

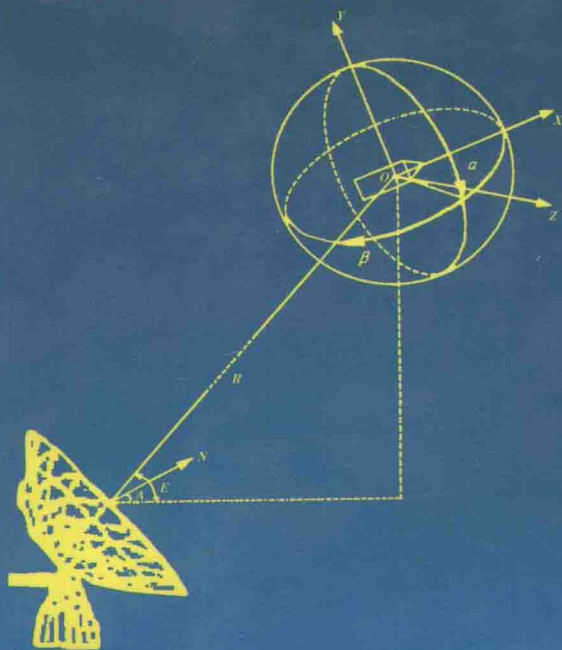


导弹航天测控通信技术丛书

导弹测控系统

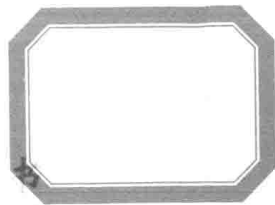
Missile TT&C Systems

主编 黄学德 副主编 成求青



国防工业出版社

导弹航天测控通信技术丛



导弹测控系统

Missile TT&C Systems

黄学德 主 编

成求青 副主编

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

导弹测控系统/黄学德主编. —北京:国防工业出版社, 2000.5

(导弹航天测控通信技术丛书)

ISBN 7-118-02295-0

I. 导... II. 黄... III. 导弹控制-控制系统
IV. TJ765.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 18759 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 100044)

腾飞胶印厂印刷

新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32 印张 8 $\frac{7}{8}$ 217 千字

2000 年 5 月第 1 版 2000 年 5 月北京第 1 次印刷

印数:1—3000 册 定价:20.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

致 读 者

本书由国防科技图书出版基金资助出版。

国防科技图书出版工作是国防科技事业的一个重要方面。优秀的国防科技图书既是国防科技成果的一部分,又是国防科技水平的重要标志。为了促进国防科技事业的发展,加强社会主义物质文明和精神文明建设,培养优秀科技人才,确保国防科技优秀图书的出版,国防科工委于1988年初决定每年拨出专款,设立国防科技图书出版基金,成立评审委员会,扶持、审定出版国防科技优秀图书。

国防科技图书出版基金资助的对象是:

1. 学术水平高,内容有创见,在学科上居领先地位的基础科学理论图书;在工程技术理论方面有突破的应用科学专著。

2. 学术思想新颖,内容具体、实用,对国防科技发展具有较大推动作用的专著;密切结合科技现代化和国防现代化需要的高新技术内容的专著。

3. 有重要发展前景和有重大开拓使用价值,密切结合科技现代化和国防现代化需要的新工艺、新材料内容的科技图书。

4. 填补目前我国科技领域空白的薄弱学科和边缘学科的科技图书。

5. 特别有价值的科技论文集、译著等。

国防科技图书出版基金评审委员会在国防科工委的领导下开展工作,负责掌握出版基金的使用方向,评审受理的图书选题,决定资助的图书选题和资助金额,以及决定中断或取消资助等。经评审给予资助的图书,由国防工业出版社列选出版。

国防科技事业已经取得了举世瞩目的成就。国防科技图书承

担着记载和弘扬这些成就,积累和传播科技知识的使命。在改革开放的新形势下,国防科工委率先设立出版基金,扶持出版科技图书,这是一项具有深远意义的创举。此举势必促使国防科技图书的出版随着国防科技事业的发展更加兴旺。

设立出版基金是一件新生事物,是对出版工作的一项改革。因而,评审工作需要不断地摸索、认真地总结和及时地改进,这样,才能使有限的基金发挥出巨大的效能。评审工作更需要国防科技工业战线广大科技工作者、专家、教授,以及社会各界朋友的热情支持。

让我们携起手来,为祖国昌盛、科技腾飞、出版繁荣而共同奋斗!

**国防科技图书出版基金
评审委员会**

国防科技图书出版基金 第三届评审委员会组成人员

名誉主任委员	怀国模			
主任委员	黄宁			
副主任委员	殷鹤龄	高景德	陈芳允	曾铎
秘书长	崔士义			
委员	于景元	王小谟	尤子平	冯允成
(以姓氏笔划为序)	朱森元	朵英贤	刘仁	杨星豪
	吴有生	何庆芝	何国伟	何新贵
	宋家树	张立同	张汝果	张均武
	张涵信	陈火旺	范学虹	柯有安
	侯正明	莫梧生	崔尔杰	

导弹航天测控通信技术丛书

编审委员会

- 名誉主任委员 沈荣骏
- 顾问 陈芳允 赵起增
- 主任委员 尚学琨
- 副主任委员 赵军(常务) 罗海银 王文宝 左振平
- 委员 于志坚 刘仁 刘蕴才 华仲春
- (以姓氏笔划为序) 沈平山 张殷龙 林秀权 赵业福
- 侯鹰 贺瑞法 聂皓 郭淦水
- 陶有勤 高德江 隋起胜
- 主编 刘蕴才(兼)
- 副主编 张纪生
- 秘书 崔福红 李国强

《导弹测控系统》

主 编 黄学德

副 主 编 成求青

编 著 者 成求青 朱武宣 吴正容 王东亚

谢京稳 阎国英 黄学德 张立滨

主 审 张启平


责任编辑 王晓光

序

为了发展导弹、航天事业,我们经过 40 年的艰苦奋斗,自立创新,建成了具有中国特色、先进、实用的导弹、航天测控网,圆满地完成了历次导弹、航天试验任务。

为了总结 40 年来取得的丰富经验,使其科学化、系统化、理论化,总装备部测量通信总体研究所在有关单位的支持、协同下,已经编著出版了《导弹卫星测控总体设计》、《导弹卫星测控系统工程》(上、下册),受到广大测控、通信技术人员的欢迎。现在,以总装备部测量通信总体研究所为主,组织有关试验基地、院校和原航天工业总公司及电子工业部有关研究所,共同编著一套覆盖测控与通信领域主要专业、包含丰富实践经验、具有较高理论水平的《导弹航天测控通信技术丛书》,这是我国导弹、航天测控领域一件具有重要意义的建设性工作。

本丛书包括《导弹测控系统》、《航天测控系统》(上、下册)、《光学测量系统》、《无线电跟踪测量系统》、《遥测遥控系统》(上、下册)、《计算机在测控网中的应用》、《试验通信技术》(上、下册)、《时间统一系统》、《外测数据事后处理》、《电波大气折射误差修正》和《导弹航天测控通信技术词典》等 11 卷 14 册。丛书的出版,将为我国导弹、航天测控与通信技术人员提供一套内容丰富的学习资料,亦为从事导弹、航天工程研制与试验的其它专业技术人员提供一套了解相关专业知识和进行技术交流的图书。期望这套丛书能帮助广大读者加深对导弹、航天测控与通信技术的了解和运用,共同促进我国导弹、航天测控与通信事业的进一步发展。



1998 年 8 月 1 日

前 言

导弹试验工程包括发射场系统、导弹系统和测控系统,测控系统(Tracking Telemetry and Control System,简称 TT&C)是导弹飞行试验中不可缺少的一部分,导弹的定型必须通过飞行试验实测数据验证,所以测控系统是圆满完成导弹飞行试验的支持系统。在导弹飞行试验中,由测控系统完成对导弹跟踪,记录导弹飞行实况,获取导弹在空中的外弹道参数、遥测参数和目标特性参数等飞行试验参数,用来评定导弹射击精度、验证导弹及其部件的环境适应能力、检验导弹突防性能等指标,为改进设计提供参考依据。

测控系统包括地面和弹上两部分。地面部分由分布在导弹飞行航迹地面投影线(弹下点轨迹)附近的一系列测控站及指挥控制中心、数据处理系统组成。测控站负责采集导弹飞行的实况、测量导弹内部各种工作参数和观测弹道运动参数;指挥控制中心负责汇集各测控站获取的各种观测信息,计算导弹的运动参数,为指挥控制人员提供导弹飞行实况显示;数据处理分实时和事后系统,负责加工处理各种观测数据,形成能反映导弹飞行状况的数据文件。弹上系统包括配合地面测控站完成测控任务的各类合作目标。

测控系统是应用众多工程技术新成就组成的高度综合的专用技术系统,系统中各部分的工作高度协调一致,保证正确、及时地获取导弹飞行中的各种参数。所以测控系统的设计需要较为广泛的科学理论知识和测控专用技术,建设一个庞大而功能齐全的测控系统,需要灵活应用众多方面的知识和技术。本书是在理论联系实际、密切结合测控总体设计实践的基础上,为满足导弹测控系统总体设计和技术协调工作的迫切需要而编著的,在编著过程中得到了丛书编委会和总装备部测量通信总体研究所领导的深切关

怀,所机关做了大量协调工作,总装备部 921 办张启平同志在百忙中抽出时间为本书担任主审,在此一并表示感谢。

本书第一、二章由成求青编著,第三章由朱武宣、吴正容、王东亚编著,第四章由谢京稳编著,第五章由成求青、朱武宣编著,第六章由阎国英、吴正容、黄学德编著,第七章由吴正容编著,第八章由朱武宣、张立滨、成求青编著。主编黄学德和副主编成求青负责完成了本书全稿统编工作。

在编著过程中,我们力求文字叙述严谨,避免重复,但毕竟水平有限,难免存有不足和错误之处,恳请读者批评指正。

编 著 者

1999 年 12 月

目 录

第一章 概论	1
1.1 导弹及其试验	1
1.1.1 导弹及分类	1
1.1.2 导弹试验分类	1
1.1.3 试验靶场	3
1.2 测控系统在导弹飞行试验中的地位和作用	3
1.3 导弹测控系统的组成	4
1.3.1 主要组成	4
1.3.2 测控设备及分类	6
1.4 导弹测控系统的结构与布局	7
1.4.1 系统结构	7
1.4.2 系统布局	8
参考文献	9
第二章 坐标系统与时间系统	10
2.1 坐标系统	10
2.1.1 导弹测控坐标系	10
2.1.2 常用坐标系的定义	10
2.1.3 坐标转换	28
2.2 时间系统	40
2.2.1 导弹测控常用时间系统的定义	41
2.2.2 时间系统的相互关系及其换算	45
参考文献	47
第三章 飞行试验参数测量	48
3.1 外弹道参数测量	48
3.1.1 外弹道测量的目的	49

3.1.2	外弹道测量体制	50
3.1.3	外弹道测量原理	52
3.2	遥测参数测量	69
3.2.1	遥测的目的和要求	70
3.2.2	遥测系统的组成与功能	71
3.2.3	遥测数据处理和分析	74
3.3	目标特性参数测量	77
3.3.1	目标特性测量的主要任务	78
3.3.2	目标散射特性测量	81
3.3.3	目标辐射特性测量	91
3.3.4	多目标分布空域测量	98
	参考文献	99
第四章	飞行安全控制	100
4.1	导弹安控系统组成与功能	100
4.2	地面安控系统	102
4.2.1	安控信息源	103
4.2.2	实时处理系统	105
4.2.3	监视显示系统	106
4.2.4	无线电遥控系统	107
4.3	安全管道与安全边界	108
4.3.1	安全管道	108
4.3.2	安全边界	109
	参考文献	112
第五章	系统总体设计原理	113
5.1	总体设计简介	113
5.1.1	总体设计的依据和原则	113
5.1.2	总体设计的任务	114
5.2	测控要求分析论证	116
5.2.1	测控要求论证的任务	116
5.2.2	测控要求论证的内容	117
5.3	测控系统总体设计	120
5.3.1	外弹道测量分系统	120

5.3.2	遥测分系统	124
5.3.3	安全控制分系统	126
5.3.4	目标特性测量分系统	129
5.3.5	引导分系统	131
5.3.6	实时计算监视显示分系统	134
5.3.7	弹载测控分系统	134
5.4	设计的优化	141
5.4.1	优化设计模型	141
5.4.2	优化设计过程	144
5.4.3	总体优化	146
5.4.4	优化设计工具	146
	参考文献	154
第六章	系统总体分析技术	155
6.1	外弹道测量精度设计	155
6.1.1	外弹道测量精度	155
6.1.2	影响外弹道测量精度的主要误差源	157
6.1.3	典型测量体制的误差传播分析	159
6.2	弹上天线方向性图设计	176
6.2.1	天线方向性图设计	176
6.2.2	对弹上天线方向性图的要求	182
6.3	可靠性设计	185
6.3.1	可靠性特征量	186
6.3.2	可靠性设计	187
	参考文献	196
第七章	测控支持保障系统的总体要求	197
7.1	时统系统	197
7.1.1	时统在测控中的作用	197
7.1.2	测控系统对时统系统的要求	199
7.2	通信系统	204
7.2.1	通信在测控中的作用	204
7.2.2	误码率要求	204
7.3	大地测量	206

7.3.1 大地测量在测控中的作用	206
7.3.2 大地测量要求	208
7.4 气象测量	211
7.4.1 气象参数测量与测控系统的关系	211
7.4.2 气象参数测量要求	213
参考文献	214
第八章 测控系统的鉴定与仿真	215
8.1 系统综合试验	216
8.1.1 系统综合试验的任务和内容	216
8.1.2 地面系统信息联调	216
8.1.3 弹—地信息对接试验	218
8.1.4 电磁兼容性试验	218
8.1.5 系统综合性能试验和动态校飞	219
8.2 精度鉴定试验	220
8.2.1 精度鉴定的任务与目的	220
8.2.2 精度鉴定的途径和主要方法	221
8.2.3 精度鉴定总体设计	225
8.2.4 鉴定试验的精度分析评定	239
8.3 系统仿真	245
8.3.1 仿真的分类	245
8.3.2 仿真在导弹测控工程中的作用	246
8.3.3 数学仿真	247
8.3.4 半实物仿真	253
参考文献	256

Contents

Chapter 1 Overview	1
1.1 Missiles and Testing	1
1.1.1 Missiles and Their Classification	1
1.1.2 Classification of Missile Testing	1
1.1.3 Test Ranges	3
1.2 Role and Functions of TT&C System in Missile Flight Testing	3
1.3 Composition of a Missile TT&C System	4
1.3.1 Composition	4
1.3.2 TT&C Equipment and Classification	6
1.4 Architecture and Layout of Missile TT&C Systems	7
1.4.1 System Architecture	7
1.4.2 System Layout	8
Reference	9
Chapter 2 Coordinates System and Time System	10
2.1 Coordinates System	10
2.1.1 Missile TT&C Coordinates System	10
2.1.2 Definition of Traditional Coordinates	10
2.1.3 Conversion of Coordinates	28
2.2 Time system	40
2.2.1 Definition of Traditional Time Systems for Missile TT&C	41
2.2.2 Relations Between Time Systems and Their Conversion	45
Reference	47

Chapter 3 Instrumentation of Flight – test Parameters	48
3.1 Instrumentation of Metric Parameters	48
3.1.1 Purpose of Metric Instrumentation	49
3.1.2 Systems of Metric Instrumentation	50
3.1.3 Principles of Metric Instrumentation	52
3.2 Instrumentation of Telemetry Parameters	69
3.2.1 Purpose and Requirements of Telemetry	70
3.2.2 Composition and Functions of Telemetry Systems	71
3.2.3 Processing and Analysis of Telemetry Data	74
3.3 Instrumentation of Target Characteristics Parameters	77
3.3.1 Main Tasks of Target Characteristics Instrumentation	78
3.3.2 Instrumentation of Target Scattering Characteristics	81
3.3.3 Instrumentation of Target Emission Characteristics	91
3.3.4 Spatial Instrumentation of Multiple-target Distribution	98
Reference	99
Chapter 4 Flight Safety Control	100
4.1 Composition and Functions of Missile Safety Control Systems	100
4.2 Ground Safety Control System	102
4.2.1 Safety Control Information Source	103
4.2.2 Real – time Computation System	105
4.2.3 Monitoring and Display System	106
4.2.4 Radio Telecommand System	107
4.3 Safety Pipe and Safety Boundary	108
4.3.1 Safety Pipe	108
4.3.2 Safety Boundary	109
Reference	112
Chapter 5 System Designing Principles	113
5.1 Introduction of System Designing	113
5.1.1 Basis and Rules of System Designing	113
5.1.2 Tasks of System Designing	114