

军队“2110工程”三期建设教材

遥测技术及应用

YAOCE JISHU JI YINGYONG

贾维敏 金伟 李义红 编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

军队“2110 工程”三期建设教材

遥测技术及应用

贾维敏 金伟 李义红 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书较为深入地论述了无线电遥测系统的相关技术及应用,重点阐述的内容包括:时分多路复用帧结构、卷积编码和维特比译码、扩频调制中的直接序列扩频、遥测天线跟踪等技术。

全书共由5章组成,第1章从系统的角度阐述了遥测的基本概念,导弹遥测系统的作用、特点、关键技术,以及遥测系统的发展状况;第2章重点讨论了遥测信息传输中的复用体制和遥测系统中常用的时分多路复用系统的帧结构;第3章涉及遥测信道编码理论,着重讨论了遥测中常用的卷积编码和译码,并简要介绍了Turbo码和LDPC码的基本原理;第4章主要对遥测中涉及的扩频理论及直接序列扩频进行了介绍;第5章着重讨论了常用的遥测天线和天线跟踪方式。

本书可作为高等院校相关专业的本科生教材,也可供从事航天测控、靶场测控、导弹遥测、电子对抗等相关领域的广大科技工作者学习与参考。

图书在版编目(CIP)数据

遥测技术及应用/贾维敏,金伟,李义红编著. —北京:国防工业出版社,2016.4
ISBN 978-7-118-10716-6

I. ①遥... II. ①贾... ②金... ③李... III. ①导弹—遥测系统 IV. ①TJ760.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第053717号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

新华书店经售

*

开本 710×1000 1/16 印张 10¼ 字数 175千字

2016年4月第1版第1次印刷 印数 1—2000册 定价 28.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前言

PREFACE

无线电遥测是将一定距离外被测对象的各种参数,经过传感器近距离测量和采集,通过电磁波传送到接收设备并进行解调、记录和处理的一种测量过程。

遥测技术伴随着导弹和航天器的发展而发展起来,它作为一种现代信息技术,包括了信息采集、传输与处理三大环节。随着传感器技术、通信技术以及计算机技术的飞速发展,遥测技术也得到了快速发展,在我国导弹、航天器的研制、试验及使用过程中发挥了重要的保障作用。遥测系统从本质来讲是一个单向通信系统,但是由于其任务对象的特殊性,与普通通信系统相比,遥测系统具有参数种类多、小型化要求高、弹上遥测设备电磁环境复杂、作用距离远、可靠性要求高、反应能力快、保密性和抗干扰能力强等特点,需要综合运用通信、微波与天线、电子信息等多学科的先进技术才能满足设计要求。因此,遥测系统的技术复杂性对相关业内人员的知识水平提出了较高要求。

国内外关于遥测系统的书籍并不多见,国内关于此方面的书籍主要是基于航天和靶场测控的相关背景,重点在遥测系统的完整性及工程应用性。本书的主要特点是着眼于遥测系统的关键技术,在论述每一关键技术或者原理时,都力求从遥测系统的应用出发,同时结合其应用特点对相关知识有所侧重。我们基于多年来从事遥测系统的教学科研基础,对遥测系统的相关技术及应用进行了梳理总结,形成本书,重点阐述了遥测系统相较于一般通信系统更为关注的帧结构、卷积编码、扩频调制、遥测天线跟踪等技术。

由于遥测系统涉及技术多、知识面宽,加上时间仓促和作者水平有限,本书在编写过程中难免存在一定的纰漏与不足之处,恳请各位专家、同仁及读者批评指正。

目 录

CONTENTS

第一章 概论	1
第一节 遥测概念与系统组成	2
第二节 导弹遥测系统的作用与特点	5
第三节 遥测系统的关键技术	9
第四节 遥测系统发展历程及趋势	11
思考题	15
第二章 遥测信息传输	16
第一节 信号划分的理论	16
第二节 多路复用体制的分类	18
第三节 脉冲编码遥测系统	22
第四节 时分多路复用系统的帧结构	28
思考题	48
第三章 遥测信道编码原理	49
第一节 差错控制与遥测信道编码	49
第二节 卷积编码的基本原理	51
第三节 卷积码的维特比译码	57
第四节 Turbo 码原理	69
第五节 LDPC 码原理	73
思考题	75
第四章 扩频调制的基本原理	77
第一节 扩频理论基础	77

第二节	扩频系统的分类及主要优点	80
第三节	直接序列扩频通信系统	83
第四节	Gold 码序列	89
第五节	扩频通信系统的相关解扩及同步原理	95
思考题		100
第五章	遥测天线及跟踪控制原理	101
第一节	天线基础	101
第二节	常用遥测接收天线	111
第三节	遥测自跟踪原理	117
思考题		144
附录		145
参考文献		156

第一章

概 论

“遥测”,顾名思义“近测远传”,即将一定距离外被测对象的各种参数,经过传感器近距离采集和测量,通过传输媒介传送到接收设备并进行解调、记录和处理的一种测量过程。遥测可以分为有线电遥测和无线电遥测。工业遥测通常使用有线电遥测,而无线电遥测广泛应用于空间目标各种物理参数的测量,如时间、位置、速度、姿态、振动、冲击、温度、湿度、压力和电压等^[1]。导弹及航天器等系统中的遥测一般是无线电遥测。

无线电遥测技术是包含传感器技术、通信技术和数据处理技术的一门综合性技术,该技术主要应用于集中检测分散的或难以接近的被测对象,如被测对象距离远,所处环境恶劣,或处于高速运动状态等。随着传感器技术、通信技术及计算机等技术的发展,遥测技术在调制体制、传输距离、数据容量、测量精度以及设备小型化等方面也取得了广泛的应用。

遥测系统在导弹与运载火箭的发展中起着非常重要的作用。在导弹与运载火箭研制阶段,遥测系统用于获取飞行试验中弹(箭)各系统的工作状态参数和环境数据,为确定弹(箭)性能或进行故障分析提供依据。弹(箭)飞行试验耗费巨大,每次试验必须尽可能多地获取各种数据,所以,遥测系统的性能优劣直接影响到导弹与运载火箭的研制进程及费用,影响着武器性能的改进和提高。在弹(箭)使用阶段,遥测系统所获取的数据为判断导弹是否命中目标(或运载火箭是否完成运载任务)提供依据。遥测系统在弹(箭)的研制、试验、抽检和使用过程中发挥着重要的作用。

第一节 遥测概念与系统组成

一、遥测的概念

人们在科学研究或生产活动中,经常要对所研究或使用的对象的各种现象或参数进行测量。有些测量任务可以在被测点附近直接使用仪表来完成,如使用万用表测量电压、电流和电阻,使用温度计和压力计测量温度和压力等。这时人们通过视觉直接读取这些参数,从而完成所需的测量任务,这就是通常所说的“测量”的概念。但在另一些情况下,或者由于危险,或者由于被测对象远而分散,或者由于它们高速运动,测量只能远离被测对象进行,对飞行中的弹(箭)的各种参数进行测量就属于这种情况,这种特殊的测量称为遥测。即将一定距离外被测对象的参数,经过传感器感受、采集、编码、调制后,通过传输媒质送到接收地点并进行解调、记录、处理的这种特殊测量过程称为遥测。因此,遥测与一般的测量相比,特殊之处就在于数据要远传,即必须要有一个传输系统。

二、遥测系统组成

遥测技术是对相隔一定距离的对象的参量进行检测,并把测得结果传送到接收地点的一种测量技术。能完成整个遥测过程的系统称为遥测系统,导弹与运载火箭的测量系统是一个典型的遥测系统。

实际的遥测系统由于使用场合不同,差异很大,种类很多。习惯上将遥测系统按其所用信道及多路复用方式命名或分类。按信道来分,有无线电遥测系统、有线电遥测系统等;按多路复用体制来分,有时分制遥测系统、频分制遥测系统、码分制遥测系统等。遥测系统的简要组成框图如图 1-1 所示。

遥测包括三项基本过程:

(1) 在位于观测对象处的发送端,若干待测参量通过传感器变换成适于采集的规范化的信号,如电压或电流等,完成这一过程主要依靠各种传感器和信号调节器。

(2) 将全部遥测信号(通常同时有多路信号)通过一个预先准备好的信道传送到远处的接收地点。这一过程是一个收发通信系统,需要多路复用装置将各路遥测信号按一定格式集合到一起,形成帧结构,以便沿同一信道传送。多路复用装置输出的群信号(基带信号)经编码(信道编码)、调制,进一步变换成与选定的信道相适应的信号,这种信号称为载波信号(射频信号)。载波信号通

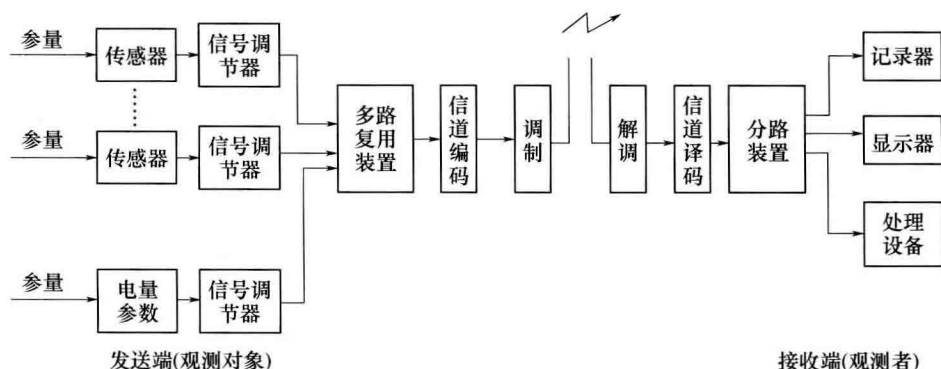


图 1-1 遥测系统的简要组成框图

过天线辐射到自由空间,传送到远处的观测站。

(3) 接收站接收到的群信号经过解调、译码、分路等逆变换过程,输出各路遥测信号,最后经过以计算机为主体的数据处理设备进行处理,并将结果加以记录或显示。在导弹与运载火箭飞行试验时,遥测信息应传送到指挥控制中心。

遥测包括信息(被测量)的感受、变换、传输、处理、显示和记录等多种过程,需要多种功能不同的设备才能完成其任务。也就是说,遥测是一门综合性的学科,涉及多方面的理论和技术。

遥测技术是一种现代信息技术,包括了信息采集、传送与处理三大环节。作为信息技术三大支柱的传感器技术、通信技术、信号处理技术以及计算机技术也就成为遥测技术的基础。遥测系统是一种工程应用型的信息系统,信息系统工程理论与实践的进展直接推动着遥测技术的进步。

在遥测系统里,传感器是定量地感受或检测待测参数信息的敏感与变换器件。传感器技术是一门多学科综合的技术,传感器的工作机理涉及许多物理与化学现象,它的制造又涉及许多新材料、新工艺和各种独特的测试计量仪器。传感器的作用就像人的五官一样重要,传感器的精度、小型化及环境适应性直接关系到遥测信息的精度及设备的小型化。

遥测信道与其他信道,如话路、电视广播等,其基本原则是类同的,主要难点是如何充分利用信道的能力(功率与带宽),尽可能使信道引入的各种噪声干扰与失真降低到最小,有效、及时、可靠地将遥测信息传送给用户。信息与通信理论则是实现遥测信道设计的理论基础。

遥测系统的地面接收端,除了完成遥测信息接收、解调、解译等功能外,更

主要的是遥测信息处理,在现代遥测系统中,计算机不仅起着数据处理设备的作用,而且能对系统进行管理,使设备智能化。计算机技术的发展促使遥测技术发生了革命性的飞跃。

三、遥测参数分类及特性

1. 遥测参数分类

导弹、运载火箭的遥测参数有数百乃至上千个,今后随着遥测系统的发展还会更多。这些参数归纳起来可有如下几种分类。

(1) 按参数所属导弹、运载火箭的级或分系统分类,可分成如助推级参数、一二级参数、三级参数,弹体参数、弹头参数等;按参数所属分系统可分成如控制系统参数、动力系统参数、总体系统参数、外测与安全系统参数、环境参数、推进剂利用系统参数以及导弹突防系统参数等。

(2) 按参数变化频率可分为缓变参数和速变参数。

(3) 按参数物理量的类型可分为电量类参数及非电量类参数两大类,而这两大类又可再细分。电量类参数如电压、电流、指令、脉冲及频率等;非电量类参数如压力、温度、角度、过载、液位、转速、流量、振动、冲击、噪声及烧蚀厚度等。

(4) 按遥测记录形式可分为模拟量参数、数字量参数及双电平参数。

(5) 按测量精度可分为高精度参数、中精度参数和低精度参数。

2. 遥测参数的特性

遥测参数多,数据量巨大,处理方法各异,掌握它们的特性及变化规律,在数据处理时就能做到心中有数,从而能及早发现异常,加快处理及检查速度,保证处理质量。数据处理时应了解遥测参数特性,并应注意在实践中不断积累经验。

缓变参数与速变参数特性各异,处理方法迥然不同。速变参数包括高、低频振动,冲击、噪声、POGO 振动、脉动压力等,属环境类参数,都是随机数据,它不能用明确的数学关系式来描述,也无法预测任意时刻的精确值,而只能用概率和统计函数来描述,即只能运用随机数据的处理方法在时域、频域对其进行统计函数分析。

缓变参数都属确定性数据,能用明确的数学关系式来描述,也能得到任意时刻的精确值,其处理方法和数学工具与速变参数完全不同。

第二节 导弹遥测系统的作用与特点

在导弹研制、试飞、抽检和训练中,常用遥测系统获取导弹内部各系统的工作状态参数和环境数据等,为评定导弹的性能和进行故障分析提供依据。遥测系统性能的优劣直接影响导弹的研制进程及费用,影响它们性能的改进和提高。正是导弹等飞行器工程的需求推动遥测技术的发展,而遥测技术的发展反过来又大大促进着飞行器工程的进步。

一、遥测系统的作用

遥测在导弹系统中的作用归纳起来主要有以下几个方面:

(1) 为导弹性能评定和设计改进提供依据。这些设计包括总体设计,控制、动力、能源、结构等分系统设计,以及诸如控制计算机、惯性器件、发动机、无线电设备等关键部件的设计。遥测系统在导弹的飞行试验中对获取的大量数据,经处理(凡是有关飞行成败的重要数据均应实时处理、显示在试验指挥人员及设计师面前,其余大量的数据则多在事后处理)分析后将结果提供给研制部门,作为评定和改进设计的依据。

(2) 为故障分析提供数据。导弹试验,特别是研制初期的飞行试验,很难完全避免故障的发生。故障出现的原因可能是设计上的缺陷,零部件可靠性差,人为差错以及飞行环境的影响等。一旦发生故障,借助遥测数据可分析和查明故障的部位及原因,以便采取补救措施。

(3) 测定导弹内部的环境参数。从发射准备到最后完成整个飞行过程,导弹内部的各种部件都处于复杂而多变的环境之中。这些环境包括振动、冲击、加速度、高温、低温、真空、各种辐射、热流等。这些力学环境、气候环境、电磁环境,有些是外部引起的,有些是导弹所固有的。通过遥测系统可以测定这些环境参数。这些参数的取得,对于验证导弹、航天器及其部件的环境适应能力,检查各种防护措施的有效性,制定规范化的环境条件及试验方法都是极为重要的。

(4) 评估作战效果。研制阶段用于飞行试验的导弹称为遥测弹。定型后用以预示弹头落点、监视作战效果的遥测称为战斗弹遥测。战斗弹遥测已经成为导弹武器系统本身的一个重要部分。战斗弹遥测数据可用于反馈射击精度、评估作战效果,为战术和战略决策服务。

二、导弹遥测系统的特点

导弹遥测系统的组成和工作原理与其他遥测系统基本相同,但由于其作用和使用环境的特殊性,形成了如下一些特点:

(1) 导弹的被测参数数量大、类型多,对测量结果的要求也不相同。表 1-1 是一种液体运载火箭的遥测参数种类表。

表 1-1 一种液体运载火箭的遥测参数种类表

1	无线电发射功率
2	天线行波参数
3	发动机摆角
4	涡轮泵转速
5	发动机燃烧室压力
6	各种贮箱、蓄压器、管道、泵前后压力
7	各部位环境压力
8	各部位温度
9	各部位各方向振动
10	各部位各方向冲击
11	各部位噪声
12	各方向过载(加速度)
13	各种程序启动时间及指令发送时间
14	推进剂箱液面高度
15	燃料流量
16	程序角与姿态角
17	加速表输出
18	控制计算机输出
19	伺服机构驱动电流
20	级间分离相对行程
21	电池及二次电源电压
22	电源频率
23	电源负载电流

一枚远程弹道导弹或运载火箭,需要测量的参数可能有上千个,因而要求遥测系统的采集、传输和处理能力很强。遥测参数种类也很多,从待测参数的信号特征看,遥测参数可划分为事件参数、模拟参数和数字量参数三类。事件参数,亦称时间参数,反映某事件的发生及发生时刻,如导弹起飞、发动机关机等。模拟参数习惯上又分为缓变参数和速变参数,缓变参数最高频率一般在

10Hz 左右,如加速度、压力、温度、工作状态参数等;速变参数一般指振动、冲击、噪声、脉动压力等变化频率较高呈随机特性的参数。数字量参数指数字化的信息(包括弹上计算机输出数据)以及以频率反映参数值的信号(如涡轮泵转速等)。

每种参数的测量要求是不同的。事件参数要求准确测定事件发生的时刻,不允许出现虚假与遗漏事件。模拟参数要求较高的幅值测量精度,即均方根误差值要小。数字量参数则要求传送的差错率尽可能低。由于这一特点,导弹、航天器遥测系统的数据采集、多路传输方式、调制解调方法、数据记录显示与处理等方案都必须加以特殊考虑。此外,测控网中的地面遥测设备,既要兼顾多种型号的遥测需求,又要和外测系统、遥控系统、监控显示系统、通信系统、时统系统等建立数据传输接口和通信联系。因此,地面遥测系统一般都比较复杂。功能齐全,自动化程度高。

(2) 弹上空间小,对弹载设备的体积、质量、能源消耗有严格的限制,必须力求小型化。为了衡量小型化的水平,习惯上采用每个参数占用的质量作为估计指标,例如某导弹有 435 个遥测参数,允许总质量 250kg,则每个参数占用 0.57kg。现在小型化水平已达到每参数 0.2kg 或更小。

小型化水平是遥测系统先进性的重要标志。小型化课题涉及元器件、工艺、系统结构等方面。为了减少弹载设备的体积、质量及功耗,在信道设计时总是力求节约发射功率,相应增大地面接收天线的口径,提高接收灵敏度,采用各种能降低功率要求的调制解调与编译码方法。在小型导弹上,遥测设备必须能适应安装空间特殊形状的要求,因此在小型化的基础上还必须采用“共形”设计技术,充分利用弹内的可用空间。

(3) 弹内设备拥挤、电磁环境复杂,遥测设备又与其他系统在电气结构上有密切联系,因此导弹遥测系统必须从供配电、线缆连接、接地方法、射频抑制等各方面进行认真的电磁兼容设计。

(4) 作用距离远,格式复杂,采用的新技术多。导弹、航天器飞行空域广,通信距离远,近则数百千米,远可达上万千米,加之遥测参数的格式编排复杂,这样就对遥测系统的数据采集、传输、解调提出了很高的要求。为了解决这些问题,在遥测系统中采用了通信理论与通信技术的许多最新成就,例如高效率天线、低噪声接收机、分集技术、高效编解码技术、弱信号检测技术、变格式与解

调技术等。

(5) 系统可靠性要求高。由于导弹、航天器造价昂贵,研制周期长,飞行试验次数有限,每次飞行试验都要求遥测系统完整而可靠地获取飞行试验数据,因此保证遥测系统的高可靠性十分必要。而且弹载遥测设备经受的环境非常恶劣,因而保证遥测系统的可靠性成为一项十分重要的课题。为了保证遥测系统的可靠性,从系统到零部件都必须进行可靠性设计;从元器件选择到生产工艺都必须进行严格的质量管理;所有整机都必须进行环境考核试验。除确保遥测设备的高可靠性外,还采用分集接收体制和地面双热备份体制,以进一步提高系统的可靠性,并以多种记录方式进行数据记录,提供可靠数据供事后处理分析用。

(6) 具有快速反应能力。在导弹、航天器发射准备阶段,遥测系统需以最快的速度完成本身的状态设置与自检;在临发射前,要实时准确地给出状态数据,以便指挥员作出是否发射的决定;在飞行器飞行过程中要实时处理出关键遥测数据,传送到指挥中心进行监视,并作为控制的依据;所发遥控指令和上行注入数据也要靠实时遥测加以检验;导弹试飞一旦发生故障,必须快速提供遥测处理结果,帮助分析故障;战斗弹遥测在头体分离后,必须尽快给出弹头落点预报,供是否进行再次打击决策用。现在遥测系统广泛采用高性能计算机与通信技术,形成新一代计算机遥测系统,使快速反应能力大大提高。

(7) 利用无线信道进行遥测有时不能奏效,必须具有记忆重发和延时重发功能。例如,当弹头重返大气层时,由于高速穿过大气层而在弹头表面周围形成等离子鞘套,对电磁波起屏蔽作用,使无线电信号严重衰减,以至中断。多级火箭在起飞或级间分离时,也会出现火焰对电磁波的衰减作用。在潜艇水下发射导弹时,导弹出水之前也无法进行无线电传输。为了解决飞行试验中出现的这些实际问题,保证完整地获取遥测信息,可以采用许多辅助办法。当前行之有效的办法有两种:一种是在无线电遥测的基础上增加所谓的记忆—重发系统或延时系统,将无线电信号中断区的遥测数据暂时存放在弹载数据存储装置中,待无线电信号恢复正常时,再将存储的信息传送到地面。另一种办法是直接回收数据存储装置。

(8) 战斗弹遥测系统,特别是固体机动导弹的战斗弹遥测系统,既是导弹武器系统又是 C⁴ISR 系统的组成部分,其任务都明显地不同于其他遥测系统,

譬如多目标遥测的能力,数据处理的全实时性,有限数据的高质量要求,严密的保密性和抗干扰性等。

第三节 遥测系统的关键技术

一、弹上遥测设备小型化技术

弹上遥测设备由于安装在航天器内部,是一个典型的空间、重量、功耗严格受限的系统,因此在设计弹上遥测总体方案时要做到小型化。可编程逻辑器件、软件无线电、可重组等技术的出现使弹上遥测设备小型化程度进一步提高,可以在不改变硬件配置的情况下,通过改变软件加载,达到改变系统的功能,具有操作灵活、扩展性强、软件升级方便等特点。这些新技术的应用极大地缩小了弹上遥测设备的体积、重量和功耗等,为在航天器上安装遥测设备提供了条件,同时也便于实现遥测系统的通用性。

弹上遥测天线由于安装在弹体外面,其结构不影响航天器的气动外形,且需要遥测天线具有良好的带宽、输入功率、阻抗、增益系数及方向图等,通常弹上遥测天线以采用共型微带天线和直立的振子天线为主。

二、遥测信号调制技术

PCM - FM(脉冲编码调制—调频)是遥测领域内广泛采用的一种编码调制方式,具有频谱利用率高、抗多径和抗衰落能力强等特点。近年来,随着遥测传输容量的迅速扩展,美国的先进靶场遥测计划组织(ARTM)及飞行试验中心都致力于研究新遥测调制体制,其目的在于寻找一种新的具有恒定包络的、频带利用率更高的调制体制。随着数字调制体制的发展十分迅速,新的体制不断涌现,航天器遥测信道的重要特点之一是非线性,尤以压缩传输频谱宽度、降低带外功率、减少码间干扰、保持信号包络恒定等为目的的调制更为突出,如BPSK、OQPSK、MSK、GMSK和FQPSK等体制,其中FQPSK体制已于2000年被核准为IRIG06-00遥测标准中的新调制体制标准,FQPSK体制的频谱效率为PCM - FM体制的2倍,但该体制作为一种技术标准而受专利保护,不允许用户无偿使用。ARTM组织与Edwards空军基地(AFB)还支持Nova公司研究频谱利用性能更好的遥测调制体制——多调制指数连续相位调制体制(multi-h CPM),该体制的频谱效率为PCM - FM体制的3倍。

扩频技术是利用伪随机序列对传送的信息数据进行调制,实现频谱扩展后

再进行传输,由于扩频通信具有较宽的频带和较低的功率谱密度,所以,它具有抗多径衰落、抗干扰、隐蔽性好和低的截获概率等优点,同时,还具有多址复用和高精度测距等功能。随着多弹头、多导弹测量的需求,对遥测系统提出了多目标测量的需求,除了传统的多点频遥测技术外,还可以利用遥测信道,采用 CDMA 技术实现多目标跟踪测量,这已成为解决多目标测量的重要手段。

三、信道编码技术

提高传输质量和增大作用距离的途径有两种,一种是增加硬件设施,如增大天线口径、加大发射功率、提高接收机灵敏度等,另一种是采用改进软件的办法,如软判决解码、软件解调、信道编码等,而信道编码是最行之有效的方法。

CCSDS101 版本推荐的是卷积码 + R - S 码级联码,理论上,它的编码增益可达到 5dB。在 2003 年 9 月推出的 CCSDS131 的版本中,推荐了 Turbo 码,理论上,它的编码增益最高可达到 8.8dB。

四、地面遥测跟踪技术

在被测目标飞行过程中,必须保证地面遥测天线时刻指向目标,以接收到良好的射频信号,因此地面遥测天线跟踪技术也是遥测系统关键技术之一。常用的天线跟踪方式有手动跟踪、程序跟踪、记忆跟踪、自跟踪、外部引导跟踪等,在实际遥测系统设计中,需要综合考虑武器飞行特性、遥测地面天线性能等多项因素,在实施过程中往往是多种跟踪方式相互更换,以保证遥测信息的可靠接收。

当航天器低空、超低空飞行时,由于地面、海面杂波的影响,产生多径效应,使跟踪设备的跟踪精度降低,甚至跟踪失效,如何使天线在低仰角跟踪时不丢失目标,实现稳定跟踪,这就是低仰角跟踪技术需要解决的问题。

遥测自跟踪系统的特点是捕获距离远、跟踪稳定,但精度低,如果和测量雷达联合起来,足以弥补测量雷达由于功率小和波束窄造成的远距离不易捕获目标的缺陷,起到引导雷达的作用,已有利用“精密跟踪遥测系统”引导高精度测量雷达的先例。

五、遥测数据实时处理技术

兵器试验时,有时需要实时提供武器飞行参数,以利于指挥员作出准确决策。遥测数据中包含大量的导航参数、控制参数、载体信息及离散量信息,实时

提取出这些参数可以满足兵器试验的要求,因此遥测数据实时处理技术十分重要,是确保武器飞行安全、提高试验效率、缩短试验周期的重要保证。飞行试验中,地面遥测设备跟踪飞行目标,接收遥测信号,通过遥测数据实时处理系统实现目标参数的实时监控。

对于飞行距离远、时间长的武器,往往需要多台遥测地面站协同工作,以遥测系统服务器为中心的分布式网络遥测数据处理及传输系统应运而生。遥测系统服务器通过光缆、微波等方式接收多台遥测地面站的遥测数据,经过时间校准、数据优选后,处理出所需参数直接向指挥中心传送,实时提供武器内部信息。

六、卫星导航系统的应用技术

如果将 GPS、北斗等卫星导航接收机安装于飞行器内部,就可以实时测得飞行器的位置、速度等信息,并通过遥测信道传输到地面。在兵器试验中,遥测地面站对弹上遥测数据中的 GPS 位置信息进行解算处理,必要时进行差分处理,再转换为特定坐标系下的数据,可以实现弹道实时重建、提供外引导数据等功能。

七、遥测电磁兼容技术

兵器试验空间电磁环境复杂,各种大功率雷达信号、无线电通信信号、民用无线电信号等的存在,对遥测系统的可靠性、安全性产生较大的干扰。为此,电磁兼容性(EMC)是遥测系统设计过程中必须考虑的问题。遥测系统具有良好的电磁兼容性是指弹上和地面所有遥测设备传导和发射的非功能性的电磁能量不能超过规定的阈值,并且在复杂电磁环境中能够正常工作。

目前采用自适应调零天线技术、扩频/跳频技术、自适应包络限幅及滤波技术和超宽带传输技术等措施,可以增强遥测系统的电磁兼容性,提高其可靠性和安全性。

第四节 遥测系统发展历程及趋势

遥测技术是包含传感器技术、通信技术、计算机技术等的一门综合性现代信息技术,遥测系统是一种工程应用型的信息系统,信息系统工程与实践的进展直接推动着遥测技术的进步。

遥测技术的发展受到两个方面的影响,一方面是空间技术的发展,随着载