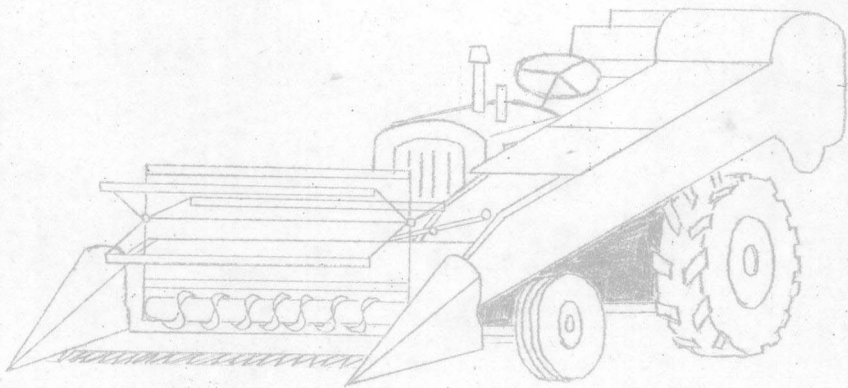


水稻联合收获机 的设计与制造

(初 稿)



華南農學院 革委會

《农业机械学》教材编写小组

1970年7月

毛主席语录

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

第一部分 水稻联合收割机简介

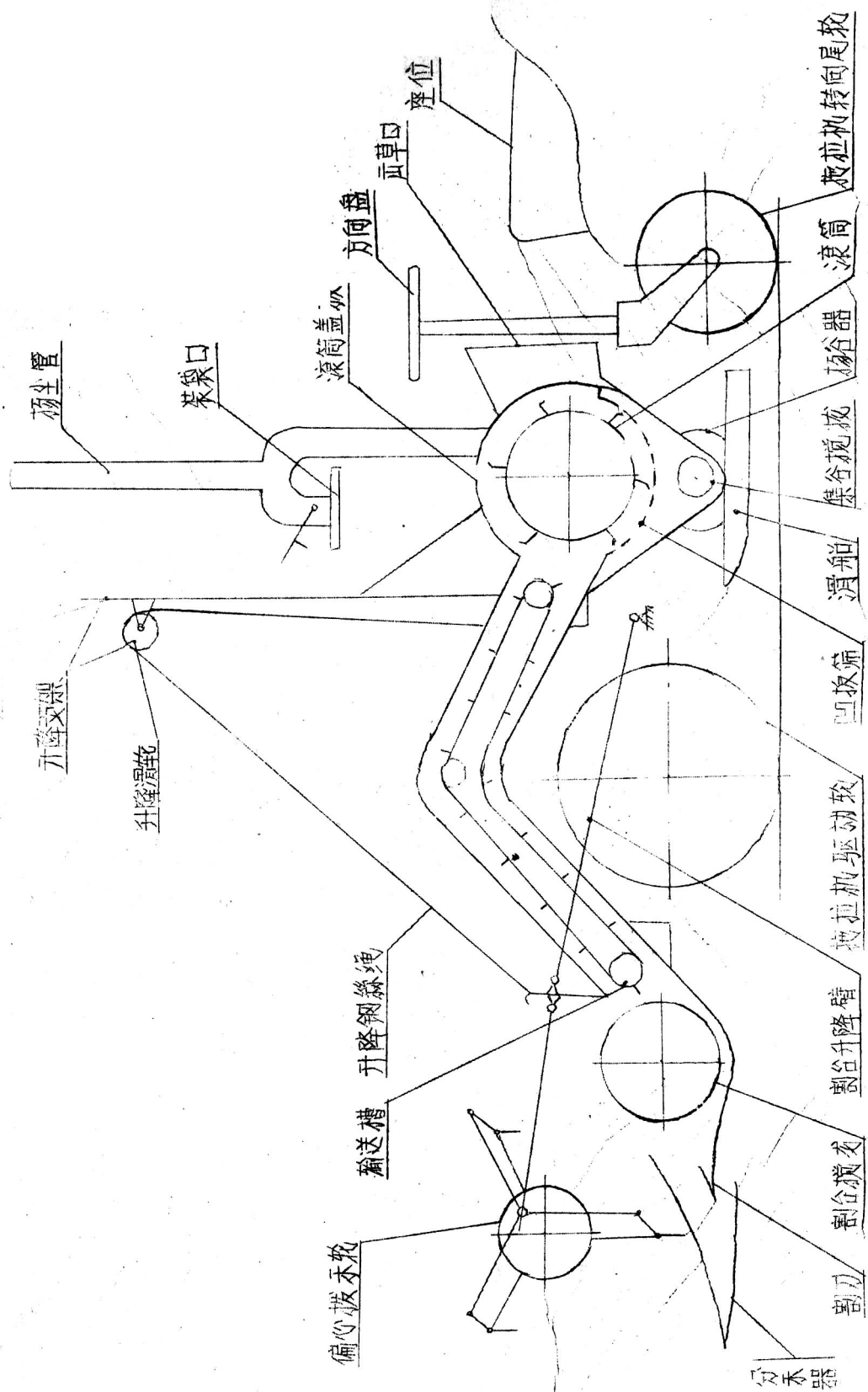
伟大的无产阶级文化大革命，彻底摧毁了叛徒、内奸、工贼刘少奇的黑司令部，打倒了他各地的代理人。毛主席的各项无产阶级政策和指示得到了全面的落实。根据毛主席关于“工人阶级必须领导一切”的伟大指示，工人阶级登上了上层建筑的各个领域领导斗、批、修。在工人阶级的领导下，一支以工农为主体的三结合群众性的科研队伍迅速成长起来，为了进一步落实毛主席的“农业的八字方针”，他们高举毛泽东思想伟大红旗，狠批了刘少奇的“专家治厂”、“洋奴哲学”、“爬行主义”，依靠战无不胜的毛泽东思想，坚决走“独立自主、自力更生”的道路，以只争朝夕的革命精神，与阶级敌人斗、与困难斗，在短短的几年里，一举研制成功具有世界先进水平的大（东方红—1型）、中（丰收—1型）、小（工农—1型）三种水稻联合收割机，并以成批的投产了，为我国实现水田地区机械化作贡献了巨大的贡献。给那些断言“要在我国南方水田地区实现机械化只是空想”的洋专家们打了一记响亮的耳光。

工人阶级最忠于毛主席，对毛泽东思想用得最好，他们根据毛主席指示的农业机械的性能，应该力求便于“综合利用”的教导，这三种机型的设计都采用了全悬挂式，把机不需用任何改装就可以把收割机悬挂到它上面，这是三种机型的共同特点之一。它们的另一个共同特点是它们都采用了先进的轴流型脱谷机构。因此，它具有质量好（总损失不超过3%），耗用钢材少、机身轻（每公斤喂入量所耗用的材料最大不超过400公斤，而帝修方面起码在800公斤以上），效率高（在水田地收割，大、中型机每班能割40—60亩）和构造简单、传用、维修方便等优点。这就为“多快好省”实现水田地区农业机械化作贡献了贡献。

一、水稻联合收割机的主要构造（如图1-1所示）

我省大、中、小型三种水稻联合收割机，机构上大致相同，都是由如下几个主要部分组成的。

1. 割台部分——完成割禾工作。
 2. 脱谷部分——完成脱谷和把谷、秆分离工作。
 3. 清粮部分——把混杂在谷粒中的轻杂物清除而去。
 4. 集谷装包部分——把脱下的谷粒集运到粮箱以便人工装包。
 5. 输送部分——把以上各个互相独立工作的机构有机的联系在一起，使整台联合收割机各部分能协调工作。
- 在机器收获的过程中，存在着许多矛盾。总的说是机器和谷物之



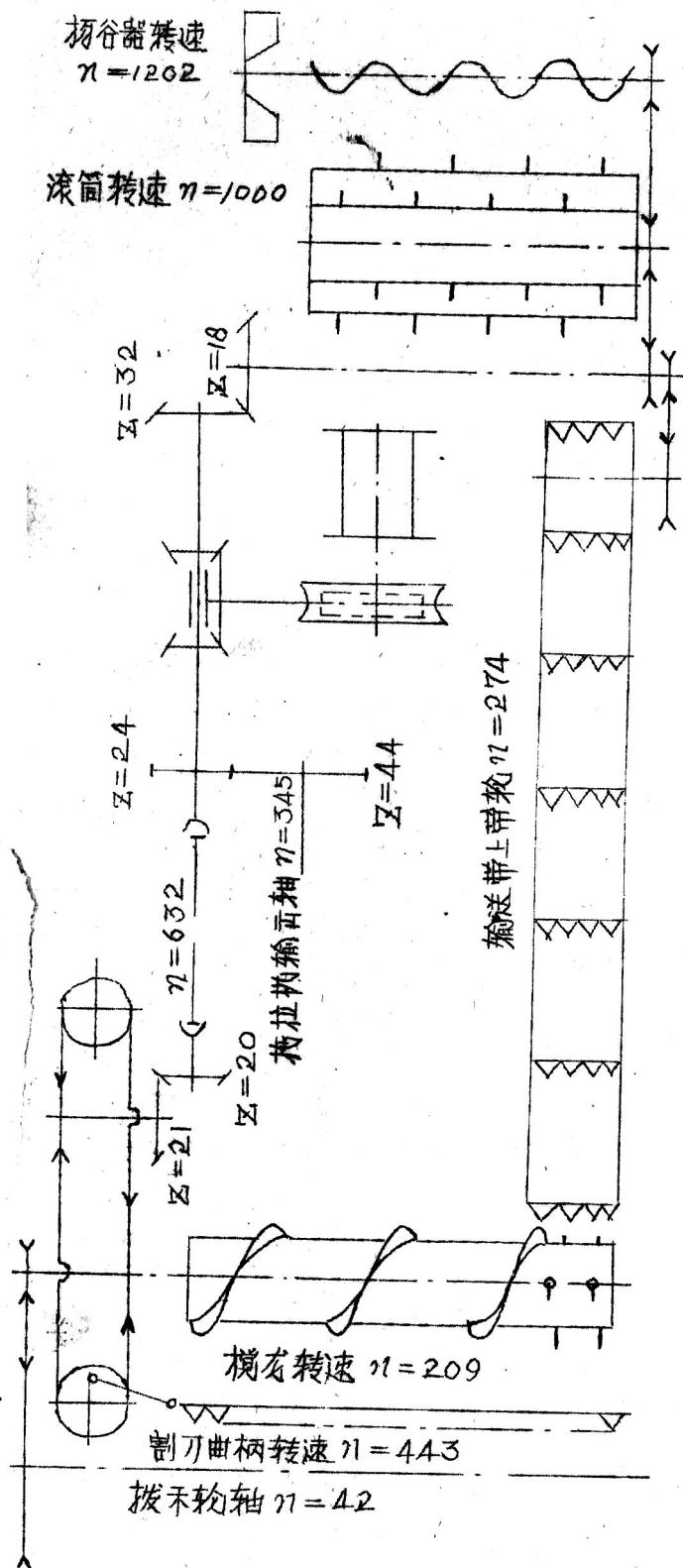


图1-1 工农-1型水稻联合收获机动力传动示意图

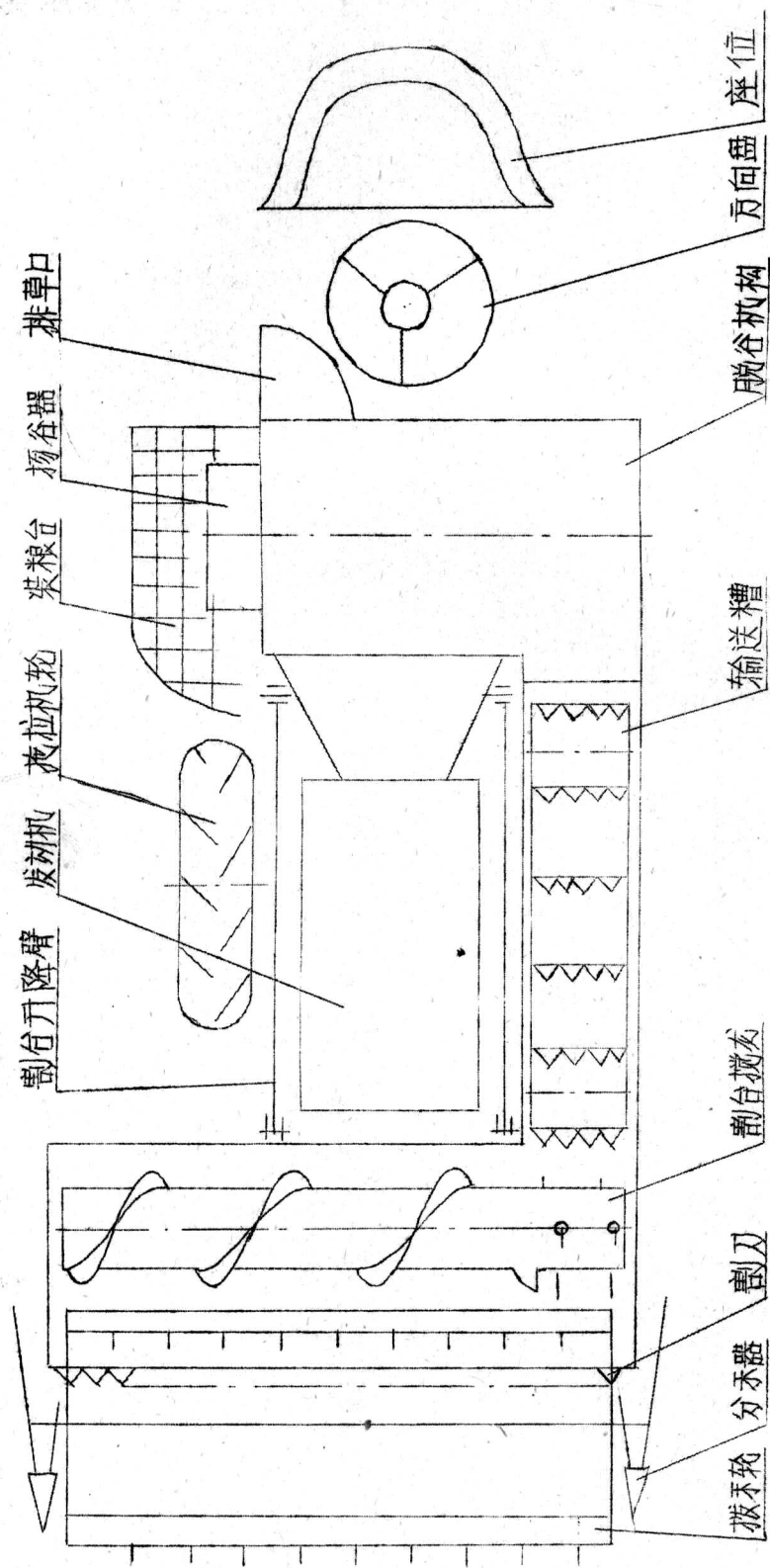


图 1-1 工农-1 型水稻联合收获机工作机构布局简图

矛盾，但具体地说谷物进到各个工作部件时，其矛盾的表现形式不相同，例如在割台是切割与反切割的矛盾，在输送部分是输送的矛盾，在脱谷部分是脱谷与反脱谷以及分离与夹带的矛盾，粮部分是混装与分离的矛盾等。

毛主席说：“在复杂的事物的发展过程中，有许多的矛盾存在，其中有一种是主要的矛盾，由于它的存在和发展，规定或影响着其他的存在和发展。”而在收获过程中，脱谷与反脱谷这一矛盾就是主要矛盾，因为我们收获的最终目的就是要把谷粒收下来。由于这一矛盾存在和发展，就推动了收获机的不断发展和完善。

水稻联合收获机的工作流程

大、中型联合收获机的工作流程基本上是相同的。割刀把禾割倒由割台摘龙运到输送槽，再由输送槽运送到脱谷部分去，谷物在脱谷部分后，由于它受到滚筒钉齿的打击以及谷物在作螺旋线运动过程中不断与凹筛碰撞的结果，使谷粒脱了下來，并即通过凹筛孔落到清粮筛上，禾秆则被阻留在凹板筛上，最后从排草口抛出。落到清粮筛上的谷粒和轻杂物受到筛动和清粮风扇的吹选作用。轻杂物被逐出机体外，而谷粒则通过筛孔落到集谷搅龙上，由集谷搅龙运送到扬谷器，再由扬谷器抛送到贮粮箱上，最后由人工装包，完成了联合收获的全部过程。

小型联合收获机的工作流程与大、中机基本相同，所不同的是为机结构更加简单而没有清粮部分，所以由滚筒凹板筛上落下的谷直接落到集谷搅龙上。

水稻联合收获机设计制造的原则

水稻联合收获机的设计制造，应坚决贯彻执行毛主席关于“农业机械以小型为主，配备适当数量的大型、中型的以及多快好省发展农业

机械化最根本的路线。工人阶级对毛主席的指示学得最好，用得活，坚决照办。广大工人通过生产实践，总结经验，每省农机局的同志共同提出了设计收获机的三条原则：1. 收获机配套套到拖上时，拖拉机不应作任何改动。2. 考虑到我省多数地区早稻套稻田，晚稻要保持稻秆完整，故收获机应力求做到整秆，乱秆通用。收获时总损失不能超过3%。

浸选风扇 凹板筛 滚筒 排草轮 小逐蒿筛

拔禾轮

集谷搅龙 直筛

扬谷器

横筛

输送槽

割台搅龙

割刀

分禾器

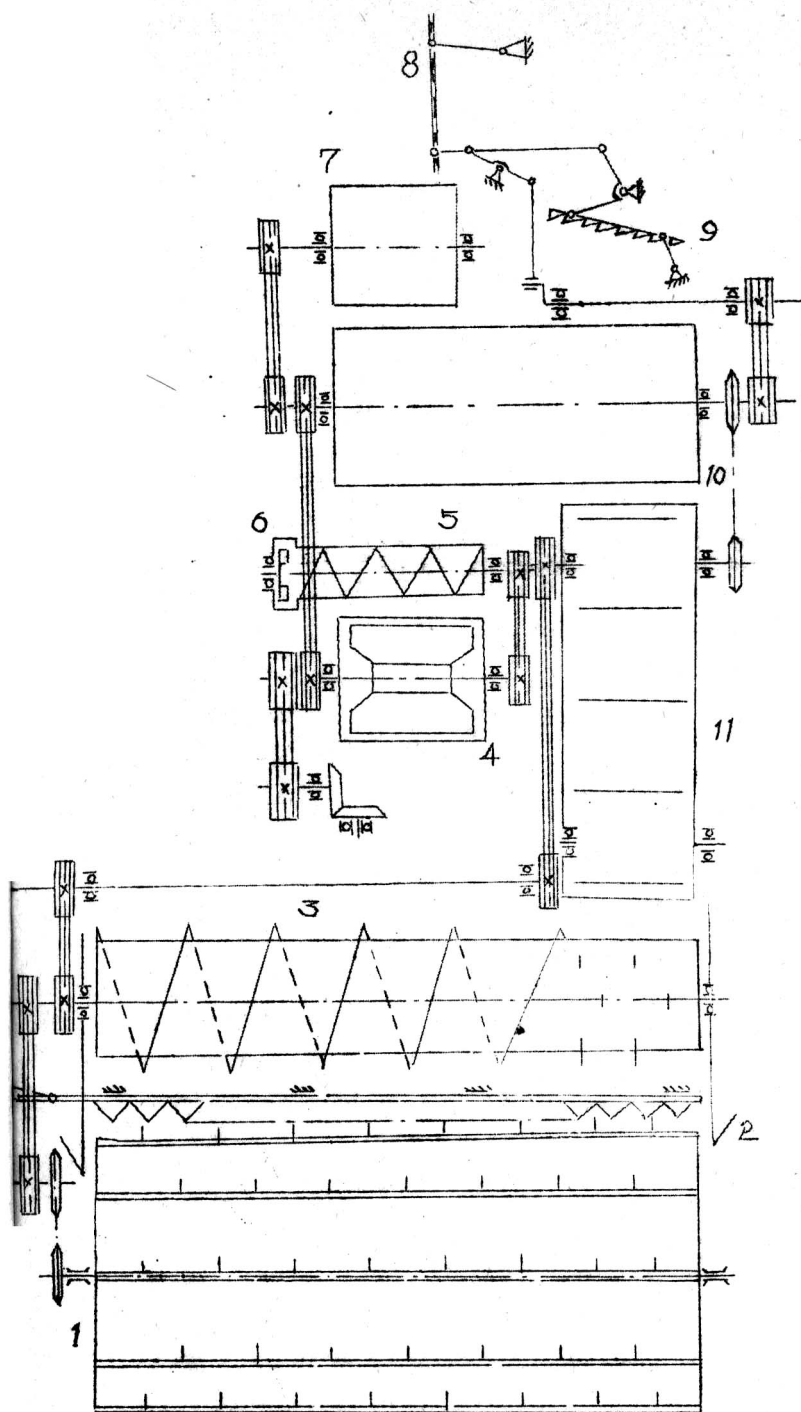


图1-1 丰收-35 联合收获机结构传动示意图

1. 喂入轮 2. 分禾器 3. 割台搅龙 4. 风扇 5. 谷粒输送机
6. 扬升器 7. 排草轮 8. 编织筛(上筛)
9. 臭鳞筛(上筛) 10. 滚筒 11. 喂入输送带

事物发展的根本原因，不是在于事物的外部而是在事物的内部，在于事物内部的矛盾性。

第二部分 收割台的分析

割台悬挂在拖拉机的前头，最先与禾打交道，可以说它是收获机“先锋”。割台的作用是把禾割下并输送到输送槽去，让输送槽继续输送脱粒机构进行脱粒。目前，我省大、中、小三种水稻联合收获机台都采用了用螺旋搅龙输送的卧式割台，采用搅龙做为输送器的具有工作可靠和效率高等优点。

伟大领袖毛主席教导我们：“世界上的事情是复杂的，是由各方面因素决定的。看问题要从各方面去看，不能只从单方面看”。收获机台是由许多部分组成的，我省现已定型的水稻联合收获机的割台由割台框架、切割机构、拨禾轮、搅龙输送机、分禾器五个主要部分组成的。我们必须对它各个部分特别是“那些有关全局的重要部分”进行详细的分析，才能了解割台的全貌。

一、割台框架

台框架的作用是安装割台上全部的结构，在收割时，它承载着下来的禾让搅龙进行输送。框架是由角钢和薄钢板围成的。收获机台框架尤其是大割幅的割台框架要有足够的强度和刚度，以免振动太大和升降时引起塑性变形而使割台其它机构损坏。我省定型的水稻联合收获机的割台框架基本形状如图2-1，它是由圆弧和平面所组成的，圆弧的半径等于搅龙半径加上搅龙与框架的

台框架设计过程中应着重注意两个主要要求：

搅龙中心与刀杆中心的水平距离必须适当。

水稻联合收获机搅龙中心到刀的水平距离对工作性能有很大影响，必须合理选择它。我省红—1型和丰收—1型联合收获机对一般水稻都能适应由于搅龙中心至刀杆中心的距离较大，所以割矮禾时就有收获机在收割时，由于割刀的，所以割下来的禾往往倾在割台上。大、中机割矮禾

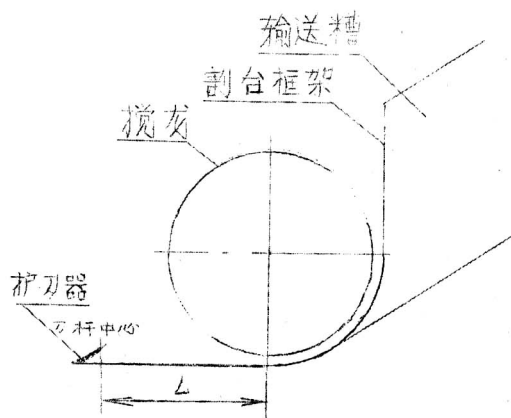


图 2-1
割台框架的基本形状

时，本来禾本身就矮，割后比较难以靠近搅龙边缘，再加上收割时发生倾斜，离搅龙就更远了，这样禾就不能得到及时的输送，委积成堆后才被搅龙抓到，大大地影响喂入均匀度，严重时引起搅龙和滚筒堵塞。为了解决大、中机割矮禾的问题，我省工人经过反复试验，土法上马，在靠近驱动机构一方的刀杆上安装一条不到一米公尺长的带锯齿的推杆——锯条，用简单的方法解决了这个大问题。收割时，锯条跟着刀杆一起运动，它的齿向着输送槽的方向。当刀杆向输送槽方向移动时，锯条一方面把禾推向输送槽的方向，一方面把倾斜的禾拔正，使它的穗部^{靠近}搅龙，便于输送。当刀杆向相反方向运动时，锯条就不发生作用了。用这样的方法可以解决一般割矮禾的问题，但如果禾太短，锯条就起不了作用。小型机由于功率和机型的限制，滚筒和割台搅龙都较小，不宜于割长禾，因而搅龙中心至刀杆中心的距离也取得较小。用这种机割高于800~900mm的禾时，禾会依到割台后壁，挨不到搅龙上，得不到及时输送，一方面加大了割台损失，一方面引起搅龙堵塞。因而用这种机割长禾时，必须抬高割茬（即割得高一些）。下表为我省现有大、中、小型水稻联合收获机搅龙中心至刀杆中心的水平距离L，供设计时参考。

名称	工农—1型(小机)	丰收—1型(中机)	东方红—1型(大机)
搅龙中心至刀杆中心 水平距离(mm)	300	400	430

2、选择适当的割幅

收获机两分禾器尖的距离叫割幅。水稻联合收获机的割幅刚好等于割台框架左右两端内表面的距离。毛主席教导我们：“我们讨论问题，应当从实际出发，不是从定义出发”。收获机的割幅应以拖拉机的机型来确定，其大小以拖拉机转弯时行走机构不压禾为准。同时，它也受到通过性能的限制。如东方红—1型为保证度收时链轨边带起的泥团不致溅到未割的禾上，割幅应为2.5公尺较适当，但由于我省的运输板船能运2.5公尺割幅的收获机的很少。工人们处₂为贫下中农着想、既考虑到工作性能，也考虑运输，所以我省大、中机割幅都取2.2公尺，小机取1.2公尺。

二、切割机构

切割机构是割台的最主要机构。它设计时应重点解决三大问题：
 (1) 根据收获机的型式选择适当的切割器，确定曲柄的半径。
 (2) 选择适当的平均速度，确定曲柄的转速。
 (3) 保证割刀有正确的安装位置。

程

1. 切割器和驱动机构

水稻联合收获机所采用的是Ⅱ型切割器，其特点是割刀的行程 S 等于刃刀电宽度 t ，等于相邻两定刀电距离 t ，即 $S = t = t_1 = 76.2$ mm，因此，曲柄的半径 $r = 38.1$ mm。

杆

收获机常用的割刀驱动机构有立式曲柄连杆机构和推杆机构两种。

对它们要“一分为二”地看。它们都有结构简单，制造容易等优点，但也各有自己的特点。

图2-2(1)所示为立式曲柄连杆机构的简图，它工作可靠性较好，我省现有收获机都用它。但由于它是立式的，所以必须使传动方向改变90°，使用半交叉皮带传动或锥形齿轮传动（前者目前一般用于中小机，后者用于大机，但大机也可试行使用前者以降低制造成本）。同时由于曲柄销作回转运动，所以连杆作用在刀片杆上的侧向分力较大，使刀片杆发生跳动。

图2-2(2)所示为摇杆机构简图。它的曲柄轴是水平的，所以不用改变传动方向，同时由于摇杆只作摆动，连杆作用于刀杆的侧向分力较小。它的缺点是振动厉害；长连杆两头分别受曲柄销和摇杆的作用而在两互相垂直的面上摆动，所以曲柄连杆连接处要用万向轴承，连杆与摇杆连接处要用球铰链。

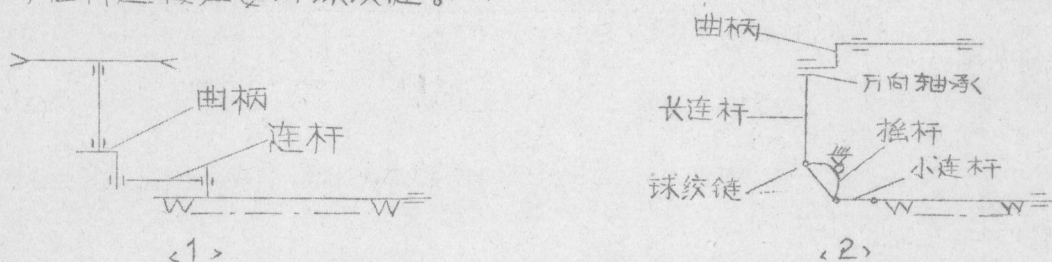


图2-2 常见割刀驱动机构

2 割刀平均速度的选择和切割速度的利用

① 割刀平均速度的选择

伟大领袖毛主席教导我们：“唯物辩证法认为外因是变化的条件，内因是变化的根据，外因通过内因而起作用。”在切割机构中，刀片的形状，刀杆的平直，刀片、刀杆、护刃器间有良好的装配，有良好的传动机构和驱动机构等等，这些都是内因，是“变化的根据”。没有这些根据，切割机构就根本失去了它的作用。但是切割机构要有良好的切割性能，必须有外因条件，有驱动力的作用，这就要求我们有选择适当的平均速度。

究竟选择什么样的平均速度才适当呢？在实践生活中我们懂得，用刀砍东西时速度越快越容易把东西砍断，所以我们希望切割速度尽可能大些，但事物是有两重性的，速度越大，有好的一面，也有坏的一面。坏的一面是速度太大时引起惯性力成平方比例增大，而惯性力是有害的，它会引起机器振动和零件磨损，严重时引起机构破坏。因此割刀运动速度也要增加到适当为止。在正确安装的前提下，我们以平均速度作为割刀运动的参考参数。在现有的水稻联合收获机上一般取平均速度为1.1~1.3公尺/秒；在有些采用立式割台的收获机上因无护刃口，属无支承切割，故取较大的平均切割速度为1.5~1.6公尺/秒。

确定了平均速度，我们就可以计算出曲柄的转速 n ：

$$n = \frac{60V_{\text{平}}}{2S} = \frac{60V_{\text{平}}}{2 \times 2Y} = \frac{15V_{\text{平}}}{Y} \text{ (转/分)}$$

式中： $V_{\text{平}}$ — 割刀的平均速度 (公厘/秒)

r — 曲柄半径 (公尺)

② 合理利用切割速度

转速

切割速度越高，切割性能越好，因此，在一定条件下我们必须选择在较大的切割速度情况下来割床。为了达到这个目的，我们必须对割床刀运动进行分析，“从中找出规律性的东西”。

图 2-3 是连杆机构运动简图， r 为曲柄半径， l 为连杆长度， A 、 B 为曲柄在内外极位置时连杆端点 D 的位置， $\varphi = \omega t$ 为曲柄在某时刻的转角， α 为连杆与刀杆延长线的夹角。

由图中可得：

1. 位移

$$x = l + r - (l \cos \alpha + r \cos \varphi)$$

因 r 大大地小于 l ，故

α 近于 0，则上式可简化

成：

$$x = r(1 - \cos \varphi)$$

$$= r(1 - \cos \omega t)$$

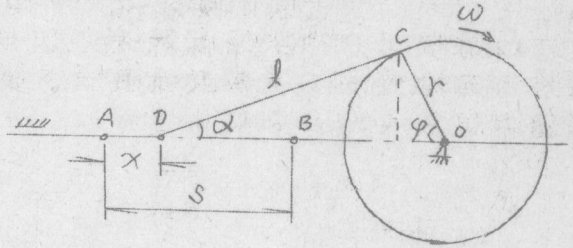


图 2-3 曲柄连杆机构

2. 割刀速度：

$$V_x = \frac{dx}{dt} = r\omega \sin \omega t$$

3. 割刀加速度：

$$a_x = \frac{dV_x}{dt} = r\omega^2 \cos \omega t$$

割刀的位移、速度、加速度也可用图解法表示。作法如图 2-4，以半径 r 为半径， O 为圆心作半圆。设 A 点为曲柄的外极位置， φ 为曲柄销在 C 位置时曲柄的转角， C' 为 C 在 AO 轴上的投影。

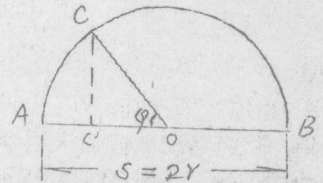


图 2-4 割刀位移、速度、加速度图解法

则： $x = AC' = r - r \cos \omega t$

$$V_x = CC' \cdot \omega = (r \sin \omega t) \cdot \omega = r\omega \sin \omega t$$

$$a_x = OC' \cdot \omega^2 = (r \cos \omega t) \cdot \omega^2 = r\omega^2 \cos \omega t$$

从图中我们可以看到切割速度 V_x 的变化规律。当 $\varphi = 0$ (曲柄销在外极位置) 时， $V_x = 0$ ； φ 增大， V_x 也增大； $\varphi = 90^\circ$ 时， $V_x = r\omega$ (到达最大值)； φ 大于 90° 时， φ 增大， V_x 值则逐渐减少； $\varphi = 180^\circ$ (曲柄销在内极位置) 时， $V_x = 0$ 。回程的规律也是这样。

毛主席教导我们：“马克思主义的哲学认为十分重要的问题，不在于懂得了客观世界的规律性，因而能够解释世界，而在于拿了这种对于客观规律性的认识去能动地改造世界。”通过上述分析，我们了解了割刀运动速度变化的规律，即割刀的运动是一种变速运动。

在每一个行程中，割刀的速度都是其小^到变^大（即曲柄运动到与刀杆成垂直位置时速度最大），又由大变到小。为了减少割切阻力和使切割工作干脆利落，设计时，我们应该利用当割刀运动到速度最高范围内进行切割工作。为此，我们在安装割刀时要特别注意做到，当曲柄销处在左、右两极位置时，应该使动刀片和定刀片的中心线重合。这一点做到后，割刀就能利用较高的速度进行切割。这一点也可以通过图2-5的分析帮助我们理解。

图2-5为皿型切割器运动情况。动刀片在始末位置时，其中心与第一个定刀片重合，曲柄销在外极位置，这时，动刀片的刃线在 a_0c_0 位置，初速度为0，当动刀片运动到 a_1c_1 位置时，即开始切割，这时速度为 v_1 ；当动刀片刃线到达 a_2c_2 位置时，切割终止，这时速度为 v_2 ；当动刀片运动至第二个定刀片中心重合时，曲柄销在内极位置。所以这种安装能使割刀在 v_1 至 v_2 这个较大^{速度}范围内进行切割。

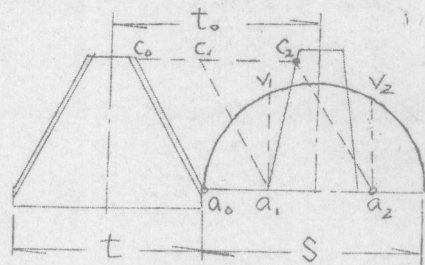


图2-5 切割速度的利用

因此，正确的安装（当曲柄销在内外两极位置时，使动刀片中心线重合）可以合理利用切割速度，使刀割在较大范围内进行切割。

3、割刀在切割过程中受力情况的分析

小 切割过程中的矛盾和刀杆的受力分析

“矛盾是普遍的、绝对的，存在于事物发展的一切过程中，又贯穿于一切过程的始终。”割刀在整个切割过程中始终存在着作用与反作用的矛盾，这些矛盾是驱动力和切割阻力的矛盾，驱动力和摩擦阻力的矛盾，驱动力和惯性力的矛盾。在正常切割的情况下，驱动力和切割阻力的矛盾即切割和反切割的矛盾是主要矛盾。但条件变了，主要和次要矛盾可以发生转化，在特殊情况下，割刀运动过程的次要矛盾可以上升为主要矛盾。

由于这些矛盾的存在和转化，使收获机特别是大型机的刀杆在工作过程中有时会发生折断。一种是通常情况下的折断，一种是特殊情况下的折断。在前一种情况下，切割和反切割是主要矛盾，在后一种情况下，驱动力和摩擦阻力的矛盾是主要矛盾。

毛主席说：“不同质的矛盾，只有用不同质的方法才能解决。”

在正常收割的情况下，刀杆在切割阻力等力的作用下，时间长了，就会发生“疲劳”，即金属晶格不断发生消移。当这种量变发展到一定程度时，就会发生飞跃，发生质变，金属晶格裂开，引起刀杆折断。如何减少这种破坏现象呢？“内因是变化的根据”，我们必须首先从刀杆本身来考虑，如选择较好的刀杆材料，制造时尽量保证刀杆的光洁度和平直程度等都是有效的办法。“外因是变化的条件”，合理选择割刀驱动机构和正确选取运动参数，如平均切割速度，及保证整个切割器有良好的装配关系；对在运动中所产生的惯性力进行平衡等等，也都是极其重要的。

特别必须引起注意的是，要防止刀杆在特殊情况下的折断。这种折断是由于切割口的装配关系受到破坏引起摩擦阻力无限增大所引起的。毛主席教导我们：“世间一切事物中，人是第一个可宝贵的。”人的因素第一，我们可以发挥人的主观能动性来避免这种破坏情形。首先是驾驶员操作时要注意，转弯时不要过急，割台升降不要过猛，否则就容易引起割台发生塑性变形，破坏了原来的装配关系而引起摩擦阻力无限增大致使刀杆折断。此外，有时也会因为螺絲、铆钉松动，破坏了原来的装配关系而引起刀杆折断，我们必须经常检查螺絲、铆钉的连接情况，以杜绝这种破坏情形的发生。

2. 不同迴转方向下割刀的受力情况

毛主席指出：“在某种意义上说，最聪明、最有才干的，是最有实践经验的战士。”工人阶级最有聪明才智，在我省的收获机中，驱动割刀所用的曲柄机构全都用顺时针迴转，这是很好的经验。

为什么呢？“我们看事情要须要看它的实质”，实质是这样的，割刀在切割过程中，刀杆的垂直方向主要受两个力的作用，这就是驱动力的侧向分力 P_2 和与机器前进方向相反的稻杆阻力。当曲柄顺时针迴转时，从图2-6.1中可看到，曲柄无论转到任何位置，驱动力 P 的侧向分力 P_2 始终是向前的，这就部分抵销了稻杆对刀杆的压力，减轻了刀杆侧面所受的压力，从而减轻了摩擦阻力。当曲柄逆时针迴转时，从图2-6.2中可以看到，曲柄在任何位置，驱动力 P 的侧向分力 P_2 始终是向后的，这个力与稻杆阻力同方向，一起压在刀杆上，使刀杆摩擦力增大，给刀杆的往复运动带来不利。因此在收获机上合理的曲

柄回转方向应当是顺时针方向。

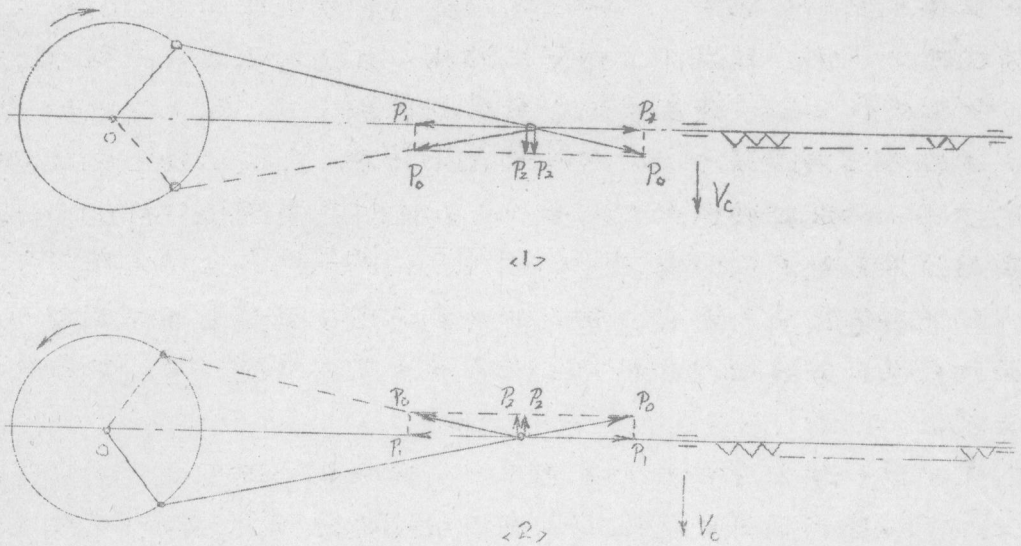


图 2-5 曲柄连杆机构不同回转方向的受力情况

应当指出，在使用曲柄连杆机构为驱动机构的任何机械上，我们都必须对它的受力作用进行分析，选择合理的^{曲柄}回转方向。

上面我们^在分析运动和受力作用时，只对曲柄连杆机构进行了分析，但正如毛主席所说的那样：“普遍性即存在于特殊性之中”，摇杆机构的运动和受力作用尽管有它自己的特殊性，但基本上还是与曲柄连杆机构相同的。

4. 消除有害因素——惯性力的平衡

因割刀运动是不等速运动，所以工作中有惯性力产生。这个惯性力是有害因素，它引起机件的振动，而使各连接件松动，另件磨损，严重时引起刀杆和其它机构的破坏。对这个有害因素，我们必须尽量消除它。

惯性力从何而来？可以说它主要是由于机构的运动方式决定的。惯性力有两种：一种是由于回转运动不平衡质量所产生的惯性力，一种是往复运动不平衡质量所产生的惯性力。从机构的构造来看，不平衡运动惯性力是由于曲柄连杆机构有不平衡的质量而在运动中所产生的。而由于驱动力的作用使机构在运动过程中产生运动加速度，则是惯性力产生的外因条件，而这个外因是通过内因起作用

的。

回转运动不平衡质量所引起的惯性力为：

$$Q_n = -(M_n + \frac{1}{3} M_L) r \omega^2$$

往复运动不平衡质量所产生的惯性力为：

$$Q_H = -(M_H l + \frac{2}{3} M_L) r \omega^2 \cos \varphi$$

(注： M_n 为曲柄的不平衡质量， M_L 为连杆质量， M_H 为每公斤割刀的质量， l 为割刀总长度。)

对于回转运动的惯性力是很容易平衡的。但往复运动的惯性力因它的大小和方向都是变的，所以必须附加一套复杂的机构上去才能完全平衡它，这样很不经济，而且对收获机来说也没有必要完全平衡它。事实上目前所用的大中型机对这两种惯性力都没有进行平衡，这是因为这两种机组都比较重，有一定的吸震能力的缘故。从目前的使用情况看，割台振动还是比较大的，最好还是考虑平衡一部分好。在小机上有些也不平衡，但还是平衡一部分好。在小机上，一般可考虑平衡回转运动不平衡质量所产生的惯性力，并部分平衡（平衡 $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{2}$ ）往复运动所产生的惯性力。

附加平衡重所需的惯性力为： $P_n = Q_n + (\frac{1}{2} \sim \frac{1}{2}) Q_{H \max}$

求出了 P_n ，就可以确定平衡重的半径和重量。

应当指出，一般高速运动机械上，由于不平衡质量所产生的惯性力都不进行平衡。

5. 正确安装切割机构

毛主席教导我们：“决定的因素是人而不是物。”就是说人是活的，机四是死的，只要我们能够正确的安装它，我们就能更好使用它。

1. 安装位置

①曲柄销在内外极位置时，定、动刀片中心线必须重合。在设计制造过程中，先根据割台框架的位置，确定安装曲柄销的回转位置，然后再选择连杆的长度和连杆在刀杆上的装置位置来保证满足上述要求。连杆的长度不宜过长，也不宜过短，过长重量太大并容易挡草，过短侧向分力 P_2 太大，引起割刀运动费力。一般都取 $100 \sim 150 \text{ mm}$ 的范围内。

②曲柄销回转平面必须与刀片平面平行，并尽可能保证连杆运动平面与刀杆平行。否则会影响定、动刀片的配合间隙。