

556872

3325

56222

力学参考资料(十一)

无线电遥测术

在固体力学测试中的应用



科学技术文献出版社重庆分社

一九七九年四月

成都科学技术大学图书馆

基本馆藏

无线电遥测术在固体力学测试中的应用
(力学参考资料之十一)

中国科学技术情报研究所重庆分所 编 辑
科学技术文献出版社重庆分社 出 版
重庆市市中区胜利路91号

新华书店重庆发行所 发 行
科学技术文献出版社重庆分社印刷厂 印 刷

开本787×1092毫米1/16 印张: 5 字数 13 万
1979年4月第1版 1979年4月第1次印刷
印数: 10100

书号: 13176.46 定价: 0.55元

目 录

工业设备试验中的遥测术.....	(1)
介绍一种调幅/调频体制的遥测应变系统.....	(6)
用于喷气发动机环境下的特种遥测仪.....	(19)
遥测数据系统 第一部分、频分多路传输.....	(24)
遥测数据系统 第二部分、时分多路传输.....	(29)
安装在转轴上的微型电子数据系统.....	(37)
高温下活塞参数的遥测.....	(48)
温度和应变的无线电遥测.....	(54)
应变和温度的无线电遥测.....	(60)
无线电遥测术在对转动系统作应变片和热电偶测量中 的实际应用.....	(69)
受辐照材料在弹塑性范围内循环试验时力与变形的 遥测系统.....	(73)
在反应堆辐照场中作结构材料试验时的线位移连续遥测 及自动记录系统.....	(77)

工业设备试验中的遥测术*

K. O. Switzer, G. W. Mauvitzson

〔摘要〕 本文叙述了应用无线电发射装置从经受现场试验的工业机器上收集数据的情况。取得的典型数据包括在正常和恶劣现场工作循环下的应变、转矩、压力和频率（对速率）。用磁带记录的现场数据系用于计算机简化数据和磁带控制实验室试验。还叙述了把调频数据和无线电频率发射结合起来的基本想法，用图示方法介绍了遥测装置及其典型的应用。

前 言

许多先进的工业、建筑和林业设备，要求技术人员用最小的空间和最省的材料精心加以设计，并使它们的结构坚固牢靠。这些设备的工作性能也要求进行更完全的测量，在这方面，遥测术已对工程技术人员在了解运载工具运行情况方面起了重要作用。科学和通讯相结合，更提供了精确测量远处发生的情况，并精确地读出和记录下这些情况的可能性。

正如今天我们已了解的那样，没有遥测装置，航空工业就不可能存在。第二次世界大战期间及其以后，由于飞机和导弹的试验，大大推进了无线电遥测术的发展。早期，遥测装置主要由电子管和一些笨重的器件组成。宇宙飞行器对大量数据的需要以及宇宙飞行器对本身尺寸和重量的限制都要求遥测电子装置小型化而且可靠。经改进了的先进的收集数据的遥测装置，以及先进的数据处理系统对工业设备试验都具有相当大的吸引力。

本文仅限于介绍遥测装置在工业设备试验数据测量上的应用，并解释和阐述基本的调频遥测系统。

为什么要使用遥测术

为什么用遥测术而不用其他方法从运载工具上获得数据呢？一般要从工业设备的特性方面找原因。在稳定状态下完成其工作周期的机器，如电铲或挖土机以及轮式的或在轨道上行走的装载车均可通过电缆来使用仪器，并完成适当的工作，然而这会妨碍操作者，还要使操作者冒损坏电缆的危险。还有许多运行情况和许多机器，由于采用电缆连接会改变正常的运行。

例如林业设备需要在现场运行条件下测量其应力、转矩和压力数据。在通常那种履带式装置上试验时，即使操作者受到束缚，而且使实际上处于刹车情况下测量的真实性受到限制。

在被试验的运载工具上安装记录器，虽然是一种代替电缆的可取方法，但是这种方法在试验进行时无法对试验数据作任何监视，使技术人员无法反复修正数据。而且在运载工具上安置试验设备的空间又成问题，大多数机器制造成由一个人操作，安置附加设备的空间留得很小。

遥测装置排除了电缆的限制，安装紧凑，可在接收站进行监视。使用遥测术最突出的

两个原因是:

- (1) 它不影响机器的正常运转;
- (2) 它可在试验进行时对试验情况进行监视(在“清洁”环境中)。

遥测系统的组成部件

传感器

遥测系统的第一个单元是传感器(见图1)。传感器将物理现象变为电信号。这种现象可以是金属应变、运动、加速度、压力、转矩、速度或需要测量的任何量。在很多情况下,提供电输出的传感器元件是电阻应变片。用应变片测量出来的应变,如果它是从机器部件中测量到的,可直接转换成应力;如果该应变是从传感器单元上测量到的,则该应变可经过刻度转换成力、位移、加速度、压力、转矩或其它量。

分压器或可变电阻器也可用作传感器。开关作为传感器用来记录显著事件,例如变速、离合器啮合或制动器动作等。电磁装置

(磁性拾音器)常用来感受旋转运动,只需把它置于一旋转齿轮附近即可。

信号处理

遥测系统的第二个单元是信号处理器。它的功能是从传感器取得信号,并将它改变成(通常经过放大)合适的电平范围,然后将改变后的信号传到下一个单元。信号处理器也可对传感器提供激励电压,如象应变片电桥或可变电阻那样的情况。信号处理器还可用来由磁性拾音器的输出造成一等幅矩形波。

压控振荡器

信号经过信号处理器改变成合适的形式和振幅之后,就进入压控振荡器。压控振荡器是电压-频率转换器,其输出频率与电压输入振幅成比例变化。来自信号处理器的数据信号就这样变成频率的变化(调频),其变化值与处理后的数据成正比。

压控振荡器有一个对应于零输入电压的输出频率,被称为中心频率。它提供了两种情况:首先,输入电压可正可负以使频率从中心频率增加或减少。其次,对不同的数据通道可有不同的中心频率,并且可使许多通道的频率混合在一起。

压控振荡器付载波的频率不能重叠。这给合计可变化的中心频率带来了限制。这些频率由Inter-Range Instrumentation Group标准规定,如图2所示。给出的两个系统即比例带宽系统与等值带宽系统。带宽取决于整个可变的中心频率。在比例带宽中,频偏是标准中心频率的某一百分数——通常为7.5%。例如中心频率是400赫,其最大频偏就是±30赫。

数据频率和频偏之间的关系在遥测装置中很重要,常常涉及到调制系数或偏移率。压控振荡器最大的频偏值由数据频率加以区分。调制系数可取为2,但是5是推荐值。在调制系数为5时,比例带宽与等值带宽系统的标称频率变化范围示于图2。等值带宽系统与提供一百分数改变量的比例带宽系统相

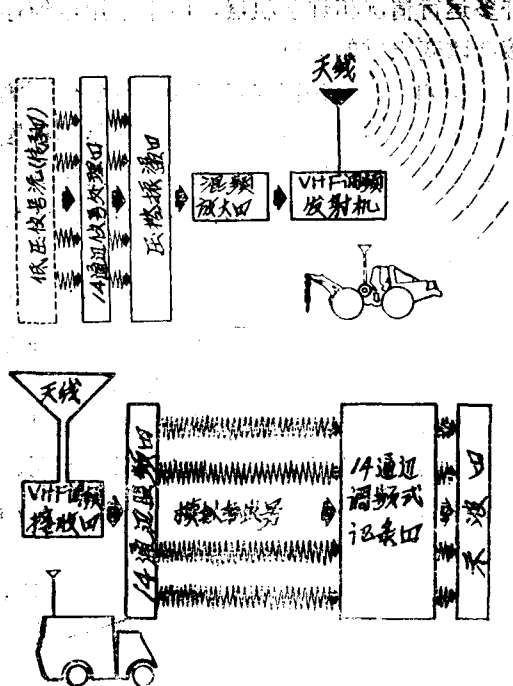


图1 遥测系统构成

比例带宽

通道中心频率 (千赫)	频偏	数据截止频率(赫) (a)调制系数 = 5
0.40	±7.5%	6.0
0.56	"	8.4
0.73	"	11.0
0.96	"	14.0
1.30	"	20.0
1.70	"	25.0
2.30	"	35.0
3.00	"	45.0
3.90	"	59.0
5.40	"	81.0
7.35	"	110.0
10.5	"	160.0
14.5	"	220.0
22.0	"	330.0
30.0	"	450.0
40.0	"	600.0
52.5	"	790.0
70.0	"	1050.0
93.0	"	1395.0
124.0	"	1860.0
165.0	"	2475.0

等值带宽

中心频率 (千赫)	频偏 (± 2 千赫)	数据截止频率(赫) (a) 调制系数 = 5
16	(± 2 千赫)	400
24	"	"
32	"	"
40	"	"
48	"	"
56	"	"
64	"	"
72	"	"
80	"	"
88	"	"
96	"	"
104	"	"
112	"	"
120	"	"
128	"	"
136	"	"
144	"	"
152	"	"
160	"	"
168	"	"
176	"	"

图2 比例带宽与等值带宽系统

反，它不管中心频率多少都给满度信号提供一确定数值的周波改变量。偏移为± 2 千赫的等值带宽系统在调制系数为2时可以接纳1000赫的数据。这就给频率变化范围为1000赫的遥测系统提供更多通道。

信号通过压控振荡器的变化情况概括在图3中。

混频放大器

由于遥测系统很少用于监视一个数据通道，所以必须由许多信号源组合成一个复合信号。这一组合由称为混频放大器的电子电路来完成。它基本上是一个加法器电路，该电路保证了压控振荡器的输出和发射机输入之间所需的协调性。

发射机

混频器的输出馈送至发射机，被发射机改变为射频(载频)。发射机可看成是另一个

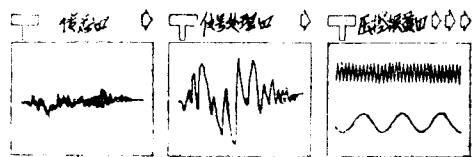


图3 信号通过压控振荡器的变化

压控振荡器。此时中心频率是所用的载波频率。现在限定遥测的频率是216—260兆赫，1435—1535兆赫和2200—2300兆赫。对特殊用途的发射机，射频的频偏是±125千赫。这意味着载波频率正比于混频放大器输出。由于载波频率和最高的中心频率之间的粗略比值为1000，载波频率的变化(调频)可以表

示混频放大器的输出。发射机必须产生足够的功率（一般在2—5瓦之间）以驱动天线，使其以无线电信号的形式从天线发射。

天线

天线是装于运载工具上的遥测系统的最后一个单元，也是最难处理的一项。天线可垂直极化也可水平极化。已发现非定向的水平极化发射天线与定向的水平极化接收天线相结合，在所介绍的特殊工业设备应用中工作得最好。信号可从地面或户外反射，引起载波信号抵消和发射中断。在发射天线和接收天线之间保持视线是非常重要的。用这个遥测系统可以达到三哩的地面视线距离。

信号从压控振荡器到发射机的变化概括在图4中。

接收器

在遥测系统的接收端，调频接收器与接收天线连接。收到的射频频率被放大并馈送给频率-电压转换器（与用于发送部分的压控振荡器相反）这就再现了馈送给发射机的混频输出信号。于是高频载波信号又逆变成原来的复合频率。

鉴频器

必须把由混频放大器组合在一起的表征单独通道的那些频率区别（倍减）出来。这个区分工作由鉴频器来完成。每一台鉴频器经由不让其它频率通过的带通滤波器来接收自己的付载波频率（±适当的频偏）。这样就完成了多路信号的分解，但是原来的信号还

没恢复。

分解后的信号是频率变化的等幅正弦波，它必须使用带有低通滤波器的另一个频率电压转换器改变成模拟信号。此时调频的信号已是一模拟的电压信号，其高频和付载频已被低通滤波器排除。这样得到的信号同它离开安装于运载工具上的信号处理器时的情况一样。信号再现情况如图5所示。

不同于调频的遥测系统

到此为止所介绍的压控振荡器和鉴频器把数据变成频率。这些可由能将数据变为脉冲串的电子线路来代替。在这系统中信号处理器的输出被不断抽样而不是在连续的基础上变成频率。抽样在高速度下进行以能处理适当频率的数据信号。经过抽样之后，信号改变成串行脉冲。数据之值即可用脉冲振幅（脉冲振幅调制），脉冲的持续时间（脉冲宽度调制）也可用二进制代码（脉码调制）表示。

脉码调制

重要的系统似乎是脉码调制，这一探测系统上需要探出脉冲存在与否，因此较少依靠信号振幅或持续时间。脉码调制在所讨论的任何遥测系统传输方法中对电噪声问题敏感度最小。

没有简单的公式可对脉码调制和调频遥测技术进行比较。当调频系统精度为 $\pm 1.5\%$ 时，脉码调制系统的精度通常在 $\pm 1\%$ 以内。在低功耗或有噪音传送时脉码调制较优。由于数据已呈数字形式，脉码调制的输出能用

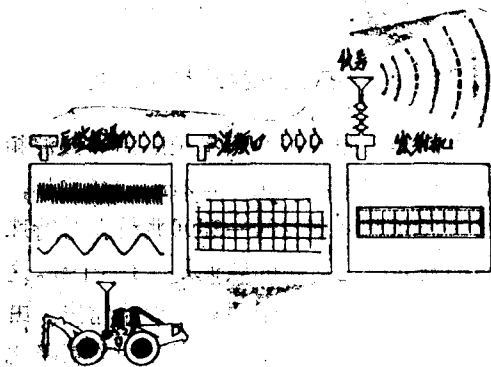


图4 信号从压控振荡器到发射机的变化

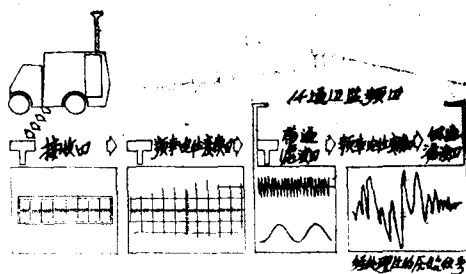


图5 信号的再现

计算机简化而不须作进一步的改变。脉冲信号的分时译码是脉码调制系统的最难和最贵的部分。

每一脉冲或脉冲单元是一个二进位的“1”或“0”。由前述的一串二进制单位和一个标识码，可把表示一个二进制数字的脉冲串一个接一个地发送出去。。每一个二进位代表2的一个幂，而线路如此设计使得信号被划分成不同电平。例如八个二进位码，电平等级划分为最大输入信号的1/256，一般讲这要作适当的分解。必须有必要的线路以对通道进行识别，使译码设备能区分那一个通道与一个特定的字相联系。

抽样率至少为最大数据频率的五倍，以保证足够的精度。因为数据频率取决于通道数，二进制转换率以及采用的载频，所以制造者在数据频率上取值的大小多少有些含糊，但有迹象表明，一千赫的数据频率在14个通道系统中的使用是可能的。

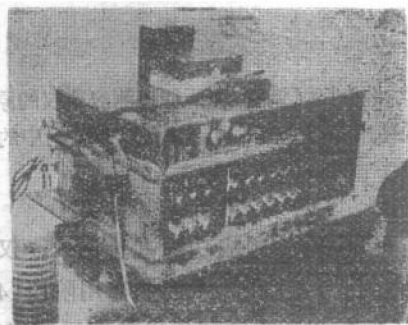


图6 发射装置

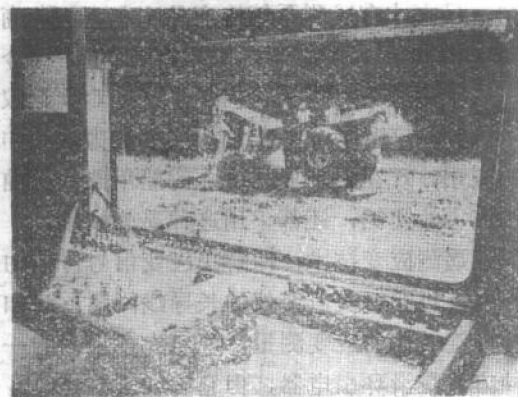


图8 监视示波器

试验数据的简化

目前这些系统中任何一种系统的数据对显示或记录都适用。很多时候而且越来越多采用调频式记录器来记录数据，以使用计算机对数据作最后的简化。然而示波器也被用来及时描述并对数据作检验。随着更完善的测试设备在工业运载工具试验上的普遍应用，发展趋势是广泛使用微型计算机处理数据。这时，为了用计算机处理数据用一模-数转换器将模拟数据数字化。随着脉码调制的出现数据早已是二进制形式，显而易见已可以更加有效地运用计算机来简化大量的数据了。

图6、8、9说明某一比例带宽遥测系统，作者以该系统作为自己经验的根据。此系统用了将近一年。老式的类似系统曾经用了大约五年。

问 题

直接关系到遥测的一个最重要的问题是

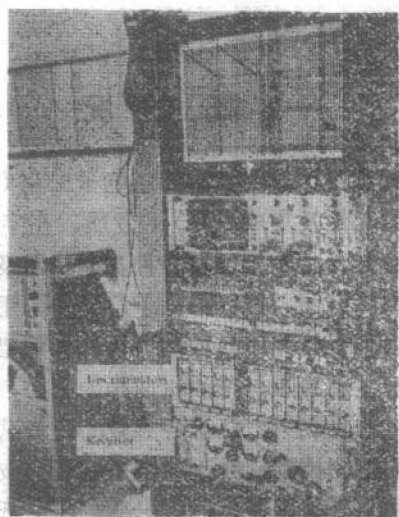


图9 接收装置

(Discriminators—鉴频器, Receiver—接收机)

早已简要叙述过的天线系统问题。发射天线与接收天线之间必须保持视线。载波信号从大部分各种表面的反射,会在接收天线处导致载波信号被抵消。

第二个问题是拖拉机上遥测系统的供电问题。典型的运载工具具有12伏直流电系统。遥测系统需要 ± 15 伏和 $+28$ 伏直流,直流一直流转换器不很可靠,因此需要将电池电压变到110伏交流,然后再变到所要求的直流电压。这就要求在运载工具上安装更多的设备。

电子设备必须造得十分坚固以经受冲击和振动,即使在设备牢固性上作了最大努力,也仍然要求防冲击安装。

(孟广坪译自《Proc. SESA》,1975, vol. 32, №2, 323—328范镜泓、陈芝瑾校)

结 论

遥测装置多年来就已用于收集数据,今后趋势是减少计算机和遥测-数据系统之间的分界线。这种计算机能对电子数据信号提供有意义的解释。遥测系统现已具有足够的灵敏性,技术人员已可把它设计成适用于自己需要的形式。

采用遥测装置从工业运载工具上取得数据,是一种得到承认的和值得向往的技术。它容许在不要求特殊操作的现场运行条件下收集数据和实时监视数据。所介绍的调频系统已得到很好使用。这个系统就是用户购买的第二种系统,大家还期望第三种系统。

介绍一种调幅/调频体制的遥测应变系统

王 宝 琛

〔摘要〕 本文是文献〔1,2,3〕的综合编译文章,比较系统地介绍了调幅/调频型遥测应变仪的原理、特点、各技术指标及其鉴定方法、以及仪器的调整和使用。还介绍了其应用范围及使用中的一些问题。部分段落还结合我国自行研制的y6y-12型调幅/调频遥测应变仪作了介绍。

一、概 况

近年来,遥测技术伴随电子工业(特别是晶体元件及集成电路)的发展,在宇宙飞船的参数、生物生理和各种类型机器及机械的研制等方面,都已得到了广泛的应用。

各种机械尤以各种动力机械(如船舶螺旋桨及主轴扭矩、柴油机曲轴的应力,汽轮机叶片的动应力,汽车各参数的野外试验等等)的遥测技术,远不同于宇航遥测技术,它必须具有使用简单、体积小、成本低等一系列特点,是一种远程无线电遥测技术。在多路频分体制中多以调幅/调频和调频/调频体制为主。尽管遥测技术出现较早,但在40

年代,并没有发现成功的试验记录,仅仅伴随晶体元件的发展,才迈入实用阶段〔4,5〕。文献〔1〕介绍了美国50年代初初期遥测术在大型船舶主轴扭矩测量中的应用。到60年代初,日本才有遥测系统的商品〔2〕,这种商品由Primo公司生产,后来逐步改进,至今一直稳定生产,供销国内外。文献〔3〕记载了该公司产品在大型柴油机曲轴应力试验中的应用,现在日本海事协会的船用柴油机曲轴应力的实测,还都采用这种遥测技术。

遥测应变技术,即解决应变信号传输的问题,也即解决应变仪的长导线问题。诸如各种旋转件的应变测量,现今大多采用的一种方法是滑环引电器,但它有如下缺点〔3〕: 1) 安装部位受限制; 2) 接触部位有很大噪

声; 3) 特别在普通应变电桥电路测量中, 应变仪的外加电压和电桥电压要通过滑环输入和输出, 这对于非常弱的(微伏级)电信号的传输, 不可能取得大的信-噪比, 因而使测量精度下降。而在汽车、农机等野外测量中它又理想的解决了长导线甚至原本不可能测量的项目。

由于主载频采用调频体制, 这使外部干扰降至最小。随着晶体元件及集成电路的发展, 其发射系统的微型化, 几乎完全消除了安装部位的限制, 发射器可以方便的装到运动或旋转体上, 并有一定的耐震力或抗离心力。在仪器的设计中并考虑到一定的防磁、防电火花干扰。这些优点使它得到广泛的应用。该遥测应变仪广泛用于各种动力机械, 如汽车的破坏性试验、船舶螺旋桨和轴的扭矩、建筑机械运动件的扭矩、应力、应变及载荷, 机加工工具的扭矩及载荷等等。如换用不同的传感器可以进行温度、速度、加速度、位移及其它电压变化量的测量。

当然, 无线电遥测技术也有一些缺点和局限性, 如它使用的是晶体元件等, 这就带来了使用温度范围的限制, 耐离心力及抗振性的限制, 同时, 由于电桥调平系统置于运动件上, 给工作带来一定的困难, 这些放在下面分别论叙。

Primo 公司生产的 ST-410, ST-412,

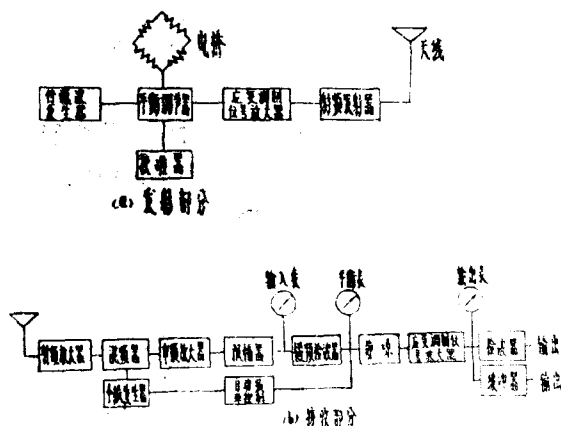


图1 调频型遥测仪方块图

FMR-7701及FMR-7702型遥测应变仪除了用于各种机件的应变、温度及电压测量外, 更适合于各种轴的扭矩测量。

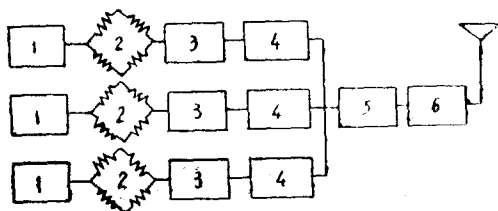
二、基本原理

该遥测应变仪系由发送部分和接收部分组成。发送部分同传感器一起固定在运动(或旋转)物体上。图1是其原理方块图。

在发送部分中, 由付载波发生器产生的2-4千周的低频信号经一次放大输入到应变电桥中作为桥源, 其输出的调幅波与应变信号成正比, 经低频放大器放大后解调主载波, 主载频为40兆周左右, 该射频调频信号经天线发射。接收部分经天线收到发射机的调频波、经限幅、检波和低放以后, 输入到记录器进行记录。这里要进行主、付载波的检波、还原, 才能得到原应变信号。

上面是为了方便起见以单路系统说明问题。在多路系统中, 如Primo公司生产的是三通道遥测应变仪。一个发射器可以同时发送三路应变信号。而在接收部分, 则把主载波检波后的信号通过只能通过本通道载频的滤波器加以选别, 再分别放大整流记录。其特点是一个发射器可以发射几个点的应变信号。这种主载频及付载频的参数详见表1。原理方块图示于图2。

在发送器部分, 付载波振荡器有三种频率: 2300赫, 3000赫, 3900赫, 三种频率的电压信号经放大后分别为三点测量点桥路的桥压。该桥路即是交流电桥, 其平衡调节原理与一般载波应变仪相同, 通过电位器调节实现阻、容平衡, 如图3。付载频的选取要排除通道间的倍频, 又要一定带宽。在调幅的应变信号调制发射器以前, 须经低频放大以达到调制电平, 但当应变信号过大时, 如果仍由同一放大器放大则将超过调制电平, 因此在此前置放大器中有10:1的衰减器以适应不同的测量范围。在发射器中采用了倍频电



(a) 发射部分

- 1 付载波发生器
- 2 应变片
- 3 平衡调压器
- 4 前置放大器
- 5 中频放大器
- 6 高频发射器

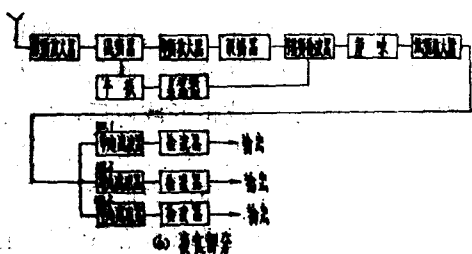


图2 三通道调幅/调频型遥测仪原理方块图

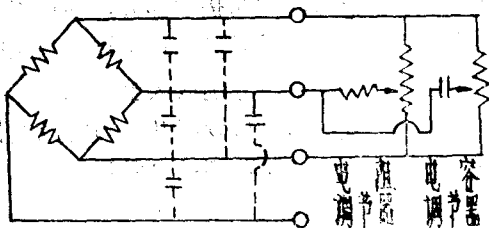


图3 桥路阻容平衡原理

路以隔离外界的干扰,中心频率 $f_0 = 20.34$ 兆赫经与应变信号大小成正比的调频后倍频到40.68兆赫,该射频信号经天线发射。

在接收部分由天线将调频射频放大,然后同36.38兆赫的本振信号混频,得出4.3兆赫的中频信号。该中频具有200千周的带宽经中频放大器放大。为了防止由于发射器与被测物体运动过程中引起的信号强度的变化,为了防止由邻近电的磁感应和电火花引起的调幅现象,经放大的中频须进行限幅处理。见图4。

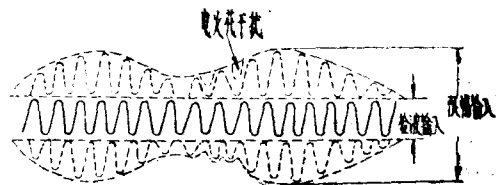


图4 限幅器限幅原理示意图

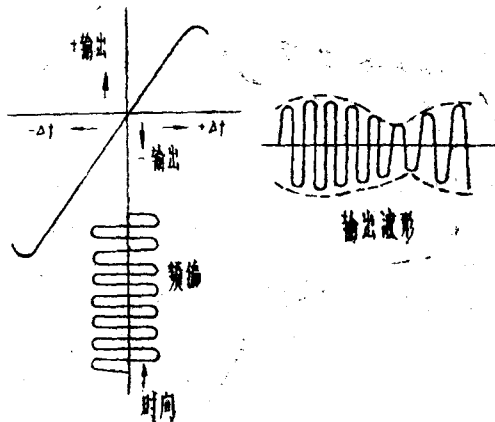


图5 鉴频器原理图

鉴频器的作用是将调频信号还原成调幅信号,主要技术要求是,要保证良好的线性。本仪器设计中,其线性范围为100千周,线性误差为3%,其鉴频原理如图5。在接收系统中加进频率自动控制线路,目的是为了长时间维持一恒定的中频(4.3兆赫)。中心频率40.68兆赫由于发射器受到环境温度和电池电压变化的影响而摆动,这个摆动必须自动补偿才能保证良好的接收和工作。主要借助于鉴频的反馈作用来补偿本振使输出一恒定中频(4.3兆赫)。其补偿范围大约为150千周。

仪器在调谐过程中,射频干扰会影响调谐的正常进行。在调谐时为了仅使强度比干扰信号大的有用信号进入调谐指示器,而在未收到发射器信号前使输出指示为零,特设计了静噪电路。

原信号的调幅信号经检波、放大后,送入各通道的带通滤波器。信号在带通滤波器中被衰减,故须经放大后再行调幅解调并经低频放大后进行记录。这里困难在于如何区分

表1 主要型号产品的技术指标

型 号	ST-410	ST-412	FMR-7701	FMR-7702
发-收频率	40.68兆周	40.68兆周	40.68兆周	①40.68兆周 ②42.89兆周 ③44.87兆周 ④47.27兆周
通 道 数	1—3	1—3	1—3	1—3
测 应 变	0—(±50—±5000×10 ⁻⁶)+档	0—(±50—±5000×10 ⁻⁶)+档	50—500×10 ⁻⁶	50—5000×10 ⁻⁶ , 5档
温 度	0—200℃	0—200℃	0—200℃	0—200℃
电 压	0—(0.1—1.6伏)5档	0—(0.1—1.0伏)5档	0—(0.1—1.0伏)	0—(0.1—1.0伏)
无线电通调距离	1米	200米	100米	1微伏/米 发射功率7毫瓦
付载波频率	① 2300 赫 ② 3000 赫 ③ 3900 赫 直流±5毫安(16Ω) 或1伏直流(600Ω)	同 前	同 前	同 前
输 出			直流±5毫安	直流±5毫安
频 响	0—100C/S(小于1%)		0—100C/S	0—100C/S(1%)
发射器使用温度	0—60℃ 漂移小于10%		0—60℃	0—60℃
物理强度	离心力 500g.	抗冲击力 10g.	耐离心力 300g. 抗冲击力 7g.	耐离心力 500g. 抗冲击力 10g.
电 源	交流 100伏 50—60∞	交流 100伏 50—60∞	交流 100伏 50—60∞	交流 100伏 50—60∞

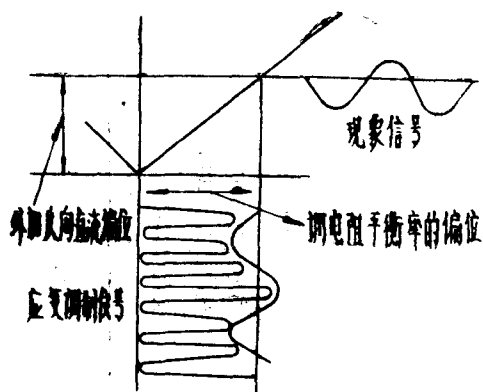


图6 应变信号还原及标定原理图

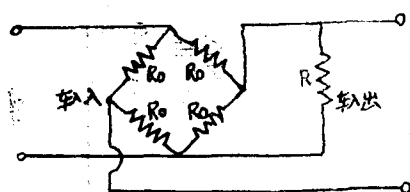


图8

应变信号的正、负。我们都知道，在一般的调制载波放大应变仪中都有参考电压，通过相敏检波器就可区分应变的正、负号，但这势必使发射器复杂而庞大。为了简化系统，在电桥予调平衡后，由发射器电阻平衡调节的电位器予调一初始不平衡的应变值（其值应大于测试的最大值），并且由标定器协助调向正应变方向，如图6设其值为 $+A\mu\epsilon$ ，如工作应变是 $+a\mu\epsilon$ ，则应为 $+(a+A)\mu\epsilon$ ，当工作应变为 $-b\mu\epsilon$ 时，发射器的输出值为 $(-b+A)\mu\epsilon$ ，在接收机中给一反向电压 $-A\mu\epsilon$ 的量，亦即以“ A ”为零线，则正应变在上，负应变向下，这样，正、负就可区分和记录了。

测量应变值的定标是对电桥-臂并联一高阻值精密电阻，在这种情况下，其方程由下式表示。

$$R = \frac{R_0}{K\epsilon} - R_0$$

式中 R ——标定的电阻值； R_0 ——电桥-臂阻值（ 120Ω ）； K ——灵敏系数（通常 $K=2.1$ ）； ϵ ——应变值。标定器中装入一个放

大器和一个指示器以指示平衡状态（图8）。

三、简单技术指标及鉴定方法

从使用者及研制者的角度出发，需要掌握仪器的主要性能、指标及鉴定方法。表1中列出了ST-410、ST-412、FMR-7701、及FMR-7702型遥测仪的主要技术指标。其中FMR-7702型为该厂70年代初期新产品。

遥测应变仪不同于一般应变仪，除了测量范围、频响、线性等几项指标外，因为发射器同物体一起运动，所以提出了它允许工作的环境和物理条件。分叙如下：

(1) 发射机耐离心力特性

因为发射机同被测物体一起运动，所以设计中必须考虑到它的抗振性和耐离心力。发射机的每一部分都用塑料固封，而且经固封的电路与外部机座间嵌入缓冲垫，以减轻物体振动引起的噪音。本仪器在200g的离心力作用下，其电平变化大约为 10×10^{-6} ，该发射器可用到离心力为500g的场合，为了便于使用者，表2列出了转轴直径，转速和离心力三者间的关系。本发射机安装在直径为

表2 离心力、转速、直径关系

轴的直径	加速度 200g	加速度 500g
50	2000 转/分	3300 转/分
100	1700 "	2800 "
200	1300 "	2000 "
300	1000 "	1700 "
500	840 "	1300 "
700	730 "	1100 "

$\phi 200$ 的轴上，在2200转/分的情况下进行连续1小时的检验考核。一般，电桥应变的变化维持在 5×10^{-6} 以下。如果已知心轴直径和轴的转速，加速度可由表3用直线连接其两点而获得。就是说，加速度的值是在直线和图中加速度垂线二者的交点。图8和图9示出了振动特性和转速特性。

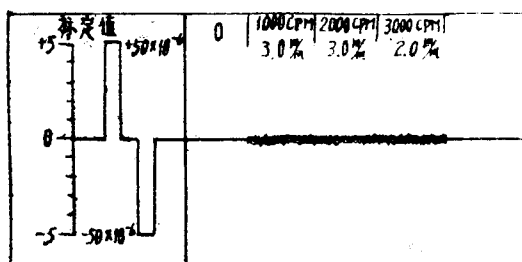


图8 发射器振动特性

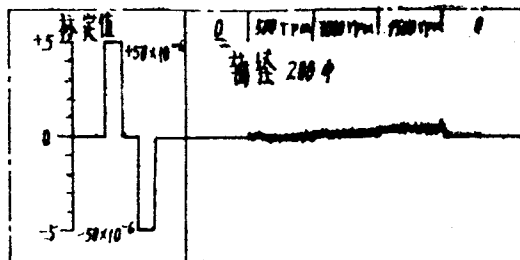


图9 发射器转速特性

表3 轴径、离心力速度和加速度的关系

轴径 mm	离心力速度 G	转速(转/分) N TPM
10	1	700
20	2	800
30	3	900
40	4	1000
50	5	1100
60	6	1200
70	7	1300
80	8	1400
90	9	1500
100	10	1600
120	12	1800
140	14	2000
160	16	2200
180	18	2400
200	20	2600
220	22	2800
240	24	3000
260	26	3200
280	28	3400
300	30	3600
320	32	3800
340	34	4000
360	36	4200
380	38	4400
400	40	4600
420	42	4800
440	44	5000
460	46	5200
480	48	5400
500	50	5600
520	52	5800
540	54	6000
560	56	6200
580	58	6400
600	60	6600
620	62	6800
640	64	7000
660	66	7200
680	68	7400
700	70	7600
720	72	7800
740	74	8000
760	76	8200
780	78	8400
800	80	8600
820	82	8800
840	84	9000
860	86	9200
880	88	9400
900	90	9600
920	92	9800
940	94	10000
960	96	10200
980	98	10400
1000	100	10600
1020	102	10800
1040	104	11000
1060	106	11200
1080	108	11400
1100	110	11600
1120	112	11800
1140	114	12000
1160	116	12200
1180	118	12400
1200	120	12600
1220	122	12800
1240	124	13000
1260	126	13200
1280	128	13400
1300	130	13600
1320	132	13800
1340	134	14000
1360	136	14200
1380	138	14400
1400	140	14600
1420	142	14800
1440	144	15000
1460	146	15200
1480	148	15400
1500	150	15600
1520	152	15800
1540	154	16000
1560	156	16200
1580	158	16400
1600	160	16600
1620	162	16800
1640	164	17000
1660	166	17200
1680	168	17400
1700	170	17600
1720	172	17800
1740	174	18000
1760	176	18200
1780	178	18400
1800	180	18600
1820	182	18800
1840	184	19000
1860	186	19200
1880	188	19400
1900	190	19600
1920	192	19800
1940	194	20000
1960	196	20200
1980	198	20400
2000	200	20600
2020	202	20800
2040	204	21000
2060	206	21200
2080	208	21400
2100	210	21600
2120	212	21800
2140	214	22000
2160	216	22200
2180	218	22400
2200	220	22600
2220	222	22800
2240	224	23000
2260	226	23200
2280	228	23400
2300	230	23600
2320	232	23800
2340	234	24000
2360	236	24200
2380	238	24400
2400	240	24600
2420	242	24800
2440	244	25000
2460	246	25200
2480	248	25400
2500	250	25600
2520	252	25800
2540	254	26000
2560	256	26200
2580	258	26400
2600	260	26600
2620	262	26800
2640	264	27000
2660	266	27200
2680	268	27400
2700	270	27600
2720	272	27800
2740	274	28000
2760	276	28200
2780	278	28400
2800	280	28600
2820	282	28800
2840	284	29000
2860	286	29200
2880	288	29400
2900	290	29600
2920	292	29800
2940	294	30000
2960	296	30200
2980	298	30400
3000	300	30600
3020	302	30800
3040	304	31000
3060	306	31200
3080	308	31400
3100	310	31600
3120	312	31800
3140	314	32000
3160	316	32200
3180	318	32400
3200	320	32600
3220	322	32800
3240	324	33000
3260	326	33200
3280	328	33400
3300	330	33600
3320	332	33800
3340	334	34000
3360	336	34200
3380	338	34400
3400	340	34600
3420	342	34800
3440	344	35000
3460	346	35200
3480	348	35400
3500	350	35600
3520	352	35800
3540	354	36000
3560	356	36200
3580	358	36400
3600	360	36600
3620	362	36800
3640	364	37000
3660	366	37200
3680	368	37400
3700	370	37600
3720	372	37800
3740	374	38000
3760	376	38200
3780	378	38400
3800	380	38600
3820	382	38800
3840	384	39000
3860	386	39200
3880	388	39400
3900	390	39600
3920	392	39800
3940	394	40000
3960	396	40200
3980	398	40400
4000	400	40600
4020	402	40800
4040	404	41000
4060	406	41200
4080	408	41400
4100	410	41600
4120	412	41800
4140	414	42000
4160	416	42200
4180	418	42400
4200	420	42600
4220	422	42800
4240	424	43000
4260	426	43200
4280	428	43400
4300	430	43600
4320	432	43800
4340	434	44000
4360	436	44200
4380	438	44400
4400	440	44600
4420	442	44800
4440	444	45000
4460	446	45200
4480	448	45400
4500	450	45600
4520	452	45800
4540	454	46000
4560	456	46200
4580	458	46400
4600	460	46600
4620	462	46800
4640	464	47000
4660	466	47200
4680	468	47400
4700	470	47600
4720	472	47800
4740	474	48000
4760	476	48200
4780	478	48400
4800	480	48600
4820	482	48800
4840	484	49000
4860	486	49200
4880	488	49400
4900	490	49600
4920	492	49800
4940	494	50000
4960	496	50200
4980	498	50400
5000	500	50600
5020	502	50800
5040	504	51000
5060	506	51200
5080	508	51400
5100	510	51600
5120	512	51800
5140	514	52000
5160	516	52200
5180	518	52400
5200	520	52600
5220	522	52800
5240	524	53000
5260	526	53200
5280	528	53400
5300	530	53600
5320	532	53800
5340	534	54000
5360	536	54200
5380	538	54400
5400	540	54600
5420	542	54800
5440	544	55000
5460	546	55200
5480	548	55400
5500	550	55600
5520	552	55800
5540	554	56000
5560	556	56200
5580	558	56400
5600	560	56600
5620	562	56800
5640	564	57000
5660	566	57200
5680	568	57400
5700	570	57600
5720	572	57800
5740	574	58000
5760	576	58200
5780	578	58400
5800	580	58600
5820	582	58800
5840	584	59000
5860	586	59200
5880	588	59400
5900	590	59600
5920	592	59800
5940	594	60000
5960	596	60200
5980	598	60400
6000	600	60600
6020	602	60800
6040	604	61000
6060	606	61200
6080	608	61400
6100	610	61600
6120	612	61800
6140	614	62000
6160	616	62200
6180	618	62400
6200	620	62600
6220	622	62800
6240	624	63000
6260	626	63200
6280	628	63400
6300	630	63600
6320	632	63800
6340	634	64000
6360	636	64200
6380	638	64400
6400	640	64600
6420	642	64800
6440	644	65000
6460	646	65200
6480	648	65400
6500	650	65600
6520	652	65800
6540	654	66000
6560	656	66200
6580	658	66400
6600	660	66600
6620	662	66800
6640	664	67000
6660	666	67200
6680	668	67400
6700	670	67600
6720	672	67800
6740	674	68000
6760	676	68200
6780	678	68400
6800	680	68600
6820	682	68800
6840	684	69000
6860	686	69200
6880	688	69400
6900	690	69600
6920	692	69800
6940	694	70000
6960	696	70200
6980	698	70400
7000	700	70600
7020	702	70800
7040	704	71000
7060	706	71200
7080	708	71400
7100	710	71600
7120	712	71800
7140	714	72000
7160	716	72200
7180	718	72400
7200	720	72600
7220	722	72800
7240	724	73000
7260	726	73200
7280	728	73400
7300	730	73600
7320	732	73800
7340	734	74000
7360	736	74200
7380	738	74400
7400	740	74600
7420	742	74800
7440	744	75000
7460	746	75200
7480	748	75400
7500	750	75600
7520	752	75800
7540	754	76000
7560	756	76200
7580	758	76400
7600	760	76600
7620	762	76800
7640	764	77000
7660	766	77200

(2) 线性

在3%以内，其试验方法如图10所示。试验应变标准梁由千分表测出其挠度，应变片感受的信号由发射器发射，并经接收机检波器检波后由一直流电表读出。

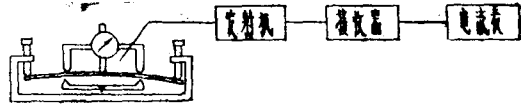


图10 应变线性试验方法原理图

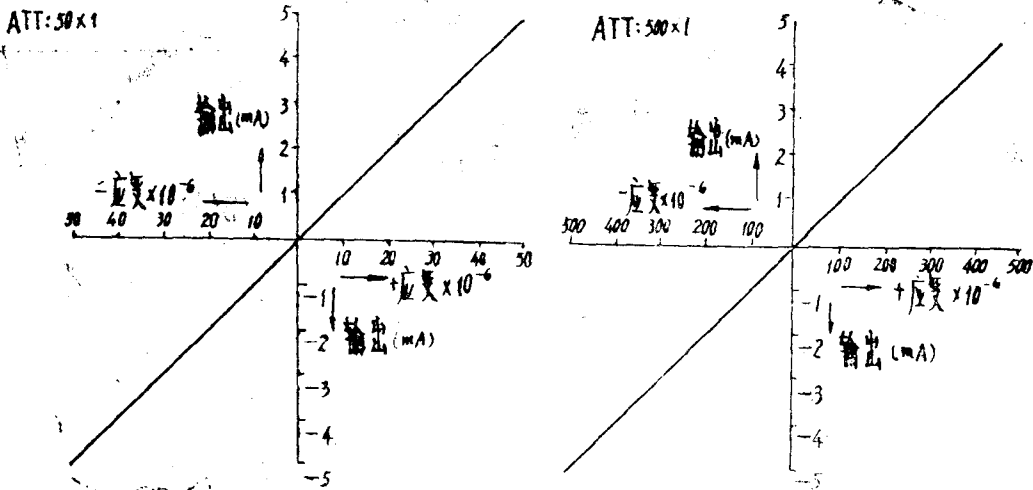


图11 线性标定线

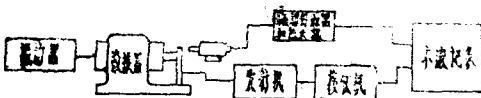


图12 频响标定原理图

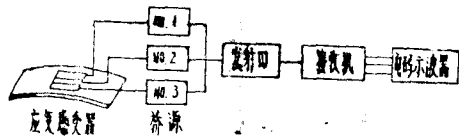


图14 交叉串音试验示意图

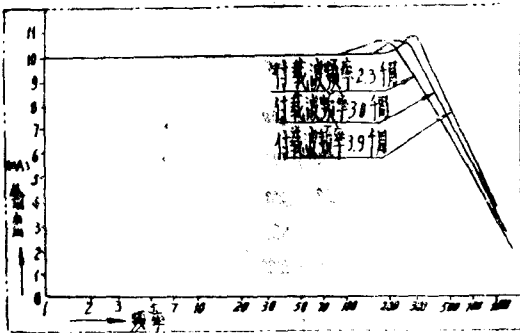


图13 频响特性曲线

(3) 频率响应特性曲线 (0—100赫，偏差在±1%以内)

由一激振器产生振动，激振器使一贴有应变片的板产生振动，遥测应变仪感受的信号同一振动加速度计的信号一起输入到同步

示波器，由此检核其频响特性，见图12和图13。

(4) 交叉串音 (3%以内)

三个通道采用不同的付载波频率，每一付载波频带中有交叉干扰，以相同的应变值同时送入各通道发射机中，其线性和干扰噪声在它们的输出端观察，参见图14和图15。

(5) 无线电波特性

当有一54dB的外电波干扰时其输出变化在3%以内。50千周的调频信号输出衰减100dB—54dB，然后测量接收机的输出。见图16。

(6) 温度特性

每1℃漂移在1%以内，在恒温箱中，在

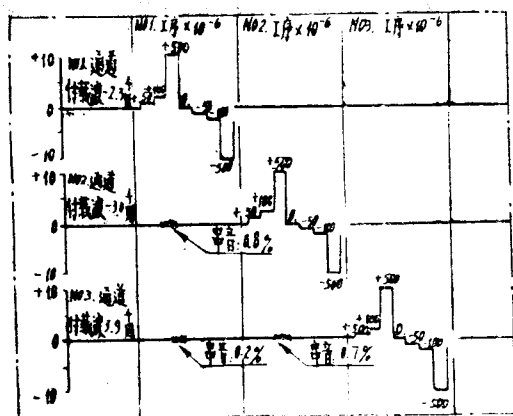


图15 交叉串音试验曲线

一固定的电平 500×10^{-6} 情况下,在 25° — 30° — 50° — 40° — 30° — 20° — 10° — 0° — -10° — -20° — -25° 温度时各保持10分钟,并测量其各自的输出,然后求出测后曲线的平均值。

(7) 老化特性

老化特性应有的漂移应在2%/小时以内。当使用电池时连续使用时间大约为8小时(使用KM6pb水银电池)。

四、仪器的使用和调整

为了方便和顺利地使用该体制仪器,现

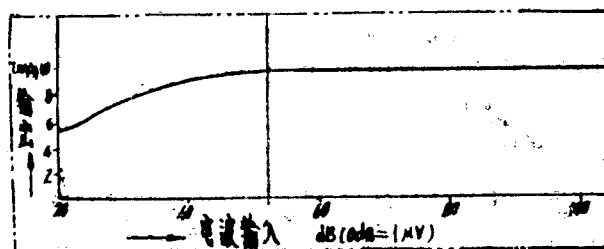


图16 电波特性

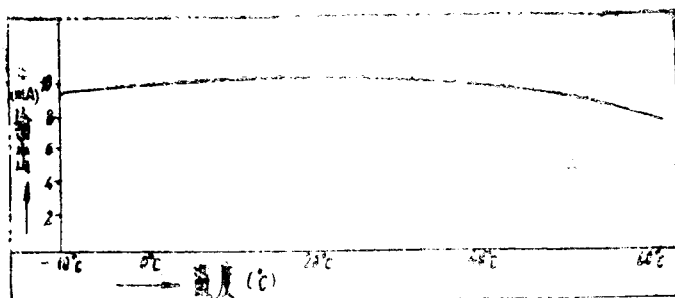


图17 温度特性曲线

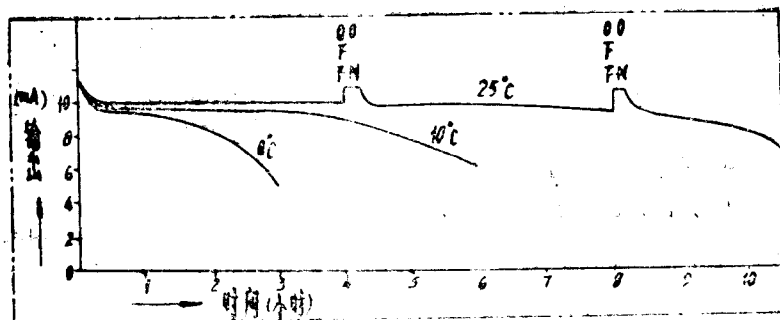


图18 老化特性曲线

将一些预备性知识,例如环境条件、仪器组成及各旋钮的功用等叙述如下:

这里以FMR-7701型遥测仪为例加以叙述,因为它主要用于测量轴的扭矩,在说明书中介绍了发射器固定在轴上的方法,如图19,其中包括数据。当物体直径小于表中直径时,可以添加一附件,与发射机一起固定在轴上,固定发射机的最小宽度为90毫米。发射机的工作温度为0—50℃.,可以经受-20°—+60℃.的温度环境。当运动件表面的温度不大于70℃时仍可使用。如果转轴温度上升到100℃时,应在轴和发射机之间加放热阻材料(例如石棉)隔离。如果有高温物体直接向发射机辐射热量,则应在它们之间加一屏幕或热反射板。在发射机附近如果由于引擎、电机或各类开关引起电火花干扰时,则必须改善发射天线和接收天线的效能,减

少二者之间的距离,力求增加无线电发射信号电平以期通过限幅来减弱噪声电平。同时桥路的引线尽可能地短,并使用屏蔽线以防止感应噪声。

在遥测中发射机的电源也是必须解决的问题。如果采用KM6pb7.8V水银电池,则一台发射机可连续使用8小时。如多点测量或需长时间测量,那么电池的数量可适当增加。如果被测物体是固定不动件(为了远距测量)而且有充足的空间,则可采用电源装置或大型贮电瓶。对于长时间测量,可用太阳能电源(光电池)。为了节省电能可以用光电开关。在文献[1]中就采用了光电开关。近年来大家采用交流感应供电,也是行之有效的方法。

下面介绍仪器的结构和操作程序:

(1) 仪器结构说明

发射部分包括:(1)电阻平衡调节器,与精螺旋欧姆电位计。(2)电容平衡。测量时,阻、容平衡皆应调到最小值,并用橡胶压封。(3)标定插座,在测量物体运动之前,插入标定器的插头先行定标。(4)桥源振荡器接线柱,它专供连接应变片桥路。

(5)连接接线柱,它将发射器的三个部件(桥源、电池盒,发射机)连接起来,E为接地线柱、B为电源线柱、L为信号线柱。

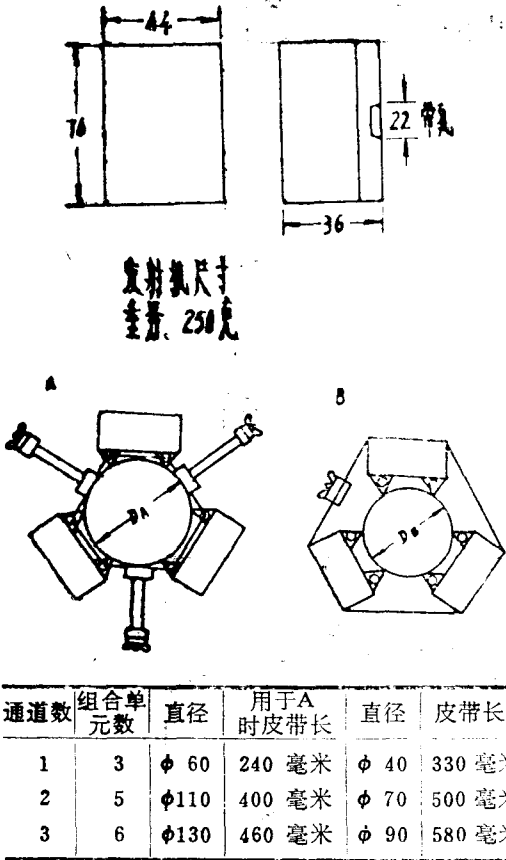


图19 射发器固装情况

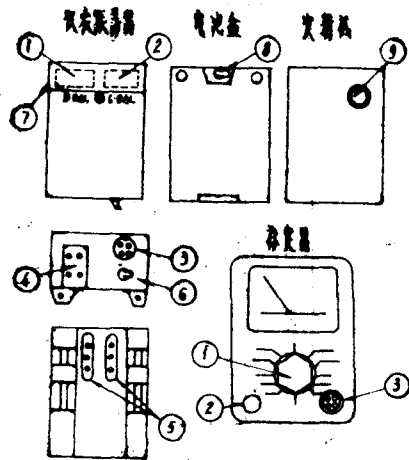


图20 发射器示意图