



航天科技图书出版基金资助出版

常规导弹弹药安全性 考核与技术

李广武 赵继伟 杜春兰 著
左红星 霍菲 周东 陈萌



中国宇航出版社

航天科技图书出版基金资助出版

常规导弹弹药安全性考核与技术

李广武 赵继伟 杜春兰
左红星 霍菲 周东 陈萌 著



中国宇航出版社

版权所有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

常规导弹弹药安全性考核与技术 / 李广武等著. --

北京: 中国宇航出版社, 2015. 3

ISBN 978 - 7 - 5159 - 0900 - 4

I. ①常… II. ①李… III. ①导弹—弹药—安全性—
研究 IV. ①TJ76②TJ41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 051890 号

责任编辑 彭晨光

责任校对 祝延萍

封面设计 文道思

出版
发行 **中国宇航出版社**

社址 北京市阜成路 8 号
(010)68768548

邮 编 100830

网 址 www.caphbook.com

经 销 新华书店

发行部 (010)68371900

(010)88530478(传真)

(010)68768541

(010)68767294(传真)

零售店 读者服务部

北京宇航文苑

(010)68371105

(010)62529336

承 印 北京画中国印刷有限公司

版 次 2015 年 3 月第 1 版

2015 年 3 月第 1 次印刷

规 格 880 × 1230

开 本 1/32

印 张 5.25

字 数 142 千字

书 号 ISBN 978 - 7 - 5159 - 0900 - 4

定 价 58.00 元

本书如有印装质量问题, 可与发行部联系调换

航天科技图书出版基金简介

航天科技图书出版基金是由中国航天科技集团公司于2007年设立的，旨在鼓励航天科技人员著书立说，不断积累和传承航天科技知识，为航天事业提供知识储备和技术支持，繁荣航天科技图书出版工作，促进航天事业又好又快地发展。基金资助项目由航天科技图书出版基金评审委员会审定，由中国宇航出版社出版。

申请出版基金资助的项目包括航天基础理论著作，航天工程技术著作，航天科技工具书，航天型号管理经验与管理思想集萃，世界航天各学科前沿技术发展译著以及有代表性的科研生产、经营管理译著，向社会公众普及航天知识、宣传航天文化的优秀读物等。出版基金每年评审1~2次，资助10~20项。

欢迎广大作者积极申请航天科技图书出版基金。可以登录中国宇航出版社网站，点击“出版基金”专栏查询详情并下载基金申请表；也可以通过电话、信函索取申报指南和基金申请表。

网址：<http://www.caphbook.com>

电话：(010) 68767205, 68768904

序

现代战争对于精确打击和高效能作战武器的需求下，飞机、舰艇等作战平台上大量装备了各种类型的武器弹药。这些弹药（包括导弹、鱼雷、水雷以及航空炸弹等）在拥有强大杀伤力的同时也有因冲击、撞击、跌落、振动、高温、静电、雷击和电磁辐射等外界机械力、环境力引发意外发火、燃烧、爆炸的危险隐患，会造成己方武器装备的破坏、人员伤亡事故和巨大的经济损失、直接削减了己方的战斗力，甚至影响战争的胜负。美国等北约国家正是经历了战争中的一系列弹药意外爆炸事故，惨痛的损失和血的教训促使其认识到“没有生存就没有战斗力”。此后，以其武器弹药的安全性开展了包括试验方法、试验项目选取、试验条件选取及试验结果评估在内的非核弹药安全性试验考核技术研究，形成了比较完整的非核弹药安全性试验考核标准体系。目前，西方国家均将安全性考核试验纳入常规导弹和弹药的定型及军备采购中，要求新装备的弹药必须通过安全性试验。

《常规导弹弹药安全性考核与技术》一书介绍了国外武器弹药典型安全事故案例，弹药安全性环境及试验考核内容；分析了国外弹药安全性政策、标准体系及安全性标准；全面介绍了跌落、快速烤燃、慢速烤燃、子弹撞击、碎片撞击、殉爆、自由射流等安全性试验的方法及程序；并通过安全性试验在国外武器装备中的应用，介绍了利用安全性考核试验标准对不同类型、不同阶段的武器装备如

如何进行试验项目选取、如何开展试验和评估,及如何利用评估结果对弹药结构和配置进行改进。

本书作者长期从事弹药安全性的理论研究和专业试验工作,具有丰富的实践经验和厚重的学术素养,对国外弹药安全性试验考核技术现状和发展趋势具有深刻的理解。该书的出版适应我军武器装备发展对安全性的需求,可以使我军及各工业部门更加明确安全性对装备建设的重要性,全面了解弹药安全性评估体系、标准、方法,指导我军常规导弹安全性考核试验标准体系的建立,健全我军武器考核的范畴,对常规导弹弹药的安全性设计提供验证和指导,提升我军的弹药武器平台的生存力和战斗力,最终为赢得未来战争奠定坚实的基础。

侯晓

2014年12月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 常规导弹弹药安全事故案例	1
1.1.1 “福莱斯特号” 航母安全事故	1
1.1.2 “企业” 号核动力航母爆炸	4
1.1.3 “尼米兹” 号航空母舰爆炸	6
1.1.4 坦克、军舰等装备安全事故	6
1.1.5 弹药库、运输安全事故	7
1.2 常规导弹弹药安全性环境	9
1.2.1 振动环境	9
1.2.2 意外跌落	10
1.2.3 子弹撞击	11
1.2.4 碎片/破片撞击及射流冲击	11
1.2.5 火灾环境	12
1.2.6 爆炸环境	12
1.2.7 静电环境	12
1.2.8 电磁环境	13
1.2.9 核攻击环境	13
1.2.10 反导突防环境	13
1.3 常规导弹弹药安全性考核的内容	15
第 2 章 国外安全性管理和政策	17
2.1 安全性管理体系	17
2.1.1 管理标准	17

2.1.2 组织机构	18
2.1.3 管理方式	22
2.2 安全性考核推行策略	23
2.2.1 北约	23
2.2.2 美国	24
2.2.3 英国	25
2.2.4 法国	26
第3章 国外常规导弹弹药安全性考核试验标准体系	30
3.1 北约安全性考核试验标准体系	30
3.1.1 北约安全性考核试验标准体系的发展历程	30
3.1.2 北约 4439 标准体系	31
3.2 美国安全性考核试验标准体系	49
3.2.1 美国安全性考核试验标准体系的发展历程	49
3.2.2 标准体系	51
3.3 各安全性考核标准体系分析	58
3.3.1 国外常规导弹弹药安全性试验考核标准体 系的联系	58
3.3.2 美国、法国、北约安全性试验考核之间的 主要区别	58
第4章 安全性试验技术	62
4.1 安全性试验的目的与分类	62
4.1.1 试验目的	62
4.1.2 试验分类	63
4.2 跌落试验	63
4.2.1 试验方法	64
4.2.2 试验装置	65
4.2.3 测试设备	67
4.2.4 试验流程	68

4.2.5 数据记录及处理要求	69
4.3 火箭橇撞击试验	70
4.3.1 试验方法	70
4.3.2 试验装置	70
4.3.3 测试设备	72
4.3.4 试验流程	76
4.3.5 数据记录及处理要求	77
4.4 快速烤燃试验	78
4.4.1 试验方法	78
4.4.2 快速烤燃试验装置	80
4.4.3 测试设备	82
4.4.4 试验程序	82
4.4.5 数据记录及处理要求	83
4.5 慢速烤燃试验	84
4.5.1 试验方法	84
4.5.2 试验设备	84
4.5.3 测试设备	85
4.5.4 试验程序	86
4.5.5 数据记录及处理要求	87
4.6 子弹撞击试验	87
4.6.1 试验方法	88
4.6.2 试验装置	89
4.6.3 测试设备	89
4.6.4 试验流程	90
4.6.5 数据记录及处理要求	91
4.7 碎片撞击试验	92
4.7.1 试验方法	92
4.7.2 碎片撞击试验装置	92
4.7.3 测试设备	97

4.7.4	试验流程	97
4.7.5	数据记录及处理要求	99
4.8	聚能射流冲击试验	100
4.8.1	试验方法	100
4.8.2	试验装置及测试设备	102
4.8.3	试验流程	103
4.8.4	数据记录及处理要求	104
4.9	破片冲击试验	104
4.9.1	试验方法	104
4.9.2	试验装置和测试设备	106
4.9.3	试验流程	106
4.9.4	数据记录及处理要求	107
4.10	殉爆试验	108
4.10.1	试验方法	108
4.10.2	试验装置及测试设备	111
4.10.3	试验流程	113
4.10.4	数据记录及处理要求	115
4.11	安全性试验评估技术	115
4.11.1	反应类型	116
4.11.2	评判准则	117
4.11.3	判定流程	117
第5章	安全性试验在国外常规导弹弹药中的应用	119
5.1	PAC-3 导弹安全性试验	119
5.1.1	子弹冲击试验	120
5.1.2	破片冲击试验	122
5.1.3	快速烤燃试验	122
5.2	小型洲际战略导弹发动机殉爆试验	123
5.2.1	试验件描述	124
5.2.2	试验测量与观察	124

5.2.3 试验现象与试验结果	125
5.3 PGB 精确制导炸弹	127
5.4 标准-3 导弹第三级发动机的安全性试验	132
5.4.1 标准-3 的参数与结构	132
5.4.2 子弹撞击试验	132
5.4.3 碎片撞击试验	133
5.4.4 快烤试验	135
5.4.5 试验结果	136
5.5 反装甲导弹固体火箭发动机的安全性试验	136
5.5.1 受试发动机的型号与相关参数	136
5.5.2 试验结果	137
5.5.3 新一代反装甲导弹参数	138
5.5.4 试验项目	138
5.5.5 试验结果	138
5.6 通用导弹用固体发动机安全性试验	140
5.7 战术导弹发动机所进行的安全性试验	142
第 6 章 展望	150
参考文献	152

第 1 章 绪论

常规导弹弹药安全性试验考核及技术的发展起源于 20 世纪 50 年代,在 1967 年的越战和 1973 年的中东战争中,因常规导弹弹药自身安全问题引起的航母、战机、坦克的损毁导致了巨大损失,因此国际上更加重视导弹弹药的安全性试验考核及相关技术,安全性成为武器定型考核和装备部队的重要指标。

1.1 常规导弹弹药安全事故案例

1.1.1 “福莱斯特号”航母安全事故

在越南战场,为了弥补兵力火力的不足,美国决定将原属于大西洋舰队的航空母舰临时派到西太平洋执行任务。1967 年 6 月 6 日“福莱斯特”号航母(CV-59, Forrestal)从诺福克港出发,7 月 25 日到达预定海域。图 1-1 为发生事故前的“福莱斯特”航母。



图 1-1 福莱斯特号航母驶往太平洋

7月29日,一架F-4B“鬼怪”(Phantom)舰载战斗机挂载的一枚M34“诃尼”(Zuni)空地火箭(如图1-2所示)意外点火发射,穿越飞行甲板,击中了一架A-4E“天鹰”(Skyhawk)舰载攻击机的油箱,油箱随即爆炸,大火迅速蔓延至整个飞行甲板(如图1-3所示),使军械库的弹药处于烤燃环境,由于弹药对高温比较敏感最终发生爆炸,并导致军械库的其他弹药发生了殉爆。

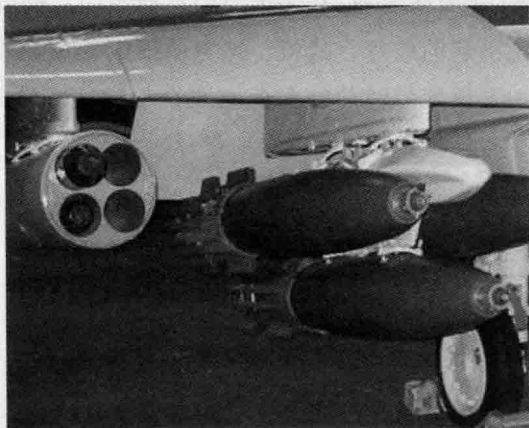


图1-2 罪魁祸首——“诃尼”(Zuni)空地火箭

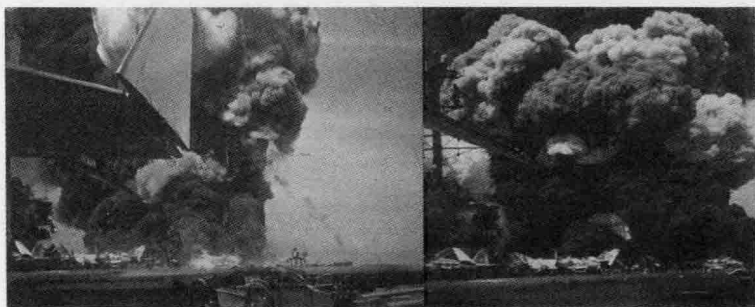


图1-3 福莱斯特号火灾现场

在这场灾难中,5 000人参与了救援(救援现场如图1-4所示),共有134人死亡,162人受伤,其中64人伤势严重,21架飞

机被毁，另有 43 架严重受损，损失 78.5 亿美元。“福莱斯特”号只得返回美国进行维修。图 1-5~图 1-6 分别为烧毁的战机残骸和受损航母。



图 1-4 救援现场

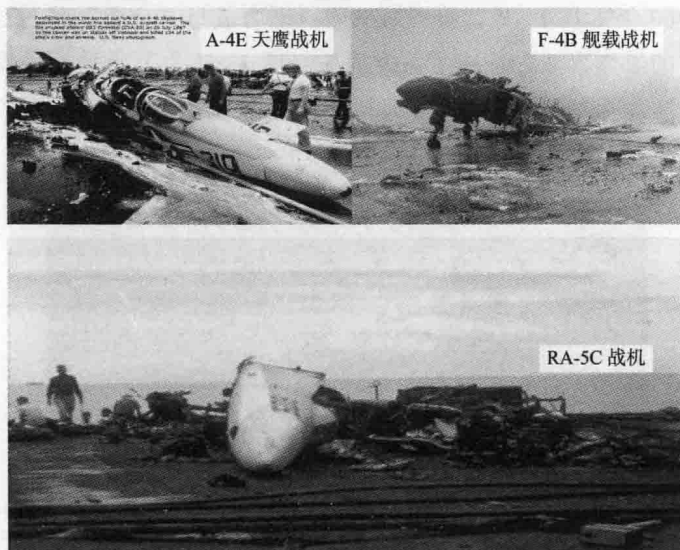


图 1-5 烧毁战机残骸



图 1-6 受损航母

1.1.2 “企业”号核动力航母爆炸

1969 年 1 月 14 日，美国第一艘核动力航母“企业”号遭遇了一场可怕的爆炸事故，造成了重大损失。图 1-7 为企业号航母发生事故前的照片，1969 年 1 月 14 日，“企业”号开往东南亚，准备参加越南战争，行进到檀香山以西 70 海里处。



图 1-7 开往越南战场的“企业”号航母

一架 F-4 舰载战斗机起飞时意外撞到“诃尼”火箭发动机上，

导致发动机点火爆炸，碎片割裂战斗机燃料箱，导致起火（图1-8为火灾现场照片）；一分钟后，又有三台以上的发动机爆炸，18个弹药爆轰，甲板上形成一片火海；此次爆炸导致“企业”号严重破损，甲板上炸出了8个大洞，右舷撞开了一个直径为4.5 m的裂口，甲板上另一裂口尺寸达8 m。15架战斗机被毁，17架战斗机受损，损失达5.7亿美元；航母维修花费48.7亿美元；伤344人，死28人。图1-9为爆炸后的“企业”号航母甲板照片。



图1-8 企业号航母火灾现场



图1-9 爆炸过后的“企业”号甲板

1.1.3 “尼米兹”号航空母舰爆炸

“尼米兹”号是美国海军中最大的一艘核动力航空母舰，是一座浮动的机场和海上城市，有“海上巨兽”之称。1981年5月25日晚，“尼米兹”号在美国佛罗里达州杰克森维尔以东70海里的大西洋洋面上正准备回收模拟作战归来的机群，一架610号电子对抗机下降时撞到了停在飞行甲板上的另外三架F-14战斗机，而这三架飞机各装载有一枚“麻雀”导弹、一枚“响尾蛇”导弹和一枚“不死鸟”导弹。

巨大的爆炸声响过后，舰上的消防队员立即行动，迅速控制住火势。正当大家以为灾难已经过去的时候，又一声巨响从飞机残骸中传出，一枚“麻雀”导弹由于受到烈焰的烘烤而发生爆炸，正在灭火的水兵被击倒；随后又是一次爆炸，所幸其余的导弹从一开始就被消防队员用盐水冷却，否则，还可能发生更大的爆炸。这次坠机爆炸事件共造成14人丧失了生命，42人被大火烧伤或被导弹爆炸的碎片击中致伤，另有11架飞机被毁。仅飞机一项就损失了5345万美元，其他设备与财产损失达448万美元。这次事件造成的人员伤亡之多，飞机、设备损失之大，是和平年代美国海军航空史上绝无仅有的。鉴于这次事故，“尼米兹”号采取了一系列改善措施，以防止重大事故再次发生。

1.1.4 坦克、军舰等装备安全事故

1967年和1973年的两次中东战争都发现，坦克的主要毁坏原因是坦克装甲被穿透后，坦克自身弹药仓内的弹药发生殉爆，结果将坦克炸毁。在2003年的伊拉克战争中，坦克被命中后，弹药殉爆而使坦克炮塔被掀飞的场面屡屡出现，丝毫不少于1991年的海湾战争。

因舰上弹药殉爆所导致的军舰安全事故也是战争中军舰损毁的主要原因，图1-10就是某军舰上由于舰上弹药库爆炸而严重受损的典型示例。在世界战争史上这样的案例还有很多，其中最有名的是在1982年的英阿马岛战争中，英国的“谢菲尔德”号导弹驱逐舰