

外籍学者讲学材料之十六

农业生产经济学原理和农场管理

西德霍恩海姆大学 莱施教授

(1981.9.7—9.19)

农业部教育局
北京农业大学

1982年1月

说 明

这份材料是西德霍恩海姆大学农业经济系教授艾尔温·莱施于1981年9月间，在农业部委托北京农业大学举办的第二次农业经济学讲习班上的讲稿。由北京农业大学农业经济系吴敬业、贺锡苹、郑大豪同志译。

北京农业大学

前 言

准备这次讲学用了以下文献：

- R. C. 阿格拉沃尔与 E. O. 海地著“农业决策的经营研究方法” 农阿华 1972
- C. S. 巴纳与 F. S. 尼克斯著“农场计划与控制” 剑桥 1973
- M. 布克著“农场组织和管理简介” 牛津 1981
- F. P. 道尔与 F. 奥莱逊著“生产经济学的理论和应用” 俄亥俄 1978
- E. 凯尔堡与 E. 莱施著“农业生产经济学” 慕尼黑 1969
- A. 赖依著“作物管理经济学” 伦敦 1977
- F. S. 尼克斯著“农场管理手册” 怀依学院 1976
- E. 莱施著“农业企业线性规划” 慕尼黑 1962
- E. 莱施与 J. 莱迪斯著“农业企业学” 第二册 斯图加特 1977
- C. A. 劳勃特罗著“农业生产经济学和农场管理学简介” 新德里 1978

本教材的第一章到第八章侧重于用道尔和奥莱逊所著教材。第九章到第十三章则主要根据巴纳和尼克斯的著作。虽然一些实例选自西方国家，但在任何情况下这本教材是适合中国农业条件的。由于受这次讲习班时间的限制，教材作了删节。所以必要时，可以通过原著，作详细的阐述。

艾尔温·莱施

目 录

第一章	引言	1
第二章	生产函数和成本函数	6
第三章	因素利用的最佳集约度	17
第四章	两个以上可变投入的生产	27
第五章	两种以上产品的生产	39
第六章	动态经济政策	51
第七章	技术和规模的变化	61
第八章	决策论简介	68
第九章	农场管理的理论和手段	86
第十章	资料与记录问题	94
第十一章	农场管理的传统手段	104
第十二章	农场管理的现代手段 (不需计算机部分)	111
第十三章	农场管理的现代手段 (需用电子计算机部分)	128

第一章 引言

“我们的哲学”

过去十年，生产经济学已成为农业经济系绝大多数大学本科生的标准学科。经济学是一门重要的，也是引人入胜的学科。但是，在我们看来，生产经济学对于研究农业是特别重要的。按照阿尔弗雷德·马歇尔的学说，生产经济学研究农民在日常生活过程中所必须作出的决策。要使生产经济学的概念能够有用，必须涉及各有关方面。当把经济学理论用于分析重要问题时，意义更为深远，我们认为把微观理论用于农业生产问题是特别有效的。

我们生活于复杂的、不断变化着的世界。过去一百多年，工业化和机械化使农业和其它经济部门的生产方法发生了巨大变化。今天，农场场长必须和工厂厂长一样有知识、讲效率。在我们的经济中，各部门之间已经出现新的十分牢固的互相依赖关系。现代农民和过去在农场定居以维持生活的人是大不相同了，他们对于购买许多生产资料，并出售大量产品是非常熟悉的。

农场场长一定要理解大部分是他所不能控制的、不断变化的力量，并且采取相应的措施。为此，他必须精通农场中农业和畜牧业各方面的生产技术。必须学习并运用各种生产技术。但更重要的却是必须懂得农业生产中的经济原理。

经济学广泛研究经济中各种产品的生产与消费的分析，以及对劳务的分析。经济问题十分广泛，诸如通货膨胀、失业、污染、能源短缺、税收、进出口等都包括在内。当然，这些是大家都关心的问题。但是经济学中有一个特殊领域，专门分析各个企业内部在生产过程中的资源利用问题。这就是通常称为生产经济学的学科，也就是这个课本的主题。农场场长不但要懂得农业，还必须关心成本和收益。他必须懂得怎样在农场中分配资源，以达到自己的目标，同时也要对各种经济力量采取相应的措施。当然这些力量的根源是远在农场以外的。

什么是经济学？

经济学是研究怎样运用资源以满足人们需要和欲望的科学。它研究个别生产者消费者，同时也研究所有生产者和消费者结合成的整体。我们的讲习班将从列举经济领域中共同的原则开始。

我们所生活的世界并不富足。大多数物资和服务，以及用于生产产品的许多投资，可供利用的部分是很有限的。即使那些在一定时期内可以更新的投资也是有限的。这就提出了稀缺观念，缺乏足够的生产资料来生产物资，以满足几乎是无法满足的所有人们的需要。如果不存在稀缺问题，人们就不必去关心资源利用了。如果可以利用的资源和物资供应没有限

制，它们就没有标价而可以免费供应了。

另一个原则是分配概念，就是使资源或产品投入某些用途，在可供选择的用途中选择“最佳”的用途；将“最佳”加上引号，是因为这种“最佳”的用途，必须与个人或社会目标相一致。分配是指稀缺资源要在许多互相竞争的用途之间进行安排。例如土地要安排种玉米和高粱，有限的时间要在游玩和学习两者之间进行分配。

第三个原则是目标。个人常常表现出无限制的欲望或需要。这样，就需要争夺稀缺资源。由于竞争，我们必须确定一个制度，依次排列互相竞争的需求。从这种排列中得到最大的满足。

经济学提供一种有助于在各个方案中进行选择的分析方法。选择必须借助一种指标才能作出。这种选择指标就是评价标准，用于测验或者权衡生产者或消费者的价值计算尺度。经济学家常常把这种尺度称为目标函数。它通常用货币表现，但也可以通过能反映喜欢或不喜欢的其它标志来表示。例如在买东西的时候，我们问自己：“这件产品是否比另一件互相竞争的产品价值高一倍；或者是只值一半。”

总之，经济学是一门作抉择的科学。它研究在互相竞争的方案中如何分配稀缺资源。稀缺和可以选择，是使一个问题成为经济问题的重要成分。如果只有稀缺而无其他选择，那就无所谓抉择，这个问题就没有经济性质。如果有可供选择的方案而并无稀缺问题（物资和资源都不用花钱），那就不需要经济学。

一个国家不论实行什么经济制度和政治制度，资源分配都是重要的。不论实行什么政治制度，都必须搞生产，也就必然要分配资源。不论是自己消费全部产品以维持生活的农民，还是那些把所有产品都出售的大商业农场主，都有经济问题。

经济学对于以物易物的经济和对市场经济，同样是确实存在的，只是交换的媒介不同。这一论点对于社会主义经济和计划经济也同样成立。只是贸易机制和确定价格的办法和市场经济不同，同时，决策过程也可以由不同级别作出。目前中国已经有一种明显的倾向，尽可能把决策过程下放到进行实际生产的一级去。

经济学的种类

研究经济学可以从不同的观点出发，传统的经济学研究，可以分为两大类，微观经济学和宏观经济学（图1—1）



图1—1 经济学的划分

微观经济学是对构成一个经济部门的一些特定经济单位的研究。它的研究集中于一个单位，或者是一个由若干单位构成的集合体，但总不过是整体的一部分。微观经济学研究各个企业，如农场，以及它们彼此之间的关系，也研究农场对整个经济部门，如与农业之间的关系，以及农场对整个国民经济之间的关系。本书的主题，生产经济学就是微观经济学的一个分支。

宏观经济学这个名称，表明它的研究范围比较广。它把经济作为一个整体。宏观经济学考察一种经济制度的功能，看它怎样对付诸如通货膨胀、萧条、失业等问题。于是，与其他经济部门相联系的农业问题也包括在宏观经济学范围内。简单地说，宏观经济学研究森林，而微观经济学则研究树木（有时也研究小树林）。

经济学研究还可以进一步区分为静态的和动态的（图1—1）。静态经济学，研究经济现象不涉及时间，因此有时称为“没有时间限制的”经济学。在大多数条件受限制的情况下，静态经济的期望值常常是单值的。这就是所谓“完全确定”的情况。例如五十磅氮素可以增产十蒲式耳玉米，不多也不少。当把不确定概念引进静态经济后，仍可把时间看作新的变量。静态关系犹如拍下的一个镜头，而不是电影。

另一方面，动态经济学则把时间考虑在内。经济现象是与前后事件有联系的。动态是指在时间上一种经济关系变化的可能性。例如研究经济趋向，就属于这个范畴。

动态经济学不仅指时间上的变化，而且常常把不确定性与时间结合起来。例如，产量一年恰好可以增加百分之十，但是更普遍的是时间上的变化也包含不确定性。当不确定性存在时，期望值或结果就不是单值，而是多值的了。这样，五十磅氮可能增产五蒲式耳玉米，也可能增产十蒲式耳、十五蒲式耳，或者是两头数字之间的某个数量。这取决于整个生长季节中出现的许多因素，如降雨量、风、日照，虫害，草害等的影响而定，所有这些因素都影响最后结果，即玉米的产量。这个数字非到作物收获，我们并不知道准确的数值。静态与动态的模式在微观经济学和客观经济学中都可以看到。

实证经济学和规范经济学

经济学的逻辑，是用来分析个别的和社会的重大经济问题。理论如果不能用于分析现实问题，那是没有价值的。提供最好的方式解决一项特定的社会问题或经济问题叫做政策决策。

很明显，一个既定问题的最好的政策解决，取决于决策者的目标。一般说来，许多经济学家认为他们不应确定目标，或者提出特定政策去达到这些目标。他们认为这种决策要由当选的公务官员或者他们指定的人来作。这就引起对经济学的不同分类。

实证经济学，叙述经济单位活动的方式。它只研究“是什么”，而不对“应该是什么”作出评价。例如，实证经济学阐述一个家庭、一个企业、一个市场或者一种经济制度的活动，却并不发表这些活动是好还是坏的意见。经济理论也可分为实证经济学（在这个范围内，生产者和消费者实际上按照经济学家规定的方式行动）。在实证经济学领域内的意见分歧一般可以通过逻辑思维并根据事实来解决。

例如，一个经济学家研究某一市场的性质，即怎样决定价格和数量；买卖双方特点；

市场的效率等等。而另一个经济学家可能不同意他的结论。这样，他们的不同意见可以通过进一步收集该市场的资料来求得解决。如果两位经济学家都不对这些市场的特征，如价格的高低、数量的多少或者物资在消费者中的分配情况作出评价，他们采用的就是实证经济学。相反，如果其中一个经济学家对这个市场的一种或几种性质作出评价，然后发表临时演说，宣称这种性质或好或坏，他采用的就是规范经济学。

规范经济学是指示性的经济学。它研究“应该是什么”，以与“现在是什么”作对照。它也包含一些评价方面的叙述。当发生意见分歧时，规范经济学一般不能求助于事实来解决，因为持不同意见的双方通常是以不同前题为出发点的。我们都有来自不同哲学、社会和文化背景的喜好；因此，都有各自的目标。经济政策就属于规范经济学。

实证经济学由于详细说明事情的本来面目。因而可以对规范经济学的内容作出重要贡献。实证经济学可以鉴别经济单位（如农场）内的数量关系，以及不同经济部门，如农业与工业之间的数量关系。这样，实证经济学就成为规范经济学判断的基础。经济学家运用实证经济学的分析方法，可以研究供选择的政策，并向当选的官员阐明它们的详细内容，设计方案，以影响通过政策带来的改变，这方面的改进会导致经济关系的改进。

实证经济学和规范经济学的区别并不总是十分明显的。经济学家在阐述和分析时，必须经常注意防止在分析工作中掺入关于价值的评定。

农业经济学

农业经济学家把经济学的原理和方法用于解决农业问题。一种经过立法强制支持并被广泛接受的观点是：农业经济学家的目标是提高农业的效率，那就是运用国家的农业资源，以生产更多的食物。一些以农场管理为专业的农业经济学家，他们的目标就是提高各个农场的效率。其他农业经济学家研究农产品的销售过程，有些则致力于政府的农业计划和农业政策的研究。

历史上，农业经济学曾经强调研究农民问题。个别农民的问题是重要的；这个课本就是用于阐述农场管理和认识农场中生产问题的原理的。农业问题并不是与其他经济部门无关的，这一点是越来越明显了。再者，农业研究工作的职责并不只是改善农业人口的经济地位，它还在整个社会范围内提高资源利用的效率，从而有利于整个社会。农业效率提高，资源就可从农业中解放出来，并用于其它产品的生产。或者增产更多的食物，以满足不断增长的人口需要。正因为这样，许多农业经济学家正致力于研究农业与其它经济部门的相互关系，以便搞清楚在许多农业问题后面的主导力量。

经济理论的作用

当土壤专家希望搞清楚肥料对于作物产量的效果时，他选择一块地，作出包括不同肥料用量的试验安排，测定最后的产量。化学家和物理学家也以类似的方式，在精心控制的实验室条件下，进行试验，以建立基本的关系。农业经济学家就没有那么幸运了；他必须研究一个他自己也包括在内的系统，而他却不能控制这个系统。当经济学家要知道玉米价格改变对

经济所产生的影响时，他并不能改变市场上的现行价格。那他怎么办呢？一种办法是进行猜测，但这种办法在社会上用得太多了，希望职业经济学家不要这么办。另一种解决办法是把所有供选择的办法都写在纸签上，并从中随机抽出一个，这种方法并不比猜测优越。经济学宁愿依靠对经济进行仔细的研究，而不愿依靠这种肤浅的做法。

因为不能人为地调节经济以确定价格变动的影响，经济学家就必须依靠经济理论。观察经济系统，是企图建立一种因果关系，这种因果关系可以在此后用于推断一种既定变化的效果。例如，可以肯定，降低肉价，能够引起当时吃肉的人增加肉的消费，而当时吃土豆的人也转而吃肉。根据这种情况，经济学家可以推断：如果肉价降低，肉的销售量将会增加；即肉的需求曲线会向右往下倾斜。

经济原理是否有用，取决于它们与实际情况是否一致。因此经济学家要不断反复检查他们的研究成果。如果肉成为这样一种产品，人们买它是因为它定价高，买肉只是为了证明他们付得起这个价钱，那么降价后，肉销售量就可能减少。除非降价后使更多的消费者也要证明他们付得起这个价钱。经济学和任何类型的逻辑推理一样，正确的结论可以产生于错误的假设，反过来也是一样。但无论如何，更常见的情形是错误的假设导致错误的结论。因此，经济学家必须不断反复检查他们的假设与逻辑。

经济理论是从现实世界的全部社会经济环境中的逻辑抽象。理论并不想对现实世界作细微的描写。当然，发展和现实世界一样复杂的理论体系，几乎不会得到什么好处，因为理论的目的是要提供对于现实世界普遍有用的命题。世界充满了许多事实。有些事实对于某个问题是有用的；但有些并没有用。理论的作用是要鉴别有用的事实，并把这些事实结合在一起。这样从中得出有意义的结论。分析经济问题而没有理论体系，就像在黑暗中射击。

经济学家以不同的方式阐述他们的原理。有的使用几何图形，有的用数字符号，有的则喜欢用文字和语言进行讨论。不论用什么方法表达，他们追求的目标是相同的，一套用于调节经济的原理，进行预测和有利于社会的评论。

农业生产经济学

农业生产经济学对方式和机制进行分析，根据这种分析，各个农场进行调整，适应变化着的经济力量。农场的各项调整也是可以分析的。那么各农场对变化将作什么反应？对农民提供咨询意见负有责任的农业经济学家，又怎样才能决定农民应作出什么反应呢？

千变万化的消费者的需求，影响农产品价格，也影响着农业投入支付的价格。这些变化的价格怎样影响农场的产品？一种投入的价格变化，在什么时候会引起生产方法的变化？大农场的产品和小农场的产品对于价格变化的反应又是否相同呢？

技术变革是农业的特征。新的投入和新的生产方法对于农业的各个部门会产生什么影响？生产将发生什么反应？

由于我们的农业知识和农民可以采用的生产方法增加了，作决策也变得更加复杂。农场和所谓的小企业可以像别有风味的家庭饭菜，品种多样，以相同的方式成功地发展的日子看来已经过去了。复杂性增加了，对那些不愿调整农业经营，和落后的农民产生了竞争的压力。农业中的错误越来越显得代价高昂了。这就促进了新程序，新研究手段的发展，并且被

农业经济学运用，以代替用直观和凭经验判断的作法。并且发展了为农场经营决策服务的咨询业务。

例如：一种目前广泛运用于农业经济研究的技术，线性规划，已发展起来。线性规划已用于分析农场多方面的经营问题。农民可利用的资本对他的经营组织起着重要的决定性的作用。当然，对于这一点，农民和银行家都不会感到诧异。但线性规划的运用，对资本在农业中的利用提供了新的判断能力。

当然，这些方法和机器，永远也不能代替好的判断。对熟练的经理，即使把他们的工资加倍，也还是便宜的。但这些技术有助于使判断更为敏锐；它们可以分析多年的经验，为农民、政治家和农业经济学家提供有利于作决策的背景材料。这些技术不是供农民用于日常工作的，但是研究工作者可用于对一些紧迫的问题寻求解答。

农业经济学家用于研究这类性质问题的基本逻辑，将在以后各章中阐述。在大多数情况下是以利润最大化为前提，建立一个演绎系统，以决定农场企业对于经济刺激的反应。这种分析在这一意义上属于规范经济学；但如果农场经理想取得最大利润，它提出经理应该做什么，如果前提相同，经理采取合理的行动以取得最大利润，这种分析则属于实证经济学。

以上阐述的原理可以用于多种企业，并不只限于农业。在一定意义上，它是一个知识整体，是经济学家进行经济分析之前必须了解的。正如一个足球运动员在他参加一个专业球队以前，必须懂得比赛规则、抢球和截球技术一样。所以，一个有雄心壮志的农业经济学家，必须在他担任农业经济学家的工作之前就掌握经济原理和它们的内在含义。

记住要研究的经济原理是重要的。这就是厂商理论。研究农场中的成本、收入和资源利用等，这些本质上是一个计划体制。我们像战场上的将军。战斗之前要考虑所有可能的战略，以便取得一场大战的胜利。对于农民来说，战斗首先是为了生存，第二是为了取得利润，而他是用生产函数、投入产出价格和机会成本等经济原理武装起来的。经济学并不只研究已经发生的事情，更重要的是研究将来如何前进。

第二章 生产函数和成本函数

生产函数的概念

生产函数反映投入——产出关系。它表明资源转变为产品的比例关系。由于投入转变为产出的比率随土壤类型、牲畜、技术、雨量等不同而不同，因而农业的投入——产出关系是多种多样的。任何一种既定的投入——产出关系，说明生产一个特定产品所需要的资源数量和质量。

生产函数可以用不同方式表示：可以用文字方式列举并阐述各项投入所引起的产出；可以将各项投入和由此得到的产出用数字列表格；可以用曲线或图解的形式表示；也可以用代数方程式表示。

用符号表示时，生产函数可以写成如下形式： $Y = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$ ，式中 Y 为产出， $X_1, \dots, X_n$ 是参与生产产品或产出 Y 的各项投入。函数符号“ f ”表示投入转为产出的关系形式。各项投入的每一种结合，只能有一个产出量，例如以 Y 表示玉米产量， X_1 表示肥料， X_2 表示播种时的土壤湿度， X_3 表示种植密度， X_n 表示生长期间的降雨量，如此等等。以上符号关系，不过列举了各项投入，这种抽象的形式，并不能说明它们在生产过程中的重要性和贡献。

以上生产函数的记法并没有说明哪几项投入是可变的，哪几项是固定的。例如饲料或肥料经常作为一种可变投入，用于诸如一英亩土地或一头奶牛等固定投入上。很明显，固定投入在农业生产中起着重要的作用；通常把它们叫做技术单位。技术单位在吸收并把可变投入转为产出时具有不同的能力。例如沙土的吸水能力就不如粘土；荷兰牛的平均胃容量比娟姗牛大。固定投入也可以符号表示，记入生产函数式中方法是在固定投入之间加一条直线。例如 $Y = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_{n-1} | X_n)$ ，式中 X_n 就是固定投入（技术单位），其余的 X 表示可变投入。农业科学家非常关心农业生产函数。近来，许多农业研究工作，都想搞清楚饲养一头奶牛消耗的饲料量与牛奶产量之间的关系；猪饲料成分、数量与猪的增重率之间的关系，以及田间施肥量与作物产量之间的关系等等。

一个实例

表2—1中的资料是以表格形式表示的生产函数。它们反映了玉米产量与肥料间的关系。其中氮素和磷酸是可变投入，其它生产玉米所需的种子、劳动、燃料、土地等是固定投入。从表2—1可看出，当刚开始施肥时，玉米产量大幅度增加；但施肥水平较高时，产量增加得很少。当使用6单位肥料，即用氮素和磷酸各240磅时，产量最高，为139.9蒲式耳。而当用量再增加时，产量下降了。图2—1，就是根据表2—1的资料作图，并把各点连成一条平滑曲线构成的，说明同样的情形。

表2—1 施肥对玉米产量的影响（爱达荷粉砂壤土）依阿华

每英亩施肥单位数*	每英亩产玉米 (蒲式耳)	每英亩施肥单位数*	每英亩产玉米 (蒲式耳)
0	0	5	136.9
1	44.9	6	139.9
2	83.6	7	137.1
3	110.1	8	129.2
4	127.3		

来源：海蒂、皮斯克、布朗、道尔：“农业生产函数”。

* 每单位肥料为40磅氮素和40磅磷酸。

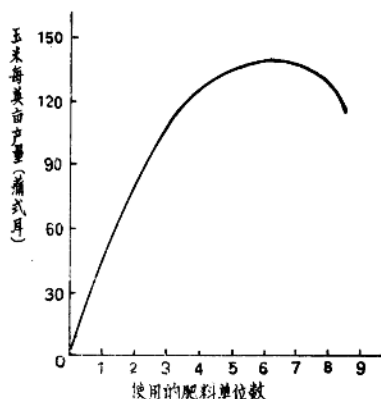


图2-1 玉米施肥的产量反应

以上农业生产函数可以通过实验或者通过农场企业的记录研究确定。许多农民脑子里可能都有关于他自己农场的生产函数图象，虽然他没有给它起名叫“生产函数”。农民的生产函数知识，是他从长期实践经验中得到的。

农业生产函数是高度专门化的。表2-1的生产函数只能是在一定的土壤类型、土壤肥沃度、品种、技术、生产季节、固定投入水平等情况下取得。这些既定条件一有变化，就会引起生产函数的变化。

总产量、平均产量和边际产量

对生产函数的进一步研究反映在表2-2和图2-2中。这组生产函数说明的一般原理，在生产经济分析中是很重要的。至于为什么采用这种形式的生产函数，以后还要讨论。在图2-2中描述的形式是很普遍的。由于它反映了研究生函数所有的特性，因而称为经典生产函数。

这种生产函数形式描述了随着可变投入 X 的增加。加到一组固定因子（技术单位及相应的技术）上而引起的产出 Y 的变化。在图2-2中，当投入为0时，产出也是0。随着施用头几个投入单位，产出按一种递增率增长；但是随着投入水平提高，产出继续增加，但增长率下降。最高的产量 Y 是159.6单位，这是由于施用14单位 X 而得到的。此后，随着投入水平提高而产出降低。

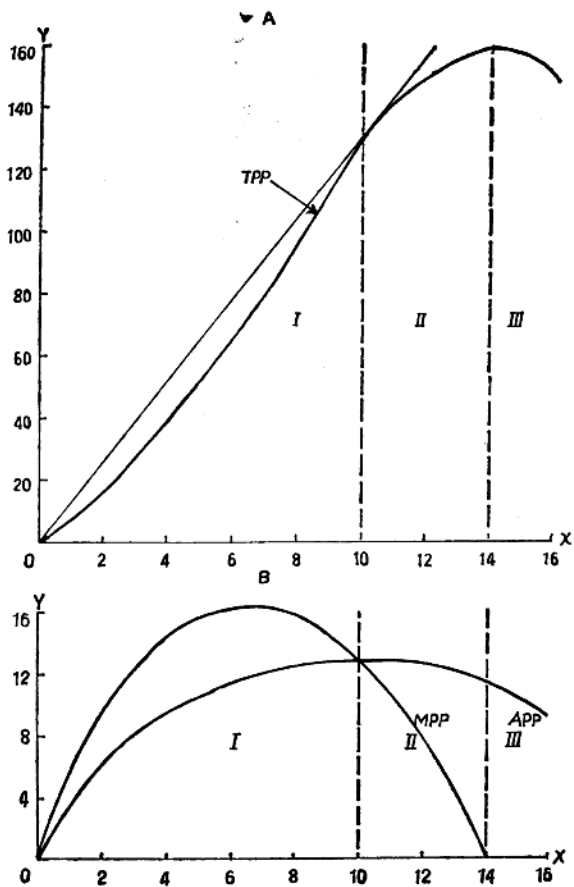


图2-2 典型函数和生产的三个阶段

表2—2 经典的生产函数

投入 X	总产量 (产出) Y	平均产量 APP	边际产量 MPP		生产弹性 MPP/APP
			精确的	平均的	
0	0.0	0.0	0.0		0.00
1	4.9	4.9	6.7	4.9	1.37
2	13.2	6.6	9.8	8.3	1.48
3	24.3	8.1	12.3	11.1	1.52
4	37.6	9.4	14.2	13.3	1.51
5	52.5	10.5	15.5	14.9	1.48
6	68.4	11.4	16.2	15.9	1.42
7	84.7	12.1	16.3	16.3	1.35
8	100.8	12.6	15.8	14.7	1.25
9	116.1	12.9	14.7	13.0	1.14
10	130.0	13.0	13.0	10.7	1.00
11	141.9	12.9	10.7	9.3	0.83
12	151.2	12.6	7.8	6.1	0.62
13	157.3	12.1	4.3	2.3	0.36
14	159.6	11.4	0.2	-2.1	0.02
15	157.5	10.5	-4.5	7.1	-0.43
16	150.4	9.4	-9.8		-1.04

表2—2和图2—2中的生产函数可以用代数式表示，它的方程式是：

$$Y = 3X + 2X^2 - 0.1X^3$$

式中Y是由于使用X若干单位而得到的产出单位数。使用的X值列于表2—2中，相应的Y值可以通过代入这一方程而“预测到”。再者，它还可以预测X取其它值时，例如2.5、

7.91、14.357或者 $15\frac{1}{3}$ 等相应的产出值。

产出Y，通常称为总产量，以区别于以下要讲到的平均产量和边际产量。在以下的讨论中，“总产量”、“产量”、“产出”或者符号“Y”，通常都用于表示生产过程的产出。同样，“投入”、“资源”、“因素”或符号“X”，通常用于表示生产过程中的资源。

平均产量

平均产量 (APP) 是以可变投入X的总量去除产出总量Y得到的。根据表2—2，当X=1，Y=4.9时，APP=4.9/1=4.9；当X=10，Y=130，APP=130/10=13.0等等。“物质的”(Physical)这个词意思是平均产量用物质单位如磅、包、公斤、吨、蒲式耳或者鸡蛋的个数等来表示，而不是用价值单位表示。

求平均产量的公式也可以从生产函数公式求得。

$$APP = \frac{Y}{X} = \frac{3X + 2X^2 - 0.1X^3}{X} = 3 + 2X - 0.1X^2$$

边 际 产 量

边际产量(MPP)是由于可变投入增加 | 单位或变动 | 单位而引起的产出的变动。它衡量由于投入增加而使产出增减的总量。边际产量的几何意义是生产函数的斜率。

计算边际产量有平均的和精确的两种方法。平均法用表格编列的资料计算，不用微积分；精确的方法要用微积分，因此，要求生产函数用方程式表示。先讨论平均的边际产量。

平均边际产量是用投入变量去除产出的改变量；就是说，由于投入的增加或改变而引起的产出变化。以代数式表示可以写成：

$$MPP = \frac{\Delta Y}{\Delta X}$$

式中 ΔY 称为“产出变量”，而 ΔX 称为“投入变量”。例如在投入量 $X = 10$ 和 $X = 11$ 之间的边际产量可在表 2-2 中第 5 栏中找到，它等于

$$MPP = \frac{141.9 - 130.0}{11 - 10} = \frac{11.9}{1} = 11.9$$

精确的边际产量函数可以从生产函数推导出来。生产函数是：

$$Y = 3X + 2X^2 - 0.1X^3 \quad (2.1)$$

边际产量方程式就是对可变投入求生产函数的一阶导数。精确的边际产量公式为：

$$\frac{dY}{dX} = 3 + 4X - 0.3X^2 \quad (2.2)$$

这个方程的定义是总产量曲线的斜率，或者说是当 X 等于任何水平时的精确的边际产量。例如当 $X = 12$ 时，精确的边际产量为： $3 + 4 \times 12 - 0.3(12)^2 = 7.7$ ；当 $X = 13$ 时，精确的边际产量为 4.3。两个精确的边际产量的平均值，接近于投入为 $X = 12$ 与 $X = 13$ 之间的“平均”边际产量，即 6.1。

生产阶段——代数的解释

当总产量达到最大值时，总产量的斜率为 0。由于边际产量方程规定了在任何投入水平下 X 的斜率，当总产量达到最大值时， X 的量可以由边际产量等于 0 的方程求出：

$$MPP = 3 + 4 - 0.3X^2 = 0 \text{ 由此得}$$

$$X = \frac{-4 - \sqrt{16 + 3.6}}{-0.6} = 14.04 \quad (2.2)$$

于是，当 $X = 14$ 时，总产量达到最大值，边际产量等于 0 这一点标示第二阶段和第三阶段的分界线。这一点位于生产函数的正切，即斜率为 0 的地方。

同样，平均产量方程的一阶导数，规定了投入 X 的任何水平在平均产量曲线上的斜率。当平均产量有极大值时，平均产量的斜率等于0。由方程(2.1)所列的经典生产函数可得：

$$APP = 3 + 2X - 0.1X^2 \quad (2.3)$$

$$\frac{dAPP}{dX} = 2 - 0.2X = 0 \quad \text{由此} X = \frac{2}{0.2} = 10 \quad (2.4)$$

当 $X = 10$ 时，平均产量达到极大值。在这一点，平均产量等于边际产量。将 $X = 10$ 代入边际产量和平均产量方程，得到边际产量等于13，平均产量也等于13。在这一点上，即投入 X 处，转为产品 Y 的边际改变率和平均改变率是相同的，而通过原点的直线就是生产函数的正切。

生产弹性和报酬递减点

生产弹性是个度量投入与产出之间反应程度的概念。生产弹性与其它弹性一样，是不受度量单位影响的。生产弹性(ϵ_p)的定义如下：

$$\epsilon_p = \frac{\text{产出改变百分数}}{\text{投入改变百分数}}$$

由此，生产弹性可推导如下：

$$\epsilon_p = \Delta Y/Y + \Delta X/X = \frac{X}{Y} \cdot \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{MPP}{APP}$$

在第一阶段，边际产量大于平均产量（见表2-2最后一栏），因此，生产弹性大于1。在第二阶段，边际产量小于平均产量，生产弹性小于1而大于0。在第三阶段，边际产量为负值，因而生产弹性也为负数。

由经典生产函数(2.1)

$$MPP = \frac{dY}{dX} = 3 + 4X - 0.3X^2$$

$$\text{和} \quad \frac{1}{APP} = \frac{X}{Y} = \frac{X}{3X + 2X^2 - 0.1X^3} = \frac{1}{3 + 2X - 0.1X^2}$$

$$\text{因此} \quad \epsilon_p = \frac{3 + 4X - 0.3X^2}{3 + 2X - 0.1X^2} \quad (2.5)$$

当 $X = 1$ 时，则 $\epsilon_p = 6.7/4.9$ 或1.37；当 $X = 10$ 时 $\epsilon_p = 13/15$ 或1.0，如表2-2所示。如果生产弹性等于1，则投入改变百分之一将引起产出也改变百分之一，如果 ϵ_p 大于（或小于）1，那么投入改变百分之一，也会使产出发生大于（或小于）百分之一的改变。

报酬递减的转向点可定义为边际产量等于平均产量且生产弹性等于1的点，此处是第二阶段的下界。这是能运用的可变投入的最低量，而这一点也是可变投入效率的极大值。运用这个定义，可以论证在不知道投入和产出价格时，常常会扩大使用投入达到报酬递减点。在

第二阶段的另一边界，边际产量等于0，因此生产弹性也等于0。这样，可变投入有关的生产区间为 $0 \leq \epsilon_p \leq 1$ 。

生 产 成 本

成本是在组织并实施生产过程中发生的支出。它包括投入资金的支付和在生产中使用的服务支出。短期间，总成本包括固定成本和可变成本。从长期看来，由于所有投入都是变动的，因而所有成本都可看作可变成本。

固定成本和可变成本

一种资源或投入，如在该生产周期中数量不变，就叫固定资源。一种资源，如果它的数量在生产一开始，或在该生产周期内是变动的，就称为可变资源。大多数投入都与可变资源有关。一般说来，固定投入的成本称为固定成本，而可变投入的成本称为可变成本。

固定成本在生产过程中并不随产量的变化而改变它的大小，甚至在不生产时仍然要负担这种成本。固定成本不受产量的影响。在农业中，以现金支付的固定成本包括土地税、地价的本金和利息、保险费和类似费用。非现金支付的固定成本有由于时间推移引起的建筑物折旧、机器设备折旧、投资利息、家庭劳动报酬和管理费用。

表2—3就是在图2—2和表2—2中提供的，经典生产函数的成本计算。生产函数列于表2—3中的第一栏和第二栏。每单位可变投入成本假定为100美元。固定成本假定为1000美元。为简明起见，假定这1000美元恰好是在生产过程中使用的固定投入的成本，而仅有的一次可变成本就是购买可变投入的费用。

总固定成本 (TFC) 列于表2—3的第三栏。这种成本对于不同产量都是一样的。如果计算农场或企业的固定成本，TFC是已知的，而且不会改变。TFC用曲线在图2—3中表明。在不同产量时TFC都是1000美元，用一条落在Y轴1000单位上，而平行于横轴的直线表示。

总可变成本 (TVC) 是将使用的可变投入量乘以投入的单位价格。以符号来表示，如果X代表使用的可变投入量，Px是投入一单位的价格或成本，则 $TVC = PxX$ 。

总成本 (TC) 是总可变成本和总固定成本的和。见表2—3第五栏，他们是将各种产量的总固定成本和总可变成本相加得到的。例如151.2单位产出，总成本为1000美元加上1200美元，等于2200美元。其它产量的总成本可用同样的办法得到。当没有使用可变投入时，总成本等于总固定成本。总成本用曲线在图2—3中表明。总成本曲线等于总固定成本曲线和总可变成本曲线垂直相加，在本例中TC曲线的形状正好和TVC曲线一样，如图所示，它总是在纵轴的1000单位以上。总成本曲线和总可变成本曲线的图形，取决于生产函数。以符号表示，总成本可以写成下式：

$$TC = TFC + TVC = TFC + PxX$$