

消防员灭火防护服面料功能及结构工艺设计分析

张蓓蓓¹, 叶远丽², 蒋春燕², 苏军强^{1,*}

(1. 江南大学 纺织服装学院, 江苏 无锡 214122;

2. 圣华盾防护科技股份有限公司, 江苏 无锡 214413)

摘要:通过文献研究和资料搜集, 分别对现有消防员灭火指挥服和消防员灭火防护服的功能要求进行了介绍, 阐述了消防员灭火防护服的面料功能、结构工艺设计和人性化功能设计, 并对未来的发展趋势进行了预测。

关键词:灭火防护服; 功能要求; 结构工艺设计; 人性化功能设计

中图分类号: TS941.7

文献标识码: A

文章编号: 1673-0356(2018)08-0030-04

在进行灭火救援作业或是日常作业训练时, 消防战士都会穿着消防员灭火防护服, 用以自身的安全防护, 主要是对消防战士的躯干、双臂和双腿进行有效保护^[1]。基于这样的功能要求, 消防员灭火防护服应该具备的特点有: (1) 防护性: 包括耐热性、隔热性、耐火性、强韧性等, 能够防止锐利物体的冲击、碰撞给人体带来伤害, 能够阻止化学物质伤害皮肤的性能, 能够适应外界环境变化。 (2) 作业效率: 选用伸缩性能良好的材料, 让消防战士在进行救援作业时有活动余地。 (3) 安全管理和部队统筹: 让上下级之间行之有效, 这样才能以确保消防员灭火防护服能够发挥其最大的作用。

按照 GA10-2014 的规定, 消防员灭火防护服分为消防员灭火指挥服(以下简称指挥服)和消防员灭火防护服(以下简称防护服)两类。在进行灭火救援时, 消防员灭火指挥服是消防指挥员穿着的具有一定防护功能的服装, 由外围的指挥人员穿着; 消防员灭火防护服是消防战士穿着的, 能够在穿着者进行近火作业时防止热量对人体的侵害, 是灭火作业时必须装备的最基本的个人防护装备。两种服装相似又不同, 其功能要求与结构设计在相似的基础上也有一定的区别。

1 防护服和指挥服

1.1 防护服

防护服款式为分体式, 由防护上衣和防护裤子组成, 如图 1 所示, 要求上衣和裤子的重叠部分不小于 200 mm^[2]; 反光标志带宽度不小于 50 mm, 在 360°方

位均可见; 安装有救生拖拉带。其主要技术参数见表 1。防护服要求整体质量不大于 3.5 kg; 针距密度无论明线还是暗线, 每 3 cm 不得小于 12 针, 包缝线每 3 cm 不得小于 9 针。

表 1 防护服主要技术参数

项 目	技术参数
TPP 值	≥28.0
阻燃性能	经 25 次洗涤; 损毁长度 ≤100 mm; 续燃时间 ≤2 s, 没有熔融、滴落现象
热稳定性能	热稳定性能试验后, 经、纬向尺寸变化率 ≤10%
表面抗湿性能	外层材料洗涤 5 次, 沾水等级 ≥3 级 (GB4745 中的要求)
撕破强力	外层材料经、纬向撕破强力 ≥100 N
断裂强力	外层: 经、纬向干态断裂强力 ≥650 N; 舒适层: 经、纬向干态断裂强力 ≥300 N; 救生拖拉带: 经纬向干态断裂强力 ≥7 000 N
耐静水压性能	洗涤 25 次, 防水透气层材料的耐静水压 ≥50 kPa
透湿率性能	防水透气层的透湿率 ≥5 000 g
接缝断裂强力	外层材料的接缝断裂强力 ≥650 N
救生拖拉带	展开时间 ≤10 s, 拖动测试假人距离 ≥2.5 m

1.2 指挥服

指挥服的上衣长较同号型防护服长 140 mm, 下摆衣兜为斜插兜, 下摆后部设有开叉。其他结构与防护服相同, 如图 2 所示。

2 面料功能

如今市场上的消防员灭火防护服有两种复合系统: 一种是四层结构的, 由防护层、防水透气层、隔热层、舒适层四层织物结构复合而成; 另一种是三层结构的, 就是将四层中的防水层和隔热层复合为防水隔热层。三层结构的防护服较之四层结构更为轻便, 但是防护效果要稍微差一些, 通常作为在短时间内进行激烈救援作业时的冲锋衣。

收稿日期: 2018-04-27; 修回日期: 2018-05-08

基金项目: 江南大学本科教育教学改革研究项目 (JG2017061)

作者简介: 张蓓蓓 (1995-), 女, 本科在读。

* 通信作者: 苏军强 (1976-), 男, 博士, 副教授, 主要研究方向: 服装智能制造, E-mail: jqsu@jiangnan.edu.cn。

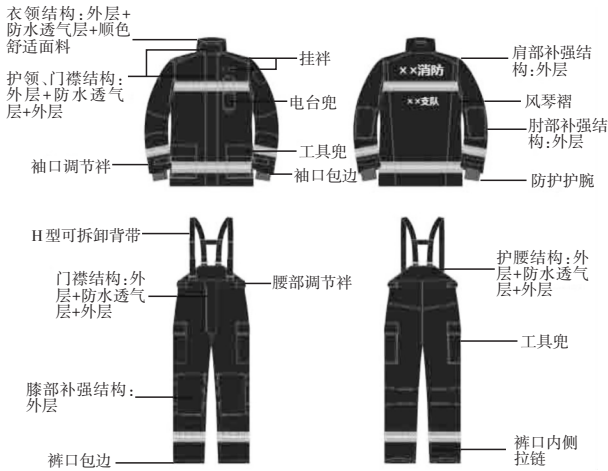


图1 消防员灭火防护服

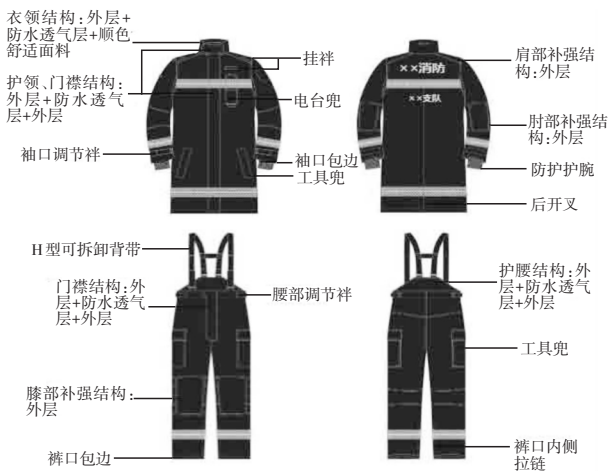


图2 消防员灭火指挥服

2.1 防护层

复合系统的最外层称之为防护层,因为其直接与火灾环境接触,所以又叫做阻燃层,多是由耐高温纤维面料制作的。最开始的时候该层是由耐高温纤维面料通过后整理加上阻燃涂层,以达到阻燃耐高温的效果。随着科技的发展,现在市面上大部分厂家已经使用的是阻燃纤维的耐高温面料了,只有少数为降低成本而使用涂层面料。

防护服外层织物最常用的纤维为芳纶纤维,市场占有率接近70%,不仅如此,芳纶纤维还有着持续增长的趋势^[3]。芳纶1313,也就是间位芳纶,最早于1967年由美国杜邦公司推向市场,现在该合成耐高温纤维已经是世界上消防领域应用最为广泛的材料。但芳纶面料最大的缺点就是舒适性极差,目前通常采用的办法是在其中混纺一些具有舒适性能的阻燃纤维,这样能在不过分提高面料成本的前提下大幅提高

面料的服用性能,增强其舒适性。

2.2 防水透气层

防水透气层应该具有双重功能,一是阻挡外界的水体进入人体,二是排除身体排汗产生的水蒸汽。Mi-ao T等^[4]为研究在闪火情况下各层及皮肤表面的温度,通过简化的三维立体模型建立起单层和多层织物模型。研究发现,在消防服复合体系的多层织物中最有效的保护层是防水透气层。目前的防水透气层多是采用“膜+阻燃基布/棉布组织”通过层压工艺复合而成,常用的膜有PTFE(聚四氟乙烯)膜、PE膜等。

2.3 隔热层

在多层织物体系中,综合热防护性能离不开隔热层的贡献,其主要功能是保温隔热,也就是说,要在保持消防战士自身温度的同时,防止外在环境的高温对其身体造成伤害。多采用耐高温纤维经过处理得到针刺毡或水刺毡,最常见的是芳纶水刺毡。

2.4 舒适层

舒适层贴近人体,首先需要具备的就是舒适性,且其穿着状态是进行高强度的消防救援作业,这不仅需要集舒适性能和阻燃性能于一身,更要追求优于一般服装的舒适性,以保证消防战士的工作效率。常用的是阻燃棉和阻燃黏胶,也有用芳纶等纤维经过舒适性处理后加以应用的。

3 结构工艺设计

消防服的结构设计多是从人体工效学的角度出发,在日常服装特征的结构基础上,综合考虑人体测量尺寸及最小功能尺寸、最佳功能尺寸等参数,通过计算得出生理测量值,再对细节部位尺寸进行合理调整,从而满足穿着的消防战士对防护性能和动作灵活度等方面的需求^[5]。崔琳琳对消防服的款式结构进行了详细的分类总结及改进^[6],不过科技发展是日新月异的,时至今日,已经有许多更好的设计出现。

3.1 衣身结构设计

为了便于服装的通风,消防服的尺寸一般会偏大,同时适当加大尺寸也有利于汗液的蒸发。通常情况下,服装的宽松量包括人体软组织弹性及呼吸量所需要的基本松量和满足人体运动所需要的宽松量。由于消防服需要考虑其功能性,大多情况下面料会具有结构紧凑、延展性小、手感较硬挺的特点,且因消防服装为多层结构而导致消防服装不利于运动,需要比较大

的宽松量。但是较大宽松量的防护类服装容易使人行动不便,从而会降低作业者的行动力和判断力,加重身体生理上的新陈代谢负荷,引起不适感,甚至于增加伤亡率。

袖窿越低,袖子与衣身的分离点就会越低,那么袖窿过低就会导致侧缝线和袖下线的长度减小,会限制手臂活动,致使服装的运动机能性和舒适性降低。袖窿点适当抬高,可以在确保适当的腋下空间的前提下使腋下长增加,就可以增加手臂的抬举范围,使手臂的活动更加自如。因此采用适当的袖窿深,可以降低手臂抬举活动的受限度,或者可以通过在腋下加入插片的方法,使手臂的活动更加自如。

3.2 袖子结构设计

手臂的运动取决于肩关节,人体结构决定了前屈的幅度大于后伸,这意味着服装的臂根后面比前面需要更多的松量。再加上人体肘部自然状态下通常朝内稍有弯曲,并且消防战士在灭火及救援作业时也都是进行朝内屈曲的运动,当弯曲肘部时,长度将发生改变。基于这些前提,对袖子的结构进行设计。采用两片袖,在小袖上分割加入耐磨补强结构,在袖肘处做省,这样可以较好地满足肘部运动要求。采用马蹄形袖口,在袖口添加便于调节袖口大小的魔术贴调节扣,并采用弹性较大的露拇指孔和四指孔的罗纹结构,这样做有利于佩戴防护手套,同时在很大程度上提高了手部运动的灵活性,如图3所示。

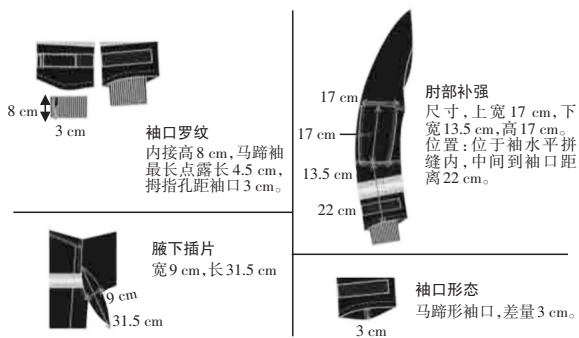


图3 袖子结构设计

3.3 下装结构设计

下装采用工字型的背带设计,在前端设计装有调节扣,后端在后片背托上固定。为了使背托加长,在后片上设计了育克(护腰结构)。背托两侧采取了下凹设计,这个小设计使得背托所需面料减少,服装重量减轻,背带对肩部的压力减小,裤子对背托及背带的拉力减小。口袋部分做成立体状,在底部设置2个漏水孔,

这样可以防止因口袋积水而造成消防服重量增加,避免了增加消防战士体能消耗的可能。

下肢的主要活动关节是膝部,综合人体膝关节的运动特点及消防战士的作业习惯,在膝盖部位做分割,前裤片在分割处增加耐磨补强结构,前裤片左右和后裤片相应位置以做省的方式收掉余量,使裤子的形态符合运动需要,同时还减轻了裤子本身的重量。

以前的消防服风格宽松,也没有进行结构的特殊设计,而现在,消防服正朝着合体轻便的方向发展,那么在一些功能型的特殊结构设计方面,就需要更多地对消防战士工作状态进行深入研究,挖掘消防战士在人体工效方面的更多需求,在体现人性化的方面进行更多的服装功能设计。

4 人性化功能设计

从功能防护的角度出发,防护服装在结构设计的基础上进行功能设计,运用多种闭合设计(如拉链、魔术贴)、面料的层次设计(如重叠)、多种零部件(如口袋、搭襻)等途径使服装能够符合相应的功能要求。冯希等对消防服装进行了创新功能设计^[7],有些已经实现,有些正待研究,还有些特别的已开始应用。

4.1 色调设计

在处理高危、紧张的工作时,冷色调会起到让人安静、镇定的作用。既能降低消防战士在火场内视觉上的温度,同时也能缓解紧张和压抑的情绪。消防战士的头盔多采用黄色,消防服通常为藏青色,由于蓝色和黄色是一对比色,黄色的头盔和蓝色的消防服在色彩上形成了一种反差,能给人视觉上鲜明醒目的感觉,但又不会像红色和橙色那样给人过度的紧张感和压迫感。

4.2 身份识别系统设计

消防战士进入火场后,只能靠头盔上的编号和对讲机来识别对方的身份。在大型火灾救援现场,各种环境状态都十分复杂,这就使得身份识别很难实现,因此对身份识别系统的需求十分迫切。

4.2.1 可视性

简单点就是直接用反光条标明战士的名字或者代号,这样就可以在复杂的火场环境下一眼看出对方的身份,但这种方式很容易受到环境的影响,如距离远或是烟雾过大等。较为高级的方式就是使用智能、高科技的方式去解决消防战士的定位问题,如GPS定位,该方式能更准确地提供队友位置及身份信息。

4.2.2 非可视性

火场灭火工作是涉及到生命安全的一项重要工作,需要精准的定位。以往的设计多是将定位芯片植入到消防服中,利用其发出的GPS或WiFi信号来确定消防战士的具体位置。但现实情况是,火灾现场基础设施大多都已被破坏,GPS和WiFi信号并不稳定,对于了解消防战士的实时具体位置作用不够到位,而且这种设计所提供的信息过于平面化,无法准确探知消防战士所在的空间信息。因此,当前有考虑采用卫星定位系统的方式,将事先编码的消防战士录进系统,当其进入火场时开通卫星定位系统,这样就可以精准地定位到其空间位置。这个想法操作可行性较低,但是可以为未来的精确定位设计提供一种可能性。

4.3 反光带设计

反光带是消防战士在火场内和夜间作业时能被肉眼识别的最为直观的方式。若采用随人体的走向进行通体设计的话,就可以更清楚地看到消防战士的躯体动态,以便于消防战士在火场内注意到同伴的运动状态。虽然这种设计可以明显地看到队友的状态,但是个人认为对于反光带的使用过多,对工艺要求的增加会增加消防服整体的重量,并且市场上暂时没有大面积使用,所以有待研究。

4.4 救生拖拉带设计

救生拖拉带是安装在防护服上的一种救援设计,当消防战士在进行火场救援作业不慎晕倒时,同伴可以将其所穿防护服的救生拖拉带展开,将其救出火场。消防战士在进行救援作业的时候,体力消耗加上火场的热应激反应,很可能产生晕厥的情况。救生拖拉带的设计就是为了方便同伴将其救出,且能够减少同伴对其救援时的能量消耗,不耽误正常救援作业。

4.5 智能配件设计

消防装备是集功能、智能、效率于一身的个体防护装备,运用智能化技术对提升消防服的性能有很大的促进作用^[8]。目前,在消防领域常常会使用热传感器实时监测分析消防服的热防护性能,这些热传感器通常具有方便轻巧、采集迅速、测量精确及重复性好等特点。

通过在消防服中设置便携式传感器,来监测消防战士在火场那种高温高危的环境下的实时生理参数,如心跳速率、体温、血氧饱和度等,并根据监测数据分析其健康状况。同时,可以利用该系统来监测火场环境下的空气温度等,对可能发生的突发状况提前预警,

以确保消防战士的生命安全。

4.6 外置时间显示器

消防战士在进入火场时可以携带手表之类的时间显示器,目的是为了更方便每位消防战士把握灭火时间,对自己的体能消耗有一定的预估。但由于消防服的防护性需要,手腕处需要进行遮盖,这样一来携带的手表便形同虚设了。因此,可以通过智能纤维材料在衣服靠近手腕处设置时间显示器,这样既方便了消防战士对灭火时间的掌控,又兼顾了防护性能的需要。

5 结语

消防战士在进行救援作业时,消防服是其主要的生命保障。但是近年来火灾频发加之消防设备不完善,许多消防战士因此献出了宝贵的生命。鉴于现代新型火场的要求,消防服的功能设计应该有更大提升,有必要利用现代科技的手段和创意设计的理念去完善消防服的功能设计,让消防战士在未来的火场灭火过程中能更加游刃有余,应对自如;并且利用现代智能科技和智能材料去创造更优质的消防产品。同时,关于消防服装的性能测试也还需要有一套完整的测试系统。所有这些努力的最终核心点就是维护好人类最宝贵的东西——生命。消防服的功能设计当以消防员的生命安全为第一要务,这是保证火场成功救援的基本。

参考文献:

- [1] 娅 苏,朱五八.新型灭火防护服的设计与应用[J].中国个体防护装备,2016,(4):12-14.
- [2] 中华人民共和国公安部.消防员灭火防护服:GA 10-2014[S].北京:中国标准出版社,2014.
- [3] 何 维,钱晓明,王俊南.消防服外层织物的研究现状[J].棉纺织技术,2015,43(7):80-84.
- [4] MIAO T,WANG Z,LI J. 3D numerical simulation of heat transfer through simplified protective clothing during fire exposure by CFD[J].International Journal of Heat and Mass Transfer,2016,93: 314-321.
- [5] 翟丽娜,李 俊.消防服装功能与舒适性开发及研究进展[J].上海纺织科技,2015,43(3):44-46,52.
- [6] 崔琳琳.消防服的款式结构改进[J].北京服装学院学报(自然科学版),2016,36(1):77-85.
- [7] 冯 希,狄友波.新型消防服功能创新设计与研究[J].天津纺织科技,2017,(5):37-39.
- [8] 邱 浩,王云仪.消防服多重功能的研究进展综述[J].服装学报,2017,2(1):11-16.

相信商家“皮肤衣就是防晒衣”的炒作。

报,2010,21(4):3.

参考文献:

[1] 李世超. 紫外线与纺织防护技术[J]. 苏州市职业大学学

[2] 韩威威,邓桦,解艳娇,等. 织物抗紫外线性能研究[J]. 天津工业大学学报,2009,28(6):69.

[3] 纺织品 防紫外线性能的评定:GB/T 18830-2009[S].

Analysis of the Quality Evaluation of Sun-proof Clothing

JIA Man-lan, SHEN Yue-ming, ZHU Pei-ju

(Shanghai Institute of Quality Inspection and Technical Research, Shanghai 200040, China)

Abstract: The fraction defective of sun-proof clothing in the market was up to 40%, especially for children's sun-proof products, which need to be supervised by the government's functional departments. When buying sun-proof clothing, consumers should choose sun-proof clothing marked with UPF40+ or UPF50+, and qualified sun-proof clothing was largely unaffected by water washing. Consumers should not easily believe the false propaganda of "skin suits are the sun-proof clothing".

Key words: sun-proof clothing; UPF; children's sun-proof clothing; skin suits

(上接第 33 页)

Analysis of Fabric Function and Structure Process

Design of Fire Fighting Protective Clothing for Fireman

ZHANG Bei-bei¹, YE Yuan-li², JIANG Chun-yan², SU Jun-qiang^{1,*}

(1. College of Textile and Clothing, Jiangnan University, Wuxi 214122, China;

2. Shenghuadun Protection Technologies Limited Company, Wuxi 214413, China)

Abstract: Through literature research and data collection, the function requirements of existing fire fighting command clothing and fire fighting protective clothing were introduced. The fabric function, structural design and the humanized function design of the fire fighting protective clothing were detailed. The development trend of fire fighting protective clothing was forecasted.

Key words: fire fighting protective clothing; functional requirements; structural process design; humanized functional design

(上接第 38 页)

Causes Analysis and Countermeasure Discussion

on Digital Printing Quality Issues of Polyamide & Spandex Fabric

OU Xiao-hong, CHEN Xiao-ling*

(Textile and Costume Institute, Institute of Hunan Engineering, Xiangtan 411201, China)

Abstract: Digital printing was used widely in textile field due to its unique advantages, especially in high value-added swimsuit fabrics. In recent years, its development was particularly rapid. But China's digital printing started relatively late, there were still some deficiencies in its technology and process management. Taking digital printing of polyamide & spandex fabric as an example, the production process was analyzed. The color issues of color bleeding, staining, color difference, pitting, Pass mark and printing size problems in printing version were investigated. Its causes were also analyzed. Some countermeasures to improve the quality of polyamide & spandex printing fabric were proposed combing with technology process and production practice.

Key words: polyamide & spandex fabric; digital printing; ink-jet printing; printing quality