

《国防科研试验工程技术系列教材》

试验气象系统

气象保障常用软件包

中国人民解放军总装备部军事训练教材编辑工作委员会

国防工业出版社

《国防科研试验工程技术系列教材》 总编审委员会

名誉主任委员 程开甲 李元正

主任委员 胡世祥

副主任委员 段双泉 尚学琨 褚恭信 马国惠
委 员 (以下按姓氏笔划排列)

王国玉 刘 强 刘晶儒 张忠华

李济生 邵发声 周铁民 姚炳洪

姜世忠 徐克俊 钱卫平 常显奇

萧泰顺 穆 山

办公室主任 任万德

办公室成员 王文宝 冯许平 左振平 朱承进

余德泉 李 钢 杨德洲 邱学臣

郑时运 聂 皞 陶有勤 郭詮水

钱玉民

《国防科研试验工程技术系列教材· 试验气象系统》编审委员会

主任委员 尚学琨

副主任委员 李 钢 胡广隆 赵树海

委 员 潘剑翔 袁志康 赵殿军 戴维孝
陈信雄 江晓华 于永吉

主 编 胡广隆

副 主 编 孙立潭 戴维孝 陈信雄 江晓华

秘 书 赵殿军

气象保障常用软件包

主 编 孙立潭 赵殿军

副主编 赵瑞星 关 军

编著人员 第1章 王 铁 赵殿军

第2章 李训强 赵殿军

第3章 李训强

第4章 李训强

第5章 赵瑞星

第6章 李训强

第7章 李训强

第8章 赵瑞星 孙立潭

第9章 关 军 孙立潭

第10章 孙立潭

主 审 周晓中

总 序

当今世界,科学技术突飞猛进,知识经济迅速兴起,国力竞争越来越取决于各类高技术、高层次人才的质量与数量,因此,作为人才培养的基础工作——教材建设,就显得格外重要和紧迫。为总结、巩固国防科研试验的经验和成果,促进国防科研试验事业的发展,加快人才培养,我们组织了近千名专家、学者编著了这套系列教材。

建国以来,我国国防科研试验战线上的广大科技人员,发扬“自力更生、艰苦奋斗、科学求实、大力协同、无私奉献”的精神,经过几十年的努力,建立起了具有相当规模和水平的科研试验体系,创立了一系列科研试验理论,造就了一支既有较高科学理论知识、又有实践经验,勇于攻关、能打硬仗的优秀科技队伍,取得了举世瞩目的成就。这些成就对增强国防实力,带动国家经济发展,促进科技进步,提高国家和民族威望,都发挥了重要作用。

编著这套系列教材是国防科研试验事业继往开来的大事,它是国防科研试验工程技术建设的一个重要方面,是国防科技成果的一个重要组成部分,也是体现国防科研试验技术水平的一个重要标志。它承担着记载与弘扬科技成就、积累和传播科技知识的使命,是众多科技工作者用心血和汗水凝成的科技成果。编著该套系列教材,旨在从总体的系统性、完整性、实用性角度出发,把丰富的实践经验进一步理论化、科学化,形成具有我国特色的国防科研试验理论与实践相结合的知识体系。一是总结整理国防科研试验事业创业40年来的重要成果及宝贵经验;二是优化专业技术教材体系,为国防科研试验专业技术人员提供一套系统、全面的教科书,满足人才培养对教材的急需;三是为国防科研试验提供有力的

技术保障;四是将许多老专家、老教授、老学者广博的学识见解和丰富的实践经验总结继承下来。

这套系列教材按国防科研试验主要工程技术范畴分为:导弹航天测试发射系统、导弹航天测量控制系统、试验通信系统、试验气象系统、常规兵器试验系统、核试验系统、空气动力系统、航天医学工程系统、国防科技情报系统、电子装备试验系统等。各系统分别重点论述各自的系统总体、设备总体知识,各专业及相关学科的基础理论与专业知识,主要设备的基本组成、原理与应用,主要试验方法与工作程序,本学科专业的主要科技成果,国内外的最新研究动态及未来发展方向等。

这套系列教材的使用对象主要是:具有大专以上学历的科技与管理干部,从事试验技术总体、技术管理工作的人员及院校有关专业的师生。

期望这套系列教材能够有益于高技术领域里人才的培养,有益于国防科研试验事业的发展,有益于科学技术的进步。

《国防科研试验工程技术系列教材》

总编审委员会

1999年10月

序

试验气象系统是国防科研试验工程的重要组成部分。40年来,我国国防科研试验气象保障人员以科研试验任务为中心,圆满完成了导弹航天器发射、测控、回收试验以及核试验、常规兵器试验等各类试验的气象保障任务,为我国航天事业及武器装备的发展作出了重大贡献,并初步建成了科学、合理、高效的综合气象保障体系。

在国防科研试验气象系统的建设与发展过程中,几代气象人投入了毕生的精力与智慧,付出了辛勤的劳动,创造和发展了适应我国国防科研试验气象保障实际的理论与工程技术,积累了丰富的实践经验,取得了丰硕的成果。为了使国防科研试验气象事业不断发展进步,更好地培养造就新一代气象人才,将试验气象系统40年来的理论与实践成果进行认真系统的整理和总结,编写出一套既适合新时期人才培养需要,又对国防科研试验气象保障工作有指导意义的系列教材,具有十分重要的现实意义和深远的历史意义。

本套教材以具有大专以上学历的气象预报、大气探测、气象信息工程、仪器维修等专业的技术人员为主要对象,以气象保障系统组成、基本原理、相关专业理论及其发展方向等为主要内容,以气象预报和任务保障理论与工程技术等为重点,既可作为实际业务工作的指导用书,也可作为院校相关专业师生的参考教材。

本套教材共分8卷。包括:《航天气象学》、《雷电监测预警技术》、《核试验气象保障》、《海洋航天测控气象保障》、《常规兵器试验气象测试与保障》、《气象保障常用软件包》、《实用中长期天气预报》和《气象图形图像处理与应用》。

本套教材在编写过程中得到了有关部队和解放军理工大学气象学院的大力支持与帮助,各级领导和许多专家、教授为编写工作提出了宝贵的建设性意见,在此一并表示衷心感谢。由于本套教材涉及面广,包含内容较多,部分教材又是国内第一次编写,加之编著人员水平有限,书中难免有不足和疏漏之处,诚请读者予以指正。

《国防科研试验工程技术系列教材·
试验气象系统》编审委员会

2001年4月

前 言

《气象保障常用软件包》是《国防科研试验工程技术系列教材·试验气象系统》中的一卷,主要论述气象保障过程中常用的技术方法及其编程实现等问题。全书分为 10 章,包括客观分析、诊断分析、多元统计分析、主分量分析、自适应统计天气预报方法、时间序列分析、谱分析、人工神经网络天气预报方法、灰色系统及气象绘图软件等内容。

本书是根据《国防科研试验工程技术系列教材》的性质、阅读对象和基本要求编写的。本书着重介绍气象保障常用软件的主要技术方法,重点是各种软件的编程实现。目的是解决气象保障技术人员的动手能力问题。书中所给出的算法都附有全部源程序和详细的解释。特别需要指出的是,书中还针对目前各气象业务单位气象保障科研工作中迫切需要的人工神经网络预报方法、自适应统计预报方法、灰色系统方法及气象常用绘图软件等技术方法,都给出了源程序和算例。因此,对于气象系统的专业技术人员而言,本书是一部理论和应用紧密结合的工具书。

在编写过程中,得到了总装备部司令部、军训局和解放军理工大学的大力支持。本书由孙立潭教授主编并统稿,总参气象中心的周晓中高级工程师对全书进行了审阅,王蕾同志提供了 BP 算法的部分程序,在此一并表示感谢。

本书是第一次编写,难度很大,加之我们的水平也很有限,因此,错误之处在所难免,诚请广大读者批评指正。另外,由于受版

面大小的影响,部分程序出现回行,请读者在阅读时谅解,如果需要电子版,可向作者索要。

Email:sunlitan-2001@sina.com

0501-70620

编 者

2001年9月

目 录

第 1 章 客观分析	1
1.1 概述	1
1.2 拉格朗日插值	2
1.2.1 两点一次插值	2
1.2.2 三点两次插值	3
1.2.3 一般情况	4
1.2.4 FORTRAN 程序	4
1.3 样条插值	6
1.3.1 引进样条函数的概念	6
1.3.2 三次样条	6
1.3.3 三弯矩方程	8
1.3.4 FORTRAN 程序	9
1.4 曲线拟合	12
1.4.1 最小二乘法	13
1.4.2 最优插值	21
第 2 章 诊断分析	25
2.1 概述	25
2.2 散度和涡度计算程序	26
2.2.1 功能与计算方法说明	26
2.2.2 子程序语句与哑元说明	30
2.2.3 子程序	31
2.2.4 计算散度和涡度的例子	35
2.3 垂直速度 ω 的计算程序	38
2.3.1 功能与计算方法说明	38
2.3.2 子程序语句与哑元说明	40

2.3.3 子程序	41
2.3.4 计算 ω 的例子	49
2.4 通量计算程序	55
2.4.1 功能与计算方法说明	55
2.4.2 子程序语句与哑元说明	56
2.4.3 子程序	57
2.5 流函数、速度势函数计算程序	58
2.5.1 功能与计算方法说明	58
2.5.2 子程序语句与哑元说明	62
2.5.3 子程序	63
2.5.4 举例	68
第3章 多元统计分析	72
3.1 概述	72
3.2 方差分析程序	72
3.2.1 功能与计算方法说明	72
3.2.2 子程序语句与哑元说明	72
3.2.3 子程序	73
3.2.4 举例	73
3.3 回归分析程序	74
3.3.1 一元线性回归分析	75
3.3.2 多元线性回归分析	79
3.4 判别分析程序	89
3.4.1 功能与计算方法说明	89
3.4.2 子程序语句与哑元说明	96
3.4.3 子程序	97
3.4.4 举例	107
3.5 聚类分析程序	110
3.5.1 功能与计算方法说明	110
3.5.2 子程序语句与哑元说明	117
3.5.3 子程序	118
3.5.4 举例	129

第 4 章 主分量分析	131
4.1 概述	131
4.2 主分量分析(PC)程序	131
4.2.1 功能与计算方法说明	131
4.2.2 子程序语句与哑元说明	134
4.2.3 子程序	134
4.2.4 举例	139
4.3 自然正交函数分析 EOF)程序	140
4.3.1 功能与计算方法说明	141
4.3.2 子程序语句与哑元说明	142
4.3.3 子程序	143
4.3.4 举例	148
第 5 章 自适应统计天气预报方法	151
5.1 概述	151
5.2 自适应线性最小二乘回归算法	151
5.2.1 功能与计算方法说明	151
5.2.2 子程序语句与哑元说明	152
5.2.3 子程序	153
5.2.4 举例	156
5.3 自适应分对数(Logit)回归算法	161
5.3.1 功能与计算方法说明	161
5.3.2 子程序语句与哑元说明	162
5.3.3 子程序	162
5.3.4 举例	162
5.4 卡尔曼滤波	167
5.4.1 功能与计算方法说明	167
5.4.2 子程序语句与哑元说明	174
5.4.3 子程序	175
5.4.4 举例	177
5.5 多层递阶预报方法	182
5.5.1 功能与计算方法说明	182

5.5.2 子程序语句与哑元说明	185
5.5.3 子程序	186
5.5.4 举例	188
第 6 章 时间序列分析	197
6.1 概述	197
6.2 自回归(AR)模型	197
6.2.1 功能与计算方法	197
6.2.2 子程序语句与哑元说明	200
6.2.3 子程序	201
6.2.4 举例	202
6.3 滑动平均(MA)模型	204
6.3.1 功能与计算方法说明	204
6.3.2 子程序语句与哑元说明	205
6.3.3 子程序	205
6.3.4 举例	208
6.4 自回归滑动平均(ARMA)模型	209
6.4.1 功能与计算方法说明	209
6.4.2 子程序语句与哑元说明	213
6.4.3 子程序	213
6.4.4 举例	218
第 7 章 谱分析	220
7.1 概述	220
7.2 快速傅里叶变换	220
7.2.1 功能与计算方法说明	220
7.2.2 子程序语句与哑元说明	221
7.2.3 子程序	222
7.2.4 举例	225
7.3 功率谱分析	228
7.3.1 功能与计算方法说明	228
7.3.2 子程序语句与哑元说明	231
7.3.3 子程序	231

7.3.4 举例	232
7.4 交叉谱分析	234
7.4.1 功能与计算方法说明	234
7.4.2 子程序语句与哑元说明	235
7.4.3 子程序	236
7.4.4 举例	239
7.5 最大熵谱分析	240
7.5.1 功能与计算方法说明	241
7.5.2 子程序语句与哑元说明	244
7.5.3 子程序	245
7.5.4 举例	247
第8章 人工神经网络天气预报方法	251
8.1 概述	251
8.2 线性感知器天气预报方法	252
8.2.1 功能与计算方法说明	252
8.2.2 线性感知器算法	253
8.2.3 子程序语句与哑元说明	256
8.2.4 子程序	256
8.2.5 举例	264
8.3 误差反向传播学习(BP)算法	266
8.3.1 功能与计算方法说明	266
8.3.2 举例	271
第9章 灰色系统	274
9.1 概述	274
9.2 基础知识	274
9.2.1 灰色概念的数学表示	274
9.2.2 灰数的数学表示	275
9.2.3 灰方程与灰矩阵	275
9.3 关联分析	276
9.3.1 绝对值关联度	276
9.3.2 速率关联度	278

9.4 灰色建模与预测	279
9.4.1 数据的预处理	279
9.4.2 建模原理	281
9.4.3 残差模型与二变量模型	283
9.5 举例	284
9.5.1 速率关联度的计算	284
9.5.2 灾变预测模型	286
第 10 章 气象绘图软件	290
10.1 常用气象绘图软件包简介	290
10.1.1 NCAR 气象绘图软件包	291
10.1.2 GRADS 绘图软件包	292
10.1.3 Visual 5D 绘图软件包	294
10.2 SciGraph 绘图软件包简介	296
10.2.1 Microsoft Fortran PowerStation Version 4.0 的概述	297
10.2.2 SciGraph 科技绘图软件包	298
10.2.3 SciGraph 软件包绘图的一般步骤	299
10.2.4 SciGraph 软件包的数据类型和图形类型	301
10.2.5 SciGraph 库函数的调用顺序	303
10.3 SciGraph 的参数设置	303
10.3.1 图形设置(GraphSettings)	304
10.3.2 数据设置(DataSettings)	306
10.3.3 图轴设置(AxisSettings)	308
10.4 SciGraph 库函数	311
10.4.1 获取图形参数函数	312
10.4.2 获取数据参数函数	313
10.4.3 获取图轴参数函数	316
10.4.4 图形描绘函数 PlotGraph	317
10.4.5 数据描绘函数	318
10.4.6 SciGraph 函数的返回参数	321
10.5 SciGraph 图形软件包应用举例	321
10.5.1 条型图	321

10.5.2	折线图	326
10.5.3	带误差棒的折线图	330
10.5.4	XY图	335
10.5.5	XY误差图	339
10.5.6	极坐标图	342
10.6	等值线的绘制方法	346
10.6.1	矩形网格资料等值线绘图方法简介	346
10.6.2	等值线绘图程序	348