

躬身做学问 赤诚卫初心

——记复旦大学计算系统生物学中心于玉国研究员

本刊记者 严永红



不久前，从复旦大学计算系统生物学中心传出喜讯，该中心计算神经科学实验室负责人于玉国研究员由于在所从事的研究领域中建功无数，许多研究和发现都具有极重要的意义，被授予2013年度上海高校特聘教授（东方学者）称号。

我们在了解于玉国研究员成长历程中鲜为人知的故事时，也揭开了这位计算神经科学领域的青年才俊传奇式的科研轨迹。从一名学习物理出身的大学生长成一名卓有建树的跨学科领域的专家，于玉国始终带着炽烈而坚定的信念，带着朴实而淡定的笑容，带着宽厚而温良的品格，一路前行……

对理想的执著

生在普通家庭的于玉国，从小就非常喜欢读书。由于家境并不富裕，家里儿

童读物很少，当医生的父亲的一本专业书籍《医学心理学》就成了他儿童时代经常阅读的一本科

童读物很少，当医生的父亲的一本专业书籍《医学心理学》就成了他儿童时代经常阅读的一本科

学启蒙书。这样一本普通的医学专业书，摆在书店的架子上可能很少有人关注，但却因为含有一些心理物理学的有趣的实验测试以及一些简单的对心理、意识等认知科学的简介，启迪了于玉国对大脑奥秘的好奇心。他少年的头脑经常被这本书中的有趣知识所吸引，走在路上，坐在草地里，躺在屋顶上，他的眸子坦荡空灵，充满好奇，在阅读，在思考，在吸收：人的大脑原来如此神奇，人的精神世界原来如此幻化莫测，人的意识产生的机制是如此神秘……

《医学心理学》燃起童年于玉国对科学的热爱。路漫漫其修远兮，他从此就跟着心灵的选择，走上求索脑科学的道路。

1991年，于玉国考上兰州大学物理系。由于当时国内的神经科学发展还很缓慢，专业非常少，他选择物理系就读，对他将来从事研究其实打下了很好的数理科学方面的基础。走进大学意味

着新的起点。在大学里，图书馆成了乐园，他广泛阅读了许多有关自然万物规律、尤其是涉及探索大脑奥秘的科普书籍，并立下将来从事脑科学研究的理想。

为了向心中热爱的专业靠近，本科即将毕业时，于玉国跑了两趟北京，想去北京生物物理所读研究生，但彼时国内跨专业招生非常严格，没有神经生物学专业基础的他，最后接受了保送本校物理系研究生的机会，但这并没有浇灭他对神经科学的向往。硕士阶段，于玉国跟随导师研究当时热门的纳米材料，成果突出，但执着于脑科学兴趣的他，先后去了上海脑所和复旦大学，希望攻读神经科学的博士学位。国内学科的壁垒再一次拒绝了有志于跨学科研究神经科学的一名物理系研究生。恰逢此时，于玉国偶然读到南京大学物理系王炜教授的一篇计算神经科学的文章，用计算模型和非线性动力学的方法来研究神经元和神经网络的神经信息处理机制。于玉国难掩心中喜悦，向王教授发出报考博士生的信函，之后如愿进入南京大学物理系生物物理研究所，跟从王炜教授，成为国内最早的一批应用物理学的手段来研究神经动力学和神经信息处理的博士生之一。

十年磨一剑

一进入到计算神经科学的世界，好

奇心与攻关精神使于玉国动力十足，他风雨兼程，在心灵力量的引领下扬帆启航。2001年博士毕业后，于玉国远渡重洋，先后到卡耐基—梅隆大学和耶鲁大学开展研究工作。期间，在这个原来从未涉猎的领域里，他以非同一般的毅力和悟性，获得一系列突破成果。

在卡耐基—梅隆大学视觉认知实验室，他通过神经行为和电生理实验方法，首次揭示视皮层对自然界信号的适应性信息处理机制，来自于视皮层神经元动力学特性对自然界信号统计特性长程相关特性（ $1/f$ 特征）的适应性调谐效应。同时他还应用数学模型分析方法，剖析了神经元发放阈值和饱和值这些非线性特性对神经感知的被动适应性机制，并进一步解释了神经环路自适应性和信息编码最大化的关系。

2006年，在耶鲁大学神经生物学系，他同合作者一起揭示了哺乳动物皮层神经元能以“数字—模拟”两种方式进行网络突触信号通讯，所建立的皮层神经元数学模型成功地解释了皮层神经元阈下电位和动作电位在细胞轴突上产生和传输的动力学机制。2007年，德国权威神经科学小组在《Nature》发表系列文章，指出基于低等动物神经电活动的经典Hodgkin-Huxley (HH) 神经元理论模型无法解释高等动物皮层神经元动作电位产生的普遍特征：阈值离散特性和动作电位快速上升相等。本着对学术严谨的态度，于玉国和合作者在理论和实验两方面进行了重新分析和大量计算机仿真模拟，严格证实了皮层神经元动作电位产生时的阈值离散特性和动作电位快速上升相等特点是由动作电位在神经元轴突的空间传播导致，这一重要成果被国际顶尖杂志《Nature》发表，指出揭示经典HH神经元理论依然适用于哺乳动物皮层神经元的动作电位发放过

程，驳斥了德国小组新建立的动作电位钠离子协同机制。2010年，于玉国通过对哺乳动物前额皮层脑切片进行双光子成像和膜片钳电生理记录手段，在该领域率先发现皮层神经元轴突上分布着大量的P/Q和N型钙离子通道，并最早揭示了轴突上的钙通道激活的钾通道对动作电位的发放率、发放精确时刻和波形产生具有重要的调制作用。

2010年于玉国还通过大规模神经网络建模揭示了初级视皮层神经网络在对自然界信号进行信息处理时采用的同步和稀疏编码机制，表明大脑网络在信号处理方面遵从了能量最优化原则。这些突破性成果均发表在专业顶级杂志上。

在物理学、生物物理、神经生物学实验和计算神经科学等多学科接受了系统学术训练之后，于玉国娴熟地应用跨学科交叉研究，取得了一个接一个的重要突破，得到了国际学术界广泛承认。

逐浪在脑前沿

把实验神经科学和量化的数理科学联系在一起，综合运用物理、统计、数学以及工程学的概念和分析工具来科学研究大脑的功能，是国际脑研究领域的大趋势，也促成了多学科交叉的计算神经科学这门学科在各国高校和研究室的兴起和蓬勃发展。作为计算神经科学研究领域的佼佼者之一，于玉国看到了国内计算神经科学发展缓慢的状况，也预见到推动计算—实验神经科学综合交叉研究领域的绝好机遇。经认真思虑，他决定拒绝美国两处研究所提供的研究科学家职位，回国工作。

2011年，于玉国作为正高级研究员引进到复旦大学计算系统生物学中心。加入中心后，他积极参与中心的发展，并且在学术上也屡有建树。他近期的一

项重要研究，是通过计算模型结合神经生物学实验首次提出高等动物所具有的37度体温是神经元产生动作电位高效节能的重要源由，并揭开了体温优化皮层动作电位能量效率的生物物理机制。另外恒定的体温对维护神经元进行精确的信息处理和神经计算都起到至关重要的作用。他进一步的研究还揭示，体温的进化有可能是导致哺乳动物拥有数十倍于冷血动物大脑的关键因素。

最近，他的一个计算和实验研究还发现：当动物处于没有外界刺激的静息状态、尤其是麻醉状态，动物大脑皮层的神经电活动和对应区域的血氧信号出现了明显的去耦合状态。这一结论意味着，当前基于动物麻醉状态下来测量反映神经功能连接的脑影像的实验原理是不合理的，静息态脑功能连接的实验研究必须使动物处于适度的清醒状态。这一重要研究成果已经被国际著名期刊《自然通讯》考虑接收。

将于玉国的成果部分呈现的时候，笔者发现那样力不从心，言不尽意。一个人的荣誉与成就，永远不要用文字去概括，因为那远不是观察能够做到的，必须用心灵去感知。有形的文字永远难书尽无形的奋斗，就像在异地他乡，辉煌与成就的取得需要经过多少不眠的观察，多少繁复的实验，多少无情的挫败……从生物物理学到计算神经科学，从生物的本原到生命的本质，于玉国的心驰骋天际，但从忽略细枝末节。他用心血再做战袍，继续前行！脑科学与物理学、计算数学、临床医学等学科的融合，或许正在孕育基于生物脑的工业革命，中国脑科学要走在前列，亟需多学科交叉的计算神经科学和实验神经科学的密切合作。在这里也祝福国内的脑科学研究，能够早日实现实验和理论计算两条腿走路的蓬勃发展。**科**