

# 系统研究复杂显“大成智慧” 科技哲学交融耀盛世中华

## ——访北京大学长江学者余振苏教授

□蔡巧玉



他是世界湍流研究领域的知名学者；

他曾是美国加州大学洛杉矶分校的终身教授；

他是北京大学首批聘请的长江学者特聘教授，被称作“长江学者第一人”；

他是国家体育总局水上运动管理中心首席科技指导，被授予“中国奥委会特聘科技专家”；

他指导国际排名30名以外的默默无闻的我国激流皮划艇选手李彤，一跃成为世界大赛多次打入决赛并获得银牌的精英选手；

他一直在思考的是复杂系统科学可能带来的科学整体的结构性革命。一直在追求的是应用严谨的复杂系统分析服务于祖国建设的国计民生大业……

2007年10月，党的十七大对祖国建设进行了这样的表述：中国处在社会主义建设的初级阶段，面临着工业化、信息化、城镇化、市场化、国际化深入发展所带来的新形势新任务。在这些新形势新任务中有两项重要挑战：在人们思想活动的独立性、选择性、多变性、差异性明显增强的情况下，发展社会主义先进文化的需求；在社会结构、社会组织形式、社会利益格局日益复杂化的背景下，推进社会建设和管理的需求。这些都是当今中国社会面临的典型复杂性现实问题，也是当代人类在信息爆炸、文化互通、社会分工既细致、又网络化综合等崭新复杂特征面前所普遍面临的难题。传统的概念和思维方式已经很难对人类面对的复杂性现实问题作出阐释，如何尽快提高人们的智能，以适应新世纪发展的需要，成为时代的一个重要课题。老一辈力学泰斗钱学森曾指出，这是件大事，其意义不亚于当年“两弹一星”的研制与发射。

在知识爆炸、信息如潮的时代里，“两弹一星”元勋、著名力学泰斗钱学森继承发扬了中国传统文化精华，以马克思主义的辩证唯物论为指导，着力探索与思考几十年，于世纪之交提出了“大成智慧学”的设想。“大成智慧”旨在引导人们在面对新世纪各种变幻莫测、错综复杂的事物时，能够迅速作出科学而明智的判断与决策。其核心是科学与艺术的结合，而统领两者的是哲学思想。一位大成智慧者不仅需要下苦功掌握广博的知识、经验，还需要从实际出发，实事求是，善于思考、反复实践，努力树立起反映新世纪的世界观、人生观、科学观、方法论。

眼前这位学者：中等个儿，个性鲜明的胡子，严谨整齐的黑色西服，典型的知识分子式的微笑，他就是北京大学力学系周培源讲座教授、北京大学湍流与复杂系统国家重点实验室主任余振苏教授。正是这位恰值不惑之年的青年学者，经过多年科研积累，重新审视古往今来诸多优秀哲人学者思索争论的命题，逐渐形成一个以系统的复杂结构为基础的独理论论体系，即复杂系统科学哲学。其研究对象在直接针对自然科学中的复杂系统问题，如湍流、生物进化、智能起源、生命起源等的同时，也涵盖了伦理学、道德、价值、认识、意识、精神等人文社会科学领域问题的探讨，其理论体系对自然科学、社会科学以及社会政治、经济、文化等多个领域的理性思考都具有重要的参考价值。

### 开展湍流研究 奠定复杂系统学术根基

相传，量子理论家海森堡临终前在病榻上宣布，他要带两个问题去见上帝：相对论和湍流。海森堡说：“我真的相信上帝对第一个问题会有答案。”足见湍流问题之复杂。在维基百科全罗列的包括“时间箭头”、“宇宙非对称”在内的物理学22个著名难题中，湍流就是其中之一。描写湍流的数学经典模型是纳维-斯托克斯方程，它是美国数学学会悬赏百万美金求取相关证明的难题。

究竟是什么湍流？简单地说，湍流就是大涡流中套着小涡流，是各个尺度上一堆无序但有规律的运动。在湍流面前，似乎所有的成规都被打破。当流体越过湍流起点之后，小扰动会灾难性地增大。正是这个起点，这种转变使湍流成为科学的不解之谜，成为著名的基础科学“世纪难题”。世纪之交，法国科学院举办了365场科学报告会，“令人惊奇的是，在这些报告中最频繁出现的学科名词是湍流。”法国科学院院士佛里说。确实，湍流现象出现在众多学科领域，如空气动力学、气象、气候、海洋、太阳、星系、宇宙演化等。

湍流现象如此复杂多变，研究者必须具备深厚的数学基础和敏锐的物理

思想。正如树木之青葱翠绿、枝繁叶茂，其根基必须扎得很深。1990年，余振苏在国际《自然》杂志发表了论文，指出湍流小尺度存在序涡结构，这一富有新意的观点突破了人们传统认为湍流极端混乱无序的认识，引起科学界的关注，美国物理学会刊《今日物理》对此作了封面报道。1994年，余振苏在美国《物理快讯》上发表论文，发展了一种将湍流的无序结构与有序结构统一描述的“湍流层次结构标度律模型”，即She-Leveque标度律(简称SL,SL即余振苏的姓氏,L是他当时的法国学生的姓氏)。这篇论文获得巨大成功，成为该杂志在湍流研究领域30年来被引用频率最高的经典论文，美国科学院院士卡达诺夫称之为“标度律唯象理论的重要部分”。1995年，余振苏等推导出SL标度律的数学模型——对数泊松模型，则被美国工程院院士斯尼瓦森在1997年的《流体力学年鉴》上评价为是一个“特别有意义、受欢迎的、和具有巨大潜力”的模型。十多年来，余振苏的层次结构已被广泛应用于刻画非线性作用产生的多尺度脉动场结构，被用于解释磁流体力学、化学反应、气候变化、基因序列、乃至大脑神经冲动等多个领域的复杂脉动现象。2006年，一批天体物理学家在美国《物理快讯》上以《宇宙重力流大尺度结构与SL普适标度律》为题著文，指出层次结构能够用于解释宇宙演化中的一些现象。余振苏因此成为当代国际湍流唯象理论的代表人物。

在对湍流研究百年思想发展的脉络进行长期细致的考察之后，余振苏认为：“要实现湍流世纪难题的突破，必须在认识论、方法论上有所创新。必须对传统的还原论进行改造，既要重视理性的力学基本原理，又要充分考虑来自边界和复杂介质的信息，后者通常以经验的形式出现，两者的有机结合才能完成对宏观湍流的精确刻画。余振苏近年来提出的“结构系综”思想，是在他的著名的湍流层次结构思想基础上的新发展，余振苏课题组初步构建了基于湍流复杂结构分析的工程模型新思路。

2007年9月，在流体力学界庄逢甘院士等主持以“航空航天中的湍流与CFD问题”为主题的香山科学会议第308次学术讨论会上，专家们普遍形成的共识是：大飞机的气动设计必须在湍流问题上实现突破。无论是大飞机还是高超音速飞行器，在大气层内和临近空间飞行时都面临着一系列关键的空气动力学问题的挑战。飞行器气动设计的瓶颈是计算流体力学(CFD)，而CFD的瓶颈是湍流与复杂流动。这是一个关系到国家科技、经济和军事竞争力的关键科学问题。

为响应香山会议的号召，余振苏立即率领全国七个单位的几十名学者组成项目筹备组，开展了紧张的研讨。2008年7月，科技部“973”计划“飞行器气动力学与光学设计中的关键湍流问题”成功立项，由余振苏领衔主持，他也成为了能“助飞”大飞机工程的首席科学家。这文包括北京大学、航天十一院、天津大学、北京航空航天大学等七所高校和研究所的38位骨干学者的研究队伍，正在具体实践钱学森“专家研讨厅”的方法。在余振苏教授的高效组织下，从方向到目标，从任务到课题，经过短短几个月的努力，形成一个“以工程需求为目标，以机理研究为手段，发现规律和发明方法并重”的湍流基础研究新思路，获得我国科技界专家们的普遍赞赏。

对于余振苏而言，收获的不仅仅是物理学成果，更主要的是对复杂系统研究思想和方法的提炼。这些思想方法中蕴藏着东西方思维模式的综合、蕴藏着还原论与系统论的整合、蕴藏着复杂现象与本质规律的融合。这些属于认识论和方法论层次的内容，是对复杂系统研究的体系创新。这些能够对湍流世纪难题研究产生积极影响的认识论和方法论，正是目前发展复杂系统学(包括复杂性科学)的瓶颈。余振苏探索的复杂系统研究新体系，以坚实的自然科学研究方法论为基础，重在复杂系统开展多层次多层面的定量刻画，对发展复杂系统科学具有普遍意义。

### 助力科技奥运 复杂系统研究大显身手

奥运会是展示人类身心技能极限的舞台，力学起源于人类在心智上认识自然的需求。当历史的车轮滚滚向前，驶人呼唤科学发展的21世纪时，备受世界瞩目的2008年北京奥运会，确立了“绿色奥运、科技奥运、人文奥运”三大主题。余振苏教授抓住这个机遇，将力学与奥运科技紧密结合、相得益彰，取得了奥运科技攻关的重大突破，充分

展示了我国科技实力。

### 科技奥运“试验田”

中国国家皮划艇激流回旋队成立于1999年，相对于有着六七十年的历史的欧洲强队，还是一支年轻的队伍，2005年以前从未进入过世界大赛的决赛(前十名)。随着2008年奥运会的临近，如何使处在落后阶段的中国激流国家队实现跨越式发展，成为中国激流国家队面临的一个紧迫而又重要的问题。国家体育总局水上运动管理中心交给余振苏团队的第一个任务是设计2008年奥运会激流回旋赛道和水流。

2006年1月起，余振苏团队开始在水上中心和国家队的指导和安排下长期跟队，开展深入的水流和训练调研，先后组织了20多位师生深入国家队训练一线，在实验室进行100多组赛道模型和障碍物模型的水流对比实验。在这些数据的基础上，余振苏团队提出以赛道板壁、底板、障碍物为三大要素结构



余振苏(前排右三)参加香山科学会议

的“回归自然”赛道设计新理念，分别实现了贵州下司和北京顺义赛道独特的“涡旋此起彼伏、浪涛纵横连绵”的中国特色水流。这一新型水流打破了欧洲长期的激流水流垄断，构建了更为公平的比赛环境，受到国际划联主席Feldhoff的高度赞誉：“这是中国对世界激流回旋事业的一大贡献。以后我们将请中国帮助其他国家建设更多的激流赛道。”由于这些成果，2007年1月25日，北京大学成为“中国奥委会备战2008年奥运会科技合作伙伴”，这也是唯一一家在内地拥有此称号的单位。同时，余振苏还被授予中国奥委会特聘科技专家和国家队水上运动管理中心首席科技指导等。

在此基础上，面对来自体育总局对促进运动员竞技能力跨越式发展所寄予的厚望，余振苏团队跨下了培养冠军运动员的任务。此时距离2008年北京奥运会还有不到600天的时间。这场时间紧、跨度大的科研任务在余振苏的指导下，演变为一个实践钱学森复杂系统思想，开展运动人体科学探索的难得的平台。他应用钱学森“专家研讨厅”方法，在中国国家激流队成功运作了由中方教练、外国顾问和科研人员组成的复合型教练团队，实现了经验、知识和智慧快速集成，在很短的时间内掌握了这个项目的系统规律。

在继承和学习的基础上必须创新。基于多年来在神经科学、认知科学、中医学和系统科学等多学科的知识积累，余振苏团队系统提出和梳理了“意识多层次作用原理”、“意识对技能和生理的塑造性原理”、“心理能量模型”等人体身心系统相互作用的若干原理和模型，提出了“多层次的运动员素质图谱”，原创性地发展了“技术认知训练”、“心理能量训练”、“意志力训练”、“表象训练三部曲”和“科学思维训练”等综合的激流训练新体系。这些原理和训练方法，对中国激流国家队运动员竞技能力的提升起到了关键作用，并被竞技体育专家李少丹教授认为是“对传统的运动训练学构成了有力的冲击”。

2006年8月，原先从未进入前6名的年仅19岁的国家队女子皮艇运动员李彤被选为科技奥运试验田的种子选手，开始接受北大团队在新的理念和方法指导下的系统训练。两年来，她在运动成绩和身体素质方面所取得的跨越式进步，充分证明了科学训练原理和方法的有效性；

——2006年，在接受北大科研团队科学训练的当年，李彤就在国内和亚洲比赛中获得6枚金牌。

——2007年，国际划联官方网站的成绩记录表明，李彤是该年度世界上进步最快的女子皮艇运动员。第一年参加世界杯比赛，就分别在第一站捷克布拉格打进前20名，第二站德国奥格斯堡打进前10名(决赛)。业内权威人士称：“国际顶级教练需要用2-3年时间把一名从未参加过国际大赛的选手带入决赛水平。”而李彤仅仅用了11个月。

——2008年3月，在大洋洲锦标赛上，李彤独立执行科研团队精心设计的表象训练三部曲临赛方案，在严格严谨的程序化参赛方案保障下，以超常的稳定心态和拼搏精神，一举斩获银牌，创下了距2004年奥运金牌选手卡琳斯格仅差0.6秒的佳绩，赢得了中国女子皮艇国际大赛历史最高荣誉！

2007年1月到7月，余振苏深入中国激流国家队，担任全队训练和比赛的科技指导，国家队整体实力出现了快速



崛起。2007年以来在国际大赛中，中国队已经近20次打进决赛，并取得1金3银3铜的成绩，令国际激流界瞩目，国际划联专门致电祝贺。

这是一场跨学科、跨领域的科技奥运攻关战，是现代西方科学知识与传统东方系统论思想方法相结合的成果，更是复杂系统科学的成果。

### 从运动人体 到医学思维的“大跨界”研究

“当今科学研究的高潮是生命科学。下一个科学研究的高潮将是思维科学。表象训练三部曲启动了我们在这个方向上的一些前瞻性思考和实践。”余振苏侃侃而谈。

“我们在训练运动员的时候充分认识到，他的心理、他的意识，也就是他的思维活动直接影响他的生理和运动机能，尤其在比赛的时候特别明显。其实，人的所有思想认识，都在大脑的神经网络结构上有反映。不同的神经回路，就对应了不同的观点……探索这种联系，发现思维规律是一项很有意义的研究。”余振苏说。

探索思维规律，一直是哲学研究的主题。20世纪以来，随着心理学、神经科学、认知科学的发展，思维活动逐渐成为科学探索的对象。余振苏认为：“在对物质、能量、信息、生命等认识不断深化的今天，人们迟早将对思维的本质和形式开展更深刻的研究，它将成为科学探索的主题。”受到科技奥运攻关中取得的突破性进展的鼓舞，余振苏和同事们钱学森系统科学思想指导下，把思维活动作为开放的复杂系统来研究，以开发新一代中医专家系统为具体目标，开展了对思维的复杂系统研究。

“神经系统活动的基本过程是神经元电刺激和传递，人的推理过程也存在位以概念为基本单位的激发和传递，我们认为这对应着神经系统的亚宏观激发。理性思维形成的一个结论，则对应着亚宏观神经回路的形成。复杂的推理过程，则涉及多层次概念网络的多次迭代的激发过程。如果能够对这个‘运算’过程的规律有所把握，我们就能够在计算机上模拟思维”。这就是余振苏和他的学生们创建的基于多层次概念网络运算的思维模型的基本思想。

鉴于中医思维的复杂性和稳定性，以及中医现代化的理论和实践价值，余振苏已将这一思想运用于新一代中医

专家系统的研制，并提出了用复杂概念网络表达中医知识的新型知识表达方法，建立了中医概念体系的层次结构模型和中医辩证论治的思维模型，初步构建了中医《伤寒论》的概念子网络，进行了中医诊断思维的初步模拟试验，获得与医案记载一致的结果。

这项成果具有丰富的价值。“如果模拟出老中医的认知结构，并把这套认知结构和思维方式输入程序，那么就相当于老中医带了一个电子小学徒，这套程序就能按照他的思路来诊断病情。这项研究有较大的意义。一方面实现中医现代化，另一方面实现计算机智能化。最重要的是，它可以用来模拟人的思维过程，从而为社会科学研究建立一个崭新平台，从而推动自然科学与社会科学的融合，将来可以广泛服务于国计民生事业。”余振苏满怀希望地说。

余振苏表示，虽然这些研究目前还处于初创期，但是，如果扎扎实实地按照科学的方法，从本质上综合东方与西方、科学与艺术、古代和现代的思维模

式，有可能实现对复杂的精神力学研究的伽利略式的突破，甚至牛顿式的突破。

### 结合哲学思考 提升复杂系统科研新境界

本文开篇所列举的祖国建设的需要，一直是余振苏十余年来发展复杂系统学原理的动力。此时的余振苏教授经历了大跨度的研究，从广泛思考中获得到体验，特别是在奥运科技实践活动中获得的认识，使他的思路和认识出现了新的飞跃，开始了更高层次的哲学思考。长时期的兴趣使然，他曾经从苏格拉底、柏拉图和亚里士多德的古代希腊哲学中，读到康德、黑格尔、马克思、柏格森和罗素的近代西方哲学，从孔子、释迦牟尼和老子的古代东方儒、释、道朴素的哲学思想，直至毛泽东、梁漱溟、冯友兰等中国近代哲学代表人物的著作。他主攻的力学既在各个学科中定量性和工程性最强，同时抽象性也最深，堪称是自然科学的哲学。通过认真研读和近几年与实践相结合，余振苏在钱学森复杂系统思想基础上，逐渐梳理出适用于分析当代各种复杂系统的认识论、方法论和实践论新思路，并对与中国实际相结合的马克思主义哲学有了更深入的认识，形成了复杂系统科学哲学新框架。

复杂系统科学哲学建筑于自然宇宙的能量演化原理和生命宇宙的达尔文进化原理两大科学基础上，针对以精神意识为特征的生命系统提出多层次形体二元系统场的思想，特别提出人的认知结构的多元进化理论。这一理论将真理的相对性原理建筑在时空多层次认知结构上，形成以高复杂度认知结构为工具来研究低复杂度系统的复杂系统认识论，提出“多层次目标分解，多层次要素集成”的具体认识模型，从理论上论证了钱学森的“专家研讨厅”方法论的普遍价值。余振苏进一步提出“多层次表述，逐级定量，多次迭代，逐步近似”的复杂系统方法论，丰富和发展了钱学森“定性到定量的综合集成法”的研究思想。这些认识论和方法论对于研究包括精神和意识在内的社会和生态系统提供了基础，形成一系列独特的思路。

这是一场涉到科学思维模式的创新，需要一代人、甚至几代人的协同努力才能有所成就。此时的余振苏已经开始对哲学思想谙熟于心，开始将视野进一步投向一系列对中国社会发展具有重大影响科学问题。他致力于运用理性的思维方法，结合从命题到实践再到新命题的多次迭代的方法，将深刻的哲学问题和复杂的社会问题，都回归科学层面上开展探讨。面对纷繁复杂的现实，他以复杂系统科学哲学为武器，开始探讨自然科学与社会科学融合，大成智慧思维系统规律，以及教育系统科学、经济金融系统科学、社会精神理念演化等领域的课题。

经济是快速发展中的今日中国首要而根本的发展要素，其发展与社会各个层面的发展密切相关。余振苏教授充分认识到经济金融系统的重要性和复杂性，他认为，把构建中国金融防御体系称为新时期的“两弹一星”并不过分，但这项研究绝不仅仅是经济学家的专长，而是需要哲学、社会学、系统学、经济学、金融学系统科学、社会精神理念演化等领域的课题。

经济是快速发展中的今日中国首要而根本的发展要素，其发展与社会各个层面的发展密切相关。余振苏教授充分认识到经济金融系统的重要性和复杂性，他认为，把构建中国金融防御体系称为新时期的“两弹一星”并不过分，但这项研究绝不仅仅是经济学家的专长，而是需要哲学、社会学、系统学、经济学、金融学系统科学、社会精神理念演化等领域的课题。

经济是快速发展中的今日中国首要而根本的发展要素，其发展与社会各个层面的发展密切相关。余振苏教授充分认识到经济金融系统的重要性和复杂性，他认为，把构建中国金融防御体系称为新时期的“两弹一星”并不过分，但这项研究绝不仅仅是经济学家的专长，而是需要哲学、社会学、系统学、经济学、金融学系统科学、社会精神理念演化等领域的课题。

实现中华民族伟大复兴是全民族的愿望，是关乎国家命运与人类文明发展的时代潮流，也是我国学者孜孜以求的探索动力。“在全人类日益面临着粮食、资源、环境、生态等多元危机的今天，中华民族的伟大复兴将对人类文明的可持续发展产生深刻的影响。”余振苏教授深情地说，“随着我国经济建设的蓬勃兴起，中华民族伟大复兴的工程正在向纵深发展。显著的标志不仅仅是科学技术的发展和各行各业的繁荣，还有社会管理的高效，社会发展的均衡，生态环境的友好，更进一步将是全民理想的建立，社会的高度和谐。促进这一系列理想的实现，关键在人，而不仅仅在于一些杰出的个体人才，还在于是否拥有一个多层次的人才群体。”

余振苏教授认为，国家的人才建设是一个长期复杂的系统工程。在这一建设过程中，复杂性思维和方法将有助于探索我国人才发展的系统规律，有助于人才制度和体制的创新，钱学森的思想理论将有可能得到深入发展并服务于我国的人才建设；如果充分发挥人才的群体优势，他们将在推动国家科技体制改革、学术创新、学术标准的提升上作出重大贡献；不断涌现出的杰出人才群体，将不断在各自的学术领域作出贡献，并在政府部门的有力组织下，将有可能凝聚成为国家智库，即钱老指出的大成智慧的载体，她将在错综复杂的世界发展变化中，持续性地为国家提出切实可行的各种配套方针、政策和发展战略，为决策者和决策部门提供科学的决策支持。

“未来的复杂性科学将是自然科学与社会科学的融合，而它的诞生需要从这两大科学体系的特点上找到结合点，即以自然科学的方法为基础，以社会科学的对象为目标，以社会实践的效果为依据，集哲学家、科学家和政治家之大成，才能走上健康发展的道路。”作为这条健康大道上坚定不移的践行者，卓有成效的科学家，余振苏教授带给人们的不只是一个个光鲜的具体科学成果，而且是一种潜移默化的文化影响，借助于这样一个开放的复杂世界的思维方式与生活模式，借助科学的翅膀，中国的发展将会更快更高！正如余振苏所说：“当我国学者逐渐梳理出当代中华民族在推动人类整体发展大目标上的完整思路，并能兼容并蓄地发展出融古今中外于一体之哲理之时，中华民族自尊自信的时代也将真正到来。”