

基于人机工程学的头戴式耳机舒适性设计

林欢¹, 邓小雷¹, 林丽², 黄春莲²

(1.衢州学院, 衢州 324000; 2.大北欧通讯设备(中国)有限公司, 厦门 361000)

摘要: **目的** 为了有效提升头戴式耳机的舒适性, 提高用户使用头戴式耳机产品的满意度, 保证头戴式耳机设计的合理性。**方法** 面向头戴式耳机设计对象, 系统分析耳机用户头部关键尺寸和头部受力情况, 测量耳机夹紧力范围及耳机质量, 研究影响头戴式耳机舒适性的各设计要素。**结论** 以人机工程学原理和方法为依据, 探讨了耳机关键设计要素对用户佩戴舒适性的影响, 提出了基于人机工程学的头戴式耳机设计原则, 为耳机设计的功能尺寸、结构形式以及材料选择提供了相应的理论和实践依据, 为耳机的人机工程学设计提供有效建议。

关键词: 人机工程学; 舒适性; 头戴式耳机; 头部尺寸; 人性化

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)20-0171-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.20.027

Headset Comfort Design Based on Ergonomics

LIN Huan¹, DENG Xiao-lei¹, LIN Li², HUANG Chun-lian²

(1.Quzhou University, Quzhou 324000, China; 2.GN Netcom, Xiamen 361000, China)

ABSTRACT: The work aims to effectively promote the comfort of headsets, improve the user's satisfaction of the headsets and ensure the rationality of headset design. Oriented to the headset design object, the key dimension and pressure of the user's head caused by wearing headset were systematically analyzed, the headset clamping force range and weight were measured, and the design factors that affected the headset comfort were researched. On the basis of principle and method of ergonomics, the influence of key headset design factors on user wearing comfort was explored and the headset design principles based on ergonomics were put forward, to provide corresponding theoretical and practical basis for the functional size, structural form and material selection of the headset design and provide effective suggestions on headset ergonomic design.

KEY WORDS: ergonomics; comfort; headset; head dimension; user-friendly

随着信息技术的发展及人们生活方式的变化, 耳机成为了大多数人生活中不可或缺电子产品。由于工作或生活的需要, 人们佩戴耳机的时间越来越长, 耳机的佩戴舒适性成为比美观外形、优质声音更重要的设计要素^[1]。耳机作为与人体头部接触非常密切的电子产品之一, 和人体头部功能结构、形态尺寸等有着密切的关系。长时间使用与人体头部尺寸形态不适应的耳机, 易造成疲劳感, 进而降低工作效率。耳机有多种类型, 根据耳机的佩戴方式分类, 可以分为头戴式、耳塞式、耳挂式和后挂式 4 种类型。头戴式耳

机是最常见的耳机类型, 它通过具有弹性的头带并连接两个发声单元以形成一个立体声道环境^[2]。本文以头戴式耳机作为研究载体, 结合人体尺寸数据, 对耳机进行舒适性分析与研究, 为头戴式耳机产品的人性化设计提供重要的参考依据。

1 用户头部尺寸及受力分析

耳机设计参数需要参考相适应的头部尺寸, 才能保证耳机设计的合理性和舒适性。就头戴式耳机而

收稿日期: 2018-06-23

基金项目: 国家自然科学基金(51605253); 浙江省自然科学基金(LY16E050011)

作者简介: 林欢(1988—), 女, 浙江人, 硕士, 衢州学院助教, 主要研究方向为人机工程学、产品创新设计。

通信作者: 邓小雷(1981—), 男, 浙江人, 博士, 衢州学院副教授, 主要研究方向为人机工程学、数字化设计与制造。

言,需要考虑的人体尺寸有头部的宽和高,人耳的长和宽,耳朵与头部之间的夹角,见图1。

本文研究的对象是面向大众的通用头戴式耳机,因此设计参考的尺寸需结合东西方人体尺寸数据。Roger等^[3]对中国人体头部进行了测量,指出在头部的宽度方面,99%的中国成年男性的头部宽度为133~179mm,中位数为158mm;99%的中国成年女性的头部宽度为130~171mm,中位数为151mm。对于国外人体头部普遍数据而言,99%的成年人的头部宽度为140~184mm,中位数为154mm。因此,总体得出99%的人体头部宽度为130~184mm。

由于最新的人体度量研究多关注于人的肢体,对于面向头戴式耳机的人体头部关键数据,并没有可借

鉴的近5年最新数据,因此本文以Tilley等^[4]人体度量数据作为尺寸参考,见图2。度量数据表明,99%的成年男性的头高为112~137mm,中位数为125mm;99%的成年女性的头高为109~135mm,中位数为122mm。

耳朵长度与宽度方面^[4],99%的男性人耳的长为51~74mm,中位数为64mm。99%的女性人耳的长为48~69mm,中位数为58mm。99%的男性人耳的宽为30~43mm,中位数为36mm。99%的女性人耳的长为28~38mm,中位数为33mm。针对人耳与头部之间的角度,可查阅的资料较少。基于笔者在行业内的实践经验,统计得到的人耳与头部之间的角度为12°~21°,见表1。

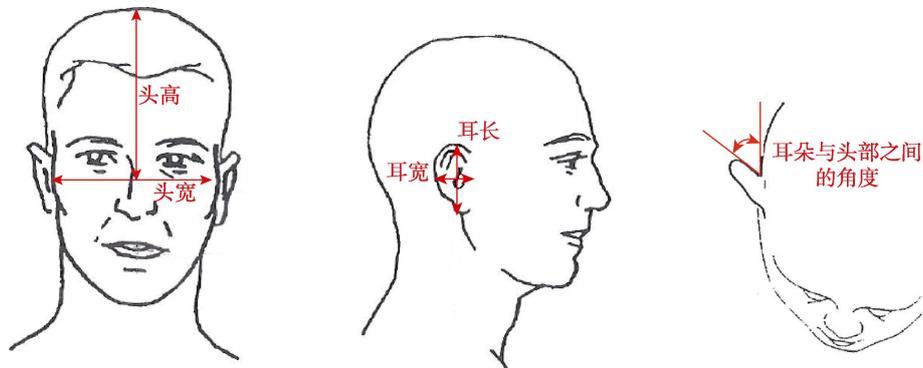


图1 头戴式耳机人体相关尺寸
Fig.1 Headset human related dimension

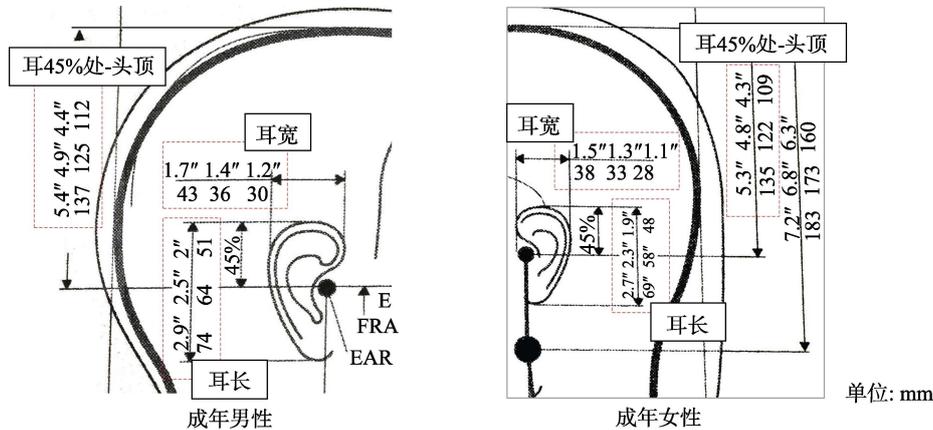


图2 人体头部度量数据^[4]
Fig.2 Human head measurement data^[4]

表1 头戴式耳机相关人体头部尺寸
Tab.1 The related human head dimensions of headset

	99%的男性	99%的女性	中位数(男)	中位数(女)
头宽/mm	130~184	130~184	151~158	151~158
头高/mm	112~137	109~135	125	122
耳长/mm	51~74	48~69	64	58
耳宽/mm	30~43	28~38	36	33
耳朵与头部之间的角度/(°)	12~21	12~21	/	/

用户佩戴耳机时的受力情况直接影响着耳机的舒适性。当用户佩戴耳机时,耳机各部件会对用户的头部不同区域产生压力,见图 3。头戴式耳机部件主要分为头带和耳罩两部分。耳机的质量经由头带对用户头顶产生压力,头带拉伸后耳罩会对耳朵产生夹紧力。用户头顶受到的压力由头带形状和耳机质量所决定,耳罩产生的夹紧力由头带材料的拉伸性能、拉伸长度、耳机质量等因素决定。

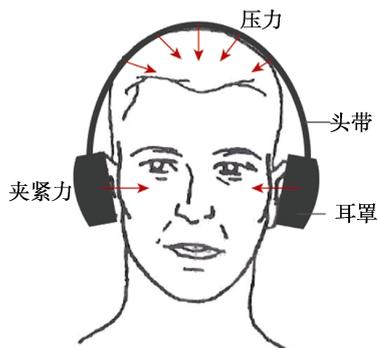


图 3 用户头部受力分析
Fig.3 User head pressure analysis

针对用户佩戴耳机时所受的适宜压力,行业内还没有统一的标准,笔者对现有用户反馈舒适度较高的 4 款耳机进行了质量和拉伸测试。结果表明,耳机的质量均小于 200 g,夹紧力在拉伸至 145 mm 和 155 mm 时均低于 3.5 N,见表 2。此外,用户对耳机的舒适性评价中指出,在保证头部能够稳固地佩戴耳机的情况下,耳机越轻夹紧力越小,长时间佩戴的舒适度最高。

表 2 4 款舒适性耳机的质量和夹紧力

Tab.2 Weight and clamping force of four comfort headsets

	质量/g	拉伸距离为	拉伸距离为
		145 mm 时的 夹紧力/N	155 mm 时的 夹紧力/N
Bose QC3	146	1.68	1.86
Jabra biz2300	62	0.6	0.74
Jabra UC750	70	1.63	1.8
Jabra Move Wireless	161	3	3.28

2 耳机的舒适性设计要素

人机工程学的主要目标之一是舒适性^[5],对于头戴式耳机设计来说,它的目标也是为了保证用户在长时间佩戴耳机时没有感到不舒适^[6]。在用户长时间佩戴耳机的过程中,耳机的舒适性是综合客观的人机系统舒适度和使用者主观感受的整体体验,头戴式耳机的功能尺寸和材料性能都对佩戴舒适性起着重要的作用,其主要包括耳机的整体长宽尺寸、头带的宽度、头带的可调节长度范围、头带水平拉伸时产生的夹紧力、耳罩的旋转角度、耳罩的大小、耳罩的材质等等。

2.1 耳机整体尺寸

耳机的整体长宽尺寸是耳机尺寸合理性的关键因素,合理的尺寸能够符合人体头部的形状,用户不会因为耳机太小或太大而导致无法正常佩戴。由于头带具有一定的可调节范围,因此原始耳机的整体长宽尺寸加上头带可调节范围保证能够覆盖人体头部尺寸范围。由于耳机是需要拉伸并佩戴在头部,基于人体头部尺寸,得出耳机可拉伸的宽至少为 109 mm,可拉伸的长至少为 130 mm,以适合最小尺寸的头部佩戴需求,见图 4。



图 4 头戴式耳机的可拉伸长宽示意图
Fig.4 Schematic diagram of headset extended length and width

2.2 头带

头带是连接两个发声单元,保证耳机能够被稳固地佩戴的非常关键的一个耳机部件,也是影响耳机舒适性的非常重要的一个设计要素^[7],见图 5。

头带的宽度会影响耳机整体质量在用户头顶的压强,头带越宽,用户头顶的压强越小。但是,由于耳机外观设计的影响,头带的宽度会被一定程度的限制。较细的头带会常常通过海绵或皮革等柔软材质的包裹,以尽可能减小头带对头部的集中应力。

头带的可调节范围保证耳机能适应不同尺寸的头,因此头带的拉伸长度需要在设计时进行定义,考虑到人头部的大小差异,头高约 26 mm,头宽约 54 mm,因此头带的长度推荐为单边 38 mm 及以上。头带拉伸时所产生的水平夹紧力是用户长时间佩戴的舒适度体验最为重要的因素。较大的夹紧力会导致用户在佩戴耳机时感受到压力,长期佩戴会导致头疼眩晕,因此头带设计需要合理的控制夹紧力的大小。此外,在调整头带长度时要注意:头带短对头顶的压力大,耳罩对头的压力就小;头带长时则相反,3 点的压力要取得平衡才是最舒适的,对于自适应头带设计,这个问题就不会存在^[8]。

此外,头带的材料是影响夹紧力的因素之一,研究表明头带使用金属材料比塑料材料更好,一方面在拉伸时可产生较小的夹紧力,另一方面金属材料在多次拉伸后的老化程度比塑料较低,寿命更长。



图5 耳机的头带设计
Fig.5 Headset headband design

2.3 耳罩

头戴式耳机分为罩耳式耳机 (Around-the-ear) 和非罩耳式 (On-the-ear) 耳机。用户在佩戴两种耳机时,耳罩的尺寸和材料会对用户的佩戴舒适性产生影响。

耳罩的大小决定了耳机的类型,常见的音乐耳机基本都是罩耳式耳机,罩耳式耳机能够保证较好地隔绝外界噪音,让用户更专注于耳机发出的声音。因此罩耳式耳机的耳罩大小需要覆盖人耳的基本尺寸,耳罩的长在 74 mm 以上,宽在 43 mm^[4]以上为宜。对于非罩耳式耳机,耳罩的尺寸需要小于人耳的尺寸,因此耳罩的长在 48 mm 以下,宽在 28 mm 以下为宜。

耳罩的形状主要有圆形和椭圆形两种,圆形最为常见。圆形和椭圆形的耳罩在被动降噪方面具有差异性,但是两者的舒适性基本相同。

耳罩主要由耳壳和耳垫组成,耳壳主要容纳发声单元,是一个固态坚硬的部件;耳垫包裹耳壳,是人耳和耳机接触的媒介,柔软的耳垫是影响耳机舒适性的重要因素。耳罩通常有普通海绵、记忆性海绵、人造蛋白皮、绒布等材料组成,设计时所选择的材料也会根据产品的外观和成本等因素,确定相应的耳垫材料。基于用户的舒适性反馈,由记忆性海绵和人造蛋白皮组成的耳垫具有较高的舒适性,见图 6。

耳罩的水平 and 垂直旋转角度影响耳罩是否能够较好地贴合用户耳朵,耳罩的旋转角度,见图 7。一般情况下,耳罩的水平旋转角度要求较大,大多数耳机都有 180°的旋转范围,耳机较大的旋转角度能够便

于耳机的携带,并适应耳朵与头部倾斜角度较大的用户。在垂直旋转角度方面,为了较好地贴合耳朵不产生较强的应力,并且体现耳机较好地被动降噪能力,基于人体尺寸数据^[4],耳机垂直旋转角度需大于 12°为宜。耳罩的舒适性设计要素及设计参数推荐值能够对耳机人机工程学改良设计提供一些设计思路和参考,见表 3。



图6 耳罩和耳垫的舒适性材料组成
Fig.6 Composition of ear cup and ear pad comfort materials

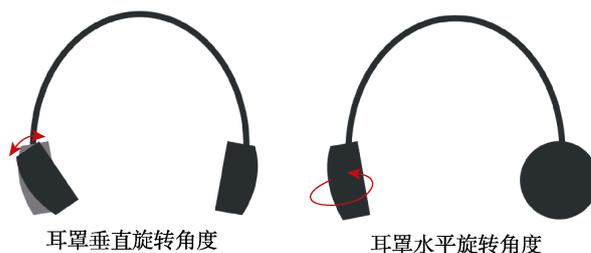


图7 耳罩垂直与水平旋转角度示意图
Fig.7 Schematic diagram of ear cups vertical and horizontal rotation angles

表3 头戴式耳机耳罩舒适性设计要素及相关参数(推荐值)

Tab.3 Headset ear cup comfort design factors and related parameter (recommended values)

耳罩设计要素	罩耳式耳机	非罩耳式耳机
	大于耳朵基本尺寸/mm:	小于耳朵基本尺寸/mm
耳罩的大小	长(男性: 51~74; 女性: 48~69) 宽(男性: 30~43; 女性: 28~38)	长(男性: 51~74; 女性: 48~69) 宽(男性: 30~43; 女性: 28~38)
耳罩的形状	圆形、椭圆形	
耳罩的材质	人造蛋白皮、记忆性海绵	
耳罩的水平旋转角度	180°	
耳罩的垂直旋转角度	> 12°	

3 人机工程学头戴式耳机设计原则

在以往头戴式耳机设计过程中,企业大多以市场为导向,通过设计更具美观的耳机外形来吸引更多的消费者。然而这种设计方法无法体现新时代耳机产品的体验价值^[9],用户需要美观且舒适的产品^[10]。基于以上研究,舒适性的头戴式耳机设计需要符合以下设计原则。

1) 合理的尺寸。耳机的造型和尺寸要基于人体度量学,根据人头部的关键尺寸进行耳机设计。此外,在设计不同类型的头戴式耳机时,每一个部件设计都需要对应其相应的人体尺寸,一直将“人”作为设计的中心。

2) 较大的调节范围。人体具有很大的差异性,为了能够满足更多用户的尺寸,在产品过程中要考虑尺寸变化的范围。耳机的可调节设计既能够提高耳机佩戴的舒适性,也能符合用户不同的使用情况。

3) 合适的材料。选择合适的材料是头戴式耳机中非常重要的一部分。材料的选择不仅影响耳机的外观,同时对于产品所变现的物理性能,例如耳机的夹紧力,均有影响。耳垫的材料影响用户的佩戴舒适性,透气性差的材料会导致长时间佩戴时耳部温度升高,脱离人体的热舒适环境^[11]。

4) 宜人的质量。用户在长时间佩戴耳机后会因为质量产生舒适性的变化,过重的耳机会引起区域应力集中,导致用户头部不适,并且还会让用户感觉到耳机的不便携性。因此在进行耳机设计时,需要预先考虑各个部件的质量,并进行质量的估算和调整。耳机的质量标准会因为耳机的类型而有所差异,通讯类耳机需要较低的质量,才能保证长时间佩戴的舒适性,例如 Jabra biz2300,它的质量只有 62 g,而音乐游戏爱好者会更偏向于重一些的耳机,保证音质和质感,如 Turtle Beach 耳机重达 246 g。在定义耳机质量时,耳机的质量标准需要考虑目标用户的特点和偏好,以保证耳机宜人的质量。

4 结语

随着用户佩戴耳机的时间增长,对耳机的舒适性体验需求也与日俱增,耳机的舒适性成为人们购买耳机时所着重考虑的重点之一,头戴式耳机需要满足人们对舒适性的需求,进行人性化的设计。只有真正能够满足用户心理需求的耳机,才可以被消费者和市场所接受,从而创造更大的价值。因此,本文面向头戴式耳机设计对象,对相应人体尺寸和人体受力情况进

行综合分析,从人机工程学角度出发,探讨耳机的舒适性设计要素,提出了基于人机工程学的头戴式耳机舒适性设计原则,为耳机产品的人性化设计提供可借鉴的设计思路。

参考文献:

- [1] 杨磊. 耳机的人机关系及声学设计[J]. 电声技术, 2011, 35(10): 25—29.
YANG Lei. Man-machine Relationship and Acoustic Design of Headset[J]. Loudspeaker and Microphone, 2011, 35(10): 25—29.
- [2] 夏昆冈. 选耳机从分类开始[J]. 现代计算机, 2010(1): 104—107.
XIA Kun-gang. Select Headphones to Start with Classification[J]. Modern Computer, 2010(1): 104—107.
- [3] BALL R M. Size China: a 3D Anthropometric Survey of the Chinese Head[D]. Delft: Delft University of Technology, 2011.
- [4] TILLEY A R. The Measure of Man and Woman: Human Factors in Design[M]. USA: Wiley Press, 2001.
- [5] 杨宛莹, 张福昌. 基于人机工程学的办公座椅舒适性设计研究[J]. 包装工程, 2017, 38(6): 187—191.
YANG Wan-ying, ZHANG Fu-chang. Comfort Design of Office Chair Based on Ergonomics[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(6): 187—191.
- [6] STAVRAKOS S K. Definition of Comfort in Design and Key Aspects Literature Review[C]// In Proceedings of NordDesign Conference, Center for Industrial Production, Aalborg University, 2012.
- [7] LIN J. Design Optimization of Headband for Headphone[D]. Pullman: Washington State University, 2009.
- [8] 杜功焕, 朱哲民, 龚秀芬. 声学基础[M]. 南京: 南京大学出版社, 2012.
DU Gong-huan, ZHU Zhe-min, GONG Xiu-fen. Basic of Acoustics[M]. Nanjing: Nanjing University Press, 2012.
- [9] 杜夏. 以体验价值为导向的产品创新设计[D]. 武汉: 华中科技大学, 2011.
DU Xia. Experience Value-oriented Product Innovation Design[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2011.
- [10] GROENESTEIJN L. Identifying Factors of Comfort in Using Hand Tools[J]. Applied Ergonomics, 2004, 35(5): 453—458.
- [11] 丁玉兰. 人机工程学[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2011.
DING Yu-lan. Ergonomics[M]. Beijing: Beijing Institute of Technology Press, 2011.