

高等农业院校試用教材

农业机械学

理論与設計

下 册

东北农学院編

农机类各专业用

农 业 出 版 社

高等农业院校试用教材

农业机械学

(理论与设计)

下册

东北农学院编

农机类各专业用

內 容 簡 介

本书系由东北农学院负责主编。

全书分上下两册出版。上册包括绪论、土壤耕耘机械、播种及施肥机械、水稻插秧机械、植物保护机械等部分。下册包括谷物和其他作物收获机械等部分。

本书主要适用于农机类各专业教学之用，也可作为农业机械设计制造专业、农业机械制造厂、农业机械化科学研究机关、国营农场和人民公社机务技术人员工作参考之用。

高等农业院校试用教材

农 业 机 械 学

下 册

东北农学院编

农 业 出 版 社 出 版

北京老钱局一号

(北京市市刊出版业营业登记证出字第106号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

农业出版社印刷厂印刷装订

统一书号 K15144·289

1961年10月沈阳制型	开本	787×1092毫米
1961年10月初版		十六分之一
1961年10月沈阳第一次印刷	字数	400千字
1964年6月北京第二次印刷	印张	十九又八分之一
印数 10,981—13,980册	定價	(料五)一元八角

目 录

第九章 谷物收割机械	1
§ 9—1 概述	1
§ 9—2 切割器的种类和工作	4
§ 9—3 往复式切割器的类型	12
§ 9—4 曲柄连杆机构及割刀运动分析	14
§ 9—5 曲柄连杆机构动力学及惯性力平衡	18
§ 9—6 摆环机构及其割刀运动特性	21
§ 9—7 往复式切割器的切割图及其分析	24
§ 9—8 刀片几何形状及尺寸	26
§ 9—9 粗茎秆的切割	29
§ 9—10 拨禾机构的种类及其特点	31
§ 9—11 拨禾轮诸参数的确定与计算	36
§ 9—12 输送器及放铺机构	39
§ 9—13 收割机总体布置	45
§ 9—14 玉米摘穗、剥皮机构	50
第十章 谷物脱粒机具	61
§ 10—1 概述	61
§ 10—2 脱粒器的种类、构造和工作原理	65
§ 10—3 脱粒滚筒的生产率和基本理论	76
§ 10—4 滚筒的设计计算	82
§ 10—5 滚筒的平衡	87
§ 10—6 脱粒机分离机构的种类和原理	88
§ 10—7 链式逐粒器的工作原理	92
§ 10—8 逐粒器的设计方法	104
§ 10—9 玉米脱粒机具	105
第十一章 农用风扇和气流输送	112
§ 11—1 概述	112
§ 11—2 气体在管道里的运动	113
§ 11—3 离心风扇的构造特点	122
§ 11—4 风扇工作原理的分析	126

§ 11—5	風扇的理論計算法	135
§ 11—6	农用風扇的特性	138
§ 11—7	風扇的机械相似性設計方法	140
§ 11—8	农用風扇的工作特点	143
§ 11—9	气流輸送的主要部分的介紹	145
§ 11—10	气流輸送系統的計算步驟	146
第十二章	谷物联合收获机	148
§ 12—1	概述	148
§ 12—2	联合收获机在生产中存在的問題	151
§ 12—3	谷物联合收获机的类型	153
§ 12—4	谷物联合收获机設計的几个問題	156
§ 12—5	谷物联合收获机的世界发展趋势	165
第十三章	谷物清选机械	167
§ 13—1	概述	167
§ 13—2	籽粒的尺寸特性及其分离方法	169
§ 13—3	篩子的种类和应用	171
§ 13—4	在平面篩上被篩物对篩面的相对运动	174
§ 13—5	篩子尺寸的决定	182
§ 13—6	窩眼式清选筒的作用、种类及其基本理論	185
§ 13—7	窩眼式清选筒的設計	190
§ 13—8	籽粒的空气动力学特征及其分离方法	193
§ 13—9	籽粒的表面特征及其分离方法	196
§ 13—10	籽粒的其他特征及其分离方法	203
第十四章	其他作物收获机械	207
§ 14—1	馬鈴薯的作物特征及其收获方法	207
§ 14—2	挖掘鏟	208
§ 14—3	抖动器	212
§ 14—4	离心式分离器	215
§ 14—5	甜菜的作物特征及其收获方法	216
§ 14—6	块根的拔取方向和速度	217
§ 14—7	夹持器	219
§ 14—8	亚麻的作物特征及其收获方法	223
§ 14—9	拔麻器	224
§ 14—10	梳麻器	229
§ 14—11	棉花的作物特征和收获方法	233
§ 14—12	紡錠的工作及其运动	237
§ 14—13	卸棉器	243

§ 14—14 气流采棉	246
第十五章 谷粒干燥机械	250
§ 15—1 谷粒的生理特性和水分	250
§ 15—2 热力干燥法及其工作原理	253
§ 15—3 谷粒干燥机的应用和影响干燥的因素	261
第十六章 农业机械的試驗鉴定	265
§ 16—1 农业机械試驗鉴定的目的、内容与組織	265
§ 16—2 耕耘机械的試驗鉴定	268
§ 16—3 种植机械的試驗鉴定	274
§ 16—4 谷物收获及清选机械的試驗鉴定	279
§ 16—5 农业机械动力测量用的主要仪器	285
§ 16—6 动力测量仪器的应用	292

第九章 谷物收割机械

§ 9—1 概 述

谷物的成熟，一般都可分成几个阶段，如乳熟、腊熟、黄熟等。过早收获会影响谷粒质量，过迟收获则易引起落粒造成损失，降低收获量。因此必须选择适宜时期进行收获。而这个适期时间较短，一般在5—15天左右，这就使得这一最后的田间作业必须迅速及时的进行，不能迟缓。而这一作业又常与其他作业（如播种下季作物或耕地等）交叉，使劳畜力安排非常紧张，同时这一作业本身，也消耗劳动力较多，劳动强度较大，所以收割作业的机械化是十分必要的。

我国劳动人民很早就注意了收获工具的创造和改进，远在13世纪之前，就发明了推镰。解放后党和政府更十分重视，一面补充和改进原有工具，一面从兄弟国家大量引进。仅短短几年中，就使多种机畜力收获机具如收割机、割晒机、联合收获机等，在生产上广泛应用。1958年大跃进以来，党和政府大力发动群众，开展了工具改革运动，多次召开收获工具现场会，交流经验，把各地因地制宜创造出的大量新收获工具，通过反复试验，集中各地不同机具的优点，取长补短，连续改进，从而创造成了如快速割禾器、太谷号收割机等效率高，成本低，构造简单，使用方便的优良机具，为收获作业机械化奠定了有力基础。

但从我国总的情况来说，在农业机械中，收割机械还是个薄弱环节。现有机具主要是麦收机械，而对于其他作物，如水稻、谷子、大豆、高粱等则还缺乏适合的机器。我国幅员广阔，各地栽培作物种类、品种、耕作制度、自然条件等差别极大，麦类作物栽培面积只占很小一部，而其他大部分面积则是水稻，以及玉米、谷子、大豆等，还有一部分经济作物。同时即使同一作物，亦因栽培方法不同而要求各异（如犏作和平作）。这就要求有适应各类作物的收割机械，有适应不同地区的收割机械，现有的收割机或引进的收割机，都还不能完全满足这些要求。因此，我们必须深入研究现有机具和各地具体条件以及农业技术要求的基础上，参照国外先进技术成就，改进和创造出适合我国情况的收割机具，以满足农业发展的要求。

谷物的收获工作包括割刈、收集捆束、运输、脱谷等几个过程，每个过程可以用单独机器分别进行，或分段进行，也可用一个机器同时联合进行。如用太谷号收割机收割，人工捆束，马车运回脱谷场，用脱谷机脱粒，称为分别作业法；用割晒机收割铺放，用装有捡拾器的联合收获机拾起并脱粒是两段作业法；用捡拾器拾起装入车箱，或切断后装入车箱运回脱谷场，用脱谷机脱粒是三段作业法；用联合收获机收割并同时脱粒是联合作业法。在分别或分段

作业法中,单独用于收割的机器即是收割机。

分別作业法需要經過割、捆、堆、运四段工序后才能脫谷。在这些过程中,每次谷粒都要有一些損失,最大时其累計約为总产量的20—25%。且从收割到脫谷的相隔時間愈长,損失愈大,保管上也多費人工,中間遇到气象变化或意外灾害的可能也多,增大了危險性。但也有些优点: 1. 方式較灵活,在收割和脫谷机具沒有配套成龙的情况下,也可配合作业; 2. 可提早收割,延长收获时期,緩和劳畜力緊張的矛盾; 3. 谷粒可在莖秆上完成后熟,适合于收获成熟不齐的作物,并可充实谷粒丰滿程度,提高谷粒質量; 4. 便于充分利用和發揮現有机具設備能力,减少投資,降低成本。因此,目前在我国各地人民公社中广泛地应用着这种收获方法。

我国目前在生产中应用的收割机具,依其动力来分,有如下几种:

1. 人力收割工具:有鐮刀、鈐刀、冲切鏟和快速割禾器等。鐮刀在南北各地应用最广,是适应性最强的一种工具,一般分平刃鐮刀和曲刃鐮刀两种。前者多用于旱田作物的收割,后者多用于水稻收割。鈐刀是一种效率較高的工具,以前多用于收割野生牧草,現亦用于收割水稻,刀的后方有筐子,可使割下的谷物直立不散,便于将谷物放成小鋪,冲切鏟是河南等地习用的一种工具,分单翼和双翼两种,可以收割稻麦作物。双翼冲切鏟收割时,鏟走在两行作物之間,人用力向前推行,一次可割取两行作物。

快速割禾器是1958年大跃进中的产物,現已在南北方各地,收割小麦水稻中已見应用。其优点是效率高(割水稻时比鐮刀高4—5倍),工作較省力,构造簡單,便于推广。但还存在工作可靠性差,使用技术要求高等缺点。

2. 畜力收割机: 畜力收割机目前在生产上应用的主要有两种即“太谷号”收割机和搖臂收割机。“太谷号”收割机是我国自行設計的新型机器,其割幅为0.9米,两人(一人赶馬,一人操縱机器)一馬作业,生产率平均为2—3公頃/班,适于麦类作物收割。改装后(地輪加寬加大并按装防滑爪)有收割水稻(土壤含水量在30%以下时)的可能。此机器的特点是构造簡單,机体輕(171公斤),拉力小(40—60公斤),效率較高,放鋪形式簡單(为反板式),縱向放鋪。但作业时要求人工及时将割下的禾秆捆束并移动位置,为下次行程讓开道路,是为其一項缺点。

搖臂收割机:在我国几个大型收获机械制造厂,皆有生产。目前分布在东北地区較多,主要适于麦类作物收割。改装后(将护刀器拆下,换上固定刀支持,将耙板拆下换上帆布条,割刀前方装上扶莖器),可以收割大豆。其特点为:工作可靠,能側向放鋪,割后不必移动捆束,但缺点是:机构較复杂,机体較笨重,拉力大和通用性不高还不能收割谷子水稻等作物。

此外,尚有畜力割捆机,原系苏联进口,适于麦类作物收割,割后可将谷物捆成小束,投置在地面上便于以后作业。但缺点是:机构复杂,工作时故障較多,对捆繩質量要求較高(細麻繩),作业成本高,因而目前生产上很少采用。

从1958年大跃进以来,在华北和东北各省,还进行了几种畜力高秆作物(高粱、玉米等)

收割机的試制和研究,如悬刀式和回轉刀式单、双行高杆作物收割机。前者所用割刀为镰刀形,刀柄悬于机器前梁上,镰刀冲切时可上下摆动。后者則用装于梁架上的回轉刀。由于用机器收割高杆作物还是一个新的創举,所以新的問題也不断出現,目前各地还都处在試驗研究阶段,尚未大量推广。

3. 机力收割机:机力收割机目前有4—5种之多,其中主要者为机引割晒机和悬挂割晒机两种,皆已在生产中广泛应用,工作較為可靠。机引割晒机为北京农业机械厂制造,主要适于麦类作物收割,改装后可收割大豆和水稻等作物。但生产中有下列問題和缺点:收割大豆时,割搓較高,收割水稻时机器下陷严重,机組回轉不灵活,通用性不强等。悬挂式割晒机为四平农业机械厂生产,主要适于麦类作物收割,改装后可收割大豆、水稻。但也存在着与上述类似的缺点和問題。

由于生产需要,在华北和东北地区,对于大豆、水稻、谷子以及高杆作物等,正进行着机力收割机械的研究与創造。

收获期谷物的生长特征、物理机械特性和土壤状态,是决定收获方法、收获机械的工作过程和工作部件形式的基本依据。因此在研究設計和改进制造收获机械之前,必須熟悉了解。它們所包括的内容很广,其中与收割作业有重要关系的是:1. 谷物在收获期的生长状况、产量和各部尺寸;2. 茎秆基部切割阻力;3. 各部分容重与摩擦系数;4. 收获期地表状况和土壤水分等。但这些项目的具体内容,都依各地自然条件、栽培方法、作物品种等不同,不可能以一个地方或地区的試驗数据来概括全国。各地在应用时,必須根据本地具体情况進行实测和选定。在此仅举几个例子供作参考。

作物茎秆基部尺寸,直接关系到切割器的形式和切割阻力。以小麦來說,直径大者切割阻力大,反之則小;在直径相同时,則依其湿度而不同,湿度大者切割阻力大。其試驗結果如下表:

表 9—1 在不同湿度情况下小麦茎秆的切割阻力

作 物	茎秆基部直径(厘米)	湿 度 (%)	所用割刀的切割角	切割阻力(公斤)
小 麦	0.4	50	35°	0.228
小 麦	0.4	2	45°	0.152

表 9—2 玉米茎秆的切割阻力

作 物	茎秆基部直径(厘米)	切割阻力变化范围(公斤)	平均切割阻力(公斤)
玉 米	3.1	2.2—5.8	3.57

下面再列出几种作物对不同材料的摩擦系数以供参考:

表 9—3 作物莖秆对不同材料的摩擦系数

作物种类	鋤 板		鋤 鐵		木 材	
	变化范围	平均值	变化范围	平均值	变化范围	平均值
水 稻	0.53—0.57	0.55	0.67—0.75	0.70	0.55—0.62	0.58
大 豆	0.57—0.67	0.59	0.70—0.80	0.73	0.64—0.67	0.66
小 麦	0.64—0.72	0.68	0.72—0.83	0.76	0.55—0.78	0.60
高 粱	0.60—0.67	0.61	0.50—0.53	0.52	0.86—0.96	0.92

§ 9—2 切割器的种类和工作

切割器是各种收割机具的最重要的工作部件,其工作质量的好坏,直接影响整个机具的性能。在現用的各种收割机具上,切割器有多种形式,但总的可分为固定的和运动的两类。一般簡易收割工具均用固定式切割器。割刀固定于器体上,本身无运动,依使用者的动作或沿拉力方向进行切割。較复杂的收割机械則多用运动式的,其中应用最广的是往复式切割器。这种切割器用曲柄連杆机构或摆环机构驱动,割刀做往复运动进行切割。此外最近也有一部分机器用回轉式切割器,割刀以圓运动进行切割。依其特点和工作原理分述如下:

1. 固定式切割器 鐮刀、鉸刀、冲切鐮、快速割禾器、悬刀式切割器等皆属于此类,构造較简单,工作原理基本相同。用鐮刀切割作物时,一般是左手握禾秆右手持鐮刀,左手与作物根部之土壤构成了作物支承条件。作物在两点支承条件下,可順利切割。快速割禾器、冲切鐮、鉸刀、悬刀式切割器等切割时,虽系一点支承,但由于其切楂較低,切割速度較快,依靠作物本身的慣性力,和莖秆的剛度等,也能維持其应有的切割性能。

鐮刀刃綫(刃部的切綫)与割刀运动方向之鉛垂綫的夹角(图9—1)称为切割角 α ,其值依据稳定切割条件(莖秆不至滑出)的要求而确定。即鐮刀切割时,莖秆对刃口有阻力 R , R 可分为平行和垂直刃綫两分力 R_1 和 R_2 ; R_1 使莖秆沿刃綫滑动, R_2 使刃口切入莖秆。此外刃口处有阻止莖秆滑动之摩擦力 F ,而

$$F = R_2 f = R \cos \alpha \operatorname{tg} \varphi$$

式中: f ——莖秆对刃口摩擦系数;

φ ——摩擦角。

在上述各力作用下,如 $R_1 > F$,莖秆对刃口发生滑动,成为不稳定的切割状态,切割不可靠,如 $R_1 \leq F$,莖秆被刃口卡住进行切割,刃部易切入莖秆,为稳定切割状态,此条件为确定切割角之基本依据,即:

$$R_1 \leq F$$

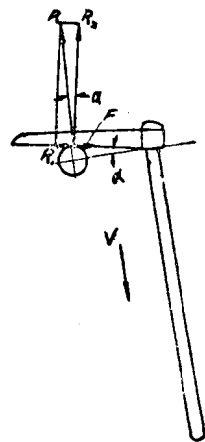


图 9—1 鐮刀受力分析

$$R \cdot \sin \alpha \leq R \cdot \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

$$\operatorname{tg} \alpha \leq \operatorname{tg} \varphi$$

$$\text{故 } \alpha \leq \varphi$$

由上式可知镰刀之切割角 α 必须小于刃口对茎秆之摩擦角 φ 。其他如钐刀、冲切鎌、悬刀式切割器等之切割角也应符合此项要求。

镰刀切割时,沿速度 v 方向运动, v 可分为垂直与平行刃线 v_1 、 v_2 两分速度(图9—2), $v_1 = v \cos \alpha$ 为砍切速度, $v_2 = v \sin \alpha$ 为滑切速度。经验证明:砍切时切割费力,且刃口易遭受磨损和变钝;滑切时切割省力,刃口使用耐久。这成为我们日常生活习见之事实,如厨刀切菜的斜切便是。苏联哥略契金院士曾做过斜切作物茎秆的试验,结果是:斜切度愈长(滑切长度愈长)切割愈省力,反之则愈费力,归纳出之经验公式为: $P^3 S = \text{常数}$, 即:

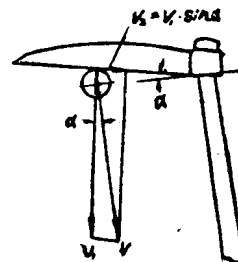


图9—2 镰刀的滑切
切割茎秆所需之压力与滑切长度 S 的立方根成反比。试验结果所得各数字见表9—4。

表9—4 刀刃滑切长度与所需正压力之关系

滑 切 长 度 S (毫米)	切 割 所 需 正 压 力 P (克)
1.5	600
2.0	500
3.0	400
4.0	200

由此可见,滑切是影响切割质量的主要因素之一,故应力求加大。欲得较大滑切速度 v_2 ,在速度 v 不变条件之下,只有增大切割角 α ,但 α 受到稳定切割条件的限制,不可随意增大。故合理的切割角 α ,根据上述两项要求,应选择为略小或接近于 φ 值为适宜。目前直刃镰刀及悬刀式切割器之切割角一般为0—30°。曲刃(弯形)镰刀之 α 角为变值一般较直刃刀为大,切割时茎秆多由滑动到滑切,砍切作用小,切割较省力。

快速割禾器的切割角 α 较大,一般为65—80°(刃部形状有直线刃、曲线锯齿刃、曲线平刃、波浪形平刃等四种,如图9—3),故滑切作用较大,切割较省力。

但为了克服由于茎

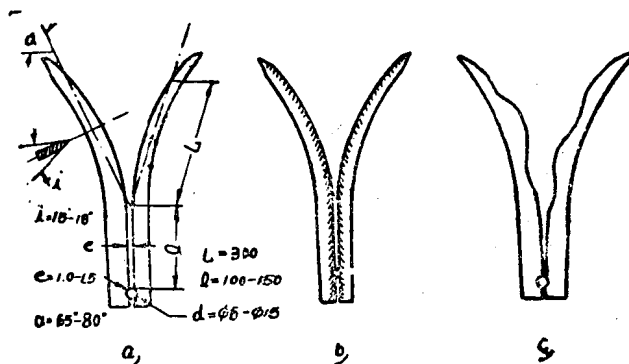


图9—3 快速割禾器各类刀片的形状
a—曲线平刃; b—曲线锯齿刃; c—波浪形平刃。

秆滑动而产生切割不可靠的缺点,在两刀刃根部处留有少许缝隙,尾部有一圆孔。缝隙大小由茎秆粗细而定,一般为1—1.5毫米,长度为100—150毫米,圆孔直径为10—15毫米。

未被切断之茎秆滑到此处时被切断。

此外与镰刀切割质量有关的另一因素是切割方向。此点在稻麦作物切割中,不甚明显,但在粗茎秆作物切割时,此条件之影响则比较显著。当割刀垂直作物轴线切割时较费力,倾斜于作物轴线切割时较省力。

悬刀式切割器,即注意了这个条件,其刃口向上抬起,刀背向下倾斜,切割时呈倾斜切割状态,切割较省力。苏联哈尔科夫工艺研究院,曾进行过对作物茎秆三个方向的切割试验:

(1)垂直作物轴线切割;(2)斜切(切割面与作物轴线形成角度);(3)倾斜面切割(切割方向和切割平面和作物轴线都成角度)。试验证明:切割阻力和功率消耗,在斜切时降低30—40%,而在倾斜面切割时阻力降低60%,功率降低30%。

在多次试验中证明,在相同条件下,切割速度愈大则切割质量愈好,反之则愈坏。各种切割器之适当切割范围,视茎秆之支承条件(两点或一点支承及两支承点距离等)和茎秆的刚度不同而各异。如镰刀切割细茎秆刚度较小的小麦和水稻时,则需稍快的速度,否则将出现茎秆弯曲、扯断或连根拔起现象。但当切割茎秆刚度较大的玉米、高粱等作物时,则速度可稍慢。冲切镰、快速割禾器及悬刀式切割器等,由于切割茎秆是一点支承,故切割速度应加快,否则茎秆将被推向一方,不能切断。

刃部锋利与否,对切割质量有直接影响。镰刀的适宜锋利程度,目前尚无科学的测定,通常均根据经验而定。但应注意刃口不要太薄,以免迅速磨钝和卷刃。快速割禾器刃部之厚度应在0.15毫米以下。

2. 往复式切割器 往复式切割器是在现有收获机械中应用最广泛的一种,工作可靠,通用性广,适应性强,能收获粗细茎秆各种作物,可按装在宽窄幅各种机具上。其割茬高度适应范围较大,一般在10—14厘米。但目前使用中尚存在一些问题,其中主要的是切割速度受到往复惯性力的限制,不易再提高(一般为1—2米/秒之间),从提高机器作业速度来看,尚感不足。此外在我国东北地区割大豆时要求低割,以免损失。用现有型式的往复式切割器,留茬较高,且低割时又易堵刀,还不能完全满足要求。

往复式切割器由动刀片和定刀片两部分组成,动刀片作往复运动,定刀片不动而支承动刀片运动中推来的茎秆,使作物在动、定两刀片夹持下被剪断,其工作过程与剪刀相似。剪刀在剪切之前须将剪口张开,将被剪切物投置于其上,然后使张角逐渐减小,这时被切割物(以茎秆为例),随之徐徐向上滑动,直到张角减小到一定程度时切物(茎秆)就被剪口咬住,刃部开始切入茎秆,逐渐将其剪断。可

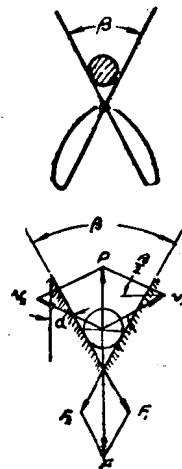


图 9-4 剪刀
剪切受力分析

見开始切入之剪口張角 β 是保証其剪切的起碼条件,其受力关系如图9—4所示。剪刀两刃口对莖秆有正压力 N_1 及 N_2 , 两者之合力为 P , 其方向向上使莖秆向外滑动。两刃口上又有摩擦力 F_1 及 F_2 , 其合力为 F , 方向向下使莖秆卡住在刃口上免于滑动。当 $P > F$ 时, 莖秆向上滑动, 为不稳定切割状态, 不能工作; 当 $P \leq F$ 时, 則莖秆被剪口咬住可进行切割, 为稳定切割状态。因此必須保証

$$P \leq F$$

由图 9—4 知 $P = 2N_1 \sin \frac{\beta}{2}$ 图中 $N_1 = N_2$; $F_1 = F_2$;

$$F = 2F_1 \cos \frac{\beta}{2} = 2N_1 \operatorname{tg} \varphi \cos \frac{\beta}{2}$$

式中: α —— 剪刀切割角;

β —— 剪口張角;

f —— 刃部对莖秆的摩擦系数;

φ —— 刃部对莖秆的摩擦角。

代入得:

$$2N_1 \sin \frac{\beta}{2} \leq 2N_1 \operatorname{tg} \varphi \cos \frac{\beta}{2}$$

简化得:

$$\frac{\beta}{2} \leq \varphi$$

由于剪刀是对称的故可写作

$$\alpha \leq \varphi$$

由上式可知, 剪刀保証剪切作用之剪刀切割角必須小于摩擦角 φ , 而往复式切割器动定两刀片之切割角不等, 为 α_1 及 α_2 , 即 $\alpha_1 + \alpha_2 = \beta = 2\alpha$ (图 9—5)。同时动定两刀片之刃部状况不同 (有光刃及锯齿之分), 对莖秆之摩擦角亦不等, 为 φ_1 及 φ_2 , 故上式可改写为:

$$\alpha_1 + \alpha_2 \leq \varphi_1 + \varphi_2 \quad (9-1)$$

此式可用下法验证: 如图 9—6 所示: 切割器工作时, 刃口处有: 正压力 N_1 及 N_2 , 摩擦力 F_1 及 F_2 存在。現以 F_1 力为座标軸綫, 以 N_1 力为 y 軸之軸綫, 对上述各力进行分解。其稳定切割状态的条件为:

$$F_1 \geq N_2 \sin \beta - F_2 \cos \beta$$

$$\text{而 } F_1 = N \operatorname{tg} \varphi_1; \quad F_2 = N_2 \operatorname{tg} \varphi_2$$

代入上式得:

$$N_2 \frac{\cos \varphi_1 (\sin \beta \cos \varphi_2 - \sin \varphi_2 \cos \beta)}{\sin \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2} \leq N_1$$

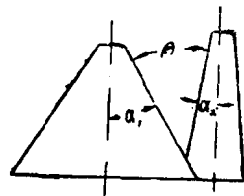


图 9—5 动刀、定刀之 α 角与 β 之关系

各力对 y 轴投影之合成为:

$$N_2 \cos \beta + F_2 \sin \beta = N_1$$

代入上式得:

$$N_2 \frac{\cos \varphi_1 (\cos \varphi_2 \sin \beta - \sin \varphi_2 \cos \beta)}{\sin \varphi_1 \cos \varphi_2} \leq N_1 \cos \beta + N_2 \tan \varphi_2 \sin \beta$$

整理之,得:

$$\frac{\sin \beta}{\cos \beta} \leq \frac{\sin \varphi_1 \cos \varphi_2 + \sin \varphi_2 \cos \varphi_1}{\cos \varphi_1 \cos \varphi_2 - \sin \varphi_1 \sin \varphi_2} = \frac{\sin(\varphi_1 + \varphi_2)}{\cos(\varphi_1 + \varphi_2)}$$

简化之得:

$$\tan \beta \leq \tan(\varphi_1 + \varphi_2), \text{ 则 } \alpha_1 + \alpha_2 \leq \varphi_1 + \varphi_2$$

此式为确定往复式切割器动、定刀片切割角之基本公式。须注意选择切割角时,在满足公式(9—1)的要求条件下,应尽量增大,以便增加其滑切作用,减小切割阻力。试验中所得之切割阻力与切割角的关系见图9—7。

根据苏联试验资料,往复式切割器的切割速度,最低应在0.6米/秒以上,如小于此值则发生茎秆扯破,堵刀,和茎秆压扁等情况。切割速度愈高,切割阻力愈减少,切割质量也随之提高。但此种切割器的驱动机构是曲柄

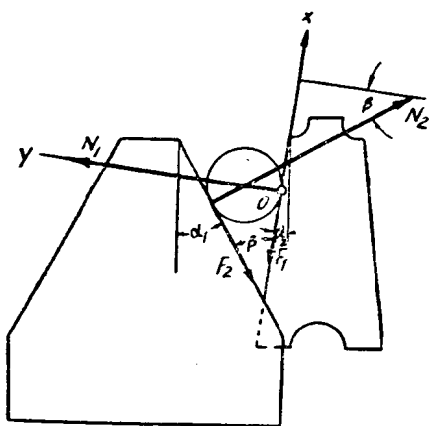


图9—6 动、定刀片切割茎秆时的受力分析

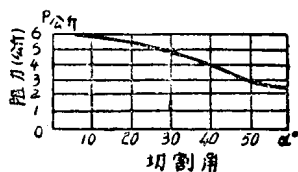


图9—7 切割阻力与切割角关系(切割10棵小麦所需之力)

连杆机构或摆环机构所组成,有往复惯性力存在。往复惯性力所耗之功也随切割速度的提高而增加(与曲柄转速平方成正比)。故选择切割速度时,应从两者关系中,取得最有利的范围来确定。根据综合试验的结果(图9—8),切割速度从1.3—2.3米/秒之间切割阻力下降很慢,但空运转所需之力(消耗在惯性力上)则增加很快,因此增加了总切割力。特别在1.6—2.3米/秒之间,总切割力增加更剧烈(切割阻力减少33%,而空运转所需之力增加104%),因此在现有收获机械中,切割速度一般采用1—2米/秒之间,不宜过高。

动定两刀片之间的垂直距离是刀片间隙,其大小对切割质量有很大影响。间隙小则在剪切时,茎秆只产生剪变形,切割就省力;间隙大则茎秆易弯曲或被扯断,切割阻力增加。

根据试验,刀片间隙与切割阻力及茎秆刚度(EJ)等方面之关系,归纳为下列经验公式:

$$\frac{P_{\text{破}}}{P_{\text{切}}} = \psi \frac{E J v^3}{C^3} \quad (9-2)$$

式中: $P_{\text{破}}$ ——茎秆破损阻力;

$P_{\text{切}}$ ——茎秆切割阻力;

E ——茎秆刚性模数, 克/毫米²;

J ——茎秆截面惯性矩(毫米);

C ——刀片间隙(毫米);

ψ ——系数;

v ——切割速度(米/秒)。

由上式可知, 切割阻力 $P_{\text{切}}$ 与速度平方成反比, 与间隙立方成正比。因此间隙不可过大。因此要求(1)在动定两刀片装成楔角时(适于光刃动刀片的割草机和收获机), 动刀片前端与定刀片相接触, 后端间隙为0.3—1毫米;(2)当动、定刀片平行按装时(适于锯齿刃动刀片之收割机及联合收获机), 刀片间隙为0.5毫米, 后端间隙最大为1.5毫米, 且这种刀片的数目不应多于刀片总数的 $\frac{1}{3}$, 其余均应较此为小。

刀刃之锋利度, 系从显微镜中测出, 以刀口厚度来表示(微米)。刀口愈薄切割愈容易, 但刀口易磨损或卷刃, 因而动刀片刀口之锋利度有其适应范围。根据试验结果如下表所示:

表9-5 刀片刀口适宜之锋利度范围

切 割 对 象	最 小 厚 度 (微米)	最 大 厚 度 (微米)
谷 物	20	40
牧草、青饲料	15	30

3. 回轉式切割器 回轉式切割器, 在現有收获机具中还应用不多, 但在华北东北各省, 工具改革选型会上的畜力高杆回轉刀收割机, 武昌县創造的手推回轉刀割麦机以及日本最近制造的小型动力式圆盘刀割麦机等都采用了这种形式。在国外的牧草收割机, 甜菜收获机和国内的饲料切碎机上, 采用回轉式切割器者为数不少。回轉式切割器的一般特点是: 切割速度快(10—20米/秒)且为等速, 滑切作用大, 切割能力强, 由于是圆周等速运动, 所以易于平衡, 功率消耗较小, 对宽行距作物的收割较合适。但它的缺点是工作幅窄, 受其直径的限制, 如为多行时, 传动机构复杂, 因此不适于大型宽幅收割机械。其割刀的形式多种多样, 常見的有直綫刀, 曲綫刀, 光刃圆盘刀, 锯齿圆盘刀和三角形回轉刀五种, 如图9-9。

直綫刀回轉刀在飼料切碎机和試制的高杆作物收割机上采用較多。由2—4个回轉刀片和支持刀两部分組成。切割时, 一般是將莖秆夹持在刀刃与支持刀之間进行收割, 但也有部分莖秆在未接近支持刀之前即被割断。因此它在切割时, 是一点支承和两点支承两种条件

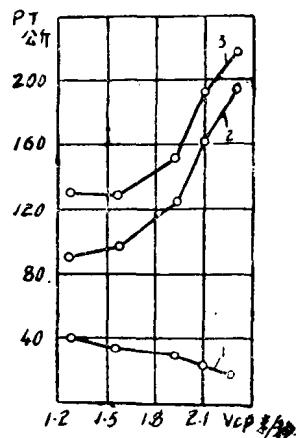


图9-8 切割速度与切割力及空运转所需力的关系
1—切割阻力; 2—空运转所需力; 3—总合力。

同时存在。直线刃回轉刀的切割質量一般不如曲线刃回轉刀为佳,且功率消耗較大,但由于容易制造和能耐久使用,故常被采用。

这种切割器的切割角 α 的大小,应根据保证具有稳定切割条件($\alpha \leq \varphi$) 和尽量增大其滑

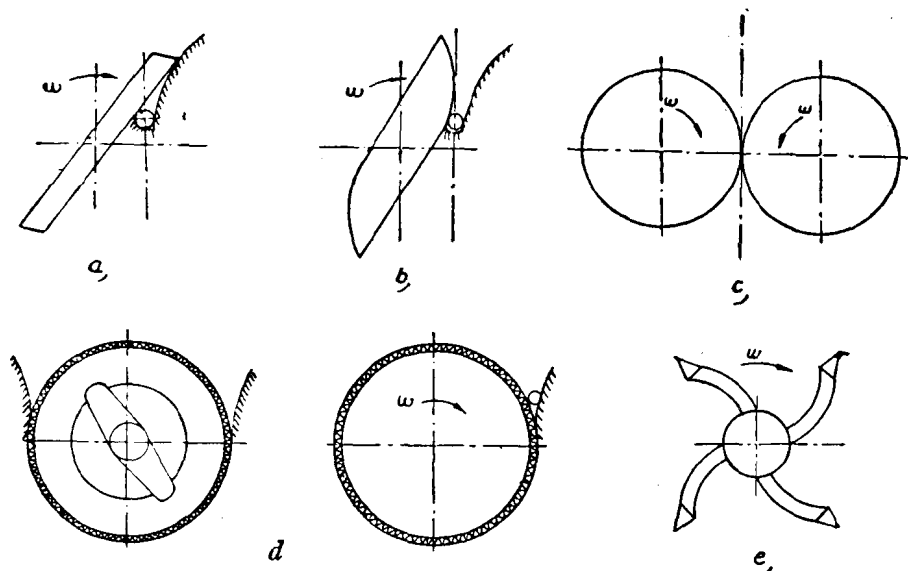


图 9—9 各种回轉式切割器的割刀形状

a—直线刃; b—曲线刃; c—光刃圆盘刀; d—锯齿刃圆盘刀; e—三角形回轉刀。

切作用的要求而确定。目前生产中应用的直线刃回轉刀,有两种形式:(1)刃綫与徑向綫重合 $\alpha = 0$; 刃綫与徑向綫相交并成逆轉向之夹角, (即切割角)。由图 9—10可知,第一种情况割刀切割时,純系砍切而无滑切作用,对工作不利; 第二种情况割刀切割时, 其滑切速度 $v_2 = v \sin \alpha$ 。此外, 在 $\alpha \neq 0$ 时, 刃部各点之 α 值并非相等, 刀刃內端处 α_1 角較大, 刀刃外端处 α_2 角較小, 即 $\alpha_2 < \alpha_1$, 故选择最大极限 α 角时, 应以外端为基准, 即 $\alpha_2 \leq \varphi$, 这样可保证工作可靠。从理論分析来看, 合理的刀片形状其刃部应做成曲线形(如图 9—10d)使各点的切割角

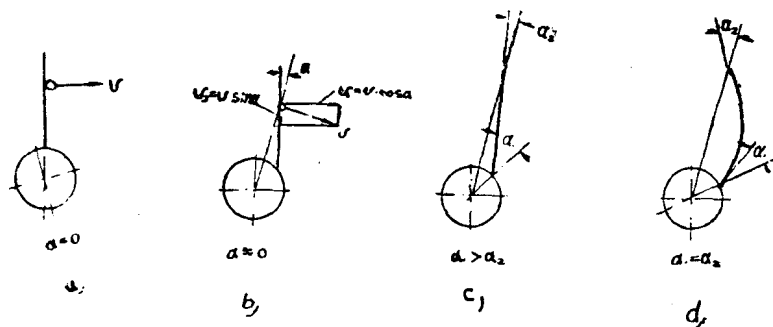


图 9—10 刃綫的切割角与滑切速度的关系

(各点切线与径向线之夹角)相同。这样可使刃部各点都在最有利的条件下进行工作。

直线刀回轉刀工作时,所需之轉矩为变化值。形成之原因有二:其一系由于莖秆切割时在刃部位置不同,当在刃口內端(半径小)切割时力矩則小,在刃口外端切割时力矩則大(半径大)。其二,是由于割刀每单位轉角所承受之負荷不等(刃线通过支持刃之工作长度不等)。如图9—11所示,切刀开始切割时,在O点到1点之 $\Delta\omega$ 轉角內,刃部通过支持刃之工作长度为1—1',由1点到2点之 $\Delta\omega$ 轉角內通过支持刃之刃线长度为2—2'显然較1—1'为大。而它在每单位轉角($\Delta\omega$)內刃线通过支持刃的长度不等,逐漸加大,至一个刀片通过完了为止。因此在每单位轉角時間內割刀切割莖秆的数量逐漸增加,其所需之轉矩也漸增大。而割刀又由几个刀片所組成,故工作时割刀之轉矩是由零变至最大,再由最大变到零的間歇性脉动負荷,对工作不利。为克服上述缺点,在刀片形状上有些机器(如青貯飼料切碎机)采取阿基米德曲线或偏圆弧线,以满足单位轉角內負荷相等的要求,这就是曲线刀。

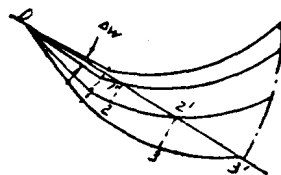


图9—11 每单位轉角 $\Delta\omega$ 刃线通过支持刃的长度

在东北地区工具选型会上展出的割茬机上,有采用光刃圆盘者,一般是双刀对称排列,中間留有小的間隙(較莖秆直徑稍小),割刀无驱动机构,切割时,在莖秆对刃部挤压作用,使两圆盘刀相对回轉进行切割。此种割刀之割茬較低,并可入土切割,但工作不甚可靠,有时堵刀或切割不断。甜菜收获机上光刃圆盘刀为一个,其对側有曲线形支持刀,两者构成曲线形夹角,使被切割物(甜菜叶子)不易滑出。

我国1960年工具选型会上展出的手推式割麦机,日本制造的小型动刀割麦机及黑龙江省1960年工具改革大会上展出的圆盘式高秆切割器等都采用了锯齿圆盘刀,其工作过程与前述切割器相同,莖秆一点支承和两点支承同时存在。但收割稻麦等窄行密植作物时,以一点支承切割为主;收割寬行距作物时,則以两点支承切割为主。試驗証明:此种切割器,适应性較大,可收割粗細禾秆各种作物,且切割能力較强,消耗功率較小。但缺点是:收割稻麦作物时,割茬不甚稳定(割茬成波浪形),割幅較小(以圆盘直徑为界)不适于寬幅机械采用。此外傳動較复杂。圆盘刀的锯齿形状,可分为大齿和小齿两种。大齿者齿形为小三角刀片形,切割角为 30° ,其刃口鋒利,切割較省力,但制造成本較高;小齿者齿形为鏟齿形,制造簡單,目前两者皆有使用。

三角形回轉刀,由三角形刀片和固定盘組合而成。固定盘上方有曲线形导禾板,可使作物向外滑出,防止纏草。此种切割器的切割过程,亦为一点支承切割,故切割速度极高(最高达30米/秒以上),割茬較低,目前在牧草收获机上有采用此种形式者。

上述各种回轉式切割器的割刀直徑,因机器割幅或行距,莖秆粗細等条件而定,一般为150—450毫米。切割速度根据作物种类及割茬高低而定,經試驗所得之适宜的切割速度范围如下表: