



施 彬 邓 汉 馨 編 著

无线电在航海航空中的应用



人 民 邮 电 出 版 社

內 容 提 要

本書共分七章。首先說明船舶和飛機上無線電通信的作用，然後依次對環狀天線調向器，無線電羅盤，各種雙曲線無線電定位系統、雷達、回聲測深、測高儀、脈沖式綜合性導航設備及無線電六分儀等的基本構造、工作原理、操縱方法及优缺点等，都作了詳細的敘述。

本書可供航海和航空駕駛人員以及具有無線電基本知識的讀者參考之用，也可以作為航海、航空及水產專科學校的教材。

無線電在航海航空中的应用

編 著 者： 施 彬 邵 漢 鑾

出 版 者： 人 民 郵 電 出 版 社

北京東四六條13號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇四八號)

印 刷 者： 北 京 新 華 印 刷 廠

發 行 者： 新 華 書 店

開本 787×1092 1/32

印張 4 22/32 頁數 75

印前字數 110,000 字

印數 1-3,000 冊

1959年2月北京第一版

1959年2月北京第一次印刷

統一書號：15045·總 927—无 244

定價：10/0.57 元

目 录

第一章 船舶和飞机的无线电通信	(1)
1.1 船舶无线电通信简史	(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	(11)
2.1 环状天线测向器的工作原理	(11)
2.2 固定环圈式测向器	(20)
2.3 无线电罗盘的工作原理及应用	(25)
2.4 无线电指标台的工作原理和应用	(34)
第三章 双曲线无线电定位系统	(40)
3.1 远航仪	(40)
3.2 合卡仪	(48)
3.3 扇形无线电指标	(53)
3.4 双曲线定位系统在航海和航空方面的应用	(60)
3.5 三种双曲线定位系统的比较	(62)
第四章 雷达	(64)
4.1 雷达的基本作用原理	(64)
4.2 雷达机的构成部分	(70)
4.3 雷达在航海方面的应用	(80)
4.4 雷达在航空方面的应用	(88)
4.5 各种雷达指标	(89)
4.6 雷达和电视配合的导航系统	(94)
第五章 回声测深仪及鱼群探测器	(96)
5.1 回声测深仪的工作原理	(96)

5.2	回声测深仪的构造	(100)
5.3	垂直和水平辐射式鱼群探测器	(109)
5.4	声波在水中传播对助航方面的其他应用	(116)
第 六 章	测高仪及飞机盲目降落设备	(118)
6.1	无线电测高仪	(118)
6.2	飞机盲目降落概论	(122)
6.3	地面雷达控制飞机降落设备(GCA)	(123)
6.4	超高频无线电仪器协助飞机降落设备(ILS)	(130)
第 七 章	脉冲式综合性导航设备及无线电六分仪	(134)
7.1	脉冲式综合性导航设备的目的和要求	(134)
7.2	坦康的工作原理	(135)
7.3	无线电六分仪	(144)
	参考书目	(149)

第一章

船舶和飞机的无线电通信

1.1 船舶无线电通信简史

在本世纪以前的时代里，船只远涉重洋，经年累月航行于海天一色、四望无际的辽阔海面上，与外界的联系中断，过着孤独寂静的单调生活。时而风平浪静，海面如镜，凭栏远眺，似乎心旷神怡；时而风狂雨急，白浪滔天，在排山倒海的情势下，和死亡相搏斗，存亡决定于顷刻之间。直到安然归来，或途遇先返他舟，託言轉告，方知人員无恙，船貨安全。如果不幸被巨浪席卷或触礁、失火而即将沉没的时候，即使有很多船只适在其附近的地平线下方航行，因无法呼救，也坐失救援良机；幸而攀登救生舢舨，也只好听天由命，希望巧遇路过船只，见而救起。这些情况都是当时航海上极普通的。

自从1895年俄国的伟大发明家亚·斯·波波夫试制了世界上第一架无线电收发信机后，几经改进，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，安全有了保障，根本改变了航海的面貌。

在这个时期，有一个略懂无线电技术名叫马可尼的意大利商人，无耻地盗窃了波波夫的心血成果，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年波波夫为了拯救触礁的战斗舰“阿普拉克新海军上将号”，在哥格兰岛和珂特加港间，建立无线电通信网，救起了二十七个因冰块崩离而被冲走的渔夫。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，無線電台的設置差不多仍完全着重于航海方面。虽然当时的無線電发射机采用火花式，接收机采用矿石式，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，十年內电台已增加至可觀的数目。以后的二十年里，由于电子管的制造成功和不断改进以及短波無線電的被采用，無線電技术突飞猛进，無線電通信已不受距离的限制，它已成为环球通信的最好工具，而不再专为航海而服务了。当然，在这个时期，船舶和海岸电台的数目更形增加，并且在长波無線電通信外，又增添了短波無線電通信和無線電話。更因为最近十年中超短波和微波技术的惊人成就，船队与港內通信又添了超短波通話。时至今日，差不多所有一二百吨以上的輪船无不装有無線電台，世界上較为重要一些的港口、島嶼甚至浮海的灯船等等都已建立电台，真是星罗棋布，何止千万个。

1.2 船舶無線電通信业务和设备

随着船舶和海岸电台的逐年增多，一切有关船舶电台的技术、业务及求救規則等日亦繁复，不独各国都設有专门机构来加以领导和管理，即在国际方面，自1903年起也开了多次會議，其中尤以1932年在馬德里和1938年在开罗所开的国际無線電會議所議決的有关航海方面的款条最多。

任何性質的無線電台，包括专与船舶通信的海岸电台和船舶电台在內，都有一个指定的呼号，也就是指定的名称，以供对方吁叫之用。根据国际無線電會議的決定，海岸电台的呼号一般以三个英文字母組成，船舶电台以四个英文字母組成，飞机电台以五个英文字母組成，其中第一个或前二个字母代表国籍；例如，英文字母U代表苏联，K·N·W 三个字母都代表美

国，前二个字母 XG~XU 代表中国。

1925 年以后发现了短波无线电可贵的传播特性，它能以較小的功率靠电离层的反射而达到很远的距离，于是海岸和船舶电台又都添置了短波收发设备。不过，短波具有靜区及其地波的传播損失較大，在求援时仍以长波为主。至于最近在船舶上采用的无线电話則一般都限于短波方面。超短波的应用是最近十年来的事情，它只能做視綫距离以內的通話之用，如許多小漁船間或与母船間的相互联絡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和派遣領港船、救生艇及救火船之用。

各海岸电台及船舶电台都有它們的指定頻率，拨給船舶通信的頻率共有三个頻带（相当于三个波段），即 100—160 千赫的低頻带，355—500 千赫的低中頻带及专供船用的几个高频带，其中尤以 8,280 千赫用得最多。較低頻带中 143 千赫及 500 千赫二个頻率是专为拍发救命及紧急电报之用，一概不得移作別用，其中尤以 500 千赫被一致公認為海上救命用的頻率。海岸及船舶电台随时随地都应守听这个頻率。

船舶遇險而需救援时，应遵船长的命令，用发射机的最大輸出功率，以 500 千赫拍发国际无线电會議規定的……电碼（意即 SOS），并告以难船的呼号及所处的方位等。如果用无线电話来呼救，則用英文“Mayday”一字。不过，这种无线电話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 千赫帮助它轉发救命信号。

因为有些較小的船只只有一个报务員，不能在一天 24 小时內无間断的守听救命信号，这种船上必須遵照規定备有自动报警装置，在夜晚或不值机时开启使用。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。

时鐘是航海中最重要之仪器之一。这种专为船用的时鐘应该做得极为精确，其所指时间为格林威治时间，故称天文鐘或俗称船鐘。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：即天文方法和无綫电方法（后者将在第二、三、四、七章中介绍）。用天文方法来测定船位时，时鐘是不可少的仪器。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綫。几小时后，用同样方法，再根据航速和航向测出另一条位置綫。两条位置綫的交点就是船的位置。如果时鐘的正确度不高，那末就要影响所测的船位。不过，任何精确的天文鐘不可能绝对没有误差，所以气象台每天在規定时间以无綫电播送标准时间数次，船舶报务員就应该按时收听来校准天文鐘，这也是他們經常的重要工作之一。

守听无綫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、雪、霧的大小程度等等。预先知道了这种危害于航行的情况，就可以及早設法避免，确保船貨与人員的安全。重要的气象报告都用明碼由指定的陆地电台来拍发，这种电台的呼号、頻率工作时间、所轄区域及播送内容都載明在航海手册上。船舶报务員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，那就必须每隔一两个小时抄收一次。此外，尚播送一种气象預告，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，按照国际規定，船舶駛經这些地方，应将各該地的气候性情况报告附近

海岸电台，以便气象台彙編气象預告。

除救命电报外，船舶电报有如下四种：(1) 船舶与海岸电台間的公务电报，其中包括海岸电台所发关于航海方面的重要通知、船舶与海岸电台間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費；(2) 船舶与船公司間的业务电报，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貨运和客运的业务电报，此种电报一律按字数收費；(3) 乘客的商业电报，此种电报按照各国所訂各类型电报的办法收費；(4) 新聞电报，它是专为供給船員及乘客閱讀之用，不过，这种电报的抄收应以本国政府核准的免費新聞电为限。船舶与海岸間的一切公务、业务及商业电报在彼此呼叫不应时，各船舶电台都有代轉的义务。

目前在远洋客輪上，又开放了商用无綫电话。在船上，它是由两对导綫由通話室分別接到无綫电发射机和接收机。岸上的收发設備則經過終端机把四綫制变成两綫制，接到各处的普通有綫电话綫路上。

为了簡化船舶报务員在工作中的相互問答及节省电文中的字数起見，国际无綫电會議曾制定了許多专用術語和縮写。专用術語以Q或Z为首的三个英文字母所組成，前者称为Q術語，后者称为Z術語。船舶一般都用Q術語，例如，QRN的意义是干扰太甚，QSY的意义是变更波长。至于其他縮語，有的是国际會議所規定，有的是习惯上采用的。

在海上漫长的單調生活中，文娱节目是船員和乘客們最喜欢的精神調剂，有关祖国社会主义建設和人民生活以及全世界劳动人民的斗争消息，也是他們所亟欲知道的，所以在船上除貼布抄收到的新聞电报外，在船員的娱乐室和乘客的大菜間或

閱覽室里，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。大型船隻一般都是長波短波俱備，中小型船隻只備有長波設備即可。發射機的輸出功率需視船型的大小而不同，最小自10瓦起到500瓦以上，平均以200瓦為最多。在較大的船隻上，除正常工作的收發信機外，尚備有輸出功率約50瓦的長波備用發射機一架和礦石接收機一架。圖1—1示典型的船舶電台的全套收發信機設備。圖中共有四塊表板，自左至右第一塊的上方為自動報警器的開關，中間為自動報警器，下方為自動報警器的自動電鍵；第二塊的上方為200瓦短波發射機，下方為電動發電機的變換開關、長短波接收機、礦石接收機及電傳打字機；第三塊的上方為200瓦長波發射機及天文

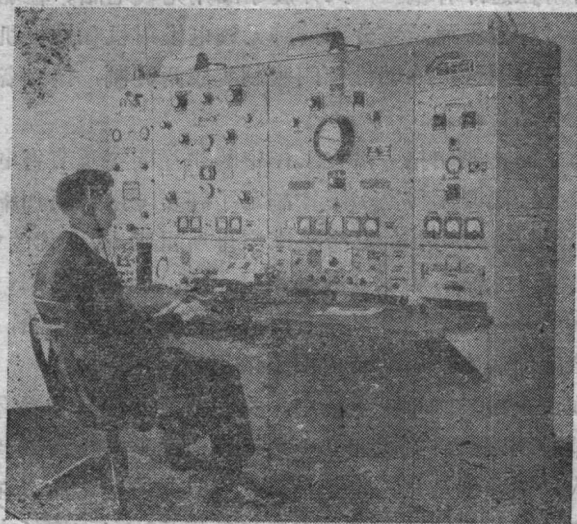


圖1—1 一個典型的船舶電台全貌

鑑，下方为长波接收机及 6 伏蓄电池充电开关；第四块的上方为发射机的选择开关，中间为 40 瓦备用长波发射机，下方为 12 伏蓄电池的充电开关。

此外，在船舶的每一只救生艇上，也应备有 5—10 瓦的手摇发射机及电子管接收机各一架，它们的操作应以普通人员为对象，愈简单愈好。因为遇难者一般都不懂莫尔斯电码，必须采用自动电键来拍发 SOS 电码及一个长划。长划是为收到这种信号的船只用环状天线测向器来测量该艇的方位而发拍的。无风时，将氢气打入一只气球内，将长 100 公尺的天线系在气球上把它放出，将天线升起来；有风时，则用风筝把天线升起。手摇发射机的频率除 500 千赫外，尚备有 8,280 千赫的频率，以供远距离通信之用。

自动报警器是一只调谐到 500 千赫的接收机，它的输出接到一只由几个继电器组成的选择器，然后再将这个选择器接到几个分装在船桥、无线电室及报务员卧室中的警铃和警灯。当接收机收到 12 个长划（每一划的持续时间为 4 秒，划间的间断时为 1 秒）时，选择器中的各继电器立刻响应而动作起来，使警铃发声及警告灯发光，警告报务员及驾驶人员。自动报警器的机件失灵或干扰太大时，也会使选择器工作，转而使警铃及警告灯工作；这样，才可以确保安全。

拍发自动报警的自动电键一般是由三个被一只小型同步电动机所拖动的转盘所组成，三个转盘的圆周上分别各刻有相当于 12 个长划、自己的呼号和 SOS 以及一个长划电码凹凸缺口，由靠着它们圆周上的三组簧片，将电路断合，形成上述电码而拍发出去。需要拍发那一种电码，可由一个变换开关来加以选择。同步电动机的交流电源则由蓄电池供给一只振荡器而获得。救生艇发射机所用的自动电键一般只需拍发 SOS 及一个

长划的电碼即可，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的。

1.3 飞机的无线电通信

大家知道，航空事业在现代国家的交通运输和国防军事方面已占有极其重要的地位，但是为了保证飞行的安全可靠和航期的准确性，飞机与地面間保持密切和經常的联系是必要的条件。利用无线电通信来完成这个联系任务是最方便，迅速和可靠的方法，所以无线电通信设备已成为近代飞机上必不可少的装备之一。

在航空事业发达的国家內，有一个由分布在全国范围内每一个角落的无线电台組成的航空无线电通信网，这些无线电台起着不同的作用，主要說来，設立在机場上或机場附近的几个无线电台，是协助飞机在任何气候条件下安全降落；其他密布在全国各地、功率大小不同（小的約十余瓦，大的約 800 到 1,200 瓦）的无线电报話二用电台，一則是向在飞行中的飞机报导必要的气象消息，使得駕駛員能及时地了解前方气象，在遇到气候突变时可以随机应变，决定动向，二則起着导航的作用，使駕駛員能保持在預定的航綫方向飞行，不致迷失方向，最后安全和准时地抵达目的地或从远航返回基地。

設立在机場上或机場附近的无线电通信设备中包含几个无线电台，其中有协助降落而装置的电台，如航向电台、标位电台、滑翔綫电台、雷达站、电视电台等等，将在以后各章中詳細介紹；但是每一机場的指揮塔中必然有一項可以与飞机駕駛員通話或通报的无线电收发设备，与到达机場上空的飞机保持联系，控制交通并协助飞机降落。过去通常都以使用无线电话或者电报来維持空中和地面的通信，可是目前，在尽可能减少飞

机上不必要載重的要求下，一般用無線電話的通信方式，这样，就可以减少一名随机的报务人員。但是，由于机艙內的噪声一般很大，普通的送話器将会因过载而发生严重的失真，所以駕駛員多用塑料密封的、仅留送話小孔的特种送話器，也有用喉头式和唇式的特种送話器，所用耳机則以能塞入耳孔者为佳。至于机場与飞机通信所用的頻率，过去曾用长波频段，現在还有使用，不过，已逐步計劃由超短波频段来代替，所用的頻率范围各国都有統一的規定。

其他密布在全国各地的無線电台主要是为了导航和报告气象。在导航方面，根据不同的系統，有許多种無線电收发装置，在以后各节中也将有詳細的介紹。在气象报告方面，可以由相隔一定距离的气象广播站定时向空中发送气象报告，其方法一般是在导航电台所用天綫装置中添加一天綫，專門发送气象报告，飞机駕駛員可以随意收听导航信号或气象报告，具体布置如图1—2所示，其中位在四角上的四个鉄塔天綫是导航用天綫，位在中央的鉄塔天綫乃是发送气象信号用的天綫。导航用無線电发射机的載波頻率与报告气象用無線电发射机的載波頻率相差1,020赫，前者发送沒有調制的無線电波，后者則发送有語言調制的無線电波。飞机上的接收机中，当两个信号同时进入后，发生差拍現象，产生一个1,020赫的拍頻。选用这个頻率是因为：(1) 人耳对1,000赫附近頻率最敏感；(2) 它在飞机上噪声干扰中还能清晰可聞；(3) 最为悅耳。在运用中，传送气象信号的发射机，不論是否报导气象消息，必須經常开着，否則，就收不到1,020赫的拍頻。在送話器电路中通常串接一个滤波器，阻止报告員声音中的1,020赫通过，只允許其它音頻通过来調制載波頻率。在飞机上，接收机輸出端接有两个滤波器，其中一个只允許1,020赫的音頻通过，負責传送导航信号；另一个則允許所有其它音頻

通过，負責傳送气象消息的信号。于是，根据駕駛員的需要，可用轉換开关来接收所需要的信号。至于气象消息大都是气象台发布的，也可以利用带有无綫电設備的气球 (Radiosonde) 来就地偵察上层空气的情况。这些气球能自动傳送12公里高度以下的大气层內相应于高度、湿度和温度的电碼信号；为了更好地提供气象消息，还可以用雷达观测站来偵察大气上空的风向、风速等情况，对飞行更有帮助。报告气象的无綫电台和导航用的无綫电台过去大都采用长波频段內的頻率，目前也还使用，但是已逐漸趋向使用超短波频段了。

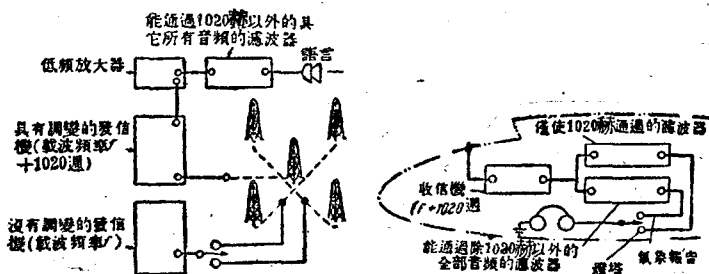


图1—2 导航信号与气象信号的同时传递

总的說来，飞机上无綫电設備的要求比地面設備严格得多，由于无綫电設備能保証安全飞行，所以近代飞机上的无綫电設備为数愈来愈多。为了尽量減輕飞机本身的重量，飞机无綫电設備必須輕巧坚固(輸出功率只約十余厘)，并且要不受机械震动、潮湿侵蝕、温度变化等的影响，因此它們是特殊設計的。在装置到飞机上以前必須經過严格的鉴定試驗，保証它們具有良好的防潮、防震和与温度关系不大等性能。以外，飞机无綫电設備发生故障的可能性必須很小，否則，在飞行过程中，如某一部份发生故障，就会使整個設備不能很好地發揮作用，但是，发生故障的可能性是与設備中組成部份的多少直接有关的，

后者数目愈多，則愈容易发生故障，另一方面，要使无綫电設備發揮有力作用，它需要担負起各式各样的任务，因而它的組成部份数目势必很多。由此可見，这是一个矛盾，近代設計航空无綫电設備的工程师和学者們正努力向尽可能减少飞机上无綫电設備而不影响其作用的方向进行研究，目前正在大力研究的是一种綜合性的导航系統，企图利用最少的設備能完成所有的任务。

第 二 章

环状天綫測向器和无綫电罗盘

2.1 环状天綫測向器的工作原理

船舶或飞机在辽闊的海面上或山区、沙漠、海洋上空航行，由于海浪和风向等影响，很容易迷失方向和位置。此时由于地面上或海洋中沒有任何标志，因而无从确定方位。在第一章中虽然已經說过，在这种情况下，可以采用六分仪在不同的時間內測量天体如太阳、月亮及星体等高度来計算船舶或飞机的方位，但这种定位方法又只限于天气晴朗时使用，若在阴雨大霧之时，也就无法应用了。此外，采用六分仪来測定位置，除需有极正确的時間，很细心的操作外，又至少要在相隔二小時的時間內測量二次，方能算出位置；否則就不够正确。这样，就有了无綫电环状天綫測向器，在它的有效距离內，它既不受天气的影响，操作又极簡便，只要10余分鐘的時間，不需要計算，就可以确定船舶或飞机的位置，且它的构造簡單，成本极輕，故迄今卅余年来，不論大小船只或飞机都普遍采用，即使在其他各种新穎无綫电定位系統的发明以后，仍有它广泛的前途。

环状天綫測向器實質上就是用几十哩导綫繞成环状、方框状或三角状的天綫接到一个普通的长波接收机所組成。有的測向器是装在陆地或海岸上固定的測向台上。当它收到船舶或飞机发出的請求,要它代为測向时,它即根据船舶或飞机电台所发出的信号来測量它們的方向和位置。有的是装在船舶或飞机上专以測量装在陆地或海岸上、昼夜不断工作的特殊电台——无綫电指标台的信号来定位的。要求陆上电台代为測向,非等該电台有空时,才能接受請求。当然,在船舶或飞机上,自己装置了环状天綫測向器,更来得方便,且所費不多,故目前装在地面上的測向台已为数不多,极大多数的船只或飞机都自备有环状天綫測向器,以便随时应用。

为了使船舶或飞机的环状天綫測向器能很好地工作,在重要航行地区的陆地上或海岸上設有許多无綫电指标电台,它由二个或三个电台組成,用相同的波长,每隔二分鐘輪流地依次启閉,发出它們本身的呼号。这种指标电台所用的波长属于长波范围,約自 285 千赫到 320 千赫。

工作原理 普通接收机所用的垂直天綫是沒有方向性的,也就是不論电波来自何方,只要发射机的輸出功率、波长和距离相等,在接收机里所听到的信号强度也是相等的。如果将发射台至船舶的方向对信号强度繪出一条曲綫,就形成了一个圓形的接收方向图。

现在用导綫繞成一个环状或方框状的天綫来代替这个单根的直立天綫。我們知道无綫电波是由交变的电場和与它垂直的磁場組成的,它的地波沿着地球表面而傳播。如果这个环状天綫的平面与来自发射台的电波方向相平行,如图 2—1 所示,則交变的磁力綫将垂直地穿过这个环圈。根据物理学,当穿过綫圈的磁力綫有变动时,該綫圈內即产生感应电势,其值是和磁場

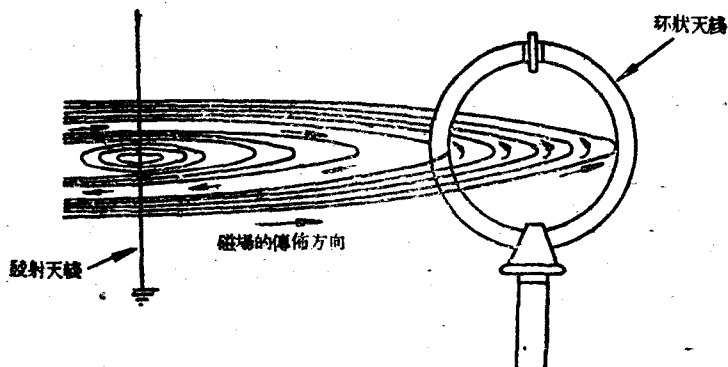


图 2—1 电波传播方向与环状天线的平面平行时的情形

的强度、线圈的大小和匝数以及磁力线穿过的方向成比例。当磁力线穿过线圈的方向与线圈平面一致时，所生的电势最大，故此时接收机中所听到的信号最响。环状天线的匝数愈多，所生的感应电势也愈大，但由于接收机用来调谐到指标电台频率的调谐回路是由环状天线与可变电容器并联构成的，天线的匝数太多，则电感很大，可变电容器就不容易选配。所以圈数不能太多。如果环状天线的平面与电波的传播方向相垂直，就没有磁力线穿过环圈的平面，因而天线内就没有感应电势产生，接收机内也就听不到信号。

上述情形也可以用电波中的电场来说明。当环状天线的平面与电波的传播方向垂直时，如图 2—2 所示，环圈两边的导线与发射台的距离相同，将感应到相等而相反的电势，因而环圈内的净得电势是零，

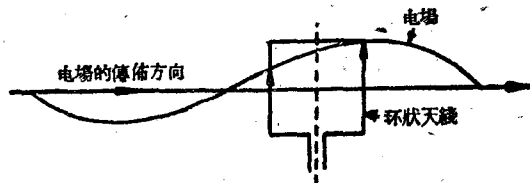


图 2—2 电波传播方向与环状天线的平面垂直时的情形