

飞机电搭接装置腐蚀防护技术要求

王希彬, 郁大照, 王琳, 胡家林

(海军航空大学 航空基础学院, 山东 烟台 264001)

摘要: 为解决我国飞机电搭接装置腐蚀影响装备质量和飞行安全的问题, 在国内外相关标准手册研究基础上, 提出了飞机电搭接装置腐蚀防护技术要求。首先, 从选用原则和要求方面, 提出了电搭接装置防腐选型要求; 其次, 从腐蚀检查、腐蚀表面清洗和腐蚀产物清理等方面, 提出了电搭接装置腐蚀表面处理要求; 最后, 从防腐蚀安装、搭接电阻测量和安装后的防腐蚀处理方面, 提出了电搭接装置防腐蚀安装要求。该研究可为飞机电搭接装置外场检查、技术修理和维护使用中的腐蚀防护提供技术指导和实施依据。

关键词: 电搭接装置; 腐蚀防护; 搭接线; 腐蚀检查; 腐蚀表面处理; 搭接电阻

中图分类号: TG174

文献标志码: A

文章编号: 1672-9242(2025)02-0040-06

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2025.02.005

Technical Requirement for Corrosion Protection of Aircraft Electrical Bonding Devices

WANG Xibin, YU Dazhao, WANG Lin, HU Jialin

(School of Basic Science for Aviation, Naval Aviation University, Shandong Yantai 264001, China)

ABSTRACT: The work aims to put forward technical requirements for corrosion protection of aircraft electrical bonding devices based on the research of relevant standard manuals at home and abroad so as to solve the problem of corrosion affecting equipment quality and flight safety of aircraft electrical bonding devices in China. Firstly, from the principles and requirements of selection, the selection requirements for anti-corrosion of electrical bonding devices were proposed; Secondly, from the aspects of corrosion inspection, corrosion surface washing, and corrosion product cleaning, the requirements for corrosion surface treatment of the electrical bonding device were put forward; Finally, the requirements for anti-corrosion installation of electrical bonding devices were put forward from the aspects of anti-corrosion installation, bonding resistance measurement, and anti-corrosion treatment after installation. This study can provide technical guidance and implementation basis for corrosion protection in the field inspection, technical repair, and maintenance of aircraft electrical bonding devices.

KEY WORDS: electrical bonding device; corrosion protection; bonding line; corrosion inspection; corrosion surface treatment; bonding resistance

环境腐蚀已经对飞机安全使用及战斗力发挥构成了严重的威胁。据统计, 2010—2015年, 驻海南飞机电子设备故障率是驻山东陆地飞机的1.9倍^[1]。腐蚀损伤会引起电搭接装置搭接性能变差, 影响电气

电子设备正常工作, 甚至造成雷电、静电或电磁干扰损伤, 严重威胁着飞机飞行及机组人员的安全, 腐蚀的存在极大影响了飞机的出勤率 and 安全性。

近年来, 受腐蚀因素的影响, 飞机电搭接装置存

收稿日期: 2024-07-18; 修订日期: 2024-10-21

Received: 2024-07-18; Revised: 2024-10-21

引文格式: 王希彬, 郁大照, 王琳, 等. 飞机电搭接装置腐蚀防护技术要求[J]. 装备环境工程, 2025, 22(2): 40-45.

WANG Xibin, YU Dazhao, WANG Lin, et al. Technical Requirement for Corrosion Protection of Aircraft Electrical Bonding Devices[J]. Equipment Environmental Engineering, 2025, 22(2): 40-45.

在不同程度的腐蚀(如图 1 所示),使得搭接电阻不能满足性能要求,导致飞机电气故障发生,如电弧打火、射频干扰、静电起火等。电搭接装置腐蚀防护技术要求不明,引发电气故障危害大、隐蔽性强、难以排查,严重影响了飞机飞行安全。

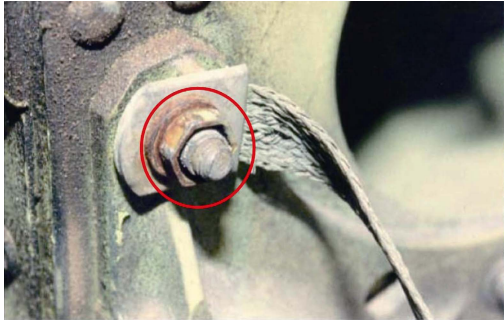


图 1 飞机电搭接区域腐蚀

Fig.1 Corrosion in aircraft electrical bonding area

电搭接区域通常涉及 2 种或多种不同电位金属的连接,容易发生电偶腐蚀^[2-10]。2 个或多个不同电气对象的搭接通常会导致电偶腐蚀,如果没有采取适当的预防措施,这种腐蚀会迅速破坏电搭接。铝合金搭接线用于大多数搭接情况,铜搭接线有时用于将不锈钢、镀镉钢、铝、黄铜或其他金属制成的零件搭接在一起。在无法避免异种金属之间接触情况下,搭接材料的选择非常重要,材料选择应确保最容易腐蚀的零件(阳极)最容易更换,成本最低。在双金属连接处,如果为了提供良好的电气搭接而去除了涂层,则应在已完成的连接处重新涂抹保护性涂层/密封胶,以防腐蚀。

目前飞机电搭接装置的设计和安装没有考虑腐蚀环境带来的影响,为了确保电气性能指标要求,可能选择了易腐蚀的材料,导致腐蚀加重^[11]。尤其是在热带海洋环境下服役的飞机,电搭接装置腐蚀问题必会越来越严峻,严重影响设备或系统性能。

国内对飞机结构的腐蚀研究比较成熟^[12-16],在电搭接装置的腐蚀防控方面,研究还存在一定的差距。目前,外场人员对电搭接装置的腐蚀无从下手,缺少电搭接装置腐蚀防护与控制方面的标准。在机载电搭接装置的腐蚀失效机理与防护控制研究方面,还处于起步阶段,导致电搭接装置的腐蚀防护对象、维护周期不明确,防护产品和修理手段缺失,极大限制了电搭接装置腐蚀防护能力的提升。

国内尚无系统提出飞机电搭接装置腐蚀防护技术要求的标准规范,国内关于腐蚀防护一些标准,如 GJB 2635A—2015《军用飞机腐蚀防护设计和控制要求》^[17]、GJB 8400—2015《舰载直升机结构腐蚀防护与控制通用要求》^[18]、GJB/Z 80—1996《电子设备生物、应力腐蚀防护结构设计指南》^[19]、GJB/Z 137—2004《海军飞机腐蚀修理方法及修理容差指南》^[20]、

GJB/Z 138—2004《海军航空装备腐蚀控制要求指南》^[21]等,都是从飞机结构、电子设备及通用大纲/指南角度编写,没有关于电搭接装置的腐蚀内容,相关标准不能满足电搭接装置腐蚀防护的具体技术要求。现有的 GJB 358—1987《军用飞机电搭接技术要求》^[22]等标准,年代久远、内容简单,早已不能满足现代飞机电搭接腐蚀防控的使用要求。

美军针对飞机电子设备腐蚀,编制了 MIL-STD-1568D《航空武器系统材料和工艺的腐蚀防护与控制》^[23]、MIL-STD-1250A《电子部件与组件的腐蚀预防与损伤控制》^[24]、TO 1-1-691《航空航天和非航空航天设备清洁和腐蚀预防与控制》^[25]等标准和手册,指导了飞机电子设备腐蚀防控工作的开展。美海军专门针对飞机电子系统设备和元件的腐蚀防护编制了 NAVAIR-TM-16-1-540《航空电子设备清洁与腐蚀预防/控制技术》^[26]和 NAVAIR_01-1A-509-3《清洁与腐蚀控制 III 卷 航空电子设备和电子器件》^[27]2 套技术手册,分别在第 7 章电搭接/接地腐蚀控制措施和第 6 章特定区域的处理 6.5 节中包含了搭接/接地表面处理的内容。但其内容偏于腐蚀修理,且修理规范中提出的腐蚀清洗剂、缓蚀剂和相应工具设备都是配套使用,在国内没有对应产品,其工艺规范无法直接应用于我国飞机电搭接装置的腐蚀防护。

随着国外各种缓蚀剂标准的制定,如 MIL-PRF-81309H《超薄膜水置换型防腐蚀化合物》^[28]、MIL-PRF-16173《冷用溶剂稀释型防腐蚀化合物》^[29]、波音的 BMS3-35B《重防腐蚀化合物》^[30]等,各种新的防腐产品不断涌现,如硬膜缓蚀剂、软膜缓蚀剂、电子电气缓蚀剂等。此外,化学涂层防腐也被大量应用,如满足 MIL-DTL-5541《铝和铝合金的化学转化涂层的产品》^[31],这些防腐产品的使用为飞机电搭接装置的腐蚀防护提供了新的技术手段。

本文针对飞机电搭接装置腐蚀问题,提出了飞机电搭接装置腐蚀检查程序和腐蚀处理等要求,可用于指导飞机电搭接装置腐蚀损伤部位的外场检查、技术修理和维护使用中的腐蚀防护工作。

1 电搭接装置防腐蚀选型

电搭接连接区域通常涉及 2 种或多种不同电位的金属的连接,在湿气或液体介质存在的条件下,极易发生电偶腐蚀。该类型的腐蚀极易破坏传导电流的低电阻路径,搭接线的合理选用就显得非常重要。飞机和航空电子设备上使用的搭接和接地带是电偶腐蚀的主要来源。在大多数情况下,搭接或接地端由与配合面不同的金属制成。这会产生一对电偶,在潮湿的情况下会迅速腐蚀。

搭接线的选用原则如下:应根据机械强度、电气要求、耐腐蚀性和安装方便性选择搭接线;更换搭接

线时, 应使用与原来相同型号材质的搭接线。

搭接线的选用要求如下: 一般情况下应选用铝合金搭接线进行搭接; 不锈钢、镀锌钢、铝、黄铜等零件可用铜搭接线进行搭接; 与复合材料接触的搭接线应使用铜镀锡材料^[32]; 镁合金构件只可采用镀锡或镀锌的搭接头及紧固件; 在无法避免异种金属之间接触的情况下, 搭接材料的选择应确保易腐蚀的零件(阳极)最容易更换, 成本最低; 当原搭接线有腐蚀时, 宜使用安装在不同金属之间的阳极材料垫圈; 搭接线的铜编织套易存水、积盐而很快被腐蚀, 编织套与其他构件相接触会磨损构件, 进而发生异种金属腐蚀, 宜将纺织套用橡胶硫化密封或用热固性塑料封闭; 非同类材料搭接, 应按电化序选用搭接线^[32]。

2 电搭接装置腐蚀表面处理

腐蚀表面处理包括清除固体杂质、有机化合物、表面保护层和电镀层等^[33]。

2.1 腐蚀检查

电搭接装置腐蚀检查程序如下:

1) 用清洁抹布蘸取适量清洁剂擦拭电搭接装置外表面。

2) 目视检查。若电搭接装置有轻微腐蚀, 可拆开电搭接装置的连接, 检查内部腐蚀情况; 若外表面已严重腐蚀, 应直接更换。

3) 如搭接面有腐蚀, 确定腐蚀类型和损伤程度^[34]。如腐蚀严重, 直接更换, 轻微腐蚀按照以下要求进行腐蚀处理与防护。

2.2 腐蚀表面清洗

电搭接装置腐蚀表面清洗程序如下:

1) 用脱脂溶剂湿润无纺布擦拭搭接区域, 清除所有污垢、机油和油脂, 该区域包含搭接区域并大于搭接直径的 1/4 倍。

2) 如需要清除污泥, 用刷笔擦洗, 直到清除所有污染物。

3) 使用干布、无纺布擦拭。

2.3 腐蚀产物的清理

电搭接装置腐蚀产物清理程序如下:

1) 用研磨垫去除搭接区域的油漆、阳极或转化覆膜和表面腐蚀。

2) 对于超出表面腐蚀阶段的腐蚀, 如果未超过金属清除或损伤极限, 则完全清除; 如果超过损伤极限, 则直接更换。

3) 用异丙醇润湿的无纺布擦拭干净。

4) 自然风干。

5) 如果结构是镁或铝, 可采用化学涂覆材料处理裸露的金属表面。

3 电搭接装置防腐蚀安装要求

3.1 防腐蚀安装

电搭接装置腐蚀防腐蚀安装的程序如下: 用异丙醇润湿的无纺布擦拭搭接线; 可使用刷子擦洗搭接线, 直到清除所有腐蚀产物和污染物; 用沾有溶剂的布擦拭干净, 自然风干; 厚度大于 3 mm 钢制零件, 可直接制作螺纹孔, 用紧固件将搭接安装于零件上(直接安装模式); 铝制零件, 可制作光孔, 用紧固件将搭接安装于零件上; 在被保护的一侧用同种材料制作搭接连接接头, 与构件相连(间接安装模式); 当以金属之间的直接接触面作为电搭接通路时, 该接触面应尽量处理成可长期保持良好导电性的永久导电面, 如采用电离子蒸汽沉积法(IVD)等表面处理工艺, 如无法实施, 可采用安装现场打磨的办法; 在搭接连接安装前, 应打磨或清洗搭接面^[32,35]; 打磨范围通常应超过接触面外缘 2~3 mm, 如图 2 所示, 在导管上则应超过 3~5 mm; 打磨后可采用导电化学转化材料进行氧化处理, 如在安装后用涂料密封则不用氧化处理; 表面有金属保护层的搭接件不可打磨, 但应进行化学清洗; 表面预加工应在搭接安装前 1 h 内进行; 按照 GJB 358—1987 的要求组装接头并拧紧; 为使电搭接连接部位与外界环境隔离, 可施加一层水置换型硬膜缓蚀剂, 其防护有效期可达 1 a; 经常拆卸的电搭接连接部位, 可先施加一层电子设备专用水置换型缓蚀剂, 然后喷涂一层冷用溶剂稀释型缓蚀剂; 不常拆卸的电搭接部位, 采用聚硫类密封剂进行封包。

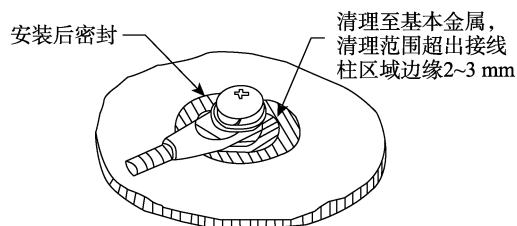


图 2 搭接线安装的打磨

Fig.2 Grinding of strap wire installation

3.2 搭接电阻测量

搭接电阻的准确测量, 对于电搭接效果的影响是非常重要的^[36-37]。搭接电阻测量要求如下: 搭接件完成安装后, 应在表面涂封前就实施搭接电阻的检测; 测量仪器的触点应在搭接结合处 20 mm 以内^[36-38]; 搭接线的接头与安装面的接触电阻应不大于 100 $\mu\Omega$; 如果搭接件表面经测试后有所破损, 则应予以整修。

3.3 安装后防腐蚀处理

安装后防腐蚀处理要求如下:

- 1) 安装完成后, 应在规定时间内重新表面涂封^[38]。对于硬铝和钢制件, 该规定时间为 6 h, 对于镁合金制件则为 2 h。一些永久电搭接区域的周围在装配后需要密封^[39]。如喷涂电子电气用缓蚀剂, 可不必密封。
- 2) 涂料涂封范围如图 2 所示。
- 3) 可选用透明清漆涂封。

4 电子设备减震装置搭接的腐蚀防护

这种类型的电搭接使用搭接电线(跳线组件)或铝/铜条。以下防腐方法适用: 用异丙醇润湿的无纺布擦拭, 清洁拆下的搭接连接装置; 自然风干; 安装搭接连接装置; 在跳线组件上喷涂软膜水置换缓蚀剂; 对于很少需要拆卸的连接件, 使用密封枪在整个连接件上涂抹缓蚀密封剂, 并用抹刀抹平, 以确保完全覆盖, 密封剂将在 10 h 内固化至无黏性状态。

5 结语

随着飞机在海洋等恶劣环境下的大量使用, 飞机电搭接装置腐蚀严重, 严重影响了飞行安全。本文从电搭接装置防腐选型、腐蚀表面处理和防腐安装等方面, 提出了飞机电搭接装置腐蚀防护技术要求, 并给出了电子设备减震装置的搭接腐蚀防护方法, 为飞机电搭接装置全寿命周期腐蚀防护提供技术支撑, 对于保障飞机装备质量和飞行安全具有重要意义。

参考文献:

- [1] 陈群志, 鞠明, 余文波, 等. 严酷环境下飞机外场腐蚀防护对策与措施[J]. 装备环境工程, 2017, 14(3): 1-7.
CHEN Q Z, JU M, YU W B, et al. Countermeasures for Aircraft Field Corrosion Protection under the Severe Environment Condition[J]. Equipment Environmental Engineering, 2017, 14(3): 1-7.
- [2] 张辰玉, 袁猛, 刘元海. 海洋环境下飞机典型接地柱腐蚀设计研究[J]. 装备环境工程, 2020, 17(12): 54-59.
ZHANG C Y, YUAN M, LIU Y H. Corrosion Protection Design of Aircraft Ground Column in Marine Environment[J]. Equipment Environmental Engineering, 2020, 17(12): 54-59.
- [3] 翟波, 蔡良续, 祝耀昌. 实验室环境试验条件及其剪裁技术[J]. 装备环境工程, 2014, 11(5): 87-91.
ZHAI B, CAI L X, ZHU Y C. The Conditions of Laboratory Environmental Tests and Its Tailoring Techniques[J]. Equipment Environmental Engineering, 2014, 11(5): 87-91.
- [4] 刘元海, 张幸. 舰载机载设备腐蚀环境适应性要求的剪裁[J]. 装备环境工程, 2016, 13(5): 61-67.
- [5] LIU Y H, ZHANG X. Tailoring of Corrosion Environmental Adaptability Requirement for the Shipboard Airborne Equipments[J]. Equipment Environmental Engineering, 2016, 13(5): 61-67.
- [6] 刘元海. 舰载机载成附件环境适应性设计与管理[J]. 装备环境工程, 2015, 12(1): 73-78.
LIU Y H. Design and Management of Environmental Adaptability for the Shipborne Productions and Accessories[J]. Equipment Environmental Engineering, 2015, 12(1): 73-78.
- [7] 张令波, 李明, 傅耘. 舰载机环境试验方法发展探讨[J]. 装备环境工程, 2015, 12(6): 100-103.
ZHANG L B, LI M, FU Y. Development of Environmental Test Methods for Carrier-Based Aircraft[J]. Equipment Environmental Engineering, 2015, 12(6): 100-103.
- [8] 魏艳娟, 明志茂. 机载设备气候类环境试验标准分析[J]. 环境技术, 2017, 35(1): 55-61.
WEI Y J, MING Z M. Standard Analysis on Climatic Environmental Test for Airborne Equipment[J]. Environmental Technology, 2017, 35(1): 55-61.
- [9] 刘成臣, 张洪彬, 赵连红, 等. 某海岛环境下典型机载设备防护涂层耐老化性试验研究[J]. 装备环境工程, 2017, 14(9): 22-28.
LIU C C, ZHANG H B, ZHAO L H, et al. Experimental Study on Aging Resistance of Protective Coatings for Typical Airborne Equipment in an Island Environment[J]. Equipment Environmental Engineering, 2017, 14(9): 22-28.
- [10] 郁大照, 温德宏, 王琳, 等. 飞机电气线路互联系统海洋环境适应性研究[J]. 装备环境工程, 2019, 16(4): 46-50.
YU D Z, WEN D H, WANG L, et al. Marine Climate Environmental Adaptability of Aircraft Electrical Wiring Interconnection System[J]. Equipment Environmental Engineering, 2019, 16(4): 46-50.
- [11] 刘育民. 电子设备机箱防护设计初探[J]. 电子产品世界, 2019, 26(2): 74-77.
LIU Y M. Protective Material of Electronic Equipment Explore in Marine Environment[J]. Electronic Engineering & Product World, 2019, 26(2): 74-77.
- [12] 郁大照, 张代国, 王琳, 等. 南海海洋环境下机载电子设备的腐蚀及外场防护对策[J]. 装备环境工程, 2019, 16(7): 8-12.
YU D Z, ZHANG D G, WANG L, et al. Corrosion of Airborne Electronic Equipment and Field Protection Measures in Marine Environment of South China Sea[J]. Equipment Environmental Engineering, 2019, 16(7): 8-12.
- [13] 张丹峰, 谭晓明, 陈跃良. 海洋环境下飞机结构腐蚀疲劳研究现状[J]. 装备环境工程, 2009, 6(2): 5-8.
ZHANG D F, TAN X M, CHEN Y L. Research Progress of Corrosion Fatigue of Aircraft Structure under Marine Environment[J]. Equipment Environmental Engineering,

- 2009, 6(2): 5-8.
- [13] 孙志华, 汤智慧, 李斌. 海洋环境服役飞机的全面腐蚀控制[J]. 装备环境工程, 2014, 11(6): 35-39.
SUN Z H, TANG Z H, LI B. Comprehensive Corrosion Control of Naval Aircraft[J]. Equipment Environmental Engineering, 2014, 11(6): 35-39.
- [14] 李东帆. 飞机结构的腐蚀与防护[J]. 装备环境工程, 2016, 13(1): 57-61.
LI D F. Corrosion and Protection of Aircraft Structure[J]. Equipment Environmental Engineering, 2016, 13(1): 57-61.
- [15] 骆晨, 李明, 孙志华, 等. 海洋大气环境中飞机的环境损伤和环境适应性[J]. 航空材料学报, 2016, 36(3): 101-107.
LUO C, LI M, SUN Z H, et al. Environmental Damage and Environmental Adaptability of the Aircraft in Marine Atmosphere[J]. Journal of Aeronautical Materials, 2016, 36(3): 101-107.
- [16] 曾凡阳, 刘元海, 丁玉洁. 海洋环境下军用飞机腐蚀及其系统控制工程[J]. 装备环境工程, 2013, 10(6): 77-81.
ZENG F Y, LIU Y H, DING Y J. Research on Corrosion and System Engineering Control Technology of Military Aircraft in Marine Environment[J]. Equipment Environmental Engineering, 2013, 10(6): 77-81.
- [17] 中国人民解放军总装备部. 军用飞机腐蚀防护设计和控制要求: GJB 2635A—2015[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
General Equipment Department of the People's Liberation Army of China. Design and Control Requirements for Corrosion Protection of Military Aircraft: GJB 2635A—2015[S]. Beijing: Standards Press of China, 2015.
- [18] 中国人民解放军总装备部. 舰载直升机结构腐蚀防护与控制通用要求: GJB 8400—2015[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
General Equipment Department of the People's Liberation Army of China. General Requirements for Corrosion Protection and Control of Ship-Borne Helicopter Structures: GJB 8400—2015[S]. Beijing: Standards Press of China, 2015.
- [19] 国防科学技术工业委员会. 电子设备生物、应力腐蚀防护结构设计指南: GJB/Z 80—1996[S]. 北京: 中国标准出版社, 1996.
National Defense Science, Technology and Industry Committee. Design Guide for Biological and Stress Corrosion Protection Structures of Electronic Equipment: GJB/Z 80—1996[S]. Beijing: Standards Press of China, 1996.
- [20] 中国人民解放军总装备部. 海军飞机腐蚀修理方法及修理容差指南: GJB/Z 137—2004[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
General Equipment Department of the People's Liberation Army of China. Naval Aircraft Corrosion Repair Methods and Repair Tolerance Guide: GJB/Z 137—2004[S]. Beijing: Standards Press of China, 2004.
- [21] 中国人民解放军总装备部. 海军航空装备腐蚀控制要求指南: GJB/Z 138—2004[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
General Equipment Department of the People's Liberation Army of China. Guide to Corrosion Control Requirements for Naval Aviation Equipment: GJB/Z 138—2004[S]. Beijing: Standards Press of China, 2004.
- [22] 国防科学技术工业委员会. 军用飞机电搭接技术要求: GJB 358—1987[S]. 北京: 中国标准出版社, 1987.
National Defense Science, Technology and Industry Committee. Technical Requirements for Electrical Bonding of Military Aircraft: GJB 358—1987[S]. Beijing: Standards Press of China, 1987.
- [23] Department of Defense. Materials and Processes for Corrosion Prevention and Control in Aerospace Weapons Systems: MIL-STD-1568D[S]. Washington: Department of Defense, 2015.
- [24] Department of Defense. Corrosion Prevention and Deterioration Control in Electronic Components and Assemblies: MIL-HDBK-1250A NOT 1[S]. Washington: Department of Defense, 1992.
- [25] Air Force Corrosion Prevention and Control Office. Technical Manual Cleaning and Corrosion Prevention and Control, Aerospace and Non-Aerospace Equipment: TO 1-1-691[S]. Washington: Air Force Corrosion Prevention and Control Office, 2011.
- [26] Naval Air Systems Command. Avionics Cleaning and Corrosion Prevention/Control: NAVAIR 16-1-540/TO-1-1-689/TM-1-1500-343-23[S]. Washington: Naval Air Systems Command, 2016.
- [27] Naval Air Systems Command. Cleaning and Corrosion Control Volume III Avionics and Electronics: NAVAIR 01-1A-509-3/TM 1-1500-344-23-3/TO 1-1-689-3[S]. Washington: Naval Air Systems Command, 2005.
- [28] Department of Defense. Corrosion Preventive Compounds, Water Displacing, Ultra-Thin Film: MIL-PRF-81309H[S]. Washington: Department of Defense, 2018.
- [29] Department of Defense. Corrosion Preventive Compounds, Solvent Cutback, Cold-Application: MIL-PRF-16173E[S]. Washington: Department of Defense, 2017.
- [30] Heavy Duty Corrosion Inhabiting Compounds: BMS3-35B[S]. Boeing, 2015.
- [31] Department of Defense. Chemical Conversion Materials for Coating Aluminum and Aluminum Alloys: MIL-DTL-81706B[S]. Washington: Department of Defense, 2006.
- [32] 中华人民共和国工业和信息化部. 民用飞机系统电搭接通用要求: HB 8412—2014[S]. 北京: 中国航空综合技术研究所, 2014.
Ministry of Industry and Information Technology of the People's Republic of China. Electrical Bonding Requirement for Civil Aircraft Systems: HB 8412—2014[S]. Beijing: China Aviation Integrated Technology Research Institute, 2014.
- [33] 田建学, 魏俊淦. 搭接技术在飞机上的应用[J]. 电子世

- 界, 2014(5): 68.
TIAN J X, WEI J G. Application of Lapping Technology in Aircraft[J]. Electronics World, 2014(5): 68.
- [34] 王豪, 王文亮, 李文钦, 等. 飞机腐蚀损伤等级划分探讨[J]. 教练机, 2012(2): 25-27.
WANG H, WANG W L, LI W Q, et al. Discuss on Corrosion Damage Grade Classification of Aircraft[J]. Trainer, 2012(2): 25-27.
- [35] 白玉萍. 飞机燃油系统导管的安装设计[J]. 科技创新与应用, 2016, 6(24): 171.
BAI Y P. Installation Design of Aircraft Fuel System Conduit[J]. Technology Innovation and Application, 2016, 6(24): 171.
- [36] 郎需义. 飞机电搭接阻值测量技术的研究[J]. 数字技术与应用, 2019, 37(4): 88-89.
LANG X Y. Research on Aircraft Electric Bond Resistance Measurement Technology[J]. Digital Technology & Application, 2019, 37(4): 88-89.
- [37] 牛智远. 浅谈民用飞机电搭接测量技术的研讨[J]. 电子制作, 2021, 29(14): 68-72.
NIU Z Y. Discussion on Electrical Lap Measurement Technology of Civil Aircraft[J]. Practical Electronics, 2021, 29(14): 68-72.
- [38] 王天瑜, 李嗣强. 飞机机载设备搭接电阻的测量方法[C]// 2019 航空装备服务保障与维修技术论坛暨中国航空工业技术装备工程协会年会论文集. 南昌: 中国航空工业集团有限公司, 2019.
WANG T Y, LI S Q. Measurement Method for Lap Resistance of Aircraft Onboard Equipment[C]// Proceedings of the 2019 Aviation Equipment Service Support and Maintenance Technology Forum and the Annual Conference of the China Aviation Industry Technical Equipment Engineering Association. Nanchang: AVIC, 2019.
- [39] 刘继臣. LSA162 飞机电搭接和验证[J]. 军民两用技术与产品, 2016(12):8-9.
LIU J C. LSA162 Aircraft Electrical Lapping and Verification[J]. Dual-use Technology and Products, 2016,(12): 8-9.