

# 创新思维在工程中的应用

周世宁

(中国矿业大学, 徐州 221008)

**[摘要]** 文章对创新人才的素质, 创新思维应遵循的基本原则, 创新思维的方法和步骤作了简要论述; 用实践的经验说明了科学的思维方法在解决工程技术问题中所起的作用, 并强调指出, 自信、强烈的创造愿望以及深厚和广博的知识是创新的基础。

**[关键词]** 创新思维; 创造愿望; 工程

在多年指导研究生的工作中, 我感到专业知识是重要的, 但是最重要的是科学的思维方法和创新能力的培养。发明创造并不是一种天才的行为, 而是科学思维方法在工程中的应用。为此, 以笔者长期科研实践为例, 参考国内外在这方面的著述, 给研究生开设了“创造发明学在工程中的应用”讲座, 提高了研究生的创新能力, 取得了良好的效果。笔者多年来是从事矿井瓦斯防治工作的, 但随着研究的深入, 深感要取得新的突破, 必须借助于新的技术和不同学科的合作, 必须打破专业界限才能有所发展。而且不同学科之间是相互渗透的, 过多强调专业特点不利于学术的进步。近年来, 应邀在芬兰 ABB 公司总部、Vasa 大学、Vasa 工学院、中国科学院力学所和徐州市政府进行这一课题的讲授, 也受到了好评。

江泽民总书记指出, “创新是民族进步的灵魂”。开展创新活动是全民族的大事, 如何提高在不同岗位上工作人员的创新能力, 对发展国民经济具有重要的意义。

## 1 创新人才的素质

笔者深切感到, 创新人才应具备的主要素质有:

坚定的自信; 强烈的创造愿望; 深厚的理论基础和广博的知识面; 良好的分析能力和实践技能; 掌握正确的研究方法; 健全的体魄和坚强的心理承受能力。

创新不同于追踪, 创新是做前人没有做过的工作, 创新工作充满风险和困难。特别是重大科技项目的创新, 它的选题、技术路线、切入点是否正确? 技术目标能否实现? 研究者在事先是没有把握的。在经过反复思考之后, 创新者必须对自己的选择和决定, 具有坚定的信心, 才能开始进行研究工作。在工作的过程中出现问题和失败是必然的, 这里更需要坚定的信念, 才能克服困难取得胜利, 所以对创新者来说, 需要自信、自信、再自信。在任何情况下, 都要坚信经过自己反复思考的奋斗目标是一定能实现的, 这是技术创新成功的基础。

对创新者来说, 强烈的创造愿望是发现问题和提出问题的前提。创新者的重要品质在于时刻关注着周围的技术进步, 不断地学习, 不断地探索是否可以引用到自己的工作中来, 或者把它用到另一个领域。在我们的周围经常可以看到有一些学习优秀, 业务水平很高的国内外著名大学的毕业生, 虽然他们工作良好, 但缺少发明创造, 没有发挥出自身的潜能, 做出突出的成就。其中最重要的就是自

身没有强烈追求创新的愿望。

自信和创新的愿望必需建立在深厚的理论基础和广博的知识面之上。要做到真正的掌握知识是很不容易的,对知识要学深、学透、学活,才能在运用中做到自信和准确。怎样才能学好;笔者的体会是:首先要恭恭敬敬地听讲、看书,努力弄懂理论的由来和立论的依据以及它的适用条件;其次就是要千方百计地找毛病来推翻它;第三,在不能否定它之后,就坚定地相信它。我称为 R-S-R 学习方法,即 From Respect to Suspect, From Suspect to Respect。在工程中创新,总是要遇到各种挫折,所以要不断地分析,不断地实践,才能逐个解决问题,使主观认识和客观实际相一致,取得成功。从事工程的科技工作者必须具有机械、电气方面的知识和操作技能,这样在设计构思时,就能比较切合实际,加快研制工作的进程。正确的研究方法是创新成功的基础;创新工作不可能一做就成,所以创新者必须具有坚强的心理承受能力,要有坚韧不拔的意志,能承受失败的挫折,特别是要有超越自我的精神素质。

一般说来,在每个人的身上都具有创造能力,这是一种潜在的能力,如果能有意识地从人的素质、知识水平、思维方法和研究技巧等方面加以培养和训练,一般的技术人员可以成长为创新能手。而高科技人才则可以成为某一技术领域的将才和帅才。创新思维方法的学习和推广应用,对开发全民族的创新潜能,发展国民经济具有重要的意义。

## 2 创新思维应遵循的基本原则

笔者认为有以下 10 个基本原则:

任何事物都是可知的;任何事物都是简单的<sup>[1]</sup>;一切事物都是时间、空间的函数;能量守恒;质量守恒;因果关系;一切事物都是不均衡的;非线性规律;主要矛盾只有一个;任何技术都是有限的。

作为一个优秀的创新人才,首先要对研究的项目从宏观上做一个全面的考虑,就是要按上述原则逐项进行思考,分析它可能产生的问题和结果,再选择最佳的方案去实施。

第 1、2 项原则是爱因斯坦的名言,它增强了我们工作的自信心。当前新技术、新材料大量出现,我们面对许多不熟悉的新理论和新领域,要敢于学习和应用,只有这样才能拓宽我们原有的技术

空间,取得更大的成就。

第 3 项,一切事物都是时间、空间的函数,它不仅提示了有些研究项目可以直接应用这一规律,如信息传输中的时分制,而且也间接揭示出,一个系统、一个产品必须要考虑在不同时间、空间条件下,它的适用范围和性能。这一原则不仅适用于工程,而且也适用于其它社会现象,如人际关系、股市变化、体育比赛等等。

第 4 项,能量守恒的原则,广泛应用于机械、电气、化工、热力和流体等领域,进行这一类研究时,必须逐步加以校核和验算。同样地,笔者在研究煤层瓦斯流动和煤与瓦斯突然喷出问题时,也需要从能量的角度来分析研究,这和力学过程的分析是一致的。

第 5 项,质量守恒,这是人人皆知的原则,但在具体的工作中,往往被忽略了。例如,1978 年甘肃省窑街矿务局向煤炭部申报:在三矿煤层底板砂岩中掘进大巷时,发生岩石、二氧化碳突出,突出岩石 2 000 t、二氧化碳  $24 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,二氧化碳气体逆风流运移达 1 600 m,死亡 90 人。在调查事故时,笔者根据质量守恒原则分析,砂岩对二氧化碳没有吸附性,只能以游离状态存在于砂岩的孔隙中,要让这么多的二氧化碳存在于不到  $100 \text{ m}^3$  的孔隙中,这是不可能的,因为二氧化碳在 8.0 MPa 就成为液态。只有煤对二氧化碳有强吸附性,在这一区域的煤层厚 24 m,位于掘进岩巷的上部,因此在下矿前即判定突出原因是岩巷前方遇到了断层,煤层下降,岩巷误穿含有高压二氧化碳的煤层,且断层面可能与深部的二氧化碳气源相通。下矿现场考察时,很快在现场找到了许多煤炭,证实了这一判断是正确的。事故后共清理出煤、岩 1 030 t,其中煤占 80% 以上,这次事故实际上是煤和二氧化碳突出。

在研究煤矿中煤层的瓦斯含量时,从理论上查明了瓦斯是在煤炭的生成过程中产生的,现有的瓦斯含量仅是其残存的一少部分。判断预测一个煤层原始瓦斯含量的多少,首先要从漫长的地质年代中分析它保存瓦斯的条件,另外也要从地层和地质构造上看它是否有利于瓦斯的放散,这就是瓦斯地质学的基础。

第 6 项,因果关系,这一项看来似乎简单,但在实际工作中往往也易于忽略,造成失败或后期的负面影响。这是因为事物不是孤立存在的,它处于

一个多种因素的大系统中，各个因素往往是相互影响的，有些作用需要相当长的时间或在一定的条件下才能呈现。例如在20世纪60年代风行一时的四环素药片给一代人造成了灰牙齿，这是因为事先未能发现四环素能造成色素在牙齿中沉积的原故，所以在添加一个部件或一种材料以及改变一项工作环境或工艺时，必须三思而行。

第7项，一切事物都是不均衡的，这一原则的应用极为广泛，如工程材料的不均质，杂质的影响等等。在采矿工程中，岩层和煤层都是各向异性的非均质材料，而地层的原始应力状态和采动应力也是不均衡的，而且还是时间和空间的函数。由于这些参数事先不能准确预测，是发展采矿学科最大的困难。

在设计制造机器和装置时，由于机械加工中不可能做到绝对平行和垂直，因此许多故障往往是加工精度未能达到要求所致。

在一些煤与瓦斯突出严重的矿井，往往在已经采取了打钻孔预排瓦斯措施后的工作面上发生强烈突出事故，起初不大理解，以后才认识到由于预排瓦斯钻孔位置不当，未能全面降低工作面前方煤体中的地应力和瓦斯压力，反而在未卸压地区造成更加强大的集中应力带所致。这说明了采用的技术措施不到位，反而更加危险，应力和瓦斯压力的不均衡分布是事故的主要原因。

第8项，非线性规律，世界上大多数事物的运动是非线性的，线性运动是少数，是相对的，暂时的，是非线性运动的特殊情况，因此我们在科研工作中，也要用非线性的思维方法来分析问题，解决问题。

例如，煤层瓦斯的流动由高压流向低压，它也是煤与瓦斯突出的主要动力，准确测定瓦斯压力的重要性相当于在电学领域中对电压的测定。难点在于，测压钻孔在强大的地应力作用下，钻孔周边产生许多微裂隙，测压孔中的瓦斯通过裂隙向巷道空间泄漏，而煤层的透气系数又很低，微量的漏气可造成测出的压力远远低于真实的瓦斯压力。如何准确测定瓦斯压力？成为世界性的难题，根据非线性思维，笔者认识到，既然测压孔的微裂隙不可避免，泄漏是客观存在，我们是否可以让它泄漏另外一种流体，只要保证瓦斯不泄漏，就可以准确测出煤层瓦斯压力。

为此我们发明了用压力粘液封孔，首先用两组

胶圈封闭钻孔，在两组胶圈之间充入压力粘液，且保持粘液压力大于瓦斯压力，这样泄漏的是粘液，保证了测压的准确性。这种用固体封液体，用压力液体封气体的主动式封孔测压技术，受到了国内外的好评。

粘液封孔测压在岩石钻孔中应用效果很好，但在处于煤层大裂隙带的煤巷工作面使用时，粘液漏失严重，为此又发明了三相泡沫密封技术。其思维方法是：为了避免粘液的漏失，必须在漏失过程中完成对大裂隙的密封，即该密封液应具有自我封堵裂隙的能力，为此在密封粘液中加入固体颗粒和发泡剂，注入压力气体形成泡沫，固体颗粒粘附在泡沫表面，泄漏时泡沫膨胀，将固体颗粒压抹在裂隙的表面，迅速实现了自我密封。当内外压差为2.0 MPa，密封40 mm厚度的4 mm×40 mm裂隙，仅需15 min，漏失粘液量只有20 ml。

为了尽快获得测压结果，采用向测压孔注气的措施，将测压时间由过去的几十天缩短为几小时到几天。这也是逆向思维的应用。

另外在实验室进行含瓦斯煤的物理力学性能测定时，软煤试样可以用煤粉人工压制，硬煤试样可从天然煤块制作，但中间强度的试样难于制作。国内外过去都用粘结剂掺合在煤粉中压制，粘结剂破坏了煤的性质，实验结果不可信。我们想既然天然煤层是在地下高温高压下生成的，我们是否可以在实验室中对煤粉施加高温高压，人工二次炭化来制作？结果在压力机上用电加热煤样制作器圆满地制作出不同煤质成分和强度的煤样，取得了含瓦斯煤力学性质的测定结果。

第9项，主要矛盾只有一个，这一原则在矛盾论中有详细的论述，笔者在研究工作中感到这一原则很有用，特别是在一个大系统中存在许多因素，各个因素之间彼此相互作用，在分析问题时往往难于判断它的作用过程。这一原则可以帮助我们问题的源头，逐步分析，找出问题的症结。例如，在1960年春节，包头河滩沟矿西风井在地下230 m处，测定瓦斯压力两次均超过4.0 MPa。该处煤层厚30 m，煤炭部要求笔者帮助解决西风井如何穿过高压瓦斯特厚煤层的问题。在现场阅读地质资料后，我不相信这一测压结果，因为煤层浅，煤层厚而且与地表相通，不可能有这样高的瓦斯压力。我在阐述这一意见时，受到矿务局一位领导的反对，他说我们在矿下两次测定瓦斯压力，都超过了4.0

MPa,也许我们这里正在创造世界纪录。为此必须用实际的测定结果来纠正原来错误的测定数据,才具有说服力。为什么压力表呈现这样高的压力值?用这一原则分析:与压力表直接接触有关的因素有测压管;瓦斯;空气;温度;测压孔内的积水等。对压力表指针的推动力是有压力的瓦斯,而瓦斯和水共同存在于测压管的有限空间。冬季的严寒使测压工作地点的温度为零下 $5^{\circ}\text{C}$ ,冷空气使测压管内的水结冰,冰的相对密度为0.9,膨胀的冰在有限空间的测压管内,压缩具有压力的瓦斯,使瓦斯压力出现异常的高值。我在采取措施使工作地点的温度保持零上以后,重新测出的压力值下降到0.9 MPa,根据安全规程的规定,在这个压力下可以不采取特殊措施,直接用爆破方法掘进通过煤层,从而大大地节省了施工费用,并缩短了工期。这是一个在多因素作用的大系统中应用这一原则分析问题的实例。同样地,在多因素交叉影响的技术问题中,这一原则也很有用。

第10项,任何技术都是有限的,这一原则说明任何理论、技术、元器件、机械电器设备,它的应用都是有条件的。我们在设计制作一个机械时,不能超过限度地扩大它的功能,只能是有所为,有所不为。除此之外,对人际关系也是适用的,金无足赤,人无完人,社会中的许多事物也是如此。在工作中人对己都应遵循这一原则。

### 3 创新思维的方法和步骤

创新思维的方法和步骤如下:

调查研究;确定技术要求及其可行性;选择技术途径;用作图分析法列出影响因素;用极限判别法分析各个因素的作用;确定技术关键及其解决方法;简易的定性试验;比较正规的定量试验;总结完善实验系统;将成果应用于实际,并扩展其应用领域。

这些思维的方法实际上是创新活动应遵循的一般步骤,即根据研究目标来选择技术途径;找出关键之处;通过实验研究;完成创新项目<sup>[2]</sup>。

在上述步骤中,首先要按照创新思维的原则来分析判断项目的可行性和选择技术途径;其次用作图分析法,列出各个因素及其相互关系;然后找出关键点,再逐步通过实验研究,解决问题。

在判断项目的可行性时,要经过理论计算或计算机模拟,推测具有充分的技术经济可行性后,才能进入实验研究阶段。在多因素作用的大系统中,应用极限判别法是非常重要的,它可以判明哪些因素是次要的,在考虑时可以将它删除,这就大大减少了次要的或无关的因素的干扰,可以集中精力来解决主要矛盾。在不同领域中极限值的指标是不同的,例如,在倾斜角度中, $0^{\circ}$ 和 $90^{\circ}$ ;温度领域中,固相、液相、气相状态的临界温度;真实和虚假;刚性和柔性;极轻和极重;极大和极小;极高和极低;冷和热;追捕和诱捕;柔软和坚硬;明亮和黑暗等等。这是因为在自然界中各因素彼此之间的函数关系多为单值函数。要检验一个因素对另一因素是否有作用,起什么作用?就看它在极大时如何,极小时如何,如没有影响,则其它值也不会有影响,所以可以忽略不计。即一个因素在极限状态下,对整个系统没有影响,则该因素的作用即可忽略不计。采用极限分析法的优点,可以把问题明晰化,使人一目了然地看清问题并做出正确的判断。不仅如此,将极限判别法和非线性思维相结合,有助于分析技术途径和选择简捷的技术措施。这一方法不仅可用于工程也可以用于经济领域和人际关系以及种种社会现象。

在工程领域中的创新项目大多属于其它学科新技术的移植,所以创新者要充分注视各方面新技术的应用和发展,学习别人成熟的经验来提高自身的技术水平是最经济和快捷的方法。

同样地,在完成一项创新产品后,应努力加以完善并推向市场。而这一点往往非常困难,但是在产业化的过程中,会暴露出许多技术上的问题,需要不断地完善和努力。对创新者来说,应该认识到这一工作的重要性,不可厌战,而应热情地做好这一工作,圆满地完成这一创新过程。

#### 参考文献

- [1] 芮杏文,戚昌滋.实用创造学与方法论[M].北京:中国建筑工业出版社,1985
- [2] 王崇焕.发现与发明的艺术[M].成都:西南交通大学出版社,1991
- [3] 川口寅之辅.发明学[M].北京:专利文献出版社,1983

(下转第46页)

越重,对猪全基因组的鉴定工作才刚刚开始。

新世纪分子生物技术在猪育种中应用的主要趋势是:

(1) 加速功能性基因和重要经济性状基因的定位、分离、克隆和表达调控研究,以及我国猪种特有优良基因的鉴定和利用途径研究。

(2) 建立高效的基因表达系统和有效的基因转移和鉴定技术。

(3) 研究猪杂种优势的分子遗传机理,研究猪的高效、高产、优质、抗逆育种理论,建立标记辅助选择与常规育种相结合的技术体系和方法。

(4) 研究高效率细胞克隆的分子生物学基础与技术,建立克隆复制的技术体系。

相信,随着科学技术的不断发展,瘦肉猪育种将进入一个新的历史时期,并将取得更大的进展和更多的成果。

#### 参考文献

- [1] Xiong Yuanzhu. Swine Production in China [C]. Proc. of International Conference on Pig Production, Beijing, International Academic Publishers, 1998, 27~30
- [2] 《中国猪品种志》编写组. 中国猪品种志 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1986
- [3] 熊远著. 商品瘦肉猪杂交组合试验综合报告 [J]. 中国农业科学, 1986, (4): 1~8
- [4] 熊远著. 湖北白猪选育研究 [J]. 养猪, 1987, (2): 10~15
- [5] 熊远著. 种猪测定原理及方法 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.3
- [6] Rothschild M F, Ruvinsky A. The Genetics of the Pig, CAB International, 1998
- [7] Webb A. Future Challenges in Pig Genetics [J]. Pig News and Information, 1996, 17 (1): 11N~16N

## Development and Prospects of Lean-type Swine Breeding

Xiong Yuanzhu

(Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

[Abstract] In this paper, swine breeding process in the world, especially in China was summarized, including the investigation of native breed resources, importing excellent foreign breeds, selection of new breeds and special lines, cross utilization of special lines, breeding swine testing, etc. The application and achievements of molecular genetics and biotechnology in swine breeding were briefly introduced. The goals of swine breeding in 21st century were discussed, and some suggestion on selection and breeding of new breeds, preservation of swine genetic resources, breeding swine testing system and application of molecular genetics and biotechnology in swine breeding were presented.

[Key words] swine; lean-type; breeding

(Cont. from p.4)

## The Application of Innovatory Thought in Engineering

Zhou Shining

(China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, China)

[Abstract] Innovation is most important for developing economy in China. In this paper, the author discussed the excellent character for a talented person in innovation, the basic principle of innovatory thought and the executive method and steps. He explained that the scientific thought was the most important means for innovation by his experiences. He emphasized that firm confidence, strong wish in innovation and deep and wide knowledge were the foundation of innovation.

[Key words] innovatory thought; wish of innovation; engineering