

农业机器运用管理学

张缔庆 陈济勤 主编



西安交通大学出版社

前 言

党的十一届三中全会以来,我国农村广泛实行了联产承包责任制,并在农产品统派购制度的改革和产业结构调整方面迈出了重大的步骤,成效十分显著,农业生产总产值和农民收入都有很大的提高。在农村经济持续上升过程中,农业机械化得到了相应的发展。到1984年末,全国拥有的农机总动力已达1.9亿千瓦,其中拖拉机5700万千瓦(大中型拖拉机86万多台,小型拖拉机328万多台),排灌动力机械5800多万千瓦,农产品加工动力机械3530多万千瓦,机引农具430多万台,农用水泵510多万台,联合收获机3万多台,农用汽车35万多台,机动喷雾(粉)机34万多台。主要作业项目的机械化程度分别为:耕地39.1%,播种8.6%,收获3.3%,机灌面积占总耕地面积的25.6%,运输、脱粒、粮油加工的机械化程度较高。农业机械化的发展对农业经济水平的提高起了促进作用,主要表现在:

1. 提高了土地生产率

建国以来,农业单产增加了两倍多。机械化有直接增产作用和间接增产作用,直接增产作用表现在抢农时、抗灾害以及改善生产条件等方面,解放以来,在农业单产增加的同时,作业农时缩短了1/2~1/3,抗御旱、涝、虫灾害的能力大大增强了,减少了数亿亩受灾面积,深耕改土等作业大大改善了生产条件。间接增产作用主要表现在促进其它农艺技术措施的实现上,如精播良种、精量施药、深施化肥、地膜覆盖等。

2. 提高了劳动生产率

党的十一届三中全会以来,我国农业劳动生产率有了显著的增长,劳均产粮由1000公斤增长到近2000公斤,这一方面是由于土地生产率的提高,另一方面主要是由于劳动力的转移和产业结构的调整。农村产业结构和劳力结构的变化对机械化提出了需求,而机械化的发展又促进了它们的进一步调整。在各种技术手段中,机械化对提高劳动生产率具有非常突出的优势,农村产业和劳力结构的调整、商品经济的发展以及农业现代化的实现,都有赖于机械化的发展。

3. 提高了农村人均收入水平

近几年来,农村人均收入有了大幅度的增长,增长的原因是一靠政策二靠科学,从机械化方面来看,则是由于提高了增产(单产和劳产)和创收节支的效果。机械化运输在农村得以广泛发展,为农民创收起了很大作用;机械化作业对节省种子、节省农药、节省地膜等农用物资创造了良好的条件。

4. 减轻了劳动强度

在一些机械化水平较高的农业生产单位,农民在繁重作业项目上的劳动强度,有了明显的减轻。

在我国农业机械化发展中也存在不少问题,主要是机械化程度不高和机械化经济效益较差。这些方面的改进有待于继续采取有力的政策措施,和有待于科学技术的进一步发展。

《农业机器运用管理学》是农业机械化专业的一门主要专业课程。为了实现我国农业生产过程机械化,管好用好农业机器,使之获得高水平的经济效益,作为农业机械化的高级技术工作者,必须掌握这门课程的基本理论、基本知识和基本技能。

我国的农业机械化事业,只是在解放后才开始的。同时,在高等院校开设了这门课程。

起初主要参考了苏联教材的内容，多年来，这门专业课程在联系我国实际方面作了许多改进，但还远远不能适应我国农业生产发展的需要。特别是党的十一届三中全会以来，农村经济体制的改革大大促进了农业经济的发展，农机管理体制和经营形式有了较大的改变，农业机械化的宏观和微观管理有不少新的问题迫切地需要解决。如何进一步发展这门学科，使之能更好地为我国条件下的农业现代化服务，是摆在农机运用管理工作面前的现实任务。这就是按照我国农业机械化发展的实践，加强对这一门课程理论与技术的深入研究。

这本教科书的编写，在已有教材的基础上作了不少改进：增强了经济效益观点，增加了技术经济计算方法，加强了作业方法的对比选择，补充了主要作物生产过程机械化工艺方案的对比选择，补充了机器配备更新和机务计划的现代化定量计算方法，补充了安全监理技术以及丰富了油料管理和节能技术等。

尽管如此，书中难免存在不足甚至是失妥之处，请读者批评指正。

本书一至五章，主编：张缔庆；编者：第一章第一、三节和第二章第五节及第三章——张缔庆，第一章第二节及第四、五章——高焕文，第二章第一节——张缔庆、王耀发，第二章第二节——张缔庆、董维寿，第二章第三、六节——张守礼，第二章第四节——董维寿、王兴文。本书六至七章，主编：陈济勤；编者：第六章第一、二、四、五节——崔剑，第六章第三节——陈济勤，第七章第一节——蒋承豪，第七章第二节——王碧英，第七章第三节——孙福祥。

编者 1987年4月

目 录

第一章 农业机器运用管理指标	(1)
第一节 农业机器作业生产率.....	(2)
第二节 农业机器作业成本.....	(20)
第三节 农业机器作业质量和作业安全.....	(32)
第二章 农业机器作业工艺	(37)
第一节 机械化作业工艺原理.....	(37)
第二节 耕地作业工艺.....	(59)
第三节 整地作业工艺.....	(74)
第四节 播种作业工艺.....	(76)
第五节 田间管理作业工艺.....	(82)
第六节 运输作业工艺.....	(85)
第三章 农业生产过程机械化工艺方案	(94)
第一节 农业生产过程机械化工艺方案合理化的一般原理.....	(94)
第二节 小麦生产过程机械化工艺方案.....	(100)
第三节 水稻生产过程机械化工艺方案.....	(103)
第四节 玉米生产过程机械化工艺方案.....	(106)
第四章 机务工作计划的制定	(109)
第一节 机械作业计划.....	(109)
第二节 运输计划.....	(117)
第三节 油料计划.....	(121)
第四节 技术保养计划.....	(124)
第五章 农业机器配备和更新	(126)
第一节 农业机械的配备.....	(126)
第二节 农业机械的更新.....	(150)
第六章 农业机械的技术维护	(165)
第一节 农业机械的技术维护制度.....	(165)
第二节 农业机械技术维护的主要内容.....	(168)
第三节 拖拉机故障的分析.....	(179)
第四节 农业机械技术状态的诊断.....	(191)
第五节 农机安全监理.....	(207)
第七章 农机用油的管理与运用	(221)
第一节 燃油的使用性能与选用.....	(221)
第二节 常用润滑剂的使用性能与选用.....	(234)
第三节 农机用油的管理.....	(258)

第一章 农业机器运用管理指标

在农业机械化生产中, 农业机器主要是以机组和机群的形式被运用和管理的。所以研究农业机器运用管理指标, 主要是研究机组和机群的运用管理指标。为此, 首先要明确机组和机群的概念。

机组是进行机械化农业生产的基本作业单位, 它是由发动机、传动机构和作业机具三个部分组成的。农业机组种类和型号是非常多的, 现按不同分类准则分述如下:

根据机组在作业时是否移动的特点, 可分为移动式 and 固定式两种机组。移动式机组作业时加工对象不动, 机组向加工对象移动; 固定式机组作业时本身不动, 加工对象移向机组完成加工。移动式机组的典型代表是拖拉机机组, 它在农业生产中占有重要地位, 是本课程的重点研究对象之一。

根据机组三个基本组成部分在机组内的结构方案不同, 拖拉机机组分为牵引式、悬挂式和半悬挂式。牵引式机组的作业机具与拖拉机或联结器构成一点铰接, 农具本身有独立的行走装置, 运输状态时其重力全部由农具行走装置承担; 悬挂式机组的作业机具一般没有独立的行走装置, 通过悬挂机构与拖拉机构成三点或两点铰接, 运输状态时, 作业机具的重力全部由拖拉机承担; 半悬挂机组在运输状态时, 作业机具的重力一部分由拖拉机承担, 另一部分由农具的行走装置承担。自走式机组的三个基本组成部分在结构上是一个整体。

根据机组一次作业完成工序的多少, 可分为单式作业机组和复式作业机组。

按机组内动力利用的方式, 可分为牵引型、驱动型 (以动力输出轴驱动农具的作业部件) 和牵引驱动型。

按机具作业部件相对于机组纵向中心线的布置状况, 可分为对称式机组和非对称式机组。

按农具相对于拖拉机的配置情况, 可分为农具前置式、后置式、侧置式及混合配置式机组。

按完成作业种类可分为耕地机组、播种机组等。

按行走装置的结构可分为履带式、轮胎式机组等。

按作业速度范围可分为高速和低速机组。

按作业幅宽大小可分为宽幅和窄幅机组等。

按发动机种类可分为柴油机、汽油机和电动机机组等。

现在我国应用较多的是轮胎式柴油机拖拉机机组。

机群是由各种类型的动力机械 (拖拉机、固定动力机等)、作业机具 (犁、耙、播种机等)、自走机器以及辅助设备 (汽车、运油车、维修车等) 组成的群体。依农业生产经营单位规模的不同, 机群规模也不同。我国目前的农业生产专业户、家庭农场以及农机专业户等的机群规模大多数还是很小的; 拖拉机站、农机服务公司等较大规模的机群为数较少。所以如何提高小规模机群管理水平是我们面临的现实问题。从一个乡、一个县、一个省甚至全国来看, 也有宏观的机群管理问题, 主要表现在农机管理体制、经营形式、机械化政策等的合

理决策和预测等方面。选择性机械化条件下和全盘机械化条件下的机群构成和管理方法是不同的。我国各地各生产单位的机械化程度发展不平衡、规模发展也不平衡，所以必须因地制宜的采取适当的管理措施和运用技术。

机组和机群有大有小，相差悬殊，它们都是复杂的系统，需要用系统观点来研究。要争取到良好的效果，首先应明确正确的目标，所以管好用好农业机械的指标体系是应该研究的首要问题。农业机械化生产实践表明：管好用好农业机械的最终目的指标体系是增产增收，管好用好农业机械的直接效果指标体系是高效、优质、低耗、安全。所谓增产，主要是指提高劳动生产率和土地生产率；所谓增收，主要是指增加劳均纯收入和亩均纯收入。增产不增收或增产反而减收的机械化农业是不可能发展的。高效就是要求机器生产效率高，以达到高的劳动生产率；优质是要求机器作业质量好，以达到较高的土地生产率；低耗是要求机器作业成本低，以达到物化劳动和活劳动的低消耗率；安全是要求保障机器和人身的安全，以达到低的故事率。可以看出，只有直接效果指标体系达到高水平，最终目的指标体系才可能达到高水平；但是在直接效果指标体系达到高水平的条件下，最终目的指标有时可能达不到高水平。这是因为最终目的指标体系的实际水平并不完全取决于机械化直接效果指标体系的实际水平，而还取决于其它技术措施的效果。现首先研究管好用好农业机械的直接效果指标体系。

第一节 农业机械作业生产率

一、生产率概念

农业机械在单位时间内按一定质量标准完成的作业量称为生产率。研究生产率指标涉及到机器、时间和作业量的计量单位问题。时间的计量单位一般有小时、班、日、旬、季和年等。作业量的计量单位依作业种类的不同一般有亩、千克、吨千米、立方米和米等。当需要将各种作业项目的作业量统一计算时，需要统一的作业量计量单位，一般有标准亩、千瓦小时和小时等。农业机械的计数单位有混合台、标准台（或标定功率）、机组和机群等。

研究生产率的目的有：

（1）进行生产率分析，为在实际工作中分析和挖掘生产率的潜力，采取技术措施服务。

（2）进行生产率估算，为在具体生产条件下确定有科学根据的生产率以便制定机器的配备、选型、计划等正确决策。

（3）进行实际生产率的核算。实际生产率是在已完成作业量和已消耗时间的基础上进行统计核算的，以评定机组或机群的实际水平。

本课程研究生产率的主要目的在于前二项，而不着重于实际生产率的统计核算。

二、移动式机组生产率的基本公式

在农业生产中，移动式机组占主要地位，所以我们主要研究移动式机组的生产率。移动式机组的理论小时生产率可由下式表示：

$$W_t = 1.5BV \quad (\text{亩/时}) \quad (1-1)$$

式中：B——机组的构造幅宽（米）；

V——机组的理论速度（千米/小时）。

机组的理论班生产率可由下式表示:

$$W_t = 1.5BV T \quad (\text{亩/班}) \quad (1-2)$$

式中: T ——每班时间 (小时)。

农业生产中, 每班时间 T 变化较大, 不同季节和不同作业都有差别。对于农业专业户和家庭农场, T 值更没有严格的规定。所以班生产率的可比性较差。实际生产中, 在 T 时间内只有部分时间是纯作业时间 T_p , 而且在 T_p 时间内, 机组的速度和幅宽也不是稳定不变的。设在纯作业时间 T_p 内的平均实际作业幅宽为 B_p 和平均实际作业速为 V_p , 可以写出:

$$\frac{B_p}{B} = \beta \text{——机组幅宽利用率}$$

$$\frac{V_p}{V} = \varepsilon \text{——机组速度利用率}$$

$$\frac{T_p}{T} = \tau \text{——机组班次时间利用率}$$

幅宽利用率 β 主要取决于机组的行驶直线性和驾驶员的技术熟练程度。播种和中耕作业要求 β 值等于 1, 耙地和收割等作业要求 β 值适当小于 1。机组速度利用率 ε 主要取决于打滑率, 也与发动机转速和排档变化情况有关。影响机组班次时间利用率的因素很多, 所以在实际生产中 τ 值一般较 β 、 ε 值低。将 β 、 ε 、 τ 代入式 (1-1) 内, 可得出机组的小时技术生产率:

$$W = 1.5BV\beta\varepsilon\tau = 1.5B_pV_p\tau \quad (\text{亩/时}) \quad (1-3)$$

技术生产率是指在一定技术水平条件下能够达到的生产率, 它比理论生产率低。对于收获等作业, 将式 (1-3) 的右边乘以亩产量 (主产品或主副产品的亩产量), 则可表示以千克/时或吨/时计量的技术生产率。西方国家的机组技术生产率的表达式一般为:

$$W = 1.5BV_pE \quad (\text{亩/时}) \quad (1-4)$$

式中: E ——田间效率。

对比上述二式可以看出, 田间效率等于时间利用率和幅宽利用率的乘积。由于幅宽利用率的影响远低于时间利用率, 所以田间效率主要取决于时间利用率。在有的著作中, 将田间效率称为时间效率。各国的田间效率或时间利用率数据有较明显的不同, 除作业条件不同的原因外, 主要是各国的作业时间构成计算标准不一致, 引用外国的田间效率数值时, 必须注意这一点。

机器铭牌上标注的小时生产率应该是纯小时生产率:

$$W' = 1.5BV\beta\varepsilon = 1.5B_pV_p \quad (\text{亩/时}) \quad (1-5)$$

以幅宽和速度表示的技术生产率或纯生产率公式, 适用于机组或农具的设计、选型、配套和配备等工作, 应用较广泛。关键是所选 τ 值应有科学的根据。

三、以功率和比阻表示的移动式机组生产率

我们知道

$$B = \frac{P_T}{K} \quad (\text{米})$$

式中: K ——农机具的比阻 (牛顿/米);

P_T ——拖拉机的挂钩牵引力 (牛顿)。

将B代入式(1-3), 可得出机组技术小时生产率(在发挥现有技术水平条件下可能达到的生产率)如下:

$$W = 1.5BV\beta\epsilon\tau = 1.5\frac{P_T V}{K}\beta\tau = 5400\frac{N_T}{K}\beta\tau$$

$$= 5400\frac{N_{en}}{K}\eta_T\beta\tau = 5400\frac{N_{en}}{K}\xi_N\eta_T\beta\tau \quad (\text{亩/时}) \quad (1-6)$$

式中: N_{en} ——发动机标定功率(千瓦);
 N_e ——发动机有效功率(千瓦);
 N_T ——拖拉机牵引功率(千瓦);
 η_T ——拖拉机牵引效率(%);
 ξ_N ——发动机标定功率利用率(%)。

当动力输出轴有功率输出时, 上式应变为:

$$W = 5400\frac{(N_{en} - N_o/\eta_t)}{K}\xi_N\eta_T\beta\tau \quad (\text{亩/时}) \quad (1-7)$$

式中: N_o ——动力输出轴输出功率(千瓦);
 η_t ——动力输出系统的传动效率。

上二式反映了机组生产率与拖拉机标定功率、有效功率、牵引功率、动力输出功率以及农具比阻等之间的关系, 它们适用于拖拉机的设计、选型和配备工作。很明显, 根据用户的作业量任务, 可用上述二式确定需要配备的功率数量。

四、以机械能量表示的移动式机组生产率

机组的各种作业过程实质上是投放能量对加工对象做功的过程。投放能量的一部分转化为有用功; 另一部分转化为无用功(损失功)。我们要尽可能争取在单位时间内多投放有用功, 少投放无用功。机组在单位时间内能够放出的有用机械能量与完成单位作业量需要消耗的有效机械能量之比就是机组生产率。由式(1-6)可引出以能量表示的机组生产率公式:

$$W = \frac{5400N_{en}\tau}{K}\xi_N\eta_T\beta = \frac{N_{en}\xi_N\eta_T\tau}{K/5400\beta} = \frac{N_{en}\xi_N\tau}{K/5400\beta\eta_T}$$

$$= \frac{N_{en}\tau}{K/5400\beta\eta_T\xi_N} = \frac{N_{T\tau}}{A_T} = \frac{N_{e\tau}}{A_e} = \frac{N_{en}\tau}{A_{en}} \quad (\text{亩/时}) \quad (1-8)$$

式中: $N_{en}\tau$ ——机组在每个班次小时内能够放出作有用功的标定千瓦小时数;
 $A_{en} = K/5400\beta\eta_T\xi_N$ ——机组在单位面积上消耗的有用的标定千瓦小时数(标定千瓦小时/亩);
 $N_{e\tau} = N_{en}\xi_N\tau$ ——机组在每个班次小时内能够放出作有用功的有效千瓦小时数;
 $A_e = K/5400\beta\eta_T$ ——机组在单位面积上消耗的有用的有效千瓦小时数(有效千瓦小时/亩);
 $N_{T\tau} = N_{en}\xi_N\eta_T\tau$ ——机组在每个班次小时内能够放出作有用功的牵引千瓦小时数;
 $A_T = K/5400\beta$ ——机组在单位面积上消耗的有用的牵引千瓦小时数(牵引千瓦小时/亩)。

由上式可看出, 提高机组生产率的根本条件是: 在保证作业质量前提下, 使机组尽可能

多的发挥出作有用功的机械能量，同时还要尽可能降低机组在单位作业量上消耗的有用机械能量。总之，机组的能量能否充分有效发挥和能否有效利用是决定生产率高低的关键。机组能量的计量单位（牵引千瓦小时、有效千瓦小时和标定千瓦小时等）是多样的，其绝对值是不同的，不应混淆。以拖拉机牵引千瓦小时作为机组能量计量单位应用得较多，按此计量单位计算的机组生产率为：

$$W = \frac{N_{\tau}\tau}{A_{\tau}} = \frac{N_{en}\sigma_w}{A_{\tau}} \quad (\text{亩/时}) \quad (1-9)$$

式中： $\sigma_w = \xi_n \eta_{\tau} \tau$ ，称为机组生产率系数。

机组在每亩作业面积上消耗的有用牵引千瓦小时计算公式证明如下：

$$A_{\tau} = \frac{S_p B K}{1000 \times 60^2} = \frac{10^4}{15\beta_p} \times \frac{B_p K}{36 \times 10^6 \beta} = \frac{K}{5400\beta} \quad (\text{牵引千瓦小时/亩}) \quad (1-10)$$

式中： S_p ——机组在每亩面积上的工作行程长度（米/亩）。

以牵引千瓦小时计量的单位面积需能量，采用实测 K 的办法即可求出。这是一种比较简便的办法。

五、以标准亩作为作业量计量单位的机组和机群的生产率

在实际生产中，有时需要汇总计算机组和机群完成多种作业项目的生产率，例如某个机组的年生产率以及某机群的年生产率等。这就需要有一个统一的作业量计量单位，它适用于多种机组和多种作业项目。建国初期，我国引用了苏联的作业量统一计量单位——标准亩。标准亩的原定义是：翻耕机组在地势平坦、比阻为0.5公斤/厘米²的茬地上作业，在耕深为20~22厘米的条件下，每耕一个作业亩即定为一个标准亩。据此定义，每米幅宽的阻力约折合为9807~10787牛顿，翻耕作业每完成一个标准亩的牵引机械能量为：

$$A_{\tau}^0 = \frac{9807 - 10787}{5400 \times 1} = 1.8 \sim 2 \quad (\text{牵引千瓦小时/亩}) \quad (1-11)$$

所以翻耕作业的每个标准亩平均约相当于1.9牵引千瓦小时的机械能量。

为了将其它作业的作业量折合成标准亩，可采用折合系数的办法。各种作业项目折合系数的确定依据是：选择某一种典型拖拉机，在标准条件下（技术状态正常、编组正常、地块平坦、地块长度600~1000米等）进行各种作业的标准亩生产率或标准亩耗油量应该表现为等量或接近等量。因此各种作业项目的标准亩折合系数是由上述标准条件下耕熟地的生产率和各种作业生产率的比值来确定的，或者是由上述标准条件下各种作业的单位作业耗油量和耕熟地的单位作业量耗油量的比值来确定的。

$$\delta_i = \frac{W^0}{W_i} \text{ 或 } \delta_i = \frac{Q_i}{Q^0} \quad (1-12)$$

式中： δ_i ——某种作业的标准亩折合系数；

W^0 ——在标准条件下耕熟地的生产率（亩/时）；

W_i ——在标准条件下某种作业的生产率（亩/时）；

Q^0 ——在标准条件下耕熟地的亩耗油量（千克/亩）；

Q_i ——在标准条件下某种作业的亩耗油量（千克/亩）。

根据式（1-12），可求出：

$$\delta_i = \frac{W^0}{W_i} = \frac{A_T^i}{A_T^0} = \frac{A_T^i}{A_T^0} \frac{N_{\text{on}} \sigma W^0}{N_{\text{on}} \sigma W_i} \quad (1-13)$$

可见，标准亩折合系数取决于两种作业的亩牵引千瓦小时比值，与两种机组每小时发挥出的牵引千瓦小时比值，即它不仅与单位面积上需要的有用牵引能量有关，而且还与机组单位时间能够发挥出的有用牵引能量有关。从标准亩的原定义来看，翻耕作业的标准亩是按单位面积的需能量（约1.9牵引千瓦小时每亩）确定的；而在通过采用折合系数求其它作业项目的标准亩情况下，标准亩作业量不仅取决于各种作业的单位面积需能量，而且还取决于各种作业机组单位时间发挥出的能量。

机组单位时间发挥出的牵引能量与标定功率大小、标定功率利用率、拖拉机牵引效率和作业时间利用率等有关。而在实际生产条件下这些参数是在广泛的范围内变动的。如果在标准条件下采用标准机组进行科学地测定，所确定的标准亩折合系数能够适用于类似标准条件的标准机组，但应用于非标准条件和非标准机组就不合理了。在实际生产中，大多数是非标准条件和非标准机组，所以所确定的各种作业的标准亩折合系数在大多数场合下是不合理的。这种不合理性是标准亩折合系数确定方法不够合理所造成的。各种作业的折合系数虽由国家有关主管部门颁布，但由于使用中不够合理，不少使用单位修改了折合系数，甚至有的以机组耗油量或作业收费来折合标准亩。这样作的结果，实际统计的标准亩作业量很不准确，可比性很差。所以应尽可能缩小标准亩计量单位的应用范围，并应进一步改善标准亩的定义以及折合方法。

以机组发挥出来的作有用功的机械能量作为作业量统一计量单位是比较合理的，特别是采用有用的牵引能量作为计量单位较简便实用，由下式求出：

$$W_T = N_T \tau = N_{\text{on}} \xi_K \eta_T \tau = A_T W \quad (\text{牵引千瓦小时/时}) \quad (1-14)$$

式中：\$W_T\$——以牵引千瓦小时作为作业量计量单位的机组小时生产率；

\$A_T\$——每亩面积上需要的牵引千瓦小时数（牵引千瓦小时/亩）；

\$W\$——以自然亩作为作业量计量单位的机组小时生产率（亩/时）。

所以只要依据具体条件求出各种作业的\$A_T\$值（或\$K\$值），即可将各种作业各种机组的实际生产率\$W\$折算为统一的计量单位——机组在单位时间内完成的牵引千瓦小时数，进而可求出机群在单位时间内完成的牵引千瓦小时数。\$A_T\$值的求得主要取决于农机具比阻\$K\$值的测定，所以研究简便地实测\$K\$值的仪器和方法有重要的意义。

有些作业（如推土、平地、抽水等）的作业量实测较复杂，在实际工作中一般采用作业小时来计量机组作业量。例如推土机组实测土方较为麻烦，往往以作业小时来计量工作量。采用小时来计量作业量虽不够准确，但简便易行，特别是不论机器大小都有可比性，所以很多国家都把各类机器的作业小时数作为必要的统计指标。大型动力机上都装有计时器，这对概略地表示机器的作业量和利用率是较实用的。我国农机管理工作中，过去未将机器作业小时数列列为统计指标，这是应该加以改进，以便各国各地之间进行对比，并可克服标准亩作业量可比性差的缺点。

六、其它形式的生产率公式

在农机管理工作中，还应用下列形式表示生产率：

（一）每标定功率的生产率 目前在我国农机管理工作中，常常要统计机群或机组平均

每标定功率的年标准亩作业量，以便进行对比分析。在选择动力机型号时，也要应用每标定功率的小时生产率，

$$W_N = \frac{\delta_W}{A_T} = \frac{\xi_{N\eta_{TT}}}{A_T} \quad (\text{亩/标定千瓦小时}) \quad (1-15)$$

选择每标定功率小时生产率高的动力机意味着可以降低动力配备量，并能降低亩耗油量。

(二) 农机具每米幅宽的生产率 由式 (1-3) 可求出每米幅宽的生产率，

$$W_B = 1.5V_B \beta_T \quad (\text{亩/米时}) \quad (1-16)$$

可见提高作业速度、时间利用率和幅宽利用率是提高农机具生产率的主要途径。 W_B 的提高意味着可以降低单位作业面积上农机具幅宽的配备量。所以对于价格比较高的农机具，采用高速作业更有迫切性。这一点，在解决机组配套问题时应该加以考虑。

(三) 劳动效率 劳动效率是指每个劳动者在单位时间内完成的作业量。高水平的劳动生产率（每个劳动者在单位时间内生产的产品量或产值）是以高水平的劳动率为前提的。劳动效率为：

$$W_d = \frac{N_{en} \sigma_w}{n_L A_T} = N_L \frac{\sigma_w}{A_T} \quad (\text{亩/工时}) \quad (1-17)$$

式中： n_L ——机组的驾驶员以及辅助人员数；

N_L ——机组每个劳动力平均拥有的标定功率数（标定千瓦/劳）。

可见，要争取高的劳动效率，必须提高每个劳动者拥有的标定千瓦数及每标定千瓦的生产率。提高 N_L 的措施是采用大功率机组和减少辅助人员。在我国现在的农业生产条件下，大功率机组的应用还比较少，但是尽可能减少机组的辅助劳力还是很有必要的。我国农业机械化的发展现实表明，亩产是显著提高了，但劳动生产率并未得到显著提高。那种认为我国劳力多，多占用些机组辅助人员也无妨的观点是不正确的。有些机组因占用劳力过多，所以不能得到推广。例如插秧机组除机手外，还需要拔秧手、运秧手和补秧手等辅助劳动力十多名，结果劳动效率并未显著提高（与人工插秧对比），这是插秧机未能获得推广的主要原因之一。采用农业机器，逐步地适度提高劳动效率，是实现小康水平的重要条件之一。

七、提高生产率的主要措施

综合前述可知，提高机组小时生产率的关键措施在于保持发动机的标定功率，争取合理的标定功率利用率，提高拖拉机牵引效率，提高作业时间利用率和降低农具比阻；提高机群阶段或年度生产率的关键，除上述几条外，还在于提高阶段或年度的出勤天数或小时数。在实际生产中，影响生产率的这些关键因素变化范围较大。由于生产率是这些因素的连乘积这样一个特性，在生产中，数值变化特别失常的因素，对生产率的影响就很显著，所以应特别对失常因素优先采取措施。当各因素的措施相互有矛盾时，应优先采用改善失常因素的措施。例如拖拉机下水田耕地，牵引效率由30%提高到35%，时间利用率由60%提高到65%，两者增加的百分数都是5%，但前者增加的生产率比后者增加的生产率要多一倍。在小地块上进行作业时，一台拖拉机牵引多台农具，时间利用率很低，此种情况下减少农具台数，虽然标定功率利用率降低了，但在能显著增高时间利用率的条件下，这个编组方案还是较优的。

(一) 发动机的标定功率

$$N_{\text{en}} = \frac{M_n N_n}{9549.3} \text{ (千瓦)} \quad (1-18)$$

式中: M_n ——发动机曲轴上的标定扭矩 (牛·米);

N_n ——发动机曲轴的标定转速 (转/分)。

农用拖拉机大多在连续负荷情况下作业, 所以应以允许连续负荷运转12小时的最大有效功率作为标定功率。由于出厂的每台发动机的最大有效功率不可能是一致的, 发动机出厂时的实际最大有效功率应该超过标定功率, 对于各厂家, 这一超出值是不相同的。

在新发动机的使用初期 (正常试运转后至500—700小时), 最大有效功率一般不仅不降低, 反而可能提高1~3%。在以后的使用期中, 最大有效功率逐渐下降, 下降速度主要取决于制造质量和维护状况。在实际工作中, 有的发动机使用数百小时后, 最大有效功率严重下降, 甚至需要进行大修; 而有些先进机手创造了超万时以上不大修的事迹。功率下降的具体原因很多, 例如喷油提前角、喷油量和进气阻力的改变等。如果多种原因同时出现, 功率下降值就很显著。所以必须坚持正确使用和维护。其次应定期检查发动机最大有效功率, 以便及时发现问题, 采取技术措施。我国的发动机制造质量尚不高, 加之使用维护水平低, 所以功率下降程度比较严重, 据对小型拖拉机的实测统计, 平均下降程度可达20%。有些机手为了得到更高的生产率, 自行改变发动机的标定转速和标定扭矩, 这虽然提高了发动机的标定功率, 但同时却加大了耗油率和加速了机器技术状态恶化的速度。这样的提高标定功率的作法是不正常的, 应予以制止。

在海拔高的地区, 发动机最大有效功率下降, 下降值为:

$$\Delta N_{\text{en}} = 0.735 N_{\text{en}} \left(1 - \frac{1.4\mu + 0.4\mu(a_0 - a) - 0.4\sqrt{\beta}}{\sqrt{\beta}} \right) \text{ (千瓦)} \quad (1-19)$$

式中: $\mu = P_B/P_0$ ——气压比;

$\beta = T_B/T_0$ ——气温比;

P_0 ——海平面上的气压;

P_B ——某海拔高度下的气压;

T_0 ——海平面上的气温;

T_B ——某海拔高度下的气温;

a_0 ——发动机在海平面上的空气过量系数;

a ——发动机在某海拔高度下的空气过量系数。

我国高原地区面积约占全国总面积的四分之一。在这些地区应采取发动机增压措施提高充气系数, 同时还要解决水温、油温和排温增高的问题。

在作业过程中, 机阻的阻力是波动的, 所以发动机曲轴的阻力矩不可能稳定, 而是经常波动的, 这就引起曲轴角速度的不稳定, 导致调速过程、供油过程和燃烧过程等发生变化, 使发动机有效功率下降。下降的程度与曲轴的平均阻力矩值、阻力矩的波动幅度及波动周期成正比, 与曲轴平均转速、调速器不灵敏度及机组对曲轴的转化惯矩成反比。

我国的农业生产, 现在还是劳力、畜力和机动力并存。每个整劳动力的功率约为0.07千瓦, 一头役畜的功率, 视其种类和强弱的不同, 一般为0.3—0.6千瓦。但应注意, 劳力和畜力的功率只能与动力机械的牵引功率相比较, 而不能与动力机械的有效功率相比较。

(二) 发动机标定功率利用率

标定功率利用率可用下式表示:

$$\xi_N = \frac{N_e}{N_{en}} = \frac{Mn}{M_n n_n} = \xi_M \cdot \frac{n}{n_n} \quad (1-20)$$

式中: M , M_n ——发动机扭矩和标定扭矩;

n , n_n ——发动机转速和标定转速;

ξ_M ——发动机扭矩利用率。

在负荷作业时,发动机实际工作转速和标定转速的比值 n/n_n , 一般接近于 1, 所以发动机标定功率利用率 ξ_N 和发动机扭矩利用率 ξ_M 也比较接近。发动机的标定功率和标定扭矩在名义上是固定值, 但实际的最大有效功率是变化的, 发动机的扭矩 M 和转速 n 也在变化着, 所以在作业过程中发动机的标定功率利用率和扭矩利用率是变化的。当发动机的扭矩利用率大于 1 时, 发动机将处于超负荷状态下工作。发动机长期超负荷作业是不利的, 主要由于: 超负荷工作时, (1) 汽油发动机会产生爆燃和过热; 柴油发动机工作粗暴性加剧, 产生浓烟和大量积炭, 同时润滑条件变坏, 加速机油老化和零件的磨损。(2) 发动机转速急剧下降, 有效功率随之下降, 导致生产率下降。(3) 发动机转速不稳定, 甚至发生熄火停车, 驾驶员不得不经常换挡工作, 使换挡时间增多, 机组平均速度降低。因此, 不允许使机器在长期超负荷状态下工作。

优秀驾驶员延长机器正常寿命的重要措施之一, 就是不让机器长期超负荷工作。但是当扭矩利用率很低时, 发动机处于不满负荷状态下工作, 所利用的有效功率很低, 且耗油率(每有效千瓦小时耗油率)增高, 导致生产率下降, 亩耗油增高, 所以也不希望发动机长期不满负荷工作。

由于发动机的扭矩利用率和功率利用率是变化的, 我们不可能作到使发动机既不超负荷又是满负荷地工作。较理想的负荷程度应是: 有少量的瞬时超负荷现象, 又有少量的不满负荷现象。应当认为这种状态下的扭矩利用率和功率利用率是合理负荷程度。很明显, 合理负荷程度的数值依生产条件而变化, 当机组阻力波动严重, 发动机适应性系数(最大扭矩与标定扭矩之比)较小以及机组转化惯矩也较小时, 扭矩利用率即应低些, 反之应高些。

关于发动机扭矩利用率合理值的理论研究已有不少, 但实用的定量计算方法不多, 目前还主要依靠试验法或经验观察法来判断负荷程度是否合理。对于重负荷作业的拖拉机组, 其功率利用率合理值在西方国家的机组配套中一般约为 80%; 我国过去引用苏联的数据资料, 一般高于此值。我国农用发动机的耐用性水平较低, 选用过高的数值是不恰当的。对于轻负荷作业, 在机组幅宽和速度都受限制的情况下, 发动机的负荷程度很低。为了提高发动机的扭矩利用率, 对于具有全制式调速器的柴油发动机来说, 可采取所谓“高档小油门”的作业方法。采用高档可以提高发动机的扭矩利用率; 采用“小油门”可以保证所限定的速度。在发动机扭矩提高的情况下, 耗油量必然下降, 将使亩耗油量下降。这种办法虽然改善了发动机扭矩利用率, 但并没有改善标定功率的利用率, 所以机组生产率也没有改善。这里应指出: 如果机组幅宽和速度都不受约束, 就不应采用“小油门”, 而应该采用“大油门”作业, 以争取较高的机组生产率。

发动机的负荷程度和拖拉机的挂钩牵引力利用率有一定关系,

$$\xi_N = \frac{N_e}{N_{en}} = \frac{N_T}{N_{Tn}} \cdot \frac{\eta_{Tn}}{\eta_T} = \frac{P_T}{P_{Tn}} \cdot \frac{V_p}{V_{pn}} \cdot \frac{\eta_{Tn}}{\eta_T}$$

$$= \xi, \alpha, \alpha_n$$

(1-21)

式中, ξ ——拖拉机挂钩牵引力利用率;

α ——拖拉机工作速度与标定状态下工作速度的比值;

α_n ——拖拉机标定状态下牵引效率与作业时的牵引效率的比值。

在发动机有效功率和拖拉机牵引功率能够充分发挥出来的条件下, 如果运用者给拖拉机挂钩上的农具阻力恰好等于标定挂钩牵引力, 此时 $\xi_P = 1$, $\alpha_v = 1$, $\alpha_n = 1$, 所以 $\xi_n = 1$;

如果运用者给拖拉机挂钩上加的农具阻力大于标定挂钩牵引力, 此时 $\xi_P > 1$, $\alpha_v < 1$, α_n 可能小于 1 或大于 1, 视所选不同排档而定, ξ_n 值小于 1; 如果运用者给拖拉机挂钩上加的农具阻力小于标定挂钩牵引力, 此时 $\xi_P < 1$, $\alpha_v > 1$, α_n 可能大于 1 或小于 1, 视所选不同排档而定, ξ_n 值小于 1。在附着性能受限制, 发动机有效功率和拖拉机牵引功率不可能充分发挥的条件下, 如果运用者增加拖拉机挂钩上的农具阻力 (即加大幅宽 B), 致使拖拉机打滑严重, 速度急剧下降, 牵引效率必然严重下降。这种情况下, 机组生产率也将下降。所以, 为争取较高的 ξ_n 值而导致 η_r 值急剧下降是不合理的, 必须兼顾 ξ_n 和 η_r 两个方面。

(三) 拖拉机牵引效率

拖拉机的牵引效率可表示为:

$$\eta_T = \eta_t \eta_s \eta_r$$

式中: η_t ——拖拉机传动效率;

η_s ——拖拉机滑动效率;

η_r ——拖拉机滚动效率。

在正常技术条件下, 拖拉机的传动效率变化范围不大。对于现代轮式拖拉机, $\eta_t = 0.91 \sim 0.92$; 对于现代履带式拖拉机, $\eta_t = 0.86 \sim 0.88$ 。

拖拉机滑转效率 $\eta_s = (1 - \delta)$ 。滑转率 δ 的主要影响因素有: 土壤条件 (土壤性质、状态和湿度), 驱动装置条件 (性能、结构和技术状态), 附着重和驱动装置切线力的大小等。在实际生产中, 拖拉机的滑转率变化范围较大, 特别是轮胎式拖拉机, 其滑转率的变化范围最大, 严重时甚至完全滑转; 履带式拖拉机的滑转率变化范围较小。滑转率过大将引起土壤结构被破坏和驱动装置加速磨损, 所以对各种驱动装置的允许打滑率有一定的限制, 一般要求在荏地上是: 胎轮装置的允许打滑率不超过 20%, 履带式驱动装置的允许打滑率不超过 7%, 手扶拖拉机不超过 25%, 水田叶轮的允许打滑率不超过 40%。当滑转率过大时, 应降低挂钩牵引力 (即减少农具幅宽) 或采取适当的技术措施: 选用附着性能好的驱动装置, 增加附着重, 改装驱动装置等。

拖拉机滚动效率可用下式表示:

$$\eta_r = \frac{P_T}{P_t} = \frac{P_T}{P_T + P_f \pm P_a} = \frac{P_T}{P_T + G_f \pm mgsin\alpha} \quad (1-22)$$

式中: P_T ——拖拉机挂钩牵引力 (牛);

P_t ——拖拉机驱动切线力 (牛);

P_f ——拖拉机滚动阻力 (牛);

P_a ——拖拉机坡度阻力 (平地上 $P_a = 0$);

- m ——拖拉机质量 (千克);
 g ——重力加速度;
 f ——拖拉机滚动阻力系数;
 α ——地面坡度角 (度);

拖拉机滚动阻力系数主要取决于行走装置的结构类型和技术参数, 以及地表和土壤的类型和状况 (特别是湿度和硬度) 等。

表1-1 拖拉机的滚动阻力系数 f 概值

田地与道路状况	f 值	
	胎 轮 拖 拉 机	履 带 拖 拉 机
干 土 路	0.03~0.05	0.05~0.07
生 荒 地	0.05~0.07	0.06~0.07
割 后 地	0.08~0.10	0.07~0.08
耕 后 地	0.12~0.13	0.08~0.09
中 耕 后 地	0.16~0.18	0.08~0.10
深 泥 泞 地	0.25~0.30	0.10~0.25
深 雪 地	0.23~0.30	0.09~0.22
压 实 的 雪 道	0.03	0.06
柏 油 路	0.04	
水 泥 路	0.03	

由表1-1可见,拖拉机滚动系数值的变化范围较大。对比拖拉机滚动效率和滑转效率的影响因素可以看出:拖拉机的牵引力与滚动效率成正比,与滑转效率成反比;拖拉机的重量与滚动效率成反比,与滑转效率成正比;土壤干硬时,滚动效率和滑转效率都较高;轮胎式驱动装置的滑转效率一般低于履带式驱动装置的滑转效率;轮胎式驱动装置的滚动效率与履带式驱动装置的对比有高有低,主要依使用条件而定。

由于拖拉机传动效率变化范围不大,拖拉机的牵引效率变化基本上取决于滑转效率和滚动效率两者的乘积。而对滚动效率和滑转效率影响因素的要求大部分是矛盾的,特别是对重要的使用因素之一——牵引力的大小要求的矛盾情况更为明显。为了选择合理的牵引力及相应的速度,必须了解牵引力与牵引效率之间的关系。

在地面、土壤条件和拖拉机牌号一定的情况下,牵引力与牵引效率之间的变化关系可以从该条件下测定的牵引特性曲线上看出。图1-1表示拖拉机在茬地上的牵引特性。在牵引特性图上,将各档的最大牵引功率点以圆滑曲线连接起来,此曲线称为包络曲线,即表示该条件下牵引效率与牵引力之间的变化关系。可以看出,对于任一牵引力值,有一个相应的牵引效率值,而不管这个牵引力值是在哪一个档位上。反过来说,在拖拉机牵引阻力一定的条件下,采用不同的档,其负荷程度不同,牵引功率不同,但牵引效率值却相同。包络曲线最高点相对应的牵引力是应该利用的理想牵引力。对于无级变速式拖拉机,只要使用者加给拖拉机的农具阻力等于该牵引力,就能得到最高的牵引效率和较高的标定功率利用率。如果农具阻力过大或过小,则牵引效率降低,牵引效率沿包络曲线下降,但标定功率利用率仍维持较

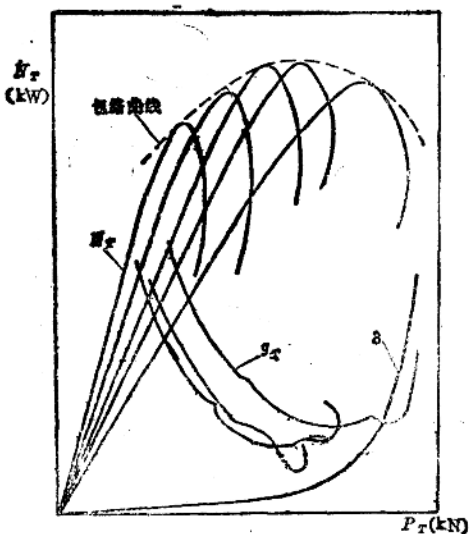


图 1-1 拖拉机在茬地上的牵引特性

在农业生产中，拖拉机的牌号较多，作业种类较多，且地面土壤条件多变，不可能具有各种条件下的拖拉机牵引特性曲线。但是运用者如能了解到该具体条件下包络曲线的变化形状以及最高牵引效率 $\eta_{T, \max}$ 点的位置，就有可能选择好拖拉机型号、档位及负荷程度，以获得较满意的标定功率利用率和牵引效率。包络曲线可用下式表达（在平地条件下）：

$$\eta_T = \eta_i \eta_\delta \eta_f = \eta_i (1 - \delta) \frac{P_T}{P_T + m \cdot g \cdot f} \quad (1-23)$$

一定牌号的拖拉机在一定地面的土壤条件下工作时，其传动效率 η_i 、拖拉机重力 G 和拖拉机滚动阻力系数 f 都可认为是定值，只要能测得数个牵引力 P_T 值以及相应的数个滑转率 δ 值，即可绘出包络曲线的变化形状及 $\eta_{T, \max}$ 的位置。另外，根据经验也可作出变化趋势的判断：当土壤由干硬变为湿松时， $\eta_{T, \max}$ 值及相应的 P_T 值都将降低，所以宜采用较高的档位工作，避免采用过低的档位工作；在湿松土地上工作，将轮胎式拖拉机改用为履带式或四轮驱动式时， $\eta_{T, \max}$ 值及相应的 P_T 值都将增高。我国水田面积较大，在水田工作的拖拉机或机耕船，其牵引效率现在只达到30~40%的水平。在旱地条件下牵引效率较高，履带式拖拉机的牵引效率，在茬地正常负荷工作条件下，一般为58~70%，在耕后地上一般为50~65%；两轮驱动式拖拉机的牵引效率，在正常负荷工作条件下，在茬地上一般为50~70%，在耕后地上一般为45~55%。四轮驱动拖拉机的牵引效率比两轮驱动拖拉机的高。

当拖拉机在不利条件工作牵引效率很低时，需要采取各种技术措施，有时提高了滑转效率但却降低了滚动效率，所以必须权衡它们的利弊。例如机组的幅宽不变时，采取增加附着重措施，拖拉机滑转率减少了 $\Delta \delta$ ，而滚动阻力增加 $\Delta m g f$ ，所以只有满足下式条件才是有利的，

$$\frac{(1 - \delta)}{P_T + m g f} < \frac{(1 - \delta + \Delta \delta)}{P_T + (m + \Delta m) g f} \quad (1-24)$$

如果增加附着重的同时也增加机组幅宽，这种情况下，滑转率可能不变，但滚动阻力增

高水平。

目前农用拖拉机绝大多数还是有级变速式。对于有级变速式拖拉机，只有在某档的最大牵引功率点落在最大牵引效率点的条件下，才有可能同时得到最大的牵引效率（ $\eta_{T, \max}$ ）和较高的标定功率利用率。但这种情况很少出现，一般应选用离 $\eta_{T, \max}$ 点最近的档位。当选用档的最大牵引功率点位于 $\eta_{T, \max}$ 点的右边时，标定功率利用率可适当低些，以使牵引效率不致过低；当选用档的最大牵引功率点位于 $\eta_{T, \max}$ 点的左边时，标定功率利用率应适当高些，以使牵引效率不致过低。可见对有级变速式拖拉机，必须兼顾牵引效率和标定功率利用率二者之间的关系。现代拖拉机档位日趋增多，为满足上述运用要求提供了条件。

加 Δmgf , 挂钩牵引力增加 ΔP_T , 所以只有满足下式条件, 才是有利的,

$$\frac{\Delta P_T}{P_T} > \frac{\Delta m}{m} \quad (1-25)$$

(四) 农机具的比阻

农机具的牵引阻力是在平地上测出的, 一般表示其平均值。所测得的阻力 R 与农机具幅宽 B (对于犁一般用实际工作幅宽, 对于播种机等用构造幅宽) 之比值被定义为农机具的比阻,

$$K = \frac{R}{B} \quad (\text{牛/米}) \quad (1-26)$$

犁的比阻一般还用下式表示,

$$K = \frac{R}{ab} \quad (\text{牛/厘米}^2) \quad (1-27)$$

式中, a, b ——耕深和犁幅宽 (厘米)。

各种农具阻力的构成差别较大, 但一般可用下式表示,

$$R = R_f + R_d + R_v + R_F \pm R_a + R_t$$

式中: R_f ——农具的滚动阻力;

R_d ——农具作业部件使加工对象变形引起的阻力;

R_v ——农具作业部件使加工对象运动引起的阻力;

R_F ——农具作业部件表面与加工对象之间的摩擦力;

R_a ——农具的坡度阻力;

R_t ——农具传动系统摩擦引起的阻力。

因农具类型不同, 上述各项构成所占比重有很大差别, 运用者应特别注意占比重较大的阻力构成。例如对于犁耕作业, R_d, R_v 和 R_F 是重点构成项目。从农具阻力的构成项目来看, 影响阻力的因素是很多的, 如地面状态、加工对象的机械性质和状态、机具构造和技术状态以及作业速度等。犁的牵引阻力近似与犁耕速度的平方成正比, 所以选择犁耕速度必须考虑这个因素。土壤湿度对机具阻力影响较大, 参看图 1-2。由图可看, 每种土壤有各自的最小比阻 $K_{\min}$ 值的湿度范围; 对于重质土壤, $K_{\min}$ 值出现在较高的湿度下, 且湿度范围较窄; 轻质土壤的 $K_{\min}$ 值出现在较低的湿度下, 且湿度范围较大, 说明对重质土壤, 更应重视掌握适耕期, 以降低比阻值。当土壤湿度超过适耕湿度后, 农具阻力变大; 如继续提高湿度, 当土壤含水量趋于饱和时, 土壤松软, 水分对工作部件有润滑作用, 因而比阻变小。在水田耕作中应该注意利用这样的土壤含水量, 水耕时土壤水分不可过少, 这时土壤比阻较小, 只要能保证拖拉机有一定水平的牵引效率, 就可以得到较高的生产率。农机具技术状态对比阻的影响不可忽视, 表 1-2 的试验资料很能说明这一问题。

表 1-3 和表 1-4 列出了犁耕比阻和其它农具的比阻概值, 供估算时参考。

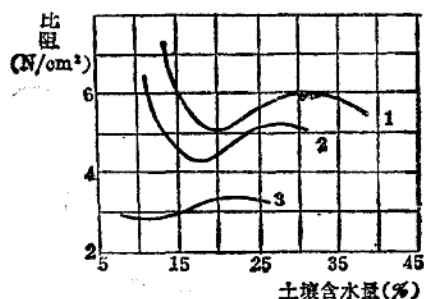


图 1-2 犁耕比阻与土壤含水量的关系

1. 重粘土; 2. 粘土; 3. 沙壤土;