

JUNSHI ZHUANGBEI SHIYAN JILIANG JISHU YU GUANLI

军事装备试验 计量技术与管埋

刘 星 等编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

军事装备试验 计量技术与管理

刘 星 等编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书总结了我军装备试验计量保障的实践经验,系统论述了装备试验计量保障的基本概念、计量管理方法和计量测试技术。主要内容包括装备试验计量概述、试验计量管理基础、试验计量技术基础、不确定度评定和数据处理、时间频率计量、光学计量、无线电计量、力学计量、电磁学计量、几何量计量、声学计量、热学计量、化学计量、电离辐射计量等。

本书主要适用于在武器装备试验靶场从事计量管理、检定测试以及装备管理和技术保障的有关人员参考,也可作为大专院校有关专业的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

军事装备试验计量技术与管理/刘星等编著. —北京:
国防工业出版社, 2005. 7
ISBN 7-118-03982-9

I. 军... II. 刘... III. 武器试验-测试技术
IV. TJ06

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 064687 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)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 24 542 千字

2005 年 7 月第 1 版 2005 年 7 月北京第 1 次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 45.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

《军事装备试验计量技术与管理》

编 写 组

主 编 刘 星

编写者 刘 星 付永杰 闫道广

 马 毅 侯兴勃 王万顺

前 言

军事装备试验是验证国防科研成果、评价武器装备技术性能或战术指标的重要手段。随着高新技术装备的发展,武器装备的技术含量越来越高,对保证装备试验量值准确统一的计量工作需求越来越大。武器装备的试验,尤其是技术复杂的卫星、导弹、火箭、飞机、舰船等,需要多单位、多部门、多地区的协作才能完成,因此保证试验过程各个环节的量值准确一致十分重要。军事装备试验计量在支持新武器装备多兵种、多部门协同试验、统一行动,确保各类武器平台技术参数量值准确统一,保证武器装备试验成功,发挥着极为重要的技术基础作用。

军事装备试验计量的服务对象主要是现代化武器装备,其系统庞大复杂,战术技术性能要求高,配套协调性强,新工艺新技术多,质量可靠性要求高。特殊的服务对象对装备试验计量工作提出了更高的要求,不仅要求计量部门不断地建立和更新计量标准,研究新的测试理论和测试方法,还要不断地研究建立具有试验靶场特色的计量保障体系,提出和解决一些带有前沿性的、关键性的理论和技术课题。经过 40 多年的发展和建设,我军在装备试验的计量保障工作中,积累了丰富的实践经验。认真总结这些经验、研究和探索装备试验中计量保障工作的基本规律和管理方法,是提高我军装备试验质量水平的一项重要课题。为此,我们编写了这本《军事装备试验计量技术与管理》,以期对我军装备试验的计量保障工作起到进一步的推动作用。

本书共有十四章。第一章绪论,主要叙述装备试验计量保障的一些基本概念,计量在试验中的地位 and 作用,试验计量工作的规律、特点、原则、发展趋势,以及建立靶场计量保障体系等一些理论问题;第二章是试验计量管理基础,主要阐述装备试验计量管理的基本概念、计量标准的管理、专用测试设备的管理以及靶场计量科研工作的管理等;第三章是计量技术基础,阐述计量的基本概念、计量所需的环境条件、计量检定工作、计量测试的质量保证等;第四章是不确定度评定与数据处理,阐述不确定度概念的正确理解和正确使用;第五章至第十四章,是计量测试技术内容,包括光学计量、时频计量、无线电计量、力学

计量、电磁学计量、几何量计量、声学计量、热学计量、化学计量和电离辐射计量,阐述各专业开展计量检定的一般工作原理和测试方法。

本书由刘星主编。第一、二、三、九章由刘星编写,第四章由侯兴勃编写,第五、六、十二、十三章由付永杰编写,第七、十四章由闫道广编写,第八、十章由马毅编写,第十一章(水声部分)由王万顺编写。

在本书编写过程中,总装备部电子信息基础部技术基础管理中心、哈尔滨工业大学、各军兵种计量单位的有关专家,对本书进行了认真的审查和指导,提出了许多宝贵意见;海军有关部门的同志在本书编写中也给予了大力支持和帮助,在此一并表示衷心的感谢。

本书编写中还参考和应用了一些文献资料(含内部文献资料,因而未在参考文献中列出),特向原作者致谢。

由于本书作者多为年轻的工程技术人员,其理论基础和实践经验都较欠缺,且编写中缺少相关的专著可资借鉴,加上时间仓促,在编写过程中难免出现差错,敬请各位专家和读者给予批评指正。

编者
2005年3月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 军事装备试验计量概述	1
一、军事装备试验计量的基本概念	1
二、军事装备试验计量的基本矛盾和基本规律	2
三、计量在军事装备试验中的重要作用	3
四、军事装备试验计量的特点	8
五、军事装备试验计量的一般原则	10
六、军事装备试验计量的发展趋势	12
第二节 军事装备试验计量保障体系	17
一、军事装备试验计量保障体系的概念	17
二、建立靶场计量保障体系的主要内容	17
三、靶场计量保障体系的一般职能	19
第三节 军事装备试验计量的主要技术内容	20
一、时间频率计量	20
二、光学计量	21
三、无线电计量	22
四、电磁学计量	23
五、力学计量和几何量计量	24
六、热学计量	25
七、声学计量	26
八、化学计量和电离辐射计量	27
第四节 外国装备计量保障概况	28
一、美国的航天试验计量	28
二、美国的海军计量	31
三、俄罗斯的军事计量	33
第二章 军事装备试验计量管理基础	36
第一节 试验计量管理的基本概念	36
一、试验计量管理的概念	36
二、军事装备试验计量管理的特点	37
三、军事装备试验计量管理的方法	37

四、军事装备试验的计量监督	38
第二节 靶场测量标准的管理	39
一、测量标准的建立	39
二、测量标准的考核	40
三、建标报告的编写	43
第三节 通用测量设备的一般管理	45
一、测量设备的流转管理	45
二、测量设备的标志管理	46
三、测量设备的分类管理	47
四、不合格设备的处理	49
第四节 专用测试设备的管理	49
一、专用测试设备概述	50
二、专用测试设备的特点	50
三、专用测试设备的计量管理方法	51
四、专用测试设备的校准	54
第五节 计量人员的管理	56
一、计量人员的职责	56
二、计量人员的资格要求	57
三、计量人员的培训考核	58
第六节 计量科研工作的管理	60
一、计量科研项目的计划管理	60
二、项目实施过程的质量控制	61
三、科研成果的管理	62
第七节 大型试验任务的计量管理	63
一、加强领导, 一体保障	63
二、掌握需求, 周密计划	64
三、提前准备, 严格落实	64
四、现场保障, 强化复查	65
第三章 军事装备试验计量技术基础	67
第一节 计量的基本概念	67
一、计量研究的内容	67
二、量与量值	68
三、量值传递与量值溯源	70
四、计量器具及其技术特性	72
第二节 计量环境条件	74
一、环境条件的影响与监测	74

二、供电干扰与抑制·····	76
三、屏蔽与接地·····	78
第三节 计量检定工作·····	82
一、检定的概念·····	82
二、检定系统·····	83
三、检定规程与校准方法·····	84
四、周期检定·····	85
五、检定结果·····	86
第四节 计量测试的质量保证·····	87
一、计量保证方案·····	87
二、计量保证方案的实施·····	88
三、测量过程的控制方法·····	89
第四章 测量不确定度的评定与数据处理 ·····	92
第一节 测量不确定度概述·····	92
一、不确定度的定义·····	92
二、测量不确定度的来源·····	93
三、测量不确定度的分类·····	94
四、测量不确定度与测量误差·····	95
第二节 标准不确定度的评定·····	97
一、标准偏差·····	97
二、标准不确定度的 A 类评定·····	99
三、标准不确定度的 B 类评定·····	101
第三节 合成标准不确定度的计算·····	103
一、直接测量·····	103
二、间接测量·····	104
三、计算合成标准不确定度的举例·····	105
第四节 不确定度的报告·····	106
一、报告的基本内容·····	106
二、测量结果的表示·····	106
三、测量不确定度的应用实例·····	107
第五节 测量数据处理·····	109
一、有效数字及运算规则·····	109
二、数字修约及其规则·····	110
三、微小误差准则·····	111
第五章 时间频率计量 ·····	113

第一节 时间频率计量基础	113
一、时间频率的定义	113
二、时间同步与时间编码	114
三、时间频率计量标准	115
四、时间频率计量技术的发展	117
五、试验靶场时统系统	118
第二节 时间频率计量	119
一、时间间隔标准及其测量	119
二、时间计量器具的检定	120
三、频率的测量与检定方法	121
第三节 频率稳定度及相位噪声计量	124
一、频率稳定度的检定	124
二、相位噪声测量	125
三、频率捷变时间测量	127
第四节 时频传递与校准	128
一、短波时频传递与校准	128
二、长波时频传递校准	129
三、电视时频传递与校准	130
四、卫星导航定位系统	131
第六章 光学计量	137
第一节 光学计量概述	137
一、光学的基本单位——坎德拉	137
二、光学计量现状	137
三、光学计量测试技术的发展趋势	137
第二节 辐射度计量	138
一、辐射量及其单位	139
二、绝对黑体的辐射定律	140
三、辐射度量计量标准	140
四、辐射度量的测量	142
五、黑体检定	144
六、红外目标模拟器校准	144
第三节 激光参数计量	145
一、激光功率能量测量方法	145
二、激光功率检定	146
三、激光能量检定	147
四、激光峰值功率检定	148

第四节 光电经纬仪的检测	151
一、光电经纬仪的室内检测	151
二、光电经纬仪的外场检测	153
第五节 分光光度计的检定	155
一、分光光度计的误差因素	155
二、分光光度计的检定方法	156
第六节 平行光管的检定	159
一、平行光管主要技术参数	159
二、平行光管焦面位置校准	159
三、平行光管的检定方法	160
第七节 可见光 CCD 参数测量	161
一、电荷转移效率的测量	161
二、响应度非均匀性的测量	161
三、暗电压、暗噪声的测量	162
四、响应度、饱和曝光量和线性度的测量	162
五、调制传递函数的测量	162
第七章 无线电计量	163
第一节 微波参数计量	163
一、微波功率计量	163
二、衰减计量	165
三、微波阻抗计量	168
四、微波相位与群时延计量	171
第二节 高频信号参数计量	174
一、信号发生器计量	174
二、调制度计量	177
三、失真度计量	180
第三节 高频电压计量	184
一、高频电压参数基础	184
二、高频电压标准	185
三、高频电压测量仪器的检定	186
四、电压测量中应注意的问题	188
第四节 脉冲参数计量	189
一、脉冲参数基础	189
二、示波器的检定	191
三、脉冲信号发生器的检定	193
第五节 电磁兼容测量	194

一、电磁兼容基础	194
二、电磁兼容性测量	196
三、干扰测量器具校准方法	199
四、电磁兼容相关仪器设备的校准	201
五、电磁兼容测试系统的校准	202
第八章 力学计量	204
第一节 质量计量	204
一、质量计量的概念	204
二、质量计量原理和方法	205
三、砝码	206
四、天平	207
五、电子天平	209
第二节 压力计量	210
一、压力及其表示法	210
二、常用压力测量仪器	210
三、压力计量检定	214
四、动态压力校准	216
第三节 振动计量	217
一、振动的计量概念	217
二、振动测量仪器	219
三、振动传感器的检定	221
四、振动试验台的检定	223
第四节 转速计量	225
一、转速计量的概念	225
二、转速表的分类与准确度等级	225
三、转速表	226
四、转速计量器具的检定	228
第九章 电磁学计量	231
第一节 电学基本参数计量	231
一、直流电压	231
二、直流电阻	233
三、交流电压	235
四、交直流比率	237
第二节 数字多用表的检定	239
一、数字多用表的基本原理	239

二、数字多用表主要技术性能	241
三、数字多用表的检定	242
四、多功能标准源	245
第三节 常用电学仪表的检定	247
一、绝缘电阻测试仪	247
二、耐压测试仪	248
三、交直流稳定电源	250
四、导弹测试设备自动检定系统	251
第四节 磁参数计量	253
一、磁场测量概述	253
二、磁场测量的对象和参量	253
三、磁场测量的方法	254
四、磁参量计量器具的校准	255
五、磁性材料磁特性的测量	257
第十章 几何量计量	261
第一节 几何量计量的基础知识	261
一、几何量计量的概念	261
二、几何量计量的量值传递系统	261
三、几何量计量仪器的分类	262
第二节 线纹计量	263
一、基础知识	263
二、线纹尺的分类	264
三、三等标准金属线纹尺的检定	265
第三节 量块计量	266
一、量块概述	266
二、量块的主要计量特性	266
三、量块的检定	267
四、量块的使用	268
第四节 角度计量	269
一、角度概述	269
二、度盘检定	270
三、正多面棱体的检定	271
四、惯性技术测试设备的测量	272
第五节 表面粗糙度计量	273
一、表面粗糙度概念	273
二、表面粗糙度的评定基准和参数	274

第六节 经纬仪类仪器计量	276
一、光学经纬仪	276
二、电子经纬仪	278
三、工具经纬仪	278
四、陀螺经纬仪	278
五、光学经纬仪的检定	279
第十一章 声学计量	281
第一节 水声计量基础	281
一、水声计量的目的与特点	281
二、水声计量测试的主要参数	282
第二节 水声标准器的计量	283
一、声压与标准水听器	283
二、水声计量检定系统	283
三、水声声压基准的建立方法	284
四、水声声压量值的传递方法	287
第三节 水声换能器的参数测量	290
一、水声计量中的主要设备	290
二、水声换能器的主要参数及其测量方法	292
第四节 水声计量中的抗干扰	293
一、识别干扰自由场的各种因素	293
二、消除干扰的途径	295
第五节 空气声测量器具的检定	297
一、声校准器的检定	297
二、声级计的检定	298
三、标准噪声源的检定	300
第六节 噪声计量	301
一、舰船舱室噪声测量	301
二、潜艇舱室噪声测量	303
三、航空(飞机)噪声测量	304
第十二章 热学计量	307
第一节 温度与温标	307
一、温度	307
二、温标的建立	307
三、热力学温标	308
四、1990年国际温标(ITS—90)	308

五、温标的传递系统	309
第二节 膨胀型温度计和压力温度计	311
一、玻璃液体温度计	311
二、压力式温度计	313
第三节 电阻式温度计的检定	314
一、电阻温度计测温原理	314
二、标准铂电阻温度计(SPRT)	315
第四节 热电偶式温度计的检定	318
一、热电偶测温的基本原理	319
二、热电偶的检定	319
三、热电偶参考端的补偿	320
四、特殊状态下的温度测量与校准	321
第五节 数字式温度仪表	321
一、数字温度指示调节仪的类型和型号	321
二、数字温度指示调节仪的检定	322
第六节 湿度计的检定	324
一、湿度表示方法	324
二、湿度计量标准	326
三、湿度检定方法	326
第十三章 化学计量	328
第一节 化学计量基础	328
一、化学计量的内容与特点	328
二、摩尔的概念与标准物质	329
三、化学测量仪器的检定	329
第二节 标准物质	330
一、标准物质的级别和分类	330
二、标准物质的研制	331
第三节 常用物理化学计量	332
一、燃烧热计量	332
二、pH 计量	333
三、水溶液电导率计量	334
第四节 火炸药计量	337
一、火炸药标准物质	337
二、固体推进剂燃速计量	338
三、火炸药爆速计量	339
四、火炸药感度计量	340

第一章 绪 论

军事计量是现代计量学与军事装备相结合的保障军事装备量值准确统一的专门学科。军事装备试验计量是军事计量的重要组成部分,也是军事装备试验学中的一个重要分支。在军事装备试验鉴定工作中,计量工作是靶场试验质量体系中一项必不可少的重要保障环节,是武器装备试验鉴定的重要技术基础,是鉴定国防科技成果水平、评价武器装备战术技术指标、确保军工产品质量、提高军事经济效益的重要手段和科学依据之一。军事装备试验计量是国家和军队计量系统的相对独立的分支,在武器装备的发展建设中发挥着不可替代的基础作用。本章将介绍军事装备试验计量的基本概念及主要内容。

第一节 军事装备试验计量概述

一、军事装备试验计量的基本概念

1. 军事装备试验计量的概念

军事装备试验计量是指为保持靶场试验装备和检测设备技术参数准确统一的技术保障措施与计量管理活动。主要是通过运用现代计量技术和有效的管理方式,对参试装备及其配套检测设备进行计量检定、校准和管理,建立不间断的量值溯源链,实现测量溯源性和检测过程受控,保证量值的准确可靠和计量单位的统一,确保试验装备始终处于良好的技术状态,直接为试验装备的全寿命、全系统管理提供技术支持。

2. 军事装备试验计量的主要内容

军事装备试验计量工作分为计量管理工作和计量技术工作两部分。军事装备试验计量管理工作主要包括:装备试验计量法规体系的建设和实施,计量机构的建设与管理,标准器具配备与溯源体系的建立、运行与管理,计量人员的培训与考核,计量保障体系的管理与监督等。军事装备试验计量的技术工作主要有:测量标准装置和测试系统的建立、保存和使用,装备性能测量研究及检测设备的检定与校准,检定规程、校准规范和测试方法的研究与制定,测量结果及测量不确定度的分析与研究等。

3. 军事装备试验计量保障的基本要素

军事装备试验计量保障的基本要素,是指构成和影响试验计量保障工作的基本成分和条件,主要包括:计量法规、计量机构、计量标准、计量保障人员、校准实验室、外部环境、计量测试技术、计量监督与管理。

4. 军事装备试验计量保障体系

军事装备试验计量保障体系是按照计量法律、法规和军队有关规定,建立起来的靶场计量管理体系和量值传递体系。是由装备试验所需的物质保障资源、人力资源、信息资源以及组织机构、规章制度等要素组成的经过综合和优化的综合系统,是装备试验保障系统

的一个分系统。建立、建设和完善靶场计量保障系统,是贯穿于装备设计研制、试验鉴定各阶段的重要任务。

二、军事装备试验计量的基本矛盾和基本规律

(一) 装备试验计量的基本矛盾

装备试验计量的一切活动都是为了满足试验对计量的需要服务的。装备试验对计量提出了各种需求,计量保障必须满足这种需求。然而,计量保障能力、保障效果和效率受到多种因素的限制,这样两者之间就产生了矛盾。在装备试验计量活动过程中,保障需求总是处在主导地位,并且是经常变化和不断增长的,而保障能力则是处在从属地位并保持相对稳定的状态,所以保障能力的提高总是滞后于保障需求的增长。这就导致计量保障能力与试验需求之间经常会出现不相适应或不完全适应的情况。这种需要与可能的矛盾,具体说就是靶场试验和平时的技术保障需求与现实的装备计量保障能力之间的矛盾,构成装备试验计量保障的一对基本矛盾。

此外,在装备试验计量活动中,还存在装备试验计量保障主体与装备计量保障客体的矛盾、计量保障系统与装备试验环境的矛盾等。它们都以各种不同的具体形态出现,对靶场装备计量保障活动产生不同性质和不同程度的影响。

在这些矛盾中,基本矛盾是保障需求与保障能力之间的矛盾。这一矛盾决定了装备计量保障的本质,贯穿于计量保障系统建立与运行的全过程,并影响和制约着其他矛盾的存在和发展。

(二) 装备试验计量的基本规律

军事装备试验计量的基本规律是装备技术保障活动过程中本质的、必然的联系。它是客观存在的、制约和影响装备试验计量保障的一切活动。装备试验计量保障活动过程,是矛盾运动的过程。装备试验计量基本规律,就存在于装备试验计量基本矛盾运动和基本因素的相互作用之中。

1. 装备试验计量保障适应装备试验需求的规律

装备试验计量保障以支持和保证装备试验为前提,随装备试验体系、试验样式的变化而变化。装备的试验任务决定了装备计量保障的目标;试验装备参数的多样性和复杂性决定了计量保障的统一性;武器装备试验的高新技术决定了计量保障技术的先进性。随着高技术装备的迅速发展、战术技术性能和作战使用性能的不断提高,对计量保障条件、保障效率、保障的综合效益有着更高的要求,对计量保障能力和保障模式需要不断进行调整和提高。装备计量保障适应装备试验需求的规律告诉我们,装备试验计量是为装备试验服务的,如果装备试验计量不能适应装备试验需求或保障不力,不仅会使保障对象难以得到及时有效的保障,而且会对整个试验产生消极的后果和影响。因此,装备试验计量对试验需求要主动适应、预有准备,实行“计量先行”。依据试验部署,合理配置技术力量,从数量、质量上满足试验需求。而在平时要统筹规划,加强保障系统建设,合理制定计量保障计划,保障部队试验装备的状态完好和受控。正确地认识和遵循这一规律,对于做好装备试验计量保障、提高靶场试验能力具有重要意义。

2. 装备试验计量保障客体决定装备计量保障主体的规律

装备试验计量保障主体是从事装备试验计量保障的一切人员;装备试验计量保障客