

国外学者
论中国农业机械化

(译文选编)

《当代中国的农业机械化》编写组编
北京农业机械化学院科技情报室

编者前言

我国农业机械化事业经过三十多年来的实践，取得了伟大的成就，但也走过一段曲折的道路。为了更好地发展农业机械化，为实现我国的农业现代化做出应有的贡献，科学地总结历史经验，从中找出一些规律性的问题来，很有必要。我们搜集了国外一些学者的文章，供做参考。

这本资料共收入译文26篇。大致分为两类，一类直接针对中国的农业机械化问题；另一类主要针对发展中国家的农业机械化问题，但他们所论及的问题，有些也是我们今天或将来可能碰到的问题。尽管他们研究的立足点和观点我们未必同意，但仍然有一定的参考价值。

收入的文章，有些已散见在一些书刊或内部资料中，为便于读者查找，把它们集中在一起，在收入时经过摘编或校对。有些是初次发表的译文。还有一些是论述发展中国家农业机械化的专门著作，由于篇幅太大，不可能收入本资料，只是在本书的“综述”中引用了他们的某些观点。

本资料由张伟副教授主编，封治平、朱华、张劫、梁宝芬、刘清水等参加了编辑工作。中国农业机械化科学研究院黄顾根提供了资料并参加了工作。

由于水平所限，时间仓卒，文章选择不尽恰当，译校编辑工作也可能有错误，请批评指正。

目 录

编者前言

国外学者论中国及发展中国家农机化的观点综述.....	张伟 (1)
1. 发展中国家有必要重新制定农业机械化方针.....	G.W. 贾尔斯 (4)
2. 农业机械化的原理.....	C.W. 海尔 (16)
3. 杭州小规模农业的机械化国际讨论会的日、美方总结.....	(25)
4. 农业机械化——回顾历史, 展望未来.....	H.P. 宾斯温格 (35)
5. 日本农业经济学家对中国农业现代化问题的意见和建议.....	(66)
6. 供应十亿人民: 中国的农业现代化.....	J.S. 普莱拜拉 (72)
7. 对中国农业现代化的考察.....	田村三郎 (76)
8. 一个日本人对亚洲农业发展的看法.....	下河边淳 (80)
9. 一个日本学者对中国农业发展的看法.....	逸见谦三 (82)
10. 亚洲的农业机械化.....	K.J. 兰普 (85)
11. 一个美国人对亚洲农业机械化的看法.....	B. 卡尔 (87)
12. 东亚水稻生产机械化的经验.....	R.W. 赫特 (90)
13. 发展中国家选择性机械化是方向.....	M.L. 埃斯曼 (102)
14. 东南亚国家引进农业机械要注意的问题.....	楠木豪夫 (104)
15. 实现农业机械化要多方面的工作.....	拉赫曼 (106)
16. 论选择性农业机械化——姚监复论文的读后感.....	阪本楠彦 (106)
17. “石油农业”是条死胡同.....	(108)
18. 中国台湾的农业机械化.....	M.L. 埃斯曼 (109)
19. 关于农业机械化的若干政策问题.....	J.B. 哈达克、魏宁 (111)
20. 中国农业机械化的政策、问题和前景.....	罗伯特 C. 徐 (115)
21. 中国农业机械化的现状及存在的问题.....	佐藤清美 (121)
22. 在农业机械化方面, 中国应有自己的道路.....	尼·伊·尼古拉也夫 (125)
23. 韩丁谈中国的农业机械化.....	(127)
24. 中国今后应少发展小型农业机械.....	团野信夫 (132)
25. 日本式水稻机械化种植方式在中国是可行的.....	堀江真一郎 (133)
26. 对中国推广“育秧箱育苗”的几点意见.....	田村三郎 (134)

国外学者论中国及发展中国家 农机化的观点综述

张 伟

自农村实行经济体制改革以来,这几年我国农村经济和农业生产形势一年比一年好,去年(83年)又出现了前所未有的大好形势。但就目前的农业生产水平来说,其基础仍然很薄弱,生产水平还不高,大多数产品实质上还是供不应求。另一方面,在流通领域、生产布局、管理体制等方面,与商品生产发展及农业现代化要求还很不适应。由于推行联产承包责任制及多种经营的发展,农业机械化已是“柳暗花明又一村”。在新形势推动下农业机械化有了新发展,同时出现了许多需要进一步研究与解决的新问题。我们历来把实现农业的集体化和农业的机械化当做社会主义农业现代化的标志,把在实现农业集体化的基础上实现农业机械化做为党在农业问题上的根本路线。三十多年来的实践取得了伟大的成绩,但确实也存在许多失误。为了进一步发展农业机械化,实现我国的农业现代化,科学地总结历史经验,并探索农业机械化发展的科学规律,很有必要。

过去我们在进行农业机械化工作中比较重视学习苏联和欧美等发达国家的经验,但实践经验告诉我们,由于我国社会经济及自然条件与他们有很大差别,他们的经验有许多对我们并不适用。

工业发达国家的农机产品除了供应本国市场以外,有相当部分是为了出口,不发达国家向来是他们的原料供给地、廉价劳动力的来源和工业品的市场,但他们逐步发现不发达国家的农机产品市场和他们的国内需求有很大差别。另一方面,由于世界经济结构的严重不平衡,国际矛盾十分尖锐。一些发达国家的学者愈来愈重视发展中国家的社会发展问题,特别是农村发展问题。国外有些专门研究发展中国家农业现代化的学者,曾发表过一些专门著作和许多文章,国际交流活动也很活跃,仅1980年至1982年6月就先后在日本札幌、菲律宾、东京和我国的杭州连续召开了四次主要针对东南亚地区的小规模农业的机械化问题的国际讨论会。

看来发展中国家在农业现代化过程中碰到了许多类似的问题。本资料收入的G.W.Giles, H.D.Binswanger, Carl W.Hall, Merle L.Esmay, R.W.Herdt等人的文章比较集中地反映了当前讨论的焦点,这些问题主要包括:

- 1.农业机械化的目的和在农业发展中的作用;
- 2.农业机械化的约束、发展速度及水平;
- 3.农业机械化的发展途径及模式;
- 4.农业机械化的研究方法。

1. 农业机械化的目的和在农业发展中的作用

目前已经实现农业机械化的发达国家，在工业和国民经济的发展过程中，农业劳动力向城市转移，农村劳力不足，工资水平高，一般地说土地相对较多，因而他们发展农业机械化的目的主要是提高劳动生产率。发展中国家一般人多地少，发展农业机械化的主要目的应该是提高土地生产率，并使劳动力最大限度地投入生产性劳动。

尽管几乎所有学者都认为推行农业机械化是发展农村社会的一个重要因素。但对农业机械化在农业发展中的作用都有不同看法，R.W. Herdt归纳为四种观点：①农业机械化等于农业现代化。农业机械化就是实现农业现代化，是农业发展的主要指标和条件。②把农业机械化只当做是一种动力输入。动力输入与农业产出之间的基本关系相似于肥料和产量之间的关系。③通过农业机械化强化土地的利用，增加收获面积单产。④机械化代表着直接以资本代替劳力。因此，在大多数发展中国家现有的劳动力供应情况及资金不足的条件下，任何这样的代替都是不需要的。因而引出的结论是发展中国家当前没有必要推行农业机械化。实际上这四种观点都只片面地强调了一个方面。对于不同国家、不同地区，在不同发展阶段，可以通过不同形式、不同程度的农业机械化，在农业发展中发挥其不同的作用。农业机械化做为一个单纯的因素，是无法衡量它在发展农业中的作用的。农业机械化在社会发展中的作用远不能从单纯经济的角度去衡量。

农业机械化要消耗大量的农业资金，盲目的农业机械化对农民和国民经济不仅无益，还可能造成危害。农业现代化不等于农业机械化，更不等于“机耕化”或“拖拉机化”。“适当机械化”或“有意义的机械化”应从整个社会效果的角度去考虑。“有意义的机械化”应包括根据时间、地点及有关条件决定的：从人力和畜力农具的改革，一直到现代化的大型动力农机具的引用。

2. 农业机械化的约束、发展速度及水平

从某种意义上说，机械化就是以机器代替人、畜力，无疑劳动力出路是发展农业机械化的一个约束。机械化替代下来的劳动力可以在农业内安排，也可以在农业外安排。如果农村农业外就业机会多，机械化就不是使农村劳动力外流，而是就地转移。为提高农业生产需要的农业资金：购买良种、化肥、农药、机器等，如果不能大幅度地提高劳动生产率降低成本，就要依靠农户的农业外收入来补偿。农业要发展，必须从农业外输入产品（化肥、农药、机器等），其前提是必须有一个较发达的农业外经济。农业本身也必须发展商品性生产。发展农村商品生产的结果必然要影响社会结构、社会标准；反过来要影响农民的价值和行为，推动农业技术的革新。（以上见以色列耶路撒冷大学阿依教授著《发展中国家的农业现代化》）。日本工业布局采取非集中化（Decentralization）作法，不仅可以就地利用农村剩余劳动力，并且促进了农业生产商品化（许多原料及农产品可以就地销售）及农村交通的发展。日本也只是在非农业收入占农户收入达到一定比重时，农民的生活才真正得到改善，因而才能够使兼农户为主的农户经济得到了相对稳定的发展和巩固。

能源是发展农业机械化的一个约束，但土地毕竟是比能源更为宝贵的资源。可资利用的动力是制定农业机械化规划的基础，而提高产量、经济有效、劳动力充分利用则是前提。不能笼统地批判“石油农业”，关键是要合理有效地利用能源。当然能源供应要影响农业机械化的发展速度，

尽管从微观效果、生态平衡及有限度的增产角度看，发展畜力农业是可行的。但要使农

民富裕，从社会发展的长远观点看，农业机械化则是必不可少的。

经营规模对发展农业机械化的影响，一些学者认为在经济上并无一个绝对的极限。在技术上要求扩大规模的机械化作业，可采取租赁、合同承包等经营形式。适于小规模农业的机械化应具有以下特点：①能导致增产；②劳动力不致转移；③经济合算；④能为大多数小规模经营的农户所接受（Tschiersch, 1978年）。尽管如此，由于小规模农业机械化的成本一般都不易降低，限制了农业机械化的发展。日本单机平均容量是世界上最小的，但每公顷耕地装机容量是世界上最高的，并且对于粘重土壤作业仍感功率不足。由于小规模农业农户购买力的限制，在有些农机设计上不得不采用简陋的技术、低质的材料。

有的学者研究了小规模农业的经营规模与农户收入结构的关系，发现经营规模愈小，不仅总收入要下降，而且农业外收入在其总收入中的比重愈大。这说明只有适当扩大经营规模，经营农业才更加有利。可见经营规模通过经济效益，最后将反映到农户的经营方向上来（见 Eric S. Clayton 著《Agriculture, Poverty and Freedom in Developing Countries》1984年）。

3. 农业机械化的发展途径及模式

任何一个国家，农业机械化在发展过程中都必然是选择性的机械化。在那些作业中首先采用机器，通常决定于资金的可用性及其使用利率，以及土地与劳动力的相对价格及其需求的紧张程度。采用机器是为了消除生产过程中的紧张因素。“强劳力作业”受劳动力价格影响较小，在技术上比较容易实现机械化，因而常常是首先采用机器的部分，如犁田、灌溉、运输、加工等。“强操纵作业”需要更多的技巧，需求动力不多，一般实现机械化也比较困难，通常只有在生产水平进一步发展，工资上涨，并且在技术已经取得成功时，才采用机器，如收获、田间管理等。

各个国家由于自然条件、经济条件、历史背景不同，并无一定的农业机械化发展途径及模式。例如美国经过人力——畜力——机器三个级段，日本只有人力——机器两个阶段。日本农业现代化发展前期，着重从生物措施入手，然后实现机械化。美国当农业机械化已达到相当程度时，才强调生物技术措施。同样是水稻机械化，美国、加拿大采用大型拖拉机、联合收割机和农用飞机，日本从土壤改良、水利入手，首先采用小型脱粒机、动力耕耘机，然后又采用插秧机和工厂化育秧，并使用除草剂，形成了完整的水稻机械化系统。

农业劳动生产率低是农村经济发展水平低、农民生活水平低的决定性因素。解决人多地少的农产品供应问题的关键是提高土地生产率。提高土地生产率的条件是要增加非农业能源（良种、化肥、灌溉、农药、机器等）的投入，这就需要有资金、技术和工业后盾，当然仍然要受农业自然资源与能源的约束。因而任何一种农业现代化模式，只能是适当的节约能源（科学合理地利用能源，而不应是简单地限制）、节约资金（提高资金的利用率，并开辟资金来源）、提高技术水平。劳动密集型的农业现代化，既可以获得高产，也可以提高劳动生产率，其前提是提高土地生产率（通过适当的物质投入与科学管理）及开辟劳动力其他利用途径。（《发展及发展中国家就业水平》Hopkins, 1980年）印度这几年搞了“绿色革命”，农业生产增长较快，但并未能解决农村贫困问题。

4. 农业机械化的研究方法

多年来农业机械化工作者往往袭用西方国家牵引力、方便性等概念来衡量农机对农业的

发展中国家有必要重新制定 农业机械化方针

G.W. 贾尔斯

在西方工业化国家，农业机械化的主要目的是提高劳动生产率和改善劳动条件，这不适用于发展中国家，因而其追求的目标及模式，从本质上说，也不再适合于发展中国家。在发展中国家，必须进行有选择地机械化，以便使单位面积和年产量最高，劳动力利用最好。本文将阐述引起这种转变的理由以及实现转变的指导方针，重点是设计合理技术方案的基本途

价值，仅仅以“每公顷耕地投入多少台机器”、“有多少项作业实现了机械化”、“每公顷耕地动力装备量”等指标并做为衡量农业机械化水平的尺度，人们也只重视个别机器和个别作业的研究。农业机械化研究必须走多学科相结合的道路，需要从“整体农业”和“社会工程学”的角度来研究农业机械化。对于发展中国家重点是要研究能够提高土地生产率和劳力利用率的农业机械化系统。农业机械化研究应包括农业机械的开发研究与基础研究，农业机械的利用研究两个方面。后者应重视自然和社会经济的基础分析。实现农业机械化并不是能用工程措施所解决得了的，有时需要改革栽培技术或选育新的品种以适应机械化，有时要越出农业系统本身，从社会经济角度来考虑问题。

阿依教授提出在引进农业机械化技术或科研成果时应重视“推广前研究(Pre-extension research)”。 “推广前研究”的内容包括：①将单个研究成果变成一个完整的系统；②在农民的条件下试验这个系统；③弄清不适合的限制因素；④设计新的农业系统以适应劳力密集的高产技术，从而提高农业生产水平；⑤组织研究人员改进农业机械化研究工作（以上见阿依教授著《发展中国家的农业现代化》）。

我国的农业机械化发展为世界所瞩目，许多外国学者和同行来中国访问、交流，归国后在一些书刊上发表了他们的观感。外国学者一般只是在中国做短期访问考查，因而他们的观感难免带有一定的片面性。我国农村实行经济体制改革以来，农村情况有很大变化，农业机械化的具体方针政策经过调整后也出现了许多新的情况，过去来我国访问的外国学者和同行对这一系列新的情况还没有来得及了解或做深入研究，大多数已发表的观感只能局限于他们过去所掌握的材料。日本的学者曾经多次来中国访问考察，由于地理位置相近、自然条件相近及历史原因，他们对中国的了解和研究一般比较深入，因而能够提出一些比较中肯的意见。美国友好人士韩丁在美国经营农场，有丰富的实践经验，解放前后又曾在中国工作多年，他曾对中国的农业机械化工作提出过一系列建议。他们对中国发展农业机械化，同时实行多种经营一致认为是一个很好的经验。但对于中国缺乏适合中国条件的农机具研究和发展，跨学科的农业机械利用研究开展不够，在农业机械化的研究与管理体制上农机与农艺、农机与农业经济脱节、比较普遍地认为是当前存在的主要问题。

径及其实施，暂时不考虑社会和政治。显然，成功的机器系统最终要适合当地的技术条件、社会条件和经济条件。

许多发展中国家，尽管在多方面取得了显著进步，但面临的最紧迫问题依然是，人口太多，食物太少或分配不合理。解决这些问题，农业机械化是可以大显身手的。现在已经认识到，有选择地合理地使用机器配合复种，会有一个显著的作用：提高粮食的单产和总产量，更好地利用劳力。然而，我们的政策、策略和行动纲领没有及时地引导农民这样去做。我们特别需要从实践中弄清机械系统与产量的关系、与复种和劳动力利用率的关系，也需要在报告、计划和制定方案时消除那些不重要的因素并全力得到具有实际性的、显著的因素。只有当这些关系和因素都清楚了的时候，我们才能评价机器系统的技术和经济效益。

农业机械化问题的复杂性

现在，农业机械化仍然是发展中国家农业发展规划中有待周密考虑的一个组成部分。在发展中国家，采用作物品种改良方案，明确以达到高产为目标，而农机化则不然，搞了许多不加选择，也不同其它专业相协调的农机化项目，这些项目未能紧密围绕农业生产的首要目标。例如，在当地旧式犁上加一块钢板，用钢铁制作泥浆耙（Puddler），牛挽具，给畜力机具配备通用轮式牵引架，钢质铧式犁，各种结构的小型拖拉机等。大多数研究工作只限于单一的机器和作业，而且在许多场合套用西方国家的牵引力、时间和方便性等概念来衡量农机对农业的影响。诚然，这些机器和其它技术已起了一些作用，减轻了劳动强度、提高了生产率，并提供发展机械技艺的机会。但在创造一种能生产更多的粮食和使更多的人投入生产性劳动的农机化体系，仍然是一个空白。

到现在为止，有关发展中国家农机化问题的研究和论著都很多，而且也有一定价值*。但真正能把机器与其他投入结合起来作为一个因素，有力地推动农业生产发展的工作迄今还作得很不够。还没有找到一条明确的能够符合发展中国家需求及资源在技术上成功的道路。不论在发展中国家还是发达国家，都不难看出，中央和地方的计划部门都缺乏有关农机系统所起的重大作用的资料，以致于发展中国家在制定农业机械化的长期政策时左右摇摆。由于人口的不断增长，人们总是担心机器的增加，会增加失业的机会。因此，农机化常保持在中等水平，拖拉机、人畜力改良机具和地方工业并存。还有一些错误的看法。这主要是没有认识到，合理地有选择地利用农机和农机系统有助于获得高产和充分利用劳动力。此外，技术顾问们或者不了解，或者没有负责任的领导，而没有改变老的传统观念。

现在，我们应该从辩论阶段解脱出来，自己对分散的第二手材料进行整理。否则，这些材料会吞没有关农业机械化的真诚讨论。斯托特（B.A. Stout）和唐宁（C.M. Downing）指出：每一个国家都需要有自己的农机化政策。只有考虑机器—产量—复种指数—劳动力利用率的相互关系，才能产生合理的行动纲领。

* 其中突出的如 C.Voss, H.Von Hulst, A.Mcens 等人

农业机械化发展的指标

要重新确定农业机械化的方针并进一步加强农业机械化，就要有一套更好的改革指标。对于总结历史经验这是必要的，对于制定长远的发展规划，这也是必要的。成吨地投入化肥对农业作用很大，而就农机化而言，仅以给农场提供了多少种、多少台机器或以其它现存的尺度来衡量是远远不够的。

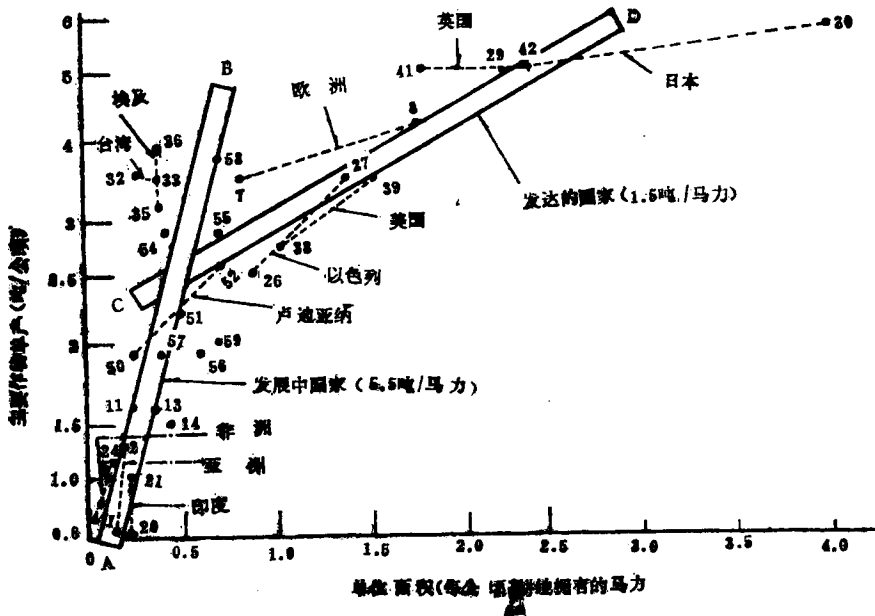


图1 作物产量与动力的关系 (1964~1971)

国家和地区		代表年的数字		国家和地区		代表年的数字	
地区	1964—65	1970—71	国家	1964—65	1968—69	1970—71	
亚洲	1	2	英国	41		42	
非洲	4	5	地区或农场(*)				
欧洲	7	8	印度: 卢迪亚纳邦	50	51	52	
拉丁美洲		11	中国: 台湾省	32		33	
大洋洲	13	14	伊朗: 吉兰省			54	
国家			拉德皮什*			55	
	印度	20	阿泽马德*			56	
	以色列	26	戈尔甘省			57	
	日本	29	法里毕*			58	
	埃及	35	基哈*			59	
	伊朗						
	美国	38					

这里首先提出单位面积耕地拥有的马力数这个指标并加以论述。马力数是人力、畜力和机器动力这三种动力源的当量功率。这三种动力对于发展中国的过去、现在和可预见的未来都是十分重要的。正如冯·赫斯特 (Von Hülst) 所概括的: 许多工程师现在都认识到, 手工农具、畜力机具和机械动力机具是农机化的三个主要阶段。

动力是农业作业的基础, 农业机械化的发展规划必须立足于可资利用的动力上, 因此, 在现有的经济条件下, 以最大限度的提高作物产量和充分利用劳动力为前提, 系统地提供一定数量和种类的动力是制定有效计划的基本组成部分。

我们还必须懂得如何把动力指标与农业的最首要目标联系起来。笔者花了六年多的时间, 研究了23个国家、地区和农场, 研究中常常把动力指标与农业的最首要目标——作物单位面积的产量进行比较, 发现它们之间存在着某种统计上的相关性, 但这并不意味着一方引起另一方或者一方依赖于另一方。把这两方的数值标在同一图上 (见图1) 对我们是很有帮助的。几十年来, 肥料的消耗与粮食的总产量有相依关系。

笔者研究的结果见图1。现在我们来讨论图中表明的有关过去取得进步的一些结论。一般来说, 农业最初沿A—B线, 其后沿C—D线发展。显然, 在前一阶段, 当投入肥料等因素时, 作物的增产率和经济效率是很大的。所有被研究的地区, 在发展初期作物的平均增产量达5.5吨/马力。当单产达到2.5吨/公顷的水平时, 实行农业机械化在经济效益上可以同其它增产因素相匹敌, 使生产沿C—D线迅速增长。据观察, 在第一阶段, 马力的增加主要是靠增加拖拉机和耕作机械, 而这种增加往往缺乏正当理由。但当进入后一阶段后, 拖拉机和役畜都随着比较精良的农业机械 (如谷物条播机) 投入量的增多而上升。

农业机械化的经济效益主要取决于当地特点, 正如冯·赫斯特所说, 沿A—B线的进展规律在人口稠密地区特别符合实际情况, 与之相反, 新开发的地区在开始阶段, 由于使用拖拉机整地和种植, 也会受益。因此, 不要等待产量提高了再发展机械化, 在某些干旱地区, 机械化使水土保持措施成为切实可行, 而这对增产的作用要比肥料及对肥料敏感的作物品种还重要。

值得注意, 印度1964~1971年间, 沿着A—B线发展 (点20~21), 而卢迪亚纳地区取得了2.5吨的理论转折点, 沿C—D线迅速发展 (点50~51~52)。1964/65/1970—71年间, 日本的农用动力从2.3马力/公顷增加到4马力/公顷, 美国从1.02增加到1.55马力/公顷, 这恰巧发生在燃料价格比较便宜的期间。而非洲、亚洲和印度这时动力的增加比较缓慢。图中, 仅就马力数和产量, 显著地标出了发达国家和发展中国家之间的差距。

现在我们回到先前的讨论上来, 图1有助我们标明和了解某一地区的农业是如何发展起来的, 也有助于计划未来。例如, 如果他们按本文建议来制定合理的机械化方针, 他们的农业将沿着A—B和C—D段之间的某条直线更快地发展。发展中国家面临的一个实质问题就是, 如何确定必不可少的农机种类和型号, 或更确切地说是必须有选择的机械化。每一个地区都要充分利用劳动力, 最大限度地提高粮食产量, 并因地制宜地投入最适量的能量。最好用自己的图表标明和比较农业的发展情况。如果乐意, 在农业发展的总网中, 重新制定农业机械化的方针。

从将来看, 我们必须进一步完善动力指标并使人们利用。许多国家都在搜集有关农场劳动力、拖拉机和役畜的拥有量的确切数字和使用情况。工程师必须改进每种动力源的当量功

率值，例如拖拉机的当量功率值至少应该部分地反映出其使用年限、报废台数及大修期限。由于复种的预期增加，反映动力指标与粮食单产的关系曲线会出现明显的偏向，与劳动力指标的关系亦是如此。可以肯定，世界能源的形势必须迫使人们更详尽地研究能量投入—产出的关系。

产量集约机械化

在重新制定农业机械化的方案时，首先是鉴定机器或机器系统对增加作物产量的作用，能增加多少。发展中国家缺乏这种资料，因此不能制定有效的农业机械化方案。

说明产量集约机械化的试验和田间实验为数不多，这里介绍4个。前两个是机器单独使用，获得比较高的产量，后两个是机器起支配作用的系统。

1964年，在印度进行了种肥联合条播机与当地犁种植小麦的比较，试验田的60%平均增产12.5%，见图2—a。当然，在农场之间，甚至在试验田之间产量都有差别。一些农场对3行畜力条播机适用得当，产量比传统的当地犁播方法高70%。这些试验引起“选择性机械化”这个概念的使用，它的意思是夺取高产很大程度上取决于所用机器的种类、耕作情况和经营者。因此，应该根据这些方面来选择机器。在条播机试验时，旁遮普州的一个农场用机器耕种六公顷土地，可以用增加的产量偿付机器的投资，这是相当经济的投资。

在上述试验中，比较了现代的播种方法（如精密播种）、肥料侧施和合理的种子复土压实等，与传统的耕作方法（使用木犁）对产量的影响。这里，方法的比较是重要的，而所用动力是次要的。尽管试验中使用的是畜力设备，但是用拖拉机动力设备进行条播、管理可以取得同样的结果，作业技术也是一样的。

1965年，在印度用一行现代畜力播种机和当地犁播方法种了18块玉米试验田，对其产量进行比较，结果是播种机的平均产量比当地犁播高40%，见图2—b，差别之大令人难以相信，但据笔者对印度的了解，用机器种植基本上能获得更高产量是毫无疑问的。

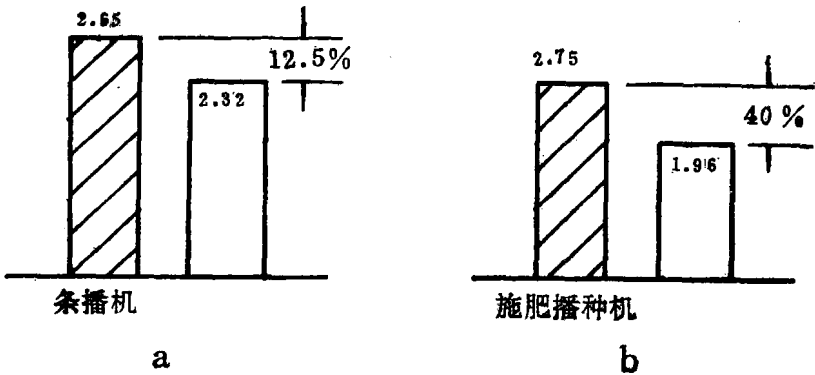


图2 两种产量集约机械

与上述两例不同，下面的两个例子中，不是单独使用某一种机器，而是作为一个较为复杂的系统的必不可少的组成部分，改善了耕作制度，而获得增产。其一是在印度由雅利凭经验

种植玉米的系统。这个系统包括垄作种床，垄沟进行灌溉和表面排水，在垄上同时精密播种和侧施肥。最重要的是雅利在农场的粘重的排水困难的土地上。这新的系统与传统的种植方法比较，都用推荐的农业经济方法。新的系统每公顷玉米产量8.28吨，而传统方法每公顷仅4.25吨，几乎增产一倍。由于不可能反复试验，这仅是一个象征。然而新系统能增产确是无疑的。其二是杜马等人在美国亚拉巴马州的沃贝恩进行的产量集约化系统试验。这个系统为尽量减少压实而采用永久性植床（Permanent root bed），在这块植床上没有轮迹，采用专门设计的宽轮距（120 英寸）四轮拖拉机耕作，永久性轮迹跨在植床以外。四年来试验田分别比对照田增产19%和23.5%，随耕深变化而增产幅度不同（见图3）。

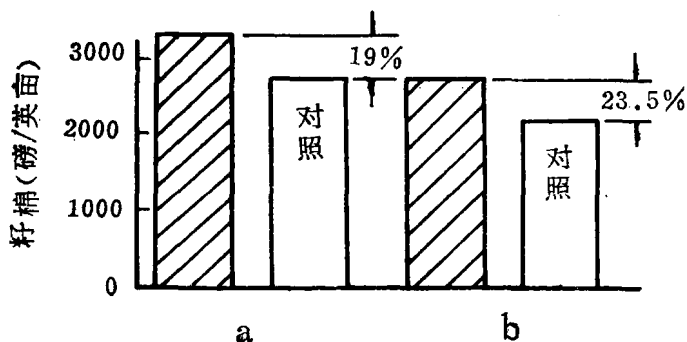


图3 产量集约机械系统

a. 耕深18英寸 b. 耕深8—10英寸

对照田的耕作采用后轮距 80 英寸的三轮拖拉机带一个后轮距 80 英寸的三轮高地隙喷雾机。因为试验仅使用拖拉机，没有使用人，畜力，人们会把增产仅归因于拖拉机机械化。

敬告读者，上述试验可以有条件的引用，要设计专用设备，管理技术也比较复杂。因此，在引进之前，要进行认真的条件分析，这样做才能受益。这些例子都是比较典型的，在发展中国家很少。

能量和绿色作物

在讨论劳动力利用的复种问题之前，要先了解一些能量及其与我们的目标之间的关系。

皮蒙特（David pimentel）等对美国1945年和1970年度玉米生产的能耗进行了研究，其结果由表1扼要表明。这些研究成果对我们很有帮助。1970年田间作业能耗为1217,000千卡，大约占矿物能耗的42%；非田间作业耗能为500,000千卡，大约占总矿物性能耗的17%，总能耗中不包括太阳能，上述数字，特别是田间作业的能耗量是很大的。从1945年到1970年的25年间，化肥施用量和非田间作业能耗也大幅度增加，从而清楚地反映出发达国家实行矿物能量集约技术，这是他们进步的特征。一些国家的能量投入增加情况还可见图1，图中的马力数大体上表示完成田间和非田间作业所耗用的功率。

发展中国家在重新制定农业目标时，没有必要仿效发达国家这种大量消耗矿物燃料的做法。而我们唯一的目标是最大限度地提高单位面积上的粮食产出能量与投入的矿物能量的比

表1 美国玉米生产的能源投入

能源消耗种类	1945年		1970年	
	折热能 (千卡)	%	折热能 (千卡)	%
劳 动 力	12,500	1.4—	4900	0.2—
田间作业	723,400	78.0	1,270,000	42
化 肥	74,600	8.1—	1,055,900	36.4+
种 子	34,000	3.7—	63,000	2.2
农 药	0	0	22,000	0.7+
灌 溉	19,000	2.1—	34,000	1.2—
非田间作业能耗 (干燥、电力、运输等)	62,000	6.7	500,000	17.3

注：田间作业耗能系指机器制造耗能与机器田间作业耗能之和。

率。因此，本文所强调的也正是通过合理选用机械，设计农机化系统，使机械化在有效地利用能量方面做出最大贡献。

表2说明，不同的国家和地区拥有动力的资源的种类和总功率大不相同。亚洲国家农业作业总动力的51%是畜力，而拉丁美洲的总动力的71%是拖拉机，畜力仅占20%，就印度全国而言，拖拉机仅提供总动力的12%，而其卢迪亚纳地区则高达74%。

表2 农业动力拥有量

地 区 或 国 家	总动力	每公顷所用各种动力百分数		
	马力/公顷	人 力	畜 力	机 器
亚洲 (中国除外)	0.22	26	51	23
非洲	0.10	35	7	58
拉丁美洲	0.25	9	20	71
平均	0.19	24	26	50
印度	0.23	26	62	12
印度的卢迪亚纳地区	0.82	4	22	74
印度的哥达瓦里地区	0.40	20	60	20

进行农业作业的动力类型和矿物能量需要状况会逐渐改变，但这种变化是缓慢的。例如亚洲国家即使在拖拉机生产或进口计划处于最佳状态时，在较长一段时期内，仍将离不开畜力。因为阻碍迅速增加机械动力的因素既复杂又难于克服，不可能很快得到解决。

在研究和制定农业计划时，必须充分意识到这样一个事实：迄今为止，生物系统仍然是

世界上取之不尽用之不竭的太阳能的最有效转换体。在美国高度机械化的玉米生产和加工系统所需的总能量中，90%来自太阳，约10%来自矿物燃料，而只有微不足道的0.2%才是人力提供的。然而，在人畜力高度集约型农业中，使用人力会更多，矿物燃料更少（见图4）。

我们还要注意生物加工厂的产品，食物和纤维也是能量，籍以给人和畜提供能源。从这个意义上讲，食物和纤维是可以再生的能源。因此，能源的考虑使人们重视尽可能地让耕地能连续耕作，并使其耗用最少或只耗用有限的矿物能量。不要武断地减少农业的矿物燃料的投入，而要寻找保证世界农业足够的矿物燃料投入的方法。如果必须减少农业的矿物燃料投入的话，就减少那些像仅为了方便而进行的食物加工类的次要作业。

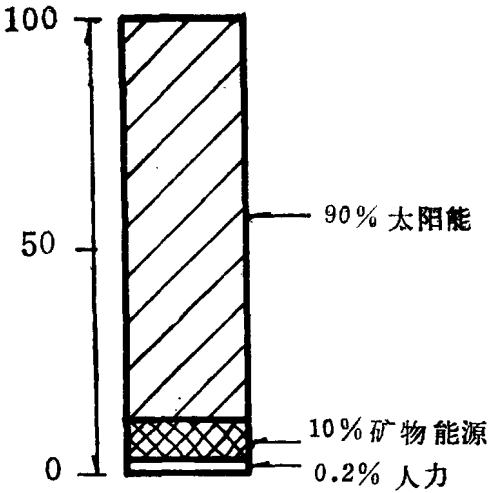


图4 各种能源投入所占比例
(美国，1970年种植玉米)

劳动力使用和集约化生产

重新制定农机化方针的第二个主要课题，是要设法达到最高的单位面积生产率的劳动利用率。减少农用矿物能源消耗是次要目标。因为土地毕竟是比较矿物能源更宝贵的资源。目前，复种具有实现上述目标的巨大可能。实际上，某些机器对于复种的实施，是必不可少的，也是受农场主欢迎的。为了说明这一点，在印度卢迪纳亚地区的两个12公顷规模的模拟农场进行了研究。一个农场采用有选择地农机化进行复种，每公顷的劳动力投入大约为0.6人/年（见图5a），另一个农场采用典型的畜力耕作，一年一熟，每公顷的劳动力投入大约为0.5人/年（见图5b）。仅就田间作业而言，前者的单位面积年投入人力要多得多，尽管在模拟

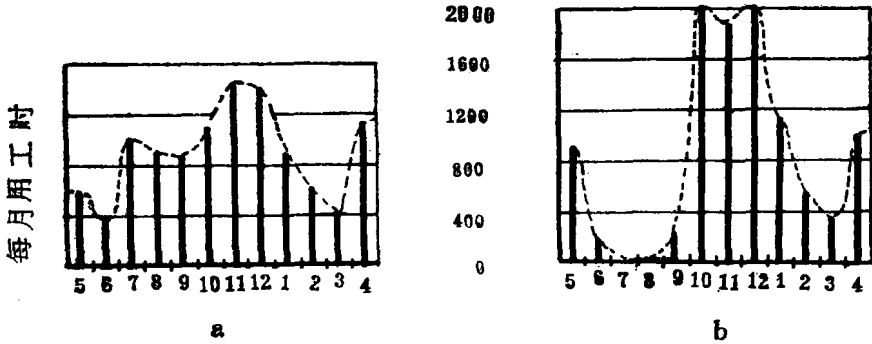


图5 田间作业的劳动量每月分布（12公顷）
a.采用有选择地机械化，复种指数225%，用工总量为11000工时。
b.采用畜力，复种指数100%，用工总量10500工时。

中投入了这样多的劳动力，但仍采用了高度的机械化，包括拖拉机。这个研究更重要的成果是选择性机械化使农忙季节劳力使用的高度集中得到缓和，并使劳力全年有工作可做（见图5）。复种及多种经营看来是使劳力使用达到全年均衡的良好途径。值得注意，非田间作业会使劳动力投入得更多，而且使全年工作更均衡。

上述两个模拟农场的研究还提供了单季田间作业（玉米）和双季田间作业（玉米—小麦）的能耗比较资料，见图6。图中的数字不包括非田间作业和制造机器的能耗。两季比单季每生产一吨粮食节省12马力小时，主要是平整土地和种床准备节省能量。与总的能耗635相比，12马力小时是很少的，但实现的利润并不一定是小的。获得了两倍的谷物，更大的劳动力利用率并利用了一些畜力。还必须注意到，两季作业改善了人力、畜力和机械化的平衡。唐宁指出了国家在制定合理的系统时，在有限地国际交换的情况下充分利用当地能源和其它资源的重要性。他说：“不要武断地减少矿物燃料的投入而要决定限制什么（燃料、肥料、机器等）。”

令人瞩目的集约化耕作制度是布拉菲尔德博士(Richard Bradfield)在国际水稻研究所设计的。他的目标是生产多种谷物，以使营养平衡、增产增收。在这个耕作制度中，用6马力旋耕机和附加设备每年种5种作物，产量和收入显著提高。无疑劳动力的投入会更多更均衡。尽管这些增益没有定量，但可肯定地说，使用动力耕耘机更有效，更吸引人。

在这个方案中，缩短作物的田间生长期是关键性问题，必须采用改善作业的机具设备。各作业环节必须精确、及时、切实可行、高效率和好的性能以节省时间。重要的问题是发展中国家的农场主是否能够或者愿意改进管理、集中力量每年生产5种作物。这在很大程度上取决于所用的机具设备及作业的难易程度。但是这个方案提供了目标和部分地描述了“作业系统”机械化。专家们应该作为首要任务积极地从事于这项工作，即使每年多种一种作物，农场的收入、国家的食物供应和太阳能的利用也会显著增加。

按照布拉菲尔德的经验，下一步应该是制定田间试验方案在农场进行试验示范。在这次试验可以有效地确定一些性能因素，诸如，在农场主的管理技术下劳动力的投入、经济性、单产及总产。

印度新德里的国际农业研究所做了一些关于轮播的很好的工作，一年四种作物（穆恩（moong）—玉米—马铃薯—小麦）轮作，四年来产量为13~14吨/公顷/年。这里的问题还是设计适应农场水平的作业系统。小规模地套种是一回事，使农场主乐意接受这个系统是另一回事。《印度通过复种进行绿色革命》一文（“亚洲农业机械化”，1973年，春）中对成本效益和雇工潜力进行了很好的阐述。

对于提高劳动力利用率而言，复种不是绝对必要的，而是随机械化发展。费德利和埃斯梅发现在孟加拉国动力机械化增加了雇佣劳动的需求。但是，基于现有根据，选择性机械化

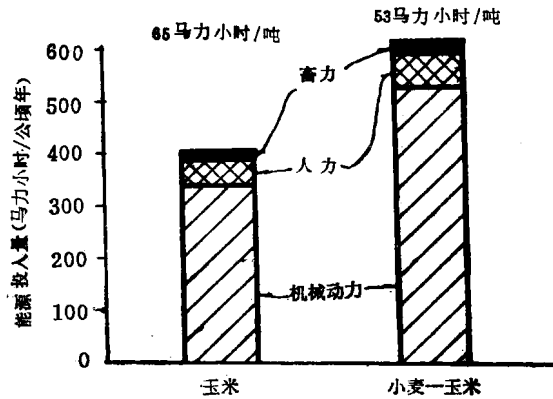


图6 田间作业的各种能源投入

与复种相结合似乎是无与伦比的，可以最好地实现农业的首要目标——最高的产量，更充分的劳动力利用，更均衡的劳动力投入，更高的劳动生产率。发展中国家的关键问题是利用机器进行复种，以吸收更多的劳动力，否则，劳动力还是要向城市转移。唐宁确切指出：舒服的机械化对于现代化社会而言比为农场主提供信用贷款更重要。

系统中的机器要素

人们总是不能证实机器在田间生产、收获和加工中对于增产增收起主要作用，其原因在机器仅为作业系统中许多极为复杂的相互影响的投入之一。巴加特（Ahmed Bahgat）和麦克莱恩（G.W. Mclean）在埃及进行的玉米—小麦轮作试验，可以说明在一个系统中的复杂相互影响的因素。用凿形松土铲松土、碎土镇压、耙、筑埂作垄，准备好种床；用当地犁作灌水沟；用专门设计的播种机跨灌水沟播种两行，肥料同时施在种子和灌水沟底之间（在种子的侧下方）。传统的耕作系统包括用当地犁进行种床准备，地面不筑埂和作垄。用当地犁作灌水沟，肥料基本上是手撒施，播种也是手撒播。

笔者预计玉米—小麦轮作系统增产50%以上，但这增加的产量一点也不能直接归因于任何一种机器或全部的机器。施肥无疑会增加产量，同样，灌溉的均匀性也会增产，表面形成高低垄也有增产的可能。但是，没有机器在比较平坦的土地上，这些专门的工艺能够完成吗？显然不能。在这种要求精确和反复的作业中，人简直不能与机器相竞争。也许在小面积的试验田中做得到，但发展中国家的食物和劳动力问题需要在大面积上可行的系统。几亿农民必须是热情的参加者。上述仅是一个试验，它是难以办到的。但重要之点在于它描述了我们需要比以往更强有力地进行这一类研究工作。

另一点重要意义是与复种相结合。收获前茬、准备种床、播种后茬，可利用的时间是很短的。如果产量最大限度的提高，调集和安排所需手工劳动简直是不可行的，那么机器和动力是必不可少的。在单季的一种作物种植中也是如此。当然，灌溉通常是不可缺少的，但在世界范围内，水浇地的复种指数仅略高于100%。

还有一点重要意义，就是一些机器对于系统的正常工作，特别是在灌溉条件下，是绝对需要的。如果这是正确的话，为什么要明显地区分那些基本组成部分的作用呢？人们公认，在农业试验农场的较小范围内仅用人力劳动能够使这个系统工作，但对于农场的将来，它不是合理的计划。现在的问题是提供的机器要使这个系统切实可行并适应农场的水平。

行动纲领

我们已系统地指出，不适当地重视机械化是不对的，也系统地说过，作为优先考虑的项目是把机械化与整个系统结合起来。为了尝试建立一种农机化系统，需要进行多年的艰苦工作，包括在试验场进行小块田间试验和在农场进行试验示范。下面讨论有关建立农机化系统的一般政策和策略。

一、必须走多学科相结合的途径

要建立一个综合性的技术体系，必须做跨学科的努力。如前所述，在参加有关玉米增产

体系的初期研究工作中，除了农业工程师之外还应包括以下方面的专家：

1. 确定排灌渠道长度、形状、汲水量以及施肥部位等的水利和土壤学家。
2. 研究改良品种、播种量、种植密度、播深和其他栽培技术的育种学家和农艺学家。
3. 负责种子处理和病虫害防治的植保专家。
4. 制定与本地区经济发展前景相适应的计划，包括劳力的可靠性、肥料品种与类型、能源价格等方面的农业经济学家。

农业工程师应经常与上述各方面的专家共同进行研究工作。这是因为：（1）有必要把各部门技术综合到一个系统中；（2）使这个系统具备在农场有效地实施的可能性；（3）为达到此目的对农业机械进行选型或改进。

在研制新系统时，只有在某个设计出切实可行的系统进行评价之后，才能进行经济效益分析和有关的经济计算。如果试验证明不经济，专家们必须随时准备试验研究另一新的系统。确切的经济分析首先是既要产量，又要看劳动力是否能充分利用。只有在掌握这些数据后，进而在更大的试验区——通常是在农场大田生产的基础上进行经济分析才是重要的。

在解决发展中国家的粮食生产和劳力使用问题的过程中避免犯错误是压倒一切的任务，并需要新的富有创造性的技术方法。不要被眼下的一些成本数字所蒙蔽而看不到未来的需要和机会；我们必须绝对避免那种平庸的和毫无价值的所谓进展。

多学科相结合的途径的真正难点在于使每一个专家的单方面的技艺有可能综合为一体并符合要求。为此，主管领导人和负责官员要建立并保证相应的适当组织机构和工作环境。

二、建立农业机械化研究所

遍布世界各地的大量农业机械研究中心的任务是研究和试验农业机械设备。但这些工作仅仅涉及到农业生产体系最需要的某一个方面。尽管这类研究本身是重要的，但发展中国家还需要建立一些特殊的研究中心，它们的任务是重点研究用来提高土地生产率的劳动力利用率的机械化新系统。

建议在那些已经拥有这方面专家的现有农业研究机构的基础上筹建一些这样的研究所。为了保证研究工作的成功，有三点很重要：（1）要有重新鉴定各方面专家工作成就的条件。有关整个作业系统的研究仅占专家工作时间的一部分，其他时间仍用于各自专业问题的研究；（2）这种研究机构的名称必须能体现其跨学科的真正特点，也就是名副其实，建议叫做“机械化作业系统研究所”；（3）必须认识到改进作为系统的一部分的机器需要相当的时间，它基本上类似于改良一个作物品种。只有机器的原件和特性很好地结合才能达到理想的效果。每一项有价值的研究成果都必须经受充分的田间试验，以正确估价这种新机具广泛应用于农场生产的意义。

发展中心，常规研究机构和机械作业系统研究所要有一个协调机构。在这方面，国际粮农组织与荷兰瓦赫宁根大学的A·莫恩（A·Moens）教授合作进行水稻机械化研究值得注意。从1971年以来，他们注意交换了有关机具的设计、田间试验、系统分析等方面的情报，这种合作很有可能扩大以大力促进上述最主要目标的实现。

三、因地制宜地制定规划是农业机械化的基础

到目前为止，我们都是从一个国家的角度来讨论农业机械化的政策和策略。然而，在一个国家的各个地区之间农业生产是迥然不同的。即使是在一个地区的不同农场之间，作物品