

机器人技术

曾经作为科幻小说主题的机器人技术，如今已发展为工程与技术领域的一个专业分支。从太空探测到家庭护理，这些技术已广泛应用于各个领域。机器人可代替人类从事危险与枯燥的工作，使不可能成为可能。

Geoff Downton

英国Stonehouse

Steve Gomez

美国得克萨斯州Sugar Land

Mark Haci

Eric Maidla

得克萨斯州休斯敦

Charles Royce

国际海洋工程公司
得克萨斯州休斯敦

《油田新技术》2010年秋季刊：22卷，第3期。
© 2010 斯伦贝谢版权所有。

在编写本文过程中得到以下人员的帮助，谨表谢意：美国马萨诸塞州坎布里奇的 Michael Tempel；马萨诸塞州贝德福德 iRobot 公司的 Charlie Vaida 以及休斯敦国际海洋工程公司的 Summer Wood。

SLIDER 是斯伦贝谢公司的商标。

AESOP 和 da Vinci 是直觉外科公司的商标。

Aware 2, Genghis, iRobot, PackBot 和 Roomba 等是 iRobot 公司的商标。

Google 是谷歌公司的商标。

在*Deepwater Horizon*（深水地平线）平台悲剧发生后，数百万人全神贯注地坐在视频监视器和电视屏幕前，观看来自海底遥控水下机器人（ROV）的实况直播。在超出了人类能力范围的作业环境下（水深超出了潜艇所能承受的范围），这些机器人英雄完成了异乎寻常的复杂任务。

然而，除了远程海洋作业外，机器人技术还在许多其他领域中发挥着重要作用。在现代社会中，机器人担负着各种各样的职责，一方面，它能够将人类从枯燥、重复性的工作中解放出来；另一方面，又能够替代人类从事超出人类能力范围的危险作业。工业机器人广泛应用于各个领域（以工厂为主）。服务机器人在医院手术室、战场、太空、家庭和油田等领域，都发挥着重要作用。本文以历史的视角简短地回顾了机器人技术领域，并简要介绍了该技术的各种应用。

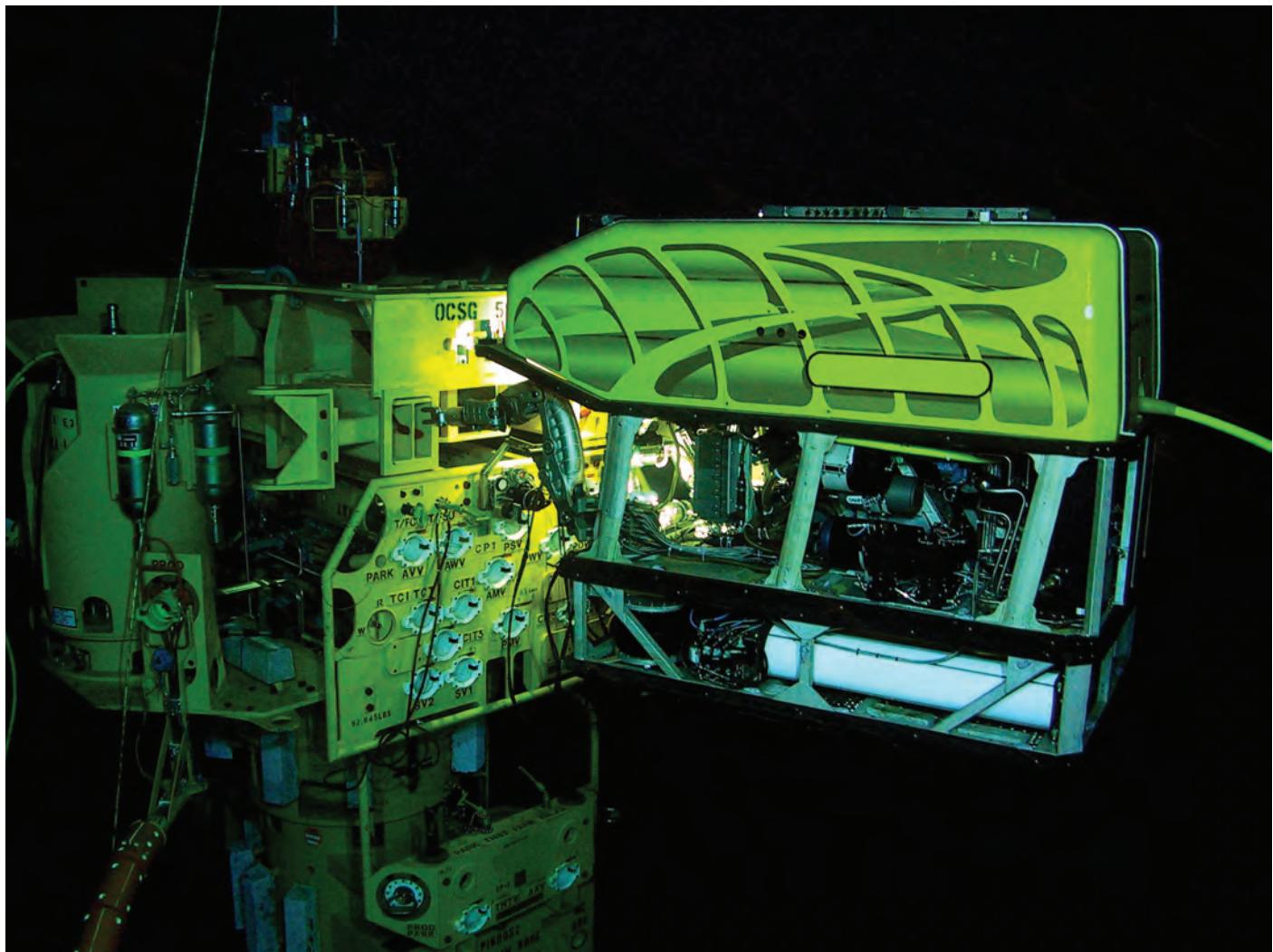
构成威胁的机器

在19世纪早期的英国，工业革命带来了深刻的社会变革，改变了制造业格局。这些变革产生了一些副产物，在制造方法上表现为传统体力劳动者被取代。这一点在纺织行业表现的尤为明显，自动织机取代了大量技

术不娴熟的工人。

不幸的是，这些工人几乎没有其他工作选择，绝望的他们联合起来，攻击所谓的敌人——纺织机。这次行动以内德·勒德（Ned Ludd）命名，内德·勒德虽未参加此次暴动，但据说在此30年前的一时冲动下捣毁了针织机。内德派的行动十分短暂，很快就被军事干涉镇压了，但人与机器间根深蒂固的仇恨却形成了。机器人与机器人技术的概念形成于这一对抗性关系的背景下。

机器人一词首先出现在1921年的一部小说作品中，《R.U.R.》(Rossum's Universal Robots)，作者是捷克斯洛伐克剧作家Karel Capek。机器人一词取自斯拉夫语的“*rabota*”（意为劳役）和“*robota*”（意为强制性劳力或苦工），具有勤奋工人的含义。Capek笔下的机器人为从事低贱工作的机器，能够将人类从枯燥单调的工作中释放出来。然而到最后，机器人造反，并取代了人类压迫者。有了这一不幸的开始后，诞生了一类文学作品，其中机器人更多地被塑造为敌人而非帮手，这可能反映了早期的内德派恐惧思想。



图片的使用得到国际海洋工程公司的许可。

大约20年后，一位早期科幻小说大师Isaac Asimov，提出了机器人道德的概念，定义了机器人三大定律^[1]。通常认为这是机器人学这一术语的首次使用，机器人学现为科学与工程领域普遍公认的一个分支。在Asimov的小说中，有感知能力的人形机器人几乎与人类差不多，只是缺乏情感。小说中的机器人大大不同于现代社会的机器人装置，现代机器人虽然也不具备情感，但已从科学幻想成为工厂、农场、油田、家庭和许多其他环境中的重要帮手。

从幻想到底现实（工厂）

关于机器人是由什么组成的这一问题，一直是人们争论的焦点。大多数定义都将其定义为由自动控制系统

操纵并能够替代人类工作的机器。以这一概念为基础，必然会出现第一台机器人的可能候选者（像许多其他发明一样），然而当定义有些模糊且存在竞争性利益时，难于授予第一这一头衔。

在20世纪40年代早期的曼哈顿计划中，无法直接处理所研究的放射性材料。因此科学家发明了一种遥控机械手，操作员可在相对安全的环境下，远程完成基本操作^[2]。虽然该设备声称是第一台机器人，但由于它是首个原子弹开发高级机密项目的一部分，因此当时公众无人知晓。

目前，遥控机器人技术在核工业中已日趋完善，燃料循环的各个阶段都由自动装置控制。这些阶段包括运输、存储、加燃料、控制棒收回和

最终停止作业等。核电站配置了第二道防线机器人，设计用于在一一线机器人卡在反应装置中时，将其拆卸并移走。

普遍公认的第一台商用机器人装置是由George Devol和Joseph Engelberger发明创造的。1956年，他们将Unimate推向市场，Unimate被美国机器人协会定义为工业机械手。

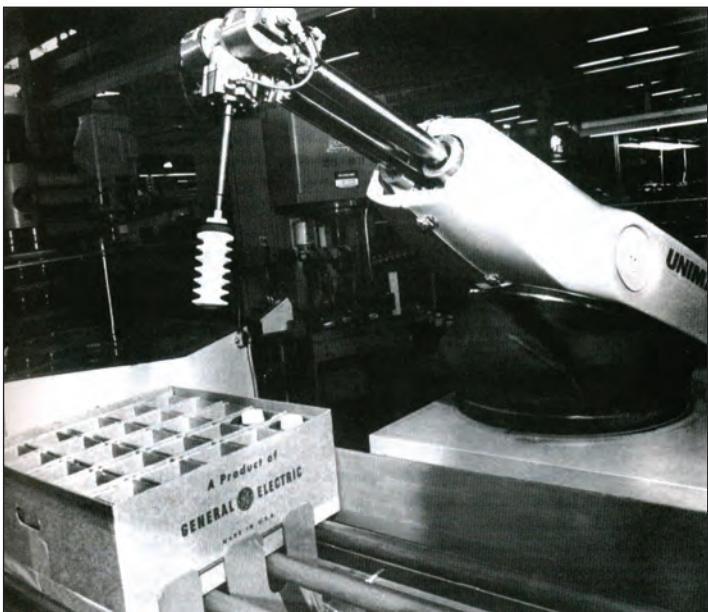
1. Asimov的机器人三大定律包括：

第一，机器人不得伤害人类，也不能在人类受到伤害时袖手旁观；

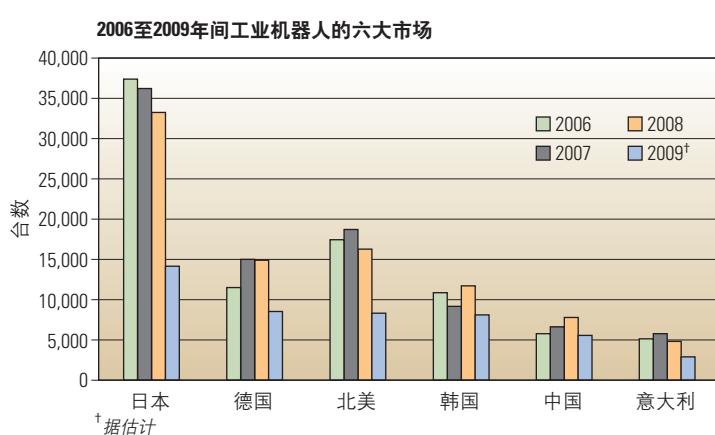
第二，机器人必须遵守人类命令，除非该命令违背第一条定律；

第三，机器人必须保护自己，除非自保过程中违背第一或第二条定律。

2. Murphy RR: *Introduction to AI Robotics*. 美国马萨诸塞州坎布里奇：麻省理工学院出版社，2000年。



▲ 第一台商用机器人。Unimate工业机器人可搬运重达226公斤（500磅）的零件。它将热压铸从压力机处移走，并将其堆放起来，以备使用。它还可用于汽车车架的点焊接。（图片版权归Joseph Engelberger所有）。



▲ 工业机器人的发展情况。2009年的全球经济形势导致了新安装工业机器人的数量缩减。然而据估计，可用工业机器人存量在这一年超过了一百万台（上）。2006至2009年间，在追求工业自动化方面，日本一直走在世界前沿（下）。（根据国际机器人联合会的资料改编，参考文献4）。

Unimate是一种电子控制液压臂，可执行预编程的任务，它还是第一款被通用汽车公司和通用电气公司购买的机器人装置（左图）^[3]。工业机械手和自动搬运车是两种最常用于工业生产的机器人技术。2000年，用于焊接的材料搬运与操作装置占美国工业机器人应用的四分之三。

在早期，批量生产是机器人技术在工业应用中的趋势，这一理念让亨利福特感到高兴，他为汽车生产引进了装配流水线方法。他的批量生产四准则包括可互换配件、连续流、减少浪费和劳动分工，该准则十分适用于机器人技术。通过劳动分工，装配线工人可集中精力从事一项工作，而不是负责多项工作（可能导致效率低下）。基于福特的贡献，全球汽车行业使用的机器人技术要比其他所有行业的总和还要多，这一点也就不足为奇了。

工业机器人在汽车制造业中的成功引入很快就被其他行业所效仿。当机器人技术广泛引入车间时，制造商开始要求产品的大规模客制化。相对于装配流水线的均一性，机器人行业的专家认为这种客制化需求阻碍了机器人技术在某些行业中的应用。重组与再编程的难度造成了不必要的效率低下。然而在过去的十年间，出现了机器人技术在制造业中的复苏，尤其是亚洲，开创了以日本为首的自动化浪潮。目前，全球有超过一百万台在用工业机器人（左图）^[4]。

然而，工厂并不是机器人能够大展身手的唯一领域。机器人技术可成功应用在无人操纵太空探测领域。在早期的太空探测中，认为应由人工操纵太空飞行，来完成各种任务。而事实并非如此。仅有的几次成功火星表面探测是由机器人探测车完成的，包括1997年的“索杰纳”（Sojourner）火星车以及2004年的“勇气号”（Spirit）和“机遇号”（Opportunity）火星车（下一页图）。“旅行者1号”（Voyager 1）

和“旅行者 2 号”(Voyager 2) 无人驾驶航天器是仅有的两架驶离太阳系的人造装置。

这些太空航行器虽然不能自主控制，但却能够根据探测结果了解周围环境并执行任务。由于发射与接收命令间的距离和时间差，不可能实现完全远程控制。因此，航天学家在人工智能(AI)领域的许多开发中，都发挥了重要的作用。之后的航天任务吸取了“索杰纳”火星车的经验教训，同时基本的人工智能设计改善了机器人探测车在火星环境中的响应时间与反应能力。

然而对于大多数人来说，关于机器人技术最常见的经验是来自于服务机器人，而非太空探测机器人。该技术分支应用广泛，包括家庭、医疗和军事等其他应用。为身体残疾人员提供帮助是该领域中的一个重要发展方向。与早期的直接对立相反，对于许多存在身体障碍的人来说，人类与机器间的相互依存关系正开启新的篇章。

现代技术水平

虽然还没有普遍公认的机器人定义，但根据国际标准化组织(ISO)8373 的定义，机器人指在工业自动化作业中，位置可以固定或移动，能够实现自动控制、可重复编程、可在三轴或三轴以上情况下编程的多功能机械手。

以 ISO 8373 定义为基础，可根据机器人的复杂程度将其分为多个类别。最基本的是遥控操作技术，即操作人员远程控制机器人。由于操作人员远程操作，因此需要某种形式的界面。ROV 和早期的遥控机械手属于这一范畴。

远程监控是一类更先进的设计，它类似于遥控操作，但却克服了遥控操作的部分缺陷。远程操作的主从关系通常会造成操作人员的认知疲劳。这主要是由于信息更新速度要远远低于人类大脑的预期或处理能力。远程



▲ 机器人地质师。机器人地质师以火星车的形式探测火星表面。该火星车装配有能够像人一样以肘部和腕部移动的机械手，可在岩石和土壤上放置各种仪器，进行测量。这些仪器包括用于分析周围环境的热发射分光仪、用于识别含铁矿物的 Mössbauer 分光仪、用于对采集样本进行元素分析的阿尔法粒子 X 射线分光仪、以及用于提供发送回地球的高分辨率图像的显微成像仪等。由地球上的一个天线网确保通信，并由两个绕火星运行的航天器向地球传送信息和向火星车直接发送控制信号。“勇气号”火星车在 2010 年 7 月失去联系，至此时它已工作了近 7 年，可能丧生于火星恶劣的冬季环境。另一台火星车，“机遇号”，继续执行探测任务，在 2010 年 9 月 16 日，该火星车移动了约 81 米 (265 英尺)。自 2004 年 1 月着陆以来，“机遇号”在最初计划为 3 个月的航天任务中走完了超过 23 公里(14.3 英里) 的路程。(根据 NASA 网站的资料改编：<http://marsrovers.jpl.nasa.gov> (2010 年 9 月 20 日浏览)。图像经许可后使用)。

监控通常结合虚拟现实技术，一种拟真方法，用于减轻认知疲劳。利用图像在计算机监视器上模拟机器人的行为是实现虚拟现实的备选方案。操作员控制机器人的可视图像，随后转化命令，并由实际机器人执行。

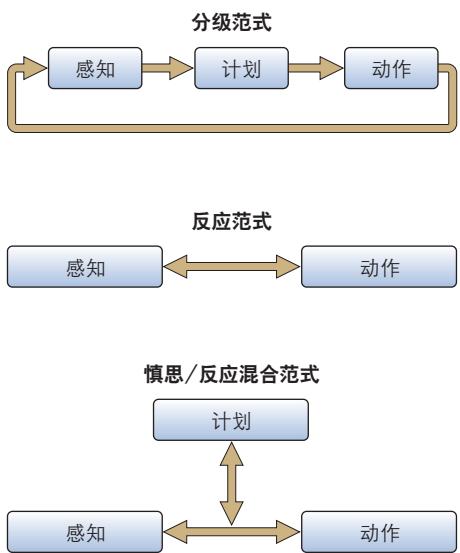
触觉学一词在希腊语中代表触觉之意，是研究感觉反馈的学科，该学科在开发远程监控遥控机械手(尤其是外科机器人)的过程中经历了复兴。三维立体成像也为改进人机界面提供了一种方式。该技术被广泛应用于核能行业，只有机器人才能在反应装置内部或附近工作。当这些装置最初开发出来时，很难利用来自传统电视机或计算机监视器的图像指导机器人，因为这些技术无法提供深度探测功能。单眼视觉人员更容易克服这一不足，因此雇佣单眼视觉人员来操作机器人

在当时是司空见惯的事情。三维成像技术的使用，突破了这一局限性。

无论是采用三维可视化还是传感反馈技术，都有助于操作员实现实时或近实时设备控制。半自主控制，也被称为监视控制，是将人类与更复杂机器人装置联系起来的另一种方式。有两种基本类型：共享控制与控制交换。在共享控制类型中，远程操作员命令机器人执行某一任务，或通过直接控制执行任务。太空中机械手的使用就是半自主控制的一个实例。操作员命

3. Dorf RC 和 Nof SY (编辑) : *Concise International Encyclopedia of Robotics : Applications and Automation*. 纽约市: John Wiley & Sons 出版公司, 1990 年。

4. “The International Federation of Robotics Round Table on the Future of Robotics”, 2010 年 6 月 9 日, http://www.worldrobotics.org/downloads/2010_Presentation_IFR_RoundTable.pdf (2010 年 8 月 31 日浏览)。



[▲] 系统人工智能技术。机器人人工智能(AI)控制理论已随时间的推移而逐渐发展演变。最早的方法，即按层序排列的分级范式，用于控制机器人执行特定任务。随后出现的反应范式是一种更快捷的方法，但缺乏反馈和纠错系统。混合范式是一种更适用的方法，并提供了更大的灵活性。利用该方法，机器人能够适应变化的环境，并可从错误中汲取教训。因此人工智能的混合形式通常更加健全，并能够提供一种更具备认知能力或更智能的方法。(根据Murphy的资料改编，参考文献2)。

令机械手移动至特定位置，之后直接控制，以实现任务所需的手动灵敏度。

实现控制交换的前提是要假设机器设备能够完成启动之后无需操作员干预的任务。只要机器人不发生意外情况，一个操作员可控制多个机器人。不确定性和意外情况增加了我们对人工智能的需求，而人工智能技术为最先进的机器人技术。

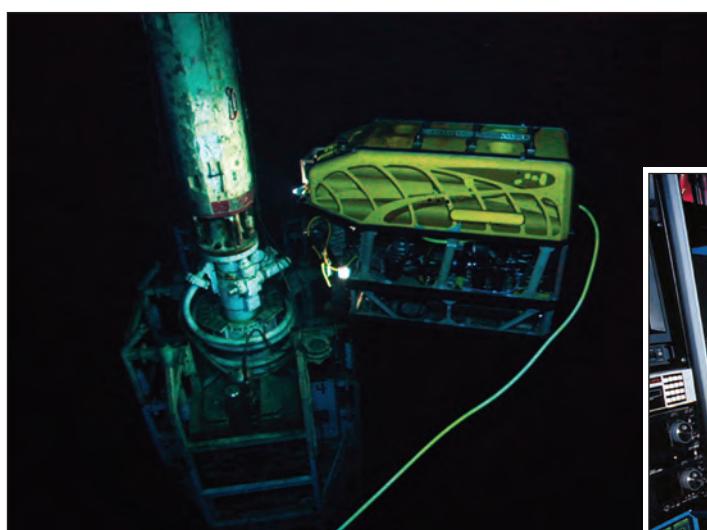
有几种不同等级的机器人人工智能技术，最早的方法为起源于20世纪60年代的分级范式，以感知-计划-动作层序为基础(左图)^[5]。早期的人工智能机器人通常采用这一运作方法。机器人的传感器验证其所属的预定义领域，之后根据其对该领域的了解计划特定任务，最后机器人执行相应的行动。该方法的主要劣势是计划阶段，在该阶段，当机器人确定其所属的领域后，任意一个意外事件都可造成较大破坏。该方法不能很好地应对不确定因素，且没有能够验证任务是否成功完成的反馈系统。

意识到该方法的缺陷后，机器人专家开始向生物科学领域寻求帮助。反应范式出现于20世纪80年代，最大限度地缩短了之前方法的计划阶段。

该体系以一个全面的行为理念结合了感知与动作层序，程序员确定预期行为，并可根据机器人的感知将行为结合起来。这是一个更有代表性的生物学思维过程。例如，在一个战斗还是逃跑的局势下，低阶思维动物很少计划逃跑路线就做出反应。行动与反应要快于缜密的计划。然而，如果选择的逃跑路线通向陷阱，这一反应可能会产生不利的结果。

该反应方法的问题在于机器人共有了一个人类特性，按照George Santayana的话来说：如果不能从错误中吸取教训，就必定会重蹈覆辙。20世纪90年代，机器人专家利用功能强大却日益便宜的处理器来打造机械设施。动力的增强促使规划论发生演变，并产生了慎思/反应混合范式。在该方法中，反应式机器人吸取过去的教训并选择一个能够成功完成任务的响应行为，希望从之前的尝试中获得经验。

利用该混合方法开发了许多体系结构，所有结构都为了创造具有自主性思维的机器。随着计算机处理能力和速度的不断提升以及软件的发展，科幻小说中对于人形机器人的幻想可能成为现实。但现在，机器人通常扮演一个完全不同的角色：机器人的三个“D”^[6]。除了个别例外，机器人从事的都是肮脏、枯燥或危险的工作。“困



[▲] 正在执行任务的ROV。以主从协议为基础，控制操作员利用脐带缆提供的控制序列指挥水下ROV。(图片的使用得到了国际海洋工程公司的许可)。



难”是机器人专家提出的第四个“D”。

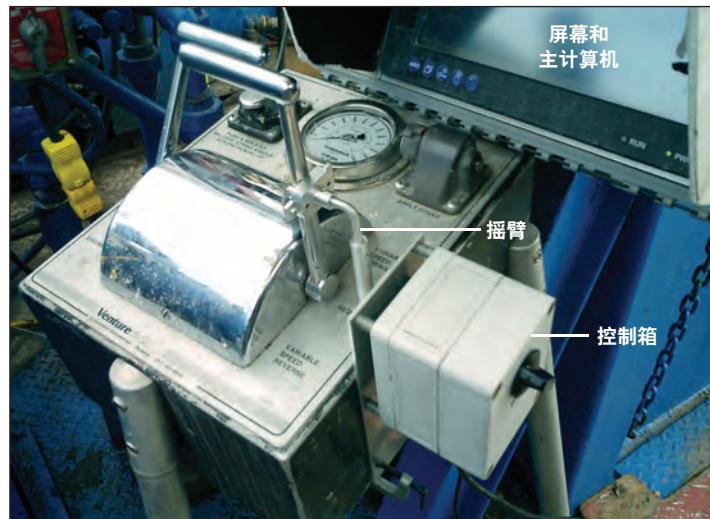
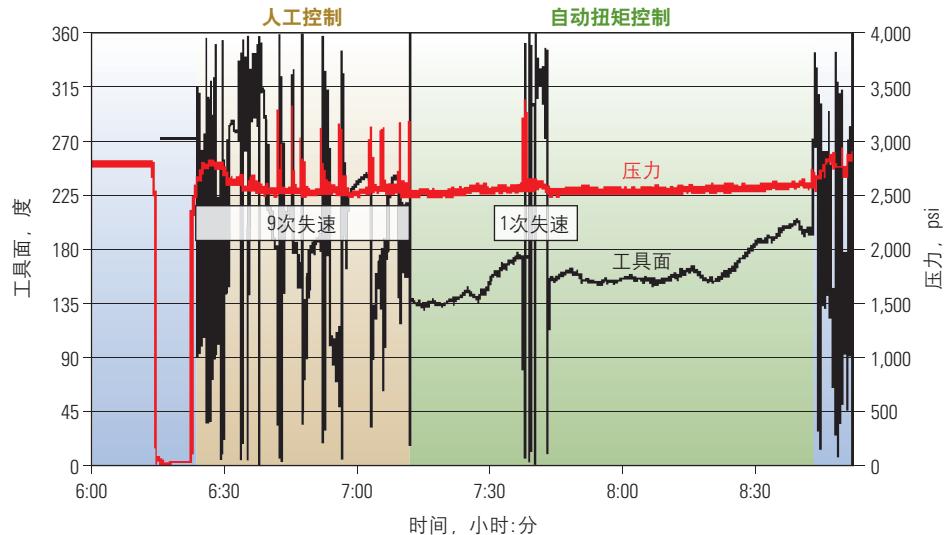
油田与工厂

与其他服务机器人一样，油田机器人从事着所有三“D”工作，即肮脏、枯燥和危险作业。这些作业包括自动定向钻井和闭环连续钻井。此外，服务机器人（如 ROV）也使得深水钻井作业成为了可能。

随着石油公司开始在深水远景区进行勘探，钻井水深极限范围被限定在人为干预的最大深度。在采用专业潜水设备的情况下，这一范围约为 300 米（1000 英尺）。载人潜艇是一个可行的选择，但也仅能到达约 600 米（2000 英尺）的深度。大于这一深度时，只能选择 ROV 实现人为干预。因此，当前在用的所有浮式钻机都至少拥有一台 ROV。即使当钻井水深在人为干预的范围内时，ROV 也代替人类成为水下干预的主要方式。

ROV 被归类为遥控机械手，隶属于专业服务机器人这一分支（[前一页，下图](#)）。只要在开始作业前设计任务，这些机器人就可执行所设计的多个任务。与人类操作员不同，ROV 不能应对变化的环境，当作业不同于计划时，即使简单的任务，它们也无法完成^[7]。实验工作是一项艰难的选择。因此对于 ROV 来说，操作员的计划是作业执行中最关键的阶段，反应力能够反应 ROV 操作员了解和对情况做出响应的能力。

油气行业中的其他机器人技术可替代一些工序，在这些工序中，需要的反应能力超出了人类的能力范围。例如，最近引入了一项技术，能够利用旋转导向装置实现水平钻井的自动化。SLIDER 地面自动旋转控制系统采用了一种机器人钻井方法（[右上图](#)）。基于一种扭矩摇摆技术，SLIDER 技术实现了自动化操作，极大地提高了机械钻速（ROP）、提升了安全性并延长了井下设备的使用寿命。利用该技术，ROP 提高了约 294%^[8]。



▲ 扭矩摇摆技术的自动控制。如图所示，原始的自动 SLIDER 系统与一个钻井控制台相连（下），在钻井过程中采用伺服电机控制动力水龙头。现今，连接装置（图中未标出）通过电子方式控制扭矩，同时监测井上和井下环境。在一个实例中，与人工控制系统相比，SLIDER 系统能实现更好的钻井结果（上）。根据压力尖峰数据（红色曲线）显示，人工控制（黄褐色阴影）在 45 分钟时间内出现了 9 次钻头失速现象，且工具面的方向十分不稳定（黑色曲线）。而在自动控制下（绿色阴影），只出现了一次钻头失速现象，且工具面更加稳定。

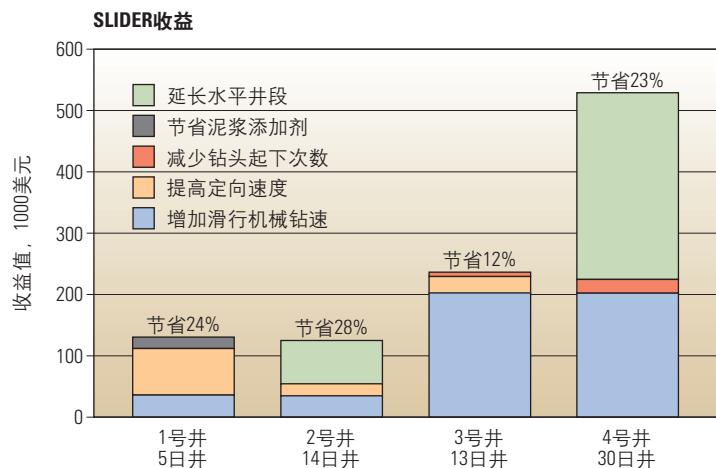
扭矩摇摆技术已在行业中应用多年，是利用顶驱钻井系统实现预定的扭矩值。在到达井底装置前，这一地面施加的扭矩值会在钻柱内发生损耗。目标是要最大限度地减小阻力，同时确保井底装置的工具面不会发生变化。

在斜井和短水平井段中，已成功实现了对该技术的人工控制，但当井身结构变得更加复杂时，该技术的成功率大大降低。事实上，在钻大位移水平井段或复杂井筒几何结构时，由于必须综合并处理大量来自输入源的

5. 有关人工智能机器人技术的更多信息，请参见：Murphy，参考文献 2。
6. Murphy，参考文献 2。
7. Bleicher A：“The Gulf Spill’s Lessons for Robotics”，<http://spectrum.ieee.org/robotics/industrial-robots/the-gulf-spills-lessons-for-robotics> (2010 年 9 月 7 日浏览)。
8. Maidla E, Haci M 和 Wright D：“Case History

Summary : Horizontal Drilling Performance Improvement Due to Torque Rocking in 800 Horizontal Land Wells Drilled for Unconventional Gas Resources”，SPE 123161，发表在 SPE 技术年会暨展览会上，新奥尔良，2009 年 10 月 4-7 日。

9. 事实上，将反扭矩定义为从钻头到地面的钻杆长度，在滑行钻井过程中完全消耗产生的扭矩。通过关联旋转模式和滑行模式下的压差值来测量反扭矩值。



▲ SLIDER钻井系统带来的改进。这四口井代表了一系列井筒类型，展示了不同的效率提高与成本节约方式：延长水平井段（绿色）、节省泥浆添加剂（灰色）、减少钻头起下次数（红色）、提高定向速度（橙色）以及增加滑行机械钻速（蓝色）。图中还展示了井别以及利用自动SLIDER扭矩摇摆技术所带来的效益。1号井的真垂深为1300英尺（396米），水平位移为8500英尺（2592米）。2号井在6730英尺（2052米）处开始造斜，水平位移为5500英尺（1676米）。3号井为水平井，实测井深为7976英尺（2431米）。4号井为一口倾角为58°的海上定向井，然后降为直井，转角为122°。

信息，因此无法有效地实现人工扭矩摇摆技术。SLIDER系统可自动施加扭矩，并能对井上和井下环境做出反应。反扭矩在井下测量并作为确定施加扭矩时间与大小的依据，此外，该系统还可识别危险情况（如钻头失速、钻杆倒扣和卡钻等），并立即采取纠正措施^[9]。最初是通过自动控制来旋钮、搬动控制杆和控制按钮。而最新的技术则利用电子界面来控制当前的钻机设备，精确调节驱动控制面板的电压与电流。

研究了代表各类井别和复杂性的4口范例井，展示了采用SLIDER钻井系统带来的优势，包括延长了大位移井段的长度、节省了泥浆添加剂、减少了钻头起下次数、提高了定向速度以及增加了滑行机械钻速等，这些都带来了经济效益（左上图）。这一自动控制过程无需像扭矩摇摆技术一样需要猜测，同时提高了钻井效率、降低了成本并减少了钻井设备损坏所产生的停工时间。



▲ 遥控外科辅助手术机器人。SAR（正如图中所示的da Vinci系统）实现了机器人技术在手术室的成功应用。外科医生（左）坐在计算机控制台前，遥控操作机械手。患者（中）在辅助人员的帮助下接受手术。外科医生的手部动作被感知并以电子的形式转化成手术台上的微移动。与传统的外科手术方法相比，这种方法能够放大并检查目标部位，可帮助医生更好地控制手术过程。远距离观测（右）提供了额外的视觉信息，以用于培训和专家会诊。（图片由直觉外科公司提供，2010年版权所有）。

随时提供服务

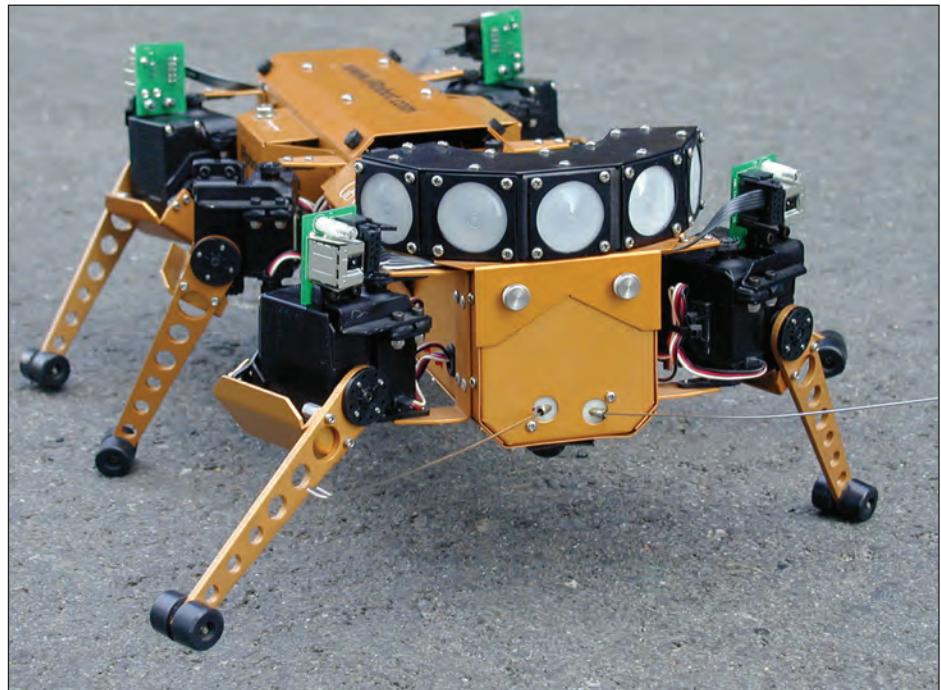
SLIDER 系统是服务机器人的一个代表，但对于这类机器人却没有国际上公认的定义。国际机器人联合会采用了如下初步定义：服务机器人是一种半自主或全自主工作的机器人，它能完成有益于人类健康和设备健全的服务工作，但不包括从事生产作业^[10]。服务机器人还可分为两小类：专业服务机器人（如 SLIDER 系统、排弹机器人和手术机器人）和个人服务机器人（如真空吸尘器、割草机和残障辅助机器人）。

外科辅助手术机器人（SAR）是专业服务机器人的一个专门分支。在它们的帮助下，医生可以遥控操作，通过小切口实现微创操作。在有些情况下，传统的有创手术已降级为门诊流程。减少了身体创伤，就能极大地减轻病人的疼痛并缩短恢复时间。

第一次有文件记录的机器人辅助外科手术（神经外科活检）发生在 1985 年，当时采用了 Puma 560 系统^[11]。不久之后，美国国家航空航天局（NASA）的研究员与斯坦福研究院（美国加利福尼亚州 Palo Alto）合作，开发了一种用于外科手术的灵活遥控机械手，它的目标是要为在其他地方的外科医生提供直接为病患手术的感觉。NASA 致力于获得外科手术远距离操作方法，尤其是可应用在太空领域的方法。

认识到这些新发明的潜在价值后，美国军方资助了此项研究，以实现对受伤士兵的远程外科手术。可以想象这样的场景，一名受伤士兵被带到移动平台，接受远程遥控手术。直至今天，该系统还未应用在实际战场上，但已成功实现了对动物的远程手术。这也证明了这一远程自动外科手术操作的巨大潜力^[12]。

从事早期项目的工程师和外科医生开发了一款商业 SAR。利用 AESOP 内窥镜定位器，外科医生可通过声音指令操纵含有内窥镜照相机的机械



▲ NASA 的 Genghis 机器人。Genghis 机器人在设计上模仿了一种昆虫，用于太空探测。该机器人配备了大量传感器，能够在粗糙不平的地面上移动，但却从未应用在太空探测中。它目前被放置在华盛顿特区的史密森航空航天博物馆内。（图片由 iRobot 公司提供）。

手。该设备由美国摩星公司（Computer Motion Inc.）制造并销售，是美国食品药品管理局（FDA）批准的首个机器人系统。在经过大量的修改与重新设计后，这些早期的新发明已发展为 da Vinci 主从式外科手术机器人，由直觉外科公司销售。

da Vinci 系统在设计上是要带给外科医生直接接触病患的感觉（[前一页](#)，[下图](#)）。与传统的外科手术技术相比，三维可视化和放大特定区域的能力可以帮助外科医生更好地控制和观察。当前研究工作的重点是寻找能够结合触觉技术的方法，以帮助外科医生更好的控制手术操作。FDA 已批准将该系统用于腹腔镜和胸腔外科手术中。关

于内窥镜冠状动脉搭桥术的试验正在进行中^[13]。

利用像 da Vinci 系统这样的设备进行机器人手术具有诸多好处，包括最小创伤（有时被称为无血手术）、较小伤痕、低感染率、最小副作用以及较短住院时间（当天或第二天出院）等。机器人辅助腹腔镜前列腺切除术就是此类手术之一。在采用机器人辅助技术之前，传统方法需要较大的切口，这通常会导致术后并发症并需要较长的恢复期。手术过程中，病人时常发生大出血，并会增加术后感染的风险。长期住院和巨大的疼痛，紧接着就是高发病率的膀胱和性功能障碍，使得外科手术通常成为最后的求助手

10. "Provisional Definition of Service Robots", <http://www.ifr.org/service-robots/> (2010 年 9 月 9 日浏览)。
11. Lanfranco AR, Castellanos AE, Desai JP 和 Meyers WC : "Robotic surgery : A Current Perspective", *Annals of Surgery*, 239 卷, 第 1 期 (2004 年 1 月) : 14-21。
12. Satava RM : "Virtual Reality and Telepresence for Military Medicine", *Computers in Biology and Medicine*, 25 卷, 第 2 期 (1995 年 3 月) : 229-236。
13. Argenziano M, Katz M, Bonatti J, Srivastava S, Murphy D, Poirier R, Loulmet D, Siwek L, Kreaden U 和 Ligon D : "Results of the Prospective Multicenter Trial of Robotically Assisted Totally Endoscopic Coronary Bypass Grafting", *Annals of Thoracic Surgery*, 81 卷, 第 5 期 (2006 年 5 月) : 1666-1675。
14. Jong A, Chen JKC, Yuan BJC 和 Liu JHJ : "A Study of Personal Service Robot Future Marketing Trend with the Foresight of Technological Innovation", 发表在第 15 届国际科技管理大会上，北京，2006 年 5 月 22-26 日。

段。随着机器人外科手术技术的引用，这一情况将会发生改变。

既用于战场又用于家庭

对战场中远程外科手术的需求促进了第一代商用 SAR 的开发，但这不是服务机器人在军事领域的唯一应用。1990 年，iRobot 公司设想使实用机器人成为现实。公司的创始人首次开发出用于太空探测的 Genghis 机器人（[前一页图](#)）^[14]。接着出现了一系列服务机器人，包括 iRobot PackBot 系列机器人，该机器人曾在 2001 年用于在纽约世贸中心寻找残骸。第二年，PackBot 机器人首次用于军事用途。

在阿富汗和伊拉克的军事冲突中，机器人系统首次在战斗行动中发挥重要作用^[15]。机器人远程执行各类行动，例如洞穴和地堡侦查、化学和放射性物质检测以及爆炸军械处理等（[左上图](#)）。探测并拆除简易爆炸装置（IED）是它们的主要职责。

利用机器人清除阿富汗的地雷是一个联合国资助项目，在该项目初期，社会反应就如同工业革命时期的反应一样。一部分当地工人受雇于清除地雷，而他们将机器人对手视为对其生存的威胁。但是通过培训，他们发现可以以更安全的方式完成工作。他们发现他们并未被取代，而是能够利用机器人在更低的风险下完成更多的工作^[16]。

15. Everett HR, Pacis EB, Kogut G, Farrington N 和 Khurana S：“Toward a Warfighter’s Associate：Eliminating the Operator Control Unit”，Gage DW（编辑）：*Mobile Robots XVII*，5609。美国华盛顿州贝灵汉：SPIE 出版公司（2004 年 10 月）：267-279。

16. “A Robotic Helping Hand”，http://www.titech.ac.jp/bulletin/archives_category/topics/topics_z1.html（2010 年 8 月 20 日浏览）。

17. Guizzo E：“10 Stats You Should Know about Robots but Never Bothered Googling Up”，*Automaton*，2008 年 3 月 21 日，http://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/robotics-software/10_stats_you_should_know_about_robots（2010 年 9 月 7 日浏览）。

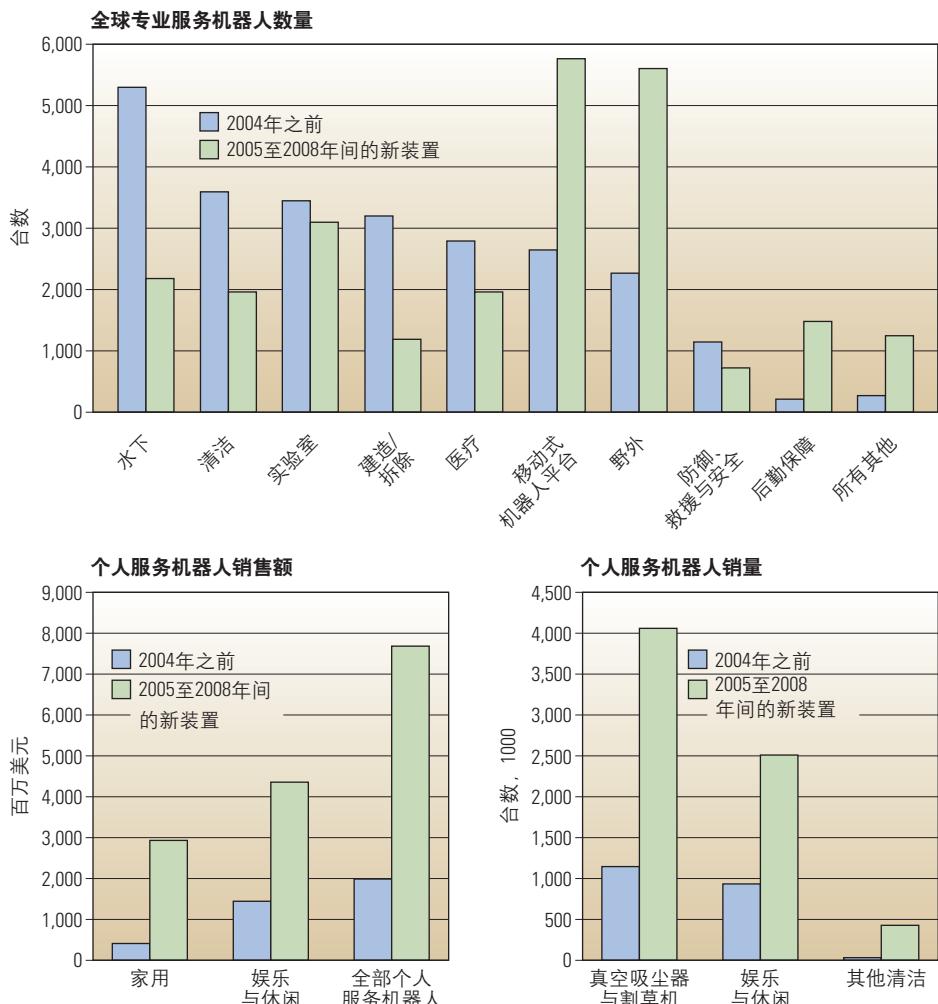
18. “Wheelchair Statistics：How Many Wheelchair Users Are There”，<http://www.newdisability.com/wheelchairstatistics.htm>（2010 年 9 月 28 日浏览）。



▲ 机器人侦查兵。诸如图中所示的PackBot设备是第一代广泛应用于军事作业的机器人。操作员可通过远距离监视和检查，在安全的距离评价潜在危险。（图片由iRobot公司提供）。



▲ Roomba机器人真空吸尘器。自从开发了这款个人服务机器人以来，iRobot Roomba真空吸尘器就越来越受到客户的喜爱。自2002年以来，iRobot公司已售出了超过500万台个人服务机器人。（图片由iRobot公司提供）。



▲ 服务机器人的增长情况。在2004年之前，专业服务机器人的数量多为水下机器人，主要是ROV（上）。在2005至2008年间，移动式机器人平台和野外机器人的数量显著增加。在非生产环境下可根据职责对移动式机器人平台进行编程，其包含了各类轮动车辆与履带驱动车辆。野外机器人在非结构化环境下工作，如矿井、丛林和农田。在这四年内，个人服务机器人经历了迅速的发展过程，销售额近80亿美元（左下）。真空吸尘器和割草机的数量增长了近四倍，超过400万台（右下）。（根据 Jong等人的资料改编，参考文献14）。

2002年，PackBot机器人实现了它的第一次军事行动，而同年，iRobot公司推出了首个用于一般家庭的个人服务机器人，iRobot Roomba吸尘器机器人（[前一页](#)，[下图](#)）。它利用传感器在障碍物周围穿行，它的软件与扫雷软件类似，确保以高效的方式实现全面覆盖。

在控制方面，Roomba地板吸尘机器人的原理类似于反应范式。该装置利用iRobot Aware 2机器人智能软件，计算清扫整个地板的最佳路径（感知阶段）。随后它会启动多种作业模式中的一种，来清扫地面（动作阶段）。这些模式包括沿墙壁前进（沿房间的周边前进并在家具和障碍物周围穿行）、

横穿房间（交叉方向前进，以确保全面覆盖）以及螺旋前进（清扫集中区域）。

当需要更集中的清扫时，灰尘探测传感器会发出信号，该装置就会自动调整到所需状态。当该设备完成任务后，或当电池电量低于预定值时，它会自动返回并与充电站相连。

根据联合国开展的全球机器人调查，在2006年年底，预计有354万在用的机器人。此后，这一数字迅速增长，据预测在2010年末，机器人的数量将超过830万（[上图](#)）^[17]。这些个人服务机器人虽然十分智能且很有帮助，但还未实现全自主模式，通常需要人的干预。随着自主技术的迅速

发展，拥有更强自主性的家用机器人最终将成为寻常事。

个人服务机器人包括机器人宠物、草坪维护机器人、看家机器人以及家庭自动化机器人，但康复和残障辅助机器人拥有的巨大发展潜力是其他类机器人所不能及的。仅在美国，预计就有300万人患有某种形式的残疾，必须使用轮椅^[18]。许多人完全依靠轮椅作为主要行动方式。在全世界范围内，轮椅使用者的数量超过6700万。

工程师正在研发矫正机器人，为那些残疾人以及腿部失去控制的人员提供移动帮助。加利福尼亚大学伯克利机器人和人体工程实验室开发出了伯克利下端骨骼负重器（BLEEX），是

多种机器人助行架的一种。该设计意欲帮助使用者利用最小的力量熟练操控大负荷，它还能够为行动障碍者提供帮助。该系统被系在臀部和腿部，传感器帮助使用者抬腿、攀登和向前移动，同时确保稳定性。由一个佩戴式背包向其提供动力（[下图](#)）^[19]。

与人类和动物相比，当前的机器人运动技能还十分落后。针对这一领域进行了大量研究工作，以改善人机界面，从而提升移动能力并帮助残疾人恢复这一功能^[20]。而在此期间，听从指令并能够爬楼梯的机器人轮椅能够提供很大帮助。

部分四肢瘫痪患者无法使用双手，可利用“抿-吹”技术控制自动化轮椅并操作计算机。使用者向管内吹气，产生气压，就可转换成可被计算机界

面理解的指令。这一方法存在诸多缺点，包括反应慢、指令有限并需要频繁清洁吹气管。由于该技术需要膜片控制，因此无法为依赖呼吸器的人员提供帮助。在位于美国亚特兰大的佐治亚技术学院，研究人员最近研发了一种舌头驱动系统（TDS），为残疾人士带来了新的福音（[下一页，上图](#)）^[21]。可利用这一舌头操作辅助技术操控电脑或直接控制轮椅。

舌头是通过舌下神经而非脊髓与大脑直接相连，因此通常不会受到脊髓损伤的影响。舌头移动速度快、准确率高且无需费力就能控制。此外，舌头肌肉不容易疲劳。TDS 有可能会代替胳膊和手的移动。对于具有严重残疾的人员来说，替换这些功能是当务之急。



▲ 助力行走。利用由加利福尼亚大学伯克利机器人和人体工程实验室开发出的仿生物BLEEX，使用者可在极端负荷下移动，而仅感受到几磅的负荷。该设备与类似设备在设计上增强了强度与耐久性，可能会用于帮助残疾人士获得移动能力。（图片由加利福尼亚大学伯克利分校的H. Kazerooni博士提供，图片的使用得到许可）。

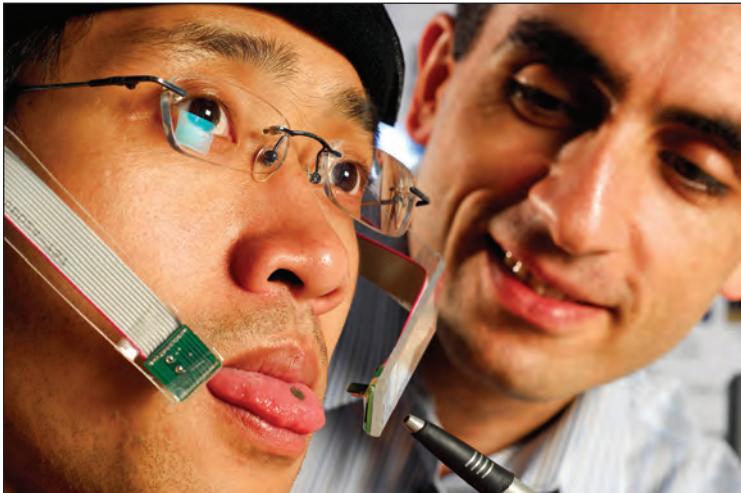
TDS 技术具有诸多优点，包括创伤小、无接触、无线且可佩带。该设备是将一个稻粒大小的磁体植入或放置在舌头上。外部传感器检测磁体的移动，并由软件翻译这一动作。这使得大量操作变得可行，包括使用虚拟操纵杆来驱动轮椅或操作计算机。这一新型产品向我们展示了一个有效的人机界面，可极大地改善生活质量。

TDS 发挥主从机器人的作用，将动作翻译为指令。最终的共生关系是利用一个自动计算机界面控制机器人。虽然这可能听起来像科学幻想，但在 2009 年，本田汽车的研究联队与一家隶属于日本政府的国际电气通信先进技术研究所以及岛津公司（以日本为基地的设备制造商）合作，示范了一款可对大脑活动做出响应且无需肢体移动的设备^[22]。该设备利用脑电图测量人体大脑中的电活动，并利用近红外线光谱学测量血流量。本公司称，利用该方法正确分析思维的成功率高达 90%。

未来前景

在上世纪初，一定程度上由于作家的虚构描写，机器人通常被视为人类的潜在敌人。现今，大多数人明确表明乐于接受常规技术和机器人技术。斯伦贝谢助学计划（SEED）是一项自愿性质的非营利教育计划，服务目标是斯伦贝谢雇员生活和工作的环境中那些服务水平低下的社区。志愿者、教师和学生将机器人技术融入课题、研讨会和学校日常的活动中。GoGo 平台是一个可编程执行机器功能、价格低廉的微控制器，利用该平台，学生可创建覆盖各种主题的创新项目^[23]。

在不久前的俄罗斯秋明 SEED 研讨会上，学生们设计并开发了一款机器人海龟，该海龟可在桌面周围爬行，而不会跌落（[下一页，下图](#)）。用于探测桌面边缘的传感器指导海龟后退并改变方向。在巴西，学生和老师共同构建了一款自动灌溉系统模型。将房



▲ 该舌头驱动装置采用了一个小磁体和连接计算机界面的外部传感器（左）。该装置可帮助严重残障人士获得移动能力，并克服了传统辅助方法（如抿-吹法）的局限性。可对其进行编程以执行许多操作，包括控制机器人轮椅（右）。（图片由佐治亚技术学院提供）。



▲ 机器人与SEED研讨会。在某SEED研讨班，一名学生利用工具包制作了一个机器人海龟。通过价格低廉的工具包和GoGo平台，全球各地的学生可了解计算机编程过程，学习机器人技术。

19. “Berkely Lower Extremity Exoskeleton”，<http://bleex.me.berkeley.edu/bleex.htm> (2010 年 10 月 1 日浏览)。
20. 欧洲机器人研究网络，<http://www.euron.org/resources/projects/2010>(2010 年 8 月 30 日浏览)。
21. Huo X 和 Ghovanloo M：“Using Unconstrained Tongue Motion as an Alternative Control Mechanism for Wheeled Mobility”，*IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 56 卷, 第 6 期 (2009 年 6 月)：1719-1726。
- “Magnetic Control : Tongue Drive System Allows Individuals with Disabilities to Operate Powered Wheelchairs and Computers”，<http://gtresearchnews.gatech.edu/newsrelease/tongue-drive.htm> (2010 年 9 月 7 日浏览)。
22. “Honda, ATR 和 Shimadzu Jointly Develop Brain-Machine Interface Technology Enabling Control of a Robot by Human Thought Alone”，<http://world.honda.com/news/2009/c090331Brain-Machine-Interface-Technology/> (2010 年 9 月 9 日浏览)。
23. 有关 SEED 机器人项目的更多信息，请参见：http://www.seed.slb.com/voices_article.aspx?id=35753&terms=robotics (2010 年 10 月 1 日浏览)。

顶的雨水收集在一个蓄水池中，当湿度传感器探测到地面干燥时，该系统就会启动灌溉泵。

在哥伦比亚波哥大 Colegio Alfonso Jaramillo，一个机器人俱乐部强化了所有参与不同实践项目学生的学习经验，包括自动雨水收集系统。在某种程度上，由于机器人俱乐部引发的关注，学校在当地社区的声望也越来越高。

随着技术的不断发展以及计算机处理能力的成倍提高，实现人类与机器间共生关系的这一可能性也将逐渐成为现实。考虑到个人计算方法的迅速演变以及网络的快速发展，机器人技术领域将会出现激动人心的发展，取得的成绩甚至会超出专家的预期。未来的机器人专家将为思维机器勾画一个发展方向，将其应用在除危险、枯燥和肮脏作业以外那些我们目前只能想象的领域。俄罗斯、巴西和哥伦比亚的学生已经熟悉了机器人技术的不断更新变化，希望其他人也能如此。

- TS