

晋冀鲁豫鄂蒙云贵川沪甘湘渝十三省(市区)机械工程学会2008年学术年会

# 机电工程类 技术应用

**JIDIAN GONGCHENGLI  
JISHU YINGYONG**

主 编 颜怀祥 黄卫东

内蒙古科学技术出版社

晋冀鲁豫鄂蒙云贵川沪甘湘渝十三省(市区)机械工程学会2008年学术年会

# 机电工程类 技术应用

主 编	颜怀祥	黄卫东
副主编	黄守平	李 泉
	张建志	南北红
	田世昌	孙忠良

JIDIAN GONGCHENGLEI  
JISHU YINGYONG

内蒙古科学技术出版社



图书在版编目(CIP)数据

机电工程类技术应用 / 颜怀祥, 黄卫东主编. — 赤峰:  
内蒙古科学技术出版社, 2008. 8

ISBN 978 - 7 - 5380 - 1749 - 6

I. 机… II. ①颜…②黄… III. 机电工程—文集

IV. TH - 53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 134375 号

出版发行: 内蒙古科学技术出版社

地 址: 赤峰市红山区哈达街南一段 4 号

电 话: (0476) 8224848 8231924

邮 编: 024000

出 版 人: 额敦桑布

责任编辑: 那 明

封面设计: 张 勇

印 刷: 赤峰金源彩色印刷有限责任公司

经 销: 全国各地新华书店

字 数: 470 千

开 本: 850 × 1168 1/16

印 张: 15.25

版 次: 2008 年 8 月第 1 版

印 次: 2008 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 58.00 元

# 前言

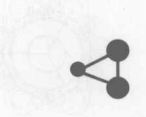
本书是应“晋冀鲁豫鄂蒙云贵川沪甘湘渝十三省（市区）机械工程学会2008年学术年会”的召开而编印的机电工程类技术应用论文集。编印本书的指导思想是鼓励正在产品与技术创新一线的工程技术人员和领导积极参与学术交流，支持大家就机械、电气工程技术领域内出现的新概念、新技术和新问题进行充分的沟通和研讨，并通过对已有的成果进行总结，捕捉新的技术与经济增长点。期望通过该论文集进一步推动企业的技术创新活动，推动更广泛层面上的产、学、研结合。

本书收录了有关机电工程技术与应用的论文50余篇。涉及机械设计与制造、无损检测、电气自动化、信息化和企业管理等多个方面的内容，主要反映了来自企业一线的工程技术人员的最新研究成果及对技术创新方面的新探索。论文涵盖面较广泛，充分体现了该领域的技术先进性、实用性与广泛性等特征。

本书可供机械、电子、电气等领域相关的工程技术人员与科研、管理和决策人员阅读参考，也可为机械工程和电子电气工程相关学科的教师和学生拓宽思路、进行知识与产品创新提供借鉴。由于时间短和编者水平所限，不可避免地会存在一些不足与错误，敬请读者批评指正。

河南省机械工程学会

2008年7月

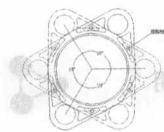


# 晋冀鲁豫鄂蒙云贵川沪甘湘渝十三省(市区)机械工程学会 2008年学术年会

## 机电工程类技术应用

### 目 录

环面蜗杆副的齿面磨损分析及预防 .....	1
高速秸秆资源化收获机的研究与应用 .....	5
环板式减速机结构设计及加工中问题的探讨 .....	10
内燃机冷却水泵可靠性柔性曲线试验台 .....	14
三坐标测量技术在产品逆向设计中的应用 .....	19
G1731A剑杆织机在工业帆布织造中的应用 .....	24
不同类型超声探伤仪在热轧紫铜板中的应用比较 .....	27
残余应力对轴承使用寿命的影响 .....	30
不锈钢管道安装中常见焊接缺陷的控制 .....	33
超声相控阵——超声检测技术的一场革命 .....	35
磁弹性法检测技术的应用研究——特种钢制轴承套圈磨削烧伤检测技术 .....	37
磁粉探伤在电厂设备中的应用 .....	42
从渗透探伤机理谈对渗透探伤试块的几点见解 .....	45
大型筒型锻件的超声波检测 .....	48
东风型内燃机车构架裂纹产生的原因分析及裂纹检测 .....	51
高速柴油机曲轴中白点的超声波定性分析 .....	54
高速柴油机凸轮轴和曲轴发纹问题的探讨 .....	57
管座焊缝超声波检测中的非缺陷回波问题 .....	63
焊缝超声波探伤中的一种假缺陷回波 .....	67



机车车轴超声探伤准确率探讨 .....	70
微型摆式内燃机中心摆的温度场分析 .....	74
检漏技术在压力容器检验中的应用 .....	79
角焊缝超声波检测的一点体会 .....	81
螺旋炉管X射线透照体会 .....	84
某型电位器的射线检测技术研究 .....	86
特大型轴承的超声波探伤 .....	89
基于PLC的切纸机及裁剪误差减少方法 .....	92
汽油机空燃比自适应逆控制仿真研究 .....	96
中外铁路轴承无损检测技术综述——欧洲标准EN12080的应用研讨 .....	103
压力管道无损检测技术 .....	108
铸钢件超声波探伤——DAC曲线的修正 .....	110
无损检测底片数字化信息管理系统的应用 .....	112
如何搞好中小企业的标准化工作 .....	120
郑州燃气公司绩效管理研究 .....	123
TF公司CIS方案的设计及导入 .....	131
浅谈实体保持器车床多刀数控化改造 .....	138
双端面注脂机的研制 .....	142
数控轧辊月牙槽铣床设计 .....	146
现代数控机床的设计理念浅析 .....	150
AD25X数控卧式车床的研究开发 .....	153
车削中心的刀具系统设计 .....	159
可编程控制器设计和应用中的抗干扰措施 .....	165
基于DYNAFORM的螺旋叶片回弹CAE分析 .....	169
中小功率电动机的应用发展与维护 .....	178
饱和热水塔卸料口内衬焊缝缺陷原因分析及修复 .....	182
锅炉排渣系统泥浆泵改造 .....	184
煤气鼓风机主轴的修复 .....	186
锅炉水冷壁爆管的原因分析及处理措施 .....	187
脱硫系统设备改造小结 .....	189



悬挂式粉煤气化炉的垫铁更换实践 .....	191
预算管理工作中在实际施工中的正确控制与运用 .....	196
配电变压器铁心截面基本参数的实用算法 .....	198
变压器遗传进化过程中的适应度计算 .....	204
逆向工程成本计算方法的技术研究 .....	210
基于绿色制造的模具设计与制造技术初探 .....	214
绿色制造技术浅谈 .....	218
面向数字文物的逆向工程技术应用研究 .....	223
逆向工程在文物数字建模上的应用 .....	229





# 环面蜗杆副的齿面磨损分析及预防

潘军远 吴晓铃

郑州大学机械工程学院 郑州 450001

**摘要:** 本文从润滑、设计、检修等方面分析了环面蜗杆副磨损失效的原因,并提出了相应的预防措施,对设备维护具有一定的现实意义。

**关键词:** 环面蜗杆副 磨损 润滑

中图分类号: TP391

## The Analysis of the Reason and Prevention on the Enveloped Toroidal Worm Pairs

Pan Junyuan Wu Xiaoling

(College of Mechanical Engineering; Zhengzhou University; Zhengzhou 450001)

**Abstract:** Based on the mechanism of abrasion, design and operation, the reasons of abrasion of Enveloped Toroidal Worm Pairs were analyzed, and the way was find out to prevent worm gear from failure.

**Key words:** Enveloped toroidal worm pairs abrasion lubrication

### 一、绪论

环面蜗杆副的失效形式有很多,按照国家标准《齿轮轮齿磨损的术语、特征和原因》,可将环面蜗杆副的失效分为磨损、点蚀、胶合、断齿、塑性变形和其他损伤等6种,每一种又包括一些更细的分类。本文将按照这一分类,主要对环面蜗杆副的磨损形成原因及预防措施进行论述。由于环面蜗杆及其蜗轮在选材、热处理工艺及加工精度上的差别,造成蜗杆和蜗轮在抵御失能力上的差距,一般失效多发生在蜗轮上,因此,下面的论述多数涉及到蜗轮。

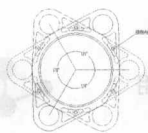
### 二、理论分析

蜗轮蜗杆齿面的磨损是在相对运动中,由于摩擦和其他因素造成齿面金属逐层脱落的现象。

判别摩擦状况的好坏可以参考齿面间动压润滑油膜的最小厚度。由摩擦理论可知构成高副传动的机械零件,其摩擦状况可用膜厚比 $\lambda$ 来描述:

$$\lambda = h_{\min} / R_{\Sigma} \quad (1)$$





式中 $R_{aZ}$ 为两表面的综合粗糙度。

根据弹性流体动压润滑理论[1],对于蜗杆副的初始线接触的最小润滑油膜厚度可按道森-希金森(Dowson-Higginson)公式来计算[2][3]:

$$h_{\min} = \frac{2.65\alpha^{0.54}(\eta_0 U)^{0.7} \rho_{12}^{0.43}}{E'^{0.03} W^{0.13}} \quad (2)$$

式中: $\alpha$ ——润滑油的压力黏度系数; $\eta_0$ ——润滑油的动力黏度系数; $E' = \frac{2}{\frac{1-\gamma_1^2}{E_1} + \frac{1-\gamma_2^2}{E_2}}$ ——综合弹性模量; $E_1$ 、 $E_2$ ——零件的弹性模量; $\gamma_1$ 、 $\gamma_2$ ——零件的泊松比; $U$ ——卷吸速度; $\rho_{12}$ ——接触点处的综合曲率半径; $W$ ——作用在单位齿宽上的载荷。

根据(1)、(2)式,在环面蜗杆副两构件的表面粗糙度一定的情况下,润滑状态的好坏完全取决于蜗轮蜗杆接触面间润滑油膜的厚度 $h_{\min}$ 。蜗杆副接触面间最小润滑油膜厚度越大,润滑状况越好,齿面磨损失效的可能性越低。

另外,环面蜗杆副的加工、安装及检修亦会造成蜗杆副磨损失效。

### 三、磨损产生的原因

在蜗杆副的工作过程中,自始至终都存在磨损,磨损情况如图1所示。



图1 蜗杆副磨损曲线

工作初期的磨损就是通常所说的磨合,它对啮合是有益的。然后就进入正常磨损阶段,这一阶段的磨损量非常微小,只要不发生意外,它就能保证蜗轮蜗杆在正常的工作寿命内,满足工作要求。在正常的使用中,由于某些意外不利因素的影响,会造成短时间内剧烈磨损,这种不利因素消除后,蜗轮蜗杆又能正常工作,图1中正常工作曲线由实线表示。由于意外情况,在正常磨损区内就发生了严重磨损事件,剧烈磨损造成蜗杆副提前失效,大大缩短了蜗杆副的使用寿命。正确分析蜗杆副磨损产生的原因,有利于减少和避免磨损造成的提前失效。下面就根据理论分析结果和实际应用中出现的磨损失效情况,总结出以下几点关于环面蜗杆副磨损产生的原因。

#### 1. 设计方面

(1) 设计时,蜗杆副的参数选取不合理,造成蜗轮蜗杆相对运动时很难形成良好的动压油膜,油膜的厚度和刚度都不能满足工作负荷的需要。根据润滑理论,形成最小动压油膜的厚度与啮合表面



的润滑速度和诱导法曲率[2,3,4]有很大的关系。如果在设计环面蜗杆副时,几何参数、工艺参数和修理参数选取不合理,就会造成蜗轮齿面接触线分布不合理、接触线和相对运动方向的夹角(即润滑角 $\theta$ )偏小或界限线进入蜗轮齿面,这些都会对动压油膜的形成造成影响。图 2(a)表示润滑角小的情况,图 2(b)表示润滑角大的情况,很显然,图(b)比图(a)的情况更容易形成动压油膜,这对减少环面蜗杆副的磨损有利。

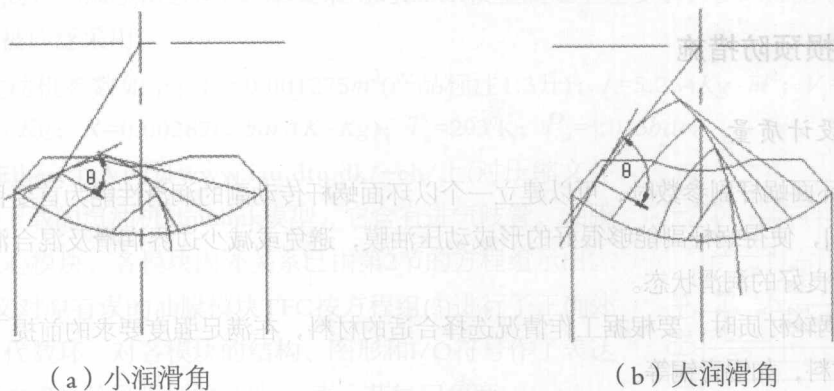


图2 接触线与润滑角

(2) 设计时,齿面的表面粗糙度、润滑油的黏度、抗极压性与蜗轮蜗杆的工作条件不匹配,不能形成足够的油膜厚度,以至于蜗轮蜗杆齿面的局部高点能够刺破油膜,导致蜗轮蜗杆齿面的直接接触,从而产生磨损。

(3) 设计时,蜗轮的材质选择不当,材料满足不了工作情况的要求,蜗轮会由于材质的减磨性和耐磨性差而磨损。

### 2. 加工方面

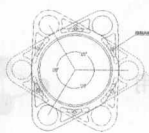
蜗杆副加工质量不高,精度和表面粗糙度没有达到设计要求,特别是蜗杆的表面粗糙度尤为重要。因为蜗杆的齿面比蜗轮齿面硬度高了许多,粗糙的蜗杆表面会使蜗轮表面严重磨损。造成蜗杆齿面粗糙度过大的原因主要有:①使用的砂轮粒度太大,硬度过软;②砂轮修整未达到要求;③砂轮转速低,易撕裂蜗杆齿面;④进给速度过快,这会使蜗杆齿面产生弧形棱带;⑤机床和磨床存在振动情况,磨削不平稳;⑥毛坯余量不足,使得蜗杆齿面没有足够的精磨余量,不能有效地降低蜗杆齿面粗糙度。

### 3. 润滑方面

(1) 润滑油或添加剂与蜗轮蜗杆的材料发生化学反应,产生侵蚀磨损。

(2) 蜗杆副在工作中出现断油或供油严重不足的现象,蜗轮蜗杆完全在干摩擦状态下工作,这会导致蜗轮齿面金属大量剥离,这是最危险的磨损。

(3) 由于供油条件及工作条件的变化,如供油不足,油温升高,油的黏度下降,润滑方式的改变,工作负荷的变化等,造成了蜗轮蜗杆在边界条件下工作,因而造成不可避免的磨损。



#### 4. 检修方面

(1) 蜗轮减速箱其他零件的损坏造成蜗轮蜗杆正确安装位置的变动, 啮合关系变差, 局部无法产生动压油膜, 从而产生严重磨损。

(2) 润滑过滤系统失效, 或过滤精度不够, 或由于意外原因使润滑油中混入了大量颗粒性杂质, 造成润滑油质量变坏, 这种杂质会使蜗轮蜗杆齿面产生磨粒磨损。

### 四、磨损预防措施

#### 1. 提高设计质量

(1) 设计环面蜗杆副参数时, 可以建立一个以环面蜗杆传动副的润滑性能为首要目标的多目标优化模型[3]、[4], 使得蜗杆副能够很好的形成动压油膜, 避免或减少边界润滑及混合润滑, 使蜗轮蜗杆工作时处于良好的润滑状态。

(2) 选择蜗轮材质时, 要根据工作情况选择合适的材料, 在满足强度要求的前提下, 尽可能选择耐磨性好的材料, 如锡青铜等。

#### 2. 提高加工质量

提高加工精度, 保证蜗轮蜗杆的啮合状况相符。较高的齿面精度, 较低的表面粗糙度, 可以有效地减少磨损。针对上面分析的情况, 为了使蜗杆齿面粗糙度符合要求, 可以相应采取以下措施: ①使用硬度和粒度合适的砂轮; ②仔细修整砂轮, 提高砂轮的平整度; ③适当提高砂轮转速; ④适当降低被磨蜗杆的转速; ⑤调整机床和磨床, 消除振动; ⑥适当增大蜗杆毛坯余量, 并给精磨留下足够的余量。

#### 3. 提高和保证润滑质量

(1) 要保证润滑油的品质符合工作情况要求, 如油的黏度、抗氧化性、耐水性以及添加剂的性能等。

(2) 要采用适当的润滑方式, 保证足够的油量。浸油润滑一定要保证油量超过最低水平, 油池中的油量要足够多。循环润滑的油管直径、油嘴大小都要合理, 保证能提供足够的油量。使用中还要防止油管和油嘴堵塞造成断油。还要保证油的清洁度, 蜗轮蜗杆跑合后, 一定要对蜗轮蜗杆及箱体进行彻底清洗, 将跑合后产生的杂质及磨料清洗干净, 进行第二次跑合再清洗一次, 效果会更好。对于浸油润滑的箱体, 清洗干净后, 加入经过过滤的清洁润滑油, 盖严观察孔和探尺孔, 防止再进入灰尘。而对循环润滑的系统, 先要对管路进行酸洗, 然后用油进行冲洗, 换上新油后还要进行循环过滤, 直到油的清洁度达到标准, 才能进行生产使用。

(3) 必须严格控制润滑油的温度, 设计时要考虑油的冷却散热措施, 油温出现异常时, 可采取有效的降温措施, 如通风、通水、冷冻降温、掺入新油, 如果不能降温, 就要采取低工作负荷, 甚至停止工作的果断措施。

#### 4. 及时检修与维护

加强对蜗轮减速器的检查与维护, 保证设备处于良好的工作状态。事实上, 由于轴承的损坏而



造成蜗轮蜗杆的损坏,占了这一类事故中的绝大部分。

## 五、结论

在环面蜗杆传动副的工作过程中,自始至终都在发生磨损,正确地分析磨损产生的原因,提前采取预防措施,有利于避免或减少磨损造成提前失效,同时有利于延长和提高环面蜗杆副的工作寿命。

### 参考文献:

- [1] 吴晓铃. 直线环面蜗杆传动弹性流体动力润滑的初步研究, 齿轮[J]. 1982(1):27-37.
- [2] 吴晓铃. 曲率和速度对齿轮油膜厚度的影响机械工程学报:20卷2期[J]. 1984:22-26.
- [3] 谭昕. 平面二次包络环面蜗杆副数字化造型理论及仿真研究. 武汉理工大学博士论文,2003.4:33-35.
- [4] 周良墟. 环面蜗杆修型原理及制造技术[M]. 湖南:国防科技大学出版社,2003.

# 高速秸秆资源化收获机的研究与应用

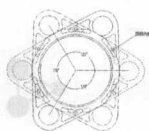
李鲁予

河南省农业机械试验鉴定站

**摘要:**普通的玉米收获机收获玉米易产生两大问题:一是容易伤粮。是指传统的辊式收获使果穗根部的饱满籽粒普遍搓伤,使玉米机收难于大面积推广。二是秸秆下游断粮。是指玉米秸秆由于体积蓬松、分散分布,长期以来只能就地焚烧或任其在田间烂掉,阻断了生态物质发电等一大批秸秆资源化产业的原料供应,也阻碍了农业循环经济体系的建立。高速秸秆资源化收获机具有多项发明点和创新点:①本机应用了“逆行摘穗”原理进行玉米收获,打破了自1921年以来澳大利亚人艾伦提出的“辊式摘穗”原理,属原理性创新。“逆行摘穗”原理的应用,使本机摘穗效率大大提高,能耗大幅降低,并不会对果穗产生搓伤。②首创锯切式连续面收割技术,使本机完全摆脱了辊式收获原理下单纯提高行距适应性的模式,既实现了玉米不对行收获技术的原理性彻底突破,还可进行倒伏玉米的收获。③本机首次实现在玉米收获机上集成杆叶分离机、秆皮揉丝机、粉碎机、压块打包机及装袋包装平台技术,在收获玉米穗的同时完成了秸秆的收集、分离等复杂加工步骤。④本机采用独创的“压缩装袋”技术,大大降低了秸秆运输成本,减少了生产、流通环节,适应了农业产业化要求,彻底解决了低成本、产业化、规范化回收利用秸秆的难题。使秸秆这一传统的农业废弃物成为可流通的廉价资源。

**关键词:** 秸秆资源化 玉米不对行收获 逆行摘穗原理 秸秆压缩装袋 圆盘切割割台 可变机身设计





## 一、立项背景

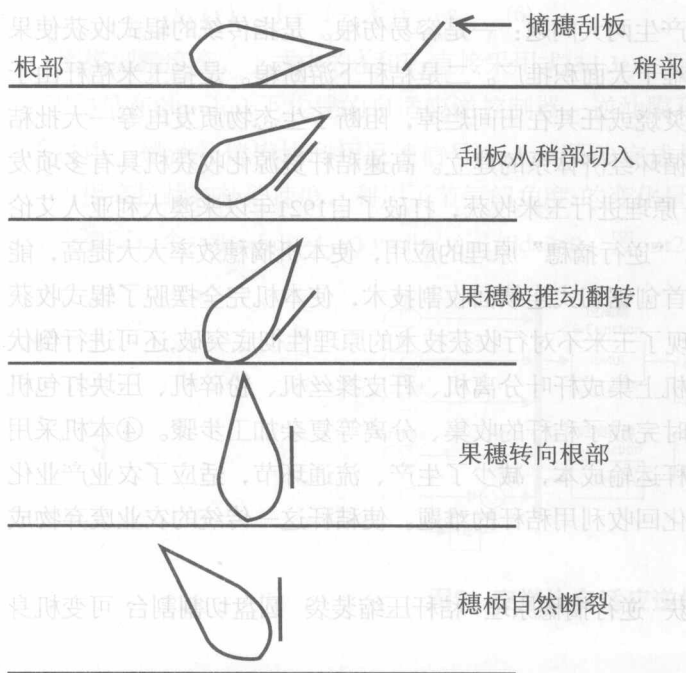
我国是农业大国,小麦、水稻、玉米等种植面积均居世界前列。玉米秸秆由于体积蓬松、分散分布,长期以来只能就地焚烧或任其在田间烂掉。现在市场上针对玉米秸秆综合利用的机械不少,包括玉米青贮机、穗茎兼收型玉米收获机、秸秆饲料粉碎揉碎机、搓丝机、秸秆饲料压块机、玉米秸秆粉碎还田机等等。虽然上述机械已涵盖了玉米秸秆利用的全部加工环节,但却未能将玉米收获与秸秆利用两个环节无缝衔接,蓬松态运输、低效率、高人工成本等问题仍未被解决。

1992年始,我国开始研发自走式穗茎兼收型玉米联合收获机,但均是围绕着1921年由澳大利亚人艾伦提出的辊式收获的根源技术路线进行设计。由于“辊式收获”确定了只收穗而不收秸秆的基础技术路线,也就更谈不上连收秸秆带分离压缩的问题。因此基于这一技术路线下,国产玉米联合收获机至今都不能达到高效穗茎兼收兼加工的目的。

## 二、高速秸秆资源化收获机的主要研究内容

(1) 首创“逆行摘穗”原理,使玉米收获质量发生根源性改变。

“逆行摘穗”原理,即采用非旋转方式,从果穗梢头逆生长方向,朝向玉米根部,将果穗与玉米植株分离。由于与果穗接触是采用非旋转体,故不会对玉米果穗产生因旋转辊产生的搓伤。从技术原理上根本杜绝了伤粮产生。“逆行摘穗”是相对于顺摘的一种摘穗方式。玉米植株被从根部割倒后,整体植株梢部朝前,铺放在输送皮带上,在输送皮带的推动下梢部朝前运动。这时,与摘穗刮板迎面相逢,产生逆向运动。摘穗刮板就模仿人工摘穗动作,从玉米穗梢部逆向切入,使玉米穗被刮板挂住,而玉米植株则继续逆向运动。当玉米穗朝反向弯曲到达一定角度,就使玉米穗柄与植株自然断裂分离,完成了整个摘穗动作。整个过程如图示意:



上述过程,就相当于人手掌五指并拢,从玉米植株梢部向下运动,切入玉米穗与植株之间,并使玉米穗朝下弯曲到达一定角度,使玉米穗柄自然断裂的全部过程。由于它是从果穗梢部逆玉米生长方向向下拨动果穗,使果穗顺自然方向脱离植株,从而完成玉米穗收获,故称逆摘。由于逆摘是采用拨动摘穗原理,从人工摘穗以及自然界瓜熟蒂落的自然掉落形式仿生而来,故相对于采用辊式旋搓强制从根部挤搓摘穗,其在摘穗过程中对果穗无直接冲击,不会对果穗产生搓伤。并且逆行摘穗方式,由于摘穗方式是由穗梢至穗根开展,故可完全适用与地面夹角 $25^{\circ}$ 的倒伏玉米以及果穗全部下垂玉米及干枯状秸秆。通过



国内外查新证明,“逆行摘穗”原理在国际上属于首创,它打破了自1921年以来澳大利亚人艾伦提出的“辊式摘穗”原理,属原理性创新,其技术意义重大。

(2) 首创“并行喂入”原理,使玉米收获效率发生根源性改变。

“并行喂入”原理,是指将被割倒的玉米全株成排并列,以12m/s线速度进入口宽2m的收获机。而辊式原理则是玉米植株按行依次进入两辊之间,其效率取决于两辊线速度。目前可见到最大摘穗直径为 $\phi 76\text{cm}$ ,若达到12m/s线速度,其两辊转速应为每分钟3015转,而目前可见生产的摘穗辊由于受传动与结构限制转速最高为300转,其线速度大致在1.2m/s左右。如此慢的线速是造成目前辊式收获机低效的原因,若在车速稍快或种植密度的变化,均会引起堵塞。玉米进入本机是靠一对水平安装在秆、叶、穗分离机前端的牵引辊,其辊径为 $\phi 219\text{cm}$ 。由于此牵引辊被两端轴系支承,可在2000r/min范围内长期稳定工作,故极大地提高了入料的线速度,使其远远大于本机工作时行走速度4m/s。由于本机用两个大直径牵引辊,替代了由数对悬臂安装低速运行的摘穗辊,变成行收获为成排收获,使玉米收获机从原理上突破了辊式原理,实现高速稳定收获。

(3) 首创“连续锯切”方式,使玉米割断方式发生根源性改变。

本机采用连续锯切方式切割玉米,避免了爆发式做功方式带来的功耗过大问题。由于锯切方式采用的是平均功作业,使作业速度及稳定性均有数量级提高,可适应4m/s左右的高速收获粗大玉米作业。

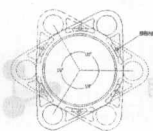
(4) 实现真正“不对行收获玉米”方式。

本机收割部分是由安装在割台前部下方若干个锯片组成。由于这些锯片组成了一个矩阵,使通过这个矩阵面的任意位置玉米植株无一幸免的被若干锯片组成的矩阵拦截,进行锯切作业,故没有作业方向性,从技术原理上实现了高速可纵横不对行收获。

(5) 独创“压缩装袋”功能,使玉米秸秆粉碎物料输送方式发生根源性改变。

本机独创“压缩装袋”功能。如图所示,由两名操作人员将用来装置粉碎后玉米秸秆的周转袋分别套在收获机后部的秆皮粉碎料装料筒出口和叶片粉碎料装料筒出口上,接装来自粉碎机送出的玉米秸秆粉碎料。由于其周转袋是紧密的套在其设备出口上,在其自然装满后,由装料筒上部安装的压料液压缸来压缩筒内及袋内物料,使其在机械力下继续压缩装料,使袋装密度增大,完成压缩、排气、打包、装袋的系列操作。当每一侧完成装袋后,由推袋机构将周转袋从车后





滑道推卸下车并落地,实现连续化不停车作业,故称“压缩装袋”。

本机采用首创的链式齿板提升输送装置,每小时输送能力400吨,耗功2kW,直接与压缩筒配接完成对粉碎物料的压缩打包,打包密度400kg/m<sup>3</sup>,每亩地8~10袋,可采用任意样式的农用运输车辆运输,极大地提高了运输通用性,降低了运输费用。

#### (6) 玉米果穗收集方式的根源性改变。

目前玉米收获机的果穗仓均为高位倾倒型,其原意是将玉米果穗直接装卸到运输车辆上。如果此时运输果穗的车辆未到,就只能卸向地面。在目前收获实践中,包括小麦机,大多数是直接收获物卸在田间,然后再进行装袋。如果将玉米果穗直接不装袋,由于普通农用车马槽都不高,在上下颠簸的田间行走,其表层果穗将被颠簸到田间,故目前我国绝大多数农民在运送玉米果穗时,均采用袋装,以求装的多而不掉落。结合目前农民包产到户的小生产关系,以装袋运输成为主要运输方式。高速秸秆资源化收获机采用两种果穗处理方式:

①对于小农户集中的地块,采用果穗直接落地形成条垄状,便于农户田间晾晒。②采用车载袋装机构。高速秸秆资源化收获机上设有果穗装袋机构,每装1袋,便在行进中从车尾卸下,对一些田里有人有车又无需晾晒果穗的地块实现直接装袋以方便装车,省去了农民二次装袋的劳动。

#### (7) 高速秸秆资源化收获机与田地伺服系统的根源性改变。

由于田间地面起伏不平,以及从道路进入田间的高低差,都会影响收获机的工作速度,因此本机首次采用了辊式伺服系统,在地面起伏0.5m的范围内,割茬高度无任何变化,这同时保护了切割锯片不受起伏不平的地面伤害。

#### (8) 制动系统的新设计。

本机采用四轮制动,极大地提高了其在高速行驶中的安全性,这一设计的改变使其移区行驶车速可提高90km/h,方便了玉米机收跨区作业。

#### (9) 轮荷系统的新设计。

目前自走式玉米收获机自重大多在7吨左右,而底盘设计无一例外的照搬拖拉机底盘设计。故每个驱动轮对地荷载大约为3吨左右。若本机自重为8吨,由四轮均载,平均单轮荷载为2吨,极大的减小了对农田的压实板结,也提高了田间的通过能力。

#### (10) 可变机身长度新设计。

本机在工作时其机身长度为7.2m,出田移动时,除抬高割台外还自动收缩变型为5m,实现割台二维变型,以方便其在田间道路行驶。此项技术设计,极大地提高了其在田间作业的灵活性,适应我国农村小块田与小块田之间的频繁转移作业。

#### (11) 实现玉米摘穗青贮与带穗青贮完全兼容。

目前所有的玉米青贮机无一例可实现摘穗青贮功能;目前所有的玉米收获机也同样无一例可完成带穗青贮功能。本机首次实现了两种功能兼容运行,当从带穗青贮转换向摘穗青贮时或者从摘穗青贮转向带穗青贮时,由于采用了逆行摘穗原理,所以只需搬动开关摘穗机构上移即可功能转换,改变了长期以来玉米青贮机械与玉米收获机械互不兼容的历史,给使用者带来极大方便。

#### (12) 高速秸秆资源化收获机夹茬耙地功能新设计。

以往任何一款玉米收获机或玉米青贮机均在收获后,留有长短不齐的根茬,造成收获作业不彻



底。本机在其收获锯片下方,设计有旋耙,将掠过旋耙的根茬粉碎,并将根茬与土地进行充分旋拌,根茬还田,实现保护性耕作,使经高速秸秆资源化收获机收获过的田地,土壤蓬松无站立根茬。

### 三、主要技术指标

- (1) 实现完全不对行收获;
- (2) 伤籽率 $\leq 0.2\%$ ;
- (3) 收获效率40亩/h;
- (4) 日回收秸秆800吨;
- (5) 秸秆体积压缩到原来的1/8。

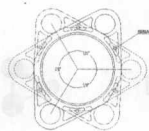
### 四、与当前国内外同类研究、同类技术的综合比较

	“收穗+秸秆切碎还田”型	“穗茎兼收”型	高速秸秆资源化收获机
摘穗方式	辊式摘穗	辊式摘穗	逆行摘穗
是否对行	是	是	否
摘穗效果	伤籽率高: 5%~10%、 效率低: 2~5 亩/h	伤籽率高: 5%~10%、 效率低: 2~5 亩/h	伤籽率低: 0.5% 效率高: 30~40 亩/h
秸秆处理方式	还田	收集	收集
	×	切碎后蓬松吐出	秆叶分离
	×	×	搓丝
	×	×	粉碎
	×	×	压缩
	×	×	打包装袋

从上表中可以看出,“收穗+秸秆切碎还田”型将秸秆直接回田,未实现秸秆的资源化利用;“穗茎兼收”型只完成了秸秆收集,但蓬松态、大体积运输,并需要大量车辆跟随接运,仍未降低秸秆运输成本,这样既不适合我国国情,也未实现秸秆的资源化利用。只有高速秸秆资源化收获机完成了秸秆压缩打包装袋的全过程加工,真正降低了秸秆收运成本(每吨直接收运成本仅6元),彻底实现了秸秆的资源化。

从以上分析我们可以看出,高速秸秆资源化收获机的重点在于秸秆资源化。只有高效率收获、低成本运输、高密度压缩、标准化包装、可机械化装卸、可商品化流通等,才能真正实现秸秆商品化、资源化,而这也正是本机功能的精髓所在。





## 五、效益分析

由于秸秆体积压缩到原来的1/8,使整个秸秆收集、流通的成本降低了8倍。据测算,该机每收获一吨干秸秆,在20km内运抵仓库后并存储一年时,其直接成本仅为20元(见下表)。该成本完全可以被秸秆利用的下游各产业所接受。

序号	项目	数量	单价	成本	备注
1	收获机油耗	1L	5元/升	5元	0#柴油
2	收获机手工资	0.1小时	10元/小时	1元	日工资80~100元
3	运输费	1	10元/t	8元	中密度粉碎装袋400kg/m <sup>3</sup> 运输半径20km
4	装卸费	1	5元/t	4元	装卸工人日工资50元
5	仓储管理费	1	3元/t	2元	一个标准万吨仓库的人工、场地、日常维护等费
6	合计			20元/t	出厂时总成本
7	收获服务收费	1	30元/亩	-30元	秸秆进厂时已无成本并略有收益

目前,本机已被纳入我国首个“高速秸秆收集与生物质能热电集成示范工程”,对全国突破秸秆发电瓶颈具有重要的规模示范意义。仅此100台收获机,就可满足一座24MW生物电站的燃料供应,杜绝20万亩玉米种植面积的秸秆焚烧,使其进入循环经济。而由于该机伤粮率极低,并且因具备秸秆资源化效益而免收农民收获费,使农民首次开始大面积接受秋收机械化,解决多年来只见“夏收”不见“秋收”的局面,使秸秆资源化在为国家提供清洁可再生能源的同时又能惠及三农。

## 环板式减速机结构设计及加工中问题的探讨

郑逢良 李立敏 张文歌 张志强  
郑州宇通重工有限公司

**摘要:**以三环板减速机为例介绍曲柄环板式摆线齿轮行星传动减速机的结构、性能、应用以及设计开发和加工过程中应注意的问题。

**关键词:**三环板减速机 少齿差行星传动 干涉

环板式减速机的传动方式为少齿差行星传动,主要应用于桩工机械、冶金、水泥、船舶行业等需要较大减速比等情况下,其结构较相同减速比的其他型号的减速机结构简单、重量轻、传动效率