

自行高炮武器系统 精度参数理论

自行高炮武器系统精度参数理论

张世石 张万海 张树 著

国防工业出版社

TJ35

450012

W78

自行高炮武器系统 精度参数理论

Self-propelled Anti-aircraft Weapon
System Accuracy Parameter Theory

吴云龙 张飞猛 徐刚 著



00450012

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

自行高炮武器系统精度参数理论/吴云龙等著. —北京:
国防工业出版社, 1999. 8
ISBN 7-118-02101-6

I. 自… II. 吴… III. 自行火炮: 高射炮-火力控制系统-
精度-参数 IV. TJ35

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 05150 号

DZ-7-126

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)

北京怀柔新华印刷厂印刷

新华书店经售

。

开本 850×1168 1/32 印张 5 $\frac{1}{4}$ 136 千字
1999 年 8 月第 1 版 1999 年 8 月北京第 1 次印刷
印数: 1 1500 册 定价: 13.00 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)	刘仁	朱森元	朵英贤	宋家树
	杨星豪	吴有生	何庆芝	何国伟
	何新贵	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	

前 言

本书得益于我国改革开放后靶场试验条件的改善和测试能力的提高,而火炮弹目偏差向量测试技术与自行高炮总体理论研究所取得的成果又为本书奠定了坚实的基础。

本书涉及火控、火力、载体、目标、测试、分析方法以及评估标准等不同学科不同专业的理论、技术和知识,这也就决定了本书的特点:在保证本书系统性的前提下突出自行高炮精度参数理论的主要内容(书中的第五、六两章)。

本书第一章提出了自行高炮武器系统精度参数理论的基本概念,这是纲领性的;第二章简述了我国沿用几十年的高炮精度参数分析方法形成的背景、假设条件、所依赖的试验与测试以及该分析方法的应用与评估标准,这是回顾性的;第三章叙述了现代自行高炮武器系统的结构特点及对精度参数的影响;第四章指出了高炮精度参数分析方法的局限性;第五章阐述了自行高炮武器系统精度参数理论模型的基本要求与基本假设;第六章详细地描述了自行高炮武器系统精度参数理论模型,在本章中不仅对火炮弹目偏差向量与武器系统参数、目标参数、试验场域地理气象参数间的相互关系作了详尽的描述,而且也对毁歼概率的分析理论作了一般的介绍;第七章简述了自行高炮武器系统精度参数测试。

书中吸取了前辈学者的一些思想,借鉴了美国工业界武器系统效能咨询委员会的系统效能模型(WSEIAC模型),融入了作者多年的研究成果;在参考文献中收入了有代表性的或在写作中主要参考的著作、研究报告和论文。全书概念明确,叙述清晰,各章自成系统,便于有关人士阅读。

本书由吴云龙提出并撰写大纲、目录及各章节的主要内容,徐

刚执笔撰写全书,张飞猛撰写部分章节及校对审核并最后成书。

鉴于自行炮武器系统研制在我国仅有十余年时间,尚在发展和完善之中,也限于作者的专业面及知识水平,书中疏漏、不足乃至错误在所难免,敬请读者批评指正。

目 录

第一章 自行高炮武器系统精度参数理论基本内涵	1
1.1 WSEIAC 系统效能模型	1
1.2 自行高炮武器系统精度参数理论基本内涵	3
1.3 自行高炮武器系统精度参数理论基本内容	4
第二章 高炮武器系统精度参数分析方法	5
2.1 形成的背景条件	5
2.2 基本假设	6
2.2.1 弹目偏差的坐标系假设	6
2.2.2 气象条件假设	7
2.2.3 误差分布规律假设	8
2.2.4 目标运动假设	8
2.2.5 目标外形参数假设	8
2.2.6 地理条件假设	9
2.3 误差源及其分类	9
2.3.1 武器系统的误差模型	10
2.3.2 误差模型的转换	11
2.4 武器系统精度的测试	12
2.4.1 各分系统的精度测试	12
2.4.2 火控系统精度试验	13
2.4.3 武器系统对空射击精度试验	13
2.5 武器系统精度分析	13
2.5.1 动态飞行精度试验与测试的误差采样	14
2.5.2 射击精度试验的弹着点对目标的偏差量采样	16
2.6 国家靶场动态飞行试验精度估计	17
2.6.1 瞬时精度估计	17
2.6.2 一个小时区段上的精度估计	18

2.6.3	平均系统误差与平均均方差的估计	19
2.7	精度分析方法与高炮武器系统的发展	20
2.7.1	战术技术指标分析与精度论证	20
2.7.2	误差源分析与精度分配	21
2.7.3	靶场试验	22
2.7.4	武器系统精度评估	24
2.7.5	精度分析方法的不适应性	25
第三章	自行高炮武器系统的结构特点及其影响	26
3.1	自行高炮武器系统的结构特点	28
3.2	自行高炮武器系统的结构特点对精度的影响	32
3.2.1	车体平台振动、冲击及姿态变化的影响	32
3.2.2	射击线与瞄准线空间位置上的牵连运动的影响	33
3.2.3	数字系统与模拟系统并存的影响	34
3.2.4	多CPU通信的影响	38
3.2.5	系统复杂化对系统自身建模的影响	40
第四章	高炮武器系统精度参数分析方法的局限性	42
4.1	基本假设的局限性	42
4.1.1	目标运动模型假设的局限性	42
4.1.2	跟踪射击条件假设的局限性	49
4.1.3	误差分布规律假设的局限性	50
4.1.4	其它假设的局限性	50
4.2	测试能力的局限性	51
4.2.1	测试系统精度的局限性	51
4.2.2	测试方法的局限性	54
4.2.3	同步精度的局限性	56
4.3	分析方法的局限性	58
4.3.1	样本量不足的局限性	58
4.3.2	试验条件不一致的局限性	59
4.3.3	区段划分的局限性	60
4.3.4	算法的局限性	60

4.4	复杂系统的局限性	61
4.4.1	物理结构间相互关联的影响	61
4.4.2	信号与数据间相互关联的影响	61
4.4.3	数据同步误差的影响	62
4.4.4	指标体系独立性和完备性的影响	62
第五章 自行高炮武器系统参数理论模型的基本要求		
	与假设	64
5.1	基本要求	64
5.2	理想目标运动航迹模型	65
5.2.1	描述目标航迹运动规律的坐标系	65
5.2.2	多项式目标运动规律假设	67
5.2.3	圆弧目标运动航迹假设	69
5.2.4	多模态目标运动模型假设	70
5.3	目标运动状态模型假设	71
5.3.1	广义平稳白噪声作用下的目标运动状态模型	71
5.3.2	广义平稳相关噪声作用下的目标运动状态模型	72
5.3.3	离散形式的目标运动状态模型	73
5.4	自行高炮武器系统的模型化	75
5.4.1	车体水平平移坐标系	75
5.4.2	炮塔方位向坐标系	76
5.4.3	炮塔高低向坐标系	76
5.4.4	跟踪线方位向坐标系	76
5.4.5	跟踪线高低向坐标系	76
5.4.6	跟踪线坐标系与武器线坐标系	77
5.4.7	坐标系之间的相互关系	77
5.5	瞄准线与瞄准三角形	80
5.5.1	瞄准线上的坐标系	80
5.5.2	瞄准矢量与瞄准线	80
5.5.3	跟踪线与跟踪矢量	80
5.5.4	跟踪误差	81

5.5.5	瞄准误差	81
5.6	射击线与命中三角形	83
5.6.1	射击线上的坐标系	83
5.6.2	命中点与命中矢量	84
5.6.3	武器线	84
5.6.4	弹丸的起始状态	81
5.6.5	虚拟射击与射击矢量	85
5.6.6	命中三角形与提前三角形	86
5.7	气象与地理条件假设	88
5.7.1	标准气象条件与地理条件	88
5.7.2	射击时的气象条件与地理条件	89
5.8	弹目偏差及表述弹目偏差的坐标系	90
5.8.1	弹目偏差坐标系	90
5.8.2	弹目偏差测量坐标系	93
5.8.3	弹目偏差坐标系与弹目偏差测量坐标系的关系	94
5.9	各误差源噪声分布特性的假定	97
5.9.1	弹丸运动误差的噪声分布特性	97
5.9.2	引起瞄准线与射击线角度运动的误差分布特性	98
第六章	自行高炮武器系统精度参数理论模型	102
6.1	射击误差源	102
6.1.1	射击误差源定义	102
6.1.2	弹目偏差协方差计算	104
6.2	误差分析	105
6.2.1	预测误差	106
6.2.2	射击误差	110
6.2.3	误差特性的漂移	115
6.3	误差特性分析与权函数算子	116
6.3.1	弹目偏差的马尔柯夫序列模型	117
6.3.2	弹目偏差统计特性	120
6.3.3	弹目偏差的权函数分析	125

6.4	精度指标与命中概率分析的理论模型	132
6.4.1	弹目偏差	134
6.4.2	目标中心位于某点上的点命中概率	136
6.4.3	某一区域上的命中概率	137
6.4.4	一条航迹上的平均命中概率	139
6.4.5	一个空域上的平均命中概率	140
6.5	自行高炮武器系统的毁歼概率分析理论模型	141
6.5.1	一次射击命中弹数的概率分布	141
6.5.2	毁歼概率的定义与分析方法	147
6.6	精度系数及相互关系	150
6.6.1	自行高炮武器系统精度参数 $E_m, D_m, r_m, E_c, D_c,$ r_c, \bar{E}_v, D_v, r_v	152
6.6.2	目标运动速度与加速度 v_t, a_T	152
6.6.3	射击冲击力、武器系统悬挂质量与转动惯量 F_s, M_s, J_s	153
6.6.4	武器系统结构参数 o_s	153
6.6.5	身管数、点射长度与射频 n, p, f_s	154
6.6.6	气象与地理参数 $T_a, P_a, \rho_a, h_a, v_w$	154
6.6.7	弹丸初速与末速 v_{0f}, v_{be}	155
6.6.8	目标机动误差、射弹散布误差与射击弹目偏差 E_T, E_B, E	155
第七章 自行高炮武器系统精度参数测试		
7.1	精度参数测试概述	157
7.2	精度参数测试的基本要求	158
7.2.1	运动目标真值测试	158
7.2.2	弹目偏差测试	158
7.2.3	炮塔姿态测试	159
7.2.4	身管指向测试	159
7.2.5	武器系统地理位置与炮塔偏航角测试	159
参考文献		160

Contents

Chapter I Basic connotation of self-propelled anti-aircraft weapon system accuracy parameter theory	1
1.1 WSEIAC system efficiency model	1
1.2 Basic connotation of self-propelled anti-aircraft weapon system accuracy parameter theory	3
1.3 Basic content of self-propelled anti-aircraft weapon system accuracy parameter theory	4
Chapter I Analysis method for self-propelled anti-aircraft Weapon system accuracy parameter theory	5
2.1 Background	5
2.2 Basic assumption	6
2.2.1 Assumption for miss distance coordinate system	6
2.2.2 Meteorological assumption	7
2.2.3 Assumption for error distribution law	8
2.2.4 Target motion assumption	8
2.2.5 Target contour parameter assumption	8
2.2.6 Geographical condition assumption	9
2.3 Error sources and classification	9
2.3.1 Error model for weapon system	10
2.3.2 Transfer of error models	11
2.4 Weapon system accuracy measurement	12
2.4.1 Accuracy measurement for individual sub-system	12
2.4.2 Accuracy test for fire control system	13
2.4.3 Accuracy test for weapon system firing at air target	13

2.5	Weapon system accuracy analysis	13
2.5.1	Dynamic flight accuracy test and measurement error sample	14
2.5.2	Miss distance sample between impact point and target in accuracy firing test	16
2.6	Accuracy estimation for dynamic flight test in state proving ground	17
2.6.1	Instantaneous accuracy estimation	17
2.6.2	Accuracy estimation within a small time segment	18
2.6.3	Estimation for average system error and average mean square error	19
2.7	Accuracy analysis method and anti-aircraft weapon system development	20
2.7.1	Tactical specification analysis and accuracy demonstration	20
2.7.2	Error source analysis and error distribution	21
2.7.3	Proving ground test	22
2.7.4	Weapon system accuracy evaluation	24
2.7.5	Non-adaptability of accuracy analysis method	25
Chapter III	Constructural features of self-propelled anti-aircraft weapon system and effects thereof	26
3.1	Constructural features of self propelled anti-aircraft weapon system	28
3.2	Constructural feature effect of self-propelled anti-aircraft weapon system on accuracy	32
3.2.1	Effect of vibration, shock and attitude variation of vehicle platform	32
3.2.2	Effect of associated motion of firing line and aiming line in space position	33

3. 2. 3	Effect of digital system and analogue system run parallel	34
3. 2. 4	Effect of multi CPU communication	38
3. 2. 5	Effect of system complexity on system itself modelling	40
Chapter IV	Limitation of analysis method for anti-aircraft weapon system accuracy parameter	42
4. 1	Limitation of basic assumption	42
4. 1. 1	Limitation of target motion model assumption	42
4. 1. 2	Limitation of tracking and firing condition assumption	49
4. 1. 3	Limitation of error distribution law assumption	50
4. 1. 4	Limitation of other assumption	50
4. 2	Limitation of measurement capability	51
4. 2. 1	Limitation of measurement System accuracy	51
4. 2. 2	Limitation of measuring method	54
4. 2. 3	Limitation of synchronous accuracy	56
4. 3	Limitation of analysis method	58
4. 3. 1	Limitation of insufficient sample	58
4. 3. 2	Limitation of test condition non-identical	59
4. 3. 3	Limitation of interval division	60
4. 3. 4	Limitation of algorithm	60
4. 4	Limitation of complex system	61
4. 4. 1	Interrelated effect between physical structures	61
4. 4. 2	Interrelated effect between signals and data	61
4. 4. 3	Effect of data synchronous error	62
4. 4. 4	Effect of independence and completeness of index system	62
Chapter V	Basic requirements and assumption for accuracy parameter theory model of	

self-propelled anti-aircraft weapon system	64
5.1 Essential requirements	64
5.2 Model of ideal target flight path	65
5.2.1 Coordinate system for motion law of target flight path	65
5.2.2 Assumption of target polynomial motion law	67
5.2.3 Assumption of target arc flight path	69
5.2.4 Assumption of target multi mode motion model	70
5.3 Target motion state model	71
5.3.1 Target motion state model under generalized white stable noise	71
5.3.2 Target motion state model under generalized correlative stable noise	72
5.3.3 Discrete target motion state model	73
5.4 Modelization of self-propelled anti-aircrafe weapon system	75
5.4.1 Horizontal translation of vehicle coordinate system	75
5.4.2 Turret azimuth coordinate system	76
5.4.3 Turret elevation coordinate system	76
5.4.4 Tracking line azimuth coordinate system	76
5.4.5 Tracking line elevation coordinate system	76
5.4.6 Tracking line coordinate system and weapon line coordinate system	77
5.4.7 Interrelation between coordinate systems	77
5.5 Aiming line and aiming triangle	80
5.5.1 Coordinate system of the aiming line	80
5.5.2 Aiming vector and aiming line	80
5.5.3 Tracking line and tracking vector	80
5.5.4 Tracking error	81
5.5.5 Aiming error	81