

主动电磁装甲控制系统

朱建方 孙忠胜 杨建华 王莹

(军械工程学院三系 河北石家庄 050003)

主战坦克仍将是 21 世纪陆军作战中的主要武器装备之一。随着智能化反坦克弹药的不断发展和未来电炮在战场上的应用,装甲车辆在战场上受到的威胁日趋严重。根据对当前局势及装甲防护技术背景的分析,世界下一代坦克将在激烈竞争的严峻态势下寻求新的发展,单从装甲的材料、结构等方面提高抗弹能力,虽可使坦克的抗破甲能力增强,但是再好的装甲也抵挡不住某些先进武器的攻击。电磁装甲是一种依靠储存的电磁能使来袭射弹失去或降低其侵彻能力,或者通过主动拦截而达到保护战斗车辆目的的防护装置。

电磁装甲可分为被动式和主动式两种。主动电磁装甲是新一代的主动防护系统,它立足于对来袭弹丸进行主动拦截,使得弹丸在一定距离内偏转方向或失去侵袭能力。智能的火控系统、先进的探测技术和准确的发射器结合在一起的主动电磁装甲将会大幅度提高未来装甲车辆的生存能力。

一、防御构思

主动电磁装甲是电发射技术和装甲车辆相结合的一种新概念主动防护系统,它的基本出发点,是要在来袭导弹尚未命中坦克装甲之前,就破坏或至少减弱其效能。主动式电磁装甲是利用电磁场将一块保护平板加速,发射到入侵射弹的路径中去拦截射弹。其典型的设计装置图如图 1。



图 1 主动式电磁装甲电路示意图

当车载计算机决定了其防御方案后,由控制系统在最佳时间接通闭合开关,储能电容器 C 经传输线系统向扁平电感线圈快速放电,在扁平线圈内产生电流 I_1 ,该电流随时间快速变化,在保护板下附加的推进线圈内感应出一强大电流 I_2 。附加这种推进线圈是为了适应各种材料的保护板,增加其感应电流的强度,起推进保护板的作用,因此,也叫作推进盘,其结构如图 2 所示。扁平线圈与推进盘之间的电流 I_1 、 I_2 相互作用,产生一强大的排斥力,将

保护板发射出去。

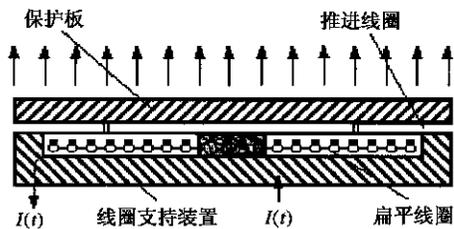


图 2 保护板推进装置示意图

主动电磁装甲的工作过程为:(1)探测系统以足够高的精度及时发现和识别并跟踪高速来袭的导弹;(2)根据探测到的目标信息,经逻辑判断、运算决策、精确调节,在最佳时机向拦截装置发出控制信号;(3)将来袭导弹拦截在预定的距离上,让其在未命中坦克装甲之前就被摧毁,或显著地降低战斗部的威力。

根据以上思路,主动电磁装甲防护系统应由中心处理机、若干探测头、发射器等几部分组成。如图 3 所示。中心处理机构成一个完整的控制系统,每个探测头监视一个特定的扇面,通过中心处理机与其相关的发射器相连,而每套发射器负责该扇面的防护。凡有目标飞近车辆,负责对出现目标的扇面进行监视的探测头就会探测出来,中心处理机对目标进行逻辑判断,识别真伪,当发现是构成威胁的导弹时,立刻发出控制信号,击发发射器,发射主动防护弹来拦截来袭的导弹。智能的控制系统、先进的探测技术和准确的发射器结合在一起的主动防护系统将会大幅度提高未来装甲车辆的生存能力。

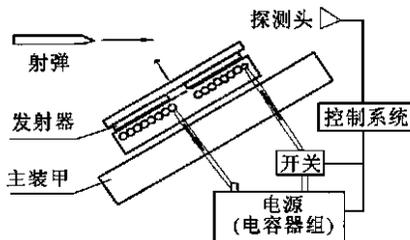


图 3 主动电磁装甲原理图

二、关键技术分析

探测系统

反坦克导弹被主动装甲防护系统拦截起爆后,其爆轰波将对坦克表面装置构成破坏和损伤,因此拦截距离不宜过近。就探测系统而言,用雷达探测导弹是

最常见的方法,但雷达探测距离要求稍远,就会受到地杂波干扰信号的影响,且还会受到敌方有源干扰和吸收材料的影响。对于反坦克导弹和非制导反坦克火箭,由于它们几乎都有发动机,其排出的灼热燃气流比较容易被光电系统所发现;另外采用自动跟踪目标系统就足以实现锁定目标提高了反应速度,同时能比炮长更准确地将瞄准点对准目标中心提高了命中概率,更好地适应未来数字化战场的环境,因此基于光电原理的探测系统也是一个重要的研究方向。

控制系统

控制系统可以说是主动电磁装甲的心脏,可以判断来袭射弹的类型,计算来袭射弹的距离、速度和方向,灵活控制拦截装置的电压、电流等参数,精确地调节输入功率或能量,确定拦截板的发射时间和发射方向,确保装甲车辆的安全;因此,采用计算机作控制硬件可以实现装甲车辆防护系统的智能化、“数字化”。现有的主战坦克的重量大,很难适应未来的作战要求。特别是在达到现代战争条件下的快速反应和部署,空运主战坦克几乎是不可能的。而电磁主动装甲能提高装甲车辆的防护能力,减轻装甲单元的质量,以利于装甲车辆的机动和实现空中运输快速部署。电炮、电控制和电装甲在未来装甲车辆上的综合应用,将使其在战术上取得突破。标志着新一代的主战坦克的问世,其火力、机动性和生存能力都将有一个质的飞跃。

目标识别与自适应要求

主动装甲防护系统施放的主动防护弹,在预定炸点其飞行速度是不变的,而来袭目标速度则因弹种和攻击时飞行距离不同而异,且差别很大。由于目标拦截距离必须限定在战技指标规定的范围内,故探测系统探测到目标速度后,应立即采用自适应技术,把目标探测距离调整过来。同时若探测控制系统采用多普勒雷达调幅体制,弹径大小反映了反射信号的强弱。当探测门限一定时,弹径小,发射信号弱,探测距离自动缩小,相反则自动增大。若控制系统设计得当,可保证防护弹在最佳距离进行拦截。对入射角的识别,涉及到主动装甲防护系统的工作可靠性问题。当来袭目标不同程度地穿过有效探测区,而并不直接命中坦克时,虽然对坦克没有构成威胁,但探测控制系统也可能产生足够强的目标信息。为了避免不必要的损耗,在这种情况下,探测控制系统通过对入射角的识别、判断、运算和处理,保证系

统不施放防护弹,是具有十分重要的意义的。

三、建立数学模型

控制系统解决的是对运动目标的拦截控制问题,但运动是相对的,目标在空间的位置只能相对于一定的参照系而确定。下面取车辆载体为几何中心建立球体坐标系(距离 D 、方位角 β 和高低角 ε) 和直角坐标系($O-XYH$)。

目标运动参数求取

为获得较高的拦截率,当目标运动时,在整个系统反应时间内,都要求对目标进行精确地跟踪。这一方面是为了采集目标的运动信息以估计当前和未来时刻的目标运动状态,如位置、速度、加速度等,因此必须对目标运动参数进行求取。

数字滤波

目标机动性能的提高将使控制系统由于采用现行目标运动模型而产生较大的误差。因此,在控制系统中采用其他模型,如自适应模型等,势在必行。同时,对于跟踪精度高,实时计算量大的卡尔曼滤波算法,应用数字信号处理技术实现具有良好的发展前景。

弹道方程

在导弹飞行过程中,由于受到重力等按照一定的基本运动规律运动外,还由于空气阻力等的影响而产生一些扰动运动,根据外弹道理论可以确定弹丸的运动规律,亦即可求得弹丸弹道。

$$t_f = f_0(d_q, H_q)$$

综上所述,将各个方程联立,再增加射击条件偏差引起的提前点修正量就可以建立一个控制系统的数学模型。卡尔曼滤波的计算量虽然相对较大,但却具有突出的性能。随着现代数字计算机和微处理技术的发展,卡尔曼滤波的计算复杂性已不再是“瓶颈”所在。在利用新兴的数字信号处理器技术的基础上,通过计算机精确的解算数学模型,可以得到发射器发射时的所有参数。

主动装甲防护系统是一种全新概念的防御构思,它不仅可用于主战坦克上,而且还可以用在各种类型的战车上,甚至还可用于其他需要防护的阵地和设施上。尽管实现主动装甲防护系统在原理构思上并不困难,但在技术上要解决上述的关键问题,却必须要做相当艰巨的工作。结合我国当前的技术水平和经济实力,发展主动装甲防护系统的思路应着眼于简单、灵巧、经济、实用。