

第六次产业革命和农业科学技术

钱 学 森

科学革命、技术革命、社会革命、产业革命

革命是马克思主义哲学里一个非常重要的概念。革命就是事物发展过程中出现的飞跃。马克思主义哲学辩证唯物主义的观点认为,任何事物的发展总是不平稳的,有曲折的,有时候前进,有时候停滞,有时候又会出现大幅度的变革,形成飞跃,这种飞跃就是革命。

科学革命,就是人认识客观世界的飞跃;技术革命是人改造客观世界的飞跃;社会革命,则是人类社会的制度,特别是所有制方面大的变化。今天,我还要讲一讲产业革命。这几种革命,光说一个名词,恐怕还不行,还得举一些例子,以便大家可以比较形象地认识。

一、先讲科学革命。在科学史上有什么科学革命?有哪些是人认识客观世界的飞跃呢?这里可以举一些例子。古代人根据直观的观察,总认为太阳是围绕地球转的,形成地心说。后来在欧洲文艺复兴时期,16世纪中叶,哥白尼发现地球绕着太阳转,推翻了地心说,建立日心说。这是人认识客观世界的一次飞跃,是一次科学革命。这样就开始了对物体的运动有进一步的研究,使得在17世纪下半叶,创立了牛顿力学,打破了一直从古希腊时期延续下来的关于运动的看法。从前,认为物体的运动,必须有一个力在推动,没有推动力物体就不运动了。牛顿推翻了这种看法,认为物体只有在加速时才需要力去推动,如果物体保持原来的速度,则不需要力去推动。这在对运动的认识上,推翻了过去错误的概念,建立了新的、正确的结论,也是人认识客观世界的一次飞跃。所以牛顿力学的建立,也是一次科学革命。从前西方人认为物体能燃烧是因为有“燃素”。后来,拉瓦锡证明是因为空气中有氧气,推翻了“燃素说”,建立了“氧化说”,也是一次科学革命。到了19世纪以后的事例就更多了。比如,恩格斯就特别指出,在19世纪中叶就有三项划时代的科学发现,第一是细胞的发现,第二是能量的转化,第三是生物进化,即生物的演化。现在我们用科学革命的概念,这三大发现,都是人认识客观世界的飞跃,都是科学革命。科学是人对客观世界规律的认识,不仅是自然科学,社会科学也有科学革命。19世纪中叶,就有两次社会方面的科学革命,都是马克思创立发展的。一次是提出并建立了历史唯物主义,再一次是提出了剩余价值学说。这两次都是人认识社会的飞跃。再往后,就有电磁场的理论,把电和磁结合起来,这也是人认识客观世界的飞跃。到了20世纪初就更多了,比如巴甫洛夫的心理学,把人的心理作用和大脑的活动直接

联系起来，得到了列宁的很高评价。还有象相对论、量子力学的出现，都是人类认识客观世界的飞跃。牛顿力学解释宏观的现象，量子力学的出现，增加了我们认识到宇宙的层次，使我们的工具深入到微观；相对论的出现，特别是广义相对论，为我们认识客观世界，如大到十万光年的银河星系等大系统，提供了认识工具。所以量子力学和相对论都是人认识客观世界的飞跃。

二、技术革命。人认识客观世界是为了改造客观世界，人改造客观世界的飞跃，就是技术革命。技术革命这个词，毛泽东同志1969年曾做了一个概括。他说：小的技术改进，可以叫做技术革新；而在技术上带根本性的、有广泛影响的大的变化，叫做技术革命。他还举了三个例子。一个是蒸气机的出现，一个是电力的出现，另一个是原子能（现在我们叫核能），都可以称为技术革命。这就把技术革命的涵义很精确地定义下来了，我认为也就是人改造客观的技术的飞跃，这种飞跃的影响不是光局限于局部的某一方面，而是对生产力的发展有普遍的推动作用。

从这个涵义考虑，还可以追溯历史上出现的其他技术革命。在远古时期，人开始学会使用石器，即石器的制造，是人改造客观世界的技术的飞跃。所以石器的制造，在历史上是一次技术革命。火的利用也是一次技术革命。后来，到了近代，蒸气机的出现，内燃机的出现，化学用到生产上，即化学工程技术的出现，电力的出现，无线电的出现，通讯技术的出现，航空技术的出现，这些都是人改造客观世界科学技术的飞跃，都是当时的技术革命。到了20世纪中叶，技术革命就越来越频繁，可以说是成群地出现的。到了现在，大家谈得很多的新的技术革命，象电子计算机、遗传工程（或叫生物工程）、激光技术、核能、核技术、航空技术、海洋工程等等，这些都是技术革命，我们常常把它们统称为“新的技术革命”，就是20世纪中叶以来的技术革命。所以我们说，新的技术革命不是单数的，而是复数的，是一个新的技术革命群。

这些新的技术革命群，还应增加一项非常重要的一个技术革命，这就是系统工程。所谓系统工程（也叫系统分析、运筹学或运用研究等等），就是现代科学技术用到事务管理方面，用一套科学方法总结经验。对于复杂的系统，一个工厂，或一项事业，大至整个国家，要组织管理复杂系统，不是靠思考、设想、估计，而是要靠定量的科学分析。这是一个了不起的变化。所以系统工程也应该作为人改造客观世界的飞跃，也是技术革命。

三、社会革命，或者简称革命。从原始公社的公有制崩溃到奴隶社会私有制的产生，这是一次社会制度的大变革，是飞跃，是一次社会革命。就是在私有制的前提下，也有社会制度的大变革，比如从奴隶社会到封建社会，又比如从封建社会到资本主义社会。社会主义制度的建立又是一次社会革命，再一次确立了公有制。这些都是大家熟知的社会革命。事物是发展的，随着人类社会的发展出现的新的变化，都是社会革命。

四、产业革命。恩格斯在《英国工人阶级的状况》一书里，用很大篇幅描绘了18世纪末到19世纪初近60年中，由于蒸气机、动力和大工厂的出现，英国在工业、交通运输以及农业方面翻天覆地的变化，并且把这样巨大的变化叫做产业革命。从恩格斯的书中，我们可以领会到产业革命决不是说哪一个局部的变化，不是生产技术应用到哪一个方面所引起的飞跃，而是全局性的、整个生产体系的飞跃变化，不只是工业，还

有农业、交通运输以及经济关系的变化。如果下一个定义的话，产业革命就是经济的社会形态的飞跃，它是社会形态，是经济方面的社会形态的飞跃。

在人类社会历史上，出现过哪些产业革命呢？我认为第一次产业革命是农业、牧业的出现。在一万年以前的原始公社时期，人从完全依靠采集和猎取自然界的野生果实和动物产品而生活的生产体系，转入了发展农业和牧业。人开始不完全依靠自然，有了一点主动权，靠自己的劳动来控制生产，由此生产体系形成了飞跃。第二次产业革命是商品生产的出现。大约在三千年前，也就是中国的奴隶社会里，从完全为自给消费的生产，开始为交换而生产，就是商品生产，这对生产关系是一个很大的发展。第三次产业革命是大工厂的出现，发生在18世纪末的英国。是在英国的资产阶级夺取了政权以后，才出现产业革命的，是社会革命促使了产业革命的出现。第四次产业革命就是更大规模的、全国性的以至于跨国的、全世界性的生产体系的建立。这在19世纪末、20世纪初。没有这一次，不可能想象现在发达国家有这样的一个生产体系。我国建国后，工业生产有了很大的发展。但是这些工业是小而全、大而全，就是一个工厂无所不包。这种生产方式实际上是陈旧的，是第三次产业革命的方式，而不是第四次产业革命的方式。在国外，没有搞小而全的，都是社会化的协作生产。我认为现在城市改革是补第四次产业革命的课，我们落后得很厉害。第四次产业革命带来的变化也是很大的，列宁从政治的侧面总结了变化，就是那本名著《帝国主义是资本主义的最高阶段》。资本主义从自由资本主义发展到垄断资本主义的时候，它的生产体系、组织结构和经济结构也经历了一次飞跃，就是第四次产业革命。

“新的技术革命”，实际上是第五次产业革命的别名，其核心问题就是信息革命，也就是国外讲的信息社会。我们进入的生产体系，就要来到的这个社会里，如果没有信息，是什么事也办不成的，经商要是没有信息，就会亏损、尽办傻事。办工厂要是没有信息，生产出来的产品用户不要，就成了亏损户。信息很重要。现在我们要加速发展，要翻两番，没有信息，我看不行。所以我认为，第五次产业革命的核心就是信息问题，这里要抓的问题很多，要赶上去。所谓电子计算机以至于我呼吁的第五代智能计算机，是有智能的能力，这些都是由于信息的重要性所提出来的一系列问题，将会有个翻天覆地的变化。尤其是对我们国家来讲，即将来临的第五次产业革命对我们的冲击是很大的。

第六次产业革命——农业型的知识密集产业

我们不但要迎接第五次产业革命，而且要为第四次产业革命补课。这里着重讲一讲第六次产业革命，因为它与农业科学技术的关系特别密切。中国农村现在有了很大的发展，发生了很大的变化，日新月异，所以我们要作这个思想准备，要预见到第六次产业革命。

第六次产业革命就是建立农业型的知识密集产业。知识密集型产业，是把所有的科学技术都用在生产上，靠高度的科学技术的生产。农业型的产业是指象传统农业一样，以太阳光为直接能源，靠地面上或海洋里的植物的光合作用为基础，来进行产品生产的生产体系。太阳光是一个强大的能源，在我国的地面上，每平方厘米每年有120~200大卡

的能量，也就是每亩每年接受太阳的能量相当于114~190吨标准煤。这是农业型产业得天独厚的优势。

当然，限于水和肥料的供应，限于光合作用所必需的二氧化碳在大气中的浓度，限于植物本身的能力，上述巨大太阳光能只有很小一部分转变为植物产品。这个比例不到1%，常常只有1%。那99%以上的太阳光能释放在空气里，用来升高气温，用来蒸发水汽。太阳光还能在地球上转化为风力和水力资源，农业型产业也要利用风力和水力发电用于生产。

就是变成植物产品了，光合作用生产的产品，人也不能全部直接利用。以粮食作物来说，籽实在干产品中占不到一半，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，这是个大损失。

首先我们要考虑的是要提高农业的效益，如何充分利用植物光合作用的产品，尽量插入中间环节，生产有用产品。例如利用秸秆、树叶、草加工成配合饲料，养牛，养羊，养兔，养鸡，养鸭，养鹅。不但这样，牛粪还可种蘑菇，又可以养蚯蚓。蚯蚓是饲料的高蛋白添加剂。它们排出的废物还可以再利用，可以加工成鱼塘饲料，或送到沼气池生产燃料用气体。塘泥和沼气池渣最后还可用来肥田。

一方面充分利用生物资源，包括植物、动物和微生物；另一方面又利用现代工业生产技术，把全部现代科学技术，新的技术革命的成果，全都用上。不但生产技术现代化，而且生产过程组织严密，各道工序配合紧密，是流水线式的生产。这就是农业型的知识密集产业。它是一个值得重视的方向。这样搞下去，会有飞跃的。它已经不是传统的农业，不是单个方面的生产，而是一种生产体系，一种产业，其特点就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。并且我们可以注意到，只有直接利用太阳光能的植物生产才占用地面，其它的生产过程，或者是利用动物的，或者是利用微生物的，或者是工业加工，这些都可以在厂房里进行。厂房可以是楼房，也可以在地下，少占地面或不占地面，这样对于我们国土面积的利用率就大大提高了。农业型的知识密集产业可分五类。

第一类农业产业，以种植粮食作物和经济作物为基础。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，养鱼的渔，也有养蜜蜂、蚯蚓等虫业，还有菌业、微生物（沼气、单细胞蛋白）业，还有副业和工厂生产的工业，是十业并举的农业产业体系。山西大同县发展了超大型的专业户，有的一户售粮10~50万斤。1984年全县已有195个，占全县农户总数的0.5%，经营全县耕地的6.3%，平均亩产要比一般粮食生产专业户高1.2倍，共售粮2,400多万吨，占全县售粮总数的30.3%，商品率高达87%，人均售粮达到9,000多斤，是全县人均售粮的19.5倍。这些大户的生产效益也高于一般的种粮户，投入100元，收入平均288元。他们用科学技术，用机械设备，已经向知识高度密集方面发展了。这个发展对我们农业科学技术的压力很大。当然，这个产业还可以发展，还有大量的工作要做，比如发展畜牧业。再进一步，还可利用微生物，发展沼气。广州市幸福乡除种植业外，还发展塘鱼、蚕桑、甘蔗、香蕉等等，搞得很好。从前，人畜粪便都是直接下鱼塘，后来把人畜粪便以可先放沼气池里产气，然后把沼气渣放到鱼塘里，发展很快。为了深入研究和发 展这类产业体系，有必要在不同地区，根

据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。

我们今天要走城市和农村同时建设，城市和集镇、工业和农业协调发展的道路。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。其他生产如粮食的深度加工、食品工业等中间环节，也都在集镇。集镇是生产和文化教育中心。现在农村已经开始盖楼房，还可以盖高一点，少占地面。将来甚至可以是发展到地下建筑，冬暖夏凉，节省空调，又完全不占地面，地上是园林，给人们游乐休息。从前集镇的发展有点自发，现在国家应该派专业队伍去指导，一方面可以去学习，收集群众的创造、经验，然后科学地提高，再回到群众中去；另一方面去指导，群众还没有做到的，可以教他去做。

第二类是林业产业，不光是种树，而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45亿多亩，是农田面积的两倍多。现在林业的形势落后于农业，尚在探索最适当的生产关系。

生产关系和生产体制问题解决之后，就要解决林业生产的生产组织和生产技术问题。不是附带搞种植树木的林业，而是大规模地搞。要发展木本植物。食用油和工业用油的生产，可以参考农业产业的一些做法搞多层次的综合生产。林业产业当然也有牧、禽、虫、菌、微生物、副业和工业的生产，也会有些农田种植业和鱼池养殖业。

作为林业产业的特点，是林木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？这样加工过程中的木屑、锯末、纸浆的废液，都可以利用。再加上枝叶的利用，林业产业就可以大搞饲料，发展畜牧业。牲畜粪便又可以养蚯蚓等，获取饲料的蛋白质添加剂。而它们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，林业产业不但提供食用油、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。

第三类是草业产业，是草原经营的生产。内蒙古发展草原是有成绩的，从1947年到1983年这37年中，内蒙古自治区的73亿亩草原，畜牧业累计产值100多亿元。然而折合下来平均每亩每年产值才2毛钱。我国的草原面积，如果包括一部分可以复原的沙化了的面积，一共有43亿亩，目前经营粗放，效益很低，如上所说，顶多搞点草库仑。应突破传统的放牧方式，利用科学技术把草业变成知识密集的产业。

搞好光合作用，精心种草，让草原生长出大量优质、高营养的牧草。引种和培育优良草种。防止自然界的敌害，如灭鼠等。一亩草原经过科学改造，亩产干草可以比现在大大提高。

畜产品的乳和出栏供屠宰的牲畜，都要运到加工厂进一步加工，综合利用。血粉、骨粉等要返回到分散的饲料厂作为添加剂。

饲料加工的废料和饲养点的牲畜粪便可充分利用，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几百人的居民，构成草业的生产基地，它经营的草原范围有10~20公里。既然是几百人的居民点了，就可以有小学和初级中学。有采用沼气和用风力的上千千瓦的电站，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，应该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43亿亩的草原上，每年可能获取几千万吨的牛、羊肉和大量的乳品，我国人民的食物构成也将改观。

第四类农业型的知识密集产业是海业产业，是利用海洋滩涂的产业。我国近海有70亿亩海洋滩涂，其中浅海滩涂为22亿亩，是一个庞大的资源。主要靠海洋中天然生物光合作用的产物，以此为饲料来经营鱼、虾、贝等的养殖和捕捞。长期以来我们只捕捞而不养殖，就如原始社会早期畜牧业出现以前，以打猎为生。我们由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’”。山东省荣成县有300多公里的海岸线，50万亩浅滩，水产量占山东省1/3，要建设一批以水产品养殖和加工为主的港口小城镇。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，已初步构成产业体系。这是认识上的一个飞跃，真正认识到近海滩涂充分利用的价值。

我国近海面积是日本的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。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5,000万吨。

再进一步，我们还应该把海洋渔业变成“海洋放牧”。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，鱼苗长成幼鱼自己进入海洋；成鱼又会从海洋回来，正好捕获。我国的高级食用鱼如大马哈鱼和鲑鱼都属此类。

海业产业的范围还要大得多，还有海带、海藻虾、贝的养殖业。我国海水养殖业的海带、海藻、虾、贝的养殖，还是很先进的。1983年底，我国的海水养殖面积有280万亩，按照国际标准产量达226万吨，占世界海水养殖总量的45%。还可以发展。海产品多了，必须发展深度加工以充分综合利用，形成知识密集型产业。

第五类，沙业产业。我国沙漠和戈壁大约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，大部分还是有些降水，有植物生长，有的还长不少的多年生小植物。也有小部分干旱地沙漠化了，可以考虑引水灌溉的。

目前人们从沙漠和戈壁获取的只限于特产的药材，但也只采不种。沙漠和戈壁的潜力远远没有发挥出来。作为沙业产业，应该既采又种，提高产量。

社会主义的中国，在十一届三中全会以后，在中国共产党的领导下，我们八亿农民发明、创造了一条自己的道路。我们可以直接借鉴于外国的地方当然很多，但是不能从总体上来借鉴外国的农业发展。为此，我认为就是要创建农业型的知识密集产业，也就是知识密集型的农业产业，草业产业、海业产业和沙业产业。假如我们真正走到那一步，很可能会消灭三大差别。首先，城乡差别就没有了，上面所讲的集镇、居民点，都是文化水平相当高、文化设施齐全的。第二，工农差别也要消灭，因为这些知识密集型的产业生产，其组织的严密性与大工业是一样的。这样，因为知识密集型的产业生产，城乡差别要消灭，工农差别也要消灭，自然会带来体力劳动和脑力劳动差别的消灭。

我们的对策和措施

为了实行农业型的高度知识密集型产业，必须提出大力培养农业型产业专门人才问题。现在我国农林专业在教育系统中重视得很不够，工科专业比重过大。这个比例失调一定要改正过来，大大增加农林专业、生物专业、轻工与食品工业专业的招生人数，包括高等院校和中等专业技校。在农业型的高度知识密集产业里，需要多少科技人员、多少知识分子呢？八亿人里大学生占1/10就得要8,000万人，比现在所有知识分子的总和还多，并且恐怕不是现在农业大学的大学生，要比那个范围还宽。建议创建一种新型的高等院校——“生理综合性大学”，这也是改变社会观念所必需的。

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，大大提高生物生产的经济效益和对生产有用的生物功能，以至创造新的生物。现在生物技术还只是开头，这方面的研究工作要加强。

属技术开发性的科研也有几个方面。比如用生物进行生产的生物工厂，我们要开发这项技术。象单细胞蛋白，作为配合饲料的添加剂，就是用有机质的废渣废液经过培养单细胞微生物，然后把菌体分离出来。这个技术要发展。上面多次提到用沼气作能源，要研究沼气的生产过程，现在沼气的工作很分散，据我所知，几乎所有省都有。要提高沼气生产效率，把目前每立方沼气池容量每天产气0.1立方米左右，提高到1立方米以上，这是完全可能的。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，可以达到这个指标。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。

发展性科研的一方面是生物化工，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。这里工作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。再如树叶也可提叶蛋白。至于配合饲料这方面更是化工生产的一个大项目。再有一个方面也是发展性的研究。就是食品类的问题，因为各业综合利用都有一个食品工业的问题，我们国家也是差得很远的。因为现在各方面都对此很重视，所以这里也就不再多说了。

此外系统工程，组织管理复杂体系的技术，用到农业生产。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。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，定会大显身手，不但体系的组织，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农业型知识密集产业的重要内容。

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、通讯情报业、教育文化事业、商品流通、城乡建设和生活服务等。所以生产关系也将有很大的调整，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。

（本文根据钱学森同志在中国农业科学院第二届学术委员会会议上的报告记录整理，未经本人审阅）