

Study on Fire Fighting Protective Clothing Standards

Haiyun Han

Department of Command, Chinese People's Armed Police Forces Academy, Langfang, China

Email: hanhaiyun119@yahoo.com.cn

Abstract: The development and status quo of fire fighting protective clothing standards of China and Foreign Countries were generalized. The main performance technical requirements of fire fighting clothing involving flame retardancy, thermal insulation, resistance to water penetration, water vapour resistance and visibility were compared and studied among China, the EU and U.S. Proposal on developmental trend of fire fighting clothing standard of China was bring forward, such as to add the test methods and performance requirements of complete garment, to provide specifications about fire fighting clothing management requirements and maintenance methods, to introduce the concept of fire fighting clothing classification, to prepare standard of protective ensembles equipment for fire fighter as well as to consider comprehensively protective performance and comfort properties of fire fighting protective clothing.

Keywords: fire protection; standard; fire fighting protective clothing; performance requirements

消防员灭火防护服标准研究

韩海云

中国人民武装警察部队学院指挥系, 廊坊, 中国, 065000

Email: hanhaiyun119@yahoo.com.cn

摘要: 归纳了国内外消防灭火防护服标准的发展与现状, 对比研究了我国、欧盟和美国灭火服标准对阻燃、隔热、耐静水压、透水蒸汽、反光带的可见性等主要性能的技术要求。提出了防护服标准发展的趋势: 增加灭火服的整体性能技术要求及测试方法, 制定灭火服管理要求和保养方法、引入灭火服的分级理念、制定消防员整套防护装备标准以及综合考量防护性能与舒适性能。

关键词: 消防; 标准; 灭火防护服; 性能要求

1 引言

在灭火救援现场, 消防员常常处于火焰辐射、高温烟气环绕的境况, 对消防员的人身安全带来了一定的威胁。消防灭火防护服是消防员日常灭火救援中最主要、也是最有效的防护装备。国内外很多国家都针对灭火防护服发布了相关标准, 来规范防护服的各种性能和技术要求。我国采用公共安全行业标准 GA10《消防员灭火防护服》标准; 欧洲大多数国家采用的是欧盟标准 EN469《消防员防护服-消防员防护服性能要求》; 美国则是将美国消防协会发布的 NFPA 1971《建筑火灾和近距离灭火全套防护服装标准》确定为美国国家标准。这些标准或被法律法规所引用而强制执行, 或被作为产品认证的依据而得到推广。消防灭火防护服标准的发展直接影响消防员防护水平的提高, 随着防护技术水平的

资助信息: 教育部高等学校消防工程特色专业建设项目 (TS10113)

提高以及人们对消防员个人防护的关注日益增强, 致使这些标准不断更新、发展和完善。

2 国内外消防灭火防护服标准的发展与现状

2.1 我国灭火防护服标准的发展与现状

GA 10 标准是由全国消防标准化技术委员会第五分技术委员会“消防器具、配件分技术委员会 (TC113/SC5)”归口, 公安部上海消防科学研究所起草的。GA 10 的第一版为 GA 10-1991《消防员普通防护服性能要求及试验方法》, 2002 年进行了修订发布了 GA10-2002《消防员灭火防护服》, 目前, 上海消防科研所正在组织第三次修订。

GA10 标准目前的有效版本为 2002 版, 标准的制定参考了国际标准 ISO 11613:1999《消防员防护服实验室测试方法和性能要求》。标准规定了消防员在一

般灭火救援环境中穿着的消防灭火防护服的定义、号型规格、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存^[1]。此标准适用于在灭火救援时穿着的防护服，不适用于在高温灭火环境中穿着的防护服，例如丛林火灾、荒野火灾和森林火灾穿着的服装，也不适用于对头、手和脚的防护服装。

2.2 欧盟灭火防护服标准的发展与现状

EN469 是由 CEN/TC 162 防护服装技术委员会制定的。现行的版本为 2005 版，代替了 1995 版，此后又分别在 2006 和 2007 年发布了修改单。

EN469-2005 版在 2006 年 3 月被欧盟各国认定为各自的国家标准，并且被认定为消防灭火防护服的最低限度标准，亚太地区许多国家也陆续引用该标准。该标准规定了消防员参加灭火战斗和普通救援的防护服的最低性能要求，其所指防护服不包括对头、手和脚的保护，也不适用于化学、生化 and 具有辐射危险的事故救援时使用^[2]

2.3 美国灭火防护服标准的发展与现状

美国消防协会 1973 年发了 NFPA19A-T 《消防员防护服暂行标准》，由消防装备技术委员会的一个分技术委员会消防员防护装备委员会制定。而后于 1975 年，与国家标准局联合发布了 NFPA1971 《建筑灭火防护服标准》，该分技术委员会也从消防装备技术委员会分离出来，成为一个独立的技术委员会，负责该标准的应用与修订。该标准自 1975 年第一版发布至今每隔五年左右修订一次，至今已发布了七版^[3]。

目前作为美国国家标准的 NFPA 1971 (2007 版)，是由美国消防协会的建筑灭火和近距离消防灭火防护服和装备技术委员会起草。标准规定了灭建筑火灾和消防员近距离灭火时的灭火服装，包括上衣、裤子、工装裤、头盔、手套、鞋子及其辅助配件在内的全部防护服装的设计、性能、测试和产品认证的最低要求，同时，也规定了这些灭火服装用于化学、生化和具有辐射危险的事故救援时的附加性要求^[3]。

3 国内外灭火防护服标准的性能参数比较

消防灭火防护服的主要性能参数有外层阻燃性能、隔热性能、防水透气性能、反光带的反光性能等。

3.1 外层织物阻燃性能要求比较

阻燃性是对灭火防护服的最基本要求。国内外通

行的做法之一是从织物的燃烧速率来进行评判纺织品阻燃性能。即对经过阻燃处理的面料按规定的方法与火焰接触一定的时间，然后移去火焰，测定面料继续有焰燃烧和无焰燃烧的时间，以及面料被损毁的程度。有焰燃烧的时间和无焰燃烧的时间越短，被损毁的程度越低，则表示面料的阻燃性能越好；反之，则表示面料的阻燃性能不佳。GA10、EN469 和 NFPA1971 对外层织物阻燃性能要求如表 1 所示。

美标和欧标中对灭火防护服外层的阻燃性能要求较中标严格。中标仅是对灭火服的外层和隔热层提出阻燃性能要求，而欧标则是要求复合织物或多层织物的每一层和缝纫线的阻燃性能均达到 EN533:1997《防护服-耐高温和火焰-阻燃材料和复合材料》中的三级要求^[4]。

表 1 中外灭火防护服标准对外层织物阻燃性能要求对照表

标准名称	GA10	CEN 469	NFPA1971
实验方法	GB/T 5455-1997 《纺织品燃烧性能试验垂直法》	ISO15025: 2002 《防护服-耐高温和火焰-阻燃性能测试方法》	ASTM D 6413 《纺织物阻燃性能测试方法（垂直法）》
性能要求	试样点燃试验后的损毁长度不应大于 100mm，续燃时间不应大于 2s，且不应有熔融、滴落现象	达到 EN533:1997 的三级阻燃要求（火焰最底端不能燃烧蔓延至试样的顶端或是垂直边沿；不能有燃烧碎片（熔滴）坠落；阴燃不能从织物上的炭化区延伸至织物上的未破损区；无破洞；续燃时间不应超过 2 s。）	试样点燃试验后的损毁长度不应大于 3mm，续燃时间不应大于 0.2s，且不应有熔融、滴落现象

3.2 防护服隔热性能要求比较

消防员的工作环境是高温高辐射热的火场，火场中温度处于 60℃ ~ 1100℃ 之间，而其辐射热在 115kW/m² · s ~ 200kW/m² · s。高温极易导致消防人员灼伤，因此灭火服必须具有良好的热防护性能，主要体现在两个方面，一是防直接灼烧的热传导，二是防辐射热的渗透。

GA10 用热防护能力 (Thermal Protective Performance TPP) 的值来表征消防灭火防护服隔热性能。其原理是通过对织物表面导致人体 2 度烧伤(灼伤)所需热能的测定, 来评价服装热防护的相对能力。GA10 规定消防灭火防护服的 TPP 值不应小于 28^[1]。

EN496 是分别在火焰直接烘烤和热辐射条件下, 测量灭火防护服的传热能力来衡量灭火服的隔热性能。火焰烘烤下传热性能测定是按照 EN367《防护服-隔热与阻燃-暴露于火焰中材料的传热能力测试方法》所确定的方法进行试验, 材料的传热能力用热传递指数 (HTI) 表征, 根据火焰传热指数将灭火服的抗热传导性能分为两级, 如表 2 所示。热辐射下传热性能测定是按照 EN ISO 6942《防护服-隔热与阻燃-测试方法: 对材料暴露于单一辐射热源下的隔热性能评价》所确定的方法进行试验, 材料的辐射传热能力用辐射热传递指数 (RHTI) 表征, 据辐射热传递指数将灭火服抗辐射热性能分为两级, 如表 2 所示。

NFPA 1971 中同样用 TPP 值作为衡量隔热性能的指标, 并按照 ISO 17492《隔热防护服—火焰及热辐射条件下的热传递能力测试》的测试方法测量, 其测试方法与中标消防灭火防护服测试方法相似, 但所规定的 TPP 值不得低于 35^[3]。

表 2 EN469 对灭火服隔热能力分级表

分级依据		等级一	等级二
热传递 指数	HTI24	≥9.0	≥13.0
	HTI24-HTI12	≥3.0	≥4.0
辐射热 传递指 数	RHTI24	≥10.0	≥18.0
	RHTI24-RHTI12	≥3.0	≥4.0

对于隔热性能要求, 中标和美标均是采用 TPP 来衡量防护服的相对隔热能力, 但美标的要求较高。欧标则是分别对防护服装在火焰烘烤下传热性能和热辐射下传热性能提出要求, 而且对服装织物的隔热性能进行分级。这样分级的优点是细分了服装织物的隔热性能, 为灭火防护服的分级和质量等级认证提供了依据。

3.3 耐静水压性能及透水蒸汽性能要求比较

防水透气层是用于阻止水向隔热层渗透, 同时又能排出水蒸汽的防护服面料中的一层, 该层可以使消

防员在灭火战斗过程中感觉到舒适。防水透气层的性能要求体现在两个方面, 耐静水压性能及透水蒸汽性能。

GA10 中对耐静水压性能按照 GB/T4744-1997《纺织物 抗渗水性测定 静水压试验规定》所规定的方法进行测试, 防水透气层的耐静水压值不应小于 17kPa。透水蒸汽性能按 GB/T 1037-1998《塑料薄膜和片材透水蒸汽性试验方法》规定的方法进行测试, 水蒸汽透过量不应小于 5000g/(m²·24h)^[1]。

EN469 中对耐静水压性能按照 EN 20811-1992《纺织品-耐水渗透性的测定-静水压试验》标准所规定的方法进行试验。透水蒸汽性能按照 EN 31092《纺织品-生理效应-稳态条件下耐热和耐水蒸汽性能的测量(防护热板排汗试验)》规定的方法进行测试, 欧标对防护服耐静水压性能和抗透水蒸汽性能分级标准分别为 20kPa 和 30m²Pa/W^[2]。

NFPA1971 中以抗水渗透性能表征防水透气层的性能, 而不是测量试样耐静水压值。测试方法为联邦标准 191A《纺织物测试方法》, 测试压力为 172kPa, 测试过程中如出现水分渗出则判定产品不达标^[3]。NFPA 标准不仅对消防灭火防护服面料的提出防水性能要求, 还对消防灭火防护服的服装接缝处的防水性做出规定。

通过对耐静水压性能及透水蒸汽性能要求的比较发现, 中标对于该项参数的要求低于欧标及美标, 尤其是美标对防护服抗水压的要求远远高于中标。中标与欧标对灭火服的透气性能的测试方法与性能指标均不同, 不具有可比性; 但是欧标对服装的复合材料或是多层服装的每层都要求达到所要求的透气性, 而中标仅对防水透气层作了相应的规定。

3.4 反光带可见性能要求比较

灭火战斗经常是在夜间或黑暗的空间内进行, 为方便火场调度, 提高消防员的安全系数, 降低搜救被困消防员的难度, 要求在灭火服外层缝制反光带。

GA10 中指出防护服在上衣胸围、下摆、袖口、裤脚处缝合宽度不小于 50 mm 的反光标志带。反光标志带的发光可见性能通常用逆反射系数来表征, 逆反射系数越大反射性能越好。GA10 规定了不同入射角下, 不同观察角度的反光标志带逆反射系数的最低要求; 而且要求反光材料为在温度为 260℃±5℃条件下试验 5 min 后, 其逆反射系数不应小于正常规定值的

70%^[1]。

EN469 中允许使用反光材料或荧光材料或其他复合材料实现防护服的可见性。要求使用反光材料时,应该附于消防灭火防护服表面,且面积不小于 0.13m²;如果使用非反光材料或复合材料,其荧光带最小面积不小于 0.2m²;反光材料应该环绕防护服双臂,双腿以及颈部,以便使全身各个部位可见。所采用的材料最小反射系数要求不低于 EN 471:2003 的相应规定,其对独立反光材料的要求与中标完全一致^[4];标准也规定了这类材料的耐热性,要求在温度为 180℃±5℃条件下的干燥箱内,试验 5min 后的其逆反射系数应达到一定数值,其值约为正常规定值的 30%~50%^[5]。针对荧光材料标准还规定了材料的色度和亮度要求。

NFPA1971 中对反光标志带发光性能要求有反射系数标准和不同光线照射下的最小亮度因子。反光标志带的光度性能按照 ASTM E 991《测量反光材料荧光特性的实施规程》标准规定的测试方法进行,该标准对黄绿荧光、橙红荧光以及红光色度坐标下的最低亮度因子提出要求。

总体来看,中标对灭火服的可见性能要求高于欧标和美标,尤其是对反光带的耐热性能要求。相比较中标而言,欧标中对反光标志带面积大小提出具体要求,中标只是在反光带的定义中有宽度的说明;同时欧标和美标中还增加了对反光带色度和亮度的测试和要求。

4 我国灭火防护服标准发展的趋势

我国消防灭火防护服标准发展经历了一个不断完善不断更新的过程。伴随着这种发展,我国消防员的防护水平得到较大提高,但在应用过程中以及与欧美国家标准相比,仍然存在忽略对灭火服舒适性能的考量,对防护性能要求不全面,缺乏对灭火服整体防护性能的测试与评价以及关于服装维护、管理的技术规定过于简单等问题。所以,我国灭火服防护标准应从以下方面进行完善。

4.1 从系统角度出发,提高消防灭火防护服的整体防护性能

消防灭火防护服对于消防员来说是一个完整的躯体防护系统,如果出现某些部位的防护水平低于其他部位时,即存在薄弱环节,则仍然会导致消防员受伤,影响整个消防灭火防护服的防护水平。所以,对灭火

防护服整体性能的测试非常重要。整体性能模拟测试方法的典型代表是假人测试方法,具体做法是将穿着防护服的全尺寸人体模型暴露于通过控制热通量和火焰分布模拟爆燃情况下的燃烧实验室中,通过模型上的传感器与计算机连接,按预定程序记录传热数据,进而计算并预测试验后对皮肤的损伤程度;同时,全程进行录像和拍照,通过肉眼观察记录防护服在此过程中的变化。这一方法的优点是精确度高、重复性好,并可在真人无法试验的极端环境条件下进行测试试验;试验结果可作为对整个防护服的防护性能进行评估的一个参考因素,还可以指导防护服的优化设计。欧盟标准附录 E 规定了这一测试方法的原则、设备要求、测试样品及测试程序和测试报告的相关内容。我国也可以考虑将防护服的整体性能要求与测试纳入标准中,与国际接轨,制定防护服整体防护性能标准化的测试方法,并且进一步提出对灭火防护服的风险评估方法。

4.2 制定灭火防护服管理、保养、维护方法和要求

消防灭火防护服是由特殊面料制成的,如果没有正确的管理、保养、维护方法容易导致消防灭火防护服的使用寿命和效能受到影响。我国标准要求对于消防灭火防护服的保养、维护方法由生产厂家提供,但由于有些厂家未提供明确的操作方法或培训不到位,往往致使消防灭火防护服远远达不到使用年限,而造成浪费;或是致使防护服各项性能严重下降却仍然服役,对消防员安全造成潜在威胁。美国消防协会在 2008 年发布了 NFPA 1851《灭火战斗服和隔热服的选择、保养和维护的标准》,制定了统一细致的消防灭火防护服管理、保养、维护的专业化方法以及有关服装报废方面的技术规定。我国在标准中增加此项内容并进行专门培训也是十分必要的。

4.3 引入防护服的分级概念

欧标对防护服进行了分级,分别规定了不同等级防护服装的最低标准;而我国仅规定了消防灭火防护服产品市场准入与产品认证的最低性能要求,而没有划分级别。建议借鉴欧标的模式在标准中规定出防护服性能的分级,并给出不同级别防护服的性能要求,这样的技术要求细化可以进一步规范市场,也为政府采购提供了定价参考。同时,高级别的性能要求有利

于新技术在消防灭火防护服领域的应用,提高产品性能,带动消防灭火防护服产业的发展,进而有利于提高消防员防护水平。

4.4 综合考量消防灭火防护服防护性能与舒适性

从以人为本的角度出发,灭火防护服应兼顾防护性能和一定的穿着舒适性。应用 GA10: 2002 生产的灭火服在实际穿着使用过程中,在舒适性方面暴露出了一些问题,比如我国许多地方相继发生了消防员穿着灭火防护服作业时中暑的事件,消防部队官兵反应强烈;在北方寒冷地区,由于消防灭火防护服防水性能差而引起的冻伤人员数量居高不下。造成这些问题的根源是我国标准过分重视其灭火服抵抗火焰和高温烟气的能力,而忽视了穿着的舒适性。如我国仅用 TPP 值对灭火服的隔热性能进行要求,TPP 越高隔热性能越好,但也可能会使灭火服越来越厚,而影响消防员的灭火救援效率;又如我国仅对灭火服的防水透气层要求达到一定程度的透气性,而对于隔热层,外层都没有相应的要求。所以,建议我国标准在保证热防护性能的同时,适当增加灭火服穿着舒适性的指标,不仅能避免对消防员的二次伤害,也有利于提高灭火队伍的战斗力。

4.5 制定消防员整套防护装备标准

我国和欧盟是对防护服装构成部分的各个产品分别制定标准。而美国采用的是整套灭火防护服装标准,即不只包含防护服,还包括头盔,靴子、手套等其他防护装备,美国这一做法符合目前的发展趋势。目前,有关专家考虑到防护装备各组成部分之间的制约因素,正在将各种个人防护装备集成为“生命支持系统”,即从系统的角度,将消防队员在危险环境从事火灾扑救和抢险救援行动时必须的各种防护装备,如防护服

装、空气呼吸器、生命报警器等有机地加以整合,增强防护装备各组成部分之间防护性能的协调性。所以,建议综合考虑消防员防护装备中各个产品的相互配合和制约因素,制定消防员整套防护装备标准。

5 结束语

随着新技术的应用,新型材料的研制,消防灭火防护服产品不断更新换代,从具有最初的简单防护功能,到在防护等级、舒适程度、协调性能等方面取得突破性进展。标准的修订也应与产品的更新换代同步进行,相辅相成,从而促进消防员防护水平的提高,增强消防队的作战能力。但需要注意的是,在标准修订过程中除要考虑技术与防护水平外,还应结合经济发展水平和市场对产品成本的承受能力,尽量与国际接轨,引入新的防护服标准理念。

References (参考文献)

- [1] National Technical Committee for Fire Protection Standardization (SAC/TC113). GA10-2002 *Protective clothing for firefighters* [S]. Beijing: Standards Press of China.
全国消防标准化技术委员会(SAC/TC113). GA10-2002 消防员灭火防护服[S]. 北京: 标准出版社, 2002
- [2] Technical Committee of protective clothing including hand and arm protection and lifejackets (CEN/TC162). EN 469: 2005 *Protective clothing for firefighters-Performance requirements for protective clothing for firefighting* [S]. Brussels: Copyright European Committee for Standardization (CEN), 2005.
- [3] Structural and Proximity Fire Fighting Protective Clothing and Equipment (FAE-SPF). NFPA 1971: 2007 *Standard on protective ensembles for structural fire fighting and proximity fire fighting* [S]. Quincy: Copyright National Fire Protection Association, 2007.
- [4] Technical Committee of protective clothing (PH/3). BS EN 533: 1997 *Protective clothing-protection against heat and flame-Limited flame spread materials and material assemblies* [S]. Standards Board of UK, 1997
- [5] Technical Committee of protective clothing including hand and arm protection and lifejackets (CEN/TC162). EN471: 2003 *High-visibility warning clothing for professional use—Test methods and requirements* [S]. Brussels: Copyright European Committee for Standardization (CEN), 2003.