

文献引用格式:熊艳平,张燕,王成.排爆服的研究现状与发展[J].纺织科技进展,2024,46(6):7-9.

排爆服的研究现状与发展

熊艳平,张燕,王成

(北京普凡防护科技股份有限公司,北京 100000)

摘要:根据爆炸伤害分析、爆炸防护原理,总结排爆服的防护结构。当前排爆服的防护结构多数由排爆服外套及排爆服防护层组成。排爆服外套多为各类阻燃面料,其中芳纶阻燃面料各项性能最佳。排爆服防护层的纤维织物类型包括:芳纶 II、芳纶 III、PBO、PI 纤维、UHMWPE、碳纤维及 M5 纤维。对比国内外排爆服的现状及发展,为今后排爆服的进一步研究提供参考。

关键词:排爆服;爆炸;阻燃面料

中图分类号: TB 332

文献标志码: A

文章编号: 1673-0356(2024)06-0007-03

近年来,爆炸成为犯罪分子恐怖袭击最常用的手段之一,由相关统计可知,全世界爆炸事件的数量一直居高不下,对世界各国的人员安全造成威胁^[1-3]。目前,世界各国最常用的排爆方式依旧是排爆人员穿着排爆服进行排爆。排爆服由于 360°全方位防护,防护等级高,因此在面临爆炸产生的冲击波、破片、高温等伤害时,可以更好地对排爆人员进行防护。

国内外排爆服的主体防护材料以纤维材料为主,从纤维层面按排爆服对纤维织物的性能要求分为外套防护、防护层防护。其中外套防护具有阻燃、防静电和防水的功能,还可减弱爆炸产生的冲击力;防护层由高性能纤维材料构成,主要抵抗爆炸碎片冲击及爆炸冲击波压力^[4-5]。

1 爆炸伤害分析

在爆炸发生时,现场常常存在明火或隐藏火源,需要首先将火势与人体阻隔,因此要求排爆服外套具有一定的阻燃性能,才能给排爆作业人员提供良好的保护。除了明火或隐藏火源,爆炸致伤最主要来源于高速破片及冲击波^[6-8]。因此,排爆服的防护层材料必须具有相应的防护强度,用来阻隔冲击波、超压、破片等伤害。排爆服的防护层包括软质防护层与硬质防护层。硬质防护层作为抵御爆炸伤害的第一道防线,必须具有极高的防护效能,其材料一定要具有高强度、耐剪切的特性。软质防弹层作为抵御爆炸的第二道防

线,主要拦截、消耗第一层防线未能阻挡的部分伤害,如火势、破片、冲击等,并将伤害降到最低,而且它是距离人体最近的结构层,因此其需要具有一定舒适度,使人体在作业时活动自如。

2 排爆服防护结构

2.1 排爆服外套

排爆服外套的织物类型有芳纶阻燃面料、生态阻燃面料、全棉阻燃面料、CVC 阻燃面料、复合型阻燃面料等。其中芳纶阻燃面料具有耐热阻燃性、极限氧指数大于 28、抗静电性、耐酸碱及有机溶剂的侵蚀、高强度等优点;生态阻燃面料是具有高性能阻燃的面料;全棉阻燃面料是在全棉染色布的基础上进行阻燃处理,在织物内部形成了永久性的交联,因而使其具有耐久性的阻燃性能,可耐洗 50 次以上;CVC 阻燃面料是在 CVC 面料的基础上经过 Proban 阻燃工艺处理制作而成的阻燃面料,其断裂强力大于等于 300 N,阴燃、延燃时间小于等于 2 s,缩水率小于等于 3%。各织物具体参数见表 1。

极限氧指数(LOI)数值越大,说明燃烧时所需氧气浓度越高,常态下越难燃烧。一般认为 $LOI \leq 20$ 属于易燃材料, $20 < LOI \leq 26$ 属可燃材料, $26 < LOI < 35$ 属难燃材料, $LOI \geq 35$ 属不燃材料。由表 1 可知,芳纶阻燃面料阻燃性能明显更胜一筹。

排爆服面料一般都是采用单层结构布,也有用复合布的形式,可以多层结合,如现研究的多层复合抗菌阻燃面料^[9]、PTT/芳纶生态阻燃面料^[10]等,可以适应不同作业环境,性能优越,操作灵活方便。

收稿日期:2023-12-28;修回日期:2024-01-16

第一作者:熊艳平(1995—),女,研究生,研究方向为复合材料及防护装备研发,E-mail:664746520@qq.com。

表 1 各织物基础性能参数

试验项目	芳纶 阻燃面料	全棉 阻燃面料	复合型 阻燃面料
组织结构	平纹	平纹	平纹
面密度/(g·m ⁻²)	160.8	285.2	155.6
透气率/%	361.2	53.2	253.0
透湿率/%	2 678.85	2 588.75	2 713.78
极限氧指数/%	35.89	30.37	28.32
撕破强力/N	5 897	1 098.23	1 523.45

表 2 各纤维基础性能测试参数

牌号	密度 (g·cm ⁻³)	断裂伸长率 /%	拉伸强度 /GPa	拉伸模量 /GPa	热分解温度 /°C	极限氧指数 /%
芳纶 II	1.44	3.59	3.46	97.0	530	30
芳纶 III	1.44	3.00	4.80	139.0	530	42
UHMWPE	0.97	2.80	4.30	145.6	300	26~28
PBO	1.54	3.00	4.10	165.0	650	68
PI 纤维	1.41	3.00	3.50	130.0	600	38
碳纤维	1.78	1.50	3.50	230.0	800	55
M5 纤维	1.70	1.40	5.30	350.0	530	50

表 2 中的 7 种纤维通过其相对应的织造方式,制备相应织物。防护层的结构类型包括单织物叠层结构和多织物叠层结构。单织物叠层结构是通过选配一种最适合的织物进行多层叠加,通过相应成型工艺进行压制成型或固定成型的结构。多织物叠层结构是通过织物的相关性能和防护层在应对爆炸时的机理分析,将织物从迎爆面开始进行织物结构调配,将其有序排列放入模具中,按照相应成型工艺进行压制或固定的结构。

3 排爆服国内外发展现状

3.1 国外发展现状

目前国外应用最为广泛的排爆个人防护装备是英国 Allen Vanguard 公司生产的 EOD 系列和英国 SDMS Security Products UK Ltd.公司生产的 MK 系列产品。

英国 Allen Vanguard 公司,是较早对排爆服进行全面化、系统化、系列化深入研究的单位。到目前为止,EOD-7B、EOD-8、EOD-9 和 EOD-10 型排爆服,经过不断研究升级,已经在质量、防护等级、舒适性上都达到了较高水平。其中,EOD-7B 型排爆服作为初代产品,一经问世,便成为当时使用广泛的排爆服。在经过 EOD-8、EOD-9 型排爆服的升级,EOD-10 型排爆服在性能方面已非常成熟,它对爆炸产生的冲击波超压、破片、高温等可提供一定的抵御。EOD-10 型排爆服

2.2 排爆服防护层

排爆服由于防护级别高,具有软质防护层和硬质防护层 2 层防护,共同承担爆炸带来的伤害。但是由于这 2 层防护承担的“责任”不一样,所以在织物选材与结构类型上存在巨大差异。防护层的织物类型包括:芳纶 II、芳纶 III、PBO、PI 纤维、UHMWPE、碳纤维^[11]以及 M5 纤维^[12]。各纤维基础性能见表 2。

包括头盔和防护套装,其中防护套装包括分体服装(上衣和裤子)、防护层(加强胸插板和腹插板等)。防护层重要部位的 V0 速度高达 1 800 m/s,分体服装的上衣配备万用连接线缆,裤子带内置仿生学脊椎防护器、脚部保护板、接地线(静电消除装置)等。

英国 SDMS Security Products UK Ltd.公司,也是目前研究排爆服的重点单位。其中耳熟能详的产品当属 MK 系列排爆服。MK 系列排爆服品质优,价格实惠,在国际市场上较受欢迎,所占份额较高。最新款 MK5A 型排爆服,是 MK 系列产品中防护性能好、质量轻的防护产品,含有上装、下装、头盔。其中头盔带有防护面罩,护胸板、护档板插在服装袋中最后连接于上装外表面前胸部。排爆服上装、下装外套采用间位芳纶面料。除此之外,排爆服还可选配附件包括水冷系统、通信系统、冷风机等。

3.2 国内发展现状

目前,国内排爆服产品也发展迅速,极力追逐国外排爆服的科研进程。北京普凡防护科技有限公司研制的 PBF-PF01 型排爆服主要由排爆头盔、面罩、上衣、裤子、防护板组件、护脊板组件、通风系统、通信系统等组成。全防护结构为穿着者提供除手掌以外所有部位的防护,用于在排除爆炸物过程中对排爆作业人员的防护,防止或减轻爆炸物对排爆作业人员的伤害,最大限度地保证排爆作业人员的安全,能够抵御爆炸后产生的超压、碎片、冲击波。

文献[13]通过对材料的防破片 V50 性能测试,筛选得到可以用于替换国外产品的排爆服材料及排爆服,其防破片 V50 值均达到或超过所要求的指标。另外,通过进一步优化材料,提升了材料的耐久性,特别是耐紫外线性能。

文献[14]中排爆服具有爆炸防护层,要害部位设置有电磁防护层、核辐射防护层、充气式缓冲气囊。爆炸防护层,可以对爆炸产生的冲击波超压、破片、高温、火焰等提供有效的防护;电磁防护层可以在强电磁环境下防止排爆人员受到电磁辐射的伤害;核辐射防护层可以对 X、 γ 等射线进行有效的防护;充气式缓冲气囊则可以进一步降低冲击波、撞击对人体的伤害。

文献[15]中一体式的前护裆片和后护裆片的腰部以及大腿外侧通过魔术贴粘接固定。其中,前护裆片和后护裆片由内至外依次包括贴身层、防护层和阻燃层。且此裆部加强防护结构具有便于穿脱,能给穿着者的裆部提供加强防护的优点。

4 结束语

排爆服个体防护装备与其他个体防护装备相比较,系统较为复杂。国外排爆服在防破片、防火焰、穿着舒适性等方面表现尚可。国内的排爆个体防护装置在防护性能、穿着舒适性方面还有待进一步完善。排爆服要达到一定的破片和冲击波防护能力,其质量不能太低,但质量较大会造成穿着者行动不便。因此,必须在质量和防护能力之间寻找平衡。穿着舒适性方面,全方位的防护设计会失去一部分穿着舒适度和灵活性。因此,需要升级覆盖人体活动部位的材料及搭接设计,保证穿着排爆服的舒适性及灵活性。

参考文献:

- [1] 唐剑兰,王远途. NIJ 0117 排爆服标准解读[J]. 警察技术,2017(5):83-86.
- [2] 高长德. 排爆服的使用功能与生产实践[J]. 中国安防,2016(11):66-67.
- [3] 沈臻懿. 现代排爆装备[J]. 检察风云,2015(18):40-42.
- [4] 朱晨瑜. 国外个体防护装备领域最新发展应用动向[J]. 中国安防,2015(13):86-95.
- [5] 唐剑兰,王远途,何湘. 排爆个人防护装备:PBF-SD01 型排爆服[J]. 警察技术,2014(3):68-75.
- [6] 何昌见,钟鑫. 排爆防护装备防护效能评价技术研究[J]. 中国个体防护装备,2013(5):14-17.
- [7] 陈桂香. 国外最新搜排爆装备产品介绍[J]. 警察技术,2007(4):51-57.
- [8] 郑成燕,张典堂,梁燕民,等. 织物/聚脲柔性复合材料抗爆性能研究进展[J]. 材料导报,2021,35(23):23205-23211.
- [9] 漆春一,朱国权. 多层复合抗菌阻燃面料的制备及性能[J]. 纺织科技进展,2023(9):23-26.
- [10] 张圣忠,毛雷. PTT/芳砜纶生态阻燃面料的开发[J]. 纺织科技进展,2014(5):28-29.
- [11] 刘文静,杨国荣,赵晓曼. 碳纤维复合材料研究进展及其应用[J]. 纺织科技进展,2023(7):1-4,52.
- [12] 张富丽. M5 纤维的研究及应用[J]. 产业用纺织品,2007(6):44-46.
- [13] 邱婧,吴国栋,刘利,等. 用于关节部位防护的防爆材料、排爆服和用途:CN114166068A[P]. 2022-03-11.
- [14] 王同臻,于德泳. 具有多重防护能力的排爆服:CN216482535U[P]. 2022-05-10.
- [15] 王同臻,于德泳,朱永兴,等. 排爆服裆部加强防护结构:CN215639061U[P]. 2022-01-25.

Research Status and Development of Bomb Suit

XIONG Yanping, ZHANG Yan, WANG Cheng

(Beijing Pufan Protection Technology Limited Corporation, Beijing 100000, China)

Abstract: According to the principle of explosion protection, the protection structure of the explosive suit was summarized. The protection structure of the current bomb suit is mostly composed of the outer jacket of the bomb suit and the protective layer of the bomb suit. Most of the bomb suit jackets are all kinds of flame retardant fabrics, among which aramid flame retardant fabrics have the best performance. The fiber fabric types of the protective layer include aramid II, aramid III, PBO, PI fiber, UHMWPE, carbon fiber and M5 fiber. The current situation and development of explosive ordnance bomb suit at home and abroad were compared to provide reference for further research on explosive ordnance bomb suit in the future.

Key words: bomb suit; explosion; flame retardant fabrics