

地面数字电视单频网台站运行维护 白皮书（2020）

2020年12月

前 言

2020年1月，国家广播电视总局（以下简称总局）发布了《全国地面数字电视广播频率规划》（以下简称《规划》）。该《规划》是优化广播电视无线频谱资源的一项重大政策调整。通过实施《规划》，加快地面无线电视数字化、按计划关停地面模拟电视；调整现有经批复的在播地面数字电视频率纳入《规划》，完成地面数字电视频率的迁移调整。《规划》将构建全国单频网、省域单频网、地市域单频网和县域单（多）频网的四级覆盖网络架构。

单频网系统作为一个有机整体，各个台站将不再是独立运维，而是要求系统内所有台站相互配合、相互协调、同步工作，因此需要进行统一的运维管理。目前地面数字电视发射台站运行维护主要参照国家广播电视总局令第62号《广播电视安全播出管理规定》、GY/T 179-2001《广播电视发射台运行维护规程》等标准执行，围绕单频网系统运维，并没有相应可以遵循的标准。

为了指导和规范单频网系统及单频网台站的运维，保障广播电视节目的安全播出，国家广播电视总局组织广播电视科学研究院等单位开展了地面数字电视单频网台站运维研究工作，编制了《地面数字电视单频网台站运行维护白皮书（2020）》（以下简称白皮书）。

本白皮书共有六章，分别是概述、单频网系统、单频网台站、单频网关键设备及技术指标、单频网日常运行维护和单频网台站变更管理，主要对地面数字电视传输覆盖网有关台站中涉及单频网部分的运行维护提出了建议，不包括第三方监测，第三方监测可参考本白皮书有关内容开展工作。

由于我国地面数字电视单频网大规模建设刚刚完成，单频网台站及系统运维还在探索研究阶段，积累经验相对较少，编制内容难免会存在一些不足。各单位在单频网运维实践中，如有更好的意见和建议，欢迎及时反馈给我们，后续我们将对本白皮书做进一步完善。

本白皮书指导单位：国家广播电视总局安全传输保障司

本白皮书主要起草单位：国家广播电视总局广播电视科学研究院、国家广播电视总局中央广播电视塔管理中心、中广电广播电影电视设计研究院、广东省广播电视局、湖南省广播电视局、四川省广播电视局、四川省广播电视发射传输中心、广东省越秀山电视调频发射总台、陕西广播电视台、成都凯腾四方数字广播

电视设备有限公司、成都德芯数字科技股份有限公司、重庆洪深现代视声技术有限公司。

本白皮书主要编写指导：韩鹏、张源

本白皮书主要起草人：杨方正、杨威、夏治平、王世签、徐博源、胡军、张国庭、葛东、刘志彬、赵敏、韩超、万时华、袁昌、黎建、庄伟、唐荣华、王国庆、舒适、张锦、李翔、许正学、张祖才、陈闻和、叶伟明、郑科鹏、郑鑫、李俊、赵继琳。

目 录

术语和定义.....	1
缩略语.....	2
1. 概述.....	3
2. 单频网系统.....	4
2.1 系统概述.....	4
2.2 单频网同步.....	6
2.2.1 频率同步.....	6
2.2.2 时间同步.....	6
2.2.3 比特同步.....	7
2.3 单频网分类.....	7
2.4 单频网技术要求.....	7
2.4.1 同步要求.....	7
2.4.2 信号分配网络要求.....	8
2.4.3 台站信源要求.....	8
2.4.4 时钟基准要求.....	8
2.4.5 电波极化方式要求.....	8
2.4.6 台站间距要求.....	8
2.5 单频网系统参数.....	9
3. 单频网台站.....	11
3.1 台站分类.....	11
3.1.1 单频网主站.....	11
3.1.2 单频网从站.....	12
3.2 台站职责.....	12
3.2.1 台站基本职责.....	12
3.2.2 单频网主站职责.....	13
3.2.3 单频网从站职责.....	14
3.3 台站仪器设备配置.....	14
3.3.1 基本配置要求.....	14
3.3.2 检测设备技术要求.....	14
4. 单频网关键设备及技术指标.....	18

4.1 单频网关键设备	18
4.1.1 发射机	18
4.1.2 激励器	19
4.1.3 单频网授时接收设备	21
4.1.4 专业卫星综合接收解码器	22
4.1.5 单频网适配器	22
4.1.6 复用器	26
4.2 单频网关键参数及指标	26
4.2.1 单频网适配器输出码流	26
4.2.2 激励器单频网状态	27
4.2.3 单频网授时接收设备卫星锁定状态	27
4.2.4 激励器 10MHz 时钟输入	27
4.2.5 激励器 1pps 输入	27
4.2.6 激励器输入码流状态	27
4.2.7 激励器单频网时延	27
4.2.8 发射机输出功率	27
4.2.9 外场检测指标	27
5. 单频网日常运行维护	28
5.1 单频网技术资料管理	28
5.2 运行规程	28
5.2.1 发射机巡检	29
5.2.2 激励器巡检	30
5.2.3 单频网授时接收设备巡检	31
5.2.4 专业卫星综合接收解码器巡检	32
5.2.5 单频网适配器巡检	32
5.2.6 复用器巡检	33
5.2.7 节目监听监看	33
5.2.8 接收信号指标	33
5.3 维护规程	33
5.3.1 周检修维护	33
5.3.2 半年度检修维护	36
5.3.3 年度检修维护	36

5.3.4 重要保障期检修维护	38
5.3.5 用户反馈检修维护	38
5.4 调试规程	38
5.4.1 单频网调试——单站范围	38
5.4.2 单频网调试——全网范围	40
5.5 常见异常故障及处理	50
5.5.1 常见异常故障分类	50
5.5.2 常见异常故障处理	50
6. 单频网台站变更管理	53
6.1 发射设备变化	53
6.2 发射参数变化	53
6.3 发射台站迁址	53
6.4 新增发射台站	53
6.5 退出发射台站	53
6.6 单频网临时调整	53
参考文献	55
附录：单频网运维记录表（参考）	57

术语和定义

射频保护率 RF protection ratio

保证正常接收条件下，欲收信号与非欲收信号的最小功率比，通常在接收机输入端测量,以分贝（dB）值表示。

单频网 single frequency network

由多个位于不同地点、处于同步状态的发射机组成的地面数字电视覆盖网络，网络中的各个发射机以相同的频率、在可控的时刻发射相同的（码流）已调射频信号（比特），以实现特定服务区的可靠覆盖。

单频网干扰区 SFN interfering area

在地面数字电视单频网中，因台站间距超出保护间隔及存在长多径反射等原因导致部分区域存在自干扰，其中接收电平足够但无法正常接收的自干扰区域称为单频网干扰区。

单频网重叠覆盖区 SFN overlapping area

在地面数字电视单频网中，两个或两个以上发射台站同时覆盖，并且接收到的来自不同台站起主要作用的信号电平差小于射频保护率值的区域。

稳定接收点 stably receiving site

地面数字电视广播覆盖区域内信号裕量大于等于10dB的接收点。

信号裕量 signal margin

某测量位置的信号电平与该位置满足成功接收条件的最小信号电平之差。

高斯信道 Gaussian channel

一种恒参信道，信号通过该信道之后会叠加一个高斯白噪声。

莱斯信道 Ricean channel

一种无线电信号传播环境的统计模型。这种模型假设信号通过无线信道之后，其信号幅度是随机的，并且其包络服从莱斯分布。

瑞利信道 Rayleigh channel

一种无线电信号传播环境的统计模型。这种模型假设信号通过无线信道之后，其信号幅度是随机的，并且其包络服从瑞利分布。

缩略语

BDS 北斗导航系统 (BeiDou navigation System)

COFDM 编码正交频分复用 (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing)

GPS 全球定位系统 (Global Positioning System)

LDPC 低密度奇偶校验码 (Low Density Parity Check)

MFN 多频网 (Multiple Frequency Network)

PN 伪随机噪声 (Pseudo-random Noise)

pps 秒脉冲 (pulse per second)

QAM 正交幅度调制 (Quadrature Amplitude Modulation)

RF 射频 (Radio Frequency)

SFN 单频网 (Single Frequency Network)

SIP 秒帧初始化包 (Second frame Initialization Packet)

TS 传送流 (Transport Stream)

UHF 特高频 (Ultra High Frequency)

MER 调制误差率 (Modulation Error Ratio)

1. 概述

随着中央广播电视节目无线数字化覆盖工程的实施,以及各省市陆续建立起基于地面数字电视广播的本地节目覆盖网,越来越多的地面数字电视单频网(以下简称单频网或SFN)开始出现,并已经在无线广播电视传输领域占据了重要的地位。作为现阶段一种主要的组网方式,单频网承担着重要的播出任务,对这些单频网除了进行发射台站日常的运行维护以外,还需要结合单频网自身的特点与属性,进行有针对性地管理与维护,有效地保障单频网持续稳定可靠的工作,确保广播电视节目的安全播出。

本白皮书主要依据为国家广播电影电视总局令第62号《广播电视安全播出管理规定》、GY/T 179-2001《广播电视发射台运行维护规程》以及单频网相关配套标准。本白皮书规定的地面数字电视系统单频网台站的运行维护,是在各台站现行运行维护的基础上增加的单频网特有要求,台站的通用系统及设备依然要满足相关现行标准的要求,本白皮书不做重复规定。

本白皮书适用于符合GB 20600-2006的地面数字电视系统单频网台站的运行维护管理,可作为现阶段单频网台站日常运行维护管理的技术依据。

2. 单频网系统

2.1 系统概述

单频网是由多个位于不同地点、处于同步状态的发射机组成的数字电视覆盖网络,以相同频率、在可控时刻发射相同节目,以实现特定服务区的可靠覆盖。本白皮书的单频网特指符合GB 20600-2006规定的地面数字电视单频网。在该单频网中,符合GB/T 17975.1-2010的TS码流首先送入到单频网适配器进行适配,形成包含SIP的TS流,再通过单频网TS流信号分配网络传送到各个发射台站,经过同步、信道编码和调制处理后变换成射频信号进行发射。单频网系统结构示意图见图2-1。单频网系统中的台站分成单频网主站和单频网从站,其中单频网主站结构可以是红色虚框或者黄色虚框内的设备构成,单频网从站结构为绿色虚框内的设备构成。对于单频网台站,将在第四章进行介绍。

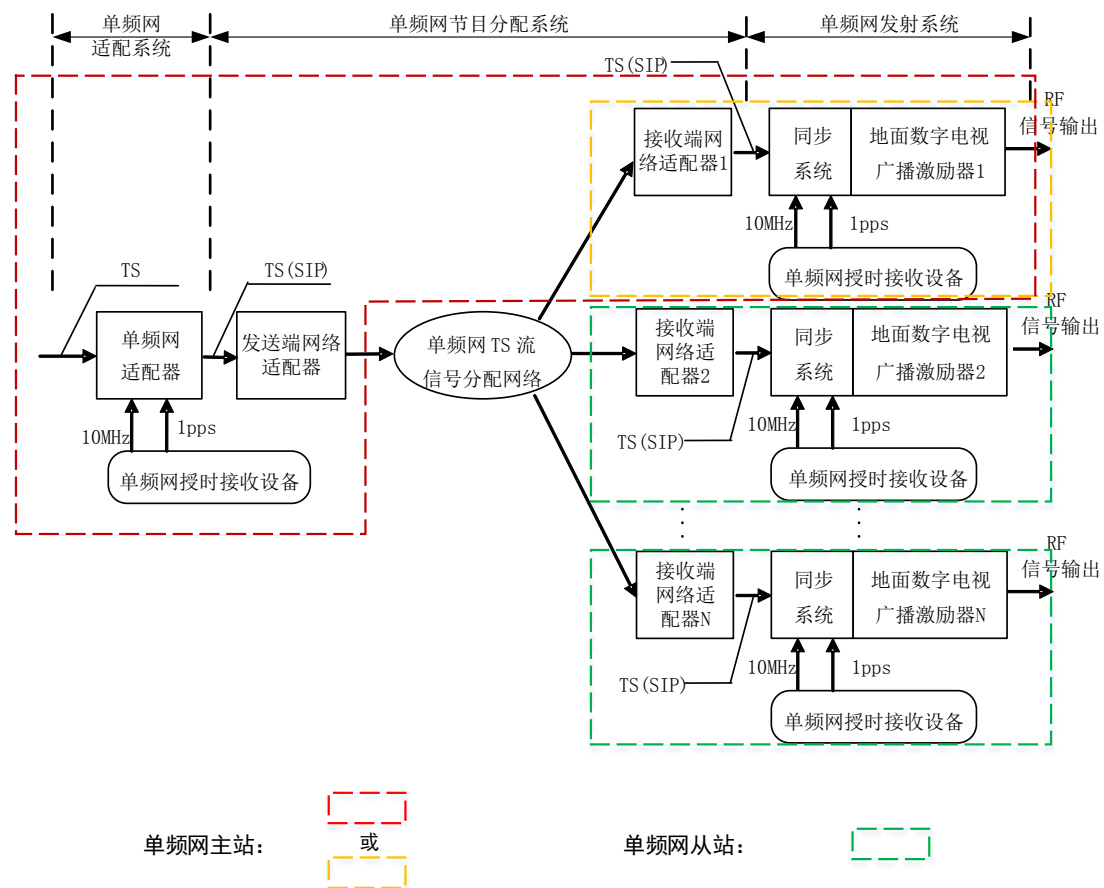


图 2-1 地面数字电视广播单频网系统结构示意图

图2-1所示的单频网系统由以下三部分组成:

a) 单频网适配系统：包括单频网适配器和单频网授时接收设备。单频网适配器在节目前端输出的TS流中，周期性地插入包含时间信息的SIP，输出具有同步信息的TS流，码率为规定的激励器工作模式所对应的净荷数据率。单频网适配器框图见图2-2所示。单频网授时接收设备为单频网适配器提供10MHz基准频率和1pps的基准时间，信号可从GPS或BDS获得。

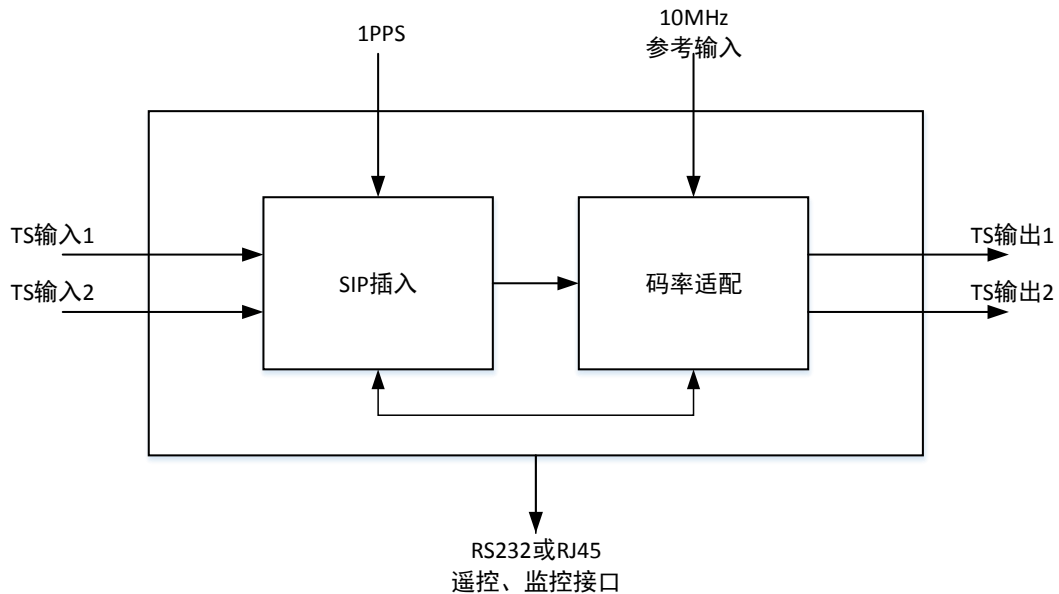


图 2-2 单频网适配器框图

b) 单频网节目分配系统：包括发送端/接收端网络适配器和分配网络。发送端网络适配器将单频网适配器输出的具有同步信息的TS流适配成具体分配网络所要求的特定数据封装格式；接收端网络适配器是相反的过程。分配网络负责把适配成特定数据封装格式的具有同步信息的TS流从发送端网络适配器传送到各个发射台站的接收端网络适配器。

c) 单频网发射系统：包括单频网各发射台站的地面数字电视广播发射机（含激励器）和单频网授时接收设备。单频网各发射台站的发射机依据单频网的同步机制，对单频网节目分配系统送来的具有同步信息的TS流进行处理，实现以相同的频率、在可控时刻发射相同的已调射频信号。单频网授时接收设备为地面数字电视广播发射机提供10MHz基准频率和1pps的基准时间，单频网授时接收设备可接收GPS和BDS信号。

除以上整体要求，地面数字电视单频网系统描述应符合GB/T 28433-2012第4章的要求；地面数字电视单频网技术要求应符合GB/T 28433-2012第5章的要求。

2.2 单频网同步

单频网提高频谱效率和功率效率的代价是在网络中的所有发射机必须同步工作，为了使所有发射机同步工作，需要提供特别的条件。发射机同步工作的需要对节目复用信号到发射机的传输分配提出了严格的要求。

在发射机间距不规则的网络中，可以通过配置特定发射机的时间偏移量以及发射功率来减小网络自干扰。

在单频网中，被传送码流不能进行个别内容的调整，否则会影响单频网的同步，因为这会导致发射机发出的调制信号与其他发射机的输出信号不同，这种情况下网络已经不再是单频网，并将对周围发射机的信号产生干扰。

单频网的同步主要表现在频率同步、时间同步和比特同步，如果其中一项没有满足同步的要求，则称单频网失步，并导致上述所说的干扰发生。

2.2.1 频率同步

为确保接收机能将欲收信号之外的、来自其它发射机的接收信号视为回波，单频网中各发射机输出信号的频率应相同，这要求各发射机有高的频率精度和稳定度。

为了达到这个要求，每个发射机中的所有振荡器（基带取样、中频级直到RF级）的频率都必须满足一个适当的允差，以保证发射信号频率达到需要的精度。方法之一是每个振荡器都有同一个参考时钟信号来驱动，最好是SFN中所有的发射机具有同一个基准时钟信号，通常用GPS或者BDS提供的10MHz信号作为此基准时钟信号。

2.2.2 时间同步

为使来自其它发射机的接收信号与欲收信号之间的时延在接收机能够抵抗的时延范围内，要求各个发射信号之间时间同步，即尽管一次分配网和发射机引入了时延，同一个信号帧也应在可控的时刻被各个发射机发送。这里对时间同步精度的要求并不是非常高，但是不同发射机的发送信号之间的时延应该比系统能够抵抗的时延最大值小很多，这样系统能够抵抗更长的、由接收点位置引起的信号时延。

实际应用中，有时在单频网的某个特定发射机上精确选择发射时间偏移量，在某种程度上可以对覆盖区域进行细微调整，或者使覆盖区中正常接收所需载噪比的起伏减小。

2.2.3 比特同步

单频网中各发射机在可控的时刻发送相同的信号帧要求所有信号帧在各个发射机中被完全一样地调制，或者说要求各个发射机中调制一个信号帧的数据逐比特对应相同，这就是所谓的比特同步要求。所谓相同信号帧应完全一致，不存在差异。

为保证比特同步，除了首先要保证输入到单频网中各个激励器的码流逐比特对应相同，同时还要求各个激励器对输入码流的分组相同，使得对一个信号帧调制的的数据逐比特对应相同。此外，各激励器中的随机化过程必须同步进行，以保证经随机化后的数据仍然逐比特对应相同。GB 20600-2006规定在调制每个信号帧的数据的第一个比特处扰码器复位，这保证了各激励器中随机化过程的同步。

2.3 单频网分类

根据不同的分类标准，地面数字电视单频网可分为不同的类型：

a) 根据信号分配网络不同，地面数字电视单频网可划分为基于卫星传输的单频网和基于地面传输的单频网，其中基于地面传输的单频网又可分为基于光纤传输链路、基于数字微波传输链路等单频网。

b) 根据网络运营行政区域范围不同，地面数字电视单频网可划分为全国、省域、地市域、县域单频网等。

c) 根据单频网台站规模不同，地面数字电视单频网可划分为两站单频网和多站单频网。

2.4 单频网技术要求

2.4.1 同步要求

a) 频率同步：单频网中所有发射机工作在相同载波频率，其载波频率偏差不得超过 $\pm 1\text{Hz}$ 。

b) 时间同步：针对信号分配网络和发射机引入的传输和处理时延，单频网中的所有发射机应在时域进行补偿，以实现同步调制发射。

c) 比特同步：所有发射机在可控时刻发射同一字符，要求各激励器在可控时刻调制同一比特，应采用相同的信道编码方式、相同的帧结构、相同的映射方式、相同的帧体数据处理方式，即各发射台站的激励器工作模式应完全一致。这一规则应严格遵守，不存在允差。

2.4.2 信号分配网络要求

a) 信号传输系统：信号分配网络可采用光纤、微波、卫星等系统进行传输。

b) 信号分配网络的最大传输时延：信号从前端单频网适配器输出通过信号分配网络到达所有发射台站中用时最长的传输时间，不能超过1s。

c) 透明传输：要求经过信号分配网络进入激励器进行调制的数据流内容和时序与进入信号分配网络之前单频网适配器输出的数据流内容和时序完全一致。

2.4.3 台站信源要求

单频网内各台站的信源如来自不同信号分配网络的路由，则应保证这些信号来自同一个单频网适配器的输出。

2.4.4 时钟基准要求

单频网同步，要求全网应有一个统一的时钟基准，为全网各个节点设备提供统一的基准频率、基准时间。基准频率采用10MHz，基准时间采用1pps。基准频率精度不低于 1×10^{-9} 。

2.4.5 电波极化方式要求

单频网内各发射天线的电波极化方式应保持一致。

2.4.6 台站间距要求

单频网中，如果接收信号延迟大于接收设备的多径延迟处理范围，且该信号与接收到的主径信号强度差不满足射频保护率要求，会出现同频干扰现象。选择较长的帧头长度可以有效降低SFN的自干扰。为了减少或消除同频干扰现象，单频网组网需要相邻发射台站满足一定的台站间距要求。

地面数字电视单频网的台站间距主要取决于地面数字电视系统抗回波干扰能力，系统如果可承受的回波延时越长，则单频网台站间距可以越大。符合GB 20600-2006的地面数字电视系统抗回波干扰的能力依赖于发射端信号的帧结构

以及接收端的信道估计与均衡算法。目前地面数字电视传输系统各种工作模式的抗回波干扰延时长度的都能做到与各自信号帧结构中的帧头长度基本相当。随着地面数字电视系统接收端算法的改进，以及发射天线和接收天线的设计，也可以接收超过帧头长度的多径信号，这样符合GB 20600-2006的地面数字电视单频网台站间距也可进一步增大。

GB 20600-2006中规定了PN420、PN595、PN945三种帧头模式，其帧头信号长度分别为420、595、945个符号，对应的抗回波时延与最佳设台距离见表2-1所示。

表2-1 地面数字电视广播单频网最佳设台距离

序号	帧头模式	抗回波时延 μs	设台距离km
1	PN420	55.5	16.7
2	PN595	78.7	23.6
3	PN945	125	37.5

现有单频网台站，如果不满足台站间距的要求，可以对单频网系统进行调试优化，将单频网干扰区面积调整到最小或者将单频网干扰区调整至人口密度较小的区域。

2.5 单频网系统参数

GB 20600-2006中规定了多种地面数字电视广播的系统参数，具有不同的系统净码率。现阶段，地面数字电视单频网组网常用的系统参数和工作模式，建议从表2-1列出的10种工作模式中选定。

表 2-1 地面数字电视单频网 10 种常用工作模式

工作模式	载波数	前向纠错码率	符号星座映射	帧头模式	帧头相位变化	符号交织选项	双导频插入	净码率 Mbps
1	C=3780	0.4	16QAM	PN945	变化	720	--	9.626
2	C=1	0.8	4QAM	PN595	--	720	不插入	10.396
3	C=3780	0.6	16QAM	PN945	变化	720	--	14.438
4	C=1	0.8	16QAM	PN595	--	720	不插入	20.791

工作模式	载波数	前向纠错码率	符号星座映射	帧头模式	帧头相位变化	符号交织选项	双导频插入	净码率 Mbps
5	C=3780	0.8	16QAM	PN420	变化	720	--	21.658
6	C=3780	0.6	64QAM	PN420	变化	720		24.365
7	C=1	0.8	32QAM	PN595	--	720	不插入	25.989
8	C=3780	0.8	16QAM	PN945	变化	720	--	19.251
9	C=3780	0.8	64QAM	PN945	变化	720	--	21.658
10	C=3780	0.8	64QAM	PN420	变化	720	--	32.486

通常情况下：

- a) 模式1和模式2适用于移动接收。
- b) 模式3可以兼顾移动接收和固定接收。
- c) 模式4、模式5和模式8适合复杂城市环境的固定接收。
- d) 模式6、模式7、模式9和模式10适合简单城市、郊区及农村环境的固定接收。

3. 单频网台站

3.1 台站分类

在一个单频网系统中，根据台站的规模、台站的条件、台站的海拔、单频网信号覆盖面积、台站在单频网系统中的位置，可以分为单频网主站和单频网从站。

3.1.1 单频网主站

3.1.1.1 单频网主站定义

在一个单频网系统中，承担主要运行维护职责、并对单频网系统进行统筹管理的台站，称为单频网主站。一个单频网系统中可能存在多个单频网主站。单频网主站可以有以下两种情形：

a) 情形1：在一个单频网系统中，如果某个发射台站的海拔明显高于其他台站或者覆盖面积远大于其他台站，则该发射台站为单频网主站，如图3-1所示。如果单频网系统中各发射台站覆盖效果相当，则由上级主管部门指定发射台站为单频网主站。

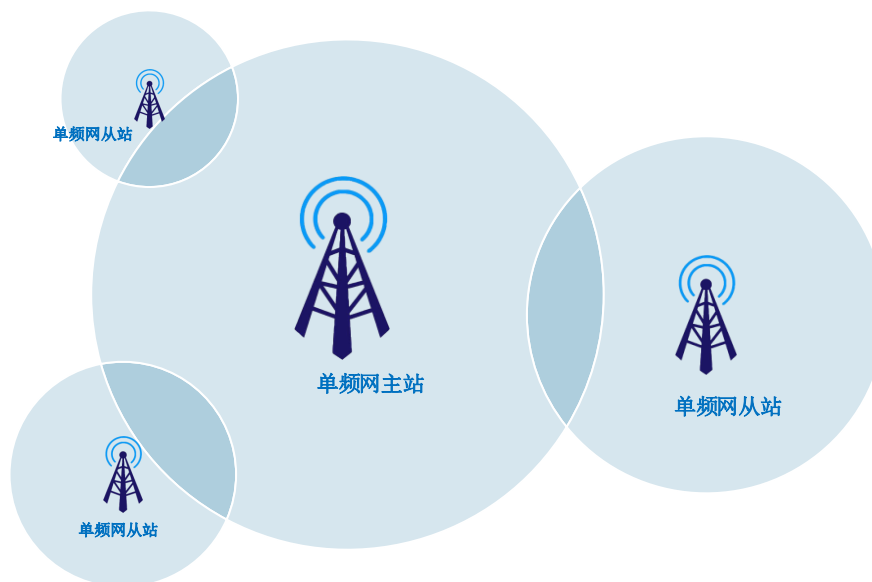


图 3-1 单频网主站示意图（情形 1）

b) 情形2：在一个单频网系统中，单频网码流产生于某一个发射台站，并经过多种传输分配链路分发至其他台站，则该发射台站称为单频网主站，如图3-2所示。

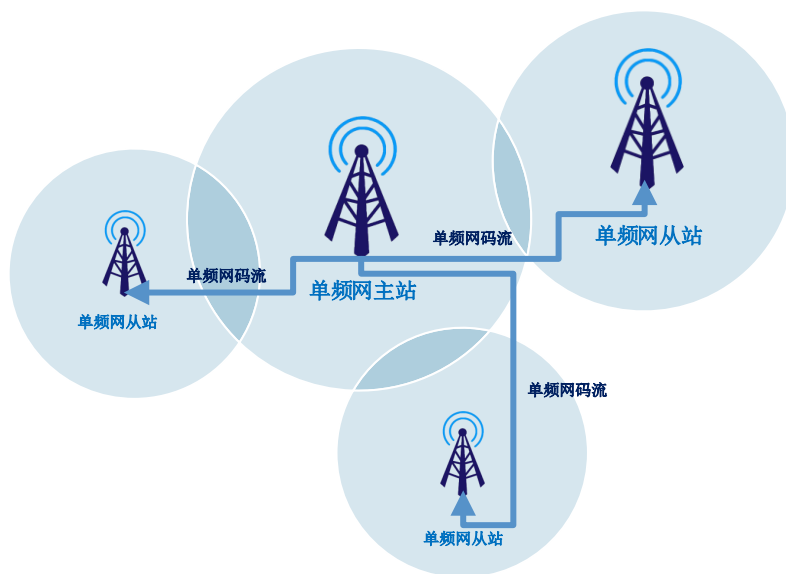


图 3-2 单频网主站示意图（情形 2）

3.1.1.2 单频网主站分类

如果一个单频网系统中存在多个单频网主站，则根据运行维护管理需要，将单频网主站分成单频网一级主站和单频网二级主站。

a) 单频网一级主站

除了满足单频网系统主站要求以外，还需要承担对二级单频网主站的管理职责。一个单频网系统中有且只有一个单频网一级主站。

b) 单频网二级主站

仅负责单频网系统内部分相关区域的管理，同时接受一级单频网主站的管理。一个单频网系统中可以有多个单频网二级主站。

3.1.2 单频网从站

在一个单频网系统中，除去单频网主站外的台站称为单频网从站，如图3-1、图3-2所示。

3.2 台站职责

3.2.1 台站基本职责

单频网系统内所有台站都须承担以下职责：

a) 负责存储及管理台站技术资料。

b) 对单频网系统内各设备进行正确配置，确保单频网系统处于正常工作状态，确保单频网系统的安全播出。

c) 负责对单频网进行优化调整,确保在重叠覆盖区内无相互干扰或者将相互干扰优化调整至最小。

d) 参照国家广播电影电视总局令第62号《广播电视安全播出管理规定》、GY/T 179-2001《广播电视发射台运行维护规程》,制订单频网台站运维手册,严格按照手册指导各岗位工作人员进行日常维护工作。

e) 同一单频网系统内的各台站,运行时间表应一致。

f) 对单频网系统内各设备进行日常运行巡检,并定期进行维护,能够对异常或故障及时解决,确保设备完好。

g) 同一单频网系统内的各台站,按照职责划分,对外场检测点进行检测,确保单频网系统的正常工作。

h) 原单频网系统后续如出现变更或调整,能够按照新参数对单频网系统进行正确配置。

i) 应建立单频网联络机制,各台站之间应始终保持信息共享与即时通信。

j) 在出现异常或故障时,首先确认单频网是否受影响,如确认影响则须通知本单频网系统内其他所有台站,并联动进行处理。

3.2.2 单频网主站职责

单频网主站除了承担3.2.1所要求的台站基本职责以外,还需要承担以下职责:

a) 牵头制订单频网技术资料管理制度,负责存储及管理单频网系统资料。

b) 牵头制订单频网系统运维手册,指导本单频网系统内各台站的运维管理。

c) 统一协调管理本单频网系统内各台站,完成对系统内各台站调度、关键参数检测、系统故障排查、系统故障处理等工作。

d) 牵头制订单频网系统外场检测方案,并部署至单频网系统内各台站,并统一对单频网系统检测结果进行汇总记录分析。

e) 牵头制订单频网系统覆盖效果收测方案与计划,并统筹安排各从站进行单频网系统覆盖效果收测。

f) 在出现异常或故障时,协调单频网系统内各台站联动处理。重大故障须报上级主管部门。

g) 牵头负责单频网系统在重要保障期的相关管理、维护工作。

h) 如果单频网系统中存在一级主站和二级主站，则一级主站还需负责系统内所有二级主站的管理协调工作，二级主站仅需要负责相关区域内的管理协调工作。

3.2.3 单频网从站职责

单频网从站除了承担3.2.1所要求的台站基本职责以外，还需要承担以下职责：

配合单频网主站，完成单频网主站分配的单频网运维管理、检测、故障处理、单频网覆盖效果收测等工作，服从单频网主站的调度。

3.3 台站仪器设备配置

3.3.1 基本配置要求

为满足单频网台站日常运行维护需要，根据单频网台站分类，各台站需配置相应检测仪器设备。本白皮书仅规定最低配置要求，各台站可根据实际情况进行额外配置。

a) 单频网主站

需配置频谱分析仪、激励器延时测量设备、地面数字电视广播监测接收机、接收天线、码流分析仪、测试用地面数字电视接收器（机顶盒）、便携电视、定位设备等。

b) 单频网从站

需配置场强仪、地面数字电视广播监测接收机、接收天线、测试用地面数字电视接收器（机顶盒）、便携电视、定位设备等。

3.3.2 检测设备技术要求

a) 频谱分析仪

频谱分析仪的技术要求见表3-1。

表 3-1 频谱分析仪的技术要求

序号	项目	技术指标
1	频率范围	至少满足30MHz~1GHz
2	频率分辨率	≤1Hz
3	电平测量范围	至少满足-90dBm~0dBm

序号	项目	技术指标
4	平均噪声电平（不含预放）	$\leq -140\text{dBm/Hz}$
5	动态范围	$\geq 70\text{dB}$

b) 场强仪

场强仪的技术要求见表3-2。

表 3-2 场强仪的技术要求

序号	项目	技术指标
1	频率范围	至少满足30MHz~1GHz
2	测量精度	米波段：±2dB
		分米波段：±3dB
3	场强测量范围	米波段（48MHz~160MHz）：至少满足10 dB $\mu\text{V/m}$ ~120 dB $\mu\text{V/m}$
		米波段（160MHz~300MHz）：至少满足20 dB $\mu\text{V/m}$ ~120 dB $\mu\text{V/m}$
		分米波段：至少满足30 dB $\mu\text{V/m}$ ~120 dB $\mu\text{V/m}$
4	测量带宽	至少满足8MHz

c) 地面数字电视广播监测接收机

地面数字电视广播监测接收机的技术要求见表3-3。

表 3-3 地面数字电视广播监测接收机的技术要求

序号	项目		技术指标
1	工作模式		符合GB 20600-2006的规定
2	频率范围		至少满足48.5MHz~958MHz
3	信号电平	测量范围	至少满足-95dBm~0dBm
		测量精度	±1dB
4	载噪比	测量范围	至少满足0dB~30dB
		测量精度	±1dB

序号	项目		技术指标
5	调制误差率	测量范围	至少满足0dB~32dB
		测量精度	±1dB
6	时域脉冲响应多径信号延时分析精度		至少满足1μs
7	视频编码方式		符合GB/T 17975.2-2000、GB/T 20090.2-2013和GB/T 20090.16-2016的规定
8	音频编码方式		符合GB/T 17975.3-2002和GB/T 22726-2008的规定
9	遥控接口		RS-232或以太网接口

d) 激励器延时测量设备

激励器延时测量设备的技术要求见表3-4。

表 3-4 激励器延时测量设备的技术要求

序号	项目	技术指标
1	工作模式	符合GB 20600-2006的规定
2	频率范围	至少满足48.5MHz~958MHz
3	信号电平接收范围	至少满足-95dBm~0dBm
4	信号延时分析精度	至少满足0.1μs

e) 接收天线

接收天线的技术要求见表3-5。

表 3-5 接收天线的技术要求

序号	项目	技术指标
1	频率范围	至少满足30MHz~1GHz
2	天线增益	≥8dBd
3	电压驻波比（VSWR）	≤1.2
4	极化方式	水平/垂直极化

f) 码流分析仪

码流分析仪的技术要求见表3-6。

表 3-6 码流分析仪的技术要求

序号	项目	技术指标
1	分析码流最大速度	$\geq 32.486\text{Mbps}$
2	码流分析	a) 支持实时分析和离线分析 b) 支持标清、高清数字电视信号 c) 至少支持对符合GB/T 17975.1-2010规定的TS码流的三级检测分析 d) 支持对SIP的分析

g) 测试用地面数字电视接收器（机顶盒）

测试用地面数字电视接收器（机顶盒）应满足GB/T 26683-2017 《地面数字电视接收器通用规范》中的要求。

4. 单频网关键设备及技术指标

4.1 单频网关键设备

为了保障单频网系统始终处于同步状态、各台站之间相互不存在干扰或已经将干扰优化调整至最优状态，单频网系统及各台站应重点关注以下关键设备，严格确保这些设备工作正常，各参数配置正确，输入输出信号符合要求。

4.1.1 发射机

a) 地面数字电视广播发射机应符合GB/T 28435-2012《地面数字电视广播发射机技术要求和测量方法》和GB/T 37345-2019《地面数字电视发射设备网管技术规范》中的要求。

b) 地面数字电视广播发射机性能要求应符合表4-1的要求。

表 4-1 地面数字电视广播发射机性能要求

序号	项目	指标
1	工作频率	符合 GB/T 14433-1993 有关规定
2	单频网模式频率调节步长	1Hz
3	频率稳定度（3个月）	采用内部参考源时，频率稳定度 $\leq 1 \times 10^{-7}$
		采用外部参考源时，频率稳定度 $\leq 1 \times 10^{-10}$
4	频率准确度	对于 MFN 模式，频率准确度 $\pm 100\text{Hz}$
		对于 SFN 模式，频率准确度 $\pm 1\text{Hz}$
5	相位噪声	$\leq -60\text{dBc/Hz}$ （在 10Hz 处）
		$\leq -75\text{dBc/Hz}$ （在 100Hz 处）
		$\leq -85\text{dBc/Hz}$ （在 1kHz 处）
		$\leq -95\text{dBc/Hz}$ （在 10kHz 处）
		$\leq -110\text{dBc/Hz}$ （在 100kHz 处）
		$\leq -115\text{dBc/Hz}$ （在 1MHz 处）
6	射频输出功率稳定度	$\pm 0.5\text{dB}$
7	输出负载的反射损耗（8MHz 带内）	正常工作： $\geq 26\text{dB}$
		允许工作： $\geq 20\text{dB}$
8	带肩（在偏离中心频率 $\pm 4.2\text{MHz}$ 处；在滤波器之前测量）	$\leq -36\text{dB}$

序号	项目	指标
9	带内频谱不平坦度 ($f_c \pm 3.591\text{MHz}$)	在 $\pm 0.5\text{dB}$ 以内 (非双导频模式下)
10	带外频谱特性	符合 GB 20600-2006 中带外频谱模板的有关规定
11	调制误差率 (MER)	$\geq 32\text{dB}$
12	邻频道内无用发射功率	邻频道内的发射功率与带内发射功率的比 $\leq -45\text{dB}$, 并满足邻频道内的发射功率 $\leq 13\text{mW}$
13	邻频道外无用发射功率	邻频道外的发射功率与带内发射功率的比 $\leq -60\text{dB}$, 并满足邻频道外的发射功率 $\leq 13\text{mW}$
注: 除特殊声明外, 所有指标都应在滤波器之后测量		

4.1.2 激励器

4.1.2.1 地面数字电视广播激励器

a) 地面数字电视广播激励器应符合 GB/T 28436-2012 《地面数字电视广播激励器技术要求和测量方法》和 GB/T 37345-2019 《地面数字电视发射设备网管技术规范》中的要求。

b) 地面数字电视广播激励器性能要求应符合表 4-2 的要求。

表 4-2 地面数字电视广播激励器性能要求

序号	项目	指标
1	工作频率	符合 GB/T 14433-1993 有关规定
2	单频网模式频率调节步长	1Hz
3	频率准确度	对于 MFN 模式, 频率准确度: $\pm 100\text{Hz}$
		对于 SFN 模式, 频率准确度: $\pm 1\text{Hz}$
4	频率稳定度 (3 个月)	采用内部参考源时, 频率稳定度: 1×10^{-7}
		采用外部参考源时, 频率稳定度: 1×10^{-10}
5	输出功率	$\geq 0\text{dBm}$
6	输出功率稳定度 (24 小时)	在 $\pm 0.3\text{dB}$ 以内
7	射频有效带宽	7.56MHz
8	滚降系数	0.05

序号	项目	指标	
9	信号带肩 ($f_c \pm 4.2\text{MHz}$)	$\leq -48\text{dBc}$	
10	带内频谱不平坦度 ($f_c \pm 3.591\text{MHz}$)	在 $\pm 0.5\text{dB}$ 以内	
11	带外杂散	邻频道内无用发射功率	低于带内信号功率 50dB
		邻频道外无用发射功率	低于带内信号功率 55dB
12	本振相位噪声	$\leq -60\text{dBc/Hz}$ (在 10Hz 处)	
		$\leq -75\text{dBc/Hz}$ (在 100Hz 处)	
		$\leq -85\text{dBc/Hz}$ (在 1kHz 处)	
		$\leq -95\text{dBc/Hz}$ (在 10kHz 处)	
		$\leq -110\text{dBc/Hz}$ (在 100kHz 处)	
		$\leq -120\text{dBc/Hz}$ (在 1MHz 处)	
13	峰值平均功率比 (PAPR)	满足 CCDF 曲线模板要求	
14	调制误差率 (MER)	$\geq 36\text{dB}$	
15	单频网时延调整范围	0ms~969.9999ms	
16	单频网模式下第一符号输出时刻与 $T_{\text{delay_max}}$ 的误差	$\pm 1\mu\text{s}$	
17	单频网时延调整步进	100ns	

4.1.2.2 基于卫星传输的地面数字电视单频网激励器

a) 基于卫星传输的地面数字电视单频网激励器应符合 GD/J 067-2015《基于卫星传输的地面数字电视单频网激励器技术要求和测量方法》和 GB/T 37345-2019《地面数字电视发射设备网管技术规范》中的要求。

b) 基于卫星传输的地面数字电视单频网激励器性能要求应符合表4-3的要求。

表 4-3 基于卫星传输的地面数字电视单频网激励器性能要求

序号	项目	指标
1	工作频率	符合 GB/T 14433-1993 有关规定
2	单频网模式频率调节步长	1Hz
3	频率准确度	对于 MFN 模式, 频率准确度: $\pm 100\text{Hz}$

序号	项目		指标
			对于 SFN 模式，频率准确度：±1Hz
4	频率稳定度（3 个月）		采用内部参考源时，频率稳定度： 1×10^{-7}
			采用外部参考源时，频率稳定度： 1×10^{-10}
5	外接参考频率相对 1pps 相位变化容差		超过± 5×10^{-8}
6	输出功率		≥0dBm
7	输出功率稳定度（24 小时）		在±0.3dB 以内
8	射频有效带宽		7.56MHz
9	滚降系数		0.05
10	信号带肩（ $f_c \pm 4.2\text{MHz}$ ）		≤-48dBc
11	带内频谱不平坦度（ $f_c \pm 3.591\text{MHz}$ ）		在±0.5dB 以内
12	带外杂散	邻频道内无用发射功率	低于带内信号功率 50dB
		邻频道外无用发射功率	低于带内信号功率 55dB
13	本振相位噪声		≤-65dBc/Hz（在 10Hz 处）
			≤-80dBc/Hz（在 100Hz 处）
			≤-90dBc/Hz（在 1kHz 处）
			≤-100dBc/Hz（在 10kHz 处）
			≤-115dBc/Hz（在 100kHz 处）
			≤-125dBc/Hz（在 1MHz 处）
14	峰值平均功率比（PAPR）		满足 CCDF 曲线模板要求
15	调制误差率（MER）		≥36dB
16	单频网时延调整范围		0ms~969.9999ms
17	单频网模式下第一符号输出时刻与 $T_{\text{delay_max}}$ 的误差		±1μs
18	单频网时延调整步进		100ns
19	单频网模式下可容忍的 TS 流抖动		≥100μs

4.1.3 单频网授时接收设备

a) 单频网接收授时设备应符合GB/T 34995-2017《单频网授时接收设备技术要求和测量方法》中的要求。

b) 单频网授时接收设备性能要求应符合表4-4的要求。

表 4-4 单频网授时接收设备性能要求

序号	项目		指标要求
1	10MHz 频率参考信号	幅度	800mV~1V (峰-峰值)
		频率准确度	$\leq 1 \times 10^{-12}$ (锁定 GPS 或 BDS 信号)
			$\leq 5 \times 10^{-10}$ (GPS 和 BDS 信号失锁)
		频率稳定度	$\leq 5 \times 10^{-11}$ (采样时间 100ms)
			$\leq 5 \times 10^{-12}$ (采样时间 1s)
			$\leq 1 \times 10^{-11}$ (采样时间 10s)
		相位噪声	$\leq -80\text{dBc/Hz}$ (在 1Hz 处)
			$\leq -120\text{dBc/Hz}$ (在 10Hz 处)
			$\leq -135\text{dBc/Hz}$ (在 100Hz 处)
			$\leq -140\text{dBc/Hz}$ (在 1kHz 处)
			$\leq -150\text{dBc/Hz}$ (在 10kHz 处)
2	1pps 信号	上升时间	$\leq 10\text{ns}$
		脉冲宽度	500ms
		定时准确度	$\leq 100\text{ns}$
		定时稳定度	$\leq 30\text{ns}$
		守时误差	$\leq 44\mu\text{s}$ (GPS 和 BDS 信号断开 24h)

4.1.4 专业卫星综合接收解码器

专业卫星综合接收解码器应符合 GD/J 057-2014《AVS+专业卫星综合接收解码器技术要求和测量方法》中的要求。

4.1.5 单频网适配器

4.1.5.1 地面数字电视广播单频网适配器

a) 地面数字电视广播单频网适配器应符合GB/T 28434-2012《地面数字电视广播单频网适配器技术要求和测量方法》中的要求。

b) 地面数字电视广播单频网适配器功能和性能要求应符合表4-5的要求。

表 4-5 地面数字电视广播单频网适配器功能和性能要求

序号	项目	技术要求					
		调制方式	帧头	编码效率	净码率bps	TS包率包/秒	
1	秒帧初始化包插入功能	符合GB/T 28434-2012标准中5.3.1的要求	4QAM-NR	420	0.8	5,414,400	3600
				595	0.8	5,197,824	3456
				945	0.8	4,812,800	3200
			4QAM	420	0.4	5,414,400	3600
					0.6	8,121,600	5400
					0.8	10,828,800	7200
				595	0.4	5,197,824	3456
					0.6	7,796,736	5184
					0.8	10,395,648	6912
				945	0.4	4,812,800	3200
					0.6	7,219,200	4800
					0.8	9,625,600	6400
			16QAM	420	0.4	10,828,800	7200
					0.6	16,243,200	10800
					0.8	21,657,600	14400
				595	0.4	10,395,648	6912
					0.6	15,593,472	10368
					0.8	20,791,296	13824
				945	0.4	9,625,600	6400
					0.6	14,438,400	9600
					0.8	19,251,200	12800
			32QAM	420	0.8	27,072,000	18000
				595	0.8	25,989,120	17280

序号	项目	技术要求									
			64QAM	945	0.8	24,064,000	16000				
				420	0.4	16,243,200	10800				
					0.6	24,364,800	16200				
					0.8	32,486,400	21600				
				595	0.4	15,593,472	10368				
					0.6	23,390,208	15552				
					0.8	31,186,944	20736				
				945	0.4	14,438,400	9600				
					0.6	21,657,600	14400				
					0.8	28,876,800	19200				
				2	码率适配功能	根据系统输出码率时钟，在基准时钟信号源的每个1pps的位置，地面数字电视广播单频网适配器向TS流中插入1个SIP；在其他位置，地面数字电视广播单频网适配器从前端缓冲器内读取数据码流，如果数据不足一个秒帧，则自动插入单频网适配空包完成TS流的码率适配，地面数字电视广播单频网适配器输出的TS流码率和由单频网适配器规定的发射机工作模式要求的净载荷速率完全相同，并且锁定在来自基准时钟信号源的10MHz参考时钟上					
				3	监控和报警	各部件工作异常时，提供报警提示					
报警状态可以通过遥控、监控接口进行查询											
4	输出TS流抖动	不大于100ns									

4.1.5.2 基于卫星传输的地面数字电视单频网适配器

a) 基于卫星传输的地面数字电视单频网适配器应符合GD/J 066-2015《基于卫星传输的地面数字电视单频网适配器技术要求和测量方法》中的要求。

b) 基于卫星传输的地面数字电视单频网适配器功能和性能要求应符合表4-6的要求。

表 4-6 基于卫星传输的地面数字电视单频网适配器功能和性能要求

序号	项目	技术要求					
1	秒帧初始化包插入	符合GD/J 066-2015标准	调制方式	帧头	编码效率	净码率bps	TS包率包/秒

序号	项目	技术要求					
	功能	中5.3.1的要求	4QAM-NR	420	0.8	5,414,400	3600
				595	0.8	5,197,824	3456
				945	0.8	4,812,800	3200
			4QAM	420	0.4	5,414,400	3600
					0.6	8,121,600	5400
					0.8	10,828,800	7200
				595	0.4	5,197,824	3456
					0.6	7,796,736	5184
					0.8	10,395,648	6912
				945	0.4	4,812,800	3200
					0.6	7,219,200	4800
					0.8	9,625,600	6400
			16QAM	420	0.4	10,828,800	7200
					0.6	16,243,200	10800
					0.8	21,657,600	14400
				595	0.4	10,395,648	6912
					0.6	15,593,472	10368
					0.8	20,791,296	13824
				945	0.4	9,625,600	6400
					0.6	14,438,400	9600
					0.8	19,251,200	12800
			32QAM	420	0.8	27,072,000	18000
				595	0.8	25,989,120	17280
				945	0.8	24,064,000	16000
			64QAM	420	0.4	16,243,200	10800
					0.6	24,364,800	16200
					0.8	32,486,400	21600
				595	0.4	15,593,472	10368
					0.6	23,390,208	15552

序号	项目	技术要求					
						0.8	31,186,944
				945	0.4	14,438,400	9600
					0.6	21,657,600	14400
					0.8	28,876,800	19200
2	码率适配功能	根据系统输出码率时钟，在基准时钟信号源的每个1pps的位置，地面数字电视广播单频网适配器向TS流中插入1个SIP；在其他位置，地面数字电视广播单频网适配器从前端缓冲器内读取数据码流，并将输入的TS流中所有PID为0x1FFF的TS包替换为单频网适配数据包，如果数据不足一个秒帧，则自动插入单频网适配数据包完成TS流的码率适配。地面数字电视广播单频网适配器输出的TS流码率和由单频网适配器规定的发射机工作模式要求的净载荷速率完全相同，并且锁定在来自基准时钟信号源的10MHz参考时钟上					
3	码流输出保持功能	在外部基准时钟信号丢失时，单频网适配器TS输出应与TS输入保持一致					
4	监控和报警	各部件工作异常时，提供报警提示					
		报警状态可以通过遥控、监控接口进行查询					
5	输出TS流抖动	不大于100ns					

4.1.6 复用器

复用器应符合GY/T 226-2007《数字电视复用器技术要求和测量方法》中的要求。

4.2 单频网关键参数及指标

为了保障单频网系统始终处于同步状态、各台站之间相互不存在干扰或已经将干扰优化调整至最优状态，单频网系统及各台站应重点关注以下信号、状态、参数及指标，严格确保这些信号、状态处于正常要求，参数处于正确配置，指标处于良好范围。

4.2.1 单频网适配器输出码流

单频网适配器输出码流包含有携带帧头模式、载波数、调制方式、编码效率等参数的SIP，码流通过传输分配网络送至各台站，该码流正确与否将影响整个单频网系统的节目播出。

4.2.2 激励器单频网状态

按照单频网类型，激励器单频网状态分为“单频网”和“基于卫星传输的单频网”两种模式，各单频网系统根据自身传输分配网络的类型决定该参数设置。该参数设置是否正确将影响本站是否工作在单频网状态下。

4.2.3 单频网授时接收设备卫星锁定状态

单频网授时接收设备是否处于卫星锁定状态，将影响其10MHz时钟输出信号与1pps输出信号的精准度，最终影响整个单频网的同步。

4.2.4 激励器 10MHz 时钟输入

激励器10MHz时钟输入信号将影响单频网同步状态是否正常。

4.2.5 激励器 1pps 输入

激励器1pps输入信号将影响单频网同步状态是否正常。

4.2.6 激励器输入码流状态

激励器输入码流为经过传输分配网络后的单频网系统码流，激励器中帧头模式、载波数、调制方式、编码效率等参数需要通过该码流中的SIP读出，该码流正确与否将影响激励器能否正常工作在单频网状态下。

4.2.7 激励器单频网时延

激励器单频网时延将影响单频网重叠覆盖区内的接收效果。

4.2.8 发射机输出功率

发射机输出功率将影响单频网的覆盖效果。

4.2.9 外场检测指标

单频网外场检测需要检测接收电平、载噪比、调制误差率、误包率、多径信号与主观评价等参数指标，通过这些指标可以反映单频网的覆盖效果以及单频网台站之间是否存在相互干扰。

5. 单频网日常运行维护

5.1 单频网技术资料管理

单频网系统应集齐相关方案、文档、手册等单频网技术资料，并建立单频网技术资料管理制度。单频网系统在日常运行维护中，将通过这些技术资料及相关参数来确保单频网系统正常稳定运行。系统资料由单频网主站负责存储及管理，各台站留存相应副本。台站资料由各台站负责存储及管理。

系统资料包括但不限于以下：

- a) 单频网系统规划设计方案。
- b) 单频网系统建设方案。
- c) 单频网系统验收报告。
- d) 单频网调试优化结果。
- e) 单频网系统覆盖效果图。
- f) 单频网适配器关键参数配置表。
- g) 单频网各台站激励器关键参数配置表（包含各台站时延设定参数）。
- h) 单频网各台站天线参数及安装参数等。

5.2 运行规程

单频网系统及各台站的运行应严格遵循国家广播电影电视总局令第62号《广播电视安全播出管理规定》与GY/T 179-2001《广播电视发射台运行维护规程》中的相关规定，按照省、自治区、直辖市以上人民政府广播电视行政部门批准的节目、传输方式、覆盖范围以及相关技术参数播出、传输、发射单频网广播电视信号，各台站播出应始终按照调度令及运行图执行，未经批准不得擅自停止或者变更服务。停机、检修、试机应符合相关规定。

在单频网系统日常运行中，应制定巡检计划，各台站每日值班应定时进行巡检。值班人员需要检查设备外观是否正常，通电工作状态是否正常。

在台站内信号传输过程的关键节点处设置检测点，记录关键指标，并监听监看节目内容及节目质量。如有异常，及时记录出现问题，并按规定、按要求及时处理。台内检测点的设置如图5-1所示：

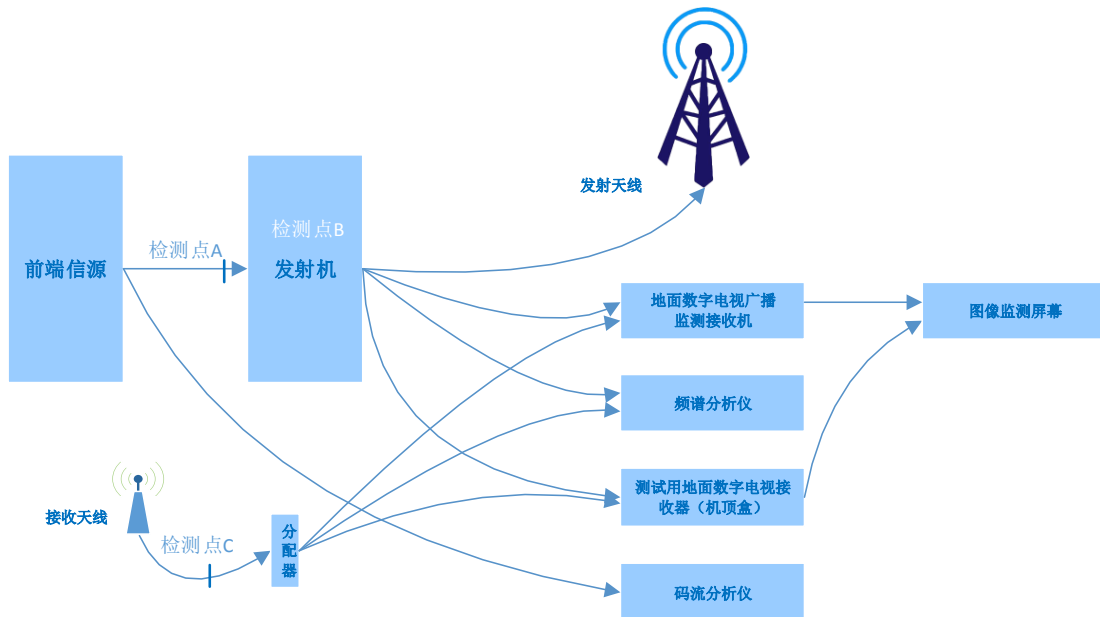


图 5-1 台内检测框图

a) 检测点A位于前端信源和发射机之间，主要检测项目：激励器输入码流等。各台站可根据实际信号引接情况，对可能故障点进行检测。

b) 检测点B位于发射机，主要检测项目：激励器单频网状态、单频网授时接收设备卫星锁定状态、激励器10MHz时钟输入、激励器1pps输入、激励器单频网时延、发射机输出功率等。

c) 检测点C位于开路信号接收良好的发射机房或室外固定检测点，主要检测项目：接收电平、载噪比、调制误差率、误包率、多径信号、节目质量等。

除此之外，台内日常巡检还需重点检查地面数字电视广播发射机、激励器、单频网授时接收设备、专业卫星综合接收解码器、单频网适配器、复用器等单频网关键设备的运行状态、播出参数。

值班人员应填写《值班记录表》、《单频网运行巡检记录表》等。

5.2.1 发射机巡检

a) 工作频率

记录发射机面板的工作频率。发射机的工作频率应保持稳定，严格按照指配频率发射。

b) 功率状态

记录发射机面板的输出功率。发射机的输出功率需要保持稳定，严格按照指配功率发射，输出功率保持在规划功率 $\pm 5\%$ 以内。

c) 功放单元

记录发射机功放单元的电流与电压。发射机的功放单元应处于稳定工作状态，无故障告警。

d) 驻波比或反射功率

记录发射机面板的驻波比或反射功率。发射机的驻波比或反射功率应处于正常工作范围之内，无故障告警。

5.2.2 激励器巡检

激励器分为地面数字电视广播激励器和基于卫星传输的地面数字电视单频网激励器两种，各台站根据实际配置进行巡检。

5.2.2.1 地面数字电视广播激励器

a) 主备机工作状态

原则上激励器均采用主备机互为备份的工作方式，记录激励器主备机工作状态。

主备机中只有一台处于正常工作状态时，应及时将故障机送修。

b) 射频状态

激励器的射频输出应处于打开状态，且工作正常。

c) 组网模式

在单频网状态时，激励器应始终处于“单频网”组网模式。

d) 输入码流状态

输入的单频网码流应处于锁定状态，码率正确且保持稳定不中断。

输入的单频网码流中，SIP信息读取正常，激励器可自动获取单频网工作参数，如载波数、前向纠错码率、符号星座映射、帧头模式、符号交织选项等，如无法读出工作参数或所读取的工作参数错误，则需分别排查输入码流是否正确、线缆连接是否正确等。

e) 10MHz时钟输入

10MHz时钟输入信号应始终处于锁定状态。如失锁，则需分别排查单频网授时接收设备是否故障、单频网授时接收设备10MHz时钟输出信号是否正常、线缆连接是否正确、线缆接头是否损坏等。

在单频网系统中，激励器的10MHz时钟输入信号来自单频网授时接收设备，该信号影响激励器的同步工作状态，如丢失该信号，则单频网的同步状态无法保证，会导致各台站相互干扰。

f) 1pps输入

1pps输入信号应始终处于锁定状态。如失锁，则需分别排查单频网授时接收设备是否故障、单频网授时接收设备1pps输出信号是否正常、线缆连接是否正确、线缆接头是否损坏等。

在单频网系统中，激励器的1pps输入信号来自单频网授时接收设备，该信号影响激励器的同步工作状态，如丢失该信号，则单频网的同步状态无法保证，会导致各台站相互干扰。

部分厂家的激励器设备10MHz时钟输入信号与1pps输入信号的锁定状态由同一指示灯显示。

5.2.2.2 基于卫星传输的地面数字电视单频网激励器

a) 主备机工作状态

同5.2.2.1。

b) 射频状态

同5.2.2.1。

c) 组网模式

在单频网状态时，激励器应始终处于“卫星单频网”组网模式。

d) 输入码流状态

同5.2.2.1。

e) 10MHz时钟输入

同5.2.2.1。

f) 1pps输入

同5.2.2.1。

5.2.3 单频网授时接收设备巡检

a) 授时信号来源

授时信号通常来自GPS或BDS，巡检时应根据规划要求，记录单频网授时设备信号来源。

b) 卫星锁定状态

单频网授时接收设备应始终处于卫星锁定状态。如失锁，则需分别排查单频网授时接收设备是否故障、天线是否受损、卫星信号是否正常、是否存在外界信号干扰等。

c) 授时信号输出状态

单频网授时接收设备的授时信号输出应工作正常，10MHz信号输出与1pps信号输出均处于正常工作状态。

如单频网授时设备的10MHz信号输出与1pps信号输出无指示灯显示或面板状态显示，则以卫星锁定状态是否正常为准进行记录。

5.2.4 专业卫星综合接收解码器巡检

a) 卫星输入信号锁定状态

卫星输入信号的信号强度、信号质量等均应符合专业卫星综合接收解码器的工作要求，专业卫星综合接收解码器的卫星输入信号处于稳定锁定状态。

b) 授权卡状态

专业卫星综合接收解码器的授权卡应为已授权状态，在授权有效期内。

c) 码流输出状态

专业卫星综合接收解码器的输出码流应处于正常工作状态，输出节目正常，符合规划要求。

5.2.5 单频网适配器巡检

单频网适配器分为地面数字电视广播单频网适配器和基于卫星传输的地面数字电视单频网适配器两种，台站根据实际配置进行巡检。巡检项目包括以下：

a) 码流输入状态

单频网适配器的输入码流应处于锁定状态，输入码流稳定，最大码率不超过地面数字电视广播单频网适配器所配置工作模式的净码率要求。

b) 码流输出状态

单频网适配器的输出码流应处于正常工作状态，输出节目符合规划要求。

c) 10MHz输入

单频网适配器的10MHz时钟输入信号处于锁定状态。在单频网系统中，单频网适配器的10MHz时钟输入信号来自单频网授时接收设备，该信号影响单频网适配器的同步工作状态，如丢失该信号，则单频网适配器无法正常工作。

d) 1pps输入

单频网适配器的1pps输入信号处于锁定状态。在单频网系统中，单频网适配器的1pps输入信号来自单频网授时接收设备，该信号影响单频网适配器的同步工作状态，如丢失该信号，则单频网适配器无法正常工作。

5.2.6 复用器巡检

a) 码流输入状态

复用器的输入码流应处于锁定状态，输入码流稳定。

b) 码流输出状态

复用器的输出码流应处于正常工作状态，输出节目符合规划要求。

5.2.7 节目监听监看

对播出节目进行监听监看，记录节目质量。节目视音频播出质量应无可察觉损伤。

5.2.8 接收信号指标

记录台站内接收信号的关键指标，包括接收电平、载噪比、调制误差率和误包率，这些指标应处于正常播出的良好状态。

5.3 维护规程

单频网系统及各台站的维护应严格遵循国家广播电影电视总局令第62号《广播电视安全播出管理规定》与GY/T 179-2001《广播电视发射台运行维护规程》中的相关规定。

在单频网系统维护中，应建立“计划科学、分界明确、操作规范、管理严格”的维护机制，制订维护计划，做好单频网有关设备的定期维护以及大修、更新改造等工作。

如有单频网台站变更、设备更换、参数变更等情况，则应在每周检修维护或者没有播出任务的时段进行变更操作，并根据实际需要安排调试工作。

5.3.1 周检修维护

单频网台站应每周对单频网系统进行检修维护，维护人员应填写《单频网维护记录表》、《检修记录表》等。

周检修维护至少包括以下项目：

a) 对激励器、发射机等关键设备进行断电关机维护，清洁设备、连接线等，检查连接线及接口是否连接正常。

b) 进行主备激励器切换试验、发射机备机倒换试验等。

c) 对主备信源进行检查，对信源传输系统进行检修维护等。

d) 对台内的单频网关键设备的重要指标进行测试与检修。

5.3.1.1 发射机检测

应对地面数字电视广播发射机的重要指标进行检测：

a) 工作频率

发射机的工作频率应为上级主管部门指配的工作频率。

b) 输出功率

发射机的输出功率应为上级主管部门指配的功率。

c) 频率准确度

发射机的工作频率需要保持严格同步，频率准确度始终保持在 $\pm 1\text{Hz}$ 以内。

d) 射频输出功率稳定度

发射机的输出功率需要保持稳定，输出功率保持在指配功率 $\pm 5\%$ 以内。

e) 带肩

发射机输出信号的带肩应 $\leq -36\text{dB}$ （滤波器前测），该值反映发射机输出信号质量的好坏。

f) 调制误差率（MER）

发射机输出信号的调制误差率应 $\geq 32\text{dB}$ ，该值反映发射机输出信号质量的好坏。

g) 邻频道内无用发射功率

发射机输出信号的邻频道内发射功率与带内发射功率之比应 $\leq -45\text{dB}$ ，并满足邻频道内的发射功率 $\leq 13\text{mW}$ ，该值反映发射机邻频道内无用信号的大小，如邻频道内无用信号过大，将对邻频道正常信号造成干扰。

h) 邻频道外无用发射功率

发射机输出信号的邻频道外发射功率与带内发射功率之比应 $\leq -60\text{dB}$ ，并满足邻频道外的发射功率 $\leq 13\text{mW}$ ，该值反映发射机邻频道外无用信号的大小，如邻频道外无用信号过大，将对邻频道外其他正常信号造成干扰。

5.3.1.2 激励器检测

应对地面数字电视广播激励器或基于卫星传输的地面数字电视单频网激励器的重要指标进行检测：

a) 工作频率

激励器的工作频率应为上级主管部门指配的工作频率。

b) 频率准确度

发射机的工作频率需要保持严格同步，频率准确度始终保持在 $\pm 1\text{Hz}$ 以内。

c) 输出功率稳定度（24小时）

激励器的输出功率需要保持稳定，输出稳定度在 $\pm 0.3\text{dB}$ 以内。

d) 调制误差率

激励器输出调制误差率应 $\geq 36\text{dB}$ ，该值反映激励器输出信号质量的好坏。

e) 工作模式

在单频网系统中，激励器工作模式从输入的单频网码流中（通过SIP信息）获取，如单频网码流异常，则无法获取正常的工作模式。

f) 输入码流

输入码流应保持稳定不中断。

g) 单频网时延

激励器单频网时延在单频网设计调网优化阶段会给定一个值，日常运行时始终保持该值不变，如后期单频网升级、调整或发生变化，则需要根据新的单频网状态重新计算该值。

5.3.1.3 单频网适配器检测

应对地面数字电视广播单频网适配器或基于卫星传输的地面数字电视单频网适配器的重要指标进行检测：

a) SIP包检测

单频网适配器输出码流应插入SIP，通过码流分析仪能解析出配置正确的工作模式。

5.3.2 半年度检修维护

单频网台站应每半年对单频网系统发射天线进行检修维护，发射天线检修维护由各台站组织进行，或者委托具备检测资质的第三方进行。维护人员应填写《天线维护记录表》等。

发射天线半年度检修维护至少包括以下项目：

a) 天线系统电气指标测量，维护内容包括电压驻波比、直流电阻、绝缘电阻等。

b) 设备结构及安装固定检查，维护内容包括天线单元的结构、天线单元的安装固定、功分器的安装固定、主馈及分支电缆的连接固定和密封等。

c) 塔桅结构检查，维护内容包括目测塔身和桅杆的垂直弯曲度、钢结构的形变、连接螺栓固定情况、钢结构锈蚀程度等。

d) 避雷系统检查，维护内容包括避雷针结构及安装固定情况、接地装置结构及安装固定情况等。

5.3.3 年度检修维护

单频网台站应每年对单频网系统进行外场检测，以确保单频网实际覆盖效果。外场检测由单频网主站组织各台站进行，或者委托具备检测资质的第三方进行。维护人员应填写《外场检测记录表》等。

外场检测应按照如下要求进行：

(1) 检测点设置

为了保证单频网系统正常运行，应在单频网覆盖区域内设置若干检测点对关键指标进行检测。检测点为单频网覆盖区域内的稳定接收点。

检测点选取分为重叠覆盖区内和非重叠覆盖区内。在单频网重叠覆盖区内，当单频网处于正常工作状态时（优化后），检测点接收信号应接收质量良好；当单频网处于非正常工作状态时，检测点接收信号质量明显劣化或者无法接收。在非重叠区内，每个台站选取一个稳定接收点作为检测点，以对照重叠区内检测点做比对分析。

检测点的选取以及检测任务，由单频网主站对单频网系统各从站进行分配。如外场检测由第三方进行，则由单频网主站同第三方协商确定检测点与检测任务。

(2) 检测框图

检测点应至少配备接收天线、地面数字电视广播监测接收机、频谱分析仪或场强仪等。检测设备应符合3.3.2中的要求。

外场检测点检测框图如图5-2所示。接收天线挂高保持离地面4米，接收信号通过分配器分别送至地面数字电视广播监测接收机和频谱分析仪或场强仪。

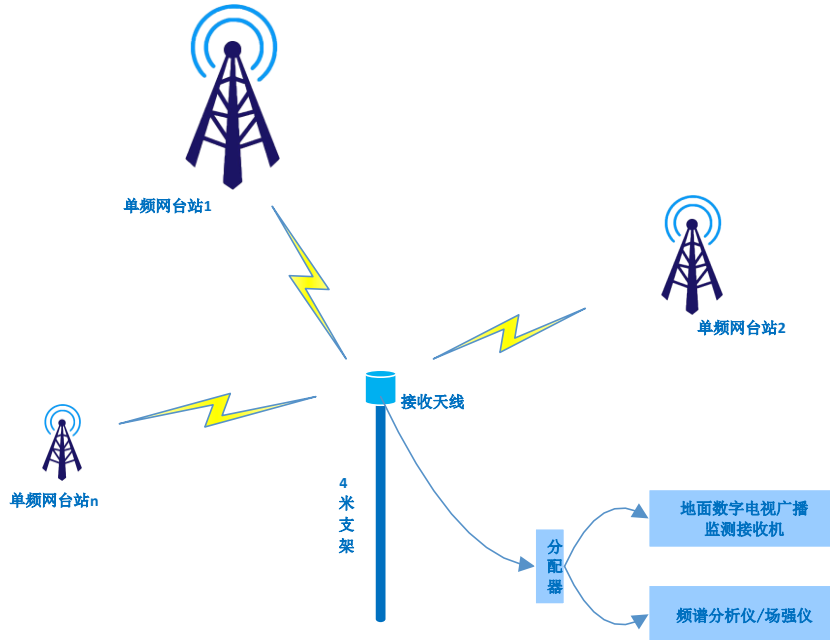


图 5-2 外场检测点检测框图

(3) 检测指标

检测指标应至少包括接收电平、载噪比、调制误差率、误包率、多径信号与主观评价。

(4) 检测要求

a) 检测方法应符合GB/T 28437-2012《地面数字电视广播监测技术规程》、GB/T 28438.1-2012《地面数字电视广播信号覆盖质量客观评估和测量方法 第1部分：室外固定接收》与GB/T 28438.2-2019《地面数字电视广播信号覆盖评估标准及测量方法 第2部分：移动接收》中的要求。

b) 检测数据应与单频网系统验收时或调试优化后的结果相符。检测数据如发生异常，维护人员应上报单频网主站，由单频网主站协调各从站确认问题并及时解决。

c) 如外场检测异常经常性发生，则由单频网主站根据需要，协调各从站启动单频网调试流程。

d) 单频网主站或第三方负责整个单频网系统的数据汇总与分析。

5.3.4 重要保障期检修维护

重要保障期的管理、维护应严格遵循国家广播电影电视总局令第62号《广播电视安全播出管理规定》中的相关规定。

在重要保障期前，单频网系统及各台站应做好全面检修、测试工作。如有必要，则需按照半年度检修维护项目和年度检修维护项目提前进行检修维护。

5.3.5 用户反馈检修维护

当用户反馈存在接收故障情况，应及时对设备进行检查检修。如有必要，则需前往故障现场进行接收测试，根据测试结果分析处置问题。

5.4 调试规程

5.4.1 单频网调试——单站范围

5.4.1.1 调试的前提条件

当单频网系统出现以下情况后，由单频网主站组织，对激励器基准时刻进行校准，在单站范围内完成单频网调试：

- a) 单频网内有发射台站更换、维修发射机设备时改变了激励器设备的型号或生产厂家。
- b) 单频网内有发射台站更换、维修激励器设备时改变了设备型号或生产厂家。

5.4.1.2 激励器基准时刻校准

目前，市场上不同品牌的激励器虽然都是按照标准的统一要求进行设计生产，但由于厂家采取的软硬件方案有一定的差异性，部分关键配件通常也来源于不同的供货商，这也就造成了不同品牌的激励器，在工作在单频网模式之时，虽然都按照标准的要求计算了各类延时，并在指定的时刻将节目码流发出，但是实际发出的时间还是有快慢之分，存在着微小的差异，这个差异通常在 μs 量级。因此，单频网内各激励器在生产厂家不同或相同厂家但型号或版本不同的情况下，都可能导致对单频网码流的处理延时存在差异。在单频网建设环节，原则上应已经对网内所有激励器进行过基准时刻的校准，以消除上述因素造成的处理延时差异。在单频网内发射台站的激励器设备产生变化时，需要通过激励器延时测量环节获得新激励器的处理延时，并重新进行激励器基准时刻校准。

单频网激励器延时校准系统框图如图 5-3 的方式，通过延时测量设备分别读取同等条件下，各品牌激励器的实际延时信息，获取各品牌激励器实际发出节目的标准时间，并进行比较。

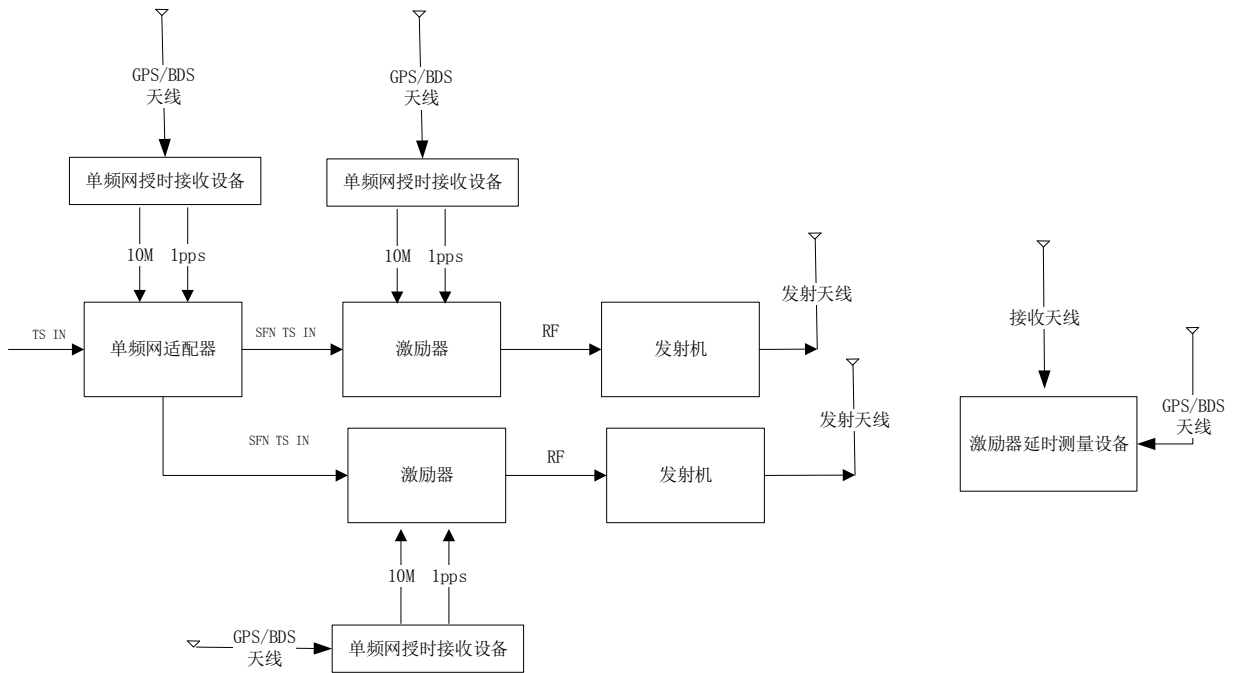


图 5-3 单频网激励器延时校准系统框图

使用延时测量设备进行单频网延时测试步骤如下：

- a) 连接接收天线和GPS/BDS天线。
- b) 设置接收信号的频率。
- c) 设置工作模式为单频网模式。
- d) 等待GPS/BDS锁定后开始测试。
- e) 读取单频网的传输延时数据，重复进行三次有效测试，取平均值记录延时。

注：测试的延时值只是一个相对值。

新激励器的延时校准通常以单频网主站的激励器为基准，更换激励器的台站需携带新激励器至单频网主站进行延时校准。在同等条件下，分别读取新激励器与基准激励器的延时数据，通过在新激励器上手动延时偏置的方式，校准新激励器的基准时刻。

5.4.2 单频网调试——全网范围

5.4.2.1 调试的前提条件

当单频网系统出现以下一种或几种情况后，由单频网主站组织，对单频网系统进行全网范围的整体调试：

- a) 单频网内的发射台站数量产生变更，如单频网台站调增或调减等。
- b) 单频网内有发射台站位置产生变化，台站迁址等。
- c) 单频网工作频率产生变化。
- d) 单频网内有发射台站的发射功率产生变化。
- e) 单频网内有发射台站的发射天线产生变化，如更换天线场型、极化方式、方向以及倾角等。

5.4.2.2 单频网调试仿真试算

在单频网台站出现上述变更时，应首先通过频率规划软件等仿真试算平台进行单频网调试仿真试算，通过动态调整相关台站发射参数并实时评估整体网络业务覆盖范围和质量，针对单频网干扰区进行精细的干扰消除，获取最优发射参数，使单频网工作在最优覆盖状态。

5.4.2.2.1 仿真试算总体要求

单频网调试仿真试算工作是在单频网系统已正常运行的基础上，针对特定的变更环节，为了进一步降低单频网干扰，提升单频网重叠覆盖区的覆盖效果，而采取的进一步单频网发射参数优化调整工作。

地面数字电视单频网各发射台站的覆盖区通常会存在局部相互重叠的现象，通过尽量减小长延时、强多径信道存在的区域，减轻单频网各发射点在重叠覆盖区形成的多径干扰，降低多径信道环境对接收机载噪比门限的要求，可以有效改善地面数字电视单频网重叠覆盖区接收性能。即在单频网重叠覆盖区多径较强时，可以将多径信号间时延差减小；在多径延时较长时，可以将多径信号的强度减小。为此在地面数字电视单频网优化阶段，可以通过调整各发射点信号的相对延时以及调减各发射点发射功率等措施来优化单频网覆盖效果。

通过调减各发射点发射功率的方式来降低单频网干扰，实际是以缩小整个网络覆盖范围和单频网重叠覆盖范围为代价的，可在单频网最初规划阶段提前予以

考虑，在单频网运维的调试优化阶段，应作为非常规手段慎重使用，调整发射延时将是本阶段单频网优化最主要、最经济和最简便的手段。

单频网调试仿真试算完成后，应给出单频网各台站的最优发射参数集，通常为单频网内各发射机的发射延时调整参数。

5.4.2.2.2 技术指标要求

(1) 软件要求

- a) 单频网调试仿真试算软件应具备发射延时调整、COFDM干扰分析等功能；
- b) 发射延时调整软件功能模块应实现至少一种主流算法，例如遗传算法；
- c) 发射延时调整步进值应精确到 $1\mu\text{s}$ 。

(2) 发射延时调整步进建议

- a) 对于全国、省域单频网，以 $10\mu\text{s}$ 为步进进行调整。
- b) 对于地市域、县域单频网，按照 $\geq 1\mu\text{s}$ 、 $\leq 10\mu\text{s}$ 的步进进行调整。

(3) 发射功率调减步进建议（仅作为非常规手段参考）

- a) 对于规划功率 1kW 及以上的发射机，按照规划功率的10%为步进进行调减。
- b) 对于规划功率 100W 及以上， 1kW 以下的发射机，以 50W 为步进进行调减。
- c) 对于规划功率 100W 以下的发射机，原则上不再调减功率。

(4) 电波传播模型建议

在计算过程中一般情况下，地面数字电视覆盖区域参考ITU-R P.1546建议书的方法计算确定；在多山地区建议参考ITU-R P.526建议书的方法计算参考。应根据单频网目标覆盖区域的具体地理环境选择相应的电波传播模型开展规划和优化计算。对于具备参数调整功能的电波传播模型，可根据实际需求和条件对电波传播模型参数进行必要的修正，甚至调整整个电波传播模型，以减小规划计算的误差。

(5) 地理信息数据要求

建议采用 50 米或更高精度的地理信息数据。

5.4.2.3 台内调试流程

5.4.2.3.1 激励器基准时刻校准

同 5.4.1.2。

5.4.2.3.2 单频网工作状态确认

台内单频网设备均应处于正常工作状态，应严格按照工作流程对单频网关键设备的工作状态进行核实确认，以保证单频网调试的准确性和有效性。

(1) 卫星接收设备工作状态

本节仅适用于基于卫星传输的单频网发射站。

a) 确认卫星接收信号的信号强度与信号质量能够满足卫星接收机稳定工作的要求，如信号强度不足或信号质量不稳定，需及时调整卫星接收天线与高频头。

b) 确认卫星接收设备可以正常解调、解扰基于卫星传输的单频网节目码流，核实解密卡工作状态。

c) 确认卫星接收设备可以正常输出解扰后的单频网节目码流，核实节目码流中所有节目的解扰配置。

(2) 主备路信源状态

a) 确认主备路信源的节目码流工作正常。

b) 确认信源切换设备处于正常的工作状态，切换模式的配置与规划要求一致。

c) 确认主备路信源的节目码流为透明传输，不能经过任何码流再复用等码流处理环节，以免信源码流中的时间信息被破坏；对于单频网码流传输链路经过复用器的情况，需要在确认该复用器设置为透明传输后再进行单频网调试工作。

(3) 单频网适配器工作状态

本节仅适用于基于非卫星传输的单频网主站。

a) 确认传输到单频网适配器的节目码流正常，确认节目码流的最大码率不超过该单频网所选取工作模式的系统净荷率。

b) 确认单频网适配器的授时模块工作正常，可以为单频网适配器提供正确的时间信息；如选用外置授时设备，则需要确认授时设备工作正常，10MHz与1pps输出正常。

c) 核实单频网适配器的参数配置，严格按照单频网所选取的工作模式进行参数配置，单频网最大延时的配置应大于单频网所选用信源传输链路的最大传输延时。

(4) 单频网授时接收设备工作状态

a) 确认单频网授时接收设备的信号接收状态为锁定状态；如果不能锁定，须检查设备本身以及外置天线是否故障或受到外界干扰。

b) 确认单频网授时接收设备的10MHz与1pps输出正常。

(5) 激励器工作状态

a) 检查激励器的工作频率设置。

b) 检查激励器是否运行在相应单频网模式（对于基于卫星传输的单频网，部分厂家激励器应运行在其相应模式）。

c) 核实激励器是否能够正常获取单频网码流中的工作模式配置信息，确认工作模式包含的：载波数、前向纠错码率、符号星座映射、帧头模式、帧头相位变化、符号交织选项、双导频插入、净码率是否与规划方案完全符合。如不符合，对于基于卫星传输的单频网，需要检查卫星接收机状态或该激励器状态；对于基于非卫星传输的单频网，需要检查主站单频网适配器状态或该激励器状态。

d) 设置激励器在多频网模式下的工作模式配置，应与单频网工作模式下的配置信息完全一致。

(6) 发射机工作状态

a) 查看并记录面板发射机功率。

b) 有条件的台站，使用频谱仪直连发射机输出耦合口，读取功率数值，折算并记录发射机实际输出功率。

c) 实际输出功率偏离标称功率20%以内的，按照实际功率予以确认；实际输出功率偏离标称功率20%以上的，建议发射机厂家上门检修后再进行单频网调试。

d) 无法按照选项b)操作的发射机，面板功率偏离标称功率20%以内的，按照面板功率予以确认；面板功率偏离标称功率20%以上的，建议发射机厂家上门检修后再进行单频网调试。

5.4.2.3.3 激励器延时设置

将单频网调试仿真试算平台给出的发射延时偏置数值与激励器基准时刻校准的发射延时偏置数值相加，得出本台站应配置的发射延时偏置数值，以此为准进行激励器单频网发射延时偏置设置。

注意配置单频网延时偏置时，激励器必须处于单频网（或基于卫星传输的单频网）工作模式。

5.4.2.3.4 发射机功率设置

按照仿真试算结果，发射功率需要调减的，将发射机功率设置参照实际功率予以调减；无法按照前述发射机工作状态选项 b)操作的发射机，参照面板功率予以调减。

该设置仅作为非常规手段参考。

5.4.2.3.5 其他设置

单频网调试的各种措施，除了激励器延时设置和发射机功率设置，还可以包括发射天线赋形、增益调整、波束下倾角度调整等。由于发射天线安装后调试的可操作性较低，仅作为极端情况下的备用调试手段。

完成单频网调试后，台站应留存单频网适配器关键参数配置表与单频网台站激励器关键参数配置表等资料，便于后续单频网参数核查、单频网故障分析和网络覆盖优化等工作。

5.4.2.4 外场验证流程

单频网系统台内调试完成后，为了验证单频网组网是否成功，以及单频网调试的有效性，需要在外场重叠覆盖区和干扰区开展信号收测，单频网系统内各台站应予以配合。

5.4.2.4.1 外场信号固定接收测量方法

(1) 测量点

采用相应的电波传播模型进行覆盖预测，根据预测结果选择测量点。

(2) 测量接收机

测量接收机的性能指标应与普通家用接收机相当，测量前应明确所用测量接收机的性能指标。

(3) 测量系统

进行室外固定接收测量除了发射的设备外，测量系统需要具备可调衰减器、场强仪/频谱分析仪、接收天线和连接馈线、测量接收机、传输分析仪和定位设备等仪器设备，外场信号固定接收测量系统示意图见图 5-4。

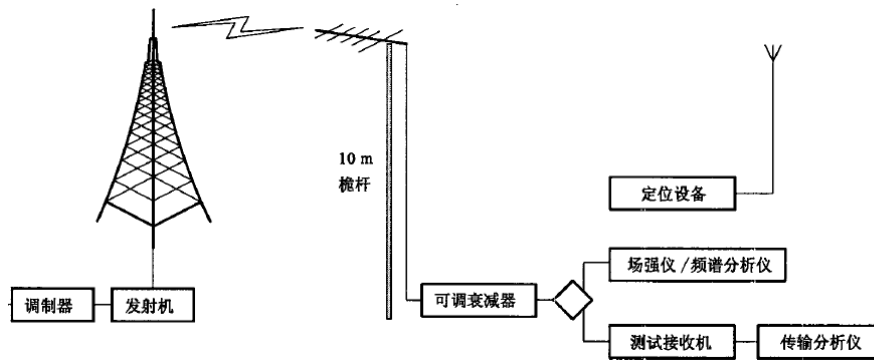


图 5-4 外场信号固定接收测量系统示意图

(4) 测量仪器设备

a) 场强仪应满足3.3.2中的要求。

b) 频谱分析仪应满足3.3.2中的要求。

c) 接收天线和连接馈线

- 天线桅杆高度应为10米且可升降，天线桅杆如上升不到10米，需可上升到4米。
- 所用接收天线和连接馈线应是与场强仪配套供应的附件。
- 所用接收天线和连接馈线与场强仪或频谱分析仪之间应有良好的阻抗匹配。
- 如需另行配用其他接收天线时，对其形式不限，但接收天线应与所用连接馈线一起进行预校正，得出各个频率的天线系数后方可与场强仪或频谱分析仪配合使用。
- 接收天线应满足3.3.2中的要求。

d) 测量接收机用于接收GB 20600-2006规定的制式信号，应能输出解调的测量码流。

e) 传输分析仪用于测量码流的误比特率测量统计，应支持215-1或223-1伪随机二进制序列测量码流。

(5) 测量步骤

在核实确定发射参数，并保证接收端测量系统准确可靠的条件下，对每一个测量点，具体的测量位置应当保证测量过程能够安全顺利地进行，保证接收天线的极化方式与发射天线极化方式一致，选择的测量位置应避免存在严重的遮挡或

干扰（特殊要求除外）。在测量点除了采用10米接收天线高度进行测量，还可以采用在该区域内现有电视接收天线的典型高度进行测量。具体测量步骤如下：

a) 通过定位设备记录测量点的经纬度、海拔高度等地理位置信息，记录天气、测量时间，通过拍照、摄像、笔记等形式记录测量点所处的地理环境以及可能影响信号接收的其他因素，如架空电线、树木和广告牌等。

b) 将接收天线升至距离地面10米高度，天线桅杆如上升不到10米，需可上升到4米。

c) 将可调衰减器衰减量调节为0，调整天线指向使接收机输入信号电平最高，记录接收天线指向、接收信号频谱图和测量的信号场强或电平。

d) 如步骤c)接收成功，增加可调衰减器衰减量至接收失败，以最大不超过1dB的步进减小衰减量，测量并记录达到客观判决门限时的信号电平，计算并记录信号裕量。

5.4.2.4.2 外场信号移动接收测量方法

外场信号移动接收测量方法应符合如下要求，移动接收测量结果仅作为固定接收测量结果的补充。

(1) 测量准备

a) 发射参数：发射台站的名称、地理位置、海拔高度、发射频率、发射功率、馈线损耗、天线增益、天线方向图、极化方式、天线高度以及工作模式信息。

b) 电波传播模型：根据目标覆盖区域的地理特征选择相应的电波传播模型。

c) 测量线路：采用相应的电波传播模型进行覆盖预测，根据预测结果和实际应用需求选择测量线路。

(2) 测量系统

进行移动接收测量除了发射的设备外，测量系统需要具备码流发生器、场强仪/频谱分析仪、接收天线和连接馈线、测试接收机、传输分析仪和定位跟踪设备等仪器设备，外场信号移动接收测量系统示意图如图 5-5 所示。

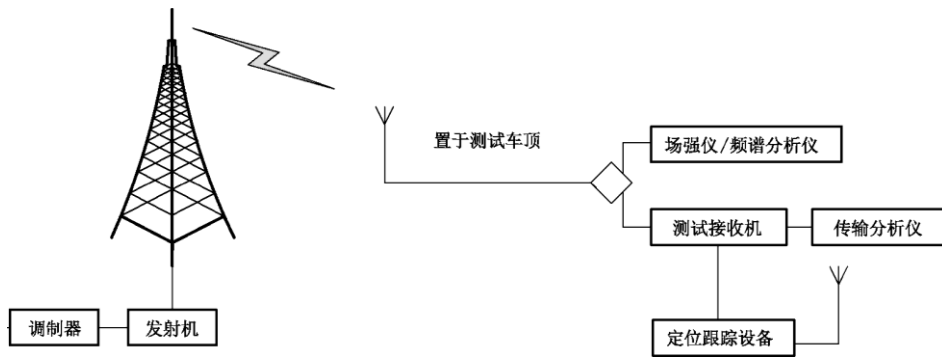


图 5-5 外场信号移动接收测量系统示意图

(3) 测量仪器设备

a) 场强仪应满足3.3.2中的要求。

b) 频谱分析仪应满足3.3.2中的要求。

c) 接收天线和连接馈线

- 接收天线应使用全向天线，并置于车顶，距离地面高度约为1.5米。
- 所用接收天线和连接馈线应是与场强仪配套供应的附件。
- 所用接收天线和连接馈线与场强仪或频谱分析仪之间应有良好的阻抗匹配。
- 如需另行配用其他接收天线时，对其形式不限，但接收天线应与所用连接馈线一起进行预校正，得出各个频率的天线系数后方可与场强仪或频谱分析仪配合使用。
- 接收天线应满足3.3.2中的要求。

d) 测试接收机

- 用于接收GB 20600-2006制式信号，输出解调的测试码流。
- 测试接收机的性能指标应与民用接收机相当。

e) 传输分析仪用于测试码流的误比特率测量统计，应支持 $2^{15}-1$ 或 $2^{23}-1$ 伪随机二进制序列测试码流。

f) 定位跟踪设备的水平精度小于或等于7米，垂直精度小于或等于10米。

(4) 测量系统校准

测量系统校准的目的是核实确定发射参数，并保证接收端测量系统准确可靠。此外如果测量系统在其他测量点的测量过程中出现异常，需要到校准测量点重新

校准。

(5) 测量步骤

在核实确定发射参数，并保证接收端测量系统准确可靠的条件下，对每一条测量路线上的测量点，具体的测量位置应当保证测量过程能够顺利地进行。在移动测试时除了采取距离地面约 1.5 米接收天线高度进行测量，还可以采用在该区域内现有电视移动接收天线的典型高度进行测量，具体测量步骤如下：

a) 将接收天线置于测试车顶部距离地面约1.5米高度。

b) 启动测试车辆，按照规定的测量路线开展移动测试。

c) 通过定位跟踪设备自动记录测量点的经纬度、海拔高度等地理位置信息，记录天气、测量时间，在测量过程中，通过拍照、摄像、笔记等形式记录测量路线上的地理环境以及可能影响信号接收的其他因素，如架空电线、树木和广告牌等。

d) 通过测试接收机自动记录测量结果，包括接收信号误比特率、接收信号电平、接收信号载噪比等。

5.4.2.4.3 验证单频网组网是否成功的流程

a) 寻找单频网重叠覆盖区测试点：在软件预测的单频网重叠覆盖区及其周边选择某测试点依次进行单频网内N部发射机的单机信号收测，如果N路信号均覆盖此测试点，并且相互之间的电平差均小于射频保护率（参考表5-1），则认为找到了单频网重叠覆盖区测试点。

表 5-1 DTMB 不同调制方式下保护率

映射方式	前向纠错编码效率	高斯信道 (dB)	莱斯信道 (dB)	瑞利信道 (dB)
4QAM	0.4	3	4	5
16QAM	0.4	9	10	11
64QAM	0.4	15	16	17
4QAM	0.6	5	6	8
16QAM	0.6	12	13	15
64QAM	0.6	17	18	20
4QAM-NR	0.8	3	4	5

映射方式	前向纠错编码效率	高斯信道 (dB)	莱斯信道 (dB)	瑞利信道 (dB)
4QAM	0.8	7	8	13
16QAM	0.8	14	15	19
32QAM	0.8	16	17	21
64QAM	0.8	22	23	29

b) 将N部发射机同时打开，将全部发射机组网模式设置为“MFN”模式。

c) 进行信号收测，记录相关数据，验证是否存在干扰。是则继续步骤d)，否则返回步骤a)重新选测试点。

d) 将全部发射机组网模式改为“SFN”¹模式。

e) 进行信号收测，记录相关数据，验证是否正常接收。是则证明单频网已成功组建；否则返回步骤a)重新选测试点。

5.4.2.4.4 验证单频网调试是否有效的流程^{2 3}

a) 寻找单频网干扰区测试点：在软件预测的单频网干扰区及其周边选择某测试点依次进行N部发射机的单机信号收测，如果N路信号相互之间的电平差均小于射频保护率（参考表5-1），则认为找到了单频网干扰区测试点。

b) 将N部发射机同时打开，确认组网模式均设置为“SFN”，延时均设置为零。进行信号收测，记录相关数据。

c) 按照激励器延时设置确定的数值，对N部发射机分别进行延时偏置设置。进行信号收测，记录相关数据。

d) 比较步骤c)和步骤b)的收测结果：如果步骤c)为正常接收、步骤b)为存在干扰，则可证明单频网调试有效，否则返回步骤a)重新选测试点。

5.4.2.4.5 极化正交情况处理

单频网内各发射天线的电波极化方式应保持一致，然而在单频网实际实施过程中，极化正交（即不一致）情况仍较多存在。

如果单频网验证过程遇有极化正交情况，验证流程仍以上述章节为基础。但

¹ 对于基于卫星传输的单频网，部分品牌发射机的激励器需设置为“卫星 SFN”模式，下同。

² 如果软件预测调试前后均无干扰区，该单频网无需进行验证流程。

³ 理论上不是所有单频网干扰区都可被消除，因此实践中，在部分干扰区域有可能找不到验证测试点。

需额外确定单频网重叠区信号以哪种极化方式为主：先比信号数量，再比信号电平；当两种极化方式的信号数量和电平均不相上下时，可任选一种。

单机信号收测时，对于极化与主极化方式一致的信号，接收天线以主极化方式进行接收；但对于极化与主极化方式正交的信号，接收天线分别以两种极化方式进行接收：主极化方式测得的电平值用于和其他路信号比较差值；非主极化方式测得的数值用于实际覆盖效果评价。

多机信号收测时，接收天线分别以两种极化方式进行接收，收测结果的比较验证按照两种极化方式各自进行。两组比较结果只要有一组可验证出成功结论，即认为本测试点验证成功。

5.5 常见异常故障及处理

5.5.1 常见异常故障分类

本白皮书仅对日常运维中单频网较常出现的异常故障进行规定与处理，其它异常故障则按照国家广播电影电视总局令第62号《广播电视安全播出管理规定》、GY/T 179-2001《广播电视发射台运行维护规程》及台站相关规定执行。

单频网常见异常故障通常分为单站异常故障与系统异常故障两种：

单站异常故障：单频网系统内某一个发射台站出现异常故障，只影响某一局部范围的正常播出，而在网其他发射台站播出正常，该异常故障称为单站异常故障。

系统异常故障：单频网系统在网所有发射台站或部分发射台站出现异常故障，导致单频网系统大面积瘫痪或者相互干扰，无法正常工作，该异常故障称为系统异常故障。

5.5.2 常见异常故障处理

本白皮书仅列举一些常见的单频网异常故障及处理作为参考，并不能穷举所有异常故障及处理。如在运维过程中，遇到与本白皮书不一致的异常故障，则需要根据具体表现进行具体分析，再采取相应措施正确处理。

5.5.2.1 同步时钟丢失

异常故障表现：激励器告警，没有10MHz输入及1pps输入。

异常故障处理：检查单频网授时接收设备是否工作正常，单频网授时接收设备天线是否工作正常，GPS或者BDS信号是否锁定，GPS或者BDS信号是否存在干扰。根据检查结果，判断是否需要处置单频网授时接收设备天线或者更换单频网授时接收设备。此故障属于单站异常故障，故障台站可以自行处理。

异常故障记录：填写《单频网异常故障记录表》。

5.5.2.2 单频网系统码流异常

异常故障表现：单频网适配器输出异常，单频网从站接收到的码流异常。

异常故障处理：检查单频网适配器是否工作正常，单频网适配器是否存在告警，单频网适配器输出码流是否能正确解析出SIP包。根据检查结果，判断是否单频网适配器参数配置发生改变或者需要更换单频网适配器。此故障属于系统异常故障，单频网主站与单频网从站需要联动处理。

异常故障记录：填写《单频网异常故障记录表》。

5.5.2.3 卫星接收机无码流输出

异常故障表现：卫星接收机红灯，无码流输出。

异常故障处理：检查卫星接收机参数是否设置正确，卫星接收机是否工作正常，卫星接收机授权卡是否已经授权。根据检查结果，判断是否需要更换授权卡，是否需要更换卫星接收机。此故障属于单站异常故障，故障台站可以自行处理。

异常故障记录：填写《单频网异常故障记录表》。

5.5.2.4 高频头损坏

异常故障表现：卫星接收机红灯，无码流输出。

异常故障处理：检查卫星接收机参数是否设置正确，卫星接收机是否工作正常，检查高频头是否正常。根据检查结果，判断是否需要更换卫星接收机或者更换卫星高频头。此故障属于单站异常故障，故障台站可以自行处理。

异常故障记录：填写《单频网异常故障记录表》。

5.5.2.5 外场检测发现干扰

异常故障表现：外场检测发现大面积干扰，发射机单频网工作模式不正常。

异常故障处理：检查激励器工作模式是否为单频网工作模式，激励器是否有10MHz输入及1pps输入，单频网码流是否正常，激励器是否能从单频网码流中读

取单频网工作模式，激励器时延设置是否正确。根据检查结果，判断参数是否设置正确，是否需要更换单频网适配器、激励器、单频网授时接收设备、卫星接收机或者卫星高频头。此故障可能属于单站异常故障，也可能属于系统异常，根据各台站具体检测情况而定。如属于单站异常故障，则故障台站自行处理；如属于系统异常故障，则单频网主站与单频网从站联动处理。

异常故障记录：填写《单频网异常故障记录表》。

6. 单频网台站变更管理

在单频网系统运维过程中，在保证前端码流不变、节目内容不变的前提下，如出现发射参数变化或者发射台站变更等情况，经过上级主管部门批准后，则需要对单频网重新进行时延、发射功率或天线调整。

6.1 发射设备变化

单频网系统中如果某个发射台站或某几个发射台站出现以下设备变化：更换发射机、更换激励器、更换发射天线等，并重新计算单频网时延和发射功率，对天线进行调整，单频网内所有发射台站按照新的时延和发射功率设置。

6.2 发射参数变化

单频网系统中如果某个发射台站或某几个发射台站出现以下参数变化：发射机发射功率、发射天线高度等，并重新计算单频网时延和发射功率，对天线进行调整，单频网内所有发射台站按照新的时延和发射功率设置。

6.3 发射台站迁址

单频网系统中如果某个发射台站进行迁址，并按照新的地址、新的参数重新计算单频网时延和发射功率，对天线进行调整，单频网内所有发射台站按照新的时延和发射功率设置。

6.4 新增发射台站

单频网系统如果有新增发射台站，则单频网原有发射台站与新增发射台站都需要进行调整，按照新组建的单频网系统重新计算单频网时延和发射功率，对天线进行调整，单频网内所有发射台站按照新的时延和发射功率设置。

6.5 退出发射台站

单频网系统如果有发射台站退出，则单频网系统内其余发射台站都需要进行调整，按照新组建单频网系统重新计算单频网时延和发射功率，对天线进行调整，单频网内所有发射台站按照新的时延和发射功率设置。

6.6 单频网临时调整

在单频网系统运维过程中，如某个发射台站或者某几个发射台站出现故障、异常等情况，影响单频网系统的正常运行，则需要对单频网进行临时调整，故障台站暂时退出单频网系统，按照其他正常在播发射台站重新计算单频网时延和发射功率，这些在播发射台站按照新的时延和发射功率设置。待故障解决后，再恢复正常播出的时延和发射功率设置。

参考文献

- [1] 国家广播电影电视总局令第62号《广播电视安全播出管理规定》
- [2] 《广播电视安全播出管理规定安全播出事件事故管理实施细则》
- [3] 《广播电视安全播出管理规定无线发射转播台实施细则》
- [4] GB/T 14433-1993 彩色电视广播覆盖网技术规定
- [5] GB/T 17975.1-2010 运动图像及其伴音信息的通用编码 第1部分：系统
- [6] GB 20600-2006 数字电视地面广播传输系统帧结构、信道编码和调制
- [7] GB/T 26252-2010 VHF/UHF频段地面数字电视广播频率规划准则
- [8] GB/T 26666-2011 地面数字电视广播传输系统实施指南
- [9] GB/T 26682-2011 地面数字电视标准测试接收机技术要求和测量方法
- [10] GB/T 26683-2017 地面数字电视接收器通用规范
- [11] GB/T 26684-2017 地面数字电视接收器测量方法
- [12] GB/T 26685-2017 地面数字电视接收机测量方法
- [13] GB/T 26686-2017 地面数字电视接收机通用规范
- [14] GB/T 28431-2012 地面数字电视传送流复用和接口技术规范
- [15] GB/T 28432-2012 地面数字电视单频网规划准则
- [16] GB/T 28433-2012 地面数字电视广播单频网技术要求
- [17] GB/T 28434-2012 地面数字电视广播单频网适配器技术要求和测量方法
- [18] GB/T 28435-2012 地面数字电视发射机技术要求和测量方法
- [19] GB/T 28436-2012 地面数字电视激励器技术要求和测量方法
- [20] GB/T 28437-2012 地面数字电视广播监测技术规程
- [21] GB/T 28438.1-2012 地面数字电视广播信号覆盖评估标准及测量方法 第1部分：室外固定接收

- [22] GB/T 28438.2-2019 地面数字电视广播信号覆盖评估标准及测量方法 第2部分：移动接收
- [23] GB/T 33557-2017 地面数字电视测试用码流规范
- [24] GB/T 33559-2017 地面数字电视信号分析仪技术要求和测量方法
- [25] GB/T 33775-2017 地面数字电视手持式接收设备技术要求和测量方法
- [26] GB/T 34995-2017 单频网授时接收设备技术要求和测量方法
- [27] GB/T 37345-2019 地面数字电视发射设备网管技术规范
- [28] GY/T 179-2001 广播电视发射台运行维护规程
- [29] GY/T 252-2011 广播电视发射台自动化通用技术要求
- [30] GY/T 280-2014 发射台运行管理系统数据接口规范
- [31] GY/T 290-2015 广播电视发射机数据通信接口规范
- [32] GY/T 318-2018 地面数字电视广播单频网系统实施指南
- [33] GY/T 5088-2013 电视和调频广播发射天馈线系统技术指标及测量方法
- [34] SJ/T 11574-2016 数字电视地面广播发射机通用规范
- [35] GD/J 041-2012 地面数字电视室外接收天线及馈线（UHF频段）技术要求和测量方法
- [36] GD/J 057-2014 《AVS+专业卫星综合接收解码器技术要求和测量方法》
- [37] GD/J 066-2015 基于卫星传输的地面数字电视单频网适配器技术要求和测量方法
- [38] GD/J 067-2015 基于卫星传输的地面数字电视单频网激励器技术要求和测量方法

附录：单频网运维记录表（参考）

本附录给出了单频网运维中常用的一些记录表，并不能涵盖所有，仅供各台站参考。单频网系统及各台站可根据自身实际情况及运维需要制订相应的记录表。

1. 值班记录表

单频网台站名称		机房名称	
日期		时间	
天气		室温	
班次		值班员	
值班情况记录表			
通知或领导批示			

2. 单频网运行巡检记录表

单频网站点名称					
巡检人员				记录时间	
开机时间				关机时间	
<p>注：1、本表检测内容中的加粗部分属于重点巡检项目，需要严格保持正常状态；</p> <p>2、本表中的发射机、激励器和单频网授时接收设备属于每个单频网站点必须进行日常监测的设备，其他卫星接收机、复用器、单频网适配器等设备则根据台站具体配置情况而定，如有则进行检测，如没有则忽略。</p>					
序号	设备名称	巡检项目		检测结果	备注
1	发射机	开机状态	已开机	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 不正常	
2		工作频率	符合规定要求	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 不正常	
3		功率状态	符合规定要求	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 不正常	
4		功放单元	无故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 不正常	
5		驻波比或反射功率	无告警	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 不正常	
6	激励器	开机状态	已开机	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 不正常	
7		工作设备	主机或备机	<input type="checkbox"/> 主机 <input type="checkbox"/> 备机	
8		射频状态	输出打开，且正常	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 不正常	
9		组网模式	工作在单频网模式或卫星单频网模式	<input type="checkbox"/> 单频网 <input type="checkbox"/> 卫星单频网	
10		码流状态	码流正常，处于锁定状态	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 不正常	
11			SIP 信息读取正确	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 不正常	
12		信号状态	10MHz 输入信号正常，处于锁定状态，且稳定	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 不正常	
13			1pps 输入信号正常，处于锁定状态，且稳定	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 不正常	
14	单频网授时接收设备	开机状态	已开机	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 不正常	
15		信号来源	来自 GPS 或 BDS	<input type="checkbox"/> GPS <input type="checkbox"/> BDS	
16		卫星状态	已锁定，且稳定	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 不正常	

17		信号状态	10MHz 输出信号正常, 且稳定	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 不正常	
18			1pps 输出信号正常, 且稳定	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 不正常	
19	专业卫星综合接收解码器	开机状态	已开机	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 不正常	
20		卫星状态	已锁定, 且稳定	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 不正常	
21		授权卡状态	授权卡已授权, 并在有效期内	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 不正常	
22		码流输出状态	码流输出正常	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 不正常	
23	复用器	开机状态	已开机	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 不正常	
24		码流输入状态	码流输入正常	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 不正常	
25		码流输出状态	码流输出正常	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 不正常	
26	单频网适配器	开机状态	已开机	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 不正常	
27		码流输入状态	码流输入正常	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 不正常	
28		码流输出状态	码流输出正常	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 不正常	
29		信号状态	10MHz 输入信号正常, 处于锁定状态, 且稳定	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 不正常	
30			1pps 输入信号正常, 处于锁定状态, 且稳定	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 不正常	
31	节目播出质量	视频	无可察觉损伤	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 不正常	
32		音频	无可察觉损伤	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 不正常	
33	接收信号	接收电平			
34		载噪比			
35		调制误差率			
36		误包率			

3. 单频网维护记录表

单频网站点名称					
维护人员				记录时间	
序号	设备名称	检测指标	单位	技术要求	检测结果
1	发射机	工作频率	MHz	——	
2		输出功率	W	——	面板显示:
3					实测:
4		频率准确度	Hz	± 1 (SFN)	
5		射频输出功率稳定度	dB	± 0.5	
6		带肩	dB	≤ -36	
7		调制误差率 (MER)	dB	≥ 32	
8		邻频道内无用发射功率	dB	≤ -45 , 并满足邻频道内的发射功率 $\leq 13\text{mW}$	
9		邻频道外无用发射功率	dB	≤ -60 , 并满足邻频道外的发射功率 $\leq 13\text{mW}$	
10	激励器	工作频率	MHz	——	
11		输出功率	W	——	
12		频率准确度	Hz	± 1 (SFN)	
13		输出功率稳定度 (24 小时)	dB	± 0.3	
14		调制误差率 (MER)	dB	≥ 36	
15		工作模式	——	——	
16		输入码率	——	——	
17		单频网时延	μs	——	
18	单频网适配器	模式设置	——	——	调制方式:
19					帧头:
20					编码效率:
21					净码率:

4. 单频网外场检测记录表

检测点名称					
检测点经纬度					
检测人员		记录时间			
检测环境描述		天气			
检测频率		检测天线			
注：根据台站接收天线形式，填写本表。如为定向天线，则需按照各台站方向记录数据；如为全向天线，则只记录一组数据。					
定向天线					
序号	设备名称	检测指标	单位	检测结果	频谱截图编号
1	____台站 方向	接收电平	dBm		
2		载噪比	dB		
3		调制误差率	dB		
4		误包率	%		
5		主观接收情况	---		
6	____台站 方向	接收电平	dBm		
7		载噪比	dB		
8		调制误差率	dB		
9		误包率	%		
10		主观接收情况	---		
11	____台站 方向	接收电平	dBm		
12		载噪比	dB		
13		调制误差率	dB		
14		误包率	%		
15		主观接收情况	---		
全向天线					
16	接收电平		dBm		
17	载噪比		dB		
18	调制误差率		dB		
19	误包率		%		
20	主观接收情况		---		

5. 检修记录表

单频网台站名称			
检修设备		检修部位	
检修人员		检修时间	
故障描述			
安全措施			
检修记录			
试机情况	<p style="text-align: right;">负责人:</p>		

6. 单频网异常故障记录表

维护人员		记录时间	
异常故障描述			
异常故障类型	<input type="checkbox"/> 单站异常故障		<input type="checkbox"/> 系统异常故障
受影响台站			
异常故障处理			
试机情况	<p style="text-align: right;">负责人：</p>		