

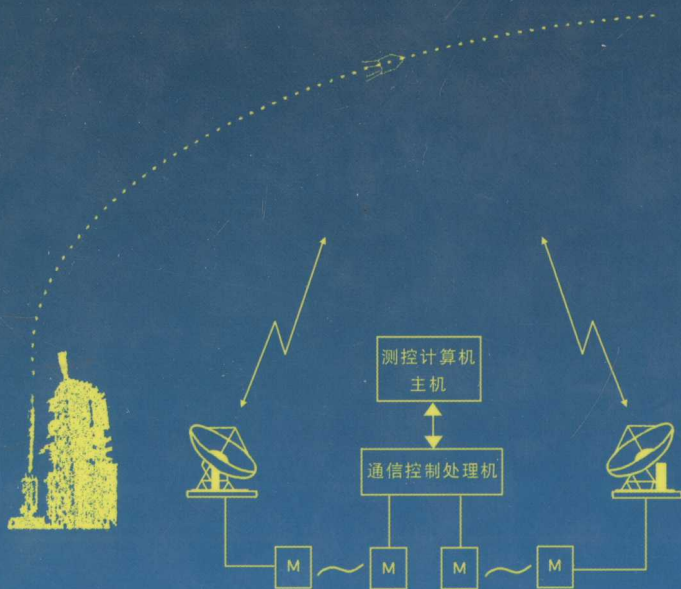


导弹航天测控通信技术丛书

计算机在测控网中的应用

*The Application of Computer
in Tracking Telemetry and Command Networks*

贾永年 主编



国防工业出版社

V556
1004

V556
1004-1

导弹航天测控通信技术丛书

计算机在测控网中的应用

The Application of Computer in Tracking
Telemetry and Command Networks

贾永年 主编



国防工业出版社



30848395

848395

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机在测控网中的应用/贾永年主编. —北京: 国防工业出版社, 2000.4

(导弹航天测控通信技术丛书)

ISBN 7-118-02206-3

I. 计… II. 贾… III. 计算机应用-航天器-测量控制网 IV. V556

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 52613 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)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32 印张 8½ 208 千字

2000 年 4 月第 1 版 2000 年 4 月北京第 1 次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 19.00 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 郭詮水

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

《计算机在测控网中的应用》

主 编 贾永年

编 著 者 贾永年 吴孝忠 杨晓斌 杨小平

责任编辑 林秀权 王祖珮

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。

沈昌俊

1998 年 8 月 1 日

前 言

导弹武器和航天事业的发展，离不开地面测控系统的支持。计算机是地面测控系统的神经中枢，随着测控系统需求的变化，对测控网计算机系统提出了越来越高的要求。在我国导弹、航天测控工程中，将所用计算机系统习惯地称为测控计算机系统并简称测控计算机。测控计算机与通用计算机相比，有其显著特点，例如与众多测控设备相联，与测控系统严格时间同步和强实时，高可靠等。

本书科学而系统地总结了我国 30 多年来导弹、航天测控计算机系统和监控显示系统的发展历程、设计经验以及今后的发展展望。主要作者经历了我国各代测控计算机实时系统的建设和改造、扩建工程，创立并提出了实时性能满足测控系统要求的通信规程，并与研制单位合作设计、制造了专用通信控制处理机，开发了多种实时测控软件。本书没有对计算机本身做更多论述，而是突出了测控计算机网络化设计，节点计算机总体论证和专用部件设计中一些特殊问题的处理。

随着计算机技术的不断发展，我国各级导弹、航天指挥控制中心逐步采用了光纤网、多媒体和帧中继等新技术。本书展现了现代计算机技术在导弹和航天领域的应用，可供导弹与航天测控系统总体人员、测控计算机系统和监控显示系统技术人员参考，也可作为有关院校测控专业的教材或参考书。

本书由贾永年任主编。全书共分六章：第一章概论，第二章测控计算机系统总体设计，第三章测控网计算机系统的专用部件，第四章计算机实时测控软件，第五章监控显示系统，第六章测控网计算机与监控显示系统的展望。其中第四章由吴孝忠高级

工程师编著，第五章由杨晓斌工程师编著，杨小平工程师参加了第四章有关节的编著，其余大部分由贾永年研究员编著。

本书是在总装备部测量通信总体研究所具体组织指导下编著的，刘蕴才高级工程师和张纪生研究员对编著提纲和书稿做了多次反复修改，出版社林秀权编审也付出了辛勤的劳动，他们对确保书稿质量起了重要作用，在此一并表示感谢！

由于我们水平有限，再加工作繁忙，时间仓促，错误之处在所难免，敬请批评指正。

编著者

1999年7月

目 录

第一章 概论	1
1.1 概述	1
1.2 计算机与监控显示系统在测控系统中的地位 和作用	2
1.2.1 测控系统的组成	2
1.2.2 计算机和监控显示系统在测控系统中的作用	3
1.3 测控计算机系统的特点	5
1.4 监控显示系统的特点	7
参考文献	10
第二章 测控计算机系统总体设计	11
2.1 测控计算机系统性能需求分析	11
2.1.1 性能描述	11
2.1.2 性能分析	12
2.2 测控计算机系统的体系结构	17
2.2.1 通用计算机系统的一般结构	17
2.2.2 测控计算机的体系结构	20
2.3 测控计算机系统的组成	24
2.3.1 测控网中计算机系统的拓扑结构	24
2.3.2 测控计算机系统的设计原则	25
2.3.3 测控系统所需专用部件	26
2.3.4 商用计算机的选择	28
2.4 典型测控计算机系统简介	44
2.4.1 中心级计算机系统	44
2.4.2 测控站级计算机系统	51
2.5 系统可靠性与冗余技术	56

2.5.1 冗余技术	56
2.5.2 双工系统设计	57
2.5.3 多机系统冗余设计	62
参考文献	69
第三章 测控网计算机系统的专用部件	70
3.1 通信控制处理机	70
3.1.1 测控网中常用的数据通信规程	72
3.1.2 通信控制处理机的设计	88
3.1.3 通信控制卡	109
3.1.4 通信接口处理机	109
3.2 时统接口部件	112
3.2.1 时统接口部件的组成	112
3.2.2 B 码接口终端	113
3.2.3 高精度时间产生设备	114
3.2.4 时间符合设备	115
3.2.5 起飞绝对时设备	117
3.3 中断部件	118
3.3.1 测控事件中断	118
3.3.2 中断部件的设计	119
3.4 特殊外设简介	124
3.4.1 安控台和逃逸台子系统	124
3.4.2 事后数据处理重现设备	125
参考文献	126
第四章 计算机实时测控软件	127
4.1 概述	127
4.1.1 测控软件的作用	127
4.1.2 测控系统对实时测控软件的要求	127
4.1.3 测控软件开发过程	129
4.1.4 测控软件的组成	129
4.1.5 测控软件的开发方法	137
4.1.6 实现途径	140
4.2 测控软件的系统分析与设计	140

4.2.1 系统要求分析	141
4.2.2 系统设计	142
4.2.3 系统分析/设计中常用的图形工具	143
4.2.4 系统分析/设计评审	146
4.3 实时操作系统	147
4.3.1 概述	147
4.3.2 实时操作系统的主要任务	148
4.4 开发与程序设计语言	154
4.4.1 汇编语言	154
4.4.2 高级语言	154
4.4.3 开发工具	156
4.4.4 数据库系统	159
4.5 测控应用软件	160
4.5.1 应用软件的任务	160
4.5.2 测控应用软件需求分析	162
4.5.3 应用软件设计	163
4.5.4 建立实时数学模型	170
4.6 测控软件的质量及质量控制	175
4.6.1 软件系统质量保证	175
4.6.2 质量因素	177
4.6.3 软件测试	180
4.6.4 测控软件质量评估模型	186
4.7 专家系统	189
4.7.1 概述	190
4.7.2 不同推理机制的专家系统	193
4.7.3 专家系统在航天领域的应用	194
4.7.4 典型专家系统	195
参考文献	201
第五章 监控显示系统	203
5.1 监控显示系统总体设计	203
5.1.1 监控显示系统的作用及要求	203
5.1.2 监控显示系统总体结构	206

5.1.3 监控显示系统的对外接口	208
5.2 分系统设计	209
5.2.1 网络分系统设计	209
5.2.2 显示服务器	211
5.2.3 微机显示工作站	212
5.2.4 三维图形工作站	213
5.2.5 S频段测控系统的监控设备	214
5.2.6 公用显示控制台	216
5.2.7 公用显示设备	219
5.2.8 记录仪	223
5.3 监控显示系统软件	225
参考文献	230
第六章 测控网计算机与监控显示系统的展望	231
6.1 概述	231
6.1.1 计算机系统基本性能的飞速发展	231
6.1.2 并行处理技术	233
6.1.3 网络技术	233
6.1.4 计算机技术和通信技术逐渐融合	234
6.2 测控网计算机系统的发展趋势	235
6.2.1 测控计算机系统的功能扩展	235
6.2.2 体系结构的变迁	236
6.2.3 商品化	237
6.2.4 开放式结构	238
6.2.5 充分运用仿真技术	239
6.3 测控软件系统的发展趋势	239
6.3.1 软件开发技术	239
6.3.2 系统软件发展趋势	242
6.3.3 软件工程环境	242
6.3.4 多媒体及网络技术	243
6.3.5 软件质量评测技术	243
6.4 监控显示系统的发展趋势	244
6.4.1 网络化	244

6.4.2 通用化、商品化·····	245
6.4.3 采用新型显示设备·····	245
6.4.4 专家系统将广泛应用·····	245
参考文献 ·····	246

Contents

Chapter 1 Overview	1
1.1 Introduction	1
1.2 Roles and Functions of Computer and MC&D Systems in TT&C Systems	2
1.2.1 Composition of a TT&C System	2
1.2.2 Functions of Computer and MC&D Systems in TT&C Systems	3
1.3 Characteristics of TT&C Computer Systems	5
1.4 Characteristics of MC&D Systems	7
Reference	10
Chapter 2 Overall Design of a TT&C Computer Systems	11
2.1 Performance Requirement Analysis of TT&C Computer Systems	11
2.1.1 Performance Description	11
2.1.2 Performance Analysis	12
2.2 Architecture of TT&C Computer Systems	17
2.2.1 Common Architecture of a General Purpose Computer Systems	17
2.2.2 Architecture of TT&C Computer Systems	20
2.3 Composition of TT&C Computer Systems	24
2.3.1 Topology Structure of Computer Systems in a TT&C Network	24
2.3.2 Design Principles of TT&C Computer Systems	25
2.3.3 Special Units Required by TT&C Systems	26
2.3.4 Selection of Business Computers	28