

文章编号:1001-5078(2021)07-0897-06

· 光电技术与系统 ·

单兵光电类手持设备的人机工程学应用研究

姜云娜, 张晓亮, 石 彰

(中国电子科技集团公司第十一研究所, 北京 100015)

摘 要:以人机工程学为指导对单兵光电类手持设备进行设计研究,旨在提升该类设备的人机性能,加强设计中人机学的应用。通过对人机数据关系、人机界面设计、造型设计、色彩与材料等进行分析提出具体有效的设计原则,并对手持热像仪进行设计优化。人机工程学的应用可有效优化人机关系,使设备安全舒适、操作简便,从而提升用户体验。

关键词:光电类手持设备;人机工程学;人机关系;造型

中图分类号:TB18 **文献标识码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.1001-5078.2021.07.012

Research on ergonomic application of single soldier photoelectric handheld device

JIANG Yun-na, ZHANG Xiao-liang, SHI Zhang

(The 11th Research Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Beijing 100015, China)

Abstract: In this paper, ergonomics is taken as the guide to design and study the single soldier photoelectric handheld devices, which aiming to improve the man-machine performance of such devices and strengthen the application of ergonomics in the design. Through the man-machine data relation, man-machine interface design, shape design, color and material analysis, the specific and effective design principles are put forward; the handheld thermal imager is designed and optimized. The application of ergonomics can effectively optimize the man-machine relationship, make the equipment safe and comfortable, easy to operate, so as to improve the user experience.

Keywords: photoelectric handheld device; ergonomics; the man-machine relationship; shape

1 引 言

单兵光电类手持设备作为常用的军用武器装备,具备跟踪、搜索、瞄准、态势感知等功能,对保护人员及装备安全,获取敌方信息有重要意义,在国防建设和军事发展中发挥着重要作用。现代战争中,随着战场环境越来越复杂,人员和设备的良好配合至关重要。优秀的装备不仅应具有高精尖的技术性能,也应注重“人的因素”,以获得优良的人-机-环系统性能。

当前,国内的手持设备研发更多地注重技术功能的实现,对作战环境下用户的使用效率、舒适度、

安全性关注较少,缺少系统的分析。人作为产品的使用者,人机是否合理将直接影响产品的易用性及功效的发挥,如何提高产品与环境的适应性,提升设备的友好程度是设计师应关注的问题^[1]。

本文以人机工程学为指导,对单兵光电类手持设备进行设计研究,基于人机工程学原理提出了具体有效的设计原则,并在此基础上以手持热像仪为例进行人机优化设计。该门学科的应用对于提升产品可用性、使用效率及用户体验有很大意义,将促进设备发挥最佳军事效能。

收稿日期:2020-10-14;修订日期:2020-11-18

2 人机工程学在单兵光电类手持设备中的应用研究

人机工程学作为一门研究人、机、环及其相互关系的学科,在设计中注重对“人的因素”加以应用与研究,以安全、高效、舒适等为指标,对产品设计中如何实现用户、机器与环境整个系统的最优性能有很大指导意义。^[2]在军用设备的设计中,军队人员、装备与战场环境组成了一个特殊的系统,如何在复杂、严峻的环境中保证人员的安全与使用效率,不仅要求工程技术的可靠性,也对设备的人机性能提出了更高的要求。

对于单兵光电类手持设备而言,通过对其设计元素分析,如图 1 所示,进而总结该类设备的人机关系设计要点,基于人机工程学原理对其进行设计指导。

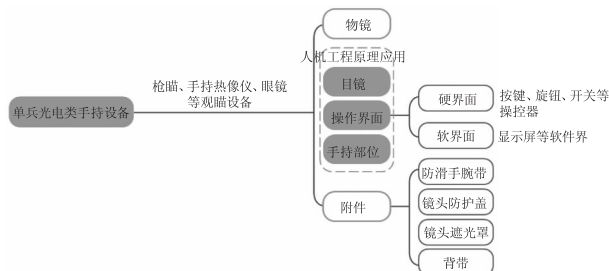


图 1 设计元素总结

Fig. 1 Summary of design elements

该类设备主要由物镜、目镜、操作界面、手持部位等组成。其中操作界面包括硬界面与软界面,附件包括防滑手腕带、镜头防护盖等。人机工程学原理主要应用于目镜、操作界面及手持部位的设计中,该类设备的人机关系主要体现于以下几点:(1)手部与设备握持部位的配合舒适度。该类设备由手掌与手指周向抓握,握持部位应与手有良好的人机关系;(2)手腕、手臂轴线与设备握持方向一致^[3]。设计时应尽量保证手腕处于顺直状态,减轻长时间使用设备的疲劳度;(3)设备硬界面设计布局与指端操作空间相适应。设备应使手指方便操作,相应功能操作在手指的最佳活动范围内即可完成。(4)双目镜设备目镜间距与瞳距相匹配。(5)目镜软界面的设计以用户的使用习惯及操作频率等为依据。合理的软界面设计将很大程度上提高设备的可用性及使用效率。

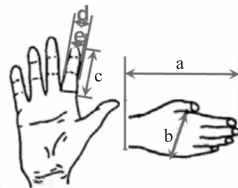
因此,该类设备的人机工程学应用主要从人体测量学数据、人机界面设计和造型设计等方面展开如下设计研究。

2.1 人体测量学数据在单兵光电类手持设备中的应用

该类设备的直接接触部位为手部和眼部,因而主要以该两部分数据为设计依据。

2.1.1 手部人机尺寸的应用研究

长时间使用形状和尺寸不合理的手持设备极易使人产生疲劳感。在设计实践中应根据设备类型及使用群体确定设备关键尺寸,选取手部适当百分位数据(如图 2)为参考,并在此基础上确定功能修正量与心理修正量。军用设备应遵循通用性设计原则以满足军队大多数人使用,确保设备的普适性。



单位:mm

年龄分组		男 (18-60岁)								女 (18-55岁)							
测量项目	百分位数	1	5	10	50	90	95	99		1	5	10	50	90	95	99	
a 手长		164	170	173	183	193	196	202	154	159	161	171	180	183	189		
b 手宽		73	76	77	82	87	89	91	67	70	71	76	80	82	84		
c 食指长		60	63	64	69	74	76	79	57	60	61	66	71	72	76		
d 食指近位指关节宽		17	18	18	19	20	21	21	15	16	16	17	18	19	20		
e 食指远位指关节宽		14	15	15	16	17	18	19	13	14	14	15	16	16	17		

图 2 不同百分位手部关键尺寸^[4]

Fig. 2 Key hand dimensions in different percentiles

按照国标 GB/T12985—1991 的取值原则,该类设备属于一般工业产品,应选用男性 P99、P95 或 P90 作为尺寸的上限值依据,选用女性 P1、P5 或 P10 为下限值依据。手长、手宽、食指长等作为关键数据决定了手持部位的长度、厚度及按键的尺寸与位置。

(1)手持部位长度:应略宽于手宽,以成年男性 P95 和女性 P5 手宽为参考,手持处长度一般设计为 100~125 mm。在此基础上考虑功能修正量,当戴手套操作时最小取值为 114 mm。^[4]

(2)手持部位厚度:合理的厚度可提升抓握舒适度,当厚度过大时,易产生难以抓握感,掌部组织受力过大,降低了操作灵活性;当厚度过小时,掌部贴合不紧易导致指端疲劳。此外,现有研究表明手指处于约 150°的自然延伸状态而非悬空态时最为舒适。

(3)按键、旋钮的位置(以手持热像仪为例):旋钮、按键等控制器通常位于设备顶部及目镜端,设计时应保证当手指自然延伸时,食指、中指、无名指指腹可恰好可触及按键,如图 3 所示。

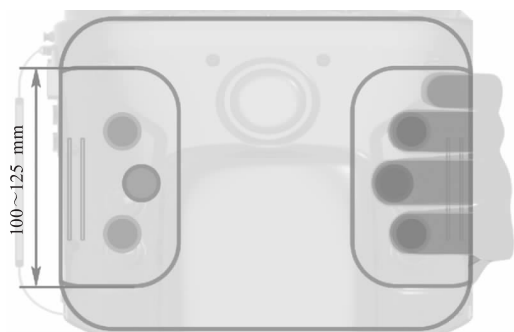


图3 握持部位设计

Fig. 3 Holding part design

2.1.2 手的解剖学因素在手持设备设计中的应用

腕关节的动作状态如图4所示,若使用设备时引起尺偏和腕外转将增加腱鞘炎出现的机会,过度桡偏易引起网球肘。^[4]因而设备应保证用户使用时手腕处于顺直态,使腕关节在水平、竖直两个方向均为正中态,保证设备的握持方向平行于前臂的轴线。

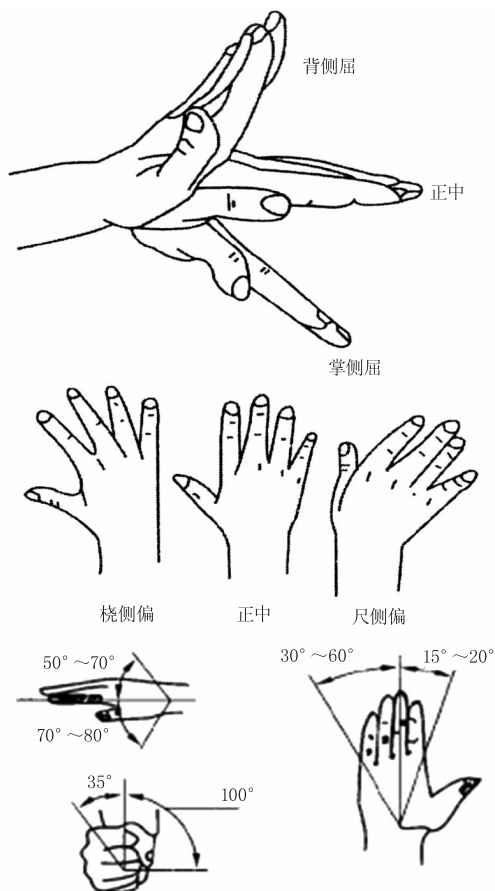


图4 腕关节动作状态及活动范围

Fig. 4 Wrist motion state and range of motion

2.1.3 眼部人机尺寸分析

双目镜设备应以眼睛瞳距为设计依据,中国成年人男性瞳距一般为60~73 mm,女性为53~68 mm,在设计时两目镜距离一般取值为65 mm。如图5所示。

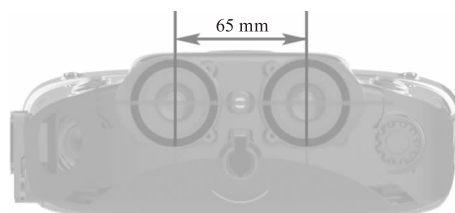


图5 目镜尺寸

Fig. 5 Size of the eyepiece

2.2 人机界面设计在单兵光电类手持设备中的应用

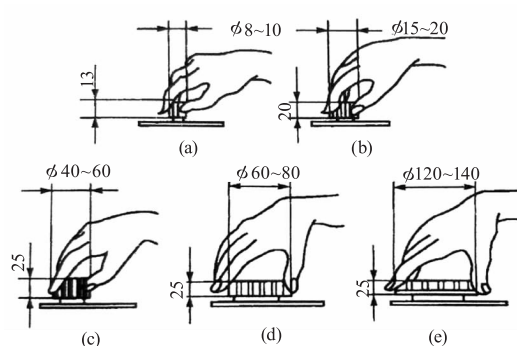
该类设备的软界面即目镜显示界面,硬界面即除此之外的操控接触面,包括旋钮、按键等控制器。

2.2.1 硬界面的设计

(1)语义传达:按键、旋钮等作为整个设备的控制器,应语义清晰,其自身形态、文字符号应明确传达出操作方式及功能信息。

(2)形状与尺寸:小尺寸旋钮一般由拇指和食指操作,钮帽部分通常为增大摩擦力设计有凸棱。参考图6旋钮的操纵力与尺寸关系,操纵阻力为1.5~10 N的旋钮直径宜为8~10 mm如图5(a);操纵阻力为2~20 N的直径宜为15~20 mm如图5(b)。其中圆形按钮直径一般设计为8~18 mm,矩形按钮宜设计为10 mm×10 mm、10 mm×15 mm或15 mm×20 mm。

(3)布局:操控区域的布局安排不仅应满足视觉平衡、不过于拥挤,且应以操作的习惯、顺序及频率进行排列。根据GB/T14775标准要求的控制器间距,当仅为单指操作时,最小间隔为12 mm,一般为50 mm;当各手指均需操作时,最小间隔为6 mm,一般取值12~13 mm,手持热像仪作为多指操作设备,按键间距应按该标准执行。如图7所示。此外,当按钮较多时,可对不同功能区加以编组,利用线条、色块进行区域划分。



(a)1.5~10N;(b)2~20N;(c)2.5~25N;

(d)最佳2~20N,最大51N;(e)最佳30~51N,最大102N

图6 旋钮的操纵力与尺寸关系

Fig. 6 The relationship between control force and size of knobs

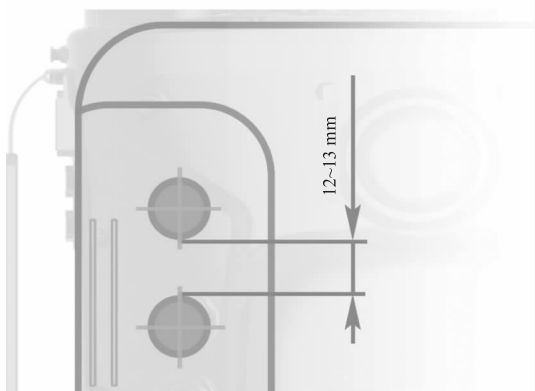


图7 控制器的适宜尺寸及布局

Fig. 7 Appropriate size and layout of controller

(4)操作反馈:控制器应通过操作反馈使用户明确当前操作已完成,可通过指示灯、按键的触感以及转动或按动时发出的声音实现。^[3]

(5)容错设计:通过设计应降低和避免不必要及错误的操作,以提升使用效率及安全性。

2.2.2 软界面的设计

光电类手持设备的软界面作为一切操作的集成,其可用性与交互性至关重要。良好的界面设计有利于用户准确有效地操作设备,在设计目镜界面时,应使其符合人机交流的规律与特性,满足以下原则:

(1)简洁明了、便于认知:设计良好的系统应具备简洁明了、逻辑清晰的界面,减少用户学习和记忆的负担。

(2)高效:应尽量减少操作的步骤且符合人的惯性思维,提高使用效率。

(3)美学要求:美学因素是影响用户心理感受的重要因素,是界面设计的基本要求,应合理进行色彩设计并按调和对比等形式美法则完成GUI设计。

2.3 基于人机工程学的单兵光电类手持设备造型设计

手持设备的造型直观展现了产品的风格,不仅影响了产品的美学功能也直接决定了设备的舒适度与可用性。设计时应准确把握产品的定位,运用清晰的线条、适宜的比例、协调的布局表现产品,使设备表达出恰当的风格。

此外,手处于半握拳时为最自然状态,握持部位应尽量贴和该形态,握持最高点应位于掌心处,贴和掌弓并使拇指、小指两个主肌肉群不受压迫。在防滑设计上,小凸起的大小、高度与密度应适宜,为防

止手指局部应力集中应尽量避免凹槽设计。

2.4 单兵光电类手持设备设计材料与色彩研究

材料选择应避免因内部电路板等元器件发热而影响使用体验。与手直接接触部位表面温度宜控制为 $11^{\circ}\sim 36^{\circ}$,因而应保证材料具有导热系数低、不导电、不渗透的特性。同时,握持部位材料应具有适宜的摩擦系数及弹性,通常由橡胶等软材料包覆。^[5]

该类设备的主色调应满足军用需求,以黑、军绿、沙漠黄、丛林迷彩、沙漠迷彩为主色,按键文字及关键部位的色彩则应加以区分,以起到提示、警示作用。此外,为避免因出汗等因素导致的浸渍,手持部位最好采用低明度色彩,以起到耐脏及耐久作用。

3 手持热像仪优化设计

基于以上对人机工程学的应用研究,以手持热像仪为例进行人机优化并进行设计验证,优化前后对比如图8所示。

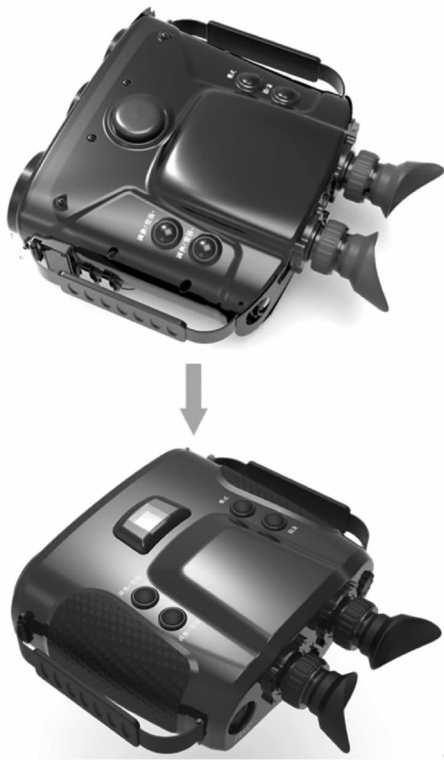


图8 优化前后对比

Fig. 8 Comparison before and after optimization

设备原方案采用直线型居多,前高后低的造型不易于手部施力抓握,且按键位置较靠后,抓握时不能合理施力于设备重心处,长时间使用易导致疲劳感。

对整体造型、手持部位、按键布局等进行优化,于手持部位增加防滑橡胶垫,增大握持摩擦力的同时减轻对手部的压迫感,整体对比分析见图9。



图9 优化后整体效果

Fig. 9 Overall effect picture after optimization

此外,使用手持热像仪的握姿一般为直接握持及托举式握持,大拇指及其肌肉群受力较大。如图10所示。为增大受力面积,减少压迫感,于热像仪底端增加凹陷特征以贴和拇指处生理特征,如图10~12所示。同时调整设备原有直线型外轮廓及前高后低的特征,侧面采用弧状线型使造型更贴合手型。

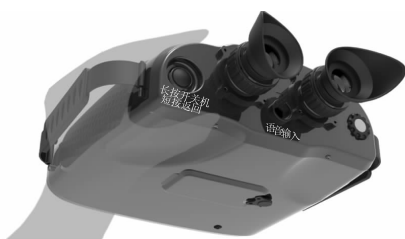


图10 手部持握示意图

Fig. 10 Diagram of hand holding

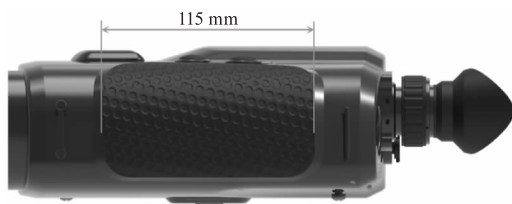


图11 手持部位长度说明

Fig. 11 Description of holding length



图12 优化前后对比

Fig. 12 Comparison before and after optimization

据现有研究,手指处于 150° 时最为自然,因而握持部位的设计应尽量贴和该形态。基于虎口神经分布较少,设计时增大设备与虎口处的接触面积可有效提升使用舒适度,如图13所示。握持部位长度设计为115 mm,可满足大多数人使用,具有普适性。



图13 手持部位设计说明

Fig. 13 Design instructions for handheld parts

将按钮整体前移并调整布局,使握持部位靠近设备重心以省力操作;延伸中指操作空间,使中指与食指指腹可恰好触及按钮,并将按钮间距由15 mm调整为12.5 mm,人机关系更合理;调整按钮指示文字位置由按钮同侧至两侧,避免引起误解造成误操作。如图14所示。



图14 按钮布局设计说明

Fig. 14 Button layout design description

此外,为适应不同作战环境,增强隐蔽性能,对手持热像仪进行配色设计如图15所示。握持部位保留黑色特征以增强设备的耐脏、耐久性能。



图15 配色方案

Fig. 15 The color scheme

通过3D打印优化后模型与原有设备进行对比,完成设计验证。设计评价表明使用优化后设备

时贴合虎口,大拇指位可舒适持握,且手指自然延伸,食指与中指指腹恰好触及按钮,可有效避免误操作,人机友好程度有很大提升。如图 16 所示。^[6]



图 16 3D 打印模型

Fig. 16 3D printed model

4 单兵光电类手持设备设计原则总结

本文从工业设计的角度对单兵光电类手持设备的人机工程学进行设计研究,对今后手持设备设计具有很大指导意义,对设计原则总结如下:

(1) 满足手部舒适握持要求:握持部位尺寸及造型合理,使用户有适宜的操作空间,同时应使手腕处于顺直状态、避免掌部和手指产生应力集中。

(2) 界面设计合理:人机交互友好、高效,不仅应合理设计布局按键等控制器,也应保证软硬界面的良好配合、逻辑清晰,符合用户的认知习惯。^[7]

(3) 造型的美学要求:优秀的产品不仅技术功能优越也应具备美学功能,考虑美学的造型语言可彰显产品风格,传达企业 DNA,带给用户不一样的心理感受。在实践中应具备系统性设计思维,对情感因素加以考虑,合理运用形式美法则。

(4) 安全设计:应满足作战使用需求,使设备不易滑脱,达到容错设计要求。

5 结 语

优秀的产品不仅需要技术精进,也应关注用户需求,只有将技术与情感相结合才能打造出人性化的产品。人机工程学作为以“人”为中心的学科,将其应用于单兵光电类手持设备等军品的设计中对于提升设备的舒适性、易用性、安全性、人机友好性具有重要意义,尤其在长时间使用设备的作战环境中,

可有效降低人员的疲劳度,最大限度地发挥设备的军事效能。人机工程学的应用将是战士们的战力倍增器,也是军品进一步发展的需要!

参考文献:

- [1] Donald A Norman. Emotional design [M]. Translated by Fu Qiufang, et al. Beijing: Machinery Industry Press, 2003. (in Chinese)
唐纳德·A. 诺曼. 情感化设计 [M]. 付秋芳, 等译. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [2] Li Leshan. The ideological basis of industrial design [M]. Bei Jing: China Building Industry Press, 2001. (in Chinese)
李乐山. 工业设计的思想基础 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.
- [3] Sun Yuanbo, Li Min, Shi Lei. Ergonomics foundation and design [M]. Beijing: Beijing Institute of Technology Press, 2010. (in Chinese)
孙远波, 李敏, 石磊. 人因工程基础与设计 [M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2010.
- [4] Ding Yulan. Ergonomics [M]. 4th ed. Beijing: Beijing Institute of Technology Press, 2011. (in Chinese)
丁玉兰. 人机工程学 [M]. 4 版. 北京: 北京理工大学出版社, 2011.
- [5] Xu Huizhen, Chen Jun, . Research on innovation and Upgrade design of traditional hand tools [J]. Industry and Technology Forum, 2019, 18(4): 71 - 72. (in Chinese)
许慧珍, 陈俊. 传统手工具的创新与升级设计研究 [J]. 产业与科技论坛, 2019, 18(4): 71 - 72.
- [6] Lin Nan, Lin Jing. Research on redesign and Man-machine evaluation methods in reverse engineering of Hand-held Products [J]. Ergonomics, 2013, (4): 59 - 62. (in Chinese)
林楠, 林静. 手持产品逆向工程中的再设计和人机评估的方法研究 [J]. 人类工效学, 2013, (4): 59 - 62.
- [7] Liu Zhenxi, Liu Min, Wang Wan, et al. The design and realization of a handheld infrared polarized light therapy instrument for home use [J]. Laser & Infrared, 2020, 50 (8): 959 - 964. (in Chinese)
刘振洗, 刘敏, 王婉, 等. 一种家用手持式红外偏振光治疗仪的设计与实现 [J]. 激光与红外, 2020, 50(8): 959 - 964.