

实用电动力学

H.A. 普拉托诺夫 主编
黄 峥

哈尔滨出版社

实用电动力学

主编 普拉托诺夫 黄 峥

 哈尔滨出版社

图书在版编目(CIP)数据

实用电动力学 / 普拉托诺夫, 黄峥主编. — 哈尔滨: 哈尔滨出版社, 2007. 12

ISBN 978 - 7 - 80699 - 475 - 7

I. 实... II. ①普... ②黄... III. 弹药 - 电动力学

IV. TG410

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 0995678 号

责任编辑: 李金秋

封面设计: 蔡薇薇

实用电动力学

普拉托诺夫 黄峥 主编

哈尔滨出版社出版发行

哈尔滨市香坊区泰山路 82 - 9 号

邮政编码: 150090 营销电话: 0451 - 87900345

E - mail: hrbcbbs @ yeah. net

网址: www. hrbcbbs. com

全国新华书店经销

黑龙江省教育厅印刷厂印刷

开本 880 × 1230 毫米 1/32 印张 9.125 字数 237 千字

2007 年 12 月第 1 版 2007 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 80699 - 475 - 7

定价: 200.00 元

版权所有, 侵权必究。举报电话: 0451 - 87900272

本社常年法律顾问: 黑龙江大公律师事务所徐桂元 徐学滨

《实用电动力学》编审委员会

编委会主任:焦开河

副主任:杨卓曾毅

委员:程军黄峥萧先国邱晓华王玉林

李新龙邓少生王文明孟宪珍张沅

施坤林张龙山戴黎红任洪林王伟禹

郭晓冰盛永才吕炯

内 容 简 介

专著涉及水上(空中)弹药和水下弹药信息装置的理论 and 计算方法。信息装置采用了主动式和被动式电磁作用原理。

著作包含了电磁场由不同介质和金属薄板反射时低频反射电磁场的计算方法,介质和金属薄板具有的任意电磁参数是求解边缘课题严格方法的基础;著作还包含了利用表面当量电流,对来自各种不同形状目标的信号进行计算的计算方法。专著介绍了不同弹药上接收天线和发射天线的结构设计方案,介绍了天线的工程计算方法。研究了天线之间直接耦合中干扰的抑制方法和海表面或地表面反射背景干扰的抑制方法。研制了以样机接收机实现磁梯度感应的反坦克导弹被动式电磁传感器。介绍了电磁耦合系统中发射线圈和接收线圈的结构设计原理、计算方法和优化方法,介绍了齐射多管火箭弹上引信装定和电源保障。

本专著适用于对不同弹药引信上的非接触式信息装置感兴趣的专家、科研工作者、研究生、高年级大学生、军事院校的学生。

中文版本序言

俄罗斯火箭火炮科学院欣然接受中国机械装备研究院的倡议,共同出版由中俄著名科学家编著的中文版本学术专著。俄方专家来自俄联邦重点科研中心之一的“探测”科研所,该所专门从事触发和非触发引信、遥控和时间引信以及其他作用原理引信的研制,也从事火炮弹药、航空弹药、火箭弹药及其他弹药引信装置控制系统的研制。

“探测”科研所已有 75 年的历史,研制的引信畅销国际武器市场,其知名度已超出了俄罗斯范围,产品本身具有很高的竞争力。

俄罗斯联邦和中华人民共和国关于国防学说的新概念在于使部队的军事装备及其武器在广泛使用人工智能的基础上,达到高精度、高效能的特点。要想使概念付诸实施,成功地解决这一课题,必须要有深入的基础研究,在弹药的装置中,要提高科技含量,引进高新技术。

为了实现弹药的有效和最优化控制,在发射过程中,必须要有完整的信息作为保证;在机动飞行时,要考虑作用因素的实际条件,适应性地进行修正;在与目标接近的区域内,对目标的特性,以及与目标交会的条件,要有详尽的了解。

在与目标接近的区域内,获取目标信息的最有效、最现代化和最具有发展前景的方法之一,是采用不同频域的无线电物理原理。要根据军事装备的用途和弹药所处的环境介质来选取频域,对于不同类型的防空武器、空中武器、水上武器和水下武器等,这些原理也有巨大差别。

专著阐述了物理原理、理论分析方法、工程计算规则,也介绍了经过严格的科学方法论证并确认的求解逼近目标的不同物体的

电磁场衍射课题。对水上弹药和水下弹药而言,首要的不同是频域的不同,使无线电物理信息装置、信息传输通道和其他装置和谐地结合在一起的基础是经典电动力学的基本规律。

高等数学工具可以实现非接触式反应过程的数学仿真和计算机模拟,从而可以大大削减实物试验的费用,为弹药引信装置全过程设计系统的研制服务。

该书介绍了从工程上如何实现非接触式电磁装置,以大量的实际例子、百科全书的信息来充实自己,使其在培养不同层次的专家(学士、硕士、博士研究生等),提高在职工程技术人员、设计人员、操作使用人员和科研人员的专业水平方面是一本不可替代的好书。毫无疑问,这本著作将成为广大专业人员和实际工作者手边必备的案头书,是培养弹药领域中新一代科研人员的好教材。

本书的作者中,俄方有俄罗斯火箭火炮科学院顾问 H. A. 普拉托诺夫和科技功勋活动家 K. u. 罗格日尼科夫教授,他们都是各种弹药引信行业的杰出专家;中方有中国兵工集团机电信息研究所所长博士研究生导师黄峥、机电信息研究所副所长施坤林、顾问张龙山。

俄罗斯科学的基本学派与中国科学家和专家的创新思想在本专著出版过程中的结合,证明了合作是富有创造性的。这本书是独一无二的科技专著,在世界的文献中还没有同类出版物,它将深入的科学研究风格与通俗易懂的教学参考性有机地结合在一起。无可争议,该书是宝贵的科学知识库,是研制 21 世纪高精度智能武器的基础。

俄罗斯科学院副院长、院士、诺贝尔奖获得者

阿尔菲洛夫

中国机械装备研究院院长 研究员级高级工程师

焦开河

目 录

中文版本序言	(1)
引言	(1)
书评(一) 马卡罗维茨	(3)
书评(二) 沙姆谢夫	(6)
前 言	(9)
第一章 电动力学的基本定律	(14)
麦克斯韦方程	(14)
1.1 电动力学方程的微分形式	(14)
1.2 电动力学方程的积分形式	(18)
1.3 达朗伯方程、拉普拉斯方程和赫姆霍兹方程	(21)
1.4 电磁场的势函数	(25)
1.5 交变磁偶极子的初级场	(36)
第二章 介质的平面型界面对低频电磁场的反射	(45)
2.1 平面上方的垂直磁偶极子	(45)
2.2 平面上方的水平磁偶极子	(57)
2.3 层面反射	(78)
2.4 反射场的幅—相特性比较	(80)
第三章 主动电磁信息装置的接收—发射天线	(90)
3.1 天线相互垂直配置的信息装置	(93)
3.2 具有十字交叉天线的信息装置	(100)
3.3 平行天线的信息装置	(106)
3.4 初级场电补偿的信息装置	(109)

3.5	电磁信息装置的工作频率	(117)
3.6	发射天线和接收天线的计算	(125)
第四章	目标反射信号的计算方法	(140)
4.1	等价表面电流法	(140)
4.2	圆柱形目标反射信号的计算	(142)
4.3	椭球体目标反射信号的计算	(155)
4.4	平行六面体目标物反射信号的计算	(159)
第五章	干扰与抗干扰的方法	(170)
5.1	直接耦合中剩余噪声的适应性抑制	(171)
5.2	抑制介质界面的反射干扰	(184)
5.3	海中天然电磁噪音	(193)
5.4	声振干扰	(203)
第六章	被动式非触发电磁探测器	(207)
6.1	小型物体的磁场	(207)
6.2	磁梯度动态反应原理	(211)
6.3	磁梯度传感器信号频谱	(219)
6.4	弹体对磁场接收器的影响	(220)
第七章	多管火箭弹引信的电磁感应装定系统	(229)
7.1	引信的战前装定方法	(229)
7.2	在封闭空间中,能量和信息传输的理论基础	(232)
7.3	具有空心铁芯的磁感应天线	(255)
7.4	自控信息装置的电容式电源	(264)
参考文献		(270)
主编介绍		(278)

引 言

俄联邦工业局欢迎出版这本专著,该书阐述了研制非触发式现代自控引信装置的物理原理和理论基础。引信装置是种类繁多的弹药上的一个部件。

国内外文献中还没有相同类型的出版物,它是独一无二的,既具有教学参考书通俗易懂的特点,又具有对问题进行深入科学探讨的风格。

由主导的科研生产中心之一的联邦国有企业“探测”科研所专家们编著的这本著作,科技含量高,实际经验宝贵。“探测”科研所是从事触发和非触发、时间和遥控引信装置研制的重点企业。

俄联邦国防学说新概念是以广泛应用人工智能的高精度、高效能军事装备作为军队的武器。要想成功地解决这一课题,必须要有深入的基础研究,在弹药的装置中提高科技含量、引进高新技术。为了实现弹药的有效和最优控制,在发射过程中,必须要有完整的信息作为保证;在机动飞行时,要考虑实际的作用因素,适应性地进行修正;在与目标接近的区域内,对目标的特性,以及与目标交会的条件,要有详尽的了解。

在与目标接近的区域内,获取目标信息的最有效、最现代化和最有发展前景的方法之一是采用不同频域的无线电物理原理。要根据军事装备的用途和弹药所处的环境介质来选取频域,对于不同类型的防空武器、空中武器、水上武器和水下武器等,这些原理也有巨大差别。

专著阐述了物理原理、理论分析方法、工程计算规程,也介绍了经过严格的科学方法论证和确认的求解逼近(所要攻击)目标的不同物体的电磁场衍射课题。对水上弹药和水下弹药而言,首先

是频域不同的无线电物理信息装置、信息传输通道和其他装置和谐地结合在一起是建立在经典电动力学基本规律的基础上的。

高级数学工具可以实现非接触式反应过程的数学仿真和计算机模拟,从而可以大大节省实物试验的费用,也可以为弹药引信装置全程设计系统的研制服务。

该书介绍了从工程上如何实现非接触式电磁装置,以大量的实际例子、百科全书的信息来充实自己,使其在培养不同层次的专家(学士、硕士、博士研究生等),提高在职工程技术人员、设计人员、操作使用人员和科研人员的专业水平方面是一本不可替代的好书。毫无疑问,这本著作将成为广大专业人员和实际工作者手边必备的案头书,是培养弹药领域中新一代科研人员的好教材。

著作的出版是纪念卫国战争伟大胜利 60 周年和联邦单一制国有企业“探测”科研所建所 75 周年。该所的专家们在为胜利而研制武器弹药中作出了不可估量的贡献。

无可争议,该书是宝贵的知识库,是研制 21 世纪高精度智能武器必不可少的基础。

俄联邦工业局局长、工程科学博士
俄科学院通讯院士、教授
阿列星

书评(一)

俄弹炮科学院院士

联邦单一制国有企业“合金”科研生产企业总经理
工程科学博士、教授、俄罗斯英雄、国家奖金获得者

马卡罗维茨

当弹药配备了信息装置和能及时获取、发送有关打击对象——目标的完整、精确信息的系统后,才能够保证现代武器具有很高的作战性能。获取目标信息最有前途的方法之一是利用低频电磁场,它既是初级场,又是区别于雷达频域波的次级场;它具有信息量大、隐蔽性好和通用性强的优点。在任何气候条件下,不论目标是在空中还是在水下,电磁波和电磁场特殊的低频域都能保证获取到目标的信息,并具有对金属的可选择性、目标定位的正确性和抗干扰性。

与其他类型的引信相比,在弹药引信装置的系统中,采用前接触信息通道更为合理,毫无疑问是更正确的,因为可以使触发引信或其他类型的引信,在距离目标很近的区域内,做好作战准备,从而保证了抗干扰性的提高,使敌人缺乏反抗的可能性,并使弹药引信装置提前起动和自毁。除此之外,弹药引信的非接触式远距离信息装置提高了击毁目标的概率;对水下的海军武器,由于介质密度更高,提高了战斗部破坏作用的威力。对聚能装药战斗部、前装药战斗部和串联装药战斗部的弹药而言,获得目标在接触前的信息是完全必要的。

展现在读者前面的专著研究了信息装置设计理论的基本问题。信息装置所依靠的是电磁作用原理,其特点是通用性强,可应

用于各种不同的弹药,其中有导弹、鱼雷、水雷、深水炸弹、反潜艇和反坦克导弹、齐射武器的多管火箭弹等。

在电磁学、通讯理论、电磁波和电磁场衍射理论基本规律的基础上,专著介绍了非接触式信息装置和目标传感器设计理论和设计原理,而装置和传感器是与应用于空中和海水中的弹药引信配套的。信息装置和目标传感器有主动式,也有被动式。专著介绍了磁性金属和非磁性金属、弱导电介质反射低频电磁场的课题,这类课题的求解可以评估目标金属壳体的影响,确定信号的幅相参数,保证弹药上信号自主处理线路结构与幅相参数的一致。专著详细阐述了信号的计算方法、信号形状、信号持续时间、频谱等,这些内容都是独创的,用它们来评估目标大小的影响、按其外形尺寸进行分类、确定目标距离和对起动区域进行定位。

专著介绍了不同弹药,包括小口径炮弹的接收—发射装置的多种方案,介绍了各种结构形状的发射天线的工程计算方法。对干扰、消除干扰的方法,对稳态干扰的补偿方法,专著给予了极大的注意,分析了稳态干扰是由于天线之间的直接耦合,及对地面或海底干扰的调谐造成的。

对反坦克火箭弹的被动非接触式电磁信息装置进行了分析,推荐采用较为简单的磁梯度动态反应原理,它能保证在接近目标的区域内发挥有效作用,能预防敌人采用反抗手段,也能预防飞行时火箭弹在地球磁场中振动的影响。

已经指出,专著作者不仅仅是应用于水下火箭和其他弹药的非接触式电磁引信的发明者,而且也是火箭弹控制仪中非接触式通讯和无线通讯装置的研制者。电磁通讯通道不单单保证了引信程序的高效编写,而且一旦电磁通讯通道与控制过程结合起来,达到的控制过程自动化和过程的快速性又提高了火箭弹的可靠性和精度特性。通讯线路有效性和运算效率的理论根据是:在各种结构形状构成的封闭屏蔽空间内得到的电磁场衍射课题的题解;采用工程计算方法对发射天线和接收天线形状进行的优化;通讯线

路不受反作用手段干扰的抗干扰性能的论证。

最后,可以肯定地指出,本专著是建立数学模型、计算新的高智能信息化装置和改进现有弹药引信必需的宝贵基石。

书评(二)

俄弹炮科学院院士、国家科学中心中央化学力学学科研究所副所长

俄科学院通讯院士、工程科学博士、教授

社会主义劳动英雄、苏联和俄联邦国家奖金获得者

俄科技功勋活动家

沙姆谢夫

本专著阐述的只是一种类型的引信装置的理论原理和设计方法,这种类型属于主动式和被动式电磁作用形式。

在前言中,清晰而又明确地给出了所研究的这一类引信装置的特点,它是从研制高精度、高效能现代武器这一立场来阐述的。前言也列出了专著已解决的问题清单。

包含有经典电动力学基本方程的第一章是必要的,该章所介绍的泛函数学工具不仅对后面的分析是必需的,而且被后面所有章节多次采用。毫无疑问,泛函数学工具对理解并掌握专著的全部内容是不可缺少的。

第二章的内容,粗看起来是纯理论性的,因为内容介绍的目标是无限平面来定位的,这与实际目标的接近程度很小;同时,这一章内容又是非常重要的:第一,评估目标信号的最大极限方程,因此也是从上面评估非接触式发现目标的距离;第二,无限平面反射的低频电磁场确定了目标信号相位变化的区域,这对信息处理线路中相通带是必需的,从电磁场介质界面反射的干扰中选择信息相位也是必需的,这对从上半球即空中打击水上目标,从下半球打击水下目标的弹药是至关重要的。这一章的最后,即第二章第四节以图解的方式作了直观的介绍。

对弹药研制人员和设计人员来说,最有趣的和最宝贵的是第三章,它介绍了安装在不同用途弹药上的一大批不同类型的接收—发射天线的结构装置。第三章详细分析了不同结构类型的反应区,它们的抗干扰性能,对弹药的电磁信息装置工作频率范围进行了论证和优化,对不同类型的发射天线和接收天线给出了工程计算方法。

对研制人员和专家而言,第四章的重要性和宝贵程度不亚于上一章。这一章以高水平的理论和方法阐述了目标反射信号的计算方法,以各种不同形状的物体——柱形体、椭球体和平行六面体来逼近真实目标。该章所获得的结果以广义形式表示,它可以对换算的脉冲形状进行工程计算,这些脉冲与物体的大小和弹药的速度无关,因为广义的结果是无量纲的。来自目标的脉冲信号的形状是必须知道的,以便对信息处理线路提出要求。

第五章较为完整地介绍有关信息装置同步进行的另一项工作,这项工作就是研究不同性质的干扰——介质界面反射电磁场的干扰、弹药壳体的振动、地球磁场的影响、固有的残余背景、海洋的自然干扰等等。该章还介绍了干扰的补偿方法和干扰的中性处理。

第六章研究和详细分析了在火箭系统中按目标的固有磁场成组地采用被动非接触式电磁探测器探测小型目标的可能性和合理性。为了保证这些探测器有很高的防干扰性和抗干扰性,用磁动态梯度反应原理,在试验台上安装两个相同的磁感应天线进行论证,这种天线安装在非磁性金属壳体内,评估壳体对信息信号减弱的影响和降低无线电反作用干扰的影响。

“冰雹”、“旋风”等这一类型的齐射火箭系统,以往是采用接触式信息输入,它们具有可靠性和安全性不足的缺陷。采用非接触式信息输入法,即采用电磁感应通讯实现能源保证和有效编程才能够消除上述缺陷。专著的第七章就是解决这个问题的。安装有发射天线的定向管的结构特点、在引信装置安装接收天线的位置,

都共同提出了在封闭空间中传输电磁能量的课题,这一章也成功地解决了这一课题。引信装置天线的紧凑性是在天线中采用空心铁磁体铁心来实现的。这一章介绍了带有空心铁心的感应天线理论和工程计算方法,对非接触式信息输入、引信的编程、能量有效传输到电容器构成的电源上、按电磁通讯通道进行充电等均在火箭发射前直接完成,这些实验性的检验和用多管火箭弹的实战检验也在第七章作了介绍。

毫无疑问,专著是最新的科学著作,在国内和国外的文献中均是独一无二的。专著的最大特点是课题和解题的统一,用物理数学工具求解当代实用电动力学问题的严密性。这些特点应用于各种不同的信息装置,水上和水下弹药上的被动式和主动式引信装置的研制,利用间接通讯和直接通讯方式使水上弹药打击水上目标,水下弹药打击水下目标。专著用清晰和明确的语言,以通俗的方式叙述了深刻的科学含义,以足够完整的直观形式表达了独创的结果。

专著的科技含量高、实用价值强、针对性突出,对国内武器发展的前途有巨大影响,它的出版是完全必要的。专著介绍的大量知识对研制弹药的专家、相应专业的科技工作者、工程技术人员和高等院校对口专业的研究生、高年级大学生都是很有必要的。