

孙悟空混入蟠桃宴、哈利·波特披斗篷……

# 不再是超能力，隐身术“坠入凡尘”

## 科幻开脑洞 科学找答案

◎本报记者 符晓波

随着科学理论的不断发展，红外隐形、雷达隐形等隐身技术已较为成熟地应用于军事领域，但诸如哈利·波特的隐身斗篷这样在视觉上实现完美隐身的应用似乎还停留在人类想象层面。难道，令人无限遐想的隐身衣只能出现在科幻作品中吗？

3月21日，武汉纺织大学纺织科技馆正式开馆，推出了不少由高科技纺织材料制成的展品。其中，看似普通的迷彩服，穿在身上可以避开红外线监测，化作“隐身衣”。

多年来，在让科幻中的隐身衣走进现实这件事上，科学家是认真的。

2006年，科学家利用超构材料首次实现了在微波频率的电磁波隐身衣。随后，科学家开发了针对可见光的隐身衣。2009年，科学家成功研制出地毯式光学隐身衣。

此外，科学家还将目光转向声学隐身衣、热学隐身衣、流场隐身衣，取得了系列突破。2022年，香港中文大学徐磊教授研究组团队研发出了超薄流场隐身衣。2022年，厦门大学物理科学与技术学院陈焕阳教授团队成功设计出可应用于微波频段和太赫兹频段的隐身器件……

这些成果意味着，隐身衣或许真的在逐步走进现实。

### 实现古老梦想

从古至今，隐身一直是人类追求的梦想之一，在东西方经典作品中常有相关描述，如在古希腊神话中，英雄人物珀尔修斯就曾经得到过可以隐身的头盔；《西游记》中，孙悟空使用隐身术混进瑶池宫阙大闹蟠桃宴；而在动画片《葫芦兄弟》里，六娃的绝活就是隐身。

从古至今，隐身一直是人类追求的梦想之一，在东西方经典作品中常有相关描述，如在古希腊神话中，英雄人物珀尔修斯就曾经得到过可以隐身的头盔；《西游记》中，孙悟空使用隐身术混进瑶池宫阙大闹蟠桃宴；而在动画片《葫芦兄弟》里，六娃的绝活就是隐身。

空间完美隐形效果，理论上要能随心所欲地控制光线偏折。

早在1897年，英国小说家赫伯特·乔治·威尔斯发表的科幻小说《隐身人》就描述了这一设想。故事主人公发明了一种能把人体的折射率变得与空气一致的神奇药水。主人公使用神奇药水，就能顺利隐身，成为不被看见的人。而在漫威电影《神奇四侠》中，隐形女侠拥有的超能力能够控制光波，使光绕着她走，进而实现隐身。

无法考证，科学家是否从科幻小说中获得了灵感，但多年后变换光学理论的提出使科幻作品中的情节有了照进现实的可能。

所谓变换光学理论，是指通过改变介质参数从而让光线弯曲的理论。2006年，英国帝国理工学院的物理学家约翰·彭德里等人发现，当材料介电常数和磁导率满足一定关系时，电磁波在介质中会沿给定的曲线传播，并且不产生反射，这意味着人类可以通过精确设计，实现对电磁波的自由操控。

“理论上，通过设计和调控人造材料参数可以实现隐身斗篷、光学幻象装置、旋转器等不同功能的隐身器件，但实际操作所需调节的电磁参数非常复杂，需要昂贵的光刻技术和繁琐的制造方法，最终实际的隐身效果也会因存在种种局限而大打折扣。”厦门大学物理科学与技术学院博士研究生陶思岑介绍，在已有的研究中，科学家设计出的大多数隐身器件往往只针对特定物体或特定角度，要完全躲过世界上最精密的照相机——人眼，技术难度非同小可。

### 追求完美隐形

为减小隐身器件理论设计与实际制备之间的难度，2022年，厦门大学物理科学与技术学院陈焕阳教授团队提出运用遗传算法设计隐身器件方案。

“我们引入遗传算法来设计隐身器件，它是一种受生物进化启发的学习方法，通过模拟自然进化过程搜索最优解。”陈焕阳介绍，该研究将隐身器件的最小化散射截面设为优化目标，将隐身器件的几何结构、材料及工作波长这些变量定义为遗传算法中的个体染色体。优化过程从随机生成由隐身器件组成的种群开始，然后解析计算每个隐身器件对应的散射截面，其中散射截面越小代表隐身效果越好；接着再运用遗传算法进行选择、交叉和变

异等操作，选择最优个体参与下一代繁殖，并重复该过程，直到找到全局最优方案。

借助人工智能算法，科研人员通过机器学习来探索光子器件的隐身性能，在最小化人为干预前提下，成功设计出可作用于微波频段和太赫兹频段的隐身器件。该方法避免了复杂的图案化加工过程，设计时间可控制在毫秒级内，表明遗传算法可在高维空间中直接进行全局最优搜索，可作为隐身器件设计的有效方法。

为了追求完美隐身，多年来，科学家对物质在不同物理环境下的隐身进行了广泛而深入的探索，由此构造了不同类型的隐身衣，如在特定微波波长下实现隐身的电磁波隐身衣、使物体对声波的传播不产生影响的声学隐身衣、利用热流传播方程制造的热学隐身衣等。

陶思岑说，科学家畅想的隐身，准确来说叫作“低可探测技术”，即利用各种技术手段来改变目标物可探测性信息特征，此类技术手段包括采用独特设计的吸波、透波材料降低目标物对电磁波、光波的反射；通过折射光线使人眼无法察觉目标物，使其降低被发现的可能等。这些技术可以单独使用，也可组合在一起形成针对多物理场的超级隐身器件。从神话科幻到现代科技，人类对隐身技术的探索从未停止。随着技术迭代，隐身技术将广泛应用于建筑、通信等领域。

### 延伸阅读

科幻作品里不乏隐身衣的身影，但鲜为人知的是，中国最早的科幻电影把隐身衣搬上了荧幕。

人们曾经认为，中国最早的科幻电影是1939年首映的《六十年后上海滩》。然而，这个观点或许要被更正了。

在中国科普研究所和南方科技大学科学与想象力研究中心联合举办的科幻研习营(2021)的讨论中，学者黄鸣奋通过研究民国报刊文献提出，1925年由汪优游、徐卓呆执导的《隐身衣》可能是中国首部科幻电影。在这部剧情简单的滑稽片中，主人公得到了一件改变了他人生的隐身衣，通过隐身惩罚了第三者。

除《隐身衣》外，20世纪三四十代，国内外科幻电影瞄准隐身技术，推出了《隐身人》《隐身女》《新隐身术》《隐身特工》《隐身人复仇》《隐身女侠》《陈查礼大破隐身术》等作品，隐身技术作为电影中的“常客”，频频亮相。

要像《哈利·波特》中的隐身斗篷那样，穿上就能实现全



视觉中国供图

## K新知

### 古DNA“开口”讲述

### 5100年来青藏高原人群的“混血史”

◎本报记者 陆成宽

在历史的长河里，青藏高原人群有着怎样的“混血史”？他们能适应高原低氧环境有什么秘诀？借助古DNA研究，答案逐渐浮出水面。

3月18日，《科学进展》在线发表了我国科研人员关于青藏高原人群古基因组研究的重要成果论文。他们从青藏高原不同区域的30多个遗址中，成功获取97例青藏高原古代人类个体的核基因组，让古DNA“开口”讲述了5100年来青藏高原人群的遗传演化与交流互动的历史。

“这是青藏高原迄今采样规模最大、地理覆盖最广的古DNA研究。研究表明，青藏高原古人群特殊的遗传成分，早在5100年前已经形成；在青藏高原人群整体遗传成分稳定的同时，青藏高原古人群内部之间及与高原以外其他地区古人群之间，数千年来都存在着密切的交流与互动。”论文通讯作者、中科院古脊椎动物与古人类研究所研究员付巧妹表示。

### 青藏高原古人群共享相似的遗传成分

被称为“世界屋脊”的青藏高原，平均海拔超过4000米。在学术界，现代人何时涉足青藏高原并永久定居，是最引人关注的问题之一。

此前基于尼泊尔木斯塘地区的古DNA研究证明，距今3400年的尼泊尔古人群与青藏高原各地人群共享相似的遗传成分，但青藏高原地区距今3400年以前古人群的遗传成分尚不清楚。

付巧妹团队研究显示，现代西藏人群特有的遗传成分，至少在距今5100年以前已存在于整个青藏高原各区域的古人群之中，且具有很好的遗传连续性。其中，距今5100年、来自青藏高原东北部共和盆地的宗日遗址的样本，是迄今所发表的携有青藏高原特有遗传成分的最古老的个体。

研究进一步表明，青藏高原人群特有的遗传成分由两股不同的遗传成分以约4:1的比例混合形成，其中约80%的遗传成分与东亚北方9500—4000年前的人群相关，约20%的遗传成分来源于一个未知的古代人群。“这一结果提示，青藏高原人群的主要成分很可能与新石器时代东亚北方人群的扩张，及由此驱动的人群迁徙和混合相关。”付巧妹解释。

尽管青藏高原古人群共享相似的遗传成分，但自距今2500年开始，青藏高原古人群在不同地区已经出现了较为明显的群体结构，可分为3个主要人群：以共和盆地和玉树高原为中心的“东北部”高原人群，以那曲和昌都为中心的“东南部”高原人群，以日喀则、山南及拉萨地区为中心的“西南部”高原人群。

事实上，青藏高原东北部地区素来被认为是新石器时代不同人群互动的热点地区。考古证据显示，该地区的狩猎采集人群可能与低地的耕作农业人群之间存在互动。

付巧妹团队研究结果显示，青藏高原东北部共和盆地的宗日遗址的人群(约5100年前—3700年前)，至少在4700年前受到了来自黄河流域的东亚古北方人群的遗传影响，而这一影响在邻近的玉树州距今2800年的普卡贡玛遗址人群中并未发现。

### 与高原外部其他地区古人群有互动

公元7世纪的吐蕃王朝时期，应该是青藏高原人口扩张最重要的时期。付巧妹团队研究显示，早在公元4世纪左右，携有高原南部遗传成分的人群就已经取代那曲的本地人；而在公元6至9世纪，那曲的人群则保留了同时期山南人群的遗传成分。

“这一模式说明，高原南部人群对藏北高原人群的基因渗透早在吐蕃崛起之前，而吐蕃王朝的扩张，也在那曲留下了明显的遗传影响。”付巧妹说。

研究还发现，在青藏高原南部地区有不一样的人群扩张历史。在公元前5世纪至公元9世纪，此区域人群与中部人群存在密切的互动，但到公元9世纪前后也发生了局部人群遗传成分的转变，该时期高原南部人群受到了高原其他地区人群的影响，出现遗传成分的波动，而这正是吐蕃王朝衰落崩溃的阶段。

同时，研究表明，近5000年以来，虽然高原地区古人群整体遗传成分比较连续，但仍然有部分高原古人群与高原以外地区的古人群有着密切的联系。比如，高原南部日喀则公元5世纪的个体和公元12世纪的个体，显示出与中亚地区古人群互动的信号。

此外，相关研究显示，现代西藏人群携带的可能来自丹尼索瓦人的EPAS1基因单倍型，是其适应低氧环境的关键基因。然而，这一基因的自然选择过程，及其基因频率随时间的变化一直以来尚不清晰。

付巧妹团队针对该基因的遗传历史进行追溯性研究发现，其最早以纯合子的形式出现在青藏高原东北部距今5100年的宗日遗址人群之中。

研究还显示，在过去3000年中，尤其是近700年来，EPAS1基因在青藏高原人群中的基因频率迅速升高，但这一上升与人群迁移无关。这说明，EPAS1基因频率的上升是由于受到强烈的正向选择，以帮助青藏高原人群适应高原环境。



研究团队在青藏高原西南部日喀则地区顶琼遗址的一处墓室中进行考古发掘。  
受访者供图

# 科学家揭示花朵复杂着色模式形成机制

◎实习记者 李诏宇

“玉峰疑菡萏，绛佩讵辛夷。”进入4月，春回大地，万物复苏，五彩斑斓的花是不可或缺的主角。千百年来，人们在惊叹于花朵之美时，也对其为何拥有如此多样的色彩和图案产生了深深的疑问。

而现在，这个问题可能要有新的答案了。

近日，中国科学院植物研究所研究员孔宏智团队(以下简称研究团队)系统研究了毛茛科东方黑种草花瓣上复杂着色模式的细胞学基础、呈色物质、光学属性、发育过程和形成机制，为更好理解花朵复杂着色模式的形成机制提供了新思路。相关成果论文发表于《新植物学家》(New Phytologist)。

### 简单、复杂着色模式各有不同

要理解花朵复杂着色模式的形成机制，首先应该了解何为复杂着色模式，以及与之对应的简单着色模式。

“所谓着色模式，就是指颜色的类型及其分布式样。”团队研究人员对记者说，“纯色，即均匀分布的单一颜色，对应简单着色模式；复杂着色模式则是指颜色的分布相对复杂，不仅具有多种不同颜色，某些颜色还按照特定的分布式样形成图案。”

具有简单着色模式的花相比，拥有复杂着色模式的花色彩纷呈，颇具观赏性、趣味性，其周期性的图案也能给人以协调有序的美感。从植物自身来看，花朵的复杂着色模式是植物提高繁殖效率的一大策略，可以作为传粉者寻找花粉或花蜜的“导向标”。例如，黑种草属植物花上的色素条带能够形成类似“环形跑道”的图案——这一“跑道”往往是引导传粉者访问的路径。

值得一提的是，具有复杂着色模式的花还可以利用拟态吸引传粉者。例如，角蜂眉兰的花在形状和图案上模拟雌性蝴蝶，可以有效吸引雄性传粉者；非洲雏菊花瓣上的深色斑点，能够吸引甲虫授粉……

此外，复杂着色模式还能帮助植物抵御强紫外线辐射等环境胁迫因素。比如，位于高海拔和低纬度地区的藜麦的花朵能够产生较大的靶心图案以吸收紫外光，从而使其花粉免受损伤。

### 或为观赏植物改良育种奠定基础

此次研究中，研究团队以毛茛科黑种草属中的东方黑种草的花瓣为研究材料，主要关注该物种花瓣上复杂着色模式的形成机制。

“我们利用形态学、解剖学、生物化学、光学等多学科的研究方法，解析了东方黑种草着色模式的复杂性，然后利用精细的时序和分区转录组—表达谱数据分析了色素代谢通路的时空动态。”团队研究人员表示，“我们还通过这些组学数据鉴定了与不同颜色、图案相关的基因和共表达模块，最后通过实时荧光定量PCR技术和平板诱导的基因沉默技术，验证了关键基因的表达和功能。”

基于形态学观察，研究团队发现绿、黄、红三种颜色细胞的数量和排列方式是复杂着色模式形成的关键。丰富的叶绿素、类胡萝卜素和花青素类物质分别是绿、黄、红三种颜色细胞呈色的物质基础，也是复杂着色模式形成的色素基础。

通过追踪着色模式形成的过程，研究团队发现花瓣从均匀的黄绿色逐渐转变为沿着基顶轴出现黄绿色分化式样，随后依次产生红色的横向条带和溅射图案。这表明不同类型色素细胞的出现有一定规律，黄色细胞能够叠加在绿色细胞之上，而红色细胞又叠加在黄色细胞之上，从而产生复杂的颜色和图案。

“在此基础上，团队有望通过对色素代谢通路的精准调控，创制一些新型的着色模式，为观赏植物的花色改良和育种提供相关理论与技术支撑。”团队研究人员表示。

通过分析色素代谢通路中的基因在花瓣不同发育阶段和不同区域的表达变化，研究团队发现这些基因的表达是高度动态的，与颜色和图案形成的过程和空间位置相吻合：花瓣发育早期，叶绿素相关基因在整个花瓣中表达，后期主要在花瓣基部表达；类胡萝卜素相关的基因在花瓣发育的中后期集中在花瓣远端表达；而花青素代谢通路的基因在花瓣发育晚期才开始表达，在横向条带和溅射图案区域特异高表达。这表明，呈色物质的合成过程也是有序而非随机的。

在上述研究的基础上，研究团队进一步利用病毒诱导的基因沉默技术验证了这些基因的功能。其中，基因“Nior-MYB13-1”的功能是在花瓣的黄绿色区域“绘制”一个较大的红色溅射图案；基因“Nior-MYB13-2”的功能则是抑制花青素的生物合成，从而形成一个横向条带、一个较小的红色溅射图案和一个位于二者之间的区域。

此次研究首次揭示了花瓣中横向条带形成的分子基础，说明了颜色的叠加对于复杂着色模式形成的重要性，为研究复杂着色模式提供了一个可参考的案例，丰富和拓宽了研究人员对于花色复杂性的认识。

“在此基础上，团队有望通过对色素代谢通路的精准调控，创制一些新型的着色模式，为观赏植物的花色改良和育种提供相关理论与技术支撑。”团队研究人员表示。