

《国防科研试验工程技术系列教材》

常规兵器试验系统

# 射表编拟技术

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》

常规兵器试验系统

# 射 表 编 拟 技 术

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

·北京·

## 图书在版编目(CIP)数据

射表编拟技术 / 中国人民解放军总装备部军事训练教材编辑工作委员会编 — 北京: 国防工业出版社,

2002.1

国防科研试验工程技术系列教材·常规兵器试验系统  
ISBN 7-118-02732-4

I. 射 II. 中... III. 射表—炮弹—外弹道—编制—教材 IV. TJ120.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 086772 号

国防工业出版社发行

(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 9 1/4 347 千字

2002 年 1 月第 1 版 2002 年 1 月北京第 1 次印刷

印数: 1—2000 册 定价: 26.00 元

---

{ 本书如有印装错误, 我社负责调换 }

# 《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 郭淦水

钱玉民

# 《国防科研试验工程技术系列教材· 常规兵器试验系统》编审委员会

主任委员 马国惠

副主任委员 邱学臣 吴东满 姚炳洪 王文聪

委 员 (以下按姓氏笔划排列)

王益森 汤善斌 肖崇光 何建国

余乐斌 陈芝余 庞常战 赵 宇

钟明信 曹培贵 黄国臣 傅廷俊

主 编 姚炳洪

副 主 编 肖崇光 汤善斌 庞常战

秘 书 赵 宇

# 射表编拟技术

主 编 闫章更

主 审 祁载康

# 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

常规兵器试验技术是国防科研试验技术的重要组成部分。

40多年来,我国从事常规兵器试验工作的广大科技人员发扬艰苦奋斗、科学求实、勇于创新、默默奉献的精神,经过几代人的团结奋斗,建立了具有相当规模和一定水平的常规兵器科研试验体系,造就了一支有扎实理论知识和丰富实践经验的人才队伍,圆满完成了各项常规兵器科研试验任务,为我国常规兵器事业的发展作出了重要贡献。

为了促进常规兵器试验事业的不断发展,我们组织有关专家对几代科技人员用毕生心血和汗水凝成的实践经验与理论成果进行了认真系统的整理,形成了本套教材。相信这套教材的出版,对常规兵器试验人才的培养,对高新技术兵器不断涌现的新时期试验工作的指导,都将具有十分重要的现实意义和深远的历史意义。

本套教材共分17卷。包括:《常规兵器试验概论》、《火炮试验鉴定技术》、《弹药试验鉴定技术》、《制导武器试验鉴定技术》、《引信试验鉴定技术》、《火控试验鉴定技术》、《侦察装备试验鉴定技术》、《气象装备试验鉴定技术》、《枪械试验鉴定技术》、《轻武器弹药试验鉴定技术》、《射表编拟技术》、《弹道参数测试技术》(上、下册)、《火炮准备与测试技术》、《弹药准备与测量技术》、《轻武器测试技术》、《试验数据的统计分析》和《可靠性试验技术》。

本套教材内容系统、注重理论联系实际,适用于大专以上学历、中级职务专业技术干部阅读。也可供初级、高级职务专业技术干部、指挥干部以及院校有关专业的师生参考。

本套教材在编写过程中,得到了有关部队、院校、设备研制生

产单位的大力支持与协助,在此表示衷心的感谢。由于本套教材涉及专业面广,包含内容多,编者水平有限,书中难免有错误或疏漏之处,诚请读者予以指正。

《国防科研试验工程技术系列教材·

常规兵器试验系统》编审委员会

2000 年 10 月

# 前 言

本书是按照《国防科研试验工程技术系列教材·常规兵器试验系统》编审委员会指定的《射表编拟技术》大纲编写的。

全书共 11 章,前 3 章主要介绍编拟射表的基本概念、原理、工作程序,各种弹道数学模型,射击试验技术;第 4、5 章主要介绍试验数据的分析方法和气动参数辨识方法。对编拟各种不同型号武器的射表来说,前 5 章具有共性和基础性。第 6 章全面系统介绍地面炮榴弹的射表编拟技术。我们曾办过几次射表技术培训班,学员普遍反映,掌握好地面炮榴弹的射表编拟技术,对掌握其它型号武器的射表编拟技术能起到举一反三的作用,据此,本书就其编拟全过程进行了详细叙述。第 7 章介绍其它武器系统的编拟技术,着重指出其特点,以免与第 6 章内容重复。第 8 章介绍航空炸弹投弹表编制的基本要领。第 9 章介绍射程和密集度对比试验的结果评定方法。第 10 章介绍射表的检查方法。最后一章简要介绍了射表技术发展的一些动态。

本书对每一编拟过程给出了具体的步骤和方法,对每一试验技术在论述原理的同时,还给出了实施要点,简明扼要,通俗易懂,可操作性强。

本书适用于具有大专以上学历,从事射表编拟、兵器试验鉴定的工程技术人员及大专院校师生阅读。

本书第 8 章由鲁德业、宋卫东编著,其余各章由门章更编著。

本书的编写是在总装备部司令部作试局、军训局直接指导下完成的,编写过程中基地各级领导和有关同志给予了热情支持和

帮助,在此表示衷心感谢!

由于作者水平所限,不当之处请批评指正。

作 者

2001 年 8 月

## 内 容 简 介

本书对射表编拟技术进行了系统论述。其内容主要有编拟技术的基本概念、工作程序,各种射表弹道数学模型、射击试验技术、数据处理方法及地面炮榴弹、中弹、底排弹、子母弹、火箭炮、高炮及末制导炮弹等不同型号武器的射表编拟方法。本书较全面地反映了现代射表编拟技术的最新成就,简明扼要,通俗易懂,实用性强。本书适用于具有大专以上学历,从事射表编拟、兵器试验鉴定的工程技术人员及相关专业大专院校师生参考。

# 目 录

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 第 1 章 概论                | 1  |
| 1.1 弹道                  | 1  |
| 1.1.1 基本术语              | 1  |
| 1.1.2 真空弹道              | 3  |
| 1.1.3 空气弹道              | 4  |
| 1.1.4 射弹散布              | 6  |
| 1.2 射表的用途和内容            | 8  |
| 1.2.1 射表的用途             | 8  |
| 1.2.2 射表的主要内容           | 8  |
| 1.3 对射表的要求              | 9  |
| 1.4 炮兵标准射击条件            | 11 |
| 1.4.1 标准气象条件            | 11 |
| 1.4.2 标准弹道条件            | 13 |
| 1.4.3 标准地球条件            | 14 |
| 1.5 射表编制的基本原理与工作程序      | 15 |
| 1.5.1 基本原理              | 15 |
| 1.5.2 工作程序              | 16 |
| 第 2 章 射表模型              | 20 |
| 2.1 作用在弹丸上的力和力矩         | 20 |
| 2.1.1 坐标系               | 20 |
| 2.1.2 作用在弹丸上的力          | 20 |
| 2.1.3 作用在弹丸上的力矩         | 26 |
| 2.2 旋转稳定弹丸 4D 模型        | 28 |
| 2.2.1 旋转稳定弹丸 4D 模型的矢量形式 | 28 |

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 2.2.2 旋转稳定弹丸 4D 模型的标量形式    | 29 |
| 2.2.3 $\alpha_e$ 的算法       | 32 |
| 2.3 旋转稳定弹丸改进的 4D 模型        | 33 |
| 2.4 旋转弹丸 2D 模型             | 37 |
| 2.5 旋转弹丸 6D 模型             | 40 |
| 2.6 旋转弹丸 5D 模型             | 43 |
| 2.6.1 旋转弹丸 5D 模型方程组(一)     | 43 |
| 2.6.2 旋转弹丸 5D 模型方程组(二)     | 46 |
| 2.7 火箭弹射表模型                | 50 |
| 2.7.1 火箭弹 4D、6D、5D 及 2D 模型 | 50 |
| 2.7.2 野战火箭炮混合型射表模型         | 51 |
| 2.8 底排弹射表模型                | 59 |
| 2.8.1 质量流量模型               | 59 |
| 2.8.2 阻力系数下降量              | 63 |
| 2.8.3 底排弹射表模型              | 64 |
| 2.9 子母弹射表模型                | 65 |
| <b>第 3 章 射表试验</b>          | 69 |
| 3.1 射表试验准备                 | 69 |
| 3.1.1 火炮的射击准备              | 69 |
| 3.1.2 弹药的射击准备              | 71 |
| 3.1.3 气象诸元的观测准备            | 72 |
| 3.1.4 其它准备                 | 73 |
| 3.2 测速试验                   | 73 |
| 3.2.1 测试方法                 | 73 |
| 3.2.2 数据处理                 | 76 |
| 3.2.3 常用测速设备               | 79 |
| 3.3 选配装药量试验                | 85 |
| 3.3.1 试验方法                 | 86 |
| 3.3.2 说明                   | 87 |
| 3.4 测定跳角试验                 | 87 |

|        |                         |     |
|--------|-------------------------|-----|
| 3.4.1  | 测试方法                    | 87  |
| 3.4.2  | 实施要点                    | 90  |
| 3.4.3  | 数据处理                    | 90  |
| 3.5    | 确定弹重修正系数和药温修正系数的射击试验    | 91  |
| 3.5.1  | 方法                      | 91  |
| 3.5.2  | 实施要点                    | 92  |
| 3.5.3  | 数据处理                    | 92  |
| 3.5.4  | 说明                      | 94  |
| 3.6    | 测定落点弹道诸元的射击试验(射程、密集度试验) | 94  |
| 3.6.1  | 实施要点                    | 94  |
| 3.6.2  | 数据处理                    | 95  |
| 3.6.3  | 常用炸点测量设备                | 97  |
| 3.7    | 立靶试验                    | 104 |
| 3.7.1  | 实施要点                    | 104 |
| 3.7.2  | 数据处理                    | 105 |
| 3.7.3  | ICS-I 型立靶测量设备           | 105 |
| 3.8    | 确定表定初速的射击试验             | 107 |
| 3.9    | 测定弹丸空间坐标的射击试验           | 109 |
| 3.9.1  | 实施要点                    | 109 |
| 3.9.2  | 数据处理                    | 110 |
| 3.9.3  | 测量空间坐标的常用设备             | 113 |
| 3.10   | 测定弹丸刚体弹道参数的纸靶试验         | 126 |
| 3.10.1 | 需测数据                    | 126 |
| 3.10.2 | 原理                      | 127 |
| 3.10.3 | 实施要点                    | 133 |
| 3.10.4 | 试验条件                    | 133 |
| 3.10.5 | 说明                      | 134 |
| 3.11   | 试验中气象诸元的观测              | 135 |
| 3.11.1 | 地面气象诸元的观测               | 135 |
| 3.11.2 | 高空气象诸元的观测               | 136 |

|                                                 |     |
|-------------------------------------------------|-----|
| 第 4 章 试验数据的统计分析 .....                           | 139 |
| 4.1 异常值的判定 .....                                | 139 |
| 4.1.1 $\sigma$ 已知, $\mu$ 未知时的极值偏差法 .....        | 140 |
| 4.1.2 $\alpha$ 和 $\mu$ 均未知时极值偏差法(斯米尔诺夫准则) ..... | 142 |
| 4.1.3 极差比法(Dixon 准则) .....                      | 145 |
| 4.1.4 应用剔除准则应注意的事项 .....                        | 148 |
| 4.1.5 分组试验时大误差异常值的判定 .....                      | 149 |
| 4.2 倾向性分析 .....                                 | 150 |
| 第 5 章 气动参数辨识 .....                              | 154 |
| 5.1 C-K 法 .....                                 | 154 |
| 5.2 应用弹丸速度测量数据对阻力系数的辨识 .....                    | 161 |
| 5.2.1 径向速度与切向速度的换算关系式 .....                     | 162 |
| 5.2.2 阻力系数的辨识 .....                             | 164 |
| 5.3 应用弹丸空间坐标测量数据对阻力系数的辨识 .....                  | 167 |
| 5.4 应用弹丸飞行姿态测量数据对力矩系数的辨识 .....                  | 170 |
| 5.4.1 角运动两臂模型 .....                             | 170 |
| 5.4.2 8 个未知参数的 C-K 法辨识 .....                    | 173 |
| 5.4.3 力矩系数计算 .....                              | 175 |
| 5.4.4 起始扰动攻角 $\alpha_p$ 的近似表达式 .....            | 177 |
| 5.5 应用转速测量数据对滚转阻尼力矩系数的辨识 .....                  | 178 |
| 5.5.1 滚转方程 .....                                | 178 |
| 5.5.2 用转角测量数据对 $C_{l_p}$ 的辨识 .....              | 179 |
| 5.5.3 用转速测量数据对 $C_{l_p}$ 的辨识 .....              | 180 |
| 5.6 用速度测量数据对零阻、诱导阻力系数的辨识 .....                  | 180 |
| 5.6.1 阻力方程 .....                                | 181 |
| 5.6.2 辨识方法 .....                                | 182 |
| 5.7 用质心坐标数据对升力、马格努斯力系数的辨识 .....                 | 183 |
| 5.7.1 质心坐标方程 .....                              | 184 |
| 5.7.2 $C_{l_a}$ 及 $C_{y_{pe}}$ 的 C-K 法辨识 .....  | 186 |