



# 从2021年诺贝尔物理学奖看复杂系统科学的时代意义

□ 徐浩然



复杂系统科学,也称复杂性科学(Complexity Science),兴起于20世纪80年代,是系统科学发展的新阶段,也是当代科学发展的前沿领域之一。复杂系统科学的发展,不仅引发了自然科学的变革,而且日益渗透到哲学、人文社会科学领域。著名物理学家霍金曾预言:21世纪是复杂性科学的世纪。

最近,复杂系统(Complex Systems)这个词出现在诺贝尔物理学奖官方网站最醒目的位置。瑞典皇家科学院将2021年的诺贝尔物理学奖授予三位物理学家,表彰他们“对我们理解复杂物理系统的开创性贡献”。美籍日裔科学家真锅淑郎、德国科学家克劳斯·哈塞尔曼因为“地球气候的物理建模,量化可变性并可靠地预测全球变暖”的研究共享了诺贝尔物理学奖的一半奖金;意大利科学家乔治·帕里西因为“发现了从原子尺度到行星尺度的物理系统中的无序和涨落的相互作用”而获得了诺贝尔物理学奖的另一半奖金。从爱因斯坦和普朗克开始,一百多年来人类的科学探究在一定程度上正是沿着复杂性视角确立的方向不断进步,2021年诺贝尔物理学奖的揭晓更加诠释了复杂系统科学的光明前景和时代意义。

## 从无序的复杂系统中寻找有序

面对自然界与人类社会的复杂性问题,我们要坚持马克思主义科学的世界观方法论。真实世界是复杂的,物质在时空领域内相互作用,事物之间因此产生了非线性的普遍联系。在2021年诺贝尔物理学奖的颁奖词中有两个关键词:“气候”和“无序”。所谓“无序”,是指事物之间发生的一种无规则、不稳定的随机联系,这也是人们对各种复杂现象最直观的感受,但“无序”不是绝对的。在一个复杂系统中,无序在很大程度上源于混沌,秩序由混沌演化而来。获奖物理学家的研究有个共同点,即从无序的复杂系统中寻找有序,运用数学工具建立物理模型,从而精确预测混沌演化的结果。19世纪基于一系列新社会因素以及科学发现(如细胞学说、进化论)向辩证思维回归的历史事实,马克思、恩格斯运用唯物辩证法

对物质在时空领域内普遍联系的科学研究,运用历史唯物主义对人类社会演化动力学的揭示,都充分反映出马克思主义世界观方法论的复杂性视域。面向21世纪,充分吸收复杂系统科学的最新成果,有助于我们深化马克思主义的世界观方法论,从而更加科学有效地应对自然与社会的复杂性问题的。

## 推动建构适用于复杂性问题的科学理论

加强前瞻性、引领性基础研究,推动建构适用于复杂性问题的科学理论。在科学研究中,发现一套新的理论就意味着已经敲响了下一个理论进步之门,而且会产生一系列连锁反应。如今我们面临的很多“卡脖子”技术问题,主要就是因为基础理论研究跟不上,源头和底层逻辑没有搞清楚。20世纪80年代前后,乔治·帕里西在无序的复杂材料中发现了隐藏着的模式,该项发现是对复杂系统科学最重要的贡献之一,这使得理解和描述许多不同的、完全随机的材料和现象成为可能,而且其影响不限于物理学,还涉及其他领域,如数学、生物学、神经科学和机器学习。综观三位2021年诺贝尔物理学奖获得者的成果,尽管选题有所差异但皆与“复杂”相关,复杂系统科学的前瞻性和基础性可见一斑。复杂系统科学的研究领域覆盖了从生命、宇宙到经济社会的一系列复杂性问题的。2021年诺贝尔奖融入了对人类社会起决定性因素的重大事件的考量,深耕复杂系统科学的获奖者因其对人类命运的科学关怀

而荣获表彰,复杂系统科学的引领意义不言而喻。从15世纪下半叶开始,基于还原论的自然科学迅速发展起来,人们把自然界分解为各个部分,把各种自然过程和自然对象分成一定的门类,对有机体的内部按其多种多样的解剖形态进行研究。以牛顿为代表,近代自然科学形成以后,科学家开始习惯于将整体还原成局部来认识,比如化学研究分子,物理学研究原子,生物学研究器官、组织、细胞等。恩格斯批判过这种习惯,认为是把各种自然物和自然过程孤立起来,撇开宏大的总的联系去进行考察。复杂系统科学把世界视作一个整体,按照沃尔德罗普的说法,它是诞生于秩序与混沌边缘的科学,研究难度相当之高。复杂系统科学更强调调整整体论,对于世界总体图景的把握

主要着眼于“整体大于部分之和”的涌现性(非线性作用的趋势和结果)。面对纷繁复杂的物理、信息和社会系统,复杂系统科学敢于突破学科壁垒,并且有能力提供一套全新的、可以理解复杂系统属性的概念框架。

## 通过跨学科交叉研究推动原始创新

建立开放的学科体系,通过跨学科交叉研究推动原始创新。集大成者,方得智慧。当代科学技术发展的一个显著趋势,就是不同领域相互交叉融合,向整体论、一体化方向发展。习近平总书记在2020年科学家座谈会上强调,“科技创新特别是原始创

新要有创造性思辨的能力、严格求证的方法,不迷信学术权威,不盲从既有学说,敢于大胆质疑,认真实证,不断试验”。推进原始创新,要求广大科技工作者敢于提出新理论、开辟新领域、探索新路径,但这不是毫无章法的冥想,跨学科交叉是促进原始创新的重要途径。在20世纪获得诺贝尔自然科学奖的466位顶尖科学家中,具有学科交叉背景的人数占总获奖人数的40%多。今年获奖的乔治·帕里西在粒子物理学、统计力学、流体动力学、凝聚物、超级计算机等多个领域作出过重大贡献并且得到广泛认可。进入21世纪以来,全球科技创新进入空前密集活跃的时期,新一轮科技革命和产业变革正在重构全球创新版图、重塑全球经济结构。信息、生命、制造、能源、空间、海洋等领域的原创突破为前沿技术、颠覆性技术提供了更多创新源泉,学科之间、科学和技术之间、技术之间、自然科学和人文社会科学之间日益呈现交叉融合趋势,科学技术从来没有像今天这样深刻影响着国家前途命运,从来没有像今天这样深刻影响着人民生活福祉。在这样的背景下,我们必须摆脱近代以来科学研究方法上受“还原论”的束缚,主动做“智者不夸其所长”的典范,不能因学问越做越深而知识面越来越窄。我们要在不同学科群之间推动协同创新和集成创新,进而探索出在不同学科领域都相互印证的规律性认识。

## 科学应对万物智联时代的治理难题

促进复杂系统科学向人文社会科

学领域延伸,科学应对万物智联时代的治理难题。随着人类对物质世界运动规律的认识不断深化,自然科学与人文社会科学的方法互通性日益凸显,从而延伸出大量交叉学科,譬如复杂经济学——基于量子力学的世界观和熊彼特技术创新理论重新建构了经济学的研究范式;收益递增、路径依赖、随机性小事件、进化。为了更有效地破解经济社会治理难题,复杂系统科学向人文社会科学领域延伸是大势所趋。19世纪中叶英国完成第一次工业革命,那个时候马克思、恩格斯便敏锐地发现了社会化大生产作为一种历史趋势的必然性。今天,我们正在经历大数据和智能化驱动的第四次产业革命,社会化大生产之“大”无论在规模还是深度上都超越了19世纪。人类命运共同体在全球供应链体系与数字基础设施的矩阵中,将逐步超越国界、深入互联互通,虚拟空间与现实世界的结合将在时空叠加的宽广维度上更加紧密。在一个万物智联的时代,经济社会系统是开放的,其耗散结构特征越来越明显,系统的“新陈代谢”始终伴随物质和信息的流动,这是远离平衡态的,而在远离平衡态时会产生一种使之趋于平衡的动力。我们一方面感慨于现代化的突飞猛进,另一方面也忧虑不确定性不稳定性明显增强隐藏的危机挑战。目前,已经有学者通过引入复杂性科学方法来拓展科学社会主义方法论,以此推动科学社会主义面向21世纪经典范畴与传统命题的更新,譬如海因茨·迪特里奇基于系统论、控制论对社会主义演化发展的复杂动态性研究,以及一些学者基于量子复杂系统理论对社会主义建设体系的研究,都是值得重视的。

我们正处在一个发生深刻而复杂变化的时代,“不确定性”可能是这个时代最大的“确定性”。当下我们越是深入探究自然和社会的奥秘,就越是能敏锐感知到变幻无穷的复杂性。三位物理学家的研究成果让我们看到了复杂系统科学的适用性,更加让我们坚信这一前沿理论方法能够有效帮助人类应对日益凸显的复杂性问题的。



# 科学成就离不开精神支撑

□ 汪长明

家精神,是广大科技工作者的闪亮标签和鲜明特质,成为建设世界科技强国、实现中华民族伟大复兴中国梦的强大精神支撑,值得全社会大力弘扬并不断传承。

“科学无国界,科学家有祖国。”广大科技工作者赤胆忠诚、赤心报国,胸怀“此生惟愿长报国”的深沉家国情怀和崇高精神品质,他们树立科技报国远大理想,将个人人生志向与国家命运、个人成长与国家发展、个人需要与国家需要有机统一、无缝连接;他们将爱国之心与报国之行、科学研究之“冷”(冷静)与报效祖国之“热”(热情)融入个人职业追求与科学理想之中,做到了个体(个性)与群体(共性)、时代性与先进性、追求真理(理论)与服务国家(实践)相统一。“我的事业在中国,我的成就在中国,我的归宿在中国。”著名科学家钱学森回国时的这句铮铮誓言,堪称中国科学家爱国主义精神的集中写照与群体镜像。

科学的价值在于“破旧立新”——破除既有范式,创造新的范式,从而推动科学的传承、社会的发展、人类的进步。广大科学家是科研创新的主体。在科研工作中,他们不畏“定理”、敢于质疑、勇于突破、开拓创新,以“功成不必在我”的精神境界和“功成必定有我”的科学担当,不断攻克科学研究的前沿阵地、学术洼地、创新高地,征服了一座又一座科学的“珠穆朗玛峰”,解决了一个又一个创新的“疑难杂症”,为建设创新型国家注入创新动力、提供创新智慧、书写创新历史。

广大科技工作者勠力同心、攻坚克难,坚持实事求是、追求科学真理、勇攀科技高峰、始终敢为人先。纵然“高处不胜寒”,他们依旧“咬定青山不放松”,以“黄沙百战穿金甲”的勇气和豪情、“不破楼兰终不还”的韧劲和自信,义无反顾、勇往直前。在个人科学生涯中,他们不断探索科学与自然的奥秘,努力破解推动人类社会发展的“科学密码”,为认识自然、改造自然、服务社会不懈

探索,穷尽毕生科学智慧,并将其付诸在祖国的大地上不懈奋斗、建功立业的科学历程之中。

科技事业是党的事业重要组成部分,对科技工作者而言,献身科技事业是坚守科技报国初心的根本“底色”,最是奉献方显初心,唯有奉献堪担使命。习近平总书记指出,科学家是“隐姓埋名”的民族英雄。他们将自身科学才华和学术智慧融入祖国科技事业之中,以小我之力成就大我之心,以小我之为成就大我之功,以小我之愿成就大我之境,在历史和时代赋予的科学机遇中,向祖国和人民递交了一份又一份完美的科学答卷,实现科学人生的亮丽出彩。

科技事业是一项千军万马参与的大兵团作战,来不得单打独斗与孤军奋战。习近平总书记指出,要在国家重大科技任务担纲领衔者中发现具有深厚科学素养、长期奋战在科研第一线,视野开阔,前瞻性判断力、跨学科理解能力、大兵团作战组织领导能力强的科学家。大兵团作战离不开服从大局的集体主义精神和团结协作的协同精神。在个人与集体的关系、个人与国家的互动中,每一位科学家都是中国科学家群体中不可或缺的“个体”,是中国科技事业宏伟大厦中无可替代的“单元”。正是无数“个体”、无数“单元”凝聚成了国家科技事业发展的时代伟力,谱写了科技强国日新月异的宏伟篇章。

长期以来,一代代、一批批德高望重、功勋卓著的老一辈科学家甘做年轻科技工作者尤其是科学新星、学术新秀的塑造者和培养人,为他们的学术成长架梯搭桥、投石铺路。国家科技事业发展离不开一代代科技工作者接续奋斗。科学家尤其是战略科学家,他们既是奋斗在国家科技事业一线的领头雁和排头兵,也是国家科技事业永续发展的“播种机”。为此,“要坚持长远眼光,有意识地发现和培养更多具有战略科学家潜质的高层次复合型人才,形成战略科学家成长梯队”。

(上接1版)遵义会议事实上确立了毛泽东的领导地位,在最危急关头挽救了党、挽救了红军、挽救了中国革命。在毛泽东指挥下,红军犹如新生,四渡赤水跳出重围,此后一路勇进,不断从胜利走向更大胜利。三是在威胁侵略面前运筹帷幄、敢于斗争。新中国成立不久,毛泽东力排众议,果断作出抗美援朝、保家卫国的历史性决策。志愿军发扬一不怕苦、二不怕死的血性胆气,在毛泽东军事战略思想指引下,采取运动战、坑道战、夜战等灵活机动的战略战术,以“钢少气多”战胜了美国的“钢多气少”,“打得一拳开,免得百拳来”,打出了几十年的和平。四是在历史转折当口英明抉择、把舵领航。党的十一届三中全会作出把党和国家工作中心转移到经济建设上来、实行改革开放的历史性决策,实现了新中国成立以来党的历史上具有深远的意义的伟大转折。我们成功开创中国特色社会主义,战胜来自各方面的风险挑战,中国大踏步赶上了时代。

党的十八大以来,习近平主席以巨大政治勇气推动社会革命和自我革命,不断医治病症,坚决铲除毒瘤,及时消除严重政治隐患,防止和惩治脱离人民、侵害人民利益的各种行为,带动了全党全社会风气的整体转变,凝聚了党心民心,极大提升了党在人民心中的形象和威信。历史观照现实、昭示未来,党的核心是在伟大斗争和实践中逐步形成的,从来都是历史的选择、人民的选择,具有鲜明的时代特色和深厚的实践基础。在我们党的历史上,党和人民的事业造就和选择了毛泽东等领袖人物;今天,党和人民的事业又造就和选择了习近平同志这个党中央的核心、全党的核心。我们正在进行具有许多新的历史特点的伟大斗争,越是前所未有地接近实现中华民族伟大复兴的目标,越是前所未有地靠近世界舞台中心,就越要更加紧密地团结在党的核心周围,坚决维护习近平主席

的核心地位,坚决维护党中央权威和集中统一领导,坚定不移跟着习近平主席奋进新时代、走好新征程。

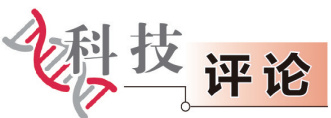
## 从新时代辉煌成就中感悟实践伟力,坚定对习近平主席的信赖拥戴

党的十八大以来,习近平主席站在党和国家事业发展全局的高度,统筹推进“五位一体”总体布局、协调推进“四个全面”战略布局,立足新发展阶段、贯彻新发展理念、构建新发展格局,团结带领全党全国人民砥砺前行、攻坚克难,推动党和国家事业取得历史性成就、发生历史性变革,中华民族迎来了从站起来、富起来到强起来的伟大飞跃,实现中华民族伟大复兴进入了不可逆转的历史进程。一是全面从严治党的政治生态。以猛药去疴、刮骨疗毒的勇气,坚定不移推进全面从严治党、全面从严治军,“打虎”“拍蝇”“猎狐”,持之以恒恒正风肃纪,让全党清醒认识到规矩是有边界的、高压线是带电的、红线是不可逾越的,取得反腐败斗争压倒性胜利,给濒临触礁的前行航船紧急定航摆舵,为我们党清除了肌体里的毒瘤、生态中的雾霾,唤回了弊绝风清、海晏河清的朗朗乾坤,党在革命性锻造中更加坚强,焕发出新的强大生机活力,为党和国家事业发展提供了坚强政治保证。二是坚持人民至上、强固力量之源。始终坚持以人民为中心的发展思想,把人民对美好生活的向往作为党的奋斗目标,坚决打赢三大攻坚战,特别是在中华大地上全面建成了小康社会,历史性地解决了绝对贫困问题,创造了彪炳史册的人间奇迹。面对新冠肺炎疫情,统筹推进疫情防控和经济社会发展,取

得了重大战略成果,生动诠释了人民至上、生命至上的情怀和担当。三是加速发展引擎、积蓄实力底气。习近平主席带领我们撸起袖子加油干、一张蓝图绘到底,书写了经济快速发展和社会长期稳定两大奇迹,国内生产总值逐年攀升,“天眼”探空、“蛟龙”深潜、“北斗”组网、“嫦娥”探月、“天问”落火、“天和”巡天等一系列成就举世瞩目,经济实力、科技实力、综合国力不断跃上新台阶,创造了中国现代化新道路,创造了人类文明新形态。四是推进大国外交、营造良好环境。统筹国内国际两个大局,全面推进中国特色大国外交,推动建设新型国际关系,构建人类命运共同体,推动共建“一带一路”高质量发展,不断打造更加紧密的全球伙伴关系网络,中国的“朋友圈”越来越大,对外交往的道路越走越宽。五是建设一流军队、筑牢坚强柱石。立足国家安全和战略全局,对国防和军队建设进行战略擘画和设计,开创了政治建军、改革强军、科技强军、人才强军、依法治军的崭新局面,实现政治生态重塑、组织形态重塑、力量体系重塑、作风形象重塑,人民军队在新时代强军之路上迈出新步伐。

习近平主席在“七一”重要讲话中号召,把人民军队建设成为世界一流军队,以更强大的能力、更可靠的手段捍卫国家主权、安全、发展利益。我们必须牢记领袖统帅伟大号令和期望重托,立起旗帜引领、熔铸忠诚信仰,提高政治能力、践行忠诚担当,锤炼打赢本领、履行忠诚使命,振奋革命精神、永葆忠诚本色,以铁心向党、矢志强军、岗位建功实际行动,切实扛起建设世界一流军队的历史重任,为实现中华民族伟大复兴提供战略支撑。

(作者系空军政治工作部中将军)



习近平总书记在科学家座谈会上指出:“科学成就离不开精神支撑。科学家精神是科技工作者在长期科学实践中积累的宝贵精神财富。”以“爱国、创新、求实、奉献、协同、育人”为核心内涵的新时代中国科学