

## 帅搏客时代已经开始 ——横空出世“帅搏客”（续）

万百五 西安交通大学 系统工程研究所

医学植入技术、大脑与机器间复杂接口以及远程控制昆虫:机器和生物结合的近期进展具有很大的潜力,……人与机器之间的结合甚至合并,在化学、生物医学和工程上都是一个迷人的研发领域。……这些进展可能会大大改善许多人的生活质量,尤其是在医疗方面。

—— 德国S·吉赛布莱希特 (Giselbrecht), B·拉普 (Rapp), C·尼迈耶 (Niemeyer): “Chemie der Cyborgs —— zur Verknüpfung technischer Systeme mit Lebewesen” (帅搏客的化学——用于机电系统与生物体的连接)

前文《横空出世“帅搏客”——记英国控制论教授凯文·沃里克》(本刊2016年第1期)提到,2002年沃里克在完成他的“帅搏客计划”时声称,帅搏客研究仍处在初创阶段,仅证实帅搏客是可实现的。14年过去了,帅搏客研究经历了多方向扩散、发展、成长,如今到底进入什么阶段了?

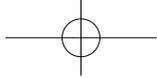
为此,首先理清帅搏客学各方面的进展:

### 一、真人帅搏客

1) 约翰尼·雷 (Johnny Ray) 是美国佐治亚州53岁已中风的越战退伍老兵 (图1)。1997年由该州昆内特医疗中心 (Gwinnett Medical Center) 医生、神经科学家菲利普·肯尼迪 (Philip R. Kennedy) 为他施行电极植入手术。玻璃外壁的电极植入他控制左手运动的脑部神经 (图2), 由金



图1 已中风、失语的退伍老兵约翰尼·雷



引线传输信号至外部的放大器及发信机，再接至计算机。

约翰尼·雷被训练用意念来控制计算机鼠标。只几个月后他就能用鼠标拼出简短的话语与人交流。可惜这位被称为世界上“第一位帅博客”的患者于2002年因脑动脉瘤去世。

2) 马休·纳格尔 (Matthew Nagel) 是美国马萨诸塞州小伙，被利刃刺成高位截瘫。由美国布朗大学 (Brown University) 神经动力学教授、专家约翰·多诺霍 (John Donoghue) 凭借10年研究的“大脑之门” (BrainGate) 神经-计算机接口系统，赋予了他新的生活。

纳格尔的大脑运动皮层的中央前回处，被植入一块4毫米见方的电子芯片，内含有100个微电极。他经过训练后能控制计算机屏幕上的光标。这样，他可用意念查看电子邮件、操控电视、移动辅助机械臂等 (图3)。

此外，为了改善因脑中中风引起四肢瘫痪和构音障碍的美国58岁老妇和66岁老头的生活质量，2012年多诺霍“大脑之门”的微电极阵列被植入两位患者大脑运动皮层的部分神经中，使他们能用意念成功控制机器臂握取饮料罐、插入吸管、送到自己嘴边饮用。这样，他们也成为帅博客。

3) 延斯·瑙曼 (Jens Naumann) 是加拿大因事故失明者。由世界领先的人工视觉专家、医生威廉·多贝尔 (William H. Dobbelle) 2002年将包含68个电极单阵列的脑-机接口植入他的视觉皮层试图来恢复视力。但他只能隐约看到线条和形状，

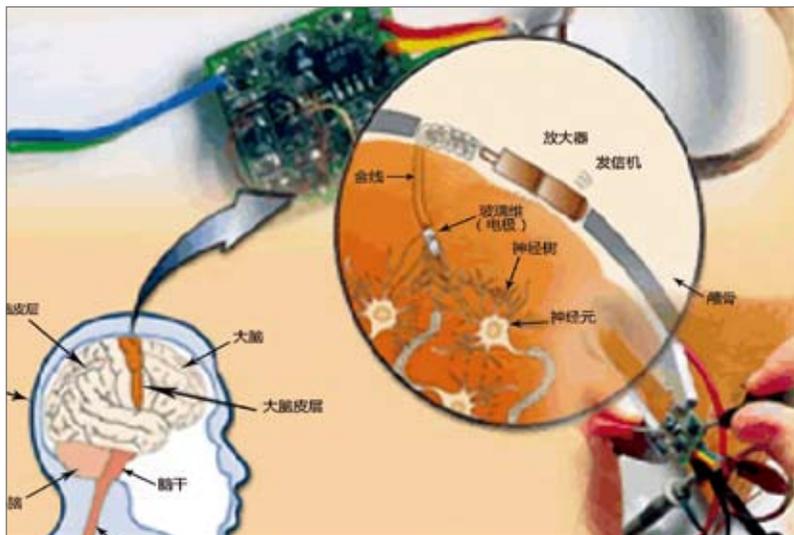


图2 约翰尼·雷的脑部植入电极，颅外有放大器及发信机，形成脑-机接口，见图上的印刷电路板



图3 马休·纳格尔凭借“大脑之门”的帮助，用意念控制计算机的光标



就立即能在院内缓慢地驾驶汽车。图4中他右眼镜有微型摄像仪，身上背有便携式微处理器和微电子处理设备。

这已是第二代的人工视觉系统。1978年多贝尔研发了第一代系统，其附属的电子处理设备有2000千克重，只能帮助接受植入的盲人在有限范围内看到灰色的阴影。

2011年更新的设计是将摄像头及无线发信机微型化，放在一个假眼内，假眼可以嵌入盲眼框（图5）。通过射频信号传至便携式处理器，再经过脑-机接口、电极传到视网膜。这位帅搏客就是加拿大制片人罗伯·思宾斯（Rob Spence）（图5右上角）。

4) 杰西·沙利文（Jesse Sullivan）是2001年因触电事故致双手臂截肢的美国电工。图6所示为芝加哥康复研究所为沙利文所研制的通过神经-肌肉连接能以大脑意念控制的生物电假肢（手臂）。他当时是第一个能以意念控制做不少较细致的动作，如取杯、举杯和饮水等的帅搏客。但对他没有使用植入技术，而是利用胸肌上部的生物电信号（见图6上胸肌上部的多个传感器）。他也是手臂能在握住物体时感受到热、冷和压力的手部有传感器反馈的帅搏客。

而美国妇女克劳迪娅·米切尔（Claudia Mitchell）因摩托车事故失去左臂，装有相似的生物电假肢（手臂）。图7所示为她和沙利文两位帅搏客用意念控制的生物电手臂相互致意。

还有奈杰尔·阿克兰（Nigel Ackland）是西班牙塞维利亚的熔炼工，在生产事故后右手上臂被截肢。他装上生物电假肢，凭借他剩下的前臂肌肉的生物电信号以意念来控制手臂运动。他可以进行将液体倒入杯子、握手、系鞋带、右手帮洗左手等手指动作（图8）。

5) 迈克尔·丘罗斯特（Michael Chorost）博士原是美国技术理论家（图9）。因病致耳聋，不得不在2001年和2007年分别为两耳植入生物耳系统（Bionic ear system），而成为帅搏客。系统的体外部分由话筒、语音处理器以及用于向植入部分发送指令的发信机组成（图10）。植入部分由信号接收及解码模块、刺激电极阵列组成。电极系统直接刺激、兴奋他的听觉神经来恢复、提高及重建他的听觉功能。丘罗斯特成功恢复了他的听力，以出版他的植入和恢复听力经历的传记书《Rebuilt: My Journey Back to the Hearing World》（重建：回到我听觉世界的旅程）获奖，并后来成为帅搏客作家。

6) 内尔·哈比森（Neil Harbisson）是西班牙画家，先天性全色盲症患者。

2004年他借助颅内植入和头戴一个“眼搏客”（eyeborg）的装置（假体）使他能“听”到各种颜色。图11上他头顶有该装置的“天线”，用来收集他面对的景物颜色的电磁波，经装置处理后将不同的光波频率转换成相应的声波频率，再将每种颜色的声波传送到他所佩戴的耳机里。所以，实际上，他能“听”到各种颜色的“声音”。

最初“眼搏客”仅能“听”到16种颜色，到目前已可分辨360种颜色，甚至还可以捕捉红外线的“声音”。

借助“眼搏客”装置哈比森能创作出色彩丰富的油画作品（图12），他被称为帅搏客艺术家。

7) 带有人工心脏的帅搏客。较新的人工心脏由法国Carmat公司研发，特点是由牛的机体组织材料制成，可避免人体免疫系统排异反应和凝血现象，并能够完全替代真实心脏的自我收缩。它



图4 延斯·瑞曼及其人工视觉系统，右眼镜上有微型摄像头，身上背有便携式微处理器等



图5 罗伯·斯宾斯含有摄像仪及无线发信机的假眼



图6 以大脑意识控制仿生手臂的杰西·沙利文



图7 杰西·沙利文和克劳迪娅·米切尔以意念控制的假臂相互致意

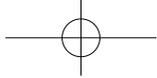


图8 帅搏客阿克兰用假肢的手指握住鸡蛋



图9 带有植入生物耳系统的迈克尔·丘罗斯特博士

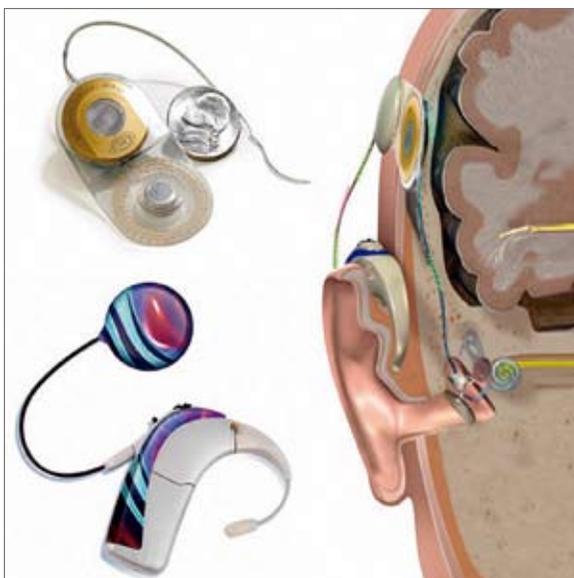


图10 新一代的生物耳系统（体外部分）

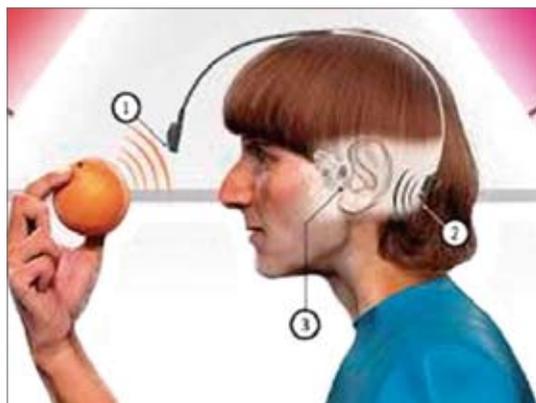


图11 内尔·哈比森的“眼博客”装置

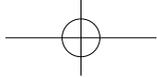


图12 帅搏客画家内尔·哈比森及其色彩丰富的油画作品

内部有很复杂的传感器和微处理器系统（图13），可以监测病人身体内部的变化，并根据病人身体机能需要，自动调节血压、血流量以及心率。

2013年欧洲批准该人工心脏为病人试用，迄今在法国已有3例病人植入这个系统，使他们的生命得以挽救并成为帅搏客（图14）。

8) 卡梅伦·克拉普（Cameron Clapp）是美国加利福尼亚州阿塔斯卡德罗城的少年。2001年在参加集会醉酒后在城市附近的铁轨道上被疾驶的火车撞倒，受了重伤。双腿在膝盖以上，右臂在略低于肩膀以下被截肢。

他装有两个假腿和一个假手臂，三者从三个截肢处分别取得神经脉冲信号，由微处理器加以处理后控制三个假肢（图15）。他花费时间通过具体的活动和运动，学习如何使用假肢。

由此帅搏客克拉普爱上了多种体育运动，并成为残疾



图13 带有传感器和微处理器的人工心脏



图14 带有人工心脏、外接电池的帅搏客模型



运动会的金牌得主。他也成为鼓舞所有残疾人的榜样(图16)。

9) 具有穿戴式人工肾的帅搏客。穿戴式人工肾(wearable artificial kidney, WAK)是美国加利福尼亚大学洛杉矶分校医学院研制组的成果。在其他国家已经过几次试用,效果良好。被美国食品与药物管理局(FDA)2014年批准正式进行试用。

设备穿戴在患者腰上(图17),重5千克。血泵和其他泵由标准电池驱动。液体转移速度由超滤泵精确控制,同传统血液透析仪一样,在进入空气或循环通路断开时就会安全地自动停止血泵运转。患者在使用时仍可以散步、逛街。

2016年研制组推出更小、更轻、更易穿戴的产品。当然,人工肾也有其他原理和方案,因而有其他的研制成果。不论何种人工肾,只要内有机电-电复杂装置,使用者都是帅搏客。

上文只是例举十几个知名帅搏客,还可加上英国教授凯文·沃里克,其他欧洲国家也都有装假体的类似帅搏客。随着植入和神经控制技术的进步,14年来残疾人“帅搏客化”正不断增多,但受到假体费用高昂的限制。

帅搏客概念的原先表述是“既具有机体又具有机电一体化部件的生物体”。这要与医生种植牙、植入起搏器、心律除颤器、耳蜗,或者残疾人的简单假肢相区别。这些都修复或增强了人的部分机能、功能,但一般不认为接受者是帅搏客。否则,有人推广到持手杖、戴眼镜、装假牙、甚至穿衣、戴帽的人,这样,“人人都是帅搏客

了”。

这种提法,没有什么意义。很难为世界主流学术界所接受。明确的帅搏客定义及界线还有待世界性的学术会议共同来讨论、议决。

## 二、帅搏格禽兽和帅搏格昆虫

帅搏客中的生物机体概念被从人推广到脊椎动物,进而又被推广到一般的昆虫。帅搏格禽兽(cyborg animal)和帅搏格昆虫(cyborg insect)的研究,实质上就是研究对禽兽和昆虫的远程控制及其应用。这有着救助、监控、侦察等多种潜在的、广阔的用途。

它们引起美国国防部先进研究项目局的重视,当然是为了军事应用。而这些帅搏格小动物



图15 卡梅伦·克拉普凭借双假肢重新矫捷地行走在致伤自己的火车铁轨上

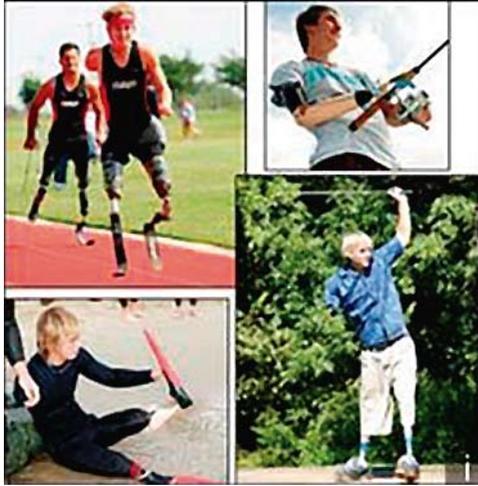


图16 卡梅伦·克拉普爱上多种体育活动



图17 穿戴式人工肾 (WAK) 全部装备

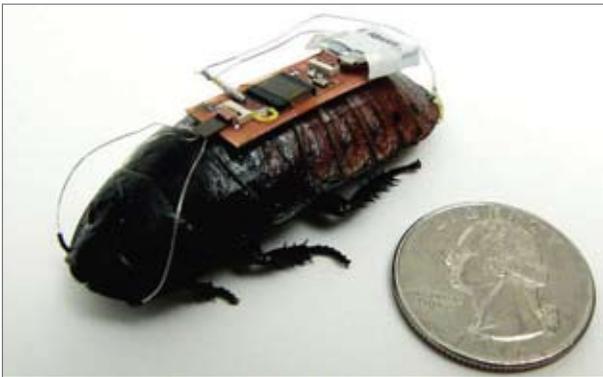


图18 废墟搜寻用的帅搏格蟑螂与一美元硬币相比

如果用无生命的机器人来代替，即“仿生昆虫机器人”，无疑技术上是很困难的，因而研制经费非常巨大。昆虫机器人运动部件的噪声也使得它隐蔽性差，是重要的弱点。以下列举几种研制中的帅搏格动物，科学家们正努力实现对它们行动的精确远程控制，然后才能装上监控、发信等微型设备。

#### 1) 帅搏格蟑螂

由无线收信机和发信机组成的轻便芯片，像小背包一样安置在蟑螂背上（图18）。蟑螂脑部的触角神经被植入了电刺激用的微电极，借此对蟑螂的行动成功地进行远程控制。

装上微型摄像头及其他传感器的蟑螂，还有老鼠，可以用来在倒塌的建筑物废墟中搜寻被困的受难者，并发回信息给搜救队。对它们来说，废墟有足够可行动空间。

据报道，通过智能手机上的专门应用软件，控制带小背包的蟑螂的行动，这样的帅搏格蟑螂已作为大学生的玩具在出售了。

#### 2) 帅搏格鼠



图19 被植入电极远程控制的老鼠，背有多种微电子装置

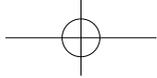


图19所示就是被远程控制的植入电极于神经系统的帅搏格鼠，背有多种微电子装置和收信机。这样，它的行动受无线电信号的控制。研制的军事目的是可用来侦查战场上的地雷。

我国浙江大学已成功实现对帅搏格鼠行动的远程控制。

### 3) 帅搏格鲨鱼

用水下机器人来实现水下定区域定时间的无声潜游，并发回爆炸物信息，这不是很容易实现的。

微电极植入鲨鱼的神经元后，其行动可用无线电信号远程控制。其感觉器官被开发成用来发送有关敌方船只和 underwater 爆炸物的反馈信息。这就成为帅搏格鲨鱼 (dogfish shark) (图20)。其游泳能力来自其天然机体而且无声无息。

### 4) 帅搏格海豚

海豚体内被植入微型传感器，然而通过微型机-电系统远程控制其行动，让它在指定的区域进行巡视或侦察爆炸物的气味 (图21)。

### 5) 帅搏格甲虫

甲虫的硬壳和飞行肌肉被植入6个电极，并背

有印刷线路板和微处理器、无线电接收器和微电池。电子信号通过电极植入促使它起飞、向左或向右转、或悬浮在空中。甲虫视觉系统的反馈和其他感官来导航和维护飞行的稳定。这是目前控制功能最为齐全，最接近实用的帅搏格昆虫。

与飞蛾相比，甲虫被证明有更大的优势。从图22可以看出，这种甲虫能背负较大较重的背包。对甲虫的飞行控制也比飞蛾要简单，以达到各种军事侦测的目的。

国内浙江大学郑能干为首的研究组对帅搏格飞蛾、甲虫及蜜蜂三者的研制要点作了归纳：采用主要是基于硅芯片的电刺激，以及采用微机-电系统技术构建的化学刺激系统、动量重定向、代谢调控昆虫载体等技术控制或扰动昆虫载体的飞行或爬行行为，诱导或控制昆虫实现其行为的可静态预设或动态控制。此外，还需解决微型控制器与昆虫载体的耦合接口问题。

### 6) 帅搏格飞蛾

为了减少植入对飞蛾机体的损伤，甚至在昆虫成蛹阶段时的体内植入微电极 (图23)，称为变态早期植入。

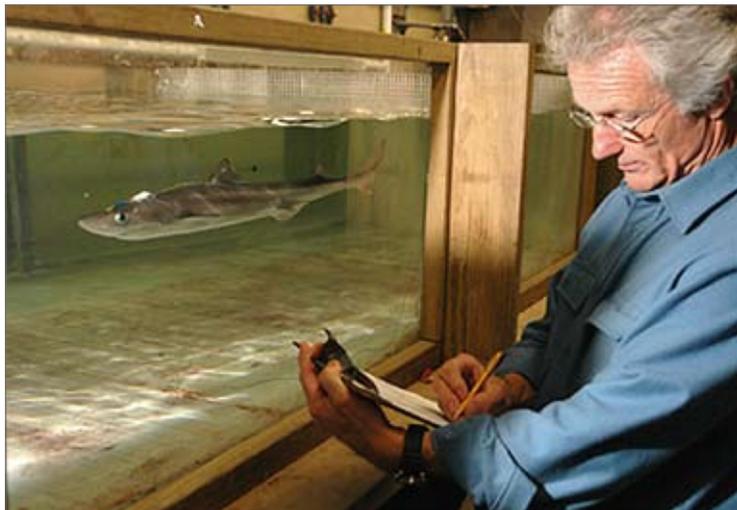


图20 研究人员借助鲨鱼的传感机体来控制其活动



图21 植入电极、带有收信机的帅搏格海豚

研究重点是如何实现对飞蛾多自由度的飞行的精确控制，并减轻控制用刺激系统的重量。据报道，对帅搏格飞蛾的研究已比较完善。为了侦察、监控自然灾害，正在为飞蛾装置微型气体传感器、摄像头和话筒等设施。

#### 7) 帅搏格蜜蜂

蜜蜂的优势在于其优越的飞行和导航能力并且体积小，但电极植入和固定就较为困难，其载荷能力也小。所以控制装备与电源等都要微型化，这增加了研制的困难（图24）。研究已证明可以用电刺激控制蜜蜂的飞行（图25）。

#### 8) 帅搏格鸽

我国山东科技大学学者对帅搏格鸽的研究工作已有进展。鸽子头部插入6根钢针至其脑神经深处，露在颅外的钢针成为一个与收信机连接的接口。外露钢针被用粉红色牙科水泥固定在颅外，犹如戴上了粉红色小王冠。再由控制板上的收信机与该接口相连，板上还有邮票大小的电池、微刺激发生器的集成电路芯片，以及螺丝钉粗细的无线天线（图26）。这样，可以让人通过身边微机远程控制帅搏格鸽的飞行。

其他的帅搏格小动物还有帅搏格蝗虫（图27），蝗虫具有高度灵敏的嗅觉系统，可被用来侦察爆炸物的气味。而南京航空航天大学实现了对帅搏格壁虎的爬行远程控制（图28）。

至于前文提到的帅搏格猴，只是作为人体实验前的灵长类动物的植入试验用，如利用它试验计算机芯片植入增进脑的功能等。

帅搏格昆虫的研究框架，以神经生理机制、行为刺激方法、电极机体接口、刺激控制微系统

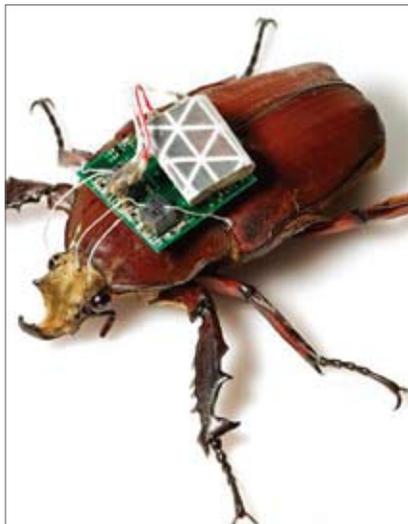


图22 帅搏格甲虫及其背负的微电子设备

和无线数据传输等几个方面组成。事实上，国际上正在进行着“为军事目的利用帅搏格动物”研究的无声竞赛。远程控制禽兽或昆虫行动的研究成果刊物上尚有报道，而真正的军事应用成果，就讳莫如深了。

国内浙江大学、山东科技大学和南京航空航天大学等多个单位在进行帅搏格昆虫和有关微机电系统（Micro-Electro-Mechanical System, MEMS）和微流体（Microfluidic）控制器方面的研究。

### 三、帅搏格（机体）组织（cyborg tissue）

2012年哈佛大学研制出新的机体组织，它们一半是活细胞，一半是电子元件，称为帅搏格（机体）组织。这里机体组织是指，由动物或植物专门的细胞及它们的产物与电子元件制成的、不同类型的任何材料。图29所示为心肌细胞上带有纳米电极。由纳米线和晶体管交织组成的神经元、心脏细胞、肌肉、血管等都是帅搏格（机体）组织，甚至可以通过计算机3D打印出帅搏格耳（图30）。

正常的活细胞上电子元件的实际作用犹如

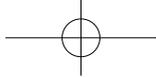


图23 电极植入飞蛾蛹(上),下为成虫



图24 带微型装备的帅搏格蜜蜂和机器蜜蜂(左上)



图25 帅搏格蜜蜂可用来援救生命



图26 由“王冠”固定接口的帅搏格鸽及收音机、电源等微型设备



图27 背负微型装置的帅搏格蝗虫在手指上



图28 背负控制包的帅搏格壁虎

一个传感器网络,容许计算机直接与细胞接口。对帅搏格心肌组织,研究人员已经用嵌入的纳米线来测量细胞的收缩(心率)。

心脏细胞、肌肉、血管就这样生长而成为带有内置传感器网络的帅搏格(机体)组织。它们可能作为给心脏梗塞患者的心脏打“补丁”用的材料,以代替梗塞部分并借以避免作心脏移植手术,还可以对心脏的功能进行监控。

帅搏格组织也用来表示一种新的纺织材料。它由碳纳米管和植物或真菌的细胞构成,已被用于人造织物工程。

随着各种微型电子器件、纤维材料以及织造新技术不断涌现。通过研发新型材料,人们获得了纤维外形的微型执行器、传感器、天线和电源等电子组件。在上世纪90年代中期人们把它们和互连部件织入或者嵌入布块,获得了一种新的计算平台,这类新兴的计算载体被称为电子织物(electronic textile)(图31,图32)。研制成的三维帅搏格织物也可用于机械和电子工业中对温度敏感的新材料(图33)。柔性电子学(flexible electronics)这一门新技术使得电路与织物的集成成为可能。

#### 四、帅搏客研究前沿的先驱科学家

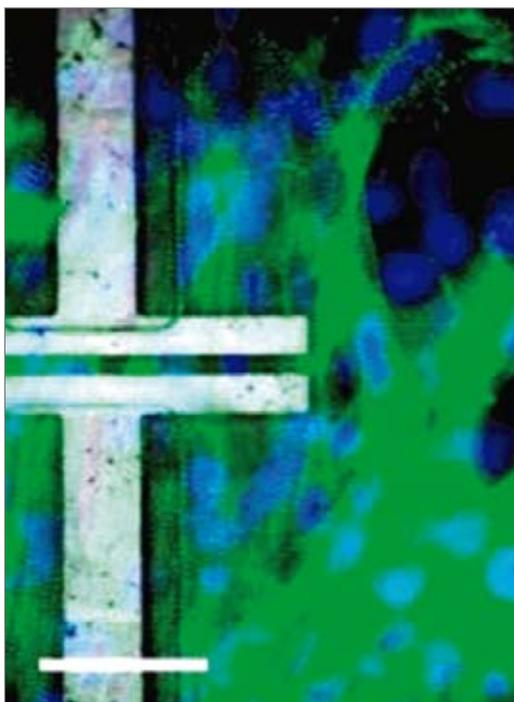


图29 带有纳米电极的心肌细胞



图30 3D打印出帅搏格耳

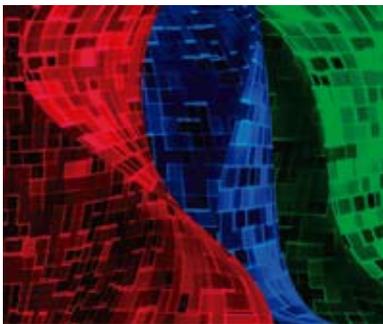


图31 电子织物



图32 电子织物制成时髦时装

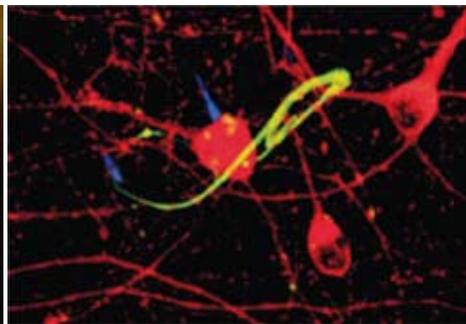


图33 植物或真菌细胞已被用于制造机械、电工用新材料

帅搏客的概念自上世纪60年代提出以来，经过研究者和科学家通过植入、接口及神经信号获取、刺激等技术，设法将生物体与机器（器械）拼合以修复或增强生物体的机能。这样的尝试和努力使得帅搏客逐步由科幻走向现实。

这个过程中涌现出一批先驱科学家团队以及研发单位。其中特别是美国神经科学家菲利普·R·

肯尼迪（见本文第1节1）、美国神经科学教授约翰·P·多诺霍（见本文第1节2）、美国生物医学研究员威廉·H·多贝尔（见本文第1节3）以及英国控制论教授凯文·沃里克（见前文）等人。研发单位如芝加哥康复研究所、哈佛大学生物材料实验室、匹兹堡大学、雷丁大学、浙江大学等。

这里特别要介绍的是美国昆内特医疗中心医

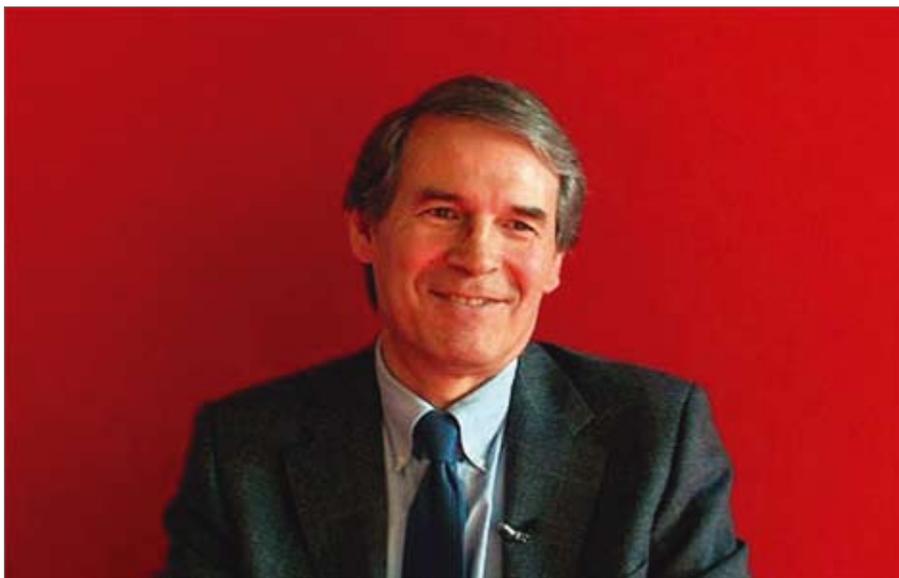
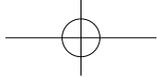


图34 美国神经科学家菲利普·肯尼迪

生、神经科学家菲利普·肯尼迪（图34）。他1997年曾为约翰尼·雷施行神经电极植入手术，使之成为世界上“第一位帅搏客”。

实际上，肯尼迪及其团队20世纪80年代就研发植入大脑用的玻璃锥电极（图35）及整个脑-计算机接口。1996年经过动物试验后，他被允许对一位女教师进行植入手术。约翰尼·雷已经是他的第二位志愿者了。

肯尼迪曾亲自督导过至少5名试验对象的电极植入，使他们成功恢复一些机能，同时也成为帅搏客。其中包括一位因患有闭锁综合征而严重瘫痪者。因此，他被有的杂志称为“帅搏客之父”。

然而，经过上述研究之后，肯尼迪将他的研究目标定为：研制“语音解码器”（full speech decoder）。这是一种“能够把人想象自己说话时产生的神经信号进行‘翻译’，并通过语音合成器输出相应语音”的软件。这样，患者就不必用意念控制鼠标在计算机屏幕上选择字母或单词，而直接可以用意念“说话”而有语音输出了（图

36）。

为此，2004年肯尼迪曾将电极植入16岁时因车祸导致脑干受严重撞击而瘫痪的美国少年埃里克·拉姆齐（Erik Ramsey）的大脑中，进行了这样的试验（图37）。随后肯尼迪研究组在《Frontiers in Neuroscience》（神经科学前沿）杂志上发表的、备受关注的论文中，展示了研发的软件如何选择埃克里·拉姆齐所想象的声音，并使他通过想象“说几个简单单词”致使软件的语音合成器发出相应的读音。但是，很不幸，埃克里·拉姆齐后因病重而无法继续参与研究。

这项研究迟迟没有找到能说话、愿意开颅植入芯片的志愿者，同时因这项研究的数据不足未得到美国食品与药物管理局的进一步开颅批准。

2014年67岁的肯尼迪为了避开管理局，选择在中美洲国家伯利兹（Belize）的医院史无前例地让人在自己身上做开颅手术。他说“到目前为止我的整个研究已经进行了29年，如果我不再做点什么，那么此前所有的努力都付诸东流了。我不希望它中途夭折，因此我决定冒险一试。”



图35 植入大脑用玻璃锥电极及引线



图36 患者用意念想象说话，直接可变成语音输出给对方

他自己出资请中美洲一位外科医师在他的大脑中植入电极，以便在他大脑的运动皮层和计算机之间建立联系。但12小时手术的副作用导致他暂时瘫痪，后来肯尼迪还是恢复了。医师在几个月后进行的第二场10小时手术中为他植入了电极。这样，他就能从自己的大脑中收集数据：他大声朗读特定的声音，计算机则记录了65个神经元所发出的信号（图38）。他的目标：破解人类语言的神经代码。

于是，这位“帅搏客之父”、67岁的神经科学家菲利普·肯尼迪让自己也成为帅搏客了。

原本他希望电极能在他的大脑中植入几年，但由于他头骨的裂缝并未完全闭合，导致他随时都面临危险。在收集了几周数据之后，2015年1月肯尼迪不得不要求医生将植入物取出。他说：“我侥幸成功了，所以我还是很开心。……我收集到了4周的数据。这些数据够我研究一阵子的了”。

这是继英国控制论教授凯文·沃里克在2002年48岁那年，在左腕内植入“多电极阵列”硅芯



图37 菲利普·肯尼迪与瘫痪少年埃克里·拉姆齐在实验室

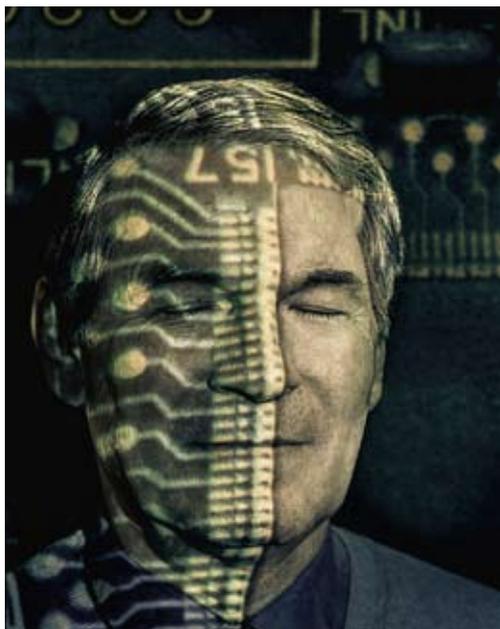
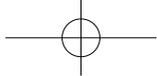


图38 菲利普·肯尼迪在自己大脑中植入电极收集数据

片，并连接上手臂的神经之后，第一个在自己大脑冒险植入电极连接至脑神经，进行科学研究的、为帅搏客研究奋斗三十年，已届老年的美国神经科学家菲利普·肯尼迪。

肯尼迪的献身精神令人敬佩不已。但也有人认为他的决定“算不上明智，甚至有些不合医德”（FDA未批准）。这确是一个引起争论的问题。然而，人们更期待着他的“语音解码器”有新的突破，造福庞大的严重残疾人群。

### 五、帅搏客时代已经开始

回到本文第一段提出的一个问题：帅搏客研究经历14年的多方向扩散、发展、成长。如今，到底进入什么阶段了？

汇总前文和本文的帅搏格研究报道，可以确认：① 通过大脑植入和E-医学进行深层脑刺激已被用于治疗帕金森症、癫痫、阿尔茨海默等病；对精神病人、抑郁症病人正在试验治疗中；② 通

过植入电极或采集人体表面生物电，为很多残疾者安装包括手、脚、视力、听力的假体，或意念控制轮椅、假肢；因治病和假体等目的而植入芯片者已有8万人；③ 具有多种用途的帅搏格禽兽及帅搏格昆虫的研发在各国展开。④ 研发成功帅搏格机体组织和帅搏格织物的新材料；⑤ 新技术“脑-计算机接口”的出现和成长。它不仅从大脑采集数据，更对大脑输入信息；⑥ 帅搏客间的思想通信的初步“脑-脑通讯”的研究取得进展；⑦ 帅搏格研究带动关于大脑功能的研究，包括记忆、学习、智能、大脑致病机理等；⑧ 涌现一批先驱科学家团队及研发单位；⑨ 帅搏格研究具有多学科交叉性，已带动了生物、医学、生物医学工程、微型和纳米机-电系统、动物、机器人、纺织、材料、信息、化学、计算机等学科及技术。

可见帅搏客研究已进入多方向扩散、发展的茁壮成长阶段。

正像一篇很受关注的题为“帅搏客的化学——用于机电系统与生物体的连接”的德国综述论文所言：“医学植入技术、大脑与机器间的复杂接口，以及远程控制昆虫：机器和生物结合的近期发展有很大的潜力，但也会导致重大的伦理问题。人与机器之间的结合甚至合并，在化



图39 综述原图：机电系统与生物体的结合



学、生物医学和工程上都是迷人的研发领域”。

这篇综述由德国卡尔斯鲁厄理工学院 (Karlsruher Institut für Technologie) 等三个研究单位的斯蒂芬·吉赛布莱希特, 巴斯蒂安·拉普, 克里斯托夫·尼迈耶三位科学家署名, 2014年刊登在125年前创刊的、负有盛名的德国“Angewandte Chemie”(应用化学)杂志上。该综述论文还评估了这一领域研究的当前学术水平、机遇和风险。图39为该综述论文的“人-机器结合”原插图, 强调在写有复杂化学结构式的背景下机电系统与生物体的结合。



图41 机电系统强化机体后生活在其他星球上的帅博宇航员

综述论文发表后卡尔斯鲁厄理工学院以英、德文新闻稿的形式介绍、报道了这篇综述, 新闻稿中采用了这样的标题: “帅博客时代已经开始”。此后, 英、美、法、俄国等多个学术新闻网站、科技杂志都以本国文字以此标题转载或发表报道和评论。

就像前文英国控制论学家、教授凯文·沃里克所言: “从控制论的角度看几乎任何事情都

是可能的, ……”。是的, “帅博客时代已经开始!” 帅博客研究的“这些进展可能会大大改善许多人的生活质量, 尤其是在医疗方面”(综述论文)。图40是一家科技杂志在报道这篇综述论文时所用的插图, 强调未来人和机器的合并。图41是生活在空间其他星球上的帅博宇航员的科幻景象。

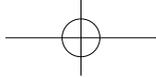


图40 未来人和机器的合并

现在Carmat人工心脏的设备价格约为20万美元。意念控制的假肢设备价格约为3-7万美元。事实上, 各种意念控制的假肢(体)及其安装、维护费用往往让广大的残疾人员, 心、肾功能衰竭患者承担不起。显然, 帅博客不应是名牌大学或研究所研发的供鉴赏的科研“模特”, 而要能真正造福广大残疾者和重症患者。

## 参考文献

- [1] Warwick K. Cybernetics — The modern science of systems. *Kybernetes*, 2013, 23(6-7): 76-78.
- [2] From Wikipedia, the free encyclopedia. Cyborg. [en.wikipedia.org/.....2015-05-01](http://en.wikipedia.org/.....2015-05-01).
- [3] From Wikipedia, the free encyclopedia. Brain-computer interface. [en.wikipedia.org/wiki/.....](http://en.wikipedia.org/wiki/.....) December 7, 2015.
- [4] Hochberg L R, Bacher D, Jarosiewicz B, Masse N Y, Simeral J D, Haddadin J V, Liu J, Cash S S, van der Smagt P and Donoghue J P. Reach and grasp by people with tetraplegia using a neurally controlled robotic arm. *Nature*, 2012, (485): 372-375.
- [5] Nelson B. 7 real-life human cyborgs. *Mother Nature Network*. August 18, 2016. [www.mnn.com/leaderboard/stories/7-real-.....](http://www.mnn.com/leaderboard/stories/7-real-.....)
- [6] Komal B P. 10 real-life human cyborgs you probably didn't know about. *Buzzle*. [www.buzzle.com/articles/real-life-human-cyb.....2016-3-19](http://www.buzzle.com/articles/real-life-human-cyb.....2016-3-19).
- [7] Welch C. Carmat's artificial heart finds its way to first human patient in France. *The Verge*. Dec, 21, 2013.
- [8] Gray L. Wearable artificial kidney to be tested for safety and effectiveness in collaboration with FDA. *UW TODAY*. April 9, 2012.
- [9] From Wikipedia, the free encyclopedia. Remote control animal. [https://en.wikipedia.org/wiki/Remotely\\_controlled\\_animal](https://en.wikipedia.org/wiki/Remotely_controlled_animal). 2016-7-17.
- [10] Hatch C. Sharks: Ocean spies of the future? *Triplepoint*. [www.bu.edu/sjmag/scimag2005/features/spys.....2016-6-1](http://www.bu.edu/sjmag/scimag2005/features/spys.....2016-6-1).
- [11] 郑能干, 陈卫东, 胡福良等. 昆虫机器混合系统研究进展. *中国科学:生命科学*, 2011, 41(4): 259-272.
- [12] Yipeng Yu, Zhaohui Wu, Kedi Xu, Yongyue Gong, Nenggan Zheng, Xiaoxiang Zheng, Zhaohui Wu. Automatic training of rat cyborgs for navigation, *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2016, (2): 1-12.
- [13] Anthes E. The race to create 'insect cyborgs'. | *Science | The Guardian* | .....[www.theguardian.com/science/2013/feb/.....](http://www.theguardian.com/science/2013/feb/.....) 2013-2-19.
- [14] Singer E. The army's remote-controlled beetle. *MIT Technology Review*. 1-3. January 29, 2009. [www.technologyreview.com/printer\\_friendly\\_article.aspx?id=22039&channel=com.....3/12/2009](http://www.technologyreview.com/printer_friendly_article.aspx?id=22039&channel=com.....3/12/2009).
- [15] Adee S. Cyborg Moth gets a new radio. *IEEE Spectrum*, Posted Feb 10, 2009. [spectrum.ieee.org/.../cyborg-moth-gets-a-ne...2009-2-10](http://spectrum.ieee.org/.../cyborg-moth-gets-a-ne...2009-2-10).
- [16] Irving M. Can cyborg locusts be used as tiny, biorobotic "sniffer dogs"? *Gizmag, Science*. June 29, 2016. [www.gizmag.com/cyborg-locust-sniffer-dogs440892016-6-30](http://www.gizmag.com/cyborg-locust-sniffer-dogs440892016-6-30).
- [17] Backyard Brains. Neuroscience for everyone. Working robo-roach prototype unveiled to students of Grand Valley State University. [blog.backyardbrains.com/2011/03/working-robo-roach-prototype.....](http://blog.backyardbrains.com/2011/03/working-robo-roach-prototype.....) March 3, 2011.
- [18] Coxworth B. Sound-steered cyborg cockroaches could help save human lives. *Gizmag, Science*, Source: North Carolina State University. [www.gizmag.com,](http://www.gizmag.com,) November 6, 2014.
- [19] Nenggan Zheng, Huixia Zhao, Fan Gong, Lei Xue, Fuliang Hu, Xiaoxiang Zheng, Shaowu Zhang. Flying behavior of tethered cyborg bees by stimulating their brain electrically. presented on ICN 2014.
- [20] 中国新技术: 在鸽子的脑子植入芯片, 鸽子可以按照人的指令做事. <http://scitech.people.com.cn,> 人民网科技2011-7-6.
- [21] Parekh A. Remote controlled pigeons. *Hacked Gadgets*. [hackedgadgets.com/2007/03/14/remote-controlled-pigeons](http://hackedgadgets.com/2007/03/14/remote-controlled-pigeons). March 14, 2007.
- [22] 李海鹏, 戴振东, 谭华, 郭策, 孙久荣. 壁虎动物机器人遥控系统. *计算机技术与发展*. 2008, 18(8):16-19.
- [23] Stabryla L. A new way to revolutionize brain function: computer chips are the new hippocampus (University of Pittsburgh Swanson School of Engineering). [www.pitt.edu/~lms162/engineering%20and%2.....2011-11-13](http://www.pitt.edu/~lms162/engineering%20and%2.....2011-11-13). November 1, 2011.
- [24] Anthony S. Harvard creates cyborg flesh that's half man, half machine (Extreme Tech). *ExtremeTech Newsletter*. [www.extremetech.com](http://www.extremetech.com). August 29, 2012.
- [25] Scudellari M. Cyborg Tissue Monitors Cells. *Technology Review* by MIT. Monday, August 27,



2012. <http://www.technologyreview.com/news/428971/cyborg-tissue-monitors-cells/>
- [26] Angler M W. Will we ever... have cyborg brains (from BBC Future). [www.bbc.com](http://www.bbc.com). December 18, 2012.
- [27] Jeffrey C. Cyborg cardiac patch offers alternative to heart transplants. (Gizmag). [www.gizmag.com/bionic-...March 16, 2016](http://www.gizmag.com/bionic-...March 16, 2016).
- [28] 郑能干, 吴朝晖, 林曼, 杨天若, 程伟. 电子织物研究进展. 计算机学报, 2011, 34(07): 1172-1187.
- [29] 冯清娟, 胡开博, 朱智源. 昆虫微机电混合系统发展现状及其关键技术. 微纳电子技术. 2012, 49(05): 285-290.
- [30] Rojahn S Y. A brain implant that thinks [J]. MIT Technology Review. September 13, 2012, posted on Internet. [www.technologyreview.com/news/429204/a-b...2012-9-14](http://www.technologyreview.com/news/429204/a-b...2012-9-14).
- [31] Service R F. The Cyborg era begins. Science, 7 June 2013, 340(6137): 1162-1165. [www.sciencemag.org](http://www.sciencemag.org).
- [32] Karlsruher Institut für Technologie. Die Ära der Cyborgs hat begonnen. Presse information Nr. 003 | or | 07.01.2014. [www.kit.edu/downloads/pi/KIT\\_PI\\_2014\\_003\\_Die\\_Aera\\_der...2014-1-7](http://www.kit.edu/downloads/pi/KIT_PI_2014_003_Die_Aera_der...2014-1-7).
- [33] West N. The era of cyborgs has begun: 10,000 people already have digital chip implants. Sleuth Journal, July, 17 2016. [www.thesleuthjournal.com/the-era-of-cyborgs-has...](http://www.thesleuthjournal.com/the-era-of-cyborgs-has...)
- [34] Trew J. Doctor dubbed 'the father of cyborgs' tested implants in his own brain. Engadget, From MIT Technology Review. 11.10.2015. [www.engadget.com/2015/...](http://www.engadget.com/2015/...)
- [35] Giselbrecht S, Rapp B und Niemeyer C M. Chemie der Cyborgs – zur Verknüpfung technischer Systeme mit Lebewesen (The chemistry of cyborgs – Interfacing technical devices with organisms). Angewandte Chemie (Applied Chemistry). 2013, 125(52): 14190-14206.
- [36] 万百五. 正在形成控制论新分支的帅搏客学的研究进展 (评述). 控制理论与应用, 2016, 33(9): 1129-1138.

