

直9系列直升机机载数据传输电缆布线优化分析

Wiring Optimization Analysis of Airborne Data Transmission Cable in Z9 Series Helicopter

总参陆航部军事代表局驻天津地区军代室 鹿泽伦
 总参陆航部军事代表局 程国福 王宇
 总参陆航部军事代表局驻北京地区军代室 郝钢

[摘要] 直9系列直升机是在法国海豚直升机国产化基础上改进改型形成的快速轻型多用途双发直升机,已生产了十余个型别,是国产直升机的主要机种。经过改型后的直9系列直升机安装了更多的先进机载电子设备和任务设备,设备的信号传输依赖于机载数据传输电缆,数据传输电缆之间的电磁干扰会导致设备不能发挥正常功能,影响了直升机的安全运行和能力发挥。通过对直9系列直升机机载数据传输电缆的仿真分析计算,得到了电缆回路之间的距离、屏蔽层厚度、布线方式与电磁耦合之间的关系。为同类的直升机/飞机的机载数据传输电缆优化布线及电磁兼容设计提供一定参考依据。

关键词: 直9系列直升机 数据传输电缆 布线优化 电磁兼容

[ABSTRACT] Z9 series helicopter is a kind of light multipurpose helicopter with double engines, the prototype model is from France DOLPHIN helicopter. Z9 series helicopters have been domestically produced and have been modified and improved more than 10 models as the main helicopter of China. However the modified and improved Z9 series helicopters have been equipped more and more advanced avionics and complicated mission equipment, the transmission of equipment signal depends on the airborne data transmission cables, electromagnetic interference (EMI) between data transmission cables would cause the device invaliding, affect the ability and safe of helicopter. In this paper, the relationship of the distance between cable loops, the thickness of the shield, wiring and the electromagnetic coupling are calculated and simulation analyzed. This research would provide reference for wiring optimization and electromagnetic compatibility (EMC) design in similar helicopter or aircraft.

Keywords: Z9 series helicopter Data transmission cable Wiring optimization EMC

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.S2.109

经过引进专利生产、国产化和改进改型3个阶段的发展,直9系列直升机的用途不断拓宽。从20世纪80年代初至今的30多年里,为满足国防建设等多种需求,以直9国产化直升机为平台,发展了直9舰载型、侦察型、武装型、警用型等10余种军事或准军事用途的系列直升机^[1-2]。直9直升机的国产化成功奠定了我国直升机工业发展的基础,成为我国直升机自主发展改进改型的立足点。

由于直9直升机原型机为民用运输直升机,电子设备数量少,电磁兼容(EMC)性问题并不突出。经过改型后的直9系列直升机换装了更多的先进机载电子设备和任务设备,设备、天线布局等进行了较大更改,由此产生的电磁兼容问题也日益凸显。机载设备数据传输电缆间的电磁干扰(EMI)会导致部分设备接收有误信号而产生误动作和误报警,直接影响直升机的安全运行和能力发挥^[3]。本文采用电磁兼容设计的“预测分析法”^[4-6],利用ANSOFT软件对直9直升机某机载数据电缆进行了电磁耦合特性的分析,根据计算结果为数据传输电缆的优化布线提供参考依据。

1 仿真模型建立

由于直9系列直升机机载数据传输电缆上的电场分布在纵向均匀分布^[7],因此电缆端口的电场分布可以反映电缆的电磁特性。本文根据直9系列直升机机载数据线的物理参数及材料的参数,建立二维的数据线电缆端口模型进行分析计算。根据直9系列直升机机载数据传输电缆的制造材料和工作环境,确定本文仿真计算所选择的材料。数据传输电缆的线芯、金属屏蔽管道为标准铜材,电缆内绝缘层为聚乙烯,外绝缘为聚氯乙烯,电缆与屏蔽管道之间空间设为真空,数据传输电缆各部分尺寸及材料高频下的相关参数如表1所示。

按照以上尺寸,建立好的模型如图1(a)所示。在建立好的模型基础上,根据有限元计算分析的要求^[8],对模型进行网格的剖分。在网格的剖分过程中,需要根据模型不同部分的尺寸以及相邻部分的网格划分情况对模型进行网格的剖分。由于网格剖分的合理性会影响

表1 模型尺寸及材料参数

结构	半径/mm	材料	相对介电常数	体积电导率 / (S·m ⁻¹)	介质损耗因子
线芯	1	铜	1	5.8 × 10 ⁷	0
内绝缘层	1.2	聚乙烯	2.3	1 × 10 ⁻⁶	0.0005
外绝缘层	1.6	聚氯乙烯	3	1 × 10 ⁻⁸	0.01
金属屏蔽管道	8.5	铜	1	0	0

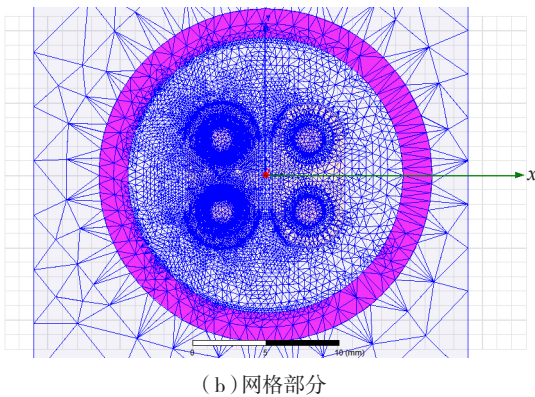
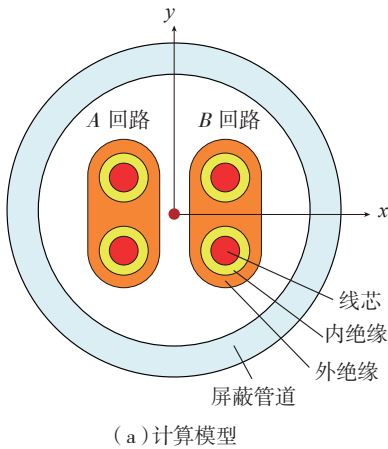


图1 数据传输电缆模型及网格划分

Fig.1 Model and mesh generation of data transmission cable

计算的准确度,所以在网格的剖分过程中,可以通过控制网格的尺寸和数量控制网格质量,以达到一定的计算精度和要求。本文仿真模型的网格划分如图 1(b)所示。

2 仿真结果分析

数据传输电缆之间的电磁耦合,可以使用感应电压的大小来表征。本文的仿真模型为两根相同结构的数据传输线电缆,计算分析电缆之间的距离及夹角、是否有屏蔽、屏蔽层厚度等因素,对感应电压的影响。

2.1 距离与电磁耦合的关系

加载激励的电缆发射的电磁波在空间传播过程中会有能量的损耗,若增大电缆回路之间的距离,可以减小电磁耦合干扰。机载数据传输总线的长度在

1~1.5mm 之间,传输频率为 60MHz,通过计算得到电缆回路之间距离改变时的电磁耦合情况,如图 2 所示可见随着电缆回路之间的距离增加,感应电压成减小的趋势,在距离为 1.5mm 时感应电压减小明显。

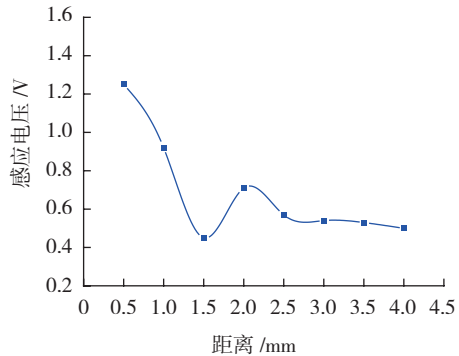


图2 电缆之间距离与感应电压之间的关系

Fig.2 Relationship between distance of cables and induced voltage intensity

本文仿真的机载数据传输总线电缆,负载激励信号的电缆回路与非负载电缆回路构成幻路,幻路中电磁波的传输也有衰减特性^[9]。当两个数据传输总线电缆之间的距离为 1.5mm 时,两根电缆的导电线芯间的中心距离与导体线芯直径之比接近 2.3,所以衰减比较小,所以在未负载激励中耦合的能量也比较小,表现为感应电压的减小。

2.2 金属屏蔽层与电磁耦合的关系

在数据传输电缆的外面一般会加装金属屏蔽管道,一方面可以防止外部电磁场的干扰,另一方面可以改变数据传输电缆所在空间的电磁场分布。加装了标准铜材料的金属屏蔽管道前后的计算如图 3 的电磁感应云图所示。可见数据传输电缆回路之间的电磁场的分布与未加屏蔽层时有明显的不同,金属屏蔽层对电磁场有反射和吸收的作用。

金属屏蔽管道对敷设在其内部的电缆所辐射的电磁场的反射作用和金属管道的厚度有一定的关系。为了研究金属屏蔽层厚度对非负载电缆中感应电压的影响,在之前模型的基础上,改变金属屏蔽层的厚度,计算非负载电缆中的感应电压的强度。由于直升机上空间有限而且要严格控制机载设备的重量,所以只选择 1.5mm、2mm、3mm、4mm、5mm、6mm 的厚度计算感应电压的分布。屏蔽层厚度与感应电压之间的关系如图 4 所示。可见金属屏蔽层越薄,对电磁波的反射能力越强,非加载电缆回路的感应电压越大。金属屏蔽层厚度增加,其对电磁场的反射能力开始降低,但是当厚度达到某一个值(本仿真为 3mm)以后,降低的速度开始减缓。屏蔽层对数据传输总线电缆之间的电磁耦合有一定的

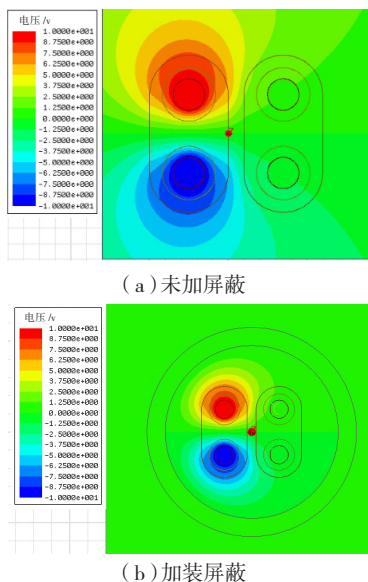


图3 加装金属屏蔽前后电缆端口电场分布
Fig.3 Electric field distribution of cable port before and after adding metal shielded pipeline

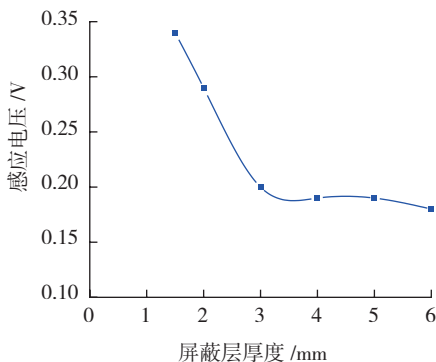


图4 屏蔽层厚度与电缆中感应电压的关系
Fig.4 Relationship between shielding thickness and induced voltage intensity of cable

影响。

由于直9系列直升机机载数据传输电缆工作在高频段,所以只考虑高频下屏蔽体对总线电缆电磁兼容的影响^[10]。在高频电磁场的作用下,金属屏蔽层中会产生一个感应涡流,这个涡流会产生一个反磁场来抵消辐射磁场。除了涡流产生的一个反磁场抵消原来的辐射磁场外,涡流在屏蔽体内流动,产生热量,损耗电磁波的能量,产生波吸收的作用。同时,由于电磁波的波阻抗与屏蔽体的特征阻抗不相同,电磁波在穿过屏蔽体时产生波反射,而且在屏蔽体内部产生多次反射。屏蔽体对电磁波的吸收和波反射作用,使得电磁波产生能量损耗^[11],实现了对电磁波的屏蔽作用。

2.3 布线方式与电磁耦合的关系

为了研究不同的布线方式对电缆之间电磁耦合的影响,在之前模型的基础上,保持其余参数不变,只改变

两根总线数据电缆的敷设角度。不同敷设角度的仿真结果如图5所示。

通过与之前的计算结果相比较,可知改变电缆的敷设尺寸感应电压有所变化。敷设角度与感应电压之间的关系如图6所示。可见随着两根电缆之间夹角的增加,感应电压先增加,然后减小。两根电缆垂直敷设和平行敷设时,未加载激励的电缆中的感应电压大小变化不明显。由于磁场的磁力线在被干扰回路中有交联,主要由磁场耦合引起的感应电压。当两根电缆成其他角度敷设时,电场耦合和磁场耦合同时存在,因此感应电压有增大的趋势。

3 结论

通过对数据传输电缆的仿真分析,得到了线间距离、金属屏蔽层厚度以及布线方式对线间未加载回路中感应电压的影响。对于文中计算的物理模型,在线间距

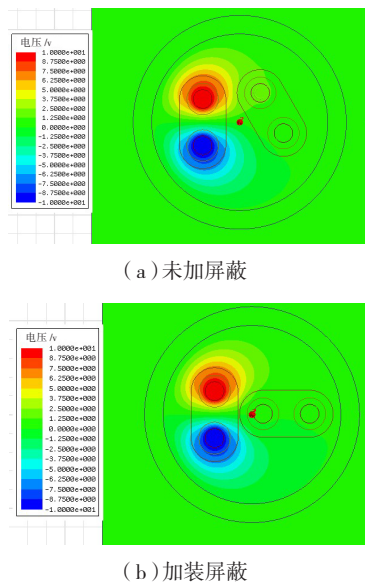


图5 改变电缆方向敷设后端口电场分布
Fig.5 Electric field distribution of cable port after change the direction of installation

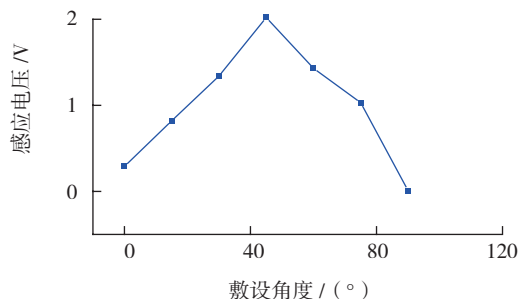


图6 敷设角度与感应电压的关系
Fig.6 Relationship between the angle of laying and induced voltage intensity

(下转第116页)

最后,慎用挖补。只要原胶层未失效,为避免出现新漏点,尽量不采用大面积清除旧胶的方式。由于挖补不允许使用金属刀具,无法切除旧胶层,反而会因施工环境狭小、视线不佳以及工人疲惫而出现大面积胶层被扯离的现象,带来更大渗漏隐患。

6 结论

在飞机油箱渗漏修理中,最关键的问题是内部漏源的确和修理方案的制定。

首先,从试验、修理实践情况可以看出,应该大力提倡先进的氦/氢质谱检漏仪在航空部装、总装、维修等领域的运用,只要使用合理,该仪器对确定封闭区域内部/外部漏点是非常可靠的。

其次,异种聚硫密封剂配套使用的效果是良好的,相互胶接后的“T”形剥离试片破坏形貌均为内聚破坏,完全满足修复使用要求。

再次,压力灌封对于内部复杂漏源的修补效果理想。

最后,稀释后的密封剂可以采取喷涂覆盖施工,对修补最后的残留空隙、气孔等可实现再次封堵,提高修补可靠性。同时,喷涂密封剂理化指标合格。

参考文献

- [1] 《中国航空材料手册》编辑委员会.中国航空材料手册(第8卷).北京:中国标准出版社,2002.
- [2] 代永朝,董玉祥.飞机整体油箱渗漏的粘接修理.粘接,2003,24(2):34-35.

(责编 李丹)

(上接第 108 页)

国家级科技中介、省级科技中介以及市级、地方性科技中介,并注重科技中介的能力建设,同时加强科技中介的人才队伍建设,为科技中介的市场发展创造良好的环境。另外可设立会员制的科技中介,这种形式的科技中介是由多数大企业组成的行业协会,每年与科研单位举行科技研讨会、交流会、科研单位与企业见面会等。科技中介的参与可降低科研单位的延伸成本和转化风险,加快科技成果产业化和科研单位的价值链延伸。

(5) 提供科研单位价值链延伸的催化剂。

在价值链延伸过程中,科研与中试的每一环节都需要资金投入,并且投资规模越往后越大,资金是价值链延伸的催化剂。政府用于科学成果及技术改造的经费,应当有一定比例用于科技成果转化。为了降低科研单位的资金压力,政府应对价值链延伸活动实施税收优惠政策,并鼓励科研单位的科技成果与金融机构资金、企业资金、风险投资、民间基金和私人资本相互联系,解决价值链延伸过程中资金不足的问题,加速高风险、高收

益科技成果的转化。

由以上分析可以看出科研单位延伸价值链不仅仅取决于科研单位自身的资源和转化意识,而且还需要企业创新的管理意识和对科技的需求、科技中介的牵线搭桥以及政策的引导和资金投入。科研单位价值链的延伸能更好地解决科技与经济的问题,促进经济和社会更好地发展。

参考文献

- [1] 徐冠华.我国科技中介机构存在五大问题.中国改革报,2003(23):31-32.
- [2] 陆海霞.对我国科技成果产业化的思考.科学管理文摘,2005(3):17-19.
- [3] 唐五湘,黄伟.科技成果转化的理论与实践.北京:方志出版社,2004.
- [4] 黄俏.科研单位科技成果转化的制约因素及对策建议.玻璃,2012(3):45-47.
- [5] 蒋同明.企业与高校或科研单位合作创新模式研究.企业活力,2010(6):43-46.

(责编 李丹)

(上接第 111 页)

离为 1.5mm 时达到最小值,金属屏蔽层厚度为 3mm 左右时感应电压达到一个比较平稳的数值,当两个回路平行或者垂直敷设的时候,感应电压最小。研究的结果对相关类型直升机机载数据电缆的合理布线以及提高其电磁兼容性能具有一定指导意义。

参考文献

- [1] NIGEL J C. The past present and future challenges of aircraft EMC. IEEE Trans on EMC, 2003:1-4.
- [2] 杨彦滨,曲海波,王铁军.直9直升机发展设想.第十九届全国直升机年会,2003:2-6.
- [3] 张寅,叶志锋,徐建国,等.电子控制器 PCB 板电磁兼容性仿真与试验研究.航天控制,2012,30(1):49-53.
- [4] 苏东林,雷军,王冰切.系统电磁兼容技术综述与展望.宇航计测技术,2007,9(6):35-38.
- [5] 赵刚,李国成.舰船电磁兼容设计与仿真发展对策研究.舰船电子工程,2007,4(22):42-46.
- [6] 王九兴,周清根.某箭载综合放大器电磁兼容(EMC)设计.航天控制,2007,25(2):82-86.
- [7] 赵剑飞.总线电缆传输电磁耦合仿真及分析[D].北京:北京交通大学,2009:25-30.
- [8] 董志艳.漏泄电缆空间场分布特性研究[D].大庆:大庆石油学院,2007:33-34.
- [9] 陈国凡.电子设备互连电缆的电磁耦合数值结果分析.安全与电磁兼容,2008(1):79-80.
- [10] 唐良宝.电子设备屏蔽腔体电磁耦合的预测分析.光学技术,2005,31(9):395-397.
- [11] 钱照明,程肇基.电磁兼容设计基础及干扰抑制技术.杭州:浙江大学出版社,2000:63-69.

(责编 宁军)