



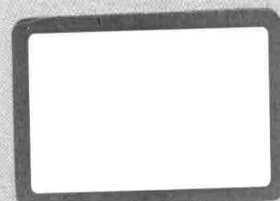
国家出版基金资助项目

现代战争“七大领域”丛书

现代电磁战

谈何易 雷根生 逯杰 编著

国防大学出版社



现代电磁战

谈何易 雷根生 逯杰 编著

国防大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

现代电磁战 / 谈何易, 雷根生, 逯杰编著. —北京:
国防大学出版社, 2016. 6

ISBN 978-7-5626-2402-8

I. ①现… II. ①谈… ②雷… ③逯… III. ①电子对
抗—战争史—世界 IV. ①E919

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 103374 号

现代电磁战

XIANDAI DIANCIZHAN

谈何易 雷根生 逯杰 编著

出版发行: 国防大学出版社

地 址: 北京市海淀区红山口甲 3 号

邮 编: 100091

电 话: (010) 66772856

责任编辑: 卜延军

特邀编辑: 饶洁

责任校对: 邓彦防

封面设计: 周 远

经 销: 新华书店

印 刷: 北京盛彩捷印刷有限公司

开 本: 710 毫米×1000 毫米 1/16

印 张: 17.5

字 数: 195 千字

印 数: 1—5000 册

版 次: 2016 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

定 价: 39.00 元

(如有质量问题, 本社负责调换)

总 序

战争，这个人类相互残杀的“怪物”，自从降临人间，就不断地变幻着形态和花样，一路呼啸着、狂奔着，它通过攻伐、杀戮、威逼、利诱，改变着一个民族或国家的命运，改变着地图板块的原有模样和色彩，更决定着人类文明的走向。所以，战争历来都被人们时刻跟踪、密切关注。

早期的人类战争，尽管有“檣櫓灰飞烟灭”的江海鏖战，但更多呈现的则是短兵相接、战阵对峙的陆上角逐。在大漠孤烟、江海呜咽的战争悲歌中，古人们一刻也没有停止对战争的想象和憧憬：“天兵照雪下玉关，虏箭如沙射金甲”；“十万天兵驱虎豹，三千金甲奋猊熊”。他们希冀从人力尚不能企及的天空换取“天兵天将”来改变战争的天平。科学技术的发展将古人们的想象物化成了现实。

近代以来，战争在更为广阔的空间展现着它的魔力与魅力，不时上演着马汉与杜黑的对话，也时常演绎着电磁欺骗这种“新型”军事谋略。光阴穿越时空的隧道，科技的进步一日千里，战争在广阔的时空、复杂的场域、多维的向度中变幻着令人眼花缭乱的形态。

现代战争，其触角已伸向陆、海、空、天、电、网、核等



诸多领域。战场已与边关狼烟渐行渐远，却与太空、电磁、网络这些人的自然视力所不能及的空间广泛“联姻”；一柄核武之“达摩克利斯之剑”也悄然高悬人类头顶。承载人类美好想象的“广寒宫”不再是诗情画意之地，那些警觉的“天眼”目不转睛地注视着地球上金戈铁马的动向；孩童们津津乐道的深海龙宫不再是老龙王的宫闱禁地，也闯入了杀气腾腾的荷枪士兵；就连人们日常休闲娱乐的网络世界也不时散发出战火硝烟的味道……

面对现代战争，习近平主席深刻指出：“战争的时空特性发生重大变化，多维战场空间融为一体。”现代战争的领域不断拓展延伸，由陆地、海洋、空中扩展到太空、电磁、网络甚至人脑中的思维。现代战争的形态和方式的发展变化是不以人们的意志为转移的，甚至颠覆了人们对战争的传统认知。在西亚、北非的武装冲突中，尽管以往的游击战以及AK-47步枪和皮卡等装备大行其道，但是透过美国、俄罗斯等军事强国打击极端势力的滚滚硝烟，传统意义上的陆战场、海战场、空战场转向了陆地、空中、海洋、电磁、网络等多维领域的一体化。现代战争领域的变化态势已清晰地呈现在世人面前。然而，如此悬殊落差的战争图景，既勾勒出了未来战争的轮廓，也容易模糊我们投向未来的视线。正像立于城市“硅谷”与非洲沙漠会有不同的视野，而今我们站立于不同的观测点所看到的未来战争也会有天壤之别。

我们不禁要问：现代战争的空间究竟在哪里？未来战争及其战场到底是个什么样子？

准确辨识未来战争的脸谱，关系到军事斗争准备的质量效益，关系到我军是否能打仗、是否能打胜仗。作为军事理论工

作者，将现代战争的发展态势和演变形式告诉广大官兵和热爱军事的青年朋友是我们义不容辞的责任。基于此，我们编撰了《现代战争七大领域》这套丛书，目的是为广大官兵和热爱军事的青年朋友学习了解、研究探索现代战争提供可资借鉴的图书，并由此及彼、由近达远、由浅入深地追踪现代战争发展的潮前浪花，慧眼揭示那些走在时代最前列的现代战争趋势。

这套丛书着眼现代战争发起的战场空间和物理场域，编著有7个分册，即《现代陆战》《现代海战》《现代空战》《现代太空战》《现代电磁战》《现代网络战》《现代核战》，它们描绘和叙说了现代战争诸领域的源起勃兴、博弈嬗变和发展趋势。丛书的作者既有博导硕导，又有博士硕士；既有专家学者，也有后起之秀。所编著的内容都是他们长期关注和致力研修的专业领域。他们登高望远、洞幽烛微，按照过去和现在的历史脉络、已知和未知的推演逻辑构建了丛书内容，力争在介绍人类战场发展过程的同时，对现代陆战、现代海战、现代空战、现代太空战、现代电磁战、现代网络战、现代核战进行全景式描绘，使读者对处在不同战场空间和物理场域的现代战争有全面的认识 and 了解。

这套丛书，在坚持科学性、学术性、知识性的前提下，力争注入通俗性和可读性的元素；同时，考虑当前阅读需求，在内容编排上，以图文并茂的形式，通过通俗易懂、生动活泼的语言，夹叙夹议，娓娓道来，使读者在重温历史、眺望未来的过程中，获得精神的愉悦和智慧的启迪。

科学预测未来才能正确把握未来，正确把握未来才能赢得未来。这是认识和赢得战争的不二法则，也是该丛书编撰出版



的目的所在。我们热切期望，通过这套丛书，在编者、作者、读者之间建立起思考沟通的桥梁纽带，在历史、现实、未来的探讨中形成对现代战争七大领域的深刻认知，为了解战争、研究战争、打赢战争提供经验教训启示和成败得失借鉴。这是我们的历史责任，也是我们的使命担当。

丛书编者

2016年6月

目 录

第一章 电磁战历史：一种振荡掀起的波澜 /1

萌芽：“嘀嗒”一声叩开无形空间的大门	2
新生：我拍报！我乱拍，等等我先听听	11
成长：驭波飞行，却误入歧途	15
拓展：弥漫战场的新“迷雾”	21

第二章 现代电磁战领域：我的地盘我做主 /24

通信与通信对抗：频谱上演绎的交响乐	25
雷达与雷达对抗：用波束扫描时空	40
光电与光电对抗：慧眼也会眩目	75
导航与导航对抗：电子坐标乾坤大挪移	91

第三章 现代电磁战战场：你的空间我参与 /100

太空：俯瞰全球的“耳目”	101
空中：划破天际的“雷电”	114
海上：地平线上升起的“电磁桅杆”	129
陆地：天线像枪刺一样林立	137



第四章 现代电磁战主要特征：此处无形 胜有形 /144

全面渗透：成也信息，败也信息	145
软硬一体：不仅是扰乱，还可以毙命	151
多维一体：上可九天揽月，下可五洋捉鳖	158
平战一体：养兵千日，用兵千日	165

第五章 电磁情报战：永不消失的电波 /171

窃听：不只是密码	172
识别：电磁波也有标签	176
定位：天网恢恢，疏而不漏	183
监测：若要人不知，除非己莫为	187

第六章 进攻型电磁战：制造单向透明的战场 /196

助攻：赢得“战斗力倍增器”的美名	197
造势：涂画战场态势的最佳画笔	207
摧毁：无形的伤害很要命	214
制权：先为不可胜，以“致”敌之可胜	221

第七章 防御型电磁战：构筑无形电磁防线 /228

电磁静默：沉默是金，却也是无奈	229
-----------------------	-----



电子伪装：电子版“变色龙”	233
电子防护：防不胜防，却不得不防	238
电子防空：看不见的“金钟罩、铁布衫”	246

第八章 电磁战的发展趋势：“舒特”让人特别 不舒服 /252

网络电磁空间：融合是必然趋势	253
网电一体战：双剑合璧，颠覆未来战争形态	258
未来发展：量子来了，电磁波还将振荡下去吗？	263



第一章

电磁战历史：一种振荡掀起的波澜

当今世界，一场战争如果没有电磁战的参与，似乎都不好意思说自己是现代战争。电磁战，已经成为信息化战争、高技术战争的标签。然而，令人头疼的是，电磁战无形，而又无所不在；电磁战无力，而又无所不能。正如“神龙见首不见尾”一般，让人捉摸不透。其实，电磁战的一切技术原理就隐藏在—组“高大上”的方程里，其本质就是一种振荡。然而，正是这种振荡，不仅强烈冲击了我们的生活，还在现代战场上掀起了滔天波澜，完全改变了战争的面貌。

麦克斯韦方程组：

$$\oint_l H \cdot dl = \int_s j \cdot ds + \int_s \frac{\partial D}{\partial t} \cdot ds \quad ① \quad \nabla \times H = j + \frac{\partial D}{\partial t} \quad ⑤$$

$$\oint_l E \cdot dl = -\frac{d}{dt} \int_s B \cdot ds \quad ② \quad \nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t} \quad ⑥$$

$$\oint_s B \cdot ds = 0 \quad ③ \quad \nabla \cdot B = 0 \quad ⑦$$

$$\oint_s D \cdot ds = \int_s \rho dv \quad ④ \quad \nabla \cdot D = \rho \quad ⑧$$

注：左为积分形式，右为微分形式。



萌芽：“嘀嗒”一声叩开无形空间的大门

麦克斯韦列出这个“高大上”的方程组时，人类还没有真正发现电磁波，更谈不上利用了。我们不需要从这组方程中学会如何推证出光波是电磁波，也不需要研究诸如“变化的电场和变化的磁场彼此不是孤立的，它们永远密切地联系在一起，相互激发，组成一个统一的电磁场的整体”这种拗口的麦克斯韦电磁场理论基本概念。

我们只需要记住一个词：“振荡”。再不行就记住一个声音：“嘀嗒”。

“嘀嗒”一声，“振荡”出电磁战来。以至它的发明人感慨道：“上帝啊，你创造了何等的奇迹！”

1843年，美国人 S. F. B. 莫尔斯用美国国会赞助的 3 万美元，建起了人类第一条电报线路，从华盛顿到巴尔的摩之间长达 64 千米。

1844 年 5 月，莫尔斯先生在华盛顿国会大厦最高法院会议厅里，用他从 1837 年便发明出来并不断完善的电报机，向巴尔的摩发送了世界上第一封电报，电文内容就是《圣经》中的一句话：

“上帝啊，你创造了何等的奇迹！”

奇迹的奥妙说起来也十分简单，莫尔斯在他的笔记本上这样记下了他的设计方案：“电流只要停止片刻，就会现出火花。有火花出现可以看成是一种符号，没有火花出现是另一种符号，没有火花的时间长度又是一种符号。这三种符号组合起来可代表字母和数字，就可以通过导线来传递文字了。”



这套设计方案就是现代仍在使用的莫尔斯电码的原型（图 1-1），著名的“SOS”讯号，用莫尔斯电码表示就是“... — — — ...”。很多谍战片中情报人员用手指敲击桌子的方式来隐蔽传递情报，就是使用莫尔斯电码。轻敲一下手指立即抬起就是“·”（滴，又称“点”），轻敲一下手指停在桌面（停留敲击一次的时间）就是“—”（嗒，又称“划”）。

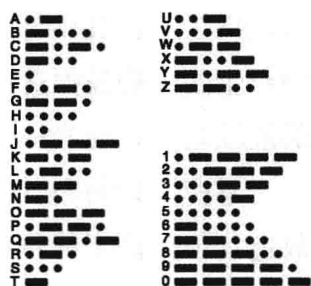


图 1-1 莫尔斯电码图解

然而，这还不是真正见证奇迹的时刻。

毕竟铺根电缆是一件既麻烦又费钱的事。特别是对于轮船等移动平台而言，总不能扯根电缆在大海中航行吧。50 年后，不需要拉电线的无线电报出现了。这又要从那组神一样的麦克斯韦方程组说起。

1864 年，英国科学家麦克斯韦在总结前人研究电磁现象的基础上，建立了完整的电磁波理论。他断定电磁波的存在，推导出电磁波与光具有同样的传播速度。然而，这一切都只是停留在纸面上，只是人类伟大智慧的推断，还没有通过实验加以验证，更谈不上应用。

1887 年，德国物理学家海因里希·鲁道夫·赫兹（Heinrich Rudolf Hertz）设计了一种电磁波发生器，又称“直线型开放振荡器”（图 1-2）。这种振荡器是在两根长 12 英寸的铜棒上各焊一个磨光的黄铜球，另一端各按一块边长 16 英寸的正方形锌块，两根铜棒放在同一直线上，两球之间留一空隙，将它们连到感应圈的次级线圈的两端。当充电到一定程度，间隙被火花击穿，两段金属杆连成一条导电通路，这时它相当于一个振



荡偶极子，在其中激起高频的振荡。其实，在赫兹的这次实验中产生的电磁波振荡频率为每秒 $10^8 \sim 10^9$ 次，按现代电磁频谱的波段划分，应当属于超短波波段。

感应圈以每秒 $10 \sim 100$ 次的频率一次一次地使火花间隙充放电。但是由于能量不断辐射出去而损失，每次放电后引起的高频振荡衰减很快，因此所产生的是一种间歇性的阻尼振荡（图 1-3）。赫兹把这种装置称为“振荡偶极子”。

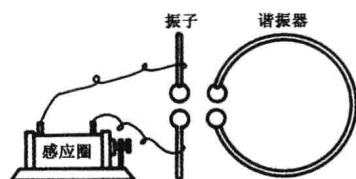


图 1-2 赫兹实验中的电磁波发生器

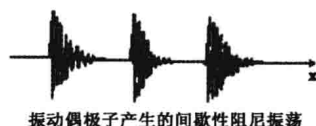


图 1-3 赫兹实验产生的阻尼振荡

为了探测由振荡偶极子（电磁波发生器）发射出来的电磁波，赫兹还将一根粗铜导线弯成一圆环形，在环的开口端各焊上一黄铜球，两球间的距离还可以利用螺旋作微小调节，这种装置称为“共振偶极子”，作为检波器，放在电磁波发生器附近。

点燃奇迹的火花终于闪现了！

一天，赫兹给振荡偶极子输入高压脉冲电流，像往常一样，在暗室中凝视共振偶极子铜环两个小铜球之间微小的空隙。突然，空隙中迸发出一个微弱的火花。他的助手高兴地喊出来：“有了，有火花了！”赫兹把铜环移到与发生器相距一定距离并适当地选择其方位时，他们看到电火花在两个铜球之间不断地跳跃。

这样，赫兹首次用实验证实了电磁波的存在，并观察到电



磁振荡在空间中的传播。

之后，人们又进行了许多实验，不仅证明光是一种电磁波，而且发现了更多形式的电磁波，它们的本质完全相同，只是波长（或者称之为“频率”）有很大的差别。人们为了纪念赫兹先生，就将每秒振荡1次的频率单位定义为“赫兹”，国际标准单位符号为“Hz”。

简单地说，赫兹实验说明了在图1-2中发生器的铜球间产生了电磁振荡，这种电磁振荡以电磁波的形式直接——而不需要媒介地——传播出去，在检波器处产生感应，检波器的两个铜球间就产生了火花。这个不断闪烁的火花就是由电磁波从发生器处传来的能量释放。

如果能够用有线电报的莫尔斯电码控制发生器的电磁振荡，那么，也就能够实现任意两地间的信息传递了。很多人这样想，也有很多人这样做。历史上赫赫有名的就有两位：马可尼和波波夫。

1895年，古列尔莫·马可尼（Guglielmo Marconi）在自家的花园里进行了电磁波传递实验。他成功地把电磁信号发送到了2.4千米的距离之外，成为世界上第一台实用的无线电报系统的发明者，第二年即获得了专利。

1898年，马可尼在英吉利海峡两岸进行无线电报跨海试验成功，通信距离为45千米。

1899年又建立了距离106千米的通信联系。

然而，无线电报还能传的更远吗？

比如，横跨大西洋？

当时，许多人认为电磁波应该和光一样是直线传播的，而大西洋跨越3700千米，在弯曲的地球表面上，无论如何也不可



能直接传递电磁波。可是马可尼独具慧眼，他解决问题的方法只有两个：

一是功率大，大声喊才能传得远嘛；

二是架高天线，站得高才能望得远嘛。

两个极其朴素的认识，恰是解决问题的根本方法。

1900年10月，马可尼在英国建立了一座强大的发射台，其所使用的音响火花式电报发射机功率达到10千瓦，现代城市的广播电台功率也不过如此。

1901年12月，马可尼在加拿大用风筝牵引天线，将天线拉升到数百米的高度，终于成功地接收到了大西洋彼岸的无线电报。

试验成功的消息轰动全球。

从1903年开始，从美国向英国《泰晤士报》用无线电传递新闻，当天见报。

1909年无线电报已经在通信事业上大显身手。在这以后许多国家的军事要塞、海港船舰大都装备有无线电设备，无线电报成了全球性的事业。



图1-4 无线电波传播方式示意图

实际上，电磁波以每秒30万千米的速度离开发射天线后，是经过不同的传播路径到达接收点的。人们根据这些各具特点的传播方式（图1-4），把电磁波归纳为四种主要类型：

地波，这是沿地球表面传播的电磁波。

天波，也即电离层波。地球大气层的高层存在着“电离层”。电磁波进入电离层时其方向会发生改变，出现“折射”。因为电



离层折射效应的积累，电波的入射方向会连续改变，最终会“拐”回地面，电离层如同一面镜子会反射一定频率段的电磁波。这种经电离层反射而折回地面的电磁波被称为“天波”。

空间波，由发射天线直接到达接收点的电波，也被称为“直射波”。有一部分电波是通过地面或其他障碍物反射到达接收点的，被称为“反射波”。直射波和反射波合称为“空间波”。

散射波，当大气层或电离层出现不均匀团块时，电磁波有可能被这些不均匀媒质向四面八方反射，使一部分能量到达接收点，这就是散射波。

正当马可尼在大西洋两岸忙碌着放风筝的时候，另一位发明者俄国的阿·斯·波波夫（А. С. Попов）也正在自家花园里独立探索着电磁波的发射和接收。

1895年，波波夫在水雷军官学校的实验室和花园里进行最初的收发无线电信号试验。在试验中，波波夫发现：给接收机接上一根竖起的导线，接收信号便增强，收讯距离便大大增加。由此诞生了天线。

1895年5月7日，波波夫在俄国理化学会物理部的圣彼得堡会议上，作了“关于金属粉末与电振荡的关系”的报告，并用他的无线电装置作了收发电磁波信号的表演。1945年5月7日，为纪念无线电诞生50周年，苏联部长会议通过决议，规定这一天为“无线电节”。

在实验中，波波夫观察到无线电接收机也能对雷电起反应。波波夫便把莫尔斯电报机的记录装置纳入他的接收机，于是在电报机纸条上录下大气放电。波波夫称它为“雷电指示器”。1895年夏天，雷电指示器经过改进，被安装在圣彼得堡林学院气象站，预告雷暴的临近。这是电磁波技术在通信领域之外的