

智能化坦克火控系统结构设计及其关键技术研究

赵立阳, 常天庆, 戴文君, 郭理彬, 张雷

引用本文:

赵立阳, 常天庆, 戴文君, 等. 智能化坦克火控系统结构设计及其关键技术研究[J]. 兵器装备工程学报, 2020, 41(7): 9-13.

您可能感兴趣的其他文章

1. 坦克火控系统故障的多线程数据采集方法

引用本文: 张万君, 李静阳, 牛敏杰, 等. 坦克火控系统故障的多线程数据采集方法[J]. 兵器装备工程学报, 2016, 37(11): 44-48.

2. 数据字典在火控系统报文解析中的应用

引用本文: 王瑞雪, 张振华, 张宾, 等. 数据字典在火控系统报文解析中的应用[J]. 兵器装备工程学报, 2019, 40(4): 190-192.

3. 引信装定系统用模拟火控系统设计

引用本文: 魏亚伟, 李豪杰, 原红伟, 等. 引信装定系统用模拟火控系统设计[J]. 兵器装备工程学报, 2019, 40(11): 32-35.

4. 基于正交原理的坦克火控系统首发命中试验科目设计

引用本文: 韦国军, 白洪波, 张永福, 等. 基于正交原理的坦克火控系统首发命中试验科目设计[J]. 兵器装备工程学报, 2018, 39(9): 64-68.

5. 智能辅助决策系统在武器站中的研究及应用

引用本文: 李元超, 毛保全, 杨雨迎, 等. 智能辅助决策系统在武器站中的研究及应用[J]. 兵器装备工程学报, 2020, 41(3): 97-101.

智能化坦克火控系统结构设计及其关键技术研究

赵立阳,常天庆,戴文君,郭理彬,张雷

(陆军装甲兵学院,北京 100072)

摘要:针对未来智能化战争的作战需求,从坦克单车火控系统的角度分析了火控系统的发展趋势,提出了一种新型智能化火控系统的设计方案,对新型智能化火控系统的基本原理、系统结构、工作流程和关键技术进行了深入分析,并通过与现有火控系统对比,总结了新型智能化火控系统具备的特点。

关键词:坦克火控系统;自主火力打击;智能自主技术;发展趋势;关键技术

本文引用格式:赵立阳,常天庆,戴文君,等.智能化坦克火控系统结构设计及其关键技术研究[J].兵器装备工程学报,2020,41(07):9-13.

Citation format:ZHAO Liyang, CHANG Tianqing, DAI Wenjun, et al. Research on Structural Design and Key Technology of Intelligent Tank Fire Control System[J]. Journal of Ordnance Equipment Engineering,2020,41(07):9-13.

中图分类号:TJ811

文献标识码:A

文章编号:2096-2304(2020)07-0009-05

Research on Structural Design and Key Technology of Intelligent Tank Fire Control System

ZHAO Liyang, CHANG Tianqing, DAI Wenjun, GUO Libin, ZHANG Lei

(Army Academy of Armored Forces, Beijing 100072, China)

Abstract: Aiming at the operational needs of intelligent warfare in the future, this paper analyzed the development trend of fire control system from the perspective of tank bicycle fire control system, and proposed a structural design scheme of a new intelligent fire control system, which is the basic of the new intelligent fire control system. The basic principle, system structure, work flow and key technologies were analyzed in depth, and compared with the existing fire control system, and the characteristics of the new intelligent fire control system were summarized.

Key words: tank fire control system; autonomous fire attack; intelligent independent technology; development trend; key technology

随着现代数字化战场对坦克等装甲车辆需求的不断提高和人工智能、信息技术等新技术的广泛应用,世界各国都在加强其主战装甲装备的信息化和智能化建设,并对适应未来战场的新型火控系统或新型火力打击系统进行研究,使坦克具有信息化程度高、远程火力打击精度高、智能化程度高的特点。坦克作为地面战争的主要武器力量,是确保战争胜利的有力保障。而坦克火控系统作为发挥坦克作战火力的重要部分,是完成目标搜索、目标瞄准、火炮控制和目标打击的系统^[1-2]。因此,坦克火控系统的优劣直接影响到坦克装甲车辆整体战斗能力的强弱^[3]。

1 坦克火控系统发展趋势

目前,坦克火控系统的操作大多采用人为操作,目标搜索和跟踪慢,控制精度低,决策时间长,且受乘员心理素质、生理状态以及战场环境的影响较大,严重制约现有坦克火控系统首发命中率和射击反应时间,使火控系统的性能难以发挥。

随着目标识别、智能控制、威胁评估等技术的不断成熟^[4-5],以及各类传感器和智能武器自主技术在军事装备上

收稿日期:2019-05-13;修回日期:2019-06-05

作者简介:赵立阳,男,硕士研究生,主要从事坦克火力打击与智能操控技术研究。

通讯作者:常天庆,男,教授,博士生导师,主要从事智能化坦克火力打击等方面研究。

的广泛应用,坦克火控系统呈现出智能化、自主化的发展趋势,最后随着智能无人技术和信息融合技术的不断发展,实现坦克无人化的作战能力。

但目前,国内外的学者对火控系统的智能化和自主化没有明确的定义和界限。普遍认为智能化火控系统是一个具有良好的人机交互性^[6-7],可以自主完成目标智能搜索、目标识别、目标跟踪、信息共享、智能辅助决策、智能火力打击等功能,能够极大简化坦克乘员操控复杂程度、减轻乘员负担的火控系统。自主化火控系统是在目标自主搜索和识别、目标自主跟踪、打击优化决策、自动火力打击实施等技术的基础上,利用人工智能、自主控制等技术,实现目标火力打击全过程无人化、自主化的火控系统。自主化火控系统与智能化火控系统相比,自主化火控系统更加强调在整个火控系统的工作过程中没有人为因素的干预,完全依靠系统本身实现在非结构战场环境下的火力打击。在自主化火控系统中,人只起到环外的监视作用,不干预火控系统的行为。

实现坦克火控系统的自主化和无人化是必然的趋势^[8]。但由于地面作战环境复杂,情况多变,作战任务多样,突发状况频出,仍有许多问题需要人为的决策解决,且地面环境下目标易于遮挡和伪装,对目标的自主识别难度远大于空中和海上的目标辨识,现阶段实现坦克火控系统的无人化和自主化存在较大的困难。

2 新型智能化火控系统的结构设计方案

2.1 基本原理

为解决现有火控系统在功能上的不足和智能化水平较

低的问题,在坦克现有火控部件和传感器的基础上,添加跟踪主机、系统主机、控制主机和图像获取单元等部件,构建一套人机协同的火控系统。在明确系统的人机分配问题和主要功能的分配问题基础上^[9-11],以智能化的设备取代炮长进行目标跟踪和火炮控制,辅助车长进行目标识别搜索和打击决策,实现火控系统的智能化,其结构如图1所示。

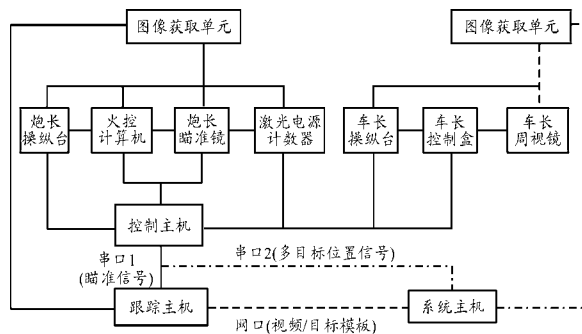


图1 智能化火控系统结构设计框图

2.2 系统结构

智能化火控系统可以分解为两个层次,第一层由三套主机部件组成,第二层在第一层的基础上继续细分得到,包括大视场战场图像获取子系统、目标检测与识别子系统、多目标跟踪子系统、多目标信息管理子系统、智能辅助决策子系统、武器高精度伺服控制子系统和目标自主打击子系统,所应用的技术主要包括态势信息感知技术、战场目标管理技术、智能打击决策技术和武器系统智能控制技术,其体系结构如图2所示。

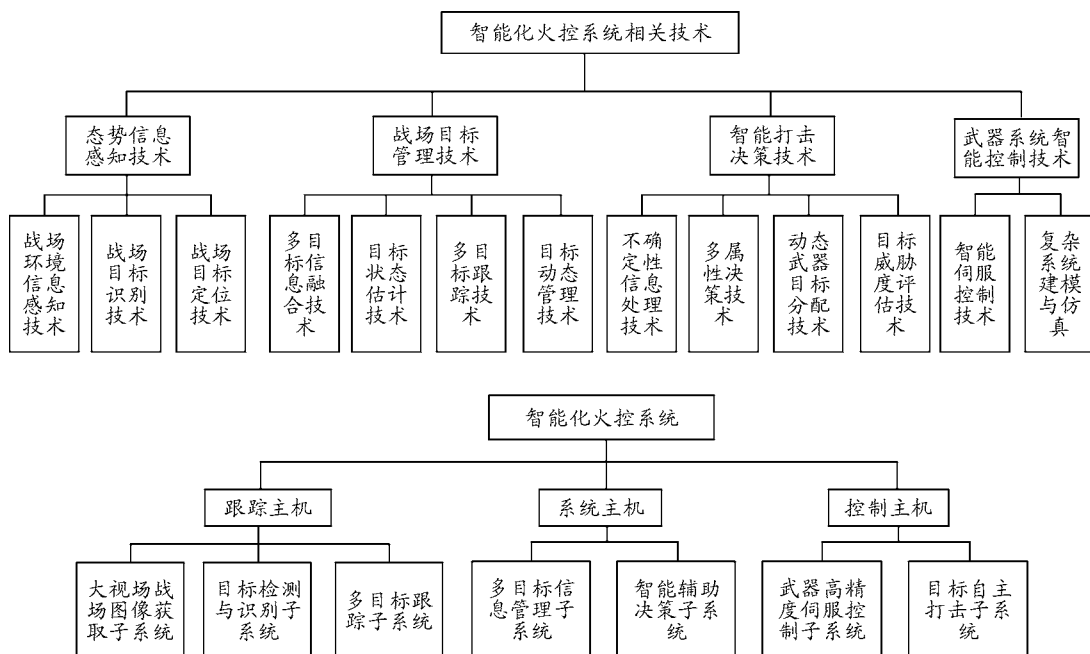


图2 智能化火控系统体系结构框图

2.3 工作流程

在保留原坦克火控系统光学通道的同时,通过图像获取单元实现对车、炮长视场中的图像采集;系统主机负责多目标的管控,对多目标的威胁度进行评估,实现对目标打击顺序的排序,并完成多目标的图像位置解算和粗略方位指示,同时作为整个设计系统的触屏显示模块,实现目标类型输入、弹种选择、火控系统参数设置及状态信息显示、触屏操控、电子图像放大等动作;跟踪主机负责进行目标的识别和跟踪,并对目标打击完成后情况进行毁伤评估;最后依靠控制主机贯穿搜索-决策-跟踪-打击-毁伤评估整个流程,实现对整个系统的控制,其打击流程如图3所示。

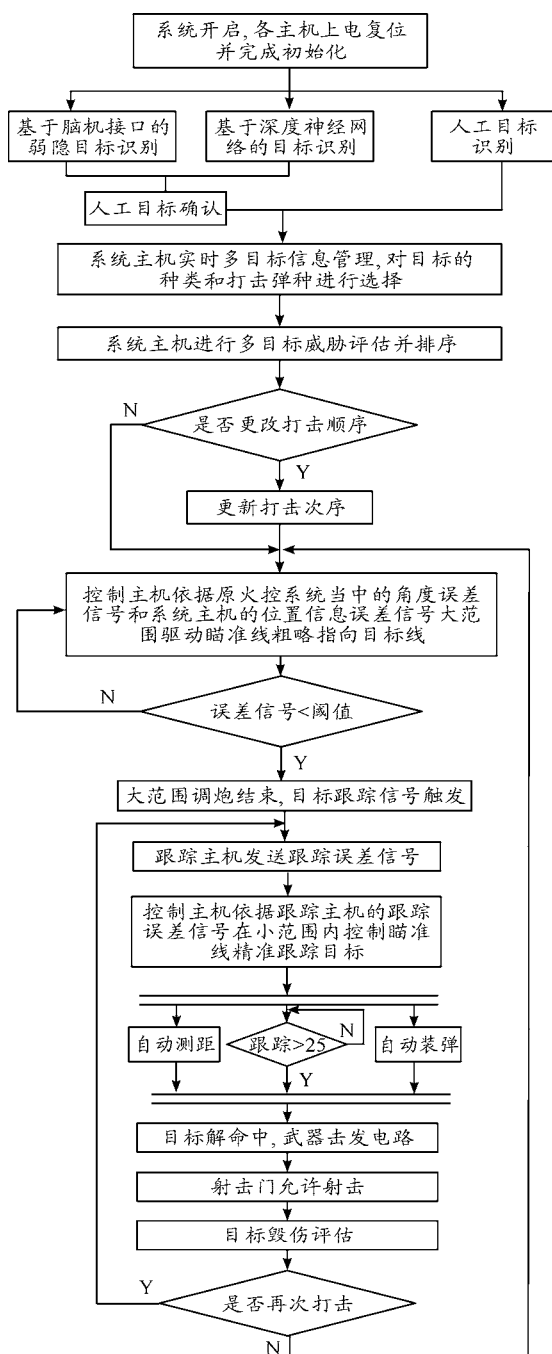


图3 智能化火控系统打击流程框图

与现有火控系统的打击流程相比,智能化火控系统依靠多目标管理系统,能够对多目标的位置信息进行及时管理,减少了打击过程的系统反应时间,由机器代替人继续跟踪,提高了跟踪的精度,并且在整个打击流程中,人能够有更多的时间和精力对战场环境进行观察和判断,提高了作战效能。

3 智能化火控系统的关键技术分析

要想实现坦克火控系统的智能化,在把握总体的基础上,仍需对火控系统的关键技术进行重点研究。

1) 车内的总体体系结构设计

体系结构设计是实现火控系统相关操控技术智能化的首要工作^[12],也是系统中其他技术实现的前提和基础。火控系统内部结构和各部件之间的功能分配复杂,涉及方面众多,对新系统的软硬件设计有很大的影响。在融合多项智能辅助新技术时应对系统设计的合理性、软件程序嵌入的可行性和控制流程的复杂性进行充分的分析和论证。

2) 地面大视场范围内的目标自主识别技术

地面作战与空中和海上作战相比,战斗环境更加复杂,情况多出,受地形地貌、植被等自然因素和伪装、隐蔽、遮挡等人为因素影响较大,且地面战争作战形式多样,对我方坦克造成威胁的目标种类较多,机器通过深度学习的方式进行目标识别需要学习的信息量较大^[13]。利用大视场进行目标搜索和识别,目标在视场所占比重和信息量小,特征不明显,容易受到各类噪声的影响,且目标区域图像受到车体振动等因素的影响,容易产生不规则运动或抖动,造成图像的清晰度不高,在众多因素的影响下,更是大幅度加大目标自主搜索和识别的难度,而目前在复杂背景下的目标自主探测识别技术还不够成熟,对地面复杂环境下大范围内的目标自主识别还不够可靠。

3) 多目标的跟踪和定位技术

现阶段各国坦克使用的自动跟踪系统大多数采用目标图像与背景图像灰度差值进行识别,而后用识别的“样本图像”与视场图像进行信息匹配的方法进行跟踪,此跟踪算法易于实现,但在目标被遮挡重新出现时,无法再次对目标进行锁定跟踪。虽有针对特定目标和特定环境的多种算法融合的目标跟踪算法,但对地面环境目标跟踪的通用算法一直没有实现^[14]。且在动态战斗过程中,在对某一目标进行打击时,后续跟踪目标的目标位置、车体本身的姿态和火炮位置都会发生变化,对多目标的打击定位会产生很大的影响^[15-17]。

4) 多目标威胁度评估与自主决策技术

坦克作为地面战争的主要进攻性武器,实现对目标的科

学合理打击是发挥其火力的关键^[18-19]。但地面战争背景和作战环境复杂,造成地面多目标威胁评估的不确定因素增多和各类威胁要素的权重难以确定^[20-21],且多目标威胁度评估的自主决策手段主要应用在空中和海战当中,在地面作战领域的应用较少,以现有目标探测传感器的精度和决策手段难以保证战斗自主决策的准确性和可靠性。

5) 武器系统智能控制技术

现代坦克的机动性能不断提高且在在战场环境下经常做非线性运动,参数固定的传统PID控制难以满足坦克火炮对跟踪精度高和抗负载变化能力强的要求。先进的控制算法具有较好的鲁棒性、自适应性和非线性条件下的逼近能力,但先进的智能算法运算量较传统控制算法成倍增加^[22]。并且智能控制算法直接应用到控制器中进行运算处理,控制器的处理速度可能达不到实时控制的要求,需要将先进控制算法的复杂逻辑运算进行转换。

4 新型智能化坦克火控系统的特点

通过对现有坦克火控系统部分功能的智能化改造和设计,综合运用智能控制、图像处理、优化决策等技术以及计算机控制系统快速准确的优势,实现坦克火控系统操控的智能^[23],不仅能够简化乘员的操控复杂程度,缩短射击反应时间,而且能够提高射击精度,做到“先敌发现,先敌开火”。与普通火控系统相比,新型智能化火控系统具有以下几点突出的特点^[24]。

1) 智能化程度更高

新型智能化火控系统通过传感器能够自动获取目标距离、图像、运动状态等信息,对多目标进行统一捕捉和跟踪,依据智能辅助决策子系统对目标进行威胁度评估,实现对目标的实施规划和打击决策,与原火控系统中乘员依据平时作战经验和目标发现顺序进行目标打击的方式,具有更高的科学性和合理性。此外,通过目标识别子系统、目标跟踪子系统和目标自主打击子系统,可以代替炮长自主完成对战场目标的搜索、跟踪、瞄准和打击。新型火控系统采用“人机协同集中捕获目标,系统智能打击”的打击模式,在减少乘员的基础上,做到了“功能不减反增,性能不降反提”,提高了火控系统的整体性能。

2) 战场信息管理能力强

采用屏幕显示技术,将武器控制状态信息和外部战场环境信息叠加到综合显示系统上,增强了战场环境的感知能力^[25],不仅可实现对战场目标的实时管理,还可实现战场指挥的自动化,为信息化条件下的高效协同和体系最优作战提供基础。

3) 精确快速化水平更高

充分发挥计算机运算速度快、精度高,反应时间短的优势,采用目标自动跟踪和自主打击的方式,克服在目标机动条件下人为操作误差大、效率低、火控系统解命中精度低的缺点,大大提高坦克对目标的快速瞄准和精确打击,减轻人为操作的负担。此外,新型智能化火控系统采用“人机协同集中捕获目标,系统智能打击”的打击模式,可提高战场目标搜索指示和目标连续打击的效率,大幅度减少系统反应时间。

4) 坦克战术性能更强

通过智能化的设备替代炮长进行操作,节省了车内的空间,减小车辆全重,提高了坦克的机动性,更加满足未来战场环境下装甲装备投送的需要。或在保持装甲装备全重不变的情况下,可增加坦克的防护性能,用装甲装备代替人员进行工作,进一步减少人员伤亡。

5 结论

本文首先分析了坦克火控系统智能化、自主化的发展趋势,对智能化火控系统和自主化火控系统进行了对比说明。综合运用智能控制、图像处理、优化决策等技术,在现有坦克火控系统的基础上,增添了跟踪主机、控制主机和系统主机等部件的功能设计,完成了一种新型智能化火控系统的设计,并对新型智能化火控系统需要重点解决的地面大视场范围内的目标自主识别、多目标的跟踪和定位、多目标威胁度评估与自主决策以及武器系统智能控制等关键技术进行了深入研讨。最后通过与普通火控系统相比,总结了新型智能化火控系统智能化程度高、战场信息管理能力强、精准快速化水平更高、战术性能更强的特点。通过对新型火控系统的设计,合理的减少了坦克车内乘员,充分发挥了人机协同的巨大优势,提高了火控系统的性能,此结构框架的提出将促进陆战平台武器系统智能技术的发展,为装甲装备自主火力打击系统提供技术基础,并且相关技术的研究可为其他智能化武器装备的研发提供参考和借鉴。

参考文献:

- [1] 朱竟夫. 现代坦克火控系统[M]. 北京:国防工业出版社,2003.
- [2] 周启煌,单东升. 坦克火力控制系统[M]. 北京:国防工业出版社,1997.
- [3] 冯益柏. 坦克装甲车辆设计. 武器系统卷[M]. 北京:化学工业出版社,2015.
- [4] 蔡明春,吕寿坤. 智能化战争形态及其支撑技术体系[J]. 国防科技,2017,38(1):94-98.

- [5] 李风雷,卢昊,宋闯.智能化战争与无人系统技术的发展[J].无人系统技术,2018,1(2):14-23.
- [6] 邓方,陈杰,李佳洪,等.智能火控及其关键技术[C]//第三届中国指挥控制大会论文集(下册).中国指挥与控制学会,北京:2015.
- [7] 毛宁,刘艳华,马丽媛.陆军武器火控系统的发展趋势[J].火力与指挥控制,2016,41(8):6-9.
- [8] 李补莲.未来陆军武器装备发展趋势分析[J].国外坦克,2009(3):7-11.
- [9] 韩洋,常天庆,丁士拥.半自主式火控系统建模与动态特性分析[J].计算机工程与设计,2011,32(12):4155-4158.
- [10] 韩洋,张金艳,李泽正,等.基于实时递阶控制的智能坦克火控系统结构分析[J].装甲兵工程学院学报,2010,24(5):67-71.
- [11] 韩洋,常天庆,刘水泉.半自主式火控系统 Petri 网建模与作战效能[J].火力与指挥控制,2012,37(5):159-163.
- [12] CHANG T Q, CHEN D, CHEN J W. Research on Man-Machine Function Allocation of Tank Fire Control System[J]. Advanced Materials Research, 2012, 580: 160-164.
- [13] 王全东,常天庆,张雷,等.基于深度学习算法的坦克装甲目标自动检测与跟踪系统[J].系统工程与电子技术,2018,40(09):252-265.
- [14] 史战果,张筱,吴迪,等.目标识别与定位的快速融合算法[J].弹箭与制导学报,2012,32(3):201-204.
- [15] 王利平,刘滨.多传感器目标识别的图像数据融合技术研究[J].光电子技术,1998(3):239-242.
- [16] 张雷.复杂场景下实时目标跟踪算法及实现技术研究[D].长春:中国科学院研究生院(长春光学精密机械与物理研究所),2016.
- [17] 常天庆.基于新型坐标体系和 GPS 的坦克多目标跟踪方法[J].弹箭与制导学报,2011,31(3):41-44.
- [18] 远林.高精度首发命中多目标快速打击——中国新型坦克火控系统[J].兵器知识,2002(6):46-47.
- [19] 孔德鹏,徐克虎,陈金玉.一种基于战场态势变权的目标威胁评估方法[J].装甲兵工程学院学报,2015(4):12-15.
- [20] 姚传明,王庆元,谢瑞生.面向坦克的多目标威胁评估方法[J].指挥信息系统与技术,2018(1):68-72.
- [21] 陈天夫,丁勇,申兴盼.舰艇编队动态防空威胁的直觉模糊决策方法[J].兵工自动化,2018,37(06):53-58.
- [22] 胡强.基于粒子群算法优化的坦克火炮模糊控制系统设计[D].广州:华南理工大学,2010.
- [23] 黄剑标.陆军武器火控系统的发展趋势[J].军民两用技术与产品,2017(2):93.
- [24] 陈玉强,王志军.论未来坦克火控系统的新特点[J].火力与指挥控制,2006(s1):6-7,10.
- [25] 常天庆,赵立阳,郭理彬,等.坦克战场环境多目标威胁评估方法研究[J].兵器装备工程学报,2019,40(05):88-93.

科学编辑 迟圣威 博士(西安应用光学研究所高级工程师)
责任编辑 周江川