

广播剧人声降噪处理与底噪控制的后期实操方案

徐令涛

宁夏广播电视台 宁夏 银川 750001

摘要:为解决广播剧录制中人声杂讯、底噪残留等音质问题,平衡降噪效果与人声保真度,本文结合声学理论与后期实操经验,系统梳理人声噪声与底噪的类型、成因及影响机制。从前期素材预处理、针对性专项降噪、分场景参数适配、全流程底噪防控等维度,搭建标准化实操方案,同时配套音质修复优化方法。经实测验证,该方案可有效降低底噪、提升人声清晰度,规避降噪失真问题,适配广播剧各类人声场景后期制作需求。

关键词:广播剧;人声降噪处理;底噪控制;后期实操方案

引言:优质人声音质是广播剧沉浸式听觉体验的核心基础,而录制过程中产生的呼吸声、齿音、设备底噪、环境杂讯等干扰,极易破坏音频层次感与人声可懂度。常规降噪方式易出现降噪不彻底、人声失真、产生水声伪迹等问题,缺乏场景化适配性。为规范广播剧人声后期降噪流程,解决降噪与保真的核心矛盾,本文依托音频声学原理,结合多场景实操经验,构建全流程、精细化的降噪与底噪控制方案,为广播剧后期音频优化提供标准化实操参考。

1 广播剧人声噪声与底噪核心理论与类型分析

1.1 广播剧音频噪声基础理论

(1) 人声噪声源自语音伴随的生理或发音动作,与内容时域相关,突发非平稳;底噪为链路中持续本底干扰,独立于语音,平稳随机,呈宽带连续谱或线谱。声学上,人声噪声多集中中高频(齿音4-8kHz、喷麦50-100Hz),底噪频谱较均匀或偏重低频。(2) 噪声产生源分声源端(发声器官振动与气流摩擦)、传播路径(反射、绕射、驻波)、电声链路(非线性失真、电磁感应、接地环路)。传播中直达声与反射声叠加形成梳状滤波,环境噪声经衰减与边界反射进入拾音区。(3) 降噪四原则:保人声(保留频响与相位)、抑噪声(针对性衰减)、无失真(避免谐波或伪迹)、低损耗(信噪比提升大于音质劣化)。

1.2 广播剧人声常见噪声类型及成因

(1) 人声固有噪声中,呼吸声由肺部换气气流摩擦声道壁产生,齿音源于舌尖与上颚摩擦形成的高频湍流,喷麦为爆破音时气流冲击拾音器振膜所致,口水音来自口腔唾液粘连分离时产生的瞬态脉冲。(2) 录制环境噪声包括,风噪由气流直接作用于拾音头产生低频压力波动;空间回声由边界反射延迟与声吸收不足造成;设备异响如监视器、空调等持续性声源;室内底噪源于环

境本底声压级。(3) 设备与线路噪声,电流声为电源纹波耦合至音频通路的工频及其谐波;设备底噪由热噪声、量化噪声与散粒噪声构成;传输干扰噪声来自电磁辐射耦合或接地电位差^[1]。

1.3 广播剧底噪的特征与影响机制

(1) 恒定底噪在时域和频域参数稳定,频谱呈连续宽带或单一频率峰值;间歇性底噪具有突发性、非平稳性,时频分布随机变化。(2) 底噪通过声学掩蔽效应降低语音可懂度,压缩信号动态范围破坏音频层次感,持续低频底噪增加听觉疲劳,严重时破坏沉浸式听感体验。(3) 降噪深度不足则底噪残留影响清晰度,过度降噪则导致语音谐波衰减、瞬态模糊、背景产生“水声”伪迹。平衡要点在于以掩蔽阈值为上限、以可闻失真为下限,合理设置降噪阈值与衰减量。

2 广播剧人声降噪后期实操技术方案

2.1 前期预处理:降噪前置基础操作

(1) 原始人声素材筛查需在频谱图(如iZotopeRX的Spectrogram)中逐轨逐帧检视,按噪声类型标注时间码与严重等级:呼吸声标“B-1~3”,喷麦标“P”,齿音标“S”,环境杂音(鼠标点击、衣物摩擦)标“N”,同时筛选出信噪比低于15dB或峰值爆表的瑕疵片段,优先标记待重录或替换,确保后续处理仅针对可用素材。

(2) 音频轨道规整时统一时码起始点,使用RMS归一化将各条人声平均电平校准至-18dBFS(EBUR128标准),峰值上限设为-3dB,并检查相位一致性;若存在多轨重叠,按声像位置分组并调整增益匹配,保证降噪模块的阈值设定具有可比性,避免因音量差异导致降噪强度不均或底噪残留不一致^[2]。(3) 降噪工具预设方案:以iZotopeRXVoiceDe-noise和WavesNS1为例,先提取5秒纯环境底噪作为噪声指纹(NoisePrint),将降噪算法设为“Dialogue”或“Broadcast”模式,阈值起始值设

为-30dB,降噪量设6dB(轻度),时间平滑系数0.4,频率平滑系数0.5,处理前先试听10秒片段,依据残余噪声与语音损伤程度微调,并启用“ArtifactSuppression”以抑制水声伪迹。

2.2 针对性人声噪声专项降噪实操

2.2.1 齿音

动态均衡器(如Pro-Q3),频点6~8kHz, $Q = 1.5 \sim 2.0$, 阈值-40dB, 压缩比4:1, 高能量触发时衰减6~8dB。喷麦:高通滤波器(80Hz以下, 24dB/oct)配合手动包络增益, 爆破脉冲拉低6~10dB, 严重时用RXSpectralRepair“Attenuate”替换低频能量。呼吸声:振幅包络检测, 门限-50dB, 自动衰减4~6dB, 保留自然节奏;或手动柔化过长过响呼吸。

2.2.2 环境突发噪声

风噪用RXSpectralRepair“衰减”模式,框选200Hz以下低频团块,替换为邻近干净特征。撞击声或杂音(椅子响、翻页)用“Replace”功能,以周围100ms内音频拼接覆盖,交叉淡化5ms。定点清除后AB对比试听,检查相位畸变或瞬态丢失,必要时EQ补偿。

2.2.3 电流声(50Hz/100Hz谐波)

陷波滤波器(RXHumRemoval), $Q = 8 \sim 12$, 衰减 ≤ 12 dB。低频嗡鸣(200Hz以下):线性相位高通切除,辅以多段压缩(如C6)在嗡鸣频段做2:1动态抑制。分层处理后叠加噪声门(阈值-45dB, 释放80ms, 保持10ms)收尾,检查动态范围是否恢复至20dB以上^[3]。

2.3 不同场景人声降噪参数适配策略

(1)独白、旁白等沉稳人声因动态范围宽、低频饱满,降噪阈值可设-35dB,降噪量8~10dB,同时保留80Hz以下泛音(不切低切),时间平滑系数调至0.6以避免抽吸效应;实操时先提取5秒纯底噪作为噪声样本,采用“宽频带”处理模式,并开启“多分辨率”算法,以听觉判断谐波损伤,确保背景干净但喉音纹理清晰。

(2)对话、情绪戏人声(如哭喊、低语、怒吼)动态突变剧烈,降噪量压缩至3~5dB,阈值上提至-25dB,并关闭“激进”算法,改用“瞬态保护”模式;重点保留气声和齿音中的情感细节,可对400Hz~2kHz频段设置旁通(不降噪),确保语调起伏和弱音转折不失真;处理时用分段增益先调平波形再降噪,避免压缩器过度介入^[4]。(3)群杂人声、远景人声因多轨叠加且掩蔽效应强,宜采用标准化批量降噪:统一预设降噪量6dB、阈值-30dB,但需按轨道角色分组,每组单独取样(不同麦克风底噪各异);远景声额外增加-3dB的高频衰减(6kHz以上)以模拟距离感,并叠加0.5ms的随机延迟,

群杂则保留部分环境噪点(如轻微混响尾音)以维持空间真实度,处理后整体音量再校准至-20dBFS,并检查各组相位抵消情况。

3 广播剧底噪全程控制与音质优化方案

3.1 录制至后期全流程底噪防控体系

(1)前期录制阶段底噪源头控制需从声学环境与设备链入手,录制棚底噪基数应控制在NR-25以下,使用低自噪麦克风(如SennheiserMKH系列,自噪 < 10 dB),保持线缆远离电磁干扰源,录制前测量环境底噪频谱并记录,演员与麦克风距离固定于15~20cm以优化信噪比,空调、照明等设备在录制时段关闭或切换至静音模式。

(2)中期剪辑拼接阶段,对来自不同场地、不同麦克风的素材,先统一进行底噪指纹采样并归一化噪声基底至一致水平,剪辑点处预留20ms交叉淡变以消除切换时的底噪突变,若片段间底噪差异超过3dB,则分段调整增益匹配,避免拼接处出现可闻的“噪声台阶”。(3)后期混音阶段,将底噪控制置于均衡与压缩之前执行,利用噪声门(阈值设于节目信号最低电平以下3dB)作第一道兜底,再以宽带降噪作第二道精细处理,混音母线末端插入总控降噪插件(如WavesWNS)作全局底噪审视,但衰减量控制在3dB以内,以防大面积损伤混音结构。

3.2 底噪精细化控制实操技术

(1)底噪采样需选取纯静音段(时长 ≥ 2 秒),在RX中生成高分辨率噪声指纹(FFTsize4096,重叠率75%),对于动态底噪(如设备热噪声随工作时间漂移),每15分钟分段采样,建立时变噪声模板,并在处理时启用“自适应”模式,使降噪阈值随底噪波动自动跟踪偏移。(2)分层底噪抑制按频段拆解:低频段(< 200 Hz)用线性相位高通滤波器(斜率18dB/oct)切除结构振动与空调嗡鸣,同时用多段压缩仅在80~120Hz频段做3:1动态衰减;中频段(200Hz~4kHz)采用宽带降噪(衰减量4~6dB),注意保护语音共振峰;高频段(> 4 kHz)使用齿音抑制器配合动态EQ,仅对持续高频嘶声做衰减,避免过度切除空气感。(3)静音片段与留白段落需统一净化至基底电平 ≤ -70 dBFS,操作上先提取最长静音段作噪声指纹,全选所有静音区批量应用降噪,并用“自动淡入淡出”(50ms)避免门效应,处理后在频谱图中检查是否残留杂散脉冲,如有则手动擦除^[5]。

3.3 降噪与底噪控制后的音质修复优化

(1)人声失真表现为高频谐波缺失或“水声”伪迹,修复方法:在RX中启用“Recovery”模式,对损失频段(通常为3~8kHz)以原声为参考做谐波再生,叠加激励器(如BBESonicMaximizer)补充1%的二次谐波,再用饱

和染色插件（如Warmth）补偿偶次谐波以恢复温暖感；干瘪问题则通过EQ在250Hz处提升1~2dB（ $Q = 1.0$ ），在5kHz处提升0.5~1dB增强清晰度。（2）人声动态平衡需将RMS电平校准至-20dBFS $\pm$ 1dB，峰值控制在-3dB以内，采用多段压缩（分低频、中频、高频三段）以2:1比例轻柔压缩，攻击时间10ms、释放时间80ms；音色统一用匹配EQ，以剧中一位“参考人声”为基准，对其他角色轨做频响曲线拟合，确保切换时听感连续，同时检查左右声道能量均衡度（差异 ≤ 0.5 dB）。（3）整体信噪比优化目标为，成品信噪比 ≥ 55 dB（A计权），校验方法为选取包含静音段与语音段的最小声段落，计算RMS比值；听感平衡标准：在标准监听音箱（80dB SPL）和监听耳机双环境下试听，要求底噪不可闻、人声清晰度 $\geq 90\%$ （按ITU-TP.800标准），同时低频无嗡声残留、高频无刺耳感，并用响度计确认LKFS值达-23 $\pm$ 1（对应广播剧播出标准）。

3.4 实操案例验证与问题总结

（1）选取广播剧中包含独白、争吵、群杂三种场景的5分钟片段，应用前述全流程方案：前期筛选标注32处瑕疵，中期统一电平并分段取样5组底噪指纹，后期分层降噪与音质修复。实操测试结果显示独白段底噪从-52dBFS降至-68dBFS，群杂段掩蔽效应下底噪感知度下降75%，整体处理耗时约3.5小时/分钟素材。（2）对比优化前后音频，频谱图显示噪底整体下移且平坦化，波形图静音区基底收窄，AB盲听测试中10位听评员对清晰度评分从3.2提升至4.6（5分制），主观评价“底噪不可闻”“人声饱满度未明显损失”，验证了方案在噪声抑制与音质

保全之间的有效性。（3）实操中常见误区包括，过度依赖单一降噪插件导致水声伪迹、忽视分段采样导致动态底噪残留、静音段与语音段交叉感染等。对策：降噪量分三档递进（3dB/6dB/9dB），每档试听后选最优；动态底噪素材改用实时跟踪降噪；处理顺序严格执行“降噪 $\rightarrow$ 压缩 $\rightarrow$ 均衡”逻辑，并在每个环节后做AB对比，建立处理日志便于回溯调整。

结束语

本文构建的广播剧人声降噪与底噪控制方案，贯穿录制、剪辑、混音全流程，兼顾理论科学性与实操落地性，精准解决各类人声噪声及底噪问题。方案通过分层降噪、场景化参数适配、后置音质修复等手段，有效规避过度降噪失真、底噪残留等常见问题。实操案例证实，该方案可显著提升音频信噪比与人声质感。未来可结合素材动态特性持续优化参数体系，进一步提升广播剧音频后期制作的效率与成品质量。

参考文献

- [1]杨雪,王健.人声音频底噪分层抑制与精细化降噪后期处理技术[J].电声技术,2023,47(08):76-80.
- [2]李梦琪,张磊.基于自适应阈值的广播剧音频降噪与音质修复技术[J].影视技术,2024,19(05):68-72.
- [3]陈宇.广播音频后期制作中的底噪控制与人声保真优化策略[J].传媒论坛,2023,6(19):112-115.
- [4]周思彤.语音音频稳态底噪抑制与人声细节保留后期技术研究[J].数字传媒研究,2022,29(11):45-49.
- [5]吴雨桐.广播剧后期音频降噪处理难点及精细化实操方案[J].新媒体研究,2025,11(09):78-81.