



了一个“导航地图”，科学家们可以利用之前获得数据与这个“金标准”进行比对，从而发现更多致病的原因。

从2000年华中科技大学开始，龚辉带领团队的全脑显微光学切片断层成像工作已经连续进行了20多年。目前，龚辉团队研发的最新技术是可以对猕猴脑同样进行单神经元的全脑形态的获取。龚辉表示，希望能够把这些新的技术应用于推动国家的科技创新，为中国的全脑器官神经联接图谱研究、国际大科学计划做出贡献。

审稿人也指出，“这项研究揭示了前额叶神经元令人惊叹的多样

上图：中国科学家的研究为脑疾病研究提供了一个“金标准”数据库。

性”“为神经科学界提供了不可估量的宝贵资源”。

人工智能新启迪

“脑联接图谱是理解大脑功能的基础，我个人认为此次研究成果对人工智能的启发意义很大。”严军表示。

在计算神经科学领域，一直有一个模型就是 recurrent network（循环神经网络）。但是这个网络是非常抽象的，并且缺乏真实脑网络的结构基础。此番科学家的工作实际上第一次展现了小鼠前额叶皮层中存在64类神经元投射亚型，并且前额叶皮层内部联接存在模块化结构，为人工智能设计网络结构提供了很多的启示。

徐宁龙认为：“此次，我们的研究揭示的前额叶这种广泛的、自上而下的反馈结构，在人工智能的网络架构中基本上是缺失的。目前，大部分的人工智能深度学习网络都是前馈型的，而且主要是逐级调节联结强度，缺乏长距离跨级反馈架构。这种跨级反馈对于实现灵活抉择和功能泛化是十分重要的，而现

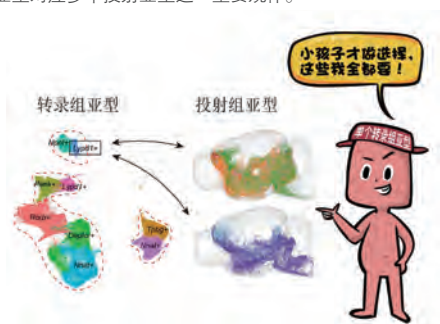
有的人工智能系统往往缺乏灵活泛化能力。因此科学家们发现的前额叶全脑联接图谱，对于人工智能网络架构的发展可能提供了重要的设计线索。

“目前人工智能还没有这种处理模式，过去从未曾想到过。”徐宁龙认为，“这或许可以为很多算法设计，打开一扇新的大门。

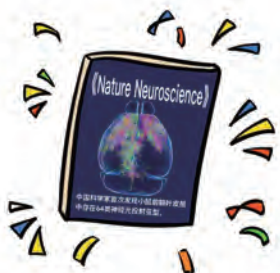
中科院脑科学与智能技术卓越创新中心副主任孙衍刚透露，小鼠前额叶皮层神经联接图谱的完成，只是“全脑介观神经联接图谱”大科学计划的第一步。该计划将解析小鼠、斑马鱼、猕猴3种模式动物的全脑介观神经联接图谱。其中，小鼠又分了3期目标：首先是前额叶，其次是海马体，最后是下丘脑，最终形成完整的小鼠全脑介观神经联接图谱。

“我们对大脑的理解还处在非常初级的阶段。”中科院院士、中科院脑科学与智能技术卓越创新中心学术主任蒲慕明指出，有了全脑介观神经联接的结构图谱，还需要对应的神经功能图谱。这样就可以根据结构图谱，对特定的神经元进行特异性调控，从而深度探索大脑功能。■

通过与前额叶转录组数据进行关联分析，并利用逆向示踪和单分子荧光原位杂交技术后，发现单个转录组亚型对应多个投射亚型这一重要规律。



2022年4月，该成果以封面文章形式发表于《Nature Neuroscience》。



该研究为深入解析脑功能、脑疾病提供了精准的导航地图，为新型类脑智能系统的设计提供了重要参考。



制作单位：中科院脑科学与智能技术卓越创新中心、上海市科普基金会、上海市科学技术协会、“学习强国”上海学习平台