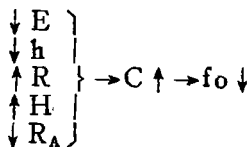


显然,当H不变时, R_A 的增大会导致 f_0 的提高。

五、结 论

E、H、R、h、 R_A 对 f_0 的影响分别由式(12)、(13)、(16)决定。影响趋效为(H的影响除去H接近2R时可能出现的少数情况):



下面给出一个实例。

在具体设计中,由于产品的装配工艺等也要对 f_0 产生影响,故通常是先设计采用一定材料和形状的振膜,测出其共振频率(f_{01}),然后利用本文的结论对有关参数进行适当调整,使其达到设计要求(f_{02})。

$$\begin{aligned} \text{已知: } f_{01} &= 120\text{Hz} \\ R_1 &= 10\text{mm} \\ H_1 &= 10\text{mm} \end{aligned}$$

$$R_A = 6\text{mm}$$

目标: $f_{02} = 100\text{Hz}$ (且只能变化 R

$$\eta_R \approx \frac{f_{02}}{f_{01}} = \frac{100}{120} = 0.83$$

查表(1a)得: $W_1 = 28$

$$\text{这样: } W_2 = \frac{W_1}{\eta_R^2} = 41$$

再查表(1a),得出对应于 W_2 (H_1 不变)的 R_2 值约为13mm。

最后取: $R_2 = 13\text{mm}$

实测(几个振膜): $f_{02} = 98 \sim 102\text{Hz}$

参 考 文 献

- [1] 杜功焕等著《声学基础》, 1981
- [2] 傅慧忠、徐根棠《耳机声旁路系统对声频响的控制》, “声学技术”, No. 2, 1986
- [3] 沃诺克、本哈姆著《固体力学和材料强度》, 人民教育出版社, 1983

听觉性能测试仪

陈克棠

(中国科学院声学所东海研究站)

一、引 言

众所周知,正常的人耳是一种性能优良的声音分析器。因此,从第一次世界大战期间声呐发明之日起直到现在,无论在主动声呐还是被动声呐中,人耳对于声呐信号的检测都是至关重要的;如果声呐员仅在荧光屏上看到信号而没有同时听到信号,则不能认为已经发现了声呐目标。

尤其对于调频信号,人耳较诸其他声呐信号指示器似乎更胜一筹。声呐员常常遇到这样情况:在荧光屏上,信号已经淹没于噪声背景之中,而通过耳机却还能够清晰地听到。

那么,人耳究竟对于哪些调频(Frequency Modulation)或跳频(Frequency stepping)规律的信号较为敏感?是否存在适合于人耳听测的最佳信号?

此外,已经知道,人耳对于单频信号的听测模型为能量检测模型,它可以用一组频带宽度不同的窄带滤波器后接一组积分时间不同的积分器来描述。^[1]那么,人耳对于音调变化规律不同的复杂信号的听测模型又是什么呢?经验表明,人耳对音调熟悉的信号听测灵敏度很高,而对音调不熟悉的信号则不然。又从主动声呐的探测经验可知,人耳对复杂信号的听测能力几乎与相关处理器

相同。因此，从信号检测的观点和方法来研究人耳对熟悉或不熟悉的复杂信号的听测能力，便可能推断人耳对于复杂信号的听测模型究竟为能量检测模型(这是对未知信号的最佳检测器)? 相关检测模型(这是对确知信号的最佳接收机)? 还是音调相关检测模型(即FS—PDMP系统)^[2]?

本文所介绍的“听觉性能测试仪”就是为了进行上述研究而研制的，将它与“数控跳频信号源”^[3]以及录音机相配合，便可以开展多项听测实验。

二、系统描述

本仪器的原理方框图如图1所示，它由信号监听通道(主通道)、计数与译码显示通道、录音与回放通道以及拟随机编码脉冲形成通道等所组成。现分别介绍如下。

1. 信号监听通道

该通道的主要功能是：对于不同信噪比的被测信号加噪声进行监听，监听带宽应与

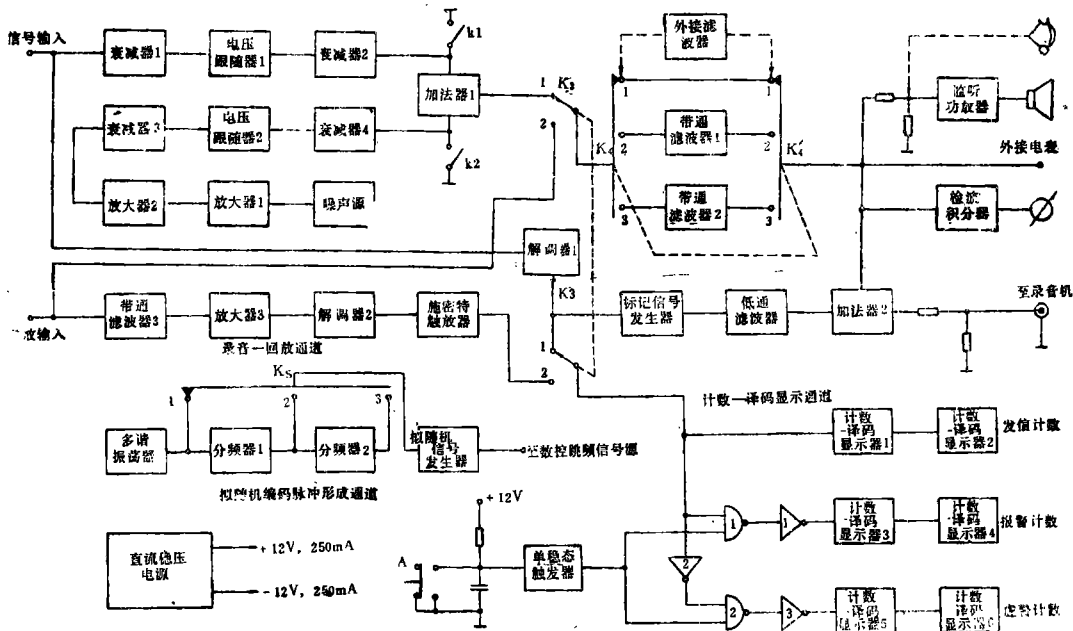


图1 听觉性能测试仪原理方框图

人耳的最佳听测频带(约1000~3000赫)、信号的频谱宽度(800~1800赫)以及PDMP接收机的处理带宽(1000~2000赫)相适应；测定被测信号、噪声以及被测信号加噪声的电平。

由图1所示，输入信号(0~10伏正向跳频脉冲)经过衰减器1、电压跟随器1和衰减器2之后，送到加法器1的一个输入端。同样地，本机噪声发生器输出的噪声电压经过衰减器3、电压跟随器2和衰减器4之后，送到加法器1的另一输入端。

加法器1输出的信号加噪声，直接或者经由带通滤波器组送入耳机作为监听之用，亦可通过监听功率放大器之后，用喇叭监听；并且同时送到检波—积分电路，用电表该测信号、噪声或信号加噪声的电平。

2. 计数与译码显示通道

该通道的主要功能是：对于“数控跳频信号源”输送到本机的信号个数进行计数(即发信计数)；对于测试者在无信号输入期间主观上误听到的信号的个数进行计数(即虚警

计数)。将听测结果进行相应的处理,便可求得报警概率、虚警概率和漏报概率。

如图1所示,输入信号一路送入主通道作为监听之用,另一路则经由解调器1得到一个正向脉冲,作为发信计数脉冲,同时送至发信计数电路、与非门1的一个输入端以及标记信号发生器中。

测试者在听到信号的同时,应立即揿动按钮A,产生一个负向尖顶脉冲,以激励单稳态触发器输出一个正向窄脉冲。此窄脉冲若在发信计数脉冲持续时间内到达与非门1的另一个输入端,该与非门便输出一个负向脉冲,经由倒相器1之后输出一个正向的报警计数脉冲,送到报警计数电路中,对报警信号的个数进行计数与显示。必须指出,由于外界信息从人耳神经通过脑神经传递到四肢神经使四肢相应动作,大约需要200毫秒时间,因此,发信计数脉冲的后沿应当比信号的后沿延迟200毫秒。这可以通过调节解调器1的RC时间常数来达到。

如果测试者在无信号输入期间揿动按钮A,则单稳态触发器输出的窄脉冲将与经过倒相器2得到的反向发信计数脉冲在与非门2中符合,并由倒相器2输出一个正向的虚警计数脉冲,对虚警个数进行计数与显示。

3. 录音与回放通道

设置该通道的目的是:在实验室里重复室外听测试验,或者在没有“数控跳频信号源”的条件下也能进行听测试验。为此,可将标记信号与监听信号相加,然后送到录音机中录制下来。标记信号应与监听信号同步。录音回放信号一路送到主通道用作监听,另一路送入回放通道,将其中的标记信号提取出来,作为计数信号,再输送到计数与译码显示通道之中。

如图1所示,录音的过程是:输入信号经由解调器1之后得到的发信计数脉冲激励标记信号发生器,使之产生载频为15千赫、

宽度与发信计数脉冲相同的标记信号,再经过低通滤波器之后送到加法器2的一个输入端;输入信号加噪声则经过主通道的带通滤波器之后,送到加法器2的另一个输入端。于是,加法器2便输出同时含有信号、噪声和标记信号三者的“和”信号,并送至录音机中录制下来。这里需要指出的是,在录音机高频响应容许的情况下,标记信号的载频应当尽可能选得高一些,以便在回放时不会干扰信号的听测;另外,“和”信号的幅度应使得在回放听测时,信号加噪声具有足够的监听电平,并便于标记信号的提取。

在回放听测时,将录音机输出的“和”信号送到回放通道的输入端。此“和”信号一路直接送往主通道进行监听,另一路则经由带通滤波器3,将标记信号提取出来,由放大器3放大到足够的电平,再通过解调器2和施密特触发器,复原成为发信计数脉冲,送至计数与译码显示通道。

4. 拟随机编码脉冲形成通道

如前所述,本仪器主要用于人耳对噪声背景中跳频信号的听测能力的实验研究。因此,对于被测信号的到达时刻,听测者应当是毫无先验知识的。设置此通道以产生一系列拟随机脉冲,作为触发信号,送到“数控跳频信号源”的“外控”触发输入端,激励信号源产生一系列拟随机编码的跳频信号。

如图1所示,该通道由自激多谐振荡器、分频器1、2以及拟随机编码脉冲发生器所组成。自激多谐振荡器产生重复周期为2秒的矩形脉冲,经由分频器1和2之后,分别形成重复周期为4秒和8秒的矩形脉冲。然后用波段开关 k_5 在这三种脉冲中任选一种作为钟脉冲(即移位脉冲),送到拟随机编码脉冲发生器中。拟随机编码脉冲发生器是由4节用作移位寄存器的J-K触发器和一个模2加法器所构成,如图2所示。它的工作过程可用表1说明之。

表1 拟随机编码脉冲发生器逻辑状态

寄存器 节号	寄存器 状态	移位脉 冲序号															
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1
2		1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1
3		1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1
4		1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1
说	明	$1+1=0$ $1+1=0$ $1+1=0$ $0+1=1$															
		由此重复															

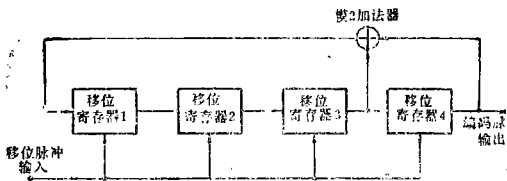


图2 拟随机编码脉冲发生器工作原理

由表1可见，第4寄存器输出的拟随机编码序列为111100010011010，此后周而复始，循环不已。一般说来，有n节寄存器便可产生 2^n 种不同的逻辑状态。但从表1可知，如若初态时每一节寄存器均为逻辑0状态，则将产生全部为0的序列。这显然是不允许的，在本机中已采取措施加以解决。因此，实际上该拟随机编码序列的长度(即周期) $N^0 = 2^4 - 1 = 15$ 。

三、结 语

利用本仪器可以开展下列听测实验研究：

1. 人耳对于不同载频、不同信号长度的单跳频信号(即单频脉冲)的听测能力；
2. 在同一噪声背景下，人耳对于不同跳频规律的声信号(即复杂声)的听阈；
3. 两个频率不同的声信号之间的掩蔽效

应；

4. 人的听觉对于特定跳频规律的信号的适应性，即人耳对复杂音调信号从不熟悉到熟悉的变化过程；并且比较不同类型的人员(声呐兵、音乐工作者以及一般人员等)在这一变化过程中的差异。

毫无疑问，上述实验研究的结果，对于声呐信号设计与声呐信道匹配研究是有益的，而且还将为深入探讨人耳听觉的物理模型提供了可能性。

本仪器是在中国科学院声学所东海研究站张叔英研究员的指导下研制完成的，谨致谢忱。

参 考 文 献

- [1] R.J.Urick, “工程水声原理”, 洪申译, 国防工业出版社(1972), 326。
- [2] Zhang Shuying(张叔英), “A study of FS-PDMP System”, Chinese Journal of Acoustics, vol. 5(1986), 205-213。
- [3] 易培林、郭祥生, “数控跳频信号源”, 声学技术, 第二卷第一期(1983), 51—52。