

音頻放大器的設計与調整

日本 島山鶴雄著

陳貴民譯

原 序

音頻放大器广泛地应用在无綫电收音机、电唱机、有声电影、录音机、电话中繼设备、各种扩音装置、广播电台的广播设备、广播发射机以及各种测试仪器等方面。一般初学无綫电的人往往认为它很容易，不十分重视。著者从事于广播工作二十多年以来，一直担任音頻放大器的設計制造与运用等。虽然目前担任广播发射机的設計制造，是以射頻电路的知識为主，但仍认为一部广播发射机工作特性的好坏，很大程度上决定于是否采用負反饋，如果采用負反饋时音頻放大器設計得好坏就十分重要，本书主要是蒐集了有关音頻放大器的設計資料編写而成。

現在，有关音頻放大器的設計資料十分缺少，著者从几年前就从工作經驗中开始积累一些資料，那时对放大器的設計稍有体会。后来，虽然經過了較长时间的学习，但到目前为止仍感到这方面知識的貧乏。过去也曾經花費了几年的时间研究过甲类放大，惟迄今对甲类放大的某些問題尚乏自信。

虽然在无綫电杂志上有人发表过許多資料，但很多地方有着不同的論点。近年来各国在无綫电方面，有着驚人的成就，無論从零件或是設計技术来看都收到了良好的成績，因此，再不会有人认为音頻放大器的設計制作是很容易的事了。

著者，并不是音頻放大器的专家，对无綫电用于特殊用途方面的知識是很缺少的，但从广播发射机的角度来談音頻放大器还是可以的。

这本书詳細地敘述了在音頻放大器的設計及調整上所需要的原理、設計方法、电路等等，沒有无綫电基础知識的人在閱讀这本书

时可能吃力些，正因为这样，在设计实例中尽量地例举了许多易懂的实例，若能参考实例多阅读几遍，基本上是可以掌握设计的方法的。虽然这样，可能还会有些地方不易理解，因此，在这本书里把认为在实际工作中所必须知道的知識均較詳細地敘述了。本书可作音频放大器设计制造方面的参考书籍，如能对无线电技术的进步有所贡献的话，深感荣幸。

本书的内容很多是借用了在日本广播协会技术研究所工作的齋藤彰英、伊藤岩夫、村上正路、籠島一郎、鈴木安二等諸同事的实际經驗及未发表的資料，謹致以衷心的謝意。

1952年10月 著者識

再 版 的 話

近年来音频放大器设计技术的进步是非常迅速的，初稿出版仅兩年多的時間，又出現了各种新的放大器，因此著者认为本书有加以补充的必要。因为设计的基本原理并未改变，所以并不需要全部重写，只是第一章里的声音真实的重演一节的定义問題大部分是按欧尔遜氏最新发表的資料重新編写的，在第八章里求頻率特性时所用的通用曲綫公式可用极简单的方法求得，所以在这章里也作了部分的修改。

1954年9月 著者

譯 者 的 話

目前，与音頻放大器設計有关的著作或譯本还很缺乏。譯者本着在科学領域里取长补短的精神，特将日本广播协会技术研究所島山鶴雄氏所著“音頻放大器的設計与調整”1954年第二次修訂版譯出。

本书詳細地介紹了在音頻放大器的設計与調整上所需要的原理、設計方法、电路等，應該特別指出的是本书第八章所講的頻率特性是其他書籍中少見的。本书可供从事实际工作的无綫电工程技术人員参考，同时也可供无綫电专业学生参考。

这本书是利用一年多的业余时间翻譯而成的，在翻譯过程中，力求保持原书的风格，并将外国人名、技术术语、单位都譯成了常用的中文，字句力求通俗，在原版中，发现的个别錯誤亦已改正。虽然如此，由于時間短促，倉卒脫稿，又加上譯者水平所限，謬誤之处在所难免，誠懇地希望讀者提出批評与指教。

在这本书的翻譯过程中，曾蒙与譯者共事的諸同志給予很多的帮助，又蒙錢鳳章教授、郭耀华工程师对全部譯稿提供了許多珍貴的意見，譯者表示衷心的感謝。

1957年5月于北京

目 錄

原 序

再版的話

譯者的話

第一章 声 音

- 1.1. 声音…………… (1)
- 1.2. 声音真实的重演…………… (5)
 - 1.2.1. 频率范围…………… (5)
 - 1.2.2. 谐波失真…………… (6)
 - 1.2.3. 相移…………… (10)
 - 1.2.4. 声音的强弱…………… (10)
 - 1.2.5. 瞬时现象…………… (11)
 - 1.2.6. 互调失真…………… (12)
 - 1.2.7. 雜音…………… (14)
 - 1.2.8. 过負載…………… (14)
 - 1.2.9. 寄生振盪…………… (14)
 - 1.2.10. 双耳效应…………… (15)

第二章 电子管

- 2.1. 电子管种类…………… (15)
 - 2.1.1. 三極管…………… (16)
 - 2.1.2. 五極管…………… (17)
 - 2.1.3. 电子注管…………… (17)
- 2.2. 电子管特性…………… (17)
 - 2.2.1. 二極管特性…………… (17)

- 2.2.2. 三極管特性…………… (18)
- 2.2.3. 等效理想电子管…………… (23)
- 2.2.4. 多極管特性…………… (26)
- 2.2.5. 多極管改为三極管接法…………… (29)
- 2.2.6. 电子管和輸出…………… (31)

第三章 放大器概論

- 3.1. 放大器的种类…………… (33)
 - 3.1.1. 甲类放大…………… (34)
 - 3.1.2. 乙类放大…………… (34)
 - 3.1.3. 甲乙类放大…………… (37)
 - 3.1.4. 电压放大和功率放大…………… (38)
- 3.2. 輸入电路…………… (39)
 - 3.2.1. 輸入耦合电路的条件…………… (39)
 - 3.2.2. 声源…………… (41)
- 3.3. 負載…………… (46)
 - 3.3.1. 負載的种类…………… (46)
 - 3.3.2. 輸出耦合电路…………… (49)
- 3.4. 中間耦合电路…………… (52)

3.4.1. 变压器耦合… (52)	4.4.2. 栅極激励电压 ε_g 为固定时 的最大輸出… (94)
3.4.2. 电阻电容耦 合…………… (53)	4.4.3. 串联負載时的 最大輸出… (96)
3.4.3. 阻抗耦合… (54)	4.4.4. 并联負載时的 最大輸出… (96)
3.4.4. 直接耦合… (57)	4.4.5. 屏極耗損为固 定时的最大輸 出…………… (98)
3.4.5. 陰極耦合… (57)	4.4.6. 輸出及負載阻 抗固定时的工 作状态………… (99)
3.4.6. 直流放大… (58)	4.4.7. 其他………… (100)
3.4.7. 倒相电路… (58)	4.5. 电阻电容耦合放大… (100)
3.5. 特殊电路………… (62)	4.5.1. 特性曲綫法… (101)
3.5.1. 混合………… (62)	4.5.2. 特性常数法… (103)
3.5.2. 負載分配… (67)	4.5.3. 电路常数的决 定方法………… (106)
第四章 三極管甲类放大	4.5.4. 計算实例… (110)
4.1. 特性曲綫法………… (72)	4.6. 阻抗耦合放大器… (112)
4.1.1. 純电阻負載… (72)	4.7. 变压器耦合………… (112)
4.1.2. 并联負載… (74)	4.8. 推挽放大器………… (113)
4.1.3. 电抗負載… (77)	4.8.1. 电子管的工作 情形…………… (114)
4.2. 特性常数法………… (82)	4.8.2. 耦合电路… (114)
4.2.1. 等效电路… (82)	4.8.3. 屏極电源… (114)
4.2.2. 選擇常数的方 法…………… (84)	4.8.4. 栅極电源… (115)
4.3. 甲类放大的失真… (85)	
4.3.1. 失真的簡易 計算法………… (85)	
4.3.2. 負載阻抗和失 真…………… (89)	
4.4. 功率放大………… (92)	
4.4.1. 等效理想电子管 的工作状态… (92)	

- 4.9. 非直綫性阻抗負載… (116)
- 4.9.1. 特性曲綫法… (116)
- 4.9.2. 特性常数法… (118)
- 4.9.3. 推挽放大器… (118)
- 4.10. 电子管的并聯…… (119)

第五章 多極管甲类放大

- 5.1. 五極管功率放大… (120)
- 5.2. 电子注管功率放大… (125)
- 5.3. 电阻电容耦合放大… (127)
- 5.3.1. 接綫…… (127)
- 5.3.2. 特性曲綫法… (128)
- 5.3.3. 特性常数法… (130)
- 5.3.4. 計算实例…… (135)

第六章 乙类放大

- 6.1. 工作原理…… (137)
- 6.2. 特性曲綫法…… (139)
- 6.2.1. 乙₁类放大… (139)
- 6.2.2. 乙₂类放大… (142)
- 6.3. 特性常数法…… (145)
- 6.3.1. 設計法…… (145)
- 6.3.2. 乙₁类放大… (147)
- 6.3.3. 乙₂类放大… (152)
- 6.4. 設計及調整上的注意…… (154)
- 6.4.1. 屏極电流…… (154)
- 6.4.2. 柵極电路…… (155)
- 6.4.3. 激励器…… (156)
- 6.4.4. 輸出变压器… (157)

- 6.4.5. 屏極电源…… (157)
- 6.4.6. 电子管…… (157)
- 6.4.7. 失真…… (158)
- 6.4.8. 負反饋… (158)
- 6.4.9. 寄生振盪…… (159)

第七章 甲乙类放大

- 7.1. 三極管甲乙₁类放大…… (160)
- 7.1.1. 工作原理…… (160)
- 7.1.2. 特性曲綫法… (166)
- 7.1.3. 特性常数法… (169)
- 7.1.4. 設計与調整上的注意…… (170)
- 7.2. 多極管甲乙₁类放大…… (172)
- 7.2.1. 工作原理…… (172)
- 7.2.2. 特性曲綫法… (176)
- 7.2.3. 特性常数法… (178)
- 7.2.4. 設計与調整上的注意…… (180)
- 7.3. 多極管甲乙₂类放大…… (182)
- 7.4. 甲₁类, 甲乙₁类, 及乙₁类放大的比較… (183)

第八章 頻率特性

- 8.1. 通用曲綫A与B…… (186)
- 8.1.1. 一般公式…… (187)
- 8.1.2. A曲綫…… (187)

8.1.3. B 曲綫…………… (191)	8.8.1. 桥 T 型 均 衡 器…………… (245)
8.1.4. B' 曲 綫 …… (197)	8.8.2. X 型均衡器… (259)
8.1.5. B 曲綫与 B' 曲 綫的变换…………… (199)	8.8.3. 梯型电路…………… (267)
8.1.6. B 曲綫与 A 曲 綫…………… (202)	8.8.4. 相位均衡器… (267)
8.1.7. 頻率特性及相 位特性…………… (203)	8.9. 通用曲綫 C …… (268)
8.2. 电抗变换…………… (206)	8.9.1. C -I 电 路 … (269)
8.2.1. 并串联等效变 换…………… (206)	8.9.2. C -II 电 路 … (275)
8.2.2. 电抗变换…………… (207)	8.9.3. C -I' 电 路 … (276)
8.3. 电抗分压电路…………… (210)	8.9.4. C -II' 电 路 … (277)
8.3.1. 公式的求法… (211)	8.9.5. C -III 电 路 … (278)
8.3.2. 基本公式…………… (214)	8.9.6. C -IV 电 路 … (279)
8.3.3. 計算实例…………… (214)	8.10. 通用曲綫 D …… (279)
8.4. 定电流發电机分压电 路…………… (220)	8.10.1. D -I 电 路 … (279)
8.5. 多極管放大器…………… (221)	8.10.2. D -II 电 路 … (285)
8.5.1. 基本电路…………… (222)	8.11. 通用曲綫 E …… (286)
8.5.2. 計算实例…………… (225)	8.11.1. 高频振盪遏 止电路…………… (286)
8.6. 三極管放大器…………… (228)	8.11.2. 低频振盪遏 止电路…………… (291)
8.7. 負反饋放大器…………… (230)	8.11.3. 阻抗耦合电 路…………… (292)
8.7.1. 基本电路…………… (233)	8.12. 音質調整和音質补 偿…………… (293)
8.7.2. 負反饋放大器 的計算…………… (234)	8.12.1. 構成元件…………… (293)
8.7.3. 計算实例…………… (237)	8.12.2. 定阻 抗 均 衡 器…………… (294)
8.8. 定阻抗均衡器…………… (245)	8.12.3. 电 抗 分 压 电

路…………… (294)	9.4. 負載阻抗…………… (322)
8.12.4. 电子管耦合电	9.5. 有相移时的反饋…………… (323)
路…………… (294)	9.5.1. 向量圖…………… (323)
8.12.5. 負反饋电路… (295)	9.6. 雜音及失真…………… (325)
8.12.6. 通用音質調整	9.7. 等效电子管特性曲
电路…………… (295)	綫…………… (327)
8.13. 变压器…………… (297)	9.8. 尼克斯特圖形…………… (329)
8.13.1. 高阻抗变压	9.9. 最大反饋量…………… (330)
器…………… (297)	9.10. 負反饋放大器的設
8.13.2. 低阻抗变压	計…………… (333)
器…………… (300)	9.10.1. 放大級數…………… (333)
8.14. 頻率特性的求法… (302)	9.10.2. 电路常数…………… (334)
8.14.1. 頻率特性…………… (302)	9.10.3. 变压器及阻抗
8.14.2. 決定低音頻的	耦合…………… (335)
元件…………… (304)	9.10.4. 振盪遏止电
8.14.3. 決定高音頻的	路…………… (335)
元件…………… (304)	9.10.5. 局部反饋电
第九章 負反饋	路…………… (336)
9.1. 原理…………… (307)	9.10.6. 特定頻率的反
9.2. 反饋方式…………… (310)	饋量的增加…………… (336)
9.2.1. 并聯反饋…………… (310)	9.10.7. 雜散电容…………… (336)
9.2.2. 串聯反饋…………… (312)	9.10.8. 反饋电路…………… (337)
9.2.3. 电桥反饋…………… (313)	9.11. 負反饋电路的应
9.3. 輸入电路…………… (315)	用…………… (338)
9.3.1. 串聯型…………… (316)	9.11.1. 雜音…………… (338)
9.3.2. 并聯型…………… (316)	9.11.2. 失真…………… (338)
9.3.3. 电桥型…………… (319)	9.11.3. 頻率特性…………… (338)
9.3.4. 陰極型…………… (319)	9.11.4. 电压調節率…………… (338)

9.11.5. 阻尼……………	(339)
9.11.6. 定增益放大 器……………	(339)
9.11.7. 定电流放大 器……………	(339)
9.12. 設計实例……………	(339)
9.12.1. 輸入并聯型電 壓反饋电路…	(339)
9.12.2. 兩級放大器的 電壓反饋電 路……………	(340)
9.13. 陰極耦合放大……	(341)
9.13.1. 原理……………	(341)
9.13.2. 电子管工作狀 态……………	(345)
9.13.3. 电路……………	(347)
9.13.4. 用途……………	(350)
9.13.5. 設計及制作上 的注意………	(351)

第十章 瞬時現象

10.1. 矩形調幅波的試 驗……………	(354)
10.2. 鋸齒狀調幅波的試 驗……………	(356)
10.3. 脈冲試驗……………	(356)
10.4. 脈冲波形的求法…	(357)
10.4.1. CR 基本電 路……………	(358)

10.4.2. LR 基本電 路……………	(361)
10.4.3. 電阻電容耦合 放大……………	(363)
10.4.4. 脈冲波形公式 的法則………	(368)
10.4.5. 脈冲波形和通 用曲綫………	(371)

第十一章 電 源

11.1. 陰極……………	(384)
11.1.1. 陰極的種類…	(384)
11.1.2. 電源的種類…	(385)
11.1.3. 陰極电路……	(385)
11.2. 柵極……………	(388)
11.2.1. 固定柵偏壓…	(388)
11.2.2. 自給柵偏壓…	(390)
11.2.3. 无柵偏壓電 路……………	(392)
11.3. 屏極……………	(392)
11.4. 帘柵極……………	(393)
11.5. 洩放電阻及輝光放 電管……………	(395)
11.6. 整流电路……………	(397)
11.6.1. 單相半波整 流……………	(398)
11.6.2. 單相全波整 流……………	(398)
11.6.3. 單相橋型整流	

电路·····	(400)
11 6.4. 倍压整流电 路·····	(401)
11.7. 滤波电路·····	(403)
11.7.1. 电容输入滤波 器·····	(403)
11.7.2. 扼流圈输入滤 波器·····	(415)
11.7.3. 电阻电容滤波 器·····	(417)
11.7.4. 特殊电路·····	(418)
11.8. 整流器·····	(420)
11.8.1. 高真空二极 管·····	(420)
11.8.2. 热阴极汞气整 流管·····	(421)
11.8.3. 氧化铜整流 器·····	(423)
11.8.4. 硒整流器·····	(423)

第十二章 制作及調整

12.1. 構造·····	(428)
12.2. 元件佈置及配綫·····	(431)
12.3. 雜音·····	(434)
12.3.1. 靜电耦合·····	(434)
12.3.2. 电磁耦合·····	(435)
12.3.3. 电子管·····	(436)
12.3.4. 滤波电路·····	(438)
12.3.5. 射頻減幅振	

盪·····	(438)
12.3.6. 其他·····	(440)
12.4. 寄生振盪·····	(442)
12.4.1. 射頻振盪·····	(442)
12.4.2. 超短波振盪·····	(443)
12.4.3. 負反饋·····	(444)
12.4.4. 汽船声·····	(444)
12.4.5. 負电阻振盪·····	(447)
12.4.6. 嘯声·····	(448)
12.4.7. 調整·····	(448)

第十三章 各种放大器

13.1. 2A3 放大器·····	(452)
13.1.1. 單管甲 ₁ 类放 大·····	(452)
13.1.2. 推挽甲乙 ₁ 类 放大·····	(453)
13.2. 42放大器·····	(455)
13.2.1. 單管甲 ₁ 类放 大·····	(455)
13.2.2. 推挽甲 ₁ 类放 大·····	(457)
13.2.3. 6V6的应用·····	(457)
13.3. 807放大器·····	(458)
13.3.1. 單管甲 ₁ 类放 大器·····	(458)
13.3.2. 推挽甲乙 ₁ 类 放大器·····	(458)
13.3.3. 推挽甲乙 ₂ 类	

	附 錄
放大器…………… (461)	附—1 $F-C-X$, $F-L-X$
13.4. 高質量放大器…………… (461)	計算圖
13.4.1. 威廉遜放大	附—2 I_p-g_m, μ 曲綫
器…………… (461)	附—3 电阻电容耦合放大器的
13.4.2. 超直綫式放大	常数
器…………… (462)	附—4 功率放大管标准工作狀
13.5. 广播用放大器…………… (464)	态
13.5.1. 前置放大器… (464)	附—5 电子管特性曲綫
13.5.2. 輔助放大器… (466)	2A3, 42, 6F6, 6V6,
13.5.3. 节目放大器… (467)	6L6, 807, 6J7, 6SJ7,
13.5.4. 限制放大器… (469)	
13.6. 大功率輸出的放大	
器…………… (474)	

第一章 声 音

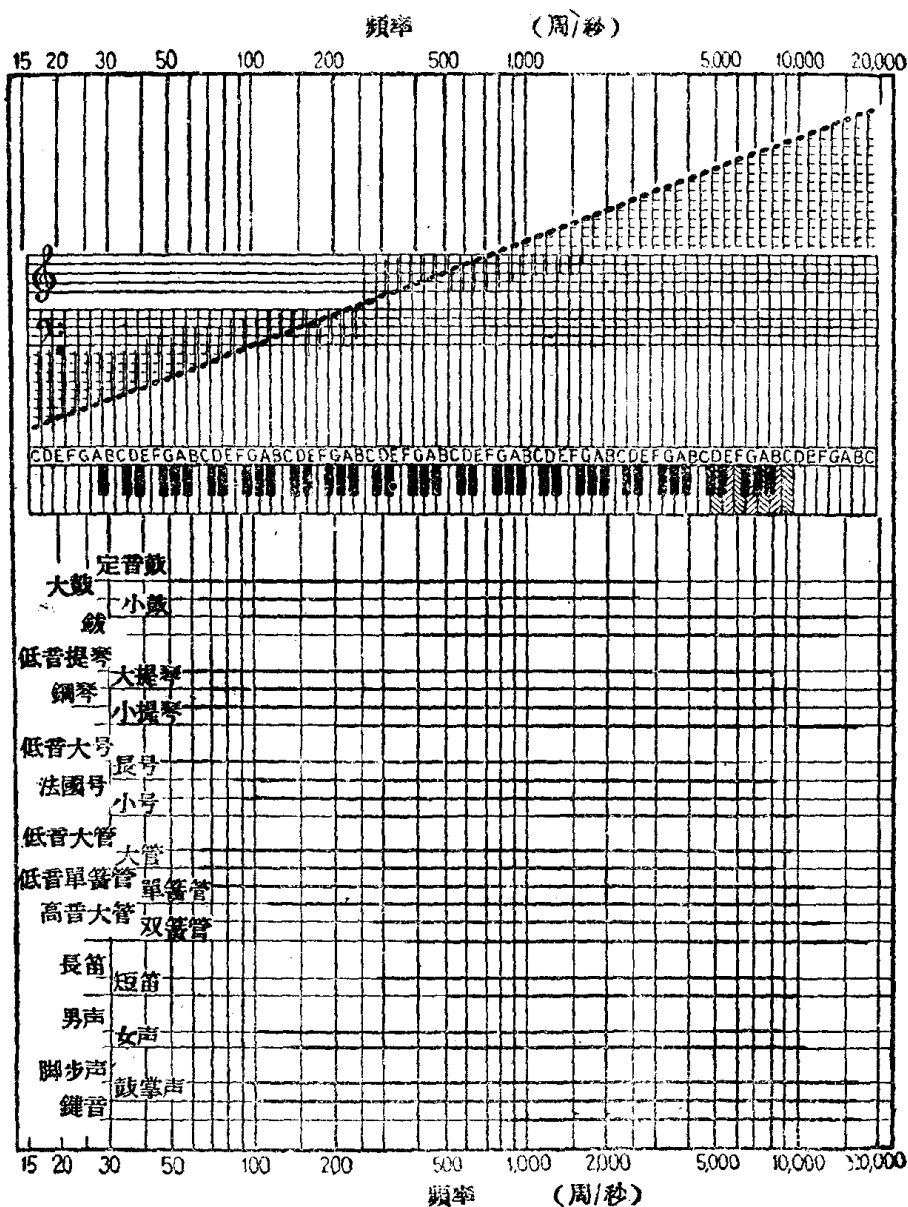
1.1 声 音

声音是由于物体振动通过空气、水、或固体而使人耳感受到听觉的一种现象，听觉和人的心理有关，因此对声音很难给予定性和定量的测量，也很难加以研究和调查，有关的资料也是很少的。

人耳听觉的频率范围因人的体质和年龄而有不同，听觉最好的人可以最低听到30周/秒最高听到20000周/秒，而其中对各频率的感受程度也是不同的，最容易感受到的是1000周/秒~3000周/秒附近。譬如，相同的音乐将声音减小，则低音和高音就不易被听到而会感觉到音质有了变化。人耳对声音强弱的感觉比较迟钝，它是和声音强弱的对数比成正比的，能感觉到的声音强度范围，在低音频或高音频时大约是10分贝，在1000周/秒附近时，声音强弱变化在100~140分贝，人耳也能判别出来。如果声音过强人耳就只有压迫的感觉反而不会感受到声音了。譬如当走向大瀑布时由于瀑布声几乎听不到同行人的谈话，但当走到大瀑布下面时由于瀑布声过强，反而象没有听到瀑布声，而同行人的谈话声却又能被听到。

各频率的声能并不是均匀分佈的，而是按着声源的不同，分佈情况也有所不同。第1.1.图是乐器的种类和它的基本频率范围。各频率的峰值绝大部分是在1000周/秒以下，在5000周/秒以上是极少的。这对放大器的设计上是极其重要的。

当放大器有非直线性失真时，如加以单一的正弦波，则将产生波形失真，即输出中除基波以外同时产生许多谐波。这种失真称为谐波失真。如果将两个以上的正弦波加于放大器，在输出中除所加



第 1.1 圖 樂器和頻率範圍

基波和各諧波以外，同時產生了它們相互的和與差的頻率，這種失真稱為互調失真。通常的語言或音樂很少只包含單一的正弦波，所

在实际使用放大器时也很难只产生諧波失真。

我們知道諧波是基波的倍頻，即使多少存在些也不致使人听到感觉不快。但是，由互調失真产生的和与差的頻率，并不与基波成倍頻关系，所以即使产生很弱的和差頻率也会使人听到感觉不快。

所以放大器的非直綫性失真用互調失真来表示时，可以和对听觉的影响相近似，但是互調的条件并不固定，根据不同的情况而有显著的差别，如何决定与实际近似的互調条件是一件很困难的事情，所以虽然知道非直綫失真可以用互調失真来表示；但为了容易測量，普通仍然采用諧波失真来表示。

低音頻和高音頻的特性不良时保真度即会降低。如果没有低音頻就将缺乏深厚的感觉，因此音量降低，对一般語言的清晰度并不降低，并且不会有因低音頻过負載所产生的失真，反而更容易使人听得清楚。

在用作語言放大的放大器中，200周/秒以下的頻帶可以切除，但是在用作放大交响乐的放大器中，如果低音頻完全失掉。就失去了音乐价值的一半，是不能滿足人們要求的。高頻帶因为含有能量較少，即或被切除并不影响音量，但音色将受到損害，每个人声音的特征就将失掉，于是所有人的声音听起来几乎都是相同的。因此放大語言时使頻率达到 3000周/秒以上是不必要的，而放大音乐时却要求到15000周/秒以上。

一般都希望放大器能在很寬的頻率範圍內将声音重演，但是由于放大器設計和制作上的困难，以及价格等条件的限制，这个要求是不容易做到的。此外，和放大器好坏有直接关系的，还有傳話器，揚声器等，如果这些零件性能不好也仍然收不到良好效果。另外，如果放大器对低音頻放大得很好，在使用时管理上偶然发生錯誤，就会使揚声器損坏。

高頻响应較佳的唱机，可重放出高保真度的音乐。但当唱机放

送虫膠質唱片時，在唱片刻紋雜音較多的情況下，發出的聲音並不悅耳，反而降低了音樂的質量。由此可見，適當的減低高頻響應，對於減少雜音來說是有利的。

從聲源發出的空氣疏密波能原樣地將聲音重演時就可以稱為好的聲音。但實際也不限於此，例如：腰鼓聲本身是衰減很大的減幅振盪，即或熟練的鼓手敲起來，也是不太悅耳的。但由於周圍房屋的共振作用就會變為悅耳的聲音。從樂器發出來的聲音向各方向傳播並不完全相同，其方向不同，頻率特性也就不同。所以只將一個方向的聲音原樣地重演是沒有意義的。有時在失真的情況下反而會感到聲音悅耳，所以在設計放大器時只單純的考慮頻率特性問題就不一定得到良好結果。

僅僅低音頻特性好，或僅僅高音頻特性好都是沒有意義的，要低音頻達到什麼程度及高音頻達到什麼程度是和聲音的種類、傳話器與揚聲器的特性有關，而且也因人而異，在一般情況下，若低音頻為 f_1 高音頻為 f_2 時則頻率的界限可用下式表示：

$$f_1 \times f_2 = 400,000 \sim 500,000$$

這時 f_1 和 f_2 音質降低的比例可以說是比較均勻的。例如要求較高的音樂，需要 $f_1=30$ 周/秒， $f_2=15000$ 周/秒，一般的音樂 $f_1=50$ 周/秒， $f_2=10000$ 周/秒就可以了，若 $f_1=60$ 周/秒， $f_2=8000$ 周/秒，這時的特性降低仍然是可以允許的，一般廣播時大概是 $f_1=80$ 周/秒，而 $f_2=6000$ 周/秒。

在無線電發展的最初時期，大家認為聲音的好壞只是由頻率特性來決定的，以後由於無線電技術的進步，知道了只是頻率特性較佳還不能完全將原音重演，所以後來就開始解決諧波失真的問題，但還不夠，最近又着手解決相移、互調失真、瞬時特性、雙耳效應等等問題，到目前為止還沒有得到完善的結論。

1.2 声音真实的重演

声音是由听觉器官伴随着心理的作用感觉到的结果，所以用普通的物理尺度来测量是非常困难的，必须根据多数人的听觉试验结果，加以物理上的关系统计出综合数据来决定，如果这个尺度使用不当，整个测量就将没有意义，为使声音真实地重演，首先必须明确其标准。现在一般所使用的标准并不是绝对的，还有许多地方没能研究明确，现在只就音频放大器设计时必须考虑的几点加以介绍。

1.2.1 频率范围

声音的频率范围，如前所述是30周/秒~20000周/秒；要求完全将原音重演时，一般放大器的频率特性（将传话器或是扬声器考虑在内时）应能在45周/秒~15000周/秒的范围内，增益变化不超过 ± 2 分贝，特别优良的或是几个互相串联的放大器，要求在20周/秒~20000周/秒范围里失真不超过 ± 2 分贝。在广播放大系统中因有十几个放大器互相串联，所以每个放大器要求在40周/秒~10000周/秒范围里失真不超过1分贝，一般的扩音用放大器有60周/秒~8000周/秒左右就很好了，市场上出售的收音机频率为80周/秒~6000周/秒就可以认为是高级的产品。

即或是最优良的放大器，其频率特性也 不过要求在20周/秒~20000周/秒左右，如果非直线失真很小时，也可以使频率特性达到10周/秒~50000周/秒。扩音用放大器在较低音频而要有较大输出时扬声器将要损坏，因此为了能得到大的输出，就必须将低音频切除。切除低音频后就可以不必顾虑会损坏扬声器，而且放大器也可以做得小些，重量轻些，价格也会便宜些。讲话用的放大器，频率范围在200周/秒~3000周/秒就很好了。低音频特性究竟到100周/秒，还是50周/秒，有许多人认为不是什么重要问题，但是，输出变压