

# 适用于微耕机的旋耕刀研究现状及展望

林蜀云, 张佩, 徐良, 邓勇 (贵州省山地农业机械研究所, 贵州贵阳 550001)

**摘要** 概述了目前我国旋耕刀设计理论发展情况及未来旋耕刀具的发展方向, 分析了目前旋耕刀设计中存在的问题, 并针对这些问题对旋耕刀的研究生产提出展望。

**关键词** 微耕机; 旋耕刀; 现状; 问题; 展望

**中图分类号** S224 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)30-0239-02

## Research Status and Prospect on Rotary Blade for Micro Tillage Machine

LIN Shu-yun, ZHANG Pei, XU Liang et al (Guizhou Province Mountain Agricultural Machinery Research Institute, Guiyang, Guizhou 550001)

**Abstract** The development of design theory on rotary blade and the development direction were introduced, the existing problems in current design were analyzed, the prospect of rotary blade production in the future was forecasted.

**Key words** Micro tillage machine; Rotary blade; Status; Problems; Prospect

1912年, 澳大利亚的亚瑟·克利福德·霍华德利用蒸汽拖拉机带动锄头旋转, 并设计直角型的锄头, 以提高工作效率, 由此旋耕刀的雏形诞生。1920年左右, 日本从欧美引进旋耕机改装进行水田实验后, 发现直角刀不适宜于日本土壤耕作, 于是大批日本学者开始致力于旋耕刀的研究, 研制出铧形刀, 即旋耕弯刀, 成功地解决了刀轴缠草问题, 从而使旋耕机在日本得到推广使用, 进一步使旋耕刀在亚洲得到有效推广。旋耕刀作为旋耕机关键工作部件, 国内外学者对旋耕刀的受力情况、曲面参数、热处理工艺等各方面都进行了一定的研究, 以此提升旋耕刀耕作性能。

### 1 旋耕刀研究设计发展

我国是在20世纪50年代引入旋耕刀<sup>[1]</sup>, 笔者通过查阅国内外相关文献得知, 国内对于旋耕刀的设计可大致分为3个时期。第1个时期, 传统旋耕刀核心参数理论设计及分析。目前, 可检索的旋耕刀相关论文最早见于1965年《农业机械学报》, 顾乾安在文中对旋耕刀(铧形刀)<sup>[2]</sup>的工作条件和情况进行了阐述, 并对旋耕刀的刃口曲线理论计算及分析。之后, 20世纪八九十年代, 国内学者开始对旋耕刀各项参数设计理论及方法进行大量的研究, 其中, 曲国良等、彭嵩植等、丁为民等对旋耕刀的正切面、侧切面的设计参数方程进行推导<sup>[3-7]</sup>; 张性雄<sup>[8]</sup>提出曲元线扫描对旋耕刀正切面优化, 改进设计正切面在保证耕作质量的同时, 降低功耗。李绍俭等<sup>[9]</sup>对旋耕刀侧切刃口曲线进行设计讨论, 认为旋耕刀侧刃曲线应根据运动参数及植被情况, 解析出旋耕刀的刃口参数及刃口形状, 且基于阿基米德螺线改进是比较理想的方法; 陈钧等<sup>[10]</sup>对旋耕刀曲面形状参数(滑切角、起土角及偏切角)进行了研究。该时期, 我国学者对旋耕刀的各项参数进行了大量的研究, 并根据我国的土壤特性参数进行了改进, 使其对我国的土壤具有更强的适应性和适用性, 我国后期旋耕刀的设计研究均是在这一时期的研究基础上进行的。

第2个时期, 采用三维扫描数字技术设计旋耕刀, 并结合现代有限元分析软件对旋耕刀进行分析及参数优化。早在1985年, 朱金华等学者就提出旋耕刀数字化设计<sup>[11]</sup>, 但是由于计算机技术限制, 并未有更深入的研究。在20世纪90年代之后, 旋耕刀的基础理论设计基本成熟且研究基本停止。但是随着计算机飞跃式发展, 旋耕刀的设计中也逐步引入计算机相关技术。目前旋耕刀的三维建模多采用UG、Solidworks、Creo进行, 但是由于旋耕刀的刃线为多段不同函数的空间曲线, 建模难度较高, 得出了描点法和参数法2种建模方法。姜年朝等<sup>[12]</sup>提出了基于NURBS理论的三维模型, 这也是描点法和参数法的基础理论。2000年过后, 有限元软件被大量用于各类仿真和力学分析, 一大批学者研究了刀柄的静态和动态力学分析。葛云等<sup>[13]</sup>采用ANSYS对旋耕刀进行静力学仿真分析, 认为连接孔出应力集中; 王荣等<sup>[14]</sup>采用ANSYS对R300的旋耕刀进行了静力学分析, 得出其在增大耕深时, 刀柄厚度需要大幅度增加; 盖超等<sup>[15]</sup>通过Solidworks中的COMOS motion模块对旋耕刀的弯折角进行了优化, 提出125°~130°最佳。相比静力学分析, 动力学分析对于研究旋耕刀的受力及工作性能更加具有指导意义。其中, 朱超等<sup>[16]</sup>基于FEM-SPH耦合算法, 采用LS-DYNA971求解器进行土壤切削仿真, 仿真结果与实验结果逼近。虽然动态切土仿真能在一定程度上反映刀具切土性能, 但是由于算法、建模、软件参数设定、实际土壤情况等方面的问题, 误差相对较大, 对于实际刀具改进指导意义较小。

第3个时期, 仿生学研究表明, 生物经过长期的进化, 造就了其适应生存环境的优良本领, 某些动物长期生活在土壤环境中, 已进化出能适应不同土壤环境的种种活动方式, 逐步形成了优化的几何结构和优良的力学功能。贾洪雷等<sup>[17]</sup>基于仿生学理论, 根据鼯鼠脚趾结构曲面参数设计旋耕刀具, 指出其能较好地改进切土性能。由于技术难度和实际生产难度, 相关研究类文章很少, 但是其具有较高的研究价值。

### 2 旋耕刀研究设计存在的问题

**2.1 旋耕刀土壤适应性差** 现有采用的旋耕刀理论基本都是20世纪90年代提出和研究的, 这些设计通用性较强, 但

**基金项目** 中央补助地方科技基础条件专项基金项目子课题: 适应贵州山地的微耕机研制[黔科合条中补地(2015)]。

**作者简介** 林蜀云(1989-), 男, 重庆人, 助理工程师, 硕士, 从事机械电子工程研究。

**收稿日期** 2016-08-29

是对于一些土壤情况并不能很好地适用,比如贵州地区的土壤板结、重黏性的特性导致目前市面上现有旋耕刀的碎土率、耕深等参数均很难达到农艺要求,需要多次重复性操作,对于微耕机寿命、功耗、时间等具有较大的影响。早期,张性雄<sup>[8]</sup>针对砂壤土土壤提出了曲元线扫描法形成正切面;陈钧等<sup>[10]</sup>通过研究日本典型旋耕刀,提出了通过滑切角、起土角、偏切角3个角度参数优化旋耕刀曲面。目前,市面有的旋耕刀为通用旋耕刀,相对特定土壤类型优化较少。

**2.2 针对微耕机几何参数优化不够** 正如前段所述,现有旋耕刀设计理论均是诞生在微耕机推广之前,旋耕刀研究设计之初均是基于大型旋耕机,而在大面积推广使用微耕机之后,旋耕刀未经过改动或较小改动便应用于微耕机上,在刀具参数上缺乏优化。实际上旋耕机与微耕机在动力匹配、操作方式以及适用地形方面都存在较大差异,而微耕机本身多应用于西南丘陵山地,而贵州地区土壤以黄壤、黄棕壤为主,其板结、高黏性问题尤为严重,所以,应用于微耕机的旋耕刀在针对特定土壤时几何参数优化不足。

**2.3 仿真分析误差大** 从前段分析可看出,随着数字化的三维建模以及有限元分析的使用,大量学者对旋耕刀的建模、静力学负载分析、动力学分析、刀具曲面等相关几何参数优化做了较多研究,但是存在较多问题。第一,建模精度不高。以旋耕刀弯刀为例,其刀线为正切刃、过渡刃、侧切刃的三段刃线的组合空间曲线,国标中给出的参数难以直接作为建模参数。笔者发现很多研究中的模型与国标规定参数误差很大,建立出来的模型可用性和精度都有较多问题。第二,静力学分析参数设定不合理。第三,土壤参数仿真误差大。

对旋耕刀进行模拟切土仿真分析,由于土壤情况复杂多变,而有限元提供的材料模型为单质均匀材料模型,所以并不能很好地模拟土壤情况,其分析结果对于旋耕刀的设计改进只能作为参考依据。

### 3 旋耕刀研究生产展望

**3.1 刀面理论加强,更符合切土性能** 虽然早期学者对旋耕刀的刀面做出了深入的研究,对旋耕刀刀面的几何参数做了优化,20世纪90年代过后,也有很多学者结合先进有限元分析算法及软件,对刀面部分参数及动力学载荷进行了分析,但是随着旋耕刀被应用到微耕机上,旋耕刀的优化结果及特定的土壤参数,很多时候并不适用。也有厂家根据比如不同动力源(柴油机和汽油机)对旋耕刀的尺寸等做了一些优化但是对于某些特定土壤使用效果并不好,未来应针对微耕机的动力匹配和部分适用典型土壤以及用户需求进行优化旋耕刀的参数。

**3.2 优化生产工艺** 根据国标《GB/T 5669—2008 旋耕机械刀和刀座》,我国的旋耕刀采用的是<sup>65</sup>Mn作为刀具材料,相比国外同等用途材料要好。但是,苏彬彬等<sup>[18]</sup>的研究发现,我国刀具的使用寿命远低于国外同类产品寿命的50%,部分产品甚至低于4%。国产旋耕刀的使用寿命约为80h,远低于国外旋耕刀的使用寿命。其主要差别在于刀具生产工艺。

目前,国产旋耕刀生产的一般步骤为:扁钢落料、磨刀口、锻压热成型、钻孔、淬火及回火、表面处理。笔者在研究国内市场产品发现,很多厂家的刀具并不符合国标生产技术要求,其寿命各生产厂家也区别很大。很多学者研究了旋耕刀的表面强化工艺<sup>[19]</sup>,但是可行性很低,应用于实际生产的极少。未来,旋耕刀的生产将在成本低、效率高、实用性强等方面优化其生产工艺,提升旋耕刀使用寿命。

**3.3 研究仿生学刀具** 如前文所述,自然界中某些动物长期生活在土壤环境中,已进化出能适应不同土壤环境的活动方式,逐步形成了优化的几何结构和优良的力学功能。相比目前设计使用的旋耕刀刀具,基于仿生学理论设计出的刀具某些方面的性能更加优良。这就需要提取出动物身上特有的切土力学性能特点,需要长期深入的研究。

### 4 结语

旋耕刀具作为常用耕作农具上的低质易耗品,国内外学者对其参数做了很多的研究,也形成了较为成熟的设计理论,随着计算机技术的发展,有限元分析等先进的手段被大量地应用在旋耕刀分析中。但是,应用在微耕机上的旋耕刀与大型旋耕机械上使用的刀具在动力匹配、工作环境尤其土壤情况有很大差异,还需根据土壤情况和微耕机的工作要求改进旋耕刀。

### 参考文献

- [1] 李改珍,刘仁鑫.旋耕刀研究现状与展望[J].现代农业科技,2015(6):182-183.
- [2] 顾乾安,王权,孙永祥,等.旋耕机铲形刀片的设计[J].农业机械学报,1965,12(8):476-483.
- [3] 曲国良,丁为民,彭嵩植.旋耕弯刀侧切刃曲线分析及新型曲线的推导[J].农业机械学报,1991(2):22-27.
- [4] 彭嵩植,吴德光.旋耕机工作部件设计方法的研究(一)[J].江苏大学学报(自然科学版),1982(3):5-27.
- [5] 曲国良,彭嵩植.旋耕弯刀切土能耗理论分析及降低能耗的途径[J].南京农业大学学报,1991,14(1):94-99.
- [6] 丁为民,彭嵩植.旋耕刀滑切角及滑切角方程的研究[J].农业工程学报,1995,11(4):67-72.
- [7] 丁为民,王耀华,彭嵩植.反转旋耕刀滑切角分析与计算[J].农业机械学报,2001,32(6):26-29.
- [8] 张性雄.曲元线扫描法形成旋耕刀片的正切面曲面[J].北京农业机械化学院学报,1982(2):85-90.
- [9] 李绍俭,杨亚生,谢仕君.旋耕刀侧切刃刀口曲线的设计[J].四川工业学院学报,1984(2):17-22.
- [10] 陈钧,近江谷和彦.旋耕刀曲面典型形状的研究[J].农业机械学报,1995(4):50-55.
- [11] 朱金华,励振纲,邹举.旋耕机刀片设计的CAD系统[J].农业机械学报,1985,9(3):51-61.
- [12] 姜年朝,陈翠英.基于NURBS理论的旋耕刀曲面造型[J].农业机械学报,2002,33(5):126-128.
- [13] 葛云,吴飞雪,王磊,等.基于ANSYS微型旋耕机旋耕弯刀的应力仿真[J].石河子大学学报(自然科学版),2007,25(5):627-629.
- [14] 王荣,王宏宇,金镜,等.基于ANSYS的大耕深旋耕刀结构优化设计[J].农机化学报,2015(5):136-139.
- [15] 盖超,董玉平.基于COSMOS的还田机械旋耕刀弯折角优化[J].农机化研究,2011,33(3):30-33.
- [16] 朱超,朱留宪,黄成.基于FEM-SPH耦合算法的土壤切削仿真研究[J].农机化研究,2015(9):54-58.
- [17] 贾洪雷,汲文峰,韩伟峰,等.旋耕碎茬通用刀片结构参数优化试验[J].农业机械学报,2009,40(9):45-50.
- [18] 苏彬彬,徐杨,简建明.农业机械耐磨件发展及研究现状[J].热处理技术与装备,2013,34(5):53-58.
- [19] 李合非,许斌,刘念聪.中锰球墨铸铁旋耕刀的热处理工艺[J].现代铸铁,2001(2):38-40.