

DME

测 距 设 备

王世有 徐佩安 编

民航中南管理局航管中心
民航广州中等专业学校

前 言

测距设备是国际民航组织规定的距离测量系统,在世界各地得到了广泛的应用。

本书主要介绍意大利生产的 FSD-10、15 型测距设备的工作原理、技术指标、电路组成、安装和调试。该设备技术先进、导航精度高,具有完善的监控告警和交换系统。

该书内容主要包括:概述、FSD-10、15 整机简介、接收机、发射机、电源器、监控器、测试单元、控制单元、编码盘和初装总调。

本书经南京航空航天大学的戴明楨和王金根副教授审阅,他们提出了许多宝贵意见,在此表示深切的谢意。

本书可作为中等专业学校导航专业教材,也可供高等院校导航专业师生和从事导航工作的工程技术人员学习参考。由于编者水平有限,时间仓促,内容不尽完善,敬请读者批评指正。

编 者

1993 年 7 月

目 录

第一章 概述

§ 1—1 引言	(1)
§ 1—2 距离测量原理	(3)
§ 1—3 DME 系统的组成	(9)
§ 1—4 DME 设备几个重要概念及参数	(11)
§ 1—5 工作模式、工作波道	(15)
§ 1—6 地面应答处理能力	(17)
§ 1—7 地面信标的识别信号	(17)
§ 1—8 机上询问器的应答百分数	(19)

第二章 FSD—15、FSD—10 整机简述

§ 2—1 FSD—15、FSD—10 的组成	(21)
§ 2—2 整机流程	(21)

第三章 接收机

§ 3—1 前置预选器(RA)	(25)
§ 3—2 对数放大器(RB)	(28)
§ 3—3 解码及主用延时组件(RC)	(34)
§ 3—4 充添及识别优先电路(RD)	(38)
§ 3—5 编码整形器(RE)	(44)

第四章 发射机

§ 4—1 频率合成器(FS)	(48)
§ 4—2 KA 10Wp 宽带放大器(KA)	(51)
§ 4—3 末级功率放大器(KB)	(51)
§ 4—4 八路功率放大器(KW)	(53)
§ 4—5 功率合成、分配器(KI)	(53)

第五章 电源器

§ 5—1 电源分布	(54)
§ 5—2 220V. AC/24V. DC 转换器(PB)	(54)
§ 5—3 DC/DC 转换器	(55)

第六章 监控器

§ 6—1 监控器总述	(57)
§ 6—2 射频询问器(MI)	(59)
§ 6—3 视频询问器(ML)	(60)

§ 6—4	视频信号处理器(MA)	(64)
§ 6—5	告警记忆单元(MB)	(68)
第七章	控制单元	
§ 7—1	总述	(72)
§ 7—2	工作原理	(73)
第八章	机内测试组件	
§ 8—1	测试组件的组成	(77)
§ 8—2	工作原理	(77)
第九章	识别信号产生器(编码盘)	
§ 9—1	总述	(83)
§ 9—2	工作原理	(83)
第十章	整机调试与测量	
§ 10—1	初调	(86)
§ 10—2	调整	(90)
附录一	ICAO 对 DME 设备的要求	(94)
附录二	FSD—10、FSD—15 的技术特性	(102)
附录三	DME—DVOR、IIS 波道对照表	(114)
附录四	几种集成电路索引	(117)

第一章 概 述

本章简要讨论了现有的距离导航设备,详尽地介绍了 DME 的导航原理、主要概念和参数的定义,说明了 DME 系统的组成、距离测量原理,并对 DME 所要解决的多路径干扰等问题作了说明。

§ 1—1 引 言

无线电导航,是借助于运动体上的电子设备,接收和处理无线电波来获得导航信息,从而引导飞机安全、有效地从一地飞行到另一地的过程。在现代航空中,基本的、核心的导航手段就是无线电导航,用无线电的方法测量距离是无线电导航的基本任务之一。在飞机无线电导航实践中,测距无线电导航设备和系统,同测向一样得到广泛应用。就其定位而言,大致有方位角导航(测向)和距离导航(测距),DME 属于距离导航。

一、距离导航

距离导航就是给飞机提供相对的距离信息,它在航空无线电导航中的作用可归结为:

1. 测高

将地面作为无线电波的反射体,利用无线电设备可测得飞机到地面的真实高度。

2. 等待飞行

有时飞机着陆之前,需在机场周围沿圆周飞行等待,利用测距设备不断测出飞机到机场导航台的距离。

3. 着陆

飞机进场着陆时,不断测量飞机到跑道端的距离。

4. 定位

利用测得飞机到地面两个导航台的距离或利用测得至一个导航台的距离和方位,确定飞机位置。

无线电导航测距按其原理分为三种:脉冲测距(即时间测距),相位测距,频率测距。按其工作方式分为:带有独立定时器的测距,不带独立定时器的测距——无源反射式和询问应答式测距。

所谓脉冲测距导航系统,就是通过测量发射脉冲与接收脉冲之间的时间间隔,来达到测量距离的目的。因为测量的电参量是时间,所以又叫时间测距导航系统。这种导航系统主要采用不带独立定时器的无源反射式和询问应答式工作方式,如一次雷达、二次雷达、测距器等。

相位测距导航系统是通过测量发射信号和接收信号之间的相位差来获得距离信息的。这种导航系统主要采用带独立定时器的测距工作方式,而且在低频和甚低频导航系统中用得较多,如罗兰 C 和奥米加导航系统,它们是相位导航系统,除了主要用来进行距离

差测量外,近来也考虑用来进行距离测量。

频率测距导航系统是通过测量发射信号和接收信号之间的频率差来获得距离信息的。这种导航系统主要采用不带独立定时器的无源反射式工作方式,如调频小高度表。

二、DME(DISTANCE MEASURING EQUIPMENT)

DME 是国际民航组织认可的标准测距导航设备,并在国际范围内得到了广泛的应用。

DME 是一种脉冲应答式测距系统,系统包括安装在飞机上的询问器和地面的应答机,在 962~1213MHz 间的范围内,以 1MHz 的波道间隔准确地工作。

电磁波在空中以每秒约三十万公里的速度传播,如果我们知道了飞机到地面任一指定点的传播时间,依据公式 $S = V \times T$ (式中 S 为斜距, V 为电磁波传播速度, T 为传播时间),我们便可得出该飞机至地面指定点的距离。

DME 测距系统正常工作时,由机载询问器按不同脉冲对间隔发送一串串脉冲,地面应答机在接收到这些脉冲后,加以鉴别解码,并在另外一个频率上重新编码发射。机载询问器在接收到这些重新编码的脉冲串后,与其发射的脉冲延时同步门相比较,得出这一过程的持续时间,排除地面设备的固定延时,得出电磁波由发射端至接收端的单程传播时间,进而得出距离信息,并在机载询问器上显示。

今天的 DME 主要应用在航路上及机场着陆区域。在航路上,DME 地面设备可与 VOR(常规全向信标或多卜勒全向信标)联机使用,以完成准确的定位导航;在机场着陆区域,DME 地面设备可与 ILS(仪表着陆系统)或 VOR 联机使用,以完成准确的进近导航。

由于进近着陆区域 DME 的使用,使得飞机在着陆过程中,能得到连续的距离指示(距离指示从并以 0.5 海里的间隔跳变),其优越性远远地超过了类似于指点信标机的间接的、离散的距离“指示”性能,从而改进了着陆程序,提高了着陆、飞行的自动化程度、准确度和安全性,并降低了飞机驾驶员的工作量。

在小型机场,DME 也可以独立地作为距离~距离设备,提供大角度起降,作为垂直起降的辅助。

随着民用航空事业的发展,对航路导航、进近导航的精度提出了越来越高的要求,未来的 DME—P 设备,由于缩短了脉冲上升时间,提前了门限触发电平,从而大大地缩小了测量误差,提高了测量精度。在微波着陆设备推广应用时,DME—P 设备将得到广泛的采用。

到目前为止,我国所装的 DME 大致有美国生产的 596B 型,它集成程度较低。法国产生的 DME721,意大利生产的 FSD—15、FSD—10,澳大利亚生产的 AWA—50,它们基本相近,没有多大区别。FSD—45 是 FSD—15、FSD—10 改进型,装有电脑,便于设备的调整和参数的测量。

三、与普通雷达测距相比

除了询问应答方式区别于无源反射方式外,还有以下几点:

1) 因为 DME 系统地空链的两端都用无方向性天线,而不象普通雷达测距那样采用锐波束天线,因此多路径干扰是不可避免的。多路径“折线”信号显然要滞后于直线传播的

直达信号。机上设备要测的应该是询问和应答直达信号之间的时间延迟。

2) 普通雷达测距方式是一个发射脉冲对应于一个(单个目标)或多个(多目标)反射回波脉冲,如果有多个反射回波脉冲的话,它们也都是与发射脉冲同步而且又在时间上可分的(同一方向上目标之间距离大于最小分辨力),因而测距是不存在特殊问题的,只是有距离模糊现象。但 DME 系统的地面应答器,应该能同时应答在某一距离范围内的、处于该信标波道上的许多架飞机的询问,而每一架飞机收到的,将是地面信标对所有询问飞机应答的总和。这就要产生一个很明显的问题,即每一架飞机如何能在这个“总和”中,识别出它自己的应答信号?

3) DME 地面信标的应答是有限的,不可能对无数架飞机的询问都能给以应答。那么,如果询问的飞机过多,超过了地面信标的应答能力,怎么选择自己的应答对象呢?

§ 1—2 距离测量原理

一、原理

由机载发射机产生一系列询问脉冲编码对,以随机的重复频率间隔的形式发射,并同时产生这些脉冲对的同步门,送至机载接收机视频处理电路。这些发射的脉冲编码对被地面应答机接收后解码,经接收机认可后重新编码,并以同样的脉冲形式,固定延时 50 微秒后,在与机载发射频率相差 63MHz 的应答频率上发射出去。

机载接收机接收地面应答机发射的应答脉冲,这些脉冲也包括对其它飞机的应答脉冲。机载接收机通过自己的延时同步门脉冲,将那些是针对自己应答脉冲的选出来进行处理,只有不断地接收到自己的应答脉冲,才能使机载接收机锁定于跟踪状态。

机载接收机对询问脉冲重复频率间隔的随机分布,是飞机区别对自己的应答脉冲和对其它飞机的应答脉冲的关键,其随机分布见图 1—2—1:

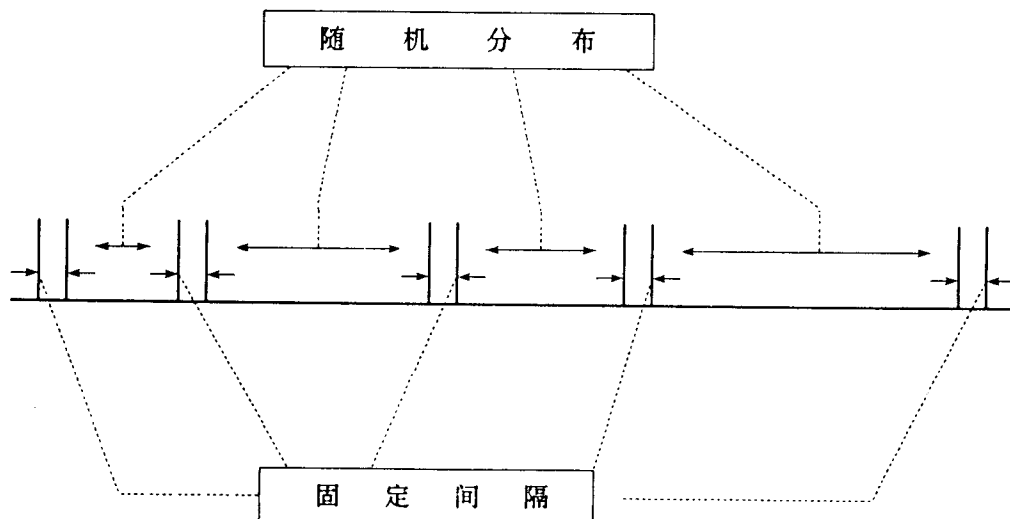


图1—2—1 询问脉冲对重复频率间隔随机分布

图 1—2—2 示出机载接收机在众多的应答脉冲对中,选出自己的应答脉冲对的情况:

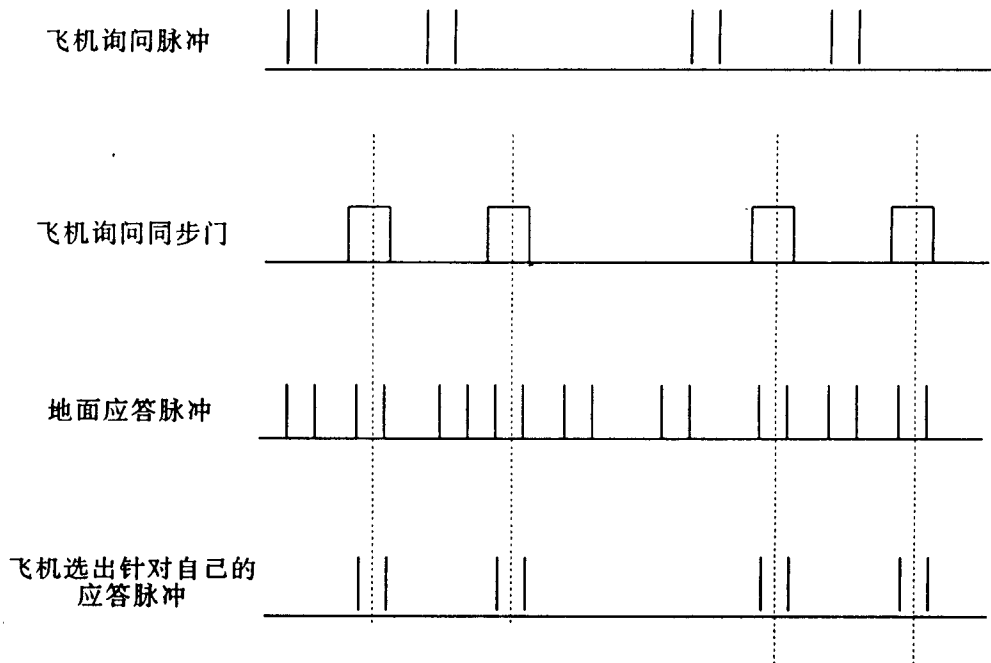


图 1—2—2 机载接收机选择针对自己的应答脉冲

依图 1—2—2 所示,飞机收到针对自己的应答脉冲后,测量发射询问脉冲时刻到接收应答脉冲时刻的时间间隔 T ,得出发射时刻到地面应答机的单程传播时间。依据 $S = V(T - 50)/2$ 即可得出距离,即为飞机至地面应答机的斜距。式中: V 为电磁波传播速度,50 (单位:微秒)为地面设备系统的固定延时,功能上是为抵消机载询问器由发射转为接收的过渡时间。

机载接收机在产生询问脉冲对的同时,要产生询问延时同步门信号。该延时同步信号到达机载接收机视频处理电路的延时应是可变的,以保证机载接收机能准确地选择出自己的应答脉冲,且要保证飞机在飞行中,由于距离变化而要相应地调整这一延时,机载接收机采用了闪频原理来决定这一延时,并自动完成下述功能。

1) 搜索

搜索是指飞机在最初询问过程中,使机载接收机迅速地调整出正确的同步门,进而接收到自己的应答脉冲的过程。此种情况,机载应答器发射的询问脉冲速率约为每秒 120 对至每秒 150 对编码脉冲。

2) 跟踪

跟踪是指飞机在完成搜索并接收到应答脉冲后,开始缓慢地调整询问同步门的延时,以适应飞行距离的变化。此种情况下,机载询问器发射的询问脉冲速率约为每秒 24 对至每秒 30 对编码脉冲。在搜索状态,采用较多的询问脉冲对的目的,在于迅速而准确地建立

起跟踪状态。由于地面应答器要对多架飞机应答,且处理容量有限,可能有一些询问脉冲对将得不到处理、即地面应答器不作应答。因此,如果采用较少的询问脉冲对,将延长进入跟踪状态的时间,且影响跟踪状态的准确性。正常时,搜索时间不超过 20 秒。

二、距离测量

1. 模拟式距离测量

在典型的老式 DME 中,距离测量是用移相器来实现的。移相器的转动轴与距离测量指示器机械上耦合在一起。图 1—2—3 表示了模拟距离测量电路的方框图和波形图,其中波形图只是用来说明这样一个 DME 测距电路的工作原理,并不意味着代表任何一个具体设备。

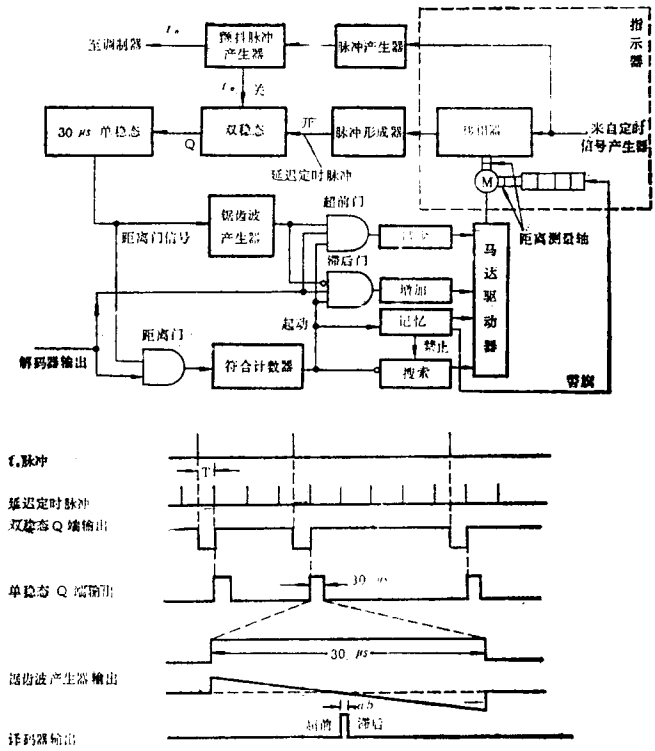


图 1—2—3 模拟式测距设备框图

定时信号产生器的输出是一个正弦信号,因此一定要经过脉冲形成器,以正弦信号的零交叉点为基准,形成脉冲信号。未经移相的脉冲形成器的输出加到颤抖脉冲产生器,而经移相的脉冲形成器的输出加到一个双稳态电路。颤抖脉冲产生器的 t_0 脉冲输出,一路加到调制器,以确定询问脉冲的发射时刻,另一路加到双稳态,使其输出恢复为低电平。当经移相的脉冲加到双稳态时,它翻转为高电平,其输出高电平的前沿(它与移相脉冲前沿对准,代表着延迟时间)触发 $30\mu\text{S}$ 单稳态。这样,距离门信号(30 微秒脉冲)就产生了。由此可见,距离门信号相对发射信号所延迟的时间 T 是由移相器决定的,延迟时间 T 代表着距离,所以移相器通过适当的机械耦合,可以给出距离读数。

在图 1—2—3 所采用的逻辑中,当距离门的输出速率较低时,符合计数器的输出为逻辑

辑零,这时搜索电路工作,而超前门和滞后门被阻塞,马达在搜索电路控制下驱动移相器使得距离门信号向着大距离方向延迟;当延迟时间 T 与信标的实际距离相应时,距离门输出速率变高,符合计数器的输出为逻辑 1,这时搜索电路被阻塞,逻辑 1 加到超前门和滞后门。加到超前门和滞后门的还有另外的两个信号:一是译码器输出脉冲,另一是与 $30\mu\text{S}$ 距离门信号一致的、相对零电压对称的锯齿波电压。锯齿波电压对滞后门的输入要反相,因此滞后门几乎在 $30\mu\text{S}$ 的后一半打开,而超前门几乎在 $30\mu\text{S}$ 的前一半打开。锯齿波的斜率这样选择:使得在锯齿波零电压(中间)附近有这样一个时间段 ab , ab 长度等于译码器输出脉冲的宽度,当处于跟踪状态时,如果自己的应答脉冲(译码输出的)与 ab 时间段一致,即处在 $30\mu\text{S}$ 距离门信号中间时,延迟时间 T 不增加也不减少,移相器不转动,距离指示器指示出正确的距离读数;如果自己的应答脉冲在距离门信号内超前于时间段 ab ,那么超前门打开,减量延迟电路通过马达驱动电路控制移相器,使延迟时间减少,距离指示读数也随之减少;如果自己的应答脉冲在距离门信号内滞后于时间段 ab ,则反相锯齿波信号使滞后门打开,增量延迟电路通过马达驱动电路控制移相器,使延迟时间增加,距离指示读数也随之增加。

马达驱动电路是这样工作的:在搜索状态,距离读数和延迟连续增加,距离指示器由警旗盖着,告诉驾驶员此时距离读数不能用;在跟踪状态,警旗撤掉,驾驶员可以读出距离读数了,这时马达转动方向由减量或增量电路的输出判定。由此可见,在跟踪状态下, DME 测距电路形成了一个伺服环,它保持自己的应答脉冲处于可移动的距离门信号的中间。

当警旗撤掉时,超前和滞后门就使记忆电路开始工作。因此,如果自己的应答信号暂时丢失,搜索电路还被封闭着,马达保持不动(静态记忆)或者继续以丢失前的速度和方向转动(速度记忆)。五秒钟后仍收不到自己的应答信号时,工作状态则由记忆转到搜索。

2. 数字式距离测量

数字式距离测量方法和种类很多。总的趋势是使用微处理机来完成距离测量和方式控制的任务。我们这里只准备用第一代数字式测距 DME 来说明它的工作原理。

假设搜索时询问脉冲重复频率为 40Hz ,跟踪时为 12Hz ,最大作用距离为 400 里,来回双程时间为 $5000\mu\text{S}$ 。

在这个时间里,对于 100 架飞机的处理能力,能接收到的信标脉冲对数。平均来说,为:

$$5000 \times 10^{-6} \times 2700 = 13.5 (\text{对脉冲})$$

这 13 或 14 个脉冲对中,有一对可能是自己询问脉冲的应答脉冲。

在搜索方式中,测量的是 t_0 脉冲和某一个译码脉冲之间间隔。如果 t_n 是在发射第 n 个询问脉冲之后所测得的时间,那么 t_{n+1} 就是搜索门在 t_n (停止搜索时)或在 t_n 之后(继续搜索时)所迁到的译码脉冲的到达时间,这里 $t_0 = 0, n = 0, 1, 2, \dots$ 。因此 $t_{n+1} \geq t_n$ 。如果经受了多次检查,当 $t_{n+1} = t_n$ 时,那么 t_n 就是到信标的往返时间(包括 $50\mu\text{S}$ 的系统延迟)。由此可以看到,如果询问飞机在最大距离上,平均来说,需要相继发射 13—14 次询问就能完成搜索。因为搜索速率为 40,因此要花 $13.5/40$ (秒),即大约 $1/3$ 秒。这种搜索情况,如图 1—2—4 所示。

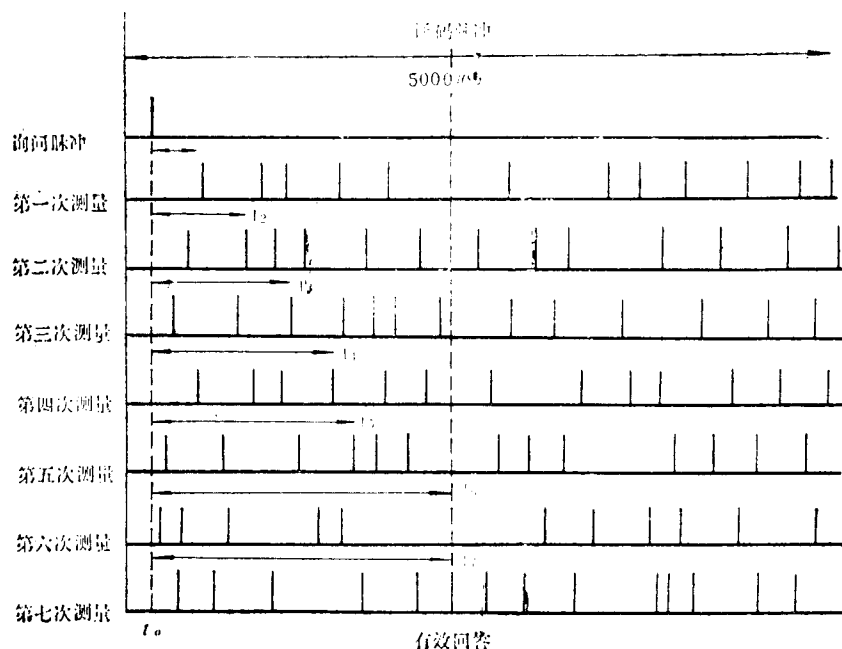


图 1—2—4 数字式测距的搜索过程

根据这种工作情况看,只要用一个寄存器存储时间测量值就行了。因为假使在每次询问之后都能收到自己的应答信号的话,只要在两次相邻的询问之内,把它们的时间测量值 t_n 和 t_{n+1} 进行比较,就可以识别出是否是自己的应答脉冲。但是:1)如果应答概率只有 50%,要得到自己询问脉冲的两次相邻测量时间的比较,就需要四次询问;2)假设在信标的噪声填充脉冲对发射时,最小脉冲对之间的间隔为 $60\mu\text{S}$ (这是信标寂静期所决定的),那么在 $5000\mu\text{S}$ 期间,最多会接收到 84 对脉冲;3)再考虑到要求距离分辨力为 0.1 里,每次时间测量值最大值最大将有 12 位二进制数。考虑到上述三种最苛刻的情况,要得到最短的搜索时间,就需要有一个 $12 \times 84 \times 4 = 4032$ 随机存取存储器(RAM)。实际的电路,常用 $4 \times 1\text{K}(1024)\text{RAM}$ 组成,四次询问中的每次询问之后,把脉冲到达时间换算成距离,依次寄存在各自的 RAM 片子中。其中第一个片子记录第一次、第五次、第九次…询问脉冲之后的应答脉冲到达时间;第二个片子记录第二次、第六次、第十次…询问脉冲之后的应答脉冲到达时间;第三个片子,经四个片子依次存贮。对搜索脉冲重复频率为 40 的情况,平均来说,每搜索一次的时间不到 $30000\mu\text{S}(=1/40 \text{ 秒})$,其中 $5000\mu\text{S}$ 用来检查有无相等的到达时间,当一发现四次询问中有两次以上脉冲到达时间相等,就认为这个接收脉冲为自己的应答信号,搜索立即结束。

这样的数字式测距及方式控制原理方框图如图 1—2—5 所示。

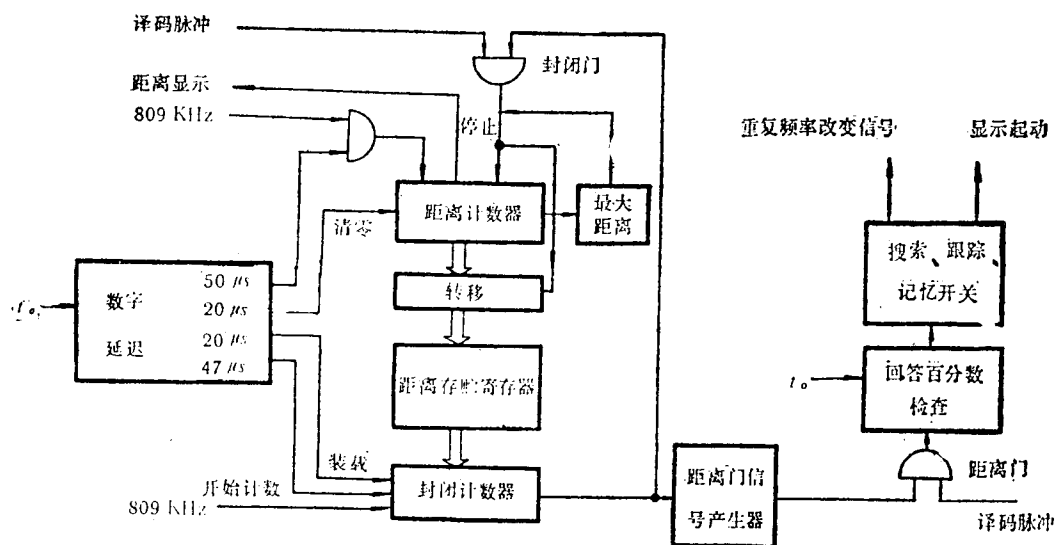


图 1—2—5 数字式测距设备框图

我们先看一看一次询问的测量过程。

开始,距离测量电路计数器和距离存储寄存器都清零。从 t_0 开始的时间测量,由距离计数器对 809KHz 的钟脉冲计数来完成。809KHz 钟脉冲提供的距离分辨力为 $c/2 \times 809 \times 10 = 185$ (米),即 0.1 里。在一个搜索周期内。当第 $(n+1)$ 个询问脉冲 t_0 发射后,进行下列程序:

1. $t_0 + 20\mu S$

距离计数器清零。使封闭计数器装填距离存储寄存器中上一次的内容,它恒等于 t_0 。

2. $t_0 + 47\mu S$

封闭计数器在 809KHz 钟脉冲的驱动下,作减计数。

3. $t_0 + 50\mu S$

距离计数器开始向最大距离计数。由此可见,计数值已经减掉了系统 $50\mu S$ 的固定延迟。

4. $t_0 + t_a$

封闭计数器到达零,并且因此打开封闭门,触发距离门信号产生器。这时,距离门和封闭门都等待着 t_a 之后的一个译码脉冲的到来。如果 t_a 之后一直没有译码脉冲,则相应于最大距离时刻,距离计算器停止计数。

5. $t_0 + t_{a+1}$

如果在相应于最大距离时刻之内,有一个译码脉冲到达并通过已打开的封闭门,则该译码脉冲使距离计数器停止计数,并且由它触发,把数据转移到距离存贮寄存器;这时, n 就变成了 $(n+1)$,电路等待下一 t_0 。

上述程序,在每次询问之后,都重复进行。平均来说,在14个询问之内,距离计数器将能记录下自己的应答脉冲的到达时间,而距离存贮寄存器将保持这个计数在实际距离的十分之一里之内。在下次询问之后,封闭计数器将在自己的应答脉冲之前 $3\mu\text{S}$ 打开门封闭门,这是因为封闭计数是从 t_0 之后 $47\mu\text{S}$ 开始作减计数,而距离计数器则在 t_0 之后 $50\mu\text{S}$ 开始作加计数的。这样做的目的是:使封闭计数器提前 $3\mu\text{S}$ 打开封闭门,以便当飞机向着信标运动时,也能跟踪到自己的应答信号。

从距离门信号产生器输出的脉冲为 $60\mu\text{S}$ 宽,它的前沿在 t_0 之后 $x\mu\text{S}$,这里 x 就是前一次所测量的译码脉冲到达时间再减掉 $47\mu\text{S}$ 。这个门脉冲与译码输出一起加到距离门,在距离门输入端相“与”,距离门有输出时,就表明:这个被译码的脉冲或许是自己的应答信号。到底是或不是自己的应答脉冲,还要经过应答百分数检查电路的检验。如果以后的八次询问,距离门两次有输出,即两次已译码应答信号处于距离门之内,那么应答百分数检查电路就触发方式转换开关,由搜索转换到跟踪。在跟踪状态,脉冲重复频率减少了,并且指示器提供由距离计数器所测量出来的距离读数。在转换到跟踪之后,任何相继的十六次询问至少要有四次能使距离门产生输出;否则,就要触发方式转换开关,使工作状态由跟踪转到记忆。5秒记忆之后,如果16次检查,距离门至少四次有输出,再恢复跟踪;否则,只要不是处于自动等待,工作状态就由记忆转换到搜索。

由于特殊原因,使机载询问器跟踪状态被打断后,机载询问器将得重复搜索,跟踪过程。

在地面应答机发射识别信号其间,将不做任何应答处理。机载接收机为了防止由于此种情况而中断跟踪过程,机载应答器设有记忆装置,以记住测得的最后距离信息,记忆的时间可持续10秒钟,从而使跟踪过程免受影响。

§ 1—3 DME 系统的组成

DME 系统由询问器(DME 机上发射机/接收机)和地面应答器组成。

一、DME 地面设备的组成,如图 1—3—1 所示。

DME 地面设备的组成,根据需求和可能有下列几种:

- 1) 双监控器/双应答器
- 2) 单监控器/双应答器
- 3) 单监控器/单应答器

FSD—10、15 是双监控器/双应答器设备

1. 应答器

应答器是 DME 信标台的主要设备,它的接收机部分,用来接收机上 DME 询问器的询问脉冲,经过固定延时后,触发应答器的发射机,向飞机发射应答信号。机载询问器测量

出自身发射的询问脉冲和接收到的地面应答脉冲之间的时间间隔,就可以测出飞机到地面信标台的距离。

2. 监控器

它是用来测量 DME 台系统延时、应答效率、脉冲间隔、识别信号、输出功率等各种参数的组件,如果哪一个参数超出了允许的范围,它就给控制单元发出故障信号。

3. 控制器

控制器主要用来对 DME 信标的工作进行人工或自动控制,它的基本功能是:台的开通和关闭、双应答器的主用和备用。故障时,应答器的自动转换,显示台工作状态信息。

4. 测试单元

在 DME 台中,测试单元主要用来完成三个主要功能:

- 1) 脉冲计数
- 2) 在示波管中显示 DME 各种信号
- 3) 选用各种时标在示波器上测量 DME 信号特征。

5. 电源器

将市电 220V、50Hz 转换成 +24V 直流,再由直流转换器将 +24V 转换成各种直流电压,供各组件使用,并能在市电断的情况下,用蓄电池供电一段时间。

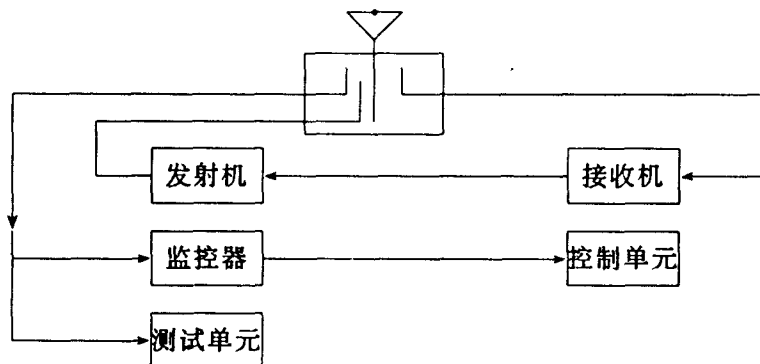


图 1—3—1 地面应答设备

二、DME 机上设备的组成,如图 1—3—2 所示。

很自然,不同型号的 DME,机上询问器也不尽相同,特别是距离测量电路完成了从模拟到数字技术的过渡,在这里,我们只从原理上说明机上设备的组成。

1. 发射单元

定时振荡器产生重复频率为 400Hz 的脉冲信号,加到颤抖脉冲产生器,进行分频产生出脉冲间隔随机变化的脉冲系列,送到调制器,进行振幅调制,由无方向天线辐射出去。

2. 接收处理单元

由天线收到的应答信号,经处理后送到

- 1) 测距单元
- 2) 通过 1350Hz 带通滤波器,送至驾驶员的视听设备
- 3) 自动等待进行译码脉冲计数

3. 测距单元

颤抖脉冲产生随机间隔脉冲,送至可变延时,与接收机输出的应答及添充脉冲,通过距离门加到符合计数器,得到可变延迟量,而获得时间数据。

4. 显示器

由可变延迟器得到的延时,送到显示器去进行具体距离显示。

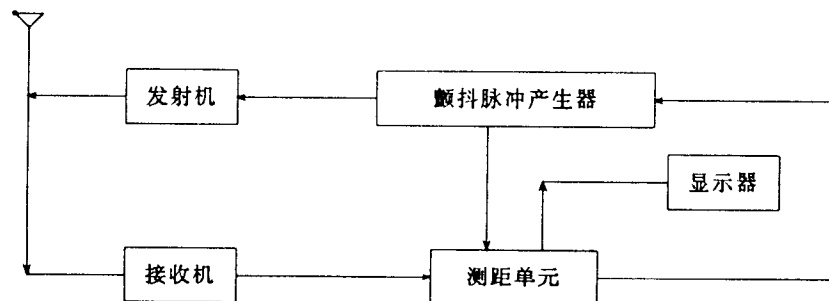


图1—3—2 机上询问设备

§ 1—4 DME 设备几个重要概念及参数

一、系统延时

系统延时是指地面应答机译码之间的延时,这一延时固定为 50 微秒,在特殊情况下,如希望在离开地面应答机某一点给出零距离点,该延时可根据离开的距离做少许降低。实际上,降低的结果将给出一个以该距离为半径的零距离半球面(天线的方向性不予考虑为前题)。

见图 1—4—1 示。

二、脉冲间隔

脉冲间隔是指脉冲对编码之间,由第一脉冲上升沿 50% 幅度点至第二脉冲上升沿 50% 幅度点的持续时间。这一时间的准确与否,将决定机载或地面应答机接收机能否正常解码,并与应答效率有密切关系。见图 1—4—2。

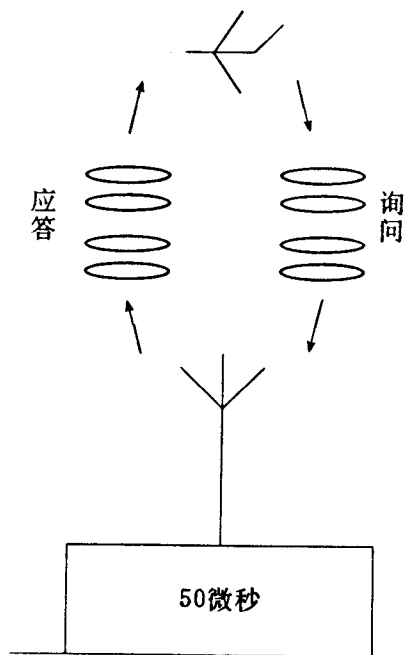


图1—4—1 系统延时

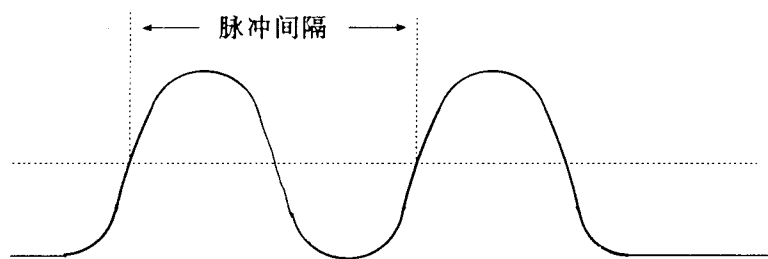


图1-4-2 脉冲间隔

三、应答效率

应答效率是指应答脉冲编码对数与询问脉冲编码对数的比值。应答效率的高低,反映了接收机工作性能的好坏,而与之关系密切的接收机参数很多,如接收机灵敏度、询问脉冲编码对的间隔、接收机编码抑制期等。

四、占空比(占空系数)

占空比用来衡量应答机在单位时间内,应答机发射的脉冲编码对数所占时间。这一关系的成立是以应答机工作模式为前提的。关于工作模式下节将详细介绍。

五、脉冲重复频率

脉冲重复频率是指应答机在单位时间内,发射的脉冲编码对数。脉冲重复频率取决于应答机的工作模式。地面信标发射脉冲对的重复频率与地面信标的容量有关。一般规定地面信标,要同时能为 100 架飞机服务。如果,假设这 100 架飞机中 95% 处于跟踪状态,而 5% 处于搜索状态,则该信标满负荷工作时,它的平均发射重复频率为:

$$95 \times \text{跟踪询问脉冲重复频率} + 5 \times \text{搜索询问脉冲重复频率}$$

$$95 \times 24 + 5 \times 150 = 3030 (\text{对/秒})$$

实际上,在现代设备中询问脉冲的重复频率:

搜索时 40—150 对/秒(平均)

跟踪时 24—30 对/秒(平均)

所以地面信标台在满负荷时的应答脉冲,平均重复频率一般在 1000—2700 对/秒。

这里需要注意两个问题:

1) 当询问的飞机数目小于 100 架,甚至没有飞机询问时,地面信标是否可以发射少于 (1000—2700) 对应答脉冲或不发射任何脉冲? 回答是否定的。因为地面信标以固定的空度比工作有许多优点,这些优点是:

- a. 可使信标自动保持在它最灵敏的工作状态;
- b. 可使发射机占空比保持在安全限度之内;
- c. 机上接收机自动增益控制总有固定数目的脉冲对激励它工作,因此设计简单。由于这些优点的存在,要求地面信标发射的脉冲对重复频率基本保持不变。

2) 如果信标周围有 100 架飞机询问,同时,应答器又有暂时的故障,因而所有飞机都处于搜索状态,当应答器一恢复工作时,将接收到 15000 对脉冲/秒;或者应答器正常工作时有多于 100 架飞机询问。在这两种情况下,信标每秒发射脉冲对数又怎么保持稳定呢?

这是 DME 系统需要解决的信号特征问题。

六、接收机编码抑制期

应答机在接收到一对询问脉冲编码后,将接收机抑制 60 微秒,而不再接收新的询问,直到 60 微秒后,重新接收新的询问,这一持续 60 微秒的时间,称之为接收机的编码抑制期。其功能是保障接收机对已收到的脉冲对做程序式的处理。接收机编码抑制期在多路径干扰严重的情况下,可酌情增加,最大不超过 200 微秒。值得注意的是,接收机编码抑制期越长,对应答效率的损害越严重。

DME 系统的无方向发射和接收,无论是对地面信标和机上询问器来说,都存在多路径反射回波。如果不采取措施,地面信标除接收到直达询问脉冲而产生应答信号外,稍后一段时间到来的询问脉冲的反射回波,也会触发信标,而使信标对反射回波信号进行应答。这样机上询问器的一次询问,就可能要引起地面信标的多次应答。这不仅要增加信标的负担而减小了它的工作额,现时由于反射回波也是与询问脉冲同步“颤抖”的,还会给机上设备测距造成困难。因此对于多路径反射回波的影响一定要采取措施加以抑制。一种抑制的办法是:信标收到询问器的直达询问脉冲(由于路径短,先到)时,转发一个应答信号,同时把信标接收机封闭一段时间,在这段封闭时间内不收也不发任何信号。这样,稍后来到的反射回波脉冲就不会当做询问脉冲被信标接收机接收,当然也就不会对它进行应答了。这段封闭时间有时称为信标的“寂静期”,一般有 $60\mu\text{S}$ 就够了,在特殊情况下,可能需要 $350\mu\text{S}$ 。

顺便应该提到的是:空中询问器接收机也会得到直达的应答脉冲和多路径反射的应答脉冲。考虑到直达应答脉冲先到达接收机的特点,消除多路径反射应答脉冲的办法是在搜索之前,应该使测距电路回到零公里处,从零公里处开始向外搜索。这样将会首先捕获到测距所需要的直达应答信号而转到跟踪状态。

七、回波

回波是指机载应答器询问脉冲对遇到障碍物反射后,又被地面应答机接收的信号,回波严重与否取决于地面应答机四周的净空条件。回波严重情况下,可能会造成地面应答机无法正常工作。

八、短距回波

短距回波(见图 1—4—3)是指正常的编码脉冲对之间出现的回波干扰,短距回波(在

短 距 回 波

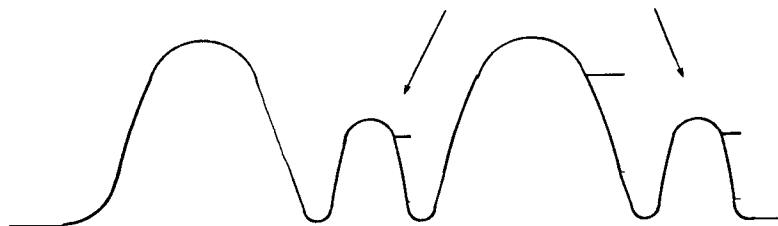


图 1—4—3 短距回波