

★ ★ ★
★ “十三五” ★

国家重点图书出版规划项目



国之重器出版工程
国防现代化建设

现代航空制导炸弹设计与工程

Corrosion Prevention and Surface Protection
Technology for Guided Bomb Structures

制导炸弹结构防腐蚀与 表面防护技术

樊富友 陈军 钟勇
杜冲 赵高瞻 陈宜锋

编著



中国工信出版集团 西北工业大学出版社

★ ★ ★ ★ ★
“十三五”

国家重点图书出版规划项目



国之重器出版工程
国防现代化建设

现代航空制导炸弹设计与工程

制导炸弹结构防腐蚀与 表面防护技术

Corrosion Prevention and Surface Protection
Technology for Guided Bomb Structures

樊富友 陈 军 钟 勇 编著
杜 冲 赵高瞻 陈宜锋

西北工业大学出版社
西 安

【内容简介】 本书从理论和实践结合的角度出发,以工程实践为基础,对制导炸弹结构防腐蚀与表面防护进行阐述,其基本原理和分析处理工程技术问题的方法具有普遍意义,对其他武器系统结构防腐及表面防护也具有一定的适用性和参考价值。主要内容包括概述、制导炸弹的使用环境、制导炸弹常用材料选用原则及腐蚀特性、制导炸弹弹体结构主要腐蚀类型、制导炸弹弹体结构防腐蚀控制设计、制导炸弹常用材料的表面处理、制导炸弹表面防护设计以及制导炸弹包装防护设计。

本书可供从事制导炸弹结构设计、腐蚀防护控制等部门的有关工程技术人员和管理人员使用,也可供相关专业科技人员和高等院校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

制导炸弹结构防腐蚀与表面防护技术/樊富友等编著.

—西安:西北工业大学出版社,2018.4

现代航空制导炸弹设计与工程 国之重器出版工程

ISBN 978-7-5612-5935-1

I. ①制… II. ①樊… III. ①制导炸弹—防腐
IV. ①TJ414

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 074551 号

ZHIDAO ZHADAN JIEGOU FANGFUSHI YU BIAOMIAN FANGHU JISHU

策划编辑:杨 军

责任编辑:何格夫

出版:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电话:(029)88493844 88491757

网址:<http://www.nwpup.com>

印刷者:固安县铭成印刷有限公司

开本:710 mm×1 000 mm 1/16

印张:14.25 彩插:4

字数:249 千字

版次:2018 年 4 月第 1 版 2018 年 4 月第 1 次印刷

定 价:69.00 元



图5-15 断续焊腐蚀形貌



图5-16 铆接处铆钉出现腐蚀

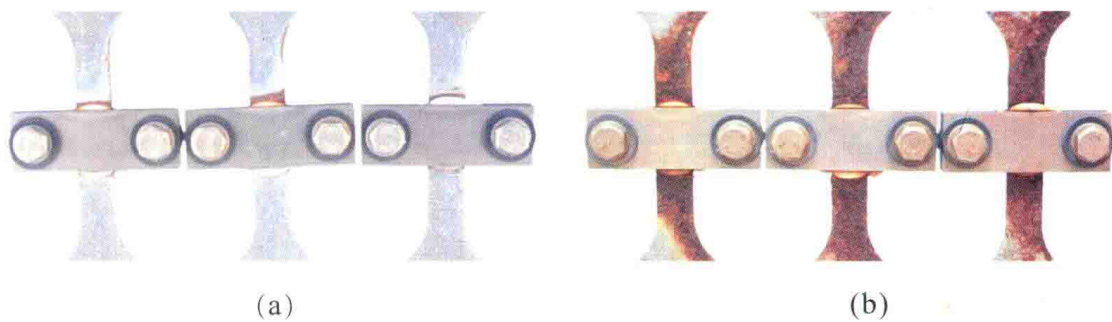


图5-24 30CrMnSiA镀锌-钛合金裸材

(a)试验6个月正面；(b)试验18个月正面

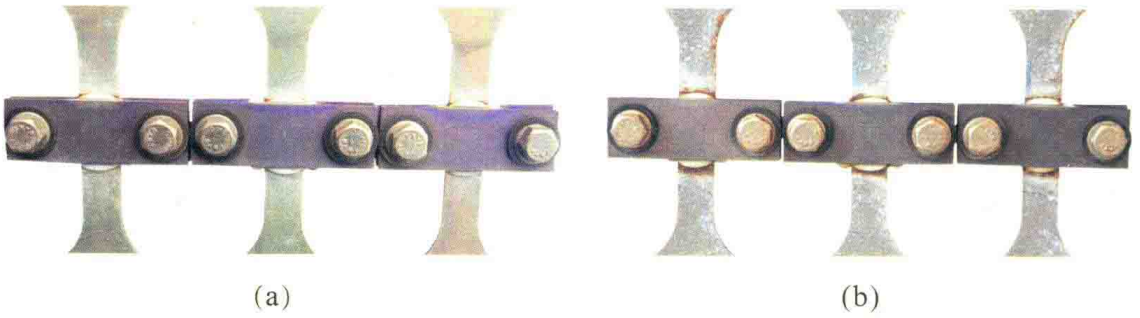


图5-25 30CrMnSiA镀锌-钛合金+阳极化

(a)试验6个月正面; (b)试验12个月正面

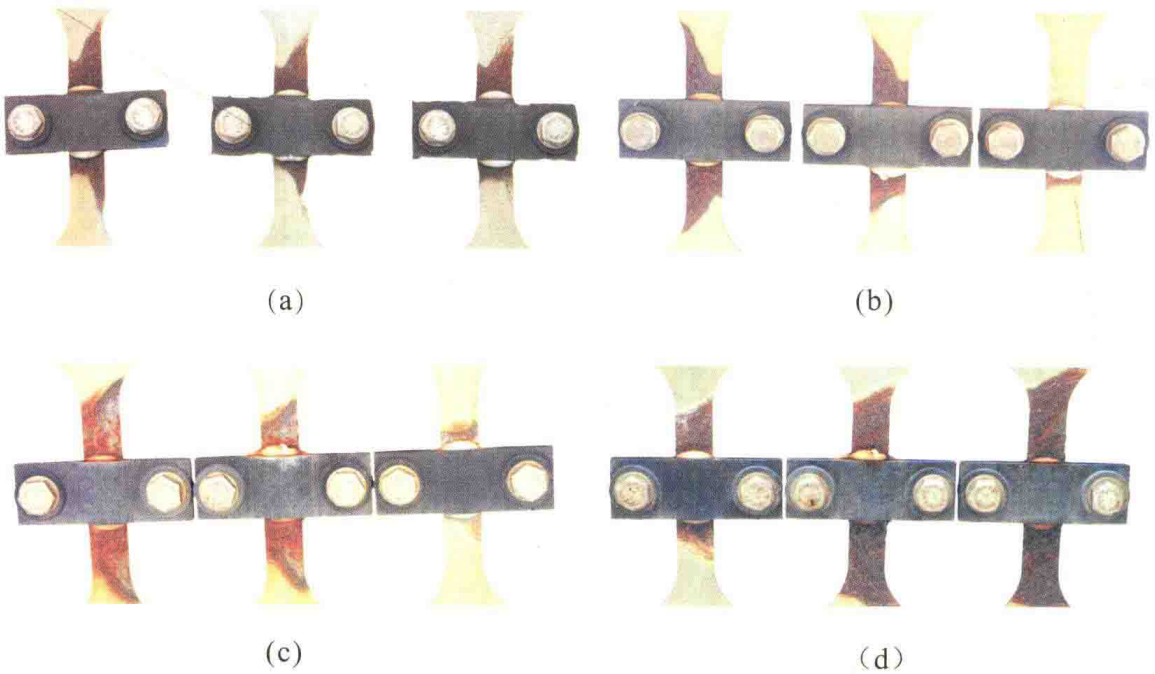
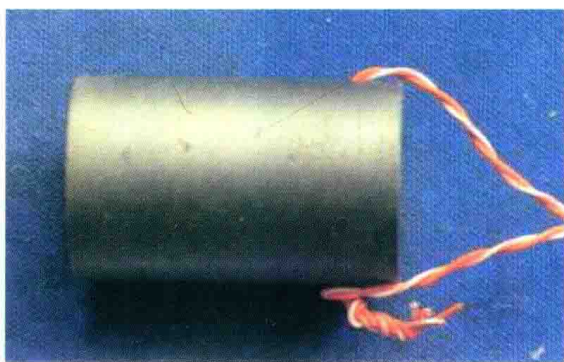


图5-26 30CrMnSiA镀镉-UHN15000碳纤维复合材料裸材

(a)试验3个月正面; (b)试验6个月正面; (c)试验12个月正面; (d)试验18个月正面



(a)



(b)



(c)

图7-13 30CrMnSiA镀Zn-Ni合金自然环境试验

(a)试验前； (b)试验6个月； (c)试验12个月



(a)



(b)



(c)

图7-16 2A12镀镍自然环境试验

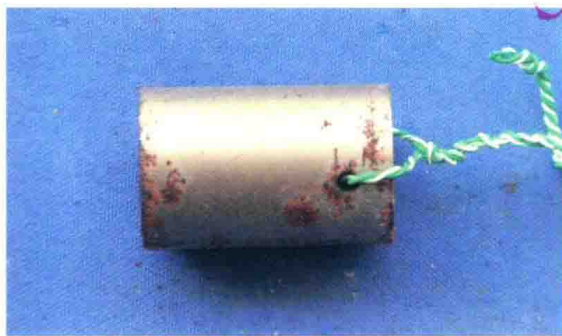
(a)试验前； (b)试验6个月； (c)试验12个月



(a)



(b)



(c)

图7-25 30CrMnSiA镀铬自然环境试验

(a)试验前；(b)试验6个月；(c)试验12个月

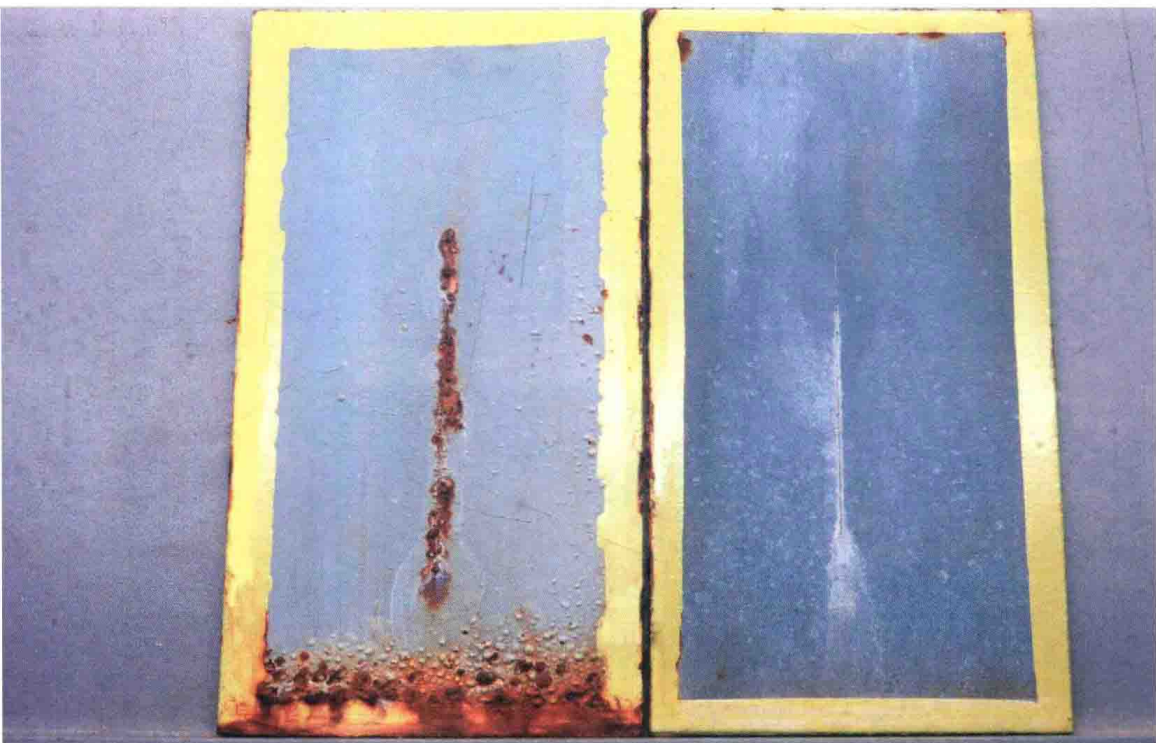


图7-41 环氧富锌1 000h (左)，锌烯
涂料2 500h (右)

《国之重器出版工程》

编辑委员会

编辑委员会主任：苗 圩

编辑委员会副主任：刘利华 辛国斌

编辑委员会委员：

冯长辉 梁志峰 高东升 姜子琨 许科敏

陈 因 郑立新 马向晖 高云虎 金 鑫

李 巍 李 东 高延敏 何 琼 刁石京

谢少锋 闻 库 韩 夏 赵志国 谢远生

赵永红 韩占武 刘 多 尹丽波 赵 波

卢 山 徐惠彬 赵长禄 周 玉 姚 郁

张 炜 聂 宏 付梦印 季仲华



专家委员会委员(按姓氏笔画排列):

- 于 全 中国工程院院士
- 王少萍 “长江学者奖励计划”特聘教授
- 王建民 清华大学软件学院院长
- 王哲荣 中国工程院院士
- 王 越 中国科学院院士、中国工程院院士
- 尤肖虎 “长江学者奖励计划”特聘教授
- 邓宗全 中国工程院院士
- 甘晓华 中国工程院院士
- 叶培建 中国科学院院士
- 朱英富 中国工程院院士
- 朵英贤 中国工程院院士
- 邬贺铨 中国工程院院士
- 刘大响 中国工程院院士
- 刘怡昕 中国工程院院士
- 刘韵洁 中国工程院院士
- 孙逢春 中国工程院院士
- 苏彦庆 “长江学者奖励计划”特聘教授



- 苏哲子 中国工程院院士
- 李伯虎 中国工程院院士
- 李应红 中国科学院院士
- 李新亚 国家制造强国建设战略咨询委员会委员、中国
机械工业联合会副会长
- 杨德森 中国工程院院士
- 张宏科 北京交通大学下一代互联网互联设备国家工
程实验室主任
- 陆建勋 中国工程院院士
- 陆燕荪 国家制造强国建设战略咨询委员会委员、原机
械工业部副部长
- 陈一坚 中国工程院院士
- 陈懋章 中国工程院院士
- 金东寒 中国工程院院士
- 周立伟 中国工程院院士
- 郑纬民 中国计算机学会原理事长
- 郑建华 中国科学院院士



- 屈贤明** 国家制造强国建设战略咨询委员会委员、工业和信息化部智能制造专家咨询委员会副主任
- 项昌乐** “长江学者奖励计划”特聘教授,中国科协书记处书记,北京理工大学党委副书记、副校长
- 柳百成** 中国工程院院士
- 闻雪友** 中国工程院院士
- 徐德民** 中国工程院院士
- 唐长红** 中国工程院院士
- 黄卫东** “长江学者奖励计划”特聘教授
- 黄先祥** 中国工程院院士
- 黄 维** 中国科学院院士、西北工业大学常务副校长
- 董景辰** 工业和信息化部智能制造专家咨询委员会委员
- 焦宗夏** “长江学者奖励计划”特聘教授

《现代航空制导炸弹设计与工程》

编纂委员会

主 任：王兴治

副 主 任：

樊会涛 尹 健 王仕成 何国强 岳曾敬

郑吉兵 刘永超

编 委(按姓氏笔画排列)：

马 辉 王仕成 王兴治 尹 健 邓跃明

卢 俊 朱学平 刘兴堂 刘林海 刘剑霄

杜 冲 李 斌 杨 军 何 恒 何国强

吴催生 陈 军 陈 明 欧旭晖 岳曾敬

胡卫华 施浒立 贺 庆 高秀花 谢里阳

管茂桥 樊会涛 樊富友



总 主 编：杨 军

执行主编：

杨 军 刘兴堂 胡卫华 樊富友 谢里阳

何 恒 施浒立 欧旭晖 陈 军 刘林海

袁 博 邓跃明



前 言

目前,随着我国舰载机在大型水面舰艇上的成功试飞,与之相应的对地/对海作战能力和作战范围大幅提升。但是,相比陆基配套弹药,海基环境更加复杂严酷,对制导弹药尤其是未来可能大量装备使用的制导炸弹的结构腐蚀防护与控制提出了更高的要求。

在制导炸弹设计与研制这一复杂的系统工程中,弹体结构防腐蚀与表面防护技术占据着至关重要的位置,其设计的优劣直接影响着制导炸弹的功能、性能以及可靠性等。弹体结构防腐蚀与表面防护设计不到位,会降低甚至使制导炸弹丧失执行各种战斗任务的能力,还会导致各种事故的发生,最终影响其使用性能。编写本书的目的是为制导炸弹结构腐蚀防护与控制提供实际工程指导,以提高我国制导炸弹的发展水平。

在本书编写过程中,密切结合制导炸弹的结构特点和使用维护需求以及使用环境对结构防腐蚀控制的要求,对国内外现行的结构腐蚀控制标准、规范、设计指南等进行了深入分析与研究,“十二五”“十三五”期间,通过开展制导炸弹结构防腐蚀与表面防护技术的研究,积累了大量的试验数据、设计准则等研究成果,为制导炸弹结构防腐蚀设计水平的提高提供了坚实的基础。由于国内目前尚没有专门介绍制导炸弹结构防腐蚀与表面防护技术的书籍,本书的出版将有助于弥补这方面的短板。

制导炸弹结构防腐蚀与表面防护是一项系统工程,涉及环境学、金属腐蚀



学、材料学、表面防护工程、结构设计及工艺学等学科,制导炸弹结构防腐蚀与表面防护技术的合理利用,对提高其安全性、战备完好性和作战性能具有重要意义。

本书是笔者结合多年的研究成果并结合相关理论知识编写而成的,共8章,较为系统全面地阐述了制导炸弹结构防腐蚀及表面防护技术等内容。

第1章主要介绍制导炸弹结构防腐蚀的目的、意义,结构防腐蚀的基本内容和原则,腐蚀失效机理与失效模式,以及结构防腐蚀与表面防护技术在制导炸弹中的地位等。第2章主要介绍制导炸弹的使用环境。第3~5章主要介绍制导炸弹常用材料选用原则及腐蚀特性、弹体结构主要腐蚀类型以及弹体结构防腐蚀控制设计等内容。第6,7章主要介绍制导炸弹常用材料的表面处理、表面防护设计等。第8章主要介绍制导炸弹的包装防护设计。

本书第1,3,5,7章由樊富友编写;第2章由陈军编写;第4章由钟勇编写;第6章第1~4节由杜冲编写,第5~7节由赵高瞻编写;第8章由陈宜锋编写。

在本书编写过程中,参考、引用了有关书籍和论文的内容,除书中标明之外,还有一些没有标出。在此,对所参考书籍和论文的作者表示衷心的感谢。

由于水平有限,书中难免有错误和不当之处,敬请读者和专家批评指正。

编著者

2017年10月



目 录

第 1 章 概述	1
1.1 制导炸弹结构防腐的目的和作用	4
1.2 制导炸弹结构腐蚀影响因素与分类方法	6
1.3 制导炸弹结构防腐的基本内容和原则	10
1.4 制导炸弹结构腐蚀机理及失效模式	13
1.5 结构防腐与表面防护技术在制导炸弹中的地位	17
第 2 章 制导炸弹的使用环境	19
2.1 使用环境寿命剖面分析	21
2.2 环境条件	22
2.3 环境条件影响因素	27
第 3 章 制导炸弹常用材料选用原则及腐蚀特性	33
3.1 概述	34
3.2 材料选用原则	35
3.3 金属材料腐蚀特性	38
3.4 非金属材料腐蚀特性	50
第 4 章 制导炸弹弹体结构主要腐蚀类型	56
4.1 概述	57
4.2 均匀腐蚀	57



4.3	点蚀	59
4.4	电偶腐蚀	62
4.5	应力腐蚀	67
4.6	缝隙腐蚀	72
4.7	疲劳腐蚀	75
4.8	氢脆	76
第5章	制导炸弹弹体结构防腐蚀控制设计	78
5.1	概述	79
5.2	结构防腐蚀设计基本原则	80
5.3	零件防腐蚀控制设计	81
5.4	部件防腐蚀控制设计	88
5.5	弹体结构密封防腐蚀设计	108
第6章	制导炸弹常用材料的表面处理	115
6.1	概述	116
6.2	结构防腐蚀处理前的零部件表面清理	117
6.3	钢质零件表面处理	125
6.4	铝合金表面处理	134
6.5	镁合金表面处理	135
6.6	塑料表面处理	140
6.7	复合材料表面处理	141
第7章	制导炸弹表面防护设计	142
7.1	概述	143
7.2	金属镀覆层的选择	144
7.3	常用金属镀层	150
7.4	金属及非金属常用涂覆层	174
7.5	金属和非金属表面防护体系	196
第8章	制导炸弹包装防护设计	203
8.1	概述	204
8.2	包装结构形式	205
8.3	包装密封设计	208
8.4	干燥剂用量设计	211
	参考文献	214