



全国高等农业院校教材

农业机器运用 管理学

● 陈忠慧 主编

● 农业机械化专业用

农业出版社

全国高等农业院校教材

农业机器运用管理学

陈忠慧 主编

AB23/69

农业机械化专业用

农业出版社

编 著 者

主 编 陈忠慧（西南农业大学）
副主编 吴士漸（浙江农业大学）
编 者 陈忠慧（西南农业大学）
吴士漸（浙江农业大学）
孙培民（华中农业大学）
董龙岐（安徽农学院）
冯祖安（浙江农业大学）

前　　言

《农业机器运用管理学》是根据全国高等农业院校农机运用与管理学学科研究会1988年制订的“农业机器运用与管理学教学基本要求”，在《农业机器管理学》1983年初版本及1986年修订本的基础上，作了较大的改编而成。

本书的主要内容包括：农业机器运用原理，机械化作业工艺，农业机器技术保障，农业机器管理。书中对农业机器运用管理学课程的主要内容进行了较深、较广的阐述，对生产技术和机器管理有较详尽的叙述，并力求对农业机器运用管理学科的国内外最新成就有所反映。本书为高等农业院校农业机械化专业的教学参考书，亦可作为农机管理人员自学教材和参考之用。

参加本书编写的有：陈忠慧（绪论、第一章、第二章、第十一章），孙培民（第三章、第四章），吴士漸（第五章、第六章、第十章、第十二章），董龙岐（第七章、第九章），冯祖安（第八章）。由陈忠慧教授担任主编，吴士漸教授担任副主编。

参加过本书编写大纲讨论和审稿的主要有：张文长（西南农业大学）、叶正华（贵州农学院）、蔡萱（云南农业大学）、董葆莘（南京农业大学农业工程学院）、尹邦乾（江苏农学院）、程华有（安徽农学院）、张立彬（浙江农业大学）、黄祖建、赖健生（江西农业大学）、仇昆（湖南农学院）、刘文英（福建农学院）、马继汇、马允涵（广西农学院）、殷念松、李义（华南农业大学）、张卯生（华南热作学院）以及李冠峰（河南农业大学）等老师。由董葆莘副教授担任主审、马继汇副教授担任副主审。编审过程中还得到戴有忠（东北农学院）、张松明（沈阳农业大学）、陈济勤（北京农业工程大学）、张桐华（西北农业大学）等教授的指教。

鉴于农业机器运用管理涉及的知识面广泛，书中不妥和错误之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编　者
1991年1月

目 录

绪 论	1
第一章 农业机组及其运用指标	4
第一节 农业生产机械化过程及农业机组	4
第二节 机组生产率	6
第三节 机组作业成本	9
第二章 机组的动力性能	11
第一节 发动机的动力性能	14
第二节 拖拉机的驱动力和牵引力	16
第三节 拖拉机的功率指标	21
第四节 拖拉机的牵引附着性能	23
第五节 作业机械的动力性能	30
第三章 农业机器编组	36
第一节 编组的要求和步骤	36
第二节 编组计算	37
第三节 机组的运用工况及其检查	40
第四章 机组作业时间和行走方法的分析	44
第一节 机组作业时间的分析	44
第二节 机组的田间行走方法	47
第五章 机械化作业工艺方案设计	56
第一节 机械化作业工艺方案的设计依据与选择原则	56
第二节 机械作业的农业技术要求	59
第三节 农业机械化作业工艺过程	62
第四节 机组作业工艺方案的实施条件	65
第六章 机械化作业工艺与组织	71
第一节 谷类作物栽培机械化作业工艺与组织	71
第二节 经济作物栽培机械化作业工艺与组织	80
第三节 农业运输作业工艺与组织	89
第七章 农业机器的技术维护	100
第一节 农业机器的技术状态及可靠性	100
第二节 农业机器工作能力的下降及恢复	102
第三节 农业机器的计划预防维修制度	103
第四节 农业机器的交接和试运转	106
第五节 农业机器的技术保养	109
第六节 农业机器的正确使用及保管	116

第八章 农业机器的技术诊断	122
第一节 概述	122
第二节 农业机器技术状态的检查	123
第三节 农业机器的故障诊断	126
第四节 农业机器的常用诊断参数	133
第五节 农业机器的不拆卸诊断方法	137
第六节 机器技术状态及寿命的预测	144
第九章 农机用油的管理和使用	146
第一节 燃油的使用性能及选用	146
第二节 润滑剂的使用性能及选用	154
第三节 油料在使用过程中的质量管理	168
第四节 在用润滑油的质量监测	173
第五节 油料的安全管理	177
第六节 节油管理	179
第十章 农业机器的选型与配备计算	182
第一节 农业机械化区划与规划概述	182
第二节 农业机器系统及选型	186
第三节 农业机器配备计算	188
第四节 农业机器配备方案的技术经济评价	195
第十一章 农业机器的更新与折旧	201
第一节 农业机器的磨损	201
第二节 农业机器的寿命	204
第三节 农业机器的更换	206
第四节 农业机器的大修理及现代化改装	215
第五节 农业机器的折旧	219
第十二章 农业机械化科学管理	226
第一节 农业机械化目标管理	226
第二节 农机作业的劳动定额	230
第三节 农业机器的作业计划	234
第四节 农业机器的维修管理	239
第五节 农业机器的生产试验与鉴定	242
主要参考资料	245

绪 论

建国40年来，我国的农业机械化事业从无到有，取得了巨大的进展。尤其是近十年，农村经济体制的改革、农村经济的繁荣，促进了农业机械化事业按照实际需要、遵从客观经济规律健康发展。至今，我国有了生产拖拉机、联合收割机到各类农机具的比较完整的工业体系，有了一整套从农机管理到科研、技术推广、试验鉴定、培训教育、供应、维修、安全监理等专业的农机管理和服务的机构；有了从事农机制造、科研、管理和服务的多达2000多万人的农机队伍。我国农村已拥有2.7亿千瓦农业机械动力，683万台拖拉机（其中小型拖拉机596万台），58万辆农用载重汽车，6573万千瓦排灌机械动力和数以百万计的农机具和各类农业、林业、畜牧、水产养殖、加工等农业机械。农业机械化的发展，使我国农业生产动力结构发生了根本性的变化，我国已从一个完全依靠人畜力进行农业生产的境况中摆脱出来，在农副产品加工方面已基本实现机械化，农业运输机械化水平已超过一半，机电排灌面积占总排灌面积的56%，耕田机械化水平接近一半，机械收获、播栽、植保的机械化水平正在提高。农业机械化的发展，提高了农业装备程度和生产力水平，明显地改善了农业生产条件，提高了农业抗御自然灾害的能力，促进了农业增产增收，取得了显著的社会经济效益；农村机械化的发展与农业机械新技术的推广应用，促进了农民收入的增加、农村经济的繁荣，有力地推动了农业向专业化、商品化、现代化方向发展；并且在一定程度上促进了农艺技术的进步和农民传统心理的改变。农业机械化的作用日益显示出来。

但是，当前我国农业机械化发展也存在一些不可忽视的问题，主要是：首先对农业机械化的发展缺乏宏观指导，农机动力机械增长速度过快，尤其是小型机械增加多，而大中型机械和农田作业机械增加少；农机利用率低，农用油料供应不足；有机户为无机户开展作业服务还缺少必要的组织协调和办法，所以田间作业量并未相应增加。其次，在我国农业机械拥有量中，有相当数量的机型陈旧，技术经济指标落后，机器老化，技术状态差，可是淘汰率低，更新缓慢，致使农业机械化经济效益较差。第三，农机管理和农机社会化服务还比较薄弱，难以适应农业机械化发展的需要。总之，我国农业虽然配备了一定数量的技术设备，可是机械化程度还比较低，经济作物、牧业、渔业、农副产品深度加工等方面的机械化程度更低；一些地方还用传统方法进行生产，农业劳动生产率提高的幅度还不大；农业机械化的经济效益还不显著。

农村的技术设备是多年来我国亿万农民群众在国家扶持下逐步建设起来的，在一些地方已成为农业生产力的重要组成部分。因此，应当加强农业机械的合理使用与科学管理，以充分发挥其作用并取得良好的经济效益和社会效益。使农业机械为农业服务，提高劳动生产率和土地产出率，促进农业增产增收，同时把农业特别是种植业占用的大量劳力转换出来，发展多种经营和从事其它产业的生产，发展农村经济，提高整个社会生产力水平，将是今后农业机械化事业的重要内容，也是农业机械化的根本目的。

二

为了用好管好农业机械，充分发挥其作用并取得良好的经济效益和社会效益，作为农业机械化的高级技术工作者，必须学习和研究《农业机器运用管理学》这门课程，掌握它的基本理论、基本知识和基本技能。

我们知道，现代的农业生产是在使用现代先进的技术设备的基础上，综合应用现代科学技术的社会化生产。在农业中使用机器生产，核心问题是提高经济效益，就是要以尽量少的活劳动和物化劳动消耗，生产出更多符合社会需要的产品。经济效益是一切经济活动赖以进行的先决条件。正如马克思所说：“真正的财富就在于用尽量少的价值创造出尽量多的使用价值，换句话说，就是在尽量少的时间里创造尽量丰富的物质财富”（《马克思恩格斯全集》第29卷281页）。现代化的农业技术设备凝聚着人类的科学知识、生产经验和劳动技能，没有懂得它的结构和性能的人去操纵、使用和管理，就不能充分发挥它们的作用，而在使用中的效益，则是由人们对技术设备的使用水平和管理水平所决定。因此，对于现代化的农业技术设备，必须施以现代化科学管理，才能充分提高技术设备的效率和更好发挥技术设备的效能，从而获得良好的经济效益。严格按照客观规律的要求，运用现代管理知识，合理组织农业技术设备进行农业生产，正是现代农业机器运用管理的实质。

农业机器管理是农村农业机械化管理的重要组成部分，也是农业生产单位经营管理的重要组成部分，其主要任务是运用各种技术、经济和行政的手段，对农业机械化生产活动进行科学的决策和有效的计划、组织、指导以及监督，做到全面规划、择优选购、合理配备、正确使用、安全运行、精心维护、适时修理、计划更新，使农业机器经常处于良好的技术状态，提高农业机器的效率，充分发挥农业机器的效能，从而使农业机械化生产达到最优的经济效果。农业机器运用管理工作主要包括如下内容：

- 1.根据党和国家有关农业机械化的方针、政策，对本地区和生产单位的农业机械化进行宏观管理和科学决策，研究和编制农业机械化区划与规划，以及进行农业机械化系统分析。
- 2.建立和健全农机管理体制和生产组织，制订各种规章、制度、条例、标准和规范等技术及行政法规，使农业机械化生产做到有章可循，有法可依。
- 3.根据技术上先进、经济上合理、生产上可行的原则，通过技术经济的论证和评价，为本地区和生产单位引进、选购和配备农业机器。
- 4.根据上级下达的计划指标，制订机械作业计划，设计机械作业工艺，合理编制机组，并根据机组特点，组织和调度机组进行作业。
- 5.编制农业机器的维护及修理计划，组织和监督农业机器的技术维护及审验工作，保证农业机器经常处于良好的技术状态。
- 6.有计划、有步骤地对农业机器进行更新，编制更新规划，筹措更新资金，淘汰处理老旧机器设备，以保证及时提供先进、适用的农业机器，实现技术进步。
- 7.组织和指导农业机器的技术改造、科学试验、技术鉴定和推广，以保持机器设备先进的技术状态。
- 8.负责农用柴油和维修材料的计划分配；组织和指导油料和物料的计划、采购、供应、保管和节约工作。
- 9.建立农业机器的技术档案；组织与指导农业机械化管理统计，分析农机使用技术经济

指标，以改进农机的使用与管理。

- 10.组织农机安全生产管理，监督农机安全生产。
- 11.组织农机工作人员技术培训、考核和技术职称评定，以提高农机队伍的素质。
- 12.指导和组织农业机械化服务体系的建设，重点抓好乡农机服务站、乡供油点和维修网点的建设，提高其社会化服务能力。

三

《农业机器运用管理学》的目的在于研究农业机器运用管理的基本原理和方法，分析构成农业机器运用管理的因素，以利于经济而有效地运用农业机器，科学地制定农业机械化经营管理决策。

在农业中应用机器，与工业有所不同。农业机器的主要工作对象是农作物、土壤、农业物料等，因此，机器必须在大面积的土地上进行作业，受土壤条件、地面状态、地形、地势、气象等自然条件的影响很大，还要受到作物种类、耕作制度和农业技术要求的制约。我国幅员广大，南方与北方的自然和农业生产条件有较大差异，因而农业机器的类型和使用管理也各有特点。

本书在参考国内外同类课程教材中基本内容的同时，力求结合与反映我国农业机械化生产的条件、特点和先进经验，使之密切联系生产实际，更适合于农业机器运用管理课程的教学需要。《农业机器运用管理学》是由生产实践的需要而产生的，是在农业机械化发展过程中不断充实和发展着的。由于它的发展历史较短，有些方面的内容不够完善，还需要继续充实提高，这是广大农机工作者、科研人员和学者的光荣任务。

《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。本课程的前修课程为：农学基础、拖拉机汽车学、农业机械学。

本课程的主要内容包括：

- 1.农业机器运用原理；
- 2.机械化作业工艺；
- 3.农业机器技术保障；
- 4.农业机器管理。

课程将通过课堂讲授、习题、实验、生产实习及课程设计等环节进行教学。

第一章 农业机组及其运用指标

机器在农业中的应用，表明一种新的生产力将要取代旧的生产力。先进农业机器设备的运用，必须是技术上可行且能获得经济效益，农业机械化才能健康发展。机器用于农业生产是以机组为单位进行的，机组生产率和作业成本是机组运用效果的两个最基本的评价指标，本章将主要分析指标的构成因素，并指出提高运用效果的途径。

第一节 农业生产机械化过程及农业机组

一、农业生产机械化过程

农业上生产某一种农产品必须进行各种各样的工作，所有和生产直接有关的工作综合起来，称为该农产品的生产过程。例如水稻生产过程，包括了生产稻谷直接有关的各种工作，如整地（包括耕地和耙地），育秧和栽插或播种，田间管理（除草、施肥、防治病虫害、灌溉等），收获及场上加工等。和生产间接有关而带有辅助性质的所有工作，称为辅助过程。如稻种准备、田土准备、机器准备等。

每一种生产过程由若干相互有关的工艺过程，按照一定的次序组合而成。所谓工艺过程，就是按照一定的农业技术要求，利用机械工具对作物、土壤等对象进行加工以达到预期效果的方法或措施。作物栽培的工艺过程一般有农田基本建设、土壤耕作、播种和栽植、田间管理、收获及农田运输。

每一种工艺过程又包括一项或几项作业。机器在工作中每通过田间一次即为一次作业，每次作业又包括一个或几个工序（操作）。例如拖拉机配带犁进行耕地作业，只完成一个耕地操作；而配带旋耕机进行旋耕作业，则完成耕地和耙地两个操作。联合收获机一次完成切割、脱粒和清选三个工序。

所有工艺过程与作业，按照所有机械在工作时是否移动的性质，又可分为移动过程和固定过程两大类。移动作业在农业种植业中占大多数，几乎包括所有田间工作，如土壤耕作、播种栽植、田间管理、收获及运输等。固定作业如灌溉、脱粒、粮食干燥和清选、装卸以及粮食加工等。养殖业的工作主要为固定作业，如饲料粉碎、饲料调制、畜禽饲养、挤奶、剪毛等。

二、农业机组的定义及分类

农业生产机械化过程是用农业机组来完成的。农业机组由动力机、传动机构及作业机构三部分组成，用来完成一种或同时完成几种农业工序。

农业生产机械化过程所用的机组，按其主要的使用特征分类如下：

按照作业的生产方式，可分为移动式机组和固定式机组：移动式——机组作业时相对于加工对象移动；固定式——机组安装在一定位置不动，而加工对象移向机组进行加工。移动

式机组在农业生产中占有重要的地位，其中应用得最广泛的是拖拉机机组，其次是自走式机组，如各种联合收获机、自走底盘等。

按照动力的种类，可分为柴油机机组、汽油机机组及电动机机组等。

按照作业机械的组成和同时完成农业作业的项目，可分为单式作业机组、复式作业机组、联合作业机组及通用作业机组。用于完成一种农业工序的机组称为单式作业机组；由不同类型机械组成的机组，用来同时完成几种农业工序的称为复式作业机组；如果是一台机器同时完成几种农业工序，则称为联合作业机组（如旋耕、施肥、播种、喷药联合作业机组）；如果机器可以换装工作部件，在不同作业期间完成各种工序的称为通用作业机组（如自走底盘）。

按照作业机械与动力机械的联接方式，可分为牵引式机组、悬挂式机组及半悬挂式机组。它是以运输状态时机械重量在拖拉机与机械自身轮子的分配情况来区分的。牵引式机组的作业机械，直接的或通过联接器与拖拉机联接，自身有行走轮，运输状态时，其重量全部由自身的行走轮支承；悬挂式机组的作业机械通过拖拉机的悬挂机构与拖拉机联接，一般没有行走轮，运输状态时，其重量全部由拖拉机承担；半悬挂式机组的作业机械重量较大，运输状态时，其重量由拖拉机和作业机械自身的行走轮共同承担。

按照机械作业部件的驱动方式，可分为用拖拉机的发动机驱动的机组、用作业机械的行走轮驱动的机组及用自身发动机驱动的机组。

按照机械作业部件相对于机组纵向中心线的配置情况，可分为对称式机组和非对称式机组。

按照机组内作业机械相对于拖拉机和驾驶员的配置情况，可分为作业机械前置式、后置式、侧置式以及混合配置式机组。

按照所完成农业作业的种类，可分为耕地机组、耙地机组、旋耕机组、播种机组、栽插机组、排灌机组、施肥机组、收获机组、脱粒机组、运输机组、粮食干燥机组、粮食加工机组等。

按照机组作业幅宽的大小，可分为宽幅机组和窄幅机组。

按照机组的速度范围，可分为低速机组和高速机组。

通常，机组名称是选其主要的或必须强调的分类特征来命名。拖拉机机组的动力部分一般是指装内燃机的拖拉机，因而不再指明能源种类。当提到机组的作业机械时，常常不需要说明它与动力机械的联接方式，所完成工序的数量和农业作业的名称。

当前欧美一些经济发达的国家，为了提高农业劳动生产率，广泛采用悬挂式或半悬挂式机组、自走式机组，并且发展高速作业机组、宽幅作业机组和联合作业机组。

三、农业中使用机器的要求

在农业中使用机器的目的，是在符合机器自身的使用规律和农艺要求的前提下，按时按质的、以尽量少的物质消耗和劳动消耗获得最高的生产率，生产出最多的农产品以满足社会需要。根据这一目的，对机器的使用提出了“高效、优质、低耗、安全”的要求。

首先要求机器能有高的生产率、高的工效才能保证农时，争取了农时，可以说等于增加了农作物产量；提高生产率，才能降低机组作业过程的物质消耗和劳动消耗，从而降低作业成本，提高作业的经济效益。但是，绝对不允许以降低作业质量来追求作业数量，耽误农时

将导致减产，低劣的作业质量也必然影响作物产量；同样，也不允许靠降低作业质量来降低作业成本。为了作业顺利进行，还必须保证机组人员和机器的安全。总之，机器的使用，应该在优质的前提下，以高效为基础，低耗为核心，用安全来保证。

第二节 机组生产率

一、基本概念

机组生产率是一项重要的技术经济指标。机组在单位时间内按一定质量标准完成的作业量称为机组生产率。“单位时间”一般以小时、班、日、季、年等作为计量单位。按照所采用的时间单位，生产率有小时生产率、班生产率、年生产率等。“作业量”的计量单位，我国主要采用亩、公斤（kg）、吨（t）、立方米（m³）、吨公里（t·km）等。这些作业量的计量单位较实用，但不便于统计对比。因此，我国还规定一个作业量的标准单位，叫做“标准亩”。由于农业生产季节性很强，各项农业作业都要求机组按农艺规范适时完成，耽误农时将导致减产，低劣的作业质量也同样影响作物产量。因此，必须认识到作业质量和数量是同等重要的。

机组生产率的常用单位，对于移动式作业有：亩/小时、亩/班、吨·千米/班；对于固定式作业有：kg/h、吨/班、m³/h。

农业劳动生产率是衡量农业劳动者从事农业生产劳动的能力的指标。一般用平均每个农业劳动者在单位时间（通常为一年）内生产的农产品数量或产值来表示。农业劳动生产率在很大程度上取决于机器机组的生产率。

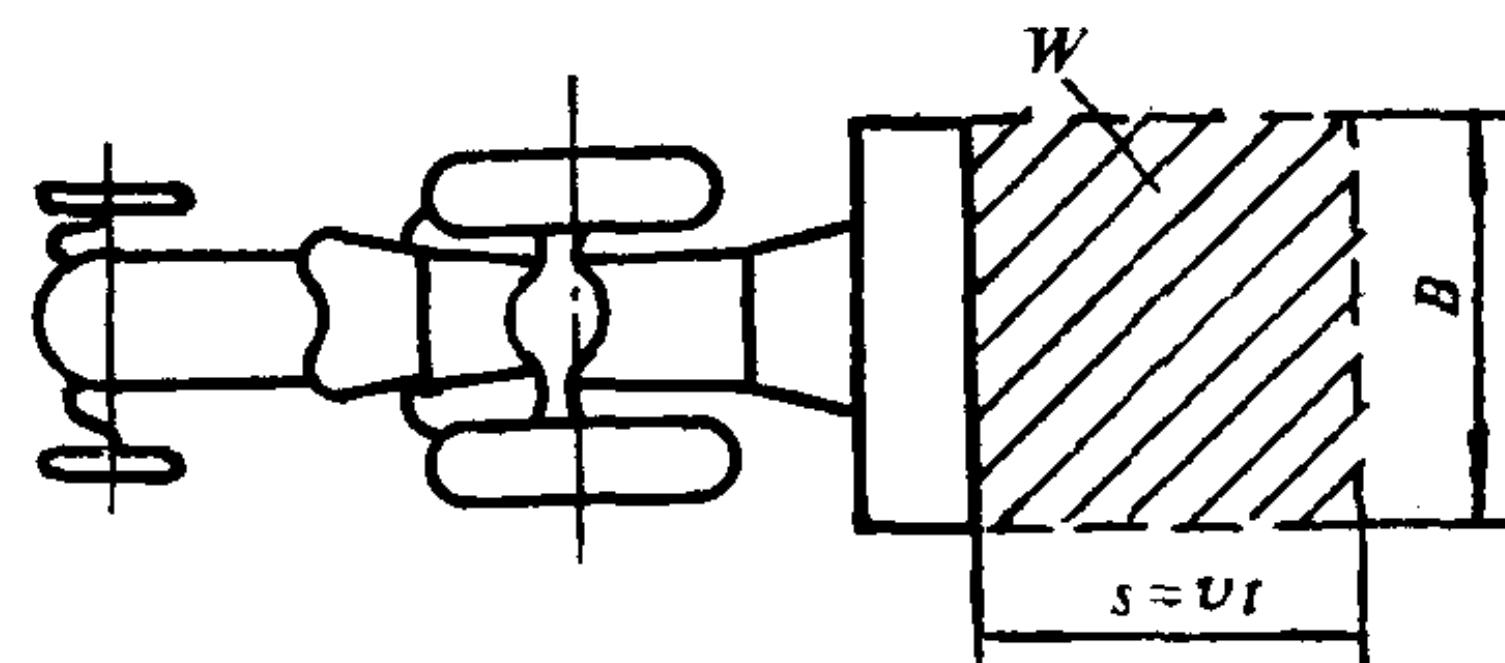


图 1-1 移动式机组理论生产率图示

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。

在图 1-1 中，设机组的构造幅宽为 B (m)，以某一理论速度 v_t (km/h) 在 1 小时内，没有空行和停歇的情况下进行作业，则所完成的作业面积 W 为一矩形，这块面积即为机组的理论小时生产率。

$$\begin{aligned} W_t &= 1000 B v_t (\text{m}^2/\text{h}) \\ &= 1.5 B v_t (\text{亩}/\text{小时}) \end{aligned} \quad (1-1)$$

如果在上述条件下工作一个班次，则得到机组的理论班生产率。

$$W_{1..t} = 1.5 B v_t T (\text{亩}/\text{班}) \quad (1-2)$$

式中 T —— 每班的时数(h)。

从上式可见，机组生产率是幅宽、速度和时间的函数。公式中的 B 、 v_t 及 T 都是理论值，这样计算出来的理论生产率，是理论上的、最大可能限度的机组生产率。但在实际生产中，机组生产率的各个主要因素，如作业幅宽、行驶速度和作业时间，都将随具体情况而变化，不可能达到理论值。

机组作业时的实际作业幅宽 B ，一般小于构造幅宽 B 。这是由于：驾驶员技术欠熟练或机组内作业机械挂接不正，造成重作或漏作；某些作业（如耙地、旋耕）为了保证质量，要求邻接行程稍有些重作（2—3%）；而有些作业受到使用条件的限制，机组构造幅宽不能得

到充分利用，如联合收获机收获生产量较高的作物时，受到喂入量的限制而减少割幅。

用机组幅宽利用率 β 表示机组构造幅宽的利用程度：

$$\beta = B_s / B \quad (1-3)$$

机组作业时的实际行驶速度 v_s （即班内平均使用速度）常小于理论速度 v_t 。这是由于：拖拉机在田间作业时驱动装置产生滑转；田间工作条件——阻力、地形的变化，引起拖拉机发动机曲轴转速的波动；轮胎变形和下陷引起滚动半径的减小；以及遇到阻力或坡度的显著变化而改用机动速度。

用机组速度利用率 ε 表示速度的变化：

$$\varepsilon = v_s / v_t \quad (1-4)$$

机组在作业中不可避免的会有地块间空行转移的时间，地头空行转弯时间，工艺性停车时间（上种、上肥、上药、卸粮等），班内技术维护和故障停车时间，组织不善造成的停车时间等时间消耗，因而每班纯作业时间 T_s 必然小于每班时数 T 。

用机组班内作业时间利用率 τ 表示班内作业时间的利用程度：

$$\tau = T_s / T \quad (1-5)$$

上述表明，机组作业不可能是连续的、不停歇的，也不可能处在构造幅宽下作业，而且行驶速度小于理论速度，所以机组所能够达到的生产率将比理论生产率低。

如果我们在计算中，考虑具体条件下机组的技术性能能够达到的 β 、 ε 和 τ 值，并将它们代入式 (1—1) 和 (1—2) 中，便得出机组的技术生产率。

$$W_t = 1.5Bv_t \beta \varepsilon \tau = 1.5B_s v_s \tau \text{ (亩/小时)} \quad (1-6)$$

$$W_{t_b} = 1.5Bv_t T \beta \varepsilon \tau = 1.5B_s v_s T_s \text{ (亩/班)} \quad (1-7)$$

应当指出，机组的技术生产率并不等于机组的实际生产率。机组的实际生产率 W ，是在机组作业结束后实测而得，即将机组实际完成的作业面积 U （亩），除以实际作业小时数 T_s 。

$$W_s = U / T_s \text{ (亩/小时)} \quad (1-8)$$

以机组速度和幅宽表示的机组技术生产率公式，适用于机组或作业机械的设计、选型、配套、试验和计划工作。

二、机组生产率与拖拉机或发动机功率的关系

机组幅宽的宽窄和速度的高低，除了受农业技术要求的制约之外，主要取决于机组内发动机有效功率（或者是拖拉机的牵引功率）。因此，可以用拖拉机或发动机功率来表示机组生产率。以拖拉机或发动机功率为函数的机组生产率公式，可用来对机组生产率作深入分析。

(一) 机组内拖拉机牵引功率和发动机有效功率的利用 拖拉机牵引或悬挂机械作业时，如作业机械的幅宽为 B_s (m)，单位幅宽的工作阻力为 k (N/m)，则作业机械的工作阻力 R (N) 为：

$$R = kB_s$$

拖拉机克服作业机械的工作阻力 R ，并以行驶速度 v_s (km/h) 前进时，所消耗的牵引功率 N_T (kW) 为：

$$N_T = Rv_s / 3600^{\circ}$$

^① 如果式中的计量单位： R ——kgf， v_s ——km/h，则 N_T ——马力， $N_T = Rv_s / 270$ 。

这时，拖拉机发动机发出的有效功率 N_e 为：

$$N_e = N_T / \eta_T$$

式中 η_T —— 拖拉机的牵引效率。

拖拉机作业的负荷程度可用拖拉机牵引功率利用率 ζ_{N_T} 表示：

$$\zeta_{N_T} = N_T / N_{T_N} \quad (1-9)$$

式中 N_{T_N} —— 拖拉机额定牵引功率 (kW)。

而拖拉机发动机的负荷程度可用发动机有效功率利用率 ζ_{N_e} 表示：

$$\zeta_{N_e} = N_e / N_{e_N} \quad (1-10)$$

式中 N_{e_N} —— 发动机标定有效功率 (kW)。

如果拖拉机同时兼有动力输出以驱动机械的工作部件作业时，则发动机的有效功率为：

$$N_e = N_{e_T} + N_{e_d} \quad (1-11)$$

式中 N_{e_T} —— 发动机用于牵引部分的有效功率；

N_{e_d} —— 发动机用于驱动部分的有效功率。

这种工况下，发动机的功率利用是用拖拉机效率 η 来表示：

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{N_T + N_d}{N_e} = \frac{N_T}{N_e} + \frac{N_d}{N_e} = \frac{N_T(N_e - N_{e_d})}{N_{e_T}N_e} + \frac{N_dN_{e_d}}{N_{e_d}N_e} \\ &= \eta_T(1 - \zeta_d) + \eta_d\zeta_d \end{aligned} \quad (1-12)$$

式中： N_d —— 动力输出轴功率 (kW)；

$N_T/N_{e_T} = \eta_T$ —— 拖拉机牵引效率；

$N_d/N_{e_d} = \eta_d$ —— 动力输出轴效率；

$N_{e_d}/N_e = \zeta_d$ —— 动力输出轴功率利用率。

上式的 η 是拖拉机的全效率，如果：

(1) 只用于牵引式作业，即 $N_d = 0$ ， $N_{e_T} = N$

则 $\eta = \eta_T = N_T / N_e$

(2) 只用于驱动式作业，即 $N_T = 0$ ， $\eta_T = 0$ ， $N_{e_d} = N_e$ ， $\zeta_d = 1$

则 $\eta = \eta_d = N_d / N_e$

(二) 用拖拉机牵引功率或发动机有效功率来表示的机组生产率 由上述可得：

$$B_z = R/k = 3600 N_T / kv_z$$

并代入机组技术生产率公式 (1-6) 内，则得：

$$\begin{aligned} W_j &= 1.5 B v_1 \varepsilon \beta \tau = \frac{5400 N_T}{k} \tau = \frac{5400 N_e}{k} \eta_T \tau \\ &= \frac{5400 N_{e_N}}{k} \zeta_{N_e} \eta_T \tau \text{ (亩/小时)} \end{aligned} \quad (1-13)$$

由上式可以看出，机组生产率与发动机标定有效功率，有效功率利用率，拖拉机牵引效率及时间利用率成正比，而与作业机械的比阻成反比。

如机组内拖拉机有动力输出时，式 (1-13) 应变为：

$$W_j = \frac{5400 (N_{e_N} - N_{e_d})}{k} \zeta_{N_e} \eta_T \tau \text{ (亩/小时)} \quad (1-14)$$

(1-13) 和 (1-14) 两式适用于拖拉机的设计、选型和配备工作。

(三) 机组生产率和机组的能量消耗 机组的作业过程，实质是消耗能量的过程，表现为对加工对象作机械功。能量的一部分转化为有用功，如克服机械的牵引阻力所作的功；另一部分转化为无用功，如发动机、拖拉机工作的各种损失。

机组在单位面积上所消耗的有用机械功为：

$$A = RS_s = 10^4 k / 15 \text{ (牛顿·米/亩)} \quad (1-15)$$

式中： R ——机组内作业机械的牵引阻力 (N)；

$$R = kB_s$$

S_s ——每亩面积上的工作行程长度 (m)。

$$S_s = 10^4 / 15 B_s$$

机械功还常用 “kW·h”的单位表示，已知： $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 36 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{m}$
于是，可以换算成下式：

$$A = \frac{k \times 10^4}{15 \times 36 \times 10^5} = \frac{k}{5400} \text{ (千瓦·小时/亩)} \quad (1-16)$$

由上式可见，完成单位面积农业作业所消耗的有用机械能，只取决于作业机械单位幅宽的牵引阻力值，而与动力机械的种类、编组方案等因素无关。

根据式 (1-16) 的关系，并令

$\zeta_N \cdot \eta_{rr} = \sigma_w$ ——机组生产率系数

可以将式 (1-13) 简化为：

$$W_s = N_s \sigma_w / A \text{ (亩/小时)} \quad (1-17)$$

上式中，分子代表机组每小时能发出的有用机械能值，分母代表每亩面积上作业机械消耗的机械能值。

三、提高机组生产率的途径

综上所述，机组生产率公式实质上是由机械能的关系转化而来，提高机组生产率的根本措施：一方面是充分发挥机组的有用机械能，例如及时地和高质量地对拖拉机进行技术维护，应用不拆卸诊断功率指标，并及时排除所发现的故障和失调，高质量地修理拖拉机，完全恢复其功率指标和使用可靠性，以保持发动机能发出标定有效功率，拖拉机具有高的牵引效率，正确的编制机组，给予发动机合理的负荷和选择最佳的行驶速度，充分利用机械的构造幅宽，机动变速，以提高功率利用率；作好机组作业过程的组织和服务工作，选择适合具体条件的最合理的行走方法，完善田间准备和工艺服务，消除非生产性时间，以提高时间利用率。另一方面是在保证质量前提下尽可能降低每亩面积上作业机械消耗的机械能，例如对作业机械同时进行技术维护，在符合农艺要求下不任意加大耕深，并在适耕期进行耕作等，以降低机械比阻。

第三节 机组作业成本

一、基本概念

机组运用的经济效果，反映在作业成本上。机组作业成本是指完成单位作业量所耗费的各项费用总和。按照我国规定，机组作业所支出的费用包括有：

1. 油料费 C_r , 包括作业过程中实际耗用的主燃油及润滑油料的费用。
2. 劳动报酬 C_l , 包括生产人员的基本劳动报酬、补贴、生产奖金及按劳动报酬的规定百分比提取的公益金。
3. 经常维修费 C_w , 是指实际支付的小修费和日常维修费用。
4. 折旧费 C_{zh} , 是指动力机械及其配套作业机械按规定提取的基本折旧基金。
5. 大修理费 C_x , 是指按规定提取的大修理基金。
6. 管理费 C_m , 包括直接支付的管理费和间接分摊的管理费。

机组作业成本 C_m 可由一定时间内机组全部支出的费用 C 与同一时间内完成的作业量 ΣW 的比值来确定, 即

$$C_m = \frac{C}{\Sigma W} = \frac{C_r + C_l + C_w + C_{zh} + C_x + C_m}{\Sigma W} \text{ (元/标准亩)} \quad (1-18)$$

在作业成本组成中, 油料费、劳动报酬和经常维修费等三项费用, 直接与机组工作有关, 它随机组作业量的增减而变化, 称为可变成本。而折旧费、大修理费和管理费, 属于与作业量增减无关的固定成本。可见, 为了降低机组作业成本, 必须提高机组生产率。本节着重分析前三项费用, 而后三项费用将在第十一章中研究。

二、机组作业的油料消耗

机组作业的油料消耗也是一项重要的技术经济指标, 它是机组作业成本的重要组成部分。

(一) 燃油消耗 机组作业过程的燃油消耗可分为:

1. 单位时间的燃油消耗称为燃油消耗量 G_T (kg/h)。

2. 单位机械功的燃油消耗称为燃油消耗率:

发动机的:

$$g_r = 10^3 G_T / N_r \quad (\text{g/kW}\cdot\text{h})$$

拖拉机的:

$$g_r = G_T / N_r \quad (\text{kg/kW}\cdot\text{h})$$

3. 单位作业量的燃油消耗又可分为:

田间移动式作业:

$$g_w = G_{T_b} / W_b \quad (\text{千克/亩})$$

固定式作业: kg/m³、kg/t;

汽车拖拉机运输: L/t·km、kg/t·km。

拖拉机机组作业过程中, 机组有三种工况: 负荷作业、转弯和转移的空行, 机组停歇而发动机空转, 发动机在不同负荷下工作, 其燃油消耗量是不相同的。因此, 机组每班的燃油消耗量 G_{T_b} 就等于机组每种工况下的小时耗油量与相应时间的乘积之和, 可用下式表示:

$$G_{T_b} = G_{T_z} T_z + G_{T_k} t_k + G_{T_o} t_o \quad (1-19)$$

式中: G_{T_z} 、 G_{T_k} 、 G_{T_o} —机组在负荷、空行、空转三种工况下的小时耗油量, (kg/h);

T_z 、 t_k 、 t_o —机组在负荷、空行、空转三种工况下的作业时间(h)。

在一个班次时间内, 机组的技术生产率为 W_{bb} , 则机组的技术亩耗油为:

$$g_{\text{总}} = \frac{G_{T_b}}{W_{\text{总}}} = \frac{G_{T_z} T_z + G_{T_k t_k} + G_{T_o t_o}}{W_{\text{总}}} \quad (\text{千克/亩}) \quad (1-20)$$

上式是用来确定机组田间移动作业完成每亩面积的耗油量公式。式中的不同工况下小时耗油量值，可以从拖拉机牵引特性曲线图和发动机调速特性曲线上查到，或者通过试验得到。

为了详细分析影响燃油消耗的因素，可将上式加以换算：

$$\begin{aligned} g_{\text{总}} &= \frac{G_{T_b}}{W_{\text{总}}} = \frac{G_{T_z} T_z + G_{T_k t_k} + G_{T_o t_o}}{\frac{5400 N_e}{k} \eta_T \tau T} \\ &= \frac{k}{5400} \cdot \frac{G_{T_z}}{N_e \eta_T} \left(1 + \frac{G_{T_k t_k} + G_{T_o t_o}}{G_{T_z} T_z} \right) \\ &= A \frac{g_r}{\eta_T} (1 + \sigma_s) \\ &= A g_r (1 + \sigma_s) \quad (\text{千克/亩}) \end{aligned} \quad (1-21)$$

式中： $\frac{G_{T_k t_k} + G_{T_o t_o}}{G_{T_z} T_z} = \sigma_s$ ——空行和空转耗油量占负荷作业耗油量的比例数。

由上式可见，机组作业的亩耗油与机械比阻、燃油消耗率、以及空行和空转的时间成正比，而与拖拉机的牵引效率和负荷作业时间成反比。

机组的实际亩耗油 g_s ，是在完成作业之后，以实际耗油量 G_{T_r} (kg)除以相应完成的亩数 U 得到。

$$g_s = G_{T_r} / U \quad (\text{千克/亩}) \quad (1-22)$$

应该指出，机组的实际耗油量，包括了油料在保管、运输和添加中的损失。因此，实际亩耗油比技术亩耗油要稍大些。

(二) 润滑材料消耗 拖拉机作业的润滑材料（机油、齿轮油、润滑脂等）消耗，规定了一个定额，通常是以主燃油消耗量的百分数表示。

润滑材料的消耗定额标准，应根据机型及技术维护规程来制订。例如，对于发动机机油底壳机油，可以根据机油的使用期限和润滑系统容量来计算，同时还必须考虑到技术维护规程所规定的添加量。

柴油机油底壳机油平均使用消耗约为主燃油消耗的4—6%，其中机油烧损不应超过1%，如果机油仅烧损一项达到3%，则发动机应送修。

(三) 降低油料消耗的途径 机组作业过程中降低油料消耗的途径：①采取提高机组生产率的所有措施；②调校好发动机燃油装置，并保持良好的技术状态，使小时耗油量和燃油消耗率获得最佳值；③根据工作条件机动变换发动机和拖拉机的速度规范；④消除油料在保管、运输和添加中的不正常消耗。

三、机组作业的劳动消耗

农业生产机械化过程中，人力劳动的消耗也是一项重要的运用指标。劳动消耗标志着农业机械化水平，同时也是机组作业成本的一项构成因素。

劳动消耗通常是以每亩的工时数来计量。各种机组作业的劳动消耗 H 可用下式计算：