

## 柔性杆齿滚筒脱粒机理

谢方平<sup>1</sup>, 罗锡文<sup>2\*</sup>, 卢向阳<sup>3</sup>, 孙松林<sup>1</sup>, 任述光<sup>1</sup>, 汤楚宙<sup>1</sup>

(1. 湖南农业大学工学院, 长沙 410128; 2. 华南农业大学工程学院, 广州 510642;

3. 湖南农业大学生物科技学院, 长沙 410128)

**摘 要:** 传统的水稻脱粒是采用刚性脱粒齿, 由于打击力大, 造成水稻籽粒破碎或内部破损, 从而影响水稻种子的发芽率或大米加工的成米率。为进一步探索降低水稻脱粒破碎或破损率的方法, 设计了一种脱粒原理类似刚性杆齿脱粒的柔性杆齿脱粒滚筒, 对其脱粒力进行了研究。分析表明在滚筒转速一定的情况下, 采用柔性杆齿脱粒增加了与稻穗的接触时间, 减少了冲击力, 柔性杆齿打击力小于刚性杆齿。脱粒对比试验结果表明, 直径小于刚性杆齿的柔性杆齿脱粒滚筒能适应水稻脱粒要求, 脱粒指标中破碎率显著低于刚性杆齿滚筒, 未脱净率、含杂率、脱粒率和断穗率均与刚性杆齿脱粒滚筒相近。

**关键词:** 农业机械, 杆齿滚筒, 柔性脱粒, 水稻

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2009.08.020

中图分类号: S226.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2009)-8-0110-05

谢方平, 罗锡文, 卢向阳, 等. 柔性杆齿滚筒脱粒机理[J]. 农业工程学报, 2009, 25(8): 110—114.

Xie Fangping, Luo Xiwen, Lu Xiangyang, et al. Threshing principle of flexible pole-teeth roller for paddy rice[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(8): 110—114. (in Chinese with English abstract)

### 0 引 言

水稻是中国的主要粮食作物之一, 水稻的产量占全国粮食总产量的35%以上<sup>[1]</sup>。机械化收获是确保水稻丰产丰收的重要保障, 尤其对南方地区水稻生产抢住农时、解决因恶劣天气造成抢收不及时, 稻谷霉变或腐烂等问题起了重要作用。

脱粒是水稻收获至关重要的环节, 脱粒系统的核心是脱粒滚筒。脱粒滚筒的类型有很多, 脱粒元件对作物施加的作用力也不相同<sup>[2]</sup>, 归纳起来传统脱粒滚筒有钉齿式、纹杆式和弓齿式等, 主要靠冲击、梳刷、碾搓等原理实现谷物脱粒。由于传统的各种脱粒滚筒都是刚性作用, 脱下来的水稻谷粒存在脱壳、破碎和内部裂纹等损伤<sup>[2-4]</sup>, 影响了种子发芽率、稻谷加工的成米率, 从而削弱稻谷的市场价值<sup>[5-9]</sup>。

国内李耀明等<sup>[10-12]</sup>通过试验, 研究了水稻谷粒的成熟度和后熟作用及其在外载荷作用下损伤程度的影响, 以及不同水稻品种在外载荷作用下的损伤程度, 提出了水稻籽粒破损检测的基本方法, 并从能量平衡角度证明了刚性脱粒打击对谷粒破损的影响, 这为相关机械的设计提供了基本依据, 为避免机械脱粒造成水稻籽粒损伤的

研究提出了新思路。师清翔<sup>[2-3]</sup>等人采用装有柔性梳刷齿的6个滚筒代替钢制脱粒元件, 脱粒装置入口设有控速装置以调节水稻喂入速度, 增加脱粒齿对水稻的作用次数, 延长脱粒时间, 降低对水稻的打击强度, 初步证明了该柔性脱粒系统的可行性和脱粒水稻的适应性, 但整体结构还有待改进; 国外虽然对谷物脱粒破损原因进行了分析、研究<sup>[11]</sup>, 但尚无水稻柔性脱粒系统的研究报道。

归纳现有文献与研究报道, 水稻脱粒实质是将谷粒从稻穗上分离下来, 理论上讲只要脱粒力不比谷穗分离力小, 脱粒就能实现, 如果脱粒滚筒产生的脱粒力刚好使谷穗分离, 那么脱粒中水稻可吸收的能量不多<sup>[8]</sup>, 不致于对水稻籽粒产生损伤, 基于此, 研究设计了柔性杆齿脱粒滚筒<sup>[9]</sup>, 它是在继承传统刚性杆齿脱粒梳刷清理效果好优点的基础上, 将有弹性的柔性杆齿代替刚性杆齿, 工作时柔性杆齿借助滚筒旋转自然伸展开, 脱粒滚筒一方面将部分能量转化成打击动能, 冲击并梳刷水稻, 达到脱粒效果; 另外一方面部分能量转化为柔性脱粒杆齿的弯曲变形, 降低传递给水稻籽粒的打击强度, 同时由于柔性杆齿的接触变形, 使得脱粒时间延长, 对籽粒的破损减小<sup>[13]</sup>。基于脱粒过程能量平衡原理, 本文分析了水稻在脱粒滚筒内受柔性杆齿打击的特点, 研究了柔性杆齿的脱粒力, 并通过试验证明了柔性杆齿滚筒对水稻脱粒的较好适应性<sup>[9,14]</sup>。

### 1 试 验

#### 1.1 材料

试验材料为脱粒当天收割的晚稻桂小粘, 脱粒时测得株高85.2 cm, 籽粒千粒质量23.45 g, 草谷比1.27, 籽粒含水率24.50%, 茎秆含水率68.46%, 小穗含水率

收稿日期: 2008-11-09 修订时间: 2009-04-01

基金项目: 湖南省科技计划项目(2006FJ4267、2009NK3100); 湖南农业大学人才基金项目(2005WD19)

作者简介: 谢方平(1970—), 男, 湖南沅江人, 副教授, 博士, 中国农业工程学会会员(E041200208S), 主要从事水稻机械化生产装备研究。湖南长沙市芙蓉区农大路1号 湖南农业大学工学院, 410128。

Email: xiefp@hunau.net

\*通讯作者: 罗锡文(1945—), 男, 湖南株洲人, 教授, 博士生导师, 中国农业工程学会会员(E0412001185)。广东广州市天河区五山路 华南农业大学工程学院, 510642。Email: xwluo@scau.edu.cn

43.22%, 稻草含水率 40.32%。

## 1.2 测试仪器与方法

单粒水分测试仪 (型号: CTR-800ET, 日本 Shizuoka seiki 公司产)、PME 型光电自动数粒仪 (上海珊科仪器厂)、电子精密天平 (型号: PB602-N, 精度 0.001 g, Mettler-Toledo instruments (shanghai) Co., Ltd 产)、自制半喂入平喂上脱试验台 (图 1), 脱粒齿均安装在此试验台上直径 300 mm, 长度 600 mm 的同一型号滚筒上。刚性杆齿、分离凹板分别是当前水稻联合收割机常用的直径为 10 mm 的直指状钢齿、栅格式凹板。

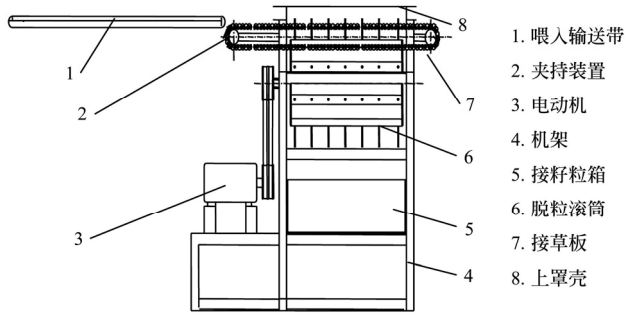


图 1 试验装置结构简图

Fig.1 Schematic description of structure of the tester

试验在华南农业大学收获机械实验室进行。测试指标为破碎率、含杂率、断穗率、未脱净率、脱粒率。破碎率按 GB5262—1985, 在自制 1 kW 灯箱上用放大镜观测。含杂率、断穗率、未脱净率按照 GB5982—1986 测定。取样按照 GB/T 8097—1996 执行。各指标计算方法如下: 破碎率是指脱下的净粮中破碎和内部破损的粮粒质量占净粮总质量的百分比; 含杂率是指脱下物中稻草、茎秆、穗柄等杂余物质量占脱下物总质量的百分比; 断穗率是指脱下物中带柄穗头的质量占脱下物总质量的百分比; 未脱净率是指稻草穗头上未脱净粮粒质量占净粮与未脱净粮粒质量之和的百分比; 脱粒率是指被脱下的物料质量与喂入的物料总量的百分比。

## 1.3 柔性杆齿滚筒的结构

设计的柔性杆齿脱粒滚筒是在去掉刚性杆齿的基础上, 增加了柔性杆齿的安装部件, 见图 2, 它由柔性脱粒齿、支撑板、压板、轴、幅板、端盖板以及连接件等组成。轴、若干槽形幅板与两端支撑板焊接而成滚筒体。柔性杆齿通过幅板和支撑板, 用扁钢制成的压板和螺栓

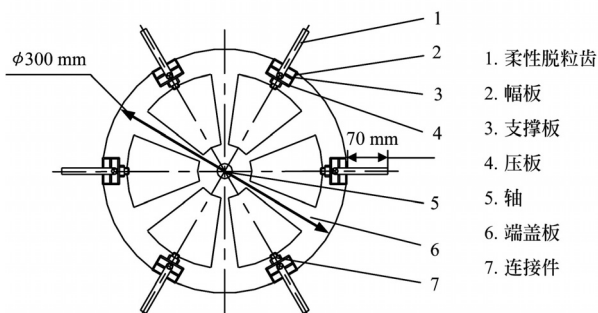


图 2 柔性脱粒滚筒结构图

Fig.2 Structure of the flexible threshing cylinder

固定夹紧在槽形幅板上。柔性杆齿在滚筒轴向呈螺旋规律排列。两端支撑板为轮毂式<sup>[9]</sup>。其中柔性杆齿为聚氨酯塑料圆柱条, 密度  $\rho=1.40 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ , 脱粒时齿长为 70 mm, 弹性模量为 174~240 MPa。

## 2 柔性杆齿脱粒力分析

为便于分析, 假设: 1) 在脱粒过程中, 谷物连续均匀喂入, 且不考虑连续喂入的谷物谷草比的差异和脱粒过程中水分的变化<sup>[9]</sup>。2) 脱粒空间内谷物为均匀散粒体, 并忽略谷物层间的相对移动<sup>[10]</sup>。3) 假设籽粒为一定质量的刚性球体<sup>[9-10]</sup>。4) 忽略脱粒过程中打击碰撞的能量损失<sup>[9-10]</sup>。

### 2.1 脱粒齿打击动力学基础

根据文献[13]研究表明, 假定在脱粒过程中, 柔性杆齿看成是其质量集中在受打击点的弹性悬臂梁, 并假设脱粒过程是质量为  $m$  的谷物撞击相当质量  $m_1$  的脱粒齿, 柔性杆齿等效看作悬臂梁受到谷粒的作用反力而发生变形, 以柔性杆齿在滚筒上的固定点  $O$  为原点, 打击作用点为  $B$ , 建立如图 3 所示坐标系。图中  $l$  为齿长,  $\delta$  为  $B$  点的挠度。打击力作用反力数值上等于打击力, 这里以  $F_t$  表示。

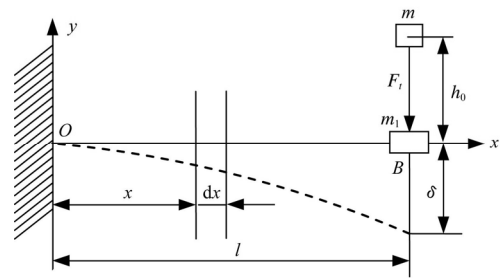


图 3 柔性脱粒简化图

Fig.3 Simplified sketch graph of the flexible threshing

由于脱粒过程能量守恒<sup>[10,13]</sup>, 求得冲击动荷系数  $K_d$  为

$$K_d = 1 + \sqrt{1 + \frac{2h_0}{(1 + m_1/m)\delta}} = 1 + \sqrt{1 + \frac{v_0^2}{g(1 + m_1/m)\delta}} \quad (1)$$

式中:  $v_0$ ——齿端  $B$  的撞击速度 (忽略谷物喂入速度在脱粒打击平面内的影响);  $\delta$ ——在质量  $G=mg$  的静载作用下, 无质量悬臂梁  $B$  端的静变形;  $h_0$ ——对应于获得动能  $1/2 mv_0^2$  时重物下落的高度。

依照《材料力学》中动载计算公式, 故脱粒冲击过程中谷物受到的最大打击力为

$$F_{t\max} = K_d G = (1 + \sqrt{1 + \frac{v_0^2}{g(1 + m_1/m)\delta}}) \cdot G \quad (2)$$

依据参考文献[13]的结论有脱粒打击的相当质量  $m_1$  与脱粒齿总质量  $m_T$  的比值为 33/140, 这样只要脱粒齿确定,  $m_1$  就可以用脱粒齿质量  $m_T$  的 33/140 代替, 则有

$$F_{t\max} = (1 + \sqrt{1 + \frac{v_0^2}{g(1 + \frac{33m_T}{140m})\delta}}) \cdot G \quad (3)$$

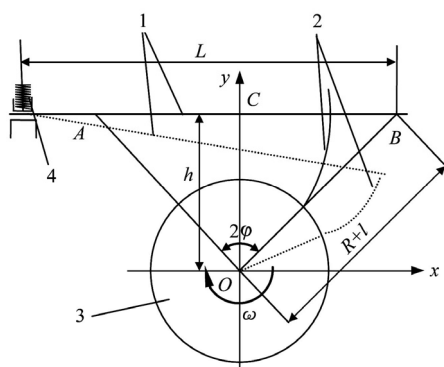
由此从式(3)可以看出,对于一定形状、尺寸的脱粒齿来说,其最大打击力与滚筒速度  $v_0$ 、谷物质量  $m$ 、脱粒齿质量  $m_T$  和柔性脱粒杆齿变形  $\delta$  有关。

而根据材料力学原理分析可知:单位力作用下的静挠度  $\delta$  即为脱粒齿的柔度系数,因此在脱粒齿质量和水稻喂入量一定时,最大打击力与滚筒的速度成正相关,速度越大,打击力越大,这与文献[10,12]的结论一致;另外也可得出最大打击力与脱粒齿的挠度成负相关,挠度  $\delta$  越小,打击力越大,挠度  $\delta$  趋于 0,脱粒齿表现为刚性,打击力远比柔性杆齿大,说明了刚性杆齿脱粒打击力大于柔性杆齿,进一步证明脱粒齿为柔性杆齿时对谷物的冲击强度低。

## 2.2 性杆齿与刚性杆齿脱粒打击比较分析

由于脱粒质量与分离效果好,常见的半喂入脱粒系统均为上平脱,本研究设计的脱粒系统也采用半喂入上平脱方式。脱粒时,水稻水平进入脱粒区,由于水稻本身的自重有压在滚筒上的趋势,但滚筒不断旋转冲击,将水稻梳刷“悬浮”起来,因此可将此时水稻看成直线,为便于分析脱粒过程,假定水稻随滚筒开始旋转就被梳刷成直线时刚好开始脱粒,图 4 中以实线表示水稻与刚性杆齿脱粒时的接触情况。以滚筒旋转中心  $O$  为坐标原点,以夹持水稻接触点到穗头方向为  $x$  轴,以铅垂轴为  $y$  轴,建立直角坐标  $xoy$ 。图 4 中 A、B 点表示滚筒旋转时,刚性脱粒齿从开始接触水稻到离开水稻穗头的全过程,即  $\overline{AB}$  表示刚性脱粒齿的脱粒打击历程, A 点与 B 点相对  $y$  轴来说是对称点。 $h = |OC| < R + l$ , 表示夹持的水稻相对滚筒中心的安装高度,对于确定的脱粒滚筒和水稻,  $h$  是确定的。 $2\varphi$  表示刚性脱粒齿脱粒接触水稻始末位置的夹角,  $l$  表示脱粒齿的长度,  $R$  是脱粒滚筒的半径,  $\omega$  表示滚筒的旋转角速度,因此根据几何关系可以求得

$$\cos \varphi = \frac{h}{R+l} \quad 2\varphi = 2 \cdot \arccos\left(\frac{h}{R+l}\right)$$



1.水稻 2.柔性脱粒齿 3.滚筒 4.夹持装置

图 4 脱粒打击过程

Fig.4 Beating course of threshing

从图 4 可以看出,刚性杆齿打击脱粒的过程主要在  $AB$  段完成,但柔性杆齿由于变形,尽管与水稻接触后,

有梳刷、理顺水稻的作用,在 A 点接触到水稻后,开始冲击水稻层,但本身又受到水稻的反作用力,导致柔性杆齿变形,实际上水稻穗头在脱粒中始终压在柔性杆齿上,当滚筒转过角度  $2\varphi$  后,柔性杆齿还是压弯状态,其齿端与水稻穗头接触在一起,如图 4 中虚线表示,那就是柔性杆齿在刚性杆齿转过  $2\varphi$  角度基础上,还会多转过相当于 B 点挠度大小的角度,即处在图中虚线位置所示,这样柔性杆齿才完成了一次脱粒。

从接触水稻到脱离水稻,若刚性杆齿转过角度  $2\varphi$ ,从 A 点到 B 点的时间为  $t$ ,则柔性杆齿完成脱粒的时间为  $t'$ ,由于柔性杆齿变形大于刚性杆齿,从接触到脱离稻穗所转过的角度也较大,从而延长了与谷物接触的时间,减少了对籽粒冲击损伤<sup>[9]</sup>。

## 3 柔性杆齿脱粒水稻的适应性分析

为分析柔性脱粒滚筒脱粒水稻适应性,与刚性杆齿滚筒的脱粒效果进行了比较试验。用破碎率、含杂率、断穗率、未脱净率、脱粒率等指标评价,在脱粒滚筒转速 690 r/min,喂入量 1.2 kg/s,喂入速度 0.35 m/s,齿长均为 70 mm 时,机器正常运转 30 min 后连续分 3 次,取每持续脱粒 10 min 所得到的样本分析,取其平均值,结果见表 1。从表 1 可以看出,刚性杆齿和直径 8 mm( $\Phi 8$ )的柔性杆齿断穗率相差不大,直径 6 mm( $\Phi 6$ )的柔性杆齿的断穗率稍大,最小的是直径 4 mm( $\Phi 4$ )的柔性杆齿。而未脱净率最低的是刚性杆齿,其次是  $\Phi 8$  的柔性杆齿和  $\Phi 6$  的柔性杆齿,未脱净率最大的是  $\Phi 4$  的柔性杆齿,约为  $\Phi 8$  柔性杆齿的 4 倍,  $\Phi 6$  柔性杆齿的 2 倍,刚性杆齿的 7 倍。含杂率最高的是  $\Phi 8$  的柔性杆齿,其次是刚性杆齿,  $\Phi 4$  和  $\Phi 6$  的柔性杆齿的含杂率不到前面三者的一半,最小的是  $\Phi 4$  的柔性杆齿。破碎率最高的是刚性杆齿,不同直径的柔性杆齿破碎率都较低。刚性杆齿的脱粒率、脱净率都比较高,但刚性杆齿的破碎率高,是柔性脱粒齿的 2 倍以上。 $\Phi 8$  的柔性杆齿和刚性杆齿的脱粒率、含杂率和未脱净率基本接近,断穗率和破碎率比刚性杆齿低,  $\Phi 6$  的柔性杆齿未脱净率稍高于  $\Phi 8$  的柔性杆齿,不过  $\Phi 8$  的柔性杆齿含杂率高,从表 1 结果可以看出刚性杆齿的断穗率、未脱净率、含杂率和破损率等指标要比柔性杆齿的大,也说明由于刚性杆齿的冲击作用大,梳刷、脱粒作用强,因此试验结果所反映的刚性杆齿各指标均合乎实际情况,但  $\Phi 8$  的柔性杆齿中各指标所反应的未脱净率、脱粒率、断穗率与含杂率和刚性杆齿差异不大,而其破碎率却低于刚性杆齿,因此  $\Phi 8$  的柔性脱粒齿是能实现水稻脱粒,并能降低水稻籽粒破碎或破损,对于  $\Phi 6$  的柔性杆齿脱粒各指标中,断穗率和含杂率低,有利于脱粒后混合物的分离,并能降低脱粒夹带等损失,由于其破损率比直径为 8 mm 的柔性脱粒齿低了近 10%,脱粒率与刚性杆齿相比,差异不大,因此对于直径为 6、8 mm 的柔性杆齿脱粒特性值得进一步研究。

表 1 不同脱粒齿脱粒效果比较

Table 1 Comparison of threshing effect between different  
thresher's teeth %

齿 形	断穗率	未脱净率	含杂率	破损率	脱粒率
刚性杆齿	1.61	1.01	13.12	2.50	40.43
Φ4 柔性杆齿	0.37	7.74	3.51	0.84	35.50
Φ6 柔性杆齿	0.42	3.98	5.04	0.94	37.20
Φ8 柔性杆齿	1.45	1.53	14.62	1.04	40.67

4 结论与讨论

1) 柔性杆齿脱粒动力学分析表明：对于确定形状和齿长的柔性杆齿，脱粒过程中最大打击力与滚筒转速、脱粒齿质量和谷物质量相关，柔性杆齿的变形大小对打击力有影响。

2) 根据脱粒过程分析，柔性脱粒齿在打击过程中必然会受力变形，在滚筒转速一定的情况下，采用柔性脱粒齿增加了与稻穗的接触时间，减少了冲击力，可降低籽粒破损。

3) 试验结果表明，在齿长与刚性杆齿相等情况下，直径比刚性杆齿小的柔性杆齿可实现水稻脱粒。其中直径为 8 mm 的柔性杆齿破损率显著低于刚性杆齿，未脱净率、断穗率、含杂率和脱粒率与刚性杆齿相近。直径为 4、6 mm 的柔性杆齿脱粒率与直径为 8 mm 的柔性杆齿差别不大，但破碎率比刚性杆齿低得多，值得进一步研究。

【参 考 文 献】

[1] 辛良杰, 李秀彬. 近年来我国南方双季稻区复种的变化及其政策启示[J]. 自然资源学报, 2009, 24(1): 58—65.  
Xin Liangjie, Li Xiubin. Changes of multiple cropping in double cropping rice area of Southern China and its policy implications[J]. Journal of Natural Resources, 2009, 24(1): 58—65. (in Chinese with English abstract)

[2] 师清翔, 刘师多, 姬江涛, 等. 控速喂入柔性脱粒机理研究[J]. 农业工程学报, 1996, 12(2): 173—176.  
Shi Qingxiang, Liu Shiduo, Ji Jiangtao, et al. Studies on the mechanism of speed-controlled feed and soft threshing[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 1996, 12(2): 173—176. (in Chinese with English abstract)

[3] 师清翔, 刘师多, 姬江涛, 等. 水稻的控速喂入柔性脱粒试验研究[J]. 农业机械学报, 1996, 27(1): 41—45.  
Shi Qingxiang, Liu Shiduo, Ji Jiangtao, et al. Research on speed-control feed and soft threshing for rice[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery, 1996, 27(1): 41—45. (in Chinese with English abstract)

[4] 王显仁, 李耀明, 徐立章. 水稻脱粒破碎率与脱粒元件速度关系研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(8): 16—19.  
Wang Xianren, Li Yaoming, Xu Lizhang. Relationship between thresher velocities and rice grain broken rate[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2007, 23(8): 16—19. (in Chinese with English abstract)

[5] Price J S. Evaluation of an approach to early separation of

grain threshed by a stripping rotor[J]. Journal of Agricultural Engineering Research, 1993, 56(1): 65—79.

[6] Andrews S B, Siebenmorgen T J, Vories E D, et al. Effects of combine operating parameters on harvest loss and quality in rice[J]. Transaction of the ASAE, 1993, 36(6): 1599—1607.

[7] Md Abdual Kaddus Miah, Roy B C, Md Abdual Hafiz, et al. A comparative study on the effect of rice threshing methods on grain quality[J]. Agricultural Mechanization in Asia Africa and Latin America, 1994, 25(3): 63—66.

[8] 徐立章, 李耀明, 王显仁. 稻谷脱粒损伤的量化与检测方法[J]. 农业机械学报, 2007, 38(11): 185—188.

[9] 谢方平. 水稻柔性半喂入脱粒机理研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2004.  
Xie Fangping. Study on Head Feeding Rice Thresher With Flexible Stripping Teeth[D]. Guangzhou Guangdong: South China Agricultural university, 2004. (in Chinese with English abstract)

[10] 李耀明, 王显仁, 徐立章. 基于能量平衡的水稻谷粒脱粒损伤[J]. 机械工程学报, 2007, 43(3): 160—164.  
Li Yaoming, Wang Xianren, Xu Lizhang. Threshing injury to rice grain based on the energy conservation[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2007, 43(3): 160—164. (in Chinese with English abstract)

[11] 徐立章, 李耀明, 王显仁. 谷物脱粒损伤的研究进展分析[J]. 农业工程学报, 2009, 25(1): 303—307.  
Xu Lizhang, Li Yaoming, Wang Xianren. Research development of grain damage during threshing[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2009, 25(1): 303—307. (in Chinese with English abstract)

[12] 徐立章, 李耀明, 丁林峰. 水稻谷粒与脱粒元件碰撞过程的接触力学分析[J]. 农业工程学报, 2008, 24(6): 146—149.  
Xu Lizhang, Li Yaoming, Ding Linfeng. Contacting mechanics analysis during impact process between rice and threshing component[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2008, 24(6): 146—149. (in Chinese with English abstract)

[13] 谢方平, 罗锡文, 卢向阳, 等. 基于能量守恒的柔性脱粒动力学分析[J]. 湖南农业大学学报, 2009, 35(2): 181-184.  
Xie Fangping, Luo Xiwen, Lu Xiangyang, et al. Kinetic 84 Xiangyang, et al. Analysis of flexible threshing under law of conservation of energy[J]. Journal of Hunan Agricultural University, 2009, 35(2): 181—184. (in Chinese with English abstract)

[14] 谢方平, 罗锡文, 苏爱华, 等. 刚性弓齿与杆齿及柔性齿的脱粒对比试验[J]. 湖南农业大学学报, 2005, 31 (6): 648—651.  
Xie Fangping, Luo Xiwen, Su Aihua, et al. Contrastive experiment on threshing by using rigid wire-loop, rigid pole tooth and flexible pole tooth[J]. Journal of Hunan Agricultural University, 2005, 31(6): 648—651. (in Chinese with English abstract)

## Threshing principle of flexible pole-teeth roller for paddy rice

Xie Fangping<sup>1</sup>, Luo Xiwen<sup>2\*</sup>, Lu Xiangyang<sup>3</sup>, Sun Songlin<sup>3</sup>, Ren Shuguang<sup>1</sup>, Tang Chuzhou<sup>1</sup>

(1. College of Engineering, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China;

2. College of Engineering, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

3. College of Bioscience and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

**Abstract:** Because of the much bigger beaten force, the paddy seeds were often broken or even interiorly damaged, and its germination rate or integral rice rate was reduced by the method of traditional rigidity thresher. In order to reduce the damages of the paddy seeds, a flexible threshing roller in parallelism of principle with rigidity pole-teeth roller was designed. Based on the study and analysis of the beating threshing processing and its principle of reducing beating forces, according to the threshing dynamics analysis, it could increase the contacting time and reduce impacting force when the flexible threshing teeth was used at a stable-roller speed; the beating force of the flexible teeth was less than that of the rigidity pole-teeth. Contrastive studies on threshing by using rigidity pole-teeth and flexible pole-teeth were made. The conclusion indicated that it could be used for threshing paddy rice when its diameter was less than that of the rigidity pole-teeth, and the indexes of threshing such as the unthreshed rate, purity, threshed rate and fringle-broken rate were similar with those of the rigidity pole teeth, and broken rate of grain threshing was prominent less than that of the rigidity pole-teeth.

**Key words:** agricultural machinery, pole-teeth cylinders, flexible threshing, paddy rice