

工程演化与产业结构优化

殷瑞钰

(钢铁研究总院,北京 100081)

[摘要] 工程是人类有组织、有计划、有目的地利用各种资源和基本经济要素构建和制造人工实在的活动,是直接生产力。工程是在特定的自然和社会条件下,相关技术群和诸多基本经济要素组合—集成在一起的动态系统。其中,技术集成系统体现着相关、但又功能不同的异质技术群(不同的技术模块),通过动态有序的集成过程所形成的特定结构及其动态运行的方式;而且这一特定的技术集成系统必须要与特定的自然、社会条件下诸多基本经济要素的合理配置(如资源、土地、资本、劳动力、市场、环境等)互相协同作用,通过设计、构建和运行,形成工程系统,并产生特定的、预期的功能和价值。工程与科学、技术、产业有着密切的联系,但又有所不同。对经济及其结构而言,工程是微观单元,产业是中观层次单元,而由不同产业构成的产业结构则处于宏观层次。工程是不断演化的,工程演化推动着产业的发展 and 产业结构的调整,甚至出现产业革命。

[关键词] 工程;演化;产业结构;优化

[中图分类号] N03 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2012)03-0008-07

1 前言

工程作为一种基本的活动是在“历史——现实——未来”的时间长河中不断演化的。在人类社会的历史进程中,工程、产业和产业结构都是不断演化的。当前的产业结构是历史演化的结果,而当前现实中的产业结构也正在发生变化,走向未来。工程演化的过程不是“杂乱无章”的,而是有规律可寻的,其重要表现形式和重要结果之一就是产业结构调整。

工程演化的理论不但要解释工程演化的历史轨迹,阐释当前的现实状况从何而来,而且要观察和分析当前的演化形势和发展趋势,要能够帮助人们认识“现实要向哪个方向发展”,要把握发展趋势和未来前景。未来的演化路径当然不可能是历史路径简单地“线性外推”,工程演化论研究不能只回顾过去而不观察现在,而且必须研究未来的发展。工程演化论研究应该成为研究产业结构调整问题的重要理论根据之一。

2 工程是直接生产力

2.1 什么是工程

工程是人类有组织、有计划、有目的地利用各种资源和相关要素构建和制造人工实在的活动,是直接生产力。

更具体地讲,工程是人类运用各种知识(包括经验知识、科学知识、技术知识特别是工程集成知识)和必要的资源、土地、资金、劳动力等基本要素,将之有效地集成—构建为具有使用价值的人工物的(人工产品或有效的服务)、有组织的社会实践活动。

在工程活动的概念中,有两个方面的内涵应该特别强调:

1)工程具有知识的特点包括技术、科学的内涵,当然其中也包含着工程科学、工程技术和工程管理,要在正确的工程理念引导下,通过集成的手段将这些知识转化为现实生产力。

2)工程是有计划、有组织、有价值目标的人工活动,因而有组织、管理的特点,其实质是要实现向社会提供有用的人工产品和某些服务,制造出相应的物质财富(造物过程),并获得经济效益和社会效益。

[收稿日期] 2011-12-18

[作者简介] 殷瑞钰(1935—),男,江苏苏州市人,中国工程院院士,主要研究方向为钢铁冶金过程工程,工程哲学;E-mail: zhangxx1977@163.com

2.2 工程活动与基本经济要素

工程活动必然涉及基本经济要素的配置(包括资本、土地、资源、劳动力等),工程还要善于通过有序、有效的系统组织、管理和实践,构建出新的人工存在物(或新的系统)。总而言之,在认识工程时,不能简单地将工程看成是“科学的应用”,更不能把工程看成只是对基础科学的“直接”、“简单”应用。

工程是指在一定边界条件下,即在客观自然、经济社会、人文要素和信息环境下,对技术要素与非技术要素的选择、集成、构建、运行、管理。

2.3 工程与科学、技术、产业之间的关系^[1]

2.3.1 工程

工程的特征,从知识角度看,工程活动可以看成是以某一或某些(几种)核心专业技术结合相关的专业技术以及其他相关的非技术性知识所构成的集成性知识体系,旨在建立起大规模、专业性、持续化的生产系统或社会服务系统。工程活动的特征是集成、构建。

2.3.2 科学

从认识逻辑的角度上看,认识、揭示自然界、社会事物的构成、本质及其运行规律属于科学范畴。可以简括地说,科学活动的特征是研究自然界和社会事物的构成、本质及其运行变化规律的系统性、规律性。科学活动的主要特征是探索、发现。

2.3.3 技术

技术是一种特殊的知识体系,体现着巧妙的构思和经验性知识。而现代技术往往是运用科学原理、科学方法并通过运用某种巧妙的构思和经验,由此开发出来的工艺方法、工具、装备和信息处理-自动控制系统等“工具性”手段。技术活动的特征是发明、创造。

2.3.4 产业

产业是社会生产力发展到相当水平以后,建立在各类专业技术、相关工程系统基础上的各种行业性的专业生产、社会服务系统。产业的特征是行业性、效益性。

工程与技术、科学既有区别又紧密相关,不同历史条件下,工程-技术-科学和产业之间的关系是在演变的。在现代,科学和技术(特别是“工程科学”和“工程技术”)对工程的推动是重要的,其推动的机制和作用也有一个历史发展的过程,并且直接或间接地推动着工程、产业和产业结构的调整、升级。

对经济及其结构而言,工程是微观单元,产业是

中观层次的单元,而由不同产业构成的产业结构则处于宏观层次。

3 工程的本质和模型

3.1 工程的本质

工程的本质可以被理解为利用各种知识资源与相关基本经济要素,构建一个新的人工物的集成过程、集成方式和集成模式的统一,如图1所示。

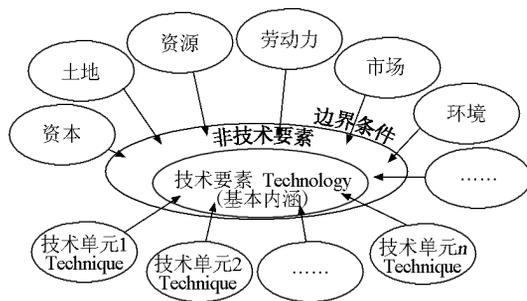


图1 工程活动的要素及其系统的构成

Fig. 1 The elements and systematic constitution of engineering activity

这可以从3个方面解析:

第一,工程是各种要素的集成方式,这种集成方式是与科学相区别、与技术相区别的一个本质特点。即工程集成的目的重在形成直接生产力。

第二,工程所集成的要素是包括技术要素和非技术要素(主要是基本经济要素)的统一体,这两类要素中,技术要素构成了工程的基本内涵,非技术要素也是工程的重要内涵。两类要素之间是相互关联、相互制约、相互促进的。

第三,工程的进步既取决于基本内涵所表达的科学、技术等知识要素本身的状况和性质,也取决于非技术要素所表达的一定历史时期中社会、经济、文化、政治等因素的状况。

从哲学的视角看,工程活动的核心是构建出一个新的人工存在物(如一个建筑物、一个工厂、一条道路等)。工程活动中所采用(集成)的各种技术(特别是专业核心技术)始终围绕着构建一个新的存在物的需要而展开,所以构建新的人工物是工程活动的基本标志,可见工程活动直接地体现为生产力。

社会、经济的发展不能脱离物质性的工程活动。工程活动有两端,一端是自然(包括资源等)与知识,另一端是市场与社会。工程立足于自然,运用各类知识和基本经济要素,转化为直接生产力,实现市场价值(经济效益)和社会价值(和谐发展、可持续

发展),如图2、图3所示。

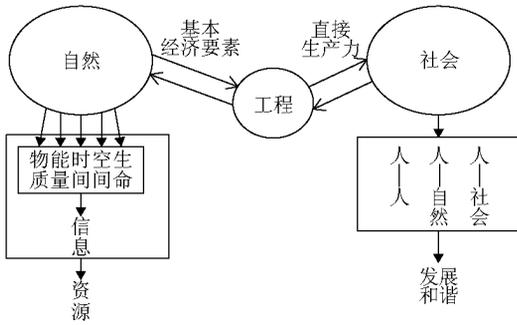


图2 工程与自然、社会的关系

Fig. 2 The relationship among engineering, nature and society

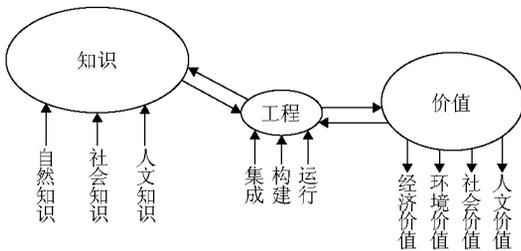


图3 知识通过工程产生价值

Fig. 3 Knowledge produces value through engineering

工程是直接生产力,而且是各类相关技术的动态集成系统。科学发现、技术发明一般都要通过工程这一动态集成系统,才能转化为直接生产力,进而通过市场、社会体现其价值(包括增值、就业、利润、社会服务、文明进步、环境友好等)。

3.2 工程的基本特征

工程活动体现着自然界与人工界要素配置上的综合集成和与之相关的决策、设计、构建、运行、管理等过程。工程活动特别是工程理念体现着价值取向。工程的特征是选择、集成与建构,并体现为工程集成系统动态运行过程的功能体现与价值体现的统一。

工程是经过对相关技术进行选择、整合、协同而集成为相关技术群,并通过与相关基本经济要素的优化配置而构建起来的有结构、有功能、有效率地体现价值取向的工程系统、工程集成体。工程功能的体现应包括适用性、效率性、可靠性、安全性、环保性等。工程体现了相关技术的动态集成运行系统,技术(特别是先进技术)往往是工程的基本要素。

技术的本质可以理解为对客观事物运动机理的理解和经过巧妙构思的再加工,从而获得的“工具

性”手段,技术模块通过“嵌入”工程系统而实现价值目标。技术的性质包括创造性、发明性、诀窍性、有效性、稳定性等。技术和工程都不是唯真理导向的,两者都存在着权衡、选择、构建、运行、演化等出自价值目标的导向。现代技术、现代工程需要基础科学、技术科学和工程科学的支撑和导向。

科学的本质则可以理解为对各类事物及其运动的本质、构成、运动规律的探索、发现并追求与真理的统一,科学不一定是唯价值导向的。

3.3 对“工程”模型思考

工程是在特定自然和社会条件下,相关技术群和诸多基本经济要素组合-集成在一起的系统。其中,技术集成系统体现着相关的、但功能又不同的异质技术群(不同的技术模块)通过动态有序的集成过程所形成的特定结构及其动态运行的方式;而且,这一特定的技术集成系统必须要与特定的自然、社会条件下诸多经济基本要素合理配置(如资源、土地、资本、劳动力、市场、环境等)互相协同作用,并通过设计、构建和运行,形成工程系统并产生特定的、预期的功能和价值。

从图4可以看出,工程是以一系列相关但又功能不同的技术模块集成起来的,技术模块及其动态有序的集成系统对工程起着基本要素的作用;然而,技术集成系统必须和基本经济要素合理地配置在一起,并通过互动-协同-集成-演进等过程才能形成功能,产生价值,进而对自然、经济、社会产生正面或是负面影响。

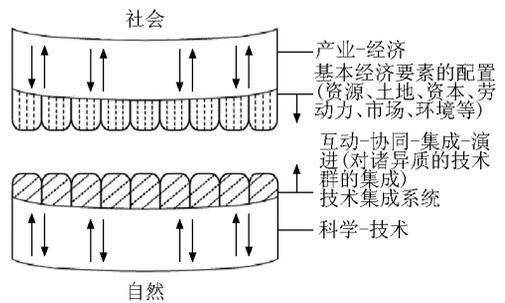


图4 工程集成的模型^[2]

Fig. 4 The model of engineering integration^[2]

在“工程”模型集成、构建的过程中,其逻辑程序应包括确立正确的工程理念—建立符合时代需要集成理论与方法(集成优化和演变创新)—设计与构建(结构-效率-功能的获得并优化)—动态运行与管理(多目标的优化选择与权衡)—开展生命周期评估—深化工程对自然—社会环境的适应性与

演变性的认识(拓展正面影响,避免负面影响)。

现代工程的理念,体现着自然-人-社会之间和谐发展,特别是自然-工程-社会之间可持续发展。

工程与工程演化体现着价值与战略的取向,具体发展路径的选择与取舍,对自然-社会-人文系统的适应性、选择性和进化性。

4 工程演化的过程是产业结构调整、优化的过程

在人类历史上,对社会经济起主导作用的工程、产业经历了一个不断更替的演变过程,“新兴工程”与主导性、战略性新兴产业成为新时代生产力的主要象征。人类历史的进展反映着工程、产业的演化,工程-产业的演化推动着经济、社会、文明的进步、发展。

4.1 工程演化的过程趋势

人类社会的演进与生产力发展(工程演化的标志)之间有着密切的关系。不同社会历史时期的劳动对象、劳动工具、劳动方式、劳动目的、劳动组织都是演变的,特别是生产力、生产关系发生了明显的变化,同时也出现了相应的淘汰落后过程。从人类社会的生产力发展进程——工程演化过程来看,在原始社会、农业社会,由于当时生活、生产的需要,人们主要集中在解决工具问题(如从石质的工具到青铜工具,再到铁制工具),实际上是解决初级材料的生产问题,而该时期的动力就是人力和畜力,因此生产方式只能是采集、狩猎和以农业和手工业为主的小规模生产。产业革命以蒸汽机的发明为标志,解决了几十马力、几百马力动力源的获得问题,促进了大规模工业生产方式的形成,带动了纺织、机械制造、铁路、造船、钢铁、桥梁、运河开凿、水坝建设、化工、房屋建筑等工程体系的发展。这一阶段,实际上是以动力工程的突破(这是前沿性“潮头”),带动了金属材料、化工材料、建筑材料、矿业资源开发、油气资源开发、交通运输和一系列相关的机械制造等物质性工程和产业的蓬勃发展(这是产业发展“大潮”的巨大载体)。

在材料物质、动力能源的工程和技术得到较好发展的基础上,需要解决信息问题、系统问题就相应突现出来了。电子计算机的发明、信息网络的发展和广泛应用引起了信息革命(这是又一波前沿性“潮头”),带动了计算机工程、通信工程、广播电视工程等以及与之相关的新能源工程、新材料工程的发展(这是新兴产业发展“大潮”的巨大载体)。进

而将进一步导致生物信息、生命工程的蓬勃发展,生物工程、基因工程、新医药工程、健康工程等新型工程、新兴产业作为载体具有巨大的生产力发展前景。

可见,在人类社会的发展进程中,物质性工程演化过程经历了以工具-材料性工程为主要引领的工程推动阶段,到以动力-能源性工程为主要引领的工程系统推动阶段,再到以信息-网络性工程为主要引领的工程系统推动阶段,并正在进入以生命-智能性工程为主要引领的工程系统推动阶段。当然,这只是一个工程、产业演化的发展脉络,实际上在每一时期,与物质材料-动力能源-信息-生命等相关的工程之间都有不同程度、不同形式的发展和升级,并且彼此之间往往是相互需要、相互促进、相互制约的。例如,机械工业、造船工业、铁路运输工业的发展,也相应地促进了对钢铁产量的需求和钢材质量的提高,内燃机、汽车、航空等工业的兴起,对石油工业的发展有着强烈的拉动作用;只不过是不同历史时期它们之间相互关系、相互促进、相互制约的程度、方式和引领带动的关系有所不同而已。

4.2 产业结构调整过程中“潮头”与“大潮”的结合

从上述工程演化的过程趋势可以看出,人类社会在产业结构调整、升级的过程中,往往有一些“前沿”性的技术和工程作为结构调整升级的潮流中的“潮头”,起带头作用(如铁器、蒸汽机、电动机、内燃机、计算机、网络等)带动整个“工程大潮”、“产业大潮”的“高涨”与“前进”。如果“潮头”的力量不够大,不能带动“大潮”汹涌澎湃地前进,那么这些“前沿技术”、“前沿工程”就未必能发展成为战略性新兴产业;可见战略性新兴产业不能孤立地从技术上看,而是要从新兴产业的兴起及其与原有产业结构之间的带动、升级和相互作用关系,综合地判断。作为战略性新兴产业不仅是本身具有“前沿性技术”和“新兴工程”的内涵,具有巨大的经济价值、社会价值,而且还应该兼具对已有的基础产业、传统产业的发展具有带动、升级的作用,这样才具有战略性、带动性。

5 工程演化的动力模型

在分析工程演化的动力机制时,必须注意不同类型的“力”(推力、拉力、制动力、筛选力)以及它们之间的互动关系(见图5)。

在图5中,工程演化的“动力系统”由“4种类型”的力量——推力、拉力、制动力、筛选力构成。

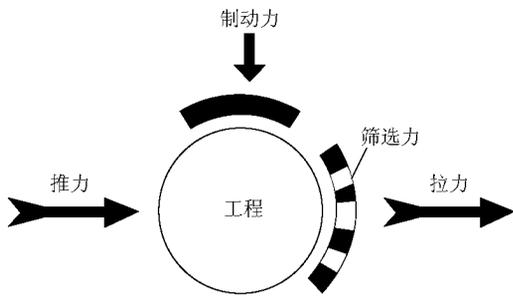


图5 工程演化动力系统的“力学”模型示意图

Fig.5 The mechanical model of dynamic system of engineering evolution

“制动力”的含义类似于“阻力”，但在强调的重点上，其具体含义又与“阻力”的含义有一定的差异。而“筛选力”则兼有“特定性质”的“演化条件”与“选择力量”的含义。在理解和解释工程演化的动力类型和动力关系时，不但需要注意发现、阐明和分析在工程演化中存在哪些不同的动力类型和动力关系，更要注意这些类型不同的、形形色色的具体动力的相互作用，特别是要注意这些动力形成了一个“动力系统”，要从“系统观点”认识和理解工程演化的动力问题。需要特别强调的是，提出以上“模型”的“意图”是要为工程演化的动力问题显示一个“动力系统”的简明“系统图像”，而不是企图更方便地用它作为一个工具去绘制一个“诸多动力要素”的“汇总表”。图6进一步指出了工程演化动力系统中不同类型“力”的具体内容。

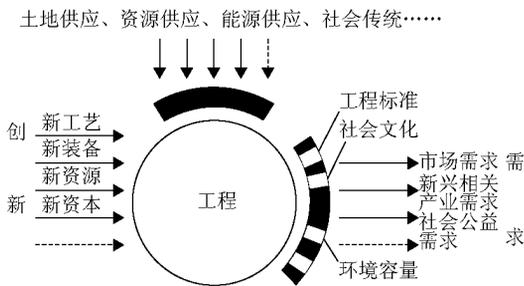


图6 工程演化动力系统的“解析”模型^[3]

Fig.6 The analytical model of dynamic system of engineering evolution^[3]

工程演化的动力系统是由许多动力成分构成的，在认识和分析“动力系统”时，既不能把“动力系统”当做一个“混沌的整体”，造成“迷雾中看花”的结果；也不能“只见树木不见森林”，只见个别动力要素而不见动力系统的整体及其结构。

在分析工程演化的动力系统时，必须全面分析

和把握“4种类型”的力量——推力、拉力、制动力、筛选力的互动关系，而不能仅仅关注某种类型中的“某一个”或“某几个”作用力，而忽视其他类型“动力”的作用和影响。如果上述动力系统中“力”的关系失衡，将会引起资源、环境的瓶颈性制约，会引起供过于求或供小于求的市场失衡，甚至会引起通货膨胀现象等。

6 工程演化与技术进步

6.1 工程演化与技术的作用

纵观工程的演化脉络，技术和技术进步是基本因素和重要推动力，技术是工程中绝对不可缺少的要素。对物质性工程而言，没有不需要技术的工程，也没有只有一种技术的工程，工程体现着相关的、异质的、不同种类技术的集成。任何物质性工程都需要一定的技术手段作为基础性条件，没有技术，工程活动很难迈开步伐。

在讨论工程演化中的技术和技术进步时，应该先对技术的发展过程进行区分（此处不讨论与原始时代相对应的手艺或农耕时代的作坊式技艺，而是指工业革命后对应于工厂规模化生产的技术），大体上可以从技术的形成—发展过程将技术的状态区分为两种，一种是实验室技术或研发中的技术，这种技术往往具有原创性但一般不太成熟，较难直接“嵌入”到工程系统中去；另一种是工程化的技术（工程技术），可以直接地、相对顺利地“嵌入”到工程系统中。可见，在工程活动中直接发挥重要作用的技术是工程技术。然而，实验室技术、研发中的技术往往具有发明、创造性，具有源头性，是必须重视的；当然还需要经过“工程化”的适应性转化过程，才能在相关的工程系统中发挥作用。因此，对技术进步而言，不仅需要重视实验室技术、研发过程中的技术，而且必须高度重视它们在不同条件下的“工程化”转化，才能在工程活动中使技术具有实用价值，才能真正体现技术进步的活力。

在不同产业（行业）的工程系统中，工程技术以其性质和功能来看，往往可以分为专业性和相关支撑性技术两类。例如，对于纺织工业而言，纺纱、织布、印染等技术属于专业性技术，而动力技术、运输技术、通风技术、土建技术就是相关支撑性技术；又如在钢铁工业中，炼铁、炼钢、轧钢等技术是专业性技术，而鼓风、制氧、起重、动力、运输等则是不可或缺的相关支撑技术。在工程演化的历史进程中，不同产业（行业）的工程演化

既受到专业技术的渐进性和(或)突变性进步的影响,又受到相关支撑性技术的渐进性和(或)突变性进步的影响,而且由于不同技术之间也还存在着相互选择、配套整合、互动适应等关系,所以技术进步的方式不仅以单体技术进步的形式出现,而且也有以互动、网络化的集成形式出现。

在工程实践中,某些技术进步有时也会有不确定性,即具有成功与失败两种可能。这种现象的出现,一方面是由于技术特别是单体技术对工程及其环境的适应程度不同,另一方面是由于工程从价值、目标出发对技术路线和技术进步的选择不同。可见,单元技术特别是新技术模块要接受工程系统出自价值目标的选择,并通过配套整合—互动协同—集成进化等机制“嵌入”到工程的系统中,随之出现不同形式工程的演化现象,这种工程演化可以是渐进性的,也可以是跃迁性的。

6.2 技术的选择

在工程活动中,对新技术的选择、采用十分重要,而且往往具有升级换代的标志性。而所选择的新技术,不仅包括新的专业技术,也包括相关支撑技术中的新技术,这种相关支撑技术中的新技术包括控制—管理技术、动力技术、装备技术、环保技术等。总之,工程系统对新技术的选择、采用和对落后技术的淘汰应该以全流程、全过程的视野来审视,权衡、判断后再正确地选择、采用。

在选择技术或新技术的过程中,要高度重视“壁垒”与“陷阱”这一哲学命题^[4]。一般地说,“壁垒”是看得见的障碍(如技术的难度等),“陷阱”则是看不见的危险(如由于采用了新技术引起全流程、全过程的结构失衡,导致工程系统的效率降低等)。在工程活动选择和采用技术、新技术过程中可能会遇到的“壁垒”和“陷阱”是多种多样、错综复杂的。在工程活动中选择技术,特别是新技术为的是克服技术“壁垒”,满足更高、更新工程目标的要求,但同时也要防止形形色色的“陷阱”。例如,要防止个别新技术的“孤立”领先,要注意防止相关技术不配套、不协同而引起的技术集成性不佳的系统“陷阱”等。所以,在工程活动中要防止盲目追求局部的、个别技术的“孤立”先进,即盲目追求跨越“壁垒”,而导致不知不觉地跌入“陷阱”,这种“陷阱”可能来自技术进步(新技术)本身(如不稳定、不可靠等),也可能由于工程系统中各类技术之间的不配套、不协同等。

总地看来,工程演化与技术进步有着十分紧密的关联,技术进步是工程演化的重要推动力,反过来,工程系统的目标需求(如市场需求、竞争力需求、可持续发展需求等)也对技术的发明、开发和应用有着强烈的拉动作用、引导或限制作用,因为工程是直接生产力的综合体现,工程直接体现价值、直接关联市场。

7 关于新时代产业结构调整的背景、特征与方向

随着我国以投资拉动、出口拉动为主的国民经济高速发展,在国力明显增强、国民生活水平日益改善的同时,一些深层次矛盾和问题日益凸显,人口、资源和环境、生态等瓶颈制约因素突现出来,前一时期的经济发展方式面临着不平衡、不协调、不可持续的严峻挑战,而且是复杂形势下的复杂命题。此时在经济社会发展全过程和各领域加速推动变革,通过战略性变革,坚定地、积极地转变经济发展方式,已是当务之急。

工程是不断演化并动态发展的,这是历史性的规律。工程演化包括突破性的技术创新、集成创新,及其与基本经济要素合理配置等内涵,工程演化的具体体现是产业结构优化和企业升级换代。不同类型、不同产业工程演化是相互关联、相互依存、相互制约的,这必将导致国民经济的结构变化和转变发展方式。

当前加快转变经济发展方式,首先要把经济结构战略性调整作为主要目标;要把建设资源节约型、环境友好型社会作为重要的切入点;要把保障和改善民生作为根本出发点和落脚点。

遵循工程演化的规律,突出工程科技创新,推动产业结构调整和优化。当前中国产业结构的调整,必须从历史和当前国际上产业升级的脉络中进行思考、选择和定向。与信息、生物、生命有关的,以革命性技术为基础的战略新兴产业应属引领性的、方向性的前沿“潮头”,也是新的经济增长点。与此同时,在信息、生物、生命工程和各种类型的节能、减排技术的推动和辐射影响下,原有的基础性产业的优化升级(如形成现代农业、现代能源工业、现代流程制造业、先进加工制造业、现代交通运输业、现代服务业等)则是全国产业结构调整 and 优化的庞大载体;其中,淘汰落后产品、落后工艺、装备和落后产业也是产业结构升级的重点。

以上述两方面为基础,积极发展合理区域范围内的产业生态园区,推动以物质链、能量链、资金链、信息

链相关联的循环经济发展,也是产业结构优化,促进不同类型企业升级换代、合理增长的重要战略措施。

面临当前复杂环境下,产业、企业作为市场竞争单元,复杂性命题不能靠单打一的方法,不能靠解决单一目标的路径来解决全面性的问题;应该靠综合集成的理论和方法,以调整结构、拓宽功能、提高效率 and 延伸产业链作为战略措施,解决多目标优化问题。

新时代要求发展新的生产力,新的生产力来自技术-工程创新,其形式包括颠覆性的技术创新和战略性的集成创新。

这些创新应融入到工程体系中,都必须以产业的形式体现出来,才能真正成为现实的、直接的生产力。

当前,信息产业、生命(生物)产业等作为前沿的“潮头”,正在带领、渗透、关联到基础性产业的革新、优化,形成新型结构的产业“大潮”,推动社会经济发展,实现可持续发展、和谐发展。

8 结语

工程是不断演化的,演化既包括进化,也有退化,

这导致了新兴工程、新兴产业的产生、落后生产力的淘汰并推动着产业结构的调整,甚至出现产业革命。

在当代社会系统中,进化永远是一种明亮的希望,而退化永远是一种忽隐忽现的威胁。没有哪个系统产生出来就注定会永远进化,淘汰落后是不可避免的。转变发展方式、调整产业结构是必须面临的挑战。

参考文献

- [1] 殷瑞钰,汪应洛,李伯聪,等.工程哲学[M].北京:高等教育出版社,2007:5-7.
- [2] 殷瑞钰,李伯聪,汪应洛,等.工程演化论[M].北京:高等教育出版社,2011:29.
- [3] 殷瑞钰,李伯聪,汪应洛,等.工程演化论[M].北京:高等教育出版社,2011:70.
- [4] 李伯聪.宏观经济视野中的创新扩散:突破壁垒和躲避陷阱.工程研究——跨学科视野中的工程[J],北京:北京理工大学出版社,2008(4):18.

Engineering evolution vs industrial framework optimization

Yin Ruiyu

(Central Iron & steel Research Institute, Beijing 100081, China)

[Abstract] Engineering is a human activity to construct and create artificial entity in a well-organized, planned and purposeful way by means of various resources and basic economic elements. Engineering is the direct productivity. Engineering is a dynamic system which is combined and integrated with related technology groups and a crop of basic economic elements under certain natural and social conditions. Technology integration system embodies the specified frame and dynamic operating ways formed by the dynamic and ordered integrating process of related but varied heterogeneous technology groups. This system must be allocated properly to and has a harmonious interaction with basic economic elements under certain natural and social conditions, such as resource, labor, land, capital, market and environment, and so on. They will form an engineering system and produce the specific and desired function and valued by being designed, constructed and operated. Engineering has the close relation but some difference with science, technology and industry. From the point of economy and its structure, engineering is the micro-unit, industry is the meso-unit, and industrial framework which is made of different industries is the macro-unit. Engineering is evolving constantly. The engineering evolution propels forward the industrial development and the adjustments of industrial framework, even if the appearance of industrial revolution.

[Keywords] engineering; evolution; industrial framework; optimization