

GY

中华人民共和国广播电视和网络视听行业标准

GY/T XXX—XXXX

调频频段数字音频广播实施指南

Implementation guidelines for digital audio broadcasting in frequency
modulation(FM) band

(报批稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

国家广播电视总局 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	2
5 系统结构和原理	3
6 发射参数设置	4
6.1 信道编码和调制等参数	4
6.2 发射机输入信号	10
6.3 发射系统输出信号	11
7 调频频段数字音频广播网络的基本描述	11
7.1 MFN	11
7.2 SFN	12
7.3 包含局域 SFN 的 MFN	13
7.4 补点器	13
8 设立调频频段数字音频广播天馈系统	14
8.1 使用现有天馈系统	14
8.2 新建天馈系统	14
9 调频频段数字音频广播节目信号分配网络	14
9.1 一次分配网络	14
9.2 复用器与发射机同步	15

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国广播电视和网络视听标准化技术委员会（SAC/TC 239）归口。

本文件起草单位：国家广播电视总局广播电视科学研究院、青岛市广播电视台、杭州当虹科技股份有限公司、成都凯腾四方数字广播电视设备有限公司、成都成广电视设备有限公司。

本文件主要起草人：余方毅、盛国芳、赵长青、尹衍斌、孙涛、陈刚、朱景晖、陈颖、李琚门、王旖旎、孙壬辛、陈鹤、郑鑫、马洪平、王仁忠。

调频频段数字音频广播实施指南

1 范围

本文件规定了符合GY/T 268.1—2013的调频频段数字音频广播传输发射系统(以下简称为“系统”)的主要特征,给出了建立符合GY/T 268.1—2013的广播发射网络的指导性意见,包括发射参数设置、多频网和单频网网络结构的基本描述、天馈系统设立和节目信号分配网络等内容。

本文件适用于符合GY/T 268.1—2013的系统的设计、开发、建设、测试和运行维护,也适用于调频频段数字音频广播发射网络的建立和运行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 43020—2023 调频频段数字音频广播接收机技术规范
- GY/T 268.1—2013 调频频段数字音频广播 第1部分:数字广播信道帧结构、信道编码和调制
- GY/T 268.2—2013 调频频段数字音频广播 第2部分:复用
- GD/J 058—2014 调频频段数字音频广播音频信源编码技术规范

3 术语和定义

3.1

编码码率 code rate

在纠错编码过程中,编码前信息比特数和编码后包含校验信息的比特数的比值。

[来源:GY/T 268.1—2013, 3.1.2]

3.2

传输模式 transmission mode

传输参数的集合(如载波数量、OFDM符号长度等)。

[来源:GY/T 268.1—2013, 3.1.3]

3.3

超帧 super frame

由4个连续的物理层信号帧组成。

[来源:GY/T 268.1—2013, 3.1.4]

3.4

星座映射 constellation mapping

将比特流对应到星座图上信号矢量的过程。

3.5

交织 interleaving

改变数据或数据块的发送顺序,以便能更好地抵抗连续突发误码。

[来源:GY/T 268.1—2013, 3.1.7]

3.6

频谱模式 spectrum mode

占用频谱信息的集合（如信号带宽、子带位置等信息）。

[来源：GY/T 268.1—2013，3.1.11]

3.7

物理层信号帧 physical frame

时间长度为 640ms，包含整数个 OFDM 符号的调频频段数字音频广播信号片段，其中包含 4 个时间长度相等的子帧。

[来源：GY/T 268.1—2013，3.1.15]

3.8

信标 beacon

每个子帧起始时的一段信号，用于接收机同步。

[来源：GY/T 268.1—2013，3.1.16]

3.9

系统信息通道 system information path

用于承载包含编码调制方式、频谱模式等系统信息的物理层传输通道。

[来源：GY/T 268.1—2013，3.1.20]

3.10

业务描述信息通道 service description information path

用于承载包含复用配置信息等业务描述信息的物理层传输通道。

[来源：GY/T 268.1—2013，3.1.25]

3.11

业务数据通道 service data path

用于承载上层业务数据流的物理层传输通道。

[来源：GY/T 268.1—2013，3.1.26]

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

DRA 多声道数字音频编解码技术规范 (Multichannel Digital Audio Coding Technology)

DRA+ DRA 音频编码扩展 (DRA Audio Coding Extension)

ERP 有效辐射功率 (Effective Radiated Power)

FM 频率调制 (Frequency Modulation)

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

MFN 多频网 (Multiple Frequency Network)

OFDM 正交频分复用 (Orthogonal Frequency Division Multiplex)

QAM 正交幅度调制 (Quadrature Amplitude Modulation)

QPSK 正交相移键控 (Quadrature Phase Shift Keying)

RF 射频 (Radio Frequency)

SFN 单频网 (Single Frequency Network)

5 系统结构和原理

系统通过数字编码调制技术实现音频广播业务、数据广播业务、应急广播业务等的播出，其系统结构见图1。

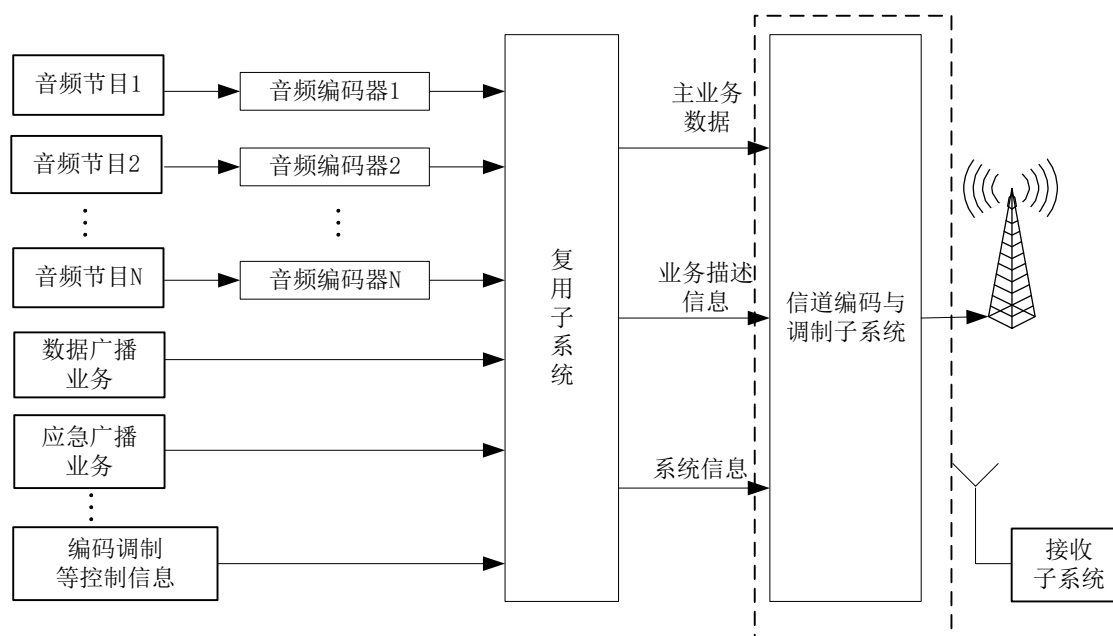


图1 系统结构

系统可同时传输多路音频节目、数据广播业务、应急广播业务等，各路业务、业务描述信息和包含编码调制、频谱模式等的控制信息输入至复用子系统，由复用子系统生成包含主业务数据、业务描述信息和系统信息三种数据流的复用帧，再通过物理层的信道编码与调制子系统，产生最终的射频发射信号，接收子系统完成对发射信号的接收解调。

广播信道物理层以物理层业务描述信息通道、业务数据通道和系统信息通道的形式，向上层业务提供传输速率可配置的传输通道，其中：

- 业务描述信息通道：用于承载包含复用配置等信息的业务描述信息；
- 业务数据通道：用于承载广播的实际业务；
- 系统信息通道：用于承载包含编码调制方式、频谱模式等系统信息。

物理层传输通道提供多种编码和调制方式，用以满足不同业务和不同传输环境对信号质量的不同要求，其不同的系统传输模式可应用于单频网和多频网工作模式，可根据不同的业务环境和组网环境灵活选择。

调频频段数字音频广播信道编码与调制子系统的原理框图见图2。来自上层的主业务数据依次进行扰码、LDPC编码、星座映射和子载波交织处理，业务描述信息在扰码后和系统信息采用1/4卷积码、比特交织和星座映射，与离散导频复接在一起进行OFDM调制。调制后的信号插入信标后构成逻辑帧，逻辑帧经过子帧分配后形成物理层信号帧，再经过基带到射频的转换后发射。

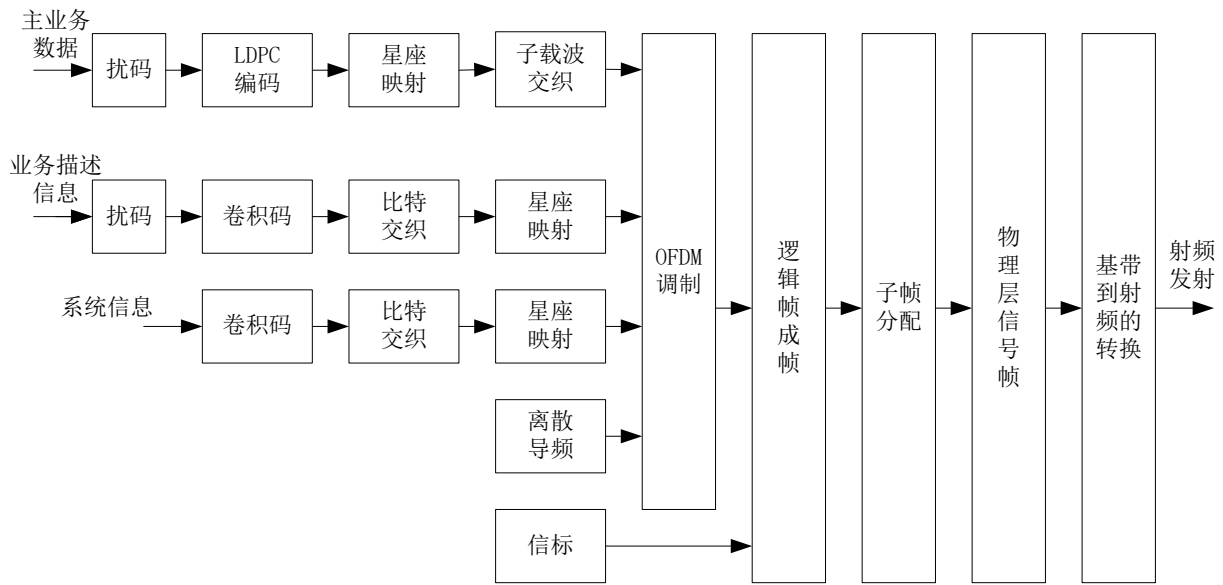


图2 调频频段数字音频广播信道编码与调制子系统的原理框图

6 发射参数设置

6.1 信道编码和调制等参数

6.1.1 子帧分配方式

调频频段数字音频广播传输系统物理层信号帧每640ms为一帧，承载来自复用帧的数据。4个物理层信号帧组成超帧，用于不同传输环境下的子帧分配，每个超帧长度为2560ms。每个物理层信号帧承载一个逻辑帧的数据。逻辑帧结构和物理层信号帧结构见图3。

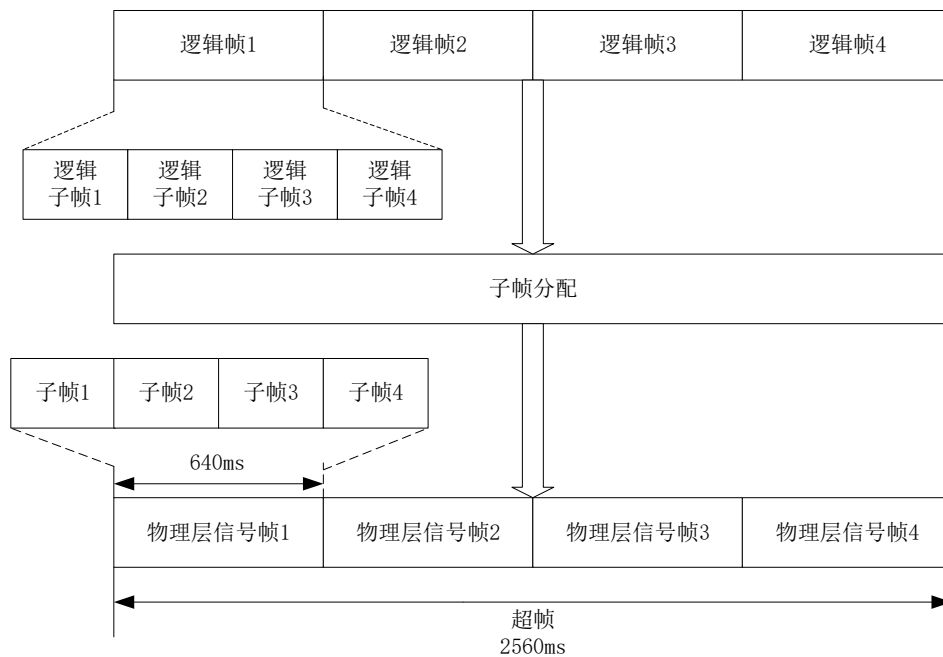


图3 逻辑帧和物理层信号帧结构

系统提供三种子帧分配方式，具备不同的抗信道衰落能力。子帧分配方式1的交织在一个逻辑帧内进行，交织时长为640ms；子帧分配方式2的交织在两个逻辑帧内进行，交织时长为1280ms；子帧分配方式3的交织在四个逻辑帧内进行，交织时长为2560ms。交织时长越长，越适用于较长的突发传输错误或衰落场景，但在切换频率时切换时间也越长。

6.1.2 传输模式

调频频段数字音频广播传输系统通常工作在复杂的多径信道条件下，如来自不同建筑物和不同地形地物的反射信号，以及在单频网环境下，一台接收机会同时接收到来自相邻发射机的发射信号，并将其作为回波信号处理。多径信号的存在会对接收机的接收性能产生很大的影响，造成系统的误码率变大，以至于不能正常接收。调频频段数字音频广播传输系统采用OFDM调制方式，每个OFDM符号前增加的循环前缀对于抵抗多径干扰具有明显的优势。为了对抗不同时延长度的多径干扰，系统提供了表1定义的三种传输模式参数，数据体的循环前缀越长，越有利于抵抗长时延回波，但会降低系统的净荷数据率。较大范围的单频网可以考虑选用较长的循环前缀模式，即传输模式1。

表1 三种传输模式的传输参数

参数	符号	传输模式 1	传输模式 2	传输模式 3
OFDM 数据体长度 (ms)	T_u	2.51 (2048T)	1.255 (1024T)	2.51 (2048T)
数据体循环前缀长度 (ms)	T_{cp}	0.2941 (240T)	0.1716 (140T)	0.0686 (56T)
OFDM 符号周期 (ms)	$T_s = T_{cp} + T_u$	2.804 (2288T)	1.426 (1164T)	2.5786 (2104T)
OFDM 符号子载波间隔 (Hz)	Δf	398.4375	796.8750	398.4375
信标的循环前缀长度 (ms)	$T_{Bcp} = T_{sf} - T_s \times S_N - T_u$	0.4706 (384T)	0.4069 (332T)	0.2059 (168T)
信标的长度 (ms)	$T_B = T_{Bcp} + T_u$	2.9804 (2432T)	1.6618 (1356T)	2.7157 (2216T)
同步信号的子载波间隔 (Hz)	$(\Delta f)_b$	796.875	1593.75	796.875
每个子帧的 OFDM (符号数)	S_N	56	111	61
子帧长度 (ms)	T_{sf}	160 (130560T)	160 (130560T)	160 (130560T)
有效子载波数	N_v	242	122	242

6.1.3 频谱模式

系统提供的六种频谱模式见图4，数字信号带宽为100kHz或者200kHz。数字信号的频谱可以分为：

- 数字信号的带宽连续，即频谱模式1和频谱模式2，信号带宽分别为100kHz或200kHz；
- 数字信号的带宽不连续，频谱模式9、10、22和23，数字音频广播信号的总带宽为100kHz或200kHz，数字信号之间的频谱间隔为300kHz或200kHz，在两个数字信号之间的频谱上可放置模拟立体声调频广播或者模拟单声道调频广播。

系统频谱模式的设计考虑到了模拟向数字的平滑过渡的情况，模拟关停后或者目前调频频率资源不紧张的地区可直接使用数字信号连续的频谱模式。

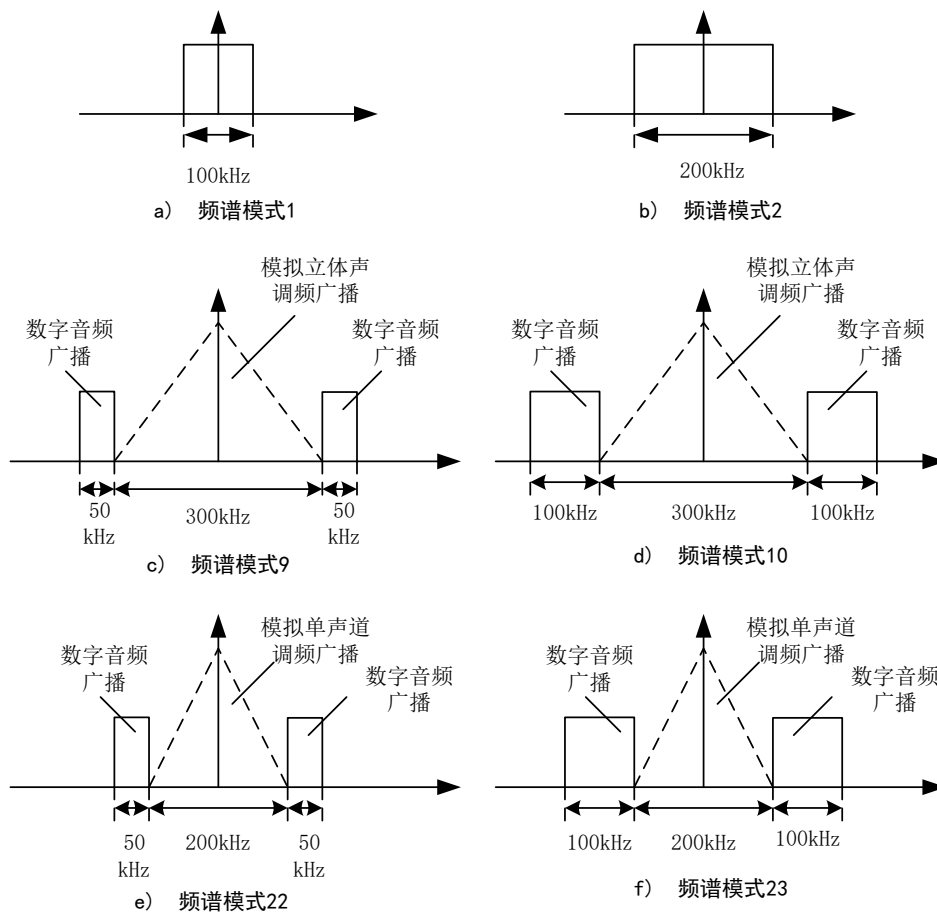


图4 频谱模式

广播发射台可根据本台站及周边台站的实际情况，在原有模拟广播发射频率的基础上，通过改造或者升级发射机，采用模数同播的频谱模式。在接收端，模拟FM接收机仍可接收原有模拟节目；具有数字音频广播解调功能的接收机在检测到数字信号后，可接收该频率的数字节目，从而在播出端和用户端均实现模拟到数字的平滑过渡。数字音频广播的节目内容可与模拟调频广播的内容一致，也可不一致。

频谱模式1或频谱模式2可用于模拟广播全部数字化后或频谱资源不紧张的地区。

6.1.4 星座映射方式和前向纠错编码码率

为了满足不同的传输需求，系统提供了三种不同的星座映射方式：64QAM、16QAM和QPSK，与星座点相对应的比特符号分别为6bit、4bit和2bit。对于具有相同的前向纠错编码码率，16QAM、64QAM的净荷数据率分别是QPSK的2倍和3倍。对于相同的前向纠错编码码率，在相同的信道条件下，QPSK抗干扰能力最强，64QAM相对最差。

系统采用了前向纠错编码和时域符号交织等方法，以确保数字音频信号传输的健壮性。系统规定了以下四种前向纠错编码码率：

- 1/4 (2304 / 9216) ；
- 1/3 (3072 / 9216) ；
- 1/2 (4608 / 9216) ；
- 3/4 (6912 / 9216) 。

其中，1/4前向纠错编码码率具有最高的纠错能力，同时具有最大的冗余度，这种模式适用于强干扰信道。相反，3/4前向纠错编码码率具有最低的冗余度，同时纠错能力也最低。

系统的传输性能取决于前向纠错编码码率和星座映射方式的组合效果。从性能上不能把信号星座映射方式的选择和前向纠错编码码率的选择孤立开来,各种星座映射方式和前向纠错编码码率的组合在高斯信道下的载噪比门限值见表2,载噪比门限为接收端能够正常解调的最低接收要求。

表2 高斯信道下载噪比门限

序号	星座映射	编码码率	载噪比门限 dB
1	QPSK	1/4	-0.8
2	QPSK	1/3	0.9
3	QPSK	1/2	2.8
4	QPSK	3/4	5.4
5	16QAM	1/4	3.8
6	16QAM	1/3	5.4
7	16QAM	1/2	8.2
8	16QAM	3/4	11.6
9	64QAM	1/4	7.4
10	64QAM	1/3	9.4
11	64QAM	1/2	12.5
12	64QAM	3/4	16.9

注:第3、4和7项数据来源于GB/T 43020—2023,其余为实验室测试数据。

对于移动接收,可依据动态多径信道条件下的性能,对映射方式和前向纠错编码码率进行选取。各种星座映射方式和前向纠错编码码率组合在动态多径信道下的载噪比门限值见表3,其中动态多径模型的城市慢速信道和乡村快速信道定义见表4和表5。

表3 动态多径信道下的载噪比门限

工作模式				载噪比门限 dB	
子帧分配方式	传输模式	频谱模式	调制编码方式	城市慢速信道模型	乡村快速信道模型
1	1	1	QPSK-3/4	17.6	15.8
1	1	2	QPSK-3/4	16.6	16.0
1	1	9	QPSK-3/4	16.8	16.0
1	1	9	16QAM-1/2	17.2	16.2
1	2	2	QPSK-1/2	13.6	13.4

注:数据来源于GB/T 43020—2023。

表4 城市慢速信道模型(移动速度 60km/h)

路径号	相对时延 μs	相对功率 dB	路径类型
1	0.0	-2.0	典型
2	0.2	0.0	典型

表4（续）

路径号	相对时延 μs	相对功率 dB	路径类型
3	0.5	-3.0	典型
4	0.9	-4.0	典型
5	1.2	-2.0	典型
6	1.4	0.0	典型
7	2.0	-3.0	典型
8	2.4	-5.0	典型
9	3.0	-10.0	典型

注：模型来源于GB/T 43020—2023。

表5 乡村快速信道模型（移动速度 150km/h）

路径号	相对时延 μs	相对功率 dB	路径类型
1	0.0	-4.0	典型
2	0.3	-8.0	典型
3	0.5	0.0	典型
4	0.9	-5.0	典型
5	1.2	-16.0	典型
6	1.9	-18.0	典型
7	2.1	-14.0	典型
8	2.5	-20.0	典型
9	3.0	-25.0	典型

注：模型来源于GB/T 43020—2023。

6.1.5 系统净荷数据率

系统可支持在100kHz或200kHz带宽内传输36kbps~712.8kbps的净荷数据率。影响系统净荷数据率的参数有：

- 前向纠错编码码率；
- 星座映射方式；
- 传输模式；
- 数字信号带宽。

表6给出了数字信号带宽为100kHz时的系统净荷数据率，当采用200kHz带宽时，系统净荷数据率在表6的基础上乘以2。

表6 系统净荷数据率（100kHz 数字带宽）

信道配置		一个逻辑帧的净荷 bit		系统净荷数据率 kbps	
星座映射	LDPC 编码	传输模式 1 和传输模式 2	传输模式 3	传输模式 1 和传输模式 2	传输模式 3
QPSK	1/4	23040	25344	36	39.6
QPSK	1/3	30720	33792	48	52.8
QPSK	1/2	46080	50688	72	79.2
QPSK	3/4	69120	76032	108	118.8
16QAM	1/4	46080	50688	72	79.2
16QAM	1/3	61440	67584	96	105.6
16QAM	1/2	92160	101376	144	158.4
16QAM	3/4	138240	152064	216	237.6
64QAM	1/4	69120	76032	108	118.8
64QAM	1/3	92160	101376	144	158.4
64QAM	1/2	138240	152064	216	237.6
64QAM	3/4	207360	228096	324	356.4

6.1.6 模拟和数字信号功率比

在频谱模式9、10、22和23中，模拟信号的功率和数字信号的功率比选择宜遵循以下原则：保持原有模拟信号的发射功率不变，数字信号功率比模拟信号的功率低10dB~14dB。在模拟发射机改为模数同播发射机时，为了保证模拟信号和数字信号的发射功率均满足额定功率要求，需要增加原有发射机功率放大模块的标称功率。

6.1.7 常用的工作模式推荐

对于承担指定范围内的音频广播节目、数据业务和应急广播等覆盖服务的广播发射台，可根据台站业务需求、发射功率、覆盖需求以及周边发射频率等情况，优先选择表7中所建议的一种工作模式；也可根据实际需求，选择其他工作模式。

表7 常用的工作模式推荐

序号	工作模式				系统净荷 数据率 kbps	适用场景
	子帧分配 方式	传输模式	频谱模式	调制编码 方式		
1	1	1	1	QPSK-3/4	108	台站频率规划具备开展100kHz纯数字发射条件，可以提供3套类模拟调频音质的数字音频广播服务，或者提供2套较高音质的数字音频广播服务，或者进行音频、数据和应急广播的同时服务
2	1	1	2	QPSK-3/4	216	台站频率规划具备开展200kHz纯数字发射条件，可以提供6套类模拟调频音质的数字音频广播服务，或者提供4套较高音质的数字音频广播服务，或者进行多套音频、数据和应急广播的同时服务

表7（续）

序号	工作模式				系统净荷 数据率 kbps	适用场景
	子帧分配 方式	传输模式	频谱模式	调制编码 方式		
3	1	1	9	QPSK-3/4	108	台站频率规划具备开展400kHz模数同播的发射条件，可以提供3套类模拟调频音质的数字音频广播服务，或者提供2套较高音质的数字音频广播服务，或者进行音频、数据和应急广播的同时服务
4	1	1	10	QPSK-3/4	216	台站频率规划具备开展500kHz模数同播的发射条件，可以提供6套类模拟调频音质的数字音频广播服务，或者提供4套较高音质的数字音频广播服务，或者进行多套音频、数据和应急广播的同时服务
5	1	2	2	QPSK-3/4	216	台站频率规划具备开展200kHz纯数字发射条件，更适用于移动高速场景，提供环绕声、数据和应急广播服务
6	1	2	2	16QAM-3/4	432	台站频率规划具备开展200kHz纯数字发射条件，更适用于移动高速场景，提供多套环绕声、数据和应急广播服务

6.2 发射机输入信号

发射机输入符合GY/T 268.2—2013定义的复用流，一个发射频点内可以包含多个音频业务和/或数据业务。GY/T 268.1—2013规定了36kbps~712.8kbps范围内一系列可用系统净荷数据率。在调频频段数字音频广播中的音频编码方式采用GD/J 058—2014定义的DRA+压缩编码算法，其输出的码率范围为24kbps~384kbps。表8给出了2014年由专业测试机构通过主观评价方式获得的DRA+音频压缩码率与音频播出质量的对应关系。

表8 音频压缩码率与音频播出质量的对应关系

码率	声道数	质量说明
24kbps (DRA+)	立体声	略低于FM质量
32kbps (DRA+)	立体声	与FM相当
48kbps (DRA+)	立体声	高于FM质量
64kbps (DRA+)	立体声	与128kbps mp3相当
96kbps (DRA+)	环绕声	优于伪环绕声
128kbps (DRA+)	环绕声	优于伪环绕声
256kbps (DRA)	环绕声	接近典型环绕声

除了进行音频节目的服务外，系统也可以进行数据广播业务和应急广播业务的服务。如果系统开通了数据广播业务和应急广播业务，根据各业务应用需求、信道承载能力以及实际业务播出现状，为各数据业务计算并分配所需的码率。

总体上，调频频段数字音频广播复用器对每种业务可以分配一个固定码率，每个业务以此设置为最高码率限制，向复用器输出业务流。

在系统中，业务标识由16个比特定义，其取值范围为0~65535。为使接收端能够快速识别每种业务类型并进行相应的业务解析和呈现，表9给出了各业务类型的业务标识取值范围。对于未来新增业务类型，可以继续分配尚未使用的业务标识范围。接收机通过解析业务描述信息中的业务标识，可以获取接收频点内的业务数量和类型，并进行相应的处理。

表9 不同业务类型的业务标识范围

业务类型	业务标识范围
音频广播	1~999, 10001~29999
应急广播	2000~2999
数据广播	9000~9999
保留	其他

6.3 发射系统输出信号

6.3.1 信号功率的定义

当发射机工作在频谱模式1和频谱模式2方式下，调频频段数字音频广播发射信号的功率为数字信号带宽内信号功率的平均值；当发射机工作在频谱模式9、10、22和23的方式下，调频频段数字音频广播发射信号的功率为模拟和数字信号带宽内信号总功率的平均值。

6.3.2 频谱模板

发射系统输出信号中，邻近频率的频谱并未完全消失，其电平大小取决于信号产生之后的预滤波器、功率放大器的非线性失真和放大器之后的滤波器等特性。

为防止调频频段数字音频广播信号的带外辐射对邻频率信号造成干扰，需对带外频谱的衰减量进行限定，GY/T 268.1—2013定义的频谱模板给出了发射机发出的数字信号带外频谱衰减的相关要求。

6.3.3 保护率

在进行调频频段数字音频广播网络或者单个发射台站规划时，必须考虑传输系统之间的相互干扰。一般采用保护率来描述系统抗其他系统信号干扰的能力。保护率是指在给定的欲收信号的客观或主观损伤门限点处，接收机输入端欲收信号功率与干扰信号功率之比。

所有工作模式的保护率需通过测量进行确定。测量通常在规定的实验室环境下进行。保护率的大小不仅与系统相应工作模式的性能有关，还依赖于系统设备的实现水平。同频率保护率主要取决于系统性能，邻频率保护率取决于干扰信号在欲收信号频率中的带外成分大小和接收机的滤波器性能。在调频频段数字音频广播实施过程中，接收机的保护率性能可能会有改善，所以保护率规定将会随技术进步而作相应调整。

相应的保护率要求宜符合GB/T 43020—2023中附录C的规定。

7 调频频段数字音频广播网络的基本描述

7.1 MFN

7.1.1 MFN 原理

MFN利用多个频率实现相同节目的覆盖。为满足较大区域覆盖要求，MFN需要较多数量的频率资源。频率数量取决于传输系统的健壮性，即依赖于调制模式、前向纠错编码效率以及网络构建的最终目标（全区域覆盖或仅覆盖人口密集区域）。

7.1.2 MFN 的频率资源需求

按MFN规划的调频频段数字音频广播网络所需的频率数，在采用频谱模式9时，与传统地面模拟广播网络大致相同；在采用频谱模式1和频谱模式2时，在传输模式1、QPSK-3/4的调制编码方式时，所需的数字频率数分别为模拟广播网络的1/3和1/6。

为避免干扰，需对每个发射机的发射频率和功率进行严格计算，以确保网络内外的所有发射机均不相互干扰。开展尚未覆盖区域的数字广播业务时，可以通过覆盖网络规划为该区域寻找合适的频率，并进行相应的频率协调。

7.1.3 非同步工作

在MFN网中，不同地域的发射机输入流不需要遵守同步发射规则。与SFN相比，MFN对本地或区域性业务的配置更容易。

7.1.4 额外功率需求

由于电磁波的地面传播特性，接收到信号的功率在距离发射机一定距离上会随接收位置变化而剧烈变化，而随时间变化却较小。由于数字信号的接收质量不随接收信号功率的衰减而逐渐恶化，而是在某一个门限处突然恶化（峭壁效应），因此为了补偿信号随接收位置的衰落，保证在服务区边缘的信号覆盖质量，需留有约10dB~20dB的ERP裕量。

若采用与相邻发射机服务区重叠的方式实现全区域覆盖，由于不同发射机的信号强度随位置变化是相互独立的，因此在重叠区域内给定的位置上，并非所有来自不同发射机的信号都具有相同的衰减。此时，接收机可选择最强信号，不必考虑额外功率。

7.1.5 自动频率切换

有服务重叠的相邻调频频段数字音频广播覆盖区，可采用自动频率切换技术，通过制定自动频率切换协议，下发同一节目在相邻区域内的发射频率信息，实现不同频率的MFN覆盖网络联合使用，拓展节目覆盖范围。

7.2 SFN

7.2.1 基本原理

在SFN中，所有的发射机均被相同的码流信号调制，并在同一时刻以相同频率发射。由于数字音频广播接收机具有多径信号处理能力，因此接收天线上接收到的多个发射机的信号均可能对接收有贡献。

然而，SFN技术存在一种称为网络自干扰的局限性。当远距离发射机的信号延迟大于接收设备的多径延迟处理范围时，该信号对于有用信号来说将变为干扰信号。这些信号的强度取决于传播环境，而且随着时间的变化而变化。对于给定的发射机间距，选择较长的循环前缀的模式可以有效降低SFN的自干扰。为了完全消除网络自干扰，可以把两个发射站的间距控制在帧头长度所对应的距离内，但是这是一种保守的设计，其组网效率较低。

7.2.2 频谱使用效率

使用SFN技术，能够利用相同频率在较大区域内实现同一业务的覆盖。因此，SFN的频谱使用效率远高于MFN。

在SFN覆盖区域内，填补缝隙较为容易，仅需增设新的同频率补点器，无需占用额外的频率。

7.2.3 功率效率

SFN不仅频谱效率较高，功率效率也较高，这从覆盖场强随位置剧烈变化这一现象中可以体现。在传统规划网络中，单发射机的情况下，为保证绝大部分服务区内的可靠覆盖，链路设计时需保留相对较大的衰落裕量，这显著增加了发射机功率。而在SFN中，若接收天线为全向天线，一个发射机的场强的强衰落可由另一个发射机的发射信号来补偿，这是因为接收机接收到的信号由多个发射机的信号组成，而不同发射机的信号衰落的相关性很小，使得信号场强随地点的变化范围减小。因此，SFN可使用多个较低功率的发射机来完成覆盖。SFN的这种功率效率通常称为“网络增益”，“网络增益”在发射机的覆盖边缘上尤为重要。上述的优点对于使用低增益、全向天线的移动接收尤为明显。

7.2.4 同步工作

SFN网络中的所有发射机需要同步工作。为使所有发射机同步工作，需在进入发射机的复用流中插入时间信息和网络传输延时信息。

在发射机间距不规则的网络中，可通过对特定发射机的时间偏移量和发射功率进行配置，以降低网络自干扰。

在SFN中，被传送码流不能进行个别内容的调整，否则会影响SFN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一致，在这种情况下，网络已经不再是SFN，并将对周围发射机的信号产生干扰。

7.3 包含局域 SFN 的 MFN

在基于现有的发射台基础结构实现的MFN中，构建局域SFN也非常有用。这样可以在未来的发展中，在不需要新的频率资源的情况下改善覆盖并支持移动接收。通过在一个主发射机周围增加一些中小功率的SFN发射机，可以构建一个局域的单频网。

7.4 补点器

如果在服务区内存在缝隙，例如存在深的峡谷、隧道、地下设施或者在室内及覆盖阴影区，可以使用转发器等补点器，利用调频频段数字音频广播能够处理多径信号的能力来有效地提供补充覆盖，这样在扩展服务区域的时候无需再使用一次分配网络和调制器。

转发器补点通过使用定向天线接收调频频段数字音频广播并进行转发，以实现缝隙或者未覆盖区域的信号覆盖，其原理见图5。

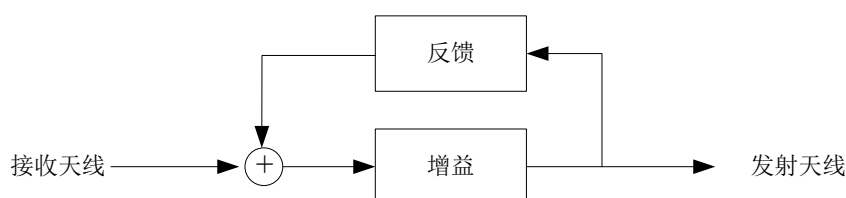


图5 转发器原理

应用转发器时，需注意接收天线与发射天线之间的隔离。为防止转发器的回馈自激，转发器的增益比收发天线间的反馈衰减量（dB）低。

补点器需具有足够的功率，以向未覆盖区域提供覆盖，其最大可能的辐射功率取决于接收天线和发射天线之间的隔离度以及转发器功放的性能。

天线隔离度取决于：

- 天线所处的发射塔或建筑物的高度和几何尺寸；
- 天线在发射塔或建筑物上的位置；
- 天线的方向图；
- 覆盖区的位置与主发射机的方向关系；
- 天线周围的环境（如能产生多径反射的建筑物或其他物体）。

隔离度取决于转发器安装位置的全局设计。实验显示，以大型混凝土天线塔作为中继站，可获得很好的隔离度，一般可实现80dB的隔离度。若有多层平台的情况下（如天线安装平台），建议将天线安装在不同平面上，有助于提高收发天线隔离度。

除了转发器回馈自激问题外，即使在转发器增益比反馈衰减量（dB）低的情况下，系统性能仍可能下降。一是因为天线之间的有限隔离，以及转发器周围反射体的反射所形成的反馈，均会对转发器性能产生决定性的影响；二是由于转发器内部声表面波滤波器带来的转发器输入和输出之间的时延，会导致转发器信号的频率选择性衰落。

8 设立调频频段数字音频广播天馈系统

8.1 使用现有天馈系统

若将原有模拟广播发射机更换为调频频段数字音频广播发射机，并采用模数同播方式进行数字音频广播和模拟广播的共同发射，则可使用现有天线。需要注意的是，原有模拟广播发射机配合使用的多工器的滤波器带宽、天线带宽需要满足信号带宽的要求。

若在原有发射台站新增一部调频频段数字音频广播发射机，并使用现有的发射天线，则可利用多工器将新增的调频频段数字音频广播发射机接入已有的发射系统中。

所用的天线和馈线的功率容量需大于总合成功率，该总合成功率包括数字和模拟频率的功率。

8.2 新建天馈系统

需在现有天线塔上为新架设的天线寻找一个可用的位置，或者新建发射塔和发射天线。

在没有大功率RF多工器时，发射机输出端可使用专门的滤波器滤除带外的寄生辐射。同样，也可以使用基带预校正来补偿滤波器的群时延变化。

采用新设计的天线，可形成与模拟广播不同的覆盖区域。

9 调频频段数字音频广播节目信号分配网络

9.1 一次分配网络

9.1.1 基本概念

一次分配网络（也称为节目传送网络）用于将广播节目信号从广播播控前端传送到发射台，以进行广播发射或二次分配。

一次分配网络把符合GY/T 268.2—2013要求的复用流，分配给网络中所有的调频频段数字音频广播发射机，分配网络可采用光纤、卫星、微波或其他链路。

9.1.2 光纤

可利用光纤进行一次分配。光纤传输分配网的传输距离可达约100km。光纤本身不配备光源、接收机或任何其他终端或监控设备，需由用户提供合适的终端设备并直接连接到光纤。信号发射的唯一限制在于用户的终端设备和光纤自身的光学特性。

9.1.3 卫星分配

数字音频广播复用流可通过卫星传输链路进行传输。在每个发射点，卫星接收机解析复用流并将其连接至发射机。

9.1.4 微波

可以通过微波系统进行数字音频广播复用流的传输。

9.2 复用器与发射机同步

通过采用外部主时钟实现同步，复用器和发射机均同步至一个统一的稳定外部时钟上。
