



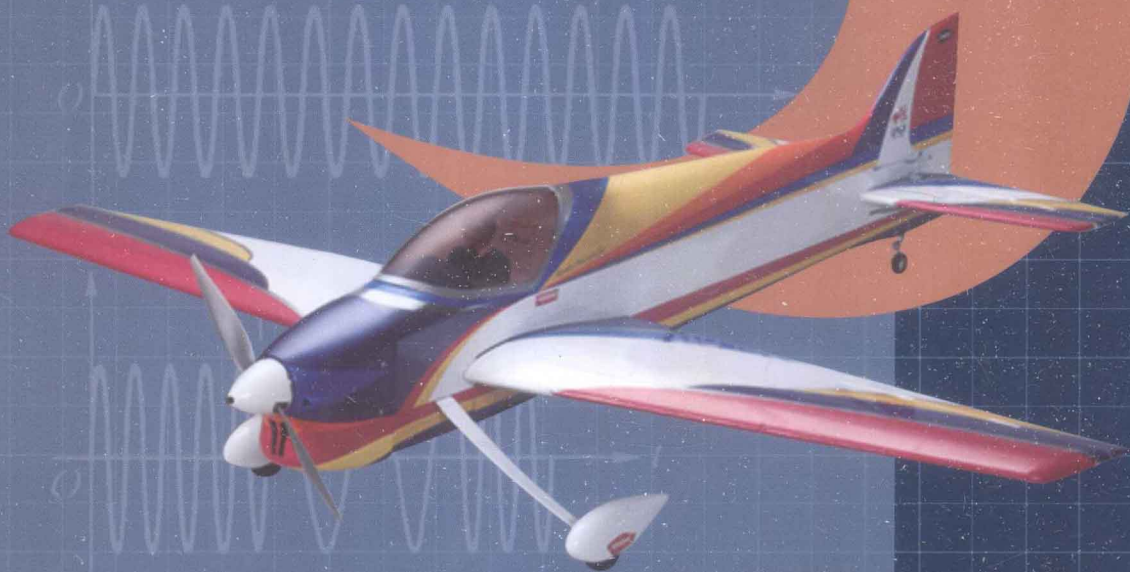
新世纪航空模型运动丛书

WUXIANDIAN YAOKONG
HANGKONG MOXING

无线电遥控航空模型

中国航空运动协会组织编写

刘文章 陈康生 阎天来 等编著



航空工业出版社

新世纪航空模型运动丛书

无线电遥控航空模型

中国航空运动协会组织编写

刘文章 陈康生 阎天来 等编著

航空工业出版社

北 京

内 容 提 要

本书介绍了无线电遥控航空模型的原理与常识,并重点介绍了遥控特技模型飞机,无线电遥控模型滑翔机和直升机,包括种类及特点、制作(或组装)、试飞操作,以及相关的比赛项目,等等。

本书图文并茂,深入浅出,是航模爱好者不可多得的参考资料,也是航空模型辅导员理想的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

无线电遥控航空模型 / 刘文章等编著. -- 北京 :
航空工业出版社, 2012. 6

(新世纪航空模型运动丛书)

ISBN 978 - 7 - 80243 - 893 - 4

I. ①无… II. ①刘… III. ①无线电遥控—模型飞机
(航空模型运动) IV. ①G875.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 277772 号

无线电遥控航空模型

Wuxiandian Yaokong Hangkong Moxing

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里 14 号 100029)

发行部电话: 010 - 64815615 010 - 64978486

北京市平谷县早立印刷厂印刷

全国各地新华书店经售

2012 年 6 月第 1 版

2012 年 6 月第 1 次印刷

开本: 720 × 960

1/16

印张: 20.25

字数: 395 千字

印数: 1—4000

定价: 45.00 元

《新世纪航空模型运动丛书》

编 委 会

顾主副委 问：顾诵芬
任：赵明宇
主 任：刘文章 毕东海
员：（按姓氏笔画排列）
牛安林 甘彦龙 叶树钧 朱宝鏊
朱建成 刘 鑫 李仁达 肖治垣
吴大忠 陆钟毅 南 雍 顾 辰
高 歌 黄永良 程不时 谭楚雄

主 编：毕东海
副 主 编：谭楚雄

主要编写人员：（按姓氏笔画排列）
王维忠 朱宝鏊 朱建成 刘文章
寿尔康 李仁达 李育廉 李新庄
陆耀华 杨 烜 余 敏 张 炜
查宝传 黄 云 阎天来 谭楚雄

序

19 世纪后期，人类探索航空的重点由气球转向重于空气的飞行器——飞机。由于试验飞机的复杂性和危险性，航空先驱们都是首先用不载人的模型飞机反复进行研究，摸索规律，有相当把握后才开始试制载人飞机。英国人凯利的滑翔机、美国人兰利和莱特兄弟等的飞机都是这样进行研制的。

1903 年动力飞机试飞成功，但初期飞机的性能极差，不但速度小（不如快速汽车），而且稳定性也很不好，飞到空中危机四伏，仍然需要通过模型飞机进行研究、试验、改进和完善。载人飞行器的初步成功，使从事学习和研究飞机的队伍迅速扩大，也引起了许多人对模型飞机的兴趣。20 世纪初，在发达国家开始了航空模型运动，为这些国家造就了许多航空人才和科技人才。

我国在 20 世纪 30 年代后期才出现小规模民间航空模型活动，比西方发达国家晚了 20 多年。当时没有常设的全国性航空模型运动机构，基层活动属自发性质，参与航空模型运动的人数不多，技术水平和模型器材都很落后，处于萌芽状态。

新中国成立以后，中央人民政府十分重视和提倡航空模型运动。1952 年成立了中央国防体育俱乐部，后更名为中国人民国防体育协会，其任务是在人民群众中普及军事技术知识，进行国防教育，储备军事人才，培养国防后备力量。航空模型运动被列为首批重点国防体育项目，有组织、有计划地开展起来，其发展势头超过许多发达国家。1956 年，新中国第一届航空模型竞赛在北京举行，此后，每年都举办全国性的航空模型比赛，“文化大革命”期间中断了比赛，1978 年恢复了全国性比赛。

1978年,中国加入国际航空联合会,我国航空模型运动有些项目跃居世界领先地位,截至目前共有58人59次打破31项世界纪录,夺取世界冠军28个。

目前,航空模型运动是我国正式开展的99个体育运动项目之一,作为科技体育运动项目,航空模型运动具有竞技、教育、娱乐和应用等功能。

竞技功能是航空模型运动的基本功能。通过各种比赛,展现选手的竞技水平,体现“更高、更快、更强”的体育精神,向观众奉献最精彩的场面。在激烈抗争的世界赛场上,中国选手通过顽强拼搏,夺取冠军,为国争光。

对人进行全面素质的培养,是航空模型运动的教育功能。由于这项运动内涵的特殊性,即运动的参与者要自己设计和制作模型飞机;参与者的运动成绩由他操纵放飞的模型飞机的飞行表现来确定,因此决定了这项运动所独具的动手与动脑相结合、脑力与体力相结合的特点。

航空模型运动同时也是一项形象健康、积极向上的娱乐运动项目。它以模型种类繁多、技术难度跨度大而吸引社会上不同层次、职业、年龄的爱好者参与其中。

航空模型应用于科研、生产和国防是这项运动的另一大功能。航空模型是飞机的先驱,在飞机研制中,航空模型一直是一种不可缺少的研制手段,它在航空产业的各个环节中起着重要作用。

为了贯彻中共中央、国务院《关于进一步加强和改进未成年人思想道德建设的若干意见》的精神,培养青少年科技素质和创新精神,培养热爱航空事业的后备人才,中国航空运动协会组织编撰这套《新世纪航空模型运动丛书》,丛书本身是半个世纪我国开展航空模型运动经验的积累,涵盖了航空模型运动的各个方面,既有航空模型运动的基础知识,又有帮助从事航空模型运动提高知识水平和技巧的专业读物,既介绍适合在小学生中开展活动的《纸模型飞机》,也介绍制作高级航空模型必备的《模型飞机的翼型与机翼》。丛书的作者都是多年从事航空模型运动的专家,具有丰富的教学和航空模型制作、放飞经验。本套丛书面向的读者为初中以上的高级航空模型爱好者、

全国中小学航空模型课程的教学人员、从事航空模型运动的运动员、航空模型的设计人员和制造人员，以及各相关人员。

我们希望，丛书的出版，能为促进我国航空模型运动更上一层楼，帮助更多的航模爱好者步入航空科技殿堂，建设中国现代化的和谐社会发挥更大作用。

《新世纪航空模型运动丛书》编委会

2007年8月

前言

国际航空联合会（FAI）对“航空模型”的定义是：航空模型是一种不能载人的、重于空气的、有尺寸和重量限制的、带有或者不带有动力装置的航空器。根据此定义，FAI 下设的国际航空模型委员会（CIAM）将航空模型按控制方式分为自由飞行（F1 类）、线控飞行（F2 类）和无线电遥控（F3 类）三大类。

本书则重点介绍遥控固定翼模型飞机、遥控模型滑翔机和遥控模型直升机三种在遥控模型类别中发展最为普及的三个项目。

世界遥控航空模型的历史已有 70 多年，我国也早在 20 世纪 50 年代就出现了自己制作的无线电遥控模型飞机。跨入 21 世纪，随着微电子技术、复合材料和高能电池等领域新材料和新技术的涌现，已经广泛地应用在各类遥控航空模型上，特别是 20 世纪末至 21 世纪初，我国遥控陆海空模型领域的制造业伴随着我国改革开放的大潮而迅猛发展，成为世界最大的模型制品的生产国，为这些以往人们很难接触的、趣味浓厚的遥控模型活动的开展打下了良好的器材基础。与此同时，我国自发性的群众业余遥控航空模型活动日益发展壮大。

在喜爱遥控航空模型的爱好者人群中，基本可以分为三种类型：一种是对模型飞机的飞行原理、性能、构造、动力和控制系统有浓厚的兴趣，善于自己动脑动手设计、改进自己的模型，用遥控飞行来验证自己设计制作的模型飞机，属于技术全面型的爱好者；第二种是对设计、制作模型有浓厚兴趣，对遥控操纵飞行兴趣一般的“设计制作爱好者”；第三种是对遥控操纵飞行有特别浓厚的兴趣，购买各种自己喜欢的完成机（RTF），把自己的精力完全

用在飞行上的“遥控飞行爱好者”。现代各类模型及相关配套产品的迅猛发展，为各种类型的爱好者都提供了非常好的物质器材条件，使他们在器材方面针对个人爱好的有着十分宽阔的选择余地，满足了爱好者的个人需求。

编写本书的目的是想帮助各类不同类型的爱好者，对遥控特技模型飞机、遥控模型滑翔机和遥控模型直升机的基本原理、构造、制作、飞行等有一个较全面系统的了解，充实自己的遥控模型基本知识，更好地提升自己的水平。本书中的内容不仅涉及当今的技术、理念，同时也介绍一些传统的、优秀的实用技术和方法，有助于模型爱好者们更全面地掌握遥控航空模型技术和了解它的发展历史，全面提高自己的水平。

本书可以说是一部集体智慧和笔耕的结晶，特别邀请了在遥控航空模型领域有着较丰富实践经验和理论水平的资深教练员进行编写的。第一章模型遥控系统原理与常识由阎天来编写；第二章遥控特技模型飞机由陈康生和刘文章编写；第三章无线电遥控模型滑翔机由卢征编写；第四章无线电遥控模型直升机由刘明昱编写。刘文章负责统稿，陈欣、王川、吕涛等协助进行了部分章节初稿后期的整理和配图。在此谨对各位的辛勤劳动和通力合作表示衷心的感谢。这里还要特别感谢航空工业出版社领导长期以来对出版《新世纪航空模型运动丛书》所给予的鼎力支持和各位编辑为出版此书所付出的辛勤劳动。希望本书的出版能对促进遥控航空模型活动的开展起到一些促进作用。同时也热诚欢迎广大读者能对本书提出批评和建议，以供再版时修正和补充。

刘文章

2012年2月10日于深圳

第一章 模型遥控系统原理与常识	(1)
一、遥控系统简介	(1)
二、模型遥控设备的简单原理	(2)
第二章 遥控特技模型飞机	(13)
一、遥控特技模型飞机介绍	(13)
二、初级遥控特技模型飞机的制作	(28)
三、遥控特技模型飞机使用的动力装置	(67)
四、遥控特技模型飞机的飞行原理	(93)
五、遥控特技模型飞机的试飞	(104)
六、高级遥控特技飞行	(123)
七、国际级遥控特技竞赛	(145)
第三章 无线电遥控模型滑翔机	(152)
一、无线电遥控模型滑翔机的分类和特点	(152)
二、高级遥控模型滑翔机的制作	(167)
三、F3B 和 F3J 国际级竞技	(208)
第四章 无线电遥控模型直升机	(221)
一、无线电遥控模型直升机概述	(221)
二、无线电遥控模型直升机的结构	(228)

三、无线电遥控模型直升机的组装	(252)
四、无线电遥控模型直升机飞行前的准备	(266)
五、无线电遥控模型直升机的试飞和调整	(272)
六、无线电遥控模型直升机的飞行练习与提高	(284)
七、无线电遥控模型直升机运动与展望	(303)
八、无线电遥控模型直升机基本术语	(309)

一、遥控系统简介

遥控即是对目标进行远距离控制。通过把控制目的转变成电信号指令（编码），再把电信号指令通过载体传输到远方（发射），远方的目标接收到载体信号后（接收）卸载指令信号（解码），按指令要求执行动作（伺服），并把执行结果以同样的方式传送回来（遥测），我们便可知遥控结果。如对无人机、导弹、卫星和宇宙飞船等的遥控。这是一套完整的遥控系统，也称闭路系统。如图1-1所示。

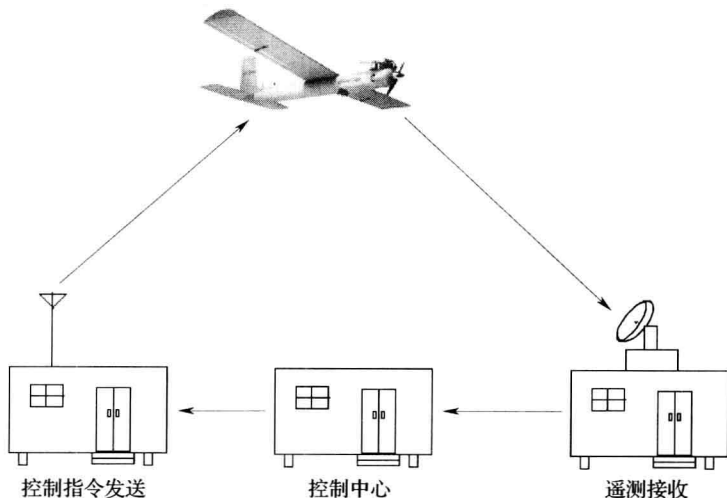


图 1-1 完整的遥控系统示意图

另有一种是不需要通过无线电遥测传回遥控结果的系统，称做开路遥控系统。如：遥控地雷、遥控引爆和遥控模型等，它的控制结果可以直接观察到或不需要传回控制结果，我们在视线范围内飞行的遥控航空模型即属于这一类。如图1-2所示。

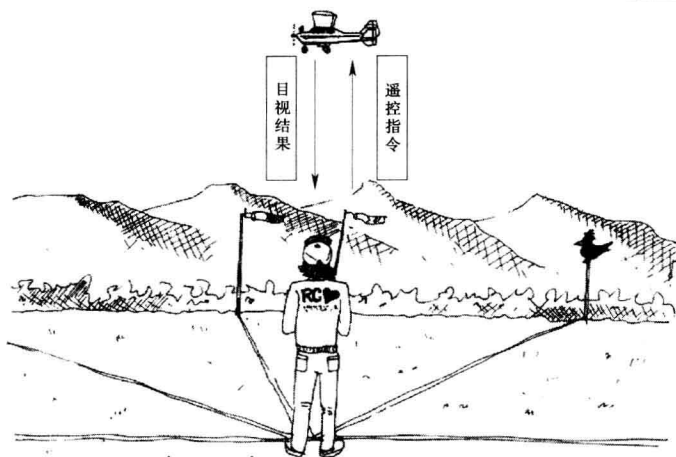


图 1-2 开路遥控系统示意图

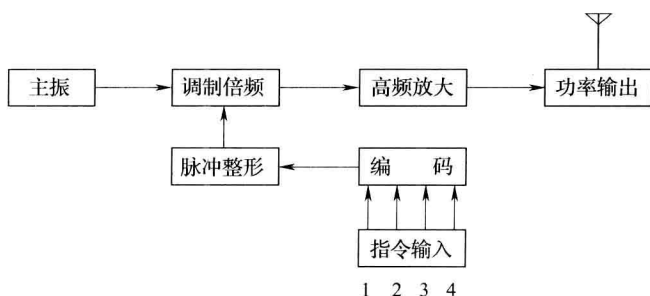
二、模型遥控设备的简单原理

模型的遥控设备从简到繁有许多种，这里只对航空模型使用最多的无线电比例遥控设备作简单的介绍，如读者有兴趣可参阅其他有关资料。

常用的遥控器按不同用途有 2 通道、4 通道、6 通道、8 通道和 10 通道等多种。控制每个部位的遥控信号都有自己的通行道路叫做“通道”，一个通道只能遥控一个舵面，多通道的遥控设备就可以遥控多个舵面。传送这些通道信号的叫“路”，单路多通道遥控器在同一时间只能传送一个通道的信号，多通道的信号也只能一个一个地依次传送，舵机也只能一个一个地依次动作，就如同高速路上的车道，单车道只能一辆一辆依次通过而多车道可以多辆车同时通过。我们现在所用的比例遥控器都是多路多通道的，可以对所有通道同时进行操作，所有通道的舵机也会同时动作。

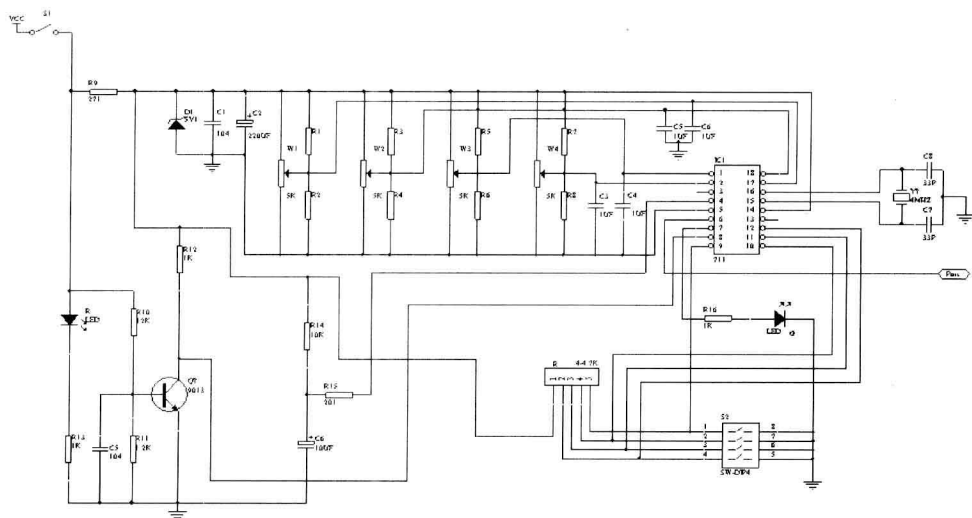
（一）发射机

发射机电路主要由以下所述的各部分组成，其框图如图 1-3 所示。



1. 编码

把遥控信息转变成成为电信号称做编码。编码方式有很多种，模型用的主要有 PPM 和 PCM 两种。PPM 是脉冲宽度变化方式，把我们所有的操纵杆和开关的动作信息转变成 1~2 毫秒脉冲宽度中相应宽度的脉冲，每个通道脉冲是大约间隔 0.4 毫秒的一组脉冲，再以约 20 毫秒为一个周期的电信号，通过改变每个通道的脉冲宽度来传达对每个通道的控制信息。PCM 是脉冲码组方式，以 8 位二进制编码反映操纵杆的变化，通过改变每个通道的码组编排来传达对每个通道的控制信息，可以有 256 级，精度相对更高一些，而且通过单片机编程可以很方便地加入地址码等抗干扰措施。编码目前多使用单片机或专用芯片来完成。图 1-4 为一款简单的遥控器的 PPM 编码电路原理图。



2. 调制

经过编码的遥控信息只能在电路中运行，譬如通过适配器及电缆连接电脑进行模拟飞行，还不能向空中发射，因此并不能达到无线遥控的目的。要把遥控信息发射出去，还须经过电路将编好的电信号（码）加载到可以向空中发射的 10 兆赫以上的射频中才能向远方传递，这个过程叫做调制。调制有两种形式，即调幅（AM）和调频（FM），调幅（AM）是通过改变载波的幅度来传递遥控信息的，调频（FM）则是通过改变载波的频率来传递遥控信息的，如图 1-5 所示。

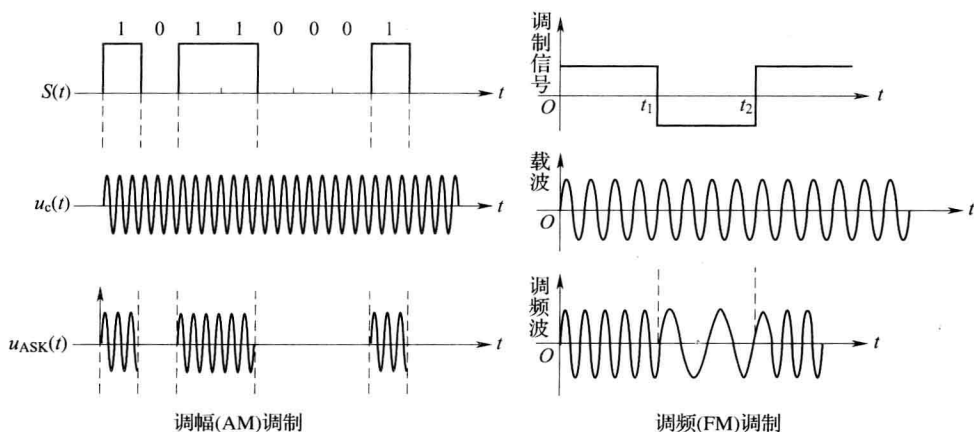


图 1-5 调幅与调频

3. 主振

为了获得一个稳定的射频频率，通常采用石英晶体来产生一个稳定的频率，如 27.145 兆赫，40.810 兆赫，72.325 兆赫等（或经过 n 次倍频达到需要的频点），石英晶体的频率稳定度在 10^{-5} 以上，也就是我们遥控器的工作频率。把编好的码调制到射频中之后就是我们向空中发射的遥控信号。相同频率的遥控器同时工作会使编码混乱，也就是我们所说的干扰，会引发事故。经过调制的射频信号宽度一般也不会大于 10 千赫，频率相差 20 千赫的遥控器同时使用一般不会产生干扰，否则需要检查遥控器是否工作正常！

4. 射频功率放大

由于主振级的输出功率很小，一般不能达到遥控模型遥控距离的要求，因此需要进行对射频的功率放大，但也不能放得过大，以避免无线电波产生的干扰。我国无线电管理委员会对模型遥控器的功率限制是发射功率不超过 750 毫瓦，这对我们飞行一般的遥控模型来说已经足够了。

5. 天线

天线是一个能量转换器，它的作用是将发射机馈给它的射频电能转换为向空间发射的电磁波能。天线有很多种，我们的遥控器使用的是简单的直立式鞭状天线，天线的长度以及它的加感线圈是和发射频率谐振的，以取得最大的转换效率。模型在出厂时已经调整好天线长度，所以我们在使用时是不能随意改变天线长度的。鞭状天线射频辐射的特点是，其所指的方向是射频强度最弱的区域，使用中要多加注意。

图 1-6 是一款发射机的原理图。

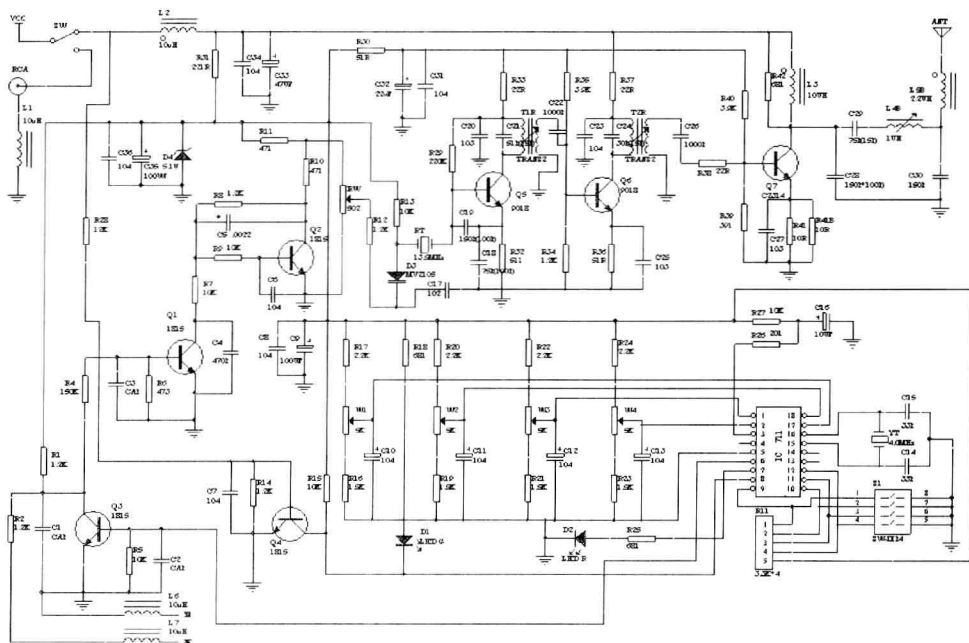


图 1-6 一款 FM 发射机原理图

高档一点儿的发射机还附加了一些功能，如舵机反向、舵机行程调整、操纵杆曲线调整、通道混合、油门锁定、快滚设定、可使用存储卡保存和转移数据，等等，更方便操纵人员使用。

6. 模型可使用的频率和技术标准

目前无线电频率资源是有限的，各行各业的每台无线电设备都要占用一个无线电频率，因此国家无线电管理委员会为各种用途的无线电设备划分了频率使用范围，所以为了大家的飞行安全，严格执行和遵守飞行场地的电台管理规定是非常必要的。

为促进我国各类遥控模型运动的发展，提供一个安全、有序的活动环境，有

利于国际竞赛和交流，信息产业部下发了《关于无线电模型遥控器使用频率的通知》（信部无〔2003〕53号），规定了各类型模型遥控器的使用频率和技术标准。

（1）各类型模型遥控器使用频率

a. 26~27兆赫频段，海模/车模频率：26.975、26.995、27.025、27.045、27.075、27.095、27.125、27.145、27.175、27.195、27.225、27.255兆赫，共12个频点。

b. 40兆赫频段，海模/车模频率：40.61、40.63、40.65、40.67、40.69、40.71、40.73、40.75兆赫，共8个频点。

c. 40兆赫频段，空模频率：40.77、40.79、40.81、40.83、40.85兆赫，共5个频点。

d. 72兆赫频段，空模频率：72.13、72.15、72.17、72.19、72.21、72.79、72.81、72.83、72.85、72.87兆赫，共10个频点。

（2）各类型模型遥控器的主要技术指标

a. 发射功率：<750毫瓦。

b. 频率容限：对于使用26~27兆赫频段的模型遥控器<100ppm（1ppm=百万分之一频率变化）；对于使用40~72兆赫频段的模型遥控器<30ppm；

c. 杂散发射限值：<0.75毫瓦。

（3）其他技术要求

模型遥控器必须为单向控制器，禁止在模型上设置无线电发射设备。模型遥控器不得发射语音通信信号。为保证航空无线电台（站）电磁环境的要求，禁止在以机场跑道中心点为圆心、半径5000米的区域内，使用各类型模型遥控器。在国家有关部门发布无线电管制命令期间、区域内，应按要求停止使用模型遥控器。模型遥控器按照微功率（短距离）无线电发射设备进行管理。

这是我国第一个针对遥控模型设备的法规性文件，此前，模型用遥控器一直归类于玩具遥控器之中。因此，这一文件的出台，对进一步规范航空、航海和车辆模型运动管理及模型遥控器市场的健康发展，保证各类模型的安全，都具有深远的意义。据悉，有关方面正在根据信部无〔2003〕53号文件的规定，研究制订模型遥控设备管理的具体实施办法。各类遥控模型的全国性比赛，将陆续开始执行新的频点规定。广大遥控模型爱好者，要提高执行法规的自觉性，共同营造一个合法、有序的活动氛围。

（二）接收机

接收机通过天线捕捉到的发射机射频信号是很微弱的，要使接收机正常工作