

无线电电子学知识丛书

# 无线电在航海航空中的应用

(修 订 本)

施 彬 邓 汉 馨 编 著



人 民 邮 电 出 版 社

73.69  
306

无线电电子学知识丛书

3

# 无线电在航海航空中的应用

(修订本)

施 彬 邓汉馨 编 著

人民邮电出版社

## 内 容 提 要

本书于1959年初版。这次修订后选入“无线电电子学知识丛书”。

本书介绍船舶和飞机的无线电通信，阐述各种环状天线测向器、无线电罗盘、各种双曲线定位系统、雷达、回声测深仪、鱼探机、测高仪、飞机盲目降落设备等，并说明脉冲式综合性导航设备（坦康）和无线电六分仪。

本书可供航海、航空驾驶人员和有关管理干部，以及具有无线电基本知识的技术人员、学生和无线电爱好者阅读参考。

Dt30/17

### 无线电在航海航空中的应用（修订本）

編著者：施 彬 邓 汉 馨

出版者：人 民 邮 电 出 版 社

北京东四六条13号

（北京市书刊出版业营业许可证出字第〇四八号）

印刷者：北 京 市 印 刷 一 厂

发行者：新 华 书 店 北 京 发 行 所

經售者：各 地 新 华 书 店

开本 787×1092—1/32 1959年2月北京第一版

印张 7.8/32 页数 186 1965年6月北京第二版

印刷字数 163,000字 1965年6月北京第二版第三次印刷

印数 5,201—13,400册

統一书号：15045·总927—无244

、定价：（科4）0.75元

## 編者的話

无綫电电子学是一門发展极为迅速的科学技术，在我国社会主义建設的很多方面都有广泛的应用。在今天，从事无綫电电子学的专业队伍正在不断扩大，各种工、农业生产和科学实验中要求学习和运用这一門技术的人也日益增多。为了使无綫电电子学更好地为我国社会主义建設服务，加强普及无綫电电子学知識已經是一件十分迫切的事情。为此，中国电子学会决定成立“无綫电电子学知識丛书”編輯委员会，組織編写这套丛书，分册介紹本学科的各项基本知識、实际应用和发展趋向。我們希望努力做到概念正确清楚，理論联系实际，讲述深入浅出。主要讀者对象是无綫电电子学方面的管理干部和初級技术人員，其他专业的电子技术人員，以及有一定基础的无綫电爱好者。

我們热烈希望广大讀者共同推动这一項工作，提出需要編写哪些书籍，并对已出版各书的内容和写法批評指正。来信請寄北京东四6条13号人民邮电出版社图书編輯室。

“无綫电电子学知識丛书”編輯委员会



## 前 言

无綫电的实际应用最初是为了解决船舶通信的問題。最近六十余年以来，由于新元件、新工艺、新装备、新技术及新理論的不断发展，无綫电这門学科已滲入到經濟、文化、医学卫生、科学研究和国防軍事等等部門中去了。

以船舶和飞机的航行來說，最近一二十年來，由于短程的、洲际的或越洋的航海、航空业务发展极快，为了保証它們的安全可靠和迅速航行，对无綫电导航的要求也越来越迫切。从而建立了相当数量的无綫电导航系統。这些导航設備，有效作用距离近則二三十米，远則可达一万公里，而准确度則能达到距离的千分之几！

为了通俗地介紹导航系統的构造、原理及操作方面的知識，我們抱着拋磚引玉的态度，在 1959 年編写了这本小册子。这本小册子的內容包括：船舶和飞机的无綫电通信、环状天綫測向器和无綫电罗盘、双曲綫定位系統、雷达、回声測深仪及魚探机、測高仪及盲目降陆設備、脉冲式綜合性导航設備及无綫电六分仪等。时隔五年，新穎而更有效的导航仪器不断涌现，而原书中未及蒐集。另外，原书中有些地方叙述也欠周詳，不能滿足讀者要求。为此，特将此书修訂补充再版。

本书仍分七章。第一章和第七章由編者二人合写，第二、三、四、五章主要由施彬編写，第六章由邓汉馨执笔。其中除第七章外，大部都作了改写，对原有的設備，作了較詳細的說明，并增添了单波道观察式自动測向器、罗伦 G、台克屈拉、台尔拉克、雷达的真动图型及多普勒雷达等內容。

本书內容較广，編者学識有限，书中謬誤在所难免，衷心希望讀者随时提出宝贵意見，以便修正。

施 彬、邓汉馨

1964 年 10 月

# 目 录

## 編者的話

## 前言

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 第一章 船舶和飞机的无线电通信         | 1   |
| 1-1 船舶无线电通信簡史           | 1   |
| 1-2 船舶无线电通信业务和设备        | 2   |
| 1-3 飞机的无线电通信            | 8   |
| 第二章 环状天线测向器和无线电罗盘       | 13  |
| 2-1 环状天线测向器的工作原理        | 13  |
| 2-2 单方向鑑別及天线效应          | 18  |
| 2-3 固定环圈式测向器            | 23  |
| 2-4 测向时的誤差              | 29  |
| 2-5 测向器的自差及其校准方法        | 33  |
| 2-6 观察式自动测向器            | 37  |
| 2-7 无线电罗盘               | 50  |
| 2-8 定向辐射的无线电指标台         | 58  |
| 第三章 双曲线无线电定位系統          | 65  |
| 3-1 概述                  | 65  |
| 3-2 远航仪的陆上电台鏈           | 74  |
| 3-3 时差的测量和接收设备的构造       | 76  |
| 3-4 罗伦 C 的一般介紹          | 80  |
| 3-5 台卡仪的电台鏈及其发射频率的规定    | 82  |
| 3-6 台卡仪的接收机             | 85  |
| 3-7 台克屈拉系統              | 93  |
| 3-8 台尔拉克系統              | 97  |
| 3-9 康索尔点划扇形的形成及其点划的計数方法 | 102 |
| 第四章 雷达                  | 105 |
| 4-1 概述                  | 105 |
| 4-2 雷达的工作原理             | 107 |
| 4-3 对雷达的要求及其技术参数的选择     | 110 |

|            |                            |            |
|------------|----------------------------|------------|
| 4-4        | 一个现代化雷达的典型装置 .....         | 112        |
| 4-5        | 主脉冲发生器、磁控管及调制器 .....       | 114        |
| 4-6        | 接收机 .....                  | 118        |
| 4-7        | 指示器及平面示位图型的形成 .....        | 122        |
| 4-8        | 平面示位图型的其他形式 .....          | 127        |
| 4-9        | 天线系统及其双工装置 .....           | 131        |
| 4-10       | 多普勒雷达 .....                | 137        |
| 4-11       | 雷达在航海方面的应用 .....           | 140        |
| 4-12       | 雷达在航空方面的应用 .....           | 147        |
| 4-13       | 各种雷达指标 .....               | 149        |
| 4-14       | 雷达和电视配合的导航系统 .....         | 153        |
| <b>第五章</b> | <b>回声测深仪及鱼群探测机 .....</b>   | <b>156</b> |
| 5-1        | 回声测深仪的工作原理 .....           | 156        |
| 5-2        | 换能器 .....                  | 159        |
| 5-3        | 激发器、放大器及电源设备 .....         | 163        |
| 5-4        | 指示器 .....                  | 170        |
| 5-5        | 鱼群探测机 .....                | 176        |
| 5-6        | 声波在水中传播对助航方面的其他应用 .....    | 183        |
| <b>第六章</b> | <b>无线电测高仪和盲目降落设备 .....</b> | <b>185</b> |
| 6-1        | 无线电测高仪概述 .....             | 185        |
| 6-2        | 脉冲无线电测高仪 .....             | 186        |
| 6-3        | 调频无线电测高仪 .....             | 190        |
| 6-4        | 飞机盲目降落概述 .....             | 192        |
| 6-5        | 无线电仪器协助飞机降落设备(ILS) .....   | 196        |
| 6-6        | 利用微波无线电波束的降落设备 .....       | 202        |
| 6-7        | 地面雷达控制飞机降落设备(GCA) .....    | 207        |
| <b>第七章</b> | <b>其它导航设备 .....</b>        | <b>213</b> |
| 7-1        | 脉冲式综合性导航设备的目的和要求 .....     | 213        |
| 7-2        | 坦康的工作原理 .....              | 214        |
| 7-3        | 无线电六分仪 .....               | 222        |

# 第一章 船舶和飞机的无线电通信

## 1-1 船舶无线电通信簡史

在本世紀以前，船只远涉重洋，經年累月航行于海天一色、四望无际的辽阔海面上。在与变幻莫测的大自然斗争中，常会发生各种危险情况。由于与外界的联系中断，这时即使有很多船只适在其附近的地平綫下航行，因无法呼救，也坐失救援良机；即或能攀登救生舢舨，也只好听天由命，如果不是巧遇过路船只，仍难得救。这些情况是当时航海上极普通的。

自从 1895 年俄国的伟大发明家 亚·斯·波波夫 試制了世界上第一架无线电收发信机后，几經改进，到 1897 年，他首先把无线电通信应用在波罗的海舰队上。从此，在汪洋大海中便能和外界互通消息，使安全有了保障，根本改变了航海的面貌。

在这个时期，意大利科学家馬可尼在英国开始制造了许多船用的无线电收发信机。1899 年 3 月，英国的东哥德温灯船因为装置了无线电而获救。1900 年，波波夫为拯救触礁的战斗舰“阿普拉克新海軍上将号”，在哥格兰島和珂特加港間，建立无线电通信网，救起了二十七名因冰块崩离而被冲走的漁民。当时无线电的应用以解决船舶通信为唯一目的。

在二十世紀的最初十年中，无线电台的設置差不多仍完全着重于航海方面。虽然当时的无线电发射机采用火花式，接收机采用矿石机，所用的波长属于长波范围，通信距离只不过一二百哩，但装設在船舶上和海岸上重要地区的电台数目却逐年地增加。十年內电台已增加到可观的数目。这以后的二十年

里，由于无线电技术突飞猛进，电子管的制造成功和不断改进，以及采用短波无线电通信，通信已不再受距离的限制。无线电设备已成为环球通信的最好工具。并且，从航海进而扩大到为其他各方面服务。当然，在这个时期，船舶和海岸电台的数目更为增加，并且在长波无线电通信外，又增添了短波无线电报和无线电电话。到了四十年代里，超短波和微波技术又有了惊人的成就，船队与港内通信又添了超短波通话。尤其是最近十余年来晶体管的发明，较高频率、较大功率的新品种日益增多，同时微型元件及印刷电路的制造日益完善，接收设备的体积、重量、耗电量及维护等方面又进入了一个新的阶段，并且还可以用到小功率的发射机中。最近一年，渔船上又开始采用了单边带无线电电话，能以较小功率达到较远的距离。目前，差不多所有百吨以上的轮船无不装有无线电台，甚至风帆渔舟也逐渐配备了无线电收发信机，世界上较为重要一些的港口，岛屿以至浮海的灯船等等都已建立电台，真是星罗棋布，何止几千万个。

## 1-2 船舶无线电通信业务和设备

随着船舶和海岸电台的逐年增多，一切有关船舶通信的技术、业务及求救规则等也日益繁复，不独各国都设有专门机构来加以领导和管理，即在国际方面，自1903年起也开了多次会议，作了不少规定。

任何性质的无线电台，包括专与船舶通信的海岸电台和船舶在内，都有一个指定的呼号，也就是指定的名称，以供对方呼叫之用。海岸电台的呼号一般以三个英文字母组成，船舶电台用四个英文字母组成，飞机电台以五个英文字母组成，其中第一个或前两个字母代表国籍（例如，前两个字母 VG~XU

代表中国，字母 U 代表苏联，K、N、W 三个字母都代表美国)。

虽然短波通信能以較小的发射功率靠电波在电离层中的反射达到較远的距离，但它有静区，而且其地波传播的衰减較大，所以船舶上的主要发射机都用长中波发射，尤以求救时非用这个波段不可。至于短波通信（无线电话一般都用短波段）则专为收发营业及运输电报之用。超短波的应用是最近十余年来的事情，它只能做視線距离以內的通話之用，如許多小漁船之間或与其母船之間的相互联络以及岸上装有雷达的港口用它来指揮水道內船只的安全航行或派遣領港船、救生艇及救火船用。在船舶上常称它为一般的通信設備。除了这些主要的、营运的及一般的通信設備外，船舶上还应备有一套应急的收发信机，以备在主要的通信設備不能工作时使用。

規定由各海岸电台及船舶电台使用的有三个頻带：低頻带的 100~160 千赫、中低頻带的 405~525 千赫及高頻带的 4000~12500 千赫。以低頻带及中低頻带作为主要发射机的工作頻段，其中又以 143 千赫及 500 千赫两个頻率专为拍发紧急电报之用，一概不得移作別用，尤以 500 千赫被一致认为海上救命用的頻率，海岸及船舶电台应随时随地守听这个頻率。中低頻段中还保証有一个 410 千赫的頻率，作为測向頻率。它們的頻率偏移应不小于 0.1%，如果采用調幅电报，其調幅度应不小于 70%，調制頻率应在 450~1350 赫的範圍內。高頻段的頻率偏移应不小于 0.02%，并且要有一个例如 8280 千赫的应急頻率。

船舶遇險而需救援时，应遵船长的命令，用发射机的最大输出功率，以 500 千赫拍发……电碼（意即 SOS），并告以难船的呼号及所处的方位等。如果用无线电话来呼救，則用

“Mayday”一字。不过，这种无线电话的救命信号在海上用得很少。海岸及附近的船只听到这种信号后，应立即停止一切工作，采取救援措施，并用它自己的发射机以 500 千赫帮助它转发救命信号。

因为有些较小的船只只有一个报务员，不能在一天 24 小时内无间断的守听救命信号，这种船上必须遵照规定备有自动报警器，在夜晚或不值班时开启使用。当它收到难船所发的 12 个长划符号后，就会使装在船上各紧要处所有的警铃发声，警告灯发亮。

时钟是航海中最重要的仪器之一。这种专为船用的时钟做得极为精确，其所指时间为格林威治时间，故称天文钟或俗称船钟。航海必须按时校准船位，方能驶抵目的地。测量船位的方法有二：即天文方法和无线电方法（后者将在第二、三、四、七章中介绍）。用天文方法来测定船位时，时钟是不可少的仪器。在某一个时间，用一种称做六分仪的仪器，把太阳、月亮或星体的高度测量出来，然后根据弧三角学，测出相应于这个时间的一条位置线。几小时后，用同样方法，再根据航速和航向测出另一条位置线。两条位置线的交点就是船的位置。如果时钟的准确度不高，那么就要影响所测的船位。不过，任何精确的天文钟不可能绝对没有误差，所以气象台每天在规定时间内以无线电播送标准时间数次，船舶报务员就应该按时收听来校准天文钟，这也是他们经常的重要工作之一。

守听无线电气象报告差不多和守听救命信号有同样的重要性。气象报告的内容包括：台风、大风、龙卷风及海啸的发生地点、前进方向和速度等以及云层高度和雨、雾、雪的大小程度等等。预先知道了这种危害于航行的情况，就可以及早设法避免，确保船货与人员的安全。重要的气象报告都用明码由指

定的陆地电台来拍发，这种电台的呼号、频率、工作时间、所辖区域及播送内容都载明在航海手册上。船舶报务员在平时每日必须抄收气象报告两次；不过，遇有重大灾害性事故如台风或海啸等发生时，这种报告的播送时间增多，那就必须每隔一二小时抄收一次。此外，尚播送一种气象预告，各船舶电台也应收听，俾作参考。在某些影响气象变化的重要地区，按照国际规定，船舶驶经这些地方，应将各该地的气候情况报告附近海岸电台，以便气象台汇编气象预告。

除救命电报外，船舶电报有如下四种：（1）船舶与海岸电台之间的公务电报，其中包括海岸电台所发关于航海方面的重要通知、船舶与海岸电台间关于通信本身的公务电报以及船舶所发当地的气候和海面情报，此种电报一律免收报费。（2）船舶与船公司间的业务电报，其中包括船舶报告到埠及出港的时日、每日正午时的船位、船舶要求海岸电台代为测向或接收急症病人的电报以及其他有关货运和客运的业务电报，此种电报一律按字数收费；（3）乘客的商业电报，此种电报按照各国所订各类型电报的办法收费；（4）新闻电报，它是专为供给船员及乘客阅读之用，不过，这种电报的抄收应以本国政府核准的免费新闻电为限。船舶与海岸间的一切公务、业务及商业电报在彼此呼叫不应时，各船舶电台都有代转的义务。

目前在远洋客轮上，又开放了商用无线电话。在船上，它是用两对导线由通话室分别接到无线电发射机和接收机。岸上的收发设备则经过终端机把四线制变成两线制，接到各处的普通有线电话线路上。

为了简化船舶报务员在工作中的相互问答及节省电文中的字数起见，曾制定了许多专用术语和缩写。专用术语以Q或Z为首的三个英文字母所组成，前者称为Q术语，后者称为Z术

語。船舶一般都用  $Q$  術語，例如， $QRN$  的意義是干擾太甚， $QSY$  的意義是變更波長。至於其他縮語，有的是國際上一般規定，有的是習慣上採用的。

在海上漫長的單調生活中，文娛節目是船員和乘客們最喜歡的精神調劑，有關祖國社會主義建設和人民生活以及全世界勞動人民的鬥爭消息，也是他們所亟欲知道的，所以在船上除貼布抄收到的新聞電報外，在船員的娛樂室和乘客的休息室或閱覽室裡，都裝着廣播收音機或擴音器，供給他們隨時收聽各種節目。

船舶通信用收發信機都應設計得極為牢固，不因劇烈振動而影響工作。大型遠洋船隻（5000 噸以上）必須備有主要和營運的長短波通信設備各一套，其他船隻允許採用長、中、短波聯合的複合式發射機，中小型船隻只備有長波設備即可。大型船隻還必須備有另一套應急的收發信機，中小型船隻只能採用主要和應急的複合式發射機。應急發射機的電源必須採用能夠連續工作 6 小時的獨立蓄電池組。

主要發射機的輸出功率需視船類、噸位大小及航行的離岸距離而定，最小自 25 瓦起到 500 瓦以上。作國際航行的 1600 噸以上的客貨船的主要發射機功率應不小于 200 瓦，有效通信距離不小于 150 浬；500~1600 噸者應不小于 100 瓦，有效通信距離不小于 100 浬；小於 300 噸航行距離離岸 100 浬以上者不小于 50 瓦，離岸在 100 浬以內者不小于 25 瓦，它們的有效通信距離應不小于 50~75 浬。至於營運發射機的功率則應與主要發射機相同。

接收機的靈敏度也視噸位的大小及離岸的距離而定，但目前都採用靈敏度較高的全波接收機。應急的接收機最近都採用高靈敏半導體管接收機。

在船舶救生艇上，每二只中的一只应备有 5~10 瓦的手搖发射机及电子管接收机各一架，目前当然可以采用晶体管的收发信机，它們的操作应以普通人員为对象，愈简单愈好。因为遇难者一般都不懂莫尔斯电碼，必須采用自动电鍵来拍发 SOS 电碼及一个长划符号。长划是为收到这种信号的船只用环状天线測向器来測量該艇的方位而拍发的。无风时，将氢气打入一只气球內，并用 100 米长的天线系在气球上把它放出，将天线升起来；有风时，則用风筝把天线升起。手搖发射机的頻率除 500 千赫外，尚备有 8280 千赫的頻率，以供远距离通信之用。

自动报警器是一只調諧到 500 千赫的接收机，它的輸出接到一只由几个继电器組成的选择器，然后再将这个选择器接到几个分装在船桥、无綫电室及报务員臥室中的警鈴和警灯。当接收机收到 12 个长划（每一划的持續時間为 4 秒，划的間断時間为 1 秒）时，选择器中的各继电器立刻响应而动作起来，使警鈴发声及警告灯发光，警告报务員及駕駛人員。自动报警器的机件失灵或干扰太大时，也会使选择器工作，轉而使警鈴及警告灯工作；这样，才可以确保安全。

拍发自动报警的自动电鍵一般是由三个被一只小型同步电动机所拖动的轉盘所組成，三个轉盘的圓周上分別各刻有相当于 12 个长划、自己的呼号和 SOS 以及一个长划电碼的凹凸缺口，靠着它們圓周上的三組簧片将电路断合，形成上述电碼而拍发出去。需要拍发那一种电碼，可由一个变换开关来加以选择。同步电动机的交流电源則由蓄电池供給一只振動器而获得。救生艇发射机所用的自动电鍵一般只需拍发 SOS 及一个长划电碼即可，它是用手搖机經過一組齒輪或用絞紧的发条来拖动轉盘，然后把电碼传出去。

### 1-3 飞机的无线电通信

在現代航空事业日益发达的情况下，空中的飞机数量越来越多，它們和地面的通信联系也就越来越頻繁。为了迅速与可靠地传递信息，目前采用的有两种通信系統，都使用无綫电话，因为电话比电报来得迅速而真实，并且不需要額外的报务人員。在通信联系特別頻繁的地区，一般采用所謂短程无綫电话通信系統，因为此时必須备有相当数量的通道供机上人員选择，載頻就必须相当高，通常用的是甚高频段，即高于 50 到 60 兆赫，在这样高的載頻下，通信距离就必然受到所謂視綫距离的限制，当飞行高度为 1500 米时約为 80 浬，高度为 12000 米时約为 200 浬，因而称为短程系統。由于接收信号的强度在使用简单天綫时約正比于載波波长，所以載頻不宜过高，而且还要考虑到接收信号噪声比的关系，一般采用的載頻为 100 兆赫左右。根据有关規定，可使用的頻段为 118.1—139.1 兆赫，分为 140 通道，間距 100 千赫，在通道数有必要增加时，間距可縮短为 50 千赫，但是在大部分情况下，10—20 个通道有时也足够使用了。接收机的灵敏度一般要求較高，在信号噪声比为 16 分貝时，灵敏度要求为 3 微伏。至于飞机上通信发射机的輸出功率，由于飞机上不可能使用高效率天綫，因此要求适当提高輸出功率，目前噴气式飞机上采用的約为 25 瓦。图 1-1 是一台飞机上的 10 瓦收发信装备的方框图，載頻为 118.0—131.9 兆赫，发射机頻率由图中中央的 14 块晶体和上部的 10 块晶体控制，接收机本机振荡器頻率則由图中中央的 14 块晶体和下部的 10 块晶体控制，用遙控选择控制，这样配合使用 34 块晶体就可以为发射机和接收机提供  $14 \times 10 = 140$  个通道。对于中等速度的飞机，天綫用  $1/4$  波长式，对于高速飞机則用



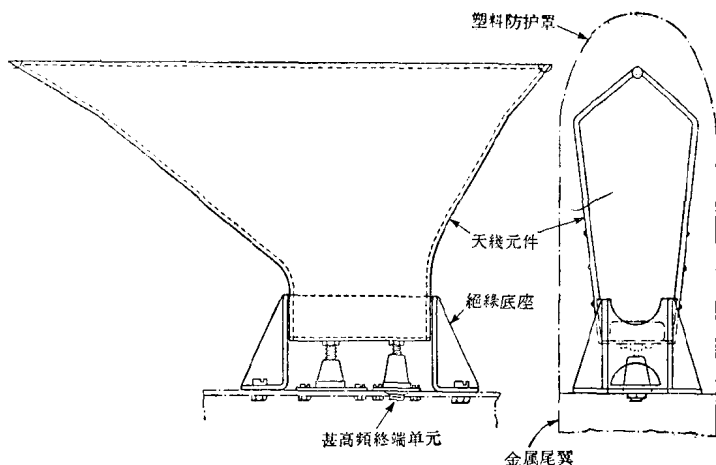


图 1-2 甚高频天线

图 1-2 所示的与机身综合成一体的带有塑料防护罩的天线。

目前在国外还有这样一种短程无线电电话通信系统，即在地面相隔 100 英里设置一系列的电台，载频与飞机上电台配合，但是每台参差 7—10 千赫，每台均用电缆通向主台并由主台提供信息，并由各台发射，这样一来，据报导，主台可以与 200—300 英里外即使在低空飞行的飞机保持良好的通信联系。

在远程飞行中（一般指 100 英里以上至 1000 英里的航程，在某些特殊情况下可以达到 5000 英里），为了保证飞机与地面的通信联系，必须设置远程通信系统。由于通信要求的距离大大超过了视线距离，实现通信必须利用电离层的反射作用。因此，通信载频不可能很高，一般要用 30 兆赫以下的频率。但是，过低的载频也是不合适的，因为这样就要用体积庞大的天线来传送和接收信息，显然对于飞机而言是不可能的。因此通