



时间逆转时空交错的炫酷也掩盖不住《信条》存在的物理硬伤

本报记者 陈曦

电影《信条》近期在国内影院上映。被这部电影“烧糊了脑子”的观众不计其数，其实电影的情节并不复杂，就是大反派想用逆转时间的杀伤性武器毁灭世界，不过一系列和时空逆行相关的科学概念以及非线性叙事，直接把观众绕懵。在电影

《信条》当中，出现了两个时间表述，分别是正向的时间和逆向的时间，时间有方向吗？电影里设定的熵减能够逆转时空，理论上真是这样的？电影里出现的单电子宇宙、祖父悖论又是怎么回事？为了让大家更好地看懂电影，科技日报记者采访了天津大学理学院量子交叉研究中心主任吕宏教授，让他谈一谈这些“高冷”的物理学概念。

也许100年后穿越到未来并不难

《信条》用影像呈现了时间命题。影片中的人物通过旋转门制造出的逆向时间可以让人物和未来的自己偶遇，但穿越人物的一切运动轨迹是逆向的，视觉上是倒带的效果，展示了逆向时间和正向时间交织。

“什么是时间？一般人们会认为时间是很容易理解的概念，因为生活中经常运用时间，但是仔细一想，又好像什么也说不清，其实就连顶级的物理学家也说不清楚到底什么才是时间。从这个意义上来说，这是一个很傻的问题。”吕宏认为，之所以说不清，是因为时间这个概念，不像可以拿在手上研究的物质。空间也有相似的特质，但至少人们可以停留在某个地方，或者可以重复到访这个地方，概念就更直观一点，但时间连这点都做不到。

吕宏表示，在哲学上有两种时间的概念：一种是现实论，认为所谓的过去和未来都不存在，只有现在这个点才真实存在，从这个意义上说时间穿越不可能实现，因为没办法穿越一个根本不存在的东西；另一种是永恒论，认为时间像空间一样永远存在，我们没法回到过去，但并不意味它不存在。这两个只是哲学观点，很难说哪个对哪个错。不过，现在的时

空理论，无论是狭义相对论还是广义相对论，基本上都更加支持永恒论。

“既然是永恒的，就有时间穿越的可能性，因此有其在理论或哲学上探讨的必要性。这就涉及到时间有方向的问题。从基础物理的理论来看，时间往未来走的是一个方向，往过去走的是另外一个方向。”吕宏举例说，观看乒乓球在空中飞行的视频，一般情况下人们无法区别视频是否倒放，但观看玻璃瓶从桌子上掉下去摔碎的视频，视频倒放时，没有人相信这是自然发生的事情。在基础物理理论中，时间完全可以像视频一样倒放，但是在现实的复杂系统中，人们没有观测到时间可以倒流的经验。

吕宏说：“其实，时间穿越到未来，在相对论框架下完全可以做到。比如乘坐一架足够高速的飞行器离开地球，根据相对论的运动物体时间延缓效应，在地球上只过了一年，而我们在地球上可能已经过了100年。当再回到地球的时候，就相当于穿越到了未来；或者通过生物学或医学手段，把自己冷冻起来，100年以后解冻，也就等于直接穿越到100年以后了。穿越到未来，从技术上来说并不困难，目前技术可能还做不到，但是我相信100年后完全能做到。”

电影中时间倒流情节不可能实现

如果用一句话概括《信条》，那就是：决定人类终极命运的根本不是核战争，而是一场时间之战。电影剧情引人的第一条法则就是“熵减”，当

“熵增”变成“熵减”，神奇的时间逆转也就发生了。

“物理上用‘熵’表示一个系统的自由度和无序化程度。”吕宏介绍，比如操场上有100个人站

队，站得很整齐，这就意味着系统自由度很低，每个人只能站在某个位置，但是如果这些人可以随意走动，系统的自由度就越来越大，队伍肯定会越来越混乱。这就是从低自由度往高自由度发展，越来越混乱的熵增过程。

在一个封闭系统中的熵必随时间而增加，这是物理学的一个基本定律。如果在一个开放的局部系统中，系统外面还有一个更大的系统，熵是可以减少的。这是人们能活着的原因。活着，就是保持身体的秩序，心脏跳动、大脑思考……之所以能够维持这个秩序，是因为我们处在一个开放的环境中，通过进食补充负熵，使身体更有秩序。

“在一个封闭的系统中，熵会越来越大，时间的方向就是熵增加的方向，这就把时间跟熵增或者熵减概念联系起来。”吕宏举例说，一个瓶子掉下去摔碎，变成一地玻璃碎片，这显然是一个熵增加的过程，但假如逆转，就变成熵减了。物理学告诉我们封闭系统内的熵是不能减少的。唯一能实现的途径，只能是时间反演。因此在任

单电子宇宙和祖父悖论

单电子宇宙这个概念是物理学家约翰·惠勒最早提出来的，惠勒想象，宇宙也许只有一个电子，电子可以在时空中随意来回走动，电子沿正时间方向运动，就是普通的电子；沿逆时间方向运动，就是一个正电子，也称反电子。

吕宏介绍，惠勒提出单电子宇宙理论，可以解释量子力学中一个奇怪的现象，即宇宙中的所有电子，除了所在位置、速度等这些外在性质不同外，都具有相同的质量、电荷数，它们的本质都是一样的，所有的电子都是全同的。但是单电子宇宙理论有一个缺陷，它无法解释电子和正电子在数量上的巨大差异。显然单电子宇宙中，电子和正电子应该数量相当，但事实截然相反，正电子数量很少。

祖父悖论是时空旅行中的著名理论。如果你能进行时空穿梭，并回到过去，见到了儿童时代的祖父，由于种种原因，你要杀死自己的祖父，这种操作是否可行？如果你能杀死

何封闭系统内的逆熵可以等价于该系统的时间倒流。

但这部电影中的情节在现实是不可能实现的，因为宏观世界无法形成一个不与外界交换的封闭系统。在电影里，主人公身处正向时间，通过旋转门就来到逆向时间的熵减空间。于是汽车倒着开，子弹也是反着飞，所有的运动都是反的。吕宏质疑：“假如一个人处在那种状况，人体的新陈代谢是按正向时间进行的，但人以外的世界又处于逆向时间。人还在正常的变老，但是衣服外面的世界却越来越年轻。这样的话两种空间就会有个界面分割开，但人整体是一个多粒子系统，怎么去分割？这种情节设计在宏观系统上不可能成立。”

不过，电影《信条》也有创新之处，跟普通穿越不太一样。普通穿越要么是穿越回过去，要么是穿越到未来。“这部电影的穿越是进行性穿越，过去和未来两个世界同时放在一起，这是很有意思的游戏角度，但是现在从物理上来说不太可能实现。”吕宏说。

自己的祖父，那么你又如何在未来出生？无法在未来出生，那么又如何穿越回到过去杀死自己的祖父？

“在广义相对论里，由于时空弯曲等原因，理论上可以存在一些封闭的时间曲线，但在封闭的时间曲线里，不允许有违背因果关系的存在，即使有时空穿梭，也必须满足因果关系的对称的自洽性。”吕宏说。

祖父悖论还有另一种解释：进行时空穿梭，到达的其实是另一个平行宇宙，杀死的也是平行宇宙中的祖父，与自己所在的初始宇宙没有任何关联，因此祖父是可以杀死的。对此，吕宏表示，如果时空穿越是从一个宇宙穿越到另外一个(平行)宇宙。从这个意义上说，时间线并没有闭合，理论上有可能。

吕宏表示，第一种理论是基于广义相对论的推论结果，而平行宇宙理论在得到实验或想象实验加以证实前，还只是一种纯猜测。

翱翔青藏高原，“云雀”衔来更多科考数据

边常及 本报记者 郝晓明

上世纪70年代到90年代，我国首次对青藏高原地区进行了综合性科学考察，获得了大量一手资料，填补了青藏高原研究的诸多空白。时隔40多年，我国再次启动为期约10年的青藏高原综合科学考察研究，60多个专题科考分队开展十大科考任务，涉及五大综合考察区域。

为深入实施“科技助力青藏科考”，促进青藏高原环境变化机理揭示，此次科考中加入了无人机、无人船和卫星等新技术手段采集相关数据。据新华社9月21日报道，由中国科学院沈阳自动化研究所自主研发的“云雀飞行机器人”（以下简称“云雀”）在青藏高原开展了高海拔冰川与湖泊智能化科考工作，实现了我国首次机器人化高海

拔环境科考。

机器人助拳 打退科考工作“拦路虎”

青藏高原拥有世界上最壮丽的雪山和冰川，同时也是生物多样性最丰富的地区。但由于海拔高、氧气稀薄、气候恶劣多变、地势险峻、人迹罕至，尤其在极高海拔区，科考活动难度大、危险系数高，严重制约了高原科考全面深入持续开展。

与“有人化”相比，“无人化”科考在高海拔地区的优势较为突出，体能、体力不再成为恶劣环境下科考工作的“拦路虎”，科考效率和数据准确性能得到大幅提升。

中国科学院沈阳自动化研究所研发团队负责人何玉庆说，特别是在“无人区”，采用机器人代替科考

人员开展相关科考工作，可以深入到危险区域或人类难以抵达的区域，获取更多“有人化”科考无法获取的数据或样本，大大提升了科考的空间尺度。

能抗七级风 小飞机展示大力量

然而，高海拔地区恶劣的环境让飞行机器人参与科考面临着多重困难：空气稀薄会使飞行机器人升力明显降低，大风将影响飞行机器人的稳定飞行，冰川、湖泊、山地等多变地形则需要飞行机器人具备高度自主的飞行能力和防地、避障等多种功能。

为了适应高海拔环境，“云雀”突破了“稀薄大气中的高效升力系统设计”“高原强风干扰下的自主控制”等多项技术瓶颈，实现了在稀薄空气、强风扰等极端环境下的飞行。它可以自主完成起降、定点/航迹飞行、仿地飞行、动态障碍物规避等动作，具备独特的“高空垂直梯度数据连续静态观测”能力。

“它身高58厘米，体长138厘米，能抵御7级大风，可携带5公斤科考载荷，其自主作业能力可覆盖青藏高原所有野外科考站和绝大部分冰川区，具备在海拔6000米高度飞行近30分钟的综合能力。”何玉庆说，“云雀”执行了多项科考任务，在实际应用中充分验证了多项创新技术和自主作业能力。

海拔6000米 “云雀”采集多项数据

冰川表面温度是冰川动力学模型中非常重要的参数，可以反映出冰川对气候变化的响应，其准

确性会直接影响冰川运动和气候变化的模拟及预报结果，对我国东部、西南部气候变化，以及北半球气候具有巨大的影响，甚至对全球气候变化也有明显的敏感性、超前性和调节性。

廓琼岗日冰川集冰川、湖泊、草甸于一体，地形复杂多变，“云雀”通过冰面温度热红外影像监测和冰川三维地形勘测与建模，助力科研人员获取冰川的面积、厚度、冰储量等数据，这对全球水资源和气候变化、灾害预警等方面具有重要意义。

在廓琼岗日冰川高空大气温湿压与黑碳通量垂直廓线监测工作中，“云雀”采集的数据可以剖析青藏高原典型冰川和积雪区吸光性杂质(黑碳)的含量分布及其对反照率的影响，并对冰川和积雪消融的贡献量进行评估。

纳木错湖风景秀丽，湖水清澈，是我国第二大咸水湖和世界上海拔最高的湖泊。在海拔4730米的纳木错湖区，“云雀”通过对高原湖泊深部水体样品自动化采集和湖水温度垂直剖面进行实时监测，分析高原湖泊的水质、矿盐物质的时空变化情况，评估了区域气候变化对冰雪融水、区域降水以及水生生物等的影响。

为进一步推动我国第二次青藏科考向无人化、立体化、网络化方向发展，适应大尺度、高时空密度的科考需求，中国科学院沈阳自动化研究所项目团队将继续提升机器人抵御极端恶劣环境的能力，进一步探索并突破空地、空水机器人互联协作技术，构建起由空中、地面、水面、水下机器人组成的立体化智能科考装备体系，持续推动机器人应用于更广泛的高海拔科考任务。



“云雀”在青藏高原进行科考工作

受访单位供图

新知

苍蝇也能授粉！ 锁阳授粉结实机制首次被发现

科技日报讯（记者张景阳）记者9月21日从内蒙古大学生命科学学院获悉，该校陈贵林教授研究团队历经4年持续研究，揭开了药用寄生植物——锁阳开花结实的秘密，这一最新研究成果发表在国际植物学期刊《植物生物学》(Plant Biology)上。

陈贵林教授介绍，药用寄生植物锁阳的开花结实，与其开花后发出的一种特有臭味物质吸引蝇类昆虫传粉密切相关。

授粉试验证明，锁阳是自交不亲和的植物，同一花序上雄花的花粉粒并不能让雌花完成正常受精，因此锁阳花序上的雌花需要来自另一个花序上的花粉粒才能完成传粉和受精，产生种子。

团队通过研究证实，锁阳会散发苯酚、对甲苯酚、吡啶、二甲基二硫醚和辛醇等臭味物质来吸引蝇类传粉者，主要包括家蝇、花蝇、丽蝇、麻蝇等10种昆虫，这些昆虫嗅到臭味物质就会飞到锁阳的花序上，但是它们并不能在锁阳花序上找到与臭味相对应的食物，于是它们只好携带着锁阳的花粉粒飞向其他散发着臭味的锁阳花序继续寻找食物，而整个过程就会帮锁阳完成传粉。

该科研成果首次证实了锁阳通过开花散发臭味吸引苍蝇实现传粉结实的相关机制。在此基础上，团队在一些臭味不够浓的锁阳种群的花序上使用了少量的二甲基二硫醚和二甲基三硫醚来吸引更多的蝇类传粉者促进锁阳传粉，使锁阳的种子产量增加了20%以上。这项研究成果对锁阳资源的原生态保护、锁阳野生抚育及人工栽培具有重要意义。

万物冷知识

用剪刀剪玻璃 你只需要来点儿水

七君

大家试过剪玻璃吗？

这不是天方夜谭。其实玻璃可以用剪刀剪，但需要在水下操作。实际上，利用水切割玻璃的技术有数百年的历史。莫纳什大学的工程师 Ralph Klimek 介绍，以前的玻璃工就常用这招像剪窗花一样剪玻璃。没有水的时候，他们会用水润湿手指摩擦玻璃，然后再剪。中世纪的时候，工匠们在切割玻璃时会把玻璃表面润湿，也是运用了相同的原理。现在的玻璃厂在切割玻璃时也会用到水。

那么，水下剪玻璃到底是什么原理呢？

我们在电影里常看到，盗贼用钻石戒指或是碳化钨玻璃刀切割放置贵重藏品的玻璃罩，这是因为钻石和碳化钨比玻璃硬得多（碳化钨的莫氏硬度是9.5左右，钻石是10，普通玻璃是6左右），因此可以在施加很少力的情况下把玻璃割开。

如果没有钻石那样硬的东西，要让玻璃碎裂，就要施加很大的力，比如用拳头砸。巨大的应力会让玻璃的裂痕不受控制，因而无法实现精准切割。所以精准切割的关键就是用小力+硬物。

但是众所周知，普通剪刀很难划破玻璃，为什么在水下就能做到了呢？

简单来说，水为剪刀加持了魔法化学光环，相当于让剪刀一下子硬了20倍。

这件事要从玻璃的构成说起。玻璃的主要成分是二氧化硅，硅和氧形成了一个四面体的结构，四个氧原子包着一个硅原子。位于硅原子和氧原子之间的就是让它们结合的共价键。

不过，四面体二氧化硅有一个特点，那就是容易受到水中氢氧根的亲核攻击：硅原子更容易受到氢氧根的吸收，因此硅氧之间的共价键很容易被氢氧根打断。这个过程就是玻璃的水解。经过氢氧根的插足，玻璃分子原本的结构被破坏了，硅原子和氧原子的紧密关系完全破裂。也就是说，在水下，你只要把玻璃剪到一定程度，水就会帮你再砍一刀，把两个二氧化硅分子免费拆开。这么一来，切割玻璃所需的能量就减少了。美国能源部材料化学家 Terry A. Michalske 介绍，实际上，氢氧根的水解作用让玻璃破裂所需的能量减少了20倍。

因为造成水解的元凶是氢氧根，所以直接上碱性液体的话水解的速度会更快。这就是为什么玻璃师傅有时也会用氨水、烧碱、苏打水等切玻璃的原因。

相信玻璃会被水泡破这件事让挺多人感到意外。所以问题来了，平时我们用来喝水的玻璃杯为什么不会破呢？

这首先是因为完好的玻璃器皿上没有裂痕，没有氢氧根攻击的明显弱点。二是在室温下，水里的氢氧根不太多。因此在室温下，完好的玻璃的水解速度相当缓慢，泡在pH值在8以下的溶液里，二氧化硅玻璃每年才水解10纳米。

但是如果玻璃杯已经出现了细小的裂痕，或者经常被用来盛放碱性高温液体，那么玻璃容器的水解速度就会变快。一些用久了的玻璃杯表面并不清透，看起来有一层白雾，怎么洗也洗不干净，这就是水解等腐蚀作用留下的痕迹。

另一个常见现象也和水解作用有关。由于水和碱性物质对水泥中二氧化硅的腐蚀，因此上了“年纪”的水泥也会膨胀开裂，这在业界被称为“混凝土的癌症”。得了“癌症”的水泥建筑没有挽救措施，只能推倒重建。包括加拿大皮克灵核电站A、英国千年球场在内的重要建筑都是因为水造成的“癌症”而部分或全部报废的。

不仅是二氧化硅，硅单质也容易受到水和碱性液体的攻击，因此半导体行业制造芯片的工厂也对碱性物体污染有很高的防护要求。总之你懂了吧，不在潮呼呼的厕所里玩手机，是对手机芯片的基本尊重。

（来源：《万物》杂志官方微信“把科学带回家”）