

盲文显示装置的研究进展

杨文珍, 许 艳, 吴新丽, 祝盼飞, 张 昊

(浙江理工大学机械与自动控制学院, 杭州 310018)

摘 要: 盲文显示装置可将纸质书籍或者电子文档中的普通文字转换成专为盲人识别的盲文点字,供盲人触摸阅读,在盲人教学中越来越受到欢迎,已成为盲人辅助产品研究的前沿和焦点。首先回顾了盲文显示装置的研究历程,阐述了国内外研究现状;其次总结了盲文显示装置的研发难点,主要包括盲文触点的驱动方式、盲文触点的控制、盲文触点的分辨率等研发难点;然后对现有盲文显示装置的性能进行了比较;最后对盲文显示装置的发展潜力及未来趋势进行了展望。研发成本低、体积小、信息存储量大、响应速度快、便于携带的盲文显示装置,对于改善人数众多盲人弱势群体的生活质量、提高盲人的文化水平有着重大的意义。

关键词: 盲文显示; 盲文字符; 触点驱动方式; 综述

中图分类号: TH139 **文献标志码:** A

0 引 言

据世界卫生组织 2010 年统计,全球有 2.85 亿人视力受损,其中盲人占 3900 万,低视力者占 2.46 亿;中国是世界上盲人最多的国家,约有 825 万,占世界盲人总数的 21%^[1]。庞大的盲人群体,需要社会各界更多的关爱和支持。传统盲文书籍专用纸张昂贵、制作工序复杂、耗费时间长,出版的盲文书籍数量少、品种单一、资讯滞后、信息量小,而且体积笨重、不便携带,这些因素导致传统的盲文读物远远满足不了盲人的阅读需求^[2-4]。在科技迅速发展的信息时代,如何利用现代科技成果为盲人提供一种无障碍的信息交互平台,日益成为社会的关注热点。

针对盲人阅读需求大、阅读困难等问题,人们提出了一种盲文显示装置。它可将传统的纸质书籍或者电子文档中的文字显示成动态盲文点字,以盲文电子书的形式代替传统上笨重的盲文书籍,盲人通过指尖触摸阅读动态盲文文字。盲文显示装置的问世,解决了盲人阅读困难、使用不便等问题,是满足盲人阅读需求的重要途径。更值得重视的是,盲文显示装置在盲人识字教学中越

来越受欢迎,是盲人学生学习盲文的重要教学工具。盲生通过盲文显示装置识字、学习技能和获取信息,触摸阅读速度大于听觉阅读速度^[5],有利于盲生更高效、更快速地掌握所学内容,加深对学习内容的理解和记忆,从而极大提高了盲生学习效果。因此,盲文显示装置能满足众多盲人弱势群体的阅读需求,其社会价值重大。

本文简要介绍了盲文显示装置的研究历程,分析了盲文显示装置的国内外研究现状及存在的问题,着重阐述了盲文显示装置的研究难点和关键技术,并对现有盲文显示装置的性能进行了对比,指出了盲文显示装置的发展方向。

1 盲文显示装置的研究历程

1.1 现代汉语盲文字的构成

盲文,英文名为 Braille,又称点字、凸字,是专门为盲人设计、凭借触觉感知的文字。盲人通过触摸由多个凸点组成的盲文字符进行阅读。1824 年,法国盲人路易·布莱尔(Louis Braille)受到夜文的启发,创造出了以简单的凸点代替拉丁字母的盲文体系^[6]。

现代汉语盲文是根据 Louis Braille 发明的盲文点字制定的。一个盲文点字由 6 个固定点距的凸点组成,称为一方。这六个凸点呈三行两列排布,左边自上而下为 1 点、2 点、3 点,右边为 4 点、5 点、6 点,如图 1 所示。凸点的大小、点距、字距、行距都是根据盲人触觉心理和触觉生理特点来设计的。凸点的形状一般为半球形或抛物面形,凸点的点径为 1.0~1.6 mm、高为 0.2~0.5 mm、点距为 2.2~2.8 mm、方距为 3.5~4.0 mm^[7],盲文点字的排布规则如图 2 所示。

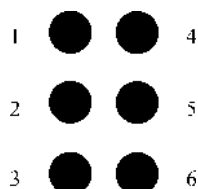


图 1 一个盲文点字

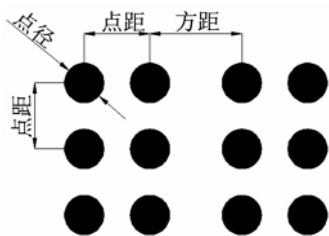


图 2 盲文点字的排布规则

我国有两种汉语盲文方案:一种是现行盲文,另一种是汉语双拼盲文。现行盲文最为通用,它是依据汉语拼音而制成的,一个完整的盲文字符是由声母、韵母及声调组成^[8]。声母、韵母及声调各占一方盲文点字,要显示一个完整的汉语盲文字符需要三个方空间,图 3 所示为“龙”字的盲文字符。在盲人学习过程中,为了方便往往会省去声调。

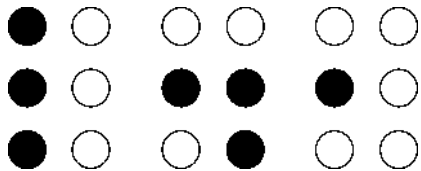


图 3 “龙”字的盲文字符

1.2 盲文显示装置的研发历程

20 世纪 60 年代,斯坦福研究所 Melen 研制出一台盲人阅读器 Optacon^[9]。该阅读器由微型摄像头、信号处理器、驱动电路、电源、6×24 振动针触摸矩阵构成。当手持摄像头沿着文字行扫描时,另一只手的指尖即可触摸到与输入字母形状相同的振动针阵列,盲人可以通过触摸振动针阵列的形状阅读普通印刷的文字。1971 年,美国 Telesensory Systems

公司研发出一台 VersaBraille,有 20 个点字格,这些点字格能够显示屏幕上的文字,是一台可刷新的动态盲文显示的电子设备^[10]。

1995 年后,英国、美国、日本等国家开始高度重视盲文显示装置的研究,各式各样的盲文显示装置如雨后春笋般出现。1997 年,英国 Taylor 等^[11]开发出一款由形状记忆合金作为驱动源的触针阵列盲文显示器。1999 年,美国桑迪亚国家实验室 Anderson 等^[12]研制了一种基于电磁驱动式的 2×3 探针阵列的盲文显示装置,安装于操作者的手指上,能够产生微小的振幅,盲人根据手指尖的振动识别盲文点字。2000 年,美国国家标准技术研究所(NIST)开发出一种回旋式盲文显示机,将盲文点阵排布在轮上且依一定的速度转动,实现不必移动手指也能继续阅读盲文^[13]。

2004 年,东京大学 Kajimoto 等^[14]提出了一种 SmartTouch 系统。该系统通过光传感器收集外界信息,根据收集到的外界信息通过电极刺激人手指以传递触觉信息。电极直径为 1.0 mm,其纵向间距 2.5 mm,横向间距 2.0 mm。这些电极由不锈钢材料制成,按盲文字符的形式排布成点刺激阵列,采用正负脉冲有选择地分别对 Merkel 细胞和 Meissner 小体进行了刺激,从而使人的手指端产生力触觉,以识别盲文码字^[15]。2005 年,东京大学研究生院工学系染谷隆夫和东京大学国际产学研共同研究中心樱井贵康组成的研究小组,联合开发出了一种使用有机晶体管的薄膜型盲文显示器,由在柔性基板上形成的有机晶体管驱动高分子材料制成的激励器,通过电流控制表面产生或消除突起形成盲文,这是首次将有机晶体管和激励器嵌入同一基板并成功驱动^[16]。

与国外相比,国内在盲文显示技术领域的研究进展比较慢,在深度和规模上都与国外存在较大差距。2001 年,清华大学自动化系茅于杭教授等开始进行研发清华盲文点显器^[17],盲文点显器的主要部件采用压电陶瓷材料,通过电压强弱控制压电陶瓷发生伸缩、弯曲的变形,从而推动压电陶瓷上的顶杆上升或下降,以此来显示盲文^[18],实现盲人通过触觉与电脑进行人机交互。2010 年,东南大学古春笑等^[19]采用 3×3 半圆头刺激电极对操作者指端进行刺激,实现视觉图文显示,但电触觉的动态范围较窄,对电刺激参数范围要求较高,刺激参数不稳定,时常会引起刺痛感。

上述研究成果,绝大部分还处在实验室研究的

原理测试阶段,小部分已产品化,比如:德国 Metec 公司研发的 Braille Display^[20],美国 ALVA 公司研发的 ALVA Satellite^[21],德国 Handy Tech 公司研发的 Braille Star 80^[22],清华大学制造的清华新型点显器 V5^[23]等。

然而,已产品化的盲文显示装置售价高,一个盲文点字格的价格大概是 100~150 美元,也就是说一个四十格的盲文显示装置的价格为 4 000~6 000 美元,而一个八十格的盲文显示装置则需要 8 000~12 000 美元。盲文显示装置如此昂贵的价格,严重阻碍了它的推广和普及,难以让大部分盲人弱势群体受益。已产品化的盲文显示装置价格昂贵的原因在于研究难点多、技术实现难度大、研发成本高、原材料成本高和加工制造成本高等。因此,研发出成本低、体积小、便于携带的盲文显示装置,实现盲人无障碍的阅读,提高盲人的文化水平,改善人数众多盲人弱势群体的生活质量,任重道远。

2 盲文显示装置的研究难点

目前,国内外盲文显示装置的研究焦点主要集中在盲文触点的驱动方式上。盲文触点驱动方式的研究内容涵盖医学、生物学、心理学、力学、人工智能、机械及计算机等众多领域,还有很多问题有待解决,如触点空间分辨率、接触力大小控制、控制方法、驱动方式、装置便携性等。

2.1 触点空间分辨率

Van Boven 等^[24]的研究表明,在静态触摸时,人手指的触觉空间分辨阈值为 0.95 mm。人体体表除舌尖外的其余部分,分辨力均不如指尖高。在设计盲文显示装置时,必须注意到皮肤感受器的这种局限性。盲文显示装置触点的空间分辨率由触觉的空间分辨阈值来确定,空间分辨阈值越小,对装置的精度要求和尺寸要求就严格,因此在设计盲文触点的布局要尽可能地紧凑。在有限的空间内如何布置高密度的触点,这已经成为首要解决的问题。根据中国盲文国标 GB/T 15720—2008 规定,参考盲人的心理和生理特点,盲文触点的点距一般为 2.2~2.8 mm,点高为 0.2~0.5 mm^[7]。

2.2 触点接触力的大小

日本信州大学 Lee 等^[25]研究手指触摸评价织物触觉质感时,发现一般人手指触摸织物辨别时间约 5.0 s,手指移动速度约 16 cm/s,施加的接触力约 0.25 N。Breugnot 等^[26]通过生物力学实验研究

了不同棉织物的触觉质感辨别,实验发现手指的平均移动速度为 5~10 cm/s,平均接触力为 0.5~0.9 N。Lederman 等^[27]发现,辨别刻有凹槽的金属板时所施加的平均力为 70 gf(约为 0.686 N)。Srinivasan 等^[28]发现,在辨别软硬程度不同的橡胶块实验中,测试者手指的平均移动速度为 3.35 ± 0.85 mm/s,手指的触压力为 98.71 ± 26.17 gf(约为 0.967 ± 0.256 N)。这些研究表明,由于不同的物体具有不同的物质属性,手通过触摸感知不同的物体时,接触物体导致手指面的变形不同,手指感知分辨物体的压力阈值也不同^[29]。目前没有文献明确指出手指感知盲文时接触力的区间范围,因此,触点接触力大小的设定也是设计盲文显示装置的关键问题。

2.3 触点控制

目前,国际上通用的盲文点显器都是根据各国情况自行设置的,各国盲文输出的方式和规则也不同,因此国外盲文点显器的控制系统不适用于中国,这就需要开发出汉语盲文的控制系统。首先,现有的盲文显示装置中盲文触点都较多,要实现触点按照盲文字符的规则来显示,就必须对盲文触点进行一一控制,因此在电路板上安全有序地排布电路是急需解决的问题。其次,盲文显示装置要实现动态性、实时性、交互性,对其控制精度的要求较高,所以如何将控制的响应时间缩小到最短,也是盲文显示装置要解决的核心问题。

2.4 触点的驱动方式

触点的驱动方式是盲文显示装置研发重点考虑的问题。一般触点驱动器的要求有以下几点:a)接收到指令后,触点能够快速达到指定的上升高度;b)达到指定的高度后,手指触摸盲文时,对手指要产生一定的接触力,且接触力的大小要适宜,一般约为 1N;c)在盲人摸读过程中,保持一定的接触力,直至盲人识别出触摸阅读的信息;d)在盲人手指离开后,触点能够快速实现复位。满足以上要求,盲文显示装置才能具备盲文触点的凸显、保持和复位之间的转换功能,从而显示出不同含义的盲文字符。

2.5 装置的便携性

盲文显示装置的设计考虑到它的便携性,应遵循体积小、重量轻、易操作、可脱机使用的原则。目前较成熟的盲文显示装置,在体积小、重量轻等方面做得相对较好,但是它们都未实现脱机使用功能,使用时须与电脑相连并结合相配套的读屏软件,这使

得盲人不能像正常人一样,随时随地、自由自在地享受阅读的快乐。因此,研发不受电源、电脑和网络的限制,可脱机使用的盲文显示器,是未来重要研究方向。目前,浙江理工大学虚拟实验室正在研发一款可脱机使用的盲文显示装置,为盲人提供一种便于携带的阅读工具。

3 盲文显示装置的基本构架

盲文显示装置的基本构架如图4所示,基本上可分为两个功能部分:第一部分是汉/盲转换功能部分,读取普通电子文档中的文字,通过汉语—盲文翻译转换系统,编译成相对应的盲文字符;第二部分是盲文显示功能部分,处理器将盲文字符相对应的控制信号传输至盲文驱动模块,盲文驱动模块驱动执行器向盲文显示模块发送显示命令,盲文显示模块接收到命令后显示盲文。在盲文显示装置的基本构架中,盲文触点的驱动机构是核心硬件,汉语—盲文翻译转换系统和盲文显示控制系统是核心软件,盲文显示过程中触觉力大小、响应速度、刷新频率等是重要性能评价指标。

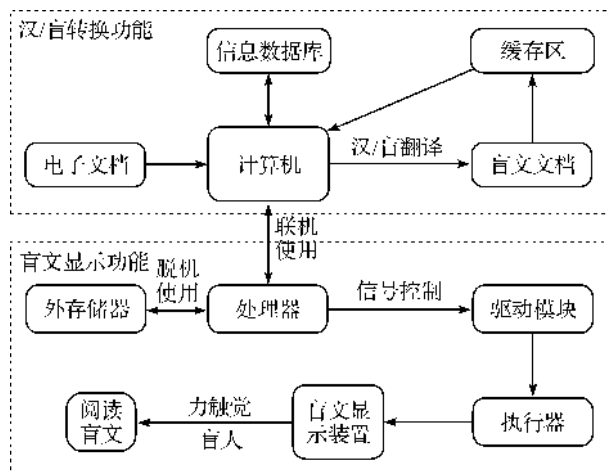


图4 盲文显示装置的基本构架

盲人触摸感知盲文显示模块的触点,盲文触点与手指接触产生力触觉,在指尖形成一定的压力值。当这个压力值超过指尖的触觉阈值,盲人就可以感觉到盲文触点的凸起或者降落,再根据盲文触点凸起的排布方式,识别盲文。

4 盲文触点的驱动原理

盲文显示装置是实现触觉再现技术的具体应用,触觉再现是指通过一定的方式刺激人的感觉器官,使人产生真实的触觉或者能够代替真实触觉的一种感觉^[30]。触觉再现主要有两种方式:一

种是感官替代,另一种是直接重构^[31]。感官替代是指一种感觉器官可以替代另一种感觉器官,当身体中的某种感觉器官因为外界原因或者自身原因受到损伤时,就可以用身体中的其他部位来代替先前受损的感觉器官,如用听觉代替视觉,用触觉代替听觉,用触觉代替视觉等;直接重构是指直接刺激人类的皮肤而产生触觉感。对比感官替代,直接重构方式产生的触觉感直观、可靠、准确率高,当前盲文显示装置大多数采用直接重构方式。

实现盲文触点的凸显是盲文显示装置中最重要的设计环节,其驱动器要求结构简单、体积小、材质轻、加工工艺简洁、容易操控、响应速度快。针对不同的驱动方式,本文对国内外盲文显示装置进行了概括和分类,如图5所示,盲文显示装置主要分为6种:压电陶瓷式、记忆合金式、电磁式、气动式、电刺激式、温控式。

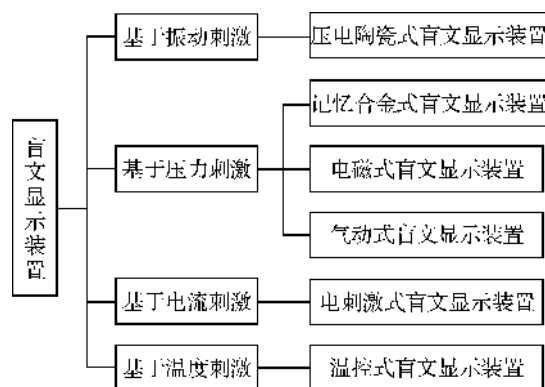


图5 盲文显示装置的分类

4.1 压电陶瓷式盲文显示装置

墨西哥泛美大学 Hernandez 等^[32]研发了采用压电陶瓷片作为驱动器的盲文显示装置,如图6所示。该装置共有7层,3×2触点阵列中的触动针都是由压电陶瓷片以75 kHz的频率激发的,它能在0.1 ms产生0.18 μm的位移。压电陶瓷式盲文显示装置,主要利用了压电效应的可逆性。压电双晶片是将两片具有相反极化方向的压电陶瓷片紧密贴合在一起,当向其施加正向电压后,一方伸长,另一方则收缩,因此产生弯曲变形,固定在压电陶瓷片上的驱动针也随之向上运动。当施加负向电压时,压电双晶片弯曲情况均与上面相反。压电式盲文显示装置功耗低,质量轻,提供的支持力大,响应速度快,能够快速实现盲文显示,但压电片更换不方便,结构复杂,生产加工工艺繁琐,零件制造成本高,加工难度大。

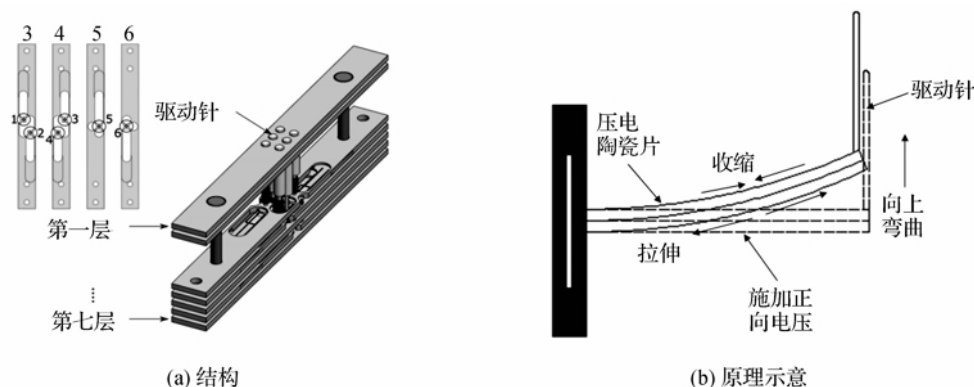


图6 压电陶瓷式盲文显示装置

4.2 记忆合金式盲文显示装置

记忆合金式盲文显示装置根据形状记忆效应进行研制。形状记忆合金主要分两种:单程记忆合金和双程记忆合金。单程记忆合金的材质在发生了塑性变形后,经过加热到某一温度,能够恢复到形变之前的形状。双程记忆合金在加热时恢复高温状态下的形状,冷却时又能恢复低温状态下的形状。

日本东北大学 Haga 等^[33]采用了形状记忆合金来控制盲文触点的变化。由记忆合金做成的弹簧圈安装在驱动针的外围,记忆合金线圈分为上部和下

部两部分。下部记忆合金弹簧圈通电后,电流使下部记忆合金温度升高,下部弹簧发生拉伸变形,推动触点向上运动,上部弹簧被压缩,从而显示盲文触点。当下部记忆合金弹簧圈断电,上部通电后,电流使上部记忆合金温度升高,上部弹簧发生拉伸变形,推动触点向下运动,下部弹簧被压缩,从而使盲文触点回到初始位置,该装置的结构如图7所示。此装置的优点在于结构简单,材质轻便易携带,缺点在于记忆合金材料存在形状状态变化慢且机械强度较弱,所以盲文显示屏的刷新频率低和耐用性能差,制作成本高不利于推广。

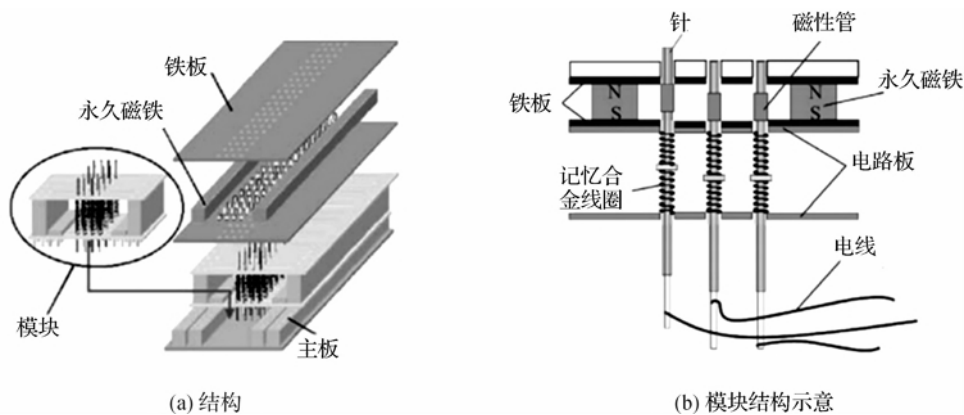


图7 记忆合金式盲文显示装置

4.3 电磁式盲文显示装置

2008年,国际橡胶协会与微电子与纳米技术协会会员 Streque 等^[34]研制的触觉显示设备可显示物体表面轮廓,亦可用于盲文显示。如图8所示,该装置触摸屏采用纳米技术制造的PDMS薄膜,4×4橡胶点矩阵用于显示盲文点字。每一个橡胶点与直径为1.5 mm的永磁铁相固定,永磁铁与下方支架中电磁铁相互作用形成驱动器,通过计算机控制橡胶针的升降以显示盲文信息。此显示设备不足之处在于制造加工技术难度高,成本昂贵。

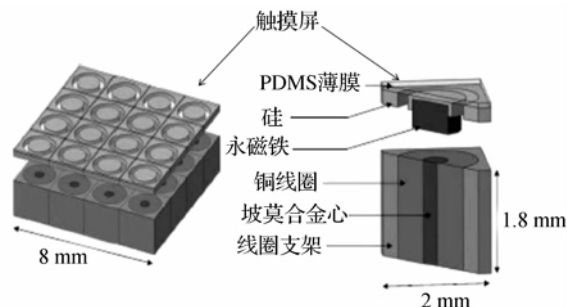


图8 触觉盲文显示设备

桂林理工大学邓建志等^[35]也提出了一种电磁式盲文显示装置,利用电磁效应、安培定则和磁体同极相斥现象,通过永久磁铁和电磁铁产生的磁力,来控制触点的升起和复位,如图 9 所示,在不工作的状态下,由永磁铁制成的驱动针对铁芯产生吸力,因铁芯固定不动,因此驱动针在吸力的作用下会向下运动,触点缩入孔中。在工作状态下,向电磁线圈通以直流电,通电线圈产生的磁场会抵消掉永久磁铁产生的磁场,驱动针便在牵引弹簧的带动下伸出孔形成盲文凸点。该装置易控制,能产生所需的触觉力,盲文触点间距可满足要求,但机械结构复杂,活动零部件较多,整体结构的强度差。

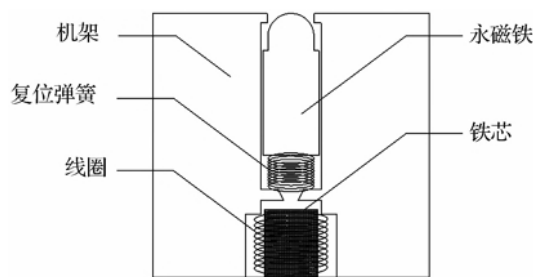
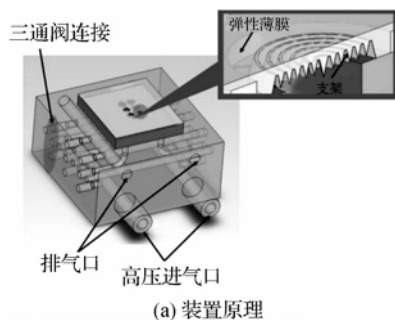


图 9 电磁式盲文显示装置

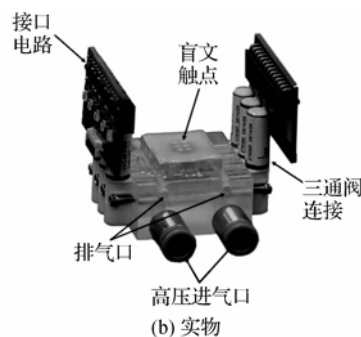


(a) 装置原理

4.4 气动式盲文显示装置

气动式盲文显示装置,利用空气压缩机向密封装置内部通入压缩空气,与外界空气形成压强差,在内部压力作用下,由高聚物分子材料制成的薄膜触摸屏表面就会触点凸起,形成盲文触点。2007 年,美国 Georgia Institute of Technology 研发出一台气动式盲文显示装置^[36-37],内部的 6 个触点气囊与一连串的微型气缸相连接,由气缸内的压缩空气驱动 6 个触点上升或者下落,如图 10 所示。当微处理器接受到显示盲文的命令后,接口电路控制相关的微型气缸打开进气阀,排气口关闭,空气压缩机通过高压进气口向装置内通入压缩空气至 100 kPa,空气流在装置内部与外界环境形成压强差,薄膜触摸屏表面受力后形成盲文凸点,凸起高度为 0.56 mm。当微处理器接收到复位命令后,接口电路控制相关的微型气缸关闭进气阀,同时打开排气阀,装置内部的压缩空气从排气口排出,压强差消失,盲文触点恢复平整。

气动式盲文显示装置重量轻,制作成本较低,结构简单,可塑性强,造价低,此外还可将产生压力的空气压缩机放置在外围空间。缺点是系统存在非线性,控制空气流的压力很难。



(b) 实物

图 10 气动式盲文显示装置

4.5 电刺激式盲文显示装置

电刺激式盲文显示装置,是将电脉冲信号施加到位于人手指指端的微小电极上,通过微电极的表层电流直接刺激皮肤内的神经纤维,能够在没有机械驱动器的状况下产生压力或者振动触觉,盲人根据手指端产生的触觉信息来识别盲文点字。

2014 年,蒋小燕等^[38]提出了一种电极式盲文点显器,该装置借鉴了电子针灸技术,采用电极表示盲文点位,通过脉冲发生器对盲文点位产生相应的电子脉冲,盲人通过手指触摸电极是否有电刺激感觉来识别盲文。电极是由高分子导电材料及导电橡胶制成的,电极之间的间距为 2.5 mm,电极直径为 1.5 mm。由于盲文点显器电极中的电流要与人体构成回路,因

此它采用了 8 个电极单元构成一方,其中电极 1、2、3、4、5、6 用来显示一个盲文字符,电极 7 作为公共电极,与其他电极形成回路,电极 8 用于显示当前手指摸读的位置,电极式盲文点显器的示意图如图 11 所示。

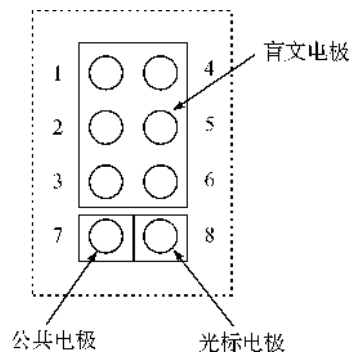


图 11 电极式盲文点显器

电刺激式盲文显示装置,直接刺激皮肤,没有可动部件,所以电刺激式盲文显示装置的功耗低。由于结构简单,可以使用柔性印刷电路技术,适合大规模生产,故成本低;电刺激式装置的主要问题在于易引起不舒服的感觉(如刺痛感)。

4.6 温度控制式盲文显示装置

2012年,重庆大学汪成亮等^[39]提出了一种基于温度控制的盲文显示装置,通过控制触点传到手指尖的温度来实现盲文显示。如图12所示,根据要求显示的盲文触点,确定各半导体制冷片冷端设定的温度,并将半导体制冷片冷端的当前温度与其设定的温度进行对比,通过控制加载在半导体制冷片两端的PWM脉冲的方向和占空比,来实现对应温显单元的冷热显示,如图13所示,其中温显单元为热极时,表示盲文触点的凸点,温显单元为冷极时,表示盲文触点的平点。

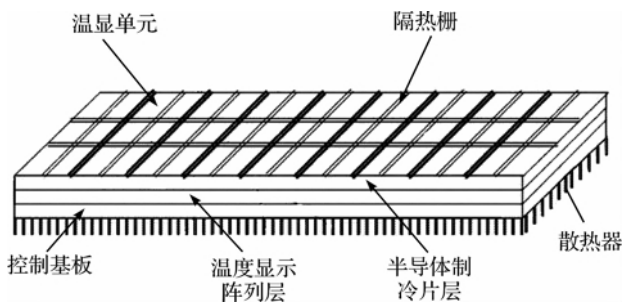


图12 温控式盲文显示装置

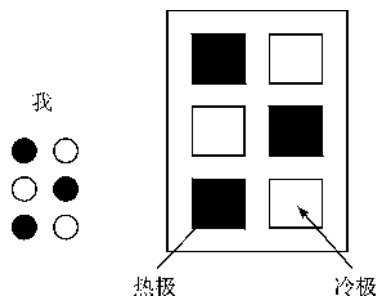


图13 温显单元的冷热显示

温控式盲文显示装置优点在于装置结构简单,制作成本低,盲文显示稳定性好,转换率高;缺点在于温度不能快速上升与下降,即时显示效果不佳,手指对温度感知度的面积大,所以该装置手指感知度不好,识别盲文错误率高。

5 国内外盲文显示装置的对比

目前国内外的盲文显示装置都有其自身的优势和不足,现对其性能进行比较和总结,其性能参数如表1所示。

从表1中可知,压电陶瓷式盲文显示装置体积适中、响应速度快、交互性和实时性较好,但是装置结构比较复杂,稳定性一般;记忆合金式盲文显示装置结构简单、体积较小、稳定性好,但响应速度慢、交互性和实时性较差;电磁式盲文显示装置响应速度快、输出的触觉力较大、稳定性好、体积适中;气动式

表1 国内外盲文显示装置的性能比较

盲文显示装置种类	装置尺寸	响应速度	感知舒适度	装置复杂性	触觉力大小	交互性	稳定性	实时性	噪音控制
压电陶瓷式	适中	快	一般	复杂	一般	较好	一般	好	一般
记忆合金式	小	慢	好	简单	一般	一般	好	差	好
电磁式	适中	快	好	一般	大	好	好	好	一般
气动式	大	较慢	好	复杂	小	一般	一般	差	一般
电刺激式	小	较快	差	简单	—	一般	好	好	好
温度控制式	适中	慢	好	一般	—	差	好	差	好

注:表中“—”表示性能不详。

盲文显示装置感知舒适度较好、响应速度一般,但是装置结构复杂、体积较大、输出的触觉力小;电刺激式盲文显示装置人机交互性和实时性好、响应速度较快,但是感知舒适度较差;温度式盲文显示装置创新性强、感知舒适度好、稳定性好、无噪音,但人机交互性差。

目前,大多数盲文显示装置多为压电式盲文显示装置和电磁式盲文显示装置,它们响应速度快,体积适中,人机交互性好。记忆合金式盲文显示装置

和气动式盲文显示装置响应速度普遍较慢,因此不适合作为盲文显示装置盲文触点的驱动器,此外气动式盲文显示装置较大,不便于盲人携带。电刺激式盲文显示装置感知舒适度差,不适宜盲人长期摸读盲文。温度控制式盲文显示装置,对盲人手指温度分辨率的要求很高,鉴于人手温度感受器的局限性,用温度控制来达到盲文显示的功能目前无法实现。综合考虑,盲文显示装置较适合的驱动方式为压电式和电磁式。

6 总结和展望

盲文显示装置在盲人教学中越来越受到欢迎,对改善人数众多盲人弱势群体的生活质量,提高盲人的文化水平有着重大的意义。盲文显示装置的研发得到众多研究学者的关注,已逐渐成为21世纪盲人辅助产品研究的前沿和焦点。

盲文显示装置应当具备以下特点:a)结构设计能够保证盲文触点的间距,符合盲人的摸读习惯;b)盲文触点的显示状态,能够保证手指尖有足够的接触力;c)装置具有足够的稳定性及安全性,确保安全稳定地工作。

创新研发出成本低、体积小、信息存储量大、响应速度快、便于携带的盲文显示装置是必然的发展方向,特别是在以下三方面需要更深入研究:a)提高接触力的精度,能输出不同等级大小的接触力;b)提升装置的动态响应速度,达到即用即显水平;c)改进装置的人机交互方式,实现无障碍的人机交互通道等。

相信在不久的将来,盲文显示装置将实现与盲人无障碍的交互,满足盲人的阅读和学习需求,而盲人可以像正常人一样随时随地、自由自在地享受阅读的快乐。

参考文献:

- [1] World Health Organization. Global data on visual impairments 2010[EB/OL]. [2014-04-01]. <http://www.who.int/blindness/GLOBALDATAFINALforweb.pdf>.
- [2] 李肖. 我国盲人阅读资源及阅读推广现状[J]. 新世纪图书馆, 2013(5): 19-22.
- [3] 侯夷. 盲文出版物: 中国出版业的盲区[J]. 中国出版, 2006(11): 30-32.
- [4] 唐英杰, 伍春洪. 盲文阅读机的设计及模拟实现[J]. 北京印刷学院学报, 1998, 6(1): 44-48.
- [5] 王欣. 双手摸读法在提升视障学生阅读能力中的应用[J]. 和田师范专科学校学报, 2011, 30(4): 24-28.
- [6] 孙哲. 盲文的起源发展和改革方向[J]. 才智, 2008, 23: 176-177.
- [7] GB/T 15720—2008 中国盲文[S].
- [8] 程黎, 顾定倩, 刘艳虹, 等. 我国盲文使用状况的调查研究[J]. 语言文字应用, 2003(2): 43-48.
- [9] Goldish L H, Taylor H E. The Optacon: a valuable device for blind persons[J]. New Outlook for the Blind, 1974, 68(2): 49-56.
- [10] Williams T T, Lambert R M, White C W. Interactive braille output for blind computer users[J]. Behavior Research Methods, Instruments, & Computers, 1985, 17(2): 265-267.
- [11] Taylor P M, Moser A, Creed A. The design and control of a tactile display based on shape memory alloys [C]//Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation, Albuquerque, New Mexico, 1997: 1317-1323.
- [12] Anderson T G, Breckenridge A, Davidson G S. FGB: a graphical and haptic user interface for creating graphical, haptic user interfaces[EB/OL]. (1999-10-18) [2014-04-04]. <http://www.osti.gov/scitech/servlets/purl/13976>.
- [13] Wikipedia. 盲文显示机[EB/OL]. [2014-04-04]. <http://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%9B%B2%E6%96%87%E6%98%BE%E7%A4%BA%E6%9C%BA>.
- [14] Kajimoto H, Kawakami N, Tachi S, et al. SmartTouch: electric skin to touch the untouchable[J]. IEEE Computer Graphics and Applications, 2004, 24(1): 36-43.
- [15] 帅立国, 姜昌金, 周芝庭. 触觉显示技术及其发展趋势[J]. 工业仪表与自动化装置, 2006(6): 74-79.
- [16] 染谷隆夫. 日本推出薄膜型盲文显示器[EB/OL]. [2014-04-01]. <http://digi.it.sohu.com/20051202/n240855059.shtml>.
- [17] 赵宇, 茅于杭. 盲人人机交互系统的特点和现状[J]. 计算机应用, 2005, 25(10): 2224-2227.
- [18] 吴丹玥, 干静. 辅助盲人访问 Internet 的力/触觉交互技术[J]. 工程设计学报, 2010, 17(2): 128-133.
- [19] 古春笑, 帅立国, 周芝庭. 基于视触觉替代方法的盲教装置[J]. 工业仪表与自动化装置, 2010(1): 102-105.
- [20] Metec. Braille-Display [EB/OL]. [2014-04-08]. <http://web.metec-ag.de/braillemodule.html>.
- [21] Synapsestore. ALVA Braille Display[EB/OL]. [2014-04-10]. http://www.synapseadaptive.com/alva/Alva_Pro/alva_products.htm.
- [22] Handy Tech Elektronik GmbH. Handy Tech[EB/OL]. [2014-04-15]. <http://www.handytech.de/produkte.php?sub=6>.
- [23] 清华大学自动化系语言文字信息处理研究中心. 清华点显器[EB/OL]. [2014-04-17]. <http://www.qhqmx.com.cn/dianziji.html>.
- [24] Van Boven R W, Johnson K O. The limit of tactile spatial resolution in humans Grating orientation discrimination at the lip, tongue, and finger[J]. Neurology, 1994, 44(12): 2361-2361.
- [25] Lee S, Kamijo M, Nishimatsu T, et al. Active tactual motion of fingers in discriminating cloth: the difference between male and female[J]. Sen'i Gakkaishi, 2003, 59(9): 365-370.

- [26] Breugnot C, Bueno M A, Ribot-Ciscar E. Responses of mechanoreceptive afferent units and mechanical characterization[J]. *Melliand International*, 2006, 7(4): 314-318.
- [27] Lederman S J, Taylor M M. Fingertip force, surface geometry and the perception of roughness by active touch[J]. *Perception & Psychophysics*, 1972, 12(5): 401-408.
- [28] Srinivasan M A, LaMotte R H. Tactual discrimination of softness: abilities and mechanisms[M]//*Somesthesis and the Neurobiology of the Somatosensory Cortex*. Birkhäuser Basel, 1996: 123-135.
- [29] 胡吉永. 基于触觉认知的织物质感的形成机理研究[D]. 上海: 东华大学, 2008.
- [30] 张燕燕, 李朝东, 匡伯谦. 触觉显示器及其振动激发方式[J]. *工业仪表与自动化装置*, 2008(2): 82-85.
- [31] 张竹茂. 基于手指的触觉替代视觉系统的研制[D]. 上海: 上海交通大学, 2009.
- [32] Hernandez H, Preza E, Velazquez R. Characterization of a piezoelectric ultrasonic linear motor for braille displays[C]//*Electronics, Robotics and Automotive Mechanics Conference*, 2009. CERMA'09. IEEE, 2009: 402-407.
- [33] Haga Y, Makishi W, Iwami K, et al. Dynamic braille display using SMA coil actuator and magnetic latch[J]. *Sensors and Actuators A: Physical*, 2005, 119(2): 316-322.
- [34] Streque J, Talbi A, Pernod P, et al. New magnetic microactuator design based on PDMS elastomer and MEMS technologies for tactile display[J]. *Haptics, IEEE Transactions on*, 2010, 3(2): 88-97.
- [35] 邓建志. 电磁推拉式盲文触摸屏: 中国, CN102184662A[P]. 2011-09-14.
- [36] Wu X, Kim S H, Zhu H, et al. A refreshable braille cell based on pneumatic microbubble actuators[J]. *Microelectromechanical Systems, Journal of*, 2012, 21(4): 908-916.
- [37] Wu X, Zhu H, Kim S H, et al. A portable pneumatically-actuated refreshable braille cell[C]//*Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems Conference*, 2007. TRANSDUCERS 2007. International IEEE, 2007: 1409-1412.
- [38] 蒋小艳, 胡作进. 基于电极刺激原理的盲文点显器的设计与实现[J]. *计算机应用*, 2014, 34(S1): 334-337.
- [39] 汪成亮, 张智海, 陈俊红. 基于温度控制的盲文显示装置: 中国, CN102819975A[P]. 2012-12-12.

Research Progress of Braille Display Device

YANG Wen-zhen, XU Yan, WU Xin-li, ZHU Pan-fei, ZHANG Hao

(School of Mechanical Engineering & Automation, Zhejiang Sci-Tech University,
Hangzhou 310018, China)

Abstract: The braille display device can transform printed books or common characters in electronic documents to braille characters for the blind so that the blind can touch and read them. Hence, it is increasingly welcomed in teaching the blind. It has become the leading edge and focus of ancillary product research for the blind. Firstly, this paper reviews the research history of braille display device and expounds domestic and foreign research situations. Secondly, this paper summarizes research and development difficulties of braille display device, mainly including braille contact driving mode, braille contact control and resolution ratio of Braille contact. Thirdly, the properties of existing braille display devices are compared. Finally, development potential and future trend of braille display device are prospected. The portable braille display device with low research and development cost, small volume, large information memory space and fast response speed has great significance for improving living quality of numerous vulnerable groups and boosting their cultural level.

Key words: braille display; braille characters; contact driving mode; summarization

(责任编辑: 康 锋)