



· 总装部队军事训练“十二五”统编教材 ·



压制武器火力与 指挥控制系统试验

YAZHI WUQI HUOLI YU ZHIHUI KONGZHI XITONG SHIYAN

马威 主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

总装部队军事训练“十二五”统编教材

压制武器火力与 指挥控制系统试验

马威 主编

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

压制武器火力与指挥控制系统试验 / 马威主编. —北京:
国防工业出版社, 2015.6

总装部队军事训练“十二五”统编教材

ISBN 978 - 7 - 118 - 10043 - 3

I. ①压... II. ①马... III. ①武器系统 - 指挥控制系统 - 系统试验 - 教材 IV. ①E92 - 39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 135275 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)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 880 × 1230 1/32 印张 12 $\frac{1}{8}$ 字数 348 千字

2015 年 6 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 42.00 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

总装备部军事训练统编教材 编审委员会

(2013)

主任委员 张学宇

副主任委员 陈志敏 蔡洙虎

委 员 王福通 张忠华 李恒年

王泽民 桂业伟 姚志军

吴颖霞 郝光宇 姜国华

李业惠 张 渊 田 平

秘 书 石根柱 余敬春

压制武器火力与 指挥控制系统试验

主 编 马 威

副 主 编 李 鹏 杜 锋

编写人员 (按姓氏笔画排序)

马 威 史圣兵 史睿冰

任成才 刘园园 杜 锋

李 鹏 吴红权 张宇飞

贺可海 秦少刚 高万峰

谢杰涛

主 审 姚志军

前 言

压制武器火力与指挥控制系统自 20 世纪 80 年代初发展至今,经历了一个由简单(牵引式火炮)到复杂(自行式火炮)的过程。20 世纪末,我国配备火控系统的自行加榴炮、自行火箭炮研制成功,火控系统和指挥系统得以融为一体进行考核。该体系包括各种炮车上的火控系统、各级侦察车、各级指挥车、测地车、侦察校射雷达、气象雷达、各种保障车辆等,具有信息化武器装备体系结构。近十年来,压制武器火力与指挥控制系统试验鉴定技术迅速发展,催生了电磁兼容专业、软件测试专业、定向定位与导航专业,并迅速形成了试验能力,以此为基础提升了复杂战场电磁环境考核、综合作战效能考核等新的试验鉴定技术水平。试验鉴定注重由单一性能考核向整体性能考核的转变,努力探索一体化试验模式、联合试验模式、作战试验模式,加快了试验模式的转换步伐。

本书把压制武器置于现代战争形态下,思考了试验鉴定所面临的挑战与发展趋势,探讨了试验鉴定模式转换的现实需要,系统总结了 1985—2013 年间压制武器火力与指挥控制系统试验鉴定领域的实践经验,使读者能够对该领域有一个全面系统的了解。在编写过程中,对于试验内容、试验项目、试验模式的叙述,尽可能贴近实战需要;以现代试验理论为支撑,重点叙述了新的试验技术。在编写结构设计上,针对试验内容既有共性部分又有明显不同的特点,对自行加榴炮、火箭炮火力控制系统试验,指挥控制系统试验,惯导系统试验独立分章。在这些类别的试验中都含有软件测试、电磁兼容性试验、环境适应性试验、可靠性试验等内容,为避免重复叙述也设置了独立章节。根据试验项目的重要性与难度,有些内容叙述详细,有些内容则简洁明了,不予赘述;

关于重点难点的试验技术的突破则进行了详细论述。读者在参阅本书制定试验大纲、试验方案时需加以注意。

本书共 8 章。其中,第 1 章由马威、杜锋编写,第 2 章由马威、贺可海、史圣兵编写,第 3 章由马威、史圣兵编写,第 4 章由李鹏、刘园园、秦少刚编写,第 5 章由谢杰涛、张宇飞编写,第 6 章由高万峰、史睿冰编写,第 7 章由马威、李鹏、贺可海编写,第 8 章由马威、吴红权、任成才编写。全书由马威统稿,姚志军主审。

在本书的编写过程中,得到了张述坤、左少平、姜鹏武、卢显葵、李玉山、杨宁国、李国华等同志多方面的帮助,在此一并表示感谢!

由于编者水平有限,不当之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2014 年 6 月

目 录

第1章 概论	1
1.1 基本概念	1
1.1.1 压制武器	1
1.1.2 火力控制系统	2
1.1.3 指挥控制系统	2
1.1.4 试验鉴定	2
1.2 火力与指挥控制系统的发展历程	4
1.2.1 简单机械火力控制	4
1.2.2 机电式模拟射击指挥控制系统	5
1.2.3 数字式火力与指挥控制系统	6
1.3 火力与指挥控制系统的作用与任务	7
1.3.1 火力控制系统的作用与任务	8
1.3.2 指挥控制系统的作用与任务	10
1.4 火力与指挥控制系统试验鉴定基本要求	12
1.4.1 基本理论	12
1.4.2 火力与指挥控制理论	12
1.4.3 数理统计理论	13
1.4.4 软件测试理论	13
1.4.5 电磁兼容试验理论	13
1.4.6 仿真试验理论	14
1.4.7 军用标准	14
1.4.8 科技管理知识	14
1.5 火力与指挥控制系统与试验鉴定发展趋势	14
1.5.1 火力与指挥控制系统发展趋势	15
1.5.2 试验鉴定发展趋势	16

第2章 火力控制系统试验	22
2.1 概述	22
2.1.1 火控系统组成与工作原理	22
2.1.2 试验内容	30
2.2 功能检查	31
2.2.1 自检与故障定位功能检查	31
2.2.2 总线数据记录功能检查	32
2.2.3 信息传输处理与联动功能检查	32
2.2.4 引信装定与发火控制功能检查	33
2.2.5 检弹与留膛查询功能检查	33
2.2.6 射击诸元解算功能检查	34
2.3 性能试验	34
2.3.1 药温测量精度试验	34
2.3.2 姿态角传感器精度试验	35
2.3.3 射击诸元解算精度试验	36
2.3.4 自动调炮精度试验	40
2.3.5 自动瞄准精度试验	43
2.3.6 综合测试诊断性能试验	45
2.3.7 系统反应时间试验	47
2.3.8 连续工作时间试验	48
2.3.9 电源适应性试验	48
2.4 射击试验	49
2.4.1 初速测量精度与漏检率试验	49
2.4.2 初速综合预测精度试验	50
2.4.3 自动复瞄精度试验	51
2.4.4 射击准确度试验	51
2.4.5 自主作战试验	53
2.4.6 强度射击试验	56
2.5 关键试验技术	57
2.5.1 自动调炮精度测试技术	57
2.5.2 初速测量精度与漏测率测试技术	72
2.5.3 总线测试技术	77

第3章 指挥控制系统试验	87
3.1 概述	87
3.1.1 指控系统组成与工作原理	87
3.1.2 试验内容	94
3.2 功能检查	95
3.2.1 自检与故障定位功能检查	95
3.2.2 战术指挥功能检查	95
3.2.3 射击指挥功能检查	97
3.3 性能试验	102
3.3.1 射击诸元解算精度试验	102
3.3.2 网络通信试验	103
3.3.3 模拟训练试验	108
3.3.4 系统反应时间试验	108
3.3.5 系统连续工作时间试验	109
3.3.6 电源适应性试验	109
3.3.7 系统全流程工作试验	110
3.4 射击诸元标准值计算	113
3.4.1 外弹道学基础知识	113
3.4.2 坐标系及各坐标系间的关系	118
3.4.3 诸力、力矩的投影	124
3.4.4 旋转稳定炮弹刚体运动方程	130
3.4.5 榴弹弹道模型	135
3.4.6 火箭弹弹道模型	141
3.4.7 标准值计算方法	150
3.4.8 标准值计算程序的实现	159
第4章 惯性导航系统试验	163
4.1 概述	163
4.1.1 惯导系统组成与工作原理	163
4.1.2 陀螺仪工作原理与误差分析	168
4.1.3 加速度计工作原理与误差分析	177
4.1.4 惯导系统综合误差分析	181
4.1.5 试验内容	183

4.2	功能检查	183
4.2.1	自检与故障定位功能检查	183
4.2.2	定位定向与导航功能检查	184
4.3	性能试验	184
4.3.1	惯导准备及寻北时间试验	184
4.3.2	电源适应性试验	185
4.4	行车适应性试验	185
4.4.1	最大行车速度试验	185
4.4.2	最大转弯角速度试验	186
4.4.3	坡度性能试验	186
4.5	定向精度试验	186
4.5.1	寻北精度试验	187
4.5.2	方位保持精度试验	194
4.5.3	动态方位保持精度闭环测试线	197
4.6	定位精度试验	198
4.6.1	水平定位精度试验场规划	198
4.6.2	水平定位精度试验	213
4.6.3	高程精度试验	214
第5章	软件测试	215
5.1	概述	215
5.1.1	软件测试的基本概念与意义	215
5.1.2	军用软件的作用和特点	219
5.1.3	军用软件测试现状	222
5.1.4	软件测试要求	224
5.2	软件测试用例设计方法	228
5.2.1	测试用例的定义与构成	228
5.2.2	测试用例的设计原则	229
5.2.3	等价类划分法	230
5.2.4	边界值分析法	231
5.2.5	错误推测法	232
5.2.6	场景分析法	233
5.2.7	功能分解法	236

5.2.8	功能组合法	237
5.2.9	综合运用	239
5.3	软件测试环境构建	239
5.3.1	移动测试管理系统	240
5.3.2	ADS-2 半实物仿真测试系统	242
5.3.3	综合测试环境	245
5.4	软件测试内容与方法	247
5.4.1	文档测试	248
5.4.2	卸载与安装测试	248
5.4.3	功能测试	249
5.4.4	界面测试	249
5.4.5	安全性测试	251
5.4.6	易用性测试	252
5.4.7	性能测试	253
5.4.8	压力测试	255
5.4.9	恢复性测试	255
5.4.10	兼容性测试	256
5.4.11	可靠性测试	256
5.5	软件测试结果评估	257
5.5.1	软件缺陷分类标准	257
5.5.2	测试结果评定	259
第6章	电磁兼容性试验	260
6.1	概述	260
6.1.1	电磁兼容性的基本概念	260
6.1.2	电磁兼容性试验规程	265
6.1.3	电磁兼容性试验一般要求	266
6.1.4	电磁兼容性试验技术现状与发展需求	277
6.2	设备、分系统电磁兼容性试验	278
6.2.1	一般要求	278
6.2.2	试验条件	279
6.2.3	试验实施	281
6.3	系统电磁兼容性试验	283

6.3.1	一般要求	284
6.3.2	系统自兼容性试验	284
6.3.3	安全裕度试验	285
6.3.4	外部射频电磁环境试验	288
6.3.5	电磁辐射对人员危害试验	294
6.3.6	静电放电试验	295
6.3.7	屏蔽效能试验	297
6.3.8	搭接电阻测量试验	299
6.3.9	接地电阻测量试验	299
6.3.10	天线隔离度测试试验	300
6.3.11	电源线瞬时脉冲测试试验	301
6.4	单位换算与测量结果误差分析	302
6.4.1	常用测量单位与换算	302
6.4.2	结果误差分析	306
第7章	环境适应性试验	314
7.1	概述	314
7.1.1	一般要求	314
7.1.2	标准大气条件	315
7.1.3	试验条件的允差	315
7.1.4	试验温度的稳定	316
7.1.5	试验中断处理	316
7.1.6	试验顺序	317
7.1.7	新旧标准对比分析	318
7.2	高低温试验	333
7.3	温度冲击试验	335
7.4	湿热试验	336
7.5	淋雨试验	336
7.6	盐雾试验	337
7.7	振动试验	337
7.8	冲击试验	339
7.9	行驶试验	340

第 8 章 可靠性试验	342
8.1 概述	342
8.1.1 基本概念	342
8.1.2 试验目的与作用	344
8.1.3 试验种类	345
8.1.4 特征量与指标	347
8.1.5 与环境试验的关系	351
8.2 试验方案设计	354
8.2.1 试验要求	354
8.2.2 试验准备	354
8.2.3 试验参数的定义	355
8.2.4 试验参数选择	356
8.2.5 合格判定数确定	358
8.2.6 试验截止时间确定	358
8.2.7 定时截尾试验方案	359
8.3 试验应力与周期	361
8.4 试验实施	362
8.5 故障判据、分类与统计	365
8.6 数据处理	367
8.7 结果评定	371
参考文献	372

第1章 概 论

以信息技术为核心的武器装备不断发展推动着试验技术的同步发展,在压制武器火力与指挥控制系统试验鉴定过程中,产生了电磁兼容、软件测试、定位定向与导航专业,并迅速形成了试验鉴定能力,加快了该领域试验模式的转换步伐。经过几代人的不懈研究和探索,压制武器火力与指挥控制系统试验鉴定领域形成了一整套较为系统、科学的试验方法和试验理论,开发研制了系列试验设备,建设了相关配套设施,为该领域未来跨越式发展奠定了坚实基础。

为了系统地总结多年试验鉴定的宝贵经验,有效发挥试验鉴定的作用,找准未来的发展方向,本书根据完成的试验任务情况,以我军压制武器主流装备——自行加榴炮、自行火箭炮试验鉴定为参考,继承了传统的宝贵经验,结合了当前火力与指挥控制系统运用的新技术,简要介绍了武器系统的组成与工作原理,论述了相关的系列试验内容,以期为促进试验鉴定领域不断发展起到一些指导和借鉴作用。

1.1 基本概念

1.1.1 压制武器

压制武器是指在几十千米甚至上百千米纵深范围内,可以对敌方地面目标实施突然、猛烈火力攻击的迫击炮、榴弹炮、加榴炮、加农炮、火箭炮、地对地战术火箭等武器系统。现代战争要求压制武器必须能够机动快速、精确、周密、隐蔽地侦察、指挥和进行射击准备,在短时间内形成强大、密集的压制火力,并能够迅速转移阵地继续

射击。

1.1.2 火力控制系统

火力控制系统是指控制火炮、导弹、鱼雷等武器瞄准和发射的成套设备,简称火控系统,一般由搜索和跟踪、火力控制计算、武器瞄准三个子系统构成,可自动接收指挥控制系统传来的基准炮射击诸元或目标坐标,并根据本炮位置和各种射击修正条件,解算本炮的射击诸元,控制火炮到射击位置,完成对目标的射击。

1.1.3 指挥控制系统

指挥控制系统是指对部队和武器实施指挥与控制的“人—机”系统,简称指控系统,一般由各级侦察车、各级指挥车、气象车、侦察校射雷达等组成。各级侦察车主要用于目标位置坐标的测定,完成战场信息的收集、识别、传输及数字化处理,并通过通信系统上报给指挥车。各级指挥车是信息处理的中心,实时处理敌我双方的各种信息并迅速作出决策。营、连级指挥车需要解算基准炮的射击诸元,下达火力计划并指挥火力单元实施射击。气象车主要用于测定一定区域内的风向、风速、温度、气压等气象信息,为准确解算射击诸元提供必需的保障条件。侦察校射雷达可根据敌方的弹道轨迹,确定其炮位,也可根据我方弹道的末端轨迹判断炮弹炸点,以进行射击修正。

1.1.4 试验鉴定

试验鉴定是对武器装备的技术性能、技术规范的实现情况和系统成熟度进行评估,按照规定的程序和条件,对装备进行验证、鉴定和考核等活动,以确定武器装备是否达到预期的作战效能、使用性、生存性和杀伤力。

试验鉴定的本质就是充分发现验证不可避免的设计与制造缺陷,具体说有两个层面构成:其一是对武器系统实现其任务的各项功能、性能参数进行了解和确认,属于认识的范畴;其二是发现和确认武器系统设计中可能存在的缺陷。前者是确认认知过程,通过逻辑推导、公式化的途径完成其确认过程。其本质属于操作性认识,一般的试验技术

方法标准体现出这种操作性的认知模式。后者为创造认知过程,即创造性发现缺陷故障的认知方法,相继建立科学的试验技术方法,并完成故障诊断的过程。创造性的珍贵之处在于它的不可模仿性,不能形成试验技术规范,它是凭借丰富的经验积累,足够的知识储备,经过不懈努力探索,实现量变到质变的飞跃。

试验鉴定工作的任务是通过科学试验手段,对武器装备的设计是否达到战技指标要求以及部队使用要求,进行试验、检验与鉴定。试验鉴定不完全等同于科学试验,也不完全受技术定义的约束,存在着自己特有的空间和属性。它在接近实战的条件下,结合部分模拟仿真试验项目对武器装备的战术技术性能进行试验考核,从而为武器装备的研究设计、定型生产、部队使用提供科学依据。

压制武器试验鉴定除环境适应性、可靠性等共性试验外,还有其特殊要求。压制武器射程远,使用间瞄射击方式。这就决定了压制武器火力与指挥控制系统采用的技术与使用直瞄射击方式的高炮武器、坦克炮武器采用的技术有显著的差异。关于压制武器系统首先需要解决最具挑战性的弹道解算问题。与直瞄武器所采用的弹道解算不同,对于间瞄射击而言,一条完整的弹道需要一系列的高低角和距离量来构成。火箭弹与普通榴弹不同,由于带有主动段,弹体长度显著增加,不能当质点对待,弹道微分方程组也由三维质点方程变成了六维刚体方程,解算更加复杂;需要编写专门的标准值检验程序,制定相应的试验方法。计算机能够和通信控制器、电台等设备构成高速、有/无线融合的数字网络系统,可以把前方侦察单元到火炮的所有功能单元都联系起来。在数秒内即可完成从接收火力请求、制定火力计划到计算所有各炮的射击诸元的工作,并通过有/无线数据传输方式传递给每门火炮,需要设置网络通信、软件测试、电磁兼容、系统全流程试验项目。对于炮车也有了明显改变,应用了惯导与卫星定位定向设备,使得车载自行火炮能够确定自身位置,自动调炮瞄准,火控系统接收指控系统的开始射击诸元后,可快速解算装定射击诸元,这使武器系统有了真正打了就跑的能力,因此需要设置惯导定向定位试验项目。计算机控制的伺服系统、驾驶员辅助设备、车上数据处理装置、车上车下引信装定及发射装置、弹药状态监视、火炮姿态、药温、初速等传感器保证了快速反应