

# The Research on Fire Helmets and Fire Suits

Li Wen<sup>1</sup>, GenbaoWen<sup>1</sup>, Wen Shi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Route Company of Aviation Industry Corporation of China, Xiangfan

<sup>2</sup>University of Sydney, Sydney

Email: 1024647478@qq.com

Received: Jul. 5<sup>th</sup>, 2013; revised: Jul. 17<sup>th</sup>, 2013; accepted: Jul. 24<sup>th</sup>, 2013

Copyright © 2013 Li Wen et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Abstract:** It is difficult to imagine the fatalness that faced by firefighters. They may lose their lives at all times. At present, the fire helmets and fire suits developed by other countries are not possible to ensure safety of firefighters furthest. In 1993, 7 fire fighters died in a fire in Hengyang, while more than 250 firefighters sacrificed in “9.11” event that happened in the World Trade Center in New York, the USA. In late December 2007, the fire fighters extinguished the fire at a temperature of below  $-20^{\circ}\text{C}$  in the Trade Center in Uulumuqi, Xinjiang and in that case, water would switch to ice very quickly. There are endless examples like these. Why the fire fighters can sacrifice themselves to rescue the lives and properties? Can the fire fighters protect themselves as much as possible while saving lives and properties? There is only one life for each person. What does sacrifice mean to their families? This article contains many original ideas. If the ideas can be achieved, all of them will be original innovation.

**Keywords:** Fire Helmet; Fire Suit; Bump; Adiabatic flame retardant technology; Information Technology; Smart Technology

## 消防盔和消防服的研讨

文 莉<sup>1</sup>, 文根保<sup>1</sup>, 史 文<sup>2</sup>

<sup>1</sup>中国航空工业集团公司航宇公司, 襄阳

<sup>2</sup>悉尼大学, 悉尼

Email: 1024647478@qq.com

收稿日期: 2013年7月5日; 修回日期: 2013年7月17日; 录用日期: 2013年7月24日

**摘 要:** 消防员救火时所面临的危险性是难以想象的, 时刻都有着牺牲生命的可能。目前各国研制的消防盔和消防服都不可能最大程度地确保消防员的生命安全的。1993年湖南衡阳的一场火灾牺牲了7名消防官兵, 而美国纽约世界贸易中心在“9·11”事件中牺牲了250多名消防员。2007年12月下旬的新疆乌鲁木齐贸易中心的火灾, 是在 $-20^{\circ}\text{C}$ 以下的滴水成冰的情况施实救火。这样的事例不胜举, 为什么消防官兵能够为抢救国家和人民的财产与生命而光荣地牺牲? 那么, 消防官兵能否在抢救国家和人民的生命和财产的同时, 又能够尽最大可能性保护着自己呢? 生命对于每个人只是有一次, 牺牲, 对他们的家庭来说又是意味什么? 本文内容有很多项的原始创意。若能实现制成产品的话, 那每一项创意都是原始的创新。

**关键词:** 消防盔; 消防服; 隔热阻燃技术; 信息技术; 智能技术

### 1. 引言

消防事业是最具有危险性的工作, 消防官兵们除

除了要面对烈火、浓烟和扬尘; 还要面对救火时骤热骤冷的水; 墙垮屋倒; 木梁和预制板的砸撞; 易燃、易

爆和有毒的物品；以及各种恶劣的气候、地理和环境。为了最大限度地确保消防官兵们生命的安全，在他们的装备上应尽最大的努力来保证他们的生命安全。可以说消防盔和消防服，就是火场中战斗官兵们的守护神，消防盔和消防服的性能关系到消防官兵们的生和死。

## 2. 消防盔的功能和种类

### 2.1. 消防盔的被撞击时的过程

如图 1 所示。消防盔由外壳 4、网套 5、悬挂装置 6、后勺调节机构 7、保护镜机构 8、扣紧机构 9、供氧面罩 10 和氧气瓶 11 组成。

由图 1 所示可知，坠落物 1 直接撞击消防员 3 的头颅时，会使消防员的头破、肉烂、骨碎、鲜血 2 直流和脑浆四溅而死。若消防员戴上消防盔，先是坠落物 1 撞击消防盔，冲击力  $P$  向下。外壳 4 与悬挂装置 6 的六个联接螺钉上承受着向上的反作用力  $P'$ ，最后才是消防员头颅上的网套 5 所承受的法向作用力  $P''$ 。

设坠落物撞击力为  $P$ ，联接螺钉为 6 个，则每个螺钉上所承受的反作用力  $P' = P/6$ ；若不戴消防盔时，坠落物 1 撞击消防员的头颅面积为  $20 \text{ mm}^2$ ，而网套 5 的承载面积为  $200 \text{ mm}^2$ ，间接承载面积为直接承载面积的 10 倍，故网套 5 上的  $P''$  是直接冲击力  $P$  的  $1/10$ 。那么，戴消防盔时，消防员头颅的所承受的冲击力是

不戴消防盔的  $1/60$ 。由此可见，联接螺钉数量越多，消防员的头颅所受冲击力越小；网套 5 与头颅的接触面积越大，消防员的头颅所受冲击力越小。但须指出的是消防员的颈椎所承受冲击力是丝毫没有减少，虽说颈椎可承受较大的瞬间撞击力，但特大的撞击对消防员颈椎的伤害也是显而易见的。

### 2.2. 消防盔的原理

可以确保消防员在施实救火时，消防员所戴的消防盔，能够确保其头颅在火场中被隔热和阻燃，以防头颅被烧伤及在高空坠落物的撞击下少受损伤或不受损伤的个体防护装备。也可以是具有综合集成技术和智能技术的装备。

### 2.3. 消防盔的作用

主要是应具有保护性、综合信息集成性、自救性、环境调节性和智能性等功能。

1) 变直接撞击为间接撞击：当高处的坠落物砸向消防员的头颅时，坠落物直接撞击着消防员的头颅，可通过消防盔变成为间接撞击。戴了消防盔后，可避免直接撞击的发生。

2) 变小面积承受撞击为大面积承受撞击：人的头颅近似为橄榄球形，坠落物砸向消防员的头颅时，撞击时总是小面积被撞击。撞击经消防盔悬挂装置的网

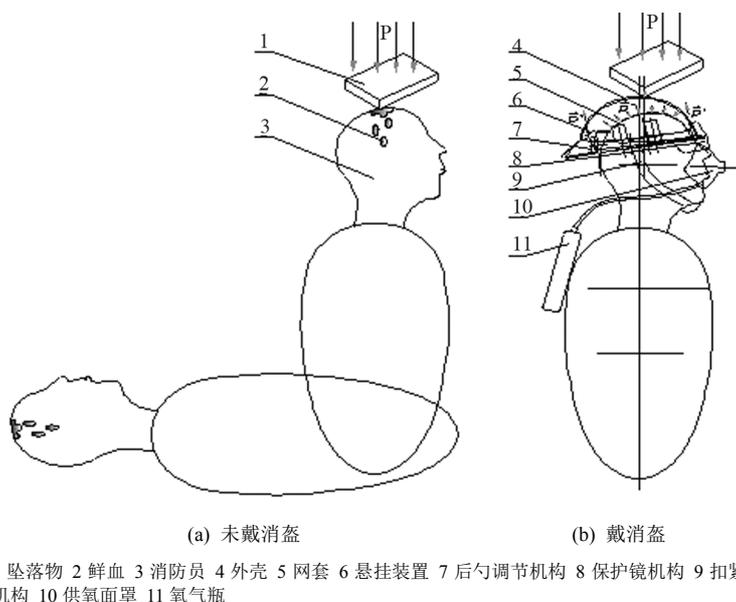


Figure 1. Schematic diagram of the situation in the process of being impacted while wearing and not wearing a helmet  
图 1. 未戴及戴消防盔被撞击过程中的示意图

套传递给人的头颅顶端后，同样强度的撞击所承受的面积增大了若干倍，头颅所受到的撞击强度也就减少若干倍。

3) 变刚性撞击为弹性撞击: 坠落的重物砸向消防员头颅时的刚性撞击，通过消防盔一级柔性悬挂装置及二级柔性气囊防碰撞装置可转换为弹性撞击或柔性撞击，可以吸收许多撞击强度而减轻对头颅所受的损伤；

4) 防止锐器坠落撞击: 通过消防盔外壳和硬衬垫的材料，可防止锐器(如钢筋和铁棍)在坠落撞击时，刺穿消防员的头颅。

5) 防止头颅的烧伤: 通过消防盔的材料的阻燃性和自熄性，可以隔热及防止头颅的烧伤；

6) 视听信息切换: 消防盔上可安装视听信息设备，便于消防员和指挥员之间的信息切换和沟通，有利于及时了解火场的实际情况，制定和实施救火方案。

7) 可自动发出求救信号: 消防盔上可安装呼救设备，当消防员晕倒或埋在瓦砾中可向指挥部自动发出求救信号，有利实施对受困消防员的抢救工作；

8) 智能的设备可预测: 消防盔上可装置智能的设备(传感器和测试仪)，可探测火场的易燃、易爆、发烟和有毒物质，还可探测到人和贵重物质和设备的位置和处境。还可测量到火场的热、光、声、温度、风的变化来预报火场的火势、方向，并制定出最佳抢救方案。

9) 电能转换器: 消防盔上可安装电能转换器，根

据消防服所感应到的光能、热能和风能而产生消防员所需的电能。

10) 智力机器消防员: 智力机器消防员，最终是人员免走进火场，全由智力机器消防员去实施救火。

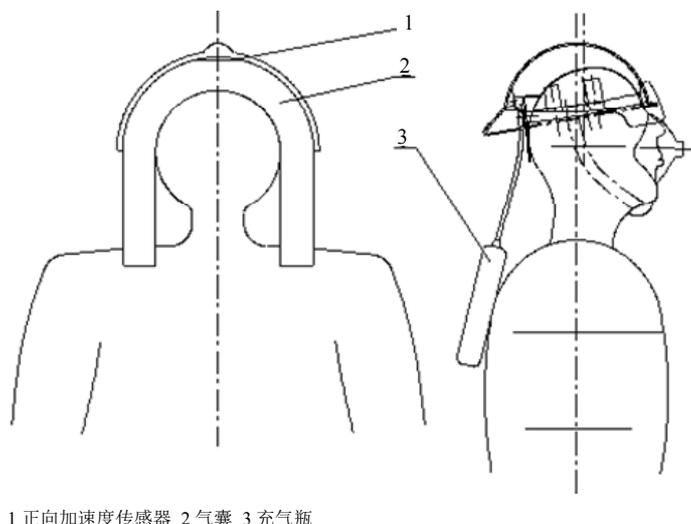
## 2.4. 消防盔的种类

主要是根据消防盔的功能来进行区分。从第一代到第四代消防盔，再到智力机器消防员，都会存在着功能性的缺陷，型号越大缺陷越小，但它们都是具有逐渐完善的过程。

1) 第一代消防盔 是低端保护型的消防盔，它具有能隔热、阻燃、护脸、能见度好、供氧装置和防碰撞的功能。把钢、铝、塑料、凯夫拉、碳纤维和晶须材料制成外壳，又具有一级柔性悬挂装置、保护镜和能调节、扣紧机构的消防头盔称为第一代消防盔。目前各地消防部队使用和市场上销售仿制美、欧、澳、韩、日等国的消防盔就是第一代消防盔。

2) 第二代消防盔 是低端保护与信息集成型的消防盔。它是在第一代消防盔的基础上，增添了无线通讯和可视画面功能的数字型消防盔。中航工业航空救生装备有限公司航德分公司，目前正在生产数字型消防盔就是第二代消防盔，已经可以实现消防员个体群与指挥部的通讯和视频之间信息的交换。

3) 第三代消防盔 是高端保护、信息集成和自救型的消防盔。如图 2 所示。它由正向加速度传感器 1、气囊 2 和充气瓶 3 组成。



1 正向加速度传感器 2 气囊 3 充气瓶

Figure 2. Schematic diagram of fire helmet with inflated capsules  
图 2. 消防盔与充气胶囊示意图

第三代消防盔是在第二代消防盔的基础上,增添了二级柔性充气胶囊,能全面防碰撞装置的消防盔。该装置是内层由橡胶或胶布制成的气囊2为内胆,外层是由强力布料制成的外胎,并能支撑在两肩上的柔性气囊2组成。充足气后具有足够的刚性,它在正向加速度传感器1的制动下能打开气瓶3并对气囊2进行充气后,实现二次吸收撞击强度而有效地减小撞击强度。进一步减少了头颅所受的损伤,尤为可贵的是可以保护消防员颈椎免受损伤。若外壳与头顶的有效空间较小的话,可在外壳与悬挂装置的联接处增设扩距机构来增大气囊2充气的容量。

还可装置呼救器,呼救器是当消防员晕倒在地或埋在瓦砾中均可及时地自动发出信号,让消防部队及时和准确地实施抢救。当然还可携带消防员能遥控的挖掘器,挖掘器上装有冲击钻和刀具,这样被埋的消防员在清醒时可实现自救。

4) 第四代消防盔 是高端保护、信息集成、自救和智能型消防盔。它是在第三代消防盔的基础上增添了智能性功能,它可感应到火场中热力场、气流场、压力场和光谱移动等物理量的变化,还可根据光能、声能、热能和气味等物理现象和物理量的变化,可以测定爆炸点、易燃源、毒源、火源、再生火源和受困人的情况,还可预测屋塌墙倒的情况,然后警示火场消防员和指挥员采用相应措施并指示实施救火的方案。还可利用火场中光能和热能而产生消防员所需要的电能。

5) 智力机器消防员 是在第四代消防盔的基础上制作出能行走、爬楼和攀援的机器,并能根据智力机器消防员所感应到火场的各种物理量的变化情况及光、声、气味等物理现象;还可根据照相机的影像和指挥部的指令,实施救火、救人和抢救财产。因是机器,便可去除低、高端保护、供氧、温湿度调节和自救等装置,减化了结构。还可以在一定的撞击强度下,弹出保护外壳用以保护机器不受损坏。但需要增添自动装卸水龙头和各种工具的机械手,水量、水速、扬程调节量和龙头调向的装置。

### 3. 消防服的功能和种类

#### 3.1. 消防服的功能

消防员在火场中因高温易脱水,而火焰可烧伤毛

发和皮肤,救火的水又能浸湿消防员的衣服。消防员所穿的服装必须能具有隔热、阻燃、温控和防水的功能,冬季低温时能具有保温耐寒的功能。消防服还能承受屋塌墙倒时的挤压而保护消防员不受损伤的功能,消防服还需要能调节人体的温度的功能。

#### 3.2. 消防服的种类

由于信息技术都集中在消防盔中,消防服就不存在信息技术型消防服。

1) 第一代消防服是隔热、阻燃、温控和防水型消防服。这种消防服是通过石棉布或凯夫拉(Kevlar)布经裁剪缝制成的消防服。目前各地消防部队使用和市场销售的消防服就是第一代消防服;

2) 第二代消防服是隔热、阻燃、防水、防挤压和温控或通风型消防服,如图3所示。防挤压胶囊和温控通风服由防挤气囊1、充气瓶2、通风软管3、分流管4和气源接头5所组成。

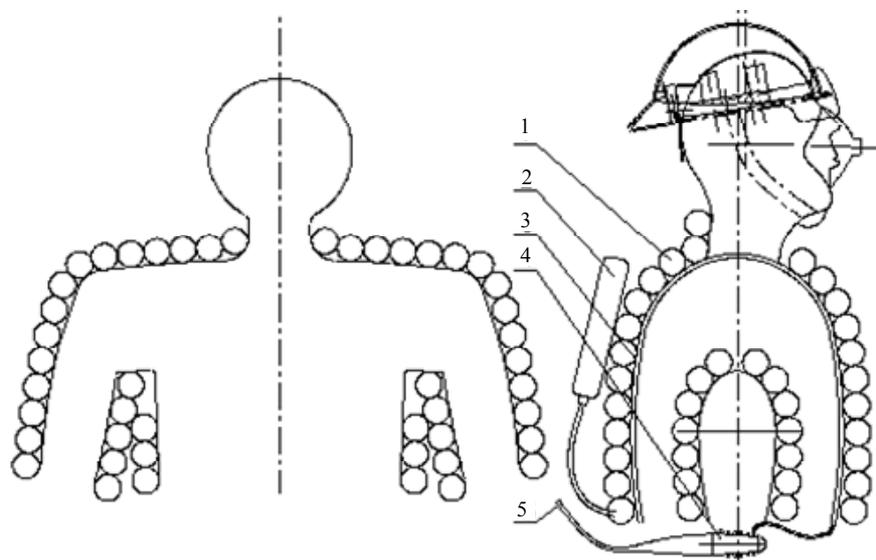
房倒屋塌时,在加速度传感器的制动下打开气瓶2并对气囊1充气后,可确保消防员被挤压时的安全。气源接头5可与冷或暖压缩气源联接,通过分流管4和布满消防员上、下通风软管3进行温控,通过流动的气流将补充低温空气而带走高温空气。当然也可安装具有温控系统的微型空调式服装,以实现体温的可调控制。

第二代消防服是在第一代消防服的基础上,增添了防挤压和温控功能。温控功能是指通过消防服中的能通入冷或暖空气而能进行温控功能的装置。防挤压功能是指内层有橡胶或胶囊为内胆,外层有强力布料制成的外胎的气囊,它在加速度传感器的制动下打开气瓶对气囊充气后实现防挤压功能的装置。还可将中国“飞天”航天服中迅环液冷技术移植到第二代消防服上。

3) 第三代消防服 是智能型消防服。消防服的材料或传感器可根据所感应到火场中热力场、空气流场、压力场和光谱移动等物理量的变化情况,自行对气囊的充气、排气、调整气压和温度。还要能吸受火场中光能和热能,将他们转化成电能。

#### 4. 消防盔外壳和消防服的材料及制作

消防盔外壳和消防服的用材是十分重要的。如火



1 防挤压胶囊 2 充气瓶 3 通风软管 4 分流管 5 气源接头

Figure 3. Schemes of capsule in fire suit against extrusion and suit with temperature-control & ventilation  
图 3. 消防服防挤压胶囊和温控通风服示意图

场中有明火，消防盔和消防服都需要有优良的阻燃性；火场中温度很高，消防盔和消防服又需要有良好的隔热性；火场中火需要有水的喷射，消防盔和消防服又需要有良好的防水性；且水是骤热骤冷，消防盔还需要有良好的耐热冲击性；火场中时有钢筋之类的锐器坠落下来，消防盔还需要有良好的防穿刺性。还有智能型消防盔和消防服，它们的材料能将感应到的热量去自动地调整消防盔和消防服的温度。这些性能上的要求与结构无多大的关系，而主要是取决于消防盔和消防服的用材。选取到用材后，还需制定好消防盔和消防服各构件的制作方法。

#### 4.1. 消防盔外壳的材料和成型

消防盔外壳的材料 塑料、玻璃钢和综合材料。

1) 塑料：超高耐冲击改性 ABS(MV)，提高耐候性、耐热性和阻燃性，可注射成型；PC/PE 合金，可注射成型；30%玻纤 PC，可注射成型；PC/聚酯合金，可注射成型；PPO/PA6 或 PS/PS66 合金、GFPA6，可注射成型。

2) 玻璃钢：玻璃纤维增强聚酯、芳族聚酰胺纤维增强聚酯、碳纤维增强聚酯、氧化铝(蓝宝石)晶须增强聚酯；可喷射成型、予压成型、真空及袋压成型。

3) 综合材料：塑料 + 玻璃钢、塑料 + 胶衣树脂、塑料 + 胶树脂。

#### 4.2. 消防服的材料和制作

缝制法：是通过普通石棉布、铜丝石棉布、芳族聚酰胺(Kevlar-29、Kevlar-49)布，经裁剪后可缝制成的消防服。

材料：消防服还需确定其颜色，浅色和银灰色具有反射热量的性能，消防服在制作时也应该是要考虑到的问题。

1) 具有耐热、耐火、耐水、耐化学性和优良刚度的普通石棉布和铜丝石棉布；

2) 具有不燃烧、自熄、发烟低和耐热好，在 180℃下可继续使用、具有优良的比强度、比模数值、抗冲击、耐疲劳和耐化学性的芳族聚酰胺(Kevlar-29、Kevlar-49)(凯夫拉)布<sup>[1]</sup>。

#### 5. 结语

消防盔和消防服是关系到消防官兵生命安全的产物，生命对每个人只有一次，除此之外也是关系到消防官兵家庭的幸福地大事。消防盔和消防服的功能越完善，它们的安全性也就越好。机器消防员已不是传统意义上的个体消防设备。因质和量的提升成为智力机器消防员，它代替了人去从事消防事业而达到最完美和最完善阶段。脏、累、危险、有污染和有辐射的工作就让机器人去干吧！让人类去享受高品质的生活吧！消防盔的第三、四代和智力机器消防员以及第

二、三代的消防服均属于一种原始的创意。若能实现制成产品的话，那就是原始创新。原始创新来源于原始的创意，没有原始的创意就没有原始创新，产品的功能就不可能有新的发展和提高，科技也就不会再发展了，社会也就不会再进步了。这里很多原始的创意在航天和航空产品上都已经具有了，如何能应用到消

防产品就是我们需要做的事情。

### 参考文献 (References)

- [1] 黄发荣, 焦扬声, 郑安呐. 塑料工业手册: 不饱和聚酯树脂 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2001.