

持之以恒加强基础研究

9月18日,由中国科学报社、北京大学经济学院联合主办的第十三届中国论坛在北京举行。

本届论坛以“持之以恒加强基础研究”为主题,邀请科学家、经济学家、科技政策专家以及企业家等,从国家发展战略视角,围绕影响基础研究发展的各个方面展开深入讨论。现将部分专家观点整理如下,以飨读者。



杜祥琬

从三个故事看基础研究

关于基础研究与应用研究,我的体会是,一个科学发现能够开辟一个颠覆性的应用研究领域,基础科学是应用研究的灵魂。在具体实践中,基础学科根基深厚的人才,往往能在应用研究中解决重大难点问题。我举几个例子。

在原子弹研究初期,苏联专家曾提供过一些技术数据。但是后来我国研究人员利用“九次计算”(一种解方程的模拟方法)得出的一个关键数据,却与苏联专家提供的技术指标不符合,引起争议。

1961年,理论物理和粒子物理学家周光召加入“九所”(原二机部第九研究所)。他从头至尾重算了一遍,开始怀疑:会不会专家给的数据错了?

这是一个大胆的怀疑。一个没有搞过原子弹的人,否定专家给的数据,谈何容易?

周光召发挥了深厚的数理基础功底,他从能量利用率入手,利用“最大功原理”证明了“九次计算”结果的正确性和苏方数据的不可能。后来,使用研究人员计算的数据,我们掌握了原子弹研制的核心技术,问题也就迎刃而解了。

另外一个类似的案例,是核物理学家于敏“从物理概念发现一个晶体管坏了”,这个故事同样精彩。

在突破氢弹的过程中,研究人员用晶体管计算机对理论模型进行计算,每个时刻的计算结果都会打在一条纸带上,纸带上详细记录着该时刻的速度、加速度、压力、坐标等物理量。研究人员就在计算机前盯着纸带上密密麻麻的数字,观察物理量的变化。

有一天,于敏和我们正在看这些数据,突然于敏说:“这个量错了!”一般来说,计算机算出来的数据,是很难靠人脑算出来的。但于敏就发现了计算机算出的数据有问题——他看到某个物理量变化趋势的异常,他的物理学功底告诉他,这个数据不对。

大家开始排查,物理、数学、计算方面的专家齐动手,发现物理参数、方程没问题,计算编程、程序指令、程序逻辑也没错。但于敏坚持这其中一定有问题。

当时的晶体管计算机是由装满晶体管的大柜子组成的,它们一个个摆在大厅里。会不会是计算机出了问题?后来去请计算机专家检查。最后,还真就发现其中一个加法器的晶体管坏了。他们把坏掉的晶体管换下来,对那个物理量重新计算了一遍,才得出了正确的结果。

计算机专家们非常惊讶:“你们从物理量出发,能找出计算机硬件的一个错误,实在令人佩服。”而于敏之所以能够质疑计算机,就缘于其在理论物理学上打下的深厚基础。

下面讲一个与我自己有关的故事。在核能利用中,大家都认为“中子输运方程”一定是线性的。然而,在实际工程中,我们发现聚变反应很剧烈的地方,可能会出现中子密度比核密度还要大的情况。在这种情况下,中子之间的碰撞就不能不考虑,而此时线性的中子输运方程就不足以描述这种情况了。

于是我们提出了“非线性中子输运方程”的概念,在这之前是从未有过的。1984年,我们把这一提法发表在《计算物理》杂志上,代表中国科学家率先在国际上提出了非线性中子输运方程及其解法。

从这几个例子,我认识到基础科学跟应用科学之间的辩证关系,可分两个方面:一是基础科学的革命性的突破能够引领创新的方向,能够开辟新的领域;二是应用研究提出的基础科学的问题,可以反哺和推动基础研究的发展。

(作者系中国工程院院士、中国工程院原副院长)



郭铁成

促进科学繁荣需要转变战略

关于基础研究,我有三个观点。第一,科学除了物质方面的价值,更重要的是它的精神价值。科学是技术的源头,能够带来经济增长,这一点大家已经认识到。然而科学的价值远不止于技术和经济,更在于其学术价值、文化价值和社会价值。理性逻辑、观察实验、自由探索的科学精神,能够提高一个民族的精神活力、一个社会的创造活力、一个国家的全球影响力和国际公信力。科学是管长远、管根本、管全局的战略资产。

第二,中国科学已经走过了跟踪阶段,正在进入开创阶段。科学精神已经成为中华民族精神的一个基本元素;中国科学体系已经是全球科学体系不可缺少的组成部分;中国已经具备了开创性研究的能力基础。但目前基础研究的水平不高,从供给侧看,中国开创新性成果占全球开创新性成果的比重较低,提出重大科学问题的能力、产出重大科学发现的能力不足;从需求侧看,来自科技发达国家的国际学生不多,中华民族伟大复兴需要繁荣科学,开创人类科学新的增长点。

第三,在新发展阶段,促进科学繁荣必须转变战略。在未来的发展中,中国很多方面将进入无人区,跟踪目标消失;同时国际创新竞争向纵深发展,开始进入基础层,因此促进科学繁荣要以自由探索为引领,以研究人员为中心,以科学共同体建设为依托,以公众科学建设为基础。

以自由探索为引领,就是增加全社会自由探索基金比重;打破各种条条框框,鼓励一切开创新性研究。以研究人员为中心,就是以科学共同体建设为依托,就是在科学共同体内部和外部建立新型的、诚信的、负责的人际关系;积极探索国际小同行评议、非共识评议、开创新性研究评议等先进的评议机制,以公众科学建设为基础,就是家庭、学校、社会相结合,培养理解和参与科学的能力;政府和企业等社会力量开设公众参与科学的通道,设立公众参与的科技项目。

(作者系中国科学技术信息研究所副所长、研究员)



刘嘉麒

基础研究是艰巨而神圣的事业

基础研究是科技创新的基石。加强基础研究是提高我国原始创新能力、建设世界科技强国的必要条件。基础研究非常专业、严谨,是一项艰巨而神圣的事业,来不得半点虚饰和马虎,只有具备了科学精神的人才能承担这项工作。青年人富于想象力和好奇心,是创新的先锋,是基础研究的生力军。

科学精神的核心是求真务实、探索创新,掌握事物的发展规律,以科学指导行动;同时要有奉献精神、甘坐冷板凳的精神、一丝不苟的精神和百折不挠的精神。从事基础研究的人必须潜心敬业、孜孜以求,“不以物喜,不以己悲”,把工作当成责任,把专业作为事业。

基础研究不是大众科学,不能靠人多,而应建立一支层次分明、精明强干、有领导人物精英队伍。给他们一个宽松的环境和有效的工作平台,鼓励成功,容许失败,不能搞短平快,即使三五年没搞出成果,也不要放弃,有的重要成果可能需要十年八年乃至更长时间才能成功。

创新是基础研究的灵魂。从事基础研究的人不能循规蹈矩、墨守成规,要敢于思考、创新、标新立异,要想办法做新的、比別人强的东西。

做基础研究,选好题目非常重要。爱因斯坦说,“提出一个问题比解决一个问题更重要”。所以,要选择方向,占领一个领域,掌握一种手段,解决一个问题。现在有些科学工作者“跟踪”比较多,创新比较少。跟踪虽保险,但很平庸;创新有风险,但很精彩。我觉得一次精彩胜过无数次平庸。

虽然基础研究的核心是创新,且主要是理论层面的创新,但不要仅停留在理论层面,纸上谈兵。创新要促进创业。只有创业才能促进科学技术成为第一生产力、成为社会发展的动力,把理论变成实践,把科学变成财富。

近20年来,我和我的同事们致力于发展玄武岩纤维新材料。玄武岩这种石头以前主要的用途是铺路,连盖房子都不用它。但把它拉成纤维,制作复合材料,其性能好、性价比高、用途广,可以代替碳纤维和钢铁等,在航空、航天、交通、建筑等领域有广泛应用。

这项新材料的研发与应用,刚好体现了基础研究的重要性。为什么玄武岩能拉丝?什么类型的玄武岩能拉出什么性能的丝?什么类型的丝有什么用途?……这一系列理论问题,有些企业和工人是不清楚的。而我和我的同事及学生,从学生时代就研究火山岩,多年来做的大量研究和实验,正是现在生产玄武岩纤维的理论基础,可以指导生产与应用。我们发表的论文与专著已成为企业发展的重要参考资料。

现在全国已有数十家企业从事玄武岩纤维材料的生产与加工,其生产规模、技术水平均居世界前列;国家已将这种新材料纳入“十四五”等重大发展规划。这一产业的迅速发展,充分体现了理论研究对生产实践的指导意义,也为创新促进创业树立了典范。

(作者系中国科学院院士、中国科学院地质与地球物理研究所研究员)



曹臻

四代人逐梦宇宙线研究

中国的宇宙线研究几乎与新中国同龄。新中国成立初期,王淦昌、张文裕、何泽慧、肖健等科学家给中国带来宇宙线观测研究方向。他们在昆明东川一座3200米的山峰上建设了中国第一个宇宙线实验室——落雪站。

当时建在落雪站的云雾室,算得上是世界上规模最大、水平最先进的同类装置之一。然而,“文革”后,当中国科学家能够重新专注科研时,发现已与国际水平有很大差距了。

改革开放后,中国科学院高能物理研究所研究员谭有恒到日本留学。日本先进的综合性空气簇射阵列让他开了眼界,产生了在中国做类似实验的想法。他回国后申请经费,希望在中国建设世界级宇宙线观测基地。谭有恒认为,“要使中国的生产和技术具有持续发展的活力,必须有自己的基础科研背景……”

1976年,中国的宇宙线研究开始走向国际。虽然没有多少研究积淀,但我们高山——探索宇宙线最好的地方就是高海拔地区。最初中日科学家在西藏甘巴拉山上建了一个观测站,还在珠

峰6700米的营地做了小型试验。这些试验给了我们很好的平台,我们逐渐进入国际先进研究行列。

到了20世纪80年代中期,我们开始有机会跟世界上最好的团队合作。1989年,谭有恒等人提出在西藏建立第一代伽马天文探测器。哪怕它不够大,也占有一席之地。我们一开始跟着日本科学家学习,到1998年与意大利科学家共同启动ARGO-YBJ实验,形势完全改观了。在中意合作建设第二代伽马天文高山探测器过程中,中国科学家担当重要角色。合作项目的人员比例、经费投入都是1:1,我们已经与国际水平齐跑了。

中国宇宙线研究发展到今天,已经经过了三代人的付出和努力。到了第四代的时候,我们终于迎来一个大好机会——“拉索”(高海拔宇宙线观测站,LHAASO)建成了!它由5216个探测器组成一个个平方公里阵列,是当今世界最大的宇宙线观测同类装置。

我曾将一张“拉索”的鸟瞰图发给一位美国同事,他说:“每看一次这张照片,都觉得美国落后了。”“拉索”也不辱使命,在建设过程中就产出重大成果。著名天体物理学家Felix Aharonian盛赞“拉索”是“已经投入观测运行的未来探测器”。可以说,未来我们至少引领这个领域20年。当然,这个过程也不是一帆风顺的,曾有不少人才离开国内宇宙线领域。但现在完全不一样了,我和其他几位研究人员的学生大部分留在了国内宇宙线界,作为第四代,他们已成为骨干力量,他们的许多同事也从国外学成归来,整个领域欣欣向荣。

无论什么研究,要走到世界前沿,都要付出很大的努力,需要几代人的奋斗。如果没有一代代的传承,没有国家大力支持大科学装置的建设,中国宇宙线研究不会有今天。

(作者系中国科学院高能物理研究所研究员、LHAASO首席科学家)



萧国亮

创新需要再来一次“思想解放”

自从1915年爱因斯坦提出广义相对论引力方程的完整形式以来,已经一百多年过去了。世界科学界至今还没有可以与爱因斯坦相对论或量子力学等比肩的基础科学突破。如何促进基础科学的发展和突破,已经成为科学发展的一个重要问题。对于中国来说,要实现中华民族的伟大复兴,要使中国成为世界一流的强国,基础科学的发展和突破是题中应有之义。

17世纪的英国正值上承文艺复兴、宗教改革,下启启蒙运动、工业革命的时代。其中最重大的事件,就是发生了科学革命——基础科学的产生和发展,表现在精英的兴趣转移和科学大师的产生上。

对于宗教改革中产生的新教伦理对基础科学的促进作用,社会学家马克斯·韦伯在《新教伦理与资本主义精神》中解释道,西方特有的新教伦理所孕育的资本主义精神是资本主义与工业化的推动力,资本主义给科学发展提供了巨大的需求,所以在英国具有资本主义精神的清教徒致力于科学探索是理性的表现。

社会学家罗伯特·金·默顿在《十七世纪的科学、技术与社会》中作了进一步的解释,他认为“新教伦理”是科学研究的“新动力”的一个独立源泉。所以,宗教改革以后,人们获得了选择生活方式和行为方式的自由,所以才能从教会生活中解放出来,进入世俗生活;从经院哲学中解放出来,进入现代科学。默顿从社会学与行为学的角度解释了新教伦理对英国基础科学发展的促进作用。

我认为,新教伦理只是促进基础科学发展的中介,从本源上来看,基础科学发展的推动力是认知兴趣与功利主义相结合,这里的功利主义不仅指物质,更重要的是精神的功利主义,即获得精神满足。

追本溯源,推动科学技术发展的动力来自于人类固有的本性,这就是人类爱好探索新知的冲动,即“认知兴趣”,也是基础科学发展的第一推动力。

人类的探索精神和认知兴趣所向披靡,不会有禁区,因此,基础科学要发展,需要再来一次“思想解放”运动,就是坚持“实事求是和改革开放”。

总之,基础科学的发展需要创造一个良好的社会文化环境。这种社会文化环境要让每一个人都具有“独立的精神、自由的思想”,在社会经济和思想文化各个方面助力人们探索精神与认知兴趣的实现。让我们的社会成为能为所有人的自由发展创造条件的“自由的联合体”!

(作者系北京大学经济学院教授、北京大学社会经济史研究所名誉所长)



吴甜

技术深入场景应用的“飞桨观察”

人工智能(AI)技术在与各行各业的大量应用场景结合的过程中,存在这样的问题:新技术与行业场景的结合能否更加低成本和高效率,能否带来更显著的效果和价值?

基于AI技术与产业应用结合的特点,如通用能力具有可复用性,结合场景的应用需要多技术融合,产业落地需要生态链多角色协同等,建设基础共性平台是有必要且可行的。同时,AI应用会涉及数据,拥有可靠的自主创新平台也是产业安全的重要保障。因此,建设我国自主创新、技术领先的深度学习平台具有重要的科技战略价值。

产业级深度学习开源开放平台“飞桨”就是这样的基础平台。

在飞桨与伙伴的广泛合作中,我们观察总结了企业从开始尝试使用AI技术到将AI大量应用于业务场景中的三个阶段。

首先是“AI先行者探路”,即企业中有少数先行人员尝试引入AI进行原型验证,这个阶段中,是否有现成应用、满足应用场景的模型库,对于先行者来说非常重要。

当进行了验证、取得了最初几次AI应用的效益后,企业会从少数先行者的实践转变成建设团队来学习和应用AI,这便进入第二阶段——“AI工作坊应用”。进入这一阶段的企业会组建一定规模的AI团队,将新技术与科技能力引入业务。同时,团队中的非AI专业研发人员也会从使用者逐渐转变为开发者。

第三阶段,当企业进行大量的AI应用,几百、几千人一起工作,多人多任务协同生产,就进入了“AI工业大生产”阶段,更长时期,还会实现社会化协同大生产。这时,算力的管理调度需要高效的平台,研发人员也需要全流程的开发环境。当前,飞桨依托于不同的建设模式“双平台”模式,分别面向AI应用开发者和AI算法开发者,给使用者提供方便好用的AI开发平台。

千行百业拥抱AI,人才建设需先行。AI人才培养有三个层次:首先需培养基础理论研究型人才,以高校和科研机构为主;第二是基础软硬件研发人才,飞桨项目带动了AI基础软件研发人才的成长;第三是产业应用方面,亟需培养既懂懂有业务逻辑,又能够引入新技术并加以应用的AI复合型人才。基于飞桨平台,我们通过培训、竞赛、社区交流等方式让更多人才学习和使用AI技术。

截至目前,飞桨已汇聚360多万开发者,基于飞桨开发了40万个AI模型,累计服务13万家企事业单位。他们来自工业、农业、医疗、城市管理、交通、金融等各行各业,AI应用的多样化和规模化正在加速。

我相信这只是开始。基础通用的技术和产业结合,产教融合培养未来人才,还会持续不断地发展壮大。在这个过程中,开源开放平台会成为产业科技创新的基础支撑。通过平台支撑、人才培养,再加上生态建设,最终促成产业的繁荣发展。

(作者系百度集团副总裁、深度学习技术及应用国家工程实验室副主任)



苏剑

科技创新促进经济高质量发展

高质量发展的基本前提就是经济能够持续健康发展。

怎样实现经济健康高质量的发展,那就要分析我们当前面临的经济形势。纵观全球,产能过剩是全球各国面临的共同问题。产能过剩就是需求不足。在这种情况下,要实现经济的长期持续发展,不能只依靠财政政策和货币政策,当前各国的财政政策和货币政策都几乎到了极限。

财政政策如果长期使用,即长期扩大政府支出,投资到“铁公机”等公共领域,会导致政府债务危机。如果长期采取货币政策,通过降低利率来扩大需求,也是有极限的,再往下降的空间已经越来越小。因此,靠财政政策和货币政策来扩大需求,已经很难持续了。

这个情况下,维持经济的长期持续发展就需要争取扩大老百姓需求的办法,实际上,我们只能通过发明新产品来扩大需求。

电脑、互联网、麦克风、电灯、电话等,这些物品曾经都是新产品,但现在已经成为我们日常生活必需品,而且成为永久的一部分。随着新产品不断出现,这些能够变成我们日常生活必需品的产品就会越来越多,需求就会不断地扩大下去。

所以,要想让经济持续健康地发展,必须不断地进行产品创新,这个产品创新的根源是基础研究。我们发现每次基础研究方面的巨大创新都会带来大量新的消费品,比如第一次工业革命带来的是蒸汽机、轮船、火车等,第二次工业革命带来的是内燃机,接下来我们迎来信息革命,所有的前提都是基础理论方面的创新,它们带来了一次大规模的新产品潮,带来了总需求的持续扩张。

因此,科技进步,尤其是基础科学方面的创新,对于人类的长期持续发展有着必不可少的作用,也会保证经济的高质量发展。

(作者系北京大学经济学院教授、北京大学国民经济研究中心主任)



向松祚

建立创新生态体系

当下,创新的基础研究的重要性已在举国上下形成共识。那么创新如何产生?如何构建一个创新的生态体系,让我们的人才、天才、奇才、怪才能够持续不断地涌现出来?这需要大学、中学、小学以及幼儿园教育者共同思考。

科技创新是中国实现经济社会发展的目标。但我们面临严峻的挑战,我们的产业链、供应链不稳定,面临“卡脖子”的问题,战略科技力量不够强大,基础教育、基础科学和基础产业非常薄弱。

今天,创新已经成为中国经济转型升级的必由之路,要实现中国经济的持续增长,只有一条路,就是推动科技创新,用科技创新的办法来改造传统的产业,创造新的产业。

创新,需要扎实的基础研究。事实上,几次工业革命的头头都是基础科学的重大突破,历史表明,如果一个国家在原创技术、根技术上依赖他人,那么其产业、经济是没有真正的竞争力的。

《科学:无尽的前沿》有一个精彩的论断:一切新产品和新技术都不是突如其来、自我发育和自我生长起来的,它们皆源自新的科学原理和科学概念,新科学原理和科学概念必须来自最纯粹的科学研究领域持续不懈的艰难探索。如果一个国家最基础的前沿科学知识依赖他人,其产业进步必然异常缓慢。

美国的科学创新体系给我们提供了很多经验,也启发了我。我认为,激发基础科学创新,需要建立创新生态体系。

创新生态体系不是一个可以设计和操控的机械经济体系,不是经济学家热衷讨论和梦寐以求的均衡经济体系,也不是可以事先计划好规划的计划经济体系。它是一个持续动态演化的生命体系。

我在《新经济学》一书中深入讨论创新生态体系和创新的基本规律,总结了“创新中心七律”——文化至上,自由独立,生态体系,多元包容,去中心化,跨界融合,专注持久。基础科学研究是靠人才,靠一代一代的年轻人创造出来的。下一步就要思考,国家如何能够尊重创新规律,真正下决心构建一个富有活力的教育体系、科研体系、创新体系,只有这样,我们的目标才有可能实现。

(作者系粤港澳大湾区金融研究院院长)