



割前摘脱装置及其吸运系统

A Stripping Unit and Pneumatic Conveying
System for Grain Harvesting

蒋恩臣 著



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

ISBN 7-04-010493-8



9 787040 104936 >

定价 15.10 元



割前摘脱装置及其吸运系统

A Stripping Unit and Pneumatic Conveying
System for Grain Harvesting

蒋恩臣 著



高等教育出版社

HIGHER EDUCATION PRESS

内容提要

本书采用试验研究、理论分析和高速摄影技术相结合的方法对气吸式割前摘脱装置及其吸运系统的工作机理和参数优化进行了系统的理论与室内外试验研究。摘脱装置实现了扶禾、喂入、脱粒和输送一体化功能,具有损失率低、结构简单、前伸量小、对作业速度和作物状态适应性强等优点。由振动输送装置、拨指助推器、吸运管路、沉积箱和吸运风机组成的吸运系统工作性能稳定,分离损失很低。上述研究工作属于割前脱粒新的研究领域。

本书可作为农业机械化工程和有关机械设计与理论专业研究生的教学参考书,同时适于从事农业机械设计制造的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

割前摘脱装置及其吸运系统/蒋恩臣著. —北京:高等教育出版社,2002.2

农机专业研究生教材

ISBN 7-04-010493-8

I. 割… II. 蒋… III. 联合收获机-研究生-教材 IV. S225.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 089702 号

责任编辑 沈 忠 封面设计 张 楠 责任绘图 朱 静

版式设计 史新薇 责任校对 朱惠芳 责任印制 韩 刚

割前摘脱装置及其吸运系统

蒋恩臣 著

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号
邮政编码 100009
传 真 010-64014048

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
排 版 高等教育出版社照排中心
印 刷 高等教育出版社印刷厂

开 本 787×960 1/16
印 张 9
字 数 160 000
插 页 1

版 次 2002 年 5 月第 1 版
印 次 2002 年 5 月第 1 次印刷
定 价 15.10 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

作者简介



蒋恩臣，男，1959年生，博士，东北农业大学工程学院教授，省重点实验室——农业工程重点实验室主任，国家重点学科——农业机械化工程学科后备带头人。近年来完成多项科研项目，主要有：主持完成国家自然科学基金项目“气吸式割前摘脱装置机理与应用研究”；主持教育部优秀博士学位论文作者专项基金项目“割前摘脱稻麦收获机器系统及工作部件的研究”；主持完成黑龙江省重点攻关项目“草炭开采成套设备研制”；合作主持完成“211工程”标志性成果“割前摘脱稻（麦）联合收割机的研究与开发”；参加了教育部教改项目“高等农林院校农业工程类本科人才培养方案及教学内容和课程体系改革的研究与实践”等。以第一作者身份发表学术论文20余篇。主编教材3部。参与领导了农业机械化及其自动化专业新的课程体系与教学内容改革，在教学和研究生培养方面取得了较突出成绩，1998年获首届黑龙江省神内良一教育基金奖。主要社会兼职有：全国核心期刊《农机化研究》编委会副主任委员、中国收获加工机械学会常务委员、黑龙江省农机学会理事、哈尔滨市农机学会副理事长等。

导师简介



蒋亦元，著名农业机械化专家，1928年生于江苏常州。1950年毕业于金陵大学，现任东北农业大学教授，博士生导师。1997年当选中国工程院院士。突破了国际公认难题，创造出割前脱粒水稻收获机器系统，取得“国际首创国际先进”的成果。摘脱同时能切割搂集茎秆成条铺的快速水稻联收机的研究，解决了国内外不能在脱粒同时收草和落粒损失大的难题，此发明专利已高价转让作产品开发。指出了相似理论中关于G.Murphy的 π 关系式合成理论中的重大缺点——“组方方程必须具有相同形式”，首次提出并证明可以具有不同型式，预测精度显著提高，为我国农业工程学科建设作出了重要贡献。

Abstract

In this book the principles and parameter optimization of a stripping unit and pneumatic conveying system for grain harvesting are investigated systematically with laboratory and field experiments, theoretical analysis and high-speed video observation. The optimum stripping unit with air suction has three features: (1) free grain loss is reduced owing to air suction at both higher and lower machine speeds; (2) ample space is available at the rear of the stripping rotor for housing the cutting and windrowing device without making the machine too long; (3) the unit is adaptable to different crop conditions. The conveying system, composed of a conveying assisting device, suction conduit, depositing chamber and fan, ensures a lower grain separation loss and provides reliable performance.

This book will serve as a reference for graduate students and engineering technicians in agricultural engineering.

前 言

气吸式割前摘脱是中国工程院院士蒋亦元教授在国际上首创的研究领域,作者在他的指导和参与下在此领域内主持承担了国家自然科学基金项目(59605011)和优秀博士学位论文作者专项资金项目(199940),并参加了多项农业部和黑龙江省科技攻关项目。其中在割前摘脱装置研究方面受到了国内一些著名专家的好评,完成的博士学位论文“吸气式割前摘脱装置机理研究”于1999年入选首届全国百篇优秀博士学位论文。上述研究工作及本书的完成是导师多年精心培育的结果,也是课题组集体劳动的结晶。

在我国,水稻机械化生产中唯有收获这一环节最为落后,因为传统型联合收获机系为麦类作物研制的,不适应水稻,主要表现为分离损失大,破碎破壳严重,作业效率低。日本的半喂入式联合收获机可以解决前两个缺点,但机构复杂,价格昂贵,在我国应用有局限性。割前脱粒是国内外,特别是亚洲发展中国家公认的适于水稻机械化收获的一种新的技术发展趋势,但其核心部分——割前摘脱装置存在的落粒损失大,适应性差和因结构复杂无法实现脱粒割草的联合作业等问题一直未获较好的解决。许多专家认为,这些问题如获解决,可能预示着联合收获机的一场革命。本书以解决上述问题为出发点,对气吸式割前摘脱装置及其吸运系统进行了较系统的研究。

全书由10章组成,主要可分为四个部分。

第一部分由第2章至第6章组成。本部分运用试验研究、理论分析和高速摄影技术相结合的方法对气吸式割前摘脱装置的工作机理和参数优化进行了系统的理论和试验研究。实现了扶禾、喂入、脱粒和输送一体化功能,具有损失率低、结构简单,以及对作业速度和作物生长状态适应能力强等优点。这部分比较全面地反映了作者的博士学位论文所取得的研究成果。

第二部分是第7章,研究设计了结构简单的拨指助推器和振动输送装置,以排除物料由于偶然因素在管路中可能产生的积存现象。本部分重点参考了作者指导的硕士研究生周福君的学位论文“气流输送中底板振动装置的研究”。

第三部分是第8章。这部分对气流物料混合吸运风机的性能,以及物料浓度比、转速、叶片宽度和扩散角等对性能的影响规律进行了理论分析和试验研究,建立了相应的性能预测模型,为此类风机的设计和应用提供了依据。

第四部分是第9章,介绍了气吸式割前摘脱装置及其吸运系统的实际应用情况,给出了法定检测部门的检测数据,据此与有关机型进行了对比分析。

在完成本书的过程中,得到了周福君、尹大庆、韩永俊、赵艳忠等同事的大力支持,对他们以及所有对本人成长给予热心帮助的师长和同事深表谢意。

再一次对导师蒋亦元院士表示最诚挚的谢意。

作者水平有限,书中错误在所难免,恳请各位批评指正。

作者
2001.8

目 录

第1章 综述	1
1.1 课题研究的意义	1
1.2 国内外研究现状分析	2
1.3 气吸式割前摘脱装置的构造及工作原理	9
1.4 研究的内容和方法	11
第2章 摘脱装置流场特性研究	12
2.1 摘脱滚筒流场特性	12
2.2 外壳对摘脱滚筒流场特性的影响	16
2.3 气吸式摘脱装置的初步试验研究	17
2.4 多方案对比试验研究	20
2.5 本章小结	30
第3章 脱粒过程的理论分析	31
3.1 作物喂入、脱粒过程分析	31
3.2 抽出阶段的速度、加速度分析	32
3.3 抽出过程中所受打击次数分析	35
第4章 脱出物运动轨迹的理论分析	36
4.1 微分方程的建立	36
4.2 与外壳碰撞过程分析	38
4.3 计算机模拟分析	43
4.4 本章小结	53
第5章 物料运动规律的高速摄影观察分析	54
5.1 试验设备与方法	54
5.2 拍摄频率的选择	54
5.3 判读的误差分析	55
5.4 高速摄影判读分析	58

5.5 本章小结	68
第6章 结构参数和运动参数室内脱粒试验研究	70
6.1 试验设备、方法和材料	70
6.2 单因素试验结果与分析	71
6.3 多因素试验结果与分析	75
第7章 物料输送辅助装置	94
7.1 振动输送装置	94
7.2 拨指助推器	102
第8章 气流物料混合吸运风机研究	104
8.1 结构与工作原理	104
8.2 模型风机性能测试分析	105
8.3 含农业物料的两相流对风机性能影响的试验研究	111
8.4 叶片宽度对风机性能影响的试验研究	114
8.5 风机扩散器试验研究	118
8.6 本章小结	122
第9章 田间试验	124
9.1 试验结果	124
9.2 本章小结	127
第10章 主要结论	128
参考文献	132

Contents

Chapter 1 Introduction	1
1.1 Justification for this research	1
1.2 Research situation both at home and abroad	2
1.3 The principle and construction of stripping unit with air suction	9
1.4 Content and method	11
Chapter 2 Investigation of air-flow field in the stripping unit	12
2.1 Air-flow field surrounding the stripping rotor	12
2.2 The change of air-flow field surrounding the stripping rotor caused by the shell	16
2.3 Preliminary laboratory experiment on the stripping unit	17
2.4 Investigation of performance of some stripping units with air suction	20
2.5 Conclusion	30
Chapter 3 Theoretical Analysis of feeding and threshing processes	31
3.1 Feeding process	31
3.2 Speed and acceleration of stem top during combing by stripping elements	32
3.3 Number of stripping events of stem top during combing by stripping elements	35
Chapter 4 Theoretical Analysis of grain motion after separation	36
4.1 Differential equation	36
4.2 Dynamics of grain impact with shell	38
4.3 Computer simulation of grain motion	43
4.4 Conclusion	53

Chapter 5 Observation and analysis of the threshing process and threshed material motion by high-speed video	54
5.1 Apparatus and method	54
5.2 High-speed video photo frequency	54
5.3 Analysis of position error in high-speed video	55
5.4 Analysis of the threshing process and threshed material motion	58
5.5 Conclusion	68
Chapter 6 Laboratory experiment on stripping unit with air suction	70
6.1 Material, apparatus and method	70
6.2 Signal-factorial experiment	71
6.3 Multi-factorial experiment	75
Chapter 7 Conveying assisting device	94
7.1 Vibrating plate	94
7.2 Rotor with raking fingers	102
Chapter 8 Investigation of fan and diffuser on transport of MOG(material other than grain)	104
8.1 Principle and construction	104
8.2 Measurement of fan characteristic curves and selection of optimum model	105
8.3 Influence on fan performance of quantity of MOG	111
8.4 Influence of blade width	114
8.5 Design of diffuser	118
8.6 Conclusion	122
Chapter 9 Field experiment	124
9.1 Results	124
9.2 Conclusion	127
Chapter 10 Overall conclusion	128
References	132

1.1 课题研究的意义

我国是水稻生产大国,产量约占世界水稻总产量的三分之一左右,居世界首位。稻谷是我国人民的主要食粮。

水稻是高产、稳产的粮食作物,具有较高的经济价值。同许多省一样,黑龙江省也把水稻作为粮食增产和进行种植业结构调整的支柱作物,近年来种植面积不断扩大。据统计,黑龙江省在1990年水稻种植面积为 67.4 hm^2 (1 011万亩),总产量为 $3.162\times 10^7\text{ t}$ (316.2万吨);到1995年种植面积扩大到 83.3 hm^2 (1 250万亩),总产量增加到 $4.7\times 10^7\text{ t}$ (470万吨);在九五期间又有了更快的增长,到2000年水稻种植面积已达 146.7 hm^2 (2 200万亩),总产量近 $1\times 10^8\text{ t}$ (1 000万吨)。可见,水稻在黑龙江省农业生产和农村经济方面已占据了十分重要的地位。

目前,水稻机械化生产中唯有收获这一环节最为落后,我国大部分水稻产区还主要依靠人工收获。在联产承包责任制情况下,雇工收割水稻成本在我省已超过 750 元/hm^2 (50元/亩),在南方有些地区已高达 $1\,500\text{ 元/hm}^2$ (100元/亩),这不仅严重制约了水稻面积的扩大,而且种植成本大大增加。此外在我省还存在着水稻适收期比较短的问题(一般仅为20天左右),若不能及时收获,拖到后期不仅损失严重,而且有被早雪覆盖的危险。

传统型联合收获机系为收获麦类作物研制的,用它收获水稻有难以克服的缺点,主要表现为:分离损失大,谷粒破碎和脱壳严重,作业效率低和易堵塞等。另外,传统型联合收获机收获水稻必须在枯霜期才能进行,收获期大大缩短,收获后期有被早雪压稻的危险。

日本的半喂入式联合收获机可以解决上述前两个缺点,但机构复杂,成本高,在我国有很大的局限性。

国际上较为先进的谷物联合收获机,如JD—7700、JD—8820,苏联的专收水稻的叶尼塞(ЕНИСЕЙ—1200P)等等,在东北地区只能在水稻被枯霜打死、晒干后作业,而且效率较低(0.5 m/s左右),如果在霜前收则更低,而且损失较大。

为了解决水稻的机械化收获问题,近百年来世界上许多国家对割前脱粒进行了各种方式的探讨和研究。割前脱粒由于采取了先脱粒,后切割的与传统相反的收获工艺,因此具有以下特点:

(1) 因为茎秆不通过脱粒器,脱出的谷物不会与茎秆相混,因此可省去传统联合收获机上体积庞大的分离机构——键式逐稿器,同时也可免去通常占比重较大的一项谷粒损失——分离损失。

(2) 可获得完整的茎秆,作副业用。

(3) 脱粒功耗显著减少。

(4) 脱粒器与机器割幅同宽,谷物能在田间自然分布的状态下均匀地薄层喂入脱粒,能适应高产密植作物的收获,提高生产率。

(5) 脱粒器无凹板,收获潮湿多草作物时不会有堵塞凹板等问题,脱出物的含杂率又低,减轻了清选's的负荷,因此霜前、霜后、早晚有露水时均可正常作业,从而延长了整个收获季节的作业时间,这对于抢收水稻、避免早雪压稻有重要意义。

(6) 与夹持半喂入式水稻联合收获机相比,可省去夹持输送与夹持脱粒输送装置,机构简化了,而且由于这种收获方式是在田间作物自然生长条件下直接脱粒,不存在切割后作物在输送过程中茎秆的整齐度被破坏的问题,避免了脱不净损失。

由于上述优点,对割前脱粒的研究和所取得的进展一直是国际农机界所关注的热点。

1.2 国内外研究现状分析

历史上澳大利亚曾成功地研制出各种型式的篦梳式摘穗脱粒机或联合收获机,并大量生产,投放国内市场,为解决国内小麦收获问题曾发挥过不可替代的作用^[23]。

1843年9月一位名为John Wrutnall Bull的澳大利亚农民首次在一次展览会上展出了他发明的篦梳式摘穗脱粒机模型,如图1-1所示。其工作原理为:当机器前进时,固定在收割台最前端的一排梳齿从作物底部插入,作物然后沿着梳齿间隙向后向下移动,在移动过程中由于间隙不断减少,形成了对作物的夹持

作用。在梳齿的上部有一拨禾轮,作物的穗部在拨禾轮的打击下被摘下,并喂入到由拨禾轮和底板所形成的脱粒间隙之中。作物穗头在脱粒间隙内由于受到拨禾板的打击和搓擦作用而被脱粒,脱出物然后以较高的速度从排草口向后上方抛出,最后落入到接粮箱内。John Ridley 采用上述原理制造成第一台篦梳式摘穗脱粒机(如图 1-2 所示),并成功地进行了田间试验。这项发明成功地解决了当时澳大利亚南方小麦收割问题,促进了小麦种植面积的迅速扩大。

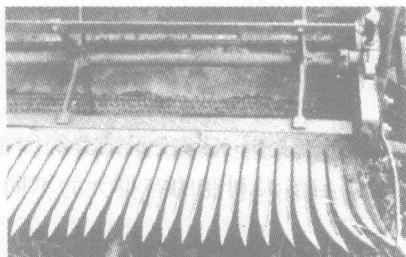


图 1-1 1843 年澳大利亚发明的
篦梳式摘穗脱粒机模型

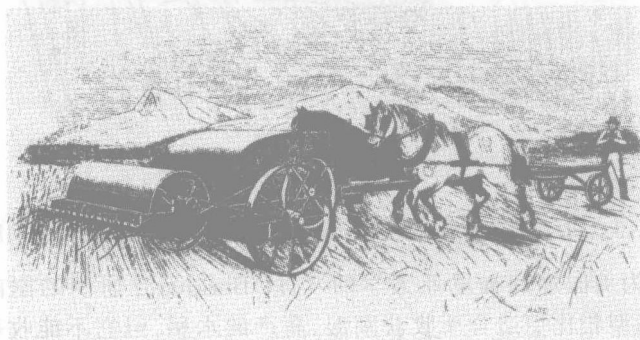


图 1-2 澳大利亚制造的首台篦梳式摘穗脱粒机

在以后近 40 年的时间内,为了解决清选和复脱问题,人们曾经进行了各种方式的探索和研究,直到 1884 年这一问题才由 Hugh Victor McKay 获得了较为圆满的解决。他当时发明了一种被命名为“Sunshine”的篦梳式摘穗脱粒联合收获机,它配有杂余回收和复脱装置,投放市场后受到了普遍欢迎,被大量生产,投放国内市场。该机较适合于澳大利亚南部的小麦收获。这里气候干燥,作物整齐、直立、较矮、稀植、成熟度一致、易于脱粒。但对青草较多、易于倒伏、作物长势较高和密植作物的适应性较差。

在上述研究的基础上,另一位澳大利亚人 Headline Taylor 在 1913 年发明了一种新型割台,如图 1-3 所示。该割台与以往有较大区别,在篦梳齿的下面安装有割刀,可对摘脱后的作物进行切割。摘脱台上并排横向安装两个搅龙,取消了原来的拨禾轮和输送带。前搅龙进行清理篦梳齿,把长茎秆切断和把物料沿切向输送给后面的搅龙,后面搅龙的作用是把物料横向输送给喂入带。田间试验结果表明,该割台作业性能较好,可收获倒伏作物,作业效率高,漏脱损失明显减少,但它也同样有适应性差的缺点,较适合于在干燥、少雨稀植的澳大利亚南

方地区工作。此种割台一直应用到 20 世纪 70 年代中期,现在还可小块试验田里见到这种割台。

此类机型曾多次到北美试验以求开辟市场,但均以失败告终。

苏联、美国、日本、菲律宾等国都曾先后从事过割前脱粒的研究工作,但在原理上都与澳大利亚的有很大的不同。

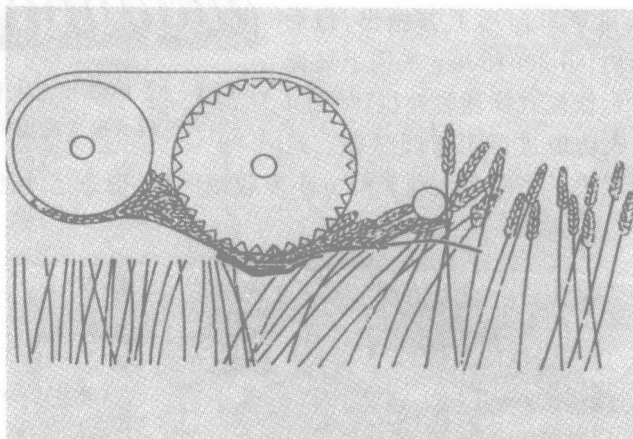


图 1-3 1913 年澳大利亚发明的具有切割性能的双搅龙篦梳式摘脱台

图 1-4 为美国加利福尼亚大学的 T. H. Burkhardt 研制的割前脱粒装置。该机与传统机型相比更适合于收获潮湿、高产的水稻,但它不能收获倒伏水稻,损失也较大,另外它不适宜于收获穗幅差比较大的水稻。

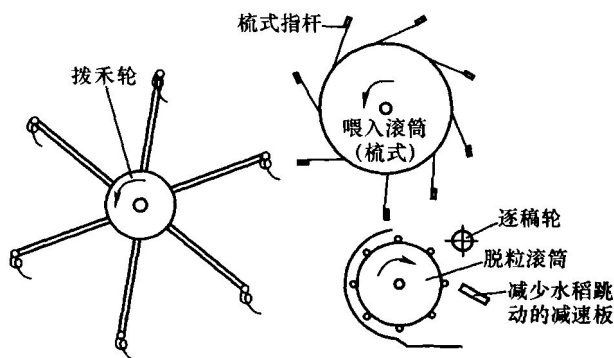


图 1-4 美国加利福尼亚大学研制的割前脱粒装置

图 1-5 为苏联 20 世纪 70 年代中期研制的割前脱粒收获机。该机由梳刷脱粒滚筒、脱粒接收室、管道、惯性分离室、风扇、闸门等组成。它的脱粒装置是一圆柱形滚筒,其圆周上安装有梳齿。脱粒装置置于吸气管路中。作业时,由风扇产生的吸气流通过管道将倒伏作物扶起,并把它引向梳刷脱粒滚筒,梳齿从