

文章编号:2095-0365(2010)03-0001-09

论工程创新

徐长山¹, 刘攀²

(1. 石家庄铁道大学人文学院, 河北 石家庄 050043;

2. 中铁二十五局集团 广州公司, 广东 广州 510405)

摘 要:工程创新是整个国家创新体系的一部分,地位十分重要。工程创新具有周期性、集成性、突破性和渐进性、普遍性和特殊性等特点。矛盾是推动工程创新的动力,矛盾为工程创新提出课题、提供经验、开辟道路。我国的工程创新能力不断提高,但与发达国家相比,仍然存在不小的差距。提高工程创新能力,必须要有创新的思维方式和方法,必须把学校培养和实践训练结合起来,走产学研合作之路,形成工程创新团队,始终瞄准工程建设第一线的重大问题,始终瞄准工程建设第一线的重大问题进行创新。

关键词:工程;创新;特点;方法;能力

中图分类号:B151 **文献标识码:**A

江泽民同志说:“创新是一个民族进步的灵魂,是一个国家兴旺发达的不竭动力。”^[1]创新也是工程发展的灵魂和动力。一般认为,工程是创新的主要领域和主要战场,一切先进的科学理论、先进的生产工艺、先进的技术装备、先进的管理方法,都要在工程活动中应用或生成、革新与发展。

一、工程创新的特点

一般认为,创新概念最早是由美籍奥地利经济学家约瑟夫·阿罗斯·熊彼特(Joseph Alois Schumpeter)在1912年出版的《经济发展理论》一书中提出的。在熊彼特那里,创新是一个综合性的经济学概念,是一种特殊的经济活动。熊彼特认为,创新就是企业家抓住市场机会,重新组合生产要素的过程。创新包括:引进新的技术或工艺;开发新的产品或改进产品;开辟新市场;获得原材料的新供给;采用新的管理方法与组织形式。

《创新经济学》的作者、英国经济学家弗里曼(Freeman)把创新定义为:“第一次引入一种产品(或工艺)所包括的技术、设计、财政、管理和市场”的过程,也就是说,创新是一个把科技成果转化为

能在市场上销售的商品或工艺的全过程。它包括研究过程(形成新的思想和发明);新产品开发、试验和生产过程(把发明变成产品或工艺);市场、销售、技术扩散过程(商业化)。由此形成一个完整的创新链条。创新的本质特征在于研究开发与经济发展两者的有效结合。创新的根本目的是推动技术发明创造的成果在生产中的应用和促进新市场的开拓,从而获得最大限度的利润。

工程作为建造集成物的经济活动,是创造物质财富,实现经济发展的基本途径,因此工程必然是各种创新活动得以发生的重要场所。工程创新不仅是组合各种生产要素,而且是重新组合各种社会要素的过程。工程创新活动也是多方面的,并且贯穿于工程全过程。从工程过程看,有工程规划创新、工程设计创新、工程建造创新、工程使用创新。而贯穿于工程过程的,又有工程理念创新、工程技术创新、工程管理创新、工程制度创新等。

工程创新是整个国家创新体系的一部分,地位十分重要。在“自然—科学—技术—工程—产业—经济—社会”的链条中,工程处于“中心”地

收稿日期:2010-05-15

作者简介:徐长山(1950—),男,教授。石家庄铁道大学社会科学研究所所长。研究方向:工程哲学。

位。科学知识、技术知识要转化为直接生产力,必须通过“工程化”这个环节才能实现,游离于工程活动之外的科学知识(那些尚未应用生产的发现或发明)只是“潜在”的生产力。通过工程,大规模、社会化的创造物质财富的产业也才能形成。正因如此,国家创新体系中的科学、技术、产业、经济、社会等各类创新资源的有效集成,通常需要在工程活动中得以实现,而各类创新资源的有效集成正是国家创新体系的核心功能。所以,工程创新是国家创新体系运行的基本实践形式之一。

工程创新是推动工程发展乃至整个经济社会发展的根本动力之一。在知识经济时代,创新不再是偶发的事件,而成为了一种常规化的行为。工程不能创新,就只能在低水平上重复而不能发展。企业不思进取,不能创新,便无法在激烈的市场竞争中生存。在建设创新型国家的进程中,工程活动这个创新的主战场应该大有作为。

工程创新的特点可以归纳为四个方面:

(一)工程创新的周期性

辩证法有一条重要规律,即否定之否定规律,揭示的是事物发展所经历的长过程,往往是一个由肯定到否定再到第二次否定,即否定之否定的过程,黑格尔把其表述为“正—反—合”。经历这样的三个阶段和两度否定以后,事物的发展才能达到比较完善的程度,接着进入一个新的发展周期。否定之否定规律是适用于任何领域的普遍规律,当然也可以用来说明工程创新的周期性。

例如在工程设计中,工程师往往就是按照“正—反—合”的规律完成设计上的创新工作的:当某一位工程师有了一个设计之后,他会对其之进行批判,从而创造出一个新的设计,然后再批判新的设计,最后,工程师就得到了一个“扬弃”了前两个阶段的合成的新产品。这就是一个工程设计创新的周期,接着当然还会有一个新的设计周期出现。

熊彼特在1912年的《经济发展理论》一书中提出的著名的“创新波动”理论,与否定之否定规律是吻合的。熊彼特认为,创新一经出现,必然引起模仿;模仿引起创新浪潮,于是经济走向高潮;当很多企业实现模仿之后,创新浪潮消失,经济也就停滞了。这时,经济再要发展,必须有新的创新。创新浪潮引发了经济的波动增长。熊彼特这一“创新波动”理论,也适合于工程创新的规律。

工程创新也是一个创新—模仿—再创新的周期波动、连续不断的过程,由此推动工程持续不断地发展。为此,处于工程系统中的各类企业,要研究和适应这一规律。如一个工程机械制造企业要想在竞争中取得优势地位,就必须不断创新推出新产品,并且力争在每一个创新周期中处于领先地位。而一个建筑工程企业要想在竞争中处于优势地位,就必须在每一个周期开始时努力采用新的更先进的设备、技术、工艺和方法。

在当代新技术革命的浪潮下,“创新波动”的周期已大大缩短,技术创新的频率加快,而且是许多相关技术彼此支撑、相互影响、共同创新的“技术创新群”。与此相应,经济波动的周期也大大缩短,增长与停滞的界限已不那么明显,整个经济的发展比以往要迅速得多。工程创新也是如此,工程技术的更新换代很快,新的建造工具不断推出,工程产品的附加值越来越高,工程建设的速度可谓一日千里。当然,工程也是有高潮、有低潮的,是带有周期性的。就大型土木工程来说,发达国家经过了二十世纪50~80年代的高速发展,已经转入低潮;而新兴的发展中国家还处在大规模工程建设的高潮中,再过二、三十年也会转入低潮。工程建设的周期性,不仅与技术创新的波动有关,而且与整个社会的需求变化、经济增长的规律性密切相关。

(二)工程创新的集成性

工程中的矛盾是相当复杂的,有工程系统内部各个环节和要素之间的矛盾,也有工程系统与外部环境,或者说其他系统之间的矛盾,如经济的、政治的、文化的、社会的诸多因素都会对工程系统发生影响。工程作为综合性的建造或构筑,所涉及的科学门类、技术因素、工艺和方法特别多,所涉及的各类社会资源也特别多。因此,工程创新往往是集成创新,集成创新是工程创新的显著特点。工程是在各类技术的选择和集成过程中及对各类社会资源的配置过程中,追求集成优化、构成优化的工程系统。一方面,工程创新需要依托多个学科、多种技术在更大的时空尺度上对各类技术资源要素进行选择、组织和集成优化;另一方面,技术要素还要和各种社会要素在一定边界条件下实现优化集成。特别是那些浩大的工程,如三峡工程、高速铁路工程、航天工程等等,都比较典型地表现出这种集成创新的特点。就是比较

小的工程,科技含量也在不断增加,也需要运用多种技术资源和社会资源的集成才能完成。

既然工程的创新是集成创新,那么任何一项工程,特别是那些浩大的工程,就需要汇集各方面的技术力量、社会力量协同攻关,需要集中各方面专家的智慧对工程进行可行性论证。这里,既包括硬的技术专家的智慧,也包括软的人文与社会科学方面的专家的智慧。

现实中存在的偏颇主要是忽视软专家的意见,许多工程的论证存在软专家缺位或参与不够的现象,应该得到纠正。人文与社会科学方面的专家在工程的环保、人性化、文化内涵等问题上有独特的视角,可以弥补技术专家在这些方面的不足,所以工程论证应当有他们的参与,应当听取他们的意见。

(三)工程创新的突破性和渐进性

解决工程中不断出现的矛盾,需要不断创新,而工程创新又是突破性和渐进性的统一。前者是打破旧结构、再造新结构,产生根本性变革的创新;后者是通过不断积累、逐步改进和完善等过程实现的。通过某些单元过程的小改小革,通过诸多单元技术的集群性进步以及合理组合,集成优化到一定水平后,也会出现“改型”、“换代”的突破性工程创新效果。突破性和渐进性是相互联系的,没有渐进性不可能实现突破性,突破性是渐进性累积的结果。这是量变引起质变的道理。为此,在工程活动中,决不能忽视点滴的技术进步,一定要重视微小的创新积累。工程活动中的改革可以解决小矛盾,一个一个小的矛盾解决了,那么工程中大的矛盾也就解决了。

工程的集成创新过程,也可以用部分和整体的矛盾关系加以说明。任何工程都存在部分与整体的矛盾,解决这个矛盾的基本途径,就是对一系列的单元部分进行创新,最后由这些部分创新集合成系统整体的创新。如杭州湾跨海大桥全长30多公里,是世界最大跨度的海上桥梁,是建在世界三大强海潮区域之一的、技术难度和施工难度相当大的桥梁工程。建设者们就是通过一系列单元技术难题的革新,如测量定位技术、海工耐久性混凝土技术、钢材耐久性技术、深水基础施工技术、浅层气区域钻孔桩技术、大吨位桥梁架设技术、大跨度桥梁健康监测系统技术等等,最后形成了在海上建大跨度桥梁的完整技术的创新。

(四)工程创新的普遍性和特殊性

工程创新是普遍存在的,但在不同国家和地区之间,不同产业之间,不同类型的工程之间,其创新的具体表现和具体特点却有很大的不同。如航天工程需要对发动机技术、燃料技术、新材料技术、控制技术、测量技术、安全技术,以及航天医学技术等多种技术进行集成,才能最终把航天员送上天。而高速铁路工程,主要是把包括新材料、新的施工机械、新的施工方法等建造技术创新,快速“动车”技术创新,以及运输组织与管理创新统筹考虑,有效集成,从而保证高速铁路这一复杂工程创新的成功。再如三峡工程,除了工程技术上的复杂综合外,组织管理、资金筹措、移民、环保等问题都需要妥善处理。为了促进工程顺利进行和保障工程质量,单是工程监理系统便设立了试验中心、测量中心、安全检测中心和水情气象中心。在三峡这一浩大的工程中存在着各种各样的创新行为,这些创新因素相互协调,共同构成了集成创新的系统。上述几种工程创新,虽然有一些共同之处,但毕竟有许多不同的特点。为此,在认识、管理和评价不同的工程时,应该有不同的创新要求。

我国是一个发展中国家,人口数量庞大,人均资源占有量低于世界平均水平,我国的社会主义现代化建设面临着人口、资源和环境的严峻挑战。这一特殊的国情,决定了我国不能完全照搬和复制发达国家工业化的道路,只能走出一条“科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少、人力资源优势得到充分发挥”的新型工业化道路。这应该成为我国进行工程创新的一个重要指导思想和基本原则。加上我国的社会制度、文化传统与其他国家也不同,就使得我国的工程创新带有自己的特点。

二、矛盾是推动工程创新的动力

工程创新是有目的的活动,目的是为了工程活动中的问题即矛盾,这是工程创新的意义和价值所在。正因为工程中有矛盾才需要创新,同时这也是矛盾在推动工程创新的发展。关于矛盾推动工程创新,可以从三个方面进行论述。

(一)矛盾为工程创新提出课题

创新首先要有“问题意识”,针对问题而创新。问题就是矛盾,问题来自于工程实践中的矛盾。

工程中的问题和矛盾形成了各种各样的课题,通过课题研究而达到工程创新,通过工程创新达到矛盾的解决。例如,1997年以来,为了解决铁路运力紧张问题,更好地适应国民经济快速发展的需要,铁路进行了六次大提速。伴随铁路提速,就有了新的铁轨、道岔、道床、机车、施工机械等包含着新技术、新工艺的一系列新产品。现在又开始实行客货分离,建设客运专线(高速铁路),为此又开发了很多新技术、新设备、新的工艺和方法,如快速“动车组”、“四电”新技术、无砟整体混凝土道床。

工程中的矛盾无处不在、无时不有,旧的矛盾解决了,又会出现新的矛盾,矛盾层出不穷。因此不断提出新课题,也就需要不断创新,不断地解决工程中的矛盾。例如,隧道开挖工程,开始是手执风枪开凿岩石,后来是用台式自动风枪开凿,现在是用一次成洞的大型“盾构机”和TBM机开挖,就是一个不断采用新技术和新设备,从而不断解决隧道工程中的矛盾的过程。TBM机和“盾构机”这样两种机械的创造,解决了不同地质条件下隧道施工的难题。又如,就工程机械的工作装置而言,由传统的挖掘机、推土机等机械传动,到后来发明了液压传动,再进一步又采用了自动化控制系统,这样不断的创新,就解决了机械作业中的一个又一个难题,使工程建设的速度、质量、效率等一步一步得到提升。

(二)矛盾为工程创新提供经验

工程中总是不断出现矛盾,又不断解决矛盾。而在不断解决矛盾的过程中就积累了许多的经验,如安全生产的经验、质量保证的经验、加快进度的经验、建造工艺的经验、施工组织的经验,等等。这些经验为工程创新提供了宝贵的思想“原材料”和思想“半成品”或“初级产品”,就使工程创新有了丰厚的基础。任何工程创新都必须以既有的经验为基础才能完成,这也就是认识来自于实践,认识是实践经验的概括和总结的道理。举例来说,过去,国产的架桥机简单、落后,大吨位的桥梁架设靠进口架桥机,或是现场模板浇注。现在,能够架设各种桥梁的先进的架桥机基本已经国产化了。但是,架桥机再好,由于预制的混凝土梁大多是针对标准跨度的混凝土梁,对于那些非标准跨度的梁跨来说,有时仍然需要现场模板浇注。由于过去有现场模板浇注造桥的做法和经验,于

是工程技术专家在这个经验的基础上发明了造桥机,大大提高了现场浇注的效率。

(三)矛盾为工程创新开辟道路

矛盾是事物发展的源泉和动力,也是工程创新的源泉和动力。工程是充满矛盾的活动,而解决矛盾需要创新,特别是那些大的矛盾的解决必须通过创新。所以,正是工程活动中出现的矛盾,为工程创新开辟了道路。问题在哪里?哪里需要创新?沿着什么方向创新?创新的结果会怎样?所有这些问题都是由工程中的矛盾决定的。

例如,青藏铁路修建中的冻土问题,就是一个大的矛盾。在多年冻土上修铁路,对于世界上任何国家来说都是一个大难题。青藏铁路要穿越海拔高度4340米的昆仑山,经过的多年冻土区长度达500多千米,为世界上所仅有。然而,正是这个大的难题和矛盾促使了工程专家的创新,找出了一条解决冻土问题的有效途径:通过片石路基、热棒降温、以桥代路这三大对策,破解了世界铁路建设史上第一次面临的大规模冻土的施工难题,让青藏铁路顺利穿越险象环生的冻土,在世界屋脊开出一条无比壮观的钢铁“天路”。青藏铁路这个高难度的工程,不仅推动了冻土问题的解决,而且为许多创新开辟了道路。

中国大陆海底第一隧道——厦门翔安海底隧道,最深处在海平面下70米,拥有数项世界罕见难题:覆盖层最浅、开挖断面最大、软弱围岩、富水沙层、风化槽群不良地质段世界罕见。也正是这些难题,促进了工程建设者的创新,用科技手段突破了一道道海底“天险”:采用当今世界最先进的RPD180C多功能钻机,在软弱围岩地质带连续6个月掘进超过60米,刷新了世界特大断面海底隧道施工记录;采用“地下连续墙+井点降水法”,成功穿越450米的富水沙层;创新“全断面帷幕注浆技术”,穿越了全、强风化槽地段。翔安海底隧道的创新工艺达100项之多,施工工艺达世界顶尖水平,质量合格率100%,成为自主创新的一个典范。

青藏铁路建设和翔安海底隧道建设的事实证明,创新离不开工程实践,创新是为了解决工程中的问题和矛盾,是工程实践中的矛盾在推动着工程创新的不断进步,工程中的矛盾越多、难度越大,创新的成就越大。所以,“工程人”特别是工程技术人员不要回避矛盾,不能害怕矛盾,要勇敢地

迎接各种矛盾的挑战,并善于用科学的态度分析矛盾和解决矛盾,就可以不断取得创新的成功。

三、提高工程创新能力

对我国的工程创新能力,可以用两句话作一个总的评价:创新能力在不断提高,但与发达国家相比,仍然存在不小的差距。我们常说,中国已经是制造业大国,但还不是制造业强国,表明的就是这两句话的意思。就工程来说,大体也是这样。

一方面,我们在工程建设中已经创造出一些堪称世界一流的工程,显示了中国人巨大的创新能力。如三峡水利枢纽工程、青藏铁路工程、高速铁路工程、南水北调工程、西气东输工程、载人航天工程,其成套技术中的许多都是我们自主研发、自己设计、自己制造的,也是自己组织、管理和运行的工程。这些工程不仅使我们中国人感到骄傲,也使世界为之赞叹。另一方面,我们还不是真正意义上的工程强国,工程建设中的自主创新能力仍然不高,工程的先进性、管理水平、技术水平等许多方面与发达国家相比还存在一定的差距。社会主义集中力量办大事的优越性,可以使我们倾全国之力打造出一些浩大的工程、国家级的精品工程,但是在大量的生产制造领域和工程领域,我们的工程水平还是多层次的,当代先进水平与中等水平,乃至相当数量的落后水平并存,总体水平还不是很高,特别是工程创新水平与发达国家的差距更大。正因如此,我们在工程活动中的许多核心技术对外国的依存度较高,许多工程领域成了移植国外技术的场所。

针对我国自主创新能力还不强的问题,国家大力倡导科技创新、制度创新和理论创新,提出了建设创新型国家的要求,并为此出台了一系列具体的鼓励自主创新的政策和措施。目前,我国自主创新的意识大大增强,创新浪潮在各行各业兴起。正如温家宝总理在谈到“大飞机”工程时所说:“中国人要用自己的双手和智慧制造出有国际竞争力的大飞机……这不仅是航空工业的需要,更是建设创新型国家的需要。”^[2] 我们有理由相信,在未来的工程发展中,在已有进步的基础上,一定会大幅提升我们的自主创新能力,使中国制造向中国创造转变,由制造大国向创造强国转变,由工程大国向工程强国转变。

提高工程创新能力,需要在以下几个方面做出努力:

(一)要有创新的思维方式和方法

这些创新的思维方式和方法是在工程实践中形成和提炼出来的。“工程人”,特别是工程师和工程管理者要学会这些创新的思维方式和方法。

创新的思维方式,主要包括共性思维与个性思维相结合、逻辑性思维与非逻辑性思维相结合、发散式思维与收敛式思维相结合。

工程创新当然需要共性思维,虽然工程是千差万别的,但毕竟有其普遍性的特征,需要遵循一般的工程建设规律,遵守通行的技术规范、质量标准、安全规章等。但工程创新的灵魂是个性思维。由于任何工程项目都是“唯一现象”或“一次性”的,世界上没有两个完全相同的工程,所以工程创新的突出特点是个性思维。现在,工程集成物的雷同化问题相当严重,相互抄袭,互相模仿,普遍缺少个性,使许多建造的集成物显得单调、乏味、没有生气,如城市建设中“千人一面”的问题。所以,工程创新特别需要个性思维。

逻辑性思维和非逻辑性思维共同构成了创造性思维的内在机制,逻辑性思维是非逻辑性思维的基础,非逻辑性思维是逻辑性思维的突破和思维的跳跃。由于创造发明从某种意义上说是科学思维过程的中断,是思维的大幅度的跳跃,单靠逻辑思维是达不到的,更需要非逻辑思维,包括想象、直觉和灵感。爱因斯坦就说过:“要走向理论的建立,当然不存在什么逻辑的道路,只能通过构造的尝试去摸索。”^[3] 他还认为,只有那种以对经验的共鸣的理解为依据的直觉,才能得到这些定律。逻辑思维使人沿着选定的思维道路前进,不一定能通向新发现和新发明,要取得科学技术上的突破,有赖于非逻辑思维。

工程创新,一方面需要逻辑性思维,必须要遵守各个不同工程“板块”中“通常的逻辑”,如电子工程师处理电子技术问题时必须遵守而不能违背“电子学的逻辑”,桥梁工程师设计和建造桥梁的活动必须遵守桥梁结构学、风动力学等一般逻辑;另一方面也需要非逻辑性思维,要大胆地进行创造,敢于突破既有的一些规则,特别是在超越一定“板块”,需要思考和处理“板块间”的关系时,尤其如此。如“鸟巢”这个北京奥运会的标志性建筑,从外型到内部结构都是设计师打破常规,充满了想象力的设计。“鸟巢”的建造难度也相当大,建设者在许多方面打破常规,勇于创新才最终圆满

完成的。

发散式思维是不受已有知识和逻辑的拘束,力图超出现有思维的框架,从多方面、多角度呈发散状地去思考问题,寻求问题的解答,灵活开放,思路开阔。它不满足于对问题的一种答案,而是寻求多种答案。发散式思维具体表现为多向思维和侧向思维,正向思维和逆向思维。收敛式思维是沿着某一个固定的逻辑通道,按照某种思维定式去进行思考,总是从已有的知识和传统的经验中寻找解决问题的理论和方法,用过去说明现在。如果说发散式思维是横向的扩展,那么收敛式思维就是纵向深化;如果说发散式思维是向外辐射,那么收敛式思维就是聚焦。

在工程创新活动中,需要发散式思维这种具有极大创造性的思维方式。特别是当工程技术、工艺流程或管理制度需要变革的时候,要敢于突破禁区,打破旧有理论的束缚,否则就不能实现创新。但如果发散过度,只发不收,则会发散无边,出现思维失控,陷入思想混乱,或者“丰而不收”,发生科学上的“贝尔纳”现象。所以,在工程创新活动中,发散到一定程度要及时地收敛,聚焦到一点,深入挖掘,才能取得突破性的创新成果。当然思维也不能收敛过度,那样也会出现另一种病态现象:思想僵化,陷入封闭、保守,扼杀思想的创造力和活力。

正确的方法是把发散式思维与收敛式思维结合起来。如大城市的道路规划,既要有横向的“摊大饼”式的发散式思维,又要有纵向的“放射式”的收敛式思维。两者相结合,才能实现城市道路的畅通。现在一些大城市一味地“摊大饼”,而忽视“放射式”的问题需要纠正。

创新的思维方法,主要包括要素创新与集成创新相结合、自主创新与开放吸收相结合、继承与创新相结合。

工程创新需要点滴的技术进步,需要一个要素的创新积累,没有渐进性就没有突破性。工程是由许多相互制约、相互支持的要素构成的,甚至某一个要素的创新,都可能推动工程的集成创新。但是,工程创新的突出特点是集成创新,突破也是集成性的突破,集成创新可以拉动要素的创新。现代化的工程需要多个学科、多种技术在更大的时空尺度上进行集成,绝不是单一学科和单一技术所能完成的。如高速铁路工程,就需要新的材料技术、运输技术、管理技术、施工技术、测

量技术和安全技术,等等。每一个单项技术都是整体工程“大河”中的“水滴”或“溪流”,不存在离开“大河”的“水滴”或“溪流”。如果单项的技术创新成果没有与之配套的其他相关技术的支撑,那么也不会有什么作用,甚至由于受到不配套技术的“拖累”而导致“工程失败”。所以,在工程创新活动中,要素创新必须是许多技术的相互配合,只有集成性的创新才能真正收到实效。

工程创新是涉及技术、管理、制度、经济等诸多因素的创新行为,工程实践中的人流、物流、资金流、信息流(知识流)对工程创新都会产生影响。为此,“工程人”要学会综合运用各种创新资源,提高集成创新能力。工程集成创新不仅是技术创新,还有战略创新、制度创新、管理创新等等。

在工程创新中,要坚持以我为主,立足于自己的力量。但自主创新不是“自给自足”,不能闭关自守,盲目排外。在经济全球化的背景下,一个国家的发展不可能孤立地进行,需要充分利用国内和国际两种资源。我们要善于利用全球的工程资源,引进国外的资金、设备、技术、工艺、人才和管理经验,为我国工程建设所用;但我们也不能依赖别人,自力更生才是我们发展的主要依靠。引进要量力而行,量用而行,不能盲目;使用别人的东西要注意消化吸收,借以增强自主创新能力。关键的工程技术、设备、工艺和方法,不能一味地靠引进,一定要自主开发,自己掌握。引进是手段,创新是目的,引进是为了借鉴,借鉴是为了创新。在引进与创新的关系上,要采取辩证法“扬弃”的态度,要遵循引进—吸收—创新的路径。

例如,我国的高速铁路技术就是吸收与创新结合的一个典范。现在,我国高速铁路的发展已经领先世界水平,全套技术已经实现了自主创造,并且正在向世界、包括发达国家输出我国的高铁技术。但我国的高铁技术是在引进、吸收了德国、法国、日本等国技术的基础上实现的自主创新。

工程创新必须充分利用人类已有的知识、技术和经验,最大程度地降低风险,这是继承性。继承是工程创新的基础,任何工程都必须站在前人的肩膀上,如果基础不牢,创新就是“空中楼阁”,其可行性就会大大降低。实际上,任何工程,包括那些独具匠心的充满创意的工程,也都包含有大量的继承性因素。但是,由于国情、地理、文化、制度、技术等的差异,世界上没有两个完全相同的工程,任何一个工程都不能完全照搬其他工程,因而

又需要创新。创新,才能使工程具有个性,才能使工程不断进步,取得最大的成功。没有继承,工程便失去了可靠的基础,失去了成功的保障。继承中有创新,创新中有继承。

例如,大跨度桥梁的发展,经历了由欧美到日本,又从日本到中国这几个发展的高潮期。无论拱桥、悬索桥、斜拉桥,无论跨度、高度、桩基深度、悬索或斜拉索的长度等,后者都不断地超越前者(日本之于欧美、中国之于日本)。中国现在的造桥规模最大,并且许多大桥连创了许多世界之最,已经处于世界领先地位。但是,后者与前者都有一个继承关系,包括造桥的原理、技术、材料、工艺,甚至环境理念、美学原则等等,日本继承了欧美、中国继承了欧美和日本,才有了一次又一次的超越。一次又一次的超越当中蕴含了一次又一次创新。

(二)培养创新型的工程人才

提高工程创新能力,最根本的是要培养创新型的工程人才。但对工程人才,首先,要有一个正确的认识。

参与工程活动的人才也是多种多样的,可以归纳为四种类型:投资人、企业家(管理者)、工程师、工人。他们各有自己特定的作用,又不可分割地结合在一起。

工人是工程队伍中不可缺少、基础性的部分,是支撑工程大厦的栋梁,工程活动最终要由工人直接实现和完成。但在现实中工人的作用被贬低,收入低并且经济利益经常被侵犯,承担最大和最直接的工程风险还缺乏应有的安全保障,得不到及时和充分的教育和训练。这是工人问题上的“二律悖反”,这种状况直接影响工程创新的最终实现。

工程师是工程的设计者、制造和建造者、维护者,也是一定意义上的管理者,在工程的各个环节上都有举足轻重的作用。工程师与科学家、企业家各有重要的社会作用,但也被严重忽视和低估了,其社会地位、社会声望和社会影响远不如科学家和企业家。这也是一种“不平衡现象”。就工程创新而言,工程师是创新的主力军。

企业家是运筹者、决策者、指挥者和管理者,他们是企业的大脑,对企业的生存和发展起决定性的作用。一个好的企业家能使企业兴旺发达,一个不好的企业家会使企业陷入困境甚至破产。

由于企业是工程创新的主体,因而企业家在工程创新中起着十分重要的作用,大量的创新思想出自企业家的大脑,他们又是工程创新的决策者和领导者。

其次,要看到我国当前仍然存在着工程浩大和创新型工程人才不足的矛盾。

目前,我国制造业规模已经居世界第三位,工业产品的产量世界第一,占世界份额的50%。以上,世界上约30%的日用工业品为中国制造。在过去三十多年中,我国大规模的基础设施建设一直方兴未艾,被称为“世界最大的建筑工地”,目前世界上70%的混凝土是浇灌在中国的土地上。

据中国科协新近发布的资料,2009年我国拥有科技人力资源总量4200万人,其中1200万是工程科技人员,已居世界首位。联合国教科文组织的统计资料显示,中国的大学工科生占在校生的35%,也居世界首位,但合格的创新型人才不足。2002年度《国际竞争力报告》中的“国内市场上是否有合格的工程师”一栏显示,在参与排名的49个主要国家中,我国排在末位。2004年劳动和社会保障部对我国40个主要工业城市进行的调查显示,企业中技师与高级技师占全部工人比重是4%,而实际需求高达14%。技师的严重缺乏已经成为制约我国制造业发展和大规模工程建设的“软肋”。尤其缺乏大师级的工程人才。从北京到上海,大多数高规格、高水平的标志性建筑物,其设计大都是出自外国人之手。

由于缺乏合格的创新型工程人才,我国企业的自主创新愿望和能力都薄弱,自主品牌缺乏,核心竞争力不强。伪劣产品的出现,“豆腐渣”工程,安全事故频发等,都与工程人才素质低有直接关系。

再次,需要通过多种有效途径,加强创新型工程人才的培养和训练。

学校是培养创新型工程人才的主要途径。目前高等工学教育重基础知识传授、轻实践能力培养和教师队伍非专业化倾向等问题,不利于创新型工程人才的培养,必须加以改变。应该强化教学全过程的实践训练,培养学生发现和解决问题的能力,增强学生的创新创业精神和社会人文素养;建立一批培养学生实践和创新能力的实验室、教学与实习基地;鼓励工学教师到企业兼职和企业优秀科技人员到学校任职。美国哈佛大学商学院的突出特点是案例教学法,其所聘任的教师有

相当一部分都有曾经在大公司任职的经历,因而才有这种有特色的教学法。哈佛的做法值得我们借鉴。在我国,应当建立起工程师与大学老师各种形式的交流机制。

要特别重视合格技工人才的培养,各级各类高职、中职院校要承担起这方面的职责。要纠正对职业技术学院和技术工人的歧视,在全社会形成对技术工人重要作用的认识,形成尊重职业院校和技术工人的氛围。

实践是训练创新型工程人才的重要途径。学校培养出的人才,最终要到工程实践中锻炼和成长。毛泽东说过,从某种意义上讲,最聪明、最有才能的是最有实践经验的人。工程作为经济建设的主战场,是大批创新型人才成长的沃土。

随着工程的附加值越来越高,工程技术人员和管理人员中,大学生的比例越来越高。但现在的大学毕业生与老一代人相比,缺乏吃苦耐劳的精神,虽然工作条件比过去好多了。因而需要对年轻的工程技术人员进行教育。凡是能够沉下身来,经受住艰苦磨炼,并善于把理论和实践结合,特别是善于向实践学习的人,最终都将成为企业的栋梁。现在的建造企业,不仅各级技术主管,而且各级经理人员也大都是大学毕业生,他们都是耐得住寂寞,敢于吃苦,经受住了艰苦磨炼才成长起来的。

又次,提高工程创新能力,还要形成工程创新团队。

工程创新是集成创新,需要整合各方面的力量,形成创新团队才能实现集成创新的成功。特别是现代化的工程,重大技术攻关都不是靠个人,而是必须靠团队的力量才能取得突破。形成工程创新团队,需要注意三个问题:

(1)创新团队必须要有多方面专家构成。特别是承担大型工程的创新团队,不仅要有科学家、技术专家,还必须要吸收人文和社会科学方面的专家参加。既要有应用型专家做主干,也要有从事基础理论研究的学者给予支撑。既然工程创新是集成创新,不仅涉及各种各样的技术,也涉及经济、政治、文化等多种因素,那么,工程创新团队就应该是集合了多方面人才的复合体。否则,就难以承担起现代化工程,特别是浩大工程的创新任务。过去,我们之所以出现一些缺少人性化的、忽视环境保护的、没有文化含量的工程,一个重要原

因是创新团队中缺席了人文、社会科学方面的专家。忽视人文、社会科学专家的意见,甚至拒绝人文和社会科学方面的专家参与工程创新,是当前工程创新团队的一大缺陷。

(2)创新团队必须是产学研一体。战斗在工程建设第一线的工程技术人员和管理人员,有丰富的实践经验和解决实际问题的能力,当然应该成为创新团队的一部分,而且是工程创新的主力军。学校的专家学者,长于理论,科学素养比较高,紧跟科技前沿的发展,如果与工程实际结合起来,将会对工程产生极大的助力作用。他们应该成为工程创新团队的重要组成部分。科研院所是专门从事研究的机构,包括基础理论研究和应用研究,必须与工程建设的实际结合,才能有所作为。科研院所的专家、学者不可能离开工程实践,他们当然是工程创新团队的重要成员。实际上,在工程创新特别是大型的、重要的工程创新中,都是产学研结合的创新,是几个方面的力量集合起来的创新,缺少哪一个方面的力量都不行。获得2008年度国家科技进步特等奖的“青藏铁路建设工程”项目,就集合了50多个单位的力量,包括企业、高等院校和科研院所。三峡水利工程,更是有2000多家科研院所、高校和企业先后参与了工程勘探、设计、施工和新设备、新材料等方面的科技攻关。

(3)创新团队必须瞄准工程建设第一线的问题进行创新。特别是学校和科研院所的创新团队,如果脱离实际,仅靠“纸上谈兵”和单纯的实验室研究,而不能瞄准和深入工程建设第一线去发现问题,针对实践中的问题进行创新,那就会一无所成或成效甚微。在现实中我们发现,有些创新团队的教授、专家和学者之所以能够一次又一次拿到科研项目,并获得各种各样的奖励,是因为他们始终瞄准工程建设第一线的问题,并帮助企业解决实际问题,使工程产生了经济效益。

目前,我国正处在工业化的中后期,大规模的工程建设还要持续相当一段时间。“时势造英雄”。如果我们注重工程科技人才的培养和自主创新能力的提高,就有可能成长起一大批杰出的工程技术人员,中国就会由工程大国变成工程强国。

(下转第41页)

四、结语

随着旅游业的迅速发展,我国城市将在国际旅游大舞台上发挥出越来越重要的作用,建设国际化旅游城市将成为许多城市的必然选择。研究

国际化旅游城市对于全面提升我国旅游业的国际竞争力,实现由亚洲旅游大国向世界旅游强国的迈进具有重要现实意义。

参考文献:

- [1]陈光庭.试论城市现代化与国家化建设的同步性[J].城市问题,1995(2):6-12.
- [2]张广瑞.简谈国际旅游城市应具备的条件[J].旅游学刊,1994(1):1-2.
- [3]周玲强.国际风景旅游城市指标体系研究[J].杭州大学学报:自然版,1999(1):86-93.
- [4]李志刚,宾宁.建设现代化国际旅游城市标准体系初探——以桂林市为例[J].社会科学家,2003(6):121-123.
- [5]罗明义.论国际旅游城市的建设与发展[J].桂林旅游高等专科学校学报,2004(2):5-9.
- [6]张婷,程道品,黄燕玲,等.桂林创建国际旅游城市的战略研究[J].桂林工学院学报,2005(3):402-406.

Research on Essential Features and the Common Rout of Building Internationalized Tourist City

YAN Wen-hua

(College of History and Culture, Luoyang Normal University, Luoyang 471022, China)

Abstract: The theories and case studies about internationalized tourist city are still far behind the need of present situation of tourist city construction, and a systemic study on it is necessary. The thesis expounds the conception of internationalized tourist city and points out that the internationalized tourist city's essential features include "three conditions and five characteristics" for short. At last, according to the practice of Luoyang's city development, the thesis discusses the common rout of building internationalized tourist city and summarizes it as "3W+2BC+2KC".

Key words: internationalized tourist city; modernization; internationalization

(上接第8页)

参考文献:

- [1][作者不详].《江泽民文选》第3卷[M].北京:人民出版社,2006:103.
- [2][作者不详].中国“下大赌注”制造大飞机[N].参考消息,2010-1-4.
- [3][作者不详].《爱因斯坦文集》第1卷[M].北京:商务印书馆,1979:566.

Theory of Engineering Innovation

XU Chang-Shan¹, LIU Pan²

(1. School of Humanity, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China;

2. Guangzhou Company of China Railway 25th Bureau Group, Guangzhou 510405, China)

Abstract: Engineering innovation is an important part of the national innovation system. Engineering innovation has periodicity, integrity, breakthrough as well as progressiveness, and universality as well as particularity, etc. Conflict is the force to promote engineering innovation, putting forward projects, providing experience and opening path for engineering innovation. Our engineering innovation ability has been constantly improving, but compared with the developed countries, a large gap still exists. In order to further improve engineering innovation ability, we must have an innovative mode of thinking and must combine the school education with practical training, taking the way of co-operation between production, education and innovation, forming engineering innovation team, and aiming at the important issues in the forefront of engineering construction.

Key words: engineering; innovation; characteristics; methods; abilities