

1164
[- 323.211-53
L74

沙 产 业 概 述

——沙产业系列论文集之四

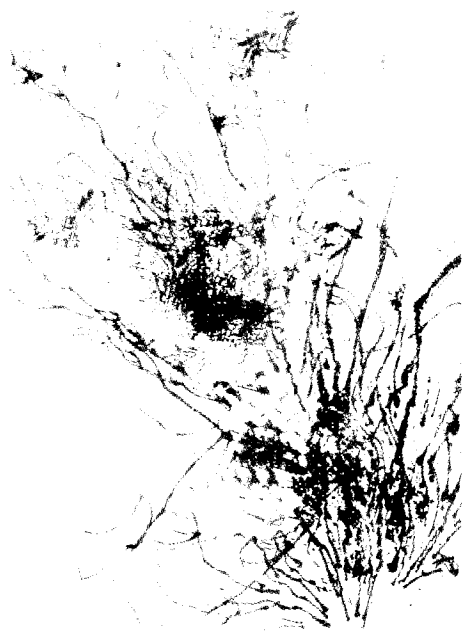
刘 恕 主编

中国环境科学出版社

• 北京 •

第一部分

钱学森论沙产业



创建农业型的知识密集产业

——农业、林业、草业、海业和沙业^{*}

钱学森

党的十一届三中全会以来，由于政策对头，解决了中国农村中长期受压制的生产力，我国农业大发展，形势日新月异，新生事物层出不穷，从而启示了全国人民，大家都受到鼓舞。我国科学技术工作者也因此受到教育，进而研究发展农业的新概念、新途径，提出农、工、商综合的所谓“十字型”农业，或“飞鸟型”农业，也就是变单一种植的农业为综合生产的产业体系。我在不久前发表的一篇文章^{（注1）}中，把这一概念加以发展，提出要看到21世纪，在我国大地上将要出现的知识密集型农业，它将导致整个国家生产体系和生产组织的变革。这当然是一个重大研究课题，所以在这里我想再谈谈这个设想，以求教于同志们。

^{*} 1984年，应中国农业科学研究院的邀请，钱学森同志在院科技委员会会议上做了《创建农业型的知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业》的科学报告，首次提出了“沙业产业”的概念。该文刊登在1984年8月20日出刊的，由中国科学院农业研究委员会编印的《农业现代化探讨》第36期（总217期）。此次付印，仅改正了几个印刷中遗存下的错别字。

农业型的知识密集产业

我在这里提出这样一个词，叫农业型的产业，是什么意思？农业型的产业是指像传统农业那样，以太阳为直接能源，靠地面上植物的光合作用来进行产品生产的体系。太阳光是一个强大的能源，在我国的地面上，每平方厘米每年就有 120~200 大卡的能量，也就是每亩地上每年接受的太阳光能量相当于 114~190 吨标准煤！农业型的产业就有这个得天独厚的优势。

当然这里并不是说这些太阳能都能全部为植物所利用而合成产品。限于水和肥料的供应，限于光合作用所必须的二氧化碳在大气中的浓度，限于植物本身的能力，上述巨大太阳能只有很小一部分转变为植物产品。这个比例不到百分之一，常常只有千分之一。那百分之九十九以上的太阳光能到哪里去了呢？还没有立即离开地球，只是释放在空气里，用来升高气温，用来蒸发水汽。风和雨就是这样产生的。所以太阳光能在地球上还转化为风力和水力资源，这当然重要，因为我们在这里讲的农业型产业也要利用风力和水力来发电，用于生产。

就是变成植物产品了，人也不能全部直接利用。就以粮食作物来说，籽实在于产品中还占不到一半，其他 60% 是秸秆。现在农村缺燃料，往往把作物秸秆当柴烧，肥料和有机质不能还田，是个大损失。

要提高农业的效益，就在于如何充分利用植物光合作用的产品，尽量插入中间环节，利用中间环节的有用产品。例如利用秸秆、树叶、草加工成配合饲料，有了饲料就可以养牛、养羊、养兔，还可以养鸡、养鸭、养鹅；牛粪可

以种蘑菇，又可以养蚯蚓。养的东西都是产品，蘑菇供人食用；蚯蚓是饲料的高蛋白添加剂，它们排出的废物也还可以再利用，加工成鱼塘饲料，或送到沼气池生产燃料用气。鱼塘泥和沼气池渣才最后用来肥田。这就是于光远同志讲的“现代科学的‘穷办法’”（注2）和邓宏海、曹美真同志说的“多次利用循环模式”（注3）。

这样，我们一方面充分利用生物资源，包括植物、动物和微生物，另一方面又利用工业生产技术，也就是把全部现代化科学技术，包括新的技术革命的成果，都用上了。不但技术现代化，而且生产过程组织得很严密，一道一道工序配合得很紧密，是流水线式的生产。这就是农业型的知识密集产业。上面讲的只是简单的示意介绍，要深入研究下去，还有许多工作要做。但它是一个值得重视的方向，它已经不是传统的农业了，其特点是以太阳光为直接能源，利用生物来进行高效益的综合生产，是生产体系，是一种产业。我们也要注意，只有直接用太阳能的植物生产过程才需要占用地面，其它生产过程，利用动物和细菌的生产过程，以及工厂加工，是在厂房中进行的，可以在楼房，也可以在地下，因此可以少占面积或不占面积，使我们国土面积能够最有效地使用。这也是所谓“庭院经济”概念（注4）的进一步发展。

当然，从天文学的观点来说，站在遥远的星球上看我们，好像没有什么变化，地球接受的太阳光能量还是通过生物，通过人，最后通过大气以低温热辐射的形式返回星际空间。但在地球上的中国，变化可大咧，这将使中国人民生活得好得多！

农业产业

要再进一步讨论农业型的知识密集产业，就得把这种产业分分类。第一个是农田类的农业，它以种植作物，粮食和经济作物为基础，农业在我国约占 16 亿亩面积。这个产业是目前最受注意的，因为它在我国是劳动力最多的、也是产值最高的农业型产业。它包括的不只是种植业的农，也有绿化的林、养畜的牧、养家禽的禽，还有渔，也有养蜜蜂、蚯蚓等的虫业，还有菌业，微生物（沼气、单细胞蛋白）业；当然也必须有副业和工厂生产的工业，所以是十业并举的农业产业体系。为了深入研究和发 展这类产业体系，我想有必要考虑在不同地区、不同自然条件，设置试验点，调集科学技术力量，创造经验，开辟道路。

试验点该有多大？关于这个问题，我们要看得远一点：历史上，资本主义社会形成中是破坏农村、建设城市，人口涌向大城市。我们今天要走城市同农村同时建设，城市同集镇协调发展的道路。上述农业产业的据点是集镇，大约万人左右；其中直接搞种植业的只是少数，也住在集镇，早出晚归。其他生产、粮食的深度加工，食品工业都在集镇。集镇是生产和文化教育中心，盖楼房少占地。将来甚至可以发展到地下，冬暖夏凉，又完全不占地面；地上是园林，人民游园休息。

林业产业

林业是又一类农业型的知识密集产业。如果包括宜林

荒山，我国林业面积可达 45 亿亩多，是农业的三倍。现在林业的形势落后于农业，尚在探索最适当的生产关系。只是不久前才听到^(注 5)贵州省有了联户承包大面积跨区山林的形式，这可能是个苗头。

生产关系和生产体制问题解决了之后，就要解决林业产业的生产组织和生产技术，这方面要发展木本食用油和工业用油的生产，可以参考农业产业的一些做法。林业产业当然也有牧、禽、虫、菌、微生物、副业和工业的生产，也会有些农田种植和鱼池养殖业。

但作为林业产业特点的，是林木的加工和森林枝叶的利用。现在把原木运出林区到城市加工的做法值得考虑。能不能把木材在林区加工到半成品、成品？能不能从林区直接运出纸张？如能做到这一点，再加枝叶的利用，那么林业产业就可以大搞饲料，发展牧畜；牲畜粪又可以培养蚯蚓等，获取饲料的蛋白质添加剂。而大量排放的有机废液又可以用来生产沼气，作为林业产业的燃料产品。这样我国林业产业在 45 亿亩面积上，不但提供食用油、工业用油、木制品、纸张、肉食、乳制品等，而且能每年提供相当于上亿吨标准煤能量的沼气。

创建知识密集的林业产业也要通过试点，取得经验。例如，县和县以下的生产组织和分工究竟如何构筑为好，就需要从实践中摸索，逐步弄清楚。

草业产业

再一类农业型产业是草原经营的生产，这可以称为草业。我国草原面积，如果包括一部分可以复原的沙化了的面积，一共有 43 亿亩，也差不多是农田面积的三倍。但我

国目前草原的经营利用十分粗放，效益很低；据周惠同志的文章^{〔注6〕}，从1947年到1983年这37年中，内蒙古自治区的约13亿亩草原，畜牧累计产值才100多亿元，折合年亩产值只0.2元多，比每亩农田的年产值的确小的多。但利用科学技术把草业变成知识密集的产业以后，这种状况是可以改变的。

怎样利用现代科学技术发展草业？还得从利用太阳光这一能源做起，搞好光合作用，也就是精心种草，让草原生长出大量优质、高营养的牧草。这里有引种和培育优良草种的工作，还有防止自然界的敌害工作，如灭鼠；灭鼠最好少用药剂，以免牲畜受害，用鼠的天敌，猫头鹰、黄鼠狼等。一亩草原经过这种科学改造，亩产干草多少？总可以比现在大大提高，年亩产干草几百斤总是可以的吧？这是草业的起始。

不用放牧，这草就要及时收割下来，运送到饲料加工小厂。这里有个一年能几次和何时收割最好的问题。但以牧草为基底的饲料加工技术是比较成熟的，前面已几次提到，不必细说。

既然集中在工厂生产饲料，饲养牲畜当然也是集中的，厂化了的。畜产品的乳和出栏供屠宰的牲畜，这都要运到集中的加工工厂进一步加工，综合利用。而这里有些产品，如血粉、骨粉又要返回到分散的饲料厂作为添加剂。

根据前面讲的多层次利用的设想，饲料加工的废料和饲养点牲畜粪便也要充分利用，种菌、养蚯蚓、养鱼、造沼气等。沼气多了还可以用来开汽车、开拖拉机、发电。这种生产和定居点大约有几百人的居民，构成草业的生产基地，它经营的草原范围有十几公里到20公里。既是几百人的居民点了，就可以有小学和初级中学。有用沼气和风力上千千瓦的电站，有生产及生活用水的供应等，从通信

广播卫星可以直接收电视广播节目，这就是现代化的草业新村。

畜产品的综合加工厂设在县级小城市。那里也是政治文化中心了，应该设有草业的中等技术学校和师范专科学校。

创建这种知识密集的草业产业，在我国 43 亿亩草原上每年可能获取几千万吨的牛、羊肉食品和大量的乳品，我国人民的食品构成也将改观。当然，要做到这一点，也要选适当地区建立试点以取得经验。

海业产业

又一个农业型的知识密集产业是利用海洋滩涂的产业，“海业”。我国近海有 70 亿亩，其中浅海滩涂为 22 亿亩，的确是一个庞大的资源。当然在这里我们主要靠海洋中天然生长者的生物光合作用的产物，以此为饲料来经营鱼、虾贝等养殖和捕捞。所以类似于草原放牧，草是天生的，放牲畜去吃草生长育肥。当然，长期以来我们连放牧式的海洋渔业也远没有做到，只捕捞而不养殖，就如人类原始社会早期畜牧业出现以前，打猎为生！我们从此也就悟到创建知识密集型海业产业的道路，就是“转‘猎’为‘牧’”！

我们以前好像总不认为海业是一门自成体系的产业，而是所谓渔业或农业的一部分，海洋渔业是渔村的事，最多开始是依附于沿海集镇的生产活动，没有得到足够的重视。最近有了转变的兆头，山东省荣成县认识到他们有 300 多公里海岸线、50 万亩浅滩、水产量占山东省 1/3，应该承认海洋生产的重要性，要建设一批以水产品加工和养

殖为主的港口小城镇。在这批城镇中有水产品加工厂、副食品厂、塑料厂、阀门厂、渔船修造厂和对虾养殖场等，构成产业体系了。这是认识上的一个飞跃！

有了正确的认识就可以探讨建设海业的措施。这里，一个方面的问题就是改进近海渔业。我国近海面积，像上面说的有 22 亿亩，是日本的 5.6 倍，而 1982 年我国全部海洋渔业的产量才是日本近海渔业产量的 46%。改变这种落后状况的一个技术措施是投放人工鱼礁，造成在近海鱼类栖息的好环境^(注 7)。只此一项就有可能把我国近海渔业产量提高十几倍，达到每年 5000 万吨。

再进一步，我们还应该把海洋渔业变成“海洋放牧”。这就是利用有些鱼类回游到淡水产卵孵化的习性，创造河港中鱼苗生长的条件，而幼鱼自己进入海洋。成鱼自己会回来，正好捕获^(注 8)。中国的高级食用鱼如大马哈鱼和鲑鱼都属此类。

海业产业的范围当然比上面讲的这两项技术大得多，还有海带、海藻的养殖业，虾、贝的养殖业。而且海产品多了，加工和深度加工以充分综合利用，就是必须发展的了。这些在此不再多说。

当然海业产业集聚的建设和发展也要通过试点，创造经验。

沙业产业

现在看到的最后一门农业型的知识密集产业是利用沙漠和戈壁的“沙业”。在我国沙漠和戈壁一共大约也有 16 亿亩，和农田面积一样大，沙漠和戈壁并不是什么也不长，极干旱不长植物的只是少数，大部分沙漠戈壁还是有些降

水，有植物生长，有的还长不少的多年生小植物^(注9)。也有小部分干旱地沙漠化了，那是可以考虑引水灌溉的。

目前人们从沙漠戈壁获取的只限于采集特产的药材，但也只采不种，作为沙业产业这就应该改变为既采又种，提高产量。现在国外也有人在研究种“石油植物”^(注10)，收割后提炼类似原油的产品。这样，沙漠戈壁成了取之不绝的地面油田，那真是沙业的大发展了。

所有这些，还要进一步研究，但沙业产业的可能性是存在的。当然沙漠戈壁有充足的阳光，可以直接用太阳能电池来发电。美国加利福尼亚州现在就有个容量为（日中发电）1000 千瓦的电站，计划今年底要扩建到（日中发电）16000 千瓦。预计到 20 世纪 90 年代（日中发电）每 1000 瓦容量的建设费为两千美元^(注11)，将来还可以降到接近其它电站的投资。沙漠戈壁的风力资源也很大，可以利用来发电。这可以是一项重大的产业，但都是直接利用太阳能，没有通过植物的光合作用，不属农业型的生产。

在上面，我简单地阐述了我们称为农业型的知识密集产业，一共五类：农业产业、林业产业、草业产业、海业产业和沙业产业。农、林、草、海、沙之分是以其主要生产活动来定的，在某一类产业中某一具体的生产活动也会与另一类产业中某一具体的生产活动相同，有交叉。例如农业产业中也会有林木的经营，而林业产业中也会有种植业生产，在丘陵地区就会出现这种交叉。但产业类型还是可以划分清楚的，即以主要生产活动划分产业类型，因为它决定了整个产业的结构。

有关的科学研究和人才培养

既然说是知识密集的产业，那就要充分运用自然科学、社会科学、工程技术，以及一切可以运用的知识来组织经营它。所以在这节里，要谈谈有关的科学研究。这方面的工作量是非常大的，我们要在吸取全世界的先进经验和科学技术的同时，组织我国自己的力量，包括各高等院校、各科学研究机构，中国农业科学院、中国林业科学院、中国科学院、中国社会科学院等来共同攻关。

在科学研究工作中的一大课题是对生物资源的全面调查研究，因为农业型的产业是靠生物来完成生产任务的。这看起来好像是老课题了，几百年来生物学不是一直在搞这项研究吗？是老课题，但有新的内容，就是要从定性观察过渡到定量观测。这是因为我们的产业是要高效益地运转的，产业的组织结构又非常复杂，一层接一层，一环扣一环，非常严密，容不得半点差错，生产组织指挥是用电子计算机计算的。这就要求生物过程要精确地定量，不能只是定性。这个要求对生物资源的调研工作来说，就是更高的要求了。

科学研究中的又一大课题是发展新技术革命的生物工程技术，如细胞工程、酶工程、遗传工程等，为农业型的产业服务，也就是大大提高生物生产的效益和对生产有用的生物功能，以至创造新的生物。

属技术开发性的科研也有几个方面。先讲用生物进行生产的生物工厂。前面各节中已经提到单细胞蛋白质用作配合饲料的添加剂，这是用有机质的废渣废液，通过培养单细胞微生物，合成蛋白质，然后分离出菌体。我们要

开发这项技术。还有沼气生产过程也要研究，提高生产效益，把目前每立方米池面积每天产气 0.1 米^3 左右提高到 1 米^3 以上。中国科学院成都生物研究所等单位用两步发酵法是个苗头，可能达到这个指标。再就是蚯蚓的养殖也要从现在的比较原始的办法逐步发展到全自动控制的连续性生产。还有其它。这方面的技术是随着生物技术的应用迅速发展着的，我们一定要重视它。

发展性科研的又一个方面是生物化工，也就是用生物产品作原料，用机械和化学方法，在工厂中分离和制造新产品。这里加工对象是无生命的。这一类中包括各种下脚料的利用，如骨头制骨粉，骨粉提骨蛋白质等。再如树叶也可以提叶蛋白。前面多次讲到的配合饲料更是生物化工生产的一个大项目。关于这方面的问题，不久前刘海通同志作了很好的阐述^(注12)，大家可以阅读。

在前面的几节中也多次谈到生物产品的深度加工，这里是说农业型产业的成品可以是直接供人食用的食品，这方面的生产就是我们常说的食品工业。要重视食品工业，抓食品技术已为人们所认识。这里也不再多说了。

此外还有一项为开发农业型知识密集产业的科学技术，非常重要，但人们还不很重视，不大认识。这就是系统工程，组织管理复杂体系的技术，用到农业生产，就是张沁文同志提倡的农业系统工程^(注13)。农业系统工程用到今天的农业，虽有一定的作用，不容轻视，但因为现在的农业还没有组织得那么严密，农业系统工程还不能充分显示它的威力。也因此，一旦农业系统工程用到知识密集的农业产业、林业产业、草业产业、海业产业、沙业产业就能大显身手，不但在体系的组织，而且在日常生产调度上，都会显示其威力。所以研究发展农业系统工程是创建知识密集农业型产业的重要内容。

搞科学技术还得有专业人员，所以必须提出大力培养农业型产业的专门人才问题。现在我国教育系统中对农林专业重视得很不够，工科专业比重过大。这种比例失调的现象一定要改正过来，大大增加农林专业、生物专业、轻工、食品工业专业的招生人数，包括高等院校和中等专业技校。可能还要考虑创办一种新型的高等学校，“理农综合性大学”。这也是改变社会观念所必需的，多年来人们对理工综合性大学很尊重，而对农科大学就另有看法。有人说，美国十分重视农业技术，所以法律规定州立大学都要设农林专业，开展农林科研，但这些同志也知道，美国的名牌大学不都是理工综合性大学吗？不是什么麻州理工学院、加州理工学院吗？在我们国家不也一样，著名的北京清华大学、上海交通大学、上海复旦大学目前在改革中都要办成理工综合大学。所以为了树立重视农业型知识密集产业的概念，为了培养新型农、林、草、海、沙的专业人才，创办理农综合大学是必要的。那里要设农业系统工程系，还要分五个专门化：农业产业、林业产业、草业产业、海业产业和沙业产业。

将在我国出现又一次产业革命

农业型的知识密集产业的创建还不只是这些产业自身的问题，工矿业要跟上，原材料也要跟上，还有交通运输业、信息情报业、教育文化事业，以及商品流通业，城乡建设和生活服务等。所以生产关系也将有很大的调整，这是政治经济学的研究课题了。对生产力的组织，变动就更大了，简直是个大改组，这是生产力经济学要解决的课题。创建五个类型的知识密集产业，涉及到中国的八亿人，总

投资大约要几万亿到几十万亿元，资金从何出？怎样利用国际金融资本？这些都是金融经济学的课题。实际问题也还远不止上述的三个方面，所以创建农业型的知识密集产业还将大大促进我国社会科学的发展。

这难道不是翻天覆地的变化吗？这难道不是我国在公元 2000 年翻两番之后，在 21 世纪再进一步建设中国式的社会主义，向共产主义迈进吗？我曾说^{（注 1）}：大约 1 万年前在中国出现的农牧业生产是世界历史上的第一次产业革命；大约 3000 年前在中国出现的商品生产是世界历史上的第二次产业革命；在 18 世纪末、19 世纪初英国出现的大工业生产是世界历史上的第三次产业革命；在 19 世纪末、20 世纪初在西方发达国家兴起的国家和国际产业组织体系是世界历史上的第四次产业革命；而现在由于新的技术革命所引起的世界范围的生产变革是世界历史上的第五次产业革命。五次产业革命！那么创立农业型的知识密集产业所将引起的生产体系和经济结构的变革，不是 21 世纪将要在社会主义中国出现的第六次产业革命吗？这难道不是一个值得我们深思的严肃问题吗？

注 释

注 1. 钱学森：《关于新技术革命的若干基本认识问题》《理论月刊》（中央党校）1984 年 5 期 6 页

注 2. 于光远：《运用现代科学的“穷办法”》《人民日报》1984 年 1 月 20 日，五版

注 3. 邓宏海、曹美真：《开拓具有中国特色的农业现代道路》《农业现代化探讨》（中国科学院农业研究委员会）1983 年 49 期（总 170 期）

注 4. 于光远：《重视发展庭院经济》《自然辩证法报》1984 年 7 期（总 146 期），一版

王云山、梁全智：《庭院经济大有可为》《农村发展探索》（山西省农村发展研究中心）1984 年 4 期 13 页

注 5. 中央广播电台新闻记者张永泰、张志贤报道：贵州省今年以来，由能人牵头联合成百上千户农民承包大片荒山造林的林业经济联合体不断涌现，为加速全省林业生产的发展摸索出一条新路子。这些林业经济联合体有以下一些特点：一是承包面积大，少则上万亩，多则十几万亩，集中连片，有的跨区、跨社。二是以能人牵头，把千家万户农民分散的力量组织起来，育苗造林，向大面积荒山进军，速度快，质量好。三是这些联合体虽然是松散的联合，但又是组织、有领导、有计划的经济实体。四是以商品生产的观点，指挥林业生产，把承包户的经济利益同林业生产紧紧联合起来，据遵义地区 41 个林业经济联合体的统计，承包户今年已经造林近五万亩，育苗 7200 万亩，造林速度之快、数量之多，质量之好，是多年来少见的。（1984 年 6 月中旬）

注 6. 周惠：《谈谈固定草原使用权的意义》《红旗》1984 年 10 期 6 页

注 7. 冯顺楼：《投放人工鱼礁，保护近海渔业资源》《人民日报》1984 年 5 月 10 日，五版

注 8. L.R.Donaldson,T.Joyner 《Scientific American》july 1983, p.51