

农业机械学



镇江农业机械学院 主编



中国农业机械出版社

高等院校试用教材

农业机械学

(下册)

镇江农业机械学院 主编

中国农业机械出版社

本书为高等院校农机设计专业教材之一，主要内容有农业机械的典型结构、基本理论、主要工作部件的设计、试验方法等。读者对象主要是农机专业师生，也可供农机工程技术人员参考。

农 业 机 械 学

(下 册)

镇江农业机械学院 主编

*

中国农业机械出版社出版

重庆印制一厂印刷

新华书店北京发行所发行

新华书店经售

*

787×1092 16开 24¹/₂印张 600千字

1981年3月北京第一版 1981年3月重庆第一次印刷

印数：00,001—11,500册 定价：2.50元

统一书号：15216·060

前 言

本书是根据1978年6月在江苏镇江召开的高等院校农业机械专业教材会议上拟定的编写大纲编写的。全书分上下两册。上册主要为耕种机械和植保机械，下册主要为收获机械和禽畜饲养机械。

本书内容着重于常用农业机械的原理、构造和设计计算等。编者力求从我国实际出发，反映我国农业机械在科学研究和生产制造方面的新成就，并适当介绍了有关国外资料。考虑到教材的通用性，取材方面偏重于南北方有代表性的典型机具。我国幅员辽阔，农业机械的地方性较强，机具种类又多，各校可根据地区特点组织教学。

由于参考资料较多，本书未能全部采用国际单位制，还部分地保留了与国际单位制并用的单位和其他单位。

参加本书编写工作的有：吉林工业大学何春岁（上册第三章的六、七节，第五章的十一节和第八、九章）、张兰星（下册第四、五、六、九章和第十章的一至五节）、吴贵山（下册第十二章）；洛阳农业机械学院白崇仁（上册第四、七章）、许大兴（下册第七章）；武汉工学院陶福林（下册第三、十一章）；北京农业机械化学学院曹崇文（下册第十章的六、七节）；镇江农业机械学院孙一源（上册第一、三章）、桑正中（上册第二、五章）、彭嵩植（绪论、上册第六、十二、十三、十四章，下册第十六章）、凌景行（上册第十、十一章）、吴守一（下册第一、二、八章）、李伯珩（下册第十三、十四章和第十七章的一至五节）、高行方（下册第十七章的六至十节）。

以上五院校还有一些同志参加了本书的审校和修改工作，最后由彭嵩植和吴守一分别对上册与下册统稿、定稿。

1979年10月在成都召开了由吉林工业大学袁矿苏主持的审稿会议，参加会议的有：农业机械部教材编辑室、成都农业机械学院、吉林工业大学、洛阳农业机械学院、武汉工学院、安徽工学院、北京农业机械化学学院、东北农学院、西南农学院、山西农学院和镇江农业机械学院等单位的同志。与会者审阅和讨论了初稿，提出了不少宝贵意见，谨致谢意。

限于编者水平，难免有缺点和错误，诚恳地希望读者批评指正。

一九八〇年七月

目 录

谷物收获机械

第一章 概论	1	§ 4-7 其他类型的脱粒装置	99
§ 1-1 谷物收获机械化的意义	1	第五章 分离装置	105
§ 1-2 谷物的生物学特性	1	§ 5-1 分离装置的类型及其构造	105
§ 1-3 谷物收获工艺及其机器系统	3	§ 5-2 键式逐稿器的运动分析	109
第二章 切割器	6	§ 5-3 逐稿器的分离性能	114
§ 2-1 切割原理	6	§ 5-4 键式逐稿器主要参数的选择	116
§ 2-2 切割器的类型	10	§ 5-5 键式逐稿器的改进	119
§ 2-3 往复式切割器的构造	11	第六章 清粮装置	121
§ 2-4 割刀传动机构及其运动特性	15	§ 6-1 清选原理	121
§ 2-5 往复式切割器的切割速度	20	§ 6-2 清粮装置	125
§ 2-6 割刀速度和机器前进速度的 关系	23	§ 6-3 筛子的选择	134
§ 2-7 切割器传动机构的动力学	26	§ 6-4 筛子的尺寸和传动机构	135
§ 2-8 往复式切割器的阻力	31	§ 6-5 风扇的基本理论	141
§ 2-9 刀片的齿纹和磨损	33	§ 6-6 风扇的计算	148
§ 2-10 粗茎秆切割器	36	第七章 输送器和升运器	152
§ 2-11 回转式切割器	39	§ 7-1 带式输送机	152
§ 2-12 挠性切割器	41	§ 7-2 螺旋推运器	155
第三章 拨禾轮与扶禾器	43	§ 7-3 刮板式输送机	158
§ 3-1 拨禾轮的运动轨迹	43	§ 7-4 斗式升运器	161
§ 3-2 拨禾轮的工作过程	44	§ 7-5 抛扔式输送机	163
§ 3-3 拨禾轮的主要参数	47	§ 7-6 各种型式输送装置的配合设计	164
§ 3-4 拨禾轮的调节机构	50	第八章 收割机和割晒机	167
§ 3-5 偏心拨禾轮	52	§ 8-1 立式割台收割机	167
§ 3-6 扶禾器的类型及一般构造	54	§ 8-2 卧式割台收割机	172
§ 3-7 扶禾器的工作过程	56	§ 8-3 回转割台收割机	174
§ 3-8 扶禾器的主要参数	61	§ 8-4 悬挂式割晒机	177
第四章 脱粒装置	67	第九章 脱粒机	179
§ 4-1 谷物的脱粒特性与脱粒原理	67	§ 9-1 全喂入式脱粒机	179
§ 4-2 脱粒装置的类型与构造	69	§ 9-2 半喂入式脱粒机	181
§ 4-3 纹杆滚筒式脱粒装置	80	§ 9-3 玉米脱粒机	181
§ 4-4 纹杆滚筒式脱粒装置的工作 特性及参数选择	87	第十章 谷物联合收获机	189
§ 4-5 弓齿滚筒式脱粒装置	92	§ 10-1 联合收获机的类型和特点	189
§ 4-6 钉齿滚筒式脱粒装置	96	§ 10-2 联合收获机的收割台	193
		§ 10-3 联合收获机的辅助部件	200
		§ 10-4 联合收获机的传动	203

§ 10-5	联合收获机的液压传动	239	§ 11-1	谷物联合收获机的总体参数	230
§ 10-6	联合收获机的监视装置	220	§ 11-2	谷物联合收获机的动力选择	234
§ 10-7	联合收获机的自动调节	224	§ 11-3	谷物联合收获机的总体布置	233
第十一章	谷物联合收获机的总体设计	230			

其他作物收获机械

第十二章	玉米收获机械	253	§ 13-4	棉花收获机械的发展趋向	290
§ 12-1	概述	253	第十四章	甜菜和薯类收获机械	293
§ 12-2	玉米摘穗剥苞叶机的结构	254	§ 14-1	甜菜的特性及其机械化收获	293
§ 12-3	玉米摘穗装置	261	§ 14-2	甜菜收获机械简介	295
§ 12-4	玉米果穗的剥苞叶装置	270	§ 14-3	工作部件的构造及参数分析	297
§ 12-5	玉米摘穗台	274	§ 14-4	甜菜收获机械的发展趋向	305
第十三章	棉花收获机械	280	§ 14-5	马铃薯的特性及其机械化收获	306
§ 13-1	概述	280	§ 14-6	马铃薯收获机械简介	307
§ 13-2	棉花收获机械简介	281	§ 14-7	工作部件的构造和参数分析	310
§ 13-3	摘棉器的构造及参数分析	286	§ 14-8	马铃薯收获机械的发展动向	315

谷物干燥机械

第十五章	谷物干燥机械	317	§ 15-4	谷物的干燥特性	322
§ 15-1	概述	317	§ 15-5	谷物干燥机的基本计算	323
§ 15-2	谷物干燥的一般原理及方法	318	§ 15-6	谷物干燥机械	325
§ 15-3	干燥介质的特性	321	§ 15-7	谷物干燥机械的发展动态	330

禽、畜饲养机械

第十六章	禽、畜饲养机械	331	§ 16-3	饲料调制机械	344
§ 16-1	概述	331	§ 16-4	喂养及其他机械	348
§ 16-2	饲料加工机械	331			

行走装置

第十七章	行走装置	357	§ 17-6	履带行走装置的构造	372
§ 17-1	轮子的种类和构造	357	§ 17-7	履带行走装置的结构配置	378
§ 17-2	轮子的配置	360	§ 17-8	履带行走装置的通过条件	379
§ 17-3	轮子的运转条件	362	§ 17-9	履带行走装置的行走阻力	380
§ 17-4	轮子的沉陷	364	§ 17-10	履带行走装置的转向性能	383
§ 17-5	轮子的滚动阻力和土壤推进力	367			

谷物收获机械

第一章 概 论

§ 1-1 谷物收获机械化的意义

收获是谷物栽培的最后一个环节，对于谷物的产量和质量具有重要的影响。

收获作业的季节性很强。例如，小麦最适宜的收获期一般只有5~8天。收获过早，籽粒还不饱满，会影响产量；过迟，又容易造成自然落粒损失。我国部分地区的小麦收获期正临雨季，若不及时收割、脱粒，还会造成植株倒伏、穗上发芽和籽粒霉烂等损失。农谚说：“龙口夺粮”，就是形容这种紧张的情景。双季早稻的收获则更需抢农时，否则就会影响晚稻的及时插秧而造成减产。所谓“早黄晚青”的要求就是对此而言的，意思是说：“早上还是一片金黄色的谷穗，到晚上就已插上了青绿的秧苗”，可见农时是多么紧迫。

此外，人工弯腰曲背地进行收割，劳动强度是很繁重的，与插秧、除草一样，是急需解决的“三弯腰”作业之一。

因此，实现谷物收获作业的机械化具有重要的意义。

§ 1-2 谷物的生物学特性

谷物收获机械的工作对象是有生命的谷物，因此，了解谷物的生物学特性，对于制定收获工艺，提出农业技术要求，设计收获机械等都是必要的。

谷物的成熟期分为乳熟、腊熟和完熟等几个阶段。成熟度不同时，籽粒的饱满程度（比重）、湿度、与穗轴之间的连结强度等也都不同。完熟的籽粒比重最大，发芽率最高。过熟以后，籽粒与谷穗之间的连结很弱，极易产生自然落粒损失。

同一块田中的作物，有时由于生长发育条件的差异，其成熟度并非完全一致。即使是在同一谷穗上的籽粒，由于形成花蕾和开花的次序有先后，成熟也就参差不齐。小麦属于穗状花序作物，最先开花和结实的是穗头的中部，然后是穗头的顶部和底部，因此，在穗头中部的谷粒的绝对重量较高，其余部分则较低（图 1-1）。水稻属于圆锥状花序作物，是依次由上而下地开花和成熟的。图 1-2 表示水稻籽粒开花顺序的一个调查实例。这种成熟的不一，有时相当显著，如一部分籽粒已达完熟期，而另一部分籽粒可能尚在腊熟初期。因此，在选择适当的收割日期和制定收获工艺时，应该考虑谷物的这些特性。

根据植物生理方面的研究，带秆收割后的麦株，茎叶中的养分仍会继续向籽粒输送（即所谓“后熟”作用），因此，小麦可以适当提前至腊熟初期与中期进行带秆收割。试验表明，在腊熟中期收割要比完熟期收割增产2~6%，并且籽粒的品质也好（表面光泽好，蛋白质及

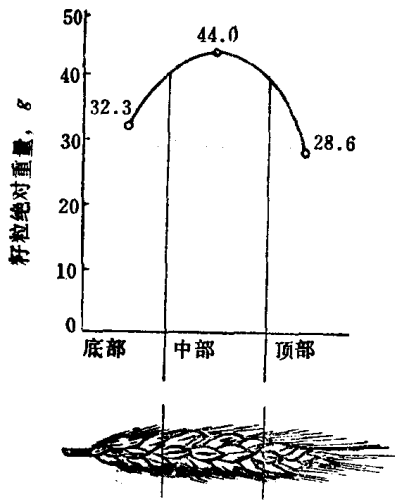


图1-1 麦穗各部位籽粒的绝对重量

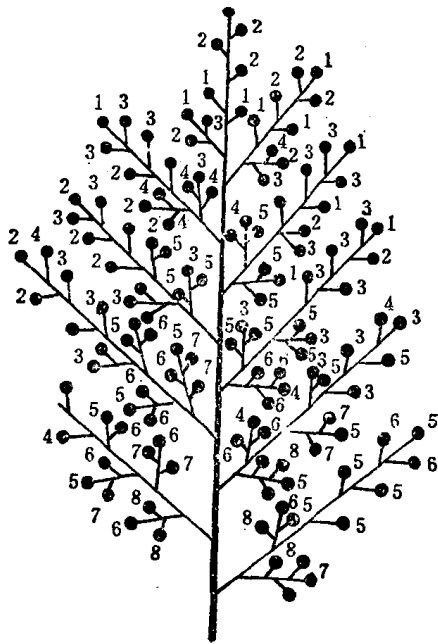


图1-2 水稻籽粒开花顺序调查的实例
(图中数字代表开花日次)

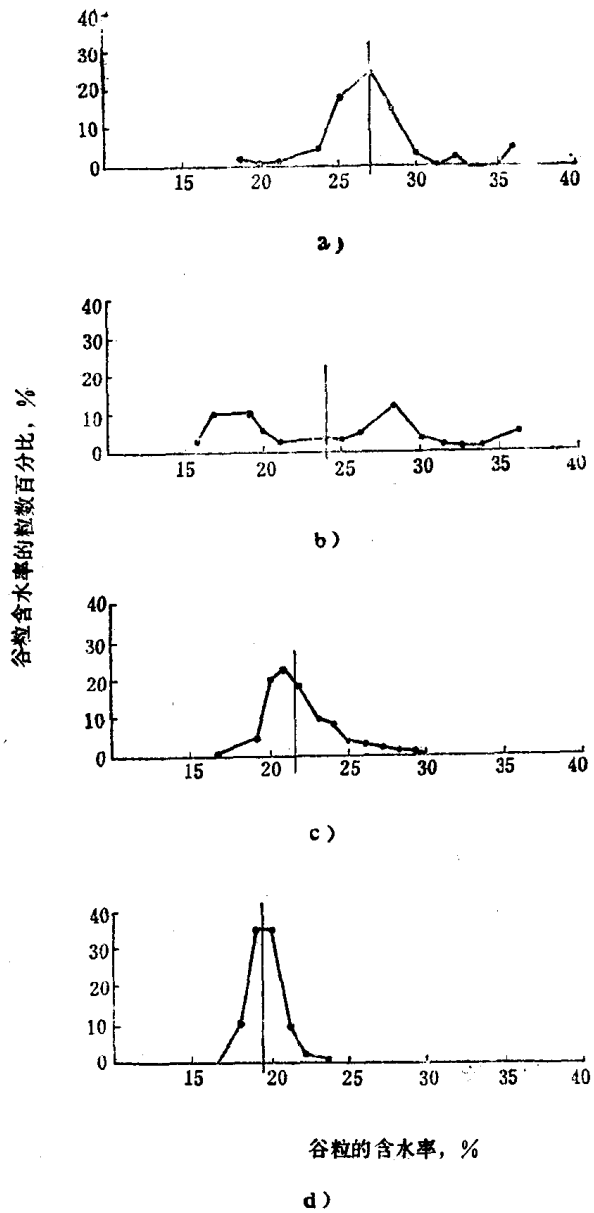


图1-3 谷粒含水量的分布及其变化

a) 成熟前11天(8月18日) b) 成熟前7天(8月22日)
c) 成熟后6天(9月4日) d) 成熟后10天(9月8日)

脂肪的含量也高)。

谷粒和茎秆的湿度是影响收获机械性能的重要因素。对于湿度大的作物，不论进行切割、脱粒或清选都比较困难，表现为工作质量下降，功率消耗增加。有些地区收割期雨水较多，有些地区谷物必须在田间进行湿脱，这就必然遇到谷物湿度较大的情况，因此，收获机械的重要课题之一，是如何提高对湿脱、湿分离的适应性。

谷物的湿度随着成熟度的提高而减少，同一谷穗上的籽粒由于发育先后的区别，使它们的含水率也不同(图1-3)。

长在地里的作物茎秆，不同高度区段上的含水率的变化范围很大，如根基部湿度可达

75%，茎秆下部约35%，而靠穗头处则可少至15%。

活的植株能限制水分的蒸发，当被割断以后（例如放在条铺中），茎秆的干燥过程就加速进行，穗上各部位籽粒的湿度会很快趋于一致（图1-4）。

籽粒中的水分有化合状态和自由状态两种，而化合水的极限值为14~15%，超过这个范围，水分即以自由状态而存在，

这就为细菌的活动创造了条件，以致堆放的籽粒会发热和霉坏。因此，国家规定进仓谷粒的允许含水率为14%。

作物的倒伏问题给机械化收割带来很大的困难（损失增加，效率降低）。必须培育抗倒伏的品种，在田间管理上采取防倒伏的措施并试验研究适应倒伏作物的机具，从多方面配合来解决这个问题。

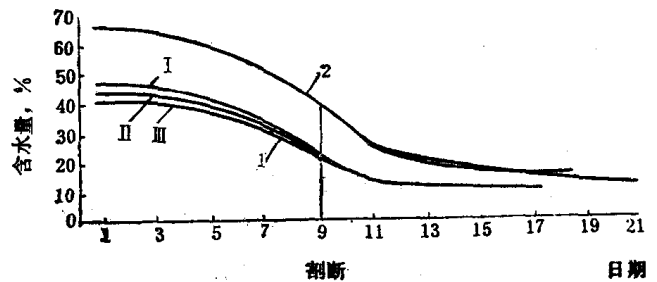


图1-4 作物被割断后湿度的变化
1—谷穗（I—底部 II—中部 III—顶部） 2—茎秆

§ 1-3 谷物收获工艺及其机器系统

一、谷物收获工艺

根据各地不同的自然条件、耕作栽培制度、经济结构和技术水平，我国目前采用的谷物收获工艺有以下几种：

1. 分别收获法

这种收获方法是先由人工或收割机将谷物割倒，并成条地铺放在田里，然后用人工分把捆束，运回场上再用脱粒机进行脱粒和清选。目前大部分社、队仍采用这种方法。

分别收获法使用的收割机和脱粒机的结构比较简单，价格比较便宜，对使用技术的要求也比较低，容易掌握和推广。但是，在整个收获过程中要配合相当多的人力进行打捆、运输、堆垛、喂入脱粒和扬场等，劳动量大，效率低，谷物的总损失较大。

2. 联合收获法

这种方法是采用谷物联合收获机一次完成收割、脱粒、分离和清选作业。相对于分别收获法来说，其机械化水平较高，能显著提高劳动生产率和减轻劳动强度；能及时清理田地，以利于下茬作物的抢耕抢种；由于减少了田间作业程序，籽粒的总损失得以降低。但是，联合收获机的构造比较复杂，造价较高，而每年使用的时间又很短，所以收获的成本比较高；此外，联合收获法要求较大和较平整的田块，并要求较强的管理和维修技术。因此，目前多在国营农场采用联合收获法。

3. 分段联合收获法

这种方法是把收获分为两个阶段进行。以小麦为例，首先，在小麦的腊熟期，用割晒机将谷物割下并成条地铺放在具有一定高度的留茬上（称为条铺），经过3~5天的晾晒，使其湿度降低，并利用谷物的后熟作用，使籽粒逐渐成熟一致。然后，采用带有捡拾器的联合收获机沿着条铺进行捡拾、脱粒、分离和清选的合作业。与一次联合收获法相比，这种分段联合收获法的优点是：谷物经过后熟作用，籽粒饱满、光泽，千粒重增加，提高了产量与质量；谷

物经过晾晒后湿度减小，脱粒、分离、清选作业的效率都有所提高，故障也较少；由于可以提前收割，缓和了收获工作的紧张程度和劳动量过于集中的矛盾。但是，采用这种收获方法，要增加作业的次数；另外，若在收获期内雨量过多，谷物条铺长期得不到干燥，也可能造成籽粒的发芽和霉烂。

二、谷物收获的机器系统

进行谷物收获时，各种不同收获工艺所采用的机器，在用途上和构造上都不尽相同，这些机器构成了谷物收获的机器系统（图 1-5）。

谷类作物（本部分讨论以稻、麦作物为主）的收获机械，根据不同的用途可分为三类：

1. 收割机械

1) 条放收割机——将作物割断，经割台输送而转向，使茎秆转放成与机器前进方向垂直的条铺，以供人工分把打捆，如立式割台收割机。

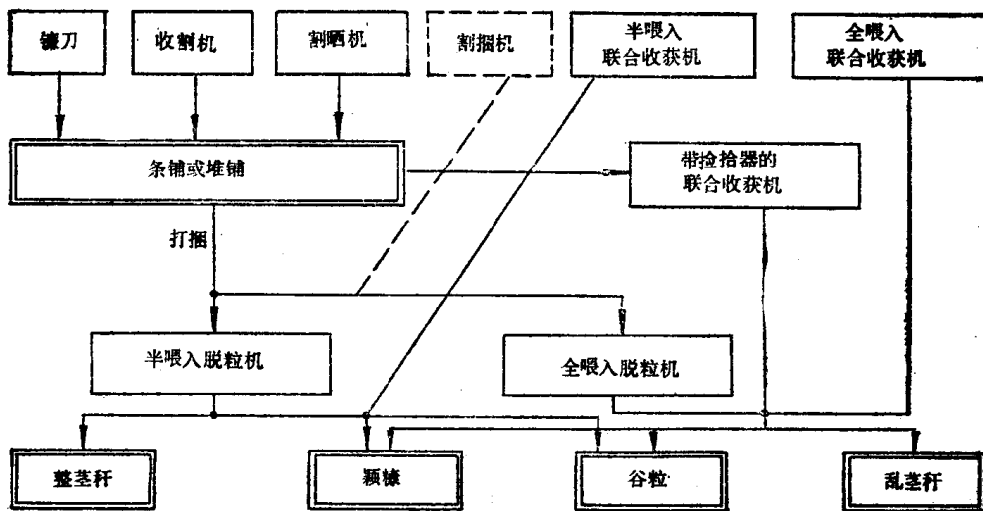


图1-5 谷物收获的机器系统

2) 堆放收割机——将作物割断后能自动在田间放成堆，以便人工直接捆束，如回转割台集束收割机。

3) 割晒机——将作物割断后，由卧式割台输送至一侧，不经转向直接在田间放成茎秆首尾相连的条铺。这种条铺不能由人工进行分把打捆，专供晾晒以后进行捡拾脱粒作业。

4) 割捆机——将作物割断以后，能用绳索（草绳、麻绳、尼龙绳等）自动分把、打捆，放于地面，一些机械化水平较高的国家曾普遍推广。我国目前因为绳索成本较高，打捆机构制造复杂，未曾使用。

2. 脱粒机械

1) 半喂入脱粒机——用人工将作物带穗头的上半部分喂入机器进行脱粒，使茎秆基本保持完整。

2) 全喂入脱粒机——将作物全部喂入机器进行脱粒，茎秆也被打碎、揉乱。

3. 联合收获机

1) 半喂入联合收获机——先将作物割断，经输送装置将作物带穗的上半段喂入脱粒装置，进行脱粒、清选作业，茎秆可基本保持完整。

2) 全喂入联合收获机——先割断作物，然后将其全部喂入脱粒装置，并完成分离、清选作业。

参 考 文 献

[1] И. Ф. Василенко., Зерновые комбайны СССР и Зарубежных стран, Сельхозгиз, 1958.

[2] 江崎春雄, バイндаとコンバイン, 農業図書株式会社, 1970.

第二章 切割器

切割器是收获机械上重要的通用部件之一。对切割器的性能要求是：割茬整齐，不漏割，不堵刀，功率消耗少，在收割水稻、大豆和牧草时，还特别要求能进行低割，以减少损失，增加收获。

§ 2-1 切割原理

茎秆的切割过程与切刀的特性、茎秆的物理机械性质、切刀与茎秆的相对位置以及切割的速度和方向等都有密切的关系。

刀片的断面一般呈楔形，楔角的顶部就是刃口。但两侧的楔面并不直接相交，而总有一段过渡的圆弧。通常用刃口圆弧的内切圆直径来表示刃口的厚度。刃口越薄，工作时对材料产生的单位压力就越大，刃口也越锐利。但是，过于单薄而尖锐的刃口，没有足够的强度，会很快磨损或折断，而缩短寿命。因此，必须正确处理好锐利度与耐磨性的关系。

与切割过程有关的茎秆的物理机械性质包括：切割阻力、折断阻力、弯曲阻力、弹性模数和摩擦系数等，这些性质随茎秆的品种、成熟度和湿度的不同而在很大范围内变化。

茎秆的横断面大都呈圆形或略带椭圆形，而叶片则呈扁平形或槽形。茎秆由按照一定规律排列而形成纤维组织的细胞所构成，其外表有一层由硬质纤维形成的韧皮圈，使茎秆具有一定的刚度，里面的维管束用来输送水分和养料，而髓部是空心的。因为茎秆不是均匀体，在不同方向上的机械性能并不相同（称为各向异性），所以在切割茎秆的过程中，刀刃与茎秆的相对位置和相对运动的方向和速度，对切割的效果也有影响。

一、正切和滑切

许多机器（如收割机、饲料切碎机等）的切割器，是由动刀把作物压在定刀上进行切割的。图 2-1 表示动刀对定刀的三种配置方法，a) 的情况是，割刀运动方向垂直于刀刃，刀刃以速度 v 进入材料进行切割；在 b) 和 c) 的情况下，割刀速度的方向与刃口倾斜，它可分解为垂直刃口的 v_n 和沿刃口的 v_t 两个分量。戈里亚奇金把 v_n 称为正切速度， v_t 称为滑切速度，比值 $v_t/v_n = \operatorname{tg} \alpha$ 称为滑切系数， α 为滑切角（即刀刃的运动方向与刀刃法线之间的夹角，有的

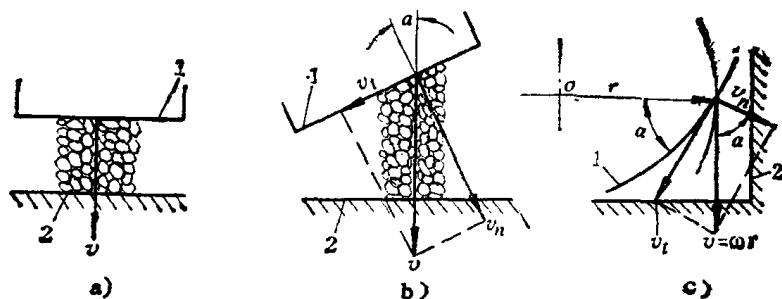


图2-1 割刀相对于被切材料的三种位置

a) 垂直 b) 倾斜 c) 变斜度 (曲线刃口)

1—动刀 2—定刀 O—瞬时回转中心 r—瞬时半径

书上也称为切割角)。

戈里亚奇金曾对茎秆做过滑切试验，一面在刀刃的法向施加压力 P ，一面使刀刃沿切向产生滑移 S 。其试验结果如下：

法向压力 P, g	切向滑移值 S, mm
600	1.5
500	2.0
400	5
200	40

可见，滑移值 S 愈大，切割茎秆所需的法向力 P 便愈小。戈氏根据试验总结出下面的规律

$$P \cdot S = \text{常数}$$

为了解释滑切比正切省力这一物理

现象，下面首先讨论正切时刀刃的受力情况。

若在刀刃楔角 γ 的两边各增加一个摩擦角 φ (图 2-2)，即把刀刃看作一个假想楔，这样，切割时作用在假想楔面上的正压力 (相当于作用在实际刀刃楔面上的合阻力) 等于 $N/\cos\varphi$ 和 $N_1/\cos\varphi$ (图 2-2a)。

根据水平和垂直方向的平衡条件可得

$$N_1 = \frac{N}{\cos\varphi} \cos(\gamma + \varphi)$$

刀刃所需的切割力为

$$P = P_0 + \frac{N_1}{\cos\varphi} \sin\varphi + \frac{N}{\cos\varphi} \sin(\gamma + \varphi)$$

或

$$P = P_0 + N \frac{\sin(\gamma + 2\varphi)}{\cos^2\varphi} \quad (2-1)$$

式中 P_0 ——刃口透入茎秆的阻力，茎秆相同时决定于刃口厚度，其方向垂直于刃口； N 及 N_1 ——楔面压缩茎秆纤维的正压力。

同理，可得对称的两面楔克服阻力所需的切割力为

$$P = P_0 + \frac{2N}{\cos\varphi} \sin\left(\frac{\gamma}{2} + \varphi\right) \quad (2-2)$$

由式 (2-1) 及 (2-2) 可见，正切时所需的切割力和刃口厚度及楔角 γ 成正比。

当楔角为 γ 的刀刃沿着与刃口法线倾斜 α 角的方向进行滑切时 (图 2-3)，切入材料的实际楔角为 γ' ，相当于楔角变小了。

因为

$$\operatorname{tg}\gamma = \frac{BC}{AC}, \quad \operatorname{tg}\gamma' = \frac{DE}{AE}$$

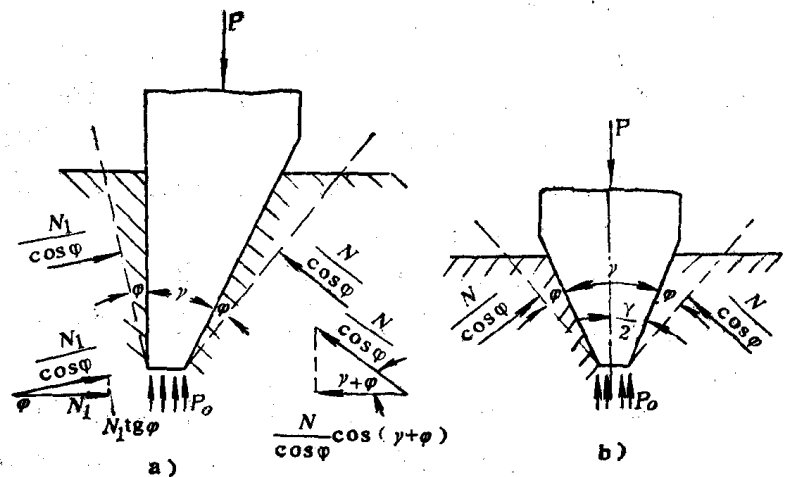


图 2-2 正切时作用在楔上的力
a) 单面楔 b) 两面楔

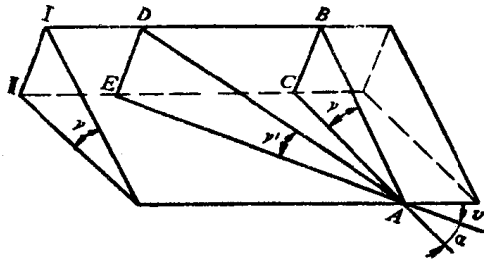


图2-3 滑切时刀刃楔角的变化

而

$$AE = \frac{AC}{\cos\alpha}; DE = BC$$

所以

$$\operatorname{tg}\gamma' = \frac{BC}{AC} \cos\alpha = \operatorname{tg}\gamma \cos\alpha \quad (2-3)$$

当滑切角 α 越大时，刀刃切入材料的实际楔角 γ' 就越小，因此，刀刃切进材料所需的法向力便越小。

此外，很多刀刃是锯齿形的，即使是光滑的刀刃，其微观几何形状也是高低不平的，上面布满了许多所谓“微观齿”。当刀口在切向沿材料产生滑移时，这些尖锐的微观齿就发挥了切开材料纤维的作用。这也是在某些场合滑切较正切显得省力的另一个原因。

但是试验表明，切完同样断面的材料，滑切与正切相比，前者的切割行程需较长，消耗于楔面与材料间的摩擦功有所增加，故其总的切割功将比后者为大。

二、有支承切割和无支承切割

割刀要切断茎秆必须克服一定的切割阻力，但是稻、麦等作物茎秆的刚度比较小，受到很小的外力，就会发生弯斜，所以割刀必须具有一定的切割速度，或是给被切茎秆以适当的支承。

割刀切割生长在田间的作物时，可能采用几种不同的支承方式（图2-4）：单用动刀直接切割茎秆，可称为无支承切割；用动刀配合定刀切割，可称为单支承切割；用动刀配合带护刀器的定刀切割，可称为双支承切割。

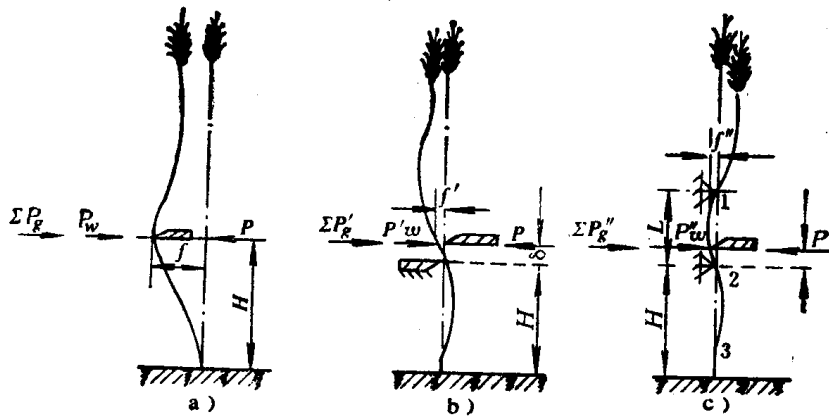


图2-4 切割茎秆时的支承
a) 无支承 b) 单支承 c) 双支承

进行无支承切割时（图2-4a），动刀必须具有相当高的速度。原来静止的茎秆在瞬间获得动刀传递的速度，即产生很大的加速度以及方向相反的惯性力。在作物全长上各点的加速度和惯性力是不同的，这里可看作有惯性力的合力 ΣP_g 作用在刀刃和茎秆的接触点上。这时 $P = \Sigma P_g + P_w$ ，只要满足下列条件，茎秆就能被割断：

$$R_g < P_w + \Sigma P_g = P$$

式中 R_c ——茎秆的切割阻力； P_w ——茎秆的抗弯反力； ΣP_c ——作物惯性力的合力； P ——动刀的切割力。

无支承切割所需的切割速度比较高，例如稻麦收割机回转式割刀的线速度在 $10\sim 20\text{m/s}$ 以上，牧草收割机的割刀速度需达 $40\sim 50\text{m/s}$ 。

进行单支承切割时（图 2-4b），由于有定刀配合，茎秆的抗弯反力 P_w' 有所增加，割刀速度可稍低，如往复式割刀的平均速度约为 $1\sim 1.5\text{m/s}$ 。但是，单支承切割必须使刀片间隙 δ 在一定的范围内，否则就不能正常切割。

动刀配合带护刀器的定刀工作时（图 2-4c），茎秆在双支承条件下被切割，其抗弯阻力 P_w'' 又有所增大，这时对刀片间隙的要求可适当放宽，动、定刀片的相互磨损和空转功率也可以减小。

三、钳住茎秆的条件

如前所述，应用最广的往复式切割器对茎秆是进行有支承切割的，一般来说，只要刀片间隙正常，割刀速度不需很高即可割断茎秆。但是，如果两个刀刃之间的张角太大，茎秆会从张口中向外滑出，所以要能正常进行切割，还要保证两刀刃在剪切前的瞬间先将茎秆钳住。

图 2-5 表示茎秆被稳定地钳住时的受力状态。在图示的茎秆断面上，茎秆只在 A 、 B 两点受到外力，要保持平衡，则动刀片作用力 P_1 和定刀片作用力 P_2 必定大小相等、方向相反、并且在连接 A 、 B 的一条直线上。而作用力（全约束反力） P_1 、 P_2 分别由法向力 N_1 、 N_2 和摩擦力 F_1 、 F_2 所合成。

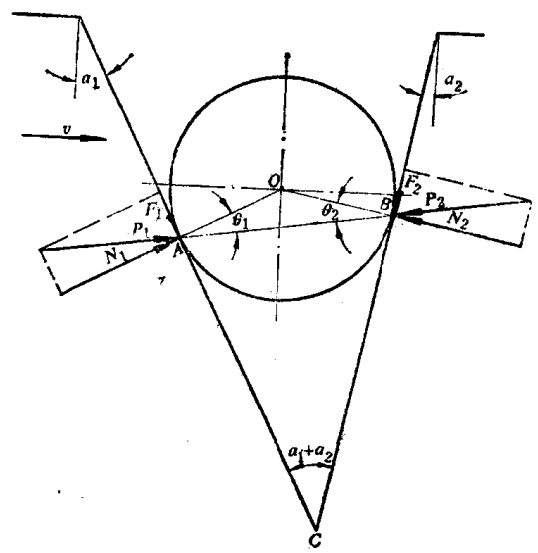


图 2-5 茎秆被刀片钳住的条件

在四边形 $OACB$ 中， $\angle OAC$ 和 $\angle OBC$ 为直角， $\angle AOB$ 和 $\angle ACB$ 互为补角，故

$$\theta_1 = \theta_2 = \frac{180^\circ - \angle AOB}{2} = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}$$

式中 θ_1 、 θ_2 ——动、定刀片作用力 P_1 、 P_2 与刀刃法线间的夹角； α_1 、 α_2 ——动、定刀片刃口的滑切角。

若动刀片滑切角 α_1 和定刀片滑切角 α_2 增大，则 P_1 、 P_2 与刀刃法线间的夹角 θ_1 、 θ_2 也将增大。但由静力学可知，全约束反力的作用线必定在摩擦角之内。也就是说， P_1 、 P_2 与法线间的最大夹角不可能超过茎秆对动、定刀片的摩擦角 φ_1 、 φ_2 （即 $\theta_1 + \theta_2 \leq \varphi_1 + \varphi_2$ ），而 $\theta_1 + \theta_2 = \alpha_1 + \alpha_2$ ，所以

$$\alpha_1 + \alpha_2 \leq \varphi_1 + \varphi_2 \tag{2-4}$$

上式表明，动、定刀片滑切角之和必须小于它们与茎秆的摩擦角之和。

§ 2-2 切割器的类型

一、往复式切割器

往复式切割器已经十分广泛地应用于收获机械。根据其割刀行程 S 、动刀片间距 t 和定刀片间距 t_0 三者之间的不同组合关系，可以分成下列多种型式(图2-6)：

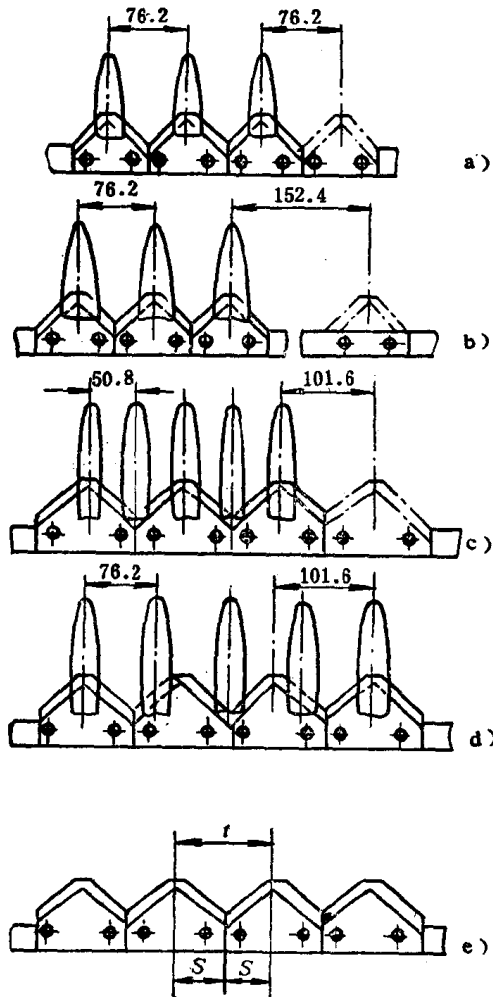


图2-6 往复式切割器的型式

a) 标准型 b) 双刀距行程型 c) 低割型
d) 中间型 e) 双动割刀型

1. 标准型($S=t=t_0$)

这种型式也称为单刀距行程型，即割刀的行程和刀片的间距相等(图2-6a)。我国及世界上大部分国家的收割机、割草机、谷物联合收获机上，多采用76.2mm的规格；日本生产的谷物收割机械，大部分采用50mm的规格；粗茎秆切割器上采用90mm的规格。

2. 双刀距行程型($S=2t=2t_0$)

这种型式割刀的行程等于刀片间距的两倍(图2-6b)。除图示之外，例如苏联KH-14割草机上采用101.6mm的规格，外国某些高速割草机上还有采用152.4mm的规格。

3. 低割型($S=t=2t_0$)

割刀行程 S 和动刀片的间距 t 相等，又等于定刀片间距 t_0 的两倍(图2-6c)。例如我国仿制外国的老产品KT-3.0谷物联合收获机上采用101.6mm的规格。

4. 中间型($S=t=Kt_0$)

例如西德兰兹公司生产的悬挂割草机的切割器为 $S=t=1.5t_0=76.2\text{mm}$ ，美国约翰·迪尔公司生产的7700型联合收获机水稻割台的切割器为 $S=t=0.75t_0=101.6\text{mm}$ (图2-6d)。

5. 双动割刀型(图2-6e)

这种型式没有定刀，上下两把都是动刀，

动刀的行程有两种：半刀距行程型($S=0.5t$)和单刀距行程型($S=t$)，都用于割草机上。

在往复式切割器的各种型式中，就切割质量、惯性力、功率消耗、刀片刃口的总负荷、使用可靠性等方面的综合性能来说，以标准型(单刀距行程型)较好，所以应用最为广泛。

双刀距行程型的优点在于其进距(见§2-6)可达单刀距行程的1.5~2倍。但其缺点是：在切割过程中不能充分利用割刀的最大速度，所以在曲柄半径较标准型增大一倍的情况下，转速不能按相应的比例减慢(见§2-5)；在割刀的一次行程中，刃口的切割负荷不均匀(在中间护刃器处，刀片刃口的负荷很大)，这会导致刀片加速磨损和增加传动功率；护刃器梁和机架的振动，比标准型显著增大；刀杆危险断面上的应力较大；动、定刀片发生撞刀的机率

比标准型为多。根据这种型式允许进距较大的特点，在提高了切割器的使用可靠性并适当减小割刀行程后，可推荐用于高速收割机上。

低割型的定刀间距小，切割时茎秆的横向弯斜小（见§2-6），原设计意图可能是希望减低割茬，但实际切割性能并不好，现在已趋向于淘汰。

中间型切割器工作时，动刀片依次参加切割，使切割负荷能适当分散。但有些试验表明，切割阻力反而较大，且容易产生堵刀，所以目前采用也不多。

在较困难的收获条件下（如在潮湿地上收获杂乱的、倒伏的作物和收割牧草等），采用无定刀的双动割刀型切割器比较合适，在这种情况下带护刃器的切割器往往不能正常工作。这种型式的切割器上下配置两把动刀，其往复运动的惯性力能相互平衡，切割质量好，消耗功率也少。缺点是传动较复杂，刀片的间隙不易保证。

总的来说，往复式切割器的优点是：切割性能较好，割幅从0.5m~5m以上都可采用；平均割刀速度较小，一般为1~2m/s；在护刃器配合下进行有支承切割，刀片损伤较少；割茬比较整齐；切割器的维护比较简单。其缺点是：目前护刃器多半用可锻铸铁或铸钢、锻钢制造，成本较高；割刀往复的惯性力使机器振动较大，这就限制了机器前进速度的提高；在切割粗茎秆作物时，因切割时间长，刀片受力和变形较大，往往容易发生撞刀、崩刀等情况。

二、回转式切割器

相对来说，回转式切割器在收获机械上采用较少，其割刀的型式常见的有直线型、曲线型、光刃圆盘型、锯齿圆盘型、行星回转型和星齿型等几种（图2-7）。

回转式切割器的切割速度高，切割能力强，在割草机上采用较多；其回转惯性力容易平衡，振动较小；割刀的结构也比较简单。但这种切割器受回转直径的限制，只适用于小割幅或对行式的收割机上；圆盘型的动刀寿命较短，维修费用高。

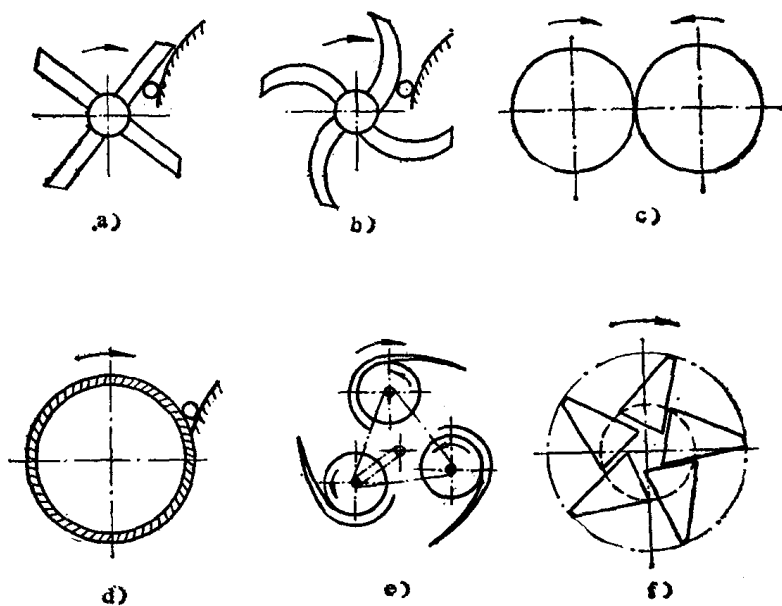


图2-7 回转式切割器的型式
a)直线型 b)曲线型 c)光刃圆盘型 d)锯齿圆盘型 e)行星回转型 f)星齿型

§ 2-3 往复式切割器的构造

切割器是使用面广量大的通用部件，其动、定刀片是收获机械的基础件之一。我国已制定了农业机械切割器的国家标准(GB1209~1213-75)，其中根据结构不同将切割器分成三种型式：

I型——适用于割草机(图2-8a)；