
脑智卓越中心揭示认知颜色空间形成的神经机制

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/10879.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

8月26日，《神经元》杂志在线发表了题为《[猕猴V1、V2和V4等级化的颜色处理机制](#)》的研究论文，该研究由中国科学院脑科学与智能技术卓越创新中心（神经科学研究所）、上海脑科学与类脑研究中心、神经科学国家重点实验室王伟研究组与北京大学生命科学学院教授唐世明实验室合作完成。该研究利用内源性信号光学成像、双光子成像和电生理记录等手段，详细描绘了等级化的不同视觉脑区的色调图结构，揭示了认知颜色空间形成的神经机制。

人们对缤纷颜色的主观审美感觉各自不同，颜色比其他任何感知觉更能说明感知觉是大脑神经活动的产物。英国科学家牛顿早在18世纪就意识到，光波是电磁波，它并不具有颜色。人们能识别出数千种不同的色调，是大脑为不同波段的可见光信息设定的标签。视网膜上作为光探测器的视锥细胞有三种，分别检测短波、中波和长波段的可见光，因此我们感知到的颜色空间也是三维的。一维是亮度，反映了对视锥信号处理的“加和”能力，色调和饱和度是另外两个维度，由不同视锥信号之间的激活差异产生。人类的颜色认知空间是通过心理认知实验测量出来的，其中颜色空间的色调维度，被描述为“色调圆盘”；基于红、绿、蓝三原色理论，红绿蓝三种色调在色调圆盘上的距离是相等的。其他的认知颜色空间比如CIE Lab颜色空间，是基于红、绿、黄、蓝四原色理论来定义的。目前在灵长类视觉大脑腹侧通路中，从初级视皮层（V1）、途径纹外皮层（V2和V4），到颞侧皮层（IT）的各个视觉脑区都发现了编码色彩的神经元。但是色彩在等级化的不同视觉脑区是如何进行加工处理的，尤其是如何形成心理主观层面上的颜色认知空间并不清楚。

为探索这个复杂的脑科学问题，研究人员利用内源性信号光学成像、双光子成像和电生理记录等多种技术手段，以非人灵长类猕猴为动物模型，比较研究了从初级（V1）到中高级（V2和V4）三个连续视觉脑区对亮度完全相同的红、橙、黄、绿、青、蓝、紫七种颜色刺激反应的神经活动。研究发现，在这三个连续视觉脑区内都存在着众多大小不一离散分布的颜色反应斑点区，编码不同光波波段的神经元就聚集这些斑点区内，形成由相邻色调拼接构成的“色调图”。这些“色调图”就好像许许多多大小不等的彩虹，散布在各个视觉大脑表面上。在记录到的V1神经元活动中，占主导地位的是分别位于可见光波段两端的红色和蓝色刺激反应，但这种“末端光谱”神经元反应优势在V2脑区逐渐消失，而在V4中几乎不存在。从神经计算的角度分析，大脑似乎在逐步整合来自视网膜的相互拮抗的视锥神经信号的输入，从而生成人类认知颜色空间。任何来自视网膜的给定光的色调信息首先存在于V1中，但这种信息在V2和V4脑区经过神经元的进一步的信息整合和编码处理后，初步形成人类各种主观色调认知。结合其他更高级脑区的功能，视觉大脑作为一个整体，产生了对各种各样离散色调和亮度敏感的神经元反应，并组成了一个复杂的神经计算网络，以编码外界千变万化的光线变化，在大脑中产生了丰富多彩的颜色标签。

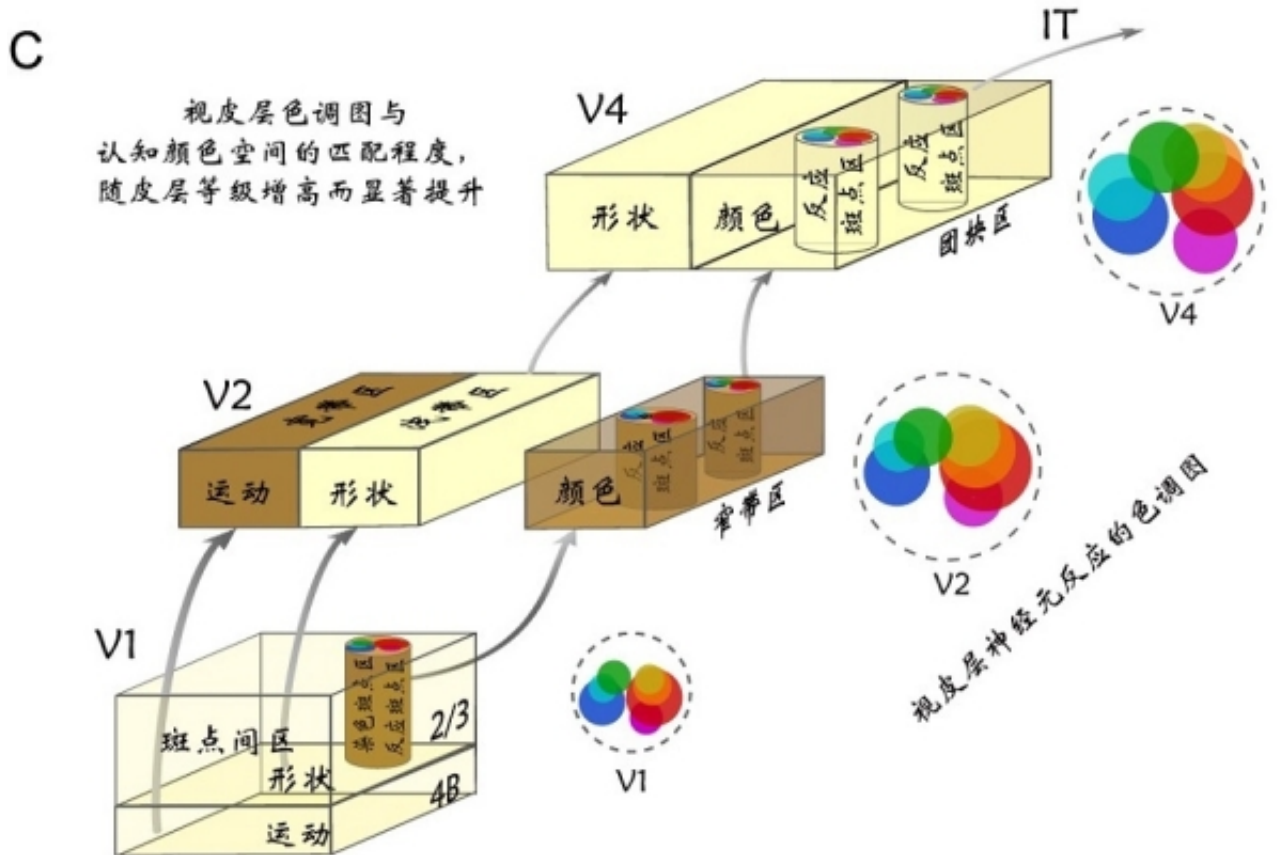
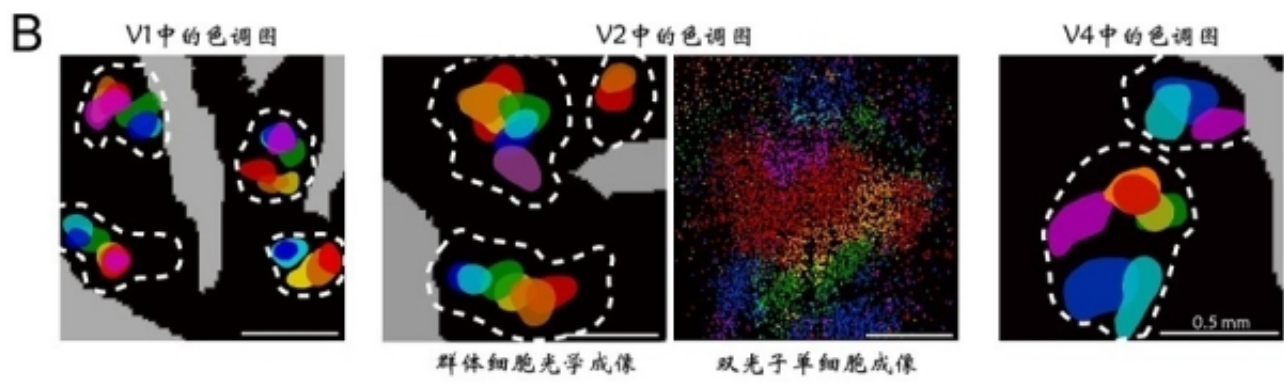
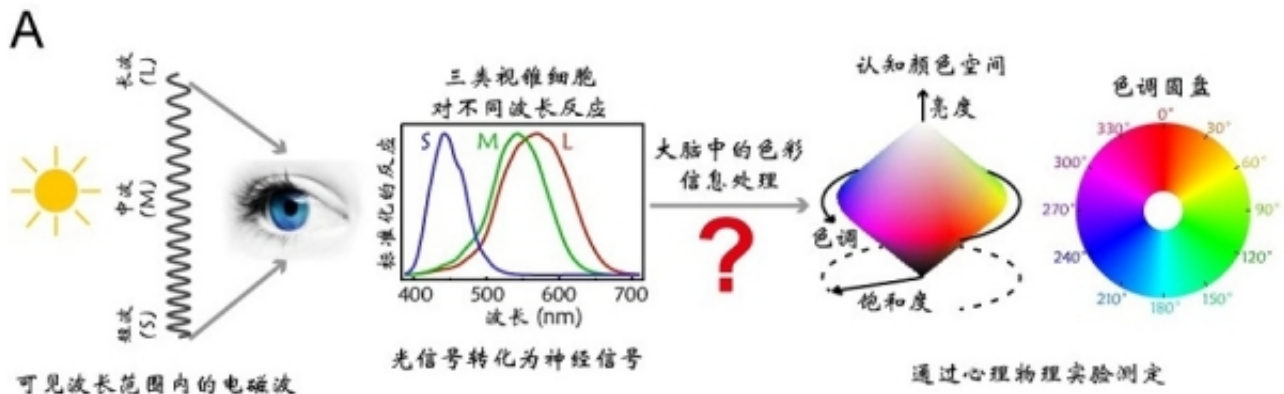
该研究的创新发现不仅在于对这些色调图结构的详细描绘和研究，更是第一次定量检测了三个不

同等级的视觉皮层的色调图（调色板）与人们主观认知的色调空间位置的匹配程度，而这种匹配程度随着视觉皮层等级的提高而显著提升。

脑智卓越中心博士刘晔和北京师范大学博士李明是本文的共同第一作者。伦敦大学学院博士Stewart Shipp、曼彻斯特大学博士Niall McLoughlin、中国科学技术大学博士杨煜鹏在研究不同阶段做出了贡献。该研究得到中科院、上海市、国家自然科学基金委和教育部的资助。



世界本无色，因你而绚丽



A：光的本质是电磁波，本身并没有颜色。视网膜上的视锥细胞可将光谱信息转化为神经信号，大脑再将这些信号加工处理最终创造出我们对颜色的主观感知。B：研究利用多种技术手段，描绘并分析了V1、V2、V4三个连续视觉脑区中的色调图。C：通过定量检测三个不同等级的视觉

皮层的色调图（调色板）与人们主观认知的色调空间位置的匹配程度，研究发现这种匹配程度随着视觉皮层等级的提高而显著提升。

研究团队单位：脑科学与智能技术卓越创新中心

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://www.iikx.com)转发