

全国高等农业院校教学参考书

全国高等农业院校
教材指导委员会审定
农业机械化专业用



农用动力与机械管理

〔美〕D. R. 亨特 著
戴有忠 等译

农业出版社

序 言

农业机械的管理是农场管理的一部分，它专门研究农业生产装备方面的最优化问题。它涉及到机器的有效选择、使用、修理和维护以及更新。

随着美国农业的发展，美国的农业愈加依靠机器来支持生产了。使用机器，一个农民现在可以供给国内外大约 75 人所需的食物和纤维制品。不使用机器来加强人的力量和能量，这样高的效能是不可能实现的。

现在，在农场的生产成本中，与机器有关的支出可能是最大的一项。只有土地使用费能够与典型玉米带农场每年 100—125 美元/公顷作物的机器作业费用相比。每公顷的设备投资 250 美元是常见的。靠降低机器的费用来增加农场利润的可能性是很大的。

假定衡量管理决策的价值以利润美元计算。虽然人们知道许多农场主用自身的爱好、舒适和方便作为机务管理的决定性因素，但这种感情上的反应，除非具有明显的经济效果，本书一般是不予考虑的。我们的基本观点是，农场就是一个销售多种产品的工厂，管理的目标是追求最大利润。机器在农场仅仅是生产工具，它的费用要从总收入中扣除。

本书的目的在于分析构成机务管理的因素；讲解各种机器和机构的功能，以利于经济而有效地使用机器；指出制定管理决策的方法和步骤。农业机械的实际使用情况总是在发生变化，它与作物和地区有关，要在一本教科书中涉及问题的所有方面是不现实的。希望使用本书的教师能按学生的需要充实具体的资料。

应用本书必须具备一定的农业实践、大学代数和三角方面的知识。必要时扩充一些经济学与物理学的概念。

本书使用的公制单位符合公布的政策，常用单位仍然附在国际单位制后边的方括号中，因为今后十年内从事于农业的人将会应用两种单位制。轮胎尺寸仍用常用单位表示，因为它是过去公布的，而且没有正式换算为国际单位。有些单位，如升、每小时公里、公顷和每分钟转数没有被国际单位制推荐，但由于对机务管理特别有用，因而仍然使用了。应用的单位是按能够反映测量精度而选定的。例如，犁耕深度是用厘米记录的，因为田间测量不太可能比一个厘米更为精确。国际单位制的说明、缩写词和通用换算表都在附录 L 中。

本书内容适合于现在和即将从事农场管理或机务工作的人员使用。其中管理原理和机务操作方面的内容对于准备从事农业教育、农业机械化或农业企业工作的大学生以及担任大型企业农场农机管理工作的农业工程师都将是有用的。

内 容 提 要

本书译自美国 D. R. 亨特博士所著《农用动力与机械管理》1983 年第 8 版教科书。本书共分 6 篇 18 章,系统地论述了农业机械的技术经济性能,使用操作、调整,成本计算,以及机器选择和更新等内容。分析了构成机务管理的因素,并从理论到实践提供了机器的使用和管理最优化的技术和方法。

本书适合高等农业院校农业机械化专业师生使用,对于从事农场管理和机务工作者以及农业机械科技研究人员都有重要参考价值。

译 者 的 话

农业机械化是农业现代化的重要组成部分。是提高劳动生产率、农业产量和农产品商品率以及增加农民收入的重要手段。要搞好农业机械化事业,除了要有先进的机器来武装农业以外,还要建立与发展农用动力与机械使用和管理的科学技术,以充分发挥机械化生产的作用并获得最佳的经济效益。为了进一步完善和提高农机运用与管理技术,开好“农机运用”这门课程,使农业机械化专业的学生提高农机运用、规划、组织和管理分析的能力,使农业机械化系统更加有效地运转,实现“高效、优质、低耗、安全”的总目标,提供一本可供借鉴的优秀的教学参考书是很有必要的,这就是我们提出翻译“农用动力与机械管理”一书的根本目的。

“农用动力与机械管理”一书是根据美国伊利诺斯大学农业工程系教授, D. R. 亨特博士所著的《Farm Power and Machinery Management》教科书 1983 年第 8 版译出的。该书从 1954 年第 1 版问世以来,已经过 7 次修改和 5 次再版,不断更新内容,已成为比较成熟的优秀教科书。它在美国高等农业院校农业工程系的教科书中具有较高的声誉。它在分析影响农机管理的因素,分析提高拖拉机和农业机械作业的技术经济性能,指出制定管理决策的方法与措施方面都反映了美国农业机械管理学科的先进水平。

该书共分 6 篇 18 章。第一篇论述了农业机械与动力的技术经济性能以及驾驶员的机器操作效能。第二篇阐述了农业机械的各项成本的确定与计算以及折旧方法。第三篇按农机各项作业综合论述了农机管理技术。这里共有 10 项作业:耕地、播前整地、中耕、播种机械、施撒化学制品、谷物收获、饲料收获、农产品加工、物料装运、特种作物机械等。第四篇全面系统地论述了农用动力的一般知识、结构、调整、使用方法。第五篇阐述了农业机械与动力的选择计算和经济性分析。第六篇在系统学习理论知识的基础上,设计了 22 个实验室实习项目。此外,每章都附有习题,包括计算题、问答题、综合分析题,以增强学生的理论计算与实践操作和分析的能力。书中大量引用高等学校、试验研究部门、工厂有关机务管理的试验和科学研究成果及实际的生产经验。内容翔实而丰富、理论结合实际,利于扩展学生的知识面、引起学习的兴趣,对于从事和即将从事农业机械管理的科技人员来说,本书无疑是很有参考价值的指导性读本。

基于上述扼要介绍的特点,我们愿意全文译出此书,推荐给广大读者,为推进农业机械化工作,并为我国农业机械化专业的教材改革作一点微薄的贡献。如果本书问世后能发挥出它应有的作用,那将使我们感到莫大的欣慰。

在本书中,章节层次、公式等基本上按中国习惯书写,以利于阅读。

本书由东北农学院戴有忠、瞿德懋、姚维祯、罗佩珍、沈美容等五人译出,分工如下:

戴有忠,主编,译 1, 2, 3, 4, 16, 17, 18 章, 实习 19, 20, 21, 22 和附录, 索引。

瞿德懋，副主编，译 15 章，实习 1，2，3，4，5，18。

姚维祺，译 11，12，13 章，实习 14，15，16，17。

罗佩珍，译 5，10，14 章，实习 6，11，12，13。

沈美蓉，译 6，7，8，9 章，实习 7，8，9，10。

全书译稿由瞿德懋，姚维祺初校，最后由沈阳农业大学张松明教授进行了审校。

由于译者水平不高，译得不当和错误之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

目 录

序言

第一篇 经济性能	1
第一章 机械性能	2
第二章 动力性能	30
第三章 驾驶员操作效能	69
第二篇 成本	79
第四章 成本计算	80
第三篇 作业	103
第五章 耕地	104
第六章 播前整地	121
第七章 中耕	130
第八章 播种机械	133
第九章 施撒化学制品	146
第十章 谷物收获	164
第十一章 饲料收获	188
第十二章 农产品加工	214
第十三章 物料装运	236
第十四章 特种作物机械	251
第四篇 动力	255
第十五章 农用拖拉机	255
第五篇 机器设备的选择	321
第十六章 机械的选择	322
第十七章 动力的选择	332
第十八章 旧的机器设备	346
第六篇 实验室实习	347
实习一 解题方法	348
实习二 拖拉机的学习	352
实习三 机器系统的性能	358
实习四 机器的机动性	359
实习五 拖拉机的动力性能	360
实习六 耕作	361
实习七 容积型播种机	362
实习八 单粒型播种机	365
实习九 干化学制品的撒布机	366
实习十 液态化学制品洒施机	368
实习十一 小粒谷物收获	371

实习十二 玉米收获	373
实习十三 收获速度	375
实习十四 割草机	376
实习十五 搂草机	378
实习十六 压捆机	379
实习十七 青饲料收获机	380
实习十八 发动机的最佳调整	382
实习十九 燃料经济性比较	383
实习二十 调速器的最佳调整	384
实习二十一 田间作业需用的能量	385
实习二十二 机器选择	386
附录	390
参考书目	406
索引	407

第一篇 经济性能

仅当整个机器系统的经济性能达到最高程度的情况下，才有可能出现农业机器管理的最优状态。不可否认，有不少农业机器是出于习惯性的因由、图快乐，甚至是为了身心健康而追求某种医疗价值才被使用的；可是，那些以机器作为唯一生产工具的许多企业组成的而经营有方的商品化农场，则是本着生产产品以谋取利润卓有成效而使用其机器的。只有在付出系统的作业成本之外，还能够增加产品和作业价值的时候机器系统性能才是有利的。成本最小似乎是最优的经济目标，但总的利润最大才是企业的真正目标。在农场中，这并不需要系统作业成本最小。总营业利润对衡量单个机器来说，也应占最主要的地位。这就可能要求单个机器不是在其可能的最小成本下作业。因此，有效的机务管理，要求把机器系统中的各单项作业加以调整和组合，使得其综合性能给农场经营带来最大的利润。

机器系统经济性能是用每单位生产量的美元数来计量的。例如，收获玉米的机械成本为 120 \$/ha，栽培大豆为 40 \$/t，销售牛肉为 75 ¢*/kg 等（见附录 L 的单位缩写）。当这些项目中每单位生产成本最低时，可以说是发挥了最大的系统性能。

经济性能的三个组成部分是：

1. 机械性能
2. 动力性能
3. 驾驶员的工作效能

有时这几项性能被错误地称之为“效率”，好象存在一个极限值，一些以小数表示的性能可以它为基础似的。显然，费用为零仅仅是机器系统潜在经济性能的理论极限，此时也无法以百分率来表示机器系统的效率，这是因为产出-投入的比值是对实际因素的经济度量。

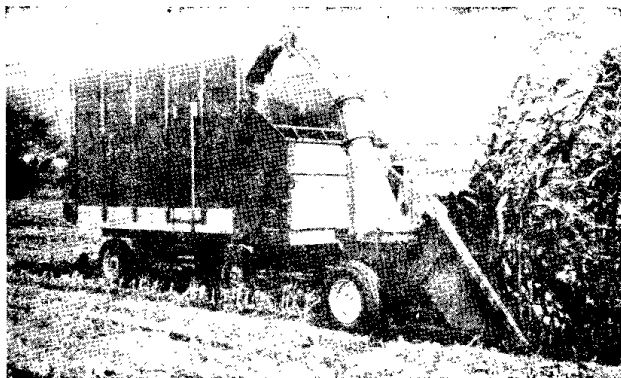
机械、动力和人力性能的量纲是以单位时间的数量来表示的。当三项性能的每一项单位时间费用被单位时间的数量来除时，所得的数值相加就是经济性能的数值。例如：

一个机器系统每小时生产 5 t 青贮饲料，机械费用为每小时 4 \$，需要 1.5 个工时和 1.1 个拖拉机·小时，分别需要 3 \$ 与 2 \$。这个系统的经济性能为

$$\frac{4\$}{h} \times \frac{1 h}{5 t} + \frac{3\$}{h} \times \frac{1 h}{5 t} + \frac{2\$}{5 t} \times \frac{1 h}{5 t} = 1.8 \$/t$$

农机具、动力、人力和管理是农场机器系统的组成部分，这些部分的经济性能在下面三章中探讨。

* ¢ 为美分代号。——译者注



第一章 机械性能

农业机械的性能是以它完成作业的速率和质量来度量的。速率是重要的量度，因为没有几个行业象农业这样对季节和不良天气如此敏感，要求适时地进行作业。完善性是质量的一部分，系指一台机器无废品作业的能力。由于大多数农业物料是易损坏的，很多还是易腐烂的，因此，机械作业造成的产品损伤量或产品质量降低量是机械性能的另一重要量度。农场机务人员非常了解要完整、快速地作业，但是，他们常常忽略了由于作物和土壤的破坏而造成的不良经济后果。在评估机械的作业性能时，必须同时考虑质量和数量。

机械性能的速率以单位时间的数量来表示。大多数农田机械的性能以每小时的面积数表示，收获机械的性能有时用每小时蒲式耳(bu)；每小时公担；每小时吨(t)或美吨(sh-ton)表示；而在使用压捆机时，则以每小时捆数表示。加工机械的性能通常以每小时蒲式耳或美吨表示。上述的性能数值，通常称之为机械的生产率。

第一节 生产率

只以单位时间的面积数表示生产率，通常不能充分反映机械作业的真正性能，尤其是收获机械。当同样的机械在不同的地块上作对比时，作物产量和作物状态的差异就可能出现一台机械每小时的面积生产率低，而每小时的收获物量生产率高的情况，这时真正可比的生产率是每小时的收获物量。

重量和质量的概念，可以用常用单位制和国际单位制表示机械的生产率和作物产量。重量应当看作是物体的实质。它受到地球引力的作用，并阻碍物体加速。一个物体，如果不受约束，将迅速地朝向地心加速。这个约束力就等于物体的重量。

质量与重量之间的关系为

$$f = ma$$

式中 f ——作用在物体上的力；

m ——物体的质量；

a ——物体的加速度，以距离单位每二次方秒表示。

当加速度由地心引力作用产生时， a 就用 g 表示，力 f 称为重量。在海平面上，以常用单位制表示的 g 是 32.2 ft/s^2 ，用国际单位制表示的 g 为 9.807 m/s^2 。 g 值随着海拔高度的增加而略降低。

除非用杆式平衡秤计量，在地球上的不同地点，物体的重量都将是有变化的；因此，国际单位制不用重量单位而用质量单位计量农产品的数量。公斤、公担(100 kg)、吨(1000 kg，也叫兆克)是通常商业交易用的单位。可是，这些质量度量通常是靠测定其重量确定的。杆式平衡秤(无弹簧)应用于合法的交易中。

按惯例，常用单位制用容积术语——蒲式耳来确定谷物的数量。近年来，根据作物和它的含水量，蒲式耳(bu)已用来表示一定磅数产品的数量。有些产品和大多数青饲料用英担cwt(在美国为100 lb，在英国为112 lb)和吨t(在美国为2000 lb，在英国为2240 lb)计量。

联合收获机、马铃薯收获机和类似的机械，从不合乎要求的物料中分离出有用物料，需要一个专门的生产率对比术语。与其用被收获物料的重量来表示，倒不如用被处理的物料重量来作为专用的生产率量度。物料通过量这个术语已用来表示通过机械加工物料总质量的速率。例如，以每小时公斤数表示的联合收获机的物料通过量是指进入收割台的谷粒、颖壳、稻草和杂余的总量。即使是物料通过量，也不总是不变的对比基础，因为它随着作物润湿程度而变化。物料通过量的生产率标定值应同时附有物料湿度值。

机械生产率的计算涉及面积、质量与时间的计量。如果注意单位，其计算是比较容易的。

现以田间生产率、物料生产率和物料通过量生产率三种类型的机械生产率为例计算如下。

测得1台割幅为5 m[16.4 ft]的联合收获机以1.5 m[4.9 ft]/s的速度运行。在1 min内粮箱收集到50 kg[110 lb]谷粒，并且把60 kg[132 lb]的物料卸到机械后面。

一、机械生产率

1. 田间生产率

$$\frac{1.5 \text{ m}}{\text{s}} \times \frac{5 \text{ m}}{1} \times \frac{1 \text{ ha}}{10000 \text{ m}^2} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 2.7 \text{ ha/h}$$

$$\left[\frac{4.9 \text{ ft}}{\text{s}} \times \frac{16.4 \text{ ft}}{1} \times \frac{1}{43560 \text{ ft}^2} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 6.64 \text{ a/h} \right]$$

2. 物料生产率

$$\frac{50 \text{ kg}}{\text{min}} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{h}} = 3000 \text{ kg/h}$$

$$\left[\frac{110 \text{ lb}}{\text{min}} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{h}} = 6600 \text{ lb/h} \right]$$

3. 物料通过量生产率

$$\frac{110 \text{ kg}}{\text{min}} \times \frac{\text{t}}{1000 \text{ kg}} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{h}} = 6.6 \text{ t/h}$$

$$\left[\frac{242 \text{ lb}}{\text{min}} \times \frac{\text{shton}}{2000 \text{ lb}} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{h}} = 7.26 \text{ shton/h} \right]$$

这些计算出来的生产率是**理论生产率**，它不同于**有效生产率**。通常使机械连续不断地作业或以它们的标定工作幅宽作业是不可能的；因此，有效生产率，即实际生产率明显地要比理论生产率，即潜在生产率小。

第二节 时间效率

时间效率是一台参加作业的机械的有效作业时间与总作业时间之比的百分数。机械非有效地对地块进行加工的任何时间都被看作是时间的浪费。至于什么应当看作是由机械造成的时间浪费，需要有严格的定义。下面列举的时间要素，包括与典型田间作业有关的劳动和在计算有关各种农场企业的机械生产率和成本时应计入的劳动：

1. 机器在场内的准备时间（包括机器出入库房和修理间）；
2. 从场上到田间的往返运行时间；
3. 作业前后在田间准备机械的时间（包括班保养、牵引准备等）；
4. 理论的田间作业时间（机器在作业中以最佳前进速度并以满幅进行作业的时间）；
5. 回转时间和越过地面排水沟的时间（机械的机构仍在工作）；
6. 在停车情况下，机械的装卸物料时间；
7. 在停车情况下，调整机器的时间（包括清理堵塞物的时间）；
8. 保养时间（在停车情况下，加油、润滑、调紧链条等时间，但不包括班保养时间）；
9. 修理时间（在田间更换或修复已经失效零件所消耗的时间）；
10. 驾驶人员个人消耗的时间。

通常不是所有上述时间要素都与机械作业有关。第10项驾驶人员个人消耗的时间变化很大，一般来说它和机械的作业效率是没有关系的，因此，通常不把它算作机械作业耗费的时间。同样，1, 2, 3项一般也不考虑。余下的4—9项要素，则包括在田间效率之内。

准确地说，田间效率就是第4项的时间与消耗在田间的总时间（4—9项）的比值。对于具体的机械来说田间效率不是定值而是变化很大的。表1.1列出若干常用农业机械的田间效率的范围。

应用给出的田间效率，可得出如下的有效田间生产率的方程式：

$$C = \frac{Swe}{g} \quad (1.1)$$

式中 C ——有效田间生产率，ha/h[a/h]；

表 1.1 农机具的典型田间效率和作业速度范围

作 业	农 机 具	田间效率%	作业速度 km/h[mile/h]
耕耘	铧式犁	88—74	5—9[3.1—5.6]
	圆盘耙	90—77	6—10[3.7—6.2]
	弹齿耙或钉齿耙	83—65	6—12[3.7—7.5]
	全面中耕机、鹿形犁	90—75	6—9 [3.7—5.6]
中耕	中耕作物中耕机	90—68	3—9 [1.9—5.6]
	旋转耙	88—80	9—12[5.6—12.4]
播种	中耕作物施肥播种机	78—55	7—10[4.3—6.2]
	谷物施肥播种机	80—65	5—10[3.0—6.2]
	撒播机	70—65	7—10[4.3—6.2]
	马铃薯种植机	80—55	9—12[5.6—7.5]
收获	割草机 压扁机	95—80	5—9 [3.0—5.6]
	搂草机	89—62	6—9 [3.7—5.6]
	方捆压捆机	80—65	5—10[3.0—6.2]
	圆捆压捆机	50—40	5—14[3.0—12.0]
	剪切式青饲料收获机	76—50	6—10[3.7—6.2]
	联合收获机	90—63	3—8 [1.9—5.0]
	玉米摘穗机	70—55	3—6 [1.9—3.7]
	铺条剥晒机	85—75	6—10[3.7—6.2]
	马铃薯收获机	90—50	3—6 [1.9—3.7]
	铧式采棉机	90—65	3—5 [1.9—3.1]
其他	喷雾机	80—55	7—10[4.3—6.2]
	水氨洒施机	65—55	6—9 [3.7—5.6]
	旋转式茎秆切碎机、割草机	85—65	6—10[3.7—6.2]
	撒肥机	90—60	6—10[3.7—6.2]

S ——速度, km/h[mile/h];

w ——农机具的标定幅宽, m[ft];

e ——田间效率, 以小数表示;

c ——常数, 10.8.25⁻¹

由于传统的土地计量未改变, 美国农民将面临在以英亩表示面积的地块上用公制的机械作业的情况。和方程式 1.1 相同形式的近似方程式给出公制机械的常用单位制生产率 $Swe/4, a/h$ 。

在方程式 1.1 的分子项上乘以单位面积的产量, 可得出有效物料生产率的表达式。如果这项以每公顷吨数表示, 那么机械生产率就用每小时吨数表示。

$$M = \frac{Swey}{c} \quad (1.2)$$

式中 M ——物料生产率, 单位/小时;

y ——产量, 单位/面积。

在国际单位制中推荐的时间增量为秒。速度以每秒米数表示。不过农业机械的速度习惯上都以小时为基础表示, 如在常用单位制中采用每小时英里数。可以预料, 对于农业来说, 小时单位将继续作为较实用的单位, 因而在本书中, 田间作业速度将以每小时公里数表示。计算以每秒米数表示的速度时, 要把每小时公里数除以 3.6。

对于正常作业的机械(没有故障或意外停歇),可以推导出较精确的田间生产率的数学表达式,此式不涉及象田间效率那样包括一切的通用项。只有当回转时间、割幅重叠以及诸如种子箱上种、粮箱卸粮或者产品收集车摘挂等和面积有关的时间有损于机械性能的情况下,可应用方程式1.3。这里假定的是带有地头的长方形地块。

$$C = \frac{SwLE_w}{(c1)L + DSwLE_w + (c2)St} \quad (1.3)$$

式中 C 、 S 、 w 单位和方程式 1.1 的相同;

E_w ——有效幅宽与标定幅宽之比,用小数表示;

D ——非生产性时间, h/ha[h/a];

L ——地块长度, m[ft];

t ——回转时间, s/r;

$c1$ ——常数, 10[8.25];

$c2$ ——常数, 2.7778[12.1]。

可以直观地看出,方程式 1.3 表明长地块、迅速回转、宽幅机械、较快的速度和较短的装卸时间都有助于提高机械的生产率。

影响田间效率的因素有:

1. 机械的理论生产率;
2. 机械的机动性;
3. 田间的行走方法;
4. 地块形状;
5. 地块尺寸;
6. 单位面积产量(如收获作业);
7. 土壤和作物状态;
8. 系统的约束。

下面将依次讨论每一种因素。

一、理论生产率

田间效率是随理论生产率的增加而降低的。人们可以直观地意识到一台大型机械浪费一分钟时间在生产潜力上的损失比一台小型机械浪费同样时间造成的损失要大。K.K.巴恩斯(K.K.Barnes), T.W.卡斯尔曼(T.W.Casselmann)和D.C.林克(D.C.Link)(衣阿华州立大学)的研究就是一个例子。他们发现,一台4行农机具当幅宽增加50%时,有效的田间生产率对于玉米播种机只增加35%,对于中耕机只增加40%。

农机具的田间生产率还取决于它的行驶速度。人们可以预料到,当农机具的作业速度增加时,田间效率要下降。增加田间作业速度会减少实际需要的工作时间;但是,如果时间损失基本上保持相同,则在数学上田间效率就要减小。这种研究结果表明,如果考虑速度,则追求最大的田间效率并不是有益的管理措施,即不应当用慢速去保持较高的田间效率值。由于用快速作业可以得到较高的田间生产率和物料生产率,优秀的驾驶员应该观察并判断作物和土壤的状态,然后,在作业质量允许的前提下,尽可能地快速作业。

田间作业速度可能受到下列因素的限制:

1. 机械的工作部件超负荷;
2. 驾驶员不能精确地控制机械;
3. 由于地表不平, 使机械的功能丧失和结构损坏;
4. 要求缓和地(慢慢地)处理物料。

二、机械的机动性

农业机械在田间和在通往田间的道路上都要求易于灵活地操纵。农田机械要求设计成能在地头转弯和在沿着等高线及曲线种植的垄上行进。

大型机械在地头转弯需要花费许多时间和占有相当大的空间, 如图 1.1 所示。然而, 如果大型机械和小型机械一样, 在幅宽倍数相同的地头回转, 那么大型机械的总回转时间要比小型机械来得少些, 因为大型机械在相等的地块上进行回转的次数要比小型机械少些。

机具的回转半径是影响地头角运行时间损失的重要因素。汽车和农业机械工业一般规定, 回转半径是车辆能够在其内实现最小回转的圆的半径。这样的规定真实地表示出车辆最外端部件轨迹的半径 R , 通常不再描述如图 1.3 上所示的自走式联合收获机收割台的外半径 r_0 。

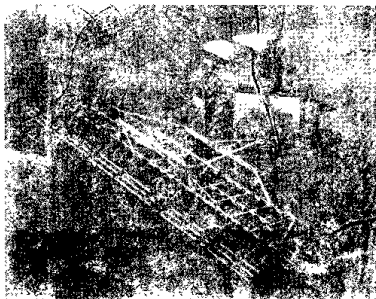


图 1.1 机动性对有效地使用大型机械是很重要的

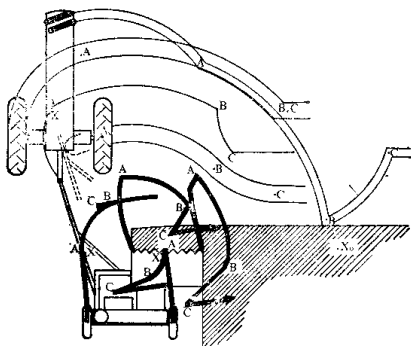


图 1.2 牵引式偏置收获机的回转图解

本书中，回转半径是指在农机具进行最小回转时，农机具实际轨迹的外半径，并且在农机具接合时，用 r 标明，在农机具不结合时，用 r_0 标明。实际上，通常前者比后者大些。

在不规则或等高线的地块上耕作时，半径 r 和机器驾驶员有很大关系。对于中耕作物播种机，如果播种机的有效宽度比其机架宽，半径 r 可能大于 R ，对于拖拉机侧悬挂式割草机，半径 r 就可能小得多。

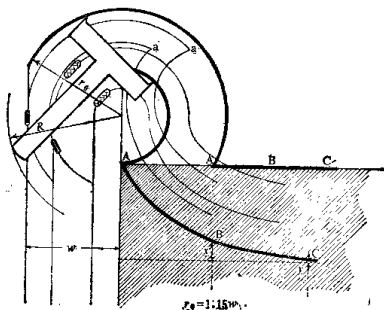


图 1.3 自走式联合收获机在 $\pi/2\text{rad}[90^\circ]$ 地角处回转

(一) 直角回转 极少数耕地或播种机械可以进行直角回转。大多数往复式切割器的割草机，回转半径可以小到足以进行直角回转。可是后续的搂草、晾晒和打捆等作业，通常按圆角图形行走。

如果联结不妨碍拖拉机轮子急转弯，牵引式收割机基本上可以进行直角转弯。图 1.2 表示拖拉机和偏牵引式收割机转弯时各点的轨迹。这里假定驾驶员能使拖拉机以其右侧后轮为瞬时回转中心开始回转；保持这个回转中心直到轮胎与农机具的牵引架逼近碰撞为止，这时拖拉机和农机具上有关各点的位置为 A；然后在轮胎与牵引架之间保持接近摩擦的情况下从 A 到 B 点继续回转；再以拖拉机的左侧后轮为中心，从 B 点转到 C 点；然后与原来的运行方向成直角继续直线行走。就图示的农机具而言，必须在切割器割完作物之前约 $0.6\text{m}[2\text{ft}]$ 处就开始回转。值得注意的是留下来的地角并不恰好为直角，有小部分面积被切割器的左侧分禾器漏掉了。还应该看到，拖拉机前轮要行进到直立作物的边界 B 点位置，且当切割器的外边缘从 A 摆动到 C 点时，切割器将反方向通过未作物区。

如图 1.2 和 1.3 所示的图解仅仅是大致预测农机具回转能力的方法而已。人们可以假定回转是瞬时进行的。对于低速运动的农机具和装有快速动力转向装置的农机具，这种假设并非不现实。

在回转中，农机具的每个部件瞬时地绕一个称为回转中心的共同点转动。在回转过程中，这个回转中心的位置会很快地变化。在图 1.2 中，开始回转时农机具的回转中心位于农机具轴线与自拖拉机回转中心至牵引销联线的交点上。当向 A 点转向时，回转中心逐渐

向左移动。当牵引销移到距X点约一半距离时，回转中心就超出图示范围趋向无穷远。当进一步回转时，回转中心从无穷远移向右边，而当牵引销在X点时，回转中心位于X₀点。从A点到B点拖拉机与农具之间形成一不变的夹角，因此，回转中心是在拖拉机与农具轴线交点上的一个固定点。这个固定回转中心约在刚开始回转时切割器左端的位置上。

当回转中心不固定时，为了得到精确的结果，需要对所研究的点的位置在图上作出很小的增量标示。这些点的位置是由从瞬时回转中心和有意义点的前面任意位置划弧线确定的。图 1.2 中的牵引销就是这样有意义的点，以此来确定其他所有的点。

自走式农具，特别是带有后轮转向装置的，具有一些独特的回转问题。自走式铺条割晒机一般都能以其驱动轴中点作为回转中心进行回转，因为其驱动轮的旋转方向是可逆的。因此容易进行直角转弯。

自走式联合收获机最小回转半径等于其工作幅宽1.15倍的是不能够保持直角地角的，如图 1.3 所示。其切割器左侧和右侧分禾器尖的轨迹用粗黑线表示（假定这些轨迹内所包括的一切作物都能被割到）。在联合收获机割过地角作物之后继续回转直到分禾器尖端到达A—A位置时，驾驶员必须立即在a—a位置把后轮从极右转到极左。继续回转使左侧分禾器沿未割作物的边界行进，而右侧分禾器转进未割作物区。即使有这样的机动性，也不能设想切割器在C点以前达到满幅收割。在下一圈时，联合收获机回转之前还要收割额外区段 x ，并且在新点C取要求的割幅宽度时缩短 $2y$ 距离。因此，每一圈的地角逐渐变尖，并且要割完这个地块需要附加时间。

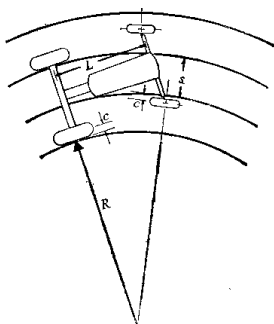


图 1.4 轮距为 $2s$ 的拖拉机的极限牵行曲率

对比左转 $3\pi/2 \text{ rad}[270^\circ]$ 和右转 $\pi/2 \text{ rad}[90^\circ]$ 之间的时间消耗表明，图 1.3 上的 $\pi/2 \text{ rad}[90^\circ]$ 回转是效率最高的。如方程式 1.13 推导中所给出的那样，对于 $3\pi/2 \text{ rad}[270^\circ]$ 回转，以外侧分禾器尖为准的非生产性的运行距离为 $2r_0$ ， $w \vdash 3\pi/2 r_0$ 。而对于 $\pi/2 \text{ rad}[90^\circ]$ 回转的距离则为 $w + x + (n-1)y + \pi r_0$ ，式中 n 等于圈数。如图 1.3 所示， $r_0 = 1.15w$ ，对于 $3\pi/2 \text{ rad}[270^\circ]$ 回转的行走距离为 $6.7w$ ，而当 $n=2$ ， $x=0.2w$ ， $y=0.03w$ 时， $\pi/2 \text{ rad}[90^\circ]$ 回转的行走距离则为 $4.84w$ 。如果两种回转的速度基本上相同，在以 $\pi/2 \text{ rad}[90^\circ]$ 右转所需要的时间和以 $3\pi/2 \text{ rad}[270^\circ]$ 左转所需要的时间相同以前，它约转了 64 圈。这时，只要再额外通过三或四次就可以将地角拉平。不要忘记，图 1.3 中的 x 和 y 距离是可能达到的最短距离。如果驾驶员不能以 $1.15w$ 的回转半径回转，则 $\pi/2 \text{ rad}[90^\circ]$ 回转的效率就将下降到和 $3\pi/2 \text{ rad}[270^\circ]$ 回转的效率一样了。

弯曲的垄行和按等高线种植的地块会限制机器的运用。图 1.4 表示一台轮距为行距 s 两倍的拖拉机，当垄行与轮心线之间保持间距 c 时通过曲线垄行时的情况。拖拉机的轴距

L 必须不大于 $(s^2 + 2Rs - 2sc - 4Rc)^{1/2}$, 以便顺利地沿曲线运行。三轮结构的拖拉机或自走式农具较适合于进行这类回转。

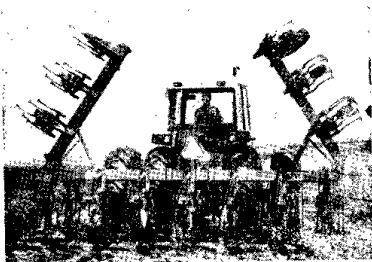


图 1.5 用于路上运输的折叠式农具

机器在道路上运输应当迅速、方便而且安全。有些宽幅农具可以折叠成较小的幅宽，使其机动、灵活些，如图 1.5 所示。又大又重的农具可以用拖拉机的液动力进行折叠。另外也可以重新调节挂结，以纵长的方式来牵引宽幅农具，如图 1.6 所示。

三、田间行走法

分析与改变田间作业的行走法，可大大提高田间效率。当然，作业的行走法和地块的尺寸与形状有密切的关系，但是某些行走法可不考虑地块的外形。

确定有效的田间行走法的主要目的是使田间行走路程最少。非工作的回转次数，每次回转行走的距离，以及在地块内部的非工作行程都是宝贵的时间和能量的非生产性使用，应尽可能消除。

除了使时间达到最少之外，还有一些目的要修改田间行走法的选择。尤其是在溢流灌溉地块上，但在其他地块上也是一样，犁耕的行走法应当把地表搞平，以消除积水。在地块的个别位置上，一般是在地头，机械重复地运行会把土壤压实。有时，为了使收获行走法能高效，可放弃高效的种植行走法。水土保持措施很可能是改变时间效率高的行走法的最重要的原因；不过，水土保持的经济效益是不容易弄清楚的，并且在保证时间与水土保持之间取得最佳平衡的决策判断也是不确定的。



图 1.6 为了在路上运行，把12铧犁的宽度减小 1/3