

脑电在服装舒适性评价中的应用

陈东生^{1,2}, 刘运娟^{1,2}

(1. 闽江学院 服装与艺术工程学院, 福建 福州 350108; 2. 江南大学 纺织服装学院, 江苏 无锡 214122)

摘要:在文献基础上总结了脑电技术的研究进展与应用领域,分析了脑电在服装舒适性评价中的应用原理。根据服装舒适性包含的湿热舒适性、触感舒适性、压力舒适性、视觉美观舒适性4个方面,分别归纳了脑电技术在各领域的应用研究情况,提出找到脑波指标与服装感觉之间的定量关系成为此领域的研究发展方向,最终达到用客观量值对人们的主观服装舒适性认识进行评价的目的,为满足舒适性要求的服装产品设计提供思路与方法。

关键词:事件相关电位;脑电技术;服装舒适性

中图分类号:TS 941.1 **文献标志码:**A **文章编号:**2096-1928(2016)01-0021-05

Application of EEG Technology to Evaluation of Clothing Comfort

CHEN Dongsheng^{1,2}, LIU Yunjuan^{1,2}

(1. Clothing and Design Faculty, Minjiang University, Fuzhou 350108, China; 2. School of Textile and Clothing, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: By analyzing domestic and foreign literatures concerning event-related potential research, this paper analyses the theory of comfort of wearing by using EEG technology. The comfort of wearing includes four parts: thermesthesia comfort feeling, touch feeling, pressure feeling and appearance feeling. This paper makes a summary of the various application of EEG technology. Finally, we propose the research direction in the domain of identifying using EEG the nerve reflection related to special feeling and neurocognitive events, for the purpose of using impersonal metrics to evaluate subjective feelings of clothing comfort and then provide a new method for designing clothing that are more comfortable.

Key words: event-related potential, EEG, comfort of wearing

人类社会发展到今天,对于服装的要求已经突破了传统遮羞保暖的基本需求,更加追求服装的穿着舒适性、视觉的美观性等,因此服装舒适性成为现代消费者对服装产品关注的焦点,国内外研究人员也将新理论、新方法应用于此领域,形成服装学科的研究热点。

舒适性是多维和复杂的,它包括生理上的舒适性与心理上的舒适性。舒适的主观感觉包含所有相关感觉的形成、加深、结合及对过去经历和现在期望的评价所构成舒适状态的总体评价的心理过程^[1]。服装舒适性的评价与被测人体的主观感受

有着密切联系,目前对于服装舒适性主观感觉评价还停留在根据个人的心理感觉对穿着服装的舒适感觉进行评分,由于个体的差异,其实验结论的可信性和试验的可重复性差,因此寻找到更为科学准确的舒适性评价方法成为服装舒适性研究的重要内容。

将生理心理学、物理心理学相关理论与技术方法引入服装舒适性评价中,将影响服装舒适性的物理因素与人的生理或心理物理指标综合在一起,对服装舒适性感觉效果做出表达,通过对评价要素的控制,可以在一定范围内排除由人的差异所产生的

收稿日期:2015-11-15; **修订日期:**2016-01-04。

基金项目:福建省科技厅社会发展重点项目(2010Y0042);福建省教育厅科技计划项目(JB11124);福建省高校服务海西建设重点项目(闽教高[2009]8号)。

作者简介:陈东生(1957—),男,教授,博士生导师。主要研究方向为现代服装技术。Email:mjuchen@126.com

差异,使评价结果能够表达大部分人群的感觉效果,为解决服装舒适性主观评价上的不稳定性提供一种有效方法。

脑电技术更为准确地讲是脑电信号采集与分析技术。人脑细胞无时无刻不在进行自发性、节律性、综合性电活动,这种电活动称为脑电,大体可分为自发脑电(EEG)、诱发脑电位(EP)和事件相关脑电位(ERP),除去人自身生理条件会影响脑电外,如年龄、性别、觉醒状态等,外界的刺激也会影响脑电的变化^[2]。

当人穿着服装时,神经系统会对衣服产生的视觉、触觉等刺激产生反应,这种反应可以通过脑部的电位活动记录下来,通过分析其电位的相关特征,如潜伏期、波幅和头皮分布等,更大程度地认识服装穿着过程中的心理生理变化,更为科学准确地评价服装的穿着舒适性感觉。

1 脑电技术研究进展

1.1 脑电技术研究与应用

自 1929 年, Hans Berger 通过放在头皮上的电极测量人脑的脑电活动并放大后形成脑电图(或称 EEG), EEG 就被应用于科学领域和临床应用, Berger 也被后人称为“人类脑电图之父”。直到 1933 年,英国的生理学家 E. D. Adrian 肯定了 Berger 的有关研究,脑电技术才得以迅速发展^[3]。1958 年,美国学者 Dawson 研制出了一种瞬时脑电诱发装置,开启了脑电采集的新技术,被称为临床脑诱发电位(EP)的创始人^[4]。20 世纪 30 年代首次获得清醒的人类感觉 ERP 记录^[5],二次世界大战结束后直到 50 年代才再次兴起,这一时期研究多集中在感觉问题上。现代 ERP 研究起始于 1964 年,以 Grey Walter 报告了第一个认知 ERPs 成分为标志^[6]。20 世纪 70 年代,ERP 研究集中于其成分的发现与理解,80 年代中期,随着计算机技术的引入和认知神经科学研究的全面探索,开始使脑电研究得以普及。脑电技术应用领域包括医学研究上的临床医学、神经病学、精神病学;认知神经科学研究的认知心理学、心理语言学等方面;与感性工学结合分析人的感性来设计产品等。

1.2 脑电技术在服装舒适性评价中的应用原理

服装舒适性主要包含热湿生理舒适性、接触舒适性、压力舒适性、视觉美观性等方面,它们主要通过人体的视觉、触觉器官传导至人脑的高级神经中枢,这些信息可以表现为脑细胞的电活动,将这种电活动的电位作为纵轴,时间特征为横轴,记录下

来的电位与时间相互关系的平面图即为脑电图,如设计与服装舒适性相关的特定刺激事件,此时生成的脑电图也可经过信号过滤和叠加分离形成与时间相关的 ERPs。

外界的刺激会使人脑电发生变化。服装对人体的刺激主要表现为视觉刺激和体感刺激,脑诱发电位记录的就是神经系统对刺激本身的反应。如服装面料的粗糙程度可模拟成为一种体感刺激,将其按一定时间编排后作用于手指的指皮神经,在脑感觉投射区相应的头皮上都能记录到其诱发电位,这种体感刺激诱发活动与其他电活动是混在一起的^[7];通过分析诱发信号找到与这种体感刺激的物理属性相关的“外源性成分”、与心理因素相关的“内源性成分”或二者兼而有之的“中源性成分”^[8]。

服装的视觉美观性可以通过服装的色彩、款式结构表现出来,将服装的外观特征模拟为一定的视觉刺激编码作用于人的视觉器官,当然这种视觉刺激包含多个维度的心理物理特征,如色彩的对比度、亮度、色度、饱和度、空间频率、刺激朝向等。这些特征的变化可以形成内在的身心感受,或称为情绪反应^[9],可以通过脑电生理反应指标来表现内在身心状况。

2 脑电技术在服装舒适性评价中的应用

随着感性工学研究的不断深入,研究者意识到服装这种表现消费者个性需求的产品也进入了“感性的时代”。为了设计出符合着装者心理的舒适感,心理学、生理学技术和方法被应用于服装舒适性评价^[10-12]。脑电技术在服装舒适性评价领域应用主要集中在服装热湿舒适性、接触舒适性、压力舒适性、视觉美观舒适性评价方面,脑电图与事件相关电位分析是主要应用的两种技术方法。

2.1 脑电技术在服装热湿舒适性评价中的应用

日本信州大学纤维学部较早将脑电技术应用用于服装热湿生理舒适性评价中。Kamijo^[12-15]及其合作者从理论上分析了将生理心理学研究方法应用于服装热湿舒适性评价中的可行性,并尝试引入生理心理学技术比如脑电来评价服装的温暖感。Yosuke Horiba^[16-17]以服装热湿舒适性评价指标中温度感觉为研究对象,首先记录被试者在穿着和未穿外套时的脑波图,结合被试者穿着温度感觉主观评价结果,利用混沌分析法研究着装温度感觉与脑电波的相关性。实验结果显示,在穿着外套感觉舒

适条件下的脑电波呈确定性混沌,不穿着外套条件下脑电波呈弱混沌,前者的脑电关联维大于后者,证明利用混沌分析法对脑电波的分析能够对温度感觉进行量化评价。

Yuki Mori^[18]利用脑波来评价罗布麻纤维制成的睡衣是否有促进睡眠质量的作用。将罗布麻与棉混纺、锦纶与棉混纺的两种睡衣作为实验对象,通过测量睡眠时的脑波发现,着罗布麻与棉混纺睡衣的人其脑波中呈现更强的 α 波,表明此时人处于一种放松状态,证明罗布麻纤维具有促进睡眠质量的作用。日本学者将脑电技术应用于成人纸尿裤的无纺布面料的热湿舒适性评价^[19]。

2.2 脑电技术在服装接触舒适性评价中的应用

服装的接触舒适性是织物与皮肤直接发生的生理和物理作用,如软硬、粗糙、刺痒、瞬时接触冷暖感等,服装的接触舒适性评价主要针对面料的感觉评价。脑电技术在服装接触舒适性评价中的应用较多,不仅研究了不同服装材料触感的脑电波特征,还设计了与接触感评价相关的刺激事件。

东京医科大学和东京大学的研究者开展了不同材料的触感对脑波的影响研究,Yoshiaki^[20]将塑料板、玻璃板、草垫、铝板、毛巾、棉布、扁柏木板(光滑与不光滑两种)等材料作为实验对象,闭眼时左右手指触摸这些材料并记录下脑电波图,通过分析不同材料的触感对脑电波的影响,得出脑波中的 α_2 (10~13 Hz)波与人的触觉神经活动有关。

Mi-Kyong Park^[21-22]研究了女性卫生棉表层的身体触感的脑电特征。将网面表层与无纺布棉柔表层的两种卫生棉作为实验对象,前者代表粗糙表面,后者代表柔滑表面,记录女性在月经期使用两种不同触感卫生棉的脑电波图,结合使用者的自身主观评价分析其情绪反应。实验表明,这两种卫生棉在使用过程中脑电波中有明显的双向 β 波和 α_2 波,表面更粗糙的网面表层卫生棉能提高脑觉醒水平,增加不适感。

Yosuke Horiba^[23]设计了反映织物触感的相关刺激事件,研究 ERPs 成分 P300 与织物触感之间的关系。将毛毯、棉布和砂纸作为刺激试样置于左手前腕内侧,刺激每隔 3 s 呈现一次,刺激呈现 20 次,实验结果显示手感柔软丰满的毛毯对应刺激电位振幅小于棉布和砂纸,表明其事件相关电位的主要成分 P300 可以反映织物的触觉手感。山添伸祥^[24]为织物触感刺激实验开发了一种往复运动型接触动作试验机,从而使体感刺激的呈现时间准确性更高。

刘洋^[25]通过分析脑电与人体感觉的关系,认为

脑电不但可以反映人的生理状况,更重要的是能够反映人的心理状态,在总结已有的研究成果上提出脑电测量人体对面料或服装的触觉效果方法。

王艺霈^[26]做了基于神经电生理学的着装接触舒适性研究,选取两个脑电指标分别与着装舒适性相关的物理指标和主观感知评分进行相关性分析,证明左侧枕部 α 波能量百分比可以作为有效反映着装舒适性感觉的客观指标。

2.3 脑电在服装视觉美观性评价中的应用

感性服装概念的提出促使了对服装视觉美观性评价方法的研究,服装视觉美观性主要以服装的款式造型与色彩体现,其评价通常采用概念化的描述,评价个体的主观性影响了其评价的客观性。对服装美观性的感知可以被描述为一种情绪,是服装款式色彩对人刺激后产生的情感外部表现,可以通过脑科学的研究方法去揭示这种情绪的发生过程,从而实现用科学理论定量探讨着装的美观性。目前脑电在服装视觉美观性评价方面还只涉及到服装色彩领域,在此尝试设计视觉诱发方面具体刺激事件,对 ERPs 在该领域的应用进行了较深入的探索。

陈雁^[27]在服装颜色的感觉形成原理的基础上,利用神经电生理检测技术对蓝白、红白、黄白、黑 4 种颜色引起的诱发电位进行了检测。实验表明,视觉诱发电位中潜伏期较短的 N75、P100、N145 属于外源性诱发电位,主要与刺激的物理特征有关,可用来检测颜色的物理特性在人的神经系统产生影响,为揭示服装颜色风格的客观评价做出了新的尝试。

Yukie Kato^[28-29]利用生理学手段脑波与心电,并结合心理学中的 SD 法(意味差判别法)研究服装色彩对人的生理与心理影响。

Yoko Chinew^[30]以款式、面料相同而色彩不同的两件服装为研究对象,先对测试穿着者与观赏者的主观评价,再对穿着者的脑波进行测量,结果显示穿着色彩明亮柔和服装者的脑波有较明显的 α 波,说明穿着者处于一种精神舒适状态。将主观评价结果对比证明,生理脑波与服装色彩舒适性主观评价呈现一致性。

刘洋^[25]在视觉诱发原理基础上,提出可将不同颜色和款式的服装作为刺激源,通过具体图片或实物不断隐现或者翻转来代替电视图像翻转,测量其对脑波的影响,希望能够测试出服装视觉美观性的人体感觉。

2.4 脑电在服装压力舒适性评价中的应用

由于服装的自身的质量、形状、尺寸等因素对

人体制约时产生的压力被称为服装压,人脑对其感知属于体感刺激范畴,目前研究者从医学角度评价着装后人体的脑波所对应的生理特征来评价压力对人体的影响,针对服装压力舒适性设计出具体的体感刺激事件研究仍较少,ERPs 在该领域的探索有待于进一步探索。

Yosuke Horiba^[31]将腰带作为研究对象,通过置于头皮上的脑电监测设备测量人在束腰带和未束腰带两种状态下、睁眼和闭眼时的脑波。实验表明,束腰带时脑波图呈现出较明显的 α 波,但在睁眼时束腰带的脑波中 α 波强度明显大于未束腰带者,闭眼时二者没有明显区别,作者提出是否视觉感官接触到的服装压束信息也影响了脑波的变化。

Akiko Sugita^[32]以中老年女性为研究对象,测量她们穿着束腹裤时的脑波发现,穿着束腹裤后脑波中的 α 波被抑制而触发出较多 β 波,这表明束缚裤对人体的生理影响直接反应在被试者对束缚裤压力舒适性的主观评价结果中。

尹玲^[33]以人体着装受压时的脑波指标为参量,系统、定量地研究着装皮肤压对脑波变化的显著影响规律,揭示着装压力舒适感的生理机制和心理机制,在此基础上,建立基于着装压力和脑波指标的塑身腹带着装压力舒适性的预测评判系统。

崔箐^[34]设计了一个ERP实验,对比穿着与未穿着紧身胸衣的条件下被试的ERP结果,通过分析发现短时间穿戴具有较大压力的调整型内衣后,CNV 晚期成分的波幅明显降低,P300 的潜伏期明显延长,脑部主要激活区域由无负压下的颞叶转移到负压下的额叶。

3 结语

1)研究的现状与不足:脑电技术在服装舒适性评价中的应用研究领域取得的成果包括:学者尝试通过脑电的相关实验建立脑电与服装材料的温暖感、吸湿排水性能、粗糙感、服装色彩和服装压感等之间的联系,研究结果表明这些服装感觉会对人体脑电的一些指标产生影响,如脑波节律、脑波成分等,从而证明脑电与服装舒适性评价的一些感觉指标之间是有联系的,存在着利用脑电进行服装舒适性评价的可能性。

但目前对于脑电技术在服装舒适性评价领域的研究还处于初级阶段,学者只是在证明脑电与服装舒适性之间存在一定关系,这种关系是“定性”,还远没有达到“定量”的阶段,离实际应用尚有一段距离。

2)未来的研究方向:如想达到脑电技术对服装舒适性评价的实际应用,需解决的关键问题就是建立某一服装舒适性的体感特征与脑波之间的定量关系。在评价服装压力舒适性时,如能得出服装压力大小与脑波电压之间的大小关系,举例来说如人体腰部束缚压力感觉不舒适的压力值与之对应的脑波电压大小是多少,就可以较准确地评价该服装的压感舒适性了。国外的科学家在皮肤电方面已经做了相关研究,建立纤维刺痒产生痛感与皮肤电之间的定量联系,对研究脑电与服装舒适感指标之间的定量关系有一定的借鉴作用。

脑电技术真正应用与服装舒适性评价还依赖于脑电技术水平的提高,以及信号采集设备的升级等条件,虽然还有许多问题需要解决,但随着脑电科学、生理心理学的发展,将脑电技术应用于服装舒适性评价中,是对服装产品设计评价方法的一种新尝试,能够指导服装设计者、生产者制造更加符合人体需要的服装。

参考文献:

- [1] 黄建华. 服装的舒适性[M]. 北京:科学出版社,2008: 1-3.
- [2] Steven J Luck. 事件相关电位基础[M]. 范思路,丁玉珑,曲折,等译. 上海:华东师范大学出版社,2009.
- [3] Groft R J, Barry R J. Removal of ocular artifact from EEG: a review[J]. Neurophysiol Clin,2000,30(1):5-9.
- [4] Mc Farland D J, Mc Cane L M, David S V, et al. Spatial filter selection for EEG-based communication [J]. Electroen Clin Neuro,1973,34(2):212-216.
- [5] Davis H, Davis P A, Loomis A L, et al. Electrical reactions of the human brain to auditory stimulation during sleep [J]. Journal of Neurophysiology,1939(2):500-514.
- [6] Walter W G, Cooper R, Aldridge V J, et al. Contingent negative variation: an electric sign of sensorimotor association and expectancy in the human brain [J]. Nature,1964,203:380-384.
- [7] Sonoko Ishimaru. Study on relationship between psychological condition and physiological measurement, and tactile [J]. Jpn Res Assn Text End-Uses,2006,47(12):78-90.
- [8] 赵仑. ERPs 实验教程[M]. 南京:东南大学出版社,2010:20-26.
- [9] 吕佳,陈东生. 情绪的事件相关电位在服装设计中的应用[J]. 纺织学报,2012,33(2):151-156.
LV Jia, CHEN Dongsheng. Application of emotional event-related potentials in fashion design[J]. Journal of Textile Research,2012,33(2):151-156. (in Chinese)
- [10] 八木昭宏. 感性の心理学-心理的活動と生理的指標 [J]. 繊維工学,1996,49(5):16-21.

- [11] 金子秀樹. 脳波の概要と知識-生体計測屋より見た脳波の活用入門[J]. 繊維消誌,2002,43(9):16-23.
- [12] 西松豊典. 繊維製品評価における感性情報の定量化について[J]. 繊維機械学誌,1998,51(12):21-25.
- [13] Kamijo M, Horiba Y, Hosoya S, et al. Evaluation of thermal comfortable feeling by EEG analysis [C]//The 2000 Spring Conferences of KOSSES and International Sensibility Ergonomics Symposium. Taejon, Korea: [s. n.],2000:230-234.
- [14] Kamijo M, Horiba Y, Hosoya S, et al. Evaluation of heat retaining property of textile goods by psycho-physiological measurement [C]//The 4th China International Silk Conference. Suzhou, China: [s. n.],2000,B:186-191.
- [15] Horiba Y, Kamijo M, Hosoya S, et al. Availability of evaluating thermal comfort feeling by using electroencephalogram (EEG) [J]. Kansei Engineering International,2000,1(2):9-14.
- [16] Horiba Y, Kamijo M, Hosoya S, et al. Evaluation of thermesthesia for wearing by using chaotic analysis of EEG[J]. SEN-I GAKKAISHI,1999,55(9):440-446.
- [17] Masayoshi Kamijo, Yosuke Horiba, Satoshi Hosoya, et al. Evaluation of thermesthesia for wearing clothes by measuring physiological response [C]//International Conference on Advanced Fiber Materials. Ueda, Japan: [s. n.],1999:179-180.
- [18] Yuki Mori, Kumiko Ikami, Akiko Sugita, et al. Clothing comfort of the material (RAFUMA-Mixed Cotton) of pajamas from the point of biological reactions [J]. Journal of Home Economics of Japan,2005,56(4):233-240.
- [19] Toshihiro Endo, Tomokazu Kawamura, Toshihiko Ohshah, et al. An assessment of wearing comfort of diapers utilizing EEG measurement [J]. Ergonomics,2001,37:536-537.
- [20] Yoshiaki Kikuchi, Naoko Sano, Yoshifumi Miyazaki. EEG activity associated with touch [J]. Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science,1995,14(2):98.
- [21] Mi-Kyong Park, Shigeki Watanuki. Unpleasantness and physiological responses in using sanitary napkins [J]. Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science,2005,24:7-14.
- [22] Mi-Kyong Park, Shigeki Watanuki. Electroencephalographic responses and subjective evaluation on unpleasantness induced by sanitary napkins [J]. Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science,2005,24:67-71.
- [23] Horiba Y, Kamijo M, Hosoya S, et al. Evaluation of tactile sensation for wearing by using event related potential [J]. Sen'i Gakkaishi,2000,56(1):47-54.
- [24] 山添伸祥. 脳波による触感覚評価の試み [D]. 香美:高知工科大学,2009.
- [25] 刘洋,陈庆官. 脑电及在人体感觉评价中的应用 [J]. 苏州大学学报(工科版),2004,24(2):55-57. LIU Yang, CHEN Qingguan. EEG and the application of EEG in the sensation evaluation [J]. Journal of Soochow University (Engineering Science Edition),2004,24(2):55-57. (in Chinese)
- [26] 王艺霏. 基于神经电生理学的着装接触舒适性研究 [D]. 上海:东华大学,2011.
- [27] 陈雁,李栋高. 服装颜色的感觉生理研究 [J]. 纺织学报,2004,25(3):68-69. CHEN Yan, LI Donggao. A research on color physiology of clothing [J]. Journal of Textile Research,2004,25(3):68-69. (in Chinese)
- [28] Yukie Kato, Isami Amemiya, Reiko Hashimoto. The relation between psychological and physiological responses to clothing color on the wearer [J]. Journal of Home Economics of Japan,2004,55(7):531-539.
- [29] Yukie Kato, Isami Amemiya, Reiko Hashimoto. The relation between psychological and physiological responses of two-color combinations in clothing on the wearer [J]. Journal of Home Economics of Japan,2004,55(7):541-550.
- [30] Yoko Chinen, Kumiko Ikami, Etuko Kioka. The image formed and the feeling produced by clothing colors; from the relation to the comfortable factor observed in electroencephalography [J]. Journal of Home Economics of Japan,2004,55(11):845-851.
- [31] Yosuke Horiba, Masayoshi Kamijo, Tsugutake Sadoyama, et al. Effect on brain activity of clothing pressure by waist belts [J]. Kansei Engineering International,2000,2(1):1-8.
- [32] Akkio Sugita, Kazuyo Okabe, Etsuko Kioka. Effects of girdles on comfort of aged women [J]. Jpn Res Assn Text End-Uses,2002,43(6):33-44.
- [33] 尹玲. 基于心率变异和脑波分析的塑身腹带着装压力舒适性研究 [D]. 上海:东华大学,2012.
- [34] 崔箐. 调整型内衣压力对青年女性注意力保持影响的 ERPs 研究 [D]. 北京:北京服装学院,2013.

(责任编辑:杨勇)