

可储能电装甲及其所用电容器初探

杨建华 王莹 张朝伟

电磁装甲是以脉冲功率技术、电磁学和电动力学等理论为基础,有效利用通过各种方式转化而来的电能、电磁能或热能的装甲车辆防护系统。自从1973年Walker提出电磁装甲的概念以来,人们对电装甲的研究已有30年的历史,其理论探讨和实践研究已取得了长足进展。

目前电装甲主要分为两种,电磁装甲和电热装甲。电磁装甲又分为主动电磁装甲和被动电磁装甲。

主动电磁装甲是在主装甲外面安装一些发射线圈和相应的拦截板,在高精度的探测系统及时发现和识别高速来袭的射弹后,通过跟踪和精确的计算系统计算来袭射弹的弹道,然后由决策系统掌握最佳发射时机,利用发射线圈产生的电磁力将拦截板射出以拦截射弹。被动电磁装甲主要由两块间隔一定距离的连接高压电源的装甲钢板组成。当弹丸或金属射流穿过外板而接近内板时,空气隙被高电压击穿,短路使高压电源放电,大电流通过射流或弹芯,并形成强大的磁场,由于洛伦兹力和欧姆加热效应,使射流或弹芯中产生不稳定的磁流体动力效应,导致射流或弹芯破碎并大大降低其侵彻能力。电热装甲是在被动电磁装甲的两扇平行金属板间加以绝

向分量的测定,便可以准确地推断工件的应力集中区,这非常有利于构件缺陷的早期检测与预防。具体过程就是将检测磁场的探头沿工件表面扫描移动,测量记录各点的磁场强度沿工件表面的法向分量(只需将探头探测面平行于工件表面即可),一旦检测到磁场强度为零,且左右磁场方向相反,就说明该处内部有裂纹缺陷或者最终会导致裂纹的隐性损伤。

这种金属磁记忆检测技术已经在我国许多锅炉、电站、管道和航空等领域使用。该方法不但可检测零件表面的缺陷,而且可以检测内部达几十毫米深处的缺陷。该方法不需要清理金属表面,探头和零件表面的小范围间隙变化不影响检测结果,检测速度快,现场应用十分方便。

常规无损检测方法(超声波探伤、射线探伤、磁粉探伤、渗透探伤等)都以缺陷检测为主要目标。尽管应力的变化对检测结果有一定的影响(如超声波

缘介质构成,但其作用机理与被动电磁装甲不同。它是通过脉冲大电流放电以高温气化介质,气化产物迅速膨胀推动金属板而起到防护作用。

由于以上这些电磁装甲一般均由装在装甲车内的高储能密度电容器组作为产生强大电流的电源,故而即使电容器储能密度有所提高,但因电磁装甲工作时所需的电功率较大,也会导致装甲车内的电容器数量过多。而由于这些电磁装甲的防护装置与电源系统各自独立和分离,因此势必增加装甲车的重量和体积,影响装甲车辆的灵活机动作战能力。

可储能电装甲依据其作用机理应属一种新的电热装甲。它作为附加装甲挂在主装甲外面,既有防护功能又可作储能电源为装甲车本身所载各种电炮或其他脉冲武器提供能源。这样一来,装甲车辆的防护装置和所需能源合二为一,无疑会使装甲车辆系统简化,体积和重量明显减小,既降低了成本,又增大了效费比。

可储能电装甲的作用机理

可储能电装甲的主体是电容器。图1所示是可储能电装甲披挂在主装甲外的电容器模块的剖面图。这种可储能电装甲是由许多这种相同的电容器

检测),但使用常规的无损检测却不能判定部件的应力状态,仅能检测出已发展成型的缺陷,均是缺陷和事故后的处理。金属磁记忆检测技术是迄今为止对金属构件进行早期诊断的唯一可行的无损检测方法。通过检测部件表面的磁场分布情况间接地对部件应力集中位置进行诊断,预测部件尚可继续使用的寿命。在机械、电力、航空、航天、铁道、石化、锅炉压力容器等部门有极其广阔的应用前景。

由于金属磁记忆检测技术是一种新近出现的无损检测技术,还存在许多问题需要进一步研究:(1)磁记忆现象的物理机制问题,如果有多种可能性,需要确定各种因素的主次关系。(2)漏磁场强度的大小及分布与应力、外磁场、缺陷深度和大小之间的定量关系需要确定。(3)表征磁记忆现象的磁场与地磁场的关系。

(江苏南京农业大学电气系 210031)

通过高压电缆并联起来的。电容器模块用固定螺栓固贴在主装甲 1 的外侧。电容器模块的外壳由本壳 2 和金属防护板 13 构成,中间充满浸渍剂 3。内芯是由金属化高压极板 4 和接地极板 12 构成,两者中间夹有高介电常数的绝缘薄膜 5,放在电容器模块的壳体中,用浸渍剂 3 绝缘起来。电爆炸导体 9 把高压电缆与各高压极 8 连接起来的,电爆炸导体 9 可套上绝缘套管 10。高压极板 4 与高压极 8 相连,均并

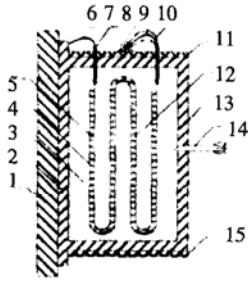


图 1

1、主装甲 2、本壳 3、浸渍剂 4、高压极板 5、绝缘薄膜 6、接地线 7、接地极 8、高压极 9、电爆炸导体 10、绝缘套管 11、上绝缘板 12、接地极板 13、金属防护板 14、射弹 15、下绝缘板

联地汇总于高压电缆,接地极板 12 与接地极 7 相连,再通过接地线 6 同主装甲 1 连接起来,用固定螺栓固定于主装甲上。电容器模块的上下两端各有一块上绝缘板 11 和下绝缘板 15,以保障两排电容器模块间有最小的电绝缘距离。

当射弹 14 击穿金属防护板 13、高压极板 4、绝缘薄膜 5,与接地极板 12 接近或击穿短路时,被损电容器模块在短路处放电,同时其他并联的事先充好电的电容器模块所储的电能通过高压电缆向该电容器放电,形成强大的磁场,同时由于欧姆加热效应产生极大的热量,使浸渍剂 3 和绝缘薄膜 5 急剧膨胀,发生爆炸,将金属防护板 13 快速向外推出,干扰射弹 14 对主装甲 1 的破坏;同时由于洛伦兹力作用,在射弹(或射流)中产生不稳定的磁流体电力效

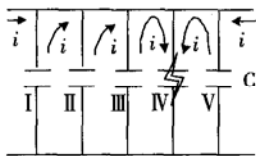


图 2

应,导致射弹(或射流)破碎从而大大降低其侵彻能力。

图 2 是该可储能电装甲放电的等效电路图。

它表明某个电容器模块 IV 被射弹 14 击中发生电击穿而短路放电时,和它并联充毕电的所有其

他电容器模块 I、II、III、V 等向电容器模块 IV 以电流 i_I 、 i_{II} 、 i_{III} 、 i_V 放电。巨大的放电电流瞬时通过细电爆炸导体 9,将电爆炸导体 9 迅速加热,使其由固态到液态,然后气化变为等离子体导通大电流。一次击穿短路放电完毕,原来的电爆炸导体 9 不复存在,下次再充电时该电容器模块 IV 同高压电缆断开,与其他电容器模块呈断路状态,从而保障系统的其他电容器模块继续正常工作。

作为可储能电装甲在装甲车辆上的另外一种应用,由于该电装甲同时具有电容储能的性质,形成一个储能电源,若配置适当的开关和触发系统组成脉冲形成网络,它还可作为未来装甲车辆上各种电炮、激光武器、高功率微波武器等用的高功率脉冲电源。

可储能电装甲所使用的电容器也可能是折叠的平行板型电容器,其电容量为 $C=\epsilon S/d$,式中 ϵ 是介质的介电系数、 S 是极板的面积、 d 是介质的厚度。

该种电容器结构简单、生产工艺易掌握,因此应用于工程实际时较易实现。但由于该电容器既要为可储能电装甲在受到侵袭瞬间提供强大的脉冲电流,又要有为未来装甲车辆提供脉冲大电流的能力,故而需要具有极高的储能密度、较大的电容量和较小的电感。本文针对这种情况提出在可储能电装甲



图 3

中使用一种能提高更大电容量的电容器,即矩形芯子卷绕型电容器。由两层极板和两层电介质相互隔开卷成螺卷形(或圆柱形),然后将其压扁后即得到矩形芯子(如图 3)。必要时可几个相同的芯子并联、串联或混合连接以得到更好的性能(更大的电容量、小的电感、高的电压等)。该电容器采用金属化电极无感绕法,与同样形式的平板型电容器相比,有以下优点:

(1)电容量扩大一倍。由于该电容器是工作在脉冲状态,在击穿的瞬间要求释放出巨大的能量,因此较大的电容量是它的首要性能指标。经卷绕后的任一电极均起到组成两个电容器极板的作用,而在平板形结构的电容器中仅两极板及其间的介质构成电容。因此与同样极板面积的平板型结构的电容器所获得的容量相比,卷绕形结构将有大一倍的电容量,即 $C=2\epsilon S/d$ 。

(2)具有较小的电感。当电容器在脉冲状态工作

神经回路计算机

张跃 编译

制造计算机所采用的元件在发展和更新,人们依据制造计算机所采用的元件不同,将计算机划分为不同的代。从采用电子管元件制造的计算机到利用超大规模集成电路(VLSI)设计的计算机,计算机历经了几代发展。

我们目前在实际应用中所使用的计算机,包括从个人计算机到大型计算机,绝大多数是顺序处理型计算机。顺序处理型计算机的原理以冯·诺依曼原理为基础,它的主要特点是,将程序(软件)输入存储器进行控制,执行时再从存储器内提取命令,依次按照顺序执行(逐次作计算处理)。利用顺序处理型计算机虽然作理论计算能够比人工计算快数亿倍,但在进行图形识别和联想记忆等图像处理方面存在困难,这也是顺序处理型计算机的最大缺点。即使在超大规模集成电路计算机问世以后,这方面仍然没有进展。原因在于进行图像处理时,根据计算方法的定义,编制程序太困难,逐次按照顺序处理的过程太复杂。因而顺序处理型计算机的计算处

理速度缓慢,不适应许多实际应用。一种完全新型的计算机——神经回路计算机,能够克服顺序处理型计算机的困难。

所谓神经回路计算机,是将人类的大脑功能建立成模型的计算机。关于神经回路计算机的设想,可以追溯到1943年。在20世纪80年代,神经回路计算机颇受研究人员重视,这主要有三个原因:第一,在1985年至1987年期间,美国相继发表了一些关于人造神经回路网络的应用成果,引起了广泛关注;第二,伴随脑生理学研究的进步,人们关于大脑中信息处理的机制的解释也取得进展;第三,人们探索人工智能,需要明确人工智能(AI)研究的范围和界限。

关于神经回路计算机的研究,主要体现在建立大脑信息处理机制模型和神经回路计算机的应用两个方面。人的大脑与世界上通用的顺序处理型计算机相比较,具有优势:首先,人的大脑具有自我学习的能力,能够处理问题不需要利用程序;其次,具有并行处理能力,善于对联想记忆、文字以及声音等进

时,电感的存在将极大地影响电容器的性能(如增大损耗,响充、放电速度等)。特别是在高频放电时,只有采用低电感的电容器才有可能使电容器正常工作。而该电容器除采用无感绕法外,还可采用引出片位置重合(工程应用中为了避免短路,引出片总是要错开一定的距离)、增加引出片数目等结构,这就在最大限度上降低了电容器的电感。无感式卷绕型电容矩形芯子的电感用矩形截面导体的公式计算得:

$$L=2h\left(\ln\frac{2h}{b+w}+0.5+0.223\frac{h+w}{h}\right)\times 10^{-3}(\mu\text{H})$$

式中 h 、 w 和 b 分别是电容器芯子的长度、宽度和厚度,单位均为cm。

(3)具有较低的板极损耗功率。电容器的损耗是衡量电容器品质优劣的一个重要指标。虽然可储能电装甲在射弹来袭时会消耗较大的能量来使电容器气化爆炸,但只是希望能量消耗在被破坏的电容器上以达到最有效的防护作用,而尽量减少其他地方的损耗。因此电容器需要有较小的损耗。而在高频使用时,金属部分损耗 $\text{tg}\delta_m$ 就是电容器的损耗 $\text{tg}\delta$ 的

主要影响因素了。采用无感绕法的卷绕型矩形芯子电容器,其芯子中的电流流经的路径大为缩短;电流的流经方向是沿极板的宽度方向,这就相当于引出片数目为无穷多,因此损耗可大大降低。该种电容器的损耗功率为:

$$P=2I^2\sigma\frac{\Delta\alpha}{ld}+\frac{2}{3}2I^2\sigma\frac{\alpha}{ld}(\text{W})$$

式中: $\Delta\alpha$ 和 α 分别是极板的宽度留边量和有效宽度(cm), l 是板极长度(cm), d 是金属膜的厚度(cm), σ 是金属膜的电阻率(Ω^{-1}), I 是板极始端的电流(A)。

随着科技的发展和电装甲研究的日渐深入,为提升电装甲的防护能力和实用性能,人们一方面采用新材料、新工艺、新技术来制造电装甲,另一方面就是发挥电装甲的结构潜能,从电装甲的结构上下功夫来最大限度地提高电装甲的性能。本文所提出的卷绕型矩形芯子电容器的应用就是改进电装甲结构,从而提高可储能电装甲的性能。

(石家庄军械工程学院新概念兵器教研室 050003)

现代物理知识