

# 短波发射机与天线一体化优化技术探索

索白<sup>1</sup> 罗桑次仁<sup>2</sup>

1. 西藏自治区广播电视局033台 西藏 拉萨 850000

2. 西藏广播电视台 西藏 拉萨 850000

**摘要:** 本文围绕短波发射机与天线一体化优化技术展开。阐述了两者工作原理及一体化概念意义,剖析现存匹配、电磁兼容、系统集成等问题,提出匹配、电磁兼容、系统集成优化技术,还展望了新材料新工艺应用、智能化自动化发展及性能提升方向,为短波通信系统优化提供理论支撑与实践参考。

**关键词:** 短波发射机; 短波天线; 一体化; 优化技术; 发展趋势

**引言:** 短波通信凭借远距离传输特性,在应急等领域发挥关键作用。然而,传统发射机与天线分体设计存在信号损耗大、系统复杂度高、稳定性差等问题。一体化技术通过整合设备结构与功能,减少信号传输路径,降低电磁干扰,简化安装调试流程,提升系统整体性能。本文从基础理论出发,分析现存问题,探讨优化技术,展望发展趋势,为短波通信系统升级提供理论支撑。

## 1 短波发射机与天线一体化基础理论

### 1.1 短波发射机工作原理

短波发射机通过信号产生、调制放大和射频输出三个核心环节实现信号发射,振荡器利用电子电路振荡生成高频载波信号,作为信息承载基础。调制过程通过幅度、频率或相位变化将音频或低频信号与载波结合,如调幅(AM)通过改变高频载波幅度传递信息。为满足远距离传输需求,信号需经多级放大处理,前置放大器提升信号强度,功率放大器采用晶体管或电子管实现大功率放大。输出前,滤波器对信号进行频段选择,抑制杂散频率干扰,提升信号纯净度。经处理后的信号通过馈线传输至天线,最终辐射至空间完成通信链路构建。多级协同工作确保发射机高效完成高频信号生成与精准调制,适应复杂电磁环境下的通信要求。

### 1.2 短波天线工作原理

短波天线基于电磁感应原理实现电磁波的辐射与接收。当发射机输出的高频电流通过天线时,天线周围空间产生交变电磁场,该电磁场以电磁波形式向远处传播。接收过程则相反,外界电磁波在天线导体上感应出微弱电流,经馈线传输至接收机<sup>[1]</sup>。不同类型短波天线特性各异。水平天线多采用偶极子或对数周期结构,架设于高处,水平方向辐射能力强,适合远距离通信,信号传播损耗相对较小,能有效覆盖广阔区域。垂直天线

垂直于地面安装,其优势在于全向辐射,在近距离通信中,可向各个方向均匀辐射信号,无需精确对准接收端,使用灵活方便。但垂直天线在高仰角辐射时,信号易受地面反射影响,导致信号质量波动。

### 1.3 一体化概念与意义

短波发射机与天线一体化,指将发射机与天线在结构和功能上进行整合设计,减少传统分体设备间复杂的连接环节。传统模式下,发射机与天线通过较长馈线相连,信号在传输过程中会产生损耗,且馈线易受外界电磁干扰。一体化设计缩短信号传输路径,降低损耗,提高信号传输效率。从系统复杂度来看,一体化减少设备数量和连接线缆,简化安装调试流程。分体设备需分别安装发射机和天线,还需进行复杂的阻抗匹配调整;一体化设备集成度高,现场安装只需简单固定和参数设置,降低操作难度。在稳定性方面,一体化设计减少因连接松动、接口氧化等因素导致的故障风险,同时优化内部电磁环境,降低相互干扰,使整个通信系统运行更稳定可靠,为短波通信提供坚实保障。

## 2 短波发射机与天线一体化现存问题分析

### 2.1 匹配问题

短波发射机与天线的匹配程度直接决定信号传输效能。在阻抗匹配方面,发射机输出阻抗与天线输入阻抗若不匹配,会导致信号反射现象。当两者阻抗差异较大时,部分发射信号无法被天线有效辐射出去,而是沿馈线返回发射机,形成驻波。驻波的存在不仅造成信号能量损耗,还可能使发射机末级功率器件承受过高电压,加速器件老化甚至损坏。频率匹配同样关键。短波频段范围较宽,发射机工作频率需与天线谐振频率精准契合。若发射机输出频率偏离天线谐振频率,天线的辐射效率将大幅下降。例如,天线在某特定频率下呈现最佳辐射性能,当发射机频率偏移时,天线的方向性、增益

等参数发生改变,信号覆盖范围缩小,远距离传输时信号强度衰减加剧,难以满足通信需求。而且,频率失配还可能引发谐波干扰,对其他通信频段产生不良影响。

## 2.2 电磁兼容问题

短波发射机与天线工作时产生的电磁干扰对系统及周边设备危害显著。发射机内部电路复杂,功率放大、振荡等模块在高频工作状态下,会产生杂散辐射<sup>[2]</sup>。这些杂散信号通过空间辐射或馈线传导,干扰天线正常接收和发射信号。例如,杂散信号与有用信号叠加,导致接收端解调困难,信号失真。天线作为辐射和接收电磁波的部件,也会与周边设备产生电磁耦合。当发射机大功率工作时,天线辐射的强电磁场会在周边金属物体上感应出电流,形成二次辐射源。这些二次辐射不仅干扰其他电子设备正常运行,还可能与发射机和天线产生互调干扰,产生新的频率分量,造成通信信号混乱。周边设备产生的电磁噪声,也会被天线接收,叠加在有用信号上,降低通信信噪比,影响信号质量。

## 2.3 系统集成问题

将发射机与天线进行一体化集成面临多重结构与兼容性挑战。在结构设计上,需兼顾发射机散热与天线机械强度。发射机工作时产生大量热量,若散热结构设计不合理,会导致内部元件温度过高,性能下降甚至失效。而天线的结构设计要保证在各种环境条件下稳定工作,同时要为发射机留出足够空间,两者布局若不协调,会影响整体机械稳定性。布线布局同样棘手。发射机与天线之间的馈线、控制信号线等多种线缆需合理排布。若布线不当,不同线缆间会产生电磁耦合,引发串扰。例如,高频信号线与电源线平行布线,电源线的电磁干扰会耦合到信号线上,造成信号畸变。线缆过长会增加信号传输损耗,过短又可能影响设备安装和维护。设备兼容性方面,不同厂家生产的发射机和天线,在接口标准、电气参数等方面存在差异。如接口形式不统一,会导致连接困难;电气参数不匹配,可能出现信号传输不稳定等问题。随着技术发展,新设备不断涌现,老旧设备与新设备之间的兼容性问题也日益凸显,给一体化集成带来阻碍。

# 3 短波发射机与天线一体化优化技术

## 3.1 匹配优化技术

在短波发射机与天线一体化系统中,阻抗匹配优化是保障信号高效传输的关键环节。通过匹配网络设计,构建由电容、电感等元件组成的特定电路结构,能够对发射机输出阻抗与天线输入阻抗进行调节。不同频段下,阻抗特性差异显著,调谐技术可根据实际工作频

段,动态调整匹配网络参数,使发射机输出阻抗与天线输入阻抗达到最佳匹配状态。当两者阻抗匹配良好时,信号反射大幅减少,功率能够最大限度地由发射机传输至天线,进而辐射到空间中,避免因阻抗失配导致的功率损耗与信号失真。频率匹配优化直接影响信号传输的稳定性与高效性。发射机的工作频率需与天线的谐振频率精准契合。可通过调整发射机内部的振荡电路参数,改变输出信号频率;同时对天线的结构尺寸进行微调,改变天线的谐振频率。如缩短或延长天线振子长度,会使天线的谐振频率发生变化。在实际操作中,依据工作频率范围,对发射机与天线的频率进行反复校准与调试,确保两者在同一频率下协同工作,实现信号的稳定、高效传输。

## 3.2 电磁兼容优化技术

干扰抑制技术是解决发射机与天线之间电磁干扰问题的重要手段。屏蔽措施通过使用金属屏蔽罩将发射机或天线包裹,阻止电磁信号的外泄与外部电磁信号的侵入,形成物理隔离屏障<sup>[3]</sup>。滤波则利用滤波器对特定频段的干扰信号进行抑制,保留有用信号,使信号传输更纯净。接地设计将设备的金属外壳与大地相连,为干扰电流提供低阻抗通路,将干扰信号引入大地,从而降低设备间的电磁干扰。布局优化在减少电磁干扰方面发挥着重要作用。合理规划发射机与天线的相对位置,避免两者近距离平行放置,防止电磁耦合产生干扰。将发射机的强电部分与天线的弱电部分分隔开来,减少电场与磁场的相互影响。应考虑信号传输路径,缩短高频信号的传输距离,降低信号在传输过程中受到干扰的概率。

## 3.3 系统集成优化技术

结构设计优化旨在提升一体化设备的紧凑性与可靠性。采用模块化设计理念,将发射机与天线的功能模块进行合理划分与整合,使设备结构更加紧凑。通过优化机械结构,选用高强度、轻质的材料,增强设备的机械强度与抗震性能,确保设备在复杂环境下稳定运行。应合理规划设备内部空间,为各功能模块提供充足的散热空间,防止因热量积聚影响设备性能。布线优化对减少信号损耗与干扰至关重要。对线路进行分类布局,将电源线、信号线、地线分开布置,避免不同类型线路之间的电磁耦合。采用屏蔽线缆传输信号,减少信号在传输过程中的辐射与外界干扰的影响。合理规划线路走向,避免线路迂回、交叉,缩短信号传输路径,降低信号损耗。设备兼容性优化致力于提升发射机与天线及其他相关设备之间的协同工作能力。在设计阶段,充分考虑各设备的接口标准与电气特性,确保设备之间能够实现无

缝连接。对设备的软件与硬件进行优化,使其能够相互兼容,协同工作。如优化发射机的控制软件,使其能够与天线的调谐设备进行有效通信,实现自动匹配与调整,提高系统整体性能。

#### 4 一体化优化技术的发展趋势与展望

##### 4.1 新材料与新工艺应用

在短波发射机与天线一体化设备发展进程中,新型材料与先进工艺将发挥关键作用。高导电性材料凭借优异的导电性能,可显著降低信号传输过程中的损耗。传统导体在高频信号传输时,因趋肤效应,电流集中于表面,导致电阻增大,而高导电性材料能有效改善这一状况,让信号更高效地从发射机传输至天线,减少能量损失。吸波材料的应用前景同样广阔。此类材料可吸收电磁能量,将其转化为热能散发,有效抑制设备内部的电磁反射与干扰。在一体化设备内部,发射机产生的电磁信号可能在有限空间内多次反射,形成干扰杂波,影响信号质量,吸波材料能吸收这些杂散信号,净化设备内部电磁环境。先进工艺方面,增材制造技术可实现复杂结构的一体化成型。对于一体化设备中形状不规则的部件,如特殊结构的天线振子或发射机散热部件,增材制造能够根据设计要求精准成型,无需传统加工中的多道工序与模具,不仅提高生产效率,还能优化部件结构,提升设备性能。精密加工工艺则可保障部件的高精度制造,使发射机与天线的接口、连接部件等尺寸精度达到更高标准,减少因尺寸误差导致的接触不良与信号损耗。

##### 4.2 智能化与自动化发展

智能化控制技术在短波发射机与天线一体化系统中的应用将愈发深入。通过引入人工智能算法,系统能够实时感知外部环境变化与设备运行状态<sup>[4]</sup>。当工作频段的电磁环境发生改变,存在较强干扰信号时,智能控制系统可自动分析干扰特征,快速调整发射机的工作参数,如频率、功率、调制方式等,同时对天线的方向、极化方式进行优化,以适应新的环境,保障通信的稳定性。自动化调试技术将简化设备的安装与维护流程。在设备安装阶段,自动化调试系统可自动对发射机与天线的各项参数进行检测与调整,无需人工逐点调试。通过预先设定的程序,系统能够自动扫描频率范围,寻找最佳匹配点,完成阻抗匹配与频率校准。在设备运行过程中,

自动化调试系统持续监测设备性能指标,一旦发现参数偏移或性能下降,立即启动自动调整程序,恢复设备正常运行,降低人工维护成本与工作量。

##### 4.3 性能提升方向

未来,一体化技术在通信距离拓展方面将取得突破。通过优化发射机的功率放大技术与天线的辐射效率,能够使信号传输得更远。新型功率放大器设计可提高功率转换效率,在相同能耗下输出更强功率;天线结构的创新设计,如采用相控阵技术,可实现波束的定向辐射,增强信号在特定方向的传播能力,从而增加通信距离。在抗干扰能力提升上,一方面将研发更先进的干扰识别算法,使系统能够快速准确地识别各类干扰信号,包括同频干扰、邻频干扰、宽带干扰等;另一方面,采用自适应滤波技术,根据干扰信号特征动态调整滤波参数,有效抑制干扰信号,同时保留有用信号,保障通信的可靠性。对于信号质量的提升,将从信号调制解调技术与传输链路优化两方面入手。新的调制解调算法可提高频谱利用率,降低误码率,使信号传输更准确。优化传输链路,减少信号在发射机、天线及连接线缆中的损耗与失真,确保接收端能够接收到高质量的信号,满足日益增长的通信需求。

##### 结束语

短波发射机与天线一体化优化技术是提升通信效能的重要方向。通过匹配优化、电磁兼容设计与系统集成创新,可显著提高信号传输效率与稳定性。未来,新材料应用、智能化控制与性能提升技术将推动一体化设备向小型化、高效化、智能化发展。随着技术不断突破,短波通信将在复杂电磁环境中展现更强适应能力,为全球通信网络建设提供可靠保障。

##### 参考文献

- [1]唐明珠,宗庆华.中短波发射机天线匹配网络技术研究[J].电子科技,2020,33(2):123-128.
- [2]杜宏文.大功率短波发射机天线故障远程监测系统设计[J].通信电源技术,2021,38(12):70-73.
- [3]任建祥.短波发射机天线交换开关系统改造[J].广播电视信息,2022,29(2):81-84.
- [4]王磊.短波调幅广播多频发射机关键技术研究[J].广播与电视技术,2025,52(2):86-90.