

大众科学识丛

看不见的向导

(苏联)切斯塔夫



科学普及出版社

大众科学丛书

看不见的向导

Abstract



大众科学译丛之8

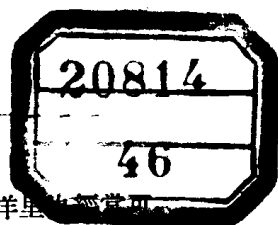
看不見的向导

〔苏联〕切斯诺夫著

朱 邦 俊译

科学普及出版社

1958年·北京



本書提要

在空中我們經常可以看到掠過天空的飛機，在海洋里也經常可以
以看到排水量為幾千噸的輪船，我們的腦子裡也有這樣一個問題：
如果遇上了不太好的天氣，它們是不是就得停止航行呢？不然會不
會發生不幸呢？特別是飛機和輪船的旅客，更耽心這個問題。其實
這種顧慮是完全不必要的，因為近十幾年來，飛躍進展的無線電電
子學，對這些問題都作了妥善的安排，儘管天氣不太好，或者是伸
手不見五指的黑夜里，借助於一種特殊的設備，飛機和輪船都能安
穩地航行。這種設備就是無線電導航設備。

本書通俗、扼要地介紹了無線電導航的原理，以及它在航空、
航海中的各種應用。

總號：650

看不見的向導

НЕЗРИМЫЙ ПУТЕВОДИТЕЛЬ

原著者：Ф. И. ЧЕСТНОВ

原出版者：ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДА-
ТЕЛЬСТВО ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
1957

譯者：朱 邦 俊
出版者：科學普及出版社

(北京市西城門外柳樹溝)

北京市書刊出版業營業許可證：出字第091號

發行者：新 華

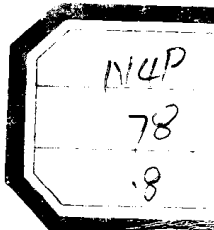
印刷者：北 京 市 印
(北京市西城門外大街)

開本：787 × 1092 1/16

1958年4月第1版

1958年4月第1次印刷

頁
5
F



統一書號：15051·99

定 价：(9)2角1分

目 次

緒言	1
第一章 根据無線电波的指示	2
1. 無線电导航的誕生	2
2. 無線电波由哪兒来	4
3. 無線电测角器	9
4. 测向器指出艦船的航路	11
5. 無線电——飛行員的向导	12
6. 自动测向器	15
7. 双無線电罗盤	17
8. 無線电六分仪	19
9. 無線电信标	20
10. 定向無線电信标进行测向	23
11. 飞机的降落	26
第二章 导航中的雷达技术	28
1. 無線电回波用来搜索空間	28
2. 雷达荧光屏上的地圖	32
3. 無線电詢問器和無線电应答器的相互呼应	34
4. 雷达引导艦船和飞机	36
5. 在什么高度	42
6. 飛行員机艙中的电视接收机	46
結束語	49

緒 言

每天有上百架飞机起飞，將旅客或急需的貨物运往地球上各个地点；上千艘船只在一望無际的海洋上航行。保証远洋輪船或飞机按指定的航綫安全地航行不是一个簡單的任务。在完成这个任务中，船長的直接助手——領航員起着主要的作用。借助于特制的仪表，領航員能測定艦船的位置，算出它的航速，在地圖上画出航綫。

还在古代，就产生了駕船术（它的基本部分称为导航术），而今天仍順利地發展着。导航仪表不断地在改进，不断地被新仪表所充实，这就保証能更准确地駕駛艦船和飞机。

指南針發明以后，人类便得到了簡單而絕妙的測向仪器。許多世紀以来，小小的磁針使远洋輪船的远距离航行成为可能，它为陆上旅行者指出了道路；而今天，它又帮助飛行員开辟空中航綫，帮助艦船开辟海上航綫。

無綫电导航有着远大的前途。它已成了海員和飛行員忠实的朋友。作为航海和航空唯一的通信工具的無綫电，在船只駕駛和飞机駕駛中也应用得極其广泛。借助于無綫电，可以确定艦船在無边無际的洋面上的什么地方航行，測定在云上飞行的飞机的位置。作为看不見的向导的無綫电，能帮助艦船領航員選擇正确的航路，在最困难的航海或飞行条件下指出方向。

在这本小冊子中我們將簡略地談一談在航海和航空中所采用的、基本的無綫电导航仪器的構造，以及它們是怎样工作的。

第一章 根据無線电波的指示

1. 無線电导航的誕生

1895年，杰出的俄罗斯科学家亞历山大·斯捷潘諾維契·波波夫發明了無線电。德国物理学家赫芝首先發現的看不見的無線电波，开始被用来傳遞消息。

波波夫的科学工作和俄国的海軍有着密切的联系。他深刻地認識到無線电对航海术的發展有着多么重大的作用。波波夫積極地参与了俄国海軍無線电化的工作：在艦船上裝置收發電台，培养維護电台的專業人員。

当时無線电是用来通信的，但是不久以后，波波夫又为無線电开辟了新的实际应用領域。

大家都知道，灯塔对航海者的帮助是不可估量的。灯塔是一个方向标，在艦船航路上可能遇到的許多航行危險物中間，灯塔为領航員指出正确的航路。

但是在霧天、低云天或下暴風雪时，就看不見灯塔了。結果当領航員正好最需要灯光信号的时候，他却不能利用来自岸上的灯光信号。

1897年，波波夫建議將無線电用于船只駕駛中。他認為，如果在普通的灯塔上裝上無線电發射机，那末甚至在霧天和暴風雪中也能“看見”灯塔。

这位無線电發明者的建議中所包含的深奥科学技术思想，在1904年的日俄战争时期得到了实际的应用。杰出的俄罗斯海軍統帥馬卡洛夫上將对波波夫的科学研究極感兴趣。在他向海軍將官所下的一个書面命令中，他命令監視日本潛艇的無線电台，并根据电台的信号判断某一敌艦在哪一个方向。

为此，馬卡洛夫上將命令將官使艦艇打轉，进行必需的實驗。因为桅杆和纜索阻碍無綫电波的傳播（一部分电磁波被桅杆和纜索所吸收，另一部分則被反射）。收到的無綫电信号的强度和艦艇对傳來無綫电波的方向的位置有关。使艦艇打轉并記錄接收强度变化的情形，就可以大致确定無綫电發射台是在哪一个方向。

判断敌艦在哪一个方向，还可以用另一种更完善的方法来进行：采用特制的可旋轉的天綫，它的外形像一个环，因此称为环狀天綫，这样就不用使艦艇打轉了。年輕的俄罗斯科学家尼柯拉依·德米特利耶維契·巴巴列克西（他后来成为苏联杰出的無綫电物理学家），于1904年，用这种型式的天綫进行的實驗获得了成功。

在用环狀天綫所进行的實驗的基础上又創制了無綫电測向器，这是一种無綫电技术設備，它能十分准确地測定出由接收点到正在工作的無綫电台的方向，这样就誕生了無綫电导航。

在第一次世界大战期間，無綫电广泛地用作通信工具。交战双方各国都应用無綫电。無綫电有它的优点，但是从軍事观点来看，也显示出了它的巨大缺点。因为当無綫电台發送消息給自己的通訊員时，敌人也能收听到这个消息。这样一来，借助于普通的無綫电接收机，敌人不难監視我方的軍事行动。曾經出現了無綫电搜索器，它能截获敌人的無綫电报，帮助揭露敌人的陰謀。但是不久便找到了伪装的方法——無綫电报开始譯成密碼。沒有解密碼的專門的“鑰匙”，便看不懂它的內容。

但是敌人甚至对譯成密碼的消息也是很感兴趣的，因为任何一分收到的密碼电报都能証明有無綫电台存在，而根据某一战区中無綫电台的数目，就能猜测敌人的兵力。如果測定这些無綫电台的方位，那末还可以判断兵力的分布情形。

在第一次世界大战中，無線电測向广泛地用来測定敌艦的位置，浮出水面的潛水艇、飞艇和陆战部队的位置。在第二次世界大战中，無線电的作用就更大了。有时借助于測位所获得的情报决定了重大战役的胜敗。

除了純粹軍事的应用外，無線电測向还極其广泛地用作航空和航海的导航工具。

2. 無線电波由哪兒来

天綫是無線电接收設備的最重要的組成部分之一。形式最簡單的天綫是一根張在地面上的金屬導綫或豎在地面上的金屬杆。这根導綫的頂端通常借助于隔电子固定在高聳的天綫杆頂上，而下端接到接收机上。無線电听众往往自己架設这种悬挂在屋頂上或树木上的天綫。

当天綫的导体割切無線电波时，在导体中便“感应”出电流来。电流的振蕩跟在空間以每秒 300,000 公里的速度傳播的無線电波的振蕩相一致。

接收天綫中的电流振蕩正确地重复着無線电發射机的天綫發射的电振蕩，但是幅度显然小得多。接收机將它放大，以一定的方式加以变換，于是我們便听到电报信号（点和划）、語言、音乐——無線电台播送的一切。

如果我們只对無線电广播的内容感觉兴趣，那末用哪种天綫来进行無線电接收都完全一样，只要声音足够响，很清晰，沒有失真就好了。

在無線电測向的情况下，却完全是另一回事。这时，我們对广播的内容和它的音質很少关心。重要的是判定被接收的無線电台的無線电波是从哪一个方向来的，也就是“搜索”無線电台是在哪一个方向。为了完成这一任务，需要有定向性能的天

綫。垂直設置的天綫不能完成这个任务，因为它是非定向天綫。

这是什么意思呢？

設想O点有一个帶有垂直天綫的接收設備（圖1），而無線電發射台則繞着它移动，發射台到天綫的距离却保持不变。傾听傳来的信号时，我們并不会感到响度有什么差別，即不管發射台在哪一个方向，接收强度始終相等。这一点剛好証明垂直天綫对地面上各个方向的灵敏度是相同的。很明显，这种天綫是不能用来判定無線电波傳来的方向的。

任何天綫的方向性通常借助于所謂方向圖来表示。垂直接收天綫的方向圖是一个圓。O点（圓心）是天綫所在的地方，圓的半徑表示無線电接收强度。

这个圓形的方向圖清楚地表示了我們所感兴趣的垂直天綫的接收性能。我們看到，垂直天綫在各个方向上的無線电接收强度相同，这就是說，这种天綫沒有定向性。

环狀天綫具有完全不同的、对無線电測向非常宝贵的特性，它是繞成矩形、圓形或三角形綫框的几匝导綫，可以圍繞

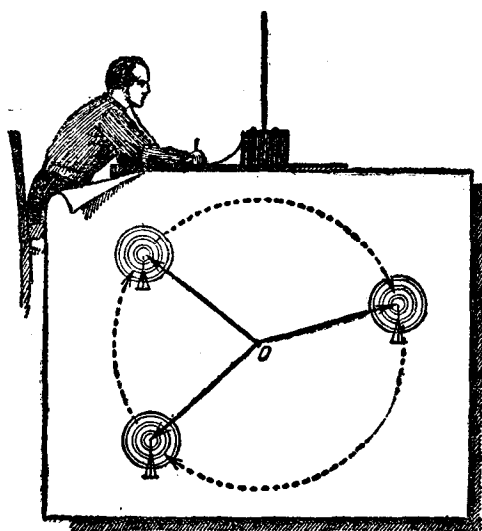


圖 1 普通的垂直天綫的方向圖是一个圓：
天綫所收到的来自各个方向的信号的强度相同。

垂直軸旋轉。導綫的兩端接到無綫電接收机上。

環狀天綫的接收強度跟天綫相對於發射台的位置有關。當綫框轉到某一角度時，廣播的響度最大；但是也不難找到這樣的位置，雖然接收機仍舊調諧在這個電台上，可是根本聽不到廣播。

我們來研究一下為什麼會這樣。為了便於說明起見，我們不妨認為環狀天綫只有一匝導綫（圖2）。

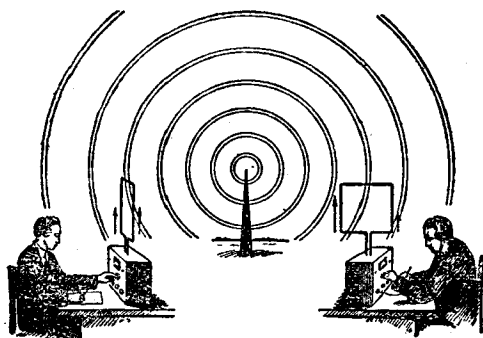


圖2 利用環狀天綫進行接收。左：在接收綫框的兩邊感應出大小相等、方向相反的電流，總的電流等於零，因此聽不到廣播。右：當接收綫框保持這樣的位置時，在綫框右邊和左邊中感應出的電流大小不相等，總的電流不等於零，於是接收機收到了傳來的信號。

將綫框平面放得跟發射台的方向成某一角度。這時，綫框的一邊到電台的距離，將比另一邊到電台的距離稍微近些。這就是說，無綫電信號先到達綫框的一邊，過了若干分之一秒後再到達另一邊。這個微小的延遲就使得在同一瞬間作用在綫框兩邊的電波強度

並不相同。因此，在每邊中感應的電流也不相同。無綫電波在綫框相對兩邊中所產生的電流，流動的方向相反，但是不會完全抵消。因為其中一個電流較大，所以在綫框中有一個很小的電流流過，於是接收機便收到了傳來的信號。

當綫框平面指着無綫電台時，接收強度便達到最大。如果綫框平面跟無綫電台的方向成直角，那末綫框的兩邊離電台的距離便相等，因此每一個無綫電波將同時到達綫框的兩邊，在

其中产生大小相等的电流。因为这两个电流的方向相反，所以总的电流便等于零。在天线的线框里没有电流流过，接收机便收不到无线电台的信号，于是我们什么也听不见。这就是说，天线在这个位置上的接收强度最小。当工作着的无线电台发射台围绕带有环状天线的接收设备作圆周运动时，使接收设备从各个不同方向来收听电台的信号，就可以画出这种天线的方向图。它呈8字形，即两个相切的圆（图3）。

如果由O点（接收点）画一根直线与其中一个圆周相交，那末所获得的线段OA的长度将表示地面上在这个方向上的接收强度。在任一其他的方向上，接收

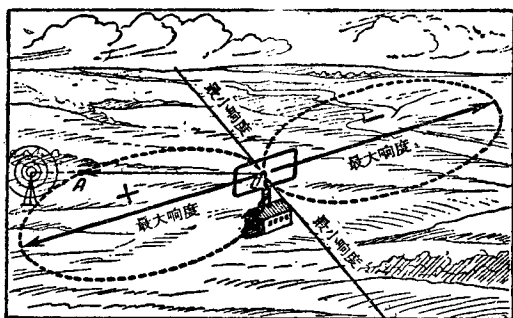


图3 无线电测向用的环状天线的方向图是一个8字。线段OA的长度表示在这个方向的接收强度。

强度都是另一数值。我们看到，天线对来自不同方向的无线电波的接收能力是不同的，也就是说，天线是具有定向性的。

在方向图上很容易发现两个突出的方向：一个是最大响度的方向，另一个是最小响度的方向。测向时，这两个方向都可以用。为此，必须旋转环状天线，以获得假设是最大的可听度。这时，通过线框平面的水平线将为我们指出无线电台所在的方向。如果我们使线框停在最小可听度的位置上，那末无线电台的方向将由与线框平面成直角的直线指出。

测向时，最小可听度用得较多，因为接收强度在最小可听度附近比最大可听度附近变化得剧烈得多。因此，被测向的无

綫电台的方向也可以測定得精確得多。

在綫框的轉軸上裝着指針，靠它便能在圓形刻度上指出環狀天綫所轉過角度的度數。無綫電測向員將接收機調諧在所需接收的电台的波長上后，一面聚精會神地傾聽無綫電信號，一面旋轉綫框，直到响度減至最小。其后，根據指針的位置讀出綫框偏離刻度原點的轉角，或直接找出無綫電方位——正北方向和無綫电台方向間的夾角。

看來，無綫電測向員似乎可以泰然地記下測向的結果。然而事實上并不如此。這樣來測定方位會產生 180 度的誤差。這樣，根據無綫電測向選定航向的輪船就不是駛近另一只輪船，却是朝相反的方向行駛——駛離另一只輪船。

在測向中所以會產生這種不定性，是由于環狀天綫具有兩個定向性：綫框在相差半轉、即相差 180 度的兩個位置上都不能進行接收。譬如說，天綫如果不能接收在它南面的無綫电台

的信號，那末它也不能接收在相反方向上的（也就是在它北面的）無綫电台的信號。

為了消除不定性，必須同時用兩付天綫來進行無綫電接收：用環狀天綫和普通的非定向天綫（各個方向的接收強度相同）。由于這兩付天綫配

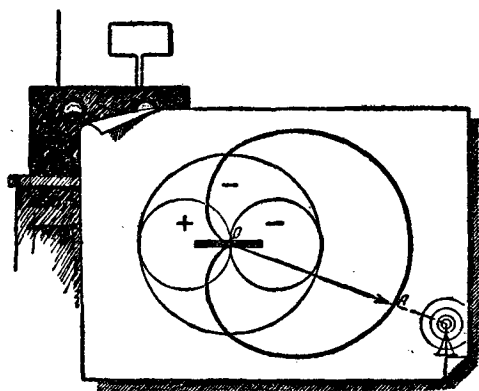


圖 4 用環狀天綫和垂直天綫同時進行接收的方向圖是一條心臟綫。綫段 OA 的長度表示在該方向的接收強度。

合工作的結果，方向圖曲綫便具有类似心臟的外形（圖4）。這就是稱它為**心臟綫**的原因。

心臟綫表明，當用兩付天綫一起進行接收時，在綫框（綫框平面）的一面的接收強度最大，而在相反的方向則完全聽不到信號。這樣一來，就不難知道**無線電發射台**是在綫框的哪一面，也就是單值地確定了方向。

3. 無線電測角器

環狀天綫通常裝在開曠的場所，例如裝在艦船的甲板上。天綫通過連接導綫接到安置在無線電室內的接收機上。如果綫框正好裝在無線電室的房頂上，那末旋轉機構的構造就比較簡單。但是，時常有這樣的情況，環狀天綫必須裝得離無線電室很遠，可能裝在艦船的另一頭。在這種情況下，由無線電室來操縱綫框的旋轉便十分複雜。

有時（例如在地面上的測向設備中），天綫設備非常大。這樣，旋轉天綫設備就非常困難，而且結果也難於稱心如意，因為這樣會降低測向的準確度和增加測向的時間。

在另一種異常巧妙的測向器中，卻完全消滅了所有這些不便。除了無線電接收機以外，其中有兩個環狀天綫和一個所謂**測角器**。

這種測向器的兩個綫框互成直角地裝牢在一起，不能移動。測角器也有兩個用導綫繞成的固定綫圈，但是它們的尺寸非常小。跟環狀天綫一樣，它們互成直角，好像是測向器天綫系統的縮形。測角器每一個綫圈的兩端用導綫與環狀天綫的一個綫框的兩端相接（圖5）。

怎樣利用這種設備來測定無線電台的方向呢？

測角器的第三個綫圈——與接收機相接的搜索綫圈用來測

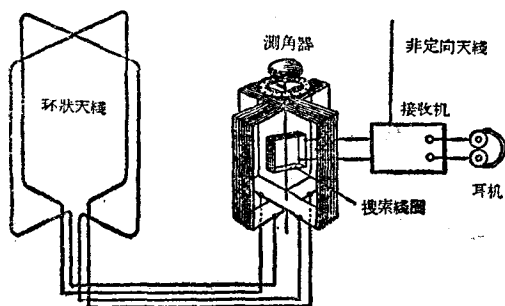


圖 5 帶有測角器的無線電測向器。

也沒有連接，但是它們仍會影響搜索綫圈。因為，環狀天綫在無線電波的作用下會產生沿綫圈各匝流過的交流電流，而固定綫圈是跟環狀天綫相連接的。在通有電流的導綫周圍總會產生磁場。測角器兩個固定綫圈的磁場穿過搜索綫圈的各匝，並在其中“感應”出電流來，而這個電流又作用在接收機上。

無線電波對每一個環狀天綫的作用，因來到測向器的無線電波的方向而有所不同。這一點，反映在測角器固定綫圈中的電流強度上，也反映在這個電流所建立的磁場上。

因此，測角器中的磁場與被測電台的方向有關，而搜索綫圈中的電流強度則與搜索綫圈在這個磁場中所處的位置有關。實際上，搜索綫圈的位置可以放得使它的各匝中根本不會感應出電流來，於是接收就中斷了；但是只要把綫圈轉過 90 度，同一個電台的接收強度便達到最大。

如果將接收機調諧在另一個電台上，收到的電波便是從另一個方向傳來的，因此測角器中磁場的方向也將改變。結果接收這個電台的強度為最大（或最小）的搜索綫圈的位置便是另一個了。

我們看到，搜索綫圈的位置完全與無線電波傳來的方向有

定無線電台的方向。搜索綫圈裝在另兩個綫圈里面的轉軸上，轉軸則與用來指示讀數的指針相連。

雖然測角器的兩個固定綫圈跟搜索綫圈在什麼地方

关。因为测角器具有这种特性，所以我們可以把它用作测向器。轉动輕巧的搜索綫圈，和轉动环狀天綫一样，可以“摸索”出最大响度和最小响度的位置，并按圓形刻度看出無綫电台的方向来。

这里，同样可能产生 180 度的誤差，然而像在旋轉环狀天綫测向的情况下一样，借助于附加的非定向天綫，很容易避免这一点。

4. 测向器指出艦船的航路

無綫电测向器的优点在于能在任何天气（夜晚、霧天、雨天）和任何可見度下应用。如果無綫电台的位置是已知的，那末领航員便能根据它的信号来确定方位，把必需的修正考虑进去，然后在地圖上画出找到的方向；艦船就在这条綫上。但是这样还不能肯定它到底在这条綫上的什么地方。

为了确定艦船的位置，需要测定相隔有一段距离的兩個無綫电台的方向。这时，在地圖上画出兩個方向。它們相交的点就是艦船所在的地方。

当然囉，测定的方位是有若干誤差的，因此求得的位置也將有若干誤差。测定三个电台的方位能获得較为精确的結果。求得的三个方向的直綫相交时，形成一个不大的三角形。艦船的位置就在这个三角形的中心上。

有的艦船可能沒有無綫电测向器，無法测定海岸無綫电台的方向。这时怎么办呢？为了对这些船服务，沿海岸設置有测向电台。

船上的無綫电测向員用無綫电呼叫海岸测向器，請求测定它的方向。得到回答以后，测向員就又打开發射机，發出一組規定的無綫电信号。岸上就根据这些信号进行测向。其后，岸

上电台便用無線电將找出的方向通知艦船。

有时，对艦船的測向是在兩地用兩架測向器同时进行的。这时，通知艦船的是确定它的位置的坐标^①。

測定位置的准确度与被測無線电台离無線电測向器的远近有关。准确度随着距离的增加而减小。此外，也可能因無線电波在不同条件下的傳播特点而引起誤差。尽管無線电測向有这些缺点，但是它仍为航海者提供不可估量的便利，帮助他們在离海岸極远的地方进行測向。

5. 無線电——飛行員的向导

無線电有时称为現代航空的“眼睛”。沒有無線电，今日的航空的确是很难想像的。

在苏联一望無际的天空中，每天有飞机起飞作远距离航行。飛行員不得不在各种各样的气候条件下駕駛飞机，有时在沒有方向标的地区上空飞行，有时在云層上或黑夜中飞行。

無線电对于保証安全飞行，意义很大。無線电帮助乘务員不断地跟地面保持联系，甚至帮助他們在不可能应用其他导航仪器的場合下測定方向。

和航海中一样，飞机駕駛中也应用無線电測向器——地面上的和飞机上的。飞机在空中飞行时，飛行員可以用無線电呼叫地面上的測向台，向它查問飞机的方位或坐标，也可以自己來測定这些数据。飛行員根据这些数据，就可以校正飞行的方向，确定繼續飞行所需的航綫。

飞机上应用“音响”無線电測向器很不方便。这种設備只在無線电导航初期的飞机上。以后制成了并开始采用了所謂無

^① 这是兩個数字，根据它可以找出相应的緯度和經度。緯度和經度是画在地图上的一些直綫，用来标志地球上任一点的位置。