

第二届中国系统科学大会大会报告

报告人：郭爱克 院士

报告题目：大脑是大自然留给我们的最后的绝密文件，系统科学或助力破译脑的工作密码

报告时间：2018年5月12日(周六)上午 8:10-8:55

报告地点：北京友谊宾馆友谊宫聚英厅

摘要：人类大脑无疑是地球上已知的最为复杂的智能系统，它是大自然留给我们的最后绝密文件。脑科学要破译脑的工作密码，回答“脑是怎样工作的”。不久前，美国科学杂志 Science (2017 Nov 10)发表了一篇研究论文：“一个基本的计算问题的神经算法”，将哈希算法与果蝇的嗅觉信息编码加一比对，引人思考。联想到野鸭群体对食物的分配的理性抉择遵循纳什均衡和博弈论（引自(Paul W Glimcher, Michael C. Dorris and Hannah Bayer, Games Econ behavior, 2005)，使我们对于脑的适应-演化-选择机制有更深入的认识，理解“道法自然”，“天人合一”的哲理。有学者问我：可不可以用最好的数学，设计一个更完备的大脑？这个问题非常之好。答曰：或许是可能的，但是，人脑不是被设计出来的，它是演化而来的。克里克(Crick)指出，生命体系中沒有像物理学和化学那样“铁的定律”(rigid laws)，演化产生机制，而且多半是亚级机制。在生命系统中，几乎很少有对一切生物问题普适的“规则”（弗朗西斯·克里克，狂热的追求，1994）。大脑是演化出来的，用恩格斯的话，这是“铁的必然性”。在浩瀚的历史长河中，演化塑造了现今的生命世界。而人脑是由生生不息的大自然塑造的，它是有历史的，每个人的脑都有它的历史，是人人不同的。大自然的普适原则造就了生物世界的骨架，而生物系统的宽容性则幻化出丰富多彩的自然万物，达尔文说过，“简约孕育着无限美好” “ *From so simple a beginning endless forms most beautiful and most wonderful have been, and are being, evolved* ”(Charles Darwin, The Origin of Species, 1859)。

脑的适应-演化-选择机制可以告诉我们，到哪里去寻觅脑的秘密，从而揭示脑是怎样工作的。在分析人类大脑的功能和结构时，必须考虑两个方面，即一个是系统演化，另一个是脑个体发育的详细历史。

选择性的大脑本身表现出历史偶然性，因此有不可重复性，不可逆性，以及非线性的运作过程。生命世界的多样性就是这种演化的无穷尽创造力的结果。大脑的可塑性，神经网络的修饰性与自然的《适应-演化-选择》之间具有惊人的相似性。可以相信，适应-演化-选择机制适用于所有生命系统和智能系统的各个层次。大自然的智慧比你我们更高明。人们会问，“AlphaGo”不是打败了围棋大师？“深度学习网络”究竟有多深？引发了人们极大的猜想。“不畏浮云遮望眼，只缘身在最高层”。“阿发狗”也好，“薛定谔猫”也好，不可能有人脑那样的博大精深，一句话，它还没有“我”的概念，它是人脑设计出来的。深度学习网络、大数据、云计算、互联网、万物互联....这些已经或正在成为我们这个时代的特征。但是，人类还可以蕴育出更新的概念，还会不断的“推陈出新”，有所发现、有所发明、有所创造、有所前进。

我多年以果蝇为模式，探索脑认知。就拿果蝇中央脑的蘑菇体来说，最多只有上万的神经元数，但它既管学习、又管记忆、又管编码、又管泛化、又管抉择、又管运动....这样简约的神经系统和其巨大的神经计算能力是怎样统一起来的？现在人们发现，蘑菇体的工作方式类似人脑的皮层，既是高度发散的输入又是高度汇聚的输出(high divergent input and convergent output)；既是前馈的又是反馈的信息处理(feed forward and feedback processing)；既有单层网络又兼有多层深度网络(multilayered deep network)；既是功能模块化房室化的(compartmentalized)，又是稀疏编码的(sparse coding)，既有一维的，又是多维的神经表征(multiple dimensional representation)；既参与先天的行为，又有后天习得的赋值 (be conditioned)，既是递归的，又是局域的。当我们了解了这个高度自然智慧的蘑菇体结构和功能逻辑时，或对理解人脑的普适工作原理有一定的启发意义。

我倾向认为，脑可能是以模块方式工作的。例如‘去抑制模块’(disinhibition)，参与学习记忆或抉择，自然辩证法可以概括为“否定之否定”。这样的模块可能在线虫的避光反应中，也在果蝇的蘑菇体中发现，也可能在斑马鱼的脑，也可能在下丘脑，也可能在伏隔阂中找到。就是说，它有果蝇版本、斑马鱼版本、小鼠版本、灵长类版本.....你还会发现，它们方式不同，复杂性各异，它们都是演化历史的横断

面。但是，基本原理可能具有不变性。这就是“道生一，一生二，二生三，三生万物”（《道德经》第四十二章）。这些都与特定脑功能连接图谱相联系。如果哪一个脑功能模块受损，就会导致相应的脑认知疾病表型。于是，我们可以将这些功能模块列表，最后将“万种功能模块”列表，就像门氏元素周期表那样，成为脑工作的密码表。这样，我们才有可能将还原主义获得的支离破碎的、相互矛盾的、碎片化的数据有效地集成起来，并通过呈展论去构筑生命与智力本质的宏伟大厦。



郭爱克，神经科学和生物物理学家，1965年毕业于莫斯科大学生物物理学专业，1979年获慕尼黑大学自然科学博士学位，2003年当选为中国科学院院士。现任中国科学院生物物理研究所、中国科学院上海生命科学研究院神经科学研究所、中国科学院大学研究员。曾任“973”项目《脑发育和可塑性基础研究》（2000-2005）和“脑结构与功能的可塑性研究”首席科学家（2006-2008）。曾担当中国科学院战略性先导科技专项（B类）脑科学前沿与交叉研究：《脑功能联结图谱研究计划》的首席科学家（2012-2017）。他多年从事视觉信息加工、学习记忆认知和计算神经科学研究。获2006年度何梁何利生命科学奖，2008年获亚太神经网络协会杰出成就奖。