

DOI: 10.3724/SP.J.1224.2012.00372

工程社会学

在航天工程创新空间中选择与建构

——王永志创新思想案例研究

鲍 鸥, 苏 徵

(清华大学科学技术与社会研究所, 北京 100084)

摘 要: 2003年度国家最高科技奖获得者王永志院士为中国航天事业作出了重大贡献。笔者运用工程选择与建构学说、工程创新空间学说分析了王永志院士的工程创新实践, 阐释了他的创新思想。王永志在成长过程中, 不论处于“被选择”地位, 还是居于拥有更多选择权的岗位, 从未放弃主动选择创新的机会, 不断拓展个人的创新空间。他根据“国家利益至上”的选择原则, 尽量采用“更快、更好、更省、更安全”的技术途径, 与其他战友一起通过艰难选择, 严谨建构, 不断实现各种航天工程目标。他的工程选择原则和工程创新实践经验对于深入研究工程哲学具有重要意义。王永志认为: 创新源于人的天性; 实现创新需要培养创新意识, 形成创新动力, 积累创新能力, 识别创新目标, 满足创新条件。这些从实践中总结出的创新思想将丰富创新理论研究。

关键词: 王永志; 中国航天; 工程创新; 创新空间; 选择与建构

中图分类号: B804.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-4969(2012)04-0372-10

引言

王永志于20世纪60至70年代作为重要技术骨干曾参加中国第一代液体火箭的研制工作, 为增大射程、解决洲际火箭“有无”问题攻克了大量的技术难题; 20世纪80年代作为第二代战略火箭研制工作的主要技术带头人, 为中国实现火箭技术更新换代作出重要贡献; 20世纪80年代末至90年代初中国运载火箭技术研究院运用市场机制实现军民结合以及与国际市场接轨等重大体制转型, 确立了全面研发运载火箭、战略火箭、战术火箭和民品四个系列的战略格局; 1992

年出任载人航天工程总设计师之后, 提出许多重要创新理念并加以实施, 为实现中华民族的千年飞天梦想、推动工程持续发展作出了历史性的特殊贡献。

作者认为, 王永志所取得的成就不仅限于对我国航天事业的贡献, 使他取得成功的思维方法、实践经验、创新理念是更宝贵的财富, 具有深入挖掘的理论价值。需要以王永志作为研究对象从工程史学、工程哲学、工程社会学、工程文化学、工程行为学等不同角度进行专题性的深层分析, 并把研究成果广泛传播, 以发挥其文化教育功能。

王永志(1932-), 辽宁省昌图县人, 2003年度国家最高科技奖获得者, 中国工程院院士(1994-), 俄罗斯宇航科学院外籍院士, 国际宇航科学院院士(1992-), 曾任中国运载火箭技术研究院院长(1986-1991)、中国载人航天工程总设计师(1992-2006)。

收稿日期: 2012-06-19; 修回日期: 2012-07-05

基金项目: 中国科技部创新方法专项课题“名老专家学术继承整理研究”(2008IM020400)

作者简介: 鲍鸥(1960-), 女, 博士, 副教授, 研究方向为科技哲学、工程哲学、科技史、科技社会学。E-mail: baou@tsinghua.edu.cn

苏徵(1985-), 女, 硕士, 研究方向为航天史。

“工程是人类运用各种知识(包括科学知识、经验知识,特别是工程知识)和必要的资源、资金、装备等要素并将之有效地集成、构建起来,以达到一定的目的(通常是得到有使用价值的人工产品或技术服务)的有组织的社会实践活动。”^[1]中国学者在工程哲学、工程社会学、工程创新等领域运用理论与工程案例分析相结合的方法上已取得不少研究成果,而把理论触角深入到对具体人物的微观层面分析的研究正处于起步阶段。

开拓创新是保障中国稳定并可持续发展的必由之路。如何提高中国的创新能力是当前理论研究的重点问题之一。中国工程哲学的创始人李伯聪教授指出,“工程创新是创新活动的主战场”^{[2]51},“工程创新活动就是在创新空间中连续不断的选择和建构的过程”^{[2]51};“‘创新者’就是可以用‘心灵之眼’在‘创新空间’中‘敏锐地看见’‘普通人’看不见的东西或景象的人”^{[2]54}。工程创新案例是创新理论研究的出发点和支撑点。航天领域是工程集群,中国航天工程为工程创新理论研究提供了丰富的实践依据。王永志从普通设计者成长为中国航天工程领军人物的过程恰恰充分证实了个人可以通过运用创新思维和创新方法在工程中发挥重要作用。他正是一位在航天工程创新空间中不断进行“选择”与“建构”的创新者。因此,从工程创新视角出发,结合理论微观剖析王永志的创新实践,总结其工程创新思想和方法,无疑将有助于创新理论的深入研究。

作者基于工程哲学、选择与建构学说、工程创新空间学说等理论,通过梳理分析现有公开报道的王永志事迹(包括访谈)等相关材料,形成《王永志学术思想传承整理研究》报告。鉴于篇幅有限,本文仅分析王永志工程创新实践的典型

案例,并阐释其创新思想。

1 王永志的创新实践案例分析

王永志的成长历程分为学习和工作两大阶段。

在学习阶段,王永志走出农舍,步入航空领域,跨出国门,转学导弹设计,经历了四次命运转折。其间,6年留苏生涯使王永志受到苏联文化的熏陶。他亲身体会了苏联发射世界第一颗人造地球卫星上天事件的震撼,树立了献身祖国航天事业的人生目标,完成了火箭导弹设计专业的学习任务,打下了坚实的理论基础。这一切成为王永志日后从事航天工作的必要准备。

王永志留苏期间,正值中苏两党、两国关系从亲密走向交恶。在中苏关系越发紧张的政治形势影响下,王永志于1961年毕业回国,从事火箭研制工作。

工程是以目的为前提,对工程方案、工程材料、工程路径、工程共同体等不断进行选择、决策,最终建构出新人工物的过程。这是工程哲学“选择与建构”理论的基本观点。

以选择与建构论和工程创新空间理论的观点看王永志的成长历程,在学习阶段,他大部分时间只能被动地为环境、条件所选择;而在工作阶段,他经历了从被动“被选择”转为主动“被选择”,再到主动“选择”的创新提升过程。在这个过程中,王永志不断建构并拓展了自己的创新空间。

1.1 突破局限性,主动“被选择”——研制近程火箭的案例

在王永志事迹报道中曾多次提到一个案例:王永志回国后,任职于国防部五院一分院总体设计部。1964年6月,王永志作为总体设计部总体设计组组长参加中国自行设计的近程火箭的第二

1946年,已上小学五年级却辍学回家务农的王永志,在刘汉甲老师的动员下,考入昌北中学免费学习。这是王永志实现从农民到学子的第一次人生转折。

1952年,王永志在高中班主任钱永耀老师的鼓励下考取清华大学航空系,同年因全国高校院系调整,转入北京航空学院航空系。

1953年,王永志因成绩优秀、家庭出身好,被选为新中国第一批留苏预备生,1955年秋被派到苏联莫斯科航空学院飞行器系学习飞机设计。

1957年,王永志服从祖国需要转学导弹设计专业。1961年,通过毕业论文答辩(题目:洲际导弹设计),获得优秀毕业生和工程师证书。

次发射任务。当时,因天气炎热,火箭推进剂在高温下膨胀,燃料储箱内不能灌进足量的燃料。弹道计算组认为这将影响射程。王永志经过计算,提出如果使火箭保持氧化剂的质量,泄出 600 kg 燃料反而可以达到预定射程。然而王永志这个设想没有被专家们采纳,他们认为减少燃料和提高射程之间是南辕北辙。王永志坚持自己的观点,直接向当时的最高技术负责人钱学森陈述。钱学森认为王永志的意见有道理,批准实施这一方案。1964年6月29日这枚火箭连续发射三发,都进入了目标区,发射成功。

以往对这个案例的报道一般仅限于赞誉“伯乐”钱学森识“千里马”王永志之智,较少从其他视角深入分析。作者从认识论和工程创新空间理论角度复原王永志的思维过程,发现这个案例具有更深刻的哲学意义,它反映出:第一,王永志的逆向思维方式。按照常规,当设计组接到燃料箱中燃料不足的问题指令,需要沿着如何增加燃料的思路设计解决方案。但是,王永志首先寻找产生问题的根本原因。他发现,原设计的燃料量是在常温条件下需要的数值,高温是导致燃料不能增加到原设计量的根本原因。第二,王永志自发运用普遍联系的分析方法。他通过分析燃料数量与外界条件变化、发动机内部节流特性、氧化剂比例之间的关系,以及外界条件与内部机制之间的关系,发现,高温致使燃料在同等容积中密度变小,发动机的节流特性会随之变化;推进剂由燃料和氧化剂按一定比例组成;在高温条件下燃料和氧化剂两种成分的新配比量可以被准确计算出来。据此,王永志提出在高温下,只要保持氧化剂质量不变,泄出 600 kg 燃料就能达到最佳发射效果。获得这一结论的关键在于,王永志厘清了与燃料数量相关的“变量”与“不变量”,并有效把握了事物相互联系中“变”与“不变”之间的“度”。这是王永志在被专家组否定后仍然坚持力争之“理”。王永志当时或许并没有意识到

自己恰恰正确地抓住了事物内部的本质和事物之间的相互关系,自发地运用了辩证分析方法。第三,王永志变被动“被选择”为主动“被选择”。从工程共同体的角色分配上看,王永志当时是年轻的设计人员,按照工程常规,他处于被选择的地位。当他提出的减少燃料数量方案被专家组否决后,他本来可以像其他人那样安于现状,被动接受“被选择”。但是,他的创新突破在于他不情愿被动“被选择”,而是选择主动“被选择”——直接向钱学森陈述自己设计方案的依据,最终使钱学森接受该方案,并试验成功。

创新空间是人们变可能性为现实性的领地。如何在创新空间中实现创新,取决于人们对“选择”和“被选择”的态度和行为。每个人都有“选择”的机会,同时都受到“被选择”的限制。在具体的工程项目中,工程共同体不同角色之间有着严格而明确的分工。一般情况下,根据工程规则,处于“被选择”地位的角色除了拥有对“被选择”采取主动或被动的选择之外,没有其他选择权。但是,创新者与普通人的区别在于:创新者能够发现可“选择”的机会并进行选择。发现可“选择”的机会意味着面临多种可能性,进行选择意味着创新者需要积极调动自身的所有因素,利用所有可以利用的条件,通过理性判断找到实现可能性的最佳路径。另外,当创新者处于“被选择”地位时,需要运用智慧和勇气才能实现从被动“被选择”向主动“被选择”的转化。

在这个案例中,拥有逆向性思维方式以及以普遍联系的观点细致分析问题的方法固然是王永志成功创新的基础和出发点,但是,突破年龄、地位和心理障碍的局限性,据理力争,变被动“被选择”为主动“被选择”,才是王永志在态度和行动上实现创新的关键性飞跃。可以说,中近程火箭设计工作无形中成为王永志的第一个创新空间。

该型号火箭在 1962 年第一次发射时失败。

1.2 从主动“被选择”到主动“选择”——研制“长征二号捆绑式”火箭的案例

1986年12月,国务院正式任命王永志为中国运载火箭技术研究院第六任院长。在研制“长征二号捆绑式”火箭(简称“长二捆”)的过程中王永志从主动“被选择”转化为主动“选择”,不断拓展自己的创新空间。

在1986年前后,国际和国内形势对中国研制新型火箭形成巨大压力,同时提供了千载难逢的机遇:在国内,市场萎缩,研制经费缩减;在国际上,欧美航天发射接连失事,造成卫星发射运力短缺,市场需求积滞。显然,打入国际卫星发射市场是摆脱中国火箭研制发展困境的必由之路。但是,国际市场需求的火箭至少要有8 t的运力,当时中国火箭的最大推力只有2.5 t。因此,提升火箭推力成为中国新型火箭研制的关键。

在此之前,中国的火箭都是级级串联的。增加级数是提高运载能力的唯一途径。但是,火箭级数不能无限增加。火箭长度与直径之比(即细长比)不能超过15。而且火箭级数增加到一定程度后对运载能力的增加并不显著,火箭级数每增加一级运载能力最多增加几百公斤,还要花费七八年的研制时间。可见,依靠增加火箭级数提升火箭能力的技术道路行不通,必须彻底更新设计思路。当时的设计新思路是,对“长征二号”火箭放弃串联方式,选择采取横向并联捆绑式,即“长二捆”。其优点在于,通过横向并联捆绑,增加四个助推器,可以使运载能力从2.5 t提高到9.2 t,既满足了国际市场的需求,又为中国载人航天工程立项打下了坚实的基础。

从理论上讲,“长二捆”的设计是全新的思路。1987年9月,王永志主动派副手带着“长征二号E”捆绑式火箭设计图,到国际卫星发射市场上参与“被选择”,结果竞标成功。1988年11月1日,

中国长城工业公司与美国休斯公司正式签署澳星发射服务合同。这是中国第一份与国外签订的商业发射合同。合同内容复杂而苛刻:休斯公司要求中方必须在1990年6月30日前有一次成功发射试验;在任何时候,只要他们认为中方不能发射或没有充分论据证明自己能按时发射,他们有权终止合同并对中方罚款100万美元。中国运载火箭技术研究院为此在银行争取了4亿5000万元的贷款。“长二捆”项目似乎万事俱备,可以顺利上马了。但是,王永志当时还面临着另一次“被选择”,他为此承受了巨大压力,致使他首次把风险意识引入项目研发之中。王永志回忆道:“当时对这个项目争论特别大,可以说权威专家都反对(他们)认为根本干不成,有的甚至说‘要是花了钱没搞成,降你三级,你还干不干?’……中国第一次走向国际市场,这在经济上有意义,政治上影响也很大。但是风险巨大,贷款4亿5000万元,得还的!要‘打’成了,这个合同生效;要是‘打’不成,没按时‘打’,这个合同就无效了,还得赔款,经济上有风险。原来计划三年多的时间,现在要求一年半就搞出来,时间缩短加大了研制的技术风险。另外就是政治风险,每次航天活动都是在国际舞台上表演,失败的影响是很大的。”

在巨大风险面前,王永志坚持选择上马“长二捆”。他说,因为“我有基本的判断。一个是对我们第一研究院来讲,27000人我是能够调得动的,他们会跟着我干,他们是支持我的”,另外,“我也有所识,知道它的发展方向。你早晚得搞,你现在不搞,将来也得搞,何苦现在把这个时机丧失了。……你得有胆有识。这么多人反对,你干不成怎么办?我豁出来了,就想办法把它搞成”。结果是:1988年12月14日,国务院批准研制“长二捆”的任务,王永志被任命为总指挥。

航天部主管对外经营的公司。

“第一研究院”指中国运载火箭技术研究院。

“它”指加大火箭推力技术。

此时王永志只剩下 18 个月的设计、研制、生产和试验时间。于是,“全体动员。全院灯火辉煌,加班加点,都动起来了。两大班倒,24 小时不停。要不然怎么把五六年要办的事儿,在一年半内搞成。技术上可行,又得到大家的支持,才可能搞成。第一次试验就完成了,打成了”。1990 年 7 月 16 日,中国自行研制的“长二捆”成功将模拟“澳星”和巴基斯坦科学试验卫星送入预定轨道,满足了对外发射的合同要求。

“长二捆”研制成功的因素有许多,王永志始终强调这归功于火箭研究院全体成员的努力、部领导和国务院的批准支持。但笔者认为,在多种成功因素中,作为项目主管,王永志的谨慎判断、果断决策、理性坚持、敢为人先的胆略以及对设计方案和战略方向的主动选择起到了关键性作用。王永志之所以主动选择搞“长二捆”项目,不是出于一时冲动,而是基于对已有条件的正确分析、审慎思考以及超出常人的胆识。

在担任中国运载火箭技术研究院院长期间,王永志通过主动“选择”,建构新观念、新产品、新模式,拓展创新空间的事例很多。他选择摒弃“一箭一星”的设计理念,提出运载火箭系列化、积木化的设计理念;选择走自筹资金、开发出口航天产品的战略路线;选择启动“军品抓住管好、民品放开搞活”的研究院发展大政方针,实现了观念创新、体制创新,促进了我国的航天产品跻身国际市场,建构了中国航天事业的新发展模式。

可见,当王永志只是一般设计人员时,仅从事局部、具体的工程设计工作,他的创新主要体现在解决具体技术问题时的逆向性思维和针对具体设计方案的主动“被选择”上;但当他成长为“型号两总”人员后,随着其在工程共同体中的地位发生变化,他拥有更多的选择权,他的创新实践主要集中在影响工程全局的工程理念、工程精神、工程战略、工程制度、工程协调方法等方

面,他的创新空间不仅限于新型火箭研制,而是拓展到管理、生产、销售、运营等各个领域。对于这位创新者而言,只要他主动去选择,去建构,这个创新空间便是无限开放的。

1.3 “选择”的胆识源于理性分析——载人航天工程案例

中国载人航天工程的设想始于 20 世纪 60 年代,但因当时的政治环境、经济条件、工业基础不成熟而半途而废。从 1987 年 4 月起,中国载人航天工程“经过了概念研究、工程方案设计、可行性研究、技术及经济可行性论证”^[3]等持续 5 年的准备阶段。1992 年 9 月 21 日中共中央批准载人航天工程正式立项。王永志参与了前期各项工作,从 1992 年 11 月起担任载人航天工程总设计师。

王永志在谈到载人航天工程时说:“第一,中国载人航天工程是一个庞大的系统工程,它完全是依靠我国自己的力量独立自主完成的。第二,我们搞载人航天工程是一个很大的队伍,大家都付出了艰辛的劳动,整个团队都做出了很大贡献。”^[4]实际上,在担任载人航天总设计师的 14 年生涯中,王永志带领顶层设计专家,在工程基本设计思想和总体设计思路的指导下,根据工程需求和工程条件,选择制定了总体设计任务、总体技术方案,明确设计指标,合理分配任务,协调各分系统设计工作,同时为高层决策做好参谋,为整个载人航天工程做出了贡献。

1.3.1 确定选择原则

王永志出任载人航天工程总设计师之后,首先统一了该项目的指导思想。这一指导思想充分体现了王永志的工程选择原则:从国情出发,在安全可靠的前提下,保持各项工作的协调、有序、统一,保持各阶段工作间的延续性,保持总体优化,不使用个别先进技术。这些选择原则具有普遍性,对其他工程具有借鉴意义。

“型号两总”:中国航天工程领域特有的职务,每种型号航天器的研发工程都同时安排两位指挥人员——总指挥(行政主管)和总设计师(技术主管)。

根据上述选择原则,王永志先后作出多项选择决定。在总体设计上选择三舱方案、海上救生方案和后续任务衔接方案。在具体设计上选择不上大动物试验而代之以拟人代谢载荷试验、主着陆场由河南黄泛区改址为内蒙古草原、发射场“三垂一远”新模式等。顶层设计、轨道飞行设计要为保障航天员安全提前变轨、强化飞船手控返回地面增加功能。另外,他还采取了外聘专家、按专业建立复核专家组、建立专家设计复核制度、制定统一设计标准和设计守则以加强工程质量管理、创办《载人航天杂志》并担任编委会主任委员以加强学术交流等措施。这些选择已被实践证明促进了中国航天工程的发展。

1.3.2 坚持选择三舱方案

飞船是载人航天工程的核心组成部分,选择使用什么飞船是王永志一直思考的问题:“怎样才能有所跨越,有所创新?怎样才能在人家的飞船上天40年之后,我们搞出一个飞船来,让中国人民感到自豪,壮国威,振民心?这对我是一个挺大的压力。”苏联在第三代飞船上才采用了增加轨道舱的三舱方案,而且这个轨道舱在执行完任务后便被废弃了。王永志主张采用一套设想独到的三舱方案:以俄罗斯当时最先进的第五代“联盟-TM”飞船作为超越目标,在飞船上设计推进舱、返回舱、轨道舱三舱,并在轨道舱前面装有一个俄罗斯飞船没有的附加段,从而体现中国飞船的高起点设计。中国飞船的轨道舱在执行完任务后将继续留轨飞行,一方面进行对地观测、科学试验和空间应用等研究,另一方面作为第二阶段进行空间交会对接试验的目标飞行器。这样既可以缩短研制周期,又减少了对新建发射工位的投入,大大提高了飞船的使用效率。王永志回忆说:“我坚持一上来就搞三舱方案,主要是考虑到同第二步发展目标相衔接,这是追赶和超越的关键所在。要追赶,要跨越,就必须在实施第一步时考虑到

第二步、第三步。我当时考虑的问题是,我们的载人飞船一旦打成之后,能够留下一个初步的天地往返系统。只要对它稍加完善,它就是一个天地往返运输工具,可以直接向空间站过渡,到时候就不必为解决空间对接技术再单独立项搞一个独立工程了。如果先搞两舱,那就得在两舱搞成之后再干一次,再立项,搞三舱对接试验,解决天地往返运输问题。我们搞三舱方案,一次就完成了,一步到位。”三舱方案能够使中国飞船的构型和功能体现中国特色和技术进步的要求,实现跨越发展,但的确存在着风险。因此,审批方案的五人专家组意见难以统一。在王永志的坚持下,三舱方案最终以三比二的投票结果通过。可见,对大型工程项目的决策有多种可能性选择。王永志认为:“搞工程嘛,不能说谁的思路一定比谁的思路好,多种途径都可以达到目的,并不是只有一条路子可走。问题是侧重什么,选择什么。”

1.3.3 选择海上救生方案

确定海上救生方案是一个难点。如果火箭在上升阶段出现故障,逃逸后的航天员落在海上,必须在短时间内迅速完成航天员的搜救任务。以往美国和苏联的海上救生方案需要动用庞大的海空力量,例如,美国首次载人航天飞行时曾在16个海上落区布设了3艘航空母舰、21艘舰船和126架飞机,动用了2.6万人。中国没有这么强大的海空力量,如何确保航天员的生命安全?根据中国海空装备不足的限制条件,王永志选择了既符合中国国情又能保证安全的办法:“海上与天上互相配合。海上,我们在5200 km海域选出了三段较小的区域,在这些区域中配置搜救力量。天上,充分利用飞船上的资源。推进舱内带有约1 t燃料,是准备返回用的。一旦出事,我们就把飞船上的发动机启动起来,利用发动机提供的动力,按事先设定的程序,进行实时计算,靠近哪个区域就往哪个区域落。布置在各个区域的搜救船只

“三垂一远”:垂直总装、垂直测试、垂直运输和远距离测试发射。

再一配合,很快就能找到。”^[4]“按照飞船返回舱选点落入预定海上应急救生区的概率为 0.96 计算,则海上搜救力量的配置只需要 6 艘打捞船和少量直升机即可有效地保障航天员的搜救任务。”^[5]这个海上救生方案通过增加飞船的功能,达到了缩小搜索范围、提高搜救效率、减小地面搜救系统的复杂性等多项目的,“这是一个创新,这是中国特色,世界上绝无仅有”^[4]。

1.3.4 选择轨道舱留轨方案

在如何提高载人航天工程效益方面,王永志也提出许多创新设计,选择轨道舱留轨方案就是其中之一。

轨道舱留轨方案即把轨道舱做成多功能舱,在飞船返回后,轨道舱留轨飞行半年。一方面把轨道舱当做实验舱,相当于发射了一颗科学试验卫星,用它做科学试验,可以获得大量的科学实验数据。另一方面,利用它进行太空交会对接试验,为下一步搞空间站做准备。

苏联的“联盟”号轨道舱只有 5 天的寿命,在飞船返回时予以报废。苏美两国为建立空间站先后成功做了 5 次交会对接试验。他们的办法是,“先发射一艘飞船到轨道上,紧接着再发射另一艘,与前者同轨,然后前面一艘掉头,后头一艘同它对接上。然后再撤下来,再一个一个返回。发射第二艘的动作非得快不可,最迟(第一艘发射后的)第二天就得发射,因为他们当时的飞船只能在空间飞行 5 天,必须在 5 天以内使飞船对接上。否则前面那一艘过了 5 天就会往下掉,后面一艘就追不上了,对接不成了”。“我们(中国)是先发射一艘飞船,把轨道舱留在轨道上,它可以继续飞行半年。我们要做对接试验时,只要再发射一艘飞船,去和轨道舱对接。这里面可以有两个做法。一个做法是,如果我们搞一个可以留轨飞行两年的轨道舱,那么两年内发射的飞船都可以和这个轨道舱对接。另一个办法是,如

果轨道舱只能留轨飞行半年,我们可以发射第二艘飞船去和第一艘飞船的轨道舱对接,然后把第二艘飞船的轨道舱留轨,把第一艘的轨道舱分离掉,因为它半年寿命已经到了。后面再发射第三艘去和第二艘对接,第四艘再去和第三艘对接……这样一艘一艘更替,轨道上始终有一个轨道舱可供对接。这样,我们每搞一次对接试验,只要发射一艘飞船就行了,不必每次都发射两艘。现在发射一次(的费用)就是好几个亿啊,这样不就省钱了嘛!”“还不止是省了发射飞船的钱,要是接二连三地发射,还得建设第二个发射工位。因为同一个发射台今天发射了,明天不能接着又发射,必须在另一个工位上发射。那我们还得再建一个工位,建一个工位又得花多少钱啊。我们把这个钱也省了。这也是一个创新吧。”^[4]

显然,与苏美两国的方案相比,王永志提出的轨道舱留轨方案既大大提高了中国飞船轨道舱的利用效应,也为载人航天工程的后续工作奠定了延续性基础。这个方案突出表现了王永志“步步衔接”式的顶层总体设计理念——每前进一步,都为后续工程留出衔接点。王永志说:“我迈出左脚,不仅仅是为了向前跨进半米,同时也是为了向前迈出右脚找到一个支点。”^[4]

王永志曾说:“从 1957 年学火箭,我只做了三件事,运弹头,打卫星,送中国人遨游太空。”^[6]这看似“简单”的三件事勾画出王永志在“被选择”和“选择”的过程中完成建构航天工程创新实践的轨迹。

2 王永志的创新思想

工程创新空间“是一个工程活动于其中的多维可能性空间和从可能性走向现实性的动态空间,它包括了技术维度、经济维度、组织维度、政治维度、伦理维度、环境维度等多重维度”^{[2]52},这一观点源于李伯聪教授的哲学分析。

“运弹头”指研制中近程火箭、洲际火箭和第二代新型火箭工程,“打卫星”指研制运载火箭工程,“送中国人遨游太空”指载人航天工程。

王永志对创新也有独特的见解。作者发现,王永志集 50 年创新实践经验得出的工程创新思想,在许多方面与李伯聪教授的工程创新空间理论不谋而合、殊途同归。

2.1 创新的本质

王永志认为,创新并不神秘。首先,创新源于人的天性,是“自在状态”。在整个人类历史上,尽管以往既没有谁号召大家创新,也没有谁去组织创新,更没有明确地提出“创新”概念,但是人类从未停止利用已知探索未知,利用新知去改变现状,改善现状的步伐。所以,喜欢探索未知是人类的天性,是人类和其他动物的区别,是创新的本质所在。其次,我们目前所讲的“创新”涵义在于突破原有思维、知识、制度乃至方法的桎梏,创造出新产品、新工艺、新方法、新市场乃至新的管理组合,从而带来效益。这种涵义上的“创新”“是有主观能动性的,是有意识的一个状态”。再次,由于创新的本质在于探索未知,有意识地创造价值为社会服务,为人类自身发展奠定基础,所以,创新分不同层次,有大有小,因此每一个人都能够在自己的工作岗位上进行创新。

可见,王永志把创新与人的思维状态和思维方式相关联。他认为,每个人都具有创新的可能性,实现创新的关键在于是否拥有把可能性变为现实性的条件。

李伯聪教授指出,创新空间包括“创新活动的可能性空间、从可能性向现实性转化的空间和创新实现的空间”^{[2]52}。

比较上述二人的观点可以发现,二者的共性在于:第一,都把创新的本质看作是从可能性向现实性的转化;第二,都认为这种转化没有界限;第三,都认为这种转化依赖于创新者的主动意识和行为。

2.2 实现创新的条件

王永志认为创新成功应该具备以下条件:

1) 培养创新意识。创新意识就是“不满足现

状,不墨守成规,不人云亦云。多想想怎么样会搞得更好,思维不能成定势。能跳出思维定势,才能有所突破”。这不仅是人的一种天性,还应该是人在受教育过程中逐渐养成的思维习惯,即不断思考“要怎么样才能进一步完善,发现当前的不足,并把它完善改进”。

2) 形成创新动力。创新的动力就是把创新意识变成实现创新的冲动。王永志认为创新动力的形成需要有思想基础。他本人形成创新动力的思想基础来自年少时深受日本、美国等强权国家欺压的经历。他曾目睹中国人民食不果腹、衣不蔽体的生活,深感“有国无防是不行的,落后是要挨打的”,所以立志走上国防建设的工作岗位,并在工作和学习中时刻保持着追赶国外先进水平的危机感。这种危机感成为他的创新动力。

3) 积累创新能力。王永志将创新能力归结为八个字——“有知有识,有胆有谋”。“有知”是指“你要知道你所涉足的这个领域有些什么瓶颈,是什么束缚你前进和发展”。“有识”是指知道突破这些瓶颈和束缚的“最可能的突破口在哪里”。“有知有识”即“知其不足,识其发展方向”。光“有知有识”还不足以实现创新,还得“有胆有谋”。“有胆”是指“下定创新的决心,这个决心就来自于创新的冲动,宁可个人受损,甚至身败名裂,也要把事情办成,要敢于冒这个风险”。但是“有胆”并不是鲁莽行事、盲目瞎撞,还得“有谋”,即对创新成败的判断和实现创新的方略。

4) 识别创新目标,即根据客观需求选择最需要突破的地方,作为奋斗目标和方向。对于中国来说,目前的创新要求集中在能源、航空航天等矛盾突出、亟待发展的重点领域。对于企业、个人来说,创新要求就是突破阻碍当前发展的瓶颈。创新领域的选择要以熟悉的领域为主,这样才能知道当前的不足和未来的发展方向。同时,也应该重视尚未“精耕细作”的跨学科领域,在这里往往能做出很大突破。

5) 满足创新条件。第一, 客观上国家、社会、企业等需要具有从事创新的领域, 实现的创新成果能够促进其本身的发展; 第二, 要正确把握创新的时机, 抓住机遇; 第三, 要在人力、物力、财力允许的范围内实现创新, 过渡超前的创新往往会因为得不到有效支持而半途而废; 第四, 只有得到领导的支持才能获得更广泛的资助, 而领导的支持则来源于创新实施者对于创新能否成功的判断和实现创新的方略。

工程创新要求工程实践者既要遵循规律又要有不循规蹈矩的超越性。对于王永志而言, 工程创新就是在国家的整体目标中, 时刻保持着对祖国命运的忧患意识; 在自己的工作岗位上不断思考如何将所从事的工作向前推进一步, 不墨守成规, 不因循守旧; 在需要创造并承担风险的时候, 不怕牺牲, 用知识和胆识做出有创见性的工作, 把自己的事业向前跨越式推进, 从而为建构整个国家的科技体系贡献一己之力。因此, 形成创新环境、创新意识、创新动力和有利于创新的民主氛围事关重要。

3 结论

从王永志的创新经历, 可以看出:

1) 王永志从农家孩子成长为中国载人航天工程的总设计师, 走过一条从被动“被选择”到主动“被选择”, 再到主动“选择”的道路。在这个过程中, 不论处于“被选择”地位, 还是居于拥有更多选择权的岗位, 王永志都未曾放弃为实现创新而主动选择的机会。王永志的创新空间在选择与建构中交织, 不断得到拓展。

2) 选择创新, 意味着将冒巨大风险。在工程创新的道路上通常都暗藏“壁垒”和“陷阱”, 在航天工程中更是到处潜伏着“失之毫厘, 谬以千里”的危机。但是王永志根据“国家利益至上”

的选择原则, 尽量采用“更快、更好、更省、更安全”的技术途径, 与其他战友一起通过艰难选择, 严谨建构, “翻越壁垒”, “跨越陷阱”, 在没有造成重大工程事故的前提下, 最终实现航天工程目标。他的选择原则和选择经验对研究工程创新理论具有重要借鉴意义。

3) 王永志基于创新实践经验总结出的创新思想, 对于丰富创新理论研究具有重要价值。

王永志的工程实践活动为研究工程创新提供了典型案例。我们“有理由说不同的人确实生活在不同的‘第二创新空间’之中。”^{[2]53} 本研究的目的在于总结王永志的成功事迹, 也不仅在于证实李伯聪教授的工程创新理论, 更在于对如下问题引发更深入的思考并使之投入教育实践:

如何激发创新空间意识?

如何培养能够建构并拓展创新空间的创新者?

致谢

王永志院士及其助理李少宁先生对本研究给予了指导和帮助, 在此表示衷心感谢!

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.
- [2] 李伯聪. 工程创新: 创新空间中的选择与建构[J]. 工程研究: 跨科学视野中的工程, 2009(1).
- [3] 王礼恒, 王春河. 载人飞船工程的哲学分析[M]// 殷瑞钰, 汪应洛, 李伯聪, 等. 工程哲学. 北京: 高等教育出版社, 2007: 316.
- [4] 朱增泉. 中国飞船: 中国载人航天工程总设计师王永志访谈录[EB/OL]. (2003-10-17)[2012-06-10]. [http:// www. people.com.cn/GB/keji/1059/2138482.html](http://www.people.com.cn/GB/keji/1059/2138482.html).
- [5] 王永志. 中国载人航天工程总体设计体系的建立与实践[C]//中国高科技产业化研究会. 高科技产业的系统工程管理论文集. 北京, 2003: 45.
- [6] 刘恕. 我只做了三件事: 记 2003 年度国家最高科学技术奖获得者王永志院士[J]. 科技文萃, 2004(4): 32.

The Selection and Construction in Aerospace Engineering Innovation: Case Study on Wang Yongzhi's Innovative Thinking

Bao Ou, Su Zhi

(Institute of Science Technology and Society, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Wang Yongzhi, academician of the Chinese Academy of Engineering and the recipient of the State Science and Technology Top Awards 2003, has dedicated greatly to Chinese aerospace industry. Utilizing the Engineering Selection and Construction Theory and Engineering Innovation Space Theory, the writers analyze Wang's innovative practice and thinking. No matter as a freshman or a project leader, Wang has always innovated actively and has extended his innovation space gradually. According to the "national interests first" principle and the favoring to "faster, better, more abstemious and safer" technologies, Wang and his colleagues has realized a great many of aerospace engineering targets. His selection principles and innovation experiences are significant to Engineering Philosophy Study. Wang said, "Innovation originates in human nature; and to conduct innovation, one should possess innovation awareness, innovation motive force, innovation competence, innovation target and satisfactory innovation conditions. This innovation thinking, synthesized from practices, will amplify the theoretical research of innovation.

Key words: Wang Yongzhi; China Aerospace; engineering innovation; innovation space; selection and construction