



无线电遥控模型飞机

印保雄編著·人民邮电出版社出版

無線电遙控模型飞机

印保雄 編著

人民邮电出版社

無線电遙控模型飞机

編著者：印 保 雄
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 市 印 刷 一 厂
發行者：新 華 書 店

开本787×1092 1/32 1959年7月北京第一版
印張4 頁數64 1959年7月北京第一次印刷
印刷字數93,000字 冊數1—5,500冊

統一書号：15045·总868—無282

定价：(9)0.43元

目 录

第一章 緒言	1
第二章 無綫电發送設備	6
第三章 接收机	33
第四章 天綫与饋綫	63
第五章 执行机构及其电路	81
第六章 电源設備	104
第七章 模型飞机的構造	110
附 表 無綫电遙控模型飞机常用的翼型	122

第一章 緒 言

§ 1-1 模型飞机的分类

模型飞机分类方法有許多种，根据对它飞行过程的控制方式来分，大致可分为三类。

第一类：用鋼絲操縱，这时只操縱它的升降舵。这样模型飞机就只能圍繞操縱者为中心，以鋼絲長为半徑的一个半球面上作花式飞行动作，模型飞机的特技飞行就是如此。鋼絲的長度不能太長，飞行的范围也就有限，从操縱角度来看，是不能令人满意的。因为飞机不能在大范围空間内作更动人的各种动作。

第二类：我們將模型飞机的方向舵預先偏一角度，使飞机在水平面内总是繞圈飞行。取消了操縱綫，也就不用心飞机会直綫飞跑。这类型式的飞机很多，几乎所有的竞赛飞机都是如此。像“自由飞、橡筋机……”等等。当它們在动力時間内，飞机就盤旋上升，动力完了时，就盤旋滑翔。初看这类模型飞机好像不会飞跑，但实际上由于風的影响，飞机“飞跑”也是常常發生的。虽然这种飞机能在大范围空間内飞行，但是不能随心所欲的去控制它，因此从操縱的角度来看，也是不能令人满意的。

第三类：用無線电操縱的模型飞机。第一类模型飞机的优点在于可以操縱，缺点是飞行空間受操縱鋼絲的限制。第二类模型飞机虽然解脫了鋼絲的羈絆，能在大空間内飞行，但是又不能随心所欲的去操縱它。無線电操縱模型飞机就不是这样。它用电磁波作二者間（飞机与人）的联系，能操縱的距离視發

射机的功率以及接收机的电路結構而不一。这样飞行空間就不再限制在一个很小的範圍內了。因为可以控制它的飞行，也就不怕被風吹走。操縱系統完美的飞机，我們可以叫它左盤旋、右盤旋、8字飞行、S形蛇行、直飞、爬升、俯冲、盤旋上升、盤旋下降甚至于翻几个斛斗，發动机的动力也可以控制，爬升时加速，俯冲时减速，当油用完时，可操縱它滑翔至預定地点着陆，总之立体空間內的各种特技动作均可以做。所以从操縱角度来看，这是最滿意的了。

§ 1-2 無線电操縱模型飞机的示意图

上面我們已經介紹了無線电操縱模型飞机的一般面貌。为了进一步得到一个比較明确的概念，我們用方框圖来表示它的全部系統。

(一)簡單的操縱系統 操縱者的意圖是借地面的無線电發射机送出的。發射机的結構因操縱系統的复杂程度而異。初級的無線电操縱系統，常常是只能控制飞机的方向舵，称之为單路系統。單路系統的最簡單型式，在地面就是一架等幅波發射

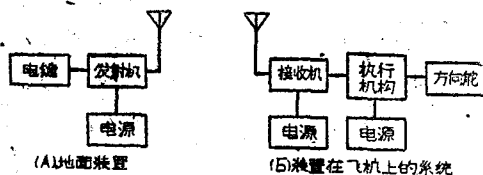


圖 I.1 最簡單的無線电操縱系統

机，实际上就是一架小功率的高頻振盪器加天綫。當我們把電鍵按上時電路發生振盪，自天綫發射出等幅磁

波。

當接收机收到這電磁波後（以後稱信號），通過執行機構去操縱方向舵。執行機構如果採用棘輪式的（所有執行機構在執行機構一章內介紹），那麼整個系統大概就如圖 I.1。如果

采用的是小电动机驱动减速系统及摇杆型式的执行机构，则方框图有二种。一种是电动机只能单方向转动的，那么整个系统与棘轮式的相同。这一类操纵系统有个缺点，就是使用灵活性较差。方向舵偏位的动作总是单向循环进行，如右、直、左、直、右、直、左……。我们若把飞机操纵右盘旋接着直飞后又要它向右，那么一定要经过左、直二个位置，然后才向右转。这样有个缺点，就是时常会使操纵者搞糊涂，向右→直，再要向右时，要按三次电键。由于飞机飞行有惯性，不能马上反应出来，再加上初飞的人总是有些手忙脚乱，结果时常会少按或多按一次，这样等到发现飞机的飞行方向不合我们意图再来改正时，由于飞行的惯性，飞机已经向不合我们意图的方向飞行了很长距离了。另一种是使电动机能顺逆转，那么这缺点就可消除。如果该电动机正转是使舵向右偏，那么反转就向左偏，电动机正转（右舵）之后反转至直舵，之后仍可操纵它正转（右舵）。这样的操纵系统可以有二种方案的方框图。

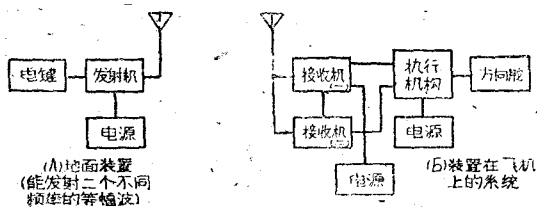


图 1.2 采用 2 个接收机的无线电操纵系统

第一种方案如图 1.2 所示。在这系统中，发射机能发射二种不同频率的等幅波。装在飞机上的接收机有二套，分别接收二个电波。如果要使飞机向右转，那么我们使发射机发射相应的那个频率。二个接收机中的一个接收到信号后，将命令传达给执行机构，电动机正转，方向舵右舵。如果我们要飞机向

左轉，則發射機發出另外一個頻率的電波，另外一個接收機工作，電動機向反方向動作，方向舵左舵。

第二種方案如圖 1.3 所示；發射機所發射的電波是經過音頻調幅的。低頻信號發生器可發出兩種頻率的信號，由操縱者任意控制。當接收機收到訊號後，經過檢波，將低頻訊號檢出，再經放大然後輸給分頻器。分頻器的輸出端接到執行機構。執行機構就根據不同低頻訊號所代表的意圖來動作。

顯而易見，在第一种方案里，需用二个接收机。而第二个方案里，則用分頻器來區分不同的訊號。第一种方案里，發射機所發射的仍為等幅波。因此接收機經檢波後，再要將訊號放大是比較麻煩的事。在第二種方案里，經檢波後，所得的為低頻的交流訊號，因此再去放大在電路結構上來說比較容易的。根據這一點來比較，那末第二種方案有效操縱距離就可以更遠些，這是它的優點。但並不是說，第一種方案我們就不採用了，由於分頻器的不易製造，有時反覺多裝個接收機來得方便。在無線電操縱船舶模型系統中，第一種方案是比較常用的。因為它要求操縱範圍不像飛機那麼遠。由於進入執行機構的路線有二條，因此這一類系統稱之為二路系統。

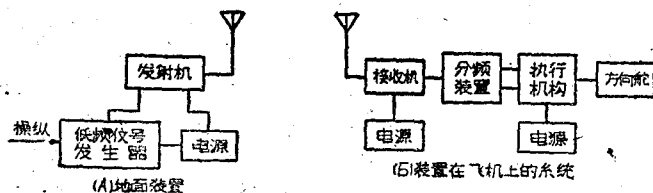


圖 1.3 使用分頻器的系統

(二) 復操縱系統 以上介紹的系統只是能在水平面內改變飛行方向，例如右盤旋、左盤旋、直飛、8字飛行、S形蛇行等

等。这些动作远不是我們的最終目的。我們希望不單能操縱方向舵，为了要作出更复杂、更动人的动作，我們應該进一步能控制升降舵以后發动机轉速。这就是复操縱系統。要操縱的虽然有方向舵、升降舵、發动机，但某些是可以合併的。如升降舵与發动机，因为只有在作爬升动作时才希望加大發动机动力；只在俯冲时才需减小發动机动力，这样升降舵与發动机就可联在一起，由一个执行機構来控制。当然在水平飞行时，如果希望也能控制快慢，那么三个系統就得独立了。但在一般情况下是没这必要的。复控制明确地來說，就是可能是二个动作系統或三个动作系統。二个动作系統，就有二套执行機構；三个动作系統，就有三个执行機構。二套执行機構时为了要操縱灵活，發射机就应有四个不同的低頻調幅。对發射机与接收机而言就应是四路系統。同理，三个执行機構的系統就应有六路的收發系統。以上所談的組織方法并不是固定不变的。我們也可設法用單路的收發系統来完成复杂动作。不过操縱起来就不太方便了。关于这些問題將在第四章作更詳細的介紹。

§ 1-3 無線电系統的使用頻率

模型飞机無線电操縱系統的使用頻率應該在国际公定的業余波段範圍內。但業余通訊波段極多，究竟采用那一个波段，選擇时应考虑哪一些問題，这是值得討論的。我們知道波長与頻率的关系为

$$\lambda = \frac{300,000,000}{f} \text{公尺}$$

式中： λ ——波長， f ——頻率以週計。

由于天綫的長度与波長有关，最短的諧振天綫長为 $\frac{1}{4}$ 波長的垂直接地式天綫。因此在选择使用頻率时就不得不考虑这一

問題。我們的發射機不能固定裝置在某一地方，要隨飛機飛行地點而移動。因此天線也就不能像一般的廣播電台那樣固定地架設在那里。為了攜帶方便，就希望天線的尺寸盡量小。例如我們若採用了 1750 千週的頻率，那麼 $\frac{1}{4}$ 波長 ≈ 43 公尺。顯而易見，這樣尺寸的天線是不便於攜帶及架設的。當然我們可以採用一些措施，在天線迴路里加些元件（如加感綫圈），使天線的機械長度小於 $\frac{1}{4}\lambda$ 時也能很好的工作。但是由於其它原因（如效率等）我們並不這樣來做。目前常採用的頻率為 27185—27455 千週、28000—29700 千週、50—54 兆週，以及比較少的採用 144—148 兆週。採用這些頻率的原因除却以上所說的天線尺寸可以小些外，另外還有利於採用定向天線，作定向的發射（尤其是 50—54 及 144—148 兆週波段），以提高有效距離。因而就可能採用功率較小的發射機。這些波段的優點還表現在這些頻帶內幾乎沒有大氣放電所產生的干擾，來影響我們的操縱。此外，由於這些波段已屬於超短波範圍（除 27185—27455 千週和 28000—29700 千週以外），它的傳播特點是沒有反射回來的天波，進入電離層的电波幾乎是完全不折射回來，因此不受反射波等干擾。同時超短波的地面波繞射能力比較長的波弱得多，因此它的有效作用距離就像光波一樣，只是在直視距離範圍內。這樣就不會影響別的通訊。

第二章 無線電發送設備

根據不同工作性質整個發射機可簡單地分為下列幾個主要部分。

振盪器：產生等幅的高頻振盪。

調制設備：在我們這裡都採用調幅制。最簡單的調制設

备，包括低频振荡器及调幅部分。

放大器：为了使高频振荡能有足够的功率，放大器的工作就是将高频振荡进行放大。

此外还有电源设备、天线馈电线系统……等等许多部分。根据不同的要求，发射系统有简单的，也有复杂的，在最简单的情况下，发射系统就只包括一个振荡器及天线。

§ 2-1 振 盪 器

将电子管放大器的一部分输出回授到输入，且使回授部分的相位与输入的相同（正回授），当回授量达到某一程度时，此放大器虽无外加讯号，它自己就能发生交流讯号，这就是最普通的电子管振荡器了。它的原理可用图 II.1 来简单说明。

设在放大器的栅极回路里偶然加进一交变电压 U_g （图 II.1a）。

此电压就在屏极电路中引起交变的屏流 I_a 。由 I_a 在线圈 L 中形成交变的磁场，使线圈 L_g 内产生感应电势 $U'_g = I_a \cdot \omega \cdot M$ 。显然，选择适当的互感量及线圈 L 、 L_g 的方向，可使 $U'_g = U_g$ 。联结 c 和 d ，如果 L_g 线圈二头联接得正确，使 U'_g 与 U_g 同相，那么联接后虽取消电压 U_g ，也不会改变原来的工作状态。因为此时 U'_g 代替了 U_g 的作用。此时整个系统就不需外面的激励而继续工作下去（当然供电电源是必须的），这就是自激振荡器。在实际工作中，振荡的自励开始是不要外加任何激励电压的。由于电子管电路中一些微弱的电流变化，或者是电源接上时一瞬间的电冲动，就能使振荡器开始振荡。为了要引起和继续维持等幅振荡所必要的条件为：

① U'_g 和 U_g 要同相。也就是 L_g 与栅极回路要联接得正确，也就是说要正回授。

②电子管的放大作用和线圈的回授程度使 U'_g 的振幅要足够大，至少要等于 U_g 。

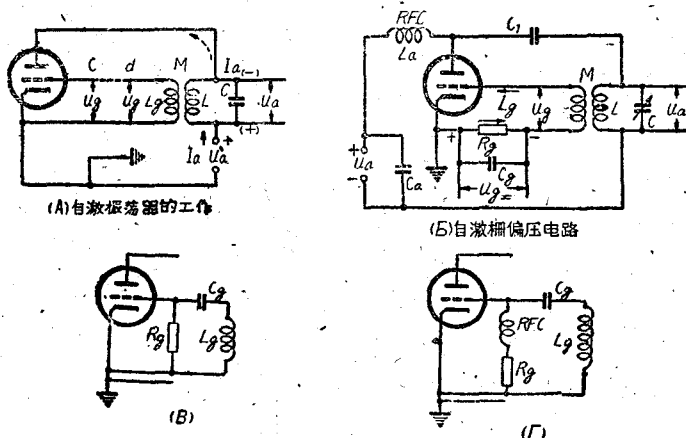


圖 11.1 电感回授式电子管振荡器的工作

为了使得振荡强度不致继续加强下去而烧坏电子管，使有自动调节的作用，照例自激振荡器的负栅偏压不由单独的电源供给，而是依靠栅极电路中振荡电压整流而得。用此种方法所得到的栅偏压叫做自给偏压。为了得到自给偏压，在栅极电路中要连接一个栅漏电阻 R_g (圖 11.16)，通常用三千到五万欧姆，并用电容量为 100—500 微微法的电容器 C_g 与之并联来平稳脉动的整流电压。一般线路中往往 R_g 不与电容器并联，而并联于栅漏二极之间 (圖 11.16)。这种联接方法，当电容器 C_g 右端有直流份量时 (有些电路在电容器这一端与屏压相通)，尤为必要。这样 C_g 又起着阻隔直流的作用。为了避免高频电能通过电阻所发生的无谓的损耗，最好用一高频扼流圈与 R_g 串联，如圖 11.12 所示。

自激振盪器的特点就是有这样一电路，通过它将屏極迴路的振盪回授到自己的柵極。回授的方法有好多种形式，如上面所講的依靠綫圈 L_g 与屏迴路 L 作电感耦合以得到回授的叫做电感回授。回授的程度用回授系数 $K = \frac{U_g}{U_a}$ 来表示，在这种綫路內 $K \approx M/L$ 。如果屏極迴路的綫圈与柵極迴路的綫圈間是相联的(似自耦变压器)，則叫做自耦回授式。自耦回授式电路根据不同的联接方法有下列二种，如圖 II. 2a. 6 及 8 所示，(a) 及 (6) 为串联供电式，(8) 为并联供电式，他們的高频部分是相同的。

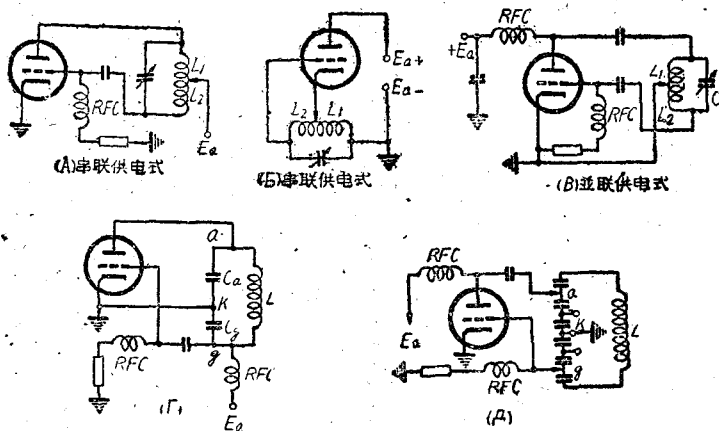


圖 II. 2 自耦回授式振盪器

要注意綫圈上三端連綫应如圖所示，如果接錯了就不会产生振盪。此电路的回授系数 $K = \frac{U_g}{U_a} = \frac{L_2}{L_1}$ ，近似計算时，回授系数 K 可以認為是 L_2 綫圈圈数与 L_1 綫圈圈数之比值。

另一种是采用电容来回授的，如圖 II. 2Γ 及 4，那么就称之为电容回授电路。这时回授系数 $K = \frac{C_a}{C_g}$ ，为了改变反饋系

数，必須改变 C_a 或 C_g 。这样振盪頻率也随之改变了，这是我們所不希望的，为了具有調节回授系数时不改变振盪頻率，有时采用一串串联的电容器（如圖 II. 20），改变接点的位置就可得不同的回授系数 K 但不影响頻率。实际上，当振盪器工作于波長很短的公尺波时，分压

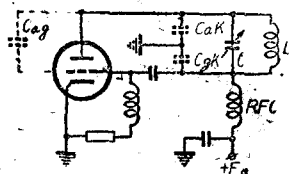


圖 II. 3 利用電子管極間電容的
考畢茲振盪電路

电容器 C_a 及 C_g 常是由电子管本身極間电容来代替，如圖 II. 3 所示。

圖 II. 2 中各电路統称为三点式振盪电路，自耦式的又叫哈脱萊式，电容回授的也叫考畢茲式。

在电路中，用虛綫表示出屏陰（ C_{ak} ）、屏柵（ C_{ag} ）、柵陰（ C_{gk} ）間的电容。因为 C_{ak} 与 C_{gk} 是电子管的極間电容，因此 K 就不能加以調节。由于这个比值不一定符合我們的要求，为了能加以調节，有时可在某二極間加以一容量很小的电容与極間电容并联，以調节 K 而获得最好的工作状态。这个电容在实际裝置时，常是用数公分長的銅絲或小金屬片，焊在电子管相应的極上。調节銅絲間或金屬片間的距離，就可变更其电容值。其他如調屏調柵、負阻振盪等型式在模型搖控中不常用，这里就不介紹了。

以上这些分类方法是根据不同的回授来分的。如果根据不同供电的方法来分，可分成二类。一类是串联供电式，如圖 II. 4a 所示。它的特点是在振盪槽路內同时有高频及屏極直流存在。这种电路的缺点是槽路电容器的动片不能接地，因为它与屏極高压相通。另一类是并联供电式，如圖 II. 4b 所示，在电路中采用了高频扼流圈以阻止振盪槽路內的高频部分流向屏电源。同时为了阻止高压直流进入槽路，还采用了隔直流电容

器 C 。这样电容器 C_1 的动片与地之間就無高压存在，調整与裝置时就方便得多。

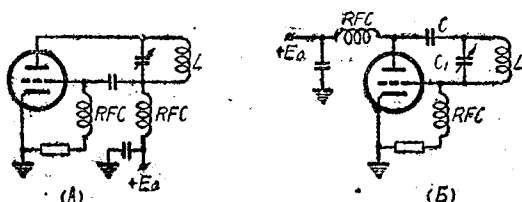


圖 11.4 振盪器的两种供电方法: (a) 串联式, (b) 并联式

有时为了要增加振盪器輸出功率，常用推挽式电路。自激推挽綫路实际上是联結二个相同的單边振盪器而成。單边自激振盪器可采用任意那种形式。在圖 11.5a 上表示的是由二个电感回授式的單边自激振盪器所組成的。二只电子管的栅極連接到回授綫圈相反的二端，这样就得到相反的激励。圖 11.5b 所示的为二个自耦式回授电路所組成的推挽振盪器。电子管的栅極接綫交叉地接在与自己屏極相对应的另一端，使栅極电压与屏極电压彼此相反，以达到正回授的目的。振盪频率的調整，由槽路中的 C_1 来完成。

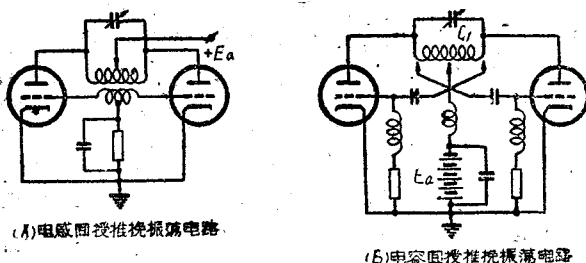


圖 11.5 两种推挽式振盪电路

要指出的是推挽式电路不仅增加了輸出功率，同时它的振

盪頻率也比單邊振盪器來得穩定，因此用得很廣，尤其是小功率的移動式發射機。像無線電遙控中所用的，為了簡單，發射機通常只是一個振盪器，振盪器輸出不再經過放大而就從天線上發射出去，因此為了要獲得比較大的功率以及比較穩定的頻率，採用推挽式線路是最方便的了（發射機加了高頻放大級，頻率可以更穩定）。一般來說，自激振盪器的頻率是不很穩定的，這是由於工作時振盪槽路的參數總是有些變化，尤其是在波長很短的振盪器中影響更大。這是在超短波振盪器中所採用的電容電感均很小，因此只要有不大的影響（例如振盪槽路機械震動所引起的變形），就會使得整個電路參數變動的百分比是很可觀的。振盪頻率的不穩定，如果接收機是採用超再生式電路，那麼影響不大。因為超再生式電路的特点就是選擇性差，諧振頻帶較寬。如果接收機採用的是超外差式電路，那麼頻率不穩定所造成的影響很大。由於超外差式電路的選擇性很高，因此很有可能當發射機頻率變化到某一程度時，就根本不能接收。

§ 2-2 振盪器頻率的穩定

穩定振盪器頻率的方法有許多種。在自激振盪器中，採用穩定的電容器或線圈，加固線圈的支架，採用較粗的線繞制線圈，使線圈支架只有一個點與振盪器機匣相接（這樣當機匣變形時，就不會或減少對線圈的影響）等等。如果在振盪器與天線間加進一級放大電路，那麼頻率可更穩定些，這是由於加了放大級後當天線參數有變化時，就不會影響振盪器，好比在二者之間有了一個緩沖裝置。比較用得更多的，而且也最有效的是採用晶體來穩定頻率。常用的晶體由石英製成。石英晶體如圖 II. 6a 所示，用一定的方法由石英晶體切割下來的石英片具有所謂壓電效應。將石英片夾在二金屬片間，如果二金屬片上施

以交变电压，那么石英片将会振动起来，其振动频率等于交变电压的频率。反之，如果将机械振动作用于石英片，那么会产生频率与机械振动相同的交变电压。石英片和其它机械系统一样也有它固有频率，固有频率决定于石英片的几何尺寸。当沿厚度 x 振盪时，圖 II. 66 所示，石英片的固有频率以千周为單位，可由式 $f \approx \frac{2860}{x(\text{公厘})}$ 計算；如果沿 Y 軸激励振盪（沿長度振盪），那么石英片的固有频率將为 $f \approx \frac{1960}{Y(\text{公厘})}$ （千周）。

当所施交变电压的频率和石英片固有频率一样时，就产生諧振。此时振动的振幅为最大。由于石英片具有压电特性，因此是一种机电振盪系統，可用相类似的等效电路表示如圖 II. 66。

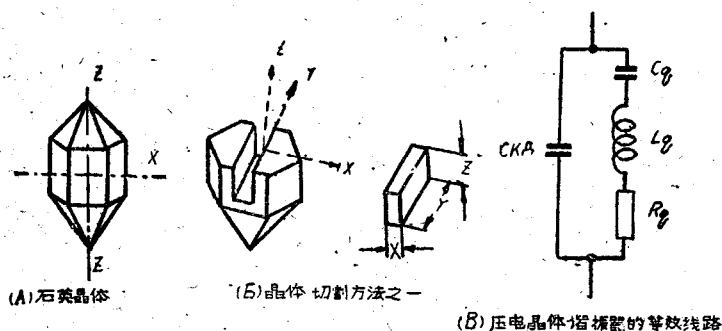


圖 II. 6 石英晶体及等效电路

其中 C_{KB} 为夹持石英片的金属極片所引成的电容，而 C_q 、 L_q 和 R_q 为石英片的等效电振盪迴路的参数。一般石英晶体等效迴路的参数为： L_q — n 亨， C_q —百分之几微微法， R_q —几千欧姆，因此其特点是具有其他迴路所不能达到的高品质因数 ($Q = 10^3 - 10^4$)。晶体的高度稳定性也就是由于它有这样高的 Q 值。