

# 初级无线电 遥控模型飞机

上海人民出版社



少年科技活动丛书

CHU JI WUXIANDIAN YAKONG MOXING FEIJI

少年科技活动丛书

# 初级无线电遥控模型飞机

上海开关厂业余航模组 编

上海人民出版社

少年科技活动丛书

**初级无线电遥控模型飞机**

上海开关厂业余航模组 编

上海人民出版社出版

(上海绍兴路5号)

新华书店上海发行所发行 上海中华印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 4.875 插页 2 字数 92,000

1975年8月第1版 1975年8月第1次印刷

统一书号: R 13171·130 定价: 0.50 元

# 前 言

在毛主席革命路线指引下,航空模型活动已在许多中、小学中广泛地开展起来。广大青少年在制作一些简易模型飞机的基础上,希望制作一些无线电遥控的模型飞机,从中学到一些现代先进的科学技术知识。为此,我们编写了这本小册子。

本书主要围绕一架单通道无线电遥控模型飞机,介绍最简单的无线电遥控设备,随动器,模型飞机各个部分的原理、制作、调整和使用,帮助读者了解无线电遥控的有关知识,以及如何有效地应用到实际中去。书中第七章和附录的内容,是在掌握了简单的无线电遥控技术的基础上扩展思路,供进一步制作更复杂的遥控模型时参考。

在编写中得到了上海市、区各少年宫和许多中、小学师生的大力支持和具体帮助,特此表示感谢。由于我们水平有限,在编写中一定会存在缺点和错误,请读者批评指正。

上海开关厂业余航模组

1975.

# 目 录

## 前 言

第一章 无线电遥控模型飞机概述 .....	1
一、变有线为无线 .....	1
二、无线电遥控设备使用的频率 .....	2
三、无线电遥控模型飞机 .....	3
四、单通道无线电遥控设备的工作过程 .....	6
第二章 单通道发射机 .....	9
一、发射机电路原理 .....	9
二、发射机元件选择与组装 .....	19
三、发射机的调试 .....	26
第三章 单通道接收机 .....	31
一、接收机电路原理 .....	31
二、接收机元件选择与组装 .....	36
三、接收机的调试 .....	39
第四章 随动器 .....	48
一、拍合式电磁铁 .....	48
二、磁体偏转式电磁铁 .....	51
第五章 模型的制作 .....	56
第六章 调整试飞与操纵技术 .....	68
一、调整试飞 .....	68
二、操纵技术 .....	81
第七章 两通道遥控设备 .....	85
一、设备的制作 .....	86
二、设备原理与调试 .....	95
三、模型与调整试飞 .....	124
四、两通道设备的单舵面应用 .....	128
附录 .....	130

# 第一章 无线电遥控模型飞机概述

随着科学技术的发展，无线电遥控技术已广泛地应用到国防、工农业生产以及科学实验等各个方面。很多现代化的运输工具、无人驾驶飞机、火箭、导弹、人造卫星、宇宙飞船，都是用无线电设备来进行遥控的。许多工厂、仓库应用无线电设备来遥控行车。无线电遥控的拖拉机、推土机也在开始试用。由于无线电遥控技术的广泛应用，大大节约了时间、人力、物力，减轻了劳动强度，保证了人员的安全，提高了工作效率和准确程度，完成了人所不能直接操纵的工作，所以它成了近代科学发展中一项极其重要的先进技术。

那末无线电遥控模型飞机是什么样的？它是怎样实现遥控的呢？下面我们围绕这些问题进行介绍。

## 一、变有线为无线

有线电控制是大家熟悉的一项技术，图 1-1 所示的是一辆有线电控制的模型坦克。模型里装有一个玩具电动机，电动机上引出两根导线到操纵者手中的控制盒内。控制盒中有电池组和开关。当操纵者将开关合上，则电流流过电动机，就使模型坦克前进。而将开关断开时，电动机中没有电流流过，模型坦克就停止。因为指挥坦克前进或停止的是通过电线来传输的，所以模型坦克的活动范围就受到模型坦克与操纵盒之间的导线限制。如果用这种办法来控制活动范围比较大的

船模或模型飞机就有困难了。

于是我们想到收音机，它所以能够接收几十公里以外广

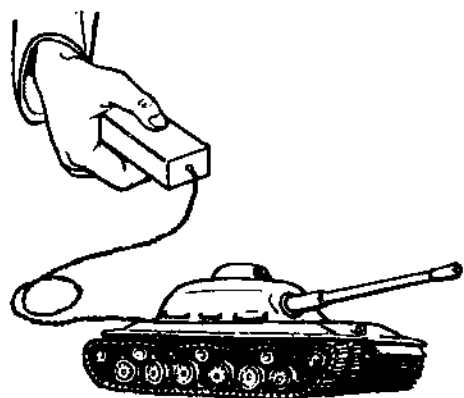


图 1-1

播电台的播音，是因为无线电波在为我们传递语言或音乐。那末，是不是也可以利用无线电波来为我们运载控制信号呢？如果我们模仿广播电台做一个发射机，又模仿收音机做一个接收机。这样发射机发出控制信号，接

收机收到信号再去推动一个执行机构操纵模型。利用无线电波可以传到很远距离的特点，我们想要控制活动范围大的模型飞机的愿望也就可以实现了(图 1-2)。

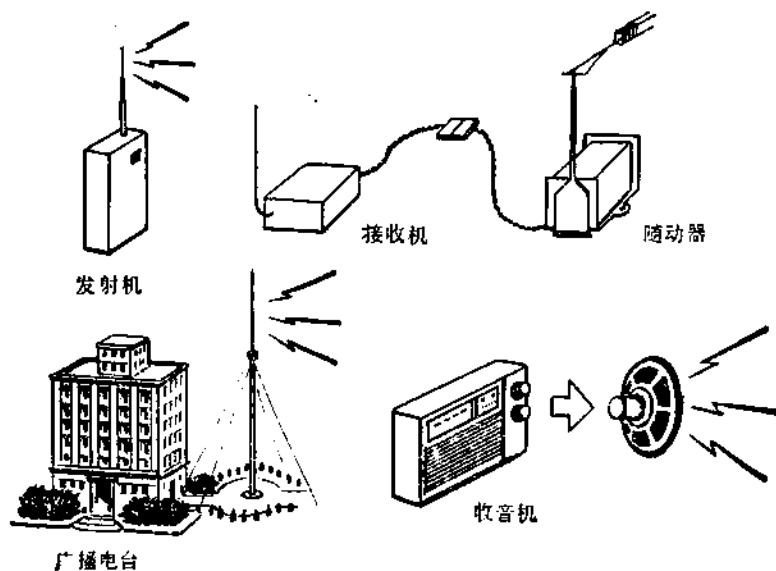


图 1-2

## 二、无线电遥控设备使用的频率

既然装的发射机与广播电台有些相似，那么发射机工作

时会不会妨害其他的收音机正常地收听广播呢？如果不注意是会有妨碍的。比如，我们正在收听 790 千周上海人民广播电台的节目，而一架工作频率也是 790 千周的遥控发射机在附近工作，那么，收音机就会听到这架发射机工作的声音，而成为收音机的干扰声。如果发射机的频率正巧和国家重要通讯部门的工作频率相同，那么就会影响国家机关的正常工作，甚至造成严重的后果。

怎样才能不妨害广播和通讯部门的工作呢？办法是有的，这就是把发射机工作频率和广播、通讯部门的工作频率错开。就象上海人民广播电台 790 千周的播音不妨害 990 千周的播音一样。

为了不妨碍广播及通讯部门的工作，无线电遥控模型飞机所使用的遥控设备的工作频率，一定要严格控制在国家规定的业余无线电波段的范围内。一般模型遥控设备经常使用 28~29.7 兆周这个业余波段。也有少数的用 54 兆周和 144 兆周的。由于这两个频率较高，装配调试比较困难，所以本书介绍的无线电遥控设备全部使用 28~29.7 兆周。

### 三、无线电遥控模型飞机

对模型飞机进行无线电遥控，就是人远离模型飞机，操纵无线电遥控设备来控制模型飞机，使模型飞机按人的意图进行飞行，作出各种复杂的特技动作，或者完成一项预定的任务。

一架比较完善的无线电遥控模型飞机，需要控制动作的部分是很多的。图 1-3 是常见的模型飞机可以控制部分的示意图，包括方向舵、水平舵、副翼、襟翼、发动机油门、前后轮转



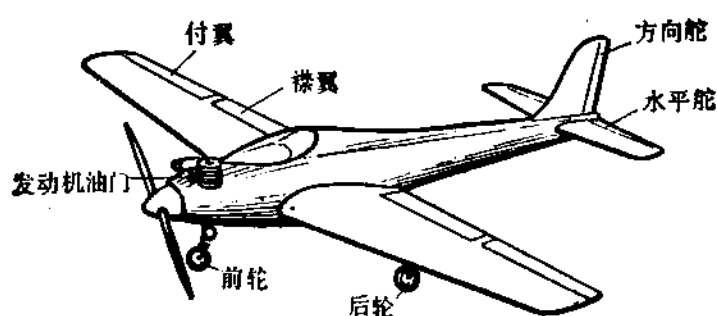


图 1-3

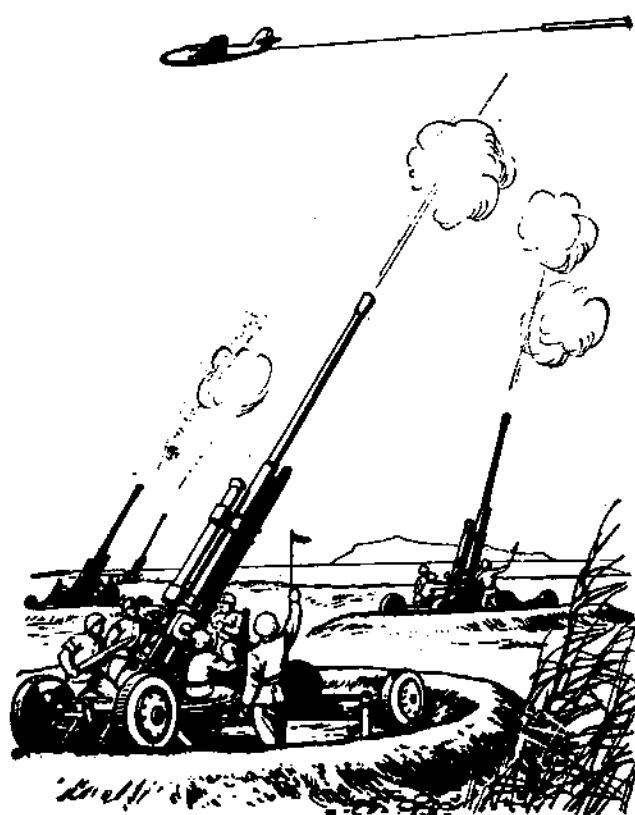


图 1-4

向、收放起落架、主轮刹车等，都可以进行控制。有了这些可控制的部分，就可如意地操纵模型飞机象真飞机那样柔和地起飞，在空中做各种特技动作和平稳地着陆。这种模型飞机如果装有控制放拖靶的机构，则可作靶机配合高射炮民兵进行打靶训练(如图 1-4)；如果装有施放降落伞的机构，就可用



图 1-5

于配合民兵高射机枪手进行打伞兵训练(图 1-5); 如果用于配合生产、科研部门进行空中摄影时(图 1-6), 则要有控制摄影机的机构; 如果由于起飞降落场地小, 需要火箭助力起飞及用降落伞着陆的话, 则要控制点燃助力火箭和施放着陆用降落伞的机构。总之, 我们可以根据需要, 使遥控模型飞机控制一个或多个部分动作。

但是, 在刚开始搞无线电遥控模型飞机时, 应该由浅入深, 由简到繁, 不能一下子样样都要控制, 搞得太复杂。最好从比较简单的, 如只控制一个舵面——方向舵的遥控模型开始, 然后再顺序渐进, 控制几个主要舵面(如方向舵、水平舵、

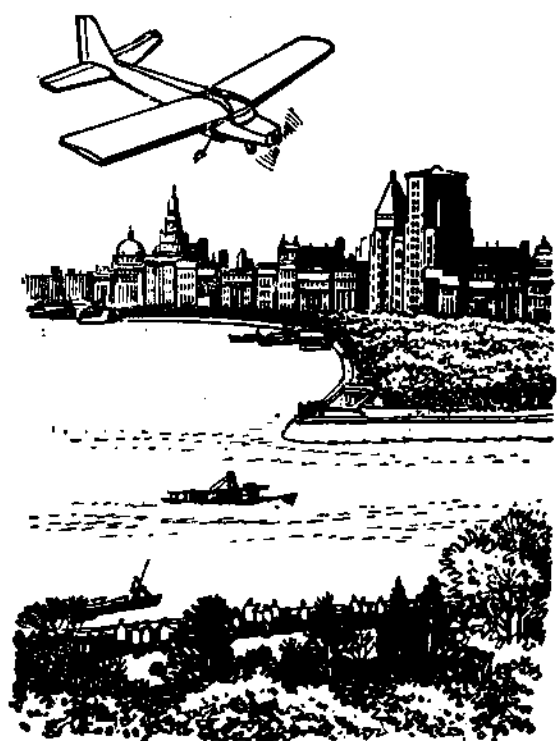


图 1-6

副翼、发动机等)的无线电遥控模型飞机。

控制一个舵面的无线电遥控模型飞机，只需用最简单的单通道无线电遥控设备。要同时能控制几个部分，就要用较复杂的多通道无线电遥控设备。需控制的部分愈多，通道数也就要愈多。这里，我们通过一架控制一个舵面动作的遥控模型飞机，介绍单通道无线电遥控设备的原理、制作与调试，对整架模型飞机的调整飞行作较详细的说明，然后再附带介绍一套稍复杂一些的、控制两个舵面的两通道无线电遥控设备。

#### 四、单通道无线电遥控设备的工作过程

在模型无线电遥控设备中，最简单的一种叫做单通道无线电遥控设备。单通道无线电遥控设备就是发射机只发出一

个控制信号,接收机只接收一个控制信号,模型只有一个可以任意操纵的动作。

单通道无线电遥控设备主要由发射机、接收机、随动器(如电磁铁等)以及电源等组成。为了操纵方便,发射机可以拿在操纵者手中。发射机里包括音频振荡器、载频振荡器(或叫高频振荡器)、调制器、操纵开关等部分。接收机和随动器则装在模型飞机仓内。接收机里包括超再生检波器、音频放大器、电子开关电路等。

当操纵者未按下发射机的操纵开关时,发射机各部分未通电流,所以都不工作。在发射机的天线上也没有载频信号向外发射。这时,接收机也就没有信号收到,超再生检波器及音频放大器都处在准备状态,电子开关处在“关”的状态,随动器因没有电流流过也不工作。

当操纵者将手中的发射机操纵开关按下时,发射机中的载频振荡器接上了电源,产生了载频信号。与此同时,音频振荡器也接上了电源,产生音频信号,并且通过调制器的作用,将音频信号载在载频信号上,通过天线向空中发射出去。接收机的超再生检波器由于原来就处于等待接收的状态,所以接收天线收到发射机发出的信号以后,就由超再生检波器进行检波,检出音频信号,然后送到音频放大器进行放大,再去推动电子开关,变成一定大小的电流。这股电流通过随动器,使随动器动作,再通过一根传动杆带动方向舵。如果在随动器不动作时方向舵处于右舵位置,那么通过随动器的动作,就将方向舵拉到左舵位置。当操纵者放开操纵开关(即不按)时,发射机又停止工作,接收机就恢复到原来的待接收状态,方向舵由一根弹簧拉回到原来右舵位置(图 1-7)。这样,我

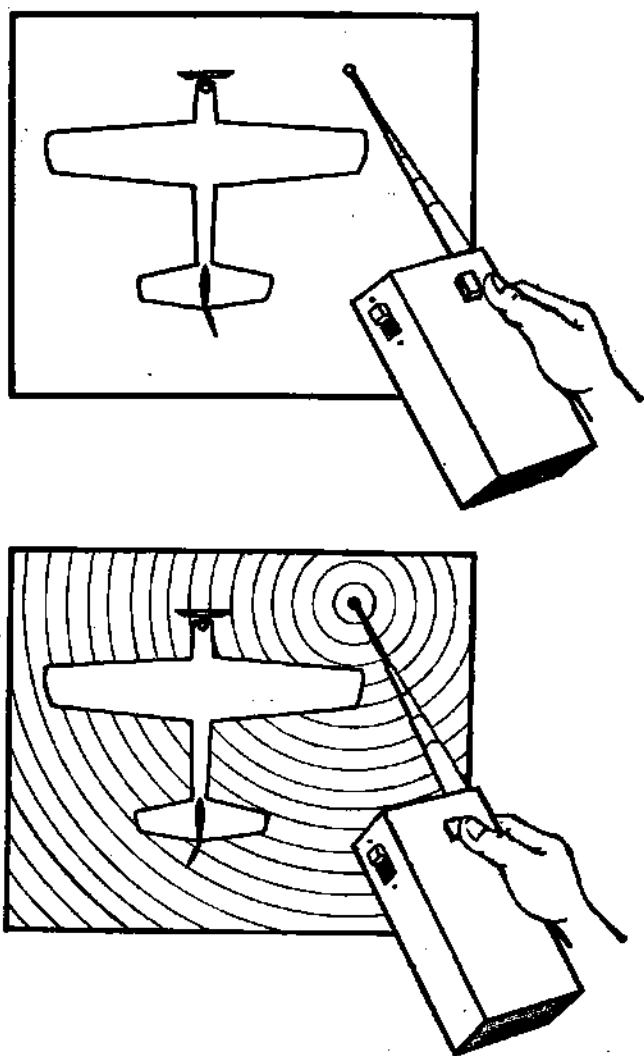


图 1-7

们如要模型飞机左转,就按下发射机操纵开关;我们要模型飞机右转,就放开发射机操纵开关,这就达到了操纵的目的。

## 第二章 单通道发射机

### 一、发射机电路原理

图 2-1 是发射机的电路图,它是由 5 只晶体三极管组成。其中  $BG_4$ 、 $BG_5$  组成音频振荡器;  $BG_1$ 、 $BG_2$  组成载频振荡器;  $BG_3$  是调制器。音频信号经过调制后通过天线向外发射。

#### 1. 音频振荡器

发射机中所使用的音频振荡器有多种形式(参看图 2-2)。图中每种振荡器都有它的特点,我们可以根据需要选用最适宜的形式。单通道发射机对音频振荡器的波形、频率稳定性等要求不高,只要能发出一个音频信号就行。所以我们选用制作简单、调试方便、输出音频电压又大的多谐振荡器。

现在先了解一下由  $BG_4$ 、 $BG_5$  组成的音频振荡器的工作过程。当这个多谐振荡器刚接通电源时,电源通过电阻  $R_4$ 、 $R_5$  使晶体管  $BG_4$ 、 $BG_5$  均有导电的趋势,因为晶体管特性总不完全一样,所以两个晶体管中总有一个导电快一些。如果是  $BG_4$  先导电,则  $BG_4$  的集电极电位减小较快些(对电源负极而言),通过电容  $C_7$  耦合到  $BG_5$  的基极,使  $BG_5$  的基极电位下降,阻止了  $BG_5$  导电,于是  $BG_5$  的集电极电位就升高。再通过  $C_8$  的交连,使  $BG_4$  基极电位再提高,从而使  $BG_4$  更趋于导通,  $BG_5$  的集电极电位更进一步升高。这种情况一直进行到  $BG_4$  饱和导通,  $BG_5$  进入截止状态(图 2-3)。为了说明方便,在图

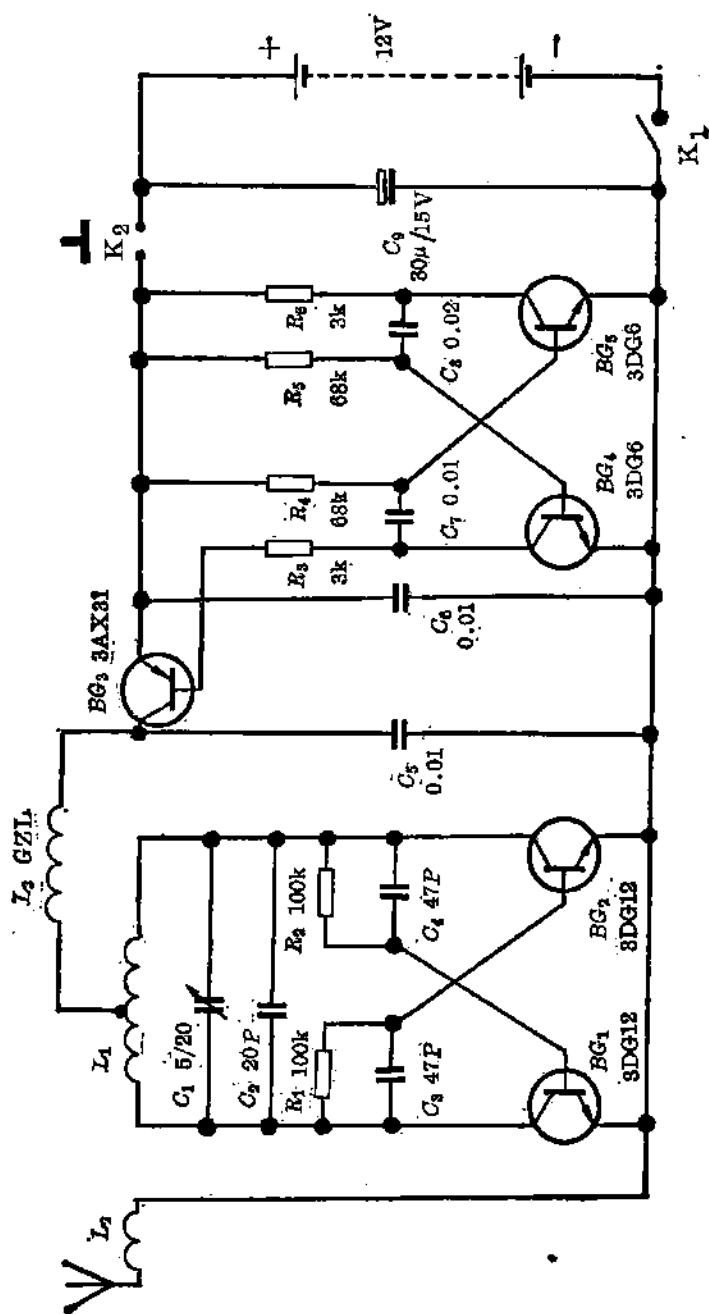


图 2-1

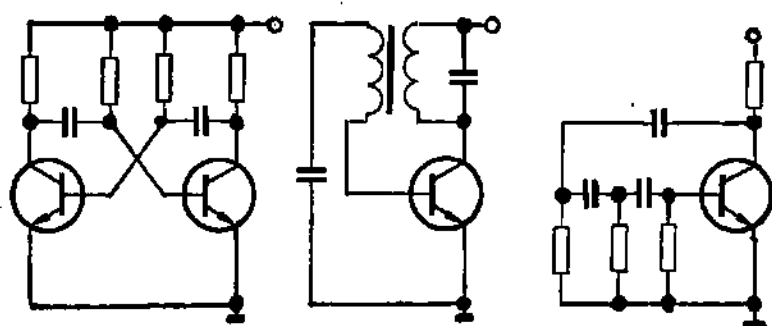


图 2-2

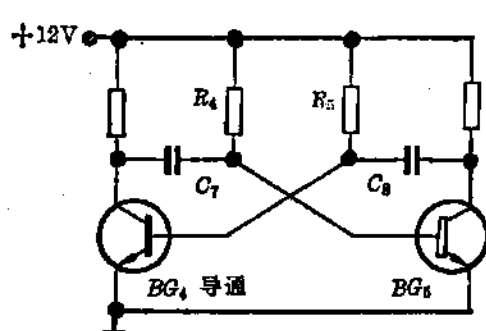


图 2-3

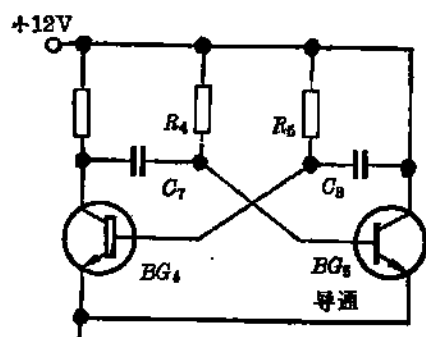


图 2-4

中把截止管和导通管画得不一样。由于在上述过程中,  $C_7$  两端所充的电要通过  $R_4$  和导通管  $BG_4$  的集电极和发射极进行放电, 放电过程中  $C_7$  右端的电位从起始的低电位, 在电源  $+12V$  的作用下渐渐上升; 当  $C_7$  右端的电压上升到  $+0.5V$  时(也就是  $BG_5$  的基极电位达到  $+0.5V$  时),  $BG_5$  开始导通。但当  $BG_5$  开始导通时,  $BG_5$  的集电极电位便迅速下降, 然后通过  $C_8$  的耦合, 使  $BG_4$  的基极电位变低, 阻止了  $BG_4$  导电,  $BG_4$  集电极电位升高, 这种情况一直到  $BG_5$  进入饱和导通和  $BG_4$  完全截止为止(图 2-4)。  $BG_4$ 、 $BG_5$  之间依靠电容的耦合, 形成了不断地交替导通或截止, 使  $BG_4$  或  $BG_5$  的集电极电位也在  $0V$  到  $+12V$  之间不断地反复变化。如果我们用耳塞机串连一个  $0.01\mu f$  电容器, 接在任何一个晶体管的集



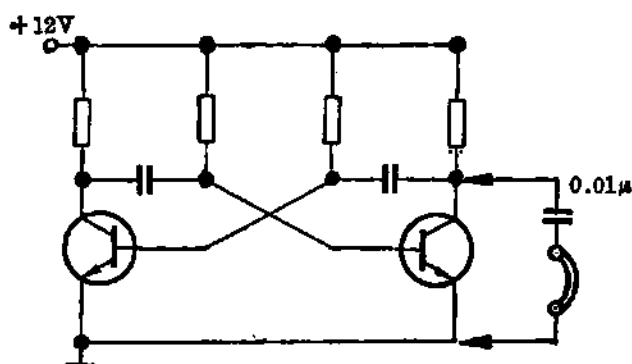


图 2-5

电极与地之间,就可听到“嘟——”这样的音频声(图 2-5)。

这种音频振荡器的频率主要由接在  $BG_4$ 、 $BG_5$  基极上的电阻  $R_5$ 、 $R_4$  及电容  $C_8$ 、 $C_7$  决定。可以用这样一个简单的公式估算它的频率:

$$f(\text{频率}) = \frac{1}{0.7C_7R_4 + 0.7C_8R_5}$$

式中  $R$  单位是千欧;  $C$  单位是微法;  $f$  单位是千周。

现在将图 2-1 中所列出的  $R_4$ 、 $R_5$ 、 $C_7$ 、 $C_8$  的数值来计算一下这个音频振荡器的振荡频率:

$$f = \frac{1}{0.7 \times 68 \times 0.01 + 0.7 \times 68 \times 0.02} \\ \approx 0.7 \text{ 千周 (即 700 周)}。$$

## 2. 载频振荡器

载频振荡器基本上有三个组成部分(图 2-6): 放大部分、振荡回路和反馈电路。图 2-7 是一个单管自耦变压器反馈式振荡器, 其中  $BG_1$  接成一个标准式的共发射极放大器。振荡频率主要由  $L(L_1 + L_2)$  和  $C$  这个振荡回路决定, 它又是集电极的交流负载。由于共发射极电路的晶体管输出信号与输入信号的相位是相反的, 因此要通过自耦变压器将输出信号反

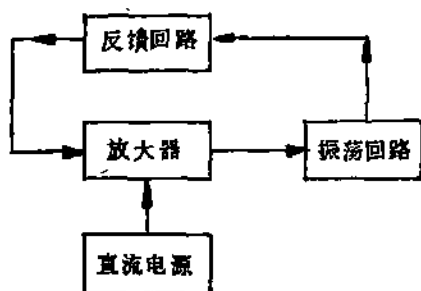


图 2-6

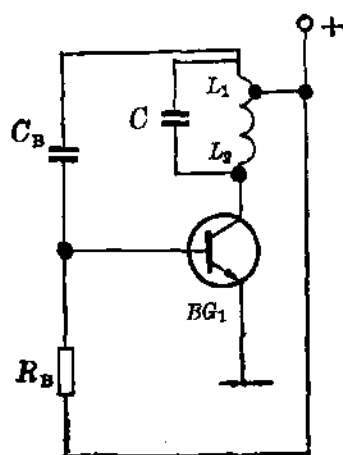


图 2-7

180° 反馈到基极去才行。反馈量的大小由  $L_1/L_2$  决定，电容  $C_B$  是反馈电容，又有隔直流作用， $C_B$  的大小对反馈量也有一定的影响。 $R_B$  是用来建立直流工作点的。

上述自耦变压器反馈式振荡器是一种较简单的形式。而发射机中使用的载频振荡器也有多种形式(参看图 2-8)。由于模型飞机用无线电遥控发射机，既要有较大的输出功率，以保证有适当的控制距离，又要具有制作简单，调试方便等特点，所以我们采用了图 2-8B 那样的自耦变压器反馈式推挽振荡器。它的工作原理与收音机中的音频推挽放大器很相似。具体的载频振荡器就是图 2-1 中的  $BG_1$ 、 $BG_2$  部分。 $C_3$ 、 $C_4$  是反馈电容， $R_1$ 、 $R_2$  用来建立  $BG_1$ 、 $BG_2$  的工作点， $GZL$  是扼流圈，阻止高频电流通过， $C_5$ 、 $C_6$  为高频旁路电容。

在第一章中我们已经谈到，发射机载频振荡的频率取在 28~29.7 兆周，因此，对组成载频振荡器的晶体管的高频性能也相应提出了要求。用来表示晶体管频率特性的常用参数是特征频率  $f_T$  (我们知道晶体管共发射极电流放大系数  $\beta$  是随着工作频率的升高而降低的，当  $\beta$  下降到 1 时的工作频率

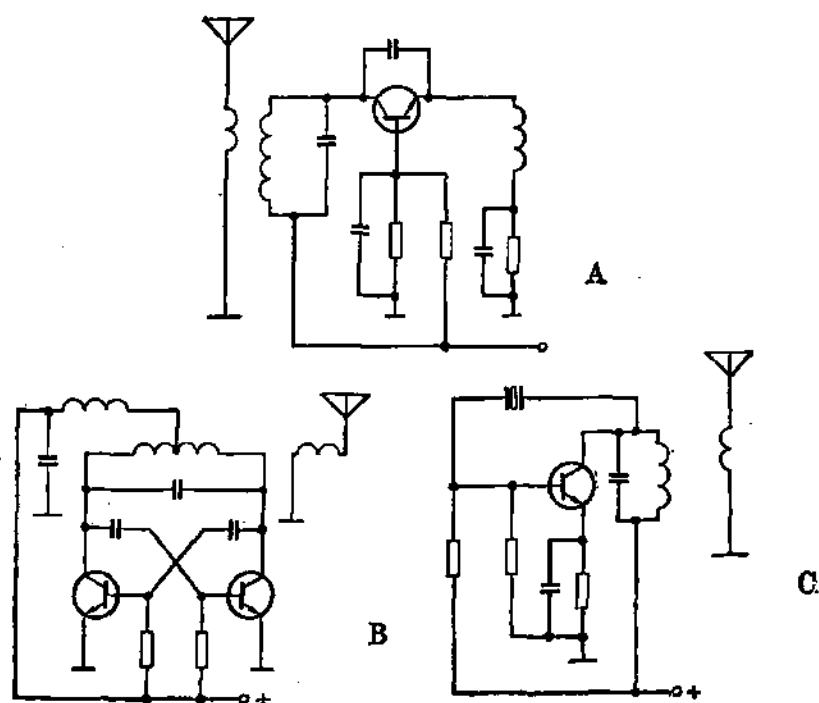


图 2-8

就叫  $f_T$ )。为了保证载频振荡器能够起振,并有足够的功率输出和较好的稳定性,所用的晶体管要求它的特征频率  $f_T$  应比实际使用的频率高。通常选用  $f_T$  数值是实际工作频率的三倍左右的高频晶体管。

### 3. 调制器

调制器的作用就是将发射机的音频部分的信号,通过适当方式载在载频信号上。图 2-9 列出了几种常用的调制方式,而图 2-1 中使用的调制器,是最简单的一种。这种由  $BG_3$  组成的调制器的基本工作原理,是利用了晶体管的开关特性(参看图 2-10)。由于  $BG_3$  的发射极和集电极是串连在载频振荡器的电源回路里的,因此可以看作是一个电源开关。当  $BG_3$  的基极与发射极之间的电压  $V_{be}$  接近于零伏时,  $BG_3$  就截止,相当于晶体管开关处于“关”的状态,载频振荡器电源

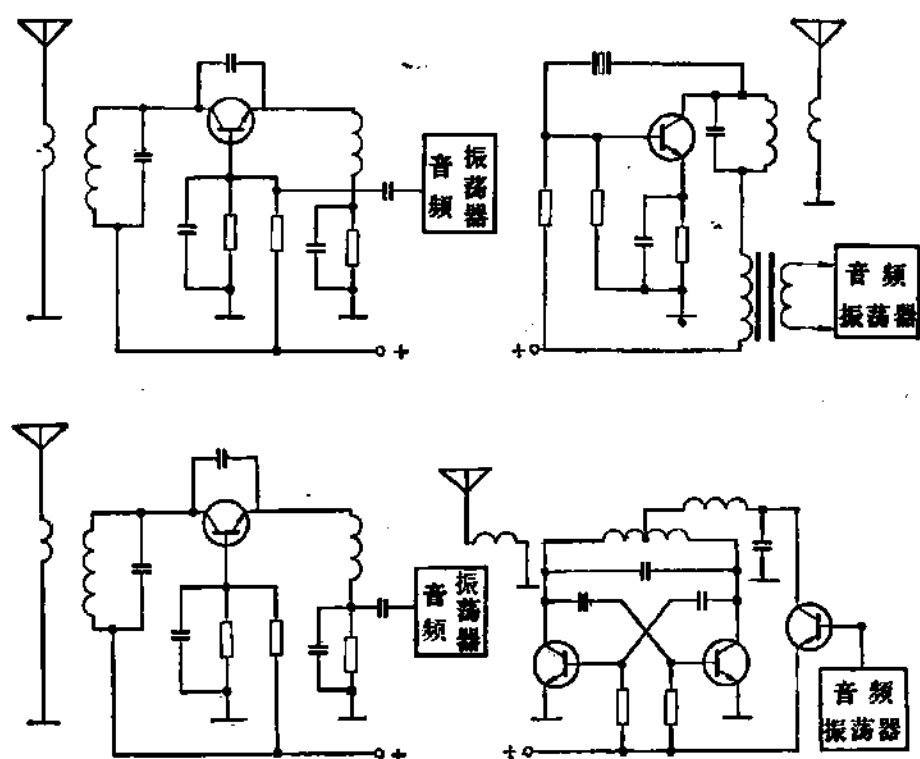


图 2-9

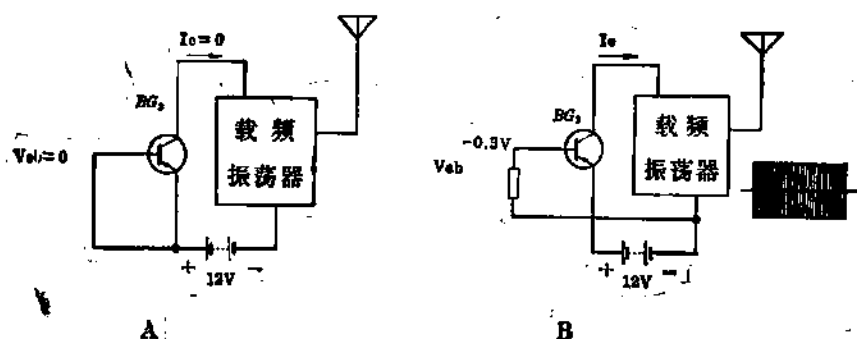


图 2-10

没有接通，所以不工作(图 2-10A)。当  $BG_3$  的基极与发射极之间的电压数值超过它的基极、发射极的导通电压(对于锗管来说是  $-0.3V$  或小于  $-0.3V$ )时， $BG_3$  导通，相当于晶体管开关处于“开”的状态，这时，载频振荡器接通电源，发出载频信号(图 2-10B)。由此可见，我们只要控制  $BG_3$  的基极与发

射极之间的电压,就能使载频发或不发。

在发射机的实际电路中,  $BG_3$  的基极由  $BG_4$ 、 $BG_5$  所组成的音频振荡器的一个输出端—— $BG_4$  的集电极所控制。当音频振荡器产生振荡时,是  $BG_4$ 、 $BG_5$  轮流地导通或截止。在  $BG_4$  导通时,  $BG_3$  也导通; 在  $BG_4$  截止时, 相应的  $BG_3$  也截止。就这样很简单地将音频振荡器产生的音频信号调制在载频信号上, 完成了调制任务(图 2-11)。

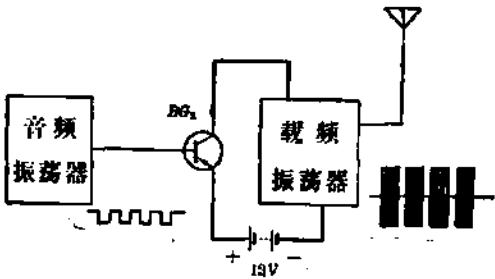


图 2-11

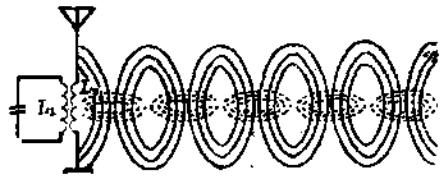


图 2-12

#### 4. 天线

为了将载频振荡器产生的,并经过音频调制的载频信号,更好地发射到远处,使那里的接收机正常地接收,就要在发射机上装一根天线。天线是怎样向外发射电磁波的呢? 图 2-12 就是天线向外发射电磁波的示意图。

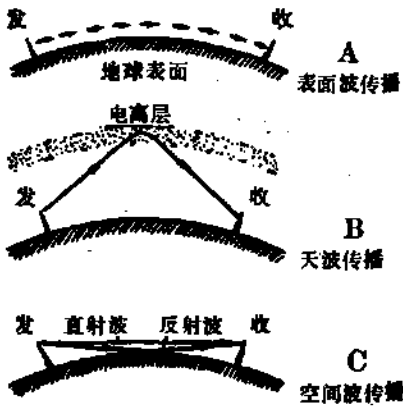


图 2-13

当载频振荡器工作时,  $L_1$ 、 $C_1$  就产生周期变化的电磁振荡。由于  $L_1$  与  $L_2$  的耦合作用, 振荡电路中的能量传递给了天线, 由天线向外发射。天线发射到空间

去的是一个交替变化的电场和磁场, 它们由近及远地向外传

播,这种传播着的电磁场就叫做电磁波。振荡器每秒钟振荡的次数叫做频率,用 $f$ 表示。每振荡一次所传播的距离叫波长,用 $\lambda$ 表示。电磁波在空间的传播速度非常快,每秒钟达30万公里,电磁波传播的速度简称波速,用 $C$ 表示。

电磁波的传播方式有多种。中波广播一般用地面波传播方式(图 2-13A)。而短波广播是依靠地球大气层外电离层对于电波的反射作用进行传播(图 2-13B)。我们的遥控设备发射的是超短波,它的传播与前两种都不同,是空间直线传播,就是发射的电磁波经空间直接到达接收机,或者经地表面反射后再到达接收机(图 2-13C)。这种超短波传播方式适用于操纵发射机的人能够看到接收机天线。如果发射天线附近或发射机与接收机之间有较大的障碍物,那么控制的效果就会受到影响,甚至完全失灵(图 2-14)。我们的遥控模型飞机一般总是在旷野或较开阔的地区飞行,而且必定在操纵者的视线范围以内飞行,所以使用超短波是比较适合的。

天线的构造非常简单,仅是一根导线或一根金属棒,但是

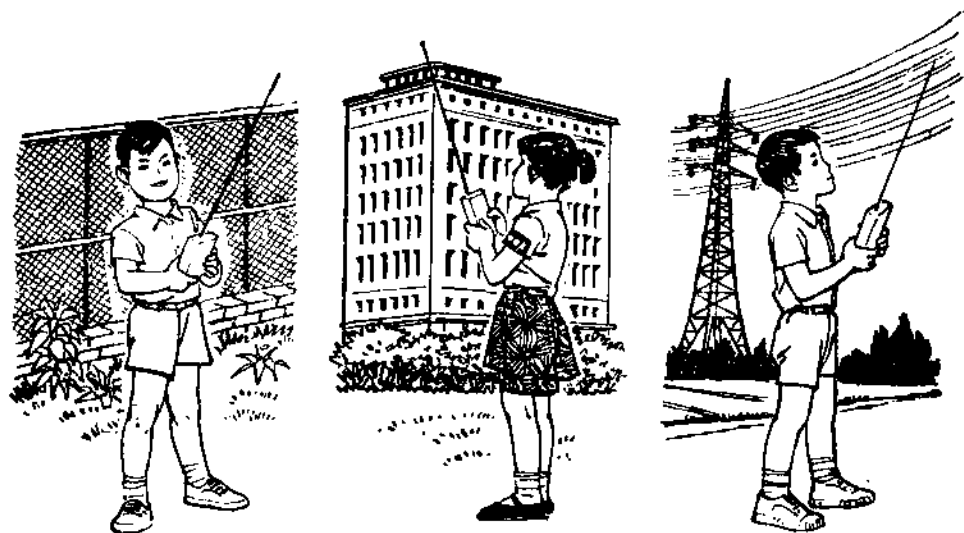


图 2-14 不适宜飞行的地方

为了使天线有最好的辐射电磁波的能力，就必须使天线与振荡器的载频谐振。怎样才能使天线谐振呢？简单地说，就是要使天线的长度与波长接近于简单的倍数关系，比如  $1/4$  波长、 $1/2$  波长、等于波长、2 倍波长等。图 2-15 所示的是几种常见的天线形式。图 2-15A 是一种水平的半波天线，它的长度（指天线两端之间的距离）为  $1/2$  波长，架设的高度为  $1/4$  波长，天线的中间用绝缘子分开，并从各边引出一根导线接到发射机中天线耦合线圈两端。这种天线辐射的电磁波在天线上方最强。图 2-15B 是  $1/4$  波长的鞭状天线，天线垂直于地

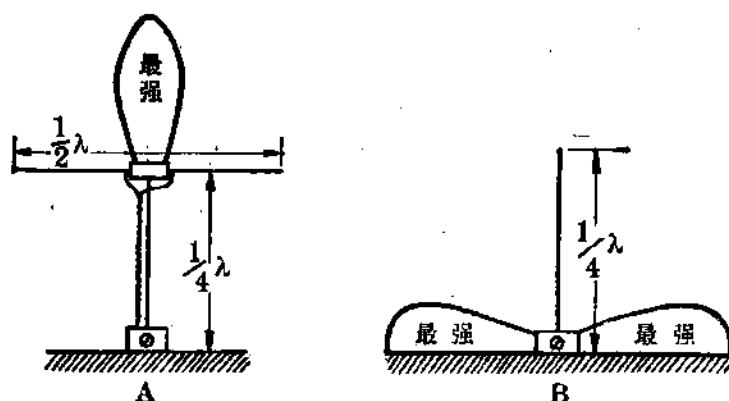


图 2-15

面，一端接发射机天线耦合线圈一端，耦合线圈另一端接地。这种天线辐射电磁波在沿地面方向最强。由于水平天线架设和携带不太方便，所以遥控模型飞机常常采用  $1/4$  波长的垂直鞭状天线。考虑到使用方便，可以将发射机拿在手上， $1/4$  波长的天线还是嫌太长（如果发射机频率是 28 兆周的话， $1/4$  波长就要 2.6 米左右），所以将天线缩得比  $1/4$  波长更短一些。当然，这时天线的谐振状态要差一点，控制距离也会打一个很大的折扣，但使用时较方便。我们这里介绍的发射机采用了手提式的，天线是 1.5 米长的鞭状天线（如图 1-7 所

示), 它的辐射分布和  $1/4$  波长鞭状天线相似。如果发射机和接收机等调整得比较好, 也能达到 300~500 米的距离。这对于一般无线电遥控模型飞机来说, 基本上可以满足使用的要求了。如要求既不增加天线长度又要提高天线效率, 那么可以在天线的根部或中部加一个线圈(称为加感线圈), 见图 2-16。加感线圈

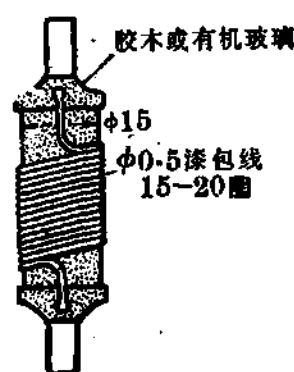


图 2-16

的圈数应根据每架发射机的实际情况调整, 效果的好坏要以不影响载频振荡稳定性和控制距离增加情况为准。

## 二、发射机元件选择与组装

装置无线电遥控设备, 除了要有正确的电路设计之外, 还需要有适当的零件及良好的装配技术, 才能得到完满的效果。有时往往由于元件选择不当, 或代用品不合适, 而使整套设备归于失败。熟练的装配技术除了在书本上吸取别人的经验之外, 更主要的是要在自己的刻苦实践中培养。

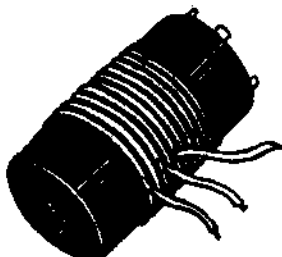

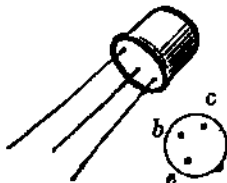
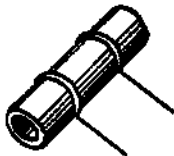
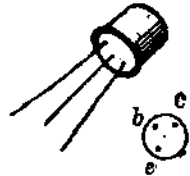
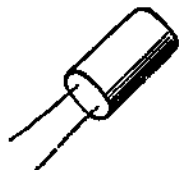
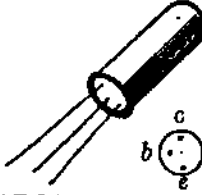
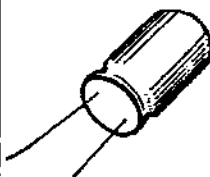
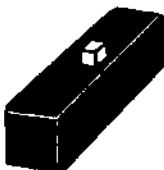
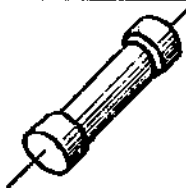
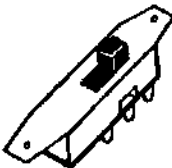
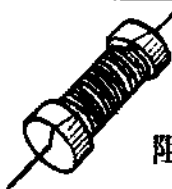

### 1. 元件选择

发射机所用的元件列在表 2-1 中。

发射机中共用 5 只晶体三极管。 $BG_1$ 、 $BG_2$  必须选用  $f_T$  较高、输出功率较大、集电极-发射极的反向截止电流  $I_{ceo}$  较小的晶体管, 如硅  $NPN$  高频中功率管 3DG12、3DG7, 硅  $NPN$  高速中功率开关管 3DK4, 以及硅  $NPN$  超高频中功率管 2G711 等都可使用。 $BG_1$ 、 $BG_2$  的  $\beta$  值要求不高, 一般在 30~80 就可以了。 $\beta$  值过高了反而会使载频振荡不稳定。集电极-发射极间的反向击穿电压希望能高一点, 最好在 30V



表 2-1

	$L_1$ 640A 或 640K	
	$C_1$ 5/20	 BG <sub>1</sub> 3DG12 BG <sub>2</sub> 3DG12
	$C_2$ 20P $C_3$ 47P $C_4$ 47P	 BG <sub>4</sub> 3DG6 BG <sub>5</sub> 3DG6
	$C_5$ 0.01 $\mu$ $C_6$ 0.01 $\mu$ $C_7$ 0.01 $\mu$ $C_8$ 0.02 $\mu$	 BG <sub>3</sub> 3AX31
	$C_9$ 30 $\mu$ 15V	 按钮 微动开关
	$R_1$ 100K $R_2$ 100K $R_3$ 3K $R_4$ 68K $R_5$ 68K $R_6$ 3K	 电源开关
	G Z L $\phi 0.19$ 在1M电 阻上绕60—100圈	 1.5米拉杆 天线或铜管 铝管

以上。 $BG_3$  可用一般锗  $PNP$  低频晶体三极管, 要求该晶体管的共发射极反向饱和电压  $V_{CES}$  要小, 约在  $0.5V$  以下, 集电极最大允许电流在  $100mA$  左右,  $\beta$  值  $30\sim 80$ , 发射极与集电极的漏电流小于  $200\mu A$ 。这可用锗  $PNP$  低频小功率管, 如  $3AX31$  或  $3AX81$ 。 $BG_4$ 、 $BG_5$  也是一般硅  $NPN$  低频或高频晶体管即可, 如  $3DG6$ 、 $3DG8$ 、 $3DG3$ 、 $3DG13$ 、 $3DG14$  等都可。 $\beta$  值要求也不高, 大致在  $30\sim 80$  范围内就行。

自制载频振荡线圈  $L_1$ , 是在  $\phi 16mm$  的有机玻璃或胶木线圈管上用  $\phi 0.8mm$  的镀银铜丝绕 4 圈, 在第 2 圈处抽一个头(图 2-17)。由于  $L_1$  的数据是决定发射机载频频率的重要因素, 考虑到初学者不一定有仪器测量和调整载频频率, 所以这里着重介绍用市售的收音机短波线圈 640A 或 640K, 这样可

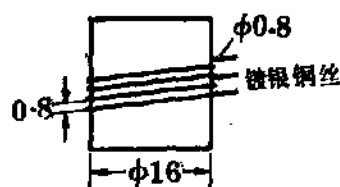


图 2-17

以防止因自制的的数据有差异而载频频率落不到  $28\sim 29.7$  兆周的范围, 作发射机的载频振荡线圈的 640K 有两个绕组, 使用时可将一组漆包线的绕组拆去, 在用镀银铜丝绕的那一组线圈中选用 4 圈, 并在第 2 圈处抽头引线即成。详见表 2-1。

天线线圈  $L_2$  只要在  $L_1$  外面用  $\phi 0.8\sim 1$  毫米的单股或多股塑包线绕 3 圈即成。电阻  $R_1\sim R_6$  可用普通  $1/8$  瓦炭膜电阻。电容  $C_2$ 、 $C_3$ 、 $C_4$  是瓷管电容,  $C_5$ 、 $C_6$ 、 $C_7$ 、 $C_8$  为涤纶电容,  $C_1$  为  $5\sim 20p$  的半可变电容器,  $C_9$  是电解电容。电源开关用普通小型  $1\times 2$  或  $2\times 2$  开关。按钮开关用市售小型微动开关。发射机用的电池可用  $1.5V$  五号电池 8 节串联成  $12V$  (积层电池的内阻通常比筒形电池的内阻大, 在发射机和接收机上使用不太合适)。

## 2. 发射机组装

发射机的大部分元件装在一块厚 1.5mm、宽 45mm、长 64mm 的复有铜箔的环氧树脂玻璃纤维板(印刷线路板)上。

制作印刷线路板有一种简单方法: 将印刷线路的图案用复写纸印在铜箔面上, 再用普通的单面刀片将不需要的部分沿边线刻断, 再用镊子将不需要的部分挑起、拉去, 如图 2-18。这种方法不需要很多工具器材, 就能将印刷线路板做好。用刀片刻铜箔时, 每条线要反复多刻几次, 不要一下子用力过猛, 以免折断刀片或将印刷线路板弄坏。等图案刻好后, 在图案中画有小圆圈的地方用  $\phi 1\text{mm}$  的钻头打孔, 画有  $\phi 3\text{mm}$  圆圈的地方用 3 毫米的钻头打孔。打孔最好用电钻, 如用手摇钻打孔就要很小心, 防止断钻头。打好孔以后用棉花蘸着牙膏或去污粉将铜箔擦亮, 最后再用松香粉末泡在酒精里制成的溶液在铜箔面涂一遍, 这样可以避免铜箔日久后氧化变黑, 又能保证焊接时方便牢固。

也可以用腐蚀的方法制作印刷线路板: 先在铜箔面涂一层浅色的喷漆, 漆干后将印刷线路图案用复写纸印在漆膜上,

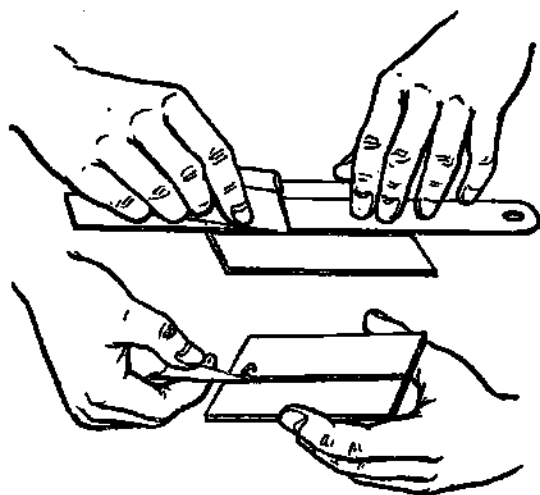


图 2-18

再用刀片将不需要部分的漆膜刻去,打好孔,然后放到三氯化铁溶液中腐蚀,等无漆部分的铜箔全部腐蚀掉以后取出,用清水冲洗干净,用香蕉水擦去漆膜,用牙膏或去污粉擦亮铜箔,用松香酒精溶液涂擦后即成。三氯化铁溶液的制法是:用一份三氯化铁粉末加三份水搅拌均匀而成。由于三氯化铁与水混合时温度会大大升高,因此必须等溶液冷却后再将要腐蚀的板放入,否则会因温度高而使漆膜四周卷起,甚至漆膜完全脱落成废品。

无论用那一种方法,都要特别注意印刻的图案不要有错误,否则将造成以后装接调试时的困难。印刷电路图案如图2-19(书末插页)。其中图2-19A是有铜箔面的图案;图2-19B是从非铜箔面看各元件位置与铜箔图案的关系(称为装接配线图)。我们采用这种表达方法,是为了装接时的方便。这与一般常见的收音机印刷电路图的表达方法是不同的,希读者特别注意。

印刷线路板做好后就可着手组装。组装前首先要明白各种元件的数值、规格以及接脚方向等。比如 $C_9$ 这种电解电容是有“+”、“-”极性的,必须将标有“+”号的脚接在电路所规定的点上。又如晶体三极管管脚也要事先对照表2-1弄清楚,这样才能保证组装时不出错误或少出错误。元件装上线路板之前,其引线要经过适当的处理和弯曲成一定形状,以便插定在线路板上。

目前很多售品零件的引线,出厂前都已镀了一层锡(这类引线呈光亮的银白色)。这类零件引线的焊前处理工作可以省去。另有一些零件引线呈暗褐色及其他有“污垢”迹象的,都要作预先上锡处理。具体方法是:用小刀轻轻刮去引线表

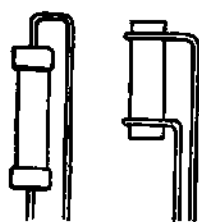


图 2-20

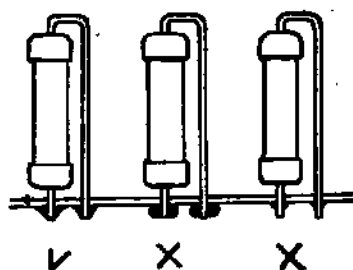


图 2-21

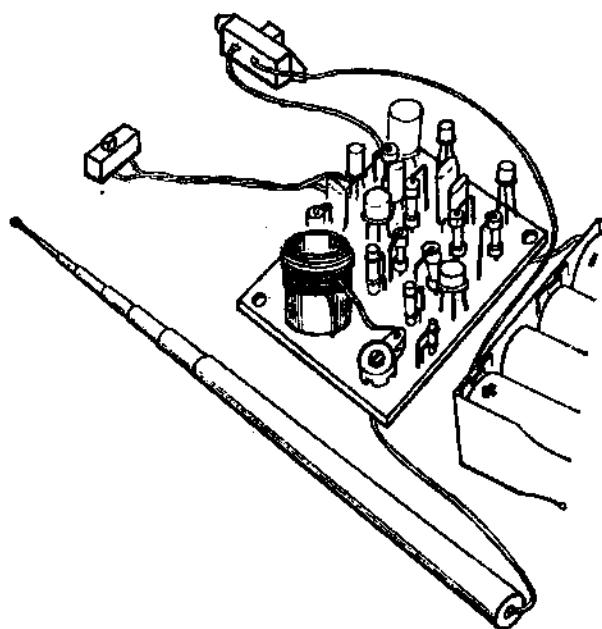


图 2-22

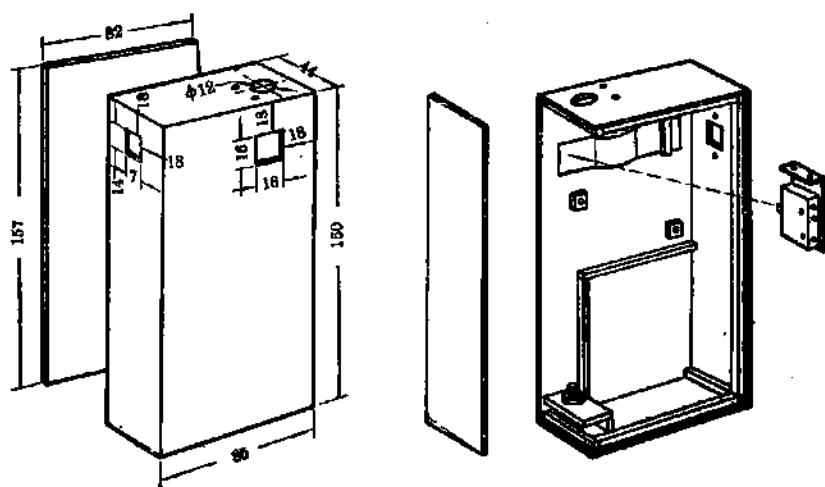


图 2-23

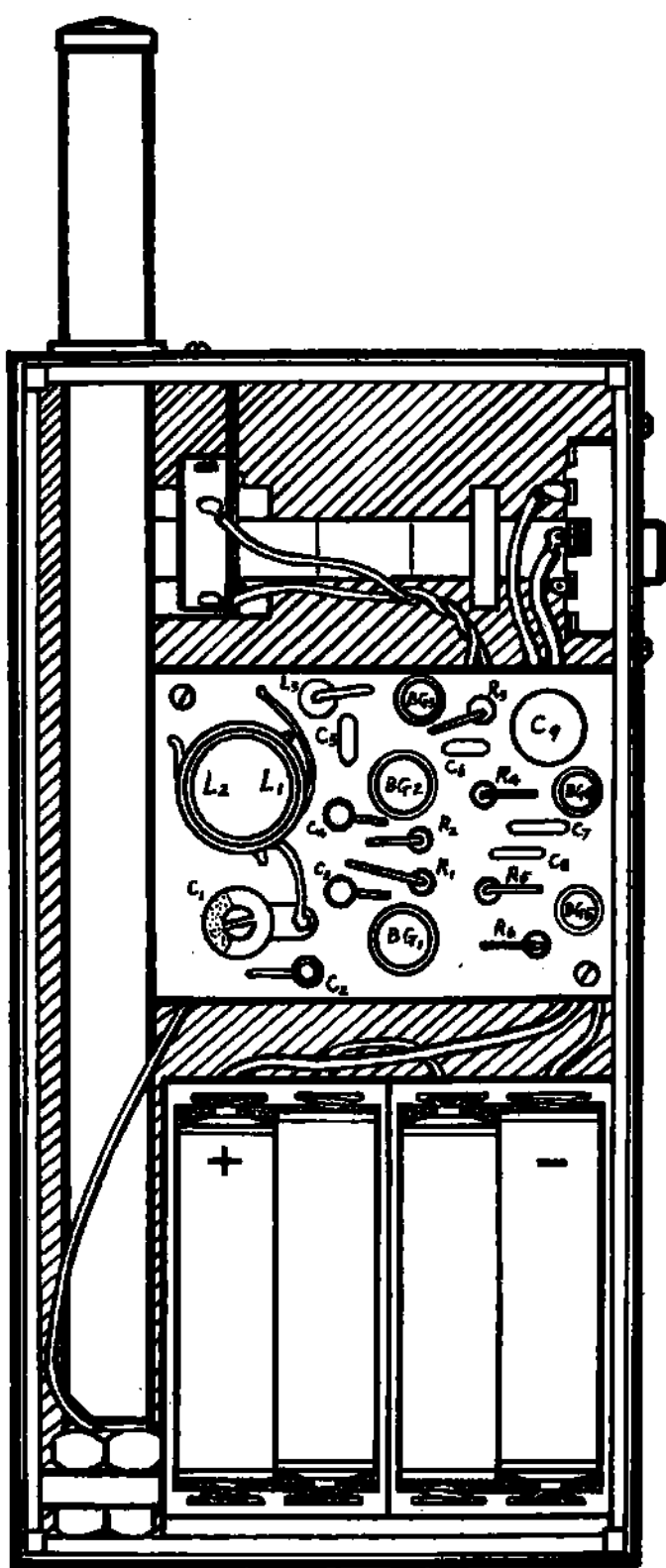
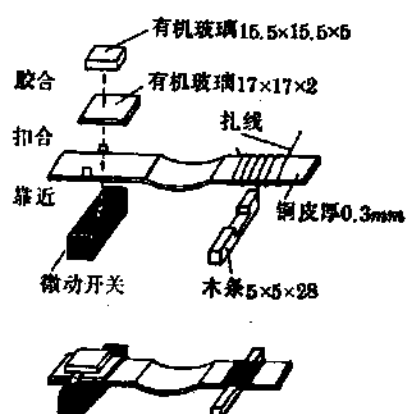


图 2-24

面的污垢,使其露出铜色,然后再将引线放在松香上用烙铁上锡。用小刀刮引线时用力要适当,用力过重就会损伤引线以至折断。零件引线应弯曲成图 2-20 的形状,弯曲的部位应离



按钮开关制作示意图

图 2-25

根部 2 毫米以外, 否则也容易折断。

组装时各焊点应如图 2-21 所示, 不能有虚焊, 焊锡不要过多或过少。装接时可以参照图 2-19B 装接配线图。各晶体管先暂时不接, 待调试时调到哪一部分再接哪一部分的晶体管, 以防损坏晶体管。焊接完毕以后要清除

铜箔面的残留杂物, 如焊锡、焊剂等, 以免其渗杂在电路或零件间造成短路、漏电等故障。

发射机各部件可装在一个用层板或松木片胶合成的盒子里(图 2-22)。图 2-23、图 2-24 分别是制作盒子的尺寸图和发射机各部件的安装图。图 2-25 是用微动开关改成操纵按钮开关的示意图。

天线如果没有 1.5 米的拉杆天线, 可以用 1.5 米的铜管或铝管代替, 但无论用哪一种, 安装时一定要保证天线和天线耦合线圈一端接触良好。

### 三、发射机的调试

发射机印刷线路板上除晶体管以外的元件都焊接完毕, 并经过核对无误时才可以着手进行调试。调试基本上可以分音频振荡器、载频振荡器、调制器及整机调整等四个步骤逐步

进行。

在调试前,先将必要的工具器材准备好:耳塞、自制拾电圈、自制校棒(图 2-26)、万用表、少量调换用的晶体管等元件、12V 电源(用 1 号电池 8 只串联组成,专作调试用)。

## 1. 音频振荡器的调试

将晶体管  $BG_4$ 、 $BG_5$  焊到线路板上,并接上 12V 电源(正电源线一般用红色塑料多股线,负电源用黑色或其他颜色的塑料多股线,以便于区别,防止接错而烧坏晶体管)。再串联一个万用表(放到直流电流档),将“+”线接到万用表的“—”端,万用表的“+”端串联一个开关,然后接到 +12V 处;

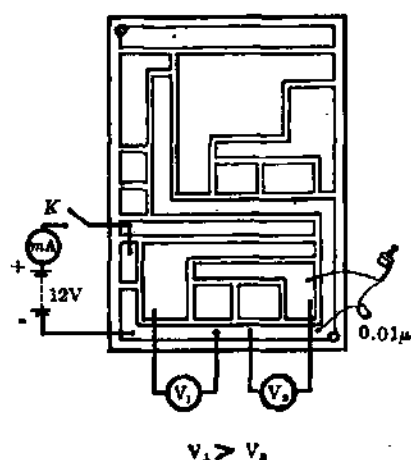


图 2-27

印刷线路板的“—”线接到 -12V 端。接好以后核对一遍,确认没有接错,再打开电源开关,此时应首先观察电流表的读数,若电流达几十毫安或表针打到底,应立即将开关关掉,并检查线路有否接错。如果电流表读数在 10 毫安以下,说明线路基本上是正常的,可以继续调试。然后按图 2-27 所示,用耳塞串联  $0.01\mu$  左右的电容在  $BG_4$  或  $BG_5$  的集电极、发射极之间监听。此时,应该听到有“嘟——”的音频信号声,这种声音是振荡器正常工作时  $BG_4$  与  $BG_5$  交替导通、截止产生的。然后再在晶体管  $BG_4$ 、 $BG_5$  的集电极与发射极之间用万用表(直流电压档)测试。因为我们制作的音频振荡



图 2-26

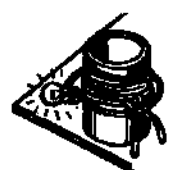


器要求  $BG_4$  的截止时间要比导通时间长一些(这样的调制信号有利于接收机的接收), 所以用万用表测量  $BG_4$  和  $BG_5$  集电极、发射极间电压, 应是从  $BG_4$  测得的数值比  $BG_5$  测得的数值高(图 2-27); 如果测得情况相反, 则说明在装接时把  $C_7$ 、 $C_8$  的位置换错了。

如果用耳塞听不到音频声, 而且  $BG_4$  和  $BG_5$  集电极、发射极间电压都接近于零伏, 那么可能是  $C_7$ 、 $C_8$  中的一个接脚有错误或脱焊, 也可能是  $BG_4$ 、 $BG_5$  的  $\beta$  值太高, 要调换管子后再试。在调试时必须注意, 如果需要在印刷线路板上进行焊接调换零件时, 必须先将电源开关关掉。

## 2. 载频振荡器的调试

将  $BG_1$ 、 $BG_2$  焊上。在  $BG_3$  的集电极与  $GZL$  的连结点, 焊一根红塑料线与  $BG_3$  的发射极短接起来(因  $BG_3$  未接, 故将此两点短接), 打开电源开关, 观察电流读数。如果电流在



100 毫安以上, 则应立即关掉电源, 检查是否有线接错。如果读数是几十毫安, 是属基本正常。然后将拾线圈套在  $L_1$  的外面, 当电源接通时拾线圈

应该发光(图 2-28)。这是因为载频振荡器振荡时,  $L_1$  中的载频电流通过与拾线圈的耦合, 在拾线圈上也检拾到载频电流, 这股电流足以使 2.5V、0.075A 的小电珠发亮的缘故。再调整  $C_1$ , 使小电珠达到最亮。这时的载频振荡没有经过调制, 产生的是载频等幅波, 电流表上的读数是  $BG_1$ 、 $BG_2$ 、 $BG_4$ 、 $BG_5$  的总电流, 而  $BG_1$ 、 $BG_2$  的集电极电流应是总电流减去  $BG_4$ 、 $BG_5$  的电流, 数值约为 40~80 毫安。如果电流过小, 拾线圈小电珠很暗, 可以适当增大交连电容  $C_3$ 、 $C_4$  的数值, 或调换  $BG_1$ 、 $BG_2$  再试。增大交连电容虽使载

频振荡增强,拾电圈小电珠更亮,电流读数增加,但并不是说振荡愈强愈好,也并不是说电流愈大愈好。因为这种振荡器振荡过强,它的谐波成分也愈多,谐波成分一多就会减弱主频率的发射。因此,一般将  $BG_1$ 、 $BG_2$  集电极电流控制在 40~80 毫安为好。

### 3. 调制器的调试

把上述接在  $BG_3$  集电极、发射极之间的短接线去掉,将  $BG_3$  焊好,打开电源开关,观察电流表读数。此时的总电流数应比未加调制以前的电流数将近小一半,拾电珠的亮度也略暗一些,这是正常现象。如果拾电珠完全不亮,电流很小,那就要检查一下  $BG_3$  有否接错,或另换一只晶体管再试。

### 4. 整机调试

当上述三个部分调试都正常以后,就可以将发射机装进机壳,接上实际使用的拉杆天线和按钮开关,电源也用机内电源。为了了解在调整时天线向外发射的电磁波强度是增大还是减小,如再用上述测量  $BG_1$ 、 $BG_2$  集电极电流的方法,虽然也能起一些作用,但毕竟是一个间接的方法,也不一定很有效,最好是用场强计来测定,有这个仪器可以使调试工作变得方便,而且效果也较好。因为场强计的天线能将发射机发出的无线电波和其他来源的无线电波都接收下来,送到本身的线圈  $L$  和电容  $C_v$  组成的谐振回路,然后把需要接收的发射机电磁波选出来,再由二极管  $D$  进行检波,检波后得到的电流使电流表指针偏转。发射机发出的电磁波愈强,场强计收到的也愈强,检波后输出的电流也愈大。所以通过观察场强计电流表指针偏转角度的大小,就可以了解从发射机天线向外发射功率的大小。但是要注意,场强计不仅能收到我们所

要调整的发射机发出的信号,也能接收其他电磁波。因此,调整工作要尽量在附近没有其他电磁波干扰的情况下进行为好。

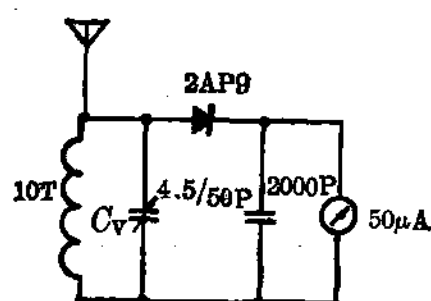


图 2-29

场强计可以自制,我们这里介绍一个简单的场强计(图2-29):线圈 $L$ 可用 $\phi 1\sim 1.2$ 毫米的漆包线,在5号电池上密绕10圈便成,电容 $C_v$ 可用4.5~50微微法的微调电容器,天线可用0.8~1米的晶体管收音机用的

拉杆天线,二极管可用2AP9之类的锗二极管,电流表则需用高灵敏度的 $50\mu A$ 或 $100\mu A$ 电流表。

整机接线接好后,必须经过再三检查,确认没有接错以后再使用。就是分别把发射机的天线与场强计的天线全部拉出,两者距离0.5米左右,打开发射机的电源开关,按下操纵按钮,这时场强计的电流表指针可能偏转很小,甚至不动。调节场强计的 $C_v$ ,使电流上升到最大,再调整发射机电容 $C_1$ ,使场强计读数最大。由于 $C_1$ 的改变会引起发射机载频频率的改变,所以每当 $C_1$ 改变一个位置,场强计的 $C_v$ 也要相应地调整一次,以便使场强计的接收频率与发射机的频率始终保持一致。若一开始表针达到满偏转,则可将发射机与场强计的距离拉远一些。

有条件的话,最好再用WFG-1B型高频微伏表,来接收发射机的信号,看其是否落在28~29.7兆周内。若发射机频率不落在这个范围,可调节发射机的 $C_1$ 使其符合要求。

经过以上步骤都认为正常以后,发射机本身的调试可暂告一个段落,待与接收机配合时再进行联合调试。

## 第三章 单通道接收机

无线电遥控模型飞机用的接收机与一般晶体管收音机有很多相同的地方。但是,这种接收机也有它的特点,无线电遥控模型飞机用的接收机主要特点是:

### 1. 灵敏度高、稳定性较好

由于发射机的输出功率不能太大,因此要求接收机在离发射机比较远、信号比较弱的情况下也能正常工作,就要使接收机的灵敏度高。此外还要求接收机不管在冬天还是夏天都能正常工作,就要求接收机的稳定性比较好。

### 2. 体积小、重量轻、耗电少、坚固

由于这种接收机要装在模型飞机上,所以一定要体积小、重量轻。而耗电少就可以减轻所带电池的重量,延长电池的使用时间。另外,当模型飞机着陆时可能受到的冲击力量较大,因此要求接收机比较坚固,经得起外力震动。

## 一、接收机电路原理

无线电遥控模型飞机中使用的接收机主要有两种形式:超外差式和超再生式。图 3-1 是这两种接收机的高频部分线路。

由于超再生式接收机具有体积小、重量轻、构造简单、费用低廉、而灵敏度又基本上能达到要求,所以在简单的无线电遥控设备中使用得比较广泛。通频带宽、选择性差虽然是超

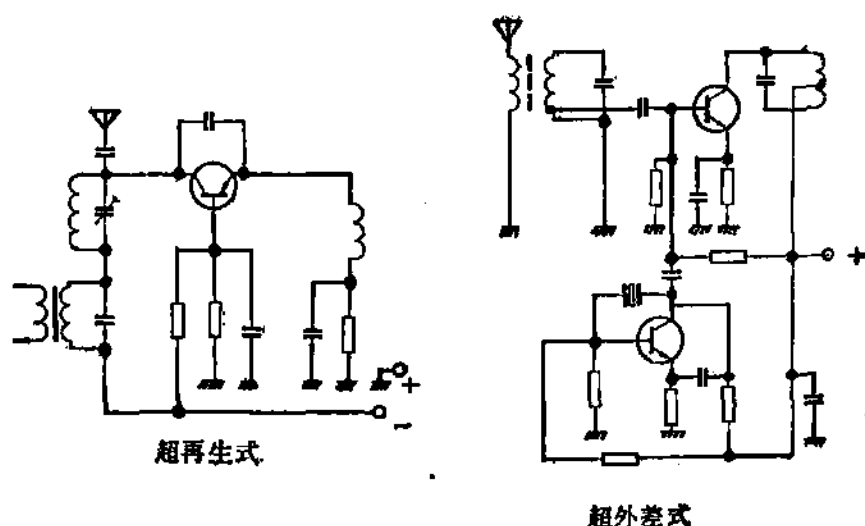


图 3-1

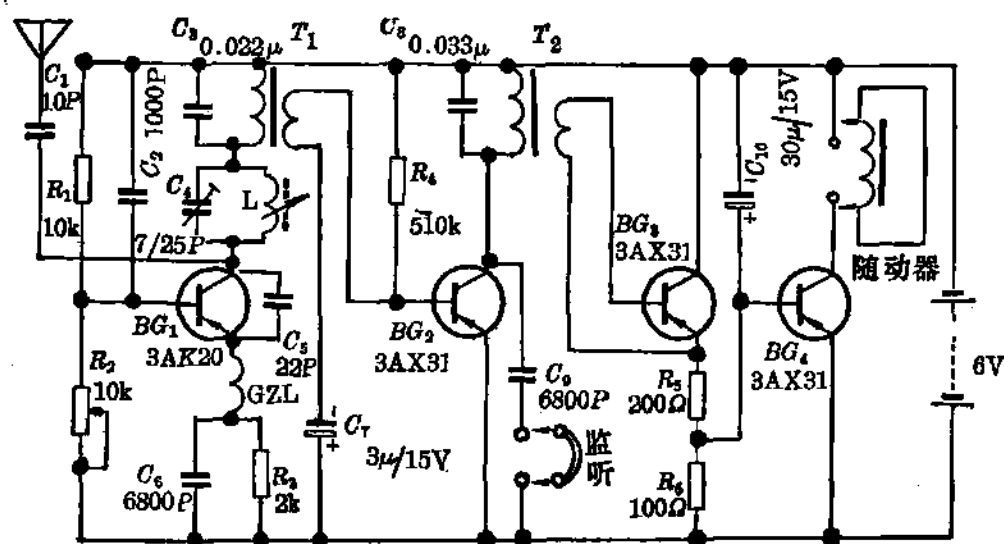


图 3-2 ( $R_4$  为调整电阻)

再生接收机的缺点，但是由于简单的发射机发射的载频频率的稳定性也非常差，如果配上一只选择性很好的接收机，反而会因发射机的频率变化超出了接收机能接收的范围而失灵，因此超再生接收机的通频带宽、选择性差的缺点，在这种情况下反而成了优点。所以初级的单通道无线电遥控设备大多是自激振荡式发射机与超再生接收机配合使用。当然，如果在

对选择性、稳定性要求比较高的情况下,可以采用超外差式接收机。

本书着重介绍的是图 3-2 的超再生式的接收机电路,它是由 4 只晶体三极管组成的。其中  $BG_1$  组成超再生检波器,它的作用是将发射机发出的载频信号接收下来,并检出其中的音频信号; $BG_2$  是音频放大器,其作用是将  $BG_1$  检出的音频信号放大; $BG_3$ 、 $BG_4$  的作用是整流、直流放大、电子开关,也就是将放大的音频信号变成直流电流,以便推动随动器工作。

### 1. 超再生检波器的工作原理

超再生接收是在再生式接收的基础上发展起来的。再生接收是把接收到的载频信号经放大后回输至输入端,使输入信号大大增强,从而提高了灵敏度。但是如果再生过强,就会使电路产生自激振荡,而破坏信号的正常接收。如果再生很弱,则灵敏度急剧减低。虽然再生的强弱可以利用电位器或可变电容器来调节,使它工作在恰当的一点上,但是由于电源电压或其他因素稍有变动,它又会出现自激振荡或灵敏度急剧下降的情况,所以这种再生式接收在无线电遥控中使用起来是不合适的。于是就产生了用超再生接收的方式。超再生电路是将再生控制在有自激振荡的工作状态,但另外又采取措施破坏这种振荡,使它只能断续存在。这种断续振荡的状态就不致破坏信号的接收,同时又能处在再生最强的工作状态,因此接收的灵敏度非常之高。

超再生接收机在没有收到信号时,由于晶体管内部电子的无秩序的热运动,经过再生放大而产生一种高频振荡,这种振荡是极不规则的,所以经过检波就可以从监听耳机里听到

一种“沙——”的噪声。这种噪声是超再生电路所特有的，称之为超再生噪声，简称“超噪声”。当收到发射机发出的信号

时，超噪声就被抑制或减弱，而听到的是“嘟——”音频声。

图 3-3 是超再生检波器的线路。 $BG_1$  接成共基极放大器形式。外来信号通过天线与耦合电容  $C_1$ ，传输给超再生检波管  $BG_1$ 。 $L$  和  $C_4$  组成超再生检波器的调谐回路。调节  $C_4$  或  $L$  中的铁粉芯(即改变  $L$  的电感量)，可以改变接收频率。接在集电极与发射极之间的  $C_5$  是再生电容， $C_5$  的作用是使电路处于强烈的再生状态，也就是再生振荡状态。振荡频率

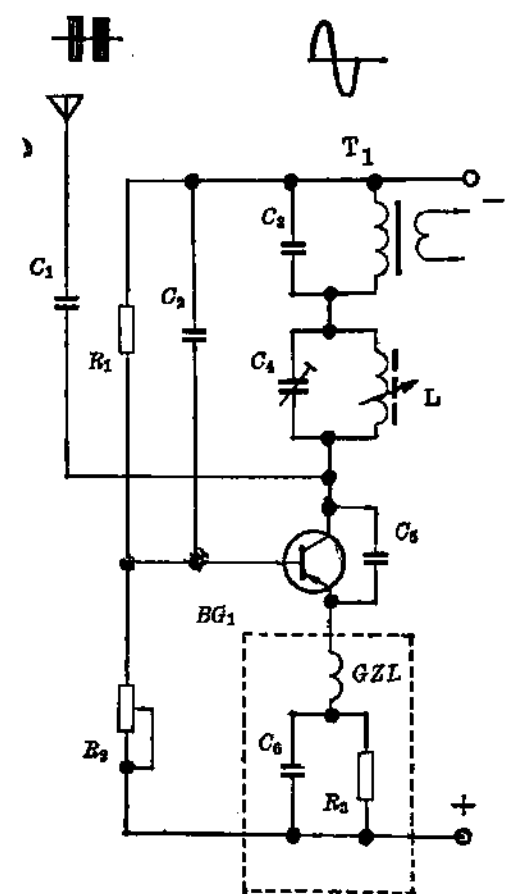


图 3-3

主要取决于  $L$  与  $C_4$ 。因此  $BG_1$  工作时既处于接收状态又处于振荡状态，并使接收频率与振荡频率完全一致起来。

$BG_1$  发射极回路内的高扼圈  $GZL$  与旁路电容  $C_6$ 、电阻  $R_3$  配合而产生的发射极与基极间的另一种振荡，使  $BG_1$  发射极的电位周期性地变动，这个周期性的振荡一般称为“淬熄振荡”。它的频率叫做“淬熄频率”，这种周期性频率能保证接收机正常的接收。 $C_6$ 、 $R_3$ 、 $GZL$  的数值变化都会影响淬熄频率。由于淬熄频率的数值比较高，约为几十千赫，所以人耳是

听不见的,我们称它为超音频。从上面情况可知,淬熄频率的高低对接收机灵敏度和工作的稳定性有很大影响的。

$R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  的数值决定了  $BG_1$  的工作点,一般可以调整  $R_2$  来改变  $BG_1$  的工作点。超再生检波器的工作点调整是很重要的,往往由于工作点不对而使灵敏度、稳定性达不到预期的要求,甚至根本收不到信号。检波后的音频信号通过变压器传输给  $BG_2$  进行放大。 $C_3$  是旁路电容,其作用是将不必要的高频及超音频电流旁路掉。

## 2. 音频放大器的工作原理

由  $BG_2$  组成的音频放大器是一种普通的变压器耦合音频放大器,如图 3-4。它与一般晶体管收音机中使用的音频放大器的工作原理是基本相同的。经过超再生检波以后的音频信号,由音频变压器  $T_1$  的耦合送到  $BG_2$  的基极进行放大,然后将放大的信号通过  $T_2$  耦合到下一级去。 $R_4$  是决定  $BG_2$  工作点的电阻。 $C_7$  是基极对地的隔直流电容,它保证  $BG_2$  的基极对地有一定的电位,同时使前级送来的音频信号能够加到  $BG_2$  的基极上去。 $C_8$  是旁路电容。变压器  $T_2$  的初级线圈就是  $BG_2$  的负载。

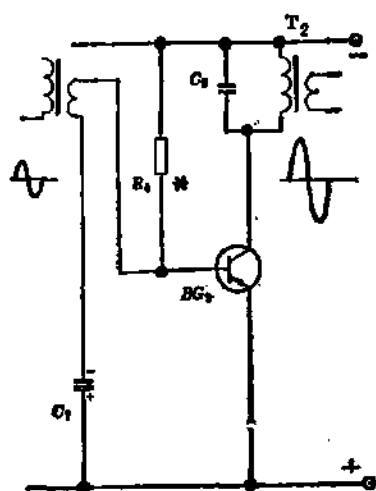


图 3-4

## 3. 电子开关电路

由  $BG_3$ 、 $BG_4$  组成的电子开关如图 3-5。 $BG_3$  的接法和一般晶体管收音机中的乙类放大器很相似。当音频变压器  $T_2$  的次级中没有音频信号时,  $BG_3$  的集电极电流很小。当经过



$BG_2$  放大后的信号通过  $T_2$  耦合到  $BG_3$  的基极与发射极之间

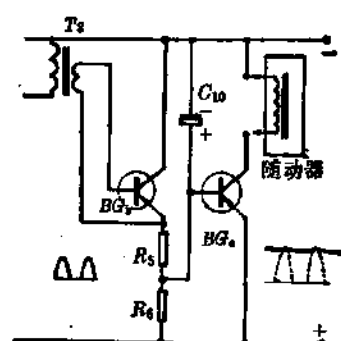


图 3-5

时：凡是信号的正半周加到  $BG_3$  的基极， $BG_3$  的集电极回路中电流为零；凡是信号的负半周加到  $BG_3$  的基极， $BG_3$  的集电极回路中就有一个放大的电流通过， $BG_3$  起了整流作用，削去半波并且放大。电流再经过  $C_{10}$  的滤波就成了比较纯的直流电流。

$BG_4$  接成一个普通的晶体管开关电路，当  $BG_4$  的基极、发射极之间的电压小于它的导通电压（对于锗管来说，约为  $0.2 \sim 0.3V$ ）时， $BG_4$  保持截止状态，相当于开关处于“关”的状态。当  $BG_4$  的基极、发射极之间的电压达到它的饱和导通电压（约  $0.3V$  以上时）， $BG_4$  饱和导通，相当于开关处于“开”的状态。因此，当  $BG_3$  的基极没有音频信号输入时，集电极电流接近于零，这时在  $R_6$  上的电压降也几乎等于零， $BG_4$  就截止。当  $BG_3$  基极有音频信号输入， $BG_3$  的集电极电流就增加，这股电流在  $R_6$  上就产生电压降，当这个电压达到  $BG_4$  的饱和导通电压时， $BG_4$  就饱和导通。 $BG_4$  的集电极电流就流过随动器的线圈，使随动器动作。

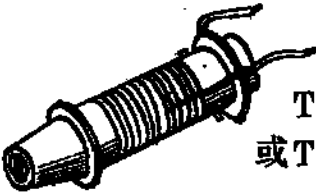
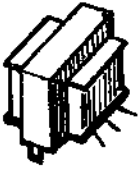

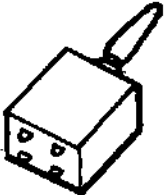
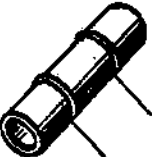

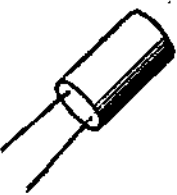
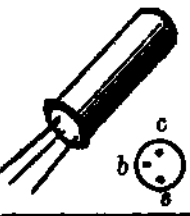
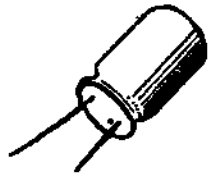
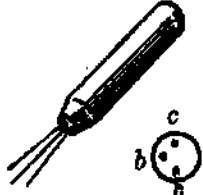

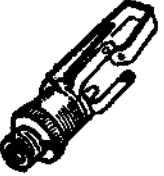

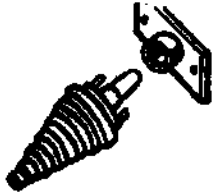
## 二、接收机元件选择与组装

接收机所用的元件列在表 3-1 中。

### 1. 元件选择

接收机共用 4 只晶体管， $BG_1$  必须选用特征频率较高，集电极、发射极间反向截止电流  $I_{ceo}$  较小的晶体管， $\beta$  值要求在 30 以上。这可以选用锗 PNP 高频小功率管 3AG14、3AG43、

表 3-1

 <p>L TL103S 或TL103A</p>	 <p>T<sub>1</sub> T<sub>2</sub> 输入变压器</p>
 <p>C<sub>4</sub> 7/25P 瓷介微调电容</p>	 <p>电源开关</p>
 <p>C<sub>1</sub> 10P C<sub>5</sub> 22P</p>	 <p>R<sub>2</sub> 10K</p>
 <p>C<sub>2</sub> 1000P C<sub>3</sub> 0.022<math>\mu</math> C<sub>6</sub> 6800P C<sub>8</sub> 0.033<math>\mu</math> C<sub>9</sub> 6800P</p>	 <p>BG<sub>1</sub> 3AK20 BG<sub>2</sub> BG<sub>3</sub> BG<sub>4</sub> 3AX31</p>
 <p>C<sub>7</sub> 3<math>\mu</math>/15V C<sub>10</sub> 30<math>\mu</math>/15V</p>	 <p>BG<sub>4</sub> 也可用 3AX81</p>
 <p>R<sub>1</sub> 10K R<sub>3</sub> 2K R<sub>4</sub> 510K R<sub>5</sub> 200<math>\Omega</math> R<sub>6</sub> 100<math>\Omega</math></p>	 <p>监听插座</p>
 <p>G Z L 1M 1/4W电 阻上用0.1漆 包线绕80圈</p>	 <p>接收机与 随动器 接 收机与电源 插头座</p>

3AG1D、3AG1E, 也可以用锗 PNP 高频小功率高速开关三极管 3AK20。 $BG_2$ 、 $BG_3$  可用一般锗 PNP 低频小功率三极管 3AX31, 要求集电极、发射极间反向截止电流较小,  $\beta$  值最好在 65 以上。 $BG_4$  可用锗 PNP 低频小功率三极管 3AX31 或 3AX81, 要求集电极、发射极间反向截止电流较小,  $\beta$  值在 65 以上。

接收调谐线圈  $L$  可用市售电子管收音机的短波线圈, 参看表 3-1 中的实物图。它的型号是 LT103S 或 LT103A。LT103A 有两个绕组, 使用时可把漆包线较细的绕组拆去, 较粗的 (约  $\phi 0.3$  毫米) 绕组共有十多圈, 折剩 8 圈使用。LT103S 较粗的绕组共有 11 圈, 在 8 圈处有一个抽头, 安装时就使用 8 圈那两个头。电阻  $R_1$ 、 $R_3$ 、…… $R_8$  可用 1/8 瓦的炭膜电阻。 $R_2$  为微调电阻。电容  $C_1$ 、 $C_5$  是瓷管或瓷片电容,  $C_2$ 、 $C_3$ 、 $C_6$ 、 $C_8$ 、 $C_9$  为涤纶电容,  $C_4$  是半可变电容器,  $C_7$ 、 $C_{10}$  是电解电容。高扼圈  $GZL$  可自制, 只要在 1 兆欧 1/4 瓦的炭膜电阻上用  $\phi 0.1$  毫米漆包线平绕 80 圈, 两个头焊在电阻的两根引线上就成。 $T_1$ 、 $T_2$  可以自制, 用 E19 硅钢片铁芯截面  $5 \times 5$  毫米, 初级用  $\phi 0.06$  毫米漆包线绕 1500 圈, 次级用同号漆包线绕 500 圈。也可以用市售小型输入变压器。但必须注意,  $T_1$ 、 $T_2$  都是输入变压器。市售输入变压器常用的有 5 个



图 3-6

线头, 一边三个另一边两个。两个线头的一边是初级圈, 三个线头一边是次级圈, 使用时用其中相邻的两个, 另一个空着不用, 安装时必须注意初、次级不能接反。

电源开关可用普通小型  $1 \times 2$  或  $2 \times 2$  钮子开关。电源用 1.5V 的 2 号电池 4 节串连成 6V (图 3-6)。

不要用半导体收音机用的小型 6V 迭层电池。电源开关与接收机之间, 以及接收机与随动器之间, 可用两芯插头座连接, 这样插装都比较方便。

## 2. 接收机的组装

接收机的大部分元件都安装在一块厚 1~1.5 毫米、宽 50 毫米、长 60 毫米的复有铜箔的印刷线路板上。接收机印刷线路板制作方法与发射机印刷线路板相同。图 3-7(书末插页)是接收机印刷线路板图案。对元件组装的要求同发射机。

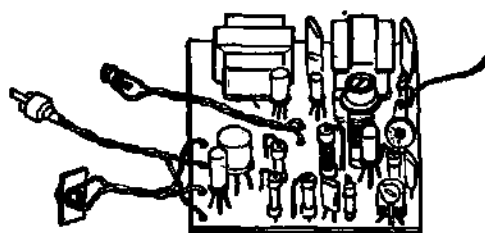


图 3-8

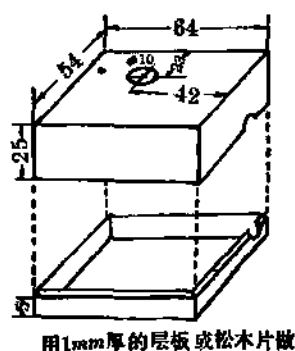


图 3-9

接收机元件组装步骤一般是先装线圈、变压器等, 然后再装电阻、电容, 最后根据调试的需要, 逐级安装晶体管。图 3-8 是接收机的实体图。图 3-9 是接收机盒子的参考图。

## 三、接收机的调试

接收机的调试可以分两步进行, 先调超再生检波及音频放大部分, 再调电子开关部分。

调试接收机需要的工具器材有: 耳塞、自制校棒、万用表、2.5V 0.075 安培小电珠 2 只、少量准备换用的晶体三极管和电阻、电容, 还有用 4 节 1 号电池串成的 6V 试验电源, 最好能备一台高频信号发生器。

## 1. 超再生级及音频放大级的调试

超再生检波级的工作原理比较复杂，影响该级工作状态的因素也比较多，因此必须有计划、有步骤地进行调试，切勿无目的地乱调。一般可分四步进行：

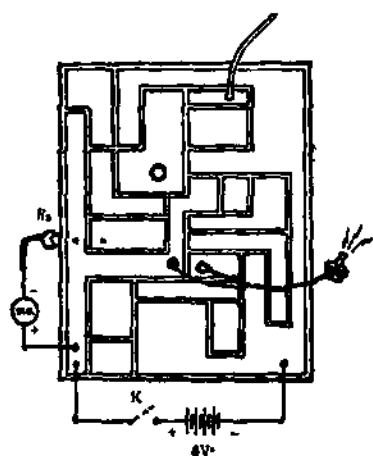


图 3-10

第一步调试工作点。将印刷线路板上接到 6V 电源去的 +、- 两根线焊好，串联一只开关接上电源。将电阻  $R_2$  (2k) 接地端断开，串入一只万用表 (放在 0~5mA 档)。将耳塞插在监听插孔内监听。将  $R_2$  (10k) 微调电阻放在阻值最小的位置，在  $C_1$  的接天线端接上一根 60 厘米长的多股塑料电线作为天线 (如图 3-10)。然后检查一遍，确认没有接错后，接通电源开关，首先观察电流表的读数，若电流超过 5 毫安，则应立刻将开关关掉，再核对线路有否接错。若电流在 0~2 毫安范围内，则可以开始一边调节  $R_2$  的阻值，一边观察电流表的变化，同时仔细监听耳塞中的声音的变化。先将  $R_2$  阻值旋至最小，然后渐渐增大，这时  $BG_1$  的工作点就渐渐升高，发射极回路上的电流也渐渐增加。当电流表指示接近于零时，耳塞中基本上没有声音；当电流上升到 0.5 毫安左右时，耳机中就可以听到“沙——”这种超噪声，这说明能“起超”；继续增加电流到一定程度，超噪声又会停止。一般地说，在有噪声的范围内，是电流比较小的时候噪声比较强，但还夹有一些啸叫声或爆裂声。我们一般是把电流调整到 1~1.2 毫安，而超噪声柔和纯净的状态。因为这时电流较大，超噪声虽不是最响，但声

置，在  $C_1$  的接天线端接上一根 60 厘米长的多股塑料电线作为天线 (如图 3-10)。然后检查一遍，确认没有接错后，接通电源开关，首先观察电流表的读数，若电流超过 5 毫安，则应立刻将开关关掉，再核对线路有否接错。若电流在 0~2 毫安范围内，则可以开始一边调节  $R_2$  的阻值，一边观察电流表的变化，同时仔细监听耳塞中的声音的变化。先将  $R_2$  阻值旋至最小，然后渐渐增大，这时  $BG_1$  的工作点就渐渐升高，发射极回路上的电流也渐渐增加。当电流表指示接近于零时，耳塞中基本上没有声音；当电流上升到 0.5 毫安左右时，耳机中就可以听到“沙——”这种超噪声，这说明能“起超”；继续增加电流到一定程度，超噪声又会停止。一般地说，在有噪声的范围内，是电流比较小的时候噪声比较强，但还夹有一些啸叫声或爆裂声。我们一般是把电流调整到 1~1.2 毫安，而超噪声柔和纯净的状态。因为这时电流较大，超噪声虽不是最响，但声

音柔和纯净，超再生也比较稳定。但所用  $BG_1$  的型号不同，具体的电流数值也有不同，不过调整的方法和要求是一样的。如果无论电流如何变化都不能起超，那就要先进行第二步调整，再返回来进行。

第二步是再生电容  $C_5$  的调整。 $C_5$  是将  $BG_1$  输出端信号反馈到输入端去的再生电容， $C_5$  的大小对超再生能否起超和稳定性都有影响，太小太大都会使超再生不稳定或停超。一般可在  $10\sim 30\text{p}$  的范围内调换几个数值的电容试验，使  $BG_1$  起超并且超噪声较纯而柔和即可。如果通过第一、二步骤都不能使  $BG_1$  起超，那么就要调换  $BG_1$  晶体管再重新调试。

第三步是接收频率的调整。要将超再生级接收频率调整在  $28\sim 29.7$  兆周的范围内，必须用高频信号发生器。先将高频信号发生器的频率旋钮旋到  $28\sim 29.7$  兆周的范围内。将高频信号发生器的输出线靠近接收机的天线，接收机调谐回路  $L$  中的铁粉芯旋至中间位置，打开接收机电源听到超噪声，再打开高频信号发生器电源，并调节接收机的调谐电容  $C_4$ ，使监听耳塞里原来很响的超噪声抑制（即成寂静无声）或听到很清楚的一个音频声（这种情况是高频信号发生器输出的，是一个有音频调制的高频信号），这时就说明接收机的接收频率已经落在  $28\sim 29.7$  兆周的范围内。也有这种情况，当调谐回路的频率升高到  $28\sim 29.7$  兆周时出现停超，这时需要重新调整工作点或再生电容使其起超。如果调整工作点和再生电容都不能使其起超，那么应该调换晶体管再调试到符合要求。在接收频率符合要求以后，将已装好的发射机天线全部伸出，打开开关，按下按钮，调节高频振荡回路的电容  $C_1$ ，使接收机监听耳塞里“嘟——”的音频声最响。这样，收、发信机的频率

基本对准了。如果没有高频信号发生器,则可以将发射机的  $C_1$  旋在中间位置(图 3-11),然后调节接收机  $C_4$ ,使收到的音频最响也是可以的。



图 3-11

第四步是  $C_6$ 、 $GZL$ 、 $R_3$  的调整。这三个元件是影响淬熄频率的主要因素, $GZL$  的电感量增大(直径大、圈数多)、 $C_6$

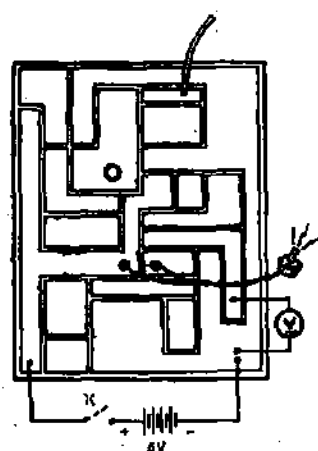


图 3-12

的数值增大、 $R_3$  的数值增大,都会使淬熄频率降低;反之,则淬熄频率增高。通常我们使淬熄频率在 20~50 千周的范围。在一般情况下,淬熄频率低,超再生接收的灵敏度降低,接收的频带变窄,因而受其他杂电波的干扰较小;淬熄频率高,超再生接收灵敏度增高,接收的频带变宽,因此受其他杂电波干扰较大。因此,在调整时

必需兼顾两者。由于高扼圈  $GZL$  调节比较麻烦,所以我们常常用改变  $C_6$ 、 $R_2$  的数值来改变淬熄频率。调整时在  $BG_2$  的集电极和负电源之间(即  $C_8$  两端)并联一个万用表(万用表放在交流电压档),让发射机发射信号,万用表上就有一个读数,调整接收机  $L$  中的铁粉芯,使万用表指示最大。然后将发射机拉开几米,固定在新的位置上继续发射,改变接收机的  $C_6$ 、 $R_2$  数值,使万用表读数增加,同时照顾到超再生的稳定性。

检验超再生稳定性有一个简单的方法，就是用手捏住天线，此时如果超噪声继续存在，或者略减轻一些，则说明工作是正常的；如果手捏天线就停超，则必须重新调整  $C_0$ 、 $R_2$ ，直到万用表指示值高而且工作稳定为止。

超再生级的调整是制作接收机的关键，一只接收机的质量好坏，百分之九十取决于超再生级工作的情况。经过上述超再生原理的学习和实际调试，我们对超再生检波器中存在的各种信号有了一定的了解，总括起来说有四种：第一种是载频（或叫高频）成分，它是超再生级本身产生的振荡，它和接收频率应是一致的，这种载频也能通过接收天线向外辐射，在实际调试中可能会碰到这样的情况：两台同频率的接收机在近距离内同时工作时互相间会有干扰，就是因为这个缘故。第二种是超音频，超音频频率（即淬熄频率）一般在 20~50 千周的范围内，虽然人耳听不到，但是它对接收机的工作有很大影响。这在调整  $GZL$ 、 $C_0$ 、 $R_2$  时可以体会到。第三种是超噪声，超噪声是鉴别超再生检波器是否正常工作的重要标志。如果听不到这种超噪声，那末就无法进行遥控，或者仅在几米以内才能进行控制，距离一拉开就“失灵”了。如果超再生检波器在未收到发射机的信号时超噪声较响而柔和，而收到信号后超噪声抑制得很干净，这样的超再生检波器工作状态就是很好的。第四种是音频，这是从收到的发射机发来的调幅波上检出的 400~1000 周的信号。我们在图 3-13 中画出了

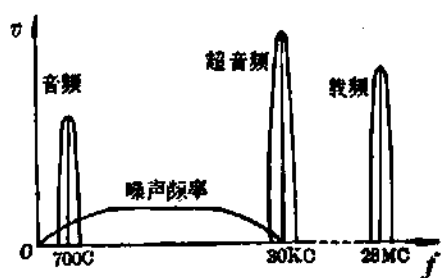


图 3-13

这四种成分的频率分布，在这四种成分中，只有音频信号是我



们下面继续需要使用的，而前三种信号经过超再生检波后就完成了它的使命，线路中的有些旁路电容就是为了尽量滤掉它们而加的。但是因为噪声的频率范围很广，有的和音频频率很接近，因此如果旁路电容对噪声滤得过多，则音频信号也会被滤掉一部分，所以在调试时必须照顾到各方面。

音频放大部分的调整比较简单，只要调整  $R_4$  的阻值，看到万用表的指示值较大；而监听音频声不失真即可。要注意  $R_4$  减小时会使  $BG_2$  的工作点提高，输出信号也会随之增加，引起  $BG_2$  对前级没有滤掉的噪声也会放大，结果会出现即使没有收到发射机信号，因接收机本身的噪声被放大而使后面随动器自己动作的现象，这就失去了遥控的作用。因此，我们在追求  $BG_2$  输出大的同时，必须照顾到噪声电压不能过大。一般可以控制在噪声电压在 1V 以下，而收到信号时的输出在 2V 以上即可。如果在收到信号时  $BG_2$  的输出电压调不大，可以调换晶体管再试。

## 2. 电子开关部分的调试

将  $BG_3$ 、 $BG_4$  焊上，在  $BG_4$  集电极与 -6V 之间串联 2 只 2.5V 0.075 安培的电珠，代替  $BG_4$  的集电极负载（没有小电珠，用 65  $\Omega$  的电阻代替也可以），同时也串入一只万用表（放在 0~100 毫安档），以便测量  $BG_4$  的集电极电流（图 3-14）。线路经核对后再打开电源开关，此时在监听耳塞中应听到超噪声，同时观察  $BG_4$  集电极电流，应在 5 毫安以下。然后将发射机打开，按下按钮。接收机耳机中听到“嘟——”的音频声，同时观察电流表和小电珠，电流应在 60~80 毫安，两个小电珠都发光。反复按、放按钮开关，如果小电珠是按照发射机的控制来点亮的，则说明电路基本上是正常的。

如果在发射机未发信号,耳塞中仅仅听到超噪声时, $BG_4$ 的集电极电流就在5毫安以上、甚至更大些,小电珠也发亮,这一般有两方面原因:一是 $BG_3$ 、 $BG_4$ 晶体管的质量不好,特别是 $BG_3$ 的集电极、发射极反向截止电流数值太大,就会导致 $BG_4$ 永久导通。如果电流表读数在接收机电源刚接通时还比较小,然后读数渐渐上升,过一段时间就比较大,那么可能是 $BG_4$ 的集电极、发射极间反向截止电流数值太大。这种晶体管

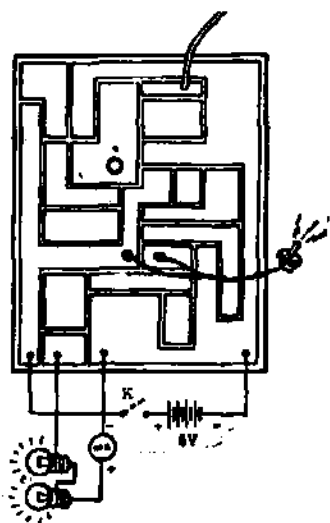


图 3-14

就不能使用。特别是夏天温度比较高时,这种情况比较显著,可以调换管子再试。二是 $BG_3$ 、 $BG_4$ 的质量都较好,耳塞中的超噪声很响,而在未收到信号时 $BG_4$ 的集电极电流较大。如果用手指将超再生级的线圈捏住,使超再生停超,耳塞中就听不到超噪声了,电流表的指示也降低了很多,这说明是由于超噪声被放大而使 $BG_4$ 集电极电流上升的,则可以适当增加 $C_3$ 、 $C_8$ 的数值,但不宜增加太多,否则对音频输出影响较大。也可以适当改变 $R_5$ 、 $R_6$ 的比值,使 $R_6$ 减小一些,但也不宜太小,否则在远距离信号弱的时候 $BG_4$ 就不易饱和导通,降低了整个接收机的灵敏度。

### 3. 接收机与发射机的联合调试

在调超再生级时,我们已把发射机与接收机的频率基本上对在一起了。但是因为发射机与接收机的距离很近,信号很强,所以接收机的 $C_4$ 和 $L$ 中的铁粉芯可能在一个较大的范围里变动都能收到信号,而当发射机离接收机远了就不行

了。因此，当发射机、接收机都做好后，还需要进行远距离操纵的调整试验。通常我们习惯称作“拉距离”。

将接收机天线、电源插头插座、开关、监听插座等全部接好，除去电流表， $BG_4$  的集电极负载仍用两个小电珠代替，将这些东西都放在一块木板上。近距离操纵一下，工作完全正常就可以开始拉距离。找一个空旷的地方，拉距离时，由一个人手持发射机发射，站立的位置和姿势都基本上固定。另一人手拿接收机，一面监听接收机中收到的音频声，一面向远处走，发现耳塞里音频声轻了， $BG_4$  负载小电珠暗了，就停下来用自制校棒调整  $C_4$  和  $L$  中的铁粉芯（ $C_4$  是粗调，铁粉芯是细调），使耳塞中的音频又达到最响，小电珠重新点亮时，再往远处走。这样继续进行，直到怎么调也不能使小电珠点亮时才停下来，检查一下  $C_4$  的位置是否在中间位置。如果不是在中间而是在最大或最小位置（参看图 3-11），则必须回来将发射机里的  $C_1$  调小或调大一点，再重新拉距离。如果检查小电珠调不亮时  $C_4$  已在中间位置，则说明这个接收机与发射机是配合的，在地面拉距离只能拉到这么远了。然后用走步子的方法估计一下所拉的距离，如果已有 300 米以上，则基本符合要求。如果只有 300 米以下，则必须回去重新调整接收机的各级，进一步提高灵敏度，再拉距离，直至满意为止。这时才算收、发信机基本上制作和调试好了。

“拉距离”在简单的遥控设备的调试中是一种重要而有效的方法。因为设计收、发信设备时要求简单，而往往机器的稳定性较差，在室内用各种仪器测量时，由于收、发信机本身的工作有些影响，不可能精确地校正。而在空旷的地方拉距离，却最实际地反映了设备的工作情况。所以拉距离一定要认真

仔细，不但在上述条件下拉，在随动器和模型飞机做好以后，还要将整套设备装在模型飞机里再拉距离，在那样的情况下仍能拉出 300 米的距离，才能安全地飞上天。否则还要反复地调整。

## 第四章 随 动 器

前面,我们谈了从发射机发出信号、接收机收到信号的过程。也就是说,发射机发出信号时,我们在接收机的监听耳塞里可以听到一个音频声音,接收机末级晶体管的集电极回路里串联的电珠会发亮。那么,收到这种信号有什么用处呢?也就是说,这种信号怎么能使模型的方向舵动作呢?只要用一套随动器来代替末级回路中的小电珠,这样,信号电流就能使方向舵产生动作。

无线电操纵模型飞机用的随动器有很多种,例如,拍合式电磁铁、擒纵器、电动机、磁体偏转式电磁铁等等。这里从简单、可靠、制作方便考虑介绍其中两种。

### 一、拍合式电磁铁

拍合式电磁铁的结构很简单,如图4-1所示。当我们合

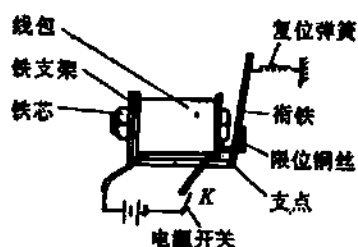
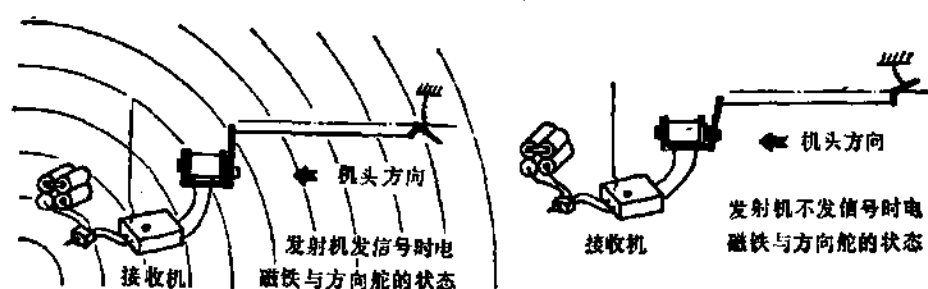


图 4-1

上电源开关时,线圈中就有电流通过,电磁铁就将衔铁吸合;电源断开时,电磁铁吸力消失,衔铁被弹簧拉回到原来的位置。现在,我们把电磁铁线圈的两个头串联到接收机末级晶体管集电极回路里(即代替试

验用小电珠的位置)。在衔铁一端用根木条做联接杆(俗称推拉杆),联到模型飞机的方向舵摇臂上,如图4-2。当发射



机发出信号,接收机收到信号后,末级晶体管导通,电流通过电磁铁线圈,电磁铁将衔铁吸合。由于铁支架是固定在机身上的,因此衔铁就拉动推拉杆,带动方向舵到左舵位置。发射机停止发信号,电磁铁将衔铁释放,方向舵在弹簧的作用下回到右舵位置。这就是无线电信号通过执行机构(电磁铁)使方向舵动作的过程。

这里介绍的电磁铁铁芯是一个 M6 的六角螺丝, 铁支架用 2mm 铁片弯成, 衔铁用 1mm 铁片剪成, 衔铁与支架的连接用市售 3/4" 小铁绞链铆接。具体零件的尺寸见图 4-3。

配合前面介绍的接收机，这个电磁铁的线圈用  $\phi 0.23$  的

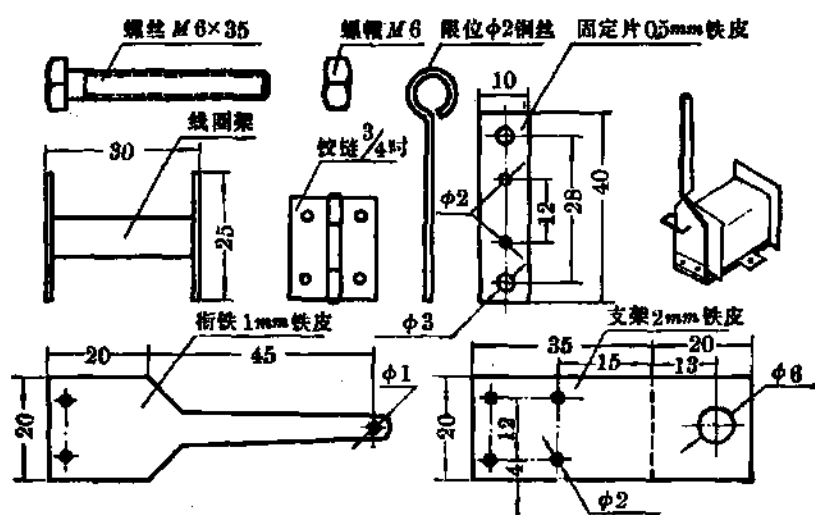


图 4-3

漆包线(即 34 号)绕 3000 圈。绕好后的电阻值为  $52\Omega$  左右。

为了保证模型飞机有较好的操纵性能,就要求电磁铁有足够的力量来带动舵面,也就是电磁铁要有足够的吸力来吸动衔铁。电磁铁的吸力与很多因素有关,主要的可以从下面的关系式看出:

$$F \sim \frac{S(I\omega)^2}{\delta^2}$$

其中  $F$ ——电磁铁对衔铁的吸力;

$S$ ——电磁铁的横截面;

$I$ ——流过线圈的电流;

$\omega$ ——线圈的圈数;

$\delta$ ——衔铁与铁芯之间空气隙的长度(也包括衔铁与支架联接处的空气隙)。

就是说,吸力是和电磁铁横截面大小成正比;和线圈圈数及电流大小的平方成正比。因此,我们要求在制作时应尽量按照所标尺寸、圈数、线径,否则电磁铁的性能就会有很大的差别。因为吸力与空气隙长度的平方成反比,所以在  $S$ 、 $I$ 、 $\omega$  都确定的情况下,电磁铁的空气隙愈小吸力愈大;空气隙稍稍增加,就会使吸力大大减小。那末,我们能不能用减小空气隙的办法来增加吸力呢?可以的。但是,我们这架模型的舵面是直接由衔铁通过推拉杆来带动的。如果铁芯与衔铁的间隙太小,舵面的动作范围也就大大减小。为了既保证电磁铁对衔铁有足够的吸力,又保证有足够的动作范围,我们在制作完成以后,要求仔细地调整一下限位铜丝才行。具体要求如图 4-4 所示。

在离开衔铁与支架联接点 65mm 处挂一个 15 克重的砝

码。接通 6V 电源，电磁铁能够吸合，并且吸放时衔铁挂重物处摆动距离必须有 4mm。达到这个指标，就可在这架模型上使用。

这里还要提出一下，限位铜丝不要用铁丝代替。在制作完成后，为了防止铁芯在断电以后的剩磁妨碍衔铁

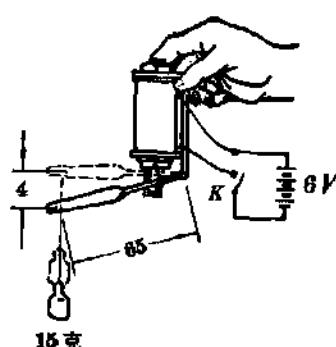


图 4-4

释放，在衔铁上还要贴上一层薄纸。又因为纸和铁胶合时间长了会剥落，所以纸应该绕一圈后首尾贴在一起才好。不同的接收机对电磁铁的阻抗是有不同要求的。表 4-1 列出的是本书中介绍到的各接收机所配接的拍合式电磁铁线圈数据，以供查用。

表 4-1

拍合式电磁铁	工 作 电 压	漆包线直径	圈数	直 流 阻 抗	备 注
	6V	$\phi 0.23$	3000	52 $\Omega$	用于本书第三章中的接收机
	3V	$\phi 0.35$	1500	12 $\Omega$	用于本书第七章中的接收机

用拍合式电磁铁作为执行机构其优点是结构简单，容易制作，材料也容易找到。但是，模型飞机上要求在体积小、重量轻、耗电少的情况下，又要使它的吸力大、衔铁的动作量也大，是需要花一番功夫的。

## 二、磁体偏转式电磁铁

这种执行机构是利用两磁铁的同性相斥、异性相吸的原



理制成的(如图4-5)。图4-5A中间是一块圆形的磁钢,磁钢周围是两个半圆形的软铁极靴。两个极靴用一个螺丝连起来,处在圆形磁钢的磁场中被磁化而成图4-5A所示的N、S极,因此磁钢稳定地停在图中的位置。如我们在螺丝上绕上线圈,并通电源,使电磁铁的极性正好与原来被磁化的极性相反,如图4-5B。

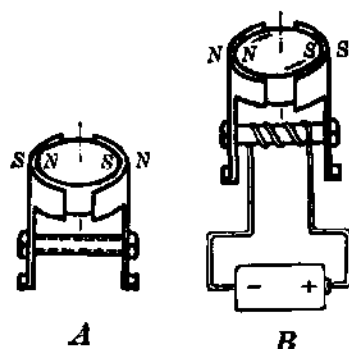


图 4-5

这时,磁钢的N极与电磁铁的N极;磁钢的S极与电磁铁的S极就相互排斥。若两个极靴稍有点不对称,磁钢就会向一个方向偏转,引起转动。如果在圆形磁钢中心引出一个摇臂,就可以通过推拉杆来带动模型飞机舵面。具体零件及安装见图4-6。

做极靴用的软铁最好能用2mm厚的,这里为了制作方便,介绍用1mm厚的。但不要用比1mm再薄的铁片,否则性能会有明显的下降。极靴要弯得与相配的圆形磁钢之间的间隙匀称。线圈是用 $\phi 0.23\text{mm}$ 的漆包线绕3000圈,电阻为 $65\Omega$ 左右。

这里用的圆形磁钢是上海磁性材料厂生产的一个 $\phi 22\text{mm}$ 厚8mm的国际磁体。磁体中央有一个 $\phi 5\text{mm}$ 的孔,而转轴是M2螺丝。其中的空隙可用纸条紧卷在M2螺丝上的方法来填充。这样可以较好地保证轴在中心位置。

为了使电磁铁通电时磁钢有一个固定的旋转方向,以及摇臂有一个合适的工作角度,在总装时,必须仔细地调整摇臂限位铜丝和圆形磁钢的两个磁极之间的位置。方法如图4-7,先将磁钢侧放在一块铁板上,当磁钢滚到一个稳定位置时用

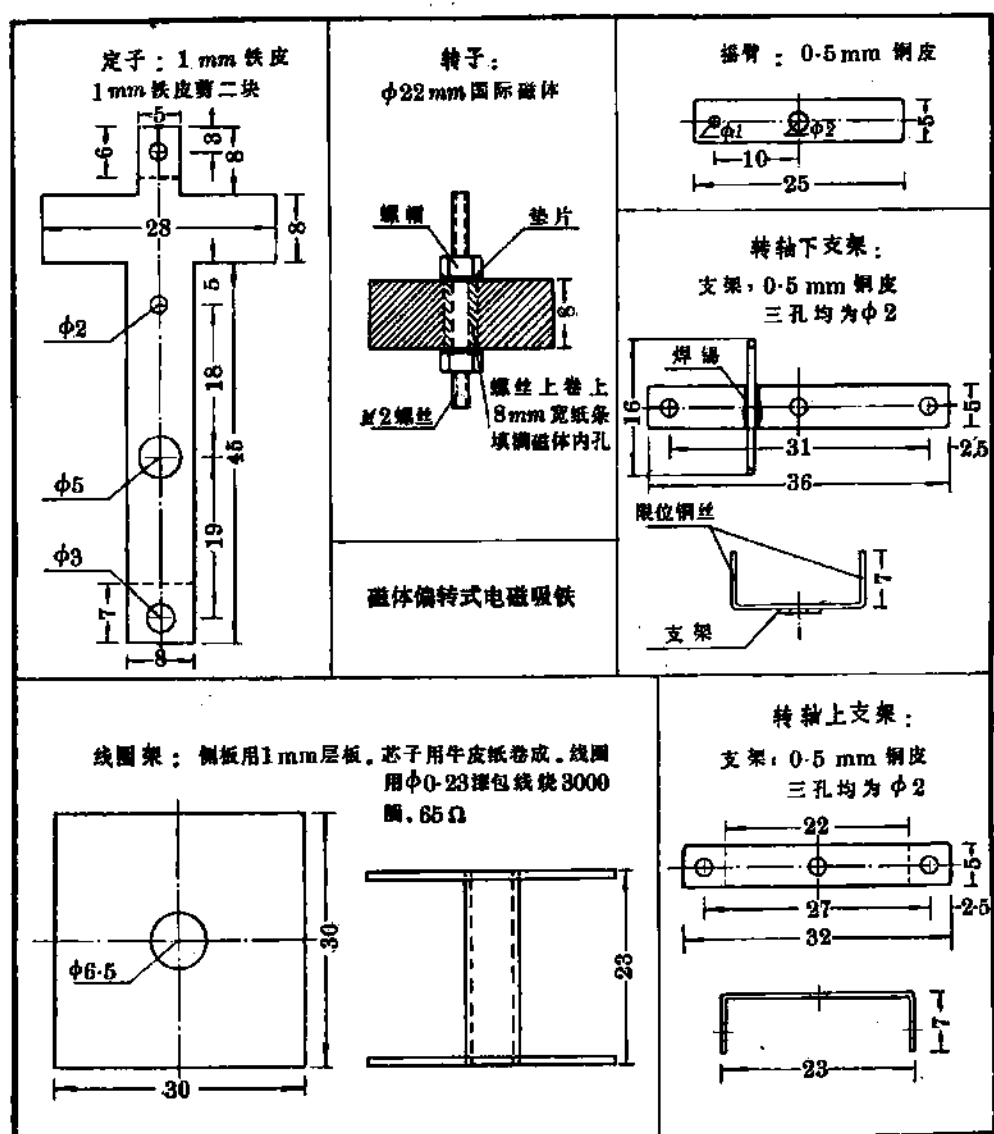


图 4-6

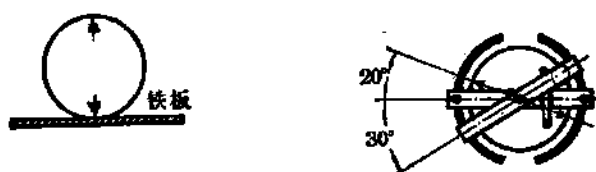


图 4-7

红铅笔或漆做一个记号。再把磁钢转  $180^\circ$ ，同样找到一个稳定点，再做一记号，这两个记号就是两个极（至于哪个是  $N$ ，哪个是  $S$  不必考虑）。然后，将转子装入轴承孔，按照图中标出的角度固定摇臂，弯好限位铜丝就算总装完成了。接着，用  $6V$  电源接到线圈两端，如果摇臂从限位点  $A$  转到  $B$ ，而电源断开后，摇臂能够回到原来位置，工作就是正常的。如接通电源摇臂不动，说明电池的正负极需要对换一下才行。图 4-8 是总装示意图。

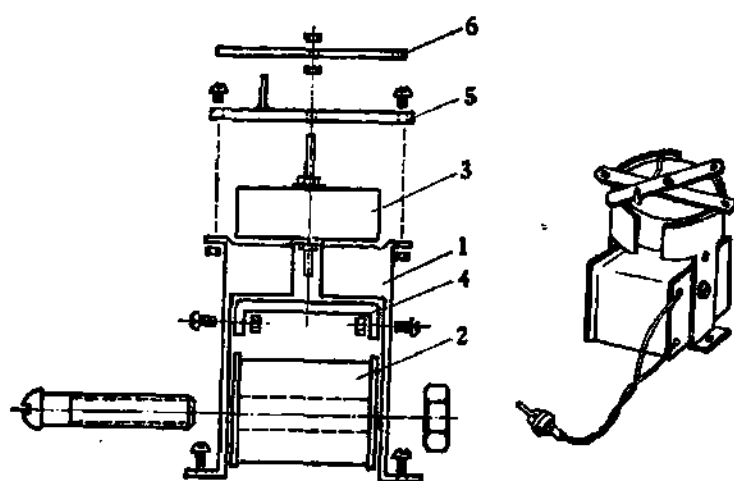


图 4-8

这种执行机构的优点是：转子本身是一块磁钢，所以灵敏度高，与一般电磁铁相比，消耗同样功率的电能，得到的输出力量大得多。如果机械部分制作比较精细，线圈改用  $\phi 0.19\text{mm}$  的漆包线，绕 4800 圈，电阻  $150\Omega$ ；流通线圈的电流从原来的  $85\text{mA}$  左右减小到  $36\text{mA}$  左右的话，输出的力量仍能满足安全飞行的需要。表 4-2 列出了这种随动器在不同的工作电压下线圈的数据，读者可根据自己的条件参考选用。

表 4-2

磁体偏转式电磁铁	工 作 压	漆包线直径 (不包括漆层)	圈 数	直 流 抗 阻	备 注
	6V	0.23 0.19	3000 4800	65Ω 150Ω	配接第三章接收机用
	3V	0.35	1200	12Ω	配接第七章两通道接收机用

## 第五章 模型的制作

无线电遥控模型飞机有两种类型：一种是不带发动机的，叫做无线电遥控模型滑翔机，它的起飞和一般模型滑翔机一样，是用线牵引上升的，脱钩以后转入滑翔并依照控制信号完成一些简单的动作；另一种是更接近于真飞机的、装有小发动机的无线电遥控模型飞机。这里要介绍的是后一种。

在《少年航空模型》一书中，我们已把有关模型飞机的飞行原理作了简略的说明。这些原理同样适合于无线电遥控模型飞机。不过，无线电遥控模型飞机与《少年航空模型》中介绍的几种模型又有些区别。因为这架模型飞机头部装上了一台转速高、拉力比橡筋动力大得多的发动机，模型飞机的尾部又有一个可操纵的方向舵，模型的主要飞行过程（除了动力爬升和动力停止后的滑翔之外），是要按照我们发出的控制信号完成飞行动作，因此，在制作和调整试飞方面，又有它的特殊要求。

### 1. 模型的制作

这架模型的三面图如图 5-1。材料主要是用桐木。用桐木做成的模型兼有重量轻、强度好的优点。但有些地区桐木比较少，也可以采用普通的松木或椴木。主要材料规格见表 5-1。为了初学者方便，我们把整架模型的详细结构都画成 1:1 的工作图附在书中。读者可以直接按工作图制作机翼、尾翼和机身。直接按图上的尺寸制作螺旋桨、起落架、油箱等部件。

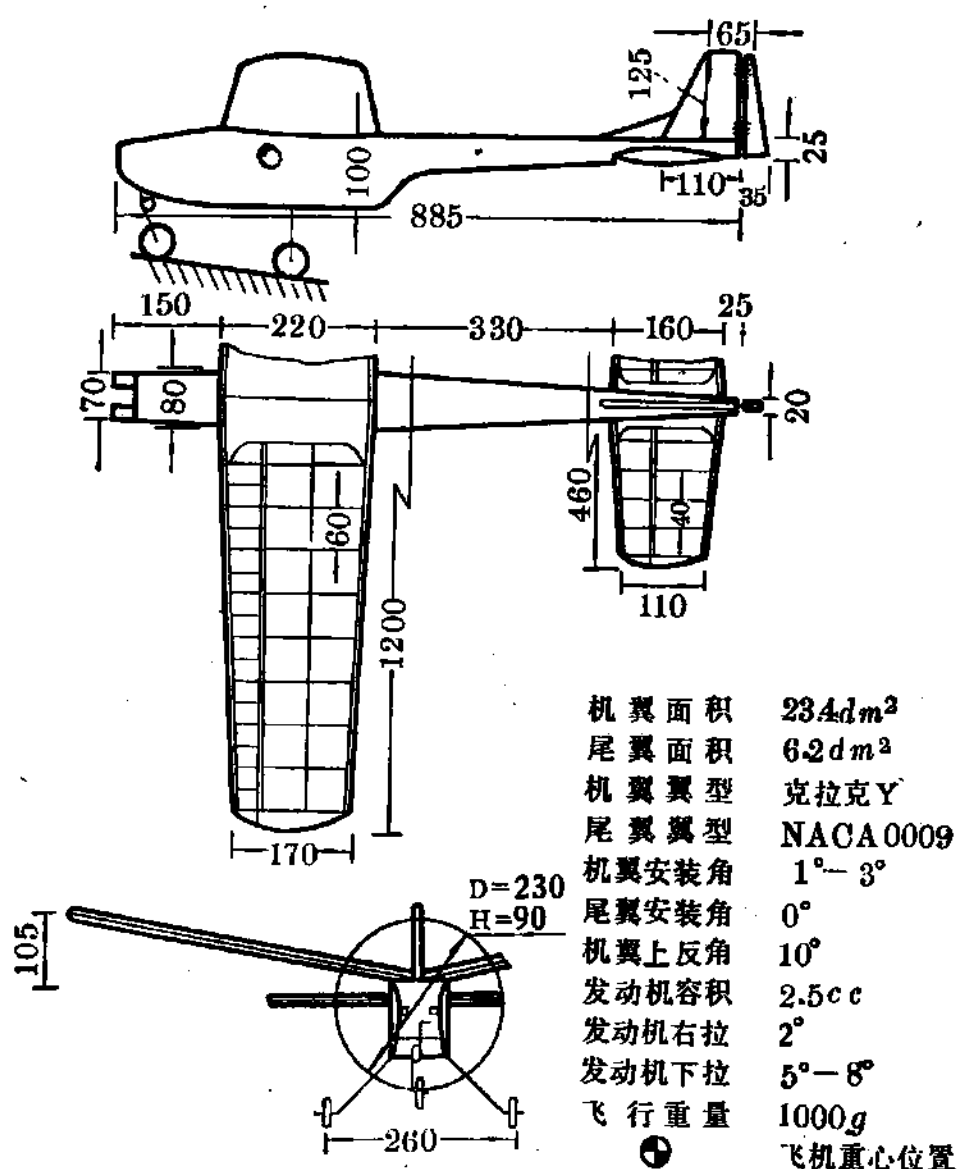


图 5-1

表 5-1 主要材料表

名 称	规格(单位:毫米)	数 量
翼 肋	1×55×1000	木片 4 片
机 翼 前 梁	2×6×610	木条 4 根
机 翼 后 梁	3×3×610	木条 2 根
机 翼 前 椽	4×4×610	木条 2 根
机 翼 后 椽	4×12×610	木条 2 根
水平尾翼梁	2×3×460	木条 2 根
水平尾前椽	3×3×230	木条 2 根
水平尾后椽	3×8×230	木条 2 根
机 身 侧 板	2×55×900	木片 3 片
机身上下蒙板	1×55×1000	木片 2 片
机 身 隔 框	2×10×100	木条 12 根
	2×10×80	木条 8 根
垂 直 尾 翼	2×55×150	木片 2 片
前 起 落 架	φ2.5×250	钢丝 1 根
后 起 落 架	φ3×260	钢丝 2 根

动手制作之前要把工作图看懂。图 5-2 是一张结构图,参看图 5-2 可以帮助我们看懂工作图。

制作中特别要注意发动机拉力线的问题。

发动机的拉力线,就是螺旋桨旋转产生拉力的作用线。一般地说,就是发动机轴的中心线。但是,带有发动机的模型飞机的拉力线,往往不是和机身的基准线相平行的,而是有一个下倾角和右倾角的。(基准线就是在设计模型时假设的一根线,是以它为基准考虑模型各部分,如机翼、尾翼、发动机、起落架的安装位置、安装角度等。我们介绍的这架模型的基准线是从模型上面看下去时,在机身顶面的中线 A-A',从侧面看就是机身侧板的上沿直线 A-A'。)

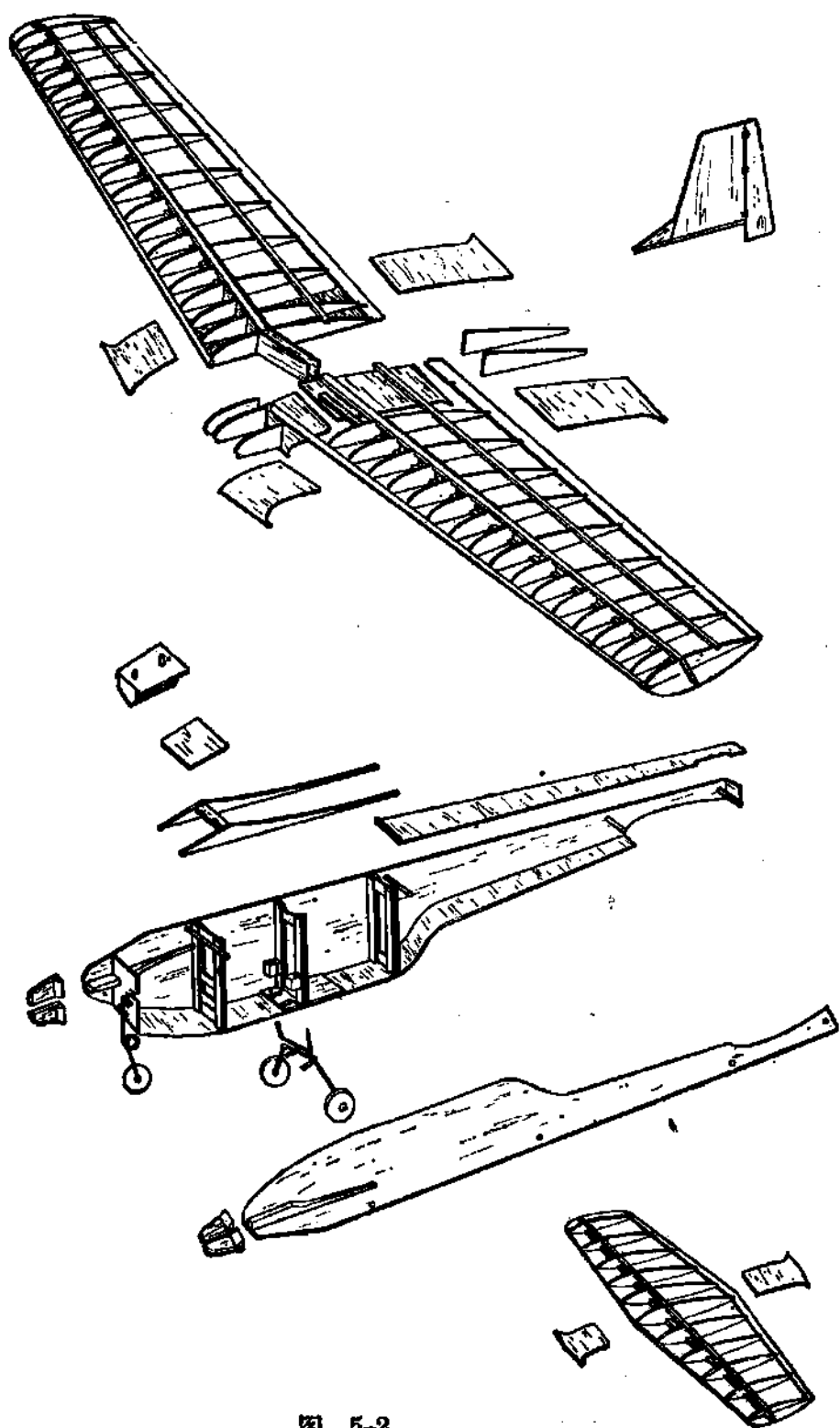


图 5-2



在《少年航空模型》一书中谈到过，一架模型飞机在飞行中的平衡是有条件的，是在一定速度、一定迎角、一定重心位置下的平衡。橡筋动力模型在有动力上升时和无动力滑翔时的飞行速度、姿态都是不同的，因此，在调整模型时要同时照顾上升和滑翔的平衡。这里，我们着手制作的是只有一个方向舵可操纵的无线电遥控模型飞机，它头部装的发动机拉力大，有动力时模型飞机的飞行速度比橡筋动力模型飞机大得多，因此调整上升平衡和滑翔平衡的关系也更为复杂些。如模型在滑翔时是平衡的，但当模型从地面以一定角度向上爬升时，由于飞行速度比滑翔速度大得多，飞机总升力增加很多；又因为模型飞机有一个上升角，所以这时发动机的拉力克服了一部分模型的重量，飞机的升力不需要负担模型的全部重量了，所剩余的升力就又使模型上升的角度增加，甚至成为向心力，使模型产生翻斤斗（俗称拉翻）、大波状以至使我们不能操纵模型完成预定的飞行动作。



图 5-3

为了解决这个问题，我们就把发动机装得和机身的基准线成一个角度（下倾角），如图 5-3。这样，一方面使拉力线从重心上面通过，使得在有动力时产生一个使模型低头的力矩。另一方面可以使拉力的一个分力抵消一部分升力。如果调整适当，就可以防止模型上升角不断增加而出现的“拉翻”和大波状现象。一般安装下倾角是在  $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$  的范围，大的也有到十几度的。具体多大，合适与否，还要在试飞过程中调整。

另外，由于螺旋桨旋转时有一个反扭力矩（搞过简易直升模型飞机的人一定会有体会，当螺旋桨旋转时机身挡板就向

相反方向缓慢旋转), 会使模型自然左倾左转。为了克服这个现象, 拉力线还要向右偏  $2^{\circ}$  左右 (俗称右拉), 如图 5-4。仔细看一下工作图就可发现: 左右两块发动机架木是不对称的, 制作时应特别注意左右两块不要搞错位置。



图 5-4

## 2. 油箱的制作

油箱是用 0.3mm 铜皮或铁皮焊成的, 展开形状见工作图, 弯折方法和焊接步骤参看图 5-5。

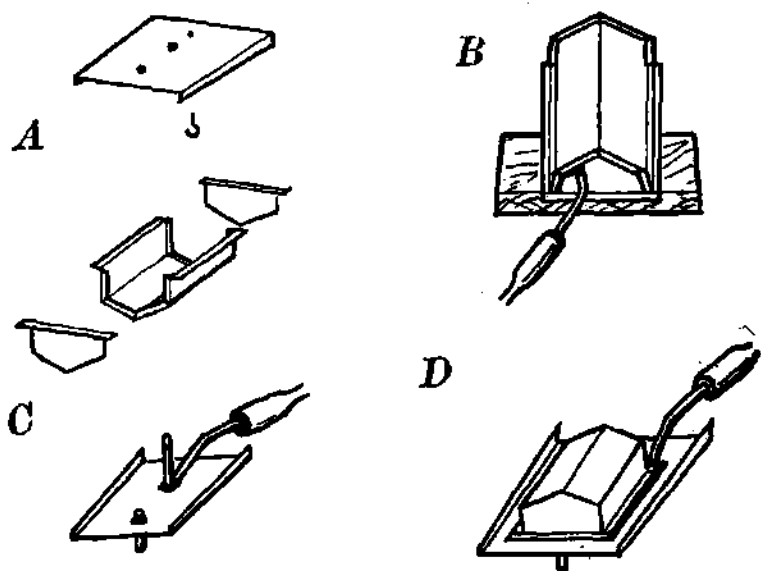


图 5-5

要注意, 油箱顶面上两根铜管, 后面一根是长的, 应插到油箱底。搞错了的话, 模型飞机爬升时吸油管会脱开油面, 造成油未用完而发动机就停车的现象。

油箱焊接前应该用纸把铜皮 (或铁皮) 表面擦干净, 焊缝处涂上少许氯化锌。要等烙铁热透才去焊接。焊接时要防止焊锡珠滚到油箱里面。焊好以后要用清水灌进油箱, 检查有

无漏水现象。如有漏水，应仔细修补。然后，再灌进清水，猛烈摇晃，把油箱内氯化锌溶液洗净，再灌进一些发动机用的油作防锈用。这个油箱在模型飞机上的固定方法见图 5-6。

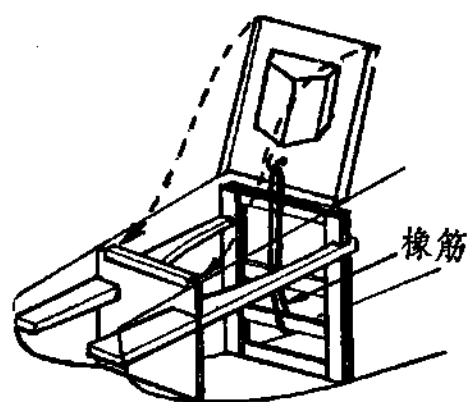


图 5-6

### 3. 翼台的制作

机翼翼台是两根  $2 \times 15$  的木条，削成机翼中段下表面形状，再胶在机身上的。水平尾翼翼台是在机身侧板尾部割成水平尾翼上表面形状而成。除了使机翼和水平尾翼能很紧密地固定在机身上之外，翼台的形状还保证机翼、水平尾翼相对于基准线的角度——安装角。机翼安装角  $2^\circ$ ，水平尾翼安装角为  $0^\circ$ 。因此，制作时要仔细地照工作图做，千万不能随手削削装上算数，否则会引起以后试飞调整时的困难。

### 4. 方向舵的制作

方向舵是我们这架模型飞机唯一可以操纵的部件。一架模型飞机如果方向舵偏向一边，在迎面风的作用下，模型飞机机头就会自动向这一方向偏转(图 5-7)。

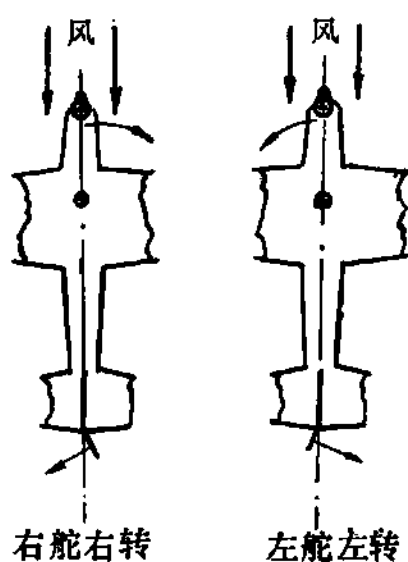


图 5-7

我们的要求是：操纵方向舵而使模型飞机能够灵活地转弯，并且做出急盘旋下降动作(在航模中也常称为螺旋)。但又不能因过分灵活而带来操纵上的困难。那末怎样来达到这个要求

呢？主要是确定一个适当的舵面面积和舵面偏转的角度。

模型飞机的垂直尾翼使模型本身具有一定的方向安定性。因此，要操纵这个方向舵，使舵面有足够的面积和偏转角度，模型飞机按我们的指令左转、右转。舵面面积太小或角度太小，就不能使模型飞机灵活转弯；面积太大或角度太大，如果操纵不及时又容易使模型转弯“太凶”而螺旋坠地。

这架模型飞机的尾部用木片限止方向舵偏转角度为右舵  $10^\circ$ 、左舵  $20^\circ$ 。不操纵时舵面是右舵。为什么两边偏角不同呢？因为右舵比较小，模型飞机就可以在不操纵时平稳地右盘旋，同时也不会因愈转愈厉害而自动进入螺旋。左舵比较大是保证我们可以操纵模型飞机做出螺旋动作。如果用本书介绍的拍合式电磁铁作随动器，因为拍合式电磁铁的动作量比较小，所以舵角右舵为  $5^\circ$ 、左舵为  $7^\circ$ ，这时方向舵的面积要增大，即加宽 5 毫米。

平时右舵是由一根钢丝弹簧把舵面压到右限位来实现的，具体做法参看图 5-8，用  $\phi 0.3\text{mm}$  钢丝弯成图 5-8A 的形状，然后用一个 M3 螺丝和两个垫片固定在垂直尾翼上，使弹

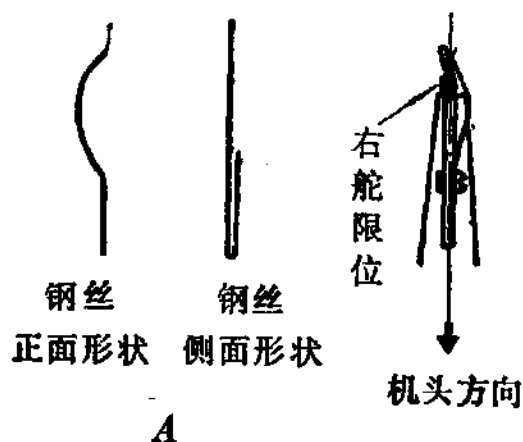


图 5-8

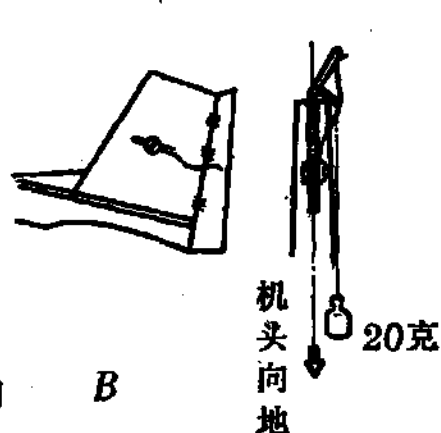


图 5-9

簧的一端压舵面到右舵限位,如图 5-8B。调节弹簧前后,就可以调节弹簧对舵面的压力。

舵面弹簧的压力调整应使舵面平时正好靠到右限位木片,而当机头向下时,在摇臂孔处挂 20 克重物,能使舵面正好靠到左边限位木片为宜(图 5-9)。

舵面和安定面用蜡线绕成绞链联接。舵面上的摇臂必须尽量装得靠近舵面与安定面的连接缝。

### 5. 推拉杆的制作

推拉杆是一根  $3 \times 3$  木条,木条的长度要等飞机全部做好,执行机构也装好以后,看执行机构摇臂到方向舵摇臂之间的距离而定。推拉杆两端扎上一个用  $\phi 0.8\text{mm}$  钢丝弯的钩子(图 5-10),整个推拉杆的重量是 3 克左右,太重的话在模型飞机抬头爬升时左舵力量将会减小。

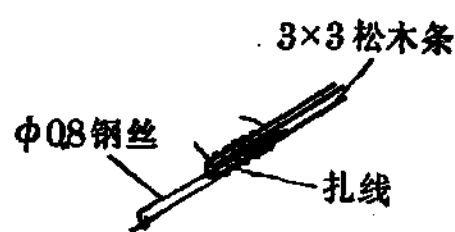


图 5-10

6. 本机所用的螺旋桨直径  $D$  是 230 mm, 螺距  $H$  是 90 mm。削制方法可参考《线操纵特技模型飞机》一书。

整架模型飞机的主要部件组装可以参考图 5-11, 组装步骤如下:

(1) 发动机架和前起落架钢丝的组装。

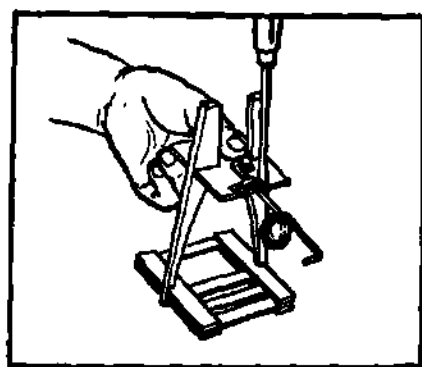


图 5-11 (1)

(2) 机身侧板和发动机架、隔框的组装(组装时要做到隔框与工作板垂直)。

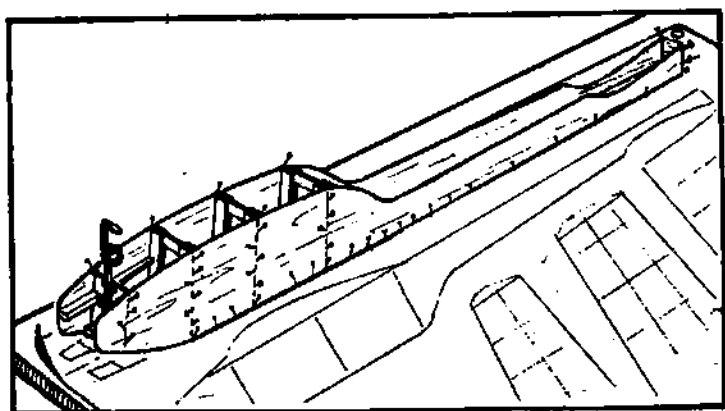


图 5-11 (2)

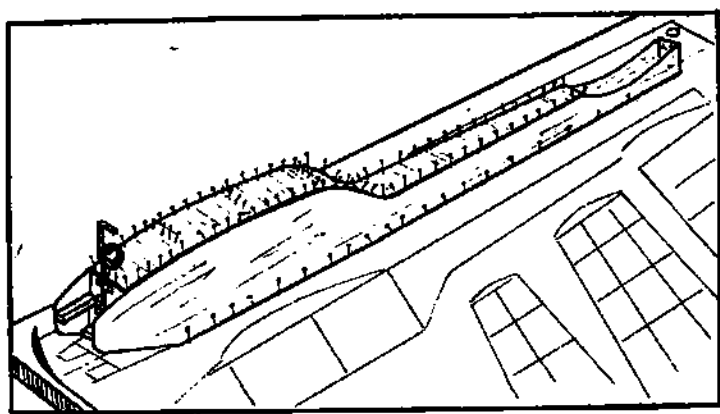


图 5-11 (3)

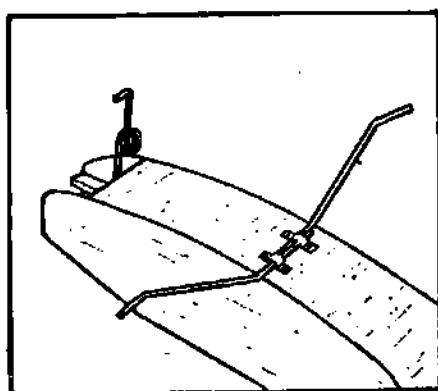


图 5-11 (4)

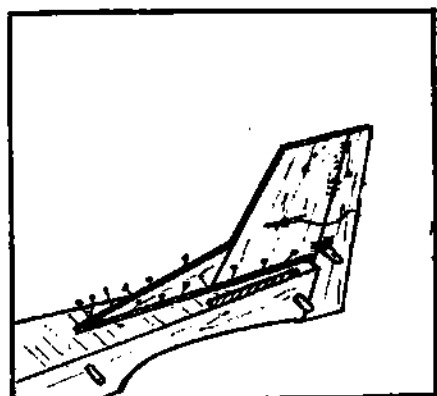


图 5-11 (5)

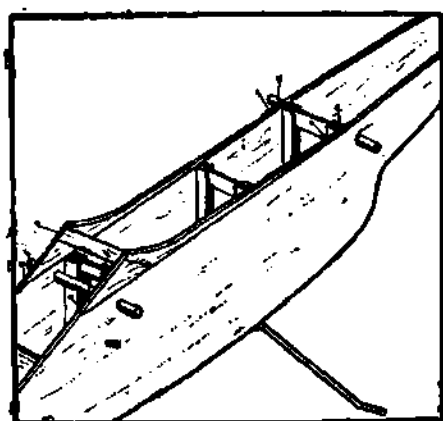


图 5-11 (6)

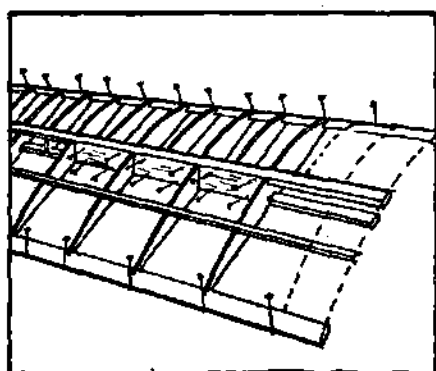


图 5-11 (7)

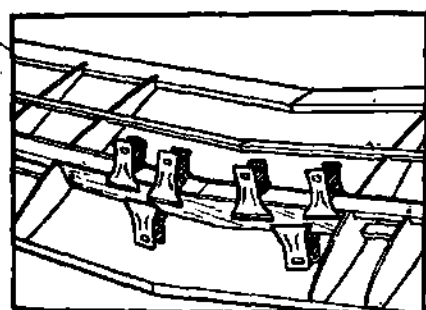


图 5-11 (8)

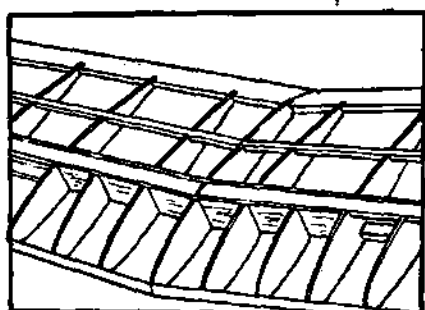


图 5-11 (9)

(3) 机身底面蒙板。

(4) 后起落架钢丝的组装。

(5) 机身和垂直尾翼的组装。

(6) 机翼翼台、竹梢与机身的组装 (装好翼台和竹梢以后, 蒙机身上面的板)。

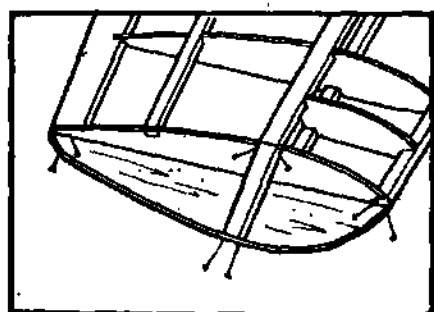


图 5-11 (10)

(7) 机翼的组装 (组装时每个翼肋要与工作板垂直, 翼根部分的两个翼肋、一个半翼肋暂时不装, 等接好上反角后再装)。

(8) 接上反角。

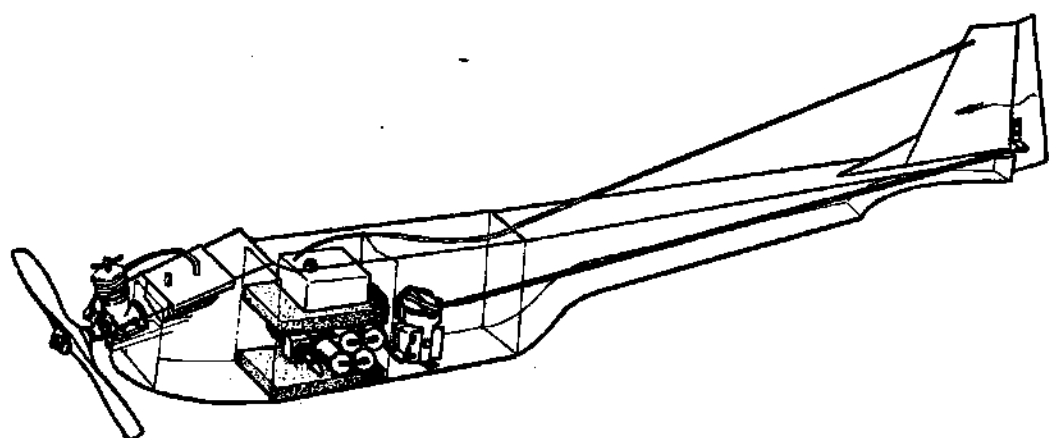


图 5-12

(9) 上反角接好后, 装上翼根部分的翼肋和半翼肋, 然后蒙板。

(10) 机翼翼尖的装配。

尾翼的组装与机翼方法相同, 不再另画示意图了。整机组装以后再装发动机架加强木片、轮子和其他一些零星部件。图 5-12 是发动机、油箱、接收机、电池, 随动器的安装位置示意图(这里随动器是用磁体偏转式电磁铁为例, 若用拍合式电磁铁安装部位基本相同)。



## 第六章 调整试飞与操纵技术

### 一、调整试飞

经过前一阶段的辛勤劳动，一架无线电遥控模型飞机已经做成功了。无线电遥控设备也经过多次调整，最后也获得了满意的结果。不但近距离控制时收、发双方工作都正常，而且将发射机拉开 300 米左右时，方向舵也能按发射机的控制要求忽左忽右，干净利落地动作了。这样的模型飞机是否可以马上去试飞呢？还不行！一架无线电遥控模型飞机的遥控设备固然重要，但是模型飞机本身如果没有良好的安定性、操纵性，或者机翼尾翼有严重变形的话，那末设备再好也不顶用的。所以还得对模型飞机经过一番地面测量，否则很可能会造成第一次飞行的失败。只有在试飞前认真仔细地进行地面测量、手掷滑翔试验、地面试车，对模型飞机的情况做到心中有数，才能使试飞得到比较满意的结果。

#### 1. 地面测量

地面测量的内容主要有：

(1) 测量重心：在三面图和工作图上都已标出了设计的位置。但是，因为在制作时所用的木料不同和其他因素，往往使做好的模型飞机重心位置和设计的位置有差异，所以需要测量和调整。

先将整架模型飞机内应该装上的所有部件（如发动机、螺旋桨、接收机、随动器、电池等）全部装上，然后按图 6-1 所示

进行测量。用橡筋把一根木条(或竹筷)扎在机翼中段,再用一根细绳在离机翼中段前缘 70 mm 处绕过木条(或竹筷)将模型提起,就可看出重心位置是否恰当。如果不合适,可以移动电池、接收机甚至随动器等的位置来调节。调好以后将电池、接收机、随动器固定下来。如果模型飞机是用松木做的,一般重心是会偏后的。如果电池、接收机等都移到了设备仓最前

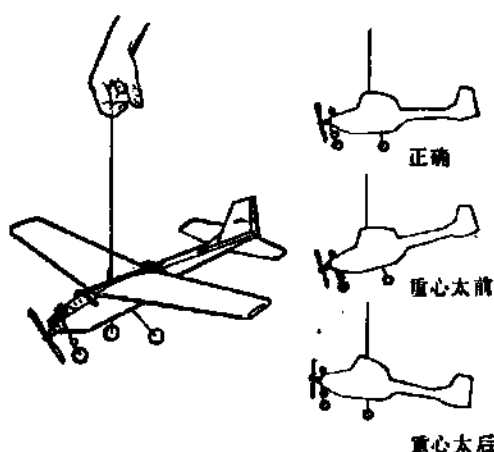
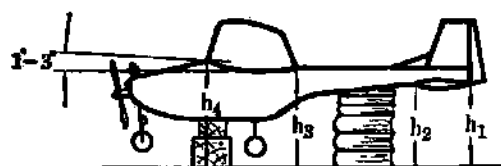


图 6-1

面,重心还是偏后,则可以把电池取出,从油箱安装口放进去就能解决问题。如果采取了种种措施还不能测到所要求的位置,那末就只能改变一下重心的位置,一般允许变化的范围是离前缘 30~35% 之间。对这架模型飞机来说,就是离前缘 66~77 mm 之间。

用这个方法测量重心时,还可看出模型左、右两边是否平衡。若有严重的偏轻偏重情况,可以在一边翼尖加配重。

(2) 安装角的测量:将整架模型放在一块平板上,用书或



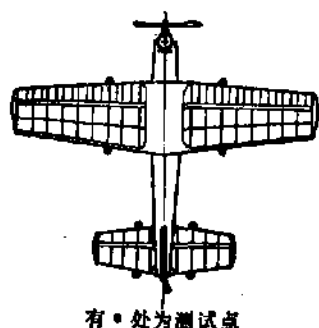
$$h_1 = h_2 \quad h_4 - h_3 = \Delta h$$

图 6-2

木块将模型垫起,垫稳,调整垫的东西使水平尾翼前缘和后缘到平板面的垂直距离相等(如图 6-2),也就是水平尾翼与平板面之间的夹角是

$0^\circ$ 。再测出机翼前缘和后缘到平板面的垂直距离之差  $\Delta h$ 。根据公式:  $\Delta h = \text{所测之处的翼弦长} \times \sin \theta$ 。再查三角函数表

可得出安装角  $\theta$  的数值。我们要求  $\theta$  在  $2\sim 3^\circ$ 。如果不在这个范围，可以在机翼前缘或后缘与机身之间垫一些木片来调节到这一角度。



有·处为测试点

图 6-3

因为我们制作好的机翼、尾翼难免会有一些扭曲现象，为了更正确地反映整个机翼的情况，测量点应选在半个机翼或半个尾翼的中间部位。这里，我们选择尾翼从翼尖数起的第四个翼肋的前后缘；机翼从翼尖数起第七个全翼肋（翼弦长 200 mm）的前后缘作为测试点（见图 6-3）。

根据上面的计算公式我们列出一张对照表，这样当  $h_1 = h_2$  时，测出  $h_4 - h_3$  的数值，就可以直接从表中查到  $\theta$  角的数值（表 6-1）。测量时左、右机翼、尾翼各测一次，要求两边的安装角相等。若有误差不应超过  $0.5^\circ$ ，否则就要校正机翼。

表 6-1 翼弦为 200 mm 处  $\Delta h$  和安装角  $\theta$  对照表

$\Delta h(\text{mm})$	1	1.7	3.5	5.3	7	8.1	10.5	12.2	14	15.7	17.4	19.2	21
$\theta^\circ$	0.29°	0.5°	1°	1.5°	2°	2.5°	3°	3.5°	4°	4.5°	5°	5.5°	6°

我们仔细看一看表 6-1。可以发现当安装角在  $1\sim 3^\circ$  之间时  $\Delta h$  只有几毫米之差。这就要求我们测量  $h$  值时一定要相当精确。怎样能精确地测量  $h$  值呢？这里介绍大家一个方法：先准备一根白色的缝纫机线，一端系一个较大的缝衣针。在模型机翼、尾翼的测试点插上大头针（大头针一定要插在前缘的最前点，后缘的最后点）。然后将准备好的针线针头向下，线跨过大头针。调节线的长度，使针尖正好顶到平板面，这时在大头针处的白线上用钢笔轻轻划个记号。取下针线，量出针

尖到记号之间的长度就是  $h$  值。实际测量时只要在前缘测一下做个记号，再在后缘测一下做一个记号，读出两记号之间的长度就是  $\Delta h$  (图 6-4)。

安装角量好、调好以后，要及时把机翼前缘或后缘垫的木片胶在机翼下表面，否则容易丢失。

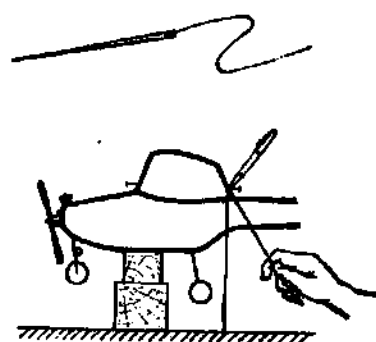


图 6-4

(3) 发动机拉力线的测量：在前面我们已经谈到发动机下倾角和右倾角的重要性，但是因为机身的基准线和发动机拉力线不在同一平面内，而是在空间相交的，很难用简单的方法测到它的精确角度。这里只介绍一个粗略测量的方法：即测下倾角。可以在测安装角的基础上，仍然保持水平尾翼与桌面夹角为  $0^\circ$ 。发动机上换一块没有削过的螺旋桨木，并使桨木放成与桌面垂直的位置。用一块硬纸板(或木片)一边靠桌面，一面靠桨木，用铅笔沿桨木在硬纸上划一条线(如图 6-5)。量出这线和底边的夹角  $\alpha$ ， $90^\circ - \alpha$  就是下倾角的数值。

右倾角的量法是，用一细漆包线，一头系一个大头针，插在垂直尾翼前缘，手拉另一端。将螺旋桨放在水平位置，将漆包线拉到左面螺旋桨桨尖前缘，做一个记号。再将线拉到右

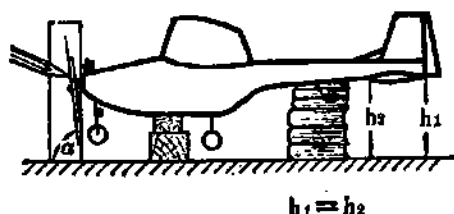


图 6-5

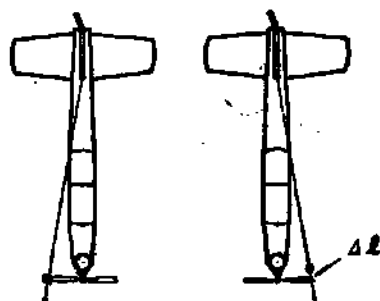


图 6-6

面, 同时把螺旋桨转  $180^\circ$ , 同样在线上做一个记号 (如图 6-6)。两记号间的距离  $\Delta l = \text{螺旋桨直径} \times \sin \theta$ 。查三角函数表可以求出右倾角  $\theta$ 。如果右倾角不是在  $1 \sim 2^\circ$  之间, 可以松开发动机固定螺丝, 将发动机向左或向右扭转一下, 重新固定后再次测量, 直到符合要求为止。为了方便, 我们把直径为 230 mm 的螺旋桨左右测出的  $\Delta l$  和相应的右倾角列成表格, 供读者查用 (表 6-2)。

表 6-2

$\Delta l(\text{mm})$	2	4	6	8	10	12
$\theta^\circ$	$0.5^\circ$	$1^\circ$	$1.5^\circ$	$2^\circ$	$2.5^\circ$	$3^\circ$

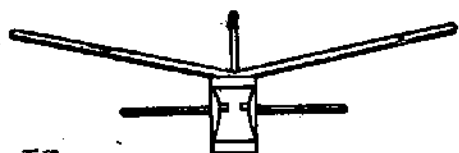
(4) 其他测量。用目测方法检查飞机各部分是否正常。如果机翼、尾翼有扭曲现象就要矫正。矫正的方法是在扭曲的部位刷上薄的透布油, 使表面蒙皮变软, 然后用手向相反方向扭, 同时可在太阳下晒或红外线灯下烘, 待蒙皮干后松开手。这样反复进行目测, 直到矫正为止。图 6-7 是目测时正确与错误的比较。

## 2. 手掷滑翔试验

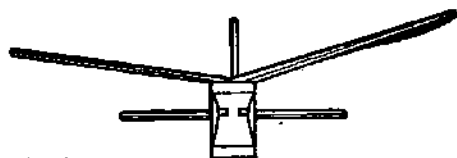
地面测量基本上达到要求以后, 就可以进行手掷滑翔。无线电遥控模型飞机一般要比牵引、橡筋模型的翼荷重大。所以在下滑时角度也大, 接地又重, 很容易碰坏模型飞机。因此, 手掷滑翔要在比较好的草地上进行。并且仔细观察滑翔姿态, 尽量减少试验次数, 把模型调整好。

手掷滑翔之前, 先将螺旋桨卸掉, 以免在手掷滑翔时碰坏。可用与螺旋桨重量相同的重物代替螺旋桨, 或者干脆不用。将方向舵用大头针固定在中舵位置。然后按图 6-8 所

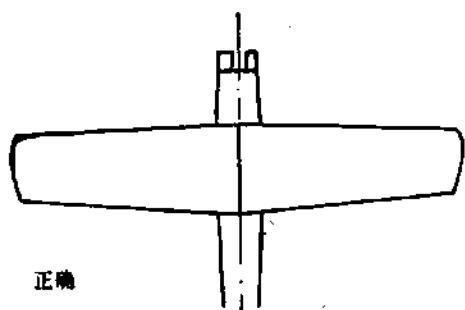
机翼



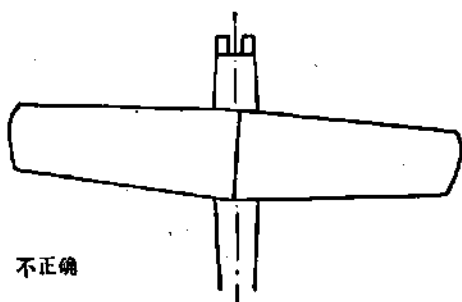
正确



不正确



正确

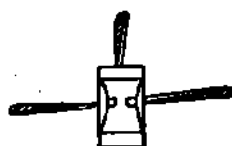


不正确

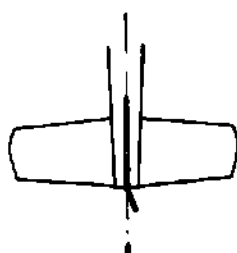
尾翼



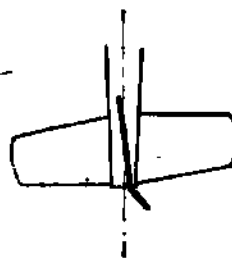
正确



不正确



正确



不正确

图 6-7

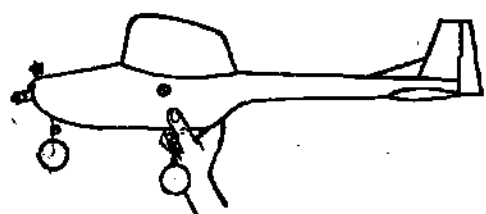


图 6-8

示，用右手拿住机身重心的后下方，机头微微向下，左右放平，向逆风方向走几步，稍稍用力掷出去，模型飞机一出手即注意它的滑翔姿态。

一般情况下，模型飞机出手后的滑翔轨迹如图 6-9 或图 6-10 所示。其中图 6-9 表示的是由于机翼安装角不同而产生的不同滑翔轨迹；图 6-10 表示的是模型飞机本身左右力矩平衡或不平衡时产生的滑翔轨迹。我们可以根据图中所示情况来调整好。

安装角的调整方法是：在机翼前缘或后缘垫木片（象测量

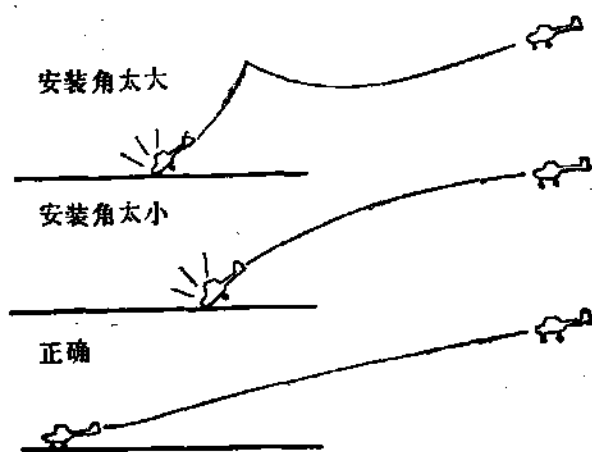


图 6-9

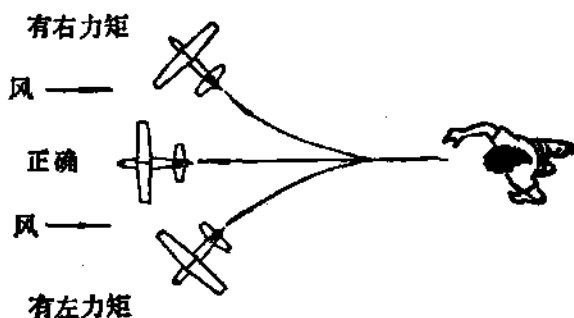


图 6-10

安装角时调整的方法相同)。为了方便,我们也常常在水平尾翼的前缘或后缘垫木片。其作用和调整机翼是一样的(如图 6-11)。在水平尾翼前缘每垫 1mm,相当于增加机翼安装角  $1/3^\circ$ ;在后缘每垫 1mm,相当于减少机翼安装角  $1/3^\circ$  (这是针对这个水平尾翼的翼弦而言,为了便于记忆而取的近似数值)。



图 6-11

左右力矩不平衡主要是由于机翼、尾翼扭曲造成的,可以再次矫正,直到手掷滑翔的姿态正确为止。

### 3. 地面试车

在试飞前还必须进行地面试车,主要是试验一下发动机工作是否正常,在发动机运转的情况下,无线电遥控设备是否能正常工作。另外,通过地面试车可考察一下试车以后机翼与机身、尾翼与机身的安装是否有松散现象,发动机的固定螺丝是否被振松,方向舵在螺旋桨气流的作用下左右舵的舵角是否足够等等。

地面试车要求发动机能较长时间的连续工作(如 3~5 分钟),并且在整个工作过程中声音比较均匀,没有音调突然高或突然低的现象。如果出现这种现象,多半是油门与压缩比配合不良,或油路里有脏东西的缘故。另外还要求发动机工作时,如果将模型飞机稍稍抬头和低头,发动机不会停车。如果低头要停车,一般是油门偏大;抬头要停车,一般是油门太小。

有的模型飞机发动机运转时振动很大,扶模型飞机的手感到很“麻”,这样大的振动往往能使模型飞机上的螺丝松脱,并且会使无线电执行机构不能正常工作。振动大的原因往往



是螺旋桨两半桨叶角削得不对称或重量不等引起的；也有的是发动机固定螺丝拧得不紧。如属于螺旋桨的原因，应该重新削制比较准确的螺旋桨。如果振动虽大，但不是十分严重，也可以将固定螺旋桨的螺母松开，将螺旋桨转  $180^\circ$  重新固定，再开车试验，振动可能会减小。

发动机运转后方向舵右舵角度如果减小，说明舵面弹簧的力量还不够，可以适当增加弹簧压力。但仍要保证模型抬头时左舵能够打足。

#### 4. 试飞

做到了以上这些，我们就可以试飞了。试飞工作是十分必要的，虽然我们已经做了许多测量工作，又进行了手掷滑翔。但是，在有动力的情况下飞行，发动机马力、拉力线与机翼安装角配合得是否好，模型飞机究竟会怎样飞行，还是一个谜，因此第一次试飞必须特别认真对待。

为了保证试飞工作的顺利进行，必须做好充分的思想准备与物质准备。对试飞的目的要求，进行的方法，可能出现的复杂情况，事先要作很好的研究。参加试飞小组的人员要明确分工，负责操纵模型飞机的操纵员（控制发射机的）更要熟悉试飞调整及操纵技术，做到心中有数。

在到飞行场地去以前，必须携带试飞调整所需的器材，仔细检查，防止遗漏。

试飞用的器材有发射机、模型飞机（包括接收机等）、油料、注射器（加油用，可用 20 毫升的一种）。如果发射机是电热式的还要带起动用电池（可用 1.5V 的 1 号干电池 8 节并联使用，或用 2V 铅蓄电池串联一根电阻丝降到 1.5V 左右）。

调整用器材有耳塞机、绝缘校棒、螺丝刀、尖头钳、螺旋桨

固定螺帽扳手、备用螺旋桨 1~2 个、1.5~3 毫米厚的木片少量,如果用电热式发动机还要带电热塞扳手及备用电热塞 1~2 只。

还要带一些修理用的器材,如胶水、透布油、棉纸、大头针、斜口刀等。

无线电遥控模型飞机的试飞场地选择也很重要,选择场地四周没有高大建筑物的农田或广场,而且一定要远离人口较多的住宅区。因为无线电遥控模型飞机不象线操纵模型飞机那样,可以用钢丝将模型飞机控制在一个小范围内飞行,而且初搞的时候无线电设备往往掌握得还不成熟,容易发生失灵甚至坠地事故。如果在人口较多的住宅区附近试飞,容易发生危险。另外,还要避免在高压电线附近或工厂附近试飞,因为高压线附近或工厂用电时,会产生工业用电干扰,而超再生接收机很容易因受到这种干扰而失灵(参看图 2-14)。

第一次试飞希望在天气比较晴朗、风速比较小的时候进行。这架模型飞机发动机的油箱容量是 60 毫升左右。但是第一次试飞时加油不要超过 15 毫升,发动机工作时间大约 1 分半钟就行。因为,事先我们虽然已将方向舵调到发射机不发信号时是右舵,发出信号后是左舵,但也要考虑到可能会出现的情况:模型飞机在有右舵的情况下仍然左转弯,或者在右舵的情况下,模型飞机右转得很利害,半径很小,如按下发射机按钮,方向舵变成左舵后,只是减少了右转的严重程度,模型飞机只能作大的右盘旋飞行。在这种情况下,如果风速比较大或发动机动力时间比较长的话,模型飞机可能一边盘旋,一边向着顺风的方向愈飞愈远,甚至超过控制距离,就发生控制失灵。即使无线电设备能控制的距离很远,但是如果

顺风飞得太远,模型的飞行姿态看不太清楚,就很难操纵模型飞回起飞地点。

当发动机起动以后,调压杆不要压得太紧,发动机的转速不要太高,保持较稳定的中速状态。然后将发射机和接收机的电源开关打开,再试验一下方向舵是否按发射机发出的信号而动作。如果一切正常,则操纵员可举左手表示可以起飞,机械员将模型举起进行手掷起飞。手掷起飞时必须将模型的机头对准风向,也就是使模型逆风起飞。机械员先进行一段助跑,然后稍用力将模型向前上方掷出,出手时一定要使模型左右放平,机头也不要抬得太高。模型出手以后应以  $10^{\circ}$  左右的角度上升,操纵员必须密切注意模型的飞行姿态,尽量保持模型飞机作直线飞行。当模型飞机出现右转弯现象时,就按下发射机按钮。当模型飞机出现左转弯现象时,立即放开按钮。就这样一按一放,使模型飞机作直线上升。

如果试飞场地有比较平的水泥跑道,模型飞机可以从地面起飞。就是当发动机开好,一切都试好以后,操纵员举手示意可以起飞,机械员将原扶着的模型对准风向轻轻放手。这时模型飞机就开始滑跑。操纵员要频繁地按下和放开发射机按钮,使模型飞机顶风直线滑跑 40 米左右,模型飞机就能正常起飞,并逆风直线上升。

模型飞机逆风直线上升估计已经达到 60 米左右的高度时,就可以放开发射机按钮使模型飞机右盘旋一圈,仔细观察模型飞机盘旋一圈的直径,大约在 20~30 米左右就是比较正常的(如果盘旋的直径很小,则必须按下按钮改为直飞,防止模型飞机右转过严重,不能改出而坠地)。然后,再操纵模型飞机左盘旋。如果间歇操纵能够有 10~20 米直径的左盘旋,就算

是正常的。继续操纵模型飞机飞到自己头顶偏上风位置,等发动机油用完停车后在滑翔过程中做右盘旋和左盘旋,观察其盘旋直径,如果能和有动力时的盘旋直径相仿就是正常的。当模型飞机逐步下降到 20~30 米高度时,就必须考虑模型飞机安全着陆。操纵员要敏捷地判断地面障碍物的情况,决定使模型飞机左还是右盘旋,避开障碍物,使机头对准风向作一段顶风直线飞行后,模型飞机便逐渐下降,最后轻轻的着地。

第一次试飞所获得的情况,对下面的调整工作有很重要的意义,因此,观察时必须非常仔细,并且准确地记住模型飞机的整个飞行过程情况(如有动力时爬升角是否合适,滑翔时姿态是否正常,有动力时左、右盘旋的直径是否合适,滑翔时左右盘旋直径是否合适等等)。试飞着陆以后,要集体讨论总结,确定今后的调整措施,然后再进行试飞,直到满意为止。

试飞中模型飞机的姿态往往是很复杂的。现在以模型飞机本身都是符合前面测量时所提出的要求,也符合手掷试飞时提出的要求的情况下,也就是模型飞机基本正常的情况下,将试飞中常见的情况和调整方法列成表(表 6-3),供大家调整时作参考。如果出现严重的左旋、右旋等情况,多半是模型本身变形,需要矫正。

另外也有这种情况:模型飞机起飞时在地面滑跑的距离很长,甚至起不来,其他的飞行情况也看不到,因此也无从调整。碰到这种情况就要千方百计让模型飞起来,然后再看情况调整。起不来的原因可能是发动机马力不足,可以调整发动机增加马力。也可能是螺旋桨的螺距削得不对(比设计的大得多),可以重新削制螺旋桨再试。也可能是后起落架钢丝变形,使后机轮偏后离开重心太远,这可以按工作图的要求整

表 6-3

[illegible]

形后再试。如果采取了这些措施后,模型飞机仍不能起飞,那就要减小发动机下倾角再试,直到能够起飞为止。如果手掷起飞时出现一出手飞机就下沉到地的情况,其原因基本上和地面不能起飞相同(只是机轮位置基本上没有影响),可以采取同样的措施来解决。

每一次试飞, 不管它是成功的还是失败的, 都应该好好总结研究。往往失败一次所得到的经验教训比成功一次还丰富。经过失败之后, 从失败取得教训, 使今后的飞行更符合科学规律性, 于是就能变失败为胜利。

## 二、操纵技术

通过调整试飞,我们不但把模型飞机调整得比较满意,而且在试飞中掌握了一般的操纵方法。接下来就可以研究一下怎样运用这套简单的设备,做出较复杂的动作,并且使动作做得更加优美。

### 1. 起飞

机械员将模型飞机对准风向轻轻松手,模型飞机滑跑一段距离后离地,积累速度后平稳柔和地进入上升(图 6-12A)。

当模型飞机开始滑跑时,操纵员必须连续不断地按、放按钮,并且根据模型飞机偏转的趋势随时改变按、放的时间,使模型飞机能逆风直线滑行。模型飞机离地后仍保持逆风直线前进,正常上升;上升到 50 米左右时,可以操纵模型飞机盘旋,回到操纵员头顶,转入逆风直线飞行。

### 2. 标准转弯飞行

这个动作包括逆风直线飞行,然后左转  $90^\circ$ ,再右转  $270^\circ$ ,

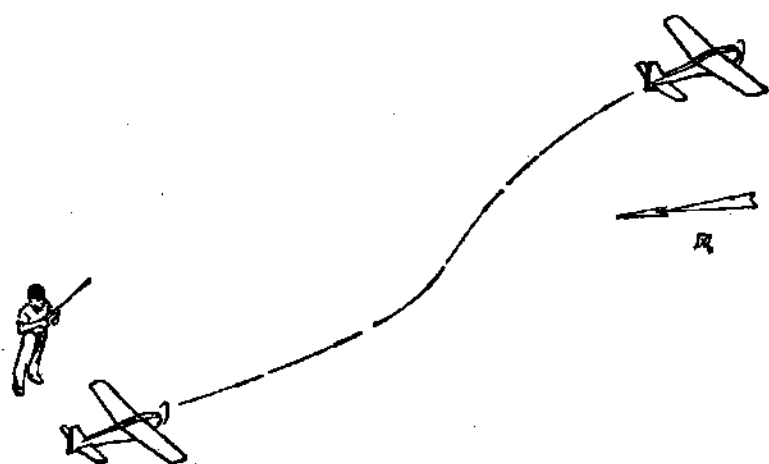


图 6-12A

最后再作一段顺风直线飞行(图 6-12B)。

模型飞机从头顶开始逆风做直线飞行时,要求不偏左也不偏右,飞行 5~10 秒钟,然后按下按钮,使模型飞机左转 90°,接着放开按钮使模型飞机盘旋 270°。最后再沿平行逆风直线飞行的轨迹,顺风直线飞 5~10 秒钟,回来经过操纵员头顶上空。

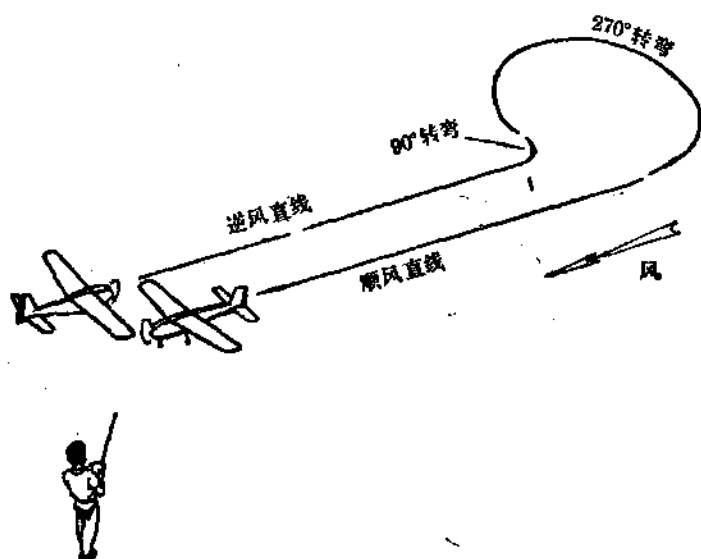


图 6-12B

### 3. 8 字飞行

这个动作包括逆风直线飞行,然后右盘旋一圈,再左盘旋一圈,最后再作一段逆风直线飞行(图 6-12C)。

模型飞机从头顶开始逆风直线飞一段以后,操纵员放开按钮让模型飞机右盘旋一圈,当模型飞机转完一圈,机头转到逆风状态时,即按下按钮,使模型飞机左盘旋,并适当控制按、放的时间间隔,使模型飞机左盘旋的直径与右盘旋的相同。做完左盘旋后再逆风飞一段距离。在风比较大的情况下,当模型飞机做完右盘旋时可以保持一段逆风直线飞行再做左盘旋,这样做出的 8 字比较正,否则由于风的影响,往往把左盘

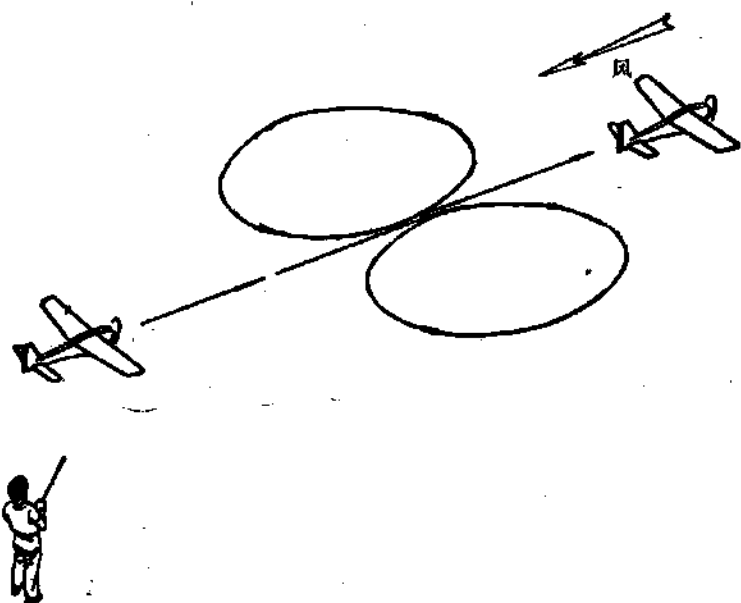


图 6-12C

旋一圈的轨迹偏到下风方向, 动作就不美观了。

#### 4. 螺旋

这个动作是先将模型飞机飞到大约 50~60 米高, 然后机头逆风, 这时, 按下按钮不放, 使模型飞机向左急盘旋下降。当模型飞机急盘旋接近 3 圈时, 放开按钮, 由于存在一定的惯性, 模型飞机转到 3 圈时才从左盘旋中改出, 开始右转。这

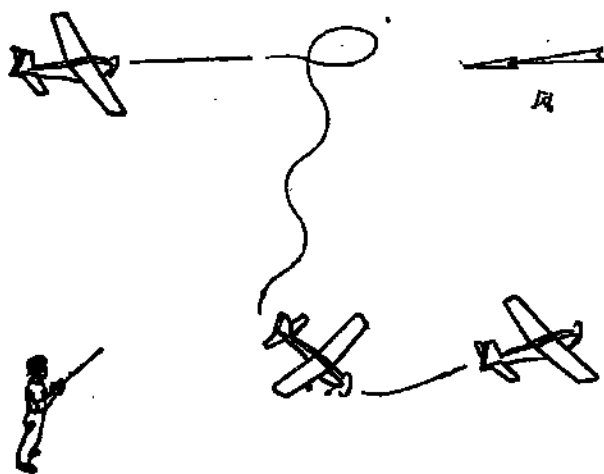


图 6-12D



时,再操纵模型飞机逆风直线飞行(图 6-12D)。

### 5. 着陆

着陆包括做一个四方的着陆航线,在做四方航线时要不断地估计模型飞机的高度,调节航线的大小,使模型飞机准确地逆风降落到预先指定的着陆地点范围内。至于做左的还是右的着陆航线好,要看地面和空中的障碍物情况,总之,以保证安全为原则(图 6-12E)。

除了以上几个基本动作,实践经验比较丰富以后,我们还可以自己创造出一些优美的动作来。

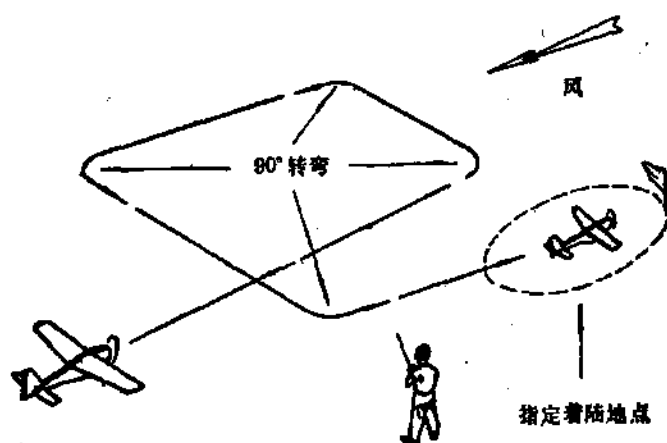


图 6-12E

## 第七章 两通道遥控设备

单通道遥控模型飞机简单、经济,遥控设备工作原理也比较浅显,初学时容易入门,且收效快。但是,由于单通道遥控设备只能收发一个信号,只控制模型飞机的转弯动作,难免带来操纵及模型调整上的不方便。譬如:模型飞机的动力爬升与动力停止后的下滑存在一定矛盾,照顾了无动力下滑一面,特技动作的进入位置与改出位置高度相差就比较多,动作质量因此受到影响;相反,照顾了爬升时“头重”一些,下滑时俯冲角就较大。这个问题虽经过调整可以有所改善,但终究不能解决得很理想。所以,我们从设备的设计着手,在接收机与发射机内加装一个升降舵控制系统,来解决上述矛盾。下面给大家介绍一套具备两个控制信号的即所谓两通道遥控设备。

两通道遥控设备增加了对模型飞机俯仰姿态的操纵,因此,能较好地发挥操纵员的主观能动性,飞行动作质量也有提高。两通道设备在接收端还附有延时式作动系统,能够操纵停车,若万一失控后也能自行关闭小发动机下滑。必要时延时式作动系统还可以用于开启仓盖抛彩纸及投降落伞、放火箭等附加动作,使无线电遥控模型飞机的飞行表演内容更加丰富多采。

下面着重介绍两通道遥控设备的装接、调试及工作原理,其余部分仅作简单叙述。

## 一、设备的制作

经过单通道遥控设备的制作实践，我们对最简单的遥控装置的原理及制作、调整已有了一定的实践经验。现在，我们开始动手试制一套两通道遥控设备，可以为进一步研制更高级的遥控装置打好基础。

图 7-1 和图 7-2 分别是这套设备的发射机与接收机电路图。

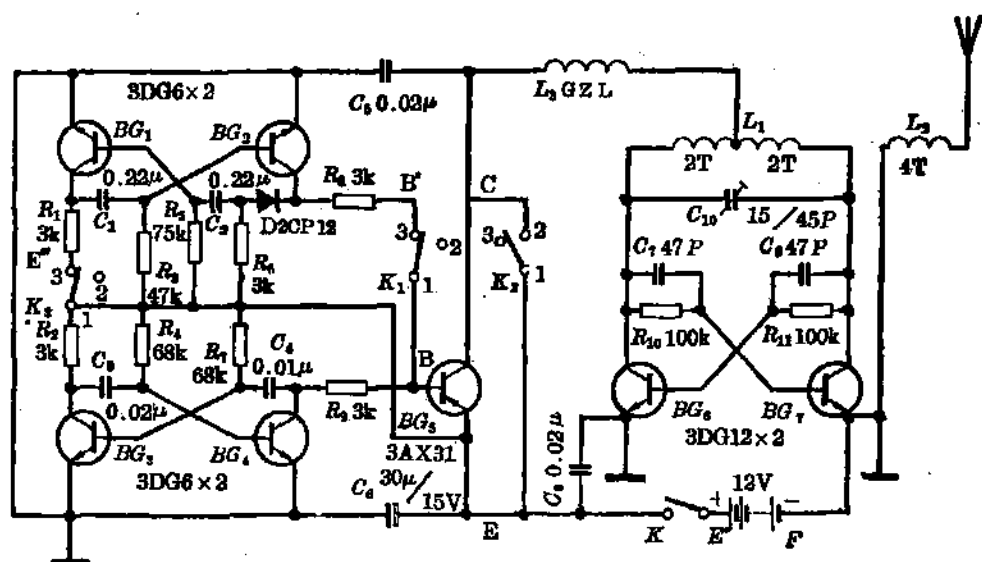


图 7-1

### 1. 发射机的制作

(1) 印刷线路底板加工，包括划板与钻孔，具体方法同单通道设备。印刷底板图见图 7-3(书末插页)。

(2) 元件选择与制作：元件配置见表 7-1。

发射机所用元件的一般要求与单通道设备相同，这里就不再重复了。组成低周振荡器的  $BG_1$  与  $BG_2$  的  $\beta$  值应选择较为接近的数值，音频振荡器的  $BG_3$ 、 $BG_4$  与高频振荡器的

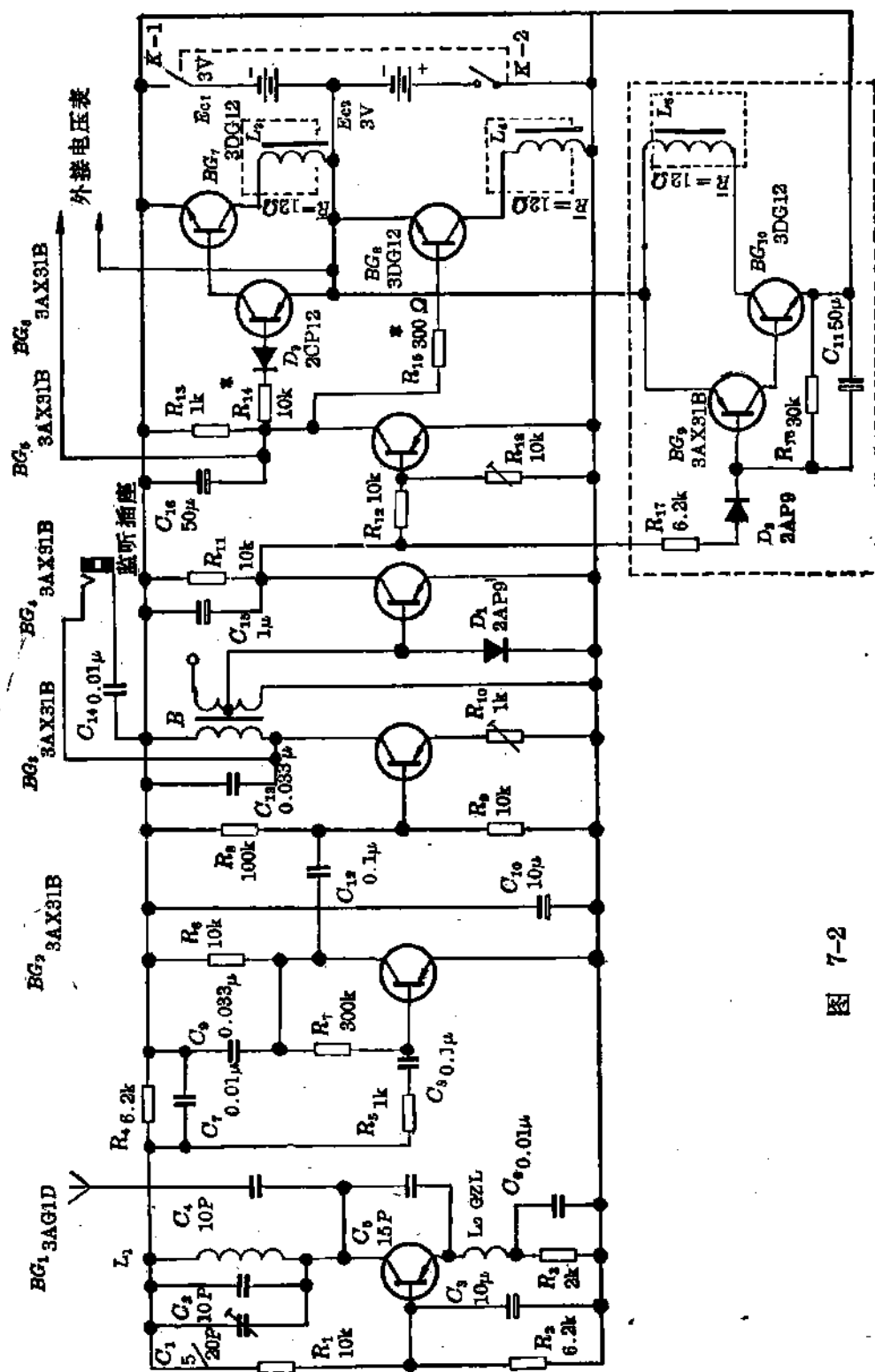


表 7-1 发射机元件表

$R_6, R_1, R_2, R_8, R_9$	$\frac{1}{8}W R_T 3k\Omega$	$C_7, C_8$	瓷管电容 47pF
$R_3$	$\frac{1}{8}W R_T 47k\Omega$	$C_{10}$	CCWX-1 15/45pF
$R_4, R_7$	$\frac{1}{8}W R_T 68k\Omega$	$BG_{1,2,3,4}$	3DG6
$R_5$	$\frac{1}{8}W R_T 75k\Omega$		
$D$	2CP12	$BG_5$	3AX31
$R_{10}, R_{11}$	$\frac{1}{8}W R_T 100k\Omega$	$BG_{6,7}$	3DG12
$C_1, C_2$	CZJ2 0.22 $\mu$ F/160V	短波线圈(630A) $L_1$ 1/4 W 膜阻 1M $\Omega$ (制作 $L_3$ ) KWX 1 $\times$ 2 微动开关 $K_1, K_2$ 2 $\times$ 2 平推开关 $K, K_3$ 1.5 米拉杆天线 2# 电池 8 只	
$C_3, C_5, C_9$	涤纶电容 0.02 $\mu$ F		
$C_4$	涤纶电容 0.01 $\mu$ F		
$C_6$	CDX-3N 30 $\mu$ /15V		

$BG_6, BG_7$  也是同样要求, 为的是防止  $\beta$  值一只过大、一只过小而引起振荡器工作的不稳定。 $BG_1, BG_2$  的  $\beta$  值在 30~80 左右。调制器  $BG_5$  的  $\beta$  值只需 30 以上即可, 而它的漏电流  $I_{ceo}$  应小于 200 微安。如漏电流过大, 将会引起高频振荡器受调深度不够, 以致缩短收发控制距离。

高频振荡线圈  $L_1$ , 天线线圈  $L_2$  及高频扼流圈  $L_3$  的制作方法也同单通道发射机。由于高频振荡线圈的质量对于振荡

器工作的优劣关系较大，所以线圈表面不允许沾留焊油、锡珠及胶水之类的东西。 $L_1$  的中间抽头焊点要小一点，但要保证焊牢。 $L_2$  与  $L_1$  的配合不要松动。元件装配时可参照图 7-4 的装接配线图。

(3) 整机组装：机盒外形尺寸见图 7-5，可以用层板制作，并在内外刷上涂料。印刷线路底板位置在机盒最上部，底板两侧分别用一片直角形铜片将它与机盒侧板用螺丝固定。方向及升降舵操纵开关  $K_1$ 、 $K_2$  在机盒中部，

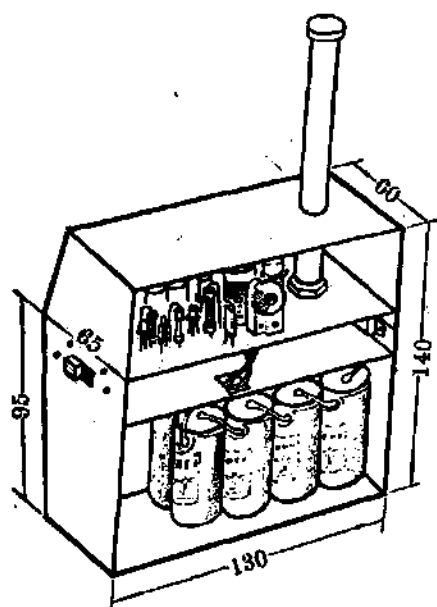


图 7-5

结构见图 7-6。电源开关  $K$  及单通道、两通道转换开关  $K_1$  在机盒中部的左右侧板上，电池则安装在机盒最下面。机盒顶部开一只天线插孔，为保持与机盒绝缘性，还要在天线插孔的部位胶一块圆形有机玻璃片。机盒后盖也要开一个孔，以利调棒伸入机盒调整高频调谐电容  $C_{10}$ 。

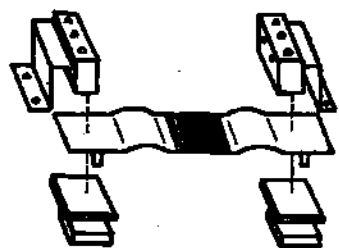


图 7-6

图 7-7 表示机盒内部接线分布情况。从印刷线路底板到开关部分有  $E$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $B'$ 、 $E''$  五根引线（分别用粉红、黄、白、绿、橙色线），电池正极有一根  $E'$  线引到电源开关  $K$  一端（红色线），电池负极经  $F$  线（蓝色线）接到发射机底板。引线尽可能紧贴机盒内壁，要求整齐简捷。应用彩色线的目的是为了便于检查时识别。

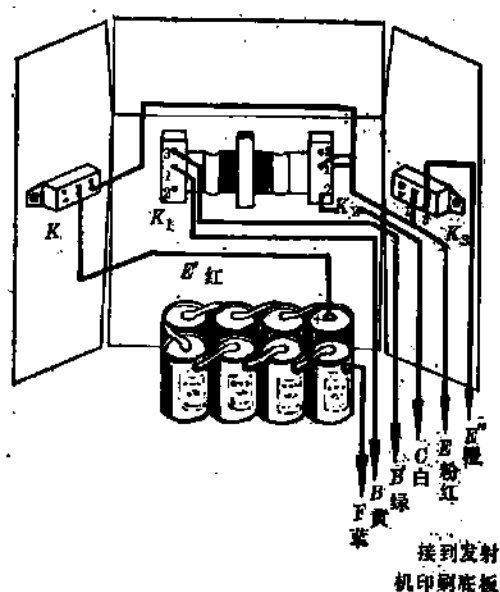


图 7-7

面板上的布置可以稍微讲究些，两只操纵按钮可用不同颜色塑料或有机玻璃制成，面板采用整块镶入的珠光有机玻璃，就十分美观了。

## 2. 接收机的制作

(1) 印刷线路底板加工详见图 7-8(书末插页)。

(2) 线圈的制作。接收机的高频谐振线圈  $L^1$

及高频扼流圈  $L_2$ ，需要自行绕制。事先准备必要的材料是：截面  $6 \times 6$  (毫米<sup>2</sup>)、长 24 毫米一段塑料棒( $\phi 6$  毫米圆形塑料棒也可以代用)；1 兆欧以上 1/4 瓦轴向碳膜电阻 1 只，42 号(绕  $L_2$ )及 33 号(绕  $L_1$ )漆包线适量。 $L_1$  开始绕之前先要设法使线引出端与塑料棒固定。这里我们介绍一种简易固定方法(图 7-9A)：烙铁头事先刮净残锡，然后紧贴漆包线边缘加热并稍用力下压，让线全部埋入塑料棒内部就提起烙铁头，待凉固后轻轻拉动一下，只要线不脱落就行。下一步进行绕

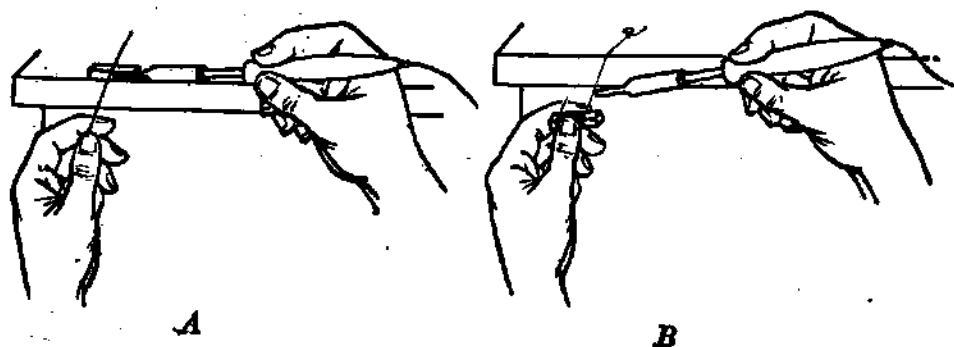


图 7-9

线,绕时要注意自始至终把线拉紧,线与线之间约间隔一根线的距离,但不必十分严格。数到第12圈时(圆形塑料棒绕14圈),右手把拉紧的漆包线一头暂时固定到桌子角预先钉好的小钉子上,左手继续捏紧塑料线圈棒,腾出右手用烙铁仍按上面的方法把线头烫入塑料棒内(图7-9B)。这一步要特别当心,如线烫得不紧的话,以后容易因受振而线圈松脱。如发现绕好的线圈间距不等,只要用小起子稍拨动一下。绕好的线圈上不要涂胶或上蜡,以免降低质量。 $L_2$ 的绕制采取单层密绕法,圈与圈之间不要交叉重叠,0.1毫米漆包线80圈正好铺满1/4W1兆欧电阻的中间一段,线端焊在两只电阻脚上。

(3) 元件的选择:电阻及电容元件按表7-2提供的规格数据配置。所用的几只电解电容要求漏电小一些,这样可以减少机器工作的不稳定因素。 $R_{10}$ 及 $R_{18}$ 分别是1千欧及10千欧半调整电阻,要求刷片与碳膜接触良好。

本机对于晶体管 $\beta$ 值要求不高,例如:3AX31型晶体管中,除 $BG_2$ 、 $BG_9$ 应选80以上,其余的只要不小于50左右就可以了。另外, $BG_4$ 、 $BG_5$ 、 $BG_6$ 三只晶体管的漏电流 $I_{cso}$ 不大于200微安。 $BG_6$ 如采用3CG型PNP硅管效果比3AX31好, $\beta$ 值要求不小于40。

$BG_1$ 用作高频超再生检波,要求特征频率( $f_T$ )高于接收频率。一般 $f_T$ 取40~50兆周左右。本机采用3AG1-D(或E)性能较好,成品管子基本上都能应用,如没有3AG1-D型管,也可用3AG43、3AG23、3AG14等管代替, $\beta$ 值的关系不大,只要装入机器能“起超”就行。推动随动器动作的三只开关管 $BG_7$ 、 $BG_8$ 与 $BG_{10}$ 采用3DG12(或3DK4、3DK9)硅晶



表 7-2

$R_1, R_6, R_9$ $R_{11}, R_{12}, R_{14}^*$	$\frac{1}{8} W R_T 10k\Omega$	$C_1$	CCWX-3 5/20pF
$R_2, R_4, R_{17}$	$\frac{1}{8} W R_T 6.2k\Omega$	$C_2, C_4$	CCX <sub>1</sub> 10pF
$R_3$	$\frac{1}{8} W R_T 2k\Omega$	$C_3, C_{10}$	CDX-3N 10 $\mu$ /10V
$R_5, R_{13}$	$\frac{1}{8} W R_T 1k\Omega$	$C_5$	CCX <sub>1</sub> 15pF
$R_7$	$\frac{1}{8} W R_T 300k\Omega$	$C_6, C_7, C_{14}$	涤纶电容 0.01 $\mu$ F
$R_8$	$\frac{1}{8} W R_T 100k\Omega$	$C_8, C_{12}$	CZJ8 0.1 $\mu$ F
$R_{10}$	微调电阻 1k $\Omega$	$C_9, C_{13}$	涤纶电容 0.033 $\mu$ F
$R_{15}^*$	$\frac{1}{8} W R_T 300\Omega$	$C_{11}, C_{16}$	CDX-3N 50 $\mu$ /6V
$R_{16}$	$\frac{1}{8} W R_T 30k\Omega$	$C_{15}$	1 $\mu$ F
$R_{18}$	微调电阻 10k $\Omega$	断面6×6mm 塑料筷一支(制 $L_1$ ) 1/4 W 1M $\Omega$ 膜阻 1只(制 $L_2$ ) 6×2 平推开关 1只 2CH25-4 线插头座 3副 3.5mm 小话筒插座 1只 软塑料烟盒 1只 2# 电池 4只 69-4 型输入变压器 1只	
$BG_1$	3AG1-D		
$BG_{2,3,4,5,6,9}$	3AX31-B		
$BG_{7,8,10}$	3DG12		
$D_1, D_2$	2AP9		
$D_8$	2CP12		

体管,如有条件可以多备几只,以便在调试中选择和代换。

前置放大级( $BG_3$ )与限幅放大级( $BG_4$ )之间,接有变压器 $B$ ,铁心截面为 $5 \times 5.5(\text{mm}^2)$ 的成品小型输入变压器或截面 $3.5 \times 5.5(\text{mm}^2)$ 的超小型输入变压器都可以使用,后者体积小容易安排。二极管 $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$ 无特殊要求。

(4) 装配与接线,参照装配接线图 7-10。先要把主要元件如 $L_1$ 、 $L_2$ 及变压器 $B$ 安装好。变压器固定夹插入底板背面,并要折弯后焊牢。 $L_1$ 塑料棒要与底板插紧,背后稍烫一下使之变形后不能松脱。焊接元件顺序最好是从超再生级开始,焊完一级再焊一级,这样可以加深对电路连贯性的了解。所有元件的安放高度控制在 $18 \sim 20$ 毫米左右,防止装入机盒时碰歪、碰坏元件。底板上元件间容易相碰的地方,必须套上塑料套管以增加可靠性。晶体二极管 $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$ 及电解电容器,在焊接时需留心其极性不要搞反。10只晶体三极管在焊接之前,也要认真识别管脚。电阻 $R_{14}$ 、 $R_{15}$ 装配时暂不接,而在调试时选择合适数值再焊上。

接收机与外界的联接导线共有12根(图7-11):天线1根( $70 \sim 85\text{cm}$ );电源线3根;随动器三组计6根;外接测量电压表2根。从使用便利考虑,最好用不同的颜色导线区别。引出的导线要先绞合成为一股,然后用单股塑料线把它与底板扎紧,这样,外力就不会直接作用在焊点上,可以防止扯断线头的弊病。

### 3. 随动器的制作

由于这里介绍的两通道设备随动器所用电源电压仅是3V,因此驱动随动器的电能相对要小一些,所以两通道随动器最好采用起动力矩大、灵敏度较高的磁体偏转式电磁铁;以

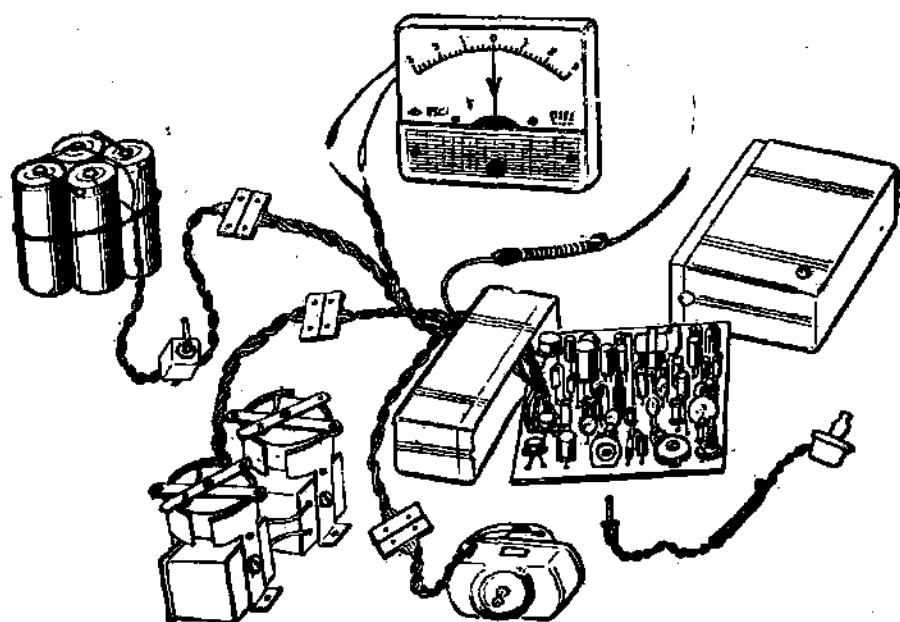


图 7-11

增加动作可靠性(用拍合式电磁铁也可以,但是效果比较差一些)。随动器规格要求、线圈数据见表 4-1 与表 4-2。制作方法可参照第四章有关内容。方向及升降随动器外形与结构相同,并可互换。舵面上的回中(或回平)弹簧的安装与力量调

整均可按照单通道设备的方法进行。

#### 4. 延时断油机构

由摇臂、摇臂支架、玩具电动机及一段蜡线组成(图 7-12)。它的动作过程是这样的,在接收机延时

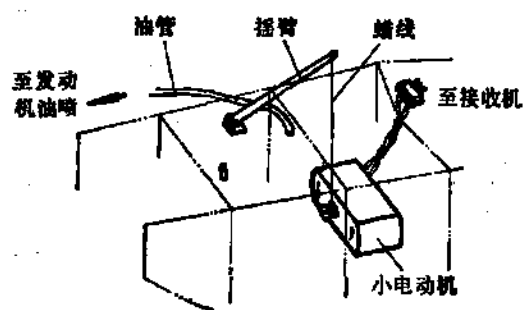


图 7-12

电路有信号输出时,电动机就开始旋转,小电动机的转轴一圈圈地缠绕蜡线把摇臂往下拉,因此摇臂上的“刀口”把发动机的橡皮油管(自行车打气用的小橡皮管)压扁,使油路堵死,发

动机因供油中断而停车。摇臂上“刀口”的作用，是为了增加对橡皮油管的压强，保证能将油路堵死。摇臂的长度约为50毫米，一般是长一些较好。“刀口”位置愈靠近摇臂根部，动作力愈大。市售玩具电动机不能直接使用，要把转子上的

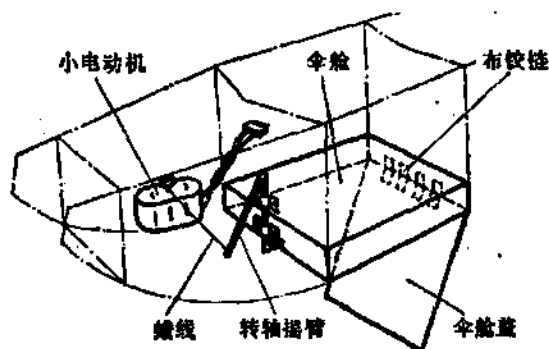


图 7-13

线圈改绕后方能使用，每个极用 $\phi 0.15$ 毫米的漆包线绕300圈，绕线的方向要一致，前一个线圈的头和后一个线圈的尾相连，并接焊在整流子上。两片小电刷加在整流子上的压力应均匀，整流子和电刷上不能有脏物，以防发生电动机转不起来的现象。买来的玩具小电动机轴上常带有一只小滑轮或齿轮，这些物件应把它拆掉。

延时投伞机构的安装及动作示意如图7-13。

## 二、设备原理与调试

在完成了两通道设备的制作之后，紧接着要进行设备的调试。在参照电路图装配机器的过程中，我们对于电路结构方面已有了一些了解，但是如需着手解决一些可能发生的故障，并把它调整到较好的工作状态，还需要弄通一些有关的原理知识。下面先谈谈收发信机电路工作原理，而后讨论具体调法及通常发生的故障和排除问题。

• 两通道发射机面板上的两只操纵按钮，一只是控制升降，另一只是控制方向舵的开关。模型飞机上的接收机在收到控制信号后，末端两组开关电路分别导通，输出电流推动升降或

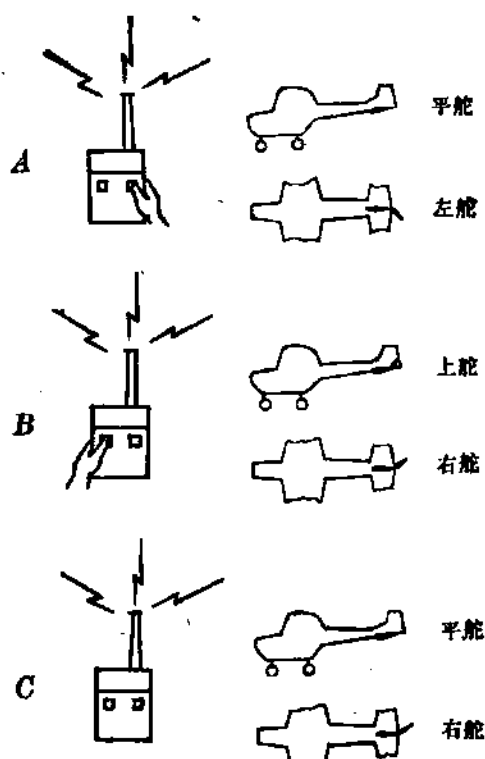


图 7-14

方向舵随动器，产生动作。图 7-14 就是表示控制信号与舵面动作的对应关系。

由于两通道设备能控制两个操纵面，因此发射机要有多于单通道的高频信号从发射天线上送出，供接收机接收后形成舵面动作。大家记得，单通道发射机在操纵方向舵左偏时是发送高频调幅信号，在两通道上也是同样的。而两通道操纵升降舵的信号是高频等幅电波，这在单通道上是没有的。另

外，在模型飞机舵面受回中弹簧力作用，方向舵右偏、升降舵放平时（称为舵面的静态），就要求两通道发射机连续地发送交变的高频调幅——等幅信号才行。这个两通道设备特有的交变信号，我们称为静态信号（下同），也就是维持舵面静态的信号。这个两通道设备发送与接收的规律必须很好掌握，以便调试时熟练地运用。

### 1. 发射机原理

两通道发射机与单通道发射机的电路结构有许多共同之处（图 7-15），例如：它们都有一对 3DG6 组成的音频振荡器和一对由 3DG12 组成的高频自激振荡器。而音频信号对于高频振荡器的调幅作用是经过

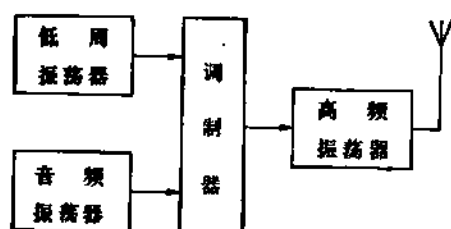


图 7-15

一个称为调制器的开关电路进行的。所不同的是两通道发射机增加了由  $BG_1$ 、 $BG_2$  组成的低周振荡器，音频振荡与高频振荡两部分的电路，前面第二章单通道发射机已有详细叙述，这里不再重复了。

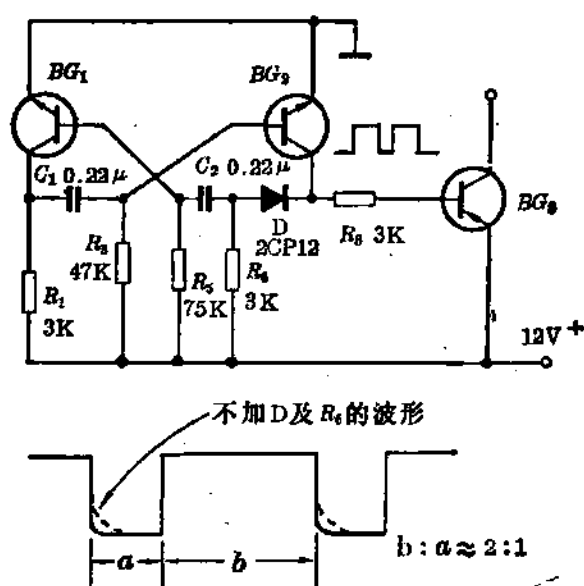


图 7-16

图 7-16 是低周振荡器电路，从电路形式上看与音频振荡器十分相象，通常都称为多谐振荡器。它依据基极电容  $C_1$ 、 $C_2$  的充放电作用， $BG_1$  与  $BG_2$  在接通电源后周期性地导通与截止，从而产生连续的振荡信号。所不同的是其振荡频率，比音频振荡器要低得多。在前面我们已分析过，多谐振荡器振荡频率，取决于基极电阻  $R_B$  与基极电容  $C_B$  的数值， $R_B$  与  $C_B$  愈大，则频率愈低，反之愈高。现在我们运用公式

$$f = \frac{1}{0.7(C_{B1}R_{B1} + C_{B2}R_{B2})}$$

计算低周振荡器的振荡频率。由于  $C_{B1}$ 、 $C_{B2}$  均为  $0.22\mu\text{F}$ ， $R_{B1}$ 、 $R_{B2}$  分别为  $75\text{k}\Omega$  及  $47\text{k}\Omega$ 。因此：

$$f = \frac{1}{0.7 \times 0.22 \times (75 + 47)} \approx 53 (\text{周})$$

大家知道，交流市电的频率是 50 周，从交流收音机喇叭中发出的低沉的“嗡嗡”交流声就是这一数值的频率声响。从上面计算可以明显看出，这个振荡器的输出信号非常近似于“交流声”，与音频振荡器输出 700 周左右的“嘟嘟”声有显著的区别。

此外，在低周振荡器  $BG_2$  的集电极与电容  $C_2$  之间，加接二极管  $D$  及电阻  $R_6$ ，是为了改善输出波形的，详见图 7-16。

在两通道发射设备中低周振荡器的主要用途，是控制高频振荡器交替地产生调幅波和等幅波振荡，两种振荡的转换频率即为低周振荡器的振荡频率。采取上述改善输出波形的措施以后，使高频等幅振荡转换到调幅波振荡的初阶段仍可得到较深的调制深度，从而有效地增大了收发控制距离。

由于接收设备要求发射端送出的静态信号，在单位时间里等幅波成分多于调幅波。根据试验，前者与后者的比例约为 2:1 或 3:2 较适宜。因此，低周振荡器的两只基极电阻采用不同的阻值， $R_3$  与  $R_5$  分别为  $47\text{k}\Omega$  与  $75\text{k}\Omega$ 。在多谐振荡器中采用了不相等的基极电阻或不相等的基极电容，都会使振荡器不对称。因  $R_5$  大于  $R_3$ ，所以形成  $BG_2$  导通时间长于截止时间，所以低周振荡器输出波形是矩形波而不是方波。振荡器的输出偶合方式与音频振荡器相同，调制管  $BG_5$  导通与否，取决于  $BG_2$  的状态。因此， $BG_5$  的导通时间要长于截止时间，而且  $BG_2$  导通与截止的时间比例是多少， $BG_5$  的导通与截止时间比例也同样是多少。

由图 7-1 可见，在  $BG_5$  输入端与输出端分别接有左舵操

纵开关  $K_1$  和上舵操纵开关  $K_2$  (都是微动开关)。另外, 在  $R_1$  电阻一端( $E''$ )与底板正电端( $E$ )跨接单通道与两通道转换开关  $K_3$ 。要特别注意: 操纵开关  $K_1$  的常态是闭合, 而  $K_2$  的常态是断开的。转换开关  $K_3$  与  $K_1$ 、 $K_2$  不同, 用的是平推开关。图 7-1 上  $K_3$  表示的是闭合态, 指的两通道设备的应用。现在, 来观察一下接通电源, 开始操纵的情况:

(1) 操纵左舵开关  $K_1$  动作 (图 7-17A),  $B'$ 、 $B$  由通转断, 低周振荡器停止振荡。而此时由  $BG_3$ 、 $BG_4$  组成的音频振荡器通过调制管  $BG_5$  对高频振荡器进行幅度调制, 因而高频振荡器发射出调幅波振荡信号, 导致方向舵左偏 (即图 7-14A 的状态)。

(2) 操纵上舵开关  $K_2$  动作 (图 7-17B),  $C$ 、 $E$  相通,  $BG_5$  的发射极与集电极短接, 使高频振荡器通过  $K_2$  触点接通电源, 产生高频等幅波振荡, 接收端收到信号后导致模型飞机作上舵动作 (即图 7-14B)。

(3)  $K_1$  与  $K_2$  均不操纵 (图 7-14C), 两个低频振荡器的输出信号同时加到  $BG_5$  基极。很显然,  $BG_5$  的通断将同时受到两个振荡器的控制, 这种情况用波形表示就比较清楚 (图 7-17D), 结果使得高频振荡器的输出变为交替变换的调幅波与等幅波。因为低周振荡器  $BG_2$  的导通时间长于截止时间, 所以势必使交变信号中的等幅波成分多于调幅波。

(4) 转换开关  $K_3$  的运用 (见图 7-1)。根据以上分析, 转换开关  $K_3$  在接通状态时低周振荡器通电正常工作, 整机进行两通道发送控制。如果我们现在要配合单通道接收机动作, 则须把  $K_3$  拨到断开位置再按动  $K_1$  就成。由于  $K_3$  开路后低周振荡器停振, 并且必然形成  $BG_1$  截止、 $BG_2$  导通、 $BG_5$



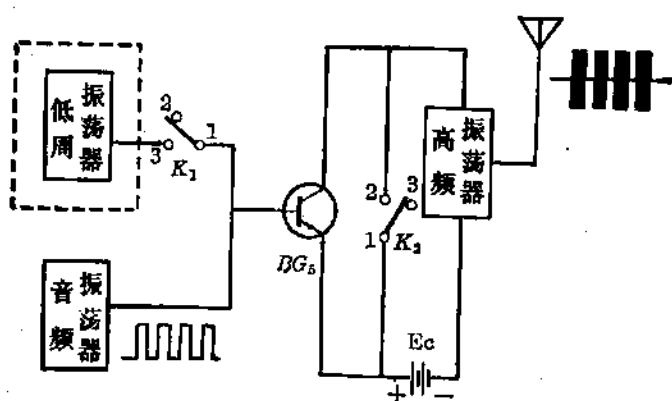


图 7-17 A

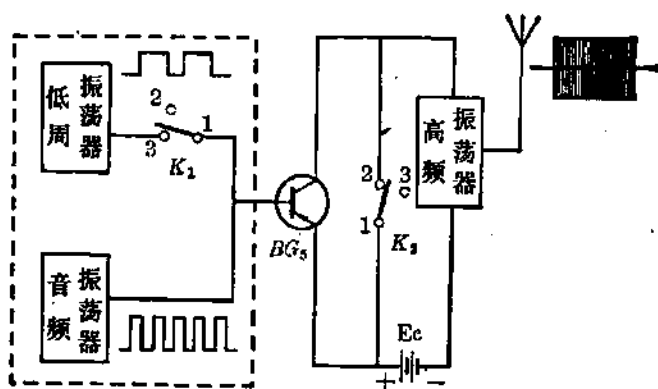


图 7-17 B

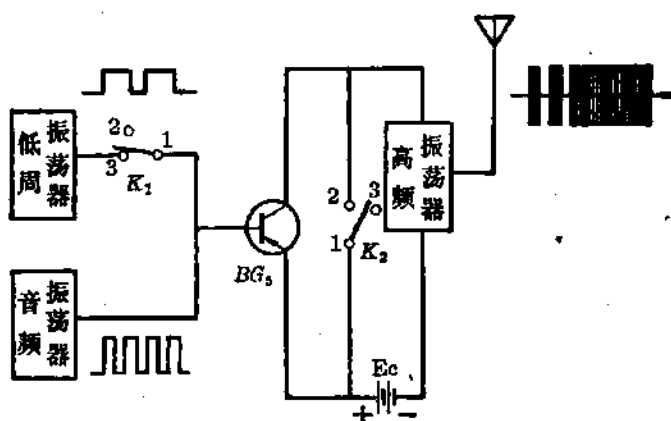


图 7-17 C

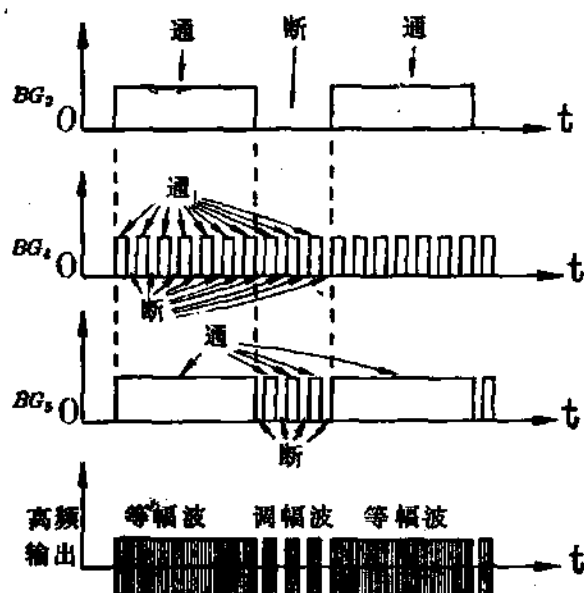


图 7-17 D

导通的状态,但这时高频振荡器输出是等幅电波,高频等幅电波不能使单通道接收设备产生动作。所以再按动  $K_1$ , 高频振荡器输出就改为高频调幅电波了(如图 7-17A), 就能使接收设备产生动作。因此, 在两通道发射机上加接转换开关  $K_2$  后, 使两通道发射机一机两用, 简便而经济。

## 2 接收机原理

图 7-18 为接收机方框图, 全机由超再生检波  $BG_1$ , 电压放大  $BG_2$ , 前置放大  $BG_3$ , 限幅-滤波放大  $BG_4$ 、 $BG_5$  及两组开关放大  $BG_6$ 、 $BG_7$  与  $BG_8$  组成。两组开关电路分别连接方向及升降随动器。电路另附一组延时断油装置, 由  $BG_9$ 、 $BG_{10}$  组成延时开关放大器, 受限幅-滤波放大器控制, 输出电流驱动一只切断油路的小电动机。

我们对照单通道接收机方框图可以发现, 两通道电路增加了一级音频前置放大器, 一级限幅-滤波放大器, 以及一组

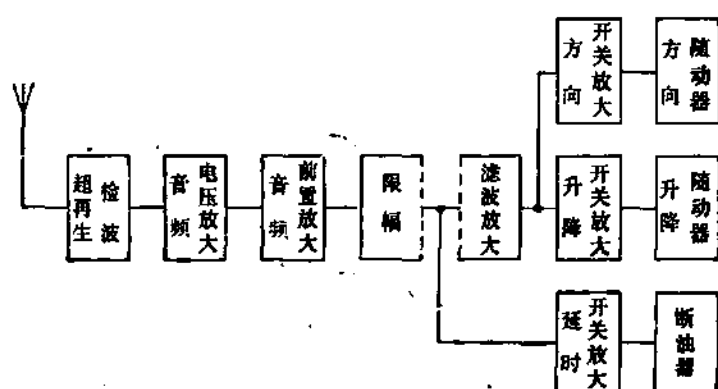


图 7-18

推动升降随动器的开关放大器。此外，延时断油电路也是新增的。这些都是接收两通道发射机的控制信号来推动多个随动器动作，实现两个通道操纵所必需的。

我们在熟悉掌握两通道接收机工作原理的时候，弄懂限幅-滤波放大器的作用是尤为重要的。因为在整个接收电路中，限幅-滤波放大器是作为连接音频放大与开关放大的枢纽，对整机工作影响较大。所以，我们在介绍接收机工作原理的时候，就着重谈这部分。

图 7-19 是限幅-滤波放大器电路图，电路组成还较简单， $BG_4$ 、 $BG_5$  都采用 3AX31 型锗三极管共发射极接法。 $R_{11}$ 、 $C_{15}$  与  $R_{13}$ 、 $C_{16}$  分别为两管的集电极负载电阻与并联电容。交连电阻  $R_{12}$  跨接于  $BG_4$  集电极与  $BG_5$  基极间， $BG_5$  基极、发射极间接有工作点微调电阻  $R_{18}$ 。 $BG_4$  基极、发射极并在前置音频放大负载变压器次级绕组两端，以接收信号输入。电源由 4 节二号电相串，电压 6V。从图中可以看到，在没有信号输入时， $BG_4$  基极和发射极之间的电压为零，因此  $I_b = 0$ ， $BG_4$  基本处于截止状态。和  $BG_4$  相反， $BG_5$  的基极由  $R_{11}$ 、 $R_{12}$  接通电源负极，获得正向偏流，从而使  $BG_5$  导通。当

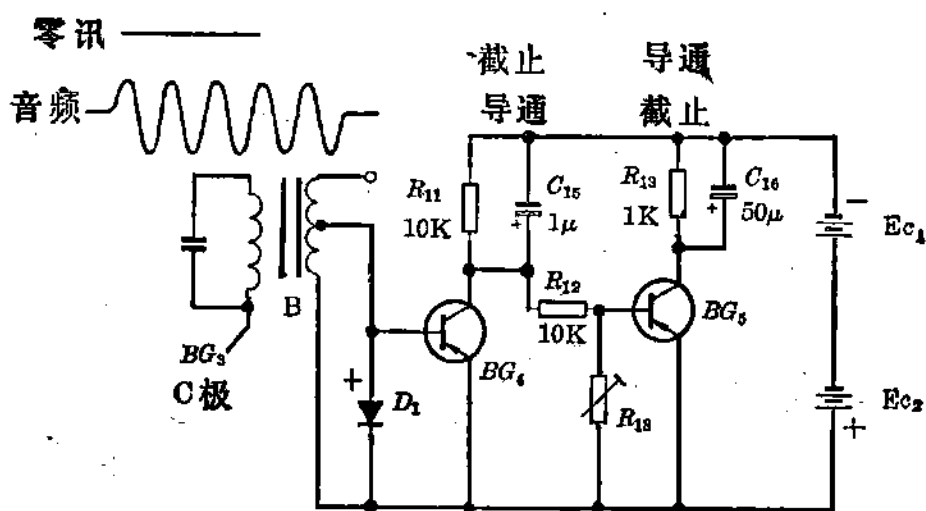


图 7-19

正弦音频信号通过  $B$  输入, 在输入信号负半周时,  $BG_4$  基极、发射极间加负信号就令  $BG_4$  导通。 $BG_4$  的导通引起  $BG_5$  基极电位的改变, 使基极电流急剧下降到接近零, 造成  $BG_5$  截止。这就是说, 没有音频信号输入时  $BG_4$  截止,  $BG_5$  导通; 而接入音频信号后  $BG_4$  导通,  $BG_5$  即截止。 $C_{15}$  是用来滤除音频信号中的交流成分, 以稳定  $BG_4$  集电极电位。输入端接二极管  $D_1$ , 是把没有用处的正半周信号旁路掉, 使前级得到较为平衡的负荷。

假如我们在图 7-19 电路中输入一个特殊的信号, 即断续的而不是连续的正弦音频信号。那么, 电路的工作状况又会是怎样的呢? 为了便于观察电路的状态, 加进一只电压表 (图 7-20)。电压表一端接在  $BG_5$  集电极, 另一端与 6V 电池的中心抽头相连。需要说明一点, 这个电压表应是能指示正负电压的双向电压表, 如没有双向表, 也可用万用表联上一只换向开关代用 (图 7-21)。双向电压表量程在 3V 左右。现在再次接通电源, 重复前面的试验, 在没有信号输入时, 因  $BG_4$

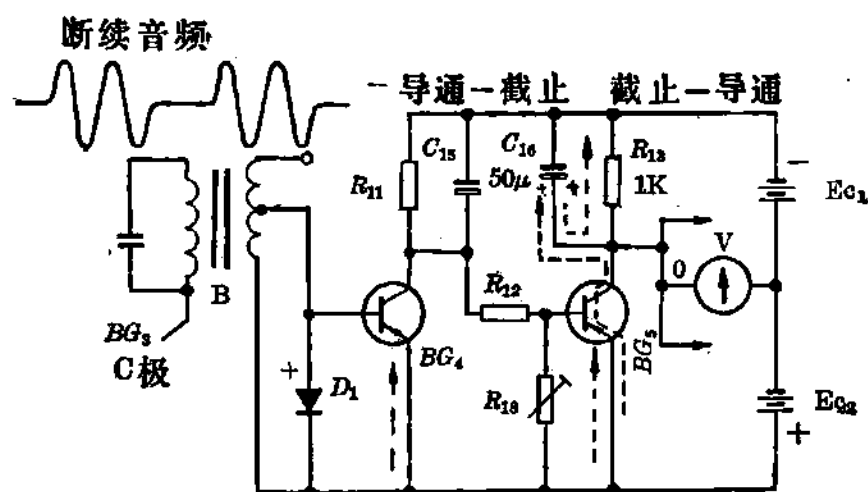


图 7-20

截止、 $BG_5$  导通， $BG_5$  集电极与发射极呈现低阻，使得电压表指示  $V_0$  为正值（电源电压 3V 减去  $ce$  极微小电压降，大约 3V 不到一些）。接着，在  $B$  处输入一个连续的音频信号，如前所述， $BG_4$  转为导通、 $BG_5$  转为截止，因此  $BG_5$  集电极发射极呈现高阻，这时  $V_0$  指示出一个负值（也是 3V 不到，但小于上面正值，这是因为  $R_{13}$  的降压作用）。随后，我们在  $B$  处输入

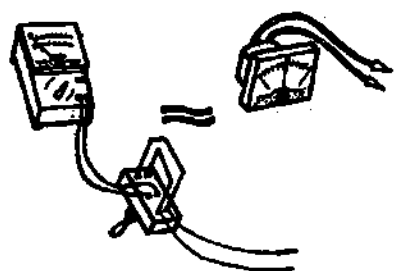


图 7-21

断断续续的正弦音频信号，这好比是用手有规律地间断按电铃，在这种情况下，很显然  $BG_4$  与  $BG_5$  受着控制信号的驱使而交替导通与截止。这时， $V_0$  的指示又是多少呢？这里需要特别注意

$C_{16}$  的作用。 $BG_5$  负载并联电容  $C_{16}$  与  $C_{15}$ ，虽然都是滤波电容器，但电容量大得多（ $50\mu F$ ），它的具体作用过程见图 7-20 中箭头指向，长箭头表示  $BG_5$  导通时电源经  $BG_5$  对  $C_{16}$  充电；短箭头表示  $BG_5$  截止时充电停止， $C_{16}$  向  $R_{13}$  放电。因

为  $C_{16}$  是大数值容量,大大增长了电路的充放电时间常数,由于电容器两端的电压不能突变,容量愈大电容器极片上的电压变化愈迟缓。所以,电路在接受变化较快的断续正弦音频信号输入时,尽管  $BG_5$  频繁交替导通、截止,  $V_o$  表指示的电压值本来应该忽正忽负,因为有了  $C_{16}$  的作用,就能指示出一个稳定的数值。根据分析与实验,若输入的断续信号,是断与续时间比例一定的,而且  $BG_5$  的工作点调整得准确的话,那么  $V_o$  的指示值就处在接近于零值。当然这一结果需要有恰当的电路参数配合才能达到,例如  $C_{16}$  的容量要足够大(在  $R_{13}$  已定的情况下);音频的频率要十几倍于断续的频率等等。这台设备的音频频率与断续的频率分别是 700 周及 53 周,分别由发射机内两个低频振荡器产生。调整可变电阻  $R_{18}$  的作用,是通过改变  $BG_5$  导通时的基极电流,改变  $BG_5$  集电极与发射极导通电阻,来增减  $C_{16}$  充电电流,达到微调限幅-滤波放大器输出电压的目的。在一般情况下,  $BG_5$  的  $\beta$  值较大,则  $R_{18}$  需调小一些;  $BG_5$  的  $\beta$  值较小,则  $R_{18}$  调大一些。

限幅-滤波放大器在接收间隔一定的断续音频信号时,  $V_o$  等于零值的特性对我们是很有用处的,利用这一特性在  $BG_5$  后面连接上两组极性不同的开关电路,就很容易实现两通道的控制。图 7-22 说明  $NPN$  型三极管与  $PNP$  型三极管的输入电压极性是相反的,当  $A$  点对于  $B$  点电压为负时,上面的  $PNP$  管导通,为正时下面的  $NPN$  型管导通,当然若搬去电池以后(即  $A$  对  $B$  电压为零)二管均不导通。图 7-23 中的三个图表示了接收机后半部分的工作原理。图 7-23A 中,滤波放大器输出为正电压,满足  $BG_5$  导通条件,即  $BG_5$  集电极

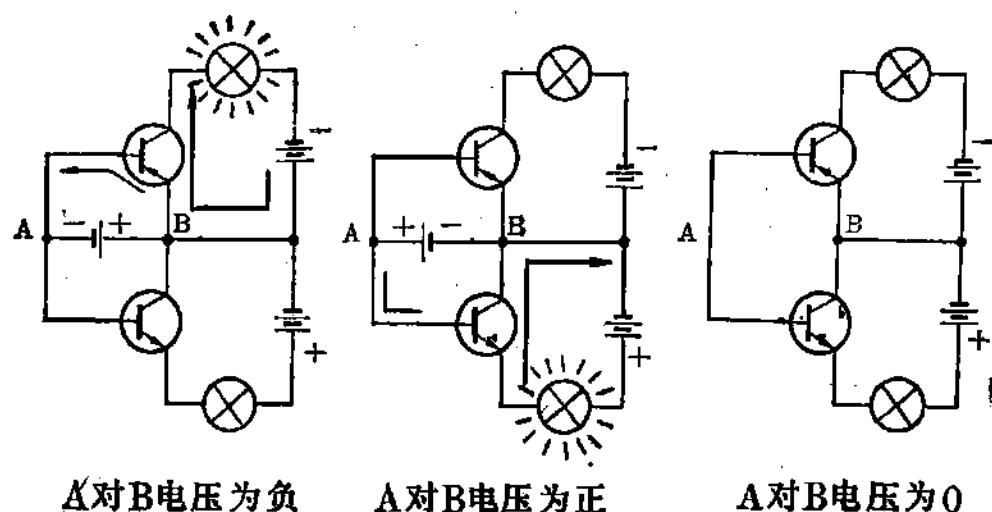


图 7-22

电流经限流电阻  $R_{15}$  流入  $BG_8$  基极使之导通, 带动  $L_3$  随动器也动作。图 7-23B 中滤波放大器输出为负电压, 满足  $BG_6$  导通条件, 就是  $BG_6$  基极通过限流电阻  $R_{14}$  及  $R_{13}$ , 从电源负端取得正向偏流,  $BG_6$ 、 $BG_7$  复合管随之导通, 带动  $L_4$  随动器动作。图 7-23C 滤波放大器输出电压为零, 两组开关截止,  $L_3$  与  $L_4$  两个随动器均不动作。

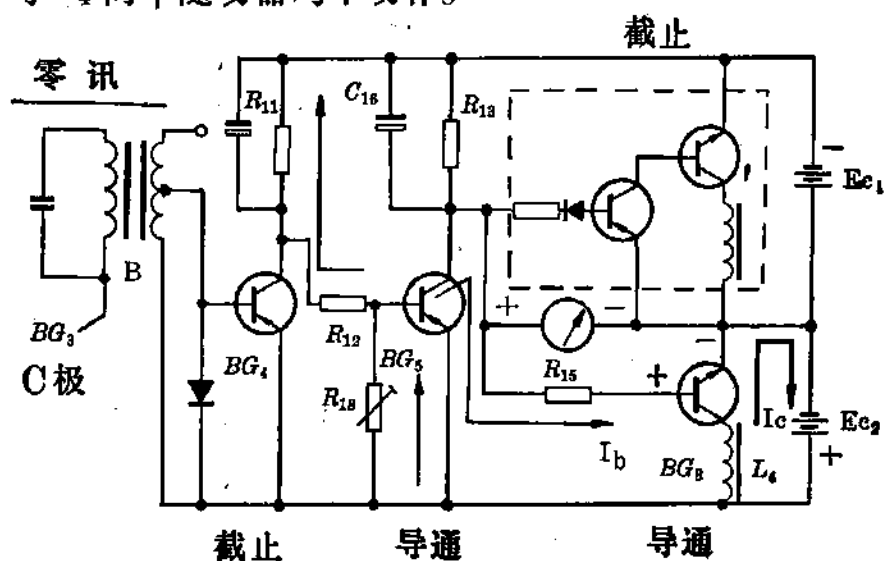


图 7-23 A

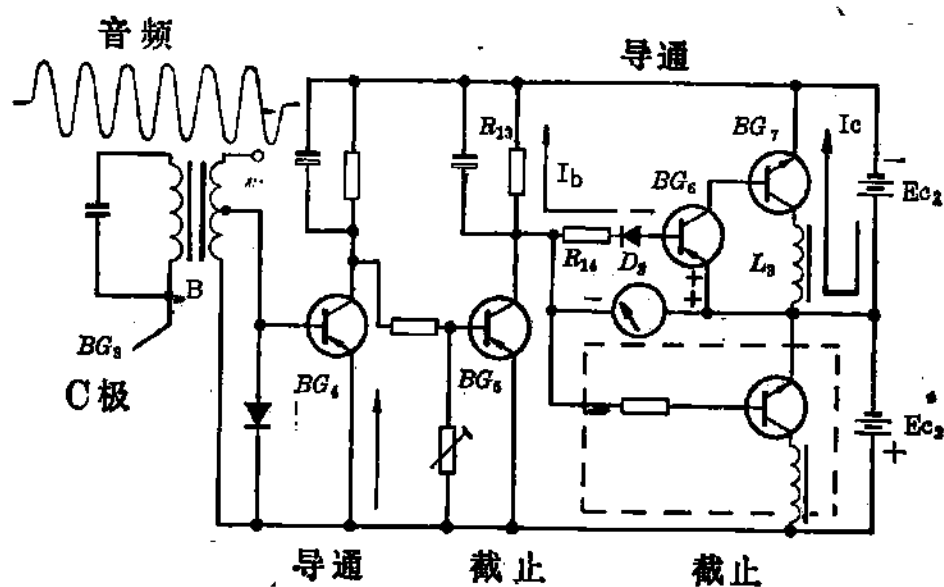


图 7-23B

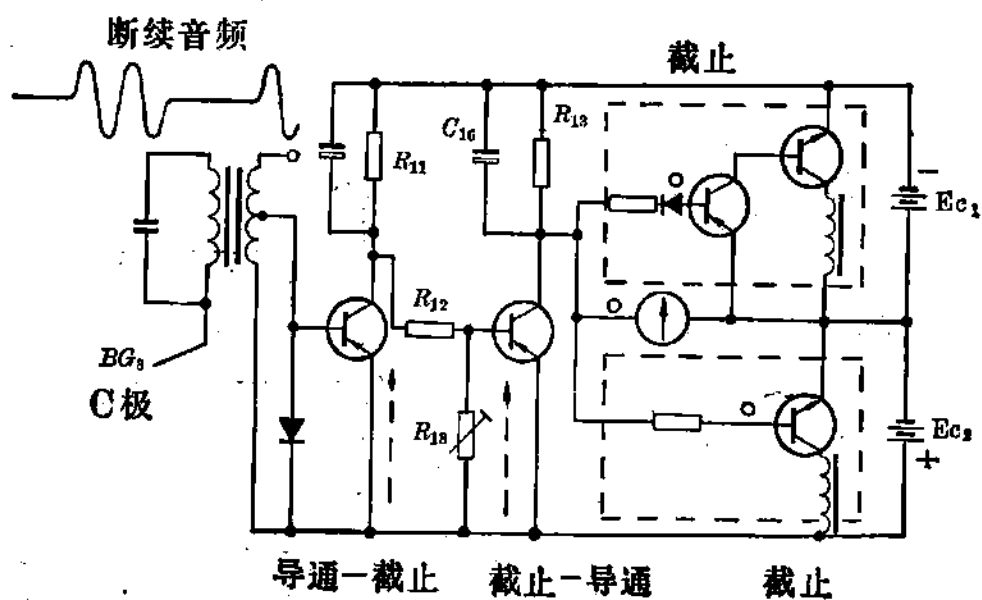


图 7-23C



从这里可以看到，两组开关的导通与截止是直接受到限幅-滤波放大器输出控制的，而限幅-滤波放大器的输出电压又取决于前级的输入信号。那么，为什么把图 7-19 电路称为限幅-滤波放大器呢？“限幅”又有什么作用呢？道理并不复杂。制作过单通道设备的都有这样的体会：用耳机监听接收机音频放大器的输出信号，其强弱与收发设备相隔距离直接有关。为了一定程度上不使二通道接收机动作受高频信号变化的干扰，就需要采取“限幅”的措施。顾名思义，“限幅”就是把信号的振幅限制到一定幅度的范围内，即不管送来的信号幅度大或小，输出总是一样的幅度。图 7-19 电路中  $BG_4$  的负载电阻  $R_{11}$  数值很大 ( $10\text{k}\Omega$ )，为的是使这一级的集电极电流的上升受到限制，即  $I_c$  有一个上限值（约为  $\frac{EC}{RC} = \frac{6\text{V}}{10\text{k}\Omega} = 0.6\text{mA}$ ），实际观察到的  $BG_4$  在接收音频信号时的输出波形是被削去了顶部（见图 7-24 中的虚线）。采取了这样的限幅措施后，在一定范围内改变收发信机距离时，就不致妨碍这一级的输出。

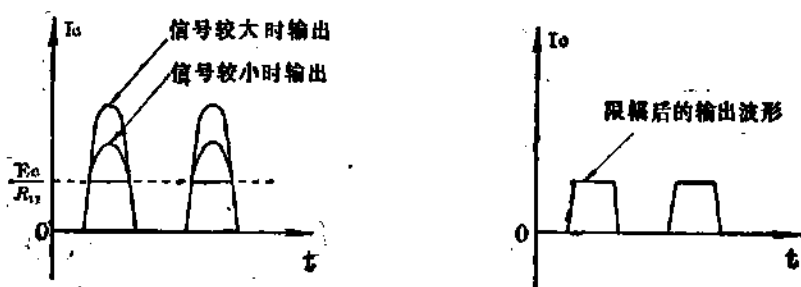


图 7-24

限幅-滤波放大器通常总是处在开或关状态，即  $BG_4$ 、 $BG_5$  两管不是截止就是饱和导通。饱和条件是音频放大器有较大幅度的信号注入本级，晶体管的放大倍数满足了要求。

前面提到调整  $BG_5$  的集电极电压为零值的问题，由于实际运用中往往会因调整不妥或晶体管升温等情况，零电压有少许偏移。但这种偏移，尤其是负向偏移，很容易造成  $BG_6$ 、 $BG_7$  一组开关打开而出现误动作。其原因在于  $BG_6$  是锗三极管，它的  $eb$  极起始导通电压太低（仅  $-0.1V$  左右）。为此，就将硅二极管  $D_3$  串入  $BG_6$  基极电路，以提高这组开关的起始动作电压到  $-0.6 \sim -0.7V$  左右，这样，误动作问题可以基本解决。

另一组开关的  $BG_8$  是 3DG12 硅三极管，它的  $eb$  极起始导通电压达  $+0.5V$  左右，所以不必串二极管。同样，如  $BG_9$  采用 3CG14 之类  $PNP$  硅三极管，二极管  $D_8$  也可省去。

$BG_6$ 、 $BG_7$  与  $BG_8$  分别为方向和升降随动器的开关放大电路,要求它有足够的电流放大能力,来驱动随动器。由于两组随动器都只能用到一半的电源(3V),所以,为保证电功率,这里用了低阻抗的随动器绕组( $12\Omega$ ),工作电流约为 200 毫安。我们可以根据电路已知参数,计算出满足随动器动作电流所必须的晶体管放大倍数。图 7-25 与图 7-26 所示供计算时参考。

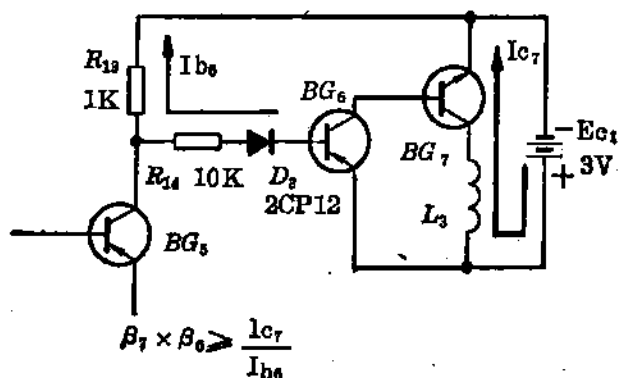
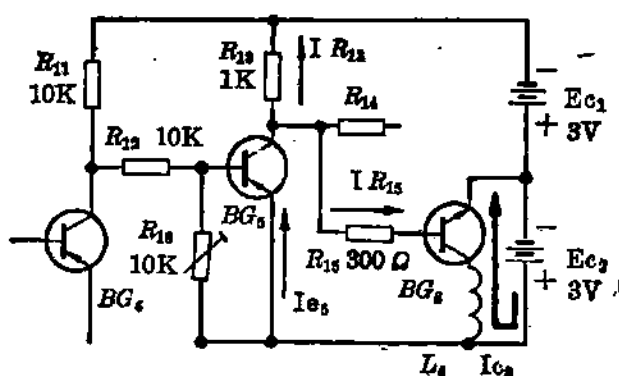


图 7-25

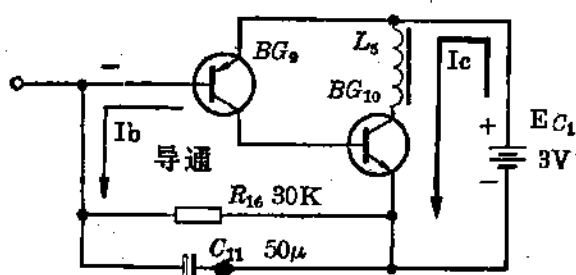


$$I_{E6} = I_{R14} + I_{R15} \quad \beta_6 \gg \frac{I_{C6}}{I_{R15}}$$

图 7-26

这里附带说明两个问题。一是晶体管的放大倍数不是一个恒定值，而是随着工作电流不同而有改变。尤其是随动器的推动管  $BG_7$ 、 $BG_8$ 、 $BG_{10}$  的工作电流达 200 毫安左右时，它的实际放大倍数与小电流测得的数值并不相同，所以选择时就应以实际应用的数据为主，机外测试数据为辅。二是随动器推动管的  $V_{CES}$ （发射极与集电极饱和压降），对于动作力的关系很大，如  $V_{CES}$  过大，势必减小随动器实加电压，这一点选择晶体管与调整时尤其要注意。

用于停车的双管延时电路见图 7-27，电路的输入端  $BG_9$  基极经  $D_2$ 、 $R_{17}$  与限幅器相接，电源由  $E_{c1}$  (3V) 供给。延时电路的负荷  $L_5$  是一只阻值为  $12\Omega$  的小电动机。产生延时作用的主要元件是电容  $C_{11}$ 。电路工作原理如下：(1) 假定限幅器没有信号注入，也就是  $BG_4$  截止，由于  $D_2$  的极性关系，限幅器与延时电路分开，电路简化成图 7-27A。很明显， $BG_9$  由偏置电阻  $R_{16}$  从  $E_{c1}$  取得  $I_b$ ，致使  $BG_9$ 、 $BG_{10}$  复合管导通，电动机转动。这说明限幅器无输入时延时电路是导通的。



$$I_b \approx 0.1\text{mA} \quad I_c \approx 200\text{mA}$$

图 7-27 A

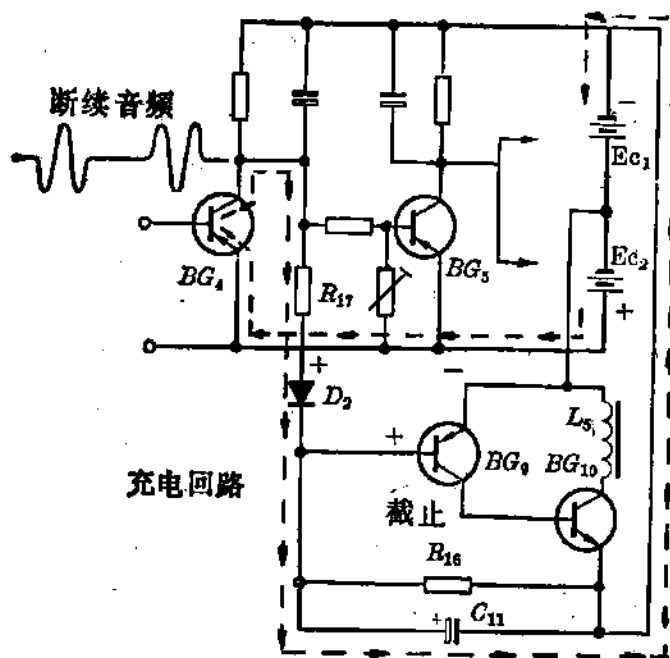


图 7-27 B

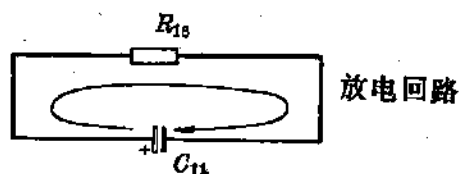


图 7-27 C

(2)当限幅器的输入端注入音频信号(或者断续音频信号)以后,  $BG_4$  受信号激励导通,  $E_{c1}$  与  $E_{c2}$  即通过  $D_2$ 、 $R_{17}$ 、 $BG_4$  的  $ec$  极对  $C_{11}$  充电(见图 7-27B 中虚线所示, 充电电流方向同  $D_2$  正向极性), 使  $C_{11}$  正极充足正电荷。这个正电压抵消了电阻  $R_{16}$  供给的负电压(因为  $E_{c1} + E_{c2} > E_{c1}$ ), 而使得  $BG_9$ 、 $BG_{10}$  截止, 电动机静止不动。(3)限幅器的音频输入信号由有变无或仅存微弱的超噪声,  $BG_4$  进入截止, 对  $C_{11}$  的充电也告结束。但随之  $C_{11}$  向  $R_{16}$  放电(图 7-27C), 放电时间由  $R$ 、 $C$  时间常数决定:

$$\tau = R_{16} \times C_{11} = 30 \times 10^3 \times 50 \times 10^{-6} = 1.5 \text{ (秒)}$$

也就是从信号消失开始, 经过 1.5 秒钟放电时间,  $BG_9$  基极电位由正极性转为负极性, 延时电路导通, 电动机断油器产生动作卡断油路。

那么, 电路为什么需要“延时”呢? 我们从图 7-23A 可知, 限幅器无输入信号时,  $L_4$  升降随动器将产生动作。这时, 如果不“延时”的话, 就会引起“上舵”与“断油”同时动作。有了“延时”以后, 发射机发出短于 1.5 秒的上舵操纵信号, 就不能使断油系统起动, 从而在一定程度上把两种动作“分割”开来了。如要断油, 只要发出长于 1.5 秒的上舵信号就可以了。具体运用将在后面第三节里谈到。

下面简要介绍两通道接收机超再生检波器及音频放大器电路(图 7-28)。两通道设备的超再生级, 在电路结构及元件数据上同前稍有不同。例如: 以电阻  $R_4$  作负载, 采用阻容  $R_5$ 、 $C_5$  耦合代替级间变压器等。但电路的基本工作原理与单通道却是完全相同的。 $L_1$  与  $C_1$ 、 $C_2$  组成输入调谐回路, 使振荡频率对准外来高频信号的频率。天线输入处的电容  $C_4$ , 能减

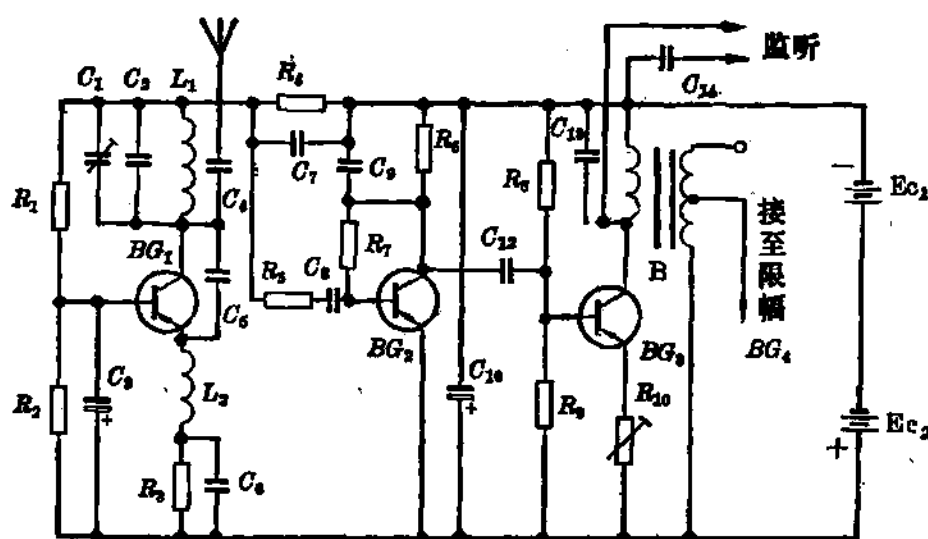


图 7-28

小外界干扰。 $C_5$  为高频振荡回授电容，基极接地电容  $C_3$  是决定高频振荡共基极状态的。 $L_2$ 、 $R_3$  及  $C_6$  主要产生超音频振荡，使高频振荡间隙存在。基极偏置电阻  $R_1$  跨接在基极和集电极之间，它不但供给所需偏流，同时还有电压负反馈作用。其优点是温度稳定性和“起超”稳定性都有保证。我们曾试验调换不同  $\beta$  值（如 30~180）的 3AG1-D 型晶体管，集电极电流仅变化零点零几毫安，结果是百分之九十几以上的晶体管都能稳定“起超”。因此，电路中电阻电容元件均可取固定值，从而大大简化了调整手续。但采用电阻作负载的缺点是输出较小，需要加大低放增益来弥补。

$BG_2$ 、 $BG_3$  组成二级音频放大电路，形式与一般收音机低放电路差不多。 $R_5$  是起抑制噪声作用的。 $R_7$  是电压负反馈兼偏流电阻。 $R_{10}$  是一只可微调阻值的发射极负反馈电阻，调整  $R_{10}$  可控制整个低放增益。由于二级低放工作点都已采取稳定措施，经试验，电阻电容元件均取固定值而就不必调整。电路中选择容量较大的  $C_9$  与  $C_{13}$  的目的，是为了更多的滤除

无用的超噪声，而能获得较大的音频输出，来提高信号杂音比。在正常接收时， $BG_3$  负载变压器的初级上，可以监听到幅度很大的音频声响。 $C_{14}$  就是监听隔直流电容。

发射信号与音频放大器输出，以及随动器动作的对应关系，见表 7-3。

表 7-3

发 射 机		接 收 机		
操纵开关	发射讯号	监 听 情 况	外 接 V 表 示	随 动 器
按 $K_1$	调 幅 波	音频“嘟嘟”声	-1.8~-2V	$L_3$ 方向随动器动作
按 $K_2$	等 幅 波	无 声	+2.1~+2.3V	$L_4$ 升降随动器动作
不 操 纵	交变调幅 等 幅 波	断续音频声 （“嘟嘟”“嗡嗡” 混合声）	~0V(经调整 接收机 $R_{18}$ )	无 动 作
关闭发射 机 1.5 秒		噪 声	+2.1~+2.3V	$L_4$ 升降随动器动作，同时小电动机转动切断油路

### 3. 发射机的调试

通常发射机装接无误，元件按规格要求选择与制作的，一般通电后即能正常工作。这里就简要谈谈调试步骤。

(1) 调试前的准备(一般接线与焊接检查略)。卸下机盒侧板上固定底板的螺丝，取下底板。将  $E$ (粉红)、 $B$ (黄)、 $C$ (白)、 $F$ (蓝)、 $B'$ (绿)、 $E''$ (橙)六根线从开关处暂时焊开。取一组 12V 电源串接一只 50mA 电表和电源开关后，与  $E$  线  $F$  线相接。另外，取耳机一只，一端串接 0.01 微法电容后，焊

在电池正极;另一端准备作接触监听用。

(2) 低周振荡器的检查。把  $BG_4$  发射极从底板焊开,  $B'$  (绿)与  $B$  (黄)线相接,  $E''$  (橙)与  $E$  (粉红)线相接,接通电源,低周振荡器起振,这时电表指示应在  $50\text{mA}$  以下。以耳机空着的一端碰触  $BG_2$  集电极及调制管的集电极,应听到“嗡嗡”交流声,并且后者声音较前者要响,说明低周振荡器及调制管  $BG_5$  均正常工作。随后用电表测量,万用表放在直流  $10\text{V}$  量程,负表棒接电池负极,正棒碰接  $BG_2$  集电极,万用表应指示在  $3\sim 5\text{V}$  左右。如测得电压值过高,说明  $BG_2$  的  $\beta$  值太小或  $R_3$ 、 $R_5$  接错位置,应予纠正。

(3) 音频振荡器检查。方法与上面相似,但监听到的音频声音是清脆的“嘟嘟”声。直流电压测量  $BG_4$  的  $V_e$  应大于  $BG_3$  的  $V_e$ 。如测得结果相反,则可能是  $C_4$  与  $C_3$  焊反了。

(4) 低频部分总检查。接通所有焊点,  $B'$  与  $B$ 、 $E''$  与  $E$  仍相接,耳机一端接在调制管集电极监听,此时,在耳机内应清楚地听到低沉的“嗡嗡”声与清脆的“嘟嘟”声加在一起的混合声。初次试听可能不能辨别清楚,可以焊开  $BG_2$  或  $BG_4$  发射极,把混合声与单一频率声响反复比较。到此,低频部分的调试可告结束。

关于高频振荡器检查,前面已作过介绍,这里就不详细介绍了。

(5) 整机配合检查。首先按设备制作部分(图 7-7)仔细检查机盒内操纵开关及电源部分接线有否错误,尤其注意检查微动开关的常开及常闭接点是否接反。然后,把  $E$  (橙)、 $B$  (黄)、 $C$  (白)及  $F$  (蓝)、 $B'$  (绿)、 $E''$  (橙)六根线用线接长,再焊到开关相应位置上,耳机一端仍接在调制管的集电极上监



听。用手按动两个操纵开关：当未按动开关时，耳机内为混合声；闭合  $K_1$ ，耳机内应为音频“嘟嘟”声；闭合  $K_2$ ，则无声音听到。接着再检查  $K_3$ ， $K_3$  断开时耳机应无声音发出；如再按动  $K_1$ ，即听到“嘟嘟”音频声。

整机高频信号发射情况是否正常，在两通道接收机还未调好之前，可以先用单通道接收机作初步拉距试验。收发信机高频频率准确调谐后，从接收机监听到的信号应该和在发射机调制管集电极的监听信号完全相同，包括按动操纵开关后的反应。假如没有现成接收机，也可以把发射机天线靠近收音机接收天线（或磁棒），由喇叭放音，作更为初步的接收试验。

两通道发射机可能发生的故障与单通道大致相同，可参考前面的处置办法。到此，发射机调试基本结束，下一步是同接收机配合作联合试验。

#### 4. 接收机的调试（一般接线，焊接检查略）

（1）超再生及音频放大器调整。首先接通电源，用直流电压表把正表棒接 6V 正极，负表棒接触检查  $BG_1$ 、 $BG_2$ 、 $BG_3$  各电极电压。表 7-4 所列的是电源电压 6V 时测得的数值，作为调试时参考。测试点见图 7-8。如偏离不多，说明电阻元件装接无误。然后，将耳机插上监听超再生输出信号。为避免后级影响，最好把变压器次级接正的一端从底板焊开。通电后，耳机内即有“沙沙”的超噪声。正常的超噪声应无爆裂声与振荡声，并且将高频调谐电容  $C_1$ ，旋动 360 度应无停超现象（或仅有很小的范围），这就说明“起超”稳定和有足够宽的接收频带。检验超再生级稳定性的办法较多，如把天线加长一倍以上，或者降低电源电压到 4.5V 等都可以。如果

表 7-4 超再生及低放级各级电压

管 别	V		
	发射极电压	基 极 电 压	集电极电压
$BG_1$	$-0.7 \sim -0.76$	$-0.78 \sim -0.82$	$-2.3 \sim -2.4$
$BG_2$	0	$-0.09 \sim -0.13$	$-2.3 \sim -3.6$
$BG_3$	0	$-0.16 \sim -0.2$	$-5 \sim -5.5$

注:  $R_{10}$  旋至零欧姆。

监听不到“超噪声”，也不用着急，可以用小起子逐级刮试  $BG_1$  至  $BG_3$  各个基极，看看有没有反应；或者将监听位置移到  $BG_2$  或  $BG_1$  的负载电阻的两端，但不要忘记串接电容。一般低放部分的故障容易识别与排除，可参阅故障排除表。经我们反复试验证明，影响本机超再生性能的关键，是高频谐振线圈  $L_1$  及高频扼流线圈  $L_2$  的制作数据；此外，晶体管质量也很重要。但只要抓住这些关键问题，绝大多数的试装机器都能取得良好的超再生接收效果。

另外，监听第三级输出时，不要忘记试旋串于发射极的微调电阻  $R_{10}$ ，因为改变  $R_{10}$  的大小，将对输出有直接的影响。

最后，可以打开发射机，发射调幅波信号，在高频正确调谐之后，一般即可收到较大的音频声音。到这里，接收机前半部分的调整基本完成了。

(2) 限幅-滤波放大器的调整。按电路图 7-20 所示接上外接电压表，将  $BG_3$  发射极微调电阻  $R_{10}$  旋至中间位置，并把变压器次级接正端焊好。

第一步接通电源，耳机仍然监听超噪声，有时可能声音较轻，是因为  $R_{10}$  电阻值调得较大的缘故。如果二级安装无误，

这时应该是  $BG_4$  截止、 $BG_5$  导通的状态，外接电压表指示出  $BG_5$  的  $V_0$  为  $+2.5V$  以上。

第二步，继续监听超噪声，一面减少  $R_{10}$  的阻值到大约  $200\sim 300\Omega$ 。这时，耳机内噪声一下子猛增，外接电压表指示电压从  $+2.5V$  以上突变为  $-2V$  以上。这一突变说明噪声幅度过大，干扰后级，应稍增大  $R_{10}$  阻值，离开上述噪声突然增大的位置。然后，打开发射机，按动  $K_1$  让接收机接收调幅波信号，正常情况应和减小  $R_{10}$  阻值出现相同的情况，即外接电压表指到  $-2V$  以上。一般  $R_{10}$  一次调好以后可不必再调。

第三步：释放发射机操纵开关  $K_1$  与  $K_2$ ，让接收机接收静态信号，此时注意观察电压表指示是正值还是负值，然后调整微调电阻  $R_{18}$ ，使电压表指示出零值。为防止近距离接收失真，最好把发射机移开  $2\sim 3$  米后再作调整。

有个别的机器会碰到这样情况，即无论怎样调整  $R_{18}$ ，电压表却始终为负值，不能到零值或正值，那就要检查一下  $C_{15}$  的容量是否超值，以及  $BG_5$  放大倍数是否太小等等。如果都不是，就说明发射机静态信号的调幅波成分太多，应该试着改动：①  $R_5$  增大  $6\sim 8k$  与  $R_3$  减小  $6\sim 8k$ ；或者 ②  $C_2$  增大  $0.05\mu F$  与  $C_1$  减小  $0.05\mu F$ 。在调试时， $R_{18}$  的微调幅度应大一些好，使电压表摆动于  $+1V\sim -1V$  之间，以便在管子升温后作补偿调整。

反复按动操纵开关  $K_1$  与  $K_2$ ，电压表应指示负值、正值之后稳定地回到零值。如果零值时表针摆动不稳，甚至随动器接上后出现衔铁抖动不止的情况，就要予以重视，并参照后面故障表提出的措施来解决。

(3) 开关放大器调整。第一步，把交连电阻  $R_{15}$  焊上，升

降与方向随动器引线也按使用要求与接收机联结好。打开发射机,按动  $K_2$  发送等幅信号,因为  $R_{15}$  的接入外接电压表指示值比前面略有下降,约是  $2.1\sim 2.3V$ ,这时,  $BG_8$  导通,促使升降随动器动作。检查时用万用表直流电压档测  $L_4$  两端电压,测试点为  $C_8$  和电源正极(见图 7-8)。假如电压值低于  $2.4V$ ,说明  $BG_8$  放大倍数不够,或者  $V_{CES}$  太大,可调换晶体管或适当减小  $R_{15}$ ,但  $R_{15}$  不宜小于  $200\Omega$ 。

第二步,把交连电阻  $R_{14}$  焊上,打开发射机,按动  $K_1$  发送调幅波信号,可见外接电压表指示值比焊接  $R_{14}$  之前稍有降低(约为  $1.8V$  左右),这时,  $BG_6$ 、 $BG_7$  同时导通,用第一步的方法测试方向随动器绕组  $L_3$  两端,直流电压也应有  $2.4V$  左右,测试点为  $C_7$  及电源中心抽头(见图 7-8)。如果达不到此值,可调换放大倍数较大而  $V_{CES}$  小的晶体管;或适当减小  $R_{14}$ ,但  $R_{14}$  不宜小于  $4k\Omega$ 。

(4) 延时开关电路调整。将电动机断油器与接收机插接,由于  $R_{17}$  焊开,延时电路导通,驱动电动机转动。如果小电动机不易起动或转动无力,说明晶体管质量不好或电动机转子线圈绕得不对,应予调换和纠正。然后,打开发射机,当接收机收到静态信号后,电动机即停止转动;关闭发射机发现需经  $1.5$  秒左右,延时电动机重新起转,这就说明情况正常。有时会碰到延时失灵,这往往是因为  $C_{11}$  没有焊好或失效。根据需要或操纵员的习惯,可改变  $C_{11}$  的大小,以获得恰当的延时时间。不过,延时太短会形成升降与关车连动;延时太长模型飞机“自由飞”太久,姿态变化过大,也不利。

(5) 收与发配合拉距离试验。仍用耳机及电压表监视接收机的工作情况。初次拉距,只需发射一个左舵信号,在远离

发射机的地方,把接收机高频准确调谐,其标准是让耳机内音频声最响。然后,回到原处距发射机 2~3 米调整接收机微调电位器  $R_{18}$ ,使电压表指准零值。接着进行第二次拉距试验。这一次控制者可以交替发送方向及升降控制信号,接收端则注意监听及观察电压表的正值,负值及零值的指示,随动器也应相应地产生动作。一般收发距离达到 300~400 米左右就基本上满足了使用要求。以后每次飞行之前,都要拉距离对准高频及调整  $R_{18}$ ;校对零电压是否偏移,尤其是在气温变化之后,更要做好这步工作。

在初步拉距离试验成功之后,适当改变发射机的音频频率,往往可以很有效地增加控制距离。也就是说应该让音频振荡器的振荡频率,落在接收机低频放大器的最佳范围内(即通常所说的通频带),以提高放大器的增益。调整方法是改变音频振荡器  $RC$  时间常数:把发射机的  $R_4$  及  $R_7$  同时换成 82k、100k 或 62k、51k。而每改动一次,即试拉一次距离观察效果。有的设备距离总是拉不远,虽然耳机内有输出,但随动器总不反应动作,这常常是因音频频率过高或过低所造成。

在完成配合联调及拉距离试验之后,还应对电池的电压作一次细致的测量,才可投入外场试飞。标准是发射机开机后电压须在 10V 以上。接收机在有单个随动器动作的情况下,电压不可低于 5.5V。电压低落的电池应及时更换,或用小型整流电源进行充电,使电压回升。

为了初学者检查故障方便,下面列出两通道遥控设备故障排除表(表 7-5)。有关发射机部分的故障排除方法,可参阅第二章有关部分。

表 7-5

	现 象	可 能 的 原 因	排 除 方 法
1	耳机监听始终无声, 刮试 $BG_2$ 或 $BG_3b$ 极无反应	1. 变压器初级断线 2. $BG_2$ 或 $BG_3$ 损坏 3. $R_{10}$ 刷片接触不良	1. 换变压器 2. 换管 3. 换 $R_{10}$
2	耳机监听不到超再生噪声, 但刮试 $BG_2$ 、 $BG_3b$ 极有反应	如 $BG_1$ 各极电压正确 1. $BG_1$ 质劣 2. $L_1$ 或 $L_2$ 数据不对 3. $C_1 \sim C_8$ 有虚焊或错接	1. 换管 2. 改正 3. 重焊 4. 增加 $C_6$ 至 $0.015\mu$ 左右
		如 $BG_1$ 各极电压不正确 1. $BG_1$ 损坏 2. $R_1 \sim R_4$ 有虚焊或错接	1. 换管 2. 重焊
3	监听输出有低频振荡声或杂声	1. $C_{10}$ 、 $C_{11}$ 有虚焊或焊反 2. $C_{15}$ 数值太小 3. 电池内阻太大	1. 重焊 2. 增大 $C_{15}$ 3. 换电
4	旋动 $R_{10}$ , 输出时有时无	$R_{10}$ 刷片接触不良	调换 $R_{10}$
5	监听输出很小	1. $BG_2$ 、 $BG_3\beta$ 值太小 2. $R_7$ 、 $R_8$ 或 $C_9$ 未接好	1. 换管 2. 改正
6	监听输出失真	$C_{18}$ 脱开	焊好

(续表)

	现 象	可 能 的 原 因	排 除 方 法
7	$C_1$ 旋至小容量时噪声消失	1. $BG_1$ 质劣 2. $L_2$ 圈数不足	1. 换管 2. $L_2$ 增加圈数 3. 适当减小 $R_1$
8	$C_1$ 旋至大容量时噪声增大并夹有振荡、啸叫	1. $BG_1$ 质差 2. $L_2$ 圈数过多 3. $C_6$ 容量偏大	1. 换管 2. 减少 $L_2$ 圈数 3. 掉换 $C_6$ 4. 适当增加 $R_1$
9	旋动 $C_1$ , 噪声时有时无	$C_1$ 银箔与引出脚脱开	掉换 $C_1$
10	操纵时两随动器均不动作(监听正常)	电源中心抽头线断	接好
11	升降随动器一直吸住不放 (电压表指示正值)	1. 变压器次级断线 2. $C_{16}$ 或 $C_{15}$ 虚焊与接反 3. $R_{13}$ 脱开 4. $BG_8$ 击穿	1. 换变压器 2. 改正 3. 焊好 4. 换管
12	方向随动器一直吸住不放 (电压表指示负值)	1. $R_{12}$ 脱开 2. $BG_5$ 虚焊或损坏	1. 焊好 2. 检查解决
13	操纵升降与方向两个通道全是升降随动器动作 (电压表指示正值)	发射机音频振荡器停振 1. 发射机 $BG_3$ 、 $BG_4$ $\beta$ 值太大 2. 装接错误	1. 掉换 $BG_3$ 、 $BG_4$ 2. 检查解决

(续表)

	现 象	可 能 的 原 因	排 除 方 法
14	操纵方向动作后随动器释放慢或不释放 (电压表零值指示不稳)	1. $C_8$ 、 $C_{12}$ 实际容量过大 2. 变压器次级未用单边 3. $R_{14}$ 、 $R_{15}$ 过小 4. $C_{15}$ 太大	1. 代换 2. 改用单边 3. 取恰当值 4. 改小 $C_{15}$
15	近距离操纵均正常, 但拉距几十米就失去控制	1. 接收机未接天线 2. 收与发高频未调准 3. 发射机功率太小 4. 发射机音频频率过高或过低 5. $D_1$ 焊反	1. 接好 2. 细调 $C_1$ 3. 提高功率(见第二章) 4. 改变音频频率 5. 重焊
16	收发信机在1~2米距离内零电压偏移较严重	1. $C_5$ 实际容量偏小 2. $C_{15}$ 容量偏大	1. 并上3~5p 2. 试验减小
17	方向随动器动作不够有力	1. $BG_7$ 质劣 ( $V_{CES}$ 大或 $h_{FE}$ 小) 2. 舵面回中弹簧过紧 3. 衔铁与铁心间隔太远 4. 电池电压过低	1. 换管 2. 仔细调整 3. 同上 4. 换电池 5. 减小 $R_{14}$ 6. 方向随动器电源 ( $E_{cl}$ ) 改为4.5V, 并复调 $R_{18}$



(续表)

	现 象	可 能 的 原 因	排 除 方 法
18	升降随动器动作不够有力	1. $BG_8$ 质劣 ( $V_{CES}$ 大或 $h_{FE}$ 小) 2. 同 17-2 3. 同 17-3 4. 同 17-4	1. 换管 2. 仔细调整 3. 同上 4. 换电池 5. 减小 $R_{15}$
19	开机后断油小电机即转动不止 (发射机亦打开时)	1. 延时电路错接 2. $BG_9$ 或 $BG_{10}$ 损坏 3. $R_{17}$ 或 $D_2$ 脱开	1. 检查解决 2. 换管 3. 焊好
20	延时机构失灵 (小电机不会转)	1. 小电机有死点 2. 小电机线包未改绕 3. $BG_{10}$ $V_{CES}$ 太大 $BG_9$ 、 $BG_{10}$ $h_{FE}$ 太小	1. 检查电刷及整流子 2. 改绕 3. 换管
21	发动机起动后,方向随动器自行动作	1. 螺旋桨左右不对称 2. 设备减震不良 3. 接收机电源开关质劣 4. 接收机天线太长	1. 换桨 2. 衬垫泡沫塑料 3. 换开关(不宜用钮子开关) 4. 天线减至 70~80 cm

### 三、模型与调整试飞

#### 1. 模型的改制

两通道模型飞机与单通道模型飞机的区别, 主要是多了

一个可操纵的水平舵。至于延时机构,则要根据模型具体情况参考图 7-12、图 7-13 找定位置安装就行了,对整架模型飞机的性能没有多大的影响。因此,两通道模型飞机可以重新做一架有两个舵面的模型飞机,也可以在第五章所介绍的单通道模型飞机上改装一下而成。改装的方法是(1)将水平尾翼靠后缘部分割去两块(如图 7-29A);(2)用木条将失去后缘的翼肋后沿补实(图 7-29B);(3)用 2mm 厚的木片做两块水平舵面,用线做铰链安装在水平尾翼上,并在尾翼中段下表面,贴两片平舵限位木片(如图 7-29C);(4)用  $\phi 1\text{mm}$  钢丝做摇臂,用  $\phi 0.5\text{mm}$  钢丝做回平弹簧(如图 7-29D);(5)将摇臂固定在水平舵上,将回平弹簧固定在水平尾翼中段上(如图 7-29E)。因为水平尾翼中段后部没有割去,所以仍然可用橡筋按原方法绑在机身尾部。但是,水平尾翼中段上表面多了一根摇臂钢丝,这只要将尾翼翼台相应的地方挖一个槽,使水平舵能自由上反和回平即可。再配上一个随动器和连接杆就成了两通道的模型飞机了。

## 2. 两通道模型飞机的调整与飞行操纵

因为两通道模型飞机在飞行的过程中,能根据需要操纵上舵动作,从而增加模型的仰角,所以在模型的调整上与单通道模型有点两样,通常把两通道模型飞机的机翼与水平尾翼的安装角的差值,调得比较小一点,约在 1.5 度至 2.5 度左右,发动机的下拉角度也可适当减小,使模型飞机在有动力时只有一个较小的爬升角度。这样,比起因安装角大而抬头力矩大的模型飞机飞行轨迹较为平稳,安定性也较好。加上我们已熟练了方向舵操纵,完成的特技动作就显得美观了。但可能由于人为地调小了爬升角,带来起飞“勉强”,即高度的积累

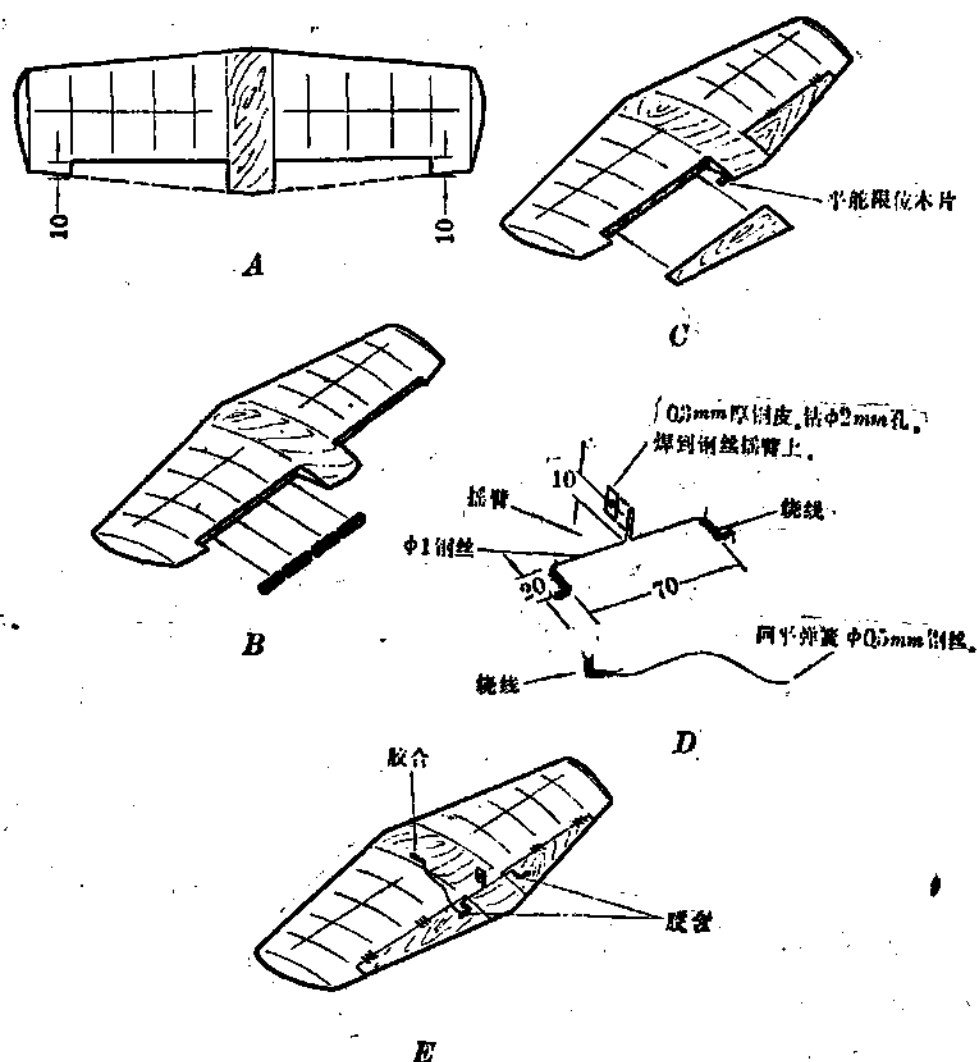


图 7-29

比较慢的后果,这就需要发挥上舵的作用,也就是说,在模型飞机出手滑跑(或手上起飞)一段距离,让它达到一定速度后,就可以用断续的信号使上舵动作,以控制模型飞机平稳地爬升,争取高度。在达到所需要的高度(约70~100米)以后,就可以少打拉杆信号,而要开始做特技动作。在两通道模型飞机的整个飞行过程中,方向舵的操纵仍然十分重要,操纵方法同单通道模型飞机一样。操纵者也要有充分的思想准备,并

注意观察模型飞机的操纵反应,做好左手按键(产生上舵)、右手按键(产生左舵)的动作配合,手法不要混乱。实践证明,经过一段时间的训练,操纵就能比较自如。在飞行中需要多增加一些爬升角度时,打上舵信号的时间就长一些,每次信号的间隔时间减小些。反之,信号短且间隔长。模型飞机在停车以后,滑翔阶段一般下滑角较大,甚至接地粗暴造成机头或起落架损坏,现在有了上舵(拉杆)就可以减小模型下滑角度,使模型飞机能平稳地下滑。如果操纵熟练,模型飞机接地可以做到非常轻,大大减少事故。有一点值得强调的是:在模型飞机速度较低(例如发动机马力不佳或无动力下滑时),拉杆不应过多过密,否则会引起模型失速,非但不能争取高度,而且会造成下跌。

延时机构的应用并不复杂,一般模型飞机上安装的是断油系统。飞行中操纵员如准备停车或模型产生某些不正常情况要立即着落,只需要较长时间地按动上舵按钮(或者切断发射机电源)卡断油路,一等发动机声音消失,操纵者即松开上舵按钮或打开电源开关,继续用左舵及上舵“脉冲”信号控制模型下滑及着落。延时机构的优点还体现在,一旦因为风速大而飞远造成“失控”,模型飞机发动机即能自动停车,因为“失控”与关闭发射机电源其实是一回事。另外,“失控”时上舵动作增加了模型飞机的抬头力矩,使得模型不致低头俯冲,比较安全。延时投伞机构应用可参照延时断油机构。不过安装了延时投伞或断油机构以后,如上舵操纵信号发得过长(大于1.5秒),除了会引起模型飞机失速以外,还会造成延时机构“误动作”,这是个缺点。所以一般情况下,我们总是用短暂的“脉冲”信号,来完成各种飞行动作,操纵者只要稍加注意是

完全能避免的。

#### 四、两通道设备的单舵面应用

以上着重介绍了两通道设备如何去控制方向舵与升降舵这两个舵面的动作。但在有的情况下我们可以将设备与模型稍加更改,也可以使两通道设备只操纵一个舵面——方向舵,也就是让方向舵平时受弹簧力的作用处在一个自然的中立位置(即中舵),而在接收操纵信号后,产生左舵或右舵。实践使用表明,采用单舵面左-中-右舵的控制方式,对初练习操纵颇为方便。因为模型飞机有了中舵状态,操纵员“手脉冲”动作相对减少,这就便于初学者掌握,并在一定程度上减少操纵事故。此外,做转弯、8字飞行等特技动作的质量和使模型飞机着陆定点等方面也较单通道设备中采用左-右-左的控制方式有一定优越性。

双向随动器的结构形式,同样有磁体偏转式和拍合式两种。尤以前者易装易调、重量轻,故效果比较好。

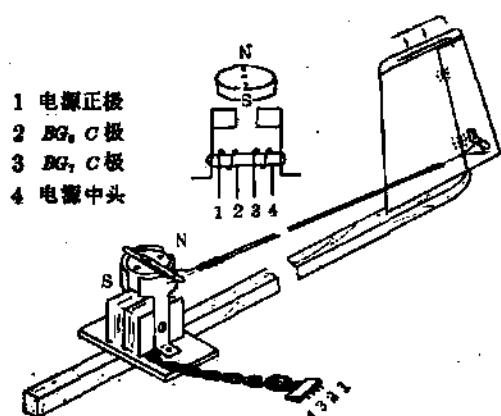


图 7-30

取一只单通道设备上用过的磁体偏转式随动器拆下它的线框,卸下铜线,在框架中部胶一块层板或厚纸板,使框架分成两半。然后在两边分别绕线,线径采用 $0.31\text{mm}$ (30号),各绕800圈,直流电阻约 $10\Omega$ 左右。

注意:绕第一个线圈时要用木块把另一边空着框架顶紧,否则线包会把隔板胀歪。另外,

磁钢安装时注意把磁钢的两个极性对着铁心的空隙(图7-30),磁钢在这个位置能勉强维持静止状态。

随动器摇臂用一根木杆引至垂直尾翼的方向操纵舵面的转动摇臂。舵面上部胶一根横条,横条上胶有左右两根回中钢丝,使作用在舵面的力带动舵面维持中舵位置;同时帮助随动器回中。钢丝直径不应过粗,以免随动器推拉不动。线圈的4根引线与接收机的联接容易搞错,一旦接错了,随动器是不会动作。

双向拍合式随动器的制作也比较简单,图7-31是它的实际外形,主铁芯两头开有缺口,以便螺丝铁心的装入(图7-32)。总装时特别注意保持衔铁左右动作的角度,一般是测量衔铁上部摇臂孔的动作幅度,约控制在 $2 \times 4(\text{mm}^2)$ 左右就可以了。另外,动作时螺丝铁芯端面应和衔铁吻合良好,以保证吸力。衔铁上铆了一只2mm铝铆钉,是为了防止铁芯剩磁妨碍衔铁释放。

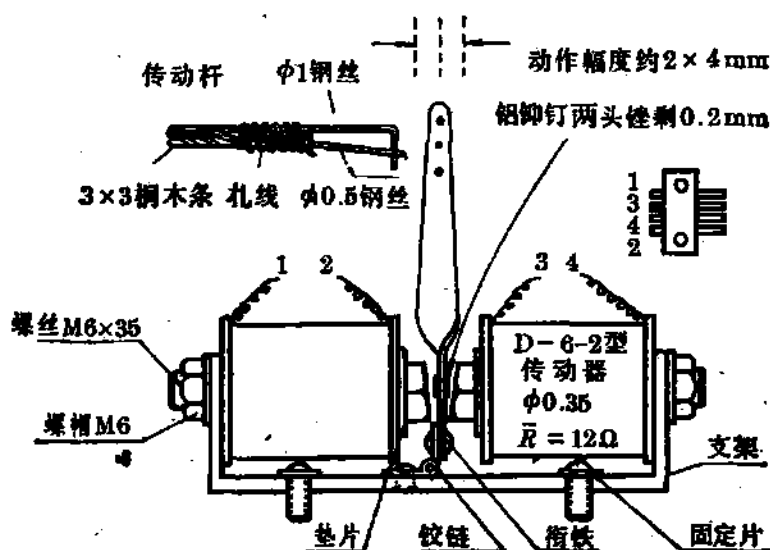


图 7-31

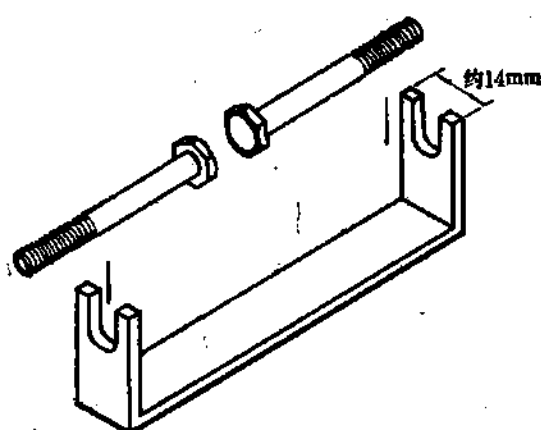


图 7-32

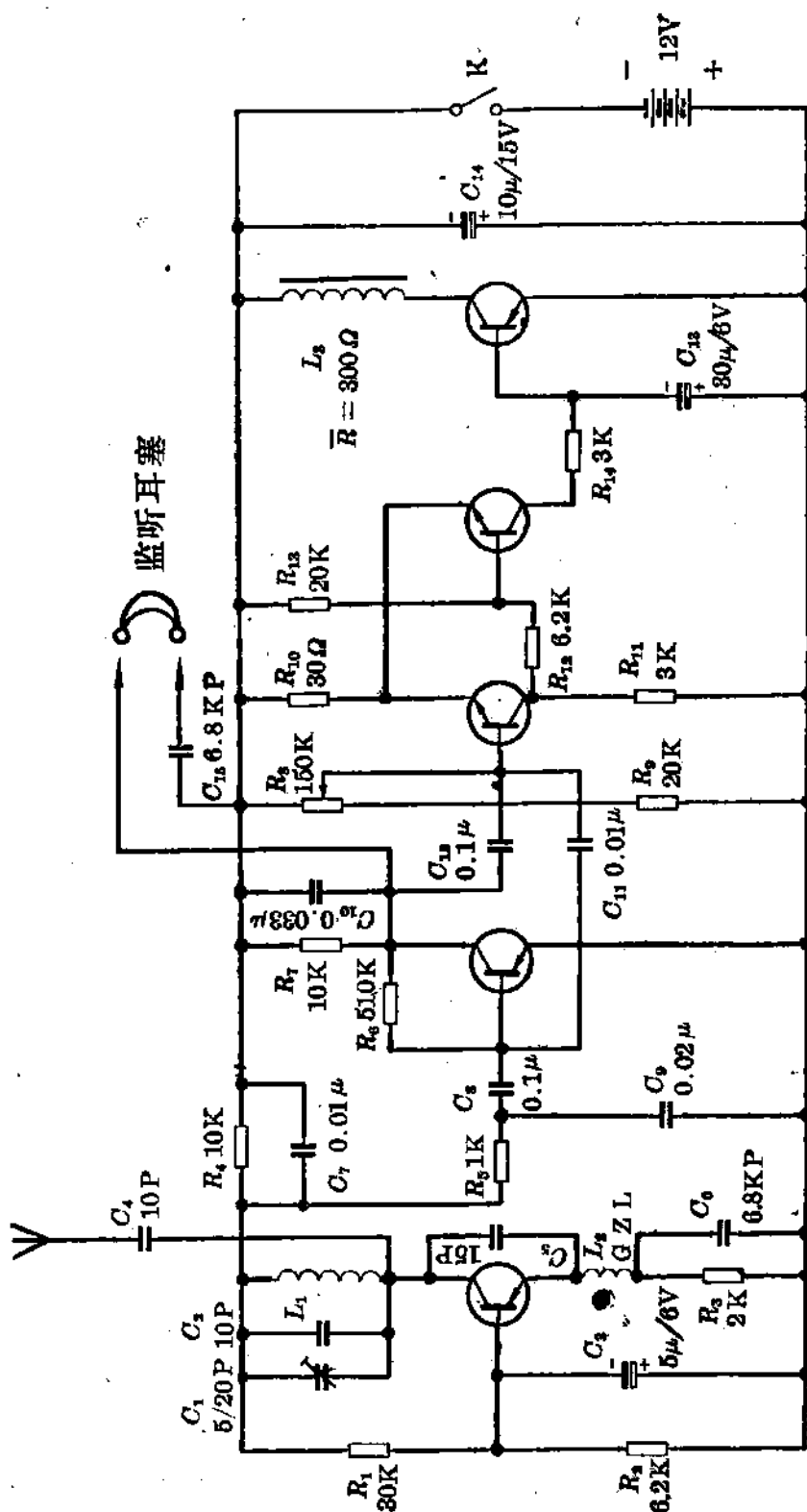
## 附 录

无线电遥控模型飞机的无线电设备电路、模型飞机结构以及接插件的形式、制作方法都不是固定不变的。本书只是为了帮助初学者入门,才选择了一架模型飞机、一种无线电路作为重点较具体地介绍了使用的各种元件器材、联接方法等。只要我们领会了各部分的作用原理,因地制宜地选用当地容易找到的器材,或选用各种不同结构的电路图、模型设计图,都是可以的。这里再附上我们通过实践获得成功的一台单通道接收机电路图和一架两通道模型飞机的三面图,供大家参考。

附图 1 是又一种形式的单通道接收机电路图,特点是性能稳定,调整简便,而元件质量要求一般。机器体积为  $4 \times 6 \times 2.4(\text{cm})$ ,重 53 克,电源用 5 号电池 8 节。附图 2(书末插页)是它的印刷线路及元件装接配线图。附图 3 是模型飞机的三面图。

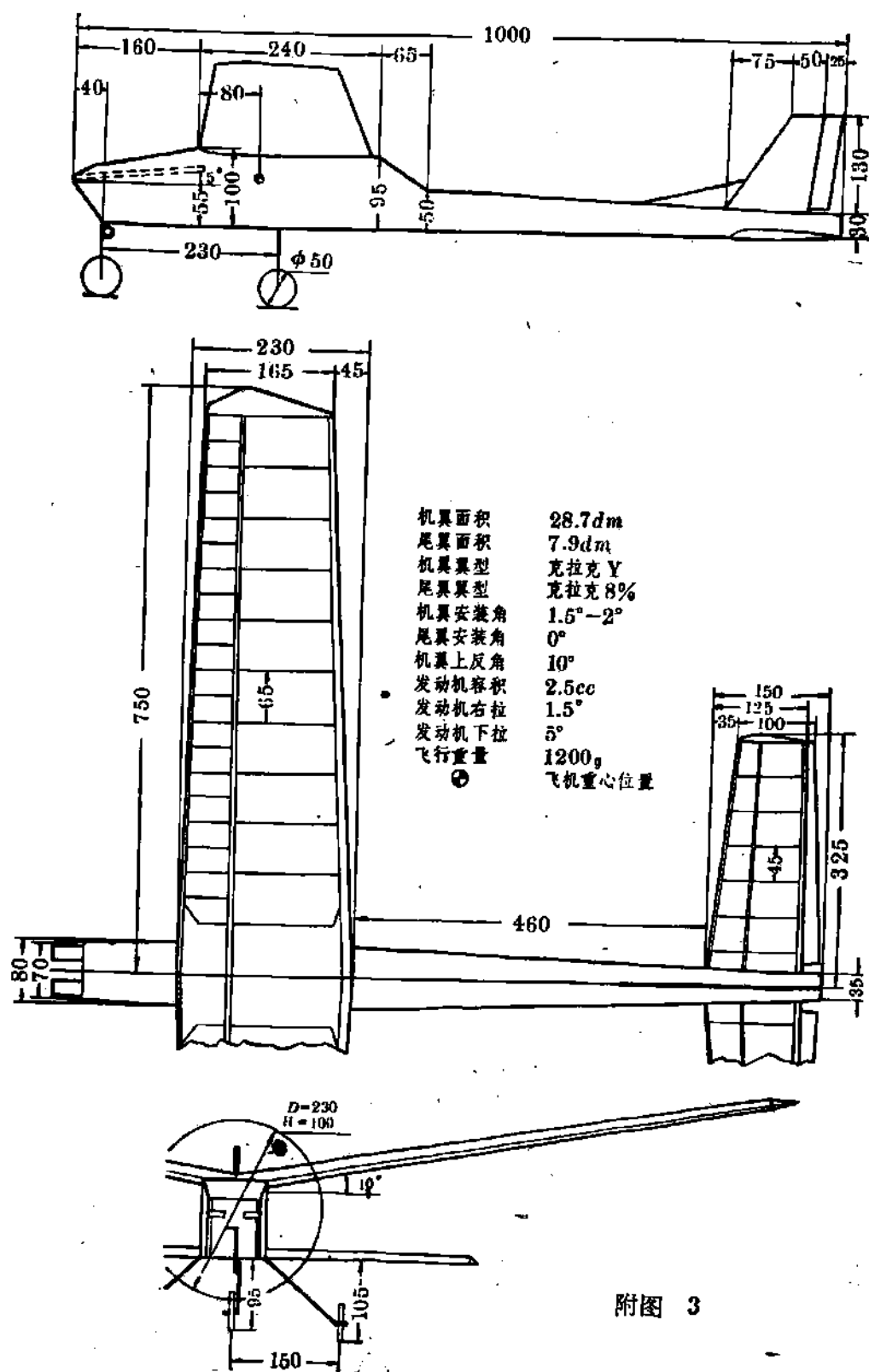
本机由超再生检波管  $BG_1$ , 电压放大管  $BG_2$ , 射偶双稳态(即二级正反馈放大器)  $BG_3$ 、 $BG_4$  及开关放大  $BG_5$  所组成。随动器可以采用拍合式或磁体偏转式等,其结构型式不论。

BG<sub>1</sub> 3AG1D BG<sub>2</sub> 3AX31B BG<sub>3</sub> 3DG6 BG<sub>4</sub> 3DG6 BG<sub>5</sub> 3AX31B



附图 1





附图 3

元 件 表

$R$	$C$
1/8W $R_T$ 30k $\Omega$ $R_1$	CCWX-3 5/20p $C_1$
1/8W $R_T$ 6.2k $\Omega$ $R_2$ 、 $R_{12}$	CCX1 10p $C_2$ 、 $C_4$
1/8W $R_T$ 2k $\Omega$ $R_3$	CDX-3N 5 $\mu$ /6V $C_3$
1/8W $R_T$ 1k $\Omega$ $R_5$	CCX1 15p $C_5$
1/8W $R_T$ 510k $\Omega$ $R_6$	涤纶电容 6.8kp $C_6$ 、 $C_{15}$
1/8W $R_T$ 10k $\Omega$ $R_7$ 、 $R_4$	涤纶电容 0.01 $\mu$ $C_7$ 、 $C_{11}$
1/8W $R_T$ 20k $\Omega$ $R_9$ 、 $R_{13}$	CZJ8 0.1 $\mu$ $C_8$ 、 $C_{12}$
1/8W $R_T$ 30 $\Omega$ $R_{10}$	涤纶电容 0.02 $\mu$ $C_9$
1/8W $R_T$ 3k $\Omega$ $R_{11}$ 、 $R_{14}$	涤纶电容 0.033 $\mu$ $C_{10}$
微调电阻 150k $\Omega$ $R_8$	CDX-3N 30 $\mu$ /6V $C_{13}$
	CDX-3N 10 $\mu$ /15V $C_{14}$
3AG1-D $BG_1$	2CH25-4 印刷电路 插头座 2 副
3AX31-B $BG_{2,5}$	3.5mm 话筒插座 1 只
3DG6 $BG_{3,4}$	塑料筷(6 $\times$ 6mm) 1 支(制 $L_1$ )
KNX 1 $\times$ 2 开关 1 只	软塑烟盒 1 只
1/4 W $R_T$ 1M $\Omega$ 1 只(制 $L_2$ )	#5 笔电池 8 只

线圈直流阻抗须控制在 300  $\Omega$  上下, 工作电流为 40 毫安左右。

射偶双稳态电路的  $BG_3$ 、 $BG_4$ , 依靠连接在这两只晶体管发射极的公共电阻  $R_{10}$ , 获得强烈的正反馈, 因此, 具有很高

的放大增益,使得电路可以省略两个级间变压器。当在  $BG_3$  基极输入微弱的音频信号,即能触发电路翻转,从而在  $BG_4$  集电极得到幅度很大的饱和脉冲输出,再经  $C_{13}$  整流后激励  $BG_5$  开关放大器充分导通,驱动随动器产生动作。 $R_8$  用来调整射偶双稳态的门限电压值,应使它调在没有信号输入(或仅有超再生噪声)时,  $BG_5$  截止、随动器静止;而收到小信号后却能使  $BG_5$  导通,随动器有力动作的位置。调整好以后将微调电阻点漆封固。

超再生级  $BG_1$  及电压放大级  $BG_2$ , 分别担负高频信号检波及放大音频信号的作用,具体电路分析、元件制作及调试,详见第七章第二节有关内容。 $C_9$  及  $C_{11}$  分别为滤波电容及超音频负反馈电容,对机器工作稳定性关系较大。据试验,电压放大级对于 800 周到 1200 周的音频信号有较大的放大倍数,也就是说发射机调幅频率选在这个范围内,有利于提高接收灵敏度,增加控制距离。 $C_{14}$  是监听电容,容量值取得较小些(6.8kp),目的是使耳机插入与否不致影响后级工作,所以在监听时噪声与音频音量较小。

超再生级晶体管采用 3AG1-D,成功率接近百分之百, $\beta$  值在 25~180 均可,当然亦可采用 3AG43、3AG24、3AG14 等晶体管代替。 $BG_2$  及  $BG_5$  为 3AX31 型锗晶体管,  $BG_3$ 、 $BG_4$  为 3DG<sub>6</sub> 型硅晶体管,除  $BG_2$  需取  $\beta$  值 60 以上外,其余各管  $\beta$  值均可低至 25 左右( $BG_5$  可小至 15),对整机增益基本上没有影响。对于各管漏电流要求一般。电源滤波电容的耐压应大于或等于 15V,低于此值的不好用。

下表是各级电压测试数据,供调试时参考(正表棒接正电,负表棒分别接触各晶体管的发射极、基极、集电极测得)。

	发射极电压	基极电压	集电极电压	
$BG_1$	-0.63V	-0.75V	-5.4V	
$BG_2$	0V	-0.1V	-4.8V	
$BG_3$	—	—	随动器释放时 -10.5V	随动器动作时 -6.5V
$BG_4$	—	—	随动器释放时 0V	随动器动作时 -6.5V
$BG_5$	0V	-0.3V	随动器释放时 -11V	随动器动作时 -0.1V

附图 1 接收机所用随动器绕组数据如下:

随动器形式	线 径	圈 数	直流电阻
磁体偏转式	$\phi 0.15$	6500 圈	$\bar{R}=300\Omega$
拍合式	$\phi 0.15$	7000 圈	$\bar{R}=300\Omega$

注: 如考虑增加动作力量, 圈数可酌减,  $\bar{R}=250\sim 200\Omega$ 。

翼型数据

克拉克 Y	$x$	0	1.25	2.5	5	7.5	10	15	20	25
	上弧	3.50	5.45	6.50	7.90	8.85	9.60	10.68	11.36	—
	下弧	3.50	1.93	1.47	0.93	0.63	0.42	0.15	0.03	—
克拉克 Y	$x$	30	40	50	60	70	80	90	95	100
	上弧	11.7	11.4	10.52	9.15	7.35	5.22	2.80	1.49	0.12
	下弧	0	0	0	0	0	0	0	0	0

克拉克 Y 8%	$x$	0	1.25	2.5	5	7.5	10	15	20	25
	上弧	2.38	3.78	4.44	5.30	6.05	6.56	—	7.75	—
	下弧	2.38	1.33	1.00	0.64	0.42	0.27	—	0.03	—

克拉克 Y 8%	$x$	30	40	50	60	70	80	90	95	100
	上弧	8.00	7.78	7.18	6.27	5.03	3.58	1.91	—	0.08
	下弧	0	0	0	0	0	0	0	—	0

NACA0009	$x$	0	1.25	2.5	5	7.5	10	15	20	25	30
	上弧	0	—	1.98	2.67	—	3.51	—	4.30	—	4.50
	下弧	0	—	-1.98	-2.67	—	-3.51	—	-4.30	—	-4.50

NACA0009	$x$	40	50	60	70	80	90	95	100
	上弧	4.35	3.97	3.42	2.75	1.97	1.09	—	0.09
	下弧	-4.35	-3.97	-3.42	-2.75	-1.97	-1.09	—	-0.09

统一书号: R13171·130

定 价: 0.50 元

[ General Information ]

书名：初级无线电遥控模型飞机

作者：上海开关厂业余航模组编

页数：136

出版社：上海人民出版社

出版日期：1975

主题词：航模，遥控

SS号：12343504

DX号：000000893342

<http://book2.duxiu.com/bookDetail.jsp?dxNumber=000000893342&d=2E4C872D6FCEDA0F51AE334CF0662F1E&fenlei=0706100503&sw=%C9%D9%C4%EA%BF%C6%BC%BC%BB%EE%B6%AF%B4%D4%CA%E9>

封面	
书名	
版权	
前言	
目录	
前言	
第一章 无线电遥控模型飞机概述	
一、变有线为无线	
二、无线电遥控设备使用的频率	
三、无线电遥控模型飞机	
四、单通道无线电遥控设备的工作过程	
第二章 单通道发射机	
一、发射机电路原理	
二、发射机元件选择与组装	
三、发射机的调试	
第三章 单通道接收机	
一、接收机电路原理	
二、接收机元件选择与组装	
三、接收机的调试	
第四章 随动器	
一、拍合式电磁铁	
二、磁体偏转式电磁铁	
第五章 模型的制作	
第六章 调整试飞与操纵技术	
一、调整试飞	
二、操纵技术	
第七章 两通道遥控设备	
一、设备的制作	
二、设备原理与调试	
三、模型与调整试飞	
四、两通道设备的单舵面应用	
附录	