



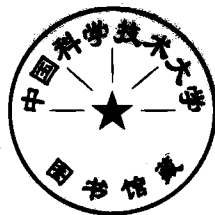
船用无线电 双曲线定位系统

施 林 編譯

人民交通出版社

船用無線電雙曲綫定位系統是戰后最新穎的遠距離無線電導航裝置，日前不論在航海和航空方面都已用得很普遍。它主要地具有三種類型，即遠航儀、扇形無線電指標及相位差式無線電定位系統。因此，本書亦分三章，依次地對它們的基本構造、工作原理、操作方法及正確度等作了詳細的敘述，不過，內容著重於航海方面。

本書可供航務及水產的專業教材用，也可作為航海駕駛人員及無線電技術愛好者參考之用。



統一書號：150 4 · 5122—京

船用無線電雙曲綫定位系統

施 彬編譯

★

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證出字第〇〇六號）

新 華 書 店 發 行

公私合營慈成印刷工廠印刷

★

1957年 11 月北京第一版 1957年 11 月北京第一次印刷

開本：787×1092 $\frac{1}{32}$ 印張：2 $\frac{5}{8}$ 張

全書：70,000 字 印數：1—700 冊

定價（10）0.38 元

目 錄

第一章 無線電远航儀

1. 無線電远航儀的工作原理	3
2. 发射台的布設、構造及分組	9
3. 接收机和測量時差的方法	12
4. 天波的修正	20
5. 远航儀的正確度	25
6. 利用远航儀作導航航行	29
7. 羅輪海圖和羅輪表	29
8. 羅輪表的實用方法	31

第二章 扇形無線電指標

1. 概述	35
2. 點划符號的讀取	37
3. 扇形無線電指標的工作原理	41
4. 扇形無線電指標台的主要技術資料	46
5. 方位的繪畫	49
6. 扇形無線電指標的正確度	52
7. 定位時接收機的實際操作	55

第三章 相位差式無線電定位系統

1. 概述	59
2. 工作原理	61
3. 相位差指示器	65
4. 相位差式定位系統中的電台鍵	68
5. 認識巷數的方法	72
6. 相位差式定位系統的正確度	76
7. 實際操作方法	77
8. 相位差式定位系統的其他應用	82

第一章 無線电远航仪

1. 無線电远航仪的工作原理

無線电远航仪譯名罗輪，除环狀天綫無線电測向器外，它是目前航海中最普遍的無線电定位仪。1938 年苏联工程师雷布金斯基首先建議后，自 1945 年起，差不多在全球四分之三的面积（見图 1）內，都能在夜間用这种系統来測定船位。它的工作原理是利用船上的接收机接收几个特殊海岸电台所发的脉冲訊号，并以其收到的時間的差別来决定船位的。

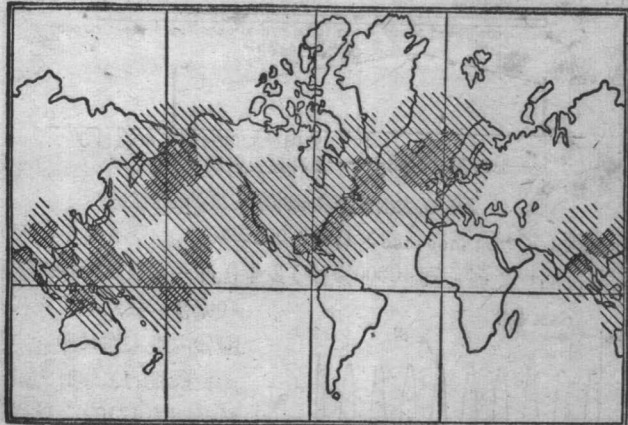


图 1. 1946 年全球無線电远航仪的服务面积
稀斜綫代表夜間的工作地区；交叉綫代表日夜都可以工作的地区。

無線电远航仪的正确度是和海岸发射台与船上接收机間的距离、方向及其他环境有关，和用天文方法所測得的船位作整个比較，其正确度約为收发电台間距离的 0.5% 到 1%。在这种系統中，海岸发射台所包

括的有效区域，日間約 650 浬，夜間可达 1,400 浬。

特制的海图上印有各海岸电台所发的无线电波到达时间的差别所构成的位置綫（常称做罗輪綫），兩条位置綫的交点就是接收机或船的位置。祇要船上接收机处在海岸发射台的有效面积內而沒有很大的干扰和天电时，采用这种方法来决定船位都是可能的，且計算簡便，祇需 1 分到 5 分鐘即可。

远航仪系統中海岸发射机发射一連串短暫的脉冲电波，每一个脉冲的发射時間（常称做脉冲的寬度）祇約 40 微秒（1 微秒等于 $1/10^6$ 秒），每秒內发射的脉冲次数称做脉冲的重复頻率，一般約为 25 或 33 次，至于脉冲的載頻（即脉冲的振盪頻率），則属于中波段范围，約自 1,750 千周到 1,950 千周。例如，一个載頻为 1,900 千周、发射时期为 40 微秒、脉冲重复頻率为 25 的脉冲电波（见图 2），每一个脉冲內包括有

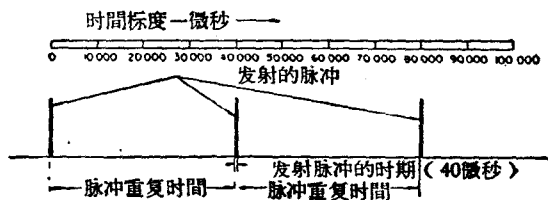


图 2. 脉冲的发射时期和脉冲重复頻率的示意图

76 个振盪周（即 $40/1,000,000 \times 1,900,000 = 76$ ），如图 3 所示。因为这个发射机每隔 $1/25$ 秒（即 40,000 微秒）发射脉冲一次及发射的时期祇为

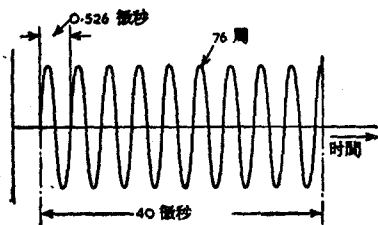
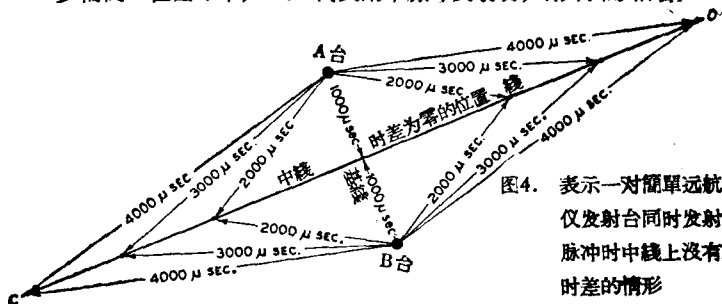


图 3. 远航仪发射台所发 1,900 千周脉冲的分析

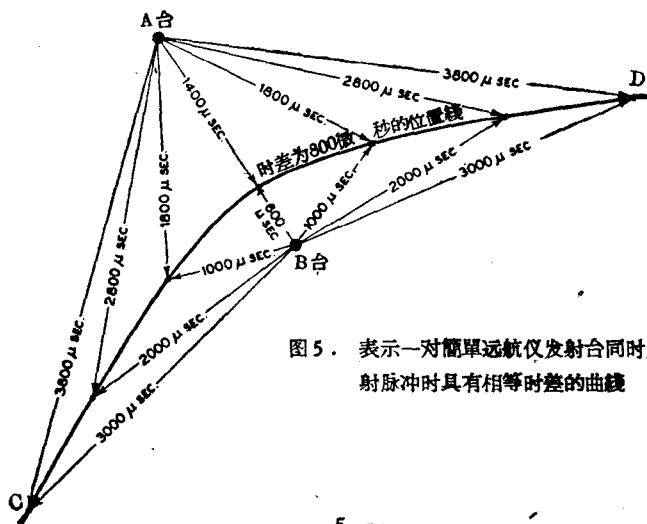
40 微秒，故发射机在 40,000 微秒內祇工作 40 微秒，也就是发射机的工作時間祇占其总時間的 $1/10\%$ 。这样，发射机当然可以大量过载，所以脉冲发射机的輻射输出功率是比同样大小的普通通訊用发射机要大得多。这种输出功率常称做顛值功率。我

們已知無線電波是以每秒300,000公里或每微秒300公尺的等速而傳播，它所走的距離就可以用時間來表示；例如，9公里或 30×300 公尺相當於30微秒。

羅輪綫 在圖4中，A、B代表兩個脈沖發射台，兩台間相距324



裡，相當於2,000微秒。如果A台與B台同時發射脈沖，在中綫上的所有各點都會同時收到兩台的訊號，因為從每一點到A台的距離都和這一點到B台的距離相等。因此，如果我們同時收到兩台的訊號，我們



必处在中綫的任何一点上。如果收到 A 台的訊号在收到 B 台訊号之后 800 微秒，則我們必处在图 5 中的 CD 曲綫上。因此，这条曲綫就是 800 微秒时差的罗輪綫；在該曲綫上的每一点与 A 、 B 兩台間的距离差是恒等的。相当于每一个时差，可以画出很多的这种曲綫，如图 6 所示。在图 6 中，可以看到很多双曲綫，各綫上所注的数字表示以微秒計的时差，图中祇画出以 200 微秒时差而增加的双曲綫。这种双曲綫就組成了整个罗輪綫，它們在地球表面上的形状和位置都經計算而决定，然后印在特制的海图上。

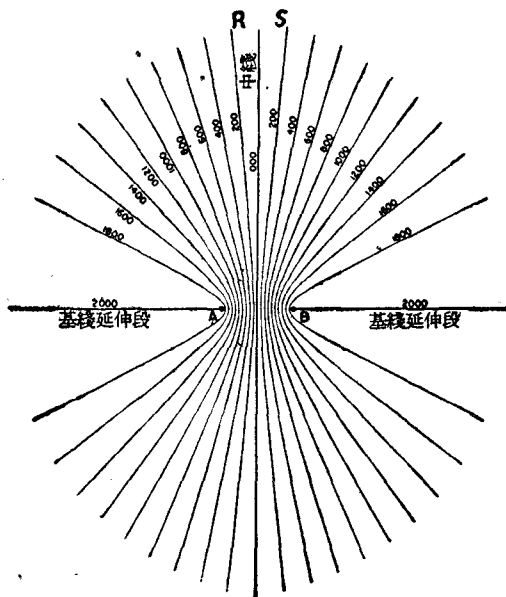


图 6. 表示一对簡單远航仪发射同时发射脉冲时具有各种相等时差的許多位置綫，每一个时差具有两个可能的位置綫

脉冲的区别 如果我們祇測量两个电台所发脉冲間的绝对时差而不分別出究竟那一个脉冲在先那一个在后，由于罗輪綫的对称特性，我們还不能知道是处在中綫的那一边；例如，在图 6 中，我們已測知所收

兩台脉冲的时差是 200 微秒，我們可能在中綫的右边，也可能在中綫的左边。这种情形尤其在中綫附近最易发生。要避免这种錯誤，就要采取如下的措施：將两个海岸电台分为主台 A 与輔台 B，主台 A 先发射脉冲，在每一次輔台 B 收到这个脉冲时，輔台即繼之发射脉冲。如果船在图 7 中的 BC 綫上，两个脉冲將同时到达；而在 AD 綫上，則所测的时差为最大，其值为从主台 A 輻射到輔台 B 的时间再加上輔台 B 到主台 A 的时间。如果接收机在基綫上从 B 点移到 A 点，則测得的时差将会从 B 点处的零值逐渐增加到 A 点处的最大值。按照罗輪綫的定义，在罗輪綫上所有的各点將产生同样的时差。例如。在 FG 曲綫上的每一点，其值是和 E 点处相同。这样，就可以將中綫附近的混

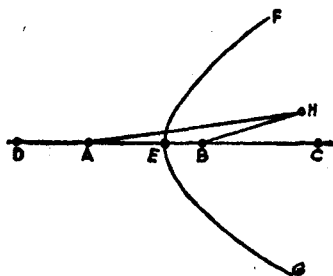


图 7. 脉冲的区别 主台 A 和輔台 B 的发射是这样的定时，使它們所发的脉冲在 BC 綫上同时到达接收机

在 AD 綫上，則所测的时差为最大，其值为从主台 A 輻射到輔台 B 的时间再加上輔台 B 到主台 A 的时间。如果接收机在基綫上从 B 点移到 A 点，則测得的时差将会从 B 点处的零值逐渐增加到 A 点处的最大值。按照罗輪綫的定义，在罗輪綫上所有的各点將产生同样的时差。例如。在 FG 曲綫上的每一点，其值是和 E 点处相同。这样，就可以將中綫附近的混

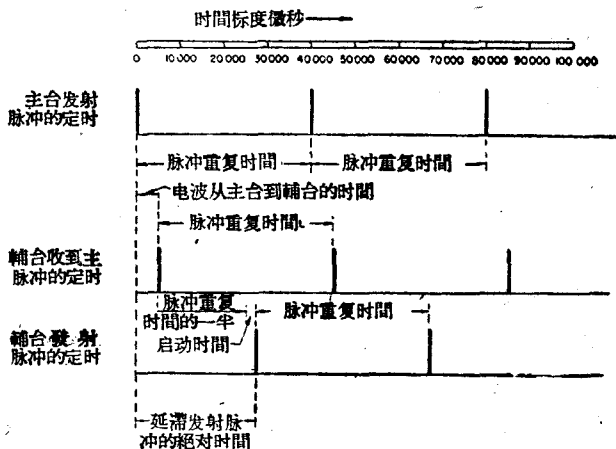


图 8. 一对实际的远航仪发射台中主台和輔台所发脉冲間的时间关系

混淆情形消除掉。

发射台的區別 現在還有一種困難發生，例如，假定你在基綫延伸段 BC 附近的 H 點，由 A 台到達該點的時間是在 B 台到達前 30 微秒。如果脈衝的寬度是 40 微秒，這樣，從 B 台所發的脈衝將會在 A 台所發脈衝未完之前到達 H 點。這兩個脈衝的一部分就重合起來，此時要測量它們的時差就感到困難。將 B 台收到 A 台所發脈衝後開始發射脈衝的時間再延後一些，則船上就可以分別地收到兩台的脈衝，因而就可以測量它們先後的時差。 B 台延緩發射的時間應等於脈衝重復時間的折半再加上 B 台做轉發工作時所需的時間（即 B 台的啟動時間），如圖 8 所示。因此，不論船在何處，其所收主台的脈衝和其次的輔台的脈衝間的時隔必大於輔台脈衝和其次的主台脈衝間的時隔。

這種情形可看圖 9 而更形明了：如果 B 台在收到 A 台的脈衝的同時立即發射脈衝，則除基綫的延伸部分 BC 外，在基綫上每一點處， B 台的脈衝將會在 A 台脈衝的很短時間後收到，見圖 9a ($X < Y$)；但如果 B 台延緩到其脈衝重復時間折半的時候，也就是在收到 A 台脈衝後延緩一些時間後才發射脈衝，則所收 A 台脈衝和 B 台脈衝間的時隔在發射機的有效區域內的所有各點處是比收得 B 台脈衝和其次的 A 台脈衝間的時隔為大，見圖 9b ($X > Y$)。這就是我們以後要講到辨別出主台與輔台脈衝的方法。羅輪綫的形狀仍和圖 6 所示者相同，不過，現在將會看到最小的時差是沿着基綫上

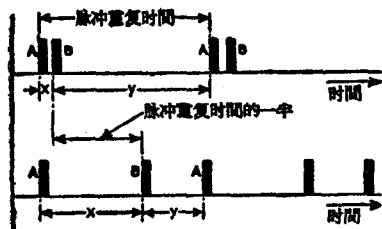


圖 9. (a)(上) B 台收到 A 台所發脈衝時立刻發射脈衝；(b)(下) B 台收到 A 台所發脈衝後延滯到脈衝重復時間的一半時間時才發射脈衝

到最小的時差是沿着基綫上 B 台以外一段延伸部分，如圖 10 所示。圖中基綫延伸段 BC 上所注 1,000 數字就是 B 台延緩的時間（以微秒為單位）。圖中沒有時差相等的兩條曲綫，圖 6 中的混淆情形就因而消除。

輔台延緩的時間必須正確而穩定（在 90% 的時間內，同步的正確度應為 ± 2

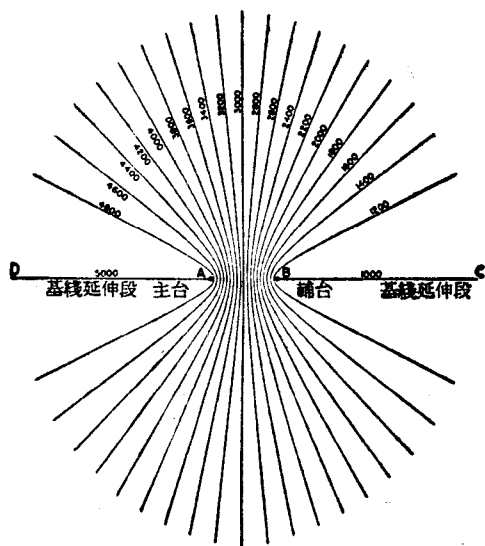


图10. 一对实际的远航仪发射台所构成的许多位置线

微秒)。如所延的时间有所变动，时差线也要跟着变动。若辅台的启动时间有变更时，必须通知有关船只，以便航海人员对测得的所有读数加以适当的修正，才可以采用同样的罗翰海图。

2. 发射台的布置、构造及分组

主台与辅台间的距离通常为 200 到 400 浬。要测定船位，必须有两对电台，但由于地理条件的限制，在某些地区可能祇有一对电台。

在图 11 中，主台发出两组重复频率不同的脉冲。 Q 和 R 都是 P 的辅台， Q 台响应 P 的一组脉冲， R 台响应其另一组。所以 P 台可认为双脉冲式主台。有时三个以上的电台(称做电台链)，除其中的末端二台外，其他都是双脉冲式，也就是它们轮流地发出两组重复频率不同的脉冲。

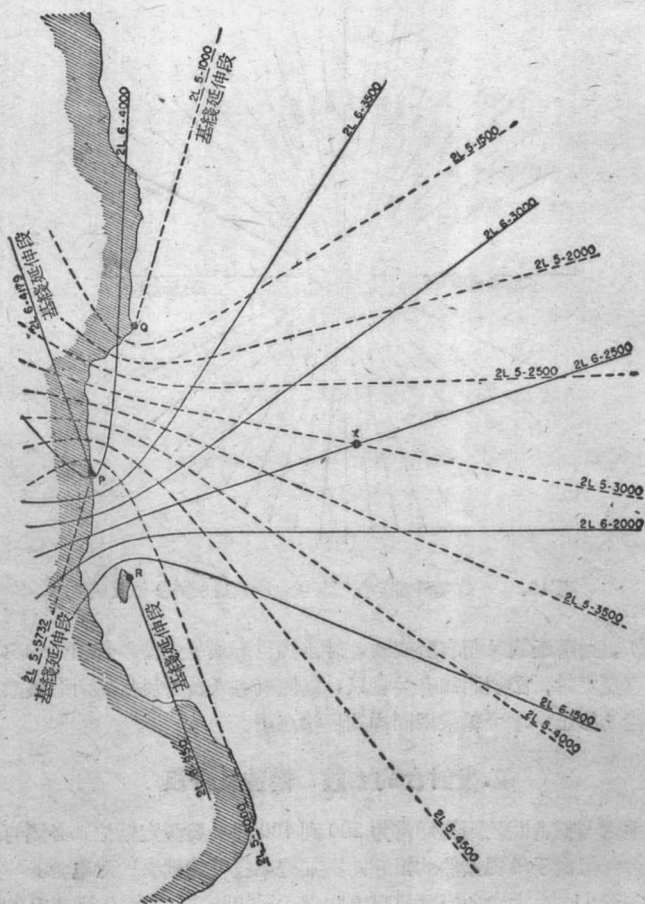


图11. 利用两对远航仪发射台所构成的两组位置线来决定船位
 P是两对电台共同的双脉冲式主台；Q和R是辅台，注有2L5的位置线是由P—Q构成，注有2L6的位置线是由P—R构成。

电台键这个名称有时也用来指明某一个指定地区内所有的双脉冲式或其他型式的远航仪海岸电台。

发射机的构造 图12示一个典型的双脉冲式远航仪海岸主台的发射机的方框图。定时器是以50千周或100千周晶体控制的振荡器降低到25及33%周两种很精确的脉冲重复频率而构成。将这种定时脉冲触发一只激发器而产生40微秒的脉冲来调制着发射机。发射机是一个钹栅调谐推挽式自激振荡器，普通有三种波段：段1，1,950千周；段2，1,850千周；段3，1,900千周。调制方法则采用阴极调制式。主台发射机使两个辅台发出同一载频及不同脉冲重复频率的脉冲。其同步方法是用二个定时器、二个激发器及一个混合调制器所构成。发射机的额定输出功率约100千瓦。发射天线为直立式，长度约40公尺，并有T式天线一付，作为第一个天线被大风吹毁时的备用天线。

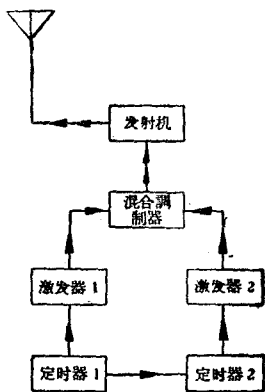


图12. 典型双脉冲式主台的发射机的方框图

至于辅台的发射机，大体上和主台相似，但须另备有特制的接收机和延时设备，以接收主台所发的讯号，并在相当时间后，以所收的讯号来触发它而发射脉冲。

电台的分组 远航仪海岸发射台并没有呼号，如前所述，每一键电台所发的载频是相同的，不过，脉冲的重复频率不同而已。所以各台所发的脉冲，船上的接收机都可以收到，但祇有和接收机上指示器所用的拂掠频率相同的脉冲才会在指示器光幕上产生固定的影子，其他重复频率不相同的脉冲，即使有些微小的不同，在光幕上就会产生左右移动的光迹，所以很容易加以辨别和消除的。

用同一载频的海岸发射台是以其所用的脉冲重复频率而分组的。脉冲重复频率有高低二种，高的用H来代表，低的用L来代表。高低二种中又分为八个频率，如下表所列：

名 称	脉冲重复频率	脉冲重复时间
I_0	25	40,000
I_1	25%	39,900
I_2	25%	39,800
I_3	25%	39,700
I_4	25%	39,600
I_5	25%	39,500
I_6	25%	39,400
I_7	25%	39,300
H_0	33%	30,000
H_1	33%	29,900
H_2	33%	29,800
H_3	33%	29,700
H_4	33%	29,600
H_5	33%	29,500
H_6	34	29,400
H_7	34%	29,300

因此，远航仪海岸电台及海图上的罗輪綫是常以如下的方法来分别的；

例如，2L5~4039罗輪綫的意义为：該对电台所用的波段为2（1,850千周），脉冲重复频率为25%，时差为4,039微秒。

3. 接收机和測量时差的方法

船上所用的远航仪接收机基本上是和普通的收音机一样，不过，用一个阴极射綫示波器来代替揚声器罢了。用了这种示波器就可以很正确地測量出以微秒为單位的发自两个海岸电台的脉冲間的时差。

接收机 图13示远航仪中普通船用接收机的方框图。它主要是由一只中波段轉鈕式接收机和指示器合并而成。它所用的接收天綫为15到20公尺的直立式天綫。接收机有三个中频（1,050千周）放大級，頻率宽度为50到60千周，以便通过40微秒的脉冲，并有一級視頻輸出級，將它的輸出加到阴极射綫管的垂直偏轉鈕上，使光幕上的电子注产生垂直偏轉。要确保最远距离的接收，它应该有足够的灵敏度，俾使10微

伏的訊号能在指示器光幕上产生全偏轉。

100 千周晶体控制振盪器經分頻器几次分頻后，产生如下的三种作用：（1）用以供給精确到 ± 1 微秒的时间标注；（2）产生和所收发台脉冲重复频率相等的拂掠频率电压，将它加到阴极射线管的水平偏轉板上，使电子注在光幕上产生横向运动，而形成了精确到 1 微秒的时基綫；（3）控制矩形波振盪器。

为容易比較所收主輔台脉冲間的时差計，时基綫的显示方式是由光幕上兩条并行的拂掠光跡所組成，一条为主台脉冲之用，另一条为輔台脉冲之用（见图15）。在光幕上要分別列出相同載頻、不相同脉冲重复频率的訊号，指示器必須备有高低 16 种不同的拂掠频率来配合海岸发射台的脉冲重复频率。这样，才可以祇使一对发射台发生同步作用，而其他不需要的脉冲繼續地在光幕上移动，不与固定的一对脉冲发生干扰。这种不同频率的拂掠是由晶体振盪器的 100 千周經多次分頻而获得，例如，所需的拂掠频率为 25 周，則应该將晶体振盪器的 100 千周分成 4,000 次，如需要的是 33 $\frac{1}{3}$ 周，則应將它分成 3,000 次。每一分頻級的分頻系数，前者为 5、2、5、5、4、2、2，而后者为 5、2、5、5、3、2、2。

由于接收机和主輔台間的距离不同，以致所收得的脉冲强度也有不同，为便于測量时差計，应该在接收机上，用人工调节的幅度平衡控制器，將它們放得一样大。平幅的作用是由矩形波振盪器所生的交变电压和拂掠电压同步地加到接收机的中頻放大級而获得。

兩条时基綫上面各加一个凸出的方框（见图 16 A），上面一条时基綫上的方框是固定在最左端，下面一条时基綫上的方框則可以自由移

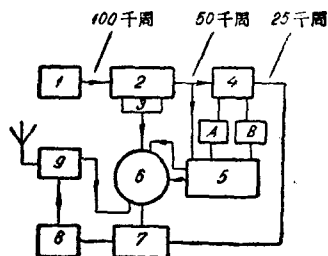


图13 远航仪接收机的方框图

- 1-晶体控制振盪器； 2-分頻器；
- 3-时间标注器； 4-矩形波振盪器；
- 5-脉冲底座及拂掠发生器； 6-阴极射线示波器；
- 7-幅度平衡控制器； 8-拂掠的垂直偏轉器； 9-接收机

勁。這兩個凸出的方框稱做脈沖底座，它們也是由矩形波振盪器所控制的脈沖底座發生器所產生，專為放置所取得的主輔台脈沖之用，其目的也是為了容易測量它們的時差而設計的。

在新穎的接收機上，尚有一種用延時控制器連同一只被其拖動的微秒計時器，使主輔兩台的兩脈沖完全重合來讀取時差的（它的工作原理以後就要講到）。這種測量時差的方法比直接用肉眼來讀取兩脈沖間的時差要方便而正確。

光跡的形成 陰極射綫管上的時基光點在這裡是跟着 1-2-3-4 的途徑而拂掠的（如图 14 所示）；因此，就產生兩條時基綫。迴返的光跡

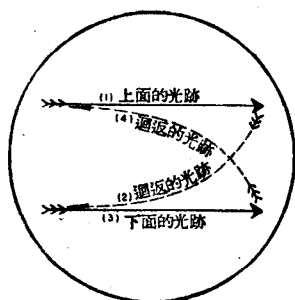


图14 图示阴极射线管光幕上光跡形成的情形

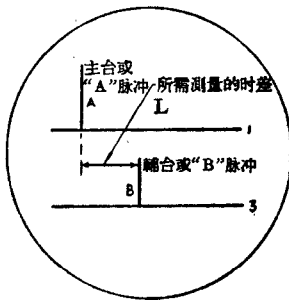


图15 所收主輔合脈沖显現在阴极射线管光幕上的簡單圖型

2 和 4 比時基的光跡 1 和 3 走得極快，這樣高的速率我們已經不容易看出。更因在光跡 2 和 4 的拂掠時期，使陰極射綫管的柵偏電壓為負，所以這種綫條竟能做到完全看不出。將所收的脈沖加以放大和檢波後，加到陰極射綫管的垂直偏轉板上，光跡就產生垂直的偏轉。由於脈沖的期間甚短，在光幕時基綫上所看到的是一條直綫。脈沖的強度愈大，此綫的高度也愈高。這種垂直綫的位置全由脈沖加到陰極射綫管時光點在光幕上那一處而定。

拂掠頻率 拂掠頻率是指每秒內有幾個這種 1 到 4 的周數而言。如果使這個拂掠頻率和每秒內到達的脈沖數（即脈沖重複頻率）相等，光跡在 1 到 4 的拂掠時期就等於脈沖的重複時間。自一個電台繼續而來的

脉冲在光幕上是同一位置出现，看起来好象一个固定的影子。

如果拂掠频率和脉冲的重复频率間稍有差别，脉冲在光幕上的位置将向左方或右方移动，最远到时基綫的一端，其后的脉冲将显現在第二条光跡的另一端。当来自主台的脉冲 A 在上面一条光跡 1 上，則来自輔台的脉冲 B 应该显現在下面一条光跡 3 上，位于 A 的右面（见图 15）。輔台至少要等到脉冲重复時間的一半时候才发射它的脉冲，在这个时期，光幕上的 B 的光点已从 1 移到 3 而在 A 的右面。

光幕上脉冲的定位 当你开启接收机时，光幕上的脉冲位置并不一定在这种位置上，將接收机上裝有的“左—右”开关扳动，可使拂掠频率暂时稍为变动，因而可使兩脉冲作左右的移动。用这个开关的目的是要使两个脉冲沿着时基綫移动到 A 在上面一条时基綫的左端。如果 A 首先出现在下面一条时基綫上，我們就可以操縱这个开关，使它們移到正确的位置上。当 A 在下面一条时基綫上时， B 将会出现在上面一条时基綫上的 A 的右面，这是因为在 B 跟着 A 的时隔常比其重复时期为大，而在这个期間，其中一条时基綫已經描成之故。

这样做之后，你就可以确认那一个脉冲是由主台所发而那一个是由輔台所发。 B 有时可能在一时基綫上显現在 A 的左面，这是由于它們間的时隔（这是图 9b 中的 Y ）比描出其中一条时基綫的时间为短所致。

时差的測量 用了阴极射綫管，我們就可以測量 A 脉冲和 B 脉冲間所經過的时间。在測量时，就可以不管其 B 台所延的时间（即 $\frac{1}{2} \times$ 脉冲重复時間），直接量出 A 脉冲到 B 脉冲間的水平距离，因为此时可以將加在輔台上的所延时间抵消而祇取其兩者相差的較小数值。

將这个距离（即图 15 中的 L ）与已知为等于脉冲重复時間的时基綫的总长度相比，是不甚正确的。例如， L 是这个距离的长度，其值为总长度 $(1+3)$ 的 $\frac{1}{4}$ ，則所量的时间便是脉冲重复時間的 $\frac{1}{4}$ ，因为后者为已知，前者就可以計算出来。不过，从 2 到 4 所走的时间沒有將它計算在內，故此法不甚正确。

脉冲的移位方法 为了上述理由，应采取如下的方法：和前述的方法一样，使拂掠频率等于脉冲的重复频率，运用“左—右”开关，將兩脉冲移动，直到 A 脉冲放在上面一条时基綫上左端的脉冲底座（见图 16A）