



无线电广播工程

钱凤章 编著

人民邮电出版社

內 容 提 要

本書主要是講述广播电台播音室及控制室的理論和設計；但对声乐、电声学方面，如声音的物理性質，語言、音乐和听觉，室内声学，吸音材料等亦作了必要的敘述；最后对近來广播中用得很多的磁性錄音亦有較詳細的介紹。

无 綫 电 广 播 工 程

編 著 者：	錢 鳳 章
出 版 者：	人 民 郵 電 出 版 社 北京东四区6条胡同13号
印 刷 者：	人 民 郵 電 出 版 社 南 京 印 刷 廠 南京太平路戶部街15号
發 行 者：	新 華 書 店

書号：无 129 1957年3月南京第一版第一次印刷1—4100册
850×1168 1/32 115頁印張 $7\frac{9}{32}$ 插頁1印刷字數172千字定價(10)1.40元

★北京市書刊出版業營業許可証出字第〇四八号★

統一書号：15045

序

偉大的五年計劃照耀着我們的祖國，一切建設事業正在飛速地發展着，無線電廣播事業當然亦不例外。

解放以來，由於黨及政府英明的領導與關懷，以及全國技術工作人員的積極鑽研業務與忘我地進行創造性的勞動，使作者內心非常感動。就作者比較熟悉的廣播事業而言，全國很多新建電台的一切播音室、控制設備、發射機與天綫鐵塔等都出於我國技術人員自己的設計與自己的製造。這些成績都表現出新中國是在迅速的進步與社會主義制度的無比優越性。

作者曾從事於廣播技術工作多年，極願以個人的膚淺的經驗提供於我敬愛的廣播技術工作同志之前，請予批評指正。本書編寫時以時間所限，僅在原教課講義的基礎上略加補充而成。

書中內容主要是關於播音室與控制室設備的理論與設計。為了說明播音室的理論根據，故從聲音的物理性質與室內聲學講起。語言、音樂與聽覺一章又為播音室設計與放大器運用作先導。第六章的微音器講述比較淺顯，目的在於說明基本原理與構造概況，至於電聲學方面的理論因演算較繁故未編入。磁錄音近年來應用甚廣，故敘述較詳細，節目傳輸綫路一章，比較簡略，僅作初步介紹。好在近年來對於有綫電信綫路傳輸的理論，國人著述豐富，而翻譯蘇聯名著亦不少，請讀者自行參考。最後得說明的是本書對於無線電發射機與天綫方面未曾講述，對於“無線電廣播工程”的全面性不夠。但發射機與天綫各自成為獨立而複雜的一門學科，本書篇幅有限，難於編入，故從略。

錢 鳳 章

一九五五年十月南京工學院

目 錄

第一章 緒論	(1)
1—1 无綫电广播的 分类.....	(1)
1—2 广播频率的选 擇.....	(1)
1—3 發射机的功率.....	(5)
1—4 天綫的型式.....	(6)
1—5 一个无綫电广 播电台的机件 設備举例.....	(7)
1—6 无綫电广播机 件中的电平圖.....	(8)
第二章 声音的物理性質	(10)
2—1 声音的產生与 傳播.....	(10)
2—2 声波的傳播速 度.....	(12)
2—3 声波的反射.....	(13)
2—4 干擾、駐波和 諧振.....	(15)
2—5 声波的繞射.....	(16)
2—6 声源的方向性.....	(17)
2—7 声波的强度.....	(19)
2—8 声压水平計.....	(21)
第三章 語言、音乐与听觉	(22)
3—1 噪声与語言和 音乐的區別.....	(22)
3—2 語言中的功率 与频率分佈.....	(23)
3—3 音乐声音的性 質.....	(26)
3—4 听觉器官的構 造.....	(29)
3—5 耳的响应特性.....	(30)
3—6 响度与响度水 平.....	(32)
3—7 噪声.....	(34)
3—8 噪声对听觉的 影响.....	(36)

第四章 室内声学..... (37)

- | | |
|--|--|
| <p>4—1 一个短促声音
怎样在室内播
播..... (37)</p> <p>4—2 一个持续音怎
样成长到稳定
状态..... (39)</p> <p>4—3 一个已达稳定
状态的声音怎
样在室内衰退 (43)</p> <p>4—4 室内谐振 (正
常型谐振) ... (44)</p> <p>4—5 室内的混响... (46)</p> | <p>4—6 混响时间..... (47)</p> <p>4—7 在不同频率时
的混响时间... (48)</p> <p>4—8 空气吸收对混
响时间的影响 (48)</p> <p>4—9 最佳混响与最
佳混响时间... (50)</p> <p>4—10 吸声材料..... (52)</p> <p>4—11 改善混响时间
举例..... (56)</p> <p>4—12 擴音机装置... (58)</p> |
|--|--|

第五章 播音室設計..... (64)

- | | |
|--|--|
| <p>5—1 引言..... (64)</p> <p>5—2 一堂播音室的
总体要求..... (65)</p> <p>5—3 設計播音室的
两个主要要求 (67)</p> <p>5—4 播音室的大小
与形状..... (70)</p> <p>5—5 擴散..... (72)</p> | <p>5—6 混响特性的設
計..... (74)</p> <p>5—7 可变吸收体... (76)</p> <p>5—8 噪声的隔絕... (77)</p> <p>5—9 牆壁..... (79)</p> <p>5—10 天頂与地板... (81)</p> <p>5—11 門与窗..... (83)</p> <p>5—12 实际播音室举
例..... (85)</p> |
|--|--|

第六章 微音器与拾音技术..... (86)

- | | |
|---|---|
| <p>6—1 微音器的类别 (87)</p> <p>6—2 微音器的一般
特性..... (89)</p> | <p>6—3 带式微音器(速
度式微音器) (91)</p> <p>6—4 动圈式微音器 (95)</p> |
|---|---|

6—5 單向帶式微音器…………… (97)	6—11 拾音技術…… (104)
6—6 多向帶式微音器…………… (98)	6—12 微音器的安放位置…………… (105)
6—7 晶體式微音器 (99)	6—13 实际拾音举例 (107)
6—8 电容式微音器 (101)	6—14 生动的拾音方法…………… (109)
6—9 炭粒微音器… (102)	6—15 配音…………… (111)
6—10 微音器的校验 (103)	6—16 回声室…………… (112)
第七章 控制室音頻設備…………… (113)	
7—1 設計时应考慮的一般問題… (113)	7—7 節目混合电路 (128)
7—2 控制室…………… (116)	7—8 混合控制器与总音量控制器的構造…………… (130)
7—3 音頻設備…………… (117)	7—9 混合器匹配網絡…………… (132)
7—4 放大器的general考慮…………… (119)	7—10 音量單位…………… (138)
7—5 各式放大器概述…………… (124)	7—11 音量指示器… (140)
7—6 音量控制与節目混合方法… (127)	7—12 設計举例…………… (143)
第八章 中央控制室設備…………… (146)	
8—1 中央控制室… (146)	8—5 远拾线路…………… (161)
8—2 总控制系统概述…………… (146)	8—6 驗听設備…………… (165)
8—3 复接与換接电路…………… (148)	8—7 驗听揚声器… (168)
8—4 預选工作法… (157)	8—8 跨接放大器… (169)
	8—9 几个阻抗匹配網絡…………… (170)

第九章 節目傳輸綫路..... (178)

- | | |
|------------------------------|--------------------------------|
| 9—1 綫路的种类... (178) | 9—7 市内節目傳輸
綫路的装备... (193) |
| 9—2 綫路的傳輸特
性..... (179) | 9—8 長途節目傳輸
綫路..... (195) |
| 9—3 綫路均衡器... (183) | 9—9 微波接力通信
綫路..... (201) |
| 9—4 隔离假綫..... (185) | |
| 9—5 电阻衰减網絡 (186) | |
| 9—6 綫路变压器... (192) | |

第十章 錄音与还音..... (202)

- | | |
|---------------------|---------------------------------|
| 10—1 唱片錄音概述 (202) | 10—5 磁性錄音方法 (215) |
| 10—2 唱片錄音设备 (205) | 10—6 磁性还音的頻
应特性..... (220) |
| 10—3 唱片还音设备 (209) | |
| 10—4 磁性錄音原理 (211) | |

第一章 緒 論

1-1 無線電廣播的分類

無線電廣播的目的是向廣大人民進行共產主義教育，報導新聞，宣揚政令以及交流文化等任務。

廣播的種類很多，而出現最早且目前使用最廣者為聲的廣播。但由於科學家不斷研究，光或象的廣播亦早已成功了。目前國外許多大城市中已有聲與象同時播出的電視廣播可供人民於接收機的揚聲器中聆聽聲音，而於示象管的螢光屏上觀看影象。最近更有五彩電視廣播出現，可將正在發生中的新事物，有聲有色地送至接收者的耳幕與眼簾。這些都是科學工作者對人民幸福的供獻。

聲的廣播中以其調制方法可分為調幅廣播與調頻廣播二種。標準廣播（即中波廣播）頻段與國際廣播（即短波廣播）頻段都採用調幅式。調頻廣播的頻率偏移較大，一般採用±75千赫，即波道寬度150千赫（在調幅制中的寬度一般為10千赫），所以都應用在100兆赫左右的超高频無線電波中。

1-2 廣播頻率的選擇

無線電廣播電台採用的電波頻率最普通都在標準廣播（即中波廣播）頻段之中。遠距離國內外廣播可採用短波廣播（或稱國際廣播）頻段。在熱帶地區中的近距離廣播可採用熱帶廣播頻段。低頻（或長波）電波白日傳播甚遠，可作遠距離廣播之用。惟因機件龐大，天綫建築費昂貴，目前僅在歐洲使用。

甲、标准广播頻率

标准广播頻段的範圍，早經國際議定，1947年大西洋城國際電信會議，將其範圍略加擴大為自535到1605千赫一段，包括着1070千赫的寬度。這段頻率的電波傳播效率最差，白日僅能依靠地波傳播，而其效率比長波的傳播為低。晚間可借天波傳播，但其效率亦比短波的傳播為低。

由於中波的較低頻段的地波傳播較佳，即白日的傳送距離較遠，一般強電力中頻廣播電台的運用頻率都選在較低頻率的一端。晚間天波傳播與較高頻率者無甚差別，亦能傳達更遠地區，所以此種強電力電台的使用頻率應在附近地區中專用，而最好由區域無線電會議中訂定。

較高頻率的地波傳播較差，雖增加發射機的電力，白日的傳播距離仍很短，所以標準廣播頻段中的較高頻率（約在1000千赫以上）可指定給小電力電台使用。輸出功率既小，晚間天波的強度和同電力工作於較低頻率的發射機相比亦較弱，因而可與較遠距離的電台共同使用同一頻率而不致相互干擾。各個電台的使用頻率與所在地點的分配工作是由國家主管部門計算每個電台在其服務區域內的電場強度與其所受其它同頻率或鄰頻率干擾電台的電場強度，或稱**保護率**，來統一分配的。

中波廣播頻段共1070千赫，若一個電台的調制頻率是10千赫，則上下邊帶共需20千赫的寬度，整個頻段僅可容納53.5個專用頻率電台。很明顯的，即在一個國家之內，電台的數目亦遠遠超過此數。所以每個電台的頻帶寬度必需加以限制，普通以10千赫為一個**波道**的寬度（歐洲電台最為擁擠。1948年哥本哈根歐洲無線廣播區域會議規定波道寬度為9千赫），這並不說明每個電台的調制頻率必需限制為5千赫。若兩個**鄰波道**電台的地理上分隔很遠，則每個

电台的調制頻率虽仍为10千赫，而仍可免于相互干擾。但若地理上的分佈不能很远，則每个电台的調制頻率必須加以限制，普通以6400赫为折衷寬度。

乙、短波广播頻率

1947年大西洋城國際电信會議規定短波广播頻段如下：

頻 段 范 圍	頻段寬度
3900—4000 千赫	100千赫
5950—6200 千赫	250千赫
7100—7300 千赫	200千赫
9500—9775 千赫	275千赫
11700—11975 千赫	275千赫
15100—15450 千赫	350千赫
17700—17900 千赫	200千赫
21450—21750 千赫	300千赫
25600—26100 千赫	500千赫

1948/1949年墨西哥城國際高频广播會議將其中9兆赫与11兆赫兩段修改如下：

9500—9770 千赫	270千赫
11700—11980 千赫	280千赫

以上九个頻段中，頻率較低者宜于較短距离的播送。例如采用4、6或7兆赫頻段中的任一頻率，而用离地較低，如 $\lambda/4$ 高度的水平半波天綫，作高角度輻射，則在800公里以內可收听得很清楚。

頻率漸高，天波傳播的衰減漸小，因而适宜于远距离傳送。例如9兆赫与11兆赫頻段适宜于冬季或夜間的远距离傳送（距离在6000到10000公里），而15兆赫与17兆赫頻段适宜于夏季或白晝的

远距离傳輸。21兆赫与25兆赫两个频段，頻率太高，僅能适用于赤道地区的播音之用。

由于較低頻率的天波傳播衰減較大，故4、6、7、9兆赫等四个频段中的各个頻率，可在地球上相距甚远的二个或三个地点上同时使用，而更高頻率僅能同时只有一个电台專用。

短波广播频段的寬度，如上表所示，亦甚有限，而需要頻率的电台則甚多，所以每一波道寬度亦經建議为10千赫，而調制頻率为6400赫。在电台更拥挤的频段中，調制頻率最好限制为5300赫（用低通滤波器在5300赫產生6分貝衰減，而在6000赫至少產生25分貝衰減）。

在短波无綫电广播工作中，欲使每个电台能达到預期的广播目的，各个电台的頻率、功率以及地点的分佈情况，最好亦由國際間計算每个电台在其正在服务的区域内所需要的电場强度与其它电台的不需要的电場强度的比值，或保护率，而協議分配之。

丙、熱帶广播頻率

在熱帶地区，天电噪声特別强大，中頻傳播損失亦大，高頻傳輸不适宜于近距离播音，因而規定下列四个频段；

2300—2495千赫

3200—3400千赫

4750—4995千赫

5005—5060千赫

作为熱帶地区國內广播之用。采用此种頻率的發射机的功率以及天綫高度应予限制，以能达到國內广播的目的为限度。

丁、長波广播頻率

長波电波借地波傳播，衰減最低，所以白日或夜間无甚差別，均能穩定地播达甚远距离。欧洲很多國家就采用長波作为國際（欧

洲區域)廣播或國內遠距離廣播之用。但其缺點是：(1)在長波範圍內，天電噪聲較大，所需信號強度亦大，因而發射機的輸出功率必須較大；(2)頻率較低，發射機的各元件較大；(3)天綫須造得很高大，但對波長來說它的高度仍不甚大，所以天綫效率較低；(4)維持費用較大。基于上述理由，目前新建長波廣播電台，不甚多見。

1-3 發射機的功率

發射機應具備的輸出功率是與它所使用的頻率(或波長)和所服務的區域和目的有關。如果所播節目是對全國的或對國際的，則發射機的輸出功率應該大些，如果是對國內地方性的則輸出功率可小些。一般來說，國內的節目是用中波播出而國際節目是用短波播出。

在歐洲有許多國家採用長波來作國內或近距離國際廣播。由於長波的地波傳播效率高，白日與晚間多能無間斷地播及較遠距離。長波廣播發射機的功率一般是較大的，例如200千瓦或更大。

短波頻率一般作為國際節目廣播之用。在國土廣大的國家(例如蘇聯與我國)也作為對國內較遠地區廣播之用。所以短波廣播一般是有方向性的，常採用方向性很尖銳的定向天綫，以提高發射電台的發送效率。因國際廣播距離較遠，有時可達10,000公里以上，而傳輸途徑中可能先後穿過白日和夜晚區域，電波所受衰減很大，因而發射機所需輸出功率亦較大。目前在國際間作遠距離廣播者，其功率約為120到240千瓦。

國內廣播到目前為止，尚多採用中波頻率。由於中波在白日傳播時，它的天波受到衰減很大，不能作有效的傳送，而它的地波亦受到不小衰減，所以白日的有效傳播距離不遠，常在100公里左右。

(視收音時所容許的信号噪声的高低而可伸縮些)。所以要对一个較大面积的区域進行全面積广播，則必須采用多个广播电台用長途電話綫或其它傳送節目的方法，如微波接力通信綫路或短波轉播等联成一个广播系統來服务。由于中波的天波在晚間傳播时所受衰減較小，可作較远距离的傳送（这时在几十公里处，地波受天波干擾，產生强烈的衰落現象，反而成为收音不佳的区域）所以中波广播發射机的輸出功率的選擇可从多方面考慮而决定。过去常以50千瓦或100千瓦为最大功率（虽亦有500千瓦功率者，但为数不多）。但目前國際間的發展都趋向于較大的功率。

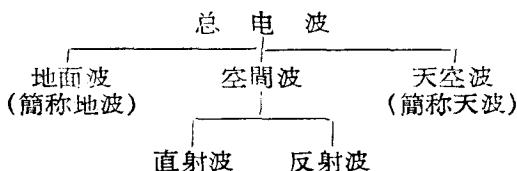
另一方面超高频調頻广播也广泛地被采用。超高频波的特点是光綫式的直綫傳播，所以若將發射机裝設于城市附近的小山頂上，并用較高鉄塔以支持其向地平面輻射的定向天綫，則采用約50千瓦的發射功率可播送到半徑約为150公里的圓形面積。若再采用微波接力傳輸系統來傳遞節目，則亦可構成一个广播系統來向一个較大的面積播送。

由于超高频电波的傳播范围僅是直視距离，而調頻波的抗干擾性較强，这样一个广播系統的播音音質可能比中波广播的音質优良一些。

1-4 天綫的型式

發射机產生的高频电流經天綫輻射，成为电波（更准确些，应称电磁波）。电波在傳播時可分为三个分量：（甲）地面波；（乙）空間波；（丙）天空波。空間波又可分为直射波与由地面反射的反射波二个分量。現在画出它們的系統如下圖。

在实际的电波傳播中，因频率高低的不同，其中一种或二种分量極微弱而可不計。例如長波与中波在白日全靠地面波傳播，空間



由高空电离層反射下來的天空波亦較強，而可作較远距离（虽質量不甚佳）的播送。短波的地面波衰減甚快，所以全靠天空波作远距离傳送。超短波完全依靠空間波傳播，發及收的天綫必須架設較高，以达較远的視綫所及的傳送距离。

因長波与中波依靠垂直極化的地面波傳播，它們必須由垂直接地或离地甚近的天綫射出。欲提高天綫的輻射效率并使射出的功率趨集到水平方向，故中波广播天綫現在都采用單根直立鋼架式結構，其高度約在 0.53λ 到 0.57λ 之間，視土壤的導电系数而決定。T式天綫或倒I式天綫仍在較小电台中应用。

短波利用天空波傳送，所以都由水平極化的天綫射出。近距离傳送可采用單根水平半波天綫，远距离則采用定向天綫。采用多根水平半波天綫架設而成的“德律風根”式天綫，它的方向性增益較大。菱形天綫的方向增益虽稍遜，但可用于很寬的一段頻帶之內，設計电台的工程师必須从多方面考慮，而后选定天綫型式。

1-5 一個无綫电广播电台的机件設備举例

圖1.1示一个声音調幅的无綫电广播电台的机件設備的方框圖。

圖中最左方为播音室，室中置微音器。播音員的声音，被微音器拾取，產生音頻电压，送至控制室中經混合器（倘同时另有乐队演奏而被另一微音器拾取）适当地混合后，輸入控制放大器中。控

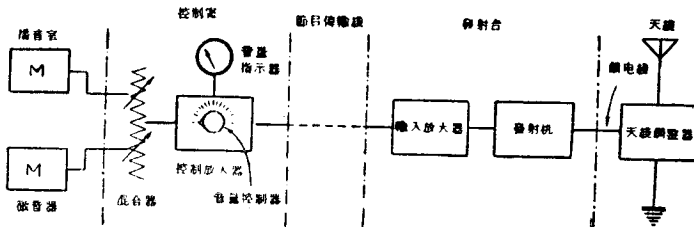


圖 1.1 一個廣播無線電台的機件佈置舉例

制室中的技術員經常轉動放大器的音量控制器，使音量指示器的指針常擺動在一定範圍之內，以保持放大器的輸出電壓勿太大，致使發射機過分調幅或發生故障。但亦不能太小，而使節目聲音反被雜聲蓋罩。控制放大器的輸出經節目傳輸綫送至發射台的輸入放大器，經初步放大後，送入發射機的音頻部分，經最後級音頻放大器（調幅器），將發射機中自身產生而逐級放大的射頻電流加以調幅，然後產生已調幅的無線電能，經饋電綫送至天綫，而輻射成為無線電波。天綫調整器的目的是使天綫的輸入阻抗與饋電綫的特性阻抗相匹配。

以上各項設備將在以後各章中分別討論。

1-6 無線電廣播機件中的電平圖

圖 1.2 上部示一無線電廣播電台的全部機件及一收音機方框圖，下部示在相應機件中的電平。播音器的輸出功率平均約為 2.5×10^{-9} 瓦，經前置放大器放大約 10,000 倍（增益 40 分貝），經混合器，功率約縮小 3×10^{-5} 倍（損失 45.2 分貝），再經節目放大器放大約 63,000,000 倍（增益 78 分貝），經交換繼電器接觸點後到綫路放大器放大 0.5 倍（損失 3 分貝），經隔離網絡減至 0.25 倍，即損失 6 分貝，然後送至節目傳輸綫。若綫路較長，中間又經過多次放大器放大，而到發射機房。發射機將綫路中傳來的音頻電壓放大約

第二章 声音的物理性質

为要做好声音广播，我們对于声音的物理性質，应有一般比較深刻的認識，本章的目的就是这个。

2—1 声音的產生与傳播

圖2.1中音叉被錘击后，它的兩端就發生左右擺动。当右边的音叉面向右移动时，將它右面a点的空气压縮^①，所以空气中分子变得稠密，而分子間的压力亦同时增加，音叉面向左移动时，它原佔地位变成真空，a点的空气可以向左推移，因而空气中分子变得稀疏，而压力亦同时減低。当先前a点空气被緊压时，分子間的压力迫

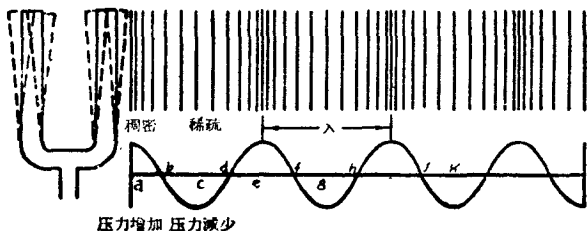


圖 2.1 声波由音叉振动而產生

使一部分空气分子向右推移，而使b点的压力亦随后增加。現在当a点的压力一減低，b点的空气又可向a点擴張，因而b点的压力亦随后減低。等到音叉面又向右移动时，a点的空气又被压縮，而压力增加，b点的压力又随后增加。这样，当音叉的兩臂作簡諧运动时，a点的空气忽而稠密，忽而稀疏，或压力霎时增加，霎时減低。換句話說，即a点空气的密度和压力随音叉的簡諧运动而作簡諧变化。a点的密度与压力的变化，又影响到右鄰的b点，而b点的变化又影响到c点，

①：为簡單說明起見，我們这里先只研究音叉右边的空气，而实际上音叉左面及四周的空气都有驅动的，这里暫不管它。