



用特殊试剂给蚕茧脱胶、金属离子提高性能 借鉴蜘蛛，造出强韧蚕丝

◎本报记者 陈曦 通讯员 焦德芳

我国蚕桑缫丝的历史悠久。蚕丝不仅能织成轻薄华美的丝绸，还具有很多其他优质的生物特性。但其强度和韧性的不足影响对蚕丝的进一步开发利用。

认识蚕丝，生物特性优异但强度不足

“老蚕欲作茧，吐丝净娟娟”“春蚕吐尽一生丝”……古往今来，作为“吐丝神器”的家蚕被人类广为称颂。家蚕吐出来的丝叫作天然蚕丝，本质上是蚕的丝腺体产生的丝纤维。家蚕有两个对称的丝腺体，它们分别产生的两根丝纤维在丝胶蛋白的包裹、粘合作用下形成双根丝——茧丝。茧丝在丝胶蛋白的粘合作用下会形成蚕茧。

天然蚕丝具有复杂精密的层级结构。林志介绍，家蚕丝腺体产生的每根丝纤维由数根原纤维构成。每根原纤维由约1000根直径纳米级纤维构成。天然蚕丝的平均抗拉强度介于400兆帕—600兆帕之间，是一种具有较好机械性能的轻质生物材料。同时，蚕丝也具有较好的生物相容性、抗静电性和生物可降解性。

虽然天然蚕丝的生物特性优异，但其平均抗拉强度却不及自然界中机械性能最优异的天然丝纤维——蜘蛛丝的一半，其他机械性能也远逊于蜘蛛丝，这限制了蚕丝的进一步应用。据了解，蜘蛛丝的拉伸强度是普通钢的3倍—5倍，总体韧度是凯夫拉这种通常被用来制造防弹衣的材料

的5倍。蜘蛛具有很强的领地意识，攻击性强且会同类相残，因此人类很难通过类似养殖蚕的方法，大

改造蚕丝，使其坚韧程度堪比蛛丝

人工纺丝的主要材料是对蚕茧处理后提取的丝素蛋白。“丝素蛋白是从蚕丝中提取的天然高分子纤维蛋白，其主要来源包括将蚕茧进行脱胶溶解处理得到的再生丝素蛋白和提取自蚕丝腺中的天然丝素蛋白原液。由于后者需要逐个解剖家蚕，制备过程复杂且耗时，成本相对较高。因此，大多数人工纺丝所用的原材料都是再生丝素蛋白。”林志介绍。

近日，受蜘蛛卵鞘丝的人工纺丝启发，天津大学生命科学学院林志教授团队提出了高强度人造蚕丝制备的新方法。团队利用脱胶试剂去除天然蚕丝中的粘性外层，结合金属离子辅助增强的方法，得到了高强度人造蚕丝。相关成果近日发表于材料学期刊《物质》。

规模饲养蜘蛛来获取天然蜘蛛丝。人造蛛丝研究中所用的蛛丝蛋白几乎都是重组蛛丝蛋白。人们难以通过人工方式利用低分子量重组蛛丝蛋白纺出高强度人造丝，必须利用高分子量重组蛛丝蛋白。然而，高分子量重组蛛丝蛋白的高效获取依然存在蛋白表达量低、样品易降解、制备成本高昂等障碍，且纺丝所用的高毒性有机凝固浴难以被用于人造高性能蛛丝的大规模生产。因此，目前人造高性能蛛丝尚不具备实用价值。

若能够大规模地获取高性能丝纤维并制备成具有相应功能的材料，其应用前景将极为广阔。“如果能通过人工纺丝的方式改造蚕丝，获得性能显著提升的人造蚕丝，将使工业制备廉价高强度丝纤维制品成为可能。”林志说。

家蚕拥有高效的丝蛋白表达系统和复杂精密的蛋白组装成丝程序，生物特性方面具有一定的优势。且其大规模养殖历史悠久，技术成熟，我国桑蚕业规模巨大，天然蚕丝及蚕丝蛋白来源极其广泛，价格也相对低廉。因为上述原因，蚕丝成为了研究丝蛋白材料的理想模型。

目前已有大量关于蚕腺体、蚕丝结构、蚕丝形成机制等方面的研究，为人造丝蛋白材料的人工制备和改良优化提供了较为充分的理论与技术基础。

在实验室研究或工业化制备熟丝中，最常见的脱胶溶解处理方式为碱性溶液加热脱胶，也就是碱性水解，即将蚕茧在煮沸的0.05%—0.5%的碳酸钠或碳酸氢钠溶液中处理约30分钟—90分钟。碱性水解是一个非特异性过程，在脱去丝胶蛋白的同时，极易损伤丝素蛋白，使得高分子量丝素蛋白链断裂，得到大小不一的低分子量丝素蛋白，进而导致后续制备的丝蛋白材料的机械性



能不佳。目前我们的研究还只限于实验室小规模制备高强度人造蚕丝。我们正在进一步设计、改进自动纺丝工艺，提高良品率，以进一步降低高强度人造蚕丝的生产成本。同时，我们也正在研发第二代高强度人造蚕丝，以进一步提高蚕丝的各项机械性能。

林志
天津大学生命科学学院教授

能不佳。

此次研究中，林志教授团队使用了十二烷基硫酸钠和碳酸钠溶液辅助溶解蚕丝外部粘层的方法，使蚕茧的脱胶率达到了28%左右，并在保证脱胶的同时，尽可能维持丝素蛋白的高分子量。“使用这种降解程度轻微的高分子量再生丝素蛋白进行人工纺丝，可以大幅提高人造丝的机械性能。”林志强调。

在人工纺丝时，受到蜘蛛卵鞘丝蛋白人工纺丝启发，团队使用基于锌和铁的金属离子溶液作为纺丝凝固浴的溶液。团队将浓缩的再生丝素蛋白通过微管像挤牙膏一样挤出。挤出的蛋白在含有锌离子和铁离子的溶液中迅速凝固，并形成细长的纤维。团队对这些纤维再进行了一系列处

应用蚕丝，或将在多领域带来变革

随着对以天然蚕丝为代表的天然丝相关研究的日益增多，天然丝已经不再单纯作为纺织这一传统产业的原材料，而是逐渐扩展到医药工程、化妆品等多个领域。

目前，将天然蚕丝应用于医药领域的研究层出不穷。研究人员将天然蚕丝作为手术缝合线、应用于皮肤创面愈合和软组织修复、充当药物递送和释放的载体以及作为种植牙的耗材等。

此次研究制备的高强度人造蚕丝同样具有较为广泛的应用前景。“高强度人造蚕丝的潜在应用领域可涵盖纺织、食品、医学等领域。高强度人造蚕丝可以被用来制造高强度服饰、食品保

理，得到了物理性能优异的高强度人造蚕丝。

由于有少量锌离子被螯合在丝蛋白中，锌离子可能对人造蚕丝的性能提高也起到了一定的作用。此外，相对于人造高性能蜘蛛丝生产过程中用到的具有易挥发等特点的高毒性有机溶剂凝固浴，此次研究使用金属离子凝固浴具有低毒性的特点，而且成本较低。

林志表示，基于以上核心策略，并经历了适当的后处理程序，课题组最终成功制备出了机械性能显著提升的人造蚕丝。相对于天然蛛丝或目前的人造蛛丝，此次制备的高性能人造蚕丝的平均强度和硬度更高，其强度超过了天然蜘蛛牵引丝平均强度的70%，硬度也显著高于目前已知的所有天然丝。

鲜薄膜、手术缝合线、创面敷料、医用修复材料等。”林志说。

此外，作为一种绿色环保的生物基材料，以此次研究制备的高强度人造蚕丝为代表的高性能丝基材料具有很大的可持续发展价值，大规模生产低成本的高性能丝基材料有可能为纺织业带来一场新变革。

林志表示：“目前我们的研究还只限于实验室小规模制备高强度人造蚕丝。我们正在改进自动纺丝工艺，提高良品率，以进一步降低高强度人造蚕丝的生产成本。同时，我们也正在研发第二代高强度人造蚕丝，以进一步提高蚕丝的各项机械性能。”

男女共情区别或缘于社会分工差异

◎实习记者 孙明源

“恻隐之心，人皆有之。”自古以来，人们就十分关注社会交往中的将心比心、换位思考、推己及人。在心理学中，这种感知、理解、分享他人情绪状态的能力被称为共情。

长期以来，许多人认为，女性具有敏感、细腻、善解人意等特质，共情能力强于男性。然而，这种看法究竟有没有科学依据？是不是人们的一种刻板印象？

近日，发表在国际学术刊物《大脑皮层》上的一篇文章表明，女性在个人痛苦方面的共情能力

确实比男性更强。男女在个人痛苦方面的共情能力差异，在大脑机制上也有所反映。

女性在个人痛苦方面的共情能力强于男性

论文第一作者、中国科学院心理研究所博士生吴晓告诉科技日报记者，关于男女共情能力差异的学术探讨由来已久。早在1983年，就有学者针对这一问题发表论文。然而，30年来的众多研究就这个问题给出了不少相互矛盾的结论。对这种现象的合理解释就是，共情本身是个内涵复杂、维度多样的概念。想要探讨

男女共情能力的差异，就必须细化到“哪个方面的共情”。

为此，中国科学院心理研究所胡理研究组和孔亚卓研究组招募了206名女性和302名男性开展了一项研究。受试者填答了中文版人际反应指针量表(IRI-C)，并接受了脑部的结构和功能磁共振成像扫描。研究人员分析了男女在问卷数据和磁共振成像数据上的差异，并将两部分数据结合起来，建立了统计学中的结构方程模型。

行为结果表明，女性在个人痛苦维度上的共情能力显著高于男性，但在其他共情维度上，男女并没有显著差异。脑影像结果表明，这一结果可能和男女大脑结构和功能的差别有关。人脑左侧前脑岛的灰质体积越大，左侧前脑岛与左侧颞顶联合区以及右侧颞下回的功能连接随之越强，人在个人痛苦方面的共情能力就越低。

“在统计学当中，我们把变量间的这种此消彼长的关系称为负相关。我们的研究表明，男性大脑的这种负相关效应比女性更强，因此男性共情个人痛苦的能力整体弱于女性。”吴晓解释说。

探索共情差异有助开发心理干预手段

结合先前的研究文献，研究人员对这一现

象的背后原因进行了推论。一种理论认为，亲子行为是人类共情能力的重要来源之一。与男性相比，社会群体中儿童的女性抚养者需要对后代的状态更加敏感，才能避免后代遭受饥饿、疼痛或恐惧等困境。这种能力是自然选择的结果，有利于女性抚育后代。但女性在注意到自己孩子以外的其他人类遭遇痛苦时，她们也更容易产生共情，因而较容易陷入自我困扰。

“举例来说，当一个人发现遭遇痛苦的是‘对手’或者‘坏人’时，如果这个人女性，她可能还是会出现共情反应，但是大多数男性并不会这样。”吴晓说，这种现象的存在值得注意，也有待更多研究的验证、探讨。

吴晓坦言，为实现结果寻找社会学的解释并不容易。在此次研究中，团队采纳了来自生物进化领域的理论，但并不排除其他理论可能同样有效。目前，吴晓及其同事也在思考进一步延伸理论的可能。

“了解男女在个人痛苦维度上的共情差异以及这种差异背后的神经机制之后，我们对共情的本质和表现认识得更清楚了。在未来的心理治疗、心理教育当中，这些认知有助于人们开发更有效的干预手段，依据性别和个人差异‘对症下药’，为人们解除困扰，创造更多积极的情感体验。”吴晓展望说。

新知

野生近缘种的基因渗入 让西藏山羊快速适应高原环境

科技日报讯（记者杨宇航）近日，记者从西北农林科技大学获悉，该校近期联合西藏农牧科学院、国家家畜研究所、瑞士苏黎世联邦理工学院、美国加州大学圣塔克鲁兹分校、四川农业大学等机构，在西藏山羊基因组中发现了一个新的受选择基因PAPSS2，并进一步分析发现该基因源于山羊野生近缘种的基因渗入。这一远古时期的基因渗入事件帮助山羊快速适应了高原严酷的自然环境。相关论文近日发表在《分子生物学与进化》上。

山羊是最早被驯化的家畜之一，伴随着人类迁徙、扩散到了世界各地，共形成了近600个山羊品种。在这一迁徙、扩散的过程中，山羊适应了高原地区寒冷、低氧、低压和强紫外线的恶劣环境。然而，山羊是如何在短时间内快速适应高原严酷的自然环境，仍是一个悬而未决的科学问题。

该项目负责人、西北农林科技大学教授王小龙介绍：“研究团队历经4年时间，运用了目前最大规模的山羊基因组和转录组数据，通过全基因组扫描，鉴定到一个基因——PAPSS2。”

研究团队通过对分布在全球不同海拔的600余只家养山羊、野生山羊和古代山羊的基因组及转录组数据进行分析，组装了一个高质量的西藏山羊参考基因组。在定位到关键的受选择基因PAPSS2后，研究团队还利用CRISPR/Cas9方法在山羊细胞中进一步验证了基因的功能。研究表明，西藏山羊与分布在喜马拉雅山脉的野生捻角山羊存在基因间的交流。基因交流是物种快速适应环境和演化的重要方式之一，种间基因渗入是目前进化基因组学关注的焦点。捻角山羊对远古时期西藏本土山羊的种间基因渗入，为西藏山羊快速适应高原环境作出了重要贡献。

网络控制理论模拟大脑动态进程 为大脑控制能量提供生理解释

科技日报讯（记者吴长锋）近日，记者从中国科学技术大学获悉，该校心理学系特聘研究员何晓松等通过将单侧颞叶癫痫作为损伤模型，结合弥散加权成像和正电子发射断层扫描等多模态影像技术，揭示了单侧颞叶癫痫患者大脑中控制能量消耗异常与葡萄糖代谢异常的关联，为网络控制理论在心理学和脑科学研究中的应用提供了潜在的生理基础。研究成果日前发表在《科学进展》上。

作为重量占比仅2%的人体器官，大脑需要消耗超过人体日均能耗20%的能量以驱动其动态活动，行使日常功能。那么，这种生物学形式的能量消耗，如葡萄糖代谢，是否与工程学意义上的“控制能量”存在联系？

为了回答这个问题，研究团队基于癫痫患者和健康人群对照的大脑结构连接网络，通过网络控制理论模拟了两种具有代表性的大脑动态进程，并估算了这些进程中大脑所需消耗的控制能量。结果发现，患者在模拟边缘系统网络（癫痫发作和传播的核心区域）激活过程中所需消耗的控制能量显著高于健康对照组，并且这种能效异常与患者致痫灶的偏侧化高度一致。在患侧海马、杏仁核等7个边缘系统脑区，患者大脑需要消耗更多的控制能量以维系预定的大脑动态进程。

通过正电子发射断层扫描技术，研究团队证实这些脑区的基线葡萄糖代谢水平与控制能量消耗水平呈负相关。这意味着，想要达到同等激活水平，更低的代谢基线可能会带来更高的能量需求。

这次的研究首次为大脑“控制能量”提供了潜在的生理性解释，也为网络控制理论在心理学和脑科学领域的进一步应用奠定了基础。

对板保存的恐龙足迹化石被发现 有助了解晚白垩世恐龙生存

新华社讯（记者秦宏）福建省龙岩市上杭县近期发现大面积正负模（对板）保存的恐龙足迹化石。这是当地恐龙足迹群化石科考取得的最新发现。由中国科学院古脊椎动物与古人类研究所等单位人员组成的专家组表示，这一发现在全球较为罕见。

据了解，上杭恐龙足迹群化石于2020年11月被首次发现，经国家古生物化石专家委员会相关专家实地考察认定，这是中国发现的多性最高的晚白垩世恐龙足迹群之一，也是福建省恐龙相关化石的首次发现。

此次科考现场考察发现的正负模（对板）出露的化石中，包括一块面积约15平方米的标本，其上保存了蜥脚类和兽脚类等多种恐龙足迹，以及代表湖相沉积环境的清晰对称波痕构造。据初步统计，相关化石上集中了6种恐龙的30多个足迹，保存的数量、清晰度均比较罕见，对研究晚白垩世恐龙的生活习性、生存环境等具有重要意义。

参与此次科考的中科院古脊椎所研究员汪筱林介绍，此前发现的恐龙足迹化石，大多只有在岩层上显示的恐龙踩下去的凹坑，或是上覆岩层翻转过来凸起的足迹，而非正负模同时保存。此外，之前国内外发现的恐龙足迹化石大多属于侏罗纪和早白垩世，上杭发现的恐龙足迹属于晚白垩世，代表了恐龙灭绝前最后阶段的活动遗迹，具有重要的科学价值、科普价值和保护价值。

据了解，截至目前，在上杭恐龙足迹群化石科考中，已发现多种恐龙足迹和至少4个层位，证明恐龙在这个地区有较长生活史。



福建省上杭县发现的恐龙足迹化石

新华社发（林斯乾摄）

本版图片除标注外由视觉中国提供

