

吉林省玉米条耕技术发展现状与应用展望

杨浩^{1,2}, 曹庆军², 杨粉团², 孔凡丽², 李琳³, 崔正果², 李刚^{2*}

(1. 延边大学农学院, 吉林 延吉 133002; 2. 吉林省农业科学院/农业农村部东北作物生理生态与耕作重点实验室, 长春 130033; 3. 吉林省农业广播电视学校, 长春 130021)

摘要: 随着国家对东北黑土保护的日益重视, 保护性耕作的模式也在不断创新与完善。秸秆覆盖条耕作为少耕的一种保护性耕作模式, 近几年在吉林省得到快速发展, 本文就秸秆覆盖条耕技术的国内外发展历程、技术优势, 以及吉林省发展现状与存在的问题进行综述, 同时对未来发展趋势进行了展望, 以期为吉林省保护性耕作发展提供参考与借鉴。

关键词: 保护性耕作; 黑土; 条耕; 条耕机; 吉林省; 展望

中图分类号: S513

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2022)05-0033-04

Development Status and Application Prospect of Corn Strip Tillage Technology in Jilin Province

YANG Hao^{1,2}, CAO Qingjun², YANG Fentuan², KONG Fanli², LI Lin³, CUI Zhengguo², LI Gang^{2*}

(1. College of Agriculture, Yanbian University, Yanji 133002; 2. Jilin Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Northeast Crop Physiology, Ecology and Cultivation, Ministry of Agriculture, Changchun 130033; 3. College of Jilin Agricultural Radio and Television, Changchun 130021, China)

Abstract: As the country pays more and more attention to the protection of black soil in Northeast China, the mode of conservation tillage is constantly innovating and improving. Straw mulching strip tillage, as a conservation tillage mode of less tillage, has developed rapidly in Jilin Province in recent years. This paper discusses the development history and technical advantages of straw mulching strip tillage technology at home and abroad, as well as the development status and existing problems of Jilin Province. At the same time, the future development trend is prospected, in order to provide reference and reference for the development of conservation tillage in Jilin Province.

Key words: Conservation tillage; Black soil; Strip tillage; Strip tiller; Jilin Province; Prospect

吉林省位于东北松辽平原腹地, 是我国春玉米的优势产区。从气候类型上看, 该区域大多属于寒温带大陆性季风气候^[1], 大部分地区春季多风少雨, 季节性干旱发生比较频繁^[2]。因而农业生产中抗旱保墒的耕作栽培方式备受青睐。此外, 长期重用轻养的高强度利用以及多年的玉米连作, 使土壤肥力与耕作质量发生了严重退化, 有机质较开垦初期呈现明显的下降趋势^[3]。21世纪初, 利用作物秸秆覆盖还田以保墒养地的玉米

秸秆利用技术开始兴起, 逐步得到试验、示范与推广。但由于玉米秸秆生物量大、春季增温慢、洼地不散墒、加之北方腐解期短, 甚至部分农户操作不当等原因, 导致秸秆全量覆盖条件下春季播种与出苗质量受到极大影响, 从而在一定程度上制约秸秆覆盖还田的推广与应用^[4-5]。近几年在秸秆覆盖还田基础上, 只对苗带耕作的保护性耕作应运而生, 其在囊括秸秆覆盖还田优点的基础上, 解决了苗带温度与水分的问题^[6-7]。特别是随着条耕机国产化发展, 该技术模式得到了快速推广, 而且容易被普通农户所接受。

1 玉米条耕技术

1.1 条耕技术定义

玉米秸秆覆盖条耕技术, 简称条耕(strip-till), 也被称作带状耕作、行耕作(row-till)或者分区耕作(zone-till)。条耕是在玉米秸秆覆盖的基

收稿日期: 2021-09-01

基金项目: 吉林省科技发展计划重点项目(20210202125NC); 吉林省农业科技创新工程(CXGC2021ZY027); 吉林省农业科学院农业质量标准与检测技术研究所发展基金项目(ZBS20Q02)

作者简介: 杨浩(1998-), 男, 在读硕士, 主要从事作物栽培与质量安全方面的研究。

通讯作者: 李刚, 男, 博士, 研究员, E-mail: ligang6@yeah.net

基础上,利用条耕机只将播种带(种床)位置进行局部耕作,而行间(非苗带)保持秸秆覆盖的一种种植方式。美国农业部(USDA)自然资源保护中心将条耕定义为,在播种前或者播种时利用特定条耕机对窄行区域土壤进行耕作的一种种植方式,其目的是散墒或者提高播种时土壤温度。

从机具使用来看,条耕的宽度通常大约在6英寸或者行距的1/3,动土比例不超过总面积的1/3,耕作深度为4~8英寸^[8]。相比于传统垄作,条耕减少进地次数与土壤扰动。从这一点来看,无论是国内还是国外,条耕均属于保护性耕作体系中少耕的一种耕作方式^[9-10]。

从耕作方式来看,根据苗带宽度与垄距大小可将条耕分为等行距种植和宽窄行种植两种方式。在吉林省中部大部分区域,等行距种植其垄距多为60 cm或者65 cm,而在宽窄行种植区域,通常窄行(苗带)宽度为40 cm,宽行(非苗带)宽度为80 cm,不同地区之间行距大小略有差异,但窄行和宽行垄距基本上保持一致;而美国则大多采用等行距种植方式。

1.2 条耕技术效果与适用区域

条耕与传统垄作相比,基本上保持了秸秆覆盖还田的技术优点^[11-12]:(1)降低传统翻耕的弊端,减少表层土壤水蚀和风蚀的发生。孙悦超等^[13]研究发现条耕技术相比传统耕作方式,能够降低地表风速86.44%,有效减少土壤风蚀。(2)减少频繁耕作对土壤结构的破坏,提升土壤中水稳性团聚体稳定性^[14],从而减少温室气体的排放^[15]。(3)条耕能缩减对土壤的扰动,一定程度上降低了土壤水分的散失,有利于实施早播^[16]。(4)缩小耕作面积,减少成本投入,规模化种植可节省43%的耕作成本和47%的劳动力成本,提高种植效益^[17]。此外,条耕模式下,通过苗带耕作处理可以清除部分秸秆残茬疏松土壤,能够有效提高苗带温度,促进多余水分蒸发、降低种床土壤的板结程度,增加种子和土壤的接触面积,与免耕相比能创造更加优良的种床环境,有利于实现苗齐、苗壮。梨树县小城子镇农民利用条耕技术,清除苗带秸秆并及时整地,在低洼地起到了散墒增温的效果,提高出苗率。曹庆军等^[14]研究表明条耕能够提高播种季风沙土0~20 cm土层地温1~1.9 °C,同时提高0~40 cm土层含水量,为种子萌发提供有力保障。但在条耕下实现玉米苗齐苗壮的作用机理尚需深入挖掘与解析。

条耕解决了免耕覆盖条件下苗期低温与土壤

保墒之间的矛盾。但从国外发展来看,相对免耕而言,条耕一定程度上增加了农户作业成本,因此这项技术主要被应用于播种期土壤温度较低、排水不畅、土壤湿度相对较大的地区。美国通过秋季条耕处理,切实解决了春季低洼地的播种散墒问题,这对吉林省开展条耕技术的推广和应用具有一定的借鉴意义^[8]。然而,条耕也可能带来一些负面效应,比如,增加了播种前的作业成本、极端气候条件下苗带由于缺少秸秆覆盖可带来土壤干旱、侵蚀及氮素流失的风险^[18]。此外,条耕要求采取的平作种植方式对习惯于传统垄作的种植区域需要一定的适应过程。

2 玉米条耕技术发展历程

2.1 发展历程

条耕作为保护性耕作的一种,起源于20世纪90年代美国北部的中央大平原玉米带,主要应用于玉米/大豆轮作区域,它是随着保护性耕作的发展而产生的,是秸秆覆盖还田的升级版。20世纪30年代,受“黑风暴”影响,美国开始保护性耕作的探索^[19]。最初,在美国堪萨斯州(Kansas)的南部与东部地区,为了躲避七月中下旬吐丝灌浆期的炎热与干旱气候,玉米需要提前播种,在覆盖免耕无法满足播种条件的情况下,逐步采用和推广条耕的种植方法。伊利诺伊州列克星敦研究所的Jim Kinsella被认为最早提出条耕机构想,Rich Follmer将条耕机应用于实践中。随着技术与机具的不断完善,条耕技术也得到发展^[20]。

自从条耕机问世以来,后续不断的改进、发展使条耕机的性能日趋完备,虽然不同地区与品牌的条耕机仍存在着显著的差异,但其基本结构大致相同,主要包括圆盘、切土刀(用于肥料注射)、拔草轮、碎土装置等基本结构(图1)。

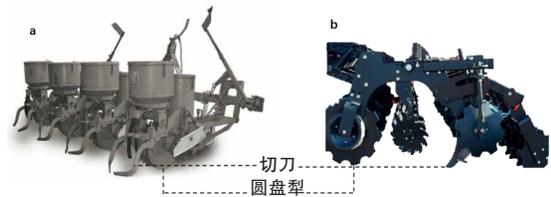


图1 美国早期(a)与现代(b)条耕机的基本结构

2.2 条耕技术引进与中国化

玉米条耕技术的引进是在我国保护性耕作的发展中兴起的。我国保护性耕作起步相对较晚,20世纪70年代北京农业大学从国外引进免耕技术,并研制我国第一代免耕播种机^[21-22]。此后,国内科研机构开始陆续对保护性耕作机械进行引

进、消化与创新。2012年,连云港市引进2个2BFG-200型条耕条播机,主要针对稻麦轮作地块进行条耕作业,由拖拉机悬挂牵引,并配有条耕刀与播种箱,可进行一条龙式作业,作物产量与质量均优于普通作业模式^[23-24]。东北农业大学和上海市农业机械研究所相继研发出中国式条耕机,但存在发动机功率(2~4 kW)小、翻耕深度浅等问题。2013年,在国家“948”引智项目资助下,中国农业大学米国华教授引进美国Yetter公司条耕机,在吉林梨树进行了技术与示范,取得了较理想的技术效果。

3 吉林省玉米条耕技术发展现状分析

3.1 吉林省土壤、气候资源及其适应性分析

吉林省在地理空间上呈“东南-西北狭长状”土壤类型复杂多样,耕地土壤类型有黑土、黑钙土、白浆土、冲积土、草甸土等^[25-26]。根据热量和降雨为主要指标的气候生态区划来看,东部为湿润冷凉区,年平均降雨量在700~800 mm,地形以山地和丘陵为主,以林业为主,种植业为辅,因此适宜条耕的种植面积相对较小,部分地区可采用条耕提温保墒。吉林省中部为半湿润区,年降雨量在500~700 mm,地势平坦、土壤肥力相对较高、适合机械化生产,是吉林省春玉米的主产区;同样由于该区域玉米种植面积大、受玉米长期连作开发利用以及气候等影响,黑土地退化严重,非常适宜条耕模式的应用与推广。吉林省西部主要包括三岔河与双辽连线以西地区,降雨量在400~500 mm,属于半干旱-半湿润区,土壤类型以草甸土、白浆土与风沙土为主,该区域盐碱和风沙土面积较大、生态脆弱^[27],特别是春季风沙较大、适合进行秋季条耕,以达到提温保墒的目的。

3.2 吉林省条耕技术应用现状

条耕技术的推广与国家黑土地保护的重视以及保护性耕作的兴起密不可分。加之我国人多地少的国情,保护黑土地的同时必须保证粮食产量。针对东北地区,秸秆还田是保护黑土的主要途径^[28],在秸秆覆盖后出苗率下降的地块,条耕模式的优越性得以显现。早在“九五”期间,吉林省农业科学院刘武仁研究员提出了“玉米宽窄行高留茬交替休闲种植方法”,提倡高留茬残茬还田、苗带深松少耕,是保护性耕作的早期尝试^[29]。2009年,吉林康达2BMZF型系列指夹式精量施肥播种机的研制成功,开启了吉林省保护性耕作发展的新篇章^[30];在这期间,中国科学院沈阳应用生

态研究所、吉林农业大学等单位相继在吉林梨树开展了玉米秸秆覆盖免耕种植的定位试验研究,相关科研与免耕播种机的优化升级显著带动了保护性耕作的快速发展。2013年中国农业大学米国华教授在梨树引进首台免耕机后,免耕播种才逐渐走进人们的视野^[31]。随后,在当地农业推广部门的引导下,一些当地种粮大户和合作社开始了条耕机的改良和研制工作。截至2020年底,本省条耕机生产企业有3家,累计生产条耕机数量达400余台/套,这对推动和规范我省条耕技术的发展起到了至关重要的作用。此外,吉林省质量技术监督厅于2020年下达了《吉林省玉米秸秆覆盖种植条耕还田》的地方标准,标志着我省玉米条耕技术的发展已经达到一个新高度。

3.3 存在问题及其原因解析

条耕在国外作为一种成熟的技术模式,但在国内尚处于起步完善阶段。吉林省在其推广和发展过程中存在一些需要解决的问题,主要体现在以下几个方面(表1):(1)条耕机具规范性差。多数条耕机是在传统旋耕机的基础上通过减少旋刀数量或稍加改良发展来的,对土壤扰动大;(2)动土比例过高。就省内目前条耕机而言,多采用均匀垄或者宽窄行方式进行种植,条耕苗带与覆盖幅宽接近1:1,动土比例接近50%,不符合保护性耕作动土少于1/3要求;(3)动力消耗大。与国外圆盘式结构相比,国内的旋耕方式动力消耗大;(4)作业效率低。目前市面上流行的条耕机多为2行,少数为4行,作业幅宽在120~240 mm,与国外条耕作业效率相比差距很大^[32]。

导致上述问题产生的原因,除了与我国条耕起步晚、基础差有很大关系外^[33],还包括:(1)相关研究基础弱,农机农艺结合不紧密;(2)装备智能化明显不足,比如缺乏卫星导航导致的垄距不均匀、苗带不直或错位;(3)机械工艺不过关,导致关键部件国产化不足或者性能无法满足要求。

4 条耕技术模式应用前景展望

4.1 条耕未来发展方向

农业科学技术的应用与发展离不开先进配套机具的跟进,农机农艺有机融合早已成为行业共识。当前我国农业现代化水平、家庭土地经营规模与特点决定了我们必须走一条自己的道路。未来条耕技术,特别是在配套条耕机发展方向上必须兼顾以下几个方面:(1)推动农机研发实用化。随着土地规模化和集约化的发展,我省土地规模集约化

表1 吉林省国产条耕机与美国同类产品性能比较

主要指标	美国	中国
主体结构	圆盘、施肥刀、拔草轮、拢土盘、碎土装置	拔草轮、旋耕机构、镇压装置
作业幅宽与深度	4~12行,幅宽3~9 m;耕深10.2~20.3 cm(4~8英寸)	2行或4行,宽度1.3~2.6 m;耕深以浅耕为主,大多5~15cm
作业效率	小型每天35 hm ²	每天5~10 hm ²
动力消耗	被动式动土	主动式动土
动土比例	条耕宽度15.2~25.2 cm(6~10英寸),动土率<1/3	条耕宽度多在50~60 cm,动土率<1/2
牵引动力	以中大型为主,120~360马力	小型化,150~220马力
集成性能	秸秆处理、疏松种床,同步施肥	秸秆处理、疏松种床
标准化程度	标准化程度高	标准化程度低
其他	不需要与秸秆归行机配套使用	需要与秸秆归行机配套使用

趋势明显,未来经营规模在5000亩左右的中小型农民专业合作社将成为土地经营的主力军,因此条耕机必须与农业规模化发展趋势相适应,4行或4~8行中小型条耕机更适于土地规模化经营现状;(2)加快高速低耗智能化。从国外发展经验来看,未来农机的发展要速度更快、能耗更低、智能化更强,如集成卫星导航系统、土壤信息采集、图像识别与大数据分析系统,实现农业数据化、可视化;(3)实现一机多能。目前条耕仅作为一项播前土壤耕作措施,后期仍需要播种作业,未来可根据需要实现条耕、播种、施肥甚至除草作业一次性完成。

4.2 条耕未来发展前景展望

吉林省作为我国玉米主产区和商品粮基地,在保障国家粮食安全方面有举足轻重的作用。为了保护“耕地中的大熊猫”这一宝贵资源,2020年国家《东北黑土地保护性耕作行动计划(2020-2025)》和2021年《国家黑土地保护工程实施方案(2021-2025年)》的实施,标志着黑土地保护被提上了国家战略高度,因此有利的宏观政策将成为条耕技术发展的加速器。条耕技术作为保护性耕作的一种,实践已经证明其在降低土壤侵蚀、减少碳排放实现碳中和、提高苗期土壤温度、增加土壤微生物群落多样性、提升种床质量、实现农业生产节本增效等方面均具有显著的优势。以上技术优势与国家宏观政策的支持,必将带动我省玉米条耕模式的快速成长与发展。

参考文献:

[1] 许 晖,王丽伟,徐 昕,等.近55年吉林省霜期的气候变化特征[J].东北农业科学,2020,45(2):83-86,90.
[2] 曹庆军.春玉米抗茎倒能力评价及其化学调控技术研究[D].长春:中国科学院研究生院(东北地理与农业生态研究所),2016.

[3] 许文旭,杨献坤,崔 斌,等.东北黑土区典型坡耕地土层厚度及退化程度分析[J].中国水土保持科学,2021,19(3):28-36.
[4] 曹庆军,杨粉团,孔凡丽,等.秸秆全量还田条耕种植模式对春玉米出苗质量与产量的影响[J].东北农业科学,2020,45(3):6-11.
[5] 马永财,滕 达,衣淑娟,等.秸秆覆盖还田及其腐解率对土壤温湿度与产量的影响[J].农业机械学报,2021,52(10):90-99.
[6] 阎世江,田如霞,柴文臣,等.秸秆覆盖对越冬茬茄子生长发育、品质及土壤环境的影响[J].东北农业科学,2021,46(5):76-81.
[7] 栾天浩,刘云强,高 阳,等.不同秸秆还田方式对玉米产量及土壤理化性质的影响[J].东北农业科学,2020,45(6):64-67,77.
[8] Adee E, Hansel F D, Ruiz Diaz D A, et al. Corn response as affected by planting distance from the center of strip-till fertilized rows[J]. Frontiers in Plant Science, 2016, 18(7): 1232.
[9] 解宏图,杜海旺,王 影,等.玉米秸秆集行全量覆盖还田苗带条耕保护性耕作技术模式[J].农业工程,2020,10(3):24-26.
[10] J E, Morrison J. Strip tillage for "no-till" row crop production[J]. Applied engineering in agriculture, 2002, 18(3): 277-284.
[11] 张海林,孙国峰,陈继康,等.保护性耕作对农田碳效应影响研究进展[J].中国农业科学,2009,42(12):4275-4281.
[12] 高旺盛.论保护性耕作技术的基本原理与发展趋势[J].中国农业科学,2007,40(12):2702-2708.
[13] 孙悦超,麻硕士,陈 智.保护性耕作农田和柠条带状配置草地防风蚀效果的风洞测试[J].农业工程学报,2017,33(11):140-146.
[14] 苏思慧.秸秆条带还田对土壤理化性质及春玉米产量的影响[D].沈阳:沈阳农业大学,2019.
[15] Mehra P, Baker J, Sojka R E, et al. A review of tillage practices and their potential to impact the soil carbon dynamics[J]. Advances in Agronomy, 2018, 150: 185-230.
[16] 董 智,解宏图,张立军,等.东北玉米带秸秆覆盖免耕对土壤性状的影响[J].玉米科学,2013,21(5):100-103.
[17] Luna J, Staben M. Using strip tillage in vegetable production systems in Western Oregon[J]. Oregon State University Extension Service, 2003: EM 8824. (下转第75页)

得抗病品种的抗病性极易丧失,因此选育苗用白菜新品种时应注重选育针对多个生理小种具有复合抗性的品种才能真正做到抗病丰产。

参考文献:

- [1] 唐文华.北京十字花科蔬菜根肿病的发生和鉴定[J].植物保护,1990,16(1):17-18.
- [2] 王丽丽,王鑫,吴海东,等.我国主要抗根肿病大白菜品种抗性鉴定及评价[J].中国蔬菜,2017(8):46-50.
- [3] 张淑霞,杨晓云,司朝光,等.大白菜根肿病人工接种鉴定方法比较[J].山东农业科学,2010(1):78-79.
- [4] 王芳展,刘亚培,张梅,等.十字花科作物根肿病的侵染生理与抗性遗传规律研究进展[J].中国油料作物学报,2012(2):215-224.
- [5] 孙保亚,沈向群,郭海峰,等.十字花科植物根肿病及抗病育种研究进展[J].中国蔬菜,2005(4):34-37.
- [6] 张红,张斌,闻凤英,等.大白菜根肿病的遗传规律及抗病基因定位研究[J].华北农学报,2017,32(4):60-66.
- [7] 司军,李成琼,肖崇刚,等.甘蓝根肿病抗性遗传规律的研究[J].园艺学报,2003,30(6):658-662.
- [8] 洪雅婷,沈向群,陈永浩,等.四季萝卜(*Raphanus sativus* var. *Radicula*)抗根肿病遗传规律[J].西北农业学报,2013,22(7):138-142.
- [9] Williams P H. A system for the determination of races of *Plasmodiophora brassicae* that infect cabbage and rutabaga[J]. Phytopathology, 1966, 56: 624-626.
- [10] 原玉香,赵艳艳,魏小春,等.河南省大白菜根肿病菌生理小种鉴定[J].河南农业科学,2017,46(7):71-76.
- [11] 丁云花,简元才,余阳俊,等.我国8省市十字花科蔬菜根肿病菌生理小种的鉴定[J].中国蔬菜,2013(16):85-88.
- [12] 刘峰,张丽辉,姬广海.云南和西藏十字花科蔬菜根肿病菌生理小种鉴定[J].中国蔬菜,2013(20):77-81.
- [13] Chiang M S, Chiang B Y, Grant W F. Clubroot resistance transferred to cabbage[J]. Euphytica, 1977, 26: 319-336.
- [14] 于维,栾奕,李明姝,等.大豆土传病害抗性资源筛选[J].东北农业科学,2020,45(3):12-15.
- [15] 韩亚丽,林春晶,赵丽梅,等.作物杂种优势预测研究进展[J].东北农业科学,2020,45(3):30-34.

(责任编辑:王昱)

(上接第36页)

- [18] Farmaha B S, Fernandez F G, Nafziger E D. Soybean seed composition, aboveground growth, and nutrient accumulation with phosphorus and potassium fertilization in no-till and strip-till[J]. Agronomy Journal, 2015, 104(4): 1006-1015.
- [19] 张冲,吴努,张延化,等.国内外免耕播种技术发展现状及趋势[J].江苏农业科学,2018,46(16):1-5.
- [20] 解宏图,李飒.美国保护性耕作条耕技术与机具[J].农机市场,2020(4):27-28.
- [21] 王长伟.吉林省中部地区免耕技术及配套机具应用研究[D].长春:吉林农业大学,2016.
- [22] 张海林,高旺盛,陈阜,等.保护性耕作研究现状、发展趋势及对策[J].中国农业大学学报,2005(1):16-20.
- [23] 李克,李想,李宗岭.连云港市秸秆全量还田条耕条播技术试验研究与分析[J].农业装备技术,2014,40(2):17-19.
- [24] 李宗岭,谢韵清,王琪玲.苏北地区秸秆还田后条耕条播试验研究[J].农机科技推广,2014(7):39-40.
- [25] 于沙沙,窦森,黄健,等.吉林省耕层土壤有机碳储量及影响因素[J].农业环境科学学报,2014,33(10):1973-1980.
- [26] 范作伟,彭畅,金荣德,等.东北地区主要土壤类型及其肥力指标与气象因子的相关性[J].玉米科学,2018,26(3):140-146.
- [27] 刘博洋.吉林省西部盐碱土不同利用方式对土壤化学性质的影响[D].长春:吉林农业大学,2016.
- [28] 刘剑钊,袁静超,梁尧,等.玉米秸秆全量深翻还田地力提升技术模式实证及效益分析[J].作物杂志,2021(2):135-139.
- [29] 陈源泉,隋鹏,高旺盛.不同方法对保护性耕作的生态评价结果对比[J].农业工程学报,2014,30(6):80-87.
- [30] 柴誉铎.寒地大垄玉米原茬地精量播种机械化技术对比试验研究[D].哈尔滨:东北农业大学,2019.
- [31] 郝展宏,沙野,米国华.东北地区玉米秸秆覆盖技术应用现状与对策[J].玉米科学,2021,29(3):100-110.
- [32] 米国华,伍大利,陈延玲,等.东北玉米化肥减施增效技术途径探讨[J].中国农业科学,2018,51(14):2758-2770.
- [33] 王奇.行间清秸耕整关键技术及条带耕整机研究[D].长春:吉林大学,2019.

(责任编辑:王丝语)