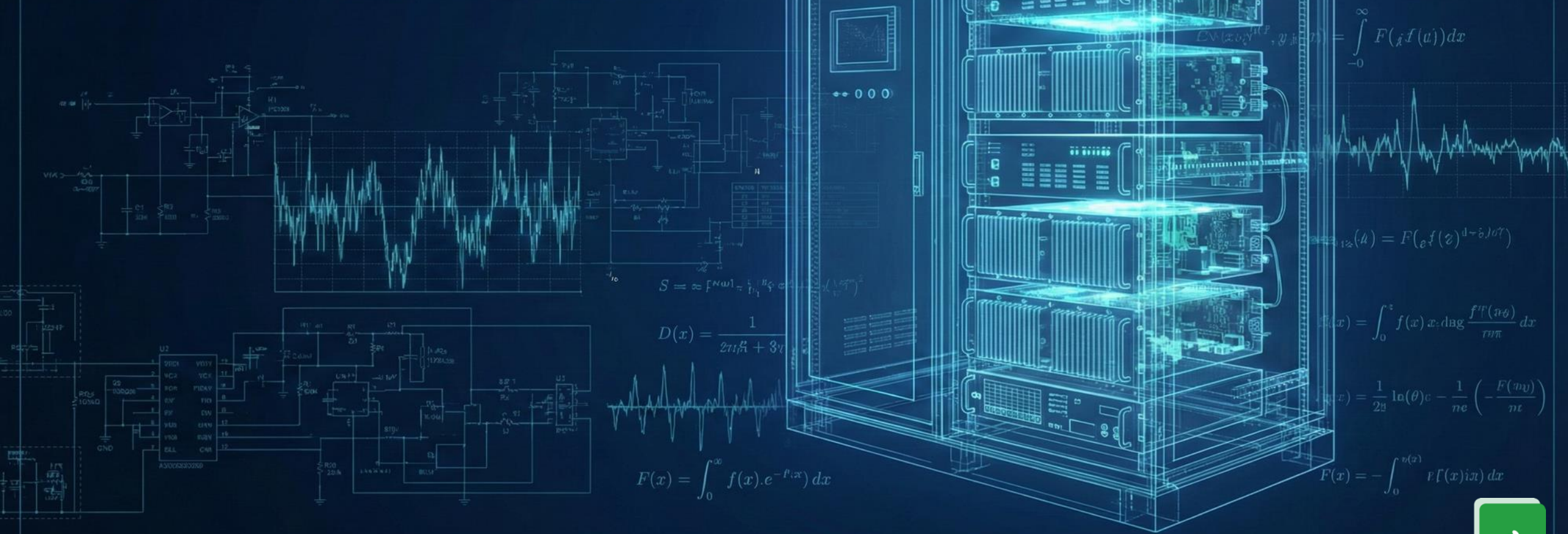


中波大功率发射机DRM数字化改造技术解析

DRM30, 中波数字化, EER技术, 线性度, 发射机改造



STATUS: OPERATIONAL | POWER: 10kW | MODULATION: DRM30 | EFFICIENCY: 85% | LINEARITY: OPTIMIZED | BANDWIDTH: 20kHz | EER: ACTIVE | PAPR: 12dB | TEMP: 35°C



演示大纲



技术背景： 为什么要进行数字化改造？

The need for digital transformation



解决方案： 发射机改造的具体实施路径

Implementation path for transmitter upgrade

1



2

核心差异： 模拟AM与DRM信号 特性的本质区别

Comparing AM and DRM signal characteristics



3

技术挑战： 改造面临的三 大核心难题

Three core challenges in retrofitting

4



5

性能评估： 关键指标与测试验证

Key performance indicators and validation

6

系统集成： 激励器与天馈 系统的适配

Exciter and antenna system integration



改造的驱动力与价值

[DATA STREAM ACTIVE]

[DATA STREAM ACTIVE]



覆盖优势

中波（MW）具有巨大的覆盖潜力，数字化可显著提升抗干扰能力和音频质量（接近FM音质）。

[SIGNAL PROPAGATION ANALYSIS:
MW DIGITAL VS. ANALOG]



基础设施复用

相比新建网络，改造现有模拟发射机可大幅降低初期资本支出，保护现有资产投资。

[CAPEX OPTIMIZATION: RETROFIT
STRATEGY]

[EER IMPLEMENTATION: EFFICIENCY GAINS]



能源效率

虽然数字模式对线性度要求高，但通过EER（包络消除与恢复）等技术，仍可维持较高的整机效率，符合绿色广播趋势。

[EER IMPLEMENTATION: EFFICIENCY
GAINS]

[SYSTEM DIAGNOSTICS: OPTIMAL]



业务扩展

支持多语言、文本信息、应急广播（EWF）等增值服务。

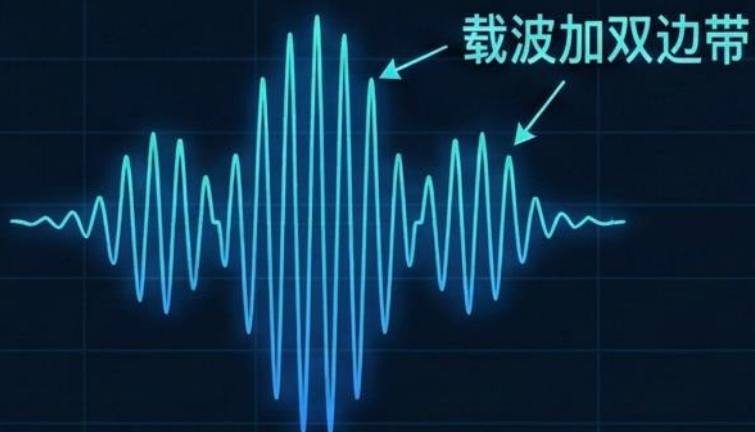
[VALUE-ADDED SERVICES:
MULTI-FUNCTIONAL BROADCAST]

[DATA STREAM ACTIVE]

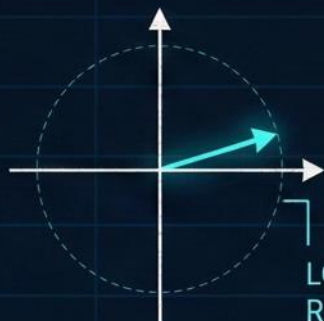
[SYSTEM DIAGNOSTICS: OPTIMAL]

信号特性的本质差异

模拟AM (Analog AM)

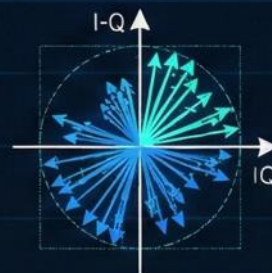
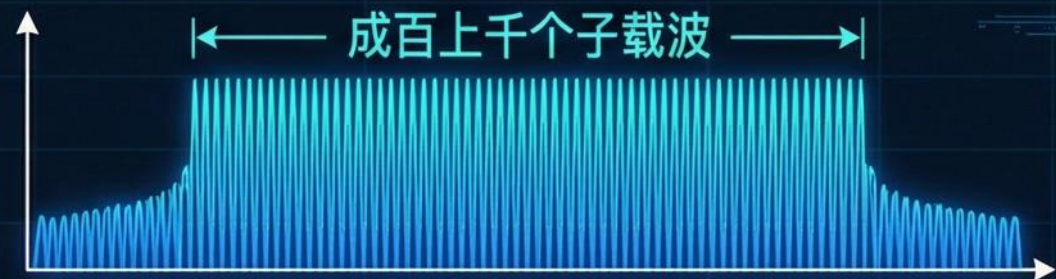


主要包含幅度信息，对相位线性度要求较低。



LOW PHASE LINEARITY
REQUIREMENT

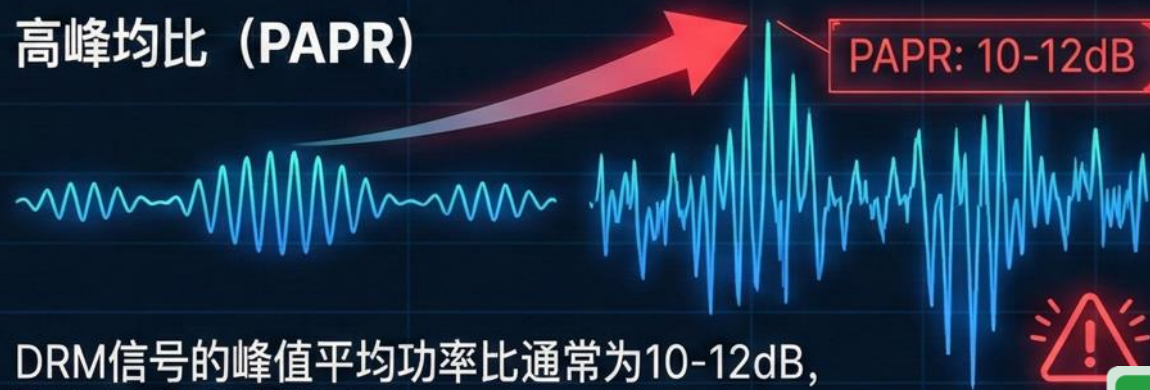
DRM (COFDM)



同时包含幅度和相位调制信息

对发射系统的幅度和相位线性度要求极高。

高峰均比 (PAPR)



DRM信号的峰值平均功率比通常为10-12dB，
远高于模拟调幅信号。

[HIGH LINEARITY CHALLENGE]



核心挑战一：线性度与非线性失真

[DATA FLOW: LINEARIZATION PATH]

[CRITICAL ISSUE IDENTIFIED]

[CRITICAL ISSUE IDENTIFIED]

问题现状

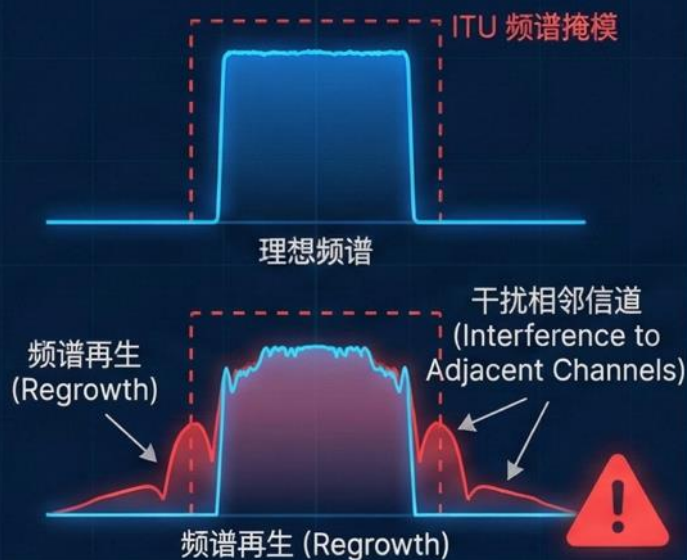


问题现状

现有的高效率中波发射机（如PDM/PSM类）通常工作在开关模式（非线性），直接放大DRM信号会导致严重的互调失真和带外辐射（OOBE）。

[SYSTEM STATUS: NON-LINEAR AMPLIFICATION FAULT]

频谱再生

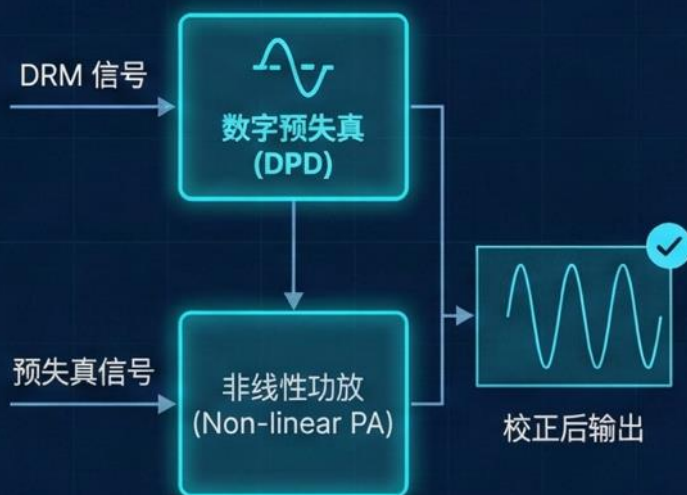


频谱再生

非线性会导致频谱扩展，干扰相邻信道，违反ITU频谱掩模标准。

[SPECTRAL ANALYSIS: MASK VIOLATION]

解决思路



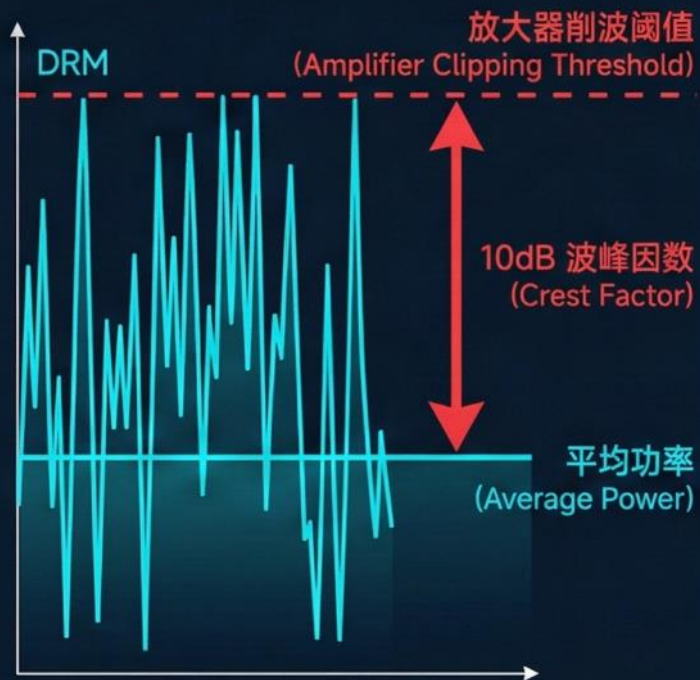
解决思路

必须引入**数字预失真 (DPD)** 技术，对幅度（AM/AM）和相位（AM/PM）非线性进行校正。

[DPD IMPLEMENTATION: LINEARITY CORRECTION]

核心挑战二：功率回退 (Power Back-off)

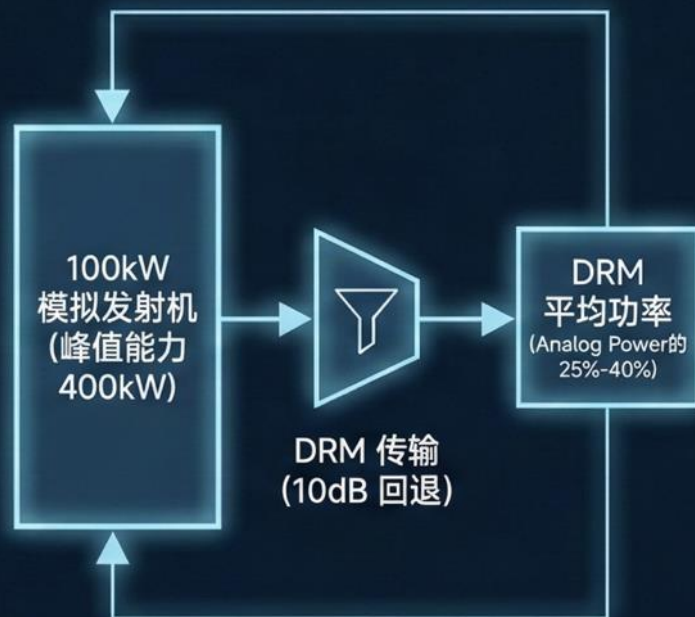
峰值限制原理



为避免信号峰值被放大器削波，平均功率必须大幅降低。

[SIGNAL HEADROOM ANALYSIS]

功率换算法则



传输DRM信号时，其平均输出功率通常只能达到模拟载波功率的 25% - 40%。

[POWER DERATING CALCULATION]

典型案例分析



示例：100kW模拟发射机改造后，典型的DRM平均功率约为25kW-40kW。

[OPERATIONAL RESULT: BACK-OFF APPLIED]

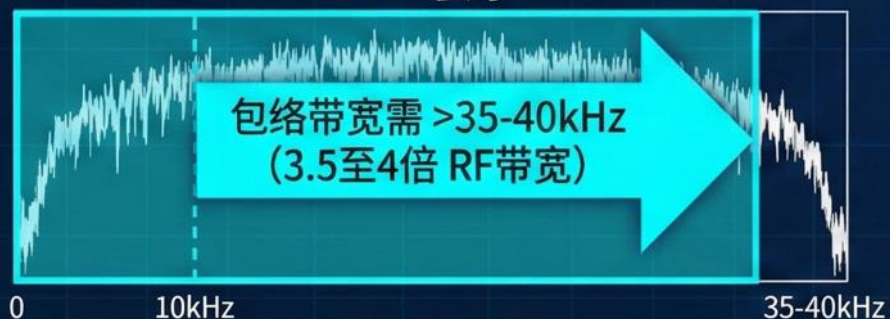
核心挑战三：带宽与群时延

带宽瓶颈 vs. DRM 要求

传统AM发射机



DRM要求



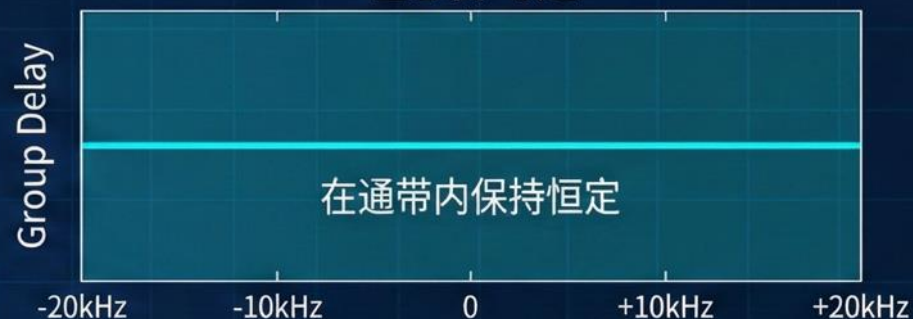
为精确处理DRM信号的快速瞬变峰值

[BANDWIDTH ANALYSIS: INSUFFICIENT]

[SIGNAL PATH ANALYSIS]

群时延 (Group Delay) 挑战

理想群时延



实际群时延

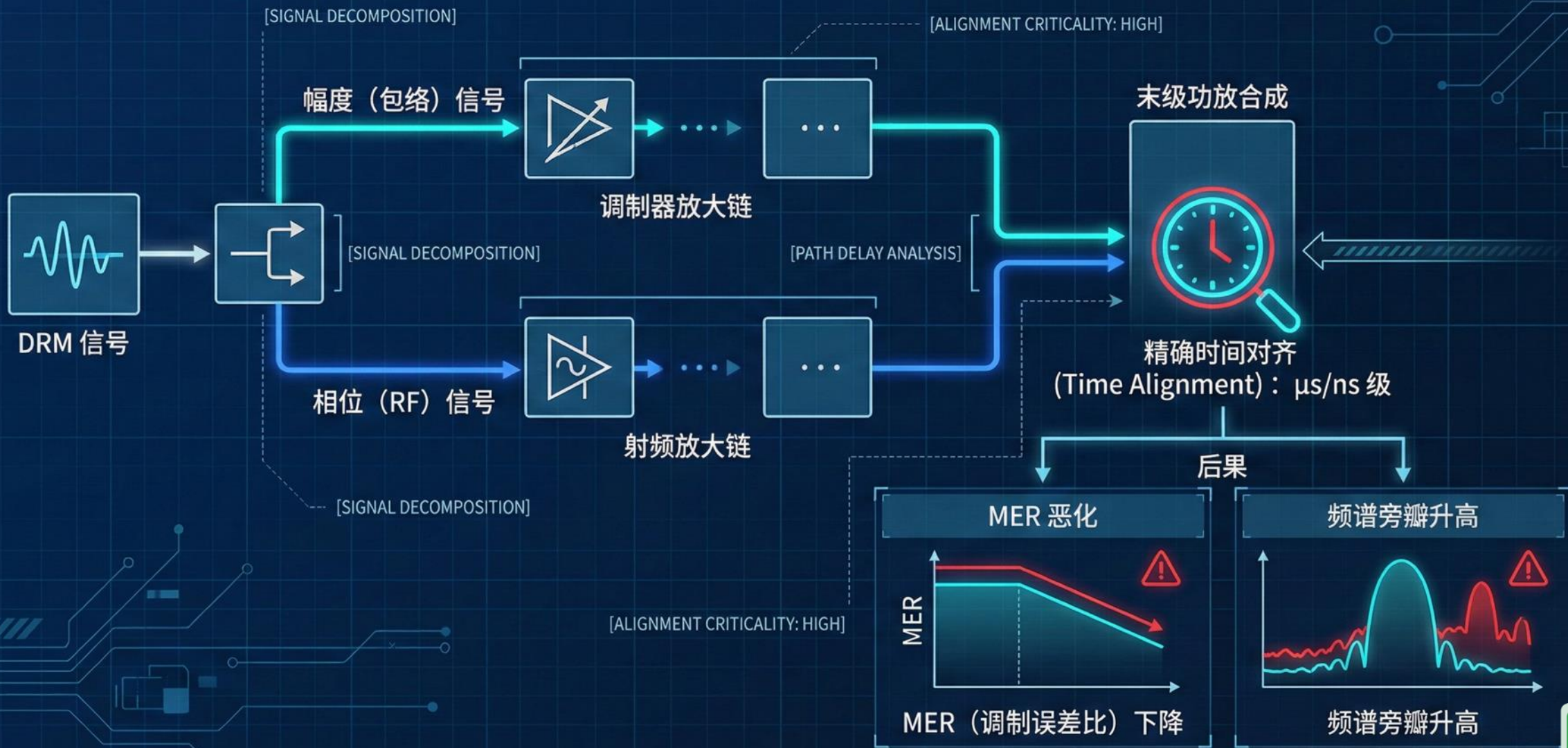


! 非恒定群时延破坏COFDM正交性

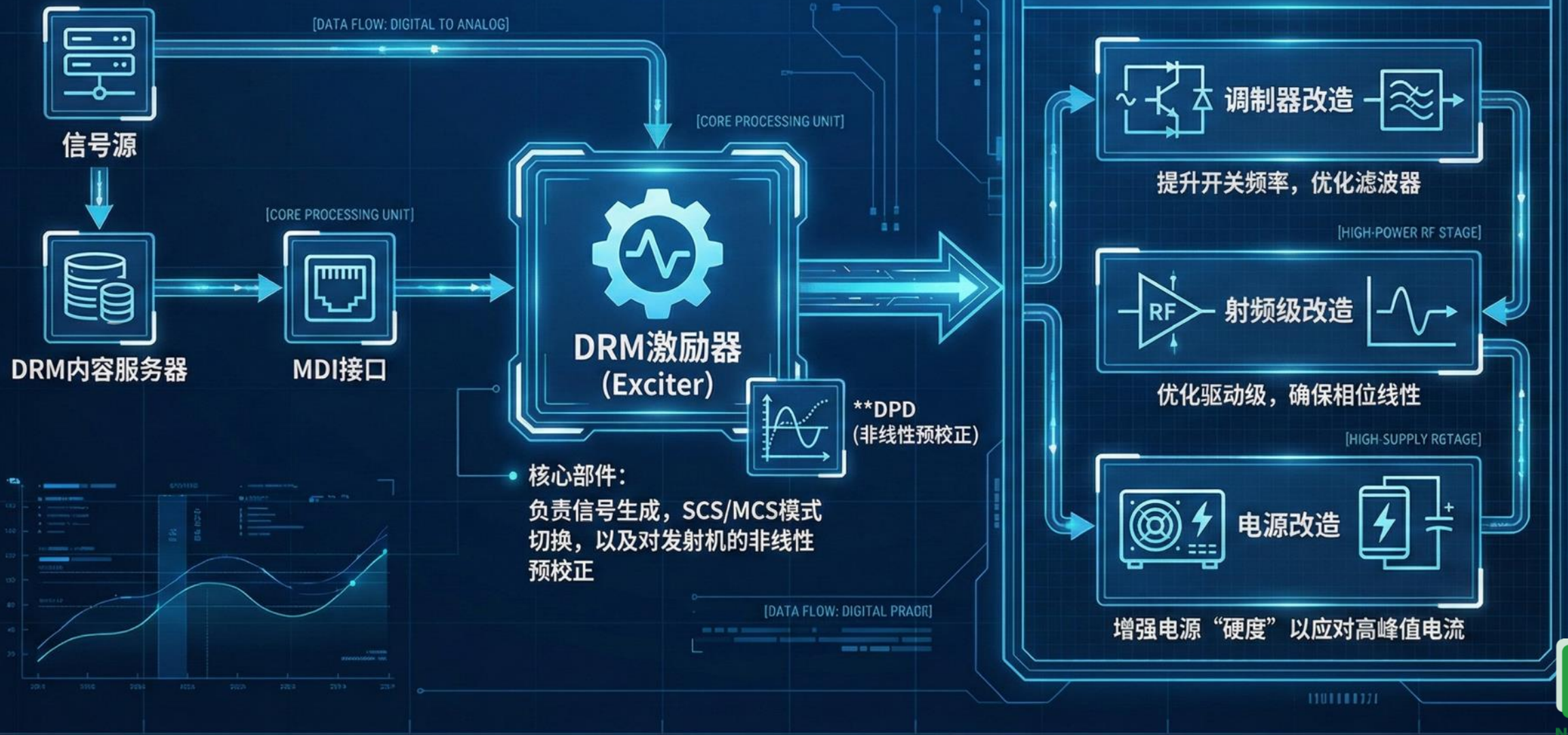
[TIMING ERROR DETECTION: ORTHOGONALITY LOSS]

[CRITICAL TIMING PARAMETER]

核心挑战四：信号对齐（EER技术难点）



改造总体架构框架

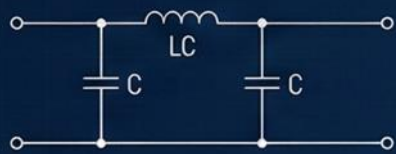


发射机内部改造细节 (以PDM/PSM机型为例)

[MODULATOR CRITICAL UPGRADES]

调制器滤波器 (Modulator Filter)

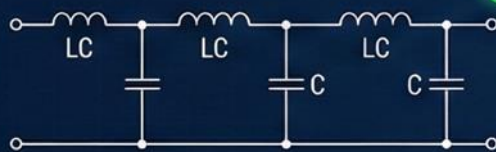
Before Retrofit (<10kHz)



Before Retrofit (<10kHz)
Bandwidth < 10kHz (Narrow)

[FILTER BANDWIDTH UPGRADE]

After Retrofit (>30kHz)



After Retrofit (>30kHz)
Bandwidth > 30kHz (Wide for DRM Envelope)

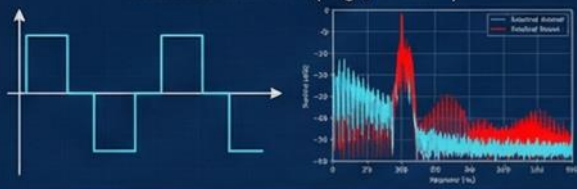
更换或调整输出滤波器，支持更宽包络带宽

[MODULATOR OPTIMIZATION FLOW]

[MODULATOR OPTIMIZATION FLOW]

开关频率 (Switching Frequency)

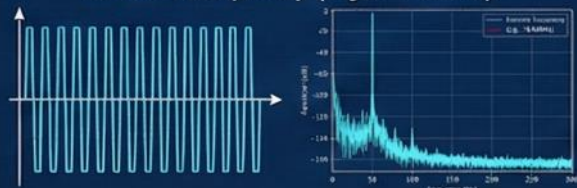
Traditional PDM (e.g., 70kHz)



Traditional PDM (e.g., 70kHz)
可能过低，导致混叠失真

[SAMPLING FREQUENCY BOOST]

Boosted Frequency (e.g., >140kHz)



Boosted Frequency (e.g., >140kHz)
提升以满足奈奎斯特采样定理

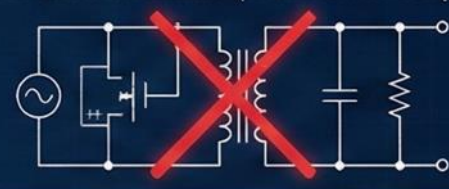
提升开关频率，减少混叠失真

[PERFORMANCE CRITICAL UPGRADES]

[PERFORMANCE CRITICAL UPGRADES]

直流耦合 (DC Coupling)

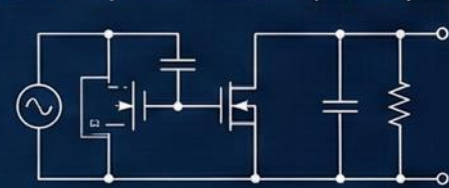
Old B-Class Modulator (Transformer Coupled)



Old B-Class Modulator (Transformer Coupled)
不能使用变压器耦合

[EER COMPLIANCE: DC PATH]

EER Compliant Modulator (DC Coupled)

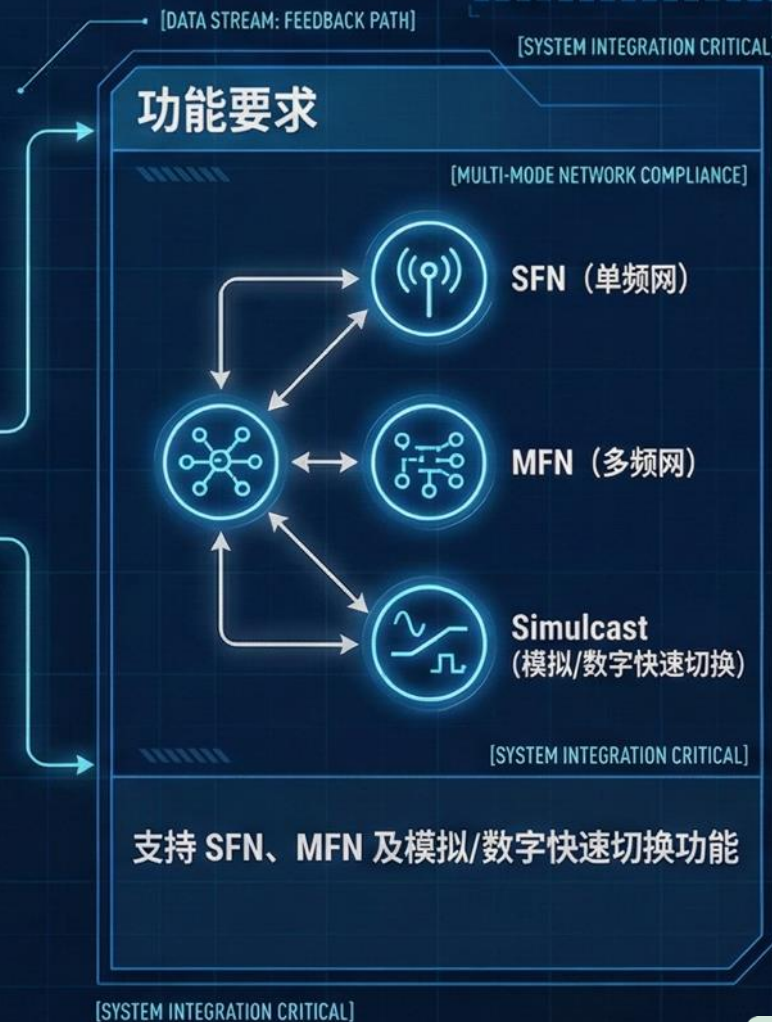
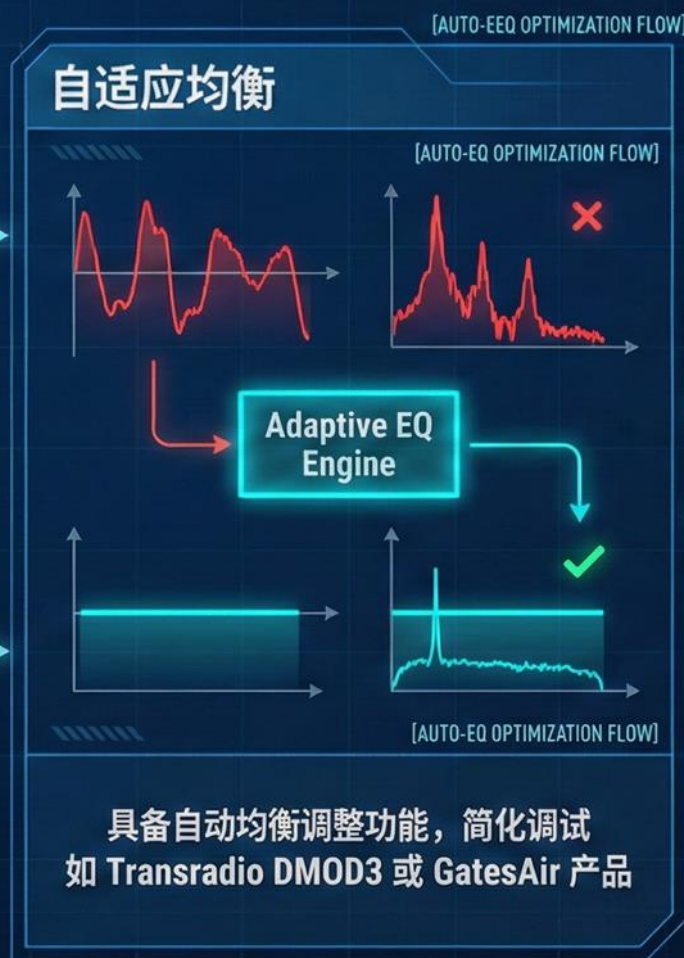
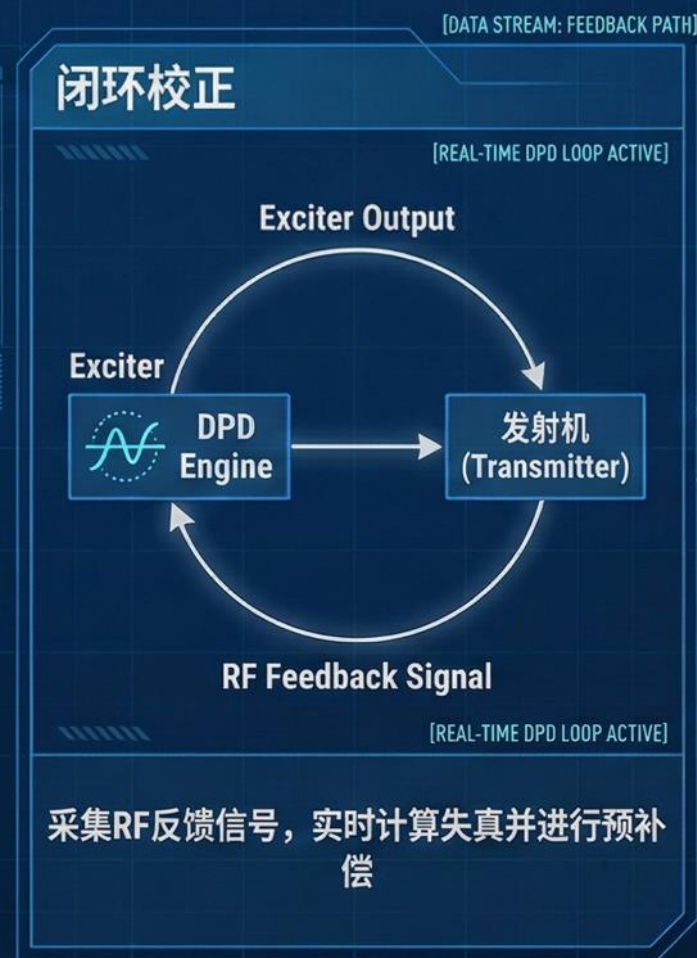


EER Compliant Modulator (DC Coupled)
能够处理直流分量，EER硬性要求

调制器必须处理直流分量

[PERFORMANCE CRITICAL UPGRADES]

激励器与预校正 (DPD) 实施



天馈系统的适配与调整

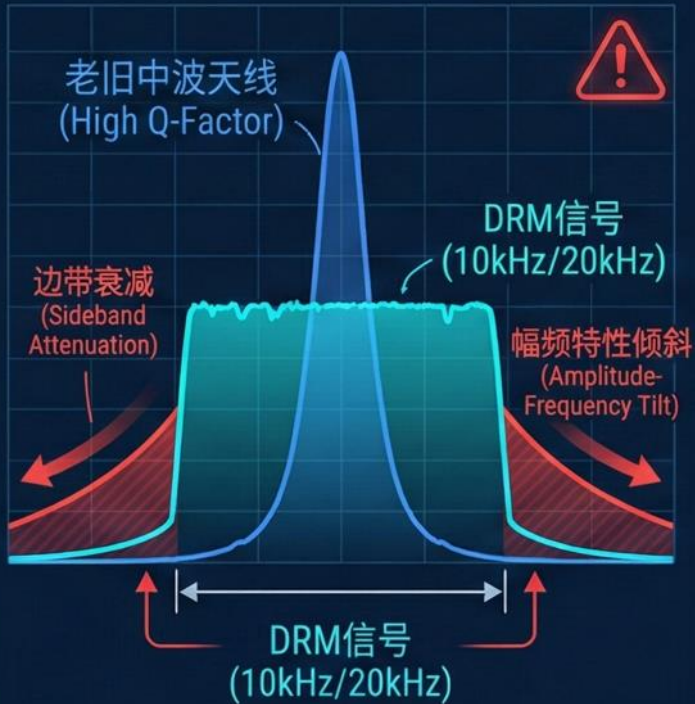
SYSTEM PARAMETERS	
SYSTEM NAME	DRM
MODEL	DRM-1000
VERSION	1.0.0
SERIAL NUMBER	10000000000000000000
MANUFACTURE DATE	2023-10-27
COMPONENTS	DRM-1000
POWER	100W
STATUS	ONLINE
LAST UPDATE	2023-10-27 10:00:00

[BANDWIDTH EXPANSION PATH]

[IMPEDANCE OPTIMIZATION FLOW]

[CRITICAL SYSTEM HEALTH]

带宽限制 (Bandwidth Limitations)



[NARROWBAND ANTENNA RESPONSE]

[BANDWIDTH EXPANSION PATH]

阻抗匹配 (Impedance Matching)



ATU
(天调网络)

扩展网络
(Extension
Network)

Antenna

优化ATU，展宽带宽；增加扩展网络，改善对称性，降低VSWR

[IMPEDANCE OPTIMIZATION FLOW]

[CRITICAL SYSTEM HEALTH]

监测 (Monitoring)



高精度VSWR实时监测保护

[REAL-TIME SYSTEM PROTECTION]

典型改造案例分析（参考）

案例：Continental 418F发射机改造

[RETROFIT CASE STUDY]

步骤1

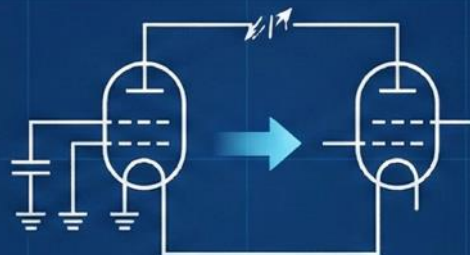
[BANDWIDTH OPTIMIZATION]



更换音频滤波器电容/电感，提升带宽

步骤2

[MODULATION CIRCUIT UPGRADE]



修改屏幕栅调制电路

步骤3

[LINEARIZATION PROCESS]

DRM激励器



发射机

使用DRM激励器进行线性化校正



结果

成功在保留大部分硬件的基础上实现DRM传输

[HARDWARE PRESERVATION SUCCESS]

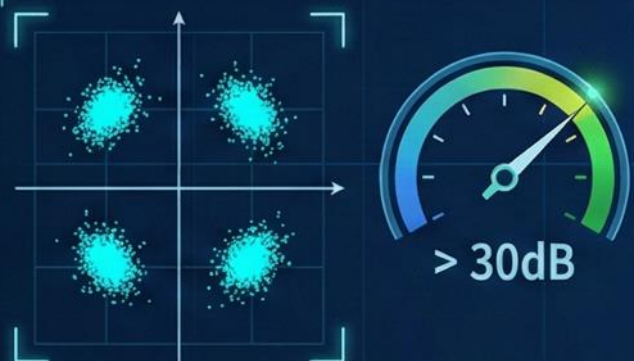


NEW GLEE

关键性能指标 (KPI)

[SIGNAL QUALITY METRIC: PASS]

MER (调制误差比) (Modulation Error Ratio)



衡量数字信号质量的核心指标。发射机输出端MER通常要求 $> 30\text{dB}$



[SIGNAL QUALITY METRIC: PASS]

[PERFORMANCE VALIDATION FLOW]

频谱掩模 (Spectrum Mask)



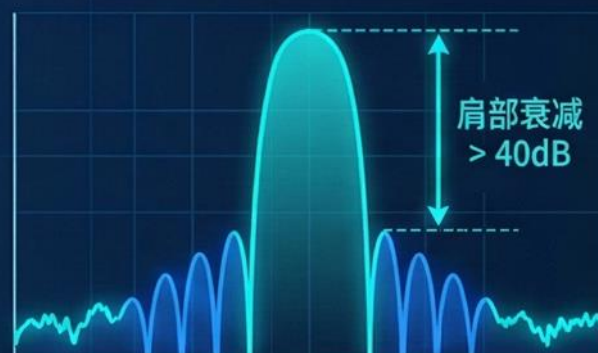
必须严格符合ITU-R SM.1541或ETSI EN 302 245标准，严控带外辐射

COMPLIANT

[EMISSION COMPLIANCE: STRICT]

[CRITICAL SYSTEM METRICS]

肩部衰减 (Shoulder Attenuation)



信号主瓣与互调产物的电平差，反映线性度水平



[LINEARITY INDICATOR: OPTIMAL]

[CRITICAL SYSTEM METRICS]

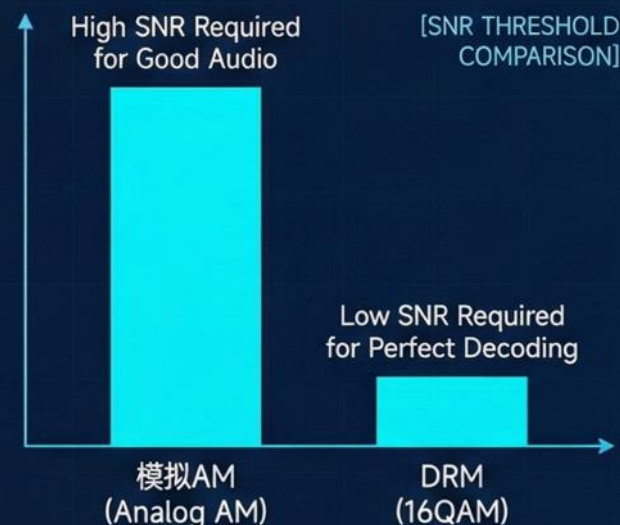
[PERFORMANCE VALIDATION FLOW]



NEW GLEE

覆盖能力对比 (AM vs. DRM)

信噪比要求 (SNR Requirement)



DRM 16QAM模式解调所需的信噪比 (SNR) 远低于模拟AM获得良好听感所需的SNR

[SNR THRESHOLD COMPARISON]

等效覆盖 (Equivalent Coverage)

100kW AM

40kW DRM



High Power, Fading Edge

Low Power, Robust Coverage

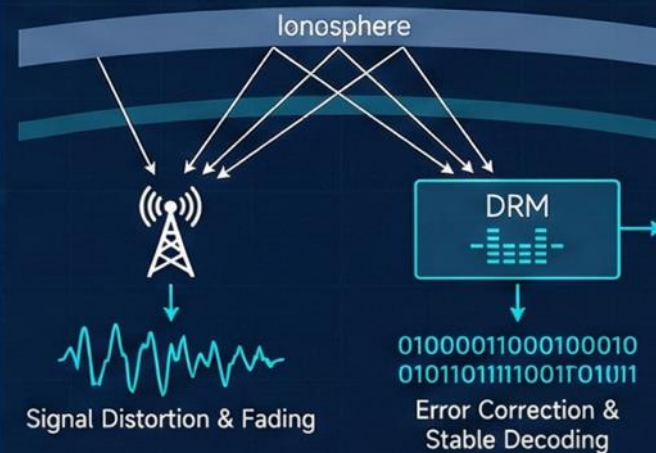
尽管发射功率下降 (如100kW降至40kW), 但由于数字编码的强鲁棒性, DRM通常能以更低的功率实现与原模拟信号相当甚至更好的有效覆盖范围。

[POWER VS. COVERAGE EFFICIENCY]

[DIGITAL ADVANTAGE VERIFIED]

抗衰落 (Anti-fading)

AM (多径衰落 - 增益衰落) DRM (有效抵抗 - 有效衰落)



有效抵抗中波夜间传播的多径衰落效应

[MULTIPATH RESISTANCE ANALYSIS]

常见的误区与风险提示

MISCONCEPTION

[CRITICAL AWARENESS]

误区1: “只要换个激励器就行”



[SYSTEM INTEGRATION FAILURE RISK]

现实: 必须评估调制器带宽和天线系统, 否则无法工作

[CRITICAL AWARENESS]

MISCONCEPTION

[CRITICAL AWARENESS]

误区2: “数字功率等于模拟功率”



[POWER DERATING MANDATORY]

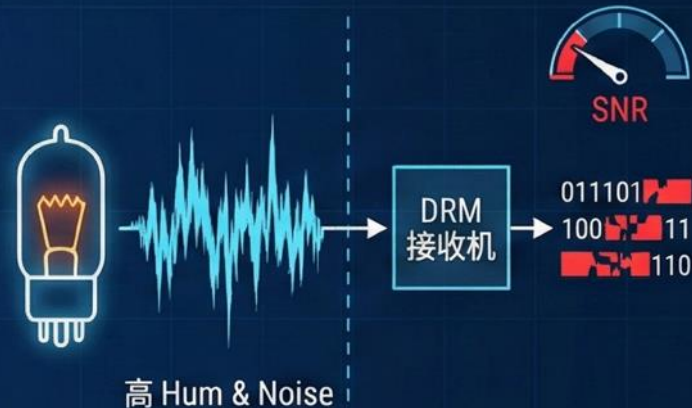
现实: 必须接受约4-6dB的平均功率回退

[RISK MITIGATION REQUIRED]

REALITY/RISK

[RISK MITIGATION REQUIRED]

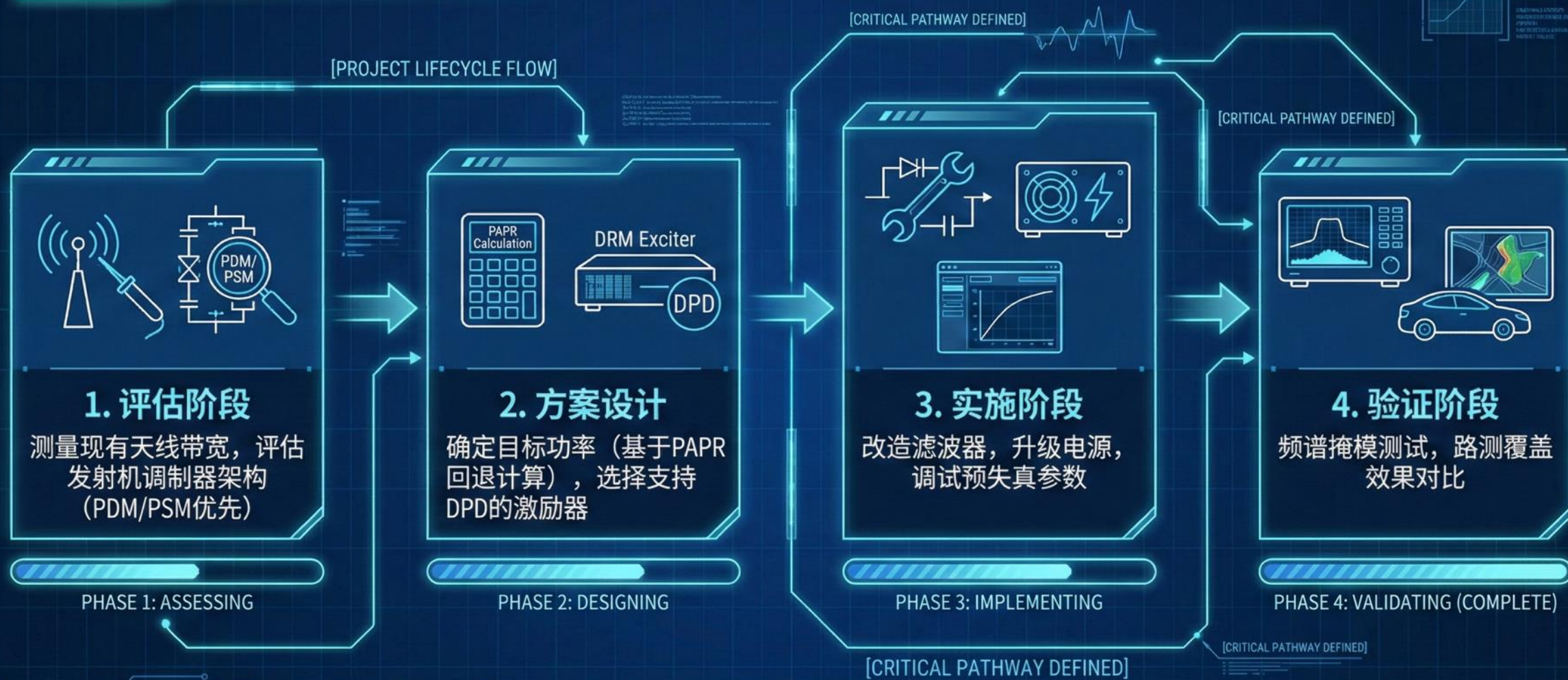
风险: 老旧电子管发射机噪声



影响数字信号的信噪比

[NOISE FLOOR IMPACT ANALYSIS]

总结：改造路线图建议



[FINAL SYSTEM SYNTHESIS]

[FUTURE ROADMAP INITIATED]

结语

[FINAL SYSTEM SYNTHESIS]

[FINAL SYSTEM SYNTHESIS]

[MISSION ACCOMPLISHED]

[FUTURE ROADMAP INITIATED]



线性度
(Linearity)

以线性度换取音质

系统工程



算法
(Algorithms)

以算法换取效率

核心观点：中波大功率发射机的DRM改造是一项系统工程，
核心在于“以线性度换取音质，以算法换取效率”

[FINAL SYSTEM SYNTHESIS]



未来展望



多元化服务

USAC
等新型音频编码

随着USAC等新型音频编码的应用，DRM将在中波频段提供更多元化的服务

[MISSION ACCOMPLISHED]



[FUTURE ROADMAP INITIATED]



纽格立科技 DRM 端到端解决方案

