

军事无线电电子学简介

(上 册)

无线电电子学编辑部

軍事無線電电子学簡介

(上 册)

無線電电子学編輯部



1100715

D130/08

出 版 說 明

本書着重介紹軍事無線電電子學各專業的基本內容、特點和發展趨向，共21章，分上、下兩冊出版。上冊包括9章，即：1)緒論；2)無線電元件及材料；3)電真空器件；4)半導體材料與器件；5)微電機；6)化學電源與物理電源；7)電信電纜；8)無線電測量儀器；9)電工測量儀表及儀器。

由於我們水平有限，書中定有許多缺點和錯誤之處，敬希讀者批評指正，並提出修改意見。

本書可供有關軍事部門，生產企業和科研設計單位的政治、行政、器材和科學技術管理幹部閱讀，工程技術人員和高等院校師生亦可參考。

軍事無線電電子學總介

(上 冊)

無線電電子學編輯部編

無線電電子學編輯部出版

中國人民解放軍第一二零一工廠印刷

開本 850×1168 $\frac{1}{32}$ • 印張 12張 • 字數 333 千字

1945年12月出版 印數 1~5000

序

摆在讀者面前的，是一本叙述无线电电子学在軍事应用方面的一般概念的书。

目前无线电电子学已经发展到这种地步：由于对它的深入研究和广泛应用，加上对原子能的发现与利用，使人类正面临着一个新的工业革命的前夕。在軍事上，无线电电子学的应用也极为广泛，研究工作也逐步深入。它不仅作为一种通信手段，而且作为一种偵测手段，也早已应用于实战。近二十年来，更发展到对导弹、卫星和宇宙飞行器的控制，使无线电电子装备成了武器的一部分。对敌无线电的干扰和反干扰斗争，使无线电也成了一种“作战”手段。这种复杂的情况，促使我們的一些作行政工作、政治工作、器材工作、技术管理工作、教学工作而又不熟悉本专业的同志，非认真学习这门业务不可。要不然，我們怎能更好地完成这样艰巨的任务呢！正是在这种要求下，我們敦請各方有关人員，集体编写了这本“軍事无线电电子学簡介”，希望它能对于大家的业务学习有所补益。又鉴于无线电电子学这门科学技术比較深奥，企图用一本书就解决由“外行”变成“內行”的問題，事实上不可能，因此，我們在編这本书时，就把自己的目标規定为“入門”性质。在我們看来，对于大多数非专业人員說，学得很深一对既不可能，一点也不懂又不应该，那么有一本既能学得懂又有助于实际工作的书，就非常必要了。正因为这样，所以本书各章，都着重介绍的是有关軍事无线电电子学各专业的基本內容、特点和发展趋向。

关于本书編輯中的問題，要申明幾一点是：书中所列举的数器、图片和其它資料，很多是取自資本主义各国，尤以美国为最

多，這一則是為了利于保密，而更重要的則是為了使讀者多明白一點國外的情形，這樣，有利于我們保持工作上的主動。如果有的讀者讀後，產生了一種迷洋思想，認為處處是外國先進，那就不是我們的本意了。

參加本書編寫、審校和出版工作的同志，尤其是參加編寫工作的同志，他們都是在煩忙工作的間隙完成這項工作的，于此表示感謝。因人數甚多，恕不一一列名。

成書時間較緊，錯漏之處，在所難免，深望讀者不吝指教，以便於再版時改正。

編 者

一九六五年十二月

目 录

序.....	(1)
第一章 緒論.....	(11)
§ 1-1 軍事应用	(11)
§ 1-2 发展中的若干問題	(15)
§ 1-3 与邻近学科和部門的关系	(21)
第二章 无綫电元件及材料.....	(23)
§ 2-1 阻容元件	(23)
一、阻容元件的用途.....	(23)
二、阻容元件的基本性能.....	(24)
三、电容器的类型.....	(26)
四、电阻器和电位器的类型.....	(36)
五、阻容元件的主要发展方向.....	(42)
六、阻容元件研制工作的特点和要求.....	(46)
§ 2-2 半导体热敏、光敏电阻及硒整流器	(49)
一、热敏电阻.....	(49)
二、光敏电阻.....	(56)
三、硒整流器.....	(61)
§ 2-3 磁性材料及器件	(64)
一、恒磁材料及器件.....	(66)
二、軟磁材料及器件.....	(68)
三、压磁材料及器件.....	(72)
四、矩磁材料及器件.....	(74)
五、微波鉄氧体材料及器件.....	(76)
六、磁性材料及器件的研制特点和发展趋势.....	(82)

§ 2-4 陶瓷材料及器件·····	(84)
一、装置瓷及器件 ·····	(84)
二、电容器瓷料及器件 ·····	(85)
三、铁电材料及器件 ·····	(88)
四、压电材料及器件 ·····	(90)
五、陶瓷材料及器件的研制特点和发展趋势 ·····	(93)
§ 2-5 微电子学·····	(95)
一、微电子学的类别 ·····	(95)
二、三种微型技术的发展现状 ·····	(97)
三、三种微型技术的比较 ·····	(103)
四、微型技术研究工作的特点 ·····	(105)
第三章 电真空器件 ·····	(107)
§ 3-1 概述·····	(107)
一、超高频管的发展及其在军事上的应用 ·····	(108)
二、超高频管的主要技术指标 ·····	(112)
§ 3-2 各种主要类型的超高频管·····	(115)
一、超高频三极管与四极管 ·····	(115)
二、磁控管 ·····	(119)
三、速调管 ·····	(126)
四、行波管与返波管 ·····	(135)
五、气体放电天线开关管 ·····	(141)
§ 3-3 超高频管的目前水平和发展趋向·····	(145)
一、功率与效率的提高 ·····	(145)
二、噪声的降低 ·····	(146)
三、毫米波与亚毫米波的产生与放大 ·····	(147)
四、频带的加宽 ·····	(149)
五、频率和相位的高稳定性 ·····	(149)
六、小型化、长寿命与高可靠性 ·····	(154)
§ 3-4 超高频管研制生产的特点·····	(155)

一、电真空工艺	(155)
二、精密机械加工	(157)
三、超高频管的测试	(160)
四、电真空材料	(162)
五、环境试验及例行试验	(163)
六、动力与技术安全	(164)
§ 3-5 电子束器件	(165)
一、显示管	(166)
二、储能管	(167)
三、字码管	(169)
四、摄像管	(172)
五、其它摄像管	(173)
六、特点和发展趋势	(175)
第四章 半导体材料与器件	(178)
§ 4-1 半导体材料与器件及其主要技术指标	(178)
一、概述	(178)
二、半导体	(180)
三、半导体材料	(181)
四、半导体器件	(187)
五、半导体器件的一些用途	(215)
§ 4-2 半导体材料与器件的国际水平和发展趋势	(220)
一、半导体材料	(220)
二、半导体器件	(222)
§ 4-3 半导体材料与器件研制工作的特点和要求	(227)
一、半导体器件工艺特点	(227)
二、高精密度的要求	(231)
三、对原材料的要求	(230)
四、对环境条件的要求	(234)
五、对技术安全方面的要求	(234)

第五章 微电机	(237)
§ 5-1 概述	(237)
一、发展简史	(238)
二、范围和分类	(238)
三、一般原理和结构	(239)
四、基本特点	(241)
§ 5-2 各类微电机简介及其技术指标	(242)
一、旋转变压器	(242)
二、自整角机	(246)
三、伺服电动机	(248)
四、测速发电机	(250)
五、其它几类微电机	(253)
§ 5-3 国际水平及发展趋势	(257)
一、国际水平	(257)
二、发展趋势	(258)
§ 5-4 微电机专业的研制特点及要求	(260)
一、原材料	(260)
二、加工工艺	(261)
三、设备和仪器	(262)
四、环境条件	(263)
第六章 化学电源与物理电源	(265)
§ 6-1 概述	(265)
§ 6-2 化学电源与物理电源产品的简单介绍	(268)
一、化学电源	(268)
二、物理电源——太阳能电池	(283)
§ 6-3 化学电源与物理电源的改进和发展 现状及其今后的发展方向	(284)
一、化学电源与物理电源的改进和发展现状	(284)
二、化学电源与物理电源今后的发展方向	(296)

§ 6-4 軍用化学电源的技术指标·····	(296)
§ 6-5 化学电源与物理电源产品研制工作的 特点以及与其它学科的关系·····	(301)
一、化学电源与物理电源产品的研制工作的 特点·····	(301)
二、化学电源与物理电源和其它学科的关系·····	(306)
第七章 电信电纜 ·····	(308)
§ 7-1 概述·····	(308)
§ 7-2 电信电纜的分类, 结构及其主要技术指标·····	(309)
一、射頻电纜·····	(309)
二、載波电纜·····	(318)
三、特种电綫电纜·····	(323)
§ 7-3 电信电纜的研制特点和要求·····	(340)
§ 7-4 电纜的国际水平及发展趋势·····	(343)
一、射頻电纜·····	(343)
二、軍用通信綫纜·····	(345)
三、特种电綫电纜·····	(346)
〔附〕其它微波傳輸綫·····	(345)
一、微波傳輸綫的分类·····	(348)
二、微波傳輸綫的特点·····	(350)
第八章 无线电測量仪器 ·····	(353)
§ 8-1 概述·····	(353)
§ 8-2 几种主要类型的信号发生器·····	(356)
一、音頻信号发生器·····	(356)
二、高頻信号发生器·····	(357)
三、微波信号发生器·····	(359)
四、脉冲信号发生器·····	(359)
§ 8-3 电压測量仪·····	(362)
§ 8-4 示波器·····	(363)

一、概述	(363)
二、脉冲示波器	(364)
三、寬頻帶示波器	(365)
四、行波示波器	(365)
五、取样示波器	(365)
六、儲存示波器	(366)
七、高压示波器	(366)
§ 8-5 頻率和波长測量儀器	(366)
一、概述	(366)
二、頻率計	(367)
三、波长計	(370)
§ 8-6 电路参数測量儀	(372)
一、概述	(372)
二、万用电桥	(372)
三、Q表	(373)
§ 8-7 振蕩波形測量儀	(374)
一、概述	(374)
二、非綫性系数測量儀	(374)
三、頻率特性測試儀	(375)
四、暫态特性測試儀	(376)
五、調幅度測量儀	(376)
六、調頻波測量儀	(377)
七、頻譜分析儀	(377)
§ 8-8 衰减器	(378)
一、截止式衰减器	(379)
二、吸收式衰减器	(380)
三、衰减器的用途	(380)
§ 8-9 微波功率計	(381)
一、伏特計式功率測量儀器	(381)

二、热敏电阻式功率测量仪器	(382)
三、量热计式功率测量仪器	(383)
§ 8-10 驻波与阻抗测量仪器	(384)
一、概述	(384)
二、驻波测量器	(384)
三、阻抗测量仪	(386)
§ 8-11 其它测量仪器	(387)
一、测量放大器	(387)
二、测试接收机	(388)
三、场强测量仪	(389)
四、雷达综合测试仪	(390)
五、其它仪器	(390)
§ 8-12 无线电测量仪器研制、生产的特点 及其发展趋势	(391)
一、无线电测量仪器研制、生产的特点	(391)
二、无线电测量仪器发展趋势	(393)
第九章 电工测量仪表及仪器	(397)
§ 9-1 概述	(397)
§ 9-2 电工测量仪表及仪器	(400)
一、测量电压用的仪表及仪器	(400)
二、测量电流用的仪表及仪器	(402)
三、测量电功率、功率因数、电能、相位 及频率的仪表	(404)
四、电量计	(406)
五、韦伯计(磁通计)	(406)
六、测量电阻的仪表及仪器	(406)
七、万用表	(409)
八、测量电感、互感和电容的仪器	(409)

第一章 緒 論

无綫电电子学的发展十分迅速，应用非常广泛，对国民經济建設、国防建設和科学技术，以及文化事业的发展有着重要的影响。

在国防建設方面，无綫电电子科学技术是尖端武器产生和发展的主要技术基础之一；常規武器也利用无綫电电子科学技术提高其战术技术性能；随着武器的发展，作战指揮方法亦发生相应的变化，无綫电电子技术为改善指揮手段提供了技术上的可能性。因此，世界各国都在大力发展軍事无綫电电子科学技术，新的軍用无綫电电子装备不断出現，已有装备的性能迅速提高。这样，就出現了一个新的学科，即軍事无綫电电子学，专门研究无綫电电子学在軍事上的应用，以及与此有关的装备研究、設計和生产等問題。

§ 1-1 軍 事 应 用

1. 各种无綫电电子通信装备，是軍事通信联络和作战指揮的重要手段 无綫电电子学在軍事上最早的应用，就是通信联络。現在，从最高統帥部到战斗班組的各級通信联络、合成軍种的协同指揮，以及与飞机、舰艇、坦克等的通信联络，都广泛采用无綫电通信。国外专家认为，武器威力虽然日益强大，但沒有統一而可靠的通信系統，想充分發揮武器的作用也是徒然的。

战略通信 以美国为例。美帝国主义为了推行其侵略与战争政策，扩軍备战，不惜巨資，近几年来建設了橫跨兩洋的所謂全球战略通信，企图从其本土直接指揮部队和基地作战。該通信网包括：有綫載波通信、无綫电短波通信、微波接力通信、散射通信、

卫星通信，等等。

战术通信 近几年来，各国对战术通信装备亦很重视，大力研制和改进战术电台，力图用最新的通信设备装备部队，以减轻士兵携带设备的负担、提高部队的机动性、适应复杂的自然条件而进行有效的通信联络。以美军为例，除革新原有的电台外，近几年来又出现了一系列新式战术电台，如 PRS-100 单边带陆军电台、AN/GRC-106 车载式单边带电台、AN/PRC-38 海军陆战队背负式电台、AN/ARC-62 和 AN/ARC-63 航空电台，以及最新的 618T-3 航空电台。新近，美国研制了一种专供空降侦察兵使用的 AN/PRC-64 小型军用电台，以适应在越南丛林地区进行侵略性“特种战争”的需要。

通信的保密问题 按照军事斗争的特点，在军事通信方面，各国对通信保密问题极为重视。美国在第二次世界大战期间，就生产了十多种通信保密设备。这些设备可用于有线通信、无线电报电话和无线电传真。此外，还投入了大量的人力和物力，研究破密技术，并制成了一些设备。战后，随着数字通信技术的发展，以及声码器的研究和改进，保密机研制工作有了很大的进展。现在，语言数码化和加密技术，开始广泛用于各种数字通信线路。可以预料，将来在军事通信中，将无不采用保密技术。

核战争情况下的通信问题 在核战争情况下，为使军事通信不致中断，国外对此亦很重视。据报道，美国战略空军司令部委托研制一种低频通信网，为该部在核爆炸期间及其后提供可靠的通信手段。

此外，航空通信、宇宙通信、水下通信、流星余迹通信、红外通信、快速通信，受激光通信等等，都受到各国军事部门的注意，积极开展研究工作。

2. 在军事上大量而广泛地采用无线电电子设备，来搜索、警戒、测定目标，对武器进行引导和控制 为了预先发现敌方的导弹、飞机、舰艇、坦克、火炮、水雷、地雷等目标，以便防御或有效

地打击敌人，在軍事上广泛使用雷达、无线电偵察設備、紅外線偵察設備、声納、磁性探雷，以及潛艇的磁性偵察等設備。

由于高速飞机、導彈、核武器和宇宙杀伤装备的迅速发展，近几年来，很多国家极力寻求与这些武器进行斗争的方法。其中，首先是反導彈和宇宙襲击。这些武器的特点是：飞行速度很高，洲际彈道導彈平均为 7000 米/秒，因而防御的时间很短。

大家知道，对導彈和宇宙飞行器的反击系統，需要解决以下四个問題：1)及时而可靠的搜索；2)目标識別；3)精确引导和截击；4)摧毁目标或使其失灵。很明显，要解决上述問題，沒有相应的无线电电子系統和設備是难以想像的，其中包括远程警戒雷达、跟踪雷达、紅外線裝置、电子計算机、数据傳輸和处理系統、显示設備和反击武器的控制設備。例如，美国不惜投入大量人力、物力，多年經營北美防空体系，在北美設置了三条雷达預警綫，即：1)“远程預警綫”；2)“中加拿大綫”；3)“松树綫”。此外，还分别在格陵兰土勒空軍基地附近、阿拉斯加的克利尔和英国約克郡的菲灵台尔·摩尔三地設立了“彈道導彈預警站”。为了对付軌道目标，建立了宇宙空間探测和跟踪系統。整个防空系統及北美防空司令部指揮和控制設備的核心，是“半自动化地面設備系統”，也就是所謂“賽其系統”。北美防空司令部系統有 12 条主要的通信网，共有 25700000 公里以上的綫路，分布在整個北美大陆。另外，还有奈克-Ⅲ反洲际導彈系統。又如，美国空軍为其大陆以外的空中防御，在試驗 412L 系統。据美軍宣称，該系統能控制有人和无人駕駛的防御武器，用于捕获和跟踪来襲的空中目标，并能調整、指揮和監視防御动作。412L 系統，装有搜索雷达和測高雷达、数据处理和显示設備、通信設備等。

紅外線技术的軍事应用，已由普通的夜視、封鎖、偵察发展到在尖端武器上的应用。現代軍事装备和武器，如導彈、飞机、軍舰、坦克等，就是紅外線輻射源。現在，空空導彈的紅外制导、紅外雷达，以及紅外線火力控制系統等，就是紅外線技术在軍事

上明显的应用。美制“响尾蛇”空-空导弹，就是采用红外线制导的。美国一家公司已制出一种轻型的、用红外线控制的反坦克火箭，以及导弹拦截红外线装置。美国海军拟在反潜艇战斗中，应用红外线探测和监听系统。美制 U-2 飞机上也装有红外线照相设备，进行间谍侦察。

如上所述，目标搜索和识别，飞机、舰艇的导航，高速歼击机的引导，导弹制导，炮弹、原子弹的控制及无线电引信，等等，都广泛采用无线电电子技术，作为搜索、测位、引导、遙控遙测的重要手段。

3. 无线电电子装备正在发展成为一种作战武器，用于电子对抗中 前面已经谈到，在现代军事装备中，广泛应用无线电电子设备和系统。这种设备和系统，有一个严重的问题是要辐射电磁波，所以保密性差。比如导弹，只要是用雷达或无线电来制导，都可能被敌方误导或干扰。既然作战双方都力图窃取或破坏对方的无线电信号，那么只要有一种新颖的无线电电子设备出现，就会很快搞出一种相应的对抗措施，紧接着又会出现新奇的反干扰措施，如此反复不断地斗争着。

电子对抗，作为寂静的、高度机密的武器出现，已有二十多年的历史。它的确切含义，就是使用无线电方法对敌方无线电电子装备实施侦察、干扰和迷惑；它包括了侦察、干扰、反侦察和反干扰的斗争，借以破坏对方的武器系统和指挥系统，从而破坏或削弱对方的战斗力。

在国外，尤其是美国，很注意电子对抗及其设备的研究。据不完全统计，截至一九五七年，美军有雷达侦察设备 40 余种，雷达干扰设备 30 余种，通信干扰设备 10 余种，消极干扰片、投掷设备 10 余种，角反射器 10 余种。近几年来，被我多次击落的 P2V-7 型与 U-2 型飞机上，电子对抗设备就有数十种。目前，在美军、英军的高级司令部里，就设有专管无线电对抗措施的机构，并有了独立的干扰分队、舰艇和飞机。同时，也相应地在集团军和军的编