

现代“隐身草”

赵小青

(北京市北方工业大学理学院 100144)

在中国民间传说中，流传着一个隐身草的故事：有一个人获得了一株隐身草，听说只要手上拿着它，就不会被旁边的人看见。于是这个人就拿着这株草到集市上公然拿了别人的钱就走，结果被失主抓住以拳打之。这个人却说：“随便打吧，反正你看不见我。”在希腊神话中，也有柏修斯的头盔和古阿斯的指环能使佩戴者隐身的描述。当然，这些传说中的隐身术只是一种幻想。但是，很多先进技术都是从古人的一些看似虚无缥缈的想象开始的。传说中的隐身草，如今也已成为现实，这就是现代可见光隐身技术。

可见光隐身是通过减少目标与背景之间的亮度、色度和运动这三个视觉信号参数的对比特征，以降低可见光探测系统发现目标的概率。要实现这一目的的方法就是两个字：伪装。

伪装的第一个方面是隐真。这种伪装术就是隐蔽目标、降低目标的显著性和改变目标的特征，使目标融入背景以混淆其轮廓，令观察者产生错觉，使其不被发现或难以分辨。隐真的主要方法有天然伪装、人工遮障和迷彩伪装。

天然伪装是利用地形、地物和能见度不良等天然条件，屏蔽目标和降低目标的显著性。这种方法受到客观条件的制约，有局限性。

人工遮障是将与背景的亮度和色度相近的伪装物覆盖在目标上，以消除目标与背景的差异，达到隐身的目的。例如，覆盖在战车、坦克、飞机等武器或建筑物上的伪装网；又或用植物枝条编成的伪装物。如图1所示。

迷彩伪装是利用涂料或染料来改变目标的颜色，以降低目标的显著性或扭曲目标的外形，使观察者难以识别。迷彩伪装主要分为保护迷彩和变形迷彩。

迷彩伪装最早始于军队士兵的军服。古代的军



图1 覆盖在士兵身上树枝编成的伪装物

服往往选用比较醒目的颜色，而且使用红色的较多，这可以掩盖血迹，以减少士兵因此而发生恐慌。但是一百多年前的一场战争，使军服的颜色发生了重大的改变。1899年，英军入侵南非，与当地的荷兰后裔布尔人进行了一场持续3年的“英布战争”。面对英国人5倍于自己的兵力，布尔人为求生存，将自己的军服和枪炮均涂成黄绿色藏匿于树林中，英军很难发现布尔士兵，而布尔士兵却很容易发现身着红色军装的英军士兵，可以出其不意的偷袭英军，英军因此损失惨重。英军不得已也仿效布尔军将红色军装都涂成暗绿色，才扭转了战局，取得了最后的胜利。这场战争使人们认识了伪装术，各国军队相继把武器和装备涂成绿色，将鲜艳的军服改为黄绿色或暗绿色。这种接近背景颜色的单色伪装被称为保护迷彩，其颜色由目标背景的颜色而定。

随着各种光学观测仪器的出现，保护迷彩这种只能推迟视觉发现的单色伪装方式已不再有优势。同时，对于运动的目标来说，采用固定的单色迷彩来对付变化的背景显然勉为其难。例如，海军舰船跨洋航行时，光照和气象条件都会发生明显的变化。大西洋冬季的光照和气象条件与地中海会有很大的不同，而舰船在跨越这

类区域的航程中肯定不能去重新修改或涂敷伪装色以适应不同的航区。如何解决这个问题？动物学家认为，斑马身上的条纹不只是为了隐蔽自己，当斑马成群结队时，便形成了一个波浪起伏的条纹海洋，这使捕食者很难找出或是跟踪某一具体目标。设计者由此得到了启发，一种新的伪装理念诞生了。人们不再刻意追求把目标隐藏在背景中，目标可以被观察者看到。但是，要让观察者对目标产生错觉，从而产生误判。聪明的设计者通过在目标上涂画颜色不同的不规则碎块和线条来割裂目标的总体轮廓，即用混乱来迷惑观察者，使得观察者即使发现了目标，却无法观测评估目标的速度和运动方向，从而不能采取有效的进攻。这种伪装被称之为变形迷彩，它的迷惑效果是混淆而非隐藏。

变形迷彩最早出现于第一次世界大战中。1917年，英国海军后备役上尉画家诺曼·威尔金森提出舰船上采用相间图案作为伪装，设计了奇异的迷惑涂漆方案，以彩色抽象立体派图案将船体外表涂成砖状和带状，使舰船的颜色与变幻的大海、天空和海岸线等背景色模糊成一片。“百眼巨人”号是英国的航空母舰，该舰1918～1941年在英国皇家海军服役，如图2所示。“百眼巨人”号船体的伪装图案是“斑马条带”，黑白条带来分解舰船总体轮廓，以免观察者辨认出舰船的真实轮廓。图3所示的是挪威“盾牌”号巡逻艇，依据岩石裸露的岸边衬托背景，采用了斯堪地纳维亚风格的伪装色彩基调。现代坦克大多数都使用了变形迷彩，如图4所示。变形迷彩的涂料调配和图案设计是两大关键问题。迷彩所用的涂料没有鲜艳的光泽，将其涂在目标表面后，入射光只会产生漫反射而非引人注目的闪光。迷彩的图案目前可以用计算机辅助设计，迷彩的色彩从双色、三色发展到四色，形成

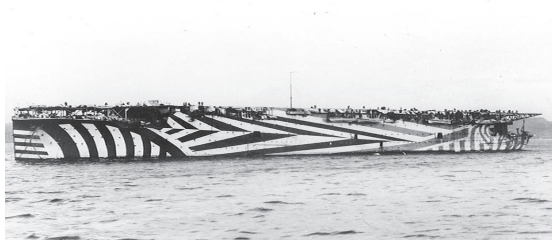


图2 “百眼巨人”号航空母舰（英国）



图3 “盾牌”号巡逻艇（挪威）



图4 AMX-30主战坦克（法国）

了专门的图谱。有关国家做过试验，在1000米外用微光夜视仪观察涂了迷彩的坦克，发现坦克的概率只有33%。而未经“乔装打扮”的坦克，被发现的概率则高达77.5%。随着变形迷彩在武器上的成功应用，这种伪装理念也被用于士兵的军服。1943年，德国为部分士兵装备了三色迷彩军服。这种迷彩服的图案由形状不规则的三色斑块构成，有些斑块的颜色与背景近似一致，有些斑块的颜色则与背景差别较大。这些斑块组合在一起从视觉效果上分割了人体的外形，扭曲了人体的线条轮廓，从而达到伪装变形的效果。德军的迷彩服收到了很好的实战效果，各国军队随后纷纷效仿。但美军内部还有一些高级将领反对脱下笔挺的制服，换上带斑点和杂色的迷彩服，还说“任何一个有尊严的军人都不会愿意穿成那个样子上战场”。

但是，不管是保护迷彩还是变形迷彩终究都是一种不能随意更改的被动迷彩，当它们面对复杂多变的环境和气象因素时，被动迷彩伪装就显得力不从心了。能否设计出如隐身高手变色龙一样随环境变化的主动迷彩？光致变色材料、电致变色材料等可见光隐身材料的面世使这种幻想成为现实。例如，有一种用于伪

装舰船的双层涂料，当光源的光谱成分改变时，该涂料能呈现出不同的颜色：晴天为浅灰色，阴天为绿色，夜间则为黑色。因此在各种情况下，涂敷了该种涂料的舰船的颜色都能与水面背景相融合。目前，最吸引人的主动迷彩是“自适应伪装”技术，该技术可以使目标在观察者眼前彻底消失。具体做法是：在目标的前方加装一个由上千个微型显示器组成的显示屏，目标的后面则安装一排摄像头。摄像头将目标后面的背景环境拍摄下来，再把画面显示在目标前面的显示屏上，于是观察者看不到目标本身，看到的只是目标身后的背景环境，目标彻底隐身了。2007年，英国国防部应用此技术的隐身坦克出现在索尔兹伯里平原。在战场对抗中，敌方甚至要在隐形坦克开火之后才能发现目标。目前，此种技术正在被应用于士兵军服，如果成功，士兵将成为身着隐身服的透明人。

当第一架飞机投入战场时，人们并没有想到可见光隐身的问题。英国是最先将迷彩运用到飞机上的国家，1918年，英国研制出著名的“来沃”灰绿色涂层。这种涂层在月朗星稀的夜晚显示出一种广阔水域样的表面光泽。在第二次世界大战中，飞机的伪装色不再是单一的颜色，新的色彩设计开始出现，以适应于执行各种专门任务和不同地域的需要。英军分派到北非和中东作战的飞机，上表面涂有黑土色和中度青灰色相结合的涂层，下表面为灰色和蓝色。而执行海面上空作战的飞机，其涂层上表面为深蓝灰色，下表面为深海灰色。

美国最先进的隐身飞机 F-117、B-2、F-22 等大多在机体表面涂敷单一黑色或灰色的涂层。这种涂层是一种或两种专用的吸收雷达波的涂料，为保证良好的隐身性能，对涂层的厚度要求相当严格。因此，多数隐身飞机只能在机体表面涂一种颜色的稀薄涂层。F-117 在设计之初考虑它主要在夜间活动，所以涂敷了黑色吸波涂料。但是实践证明，黑色在夜间的效果并不好，“在任何光线下都是一团油墨印迹”。英国皇家空军认为黑色是教练机的最佳颜色，因为它更加醒目，减少了空中撞机。由此可知，黑色对于隐身飞机有多么糟糕。所以最终 F-117 改涂成灰色。B-2 隐身轰炸机是为了轰炸前苏联而设计，它所飞行的航线要越过北极圈，即大部分飞行时间都是在白昼。B-2

的巡航高度为 1.5 万米，在此高度上，天空呈现深色背景。所以，B-2 下表面被涂成深灰色。据称，B-2 的下表面装有光传感器，飞行员可以根据其传输的信息调整飞行高度，以使飞机下表面的深灰色，与不断变化的天空亮度保持一致。

飞机的主动伪装技术最早源于第二次世界大战中为战胜德国 U 型潜艇而发明的灯具隐身技术。1940 年，美国研究者通过调节机翼导边灯的亮度，使飞机变得模糊，从而躲过潜艇的观测，最终完成对潜艇的攻击。现代的隐身设计专家已不再满足通过飞机上装设几盏灯来实现光学隐身了。目前，飞机的主动伪装是通过使用一些新颖独特的隐身材料来实现。例如薄荧光板，装上这种荧光板的飞机，在晴朗的天空背景下几乎看不到。又如电致发光材料的聚合物薄板，这种薄板在充电时可发光并改变颜色，如在不同的电压下会发出蓝色、灰色、白色的光，必要时甚至可以变换深浅不同的色调，始终保持与天空一致的颜色。再如美军目前试验的一种能够吸收雷达波的蒙皮，它是由聚苯胺茎复合物材料制造，不充电时，它透光，并能改变亮度和颜色。飞行员利用装在飞机各个侧面的光敏接收器随时测出天空与地面间亮度的差异，然后指令飞机适时调节蒙皮的亮度和色调等，以使其融入天空和地面的背景中。

对于飞机而言，降低可见光特征的措施，除了控制目标的亮度和色度，第二个方面就是控制发动机喷口的火焰和凝结尾迹。可以采用转向喷口或喷口遮挡控制喷口火焰。在燃料中加入添加剂和尾部导流系统消除凝结尾迹，在飞机上安装光感式测距的凝结尾流侦测系统，使飞行员可以得知已产生尾流并迅速回避。第三是改进目标外形的光反射特征，用平板外形的座舱罩代替曲面外形的座舱罩，或在座舱上使用偏振片，以减少太阳光反射的角度范围。

伪装的第二个方面是示假。示假伪装通常用于固定的目标，因为在航空照相侦察面前，兵力集结地域、机场和大型军工厂几乎没有秘密而言。因此，对这些目标的精心伪装变得非常重要。太平洋战争爆发后，美国人为了防止日军对其重要工业目标实施空袭，采取了对目标的示假伪装，其中对波音西雅图工厂的伪装堪称佳作。波音公司聘请了好莱坞

舞台布景设计师策划伪装方案，整个厂区采用了精心设计的防空伪装网，屋顶设置了用伪装网、胶合板和其他材料制成的假房子和假树，伪装网上利用不同的颜色制作出纵横交错的假街道，与厂区外围的真正街道构成衔接，覆盖面积近26英亩。从上方看去，硕大的厂房看上去颇似一个再平常不过的居民社区。如图5所示。除了被动地用伪装物躲起来，制造假目标对敌人进行迷惑，以此掩护和保存真正的目标，也是针对航空侦察的一种不错的办法。在海湾战争中，多国部队空袭“命中”的目标中，50%以上是假的。以致在战争结束后，多国部队司令部不得不承认：伊拉克军队伪装“非常内行”。

可见光的隐身技术在红外探测装备出现之前非常



图5 美国西雅图波音工厂厂区伪装——一个味道十足的街区

有效，但是当红外成像仪和热成像仪面世后，曾经有效的伪装方式面临被破解的威胁。由于目标的热辐射，观察者很容易通过红外探测装备识别出伪装与目标。例如，用自然界的树木枝叶制成的伪装网，枝叶会逐渐枯萎，而在热成像仪前，活着的枝叶、枯萎的枝叶及伪装物下的目标三者的红外特征是截然不同的。同样，士兵身穿迷彩服也不能改变其红外特征。所以，现代的可见光隐身必须兼顾红外隐身才能获得更好的隐身效果。在迷彩服原料的色彩染料中掺入特殊的化学物质，迷彩服的红外光反射能力将与周围景物的反射能力大体相似，因而具有一定的红外隐身的能力。

据报道，美国加利福尼亚大学伯克利分校的研究团队用尺寸极小的金纳米微粒研制出厚度仅为80nm的隐身材料，并用这种材料制成了一块微型隐身斗篷，将它附在三维物体上，利用反射和散射原理，可以使物体与背景融为一体，无法被肉眼看到，从而实现隐身。研究人员称，隐身斗篷的尺寸可以放大，且放大的程度没有限制。在现实中，如果不考虑制作成本，可以做成紧身衣或大衣，实现这一目标估计需要5~10年的时间。

军事专家认为，21世纪的隐身兵器在可见光隐身方面会有较大的突破。可以预见在未来的战场上，“隐身草”会更加茂盛。



科苑快讯

巴比伦人用微积分计算木星轨道

学习过高中微积分的人都知道，可以通过不同时间的运行速度来计算天体距离，然而考古学家最近发现古巴比伦的天文学家已利用这种方法计算木星的位置。



德国柏林洪堡大学（Humboldt University）的欧森德里尔（M. Osseन्द्रijver）研究了4块楔

形文字碑片，这些碑片是公元前50年~公元前400年间450件收藏品中的一部分。虽然并不是完整的微积分，但其所用梯形积分法的出现时间还是远远超出了以前的想象。木星对于古巴比伦人来说意义非常，因为它代表古巴比伦的保护神马杜克（Marduk）。

（高凌云编译自2016年3月18日《欧洲核子中心快报》）