinese)

[7] Ekboir J M. Research and technology policies in innovation system: zero tillage in Brazil [J]. *Research Policy*, 2003, 32(4): 573-586.

[8] Gemtos T A, Galanopoulou S, Kavalaris C. Wheat establishment after cotton with minimal tillage [J]. *European Journal of Agronomy*, 1998, 8(12): 137-147.

[9] 北京农业工程大学. 农业机械学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.
Beijing Agricultural Engineering University. *Agricultural mechanics* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2001. (in Chinese)

[10] 罗海峰, 官春云, 汤楚宙, 等. 稻茬田油菜免耕播种机开沟部件的研究 [J]. *农业工程学报*, 2007, 23(11): 153-157.
Luo H F, Guan C Y, Tang C Z, et al. Ditching parts of no tillage sower in paddy stubble field [J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Engineering*, 2007, 23(11): 153-157. (in Chinese)

[11] 濮良贵, 纪名刚. 机械设计 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
Pu L G, Ji M G. *Mechanication design* [M]. Beijing: Higher Education Press, 2004. (in Chinese)

[12] 邱宣怀, 郭可谦, 吴宗泽, 等. 机械设计 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1997.
Qiu X H, Guo K Q, Wu Z Z, et al. *Mechanication design* [M]. Beijing: Higher Education Press, 1997. (in Chinese)

[13] 王金武, 尹大庆, 韩永俊, 等. 水稻秸秆整株还田机的设计与试验 [J]. *农业机械学报*, 2007, 38(10): 54-56.
Wang J W, Yin D Q, Han Y J, et al. Design and experiment of whole rice straw returning machine [J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2007, 38(10): 54-56. (in Chinese)

[14] 中国农业机械化科学研究院. 农业机械设计手册(上) [M]. 北京: 机械工业出版社, 1990.
Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences. *Agricultural machinery design manual; Part I* [M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 1990. (in Chinese)

[15] 中国农业部. NY/T 740—2003 田间开沟机械作业质量 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
Chinese Ministry of Agriculture. NY/T 740—2003 Operations quality of field ditching machine [S]. Beijing: Chinese Standards Press, 2004. (in Chinese)

[16] 中国农业机械化科学研究院. GB/T 8097—2008 收获机械联合收割机试验方法 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences. GB/T 8097—2008 Combined harvester test method [S]. Beijing: Chinese Standards Press, 2009. (in Chinese)