

秸秆粉碎还田机的发展现状与问题研究

杜 凯^{1,2} 马少辉^{1,2}

1. 塔里木大学机械电气化工程学院, 新疆 阿拉尔 843300

2. 新疆维吾尔自治区普通高等学校现代农业工程重点实验室, 新疆 阿拉尔 843300

摘要:作物秸秆还田是增加土壤有机质含量,改善土壤团粒结构,保护生态环境重要的农业生产措施之一。秸秆还田机是秸秆还田必不可少的机具,因其粉碎装置的不同,工作性能也存在差异,通过文献分析法,对目前秸秆粉碎所用锤爪式、直刀式和甩刀式粉碎装置的技术研究现状与特点进行了归纳,分析总结了秸秆还田机具存在的问题,并对秸秆粉碎还田机及其技术提出了展望,为开发研究秸秆还田机的企业和个人提供技术与信息参考。

关键词:秸秆还田机;锤爪式;直刀式;甩刀式

中图分类号:F224

DOI: 10.3969/j.issn.2097-065X.2023.11.007

0 引言

秸秆是作物收获后遗留在农田中的“废弃物”,将其粉碎还田可改善土壤中分子的团粒结构和增加土壤中养分含量,从而增加土壤的保墒能力,减少出现土壤板结情况,增加土壤中的有机物质和土壤中的微生物种类。我国是棉花产量大国,棉花产量占世界总产量的三分之一。新疆维吾尔自治区是我国棉花的主产区,更是我国灌溉农业的典范,棉秆作为棉花采摘后遗留下来的副产物,是我国重要的秸秆作物^[1]。秸秆粉碎还田技术的普及应用,有效地减少了秸秆焚烧现象,减少空气污染,保护了生态环境,也避免了秸秆收集、运输、晾晒、储存等工序造成的成本增加^[2]。秸秆还田机被广大农民所接受。

1 秸秆粉碎还田机的分类

秸秆还田机根据粉碎装置动力轴在垂直面和水平面的工作方式,分为两种:卧式秸秆粉碎还田机和立式秸秆粉碎还田机^[3-4]。美国、荷兰等发达国家的作物秸秆基本用于还田处理。国外的秸秆还田机多为立式。立式结构简单,具有后期维修方便等优点。国内秸秆还田机普遍向着与大马力拖拉机配套发展,且国内大部分秸秆还田机都是通用型,无法做到多种秸秆同时兼顾,棉秆木质化程度高,适用于其他秸秆的还田机械用在棉秆的粉碎还田后,存在粉碎后秸秆成堆、秸秆长度不均匀等问题。

2 秸秆粉碎还田机的研究现状

市面上的秸秆还田机是从旋耕机演变开发而来,目前市场上使用较多的是采用锤爪式、直刀、Y型或L型甩刀式秸秆粉碎还田机^[5-6]。

卧式秸秆粉碎还田机对采摘完果实并且直立在农田中的秸秆,如棉秆、玉米、小麦秸秆、黄豆秸秆等粉碎还田的效果更好。卧式还田机的工作刀轴水平放置,均匀分布在刀轴上的刀片绕着刀轴高速旋转。工作时,甩刀不停地做高速旋转运动,不断打击、撕剪、揉搓和粉碎秸秆,最终被甩刀甩出,撒在农田中。

立式秸秆粉碎还田机的动力来源是由拖拉机动力输出轴经过齿轮箱机,由齿轮箱中的锥齿轮改变方向和转速,最终传到刀盘上,带动刀片进行一系列的切割、粉碎、抛出等工作。立式秸秆粉碎还田机的刀片分为定刀和动刀,且其切割方式为有支撑切割。

2.1 锤爪式秸秆粉碎还田机

如图1所示,锤爪为主要工作部件,由高锰钢构成,强度大且耐磨,利用自身重量大、惯量大而捶打、撕剪秸秆。如图2所示,锤爪式秸秆粉碎还田机主要适用于棉花、黄豆和玉米等秸秆较脆的作物,也适用秸秆质地软的小麦、油菜等。锤爪式秸秆粉碎还田机的动力由拖拉机提供,机具在工作时粉碎效果好,合格率高,具有良好的捣碎效果,锤爪硬度大,使用年限长,不会轻易损坏。但秸秆的留茬高度无法调节,所配套使用的拖拉机动力要求高。



图1 锤爪



图2 锤爪式秸秆粉碎还田机

孙永利等^[7]针对漏拾量大、打捆时夹杂的土量多、秸秆的长度合格率低等问题,设计的锤爪式捡拾粉碎装置,如图3所示,主要由捡拾辊轴、锤爪、锤爪固定座、定刀、绞龙、绞龙围板、支撑板、捡拾壳体 and 风机等组成。该装置能够同时完成捡、粉、滤一系列工作,解决了秸秆需要二次粉碎加工的问题。此装置对硬性秸秆的粉碎效果好,解决了传统装置粉碎较硬秸秆时,秸秆长度大、漏检率高等问题。又通过Ansys-Workbench对模块进行分析,确定了台架在工作时的稳定性,并对锤爪进行选型、确定锤爪的排列方式和数量确定,就装置所存在的问题进行正交试验分析。得出捡拾辊在2200 r/min,距离地面175 mm,前进速度4 km/h时,工作效果最好,粉碎的合格率最高。

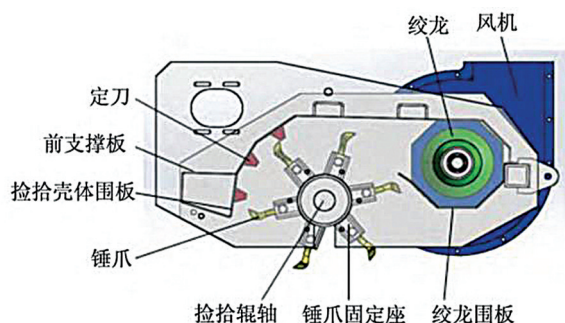


图3 捡拾粉碎装置

王占滨等针对黄淮海地区在收取玉米籽粒时完整率低和含杂率高等问题,设计的锤爪式玉米脱粒装置,基于传统钉齿式、纹杆式对脱粒工件进行设计,最终选用圆头加扁头的锤爪组合进行脱粒。

姚燕、姬裕江^[8]设计的秸秆粉碎试验台,主要是由定刀、刀辊、喂入装置、输送装置等组成,工作时秸秆被送到输送带,经过高速旋转的刀辊,被定刀粉碎切割,最终被抛出。通过实验得出刀辊转速、壳体包角变大,动定刀间隙变小,粉碎功耗增大,粉碎质量提高。对于农田中直立的秸秆,如玉米、小麦等有较好的粉碎效果。

2.2 直刀式秸秆粉碎还田机

如图4所示,直刀型锤片采用高锰钢制造^[9]。

直刀式秸秆粉碎还田机在我国农业领域广泛使用,如图5所示,其工作原理是利用刀片绕着轴高速旋转产生的惯性力切割秸秆,在机器的实际利用中,为保证切割质量,直刀式秸秆还田粉碎机的刀片安装密度大,排列紧凑,能够满足绝大部分作物秸秆的粉碎要求。此种机器类型的缺点是无法完成对粉碎要求高的秸秆,只能进行粗略粉碎。直刀式秸秆粉碎还田机多适用于小麦、水稻等表面光滑和质地细软的秸秆。工作时主要依靠刀片切断,击打为辅。由于小麦和水稻质量小,粉碎时依靠定刀和动定刀之间的配合。直刀式还田机的缺点:刀片易损坏,且后期更换成本高,刀片的重量误差要求高,误差不能超过10 g。直刀式秸秆粉碎还田机多应用于华北地区。



图4 锤片



图5 直刀式秸秆粉碎还田机

张成亮^[10]为解决中耕施肥效率低、效果差的问题,设计了3ZFD-440中耕施肥机,该机组能够一次完成玉米行间松土、碎土、除草、施肥和培土等多项作业。

肖戟等^[11]针对玉米联合收获机典型切碎部件进行研究,通过对多种玉米联合收获机械的切碎部件的切刀形式进行试验分析、对比,得出滚动式平板直刀刀和对辊式平板直刀刀的切碎部件为立式摘穗辊玉米联合收获机械理想的关键部件。

2.3 甩刀式秸秆粉碎还田机

甩刀分为Y型和L型两种类型,甩刀式秸秆粉碎还田机是在直刀式的基础上演变而来,甩刀式还

田机根据其甩刀类型的不同,其剪切粉碎效果也不同。如图 6 所示,Y 型甩刀还田机相较于 L 型甩刀还田机的剪切粉碎效果好,且其工作阻力小,粉碎效率更高;L 型甩刀还田机拥有纵、横两个方向的刀刃,可以实现两个方向的切割。如图 7 所示,甩刀式秸秆粉碎还田机的工作原理是甩刀高速转动,甩刀将秸秆卷起,在定刀和动定刀的配合下,秸秆受到反复的剪切和击打,最终达到粉碎秸秆的目的。甩刀是由高锰钢制作而成,有较强的抗磨和抗压能力。甩刀式还田机对于甘蔗、玉米等秸秆粉碎效果更好。



图 6 甩刀



图 7 甩刀式秸秆粉碎还田机

史建新等^[12]针对减少进地次数、降低作业费用等问题,设计出抛送式棉秆粉碎还田机,其工作原理是高速转动的甩刀将秸秆剪切、粉碎,完成后将秸秆从还田机后方抛出,并且高于残膜回收机,为后续残膜回收机回收残膜创造了条件。该团队通过实验设计,确定了棉秆粉碎还田机的总体构成和基本参数,并且确定了刀具的旋转速度和机器的前进速度的配合关系,解决了降低留茬高度的问题,并且提高了其粉碎质量,也能保证残膜回收机进行后续残膜回收工作。试验证明改进后的样机性能有较大提高,基本能够满足秋后棉田秸秆粉碎还田与残膜回收联合作业的技术要求。

张喜瑞等^[13]针对香蕉秸秆含水率大、难切割、切割时容易缠绕刀具和切割阻力大等问题,设计出滑切防缠式香蕉秸秆还田机。采用理论建模方法确定了秸秆滑切刀片的刀刃曲线方程;设计阐述了还

田机的关键结构参数,该文研制出一种滑切防缠式香蕉秸秆还田机,并阐述了还田机械的总体机构与工作原理,同时对其秸秆粉碎率以及功耗进行田间试验,通过后续与甩刀立式香蕉秸秆粉碎还田机的对比试验,得出粉碎率提高 1.94%,功耗降低 11.3%。为后续香蕉秸秆还田提供了理论基础。2023 年,张喜瑞等^[14]又运用高速摄像技术进行碰撞恢复实验、静摩擦及滚动台架试验,确定了香蕉秸秆碰撞恢复系数、静摩擦因数和滚动摩擦因数等基本离散元模型接触参数。

田杨秋等^[15]针对现有的玉米秸秆粉碎还田机悬挂在拖拉机后方、工作过程中机具碾压秸秆、粉碎过程中含杂率高的问题,设计了玉米茎秆甩刀式切碎装置。此装置是安装在割台下,对原有 L 型甩刀进行设计。最终进行田间试验,茎秆切碎长度合格率为 90.6%,茎秆含杂率为 0.5%,切碎装置满足设计要求。

杨坚等^[16]针对甘蔗碎叶机振动大、轮轴轴承易坏等问题,对 3SY-140 型甘蔗碎叶机进行设计更新,提高其粉碎效率和机具工作寿命。采用虚拟技术对甘蔗粉碎机进行模型三维可视化建立,进行仿真研究,采用新的甩刀排列方案和动平衡措施。设计改进后,明显减少振动,有效避免轴承损坏。

李明等^[17]针对普通甩刀无法捡拾沟底甘蔗叶的问题,设计了 1GYF-120 型甘蔗叶粉碎还田机,采用仿形集叶器的甘蔗叶粉碎还田机,甩刀离地沟间隙超过垄高,解决了无法捡拾的问题。其工作原理:拖拉机提供动力,皮带带动甩刀高速转动,工作时仿形集叶器将贴在地面的甘蔗叶提起,转动的甩刀将其卷起进行粉碎。

3 秸秆粉碎还田机的问题

(1) 秸秆粉碎还田机种类单一,还田机的通用性较差。

(2) 秸秆粉碎理论研究少,生产的秸秆粉碎还田机缺乏理论依据和实验数据。

(3) 粉碎合格率不理想,现有的还田机粉碎秸秆后秸秆成堆,且秸秆长度不均匀。

(4) 秸秆粉碎还田机还不能实现地下根茎的粉碎。

(5) 作业成本高、功耗大。

4 结语

国内农作物大面积种植,作物秸秆的处理已经

(下转第 57 页)

装中,还需控制好涂料的用量,使涂层涂刷均匀一致,避免出现漏涂、起泡、变色、失光等现象,以确保涂层涂膜厚度。涂装完工后,检查外观,确保涂层的表面平整,无针孔、气泡、剥落、流挂等缺陷^[5],并采用测厚仪检查涂层厚度,确保涂层厚度符合设计要求。

4 结论

对白盆珠水库金属结构现状进行了分析,并结合工程现场查勘与复核资料,制定出合理的更新改造方案,以确保对水库金属结构的更新改造成功。重新安装存在安全隐患的金属闸门、启闭机,对存在腐蚀、锈蚀的钢结构进行除锈施工、重新喷涂防腐涂料。工程经过实施完工后,水库主坝、坝腔与副坝的工作闸门、启闭机等金属结构各项技术指标达到了

规范要求,消除了水库金属结构安全隐患。

参考文献:

- [1] 刘洪,王梓,程永东,等.白盆珠水库“8.16”事故浅析及防洪应急电源设计[J].广东水利水电,2022(1):49-51.
- [2] 黄新东.白盆珠水库大坝除险加固工程的质量管理研究[D].广州:广东工业大学,2022.
- [3] 付长旺,孙文举浅谈卷扬式启闭机的防腐施工技术[J].水电站机电技术,2019,42(4):51-52.
- [4] 赵渊培.浅析水工建筑防渗堵漏施工技术[J].建材与装饰,2013(21):359-360.
- [5] 陈诗光,高杰.海水管道用普通钢的防腐技术要点[J].安装,2017(12):42-44.

作者简介:邓秉华,男,1981年生,工程师。研究方向为水利工程施工监理。

(上接第24页)

普遍成为人民关注的问题。大力开展秸秆粉碎还田机的研究设计,积极推广秸秆粉碎还田技术,可以提高土壤肥力和土壤中微生物的数量。设计秸秆粉碎还田机时,应注意以下3点。

(1)提高对秸秆粉碎还田机对不同作物的适应性,加强对秸秆粉碎的理论研究,寻求刀具合理的排列方式和数量,以及刀具最小的切削力。

(2)加大研制与大马力拖拉机配套的秸秆粉碎还田机的力度,国内越来越多的小马力拖拉机被大马力拖拉机取代,不仅省时省力,也能提高经济效益。

(3)研制可将秸秆和根茎一起粉碎的粉碎还田机,从而缩短秸秆的腐熟时间,提高土壤中有机质的含量。

参考文献:

- [1] 张文喆.棉秆、番茄酱渣混合微贮条件优化及其在肉羊养殖中的应用[D].石河子:石河子大学,2022.
- [2] 王德成,贺长彬,武红剑,等.苜蓿生产全程机械化技术研究现状与发展分析[J].农业机械学报,2017,48(8):1-25.
- [3] 牛国梁,李斌,刘洋,等.立式棉秆粉碎还田机设计与试验[J].干旱地区农业研究,2022,40(1):255-263,274.
- [4] 张喜瑞,王自强,李粤,等.滑切防缠式香蕉秸秆还田机设计与试验[J].农业工程学报,2018,34(3):26-34.
- [5] 李耀明,等.玉米茎秆往复切割力学特性试验与分析[J].农业工程学报,2011,27(1):160-163.
- [6] 吴杰,王吉奎,等.直刃刀切割棉秆的动力学特性分析[J].石河子大学学报,2005,23(6):752-754.

- [7] 孙永利,周福君,王琨博,等.锤爪式捡拾粉碎装置的设计与试验[J].江苏大学学报(自然科学版),2019,40(2):159-166.
- [8] 姚燕,姬裕江.基于锤爪式动刀的小麦秸秆粉碎装置试验研究[J].农机化研究,2010,32(1):156-158.
- [9] 张锋伟,戴飞,韩正晟,等.秸秆还田机刀片的改进设计[J].机械研究与应用,2009,22(5):83-85.
- [10] 张成亮.3ZFD-440中耕施肥机设计与试验研究[J].中国农机化学报,2019,40(10):14-19.
- [11] 肖戟,李剑飞,牛云鹏.玉米联合收获机典型切碎部件的研究[J].机械设计与制造,2011(7):130-132.
- [12] 史建新,陈发,郭俊先,等.抛送式棉秆粉碎还田机的设计与试验[J].农业工程学报,2006(3):68-72.
- [13] 张喜瑞,王自强,李粤,等.滑切防缠式香蕉秸秆还田机设计与试验[J].农业工程学报,2018,34(3):26-34.
- [14] 张喜瑞,胡旭航,刘俊孝,等.香蕉秸秆离散元仿真粘结模型参数标定与试验[J].农业机械学报,2023,54(5):121-130.
- [15] 田杨秋,靳范,杜志高,等.玉米茎秆甩刀式切碎装置的设计与试验[J].农机化研究,2022,44(4):101-104.
- [16] 杨坚,梁兆新,莫建霖,等.3SY-140型甘蔗碎叶机振动仿真[J].农业机械学报,2005(11):74-77.
- [17] 李明,王金丽,邓怡国,等.1GYF-120型甘蔗叶粉碎还田机的设计与试验[J].农业工程学报,2008(2):121-126.

作者简介:杜凯,男,1998年生,硕士研究生。研究方向为现代农业装备设计及理论。马少辉(通讯作者),男,1976年生,硕士,教授。研究方向为现代农业装备设计及理论。