



国防科技图书出版基金

# 战术导弹试验设计

Test Design for Tactical Missile



◎ 金振中 李晓斌 等编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press



国防科技图书出版基金

# 战术导弹试验设计

Test Design for Tactical Missile

金振中 李晓斌 等编著

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

战术导弹试验设计/金振中等编著. —北京:国防工业出版社, 2013. 12

ISBN 978 - 7 - 118 - 09171 - 7

I. ①战... II. ①金... III. ①战术导弹 - 导弹试验 - 试验设计 IV. ①TJ761. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 284936 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 8 $\frac{3}{4}$  字数 250 千字

2013 年 12 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 58.00 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

## 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。为了促进国防科技和武器装备建设事业的发展,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,原国防科工委于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. 在国防科学技术领域中,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,对国防科技和武器装备发展具有较大推动作用的专著;密切结合国防现代化和武器装备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,密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的新工艺、新材料内容的专著。
4. 填补目前我国科技领域空白并具有军事应用前景的薄弱学科和边缘学科的科技图书。

国防科技图书出版基金评审委员会在总装备部的领导下开展工作,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,由总装备部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,原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和武器装备建设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

## 第七届评审委员会组成人员

主任委员 王 峰

副主任委员 吴有生 蔡 镭 杨崇新

秘 书 长 杨崇新

副 秘 书 长 邢海鹰 贺 明

委 员 才鸿年 马伟明 王小谟 王群书  
(按姓氏笔画排序)

甘茂治 甘晓华 卢秉恒 巩水利

刘泽金 孙秀冬 陆 军 芮筱亭

李言荣 李德仁 李德毅 杨 伟

肖志力 吴宏鑫 张文栋 张信威

陈良惠 房建成 赵万生 赵凤起

郭云飞 唐志共 陶西平 韩祖南

傅惠民 魏炳波

# 《战术导弹试验设计》

## 编写组

主 编 金振中 李晓斌

编著者 金振中 李晓斌 孙 伟 王玉川

张 艳 江振宇 贾旭山 林 木

王 健 吴 畏 袁 刚 王 娜

于 录 单时卓 魏 琳

# 前 言

战术导弹武器装备试验设计作为一种特殊的军事行动,既需要军事理论方法的指导,更需要有科学可行的试验规划、试验计划和试验方案,战术导弹武器装备试验设计应运而生。战术导弹武器装备试验设计的目的就是制定一个合理、可行、最优的试验方案,在保证获得有效试验信息、满足试验评估的前提下,尽可能节省试验经费、缩短试验周期和减少试验风险。战术导弹武器装备试验设计是战术导弹武器装备试验的重要环节,是提高导弹武器装备试验与鉴定水平的前提,也是国家靶场和研制单位共同关心的问题。战术导弹武器装备试验设计理论和方法也是军事装备试验学体系重要的组成部分。

目前,国内外关于战术导弹武器装备试验设计方面较系统深入的研究文献较少,一些从事战术导弹武器装备管理和科研的人员对战术导弹武器装备试验设计的了解还不系统。本书是作者在参考国内外相关文献的基础上,结合多年的战术导弹武器装备试验工程实践,历时五年多时间完成的。本书主要面向战术导弹武器装备试验与科研管理部门、试验基地、试验部队和研制单位的工程技术人员及管理人员,也可作为高等院校相关专业教学与干部培训的教材或参考书。希望通过阅读本书,读者能对战术导弹武器装备试验设计有较为全面的了解。

全书共分6章。第1章介绍了战术导弹的分类及特点、战术导弹的试验类型、战术导弹试验设计的概念、思想和内容。第2章介绍了试验设计的相似原理、试验设计的统计学原理和试验设计的一般步骤。第3章介绍了试验设计的基本过程,具体包括试验任务设计、作战模型与试验模型、试验变量分类与水平选择、试验方案设计等方

面。第4章介绍了统计试验设计与分析方法,具体包括正交试验设计、均匀试验设计、数据分析与处理方法、试验参数估计方法和试验检验方法。第5章介绍了仿真试验设计与分析方法,包括仿真试验的基本概念、仿真试验标准、仿真试验模型的校验与确认、仿真试验设计方法和仿真试验近似模型分析方法。第6章从武器系统试验总体设计、试验与鉴定系统设计和内外场联合试验系统设计三方面介绍了战术导弹试验系统设计。

本书第1章由金振中、李晓斌执笔,第2章由金振中、孙伟执笔,第3章由金振中、李晓斌、单时卓执笔,第4章由张艳、吴畏、王玉川执笔,第5章由李晓斌、林木和袁刚执笔,第6章由贾旭山、王健、于录执笔,全书由王娜、魏琳统稿,金振中、李晓斌定稿。

书稿完成后,聘请中国工程院钟山院士,国防科学技术大学张金槐教授、王正明教授等军内外专家、学者审阅了书稿,并提出了许多宝贵的意见。92493部队陈海安、付新胜、宋琳、李宏伟等在全书的成稿过程中给予指导,提出了很多建议。本书的编写工作得到了中国博士后科研基金资助项目(编号200801491)和92493部队博士后科研工作站研究项目的支持。在此向所有关心和支持本书编写的单位和个人表示诚挚的感谢。同时,感谢国防工业出版社为本书出版所做的大量工作。

战术导弹武器装备试验是一项复杂的系统工程,试验设计理论、方法和相关技术涉及多学科、多领域,本书并不能覆盖战术导弹武器装备试验设计的全部内容,还有许多重要内容需要深化研究。鉴于作者水平,疏漏、不当难免,敬请读者批评指正。

《战术导弹试验设计》编写组

2013年6月1日

# 目 录

|                    |    |
|--------------------|----|
| 第 1 章 绪论           | 1  |
| 1.1 战术导弹的类型及特点     | 1  |
| 1.1.1 战术导弹分类       | 1  |
| 1.1.2 战术导弹武器系统组成   | 2  |
| 1.1.3 战术导弹的特点      | 5  |
| 1.2 战术导弹试验的类型及方法   | 8  |
| 1.2.1 战术导弹试验分类     | 8  |
| 1.2.2 战术导弹试验与鉴定模式  | 16 |
| 1.2.3 战术导弹试验工程技术方法 | 19 |
| 1.3 武器装备试验设计概述     | 21 |
| 1.3.1 武器装备试验设计基本概念 | 21 |
| 1.3.2 武器装备试验设计基本思想 | 23 |
| 1.3.3 武器装备试验设计主要内容 | 24 |
| 参考文献               | 25 |
| 第 2 章 战术导弹试验设计基础理论 | 27 |
| 2.1 试验设计的基本原则      | 27 |
| 2.2 试验设计的基本原理      | 29 |
| 2.2.1 统计学原理        | 29 |
| 2.2.2 相似工程原理       | 32 |
| 2.3 试验设计的一般步骤及注意事项 | 35 |
| 2.3.1 试验设计的一般步骤    | 35 |

|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| 2.3.2 试验设计的注意事项 .....         | 39        |
| 参考文献 .....                    | 40        |
| <b>第3章 战术导弹试验设计基本过程 .....</b> | <b>42</b> |
| 3.1 试验任务设计 .....              | 42        |
| 3.1.1 确定试验任务的依据 .....         | 42        |
| 3.1.2 试验目的和任务分析 .....         | 43        |
| 3.1.3 试验项目筛选和确定 .....         | 45        |
| 3.2 作战模型与试验模型 .....           | 47        |
| 3.2.1 作战模型 .....              | 48        |
| 3.2.2 试验模型 .....              | 52        |
| 3.3 试验变量分类与水平选择 .....         | 54        |
| 3.3.1 试验变量分类 .....            | 55        |
| 3.3.2 试验变量水平选择 .....          | 58        |
| 3.4 试验方案设计 .....              | 59        |
| 3.4.1 多因子试验设计 .....           | 60        |
| 3.4.2 统计验证试验设计 .....          | 62        |
| 3.4.3 序贯试验设计 .....            | 64        |
| 参考文献 .....                    | 64        |
| <b>第4章 统计试验设计与分析方法 .....</b>  | <b>66</b> |
| 4.1 正交试验设计 .....              | 67        |
| 4.1.1 正交表 .....               | 67        |
| 4.1.2 试验方案制定 .....            | 68        |
| 4.1.3 试验设计结果处理 .....          | 72        |
| 4.2 均匀试验设计 .....              | 75        |
| 4.2.1 均匀表 .....               | 75        |
| 4.2.2 试验方案制定 .....            | 78        |
| 4.2.3 试验设计结果处理 .....          | 81        |

|            |                          |            |
|------------|--------------------------|------------|
| 4.3        | 数据分析与处理方法 .....          | 82         |
| 4.3.1      | 极差分析 .....               | 82         |
| 4.3.2      | 方差分析 .....               | 84         |
| 4.3.3      | 回归分析 .....               | 85         |
| 4.3.4      | 协方差分析 .....              | 93         |
| 4.4        | 贝叶斯方法验前分布的确定 .....       | 96         |
| 4.4.1      | 验前信息来源 .....             | 96         |
| 4.4.2      | 验前分布的确定方法 .....          | 97         |
| 4.5        | 参数估计方法 .....             | 102        |
| 4.5.1      | 二项分布参数的估计 .....          | 103        |
| 4.5.2      | 指数分布参数的估计 .....          | 106        |
| 4.5.3      | 正态分布参数的估计 .....          | 109        |
| 4.6        | 检验方法 .....               | 114        |
| 4.6.1      | 假设检验基本概念 .....           | 115        |
| 4.6.2      | 假设检验方法 .....             | 119        |
| 4.6.3      | 序贯检验方法 .....             | 128        |
|            | 参考文献 .....               | 143        |
| <b>第5章</b> | <b>仿真试验设计与分析方法 .....</b> | <b>145</b> |
| 5.1        | 仿真试验基本概念 .....           | 145        |
| 5.1.1      | 仿真试验目的和任务 .....          | 145        |
| 5.1.2      | 仿真试验的基本步骤 .....          | 146        |
| 5.2        | 仿真试验标准 .....             | 149        |
| 5.2.1      | 美军仿真试验标准 .....           | 149        |
| 5.2.2      | 国内相关标准建设现状 .....         | 152        |
| 5.3        | 仿真试验模型 .....             | 155        |
| 5.3.1      | 仿真试验模型分类 .....           | 156        |
| 5.3.2      | 仿真建模方法 .....             | 159        |
| 5.3.3      | 仿真试验模型的校核、验证与确认 .....    | 161        |

|       |                          |     |
|-------|--------------------------|-----|
| 5.4   | 仿真试验设计方法                 | 167 |
| 5.4.1 | 计算机仿真试验设计与分析             | 167 |
| 5.4.2 | 拉丁超立方试验设计                | 171 |
| 5.4.3 | 基于正交的拉丁超立方试验设计           | 172 |
| 5.4.4 | 逆序贯拉丁超立方试验设计             | 173 |
| 5.5   | 仿真试验近似模型分析方法             | 177 |
| 5.5.1 | 标准 Kriging 函数            | 177 |
| 5.5.2 | 基于梯度信息的 Kriging 函数       | 186 |
| 5.5.3 | 基于 Kriging 函数的序贯近似建模方法   | 190 |
| 5.5.4 | 基于 Kriging 函数的变复杂度近似建模方法 | 197 |
|       | 参考文献                     | 202 |
| 第 6 章 | 战术导弹试验系统设计               | 203 |
| 6.1   | 战术导弹试验总体思路               | 203 |
| 6.1.1 | 战术导弹试验的基本原则              | 204 |
| 6.1.2 | 战术导弹试验设计的基本内容            | 208 |
| 6.1.3 | 战术导弹试验设计的一般步骤            | 211 |
| 6.2   | 战术导弹试验与鉴定系统              | 215 |
| 6.2.1 | 试验与鉴定系统概述                | 216 |
| 6.2.2 | 试验与鉴定系统设计原则与方法           | 219 |
| 6.2.3 | 试验与鉴定系统设计内容              | 224 |
| 6.3   | 战术导弹内外场联合试验系统设计          | 233 |
| 6.3.1 | 内外场联合试验的背景、概念与内涵         | 233 |
| 6.3.2 | 国内外发展现状和趋势               | 238 |
| 6.3.3 | 内外场联合试验的关键技术             | 244 |
| 6.3.4 | 内外场联合试验系统的建设内容           | 250 |
|       | 参考文献                     | 260 |

# Contents

|                  |                                                              |    |
|------------------|--------------------------------------------------------------|----|
| <b>Chapter 1</b> | <b>Introduction</b>                                          | 1  |
| 1.1              | Type and Characteristic of Tactical Missile                  | 1  |
| 1.1.1            | Classification of Tactical Missile                           | 1  |
| 1.1.2            | Component of Tactical Missile Weapon System                  | 2  |
| 1.1.3            | Characteristic of Tactical Missile                           | 5  |
| 1.2              | Type and Method of Tactical Missile Test                     | 8  |
| 1.2.1            | Classification of Tactical Missile Test                      | 8  |
| 1.2.2            | Mode of Tactical Missile Test and Evaluation                 | 16 |
| 1.2.3            | Engineering and Technical Method of Tactical<br>Missile Test | 19 |
| 1.3              | Overview of Weaponry Test Design                             | 21 |
| 1.3.1            | Basic Concepts of Weaponry Test Design                       | 21 |
| 1.3.2            | Basic Idea of Weaponry Test Design                           | 23 |
| 1.3.3            | Main Content of Weaponry Test Design                         | 24 |
|                  | References                                                   | 25 |
| <b>Chapter 2</b> | <b>Basic Theory of Test Design for Tactical Missile</b>      | 27 |
| 2.1              | Basic Principles of Test Design                              | 27 |
| 2.2              | Basic Elements of Test Design                                | 29 |
| 2.2.1            | Statistics Elements                                          | 29 |
| 2.2.2            | Similarity Engineering Elements                              | 32 |
| 2.3              | General Step and Notice of Test Design                       | 35 |

|                  |                                                                |           |
|------------------|----------------------------------------------------------------|-----------|
| 2. 3. 1          | General Step of Test Design .....                              | 35        |
| 2. 3. 2          | Notice of Test Design .....                                    | 39        |
|                  | References .....                                               | 40        |
| <b>Chapter 3</b> | <b>Basic Process of Test Design for Tactical Missile .....</b> | <b>42</b> |
| 3. 1             | Test Mission Design .....                                      | 42        |
| 3. 1. 1          | Reference of Determine Test Mission .....                      | 42        |
| 3. 1. 2          | Test Purpose and Mission Analysis .....                        | 43        |
| 3. 1. 3          | Screen and Determine of Test Project .....                     | 45        |
| 3. 2             | Battle model and Test Model .....                              | 47        |
| 3. 2. 1          | Battle Model .....                                             | 48        |
| 3. 2. 2          | Test Model .....                                               | 52        |
| 3. 3             | Classification and Levels Selection of Test Variable .....     | 54        |
| 3. 3. 1          | Classification of Test Variable .....                          | 55        |
| 3. 3. 2          | Levels for Test Variable Selection .....                       | 58        |
| 3. 4             | Test Scheme Design .....                                       | 59        |
| 3. 4. 1          | Multifactor Test Design .....                                  | 60        |
| 3. 4. 2          | Statistics Verification Test Design .....                      | 62        |
| 3. 4. 3          | Sequential Test Design .....                                   | 64        |
|                  | References .....                                               | 64        |
| <b>Chapter 4</b> | <b>Statistics Test Design and Analysis Method .....</b>        | <b>66</b> |
| 4. 1             | Orthogonal Test Design .....                                   | 67        |
| 4. 1. 1          | Orthogonal Array .....                                         | 67        |
| 4. 1. 2          | Test Concept Institute .....                                   | 68        |
| 4. 1. 3          | Result Processing of Test Design .....                         | 72        |
| 4. 2             | Uniform Test Design .....                                      | 75        |
| 4. 2. 1          | Uniform Array .....                                            | 75        |
| 4. 2. 2          | Test Concept Institute .....                                   | 78        |

|            |                                                              |     |
|------------|--------------------------------------------------------------|-----|
| 4. 2. 3    | Result Processing of Test Design .....                       | 81  |
| 4. 3       | Analysis and Processing Method of Data .....                 | 82  |
| 4. 3. 1    | Deviation Analysis .....                                     | 82  |
| 4. 3. 2    | Variance Analysis .....                                      | 84  |
| 4. 3. 3    | Regression Analysis .....                                    | 85  |
| 4. 3. 4    | Covariance Analysis .....                                    | 93  |
| 4. 4       | Determine of Prior Distribution .....                        | 96  |
| 4. 4. 1    | Source of Prior Distribution .....                           | 96  |
| 4. 4. 2    | Determine of Prior Distribution .....                        | 97  |
| 4. 5       | Parameter Estimation .....                                   | 102 |
| 4. 5. 1    | Estimation of Parameter of 0 – 1 Distribution .....          | 103 |
| 4. 5. 2    | Estimation of Parameter of Exponential<br>Distribution ..... | 106 |
| 4. 5. 3    | Estimation of Parameter of Normal Distribution .....         | 109 |
| 4. 6       | Inspection Method .....                                      | 114 |
| 4. 6. 1    | Basic Concepts of Hypothesis Testing .....                   | 115 |
| 4. 6. 2    | Hypothesis Testing .....                                     | 119 |
| 4. 6. 3    | Sequential Testing .....                                     | 128 |
| References | .....                                                        | 143 |

## **Chapter 5 Simulation Test Design and Analysis Method .....** 145

|         |                                                           |     |
|---------|-----------------------------------------------------------|-----|
| 5. 1    | Basic Concepts of Simulation Test .....                   | 145 |
| 5. 1. 1 | Purpose and Task of Simulation Test .....                 | 145 |
| 5. 1. 2 | Basic Step of Simulation Test .....                       | 146 |
| 5. 2    | Standard of Simulation Test .....                         | 149 |
| 5. 2. 1 | Standard of Simulation Test for US Army .....             | 149 |
| 5. 2. 2 | Development of Internal Simulation Test<br>Standard ..... | 152 |
| 5. 3    | Simulation Test Models .....                              | 155 |

|            |                                                                                   |     |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.3.1      | Classification of Simulation Models .....                                         | 156 |
| 5.3.2      | Modeling Methods .....                                                            | 159 |
| 5.3.3      | Verification, Validation and Accreditation<br>of Simulation Test Models .....     | 161 |
| 5.4        | Methods of Design for Simulation Test .....                                       | 167 |
| 5.4.1      | Design and Analysis of Computer Simulation<br>Test .....                          | 167 |
| 5.4.2      | The LHD Design .....                                                              | 171 |
| 5.4.3      | The Orthogonal LHD Design .....                                                   | 172 |
| 5.4.4      | The LHD Design Based on Counter – Sequential<br>Method .....                      | 173 |
| 5.5        | The Analysis Method of Simulation Test Approximate<br>Model .....                 | 177 |
| 5.5.1      | The Standard Kriging Function .....                                               | 177 |
| 5.5.2      | The Kriging Function Based on Gradient<br>Information .....                       | 186 |
| 5.5.3      | The Sequential Approximation Modeling Based<br>on Kriging Function .....          | 190 |
| 5.5.4      | The Variable Complexity Approximation Modeling<br>Based on Kriging Function ..... | 197 |
| References | .....                                                                             | 202 |

## **Chapter 6 Design of Test System for Tactical Missile ..... 203**

|       |                                                             |     |
|-------|-------------------------------------------------------------|-----|
| 6.1   | Overall Thought of Tactical Missile Test .....              | 203 |
| 6.1.1 | Basic Principles of Tactical Missile Test .....             | 204 |
| 6.1.2 | Basic Contents of Design for Tactical Missile<br>Test ..... | 208 |
| 6.1.3 | General Step of Design for Tactical Missile<br>Test .....   | 211 |