

时间旅行的物理学

白德凡

时间旅行或许是很多人的梦想，但一个坏消息是：即使能够回到过去，你也无法改变已经发生的事情。这是澳大利亚昆士兰大学的两位研究人员数学建模的结论。但这个消息也有好的一面，虽然研究结论粉碎了我们改变历史的念头，但它同时也消除了时间旅行的一个主要障碍。

其中的逻辑是这样的：如果我们回到过去后的行为不会改变任何事情，也就不会产生一些逻辑悖论，正是这些悖论让许多专家完全否定了时间旅行的可能性。事实上，我们可能无法改变任何已经发生的事情。因此，在今天的我们和回到过去的我们之间，并不存在什么逻辑上的冲突。时间旅行在逻辑上的障碍被扫清了，尽管技术上依然困难。

这种想法已经存在了几十年，俄罗斯天体物理学家伊戈尔·诺维科夫（Igor Novikov）早就提出过“自身一致性原则”，该原则认为，如果某一事件以任何方式改变过去，那么它发生的可能性为零：宇宙历史不允许修改。现在，理论物理学家法比奥·科斯塔（Fabio Costa）和正在剑桥大学攻读数学硕士学位的热尔曼·托巴尔（Germain Tobar）的计算结果支持了这一观点，这些计算结果去年发表在《经典与量子引力》（Classical and Quantum Gravity）杂志上。科斯塔说，他们的研究成果“就像科幻小说里的情节”。

回到过去的风险

虽然没有人知道时间旅行如何从技术上实现，但爱因斯坦的广义相对论证明了这个概念至少在理论上是成立的。具体来说，广义相对论的方程允许封闭的类时曲线存在，这种曲线代表起点和终点在同一时空点上的循环。遵循这些封闭类时曲线运动的物体最终会回到它一开始所处的时间地点，并可能与过去的自己相互作用。

然而没人能保证这种曲线真的存在。许多著名物理学家都否定封闭类时曲线的可能性——无论是自然生成的还是由时间机器制造出来的。“物理定律不允许出现封闭类时曲线。”霍金在1992年实事求是地写道。他半开玩笑地称这个想法为“保护年表猜想”，这是一个“让历史学家安心的宇宙”所需要的特

征。即使作为一个纯粹的思想实验，时间旅行也要面对许多挑战。这一切的根源就是“祖父悖论”。这个悖论的名字源于一个著名的场景：一个人回到过去，在自己的祖父留下后代前杀死了他。如果这个人成功了，他作为他祖父的后代理应不会在未来出现；但那样的话，是谁杀死了祖父？更抽象地说，“祖父悖论”指的是，对已发生事情的任何改动可能会产生逻辑上的不一致。

对于祖父悖论，最简单的解决办法是否定时间旅行的可能性——如果自然法则一开始就阻止我们回到过去，我们的行为就不会产生违背逻辑的后果。但科斯塔和托巴尔的模型提出了另一种解决办法：一旦回到了过去，无论我们如何改变已经发生的事情，尝试创造一个悖论，事情的发展总是相同的，并最终走向注定的结果。其中涉及的数学极其复杂，但研究人员提供了一个时下流行的例子来说明，如何将其应用到现实生活中。

在新冠肺炎疫情爆发将近两年之后，许多人可能会设想回到2019年年底，阻止零号病人被感染。但这是不合逻辑的——如果我们能够成功地预防新冠肺炎疫情，我们就没有理由回到过去，这是“祖父悖论”的一种变体，同样站不住脚。所以我们注定会失败：我们飞往病源地的航班会延误，或者我们在捕捉将新冠传播给人类的蝙蝠时，会踩到香蕉皮滑倒，或者我们会被一些更普通的障碍阻拦下来。疫情还是会继续发展，这一点我们能肯定，因为它实际上就是这样发展的。

没有起点的故事

如果这个结论听起来很奇怪，那是因为我们倾向于把这些令人费解的因果顺序颠倒过来——因为我们理论上认为，所以我们会回到过去总会踩上香蕉皮。但事实上，不管后来的结果如何，香蕉皮早就已经在那里了。正如科斯塔所解释的，“所有发生过的事情都只发生过一次”，并且是以一种精确的方式发生的。我们直觉上认为过去是可以改变的，部分源于这样一个观点，即我们把时间旅行想象成历史之外的东西。但实际上，时间旅行就像其他事件一样，也纠缠在历史中。

如果你回到了过去，你会一直旁观，一直做你已经做过的那些事情。现实不像游戏，不会给你那么多“从第一轮”开始的机会。澳大利亚哲学家尼古拉斯·J·史密斯

(Nicholas J. Smith) 在1997年的一篇文章《为时间旅行准备的香蕉皮够多吗？》中写道，“如果一个时间旅行者要回到过去的某个时间，那么历史上他已经在那里出现过了。”他可以影响过去，但不能改变最后的结局。他的行为永远不会改变事情的发展轨迹——这是事情唯一的发展方式。

尽管我们习惯于认为时间是线性的，但这是人类固有的偏见。这种观念符合我们对时间顺序的认识，但“涉及时间旅行时，这种推理方式就不再有效了，因为你的故事并没有一个明确的开始和结束。”科斯塔说。生活如电影胶片上的画面，不再是并排呈现的，而是重叠的。他说：“我们一次讲述了整个故事。”

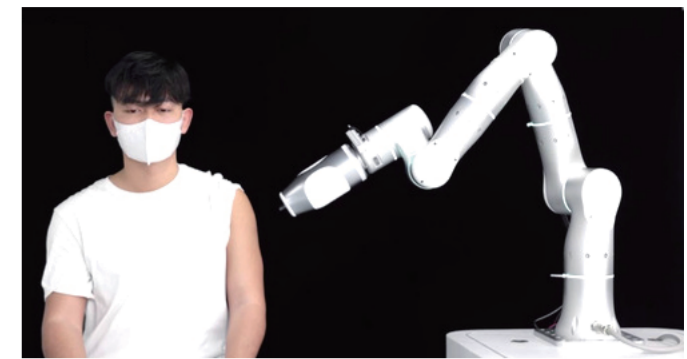
对科斯塔这样的物理学家来说，有一个实用的结论值得牢记：如果在一个时间循环中研究事件，你不能像在我们熟悉的世界中那样，根据初始条件推断出结果。这个时间循环中没有“初始”条件，甚至“初始”这个词都已经失去了意义。所以科斯塔和托巴尔改变了视角。他们的模型不是从某个假想的开端出发，而是从一组固定的变量出发，你可以把这些变量理解成人的选择。以此出发，“物理学会写出剩下的故事。”科斯塔说。

所以剩下的故事是什么？在某种意义上，人们仍然是“自由”的，可以按照自己的意愿行事。再强调一遍，香蕉皮并不是某种神秘力量召唤来约束你行为的巧合。相反，在你经过之前，香蕉皮就已经在那里了。这就是世界是今天这个样子的原因，而不是它的结果。科斯塔说，在神圣的时间长河中，“宇宙只是在做它唯一能做的事，那就是与自身保持一致。”

如果时间旅行是可行的，它可能会带来其他麻烦。首先，建设时间机器可能需要无穷大的质量或负能量，而这种能量源我们还远不能利用。其次，由于封闭类时曲线的性质，时间机器只能回到它诞生的那一刻。所以，如果我们真的设法建造或发现了一个时间机器，我们的旅程将仍然是有限的。你可能要放弃骑龙龙的梦想了。

时间旅行的复杂性足以让许多学者望而却步。“时间旅行并不是研究最多的学科，”科斯塔说，“因为它很可能根本不存在。”但它仍然是一个永恒的话题，令人惊叹和着迷，这并不是没有理由的。“时间旅行吸引人的地方在于，”他补充说，“我们无法证明它是不可能的。”

同济大学团队研发无针疫苗接种机器人



很多人害怕打针，未来疫苗的接种能不能不使用针头？目前同济大学开发了一款无针头疫苗接种机器人，未来有望解决无针注射问题。在一个注射疫苗的模拟场景里，接种机器人会拿起一个装有药剂的小瓶，并使用其摄像头传感器识别被接种者的身体，自由旋转机械臂的角度，从而找到最适合的接种部位。

他还介绍称，针对疫苗注射的医院应用场景，目前该机器人注射系统采用气压驱动技术，优点是适合快速的连续注射。药液注射可以在半秒内完成，注射精度可精确到0.01mL，可适用于不同的疫苗对注射剂量的要求；还有注射深度调节功能，可适用于皮下或肌肉注射的不同种类疫苗。“我们的设想是，未来这台机器人可以布局到大规模的医院中进行使用，或者把它布局到社区诊所，以及一些紧急情况或者是在一些流动性的疫苗接种车中进行布局，这样的话就能够更方便地进行疫苗的注射。”齐鹏表示。尽管机器人在医疗健康领域的应用潜力巨大，但目前这款无针疫苗注射机器人仍在原型机阶段，它在临床上的安全性和有效性需要通过对照试验进行验证。

无针头疫苗注射已经在一些国家开始应用，利用压力源产生的瞬间压力，推动药剂经过一个极细的喷嘴，形成射流，高速穿过皮肤直接进入人到治疗部位。

此类疫苗注射机器人在全球才刚刚兴起。去年11月，加拿大初创公司Cobionix宣称，他们研制出了全球首款能注射疫苗的机器人，能以自主、无痛且无针头方式注射疫苗。

齐鹏介绍称，该团队研发的自动疫苗注射机器人可自动识别人身上指定的疫苗注射位置，如常用的人体上肢三角肌部位。目前，人体三维模型识别算法，通过一个简单的三维点云相机对人体进行拍摄，即可快速自动拟合完整的人体三维模型。人体模型由数千个特征点组成，

每一个点对应人体身上一个特定部位。通过指定该特征点或特征点的集合，机器人可快速准确定位人体疫苗注射部位。

齐鹏表示，未来医疗机器人将是医护人员的标配，随着机器人在医疗领域解决方案越来越成熟，应用越来越广泛，对于减轻医疗人员的负担将有重要意义。

此外，在中国心血管医生创新俱乐部（CCI）的支持和推动下，齐鹏团队在医疗机器人方面一直通过医工结合进行创新，并在疫情中开发了很多应用场景。去年疫情中，齐鹏团队还研发了一种静脉采血机器人。

（第一财经）

英国国家复合材料中心展示未来太空储能罐技术

陈济哲

英国国家复合材料中心（NCC）与法国航空航天制造商泰雷兹阿莱尼亚太空公司（Thales Alenia Space）联合在“太空储罐”（SpaceTank）项目下制造了一种全复合材料无衬垫（俗称“V型”）储罐罐体。该部件将作为运载火箭和卫星推进剂储罐的基本型产品，与目前使用的传统金属推进剂储罐相比，重量预计可减轻30%。NCC表示，该演示验证件展示了如何利用先进复合材料技术来减轻燃料储罐结构重量并降低卫星发射成本，体现了复合材料将在未来空间推进工程结构发挥的重要作用。

“太空储罐”项目为期一年，总体目标是基于英国本土的研发能力，获得制造和检测低温压力容器所需的技术，将开发一种全新制造解决方案，获得低温推进剂储罐。航天行业对于复合材料在太空中发挥的关键作用形成了共识，一些公司已经开始探索复合材料在太空储罐设计中的应用。例如，美国Virgin轨道公司和新西兰火箭实



验室公司（RocketLab）都分别研发并展示了复合材料燃料储罐作为“发射器一号”（Launcher One）火箭和“电子”（Electron）火箭中金属燃料储罐的替代品。在澳大利亚，Omni Tanker公司与合作伙伴正在寻求开发复合材料无衬垫液氢储罐并计划将其商业化。而在欧洲，德国MT航空航天公司也已经研发材料和制造方法，并正在接受新型火箭燃料储罐的性能测试。NCC的“太空储罐”项目则有望将英国提升为该领域的主要参与者。

NCC开发的“太空储罐”演示验证产品长750毫米，直径为450毫米，流体存储容量超过96升，壁厚为4.0~5.5毫米，这种设计使其能够承受85巴加压推进剂带来的压力。NCC透露，“太空储罐”碳纤维复合材料主体结构总重量达到8千克，存在进一步优化减重的可能，其压力等级可以通过使用更高强度的碳纤维和增加复合材料的厚度来实现。同时可以使用更薄，刚度更低的碳纤维复合材料制造，以应对一些中低端应用场景。

在“太空储罐”项目研发期间，NCC团队开发了一种新方法，将金属流体罐端口的制造也纳入到可冲洗消除的内芯模具中，从而不需任何二次组装或粘接等其他步骤。这些流体罐端口固定在新型模具中，使它们能够在制造过程的后期直接连接到碳纤维上。

“太空储罐”的主体结构使用美国SHD复合材料公司提供的MTC510环氧树脂碳纤维预浸料，带材宽度为300毫米。MTC510是一种环氧树脂系列产品，在80°C到120°C之间固化，并且经过专门的增韧设计以提高其损伤容限。

“太空储罐”由英国Bindatex公司负责制造过程，该公司还对纤维带进行了窄幅精密切割，并以6.35毫米的规格形成了长达22000米返回料，按照NCC的要求，这些返回料要在法国科里奥利公司提供自动纤维铺设（AFP）制造系统中应用。

使用科里奥利AFP系统的长纤维铺

绕工艺将裁剪后的窄纤维带沉积到可冲洗消除的模具上。NCC工程师使用比利时Material's Cadwind公司的纤维缠绕软件设计了螺旋缠绕和环箍缠绕工艺组合，用于沉积超过24层的材料，达到标称5.5毫米的厚度。在这里使用的纤维缠绕厚度、方向以及角度仅针对演示验证件。NCC后续可以增加或减少复合材料壁厚并改变纤维缠绕角度和层板结构，以按照不同的压力或负载要求充分优化“太空储罐”结构。

在材料完成沉积后，研究人员立即检查了NCC“太空储罐”是否存在缺陷和厚度变化。随后将整体结构置于100°C下进行热压罐固化，并再次检查。固化后采用超声波C扫描和热成像无损检测技术，对不同的制造方法进行对比，以检查未来储罐是否存在分层和孔隙等缺陷。最后，在完成无损检测质量评估后，用加压冷水冲洗并消除内部模具，使内槽形成中空。

NCC表示，经过验证，无内衬“太空储罐”的模具技术难度巨大，因此他们与英国AeroConsultants公司合作开发了一款使用该公司Aqua水溶性芯材的铸造工艺制成的内部模具。模具具有内部阳模，标称壁厚为30毫米，它被分为两部分浇铸而成，然后进行粘合。该模具内部拥有三个可清洗加强环，这些加强环的设计和制造有助于承受复合材料自动铺层过程中产生的扭转载荷和纤维固化过程中产生的压力。

NCC的这一演示验证件为英国未来的太空推进剂储罐研发提供了充分的研究基础，并有助于支持英国先进复合材料储罐制造技术、部件和设备供应链。

另据相关报告，该领域未来的研究活动还将支持英国在全球太空市场份额增加5%。一份来自英国政府发布于2021年5月的工作报告显示，英国太空行业相关收入从2016-2017年的148亿英镑增长到2018-2019年的164亿英镑。英国航天局的总结报告强调，过去两年（2019-2021年），英国航天部门创造了3000多个工作岗位。

研究人员开发出一颗盐粒大小的相机

微型相机在发现人体问题和实现超小型机器人传感方面有很大潜力，但过去的方法只能在有限的视野下捕捉模糊、扭曲的图像。

现在，普林斯顿大学和华盛顿大学的研究人员利用一种粗盐粒大小的超小型相机克服了这些障碍。研究人员在2021年11月29日发表在《自然-通讯》的一篇论文中称，新系统可产生清晰、全彩的图像，可与体积相当于其50万倍的传统复合相机镜头相匹配。

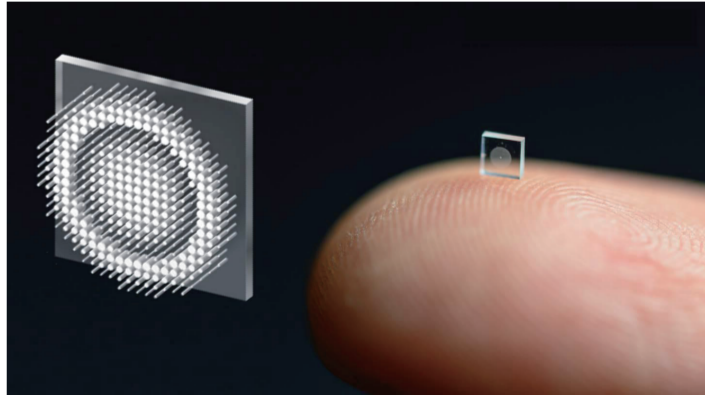
通过相机硬件和计算处理的联合设计，该系统可实现医疗机器人的微创内镜诊断及治疗疾病，并改善其他机器人的成像尺寸和重量的限制。数千个这样的相机阵列可用于全场景传感，将表面变成相机。

传统的相机使用一系列弯曲的玻璃或塑料透镜将光线弯曲成焦点，而新的光学系统依赖一种超表面技术，它可以像计算机芯片一样生产。超表面只有半毫米宽，布满160万个圆柱体，每个柱子的大小与人类免疫缺陷病毒（HIV）差不多。

每个柱子都有独特的几何形状，其功能就像光学天线。为了正确塑造整个光波前端的形状，必须改变每个柱体的设计。在机器学习算法的帮助下，柱子与光线相互作用，为迄今开发的全彩超表面相机产生了最高质量的图像和最宽的视野。

相机的一个关键创新是光学表面和产生图像的信号处理算法的集成设计。该研究资深作者、普林斯顿大学计算机科学助理教授Felix Heide说，这提高了相机在自然光条件下的性能，而以前的超表面相机需要实验室的纯激光或其他理想条件才能产生高质量的图像。

研究人员将系统产生的图像与之前超表面相机产生的结果进行了比较，并与传统的复合



光学相机使用6个折射透镜拍摄的图像进行了比较。除了镜框边缘有一点模糊外，这种纳米相机拍摄的照片与体积相当于其50多万倍的传统相机镜头拍摄的照片不相上下。

而其他超紧凑表面透镜的图像则畸变严重，视场小，捕捉全光谱可见光（即RGB成像）的能力有限，因为它结合了红、绿、蓝来产生不同的色调。

“设计和配置这些微结构做你想做的事，这是一个挑战。”该研究作者、普林斯顿大学计算机科学博士生Ethan Tseng说，“对于捕捉大视场RGB图像的特定任务来说，这是一个挑战，因为数百万这样的微型结构，我们不清楚如何以最佳方式设计它们。”

论文联合首席作者Shane Colburn通过创建一个计算模拟器来自动测试不同的纳米天线配置来解决这个挑战。由于天线的数量及其与光交互的复杂性，这类模拟会占用“大量的内存和时间。”Colburn说。他开发了一个模型，以充足的精度来高效模拟超表面的图像产生能力。

Colburn作为华盛顿大学电子与计算机工程系的助理教授主持了这项研究，他还在西雅图的Tunoptix公司指导系统设计，该公司正在将超表面成像技术商业化。

（音稿）