

# 光彩夺目的物质本身已经足以解释意识

1976年，弗朗西斯·克里克(Francis Crick)来到了位于加州拉霍亚地区的索尔克研究所，那里可以俯瞰波光粼粼、蓝绿色的大海，头顶棉花糖一般的天空，如同太平洋上的一片世外桃源。克里克和同事们共同发现了DNA的双螺旋结构，从而揭开生命的神秘面纱，显露出它物理的本质，他也因此获得诺贝尔奖的殊荣。克里克希望能为意识相关的研究作出类似的贡献。他认为，如果物质奇特到足以构成生物的生命密码，也许它也是生物心智的谜底。

作为与我们朝夕共处、形影不离的东西，意识看似要比宇宙起源更容易解释。基本的物理元素，比如原子和分子，可以产生主观的体验，这似乎没有那么难以想象。事情却没有这么简单。难怪，长久以来，人们坚信意识是灵魂的职能，科学对它束手无策。因此，意识成为了生机论者(vitalism)最强有力的武器。他们声称生命依赖于非物质的、非物理的力量。身为唯物论的坚定捍卫者，克里克从抵达加州的那刻起便矢志不移地要破除对于意识的误解，为破解意识之谜开辟出一条道路。

在克里克人生的最后30年里，他借助分子生物学在神经科学领域掀起了一场革命。他经常在茶话会上挑战领域里顶尖的精英，并且就他的“惊人假说”发表文章，主张意识完全是大脑的产物。2005年，生命垂危的克里克和他的朋友、同时也是同事的克里斯托弗·科赫(Christof Koch)发表了最后一篇文章——《屏状体的功能是什么?》。这篇文章重燃了科学家对大脑如何产生意识这一问题的兴趣[1]。屏状体由一系列神经元组成，形状恰似一张吊床。文章提出，屏状体是意识产生的关键区域，因为它接收“其他几乎所有皮层区域的输入信息，并向几乎所有皮层区域发回信息”。皮层正是大脑多褶的表面，负责各种意识特征，包括感觉和性格。这一前景无量的想法随后将激励对于意识本质、以及有趣的屏状体作用的深入研究，直至今日。

## 意识在何处藏身

在克里克特别指出屏状体之前，已经有很多大脑部位被认为是意识产生的中心。17世纪中叶，勒内·笛卡尔(René Descartes)率先提出他那臭名昭著的假说，即“灵魂

的核心在大脑中心的一个小腺体中”，也就是松果体。笛卡尔认为灵魂与肉体是完全分离的，因此他想要解决的问题是两者之间如何互动。我们很容易想象有形物体之间的相互作用，例如保龄球和球瓶，但是思维是看似无形的。我们很难想象无形的东西占用空间，或是施加力量——看似非物质的东西究竟如何与物质相互作用?喝一杯马天尼酒会如何影响我们的思考?

为了回答这些问题，笛卡尔借用了古希腊内科医生盖伦(Galen)提出的“动物本能”(animal spirits)的概念。笛卡尔认为，动物本能是血液中的心理生理信使，可以记录肉体的感觉，同时发出信号，由大脑翻译为有意识的感知。他提出，松果体正是这些半精神、半肉体的信使的中心，它们在身体各处互相连接、发光发热。笛卡尔的假说听起来不免夸张，但它使科学界认识到意识与生理机制的关系，为未来克里克的发现打开了一扇门。

直到200年后，才有人提出另一种假说。1835年，德国生理学家约翰内斯·穆勒(Johannes Müller)提名延髓为意识的中心。延髓是脑干的一部分，负责将富含血细胞输送至大脑各处。虽然延髓好比大脑的动力源泉，但是从现代的眼光看来，它似乎和更高阶的意识机能没有关系。(我们现在知道，延髓负责非自主性功能，比如呕吐和打喷嚏，对生而为人体验来说微不足道。)

意识中心是整个大脑中神经活动的枢纽——说到这个猜想，就不得不提到19世纪的英国生理学家威廉·卡彭特(William B. Carpenter)。他认为大脑中央的丘脑掌管意识。即使到今天，我们仍然只能猜测丘脑对意识形成的作用，但是卡彭特的影响远不止于此。他启发我们认识到意识是一种完整的体验，而不是一团乱糟糟的、互不相关的感受；并且，意识的源头一定能够将高阶机能(比如思考、情感、能动性)与低阶感官机能整合为一体，从而形成完整的体验。

一个世纪后，神经外科先驱、加拿大籍美裔医生怀尔德·潘菲尔德(Wilder Penfield)证实了卡彭特的猜想。潘菲尔德当时正在医治罹患严重癫痫的患者，当他故意破坏导致癫痫发作的大脑区域时，他发现具体的动作或感知和大脑的

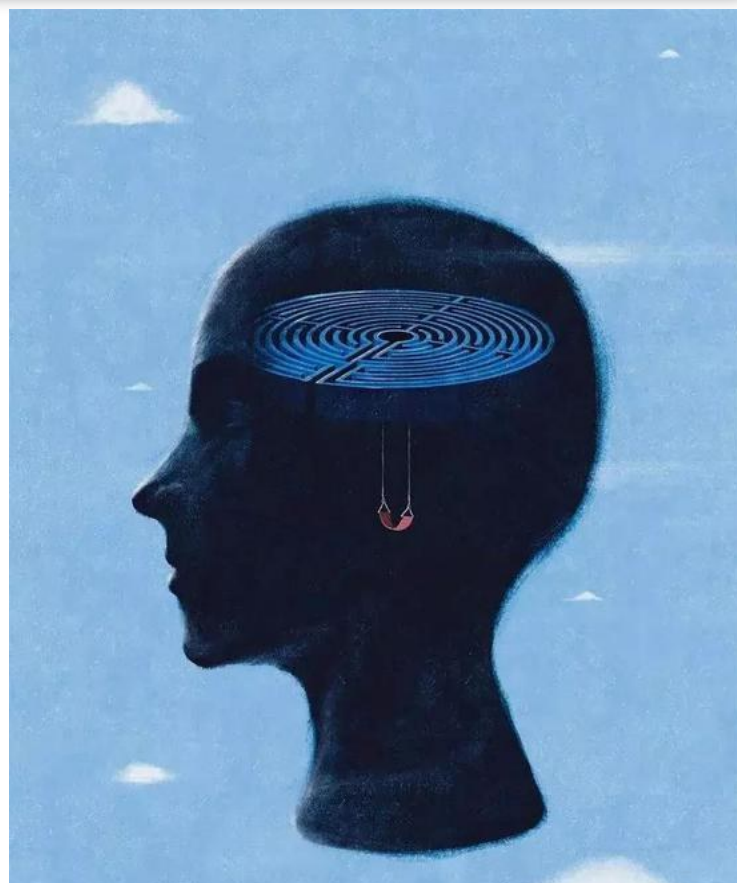
特定区域之间存在一种功能性映射，遍布整个大脑表面。但他的皮质图带来了一个关于大脑地形的新问题，是卡彭特始料未及的：相去甚远、看似分离的感官处理区域之间是怎样形成完整的意识体验的?答案似乎并不明朗。

## 屏状体是意识的栖身之处吗

事情在弗朗西斯·克里克登场后出现了转机。克里克有一种奇特的能力，仅靠观察一个生物系统的结构就可以想象它的功能。他寻找的是一个可以整合来自皮质边缘地带的信息的神经结构。数十年细致的神经生理学研究使他的目光投向了大脑中的这样一处，这里符合他的每一条标准：屏状体。可以说，屏状体和皮质的每个区域之间都有双向连接，如同大脑的中央车站。克里克打比方说，如果皮质的不同区域是管弦乐队中的乐师们，负责处理各种感官信息(视觉、听觉、触觉等等)，屏状体就好比是指挥，确保所有人在正确的时间演奏出正确的音符。他的论证简洁、优美且令人信服。意识的一席之地究竟在哪，他的论证也提供了第一个科学合理的可验证假说。

克里克将视线锁定在屏状体后的数十年间，科学家们前赴后继地收集起大脑中这片神秘地带的的数据。2014年，乔治华盛顿大学一项关于癫痫患者的案例研究表明，电刺激屏状体附近的区域可以使患者立刻失去意识，而一旦电刺激消失，患者又会马上恢复意识[2]。2017年，艾伦人工智能研究所的研究员发现，屏状体中的神经元像“荆棘皇冠”一样延伸至整个大脑区域。这一发现支持了克里克的假说，表明屏状体可能在整合和传导全脑活动起到了重要作用[3]。一时间，屏状体似乎和克里克的猜测别无二致：它就是意识的中心。

然而，2019年发表的两项研究显示，屏状体已经风光不再。斯坦福大学一项研究表明，当五名癫痫患者大脑两侧的屏状体均被故意破坏时，他们的主观体验并没有产生变化[4]。为了证实这一结果，马里兰大学的研究人员在老鼠身上进行了试验，发现停止屏状体的活动没有造成明显的意识缺失[5]。意识的一席之地到底在哪里?基于这些数据，屏状体也许只是我们在搜寻答案的途中又一枚烟雾弹。如果屏状体不生产意识，它的



功能到底是什么?2010年，德国一项关于猴子的研究发现，屏状体神经元会被周围环境中显著的感官变化激活，比如来自其他猴子突如其来的召唤[6]。基于这一结论，马里兰大学在2019年开展了一项人全脑成像的研究，并且发现，当一项任务需要复杂的注意力时，人的屏状体便被激活[7]。这两项研究似乎暗示着，虽然屏状体和基本的自觉意识无关，但是它在完成对认知要求较高的任务时有着不可或缺的作用。这一点至少间接支持了克里克的想法。

## 意识到底由何处产生

虽然屏状体也许不是意识所在，但它仍然可能为意识开道。灵长类动物，尤其是人类，有时出乎意料地心不在焉。我们往往极少注意到通勤路上的事物；但是一旦拐错弯，周遭的感官世界便吸引了我们的注意力。导航的习惯使得灵长类能够有效且机械地完成很多工作，直到始料未及的变化对我们的认知需求提出更高的要求，从而激活屏状体。至于屏状体这种类似认

知控制的机制与意识之间有什么联系，这还是一个值得讨论的问题。

2019年10月，屏状体研究协会在芝加哥召开会议。会上，艾伦人工智能研究所的科赫和我们中的一位作者布莱恩·马瑟尔(Brian N. Mathur)展开了一场公开的对话，讨论屏状体究竟在何种程度上指引着意识，虽然最终答案依旧悬而未决。在之后的神经科学协会的会议上，又有新的初步数据鼓励科学家重新审视丘脑在意识形成中可能的作用。这些数据看似将意识的位置移到了另一个神经结构，然而，多亏卡彭特和克里克，神经科学家在很大程度上认为，任何负责意识机能的神经区都是一个宽广且不断变化的神经网络的一部分。

例如发明全局工作空间理论(Global Workspace theory)的伯纳德·巴斯(Bernard Baars)就认为，意识不是由屏状体之类单一的枢纽产生的。相反，它是一个由许多功能中心组成的复杂网络的产物，这些功能中心用类似神经“云计算”的形式实现合作。

# 如果地球变成“超级地球”，是否还能依然宜居?

天文学家发现了超过18000颗候选系外行星，大约3800颗已被确认，其中有2325颗由开普勒空间望远镜发现。在这些系外行星中，有许多就被称为“超级地球”。这些遥远的行星可能会让你想起我们的家园——地球。它们都是由岩石构成，比气态巨行星小得多，而且位于母恒星附近，大气相对稀薄。不过，这些行星比蓝色的地球要大得多，体积通常比地球大2到10倍。

如此众多的超级地球引出了一个问题：如果我们的地球是现在的两倍甚至十倍大小，会发生什么?这对生命又意味着什么?

美国加州大学圣克鲁斯分校研究行星形成的博士研究生米基·罗森塔尔(Mickey Rosenthal)表示，地球和太阳系其他内行星(火星、金星和水星)原本可能正朝着这个方向发展。他指出，有一种理论认为，由于气态巨行星木星的体积过于巨大，以至于切断了内行星获取宇宙物质的途径，使得它们的体积无法变得更大。

无论造成地球如今体积的原

因是什么，我们都无法真正了解如果它变成超级地球会发生什么。不过，基于对遥远类地行星的了解，科学家提出了一些想法。

如果我们生活在超级地球上，首先，你会变得更矮——不止是你，珠穆朗玛峰和加州国家公园的每棵巨树也同样如此。这是因为，如果一颗行星的体积增加，而其他一切保持不变，那它的重力也会相应增加。如果地球的大小是现在的两倍，那你的重量就是现在的两倍，因为地心引力对你的拉力是现在的两倍。你需要更多的能量来抵抗地心引力，而人类今天的身体结构还没有强大到足以保持原来的身高。

美国华盛顿大学研究行星宜居性的科学家罗里·巴恩斯(Rory Barnes)表示，随着行星体积的增大和引力场的增强，地球也会经历更多的碰撞。他指出，作为一颗超级行星，更大的引力将使地球吸引更多、更大的小行星，因此“世界末日”式的碰撞事件将更频繁发生，比现在更令人担忧。

假设超级地球比现在的地球大10倍，那它的内部将发生巨大的

变化。铁核和液体地幔也会增大10倍，而随着更多的重力作用在更大的物体上，地球表面下的压力会增加。巴恩斯指出，这种高压可能会导致铁核固化。

就现在而言，地球的部分液体核心通过对流，产生了地球磁场。巴恩斯表示，如果地核固化，这种对流就会停止，磁场就会减弱或消失。如果地球磁场减弱或消失，那对地球上的生命来说将是灭顶之灾。

磁场保护着地球上的生命免受来自太空的伤害。如果没有磁场，太空中飞行的带电粒子，又称为太阳风暴，就将直接轰击地球。巴恩斯指出，这些微小的辐射粒子会导致各种各样的问题，比如破坏DNA，或增加癌症的风险等。

巴恩斯还指出，更大的内核可能使超级地球比现在的地球更活跃。随着行星半径的增大，其内部的能量会越来越多，而能释放能量的地方会越来越少。因此，出现更多的火山爆发并不奇怪。在超级地球上，板块构造也会不同，不过确切的影响仍是一个悬而未决的问题。更大的地幔也会更热，可能

会产生更强烈的对流，推动板块运动。但另一方面，地壳有可能在高压下完全融合在一起，使板块构造运动不再存在。

从迄今为止科学家发现的超级地球来看，如果地球变成了一个超级地球，它是否适合居住还是一个问号。开普勒空间望远镜最擅长探测离恒星很近的行星——比地球离太阳近得多。科学家已知的大多数超级地球与其母恒星之间的距离，几乎和水星与太阳之间的距离一样近。

加州大学洛杉矶分校天体物理学副教授希尔克·施里希廷(Hilke Schlichting)表示，如果要与地球有可比性，超级地球的公转周期需要大约100天。她指出，这样的轨道距离如果适合生命存在，那该恒星系的母恒星需要比太阳小得多。如果我们的地球也离太阳这么近的话，地球上所有的水都会蒸发。换言之，地球将脱离宜居带，本质上将变成一个蒸汽行星。

纽约市西蒙基金会计算天体物理中心的西蒙·罗德里戈·卢格(Rodrigo Luger)表示，令人惊讶的是，迄今为止发现的许多超级地球似

乎都富含水，有的就像是“水世界”。他认为，这些行星可能由大块的冰体形成，然后在向母恒星附近移动的过程中，导致它们的冰体融化。

然而，这些行星可能并不适合人类居住，因为它们的深海可能会形成一个坚固的冰层。卢格认为，这种冰层的形成不是因为低温，而是由于超级深海的强大压力形成的，这种压力迫使水分子变成了固态。这个冰层阻隔了任何大气与星球内部的相互作用，既没有碳循环(地球的碳会在大气、海洋和地壳之间循环流动)，也没有矿物交换(大气和地幔之间的相互作用调节着地球的长期温度变化)。至少对于我们所知的生命来说是这样，这些因素都进一步降低了宜居性。

或许更现实的情况是，科学家对超级地球的疑问要比结论多得多。卢格说：“我们还没有完全了解我们自己星球内部的物理机制，更不用说太阳系外的行星了。”的确，我们不知道如果地球体积变得过大，或者离太阳更近会发生什么，但目前为止，我们应该庆幸自己没有生活在这样的“超级地球”上。