

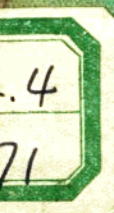
1471



陶 考 德 編著

初 級 無 綫 電 操 縱 模 型 飛 機

人 民 體 育 出 版 社



目 录

第一章	緒論	1
第二章	發射机	3
第三章	接收机	27
第四章	繼电器	40
第五章	随动器	51
第六章	模型	61
第七章	調整、試飞与操縱技术	77

第一章 緒 論

一般的模型飞机可分为两大类。第一类是自由飞行的：如牵引模型滑翔机、橡筋模型飞机、活塞式自由飞模型飞机等，这类模型在离手后只能听其自然、或东或西或高或低的飞行，无法控制；第二类是线操纵圆周飞行的：包括竞速和特技等，它们可以有一个升降的操纵，但飞行路线不超出以操纵者为中心的圆圈。

自由飞是太自由了，它往往飞到树上或撞到建筑物上去；我们希望模型留空时间长一些，但它自己不争气偏又飞到下降气流里去；更恼人的是往往飞出视线，逃之夭夭。线操纵呢？虽然有一个升降舵可以操纵，但被操纵线牵住了永远也飞不出这个圆圈圈！

假如做一架模型能象真飞机或真滑翔机一样由人“駕駛”着飞行，这有多妙！但模型总是模型，怎能坐人呢？能不能把模型的駕駛系統搬下来，在地面上駕駛它飞行呢？方法是有的，这就是无线电操纵模型飞机。

什么是无线电操纵模型飞机呢？现在常常听到无线电操纵火箭或导弹等名词，联系起来看，容易对无线电操纵模型飞机望而生畏，不敢去研究。其实，它们的基本原理虽然一样，但是无线电操纵模型飞机却要简单不知多少倍。本书谈到的都是一般的智力、财力、物力能够达到的，尽可不必有

任何顧慮。

所謂無線電操縱模型飛機，就是利用電磁波能夠超越空間傳送訊號的特性，在地面設置操縱系統操縱模型飛行，起飛和降落，左轉和右轉，爬升和俯沖，甚至做特技飛行等等。

無線電操縱模型飛機的種類很多，可以用無線電來操縱模型滑翔機找尋上升氣流，增加留空時間；可以操縱模型飛機作一般飛行或特技飛行；可以操縱直線竞速模型飛機以達到直線飛行的目的；也可以操縱裝有小動力的模型滑翔機，創造續航時間紀錄等等。由於模型種類的不同和要求的飛行姿態不同，無線電操縱設備也有低級和高級的分別。一般以真空管數量、操縱的“擋數”和“隨動機構”類型來區分。本書談到的只限於初級形式的一種，稱為單管一擋操縱器機構無線電操縱設備（指接收機而言），下面的敘述都以這種型式作為一般性討論的例子。

一架無線電操縱模型飛機可分為三個組成部份：①模型本身；②動力裝置；③操縱設備。關於模型和動力設備留在下面討論，本節先敘述操縱設備的組成。

操縱設備可大致分為安裝在地面的發射機和安裝在模型上的接收機兩大部分，無線電訊號收發過程可由下頁示意圖表示：

安裝在地面的發射機由兩組電源供給電能工作，操縱者通過操縱器控制發射機發射情況。發射機所產生的電磁波由天線輻射。

安裝在模型上的接收機由天線收受到來自地面發射機的訊號，經過接收機檢波和放大後變成一個電流的變化。這

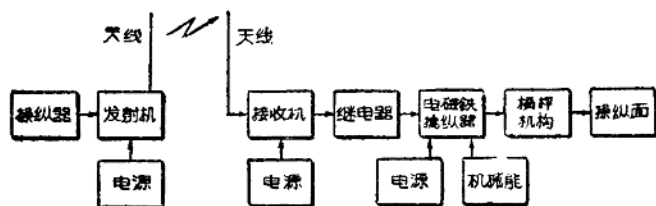


圖1 無線電操縱系統示意圖

个电流的变化能使繼电器工作，來打开或切断另一組電池，使电磁鉄擒縱器工作，最后由擒縱器帶动一套杠杆机构操縱模型的操縱面，使模型產生左轉或右轉等飞行姿态。

下面就來討論上述各个組成部件的構造、原理和制作方法。

第二章 发 射 机

世界上普通采用的無線電操縱模型用波段有：短波11公尺（27兆周）波段和超短波5.5公尺（54兆周）波段兩種。這兩种波段都是供業余爱好者試驗的“業余波段”。我們應該遵守国际無線電章程和国家法令，一定要在業余波段範圍之內工作。現在也有使用更短的波長如465兆周等波段工作的，但因零件的購置和裝置都比較困难，故采用的很少。周率过高时，引起裝置上很多麻煩，所以本書只討論27兆周的一种。

業余發射机的功率因輸出輻射功率測量不便，所以限制發射机的輸入电功率在5瓦以下。例如一發射机的高压是200伏，而电流是25毫安，則它的輸入功率是5瓦。事实上，

輸入5瓦的發射機，在無線電操縱模型應用上已是大電力的了，一般只有2—3瓦。發射機的效率是非常低的，假如能達到15%的效率，已算是裝得非常成功的機器。這樣，一架輸入功率2瓦的發射機的輻射功率不過0.3瓦，但只要接收機靈敏，已經可以達到操縱模型飛機（其他模型，如艦船、汽車等需要控制的距離比較短）的目的，所以不必要裝置大電力的發射機。

為防止壞分子利用，公安局對發射機的試驗是管制的。我們必須與當地國防體育協會或其他有關單位聯繫並取得公安局的允許後方可安裝和試驗，務必要求遵守國家的法令。

作為無線電操縱用的發射機可分四個部份：

- 一、振盪器：用以產生高周率電流的元件；
- 二、輻射裝置：傳輸綫及天綫等，用以將高周率電能輻射出去；
- 三、操縱裝置：控制高周率電能的輻射情況；
- 四、電源：電能供應。

下面介紹幾個成功的發射機綫路，通過它們可以了解上述四個部份，再根據自己不同的情況裝置一台切實可行而效果良好的發射機。

一、振盪器裝置

圖2是一個三點式的振盪綫路，比一架普通的單管再生式還要簡單。

振盪頻率是27兆周，可由 L_1 和 C_1 配合得到。振盪綫圈 L_1 ：用18號漆包綫或裸銅綫繞8圈，繞到第2圈處抽頭，綫

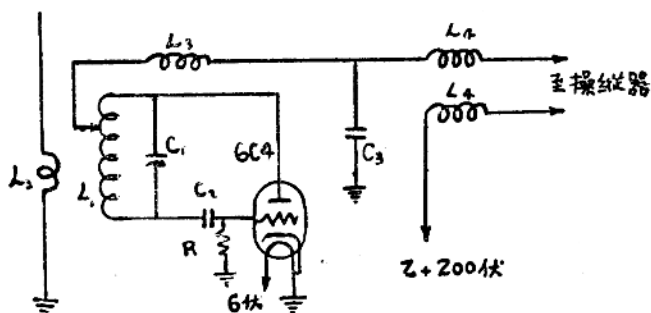


圖 2 三点式振盪線路

圈直徑27公厘，空氣芯，不需要綫圈管，間繞（在一圈與另一圈之間有一間隙）距離約兩倍銅綫的直徑。制作時可先找一個直徑約24公厘的圓柱體作芯子，把長約70多公分的18號銅綫的一端夾在台虎鉗上，然後從另一端開始慢慢地卷繞在芯子上，繞時要注意銅綫平正。先是密繞，即圈與圈之間不留間隙，取下後再把它拉長到25公厘，象一個彈簧的形狀。由於銅綫有彈性，繞好後的綫圈將比原來芯子的直徑增大，剛巧達到我們要求的27公厘直徑。再將綫圈安裝在一塊膠木板或者有機玻璃上（見圖3）。在綫圈兩頭和中心抽頭穿過膠木板的地方，可裝上幾個空心鉚釘（或者鞋釘），鉚牢在膠木板上，然後將綫圈焊牢到鉚釘上，就非常穩固。

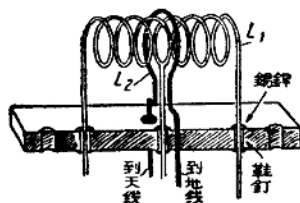


圖 3 振盪綫圈的安裝法

中心抽頭是可以移動

的，若直接接在電子管屏極上，將使振盪加強。

振盪電容器 C_1 是 3—30 微微法拉的半調整空氣介或陶瓷介的，如图 4 所示几种都可以用，要求是体积小而調節精細。图中右上角——空氣介質；左下角——陶瓷介質；左上角——蜂房式（这种电容器很有趣，是由兩組不同直徑的同心圓柱形导体構成，彼此一个鑲着一个，体积小巧而調節精細，值得采用。原來用在多波段收音机的波段選擇器上，因为七、八个排列成蜂房的样子，所以称做蜂房式）；右下角——云母介質，即普通超外差式收音机用的半調整電容器，市上最易購到，容量是 5—50 微微法。

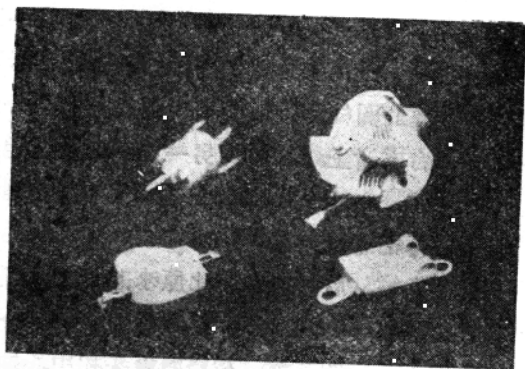


圖 4 各种形式調整電容可用作發射机振盪電容

C_2 是柵極電容，可用 100 微微法的云母介或瓷介固定電容器。柵漏電阻 R_1 ，1 瓦 5K—10K，阻值視电子管特性而不同，用 6C4、9002 等管時可用 $5K\Omega$ ；用 1S4 或 3S4 時可用 $10K\Omega$ 。

旁路電容器 C_3 ，0.002 微法紙質固定電容器。 L_3 是高周率扼制線圈，可用 30 号漆包線在直徑 6 公厘的管子上密繞 50

圈。介紹一个簡便的方法，找一个直徑約5—6公厘的阻值1兆欧以上的1瓦电阻，照上法繞制在这电阻上，綫圈的兩個头就焊接在这电阻的兩接綫头上。

L_4 是开关高扼圈，因为接到操縱器的是相当長的导綫，为防止人体感应，必須用兩個高扼圈阻止其流通。而且兩個綫圈是緊密繞在一起的，还可以有一个电容的作用，讓高周率电流旁路跑过。可照图5的方法繞制。用28号絲包綫各繞50圈，直徑15公厘。如果用漆包綫繞，就不能再用图5的方法，因为漆包綫的絕緣在高压下并不可靠，所以必須先繞一个綫圈，上面墊一層腊紙，再繞第二个綫圈，效果一样。

底板尺寸如图6所示。可用1.5公厘的鋁鈹制成，底板不要太薄，否則会因剛性不够，零件的相互距离將因震动而發生微小变动，影响振盪周率的稳定。如果有合适的膠木板或有机玻璃，則制造將更方便。振盪綫圈架子也可省去，而將綫圈直接安裝在底板上。



圖5 两个开关高扼圈并繞在一个管子上

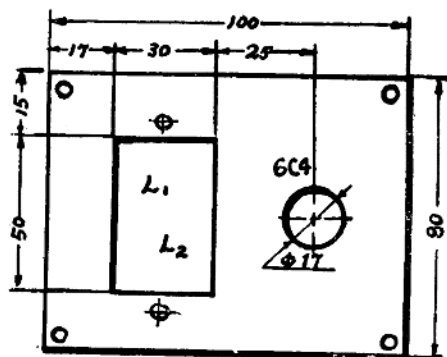


圖6 硬鋁制發射机底板

接綫时應該特別小心，因为这是27兆周的高頻綫路，已經接近超短波范围了，所以处处要注意高周率电流的损失。支架等絕緣要良好，导綫与导綫之間，导綫与底板之間不要靠得太近，避免感应。接綫要簡潔并尽可能的短，柵容到真空管柵極的一段則更加要求短些。接綫最好用粗一点的，以增加剛性。焊头要光滑。

二、振盪器工作原理

图2所示綫路跟普通單管再生式收音机有些相象，不过这里沒有一个独立的再生綫圈，但是我們不妨这样看：振盪綫圈的抽头T把它分成兩部分，上部称为屏圈，下部称为柵圈。毫无疑問，这两个綫圈是互相感应的，正相当于再生式收音机里的再生綫圈和諧振綫圈感应一样，这种感应我們称做回授。

我們知道：柵極的电位是可以影响屏流的，图7的电子管柵位——屏流特性曲綫表示了它們的关系，柵电位低时屏極电流小，柵电位高时屏流大。

知道了这些就可以說明它是怎样会起振盪的：

(1) 接通灯絲电源，由于灯絲电子流向柵極，使柵極偏負。

(2) 絲極（或阴極）电子流也流向屏極，屏流 i_p 由小而大，此电流流經屏圈时由于回授作用柵圈得感应电压，柵电位 e_g 由負而漸趨正。

(3) 到一定值时屏流停止增加，磁力綫沒有变化，就无回授，柵圈得不到感应电压，电容器 C_2 就乘机放电，而使

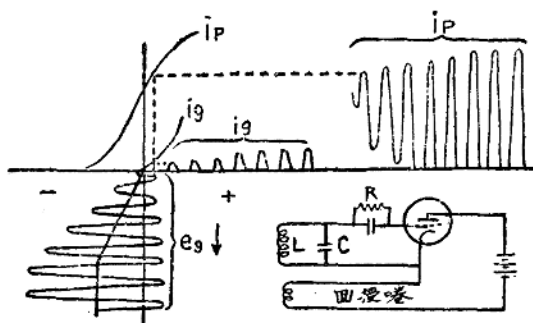


圖 7 电子管的栅位一屏流特性曲线

栅位再次变负。

(4) 当栅电位由零到负时 i_p 亦趋小，栅圈得反向电压，栅电位又渐趋正。

(5) 栅极趋正时屏流趋大，又重复上述各步骤。

就这样，在由 L_1 和 C_1 组成的振荡回路两端，经常得到一个高频电压的激发，引起这个振荡回路的振荡，而振荡频率大致由电容与电感的数值决定：电感（由圈数、直径、介质决定）和电容大，则周率低；反之周率高。

三、天 线

振荡器所产生的高周率电能，是由天线辐射出去的。天线是发射机上一个很重要的零件，构造非常简单，仅是一根导线或一根金属棒，但是必须与振荡频率发生共振，才能有效地将高周电能输送到天线上辐射出去。

要將上述振盪回路內的高周電能設法輸送到天綫上，就要使天綫的長度與波長成為簡單的倍數關係，譬如說天綫長是波長的 $\frac{1}{4}$ 倍、 $\frac{1}{2}$ 倍、 $\frac{3}{4}$ 倍或者等於波長，甚至2倍於波長，則天綫導體內就產生了高周率共振電流。一個導體內有高周率電流時就能够在空間激發起電磁波，向四周播送出去。

無線電操縱模型發射機用天綫的要求有二：第一，天綫的最強輻射場與模型行駛區域符合；第二，天綫容易裝拆，攜帶方便。

一般使用的天綫有兩種：見圖8右是 $\frac{1}{4}$ （四分之一波長）垂直天綫；圖8左是 $\frac{1}{2}$ （半波長）水平天綫。

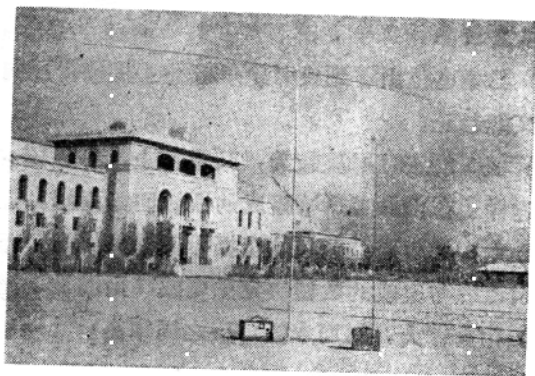


圖 8

$\frac{1}{4}$ 天綫的長度約等於波長的 $\frac{1}{4}$ ，理論上講應該比 $\frac{1}{4}$ 波長短一点点，但是既然我們發射機的頻率到底多少並不是十分精確的，也就不講究這些了。粗略的講，27兆周時的天綫長度約2.7公尺，由下式計算而得：

$$\text{波長} = \frac{\text{光速}}{\text{頻率}}$$

$$\lambda = \frac{300,000,000}{27,000,000}$$

$$= 11.11 \text{公尺}$$

所以 $\frac{1}{4} \lambda = 2.77 \text{公尺}$

天綫的構造比較簡單，有一種是用鉛筆一樣粗細的几根鋁管象釣魚竿一樣接起來的，但是這種形式並不十分理想，因為天綫的長度無法調整。另一種是可伸縮式的，由八、九節不同直徑鍍鋅的黃銅管一支套在一支外面，象照象用三腳架一樣，拉出來就是一支很長的天綫了，這種天綫攜帶方便還可以調節長度。

$\frac{1}{4}$ 波長天綫與地面垂直，指向天空，所以要由剛性好的導体制成，但是如果找不到上述兩種天綫，這裡介紹一種簡單的方法，如图9，要注意到竹竿不是良好的絕緣體，其上端必須用絕緣子，而且竹竿要與股綫保持一定距離。為防止在風中搖動和拉緊股綫，上端可用橡筋吊住。

$\frac{1}{4}$ 波長天綫在導綫底端饋電（把高周電能輸送到天綫上去的意思），见图9天綫竿底端由一短段導綫直接連到天綫耦合綫圈的一端，另一端則接地綫。

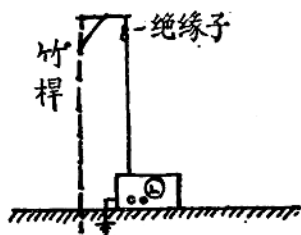


圖9 用竹竿支架一根導綫作天綫

$\frac{1}{2}$ 波長的水平天綫见图10，由水平方向長度相等的兩段導綫組成，中間用絕緣子分隔，兩端兩絕緣子間的距離是

全，假使是27兆周則長度約5.4公尺。必須注意，这个距离不是指兩段導綫長度之和，而是指導綫一端至另一導綫他端的長度，所以应包括中間絕緣子分隔的距离。由天綫中間饋电，所以要用饋电綫（用以饋送高周率電能的導綫，其实也是天綫的一部分）。由天綫偶合綫圈的兩端經過饋电綫連至天綫中間兩端。这样就不要再接地綫了，天綫由兩個電極組

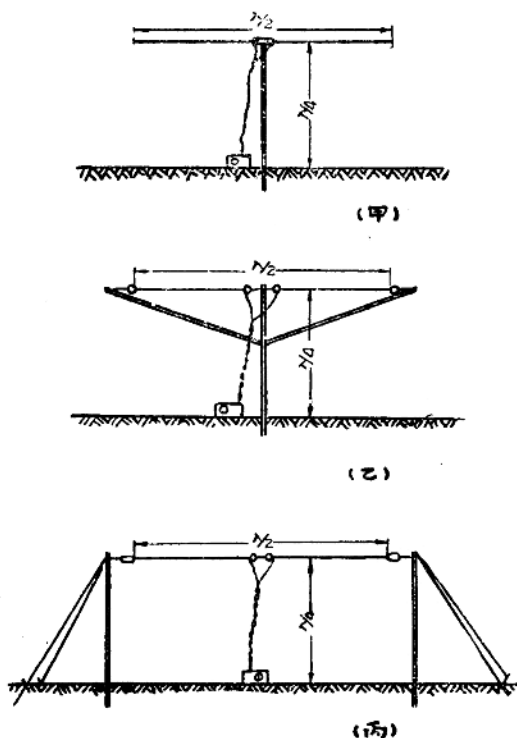


圖10 几种 $\frac{1}{2}$ 波長水平天綫的支架方法

成，所以又称“偶極子”式。

今天綫水平部份与地面的距离也是有限制的，这是由于饋电綫参加共振和地面反射的緣故。一般天綫高度等于 $\frac{1}{4}$ 波長或 $\frac{3}{4}$ 波長，但由于后者太高裝置不便加上其他的原因，通常在27兆周波段都采用 $\frac{1}{4}$ 波長高的半波長天綫。

当然，半波長水平天綫的構造較為复杂，图10所示为几种構造形式。（甲）是左右兩支剛性的金屬杆，如果可以伸縮的則更好。中間支架要絕緣良好，可設法用厚膠木板制成；（乙）由兩根电綫張在木制或竹制架子上；（丙）法可防止在风力影响下搖摆。

所有饋电綫可用同心电綫，外面所包金屬网和中間芯子作兩支导綫，但如果同心綫的分隔物絕緣不佳則寧可用其他形式的导綫。用兩根塑料包的股綫絞合在一起效果一样良好。必須注意到饋电綫的兩支导綫長度应完全相同，否則因无法平衡而引起射电損失。

如將上述兩種天綫比較，各有利弊： $\frac{1}{4}$ 波長天綫輕便；半波長天綫使用不便，这是一方面。另外，我們還要討論它們电磁波輻射場分布情况。

各种天綫都有它輻射最強的一个区域，图11中甲乙兩图为 π 和 $\frac{\pi}{2}$ 兩種天綫的輻射場強度分布情况的比較。叶狀的图形表示以天綫为軸綫的一个环狀区域，在这个区域内电磁場最強。可以看出不論那种天綫，都在天綫末梢指向兩边处电磁場最弱。其实它們的基本情况是相象的，我們可以这样看， $\frac{\pi}{2}$ 垂直天綫就好比將 π 水平天綫豎了起來，而另半支 π 長的导体插在地下（称做假想反射天綫），所以我們插了一支地

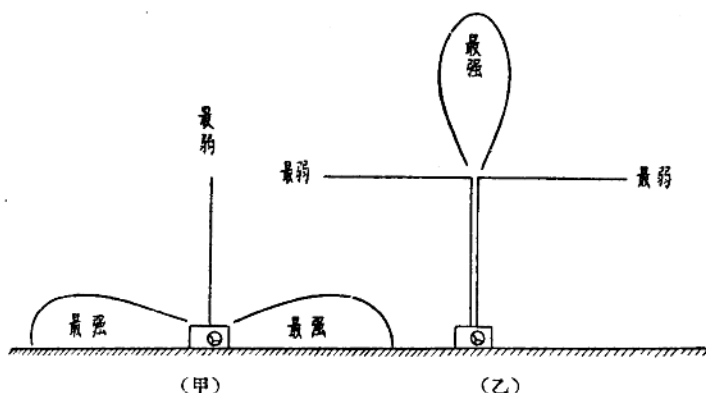


圖11 全和全天綫的輻射場強度比較

綫，它的饋電綫長度等于零。可以理解到它們的電磁場強度分布情況對於天綫相對位置來說基本上是一樣的，但是由於天綫的指向不同，電磁場在空中的分布也不同了。

全垂直天綫的電磁波在沿地面方向較強；全水平天綫則在天綫中間而與天綫垂直的那個平面內最強。因為模型飛機要在天上飛，用全水平天綫較為相宜；對其他在地面或水面行駛的模型來說，用全垂直天綫較為相宜。

再從另外一個角度看：由於在接收機天綫和發射機天綫平行時它的靈敏度最高。在模型飛機上接收機天綫一般是裝成水平的，所以全水平發射天綫較為相宜；在航海模型上，可以裝置桅式天綫，所以全垂直發射天綫較為相宜。

不過，為了裝置方便，一般都採用垂直天綫，即使操縱模型飛機時，採用水平天綫的也比較少。

天綫和振盪回路的交聯是由天綫綫圈 L_2 和振盪綫圈 L_1

偶合而完成。前面已經說過了，這是最簡單的交通方法。 L_1 只一圈，也可繞 $1\frac{1}{4}$ 圈，用粗一點的銅線如18號彎成一個環，懸空套在振盪線圈中部。線圈設法固定在底板上，見圖12。

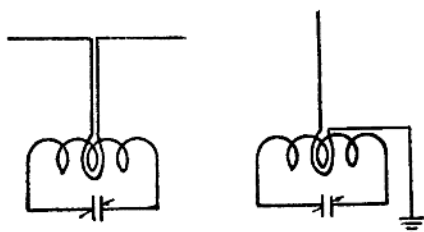


圖12 天綫和振盪回路的交聯

接地綫時，只須用一鉄棒或長螺絲刀插入地中即行。假如機箱是金屬的，而且地面有青草或較潮濕，那末就不須再接地綫了。

四、操縱器和电源

在現在介紹的發射機上，所謂操縱器只是一個開關，通過它將屏回路接通或者切斷，而發射機就有發射27兆周的电磁波和不發射电磁波的兩種情况。模型上接收机的任务就是要在發射機由一種情况轉換到另一種情况時使操縱面產生一個動作，在接收機一章中再詳細說明。

這個開關沒有嚴格要求，掀扭式的微動開關（圖13）很合適，因為接觸點電阻小，接觸時速度很快，可以避免火花。選擇開關時最好挑能由一隻手完成操縱的，普通收音機用小開關就不大方便了。注意開關接頭不要與人體相接觸，否則要觸電的，而且由於人體感應還影響振盪器頻率穩定。