

中国科学院研究生院工程与社会研究中心年刊 2005

第2卷

跨学科视野中的工程

杜澄 李伯聪 / 主编

工程研究

Engineering Studies

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

中国科学院研究生院工程与社会研究中心年刊 2005

第2卷

跨学科视野中的工程

杜 澄 李伯聪 / 主编

工程研究

Engineering Studies



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

工程研究. 第2卷: 跨学科视野中的工程 / 杜澄, 李伯聪主编. —北京:
北京理工大学出版社, 2006. 4

ISBN 7-5640-0733-8

I. 工… II. ①杜… ②李… III. 工程—综合管理 IV. C93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 024242 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / [http:// www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

电子邮箱 / chiefeditor@bitpress.com.cn

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京地质印刷厂

开 本 / 787 毫米×960 毫米 1/16

印 张 / 18.5

字 数 / 316 千字

版 次 / 2006 年 4 月第 1 版 2006 年 4 月第 1 次印刷

印 数 / 1~2500 册

定 价 / 34.00 元

责任校对 / 张 宏

责任印制 / 李绍英

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

卷 首 语

一年前,我们编辑出版了《工程研究——跨学科视野中的工程》年刊的第1集,我们想以此而在开拓跨学科“工程研究”(engineering studies)这个新领域方面做一些开路搭桥的工作。

《中华读书报》注意到了我们的这个认识和想法,在《工程研究》第1卷出版时迅速地发表了一篇书评,并且加了一个“编者按”。“编者按”说:“为迎接和祝贺世界工程师大会的召开,中国科学院研究生院工程与社会研究中心编辑出版了作为该中心年刊的《工程研究——跨学科视野中的工程》第1集。《年刊》着力推出‘工程研究’(engineering studies)这一新概念,提出从哲学、历史学、社会学等多学科角度对‘工程现象’予以研究。”“编者按”又说“现代社会生活中,工程无处不在,但‘工程研究’能否像‘科学元勘’、‘技术研究’一样发展壮大起来,现在还很难断言,也许,作为一份系列出版物,《工程研究》在未来将给我们答案。”我们很欣赏这个“编者按”,引为“知音”,因为我们也十分关切“工程研究”这个新的领域能否发展壮大的问题——这是一个只能由“未来”给出“答案”的问题。

现在,《工程研究》第2集出版了。我们希望能够以多种方式——包括继续编辑出版《工程研究》的方式——“续写”我们的“答案”;同时,我们也希望看到工程界和学术界的“仁人志士”以多种多样的方式给出“自己”对这个问题的“答案”。

2005年初,为推进跨学科“工程研究”这个新领域的进展,中国科学院研究生院工程与社会研究中心申请举办一次“香山科学会议”。经过认真筹备,以“工程创新与和谐社会”为主题的第259次香山科学会议于8月30日—9月1日在北京召开了,殷瑞钰院士、吴启迪教授、王树国教授和李伯聪教授为会议执行主席,包括傅志寰、王礼恒、张寿荣等6位工程院院士在内的40余位专家参加了会议。殷瑞钰院士、王树国教授和李伯聪教授作了中心议题报告;陆佑楣院士、汪应洛院士、吴启迪教授、方克定教授、杜澄研究员、叶中华教授、胡新和教授、胡志强教授、王大洲教授、李大光教授等专家作了专题发言。与会专家在充分研讨的基础上,围绕工程创新、工程人才、工程教育、全面建设小康社会、构建和谐社会等议题进行了深入而热烈的研讨,并提出了若干政策性建议。我们把这次会议的几个报告和发言作为《工程研究》第2集的第一个“专题”集中发表,希望能引起广大读者的关注。

在这次香山会议上,专家们提出了“工程创新是创新活动的主战场”的观点。专家们认为,科学技术是第一生产力,工程是现实生产力,直接生产力。工程绝不

单纯是“科学的应用”，也不是相关技术的简单堆砌和剪贴拼凑。工程活动是技术要素、经济要素、管理要素、社会要素等多种要素的集成、选择和优化。工程活动的灵魂是创新。从微观经济和企业范围看，工程创新的状况是决定一个工程项目成败的根本原因；而从宏观经济和国家范围看，一个国家工程创新的总体状况既是决定这个国家工业化进程是否顺利或者经历挫折的一个基本原因，同时也是衡量一个国家整体发展水平、文明程度的一项直接反映。纵观历史，世界各国工业化和现代化的发展历程其实就是一个不断进行工程创新的过程，工程创新能力直接决定着一个国家的发展状况和水平，甚至是兴起或衰落。

目前，全国人民正在为实现“十六大”提出的全面建设小康社会的宏伟目标而奋斗，为此，全国各地都在规划、设计和建设许多工程项目。在我国兴建的众多工程中，有些工程是鲜明体现了创新精神的为人民造福的工程，但也有一些是造成不良后果的工程。工程创新事关我国全面建设小康社会和构建和谐社会的大局，我们应该树立正确的工程理念，努力建设人与自然和谐、人与社会和谐的“双和谐”工程，这是我们构建和谐社会的重要基石。

这次香山会议还研讨了工程人才和工程教育方面的问题。工程人才主要由工程师、工人、管理者和投资者等四类人才组成，他们各有其不可缺少和不可替代的作用，工程人才必须组成集体和团队才能真正发挥作用。我国迫切需要造就世界级的工程大师和大量的工程创新群体。有专家认为，当前在世界上——包括我国在内——还严重存在着工程师的社会作用不被了解和理解、社会声望偏低的现象，工程师未能成为对青少年有强大吸引力的职业，这种状况如果不能扭转，其后果将是十分严重的。工程人才和科学人才是两种不同类型的人才，他们各有其自身的特点和教育、成材的规律，应该深刻认识和掌握工程教育自身的特点与规律，努力遵循和顺应工程教育的特点和规律办好各类、各级工程教育，努力创建有中国特色的、世界一流的工程教育体系，在中国教育发展规划中，应该确定在我国创建若干世界一流的工程教育名校的目标。

除香山会议这个“专题”外，《工程研究》第2集中还有其他多个栏目，其中有些栏目是新设立的。我们希望工程研究这个领域的研究工作能够在扩大范围和广度的同时努力开掘研究的深度。

跨学科“工程研究”的灵魂是理论联系实际，我们希望进入这个新领域的开拓者能在理论联系实际的大路上取得愈来愈丰硕的成果。南宋大诗人陆游在总结诗歌写作经验时感慨万千地说：“法不孤生自古同，痴人乃欲镂虚空。君诗妙处吾能识，正在山程水驿中。”在此，我们想引用陆游的另一首诗《初发夷陵》作为《卷首语》的结尾：“雷动江边鼓吹雄，百滩过尽失涂穷。山平水远苍茫外，地辟天开指顾中。俊鹘横飞遥掠岸，大鱼腾出欲凌空。今朝喜处君知否？三丈黄旗舞便风。”

目 录

工程创新与和谐社会

关于工程创新与落实科学发展观的认识	殷瑞钰	1
面向和谐社会的高等工程教育创新	王树国	11
工程创新和工程人才	李伯聪	28
当代工程观与构建和谐社会	汪应洛 王宏波	43
水坝工程的社会责任		
——论水坝水电站工程的生态影响和生态效应	陆佑楣	48
关于工程创新与工程哲学	方克定	55
关于推动工程创新与构建和谐社会的思考	杜澄	65
试论工程创新的一般性质	王大洲	73
从工程大国到工程强国:我们缺少的是什么?	肖峰	81
安全:一个工程社会学的分析	胡志强	89
工程师角色中的奥本海默		
——从工程创新的角度看	胡新和	95
“中国公众对工程的理解”研究设想	李大光	103

工程哲学

空间性分析:对中国工程历史的一种哲学考察	李三虎	119
工程哲学实践概念内涵的人文价值实现	李宏伟	146
当代西方工程哲学述评	陈凡 张玲	153

设计问题研究

使用后评估和公众参与设计		
——建筑设计民主化的新途径	罗玲玲 王健	162
基于面向对象思想的软件工程设计模式	赵玉鹏	174

工程、产业与社会

现代水利工程的正负效应、水生态伦理与生态水利	霍有光	184
------------------------------	-----	-----

钢铁产业国际转移路径与规律研究·····	韩 爽 李 凯	197
----------------------	---------	-----

科技与工程

当代科学与技术发展的工程化特点与发展中国家的后发劣势·····	陈家琪	207
---------------------------------	-----	-----

工程伦理学

现代工程、责任伦理与实践智慧的向度 ·····	孔明安	213
-------------------------	-----	-----

工程史

苏联援华工程与技术转移·····	张柏春 张久春	224
------------------	---------	-----

工程评论

对“万里黄河第一坝”的反思·····	包和平	243
--------------------	-----	-----

书 评

工程伦理的概念与案例·····	潘 磊 丛杭青	253
-----------------	---------	-----

唤醒对工程的“遗忘”

——读《工程研究——跨学科视野中的工程》创刊号·····	王大洲	259
------------------------------	-----	-----

学术动态

“工程哲学与科学发展观”研讨会暨第一届全国工程哲学年会综述

·····	赵建军	263
-------	-----	-----

发展中的工程哲学·····	赵建军	268
---------------	-----	-----

2005 年 5 月全国“工程与社会”论坛纪要 ·····	王大洲	272
-------------------------------	-----	-----

构建和谐社会必须大力推进工程创新

——香山科学会议第 259 次学术讨论会纪要·····	李伯聪 朱 菁	276
-----------------------------	---------	-----

中国自然辩证法研究会工程哲学专业委员会第二届年会纪要·····	丘亮辉	283
---------------------------------	-----	-----

Contents

Engineering Innovation and Harmonious Society — Selected Essays from the Xiangshan Science Conference No. 259

Some thoughts on engineering innovation and fulfilling the view of scientific development	Yin Ruiyu	1
Innovations of higher engineering education towards harmonious society	Wang Shuguo	11
On engineering innovation and engineering professionals	Li Bocong	28
The contemporary view of engineering and the construction of harmonious society	Wang Yingluo and Wang Hongbo	43
The social responsibility of dam engineering	Lu Youmei	48
On engineering innovation and philosophy of engineering	Fang Keding	55
Reflections on promoting engineering innovation and constructing harmonious society	Du Cheng	65
Some general features of engineering innovation	Wang Dazhou	73
From a large engineering country to a strong engineering country: What do we lack?	Xiao Feng	81
Security: A sociological analysis	Hu Zhiqiang	89
Robert Oppenheimer as an engineer: From a point of view of engineering innovation	Hu Xinhe	95
Considerations for studying public understanding of engineering in China	Li Daguang	103

Philosophy of Engineering

The method of spatial analysis: A philosophical examination of the history of engineering in China	Li Sanhu	119
The realization of humanistic value of the concept of practice in the philosophy of engineering	Li Hongwei	146
A survey of contemporary Western philosophy of engineering		

.....	Chen Fan and Zhang Ling	153
-------	-------------------------	-----

Studies of Engineering Design

Community participation in design and post-occupancy evaluation: New approaches of architecture design democratization	Luo Lingling and Wang Jian	162
Object-orientation as a design paradigm of software engineering	Zhao Yupeng	174

Engineering, Industry, and Society

Modern hydraulic engineering and its effects, ecological ethics, and ecological hydraulics	Huo Youguang	184
A Study of the pathways and laws of geographical transfers of the world's iron and steel industry	Han Shuang and Li Kai	197

Science, Technology, and Engineering

The engineeringlization of contemporary science and technology and the so-called "Curse To The Late Comer"	Chen Jiaqi	207
---	------------	-----

Engineering Ethics

Modern engineering, responsibility ethics, and dimensions of practical wisdom	Kong Mingan	213
--	-------------	-----

History of Engineering

Soviet's China aid projects in the 1950s and technology transfer	Zhang Baichun and Zhang Jiuchun	224
---	---------------------------------	-----

Engineering Review

Reflections on "the First Great Dam in China"	Bao Heping	243
---	------------	-----

Book Review		253
-------------------	--	-----

Academic Affairs		263
------------------------	--	-----

关于工程创新与落实科学发展观的认识

殷瑞钰

(钢铁研究总院名誉院长,中国工程院管理学部主任)

一、关于“科学—技术—工程—产业”知识链

人类的发展过程实际上是依靠自然、适应自然、认识自然和适度改造自然的过程,在此基础上通过发展和提高生产力,逐步构建起现代人类社会。在认识自然、发展社会生产力的过程中,人类积累了有关科学、技术、工程、产业等方面的知识,形成了一系列知识链和知识网络。

在认识到“工程科技是人类文明进步的发动机”的今天,进一步讨论科学、技术、工程、产业的本质及其相互之间的关系,对认清其哲学范畴、经济意义、社会价值是有所裨益的。

1. 关于科学的本质与含义

科学是研究自然界和社会事物的构成、本质及其运行规律的系统性、规律性的知识体系。科学的目的在于探求真理,弄清自然界或现实世界的事实与规律,求得人类知识的增长。所以,科学的特点是研究与探索、分类与归纳、发现与开拓,是对客观存在的诸多事物的构成、本质与运行规律的揭示和更为逼真的描述。科学(特别是基础科学)则注重的往往是公共知识、公共目标。

2. 关于技术的本质与含义

技术也是一种特殊的知识体系,现代技术往往是运用科学的原理、科学方法结合某些巧妙的构思和经验,开发出来的工艺方法、生产装备、仪器仪表、自动控制系统以及新产品等,这是一类经过“开发”、“加工”的知识、方法与技能体系。技术是需要更多的资金开发出来的有经济目的、社会目的的知识系统。技术的特点在于突出发明与创新。技术在很大程度上有其经济属性和产业特征。

3. 关于工程的本质与含义

工程是以一种核心专业技术或几种专业核心技术加上相关配套的专业技术所构成的集成性知识体系。工程的开发或建设,往往需要比技术开发投入更多的资金,是有很明确的特定经济目标或特定的社会服务目标的。工程往往表现为某种

生产作业线,某种工程设施系统,各种工业、农业、交通业、通讯业等的设施网等等。因此,工程既有很强的、集成的知识属性,同时具有更强的产业经济属性。

4. 产业的本质与含义

产业是社会生产力发展到相当水平后,建立在各类专业技术、各类工程系统基础上的各种行业的专业生产、社会服务系统。例如各类制造业、交通运输业、农林业、水利业、通讯业、医疗服务业等等。产业是经济范畴内的一种专门系统,它是由同类的或相似的工程专业体系和相关的工程技术相互组织、集合而成的。不同产业都有其专门的产业知识体系,所谓“隔行如隔山”。产业的目标主要是效益和公众利益,其经济性或社会公益性非常明显。

5. 关于知识链及其关系

从知识意义上讲,“科学—技术—工程—产业”是一种相关的知识链,当然不能理解为一种简单的线性链。往往是很复杂的知识链,甚至是多层次的知识网络,相互之间有着丰富多彩、复杂多变的关系(图1)。

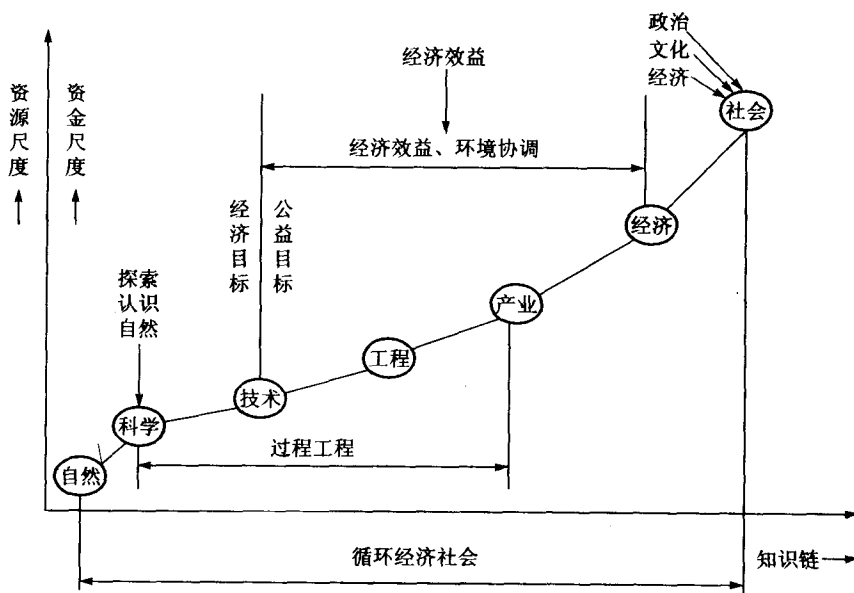


图1 知识链与资源尺度、资金尺度扩展过程的关系

如果要从经济角度上看分界,则科学(特别是基础性研究的科学)应是一种对自然界和社会本质及其运行规律的探索与发现,并不一定要有直接的、明确的经济

目标,基础性的科学研究实际上是一种将资金转化为知识的过程,其主要评价原则是基于对发现、揭示和学术原创性的承认。而技术、工程、产业则有着明显的经济目标或社会公益目标,在很大程度上是为了获得经济效益、社会效益(包括环境效益等)并改善人民的物质文化生活水平。技术、工程、产业的研究、开发,必将联系到市场、资源、资金、成本、利润、环境等基本要素。这是将资金通过对技术知识、工程知识、产业知识的开发并转化为现实生产力,以求得更大经济效益、社会效益(包括环境效益等)的过程。因此,不难看出:技术、工程、产业与经济的关联程度远高于基础科学与经济的关联程度;而且,越是在经济快速发展时期,特别是国民经济产业结构调整时期,经济发展对工程(技术)创新的需求越高。

二、关于工程、工程科学与工程管理

工程既有与技术的关联性又有与产业、经济的关联性,工程往往是将知识集成地转换为现实生产力的关键环节。因此,有必要对工程的内涵进一步讨论、研究。

1. 工程是什么?

某一特定工程是由某一(或某些)专业技术为主体和与之配套的通用、相关技术,按照一定的规则、规律所组成的、为了实现某一(或某些)工程目标的组织、集成活动。从哲学的角度上看,工程活动的核心标志是构筑一个新的存在物,在工程活动中各类技术的集成过程是围绕着某一新的存在物——即在一定边界条件下优化构成的集成体。

因此,工程活动的一般表述应是包括确立正确的工程理念和一系列决策、设计、构建和运行等过程的活动,其结果又往往具体地体现为特定形式的技术集成体。从某种角度上看,工程具体表现为相关(或系列)技术的不同集合;或者说,工程的内涵与技术的内涵有某种程度上的同质性和关联性,技术是工程的基础或单元,工程则是相关技术的集成过程和集合体。

工程的内涵常常与特定产品、特定的制造(工艺)流程、特定企业或特定产业相联系,工程活动与产业活动具有不可分割的内在联系;人们很容易把工程概念与特定产业工程甚至和经济、环境、人文等因素联系起来(图2)。

工程的实质内涵之一就是某种形式的科学应用(即对基础科学、技术科学的应用);另一方面,由于工程是特定形式的技术集成过程和技术集成体,在这种集合、集成的过程中,本身也蕴涵着科学问题——工程科学。因此,工程不应简单地表述为“科学的应用”,也不是相关技术的简单堆砌、拼凑,工程在其对技术集成的过程中存在着更大时空尺度上的工程科学性质的学问。

2. 关于工程科学

工程科学是从工程实践中所遇到的各类事物和现象的深入观察和思考开始,通过对各类事物、各种技术、各种现象、各种事件的分析、研究,进而探索、归纳、揭示工程系统内部隐藏的某种贯穿始终的、带有普遍性的、朴素的真理与美感。

研究工程科学需要具有坚实而宽阔的学科理论基础和丰富的实践经验,充分的想象力,敏锐的判断力,善于用独特的视野和方法去认识工程系统的本质及其合理构成和运行规律,去追求蕴藏在复杂的、丰富多彩的工程活动中内在的真理和协同的美感。这种美感是体现在工程现象的多样性内部隐藏的规律的同一性(例如从简单到复杂,再从复杂到集成简化等),是事物不停地运动演化过程中某些物理量和几何量的对称性和相对不变性,是外部绚丽多彩现象下的内在简单性。包括工程科学在内的科学的美是属于理性的美,都是主要通过事物共同遵循的结构(例如开放系统的耗散结构)和运行规律(例如追求动态—有序和运行过程耗散“最小化”)表现出来的美。与艺术对美的理性认识是通过感性表达出来有所不同,科学(包括工程科学)则以客观世界作为对象,它注重的是客观事物之间的关系和相互作用,是它们运动变化的内在规律。科学对美的感性认识通过理性表达出来。

统括起来看工程科学所追求的真理和美感包括了:

- 探求和发现工程系统中呈现出来的客观事物或现象的本质和运动规律;
- 各种由简单到复杂和由复杂到简化的现象的内在规律;各种不同类型工程的结构演化过程中某些物理量和几何量的对称性及其运动变化的永恒性;
- 各种不同类型工程(事物或现象)所呈现的及其演化的多样性和内在简单性;
- 各种不同类型工程(事物或现象)运动的连续性、协调性、节律性和“突变”性等。

对于工程科学的观察、研究方法而言,应该是有别于基础科学的研究方法的,这是由于在一定领域内两者研究的时—空尺度、质—能量纲是有所区别的,多数基础科学范畴内的研究过程一般是从识别过程的细节着手(即一般都是用“还原论”的认知方法),像电脑扫描那样,扫过所有的细节,才能得出整体的图像。然而,工

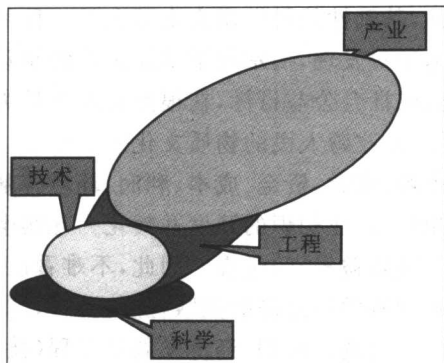


图2 工程与技术、产业之间的关系

程科学范畴内的研究方法,一般从研究工程的整体特征和总体目标(群)开始,然后通过解析—集成、集成—解析等反复优化过程不断完善和补充细节,进而获得对整体特征的本质及其运动规律的更深入的认识。在这种识别过程的方法上科学家、工程专家应该向艺术家学习;艺术家早就清楚地认识到,要深入描述整体,必须先识别整体并确定其神态,然后补充细节。画家只需寥寥几笔,就能抓住对象的特征,不仅形似,而且神似,甚至入骨三分,可谓“画龙画虎还画骨”。

由于工程不能脱离“集成”,因此,研究工程科学在方法上往往必须突破“还原论”方法的局限,需要通过解析—集成的方法,需要善于识别复杂系统的合理构成和动态运行过程,对工程过程系统中不同单元、不同尺度上的行为之间的关联性及其运行机理进行研究;从不同单元的行为当中归纳出微观机理与宏观现象、整体结构—功能之间的关系。进而,研究复杂工程系统中结构形成的机理与演变规律;研究复杂工程系统结构与行为的关系;研究系统性质“突变”及其调控等方面属于工程科学层次上的学问。

3. 关于工程管理

人们很容易注意到工程是处在自然与社会的中间环节上,工程是处在作为特定的技术集成体位置和转化为特定产业的现实生产力的位置上,因此工程不仅要体现技术集成的结果以及集成过程中的客观规律,而且也必然会关联到工程在实现其现实生产力过程中所涉及的理念、决策、设计、构建、组织、运行等内容和环节,以及资源、资金、人力、土地、环境、信息等要素的合理配置,因此必将引起特定的管理问题——工程管理。

工程管理是围绕着工程活动产生、发展的一系列特定管理活动和学问,包括了决策管理、计划管理、设计管理、施工管理、生产技术管理、产品管理、生态—环境管理和产业管理等等,这些管理学问构成了特定的工程管理学问。一般而言,工程管理学问是与各种技术特征、产品特征、企业特征特别是产业特征强烈相关的管理学问,工程管理往往是工程技术、工程科学和管理方法、管理科学交叉、融合的结晶。

工程管理是指:为了实现预期的目标(群),有效地利用各类资源,在正确的工程理念指导下,对工程进行决策、计划、组织、指挥、协调与控制的活动与过程。一般而言,工程管理具有系统性、综合性和复杂性。由于工程具有技术集成性和产业相关性,所以,工程管理也必然具有与技术、产业相关的特殊涵义。显然,工程管理不同于一般管理。

三、工程创新是创新活动的主战场

工程架起了连通科学发现、技术发明与产业发展之间的桥梁,是产业革命、经济发展和社会进步的强大杠杆。在我国建设创新型国家战略的实施过程中,工程创新应是一个关键性环节,工程是诸多知识转化为现实生产力的集成性创新环节。

1. 工程是现实的、直接的生产力,是创新活动的主战场

科学、技术转化为现实生产力的功能一般都要通过工程这一环节。科技成果的转化、技术创新的体现,归根结底都需要在工程活动中“实现”并检验其有效性、可靠性。从经济发展和社会进步的历史和现实中可以看出,对于一个国家、地区、产业、企业而言,工程创新是创新活动的主战场。一个国家,如果不能在这个“主战场”上取得实实在在的进展,其经济和社会的发展速度必然迟缓,甚至徘徊不前。

在过去的几十年中,某些国家尽管拥有大量的科研理论成果,但由于缺乏有效的工程转化(更具体地讲,由于科学研究、技术开发与经济在很大程度上相分离),结果使科学研究成为“孤立”的行为,这是造成这些国家经济发展缓慢的原因之一。与此同时,有些国家虽然其科研理论成果在很长的一个时期内不如某些国家多,诺贝尔奖获得者也没有这些国家多,但它们在工程转化上效率高,在战后不长的时间内实现了崛起,其综合国力明显上升。

在国内,不少方面也存在着科学研究、技术开发与工程创新、经济发展缺乏协调性、统一性的所谓“两张皮”现象。这必然导致科技成果转化率低。造成这种现象的原因是复杂的,其中重要原因之一是缺乏工程创新是创新活动的主战场意识。或者是理论上是认识到了,但在实践上存在困难或偏差。

看来,在我国建设创新型国家的进程中,一个最关键的衡量指标就是看工程自主集成创新这个主战场上取得什么样的成就和进展;因为,建设创新型国家的目的是为了整个国家的综合竞争力和实现可持续发展能力。

2. 实现新型工业化的过程是一个不断进行工程创新的过程

纵观世界各国工业化、现代化的发展进程,可以得到一个重要结论:工程创新是一系列技术进步及其集成性创新的体现,工程创新直接决定着国家、地区的发展速度和进程。

然而,对一个国家、地区乃至产业、企业而言,工程创新是“一波”又“一波”地不断创新的过程,应该看到“不断创新”是个过程,而不是“突破一点,全面解决,一劳永逸”。

回顾中国现代史,可以看到,中国工业化的进程也是通过“一波”又“一波”的技

技术进步和工程创新的过程而取得进展的,例如 20 世纪 50 年代的“156 项”建设工程,继而是以“两弹一星”为代表的自主工程创新,改革开放后,通过引进、消化、吸收、再国产化等工程再创新活动,我国工业化、现代化的进程逐步走向正轨,并得到快速发展。这些经验告诉我们:中国现代化的过程要走上轨道,并得到快速发展,必须是立足在“一波”又“一波”的“集群性”的工程创新上,而不能停留在单一技术的突破或是个别理论问题的解决上,否则工业化、现代化主战场的问题很难收到实效,而“两张皮”的现象继续存在,新型工业化道路也会受到影响。

3. 工程创新事关建设全面小康社会的大局

建设全面小康社会的实施过程包括了丰富多彩的内容,其中最引人注目的内容之一就是要在全国各地规划、设计和建设成千上万、大大小小的各类工程项目;也可以说全面建设小康社会离不开各类工程活动——特别是一些大型和特大型工程项目的建设。为了这些工程的效益、效率和竞争力,在实施、实现过程中,必须突出工程创新。

工程创新不是少数工程技术人员的事,也不是局部地区、个别企业的事,工程创新(特别是工程创新理念)应是全国、全社会、全民的事情,涉及到创新意识和激情,它是直接关系到建设小康社会全局的大事。

工程创新包括了丰富的内涵。首先是工程理念创新、工程发展战略创新,工程理念和发展战略直接关系到国家经济发展格局,应该看到,现在的工程理念、工程战略正是塑造未来国家面貌的,所以各类工程特别是大型、特大型工程的实施,不能就事论事,不能因循守旧,更不能为了一时的“增长”而复制落后,而是要强调技术升级、产品换代,强调综合利用好各类自然资源和社会资源,强调市场竞争力和可持续发展能力。要在各类工程活动中善于通过综合集成,构成工程创新的理念和具体发展战略。进而研究发展规划(包括各类项目计划)和实施步骤,然后,才有新一代设计、新一代制造技术、新一代控制技术、新一代的工厂以及新一代产品等等。

这种工程创新理念是反映科学发展观的,是实现和谐社会的重要体现,因而是事关建设全面小康社会大局的。

四、关于工程创新的特点和规律的讨论

要大力提倡工程创新,应该认识和掌握工程创新的特点和规律。虽然在现实情况下每项工程都有各自的具体情况和特色,但从总体上看,工程创新作为一种概念而言,还是有一些共性的特点和规律的。简要讨论如下:

1. 工程创新是集成性创新

工程的本质和基本特点在于“系统性”、“复杂性”、“集成性”和“组织性”。工程不是单纯的“科学的应用”，也不应是相关技术的简单堆砌和剪贴拼凑；各类优秀的工程追求的是在对所采用各类技术的选择和集成过程中、对各类资源的组织协调过程中，追求集成性优化，构成优化的工程系统，因此，工程创新的重要标志体现为“集成创新”。

工程的集成创新往往体现在两个层次上：

第一个层次是技术要素层次，工程创新活动需要对多个学科、多种技术在更大的时空尺度上进行选择、组织和集成优化。这就是说工程不可能只依靠单一技术，在进行工程创新时，如果只有单项的技术创新成果，而缺乏与之相配合的相关技术的协同支撑，就不能达到预期的工程效果，甚至可能酿成工程失败。因此，在工程创新活动中，必须高度重视集成性的创新，特别是自主集成创新，才能真正收到“创新”的实效。

第二个层次是技术要素和经济、社会、管理等要素在一定边界条件下的优化集成。在工程活动中，常常涉及人、物质流、能量流、信息流等方面的问题，这是由于各类工程活动不仅是技术活动方面的集成优化，而且必须在工程总体尺度上对技术、市场、产业、经济、环境、社会以及相应的管理进行更为综合的优化集成。也许可以说，工程活动实际上是在一定社会、经济条件下对诸多要素的集成和优化的过程，某一工程往往有多种技术、多个方案、多种实施路径可供选择，工程创新就是要在发展理念、发展战略、工程决策、工程设计、施工技术和组织、生产运行优化等过程中，努力寻求和实现“在一定边界条件下的集成和优化”，这应是一个核心思想和命题。换言之，工程创新有些需要基础科学层面上原始创新的推动和支撑，但在不少情况下，并不一定要依靠基础科学层面上的“原始性”创新。

2. 工程创新既要重视“突破性”的创新，也要重视渐进性、积累性的创新

在工程创新活动中，根据创新的“性能”和“程度”也许可以划分为“突破性”创新（或“革命性”创新）和“渐进性”创新（或“积累性”创新）两大类型。

在实践中，“突破性”创新显得特别引人注目，因为其中体现了高妙的才智和巨大的价值。当然应该高度重视。然而，在另一方面，也应承认，在实践过程中，更多的工程创新是通过“渐进性”的积累、改进过程实现的。在创新过程中，由于工程具有集成优化的特征，需要不断地优化或改进，因此“渐进性”创新（或“积累性”创新）同样具有非常重要的作用和意义。

在这个日臻完善的集成优化过程中，如果从单个技术来看，它们的进步并不一定具备特别振奋人心之处，但是诸多单体技术的集群性进步并经过合理组合、集成