

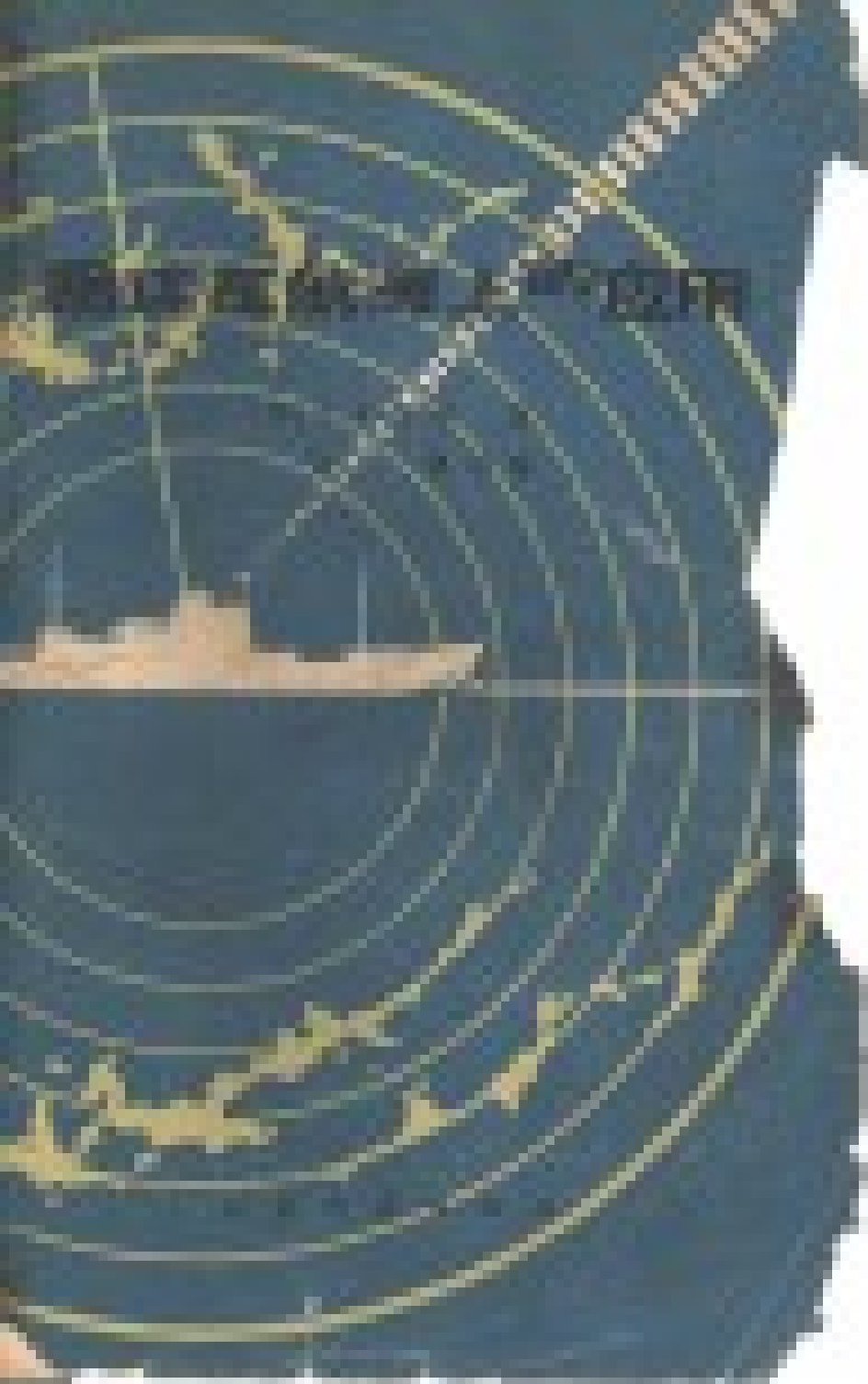
雷达在航海上的应用

[英] F. J. 維利 著

吳 灝 节 譯



人民交通出版社



雷达在航海上的应用

〔英〕 F. J. 維 利 著

吳 灝 节 譯

人 民 交 通 出 版 社

本書是船舶駕駛員的讀物。書中對雷達構造的介紹比較淺顯，對於有關海上實際使用的，諸如雷達的操作控制、電波的傳播、目標的反應、回波的各种效應、顯示的辨析、雷達氣象、雷達助航、雷達避碰和雷達輔助設備等則敘述詳盡，特點是用形象比擬的方法解釋各种電波現象和原理，沒有枯燥的公式，但技術工程人員仍可以此書作為參考讀物。

雷達在航海上的應用

THE USE OF RADAR AT SEA

Edited by Captain F. J. Wylie, R.N. (ret.), assisted by
the Executive Secretary of the Institute

Foreword by Sir Robert Watson-Watt, C.B., F.R.S.

LONDON
HOLLIS & CARTER

本書根據英國霍里斯·卡特公司1958年倫敦英文版本譯出

吳 瀾 節 譯

人 民 交 通 出 版 社 出 版

(北京安定門外和平里)

北京市書刊出版業營業許可証出字第〇〇六號

新华书店北京发行所发行 全国新华书店經售

人 民 交 通 出 版 社 印 刷 厂 印 刷

1966年3月北京第一版 1966年3月北京第一次印刷

開本：850×1168₃₂ 印張：9³/₄張 插頁20

全書：246,000字 印數：1—1,170冊

統一書號：15044·5321

定價(科六)：2.10元

目 录

第一章 雷达原理与一般特性	7
§ 1 回波原理	7
§ 2 简略的历史回顾	8
§ 3 雷达使用的基础知识	11
§ 4 雷达装置	20
第二章 雷达构造	29
§ 1 发射机	29
§ 2 天线系统	31
§ 3 发射-接收(双工)装置.....	32
§ 4 接收机	33
§ 5 显示器或指示器	38
§ 6 阴极射线管	39
§ 7 性能监视器	44
§ 8 整套装置	45
第三章 操作控制	46
§ 1 显示器的调整	47
§ 2 增益与减增益	48
§ 3 调谐	49
§ 4 性能监视器	50
§ 5 方位测定	50
§ 6 距离测定	52
§ 7 调整步骤的总结	52
第四章 电波的传播和目标的反应	54
§ 1 发射机的讯号强度随距离增加而减弱	55
§ 2 衰减与阴影	57

§ 3	回波强度随距离增加而减弱	57
§ 4	发射和可达范围图的一般原理	59
§ 5	发射图	59
§ 6	可达范围图	62
§ 7	水平图	66
§ 8	垂直可达范围	68
§ 9	简单目标的反应	73
§ 10	简单目标的性能	81
§ 11	实际目标的反应和特性	86
第五章	雷达气象	93
§ 1	标准传播	93
§ 2	非标准传播	94
§ 3	大气衰减和天气回波	98
第六章	显示的辨析	105
§ 1	天然目标	106
§ 2	陆地上的人工目标	110
§ 3	孤立小目标的回波	112
§ 4	来自船舶的回波	113
§ 5	来自浮标和其他小物标的回波	114
§ 6	目标的辨别	115
§ 7	动态的鉴别	116
§ 8	经验的价值	117
第七章	不需要的回波和效应	118
§ 1	海面乱波	118
§ 2	雨和雨云	119
§ 3	雹、雪、沙暴和雾	120
§ 4	非标准（反常）传播	121
§ 5	第二扫描回波	122
§ 6	多次反射的回波	126
§ 7	来自其他雷达机的干扰	126

§ 8	阴影区域	127
§ 9	阴影扇形的测定	131
§ 10	假的或間接回波	132
§ 11	旁瓣效应	134
§ 12	设备的缺陷	135
第八章	雷达助航	137
§ 1	初見陆地	137
§ 2	远距离雷达定位	140
§ 3	沿海航行	142
§ 4	雷达距离与目测方位	143
§ 5	用雷达距离作位置圈	144
§ 6	雷达距离与雷达方位	145
§ 7	雷达距离作为避险导航线	147
§ 8	沿岸航行概述	148
§ 9	引航	151
§ 10	显示的定向	151
§ 11	引航概論	153
§ 12	预备检视	154
§ 13	浮标和設有浮标的水道	154
§ 14	浮标图案	156
§ 15	导航线	156
§ 16	其它船舶	157
§ 17	应用雷达抛錨	158
§ 18	雷达装置的操作	159
§ 19	誤差与效应	161
§ 20	船用雷达輔助设备	163
第九章	雷达用于碰撞警告	165
§ 1	目测与雷达观测的比較	165
§ 2	需要的情报資料	167
§ 3	真运动图和相对运动图	168

§ 4	速度矢量图解	171
§ 5	作图輔助器	177
§ 6	实际应用雷达避碰	180
§ 7	作图报告	184
第十章	雷达与海上避碰規則	185
§ 1	雷达探测与目测的比較	186
§ 2	雷达与“緩慢速度”	186
§ 3	用雷达測定它船位置	187
§ 4	雷达与駕駛規則	187
§ 5	雷达带来的义务	190
第十一章	增加回波强度和辨認的輔助設備	193
§ 1	雷达反射器	194
§ 2	雷达指点标	202
§ 3	雷达信标	206
§ 4	雷达指点标与雷达信标的比較	208
第十二章	港口雷达	212
§ 1	港口雷达的功能	212
§ 2	港口雷达的操作	214
§ 3	传送雷达情报的方法	215
§ 4	操作程序	216
第十三章	記录經驗的重要性	218
§ 1	目标日志	220
§ 2	操作日志	225
§ 3	永久性資料	225
第十四章	簡易保养	226
§ 1	转动部件的例行保养	227
§ 2	例行电气保养	228
§ 3	性能的校验	229
§ 4	故障的探测	230
§ 5	故障一覽表	232

第十五章 雷达设备的元件和电路	238
§ 1 电源供应	238
§ 2 特种元件	240
§ 3 脉冲的形成和定形电路	251
§ 4 执行特种任务的电路	253
§ 5 全套雷达设备	263
第十六章 未来的雷达	267
§ 1 雷达用于避碰	267
§ 2 雷达作为辅助靠泊的设备	269
§ 3 在雾中	271
附录 I 回波识别表	274
附录 II 一些常数、公式和有用数据	277
附录 III 有用的测试设备	280
附录 IV 简单热离子管（真空管）的作用	283
附录 V 名词解释	289
补遗(1957)	293
船用雷达	293
8 毫米 (Q-频带) 雷达	294
磁调制器	294
天线	295
抗干扰装置	296
圆极化器	296
对数放大器	297
微分电路的应用	297
性能监视器	298
航向标识校核程序	298
电子方位游标	299
大气的不连续性	299
江河雷达	300
船首向转动率指示器	300

雷 达 作 图	300
反射作图器.....	301
机械计算机.....	301
误差	302
真运动显示.....	302
增加回波强度和识别的辅助设备	305
港口雷达	306
未来的雷达.....	307
限度和误差来源概述	308

第一章 雷达原理与一般特性

雷达是一种探索物标和测定物标距离与方位的方法。船长在任何时候都需要知道他相对于邻近岸陆的船位和在他附近的其他船舶相对于他自己的位置。不論是在什么样的视距情况下，雷达都可以迅速而准确地供给他这样的情报资料。然而，雷达所显示的图象总不如眼睛在良好天气下所见到的那样清楚而明确；且实际所存在的东西要比所能见到的为多。为此原因，就需要有一种熟练而谨慎的辨别能力，充分确认出实际上所显示出来的一切。因此，必须具备雷达原理和雷达特性与性能方面的知识，这样才能从雷达所提供的资料中获得最大的益处。要充分了解正在发生什么，就必须知道为什么要发生。为此，本书试图真实地对雷达的理论和实用作一探讨，并试图引导读者获得对从基础原理起一直到作为一项助航设备来使用的各个方面的了解。

第一章先叙述雷达的基础原理和产生的历史背景，然后再考查无线电波的特性和雷达设备本身。

§ 1 回波原理

雷达这一名称是从无线电探索和测距(Radio Detection and Ranging)这一语创造出来的。在英国，为了保密的缘故，它的原名是 R.D.F. 或无线电测向(Radio Direction Finding)。正如这些名词的涵义所表示的，它基本上是一种用回波距离和方位来决定物标位置的系统。

回波测距的原理并不是新的东西，很多船在雾中接近陆地时即曾用它来测得船距岩岸或岬角的距离。如果船的汽哨或是汽笛作短声的鸣放，在一定的时间间隔以后就可听到从岩岸折返的回声。用一秒表在开始鸣放汽笛时拨动而在开始听到回声时立即停

止，秒表所記下的時間就是笛聲在船與岩岸間的往返時間。聲波在靜止空氣中的速度約為每秒1,100呎，因此如果得到的時間間隔譬如說是6秒的話，那麼船離開岩岸的距離必然是3,300呎左右。

回聲測深儀應用了同樣的原理，它所用的一般是超音頻聲波脈衝向水下發射從而收到由海底返射回來的回波。聲波在水中的速度是知道的，而回波的時間間隔則是自動計算出來的。有一種採用同樣原理但頗近似於雷達的裝置，那就是反潛水艇超聲波水下探測器。這種儀器當收到回波時波束的方位是準確知道的，因此目標的方位及其距離也就確定了。

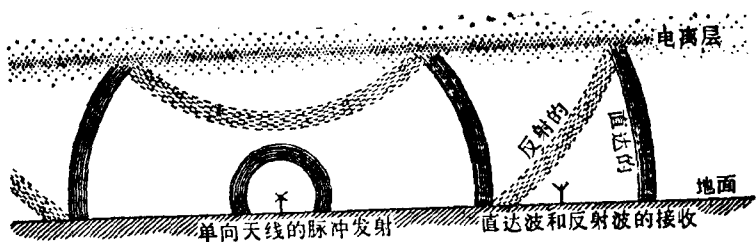
要想能在航海上實用，任何這樣的裝置須能提供高精度和遠距離的效用。對大型船舶目標來說需要10至15浬的距離，而對岸陸目標來說或許需要兩倍於此的距離。聲波對這些要求是無能力的，因為風對霧號的作用距離影響大，測定聲源方向困難。飛機偵聽器的缺陷仍然是大家記得的。一種能夠滿足航海需要的系統必定是一種與視程和天氣無關而且能夠探出頗小的目標並定出它位置的系統。

§ 2 簡略的歷史回顧

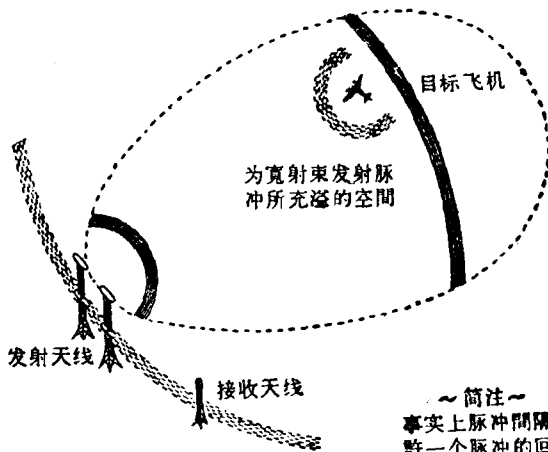
在本世紀30年代里，負責英國防空人員所面臨的問題恰恰是設計出一種比聲音定位更有效的系統。作為一種能量載運工具的無線電波看來是當然的選用對象了，因為它們能夠滿足低視程條件的要求和能按所需要的方向發送出去，即便是波束略寬一些。但在當時關於目標物對無線電波的反射回波性能卻知道得極少。

現在船用雷達的發展可以說是肇始於1920年中葉英美科學家們對大氣中反射無線電波的導電層在地球之上的高度的研究（圖1）。在英國有卓越成就是E.V.阿栢利登博士和他的合作者M.A.F.巴爾奈特與R.A.瓦生瓦特。

從目標上得到反射的可能性，並從而決定目標的位置，這一點當時已預見到了，早在1922年，據說馬可尼就曾提到過。雖然

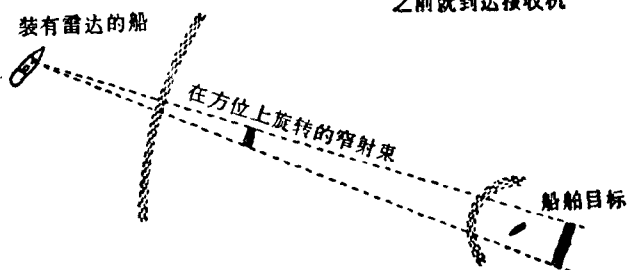


a



b

~简注~
事实上脉冲间隔允许一个脉冲的回波在下一个脉冲发射之前就到达接收机



c

图1 雷达的演变

- (a) 电离层的研究, 1925年, 反射层高度是由直达波和反射波的到达时间而计算的;
- (b) 早期防空雷达, 1935年, 接收设备得出目标的距离、方位和高度;
- (c) 船用雷达, 1946年, 接收机显示目标的距离和方位

事实不断的积累証明存在于无线电波路径中的那怕是很小的物体会由它所反射的能量而被偵察出来，但在这一問題接近实际解决之前，十二年的时光倏然已逝。与此同时，适合脉冲調制的无线电波发射和接收及与之有关的微量時間間隙測定的設備也在不断发展中。

1935年，当英国許多負責人員正为敌机的进袭和活动需要足够的警报而伤脑筋的时候，从无线电波方面解决这一問題的希望是微乎其微的。然而看来这是唯一的希望，于是，埃色克斯海岸波德塞地方的試驗設備的設計和安装工作得到了最有力的支持，并由瓦生瓦特来领导这一工作。初期試驗的結果就获得了連进行試驗的人也沒預想到的成功。随后，雷达探测系統及时制作完成，它在国防上的价值是无法估計的。

海軍当局也同样的关切着能得到这种設備以装备他們的舰艇，使之具有探测空中的飞机和海面上船舶的能力，特别是在雾中和夜間。波德塞地方制成的第一套設備是笨重的，而且需要很高的天线塔，因此英国海軍設計者主要是致力于制成一套可以适合船上安装的小型設備和一种可以装在船桅上的天线。施加于这项工作的压力終于获得成果，1939年制造出第一批原型設備，并以此装备了战列舰“罗德尼”号和巡洋舰“設非尔德”号。从此雷达走上了大海。

战争的爆发，結合着这些早期的成就，为满足一切需要的努力导致了惊人的进展。在雷达发展的过程中，它的可能用途越来越明显；新的情况展开了，新的急需也随之出現。由于探索低空飞机、小山和水上目标的需要，以及要求得到比早期設備更高的方位准确度，迫使設計人員采取越来越短的波长；正如后面所述的，这些短的波长可使无线电能量集中在一狭窄射束里，并保持很大部分能貼近海面。将波长縮到几厘米的要求，早在固有的技术問題能够解决以前的一些时候就已提出来了。可是，用这样的波长是沒有一种現成的电子管能够发出足够的功率来获得小型目标的可认回波的。这样一个阶段已经到来，即普通电子管的体

形尺寸和需要的波长相称了，但却遇到了看来难以克服的困难。

然而，就在此严重关头，伯明翰大学的研究人员兰达尔和布特两人在1940年创造出一种革新设计的电子管，即空腔谐振磁控管。这不仅是一项电子管设计的革命，而且是雷达技术的革命，1943年以后，在近程和中程距离上探测像潜水艇的潜望镜那样小的水面目标遂成为可能了。设备得到革新后，提高精确度遂成为搜索U型潜水艇和控制炮火的必要条件。前期的海军雷达就曾于1941年在丹麦海峡探索到德国主力舰“俾斯麦”号从而将它击沉，后期的装置也同样帮助了突破潜水艇的威胁，并在1944年一个夜间于6 哩的距离上对德国战列舰“香霍爾斯特”号的击沉直接作出贡献。

这些设备就是本书所论及的美观而又实用的现代船用雷达的粗陋前驱。

§ 3 雷达使用的基础知識

为了正确鉴别雷达的使用能力和限度，从而能够最有利地充分使用它，必须了解各种无线电波的特性与作用，并理解它们的发生与接收，包括观测者看到的回波显象在内。本书对这种知识的介绍从很多方面来说，都必然是肤浅的，但是忽略对这些内容的介绍就会给理解雷达图象这一重要技能带来缺陷。

基本上，船用雷达设备是由一种产生特殊形式的射频振荡装置组成，它用连续旋转方位的无线电波窄波束形式将射频振荡送往天空，接收来自船舶周围目标反射回来的回波，并在萤光屏上以这样一种方法显示出可见的回波，即设法使目标的方位和离船的距离都能立即一目了然。从这一概述中可以看出雷达的主要部件是发射机、天线、接收机及显示器或指示器，这些部件及其内部主要原件的作用将在下一章叙述，而第十六章将对所用的各种电路和部件作更详细的阐述。本章以下部分将专门研究无线电波的特性和作用，以及无线电波对于雷达给观测者所显示的图象的影响。

无线电波

无线电波运动形式和其它波运动形式相同，因此用比拟的方法来解释它们是可行的，例如用海洋波浪作比拟。在海波中显然可见，波形运动是由一连串的波峰和波谷所组成，他们以相同的距离间隔一个接一个地恒速前进。一块浮在水面上的木头，当波浪经过时，它随着上升和下降，但是在无风无流的情况下决不会向任何方向前进的。这表明原来为某种远处的骚动而引起的波浪在介质中（本例为海洋）是以恒速向前行进，但介质本身却不是永久地离开原位的。引用论据来说明波浪拥有能量一层看来是不必要的。

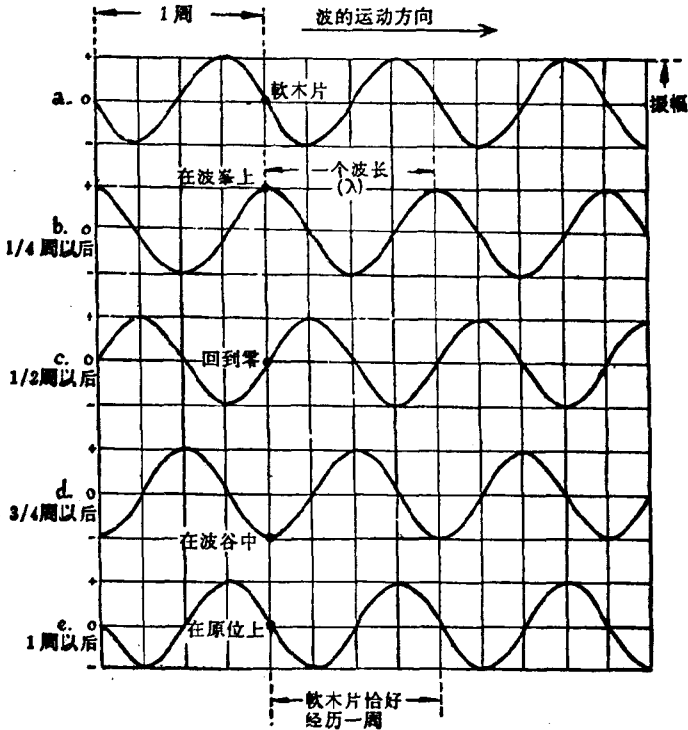


图2 波形运动

前后两波峰之间的距离就是波长 λ 。从一个波峰经过一个波谷到下一个波峰的一整个循环或振荡称为周期。在一定时间内通过一固定点的整波数目就是频率 f ，可用每秒钟的周期来表示（c/s）。很显然，每秒周期数是靠波长和波的前进速度 c 来决定的（图2）。波长为2米的波以每秒10米的速度运动，必定是以每秒5周的频率振荡着。因此速度的表达式是

$$\text{速度} = \text{频率} \times \text{波长}; \text{或 } c = f\lambda$$

另一事实可用水中波浪作比拟来表明。投入池中的石头就可表明波动是如何在所有的方向上向外移动的，除非是它受到了阻碍。

无线电波具有上述的所有特性。无线电波的主要特点在于是电磁波，是由电磁的而非机械的扰动产生的。无线电波与光波属于同一族系，虽然无线电波的波长要长得多，这一因素大大影响了它的特有性能。在谈到无线电波的时候是用电学的而不是磁学的名词，它的强度是以伏计算，它的功率以瓦计算。无线电波的内在能量是由它能使接触到的物质受到感应而产生电流这一事实变得明显的。

现在可以使用的无线电波波长约在20,000米与1厘米之间（图3）。无线电波的自由空间速度是恒定的，约为每秒3亿米或者161,800哩，通常就以这个数值作为它通过大气时的行进速度。因为速度是恒定的，所以当频率增加的时候波长就要缩短。下面例子将表明如何应用公式将波长转换成频率。

求某无线电台在发射1,500米波长时的频率：

$$f = \frac{c}{\lambda}, \text{ 或频率} = \frac{300,000,000}{1,500} = 200,000 \text{ 周/秒}$$

无线电频率通常是用每秒千周（kc/s）和每秒兆周（Mc/s）来分别表示每秒中有多少千周和多少百万周。对很短的时间间隔则用微秒（秒的百万分之一）表示。船用雷达所用波长一般是10厘米左右（3,000Mc/s）或是3厘米（1,000Mc/s）。这一级波长的无线电波称为微波。