

基于芳纶被复线远距离排爆头盔语音通信系统设计及应用

王誉天, 唐剑兰, 刘鑫

公安部第一研究所, 北京
Email: ytwang99@126.com

收稿日期: 2021年3月26日; 录用日期: 2021年4月11日; 发布日期: 2021年4月23日

摘要

本文介绍了一种能够应用在爆轰环境中的远距离语音通信系统, 系统采用有线通信的方式, 主要由芳纶被复线、排爆头盔、前端语音控制盒和后端通话器等组件电路组成。本文着重论述了远距离排爆头盔语音通信系统的组成、系统组件设计原理、语音通信系统如何与排爆头盔的有效配合以及在排爆服产品当中的应用。整个系统采用两线制作为传送信道, 采用全双工通讯方式, 语音数据的发送和接收由两芯轻型芳纶被复线完成, 线缆长度可达数公里。利用芳纶被复线重量轻、强度高、衰减小、柔软等优点, 大大提高了信号传送效率和减轻排爆人员的负荷能力。在爆轰现场的环境中, 基于芳纶被复线远距离排爆头盔语音通信系统的应用解决了排爆人员与现场指挥人员进行远距离实时语音清晰通话, 为指挥人员及时了解现场情况起到极为重要的作用。

关键词

爆炸冲击波, 芳纶被复线, 排爆头盔, 排爆头盔语音通信系统

Design and Application of an Ultra Distance Voice Wire Communication System Based on Aramid Linear Connection for Explosive Disposal Helmet

Yutian Wang, Jianlan Tang, Xin Liu

The First Research Institute of Ministry of Public Security, Beijing
Email: ytwang99@126.com

Received: Mar. 26th, 2021; accepted: Apr. 11th, 2021; published: Apr. 23rd, 2021

文章引用: 王誉天, 唐剑兰, 刘鑫. 基于芳纶被复线远距离排爆头盔语音通信系统设计及应用[J]. 无线通信, 2021, 11(2): 17-25. DOI: 10.12677/hjwc.2021.112003

Abstract

This paper introduces an ultra distance system device based on voice wire communication in the exploding fields, the system is made up of several modules, including aramid linear, explosive disposal helmet, forward controlling and amplifying voice device and central communicating device, etc. This paper important introduces the component and the circuit design of system based on voice wire communication applying in explosive disposal helmet in the ultra-away distance, how to cooperate with helmet efficiently and mainly apply in the explosive disposal suit. It can be connected with two lines, several kilometers in length, using double transmitting way. It greatly improves data anti-jamming ability, and the transmitting efficiency and lightens the whole weight of load for the explosive disposal staff. For safety, the backward central commander must be placed far distance from the exploding fields. The application of an ultra distance system device based on voice wire communication and aramid linear in the explode fields, which it can settle out voice communication. Expediently, which it can be helpful to commander to know more information of the explosive scenery and play an important role in disposing explosive fields.

Keywords

Explosive Blast Wave, Aramid Linear, Explosive Disposal Helmet, System Based on Voice Wire Communication for Explosive Disposal Helmet

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

TNT 炸药在空气中爆炸时, 在装药空间内会以极短时间将化学能量全部转为爆炸波能量, 把反应产物间加热到高温和高压状态。文献[1]由于爆炸产生的高压、高温、高速产物会对周围介质做功, 产生巨大压力突跃即冲击波。爆炸冲击波以 1.2×10^9 的比率递减, 故距离越近, 伤害越大, 离爆炸点几十米外的玻璃窗也会被冲击波击碎, 爆炸点附近的威力还难以用数字计量, 而且爆炸冲击波对人身和周围建筑物等公共财产损害是全方位和大面积, 爆炸物引发的主要伤害包括: 伴随爆炸的高速飞溅物、爆炸产生的冲击波、声波、光波、负压等对周围的巨大冲击。

在爆轰试验环境下, 排爆人员进行远距离语音通信的工作十分重要。前端排除危险爆炸物人员需要与后端指挥人员进行现场环境的情况反馈和有效联络通话, 远距离语音通讯系统可以采用无线通讯和有线通讯两种方式。无线通讯以无线电对讲机为主, 简便易行, 也易于排爆手操作, 但在排除危险爆炸物的特殊环境中, 为了防止无线电信号触发爆炸物以及电子引爆装置等因素时, 常常会采用大范围电磁屏蔽, 无线通讯设备将被限制。采用有线通讯方式将能够很好的解决前端排爆人员与后端指挥人员进行实时有效的通话。后端指挥人员一般在距离爆炸源较远的地方, 解决远距离语音通信的工作将是我们研究的重点和方向。本文介绍了芳纶被复线, 排爆头盔系统的设计、头盔语音通信系统电路设计原理、组成及应用。整个系统利用轻型两芯芳纶被复线, 采用电话线处理技术实现远距离有线通信, 实现了排爆人员与现场指挥人员进行超远距离实时语音通信。

1.1. 芳纶被复线

芳纶作为一类高性能材料,文献[2]芳纶的优异性能在不同的领域被开发应用,其市场需求也将迅速增大,特别是在对高性能芳纶纤维的需求上将表现得更为突出,芳纶中最具实用价值的品种有3个:1)间位芳纶(PMIA),我国命名为芳纶1313;2)对位芳纶(PPTA),我国命名为芳纶1414;3)芳纶III。三者化学结构相似,但性能差异却很大,应用领域各有不同。

1.1.1. 间位芳纶(PMIA)

间位芳纶(PMIA)即“聚间苯二甲酰间苯二胺纤维”,是一种开发最早、应用最广的芳纶纤维型号。PMIA在外观上与普通的纤维没有本质的差别,但是其本身拥有耐高温、耐辐射性、可纺性、阻燃性和耐腐蚀性以及各种环境条件下都能保持较好的电绝缘性能,其拉伸性能与尼龙和涤纶相仿,可用于普通纺织,从而加工成各种织物或无纺布,而且耐磨性和抗撕裂性能远优于普通的织物。独特而稳定的化学结构赋予芳纶1313诸多优异性能,通过对这些特性加以综合利用,一系列芳纶新产品被不断地开发出来。它们在安全防护、高温过滤、电气绝缘、结构材料等领域的应用越来越广,普及程度越来越高,已成为军事、工业、科技等许多领域不可或缺的重要基础材料。

1.1.2. 对位芳纶(PPTA)

对位芳纶即“聚对苯二甲酰对苯二胺纤维”PPTA具有高强度、高模量、耐高温、耐酸碱、耐大多数有机溶剂腐蚀的特性,且PPTA的尺寸稳定性也非常好。因此,对位芳纶的特点使得它在航天工业、轮船、帘子线、通信电缆及增强复合材料等方面,对位芳纶大多被用作轻质、耐热的纺织结构材料或复合结构增强材料得到了广泛的应用。

1.1.3. 芳纶 III

芳纶III是杂环共聚酰胺纤维,其力学性能、复合强度、耐温性能均高于芳纶1414,其中复合强度比芳纶1414高30%以上,可以达到5000MPa;模量高10%,可以达到145-150GPa以上。芳纶III属于一类高性能的有机纤维,可用于制作火箭发动机、坦克装甲、防弹衣和海底光纤等复合增强材料,属于国防军工和高科技产业的重要材料。在航空航天、军工、核能、通信、安全防护、电力、汽车等领域有着广泛的应用空间。

1.1.4. 芳纶被复线

文献[3]被复线一般用于野外布线,线内部结构强度高、导电性好,线外绝缘皮抗严寒和高温,常年在恶劣的气候条件下也不会老化,作为电话线使用时性能将大大优于一般使用的电话线缆。被复线可高架或地敷,是军队野战条件下用来架设电话线经常使用的通信线缆。被复线主要品种有“聚氯乙烯被复线”,“铜包钢被复线”和“芳纶被复线”三种。其中芳纶被复线具有重量轻、强度高、衰减小、柔软等优点。

基于排爆人员操作的具体环境和使用要求,实现远距离有线语音通信是排爆人员与后端进行通信联络的主要方式,传统的线缆在传输距离、重量、强度、抗拉等方面已不能满足爆轰领域的实际需要。针对特殊的爆轰防护应用领域,我们选择了具备抗拉力强、抗老化、重量轻等性能特点的新型两芯软质芳纶被复线作为远距离排爆头盔语音通信系统中的语音通话线缆进行使用。

2. 基于芳纶被复线远距离排爆头盔语音通信系统设计

在排除危险爆炸物的特殊环境中,为了防止无线电信号触发爆炸物以及电子引爆装置等因素时,常常会采用大范围电磁屏蔽,无线通讯设备将被限制。爆轰冲击波对周围建筑物和操作人员损毁伤害性很

大，要求人员在超远距离的地方进行指挥，后端通信系统需要摆放在距离爆炸源较远的安全地方，以免爆炸过程中造成仪器损毁和操作人员的大范围剧烈伤害，需要采用有线通信的方式。

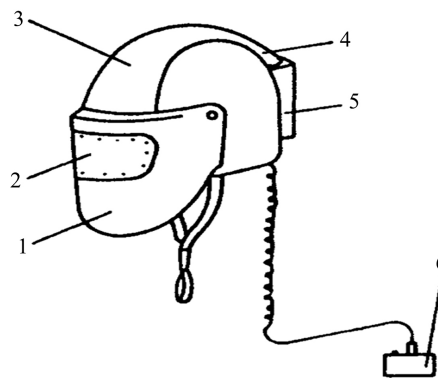
2.1. 排爆头盔系统设计

排爆头盔是排爆人员进行排除危险爆炸物的主要防护装备，文献[4]排爆头盔主要由盔壳、内衬、面罩、悬吊装置、通风照明系统、语音通信系统、面罩启闭等关键部件。语音通信系统与排爆头盔两者的有效连接和匹配将是整个系统设计工作的难点和重点，两者的合理搭接将对防护性能和穿着的工效性和舒适性影响很大，设计时要充分考虑以下问题：

- 1) 头盔与通讯系统的结构配合；
- 2) 如何选用轻便的前端语音处理电路所用配件来减轻头盔整体重量；
- 3) 前端和后端处理电路的降噪、与环境噪声的混音；
- 4) 通讯电路的电气接口与其他关键部件的有效搭接；
- 5) 选取爆轰环境下轻型可靠的通信线缆以及通讯布线和固定；
- 6) 远距离通讯的信号衰减和失真控制；
- 7) 功能按键的安装位置；
- 8) 头盔、通信系统与整体排爆服装的有效搭接等。

排爆头盔设计方案

综合平衡头盔的质量、功能、防护能力、舒适度指标，充分利用警用防弹头盔开发生产经验和综合技术优势，设计适应国内爆炸物处置作业要求，符合中国人体生物特征的高质量的排爆头盔装备。排爆头盔系统如图1所示：



1—面罩；2—视窗；3—盔壳；4—凹槽；5—通信接口；6—控制放大盒

Figure 1. System schematic diagram for explosive disposal helmet

图1. 排爆头盔系统整体示意图

1) 头盔尺寸

排爆作业人员的头部尺寸，可参考相关标准中人体头面三维尺寸数据的特征值确定，头盔内部预留较大的空间，有助对于提高冲击波的防护性能，因此我们可按大规格头型的人体数据设计，通过设计可调整的内衬和悬吊固定部件适应其他尺寸头型人员佩戴。

2) 头盔外形和结构设计

盔壳提供了头盔的基本外形、尺寸、强度、刚度和装配其它部件的定位孔和连接孔是主要的承载构

件。头盔外形结构设计要根据以下几个方面确定：a) 破片防护等级和面积要求；b) 冲击波防护的密封要求；c) 头盔与排爆服护领搭接尺寸和间隙要求；d) 与面罩、通信、通风照明装置等有效配合要求；e) 头盔质心位置要求；f) 头盔造型的美观要求。

根据现有的设计经验和加工条件，选择纤维增强复合材料试制排爆头盔较为合理。采用快速原型(Rapid Prototyping, RP)技术以及快速数字化开发技术(RDDT)可以较快的完成模型设计和模具开发工作。

3) 头盔内衬设计

头盔内衬按确定的盔壳内部尺寸进行设计，紧贴在盔壳内侧，用于吸收高速冲击的能量，延缓冲击力的作用时间，提高头盔的冲击防护能力。一般采用双层结构，外层为硬衬，硬度高、变形小的聚氨酯泡沫，内层采用开孔率高，透气性好的低密度海绵垫层。内衬设计还要考虑电缆通道结构。

如图 2 所示，在排爆头盔内衬里安放一体式软带式微型耳罩组件，将前置电路和供电电源固定在控制放大盒中，放置在排爆服装的口袋中。头盔内的耳机和麦克的布线在头盔内部合理布置，在头盔后端集中提供一个快速安装接口。



Figure 2. Diagram for explosive disposal helmet inner lining and ear muff
图 2. 排爆头盔内衬及耳罩组件示意图

2.2. 排爆头盔语音通信系统设计

排爆头盔语音通信系统主要包括头盔语音受话、送话装置、环境声音控制放大盒组件和后端通话主机组成以及相应的通信线缆；语音信号一般应采用有线传输方式。头盔内耳罩组件的合理优化设计需要达到较好的降噪、防超压、防爆轰冲击波等特殊要求。系统设计主要以终端处理电路、线轴、前端处理电路、头盔音频系统为主，系统原理框图如图 3 所示。

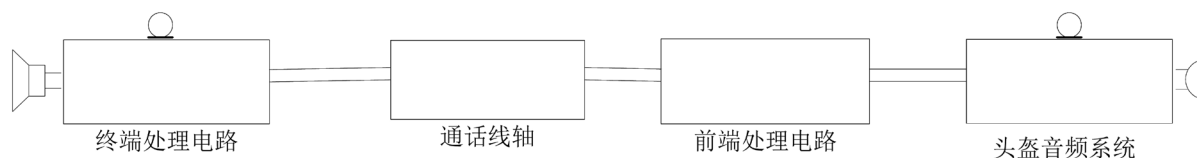


Figure 3. System diagram for explosive disposal helmet communication
图 3. 系统原理框图

排爆人员操作的具体环境和特殊的爆轰安全防护领域使用要求，实现远距离有线语音通信，是排爆人员与后端进行通信联络的主要方式，本文采用了基于芳纶被复线的有线通信连接方式以便达到后端通信指挥系统与前方排爆人员的通信联络。基于芳纶被复线远距离排爆头盔语音通信系统见图 4、图 5 所

示：文献[5] [6]整个系统采用两线制作为传送信道，采用全双工通讯方式，语音数据的发送和接收由两芯芳纶被复线完成，通信双方都能在同一时刻进行发送和接收操作，通讯线缆长度可达数公里，本文以 1000 米为例，芳纶被复线通过线轴与前端语音控制放大组件以及后端通话器进行牢靠连接。前端的排爆人员通过排爆头盔语音通信系统可与后端的指挥人员进行相互通话并能随时侦听到周围环境的声音。

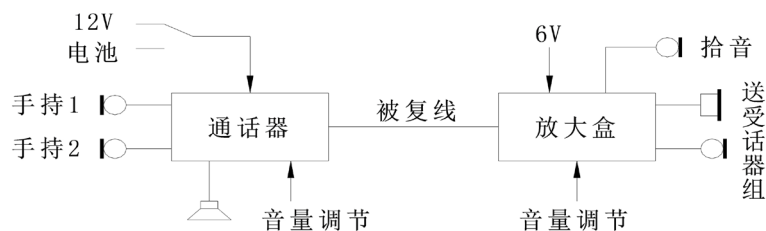


Figure 4. The diagram of an ultra distance system device based on voice wire communication and aramid linear
图 4. 基于芳纶被复线远距离排爆头盔语音通信系统结构框图

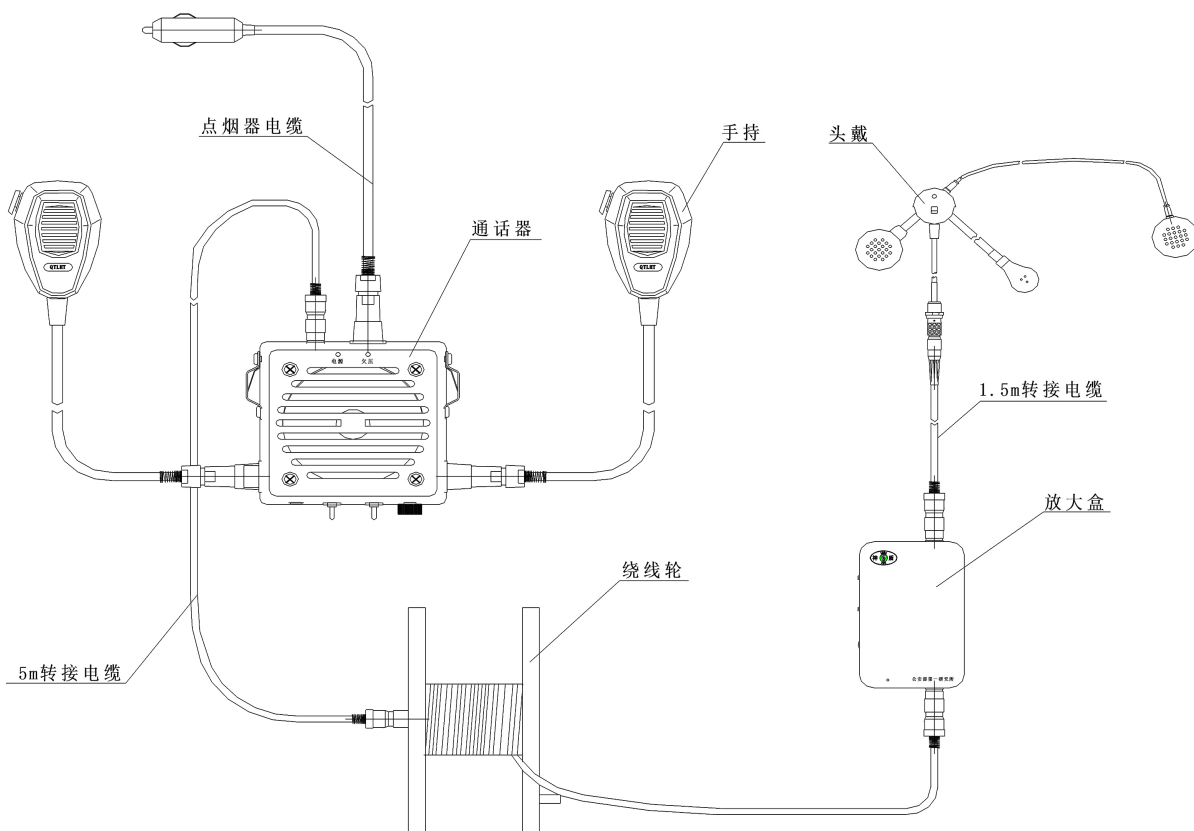


Figure 5. The connect diagram of communication system device for explosive disposal helmet
图 5. 排爆头盔语音通信系统组件连接图

2.2.1. 后端通话器组件

1) 工作原理

后端通话器组件主要完成指挥人员的语音受话与送话双向互动功能，一方面利用手持讲话时能够有效的与排爆人员进行交流，将话音信号经过通话器组件电路处理，通过被复线线轴传到前端语音控制放大盒组件，然后再次送到排爆头盔内部软带式送受话器组件，利用旋钮进行话音音量的调节，排爆人员

便能够听到指挥人员的清晰声音。另一方面，可以将前端排爆人员反馈的现场环境情况进行及时高效的掌控，以便正确的作出判断和决策。

2) 技术指标及外形(见图 6)

通话器组件电路主要采用电话线技术和语音处理技术，采用车载电源与电池供电切换模式来完成组件的供电，从而实现语言信号输入与输出的功能。



Figure 6. The image of voice communication system back device

图 6. 后端通话器组件外形

2.2.2. 前端控制放大盒组件

1) 工作原理

排爆人员通过头盔音频系统的软带式送话器组讲话时，语音信号经过语音控制放大盒电路，通过被复线线轴传到 1 公里外的后端通话器，后端指挥人员从通话器组件的喇叭或耳机便可听到前端的环境与排爆人员反馈的现场情况。本语音控制放大盒电路作为排爆头盔语音通信的一部分，主要是将现场排爆人员的反映情况进行实时沟通，供指挥人员提供观察和决策。

2) 技术指标及外形(见图 7)

前端控制放大盒组件电路主要采用 4 节干电池供电来完成组件的供电，电路特点是外围元件少，差分输出，因此输出功率大，且无需输出电容，有静音控制端。它可以在低电源电压的条件(低为 2V)以最大的差动输出方式驱动扬声器，不需要耦合电容。



Figure 7. The image of voice communication system front device

图 7. 前端控制放大盒组件外形

2.3. 排爆头盔语音通信系统应用

在进行排除危险爆炸物的特殊环境中，排爆人员头部主要防护装备是头盔，全身的主要防护装备是排爆服。文献[7]基于排爆人员作业的特殊环境和要求，在排除危险爆炸物时，常常会采用大范围电磁屏蔽来防止无线电信号触发爆炸物及电子引爆装置。有线通讯方式将成为前端排爆人员与后端指挥人员进行实时通话的有效手段。排爆头盔语音通信系统采用了基于芳纶被复线的有线通信连接方式以便达到后端通信指挥与前方排爆人员的通信联络，与排爆服产品有效搭接和融合形成一体如图 8 所示。在爆轰领域，排爆人员穿着排爆服进行安全作业通过排爆头盔语音通信系统与后端指挥人员进行通信联络并能将听到周围环境的声音和现场的情况反馈给后端指挥者，指挥人员通过通话器组件倾听，利用手持话柄与前方人员沟通以便作出决策。



Figure 8. The function image of system device for explosive disposal helmet
图 8. 排爆头盔语音通信系统的应用

3. 结论

经过大量的爆轰试验验证，基于芳纶被复线远距离排爆头盔语音通信系统可以应用到大当量 TNT 爆轰试验中，在爆轰领域可以进行远距离安全可靠操作。整个系统实现了前端的排爆人员通过头盔语音通信系统可与后端的指挥人员进行相互通话并能随时侦听到周围环境声音的功能，连续 4 小时的续航工作能力，完全能够满足爆炸场条件和排爆人员与后端指挥人员有效沟通现场环境情况的要求。排爆人员穿着排爆服进行安全作业时，通过排爆头盔语音通信系统与后端指挥人员进行通信联络，该系统在排爆服产品中的应用将大大弥补爆轰领域的远距离有线语音通话功能。在不断完善系统指标和性能的前提下，还需要进一步将爆轰现场的视频图像信息进行融合，进行远距离有线音视频清晰传输，不断完善系统的功能和应用范围，以便能够更加有效的获取现场的真实情况以便指挥者与排爆人员进行高效的沟通。

参考文献

- [1] 李峥. 空气冲击波作用下的安全距离[J]. 爆炸与冲击, 1990(2): 39-52.

- [2] 李晔. 对位芳纶的发展现状、技术分析及展望[J]. 合成纤维, 2009(9): 1-5.
- [3] 刘飞虎, 王勇, 等. GJB882A-2002 被复线通用规范[S]. 北京: 中国人民解放军总装备部, 2003.
- [4] 杨志东, 邱日祥, 等. GA 293-2013 警用防弹头盔及面罩标准[S]. 北京: 中华人民共和国公安部, 2012.
- [5] 朱世华. 程控交换原理[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2002.
- [6] 魏楚千. 通信及有线通信基础[M]. 北京: 国防工业出版社, 2008.
- [7] 李金明, 安振涛, 罗兴柏, 等. 射频对电火工品的影响及防护措施[J]. 爆破器材, 2004(5): 17-19.