

中等專業學校交流講義

# 無線電助航

(上 冊)

大連海運學院 編



人民交通出版社

中等專業學校交流講義

# 無線電助航

(上 冊)

(海船駕駛專業用)

大連海運學院 編

人民交通出版社

中等专业学校交流讲义  
无线电助航  
(上册)

大连海运学院 编

★

人民交通出版社 出版

(北京安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第〇〇六号

新华书店科技发行所发行 全国新华书店经售  
人民交通出版社印刷厂印刷

★

1961年8月北京第一版 1961年8月北京第一次印刷

开本: 187×1092 毫米 印张: 10 1/2 插页1

全书: 234,000 字 印数: 1—850册

统一书号: 15044·5276

定价(10): 1.40元

## 內 容 提 要

本書分上下兩冊，上冊主要內容為闡述海船駕駛所需的無線電基礎知識。下冊主要內容為闡述船用無線電測向儀與雷達的原理、構造及操作方法。

本書系由大連海運學院中專部編寫。

本書作為中等專業學校海船駕駛專業交流講義，亦可供交通部門有關專業人員工作或業餘學習的參考。

希望使用本書的單位或個人，多多提出改進意見，逕寄大連海運學院，以便再版時修改。

# 目 录

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 緒論                       | 5  |
| 第一編 无綫电原理                | 9  |
| 第一章 电路元件                 | 9  |
| §1-1 电阻器                 | 9  |
| §1-2 电容器                 | 12 |
| §1-3 电感器                 | 17 |
| §1-4 无綫电路图中常見的符号 (图1-12) | 20 |
| 第二章 二极管与整流               | 22 |
| §2-1 热电子发射               | 22 |
| §2-2 二极管的构造              | 23 |
| §2-3 阴极的材料和类型            | 24 |
| §2-4 二极管的静态特性曲线          | 27 |
| §2-5 二极管整流器              | 31 |
| §2-6 平滑滤波器               | 35 |
| 第三章 三极管与放大作用             | 38 |
| §3-1 三极管的构造              | 39 |
| §3-2 三极管的静态特性曲线          | 40 |
| §3-3 三极管的参数              | 43 |
| §3-4 三极管的动态特性曲线          | 45 |
| §3-5 三极管的放大作用            | 50 |
| 第四章 多极管                  | 52 |
| §4-1 四极管                 | 52 |
| §4-2 五极管                 | 55 |
| §4-3 集射管 (电子注功率管)        | 56 |

|       |                     |     |
|-------|---------------------|-----|
| §4-4  | 遙截止管 (可變放大系数管、變互导管) | 57  |
| §4-5  | 复合管和多柵管             | 58  |
| 第五章   | 低頻放大器               | 60  |
| §5-1  | 电子管放大器及其分类          | 60  |
| §5-2  | 放大器的等效电路            | 65  |
| §5-3  | 低頻电压放大器             | 66  |
| §5-4  | 放大器的失真              | 73  |
| §5-5  | 低頻功率放大器             | 75  |
| §5-6  | 推挽式功率放大器            | 81  |
| §5-7  | 倒相器                 | 87  |
| §5-8  | 負回輸放大器              | 90  |
| §5-9  | 阴极輸出器               | 95  |
| §5-10 | 电声仪器与扩音机            | 97  |
| 第六章   | 振盪器                 | 113 |
| §6-1  | 迴路中的自由振盪            | 113 |
| §6-2  | 迴路中的强迫振盪            | 115 |
| §6-3  | 耦合振盪电路              | 123 |
| §6-4  | 調柵振盪器               | 131 |
| §6-5  | 調阳振盪器               | 134 |
| §6-6  | 各式振盪器               | 137 |
| §6-7  | 晶体振盪器               | 141 |
| 第七章   | 发射机                 | 145 |
| §7-1  | 发射机的結構              | 145 |
| §7-2  | 高頻放大器               | 147 |
| §7-3  | 調制的种类               | 154 |
| §7-4  | 电鍵控制—发报             | 156 |
| §7-5  | 調幅波的基本性質            | 157 |
| §7-6  | 調幅的方法               | 166 |
| §7-7  | 調頻                  | 172 |

|        |                          |     |
|--------|--------------------------|-----|
| §7-8   | 調幅发射机线路 .....            | 175 |
| §7-9   | 中和 .....                 | 177 |
| 第八章    | 电磁波的辐射与传播 .....          | 179 |
| §8-1   | 电磁波的概念 .....             | 179 |
| §8-2   | 赫芝偶极子及其辐射电磁波的过程 .....    | 181 |
| §8-3   | 电磁波的传播方式 .....           | 182 |
| §8-4   | 电离层的一般情况 .....           | 184 |
| §8-5   | 电离层对无线电波的反射、折射和吸收 .....  | 186 |
| §8-6   | 电离层的高度及变化 .....          | 189 |
| §8-7   | 长波、中波、短波和超短波的传播和应用 ..... | 190 |
| 第九章    | 天线 .....                 | 200 |
| §9-1   | 天线的概念 .....              | 200 |
| §9-2   | 天线与谐振电路 .....            | 200 |
| §9-3   | 天线的自然频率 .....            | 203 |
| §9-4   | 天线的調諧 .....              | 206 |
| §9-5   | 天线的方向性 .....             | 207 |
| §9-6   | 定向辐射原理 .....             | 208 |
| §9-7   | 天线的种类 .....              | 211 |
| 第十章    | 接收机 .....                | 214 |
| §10-1  | 概述 .....                 | 214 |
| §10-2  | 接收机的輸入电路 .....           | 217 |
| §10-3  | 检波器的种类 .....             | 220 |
| §10-4  | 晶体检波 .....               | 220 |
| §10-5  | 二极管检波 .....              | 224 |
| §10-6  | 多极管检波 .....              | 232 |
| §10-7  | 差頻检波 .....               | 239 |
| §10-8  | 简单的接收机 .....             | 242 |
| §10-9  | 高放調諧式接收机 .....           | 243 |
| §10-10 | 超外差式接收机 .....            | 245 |

|        |                    |     |
|--------|--------------------|-----|
| §10-11 | 超外差式接收机线路 .....    | 263 |
| §10-12 | 无线电接收时的干扰 .....    | 268 |
| 第十一章   | 特式电子管 .....        | 271 |
| §11-1  | 充气二极管 .....        | 271 |
| §11-2  | 充气三极管 (整流管) .....  | 275 |
| §11-3  | 阴极射线管 .....        | 278 |
| §11-4  | 晶体管 .....          | 293 |
| 第十二章   | 传输线及空腔谐振器 .....    | 307 |
| §12-1  | 长线的概念 .....        | 307 |
| §12-2  | 无限长的传输线 .....      | 310 |
| §12-3  | 开路线 .....          | 314 |
| §12-4  | 短路线 .....          | 320 |
| §12-5  | 接有电抗负载的无损耗线 .....  | 323 |
| §12-6  | 接有任意负载的无损耗线 .....  | 324 |
| §12-7  | 接有电阻负载的无损耗线 .....  | 326 |
| §12-8  | 长线的应用 .....        | 328 |
| §12-9  | 同轴电缆 (同心传输线) ..... | 334 |
| §12-10 | 波导管 .....          | 336 |
| §12-11 | 波导管内电磁场的激励 .....   | 340 |
| §12-12 | 波导管与负载的匹配 .....    | 340 |
| §12-13 | 波导系统的部件 .....      | 341 |
| §12-14 | 空腔谐振器 .....        | 345 |

## 緒 論

利用无綫电来确定船位的仪器称为无綫电助航仪器。例如无綫电测向仪、雷达等。

在无綫电助航仪器出現以前，海上定位主要依靠磁罗經、方位仪、六分仪等仪器。这些仪器的缺点是测距近、速度慢，同时还受气象、黑夜及障碍物等的影响，还不能更好地满足船舶航行的安全和縮短航程的需要。

由于无綫电波的传播速度极其迅速，并且不受气象、黑夜等自然条件的限制，把它应用在航海上，就会提高船舶航行的安全和运输生产效率。

但是磁罗經、方位仪、六分仪等仪器由于能独立工作，构造简单，使用方便，故仍为現代船舶上的重要航海仪器。

无綫电测向仪是利用环状天綫具有方向性的原理，能迅速測定无綫电发射台的方位的仪器。

雷达是利用无綫电波能由物体表面反射回来的原理，能迅速測定其周圍物标的方位和距离的仪器。

### 一、无綫电发展簡史

无綫电的发明，一方面是由于人們希望获得比有线通訊更方便的方式的需要；另一方面是当时科学技术水平也有了相当条件，因此它的产生是必然的。繼赫芝从实验中証实电磁波存在以后，苏联学者 A.C. 波波夫經過了多年努力，于 1895 年 5 月 7 日，在俄罗斯物理化学协会上表演了他自己发明的世界上第一部无綫电接收机。他称为“雷电指示器”，用来接收大气

放电所产生的电磁波的仪器。为了纪念这一伟大发明，苏联政府特于1945年规定每年的5月7日为无线电日。1896年3月24日波波夫在俄罗斯物理化学协会上传递了世界上第一份无线电报。

1904年出现了二极管，使无线电技术进入了新阶段。1907年出现了三极管，这是无线电发展中的重要阶段，有它以后才有今天的无线电技术水平。

无线电从发明到现在只不过六十多年的历史，由于它工作迅速、灵敏，控制容易，在通讯、工农业生产、交通运输、近代科学技术研究、宇宙航行、天文气象、医疗、测量、计算技术、国防等许多部门中都得到应用。在提高生产效率，保证生产安全，促进科学研究中起了重大作用，因此发展很快。

现在无线电正沿着三个方面发展，一个是提高频率，运用微波技术；另外是缩小无线电元件的重量、体积和发展半导体。

## 二、无线电助航仪器的发展简史

测向仪和雷达等无线电助航仪器的出现不是偶然的，它是和无线电技术发展有关的。它的出现集中反映了无线电技术中的许多最新成就。

最初的测向仪是用单环可以旋转的天线，目前船上仍有这样的仪器。由于这种测向仪的操作麻烦，机器笨重，已在淘汰中。现在多使用双环的固定天线的测向仪，这种测向仪的机身小巧，操作简便。目前又出现了自动测向仪，只要把机器调谐在发射台频率上，发射台的方位即可显示在阴极射线管的荧光屏上，更能迅速测定船位。测向仪的价格便宜，实为一种普及的航海仪器。

利用无线电波测定物标方位的概念也是A.C.波波夫教授

最早发现和提出的。

1897年波波夫和他的助手于波罗的海中，在两军舰之间进行无线电通讯实验时，有另一艘军舰慢慢地从中间驶过；此时，因为电波受到障碍和反射，致使通讯一时中断。波波夫从这一实验中得到启发。他预见到，无线电波在传播的途径上，遇到障碍物时，会产生电波反射，由此即可以探测物标的方位。

电磁波遇到物标便会反射的特性和事实，正是雷达工作的基础。

雷达是用超短波来工作的，在超短波没有产生以前是不可能出现雷达的。在超短波研究过程中，遇到了不少的困难，因为一般的电子管与振荡电路根本无法产生这样高的频率。世界上第一个研究超短波成功的国家是苏联，那是1922年的事。

目前应用最广的雷达均为脉冲制雷达，故脉冲波的理论和应用在雷达中占着很重要的地位。所谓脉冲波就是时间极为短促的波，最短的只有千万分之一秒，要产生这样短促的脉冲并加以调制、接收、计算，自然不是简单的事情，雷达测距的精确度完全决定于此。苏联的脉冲技术是世界上最先进的，在这一方面有着不少重大的贡献。

初期的雷达均用米波及分米波，波长较长，雷达设备的体积亦较大。1926年苏联首先制造成功50厘米的磁控管，1940年又制定了多腔磁控管的构造，这是现代产生强大超短波的重要波源。由于超短波波长短，雷达体积小，精确度也提高了，雷达的应用就更加广泛。

### 三、我国的无线电事业和无线电助航。

近百年来，由于帝国主义侵略和国内封建及国民党反动派的统治，使中国沦为半殖民地半封建社会，科学技术受尽帝国

主义控制，根本得不到发展，无线电事业也不例外。解放前帝国主义在我国各地设立的电台，是为它的政治、文化侵略和进行经济掠夺服务的。我们连一个正式生产收音机的工厂都没有，有些工厂也只能装配和修理元件。

解放后，只经过短短十多年，面貌就起了根本改变。现在我们不但有规模宏大，生产自动化的电子管厂，能生产各种电子管，而且在无线电其他元件生产上也基本上能满足需要。我国出产的收音机早已畅销国内外，无线电电视事业亦已经建立。无线电通讯和广播已很普遍，有线广播在农村亦已大大发展起来。1959年我国还制成了快速电子计算机。无线电技术在我国已获得了迅速的发展。

无线电助航仪器在船上的运用是和无线电发展分不开的。解放前我国海运事业很落后，船上设备很简陋，测向仪和雷达是很少见的。解放后，我国海运事业有了很大的发展，各种近代化的助航设备已很普遍。为了更好地发挥它在航海中的作用，以保证船舶航行的安全，这就要求驾驶员能更好地使用与维护它们。因此我们必须认真地学好这门课。

# 第一編 无綫电原理

## 第一章 电路元件

无綫电线路中主要的部分，除了电子管外，就是各种电路元件——电阻、电容器、电感器等。由于这些元件不同的組合，构成了各种简单的和复杂的电路。本章就是介绍无綫电中常用的各种电阻、电容器及电感器的构造、原理及用途。

### § 1-1 电 阻 器

在无綫电工程中，为了控制电路的电流或获得适当的电压而应用电阻器，简称电阻。

依照电阻器的构造来分，可分为固定电阻和可变电阻两种；依照电阻器的质料来分，可分为繞綫电阻和合成电阻两种。

#### 一、各种电阻的构造和特点

##### 1. 繞綫电阻

(1)构造——繞綫电阻一般用电阻系数較大的合金导綫（所謂电阻綫），繞在陶瓷、胶木等絕緣物上，两端焊引出綫或焊片。繞綫电阻可以制造成固定电阻，也可以制成可变电阻。固定电阻繞好后，为便于保护起見，在外面常涂一层瓷漆或一种特別的水泥涂层。

(2)特点——繞綫电阻的阻值范围，大約从1欧到几万欧。这种电阻的优点是：温度系数很小，阻值几乎不随温度变动，因此工作可靠稳定，能够耐热，功率较大，适用于通过电流較大的电路中。其缺点是：成本較貴，阻值不能太高；而且由于它本身是个綫圈，所以有較大的电感，因此不适用于高频电路中。电气仪表內所用的繞綫电阻均繞成无感电阻。

## 2. 合成电阻

### (1)构造：

1)实心棒状炭質电阻：是把炭粉、絕緣性填料（如陶土等）和适当的結合剂混合，經過高溫的热处理后，再用机器干压制成的。引出的接綫，有的是先在电阻器的两端噴銅，然后焊上接綫；也有的把銅綫直接压在电阻器的两端內。

2)薄膜棒状炭質电阻：用炭粉和液体的結合剂，浸染或噴涂在瓷管或玻璃管上，用高溫烘培，使結合剂硬化，形成一个固定的电阻膜，把它压制在胶木外壳里，两端再用接綫接出。

3)可变炭質电阻：用浸染有炭粉乳油液的氈条烘干后制成。

### (2)特性：

1)功率一般較小，耐热程度較低，不能通过較大的电流；否則就要燒毀，或是改变阻值。

2)温度能使电阻值改变，往往是增加阻值。

3)由于炭粒間夹杂不导电的填料，因此炭粒間有电容存在。这种电容使电阻对高频电流的阻值减小。

## 二、选用电阻时需要注意的事项

选用电阻时，应该注意所选定电阻的額定功率，額定阻值和公差是否合乎电路要求，如果选用不当，将使电路受到显著的影响。

(1) 电阻的额定功率——当电流流经电阻时，就要产生功率损耗。所谓电阻的额定功率，就是电阻上允许产生的最大功率损耗。在这个功率数值以下时，电阻的材料不致发热到危险程度。

固定炭质电阻的额定功率是由  $\frac{1}{4}$  ~ 5 瓦。有时电阻的额定功率，并不在电阻上标明，这时只能凭借经验，从体积上来判别，体积愈大，额定功率愈大。

绕线电阻功率一般为 5 ~ 100 瓦。如果在电阻上未标明时，可由线的粗细来判别。

可变合成电阻的功率多在  $\frac{1}{4}$  ~ 5 瓦左右。

如果电阻的功率选择不当，过高则浪费，过低则能因发热过度而变值、烧毁，或烘坏电阻器附近的其他电路元件。一般为安全起见，常应用比算出的功率数值高出一倍左右的电阻。

(2) 电阻的阻值：约从 10 欧到数十兆欧，一般都是齐整的数值。例如：100 欧、2000 欧、1 兆欧等。在电路计算中，算出来的阻值往往不能和现成制好的电阻阻值相符。因此，在选用时就要根据电路的具体情况来决定，选择适当的近似阻值，或用几只电阻并联、串联。

(3) 电阻的公差：即阻值的准确度。公差有 5%、10%、20% 三种。如一只电阻的阻值是 1000 欧，公差是 5%，这只电阻的实际阻值在 950 ~ 1050 之间。一般收音机的电阻，常用公差为 20% 者；而在雷达机内，则需要公差 5% 的电阻。

### 三、阻值及公差的表示法

(1) 绕线电阻和可变合成电阻的阻值和公差，多清楚地标明在电阻的身体上，例如：

“5 K $\Omega$   $\pm$  10%” 即阻值是 5000 欧，公差是 10%；

“ $2M\Omega \pm 20\%$ ”即阻值是2兆欧，公差是20%。

(2)固定电阻多用色碼制，即用各种不同顏色油漆，漆在电阻的外体表面，以表示电阻阻值和公差。顏色所代表的数值如表1-1所示：

表1-1

| 顏 色  | 棕 | 紅 | 橙 | 黃 | 綠 | 藍 | 紫 | 灰 | 白 | 黑 | 金         | 銀          |
|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----------|------------|
| 代表数字 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 | $\pm 5\%$ | $\pm 10\%$ |

顏色在电阻上的排列方法和电阻值的計算法如图1-1所示。



图1-1 电阻器上顏色的排列方法

A代表阻值的第一位数字；

B代表阻值的第二位数字；

C代表阻值后面有几位“零”；

D代表阻值的公差。



图1-2 炭質固定电阻的实例

例如图1-2中的电阻器，阻值为58欧，公差为5%。

## § 1-2 电 容 器

用介質分隔开的两个金属片或任何形状的金属导体（极板）的組合称为电容器。

平板电容器(图1-3)的計算公式如下:

$$C = 0.08842K \frac{S}{d} \quad (1-1)$$

式中:  $K$  为介質常数;

$S$  为平板面积(平方厘米);

$d$  为二平板間距离(厘米);

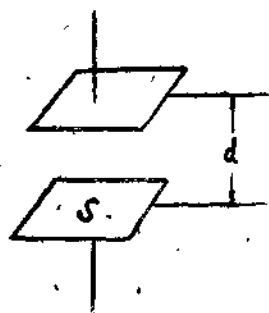


图1-3 平板电容器

### 一、电容器的种类、构造和特点

按照所用介質来分,电容器可分为云母电容器、紙質电容器、油質电容器、电解电容器、真空电容器和瓷介質电容器等。按照构造来分,电容器可分为可变电容器、半可变电容器和固定电容器等。

#### 1. 固定电容器:

(1) 云母电容器(图1-4)——用鋁箔与云母片交迭,再在外面用胶木、塑料或瓷質的絕緣材料压紧封閉。这种电容器的电容最高約到0.05微法,漏电損失很小,但价格一般較貴。

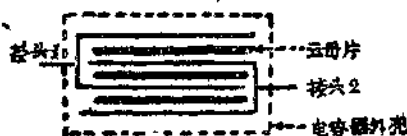


图1-4 云母电容器

(2) 紙質电容器——两张长条形的鋁箔或鋁箔和一张长条形的腊紙交迭好,卷成圓筒形,在每張鋁箔上用一根導綫引出,作为接綫,再放到特殊的腊中煎煮,然后封固就成。这种