



# 4D 打印：自我组装之梦

■本报记者 胡珉琦

说到 3D 打印,它绝对是近年来最受瞩目的材料科技之一,手枪、内脏,甚至是“美女”都成为了打印的对象。可如果你认为这就是打印的终点,实在为时尚早。因为,4D 打印已经悄然出现了,而它的现身也立刻成为全球瞩目的焦点,甚至连相关的高科技股也出现了暴涨。4D 打印的魅力究竟何在?

## 可编程的材料自主改变

4D 打印的创造者是美国麻省理工学院建筑系的一位教员——斯凯勒·蒂比茨,他也是该校自我组装实验室的创始人。

4D 打印比 3D 打印多了一个“D”,而它代表的正是时间。

众所周知,3D 打印要预先建模、扫描,然后用相应的材料按照之前的计划复制出来。4D 打印则是直接将程序输入材料当中,物体被打印出来后,可以自主变形、重塑,而且不需要任何复杂的机电设备。也就是说,打印不再是创造过程的终结。蒂比茨自己认为,它就像是有了电线和发动机的机器人。

今年 2 月,蒂比茨在加利福尼亚长滩举行的 TED 会议上公布了团队所研发的 4D 打印技术。

在一个演示视频中,一条由复合材料制成的单链浸在水里,之后他完成了自我折叠,成为了字母 MIT。此后,另一条单链被浸到更大的水池,而它自我折叠成了一个具有三维结构的立方体。这个过程完全没有人的干涉,而是设计人员先前已经把程序和要求直接嵌入了材料本身。

在这个过程中,蒂比茨使用了工程软件开发商欧特克(Autodesk)开发的一款名为 Cyborg 的编程软件,这个软件可以模拟材料自我组装的动作。

另外,物体被打印出来,必须跟某种介质接触,才能产生预设反应。在蒂比茨的实验中,水正是材料变形的介质。

## 灵感来自自然系统的自我组装

蒂比茨这种自我组装的想法究竟从何而来?他在 TED 会议上还展示了一个此前的研究成果。在一个玻璃瓶中装有脊髓灰质炎病毒,当研究人员使幼虫摇动瓶子时,它们碎成了很多部分。然而,当研究人员继续随意摇动之后,这些病毒开始自行“纠错”,重新构建原有的结构。蒂比茨说:“这表明,通过随机的力量,我们能构建有序的形状。”

自然系统中分子的自我组装让蒂比茨无比兴奋。他联想到,当今的建筑及制造业中,往往存在效率低下、能量消耗大、劳动技术需求大的问题。

他举了一个基础设施建设方面的例子。城市在铺设地下管道时,除了昂贵的泵和阀门,还使

## ■ 先锋科技

# 纳米衣有望终结航天服

日本科学家利用电子轰击为果蝇幼虫研制了一套“纳米衣”,能够保护幼虫免遭类似太空的真空暴露影响。如果没有这套衣服,幼虫在短短几分钟内便走向死亡。这种纳米衣的问世有望终结人类航天服。

纳米衣由日本滨松医科大学的科学家研制。根据他们的研究发现,通过电子轰击形成的纳米衣能够保护果蝇幼虫,让它们能在类似太空的环境下存活。《科学》杂志报道称,纳米衣能够起到微型航天服的作用,如果通过“电子浴”的方式使用,这种纳米衣将最终应用于人类宇航员。

研究过程中,日本科学家将一只果蝇幼虫放到扫描电子显微镜下面,使用电子对其进行轰击。这只幼虫在遭受电子轰击后存活,发育成一只健康的果蝇。随后,他们又将另一只幼虫放在同一台扫描电子显微镜下面,但并没有对其进行电子轰击。结果,这只幼虫很快死于脱水。正如所预测的那样,真空抽空了它体内的水。

科学家对昆虫皮肤进行研究后发现,电子轰击改变了覆盖幼虫皮肤的薄膜,导致分子聚集在一起,形成一个允许其移动的柔性层,也就是所



斯凯勒·蒂比茨在 TED 会议上公布了团队所研发的 4D 打印技术。

用有着固定流量、固定容积的水管。工人们把它们埋在地里,可一旦情况有变,比如地形、地下环境变化,或是城市对于管道本身的要求变了,工人们就不得不从头开始,把水管从地里挖出来,再进行调整或者更换。

所以,他想到寻找一种可被编程的材料,与建筑环境结合。它们既不是自动化机械,也不意味着可代替人类的智能机器,而是通过编程来构建自身,在这个过程中,排列无序的零件相互作用,建立一个有序的结构。

在这个过程中,第一要素就是材料与几何学知识,同时,也需要与能量来源紧密结合。在蒂比茨看来,可以利用固有的能源,比如高温、震动、气流、重力、磁力等,让它们互相作用,并且利用纠错系统,完成自我重组、修复等。

## 记忆合金是 4D 打印关键?

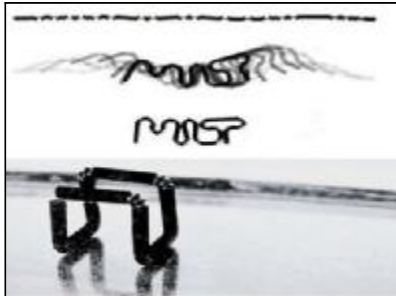
而随着 4D 打印传入中国,金属材料领域的人士曾指出,4D 打印最关键的是记忆合金。

中科院化学研究所研究员、新材料实验室主任宋延林告诉《中国科学报》记者,所谓形状记忆合金,是一种在加热升温后能完全消除其在较低的温度下发生的变形,恢复其变形前原始形状的材料。

曾经在一次新材料的研讨会上,一位教授手持一个盛有水的玻璃瓶,上面插有一只漂亮的用纸做的蝴蝶,他走上讲台一言未发,从容地掏出打火机把瓶子加热,不一会儿,只见蝴蝶的翅膀飞舞起来。原来,在蝴蝶下面有一根所谓“形状记忆”合金丝,这根丝随着水温的升高和降低会突然伸长或缩短。

而事实上,形状记忆合金早已应用于工业中。比如,用形状记忆合金制作月面天线。月面天线伸展开来很宽大,火箭无法容纳,而有了形状记忆合金,则可以不用吹灰之力解决这一问题。研究人员用 Ni-Ti 合金丝在摄氏体相变温度以上先做成月面天线,然后在低于该温度时把月面天线压成小团装入运载火箭,当发射至月球表面后,通过太阳能加热而恢复原形。

再比如,形状记忆合金还可用于医学。作为牙科的齿形矫正器,在马氏体相变温度以上把形状记忆合金丝做成正常的形状,然后在低于该温



复合材料在水中完成自我折叠。图片来源:百度图片

度下变形并套在不正常的畸形牙上,当温度上升至口腔温度后,矫正器自动变成正常形状,把畸形牙齿矫正。

宋延林指出,形状记忆合金是在特定外部条件下回归原来的形状,此前,物体已经被设定完成。

而蒂比茨所使用的复合材料是经过编程模拟,而后按照预先设定好的时间变形。也就是说,物体是自动制造的,而不是先设定好物体,再通过恢复形状而制造的。

因此,有业内人士质疑,国内理解的 4D 打印所涉及的材料概念存在偏差,形状记忆合金是 A 股市场对于该概念的主要炒作点。

## 4D 打印尚难大规模应用

在接受媒体采访时,蒂比茨表示,在后续研究中,他想强调的是材料如何在“想法中发生变化”的模式。他认为,在一些建造困难、现行的施工方法不起作用的极端环境中就可以应用到这项技术。比如太大、太危险、造价太高、太多零件的环境,太空环境就是一个例子。

团队将就宇宙环境下压力、温度的变化,材料如何进行“结构变形”、“自行装配”等设想进行深入研究,并将探讨空间站建造中的一些应用课题。

再比如,回到基础设施建设中,蒂比茨团队正在开发一种新模式的管道系统。想象一下,如果水管可以随意伸缩或膨胀,来改变容量或流速,那里将不再需要昂贵的泵或阀门,而是可编程的、可自我调节的管道。

蒂比茨的目标是要改变世界装配工程的残酷事实,把复杂的零件用复杂的方式,形成复杂的物品。

华中科技大学材料科学与工程学院副院长、中国 3D 打印技术产业联盟第一副理事长王升在接受《中国科学报》记者采访时表示,4D 打印技术仍停留在研发阶段,尚不具备大规模应用的可能,而它传入国内的更像一个神秘的概念。

“在 3D 打印尚且受到技术和材料等因素的制约,还并未转化为真正的产业应用的当前,4D 打印概念依然很飘渺。”史玉升说。

## ■ 军事空间

# 印军轻武器：进口步枪大观园

■本报记者 魏刚

印度是南亚次大陆最大的国家,也是南亚及印度洋沿岸的军事强国。陆军是印度三军中规模最大的军种。印度陆军轻武器的发展也一直是军事迷关注的重点。

提起印度陆军的轻武器,很多人首先想到的就是著名的李恩菲尔德步枪。这支步枪始于 1888 年,经历过布尔战争和第二次世界大战。尽管与它同时代的毛瑟步枪早已进入了博物馆,但在 2008 年发生的孟买恐怖袭击事件中,印度军警还拿着这把百年老枪与恐怖分子手中的 AK47 周旋。

军事专家《航空知识》副主编王亚男在接受《中国科学报》采访时介绍,印度陆军的轻武器装备一直较为落后。1962 年,中印边境战斗中,尽管印军的英国步兵炮比我们使用的苏式炮机动性好、火力强,但在单兵武器较量上,我军的 56 式半自动步枪和 56 式自动步枪完胜印军的李恩菲尔德步枪和斯登冲锋枪。

其实,印度早在 1980 年就自己研制名为因萨斯(IN SAS)的 5.56mm 突击步枪,并于上世纪 90 年代列装部队。

IN SAS 是“印度轻武器系统”(Indian Small Arms System)的缩写,由印度武器研究与开发部研制,目的是要取代印军装备的李恩菲尔德步枪、伊莎波 7.62mm 半自动步枪和 IAI 9mm 冲锋枪。IN SAS 枪族中包括有基本型步枪(固定枪托和折叠枪托)、卡宾枪和轻机枪。

但在 1999 年,印巴克什米尔冲突后,印度陆军开始到国际市场寻求新的突击步枪。

在王亚男看来,印度自产的因萨斯突击步枪被冷落主要原因是它无法满足印度陆军的使用环境。

由于印度北部边境地处喜马拉雅山区,海拔高、地形复杂、气候多变,所以战争中很难进行大规模、高密度兵力投入。发生的冲突往往是小规模、高强度,而且战场被地形分割,战斗往往以班、排的规模进行。

因此,在山地进攻作战时,强调士兵要实施渗透攻击,拥有持续作战能力,同时特别强调山地机动能力。在山地防御作战时,强调防中有攻,攻防结合。

这种环境下对突击步枪的要求首先是故障少、可靠性高,其次是火力强大、火力持续性好,同时要轻便易携带。

但因萨斯突击步枪在高海拔地区使用中经常出现快慢机、提把、枪尾的螺栓损坏、枪管膨胀等问题。

所以,从 21 世纪初开始,印度一方面进一步改进因萨斯突击步枪,另一方面开始向国际军火市场采购突击步枪。

印度先后从罗马尼亚购入 10 万支 AKM 突击步枪和配套弹药,从以色列订购 TAR-21“塔沃尔”5.56mm 突击步枪。此外,还从比利时购买了 FN FAL 7.62mm 自动步枪,再加上印度上世纪从保加利亚购买的 AK47 突击步枪,可以说,印度陆军的轻武器已经是万国牌了。

王亚男指出,印度陆军轻武器品牌众多,口径也分为 7.62mm 和 5.56mm,之所以制式繁杂,主要是因为印度不受西方武器进口限制,可以随时通过招标,在国际军火市场得到不同性能、适合不同作战需求的轻武器。这就使印度在轻武器的自主研发上动力不足,一旦遇到障碍就迅速寻求进口来替代国产装备。



印度自主研发的因萨斯突击步枪。图片来源:百度图片

## ■ 微探索

# 未来人类非男非女?

佛罗里达州有一种鱼上午是雌性,下午是雄性,晚上又是雌性,但它绝不是生物课上学过的雌雄同体。性别差异的主要大部分体现在性器官的不同功能上,性器官的两大功能是性享乐和生育,如果这两大功能没有差别的话,就没必要分性别了。

在一场关于人类性别是否会消失的讨论中,国内著名整形专家陈焕然认为,性别是可以选择的,也可以改变,并且最终会消失。

从文化层面来说,人们深有体会。十几年前,社会上男女外形区分很明显。可如今,时尚圈在宣扬一种非男非女的中间状态,男女装的差别越来越小。也就是说,社会已经刻意不太强调性别,偏向于中间状态。

而从自然科学方面来探讨,人类之所以分为男女,是建立在女性生殖器官的不同之上的,而生殖器官的主要功能是生育后代和性享乐。

随着 21 世纪生物技术的发展,人造子宫意味着,未来谁都可以生育孩子。而基于女性性别差异的生殖器官的第一大功能——生殖功能就消失了。当生殖功能消失后,生殖器官就必然会逐渐退化而消失。

此外,人类的情感交流有四种方式:异性恋、同性恋、双性恋及自恋。这四类人中,只有一类人即异性恋是基于男女生殖器官的差别来获得性享乐的。其他三类人都不需要通过有性别的差异来获得性享乐。另外,人类自己其实一直在悄悄地、不自觉地填补性别差异的鸿沟,其结果也必然使性别的差异慢慢地消失。

在陈焕然看来,一个真正良性的社会构架,应该允许人们按照自己感觉幸福和快乐的生活方式去生存,只要他满足三个前提:第一,没有违反各种法律法规;第二,没有损害国家和第三人的利益;第三,遵守特定时期的各种道德、伦理。

当然,他也表示,人类性别的消失不会是在一夜之间的事情,这个过程可能会很漫长。但有一点可以明确:生物技术发展得越快,性别的鸿沟就填得越快。

不过,这样的观点并没有得到认同。有学者认为人类是从单细胞动物逐渐发展到今天



M.A.C.模特 Amanda Lepore 是一个变性人。图片来源:谷歌图片

的状态的,男女性别的分化是人类进化的必要过程。一些哺乳动物,例如某种猴子有同性的行为,但这并不是一个主流,至少从目前的情况看,没有可靠的科学依据来证明性别趋同的趋势。至于几十年以后人类将会是什么样子,科学还很难预测。

反对者认为,不能因为人类中存在着同性、双性等非主流的性行为,就认为社会朝着这个方向发展。它本身就是一种亚文化,一种非主流的文化,因此,它不能代表全体。

更何况,这种非主流的性行为并不是今天才出现的,也不是只有人类才有的,在人类发展的历史上也早就存在。但一些行为始终不是多数人的行为,因此,不能断定因为它存在就会使人类的性别趋同,甚至两性差别消失。

(朱香整理)