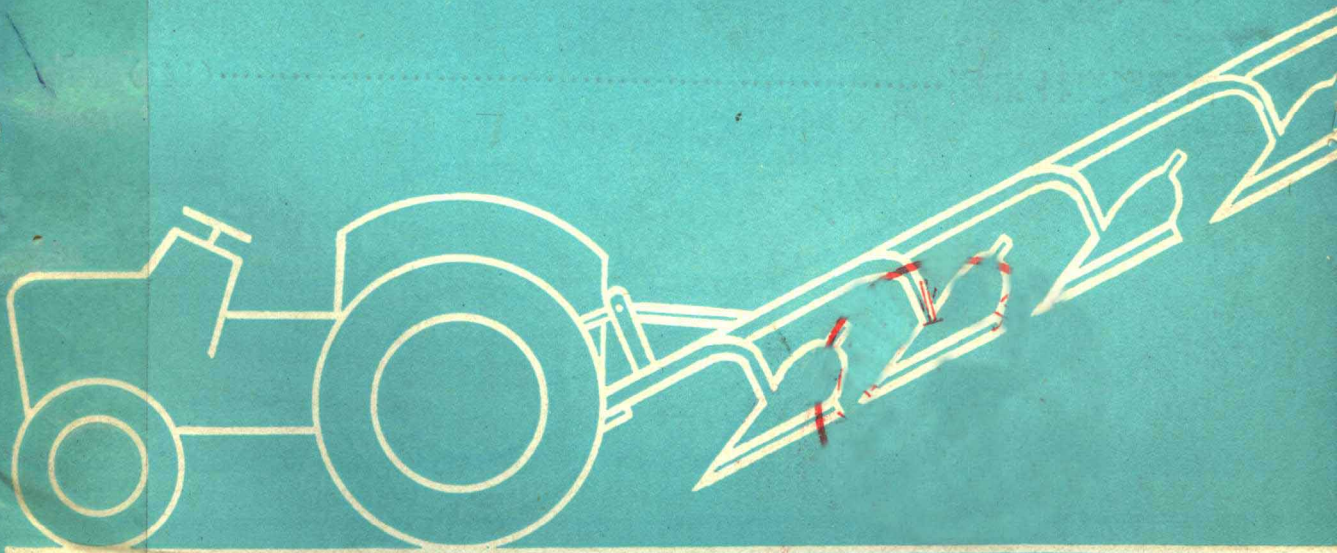


国外高速犁专辑



科学技术文献出版社重庆分社

国外高速犁专辑

中国农业机械化科学研究院
北京农机学院
吉林工业大学农机系 编辑
镇江农机学院农机教研室
中国科学技术情报研究所重庆分所
科学技术文献出版社重庆分社 出版
重庆市市中区胜利路91号

四川省新华书店重庆发行所 发行
科学技术文献出版社重庆分社印刷厂 印刷

开本: 787×1092毫米1/16 印张: 9.75 字数: 25 万

1979年12月第一版

1979年12月第一次印刷

科技新书 134-98

印数: 3000

书号: 15176·373

定价: 1.00元

目 录

土壤耕作机械化展望.....	(1)
关于高速耕地的经济问题.....	(4)
高速作业拖拉机的意义何在?	(9)
耕作成本最低的适宜的幅宽和速度.....	(14)
提高耕速的几个方面.....	(21)
高速切割的土壤阻力.....	(28)
土壤切割时的速度影响.....	(30)
通用高速犁体.....	(37)
高速犁体曲面形状的研究.....	(42)
不同形式犁体曲面对高速作业的适应性.....	(55)
高速犁体曲面形状的设计.....	(67)
用解析方法设计犁体曲面.....	(81)
犁安全器结构的发展和设计计算.....	(87)
轮式拖拉机与犁配套时的工作性能问题.....	(94)
特别考虑垂直力时对机引犁体进行六分力测量	(110)
苏联对高速犁体曲面的试验研究.....	(119)
 高速犁资料索引.....	 (141)

土壤耕作机械化展望

今后15—20年，土壤仍然是农业最重要的生产资料，因此有必要进行系统的工作来研制更完善的土壤耕作机具，促进肥力的保持和提高，保证农作物生长的最好条件，以获得高产。目前，一般播前整地作业（灭茬、用壁式犁耕地和无壁犁深松土、耙地、播前耙地和镇压）差不多要消耗全部田间作业40%的能量和25%的劳动量。现在所生产的犁、中耕机、深松土机、铧式和圆盘式灭茬机、圆盘耙、松土器和其他农具适于在6—9公里/时的速度下工作。正在试制工作速度达9—12公里/时的土壤耕作机具。

目前，苏联谷物生产的基本耕作和播前整地作业已完全机械化。在1976—80年的机器系统中拟定了约100种型号的机具，其中有铧式犁、深松土机、圆盘机具、中耕机和联合作业机组。这一期间，新研制和经改进的机具差不多占耕作机器系统的50%。在第十个五年计划中所使用的机具将大部更新。新机具的特点是能用9—12公里/时的速度工作，可提高机组生产率30%到80%，并从生产单一机具向生产统一系列（例如3、4、5、7和9铧通用犁，3、4、5、6和7铧多石地用犁、圆盘灭茬机）过渡，因此在国营农场和集体农庄条件下，机器的使用和修理都将大为改善。

分析表明，大多数国产耕作机具在作业质量和生产率方面超过了外国公司较好的产品，但在金属耗量和制造质量方面则不如他们。例如，四铧犁ПЛН—4—35和三铧犁ПЛН—3—35的比重量（即每米幅宽重量）为90—97公斤，比万国收获机公司生产的同样铧数类似犁的重量大。约翰·迪尔公司和凯斯公司的犁上装有磨光的，用专用高硬钢制造的犁壁，在潮湿和粉粒土壤中工作时不会粘土和堵塞。出现了在犁壁工作面上敷设

聚四氟乙烯聚合材料的趋势，这样做可以减少30%的耕地能量并避免粘土。因此化学工业必须着手生产适合于通用犁使用的耐磨聚合材料。

对于全面的播前整地，苏联广泛采用幅宽为4米的锄铲式中耕机（工作速度9—12公里/时），它与14千牛顿级（10千牛顿约合1吨力—译注）的拖拉机配套为悬挂式，如与更大马力的拖拉机配套时则用连接器来连接。但国外普遍采用幅宽为8—9米的无连接器中耕机，金属用量要低得多。例如，加拿大生产的200型中耕机，幅宽8.8米，金属用量指标约170公斤/米，而苏联用两台КПС—4中耕机和С—11连接器组成的8米幅宽的机组，该指标差不多是240公斤/米。此外，为30千牛顿级拖拉机配无连接器农具是极有前途的。目前的全面耕作中耕机机架结构也不令人满意，因为不利于根据工作条件来安装不同的工作部件，应改为平面机架。世界各国机械制造的趋势证明，带弹性柱鸭掌式锄铲的中耕机是有前途的。其优点是不易被植物残茬和土壤堵塞，有良好的碎土（由于铲柱振动）和地表平整度。苏联工业已生产带有这种铲柱的松土工作部件。必须在锄铲式中耕机上推广，以取代没有前途的辐射杆件系统（радиально—поводковая система）。

在农业中广泛采用圆盘机具，主要是双列耙БДТ—2.2，БДТ—3，БДТ—7和对称单列灭茬机ЛДГ—5，ЛДТ—10，ЛДГ—15。但实际表明，后者不能保证在8—10厘米深度内高质量地碎土。双列圆盘耙可满足这个要求，但其计划产量很有限，与Т—150，К—700和К—701等型号现代拖拉机的产量不相适应。对于平坦灭茬，非对称式圆盘灭茬型《小麦犁》是有前途的，在美国和加拿

大，它被广泛使用在基本耕作和播前整地上。

对近年来农业机械的发展的分析表明，技术的进展将建立在功率为150, 180, 220和370千瓦（200, 250, 300和500马力）的移动式动力设备的利用上。为了有效地利用这些动力，需要研制合适的土壤耕作机具成套设备。对于苏联的欧洲草原地区，伏尔加河流域，北哈萨克斯坦，阿尔泰地区和西西伯利亚，宽幅无联接器的通用土壤耕作机具（中耕机，联合机组，园盘机具，多铧犁）和抗侵蚀技术（宽幅深松施肥机等）是最适宜的。为了耕作粘重土壤，改良草原和牧场，需要有新的工艺及现代化旋耕机和以旋耕为基础，在一次行程中能完成几项作业的机组。利用改进工艺和大功率耕作机具成套设备可以提高劳动生产率1—2倍，并大大降低劳动费用。

农业机械化发展的长远方向是进一步提高耕作机组的工作速度（大于12公里/时）。正如全苏农业机械化研究所进行了七年的农艺试验所指出的那样，速度增加到20公里/时并不降低农作物的产量；即使在不利的年成，也不比用4—6公里/时的速度耕地所获得的产量低。可以认为，从农艺科学的观点看来，把耕地机组的速度提高到20公里/时并非不可能。这与最发达的外国的趋势是一致的。从美国发表的预测文章中知道，一些主要公司认为（1970年）他们已经实际地解决了速度为9.6公里/时的耕作机具的工作，并打算在最近十年内把耕地、中耕、耙地、播种的速度至少提高50%，即达到14.5公里/时。苏联目前使用12公里/时的土壤耕作速度。进一步提高速度可以增加生产率和降低劳动消耗，必须对进一步提高速度的技术可能性和经济合理性进行研究。

为了从根本上提高耕作水平，用翻转犁进行平坦耕作（无沟垅）具有很大意义，在国外翻转犁使用广泛。例如，在英国将有近50%的犁是翻转犁。在法国，翻转犁在1963

年就已几乎占80%。研制液压多铧翻转犁的可能性已被国外的实践所证实。例如，西德嘎斯涅尔公司生产4, 5, 6, 7, 8, 9和10铧的“沃岭坡”型半悬挂犁系列，其幅宽为1.6, 2.0, 2.4, 2.8, 3.2, 3.6和4.0（4.4）米。在苏联，翻转犁未被采用，在1976—1980年的机器系统中，仅规定研制为14和20千牛顿级拖拉机配套的三铧翻转犁。试验表明，限制国产30千牛顿级的拖拉机使用翻转犁，主要是由于拖拉机的操向机构放在右面，在“回程”时带左翻犁体的机组操向困难。因此，为了解决这个问题，必须在部署研制翻转犁的同时，着手制造操向机构配置在驾驶室中间的远期拖拉机并相应改装现有机具。用翻转犁平耕可以改善后续作业的条件（中耕，耙地，播种，收获），提高劳动生产率和机组的工作速度，从而增加农作物的产量10—12%。

一个长远的，且相当复杂的问题是研制带主动工作部件的土壤耕作机具，它在栽培行间中耕的蔬菜，水稻，改良草原和牧场时特别有效。这种机具的主要优点是结构紧凑，通用性好，有可能在一次行程中实现必要的碎土，甚至对粘土也能达到。所有这些促进了农作物的生长，因而增加了产量并可大大降低农业单位产量的劳动消耗。此外，由动力输出轴获得能量的主动式旋转工作部件产生推力，因而完成工作过程的工艺性能与拖拉机的牵引附着性能无关，并且这种拖拉机的总重量可能只有带大牵引力农具的成批生产的拖拉机重量的1/5—1/7。但是，带主动工作部件的耕作机具，特别是对旋耕机而言，妨碍这种机组在生产中使用的主要缺点是：它进行的工艺过程耗能很多，旋耕机具结构复杂，因而它比带从动工作部件的机具使用可靠性差；还不能建立简单而又可靠的传动机构来将强大的发动机功率传给工作部件，大多数旋耕式工作部件仅能在较低的机组工作速度（不大于4.0—5.5公里/时）下工作，这就限制了它的生产率。因为现代拖拉机主要是考虑通过行走装置（驱动轮和链

轨)将发动机的能量传给工作部件,故旋耕时的经济性和可靠性通常很低。为了带旋耕机工作,需要专门的重量不大而贮能很高的动力装备,而这种装备无论国内国外都还未出现。分析表明,国外的旋耕机组不比国内的好。由于带主动工作部件的耕作机具有上述优点,需要我们更快地解决妨碍它在农业生产中使用的问题。

对于一次行程完成多项作业的联合作业机具和机组的研制将引起重视。国内外研究表明,从农艺观点看来,可以把基本耕作和播前整地,种床准备和施肥,平整地表,松土,镇压和播种的其他土壤准备作业联合起来。由于研究工作者和试验设计工作者的努力,近年来已拟定了发展联合作业机组的下述方向:用合理组合不同型式的低能耗从动工作部件(锄铲,松土器,从动滚子和振动部件等等)的方法,以及在利用主动工作部件的基础上与从动工作部件进行组合。其中第一种组合已经成功地实现了——联合机组PBK—3, AKП—2.5等已经研制出来并应用于生产中。第二种组合方向是有前途的,同时也是一个复杂的问题。但是旋耕式联合作业机组KΦC—2.4, KΦC—3.6, KA—3.6等已经研制出来并进行了试验。然而为了顺利地解决这个任务,还必须对传动加强研究,以保证旋耕机在9—10公里/时的速度下有效而可靠的使用。

为了提高土壤肥力,研制用来耕作面积广阔的盐碱地(主要是栗色土)的技术工艺装备有重要意义。干旱地区盐碱地改良是以采用一整套技术措施为基础的。其中主要是按B、П、莫索洛夫院士的方法用土壤改良三层犁ПТН—40耕地。根据气候条件和盐碱性性质采用不同工艺——用ПТН—40犁进行改良土壤性质的耕地,用一般耕地法施石膏,用松土法旋耕上层土壤等等。但在生产中实际使用的只是与ДТ—54拖拉机配套的三层犁,它主要用在伏尔加流域,罗斯托夫斯克区和南乌克兰。用于其他地区盐碱地耕作的

机具还没研制出来,也没有与T—150, K—700, K—701拖拉机配套的高速分层耕作犁。有鉴于此,必须制订耕作我国所有盐碱地区的工艺规程和成套机具,研制与30, 50, 75千牛顿级拖拉机配套的,耕速为8—12公里/时的分层犁系列;制订施土壤改良剂并使其与盐碱土混合的工艺规程和技术装备;研制并在生产中使用草原和牧场盐碱地的耕作机组。

采用改进了的土壤耕作成套机具可以提高谷物收获量,而在一系列情况下,通过轮作能增加千百万公顷的肥沃土地。在解决上述问题的同时,研究拖拉机(特别是重型拖拉机)、作业机器和运输机具的行走系统,以及强型耕作机具的工作部件对土壤的结构和肥力的影响作用,将引起更大的注意。应制订耕作北高加索,南乌克兰,伏尔加河流域,哈萨克斯坦和国内其他地区的风蚀和水蚀土地的工艺规程和成套设备。它们可以用来保护千百万公顷土地并额外地收获大量作物产品。

由于科研和设计工作者完成的工作,打算在不远的将来研制新的高生产率土壤耕作机具,其生产量将决定于总耕地中需长期使用这些机具的面积。15—20年后,翻垡式耕地仍占优势。利用壁式犁将耕作约60—65%的土地面积,用深松土器约耕30—35%,而旋耕机耕地约占5—10%。播前整地的60—65%将由联合作业机组完成,有20—30%将同时播种,只有5—10%使用单项作业机。在较远的将来,将有针对性地推广按国家土壤气候区划编制的成套土壤耕作机具,用于速度大于15公里/时的3, 4, 5, 6, 7, 9和12铧悬挂和半悬挂犁(与14, 30, 50和75千牛顿级拖拉机配套);用于平坦耕作的悬挂和半悬挂翻转犁(14, 30, 50千牛顿);耕翻多石地的悬挂半悬挂犁及深松施肥机(14, 30和50千牛顿);深松土机(30, 50和75千牛顿);铧式灭茬机(14, 30和50千牛顿);园盘灭茬机和园盘耙(14, 30, 50和75千牛顿);速度达15公里/时的中耕机和其他全面表土耕

关于高速耕地的经济问题

工作速度的发展趋势

工作速度的提高,或者一般地说速度的提高问题,是一个不断进行的过程。在农业生产上,无论从生产力的必要增长方面还是从技术的进一步发展方面来说,提高工作速度都是有理由的。

如果我们对耕地速度的发展加以考察,就能看出耕作速度也有日渐增高的趋势。在将来,由于拖拉机重量的减轻和发动机功率的增高,耕作速度还会继续提高。

在犁体的研制方面,也还存在一个对高速作业的适应性问题。

经济方面的考察

在任何时候,提高耕地速度的本身都不是目的。提高耕速必须在经济上有意义,而且要尽可能地节约成本和时间。

关于这个问题,保勒斯基曾指出,如果在耕作质量符合农业技术要求的情况下,能量消耗、燃料消耗、机器的可靠性和拖拉机工作条件等不致明显恶化,那么提高工作速度在经济上是意义深远的。

早在1912年伯恩斯坦就指出,要注意与提高耕作速度有关的经济因素。

根据他所提出的公式,手扶式机力犁在

耕速为2.1米/秒或7.5公里/小时时,作业成本最低。

近年来,霍夫曼也进行了类似的计算,以便求得成本最低时的最佳工作速度。他认为当使用30Z型标准犁体,在不同的土壤上耕作时,最佳耕速是8—10公里/小时。当使用高速犁体时,最佳耕速范围可更高,即10—12公里/小时。

塞格勒也认为,由于经济方面的原因,提高工作速度尤其是必要的。他的有关机器运用学的计算清楚地表明,耕地时最低成本已不再位于迄今的5—7公里/小时的范围内,由于工资成本的变化,这一最低成本已位于7—10公里/小时的速度范围内;而且还要向更高的速度范围变动(图1)。

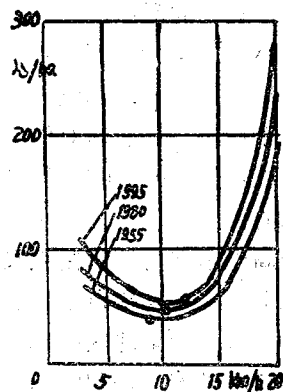


图1 经济上最佳耕速的展望 (据Segler)

作机具;用于基本耕作和播前整地的旋耕机(14, 30, 50 和 75千牛顿);联合作业机组(用于同时松土,平整和镇压土壤;耕地和种床准备;包括松土、平地、镇压及施放除莠剂的播前整地和播种;农作物的少耕和免

耕栽培)。

李清桂译自《Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства》, 1977, №2, 7—9。李守仁校。

经济上的最佳耕速的计算

要计算最佳耕地速度，可以利用 J. 罗什涅尔和 E. 罗什涅尔所提出的关系式。

利用以下关系，可以计算工时成本和作业成本。

$$W_T = \frac{b \cdot v_f \cdot \eta}{10} \text{ [公顷/小时]}$$

b ——耕幅，米

v_f ——耕速，公里/小时

η ——时间利用系数

燃料的成本可以通过牵引力以及由此推算而得的发动机功率来确定

$$B_e = \frac{N_e \cdot b_e}{10^3} = \frac{Z \cdot v_f \cdot b_e}{270 \cdot \eta \cdot 10^3} \text{ [公斤/小时]}$$

式中

B_e ——燃料和润滑油料的小时消耗量，公斤/小时

N_e ——发动机有效功率，马力

b_e ——燃料和润滑油的单位消耗量，克/马

力小时

η_t ——拖拉机的牵引效率

Z ——牵引力，公斤

每小时燃料和润滑油料的总成本为

$$K_v = B_{eDK} \cdot P_{DK} + B_{e\phi_1} \cdot P_{\phi_1} \text{ [马克/小时]}$$

式中

P_{DK} ——燃料价格，马克/公斤

P_{ϕ_1} ——润滑油价格，马克/公斤

总成本（工资成本加运用成本）为

$$K_{ges} = \frac{K_v + L}{W_T} \text{ [马克/公顷]}$$

L ——驾驶员小时工资，马克/小时

$$K_{ges} = \frac{Z \cdot C}{10^4 \cdot 2.7 \cdot \eta_t \cdot b \cdot \eta} + \frac{10L}{b \cdot v_f \cdot \eta} \text{ [马克/公顷]} \quad (1)$$

$Z = 100(K \cdot b \cdot t + e \cdot b \cdot t \cdot v_f^2)$ [公斤] (按照哥略契金公式，其中未计犁的滚动阻力)

$$C = b_{eDK} \cdot P_{DK} + b_{e\phi_1} \cdot P_{\phi_1} \left[\frac{\text{马克} \cdot \text{克}}{\text{马力小时} \cdot \text{公斤}} \right]$$

在计算举例中，代入的数值如下：

单位润滑油消耗 $b_{e\phi_1} = 3$ 克/马力小时

单位燃料消耗 $b_{eDK} = 210$ 克/马力小时

润滑油价格 $P_{\phi_1} = 3.25$ 马克/公斤

燃料价格 $P_{DK} = 0.40$ 马克/公斤

工资 $L = 3.50$ 马克/小时

耕深 $t = 0.25$ 米

耕宽 $b = 1$ 米

拖拉机牵引效率 $\eta_t = 0.6$

时间利用系数 $\eta = 0.85$

犁体的系数 e (见表1)

土壤比阻 K (见表1)

对于4—12公里/小时的速度范围，计算结果见图2。30Z型犁体的最低成本为A、B、C三点，对于25H8型高速犁体，最低成本为D、E、F三点。

可以得到以下的结论：

a) 随着耕作难度的增加，最低成本逐渐向低速范围靠近。

b) 由于使用高速犁体，最低成本向着高速范围移动。

c) 随着工资成本的增高，最低成本同样向着高速范围移动。

用上述关系式求最佳耕速，计算工作要花费相当的时间。而且除了改变耕速以外还要改变其他参数，诸如耕深、工作幅宽和工

表1

K 值和 e 值

土壤类型	轻质土壤	中等土壤	粘重土壤
土壤比阻 K [公斤/分米 ²]	30	50	80
犁体系数 e $\left[\frac{\text{公斤} \cdot \text{小时}^2}{\text{分米}^2 \cdot \text{公里}^2} \right]$			
犁体30Z,	0.25	0.3	0.35
犁体25H8	0.13	0.18	0.22

资成本等。这样，所花费的时间就相当可观了。

若按最佳耕速来计算，则与上述公式不同

$$V_{opt} = \sqrt[3]{\frac{1350 \cdot L \cdot \eta_t}{\varepsilon \cdot b \cdot t \cdot c}} \quad [\text{公里/小时}] \quad (2)$$

根据这个公式，可以搞清楚个别参数的影

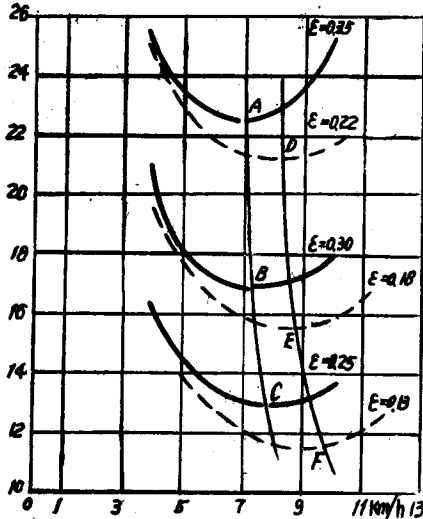


图2 30Z型犁体和25H8型高速犁体在轻质、中等、粘重土壤上的最低成本的位置

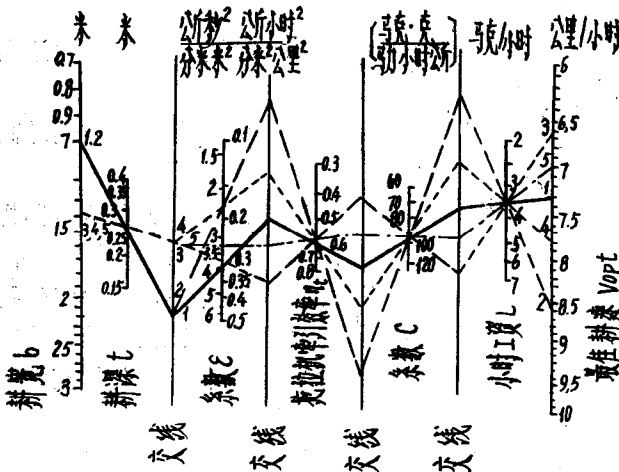


图3 当单位面积的工资和燃料成本最低时，最佳耕速的确定

* “面积生产率”即单位时间内耕地面积。后文中“体积生产率”则指单位时间内所耕翻的土壤体积。一译注

响。

为了迅速估算，我们综合了一个诺莫图（图3）。利用该图可以很快得到一个概略的结果。在诺莫图上我们列举了4个例子。条件是：中等土壤、小时工资为3.50马克、拖拉机牵引效率为0.6、耕深为0.25米以及单位燃料和润滑油料的成本为95 $\frac{\text{马克} \cdot \text{克}}{\text{马力小时} \cdot \text{公斤}}$

$$(0.095 \frac{\text{马克}}{\text{马力} \cdot \text{小时}})。$$

例1和例2的工作幅宽为1米；例3和例4的工作幅宽为1.4米。例1和例3采用的是30Z型标准犁体的ε值；例2和例4采用的是25H8型高速犁体的ε值。

除了最佳耕速以外，与此有关的理论的“面积生产率”*也是值得注意的（指基本时间 T_1 内的面积生产率）。

轮式拖拉机需要的牵引功率和发动机功率的计算

当按照图3求出经济上的最佳耕速以后，就有必要确定在保持最佳耕速的情况下，轮式拖拉机所需要的牵引功率。

拖拉机的牵引功率为

$$N_z = \frac{Z \cdot V_t}{270} \quad [\text{马力}]$$

Z是哥略契金的有理公式中的牵引力，此处我们可以再次将犁的微小的滚动阻力忽略不计。

$$N_z = \frac{100(k \cdot b \cdot t + \varepsilon \cdot b \cdot t \cdot v_t^2) v_t}{270}$$

$$[\text{马力}] \quad (3)$$

这个公式用诺莫图的形式表示在图4中。我们继续应用图3中的4个例子，并绘制在图4中。

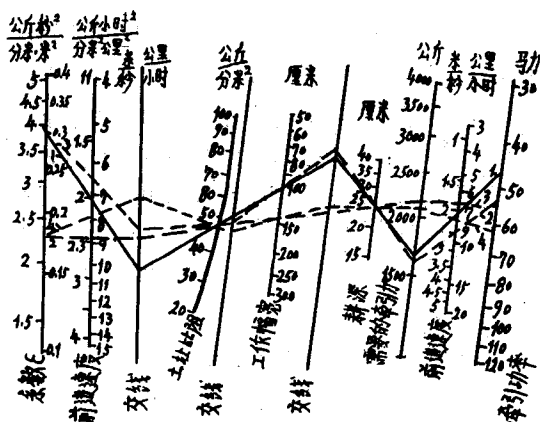


图4 根据哥略契金有理公式，计算牵引力和牵引功率

拖拉机发动机的有效功率为

$$N_e = \frac{N_z}{\eta_t} \text{ [马力]} \quad (4)$$

如果取拖拉机牵引效率为0.6（例如对割后地），那么发动机需要的有效功率将分别为：例1≈78马力，例2≈90马力，例3≈92马力，例4≈103马力。

由这些数值可见，一台发动机功率为90马力的轮式拖拉机（简言之，发动机功率即决定着经济性），同幅宽1米、耕深0.25米的标准型犁配套，在中等土壤（50公斤/分米²）上以7.3公里/小时的速度而耕作，是没有达到满负荷的。拖拉机的牵引效率 η_t 只有0.52左右，这就意味着拖拉机的使用是不经济的。如果我们按照式（1）来计算每公顷耕地作业的成本（此时不考虑简单再生产和扩大再生产成本），那么成本应为19.10马克/公顷，而不是如图2中B点所对应的成本16.90马克/公顷。只有当拖拉机的有效发动机功率为78马力时，作业成本才是16.90马克/公顷。

但是，如果我们使90马力拖拉机同高速犁配套，那么当工作幅宽相同（1米），并以8.6公里/小时的速度耕作（例2）时，能够很好地达到满负荷。此时拖拉机牵引效率 η_t 取为0.6，且成本约为15.70马克/公顷（如图2中的E点）。

由于在农业生产中还没有现成的高速犁体，所以一台90马力的拖拉机必须与幅宽1.4米的标准型犁配套，且耕速应为6.6公里/小时，这样才能使拖拉机保持同样良好的负荷状态（可对照例3）。

拖拉机的牵引效率 η_t 约为0.61（实际上，在割后地上完全可以达到）。所构成的成本约为15.50马克/公顷。

犁的工作幅宽的计算

从上述几个例子可以看出，一台给定的拖拉机同一台犁配套，要使其在各种土壤状态下都保持最佳的牵引效率、最佳的耕速和最佳的工作幅宽，而且既满足能量要求，又满足经济性要求，这是很不简单的。拖拉机的牵引效率、以系数 ϵ 来表示的犁体形状以及土壤比阻合起来构成能量消耗的主要因素。

经济方面的主要因素是所能达到的面积生产率、工资成本和燃料成本。为了寻求最佳的状态，所有这些变动的因素都需综合调整，以便求得最适宜的耕作速度以及耕地机组的最佳幅宽。

在这种情况下，要使计算所得的全部参数都达到最佳值，是绝对不可能的。只有通过折衷的办法才能得到均衡数值。而这种均衡的数值，在农业生产中是很有益处的。

计算时应首先考虑经济因素，而把利用诺莫图（图3）所求得的最佳耕速（对于一定的按经验估算而得的工作幅宽来说）只是作为计算的参考值。

为了精确计算工作幅宽，可将经济上最合适的耕速代入奥尔洛夫所提出的关系式中。

这个关系式所计算的是，具有确定的发动机功率并具有最佳牵引效率的拖拉机和一台悬挂犁配套，每小时所能耕作的土壤体积。

机组的“体积生产率”为

$$W_T = \frac{b \cdot t \cdot v_f}{3.6} \text{ [米}^3\text{/秒]} \quad \begin{array}{l} t \text{—耕深, 米} \\ b \text{—工作幅宽, 米} \end{array}$$

v_f —工作速度, 公里/小时(5)
式中 b, t 可以由哥略契金公式解出, 这时犁的滚动阻力忽略不计。

$$b \cdot t = \frac{Z}{(k + \varepsilon \cdot v_f^2) \cdot 100} \text{ [米}^2\text{]}$$

现在式(5) 即可写成

$$W_T = \frac{V_f \cdot Z}{(k + \varepsilon \cdot v_f^2) \cdot 360} \text{ [米}^3\text{/秒]}$$

$v_f \cdot z$ 相当于拖拉机的 $N_e \cdot 270 \cdot \eta$,

$$W_T = \frac{270 \cdot N_e \cdot \eta}{(k + \varepsilon \cdot v_f^2) 100} \text{ [米}^3\text{/秒]} \quad (6)$$

这样就可以从最初的等式中求得犁的工作幅宽

$$b = \frac{W_T \cdot 3.6}{t \cdot v_f} \text{ [米]} \quad (7)$$

取90马力的轮式拖拉机, 牵引效率为0.6, 同带有30Z型标准犁体的悬挂犁配套,

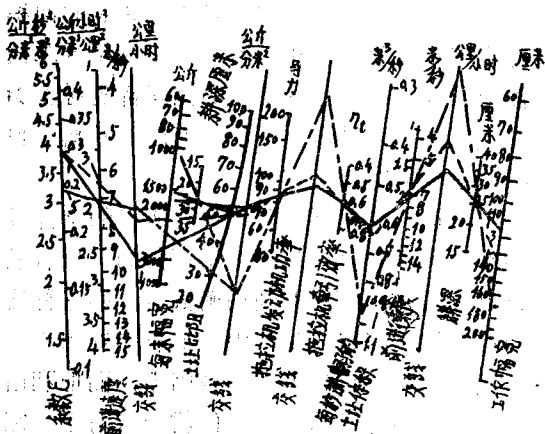


图5 每秒耕翻的土壤体积, 犁的工作幅宽以及每米幅宽所需牵引力的计算

作为计算的例题。

图5是根据公式作出的诺莫图, 将图3中的例1和例3也画在这个诺莫图上, 在中等土壤上, 对于例1来说当耕速为7.3公里/小时, 犁的工作幅宽约为1.18米, 对于例3来说当耕速为6.6公里/小时, 犁的工作幅宽约为1.4米。

进一步又举出了另一个在轻质土壤上耕作的例子。

比阻 $k = 30 \text{ 公斤/分米}^2$

系数 $\varepsilon = 0.25 \frac{\text{公斤小时}^2}{\text{分米}^2 \cdot \text{公里}^2}$

耕深 $t = 0.25 \text{ 米}$

工作幅宽 $b = 1.4 \text{ 米}$

这些数值在图3中是第五个例子所采用的。经济上最适宜的耕速为7公里/小时。

对于轻质土壤, 将例5的数据搬到图5上, 从而求得犁的工作幅宽应为1.8米。

结 论

鉴于目前还没有有关耕地作业中各种经济参数和能量参数与耕速之间关系的资料, 为了对于一定的机组, 能使耕作速度和工作幅宽选用得合适, 我们根据所研究的几个例子, 求得了“耕作速度”参数(图3)和“工作幅宽”参数(图5)。

本文所推荐的折衷办法, 固然尚存在不少问题, 但是它给出了在农业生产上比较合适的推荐值。

马廷玺译自《Deutsche Agrartechnik》, 1967, №10。

高速作业拖拉机的意义何在？

内 容 提 要

由于美国农民继续投资和劳动工艺不断更新，他们对更大功率拖拉机的需求势必增加。要有效地利用这部分增加的動力，需要采用更大的宽幅机具，实行几种作业程序一次完成的联合作业，提高各种田间作业的工作速度。本文首先从农民的角度，其次从工程技术人员或制造者的角度来探讨拖拉机高速作业的优缺点。

投农民之所好，对农业机械制造者来讲是头等重要的事。因此，认真考虑农民对田间作业速度问题的意见是适宜的。美国农民发现，搞大规模经济是一条非常有利的途径。

农业规模的趋势以及市场对更大功率拖拉机的需求的增长情况，是大家都了解的。如果更大规模的农业和更大功率的拖拉机的总趋势继续下去，那么农民对更高的作业速度的态度将变得特别积极。

拖拉机的速度是随着不同的作业类型和不同的地区而变化的。土壤类型、地势、地块的大小和很多其他因素都影响着作业速度的选择。我们的目的不在于规定某种特定的理想速度，而在于考虑农民对不断提高速度的意见。在全国各地进行地区性调查的目的，就是为了及时地了解农民的需要及其利益之所在。事实证明，象自行导向式作畦打埂器、耕耘机具和旋耕机等一类高速作业机具是有很好的销路的。同样，拖拉机发动机的更新，使功率大大提高，也暗示着对提高田间作业速度的要求。更新发动机的原因，并不都与作业速度有关，但是，我们确实发现，为了耕得快些，有很多农民希望增加动力。下面让我们探讨其原因所在。

农民的见解

由于较大规模的田间作业和较大功率的拖拉机的出现，农民就面临一个利用增加动力多做功的问题。其途径至少有三：采用宽幅机具；通过机具的组合来同时完成几项作业；提高作业速度。几乎在任何一种情况下，最好的解决办法，是在一年内的不同季节里采用几种方式把上述三种可能性结合起来。

本文的目的虽然只是讨论采用提高作业速度这种办法，但是在三者之间作些比较是必要的。

高速作业的优点

投资低 在两个方面能作到节省。造价低廉，这是因为机具体积较小，犁体、开沟器或圆盘刀等较少。此外，可以使拖拉机的使用重量减轻，这是因为速度的提高使发挥一定马力所需要的牵引力减小了。配重是要花费金钱的，扩大轮胎负载能力的附加费用也是可观的。

现在，农民越发担心土壤的压实。同一台拖拉机可以在配重较大和较小的条件下工作。合理的配重，是随着机具类型的不同而变化的。鉴于所有这些原因，农民喜欢尽量少用配重，并且不愿意反复装、拆它。

简化运输 为了扩大经营范围，很多农民不得不购买互不连接的地块。相距半径十几英里的土地是常见的，两地块相隔二十英里也不足为奇。运输宽幅机具更加困难，从田间工作状态到运输位置反复拆装机具或挂结装置所用去的时间，从生产率的角度来

讲，白白浪费了。

使田间作业机组更加紧凑 除了土地几乎完全平坦的个别情况外，机具对地表高低的适应性与它的工作幅宽有关。这样，窄幅机具有它结构简单这一固有的优点。多机具挂结的机动性还远不理想。即使土地扩大了，连成片，但复式机组和串联式挂结也要有足够的回转空地。在地面灌溉地区，这是值得认真考虑的。

简化机具的维护 机具越宽或越长，需要清理、调整和润滑的地方就越多。要做到使这些机械的所有工作元件都能协同动作，调节程序也不简单。

高速作业的缺点

对操作人员有不利影响 由于速度提高，使操作人员的舒适程度降低了。对这个课题作过大量的研究和讨论。很多问题还有待解决，但已经取得了很大进展。

还应指出，不论是宽幅机具，还是联合作业，都不能完全减轻操作人员的负担。操作人员必须眼看四方，必须不断回头观察外部机构。采用前后串联的联合作业，如果后面的机具需要仔细观察的话，有时会引起严重的视界问题。宽幅机具由于外挂机具力臂较长，甚至当牵引工况发生很小的变化，就会造成操纵的困难。各种机构的升降，某些辅助职能的起止，其控制程序在很多田间作业中是相当复杂的，比如在联合作业机的耕作、施肥、施除草剂和杀虫剂、播种作业中就是如此。

我们还应记住，由于滑转，实际行驶速度经常要比指示速度低20—30%。现在有一种把技术数据与指示速度结合起来使用的趋向，该技术数据是根据实际地面速度总结出来的。这可能成为严重的谬见。举例说，假定滑转为20%，一台最高设计速度为9.5公里/小时的犁，可以以12公里/小时的指示速度耕作。农民通常都是依据指示速度这一术

语去想问题的。他们是从以下几种考虑来评价滑转的，即轮胎的磨损，下陷，或者牵引力的减小（后者只在个别情况下发生）。

功效 高作业速度对一些机具的功效是有消极影响的。但最近几年来，这方面已有很大改进。

对能量的需求增大了 随着速度的提高，单位面积所需要的能量也势必增加。但是我们必须记住，农民主要关心的并不是尽量缩小能耗。因为我们这里所讨论的不是农业机械管理问题，简单地提一下如下事实也就够了：在大多数农场的收支帐上，几加仑燃料费与劳动工资相比是无足轻重的。

工程技术人员或制造厂的见解

在估量拖拉机高速作业效果的时候，工程技术人员或制造厂将对许多附带项目进行周密的思考：

1. 基本型拖拉机的动力与重量之比可能增大；
2. 基本型拖拉机的价格可能降低；
3. 拖拉机的可靠性可能提高；
4. 买主的修理费用可能减少。

其中每一项都是需要进一步讨论的。

提高动力与重量的比值 从根本上讲，拖拉机的最终传动力是与工作速度成反比的。降低强度的可能性将比所想像的数值还要大，因为机械另件的疲劳损伤是按驱动力的指数而变化的，并与工作速度成正比。这个指数永远大于1。例如，有很多数据表明，齿轮的齿和轴承的滚道等的表面磨损（出现凹窝和磨痕）差不多相当于作用力的三次方。换句话说，如果工作速度提高一倍，而力减少50%左右的话，那么由于载荷所造成的表面磨损的近似值将为 0.5^3 ，等于原载荷所引起的磨损的12%。因为速度提高一倍，这里的12%也必定增加一倍，即以加倍的速度进行操作所引起的最终传动另件的表面磨损大约为24%。由齿轮齿根部的裂痕和损坏

的驱动轴等所表明的弯曲疲劳损伤数据，大致相当于施加力的七次方。 0.5 的七次方等于原载荷所引起的磨损的 0.8% 左右，但因速度提高了一倍，故全部弯曲损伤等于在原载荷和原速度的情况下所受损伤的 1.6% 左右。

当然，惯性要随着速度一起按速度的平方的比例增大。在速度增加一倍的情况下，惯性力就要增大到 400% ，即四倍。但如此大的惯性力或许不会成为制造者十分关心的事。因为拖拉机的作业速度其中包括运输速度的范围是广泛的，可以认为，上述增加速度的情况是已经考虑到了的。我们关心的，只是田间作业速度的提高。

根据前面的探讨，我们完全可以相信，通过增加田间作业速度，提高动力与材料消耗之间的比值是可能的。但是，在绝大部分买主改变工作状况之前，制造厂是不敢考虑降低强度的，因为即使只有 5% 的顾主过早失败，对他来讲就是一场灾难。

降低产品价格 虽然从产品的重量方面考虑它的价格是有道理的，但其他因素也影响着产品的价格。通过生产线另件批量，机加工工序数量以及市场的需求等，就是这些可变因素的几个方面。作者对判定产品价格没有多少经验，所以我们只能简单地说，普遍地增加田间作业速度能够使单位功率的价格降低。

提高可靠性 提高田间作业速度是否能提高拖拉机的可靠性，几乎完全取决于其结构是否能按照田间作业时载荷的变化而变化。设计所有的另件，几乎都要考虑在一定的标准设计载荷下，能延长拖拉机的寿命。但这不能保证百分之百的可靠性，也不能排除修理，因为像腐蚀、加工误差、超负荷操作、维护不当、材料不合格和很多其他因素都会起作用的。

如果结构能随着田间作业时受力的减小而改变，那么可靠性是可以提高的，作出这样的假定是合乎逻辑的。

降低修理费用 田间作业速度提高了，修理费用有所减少，这是理所当然的。这是因为，如果结构随着田间作业时受力的减小而有所改进的话，那么备件的费用就会下降；即使结构不改变，另件损坏率也会降低。前面的讨论表明，严格按照工程技术人员和制造厂的观点，拖拉机有效功的费用，由于田间作业速度增加而降低了，或者说，可靠性提高了，修理费用减少了。就实际田间作业来讲，机具的高速效应也必须研究一下。如果不改变结构的话，所有挖土或翻土机具的牵引阻力或单位面积的能量消耗都会增大。这一事实已成为认真分析和实现增加田间作业速度的最大障碍。

有关分析农田作业费用的文献，很多都没有考虑为使其适应田间作业速度而给拖拉机加装的配重的费用。所以，下面的讨论，想就增加田间作业速度可能对农田作业的费用所起的作用这一问题，提供一些看法。

举 例 分 析

让我们设想一项特定的农田作业，然后分析一下十年内用各种尺寸的犁和在拖拉机的动力不变的情况下耕翻土地所需要的费用。当犁的尺寸增大，翻耕作业的工作速度将减低，这是必然的。

供分析的假定论据

1. 每年耕地面积，英亩 320
2. 拖拉机型号 100轴马力，柴油机
3. 拖拉机重量（不带配重），磅
后重7,000
前重3,000
共10,000
4. 无配重拖拉机价格 10,500美元
5. 为使拖拉机能以耕地所需要的田间作业速度进行工作时发挥最大的牵引功率，需加装足够的后配重。
6. 为使后面的和前面的静态重量分别为 75% 和 25% ，亦需加装足够的前配重。

7. 配重价格 0.25美元/磅

8. 供克服耕地中特别坚硬地段所需要的拖拉机功率的平均值 90%最大功率

9. 除耕地作业以外, 拖拉机每年抽出620小时从事其他工作。

10. 半悬挂犁的尺寸,

每个犁体耕幅16吋

三铧犁

四铧犁

五铧犁

11. 犁的价格, 每呎耕幅单价为270美元

三铧犁 1,080

四铧犁 1,440

五铧犁 1,800

12. 翻耕的田间作业效率, 0.80

这是实际耕作时间与在地里的总时间之比。其他时间耗费在以下几个方面: 转弯、小修理、由于犁的堵塞所引起的中断等。

13. 耕深 8吋

14. 具备能使持续耕作这样条件的壤土。

15. 为便于分析, 我们假定拖拉机装有这样的传动装置, 即当功率的最大平均值为90%时, 其齿轮速比能满足犁的(工作)需要。

16. 燃料价格为0.20美元/加仑。

17. 劳动价格为2美元/小时。

18. 满负荷和发动机负荷系数为90%时, 燃料耗量为15轴马力—小时/加仑。由于每小时的平均油耗是与所规定的0.80的田间作业效率相协调的, 故每0.2小时的油耗等于满负荷油耗的1/3。这一轻负荷油耗率比在内布拉斯加州对柴油拖拉机动力输出轴所进行的空载试验时所得的平均值稍微大一些。

在为确定翻耕作业的总费用制订程序时, 利用参考文献(1,2,7)。

公式和常数 下列各公式和常数是从参考文献以及前面所提到的假定论据中直接引用或推导出来的。

1. 以3哩/小时的速度工作, 在壤土地上犁的牵引阻力

8.3磅/吋²×宽×深

对于16吋犁体 $D_3 = 1062$ 磅

2. 以3哩/小时以外的其他速度工作时犁的牵引阻力

$$D_s = D_3 (0.83 + 0.0189S^2)$$

D_s —速度为 S 时犁体的牵引阻力

D_3 —速度为3哩/小时时犁体的牵引阻力

S —耕地速度, 哩/小时

3. 驱动桥的最大功率 (Ahp)

$$Ahp = 0.96 (PTOhp)$$

式中 Ahp—驱动桥的功率, 马力

PTOhp—动力输出轴功率, 马力

0.96—Ahp/PTOhp 之标准比

对这里的分析而言, 最大的Ahp=96马力

4. Ahp的平均值=最大的Ahp×0.90=86.4马力

式中 0.90—发动机载荷系数的平均数, 这在假定论据中已经说明了。

5. 平均牵引功率

$$\text{平均牵引功率} = Ahp \text{ 的平均值} \times TE = 86.4 \times 0.78 = 67.4$$

式中 TE—牵引效率

就这里的分析而言, 最大的TE=0.78

6. 与在硬质土壤上其值为0.78的牵引效率相一致的行程减小率: 10%

7. 当在硬质土壤上带有半悬挂犁的拖拉机发挥最大功率时, 拖拉机的后静重与牵引力(同样与犁之牵引力)之比为2.04。换言之, 拖拉机装有配重是为了获得这样的后部静重(以磅为单位), 即在数字上它等于牵引力的2.04倍。

8. 设耕地速度为 S , 使犁的牵引阻力 D_s 与拖拉机牵引力 P 相等, 即可导出公式:

$$P = \frac{hp \times 375}{S} = \frac{67.4 \times 375}{S}$$

$$D_s = 1062N (0.83 + 0.0189S^2)$$

式中 N —犁铧数

使这些公式相等, 即可导出下列三次方程:

$$S^3 + 43.8 S - \frac{1256}{N} = 0$$

有效田间作业效能

$$C = \frac{SWE}{8.25} \text{ 英亩/小时}$$

式中 C—有效田间作业效能, 英亩/小时

S—田间作业速度, 哩/小时

W—机器的理论宽度, 呎

E—田间作业效率

10. 机器的折旧

$$\text{dep} = C_m - \text{RFV}$$

式中 dep—折旧

C_m —机器原价

RFV—机具折旧后价值

11. 年初时机具折旧后价值, RFV:

$$\text{RFV} = C_{\text{rfv}} \times C_m$$

式中 C_{rfv} —机具折旧后价值系数

12. 机具折旧后价值系数, C_{rfv} :

$$\text{拖拉机的 } C_{\text{rfv}} = 0.68 (0.920)^n$$

$$\text{犁的 } C_{\text{rfv}} = 0.60 (0.885)^n$$

式中 n—使用年限, 年

13. 一年内利息支出、缴税、房费和保险费 = 0.12RFV (每年初)。

14. 累积修理费用 = TAR

$$\text{拖拉机修理费, TAR} = C_m \times 1.2$$

$$\left(\frac{\text{hr}}{12,000} \right)^{1.5}$$

$$\text{犁的修理费, TAR} = C_m \times 1.2$$

表 1 十年内耕作费用的总估计

耕作费用项目	三铧犁 费用	四铧犁 费用	五铧犁 费用
燃料费 (美元)	1,548	1,370	1,258
劳动费用	2,950	2,610	2,396
拖拉机与配重折旧费	1,480	1,427	1,388
犁的折旧费	878	1,171	1,463
利息支出、缴税和房费 (拖拉机和配重)	1,130	1,070	1,040
利息支出、缴税和房费 (犁)	421	562	703
拖拉机修理费	1,307	1,197	1,142
犁的修理费	654	745	832
总计 (美元)	10,368	10,152	10,222

$$\left(\frac{\text{hr}}{2,500} \right)^{1.5}$$

式中 hr—机器工作总时数

12,000 和 2,500—拖拉机和犁分别磨耗估计所需小时数。

15. 包括折旧、租息、税款、房费、保险费和耕作中修理费在内的拖拉机总费用的计算方法是

$$\frac{\text{耕作小时}}{\text{拖拉机总工作小时}} \times \text{拖拉机总费用}$$

根据前面的假定和为估定费用所制订的程序计算出来的十年耕作的总费用在表 1 内列出。三铧犁、四铧犁和五铧犁的田间作业速度分别为 5.6, 4.75 和 4.13 哩/小时。

下面事实是令人很感兴趣的, 即虽然田间作业速度增长的范围大于 35%, 而各项费用的增加都在 2.5% 以内。

结 论

我们认为, 上述论证已经说明, 拖拉机的田间作业速度将会提高, 而在今后的数年之内, 也一定会提高, 特别是当考虑到下列情况时:

1. 除了配重价格以外, 在以前的讨论中, 未能全面地估计其他各项费用的经济价值。

2. 过去在估算各项费用时, 把配重费用平均地算在了拖拉机的所有工作上。似乎配重有损于很多方面, 例如中耕、收获、拖曳等。实际上, 把大部分配重费用算在翻耕作业上才是合理的。

3. 犁之单位牵引阻力随耕作速度的增加而增大, 这是以 1919—1949 年间所使用的犁为基准所得出的结论。因为在过去的 20 年里, 田间作业速度逐渐增加了, 犁的结构也相应地改进了, 所以, 即使犁的工作速度提高了, 其牵引阻力恐怕也不会变化得像我们现在为了分析问题所设想的那么快。

参考文献 10 篇 (略)

洛阳农机学院 张恩译自 SAE paper 710686. 风元洪校。

耕作成本最低的适宜的幅宽和速度

初次耕作往往是一个农场消耗动力较多的作业之一。因而，这项作业对农田全部作业所需动力的多寡影响很大。多年以来，一直认为铧式犁是一种适宜的耕作机具。只是近年来才提出各种少耕法，其原因是多方面的，但最主要的原因在于希望提高生产率和降低成本。

提高田间作业生产率至少可从以下三个途径来达到：1.增加机器的尺寸和幅宽；2.提高速度；3.实行联合作业，以减少田间行程。

就整个农田作业系统来说，第3种途径是很重要的。本文的目的则是在增加幅宽和提高速度这两个因素中择优选取。使用拖拉机进行初次的耕作，其生产率受到拖拉机马力的限制，如能提高马力，则两个办法都是提高生产率的有利途径。但两种方法各有什么优缺点呢？

增加幅宽

按比例地增加拖拉机农具组合是个简单的工程问题。这不存在新的工艺问题。在速度不变的情况下，在田间所出现的亦不是新性能问题。随着农场规模扩大和田块面积增加，这个方法对田间效率也不会产生不利的影响。

但是，当作业地区扩大时，较大的机具运输比较困难。也可以预料较大的机具其成本会有所增加，其增加的程度至少与其幅宽成比例，由于大机器的机架重，可能增加的还要多。如地面是水平的，增加幅宽可能不会引起问题。但不论是在正常和特殊情况下，包括梯田在内，一台过分宽的机具不可能沿地面等高线灵活地仿形。较大的机具要求在挂结处有较大的另件，会造成挂结上的困难。还有，拖拉机的重量和配重是与机

具的大小成正比例的。增加幅宽，拖拉机不仅会很重，价格高，而且要设计得能在低速下传递较高的功率，也会引起成本的增加。

提高速度

从耕作历史上可以看到，尽管提高速度会引起某些不利影响，但耕作速度还是在逐渐提高。由于性能和耐久性的要求，如采用较高的速度，单位机具幅宽的成本可能增加。在某些土壤条件下，如果不使用适合的贵重材料，可能加快土壤耕作部件的磨损。在多石的土壤上，不配备自动复位的犁体或弹簧缓冲立柱，高速作业则是不可能的。提高速度时，载荷频率随之增高，疲劳极限可能降低。新的工艺问题是使机具具有耐久性和良好的工作性能。在高速下，操作的平顺性和操作控制的难易成为更重要的问题。而且，几乎各种土壤工作部件的阻力都随速度增加而增加，所以在较高的速度下耕作需要较多的能量。

但是以提高前进速度来利用提高了的功率有几个重要优点。因为一般机器的成本同其重量成正比，所以小尺寸的犁和拖拉机在较高的速度下作业，其投资成本较低。较小的尺寸不仅机组的机动性好，而且在一些不需大动力的农场，拖拉机的适应性好。

当然，在给定的条件下，确定最适宜的幅宽和速度要考虑经济性和非经济性的因素。经济性并不总是最重要的因素。但应指出经济性对多数农场来说是很重要的，而就工业整体，包括设计未来的拖拉机机具系统来说，它又是唯一重要的因素。

查阅关于农田作业成本分析的一些资料可以看出，分析的结论是最宽的和最慢的组合是最经济的。但这与普遍的农业实践不一致，因此，本文的目的是要指出这些分析的