

ICS 49.060

CCS V35

团 体 标 准

T/TMAC ×××—202X

低空航空器电气线路互联系统（EWIS） 技术规范

Technical specification for electrical wiring interconnection system (ewis) of
low-altitude aircraft

（征求意见稿）

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中国技术市场协会 发布

中国技术市场协会（TMAC）是科技领域内国家一级社团，以宣传和促进科技创新，推动科技成果转移转化，规范交易行为，维护技术市场运行秩序为使命。为满足市场需要，做大做强科技服务业，依据《中华人民共和国标准化法》《团体标准管理规定》，中国技术市场协会有序开展标准化工作。本团体成员和相关领域组织及个人均可提出制修订 TMAC 标准的建议并参与有关工作。TMAC 标准按《中国技术市场协会团体标准管理办法》《中国技术市场协会团体标准工作程序》制定和管理。TMAC 标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议多数专家、成员的同意，方可予以发布。

在本文件实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料反馈至中国技术市场协会，以便修订时参考。

本文件著作权归中国技术市场协会所有。除了用于国家法律或事先得到中国技术市场协会正式授权或许可外，不许以任何形式复制本文件。第三方机构依据本文件开展认证、评价业务，须向中国技术市场协会提出申请并取得授权。

中国技术市场协会地址：北京市海淀区复兴路甲 23 号城乡华懋大厦 12 层 1217 室。

邮政编码：100036 电话：010-68270447 传真：010-68270453

网址：www.ctm.org.cn 电子信箱：136162004@qq.com

目 次

前 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 需求确认	1
4.1 组成	1
4.2 功能	2
4.3 性能要求	2
4.4 与功能系统接口要求	2
4.5 与机体结构接口要求	3
5 设计	3
5.1 部件选型	3
5.2 线束隔离要求	3
5.3 安装	5
5.4 互换性	7
5.5 重量	7
5.6 裕度	7
5.7 环境适应性	7
5.8 可靠性	8
5.9 维修性	8
5.10 保障性	9
5.11 测试性	9
5.12 安全性	9
5.13 电磁兼容性	11
5.14 人机功效	11
5.15 EWIS 技术状态	13
6 标准施工	13
6.1 工艺要求	13
6.2 通用要求	13
6.3 线束安装要求	13
6.4 线束装配要求	13

6.5	航空器关键系统线路	13
6.6	标准舱位布置要求	13
6.7	有序布线要求	14
7	测试	14
7.1	环境测试要求	15
7.2	电磁兼容测试要求	16
7.3	地面测试性要求	16
7.4	故障诊断要求	错误! 未定义书签。
8	维护	17
8.1	维护场景要求	17
8.2	维护方案要求	18
8.3	维护手册要求	18
9	通用质量特性	18
附录 A		20
	(资料性附录)	20
	论证文件内容示例	20

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由四川华丰科技股份有限公司提出。

本文件由中国技术市场协会归口。

本文件起草单位：四川华丰科技股份有限公司。

本文件主要起草人：刘俊宏、高飞、冯大金、胡青、陈浪、范学红、刘斌。

低空航空器电气线路互联系统（EWIS）技术规范

1 范围

本标准规定了低空航空器电气线路互联系统的需求确认、设计、标准施工、测试、维护等研制通用要求。

本标准适用于低空航空器电气线路互联系统（以下简称 EWIS）的研制。其他电气线路互联系统研制可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 42590-2023 民用无人驾驶航空器系统安全要求

GB/T 17761 航空器电气系统通用要求

AS 50881 航空器布线

RTCA/DO-160G 机载设备环境条件和试验程序

3 术语和定义

3.1 电气线路互联系统 Electrical Wiring Interconnection System(EWIS)

任何导线、线路装置，或其组合，包括端点装置，安装于航空器的任何部位用于两个或多个端点之间传输电能（包括数据和信号）。

3.2 航空器关键系统 aircraft critical system

直接影响飞行安全的系统。

3.3 航空器重要系统 aircraft essential system

任何一个电源系统、配电系统或其他用电系统失效或失常后，应有一个备份电源的重要负载。

3.4 航空器供电系统 aircraft power supply system

空器电源系统中传递主要功率的主馈线系统。

3.5 航空器一般系统 aircraft non-essential system

无冗余要求的功能系统。

4 需求确认

4.1 组成

a) EWIS 部件主要由电线/电缆、光纤、连接类器件、搭接和接地类、物理防护类、电磁防护类、布线安装类、绑扎类、标志/标识和其它类零部件组成。

- 1) 电线/电缆主要包括低频电线电缆、射频同轴电缆、数据总线以及特种电线/电缆四类；
- 2) 连接类器件主要包括连接器、连接器附件、接头、端子以及接线端五类；
- 3) 搭接和接地类零件主要包括接地模块、接线柱、搭接线和搭接片；
- 4) 物理防护类零件主要包括编织套管、热缩套管、波纹管、夹布胶管和金属导管五类；
- 5) 电磁防护类零件主要包括屏蔽编织套管、非编织屏蔽带和屏蔽端接套管三类；
- 6) 布线安装类零件主要包括金属带垫卡箍、非金属带垫卡箍、高支撑座和隔离子四类；
- 7) 绑扎类零件主要包括绑扎绳、扎带、软卡箍和绝缘自粘带四类；
- 8) 标志/标识零件主要包括热缩标识、铭牌和其它标识
- 9) 其他类零件主要包括护边和压力密封件等。

b) 成品内部线路、地面设备及其连接不包括在 a) 中 EWIS 部件内。

4.2 功能

通过电线、电缆、光纤、连接器等器件能够连接全机各系统用电设备，实现安全、可靠地传输电能和信号，满足航空器在可能的各类使用情况下各系统的功能要求。

4.3 性能要求

4.3.1 压降要求

EWIS 线路设计和选型线路压降不应超过系统允许最大压降的 5%。

4.3.2 载流量要求

EWIS 线路设计和选型载流量应留有不小于 1.5 倍裕度。

4.3.3 温升要求

线束线束温升不应超过 30K。

4.4 与功能系统接口要求

4.4.1 与飞行关键系统的接口要求

与飞行关键系统存在接口的 EWIS 设计和安装时，应考虑系统冗余设计，满足飞行关键系统某一部件故障或功能失效的突发情况下，实现系统功能正常运转。关键系统及其冗余系统敷设在一起时，物理分离间距应不小于 50mm。

4.4.2 与重要系统的接口要求

与重要系统存在接口的 EWIS 设计和安装时，应考虑系统冗余设计，满足重要系统某一部件故障或功能失效的突发情况下，实现系统功能正常运转。重要系统及其冗余系统敷设在一起时，物理分离间距

应不小于 50mm。

4.4.3 与供电系统的接口要求

与供电系统有交联的 EWIS 设计和安装时，应采取措施进行热、电弧、干扰源、高压直流隔离。

4.4.4 与一般系统的接口要求

明确 EWIS 与一般系统包括光纤、高低频混装、光电混装等的接口要求并在设计中进行考虑。

4.5 与机体结构接口要求

4.5.1 接地要求

进行 EWIS 与机体结构接地设计时，应考虑搭接电阻、结构材质、防电腐蚀、电回路、不同类型隔离（特别是高压直流）等因素。

4.5.2 固定点要求

可参照 AS50881 进行 EWIS 固定点设置。

5 设计

5.1 部件选型

EWIS 的部件选型应按照 4.1 进行。在部件选用时应依次考虑使用需求、使用环境、安全性、可靠性、维修性、重量、成本等因素。

5.2 线束隔离要求

5.2.1 通用要求

每个 EWIS 部件的设计和安装应与其他 EWIS 和航空器系统具有物理分离和功能或电磁隔离，以使 EWIS 部件的失效不会产生危险状况。

5.2.2 系统物理分离要求

EWIS 的物理分离要求如下：

a) 与功能系统分离要求

- 1) EWIS 系统设计和安装应与管路具有足够的物理分离，确保气液渗透至 EWIS 不会产生危险情况。
- 2) EWIS 系统设计和安装应与飞行或其他机械控制系统钢索和相关系统部件具有足够的间距，防止摩擦、卡阻等其他干扰或系统发生失效损坏 EWIS 并产生危险状况。
- 3) EWIS 系统设计和安装应与运动机构具有足够的隔离要求，确保运动机构整个运动过程损坏 EWIS 并产生危险状况。
- 4) EWIS 的设计和安装应使其与其他航空器部件和航空器结构具有足够的物理分离，保护

EWIS 避免与锐利的边角摩擦。

5) EWIS 的设计和安装应与航空器设备具有足够的物理分离,使得 EWIS 失效不会产生危险状况。

b) 独立成束线路

1) 防火系统相关的 EWIS 部件应独立成束,以确保线束耐火和安全性。

2) 主馈线和应急馈线应分别独立成束,且与其他线束具有足够的距离,以确保线束足够的散热需求,高压线束与低压线束之间必须独立,确不能独立,高压与低压线路:不小于 50mm;电源与信号线:不小于 30mm,应采取相关隔离措施。

3) 燃油线束应独立成束,屏蔽接地。

4) 发动机以及发动机控制相关的线束应独立成束,以便于更换发动机。

5) 构型相关的任务系统例如试飞测试应独立成束,以便于线束更换和拆除。

6) 光纤应独立成束,以便于光纤线束更换和拆除。

c) 防火和非防火交联区域隔离要求

防火区域和非防火区域交界处,应设置分断面将线束(除馈线外)一分为二,并采取不同的防护措施。

5.2.3 系统功能隔离要求

EWIS 的功能隔离要求如下:

a) 电源系统线路通用要求

1) 电源分配系统要求

承载大电流、高电压的电线和电缆(及其相关的 EWIS 部件),其设计和安装应确保足够的物理分离和电气隔离,使得在故障情况下,对主要功能相关电路的损害最小。

2) 主电源系统要求

与航空器主电源连接相关的每个 EWIS 的设计和安装应确保足够的物理分离和电气隔离,使得任何一个航空器电源 EWIS 的故障不会对任何其他独立电源产生负面影响。

3) 应急电源要求

与航空器应急电源相关的每个 EWIS 的设计和安装应确保足够的物理分离和电气隔离,使得任何一个航空器电源 EWIS 的故障不会对应急电源产生负面影响。

b) 冗余系统线路

具有冗余设计的系统,与之相关的 EWIS 部件设计和安装具有足够物理分离。整个电回路应确保不存在单点故障。

c) 系统隔离代码设定

1) 隔离代码 A、B、C、D,分别代表系统不同冗余度。

2) 按照用途功能不同系统功能设定不同系统隔离代码,系统隔离代码设定及描述可参照附录

A 确定。

d) 隔离规则

需根据隔离代码明确隔离和线束布置规则，对不同功能线束进行隔离，保证冗余度功能系统 EWIS 线束不存在单点失效故障点。

5.2.4 电磁隔离要求

EWIS 的电磁隔离要求如下：

a) 电磁隔离类别

EWIS 线路根据电磁隔离特性分为四类：

- 1) 类别 1：包含噪音干扰的线路，通常指电源线。
- 2) 类别 2：满足 EMC 要求的所有线路。
- 3) 类别 3：敏感、易受影响的线路，比如音频和模拟量线路。
- 4) 类别 4：保密信号。

b) 电磁隔离要求

- 1) 类别 1 和类别 3 线路不可以一同布置；
- 2) 类别 2 在足够分析的前提下，可以分别与类别 1 和类别 3 在一个线束内；
- 3) 类别 4 单独布置。

c) 电磁隔离措施

按照隔离类别明确不同隔离代码线路的最小隔离距离要求。若隔离距离无法满足时，可以采用屏蔽或者扭绞等特殊布线方式进行电磁隔离。

5.3 安装

5.3.1 线束安装要求

EWIS 的线束安装要求如下：

a) 航空器任何区域安装的每个 EWIS 部件应：

- 1) 安全、可靠性高；
- 2) 各系统间干扰小；
- 3) 便于检查和维修；
- 4) 防止机械磨损或损坏。

b) 航空器 EWIS 路径应：

1) 线束路径应便于线束与机上设备连接，选在飞机结构空间比较畅通的部位，如驾驶舱内主干线路径一般选择舱内四周沿地板处，客舱内主干线路径一般选择在顶部，机翼内线束路径一般选择在前梁或后梁处。主干线路径确定后，再确定分支路径；

- 2) 路径应便于维修人员接近线束，但不应容易被机上人员踩坏或碰伤；

3) 一般利用框缘弯边或长桁弯边做为线束卡箍固定点, 无弯边处可以选用带螺母支架铆接在结构上做固定点。也可在结构框板上铆接双耳或单耳自锁螺母, 在难以接近的地方安装快卸卡箍作为固定点;

4) 为保护线束, 在易被碰伤的部位增设线束保护槽, 在不易接近的部位增设线束管等措施。

c) 航空器 EWIS 安装应考虑:

1) 线束在安装时, 相类似性质的线束可在同一卡箍内固定, 要利用飞机结构空间来隔离各类线束。电源线、敏感线、专用电缆不可靠近电磁发射源; 所有敏感线、专用电缆以及天线馈线要远离飞机蒙皮的开口处或非金属结构部位。

2) 主电源线不应与配电线绑扎组合在一起, 两个或多个电源的布线也不应绑扎组合在一起, 以防一个电源损坏而影响其他电源。

3) 不属于燃油系统的布线不应穿过燃油箱敷设, 当必须进入燃油箱内接设备时, 必须选用耐油电缆和器件。

4) 线束在靠近操纵活动附件的部位, 应有刚性固定措施。线束与拉杆、摇臂、钢索等活动零件全行程各位置的间隙应大于 30mm。

5) 线束穿过任何结构隔板开口处, 必须安装卡箍固定, 以防擦伤电线、电缆的绝缘。布线与结构锐边的实际间隔应保持在 10mm 以上, 若不能保持时, 应在锐边上包防磨边或粘贴防磨材料等。

6) 沿液压、燃油导管敷设时布线不应直接安装在输液管道或设备上, 必要时可通过卡箍与导管固定, 其距离应大于 10mm。

7) 线束敷设要远离高温导管, 其距离不少于 15mm, 难于避免时, 要在线束外层加隔热保护。

8) 安装在活动部分的或有相对运动部件(例如起落架支柱、襟翼调整片等部件)上的线束, 应按要求留有一定的活动余量。

9) 安装在非密封舱的线束自上而下敷设进入电连接器、接线板、配电盒等器件时, 必要时应设置滴水环, 以防止液体或冷凝水流入器件内。

10) 在线束易损部位和难以接近维修的部位应设置线束保护槽或线束管。线束管可以采用金属铝管或非金属管。线束管内通过的线束总外径不得超过该管内径的 80%。

11) 单根电线或电缆单独敷设时, 最小弯曲半径为该线外径的 10 倍; 线束的最小弯曲半径应为其外径的 6 倍。

12) 在发动机舱等振动比较严重的地方, 电连接器的插头、插座连接后应用锁紧丝锁紧, 以防插头座松动或脱落。

5.3.2 接地安装要求

EWIS 的接地安装要求如下:

a) 机体材质要求

1) 接地端安装点所在结构材质应为铝制材料或同等高导电性材料, 接触面积应保证接触电阻

和载流要求。

2) 若接地端安装点与航空器参考地存在电势差时,应考虑结构间压降的影响,并采取相应措施。

b) 安装要求

- 1) 不同类型线路不共用同一接地端;
- 2) 航空器独立电源之间不得共用同一接地端;
- 3) 航空器系统的静电接地不得与任何航空器独立电源共用同一接地端;
- 4) 高压直流单独接地,且与其他类型接地端具有足够的物理间距;
- 5) 馈线单独接地。

5.4 互换性

5.4.1 零部件互换性要求

相同规格、类型,且满足相同标准的连接器、线缆、保护材料、固定材料等零部件应具有互换性。

5.4.2 线束互换性要求

相同线束号和版本号的线束应具有互换性。

5.5 重量

5.5.1 单根线束重量限制

单根线束总重量应具有上限要求,以便于铺设和搬运。

5.5.2 系统重量要求

EWIS 系统重量总体应保持系统重量最轻原则。

5.6 裕度

5.6.1 线束载流量裕度

线束载流量裕度设计应考虑热量堆积的影响,进一步降低流量限额。

5.6.2 连接器针脚裕度

EWIS 设计应考虑连接器针脚预留,以适应后期维护需求。

5.6.3 接地点裕度

EWIS 设计应考虑接地点预留,以适应后期维护需求。

5.7 环境适应性

5.7.1 通用要求

EWIS 设计和安装应该满足航空器环境要求。

5.7.2 诱发环境要求

根据安装区域和安装环境不同，EWIS 系统设计应考虑和评估 EWIS 部件及系统耐振动、耐冲击、耐加速度、耐沙石击打、耐磨和运输性等，若安装在特殊安装环境，应根据环境特殊性，增加环境考虑因素。

5.7.3 自然环境要求

EWIS 系统满足耐液、耐潮湿、阻燃、耐盐雾、耐霉菌、耐酸性大气、耐高低温等环境要求，若安装在特殊安装环境，应根据环境特殊性，增加环境考虑因素。

5.8 可靠性

5.8.1 通用要求

可参照 GJB 450A 进行 EWIS 系统可靠性相关设计工作。

5.8.2 危害性分析

开展功能故障模式、影响和危害性分析（FMECA）、故障树分析（FTA）和功能危险分析（FHA）。

5.8.3 可靠性指标

明确各 EWIS 部件任务可靠性和平均故障间隔飞行小时（MFHBF）规定值或最低可接受值要求。

5.8.4 寿命

应根据 EWIS 安装环境、元器件/材料寿命和使用频率等综合因素影响，评估 EWIS 部件寿命，并给出 EWIS 部件维修或更换方案。

5.9 维修性

5.9.1 通用要求

可参照 GJB 1909A 维修性定量和定性要求，开展维修性工作。

5.9.2 维修指标

EWIS 的维修指标包含以下内容。

- a) 明确 EWIS 系统和可更换部件的平均维修间隔时间（MTTR）要求，MTTR 不超过 2 小时。
- b) 明确维修余量要求，至少满足 3 次维修余量要求。
- c) 明确光纤维维修性要求。

5.9.3 可达性要求

EWIS 设计和安装应考虑可视性和可达性，保证 EWIS 目视检查和接近维修。

5.10 保障性

5.10.1 通用要求

可参照 GJB 3872 要求，明确 EWIS 维护所需工具等保障设备和常用耗材等供应保障。

5.10.2 用户手册

用户手册包括但不限于线路图、维护手册等技术资料以及明确维修主要工作的维修方案。

5.11 测试性

5.11.1 通用要求

明确用于保障和验证 EWIS 设计和安装正确性的测试要求和内容。

5.11.1 测试手册

测试手册明确测试内容和测试程序。

5.12 安全性

5.12.1 通用要求

EWIS 的通用要求如下：

- a) EWIS 系统设计和安装应保证其随其他功能系统工作时，功能达到预期要求。
- b) 对有余度要求的 EWIS，不应存在单点故障点。

5.12.2 区域安全性要求

- a) 明确易受恶劣天气和潮湿环境（SWAMP）影响的区域、油箱内、防火区、高压区等特殊区域 EWIS 系统安全性要求；
- b) 明确压力区域、温度及振动区域、可燃液体区域、强风区域、电磁环境区域、闪击区域、高压区等区域内的 EWIS 系统安全性要求。

5.12.3 特殊风险分析

应考虑高压击穿、砂石，冰雪、雷击、结冰等影响。

5.12.4 防火

EWIS 的防火要求如下：

- a) 位于防火区的 EWIS 部件应是耐火的；
- b) 安装于航空器任何区域的电气导线和电缆的绝缘，以及对导线和电缆提供额外保护的材料，应

是阻燃的。

5.12.5 电气接地和防静电保护

EWIS 的电气接地和防静电保护应符合以下规定。

- a) 用于电气接地和防静电保护的 EWIS 部件设计应保证造成人员电击受伤、点燃可燃蒸气以及干扰安装电子电气设备的静电积聚最小；
- b) 由 EWIS 部件提供的电气接地应能够提供承载正常和故障电流的电气回路，而不对 EWIS 部件、其他航空器系统部件或航空器结构产生电冲击或损坏。

5.12.6 电路保护装置

电气导线和电缆的设计和安装，应通过电路保护装置，使得在短时或连续故障状态下不会产生火警或烟雾的危险。

5.12.7 可燃液体防火

EWIS 的可燃液体防火应符合以下规定。

- a) 由于流体系统渗漏可能引起可燃液体或蒸气溢出，位于这些区域的 EWIS 部件应被视为潜在的点火源，应有措施减少液体和蒸汽点燃的概率并使用分析或者试验方法进行验证；
- b) 凡可燃液体或蒸气有可能因液体系统渗漏而溢出的区域，应确定其部位和范围。

5.12.8 动力装置相关 EWIS

EWIS 的动力装置应符合以下规定。

- a) 与任何动力装置相关的 EWIS 的设计和安装，应使得一个 EWIS 部件的失效不会阻止剩余动力装置的持续安全运行；
- b) 应采取设计预防措施，能在一旦发动机转子损坏或发动机内起火烧穿发动机机匣时，由于 EWIS 损坏对航空器的危害减至最小。

5.12.9 可燃液体切断措施相关 EWIS

与每个可燃液体切断措施和控制相关的 EWIS 应是防火的，或应安置和防护得使火区内的任何着火不会影响可燃液体切断工作。

5.12.10 火警探测系统相关 EWIS

EWIS 的火警探测系统应符合以下规定。

- a) 作为火区内每个火警或过热探测系统一部分的 EWIS 应是耐火的；
- b) 任何火区的火警或过热探测系统的 EWIS 部件不得穿过另一火区，但具备下列条件之一者除外：
 - 1) 能够防止由于所穿过的火区着火而发生假火警的可能性；
 - 2) 所涉及的火区是由同一探测器和灭火系统同时进行防护。

5.12.11 电弧传播损坏

EWIS 保护方案的选择,应考虑到与各个安装和应用已知的特性,来尽量减少 EWIS 损坏的风险,包括电压电平与电弧跟踪现象。电弧及其缓和所产的强度和影响以适当的电弧传播估计方法得到证实。具体要求应由采购或设计方决定。

5.12.12 阻燃

常规区域阻燃要求如下,特殊区域按系统总体要求。

- a) 撤离火源后,平均自熄时间不超过 30 秒。
- b) 平均烧焦长度不超过 3 英寸(约 76 毫米)。
- c) 燃烧滴落物在坠落过程中平均燃烧时间不超过 3 秒。

5.12.13 烟雾

通过隔离设计(如防火、密封)或通风广场,阻止 EWIS 区域的烟雾进入座舱。其中阻燃要求见 5.12.12,耐火要求为安装在防火区且需要维持功能的线路,要求在 2000° F 火焰中保持工作 5 分钟,确保紧急系统的运作。

5.12.14 过温保护

通过 EWIS 设计阶段的热管理,材料选型的耐温等级等设计确保 EWIS 系统符合总体设计的过温保护要求。如线束的温升计算,防护材料的温度要求,线路敷设的要求等。

5.13 电磁兼容性

5.13.1 通用要求

EWIS 系统的设计和安装应满足航空器外部雷电和外部射频电磁环境要求。

5.13.2 雷电

EWIS 的防雷电应符合以下规定。

a) 在雷电的直接效应和间接效应下,EWIS 都能够满足其工作性能的要求。雷电环境的数据参照 GJB 1389A。

b) 根据 EWIS 部件及系统在航空器上或航空器内的位置,并确定系统对内部和外部环境对敏感度,并设计防护措施。

5.13.3 外部射频电磁环境

系统应与规定的外部射频电磁环境兼容,以使 EWIS 的工作性能满足要求。外部射频电磁环境包括但不限于航空器平台、舰船平台、对应的地面指挥系统以及发射机的电磁环境。

5.14 人机功效

5.14.1 标识

a) 标识内容要求

EWIS 标识可以识别 EWIS 部件、编码要求，其功能、设计限制或其他内容。

b) 线束上标识应该包括如下信息：

1) 线束标识至少应包括线束号、序列号、版本号。

2) 定位标识中至少应包括卡箍代号或站位信息。

3) 分支标识中至少应包括端头代号、所属线束号、成品端面板代号。

4) 电线标识中至少应包括电线号、针孔号。

c) 标识布置要求

1) 标识应按适当间隔沿导线、电缆、导线束布置，在航空器区域使相关操作人员容易看到。

2) 标记套或标记牌等标识不应布置在被遮挡、线束弯曲、易被磨损或油液污染等区域。

3) 若无法在一个 EWIS 部件上标识，应提供其他标识方法。

4) 在 EWIS 部件整个预期使用寿命周期内，不会对其性能造成负面影响。

d) 标识材质要求

在 EWIS 整个预期使用寿命周期内，应保持清晰易读，并且标识材料满足防腐等环境要求。

5.14.2 颜色要求

EWIS 的颜色应符合以下规定。

a) 非重要线号线路

非重要线号线路宜采用白色电线

b) 重要线路

重要线路（电传飞控、可燃液体切断措施和因有安全除外），宜采用红色标识的非黄色电线

c) 电传飞控系统线路

宜采用红色标识的黄色电线

d) 火区

按 CCAR-25-R4 第 25.1727 条，可燃液体切断相关线路 EWIS 耐火，宜采用黑色标识的红色电线

e) 固有安全线路

宜采用白色标识的粉色电线

f) 与构型相关的线束颜色

需拆除或更换的线束，应采用橙色。

g) 警示性线束颜色

有安全警示要求的线束，例如 270V 高压直流馈线，线束颜色应该采用黄色。

h) 其它线束颜色

除警示性线束以外其它航空器普通线束颜色应保持一致。

5.14.3 人员安全要求

EWIS 设计和安装应考虑操作人员安全，避免触电。

5.14.4 防差错设计

EWIS 设计和安装应进行防差错设计，将设计性能的可能误差减小到最低程度，避免人为因素导致的设计和安装错误。

5.15 EWIS 技术状态

应建立技术状态管理体系，记录 EWIS 在整个生命周期状态，包括型号设计、改装、维修、偏离、超差等引起的 EWIS 技术状态变化。

6 标准施工

6.1 工艺要求

6.1.1 质量体系要求

应明确 EWIS 部件研制质量管理体系要求。研发阶段应制定 EWIS 部件设计开发控制程序，生产制造阶段应制定生产过程控制程序，客户使用阶段应制定客诉及退换货管理控制程序。

6.1.2 线束产品加工和制造要求

应明确 EWIS 部件加工和制造相关工艺要求以及检验要求。应按 EWIS 设计图纸要求及生产过程控制程序明确加工制造作业指导书、检验作业指导书。

6.2 通用要求

应明确施工过程中的安全措施、航空器环境区域、消耗材料、线路材料、通用工具等。

6.3 线束安装要求

应明确线束通用安装要求及安装检验要求，包括线束固定、电气搭接和接地安装。并明确安装过程所需材料、工具、注意事项等。

6.4 线束装配要求

包括导线和电缆类型、导线标记、线束组件、导线绝缘层行业电缆护套的去除、端接类型。

6.5 航空器关键系统线路

关键系统线路铺设应要应明确特殊线路组件铺设要求及检验要求。

6.6 标准舱位布置要求

EWIS 在全机舱位区域达到标准要求后，应通过照片或视频形式对标准样件进行记录和留存。以便于后续施工一致化。

6.7 有序布线要求

明确不同类别和功能线束布线优先顺序要求。1类功率线束与其他信号线敷设应拉开距离或选用不同的路径，不同类型的线束穿过结构隔框开孔而必须敷设在一起时，各线束在隔框开孔的两侧，。1类、2类电源线不要直接与4类、5类低电平敏感线、音频线同路敷设；大电源线以及大于5A的载流线尽量靠近金属蒙皮。电源线、敏感线、专用电缆不可靠近电磁发射源；所有敏感线、专用电缆以及天线馈线要远离飞机蒙皮的开口处或非金属结构部位。当敏感线、专用电缆不得不靠近电源线敷设时，尽量能使电缆敷设成直角。不同类的电缆尽可能从不同的方向进入设备。

6.8 压接要求

- a) 根据各型号连接器的使用说明，严格按电线截面大小与接触偶尾孔相匹配选用；
- b) 每个接触偶只允许压接一根电线，若必须两根线接在一起时，可采用压接头或死接头的方法实现多线连接；
- c) 未压接电线的接触偶应全部装到连接器的壳体内，供维修改装时使用，并在封严体处安装相适应的封严塞；
- d) 在特殊情况下，大的尾孔需压接较细电线时，可在尾孔内填充附加线芯(附加线芯要少于主线芯的 $1/3$)，线芯填充到与尾孔相匹配电线截面时，才允许压接。
- e) 压接前必须调整压接钳，进行试压，当压接质量及压接强度达到规定指标时，才可进行正式压接；
- f) 压痕深度与位置均由压接钳保证；
- g) 压接时，将剥掉绝缘的裸线芯塞入待压接的针或孔的尾孔时，在观察孔必须见到线芯；
- h) 压接好的接触偶送入连接器内，直至定位弹簧把接触偶锁定；
- i) 当排故或返修需将连接器内接触偶取出时，必须使用专用的取卸工具而且取卸工具大小应与接触偶匹配。

6.9 焊接要求

- a) 电线截面应与接触偶尾孔大小相匹配。
- b) 钎焊选用的焊料应与连接器所处的环境相适应，分为常温区与高温区两种情况，采用的焊药不应 对电线与接触偶有腐蚀。
- c) 焊点应光滑、无气泡、无焊瘤和毛刺，用酒精清洗后，经检验合格，用规定红漆做检验标记。
- d) 在特殊情况下，粗线与较细接触偶尾孔焊接时，允许焊接处斜切取消小于 $1/3$ 线芯，但焊点必须将全部切点焊住；允许一个接触偶焊接两根线，但两线截面应与接触偶尾孔相匹配。
- e) 焊接点处要进行绝缘保护，一种是连接器带封严体绝缘，若不带封严体要采用绝缘套管，使用绝缘套管绝缘。

f) 接触偶、电线接头的焊接强度见 HB6438 表 1。

6.10 屏蔽处理与接地要求

a) 屏蔽层不要求接地的处理

屏蔽电缆不要求屏蔽层接地的一端，屏蔽层端部处理有两种方法，一种可采用绑线绑扎形式，另一种采用热收缩管进行收头的形式。

b) 屏蔽层要求接地的处理

1) 当屏蔽电缆无外层护套时，可采用抽头的方式，将屏蔽层做为搭接线，根据搭接线要求的长度，将屏蔽层内绝缘电线自屏蔽层的某一部位穿出，穿线的根部要进行绑扎，引出的屏蔽层端部压接电线端子而接地；

当屏蔽电缆要通过连接器，而屏蔽层也要通过连接器时，可以将抽出的屏蔽层与接触偶连接，当需要屏蔽层接地时，可以将抽出的屏蔽层端部压接端子后而接地。

2) 当屏蔽电缆有外层护套时，采用抽头形式比较困难，一般采用热收缩焊接套管的形式，需附加一根搭接线，通过焊接套管把附加线与屏蔽层连接起来，然后将附加线另一端引出接地。

多根屏蔽电缆的屏蔽层接地，采用焊接套管与附加跨接线的方式，将全部屏蔽层连接起来，然后引出一根搭接线接地。

为避免线束尺寸增大，焊接套管的位置要交错排列。若线束内屏蔽线太多，也可采用附加屏蔽套将全部屏蔽线缠绕的方式引出搭接线。

若需搭接线穿过连接器时，可将引出的搭接线与连接器接触偶连接。

c) 屏蔽的连接

若屏蔽电缆用永久性接头对接，屏蔽层需连续时，可采用两种方法：一种为线芯用永久性接头对接，屏蔽层也采用永久性接头连接；另一种是线芯用永久性接头对接后再外套屏蔽套的形式。

d) 屏蔽线束外总屏蔽的接地

为提高屏蔽效果，可以在屏蔽线束外，套总屏蔽套，总屏蔽层可以通过屏蔽连接器尾部螺帽处附加的出线嘴或金属环再经过连接器壳体而接地。

7 测试

7.1 环境测试要求

环境测试要求和测试程序参照 RTCA/D0-160G。

7.1.1 诱发环境要求

通过试验、分析或其组合手段确认 EWIS 耐振动、耐冲击、耐炮振、耐加速度、耐沙石击打、耐磨、运输性要求。

7.1.2 自然环境要求

通过试验、分析或其组合手段确认 EWIS 系统满足耐液、耐潮湿、阻燃、耐盐雾、耐霉菌、耐酸性大气、耐高低温等环境要求。

7.2 电磁兼容测试要求

EWIS 随功能系统进行测试，满足其功能性能要求。

7.3 地面测试性要求

7.3.1 导通测试要求

EWIS 部件装机完成后，应对整个 EWIS 系统进行导通测试，确保 EWIS 接线 100%正确。

7.3.2 绝缘性能测试要求

EWIS 部件装机完成后，应对整个 EWIS 系统进行绝缘性能测试，确认满足绝缘电阻测试 $\geq 500M\Omega$ ，试验电压 500V(DC 要求)。

7.3.3 搭接电阻测试要求

EWIS 部件装机完成后，应对整个 EWIS 系统搭接电阻进行测试，确认满足 EWIS 搭接电阻 $\leq 2000\mu\Omega$ 要求。

7.3.4 耐压测试要求

EWIS 部件装机完成后，应对整个 EWIS 系统进行耐压测试，确认 EWIS 耐压满足 500V AC, 50Hz, 电压持续时间 2s, 漏电流 $\leq 5mA$ 要求。

7.3.5 雷击测试

EWIS 部件装机完成后,应对整个 EWIS 系统进行雷击测试,确认瞬态电压最高 3000V,电流最高 3000A 雷击后功能正常无损伤。

7.3.6 振动测试

EWIS 部件装机完成后,应对整个 EWIS 系统进行振动测试,确认满足 EWIS 振动按照 GJB 150.16A-2009 中“程序 I-一般振动”规定的试验方法进行后结果符合正弦振动 10~2000Hz, 加速度 $294m/s^2$, 随机振动 50~2000 Hz, 均方根值 41.7G 的要求。

7.3.7 冲击测试

EWIS 部件装机完成后，应对整个 EWIS 系统进行冲击测试，确认按照 GJB 150.18A-2009 中规定的试验方法进行试验后满足 3ms 半正弦波，加速度峰值 $2940 m/s^2$ 冲击要求。

7.3.8 温度循环测试

EWIS 部件装机完成后，应对整个 EWIS 系统进行温度循环测试，确认满足-65℃~+125℃，高低温驻留各 1h，温变速率 1~3℃/min，循环 30 次，全程监控绝缘电阻、通断、端子力矩温度符合循环要求。

7.3.9 功能测试要求

EWIS 部件装机完成后，EWIS 系统需随功能系统进行功能测试。

8 维护

8.1 维护场景要求

8.1.1 定检

提供 EWIS 部件定检周期和相应维护方案。

a) 日常/航线维护（短周期）

周期：每次飞行后/每日。

适用：目视快速检查、外观、松动、磨损、过热、积水。

重点区域：发动机舱、起落架舱、设备舱、高温区、振动区。

b) 定检 I 级（基础维护）

周期：50 飞行小时/1 个月。

内容：外观+紧固+清洁+简单导通检查。

c) 定检 II 级（深度外观维护）

周期：200 飞行小时/3 个月。

内容：线束包扎、接头、屏蔽层、卡箍、磨损点、高温老化检查。

d) 定检 III 级（系统级维护，关键 EWIS）

周期：600-800 飞行小时/1 年。

内容：绝缘电阻、导通、接地电阻、插头探伤、线束位移、磨损深度测量

8.1.2 大修

提供 EWIS 部件大修周期和相应维护方案。

周期：2000-4000 飞行小时/3-5 年

内容：全机线束拆解检查、绝缘老化测试、接头更换、屏蔽完整性、电弧隐患排查

8.1.3 改装

提供改装中新加装 EWIS 部件定检和大修周期，并提供相应的维护方案。

a) 磨合期强化检查

周期：改装后前 50 飞行小时/1 个月

频次：每 10 飞行小时/每周一次专项复查

目的：排查走线移位、卡箍松动、护套挤压、接头应力、振动磨损、热影响区隐患

适用：新增线束、改道路径、新增连接器、新增接地、屏蔽改动区域

b) 短期定检（改装后 50~200 飞行小时）

周期：25 飞行小时/2 周一次专项检查，同步常规定检

重点：线束位移、锐边摩擦、接头密封、防松措施、绝缘磨损

c) 常规维护恢复期（200 飞行小时后）

若改装区域无异常，可逐步回归原机 EWIS 维护周期，但关键改装区周期仍缩短 1/2

原日检/航线检：不变

原 50FH 定检→改装区 25FH

原 200FH 定检→改装区 100FH

原 600~800FH 年检→改装区 300~400FH

大修周期：改装线束段提前至 1500~2000FH 深度检查

8.2 备件要求

明确 EWIS 常用备件清单，并储备备件。

8.3 维护工具要

明确 EWIS 维护所需工具和设备，并进行管理。

8.4 修复性维修工作要求

提供修复性维修工作所需要的标准线路施工手册，能够指导整个修复和维修工作。

8.5 维护手册要求

8.5.1 确认维护和检查要求

维护手册中应明确维护基本信息、区域、检查方案和更换周期等信息。

8.5.2 标准化、可接受的 EWIS 维护措施

维护手册中应明确 EWIS 维护措施，并且措施标准化、可接受。

8.5.3 EWIS 识别说明及更改说明

对原航空器设计进行 EWIS 改装的标识，应与原设计标识方案相一致。

9 通用质量特性

通用质量特性要求应从可靠性、维修性、安全性、保障性、测试性、环境适应性进行综合考虑。

a) 可靠性指标要求

MTBF \geq 10000h

b) 维修性指标要求

MTTR \leq 120min

c) 安全性指标要求

绝缘电压绝缘耐压 \geq 2 倍工作电压, 漏电流 \leq 0.1mA

阻燃等级: 线束整体 V-0 级, 燃烧无滴落、无蔓延

电磁兼容裕度 \geq 6dB, 满足 GJB151B

任务可靠度: 单机任务周期内 \geq 0.999

d) 保障性指标要求

关键接插件、线束备件保障率 \geq 98%

专用工具适配率 100%, 通用工具占比 \geq 90%

平均保障延误时间 \leq 15min

标准件、通用接插件占比 \geq 95%, 专用定制件 \leq 5%

短路、断路、绝缘失效、磨蚀失效概率 \leq 1 \times 10⁻⁶/飞行小时

平均拆卸时间: 单段线束拆卸 \leq 15min; 单接头拆装 \leq 3min

可达性量化: 维修开口可达率 \geq 95%; 工具可操作空间满足标准最小操作距离

故障隔离时间: 80%故障隔离时间 \leq 10min; 95%故障隔离时间 \leq 20min

e) 测试性指标要求

故障检测率 FDR, 整体 EWIS: \geq 98%; 关键回路: 100%

故障隔离率 FIR, 隔离到线束段/接头级 \geq 95%; 隔离到单根导线 \geq 85%

BIT 覆盖率 (机内自测试): 关键电气互联回路 BIT 覆盖率 \geq 90%

f) 环境适应性指标要求

温度范围: 工作: -60 $^{\circ}$ C \sim +125 $^{\circ}$ C; 存储: -70 $^{\circ}$ C \sim +150 $^{\circ}$ C

振动耐久: 随机振动: 20 - 2000Hz, 加速度有效值 \geq 15g, 持续 2h 无失效

冲击耐受: 峰值冲击 \geq 50g, 持续 11ms, 无断线、接头松脱

盐雾防护: 中性盐雾 \geq 500h, 无腐蚀、无接触电阻劣化

霉菌防护: 12 级霉菌试验 28d, 长霉等级 \leq 1 级

湿热老化: 85 $^{\circ}$ C/85%RH, 1000h, 绝缘电阻下降 \leq 20%

附录 A

(资料性附录)

论证文件内容示例

A.1 不同系统隔离代码设定及描述

不同系统隔离代码设置及描述，见表 A.1。

表 A.1 系统隔离代码设置及描述

隔离代码	定义	描述
FCA	飞控系统 channel A 信号	3 余度飞控信号电线，包含 2 余度飞管总线
FCB	飞控系统 channel B 信号	
FCC	飞控系统 channel C 信号	
FBA	飞管总线 A 信号	3 余度飞管信号电线
FBB	飞管总线 B 信号	
FBC	飞管总线 C 信号	
ESA	重要系统 A	常规系统安全设计信号隔离标识，最大为 3 余度。
ESB	重要系统 B	
ESC	重要系统 C	
PWR1	无冗余电源馈线	电线线规 \leq AWG12 的单余度电源馈线
PWRA	余度电源馈线 CHA	电线线规 \leq AWG12 的双余度电源馈线
PWRB	余度电源馈线 CHB	
1553A	1553 总线 channel A 信号	3 余度 1553 数据总线信号电线
1553B	1553 总线 channel B 信号	
1553C	1553 总线 channel C 信号	
FPA	防火系统 A	3 余度防火线路
FPB	防火系统 B	
FPC	防火系统 C	
COAX	高频信号	同轴电缆
MISC	无冗余信号	无余度混合信号电缆
FR	光纤	

专家意见:

1) 题目