科研人员给缺乏食欲素而患有嗜睡症的模型小鼠和对照组小鼠喂食巧克力，发现嗜睡症小鼠基底外侧杏仁核区域多巴胺释放与对照小鼠相比显著增多；并且嗜睡症小鼠进食巧克力之后，BLA脑区的多巴胺水平短暂升高，之后出现猝倒样发作。

视觉中国供图

“斜杠青年”多巴胺，这次把手伸进了梦里

◎本报记者 金 凤

无论是电影《盗梦空间》里从潜意识中盗取情报，还是“春风一夜吹乡梦，又逐春风到洛城”中对于故土情愫的记忆重温，梦，是人们穿梭于虚幻与现实之间莫可明说的生命体验。

然而，做梦时人脑发生了什么，至今仍是未解之谜。“为什么要睡眠”“人类为什么会做梦”这两个问题一度被《科学》杂志列入“全世界最前沿的125个科学问题”中。

最近，科学家们找到了大脑进入梦乡的“钥匙”。在国际学术期刊《科学》新发表的一篇研究论文的成果中，日本筑波大学联合北京大学研究发现，多巴胺在大脑中的基底外侧杏仁核区域（BLA）升高，是启动快速眼动睡眠的关键。

不同睡眠周期生理表现不同

梦醒时分，我们可能依稀记得缥缈的梦境，却不知道在整个睡眠周期，脑内的各种神经元、脑信号经历了一番怎样的“奇遇”。

“我们对睡眠的理解，目前主要基于对哺乳动物睡眠的研究。区分哺乳动物不同睡眠—觉醒状态的核心指标是脑电图。”中国科学院脑科学与智能技术卓越创新中心、神经科学国家重点实验室研究员徐敏告诉科技日报记者，按照脑电频谱特征的不同，睡眠—觉醒周期可分为觉醒期、快速眼动（REM）睡眠和非快速眼动（NREM）睡眠。其中，人类的NREM睡眠又可以细分为N1、N2、N3期。

“健康人入睡时一般先进入NREM睡眠，但新生儿可由觉醒直接进入REM睡眠。”徐敏表示，“一个典型的睡眠周期首先从觉醒状态进入N1期，此时人逐渐失去对周围环境的注意力，出现缓慢眼动，心率、体温开始下降。数分钟后进入N2期，此时全身肌张力降低，几乎无眼球运动。进入深睡眠的N3期后，肌张力进一步低下，不易被唤醒。深睡眠结束后，再次转回N2及N1期，而后进入REM睡眠。”

REM睡眠的特征是肌张力消失，但高频眼动阵发，肢体远端的肌肉和面部表情肌可有短暂肌电活动。

“健康成人的N3期睡眠多出现在前半夜，而REM睡眠在后半夜时间更长、密度更高。整夜总睡眠时间中，觉醒时间占比小于5%，N1期时长约占5%—10%，N2期约占50%—60%，N3期约占15%—20%，REM期约占20%—25%。”不过，这并非一成不变，徐敏说，一般而言，整夜总睡眠时间随年龄的增大而减少。

REM睡眠由大脑关键区域多巴胺信号引起

梦是如何产生的？梦的功能是什么？梦是睡眠中真实的思维痕迹还是醒来后的虚构回忆？这些难题一直令科学家着迷。

“对于人类，REM睡眠是梦的多发时期，但梦和REM睡眠并不等价。”徐敏介绍，20世纪50年代，美国学者阿瑟林斯基与克莱特曼通过记录睡眠中的脑电、眼电和肌电，发现了REM睡眠。

他们唤醒并询问处于不同睡眠阶段的志愿者，发现有74%的从REM睡眠醒来的人报告自己做了梦，而这一比例在NREM睡眠期仅有17%。后人通过修改询问方式，把“是否做了梦”改为“苏醒之前脑海中出现了什么”，并大量重复试验，认为REM睡眠与NREM睡眠都能产生梦境，且两种梦常常难以区分。

对于REM睡眠，人类已经掌握诸多规律。东南大学生物医学工程学院杨元魁博士告诉科技日报记者：“REM睡眠中，人脑会把大量存于脑中的经验和知识提取出来，并与白天所学、所见、所听、所想交织在一起，进行复杂随机的加工。这个阶段会删除人脑认为无用的记忆，所以对脑的记忆系统的优化具有重要作用。”

然而，NREM睡眠为何会转向REM睡眠，二者是如何循环进行的，人类大脑如何调节睡眠，这些都尚无结论。而睡眠如何促进人类做梦尤其令人费解。

不过，在此次研究中，科研人员似乎捕捉到从NREM睡眠向REM睡眠“切换”的蛛丝马迹：NREM睡眠期间，基底外侧杏仁核的多巴胺的短暂增加，会终止NREM睡眠，并启动REM睡眠。多巴胺作用于基底外侧杏仁核中表达多巴胺受体D2（Drd2）的神经元，会诱导NREM睡眠到REM睡眠的转变。

了解睡眠—觉醒奥秘关乎人类未来

当我们谈论睡眠和梦时，一个重要的问题是，睡眠的终极功能是什么？虽然至今尚无结论，但答案关乎生存、疾病，甚至人类的未来。

“试想一下，如果睡眠行为无益无功，我们岂不是白白浪费了三分之一的人生？遗憾的是，我们现在仍不清楚睡眠行为的核心作用。”徐敏说。

即便此次研究的出现让我们对多巴胺另眼相看，但在杨元魁看来，睡眠—觉醒机制还受到很多物质的影响，例如褪黑素、血清素、皮质醇等。

在睡眠的未知疆域，还有无数的认知蓝海在等待人类远航：例如，目前发现调控NREM的脑区数量较多，且分布相对离散，这些脑区在睡眠调控过程中分别扮演了什么角色？

又如，皮层活动对睡眠调控是否存在自上而下的影响？毫秒尺度的神经元活动如何维持长时程的睡眠或觉醒状态？

而当我们对大脑调控睡眠—觉醒的机制有足够深入的理解之后，我们或许可以对未来的睡眠控制有所期待。

“到那时，我们可以更加安全有效地治疗失眠，或者出于工作、旅行或其他需要，可以前移或推迟睡眠时间，还可能在条件允许时预存或补充睡眠。”在徐敏看来，人人享有睡眠，也有权利和责任去了解、维护自己的睡眠。

嗜睡症的猝倒神经生物学模型或需调整

多巴胺是脑内重要的神经递质，它可以调节神经细胞的活动，使我们感到愉悦。巧克力就是可以促进多巴胺分泌的“开关”之一。

近几十年来，国际上对多巴胺能神经系统的研究有突飞猛进的发展，认为该系统在调控人的精神、运动、行为等方面具有不可替代的作用，例如人的睡眠—觉醒机制以及学习、记忆、认知等意识活动。多巴胺可谓是一位“斜杠青年”。

“在睡眠中，此前科研人员已经发现多巴胺在REM睡眠时释放量比较大，会促进觉醒。但此次研究发现基底外侧杏仁核的多巴胺水平在NREM睡眠向REM睡眠过渡前会呈现出一个瞬时的增加。”徐敏说。

在基底外侧杏仁核区域的多巴胺变化，还为一类发作性睡病的睡眠障碍提供了新的见解。

“发作性睡病，也叫嗜睡症，是一种中枢性睡眠增多障碍，其中部分病人的一个典型症状便是‘猝倒发作’。患者的大脑在白天清醒时会突然进入REM睡眠，出现无力甚至猝倒；夜间出现入睡幻觉、睡眠瘫痪、睡眠紊乱等。”徐敏介绍，合成下丘脑泌素（又称食欲素）或其受体的基因突变，以及下丘脑中表达食欲素神经元数量的减少，均可引起发作性睡病。

在此次研究中，科研人员给缺乏食欲素而患有嗜睡症的模型小鼠和对照组小鼠喂食巧克力，发现嗜睡症小鼠基底外侧杏仁核区域多巴胺释放与对照小鼠相比显著增多；并且嗜睡症小鼠进食巧克力之后，BLA脑区的多巴胺水平短暂升高，之后出现猝倒样发作。

他们还发现，在嗜睡症小鼠模型中，多巴胺激增，但在其他被测试的大脑区域中没有。随后，他们刺激正常小鼠基底外侧杏仁核处的多巴胺释放，发现此处的多巴胺短暂增加可引发小鼠猝倒。而当研究者通过人为刺激，引起睡眠中小鼠基底外侧杏仁核多巴胺短暂增加之后，可以让小鼠进入REM睡眠。

“这个研究对睡眠调控基础研究和嗜睡症的研究都有很多启发。当前睡眠调控模型认为，食欲素缺乏导致的嗜睡症患者的睡眠和觉醒都不稳定，存在白天嗜睡，晚上睡眠碎片化的特征。此次的发现促使我们重新思考上述模型的普适性。另一方面，该研究揭示的多巴胺对REM睡眠的调控作用，也提示我们重新认识多巴胺对睡眠的复杂调控机制。”徐敏说。

在天上做实验，亮相“天宫课堂”的它是个关键角色

◎本报记者 史 诗

几天前，“天宫课堂”第二课圆满落幕，“太空教师”翟志刚、王亚平、叶光富又为我们上了一堂精彩的太空科普课。一幕幕神奇而唯美的实验亮相距离地球约400公里的中国空间站。

这次，神舟十三号航天员除了在轨演示科学实验与地面同学互动问答之外，还重点介绍展示了核心舱内的高微重力科学实验柜和无容器科学实验柜。这两个科学实验柜引起了很多青少年的好奇。我们为什么要到天上做实验？天上能做哪些实验？作为国家太空实验室首批入轨的科学实验柜，它们究竟有什么神奇之处？

每个科学实验柜就是一个综合实验室

到太空能够做哪些实验与空间站的特点密切相关。由于空间站能够提供长期的微重力等特殊研究环境，科研人员可以发现被重力掩盖的物质本质规律。

空间站里的科学实验柜有什么作用？载人航天工程空间应用系统副总师王珂研究员告诉科技日报记者，科学实验柜安装在密封舱，也就是核心舱、问天实验舱I和梦天实验舱II内，用于开展航天医学、空间生命科学与生物技术、微重力流体物理、微重力燃烧科学、空间材料科学、微重力基础物理等研究方向的科学实验。

“每一个科学实验柜相当于一个综合实验室，支持开展单学科或多学科交叉的空间科学实验。类似于把地面上数十平方米实验室的实验设备高度集成到一个2立方米的实验柜空间里。”王珂介绍，实验柜采用模块化设计，在轨可通过航天员操作更换实验单元或实验样品，支持整个运营期上千项科学研究项目的滚动实施，大大降低科学实验项目实施难度及准入门槛，减轻科学家的工程负担。

高微重力科学实验柜助力基础科学研究

“天宫课堂”上，我们看到这样一段视频：叶光富用手轻轻推动悬浮实验台，实验台并没有飘走，而是略微移动后又回到原位。

悬浮实验台是高微重力实验柜的核心部件，采用双层结构设计。内层采用的是磁悬浮技术，外层采用喷气控制，既可以在实验柜体内进行实验，又可以在柜体外进行实验。

叶光富在太空授课中讲到，在高微重力环境下，科学家利用冷原子干涉仪对原子进行加速度测量比对，可以对爱因斯坦广义相对论中的等效原理进行高精度检验，这些都是基础科学领域的前沿性研究。

高微重力科学实验柜副主任设计师王蜀泉补充道，高微重力科学实验柜未来还可以开展微重力流体动力学及材料科学研究、惯性和加速度传感器研究等领域的实验。

无容器实验可避免容器材料对样品的影响

王亚平在“天宫课堂”上视频展示了锆金属熔化与凝固实验。

一个金属小球悬浮在实验腔体中，先后经过悬浮控制、激光加热、测量物性、再辉、样品冷却凝固、回收等环节。

这就是无容器材料实验。顾名思义，实验样品可以在微重力环境下通过静电场实现悬浮稳定控制，与容器的内表面完全不接触，所以叫作“无容器”。

空间应用系统科学实验柜总体主任设计师张立宪介绍，无容器实验柜由无容器实验平台、真空与加压模块、实验电控模块等组成。其中，核心功能模块是包含一个实验腔体的无容器实验平台，科学实验腔上通过窗口安装了半导体激光器、CO_2激光器等加热装置，以及单波长测温仪、双波长测温仪、全景相机、高速相机等多种观察与物性测量设备，支持空间材料样品无容器加工实验和热物性测量。

无容器实验能够避免容器材料对样品的影响，可以更精确地测量样品的重要物理性质。“在无容器平台中，后续还要开展模拟合成陨石及月幔物质的熔融结晶实验，加热星云物质进行物性测量，研究太阳系早期热环境的制约因素，从而更好认识太阳系早期的环境特征。”空间应用系统核心舱总体主任设计师于喜河表示。

今年，随着问天实验舱和梦天实验舱发射，我们的国家太空实验室将初具规模。

“问天实验舱内有4个科学实验柜，梦天实验舱内有8个实验柜，可以开展更多领域的研究项目。未来，中国天宫空间站将支持空间生命科学与人体研究、微重力物理科学、空间天文与地球科学、空间新技术与应用等四大学科领域的上千项科学实验项目。”空间应用工程与技术中心集成技术中心副主任张璐对记者表示。

新知

亚洲首次发现 侏罗纪早期有甲类恐龙

科技日报讯（记者**赵汉斌**）记者3月中旬从云南大学了解到，该校生命科学学院的脊椎动物研究团队近期在云南玉溪距今1.9亿年的早侏罗世地层中，发现了一件基干有甲类恐龙的化石骨架。依据其头骨、脊椎和肢骨等相关特征，确认其是一新属种，取名为科氏玉溪龙。研究论文发表在国际生物学期刊《eLife》上。

“科氏玉溪龙是在亚洲发现的迄今最早的有甲类恐龙。”云南大学生命科学学院教授毕顺东介绍，这是一件较为完整的骨架化石，包括部分头骨、下颌、脊椎、肢骨和骨刺或骨板，其身长约3米，为植食性恐龙，主要靠四足行走，必要时可用前肢取食植物嫩叶。系统发育分析表明，新化石和有甲类恐龙的基干类群存在近缘关系，而与甲龙类和剑龙类的形态特征明显不同。当前研究认为，有甲类恐龙起源于大约2亿年前，但具体起源地尚不明确，玉溪龙在亚洲的发现，表明此类群在出现之后，迅速分化并迅速扩散，在约不到300万年内就实现全球分布。

从平板式剑龙到坦克式甲龙，有甲类恐龙是地球上最引人注目的一类生物。其化石在1.5亿年前的侏罗纪晚期岩石中较为常见，但在近2亿年前的侏罗纪早期地层中则很少发现。

“以前在云南也发现过有甲类恐龙化石，但化石较为零散，不足以建立一个有效的生物属种。”云南大学博士后研究人员、论文作者之一姚熙说，此次发现，首次提供了足够多的化石材料，可以确认玉溪龙是剑龙和甲龙的祖先类型，这有助于人们了解有甲类早期成员的形态特征。新发现的化石骨骼中，包含了120多个骨刺或骨板，具有不同的形态，表明有甲类恐龙在早侏罗世就有遍布全身的厚重骨板覆盖，形态已趋于多样化。

多体量子导引新特征获验证 有助多用户量子网络搭建

科技日报讯（记者**吴长锋**）记者3月27日从中国科学技术大学获悉，该校郭光灿院士团队李传锋、许金时、孙凯等人对多体量子导引的关系结构进行了实验研究，首次观测到多体量子导引的非单配性共享关系，即其中一方的量子态可以被另外两方同时导引。这项研究成果日前发表在国际物理学期刊《物理评论快报》上。

量子导引描述了一个粒子通过局域测量影响另一个粒子量子态的能力。作为一种量子非局域现象，量子导引拥有独特的非对称性质，能进一步实现单向量子导引，即一方可以导引另一方，反过来却不行。在多体量子导引的研究中，单配性关系会限制量子导引在个体之间的分享能力，使得一方不能同时被其他参与方导引。理论研究表明，在增加测量方向的情况下，多体量子导引会出现违背单配性的现象，展示出多体之间丰富的导引共享关系结构。为了验证这种非单配性共享关系，需要能够对多体量子系统进行任意测量，这就要求制备具有高保真度的多体纠缠量子比特系统。

在前期研究基础上，研究组进一步利用光子的偏振、路径和轨道角动量三个自由度，构建了三量子比特系统，制备了一系列的三体纠缠态，平均保真度达到96%。通过拓展量子导引的不确定关系判据，研究者研究了多体量子导引的非单配性共享关系。实验结果表明，在三体量子系统中，一方的量子态可以被另外两方同时导引，这种现象违背了传统的单配性关系，证实了多体量子导引的共享性质。研究组通过对处于W态（一类多体纠缠态）的三体系统进行了充分的分析，展示了不同的量子导引架构。利用所证实的多体量子导引非单配性的共享关系，研究者进一步实现了三体真纠缠的实验验证。与常规方法相对比，这种检测方法只需要更少的测量资源，展现了其高效性。

这项成果加深了对量子导引物理概念的理解，为基于量子导引单配性的信息协议提供了全面的分析视角，在多用户量子通信、量子网络的搭建、多体纠缠检测中都具有重要的应用前景。

30年时序分析发现 格陵兰冰盖沿岸区域连续变薄

科技日报讯（记者**吴纯新** 通讯员**吴江龙**）3月18日，记者从武汉大学获悉，该校中国南极测绘研究中心王泽民教授团队发布了30年格陵兰冰盖月均5000米格网冰面高程时间序列产品，发现格陵兰冰盖沿岸区域在长期连续变薄。相关研究成果近日在地学期刊《地球系统科学数据》上发表。

据介绍，近几十年来，格陵兰冰盖物质损失日益严重，格陵兰冰盖的变化已成为全球海平面变化的主要驱动因素。而冰盖表面高程变化是反应气候变化最直接指标之一，结合适当的冰雪密度模型，可由冰面高程变化估算冰盖质量变化。

然而，卫星间系统偏差改正不完善，不同卫星任务衔接处的阶跃误差，会影响冰盖高程变化估计精度。同时，构建长时序冰面高程产品时，因极地冰盖的地面轨迹分布不均匀，在地形复杂、陡峭或变化剧烈的冰盖边缘区域观测精度差而需要进行插值，也会产生过度插值误差。

王泽民教授团队提出引入任务间升降轨道偏差概念的新平差策略，结合基于经验正交函数重构插值的格陵兰长时序冰面高程产品构建方法，联合多源卫星测高数据建立了1991到2020年间近30年的月均5000米格网的格陵兰冰面高程时间序列产品。

与欧洲空间局格陵兰冰盖气候变化行动计划的冰面高程变化产品进行对比评估，发现该方法能更加有效地消除任务间的系统偏差，得到更自洽和可靠的冰面高程时间序列。

相比欧洲空间局的产品，该产品的冰面高程变化率平均精度和误差的离散度分别提高了19.3%和8.9%，在2006至2010到2010至2014五个时期，平均精度和误差的离散度更是分别提高了30.9%和19.0%。

通过冰面高程不同时间时期的变化趋势分析，研究人员发现格陵兰冰面高程长期变化同样具有显著的空间变化特征。格陵兰冰盖沿岸区域多展现出长期连续的变薄趋势，在多个溢出冰川流域均出现了明显加速变薄过程。