

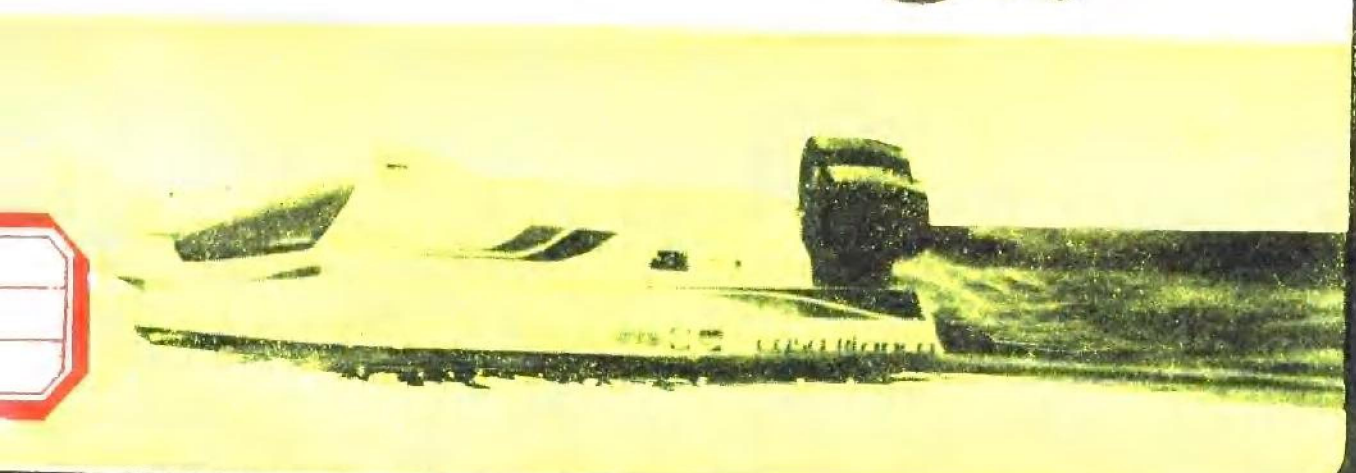


中学科技丛书

# 无线电遥控技术

袁永明 邓大文 编著

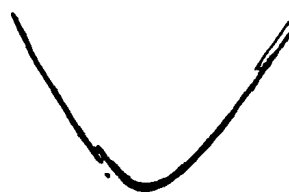
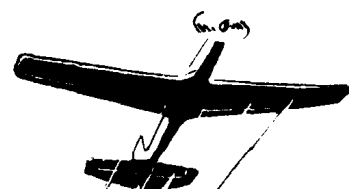
上海教育出版社



WUXIANDIAN YAOKONG JISHU · WUXIANDIAN YAOKONG JISHU

# 无线电遥控技术

袁永明 邓大文 编著



上海教育出版社

无线电遥控技术

袁永明 邓大文编著

上海教育出版社出版

(上海永福路 123 号)

新华书店上海发行所发行 上海市印刷四厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 15.75 插页 6 字数 372,000

1978 年 10 月第 1 版 1981 年 12 月第 2 版

1981 年 12 月第 2 次印刷

印数 180,001—217,000 本

统一书号: 7150·1793

定价: 1.50 元

# 目 录

<b>第 1 章 概述</b> .....	1
第 1 节 无线电遥控技术的应用 .....	1
第 2 节 无线电遥控设备的分类 .....	7
<b>第 2 章 主要元件</b> .....	13
第 1 节 石英谐振器 .....	13
第 2 节 继电器 .....	15
第 3 节 谐振继电器 .....	28
<b>第 3 章 单元电路</b> .....	31
第 1 节 载频振荡电路 .....	31
第 2 节 载频放大电路 .....	34
第 3 节 音频振荡电路 .....	39
第 4 节 超再生检波电路 .....	42
第 5 节 选频放大电路 .....	44
<b>第 4 章 原理制作与调试</b> .....	46
第 1 节 单通道无线电遥控设备 .....	46
第 2 节 “谐振继电器”选频式多通道无线电遥控设备 .....	54
第 3 节 电感电容选频式多通道无线电遥控设备 .....	62
第 4 节 超外差电感电容选频式多通道无线电遥控设备 .....	71
第 5 节 两路八通道无线电遥控设备 .....	77
第 6 节 电阻电容有源滤波器选频式多通道无线电遥控设备 .....	88
第 7 节 调频式四路 28 通道无线电遥控设备 .....	100
第 8 节 超小功率脉冲宽度特征多通道无线电遥控设备 .....	109
<b>第 5 章 电源</b> .....	116
第 1 节 晶体管稳压电源 .....	116
第 2 节 电池 .....	119
<b>第 6 章 自制测试仪器</b> .....	130
第 1 节 拾电圈 .....	130
第 2 节 场强计 .....	130
第 3 节 监听机 .....	132
第 4 节 音频讯号发生器 .....	133
第 5 节 高频讯号发生器 .....	136
第 6 节 电感测量仪 .....	137

第7节	电容测量仪 .....	138
<b>第7章</b>	<b>应用实例 .....</b>	<b>143</b>
第1节	无线电遥控船舰模型 .....	143
第2节	无线电遥控航模靶机 .....	146
第3节	无线电遥控汽车模型 .....	153
第4节	无线电遥控行车、吊车 .....	155
第5节	无线电遥控设备在其他方面的应用 .....	157
<b>第8章</b>	<b>抗干扰性和可靠性 .....</b>	<b>166</b>
第1节	无线电遥控设备的抗干扰性 .....	166
第2节	无线电遥控设备的可靠性 .....	168
<b>第9章</b>	<b>数字比例遥控设备及其使用 .....</b>	<b>173</b>
第1节	两通道数字比例遥控设备 .....	173
第2节	调频式数字比例遥控设备 .....	186
第3节	数字比例遥控设备的使用 .....	190
<b>第10章</b>	<b>参考电路 .....</b>	<b>209</b>
第1节	单通道无线电遥控设备 .....	209
第2节	多通道无线电遥控设备 .....	210
<b>附 录</b>		
1.	计算图 .....	223
1-1	频率-波长换算图 .....	224
1-2	$RC$ 时间常数计算图 .....	226
1-3	谐振频率计算图( $f=500\sim 5000\text{Hz}$ ) .....	228
1-4	谐振频率计算图( $f=60\text{kHz}\sim 1500\text{MHz}$ ) .....	230
1-5	桥 $TRC$ 有源带通滤波器元件计算图(参数 $K$ 和谐振频率 $f_0$ 对照图) .....	232
1-6	桥 $TRC$ 有源带通滤波器元件计算图( $Q=10$ , 增益=2) .....	234
1-7	桥 $TRC$ 有源带通滤波器元件计算图( $Q=10$ , 增益=10) .....	236
1-8	磁环线圈匝数和电感量关系计算图 .....	238
1-9	磁盒线圈匝数和电感系数关系计算图 .....	240
2.	附表 .....	242
2-1	无线电波段及频率范围名称对照表 .....	242
2-2	我国电视频道及频率分配表 .....	242
2-3	$\text{dB}$ 与 $\text{dBm}$ 变换为电压比与功率比, $\text{dBm}$ 变换为功率电平 与电压电平对照表 .....	243
2-4	电阻并联后的阻值表( $1\sim 100\Omega$ ) .....	244
2-5	电阻并联后的阻值表( $10\sim 1000\Omega$ ) .....	245
3.	主要参考资料 .....	246



## 概 述

### 第 1 节 无线电遥控技术的应用

无线电遥控技术是与工业、农业、国防、科研有着非常密切的联系的一门技术。遥控就是指对远距离的物体进行控制。如果控制指令是通过导线传输的,叫有线遥控;如果控制指令是通过无线电波发出的,就叫无线电遥控。无线电遥控技术是在无线电发明后发展起来的一门技术。早在 1909 年夏天,美国就有一架很大的模型飞机在无线电遥控设备发出的指令控制下,自地面起飞,在海面上作了若干飞行表演,然后安全地在机场降落。1917 年人们就开始试验无人驾驶飞机,后来又成功地进行了无线电遥控重型轰炸机的试验,当时是从离被控轰炸机若干距离的另一架飞机上发出无线电遥控指令的。到二十年代末,对重型飞机进行无线电遥控试验,往返飞行已达 1000 公里以上。在同一时期对无线电遥控船舰的研究也取得了进展。这种试验首先在驱逐舰之类不大的舰只上进行,后来便进入对大型战斗舰只——主力舰的试验。这种无线电遥控的主力舰上没有一个人,但却能完成“前进”、“后退”、“加速”、“减速”、“左转”、“右转”、“停止”、“鸣笛”、“点着信号灯”等九种指令。随着军事上要求的不断提高,后来继续研制的无线电遥控战斗舰已完成一百五十种以上的指令,甚至当受到炮弹直接命中时,还能施放烟幕弹掩护自己,如果发生火警,还能自动灭火。

但是,在试验过程中也暴露了用无线电

波进行遥控的缺点——容易受干扰。不管是无线电遥控的飞机或军舰,它不仅接受自己一方操纵人员的指挥,而且对敌人发出的“命令”同样也会毫无区别地执行。无线电遥控设备在受到大气放电、工业用电等产生的火花干扰或受到其它无线电通讯、广播设备等的干扰时,也会不能正确执行命令甚至产生误动作。于是无线电干扰就成了无线电遥控技术迅速发展的障碍。随着人们对无线电遥控技术的不断研究和探索,采取了一系列抗干扰的措施后,无线电遥控技术才逐步进入应用阶段。随着科学技术的发展,无线电遥控技术的应用越来越广泛。现在无论是在无人驾驶飞机、导弹、人造地球卫星、宇宙飞船等尖端科技领域中,还是在军事训练和工农业生产以及日常生活等方面都用到了无线电遥控技术。下面列举一些实例来说明无线电遥控技术在这些方面的应用。

#### 无人驾驶飞机

由于航空侦察等特殊任务的需要,无人驾驶飞机得到了很快发展。无人驾驶飞机在飞行和执行任务时,通常由设在地面或母机上的指挥机构通过无线电进行遥控,并辅助以程序自动控制。由于机上无人,它可以完成一些特殊及危险任务,如高空摄影、电视传真、电子窃听、核爆炸取样等。此外,在新型飞机的设计过程中也往往是先制造一架或数

架与新设计的飞机性能接近的无线电遥控飞机作模拟飞行试验,以便从中发现问题、积累数据,保证设计的顺利完成。近来还出现了一种带有激光照射器的无人驾驶飞机,它与有人驾驶的飞机配合作战时,先通过无线电遥控把无人驾驶飞机导引到攻击目标上空,在一定的高度上用激光照射目标,然后由有人驾驶的飞机在目标上空投下激光制导炸弹,攻击目标。另外,人们还进行一种用遥控飞机和敌方战斗机进行空战的试验,即在母机上携带一定数量的遥控飞机,执行任务时,当母机上的设备搜索到目标后,即将遥控飞机投放出去,并通过无线电遥控把它引导到截击位置,向目标开炮或发射空对空导弹。在初阶段试验中,无人驾驶飞机竟然将有人驾驶飞机一举“击落”(图 1-1-1)。

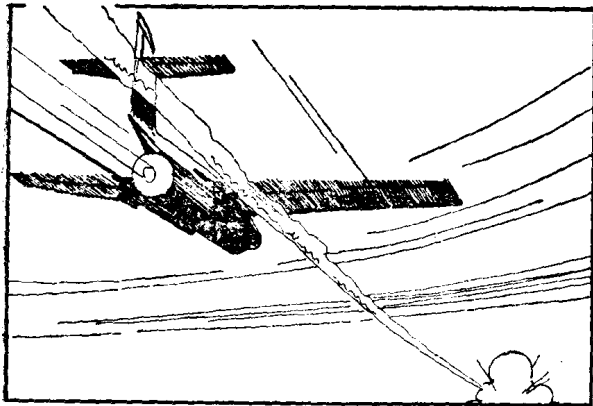


图 1-1-1

### 导弹的遥控

很多导弹,特别是用于攻击空中活动目标的导弹,大多装有无线电遥控设备。因为当目标作机动飞行时,采用快速的无线电控制,就可以及时命中目标。初期的导弹遥控设备在同一时间内只能控制一枚或几枚导弹去攻击同一个目标,一般叫单路导弹导引设备。随着导弹技术的发展,为了将同一空域中出现的数架敌机全部击落,研制了一种多路遥控系统,它只有一套无线电遥控设备,但却能同时控制若干枚导弹分别攻击各个目标

(如图 1-1-2 所示)。这种控制的特点是在地面上设有制导站,它根据测定的目标的航向、高度、速度、距离、方向等各种运动参数和发射出去的导弹的各种运动参数不断地给导弹以无线电遥控指令,使导弹能够在无线电遥控设备的引导下准确地击中目标。目前很多地对空导弹都用到了无线电遥控技术。

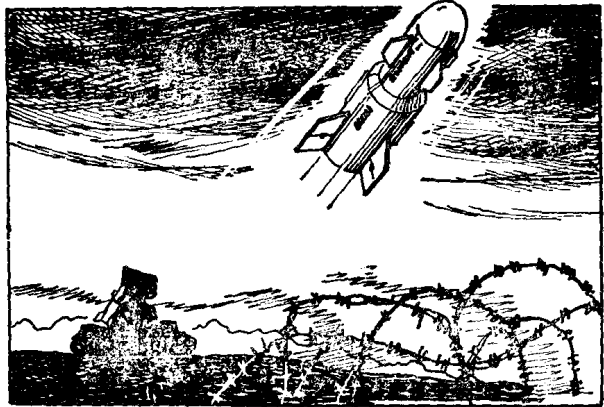


图 1-1-2

### 人造卫星、宇宙飞船的遥控

人造卫星、宇宙飞船的运载工具的控制,常常采用无线电遥控技术。它由地面雷达或无线电遥测设备测出运载工具的方位及速度等参数,经过计算机计算、比较,得出实际误

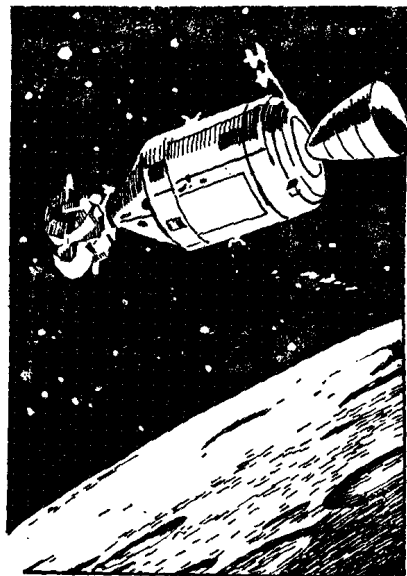


图 1-1-3

差,然后通过无线电遥控发射机,将修正误差的指令发射出去,运载工具上的无线电遥控接收机收到该指令以后,经过控制系统修正轨道,以使其按预定轨道飞行。当运载工具收到地面发来的熄灭发动机指令时,就关闭发动机。如图 1-1-3 所示。

### 遥控航模靶机

无线电遥控航模靶机具有制造简单、使用方便、符合实战情况、动作灵活、成本低等优点,特别适合进行小型、分散、就地的高炮对空射击训练。小型无线电遥控航模靶机的发动机气缸工作容积为 10 立方毫升,发动机功率为 1 马力,发动机转速每分钟 10000 转,耗油量每小时约 1 公升左右,靶机总重量约 3~5 公斤。这种靶机的有效控制半径大于 1.5 公里,飞行高度一般在 500 米以下,飞行速度可达每小时 100~150 公里,能续航 30~60 分钟。在进行打靶训练时,地面操纵手根据打靶的要求,通过无线电遥控设备控制航模靶机的飞行轨迹和姿态,可以作出水平直线飞行、转弯、爬升、俯冲、翻筋斗、横滚、倒飞等动作,它还可以发射模型火箭、施放拖靶和空投降落伞等。一般打靶训练时航模靶

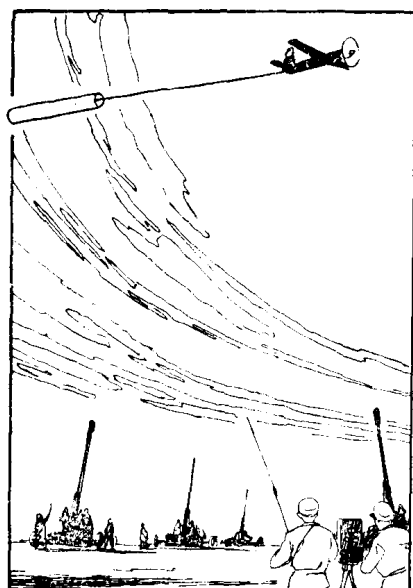


图 1-1-4

机都拖曳一个用橙色或红色丝织物做成的拖靶,打靶结束后清点拖靶上中弹的弹孔数即可知道实弹射击的情况。另有一种飞弹状的塑料拖靶,内部充有氢气和氧气,当被曳光炮弹或曳光枪弹命中后会立即爆炸,更显现出实战的气氛。较大的一种无线电遥控航模靶机的发动机气缸工作容积为 250 立方毫升,发动机功率 15~20 马力,靶机总重量约五十多公斤,有效控制半径约 80 公里,飞行高度一般在两千米左右,飞行速度可达每小时 300 公里。这种遥控靶机采用火箭助推起飞和降落伞降下回收。图 1-1-4 为无线电遥控航模靶机配合高炮部队进行打靶训练的情况。

### 遥控靶船

无线电遥控靶船主要用于海军舰艇或海岸炮兵对海上目标进行实弹射击训练,其工作原理与无线电遥控航模靶机相同。图 1-1-5 为无线电遥控靶船配合海军进行实弹射击训练的情况。

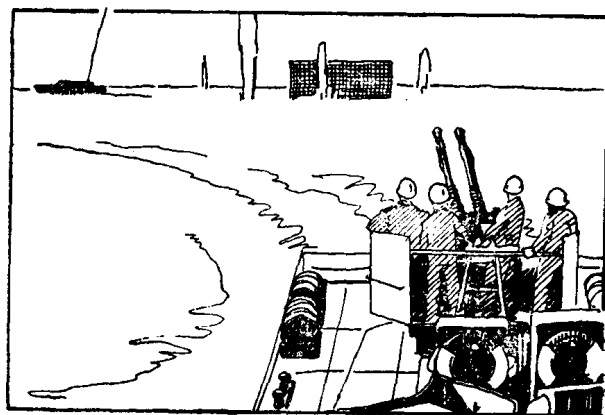


图 1-1-5

### 遥控坦克

无线电遥控坦克既可用于军事训练,配合反坦克武器进行实弹射击训练,也可以用于实际作战。第二次世界大战时,德军研制并使用了一种超小型坦克,重量约为一吨,车体内装有炸药,用以爆破一些战术目标。当时日军还研制了一种小型遥控爆破坦克,重量



仅为 200~400 公斤，用来爆破敌方的碉堡。目前一些国家还在利用最新技术，研制遥控超小型坦克。图 1-1-6 是无线电遥控坦克配合反坦克武器进行实弹射击训练的情况。

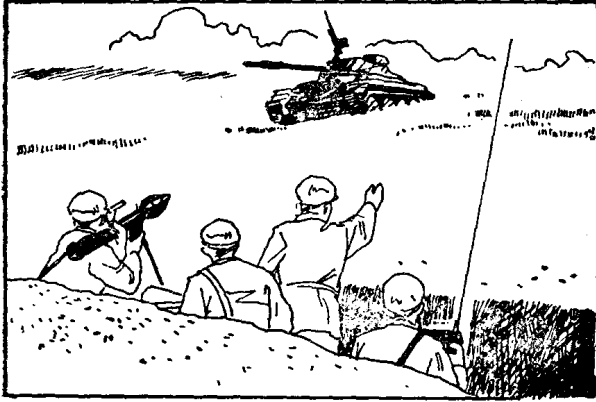


图 1-1-6

### 遥控航模人工降雨

利用无线电遥控航模携带碘化银等药物在空中投放，对冷云进行催化，可以实现人工降雨。图 1-1-7 是遥控航模进行人工降雨现场作业的情况。



图 1-1-7

### 港口装卸机械的遥控

在港口装卸区的起重机械上采用无线电

### 遥控塔式起重机

塔式起重机(简称塔吊)是建筑工地上常用的一种施工机械，司机在驾驶室进行操纵时，由于受工作环境、条件的影响，他的视野受到一定的限制。采用无线电遥控技术后，驾驶人员可以选择既靠近吊装地点又可清晰地看到塔吊工作全貌的位置，对塔吊进行远距离操纵。如图 1-1-8 所示。

### 遥控飞机航空摄影和探矿

运用小型遥控飞机在地面遥控发射机和定位导航系统的指挥下，进行航空摄影测量和地球物理探矿与用有人驾驶飞机进行同样的工作相比较，具有操作简便，机动灵活，安全适用，成本低廉，便于进行立体、交叉作业等特点，可以大幅度提高工作效率。图 1-1-9 为小型遥控飞机进行航空摄影测量和地球物理探矿的情况。图 1-1-10 为小型遥控飞机用于山间架设高压线的情况。

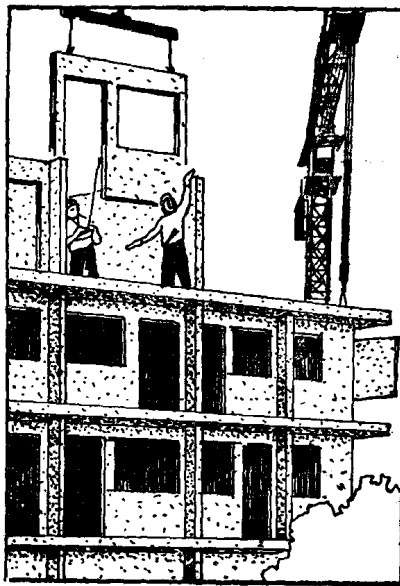


图 1-1-8

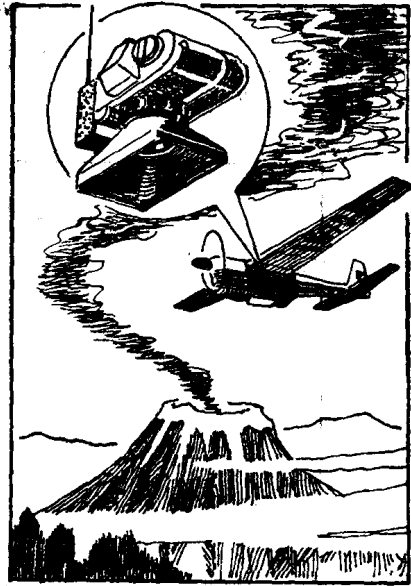


图 1-1-9

遥控技术后，就可以克服因为船舱狭小，驾驶人员看不清船舱内部情况而造成的吊装困难和事故。图 1-1-11 为操作人员利用无线电

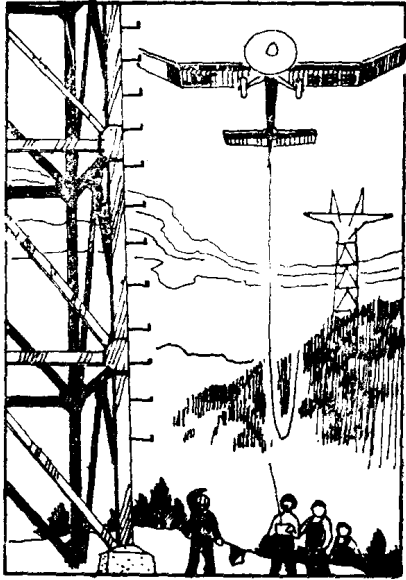


图 1-1-10

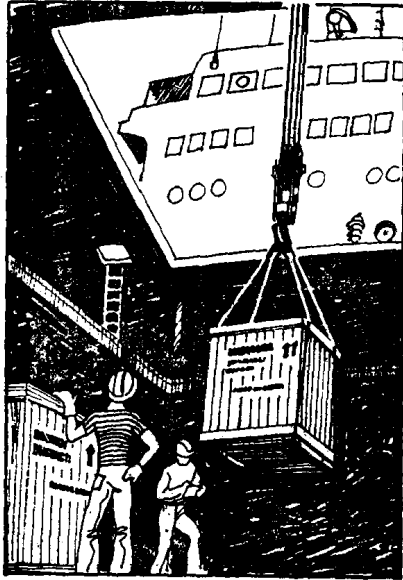


图 1-1-11

遥控设备,站在最有利的位罝进行装卸作业。许多在万吨轮船舱内进行装卸作业的喂料机,采用无线电遥控操作后,驾驶人员就可以转移到甲板上操作,不仅杜绝了工伤事故而且改善了劳动条件。

### 遥控深潜器

深潜器是一种新型的水下运行器,它在建立海底基地、深海打捞、水下运输、海洋调

查、海底采矿、海难救助等方面都有着重要的作用。利用无人驾驶的遥控深潜器可以寻找在海底失事的潜艇残骸,拍下照片,查明失事原因,并能进行水下救护,使在海底遇难的艇员安全得救。图 1-1-12 为一种能完成水下打捞、水下观察、水下设施的检查与维修等作业任务的遥控深潜器。

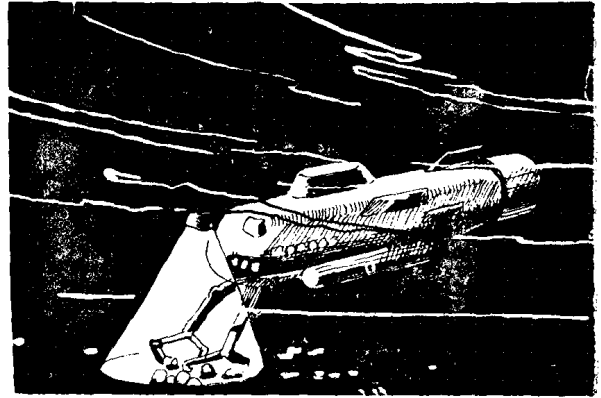


图 1-1-12

### 遥控行车

在机械制造过程中,要求配合精密安装工作或配合大型锻压机的行车能够按装配需要或锻压工艺要求精确地进行控制,而一般的行车驾驶室位置较高,距工作台较远,很难配合得很精确。当采用无线电遥控技术后,

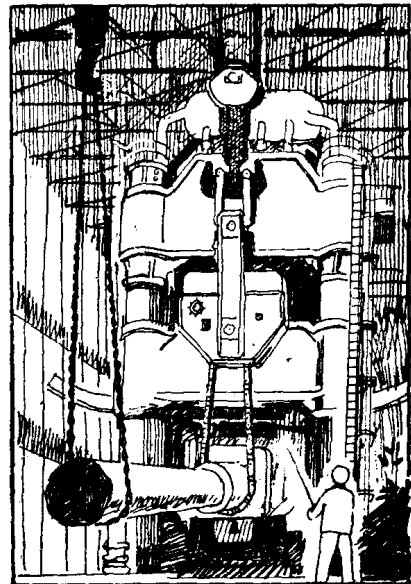


图 1-1-13

就可以在安装工作上或者锻压机旁对行车进行遥控操作,可以大大提高操作的精确度。图 1-1-13 是遥控行车的工作情况。此外,在高温、有放射性辐射和有害气体的环境中,或者在装卸易燃、易爆物品的场合,如果采用无线电遥控技术,可以避免伤害事故,大大改善操作人员的劳动条件。

### 遥控开关

无线电遥控开关的应用非常广泛,例如:水闸启闭、水泵、卷扬机、空气压缩机、绞车以及各种电动机等凡是原来用电磁继电器或交流接触器作为开关的各种用电器都可以用无线电遥控开关代替。如图 1-1-14 所示的是

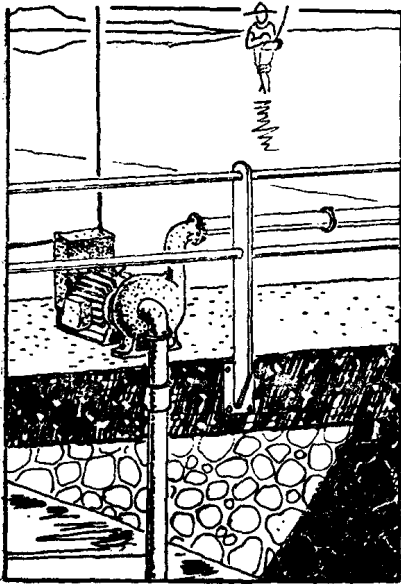


图 1-1-14



图 1-1-15

无线电遥控水泵。图 1-1-15 是无线电遥控汽车库门的开、关。

### 遥控浇钢

无线电遥控滑动水口浇钢(如图 1-1-16 所示),具有结构简单、操作方便、运行安全可靠等优点,它可以大大减轻炼钢工人的劳动强度。

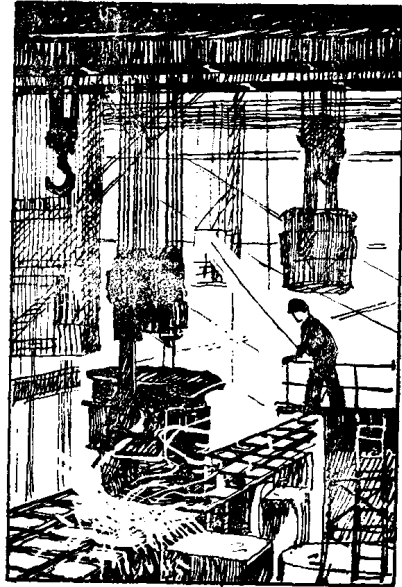


图 1-1-16

### 遥控推土机、收割机、拖拉机

无线电遥控技术在农业机械化方面也是大有可为的。比如无线电遥控收割机、拖拉机既能节省劳动力,又能改善劳动条件。图 1-1-17 是无线电遥控推土机的工作情况,驾

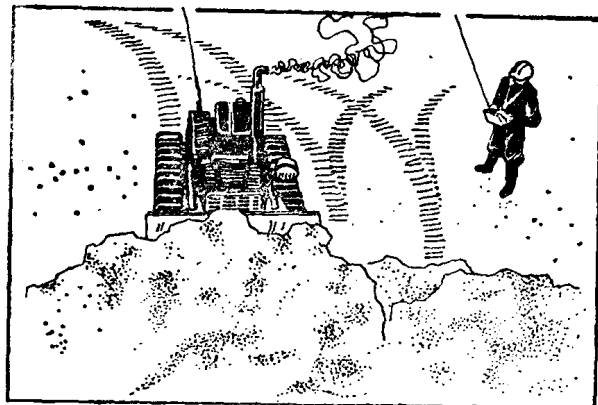


图 1-1-17

驶员可以站在地面适当的位置操纵推土机，达到确保安全和减轻劳动强度的效果。

### 遥控照相

在照相馆里，摄影师可以通过手里的超小型遥控发射机控制远处的摄影机在极自然的气氛中摄取镜头，所摄得的照片具有一般摄影方法难以比拟的效果，特别是在抓住人物神态和拍摄儿童照片方面效果尤其显著。另外在拍摄野生动物的特写镜头时，也可以借助于无线电遥控设备在离照相机相当远的距离外控制拍摄，这样可以不惊动动物，特写效果真实。

### 电影特技的遥控

很多电影中都需要拍摄特技镜头，例如空战、海战的拍摄，就可以用按真飞机、真军舰的比例缩成的无线电遥控飞机、军舰模型，它可以逼真地作各种特技表演，供拍摄电影特技镜头用(图 1-1-18)。

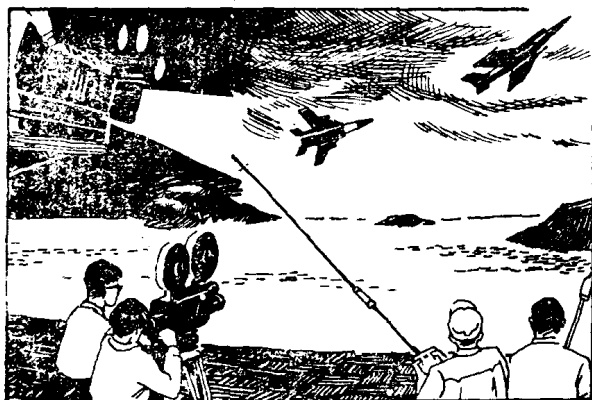


图 1-1-18

## 第 2 节 无线电遥控设备的分类

无线电遥控是通过无线电遥控设备来完成的。无线电遥控设备的种类很多，其分类方式也有多种。

以发射机的调制方式来分，可以分为无调制式、调幅式、调频式、调相式。以接收机

### 无线电台的遥控

无线广播电台往往需要设置在离开城市一定距离的人为噪声较小的远郊，而广播电台的控制中心则设在市内，于是可以利用无线电遥控设备控制电台的工作或关闭以及遥选天线，改变电台发射频率等。

### 消防车的遥控

有些专门用于高层建筑救火用的装有折射式放水塔的化学消防车，利用无线电遥控设备可使放水塔升高到 17 米，并能控制距放水塔顶端 7、8 米的部分折射进入高层建筑的窗内灭火。

以上仅仅列举了应用无线电遥控技术的一部分实例，此外还有无线电遥控船闸、遥控黑光灯、遥控排灌站、遥控报靶器、遥控幻灯机、遥控高温热处理、遥控机井、遥控驱除冰雹火箭、遥控火车头加水加煤、遥控铁路信号、遥控地震测报站、遥控灯塔、遥控地雷、遥控灯光记分牌、遥控舞台集光灯、遥控皮带运输机群、遥控电子锁、遥控港口装卸喂料机、遥控自动红绿灯、遥控电视机等，这里就不再一一列举了。

总之，无线电遥控技术的应用范围很广，随着我国科学技术的发展，各种无线电遥控设备将会象雨后春笋般地发展起来，为实现四个现代化发挥越来越大的作用。

的接收程式来分，可以分为直接放大式、超再生式、超外差式。以接收机的选频方式来分，可以分为机械选频、电感电容选频、RC 有源滤波器选频。以设备使用的元件来分，可以分为电子管式、晶体管式、集成电路式。以无

线电遥控设备的通道数量和通道性质来分，可以分为单通道、多通道、单通道比例、多通道比例等四种。

下面以无线电遥控设备的通道数量和通道性质分类，简述各类遥控设备的工作原理。

### 单通道无线电遥控设备

图 1-2-1 是一种经过实际使用的单通道

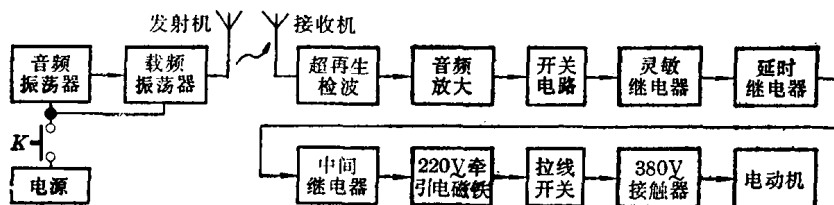


图 1-2-1

接收机的接收天线收到上述信号后，由超再生检波器检出音频信号，该音频信号再经过音频放大器放大和开关电路变换后，变成直流信号电流输出，使灵敏继电器吸合。为了提高抗干扰性能，再经过一个延时继电器延迟一定的时间(例如 3~5 秒)后，该继电器动作，它带动中间继电器。由中间继电器控制一个交流 220 伏、1.5 千克拉力的牵引电磁铁。该电磁铁的可动铁芯拉动一个普通的电灯拉线开关，以控制 380 伏交流接触器的线圈通电与否，达到对电机进行控制的目的。由于这类设备的发射机一般只发出一个指令来控制被控对象的一个动作，所以叫单通道无线电遥控设备。

### 多通道无线电遥控设备

如果被遥控的对象需要完成的动作较多，这就需要多通道无线电遥控设备。

多通道无线电遥控设备按编码方式的不同，可分为频率编码和脉冲编码两大类。前者称为频分多通道无线电遥控设备，后者称为时分多通道无线电遥控设备。两者相比，脉冲编码方式的被控对象的数量较多，可以采用数字集成电路，制作较方便，但抗干扰性能

无线电遥控设备的方框图。从图中可以看出，当发射机的操纵按钮  $K$  没按下时，发射机不工作，无遥控指令信号发出。接收机的灵敏继电器及执行机构不动作。当  $K$  按下时，音频振荡器、载频振荡器的电源电路接通，它们都工作，音频振荡器产生的音频信号对载频振荡器产生的载频信号进行调制，然后由发射天线发送出去。

略差，结构较复杂，成本较高；频率编码方式的被控制对象的数量较少，它不能大量使用数字集成电路，但抗干扰性能较好，结构较简单。

在频分多通道无线电遥控设备中，有以单一音频频率作为一个指令信号的单一频率方式；也有由两个或两个以上的音频频率组合后作为一个指令信号的组合频率方式。

图 1-2-2 为单一频率方式频分多通道无线电遥控设备方框图。从图中可以看出，发射机发出的每一个指令信号，都对应有一个音频频率， $n$  个指令信号就有  $n$  个频率： $f_1$ 、 $f_2 \dots f_n$ 。两个相邻指令信号的频率应符合：

$$f_n = \alpha f_{n-1}$$

一般取  $\alpha = 1.21 \sim 1.23$ 。例如：若需要 8 个遥控指令信号，设  $f_1 = 1080 \text{ Hz}$ ，则

$$f_2 = \alpha f_{2-1} = \alpha f_1 = 1.22 \times 1080 = 1317 \text{ Hz}$$

取三位有效数字则  $f_2 = 1320 \text{ Hz}$ ，同理用这个公式求出其它几个频率分别为 1610、1970、2400、2940、3580、4370 (Hz)。接收机收到这些信号后，由与之相应的选频放大器将对应的频率分别选出，然后经开关电路及继电器分别控制各执行机构。例如：当按下发射机的第 1 号指令开关  $K_1$  时，发出的无线电

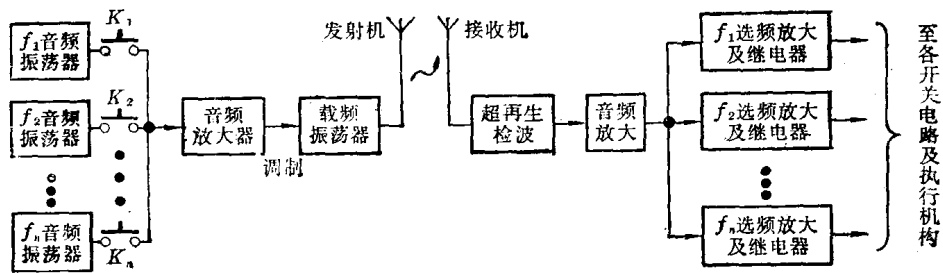


图 1-2-2

波中载有 1080 Hz 的音频信号。接收机收到这一信号后,经过放大、检波后送到各选频放大器的输入端,但只有相应的  $f_1$  (1080 Hz) 选频放大器输出的音频信号最大,经整流、滤波及直流放大后,使相应的中间继电器  $J_1$  吸合,最后带动第 1 号遥控指令的执行机构。其它各遥控指令的执行过程与上述相同。

在组合频率方式中,又有将两个或两个以上的音频信号同时发送出去的同时发送方式和将两个或两个以上的音频信号按一定顺序发送出去的顺序发送方式两类。图 1-2-3 为两个音频信号混合后同时发送作为一条指令的十通道无线电遥控设备方框图。从图中

可以看出,发射机的音频部分共有  $f_1 \sim f_5$  5 个音频振荡器,经过电阻组成的编码电路,将两个音频振荡器产生的信号混合为一组,共有  $f_1 f_2, f_1 f_3 \dots f_4 f_5$  等 10 组。当按下发射机的第 1 号指令开关  $K_1$  时,则在发出的无线电波中载有  $f_1, f_2$  两个频率混合在一起的音频信号。接收机收到这一信号后,将  $f_1, f_2$  两个音频信号检出,经过放大加到各选频放大器的输入端。这时只有相应的  $f_1, f_2$  两个选频放大器输出的音频信号电压最大,然后经过整流、滤波、直流放大及对应的与门电路,使相应的执行第 1 号指令的中间继电器  $J_1$  吸合,带动执行机构动作。

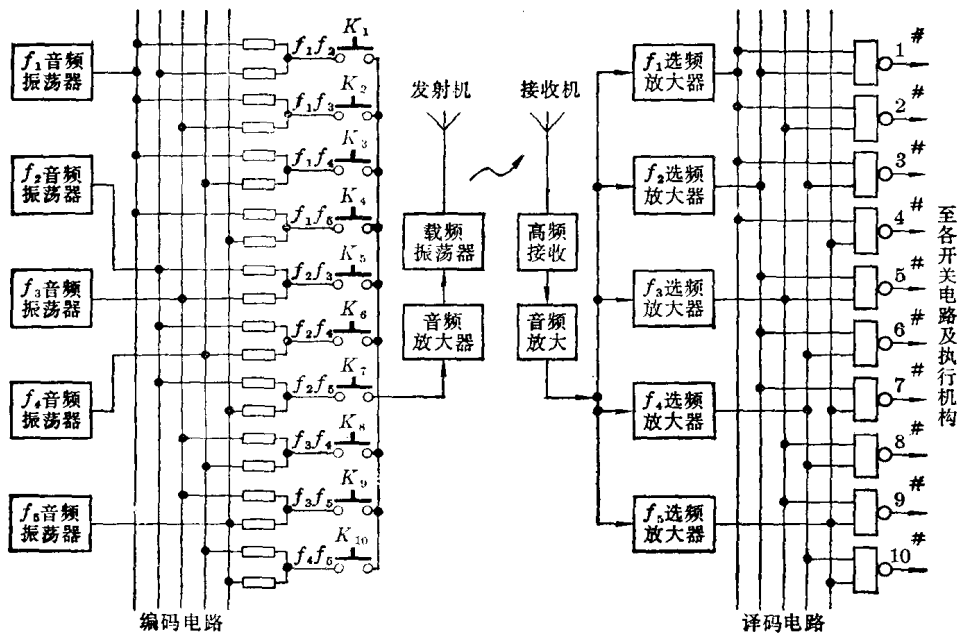


图 1-2-3

顺序发送方式是将  $f_1, f_2$  两个音频信号按时间顺序一先一后发送,在基本结构方面

相差不大,这里就不介绍了。

这两种发送方式相比,对于同样的音频

信号,同时发送方式形成的指令数较少,例如有 5 个音频信号,两个一组同时发送,按公式

$$C_n^r = \frac{n!}{(n-r)!r!} = \frac{5!}{(5-2)!2!} = 10$$

求出可组成 10 个遥控指令;而用顺序发送方式时,按公式

$$P_n^r = \frac{n!}{(n-r)!} = \frac{5!}{(5-2)!} = 20$$

可组成 20 个遥控指令,指令较多。另外,顺序发送方式不易产生失真,抗干扰性能好。

频分多通道无线电遥控设备一般只能用在要求指令信号不太多(20~30 个指令)的场合,若要求的指令信号较多,可采用时间分割方式。

常用的时间分割多通道无线电遥控设备有脉冲计数方式、脉冲宽度特征方式和脉冲编码方式等多种。脉冲计数方式是以发出的脉冲数来区分指令,比如发 1 个脉冲,代表第 1 号指令,发 2 个脉冲代表第 2 号指令,发  $n$  个脉冲代表第  $n$  号指令;脉冲宽度特征方式是以发出的脉冲宽度来区分指令,比如发出的脉冲宽度为 50 毫秒代表第 1 号指令,100 毫秒代表第 2 号指令,脉冲宽度为  $50 \cdot n$  毫秒代表第  $n$  号指令。脉冲编码方式是将发出的脉冲进行编码来区分指令。例如,由 4 位脉冲进行编码时,发 0001 代表第 1 号指令,0010 代表第 2 号指令,1010 代表第 10 号指令。

有时为了既能满足通道数量多,又要求有较好的抗干扰性能,因此采用时分、频分结合的方式,本书第 4 章第 7 节调频式四路 28 通道无线电遥控设备,就是时分、频分结合的一个实例。

### 单通道比例无线电遥控设备

从上述单通道、多通道两种无线电遥控设备中可以看出,它们都是属于断续指令控制形式。比如用它们遥控初级模型飞机时,当按下发射机的左舵开关时,方向舵就变成

左满舵,当按下发射机的右舵开关时,方向舵就变成右满舵,左、右舵开关均不按下时,方向舵处于中舵位置,在遥控过程中很难使方向舵停留在中舵和满舵之间某一需要的角度上,也就是说不能进行定量控制。为了实现定量控制,就应采用比例遥控设备。

要实现比例遥控,一般使用两种方式,一种叫做“模拟比例”方式,就是使发射机发出的载在载频信号上的音频信号的频率在某一范围内连续可变,接收机收到这一信号后由随动机作出各种角度连续变化的舵面动作。另一种叫做“数字比例”方式,就是使发射机发出的控制载频信号的脉冲宽度在某一范围内连续可变,接收机收到这一信号后使随动机作出连续可变的各种角度的舵面动作。“模拟比例”方式使用较早,抗干扰性能较好,但通道数量略少,不易大批生产。后来随着数字电路的发展,特别是数字集成电路的大量应用,数字比例遥控设备的使用日益广泛。

图 1-2-4 是一种比较简单的模拟方式单通道比例遥控设备的方框图。它的发射机部分有一个可变音频振荡器。当改变发射机上操纵杆的角度时,可变音频振荡器部分的双连电位器的阻值也随之连续变化,控制发射机发出的音频信号的频率在 1000~2000 Hz 范围内连续变化。设 1000 Hz 代表左满舵,2000 Hz 代表右满舵,1500 Hz 代表中舵,而 1500~1000 Hz、1500~2000 Hz 之间的频率变化分别控制着方向舵的左、右偏转角度。这就是说当发射机发出的音频调制信号被接收机接收后,经检波、低放然后分别送到高、低两个音频鉴频器进行鉴频,然后经直流放大,推动舵机,舵机经连杆带动方向舵,方向舵的偏转角度与发射机上操纵杆的移动角度成一定的比例。舵机电路中的两个直流放大器分别控制电机的正、反转。

“数字比例”单通道无线电遥控设备是利用连续改变发射机发出的脉冲宽度来实现比例遥控的。例如,脉冲宽度 1 毫秒代表左舵,

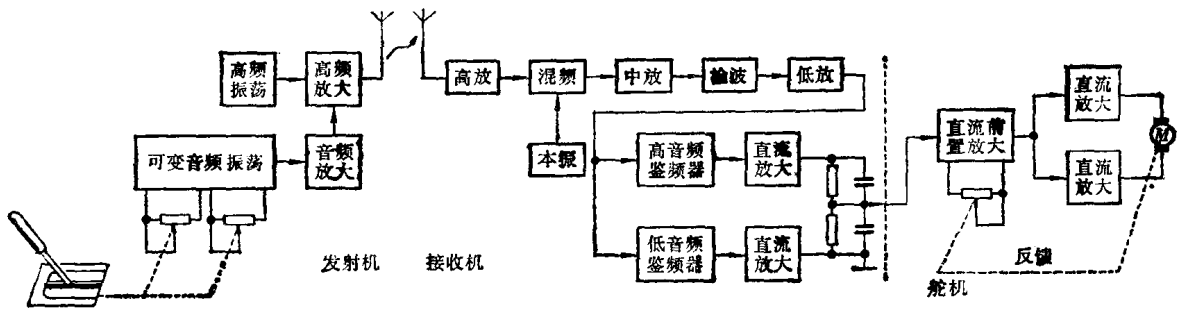


图 1-2-4

2 毫秒代表右舵, 1.5 毫秒代表中舵。脉冲宽度在 1.5~1 毫秒、1.5~2 毫秒之间改变, 则可分别代表方向舵的左、右偏转角度。

### 多通道比例无线电遥控设备

有些被控制对象, 如无线电遥控特技模型飞机, 为了完成各种复杂的特技动作, 需要同时对方向舵、升降舵、副翼、发动机等实行比例遥控, 这就需要使用多通道比例无线电遥控设备。多通道比例遥控设备的原理与单通道相仿。图 1-2-5 是一套数字比例 4 通道无线电遥控设备的方框图, 图 1-2-6 是发射机发出的波形图。发射机的编码部分由一个多谐振荡器和 4 级延时脉冲发生器等组成。多谐振荡器产生的信号一方面作为同步信号, 以便使发射机发出的第 1~第 4 通道脉冲信号与接收机输出的第 1~第 4 通道脉冲一一对应, 另一方面触发延时脉冲发生器。

各通道的延时时间可以通过各自的电位器调整, 电位器与操纵杆相连接。同步脉冲和 4 个信号脉冲经开关电路调制在载频信号上发射出去。接收机收到后, 经高放、混频、中放、检波、低放, 然后分离出复位(即同步)脉冲和 4 个信号脉冲, 经译码电路分别译出后送给对应的舵机电路。舵机电路包括对比脉冲发生器、比较电路和直流放大器等。当信号脉冲输入后, 即触发对比脉冲发生器产生一个与信号脉冲极性相反的对脉冲, 该脉冲的宽度与反馈电位器的位置有关, 然后同时送到比较电路进行比较, 经直流放大后使电机转动并通过减速齿轮带动舵面, 同时带动反馈电位器转动。改变对比脉冲宽度, 当差值变到零, 电机停转。当发射机操纵杆移动时, 脉冲宽度发生变化, 舵机转动, 舵面也跟着动作, 直到电位器跟踪到相应位置舵机停转为止。

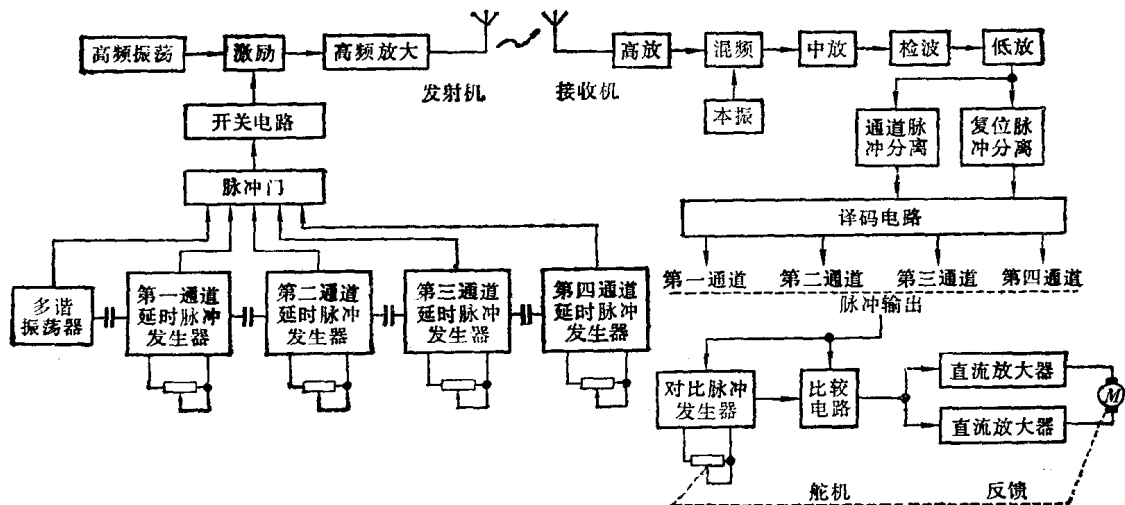


图 1-2-5



### “数字比例”四通道无线电遥控设备发射机发出的波形图

• 单位均为毫秒

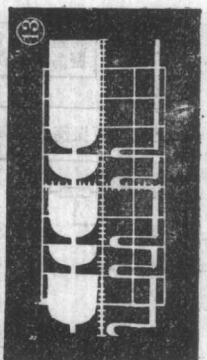
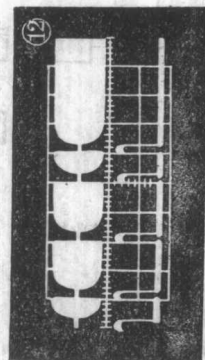
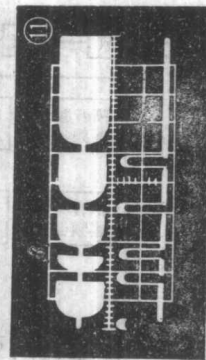
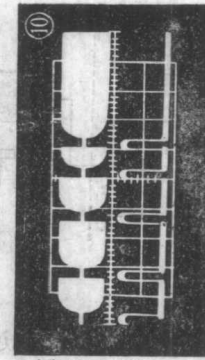
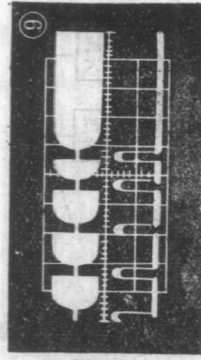
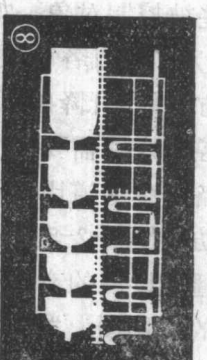
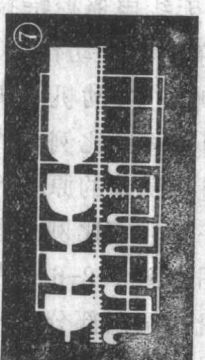
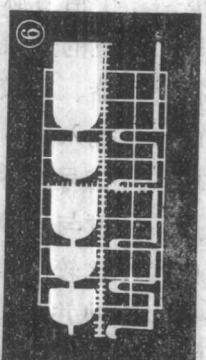
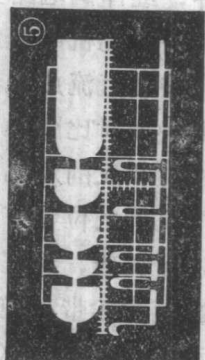
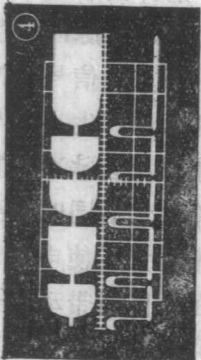
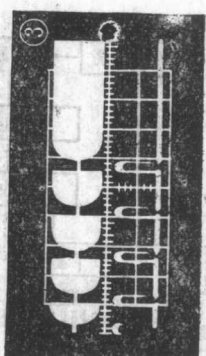
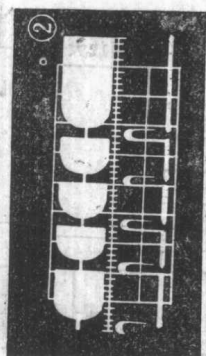
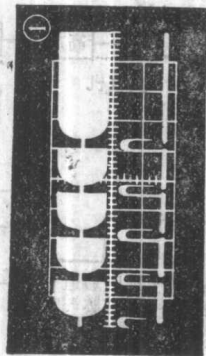


图 1-2-6