

特种飞机结构电磁防护方法探索

钟涛 谭一鸣 宋云霞
(中航飞机股份有限公司汉中飞机分公司 陕西汉中 723200)

摘要: 介绍了现代战争军用特种飞机的作战电磁环境。分析了复杂电磁环境对军用特种飞机的影响机理和效应。研究了机体结构电磁防护的措施和方法。并在最后强调结构电磁防护的重要性和可行性。

关键词: 电磁干扰 电磁脉冲 电磁波 结构电磁防护 耦合 屏蔽

中图分类号: V267

文献标识码: A

文章编号: 1674-098X(2014)04(b)-0046-02

在近几场高技术局部战争中,电磁对抗已经成为非接触战争的标志和主要攻击手段之一,甚至将高能电磁脉冲武器运用于战场,对指挥电子系统、人员和飞行器具有极大的威胁,战场环境十分复杂。随着新战场环境的出现、战略战术的要求提高和越来越多大功率电子对抗、侦测、指挥设备安装在飞机上,我方、敌方、环境方不同频率和能量级别的电磁波、电磁辐射及电磁脉冲将大规模充斥在战场中。

军用特种飞机在战场上主要从事电子侦察、电子干扰、指挥控制等任务,不仅自身电磁环境复杂,且易受其他作战单位的电磁干扰和攻击。为保护机内人员、设备、军械和燃油等的安全,一套结构电磁防护方法以适应这种环境成为当务之急。

1 复杂电磁环境对特种飞机的影响机理

飞机结构电磁防护主要针对的是辐射传输形式的电磁干扰(EMI)和电磁脉冲(EMP);

辐射传输形式的电磁干扰能量按电磁场的规律向周围空间发射,耦合途径十分复杂,多种途径的耦合同时存在,反复交叉耦合,共同产生干扰,才使电磁干扰变得难以控制。

电磁脉冲在裸露的导体(例如裸露的电线、印刷电路板的印制线)上急剧产生数千伏的瞬变电压,对大量电子设备造成无法挽回的损坏。

同时大能量的电磁波可能引起机内燃油爆燃,造成机毁人亡的严重后果;同时长时间高功率、大能量的电磁波对机内人员存在较大影响,对身体用一定的伤害,可能造成长期的损伤。

所以特种飞机结构电磁防护对于飞机作战效能的充分发挥,飞机的飞行安全和乘员的身体健康都具有巨大的意义。

2 特种飞机结构电磁防护的基本原理和功能

电磁屏蔽体对电磁波的衰减作用主要取决于对电磁波的反射和吸收作用。反射和吸收作用都应基于连续导电界面上,具体

到飞机结构上就是对机体上不可避免的缝隙、孔洞和穿过机身防护区域的各种导体等易产生电磁泄漏的重点区域进行专门的结构形式上的电磁防护设计优化。

飞机结构电磁防护具体可定义为利用连续导电材料减少电磁场向机体内指定区域穿透,控制电磁波由辐射源经泄漏途径向飞机各指定舱室传导和辐射传播。

而电磁脉冲本质是一种大能量大功率的电磁波,能损伤大部分频率范围的电子元器件和人员,机体结构层面上防护电磁脉冲的办法就是电磁屏蔽。通过屏蔽方法使电磁脉冲的磁场和电场都产生衰减;机内安装电子设备电搭接在金属机体上,在空中飞行的飞行器机体无法有效接地,只能通过高电磁屏蔽效能来对电磁脉冲进行防护。

3 特种飞机机体结构电磁防护的措施和方法

机体结构电磁防护的方法根据具体结构形式的不同分为许多种,但基本遵循三个基本原则,分别是:

保持屏蔽界面上结构体的导电连续性;

不允许有直接穿过屏蔽区域结构体的无屏蔽导体;

不影响结构完整性和结构功能的实现。

特种飞机机体结构中电磁防护区域中主要电磁波泄漏部分为各种口盖搭接处、间隙搭接、电介质结构部件、通风口和均压孔等。

(1) 非承力口盖包括无间隙和口盖2类;

其中一类无间隙搭接口盖主要使用在机体无水密和气密要求的区域,口盖和机体之间是直接的金属接触,依靠口盖和机体搭接金属部分接触,接触宽度大于25 mm,保证完整的电搭接要求;

实际工程实践中往往是口盖和机体刚性不一致,使用中变形不均匀,导致口盖和机体不能完全接触,就需要控制口盖和机体连接件的数量和间距,在保证口盖使用要求的前提下,尽量多的使用紧固件,紧固件间距不大于30 mm;

同时机体抗腐蚀要求零件表面需阳极化处理并涂覆聚氨酯底漆;经过对模拟结构件的褪漆和涂漆对比表明单层聚氨酯底漆对屏蔽效能影响不大,褪漆比涂漆的情况屏蔽效能大5~6 dB,所以多数情况下可以不褪漆使用;

另一类有间隙搭接口盖主要用于水密要求的机体部位;这类口盖结构需要在口盖和机体之间增加密封材料,达到电磁防护的效果,这层密封材料必须是导电的,增加导电密封橡胶或导电衬垫是常用的方法;由于口盖不承力,所以导电密封材料只要求将口盖缝隙填充即可,主要考虑的不是导电密封材料物理性能,而是考虑材料的导电性能。

(2) 承力口盖是在机体结构中气密线处设置的功能性口盖;此类口盖主要是承受气密载荷的作用,要达到密封和电磁防护一体化设计,必须考虑导电密封材料的物理性能;增加导电密封橡胶或导电密封衬垫也是常用的方法;

承力口盖处使用的导电橡胶或导电密封衬垫都是需要一定的压缩量才能起到密封和导电的双重效果;压缩量的确定是实现电磁防护与结构功能一体化设计的关键。压缩量过大会导致橡胶感觉“软”,虽然屏蔽效能较好,但是密封效果太差,结构功能性不好;压缩量过小导致橡胶感觉“硬”,这样屏蔽效能较差,同时口盖开关费时费力,功能性和可靠性差,容易剥落。

要达到密封效果和结构功能性都较好的目的,压缩量应控制在一个合适的范围内。根据工程实践,以一般使用的硅橡胶为例,导电橡胶衬垫(平板)的高度压缩量控制在10%~15%之间为宜;成型橡胶型材的高度压缩量控制在25%~45%之间为宜;具体应根据生产厂商橡胶材料和生产工艺通过实验找到最佳压缩量。

(3) 间隙搭接部位,以搭接缝的间隙大小分为2种电磁防护设计。

搭接缝隙宽度0~2 mm可定义为小搭接缝搭接;这类搭接部位一般面积比较大,使用涂导电胶或导电腻子实现电磁防护,导电胶或导电腻子要求涂覆在被搭接表面,防止在装配过程中出现脱落的情况,影

响电磁防护性能。

导电胶适用于填充小于1 mm的搭缝,导电腻子适用于填充1~2 mm的搭缝;由于大面积使用导电腻子或导电胶对接触表面要求高,所以在填充导电物之前应对粘接面和接触面进行处理,具体应完全褪除漆层并使用240#以上的砂纸打磨光滑,用丙酮等溶剂清洗表面后自然干燥,干燥过程需进行保护,防止二次污染;这样使导电物与搭接面金属层充分完全接触,形成完整的电连续通路,可靠防止危害电磁波的进入。

搭接缝隙宽度大于2 mm可定义为大搭缝搭接部位;但搭接缝尺寸不允许过大,过大的缝隙进行电磁防护设计效果很差,是没有意义的。

大搭缝搭接一般设置专门的屏蔽辅助结构(如压条、搭接型材)用于安装屏蔽材料;由于缝隙尺寸相对较大,一般选用空心导电橡胶管或空心填充导电衬垫作为屏蔽搭接材料,截面形状一般采用“P”型或“B”型,需要采用机械连接方式固定在屏蔽辅助结构上;搭接表面需要进行一定的处理,处理方法与小搭缝搭接相同。

(4) 电介质结构部件一般是指电阻率超过 $10 \Omega/\text{cm}$ 的绝缘材料;机体结构中通常的电介质是玻璃、玻璃钢面层复合材料板。

机体结构中玻璃运用于各种表面部位,

要求破损安全设计,通常为双层结构,电磁防护一般在双层玻璃之间,既外层玻璃内层和内层玻璃外层复合导电材料,并外伸与固定金属结构充分搭接,搭接宽度要求大于15 mm。

机体结构运用的玻璃包括硅酸盐玻璃和有机玻璃。对于硅酸盐玻璃由于软化温度很高,一般选用喷镀ITO导电屏蔽膜作为防护界面;航空有机玻璃由于耐用温度较低,不能高温喷镀导电膜,一般选用在双层玻璃之间胶合一定厚度的屏蔽金属丝网,形成屏蔽界面。

玻璃钢面层复合材料板一般使用在机体内部,作为隔框时用作电磁防护界面时;主要采用在面板的电磁波入射面安装金属屏蔽板或粘接屏蔽导电纸,通过和金属骨架的充分连接与机身形成电连续;金属骨架和屏蔽物连接面应褪除氧化层,不允许涂缝内胶。

(5) 由于飞机中设备通风和气压平衡的要求,机体结构中存在通风口和均压孔;这2种孔缝对于电磁防护是非常不利的,需要进行封堵,同时又不能影响它的功能,一般是在孔口安装金属丝网或金属蜂窝波导通风板;其中金属丝网只适用于入射电磁波频率小于1GHz的环境中,超过范围频率越高屏蔽效能越差;金属蜂窝波导通风板对高频率电磁波具有可靠的屏蔽效能,但对小

于1GHz的电磁波屏蔽能力较差。

4 特种飞机结构电磁防护的重要性和可行性

特种飞机结构电磁防护,是针对电子战飞机或未来的作战飞机在复杂电磁环境下甚至电磁脉冲武器攻击下保护人员安全、设备安全、燃油安全、电子设备的兼容性而采取的一系列措施;为特种飞机提供安全的电磁环境,为人员、设备、燃油提供安全保障。

随着电子战技术和高能电磁武器的快速发展的今天,结构电磁防护设计技术已显现出异常重要的地位,是重要的安全保障,是飞机结构设计和新机研制最重要的组成部分之一,具有广泛的应用前景和发展空间。

特种飞机电磁防护技术在机体结构本身想办法、找措施,将结构设计和功能实现与电磁防护设计一体化,相对于单纯在电子方法在工程运用上成本低廉,应用范围广泛,使用方法简单;可大规模运用在现役飞机的改装,提高军用特种飞机整体性能。

参考文献

- [1] 路宏敏,余志勇,李万玉.工程电磁兼容第[M].2版.西安电子科技大学出版社,2010-09.

(上接45页)

程中注意:

a. 由于电子水准仪为自动采集数据,受外界环境的影响较大,测量时间应尽量避免雨、雪、大风等恶劣天气,以保证观测成果的可靠性;

b. 测线通过公路的测段,由于大型车辆通过会导致电子水准仪和条码尺的震荡,应暂停观测,等仪器和标尺稳定的前提下方可继续进行测量;

c. 测量前要做好电子水准仪电量的检查,仪器工作中,如果屏幕上显示“BATT change battery”,注意先关机再更换电池;

d. 测量中常会出现仪器无法显示测量结果的现象,产生这一现象的原因有两个:

① 太阳光通过树荫照射到标尺上,在标尺上产生斑纹,使仪器得到的影像受到干扰无法与仪器内的条码图片进行比较和计算,此时,对标尺应加以遮挡,以消除标尺上的斑纹;② 水准仪的物镜端受到光线的直接照射(日落前这种情况最为明显),亮度太强,使得仪器无法得到标尺的影像,出现这种情况,应对仪器加以遮挡。

3 结语

DiNi12数字化水准仪完全可以替代Ni002光学水准仪在各单位跨断层测量项目

中进行推广,结合《跨断层测量规范》和《国家一、二等水准测量规范》对各个断裂带进行地震监测。

参考文献

- [1] 国家地震局.跨断层测量规范[M].北京:地震出版社,1991.
- [2] 国家一、二等水准测量规范.GB/T12897-2006[S].
- [3] 顾庆华.DINI12电子水准仪在台站短水准测量中的应用[M].地震地磁观测与研究,2006.

《中外医疗》稿件要求

1. 来稿具有科学性、先进性和实用性,论点鲜明、论据充分、数据准确、逻辑严谨、文字通顺、图表规范。每篇论文2000~6000字(一般不超过8000字),短篇1500字以内,直接发至电子信箱,来稿请详细注明作者单位、地址、科室、邮编、办公电话、手机号码及E-mail。

2. 来稿不涉及保密问题,署名无争议,稿件一律文责自负,本刊有权对来稿做文字修改。本刊不退稿,请作者自留底稿,请勿一稿多投。

3. 凡投稿后10个工作日未接到稿件处理通知的作者,请及时与本刊联系。