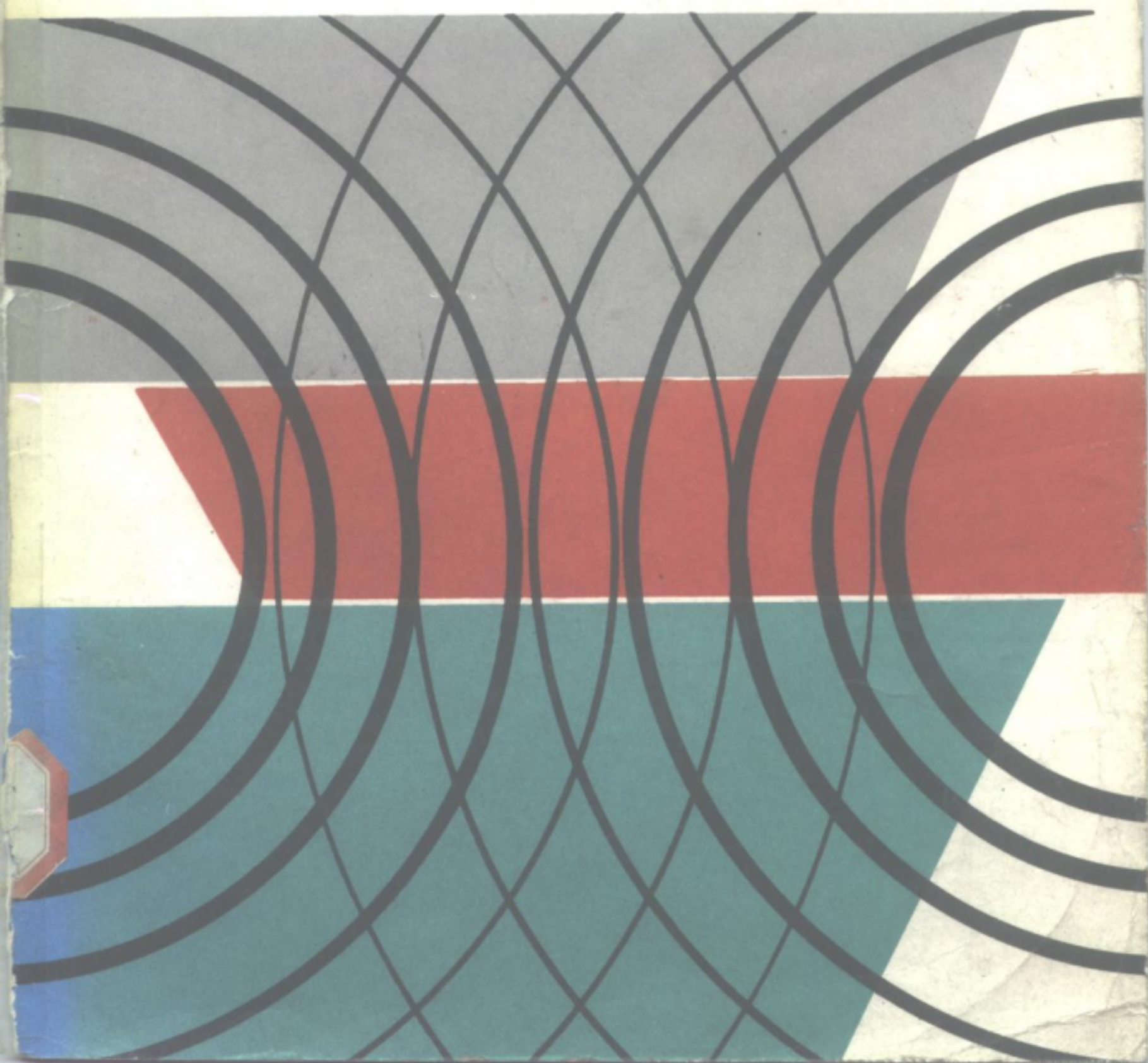


工人技术培训教材

哈尔滨船舶工程学院出版社

船舶导航与通信设备

陈吉廷 曹纪荣 洪哲生 编



U666.1
C43

290328

船舶导航与通信设备

陈吉廷 曹纪荣 洪哲生 编



哈尔滨船舶工程学院出版社

内 容 简 介

全书共分十章:船用广播;电磁波辐射;船用雷达;电罗经;回声测深仪;计程仪及交流机。各章着重介绍设备的功用、功能和工作原理。并对其主要电路的基本原理作了简明叙述,文字浅显、通俗易懂。有插图360多幅,书末附有设备的电路图。

本书作为船厂中级电工技术培训教材,也可供船电技术人员、工人和船员等参考和自学。



船舶导航与通信设备

陈吉廷 曹纪荣 洪哲生 编

哈尔滨船舶工程学院出版社出版
北京市新华书店发行
绥棱印刷厂印刷

开本787×1092 1/16 印张16.125 插页13 字数402千字

1987年7月第1版 1987年7月第1次印刷

印数: 1—4,200册

统一书号: 15413·017 定价: 4.70元

前 言

为了落实中共中央、国务院《关于加强职工教育工作的决定》，搞好船舶工人技术理论教育工作，加强智力开发，提高职工素质，以适应社会主义现代化建设和振兴船舶工业的需要。中国船舶工业总公司人事部组织了上海船舶工业公司有关船厂，在调查研究和总结经验的基础上，根据总公司《船舶工业造船工人技术等级标准》的要求，编写了船厂二十一个工种的初、中级《造船工人技术理论教育教学计划与教学大纲》。

根据这些教学计划与教学大纲的要求，我们组织一些船厂有实践经验的工程技术人员及有丰富教学经验的教师，编写了五十种船舶工人技术培训教材，并聘请技术水平较高、经验丰富的同志担任主审。在编写过程中，广泛地听取了各船厂的意见，增强了教材的适应性。

编写的教材有：放样号料工、冷加工、火工、装配工、焊接工、批铆和密性试验工、气焊气割工、船舶钳工、船舶管铜工、螺旋桨工、船舶钣金工、船舶电工、船舶木塑工、除锈涂装工、船舶泥工、起重吊运工的工艺学及船体结构、船舶概论、船体制图、船体结构与识图、船体加工设备与工夹模具、企业管理常识、电工常识、机械制图、船舶常识、船舶电工学、电工基础、船舶电气工程概论、电工仪表与测量、船舶电站与电力拖动、船舶导航与通信设备、木工制图、电动起重机原理及操作、金属材料及热处理、画法几何、船舶柴油机结构和修理等。

这些教材力图体现工人培训的特点，既考虑到当前造船工人的文化水平，做到通俗易懂，又要有一定的理论深度，适当考虑到长远的发展；既做到理论联系实际，又注意到知识的科学性、系统性和完整性；既体现船舶特色，又兼顾不同类型船厂的需要；既便于集体组织教学，也便于个人自学。

这套教材主要用于船舶工人相应工种的初、中级技术理论教育，也适用于对口专业职业高中和技工学校的教学，有的也可作为其它类型工厂的工人培训教材。相应专业的科学人员、专业教师及管理人员也可选作参考书。

这套教材的出版，得到了哈尔滨船舶工程学院、有关地区公司、船厂的大力支持，在此特致以衷心的感谢。

编写船舶工人培训的统一教材还是第一次。由于时间仓促，加上编写经验不足，教材难免存在不少缺点和错误。我们恳切希望广大读者在使用中提出批评和指正，以便进一步修改、完善，不断提高教材质量。

中国船舶工业总公司教材编审室

一九八五年七月

编者的话

根据中国船舶工业总公司关于造船工人技术理论教育的教学计划和教学大纲规定的内容和要求,在上海船舶工业公司培训中心的组织和安排下,我们承担了《船舶导航与通信设备》这本书的编写任务。在编写过程中我们力求在教学大纲规定的范围内尽可能地满足各工厂生产的实际需要和船电专业技术工人对船舶导航通信设备知识的要求。在文字上力求简明、通俗、易懂;在内容上着眼于解决生产实际问题;在写作方法上力求理论与实践相结合。从主观愿望上说,我们希望本书对读者在学习船舶导航与通信设备中能有所帮助和提高。但是,由于编者水平有限,经验不足,加之时间仓促,错误在所难免,恳请读者提出宝贵意见和批评指正。

本书由陈吉廷同志负责主编,并承担第一、二、五章的编写;第三、四、六章由曹纪荣同志编写;第七、八、九章由洪哲生同志编写;第十章由陈吉廷、曹纪荣合编。

本书由哈尔滨船舶工程学院朱春元同志担任主审,在审稿过程中做了大量细致工作,对此,我们致以衷心的感谢。

本书在编写过程中得到了江南造船厂、沪东造船厂的各级领导和教育部门的大力支持和帮助,在此,我们表示衷心的感谢。

1987年3月于哈尔滨

目 录

第一章 船用广播系统	1
第一节 扩音机输出匹配的基本知识.....	1
第二节 GY-100-4D 型船用扩音机	13
第二章 电磁波的辐射、传播和天线	24
第一节 概述.....	24
第二节 地波传播.....	26
第三节 天波传播.....	28
第四节 视距传播.....	31
第五节 散射传播简介.....	33
第六节 各波段无线电波的传播.....	34
第七节 天线.....	38
第八节 传输线简介.....	42
第三章 发射机和收信机	48
第一节 发射机.....	48
第二节 收信机.....	71
第三节 单边带通信简介.....	85
第四章 船用定位仪	88
第一节 概述.....	88
第二节 罗兰接收机.....	89
第三节 台卡接收机.....	107
第四节 定位仪的安装工艺.....	114
第五章 无线电测向仪	115
第一节 概述.....	115
第二节 无线电测向仪的测向原理.....	117
第三节 无线电自差简介.....	124
第四节 “红旗测向-1”型自动无线电测向仪	132
第六章 船用雷达	140
第一节 概述.....	140
第二节 雷达站的基本工作原理.....	140

第三节	雷达站的战术和技术指标	143
第四节	雷达站的组成和各分机作用	148
第五节	雷达安装和调试	161
第七章	电罗经	166
第一节	概述	166
第二节	陀螺仪及其特性	166
第三节	陀螺罗经的指北原理	170
第四节	航海-Ⅱ型电罗经	176
第八章	计程仪	192
第一节	概述	192
第二节	各类计程仪的基本原理	193
第三节	JY-500 型水压式计程仪	198
第九章	测深仪	212
第一节	声波及其在水中的传播	212
第二节	测深仪的工作原理	214
第三节	测深仪的基本部件及其功能	216
第四节	扬子江型测深仪	219
第十章	变流机	232
第一节	概述	232
第二节	电机的基本原理	233
第三节	变流机的启动	239
第四节	变流机的调速	242
第五节	变流机的调压	247

第一章 船用广播系统

船用广播系统是各种类型民用船舶和军用舰艇不可缺少的指挥设备之一。借助于它，可以进行岗位作业指挥，下达通知和命令，也可以对其他船只进行喊话。此外，还可以用它转播电台广播节目、播放唱片，用来改善船员或舰员的文化生活。

GY 系列船用指挥扩音机是国内比较典型的产品，广泛应用于各种水面船只。近年来，它的电路和结构经过多次改进，日益趋于合理完善。目前，已生产的 50W 扩音机的最近产品是 GY-50-7C 型；100W 扩音机的最近产品是 GY-100-4D 型。这两种型号的产品，除了输出功率不同之外，其他电路基本相同。这一章就围绕 GY-100-4D 型船用扩音机为基本内容，对扩音机的一般知识进行介绍。其他型号产品(尤其是早期产品)与这种典型产品有一些差异，安装和使用时必须加以注意。

GY-100-4D 型船用扩音机组成如图 1-1 所示。它的各部分的基本原理将在本章第二节里叙述。

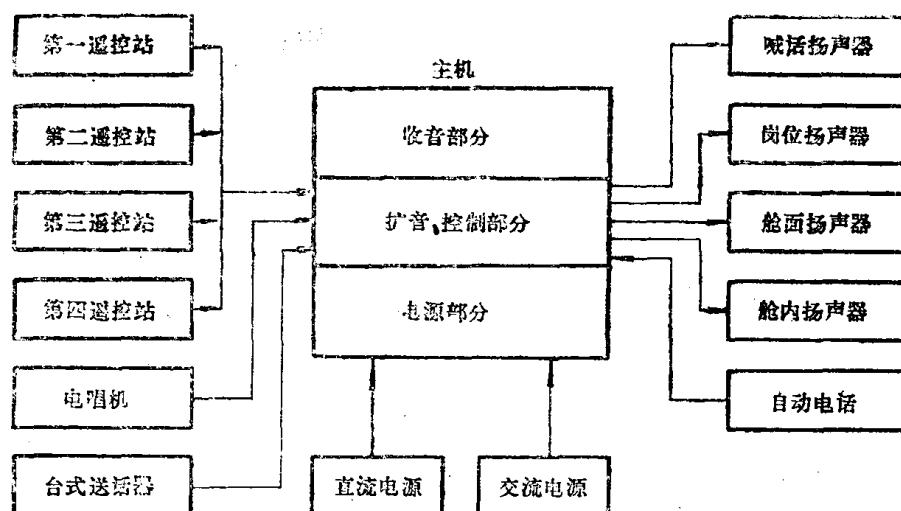


图1-1 GY-100-4D 船用扩音机方块图

第一节 扩音机输出匹配的基本知识

所谓扩音机输出匹配就是扩音机与扬声器的正确匹接问题。这是正确使用扩音机的关键问题之一。如能正确匹接，就能使扩音机充分地发挥它的功能和安全使用。如匹接不对，就会造成扩音系统声音小、失真，甚至于损坏扩音机和扬声器。因此，在讲述 GY 系列扩音机的时候，掌握这方面的知识是十分必要的。在这一节里除了定压输出扩音机的输出匹配之外，还对定阻式输出扩音机作一些必要的叙述。

一、定阻输出扩音机的匹配

定阻输出扩音机的匹配主要从阻抗和功率两个方面来考虑。现分述如下：

1. 阻抗匹配

负载(即扬声器)的总阻抗应该等于扩音机的输出阻抗。这是保证扩音机和扩音系统正常工作的重要条件之一,若因条件限制不能完全满足时,相差也不要超过百分之十。

2. 功率匹配

扬声器得到的实际功率总和应该等于或稍小于扩音机的额定功率,若扬声器所得的实际功率小于扩音机额定功率的70%~80%时,就应该接上假负载。换句话说,扩音机的输出功率要基本用足,略有余量。对定阻输出扩音机来说,它的负载过轻是有害无益的,更不能空载运行。因为空载运行会引起电压过高而击穿输出变压器和大功率管。因此,在定阻输出扩音机的负载电路中接入保险丝是不允许的。此外,为了防止扬声器过荷而损坏,扬声器额定功率的总和应略大于扩音机的额定功率。

总之,对定阻输出扩音机的输出(负载)电路,应遵守阻抗必须匹配、功率基本用足的原则。功率和阻抗要同时考虑,二者缺一不可。如果扩音机的额定输出功率与扬声器的额定输出功率相匹配了,而阻抗不匹配,扩音机系统就不能正常工作。但仅是阻抗匹配,功率相差太大也不行。只有同时考虑功率与阻抗匹配,才能充分发挥扩音机的效力,才不会造成不必要事故。

3. 阻抗变换

通常,在定阻输出扩音机中,为了满足不同负载阻抗的需要,扩音机输出变压器次级根据阻抗的大小进行抽头。每一个端点都标有阻抗值,例如:2、4、8、16、32Ω以及100、125、250、500Ω等等。其中32Ω以下称为低阻抗输出。100Ω以上称为高阻抗输出。低阻抗输出一般用于线路较短的场合,扬声器可以直接接在扩音机的输出变压器端点上。高阻抗输出一般用于线路较长、线路本身电阻较大、会引起较大的线路损失的场合。扬声器不能直接接在扩音机输出变压器的端点上,要用线间变压器进行阻抗变换,线间变压器的初级阻抗与次级阻抗之间有下列关系

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{N_1^2}{N_2^2} \quad (1-1)$$

式中 Z_1 ——变压器的初级阻抗;

Z_2 ——变压器次级阻抗;

N_1 ——变压器初级线圈匝数;

N_2 ——变压器次级线圈匝数。

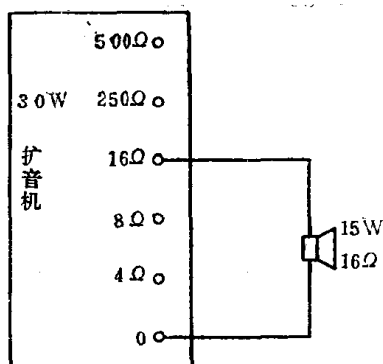
根据(1-1)式,如果要把一只8Ω的扬声器接到扩音机500Ω的输出端上,则线间变压器初、次级之间的匝数比为

$$\frac{N_1}{N_2} = \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}} = \sqrt{\frac{500}{8}} = 7.9 \approx 8$$

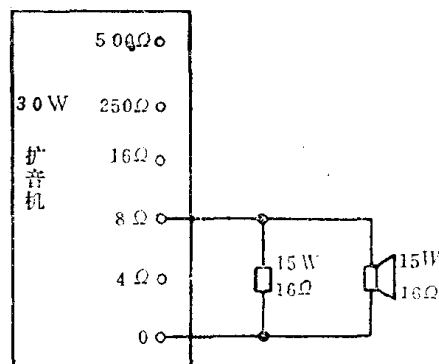
匹配问题在理论上比较容易理解,但在实际应用中,因为情况比较复杂,往往不易全面掌握。下面举一些例子加以说明。

有一台扩音机输出功率为30W,输出端点的阻抗值如图1-2所示,现有一只15W、16Ω的扬声器,应如何接法?

在这个例子里，如果单纯从阻抗匹配的角度来看，象图1-2(a)那样的接法是可以的，因为扬声器的阻抗与扩音机的输出端阻抗相同，对扩音机输出阻抗来说是匹配的。但扬声器的额定功率只有15W，与扩音机额定输出功率30W相比只占50%，这与功率基本用足的原则



(a)



(b)

图1-2 扩音机与扬声器的接法

(a) 错误接法； (b) 正确接法；

是不相符的。若与扬声器的实际功率占扩音机额定功率的70%~80%这个数值相比也还相差较多。因此，象图1-2(a)那样接法显然是不行的。要做到功率基本用足的要求就必须加上假负载。很明显，如果选用一只16Ω、15W（最好大于15W）的电阻与扬声器并联后接在扩音机输出的8Ω端点上，不仅阻抗可以匹配，功率也用足。但实际使用中并不都是这么简单。为了把这个匹配方法推广到更加复杂的情况中去应用，我们引用一个公式，即

$$Z_K = \frac{P_Y}{P_K} Z_Y \quad (1-2)$$

式中 Z_K ——扩音机端点的阻抗值，是待定值；

P_Y ——扬声器额定功率；

P_K ——扩音机输出额定功率；

Z_Y ——扬声器额定阻抗。

应用(1-2)式对上例进行计算

$$Z_K = \frac{P_Y}{P_K} Z_Y = \frac{15}{30} \times 16 = 8 \Omega$$

显然，这不是最后结果，把一只16Ω的扬声器接在扩音机输出的8Ω端点上，阻抗不匹配。这种情况预示还必须接上假负载，或者另外接扬声器。假负载的大小可以用下面二个公式进行计算。根据功率基本用足原则得：

$$P_I = P_K - P_Y \quad (1-3)$$

式中， P_I 为假负载必须承担的功率。这样，假负载的阻值就可以按下式计算：

$$R = \frac{P_K}{P_I} Z'_K \quad (1-4)$$

式中 R ——假负载的阻值；

Z'_K ——选定的扩音机输出端点的阻抗值。

上例中我们选定假负载接在扩音机输出的8Ω端点上。

所以

$$P_I = P_K - P_Y = 30 - 15 = 15 \text{ W}$$

$$R = \frac{P_K}{P_I} Z'_K = \frac{30}{15} \times 8 = 16 \Omega$$

这个计算结果就是图 1-2 (b) 的接法, 即扬声器与假负载均是 16Ω , 并联后接到扩音机输出的 8Ω 端点上, 实现了阻抗匹配, 功率也用足。那么, 假负载是不是一定要接在扩音机的 8Ω 端点上呢? 不一定。根据 (1-4) 式, 也可以选定接在扩音机输出的任意二个端点上, 只是要重新计算 R 值。如果, 选定把假负载接在扩音机输出的 16Ω 端点上, 则

$$R = \frac{P_K}{P_I} Z'_K = \frac{30}{15} \times 16 = 32 \Omega$$

所以把 16Ω 、 15W 扬声器接 8Ω 端点上, 另将一只 32Ω 、 15W 的线绕电阻接在扩音机的 16Ω 端点上, 同样可以达到阻抗匹配的目的 (图 1-3)。其效果与图 1-2 (b) 的接法一样。

有时候也会碰到这样情况, 有一只功率适当、但阻值却不等于计算的电阻, 不能随便接在扩音机的输出端点上。这时, 可以用 (1-4) 式倒过来计算 Z'_K 。

例: 现有一只 15W 、 10Ω 的电阻要与一只 15W 、 16Ω 扬声器接在 30W 的扩音机上, 如何接法?

首先用 (1-2) 式计算 Z_K

$$Z_K = \frac{P_Y}{P_K} Z_Y = \frac{15}{30} \times 16 = 8 \Omega$$

把扬声器接在 8Ω 端点上, 然后考虑 10Ω 的电阻应该接在什么端点上。根据 (1-4) 式:

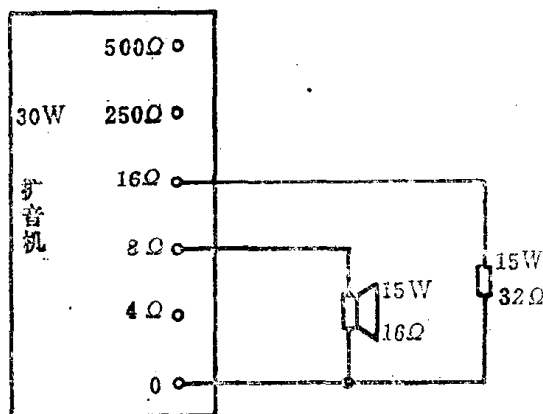


图 1-3 假负载电阻的另一种接法

$$Z'_K = \frac{P_I}{P_K} R = \frac{15}{30} \times 10 = 5 \Omega$$

这就是说可以将这只 10Ω 电阻接在扩音机输出的 5Ω 端点上。但一般扩音机没有 5Ω 的输出端点, 作为近似考虑, 也可把它接在 4Ω 端点上。不过, 我们还要介绍一种通用的方法, 不是把它接在 4Ω 端点上, 而是要用其他端点进行阻抗匹配, 使适用范围大为扩大。

我们知道, 扩音机输出端点标明的阻值, 都是对“零”接点而言 (图 1-4), 即: 0 与 4Ω

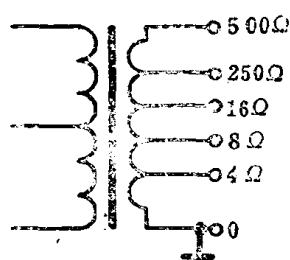


图 1-4 扩音机输出端点的阻值

二端点之间的阻抗为 4Ω , 0 与 250Ω 二端点之间的阻抗为 250Ω 等等。显然, 由于扩音机输出的许多端点中任意一对端点之间都有一个输出阻抗值, 完全可以充分利用。

设数值较大的输出端点对“零”之间的阻抗值为 Z_a , 数值较小的输出端点对“零”之间的阻抗值为 Z_b 。那么, 任意两个端点之间的阻抗值可以用下列公式求得

$$Z_{ab} = (\sqrt{Z_a} - \sqrt{Z_b})^2 \quad (1-5)$$

例如: 16Ω 端点与 4Ω 端点之间的阻抗应为 $(\sqrt{16} - \sqrt{4})^2 = (4 - 2)^2 = 4\Omega$ 。这里要特别指出的是这两端点之间的阻抗值绝不是简单的算术减法 $16 - 4 = 12\Omega$, 而是要按 (1-5) 式进行计算。又如: 25Ω 端点与 8Ω 端点之间的阻抗值为

$$(\sqrt{25} - \sqrt{8})^2 = (5 - 2.83)^2 = 2.17^2 \approx 4.71 \approx 5 \Omega.$$

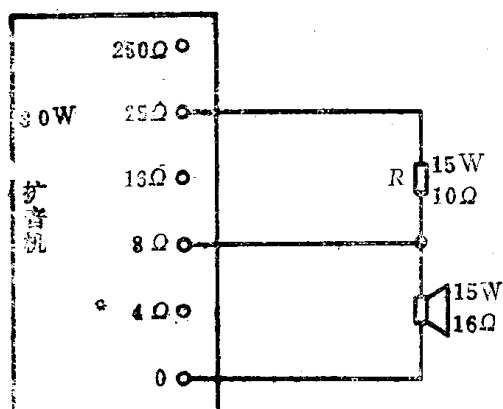


图1-5 已知假负载电阻值
R求Z_扩的连接图

现在,再看前一个例子的假负载如何接法?根据计算10Ω电阻应该接在输出阻抗为5Ω的端点上,而25Ω端点和8Ω端点之间的阻抗近似地为5Ω。因此,把15W、10Ω的电阻接在25Ω和8Ω两个端点上,就能达到阻抗匹配的目的(图1-5)。这里要说明一点,上述的Z_a和Z_b必须是输出变压器的同一个线圈的两个端点,否则不能用上述公式进行计算。

上例说明,可以在扩音机有限的输出端点上求得较多的输出阻抗值,这就大大地扩大了扩音机与扬声器的匹配范围。根据(1-5)式计算出的扩音机各输出端点之间的阻抗值如表(1-1)。

表1-1 扩音机输出变压器各端点之间的阻抗值

低	低 阻 抗								高 阻 抗				
	端点标称 阻抗值(Ω)	0	2	4	8	16	25	32	100	125	150	200	250
阻	2	2											
	4	4	0.34										
	8	8	2	0.68									
	16	16	7	4	1.4								
	25	25	13	9	5	1							
	32	32	18	13	8	2.7	0.4						
抗	100	100	74	64	51	36	25	19					
	125	125	95	84	70	52	38	31	1.4				
	150	150	117	105	89	68	53	43	5	1.1			
	200	200	162	147	128	103	84	72	17	9	3.6		
	250	250	207	191	169	140	117	103	34	21	13	2.8	
	500	500	439	415	382	337	301	279	153	125	102	68	43

注:本表阻抗值应是同一个线圈的两个端点,两个端点不是同一个线圈不能用。

有了这张表,使用时非常方便。例如,100Ω端点与16Ω端点之间的阻抗值为36Ω,250Ω端点与100Ω端点之间的阻抗值为34Ω、……等等。

下面再举二个例子。

例1:有一台扩音机,输出功率为40W,输出端子如图1-6,要接一只10W、8Ω的扬声器,如何接法?

扬声器额定功率只有扩音机额定功率的四分之一,必须接上假负载。首先按(1-2)式计算

$$Z_K = \frac{P_Y}{P_K} Z_Y = \frac{10}{40} \times 8 = 2 \Omega$$

但在扩音机上没有2Ω的输出端点,从表1-1中查得16Ω与8Ω端点之间的阻抗值为1.4Ω,与2Ω比较接

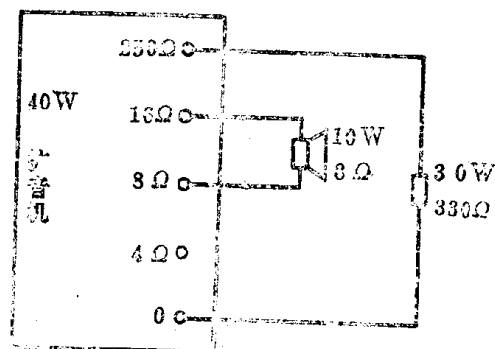


图1-6 例1的接线图

近。把扬声器接在这两个端点上，扬声器所得的实际功率略小于10W，对保护扬声器有好处。如包括假负载在内的全部消耗功率与扩音机的额定功率相比，也不会相差太大。

若选定将假负载接在0Ω与250Ω两个端点上，用(1-3)式计算， $P_I = P_K - P_Y = 40 - 10 = 30\text{W}$ ，再用(1-4)式计算R值

$$R = \frac{P_K}{P_Y} \cdot Z_K = \frac{40}{10} \times 250 = 1000 \Omega$$

选用一只阻值为300~370Ω功率为30W以上(若散热环境较差且使用时间较长，最好选择实际消耗功率的1.5倍至2倍以上)的线绕电阻接在0Ω与250Ω两个端点上(图1-6)。当然也可以选定其他任意一对端点接上假负载，但阻值必须重新计算。

例2：扩音机的功率为50W，有二只扬声器，分别为25W、16Ω和10W、8Ω。要接上使用，如何接法？

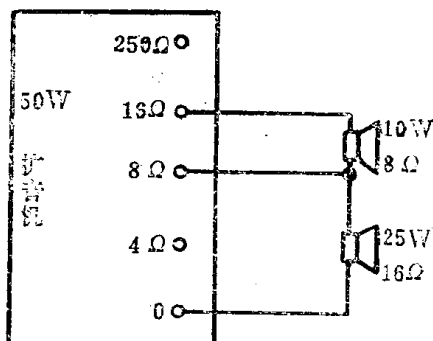


图1-7 例2的接线图

两只扬声器的额定功率总和为25W + 10W = 35W，占扩音机的额定功率的70%。作为一般非长期固定使用情况下，可以不考虑接上假负载，按(1-2)式分别计算两只扬声器各应该接在什么端点上？

对25W的扬声器

$$Z_K = \frac{P_Y}{P_K} \cdot Z_Y = \frac{25}{50} \times 16 = 8 \Omega$$

对10W的扬声器：

$$Z_K = \frac{P_Y}{P_K} \cdot Z_Y = \frac{10}{50} \times 8 = 1.6 \Omega$$

因此，25W扬声器接在0Ω与8Ω的两个端点上。10W扬声器可以接在8Ω与16Ω两个端点上，这两个端点的实际输出阻抗为1.4Ω，用(1-5)式计算或查表1-1均可。

以上所述扩音机的阻抗匹配都是低阻抗，扬声器可以直接接在扩音机输出端点上的情形。对于高阻抗输出，就要进行阻抗变换，也就是要在扩音机与扬声器之间增加一只变压器(图1-8)，这种变压器叫线间变压器。在定阻扩音系统中，它的初、次级线圈端点是以阻抗值来标称的。线间变压器通常与扬声器装在一起或者装在同一个箱体内，它的初级与扩音机的高阻抗输出端点(250、500Ω等)相连，次级与扬声器相连。线间变压器的次级阻抗与所接扬声器阻抗相等。

它的初级阻抗按下列公式计算

$$Z_Q = \frac{P_K}{P_Y} \cdot Z_K \quad (1-6)$$

式中 Z_Q ——线间变压器的初级阻抗；

Z_K ——扩音机输出端点标称阻抗。

例：有一台扩音机额定功率为40W，输出阻抗端点为0和250Ω，要接10W、8Ω扬声器二只，5W、6Ω扬声器二只，如何接法？

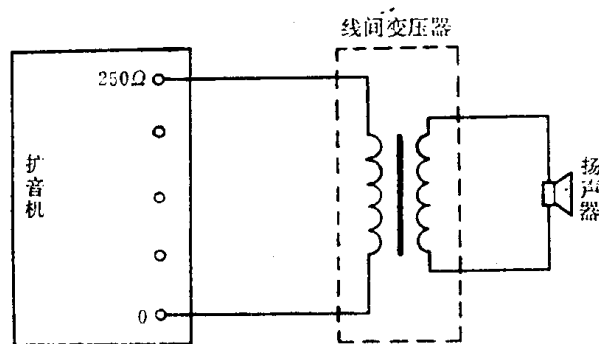


图1-8 线间变压器的连接

四只扬声器的总功率为 $10 + 10 + 5 + 5 = 30 \text{ W}$ ，占扩音机额定功率的75%，可以不考虑接假负载。根据题意要求， $Z_K = 250 \Omega$ ，按(1-6)式计

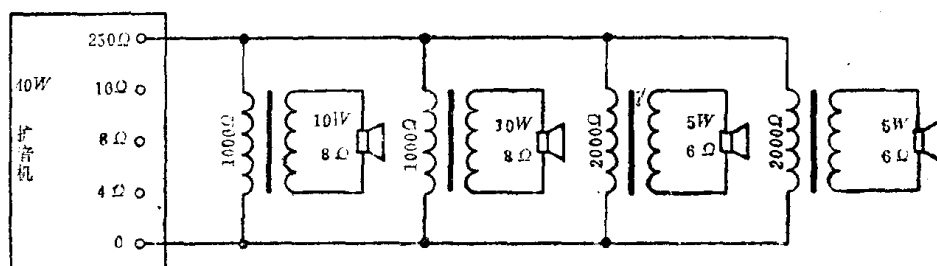


图1-9 扩音机高阻输出扬声器的连接

算，设每只线间变压器的初级阻抗为 Z_C ，对 10 W 扬声器

$$Z_C = \frac{P_K}{P_Y} \cdot Z_K = \frac{40}{10} \times 250 = 1000 \Omega$$

对 5 W 扬声器

$$Z_C = \frac{P_K}{P_Y} \cdot Z_K = \frac{40}{5} \times 250 = 2000 \Omega$$

把四只线间变压器的初级并联起来接到扩音机的 250Ω 输出端点上，四只扬声器接在各自的线间变压器的次级上，如图1-9所示。严格地说，这时扩音机的输出阻抗与负载阻抗并没有完全匹配，把四只线间变压器的初级阻抗并联起来，它的总阻抗为 333Ω 。与 250Ω 比较相差25%，如果能在输出端再并联一路带有线间变压器的 10 W 、 8Ω 扬声器或接上 1000Ω 、 10 W 以上的假负载，扩音机与负载的阻抗就完全匹配了。但是作为一般使用，影响不会太大，上述的接法也是允许的。当然，如果扩音机有 500Ω 的输出端点，根据表 1-1， 6Ω 与 500Ω 二个端点的输出阻抗为 337Ω 。所以，把所有负载并联后接在 16Ω 与 500Ω 这两个端点上，那就更理想了。这里要指出的是线间变压器的功率不应该小于扬声器的额定功率，略大一些更好。但从经济角度来说也不要大得过多，以免浪费。通常线间变压器的初级线圈和次级线圈都作成多抽头式，以便适应不同阻抗的要求。

当所接负载的总功率与扩音机额定功率相差较大，不能满足“功率基本用足”的要求时，与低阻抗输出一样也要接入假负载。它的计算仍用(1-3)和(1-4)式。现举一例加以说明。

扩音机输出功率为 150 W ，有两只 25 W 、 16Ω 扬声器，要接在 0 和 250Ω 的二个端点上，如何接法？

显然，两只扬声器的总功率只有 50 W ，只有扩音机输出功率的三分之一。因此，必须接上假负载才能使用。按(1-3)和(1-4)计算

$$P_J = P_K - P_Y = 150 - 50 = 100 \text{ W}$$

$$R = \frac{P_K}{P_J} \cdot Z_K = \frac{150}{100} \cdot 250 = 375 \Omega$$

每只扬声器所接的线间变压器的初级阻抗用(1-6)式计算得

$$Z_C = \frac{P_K}{P_Y} \cdot Z_K = \frac{150}{25} \cdot 250 = 1500 \Omega$$

因此要选用阻抗比为 $1500 \Omega : 16 \Omega$ 的线间变压器二只，按图1-10那样接法就可以实现扩音机的匹配。

如前所述，假负载的功率是计算的最低限度功率。因此，本例如果只选用 100 W 的电阻是不够的。为了给出一定余量，应该选用 $150 \sim 200 \text{ W}$ 、 375Ω 的线绕电阻为宜。不过这种电

阻往往不易找到，可以用数只电阻串联或并联使用。

还要说明，不要用电灯泡作为扩音机的假负载，因为电灯泡钨丝的热态电阻与冷态电阻相差约10倍左右。如果用电灯泡作为假负载，它的阻值就随扩音机的音量大小的变化而变化，而且变化的幅度相当可观，所以达不到阻抗匹配的目的。这样，不仅会失真，而且会影响扩音机末级功放管的寿命。所以最好用功率足够的线绕电阻作为负载。

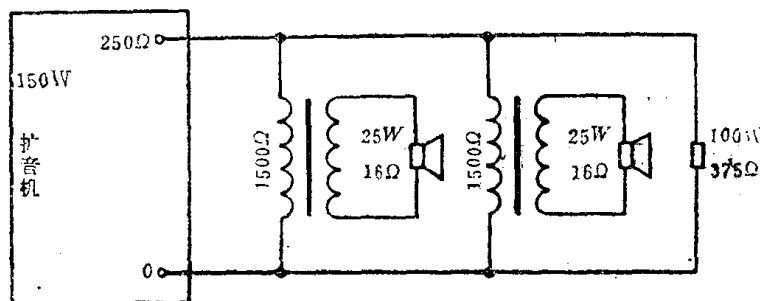


图1-10 扩音机高阻输出、假负载的接法

二、定压输出扩音机的匹配

定阻输出扩音机的阻抗匹配是一个比较繁杂的问题。特别是船用扩音机，由于用户扬声器很多，可达十几只、几十只甚至上百只。其规格也各不相同。多数扬声器都要求能够随时开闭。这样，就要求每一路扬声器都接有假负载，并且能够按照需要进行转接。扩音机与扬声器的匹配问题也显得更加复杂。因此，限制了定阻输出扩音机在船舶中的应用。目前，只有一些小型船只，由于所用扬声器数量较少，线路比较简单，扩音机功率较小，阻抗匹配较容易，还使用定阻输出扩音机。对于一些扬声器数量大的中大型船舶，都用定压输出扩音机。

由于定压式输出扩音机的输出电压基本不变，因此，扩音机与扬声器的匹配比较简单，只要扬声器的功率总和不超过扩音机的额定功率，就可以象接电灯那样把带有线间变压器的扬声器任意并联到扩音机的输出端点上去，不用考虑阻抗匹配问题。并且可以任意切断各路负载(扬声器)而毋需用假负载去代替扬声器。甚至扩音机输出全部开路，也不会发生什么问题，因此，为了保护扬声器不因过荷而损坏，可以在扩音机输出电路里接入适当的保险丝。但是使用定压输出扩音机时必须注意扬声器的额定电压与扩音机的输出电压是否相符。各种类型扩音机的输出电压各不相同，常见的有15、30、60、120、240、360、480、960V等。GY系列扩音机的输出电压有60V和120V二种。50W的扩音机输出电压为60V，100W的扩音机输出电压为120V。

在定阻输出的扩音机里，我们曾经讲过，不能单纯考虑阻抗匹配，而必须同时考虑功率的匹配。追究其根源，实际上是扬声器所承受的电压问题。例如，一只25W、16Ω扬声器接到一台25W扩音机的16Ω输出端点上，能够正常工作，其接法是完全正确的。但如果把这只扬声器接到一台250W扩音机的16Ω输出端点上，就会造成烧坏扬声器的后果，原因就是后者的电压过高导致扬声器烧坏。在电工知识里，我们知道电压、阻抗、功率三者之间的关系是： $P = V^2/Z$ ，把它改写一下：

$$V = \sqrt{PZ} \quad (1-7)$$

这个公式用在扩音机里。 V 代表扩音机各端点的输出电压或线圈变压器的初级电压和次级电压以及扬声器所承受的电压， P 代表扩音机的输出功率或扬声器的功率， Z 代表扩音机输出变压器各端点的阻抗、线间变压器初(次)级阻抗、扬声器阻抗。对于上述25W的扩音机而言，它的16Ω输出端和扬声器所承受的电压都是： $V = \sqrt{PZ} = \sqrt{25 \times 16} = 20V$ 。

对 250 W 扩音机而言,其输出电压 $V = \sqrt{250 \times 16} = 63.2 \text{ V}$,而扬声器所能承受的电压仍然是 20 V。从这二个电压值上可以很清楚地看出为什么 25 W、16 Ω 的扬声器接在 250 W 的扩音机上会烧坏,也说明了为什么在定阻输出扩音机中不能只考虑扩音机的阻抗匹配,而必须同时考虑阻抗和功率二个方面的匹配问题。

定压输出的扩音机在考虑扬声器的配接时,着眼点是电压,对于低压输出的扩音机,额定电压与扩音机输出电压相同的扬声器可以直接接到扩音机的输出端点上。对于一些以阻抗值标称的扬声器可以按其功率大小用(1-7)式进行计算它所能承受的电压。例如,一只 25 W、16 Ω 的扬声器,它所能承受的电压 $V = \sqrt{PZ} = \sqrt{25 \times 16} = 20 \text{ V}$ 。因此,它可以直接接在有 20 V 端点的扩音机上。当扬声器的额定电压(即所能承受电压)与扩音机的输出电压不相符时,就应当用线间变压器进行电压变换。线间变压器用在定压扩音系统中,它的初、次级线圈端点是以电压值来标称的。

下面举一个例子说明定压输出扩音机的配接方法。

有一台 250 W 定压输出扩音机,输出的额定电压为 120 V,现有 25 W、16 Ω 扬声器二只,15 W、16 Ω 扬声器一只,12.5 W、8 Ω 扬声器三只,如何配接和选择线间变压器?在这个例子里的所有扬声器都是以阻抗标称的,都要换算它们所能承受的电压值,根据(1-7)式进行计算,

25 W、16 Ω 扬声器的电压值为 $\sqrt{25 \times 16} = 20 \text{ V}$

15 W、16 Ω 扬声器的电压值为 $\sqrt{15 \times 16} = 15.5 \text{ V} \approx 15 \text{ V}$

12.5 W、8 Ω 扬声器的电压值为 $\sqrt{12.5 \times 8} = 10 \text{ V}$

根据计算,只要选择 120 : 20 线间变压器二只,120 : 15 线间变压器一只,120 : 10 线间变压器三只按图 1-11 连接即可。扬声器总功率为 $25 \text{ W} \times 2 + 15 \text{ W} + 12.5 \text{ W} \times 3 = 102.5 \text{ W}$ 。虽然扬声器的功率总和只有扩音机额定功率的 41%,但因为是定压输出,完全可以不用假负载。

事实上,在定阻输出扩音机中一再强调的阻抗匹配问题也可以从电压的角度来理解。就以图 1-7 的例子来说,25 W、16 Ω 的扬声器所能承受的电压为 $\sqrt{25 \text{ W} \times 16 \Omega} = 20 \text{ V}$,扩音机的 0~8 Ω 两端点的输出

电压为 $\sqrt{50 \text{ W} \times 8 \Omega} = 20 \text{ V}$,这二个电压值是完全相等的。因此,把扬声器接 0~8 Ω 的端点上,不仅阻抗匹配,电压也相等。因而能够正常工作。对 10 W、8 Ω 的扬声器所能承受的电压为 $\sqrt{10 \text{ W} \times 8 \Omega} = 8.9 \text{ V}$,扩音机的 8 Ω ~16 Ω 两端点之间的电压为 $\sqrt{50 \text{ W} \times 1.37 \Omega} = 8.3 \text{ V}$ [8 Ω 与 16 Ω 两端点之间的阻抗为 $(\sqrt{16} - \sqrt{8})^2 = 1.37 \Omega$]。这二个电压值有一误差,这是因为 10 W、8 Ω 扬声器本应该接在输出阻抗为 1.6 Ω 的端点上,而 8 Ω 与 16 Ω 二个端点之间的阻抗却只有 1.37 Ω ,不过这点误差是允许的。

以上所述,说明阻抗与电压值之间是一个问题的两个方面,它们是统一的,有确定的内在联系,可以进行换算。

1. 扬声器的阻抗与所能承受的电压之间的换算,

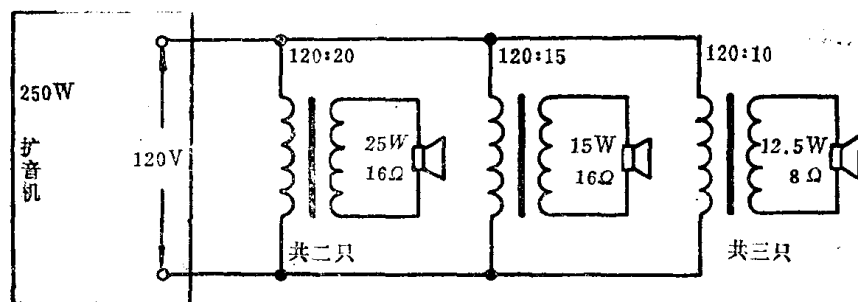


图 1-11 定压输出扩音机与扬声器的配接

已知扬声器的功率和阻抗,根据(1-7)式计算电压。例如 15W、16Ω 的扬声器所能承受的电压为 $\sqrt{15 \times 16} = 15.49\text{V}$ 。各种规格的扬声器所能承受的电压值如表1-2, 这个表是按(1-7)式计算的。

表1-2 扬声器所能承受的电压值

扬声器规格	25W 16Ω	15W 16Ω	12.5W 8Ω	10W 8Ω	5W 4Ω	3W 8Ω	2W 4Ω	1W 3.5Ω
额定电压	20V	15.5V	10V	8.95V	4.47V	4.9V	2.8V	1.87V

利用(1-7)式进行计算,由于算式中需要开方,显得不大方便。这里介绍一种简便的近似算法:将扬声器的额定功率 P 加上其阻抗 Z ,其和被 2 除,所得的商数即为扬声器所能承受的电压。例如 25W、16Ω 扬声器所能承受的电压近似值为 $(25 + 16)/2 = 20.5\text{V}$,这与计算值的 20V 非常接近。这种算法中,如果额定功率值 P 及其阻抗 Z 的数值越接近,其精度就越高。实际使用中,如果 P 与 Z (或 Z 与 P) 之比小于 5~6 倍,其计算精度仍能满足要求。一般地说,扩音系统中所用扬声器都能满足这个要求。

2. 线间变压器初级与次级阻抗、电压的换算

计算公式用(1-7)式,计算结果如表1-3。

表1-3 线间变压器阻抗、电压换算表

阻 抗(Ω)		功 率 (W)					
		2	5	10	12.5	15	25
		额 定 电 压 (V)					
次 级	3	2.45	3.87	5.48	6.12	6.71	8.60
	4	2.83	4.47	6.33	7.07	7.75	10.0
	6	3.44	5.47	7.75	8.65	9.49	12.23
	8	4.0	6.33	8.94	10.0	10.95	14.14
	12	4.9	7.75	10.9	12.25	13.42	17.32
	16	5.65	8.94	12.65	14.14	15.49	20.0
初 级	250	22.3	35.2	50.0	56.0	61.24	79.0
	500	31.6	50.0	70.7	79.0	86.6	111.7
	750	38.7	61.2	86.5	96.8	106.0	136.9
	1000	44.8	70.8	100.0	111.7	122.5	158.2
	1500	54.7	86.5	122.4	137.0	150.0	193.7
	2000	63.2	100.0	141.4	158.0	173.2	223.5
	2500	70.7	111.7	158.0	176.8	193.6	250.0
	3000	77.4	122.5	173.0	193.6	212.1	274.0
	3500	83.5	132.3	187.0	209.0	229.1	298.0
	4000	89.3	141.4	200.0	223.5	244.9	316.0
	5000	100.0	158.0	223.5	250.0	273.9	353.6
	6000	109.5	173.2	245.0	274.0	300.0	387.0

3. 定阻输出扩音机各输出端点阻抗与电压的换算