

2010年7月CMDM电子快讯 » 专题文章

压电马达和传动器：优化医疗器械的性能

By: Jim McMahon

最近开发出的压电马达和传动器与传统的电磁(EM)马达相比具有诸多优势，能更好的实现医疗器械应用中的精确位移，因此越来越受到医疗器械制造商的青睐。与EM马达相比，它们的结构更紧凑，需要的电压更低，具有更高的扭矩且发热量更少。此外，它们的反应时间更短，会出现磨损和需要维护的机械组件更少。它们还可在真空下工作，能够提供比EM马达更精确的定位。

改善医疗设备设计，优化其功能和性能受到了诸多关键因素的影响。包括新型机电器械的研究、设计、建模、测试及FDA和EU批准及现有设计的变化整合。这些因素通常意味着在设备投入批量生产前需要大规模的资金投入。在医疗器械的产品开发中应考虑的因素包括：设备体积、操作速度、产热、便携性、静载荷或动载荷的处理、电源、测量系统、真空和非磁性要求、传感器、机器控制、部件磨损和诊断。

利用技术的技术制造出操作更优、成本更低且更高效的设备和器械是推动致力于产品开发的医疗器械公司发展的关键。例如，近期高速激光扫描的进步推动了哈佛医学院一项新型光学成像技术的发展，该技术被称为光学频域成像(OFDI)。它能够提供前所未有的超详细的患者冠状动脉三维成像。OFDI的操作同先前的产品光学相干断层扫描(OCT)相比提升了数个等级，OCT的诞生是源于15年前激光扫描的进步。

正如激光扫描的优化已获得了广泛的应用一样，近期马达技术——特别是压电马达和传动器的进步也带来了极大的影响。由于它们与传统EM马达相比在医疗设备设计方面展现出了固有的优势，因此医疗器械制造商越来越多的选择使用压电马达和传动器代替产同的电磁马达。压电器械已成功应用于各种医疗器械领域，包括超声发射器、人工受精、医用纳微泵、微监测、手术器械、兼容MRI环境机器人、微量分液、细胞病理学中的细胞穿透和细胞成像、医用材料处理(如装卸系统)、给药器械、三维扫描和应用于眼科学、皮肤病学和整容学的激光束调整。

压电传动器

压电传动器是一种固态传动器，当施加电场时，压电材料的形状会发生变化。它利用压电陶瓷元件将电信号转化为机械能，相反也能将机械刺激转化为电信号。

压电材料的使用可以追溯到1881年，当时Pierre和Jacques Curie观察到当石英晶体的主轴受压，石英晶体可产生电场。压电这一术语源于希腊语“piezein”，意思是挤压或压力，是施加于石英晶体上的压力产生的电力。

压电陶瓷是由铁电材料和石英组成的。高纯度的铅、锆酸盐、钛酸盐(PZT)粉末经过加工、挤压成型、烧制、形成电极和极化。极化是利用高电场使材料域沿主轴排列实现的。压电传动器一般提供较小的位移，但能产生巨大的力量。微小位移是它们提供高精度移动的基础。

对于长行程而言，多个传动器的良好排列或者使单个压电元件在共振频率下工作已证明是可行的概念。这些类型的压力移动器械成为压电马达。

在医疗设备和器械应用领域，最新的压电马达设计与电磁马达相比具有诸多优势。尤其是其中两种类型的压电马达具有相当重要的特性，这使它们极适合医疗应用领域。超声压电线性马达(也称为谐振马达)和压电步进马达。尽管它们在设计、规格和性能方面差异巨大，但都能提供无限移动。

在超声压电马达中，压电陶瓷材料产生纳米级的高频(人耳无法听到)声振动，形成直线或旋转移动。对于大行程而言，特别是同时还需要高速度时，可使用超声线性驱动器。它们的分辨能力高达50 nm，是电磁马达主轴复合物的理想替代物。超声驱动器的体积大大小于EM马达，且无需使用传动元件将旋转移动转变为直线移动。

超声压电线性马达采用一块矩形独石压电陶瓷板(定子)，一侧被两个电极分开。根据期望的移动方向的不同，压电陶瓷板的一个电极受到激发产生数十至数百千赫兹的高频本征模振动(振动系统中的一种正常振动模式)。板上附着的氧化铝铝摩擦头(推动器)以本征模频率沿斜线移动。尽管它与摩擦条接触，但它仍可以提供微冲量并推动机械部件(滑块和转盘)前后移动。每个振动循环，机械部件会产生几纳米的位移。肉眼可见的结果是无限距离的平滑移动。

新型超声谐振马达，如Physik Instrumente开发出的PILine型号，对推动压电器械在医疗领域的应用具有开创作用，它们的速度高达500 mm/s，设计紧凑且简单。这些马达的加速度可达10 g。它们还很坚固，这是快速定位(毫秒级)的前提条件，且分辨率可达0.05 μm。

压电步进马达通常由几个独立的压电传动器组成，通过夹紧/松开和延伸/收缩周期协调交替形成移动。每个延伸周期仅提供几微米的位移，但工作频率高达数百甚至数千赫兹，以实现连续移动。尽管步长逐渐递增，从几纳米到几微米，但它们移动的速度可达每秒10 mm，每秒移动数千步。

与超声压电马达相比，压电步进马达(如同样由Physik Instrumente开发出的PiezoWalk)产生的力量可高达700 N (155 lb)，距离分辨能力达微微米(一百万兆分之一米)。50微微米的分辨能力已得到了证实。该马达能在较长的行程内进行高精度定位，可在达到位置后进行示踪、扫描或主动振动控制等动态移动。与超声压电马达一样，这些移动可在强磁场或低温条件下完成。

提升医疗设备的性能

利用压电马达可使医疗器械变得更小、更精确、更轻且更易于控制。

1) 产生更大的作用力，以支持微型化： 压电马达极适合微型化要求。与电磁马达相比，它们的体积更小，结构更紧凑，但它们能提供更大的作用力。电磁马达的效率随尺寸的下降而降低，有更多电能转化为热能，而压电马达的效率则保持恒定。在相同的体积和重量下，压电马达的储能密度较电磁马达高10倍。最新的压电马达配置成紧凑的高速微定位工作台，体积比火柴盒更小——最小的压电驱动工作台目前用于手机摄像头中的自动聚焦器械中。

由于压电马达单位体积能提供更高的作用力，这使得包括医疗器械在内的设备和仪器可以在维持或提升性能的同时实现体积的缩小。

2) 定位准确性提升： 压电马达的直接驱动原则使传统电磁马达中的补充传送或齿轮系变得不再需要；这避免了可对准确示踪造成限制的常见反冲效应，而电磁马达的定位准确度的大幅下降正是由此引起的。经典马达中用来将旋转移动转变为直线移动的机械耦合元件也不再必需。压电马达固有的稳态自动锁定能力消除了电磁马达中的伺服颤振。即便是在功率下降的情况下，压电马达的定位准确度也可达几纳米。

3) 加速更快： 压电器械的反应时间仅为几微秒。加速度可达10000 g(反应时间为0.01毫秒)。

4) 无磁场： 压电马达既不会产生电磁干扰，亦不会受其影响，无需采取磁屏蔽，因此适用于医疗和生物技术领域。对于在强磁场环境中工作的马达而言，上述特性至关重要，如在MRI设备中，小型压电马达用于MRI监控显微手术，而大型压电马达用来旋转患者和设备。传统电子马达中的磁场和金属组件使得动力化的医疗器械无法在MRI设备中工作。

5) 无需维护或润滑，可以灭菌： 由于压电马达的移动取决于晶体效应，且无齿轮或轴承等旋转部件，因此无需采取维护或润滑措施。它们可以耐受高温灭菌，是其在医疗领域的一个显著优势。

6) 能耗下降： 在静态工作即便是长期重荷载状态下，它们几乎无需耗能。此外，由于压电马达的效率不会因微型化而有所下降，它们可以在30 W以下的功率范围内工作。由于压电马达可以延长电池的使用寿命达10倍，因此它们在电池驱动的便携且耐磨的医疗器械中极具吸引力。

7) 无热量产生： 静止时，压电马达不会产热。压电马达还消除了电磁马达中的伺服颤振和产热两个负面特性。

8) 可在真空下工作： 原则上，压电马达可在真空下工作，这是医疗行业中许多应用领域的需要。

9) 可在低温下工作： 即便在温度接近于0开尔文的情况下，压电马达仍可继续工作，因此它们适合在极冷的环境下工作，如医学实验室存储设备和低温研究中。

10) 不易燃性： 压电马达不易燃烧，因此即便输出端出现超载或短路亦可保证安全，这对于便携式的耐磨医疗器械而言是一个极大的优势。

11) 产能： 压电马达可用来收获能源。例如，利用人的移动为小型医疗或电子器械(如起搏器或健康监护仪)供电。

医疗设备制造商 转向压电器械

在光学频域成像中，压电马达可用来快速周期运动传递至装置的参考镜和成像系统。光纤必须在扫描过程中同时沿轴向和侧向移动，方能形成光学干涉图样的二维和三维图像。压电马达已证明可以提供更精确的移动，从而获得比传统电磁马达更佳的图像分辨率。

床旁和医学测试设备采用了压电技术。压电马达满足了精确定位和测量设备的要求，其移动精度已由英寸级精确到了纳米级。

压电传动器已开始应用于经皮给药系统，如无针胰岛素注射系统。内窥镜-胃镜器械的监测也开始采用压电器械。

生物医学中的显微工具(如镊子、剪刀和钻)已采用了由压电马达供能的基于微型机器人的工具。压电马达在显微手术和非侵入性手术工具中的应用变得越来越广泛。

三维锥形束成像也采用了压电传动器，该技术可应用于牙齿正畸和睡眠呼吸暂停患者的治疗，以获得精确的口腔模型从而调整口腔矫正器。

眼科学中用来确保植入物质量的共聚焦显微镜也采用了压电马达。这需要精确的光学移动来调整焦平面并用于表面扫描。压电定位系统可直接整合于光学系统中。

电磁器械是当今的医疗设备设计中驱动机制的主导者。但其越来越高的微米甚至纳米级精度要求以及微型化、动力学优化和干扰耐受的态势推动着电磁驱动系统的物理极限。压电马达已证明可以成为一种有效的替代产品，应用于越来越多的医疗器械领域。

Physik Instrumente L.P.简介

Physik Instrumente L.P. (PI)是一家纳米定位、线性传动器和精密移动控制设备的制造商，产品可用于光电子、纳米技术、半导体和生命科学应用领域。逾35年来，PI一直致力于标准和定制精密压电和电磁驱动器产品的开发和制造。公司于1994年通过了ISO 9001认证。制造商在全世界设有8家子公司。

欲获得有关本项目的更多信息，请联系Physik Instrumente L.P.产品营销传播主管Stefan Vorndran；地址：16 Albert St., Auburn, MA 01501, USA；电话：+1 508 832 3456，传真：+1 508 832 0506；电子邮件 stefanv@pi-usa.us；www.pi-usa.us

Jim McMahon是仪表技术领域的作者。他的专题报道可见于全球数百种工业和高科技刊物上，每月拥有逾500万读者。他的联系方式是 jim.mcmahon@zebracom.net。

本文英文版最初发表于《欧洲医疗器械技术(European Medical Device Technology)》杂志2010年3月号。

版权所有 © 2005-2010 医疗设计和制造OEM (CMDM) 本网站所有内容，如未获书面同意，不得以任何形式转载和节录。违反上述声明者，我方将依法追究法律责任。

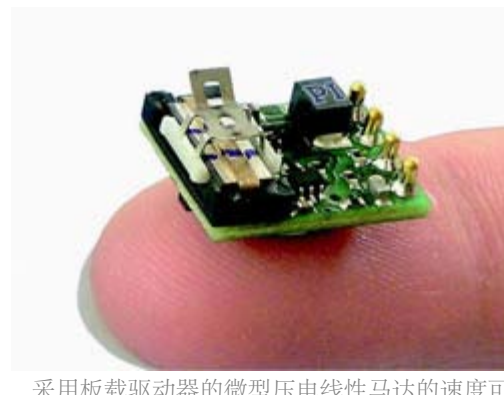
本期其他专题文章

- 血管内器械测试

- 没有污秽的器械



压电显微镜物镜纳米聚焦器械(Z马达)的反应时间和分辨率比经典的马达驱动装置快10倍。



采用板载驱动器的微型压电线性马达的速度可达200 mm/秒。



微型压电陶瓷旋转工作台、线性工作台和推动器