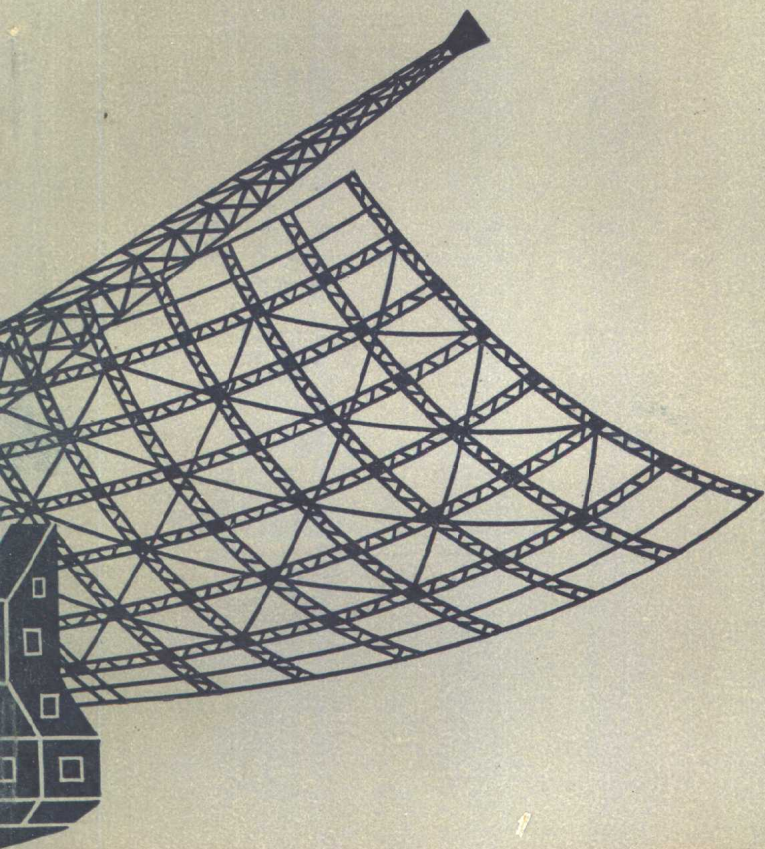




无线电遥控

苏联Ф.И.巴尔苏柯夫著 高 玮译 人民邮电出版社

无 綫 电 遙 控

苏联 Ф. И. 巴尔苏柯夫著

高 璋 譯

人 民 郵 電 出 版 社

Ф. И. Барсуков

РАДИОТЕЛЕМЕХАНИКА

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ 1962

内 容 提 要

本书介绍无线电遥控系统的工作原理，重点讨论指令无线电遥控系统。介绍了无线电遥控系统的主要元件和部件，以及构成遥控系统多路无线电电路的方法。最后还举出几个实际无线电遥控系统的例子。

本书可供想一般地了解无线电遥控原理的技术人员和无线电爱好者阅读。

无 线 电 遥 控

著 者：苏联 Ф. И. 巴尔苏柯夫

译 者：高 璋

出版者：人 民 邮 电 出 版 社

北京东四 6 条 13 号

(北京市书刊出版业营业许可证出字第〇四八号)

印刷者：北 京 邮 票 厂

发行者：新 华 书 店

开本 787×1092 1/32

1965 年 3 月北京第一版

印张 3 6/32 页数 51

1965 年 3 月北京第一次印刷

印刷字数 72,000 字

P 或 1—11,650 册

统一书号：15045·总1428—无405

定价：(科 4) 0.36 元

前 言

最近几十年間，无綫电电子学最重要的部門之一——无綫电遙控学得到了突飞猛进的发展，达到了极高的完善程度。无綫电遙控学研究的問題是如何利用无綫电設備对各种过程和物体进行远距离监测和控制。

在現代的条件下，在所有已知的无綫电遙控方式中，使用最广的是无綫电控制系統和无綫电遙測系統。无綫电控制系統是使用无綫电方法保証远距离控制各种物体和过程的仪器与設備的总和。无綫电遙測系統則是用来远距离傳輸測量結果的。

現代化的无綫电遙控系統越来越广泛地深入到我們的生活中来。在国民經济中，无綫电遙控系統被用于生产过程的自动化，以提高劳动生产率和改善劳动条件。所以能够用火箭和人造地球卫星对宇宙空間进行成功的考察，也是由于为此目的而使用了无綫电遙控設備，它能够在火箭和卫星飞行的既定的最重要阶段控制它們，并将科学資料传送到地球上来。

无綫电遙控系統是沿着研究改进整个控制系統构成的原理以及其个别环节的道路发展的。广泛地采用新的电子仪器、无綫电零件和材料，使得有可能大大改进所設計的設備的运用特性以及扩大它們的应用范围。无綫电遙控設備在人类活动的各个方面日益增长的作用，不仅引起了无綫电遙控专业人員对它的兴趣，而且也使广大的人員对它发生兴趣，希望了解它的构成原理、特性和利用的可能性。

本书介紹无綫电遙控系統的构成原理及其基本元件。重点討論各种物体及过程的指令遙控系統。

Φ. 巴尔苏柯夫

目 录

前言

第一章 构成无线电遥控系统的原理	1
1 遥控原理概述	1
2 无线电遥控系统	4
3 无线电遥测系统	8
第二章 对遥控物体的状态进行监测的系统	10
4 监测系统概述	10
5 目力监测系统	11
6 电视监测系统	11
7 雷达监测系统	13
8 无线电导航监测系统	18
9 无线电遥测监测系统	25
第三章 无线电遥控系统中所用多路无线 电路的构成方法	25
10 多路无线电路构成方法概述	25
11 频率区分制多路无线电路	26
12 时间区分制多路无线电路	28
13 编码区分制多路无线电路	30
14 遥控系统无线电路中传输的指令和信号的类型	33
第四章 无线电遥控系统的元件	35
15 产生控制指令的设备(指令仪)	35
16 变送器	40
17 副载波振荡器	45
18 低频滤波器	53
19 转换和分配设备	58
20 编码和译码设备	64

21	編碼器的脉冲調制器	68
22	反調制設備	73
23	執行設備	80
24	遙測數值的記錄	83
第五章 無線電遙控系統		84
25	石油开采工业中联合水泵站的控制系統	84
26	試驗火箭用的無線電遙測系統	91
27	控制模型的指令無線电路	95

第一章 构成无线电遥控系统的原理

1. 遙控原理概述

对某个物体的控制过程，实质上就是消除这个物体的给定状态和实际状态之间不断出现的误差(偏差)。控制过程中的误差，可能是由于各种干扰因素(扰动)影响的结果而造成的。

在非自动控制中，操纵员或工人预先确定了必要状态之后，直接地或通过仪器对被控物体进行观察。当出现误差或者需要改变状态的时候，操纵员就对被控物体施加相应的影响，恢复过程的给定程序。譬如，飞行员改变方向舵和副翼的位置，就可以使飞机的航线不受大气扰动的影响而保持恒定，或者根据需要改变航向。飞机上装有适当的仪器，就有可能在任何气象条件下正确地驾驶飞机。

在实际中，经常需要使被控物体的工作过程或状态的各种参数保持稳定(如锅炉中气压的恒定，各种发动机转速的恒定，电站发电机输出电压的恒定，等等)。除此之外，还有许多被控制的过程和状态是需要随时变化的。因为在控制过程中必须使出现的误差接近于零，所以很明显，我们必须会确定物体的实际状态，并且知道这个物体在每一瞬时的给定工作状态。在非自动控制系统中，这些活动都要由人去作；人用测量设备观察物体(过程)，并将观察所得的数据与该物体预定的工作程序进行比较。典型的非自动控制系统的方框图见图 1, a。

如果用自动测量仪器和电子解算设备来代替操纵员的职能，那么就可以构成自动控制系统(图 1, b)。组成这个系统的有：1)对被控物体的状态进行监测的测量设备；2)根据被控物

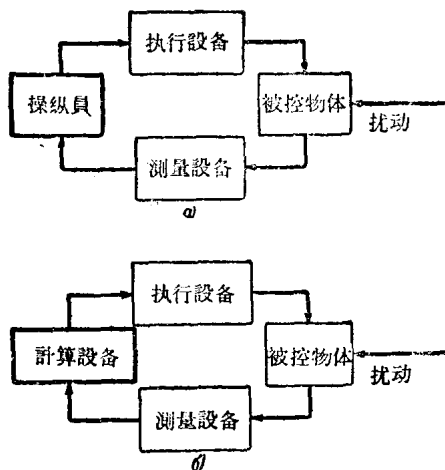


图 1 控制系统方框图

体的实际状态与必要状态的比較产生誤差信号的解算(計算)設備; 3) 將解算設備的輸出信号直接作用于被控物体的执行設備(机构)。当所需被控物体状态有改变时, 則可向計算設備輸入修正信号, 使自动控制系统的工作得到修正。

从图 1 可以看出, 控制系统是閉合的。在

非自动控制系统中, 閉合是通过操纵員实现的, 而在自动控制系统中, 則是通过計算设备实现的。

被控物体可以处在产生控制信号的地方的近旁, 也可以离它很远。如果被控物体不是在近处, 那时产生出来的控制信号常需要經過很多預先的变换, 再通过无綫电或导綫传输出去。这种变换一般决定于所用通信綫路的特性。

但是对物体进行控制的过程的实质, 并不因这个物体的位置而有所改变。其实质仍在于使被控物体具有必要状态, 在于消除被控物体的給定状态与实际状态間随时間出現的誤差。

保証远距离控制物体或过程的仪器与设备的总和, 构成遙控系统。有无綫电设备参与其中的遙控系统, 叫做无綫电遙控系统。

在任何遙控系统中, 最重要的两个部分是对被控物体的状态进行监测的系統和修正信号(指令)的产生及传输系統。

遙控系統分为非自动的和自动的两类。

图 2,a 是一个最简单的非自动遙控系統的方框图。表明被控物体目前状态的信号,由监测系统产生并传输給控制站。在控制站,这些信号由指針式的或其他型式的仪表(信号盘)指示出来,使进行控制的操纵員能够迅速无誤地了解它們。被控物体在控制过程中所需的状态,操纵員应当知道,或者能够利用专门的程序设备、輔助监测系统等給出。在遙控过程中,操纵員根据监测系統的仪表指示,判断物体的目前状态,并把它同所要求的状态进行比较。如果产生了誤差,就向被控物体发出校正指令。被控物体收到的指令对控制机构产生相应的作用,使被控过程恢复到必要的状态。

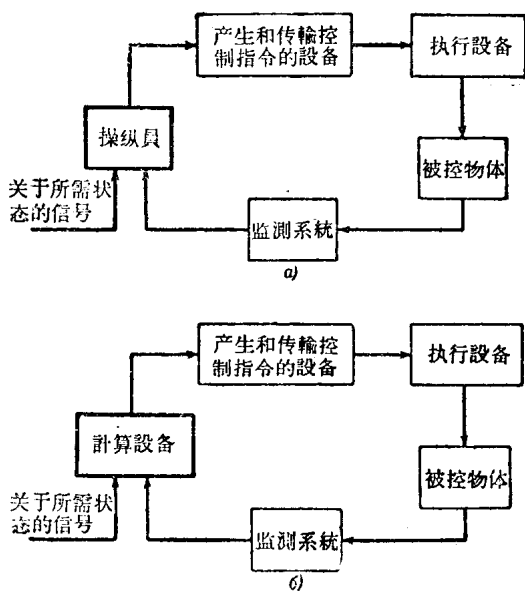


图 2 遙控系統方框图

现在自动遙控系统得到了越来越广泛的应用。在图 2,6 所示的自动控制系统中，是利用計算設備来比較被控物体当前状态和給定状态的参数。在控制某个空間或平面中的物体（如火箭、飞机、輪船等）的位置的遙控系統中，計算設備常常称为座标方位仪。表明被控物体目前状态和給定状态的信号进入計算設備的輸入端。关于目前状态的信号是由监测系统形成，并傳輸給計算設備的。与非自动遙控系統一样，可以用程序設備、輔助监测系统等做为表明所需（給定）被控物体状态的信号的来源。計算設備的輸出信号則表征被控物体的实际状态和給定状态之間偏差的測量值。这个信号加到产生和傳輸控制指令的設備中，在那里变换为发往被控物体的指令。指令被接收到之后，利用执行設備經過相应的变换后，作用于物体的控制机构。

2. 无綫电遙控系統

如果控制站与被控物体之間的距离很远的話，使用有綫通信电路常常是不合适的。在这种情况下，就得使用无綫电設備从一个地方向另一个地方传送信息。无綫电遙控系統对于控制飞机、火箭、船只等的运动，也是最为适宜的。

无綫电遙控系統通常要比有綫遙控系統复杂。特别是在必須通过无綫电同时傳輸修正指令和监测信号的时候，以及在使用无綫电方法来給定被控物体工作状态的时候，这种系統就更为复杂和庞大。无綫电遙控系統的另一特点是它很容易受到无綫电干扰的影响。

在現代，无綫电遙控系統分为下面几种类型：指令控制系统，无綫电波束控制系统，自动瞄准系統，自主控制系统，綜合系統。

指令控制系统的特点，是根据测量到的被控物体实际状态和所需状态之间的偏差，在控制站产生控制指令。产生出来的指令信号通过指令控制无线电路传输给被控物体。

指令控制无线电路(图3)的发射设备，通过操纵者或解算设备，同监测系统的输出联系起来。发射装置设在控制站，而指令控制无线电路的接收设备设在被控物体上。

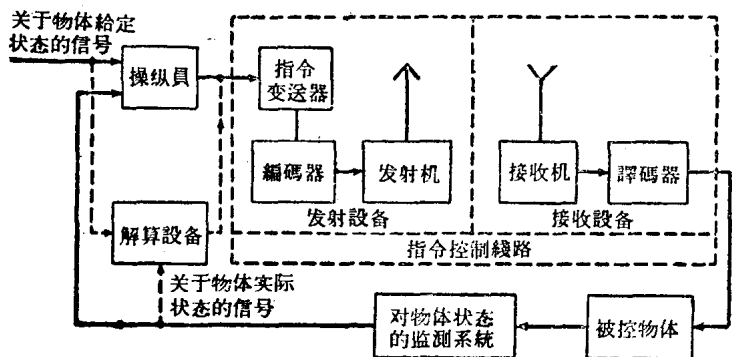


图 3 无线遥控系统方框图

在非自动的指令控制系统中，由操纵员确定偏差信号。操纵员操纵指令控制无线电路的输入设备——指令变送器（指令仪）。操纵员的动作一般是根据偏差信号的大小把指令变送器的控制柄旋转一个相适应的角度。从指令变送器的输出端输出一个电信号，这个电信号的一项参数随控制柄的偏转而发生变化。

在自动的控制系统中，如前面所指出的，解算设备代替了操纵员，它也同样能够发出与偏差信号相适应的指令。

指令变送器输出端所得到的信号就是将要送给被控物体的指令，这个信号进入编码器，在那里进行编码，并与由其他通

路传输来的指令信号总合。编码的实质，是赋予输出信号以各种定性特征，按照这些特征，信号就可以分配到被控物体（接收方面）的相应通路里。来自编码器输出端的电信号加进发射机，在那里对高频振荡进行调制。

控制站发射机的无线电信号被受控物体的接收机接收下来。接收到的振荡经过放大和检波，结果在接收机的输出端就得到了与编码器加进发射机时相同的信号。用这种方法分离出的来自控制站的所有指令的总合信号进入译码器，在这里将指令分离，分别送往相应的通路。指令是根据在编码器中赋予不同指令的那些定性特征进行分离的。指令信号从译码器加到执行设备，从而使物体的控制机构发生作用。

指令遥控系统不论是在飞机导航和火箭制导方面，还是在工业方面，都得到了广泛的利用。

无线电波束控制系统 是指令遥控系统的一种变形。无线电波束控制的实质是这样的：装置在控制站的无线电设备（雷达）向需要的方向发射无线电波束（图4）。由于方向图旋转的

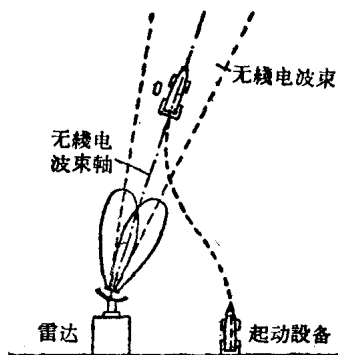


图4 无线电波束控制

结果，形成了无线电波束的轴（即所谓等强信号线）。它表明无线电信号的等强度线。被控物体0被导入无线电波束内，它上面装有接收机，接收机的天线对准发射雷达。如果被控物体在空间移动时，位置恰在波束轴上（等强信号区内），其接收设备接收到的雷达信号在天线旋转的周期内都具有同样

的振幅。如果物体偏离了等强信号綫，接收到高频脉冲信号就按天綫旋轉的頻率受到調幅。調幅深度与物体偏离波束旋轉軸的値成正比，而脉冲包絡綫的相位决定了物体偏离的方向。接收机收到的信号經過檢波和相应的变换，从中可以分离出誤差信号电压。把誤差信号同表征方向图旋轉規律的基准电压进行比较，就可得到控制电压。

基准电压是由控制站以特种編碼形式（譬如对发射信号进行調頻）发送給被控物体的。被控物体运动的方向随波束方向的变化而变化。

无綫电波束控制的方法被广泛地用来操纵火箭打击空中目标。在这种情况下，常常使用自动跟踪目标的雷达向目标发出波束。如果把装有雷达信号接收机的火箭导入无綫电波束中，火箭就能瞄准被跟踪的目标飞行。

在无綫电波束控制系统中，被控物体离雷达越远，瞄准的准确度就越差，它与物体离控制站的距离的远近大致成正比。这是因为导航波束变寬的緣故。为了减少瞄准的差誤，应当尽量使定向波束窄一些。

自动瞄准系統 是用来控制火箭的。在这种系統中，控制信号是利用从被攻击的对象发出而达到受控物体的能量产生的。这能量可能是电磁振蕩能、热輻射能（紅外綫）、光能等等。

在被控制的火箭上装有一种仪器，这种仪器能够感受外来能量并产生信号；在这个信号的作用下，火箭就可向能量輻射源飞去。

应用最广的是一种半主动无綫电自动瞄准系統，它是用外界振蕩源向目标照射，再利用目标反射回来的电磁振蕩能量来产生控制信号的。

自主控制系统 是按照預先給定的程序，利用裝在被控物

体本身上的仪器进行控制的。在这种系统中，控制指令不是靠控制站输送来或被瞄准的目标反射来的信号产生的。

自动无线电遥控系统主要用来控制空间的飞行装置的位置。

进行控制所需的电磁振荡能量是由地面或水面反射来的无线电波产生的。也可以利用太阳或其他天体辐射的能量。

所有表明被控物体空间现时位置的参数，都被无线电自主监测系统所接收，监测系统的输出信号经过必要的变换，进入能将各种参数的即时值同给定值进行比较的装置。如果它们之间出现了偏差，就会产生相应的控制信号，使舵面偏转，从而使被控物体回到预定的运动轨道上。

多普勒系统和无线电天文导航设备均可做为自主无线电监测系统。

综合控制系统 是上述四种类型的控制系统的综合。在综合控制中，是在同一时间内，或者分别在不同的时间内，用不同的方法实现对物体的控制。

这种系统广泛地用于控制各种火箭。在火箭轨道的初始阶段是用指令控制系统或无线电波束控制系统进行控制的，而在结束阶段则使用自动瞄准系统。

综合控制系统可以是惯性系统和无线电指令控制系统的组合。这时，惯性系统越完善，无线电遥控系统的职能就越小；反之亦然。

3. 无线电遥测系统

在现代的条件下，无线电遥测系统借助于探空气球、火箭和人造地球卫星，极其广泛和有成效地用来对大气的上层、下层以及宇宙空间进行科学考察。在新型飞机和火箭的试验以及

各种运动物体座标方位的传送方面，无线电遥测技术也具有重要的意义。

无线电遥测系统是由发射部分和接收部分组成的(图5)。发射部分包括变送器、编码器和无线电发射机，接收部分包括无线电接收机、译码器、记录设备和定时器。

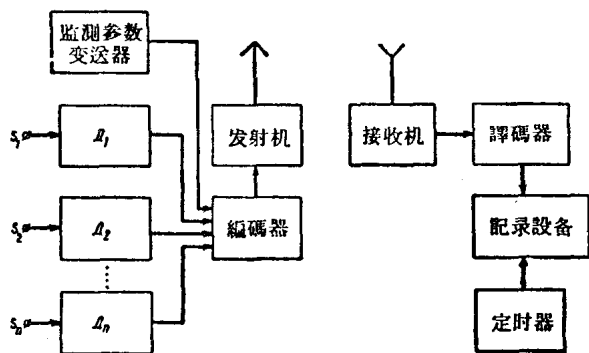


图5 无线电遥测系统方框图

变送器 $A_1—A_n$ 是一种能够接收被测数值并将其变换为电信号的设备。变送器输出信号的一项参数（电压值、频率等）与被测数值具有函数关系。

传输给地面接收设备的，除被测数值的信息外，还有所谓监测参数的信息。监测参数具有预知的量，可以用来译释无线电遥测的结果。

无线电遥测系统中所用变送器的数目，决定于所需传输数值的数目。

信号由变送器进入编码器，编码器的功能实质上与指令控制无线电电路中的编码器相同。编码器输出端所得到的振荡，控制着无线电发射机的工作。

在无线电接收机里，接收到的信号经过放大和检波，所得到的电压加到译码器中；译码器的主要任务，是将代表各种被测数值的信号分开，送入各个电路，并把这些信号变换为便于输往记录设备的形式。

无线电遥测结果用记录设备记录下来。最常应用的记录设备是带有摄影装置的示波器和磁性记录系统。除此之外，记录设备通常还包括能够在无线电遥测进行过程中对被测（遥测）数值的变化性质进行目力观察的仪器。

在无线电遥测系统工作结束之后，要对用某种方法记录下来的测量结果进行译码。译码的实质，是在分析所录下的被测数值和监测参数的信号的基础上，确定每一个被测数值的瞬时值。在这之后，把无线电遥测的结果以表格或曲线形式表示出来。

为了得到被测数值与时间的关系，需要使用定时器。定时器的信号从无线电遥测开始时起进入记录设备。

第二章 对遥控物体的状态进行 监测的系统

4. 监测系统概述

某个遥控物体的状态可以用各种参数来表示。测量物体的这些参数并把参数值传输给控制站，就是监测系统的任务。在控制远距离物体时需要进行监测的参数分为两种：外部运动参数和物体内部所发生的过程的参数。

当控制物体的空间和平面位置时，要测量的是外部参数。这种参数是物体的座标、物体运动的速度与加速度的方向和

数值。

当需要控制物体（其中也包括静止的物体）的个别机组和装置的状态时，要测量的是其内部所发生过程的参数。这种参数可能是所有已知的物理量（温度、压力、几何尺寸等）。

监测系统有下面几种：目力监测系统，电视监测系统，雷达监测系统，无线电导航监测系统，无线电遥测监测系统。使用那一种监测系统，首先是决定于要解决的任务以及要测量的参数的性质。

5. 目力监测系统

在最简单的无线电遥控系统中，利用目力来观察被控物体。如果通过这样的观察，确定了物体的实际位置（状态）同所需位置有偏差时，就通过指令无线电发出修正信号来消除出现的误差。目力监测系统是一种最简单的监测系统。

为了增加被控物体的能见距离，在控制站可以使用光学仪器，在被控物体上可以装置照明信号灯光。

目力监视系统的最大优点是简单。但这种系统存在着许多严重的缺点。它只能在明亮的时候，在有良好能见度的情况下应用。观测距离是很有限的。同时，距离越远，确定被控物体相对于所需位置的精确度就越差。此外，目力监测系统只能用来确定被控物体的外部运动参数，也就是只能用来确定它的座标、运动方向、速度值等，而不能用来控制被控物体的机组。

目力监测系统被广泛地用于控制各种无线电操纵的模型飞机、模型船只等。

6. 电视监测系统

近年来电视监测系统开始得到应用。电视系统的发射部分