

消防服用阻燃织物透气性测试与分析

杨柳¹, 李龙², 杨建忠³, 杨潘¹, 唐洋洋¹

(1.西安建筑科技大学 华清学院, 陕西 西安 710043; 2.陕西中天火箭技术股份有限公司, 陕西 西安 710025)

(3.西安工程大学 纺织与材料学院, 陕西 西安 710048)

摘要: 选用 YG461Z 型全自动透气性能测试仪对 12 种单层阻燃织物及 10 种不同配伍方式的阻燃防护系统进行透气性能测试, 筛选出透气性能较好的消防服多层织物系统, 并对其织物透气性与结构相关性进行分析研究。综合评价得出: 3[#] 外层为覆膜阻燃帆布的多层织物系统为最优组合; 织物厚度与透气性成反比关系; 对于覆膜织物而言, 层压于织物的 PTFE 膜会对透气量产生较大的影响。

关键词: 阻燃织物; 防火; 防水性; 透气性; 防水透气层; 聚四氟乙烯膜; 消防服

中图分类号: TS941.731.3

文献标识码: B

文章编号: 1001-2044(2018)12-0056-03

DOI: 10.16549/j.cnki.issn.1001-2044.2018.12.016

Air permeability test and analysis of the flame resistant fabric for fire-fighting clothing

YANG Liu¹, LI Long¹, YANG Jianzhong³, YANG Pan¹, TANG Yangyang¹

(1. Huaqing College, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710043, China)

(2. Xi'an Zhongtian Rocket Technology Co., Ltd., Xi'an 710025, China)

(3. School of Textile and Materials, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China)

Abstract: The YG461Z automatic air permeability tester is used to test the air permeability of 12 single-layer flame-retardant fabrics and 10 different flame retardant protection systems, and the fire-retardant multi-layer fabric system with good air permeability is selected. The fabric permeability and structural correlation are analyzed. The comprehensive evaluation concludes that: a multi-layer fabric system with film-coated flame retardant canvas is the best. The fabric thickness is inversely proportional to the gas permeability. For the film fabric, the PTFE film laminated to the fabric has a large influence on the air permeability.

Key words: flame retardant fabric; fire proof; water resistance; air permeability; waterproof breathable layer; PTFE membrane; flame resistant fabric

由于燃烧产生的热量及灭火时大量用水等因素, 消防员必须穿戴灭火防护服以保护自身安全。然而, 目前灭火防护服普遍存在热湿舒适性较差的问题。国内外相关的研究调查表明, 消防员在灭火及救援过程中往往处于高温、高湿的环境中, 消防服不能很好地导汗散热也是导致消防员受伤的重要因素^[1]。

在干热、湿热环境中, 人体耐高温承受能力如下: 干燥环境中, 温度达 100℃ 时, 1 min 内人体不受高温损害; 温度达 70℃ 时, 15 min 内人体不受高温损害; 温度达 50℃ 时, 120 min 内人体不受高温损害; 在高湿环境下, 温度仅 40℃ 时, 约 1 h 人体就会发生中暑性昏迷。在灭火救援过程中, 人体皮肤和消防服之间形成高温高湿的微环境, 使得穿着者局部蓄热严重且汗液无法排除, 身体温度急剧上升, 严重时会出现热抽筋、中暑昏厥、蒸汽烫伤等症状^[1]。

如何提高消防服的耐高温和隔热防护性能, 同时使消防服轻便并且防水透气(防止外部水、有害液体

等接触皮肤), 使消防员在消防作业过程中行动灵活, 不感到闷热, 实现隔热、防水、透气、轻便等各项性能指标的平衡, 一直是个具有挑战性的课题^[1]。本文通过对单层、复合多层棉型阻燃织物及复合多层芳纶/阻燃粘胶织物分别进行透气性能的测试分析, 评价不同配伍的复合多层防护系统的穿着舒适性。

1 试验

选用 YG461Z 型全自动透气性能测试仪, 测试原理为在规定的压差条件下, 测定一定时间内垂直通过试样给定面积的气流流量, 读取透气量。选择试样压差为 128 Pa, 孔径为 70 mm^[2]。

对 12 种单层阻燃织物及 10 种不同配伍方式的阻燃防护系统进行透气性能测试。在 10 种不同配伍方式中, 外层选用 3 种棉型阻燃覆膜面料及 2 种芳纶/阻燃粘胶(NOMEX/FR-VISCOSE)面料; 隔热层选用 2 种厚度的针刺毡芳纶 1313(C1、C2); 舒适层均采用芳纶/阻燃粘胶面料(B2)。具体织物规格见表 1。其中, 聚四氟乙烯(PTFE)膜分别层压于 A1~A3 面料上, 其厚度分别为 0.1540、0.0523、0.0504 mm。复合多层阻燃织物的各层配伍方式见表 2。

收稿日期: 2018-07-26

作者简介: 杨柳(1988—), 女, 助教, 主要从事材料学方面的研究。

表1 试验样品的基本规格

试样编号	试样名称	面密度 ($g \cdot m^{-2}$)	织物密度 ($[根 \cdot (10 cm)^{-1}]$)		厚度 /mm	织物组织
			经向	纬向		
A1	覆膜棉/锦阻燃面料	260	350	180	0.596 2	斜纹
A2	覆膜阻燃防撕裂面料	200	450	200	0.501 8	斜纹
A3	覆膜阻燃帆布	280	300	190	0.621 8	平纹
A4	全棉阻燃防静电面料	260	560	220	0.703 0	斜纹
A5	全棉阻燃面料	150	600	270	0.568 6	斜纹
A6	全棉防静电面料	200	480	250	0.704 3	斜纹
B1	芳纶/阻燃粘胶面料	150	280	220	0.434 6	平纹
B2	芳纶/阻燃粘胶面料	150	220	220	0.483 9	平纹
B3	芳纶/阻燃粘胶面料	150	250	240	0.491 7	平纹
B4	芳纶/阻燃粘胶面料	210	330	260	0.636 3	斜纹
B5	芳纶/阻燃粘胶面料	210	330	260	0.540 3	斜纹
B6	芳纶/阻燃粘胶面料	260	290	250	0.647 4	斜纹
C1	芳纶毡	100	—	—	0.97	—
C2	芳纶毡	200	—	—	2.01	—

表2 各层配伍方式

序号	外层	防水透气层(PTFE膜)	隔热层	舒适层
1	A1	有	C1	B2
2	A2	有	C1	B2
3	A3	有	C1	B2
4	B3	无	C1	B2
5	B4	无	C1	B2
6	A1	有	C2	B2
7	A2	有	C2	B2
8	A3	有	C2	B2
9	B3	无	C2	B2
10	B4	无	C2	B2

2 结果与讨论

2.1 单层阻燃织物透气性测试结果与分析

经测试, A1~A6、B1~B6的透气量分别为6.84、6.69、9.26、108.59、92.53、132.73、578.25、425.7、335.03、92.34、89.35、38.12 $mL/(cm^2 \cdot s)$ 。

根据以上测试结果,可以得到试样的透气量分布图,见图1。可以看出,棉型阻燃织物(A1~A6)的透气量范围在6.69~132.73 $mL/(cm^2 \cdot s)$,平均透气量为59.44 $mL/(cm^2 \cdot s)$;而3种覆膜棉型阻燃织物(A1~A3)的透气量均在10 $mL/(cm^2 \cdot s)$ 以下,明显低于其他无覆膜棉型阻燃织物。这是因为覆膜层为聚四氟乙烯微孔薄膜(PTFE膜),其利用多微孔薄膜使膜微孔

的孔径介于水蒸气和雨水水滴直径之间,来达到防水透湿的功能。因此覆膜织物的透气量明显低于无覆膜织物。3种覆膜织物中A3的透气量略高于A1、A2;无覆膜的3种棉型阻燃织物中,A6的透气量最大。芳纶/阻燃粘胶织物(B1~B6)的透气量分布在38.12~578.25 $mL/(cm^2 \cdot s)$,平均透气量为259.8 $mL/(cm^2 \cdot s)$;试样B1为芳纶/阻燃粘胶混纺平纹组织,其透气量为578.25 $mL/(cm^2 \cdot s)$,明显高于同组其他试样。

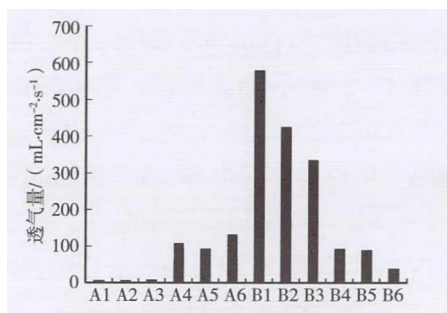


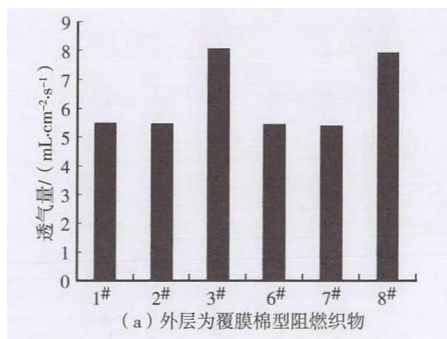
图1 阻燃织物的透气量分布图

通过分析以上两组不同阻燃织物的透气量可以发现,芳纶/阻燃粘胶织物的透气量普遍高于棉型阻燃织物,但在火场作业中,消防防火服需要防水透气层来阻止高压水柱的侵入,因此,面料的选择还需根据实际应用场合来确定^[3]。

2.2 复合多层阻燃织物透气性测试结果与分析

经测试,1#~10#复合多层阻燃织物的透气量分别为5.492 8、5.461 9、8.065 1、190.896 0、77.130 4、5.457 5、5.411 6、7.941 8、160.317 0、28.258 5 $mL/(cm^2 \cdot s)$ 。可以看出,复合多层阻燃防护系统中,隔热层为试样C1(试样1#~5#)的复合多层织物的透气量范围在5.461 9~190.896 0 $mL/(cm^2 \cdot s)$,平均透气量为57.409 2 $mL/(cm^2 \cdot s)$;而隔热层为试样C2(试样6#~10#)的织物透气量范围在5.411 6~160.317 0 $mL/(cm^2 \cdot s)$,平均透气量为41.477 2 $mL/(cm^2 \cdot s)$ 。

根据上述测试结果,可以得到试样的透气量分布图,见图2。



(a) 外层为覆膜棉型阻燃织物

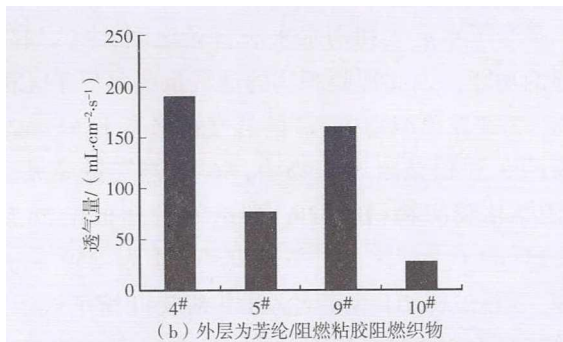


图2 阻燃织物不同配伍方式试样的透气量分布图

由图2(a)可以看出,随着隔热层芳纶毡面密度的增加,复合多层阻燃织物透气量略微减小。试样6[#]、7[#]相对于试样1[#]、2[#]减小量甚微,分别为0.035 3 mL/(cm²·s)及0.050 3 mL/(cm²·s);而试样8[#]相对于试样3[#]随隔热层面密度的增加,透气量的减小量稍大些,为0.1233 mL/(cm²·s)。

由图2(b)可以看出,随着隔热层芳纶毡面密度的增加,复合多层阻燃织物透气量明显减小。试样9[#]相对于试样4[#]的透气量减小了30.579 0 mL/(cm²·s);试样10[#]相对于试样5[#]的透气量减小了48.871 9 mL/(cm²·s)。可见,对于外层为芳纶/阻燃粘胶织物的复合多层防护系统,不同的隔热层配伍方式对于其透气量影响较大。

通过对以上两组试样透气量的分析和对比可以发现,芳纶/阻燃粘胶织物的透气量明显大于覆膜棉型阻燃织物,且不同的隔热层配伍方式对外层为芳纶/阻燃粘胶织物的复合多层阻燃防护系统的透气量影响较大。作为消防防火服,在消防灭火过程中,会使用大量的流动水进行灭火,从而沾湿服装,而水的导热系数远大于纤维的导热系数,所以潮湿的阻燃防护服对火场的工作人员更可能造成灼伤。因此消防战斗服的防水透湿层是不可或缺的。综合以上因素,3[#]外层为覆膜阻燃帆布的多层织物系统为最优组合。

(上接第55页)

4 结语

采用由红外烘烤、激光裁切和自动计重等机构装置组成的仪器快速测试织物面密度,其仪器操作简便,方法简单,有效地克服了传统测试方法存在的缺陷,具有测试简便、快速、准确的优势。本文测试仪器的设计,具有一定的科学与合理性,为织物面密度的快速检测提供了一种新的测试方法和测试仪器。

2.3 单层织物透气性与厚度的相关性能分析

由单层织物透气性与厚度相关性可知,一般情况下,织物厚度与织物的透气量成反比关系,即织物越厚,透气性越差。对于覆膜织物而言,层压于织物的PTFE膜本身也会对气体的透过量产生很大的影响。

3 结语

(1)棉型阻燃织物中,3种覆膜织物中A3的透气量略高于A1、A2;无覆膜的3种棉型阻燃织物中,A6的透气量最大,A6为全棉防静电面料。芳纶/阻燃粘胶织物中,试样B1为芳纶/阻燃粘胶混纺平纹组织,其透气量为578.25 mL/(cm²·s),明显高于同组其他试样。但防水透湿层作为冲入火场的消防战斗服而言是不可或缺的,应当根据实际情况选择面料。

(2)随着隔热层芳纶毡面密度的增加,外层为覆膜棉型阻燃织物的复合多层阻燃织物透气量略微减小,外层为芳纶/阻燃粘胶阻燃织物的复合多层织物透气量明显减小。对比两组透气量试验数据可以看出,芳纶/阻燃粘胶织物的透气量明显大于覆膜棉型阻燃织物,且不同的隔热层配伍方式对外层为芳纶/阻燃粘胶织物的复合多层阻燃防护系统的透气量影响较大。试样3[#]的透气量为8.065 1 mL/(cm²·s),且具有防水透气层,是多层织物系统的最优组合。

(3)一般情况下,织物厚度与织物的透气性成反比关系。对于覆膜织物而言,层压于织物的PTFE膜本身也会对气体的透过量产生很大影响。

参考文献:

- [1] 罗琦,徐盛,金朝霞,等.灭火防护服热湿舒适性探讨[J].劳动保护,2012(5):88-90.
- [2] 余序芬.纺织材料实验技术[M].北京:中国纺织出版社,2004.
- [3] 杨柳,杨建忠,李龙.消防服用棉型多层织物系统透湿性测试与分析[J].山东纺织科技,2014(10):30-33.

参考文献:

- [1] 张一心,朱进忠,袁传刚.纺织材料[M].3版.北京:中国纺织出版社,2005.
- [2] 王慧玲,周彬,黄紫娟,等.织物平方米重快速测试仪器:201810122345.2[P].2018-02-07.
- [3] 王慧玲,周彬,黄紫娟,等.织物平方米重快速测试仪器:201820213859.4[P].2018-02-07.
- [4] 李正佳,朱长虹.激光生物医学工程基础[M].武汉:华中科技大学出版社,2001.