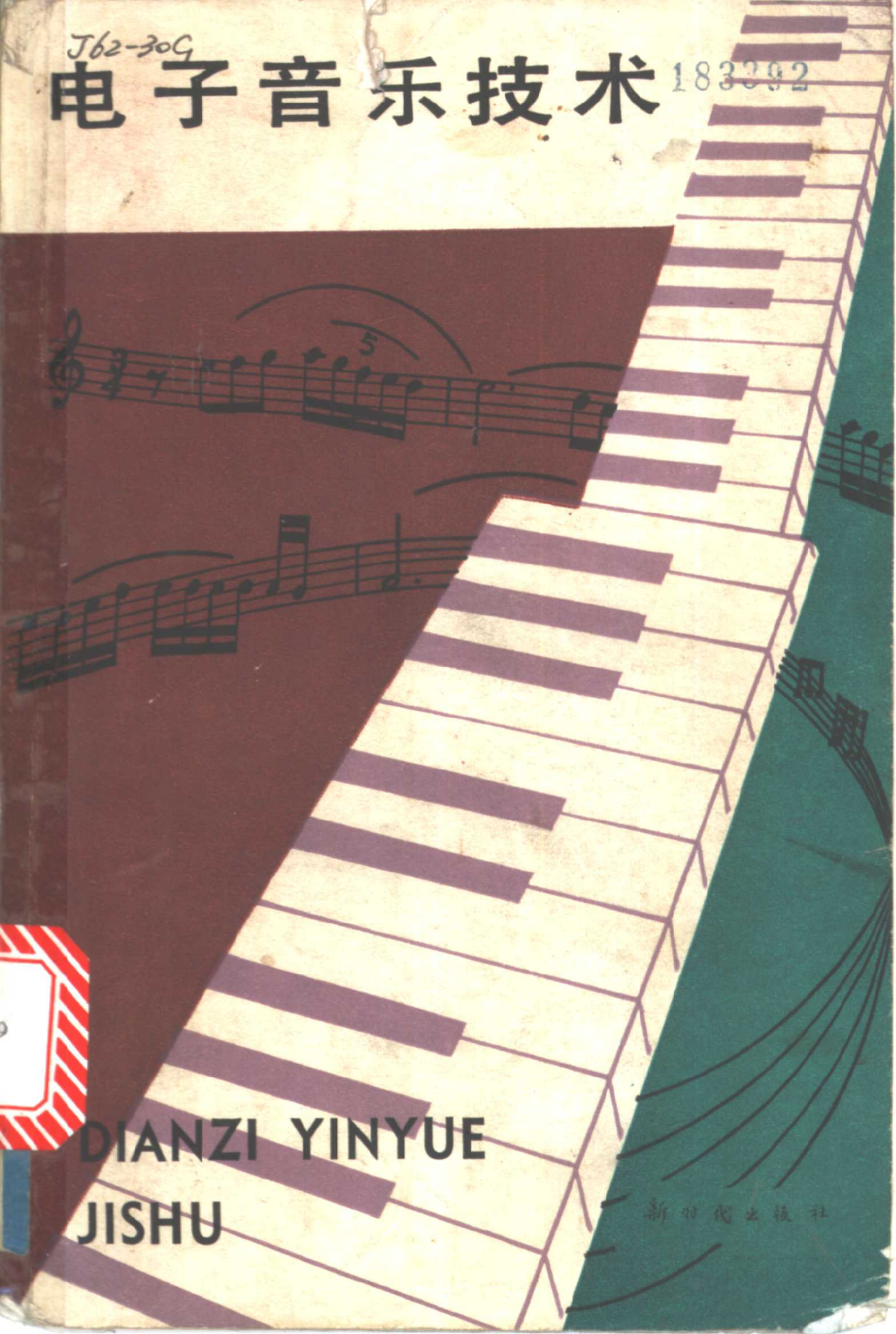


J62-30G

电子音乐技术

183392



DIANZI YINYUE
JISHU

新时代出版社

J62-304

电子音乐技术

刘 启 文
刘 启 武 编著

新 时 代 出 版 社

内 容 简 介

本书较系统地介绍了电子乐器的原理和实践知识,对典型的键盘式、弦控式电子琴的电路作了剖析;书中还列举了一些国内外电子音乐技术方面有实用价值的新型电路,供读者选用。

书中第一、二章介绍了电子音乐基础知识和电子琴的原理;后面各章分别介绍音阶发生器电路、键盘电路、各种模拟音色及音型电路、旋律信号的各种润色加工电路、列斯丽音响器、混响器、自动节奏演奏器、放大器与电源等内容。后面几章还介绍了一些实用电子乐器电路、结构以及使用、维护等方面的知识。

本书可供从事电子音乐和电声技术的工程技术人员、有关院校师生、无线电爱好者以及电子音乐爱好者阅读参考。

电 子 音 乐 技 术

刘 启 文 编著
刘 启 武

*

新时代出版社出版。新华书店北京发行所发行

昌平展望印刷厂印刷

850×1168毫米 32开本 插页1 13.625印张 336千字

1984年2月第一版 1988年4月北京第3次印刷

印数: 12,651—18,650册

ISBN7-5042-0037-9/TS4

定价: 3.75元

前 言

近些年来,一种崭新的音乐形式——电子音乐,以它独特的音色和风格,出现在舞台、银幕、广播、电视中,深为广大群众所喜爱。电子音乐的基本原理是什么,电子琴为什么能够摹仿各种乐器发声,它如何实现自动演奏功能,电子琴由那些部分组成,怎样演奏和欣赏电子音乐,这一系列的问题,引起广大读者的浓厚兴趣。很多从事电子技术和音乐工作的科技人员、工人、学生、无线电爱好者以及音乐爱好者,都很希望了解电子琴的知识并进行实践。本书正是为了满足读者这一要求而编写的。

本书较系统地叙述了电子乐器的原理、电路、结构、使用及维护等方面的理论与实践知识;结合国内外一些典型电子琴进行分析。有许多内容是实践经验的总结。

我们在电子音乐技术方面的科研、试验、资料搜集过程中,曾得到北京乐器研究所、北京乐器学会的支持。在本书编校过程中,张丹奇同志曾给予大力协助,在此一并致谢。

由于我们的水平所限,书中缺点错误在所难免,请广大读者批评指正。

作 者

1982年4月

目 录

第一章 电子音乐的基本知识

第一节 声音与波	1
一、声音与人耳的特性	1
二、音调、音色与音型	3
第二节 电子音乐基础	6
一、十二平均律	6
二、音准和稳定性	8
三、音域	9
四、音质	11
第三节 电子音乐简述	14
一、概述	14
二、电子乐器的特点	15
三、电子乐器的分类	16
第四节 音乐的频谱特点	17

第二章 键盘式电子琴原理概述

第一节 键盘式电子琴的功能和基本要求	20
一、对电子风琴的基本要求	20
二、电子风琴的基本演奏功能	22
第二节 信号的产生及传输加工	28
一、电子琴的音阶信号	28
二、信号的传输和加工过程	34
第三节 键盘电子琴的程式	35
一、单音电子琴	35
二、复用的单音电子琴	37
三、单排键普及型复音电子琴	38
四、双排键的复音电子风琴	40

第四节 电子风琴的其它演奏功能	41
-----------------------	----

第三章 音阶发生器

第一节 基准音形成器	45
一、RC基准音发生器	45
二、单结晶体管基准音发生器	48
三、LC基准音振荡器	53
四、单一主振器的基准音阶电路	55
五、TTL集成电路基准音振荡器	59
六、JQ2型电子风琴的基准音发生器	60
第二节 音阶分频器	63
一、分立元件分频器	63
二、TTL固体电路分频器	66
三、中规模集成电路分频器	68

第四章 键盘电路

第一节 通用键盘	76
一、概述	76
二、键盘电路	79
第二节 磁控干簧管键盘	84
一、结构及特点	84
二、工艺要求	85
三、磁控键盘电路	87
第三节 单音电子开关及修正器	89
一、开关电路的噪声及暂态过程	89
二、电子音阶开关电路	91
三、键盘音修正器的功能与电路	94
四、音响修正器	98

第五章 音色及音型

第一节 音色概念的数学基础	104
---------------------	-----

一、周期信号的基波、谐波与音色	104
二、特殊波形信号的音色	105
第二节 波形合成与音色加工	108
一、波形的合成	108
二、音色滤波器单元电路	110
第三节 音色模拟电路	112
一、弦乐滤波器	112
二、中提琴滤波器	114
三、古钢琴滤波器	114
四、短笛音色滤波器	115
五、中笛音色滤波器	116
六、长笛音色滤波器	116
七、双簧管音色滤波器	117
八、单簧管音色滤波器	118
九、小号音色滤波器	119
十、长号音色滤波器	119
十一、圆号音色滤波器	121
十二、萨克管滤波器	121
十三、铜管乐器滤波器	122
十四、合成音色	122
第四节 音型发生器	123
一、弹奏音电路	124
二、拨奏音电路	128
三、直奏音型	130
四、混合音型	131
五、音头与音尾的处理	131
第五节 列斯丽音响器	133
一、概述	133
二、光电列斯丽音响形成器	135
三、场效应管列斯丽音响器	140
四、集成电路列斯丽音响装置	141
五、LC延迟式列斯丽装置	143

第六章 旋律信号的润色与加工

第一节 颤音与震音	146
一、概述	146
二、颤音器	147
三、颤音系统的实例	150
四、延迟颤音	153
五、速度回旋颤音	158
六、幅度回旋颤音	160
七、抖动音	162
第二节 音响混合电路	164
一、电子琴全音响信号的混合	164
二、旋律信号混合器及相关电路	168
三、音色和音型混合器	171
第三节 回响器	175
一、弹簧回响器	176
二、回响器电路	179
三、电阻应变片回响信号接收器	182
四、回响信号接收器的代用方法	185
第四节 噪声抑制电路	187
一、噪声信号的来源	187
二、键控式噪声抑制电路	188
三、音响自控式噪声抑制电路	189

第七章 电子打击乐演奏器

第一节 打击乐音乐知识	193
一、打击乐在音乐中的地位	193
二、常规打击乐种类	195
三、常用舞曲和乐曲的节奏旋律	197
第二节 电子琴打击乐音响模拟电路	201
一、鼓音频谱组成	202
二、鼓、板音模拟电路原理	204

三、双 T 桥振荡器形式的鼓、板音实际模拟电路	206
四、RC 移相式鼓音形成器	209
五、板、铃和三角铁音电路	211
六、白噪声发生器	212
七、铍和沙锤音响形成电路	214
八、低音鼓响弦	216
九、打击乐音响混合电路	217
第三节 自动打击乐演奏器	219
一、原理及程式	219
二、节奏控制器	222
三、TTL 与非门计数器	225
四、P-MOS 电路及分立元件计数器	230
五、译码器及编码器的原理	233
第四节 自动节奏电路实例	238
一、原理概述	238
二、各接通开关的功能	239
三、电路工作状态	241
四、钟脉冲电路	244
五、节拍驱动电路	245
六、计数器工作状态	246
七、译码器和打击乐驱动器	248
八、节奏旋律选择系统	249
第五节 JQ2 型电子风琴的自动节奏电路	251
一、自动节奏旋律乐谱	251
二、译码器与编码器	251
三、圆舞曲的第二种译码和编码方法	255
四、自动打击乐演奏器	258
第六节 手动打击乐演奏器	266
一、拍节修正器	267
二、手动打击乐演奏器	269
三、实用的手动打击乐器——电子“它布林”	270
第七节 自动低音和弦伴奏器简介	272

一、踏板和弦音的产生	274
二、LK 和 PK 控制功能	275

第八章 放大器与电源

第一节 放大器、电源与音质的关系	276
一、频率特性对音质的影响	276
二、非线性失真对音质的影响	278
三、信噪比对音质的影响	279
四、动态范围对音质的影响	280
第二节 放大器电路	281
一、玩具电子琴放大器	281
二、普及型电子琴放大器	281
三、集成电路放大器	282
四、前置放大器	284
五、OCL 功率放大器	285
第三节 电源	287
一、简易稳压电源	287
二、普及型电子琴稳压电源	288
三、JQ2 型电子琴电源	288
四、多音色电子琴电源	289
五、小结	292

第九章 实用电子乐器的线路与结构

第一节 玩具电子琴	293
一、滑奏式玩具琴	293
二、八音玩具琴	294
三、WJ-1 型玩具电子琴	296
四、玩具电子风琴	298
第二节 简易电子琴	298
一、宽音域单音电子琴	298
二、JQ1 型简易电子琴	301
第三节 JQ2 型电子琴	302

一、技术性能	302
二、工作原理	305
第四节 弦控式电子琴	308
一、概述	308
二、变音色电吉他	309
三、电吉他泛音器	311
四、电吉他高低音增强电路	311
五、简易弦控式电子琴	312
六、多音色弦控电子琴	315
七、多弦式电子乐器	322
第五节 电子乐器的结构	323
一、电子乐器的结构类型	323
二、声学对结构的要求	327
三、电气安装工艺	329
第十章 电子琴的使用、调整和维修	
第一节 电子琴的使用知识	332
一、使用方法	332
二、注意事项	333
三、音色选择	335
四、音响与配器	335
第二节 电子琴的调整与测试	337
一、调试需用的仪器设备	337
二、主振荡器的调试	338
三、分频器的调试	338
四、失真度的测试	341
五、电源电压对音准的影响与测试	343
第三节 电子乐器的维修	344
一、电子乐器的老化和检测	344
二、电子琴的常见故障及检修	346

附 录

附录1.1	中英电子音乐词汇对照表	353
附录2.1	十二平均律音分频率对照表	357
附录2.2	音程比率表	386
附录3.1	JQ1 型简易电子琴外形照片	390
附录3.2	JQ1 型简易电子琴内部结构照片	391
附录3.3	JQ2 型多音色电子琴外形照片	392
附录3.4	JQ2 型多音色电子琴操作面板照片	393
附录3.5	JQ2 型多音色电子琴内部结构照片	394
附录3.6	日本电子琴外形照片	395

第一章 电子音乐的基本知识

第一节 声音与波

声音是由物体的振动而产生的，它以波的形式，借助于介质进行传播。空气、木板、金属、水等各种物质都是传播介质。乐器的发声也是由于振动产生的：小提琴，是借助琴弓与琴弦的摩擦，使弦振动发声；钢琴，是由木锤敲击钢丝发声；大鼓，是用木棒击打皮膜发声。振动源通过空气将声波传到入耳。振动越强，声压越大，响度也就越大。

一、声音与人耳的特性

人们生活在自然界中，由听觉器官感受到各种声音。

由听感特性可知，人耳的听觉频率范围一般为 $20 \sim 20,000$ Hz。在低音区和高音区，对于频率和响度的分辨和感觉能力很低，线性度也很差；而对于中音区（ $1\text{kHz} \sim 4\text{kHz}$ ），则灵敏度大增。即使声音的频响特性是平直的，听起来总觉得缺乏高音和低音。这一特性在响度低时更为明显，并且因人而异。

人的听觉等响度特性如图 1-1 曲线簇所示。显然，对于高频和低频，能级曲线上翘；而在声压小时，曲线的高低频区与中音对比相差更大。为了适应人耳的这一特性，在音响设备中，往往要加装音调控制装置，将高音和低音提升，以补偿听感频响差别。

从音乐概念上来讲，人耳可以听到10个八度音程。按照音乐规定，每八度音程包括12个半音阶，因此人耳可以听到 120 个半音阶。如果用钢琴键盘来表示，相当于听到10组音键的音响。当然对不同的人来说，略有差异。

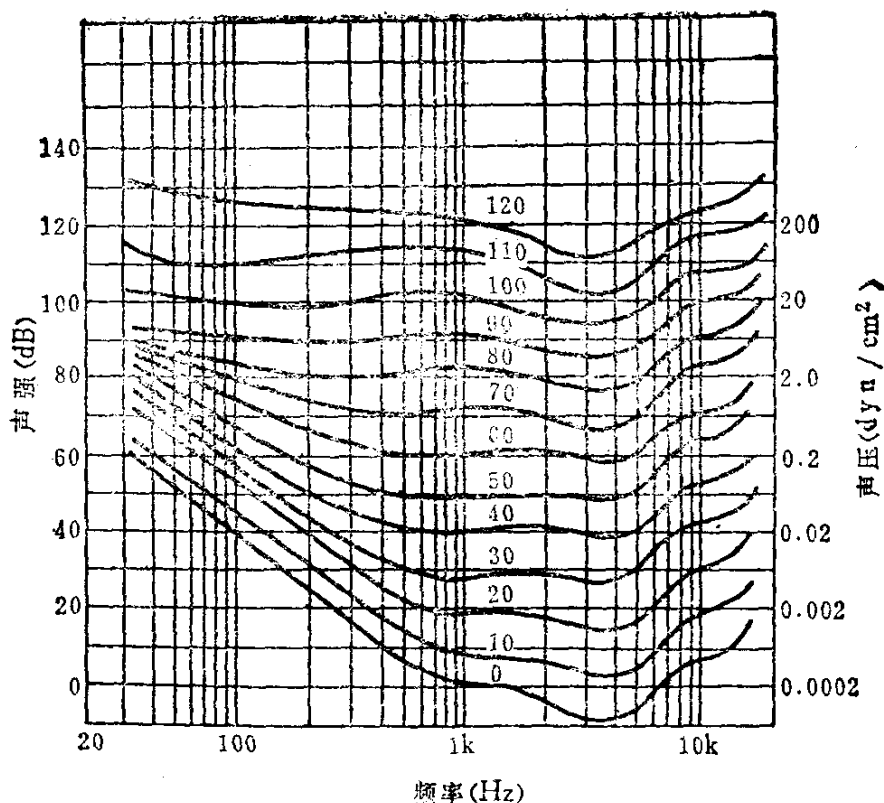


图1-1 人的听感特性

由于人的生理特点、年龄、性格、爱好不同，对于各种音响的喜爱程度也不一样。少年儿童喜爱高中音区欢快活泼的音乐；老年人喜欢中低音区宁静而浑厚的音乐；青年人喜欢悠扬的并富有较强节奏感的音乐。

人的耳朵还有一种特别功能，就是过滤特性。它是受人的神经支配的。在嘈杂的环境中，人们可以清楚地辨别出自己所需要的或熟悉的声音。此外人耳还能够聆听立体声，能区别出复杂声场的“声象”位置。

人的双耳分布在头的两侧，若声源到两耳距离不等，则传递时间、相位有差别，同时声音强度也有差别。设声速为 340m/s ，双耳距离为 19cm ，声音从正前方传入时，两耳时间差为零。当声源从左耳或右耳方向直侧传入时，时间差最大，为 $\Delta t \approx 0.558\text{ms}$ 。一般双耳听力平衡的人，通过对比能够识别出 $\theta = 6^\circ$ 的方位差。而对于受过严格训练的人（如乐队指挥、侦察员），可以分辨出

3° 的方位变化。

人的双耳感受到的声级差，不仅决定于声音强度，而且与频响特性有关。对于 300Hz 以下中低频段，声级差不明显；对于中高频及高频区（大于 3 kHz），声级差较明显，双耳声压差甚至可达 18dB。当双耳声级差小于 3 dB 时，方位感不易察觉，而当双耳声级差为 6dB 时，出现方位感。当大于 12dB 时，具有明显的方位感。

人耳就是通过声音传到两耳的时间差（相位）和声级差（响度）来判定方位的。当距离较远、频率较低时，以时间差判别为主；当距离较近，频率较高时，主要以声级差判别方位。

根据人的“双耳效应”这一生理特点，出现了现代立体声技术。它是由两个以上声源，以不同相位差、时间差、幅度差的声音传到入耳，通过两耳收到的声波的不同，在人脑中形成了立体声的概念。立体声电子琴音响，就是基于这个原理进行设计的。

二、音调、音色与音型

音调是由频率高低来决定的。不同的声振动都有一定的基频，从而决定了该声音的音调。在声振动过程中，每一个振动波经过的时间称为周期，用 T 表示。每秒钟振动的次数叫做频率，用 f 表示。显然， $f = 1/T$ 。频率单位是赫兹，用 Hz 表示，其量纲是次/秒。为了区别和标定音的高低，按照一定的音阶规律，人为地规定出频率的序列数值，并命名为各种声调，如 A、B、F 等等，称之为音调。各音调的频率值在国际上是统一的。

音色是由声音的频谱特性来决定的。每一个乐器发出的单音，包含着基波和各次谐波。一般基波幅度最大，音高由基波来决定；而音色是由基波与谐波的比例以及谐波的成分来决定的。基波频率相同，谐波分量的分布不同，音色也就不同，这就是各种乐器的音色千差万别的原因。人耳对谐波的相位变化不敏感；其他参量相同，谐波相位不同的两个音，人们感觉音色没有大的差别。

音型通常是指声音的幅频特性。当幅度和相位变化，音型也相应改变。在电子乐器中，改变调制信号的波形与频率，使音频信号的包络形状发生变化，便产生出各种类型的音响。电子乐器源于常规乐器，故音型可分成以下各类：

1) 连续型：用以模拟弦乐、风琴、手风琴等乐器演奏的持续型音响，幅度无变化，波形如图 1-2(a)所示。

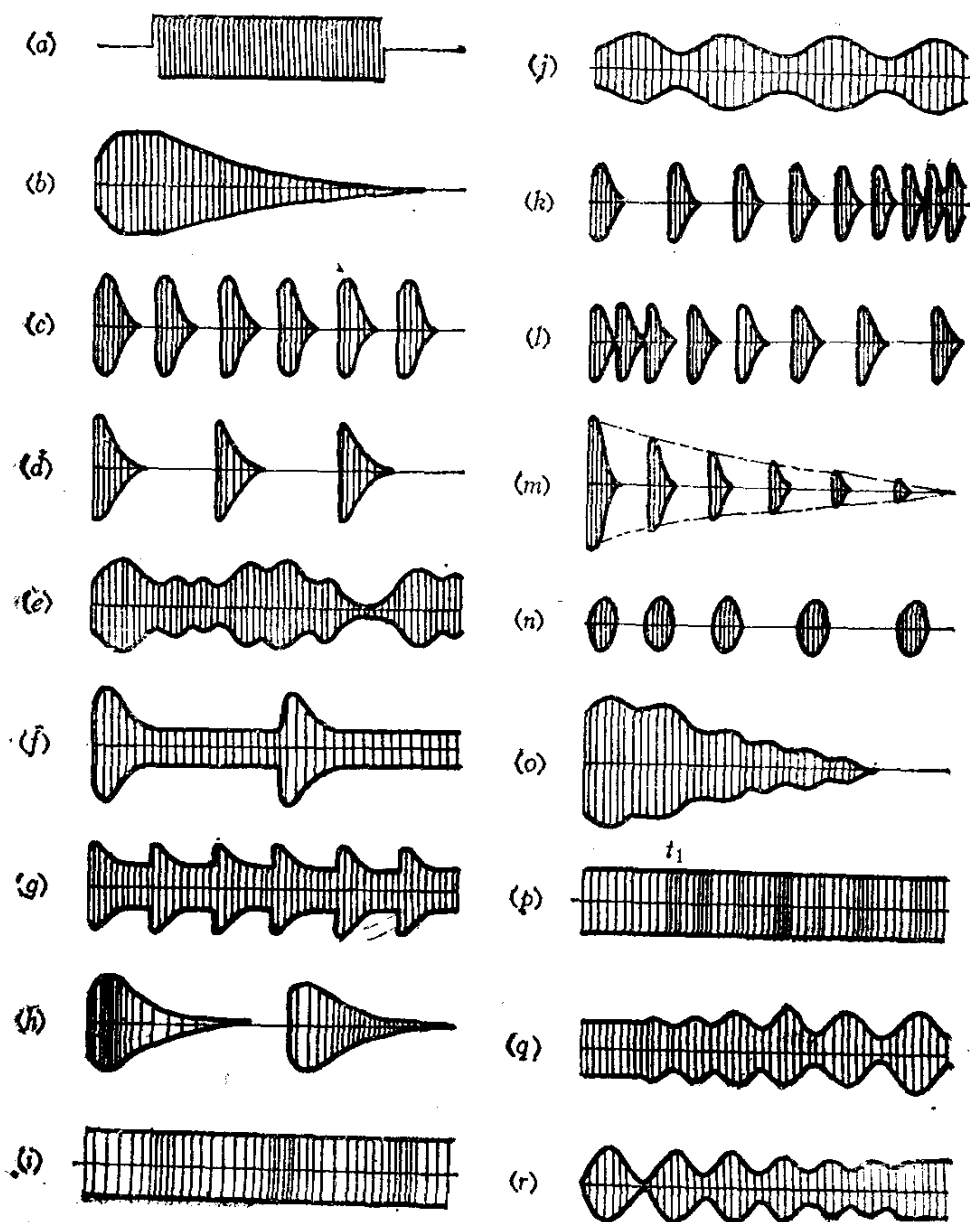


图1-2 音型分类图

2) 弹奏型: 用以模拟钢琴、古钢琴、吉他、倍司弹奏、钢片琴等音响。通常, 响度和余音长短可以随意调整, 波形如图1-2(b)所示。其特点是音响急速增大, 并按指数规律衰减, 声音有强弱感, 音尾渐弱, 音响圆润。

3) 拨奏型: 模拟曼陀林、琵琶、月琴等音响, 波形见图1-2(c)。其调幅特性为前沿较陡, 迅速衰减至最小。通常, 其周期、幅度设计成可调整型。

4) 打击型: 模拟木琴、鼓、板、钹、木鱼等各种打击型音响, 波形见图1-2(d)。其规律是音响突然增到最大, 迅速衰减至零, 呈间歇特性。

5) 吹奏型: 其音响特征是声音渐强, 中间起伏抖动, 音尾渐弱, 如图1-2(e)所示。

6) 混合型: 如图1-2(f)、(g)所示。分别为连续与弹奏、连续与拨奏的混合音型。

7) 滑弹型: 幅度与频率同时发生变化, 频率由高向低渐变, 谓之下滑音; 反之为上滑音。在演奏中, 滑奏与弹奏、拨奏往往是混合出现的, 称之为滑弹音、滑拨音。图1-2(h)绘出电吉他滑弹音的音型。

8) 颤音: 音阶频率被低频信号周期性调制, 波形如图1-2(i)。基波频率偏离中心值 $\pm \Delta f$, 以正弦或近似正弦规律周期性变化, 产生出类似小提琴揉弦的效果。

9) 震音: 幅度被低频正弦波调制, 发出震颤型声响, 波形如图1-2(j)所示。当调幅度加大至100%以上时, 便出现如木琴等打击型声响。

10) 不均匀弹拨音: 图1-2(k)为渐快型弹拨音波形; 图1-2(l)为渐慢型弹拨音。另外还有速度快慢相间变化的弹拨音。

11) 衰减型弹拨音: 波形如图1-2(m)所示。

12) 水泡音: 当声音信号幅度脉动变化, 频率也在一个周期内有规律地变快或变慢, 将出现类似水泡的声音, 波形如图1-2