

# 某型车载天线的环境适应性设计

周 瑾 任利媛

陕西烽火通信集团有限公司 陕西 宝鸡 721006

**摘要:** 本文先分析了温度、振动、电磁环境对天线的影响,接着阐述了设计要点,涵盖温度、湿度、振动、电磁适应性设计。然后介绍了环境适应性设计的验证与评估方法,包括环境试验方法、评估指标与方法,以及依据试验和评估结果对设计进行改进与优化,旨在提升天线在复杂环境下的适应性和可靠性,保障车辆通信系统稳定运行。

**关键词:** 某型车载天线; 环境适应性; 设计

## 引言

随着汽车电子技术的飞速发展,车载天线在车辆通信系统中扮演着越来越重要的角色。然而,车载天线在实际使用中会面临温度、湿度、振动和电磁环境等多种挑战,这些环境因素严重影响天线的性能和可靠性。因此,对车载天线进行环境适应性设计显得尤为重要。本文将探讨这些环境因素对车载天线的影响,并提出有效的设计策略以提高其环境适应性。

## 1 环境因素对车载天线的影响分析

### 1.1 温度和湿度的环境影响

温度影响方面,高温条件下天线材料受热膨胀导致结构变形,改变天线辐射特性,使辐射方向、增益等关键参数出现偏差,影响通信效果,同时加速天线内部电子元件老化,降低性能指标、缩短使用寿命,影响系统稳定性与可靠性;低温环境下材料脆性增加,天线结构受外力或自身应力作用易损坏,如断裂、开裂,且低温使天线馈线导电性能变差、电阻增大,信号传输损耗增加、接收信号强度减弱,影响通信质量,因此车载天线设计需重点考量温度因素并采取防护措施保障其在不同温度环境正常工作。湿度影响方面,高湿度时水汽易在天线表面和内部凝结,表面水汽改变电学特性,影响辐射效率和方向性,导致通信信号发射和接收异常,内部水汽会腐蚀金属部件致接触不良、增加信号传输损耗,还可能滋生霉菌破坏绝缘材料、降低绝缘性能甚至引发短路;低湿度环境下虽水汽凝结和腐蚀问题少,但干燥空气易产生静电,积累到一定程度产生静电放电会损坏天线内部电子元件、影响性能和寿命,因此车载天线设计需重视湿度因素并采取防护手段确保其在各种湿度条件良好工作。

### 1.2 振动环境影响

车辆行驶时会产生各类振动,这些振动会传递至车载天线,进而带来一系列负面影响。长期持续的振动会

使天线结构出现松动现象,原本紧密相连的各个部件之间连接不再稳固。这种松动会直接导致天线的机械强度降低,结构稳定性变差,在车辆行驶过程中更易受到外界因素干扰。同时,振动会作用于天线结构,引发疲劳损坏。材料在反复振动下,内部微观结构发生变化,疲劳裂纹会逐渐产生并不断扩展。随着裂纹的增多和扩大,天线结构的承载能力逐渐减弱,最终可能导致结构失效,无法正常发挥功能。另外,振动还容易使天线与馈线之间的连接变得松动。连接松动会破坏信号传输的稳定性,造成信号传输中断或质量下降。信号中断会使车辆无法及时获取和发送信息,导致通信功能完全丧失;信号质量下降则会使信息在传输过程中出现误码、失真等情况,影响通信的准确性和可靠性,所以在车载天线设计环节,必须充分考虑振动因素,采取有效的减振和加固措施,降低振动对天线性能的影响,确保天线在复杂振动环境下稳定工作。

### 1.3 电磁环境影响

电子设备广泛应用使车辆周围电磁环境愈发复杂,给车载天线带来多方面影响。强电磁干扰会扰乱车载天线正常工作,导致接收信号失真,信息传输出现错误,误码率上升,通信质量严重下降。在复杂电磁环境下,天线难以准确接收和发送信号,通信系统可能无法正常运行。这是因为强电磁干扰会叠加在天线接收的信号上,破坏信号的原始特征,使天线难以从噪声中提取有效信息。此外,车载天线自身也可能成为电磁辐射源,对周围电子设备产生干扰。天线在工作过程中会向外辐射电磁波,若辐射强度超出一定范围,就可能影响其他电子设备的正常工作。这种相互干扰可能引发诸多问题,如电子设备出现功能异常、运行不稳定,甚至导致数据丢失。数据丢失可能涉及车辆行驶过程中的重要信息,如导航数据、车辆状态数据等,对行车安全和车辆管理带来不利影响<sup>[1]</sup>。

## 2 某型车载天线环境适应性设计要点

### 2.1 温度适应性设计

一是材料选择,要选用热稳定性出色的材料来打造天线结构,对于天线辐射体,应挑选高强度且低膨胀系数的材料,例如特定铝合金,它能够有效减少因温度变化而导致的结构变形,进而保障天线结构的稳定性。对于电子元件,则要选择工作温度范围宽泛、具备良好耐高温与低温性能的产品,以此适应不同的温度环境。二是散热设计,针对发热量较大的电子元件,需采取有效的散热举措。可在天线内部设置散热片,通过增大散热面积来提升热量散发效率,并且要合理规划天线内部电子元件的布局,避免元件过度集中而造成热量堆积,确保热量能够均匀散发,使天线在高温环境下依然可以正常工作。三是温度补偿设计,一些电气参数对温度变化较为敏感,为保证信号传输的稳定性,可采用温度补偿技术进行校正。具体而言,在天线馈线中加入温度补偿元件,这些元件能够实时感知温度变化,并依据变化自动调整馈线的电气参数,从而抵消温度变化对信号传输产生的不利影响,确保信号传输的质量和稳定性。

### 2.2 湿度适应性设计

(1) 密封设计是基础,应挑选密封性能优良的外壳与连接件,以此有效阻止水分进入天线内部。外壳可选用工程塑料或不锈钢这类具备防水防潮特性的材料,在接缝处使用密封胶进行密封处理,还要高度重视天线与馈线、天线与车辆连接处的密封工作,确保整体具备良好的密封性,防止水分从这些连接部位侵入天线内部。

(2) 防潮处理是关键,针对天线内部的电子元件和金属结构,需采取不同的防潮措施。对于电子元件,可在其表面涂覆防潮涂层,形成一层保护膜,从而抵御水分的侵蚀,保障电子元件能够正常工作。对于金属结构,则可采用镀锌、喷塑等表面处理工艺,在金属表面形成一层致密的防护层,提升其防潮性能,减少因潮湿环境引发的腐蚀问题。(3) 除湿设计也不可或缺,在天线内部设置干燥剂等除湿装置,干燥剂能够吸附天线内部的水分,及时降低内部湿度,保持天线内部的干燥环境,还要建立一套完善的定期检查和更换干燥剂的制度。因为干燥剂的吸湿能力会随着时间的推移而逐渐下降,定期更换干燥剂可以确保其始终保持良好的除湿效果,避免因干燥剂失效而导致天线内部湿度上升,进而影响天线的性能和可靠性。

### 2.3 振动适应性设计

振动适应性设计对保障车载天线在车辆行驶振动环境下的稳定运行至关重要,涵盖结构优化、连接加固及

测试验证等内容。结构优化设计是提升抗振动能力的核心,需采用合理天线结构形式,通过增加天线结构刚度和强度来减少振动引发的变形,确保天线在振动中保持结构稳定,同时运用橡胶减振垫、弹簧减振器等减振装置,吸收和分散振动能量,降低振动对天线的直接冲击,减轻对天线性能的影响。连接加固设计也不容忽视,要对天线与馈线、天线与车辆之间的连接部位进行加固,选用高强度连接件并采用可靠连接方式,保证连接牢固,防止振动中连接失效,此外在连接部位增加防松螺母、弹簧垫圈等防松装置,防止振动导致连接松动,保障信号传输稳定。振动测试与验证是设计的重要环节,天线设计完成后需进行振动测试和验证,模拟车辆行驶振动环境对天线进行试验,检测其机械强度、稳定性和电气性能是否满足设计要求,记录各项性能指标并分析振动影响,依据测试结果对天线设计进行优化改进,持续提升天线抗振动能力。

### 2.4 电磁适应性设计

电磁适应性设计对车载天线在复杂电磁环境下的稳定运行起着关键作用,主要涵盖屏蔽设计、滤波设计和接地设计。屏蔽设计重点在于防止外部电磁干扰侵入天线内部,需对内部电子元件和电路实施屏蔽处理,可采用金属屏蔽罩将元件和电路包裹,阻挡外部电磁波,同时使用屏蔽电缆减少信号传输时的电磁泄漏与干扰;此外,要合理规划天线内部电子元件和电路布局,避免距离过近或走线交叉,以降低相互间的电磁干扰,保障各部分正常工作。滤波设计用于提升信号质量,通过在天线馈线中加入滤波器,依据天线工作频率和电磁环境特点选择与设计滤波器,精准滤除特定频率范围的干扰信号,只让有用信号通过,进而提高信号的纯净度和稳定性<sup>[2]</sup>。接地设计是提高天线电磁兼容性的重要手段,天线要采用可靠接地方式,将天线外壳、电子元件等与车辆接地系统相连,形成完整导电通路,使电磁干扰电流迅速导入大地,降低干扰影响。

## 3 某型车载天线环境适应性设计的验证与评估

### 3.1 环境试验方法

为验证与评估某型车载天线环境适应性设计,需开展涵盖温度、湿度、振动及电磁兼容等多方面的环境试验。温度试验时,将车载天线置于高低温试验箱,按相关标准设定温度范围与变化速率进行温度循环试验,期间实时监测其电气性能和机械性能并记录数据,以此判断天线在不同温度下的性能表现。湿度试验采用恒定湿热或交变湿热试验方法,把天线放入湿热试验箱模拟高湿度环境,着重检查天线密封、绝缘性能和电气性能,

观察是否有水分渗入及元件腐蚀现象,确保其在潮湿环境能正常工作。振动试验借助振动试验台,对天线开展正弦振动和随机振动试验,模拟车辆行驶振动环境,持续监测其机械强度、稳定性和电气性能,并检查连接部位是否松动,保障振动环境中连接可靠性。电磁兼容试验则依据相关标准,对天线进行辐射发射、传导发射、辐射抗扰度和传导抗扰度等试验,全面评估其在复杂电磁环境下的工作能力及对周围电子设备的干扰情况,确保天线具备良好电磁兼容性和稳定性。

### 3.2 评估指标与方法

评估某型车载天线环境适应性设计,主要从电气性能、机械性能和可靠性三方面进行。电气性能评估聚焦于天线增益、方向图、驻波比等电气参数是否符合设计要求。在环境试验开展前后,需对天线电气性能进行测试,并对测试结果进行对比分析。通过这种方式,能够清晰判断环境因素对天线电气性能产生了何种程度的影响,明确天线在不同环境条件下的电气性能变化情况。机械性能评估方面,重点检查天线结构是否出现变形、损坏,连接部位有无松动,以及机械强度是否达到要求。评估过程中,采用外观检查的方法,直观查看天线表面是否存在异常;进行尺寸测量,确保天线各部分尺寸符合设计标准;开展力学性能测试,检验天线在受力情况下的性能表现。通过这些方法,全面评估天线的机械性能。可靠性评估依据环境试验中出现的故障情况以及天线的使用寿命数据展开。采用可靠性统计方法,对收集到的数据进行分析处理,计算天线的可靠度、失效率等可靠性指标<sup>[3]</sup>。可靠度反映了天线在规定条件下和规定时间内完成规定功能的概率,失效率则体现了天线在单位时间内发生故障的概率,通过计算这些指标,能够准确评估天线的可靠性水平,为后续优化设计提供依据。

### 3.3 改进与优化

(1) 在电气性能方面,若试验结果显示天线在高温

环境下性能明显下滑,应将优化重点放在散热设计上。可重新规划天线内部的散热结构,增加散热通道的数量与合理性,让热量能够更顺畅地散发出去,同时选用导热性能更佳的材料,提升热量传递的效率。(2) 在机械性能方面,若发现天线在振动环境下连接部位出现松动现象,需着重强化连接加固措施,一方面,对连接件进行升级,选用强度更高、抗疲劳性能更优的材料,增强连接件自身的稳固性;另一方面,改进连接方式,采用更为可靠的螺纹连接,或者增加连接点的数量,分散振动带来的应力。(3) 对于其他方面暴露的问题,若密封性能不佳导致水分渗入天线内部,需从密封设计角度进行改进,优化密封结构、选用密封性能更好的材料,提升整体的密封效果。若电磁兼容性差影响信号传输,则要从电磁适应性设计方面着手,通过优化天线布局、增加滤波电路等措施,减少电磁干扰,确保信号传输的稳定性。

### 结语

综上所述,通过对车载天线环境适应性设计的深入分析和试验验证,我们能够确保天线在各种恶劣环境下保持高性能和高可靠性。持续的改进和优化将进一步增强车载天线的环境适应能力,为车辆通信系统的稳定运行提供坚实的保障。随着技术的不断进步,未来的车载天线设计将更加注重环境适应性,以满足日益增长的车辆通信需求。

### 参考文献

- [1] 马泽泽,白雅洁,华福祥,等.某车载雷达天线前端力学仿真分析[J].现代机械,2025(2):6-10.
- [2] 刘树中,陈岳承,田博,等.某型车载电台强电磁脉冲环境效应仿真和试验[J].电子测试,2022(1):10-14,77.
- [3] 董鹏乐.电磁环境下车载通信设备的抗干扰适应性分析[J].环境技术,2020,38(3):132-137,147.