

无线电爱好者丛书

实用立体声收录音技术

高迺康 编著

(下册)

2.2

内 容 提 要

本书是介绍立体声技术的一本实用性科普读物，分上、下两册出版。下册内容包括：调频广播的接收天线、盒式立体声录音机、盒式立体声录音机电路、立体声音频放大器等。

本书分析详尽，深入浅出，通俗易懂，适合广大无线电爱好者阅读。

无线电爱好者丛书

实用立体声收录音技术（下）

Shiyong Litisheng Shouluyin Jishu

高迺康 编著

责任编辑：高坦弟

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

开本：787×1092 1/32 1989年6月第一版
印张：9 4/8 页数：146 1989年6月河北第一次印刷
字数：205千字 插页：2 印数：1—11 000册

ISBN7-115-03763-9/TN·164

定价：3.00元



中国电子学会科学普及读物编委会

顾 问	杜连耀	毕德显	吴朔平	任 朗
	顾德仁	张恩虬	陈芳允	秦诒纯
主 编	孟昭英			
副主编	吴鸿适	王守觉	李三立	凌肇元
编 委	叶培大	童志鹏	陶 棣	甘本祯
	何国伟	周炯槃	邱绪环	王玉珠
	周锡龄	周明德	刘 诚	俞锡良
	王明臣			

本书责任编辑：邱绪环

丛 书 前 言

电子科学技术是一门发展迅速、应用广泛的现代科学技术。电子技术水准是现代化的重要标志。为了尽快地普及电子科学技术知识，中国电子学会和出版部门约请有关专家、学者组成编委会，组织编写三套有不同特点的、较系统的普及丛书。

本丛书是《无线电爱好者丛书》，由人民邮电出版社出版。其余两套是：《电子应用技术丛书》，由科学普及出版社出版；《电子学基础知识丛书》，由科学出版社出版。

本丛书密切结合实际讲述各种无线电元器件和常用电子电路的原理及应用；介绍各种家用电子设备（如收音机、扩音机、录音机、电视机、小型电子计算器及常用测试仪器等）的原理、制作、使用和修理；提供无线电爱好者所需的资料、手册等。每本书介绍一项实用无线电技术，使读者可以通过自己动手逐步掌握电子技术的一些基本知识。本丛书的读者对象是广大青少年和各行各业的无线电爱好者。

我们希望广大电子科学技术工作者和无线电爱好者对这套丛书的编写和出版工作提出意见，给以帮助，以便共同努力，为普及电子科学技术知识，为实现我国四个现代化作出贡献。

目 录

第五章 调频广播的接收天线	(1)
第一节 调频立体声广播的服务区	(1)
一、调频广播的传播距离	(2)
二、接收点信号强度的计算方法	(5)
三、广播电台的服务区	(8)
四、服务区内的“阴影区”	(11)
第二节 常用的接收天线	(13)
一、天线的基本知识	(13)
二、机内天线和室内天线	(16)
三、室外天线	(21)
第三节 电视/调频室外共用天线	(26)
一、全频道天线	(26)
二、双层天线	(28)
三、分配器	(29)
第四节 干扰和抗干扰措施	(31)
一、脉冲型干扰	(31)
二、多径传输干扰	(32)
第六章 盒式立体声录音机	(35)
第一节 立体声录音机的工作原理	(35)
一、立体声录音机的构成	(35)
二、立体声录音机的技术特点	(37)
三、录音原理	(38)
四、抹音原理	(53)
五、放音原理	(56)

第二节 磁带驱动机构	(63)
一、作用及分类	(63)
二、磁带驱动机构的构成及工作原理	(65)
三、磁带驱动机构使用的电动机	(78)
第三节 磁头	(84)
一、磁头的种类	(84)
二、磁头的结构	(85)
三、磁头的性能及常用磁头	(89)
第四节 盒式磁带	(93)
一、盒式磁带的分类	(93)
二、带盒结构	(97)
三、磁带的结构	(100)
四、磁带的性能及使用技巧	(101)
五、各类盒式磁带	(110)
第七章 盒式立体声录音机电路	(114)
第一节 整机电路的总体概念	(114)
一、电路组成	(114)
二、端口匹配和增益分配	(118)
三、频率特性与均衡	(120)
第二节 录音电路	(123)
一、输入电路	(123)
二、线路放大器	(128)
三、录音输出放大器和恒流电路	(129)
四、自动电平控制 (ALC) 电路	(132)
五、偏磁振荡电路	(136)
第三节 放音电路	(144)
一、放音输入放大器及有关计算方法	(144)
二、放音输入放大器实例的计算分析	(152)
三、放音电路的其它常用补偿方式	(157)

四、线路放大器	(159)
第四节 录音放音双通道集成电路	(159)
一、D7668AP应用介绍	(160)
二、LA3220应用简介	(165)
三、LA3161应用简介	(166)
第五节 电平指示电路	(166)
一、电平指示及电平表的分类	(167)
二、VU表指示电路	(168)
三、发光二极管电平指示电路	(169)
第六节 双卡机自动接续放音和快速复制电路	(171)
一、自动接续放音电路	(172)
二、快速复制电路	(174)
第七节 立体声录音机的制作要点	(181)
一、立体声录音机的特殊要求和技术措施	(182)
二、总体布局	(184)
三、布线	(186)
第八节 盒式录音机的调整方法	(187)
一、放音通道的调整	(188)
二、录音通道的调整	(189)
第八章 立体声音频放大器	(192)
第一节 前置放大器	(192)
一、前置放大器的构成	(192)
二、对前置放大器的主要要求	(194)
三、工作种类选择开关	(195)
四、输入放大器	(196)
五、音调控制电路	(199)
六、音量控制与响度补偿	(205)
七、平衡控制	(208)
第二节 唱头均衡放大器	(210)

一、速度型唱头的均衡放大器电路	(211)
二、压电式唱头的频率均衡	(213)
第三节 多段频率音调控制	(215)
一、多段频率音调控制的作用	(215)
二、分类	(217)
三、多段频率音调控制电路原理	(218)
四、实用电路	(222)
第四节 功率放大器	(227)
一、无输出变压器功率放大电路的种类	(227)
二、功率放大器的构成	(228)
三、OTL电路	(229)
四、OCL电路	(237)
五、BTL电路	(240)
六、集成电路功率放大器	(245)
七、厚膜电路功率放大器	(253)
附录一 调频立体声广播发射机技术指标	(256)
附录二 调频广播接收机的基本参数	(257)
附录三 盒式录音机基本参数	(263)
附录四 部分国产立体声录放磁头技术参数	(267)
附录五 收录音机常用集成电路一览表	(268)
附图 1 熊猫SL-05立体声收录机电原理图	
附图 2 夏普GF-800Z立体声收录机电原理图之一	
附图 3 夏普GF-800Z立体声收录机电原理图之二	

第五章 调频广播的接收天线

在使用电视机时，人们对天线的作用很重视也很注意调整。天线架设与调整的好坏，对能否收到信号以及图象的清晰度、重影等关系颇大。但对调频立体声广播接收而言，不少人对天线的认识不足。例如，在远离电台的地方，人们常不知道应该架设哪一种必要而又经济的天线，以保证调频立体声广播接收获得较好的放音效果；而在距离电台较近的地区，人们又常忽视天线与音质的关系，从而不注意调整天线。其实，接收调频立体声广播时天线对音质的影响和电视天线对电视图象质量的影响是一样大的。天线不良或调整不当，会引起放音信噪比差、有蜂音干扰、音质失真、以致立体声分离度不好等缺欠。合理地架设与调整天线，能够避免这些缺欠。只不过依靠听觉对音质的判断比由视觉直观地观察图象质量要难一些，但只要掌握一定的知识就不难解决这些问题。

同时，调频天线与电视VHF天线，在频段、工作原理及性能要求方面基本是一致的，有许多知识以及天线制作方法是相同的。

第一节 调频立体声广播的服务区

调频立体声接收机应该选用什么类型的天线，以及如何调整天线，从技术角度要考虑的主要因素有接收点的信号强度、接收环境、电波传来的方向、接收机的灵敏度等。本节从基本

知识讲起，给出必要的计算公式，以帮助读者估算自己所在地点的信号强度，以合理地选用或制作、使用天线。

一、调频广播的传播距离

调频广播能传多远，在一般情况下，主要取决于发射台天线高度和接收机天线高度。

大家知道，调频广播是采用超短波波长的电磁波在空间传播的。目前，世界上一些有代表性的国家和地区所采用的频率范围分别为：

中国	87~108兆赫
美国	88~108兆赫
欧洲	87.5~100兆赫
日本	76~90兆赫
苏联	64.5~73兆赫

上述频率范围为64.5~108兆赫，其相应的波长为4.651~2.778米，属于超短波波段。因为频率高、波长短，这种超短波电波向前传播遇到障碍时，绕射的能力很弱，沿地面传播时的衰减也较大。因此，它的传播象光线一样是作直线传播的。而地球的表面是一个球面，它将和地球上任一高度处直线传来的电波相切，把超短波广播收发天线之间的电波直线传播最远距离限制在“视线距离”之内。如图5-1所示。

图中，在地球表面A点设有高度为 h_1 的发射天线，天线端点为D，在C点设有高度为 h_2 的接收天线，其天线端点为E。D、E连线与地球表面B点相切，弧AC即为“视线距离”，且 $AC = AB + BC$ 。R为地球半径，约为 6.37×10^6 米。欲求AB、BC，可先求出两个直角三角形 $\triangle DBO$ 、 $\triangle EEO$ 的底边DB、BE之长。在 $\triangle DBO$ 中， $DB = \sqrt{(R+h_1)^2 - R^2} =$

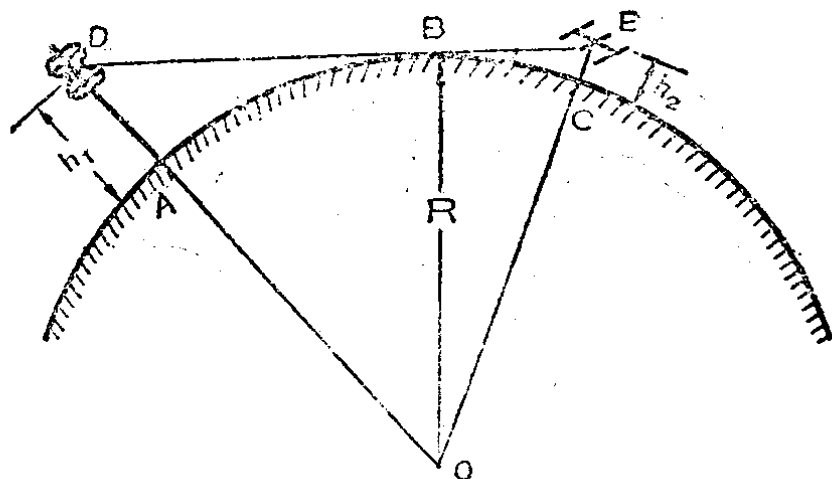


图 5-1 “视线距离”

$\sqrt{2Rh_1 + h_1^2}$, 因为 $h_1 \ll R$, 可忽略 h_1^2 项, 所以, $\overline{DB} \approx \sqrt{2Rh_1} \approx 3.57\sqrt{h_1}$ (米) (公里)。同理, $\overline{BE} = \sqrt{(R+h_2)^2 - R^2} = \sqrt{2Rh_2 + h_2^2} \approx \sqrt{2Rh_2} \approx 3.57\sqrt{h_2}$ (米) (公里)。故 $\overline{DE} = \overline{DB} + \overline{BE} = 3.57\sqrt{h_1} + 3.57\sqrt{h_2} = 3.57(\sqrt{h_1}(\text{米}) + \sqrt{h_2}(\text{米}))$ 公里。又因为, $h_1 \ll \overline{DB}$; $h_2 \ll \overline{BE}$, 可近似认为 $\overline{AB} = \overline{DB}$; $\overline{BC} = \overline{BE}$, 则“视线距离” $\overline{AC} \approx \overline{DE} \approx 3.57(\sqrt{h_1}(\text{米}) + \sqrt{h_2}(\text{米}))$ 公里。本式说明发射天线越高, 电波传得越远, 同时架高接收天线可以相应增加接收广播信号的有效距离。

上述的分析是假设空间大气层为均匀介质。实际上, 离地面不同高度的空气, 其密度、温度、湿度、压强等均不相同, 因而使得超短波的传播方向稍向地面弯曲, 这就是空气的折射作用。由于这种折射作用, 使得超短波电波的传播距离约比上面的计算值约大15%左右。所以实际上超短波电波的传播距离为 $4.11(\sqrt{h_1}(\text{米}) + \sqrt{h_2}(\text{米}))$ 公里。

目前, 我国省、市级调频广播的发射天线多与电视发射天线一起架设在上百米高的发射塔或山顶上。根据发射天线高度和接收机距电台发射天线的距离, 可以求出接收机能收到广播

信号所需架设天线离地表面的最低高度，也可根据收发天线的高度，算出超短波广播（包括调频广播和电视广播）的传播距离。

例如，某地调频广播发射天线高150米，接收机所在地距发射天线60公里，那么，在一般情况下要想收到广播需架设接收天线的高度不能低于 $h_2 = \left(\frac{60}{4.11} - \sqrt{h_1} \right)^2 = (14.599 - \sqrt{150})^2 = 5.53$ 米。

图5-2给出了查找接收天线高度或超短波最远传输距离的图表。

图中， h_1 为发射天线的高度，一般为已知条件； h_2 为接收天线高度； d 为收发两地间能传播超短波的最远距离，也即

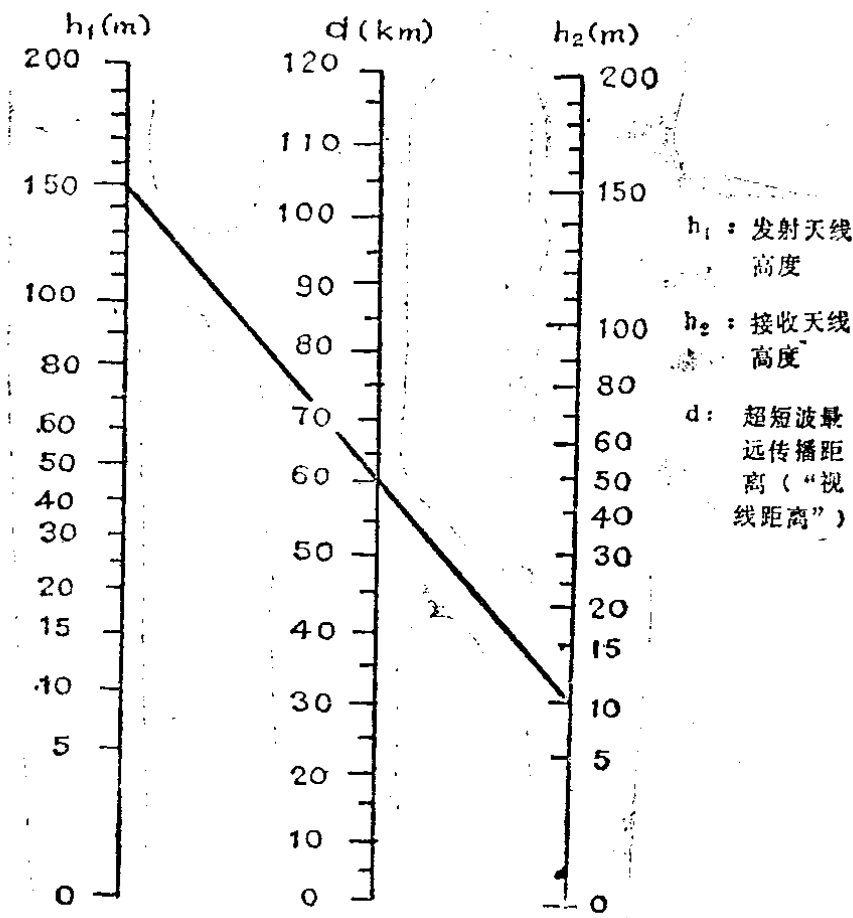


图 5-2 天线高度与“视线距离”

“视线距离”。查找时，根据已知的 h_1 、 d 值画条直线并延长至 h_2 线段，在 h_2 线段上交点的数值便是应架天线的最低高度；同理，若已知 h_1 、 h_2 值，其连线在 d 线段上的交点即为该天线能收到超短波广播的最远距离。例如，已知 h_1 、 h_2 分别为150米与10米，可得 $d = 63$ 公里，见图中斜线所示。

上面谈的超短波广播传播的距离是指一般情况而言。在某些情况下则能传播得更远。

例如山峰的折射作用，能使超短波电波传播至上百公里。某处地处超短波的直线传播距离之外，若在其与电台之间的左前方或右前方有陡峭的山峰存在，便可能有超短波折射而来。此处采用高增益天线，往往能良好地收听收看调频广播和电视节目。

又如地球外围电离层对电波的反射作用，能使超短波电波传播至上千公里。电离层中的 E 层距地面85~150公里；其中 E_s 层的电子密度要比周围正常 E 层电子密度大几十倍甚至几百倍，因此能反射50~150兆赫频段的电磁波。因其形态类似天空中的云朵，故又称为 E_s 电子云。 E_s 电子云的水平范围可达几十至几百公里，并以150~250公里/小时的速度移动。当 E_s 层出现在相距为1000~2500公里的发射台和接收机之间的中点上空时，接收机便可收到该台的信号。按我国的地理位置，以夏季6、7月份出现 E_s 层的几率最高。这时用高增益的天线，白天往往能收到东南亚以南地区的调频广播。

二、接收点信号强度的计算方法

上面讨论了接收机天线能收集到调频广播电磁波的最远距离。天线能收集到信号，这仅是无线电接收的首要条件。要使接收机能正常工作，天线收集到的信号还必须有一定的强度。

这种信号强度用接收天线所在地点的电场强度表示，简称场强。其概算公式为：

$$E = 88.1 \frac{h_1 \cdot h_2 \cdot \sqrt{P}}{\lambda \cdot d^2} \text{ (伏/米)} \quad (5.1)$$

式中， h_1 ——发射天线高度，单位为米；

h_2 ——接收天线高度，单位为米；

P ——电台发射天线有效辐射功率，单位为瓦；

λ ——电磁波波长，单位为米；

d ——收发两地距离（收发之间无直接障碍物的前提下），单位为米。

我国调频广播频率范围为87~108兆赫，相应的波长为3.448~2.778米。一般计算时多取中间频率98兆赫，其波长 $\lambda = 3.06$ 米，则(5.1)式可写成：

$$E = 28.8 \frac{h_1 \cdot h_2 \cdot \sqrt{P}}{d^2} \text{ (伏/米)} \quad (5.2)$$

上式表明，直视距离内无障碍地区的调频广播信号强度与收发两地的距离平方成反比；与收、发天线的高度成正比；与发射天线有效辐射功率的平方根成正比。

但值得说明的是，接收点的场强除与上述因素有关外，还受当地地形、地下矿藏、钢筋水泥建筑物等的影响。在钢筋水泥建筑物密集的城市或附近有金属矿藏的地区，场强值要比上式计算小一些。

目前，国际上调频广播发射台的功率最低约为100瓦，最大的为100千瓦；我国省、市级调频台的发射功率一般为10千瓦至几十千瓦；我国县级调频广播正在发展，已建台的发射功率多为几百至几千瓦。实际上，发射天线的有效辐射功率不一定等于发射机功率，其值应为发射机功率再乘以天线增益系数以

及馈线损耗。对于业余爱好者估算当地场强来说，考虑到还存在种种其它近似因素，可近似取发射天线的有效辐射功率为发射机功率。

经过上述讨论，读者已可大致估算所在地的场强。所得值虽不如用专用场强仪实地测量那么准确，但已经得到一个基本可用的数据了。

此外，重要的问题是，接收点获得良好收听效果所需场强的最低下限值是多少？

根据我国调频广播频道规划的边界场强规定，接收机必须的场强最低值，单声道广播48分贝（ $1\text{微伏/米}=0\text{分贝}$ ，则48分贝为 0.25毫伏/米 ）；立体声广播56分贝（ 0.63毫伏/米 ）。

在弱场强条件下，调频立体声接收机立体声放音信噪比要比单声道放音信噪比差21分贝左右。在强场强时，两者的信噪比则仅差 $1\sim 10$ 分贝。其原因在本书第二章已讲过了。在弱场强时，欲使立体声放音的信噪比达到单声道放音的同等水平，则要求进入接收机的广播信号载波强度比单声道广播载波强8分贝左右，折合到天线接收点所需的场强也为8分贝左右。

实际上，接收点能获得良好收听的场强值还与所处环境的干扰因素有关。一般城市越大，工业干扰也越多。它们可以综合为高频噪声干扰，和广播信号一起从天线端进入接收机。从而降低接收机解调前的载波噪声比。因此，要获得同样的放音质量，城市比农村要提供大一倍以上的信号强度。

考虑到上述干扰，一般认为，良好收听立体声广播的接收点场强的最低值如表5.1所示。

根据前述公式（5.2）和表5-1提供的数值，我们可以计算接收天线应该架设的高度了。这对远离电台发射天线的接收点是很有用的。

表 5.1

良好收听的最低场强

接 收 地 点	最 低 场 强 (毫伏/米)	分 贝 值 ($1\mu\text{V}/\text{m} = 0\text{ dB}$)
干扰多的大、中城市	> 4	> 72
中等干扰的中、小城市	$2 \sim 4$	$66 \sim 72$
干扰少的市郊、农村	$0.63 \sim 2$	$56 \sim 66$

例如，某发射台，天线有效辐射功率 $P = 10$ 千瓦，天线高度 $h_1 = 150$ 米，接收点地处农村，距发射台距离 $d = 50$ 公里，问欲获得立体声广播良好收听，接收天线最低应架高多少？

取最低场强值为 1 毫伏/米，运用公式 (5.2) 可算得

$$h_2 = \frac{50000^2}{1000 \times 28.8 \times 150 \times \sqrt{10000}} = 5.78 (\text{米}).$$

以上讨论中采用接收点场强作为决定放音效果的客观条件。事实上，在前面的讨论中也提到过，决定立体声放音质量的是进入接收机的有用信号强度。把空间具有一定电场强度的电磁波能量转换成接收机所需的高频电流的能量转换器是接收天线，而各种天线随其结构形式的不同所具有的增益不同，也就是说把接收点场强转换成进入接收机的有用信号强度效率不同。简单的室内天线增益小于 1，多单元的户外天线增益可高达几倍至十几倍。因此，放音效果最终还必须结合天线考虑。

三、广播电台的服务区

能正常收听某一电台立体声广播的区域，称为该电台的立体声广播服务区，又称为该台的覆盖范围。一般调频台的发射天线均具有全方向法，即天线的辐射方向图在水平方向上是以发射天线为圆心的一个圆。因此，在理想条件下，广播服务区是以发射天线为圆心，以能得到最低可用场强的收发天线距离

为半径所画出的圆形区域。取表5.1农村最低可用场强0.63毫伏/米为边界值，设发射天线高度为150米，接收天线高度为4米，运用式5.2可得出服务区半径与发射天线辐射功率的关系如表5.2所示。

表 5.2 发射天线辐射功率与服务区半径的关系

天线辐射功率 (千瓦)	服务区半径 (公里)	
	立体声广播	单声道广播
0.25	21	33
1	30	47
10	52	视线距离

取其中发射天线辐射10千瓦为例，画出广播服务区示意图如图5-3所示。

图中，广播信号的场强，以发射天线为中心向服务区边缘逐渐由强变弱。其变化速率与收发天线距离的平方值成反比。图5-4绘出了发射天线高136米，发射功率10千瓦时，与三种接收天线高度相对应的收发距离和信号场强的关系。

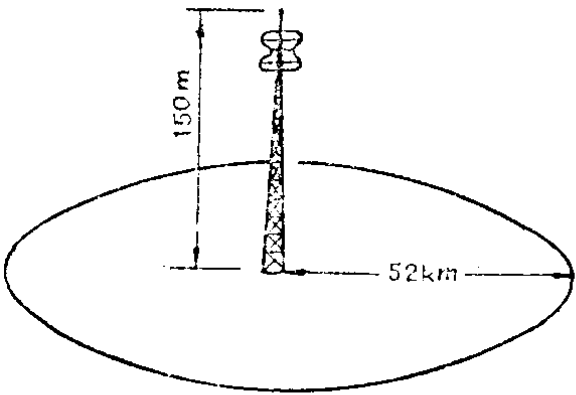


图 5-3 调频立体声广播服务区

在图5-4中，三条曲线在“视线距离”之外加大了衰减的速率，这是由于超过视距之后，空气对电波的折射作用逐渐减弱的缘故。在服务区之外的边缘地带收听立体声广播，一般或出现放音噪声大，或出现立体声指示灯不亮，放音变成单声道等现象。此时，架高接收天线或采用高增益天线，可使放音效果明显改善。由式5.2可知，接收天线高度每增高一倍，所