

组合音响原理与电路分析

刘琼发 王远沪 李冰清 雅小冰 编著

广东科技出版社

粤新登字 04 号

图书在版编目(CIP)数据

组合音响原理与电路分析/刘琼发
等编著. —广州:广东科技出版社,
1996. 3
ISBN 7—5359—1454—3

I. 组…

II. 刘…

III. ① 音频设备-电路分析 ② 音频设备-故障 ③ 音频设备-维修

IV. TN912

出版发行:广东科技出版社

(广州市环市东路水荫路 11 号 邮码:510075)

经 销:广东省新华书店

印 刷:肇庆新华印刷厂

(肇庆狮岗 邮码:526060)

规 格:787×1092 1/16 印张 30.25 插页 7 字数 650 000

版 次:1996年1月第1版

1996年1月第1次印刷

印 数:0001—10 200

ISBN 7—5359—1454—3

分 类 号:TN·59

定 价:35.00 元

新书信息电话:16826202

如发现因印装质量问题影响阅读,请与承印厂联系调换。

内 容 提 要

本书系统地分析了立体声和组合音响的基本原理,书中还以多种组合音响机型为例,列出了组合音响的各种主要性能参数,讨论了各部分电路的调试方法和故障分析、维修方法,叙述了收音机、录音机、电唱机等各种组合音响设备的挑选、使用和维护方法。

本书可作为有关院校电子、电声专业和家电维修培训班的教材,也可作为音响设计、调试、维修人员和无线电爱好者的参考读本。

前 言

本书系统地对无线电发送和接收,立体声原理,立体声信号的编码、发送和接收、解码原理。对组合音响的各种电路和基本设备,一般调谐和锁相环数字调谐器,自动选曲和频率显示电路、录放卡座、图示均衡和参量式均衡器、各种补偿和等响度控制及指示电路、杜比降噪和静噪电路、保护电路、遥控电路、延时混响和立体环绕声电路、功能切换与功率放大、电唱机和CD唱机电路的电路结构、工作原理作了详尽的分析和讨论。对组合音响的各种单元设备都列出了其主要性能指标和技术参数,并详细讨论了其调试方法。因此,本书不仅适合有关院校电子、电声专业和家电维修培训班作教材和参考书之用,而且适合从事音响设计、调试、维修的工程技术人员阅读、参考。工程技术人员和用户在挑选、使用音响设备时,除了参考该设备所列的性能指标、主要参数外,还可以在无仪器条件下,从使用和聆听的角度来进行挑选。因此,本书在第十八章中,对收音机、录音机、传声器等各种设备,列出了在一般使用状态下的挑选方法和使用维护注意事项。

书中还讨论了组合音响的使用方法,以获得在重放时的最佳音质和最明显的立体声效果,同时对音质评价也作了扼要的介绍。

由于本书对组合音响的各种电路和故障以及检修方法作了较详尽的分析,对所涉及的电声设备的主要元器件,都列出了其主要工作参数,并列举了大量的检修实例、图表和检修程序。因此本书通用性较强,对分析其他机型电路和故障检修,能起到举一反三、触类旁通的作用。

本书由刘琼发、王远沪、李冰清、雅小冰、肖景涛、陈霞、叶配强、王荏祥、钟新莹编写。参加本书编写的同志,都是长期从事音响技术教学、科研、维修的骨干,有些同志本身就是该机型的设计、生产、调试人员。为本书提供资料和参加部分编写工作的还有:曾世奕、谢芳谷、杨辟心、胡堂佳、陈东旭、刘德谦、吴新盛、刘淮邦、刘涌、易景华、谢健庆、陈志勇。

本书在华南师范大学《音响技术》教材基础上改编而成。由刘琼发副教授主编(华南师范大学)、王远沪高级工程师副主编(广州广播设备厂)。

在本书编写过程中,得到深圳华强电子工业总公司,深圳华强新力电器公司领导 and 工程技术人员的大力支持、帮助和指导,在此表示深深的谢意。

由于我们水平有限,时间仓促,错漏之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 著 者

1994年9月

读 图 说 明

(1) 各附图中晶体管标法不同, 分别有 BG 、 V 、 Q 。本书行文中均统一用 BG 表之。

(2) 在附图中, 电容的数值如未标出单位, 其数值在 0.47 以下的, 其单位为 μF ; 其数值在 10 或 10 以上的, 单位则为 PF 。

(3) 电解电容如未标出单位, 则其单位应为 μF 。

(4) 电阻阻值标有 k 或 M 者, 其单位为 $k\Omega$ 或 $M\Omega$ 。

凡未标单位的电阻, 其单位为 Ω 。

(5) 变压器在各附图中分别用 B 、 T 等来表示, 在书中均统一用 T 表之。

目 录

第一章 无线电发送和接收基础	(1)
§ 1—1 无线电广播与接收的基本过程	(1)
一、无线电广播的传播	(1)
二、无线电广播发射的基本过程	(3)
三、无线电广播接收的基本过程	(7)
§ 1—2 调制	(8)
一、调幅	(8)
二、调频	(11)
§ 1—3 超外差接收机	(14)
一、天线线圈和输入调谐回路	(14)
二、变容二极管的调谐方式	(18)
三、高频放大器	(19)
四、变频器	(23)
五、统调和跟踪	(29)
六、中频放大器	(32)
七、AGC 电路	(38)
八、AFC 电路	(40)
九、检波	(41)
十、鉴频器	(45)
十一、限幅器	(53)
十二、调频调幅接收机的一般原理	(57)
第二章 立体声原理及信号检拾	(60)
§ 2—1 声音和立体声	(60)
一、声音	(60)
二、音乐厅的立体声信息成分	(61)
§ 2—2 人耳的听觉特性及声音的定位	(62)
一、人耳的分辨特性	(62)
二、声音传到双耳时的差别	(63)
三、优先效应	(64)
四、耳壳效应	(65)
五、声音方位的定位	(65)
§ 2—3 双声道立体声系统	(65)
一、单声道放音——匙孔效应	(65)

二、声像方位角正弦定律	(65)
三、双声道立体声系统原理方框图	(67)
§ 2—4 双声道立体声信息的撷拾	(68)
一、传声器及其指向性	(68)
二、MS 拾音方式	(70)
§ 2—5 双声道立体声重放声像的展宽	(71)
一、界外立体声	(71)
二、反串补偿实现声像扩展	(72)
三、人为地加大 S/M 的比例以扩展声像	(72)
§ 2—6 仿真立体声	(73)
一、扬声器排列法	(73)
二、分频法	(73)
三、移相法	(75)
第三章 立体声信号的编码和发送	(77)
§ 3—1 平衡调幅波	(77)
一、一般调幅波	(77)
二、平衡调幅波	(77)
§ 3—2 导频制立体声信号的编码	(79)
一、导频制广播制式	(79)
二、导频制复合立体声信号 U_{MSP} 的形成——编码	(80)
§ 3—3 调试用标准立体声信号	(83)
一、复合副信道信号 U_{sp}	(83)
二、左声道标准立体声信号的形成	(84)
三、右声道标准立体声信号的形成	(85)
§ 3—4 标准立体声信号的应用	(86)
一、分离度的测试	(86)
二、导频信号和副信道信号相位差的测试	(86)
三、主、副信号相位差的测试	(87)
四、接收机副载波的相位差对分离度的影响	(88)
第四章 立体声信号的接收、解码及其补偿	(90)
§ 4—1 立体声调频接收机的结构及解调原理	(90)
一、调频接收机的结构	(90)
二、矩阵式解码器	(92)
三、包络检波式解码器	(93)
四、副载波产生的方式	(94)
五、三极管简单开关解调原理	(95)
§ 4—2 分离度下降的原因及其补偿	(96)
一、分离度下降的原因	(96)

二、分离度的补偿——提高分离度的措施	(97)
§ 4—3 立体声集成开关解调原理	(100)
一、单差分开关解调器	(100)
二、双差分(双平衡)开关解调器	(100)
§ 4—4 LA3301 倍频式集成开关解码器	(102)
一、直流偏置电路	(102)
二、副载波产生——倍频电路	(105)
三、立体声信号的输入和双差分解调器	(105)
四、立体声/单声道转换开关和立体声指示灯电路	(106)
五、去加重电路和低通滤波器	(106)
六、主要参数	(106)
§ 4—5 锁相式集成开关解码器	(107)
一、锁相原理	(107)
二、LA3361 集成开关解码器分析	(110)
三、AN7410 集成开关解码器分析	(117)
§ 4—6 立体声集成开关解码器的调试与检修	(119)
一、LA3301 集成解码器的调试	(119)
二、LA3361 集成解码器的调试	(119)
三、集成开关解码器的检修	(120)
第五章 集成化全波段收音机	(123)
§ 5—1 特点及技术指标	(123)
一、特点	(123)
二、技术指标	(123)
§ 5—2 电路工作原理	(125)
一、FM 接收电路	(125)
二、MW 中波接收电路	(125)
三、LM 长波接收电路	(126)
四、SW 短波接收电路	(126)
§ 5—3 电路调试	(126)
一、AM、FM 中频及低放电路的调试	(126)
二、长波电路的调试	(127)
三、中波电路的调试	(128)
四、短波电路的调试	(128)
五、FM 波段接收统调	(130)
§ 5—4 故障分析	(130)
一、中波接收电路故障分析	(130)
二、LM 波段接收电路故障分析	(131)
三、FM 波段接收电路故障分析	(131)

四、SW ₁ 波段接收电路故障分析	(132)
§ 5—5 仪器、频标和信号的接线方法	(132)
一、IF 位	(132)
二、KC 位	(134)
三、MC 位	(135)
四、啊调位	(136)
第六章 电唱机与 CD 唱机	(140)
§ 6—1 普通电唱机	(140)
一、结构与分类	(140)
二、电唱头	(144)
三、立体声唱针	(149)
四、唱臂	(149)
五、电唱盘	(151)
§ 6—2 CD 唱机概述	(151)
§ 6—3 CD 唱机光学拾音器和伺服控制系统	(152)
一、光学拾音器的组成和作用	(152)
二、伺服控制系统	(154)
§ 6—4 CD 数字信号的编码处理	(155)
一、脉冲编码调制(PCM)	(156)
二、二重交叉里德—索罗门纠错码(CIRC)	(157)
三、8—14 调制(EFM)	(158)
四、一帧的构成	(160)
§ 6—5 CD 机放唱的解码过程	(161)
一、光电信号处理	(161)
二、数字信号处理	(164)
三、D/A 数模转换和 1bit DAC	(165)
四、控制和显示系统	(167)
§ 6—6 CD 唱机线路分析	(168)
一、健伍(KENWOOD) DP—49 整机电路	(168)
二、星河 XH—420 CD 激光唱机电路	(171)
第七章 磁带录音机	(172)
§ 7—1 磁化现象	(172)
一、磁性材料	(172)
二、剩磁曲线	(173)
§ 7—2 声音的磁性记录与重放原理	(174)
一、记录过程	(174)
二、重放过程	(175)
三、放音均衡曲线	(178)

§ 7—3 偏磁录音原理	(178)
一、零偏磁录音方式	(179)
二、直流偏磁录音方式	(179)
三、交流偏磁录音方式	(181)
四、偏磁电压(或电流)大小对录音效果的影响	(181)
五、偏磁信号频率的选定	(183)
§ 7—4 超音频振荡电路和差拍消除	(183)
一、单管偏磁振荡电路	(184)
二、双管推挽式偏磁振荡电路	(185)
三、差拍消除开关	(186)
§ 7—5 磁带抹音原理	(187)
一、永磁抹音和直流抹音	(187)
二、交流抹音原理	(188)
三、交流抹音的条件	(189)
§ 7—6 恒流电路、阻波电路和 ALC 电路	(189)
一、恒流电路——磁头录音补偿电路	(190)
二、阻波(阻塞)电路	(191)
三、录音电平自动控制(ALC)电路	(191)
§ 7—7 静噪电路和杜比降噪电路	(195)
一、开关静噪电路	(195)
二、静态噪声抑制电路	(196)
三、杜比降噪原理	(197)
四、分立元件杜比降噪电路	(200)
五、集成化杜比 B 降噪电路	(201)
§ 7—8 录音监听和电平指示电路	(203)
一、录音监听电路	(203)
二、电平指示电路	(204)
§ 7—9 放音均衡电路	(207)
一、标准放音补偿曲线	(207)
二、RC 网络的频率特性	(208)
三、负反馈式频率补偿电路	(214)
§ 7—10 磁头和磁带	(215)
一、磁头	(215)
二、部分国内外磁头参数	(217)
三、磁带	(219)
四、盒式磁带的选择使用与磁带转换电路	(220)
五、录放音中的各种损耗	(222)
§ 7—11 电子稳速电路	(224)

一、分立元件稳速电路	(224)
二、集成组件稳速电路	(226)
§ 7—12 单录机电路分析	(227)
第八章 音调控制和图示均衡器	(230)
§ 8—1 音调控制电路	(230)
一、衰减式音调控制电路	(230)
二、负反馈式音调控制电路	(231)
三、插入衰减—负反馈式音调控制电路	(231)
四、谐振式音调调节电路	(232)
§ 8—2 模拟电感	(233)
§ 8—3 图示均衡器	(235)
一、图示均衡器的作用	(235)
二、图示均衡器的分类	(236)
三、普通电感电容串联谐振式音调控制电路	(236)
四、图示均衡器实际电路	(238)
第九章 前置放大器和功率放大器	(240)
§ 9—1 前置放大器	(240)
一、前置放大器的构成	(240)
二、对前置放大器的要求	(241)
三、工作方式与选择开关	(242)
四、输入放大器	(243)
五、音量控制与响度补偿	(244)
六、声道平衡控制电路	(247)
七、高、低音切除电路	(248)
八、唱头均衡放大器	(249)
九、展宽控制电路	(252)
§ 9—2 功率放大器	(253)
一、功率放大器的结构	(253)
二、OTL 功率放大器	(254)
三、OCL 功率放大器	(262)
四、DC 和 CL 功率放大器	(264)
五、BTL 功率放大器	(267)
六、超甲类功率放大器	(271)
七、集成电路功率放大器	(278)
§ 9—3 保护电路	(284)
§ 9—4 BBD 延时器件和混响电路	(287)
一、BBD 器件的结构与原理	(288)
二、用 BBD 构成的回声/混响电路	(289)

三、BBD 音效处理器	(296)
第十章 组合音响电路分析(一)	(292)
§ 10—1 基本结构与各项性能指标	(292)
一、基本结构	(292)
二、各项性能指标	(293)
§ 10—2 调谐器	(297)
一、FM 高频调谐器	(297)
二、调频调幅中放电路	(300)
三、锁相环立体声解码器	(304)
四、统调计算	(308)
五、调谐器的调试和主要参数	(311)
§ 10—3 录放卡座	(315)
一、放音通道	(315)
二、录音电路	(317)
三、放音录音电子开关	(320)
四、录放音部分主要性能指标	(324)
§ 10—4 图示均衡器与功放电路	(326)
一、前置放大器	(326)
二、图示均衡器	(329)
三、等响度控制电路	(332)
四、功率放大器和电平指示电路	(333)
五、高保真声频放大器的主要参数和测量方法	(336)
§ 10—5 信号流向	(337)
一、收音信号流向	(337)
二、录放卡座信号流向	(338)
三、功放电路信号流向	(339)
§ 10—6 故障分析与检修	(340)
一、功率放大器故障	(340)
二、电平指示电路、均衡电路和前置电路故障	(341)
三、MIC、PHONO 和功能转换开关电路故障	(342)
四、录/放卡座故障	(344)
五、收音部分故障	(346)
第十一章 组合音响电路分析(二)	(349)
§ 11—1 调谐器	(349)
一、高频接收电路	(349)
二、TA7640AP 电路分析	(351)
三、立体声解码与电源电路	(353)
四、电平显示电路	(353)

§ 11—2 录放卡座	(353)
一、放音电路	(353)
二、录音电路	(356)
三、功能开关切换及指示电路	(358)
四、其它电路	(361)
§ 11—3 图示均衡器与综合放大器	(361)
一、电唱盘放大器及唱头补偿电路	(362)
二、功能转换开关	(363)
三、图示均衡器与电平显示电路	(363)
四、电平指示驱动电路	(367)
五、平衡控制与等响度控制	(370)
六、功率放大器、保护电路和电源电路	(370)
第十二章 高级组合音响电路分析、调试与故障检修	(372)
§ 12—1 主要特点和性能指标	(372)
一、主要特点	(372)
二、主要功能	(372)
三、主要性能指标	(372)
§ 12—2 整机主要电路工作原理	(374)
一、收音电路	(375)
二、录放卡座	(380)
三、卡拉 OK 电路	(384)
§ 12—3 CD 唱机	(385)
一、伺服控制电路	(386)
二、数字信号处理电路	(389)
三、数字滤波器、D/A 转换和音频输出电路	(392)
四、其它电路	(392)
§ 12—4 其它集成电路	(396)
§ 12—5 电路调试	(400)
一、测量仪器、测试带和测试光盘	(400)
二、收音部分的调试	(401)
三、卡座和录、放部分的调试	(404)
四、卡拉 OK 电路的调试	(405)
五、CD 机部分的调试	(405)
§ 12—6 故障分析和检修	(408)
一、检修程序、方法和步骤	(408)
二、整机检修流程	(408)
三、维修实例	(420)
§ 12—7 整机各集成电路和晶体管的主要数据	(428)

第十三章 组合音响的使用与维护	(437)
§ 13—1 收音机、录音机的使用和维护	(437)
一、收音机的挑选、使用与维护	(437)
二、磁带录音机的挑选、使用与维护	(439)
§ 13—2 电唱机、CD 唱盘的使用与维护	(443)
一、电唱机的挑选、使用与维护	(443)
二、CD 唱盘的使用与维护	(446)
§ 13—3 扩音机和高保真功率放大器的使用与维护	(448)
一、分类	(448)
二、主要性能指标	(448)
三、各输入接口电平、阻抗及使用方法	(451)
四、扩音机与扬声器的配接原则	(451)
五、使用注意事项	(451)
§ 13—4 传声器、扬声器的使用与维护	(452)
一、传声器的使用与维护	(452)
二、扬声器的使用与维护	(456)
三、音箱	(457)
§ 13—5 立体声耳机的使用与维护	(459)
一、立体声耳机的分类	(459)
二、立体声耳机的选择	(459)
三、立体声耳机的使用与维护	(460)
四、部分立体声耳机的性能指标	(461)
§ 13—6 立体声欣赏与音质评价	(462)
一、各旋钮、按键的配合操作	(462)
二、聆听位置的确定	(462)
三、声压平衡区	(462)
四、音箱放置原则	(463)
五、双声道音箱的摆位方向	(464)
六、L 型房间音箱的放置	(465)
七、音质评价	(465)
主要参考文献	(468)

第一章 无线电发送和接收基础

§ 1-1 无线电广播与接收的基本过程

一、无线电广播的传播

用来传递信息,实现无线电通信的电磁波称为无线电波。无线电波占有波长包括从几百微米至几万米之间很宽的波段范围。根据传播和产生、放大等技术的差异,通常将无线电波划分成不同的波段。表 1-1 列出了波长划分波段名称、相应的波长范围和它的主要用途。

表 1-1 无线电波波段的划分

波段名称		波长范围	频段名称	频率范围	主要用途
超长波		$>10000\text{m}$	甚低频 VLF	$>30\text{kHz}$	水下通信(如潜艇之间通信)
长波		$1000\sim 10000\text{m}$	低频 LF	$300\sim 30\text{kHz}$	电报
中波		$200\sim 1000\text{m}$	中频 MF	$1500\sim 300\text{kHz}$	调幅无线电广播
短波		$50\sim 200\text{m}$	中高频 IF	$6000\sim 1500\text{kHz}$	电报、业余通信、调幅无线电广播
		$10\sim 50\text{m}$	高频 HF	$30\sim 6\text{MHz}$	电报、业余通信、调幅无线电广播
超短波	米波	$1\sim 10\text{m}$	甚高频 VHF	$300\sim 30\text{MHz}$	电视、导航、业余通信、调频无线电广播
	分米波	$10\sim 100\text{cm}$	特高频 UHF	$3000\sim 300\text{MHz}$	电视、导航、雷达等
微波	厘米波	$1\sim 10\text{cm}$	超高频 SHF	$30\sim 3\text{GHz}$	电视、导航、雷达、卫星通信等
	毫米波	$1\sim 10\text{mm}$	极高频 EHF	$300\sim 30\text{GHz}$	雷达、通信、遥感、射电天文等方面
	亚毫米波	$<1\text{mm}$		$>300\text{GHz}$	理论和技术已趋成熟,正开拓应用之中

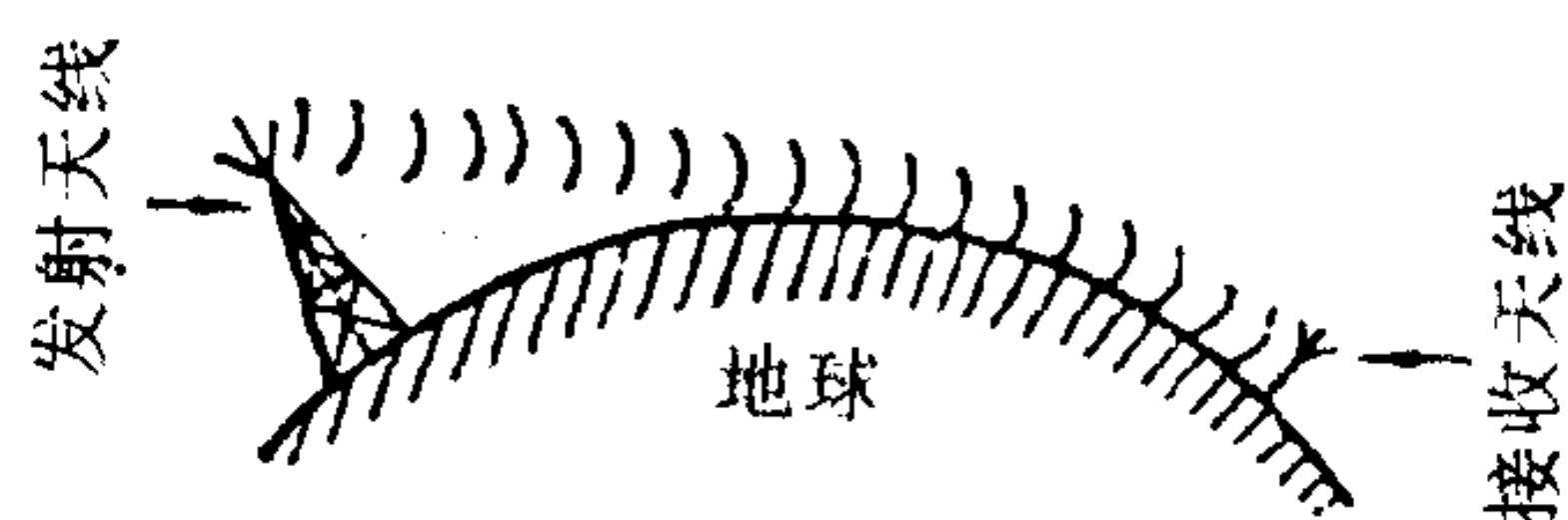
注: $\text{kHz}\sim 10^3\text{Hz}$; $\text{MHz}\sim 10^6\text{Hz}$; $\text{GHz}\sim 10^9\text{Hz}$ 。

无线电波是电磁波,其传播具有电磁波传播中的直射、反射、吸收等一般特性。按其传

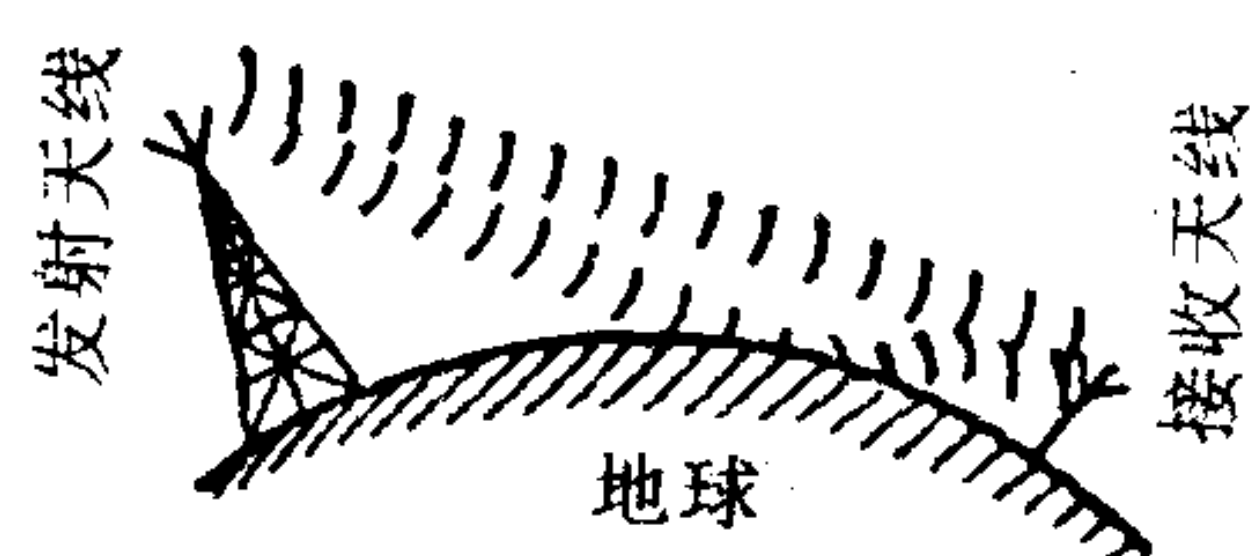
播的路径,无线电波又分为地波和天波。

(一) 地波

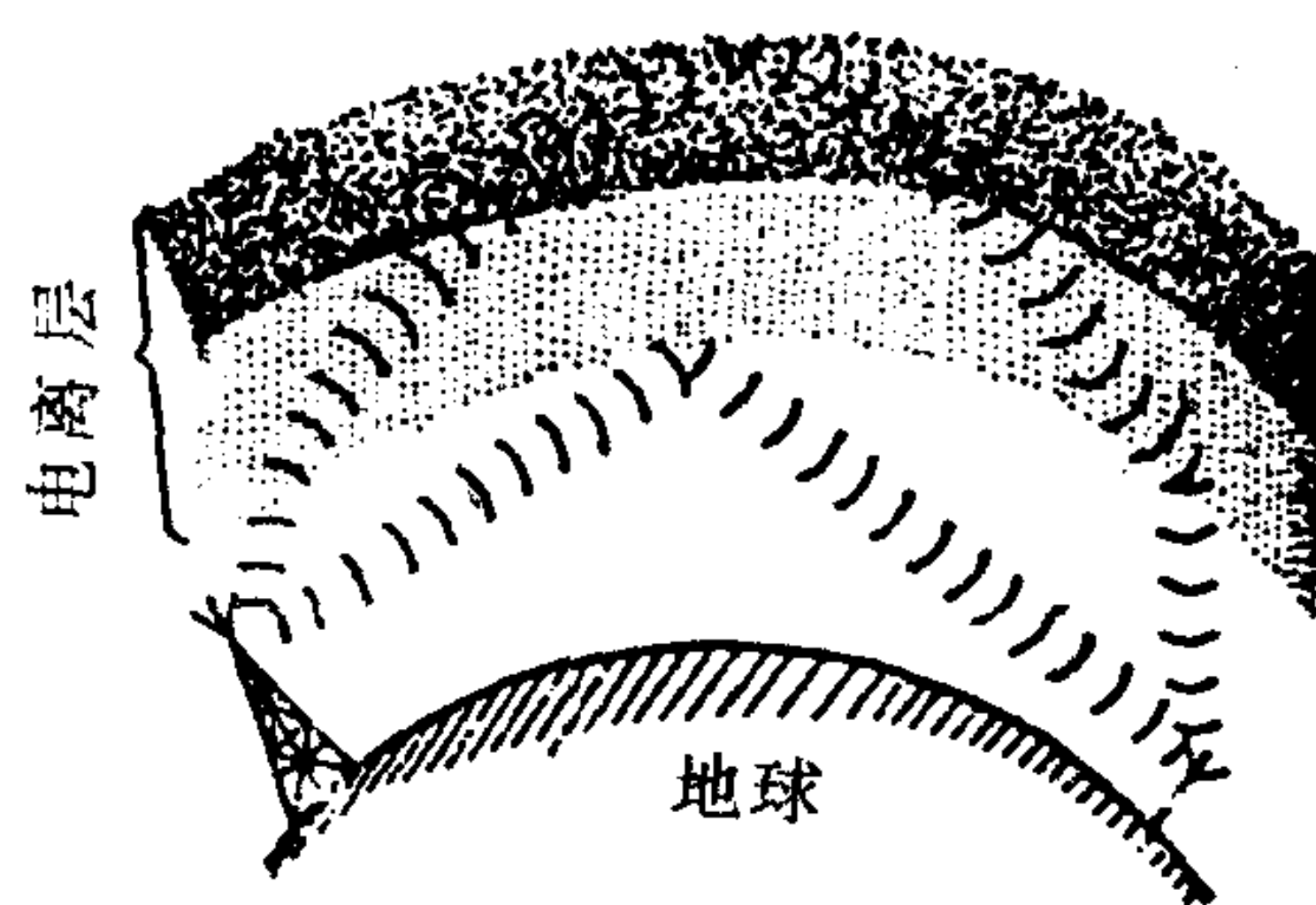
沿着地球表面或地面上不太高空间传播的无线电波称为地波。地波又分为地面波和空间波。沿着地球表面传播的无线电波称为地面波;直接或经过地面反射而传播的无线电波称为空间波。如图 1-1(a)(b)所示。



(a)沿地球表面传播的地波



(b)沿空间直射 或经地球反射传播的空间波



(c)沿空间经电离层反射或折射传播的天空波

图 1-1 无线电波传播方式示意图

不同波长的无线电波所传播的特性是不同的。长波遇到障碍物绕射能力较强,波长越长,绕射作用越显著,传播距离越远。地球是个导体,能反射电磁波,然而地球却不是理想导体,无线电波沿地面传播时,能量会逐渐损耗。传播距离越远,损耗就越大,最后逐渐消失。

地面对无线电波的吸收过程与无线电波的频率成正比频率越高,被吸收的程度越大;频率越低,被吸收的程度越低。因此,同样功率的发射台,发出的电波,频率越高,在地面传播的距离越近;而频率越低,在地面传播的距离越远。长波和中波传播的主要方式是地波。长波多用于无线电广播和发射标准时间信号,也可用于海上通信和导航等。

(二) 天波

经电离层反射而到达接收天线的无线电波称为天波,如图 1-1(c) 所示。短波以天波的形式传播。

电离层是高空稀薄空气中的氮和氧等在太阳辐射下离解成原子氮、原

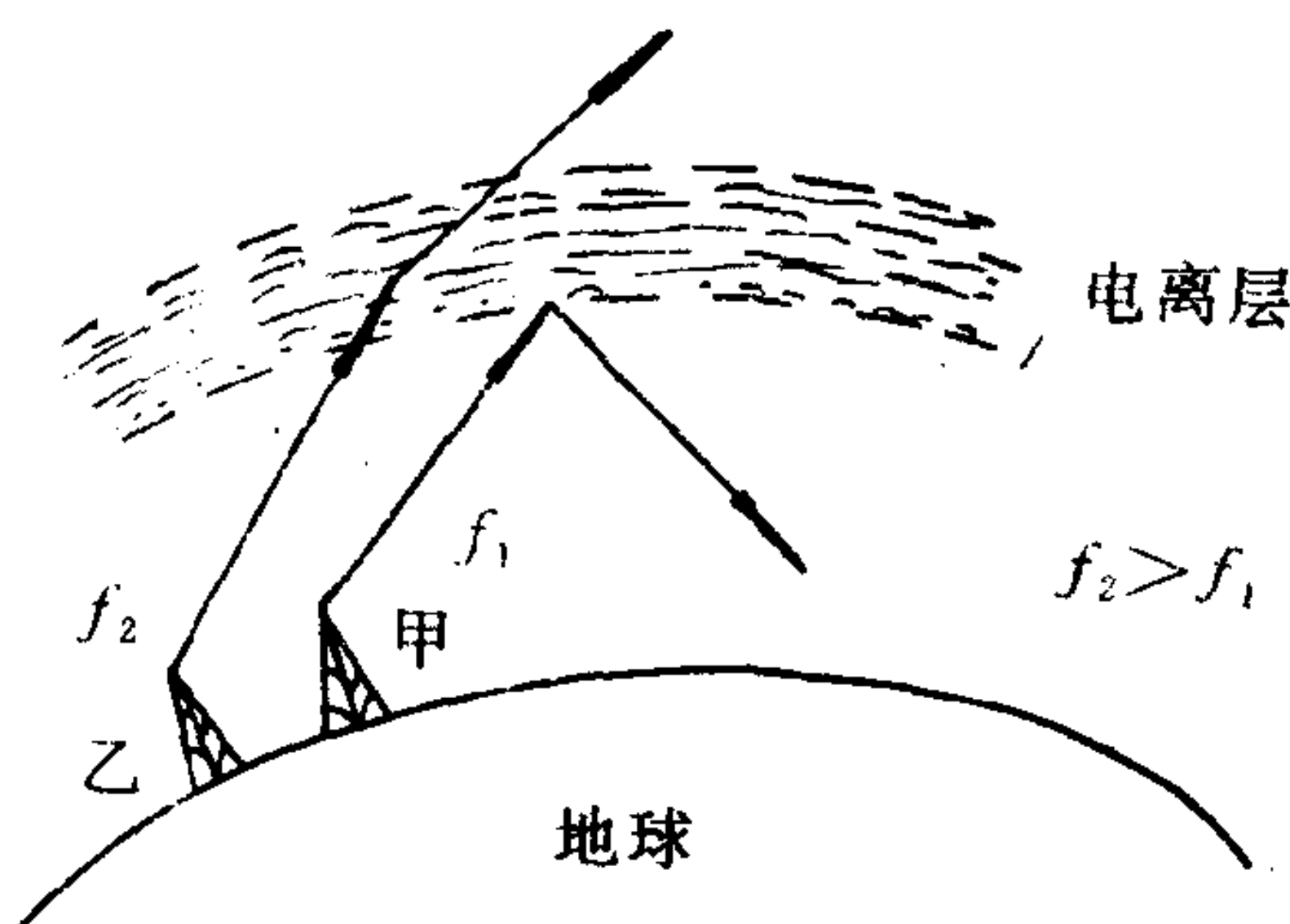


图 1-2 电离层对不同频率电波的反射

子氧和大量电子、正负离子产生的。它具有相当强的电场,能影响无线电波前进的方向,所以无线电波到达电离层时,就会使前进的方向发生偏移,就如镜子对光的偏移折射作用一样。如果偏移角度小,电磁波可穿过这一层;如果偏移角度大,电波就被折回到地面上。一般地说,频率越高的电磁波,被偏移的角度越小;频率越低的电磁波,被偏移的角度越大。如图 1-2 所示。

短波沿地面传播的距离很近,但短波能被电离层反射,同时地球也能把反射下来的无线电波重新反射出去,使短波在电离层与地面之间来回反射,传播得很远。然而,由于电离层和地面对无线电波都有吸收作用,每经过一次反射,能量就要减弱一部分,因此经过多次反射后,电波变得非常微弱,可见,无线电波不能无限传播下去。

由于电离层主要靠太阳辐射形成的,所以它的高度和电子密度是随着昼夜、季节、太阳活动周期和地面位置而变化的。天波的传播比较复杂,不但与无线电波的波长有关,还与电离层的强度,电波进入电离层的角度有关。短波传播中常出现的接收时强时弱的不稳定现象,就是由于短波经电离层一次或多次反射后沿不同路径到达同一接收点引起的互相干扰;或是由于电离层高度起落变化引起的。短波主要应用于国际无线电广播,远距离无线电话、无线电报、无线电传真以及海上通信和人造卫星等方面。

波长比短波更短的无线电波称为超短波。超短波在电离层反射小,遇障碍物不易绕射,但能透过电离层。所以,超短波在视距范围内,是以空间波形式传播来实现通信的。发射超短波的天线尺寸不大,有利于集中电磁波的能量作定向发射,节省发射功率。此外,超短波还具有天电干扰小,保密性强,多路通信容量大等优点。不足的是传播的距离仅达数十千米,远距离通信需采用中继站接力方式。超短波主要用于电视、调频广播、多路通信和雷达导航等方面。

二、无线电广播发射的基本过程

无线电通信是传递信息的一个重要方式,是借助于无线电波传递某种信息的系统。

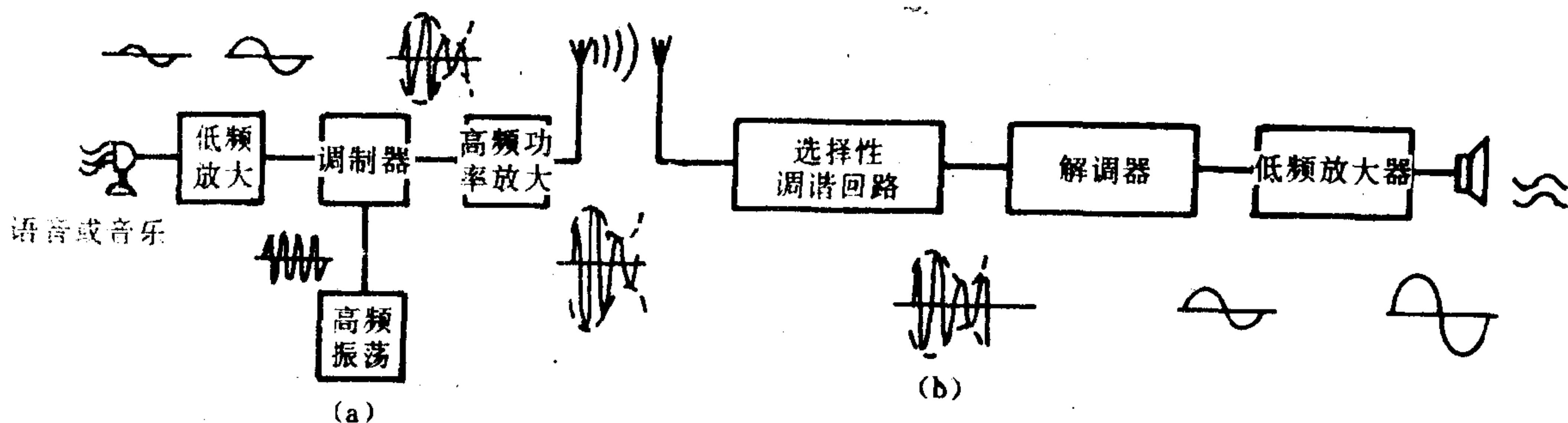


图 1-3 无线电广播系统的组成

(a) 发射部分

(b) 接收部分

例如,利用无线电波向广大听众传递语言或音乐的通信系统称为无线电广播,而向观众传